

DISCUSSION PAPER No.38

独創的な商品開発を担う研究者・技術者の研究

2005年1月

文部科学省 科学技術政策研究所

第2研究グループ

石井 正道

この DISCUSSION PAPER は、 所内での討論に用いるとともに、関係の方々からのご意見を頂くことを目的に作成したものである。また、本 DISCUSSION PAPER の内容は、執筆者個人の見解に基づいてまとめたものであることに留意されたい。

Research on
Scientists and Engineers Accomplishing Innovative Product Development
for National Creativity

January 2005

Masamichi ISHII

Second Theory-Oriented Research Group
National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology

〒100-0005

東京都千代田区丸の内 2 - 5 - 1 文部科学省ビル 5 階

文部科学省 科学技術政策研究所 第 2 研究グループ

TEL : 03 - 3581 - 0968 FAX : 03 - 5220 - 1257

E-mail : maxishii@nistep.go.jp

目次

第1章 目的	3
第2章 研究の方法	4
2.1 研究対象	4
2.2 研究のアプローチ	4
2.3 創造性研究で参考となる先行研究	5
2.4 研究手法	8
2.5 実施方法	10
第3章 研究結果	12
3.1 各ケース・スタディ	12
3.1.1 暗号アルゴリズム「MISTY」	13
3.1.2 炭素繊維（PAN系炭素繊維）「トレカ」	25
3.1.3 アルツハイマー痴呆症治療薬「アリセプト」	38
3.1.4 クォーツ腕時計「セイコークォーツ 35SQ」	49
3.1.5 リチウムイオン二次電池	62
3.1.6 DNA分析装置「キャピラリーアレーDNAシーケンサー」	73
3.1.7 レンズ付きフィルム「写ルンです」	85
3.1.8 エンターテインメントロボット「AIBO」	93
3.1.9 健康エコナ	103
3.2 クロス分析	112
3.2.1 商品開発プロセス	112
3.2.2 どのような人材か	114
3.2.3 組織環境	124
3.2.4 開発担当者の意見	126
第4章 結論	130
4.1 まとめ	130
4.2 政策への示唆	133
4.3 今後の研究課題	136
謝辞	137
参考文献	139
参考資料	145

第1章 目的

我が国において国際競争力を維持・向上させることは重要課題である。独創的な商品開発は国際競争力を向上させるためには不可欠である。今まで一部の研究者・技術者が商品開発で創造性を発揮し競争力をつけてきたが、今後はより多くの研究者・技術者が商品開発に創造性を発揮することが期待される。

本研究の目的は、独創的な商品開発を担える研究者・技術者の育成・支援における政府の役割を検討するために、既に独創的な商品開発に成功した研究者・技術者がどのような人々であり、どのような組織環境で、どのようにして商品化したのか、を把握することである。

第2章 研究の方法

2.1 研究対象

最初に、研究の対象を明確にするために、独創的な商品開発の定義を次のように行う。

独創的な商品開発の定義

「全く新しい市場を作り出す商品」か「既存の市場ではあるが、革新的な研究開発によって市場シェアトップを占めてしまうほどの内容（品質やコスト）をもつ商品」を世界で初めて開発することである。具体例としては、「全く新しい市場を作り出す商品」としては『レンズ付きフィルム』、であり、「既存の市場ではあるが、革新的な研究開発によって市場シェアトップを占めてしまうほどの内容をもつ商品」としては、『クォーツ腕時計』があげられる。両者とも今回の研究の対象となっている。

また、商品開発の中でも「研究開発をともなう」商品開発を対象を絞る。さらに、商品開発プロセスの中でも、初期からアイデア形成までを主な対象とする。

2.2 研究のアプローチ

本研究には、「創造性」の研究の成果が参考になると考えられる。

創造性の定義は次の通りである。

“Creativity is the ability to produce work that is both novel(i.e., original, unexpected) and appropriate(i.e., useful, adaptive concerning task constraints).”

Sternberg,R.J.(Ed.).(1999).*Handbook of Creativity*. New York:Cambridge University Press , P.3 .

すなわち、『創造性とは新規で社会に有用な作品を生産する能力である』というのが定義である。現在の創造性の定義では、生産されたものが創造性がある場合、それをつくった人は創造性がある、と判断している（Amabile, 1996）。その人の創造性はつくったものが創造性があるかどうかで判断されているのである。

本研究が扱うのは、世界で初めて開発された商品である。従って、これらの商品は新規であり、かつ商品であるがために有用である。すなわち、これらの商品を開発した能力というのは上述の創造性の定義にあてはまる。独創的な商品開発はまさに創造性が発揮されたものであり、過去の創造性の研究を参考にすることができると思う。

2.3 創造性研究で参考となる先行研究

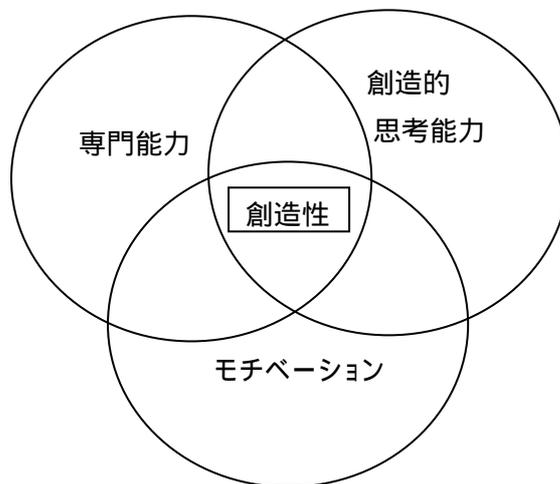
今回の研究テーマである独創的な商品開発を担う研究者・技術者に関して、過去の創造性研究で参考になるものをあげてみる。

通常の人間に創造性がある。創造性というのはある特定の人間への神からの贈り物と久しく考えられてきた。現在も創造的な人間といえるのはごく限られた人だという考えを持つ人が少なくない。しかし、現在の理解では、すべての人が、その程度の差こそあれ、潜在的に創造性を持っていると考える（林,1994b）。本報告書ではこの考え方をベースとする。

それでは、人々が潜在的に創造性を持っているとしたならば、どうすれば、その創造性を発揮できるのでしょうか。その答えを出そうとしている研究が、ハーバード大学のアマビル教授の研究である(Amabile, 1996)。

アマビルの理論によれば、個人の創造性は三つの構成要素(component)がすべて機能するときに発揮される。その三つの要素とは、専門能力(expertise)、創造的思考能力(creative thinking skills)、モチベーション(motivation)、である(図 2-1)。

図 2-1 創造性の三つの構成要素



資料: Amabile, T.M.(1998).How to Kill Creativity,
Harvard Business Review, September-October .

この三つの要素についてアマビルは次のように説明している（ Amabile,1998 ）。

『専門能力』とは「仕事の範囲で知っていることやできることすべてを包括するものである」。専門能力は、ノーベル賞受賞者である経済学者ハーバート・A・サイモンが言うところの、考えがさまようことができるネットワーク(network of possible wondering)であり、これは問題を探索したり、解決する知的な空間と呼ぶことができる。この空間がより大きければ、より良いとされている。内容としては、仕事に関する知識、スキル、経験、ノウハウを含むと考えられる。

『創造的思考能力』というのは、どのようにして問題にアプローチし解決するかを言及しているもので、既存の複数のアイデアを結びつけて新しいアイデアを生む能力のことである。アマビルによると、このスキルは個人の性格やその人の考え方や働き方に大きく依存している。その具体的な例として、他の人と意見が異なることに違和感がないことや、現状からかけはなれた解決方法を試みることができることがあげられている。さらに、習慣的に問題を逆さにしてみたり、関係なさそうに見える知識をつなぎ合わせたりすることである。仕事のスタイルとしては、難しい問題を忍耐強く取り組む、長期的な無味乾燥な細かな実験をコツコツ行う。また、難しい問題を一時的に横に置き、他の仕事を行って後でフレッシュな見方で再度取り組む、といったことをあげている。下記の表が例の一覧である(表 2-1)。

表 2-1 創造的思考能力 (creative thinking skills)

<p>認識方法</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 常識的な見方を覆す。 b. 従来の問題解決方法の破棄。 c. 複雑さの理解(複雑さを評価したり、複雑さが苦にならない)。 d. 問題に対する解答のオプションをできるだけ長期間オープンにしておく。 e. 判断を遅らす。 f. より広い分類をつかう。 g. 正確に覚える。 h. 通常の行動パターンをやめる。 i. 創造的に認知する:他の人と異なるものの見方をする。 <p>新しいアイデアを生み出すための発見的方法の知識</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 直感に反するものを行う。 b. 親しみ慣れているものを異なるものにする。 c. ケースを分析して仮説をついたり、類推を使う、例外の説明を行う、矛盾した現象を調べる。 d. いろいろなアイデアを楽しむ、頭の体操にふける。 <p>創造的な生産をする仕事スタイル</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 長い時間、努力と意識を集中する能力。 b. 生産的な忘却。 c. 困難に直面したときの忍耐・しつこさ。 d. 高いエネルギーレベル、一生懸命働きたい気持ち、高い生産性。

資料: Amabile, T.M.(1996) Creativity in Context, Westview Press, P.88-90 .

『モチベーション』はアマビルによれば、人々が本当に何をやるのかを決定する構成要素である。優れた『専門能力』と『創造的思考能力』を持っていたとしても、『モチベーション』が無ければそれらを発揮することはできない、としている。さらに、モチベーションは二種類あり、内発的 (intrinsic)と外発的 (extrinsic)がある。内発的モチベーションとは、本人の内側から生じる願望であり、好きとか情熱といったものである。外発的モチベーションは、その人の外側からくるものである。例えば、金銭である。そしてアマビルは内発的モチベーションによるほうが創造性を発揮しやすい、としている。

組織的環境の影響

アマビルによれば、組織を含む環境が創造性に影響するとされている(Amabile ,1996)。具体的には表 2-2 を参照のこと。

表 2-2 創造性に影響する環境要因

	プラスに働く要因	マイナスに働く要因
一般	自律性(自分でコントロールできる) 十分な資源 仕事における重要性・緊急性 最高のチャレンジ 実力を認めまた報いる 興味ある仕事に向かわせる報酬 興味にマッチした仕事 実力を発揮するしくみ	脅迫的に実力の無いことをあら探し評価 あら探し評価の予感 見張り・監督 報酬を含んだ契約 制限された選択・強制的な制限 独断的な・不可能な締め切り 同僚との競争
組織	失敗は価値のある情報を提供するという認識 新しいアイデアを考えるメカニズム 経営トップのイノベーションに対する奨励 直属の上司の奨励 同僚のスキルの多様性 同僚の新しいアイデアに対するオープンな態度 アイデアに対する同僚の建設的なチャレンジ 内発的モチベーションの重視 組織外の人との競争 建設的な仕事に関するフィードバック 明確な戦略の方向と手段の自主性 共同・協力がある	コミュニケーション不足 協力の不足 現状維持の重視 外発的要因によるモチベーションの重視 組織内における勝敗のつく競争 硬直的な手続き そのプロジェクトに対する組織内の無関心

資料: Amabile, T.M.(1996) Creativity in Context, Westview Press, P.120 .

2.4 研究手法

まず、本研究の基本的な問いを再確認してみよう。それは次の三つである。

独創的な商品開発がどのようにしておこなわれたのか（アイデア形成中心）

どのような人材だったのか。

どのような組織環境だったのか。

と については前述のアマビルの理論（図 2-1）を検証することにより対応する。

本研究では、アマビルの理論による個人の創造性の三つの構成要素が独創的な商品開発のプロセス（開発経緯）にどのように貢献しているのかを分析することによって、同理論が「日本の独創的な商品開発を担う研究者・技術者」に適用できるかどうかを検証する。もし、アマビルの理論で説明することができないものがあればそれについても分析する。

については、同理論を検証するプロセスで、どのような組織環境であったか、前述のアマビルの創造性に影響する環境要因を参考に把握する。

このような質問に対応するのに適した研究手法として、ケース・スタディ手法を採用する。他の研究手法と比較して、ケース・スタディは「なぜ(Why)」「どのようにして(How)」という質問の答えを探すのに適している(表 2-3)。

表 2-3 各リサーチ戦略とケース・スタディの特徴

リサーチ戦略	リサーチ問題の形態	行動事象に対する制御の必要性	現在事象への焦点
実験	どのように、なぜ	あり	あり
サーベイ (アンケート調査含む)	誰が、何が、どこで、どれほど	なし	あり
資料分析	誰が、何が、どこで、どれほど	なし	あり/なし
歴史	どのように、なぜ	なし	なし
ケース・スタディ	どのように、なぜ	なし	あり

資料：R・K・イン(1996)『ケース・スタディの方法』第2版、近藤公彦訳、千倉書房。

今回はアマビルの理論が日本の独創的な商品開発を担う研究者・技術者にも適用できるかを検証することとなる。

ケース・スタディ手法による理論の一般化は、実験の位置づけと同じと考えられている。科学的事実通常、異なった状況のもとで同じ現象がくりかえし起こる複数の実験を基礎としている。これと同じアプローチを複数ケース・スタディで用いることができる。すな

わち、ケース・スタディにおける研究者の目的は理論を拡張し一般化すること（分析的一般化：analytic generalization）であって、頻度を列挙すること（統計的一般化：statistical generalization）ではない（イン，1996）。

研究の対象となるケースの選択についての考え方を次に述べる。本研究ではアマビルの理論を「独創的な商品開発を担う研究者・技術者の創造性」へ適用拡大を試みることになる。ケース・スタディにおけるケースの選択は、統計的な母集団を想定した仮説検証のサンプリングとは全く異なる。後者の統計的な検定では、母集団からのランダムサンプリングが必要である。ケース・スタディの場合のケースは極端な状況のケースや、カテゴリーごとにケースを選択する。各ケースが理論を再現すると考えられるものを選択する。また、理論の対象範囲を広げるためにもケースを選択することがある(Eisenhardt, 1989)。

理論をつくるためのケースの選択の具体的な例としては、倒産していく会社に関するモデルを作成するためのケースの選択がある。この研究の場合、組織の種類別にケースを選択している。企業の種類(民間、公的)と独立性の種類(子会社、独立会社)により、民間・子会社、民間・独立会社、公的・子会社、公的・独立会社の4つのカテゴリーをつくり、それぞれ2つ選び、計8つ選択している。これはランダムサンプリングではない。特別なケースを選択して、理論を多くの種類のカテゴリーに範囲を広げようとするものである。さらに、それぞれのカテゴリーで複数のケースを行うことはそれぞれのカテゴリーのなかで、同じ発見を繰り返そうとするものである(Eisenhardt, 1989)。

同様にして、本研究でも理論を一般化するために重要と考えられる軸でカテゴリーを作成し、ケースの選択を行う。本研究で定義した独創的な商品開発は、『全く新しい市場を作り出すもの』と、『既存の市場において、革新的な研究開発によって市場シェアトップを占めてしまうほどの内容をもつもの』としている。これを反映して、市場軸 <新市場創出 VS 既存市場利用>と技術軸 <革新的研究開発の実施 VS 既存研究開発成果の利用>の2軸でカテゴリーを作成する。四つのカテゴリーが次のように出来る。

カテゴリーI：新市場創出、革新的研究開発の実施

カテゴリーII：既存市場利用、革新的研究開発の実施

カテゴリーIII：新市場創出、既存研究開発成果の利用

カテゴリーIV：既存市場利用、既存研究開発成果の利用

このカテゴリーIVは独創的な商品開発の定義に当てはまらないので対象から外す。カテゴリーI、カテゴリーII、カテゴリーIIIについてケースをそれぞれ数件選択した。

現時点では、「世界で初めての商品」のリストはない。それを作成するのは多大な時間と費用がかかると考えられ、また、それは本研究の目的ではない。そのため、ケースの対象となる商品は「世界で初めての商品」（または、日本で初めての商品で他の国では見当たらない商品）として、信頼できる専門書、博物館、発明賞、学術論文、学術雑誌、等で認められたものを取り上げている(表 2-4)。

表 2-4 研究対象となるケース(カテゴリー別)

		技 術	
		革新的研究開発の実施	既存研究開発成果の利用
市 場	新市場創出	暗号アルゴリズム 炭素繊維 アリセプト <カテゴリー I >	レンズ付きフィルム AIBO 健康エコナ <カテゴリー III >
	既存市場利用	クォーツ腕時計 リチウムイオン二次電池 DNA分析装置 <カテゴリー II >	 <カテゴリー IV >

資料: 社団法人発明協会『平成 16 年度 全国発明表彰受賞者功績概要』。(暗号アルゴリズム)

高橋 亨『PAN 系炭素繊維の開発』『技術と文明』12(1),1-24。(炭素繊維)

社団法人発明協会『平成 14 年度 全国発明表彰受賞者功績概要』, 『1998 年 英国ガリアン賞特別賞』。(アリセプト)

社団法人日本時計協会『日本の時計産業概史』, セイコ - 時計資料館。(クォーツ腕時計)

社団法人発明協会『平成 14 年度 全国発明表彰受賞者功績概要』。(リチウムイオン二次電池)

Science, 291(5507), 16February2001, P.1201。(DNA 分析装置)

日本カメラ博物館, Democrat&Chronicle 20 February1987。(レンズ付きフィルム)

The Museum of Modern Art (2003)『Objects of Design』。(AIBO)

『日経バイオ年鑑 2003』日経 B P 社。(健康エコナ)

2.5 実施方法

本研究はインタビュー調査及び文献調査によって行われる。

インタビュー調査は、調査票を事前に配布し、インタビュー当日は同調査票に基づいて質問を行った。調査票は参考資料 1 参照のこと。各テーマのインタビューの実施日及び話し手は次の通りである。また、インタビューの内容については参考資料 2 参照のこと。

インタビュー実施日と話し手

2003年12月16日【クォーツ腕時計】

元セイコーエプソン株式会社 専務取締役 相沢進

2004年1月9日【健康エコナ】

花王株式会社 ヘルスケア第1研究所 所長 安川拓次

2004年6月2日【アリセプト】

京都大学 客員教授 杉本八郎（講演）(注)内容については参考資料3を参照のこと。

2004年6月10日【リチウムイオン二次電池】

旭化成エレクトロニクス株式会社 電池材料事業開発室 室長

旭化成グループフェロー 吉野 彰

2004年6月21日【DNA分析装置】

株式会社日立製作所 フェロー 神原秀記

2004年7月2日【暗号アルゴリズム】

三菱電機株式会社 情報技術総合研究所 情報セキュリティ技術部次長 松井 充

2004年7月6日【AIBO】

ソニー株式会社 エンタテインメントロボットカンパニー

プレジデント 天貝佐登史, 第1開発部 統括部長 景山浩二

2004年7月28日【炭素繊維】

東レ株式会社 顧問 三井茂雄

有限会社 オキシド 代表取締役 森田健一

2004年8月6日【レンズ付きフィルム】

元 富士写真フィルム(株) 営業第一本部 担当部長 持田光義

第3章 研究結果

3.1 各ケース・スタディ

ここでは、今回の研究対象となったケース・スタディを次のように行う。

開発担当者を中心に商品開発がどのように行われたのか開発経緯を把握する。具体的には、同一の調査票（資料1）によるインタビュー及び論文、書籍等の文献調査を実施する。

次にその開発経緯のなかで、創造性の三つの構成要素がどのように貢献しているのかを分析する。また、そのときの組織環境についても分析をする。

なお、ケースの中では開発担当者の方や他の方々の敬称を略している。ご了承下さい。

次の順番にケースを記述した。

カテゴリーI（新市場創出、革新的研究開発の実施）

暗号アルゴリズム
炭素繊維
アリセプト

カテゴリーII（既存市場利用、革新的研究開発の実施）

クォーツ腕時計
リチウムイオン二次電池
DNA分析装置

カテゴリーIII（新市場創出、既存研究開発成果の利用）

レンズ付きフィルム
AIBO
健康エコナ

3.1.1 暗号アルゴリズム「MISTY」

1. MISTY 開発の背景と経緯

インターネットをはじめとするパソコン通信が広く普及し、その上で電子取引や電子決済が行われるようになると、秘匿に加えて、金額や文書の改ざん防止、相手確認等の認証が極めて重要になる。個人や情報を正しく認証し、安心できる信頼の基盤を構築するためのキーテクノロジーが暗号 (Encryption) なのである。

暗号とは、通信の内容が当事者以外には解読できないように、文字や記号を“一定の約束”でほかの記号に置き換えたものである。ここでいう“一定の約束”がアルゴリズム (Algorithm) である。

2000年3月に暗号アルゴリズム「MISTY」をベースに開発した携帯用暗号「KASUMI」はヨーロッパ方式の第3世代携帯電話 W-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access) に唯一の国際標準暗号となった。国産暗号技術が必須の世界標準として採用されるのはこれがはじめてのことである。以来携帯電話を用いた通信の盗聴・改ざん防止に役立っている。現在、第3世代携帯電話は世界にヨーロッパ方式 W-CDMA とアメリカ方式 CDMA2000 の二つの方式があり、「KASUMI」はその一つの世界方式の唯一の暗号となった。さらに、2002年には、欧州・アジアを中心に現在世界 200 以上の国と地域で 10 億人の利用者をもつ現世代携帯電話 (GSM: Global System for Mobile Communication) の標準暗号としても、KASUMI が利用されることとなった (社団法人発明協会, 2004)。

この「MISTY」及び「KASUMI」を開発したのは三菱電機株式会社である。MISTY の開発はどのような人によって、どのようにしておこなわれたのか、見てみよう。

(1) 背景 (生い立ちから開発に着手するまで)

松井充 (まつい みつる) は 1961 年 9 月、兵庫県に生まれた。松井は小学校のころは算数が大好きであった。理科も好きであった。高校になって、理科の好き嫌いがはっきりしてきた。物理は大好きで、化学が大嫌いであった。物理は数学のようにロジックで考えれば結論がでる学問だと思ったからだ。一方、化学はその考えは通用しないと感じた。

大学は京都大学の理学部に入り、数学を専攻した。修士に入るために 1 年留年して、大学院にはいった。専攻は整数論である。当時京大では、大学院に入ることは博士号取得が期待されており、いわゆる数学のプロになると考えられていた。しかし、松井は修士卒業で大学院を離れることになる。松井は自身のことを「一種のドロップアウト組み」と述べている。

1987 年 4 月、松井は三菱電機に就職した。松井は大学の合唱サークルを一生懸命やっていたが、そのサークルの先輩に聞いたところ、みんな「三菱電機がいい」といつてきたからだ。

三菱電機に入社した最初の赴任先は情報電子研究所の情報セキュリティグループであった。当時課長をいれて6人のグループであった。そのグループは二つのテーマを扱っていた。一つは「誤り訂正符号(Error Correcting Code)」であり、もう一つは「暗号」であった。「誤り訂正符号」がグループの主要な仕事であり、利益を出していた。松井は「誤り訂正符号」のメンバーとなった。「暗号」は仕事が少なく、利益も無かった。

(2) MISTY の開発経緯

同じ課の中なので、暗号の仕事を時々手伝った。1990年にイスラエルの研究者 Biham 氏と Shamir 氏が差分解読法(Differential Cryptanalysis)という新しい暗号解読手法を発表し、大ニュースとして入ってきた。この差分解読法の論文が大きなきっかけになり、松井は暗号に興味を持つようになった。差分解読法を使用すると、暗号解読に必要な計算量を劇的に減らせることに感銘を受けた。当時、暗号解読法として確立していたのは「全数探索法」という方法で、考えられるすべての鍵の組み合わせを試して正しい鍵を求める方法であった。この手法だと計算量が膨大で解読できるとは限らない。通常、暗号が解読不能とみなされるのは、鍵データを求める計算量が膨大で、事実上特定できないからだ。差分解読法は、鍵データを求めるのに必要な計算量を大幅に少なくする。基本的な発想は、暗号化処理に潜む「偏り」を利用するというものだ。どんな暗号のなかでも僅かな相関がひそんでいる。これを手がかりに必要な計算量を減らすのである(堀切, 2002a)。

図 3-1-1 (1) 鍵を推定する「暗号解読」



注: 共通鍵暗号は、送り手と受け手が同一の秘密の鍵を共有することで、第三者に内容が漏れない通信を可能にする。共通鍵暗号の解読とは、暗号アルゴリズムを知った上で、唯一の秘密情報である鍵データを推定することである。

資料: 堀切近史(2002a)「暗号アルゴリズム「MISTY」の開発(第1回)」『日経エレクトロニクス』6月17日号(pp.212-215)日経BP社。

課長からも暗号の研究をしたらどうか、と示唆があった。松井は、自分で研究テーマを考えて自分ひとりで暗号の研究を進めていった。所属していた研究所では、事業部門からの依頼研究と、自らの提案する自主研究の二つがあるが、情報セキュリティグループは自主研究の割合が多かった。松井は自主研究の名のもとに自由に研究をすることができた。

松井は差分解読法を利用して国内メーカーが開発した暗号を解読したり（松井，1996）差分解読法の改良などを研究していた。松井によれば、「暗号技術は理学と工学の両方のセンスが要る」。例えば暗号の解読は、数式を考える面と、それをコンピュータでシミュレーション(実験)すること、両方が重要なのである。幸い松井はコンピュータのプログラミングも好きであった。松井はその様子を次のように述べている。「例えば、この暗号を破るのにコンピュータを10日回しました。データ量は何メガバイト要りましたとかという、そういう実験結果をつけるわけです。ただ、10日実験にかかるんだったら、10日待つかないかんわけです。だからそこを5日にしよう、1日にしよう、12時間にしようとか、努力をする。努力というのは、方法論的にいい方法を見つけて努力するということプラス、やっぱりプログラミングテクニックで、同じ解読のアルゴリズムだと、プログラミングのやり方がうまかったら、ばーっと速くいく可能性ありますね。割とプログラミングが好きだったので、そこを頑張って、より速いプログラムをつくるのかして、いろいろ結果を出していきました」。

このように松井は自分ひとりで暗号の研究を進めることが出来た。さらに、松井の大学時代の数学の専攻は「整数論」であるが、最近出版されている暗号に関する書籍（笠原，佐竹，2004）では、情報セキュリティの章の最初の節に「整数論」があり、「暗号の分野において使用される多くの数学的な手法は整数の性質を巧みに利用することによって実現されている」と述べている。松井は暗号研究に必要な素養を十分備えていたと考えられる。

松井は2年後に、差分解読法よりも暗号解読に必要な計算量が大幅に少なくなる「線形解読法(Linear Cryptanalysis)」を発案する。1993年にこの成果を学会で発表し大いに注目を浴びた。松井は開発の経緯を次のように述べている。「差分解読法から始まって、初めは要するにまねごとですよ。差分解読法そのままをほかの暗号に適用していく。じゃあそのターゲットとなった暗号ごとに、いろいろうまくいくようにどんどん工夫していくと、もともとのオリジナルのアイデアから自分のアイデアを乗せていって、その部分が線形解読法だったんです」。

差分解読法と線形解読法の違いは、差分解読法は、解読者が解読しやすい平文データ(暗号化する前のデータ)を生成し、それを解読者自身が暗号化して暗号文データを得ることができた場合に実現する方法である。解読者にとってきわめて都合のよい条件である。これに対して線形解読法は、任意の平文データと暗号文データのペアがあれば解読できる手法である。平文データが何であっても問題ない。したがって、差分解読法よりもより強力な解読法である（松井，1997）。

松井は、この線形解読法を使って米国の標準暗号 DES (Data Encryption Standard) を解

読することに挑戦するのである。DES は米国国家標準局(National Bureau of Standard)が政府調達システムの標準暗号として 1973 年に公募した結果、IBM 社が提案したものが採用され、1977 年に公布されたものである。公募時の主な条件は次の通りである(辻井,1996)。

アルゴリズムを公開し、暗号の安全性を鍵の秘匿のみに依存させること。

不特定多数の人々の利用に供するため、集積回路(LSI)技術を用いて暗号装置を安価に量産できること。

DESは政府調達基準としてその詳細仕様が一般に完全公開され、暗号の自由な製造開発と相互接続性が保証されたという点で、それまでの軍事外交目的の暗号と決定的に異なっていた。その後DESは共通鍵暗号のデファクトスタンダードとして、20 年以上にわたり世界中で用いられることになった(松井,2000)。

1993 年夏、松井は、このDESの解読に「線形解読法」で臨んだ。実際のDESの解読にはワークステーション12台を用意した。

実験の方法は、

乱数を用いて 2 の 43 乗個の平文を作成する。

あらかじめ自分で作成した秘密鍵によって、2 の 43 乗個の暗号文を作成する。

平文データと暗号文データを使用して、秘密鍵を推測させる。

もし、自分で作成した秘密鍵が推測したものと一致すれば、解読成功ということになる。

実験開始から 50 日後、コンピュータのディスプレイに現れた秘密鍵と最初に用意した秘密鍵と一致し、解読に成功した。1993 年の秋であった(堀切,2002b)。

この成果は 1994 年 1 月の国内学会、8 月の国際学会で発表された。米国政府が利用し、かつ一般にも使用されている DES を解読したことは、大きな衝撃をあたえることになり、一躍松井は世界レベルで関係者の間で有名人となるのである。

その後、松井は独自の暗号アルゴリズムの開発に着手する。それは、証明可能安全性(provable security)という考え方にもとづくものであった。証明可能安全性とは暗号の安全性を数学的に評価するものである。暗号の安全性を特定の解読法によって鍵を推定されてしまう確率で表現する。確率が低いほど解読の難しい暗号となる。この考え方はある国際会議で提案されたものである。松井は国際会議には頻繁に出席していたためこの機会に恵まれた。松井は「次世代の暗号設計はこれだ」とそのとき思った。松井はこの話を聞いたあと、当然、世界の研究者がこのテーマで研究をしてくるだろうと思っていたが、半年たち、1 年たったが、誰も関連する研究を発表してこなかった。「線形解読法」の開発を終了した後、それならば自分でやろう、とたちあがった。この証明可能安全性のアイデアのもとに、暗号アルゴリズムの研究を始めたのである。具体的には、当時(現時点においても)最強といわれる差分解読法や線形解読法では絶対破れないということを数学的に証明でき

るような、すなわち、鍵が推定される確率が非常に小さい、暗号アルゴリズムを目指した。松井は差分解読法を何度も活用しているため熟知しているし、線形解読法は自分でつくったものである。松井はこの暗号アルゴリズムをつくるのに非常に優位な立場にいたと考えられる。

そして、自主研究で行った結果、1年後の1995年7月にMISTYの原型が完成する。1995年9月には三菱電機より、「DESをしのぐ強力な暗号方式を開発」として広報発表を行った(堀切, 2002c)。

原型ができてからは、松井は暗号アルゴリズム完成のために協力メンバーを得ることになった。MISTYの名前はこのときの開発メンバーの頭文字からできている。松井充(M)、市川哲也(I)、反町亨(S)、時田俊雄(T)、山岸篤弘(Y)である。

研究所所長の野間口のアイデアで研究をやっている中からビジネスになりそうなものを、時限的にセンターという形で、部よりさらに格上の組織をつくって、そこで予算を与えて事業化を推進しようとした。情報セキュリティグループから暗号研究者、そしてUNIXのセキュリティやOSのセキュリティをやっていた人が合流して、10数人でセキュリティをビジネスにするというミッションを持った組織、情報セキュリティシステム開発センターが1995年6月にできた。前述のとおり、MISTYはそれから1ヶ月後に原型が完成する。そして、MISTYは三菱電機の情報セキュリティ事業の柱として位置づけられるのである。

このセンターができてから松井の仕事の内容は一変した。松井によれば「それまでは野放し」という状況だった。しかしその後は、MISTYの売り込みのため、会社まわりや営業、そしてアメリカの会社を訪問する状況になった。

当時は当然ながら知名度も低く、MISTYという暗号アルゴリズムだけで簡単にビジネスが成り立つほど世の中甘くは無かった。海外を含め何社にもプロモーションに回るが、2回、3回のミーティングになることはまれで、幾つかの標準化に提案するもほとんど相手にされない状態が続いていた。これらの経験の中で常に問題となったのがライセンス料の問題である。DESが米国政府の政策に基づく暗号で、無償で利用できるという状況にあったため、有償の暗号はそれだけで敬遠される傾向が極めて強かった(松井, 2004)。事業化に関してコンサルタントに相談をした。DESと同様に無償化すべきとの結論であった。

1996年7月MISTYの詳細仕様を学会に発表する。次の三つをその設計基準としている(松井, 時田, 反町, 2002)。

- a) 安全性に関する何らかの数値的な根拠を持つこと。
- b) プロセッサの種類によらずソフトウェアで実用的な性能を達成すること。
- c) ハードウェアで十分な高速性を実現すること。

a)は前述した証明可能安全性である。

b)は、当時、多くの暗号が特定の仕様のプロセッサでのみ高い性能を達成するよう設計されていたのに対し、MISTYは、8ビットから64ビットまでのあらゆるプロセッサで実用的

な高速性と小型化を実現することを重視して設計された。

c)は、ハードウェアに対する親和性である。特に小型化である。当時のほとんどの暗号はソフトウェアで実装されることだけを想定しており、ハードウェアが極端に大規模になったことが少なくなかった。その意味で MISTY は特徴があった。

b)と c)について、MISTY の原型が完成した後、社内の事業部(松井, 2004)や、他社への売込みで得た注文(堀切, 2002 d)から、これらのニーズを反映したものと考えられる。松井は事業部から寄せられる要請を次のように述べている(松井, 2004)。「(暗号開発において)少なくともハードウェアの存在価値は、ソフトウェアではどうしても達成できない超高速処理を行うためのもの、という考えが当時支配的であり常識であった。しかしながら、筆者らのそれまでの経験では、事業部から寄せられる暗号に関する要請は、かならずしもその「常識」と一致するものではなかった。特に半導体事業部門からの要求は、ハードウェアにせよファームウェアにせよ、高速化よりもむしろ小型化、それも極端な省リソースを要望されることが少なくなかった」。

MISTY が完成されてから、社内の製品に使用することは順調に進んだ。MISTY を活用したアプリケーション・ソフトや情報システムが、次々に生まれつつあった。

1998年8月に、三菱電機はMISTYの基本特許を無償化すると発表した。これは、米国政府の標準暗号DES が無償化されているのをうけて、民間としては異例だが、MISTYを使用したプログラムやシステムの作成には三菱電機の優位は変わらないとの判断であった。この決断が後日実を結ぶことになる。

三菱電機の暗号の研究者が欧州の第3世代携帯電話の国際標準規格を検討する3GPP(3rd Generation Partnership Project)の会議に参加した。三菱電機は、国内の電波産業会(ARIB)の次世代携帯電話の研究会の主査をやっていた関係で、この国際会議に出席することになった。MISTYの第3世代携帯電話への適用を、このときは考えていなかった。

1999年春、この3GPPは第3世代携帯電話用暗号方式の設計を、3GPPのメンバーでもある欧州の通信標準化機関ETSI(European Telecommunication Standards Institute)傘下の暗号専門グループSAGE(Special Algorithm Group of Experts)に依頼した。SAGEはこれまで欧州内の通信につかわれる多くの暗号を設計してきた実績あるグループであり、そのメンバーは主に欧州の通信会社に所属する暗号の専門家から構成されている。現世代の欧州携帯電話標準であるGSMで利用されているA5と呼ばれている暗号を設計したのもこのグループである。SAGEは3GPPからの依頼を受けて、暗号の設計に着手したが、与えられた設計期間が1年未満と短かったこともあり、新規アルゴリズムの開発を行わず、既存のものをベースに開発することにした(松井, 2004)。3GPPからSAGEに課せられたのは次のものである。

- 10年以上の使用に耐える安全性を持つこと
- ハードウェアで 10kgates 以下であること

無償で利用できること

ハードウェアでのサイズの要求は端末メーカーからの要請であった。

1999年8月の会合では第3世代携帯電話向けの暗号として、MISTYをベースにアルゴリズムを採用することを内定した。MISTYは当時ほとんど唯一ともいえるほどハードウェアの小型化を意識して設計された暗号であり、既に6kgatesで実装できることが実証されていた。また、MISTYの特許が無償であることも条件に合っていた。

MISTYをベースとして新しく設計された暗号は1999年末に完成しKASUMI(霞)と命名された。2000年3月、3GPPは、第3世代携帯電話(ヨーロッパ方式W-CDMA)に利用する唯一の国際標準暗号として、KASUMIを採用することを発表した。松井が差分解読法に感銘して暗号研究を始めてから、10年の月日が経っていた。

2. 分析

(1) 商品開発経緯と創造性構成要素

創造性の三つの構成要素(専門能力、モチベーション、創造的思考能力)が、MISTYの開発にどのように貢献したのかを分析する。具体的には、前述の「(2) MISTYの開発経緯」の中で、重要な出来事を時系列に抽出し、その出来事と三つの構成要素との関連を分析する(表3-2-1(1))。

1) 専門能力

今回のMISTYの開発に使われた専門能力は松井本人と協力者を含む組織(三菱電機及び関連会社)に所属している。それは次のものである。

暗号の基礎学問である整数論で修士をでていることがまず挙げられる。また、暗号の研究においてシミュレーション(実験)に必要なプログラミング技術も持っていたことも大きな利点である。さらに、海外の論文(英文)を読めることは今回の開発経緯をみても、重要な意味を持っている。暗号研究をスタートさせるきっかけとなったのは外国人研究者の論文「差分解読法」である。また、MISTYのアイデアの基である「証明可能安全性」も国際会議の情報である。松井には、内容を理解する学術的基礎(整数論)と英語力、そして暗号研究の蓄積があったのである。また、同じグループ内の「暗号」チームの存在は大きく(松井は当時「誤り訂正符号」チームに所属)このことによって暗号研究の情報の入手が容易となった。研究所内のコンピュータ施設もシミュレーション実験には不可欠であった。これは暗号チームの予算では買えないものであった。その多くは誤り訂正符号チームのものであった。

さらに、強い興味に引かれて、差分解読法で実験を行いながら、線形解読法を開発してしまう。また、それをもとにDES解読に成功する。このように、知識と経験・ノウハウが、

強い興味のもとに増加していく。そして、最終的にはこれらの専門能力を使用して、MISTY（暗号アルゴリズム）の原型を開発してしまうのである。

商品化の段階での、社内複数専門家（過去の暗号研究の蓄積含む）の支援や事業部門の要求、等も非常に重要な知識・ノウハウとなって MISTY に盛り込まれた。また、MISTY の活用においては、組織の営業・販売力が役立っている。KASUMI の商品開発もこれらの要素が含まれている。

以上が示すように専門能力は、暗号アルゴリズム「MISTY」の開発に不可欠な役割を果たしている。

（主な専門能力）

- ・ 数学(整数論)大学院修士課程
- ・ コンピュータープログラミング
- ・ 英語(論文が読める)
- ・ 誤り訂正符号の研究
- ・ 差分解読法の研究
- ・ 線形解読法の開発

（専門能力に関する組織の支援）

- ・ 誤り訂正符号の研究蓄積及びコンピュータ等の施設
- ・ 暗号研究の蓄積
- ・ 社内情報技術製品生産能力（LSI 含む）
- ・ 営業・販売力

2) モチベーション

松井は 1990 年に発表されたイスラエル研究者による「差分解読法」に感動して、暗号の研究を始める。業務命令で暗号研究をスタートしたのではない。当事課長からは、暗号の研究をやったらどうか、と示唆をうけていたが、あくまでも示唆で、命令ではなかった。動機としては本人の興味が一番強かったと考えられる。アマビルによると、最も創造性を発揮するのは、内発的モチベーションによって活動しているときであり（Amabile,1996）このケースはそれに当てはまる。この内発的モチベーションによって、開発着手前から持っていた、整数論の知識やプログラミング技術等に加えて、研究を通して差分解読法の活用ノウハウを習得、そして線形解読法の開発を行い、暗号の専門能力を磨いていった。最終的には MISTY の開発につながったと考えられ、内発的モチベーションの果たした役割は大きかった。

表 3-2-1 (1) 暗号アルゴリズム「MISTY」の開発経緯と創造性の三つの構成要素の関連

専門能力			モチベーション		創造的思考能力			その他		開発経緯
担当者	組織	その他	担当者	組織	担当者	組織	その他	担当者	組織	
									今後「暗号」が伸びると考えた	→ <event 1> 情報セキュリティグループで「暗号」に取り組む (1987年以前)
数学(整数論) プログラミング 英文読解	グループ内の暗号チームが情報媒体	海外研究論文「差分解読法」	興味						差分解読法に暗号技術の新たなイノベーションの展開を予感	→ <event 2> 差分解読法に感銘し、暗号研究をスタート (1990年)
数学(整数論) プログラミング 英文読解 差分解読法	コンピュータ等施設		興味				生産的忘却			→ <event 3> 線形解読法を開発 (1993年)
数学(整数論) プログラミング 英文読解 差分解読法 線形解読法	コンピュータ等施設		興味							→ <event 4> 米国DESの解読に成功 (1993年)
数学(整数論) プログラミング 英文読解 差分解読法 線形解読法 DES解読	コンピュータ等施設	海外研究成果「証明可能安全性」	興味				証明可能安全性という考え方を採用する		証明可能安全性でやれば新暗号が作れると判断	→ <event 5> 新しい暗号を構想 (1993年)
数学(整数論) プログラミング 英文読解 差分解読法 線形解読法 DES解読	コンピュータ等施設		興味							→ <event 6> MISTYの原型を創る (1995年5月)
数学(整数論) プログラミング 英文読解 差分解読法 線形解読法 DES解読 MISTYの原型	コンピュータ等施設 暗号技術蓄積 複数専門家 事業部門 営業・販売力	海外顧客からの要求	業務命令				研究成果の事業化に熱意		トップがMISTY原型の事業化を指示	→ <event 7> MISTYの詳細仕様を作成し、完成 (1996年7月)

3) 創造的思考能力

アマビルは創造的思考能力を、新しいアイデアを生み出すものとして位置づけているので、MISTYのときはどこからアイデアが生まれたのか見てみる。

松井が国際会議に参加したときに出会った考え方が証明可能安全性だった。証明可能安全性とは暗号の安全性を数学的に評価するものである。暗号の安全性を特定の解読法によって鍵を推定されてしまう確率で表現する。確率が低いほど解読の難しい暗号となる。松井は国際会議には頻繁に出席していたためこの機会に恵まれた。松井は「次世代の暗号設計はこれだ」とそのとき思った。この考えの下に設計され、生まれたのが MISTY である。

アマビルによれば、創造的思考能力は「既存の複数のアイデアを結びつけて新しいアイデアを生む能力」のことであり、今回ある意味ではそれが行われており、創造的思考能力というものが発揮されている。ただし、今回の MISTY 場合、その方法は学会での情報であり、アマビルが示している認識方法や発見的な方法といったもの（表 2-1、p.6）ではない。

（注）ただし、線形解読法の場合は、アマビルの挙げている手法が使われている。それは「生産的忘却」で、松井は次のように述べている。「行き詰ったときに、いったん忘れるということは重要だと思うんです。（中略）差分解読法をずっとブループし、大体やることやってしまい、あまり成果が出なくなった。そのときはまだ誤り訂正にも未練があり、当時、誤り訂正にすごく理論的におもしろく、話題沸騰していたのがありました。そっちもやりたいなと思って、それで暗号をやめようかなと思い、誤り訂正のほうをやりかけたんです。そのときに寮で思いついて、それが線形解読法につながったんです。やっぱりずっとあることをやっているとも視野が狭くなって、後でふっと見たら、何でこんなことがそのとき気がつかなかったんだろうみたいになって、だから気分転換は必要ですね。」

以上の分析結果は、MISTY の開発では創造性の三つの構成要素が重要な役割を果たしており、不可欠であったことを示している。この他に商品開発に重要な役割を果たしたものを「その他」にまとめた。

4) その他

それは商品開発の方向や、推進を判断する能力である。

松井が入社する前に、既に三菱電機の研究所の情報セキュリティグループでは、当時利益がでないのにもかかわらず、「暗号」に二人の研究者をつけていた。当時の課長は将来「暗号」が伸びると考えていたのだ。このおかげで、松井は同じ情報セキュリティグループで「誤り訂正符号」の仕事をしながら、「暗号」についての情報を容易に得ることが出来たのである。また、暗号の知識もグループに蓄積していった。この状況と、後に述べる研究の自由度がなければ、松井が暗号の研究をやっていたかどうか分からない。よって、当時の課長を含む組織が、暗号の将来性を見越して対応策をとっていたことが、今回の暗号アルゴリズムの研究をスタートさせるのに不可欠な土台を作ったといつてよい。

さらに、松井が MISTY の原型を完成したときに、その価値をみとめて、事業化を進めたのは、当時の所長であった。このように、商品開発の方向を決めるときに、組織の支援が大切な役割を果たしていた。

開発担当者自身においては、今回の暗号の商品開発では、技術の習得とブレイクスルーの可能性の判断が最大のポイントであった。ステップバイステップで一つ一つ技術の壁を乗り越えて、その都度目標を設定していき、最終的に暗号アルゴリズムの開発に結びついている。技術のブレイクスルーの見通しが非常に難しい状況で、効果的な推進方法であったと考えられる。

(2) 組織環境

- ・自由度が非常に高かったため、松井は自分のペースで自分の興味を満たしながら研究を進めることが出来た。最初の差分読解法の研究や、線形読解法の開発、そして DES の読解など、自由に研究を進めることが出来た。これらの研究の積み重ねが、MISTY の開発につながっている。
- ・暗号の研究に着手していたころは、課長に全面的なバックアップをうけ、自由に研究することができた。さらに、MISTY が出来上がる頃、当時の研究所長の指示により、事業化に必要な人材を含め全面的にバックアップした。結果、MISTY の詳細仕様がきまり、商品化ができた。
- ・日常業務からの分離：日常の仕事そのものが研究であったため、いわゆるルーティーンの仕事からは分離されていた。事業部門からの依頼も多くなく、自主研究として自由に研究を行えた。
- ・情報セキュリティグループは誤り訂正符号と暗号の二つのテーマを持っていた。誤り訂正符号の事業は利益を出していた。このための研究用にコンピュータが購入されていた。暗号研究ではこれらのコンピュータを使用することが出来た。もし、暗号研究だけのグループだとしたら、利益を出していないため、当時高価だったコンピュータを持つことが出来なかったであろう。また、社内からも利益を生まない活動自体に批判がでて、研究ができる良い環境はつくれなかったと考えられる。

3. 開発担当者の意見

独創的な商品開発を担う研究者・技術者に必要な能力

ひとりでやっていける能力が重要である。研究者は究極は孤独である。共同してやっても、個人の分担のなかでそのなかでは孤独である。最後に責任をとるのは自分自身である。

独創的な商品開発を担う研究者・技術者の育成方法

二つのやり方があると思う。一つは、自由にやらせて、成果の出た人によりリターンをあたえ、そうでない人には与えない。もうひとつは、少人数によるグループをつくり、そのグループの成果にたいしてリターンをあたえ、構成メンバーは同じように処遇するとい

うやり方だ。現時点でどちらがいいのか判断しかねている。

独創的な商品開発を担う研究者・技術者の組織環境・マネジメント

MISTY のケースでは、同じ課の中に、誤り訂正のように利益を上げているグループと利益が出していないが将来の可能性のある暗号グループを一緒にしたのはよかっと思う。そのため、他から利益を出していないことを非難されることがなかった。また、暗号グループを自由にやらせたこともよかった。自由にさせたほうが、本人は逃げ場が無くなって成果を出さなければならなくなる。

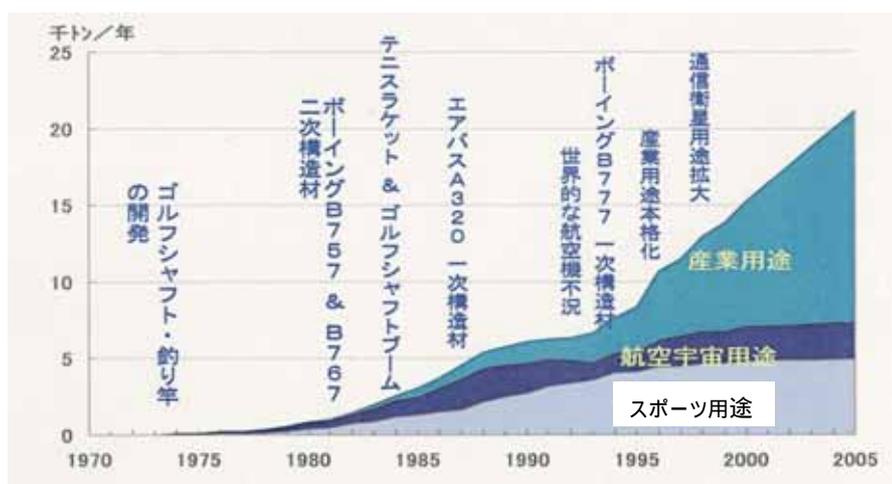
3.1.2 炭素繊維 (PAN¹系炭素繊維)「トレカ」

1. PAN 系炭素繊維開発の背景と経緯

炭素繊維とは、炭素が 90 重量%以上含まれる繊維のことである。鉄（比重 7.8）に比べてきわめて軽く（比重 1.8）、重さあたりの強度や弾性率が鉄の 10 倍である（東レ(株)ACM 技術部，2004）。

炭素繊維は、大きく二種類ある。ひとつは、アクリルからつくる PAN 系炭素繊維、もう一つは石油等から作るピッチ系炭素繊維である。現在、炭素繊維市場での比率は PAN 系 90%、残りがピッチ系である。PAN 系炭素繊維は、スポーツ用品ではゴルフシャフト、釣竿、テニスラケット、等、また、航空宇宙分野では、飛行機の 1・2 次構造材、産業用では土木建築補強材、自動車、風力発電等に使われている。その活用の量と範囲は、近年でも増加の一途をたどっている（図 3-1-2 (1)）。

図 3-1-2 (1) PAN 系炭素繊維市場の変遷



資料：東レ(株)ACM 技術部(2004)『炭素繊維“トレカ”の歴史』(2004 年 7 月)東レ(株)内部資料。

PAN 系炭素繊維そのものの開発は海外との交流の中で、日本で始まり、そして成長した、我が国の独創的な商品開発の成功例である。PAN 系炭素繊維は大阪工業試験所の進藤昭男によって 1959 年に発明され、1962 年には日本の炭素メーカーが最初に製品化した。さらに 1972 年、世界に先立って本格生産に乗り出したのも日本の東レである（高松，2000）。現在においても、PAN 系炭素繊維の生産は日本の企業が強く、東レ、東邦テナックス、三菱レイヨン、の三社で世界市場の約 70%程度を占めている（表 3-1-2(1)）。なかでも、東レが商品開発及び販売で世界をリードしてきた。どのように商品開発に成功してきたのか、それを担ったのはどのような人材だったのか、見てみることにしよう。

¹ PAN(Polyacrylonitrile) ポリアクリロニトリル。

表 3-1-2 (1) PAN 系炭素繊維メーカーの生産能力

		2002	2004
東レグループ	東レ	4,700	4,700
	SOFICAR(仏)	800	2,600
	CFA(米)	1,800	1,800
	小計	7,300	9,100
東邦グループ	東邦テナックス	3,700	3,700
	TENAX(独)	1,900	1,900
	小計	5,600	5,600
三菱レイヨングループ	三菱レイヨン	3,200	3,200
	GRAFIL(米)	1,500	1,500
	小計	4,700	4,700
その他:HEXCEL,CYTEC,台湾プラスチック他		5,900	5,900
合計		23,500	25,300

注:単位:トン

資料:東レ(株)ACM 技術部(2004)『炭素繊維“トレカ”の歴史』(2004年7月)東レ(株)内部資料。

(1)背景

1958年にユニオンカーバイド社(UCC社)はレーヨン織物を焼成した炭素繊維織物を米空軍研究所(AFML)のロケット部品用に納入した。その後1965年頃までUCC社はレーヨンベースの炭素繊維の販売量を徐々に拡大したが、極めて高価な材料であり、需要はほとんど宇宙用途に限られていた。アクリル(PAN)繊維を焼成して炭素繊維を作ったのは大阪工業試験所の進藤昭男博士が世界初めてである。1961年、進藤が発表した炭素繊維は、レーヨン系炭素繊維とは異なって、炭素結晶子の著しく配向した構造をそなえており、より高い強度とはるかに高い弾性率を示すものであった(進藤,1982)。

進藤博士は1959年にPAN系炭素繊維の基本特許を出願した。この特許のライセンスを受けて、1962年には日本カーボンが月産500kgのパイロットプラントを完成させて、最初に製品化することになる。ただし、当時の炭素繊維は、のちに「鉄よりも強く、アルミニウムより軽い」といわれ複合材料の強化材として利用される炭素繊維と同じ製品とみなすことはできない。この時期、炭素繊維に期待されていた性能は、従来の製品にない柔軟性であり、用途は石油ストーブの芯、電熱布、静電気防止剤、パッキングであった。日本カーボンのほかにも、松下電器産業、東海電極製造、日東紡績が大阪工業試験所から特許権の実施許諾を受けて、製品化を試みている(高松,2000)。

進藤は、1961年の論文発表に続いて、1963年7月の米国炭素会議に提出した。このあと、欧米各国から論文の請求があった。欧米における研究はこの発表が契機になって進められた。特に、イギリスでの王立航空機研究所(Royal Aircraft Establishment:RAE)のWattらが1963年秋ころから研究を始めた(進藤,1986)。

RAEがアクリル繊維を焼成した炭素繊維を1964年に開発した。それを受けて民間ではロールスロイス社が開発に取り組んだ。60年代末には材料革命が叫ばれ、なかでも炭素繊維は「材料革命の主役」とされていた。イギリスでは、PAN系炭素繊維の複合材料への利

用を急いでいた。イギリス下院科学技術特別委員会(Select Committee of the House of Commons on Science and Technology)は「大規模な炭素繊維製造プラントの建設を急ぐことは、国家にとってきわめて重要である」と勧告した(高松 亨, 2000)。1967年にロールスロイス社の航空機エンジンのファンブレードに試用された。これが航空機用途に炭素繊維が使われた最初である。しかし、残念ながら商業化されなかった。鳥などが飛び込んでくると壊れてしまうという欠点を克服できなかったのである。

東レは同社基礎研究所の研究者 森田健一(もりた けんいち)の予期しない発見から参入することになる。

(2) 研究開発担当者と開発経緯

森田健一は1928年12月、大連(現中国領)に生まれた。小学校のころから理科や算数が好きだった。子供のころから、理科系がむいていると思っていた。森田が太平洋戦争の終戦を迎えたのは16歳のころであった。日本は焼け野原であった。当時、森田は化学は無から有をつくるものだというキャッチフレーズを聞き、化学を選んでいる。大学の卒業論文を始めたころに研究者になろうと思った。卒業論文はステロイド(副腎皮質ホルモン)を扱った。1954年に東京都立大学理学部化学科を卒業している。大学の先生を通して、豊年製油の研究所である財団法人杉山産業科学研究所にスカウトされた。てんぷら油製造の副産物であるステリンから、女性ホルモンをつかって事業化する研究であった。この研究を数年行ったのち、ベンチプラントを作った。しかし、米国の企業が成長の速い植物から女性ホルモンが早く簡単にできるようになった、というニュースが入り、研究が中断されることになった。

次に1959年に米国のシカゴ大学のBen May Laboratory for Cancer Researchにステロイド研究のResearch Associateとして行くことになった。ここに3年程度いることになる。森田が都立大学の学生のととき助手だった人が東レの基礎研究所に勤務していた。1964年、その人の勧めで東レの基礎研究所に入った。東レは1956年に滋賀に中央研究所を開設していたが、基礎研究の充実を目的として1962年に鎌倉に基礎研究所を開設した。基礎研究所は工場の中に設けなかった。工場内に設けると、どうしても今の製品をやりたがる。そのため、工場と離れたところに建設された。中央研究所が既知の合成繊維の工業化を目指すのに対し、基礎研究所は新しい合成繊維や合成物質およびその新合成法の発見を目的としていた。基礎研究所の組織環境は大変自由なものであった。研究テーマは自由に決められた。スケジュール管理も自由であった。研究費も不自由なかった。森田の上司も新しいものにチャレンジすることを奨励していた。

当時、東レはデュポンから、ナイロン66の生産する権利を手に入れていた。当時のデュポンのプロセスは、ブタジエン アジポニトリル アジピン酸・ヘキサメチレンジアミン ナイロン というものだったが、この最初のプロセスにおいて、モンサントがブタジエンの代わりにアクリロニトリルを使う方法を開発した。

森田はこれに対応して、アクリロニトリルからアジポニトリルを独自の方法で合成するための研究を行っている。モンサントが電気化学的方法をとったのに対し、触媒を用いた化学的方法で合成を試みた。この試みは失敗に終わったが、1966年に新規化合物を発見する。新規ビニルモノマ（HEN）（ヒドロキシエチルアクリロニトリル²）である。

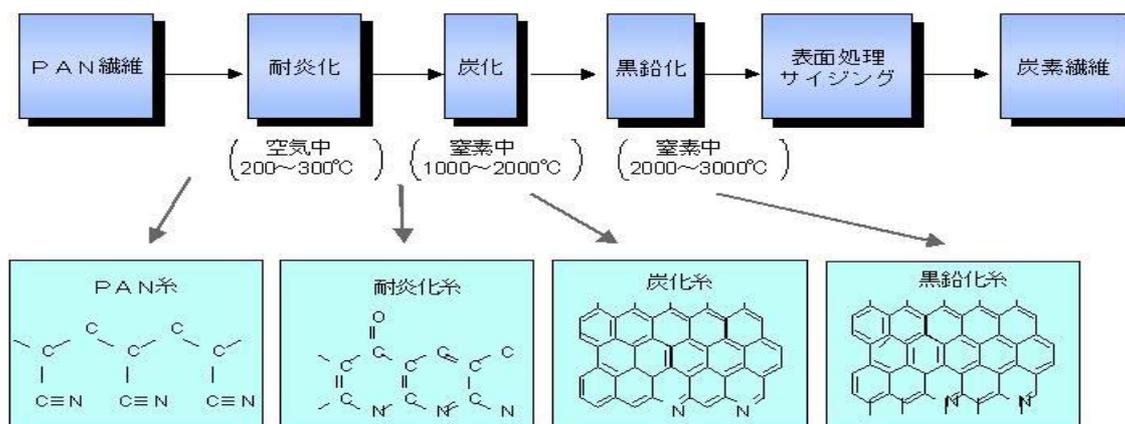
そして、この新規化合物 HEN の利用を目指した研究が始まるのである。アクリル繊維の吸水性向上のほかにも十数項目について行われた。そのなかに炭素繊維があった。HEN は PAN 繊維の耐炭化促進効果があり、PAN 繊維に混合することにより優れた炭素繊維をつることができることがわかったのだ。1967年より炭素繊維の研究に取り組むことになる。

東レは、社外の複数のメーカーに炭素繊維の研究用に PAN 系繊維を提供していた。森田の新規化合物を含む PAN 系繊維は、一部のメーカーから、炭素繊維用原糸としての高い評価がかえってきた。森田はこれを受けて、社内で企業化を目指すことにする。森田は、この時点で炭素繊維について、全くの素人であった。

基礎研究所の森田を含む有機合成グループ 6, 7 人はそれまで、原料合成の研究していたが、炭素繊維にとりかかる。その結果、当時 20 数時間かかるとされていた酸化工程が数時間に減少し、しかも、得られた炭素繊維の機械的特性が大幅に向上することがわかった。当時最高性能であったイギリスの RAE の炭素繊維以上の高強度、高ヤング率であった（高松, 2000）。

森田はこの研究結果を社内の研究成果発表会で示した。そこに、開発研究所所長の伊藤昌壽（後の東レ社長、会長）がいて、森田の言葉によれば、唯一人興味を示した。1969年5月に伊藤をリーダーとした全社的なプロジェクトがスタートする。プロジェクトは、基礎研、繊維研、工務研、開発研、愛媛工場の研究者・技術者 50 人を中心として、総勢約 200 人に達するおおがかりのものとなった。

図 3-1-2 (2) PAN 系炭素繊維の製造プロセス



資料: 東レ(株)ACM 技術部(2004)『炭素繊維“トレカ”の歴史』(2004年7月)東レ(株)内部資料。

² Hydroxyethylacrylonitrile(HEN) : ヒドロキシアクリロニトリルともよばれる。HENは1分子の中に、二重結合、ニトリル基、OH基を持っており、このような化合物はそれまでなかった。

伊藤は「当時はごり押しをした。とにかく早く工業的な生産技術にしなければいけないということで、滋賀に月産1トンのプラントをつくり、研究者を50人ぐらい動員した。ところが原料のアクリル繊維はできるが、それを大量に効率的に焼く技術がない。摂氏2千度という非常に高温の炉も必要だった。そこでこうした技術を持っているUCC社(当時)と昭和45年(1970年)クロスライセンスを結んだ。うちは糸をつくる技術を、UCC社は糸を焼くノウハウというか装置を技術交換した」と述べている(伊藤, 1992)。東レは、これによってUCCの販路を獲得したことも大きかった。

この当時、炭素繊維は3種類あった。レーヨン系、PAN系、ピッチ系である。1970年頃、それぞれの企業や研究所が、独自の見通しをたてて開発を進めていた。森田によると「その東レのPAN系炭素繊維の性能は、従来のレーヨン系やピッチ系の性能を凌ぐことは勿論のこと、従来のPAN系をもはるかに凌ぐものであった」。さらに、当時のUCCについて次のように述べている。「ピッチを使ってカーボンファイバーを作れば、PANを原料としてつくるよりも安くいいものができるはずだ。そういう信念のもとに、何十人もかけてピッチ開発に専念していた」。また、ドイツでは「アメリカ人がやって来て、将来は、これ(ピッチ系)が安いから、そのうちPANはだめになる。それは東レにやらせておいて、いい糸を安く作ってやるんだと言っていた」ということを、森田は知人の大学の先生から聞いている。この時期は、技術予測が非常に難しい時期であったのは間違いないであろう。

当時、東レはパイロットプラントはできたものの、世界的にも一般市場に製品がなく、具体的な用途が無かった。ゼロから市場を作っていく必要があった。三井茂雄元東レ副社長は当時の様子を次のように述べている。「その当時、カーボンファイバーをどういうマーケットに、どういうふうに商品展開していくかということは全くの手探りのときでした。本命を飛行機に置きつつも、実際に飛行機につかってもらえるには(認定作業)10年かかるわけですね。ですので、これと併行して、より身近で早く使ってもらえるお客様にもアプローチしました。そのひとつが国内のスポーツ用途で、まず「釣り竿」に採用されました。なぜそこへ入れたかと言いますと、(中略)従来のガラス繊維づかいの釣り竿には幾つかの使い勝手の悪さがありました。ひとつは重いことです。さらに、魚を釣る人は、魚がかかったときのレスポンスが鋭いもの、感じやすいものを好みますので、そうなるとカーボンファイバーの軽さと弾性率の強さが生かせるはずだと、これを売りに、試作して持っていくと、「これはいい」ということになったわけです」。

1972年2月の釣具見本市にオリンピック釣具から「鮎竿世紀」として出展された。従来のGFRP(ガラス繊維強化プラスチック)の800gないし1000gに比較して、CFRP(炭素繊維強化プラスチック)を組み合わせることにより500gとなり、価格も5万円したが、それにもかかわらず好評を博した。そして、さらに1972年10月ゴルフ太平洋マスターズで炭素繊維を使用したブラックシャフトを優勝者が使っていたことで、ゴルフへの利用が促進された。この炭素繊維は、東レが作った炭素繊維をUCC社へ輸出し、それを入手した米国のベンチャー会社がブラックシャフトを開発したのである。その後、日本のゴルフク

ラブメーカーもブラックシャフトを製品化する。これが東レの炭素繊維にとって最初の神風になり、作る先から注文が舞い込み、在庫が底をついた。1976 年ごろからは、テニスラケットに炭素繊維が普及し始めた。最初に取り入れたメーカーもゴルフシャフト同様に、海外のメーカーであった。いわゆるデカラケである。大きくても強くて軽い、炭素繊維の入ったプラスチック(炭素繊維強化プラスチック CFRP)によって可能になったのである。現在ではほとんどのラケットに CFRP が使われている(東レ株ACM 技術部, 2004)。

スポーツ用途というのは、航空機用途に認知されるまでの間に非常にいいつながりになったのは事実であった。しかも現在、航空機用途と並ぶ大きな柱になっている。森田は 1967 年に研究に着手してから 1980 年までの 13 年間、炭素繊維研究のリーダーを務めた。

航空機への利用は更なる開発が必要であった。炭素繊維の高度化のための開発部門があった。その中でリーダー的存在が三井茂雄(みつい しげお)であった。

(3)生産技術開発担当者と貢献

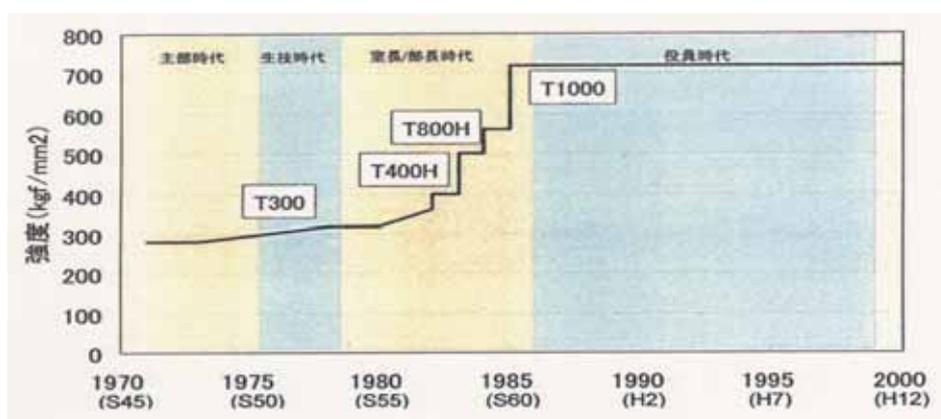
三井茂雄は 1935 年 7 月に大阪府で生まれた。小中学校のときに理科や算数(数学)は好きであった。終戦のとき、小学校 4 年生のころ、父親から「これからはものづくりの時代だから、技術の世界に進んだほうがいい」といわれた。その父親の言葉がその後もずっと心に残っている。高校のときは医者になりたいと思ったこともあるが、最終的には化学を選んだ。三井は「中学や高校の実験を通して A と B を混ぜたら C になる、というすばらしい経験をした」と述べている。そして化学が好きになった。大学は化学科を選択した。大学卒業後、東レを選んだ。石油化学製品から合成繊維がつくられるというのを知って、そのようなことをやりたいと思ったのだ。当時、東レに入社した人たちは、技術系で 40 人くらいだった。そのうち化学系は半数であった。残りは、機械系、電気系などである。当時は研究全盛の時代で、みんな研究所に入りたい、という傾向があった。そのような風潮のなか、三井は滋賀工場に赴任した。レーヨンの現場だった。レーヨンは既に斜陽の時代であった。入社 3 年目のときにレーヨンの生産は全面ストップとなる。そして、滋賀工場はナイロンの生産へ全面移管することになった。そして、三井がその責任者に抜擢された。三井は上司に恵まれ、大きな仕事を任されるなか、生産技術を学んでいった。レーヨンのフィラメント(長繊維)3 年、ナイロンの糸を 8 年、生産技術に携わった後、1970 年三井は 35 歳のときに炭素繊維を扱うことになる。それは愛媛工場であった。炭素繊維のパイロットプラントの次に、セミワークス工場が愛媛に建設された。(繊維業界の商品開発のステップは、研究 ベンチプラント パイロットプラント セミワークスプラント 生産プラント、である。)レーヨンの糸とナイロンの糸を知っている技術屋として、PAN のフィラメントをつくるために愛媛工場に呼ばれたのだ。カーボンファイバーの製造プロセスというのは原糸と焼成の二つの工程がある。三井は当初、この原糸の責任者だった。原糸とは炭素繊維に焼くための PAN 系の原料の糸のことである。

その後、自ら顧客からの情報を収集して、自ら開発テーマを設定し、ニーズにあった、

高度な性能を持った炭素繊維の開発に努めるのである。

具体的には、炭素繊維の高特性・高品質化を図るため、炭素繊維の強度支配欠陥の定量評価を可能とし、欠陥生成を抑制する紡糸方法等の技術を開発し、高強度化の基盤技術を確立した。それに基づき、高強度・高弾性率等の高機能・高特性炭素繊維の生産化を実現するとともに、高品質、低コストの生産技術を確立した（文部科学省，2003）。このような努力の積み重ねの結果、現在の東レの炭素繊維の利用範囲が広がってきたのである。

図 3-1-2 (3) 東レ「トレカ」の強度向上推移



注: 主部 = 「主任部員」、生技 = 「生産技術部」、の意味で三井茂雄氏の組織内のポジションを示している。

資料: 東レ 2004 年 7 月 28 日インタビュー時配付資料。

航空機への適用は提携先の UCC 社がボーイング、ダグラス社への認定作業を着々と進めていた。また、73 年のオイルショックは航空機への CFRP 適用にとって追い風であった。NASA は 75 年に燃料半減を目標に Aircraft Energy Efficiency (ACEE) プログラムを発足し、10 年間にわたる研究を開始した。その中で垂直尾翼、水平尾翼、方向舵、等を対象に CFRP も検討され、従来のアルミ合金製部品に比べて 22 ~ 26% 軽量化を達成し、燃費 10 ~ 20% の改善と満足のものであった（東レ(株)ACM 技術部，2004）。

東レの炭素繊維（T300）はボーイング社が航空機材料として 1978 年に認定し（東レ(株)ACM 技術部，2004）、エアバスも 1980 年代初頭に航空機材料に認定し、現在でも航空機用カーボンファイバーの定番品である。ボーイングは B777 を開発するにあたり、T300 では実現できない弾性率アップと伸度アップを要求してきた。当時不可能と思われたこの要求に答えたのが東レと外国企業 1 社であり、最終的には東レが競り勝った。この製品名は T800H で現在ボーイング社の 1 次構造材に適用が認められている唯一のカーボンファイバーである（山本，2003）。さらに、2004 年、東レは唯一、ボーイング社の次世代中型旅客機 B7E7（2008 年就航予定）一次構造材料向けの炭素繊維複合材料について、同社との間で 2004 年から 18 年間の長期供給に関して基本契約を結んだ。この期間中にボーイング社が当該機種 1,500 機を生産する前提で、受注額は約 3,300 億円となった（東レ，2004）。

表 3-1-2 (2) 東レ(株)の炭素繊維成功の要因

東レ(株)では炭素繊維の成功の要因を次のように見ている。

- 1) アクリル繊維メーカーであった。
 - a. 現在世界シェアの大半を握る日本の 3 社(東レ、東邦テナックス、三菱レーヨン)はすべてアクリル繊維メーカーである。また他の有力メーカーでもアクリル繊維メーカーの技術に頼っている例が多い。UCC 社の原糸技術は東レから技術輸出した。(一部省略)。
 - b. 炭素繊維に用いるアクリル原糸は世の中にある一般のアクリル繊維とは若干異なる。特別に共重合組成、製糸工程の熱延伸工程等を設計された特別な原糸である。焼成技術も重要であるがそれ以上に原糸の技術が死命を制するといつて過言ではない。
 - c. アクリル繊維は各社で重合および紡糸に用いる溶液が異なり技術の共通性が少ない。このため容易に他社技術をまねしにくいことも先行の東レおよび他の日本のメーカーにとって幸いした。最近技術進歩の著しい中国、韓国でも炭素繊維の事業化に長年望んでいるが本格的な成功に結びついていない。
 - d. なお、技術に定評のあるデュボン社が乾式紡糸だったことも幸いした。乾式紡糸ではポリマー溶液中の溶液が空气中に蒸発する過程で繊維断面形状を収縮によってしわだらけなものとしてしまい、高強度炭素繊維を得ることができない。さしものデュボンが長年にわたって検討したもののついに企業化をあきらめた。現在の PAN 系炭素繊維のメーカーはすべて湿式紡糸法(液体中で繊維状に凝固させる)を採っている。
- 2) 大消費地である欧米メーカーとの提携
 - a. 初期の東レの成功には先輩格の UCC 社と提携できたことは大きい。特にボーイング社の認定、需要開拓に UCC 社の認定、需要開拓に UCC 社の果たした役割は大きかった。
 - b. 欧州需要に応じてフランスに進出したことも重要であった。欧州は炭素繊維の成形技術で先進地域であり多くの需要用途の情報を手に入れることができた。エアバスは多量の T300 を使っている。
- 3) マネジメントの先を読んだ大胆な決定、サポート
 - a. 企業化を決定した 70 年には一般的な炭素繊維市場は存在していなかった。ほとんどの人はこんな高い糸(当時 10 万円/kg 程度)を誰が買うのだろうかと思っていた。
 - b. 炭素繊維事業はまだ幼児期の 70 年代から今日に至るまで経営トップの関心事項であった。このため、他の事業では許されない積極策が認められ、トップの十分なサポートを得られた。
(省略)
- 4) 品質重視と絶えざる技術開発
 - a. 炭素繊維の開発時期には現在のような出荷検査試験法はなかった。単糸で強度を測っていたが、より実用強度に近く比較的簡単なストランド法による試験法を開発したのは東レである。この方法はその後世界中に普及し、米国の ASTM 法、日本の JIS 法、ISO 国際規格の基礎となった。
(省略)

資料: 東レ(株)ACM 技術部(2004)『炭素繊維“トレカ”の歴史』(2004 年 7 月)東レ(株)内部資料。

三井はロールスロイス社が PAN 系炭素繊維の最初の商品化の対象に飛行機エンジンのブレードを選んだことについて、「技術的に非常に難しく、実用化されたのは最近である」と指摘している。ロールスロイス社がエンジンメーカーであったため、製品化の対象としてエンジンブレードを選択したと考えられるが、よい判断ではなかったと考えられる。対照的に、東レは航空機をにらみながらも、初期の頃は比較的短期間で商品化できるスポーツ用品を対象としたことは、成功の要因のひとつであろう。

PAN 系炭素繊維の製造の最大のポイントは、高品質の PAN 繊維である。これを製造する技術を東レがもっていることが成功の鍵であった（表 3-1-2(2)）。新市場を開拓するに当たって、製造技術の開発も絶え間なく行われた。東レは次々と炭素繊維の高度化を進め、利用範囲を進めていった。その高度化の達成は当時の常識を超えていたといわれる（高松，2000）。

2. 分析

(1) 商品開発のプロセスと創造性構成要素

創造性の三つの構成要素（専門能力、モチベーション、創造的思考能力）が、PAN 系炭素繊維の開発にどのように貢献したのかを分析する。具体的には、前述の「(2) 研究開発担当者と開発経緯」の中で、重要な出来事を時系列に抽出し、その出来事と三つの要素との関連を分析する（表 3-1-2 (3)）。

1) 専門能力

大学の専門は化学である。東レ(株)の研究者になった時には既に 10 年間の研究経験があった。ナイロンのプロセスを研究したときも、モンサントが電気化学的方法をとったのに対し、触媒を用いた化学的方法で合成を試みている。ここで、失敗したときに生まれたのが、新規化合物 HEN であり、炭素繊維開発の鍵となる。最初は炭素繊維について何も知識の無かったが、同僚 6~7 人の研究者と研究を重ね、短期間で、当時 20 数時間かかるとされていた酸化工程が数時間に減少し、しかも、炭素繊維の機械的特性を大幅に向上させる。当時の世界最高といわれるイギリスの RAE の炭素繊維よりも高強度の炭素繊維を得る。大型プロジェクトを発足させるトップの決断を引き出した。

組織の支援も大きかった。所属していた企業が繊維メーカーだったため、新規化合物の利用対象として炭素繊維の原系への適用可能性を検討することが容易にできた。また、炭素繊維の原系を既に炭素繊維メーカーに納入していたため、炭素繊維メーカーに HEN を使用した炭素繊維の評価も聞くことができ、事業化の判断ができた。開発プロジェクトでは研究者 50 人も含めて 200 名を動員して、開発を行った。トップの決断と組織の力が非常に大きかったことを示している。また、UCC との提携は非常に大きな成功の要素である。こ

れによって、当時弱点といわれていた、焼成技術を手に入れる一方で、米国への販売ルートができたことが大きかった。また、ゴルフシャフトやテニスラケットへの適用が米国の企業によって発案されたことが需要開拓に大きく貢献した。そして、念願の航空機市場への参入も米国メーカーへの UCC のアプローチによるところが大きい。

以上のように、開発担当者及び組織や提携先企業の専門能力が開発プロセス全体に大きな役割を果たしている。

(主な専門能力)

- ・化学
- ・ステロイドの研究
- ・10年間の研究経験(3年の米国での研究含む)

(専門能力に関する組織の支援)

- ・基礎研究所施設
- ・社内研究者・技術者
- ・PAN系繊維の製造技術
- ・海外支店網
- ・営業・販売力
- ・UCCとの提携

2)モチベーション

東レ基礎研究所で、森田は自由に研究することができた。その環境の中で、積極的に研究に取り組み、新規化合物 HEN を発見し、炭素繊維開発に大きな貢献をする。高いモチベーションが原動力になっていると考えられる。

3)創造的思考能力

アイデアが生まれたのは、森田がナイロンの生産プロセスの改良研究に失敗したときに、新規化合物を発見することが発端である。この化合物の用途を検討したところ、PAN系繊維に混合すると優れた炭素繊維ができることがわかり、研究が始まる。

アマビルによれば、創造的思考能力は「既存の複数のアイデアを結びつけて新しいアイデアを生む能力」のことであり、今回ある意味ではそれが行われており、創造的思考能力というものが発揮されている。ただし、その方法について、アマビルがあげている認識方法や発見的方法といったもの(表 2-1、p.6)ではなく、一種のセレンディピティ³といえる

³ Serendipity: A word coined by Horace Walpole, who says (Let. to Mann, 28 Jan. 1754) that he had formed it upon the title of the fairy-tale 'The Three Princes of Serendip,' the heroes of which were always making discoveries, by accident and sagacity, of things they were not in quest of. The faculty of making happy and unexpected discoveries by accident. (The Oxford English Dictionary, 1961). 思わぬものを偶然に発見する能力。幸運を招きよせる能力。

であろう。

表 3-1-2 (3) 炭素繊維の開発経緯と創造性の三つの構成要素の関連

専門能力			モチベーション		創造的思考能力			その他		開発経緯
担当者	組織	その他	担当者	組織	担当者	組織	その他	担当者	組織	
									新合成繊維や合成物質及び合成法の発見を目指す	→ <event 1> 鎌倉に基礎研究所を設立 (1962年)
化学 ステロイド等10年の研究経験	研究施設 PAN系繊維の製造 ナイロンの生産権利		自主的 積極的		ナイロン生産プロセスの研究中に新規化合物発見(セレンディビティ)					→ <event 2> 新規化合物HEN発見 (1966年)
化学 新規化合物HEN	研究施設 PAN系繊維の製造	炭素繊維製造会社より高い評価	自主的 積極的						炭素繊維メーカーの高い評価によって事業機会を認識する。	→ <event 3> 炭素繊維の研究スタート (1967年)
化学 新規化合物HEN	研究施設 PAN系繊維の製造技術 共同研究者 社内研究発表会		自主的 積極的	トップによる新規事業開発					トップによる決断	→ <event 4> 全社プロジェクトの発足 (1969年)
化学 新規化合物HEN	研究施設 PAN系繊維の製造技術 社内研究者・技術者 海外支店網	UCCとクロスライセンス	自主的 積極的	トップによる新規事業開発						→ <event 5> パイロットプラントを用いて世界初の商用生産 (1971年)
化学 新規化合物HEN	研究施設 PAN系繊維の製造技術 社内研究者・技術者 営業・販売 ブランド 海外支店網	UCCとクロスライセンス	自主的 積極的	トップによる新規事業開発		ガラス繊維の代替という視点	UCCを通して米国企業のアイデア		航空機材料までのつなぎにスポーツ・レジャー市場を狙う。	→ <event 6> 炭素繊維を使った釣竿、続いてゴルフシャフト発売 (1972年)
化学 新規化合物HEN	研究施設 PAN系繊維の製造技術 社内研究者・技術者 営業・販売 ブランド 海外支店網	UCCとクロスライセンス	自主的 積極的	トップによる新規事業開発						→ <event 7> ボーイング社が航空機材料として認定 (1978年)

以上の分析結果は、炭素繊維の開発では創造性の三つの構成要素が重要な役割を果たしており、不可欠であったことを示している。この他に商品開発に重要な役割を果たしたものを「その他」にまとめた。

4) その他

炭素繊維開発の初期の頃、東レは商品開発の方向として、航空機にターゲットをおきながらも、まずスポーツ・レジャー用品を考えた。これが現実的な選択であり、実際に製造販売することにより技術力を徐々に向上させていった。最終的には航空機用の部材も納入するようになる。最初から目標を航空機に絞っていたら、10年間検査等のためその使用をまたなければならず、事業としては成り立つのは難しかったであろう。1960年代ロールスロイス社の炭素繊維開発でエンジンファンブレードの開発をしようとしたが失敗する。これは技術的にも非常に難しく、最近やっと可能となったものである。エンジンファンブレードに取り組んだことは、技術革新の可能性の把握に失敗したといえる。誰も取り組んだことのない技術を開発するのは、非常に不確実性が高い。やってみないと、どのくらい難しいものかもわからない。東レのケースのように、比較的簡単なものから、商品化することで、その不確実性のリスクを回避するのは一つの有効な手段であろう。

(2) 組織環境

PAN系炭素繊維を開発推進したときの組織環境についてまとめた。研究開発の担当者(森田)及び生産技術開発の担当者(三井)の当時の組織環境について併記した。

(研究開発担当者を取り巻く組織環境)

- ・基礎研究所の組織環境は大変自由なものであった。研究テーマは自由に決められた。スケジュール管理も自由であった。研究費も不自由なかった。上司も新しいものにチャレンジすることを奨励していた。
- ・基礎研究所は工場の中に設けなかった。工場内に設けると、どうしても今の製品をやりたがる。そのため、工場と離れたところに建設された。すなわち、日常の仕事から分離できるように立地まで考えられていた。
- ・また、新規化合物(HEN)を発見し、炭素繊維用の原糸への利用を見出すやいなや、6~7人の研究者を森田の即断で炭素繊維の研究に向けさせた。現在このようなことは、東レ内でも難しいと、森田及び三井が述べている。当時はそれほど自由度が高かったのである。

(生産技術開発担当者を取り巻く組織環境)

- ・ナイロン技術を社運をかけて導入したときのパイオニア精神が受け継がれている。何もしないで失敗しない人よりは、とにかくまずやってみて、失敗してもいいから、やる人に対し評価が高い。

- ・開発テーマを提案し、認められた。スケジュール管理は毎月報告した。研究費も提案して、了承ももらっている。上司からの信頼も厚く、新しいことをやらせてもらった。経営トップからの奨励もあった。また、工場内に開発部門を設立することにより、効率よく開発することが可能であった。

3. 開発担当者の意見

研究開発担当者と生産技術開発担当者の意見を併記した。

独創的な商品開発を担える研究者・技術者はどのような能力が必要か。

(森田)

- ・発見、発想する能力、Serendipity。但し多くの情報を与える（特にマーケット情報や会社の置かれている状況など）。

(三井)

- ・受身でなく、自ら考えて行動できる人（言われるまでやらない、言われたことしかやらない技術者はいない。事業のあるべき姿を常に考えて行動できる人）。
- ・失敗を恐れず、まず、やる人（やる前から否定せず、まず、やってみること）。
- ・勘働きの良い人（磨けば身につく：多くの知識、多くの経験を重ね、問題意識を持ち、絶えず磨くこと）。
- ・フットワークが良い人（他部署へ行って協力を頼むなど、組織横断的に動けること）。
- ・うさぎ穴にこもらず、視野広く、幅広い情報収集が出来る人。

独創的な商品開発を担える研究者・技術者はどのようにしたら育成できるか。

(森田)

- ・優秀な研究者を選び、自由にやらせる。

(三井)

- ・OJTで鍛えて、修羅場を経験させ、成功の機会を与えて、自信とやる気を持たせる。
- ・失敗から学ぶ姿勢を求める（責任を逃れさせない）。

独創的な商品開発のために、研究者や技術者の能力を最大限に引き出す組織環境やマネジメントとはどのようなものか。

(森田)

- ・優秀な研究者を選び、自由にやらせる。

(三井)

- ・目標と課題について十分に話し込んで決め、その後は任せて自由にやらせる。
- ・任せ放しではなく、適宜フォローアップして、必要な助言・支援をする。

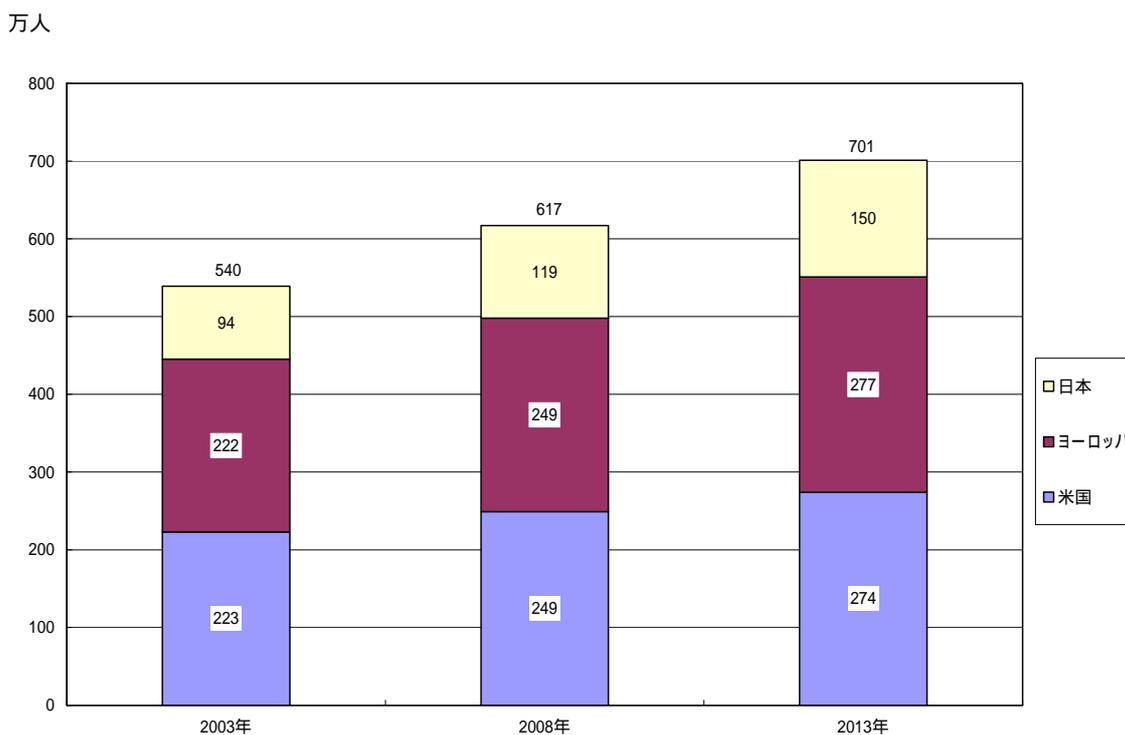
3.1.3 アルツハイマー痴呆症治療薬「アリセプト」

1. アリセプト開発の背景と経緯

1907年、ドイツの精神医学者、アロイス・アルツハイマー(Alois Alzheimer)は51歳の女性に見られた特有な痴呆の症例を報告した。この患者は記憶障害にはじまり、うつ状態、被害妄想に至り4年半の経過後死亡した。解剖の結果、この患者の脳は異常萎縮していた。また繊維状の異常な蛋白質が神経細胞に沈着していた。これがいわゆるアルツハイマー型痴呆症である。

2003年には米国、ヨーロッパ、日本の合計で約540万人の方がアルツハイマー患者になっている。そのうち、我が国のアルツハイマー患者は1割の約94万人である(図3-1-3(1))。

図3-1-3(1) 主要地域のアルツハイマー病患者の動向



注1: 数値は有病者数である。疾病にかかっている状態にある人を有病者といい、

注2: 下記の資料のデータにおいて、千人の単位を四捨五入したものである。

資料: Decision Resources, Inc. (2004) "PatientBase-Alzheimer's Disease."

我が国で開発されたアルツハイマー痴呆症治療薬「アリセプト(Aricept)」(一般名: 塩酸ドネペジル)は1997年に医薬品のノーベル賞といわれる英国ガリアン賞特別賞(Prix Galien

Award Special Commendation)を受賞している。受賞理由には「英国においてアルツハイマー病に対して初めて有効な治療をもたらし、私たちの未来に希望を与えた⁴」と述べられている。また、我が国においても初めて承認され発売されたアルツハイマー治療薬である（発明協会，2002）。アリセプトはまさに独創的な商品開発の成功例といえる。

医薬品の製品開発は十数年から20年近い年月と100億円から200億円、場合によっては300億円ともいえる多大な費用が必要とされる。特に臨床試験は、信頼性の高いデータを集めるために多くのサンプルが必要なことから、一つの医薬品の臨床試験を行うだけで十数億円から数十億円もの費用がかかるようになってきている（桑島，2000）。一般に医薬品の製品開発の成功確率は「センミツ（1000に3つ）」といわれるが、6000分の1というデータもある（桑島，2000）。このため、一品も新薬開発に成功しないで終わる研究者も多い。

アリセプトはアルツハイマー病の治療薬として1997年に初めて米国で発売された。アメリカ、ヨーロッパ、日本での売上高は2002年度で約1,000億円であり、エーザイの売り上げの2割以上を占める驚異的な数字を記録した（末武，2003）。ちなみに、アリセプトの開発期間は15年であり、開発費は200億円であった（杉本，2003）。

それでは、アリセプトの開発に成功した人はどのような人なのか、どのようにして開発に成功したのか見てみることにしよう。

(1) 背景(生い立ちから開発に着手するまで)

杉本八郎（すぎもと はちろう）は1942年12月に東京に生まれた。兄弟姉妹9人の8番目であった。小中学校のとき理科や算数は嫌いだった。小さいころは文学が好きだった。トルストイ、芥川、夏目漱石、多くの小説を読みこなした。小説家になるのが夢だった。家が貧しいため高校を卒業してすぐに就職できるようにと、近くの東京都立化学工業高校に入った。卒業後、1961年、研究補助員としてエーザイの研究所につとめた。有機化学分野で働いた。当時、エーザイは小さな会社であった。従業員数は1,000人程度であったと杉本は記憶している。専門知識はOJTで先輩から習った。文学青年故か口は達者だが実験は下手でよくいじめられ喧嘩した。若い情熱は組合活動を通して発散したが、やがて高校時代にはじめた剣道にのめり込んでいき、組合活動は下火になった。仕事はよくした。また、夜、エーザイ研究所の近くにあった中央大学理工学部で勉強し、1969年、26歳の時に工業化学科を卒業した。

(2) アリセプトの開発経緯

杉本が最初に成功したのは降圧剤「デタンドール」の開発である。一般名はブナゾシンである。ブナゾシンのもとの化合物はファイザー社のブラゾシンという化合物である。受容体というのは末梢にたくさんあり、これが収縮すると血圧が上がる。ブナゾシンは

⁴ 賞状には次のように述べられている。It (Aricept) represents the first effective treatment for Alzheimer's disease to be marketed in the United Kingdom and offers hope for the future.

受容体を遮断して血管の収縮を抑制して血圧を下げる。杉本は次のように述べている。「私はピペラジン誘導体の研究をやっていたので、その延長線上としてプラゾシンのピペラジン核をホモピペラジン核に変えることによって成功したのがブナゾジンです。ブナゾジンは国内で(年間販売額)10億円ぐらい、ドイツで10億円ぐらいです。額は小さいんですけど、これが30代の初めぐらいに成功体験としてあります。このころから、自分も研究できるかなという自信を持つことができました」。一つの薬も開発に成功しないで終わってしまう研究者がいるなかで、デタンドールの成功は杉本に大きな自信を与えた。

次に取り組んだのは、痴呆症の薬である。その理由は二つあった。一つは、21世紀は多分痴呆の薬というのは、薬の中ではメジャーになるだろうと予測した。もう一つは、30歳になったとき、杉本の母親が脳血管障害による痴呆症になってしまった。そのため、痴呆症の薬を開発しようと考えた。最初は、脳血管障害の後遺症をねらった薬を研究した。この化合物もやはりピペラジン誘導体であった。埼玉医大の先生と4年間にわたり共同研究の結果、脳の血量を著明に改善する作用を持つ化合物を得た。そして臨床実験の段階で、肝機能障害を示唆するGOT, GPTが血液検査の結果わかり残念ながら第1相試験の段階で終結した。エーザイではテーマが終結するときには、戦訓が書かされるのだが、その中に8年間の研究期間と8億円の費用がかかったと明記されている。

1983年、杉本は40歳、アルツハイマー型痴呆症の研究に着手する。当時、杉本は、山津清實を室長とする脳神経担当の研究2室の主任研究員であった。室長はアリセプトの開発の権限を任せてくれた。信頼されていた。これが非常に大事だった。

アリセプトの開発は、最初は水面下で1年ぐらい2、3人でやっていた。人件費を考えれば数百万円ぐらいは使っていたかもしれない。水面下の研究は闇研ともいう。エーザイはこの闇研究をみとめている。杉本の意見では、闇研究がなければいいものはでてこない。

新薬の見つけ方には大きく分けて三つのアプローチがある。一つめは、自然界から見つけ出す古典的な方法。有効性の高い生薬の内容を分析して精製し、新薬として用いられるもの。カビから作ったペニシリンもそれだ。二つめは、既にある医薬品を改良してより優れた新薬として世に出す改良型。三つめが全く新しい化合物をデザインして目的とする薬理作用を発見するという方法である。アリセプトの開発はこの三つめの方法で行われた。例えば、アルツハイマー病の治療が目的ならば、アルツハイマー病の原因、病態、過去の治療法などを徹底的に研究する。そのうえで原因の発生を防ぐために何をすべきか、生じてしまった原因を除去するには、どんな理論が成り立つか、原因が身体に影響を及ぼさないようにするためにはどうすればよいか、さまざまなアプローチを考える。それこそ、医学、薬学、生物学、植物学、化学、工学など、ありとあらゆる知識と経験が、この時、集約される。次のステップは、理論をベースに合成した数多くの化合物の中から、目指す病気によく効く薬を探す作業。これをスクリーニング(探索)と言う(杉本, 2003)。

アリセプトの開発は「コリン仮説」に基づいている。1970年代、アルツハイマーの原因が全くといっていいほど解明されていない頃、アルツハイマーの患者の脳を調べると、神経

伝達物質であるアセチルコリンが減少していることがわかった。コリン仮説は「アルツハイマー病患者は脳内の記憶にとって重要な神経伝達物質であるアセチルコリンが異常に減少することによって起きる病気である。それゆえアセチルコリンを増やせば記憶が改善する」という考え方である。

アセチルコリンを増やすために次の三つの方法がある。

神経伝達物質であるアセチルコリンの分解酵素（アセチルコリンエステラーゼ）の働きを止める

アセチルコリンの合成能を高める（神経の前部）

アセチルコリンと似たものを与える（神経の後部）

杉本らは を採用した。普通だと、3つのアプローチがある場合、3つ全部検討してみて、その中で一番妥当性が高いのをやるのが普通であるが、僅か3人ではじめてなので、だけを行った。その理由としてアセチルコリンエステラーゼ阻害剤であるフィゾスチグミンやタクリンが既に臨床の場で試されていたことが上げられる。しかし、前者は代謝に不安定で作用持続性が極めて短いこと、後者は肝機能障害を起すこと等の問題点があることがすでに知られていた。杉本は海外の論文からこれらの情報を得ていた（溝口, 2003）。しかし、その当時のコリン仮説に関しては、「過去のセオリーである」というのが一般的な評価であった。エーザイ社内にも「アルツハイマー病は多岐にわたり、コリン仮説だけで治せるものではない」、あるいは「そんな農薬みたいなものがクスリになるわけではない」などの意見が多く、歓迎されたテーマといえるものではなかった。しかし、杉本らの反論の根拠は前述のアセチルコリンエステラーゼ阻害剤がわずかであったが臨床で有効であった、という事実であった。そして、杉本の目標とする新規アセチルコリンエステラーゼ阻害剤のプロファイルは1) フィゾスチグミンやタクリンの有する欠点の克服、2) 新規骨格を持った化合物であること、の2点に絞った(杉本, 1998)。

当時はコリン仮説はほとんど注目されていなかった。だから、われわれのような少人数でも勝つ可能性があるかと杉本は考えた。最初、エーザイは3人で研究をスタートさせたが、例えば世界のメガファーマが本気になったら、一つのテーマに50人や100人を投入することができる。それと勝負する場合こちらはわずか3人である。人のやらないことをやったので勝てたのだ。

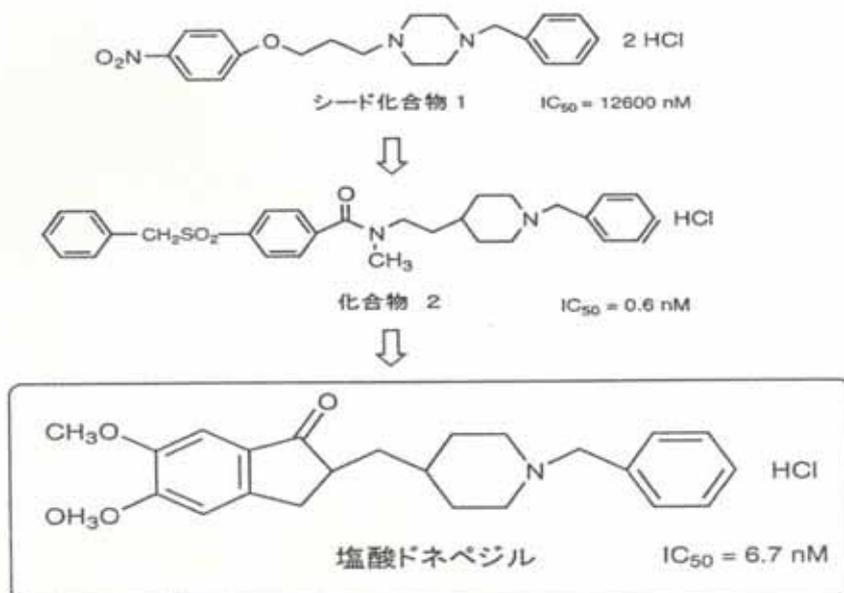
しかし社内に競争相手がいた。コリン仮説は多くの反対にあっている。当時は、コリン仮説は農薬的な発想と言われていた。内藤部長(後の社長)が最終的にコリン仮説を認めて、開発がスタートした。エーザイは基本的にボトムアップ式の研究開発だ。下のものが、やりたいものはやらせる方針である。やる気を助長し、研究開発費は潤沢であった。不可能なことに挑戦しろ。向こう傷を恐れるな、というのが社内のスローガンであった。

はじめは、タクリンの誘導体ではじめた。多くの誘導体を作ったが、みんな毒性がつよく、特に肝臓障害が強いため、タクリンの誘導体は断念した。そんな折、ブラインドスクリーニングの中からある化合物がコリン性と思われる作用を示すことが見出された。この

化合物は動脈硬化症治療薬開発の目的で杉本のグループで合成したものであったが、この化合物のアセチルコリンエステラーゼの阻害活性を調べたところ、弱いながらも活性が見られた（杉本，山西，小倉，飯村，山津，1999）。ブラインドスクリーニングは自社で合成した化合物のポテンシーを広範囲に調べる目的で、社外の研究機関を使って実施されていた（杉本，1998）。アセチルコリンエステラーゼの酵素の阻害活性($IC_{50}=670\text{nM}$)を示す化合物が発見された（図 3-1-3 (2)，シード化合物 1）。

ところが、これは電気ウナギの酵素をつかっていた。ラットの脳由来の酵素では $IC_{50}=12,607\text{nM}$ であった。はじめからラット脳由来の酵素を使って実験していたら、この弱い作用では採用しなかつたらう。こういった経緯で、これをシードとして合成展開をしていった。シード化合物より 700 ぐらい化合物を合成した。シードから較べると 2 万倍以上の活性があがっていた（図 3-1-3 (2)，化合物 2）。当時、世界最強といわれるアセチルコリンエステラーゼ阻害活性を示した。これですぐに臨床に入るところだった。

図 3-1-3 (2) シード化合物からの発展



注：塩酸ドネベジルとはアリセプトの一般名。

資料：『平成 14 年度全国発明表彰受賞者功績概要』(2002)社団法人発明協会。

しかし、杉本は次のような問題に直面した。「これをイヌに投与したときに、生体利用率が 2% だったんです。バイオアベイラビリティ (bioavailability) といってますけど、どういうことかという、イヌに投与したときに、98% は肝臓で代謝されてしまうか吸収されないか、なんです。実際に利用されるのは 2% です。確かに生体利用率 2% では仮に患者が

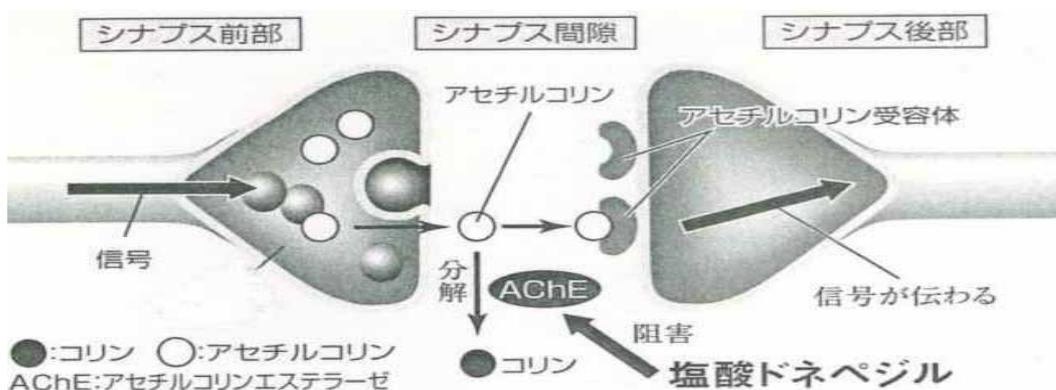
吸収が良い人で 50%も吸収されたら血中濃度は予測をはるかに越えるので危険です。また、2%以下の患者もいるわけですがその人は薬効が出ないことになります。生体利用率が低いことは副作用が強く出るか薬効が出ないかというリスクを持っていますので、この化合物はやめました。研究に着手してから、ここまで約 3 年が経っていた。1986 年の 3 月であった(小野, 2003)。

しかし、ここで杉本はあきらめなかった。この化合物で、課題はバイオアベイラビリティだけだ。杉本は再度交渉して、この化合物に 1986 年 6 月から取り組む(小野, 2003)。

その後は人海戦術でマンパワー全開であった。課題を克服するために化合物を 1000 以上合成した。その後、幾多の困難を乗り越えて、新規性の高い構造を有する化合物、塩酸ドネペジル(アリセプトの一般名)の発見に成功した。その特徴は、アセチルコリンエステラーゼに対する高い選択性、健忘症モデルにおける強力な薬理作用、長い作用持続、優れた脳内移行性などであった(杉本, 2002)。

ドネペジルが臨床導入候補品として決定されたのは 1987 年 3 月であった。その後、1996 年 11 月に米国食品医薬品局(FDA)により承認され、1997 年 2 月には米国で「アリセプト」は発売された。日本では、1999 年 10 月に厚生省(当時)により承認され、同年 11 月から発売されている(小野, 2003)。

図 3-1-3 (3) 塩酸ドネペジル(アリセプト)の作用原理



説明: アセチルコリンは神経伝達物質で、神経細胞のシナプス間で働くとしてされている。神経細胞から分泌されたアセチルコリンが、次の神経細胞のアセチルコリン受容体にキャッチされると信号が伝わる。認知機能障害はアセチルコリンがアセチルコリンエステラーゼ(AChE)によってコリンに分解され、受容体にキャッチされず信号が伝わりにくくなることから起こるとされている。塩酸ドネペジル(アリセプト)はこの AChE の働きを阻害することで、結果的にアセチルコリンが脳内に増加する。

資料: 溝口 敦(2003)『日本発! 世界技術』小学館 . P.135 .

2. 分析

(1) 商品開発経緯と創造性構成要素

創造性の三つの構成要素(専門能力、モチベーション、創造的思考能力)がアリセプトの開発にどのように貢献したのかを分析する。

具体的には、前述の「(2) アリセプトの開発経緯」の中で、重要な出来事を時系列に抽出し、その出来事と三つの構成要素との関連を分析する(表 3-1-3 (1))。

1) 専門能力

大学の専門は工業化学である。降圧剤「デタンドール」開発に成功したのは 30 代である。また、30 代後半には、脳血管障害による後遺症改善薬の開発で、臨床実験までいったが、そこで失敗してしまった経験もある。これらの経験より、薬の開発には自信をもっており、プロセスに熟知していた。これらの経験・知識は今回の薬開発のプロセス全般にベースとなっており、不可欠である。

開発前に 2 - 3 人と共にアングラで 1 年程度アルツハイマー型痴呆症治療薬の開発の可能性を検討している。これが不可欠だと、杉本は述べている。また、このときの海外文献情報がアイデア形成の決め手となっている。

そして、正式に研究を認められたあとは、探索研究には、合成、評価、代謝、分析、安全性の専門部隊が共同して作業を行う。所内の同僚の研究員の協力がなければ成り立たない。また、アリセプトの基となる化合物の発見は、同じグループ内の作成した化合物からみつけられた。このため、開発担当者にはチームをまとめる力が必要となってくる。杉本自身、文学が好きで多くの本を読んだが、そのおかげで人間を理解することができ、人をマネジメントする能力ができた、と感じている。

(主な専門知識)

- ・ 有機合成化学
- ・ 降圧剤「デタンドール」開発に成功
- ・ その他の薬剤開発の経験
- ・ 医薬学術情報(英文読解力)
- ・ チームをまとめる力

(専門能力に関する組織の支援)

- ・ 研究施設
- ・ アングラ研究での協力者
- ・ 組織内の過去の研究成果
- ・ 探索研究の中では合成、評価、代謝、分析、安全性がおこなわれ、その役割を示す(小野, 2003)

合成：新薬のもととなる化合物をつくりだす。

評価（薬理評価）：合成がつくりだした化合物が、実際に薬として効くものかを判定する。

代謝（体内動態）：化合物が実際にヒトの体に入ったときに、一定して体内に吸収されるかどうかに関するデータを提供する。

分析：化合物の物質としての構造的適性についての評価を行う。

安全性：化合物の毒性を判定する。

2) モチベーション

杉本が30代の初期の頃、母親がアルツハイマーではないが、脳血管性の痴呆症となった。これが痴呆症研究の大きなモチベーションとなった。これは、一つの内発的なモチベーションと考えられる。だれもやったこともない課題をとりあげ、社内からの反対が多かったこの研究を進めていった。高いモチベーションが原動力になっている。

当時筑波研究所は激しい社内競争があり負けられないという強い信念があった。

3) 創造的思考能力

どのようにアイデアが生まれたのか。1982年すでにアセチルコリンエステラーゼ阻害剤であるタクリンやフィゾスチグミンが臨床実験で問題はあるが効果を出しているという情報を論文を通して得た。初期のアイデアはこれらの問題点を解決して新しい薬を作ることであった。

当初の研究対象となったフィゾスチグミンやタクリンが良い結果を出さないことがわかり閉塞状態になったとき、ブラインドスクリーニングの中からある化合物がコリン性と思われる作用を示すことが見出された。この化合物は動脈硬化症治療薬開発の目的で同じグループで合成したものであったが、この化合物のアセチルコリンエステラーゼの阻害活性を調べたところ、弱いながらも活性が見られた。ブラインドスクリーニングはエーザイで合成した化合物のポテンシーを広範囲に調べる目的で、社外の研究機関を使って実施されていた。この化合物がリード化合物となり、最終的にアリセプトの開発につながる。

アマビルによれば、創造的思考能力は「既存の複数のアイデアを結びつけて新しいアイデアを生む能力」のことであり、今回ある意味ではそれが行われており、創造的思考能力というものが発揮されている。ただし、その方法について、アマビルがあげている認識方法や発見的方法といったもの（表 2-1、p.6）ではなかった。初期のアイデアは海外文献の情報をベースにしたアイデアであり、リード化合物を見つけたのは一種のセレンディピティといえるであろう。

表 3-1-3 (1) アリセプトの開発経緯と創造性の三つの構成要素の関連

専門能力			モチベーション		創造的思考能力			その他		開発経緯
担当者	組織	その他	担当者	組織	担当者	組織	その他	担当者	組織	
有機合成化学 高血圧剤「デタ ンドール」の開 発に成功			母親が痴 呆症となる	社内競 合				高齢化社会の 到来で痴呆症 のクスリはメ ジャーになると 予測した		< event 1 > 痴呆症の研究に取り 組む (1973年頃)
有機合成化学 高血圧剤「デタ ンドール」の開 発に成功			母親が痴 呆症となる	社内競 合						→ < event 2 > 8年間脳血管障害の 薬の開発を行うが失 敗 (1980年初期)
有機合成化学 高血圧剤「デタ ンドール」の開 発に成功 英語力	アングラでアル ツハイマー 病の研究 筑波に研究所 を新設する		母親が痴 呆症となる	社内競 合	タクリンや フィズチ グミンの臨 床実験結 果 等			だれも研究し ていないので 他者よりも先 に開発できる 機会があると 考えた タ クリン等臨床 で効果を示し た物質がある のが手がかかり		→ < event 3 > 初期アイデアが発生 し(1982年)、アルツ ハイマー型痴呆症薬 の開発に取り組む (1983年)
有機合成化学 高血圧剤「デタ ンドール」の開 発に成功	ブラインドスク リーニングに よる新たな化 合物の発見 研究メンバー		母親が痴 呆症となる	社内競 合	ブラインド スクリーニ ングによる 新たな化 合物の発 見(セレン ディビティ)					→ < event 4 > シード化合物の発見 (1986年3月)
有機合成化学 高血圧剤「デタ ンドール」の開 発に成功	研究メンバー		母親が痴 呆症となる	社内競 合						→ < event 5 > 「最強の化合物」を 合成したが生体内利 用率が悪く断念、プ ロジェクトもストップ (1986年3月)
有機合成化学 高血圧剤「デタ ンドール」の開 発に成功 交渉力	研究メンバー		母親が痴 呆症となる	社内競 合				生体利用率さ え何とかすれ ばいける		→ < event 6 > 「最強の化合物」を 再スタート (1986年6月)
有機合成化学 高血圧剤「デタ ンドール」の開 発に成功 交渉力	研究メンバー		母親が痴 呆症となる	社内競 合						→ < event 7 > ドネペジルが臨床導 入候補品として決定 (1987年3月)

注: 1996年11月に米国食品医薬品局により承認され、1997年2月に米国で「アリセプト」は発売された。日本では1999年11月から発売されている。

以上の分析結果は、アリセプトの開発では商品開発の創造性の三つの構成要素が重要な役割を果たしており、不可欠であったことを示している。この他に商品開発に重要な役割を果たしたものを次にまとめた。

4) その他

開発担当者がアルツハイマー型痴呆症の薬の開発に着手するときに考えたポイントは次の通りである。

- ・ 誰もやっていなかったのに、エーザイのような小さな会社でも勝機（先に開発できる）があると考えた。
- ・ 21世紀は多分痴呆の薬というのは、薬の中ではメジャーになるだろうということを密かに思っていた。
- ・ アルツハイマー治療薬としてコリン仮説に基づき、アセチルコリンエステラーゼ阻害剤であるフィゾスチグミンやタクリンが既に臨床の場で試されていた。それらの問題点を克服すれば開発できる可能性があると考えた。

このように、冷静にアルツハイマー痴呆症治療薬に的を絞っている。このような開発の方向付けは創造性の三つの構成要素（専門能力、モチベーション、創造的思考能力）では説明できないものである。

(2) 組織環境

- ・ 組織環境は非常によかった。研究テーマの選択は自由であった。エーザイは基本的にボトムアップ式の研究開発だ。下のものが、やりたいものはやらせる方針である。やる気を助長し、研究開発費は潤沢であった。不可能なことに挑戦しろ。向こう傷を恐れるな、というのが社内のスローガンであった。
- ・ アリセプトの研究を始めた1982年に、エーザイは東京本社から遠く離れた筑波に研究所をつくった。将来社長となる内藤氏が部長となって、のりこんできた。また、筑波研究所では、若手の研究者を多く採用していた。独身が多く、夜遅くまで研究していた。非常に活気のある環境であった。アリセプトは非常によい時期に開発が行われた。

3. 開発者担当者の意見

独創的な商品開発を担う研究者・技術者の能力

（講演会から関連あるものをまとめた。講演会の詳細については参考資料3参照のこと。）

- ・ 研究の発明・発見には強い夢、あるいは強い意志が必要である。
- ・ 信じるということが発明、発見には必要である。信じないと、できないんじゃないかとい

う不安の材料は幾らでもある。その不安に自分が縮こまってしまふ。縮こまってしまふと、打つ手も十分できなくなる可能性がある。

(「くまんバチ」仮説：くまんバチは体が大きすぎるのに飛ぶことができる、それは飛べると信じているからだ。)

- ・ 失敗が続くと、できるのにチャレンジしなくなる。自己規制しないで、挑戦続けることが必要だ。

(「蚤の曲芸」仮説：江戸時代、蚤に曲芸を教えるときには、ガラスの天井を蚤の上に設ける。蚤は何回かぶつくと天井がわかる。その天井を徐々に下げていくと、最後には、蚤は天井をとっても飛ばなくなる。飛ばばにげることができるのに。)

- ・ 研究者が成功するには「よい種を植える」「よい野心を持つ」「感謝の心」が必要である。

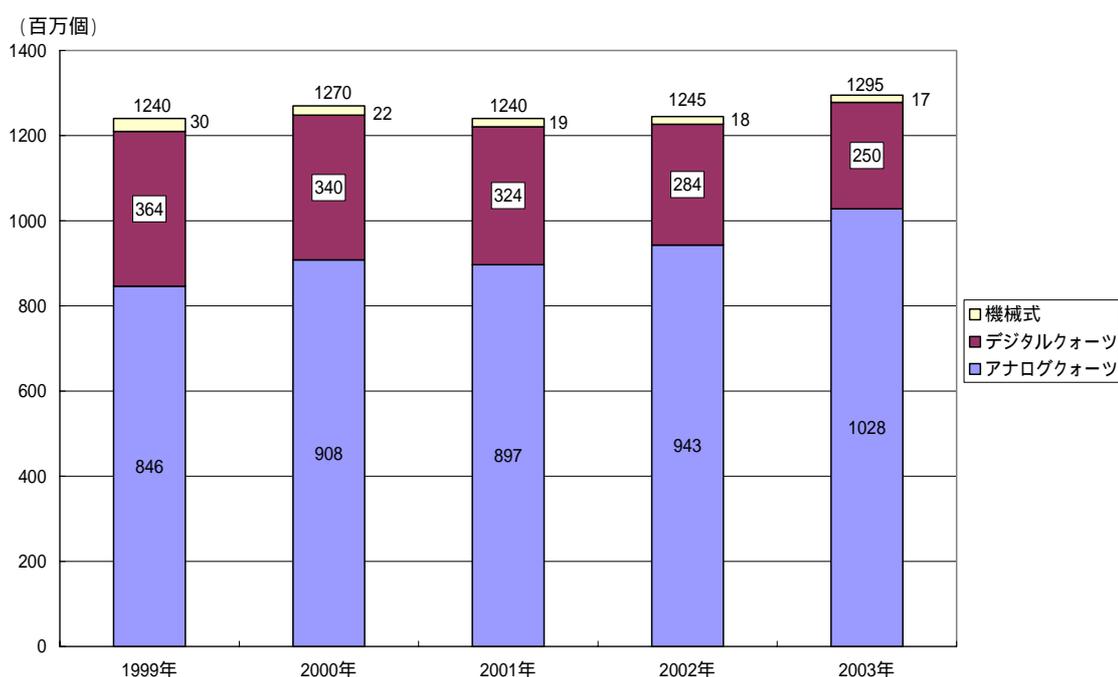
3.1.4 クォーツ腕時計「セイコークォーツ 35SQ」

1. クォーツ腕時計開発の背景と経緯

1969年12月25日に世界初のクォーツ腕時計が日本のセイコーから発売されている。

日本時計協会によると、2003年で世界の腕時計の総生産は1,295百万個と推定されている。このうちの99%がクォーツ時計であり、1%が機械式である(日本時計協会, 2004)。

図 3-1-4 (1) 世界の腕時計生産の推移(機種別)



注: 日本時計協会による推定値。

資料: 社団法人日本時計協会(2004)「日本及び世界のウオッチ産業の概況」2004年9月24日検索,

http://www.jcwa.or.jp/jp/syou_03c.html.

クォーツ腕時計が出現する前の腕時計は機械式であった。クォーツ腕時計はぜんまいを巻く必要がなくなるばかりでなく、時刻精度が飛躍的に向上した。従来のぜんまい式の時計は一般的に1日に10秒から1分程度の誤差があったが、クォーツ時計は1ヶ月で20秒程度の誤差で、中には1年で数秒の誤差をもつものもある。つまり100倍近い精度の向上であった(日本時計協会, 2003)。

機械式腕時計とクォーツ腕時計の違いは、部品点数で見ると一目瞭然である。ムーブメント(針、文字板、ケース等外装部品のつかない前の状態)で、機械式腕時計は100~300部品程度で構成されているが、アナログクォーツ腕時計では50~60部品程度に減少し、

デジタルクォーツはさらに、アナログクォーツの約 1/2 ~ 1/3 と極端に部品点数が減っている。部品点数の大幅な減少に伴って、加工、組立工数が減り、構成の単純化と摩擦現象による不安定さが除去された事等により、信頼性の向上とコストの大幅低減をみた次第である(内藤, 岩井, 1985)。

クォーツ腕時計の商品開発はまさに独創的な商品開発だった。クォーツ腕時計はどのような人が、どのようにして開発したのかを探ってみる。

(1) 背景 (生い立ちから就職まで)

相沢進(あいざわ すずむ)は1932年11月に東京の四谷で生まれた。小学校5年生のころ、新潟に疎開した。中学生のとき神奈川県立湘南中学校(旧制)に転校し計6年間学ぶ。中学校のころ作文が好きだった。中学二年ころ学校で作文コンクールがあって、相沢が2位だった。1位の生徒は後に芥川賞を受賞した人物だった。相沢の作文のテーマは「歯車」である。内容は、自分で人力発電機を作ろうと試みた体験を記したものだ。このころから、ものづくりに興味があったことがうかがえる。英語教育も盛んで相沢は英語が大好きだった。父はベヤリング会社日本精工の技術部長をやられたエンジニアだった。父は常々なんでも工夫しろといていた。その影響もあるのかもしれない。

ただし、小・中・高校時代で、理数については、嫌いではなかった、という程度で、とくに大きな興味をもっていたわけではなかったようだ。大学受験のために、まんべんなく学科を勉強した。

大学時代に精密工学科を選択した。当時の教養学部のある駒場キャンパスに本郷の各学科の先生が勧誘に来ていた。そのなかで精密工学科の先生の「日本には資源がない。いかにして付加価値を高めることが重要で、それには精密工学がいい」という話を聞いて、同学科に決めた。精密機械そのものも好きであった。当時の精密工学科は1学年16人であった。同級生の中に、後の東大学長となる人物もいた。当時この精密工学科の学生に共通していたのは、志が高かったことだ。みんな、なんとか日本を立て直したいと思っていた。

1956年の3月に卒業をする。就職時では、当時の初任給(月給)は銀行1万円弱、精工舎1万3千円、東洋工業1万9千円、日立や東芝は1万円弱であった。ベヤリング会社に勤めている父親の薦めもあって東洋工業に興味をもち、就職試験も受け合格していたが、最終的には精密工学科の主任の指示で第二精工舎へ行くことになった。

1956年4月、相沢は自分の勤務先は東京の亀戸工場だと思っていたが諏訪工場に配置される。当時の諏訪工場の従業員数は数百人程度と相沢は記憶している。この配置がクォーツ腕時計開発に大きく影響する。最初の配属先は、同工場の技術部組立技術課であった。ここで相沢本人の希望で時計の理論を担当する。当時の諏訪工場では大学卒は少なく、大卒の相沢はやりたいことは自由にやらせてもらえた。そこで相沢はより安定した精度の高い時計をつくるにはどうしたらよいか、といったことを調査研究した。

(2) クォーツ腕時計の開発経緯

入社して3年ぐらいたったころ、フランス Lip 社製の電池とトランジスタで動く振子時計を街中で見つけた。相沢はそれを購入して分解した。以前家庭教師をしていた家の主人が弁理士をやっていたので、そこを通して特許を調べた。その結果は相沢を震撼させた。Lip 社はもちろん松下電器を含む国内企業によって、関連する特許が多く出されていた。単なる接点でスイッチオンオフする時計は、その精度からいっても怖くはなかったが、トランジスタを使うものは全く異なる。トランジスタを使ったものは精度もよく、電池ひとつで1年持つ。当時のいわゆるぜんまい時計は、1週間ごとにネジをまかなければならなかった。またさらにこのころ、1960年に米国ブローバ(Bulova)社は音叉を利用した電子腕時計の発売を行った(相沢, 1995b)。これはまた、世界を驚嘆させた出来事であった。この電子音叉腕時計はスイス人の発明であったが、スイスの企業には相手にされなかったため、米国の企業と組んだといういきさつがある。当時ぜんまい時計の誤差が一日1分であるのに、電子音叉腕時計は一日2秒である。その差は一目瞭然であった。世界の腕時計市場を席卷するような勢いであった。また、この音叉時計は、内部で15ミクロンの歯車をまわしており、かなりの高精度の加工技術が使われていた。ちなみに、振子時計の起源はガリレオと言われており、彼が、揺らされたシャンデリアの周期が一定であることを発見し、これを応用することによって時計が規則正しく時間を刻むことが基本原理となっている。これは今でも変わらない。電子音叉時計では音叉の振動が一定なので、その振動に歯車をあてて規則正しく時を刻むしくみとなっているのである。

相沢は危機感を強く感じ、早速、社内の関心のありそうな人に声をかけて勉強会をアフターファイブに行った。メンバーは10人程度だった。みんな機械屋で電気の専門家はいなかった。グループの名前は59Aといった。

しかし所詮、トランジスタに関してはしろうと集団で、本を購入しみんなで勉強したが、やはりわからなかった。そこで相沢は、工場長の山崎に大学に戻ってトランジスタの勉強をすることを直訴し、了承をもらった。相沢は自ら東京大学に交渉して、1960年(昭和35年)に東大の電子工学科に「特別研究生」という名目で再び学生となった。東京大学に電子工学科が新設されたのは1958年であり(東京大学工学部, 2004) 相沢にとってはタイムリーであった。そのときの学費は会社もちであった。そしてさらには、在学中給料が支払われる好条件である。いわゆる会社派遣の国内留学である。精工舎では初めての出来事であったのではないかと相沢は言う。電子工学科で相沢は2年間、ゲルマニウムの半導体特性を研究した。ほぼ毎週末には諏訪にもどって、会社の有志と意見交換をした。このとき、相沢は山崎工場長に、電子工学科の卒業生を採用するようお願いしており、山崎は全国に電子工学科の学生をリクルートしに行くのである。その過程で東京工業大学の川上正光教授と意気投合し、川上正光はしばしば諏訪に訪れている。

東工大では古賀逸策教授(1963年文化勲章受賞)による水晶振動子の研究実績があった。古賀の最も著名な業績は周波数温度特性の優れた水晶振動子R1板(アメリカではAT-cutと

呼ばれている)の発明(1932年)である。R1板は今なお、情報通信事業で使用されている全水晶振動子の100%近くを占めており、携帯電話、さらに、時計・コンピュータ・テレビなどにも広く使われている(道家、2000)。

ここでクォーツの歴史を簡単に振り返る。天然の水晶を切ってキューリー・カット、のちにX-板と呼ばれる水晶板をつくり、これに圧力を加えると電圧が発生すること(ピエゾ効果 piezoelectric effect)を発見したのは、1880年、フランスのピエール・キューリーとその兄で、ほどなくこの水晶板に逆に電圧を加えるとひずみが起こることが発見された。鉄板で挟んで高周波電圧を加え、水晶板の伸縮と鉄板の振動の全共振系により超音波を発生させたのはランジュパンであった。水晶だけを振動させようと、ある形に切った水晶に固有の振動数と同じ振動数の電圧を加えたところ、その水晶の振動数はいつも一定で、高周波振動電流の周波数の標準として使えることを知ったのは、アメリカのケイディである(1922年)。さらに、水晶自体の固有振動を真空管回路を利用して持続させることに成功し、このときの真空管回路には水晶の振動数と同じ振動数の高周波電流が発生し、これを増力し、空中線に与えれば無線通信用の電波を出せるのを知ったのは、ハーバード大学のピアースで、1923年のことであった。この年に古賀は大学を卒業し、水晶振動子の研究に入っていく。当時、無線送信機用の水晶振動子はその周波数を安定にするには恒温槽に入れなければならない。古賀は研究の末、恒温槽不要の水晶振動子(R1,R2と呼ぶ)を得た。1932年のことで周波数安定度は世界一であった。さらに、古賀はこの水晶振動子を使って水晶時計の研究をはじめ。古賀の水晶時計1号は1937年のパリ万国博覧会に出品された。同じ型の時計が東京天文台に設置され実験が行われたが、戦争で実験が中止される。改良された古賀の水晶時計は1948年より、東京天文台で天文用恒星時時計として使われる(道家、2000)。我が国は水晶時計の研究において多くの業績をのこしており、クォーツ腕時計を開発するときに、大きな貢献をしたと考えられる。

相沢は2年後には学会発表を行って修了した。相沢はこの期間にシリコントランジスタの可能性を感じ始めており、留学期間中にクォーツ腕時計のアイデアが浮かんでいる。

相沢は、国内留学から帰ってきた後、電子課に配属され、タイトルは課長業取り扱い、というもので、実質上のまとめ役であった。このときすでに30人ぐらいの部下がいた。このときは、電子音叉腕時計の改良研究やテンプ電子腕時計の研究を行っていた。テンプ電子腕時計は実際に商品化することに成功した。

時計の精度は、原理的には中核部品である振動子の振動数によって決定されてしまう。当時、技術的に利用可能な振動子の代替的選択肢には、テンプ、音叉、水晶があり、この順に振動数が増え、その結果として精度が高くなる。ブローバ社が音叉式腕時計の基本特許を独占して公開しなかったため、セイコーは音叉式腕時計を商品化することは出来なかった。水晶は一定の電圧を加えると数千から数百万ヘルツで振動するため、時計の振動子として使用できれば、時計の精度は飛躍的に向上する。しかし、そのような時計を実現するには、水晶から発せられた高周波の振動を1秒に逡減する分周器が必要となる。クォー

ツ式のクロックは 1927 年にアメリカのベル研究所の W・A・マリソンによって最初に製作された。我が国では（前述の古賀の水晶時計のあと）セイコーも 1958 年に放送局用にクォーツ式クロックをつくったが、それは分周器に多数の真空管を使用したため、更衣室キャビネットほどの大きさであった。従って、高周波を 1 秒に逡減できる小型の分周器がなければクォーツ腕時計は実現できなかった（日本経済新聞社編，1978；新宅，1989）。

相沢は、クォーツ腕時計の可能性についていろいろな先生方に話を聞いている。しかし、「パワーを 2 桁改良するのはマアママとしても 1000 万分の 1 になんかできっこない。大きさもどだい 1 万分の 1 なんて不可能だ。できたとしても価格がべらぼうになる。そんなのやめたほうが良い、会社を潰してしまう」といわれている（相沢，1995 b）。

1960 年頃、1964 年開催の東京オリンピックにセイコーグループが総力をあげて向かっていた。東京オリンピックは 18 回大会だが、17 回大会まですべてスイスの時計が競技で使われていた。セイコーグループは 17 回ローマオリンピック大会に社員を送り、スイスの時計のシステムをくまなく調査した。それをもとに周到に準備をしていった。スイス式ならば、十分可能なところまで準備していった。この状況のなかで、別部隊として相沢たちは非常に野心的な目標をたてることができたのだ。それは全てクォーツ時計（クロック）で機械式の時計を置き換えてしまう、という大胆なものであった。

相沢本人の言葉によれば、「とにかくこれを水晶時計で測定しようと、しかし測定するだけだったら誰にでもできるかもしれない。それならばコンピュータでデータ処理をしようと、さらに、札幌オリンピックのことも考えてもう少し欲張り、コンピュータで処理したものをただちにプリントアウトすることも考えたわけです。これを大きな製品にすることであれば、誰にでも開発できるわけですが、それを小さなトランクに入れてしまおうじゃないかと、しかも電池で動かそうと、今から考えてみましても、非常に無謀に近いテーマを設定してやったわけです。その結果、水晶時計の小型化の研究が更に加速されましたし、コンピュータ技術をそこで習得してしまうわけです。同時に大きかったのは、小さなプリンタを発明（世界で初めて）してしまうわけなんです」（相沢，1985）。

また、相沢は「このような目標が設定できた裏には、あるいは失敗しても（東京オリンピック用には）スイス式に準拠した研究が行われているという、一種の歯止めがあったからかもしれない」と述べている。このとき相沢は 30 歳そこそでチーフエンジニア、ほかは平均 26 歳ぐらいの若い集団であった（相沢，1987）。

このとき、オリンピックの 1 年前の 1963 年にゲルマニウム（Ge）トランジスタからシリコン（Si）へ移行するトランジスタの革命が起こった（相沢，1995b）。シリコントランジスタが量産化できるようになったのである。相沢は NEC からシリコントランジスタを購入した。相沢はこのシリコントランジスタを素早くとりいれて、消費電力を 1 万分の 1 に激減することに成功し、電池式の水晶時計の完成に結び付けている。直径 2 センチ、長さ 10 センチの真空チューブに入った棒状の振動数 6269.388 ヘルツの水晶振動子と、この振動子から生じた電気振動を 3 分の 1、4 分の 1 と徐々に落とす（分周という）ためのトラン

ジスタ、低くした電気振動を回転に変換する小型モーターを組み合わせ、単一の乾電池 2 個で動く日差プラスマイナス 0.2 秒という高精度のポータブル水晶時計クリスタルクロノメーター-951 型である（日本経済新聞社編，1978）。

また副産物として、計測したレコードを同時に出力する小型プリンタの開発にも世界で初めて成功している。ちなみに、この小型プリンタが後のエプソンの原動力になるのである。

相沢は東京オリンピックの後に、クォーツ腕時計の商品開発に取り組んだ。音叉電子腕時計の開発やテンブ電子腕時計の研究を全てやめる。テンブには限界があり、音叉電子時計の改良研究は所詮ブローバを超えることはできない。それならば、クォーツ腕時計に挑戦しようということになった。

1964 年の東京オリンピックで開発したポータブル水晶時計をクォーツ腕時計に開発する課題は、小消費電力化、耐震性、小型化、であった。具体的な技術課題は、水晶振動子、CMOS⁵（相補型金属酸化膜半導体）、ステップモーター（電気信号をパルス的に秒針を動かす駆動装置）であった（相沢，1995b）。

水晶振動子については、当時の水晶振動子のメーカーには、全て断られている。東京オリンピックまでは、専門メーカーの水晶振動子を使っていた。東京オリンピックまでの水晶振動子の大きさは中指ぐらいだった。腕時計を考えた場合は、中指からマッチ棒にしなければならない。メーカーから「できっこない、そんなばかな」という返事が返ってきた。不可能とみんな思い込んでいた。しかたがないので、自分たちで作り出すことになる。このときに諏訪工場の超精密加工技術が大いに役立っている。水晶振動子は長さが 15 ミリ程度であった。それを真空管で包まなければならない。真空管の径は 2 ミリで長さが 20 ミリぐらいであった。この真空管の部分は、近所の豆電球メーカーが引き受けてくれた。水晶振動子のかたちは U の字型であるが、これはブローバ社の音叉電子時計の音叉からヒントを得たものである。相沢は、さらに優れた H 型を考案し特許を申請した。しかし、結局ここまでは必要がなかった。現在のクォーツ腕時計の水晶振動子は全て U 字型である（図 3-1-4 (2)）。

CMOS はいわゆる電子回路であり、水晶振動子が発する数千ヘルツの高周波を 1 秒 1 回におとすこと（分周）に必要であった。腕時計のため、電池しか使えない。MOS 型の LSI の中で、CMOS という非常に消費電力の少ない LSI ができないと、クォーツ腕時計は大衆

⁵ CMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor)

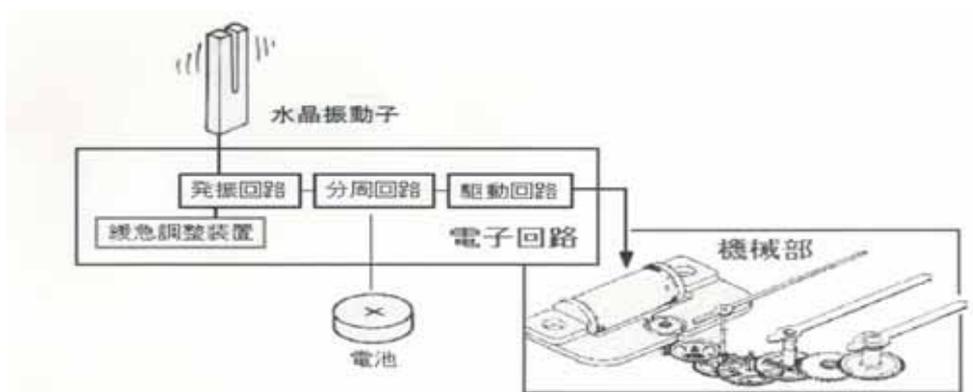
MOS とは、金属と酸化物、半導体という三種類の物質を重ね合わせた構造を持つ素子で、電圧動作型のデバイスである（アスキーデジタル用語辞典，2004）。半導体の中で動いている自由電子か、自由電子が飛び出した後の正孔のいずれかによって電荷が運搬されるトランジスタ。電荷の運搬が自由電子によって行われるものを nMOS（negativeMOS）、正孔によって行われるものを pMOS(positiveMOS)、両者を組み合わせて動作速度を向上させたものを CMOS という（IT 用語辞典 e-Words，2004）。CMOS プロセスで製造されたトランジスタは、定常状態では回路に電流がほとんど流れないため消費電力を抑えられるというメリットがある（アスキーデジタル用語辞典，2004）。

商品にならない(相沢, 1987)。東京オリンピックが終わって、相沢はスタンフォードやバテルなど、世界の名だたる研究所を訪問し、CMOS が作れるか聞いてまわったが、良い返事は無かった。最初のクォーツ腕時計には間に合わなかった。最初のクォーツ腕時計用の CMOS の代わりにつくったのが、2 ミリ×15 ミリのセラミックスの基盤にシリコントランジスタを 6 個並べ、それを 12 枚作成して、それらを一つにプラスチックでモールドしたものである。これでは量産ができないのだが、手作りで最初の 200 個ならできたのである。

クォーツ腕時計の大衆化のためには、価格が安くなければならないが、トランジスタのチップを何十個も使っているのは安くない。したがって、どうしても CMOS が必要であった。一時は米国のベンチャー企業に製造を依頼したが、信頼性のあるものが作ることができない。不良品が半分ほどにもなった。結局は、これも自分たちでやることになった。1972 年に精密機械メーカーとして始めて CMOS の生産を開始しており、半導体業界から注目された(相沢, 1995)。

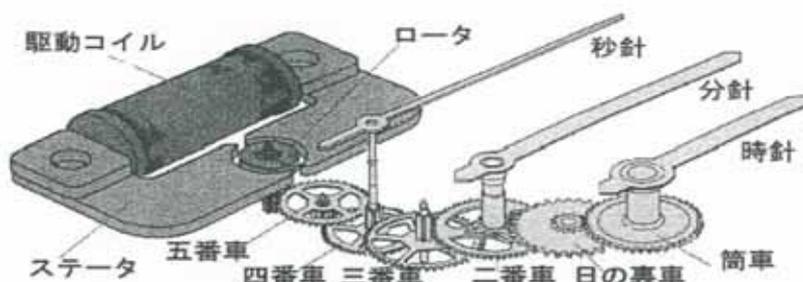
ステップモータも小型化や耐震性の向上にはどうしても必要な技術であった(図 3-1-4 (3))。低いパワーで安定して動く、電気/機械変換器の理想像を描くことから出発した。そこで得た結論は 1 秒前後で 1 回転するモータ(今では 2 秒で 1 回転)が最も消費電力が少いとの結論に達する。このコンセプトに従って、電気/機械変換機を片っ端から試験し、ステップモータに行き着く(相沢, 1995)。ステップモータの特徴は衝撃に強いことである。駆動コイルの電流が流れる時はロータが回転するが、電流が流れないときはロータが永久磁石なので衝撃にはびくともしない。また、小型化のためにモータの部品は、一個一個の部品を時計の中に組み込むようにしている(日本経済新聞社編, 1978)。

図 3-1-4 (2) 水晶時計の仕組み



資料: 『水晶時計のしくみ』(2003) <http://tokeiya.cool.ne.jp/watch/kikai.htm> .

図 3-1-4 (3) ステップモータのしくみ



資料: 『水晶時計のしくみ』(2003) <http://tokeiya.cool.ne.jp/watch/kikai.htm> .

以上の経緯を経て、1969年12月に世界初のクォーツ腕時計を発売することになるのである。価格は45万円、精度が平均日差0.2秒であり、丸型で外径30ミリ、厚さ5.3ミリの18金の外装ケースに収まっていた(新宅, 1989)。名前は「セイコークォーツ35SQ」であった。相沢が諏訪の街で、トランジスタで動く振子時計に衝撃を受けてから、約10年が経っていた。

相沢はその後、30数名の仲間をつれて信州精器(株)(1982年にエプソン(株)に社名を変更する)へ出向し、広丘工場長に就任する。そして、そこで東京オリンピックの時に開発した小型プリンタの商品開発に取り組むことになる。これに関して、相沢は次のように述べている。「諏訪精工舎にしても、私は大卒として割合早い入社のほうなのだが、とにかく、たくさん人がいる。そんなところにこのまゝいても、恐らく、あまり大した仕事を任せてもらうことはできないだろう。それなら、むしろこれからどうなるかわからないが、しかし将来の可能性がありそうなプリンタの事業を担当したほうがいいのではないかと思ったのである。時計の分野は、どうみても水晶時計の後には、やはり水晶時計しかない。これで時計の研究はある意味ではイノベーションはおしまいかもしれない。あとは改良しかない。このように感じていた。(中略)これもあとで考えてみると、非常にいい決断だったといえる。あの決断から9年たった昭和53年(1978年)ごろには、諏訪精工舎は、セイコーグループの中でもトップとっていいくらい大きな会社に成長したが、時計そのものは、完全に成熟してしまった。そして一方、プリンタで芽生えた新しい事業は、幸運なことに、情報化時代の波に乗って、大変な勢いで伸びることが出来た」(相沢, 1987)。

この相沢の決断にはソニーの設立者の一人である井深大の影響を大きく受けている。相沢によると「(井深さんが)時計ってというのは不思議だ。何十年も全く同じものをつくって、しかも儲かっている。これは世界の七不思議のひとつだとおっしゃったというわけですね。(中略)それがね、頭にこびりついているんですよ。(中略)時計から足洗ったというのは、かなり井深さんのその一言が大きい。それがやっぱり大正解だったんですね。あれがなかったら今のエプソンないわけですから」。相沢は、クォーツ腕時計を世界で初めて開発した

という偉業をやってのけた直後に、時計の将来を予測し新しいイノベーションを求めて新天地に移ったのである。

3. 分析

(1) 商品開発経緯と創造性構成要素

創造性の三つの構成要素（専門能力、モチベーション、創造的思考能力）が、クォーツ腕時計の開発にどのように貢献したのかを分析する。具体的には、前述の「(2) クォーツ腕時計の開発経緯」の中で、重要な出来事を時系列に抽出し、その出来事と三つの構成要素との関連を分析する（表 3-1-4 (1)）。

1) 専門能力

大学での専門は精密工学である。会社に入った後、3年間機械時計の精度向上の研究を行う。このことにより、半導体を使用した時計を見たとき、その将来性を予測することが出来たと考えられる。

国内留学で1960年より2年間、特別研究生として電子工学、特に半導体を勉強する。クォーツ腕時計は別の見方をすれば、機械と電子工学をあわせたメカトロニクスの商品であり、相沢は必要な基礎知識を身につけたといえる。この分野の技術の先見性の基礎を築いた。ちなみに東京大学が1958年に電子工学科を新設したことが大きな支援となっている。

クォーツ腕時計の開発に取り組む前に、かれは、すでにテンプ電子腕時計を開発し商品化をしている。音叉電子腕時計についてはブローバ社が特許を全て抑えていたが、これについても研究を行い、問題点を解決する特許を生み出し、特許交換ということも視野に入れていた。また、電池で動くポータブル水晶時計クリスタルクロノメーターを東京オリンピックで開発し、クォーツ時計の技術について専門的な知識を習得する。これらを通してクォーツ「腕時計」の技術的可能性についても判断できるようになった。

また、東京オリンピック直前にシリコントランジスタが量産化できるようになったことが、小型化を現実的なものにした。

さらに、組織の支援が不可欠であった。技術としては、精密加工技術がすでに工場にあった。そのため非常に小型の水晶振動子を加工することができた。また、それを真空内に収める技術も近くの電球屋がもっていた。腕時計に関する製造技術の蓄積も大きな貢献をしている。

(開発担当者の主な専門能力)

- ・ 精密工学
- ・ 機械式時計の精度・安定性向上の研究
- ・ 電子工学（半導体）

- ・ テンプ電子腕時計の商品化
- ・ 音叉電子時計の研究
- ・ ポータブル水晶時計の開発（東京オリンピック）

（専門能力に関する組織による支援）

- ・ 時計に製造に関する知識・ノウハウ
- ・ 精密加工技術
- ・ 関連企業の知識・ノウハウ
- ・ 営業力・販売網

（その他の専門能力に影響するもの）

- ・ シリコントランジスタの量産化
- ・ 水晶振動子の発展
- ・ 1958年東大電子工学科の新設（東京大学工学部，2004）

2) モチベーション

街中でトランジスタで動いている振子時計に出くわして、その衝撃からいわば長い研究がスタートする。本人は特に新しいものを作り出すことに強い関心を持っていたと考えられる。当時、とくに商品開発を担当していたわけではないのに、自ら、半導体の研究のほうに道を開いていった。この傾向を明確に再現しているのが、最初のクォーツ腕時計が販売された直後に、あらたなイノベーションを求めて、関連会社に出向してしまった出来事である。このモチベーションが内発的なのか、外発的なのか、判断できないが、かなり技術革新に対してのモチベーションが高いことを示している。

3) 創造的思考能力

アイデアはどのようにして生まれたのだろうか。技術的に利用可能な振動子の代替的選択肢には、テンプ、音叉、水晶があり、この順に振動数が増え、その結果として精度が高くなる。水晶は一定の電圧を加えると数千から数百万ヘルツで振動するため、時計の振動子として使用できれば、時計の精度は飛躍的に向上する。しかし、そのような時計を実現するには、水晶から発せられた高周波の振動を1秒に逡減する分周器が必要となる。セイコーも1958年に放送局用にクォーツ式クロックをつくったが、それは分周器に多数の真空管を使用したため、更衣室キャビネットほどの大きさであった。この真空管の代わりに半導体を使うと、小型化がはかれる可能性があった。相沢は、まさに大学でこの半導体の研究をしているときに、その技術的可能性を把握し、クォーツ腕時計の構想を持った。

アマビルによれば、創造的思考能力は「既存の複数のアイデアを結びつけて新しいアイデアを生む能力」のことであり、今回ある意味ではそれが行われており、創造的思考能力

というものが発揮されている。ただし、その方法については、アマビルがあげている認識方法や発見の方法といったもの（表 2-1、p.6）ではない。半導体の知識を身につけることによってアイデアを発想したといったほうが良いであろう。

表 3-1-4 (1) クォーツ腕時計の開発経緯と創造性の三つの構成要素の関連

専門能力			モチベーション		創造的思考能力			その他		開発経緯
担当者	組織	その他	担当者	組織	担当者	組織	その他	担当者	組織	
精密工学 機械式時計の精度向上の研究			自発的 積極的		半導体を使用した時計を町で見る。ブローバ音叉腕時計の出現			半導体は時計に大きな影響を与えると直感した。		→ <event 1> 半導体を使用した時計に出会い衝撃を受け、研究会(時間外)を作る。(1959年)
精密工学 機械式時計の精度向上の研究		東大電子工学科新設(1958)	自発的 積極的	工場長のサポート						→ <event 2> 東京大学電子工学科にもどり半導体の研究を始める。(1960年)
精密工学 機械式時計の精度向上の研究 半導体の知識	腕時計の生産ノウハウ	国内水晶発振子の技術	自発的 積極的	全社目標の一つ					会社の技術力を世界に示す機会	→ <event 3> 東京オリンピック用ポータブル水晶時計の開発をスタートさせる。(1960年)
精密工学 機械式時計の精度向上の研究 半導体の知識	腕時計の生産ノウハウ	国内水晶発振子の技術	自発的 積極的		シリコン半導体の出現を予測			クォーツ腕時計の技術的可能性を見出す。		→ <event 4> クォーツ腕時計の発想(1960~1962年)
精密工学 機械式時計の精度向上の研究 半導体の知識 テンプ式電子腕時計の開発 音叉電子腕時計の研究	腕時計の生産ノウハウ 精密加工技術	国内水晶発振子の技術 国内半導体メーカー	自発的 積極的				シリコン半導体の量産化			→ <event 5> 東京オリンピックでポータブル水晶時計納入(1964年)
精密工学 機械式時計の精度向上の研究 半導体の知識 テンプ式電子腕時計の開発 音叉電子腕時計の研究 ポータブル水晶時計開発	腕時計の生産ノウハウ 精密加工技術	国内水晶発振子の技術 関連会社の技術力 国内半導体メーカー	自発的 積極的					他の方式との比較 技術的に開発可能と判断		→ <event 6> クォーツ腕時計の開発スタート(1965年)
精密機械工学 機械式時計の精度向上の研究 半導体の知識 テンプ式腕時計の開発 ポータブル水晶時計開発	腕時計の生産ノウハウ 精密加工技術 ブランド 営業力・販売網	国内水晶発振子の技術 関連会社の技術力 国内半導体メーカー	自発的 積極的							→ <event 7> クォーツ腕時計販売される。(1969年12月25日)

以上の分析結果は、クォーツ腕時計の開発では創造性の三つの構成要素が重要な役割を果たしており、不可欠であったことを示している。この他に商品開発に重要な役割を果たしたものを次にまとめた。

4) その他

開発当時は、クォーツ腕時計を開発するのに10年かかるのか、または不可能なものなのか、他の方式がよいのか、わからない状況なのである。実際、クォーツ腕時計を開発するに当り、開発担当者は、いろいろな先生方に話を聞いて「パワーを2桁改良するのはマアマアとしても1000万分の1になんかできっこない。大きさもどだい1万分の1なんて不可能だ」といわれている(相沢, 1995 b)。このような状況で、商品開発の方向をきめるには技術的可能性の判断が最大のポイントであった。

開発担当者が1960年から2年間、大学で社会人学生として半導体の研究を行い知識を身につけた。その後、平行して音叉電子腕時計の研究、テンプ電子腕時計の開発、そしてオリンピックのためのポータブル水晶時計の開発を行った。このため、オリンピック後、総合的に判断ができるようになり、クォーツ腕時計一つに絞って商品開発している。

ちなみに日本の競争相手の時計メーカーは、音叉電子腕時計に可能性があると判断していたため、小型クォーツ式クロックまで開発していたにもかかわらず、クォーツ腕時計に開発を集中しなかったといわれている。このように、非常に不確実性が高い中で進んでいくためには、開発の方向というのを決めていく能力が不可欠となってくる。本ケースの場合は、知識を習得し、また、実際にポータブル水晶時計や他の方式の開発を進めることにより、各ステップで開発の方向を判断しながら、最終的にクォーツ腕時計の商品開発に結びつけた成功例である。

開発担当者自身も述べているように、この開発は最初からクォーツ腕時計の目標を立てて、それにまい進してやってきたものではない。ステップを踏んで、目標も段階的にあがっていった、というプロセスを経ている。

(2) 組織環境

- ・相沢はほとんど自由だった、と言っている。また、時計の研究開発費というのはそんなにかかるものではない、人件費が大きいくらいだと指摘している。その人材は、リクルートするのを待つのに少し問題があったくらいで、特に問題はなかったとしている。基本的には人材や資金の活用では自由な環境であった。取り組むテーマも自分で自由に決めることができた。
- ・新しいことにチャレンジできる環境であった。東京オリンピックの時においても、社内に他のグループがスイス方式で対応できるようにしているため、ポータブル水晶時計の開発に失敗したとしても問題はなかった。そのため、大胆にポータブル水晶時計にチャ

レンジできるようになっていた。

- ・ 諏訪工場という場所がよかった。東京本社や亀戸の工場に勤務していたら、大学にいかせて、ということができたか疑問だ、ということ相沢は述懐している。諏訪工場ではトップとの距離はあまりなかった。また、諏訪工場では大卒が少なかったため、大卒の相沢は自由にさせてくれた。そして、若くしてあとから入ってくる大卒の上にてたという状況にあった。相沢の同期やそれ以前の大卒入社で電子工学を勉強したことがないので、電子工学を国内留学で学んだ相沢にとって、技術開発でリーダーシップを取りやすかった。

3. 開発担当者の意見

独創的な商品開発を担える研究者・技術者に必要な能力

広い意味のマーケティング能力が必要だ。先見性のあるテーマを見つけ出す能力、これに限る。マーケティングというと「何もかもができた、さあ、これをどう売ったらいいか、どのような戦略を考えるか」というのが一般的に言われている。これは狭い意味で、広い意味のマーケティングでは、「何が必要か、声なき声を吸い上げる」、この能力が重要である。

また、技術者としての専門がなければだめだ。二つぐらいは必要。技術を融合する能力を持っていないと、単独のエキスパートではだめだ。例えば、機械とエレクトロニクスだ。それぞれの分野で次になにが起こるのかを読める力がほしい。このような技術的な裏づけがなければ、単なる夢物語になってしまう。そして、商品のコンセプトを作る能力が必要となる。

さらに、リーダーも育成する必要がある。企業家精神を持った人間だ。ここでいう企業家精神とは事業化に持っていくまでのプロセスを描けることだ。また、これを伝える能力だ。

独創的な商品開発を担える研究者・技術者の育成方法

高い目標を設定する。やっと届くぐらいの目標を与える。これだと部下は育った。また実際に自分でものを売ったり、顧客の意見を直接聞いて、市場を経験させることもよい。

開発担当者が考える成功の要因

クォーツ腕時計商品開発の成功の要因は、非常によい条件にめぐまれていたことだと考えている。まず、シリコントランジスタができたことだ。これがなければ、技術的に不可能であった。また、東京オリンピックがあったおかげで、いろいろなチャレンジができた。あ那时的ポータブル水晶時計の開発が大きな基礎になっている。また、好きなことがチャレンジできる環境であった。

3.1.5 リチウムイオン二次電池

1. 商品開発の背景と経緯

電池の正極、負極の電位は、ある基準を決めてそれに対する相対値で定義し、標準単極電位と読んでいる。ある基準とは標準水素電極（ある定められた濃度の水素イオン溶液に接している一定条件の水素電極）で、これを0Vとし、これより高い電位を持つものが「+」、低いのが「-」で表される。二つの電極を比較して、高い方を貴な(noble)電位、低い方を卑な(less noble)電位と呼ぶが、正極が貴なほど、また、負極が卑なほど、電池電圧を高くすることができる。電池エネルギー（Wh）は、“電流容量（Ah）×電圧（V）”で表されるから、電圧が高いことは電池エネルギーを大きくする上で非常に有利である。

電池負極用物質の特性表（表3-1-5(1)）からリチウムが負極として、次のような点で優れていることがわかる。

標準電極電位が -3.05V と最も卑であるから、動作電圧の高い電池、すなわち高いエネルギー（Wh）の電池を得ることが可能である。

単位重量当りの放電量(Ah)が大きいので、少ない使用量で大きな容量を得られる。すなわち、電池の軽量化がはかれる。

表 3-1-5 (1) 電池負極用物質の特性

	標準単極電位 (V)	密度 (g/cm ³)	放電容量密度	
			(Ah/kg)	(Ah/dm ³)
Li	-3.05	0.53	3860	2060
Na	-2.71	0.97	1170	1130
Al	-1.66	2.70	2980	8050
Zn	-0.76	7.14	820	5860
Fe	-0.44	7.85	960	7550
Cd	-0.40	8.65	480	4120
Pb	-0.13	11.4	260	2940

資料：西 美緒(1997)『リチウムイオン二次電池の話』裳華房、P.21.

実際、一次電池では金属リチウムを負極とするものがコイン型を中心として実用化され、電卓や時計などの電源用、メモリーバックアップ用などとして広く使われている。最近では、自動焦点カメラなどの電源として、円筒形のリチウムイオン一次電池も作られるようになった。このような優れた特徴を有するリチウム電池の二次電池化を求める声が大きくなるのは当然であった（西，1997）。

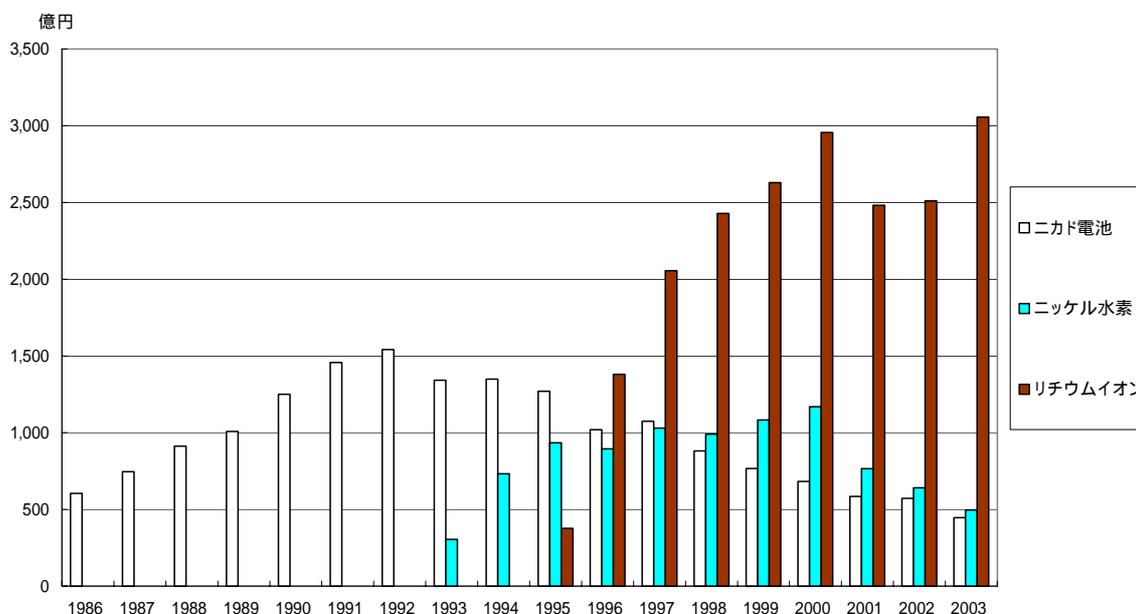
金属リチウムを負極とする二次電池の開発は多くの機関で以前から精力的に行われてい

た。しかし、実現には至っていなかった。その理由は、充電反応時、イオンが還元され、金属リチウムに戻る時にデンドライト（樹枝状結晶）を形成し、致命的な問題を引き起こす。電池の容量が低下し、サイクル性、保存特性の低下につながり、実用化に必要な特性を得られなくなってしまう。次に、充放電が繰り返されることによりデンドライトが蓄積され、表面積が非常に大きくなり、激しい反応を起こすようになる。これによって、電池の安全性が低下するという問題がある。このような問題が存在するため、10年以上、金属リチウム二次電池は期待されながら、商品開発されなかった(吉野、大塚、中島、小山、中条, 2000)。

このような背景の中、全く別のアプローチでこの電池の開発に取り組んだ旭化成が、世界初のリチウムを使用したリチウムイオン二次電池の開発に成功した。リチウムイオン二次電池は日本で発明され商品化された商品である(社団法人発明協会, 2002)。リチウムイオン二次電池はノートパソコン、携帯電話等の電源として広く用いられている。現在では、我が国における 2003 年の販売額は 3,055 億円となり従来の二次電池であるニッカド電池（同 446 億円）、ニッケル水素電池(同 496 億円)にとりかわって、文字通り小型民生用二次電池において従来型を駆逐し現在の主流になっている（図 3-1-5 (1)）。

それでは、日本の旭化成がどうして世界で初めてリチウムイオン二次電池を開発することが出来たのか、開発を行った人はどのような人だったのか、探ってみよう。

図 3-1-5 (1) 主な小型二次電池の販売推移



資料:社団法人電池工業会(2004)「経済産業省機械統計」.

(1) 背景(生い立ちから就職まで)

吉野彰(よしの あきら)は1948年1月に大阪府で生まれた。小学校の4年の時、担任が化学系の学科を卒業したばかりの先生であった。その先生の影響を受けて、化学を好きになった。キャンプで石を運ぶとき、水の中にいれながら運んだら、ほめられたことも、うれしかった。中学校の時に、TVのコマーシャルでケミカルプラントが出た。吉野はその先端技術が、かっこいいと思った。この頃より、技術者になろうと思った。

1972年に京都大学大学院工学研究科石油化学専攻修士課程を卒業した。大学院の専門は量子有機化学であった。当時はこの専門を教えるところは少なく、珍しかった。当然会社にもそんなにいなかった。この専門が、リチウムイオン二次電池の開発に大いに役立つのである。吉野の言葉を借りれば、有機化学は実験が主体だが、量子有機化学は半分実験、半分理論という感じである。詳細は後述するが、電極として検討されたポリアセチレンもカーボンも同じ共役二重結合であり、最終的にカーボンを使用することになったが、このようなアプローチは、まさに量子有機化学である。

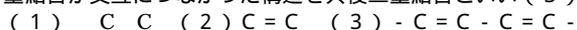
(2) リチウムイオン二次電池の開発経緯

吉野は1972年に旭化成に入社した後は、研究所の探査研究グループに配属された。探査グループのメンバーは3~4人だ。研究所全体では50人程度であった。探査グループは基礎研究をおこなっていたため、自由度が高かった。

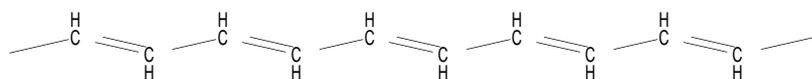
会社の戦略は、機能性プラスチックによる新規事業を目指していた。その範囲内で吉野は研究テーマを自由に選べた。お金もスケジュールもほとんど自由であった。研究所の探査研究グループに限られ、これほど自由なのは吉野を含めて2人ぐらいであった。他の研究員はそれほど自由ではなかった。吉野は機能性ポリマーの研究に従事した。最初の9年間で3つか4つのテーマに取り組んだ。しかし、成功と言えるものは無かった。

1980年の初め、アセチレンの重合体であり共役二重結合⁶を主鎖とするポリアセチレンが注目を浴びた。これは70年代の終わりの白川秀樹らによりポリアセチレンに代表される伝導性高分子の研究の流れがあった(白川, 2001; 吉野, 2002)。ポリマーでありながら電気を通す物質であった。それを受けて金属に代わる伝導材料、超伝導体、太陽電池、等を目指した研究が盛んに行われていた(吉野, 1995)。さらに、このポリアセチレンが二次電池

⁶共役二重結合：有機化合物の基本骨格である炭素-炭素結合の例で言えば、(1)式のとおり一対の電子を共有することにより炭素-炭素の一重結合が形成される。この一重結合に関与している電子をσ電子(シグマ電子)という。また二対の電子を共有すると炭素-炭素二重結合が形成される。(2)式である。この二重結合の場合、一本目の結合は一重結合の場合と同じくσ電子であり、二本目の結合に関与している電子はπ電子(パイ電子)と呼ばれる。一重結合と二重結合が交互につながった構造を共役二重結合といい(3)式で示される。



しかし、共役二重結合の場合、二重結合を形成しているπ電子は、動き回っている。つまり、電流がながれる。ちなみに金属の場合は自由電子が自由に動いている。ポリアセチレンの構造は下図の通り共役二重結合(吉野, 2004)。



の電極、しかも、正極にも負極にもなるということが見出された。

吉野は1981年にポリアセチレンの用途のひとつとして、電池の電極に目をつけた。過去10年、多くの研究者が取り組んでも解決できていない、リチウム二次電池の開発に興味をもった。多くの人材が取り組んでなかなかできない、ということは、裏を返せば、ニーズが高いと考えた。金属リチウムを負極にした二次電池は問題が多く、解決につながらなかったのだ。さらに、吉野は当時ポータブルという言葉が非常にはやっていて、電気製品のポータブル化が進めば二次電池のニーズは高いと考えていた。吉野はポリアセチレンを二次電池の負極材として研究を始めた。理由は、問題点が多い金属リチウムにかわる負極材になりうると期待したからである。

ポリアセチレンを負極において、リチウムイオンを出す化合物を必死に探していたが見つからなかった。そのとき、運良く、1980年、英国のオックスフォード大学のGoodenoughがリチウムイオンを出す化合物コバルト酸リチウム (LiCoO_2) を発見したことが論文に出された。1982年の年末に吉野はこの論文を見つけた。1983年の年明け早々論文の通りにコバルト酸リチウムを合成し、ポリアセチレンと組み合わせで電池を試作した。充電も放電もスムーズに行われた。感動の一瞬であったと吉野は述懐する(吉野, 2004)。ここに、コバルト酸リチウムを正極にポリアセチレンを負極にするアイデアがうまれた。これがリチウムイオン二次電池開発の原点である。しかし、このようなすべての人に公開されている情報で、なぜ吉野がいち早く注目できたのであろうか。吉野は「いわゆる電池メーカーは、リチウム二次電池において、負極にリチウム金属がくると考えており、正極にコバルト酸リチウムをもってきても、リチウム同士がけんかしてしまう。そのため、メーカーは変わった化合物があるなという程度でしか思っていなかったでしょう」と述べている。

その後研究を進めていくうちに、ポリアセチレンの負極への使用は断念しなければならなくなる。その理由は 化学的な安定性に欠けること、比重が1.2と小さいため、軽くはなるが容量エネルギー密度が低く、小型化できないことであった。しかし、ポリアセチレンの研究はその後登場するリチウムイオン二次電池につながる大きな役割を果たした。それは、ポリアセチレンが、それまでの電池材料と異なり、炭素を骨格とする共役二重結合に基づく材料のため、量子化学的にとらえるという発想がでてきたことである⁷。言い換えれば、二次電池の充電・放電反応を量子化学的に見るということであり、電池の世界に初

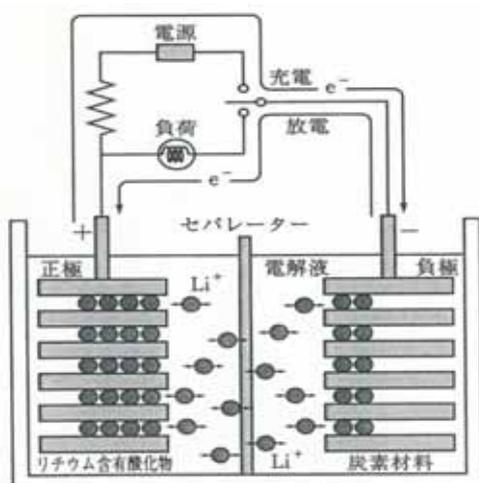
⁷ ポリアセチレンが二次電池負極として働いている原理的機構を量子化学的にいうと「充電によりポリアセチレンが有している電子軌道の内の最低非占有電子軌道(Lowest Unoccupied Molecular Orbital, LUMO)に電子が入り、放電によりLUMOにいた電子が放出される」という現象である。ポリアセチレンで実際に働いているのは電子と電子軌道ということである。このLUMOとその下の準位の電子軌道である最高占有電子軌道(Highest Occupied Molecular Orbital, HOMO)は、ノーベル化学賞(1981年)の対象となった福井謙一の「フロンティア電子軌道」である。「フロンティア電子」そのものが基本機能として働く初めての商品が「リチウムイオン二次電池」であるといわれている(吉野, 大塚, 中島, 小山, 中条, 2000)。

フロンティア電子論: 物質を構成する分子が有している電子の動きをコンピュータで計算することにより物質の物性や化学反応性を予測しようとする理論(吉野, 2004)。リチウムイオン二次電池の開発では、ポリアセチレン、カーボンの改良(容量アップ、安定性向上等)に際し分子軌道計算の結果を活用した。また電解液との相性についても分子軌道計算が活用されている(吉野彰, 石井正道宛メール 2005年1月6日)。ただし、カーボンの改良、電解液との相性については、1992年の最初の商品開発の後に適用されている。

めて量子化学が入り込む入り口であった。

しくみをわかりやすく解説すると(図 3-1-5(2)) 充電時には正極からリチウムイオンが抜け出して負極材料の層間に移動し、放電時には負極材料からリチウムイオンが抜け出して正極層間に戻ってくる。従って、充放電に伴う変化はリチウムイオンの両極間の移動だけということになり、電極や電解液は化学反応を行わないのである(西, 1997)。

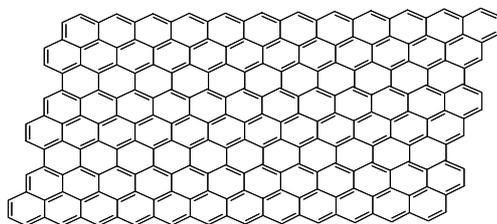
図 3-1-5 (2) リチウムイオン二次電池の原理



資料: 西 美緒(1995), 高分子, 44, 68.

ポリアセチレンに限界が見える一方で、同じ共役二重結合である炭素質材料に注目し(図 3-1-5(3)) 吉野はリチウムイオン二次電池の基本的な構造である、正極にコバルト酸リチウム、負極に炭素を使用することを考え出した。

図 3-1-5(3) 炭素の構造



注: 二重結合を含んだベンゼン環である。共役二重結合になっている。

資料: 吉野彰(2004)『リチウムイオン電池物語』シーエムシー出版。

しかし、残念ながら、当時入手可能な炭素（カーボン）をいくつか評価してみたが二次電池の負極としてまともに働くカーボンは見出せなかった。次の材料のあてもなく今後の研究の方向を見出せないまま悶々としている時に、あるカーボンのサンプルを入手することができた。それは気相成長法炭素繊維(Vapor phase Grown Carbon Fiber)、通称 VGCF という特殊なカーボン材料であった。旭化成の研究所（宮崎県延岡市）では、ガスを気相で炭化させ直接カーボンファイバーを基板上に成長させていくという研究を行っていた。ニッケル系の触媒を混ぜたベンゼン、トルエンのような芳香族化合物を気化させ一千 前後の温度に設定した炉を通過させると、炉の壁面に繊維径が数ミクロンの極めて細かいカーボンファイバーが髪の毛のように成長していく。この VGCF の電池特性が図抜けて良かったのである。この VGCF を負極にしてコバルト酸リチウムを正極にした電池系をはじめて充電したのは 1985 年の年明けであった。これが、現在のリチウムイオン二次電池の原型(正極コバルト酸リチウム；負極カーボン)が誕生した瞬間であった。カーボンを負極にすることで、二次電池の軽量化と小型化というニーズをはじめて両立させることができたのである。ここから基礎研究が急速に加速されていった。リチウムイオン二次電池の基本構成を請求範囲とする特許（特許第 2・668・678 号）をはじめ多数の重要特許が生まれた（吉野，2004）。

ただし、この VGCF は研究段階のものであるから、量産はできなかった。そこで、吉野らは、VGCF に最も近い構造のカーボンを探し出し、その性状を評価していった。100 種類以上のカーボンを評価しても、期待しているものは見つからなかった。半ば諦めながらも一度性状を見ると、ある特殊用途向けのコークスの一群に VGCF と非常に良く似た性状を示すものがあったのである。このコークスはある石油精製メーカーによって大量生産されているものであった。そして、このコークスがリチウムイオン二次電池の初代負極材料となるのである（吉野，2004）。

リチウムイオン二次電池のアイデアを実用化するには他にも安全性の問題や製造法を含め、様々な技術的な問題があり、それらをクリアしていかなければならなかった。その一つは、コバルト酸リチウム正極の集電体(正極、負極が発電した電気を集め正負両端子に導く伝導金属材料)がないということだった。このコバルト酸リチウムは 4V 以上という画期的な高い起電力を有していたが、金、白金等の貴金属以外の金属は 4V 以上の電圧で電気化学的腐食を起してしまうという問題があった。ステンレスなどの汎用金属の表面処理や金属以外の伝導性材料探査などの紆余曲折を経てたどり着いたのがアルミ箔であった。このために丸 1 年かかった（吉野，2003）。これによって、価格が現実的な値段におさまった。

このリチウムイオン二次電池の事業化についても、スムーズに行ったわけではない。電池製造は旭化成にとって経験のないものだけに、経営トップも決断するのに多くの時間が必要であった。その結果、1989 年に事業化が正式に決定された。このとき、旭化成は二つの方法をとった。一つは自ら事業化を行うこと。もう一つは他社へのライセンスである。これを同時に行った。自らの事業化は、電池製造を事業としているメーカーとの合併

事業としてスタートさせた。リチウムイオン二次電池の販売を始めたのは1992年である。吉野が探査研究に着手して約20年、リチウム二次電池に着目して11年が経っていた。

2. 分析

(1) 商品開発のプロセスと創造性構成要素

創造性の三つの構成要素（専門能力、モチベーション、創造的思考能力）が、リチウムイオン二次電池の開発にどのように貢献したのかを分析する。具体的には、前述の「(2) リチウムイオン二次電池の開発経緯」の中で、重要な出来事を時系列に抽出し、その出来事と三つの構成要素との関連を分析する（表3-1-5(2)）。

1) 専門能力

大学院での専門「量子有機化学」が役立っている。このため、ポリアセチレンの負極への利用や、炭素質材料の利用を推進させるための知識ベースとなっている。ポリアセチレンの研究はその後登場するリチウムイオン二次電池につながる大きな役割を果たした。それは、ポリアセチレンが、それまでの電池材料と異なり、炭素を骨格とする共役二重結合に基づく材料のため、量子化学的にとらえるという発想がでてきたことである。言い換えれば、二次電池の充電・放電反応を量子化学的に見るということであり、電池の世界に初めて量子化学が入り込む入り口であった。ここに、量子有機化学の知識が役立っている。

商品開発の経験では、市場ニーズを研究の初期の段階から把握することの重要性を学び、そのことが、リチウム二次電池の開発に生かされている。また、社内の炭素繊維の研究成果や、社外では Goodenough らによるコバルト酸リチウムの発見、石油精製メーカーの特殊用途向けコークスは今回の商品開発には不可欠であった。白川英樹博士らの伝導性ポリマーの発見も大きく影響している。福井謙一博士のフロンティア電子論も今回のポリアセチレンの検討過程で使われている。

(主な専門能力)

- ・ 量子有機化学
- ・ 商品開発の経験・ノウハウ
- ・ 英語力（海外文献解読）

(専門能力に関する組織による支援)

- ・ 社内研究者・技術者
- ・ 社内の炭素繊維の研究成果（VGCF）
- ・ 事業化のパートナー
- ・ 営業・販売網

(その他の専門能力に影響するもの)

- ・ 白川英樹博士らによる伝導性ポリマーの発見
- ・ 石油精製メーカーにより生産された特殊用途用コークス
- ・ Goodenough らによるコバルト酸リチウムの発見
- ・ 福井謙一博士のフロンティア電子論

表 3-1-5 (2) リチウムイオン二次電池の開発経緯と創造性の三つの構成要素の関連

専門能力			モチベーション		創造的思考能力			その他		開発経緯
担当者	組織	その他	担当者	組織	担当者	組織	その他	担当者	組織	
量子有機化学 (修士) 商品開発経験 ノウハウ	研究施設	伝導性ポリ マーの発見	業務命 令						機能性プ ラスチックで 新規事業を 起す機会が あると判断	→ <event 1> 機能性プラスチック の新規事業を探す 仕事に就く (1972年)
量子有機化学 (修士) 商品開発経験 ノウハウ	研究施設		自発的 積極的						長年解決で きていない 技術課題 ポータブル 市場に着目	→ <event 2> 金属リチウムの二 次電池に着目 (1981年)
量子有機化学 (修士) 商品開発経験 ノウハウ 英語力	研究施設	リチウムイ オンを出すコ バルト酸リチ ウムの発見 (海外文献) フロンティア 電子論の活 用	自発的 積極的		負極に ポリアセ チレンを 使う(材 料メー カーの視 点)					→ <event 3> 最初のアイデア 負極ポリアセチレン 正極コバルト酸リチ ウム (1983年)
量子有機化学 (修士) 商品開発経験 ノウハウ	研究施設 社内炭素繊維 研究成果		自発的 積極的		量子化 学の視 点					→ <event 4> 商品アイデア 負極炭素質材料 正極コバルト酸リチ ウム (1985年)
量子有機化学 (修士) 商品開発経験 ノウハウ	研究施設 研究スタッフ (4~5人)		自発的 積極的						組織の判断	→ <event 5> 商品開発をスタート (1989年)
量子有機化学 (修士) 商品開発経験 ノウハウ	研究施設 研究・エンジ ニアリングスタ ッフ(25~30人)	他社との合 弁事業 石油精製 メーカーの コークス 他社の電池 製造・販売/ ノウハウ	自発的 積極的						経営トップに よる事業化 決定(1989)	→ <event 6> リチウムイオン二次 電池 販売される (1992年)

2) モチベーション

業務で機能性プラスチック分野での新規事業開発を指示されたが、それ以降のテーマの選択等はすべて自由であり、積極的に研究を行っている。自分で考えて、あえて過去10年間解決されていないリチウム二次電池の開発に取り組んだことは、かなりの積極性があり、モチベーションが高いことを示している。

3) 創造的思考能力

新しいアイデアがどのように生まれたのか。まず、素材メーカーという立場から、今まで10年間も解決できなかった、リチウムイオン二次電池にアプローチしたことがあげられる。吉野は機能プラスチックの新規事業開発が会社から与えられた仕事だ。そのため、機能性プラスチックであるポリアセチレンを使用した製品がないか探していた。そこで目をつけたのが、電池の極であった。これを研究するうちに、負極にポリアセチレンを使うことを考えた。電池メーカーは、リチウムの特性を生かすためにまず、負極に金属リチウムを置いており、それが常識であった。それは金属リチウムが標準電極電位が -3.05V と金属の中で最も卑であるため、負極と決めていたのである。吉野は、その金属リチウムのデンドライト形成の問題が生じるので、代わりにポリアセチレンを使うことを考えた。

次に、正極を探した。正極になるリチウムイオンをだす化合物を必死に探していたが見つからなかった。そのとき運良く、1981年、英国のオックスフォード大学のGoodenoughがリチウムイオンを出す化合物コバルト酸リチウム (LiCoO_2) を発見したことを海外の学術誌で見つける。ここに、コバルト酸リチウムを正極にポリアセチレンを負極にするアイデアが生まれた。リチウムイオン二次電池の開発はここから発展する。これが、現在のリチウムイオン二次電池の原点である。

アマビルによれば、創造的思考能力は「既存の複数のアイデアを結びつけて新しいアイデアを生む能力」のことであり、今回ある意味ではそれが行われており、創造的思考能力というものが発揮されている。ただし、今回の方法はアマビルがあげている認識方法や発見的方法といったもの(表 2-1, p.6)ではなかった。アイデアを生んだのは、電池製造メーカーとは異なる材料メーカーからのアプローチと学術誌の論文であった。

以上の分析結果は、リチウムイオン二次電池の開発では創造性の三つの構成要素が重要な役割を果たしており、不可欠であったことを示している。この他に商品開発に重要な役割を果たしたものを次にまとめた。

4) その他

リチウムイオン二次電池の開発では、開発担当者はテーマを決めるときに、いろいろなことを考慮して判断している。

具体的には、開発担当者は顧客を回り、ポータブル化のトレンドを把握した上で、二次

電池の需要を自ら予測した。ポリアセチレンの用途のひとつとして、電池の電極に目をつけた。過去 10 年、多くの研究者が取り組んでも解決できていない、リチウム二次電池の開発に興味をもった。多くの人材が取り組んでいることや、なかなかできない、ということは、裏を返せば、ニーズが高いと考えた。

すなわち、研究をスタートする時や、その進展とともに、自ら常に市場ニーズ及び技術革新の可能性を把握し、研究の方向を決める能力である。吉野は、市場のニーズの把握についても、研究者自身が情報収集し、それを把握しないと意味がない、と述べている（後述の「3. 開発担当者の意見」参照）。

これは、前述の創造性の三つの構成要素以外のもので、戦略的な判断能力である。

(2) 組織環境

会社の戦略は、機能性プラスチックを目指していた。当然、トップの強い支持があった。その範囲内で吉野は研究テーマを自由に選べた。お金も期間もほとんど自由であった。吉野の研究にとって、自由度が高いのは必須条件であった。基本は探査であり、日常の定常業務とはかけ離れていた。

研究所の探査研究グループに限られ、これほど自由なのは吉野を含めて 2 人ぐらいであった。他の研究員はそれほど自由ではなかった。

しかし、自由というのはいいことばかりではない。吉野は次のように語っている。「そういう好きにやれと言われても意外とつらいものですよ。目に見えて成果が出てくれば仕事をやっているという感じになるでしょうけど。給料泥棒みたいな、そんなことを感じるときもありました。忍耐力が要りますよ」。

事業化の判断においては、会社にとって全くの畑違いの事業だっただけに、経営トップにおいても判断が難しかった。

3. 開発担当者の意見

独創的な商品開発を担える研究者・技術者に必要な能力

次の三つの能力が大切である。

- ・ 専門能力：これは勉強すること。
- ・ 独創性：資質に大きく作用されるかもしれない。考える場を作ることが重要である。
- ・ 戦略：外に出てお客さんとコンタクトし、なにをもとめているかをつかむ。客のニーズをつかまえ、それにあわせて、研究をすすめる。初期の段階からニーズを肌で感じることも重要である。研究の初期の段階にそれをやらないと、途中で軌道修正は大変である。これは研究者じゃないとできない。研究者がやって初めて意味がある。だれか別の人が行ってこんな話を聞いてきたよなんていうのは全然役に立たない。研究者がいわゆる外のニーズを自分で判断することが重要である。

現在の技術者で一番不足しているのは三つめの戦略である。この 3 つがうまくサイクルでまわるようになればよい結果が生まれる。

独創的な商品開発を担える研究者・技術者の育成方法

実際の商品開発を経験させる。短いものでよい。1~2年のもの。上記の三つを経験できるようにする。

独創的な商品開発を担える研究者・技術者の組織環境・マネジメント

客に接することができるようにする。自由をあたえる。権限委譲をする。自分の判断で客先に訪問したり、対応を考えるようにする。

3.1.6 DNA 分析装置「キャピラリーアレーDNAシーケンサー」

1. DNA 分析装置開発の背景と経緯

ヒトゲノム計画⁸のもと、2000年6月にヒトゲノム⁹の概要が発表され、2003年4月にその全貌が明らかになった。ゲノム配列分析でキーとなる装置が多くの技術が開発された。最終的にゲノム解析に重要な役割を果たしたのは、日立製作所が開発したDNA分析装置「キャピラリーアレーDNAシーケンサー¹⁰」(capillary array DNA sequencer)であった(神原, 2003a)。米国のアプライドバイオシステムズ社(Applied Biosystems:ABI)との提携による製品が、1997年に発売、1998年に出荷され世界の研究所に提供された。更に2000年には第2世代装置とも言えるオンカラムレーザー照射方式を用いた装置が製品化され、日立で製作しABIから販売という体制で、現在、年間1,000台が売れている。全世界のマーケットシェアは8割程度である。1台約2,000万円である。まさに、独創的な商品開発ということができる。それでは、この商品を開発した人がどのような人で、どのように開発したのか、見てみよう。

(1) 背景 (生い立ちから開発に着手するまで)

神原秀記(かんばん ひでき)は1945年1月に東京都で生まれた。小学校のころ、理科は嫌いではなかった。算数は得意だった。数学は、中学高校時代、常に学校で1~2番であった。数学には、回答の仕方に複数の手段があるのがおもしろかった。また、理科は小学校の頃、ブームだった。科学クラブという雑誌が良く売れていた。最近のコンピュータゲームのブームは良くないと考えている。本を読むことは、自分で映像を想像することができるが、現在のゲーム機器はそれを奪ってしまうからだ。

大学は理科系を選択した。それは国語が得意でなかったからだ、という。1963年に東京

⁸ ヒトゲノム計画 (The human genome project) : ヒトゲノムの30億の全塩基配列を解読する等を目的としたプロジェクト。1990年に米国のエネルギー省(Department of Energy)と国立衛生研究所(National Institute of Health)によってスタートした。後に英国がパートナーとなり、また、日本、フランス、ドイツ、中国などが参加した(Human Genome Project Information,2005)。

⁹ ゲノム(genome) : すべての生物を構成している細胞のDNAとそれに書き込まれている遺伝情報のこと。ヒトゲノムはヒトのすべての遺伝情報を指すことになる。細胞の中にある染色体は、遺伝情報を含み、DNA分子とたんぱく質からなる。DNA分子を形成する塩基はアデニン(A)、チミン(T)、グアニン(G)、シトシン(C)の4種類である。遺伝情報はこれら4つの文字で書かれた文章にあたる。ヒトの遺伝情報は約30億の文字からなる。それぞれの細胞が30億の文字を書き込んだゲノムをもっていることになる(ハイテク用語集, 2005)。

¹⁰ Science(16February 2001, P.1201)によると、ヒトゲノム計画に貢献した影の主役(unsung heroes)の中にキャピラリーアレーDNAシーケンサーを開発した人々も選ばれている。それは日本の神原秀記とカナダのNorm Dovichiである。さらに、analytical chemistry(1January2002, volume 74, issue 1,23A-26A)によれば、シースフロー(sheath-flow)方式のキャピラリーアレーDNAシーケンサーについて最初に論文を提出したのは神原であり(Nature 1993,361,565-566)、競争を制した(won the race)としている。特許についても神原は1991年、1992年の6月に出願(特許番号:P03075602、P02910319)、Dovichiは1993年6月の出願である(USP5439578)。神原の特許はキャピラリーアレーDNAシーケンサーの基本特許といえる「計測部分のキャピラリー密度とサンプル注入部分のキャピラリー密度を変える」という基本的な特許に加えて「多数のキャピラリーを一つのシースフローセルを用いて一括検出する」というマルチキャピラリーとシースフローを用いる特許である(神原秀記, 石井正道宛メール2004年12月21日, 2005年1月19日)。

大学の教養学部に入学し基礎科学科化学系で学んだ。同大学の大学院で理学系化学専攻であったが、新しい研究をするには手間と時間がかかり、大学では大変に思えた。そして、1972年、日立製作所に就職した。配属は同社中央研究所であった。しかし、日立も、当時、ニクソンショックで不景気であり、研究費をとることも難しかった。だから、実験機器をなかなか購入することができず、自分でつくることを覚えた。「旋盤を使えるし、電子回路も覚えた。旋盤回して物つくることもできる。(中略) 旋盤のバイト研ぐのだってできるし、ドリルの刃を研ぐのだってできるし、何でもできますよ」と神原は言う。

日立に入ってから取り組んだ研究は質量分析装置である。その分野で優れた研究実績を残し、また、多くの商品開発を行った。具体的には、大気圧下でのイオン分子反応を活用した高感度なイオン化方法(大気圧化学イオン化)や、不揮発性の物質をグリセロールのマトリックスに混ぜてイオン衝撃することでこれまで不可能であった種々の物質のイオンを生成して質量分析をするなどの技術開発に従事した。

(2) DNA 分析装置の開発経緯

日立に入ってから10年ほど経つ1981年ころ、新しい部長がきた。その部長から新しい研究を行うように、指示があった。質量分析装置は古い、と当時の部長に言われたのだ。80年代にはいって、企業業績が回復し、新しい分野に向かっていくような状況であった。会社は勢いが出てきた。どんどん新しいことをやって、世の中をリードしようという雰囲気があった。それで、次に取り組む研究分野を探し始めた。新しい分野をやらないと人も増えない。そのときグループの人数は3人で限界を感じていた。発展する分野をいろいろ考えた。当時は、水素エネルギーの問題も注目されていた。また、ホンダ・フジシマ効果(光触媒)を学会に聞きに行ったこともあった。たくさん人がいたが、自分のやる仕事じゃないと感じた。

神原は新しく取り組む研究分野を探すプロセスについて次のように述べている。「おもしろいと思われている分野、あるいはおもしろい仕事と自分のやる仕事というのは違うんです。自分に合っていないとだめ。自分がやって活躍できることとおもしろく見えることは違う。自分の持ってる力はどういうことに発揮できるか、自分自身をよく知っていないといけない。みんながこれおもしろいと言っていると、『うん、おもしろい、おもしろい』と言って、自分もその中に入っていくけども結局は、あんまりいい仕事しないで終わってしまう人も多いです。自分は、この分野でどれだけ活躍できるかということを、ちゃんと認識しないといけない。まず、自分の能力がどれくらいあるかも認識しないといけない。自分よりも優秀な人は、世界中、たくさんいますから、そういう中で何かしようとしたときに、仕事ができる確率は、どういうところが高いかというのも考えないといけない。そうすると、あんまり人が行っていない分野のほうが有利であることは確かだ。あんまり人がやってないけれども、将来伸びるかもしれないというのが一番いい。だけど、そこはだれもいないから、自分自身との戦いになる。だれもいないけれども、ほんとうに自分はこんなこ

とをやっていてよかったのかなという、常に不安との背中合わせ。だから、しょっちゅう、これはよかったんだろうか、良い方向を向いているのだろうか、いろいろな情報を集めては、検討しながら、自分自身を納得させながらいくというプロセスになるんです。」

このようなプロセスを経て、DNA 計測を選んだ。神原はそのいきさつを次のように述べている。「自分は計測関係の仕事を今までやってきましたから、そういう方面で何かないかなと考えていた時に、新聞やテレビのニュースで、遺伝子操作で様々なタンパク質ができるという話が報じられたのです。これは将来、人類にとって重要なものになるだろうし、なにかその関連の研究をしようと思いました。研究しようとする生成物であるタンパク質を分析することと遺伝子を分析することが非常に重要になってくるに違いない、そういう分析装置だったら自分がやれるフィールドだと考えたわけです」(神原, 2003b)。

それは 1982 年のことであった。DNA そのものについては全くの素人だった。当時の新聞や、メディアを通して、DNA 分野が伸びると自分で判断した。そこには、いわゆる経営ビジョンや戦略があったのではなく、また、マーケティング調査をおこなったわけでもない。一般情報をもとにした神原の判断であった。

1982 年神原は 37 歳であった。神原にいわせると、「この分野に全くの素人から入って、こういう研究開発をやった人というのは、世界で僕一人です。みんな何らかの格好で、生物関係の研究室にいたり、生物に関連した分野にいた人が多い。新しいから入れた。競争する人がたくさんいたら、もう何の取り柄もない人が入ったって勝てないですよ。だれもないから、まだ勝負になるということになるわけですね。」

DNA 分析装置というテーマは自分自身で決めた。上司の指示というのはまったくなかった。この件に関し神原は次のように述べている。「それは人から言われてやるというのは、あんまりよくないですよ。自分で決断したんだから、すべての責任は自分。自分でちゃんと決断するというのは、僕は非常に重要だと思う。失敗するのは嫌だから、いろいろなこと考えますよね。」ただし、その神原でさえも新しい分野に取り組んでから最初の数年間、元の分野に戻ろうか悩んだという。5 年くらい質量分析も並行でやっていたが、どうしても集中したほうがいいのかということで、質量分析のグループは別のグループとして分離し、神原は DNA 分析装置に専念することになった。

全く未知の分野に具体的にどのように取り組んでいったのであろうか。神原は、最初に関連する文献を読んでいった。そのころ日立の他の部署で三菱化成の生命研究所との交流があった。生命研究所は放射性標識による DNA シーケンシングを行っていた。神原はそのルートを通じて、部下を生命研に行かせて、放射線標識による DNA シーケンサーの勉強をさせている。最終的には蛍光標識になるのだが、当時、DNA シーケンサーは放射性標識と蛍光標識が有力であった。このようにして、DNA シーケンサーについて学習をしていった。

参考に、蛍光標識を使用した DNA 分析の基本的な手順は次の通り (図 3-1-6(1))。

配列決定をしようとする DNA 断片のコピーを多数作成する。

1 塩基ずつ長さの異なる断片群を作製する。

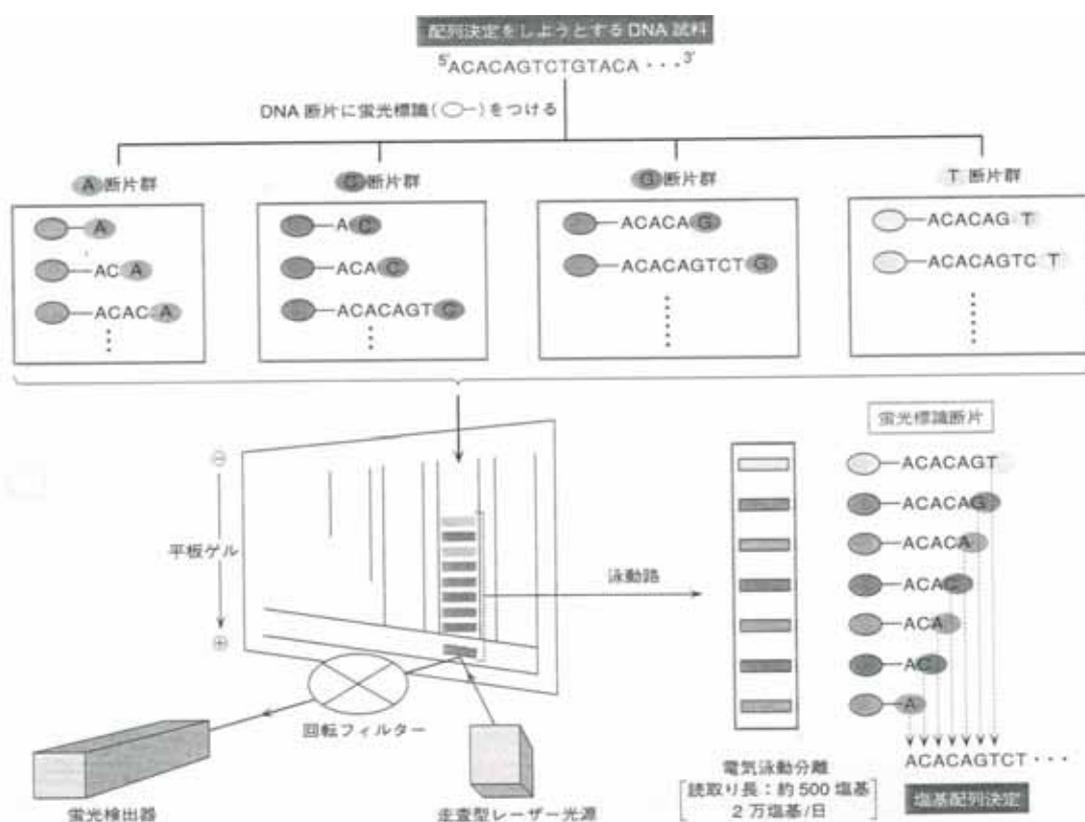
断片の左の末端を共有して、右の末端塩基の種類 A,C,G,T に応じて異なる色の蛍光体で DNA 断片を標識する。

電気泳動で 1 塩基の長さの差をもつ DNA 断片はそれぞれ分離されてレーザー照射部を通過する。

短い DNA 断片から順次レーザー照射部を通過するが、末端塩基種類の違いに応じて異なる蛍光が観測される。

これらの情報から塩基配列を決定する。

図 3-1-6(1) 蛍光標識による塩基配列決定(レーザー स्क্যান照射方式)



注1: レーザーによるスキニングは正面から行う。

注2: 一度に配列決定できるDNAの長さは約 500 基である。それより長いDNA断片では1塩基の長さの差をゲル電気泳動では分離できない。そこで、ある程度の長さの断片化して、部位配列を決定した後それらをつなぎ合わせることで全体配列を決定する。このために一部が重複した断片配列を繰り返し測定する必要がある、実際に決定しようとするDNAの長さの5~10倍の長さの塩基配列を決定する必要がある。

資料: 神原秀記(2004)「キャピラリーアレーDNAシーケンサーの開発」『現代化学』(2004年7月), 66-69.P.67.

その頃、偶然にも社内の医療分野の機器開発の部長が、東京大学の和田昭允(わだ あきよし)教授に接する機会があり、和田教授がDNAシーケンサーについて、国のプロジェ

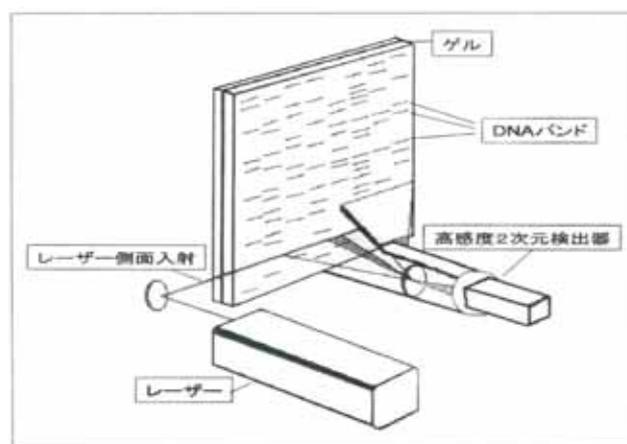
クトを立ち上げていることを聞き、早速、神原に知らせたのである。神原はすぐに和田教授にコンタクトした。

和田教授は 1981 年に科学技術振興調整費による「DNA の抽出・解析・合成」プロジェクトを発足させている（隅蔵，新保，2003）。このプロジェクトは、DNA 解析を手作業でなく、ロボット技術をはじめとする種々機械を用いて自動的に解読し、生命を分子レベルでとらえる必要性を主張して作られた（神原，釜堀，岡野，周，2001）。この分野では、和田プロジェクトは世界に先駆けて発足したといえる（神原，2004）。神原は和田プロジェクトに 84 年から参加した。このおかげで、神原は年間 3,000 万円程度、3 年間で合計 9,000 万円、研究費を得ることが出来た。もちろんお金だけではない。DNA シーケンサーの最先端の情報をここで得ることができたのである。

さらに、プロジェクトを通して、大阪大学の先生より蛍光試薬の DNA への装着について協力を得た。プロジェクトがオープンなため、Y 社からコンタクトがあり、蛍光標識 DNA の製作を依頼している。また、全くの素人だった神原が、プロジェクトを通してこの分野の多くの先生と知り合いになれたことも大きかった。

これらの活動を通して、神原は日本で最初の DNA シーケンサーを開発することができたのである（図 3-1-6 (2)）。DNA シーケンサー開発のプロセスで、和田プロジェクトに入ったことは、大きな出来事だったと神原は述懐している。

図 3-1-6 (2) 国産初 DNA シーケンサー



注：2枚のガラス板に挟まれた 0.3mmの厚さのゲル板に、側面からレーザーを入射させる。全ての泳動路を同時に照射できるので、レーザーキャン(図 3-1-6(1))に比べて1桁以上高い検出感度を実現している。

資料：神原秀記(2003a)「キャピラリーDNA アナライザー」『バイオマテリアル』21(2), 98-105.

この装置の製品化については、関連会社の手伝いをうけて、完成させることが出来た。この蛍光式の第 1 世代のシーケンサーというのは日立電子エンジニアリングで製品化することになった。これが国産で初めての DNA シーケンサーであった。

このときの状況について、神原は次のように述べている。「子会社は、初めての分野でよくわからないが、研究所に協力してシーケンサーを製作した。ところが、ふたをあけてみたら、日立だけじゃなくて、何カ所から同じような技術が開発されて、製品にもなっていた。じゃあ製品にしても、これは売れるに違いない。それで製品にしたんですよ」。日本、米国、ドイツなどで自動 DNA シーケンサーの重要性がいち早く認識され、1986~87年に第1世代の蛍光式シーケンサーがこれらの国でほぼ同時に開発された(神原, 2003a)。

なかでも、世界で最初に DNA シーケンサーを発売したのが米国の ABI であった。以来、同社は世界市場の 7 割のシェアを押さえていた。この企業が業界トップに立ったのは、試薬の特許を持っていたからだ。装置と試薬を同時に発売し、DNA の解読システムとして一括して販売したのが成功の理由だった(21 世紀ビジネス塾, 2004)。

1990 年に国際共同プロジェクト「ヒトゲノム計画」が始まった。しかし、平板ゲルを用いた初期の装置(図 3-1-6(2))では、一台で塩基配列決定できる量は 1 日当たり 1 万~2 万塩基で、ヒトゲノム解析には性能が不十分であった。ヒトゲノムのサイズは 30 億塩基と大きく、この装置を数百台おいても、全塩基配列決定には 20~30 年かかると考えられた。これを 3 年程度でゲノム配列を決定しようとする、1 桁以上高い解析能力の装置が必要であった(神原, 2004)。この辺から次世代の技術のキャピラリーを使ったシステムの開発を行うことになる。

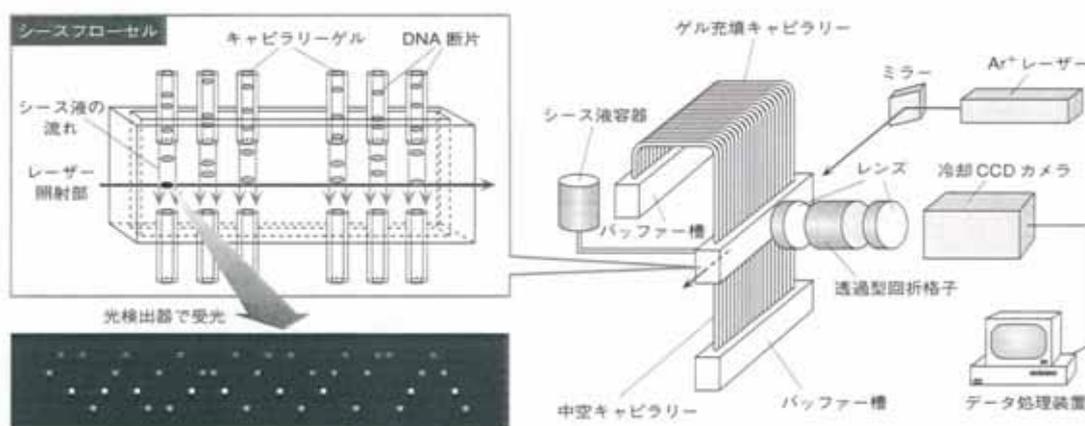
最初に三つの方法を考えた。薄いゲルを使う方法、板に溝を掘る方法、そして、ガラス管(キャピラリー)を使う方法である。まず、薄いゲルを使う方法は、従来の延長のため新しい特許は出てこないと思ったのでやめた。次に、板に溝を掘る方法は、実際に作って実験してみたが、サンプルを注入するのが非常に困難であった。そこで、キャピラリーの方法がいいと思い、それに研究を集中した。その最大の課題は、キャピラリーを複数並べてマルチでやる方法だったが、平板(第1世代)のときに様々な試みをやったことが生き、成功することが出来た(神原, 2003b)。その開発の内容は次のようになっている。

最初に、キャピラリーにゲルを充填して電気泳動路として活用し、それらを 100 本並べて DNA 検出できれば高い解析能力が達成できると考えられた。内径の小さなキャピラリーでは分析に使用できるサンプル量は、従来の 1/100 である。さらに DNA 断片の泳動速度は従来よりも速く、光検出に使える時間が短くなる。課題は「高い検出感度をもった全自動システムをいかに実現するか」であった。100 本のキャピラリーを並べてレーザー照射し、蛍光を検出する簡単な方法は、レーザーを測定部に沿ってスキャン照射したり、レーザーを広げてすべての泳動路を同時に照射したりする方法である。しかし、いずれの場合も 1 本のキャピラリーに連続してレーザーを照射する場合に比べて一つの泳動路当りの光照射量は 1/300 ~ 1/1000 程度となってしまう。これでは十分な検出感度は得られない。一番効率の良いレーザー照射方法は平板ゲルの時に採用したように、100 本のキャピラリーを平面状に並べ、串刺し状に一つのレーザーですべてを同時に照射することである。しかし、直径 0.2mm の柱状レンズを 100 本並べて横からレーザーを通すのと同じで、すべてを照射

することは出来なかった。キャピラリーを数本通過するとレーザーは偏向されて、それてしまうのだ。

そこでセルに溶液を満したものを用意し、キャピラリーゲルで DNA を長さ分離したあとに溶液中に DNA を抜き出してレーザー照射することを考えた。しかし、キャピラリーからセルに出たとたん、DNA は動かなくなり、やがて溶液中に拡散して DNA の検出はできなくなった。セルはキャピラリーに比べて断面積が極端に大きく、電界強度がほとんどゼロになるからであった。そこで、溶液をキャピラリーに沿って流し、溶出した DNA をレーザー照射部まで電界ではなく溶液の流れで運ぶことで克服した。レーザー照射部には障害がないのですべての泳動路を同時に照射し、高感度で蛍光計測できる DNA シーケンサーが誕生した(神原, 2004)。この成果を 1992 年 11 月の浜松の国際会議で発表した。

図 3-1-6 (3) シースフロー方式キャピラリー-DNA シーケンサー



資料: 神原秀記(2004)「キャピラリーアレーDNA シーケンサーの開発」『現代化学』(2004年7月), 66-69.P.68

後に ABI の開発中の装置に日立のキャピラリーをのせるということで共同事業するアライアンスが成立した。ABI はキャピラリーではなく、板に溝を掘ったタイプに取り組んでいたが、うまくいかなかった。そのため、日立と提携して装置を早く出したいということであった。溝掘りのためにつくっていた装置にキャピラリーをのせれば、製品として一番早くできる。それで ABI から製品が出るという格好になった。一方、日立は商品開発の体制が整っていなかった。研究員数人と工場に数名である。ABI はこの装置開発に開発人員を 100 人程度つぎ込んでいた。商品開発のスタッフが充実していたのだ。製造会社の ABI と組むことで、当時の日立は、研究成果を商品化に結びつけることができた。また、使用する試薬の問題もあった。ABI はそれも供給していた。

この ABI との交渉の場に、日立の本社ではなく、工場を選んでいる。製造ラインを見せ、自分たちの生産技術の高さをアピールしようと考えた。ABI の社長は、製造工程を見

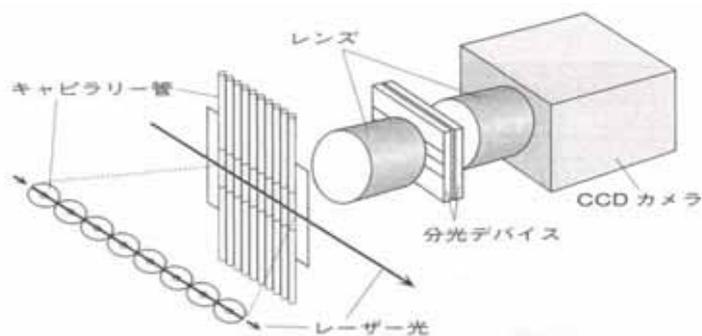
て、品質の高さと厳密な検査システムなど技術の高さに魅力を感じた。交渉の結果、お互いの特許は無償交換、日立が装置本体の開発・製造、ABI が装置に試薬などのソフトをつけてユーザーに販売、ということになった（21 世紀ビジネス塾、2004）。1996 年のことである。

このようなプロセスを経て、製品が 1997 年に発売、1998 年に出荷され、世界の研究所に提供された（図 3-1-6 (3)）。ちなみに、民間企業でありながらヒトゲノム解析を行ったセレーラ社は ABI が創立したもので、日立と ABI によるキャピラリーアレーDNA シーケンサーを 300 台購入している。2000 年からは、日立がさらに改良を加えたメンテナンスが容易なキャピラリーアレーDNA シーケンサーが供給されている（図 3-1-6 (4)）。シースフローを用いたキャピラリーアレーDNA シーケンサーは高感度で性能もよいが、シースフローを一定に保つこと、およびシースフローセルが汚れやすく定期的にクリーニングが必要であるなど、使い勝手に問題があった。そこで保守が不要の簡便なキャピラリーアレーDNA シーケンサーの開発に引き続き取り組んだ。以前失敗した並べたキャピラリーを直接レーザーで照射する技術へ再挑戦した。検討した結果、原因はキャピラリーのレンズ作用でレーザーが発散したり、屈折したりしてキャピラリーの中心からはずれてしまうことがわかった。キャピラリーの内径および外径比を最適化して、レーザーをキャピラリーで繰り返しフォーカスしてアレーを通過させる技術を開発して解決した。

さらに、レーザー照射するためにキャピラリーの表面を被覆しているポリミド樹脂を除去するときに、加熱でキャピラリーが歪み、並べられたキャピラリーのうち、いくつかが平面からずれてしまうことも原因であることを突き止めた。低温でキャピラリー被覆を除去する技術を開発して、対応することが出来た。

この装置は動作が安定で保守不要であり、第 2 世代キャピラリーアレーDNA シーケンサーといえる装置である。現在、この装置がゲノムセンターばかりでなく幅広い分野において、世界中で使用されている（神原，2004）。

図 3-1-6 (4) 第 2 世代キャピラリーアレーDNA シーケンサー



資料：神原秀記(2004)「キャピラリーアレーDNA シーケンサーの開発」『現代化学』(2004 年 7 月), 66-69.P69.

2. 分析

(1) 商品開発のプロセスと創造性構成要素

創造性の三つの構成要素（専門能力、モチベーション、創造的思考力）が、キャピラリーアレーDNA シークエンサーの開発にどのように貢献したのかを分析する。具体的には、前述の「(2) DNA 分析装置の開発経緯」の中で、重要な出来事を時系列に抽出し、その出来事と三つの要素との関連を分析する（表 3-1-6(1)）。

1) 専門能力

基本的にそれまでの質量分析の経験・ノウハウを DNA 分析に活用することになる。これらは、DNA 分析装置の開発に決定的な役割を果たしている。また、会社や関連会社の分析装置生産能力が優れており、商品開発に大きな役割を果たしている。また、社外に関しては、科学技術振興調整費による「DNA の抽出・解析・合成」プロジェクト(通称和田プロジェクト)への参加が、専門能力の向上に大きく寄与している。また、ABI とのアライアンスは試薬等、日立が持っていない専門知識を補う重要な役割をしている。

(開発担当者の主な専門能力)

- ・ 化学（博士）
- ・ 質量分析の経験・ノウハウ
- ・ 質量分析計測器の商品開発の成功
- ・ 実験機器の製作能力(旋盤使用含む)

(専門能力に関する組織の支援)

- ・ 関連会社を含めた分析計測機器生産能力

(その他)

- ・ 「DNA の抽出・解析・合成」プロジェクト(1981 年～1987 年) (科学技術振興調整費) のうち後半 3 年間参加
- ・ ABI とのアライアンス

2) モチベーション

それまで実績を上げてきた質量分析の研究をやめ、新しい分野をやるように上司から指示される。そのなかで、自分の考えで、自分の能力が発揮できる分野を探した。自分がおもしろい、というだけでテーマを決めずに、自分の能力、市場の発展性を考慮して、決めた。だれもやっていないことを、自由な環境の中で、自発的かつ積極的に研究に取り組んだ。モチベーションの高さを示している。

表 3-1-6 (1) DNA 分析装置の開発経緯と創造性の三つの要素の関連

専門能力			モチベーション		創造的思考能力			その他		開発経緯
担当者	組織	その他	担当者	組織	担当者	組織	その他	担当者	組織	
									質量分析は伸びないと判断	→ <event 1> 部長から質量分析以外のことをやるように指示 (1981年)
化学(博士) 実験機器の製作能力 質量分析装置の研究・商品開発に成功			自発的 積極的		DNA分野に質量分析装置研究者として はじめて取り組む。				DNAの分析装置が必要となると予測	→ <event 2> DNA分析装置に取り組みはじめる (1982年)
化学(博士) 実験機器の製作能力 質量分析装置の研究・商品開発に成功	日立のネットワーク(和田教授と接点)	三菱化成生命研究所	自発的 積極的							→ <event 3> 和田プロジェクトに参加 (1984年)
化学(博士) 実験機器の製作能力 質量分析装置の研究・商品開発に成功	日立グループの装置生産能力		自発的 積極的							→ <event 4> 日本最初のDNAシーケンサー開発 (1987年)
化学(博士) 実験機器の製作能力 質量分析装置の研究・商品開発に成功	日立グループの装置生産能力		自発的 積極的							→ <event 5> キャピラリーアレーDNAシーケンサーの開発 (1990年頃)
化学(博士) 実験機器の製作能力 質量分析装置の研究・商品開発に成功	日立グループの装置生産能力	ABI社の商品開発能力 (100人)	自発的 積極的						事業化するには共同事業が現実的	→ <event 6> ABI社と共同事業のアライアンスを組む (1996年)
化学(博士) 実験機器の製作能力 質量分析装置の研究・商品開発に成功	日立グループの装置生産能力		自発的 積極的							→ <event 7> キャピラリーアレーDNAアナライザー発売 (1997年)

3) 創造的思考能力

DNA 計測の分野に質量分析装置の経験を持ち込んだ。このようなことをしたのは神原が初めてだった。これによって、新たな発明が次々生まれた。アマビルによれば、創造的思考能力は「既存の複数のアイデアを結びつけて新しいアイデアを生む能力」のことであり、今回ある意味ではそれが行われており、創造的思考能力というものが発揮されている。ただし、その方法は質量分析装置の研究の経験とノウハウを新しい分野に適用するということであり、アマビルがあげている認識方法や発見的方法といったもの(表 2-1、p.6)とは異なる。

以上の分析結果は、DNA 分析装置の開発において創造性の三つの構成要素が重要な役割を果たしており、不可欠であったことを示している。この他に商品開発に重要な役割を果たしたものを次にまとめた。

4) その他

開発担当者は他人がやっていないが、将来伸びるかもしれない、というテーマを狙うのが良いと考えて取り組むテーマを決めた。今回の DNA 分析では計測装置をやっているひとがいなかった(後に埼玉大学の F 教授がいち早く DNA の蛍光検出を目指していることを知った)。また、新聞やテレビのニュースで、遺伝子操作で様々なタンパク質ができるという話が報じられ、これは将来、人類にとって重要なものになるだろうと考えて、その関連の研究をすることにした。

このように商品開発の方向性を決める判断が独創的な商品開発に大きく役立っている。

(2) 組織環境

1981 年に部長から質量分析以外の研究をやるように指示を受けた。その後のテーマ設定、研究の進め方は自由であった。予算が限られていたが、東京大学和田教授による科学技術庁振興調整費「DNA の抽出・解析・合成」プロジェクトに 1984 年から参加することで、装置開発の費用を得ることができた。基本的に研究テーマの設定は自由に行っていた。

3. 開発担当者の意見

独創的な商品開発を担える研究者・技術者の能力

将来を見ること。10 年後を見ること。20 年後 30 年後はダメだ。無責任な見通しになってしまう。具体的に目標を掲げること。そして、どのようなプロセスで実行するのか、当面の課題を設定する。

対象とする分野は、競争が少なく、インパクトのあるもの。みんながやっているものはダメだ。自分で考えて、賭けたほうが良い。そのほうが成功する。ただし、それには

精神力がいる。みんながやっていないものは、不安が大きい。それに打ち勝つために、何度も、自分と戦わなければならない。そして、途中でやめないことだ。このような能力が必要だ。

独創的な商品開発を担える研究者・技術者の育成及び組織のマネジメント

現在は、戦国時代のようなもの。昔とは違う。

具体的な成果を出したら、これだけのお金をあげるよ、といって、自由にテーマをきめて自由にやらせる。成果の出たものは相応の対価をだす、という方法が良いと思う。

もう、管理する時代ではない。管理しても、よい成果は出てこないだろう。管理をした場合、うまくいかない場合は、上がやれといったから、といういいわけができてしまう。また、上が示した目標だけに集中し、商品の開発に関係ないところで成功して喜ぶような場合もある。研究をやる人にとって、どうしたら一番元気がでるだろうかということを考えるべきである。しかし、今までの日本社会は管理するにはどうしたら都合がいいかであった。発想を逆にすれば成功する。

さらに、小さなものでよいから、商品開発の経験をさせ、成功体験させることが重要だと思う。自信がつくと大胆になれる。また、失敗ばかりしていると、萎縮してしまう。

小さな成功でも、ゆとりをうみ、それが心のよりどころとなる。

3.1.7 レンズ付きフィルム「写ルンです」

1. 商品開発の背景と経緯

レンズ付きフィルムは 1986 年 7 月 1 日に日本で発売された(富士写真フィルム, 2004)。世界で初めての商品である¹¹。開発したのは富士写真フィルム株式会社である。2002 年末に 10 億本達成した(富士写真フィルム, 2002)。発売してから約 16 年であり、年間平均 6,250 万本販売したことになる大ロングセラー商品である。

どのような人がこの商品を開発したのか、どのようにして商品のアイデアが生まれ、開発されたのであろうか。

(1) 背景(生い立ちから開発に着手するまで)

持田光義(もちだ みつよし)は 1940 年 9 月に静岡県で生まれた。小さいころから、学校の勉強で嫌いなものはなかった。算数も理科も、国語も社会も好きであった。中学のころには理数系が特に好きになった。英語も得意であった。高校は進学校の沼津東高校であった。このとき最初は医者になりたかったが、工学部に行くことにした。大学は 4 校受験したが、建築学が二つ、薬学が一つ、写真工学が一つと学科がばらばらであった。このころは、やりたいことが定まっていなかった。千葉大学工学部の写真工学科に行くことになる。この写真工学科選択の際も、最初は印刷工学科にしていたが、お婆の「カメラ屋になれば、定年後も働ける」というアドバイスを受けて写真工学科にした。千葉大の卒業論文は白黒フィルムの乳剤関係でゼラチンを扱った。

就職の際は、最初は京都の三菱製紙を受ける予定だった。三菱製紙は白黒フィルムの印画紙などで有名であったし、初任給は 3 万円ぐらいであった。富士写真フィルムは 2 万 6,7 千円であった。母親の病気を考慮して、実家に近い当時神奈川県南足柄市にあった富士写真フィルムにした。千葉大写真工学科は 1 学年 20 人おり、採用されたのは持田だけであった。富士写真フィルムには、多くの OB がいた。富士写真フィルム入社後、持田は神奈川県の足柄工場の品質管理を扱う検査課に配属となった。持田は足柄研究所で乳剤の研究をやりがったが、現業に配属された。持田は白黒フィルムにしか興味をもっていなかったが、OB の説得でカラー印画紙を扱うことになり、カラー印画紙の品質管理を始める。検査課では、自社製品だけでなく、コダックやアグファなどの他社のカラー印画紙の評価も行った。仕事はおもしろかった。7 年間務めたのち、営業を自ら志願した。米国とヨーロッパの二つの選択肢が与えられ、ヨーロッパを選んだ。ドイツでの海外勤務となった。持田が品質管理をやっていたカラー印画紙を売るのが仕事である。イギリスやスカンジナビア諸国を含めヨーロッパ各国を飛び回った。外国人顧客に対して品質管理の技術指導を行う

¹¹コダックが同一商品を市場に導入するのは 1987 年後半と 1987 年 2 月 20 日にアナウンスしている (Democrat&Chronicle1987 Feb.20)。このため富士写真フィルムが販売開始をした 1986 年 7 月 1 日より遅い。

ことで信頼を徐々に勝ち取り、実績を積んでいった。帰国時には全てのカラー製品の技術関連の仕事に責任を持つ立場になっていた。ドイツに7年10ヶ月勤務することになる。

(2) レンズ付きフィルムの開発経緯

海外勤務後、足柄工場の品質関係の仕事に課長として戻った。それから5年後の1984年、本社営業技術部に商品企画のプランナーとして異動する。1984年は富士写真フィルムの創立50周年にあたり、この年を第2の創業と位置づけて「新しい市場を創造していこう。新製品をタイムリーに市場に提案していこう」ということを全社的な行動指針として掲げていた(持田, 1993)。

この部署の商品プランナーは10人弱いた。そこで持田はカラー関係全般を担当する。プランナーは5年後ぐらい先をみて、どのような商品をつくるのか、中期商品化計画を策定する。さらに、試作品をつくったり、ものづくりもする。プランナーは多くの権限があり、自ら商品アイデアを考案し、また、関連部署の協力を得ることができる。持田は、持ち前の馬力でいろいろなテーマを考え、片っ端から研究所や現業と協力しながら実験していった。新しいカラーフィルムや印画紙の企画、布の上に本物の写真を作る商品、一世代前のポストカード、傷の付かないカラープリント、など多くのものを試みて、失敗したテーマもあった。また、持田は子供たちがTVゲームに熱中するのをみて、写真も子供たちが簡単に楽しめるようになる方法はないか、と考えていた。

1985年5月に、販売を担当している部長が、110フィルム(ISO100)が売れないので、110フィルムを使った「使い捨てカメラ」をつくらないか、といてきた。持田は、最初は、カメラはメカ関係部門のプランナーの仕事だといって、断った。しかし、考え直して、「もしフィルムにメカをつけるという商品で良ければ、やりたい」と提案した。これが受け入れられた。

どうしてこのような提案が即座にできたかという、そこには伏線があった。持田は、この話があるまえに、フィルムにレンズをつけて、撮影できないか実験をしていた。フィルムはISO1600である。ISO1600は感度が高く、フラッシュなしでも暗いところで写真が撮れる。フラッシュが無ければコストがかからないので安いものがつくれる、と思っていたが、撮影結果は写真にならないほど画像がひどくて中止した、という経験を持っている。この試みが失敗に終わった時期に、販売部長から、110フィルムを使った「使い捨てカメラ」の開発の話がきたのだ。持田は「1600で失敗したときに、ちょうど販売部長のNさんがきたからよかったんです。僕がまだ1600の実験をやっている最中だったら、多分受けつけなかったと思う」と述べている。タイミングもよかったようだ。

そのころ足柄研究所で、たまたま、米国で発表したという110フィルムの性状の分析結果があった。International Symposium on Photofinishing Technology (April 1984)で同社の研究員が提出したものである。報告の概要は「当社の110サイズのフィルムからのプリント画質は80%以上の人々がプリントの基礎要因である粒状性、シャープネス性に関し容認

している」というものであった(持田, 大村, 武井, 1987)。

フィルムは感度と粒状性とシャープネスの三つのからみがある。例えば、感度が高くなれば、粒状性が悪くなる。シャープネスと粒状性の関係のデータをみせてもらった。それでいけると思った。結局このデータはレンズ付きフィルムのブレイクスルーを支える大きな情報となったのである。

さて、その後は商品開発のためのメンバーを集めることになる。販売、デザイン、メカ、品質評価、生産分野から、課長クラスの優秀な 7 人を集めることが出来た。持田は営業技術部にきてから、カラー製品の専門家として、商品開発の会議やプロジェクトに多く参加していたため、関連部門との人材と交流があり、だれが実力があそうかも把握していた。このため優秀なメンバーを集めることができたのだ。

打ち合わせは、最初は週に一度程度あったが、平均して月に 2 度程度になった。そのなかで、持田は過去富士写真フィルムが 2, 3 度使い捨てカメラに挑戦して失敗したことを知った。持田は、最初に過去の失敗を聞いていたら、この商品開発に取り組んでいたかわからない、と述懐する。

プロジェクトの初期の頃に、みんなでコンセプトを作成した。それは『いつでも、どこでも、誰でも、簡単に』であった。

レンズ付きフィルムの商品開発にあたって、特別な技術開発は行っていない。既存技術の組み合わせや改良である。しかし、だからといって問題が無いわけではなかった。直面した課題は、品質とスペックの確保である。

品質の確保について、フィルムとカメラの違いから説明する。当時は、カメラの故障は、パーセントのレベルで、フィルムの故障は PPM のレベルで発生する。フィルムは源流管理方式で生産するから、使用する原材料がすべてよくなければならない。フィルムはひとつの項目がだめだったら、廃棄するハメとなる。カメラは作った後も調整がきく。例えば、シャッタースピードを直すことが出来る。カメラとフィルムでは品質に対する取り組みで大きなギャップがある。だから、レンズ付きフィルムというのは、フィルムの品質管理レベルを保つことが必要となる。そこで、この商品を開発するときに、厳しい品質管理の基準をクリアできるように設計を行った。

フィルムに関連する材料の品質保証のための試験は 1 年ぐらいかかるのが普通である。新しい紙を使おうと思えば、その紙から出てくるガスがフィルムにどの程度影響するのか、長期間の検査しなければならない。そのため、「写ルンです」ではすでに品質保証された材料だけを使った。これによって 1 年という短期間で販売にまで結び付けられたのだ。例えば、写ルンですを包んでいる袋はガゼット袋というが、これも既存のフィルムに使っているものを使った。このようにすれば品質保証のための試験はしなくてもすむのだ。

落としても壊れないことにも十分検討した。カメラは落としたら壊れる。それでも許されるが、フィルムは違う。フィルムは投げたり落とされたりすることがよくある。そのショックに耐えなければならない。そのような試験をしてショックに強いものをつくった。

またシャッタースピードやフィルムの ISO レベルについても、そのスペックを決めるために大いに実験や検討をおこなった。例えば、シャッタースピードが 60 分の 1 という遅いスピードが提案された。これは遅いほうが暗いところでも写りやすくなるからだ。しかし、子供やおじいちゃんを使うことを考えると手ぶれがすることが考えられた。持田は、自分の息子に写真をとらせ、手ぶれの出た写真をメンバーにみせることで、シャッタースピードが 100 分の 1 になったという経緯がある。

写ルンですを構成する技術で、タイムリーだったのは、新しい ISO100 のフィルムの開発とプラスチックレンズの技術である。この技術は写ルンです用に開発したものではないが、写ルンですの商品開発を着手したころは、市場に出て間も無かった。

このような検討を経て、最終的に決まった主な技術項目は次の通りである（持田、大村、武井，1987）。

撮影レンズ

F11 $f=25.6\text{mm}$ メニスカス（凹凸）プラスチックレンズ 1m から まで十分被写体深度が得られる。プラスチックの成型技術の進歩により多数個取りの金型で安定かつ超ローコストレンズの供給が可能となった。

ファインダー

ローコスト化のためにファインダーレンズを省略したが、等倍であることでファインダーを見やすくしている。

シャッター

手ブレ防止をするため、1/100 秒固定で単純な蹴飛ばしシャッターに徹した。

巻上げメカ

110 フィルムは 1 画面 1 パーフォのシステムであり、巻上げメカはフィルム給送中のパーフォ検知と連動するシャッターセット、巻上げ停止の機能を最小の部品点数によって作られた。

ボディ構造

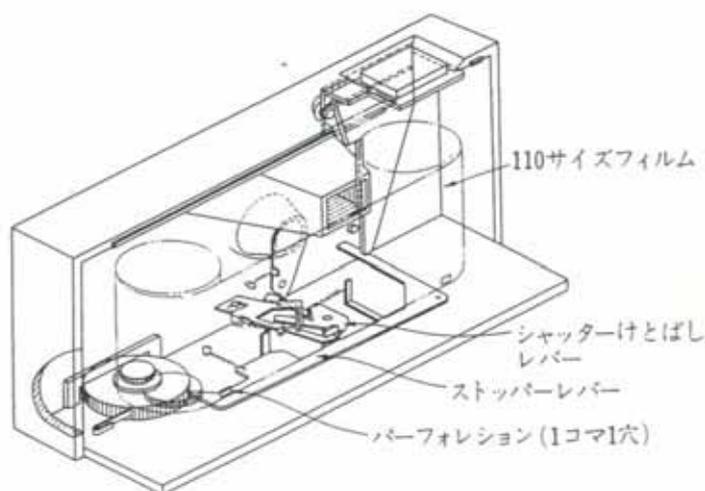
フィルム小箱状。フィルムのカートリッジに使用されている材質が使用されている。この材質は通常のカメラ部品と違って軟質、低融点プラスチック材料であるので振動、衝撃に耐えることや温度サイクルテスト等各種の信頼性テストをパスするために試行錯誤をおこない技術を確立した。

最終的にはレンズ付きフィルムを 1 年で開発することになる。初期投資はプラスチック成型のための金型への投資が主なもので数百万円であった。あとは、すべて手作りだった。一本 1,380 円であった。まだ、どの程度売れるのかわからなかったから、生産設備にお金をかけなかったのだ。持田によれば、売れると思った人のほうが少なかった、という状況であった。「こんな富士フィルムの名を汚すような商品をつくって、事故でも起したらどうするんだ」といった声もあった。これが、前例のない、初めての商品を開発するときに出

てくる反対する声なのであろう。

このようなプロセスを経て、1986年7月1日に「写ルンです」は発売され、爆発的なヒット商品となる。経営トップは即座に、1年後にさらに改善された写ルンです2代目を出すことを指示する。本格的な量産ラインの建設を行うことになる。

図 3-1-7 (1) 「写ルンです」フィルム給送メカニズム



資料：持田光義、大村紘、武井尚司(1987)「フジカラー“写ルンです”，”写ルンですHi”」
『Scientific Publication of the Fuji Photo Film Co.,Ltd.』15(33),15-19.

2. 分析

(1) 商品開発プロセスと創造性構成要素

創造性の三つの構成要素（専門能力、モチベーション、創造的思考能力）が、レンズ付きフィルムの開発にどのように貢献したのかを分析する。具体的には、前述の「(2) レンズ付きフィルムの開発経緯」の中で重要な出来事を時系列に抽出し、その出来事と三つの構成要素との関連を分析する（表 3-1-7 (1)）。

1) 専門能力

レンズ付きフィルムを開発するときに、担当者が保有していた専門能力は、写真工学、品質評価、商品企画、そして折衝能力である。レンズ付きフィルムは、ケース内で述べられたように、フィルムの品質レベルを保つものを開発した。このときのアプローチは、長年のカラー印画紙の品質評価の仕事をしてきた担当者の知識と経験・ノウハウがベースと

なっている。これらの専門能力がフルに生かされた商品開発であった。

レンズ付きフィルムを開発するには、販売、メカ、品質評価、生産の計7人で行った。折衝能力はこれらの人材の確保や、まとめるときに発揮されている。レンズ付きフィルムは社内の協力を得てできた商品開発である。社内の専門能力を十分活用している。

(主な専門能力)

- ・ 写真工学
- ・ カラーフィルム品質評価
- ・ 商品企画
- ・ 折衝能力

(専門能力に関する組織の支援)

- ・ フィルム知識・ノウハウ
- ・ フィルム製造技術
- ・ カメラ設計・生産技術
- ・ 関連会社の技術
- ・ 営業・販売
- ・ ブランド力

2) モチベーション

商品開発担当として、カラーフィルムを売るための商品開発を常に考えていた。また、TVゲームに夢中になる子供たちをみて、写真も簡単に楽しめるようにしたいと思っていた。自由な環境の中、自発的に積極的に商品開発に取り組んだ。高いモチベーションが原動力であった。

3) 創造的思考能力

販売担当の部長より110フィルムを使って、「使い捨てカメラ」をつくらないか、という話があったとき、開発担当者はカラーフィルム販売のための商品企画担当者だった。カラー製品を売るための商品開発担当者の目で110フィルムを見た。それが、「使い捨てカメラ」から「フィルムにメカをつける」という発想になった。

アマビルによれば、創造的思考能力は「既存の複数のアイデアを結びつけて新しいアイデアを生む能力」のことであり、今回ある意味ではそれが行われており、創造的思考能力というものが発揮されている。ただし、その方法について今回のものはアマビルがあげている認識方法や発見的方法といったもの(表2-1、p.6)ではないと考えられる。カラーフィルム商品企画という立場からのアプローチが新しいアイデアを生んだのである。

表 3-1-7 (1) レンズ付きフィルムの開発経緯と創造性の三つの構成要素の関連

専門能力			モチベーション		創造的思考力			その他		開発経緯	
担当者	組織	その他	担当者	組織	担当者	組織	その他	担当者	組織		
写真工学科 品質評価 折衝能力			業務命令						50周年記念 新規事業を 起す機会	→ <event 1> 営業技術部に移動 し、カラーフィルムの 商品開発担当となっ た。 (1984年)	
写真工学科 品質評価 商品企画 折衝能力			自発的 積極的	110フィル ムを売りたい(販売部 長からの 以来)						→ <event 2> 110フィルム商品開 発 (1985年)	
写真工学科 品質評価 商品企画 折衝能力			自発的 積極的		カラーフィ ルムを売る 視点 ISO1600 フィルムの 実験に失 敗		使い捨て カメラの 示唆 (販売部 長)		子供も写真 を楽しめる ようにした い	→ <event 3> フィルムにメカをつ けるというアイデア が浮かぶ (1985年・event2と同 時)	
写真工学科 品質評価 商品企画 折衝能力	110フィルムの 実験データ 関係者の協力 (販売、メカ、 品質評価、生 産)計7人		自発的 積極的						既存技術の 活用 110フィル ムの画像デ ータ分析結 果により、技 術的可能性 を確信	→ <event 4> 商品開発をスタート (1985年5月)	
写真工学科 品質評価 商品企画 折衝能力	関係者の協力 (販売、メカ、 品質評価、生 産)計7人 工場	関連会社 の協力	自発的 積極的							販売を決定	→ <event 5> 商品発売 『写ルンです』 (1986年7月1日)

以上の分析結果は、レンズ付きフィルムの開発では創造性の三つの構成要素が重要な役割を果たしており、不可欠であったことを示している。この他に商品開発に重要な役割を果たしたものを次にまとめた。

4) その他

開発担当者は従来の使い捨てカメラを「レンズ付きフィルム」としてフィルムの延長線上におき、組織のフィルム技術やブランド力をフルに活用し、強みを最大限利用した。技術の可能性については、110フィルムの性能に関する実験データを見たとき、これは技術

的に可能だと直感した。対象市場としては、子供やお年寄りにも楽しめる写真を考えながら商品を開発した。

このように、開発担当者自身が自社の強みにベースを置き、技術の可能性、そして市場を考慮しながら、商品開発の方向を決めていった。これは、三つの創造性の構成要素『専門能力』『モチベーション』『創造的思考能力』では説明できないものである。

(2) 組織環境

- ・ 1984 年は富士写真フイルム創立 50 周年の年にあたり、この年を第 2 の創業と位置づけて「新しい市場を創造していこう。新製品をタイムリーに市場に提示していこう」ということを全社的な行動指針としてあげていた（持田，1993）。
- ・ 関係部署の人材にたのめば、簡単に人をだしてくれる柔軟な組織であった。各部品ごとの実験や試作品の作成にかかる費用は、各部門の研究開発費でまかなったため(途中経過は報告することなく)、商品開発の最終段階まで、特にトップの決断を仰ぐ必要がなかった。
- ・ テーマ設定は全く自由だった。工場にも研究所にも自由に入れた。さらに、自分で考えたアイデアを研究者に実験してもらうことも出来た。実験結果のデータを見せてくれたり、失敗の原因を説明してくれた。
- ・ レンズ付きフイルムの開発は営業本部の常務が強く支援してくれていた。最後の段階で必要だった予算もこの方のバックアップで通った。
- ・ 商品化計画の策定やアイデアテーマの提案は、1年に一度、社長に報告することになっていた。

3. 開発担当者の意見

独創的な商品開発を担える研究者・技術者の能力
何事にも関心を持つこと。

独創的な商品開発を担える研究者・技術者の育成方法
多くの場面を作り、それに遭遇させる事により自分に何がむいているかを感じさせる。

独創的な商品開発を担う研究者・技術者の組織環境・マネジメント
好きなことをやらせるだけの経営・組織の度量の広さ、奥深さ。
プラスストロークを醸し出すことができるマネージャーの発掘。

3.1.8 エンターテインメントロボット「AIBO」

1. 商品開発の背景と経緯

AIBO は世界で初めての自律型エンターテインメントロボットである。人工知能のノーベル賞といわれる「The Computers and Thought Award(1991)」を受賞した北野宏明氏によれば、「AIBO というのは AppleII に対応する商品なんです。自律型ロボットがはじめてパッケージ化されてひとつの商品になった。AppleII の登場でパソコンが産業化されたように、AIBO でようやく自律ロボットのインダストリが立ち上がろうとしている」と述べている。さらに「AIBO にはロボティクスや人工知能の最先端がつまっている。それも、どこかの研究者が発表した最先端の成果を AIBO に入れたということではなくて、AIBO に入っている技術を学会で発表すればそれが最先端になる。そういう意味での最先端技術がぎっしりつまっている製品だ。歴史的に見てもこのような製品はなかったと思う」としている（「AIBO 誕生！」編集委員会，2000）。現在、米国スミソニアン博物館やニューヨーク近代美術館に展示されている。

AIBO にはこれまでなかった「自律」と「成長」という二つの大きな特徴がある。リモコンで動くのではなく、よくあるロボットのオモチャのように、同じ動作のパターンを繰り返すタイプでもない。自分が今おかれている状況を自分で判断し、自律的に行動する。

例えば、AIBO に赤いボールを見せると、自分でトコトコ歩いて近づいていき、前足でボールを上手に蹴る。この行動には次のメカニズムが働いている。

AIBO の頭部には、CCD カメラが搭載され、これで周囲を見て状況を判断する。そして、コンピュータで「自律的に」、全身の 18 個のモータを動かす指令を下して、歩行し、ボールまで近づいていく。

図 3-1-8 (1) AIBO の自律行動のしくみ



資料:ソニー.

AIBO には幾つかのセンサーが備わっている。頭をなであげると、センサーが感知し、「ほめられた」と判断して「よろこび」のポーズをとる。逆に頭を叩かれたりすると、「叱られた、悪いことをした」と判断して、怒ったり「悲しそうな」しぐさをとる。こういった「飼い主」のふるまいに接し、動き方や反応などに「個性」が表れていく。つまり、人とコミュニケーションしながら学習し、一体一体が個性を持った性格に育ち、違う行動パターンをとるようになっていく。

それでは、AIBO はどのような人によって考え出され、どのように開発されたのであろうか。見てみることにしよう。

(1) 背景(生い立ちから開発を始めるまで)

土井利忠(どい としただ)は 1942 年に生まれた。土井は自分自身について、「学生時代はあまり勉強しない学生でね。東工大で航空研究部を創部したり、ジャズバンドをやった軽音楽部を創部したり、おかげで成績はビリから 2 番目。勉強せずに遊びほうけている学生の典型でした」と語っている(「AIBO 誕生!」編集委員会, 2000)。1964 年 3 月に東京工業大学理工学部電子工学科を卒業した。

1964 年 4 月にソニーへ入社する。入社して最初の 2 年は VHF 用のフェライトアンテナをやった。フェライトアンテナが発明されてトランジスタラジオが可能となった。井深のアイデアで、同じことを VHF でできないかということで、試したのだがだめであった。それから、上司の勧めで、東北大学へ留学した。当時ソニーはテレビに注力していた。しかし、後発であったために、各社がやっている据置型を避けてポータブルカラーテレビを必死に開発していたときであった。そこで小さくて指向性の高いアンテナをつくりたい。それを東北大学で勉強してくれ、ということだった。東北大は八木アンテナを開発した八木先生からはじまりアンテナの研究はトップレベルであった。

東北大学でついた先生が佐藤先生という方で、通信の先生だった。そこで、土井は通信のゼミにもでることになり、この通信の勉強があとになってずいぶん役に立つ。デジタルオーディオの信号処理は全部通信から発展している。土井は後日 CD (Compact Disc) の開発に関わるが、CD は通信で発達した信号処理の技術とビデオディスクの光記憶技術をあわせたものであった(土井, 2000)。この留学中に新型のアンテナをつくり、それで博士号を取得している。それまでのアンテナの指向性というのは波長のオーダーの大きさがないと指向性につかないのが常識だったが、小さくても任意の指向性をつけられる。応用したアンテナが円形の小さなアンテナとなって一時はベストセラーになり 15 年間販売された。

ソニーにかえてから、集積回路、デジタルオーディオを手がける。ここで、CD の開発にも関わる。その後、1983 年からコンピューターの開発にたずさわって、1987 年にはエンジニアリング・ワークステーション「NEWS」などを発売した。NEWS は大ヒット商品となった。1988 年に土井は取締役となる。その後、NEWS の市場シェアもさがる。NEWS は他社からの寄せ集め技術であった。CD の場合は社内に誤り訂正技術や変調技術など、社

内に技術の蓄積があり、それを次に展開することで好調を保ったという経験ある。そこで、1988年に土井はNEWSの次のタネを探すためにソニーコンピュータサイエンス研究所を設立した(蓮田, 2000b)。

コンピュータサイエンスの所長となり、コンピュータの将来を考えた。土井はメインフレームからゲーム機にいたる流れを、コンピュータが人間の本質に近づいた結果と考えた。ということは次世代のコンピュータは、人間の本質的な欲求にさらに近いものになるはず。そして「次世代のコンピューターは、癒しのコンピューターではないか」と考えるようになる。当時、師匠である井深大氏は、気や超能力など、人間の精神的な世界に関心を深めていた。そのことも影響して、土井は癒しの重要性を深く感じるようになった。そして癒しのコンピュータとは何かを問い続ける(蓮田, 2000b)。そのときに、米国から興味ある話が入ってくる。

(2) AIBOの開発経緯

ソニーコンピュータサイエンス研究所では、当初、ネットワークOSとヒューマンインターフェイスに研究テーマを絞っていた。土井はそのこの研究員から、MITにロドニー・ブルックス(Rodney A. Brooks)というおもしろい教授がいる、という話を聞かされた。それが、土井がロボットに興味を持つきっかけであった。あるロボットが癒しを具現化したものかもしれないと考えはじめる(蓮田, 2000b)。

ロドニー・ブルックスは“サブサンプション・アーキテクチャ(Subsumption Architecture)”を提唱し人工知能(AI)研究者の注目を集めた。それ以前のAIや自律ロボットは、まず環境を設定して、その環境の中で自分の行動はこうあるべきだということをつまみ潰しのプログラミングで書いていた。CPUパワーを食うし、当時のCPUでは実現できなかった。それに対して、ブルックスのサブサンプション・アーキテクチャでは、センサの入力とアクションを1対1に結び付けている。オブジェクト指向の考え方と非常に似ているが、センサの入力と行動を結びつけたコンビネーションをたくさんつくった。昆虫の反射神経のシミュレーションみたいで、行動が矛盾するときだけ調整する機能をつける。

ブルックスはこの原理でゲンキス(Genghis)という6足ロボットをつくってみせた。ぶつかりそうになると避けて、あたかも生物のように見える。それまでの自律ロボットというのは想定されない環境では全然ダメだったのが、サブサンプション・アーキテクチャーならばどんな環境にいれても動く。これが新しい方向だということで、みんなが殺到した。

しかし、このロボットは有意義な仕事をやらせようとするところからつきダメであった。それで、注目されなくなってしまった。このとき、土井は次のように考えた。「ペットのようにしたら面白いと思った」(土井, 2000)。

1993年4月に土井は情報通信研究所の所長になる。土井は、この研究所を以前から事業化に結びつかないテーマばかり選んでいると痛烈に批判していた。当時の情報通信研究所

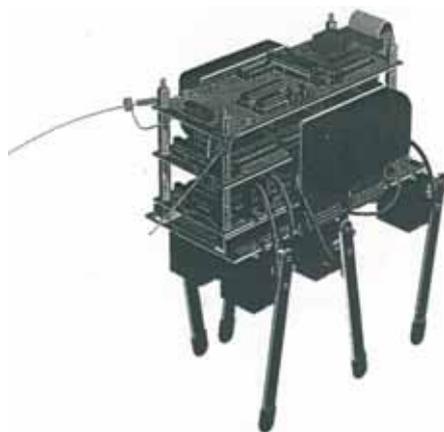
には約 150 人の研究者がいた。土井は、就任の挨拶で「研究所から事業本部を作り出す気持ちで働いてください」(蓮田, 2000b) と述べている。事業化のための研究がテーマであった。

土井は 30 以上あった研究プロジェクトを 4 つに整理統合した。ひとつは、非接触型カードの研究。もうひとつは、インフォメーション・オン・デマンドでネットワーク上でどんな風に情報を流通させるかという研究。後のふたつが、音声認識とエンターテインメントロボットであった。

土井は、MIT のブルックス教授の六本足のロボットの映像を研究員に VTR で見せた。そして、研究員に一匹つくることを依頼した。そして 2 週間後に、マイコンを三つ使った六足のロボット(図 3-1-8(2))ができあがってきた(蓮田, 2000b)。これには土井も驚いている。

土井は、景山浩二と藤田雅博を呼び、夕食会で意見を聞いている。二人の意見は「時間があれば別ですが、2 年~3 年で、役に立つロボットを作るのは難しいと思います。もし、ロボットをやるならエンターテインメント向けではないでしょうか」(蓮田, 2000b)。エンターテインメントロボットが四つ目のテーマとなった。

図 3-1-8 (2) 最初に作られた六本足ロボット



資料:ソニー.

景山は最初に土井からエンターテインメントロボットの話を聞いたときは「しめた」と思った。藤田は「エンターテインメントロボットをつくることに抵抗はなかった。もともと、そういったアイデアは持っていたんです」と述べている(「AIBO 誕生!」編集委員会, 2000)。多くの技術者がロボットの開発に興味を持っていた。景山は画像処理・画像認識が専門であり、藤田はニューラルネットワークや AI であった。これらの技術はロボットに非常に応用が利くので、二人ともロボットが好きであった。そのため、二人は 1990 年から 91 年ころに、ロボットの研究をすることを検討したことがあった。そのときは具体的など

ころまでいかなかった。だから、所長からロボットの話がきたときはうれしかったのである。

1994年4月にペット・ロボットプロジェクトがスタートした。部員は景山と藤田をはじめとした数人であった。景山が開発リーダーであった。ロボット開発に必要な人材で不足していたところは、社内公募で集めた。景山によると、「ソニーではファウンダーである盛田昭夫さんが、社内で人材を流動化しようということをおっしゃっておりまして、60年代からやっていると思いますが、社内で人材公募をやるんです。こんなテーマをやりませんかと社内報に出して、そこへ上司に知られないようにエントリーをするんです。上司に知られるとやっぱりやばいでしょう、日常業務がありますから。職場を変わりたいと言うと、「それじゃ、今の仕事どうするんだ」、こうなりますから、人は動かないわけです。だから、公募が出るとひそかに応募するわけですね。それで面接を受けて落ちれば何もなかったことになるんですよ」ということで、社内公募で不足していたメカトロニクス系の人材を集めた。

社内では反対意見も噴出していた。「役に立たないロボット？そんなもの開発してどうなる。研究テーマを見直せ」（蓮田，2000c）。過去多くの革新的な製品を出してきたソニーでさえもこのような状況であった。

土井は次のように述べている。「ソニーはこれまで、テープ・レコーダーやトランジスタ・ラジオ、家庭用VTRなど革新的な製品を世に送り出してきた。私自身が開発に携わったCDもその一つだ。しかし、いずれも手本となる技術や市場があった。家庭用のVTRは手本として業務用VTRが、CDには市場の手本としてLPレコードが存在した。それに対して、AIBOには全く手本がなかった。技術的な手本も、類似した商品も無かった（土井，2001）。

このような中、社内の組織変更で四つの研究所が統合されて中央研究所となり、土井がその副所長になった。そのため、ロボットプロジェクトを直接見れなくなり、プロジェクトは厳しい状況になった。しかし、1996年4月にD-21ラボラトリが創設され、土井がロボットプロジェクトの直接管轄できるようになり、「冬の時代」を越す。1996年の秋に、ようやく歩行できる4足ロボットの開発に成功する。ボールを見ると追いかける、手を差し出すと「お手」をする、といったことができた。これを1996年10月の社内技術交流会に出席し、大反響となる（蓮田，2000c）。

ただ、この試作ロボットにはひとつ問題があった。それはアーキテクチャがなかったことだ。ソフトもハードも自前のもので、まるで構造化されていなかった。1台ならいいが、先の展開がみえない。土井は将来のエンターテインメントロボットのインダストリーを立ち上げる気持ちでやっていたので、きちんとしたアーキテクチャが必要だった。このため、OPEN-Rというアーキテクチャを開発した。ソフトウェアをすべてオブジェクト化する。ハードウェアも様々な形態が可能になるようモジュール化する。OPEN-Rというのは“OPEN architecture for Robot entertainment”の略で、エンターテインメントロボット向けのオープンアーキテクチャという意味である（「AIBO 誕生！」編集委員会，2000）。

1997年の2月にカリフォルニアで初めて試作ロボットを公開した。Autonomous Agent

という国際会議で試作ロボットのデモをやった。ここでも大反響であった。OPEN-R の論文も同学会で発表した。論文は藤田と景山が1週間ほどで書き上げている。1997年というのは、コンピュータ関連の技術にとっては大きな転換点だった。チェスの試合でIBMのコンピュータが人間のチャンピオンに勝利した。また、火星探査のときにマーズローバーというロボットが地球以外の惑星で始めて自律的に動いた。ホンダのヒューマノイドロボットも前年末に公開された(「AIBO 誕生!」編集委員会, 2000)。

土井は学会の雰囲気から事業化の成功を確信する。このころ既に商品化のための人物を考えている。有能なマネージャーが必要となった。このとき、スカウトされたのが元ソニーの社員であり、ナムコで活躍していた大槻正であった。大槻は、デジタル・オーディオの開発で土井と一緒にあった。そして、光磁気ディスク(MO)の開発と商品化に取り組んで成功していた(蓮田, 2000c)。大槻は1997年の1月に土井に呼び出され、ロボットの試作品を見せられる。土井に「これをビジネスにしたいんだけど、どう思う」と聞かれたので、大槻は即座に「これはいけます」と答えた。大槻は、その試作品をみているうちに商品化のプロセスがパッと浮かんだという。そして、当事部下100人いたナムコでの仕事の引継ぎを追えた後、1997年10月にソニーに再入社、すぐにビジネスプランの作成にとりかかる。製品コンセプト、開発の段取り、組織体制、原価・損益、等を計画立案した(「AIBO 誕生!」編集委員会, 2000)。

1998年1月に社内トップにAIBOのビジネスプランについてプレゼンテーションが行われた。会議では「ほんとうに商品として成立するのか?」という意見もあった。最終的には「やっていいよ」という結論になった。ER(エンタテインメントロボット)事業準備室をつくって商品化を進めなさい」ということになった(「AIBO 誕生!」編集委員会, 2000)。

本格的な商品化のプロセスに入った。AIBOという名前も決まり、1999年5月に製品発表を行った。この時期に発表したのがERS-110という第1世代のAIBOである。これが売れるか売れないか全くわからない状態だったので、日本とアメリカで5,000体だけの限定販売にした。価格は25万円で「こんなもの売れるわけがない」とずいぶん言われた。販売方法はインターネットのみで販売した。日本の3,000体は発売後20分弱で売り切れた(大槻, 2002)。

2. 分析

(1) 商品開発経緯と創造性構成要素

創造性の三つの構成要素(専門能力、モチベーション、創造的思考能力)が、AIBOの開発にどのように貢献したのかを分析する。具体的には、前述の「(2) AIBOの開発経緯」の中で、重要な出来事を時系列に抽出し、その出来事と三つの構成要素との関連を分析する(表3-1-8(1))。

1) 専門能力

今回の開発は、コンピュータの将来を予測するところから始まる。開発担当者はこの時点までに、基礎学問として電子工学、通信工学、を修めており、また、小型円形アンテナ、CD、ワークステーション NEWS を含めた商品開発の多くの経験をしている。これらから得た知識やノウハウが、コンピュータの将来像に大きく影響していると考えられる。

画像認識・処理や人工知能・ニューラルネットワークなどロボットに使える要素技術に優秀な研究者・技術者がいたことも商品開発成功の要因だ。また、メカトロニクスの技術者を社内公募制度で採用できたことも大きい。

(開発担当者の主な専門能力)

- ・ 電子工学
- ・ 通信工学
- ・ 小型円形アンテナの開発で博士号
- ・ ワークステーション NEWS の開発
- ・ デジタルオーディオテープレコーダーの開発
- ・ CD の開発

(専門能力に関する組織の支援)

- ・ 画像認識・画像処理技術
- ・ 人工知能・ニューラルネットワーク
- ・ 社内公募制度
- ・ 装置製造技術

2) モチベーション

AIBO 開発の時期は土井が情報通信研究所の所長になるころから始まった。この研究所を以前から事業化に結びつかないテーマばかり選んでいると痛烈に批判していた。事業に結びつく研究所にしようとしていた。新しい産業を興したいと高い志を持っていた。モチベーションは高く、アイデアの発想や、開発の推進の原動力となっている。また、初期のアイデアまで土井が行うが、その後は研究所の研究員に任せることになる。この時、研究所にプロジェクトを発足させるのだが、プロジェクト発足のプロセスを見ると、いわゆる命令ではない。ゲンキスの映像を見せ、研究員の反応をみる。そして、小さなゴキブリロボットを作ってもらおうプロセスで、研究員の関心の度合をみている。AIBO のメンバーになった研究員はロボットに非常に興味を持っていた。この意味では、アマビルの言う内発的モチベーションを重視したマネジメントと言える。ソニーの社内公募制度も社員の興味や関心を重視している現われた。AIBO 開発の人材登用のプロセスではアマビルの言う内発的モチベーションの要素が重要な役割を果たしていると考えられる。

表 3-1-8(1) AIBO の開発経緯と創造性の三つの構成要素の関連

専門能力			モチベーション		創造的思考能力			その他		開発経緯
担当者	組織	その他	担当者	組織	担当者	組織	その他	担当者	組織	
電子工学 通信工学 ワークステーションNEWS の開発 CDの開発			自発的 積極的					ソニーコ ンピュー タサイエ ンス研 究所の 所長と なる	ソニーコ ンピュー タサイエ ンス研 究所を 設立し た	→ <event 1> コンピュータの将来 像を考える始める (1988年)
電子工学 通信工学 ワークステーションNEWS の開発 CDの開発			自発的 積極的				井深大 の影響			→ <event 2> 癒しのコンピュータ を考え始める (1990年前後)
電子工学 通信工学 ワークステーションNEWS の開発 CDの開発			自発的 積極的				ロボット・ゲ ンキスト の出会い			→ <event 3> エンターテインメント ロボットのアイデア が出る (1990年前後)
電子工学 通信工学 小型円形アン テナの開発 ワークステーションNEWS の開発 CDの開発	優秀な研 究スタッフ (画像認 識、AI等) 社内公募 制度 装置製造 技術		自発的 積極的	事業につ ながる研 究を行う				情報通信 研究所の 所長にな る	事業化を 目指す。2~3 年で商品化 できるロボ ットは役に 立たないロ ボットしか ない	→ <event 4> エンターテインメント ロボットのプロジェクト がスタート (1994年)
電子工学 通信工学 ワークステーションNEWS の開発 CDの開発	優秀な研 究スタッフ (画像認 識、AI等) 社内公募 制度 装置製造 技術		自発的 積極的							→ <event 5> 試作ロボット完成 (1996年夏)
電子工学 通信工学 ワークステーションNEWS の開発 CDの開発	優秀な研 究スタッフ (画像認 識、AI等) 社内公募 制度 装置製造 技術	外部から 商品化の 専門家 調達	自発的 積極的						1997年、 Autonomous Agent とい う国際会 議で試作 ロボット を展示し 注目を浴 びる	→ <event 6> 経営会議で商品化 に許可が出る (1998年1月)
電子工学 通信工学 ワークステーションNEWS の開発 CDの開発	優秀な研 究スタッフ (画像認 識、AI等) 社内公募 制度 装置製造 技術		自発的 積極的							→ <event 7> AIBO発売 (1999年6月)

3) 創造的思考能力

どのようにしてアイデアが生まれたのだろうか。

MIT のロドニー・ブルックス教授の“サブサンクション・アーキテクチャ”という原理によるゲンキスという6足ロボットを見て、エンターテインメントロボットの基本的なアイデアが生まれた。

アマビルによれば、創造的思考能力は「既存の複数のアイデアを結びつけて新しいアイデアを生む能力」のことであり、今回ある意味ではそれが行われており、創造的思考能力というものが発揮されている。ただし、その方法についてはアマビルがあげている認識方法や発見的方法といったもの(表 2-1、p.6)ではない。いわゆる大学での先端研究情報によるものだ。

以上の分析結果は、AIBOの開発では創造性の三つの構成要素が重要な役割を果たしており、不可欠であったことを示している。この他に商品開発に重要な役割を果たしたものを次にまとめた。

4) その他

開発担当者は次世代のコンピュータは癒しのコンピュータだと考えた。その一つのかたちとしてエンターテインメントロボットがあった。事業化を数年以内にするのが重要であった。技術的な可能性から見ると、数年以内に商品となるロボットは役に立つロボットではなく、役に立たないロボット、すなわちエンターテインメントロボットであった。

長期的な見通しをたて、技術的な可能性を計算して、どのような商品開発を行うか決めている。戦略的ともいえるべき視点が働き、エンターテインメントロボットに開発を絞っている。

(2) 組織環境

土井は情報通信研究所のトップであったため、基本的に自由であった。エンターテインメントロボットの開発環境は研究所長の自分が作ることができた。むしろ、自分のアイデアを実施してくれる研究員がいるかどうかは課題だったと考えられる。土井がロボットの開発を担当する研究者として、景山と藤田に声をかけるのであるが、二人とも、以前から既にロボットの開発を考えていた。だから、土井からの誘いにもすぐに同意した。さらに、ロボットに必要な要素技術については、以前からソニーがやっていた公募方式で人を募ってメカトロニクス関連のエンジニアなどを集めることができた。組織における人材流動性が進んでいるため必要でやる気のある人材を集めることができた。

(3)ベンチャー精神

ソニーエンタテインメントロボットカンパニーの景山部長に AIBO がなぜ、ソニーから出たのかたずねると、「それはコーポレートカルチャーというのか、会社の文化として世界初をねらいたいとか、世の中をびっくりさせるものを絶対自分がやりたいとか、特に研究所とか、エンジニアの人々は何かで世界一のものを必ずやりたいと思っています。(中略)そういう人が多いですね」。また、「もともと設立趣旨が人のやらないことをやってお役に立っていこうということですから、それは社員を採用するときも何かおもしろいことができそうな人、クリエイティブティビーのある人、そういう人々を採用していくということがずっと積み重なって、しかも職場で、現場で、実際に新しいことをやりたいという雰囲気があると、カルチャーとして定着していくんじゃないですかね」と述べている。

創立者の影響が伝播し創造性を重んじる組織環境が維持されているようだ。

ソニーエンタテインメントロボットカンパニーの天貝佐登史プレジデントによると、「直接、接していない我々も井深さんとか盛田さんという創業者の人たちのスピリットというのを自然に体得している。(中略)チャレンジだとか、自由闊達とか、お客様に夢と感動を与えとか、そういうことですよね、スピリットとは。(中略)マニュアルも重視しないし、DNA教育もあまりやってこなかったのに、それが受け継がれていくのは、ものすごくユニークな会社だと思います」と述べている。

このように、50年以上たっても、創業者のベンチャー精神が受け継がれ、そして、独創的な商品開発を後押ししていることは、注目に値する。

3. 事業経営者・開発担当者の意見¹²

独創的な商品開発を担える研究者・技術者に必要な能力
新しいことに積極的に興味を持つ。

独創的な商品開発を担える研究者・技術者の育成とマネジメント
若い時期から、重要なものを任せる。能力を発揮するのに待つ必要はない。タイトル(地位)や年齢、性別に関係なく、いいアイデアを持っていれば取り上げる。自由な環境をつくって、自発的な行動に任せる。

¹² ソニー株式会社 エンタテインメントロボットカンパニー プレジデント 天貝佐登史，
第1開発部 統括部長 景山浩二。インタビューの内容は参考資料2を参照のこと。

3.1.9 健康エコナ

1. 商品開発の背景と経緯

1999年2月、花王の「健康エコナ」は発売された。パイオ年鑑2003によると、「花王は食用油(家庭用)では後発企業であったが、「健康エコナ」は“体に脂肪が付きにくい”という付加価値が消費者の支持を広く集めた。従来の食用油(家庭用)よりも価格が高い「健康油」というカテゴリを作り出し、食用油の業界地図を塗り替えるほどの大ヒット商品となった」とされている。実際、健康エコナの単価は通常の食用油の4~5倍と言われている(安川, 2002)。

健康エコナの発売後、この新しい商品カテゴリの健康油市場に多くの他社が追随して商品を投入してきた。以来、健康油市場は拡大の一途をたどっている。味の素や日清が健康油の商品を出してきているが、2002年では「健康エコナ」150億円、「ヘルシーバランス」(日清)50億円、「健康サララ」(味の素)30億円という状況で、花王の優位は揺るがない。

それでは、新しい商品カテゴリを作り出した花王の「健康エコナ」はどのような人材によって開発されたのであろうか、また、どのようにして開発されたのであろうか、見てみることにしよう。

(1) 背景 (生い立ちから就職まで)

安川拓次(やすかわ たくじ)は1954年8月に長崎に生まれた。小学生のころ算数はあまりできなかったが、中学で数学はできるようになった。中学校時代は科学クラブに入って写真に取り組み、結晶を撮って文化祭に提出したりしていた。音楽部にも所属していた。

高校では、音楽部やサッカー部に所属し、特に理科クラブには入っていなかった。サッカーに熱中した。高校時代には、物理より化学のほうがおもしろいと思うようになった。大学は農学部を選択した。当時、学園紛争が飛び火しており、反体制という雰囲気の中で、学校の先生が工学部を薦めるので、その反発という面があった。また、サッカーと受験勉強の両立を試みた結果、体を壊してしまったことも影響した。

大学は東京農工大学の農学部に進んだ。大学に入ってから農学部を選択したことを後悔した。農工大には工学部もあり、量子力学の授業をとったりした。2年生のとき、栄養化学の授業をとった。栄養学を数式で扱う授業で、非常に面白く興味をもった。先生は舩引先生といった。これを契機に栄養化学に進むことになる。農工大は生物関連の授業は充実していたことも助けとなった。大学ではその後、たんぱく質の代謝実験なども行った。大学卒業後は博士号取得のため、名古屋大学農学部大学院農芸学科栄養化学へ行く。当時の栄養化学は東大と名古屋大学が双璧であった。名古屋大学の栄養化学は古典的で栄養不足時代の学問であった。当時はPCBの問題もあり、主体外異物(ゼノバイオティクス)についての研究をしたかったが、それはさせてもらえなかった。アミノ酸のインバランスについ

て研究した。しかし実用性の点からあまり興味がわかなかった。また、オーバードクターも多くいた。当時は就職難の時代であった。そのような時、修士2年の4月か5月に、花王から工場見学に誘われて行った。1日か2日後に内定の通知があり、タイミングのよさもあって就職を決めた。

(2)健康エコナの開発経緯

1979年に花王に入社した。花王での仕事は、一般家庭用の食品を作ることであった。花王は業務用の油脂等を1928年より作っていたが、家庭用のものはつくっていなかった。家庭用食品の開発は安川が入社する2~3年前から行われていた。安川は新規事業として家庭用食品の事業を育てるための研究グループに配属されたのである。所属先は東京研究所食品研究室であった。東京研究所は6つくらい研究室があり、食品研究室はそのひとつであった。他に油脂研究室もあった。その後、食品研究室は第5か第6研究室に変わったが、やることは家庭用の食品の開発であった。当時研究室には4人くらいの研究員しかいなかった。

入社2年目は調理師学校にもいって研修をした。家庭用食品の開発は文字通り「何をやったらいいのか」から始まった。最初は、カレーとかソースの開発など、いろいろやったが、結局、花王が事業としてやっている油脂の延長線上(注)で、あぶらに関するものやろうということになったのである。油に関しては技術の蓄積があった。油に関する家庭用食品の開発は当時の丸田社長の思い入れでもあった。

(注)1928年より食用油脂の事業を開始した花王には、長年にわたる油脂研究の歴史がある。また、1980年代には酵素反応を用いた油脂の分子設計の研究に注力することで、パーム油を原料としたカカオ代用脂やさまざまな機能性油脂、およびそれらを応用した特長ある商品を生み出してきた。

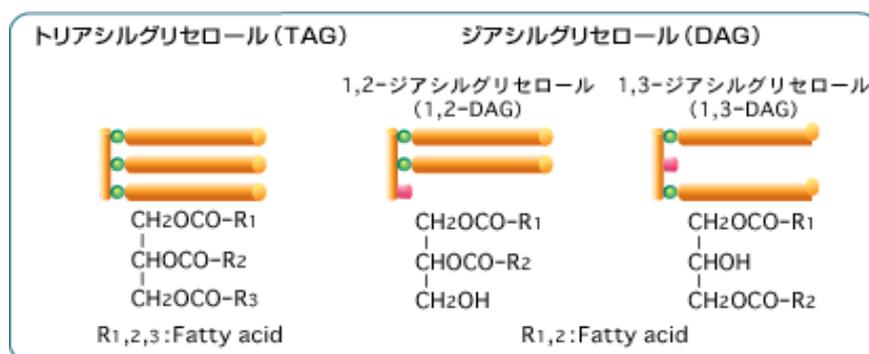
油は機能を持つと値段が高くなる。パーム油は、50円/kgであるが、機能油であるカカオ油は1300円/kgである。油の機能に注目したのである。それで調理における機能というものに注目したのだ。楽に料理、おいしい料理ができる機能を持った油をつくることになったのだ。いろいろやって、最初にできた商品がいため油である。1989年のことであり、家庭用食品の事業部がこのときできたのである。花王の家庭用食品開発元年と安川は言っている。安川が入社して10年たった。

いため油は、フライパンに通常の油よりも薄い層で油をおおうことができるものだ。これは、チャーハンでプロが最初に作る時、卵を使ったあとにご飯をいためるが、これは卵に入っているレシチンを使うと油が効率よく薄くフライパンを覆うことができるためだ。そして、このレシチンは大豆にも入っている。ただし、大豆のレシチンは熱に弱い。これを酵素を使って熱に弱いものだけを分解することで強いレシチンをつくりだした。酵素を使うと一部の機能を選択的に使えるようになるのである。熱の強い成分だけを残した大豆

のレシチンを油に配合すると、いため油をつくることができた。ただし、酵素処理をしたレシチンは一応油に溶けるものの、安定して解けていない。そこで、油の溶解性を安定させるために用いたのがジアシルグリセロール(diacylglycerol)である。

安川が入社した頃、近くの研究室において、酵素を使って油を加工することを行っていた。酵素により脂肪酸を特定の切ることによって安価な油から、高価な油をつくることができる。酵素を使ってパーム油からカカオ油脂ができる。このプロセスで副産物としてジアシルグリセロールが発生した。通常の油の成分トリアシルグリセロール(triacylglycerol)の脂肪酸が3本だが、ジアシルグリセロールは2本になっている(図3-1-9(1))。脂肪酸が一本少ないので、通常よりも水になじみやすいはずと考えた。油の見た目はかわらない。つまりジアシルグリセロールは限りなく油に近く、水になじみやすい。安川らはこのジアシルグリセロールの機能を研究していた。

図 3-1-9 (1) ジアシルグリセロールの構造



資料:花王株式会社『エコナ』2004年9月4日検索, <http://www.kao.co.jp/econa>.

大学時代に栄養化学を専攻していた安川は食べたらどうなるだろうという興味がわいた。「研究を進めるために文献等を調べてみると、興味深い研究論文に出くわした。Dr.Scowという方が、赤ちゃんの間だけ口や喉に舌腺リパーゼが存在するという事実を発表していた。油は、食べるとそのまま吸収されるのではなく、消化酵素によって分解されて、三本の脂肪酸が一本になって吸収される。舌腺リパーゼは油を分解する酵素であり、まだ消化器官が発達していない赤ちゃんの消化を助けるために、油をジアシルグリセロールにして胃に送り込んでいるのではないかと考察していた。この研究論文をみた我々は、ジアシルグリセロールが胃に優しく消化しやすい油であろうと考えた」(安川, 2002)。1986年頃のことである。通常の油は脂肪酸を三本もっているトリアシルグリセロールが主成分であり、これが消化される際、消化の酵素が脂肪酸をはずしていく。脂肪酸が二本であるジアシルグリセロールは、トリアシルグリセロールの消化の途中のものだと考えられるのである。

安川は研究所の同僚の中で胃のもたれやすい人に、ジアシルグリセロールを使用した食

パンを食べさせ実験をした。結果は予想どおりで、胃もたれがしなかった。これを受けて、1987年ころ、このジアシルグリセロールがどのような栄養特性があるのか、栃木の花王の研究所に検査を依頼したのである。この結果、1990年に、ラットの実験で中性脂肪が少なくなることが判明した。これはすごいとおもった。おなかに優しいというより、太らない油のほうがインパクトがある。しかし、これは本当かどうか確かめる必要がある。その科学的なしくみを解明する研究が始まった。安全性の確認のためにも必要だった。

1983年ころ、ある米国企業が特殊な食用油を開発した。安川は学会誌で知った。これは胃に吸収されない油であった。すごいものを開発すると感心した。ただし、このときは同様のものを開発しようとは思わなかった。この食用油は20年かけてFDA (U.S. Food and Drug Administration) からポテトチップの油として許可をもらった。しかし、これは失敗に終わっている。この油は、体内にあるビタミンやカロチンなどの栄養素を流しだしてしまいおなかをこわすのである。米国の消費者団体から猛烈な反対をうけて失敗する。このとき、この企業は300億円投資したといわれている。安川はこの出来事は示唆に富んでいると言う。油の原点を考えると、大切なエネルギー源としてきちんと働くことが大切である。特に植物性の油が持つリノール酸やリノレン酸は、体の中では作れない脂肪酸であり、これらは必ず摂取できるようにしなければならない。また、脂溶性ビタミンの吸収を助けるといった油本来の役割を満たしていないと、汎用的な油にならない。この機能を備えながら、かつ肥満の問題に対するアプローチができて初めて理想的な製品となる(安川, 2002)。安川は、商品というものがどうあるべきか、という視点でも研究を進めていた。

95年ぐらいまでに、科学的なしくみがわかってきた。理由がわかってくると、そのしくみは“コロンブスの卵”的なもので太りにくい油がいけるかもしれないと思い始めた。この頃から本格的な商品化が始まるのである。

この効果を世の中に認めてもらうために、何らかの形で証明しなければならない。1991年に厚生省(当時)の特定保健用食品制度(特保)ができていたので、これを活用することにした。そして、エコナの場合も、体脂肪を減らすという機能を証明するために、研究所の職員を対象に人体実験をおこなった。最初は、効果を明確にするため、欧米人並みにあぶらをとる食事メニューで実験したが、特保の審査過程で平均的な日本人の食生活パターンで効果があるかどうか評価できないと通らないということで、突っ返された。それが1997年である。そして、このときにもう一度実験をやるか安川は迷った。しかし、実施することにした。背景としては、当時の花王の家庭用食品事業の売り上げはわずか年間30億円であり非常に小さかった。食品の開発は油以外にもやっていたがそれもうまくいってなかった。1997年は所長になっていた頃だ。このまま続けてもだめだ。ジアシルグリセロールの中性脂肪を減らす現象は事実だ。そして、事業化の可能性のあるものというのは、これしかなかった。平均的な日本人の油の摂取量でどれだけ成果がでるかかわからないが、とにかく窮地にたたされていたため、実験するしかなかった。この実験によって1998年特保を取得するのである。しかし、事業部を説得するのが大変であった。事業部が消費者調

査をしても、この油に対する反応はよくなかったのである。消費者はそんな高い油（単価が従来の食用油の4~5倍）は買わないということであった。研究部門はこの新しい商品に熱い思いがあったが、事業部とは明らかに温度差があった。

安川は思い出した。数年前に人間ドックへいったとき、医者が、体脂肪を減らすのにリノール酸の多い紅花油を使いなさいと指導した。医者からの指導というのは患者に大きなインパクトがあると思った。世間からの「信頼」が重要だと思うようになった。医者や栄養士、専門家、から消費者に話してもらったほうが説得力がある。かれらに話すには営業のものよりも研究者のほうがいい。そしてそのためのプロジェクトをつくって全国の病院や保健所に研究者を送った。また、1998年11月に肥満学会があり、ここでのエコナの機能について発表した。この発表は記事やTVで紹介された。これも非常に宣伝効果があった。流通にも伝わっていった。こうして、花王にはいつしか販売していないエコナについて問い合わせがくるようになった。事業部が販売に踏み切ったのは1999年2月である。1999年1月には広報部門がマスコミ向けの発表会をやったことも、エコナの機能の理解が得られるきっかけになった。

このような中、1999年2月に販売されたエコナは直ぐに売り切れ状態になった。今までに無かった健康油という新たな市場が生まれた瞬間でもあった。安川が家庭用食品分野の新商品開発に着手して約20年、ジアシルグリセロールを食品として着目し研究を始めて約13年が過ぎようとしていた。

さらに、健康エコナの開発の経験より、安川の研究所の商品開発の考え方もかたまりつつある。単に食品を開発するのではない。健康機能を実現させる媒体が食品であり、それを開発する。この考え方のもとで開発されたのがカテキンを豊富に含んだ『ヘルシア緑茶』である。

2. 分析

(1) 商品開発経緯と創造性構成要素

創造性の三つの構成要素（専門能力、モチベーション、創造的思考能力）が、健康エコナの開発にどのように貢献したのかを分析する。具体的には、前述の「(2) 健康エコナの開発経緯」の中で、重要な出来事を時系列に抽出し、その出来事と三つの構成要素との関連を分析する（表3-1-9(1)）。

1) 専門能力

大学の専門は栄養化学であったので、ジアシルグリセロールを食品として研究することに大いに役立っている。また、食品として扱うきっかけのひとつは、Dr.Scowの論文がある。これは大いに参考になっている。英文読解力があつたことを示している。

また、入社以来多くの家庭用食品の商品開発を試みて失敗した。商品開発の知識やノウ

ハウが蓄積していた。このため、ジアシルグリセロールの特性の商品価値を認識することができ、商品開発に結びつけることができた。

また、エコナ開発の専門能力における組織の貢献も非常に大きい。前述のジアシルグリセロールの生産、この生産を可能とした固定化酵素による油脂改変技術、栃木研究所のラット実験、また、研究協力者の存在などである。さらに、鹿島にジアシルグリセロールの製造インフラがあったため、工場建設の必要はなく投資リスクはほとんどなかった。

厚生省（当時）の特定保健用食品制度もエコナの開発には一役買っている。このような客観的にその価値をオーソライズする制度によって、消費者の価値判断をサポートしたのは間違いないだろう。

担当者及び組織等の専門能力は健康エコナの開発で重要な役割を果たしている。

（主な専門能力）

- ・ 栄養化学（修士）
- ・ 英語（文献読解能力）
- ・ いため油の商品化
- ・ 商品開発の経験・ノウハウ

（専門能力に関する組織の支援）

- ・ ジアシルグリセロールの生産
- ・ 鹿島研究所
- ・ 栃木研究所（ラット実験等）
- ・ 固定化酵素利用による油脂改変技術
- ・ 鹿島油脂生産施設
- ・ 東京研究所
- ・ 人体実験に協力した同僚

（その他）

- ・ 厚生省（当時）の特定保健用食品制度（特保）

2) モチベーション

入社時に、家庭用食品の新商品開発が仕事になり、以来、自由な環境の中で、積極的に商品開発に取り組んできた。高いモチベーションを長期間にわたって持ち続け、それが原動力になっていると考えられる。

表 3-1-9 (1) 健康エコナの開発経緯と創造性の三つの構成要素の関連

専門能力			モチベーション		創造的思考能力			その他		開発経緯
担当者	組織	その他	担当者	組織	担当者	組織	その他	担当者	組織	
栄養化学(修士)			業務命令	家庭用食品に参入したい						→ <event 1> 家庭用食品の新規事業を探す仕事に就く (1979年)
栄養化学(修士)	固定化酵素による油脂改変技術 カカオ油脂生産時の副産物ジアシルグリセロール量産化技術		自発的積極的						花王の過去の油の技術の蓄積をベースにする	→ <event 2> ジアシルグリセロールの研究に着手 (1980年代)
栄養化学(修士) 英語(文献読解)	固定化酵素による油脂改変技術 カカオ油脂生産時の副産物ジアシルグリセロール量産化技術 所内人体実験	Dr.Scowの論文よりヒント	自発的積極的		栄養化学の見地から食べられるかもしれないと考えた					→ <event 3> ジアシルグリセロールを食品として着目 (1986年)
栄養化学(修士) 家庭用食品(いため油)開発に成功(1989)	固定化酵素による油脂改変技術 カカオ油脂生産時の副産物ジアシルグリセロール量産化技術 所内人体実験		自発的積極的		ラット実験で中性脂肪が減る現象を発見				太らない油はインパクトがあるかもしれない(機会認識)	→ <event 4> ラット中性脂肪が少なくなりアイデア「太らない油」科学的裏づけ研究スタート (1990年)
栄養化学(修士) 家庭用食品(いため油)開発に成功(1989)	固定化酵素による油脂改変技術 ジアシルグリセロール量産化技術 ジアシルグリセロール効果の科学的な根拠	特定保健用食品制度ができた(1991)	自発的積極的						太らない油の開発可能性	→ <event 4> 商品化スタート (1995年)
栄養化学(修士) 家庭用食品(いため油)開発に成功(1989) 多くの商品開発を試みた	固定化酵素による油脂改変技術 ジアシルグリセロール量産化技術 所内人体実験	特定保健用食品制度(1991年より)	自発的積極的						他に可能性のある商品はない	→ <event 5> 特定保健用食品制度合格 (1998年)
栄養化学(修士) 家庭用食品(いため油)開発に成功(1989) 多くの商品開発を試みた	固定化酵素による油脂改変技術 ジアシルグリセロール量産化技術 広報販売網	特定保健用食品制度合格 肥満学会	自発的積極的							→ <event 6> 健康エコナ発売 (1999年2月)

3) 創造的思考能力

専門能力と重なるが、大学時代の専門である栄養化学の視点で、食べたらどうなるという発想したことから始まる。以前は栄養化学の出身者はいないので、新しいアプローチを持ち込んだ形となった。それまでは、ジアシルグリセロールの物理化学の面だけを分析していた。

アマビルによれば、創造的思考能力は「既存の複数のアイデアを結びつけて新しいアイデアを生む能力」のことであり、今回ある意味ではそれが行われており、創造的思考能力というものが発揮されている。ただし、具体的な手段について、今回のケースでは他の人と異なる大学での専門がアイデア発想のもとになっており、アマビルがあげている認識方法や発見的方法といったもの(表 2-1、p.6)ではなかった。

以上の分析結果は、健康エコナの開発では創造性の三つの構成要素が重要な役割を果たしており、不可欠であったことを示している。この他に商品開発に重要な役割を果たしたものを次にまとめた。

4) その他

家庭用食品の新商品開発において、花王は自社の油脂の技術の蓄積を使った商品開発を行うことに決めた。これによって研究の大きな方向が決まった。花王の独自の技術「固定化酵素による油脂改変技術」によってパーム油からカカオ油脂を生産し、そのときに大量に発生したジアシルグリセロールの用途を考えることになった。これが独創的な商品のベースとなる。このプロセスでジアシルグリセロールに体脂肪を減少させる機能が偶然発見される。開発担当者はこの発見を重視し、取り上げて研究を推進させる。これによって、健康エコナが作られていく。偶然発見した体脂肪率が減少する機能について、開発担当者が「ふとらない油」のビジネス機会または市場の存在を認識したことも重要なポイントである。

この健康エコナの商品開発の成功に伴って、開発担当者はその後の商品開発における基本的な戦略を見出した。それは「単に食品を開発するのではなく、健康機能を実現させる媒体が食品であり、それを開発する」ということだ。その結果、ヘルシア茶の開発に成功する。

商品開発の方向性を決める判断が独創的な商品開発に大きく役立っている。

(2) 組織環境

- ・ 食品の開発は経営者のトップダウンであった。このため、長期的に時間をかけることができた。最初の食品の開発まで 10 年かかっていた。エコナの開発までさらに 10 年かかっている。
- ・ 1985 年に鹿島研究所へ移動した。遠くはないが、東京からはなれている、という絶妙な

位置であった。研究テーマはほぼ自由に選ぶことができた。あらゆることが自由だ。時間の流れがゆっくりしていた。そのため、新規事業のたちあげに、時間がかかるものだが、それに適していた。東京にいくと、そのスピードがちがっているのがわかった。商品化がどんどん進んでいるところをみると、あせりを感じた。もし、同じ場所にいたならば、新規事業にとりくめたかわからない。時間と場所、予算をもらった。成果のない、ただ飯食いの状況がつづいて、とにかく必死であった。真綿で首をしめられるような感じさえあった。ちなみに当時の鹿島研究所は研究員は80人程度であり、研究費は16億程度であった。一人2000万円程度であった。

- ・ 現在の花王の研究開発マネジメント

「予想外のことや、大きなテーマは、計画からはなかなかでてこない。その自由度が大事だ」という認識のもと、花王は現在、研究開発全体の2割を割いて自由な研究をおこなっている。

3. 開発担当者の意見

独創的な商品開発を担える研究者・技術者の能力

最も必要なのは、こだわり、である。こだわりとは、なんとしてもやりたいという強い思いだ。つくりたい、世の中に役立つものを作りたいといった、こだわりの思いがなければうまくはいかない。これがないとつukれない。

実現していくときの必要条件としては、専門知識が必要だ。例えば肥満の研究なら、世界で一流の研究者が競っているが、そこで通用する専門性や研究レベルが必要だ。これがないと商品開発を具体的に推進していくことはできない。

発見したものを、商品として成功させることにすることも非常に重要だ。発見が本物で、いわゆる製品のパフォーマンスがよくても、売れるとは限らない。それを事業に仕立てていくことが重要だ。事業として成功することと、パフォーマンスのよさの、バランス感覚が必要だ。

独創的な商品開発を担える研究者・技術者の育成方法

育成方法としては、成功体験をさせることが重要だと思う。チャレンジしているだけではダメだと思う。成功体験の中でよろこびを感じ、今度は自分がつくってやろう、という人材が出てくると思う。開発全体が前に進んでいる中で育成することが、より多くの良い人材を育成することができると思う。もちろん、そのような状況でなくても育つ人間がいるかもしれないが、確率をあげる上で、そのようなことが必要であろう。

これから商品開発を担う人間は、世界の場に出して他流試合をさせないとダメだ。最後は人なので、少しでも経験させながら育成しないといけないのではないかと思う。

3.2 クロス分析

ここでは 9 つのケース・スタディの結果を横断的に分析する。最初に「商品開発プロセス」、次に「どのような人材か」、そして「組織環境」、最後に「開発担当者の意見」について記述することにする。

3.2.1 商品開発プロセス

アイデア形成を中心に商品開発プロセスを見ると、9 つのケース・スタディに共通するパターンがある（表 3-2-1）。具体的には次のようになっている。

Step 1) 組織によって分野を設定される。

Step 2) 分野内で担当者が自由に取り組みテーマを決める。

Step 3) テーマについて担当者が情報収集等をし、基本的なアイデアを作り出す。

Step 4) 主体的に、実験等によって、商品化が判断できるレベルまでアイデアを発展させる。

Final) 組織の了承を得て、商品化され販売される。

注1: Step1) 開発担当者自身が組織のトップである場合は、組織による分野設定がない場合がある。

注2: Step1) 開発担当者が特定分野を扱うポジションに配置された場合、組織によって分野が設定されたとする。

注3: Step2),3) 開発担当者がひとりで行う。ただし、関係者等などが情報収集等を手伝うこともある。

注4: Step4) この段階で大きな費用がかかるような場合（例：薬の開発）、組織の了承が必要となる。

このプロセスでは、独創的な商品開発を担う研究者・技術者は基本的なアイデアを出すまでには、ひとりで自発的に行動していることがわかる（関係者等が情報収集などを手伝うこともある）。組織に設定された分野の中で、取り組むテーマを自分で考え、情報収集をして、基本的なアイデアを見出していく作業を行っている。

開発期間はテーマ・課題を決めてから発売するまでの期間を見ると、アリセプトが約 24 年で最長であり、レンズ付きフィルムが約 1 年で最短である。9 つの平均は約 10 年となっている。ちなみに、基本的なアイデアが生まれた時の開発担当者の平均年齢は 38 歳前後である（表 3-2-1）。

以前から、開発スタイルとしてトップダウン VS ボトムアップという分類があるが（住井，1986）今回は、組織が広い枠組み（対象となる分野）を与え、自由な環境を提供し、テーマの選択からアイデアの発想、商品化の判断ができる詳細なアイデアづくりまで、開発担当者に任せている。この形式は『トップ環境形成ボトムアップ型商品開発』ということができる。

さらに共通することは、市場または研究開発の見通しが難しく、不確実性が非常に高い。そのような開発プロセスの中で、予想外の発見等によって進展がある。そのため、進展は直線的ではなく、非連続である。

表 3-2-1 9つの独創的な商品開発のプロセス(アイデア形成中心)

カテゴリー	テーマ	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Final
		探査を開始	取り組むテーマ・課題を決める	基本的なアイデアを作り出す	商品化が判断できるレベルまでアイデアを進展させる	商品化と完成・発売
I	暗号アルゴリズム	(1987年4月, 25歳)入社より情報セキュリティグループに所属し、自由に研究をすすめる。同グループは誤り訂正符号と暗号を扱っていた。	(1990年, 29歳頃)差分解読法に感銘し暗号の研究を始めた。	(1992年頃, 31歳頃)国際学会で「証明可能安全性」を聞いたとき「これが将来の暗号だ」と思った。	(1993年, 32歳頃)線形解読法を開発、DESの解読、国際会議での発表を経て、1994年に暗号アルゴリズム開発をスタートさせる。(34歳, 1995年)MISTYの原型が完成する。これを基に、研究所長が事業化(商品化)を指示した。	(1996年7月, 34歳)学会に商品として詳細仕様を発表。
	炭素繊維	(1964年, 36歳頃)東レ基礎研究所に入り、探査研究をスタートする。	(1966年, 38歳頃)新規化合物(HEN)を偶然発見し、この化合物の利用法の検討を始める。	(1967年頃, 39歳頃)新規化合物をPAN系繊維に混合することで炭素繊維の優れた原系となることがわかり、炭素繊維の研究に取り組む。	炭素繊維の原系についての性能、燃焼方法について研究をすすめる。当時最も優れていたイギリスの炭素繊維よりも優れた性能をもつ炭素繊維ができるようになった。(1969年頃, 41歳頃)この研究成果をみて、トップが事業化を決断し、プロジェクトを発足させる。	(1972年, 44歳頃)炭素繊維で作った釣竿を発売。
	アリセプト	----	(1973年頃, 30歳頃)母親が痴呆症となり、痴呆症治療薬について取り組みを始めた。8年間脳血管障害の薬の開発を行うが失敗する(1980年初期)。	(1982年頃, 39歳頃)既にアセチルコリンエステラーゼ阻害剤であるタクリンやフィゾスチグミンが臨床実験で問題はあがるが効果を出しているという情報を論文を通して得た。これらの問題点を解決して新しい薬を作ること考えた。	(1987年3月, 44歳)初期のアイデアはうまくいかなかったが、同じグループ内で動脈硬化症治療薬開発のために合成した化合物がアセチルコリンエステラーゼ阻害活性があることが発見され、シード化合物となる。それが発展して臨床導入候補品として決定される。	(1997年2月, 54歳)米国で最初に発売された。
II	クォーツ腕時計	(1956年4月, 23歳)入社時より、機械時計に關して、より安定した精度の高いものを研究する。	(1959年, 27歳頃)に街中でLip製のクロック(半導体を使用している)を発見し、ショックを受けて今後の半導体の時計への影響を直感する。	(1960年4月~1962年3月, 27歳~29歳)東大で社会人学生をして半導体の研究をしているときに、クォーツ腕時計のアイデアが浮かんだ。	(1965年頃, 33歳頃)東京オリンピックにおいて電池で動くポータブル水晶時計の成功によってクォーツ腕時計の開発の見通しがつき、商品化に取り組む。	(1969年12月25日, 37歳)発売。
	リチウムイオン二次電池	(1972年4月, 24歳)入社時に研究所の探査研究Gに配属、機能性プラスチック分野の新規事業を探し始めた。	(1981年, 33歳頃)ポリアセチレンの用途として電池の電極に目をつけ、リチウム二次電池が長年未解決であることから、ニーズが高いと着目した。	(1983年, 35歳頃)リチウムイオンを出すコバルト酸リチウムが発見され、これを正極にすることで、ポリアセチレンを負極にした組み合わせのリチウムイオン二次電池の最初のアイデアがまとまる。	(1985年, 37歳頃)基礎研究の積み重ねの結果、正極にコバルト酸リチウム、負極に炭素繊維というアイデアがまとまった。これが現在でもリチウムイオン電池の原型である。これをベースに商品化が始まった。	(1992年, 44歳頃)商品が販売。
	DNA分析装置	(1981年, 36歳頃)にそれまでやっていた質量分析以外の新しい分野の研究を行うように指示される。	(1982年, 37歳頃)新研究テーマをDNA関連の計測装置にする。	(1987年, 42歳頃)質量分析装置開発の経験やノウハウを適用して、日本最初の(平板型)DNAシーケンサの試作をする。	(1990年前後, 45歳前後)キャピラリーアレーDNAシーケンサの原型を開発し、1996年に米国ABI社と共同事業を組む。	(1997年, 52歳頃)に商品化される。
III	レンズ付きフィルム	(1984年8月, 43歳)営業技術部に移動し、カラーフィルムの商品開発担当となった。	(1985年, 44歳頃)販売部長が110フィルムをもとに使い捨てカメラ開発の依頼をされたときフィルムにメカをつけるアイデアがでてきた。		同年関係者(販売、メカ、品質評価、生産)の計7人で詳細を検討し、商品のスペックや設計がまとまり、商品化に入る。	(1986年7月1日, 45歳)発売した。
	AIBO	(1988年, 46歳頃)コンピュータの将来像を考え始める。	(1990年前後, 50歳前後)癒しのコンピュータを考え始める。	(1990年前後, 50歳前後)ロボット・ゲンキスに出会い、エンターテインメントロボットのアイデアが出る。	(1994年, 52歳頃)同社情報通信研究所のロボット研究プロジェクトがスタートする。(1996年, 54歳頃)試作ロボットができ社内発表し大反響を得る。(1997年, 55歳頃)Autonomous Agentという国際会議で試作ロボットを展示する。これをベースに(1998年1月, 56歳頃)に経営会議で商品化が決定される。	(1999年, 57歳頃)発売される。
	健康エコーナ	(1979年4月, 24歳)入社とともに家庭用食品分野の新規事業を探し始めた。	(1986年, 32歳)通常の油成分より脂肪酸が1つ少ないジアシルグリセロールに着目した。	(1990年, 36歳頃)実験でラット中性脂肪が少なくなることよりアイデアが浮かんだ。太らない油。	太らない油の発見以降、その科学的根拠について解明を進めた。(1995年, 41歳頃)科学的な仕組みがわかった。これによって本格的に商品化に入る。	(1999年2月, 44歳)発売。

注1: AIBOのStep2, Step3の年次は推定。暗号アルゴリズムのStep3の年次も推定。

注2: カテゴリーはそれぞれ、I(新市場創出、革新的研究開発の実施)、II(既存市場利用、革新的研究開発の実施)、III(新市場創出、既存研究開発成果の利用)を示している。

注3: カッコ内の年齢は、開発担当者の年齢を示している。「頃」は誤差が1年程度、「前後」は数年程度。

3.2.2 どのような人材か

ここでは、アマビル理論の検証をすることになる。前章において、各ケースで三つの創造性の構成要素『専門能力』『創造的思考能力』『モチベーション』がどのように商品開発プロセスに貢献したかを分析した。その結果を、構成要素ごとにまとめた。

(1) 専門能力

アマビルの定義で『専門能力』は「仕事の範囲で知っていることやできることすべてを包括するものである」。内容としては、仕事に関する専門知識、スキル、経験、ノウハウを含むと考えられる。9つ全てのケースで『専門能力』は重要で不可欠な貢献をしている。ここでは、特徴的なものをあげる。

独創的な商品開発を行うときに、その担当者の大学での専門が決定的に重要なときがある。例えば、暗号アルゴリズムの開発における開発担当者の専門は数学整数論であるが、これは暗号研究の中核をなす専門であり、これがなければ支障をきたしたであろう専門知識である。同様に、リチウムイオン二次電池での量子有機化学もそうである。さらに、クォーツ腕時計の開発担当者は社会人になった後、半導体の研究の必要性を感じて大学へ戻って勉強をした。この知識をベースに技術革新の予測も可能となったし、半導体を使用したクォーツ腕時計の開発も可能となっていくのである。このように、先端技術分野の独創的な商品開発では大学での専門がかなり重要な要因になるパターンが存在する。

実務を通して積み重ねた専門技術をうまく生かすことが決め手となる独創的な商品開発もある。例えば、キャピラリーアレーDNA シーケンサーの開発においては、長年の質量分析の経験・ノウハウをDNA分析の分野に生かして独創的な商品開発を生んだ。同様に、レンズ付きフィルムの場合は、フィルムの品質評価という技術をベースに商品開発に成功した例である。

さらに、全てのケースで共通していることは、商品開発に取り組むスタート時の専門知識やノウハウだけで対応できないことである。新しい知識を吸収したり、新しいノウハウを身につけなければならなかった。新たなものを学ぶ学習能力が不可欠であった。また、他の専門家の協力を得ることも重要な役割を果たしている。

(専門能力における組織の支援)

今回すべてのケースに見られるのが、組織に蓄積している専門能力が商品開発で重要な役割を果たしていることである。アイデアを商品化するときだけでなく、アイデア形成時から大きな影響を与えている。

特に固有の製造技術は独創的な商品開発実現に不可欠なケースが多い。今回のケースの中では次の通りである。

- ・炭素繊維（原糸製造技術・品質管理技術）

- ・健康エコナ（固定化酵素の油脂改変技術、油脂製造技術）
- ・ウォーツ腕時計（腕時計生産技術、精密加工技術、関連会社の技術）
- ・DNA分析装置（装置製造技術、関連会社の技術）
- ・レンズ付きフィルム（フィルム製造技術、カメラ製造技術、フィルム関連材料品質管理技術、関連会社の技術）

優れた製造技術が独創的な商品開発において重要な役割を果たしている、という一つのパターンが存在することを示している。東レのPAN系炭素繊維のように原系製造技術が競争力の源となっている場合もある。

(2) 創造的思考能力

アマビルによれば、『創造的思考能力』というのは「既存のアイデアを結びつけて新しいアイデアを生む能力」のことである。9つのケースでは確かにこの能力が存在していた。しかし、アマビルが『創造的思考能力』として示している手段（表 2-1,p.6）と内容が異なるのである。

各ケースでアイデアが発生した状況をピックアップしてみる。

- ・ 暗号アルゴリズムの場合、アイデアは国際会議で出会った「証明可能安全性」という考え方から生まれている。このときに開発担当者は「次世代の暗号設計はこれだ」と思った。この考え方をベースに暗号アルゴリズム「MISTY」は開発されていく。よって、これはアマビルの言う、認識方法や発見的方法の知識や仕事スタイルではないのである。他の研究者のアイデアに出会ったことによって生まれたのである。
- ・ 炭素繊維の場合は、セレンディピティである。研究者がナイロン生産プロセスの研究に失敗した時に新規化合物が発見された。これを、PAN系繊維に混合すると優れた炭素繊維の原系になることがわかった。セレンディピティはアマビルの言及しているものではない。
- ・ アリセプトの場合は、初期のアイデアは論文情報から来た。アセチルコリンエステラーゼ阻害剤であるタクリンやフィゾスチグミンが臨床実験で問題はあるが効果を出しているという情報を論文を通して得た。これらの問題点を解決して新しい薬を作ろうと考えた。このように論文情報によって新しいアイデアが生まれることは、アマビルの言う手段ではない。

9つのケースの他の例（表 3-2-2）においても、アマビルの述べている手段でアイデアが生まれているものはない。9つのケースのアイデア発想の方法を分類すると次のようになる。

論文情報、学会情報、TV科学プログラム、大学・研究所の研究情報、等による情報収集。（暗号アルゴリズム、アリセプト、リチウムイオン二次電池、AIBO）

自分の専門や知識経験を新しい成長分野に持ち込む。(DNA分析装置)
 既存の研究分野で、新しい専門を持ち込む。(クォーツ腕時計、健康エコナ)
 異なる産業や立場からの発想。(リチウムイオン二次電池、レンズ付きフィルム)
 セレンディピティ。(炭素繊維)

表 3-2-2 アイデアが生まれた状況(9つのケース)

カテゴリー	商品	アイデアが生まれた状況
I	暗号アルゴリズム	松井が国際会議に出席していたときに出会った考え方が証明可能安全性だった。松井は「次世代の暗号設計はこれだ」とそのとき思った。この考えの下に設計され、生まれたのがMISTYである。
	炭素繊維	ナイロンの生産プロセスの改良研究の時に、研究が失敗し、新規化合物を発見する。この化合物の用途を検討したところ、PAN系繊維に混合すると優れた炭素繊維をつくる原系ができることがわかった。(セレンディピティ)
	アリセプト	アセチルコリンエステラーゼ阻害剤であるタクリンやフィゾスチグミンが臨床実験で問題はあるが効果を出しているという情報を論文を通して得た。これらの問題点を解決して新しい薬を作ることを考えた。
II	クォーツ腕時計	街中で半導体を使った置時計を発見し、衝撃を受けた。そして大学にもどって半導体の知識を習得するプロセスで、クォーツ腕時計のアイデアが浮かんできた。
	リチウムイオン二次電池	化学素材メーカーであったため、機能性プラスチックであるポリアセチレンをリチウム二次電池の負極に利用することを発想した。さらに、海外専門雑誌に正極になりえるコバルト酸リチウムの発見を文献で見つけた。それによって、リチウムイオン二次電池の原型が考案された。
	DNA分析装置	DNA分析分野に質量分析装置の経験やノウハウを持ち込むことにより、優れたDNA分析装置のアイデアが生まれた。
III	レンズ付きフィルム	使い捨てカメラの開発の依頼があったが、カラーフィルム商品企画の視点でフィルム主体のレンズ付きフィルムとして開発しようと思った。
	AIBO	MITのロドニー・ブルックス教授の“サブサンブション・アーキテクチャ”原理によるゲンキス(Genghis)という6足ロボットを見てアイデアが浮かんだ。
	健康エコナ	それまでジアシルグリセロールの物理的・化学的な側面しか研究していなかったが、栄養化学出身の発想で食べてみようと思った。これがきっかけで、ラット実験を行い、中性脂肪が少なくなることを発見する。

注: カテゴリーはそれぞれ、I(新市場創出、革新的研究開発の実施)、II(既存市場利用、革新的研究開発の実施)、III(新市場創出、既存研究開発成果の利用)を示している。

一方、アマビルの『創造的思考能力』(表 2-1, p.6)の方法は、

認識方法

新しいアイデアを生み出すための発見的方法の知識

創造的な生産をする仕事スタイル

であり、大きく異なることがわかる。そのため、「既存のアイデアを結びつけて新しいアイデアを生む能力」ということで同じだが、手段が異なるので、名前を変更して『創造的思考能力』を『新規アプローチ能力』とする。

具体的にどのような違いがあるのか、もう少し詳しく述べたい。もし、ある組織がアイデアの発生を促したいと考えたとき、アマビルの理論にもとづけば、思考スキルを訓練するプログラムを従業員に課す、ということが考えられる。しかし、今回のケース・スタディの結果では、アイデアの発生を促すには、論文・学会等の新しい情報を取りやすくしたり、研究者を今後発展しそうな新学科に留学させることや、研究者の持っている技術が使われていない商品分野を探す、といったことを行うことになる。今回の9つのケースでは、商品開発のアイデア作成において、アマビルのいう認識方法やアイデアを生み出す発見方法などを試した人は一人もいなかった。アマビルの主張することと大きな違いを見せたのである。

この発見は、商品開発の創造性の向上に関して政府の役割が大きいことを示唆するものであり、具体的な内容は、第4章の「政策への示唆」にまとめた。

ちなみに、これらのアイデアを生み出す手段として「ブレインストーミング」は9つのケース全てにおいて使われていなかった。

(3) モチベーション

アマビルは『専門能力』や『創造的思考能力』を発揮させるには『モチベーション』が必要であるとしていたが、9つのケースにおいては、全て高い『モチベーション』を示している。また、アマビルの指摘するように、高い『モチベーション』があるからこそ開発担当者は、自由度の高い環境で、自発的に、誰もやっていないことにチャレンジしたといえる。

アマビルは内発的モチベーションのほうが外発的モチベーションよりも創造性が発揮されやすい、と指摘しているが、今回の9つのケースで内発的と判断できるのは、暗号アルゴリズム(暗号解読の数学的なアプローチへの興味)、アリセプト(母親の痴呆症による問題意識)やAIBO(メンバー編成のための社内公募制)などがあるが、その他のケースでは内発的か外発的かの判断は難しい。

三菱電機の松井充氏が指摘するように、「自由にすると、自発的に行動する人と、そうでない人がいる」。人の問題か、マネジメントの問題か、教育の問題か、を含めて、自由な環境での高い『モチベーション』は今後の研究課題である。

(4) その他

今回の独創的な商品開発において、上述の三つの構成要素ではカバーしきれていない要素がある。商品開発の方向を決める能力である。

多くの場合、最初に組織が分野を設定する。そのため、組織も商品開発の方向を決めることについて重要な役割を果たしている。

その分野において、開発担当者はテーマの設定から商品化の判断ができるレベルのアイデアを創出するまで、ひとりで、又は他の協力を得ながらも主体的に開発を進める。また、独創的な商品開発においては市場や研究開発の見通しが難しく、不確実性が非常に高い。テーマを設定するときや開発が予想外の発見等によって進展するときなど、常に研究者・技術者自身が商品開発の方向を決めていかなければならない。

各ケースで重きを置いているところが異なるものの、商品開発の方向を決めるときに考慮されているのは次の項目であった。

- 1) 将来の技術革新の可能性を把握し、現実的なステップを踏む。
- 2) 将来発展する市場にベースをおく。
- 3) だれもやったことのないことをやる（競争相手が少ないところを目指す）。
- 4) 自社または自分の強みにベースを置く。

(注) 今回の9つのケースでは、世界で初めての商品のため、技術革新の可能性や市場に関する情報は不完全であるが、それをベースに開発の方向を決め、開発を実施することにより、新たな情報を得る。そして、再度方向を決めて開発を実施する、というプロセスを踏んでいる。現在、企業のイノベーション戦略では<合理主義者¹³(rationalist)的>アプローチと<漸進主義者¹⁴(incrementalist)的>アプローチがあり、長年論争がある(Tidd, Bessant, Pavit, 2001)。今回の場合は研究者・技術者レベルの話ではあるが、9つのケースは全てどちらかというところ<漸進主義者的>アプローチを取っている。

この商品開発の方向を決める能力を第四の創造性の構成要素とし『戦略¹⁵的思考能力』と呼ぶことにする。今回のケース・スタディで見られた具体例を下記に示す。

¹³ 合理主義者の戦略：軍隊における経験から大きな影響を受けている。軍隊の戦略は、大筋では以下のステップに従う：1) 状況を記述し、理解し、分析する、2) 分析結果を考慮して戦闘の手順を決定する、3) 決定された戦闘手順を実行する。合理的な行動様式である評価・決定・行動のリニアモデルである。企業戦略でこれに相当するのは、SWOTと呼ばれる分析手法であり、企業の強み(Strengths)弱み(Weakness)を外部機会(Opportunities)と脅威(Threats)を考慮のうえ分析する。合理主義学派の指導者はAnsoffである(Tidd, Bessant, Pavit, 2001)。

¹⁴ 漸進主義者の戦略：自らの置かれた環境や、自らの強み弱み、将来の変化の方向と速さなどを開して、自らの持つ知識は極めて不完全なものにすぎないということを明確に認識したうえで、漸進的な戦略に従うのである。そのような状況下で最も効果的な手順とは、1)定められた目標に向けて慎重なステップを踏み出す。2)ステップの効果を測定し、評価する。3)目標を修正し、次に取るステップを決定する。漸進主義者の代表者はMintzbergである(Tidd, Bessant, Pavit, 2001)。

¹⁵ 戦略：戦術より広範囲な作戦計画。各種の戦闘を総合し、戦争を全局的に運用する方法(広辞苑)。商品開発を進めるときに、技術、市場、競争相手、自分または自社のポテンシャル、と全体を考慮しながら、その方向をきめていくため、『戦略的思考能力』とした。

アリセプト

開発担当者の母親が痴呆症であったことがこの課題に取り組むモチベーションを高めた。その一方で、戦略的にも冷静に考えている。開発担当者は、将来、市場としては痴呆症の薬はメジャーになると考えていた。また、だれも取り組んでないので当時小さかったエーザイでも勝機があると考えた。過去の研究で臨床まで行って、効果があるが問題点が存在するアセチルコリンエステラーゼ阻害剤が2つあり、そこに技術的可能性をみていた。これらのことを考慮して、アルツハイマー型痴呆症の薬の開発に取り組んだ。その結果、これらのアセチルコリンエステラーゼ阻害剤をベースにする開発は失敗に終わったが、偶然他の化合物を発見し、それをもとに多くの課題を解決して薬の開発に成功することになる。

DNA 分析装置

開発担当者は他人がやっていないが、将来伸びるかもしれない、というテーマを狙うのが良いと考えて取り組むテーマを決めた。今回の DNA 分析では計測装置をやっているひとがいなかった。また、新聞やテレビのニュースで、遺伝子操作で様々なタンパク質ができるという話が報じられ、これは将来、人類にとって重要なものになるだろうと考えて、その関連の研究をすることにした。

その後、予期しなかった国のプロジェクトに参加し、多くの知見を得るとともに、平板を使用した DNA 分析装置の開発に成功する。また、ヒューマンゲノムプロジェクトがスタートし、そのニーズに対応するために高速のキャピラリーアレーDNA シーケンサーを開発することになる。

リチウムイオン二次電池

化学材料メーカーであったため、機能性プラスチックによる新規事業を目指していた。伝導性高分子ポリアセチレンに注目してその利用分野を探した。

開発担当者はリチウム金属二次電池は過去 10 年成功していないので、逆に、そこに技術革新の機会があると考えた。また、ポータブルという言葉がはやっており、二次電池の需要は高まると考えた。以上のことを考慮して、ポリアセチレンを二次電池の負極に使うことから始めた。

偶然、海外雑誌に載っているコバルト酸リチウムの発見の論文を見つけ、リチウムイオン二次電池の原点となるコバルト酸リチウム正極、ポリアセチレン負極のかたちができる。その後も多くの試行錯誤を経て、現在の正極にコバルト酸リチウム、負極に炭素の二次電池が完成する。

AIBO

開発担当者は将来のコンピュータは癒しのコンピュータと考えた。一方、短期間の事業

化を考えていた。2~3年で事業化するために、既存の研究成果や技術の集積で開発できるものを選んだ。役に立つロボットの開発は無理と判断した。エンターテインメントロボットなら可能と考えた。エンターテインメントロボットは癒しのコンピュータの一つのかたちだと考えた。これらを考慮して、エンターテインメントロボットの開発プロジェクトを立ち上げた。

炭素繊維

優れた PAN 系炭素繊維をつくる化合物を偶然発見する。そして、当時の炭素繊維メーカーによる評価が非常に高いことや、世の中に存在している鋼よりはるかに強い弾性率を持つ材料の基本性能について、開発担当者は将来性を感じた。そして、それまでの研究をストップして、6~7人で炭素繊維の研究に取り掛かる。

航空機にターゲットをおきながらも、当面の商品開発の方向として、スポーツ・レジャー用品を考えた。これが現実的な選択であり、商品を提供することによって技術力を徐々に向上させていった。最終的には航空機用の部材も納入するようになる。最初の目標である航空機に固執していたら、技術的に難しいことや、10年間検査等のためその使用をまたなければならず、事業としては成り立つのは難しかったであろう。

1960年代ロールスロイス社の炭素繊維開発でエンジンファンブレードを開発しようとしたが失敗する。これは技術的に非常に難しく、最近やっと可能となったものである。エンジンファンブレードに取り組んだことは、技術革新の可能性の把握に失敗したといえる。誰も取り組んだことのない技術を開発するのは、非常に不確実性が高い。

クォーツ腕時計

クォーツ腕時計の開発は、大学の先生が「不可能だ」と言う中で、商品開発の方向をきめるには技術革新の可能性の判断が最大のポイントであった。

開発担当者は大学で社会人学生として半導体の研究を行い知識を身につけるなど、積極的に知識を習得し、平行して音叉電子腕時計の研究、テンプ電子腕時計の開発、そしてオリンピックのためのポータブル水晶時計の開発を行った。これらによって徐々に技術力をアップし、そして各ステップで開発の方向を判断していった。そして、目標をステップアップしながら最終的にクォーツ腕時計の商品開発に結びつけている。

ちなみに日本の競争相手の時計メーカーは、音叉時計に可能性があると判断していたため、小型クォーツクロックまで開発していたにもかかわらず、クォーツ腕時計には開発を集中しなかったといわれている。

暗号アルゴリズム

技術のブレークスルーの可能性の判断が最大のポイントであった。開発担当者はステップバイステップで一つ一つ技術の壁を乗り越えて、その都度目標が設定されていった。徐々

に技術を習得しながら、技術の可能性を見極めていき、最終的に暗号アルゴリズムの開発に結びついている。

暗号の市場については、上司や組織が見通しを持っており暗号研究の環境を整えている。また、商品化については組織のトップの強力なサポートがあった。

レンズ付きフィルム

開発担当者は子供たちにも写真を楽しんでもらいたいと思っていた。ISO1600 のフィルムで簡易カメラのようなものを実験して失敗していた。その時に販売部長より予期せぬ使い捨てカメラ開発依頼(110 フィルム販売のための)があり、「フィルムにメカをつける」ということを思いついた。これによって同社の強みであるフィルム技術をフルに活用することができるようになった。技術の可能性については、110 フィルム (ISO100) の性能実験データを見たとき、これは技術的に可能だと直感した。市場としては、子供やお年寄りにも楽しめる写真を考えながら開発し、設計仕様に大きな影響を与えている。外見もフィルムに似たものを採用し、同社のフィルムメーカーとしてのブランドを活用し、消費者の信頼を比較的容易に得ることができた。

健康エコナ

家庭用食品の新商品開発において、花王は自社の油脂の技術の蓄積を使った商品開発を行うことに決めた。これによって研究の大きな方向が決まった。花王の独自の技術「固定化酵素による油脂改変技術」によってパーム油からカカオ油脂を生産し、そのときに大量に発生したジアシルグリセロールの用途を考えることになった。これが独創的な商品のベースとなる。このプロセスでジアシルグリセロールに体脂肪を減少させる機能が偶然発見される。開発担当者はこの発見を重視し、取り上げて研究を推進させる。これによって、健康エコナが作られていく。開発担当者が「ふとらない油」のビジネス機会または市場の存在を認識したことが重要なポイントである。

この健康エコナの商品開発の成功に伴って、開発担当者はその後の商品開発における基本的な戦略を見出した¹⁶。それは「単に食品を開発するのではなく、健康機能を実現させる媒体が食品であり、それを開発する」ということだった。その結果、ヘルシア茶の開発に成功する。

¹⁶ これは漸進主義者の代表であるMintzbergの「創発戦略(emergent strategy)」の典型であると考えられる。創発戦略では学習を強調し、さまざまな活動を通じて、何が最も重要な経営戦略であるかを見出すプロセスとする。行動し、その結果がフィードバックされる。そのプロセスを繰り返すことで、組織は一つの戦略に収束する (Mintzberg,1998)。

(市場の把握の仕方についての補足説明)

ほとんどのケースで開発担当者は自分自身で市場を把握しようとしている。開発する時点でマーケット調査などをしたものは一つもない。かれらの市場の把握の仕方は、身近な情報や経験をベースにしたものがほとんどである(表 3-2-3)。アマビルが引用しているハーバート・サイモンの言葉「(専門能力は)考えがさまようことができるネットワーク」が示すように、人は持っている知識や経験内で考えをめぐらす。アリセプトの例(表 3-2-3, 注2を参照)においても、開発担当者は身近な情報から熟考している。

研究者・技術者の市場や社会への理解が深まれば深まるほど、より多くの商品開発のアイデアが生まれてくる可能性がある。研究者・技術者に市場や社会への理解を深めるための関連するわかりやすい整理された情報や、理工学部の大学生に教育プログラムを提供することは重要であると考え。この件については第4章の政策への示唆に反映する。

表 3-2-3 開発担当者の市場の把握

商品	市場の把握の状況
暗号アルゴリズム(注1)
炭素繊維	国内外の炭素繊維メーカーに非常に高い評価を受け、また、鋼よりはるかに強い弾性率を持つ基本性能に開発担当者は将来性を感じた。
アリセプト(注2)	痴呆症の薬は、将来薬のメジャーになると思った。
クォーツ腕時計	街中で半導体を使用した振り時計に出会った。半導体を使用した時計は既存の機械時計にとってかわるものと感じた。
リチウムイオン二次電池	ポータブルという言葉がはやっており、二次電池の需要は高まると考えた。
DNA分析装置	新聞やTVで組み換えDNAを使ってタンパク質をつくるという話を聞いて将来この分野は伸びると感じた。
レンズ付きフィルム	子供たちがTVゲームに夢中になっているのを見て、子供にも楽しめる写真があればいいと思った。
AIBO	過去のコンピュータの発展の歴史をみて、将来のコンピュータは癒しのコンピュータと考えた。
健康エコナ	ラット実験で中性脂肪が少なくなることが判明したとき、太らない油のほうにインパクトがあると考えた。

注1:暗号アルゴリズムの開発では組織が市場についての判断を行っている。ただし、社内ではオリジナルな暗号については以前から話があったが、開発されていなかったという状況であった。

注2:アリセプト開発における市場の把握(杉本教授):医薬品のターゲットは脳神経領域がメジャーとなる。その理由 再生医療が飛躍的に進歩すればひとの臓器は再生できる可能性がある。もし人の脳を再生したら別のひとになってしまうのでこれはありえない。脳は頭蓋骨で保護されている特殊な臓器ともいえる。反面科学のメスが這い入りにくい。残されたターゲットである。すべての疾患が解決されたとしても老化のメカニズムを解明するのは困難である。老化と密接な疾患に痴呆症がある。健やかに老いることにはおそらく痴呆症の克服が必須であると思う。特にデータを使用して市場を判断していない。(杉本八郎,石井正道宛メール2004年12月21日)

(5) まとめ

独創的な商品開発を担う研究者・技術者の創造性については、アマビルの創造性の三つの構成要素『専門能力』、『創造的思考能力』、『モチベーション』は存在していた。9つのケース全ての開発プロセスに必要な不可欠な貢献をしている。ただし、次の点を加えた。

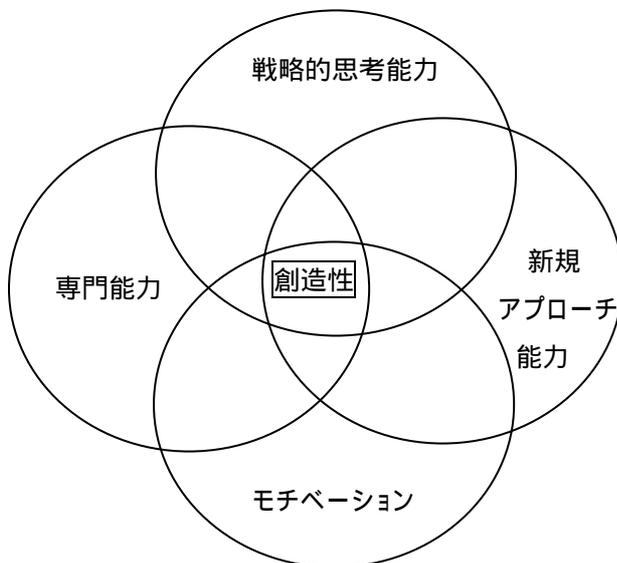
- 1) 『創造的思考能力』については、「既存のアイデアを結びつけて新しいアイデアを生む能力」ということで同じだが、その手段においてアマビルの主張するものと異なるので、ここでは名前を『新規アプローチ能力』と変える。
- 2) 『専門能力』では9つのケース全てにおいて、組織が重要な支援をしている。また、スタート時の専門能力では不十分であり、必要な専門能力を学習する能力が不可欠である。他の専門家の協力を得ることが重要な場合がある。
- 3) 商品開発の方向をきめる能力『戦略的思考能力』が大切な役割を果たしている。このため、これを四つ目の構成要素とする。この構成要素についても、組織が最初に取り組む分野を設定する等、支援することが多い。

これらをまとめると、次のようになる。

独創的な商品開発を担える研究者・技術者は、商品開発における創造性の四つの構成要素、『専門能力』、『新規アプローチ能力』、『モチベーション』、『戦略的思考能力』、を同時期に全てを機能させることができる人である(図 3-2-1)。ただし、専門能力には学習能力が含まれている。

さらに、組織による『専門能力』への支援が必ずあり、重要な役割を果たしている。また、組織は『戦略的思考能力』においても重要な役割を果たすことが多い。

図 3-2-1 独創的な商品開発を担う研究者・技術者の創造性の構成要素



3.2.3 組織環境

組織環境は次の点で大きな共通点がみられた。共通の項目としては、高い自由度、経営トップや上司の支持、日常業務や本社管理からの隔離、がある（表 3-2-3）。

これらの環境要素は、独創的な商品開発に非常に重要な役割を果たしていると考えられる。これらの説明は次の通りである。

高い自由度

取り組む分野の設定があったケースは多いが、その分野の中で、例外なくすべてのケースで自分が取り組むテーマ・課題の選定は自由であった。また、それからアイデアを創出するための、情報収集や場合によっては実験等も含めて、自由に行っている。このような高い自由度は、探査研究には必須条件であると、リチウムイオン二次電池を開発した担当者は述べている。

組織トップや上司の支持

組織トップのしっかりとした支持がある場合は、長期間かかる研究や成功の確率の低い研究も集中して行うことができる。また、これによって自由度の確保もより簡単になる。例えば、クォーツ腕時計の開発も、街で半導体を使用した振子時計をみてから研究がスタートした。それから、国内留学も含めて 10 年間自由に研究開発に打ち込んでいる。これは、工場長や上司の強い支持や理解がなければ実現できなかったことだ。

日常業務や本社からの隔離

研究施設の立地や、事務所の立地が本社などから離れているために、研究に集中できたケースが多かった。例えば、健康エコナの場合は、探査研究は主に鹿島研究所でおこなわれた。このことについて、開発担当者は「鹿島研究所は遠くはないが、東京からはなれている、という絶妙な位置であった。時間の流れがゆっくりしていた。そのため、新規事業の立ち上げに、時間がかかるものだが、それに適していた。東京にいくと、そのスピードが違っているのがわかった。商品化がどんどん進んでいるところをみると、あせりを感じた。もし、同じ場所にいたならば、新規事業に取り組めたかわからない」と、場所的に隔離されていることの効果を述べている。また、レンズ付きフィルムのように、商品企画のプランナーの部署を設け、日常業務から完全に分離させることにより、商品開発に専念させるケースもある。

ベンチャー精神

組織の持っているベンチャー精神（ソニー）やパイオニア精神（東レ）が独創的な商品

開発に影響することについて、それぞれの担当者から指摘がある。今回のケース・スタディでは、他のケースでは見られなかった。今後の研究課題である。

表 3-2-4 組織環境(9つのケース)

カテゴリー	商品名	高い自由度	経営トップや上司の支持	日常業務・本社管理からの隔離	その他
I	暗号アルゴリズム	暗号や誤り訂正符号分野の中で、自由にテーマをきめ、研究を進めることが出来た。	MISTYの原型ができるまでは課長が全面的にバックアップし、原型が出来た後は研究所長の事業化への後押しがあった。	研究所は鎌倉にあり、本社(丸の内)からは分離されていた。	---
	炭素繊維	テーマを自由に選択でき、資金やスケジュールも自由に研究を行うことができた。	経営トップの肝いりで、基礎研究が自由に出来る研究所が建設された。炭素繊維の初期の研究成果をみて、事業化を決断し、それ以降強いリーダーシップをとった。	日常の仕事から隔離するために、工場から離れた場所に研究所が建設された。	ナイロン技術を社運をかけて導入したときのバイオニア精神が受け継がれている。何もしないで失敗しない人よりは、とにかくやってみて、失敗してもいいから、やる人に対する評価が高い。
	アリセプト	テーマを自由に選択し研究することができた。	エーザイは基本的ボトムアップ式の研究開発だ。下のものが、やりたいものはやらせる方針である。	本社(東京)から離れた筑波に新しい研究所を建設し、そこで研究に集中した。	研究開発費は潤沢であった。不可能なことに挑戦しろ。向こう傷を恐れるな、というのが社内のスローガンであった。
II	クォーツ腕時計	テーマを自由に選択できた。資源の活用もほとんど自由であった。	やることは、常に工場長や上司がサポートしてくれていた。	諏訪工場であったのがよかった。東京のセイコー本社から離れていたため、比較的自由にやりたいことが出来た。	東京オリンピックという全社あがりの取り組みの中で、いろいろなことをチャレンジすることが許された。
	リチウムイオン二次電池	機能性プラスチックという分野の中でテーマ選択は自由であった。また、自由に研究を進めることができた。	会社の方針で探索研究をしていたので強い支持を得ていた。	研究所の探索研究グループに所属し、新規事業の探索のための研究に専念することができた。	---
	DNA分析装置	質量分析装置以外でのテーマ選択は自由であった。研究も自由に進めることができた。予算は限られていた。	---	主に本社機能から離れた中央研究所で行われた。	---
III	レンズ付きフィルム	カラーフィルムの商品企画という分野を最初に与えられている。その範囲内で自由にテーマを決めることができ、社内の関係者の協力も得ることができた。	経営トップに活動を支持されていた。	本社営業技術部に商品企画のプランナーとして招集されており、まわりも同じ商品企画プランナーだったため、いわゆる日常業務から離れた環境にいた。	1984年は富士写真フィルム創立50周年の年にあたり、この年を第2の創業と位置づけ「新しい市場を創造しよう。新製品をタイムリーに市場に提示していこう」ということを全社的な行動指針としてあげていた。
	AIBO	本人自身が組織のトップであったため、自由に活動できた。			井深、盛田の自由闊達なベンチャースピリットが受け継がれている。
	健康エコナ	家庭用食品分野内でテーマを自由に選択し、研究することができた。	家庭用食品分野への進出は経営トップの強い希望であった。このため長い期間をかけることができた。	鹿島研究所は遠くはないが、東京からはなれている、という絶妙な位置であった。時間の流れがゆっくりしていた。そのため、新規事業のたちあげに適していた。東京に行き商品化がどんどん進んでいるところを見ると、あせりを感じた。もし、同じ場所にいたならば、新規事業にとりくめたかわからない。	---

注:カテゴリーはそれぞれ、I(新市場創出、革新的研究開発の実施)、II(既存市場利用、革新的研究開発の実施)、III(新市場創出、既存研究開発成果の利用)を示している。

3.2.4 開発担当者の意見

今回の研究では、インタビュー時に開発担当者から次の3点について意見を聞いている。

- 1) 独創的な商品開発を担える研究者・技術者に必要な能力
- 2) 独創的な商品開発を担える研究者・技術者の育成
- 3) 独創的な商品開発のために研究者や技術者の能力を最大限引き出す組織環境・マネジメント

2)と3)については答えが重複することが多かったので、2)と3)をひとつの項目として、それぞれのキーワードをまとめた。

「独創的な商品開発を担う研究者・技術者に必要な能力」としては、『自発性』、『孤独に耐える精神力』、『積極的な興味・関心』、『先見性』、『専門知識』、『戦略性』、『事業化の視点』、『発見・発想』などがあげられている。

「独創的な商品開発を担う研究者・技術者の育成及び能力を引き出す組織環境」としては、『自由度の高い組織環境』、『仕事を任せること』、『若いときに成功体験をさせること』などがあげられている。

各開発担当者の主な意見を参考のため整理した(表 3-2-5, 表 3-2-6)。

表 3-2-5 開発担当者の意見:独創的な商品開発を担える研究者・技術者に必要な能力

<p>『自発性、孤独』</p> <ol style="list-style-type: none">a. ひとりでやっていける能力が重要である。研究者は究極は孤独である。共同してやっても、個人の分担のなかでそのなかでは孤独である。最後に責任をとるのは自分自身である。(松井)b. 受身でなく、自ら考えて行動できる人(事業のあるべき姿を常に考えて行動できる人)。(三井)c. 失敗を恐れず、まず、やる人(やる前から否定せず、まず、やってみること)。(三井)d. 発明・発見には強い夢、あるいは強い意志が必要である。(杉本)e. 信じることが必要である。信じないと、できないんじゃないかという不安の材料は幾らでもある。その不安に自分が縮こまってしまう。縮こまってしまうと、打つ手も十分できなくなる可能性がある。(杉本) <p>『積極的な興味・関心』</p> <ol style="list-style-type: none">f. 何事にも関心を持つこと。(持田)g. 新しいことに積極的に興味を持つ。(天貝、景山)h. 視野広く、幅広い情報収集が出来る人。フットワークが良い人(組織横断的に動けること)。(三井) <p>(次ページに続く)</p>
--

『発見、発想』

- i. 発見、発想する能力、Serendipity。但し多くの情報を与える(特にマーケット情報や会社の置かれている状況など)(森田)

『先見性、専門知識、戦略性、事業化』

- j. 広い意味のマーケティング能力が必要だ。先見性のあるテーマを見つけ出す能力、これに限る。また、技術者としての専門がなければだめだ。二つぐらいは必要。例えば、機械とエレクトロニクスだ。それぞれの分野で次にながら起こるのかを読める力がほしい。このような技術的な裏づけがなければ、単なる夢物語になってしまう。さらに、商品のコンセプトを作る能力が必要となる。また、リーダーも育成する必要がある。企業家精神を持った人間だ。ここでいう企業家精神とは事業化に持っていきまでのプロセスを描けることだ。また、これを伝える能力だ。(相沢)
- k. 将来を見ること。10年後を見ること。20年後30年後はダメだ。無責任な見通しになってしまう。具体的に目標を掲げる。どのようなプロセスで実行するのか、当面の課題を設定する。対象とする分野は、競争が少なく、インパクトのあるもの。みんながやっているものはダメだ。自分で考えて、賭けたほうが良い。そのほうが成功する。ただし、それには精神力がいる。みんながやっていないものは、不安が大きい。それに打ち勝つために、何度も自分と戦わなければならない。そして、途中でやめないことだ。このような能力が必要だ。(神原)
- l. 次の3つがうまくサイクルでまわるようになればうまくいくのではないだろうか。(吉野)
- 専門能力:これは勉強すること。
- 独創性:資質に大きく作用されるかもしれない。考える場を作ることが重要である。
- 戦略:外に出てお客さんとコンタクトし、なにをもとめているかをつかむ。客のニーズをつかまえ、それに合わせて、研究をすすめる。初期の段階からニーズを肌で感じる事が重要である。
- m. 最も必要なのは、こだわり、である。こだわりとは、なんとしてもやりたいという強い思いだ。つくりたい、世の中に役立つものを作りたいといった、こだわりの思いがなければうまくはいかない。これがないとつくれぬ。実現していくときの必要条件としては、専門知識が必要だ。例えば肥満の研究なら、世界で一流の研究者が競っているが、そこで通用する専門性や研究レベルが必要だ。これがなければ商品開発を具体的に推進していくことはできない。発見したものを、商品として成功させることにすることも非常に重要だ。発見が本物で、いわゆる製品のパフォーマンスがよくても、売れるとは限らない。それを事業に仕立てていくことが重要だ。事業として成功することと、パフォーマンスのよさの、バランス感覚が必要だ。(安川)
- n. 働きの良い人(磨けば身につく:多くの知識、多くの経験を重ね、問題意識を持ち、絶えず磨くこと)。(三井)

注:()内の略称は以下の通り(敬称略、順不同)

松井:松井充 暗号アルゴリズム開発担当者、森田:森田健一 炭素繊維 研究開発担当者

三井:三井茂雄 炭素繊維 生産技術開発担当者、杉本:杉本八郎 アリセプト開発担当者

相沢:相沢進 クォーツ腕時計開発担当者、吉野:吉野彰 リチウムイオン二次電池開発担当者

神原:神原秀記 高速 DNA 分析装置開発担当者、持田:持田光義 レンズ付きフィルム開発担当者

天貝・景山:天貝佐登史、景山浩二 AIBO 事業経営・開発担当者、安川:安川拓次 健康エコナ開発担当者

表 3-2-6 独創的な商品開発を担える研究者・技術者の育成方法及び能力を引き出す組織環境

『自由度の高い組織環境、若いうちから仕事を任せる』

- 1) 若い時期から、重要なものを任せる。能力を発揮するのに待つ必要はない。タイトル(地位)や年齢、性別に関係なく、いいアイデアを持っていれば取り上げる。自由な環境をつくって、自発的な行動に任せる。(天貝、景山)
- 2) 現在は、戦国時代のようなもの。昔とは違う。具体的な成果を出したら、これだけのお金をあげるよ、といって、自由にテーマをきめて自由にやらせる。成果の出たものは相応の対価をだす、という方法が良いと思う。もう管理する時代ではない。管理しても、よい成果は出てこないだろう。管理をした場合、うまくいかない場合は、上がやれといったから、といういいわけができてしまう。また、上が示した目標だけに集中し、商品の開発に関係ないところで成功して喜ぶような場合もある。研究をやる人にとって、どうしたら一番元気がでるだろうかということを考えるべきである。しかし、今までの日本社会は管理するにはどうしたら都合がいいかであった。発想を逆にすれば成功する。(神原)
- 3) 客に接することができるようにする。自由をあたえる。権限委譲をする。自分の判断で客先にいったり、対応を考えるようにする。(吉野)
- 4) 好きなことをやらせるだけの経営・組織の度量の広さ、奥深さが必要。プラスストロークを醸し出すことができるマネージャーの発掘。(持田)
- 5) 優秀な研究者を選び、自由にやらせる。(森田)
- 6) 目標と課題について十分に話し込んで決め、その後は任せて自由にやらせる。任せ放しではなく、適宜フォローアップして、必要な助言・支援をする。(三井)
- 7) MISTY のケースでは、同じ課の中に、誤り訂正のように利益を上げているグループ と利益が出していないが将来の可能性のあるグループを一緒にしたのはよかつと思う。そのため、他から利益を出していないことを非難されることがなかった。また、暗号グループを自由にやらせたこともよかつた。自由にさせたほうが、本人は逃げ場が無くなって成果を出さなければならなくなる。(松井)
- 8) 二つのやり方があると思う。一つは、自由にやらせて、成果の出た人によりリターンをあたえ、そうでない人には与えない。もうひとつは、少人数によるグループをつくり、そのグループの成果にたいしてリターンをあたえ、構成メンバーは同じように処遇するというやり方だ。現時点でどちらがいいのか判断しかねている。(松井)

『若いときに成功体験をさせること、等』

- 9) さらに、小さなものでよいから、商品開発の経験をさせ、成功体験させることが重要だと思う。自信がつくと大胆になれる。また、失敗ばかりしていると、萎縮してしまう。小さな成功でも、ゆとりをうみ、それが心のよりどころとなる。(神原)

(次ページに続く)

- 10) 育成方法としては、成功体験をさせることが重要だと思う。チャレンジしているだけではダメだと思う。成功体験の中でよるこびを感じ、今度は自分がつくってやろう、という人材が出てくると思う。開発全体が前に進んでいる中で育成することが、より多くの良い人材を育成できると思う。もちろん、そのような状況でなくても育つ人間がいるかもしれないが、確率をあげる上で、そのようなことが必要であろう。これから担う人間は、世界の場に出して他流試合をさせないと、だめだ。最後は人なので、少しでも経験させながら育成しないとダメなのではないかと思う。(安川)
- 11) 実際の商品開発を経験させる。短いものでよい。1 - 2年のもの。(吉野)
- 12) OJTで鍛えて、修羅場を経験させ、成功の機会を与えて、自信とやる気を持たせる。(三井)
- 13) 多くの場面を作り、それに遭遇させる事により自分に何がむいているかを感じさせる。(持田)
- 14) 失敗から学ぶ姿勢を求める(責任を逃れさせない)。(三井)
- 15) 高い目標を設定する。やっと届くぐらいの目標を与える。これだと部下は育った。
また実際に自分でものを売ったり、顧客の意見を直接聞いて、市場を経験させることもよい。(相沢)

第4章 結論

前章まで9つのケース・スタディとクロス分析を行った。その結果得た知見を、下記に示す本研究の基本的な三つの質問に沿ってまとめた。

- 独創的な商品開発がどのようにしておこなわれたのか（アイデア形成中心）
- どのような人材だったのか。
- どのような組織環境だったのか。

4.1 まとめ

今回のケース・スタディの結果をまとめると次の通りである（図4-1-1）。

独創的な商品開発の組織環境とプロセス（初期からアイデア形成まで）：自由で、日常業務から離れ、経営トップや上司に支持された組織環境の中で、研究者・技術者はひとりでテーマを見つけ、基本的なアイデアを発案する。さらには、数人の協力を得て、商品化が判断できるレベルまでアイデアを発展させる。

このような組織環境と開発プロセスの中で、独創的な商品開発を担える研究者・技術者は、創造性の構成要素である『専門能力』、『新規アプローチ能力』、『モチベーション』、『戦略的思考能力』を同時期に全てを機能させることができる人である。

組織による『専門能力』への支援が必ずあり、重要な役割を果たしている。また、組織は『戦略的思考能力』においても重要な役割を果たしている。

説明（図4-1-1）

独創的な商品開発のプロセス（アイデア形成中心）の内容

- Step 1) 組織によって分野を設定される。
- Step 2) 分野内で自由に担当者が取り組むテーマや課題を決める。
- Step 3) テーマについて担当者が情報収集等をし、基本的なアイデア作り出す。
- Step 4) 主体的に、実験等によって商品化が判断できるレベルまでアイデアを発展させる。
- Final) 組織の了承を得て、商品化され販売される。

注1：Step1) 開発担当者自身が組織のトップである場合は、組織による分野設定がない場合がある。

注2：Step1) 開発担当者が特定分野を扱うポジションに配置された場合、組織によって分野が設定されたとする。

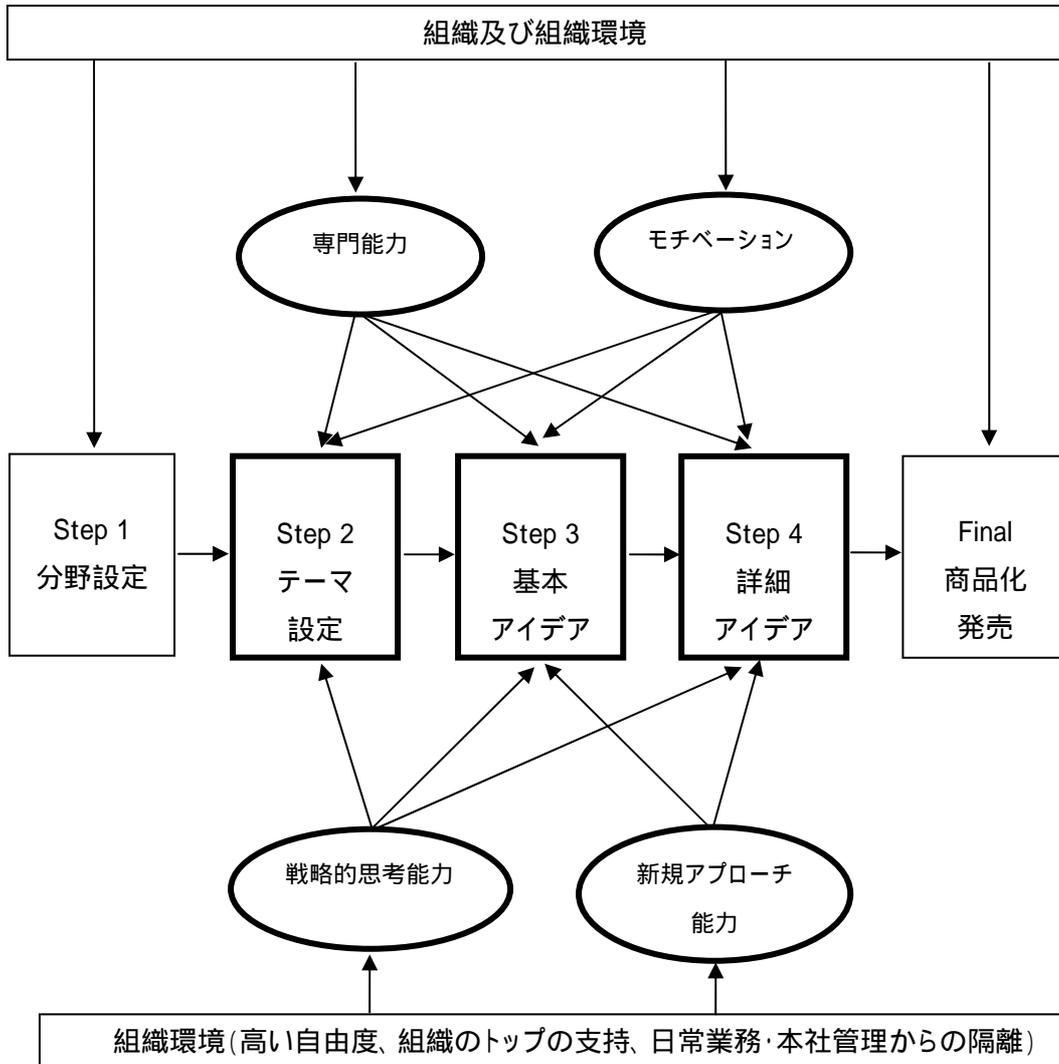
注3：Step2),3) 開発担当者がひとりで行う。ただし、関係者等などが情報収集等を手伝うこともある。

注4：Step4) この段階で大きな費用がかかるような場合（例：薬の開発）、組織の了承が必要となる。

この商品開発形式を『トップ環境形成ボトムアップ型商品開発』と表現できる。

さらに共通するポイントとして、市場や研究開発の見通しが難しく、不確実性が非常に高い。そのような開発プロセスの中で、予想外の発見等によって進展がある。そのため、進展は直線的ではなく、非連続である。

図 4-1-1 独創的な商品開発プロセスとそれを担う研究者・技術者の創造性構成要素の関係



注1: Step1 ~ Finalは商品開発のプロセスを示している。Step4 の詳細アイデアとは組織が商品化の判断できるレベルのアイデアのことをいう。

注2: 「専門能力」「モチベーション」「新規アプローチ能力」「戦略的思考能力」は創造性の構成要素である。

注3: □ (横長の長方形)は組織及び組織環境を示す。

独創的な商品開発を担う研究者・技術者の創造性を構成する要素の内容

専門能力：仕事の範囲で知っていることやできることすべてを包括するものである。特に、先端技術分野の商品開発では、大学での専門が大きく貢献するパターンが存在する。また、多くの場合、スタート時の専門能力では不十分であり、新たに学習する能力が不可欠である。他の専門家の協力を得ることが重要な場合もある。

（組織による支援）

専門能力においては、組織による支援が常に存在し、重要な役割を果たしている。製造技術も独創的な商品開発に大きな役割を果たしている。

モチベーション：自由な環境の中、高いモチベーションを持ち一人で自発的に活動することが基本である。また、誰もやったことのないことを積極的に取り組む姿勢が必要である。

新規アプローチ能力：既存のアイデアを結びつけて新しいアイデアを生む能力のことである。その具体的な手段は次の通りである。

- a. 論文・学会情報、TV 科学プログラム、大学・研究所の研究情報、等の研究開発の情報。
- b. 自分の専門や知識経験を新しい成長分野に持ち込む。
- c. 既存の研究分野で、新しい専門を持ち込む。
- d. 異なる産業や立場からの発想。
- e. セレンディピティ。

戦略的思考能力：商品開発の方向を決める能力。開発担当者はテーマの設定から、商品化の判断ができるレベルのアイデアを創出するまで、ひとりで又は主体的に行う。テーマを設定する時や開発が予想外の発見等によって進展する時など、常に研究者・技術者自身が商品開発の方向を決める。ケースによって重点は異なるが、下記の項目を考慮している。

- 1) 将来の技術革新可能性を把握し、現実的なステップを踏む。
- 2) 将来発展する市場にベースをおく。
- 3) 誰もやったことのないことをやる（競争相手が少ないところを目指す）。
- 4) 自社または自分の強みにベースを置く。

（組織による支援）

戦略的思考能力に、組織による支援が存在する。特にスタートの時点では、組織が重要分野を考え、開発担当者を採用・配置することが多い。その後、開発担当者に任せる。

組織環境の内容

高い自由度：自分が取り組むテーマ・課題の選定は自由。また、それからアイデアを創出するための、情報収集や場合によっては実験等も含めて、自由に行う。

組織トップや上司の支持：組織トップのしっかりとした支持によって、長期間かかる商品開発も専念して行うことができる。

日常業務や本社管理からの隔離：日常業務から離れたり、研究施設の立地が本社などから離れることで、開発担当者は独創的な商品開発に集中することができる。

4.2 政策への示唆

独創的な商品開発を担う研究者・技術者を育成・支援する政策に関して、今回の研究結果が示唆するものを記述する。これらはアイデア段階であり、今後の調査課題でもある。

1. 商品開発を担う研究者・技術者の創造性の構成要素へプラスの影響を与える。

創造性の構成要素にプラスの影響を与えることによって、研究者・技術者の商品開発に関する創造性が向上することが考えられる。その結果、独創的な商品開発が行われる確率が高くなると予想される。構成要素にプラスの影響を与えるのはどのような政策か、といった観点から政策を検討する必要がある。ここでは、各構成要素ごとに検討課題の例を示す。

A. 専門能力

先端分野での独創的な商品開発では適切な専門能力が不可欠である。科学技術の進歩が加速され、学問分野が細分化するなかで、最先端の知識や情報を、より迅速に、大学に学ぶ学生や社会人となった研究者・技術者に供給する必要がある。また、多くの場合、商品開発スタート時の専門能力では不十分であり、新たに学習する能力が不可欠である。よって次の項目が検討課題の例として考えられる。

示唆 1：大学における先端分野での新規学科のより迅速な設立システムを検討する。

示唆 2：最先端技術分野の学科の講義を全国的に共有または供給するシステムを検討する。

示唆 3：大学卒業後に新たな専門知識等を効率よく学習する能力を身につける教育プログラムを検討する。

B. 新規アプローチ能力

今回の研究結果では、下記の5つのタイプの新規アプローチによって、世界で初めての商品のアイデアが生まれている。

- a. 論文・学会情報、TV 科学プログラム、大学・研究所の研究情報、等の研究開発の情報。
- b. 自分の専門や知識経験を新しい成長分野に持ち込む。
- c. 既存の研究分野で、新しい専門を持ち込む。
- d. 異なる産業や立場からの発想。
- e. セレンディピティ。

これらを促進するために、次の検討課題が例として考えられる。

示唆 4：現在は大学等に限定されている海外論文電子ジャーナルを普及させるシステム（使用料が安い、等）を検討する。

示唆 5：日本語論文情報の電子化の迅速化、およびより広範囲に普及させるためのシステムを検討する。

示唆 6：大学での社会人研究者・技術者で、学位取得が目的ではない情報収集目的の人に比較的簡単に入学できるシステムを検討する。

示唆 7：過去数年のTV科学プログラムや一般向け科学記事等を体系的に整理し、使いやすいうようにインターネット等で自由にアクセスできるシステムを検討する。

C. 戦略的思考能力

商品開発の方向を決める能力。開発担当者はテーマの設定から、商品化の判断ができるレベルのアイデアを創出するまで、ひとりで又は主体的に行動する。テーマを設定する時や開発が予想外の発見等によって進展する時など、常に研究者・技術者自身が商品開発の方向を決める。ケースによって重点は異なるが、下記の項目を考慮している。

- 1) 将来の技術革新可能性を把握し、現実的なステップを踏む。
- 2) 将来発展する市場にベースをおく。
- 3) 誰もやったことのないことをやる（競争相手が少ないところを目指す）。
- 4) 自社または自分の強みにベースを置く。

この能力を向上させるための検討課題の例を示す。

示唆 8：技術革新の可能性及び市場機会について情報収集分析し、自分の能力等を考慮し、不確実性が高い中で、具体的なアクションを考える戦略的思考能力を育成するプログラムを検討する。

示唆 9：先端技術動向や市場動向について、全国の研究者・技術者にわかりやすく信頼できる情報を迅速に供給するシステムを検討する。

D. モチベーション

自由な環境の中、高いモチベーションを持ち一人で自発的に活動することが基本である。また、誰もやったことのないことを積極的に取り組む姿勢が必要である。

示唆 10：研究者・技術者の中には、自由な環境を与えると、活動する人とそうでない人がいる。原因は明確には把握されていない。自発的かつ積極的な人材に関する研究を行う。人の問題なのか、マネジメントの問題なのか、それとも教育の問題なのか、基本的なところから調査検討すべきであろう。

2. 独創的な商品開発に必要な組織環境形成の支援を行う。

今回の研究結果は、独創的な商品開発には組織環境が重要な役割をしていることを示している。組織環境を形成するため、政府はどのような支援ができるか、という観点から政策を検討する必要がある。検討課題の例を下記に示す。これらは全てアイデア段階である。

日常業務・本社管理からの隔離

示唆 11：開発のための非日常空間を提供する。特に中小企業が探査研究をしようとする

と、場所としては会社の工場内等が考えられるが、このような状況だと、日常業務にまきこまれたり、同僚に影響されてしまう。このため、関連する分野の独立行政法人研究機関や大学の研究機関による場所貸しを促進させる。そこで、開発担当者は日常業務や本社管理から離れ、研究に集中できる。また、これによって、開発担当者は同研究所の研究者やネットワークから情報が得られる。研究機関側は企業ニーズを把握することに役立つ。このような制度を検討する。

組織環境への間接的な影響

示唆 12：「研究成果を活用した独創的な商品開発」の国際的な賞の創設を検討する。

国際的な賞は、ノーベル賞に代表されるように、基礎研究が主である。しかし、基礎研究ももちろん重要だが、研究開発成果を商品や事業に結びつけることも同様に社会にとって重要である。これらはまた、基礎研究と同様に創造的なもので、国際社会に大きく貢献するものである。国民にこのシグナルを送るためにもこの賞の意義は大きいと考える。現在の発明協会が行っている全国発明賞を国のレベルから世界レベルに引き上げることは、現実的な方法の一つであると考え。また、このとき、製造技術が独創的な商品開発に役立ったケースはそれに対してもなんらかの賞を与える。製造技術の独創的な商品開発における重要性を認識してもらうことが目的だ。

3. 政策への示唆のまとめ (National Creativity の提案)

本研究の結果は、国の仕組みや制度が研究者・技術者の創造性に影響を与える可能性とその具体的な検討課題を示している。

過去の研究によって、組織の仕組みやマネジメントがそこで働く人々の創造性に影響することがわかってきており、この組織による創造性への影響は Organizational Creativity として扱われている (Sternberg, 1999)。これによって、組織による創造性への影響が明確に認識され、調査研究が推進されている。

それと同様に、国の仕組みや制度が人々の創造性に影響することを受けて、National Creativity というアプローチが考えられる。

これによって、国の仕組みや制度が人々の創造性に影響を与えることが明確に認識され、具体的な政策等の調査研究が促進され、国全体の創造性を向上させることは大変重要だと考える。

4.3 今後の研究課題

今後の研究課題は次の通り。

政策に関連する調査研究課題

「4.2 政策への示唆」を参照のこと。

理論に関する研究課題

1. 「商品開発を担う研究者・技術者の創造性」の理論に関する研究

「商品開発を担う研究者・技術者の創造性」に関する新たな理論を提示したが、追加的なケース・スタディを行い検証する。

追加的なケース・スタディでケース数が増えた後、これらを数値化して分析を試みる。数値化するのは、開発担当者の属性、四つの創造性の構成要素、開発プロセスや期間、商品の特性、特許・論文データ等の関係において、関連分析やパターン分析、等を行い、商品開発を担う研究者・技術者の創造性についての理解を深めることを試みる。

2. National Creativity の研究

今回の研究の結果は独創的な商品開発における個人の創造性に国の仕組みが影響する可能性を示している。ここでは National Creativity の研究を提案する。個人の創造性を最大限に引き出す国のシステムを研究の対象とする。最終目標は、国全体の創造性を向上させることである。

3. ベンチャー精神・パイオニア精神の研究

ベンチャー精神やパイオニア精神というものが、どのようにして生まれ、どのようにして存続するのか。また、それらの精神がイノベーションにどの程度影響を及ぼすのか。社会がこのような精神を育み、イノベーションが起こりやすい環境を創ることができるのか、ということについて研究を行う。

4. セレンディピティの研究

今回のケース・スタディでもセレンディピティが何件か見られた。また、最近の我が国のノーベル賞受賞者の白川英樹氏、田中耕一氏の研究成果もセレンディピティによることは有名な話である。過去のセレンディピティについて、データを収集し、その発生する確率を高める研究を行うことは非常に重要だと考える。

以上

謝 辞

今回の報告書につきまして最初にお礼を言わなければいけないのは、やはり独創的な商品開発に成功し、今回の調査にご協力していただいた方々です。この方々のご協力が無ければこの研究はできませんでした。お忙しい中、貴重なお時間を割いていただきました。深く感謝申し上げます。その方々は次の通りです（順不同、敬称略）。

元セイコーエプソン株式会社 専務取締役 相沢進

花王株式会社 ヘルスケア第1研究所 所長 安川拓次、広報部門 課長職 滝本忠

京都大学大学院薬学研究科 創薬神経科学講座 客員教授 杉本八郎

旭化成エレクトロニクス株式会社 電池材料事業開発室 室長 吉野彰、旭化成株式会社
広報室 課長 中村雅夫

東レ株式会社 顧問 三井茂雄、有限会社オキシド 代表取締役 森田健一、東レ株式
社 広報室 山縣義孝

株式会社日立製作所 中央研究所 フェロー 神原秀記、企画室 部長 内田史彦、木下
登美子

ソニー株式会社 エンタテインメントロボットカンパニー プレジデント 天貝佐登史、
第1統括部 総括部長 景山浩二

ソニー株式会社 渉外部 2課 課長 今里直、係長 梶達雄

三菱電機(株) 情報技術総合研究所 情報セキュリティ技術部 次長 松井充

元富士写真フィルム(株) 営業第一本部 担当部長 持田光義

また、当研究所内部からご支援やご協力をいただきました。今井寛第1及び第2調査研究グループ総括研究官には本研究テーマ設定に貴重なアドバイスをいただきました。近藤正幸第2研究グループ客員総括研究官には研究手法に関する貴重なアドバイスや研究に専念できる良い環境をつくっていただきました。第2研究グループの富沢宏之主任研究員、川崎弘嗣元上席研究官、山本桂香上席研究官、上野泉研究官、そして中山保夫客員研究官のご協力をいただきました。また、清水佳津子さんには、事務作業を手伝っていただきました。

小田切宏之前第1研究グループ総括研究官にも研究方法を含め多くの貴重なアドバイスをいただきました。桑原輝隆科学技術動向研究センター長との夜の雑談も発想の転換に役立ちました。

企画部、総務部、情報分析課の皆様には、大変お世話になり、おかげさまでスムーズに研究を遂行することができました。予算獲得及び遂行、事務用品の確保、書籍の購入、コンピュータのトラブル解消、文献情報の入手、等を含め、これらの部署の方々の助けがなければ、現実的に何も進みませんでした。また、文部科学省図書館にも大変お世話になり

ました。

Globalvation 社の Dr.Gerald Hane にも研究の進め方について示唆をいただきました。

今回の報告書は、以上の方々、またそのほかにも書ききれない方々から貴重なご支援を受けて出来上がったものです。みなさまに心より感謝申し上げます。

なお、本報告書の内容やアイデアについては、すべて著者が責任を負うことは言うまでもありません。

参考文献

全 般

- Yin,R.K.(1994). *Case Study Research*.(2nded.).Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
邦訳 , ロバート・K・イン(1996)『ケース・スタディの方法』第2版 , 近藤公彦訳 . 千倉書房 .
- Kats,R.(Ed.).(2003)*Harvard Business Essentials Managing Creativity and Innovation*.
Boston:Harvard Business School Press.邦訳 , R・カッツ(2003)『ハーバード・ビジネス・エッセンシャルズ 創造力』石黒 薫訳 . 講談社 .
- 住井一夫 (1986)『イノベーション・マネジメント』日本経済新聞社 .
- 孫媛、井上俊哉(2003)「創造性に関する心理学的研究の動向」『NII Journal』5 .
- 林 伸二(1994)「創造力とは何か」『青山経営論集』29(1),7-19, 青山学院大学経営学会 .
- 藤本隆宏、安本雅典 編著(2000)『成功する製品開発』有斐閣 .
- 『平成 16 年度全国発明表彰受賞者功績概要』(2004)社団法人発明協会 .
- 『平成 14 年度全国発明表彰受賞者功績概要』(2002)社団法人発明協会 .
- Amabile,T.M.(1998).How to Kill Creativity, *Harvard Business Review*,
September-October.77-87.
- Amabile,T.M.(1996). *Creativity in context*.Boulder, Colorado:Westview Press.
- Amabile,T.M,(1988).A Model of Creativity and Innovation in Organizations. In B.M.
Staw&L.L. Cummings,(Eds.), *Research in Organizational Behavior*,10, (pp.123-167)
Greenwich,CT:JAI Press.
- Sternberg,R.J.(Ed.).(1999).*Handbook of Creativity*. New York:Cambridge University
Press .
- Morris,Michael H., Kuratko,D.F.(2002). *Corporate Entrepreneurship*. Orland:Harcourt
College Publishers.
- Katz,Ralph. (Ed.).(1997). *The human side of managing technological innovation*. New
York:Oxford University Press.
- Eisenhardt.K.M(1989).Building theories from case study research. *Academy of
Management Review*,14(4),532-550 .
- Shane,S.A.(2004) *Finding fertile ground*,New Jersey : Wharton School Publishing .
- O'Connor, Gina Colarelli,Rice, Mark P. (2001).Opportunity Recognition and
Breakthrough Innovation in Large Established Firms. *California Management
Review*, 43(2), 95-116 .
- Tidd,J.,Bessant,J.,Pavit,K.(2001).*Managing Innovation*.Chichester, England:John
Wiley&Sons.邦訳 , ジョー・テッド , ジョン・ベキサンド , キース・パビット(2004)『イ
ノベーションの経営学』後藤晃・鈴木潤監訳 . NTT 出版 .

Mintzberg,H.,Ahlstrand,B.,Lamped,J.(1998).*Strategy Safari*.New York:The Free Press .

暗号アルゴリズム

笠原正雄、佐竹賢治(2004)『誤り訂正符号と暗号の基礎数理』コロナ社 .

辻井重男(1996)『暗号』講談社 .

辻井重男、笠原正雄(2003)『情報セキュリティ』昭晃堂 .

松井 充(2004)「第3世代携帯電話(W-CDMA)国際標準暗号の誕生」『電子情報通信学会誌』87(1), 21-25 .

松井充,時田俊雄,反町亨(2002)「三菱電機の暗号アルゴリズム開発」『三菱電機技報』76(6), 8-12 .

松井 充(2000)「暗号・認証技術の動向」『電気評論』臨時増刊 .

松井 充(1997)「20年間破られなかった暗号を解読する手法」『日経エレクトロニクス』3月24日号(pp.209-216)日経BP社 .

松井 充(1996)「暗号の攻撃・解読法：線形解読法」『情報処理』37(6),516-520.

『平成16年度全国発明表彰受賞者功績概要』(2004)社団法人発明協会 .

堀切近史(2002a)「暗号アルゴリズム「MISTY」の開発(第1回)」『日経エレクトロニクス』6月17日号(pp.212-215)日経BP社 .

堀切近史(2002b)「暗号アルゴリズム「MISTY」の開発(第2回)」『日経エレクトロニクス』7月1日号(pp.227-231)日経BP社 .

堀切近史(2002c)「暗号アルゴリズム「MISTY」の開発(第3回)」『日経エレクトロニクス』7月15日号(pp.203-207)日経BP社 .

堀切近史(2002d)「暗号アルゴリズム「MISTY」の開発(第4回)」『日経エレクトロニクス』7月29日号(pp.187-191)日経BP社 .

堀切近史(2002e)「暗号アルゴリズム「MISTY」の開発(最終回)」『日経エレクトロニクス』8月12日号(pp.171-175)日経BP社 .

炭素繊維

東レ(株)ACM技術部(2004)『炭素繊維“トレカ”の歴史』(2004年7月)東レ(株)内部資料 .

高松 亨(2000)「PAN系炭素繊維の開発」『技術と文明』12(1),1-24 .

伊藤昌壽(1992)「ナイロン、炭素繊維、人口皮革の開発」通商産業省編著『産業技術の歴史の継承と未来への創造』(pp.82-86),通商産業調査会 .

進藤昭男(1982)「PAN系炭素繊維の開発動向」『日本複合材料学会誌』8(3), 79-85 .

進藤昭男(1983)「先輩に学ぶ」『高分子』32,258-259 .

進藤昭男(1986)「カーボンファイバー」『セラミックス』21(10),941-945 .

森田健一(1984)「炭素繊維」『繊維と工業』40(4・5), 344-347 .

松井醇一(1997)「炭素繊維の話」『強化プラスチック』43(8), 296-300 .

日本経済新聞社 (1978) 「炭素繊維」『技術の履歴書』(pp.85-103)日本経済新聞社 .
文部科学省(2003) 『平成 15 年 文部科学大臣賞』文部科学省 .
山本隆一(2003) 「炭素繊維「トレカ」の開発」『化学と工業』 56(4) , 442-443 .
東レ(2004) 「炭素繊維複合材料でボーイング社と長期供給基本契約に調印」『プレスリリース』 2004 年 5 月 26 日 .

アリセプト

杉本八郎(2004) 「アルツハイマー型痴呆症治療薬開発の夢を追って」『独創的な商品開発を担う研究者・技術者の研究』(資料-3)科学技術政策研究所 .
杉本八郎(1998) 「アルツハイマー病治療薬塩基ドネシベル開発経緯」『有機合成化学協会誌』 56(4) , 320-327 .
杉本八郎 (2002) 「私の発明手法」『発明』 99(10) , 102-104 .
杉本八郎, 山西嘉晴, 小倉博雄, 飯村洋一, 山津清實(1999) 「アルツハイマー病治療薬ドネシベルの研究開発」『薬学雑誌』 119(2) , 101-113 .
杉本八郎(2003) 「自分を信じて挑戦するからこそ、無理だと思われることでも成功に結びつく」『Talk talk』(通号 57) 心の集団-JAM .
杉本八郎(1999) 「アルツハイマー病治療薬ドネベジルの研究開発」『現代化学』 399 , 32-38 .
溝口 敦(2003) 『日本発!世界技術』小学館 .
武末高裕(2003) 「新薬開発アルツハイマー病を克服する」『Fobes/Japan』(2003 年 5 月) , 124-128 .
小野善生(2003) 「エーザイ」『一ツ橋ビジネスレビュー』(2003 年 4 月) , 132-145 .
桑島健一(2000) 「医薬品の製品開発」藤本隆宏, 安本雅典 編著 『成功する製品開発』 5 章 , 有斐閣 .

クォーツ腕時計

社団法人日本時計協会(2004) 「日本及び世界のウォッチ産業の概況」2004 年 9 月 24 日検索 , http://www.jcwa.or.jp/jp/syou_03c.html .
社団法人日本時計協会(2003) 「日本の時計産業概史」2003 年 12 月 9 日検索 , <http://www.jcwa.or.jp/jp/sangyou.html> .
相沢進(1995a) 「日本の企業に求められている創造性の追及」『経営システム』 5(3・4) , 211-216 .
相沢進(1995b) 「クォーツ腕時計の開発」『みんなが知っている製品 みんなが知らない生立 第 1 巻』(pp.17-21)社団法人日本機械工連合会 .
相沢進(1987) 「エプソンの挑戦」『岐路の選択と新分野への挑戦』(pp.185-217)新経営研究会 .
相沢進(1985) 「エプソンの研究開発マネジメント」『ビジネス レビュー』 32(4) , 65-82 .
内藤一男, 岩井茂 (1985) 「腕時計産業の技術変遷について」『日本機械学会誌』 88(802) ,

1035-1040 .

新宅純二郎(1989)「技術転換への対応能力 セイコーとスイス時計メーカーの比較」

嶋口充輝, 竹内弘高, 片平秀貴, 石井淳蔵 編著『マーケティング革新の時代 製品開発革新』3章, 有斐閣 .

日本経済新聞社編(1978)「水晶腕時計」『技術の履歴書』6章, 日本経済新聞社 .

道家達将(2000)「シリーズ東工大の“宝物”2」『東工大クロニクル No.348』東京工業大学広報センター .

東京大学工学部(2004)「沿革」『電気工学科・電子情報工学科・電子工学科』2004年11月11日検索, <http://www.ee.t.u-tokyo.ac.jp/page/about/index2.html> .

『アスキーデジタル用語辞典』(2004)2004年11月23日検索,

<http://yougo.ascii24.com/gh/30/003057.html> .

『IT用語辞典 e-Words』(2004)2004年11月23日検索,

<http://e-words.jp/w/MOS.html> .

『水晶時計のしくみ』(2003)2003年12月21日検索,

<http://tokeiya.cool.ne.jp/watch/kikai.htm> .

リチウムイオン二次電池

社団法人電池工業会(2004)「二次電池販売金額長期推移(経済産業省機会統計)」2004年9月28日検索, <http://www.baj.or.jp/total/index.html> .

白川秀樹(2001)『化学に魅せられて』岩波新書 .

吉野彰(2004)『リチウムイオン電池物語』シーエムシー出版 .

吉野彰(2003)「私の発明手法」『発明』100(3), 72-74 .

吉野彰(2002)「リチウムイオン二次電池はなぜ生まれたか? また、これからどうなるのか?」『PETEROTECH』25(7), 31-34 .

吉野彰、大塚健司、中島孝之、小山 章、中条 聡(2000)「リチウムイオン二次電池の開発と最近の技術動向」『日本化学会誌』8, 523-534 .

吉野彰(1999)「炭素材料が電極負極になるまで」『炭素』186, 45-49 .

吉野彰(1995)「リチウムイオン二次電池の開発」『化学工業』46(11), 22-27 .

西 美緒(1997)『リチウムイオン二次電池の話』裳華房 .

芳尾真幸、小沢昭弥 編著(2000)『リチウムイオン二次電池』(第2版). 日刊工業新聞社 .
『平成14年度全国発明表彰受賞者功績概要』(2002)社団法人発明協会 .

DNA 分析装置

神原秀記, 釜堀政男, 岡野和宣, 周国華(2001)「DNA 解析技術と医療応用」『Jpn J Electroph』45, 219-225 .

神原秀記(1999)「DNA の分析」『ぶんせき』289(1), 25-33 .

神原秀記(2003a)「キャピラリーDNA アナライザー」『バイオマテリアル』21(2), 98-105 .
神原秀記(2003b)「インタビュー第一線の人に聞く」『いととじゅっけん』48(7),20-23 .
神原秀記(2004)「キャピラリーアレーDNA シーケンサーの開発」『現代化学』(2004年7月),
66-69 .
神原秀記(1998)「光による遺伝子解析」『光アライアンス』9(12),1-6 .
21世紀ビジネス塾(2004b)「脱“二番手主義”のすすめ」2004年4月24日放映NHK,
2004年5月5日検索, <http://www.nhk.or.jp/business21/bangumil/1..html> .
隅蔵康一、新保斎(2003)「ヒューマン・ゲノム・プロジェクト」川崎弘嗣、林隆之、隅蔵
康一、新保斎、綾部広則、小林信一 編著『科学技術国際協力の現状(調査資料101)』
科学技術政策研究所 .
『ハイテク用語集』(2005)2005年1月4日検索, <http://www.biotech-house.jp/glossary> .
『Human Genom Project Information』(2005)2005年1月4日検索,
http://www.ornl.gov/sci/techresources/Humane_Genome/home.shtml .

レンズ付きフィルム

富士写真フィルム(2004)「写ルンですの歴史」2004年9月28日検索,
<http://www.fujifilm.co.jp/utsurundesu/histry/history.html> .
富士写真フィルム(2002)「写ルンです 10億本達成記念! フォトコンテスト」2004年9月
28日検索, http://www.fujifilm.co.jp/news_r/nrj992.html .
持田光義(1993)「「写ルンです」による写真需要の拡大」『日本のマーケティング戦略』(水
口健次 監修)日本経済新聞社 .
持田光義、大村紘、武井尚司(1987)「フジカラー“写ルンです”, “写ルンですHi”」『Scientific
Publication of the Fuji Photo Film Co.,Ltd.』15(33),15-19 .
滝田誠一郎(2000)「写ルンです: 新世紀への伝言」『D I M E』9月7日号小学館 .
持田光義(1989)「フジカラー“写ルンです”の商品化」『ヒット商品・先端技術開発のケー
ス・スタディ』日本開発工業会 .

AIBO

「AIBO 誕生!」編集委員会(2000)『AIBO 誕生!』株式会社アスキー .
土井利忠(2001)「役に立たない AIBO がこんなに売れたわけ」『日経エレクトロニクス』7
月16日号(pp133-141) .
景山浩二、藤田雅博(2001)「AIBO 誕生ストーリーとロボットの未来」『ニュートン』10月
7日(pp46-51)ニュートンプレス .
大槻 正(2003)「AIBO 商品化における研究開発とビジネス化」『応用科学学会誌』17(1),
39-43 .
大槻 正(2002)「エンターテインメントロボット『AIBO』における技術とビジネス展開」

- 『技術と経済』2002年2月号(pp.44-55)科学技術と経済の会 .
- 北野宏明(2001)『大人のための徹底！ロボット学』PHP 研究所 .
- 藤田雅博(2000)「 Robot Entertainment System AIBO の開発」『情報処理』41(2),146-150 .
- 蓮田宏樹(2000a)「 AIBO の開発(第1回)」『日経エレクトロニクス』5月22日号(pp.159-163)
日経 BP 社 .
- 蓮田宏樹(2000b)「 AIBO の開発(第2回)」『日経エレクトロニクス』6月5日号(pp.159-163)
日経 BP 社 .
- 蓮田宏樹(2000c)「 AIBO の開発(第3回)」『日経エレクトロニクス』6月19日号(pp.189-193)
日経 BP 社 .
- 蓮田宏樹(2000d)「 AIBO の開発(第4回)」『日経エレクトロニクス』7月3日号(pp.147-151)
日経 BP 社 .
- 蓮田宏樹(2000e)「 AIBO の開発(第5回)」『日経エレクトロニクス』7月17日号(pp.171-175)
日経 BP 社 .
- 蓮田宏樹(2000f)「 AIBO の開発(最終回)」『日経エレクトロニクス』7月31日号(pp.141-145)
日経 BP 社 .

健康エコナ

- 花王株式会社(2004)『エコナ』2004年9月4日検索, <http://www.kao.co.jp/econa> .
- 安川拓次(2002)「『健康エコナクッキングオイル』の開発と事業展開」『Business Research』
932, 65-73 .
- 安川拓次(2000)「体に脂肪が付きにくい食用油(健康エコナ)」『食品健康科学セミナー』5,
42-47 .
- 『日経バイオ年鑑 2003』(2002)日経 B P 社 .
- Heasman,M.,& Mellentin,J.(2001).*The functional foods revolution*. London:Earthscan
Publications.邦訳, M・ヒュースマン, J・メレティン(2002)『機能性食品革命』斉藤
衛郎, 飯塚和恵 訳. 講談社 .

參考資料

参考資料 目次

資料1 インタビュー用調査票.....	148
資料2 インタビュー結果.....	151
暗号アルゴリズム「MISTY」.....	151
炭素繊維（PAN系炭素繊維）「トレカ」.....	168
クォーツ腕時計「セイコークォーツ 35SQ」.....	202
リチウムイオン二次電池.....	224
DNA分析装置「キャピラリーアレーDNAシーケンサー」.....	236
レンズ付きフィルム「写ルンです」.....	269
エンターテインメントロボット「AIBO」.....	292
健康エコナ.....	309
資料3 講演録（アルツハイマー型痴呆症治療薬「アリセプト」）.....	326

（注1）インタビュー結果は開発経緯だけではなく、通常聞かれない開発担当者御自身についてのお話を伺っている大変貴重なデータであるため、ここに掲載する。インタビュー記録の文章中の記号について、【 】が話し手の開発担当者を示す。また、< >内のコメントは聞き手のもので、話し手の話を理解するのに必要最低限のもののみ掲載した。

（注2）インタビュー結果の最後に開発担当者の略歴が掲載されているが、これはインタビューを実施した時点のものである。

調 査 票

独創的な商品開発を担う研究者・技術者の育成・支援の研究

文部科学省 科学技術政策研究所

商品名： _____

開発企業名： _____ 開発担当者名： _____

ヒアリング予定日： _____

(1) 事実の把握

バックグラウンド

略 歴 (添付資料参照：お手数ですがヒアリング前にご記入下さい。)

小中学校時の理科・算数の好き嫌い：

どのようなきっかけで研究者・技術者になろうとされたのですか？

<下記の項目の中で当てはまるものについてお答え下さい。>

本商品のアイデア思いついた経緯及び原因

どのような経緯で本商品開発のアイデアを思いつきましたか？

下記の項目を参考にされながら、お答え下さい。

(アイデアを思いついたとき)

本商品開発のアイデアを思いついたときの年齢・地位・部門は？

いつ、どこで、思いつきましたか(友人と話しているとき、風呂に入っているとき等)？

(動機)

なぜ、この商品開発をしようと思ったのですか？

本商品開発は自らの提案？それとも会社の命令ですか？

本商品開発はあなたにとって、会社にとって、また、社会にとってどの程度重要だと思っていましたか？会社の戦略と関連していましたか？

(専門知識)

本商品開発時あなたの専門は何でしたか？

その専門と本商品開発のアイデアと関係はありますか？

他に本商品開発のアイデア発案に役立った知識やスキルがありましたら、教えてください。

(経験)

あなたは本商品開発を行う前に商品開発の経験がありましたか？

それらの経験(失敗を含む)が本商品開発の役に立ちましたか？そうだとしたら、どのように役に立ちましたか？

その他の経験でアイデアの発想に役立った経験はありますか？

(創造的思考能力：考え方や問題への取り組み方)

あなたの考え方や問題の取り組み方の中で、特に今回の商品のアイデア発想に役立ったものがありますか？

本商品のアイデアを発想するときにはブレインストーミング等のテクニックを使われましたか？

(その他の原因)

以上のほかに、本商品のアイデア発想に役立ったものがあれば教えてください。

本商品開発のアイデアの発想から組織の開発承認まで

商品のアイデアを思いついてから、会社に商品開発プロジェクトとして正式に認めてもらったまでの期間に、仲間や他の研究者・技術者と予備実験等しましたか？それはどのようなメンバーでしたか？このインフォーマルな実験等にかかった費用は会社から十分用意されていたか？

本社に本商品開発のための予算や作業（研究開発含む）の了承を得るのに苦労しましたか？簡単でしたか？

あなたは、会社に商品開発の予算を認めさせるときに、社内を説得する役割を担いましたか？

本商品開発の実施

プロジェクトのメンバーは何人でどのような専門をもっていましたか？

開発に着手し、商品化に成功するまで、どのくらいの年月がかかりましたか？

商品開発に取り組んで、どのような技術的な課題がありましたか。それをどのように解決したのですか？

このときに、役立ったご自身の知識、スキル、経験、考え方、問題解決方法、等は何のようなものでしたか？

本商品開発時の組織環境

テーマの決定はどの程度自由でしたか？

資金はどの程度自由でしたか？

時間管理、スケジュール管理はどの程度自由でしたか？

チャレンジすることを奨励している環境でしたか？

上司の奨励（新しい商品開発に対する）がありましたか？

上司との信頼関係はどの程度でしたか？社内で活動を支えてくれる人がいましたか？

経営トップの奨励（同上）がありましたか？

商品開発成功後の処遇はどのようなものでしたか？満足していますか？

その他、本商品開発に影響した組織的な要因がありましたら教えてください。

その他

本商品に関しまして特許や論文がありますか？特許の場合は、タイトル、番号、日付、等を教えてください。また、論文の場合は、お手数ですがコピーをいただけないでしょうか？

(2) 次の項目についてご意見をください。

独創的な商品開発を担える研究者・技術者はどのような能力が必要だと思われますか？

独創的な商品開発を担える研究者・技術者はどのようにしたら育成できると思われますか？

独創的な商品開発のために、研究者や技術者の能力を最大限引き出す組織環境やマネジメントとはどのようなものだと思われますか？

以上

資料2 インタビュー結果

暗号アルゴリズム「MISTY」

日時：2004年7月2日 14:00~16:00

場所：三菱電機(株)情報技術総合研究所（神奈川県鎌倉市大船5-1-1）

話し手：三菱電機株式会社

情報技術総合研究所 情報セキュリティ技術部次長 松井 充

聞き手：文部科学省科学技術政策研究所 第2研究グループ 上席研究官 石井正道

客員研究官 中山保夫

<小中学校時の理科・算数の好き嫌いについてお話下さい。>

【松井】 算数は昔から大好きでした。体育とか嫌いで、音楽は好きでした。理科系の科目が好きでした。ただ、正直いって、小学校のときの理科ってあんまり記憶がなくて、そんなに真剣に学校でやってたかなって感じがします。高校くらいになってくると、わりとはっきりしてきて、物理は大好きだったけど、化学は大嫌いだったんです。それは、なぜかという、少なくとも、僕は高校のときに、物理学と化学というのは、数学のようにロジックで考えれば結論が出る学問だと思ったんです。物理はわりとそういうところがあって、いろいろ力学の法則だとか、何とかあって、それをうまくアプライすると、その経過が出て、問題を出すと、結果が出てくると。化学もそういうもんだと思ったのに、そういうふうにも考えても、いっこうにわからないんです。それで、結局、化学嫌いのままだったんです。あれは少なくとも高校レベルは覚える学問なんだということ、後から気がつきました。

例えば中学校くらいだと、水素がプラス1で酸素がマイナス2で、だからH₂Oでプラスとマイナスがあるからみたいな話でしょう。一方で、しばらくたつと共有結合とかいって、CとHとOがつながっているような、そのプラス・マイナスの世界とは別の元素のつながり方があって、炭素がつながってダイヤモンドができていたりとか、そういう話があって、あげくの果てには、今度はイオン化傾向とかあって、プラス・マイナスというのにも強さ・弱さがあって、実はデジタル的じゃなくてアナログ的なんだという話です。多分教える都合上、そういうふうにも教えざるを得ないと思うんですけども、教え方として、こういう理屈になっているからこうなんだよというようなロジックを知っていくと、化学って破綻するんですよ。結局、こういう物質はこういう性質がある、こういうときにはこういうものだというふうにも覚えるしかないと思う。

<大学での数学専攻についてお話下さい。>

【松井】 大学で数学を専攻した理由は、ほかの物理や化学は実験があったからという、不純な動機なんです。京都大学という大学は、学部はあるんですけども学科というものは、存在しているんですが、理学部の場合は何学科に所属するという概念がないんです。一応、当然先生は数学専攻だったり、化学専攻だったりして、どこかで単位もとるわけですけども、別に数学の単位と化学の単位と物理の単位を集めて卒業したって構わないし、特にどこかに所属するというのがない。普通だと研究室に所属して、そこで勉強するから何学科という概念があるんですけども、そういう概念が、大学院に入ったらありますけれ

ども、大学のときはないんですね。だから卒業証書にも、「主に数学を修めたことを証する」と書いてあるんですよ。

<松井さんの大学院での専門について教えてください。>

【松井】（専攻は）整数論という分野です。でも大学時代は私はあんまり優秀な学生じゃない。まあ、落ちこぼれと言っていいと思うんですけども、かろうじてそれ（整数論）がよくわかったのでそれを選びました。

<いつごろに研究者とか技術者になろうと思ったのですか。>

【松井】 これ（略歴）を見てわかるとおり、大学に入ったのが80年なんです。マスターに入ったのが85年なんです。だから1年ダブっているわけです。院浪しているんです。1年ダブってマスターに入って、京都大学理学部の数学のマスターコースというか、修士課程というのはすごく厳しくて、今はちょっと事情違うかもしれませんが、当時は競争率五、六倍あって、マスターに入ることが専門家になるというか、数学のプロ、数学者の養成機関みたいなところなんです。そこでぐっと絞って、後はそこへ入れば、そのままドクターのコースにというような感じなんですけれども、私はちょっとそこでずっとやっていくほどの能力はないなと思ひまして、それでマスターで会社へ入ることにしたんですけれども、それは当時は例外的なんです。マスターまで入れたということは博士まで行くことになっていました。京大はそういうところで、僕はだから一種ドロップアウト組なんです。

<三菱電機を選んだ理由を教えてください。>

【松井】 三菱電機に来たのは、別に三菱電機で何をしていたから来たというわけじゃなくて、どこか数学をやってきたような人が行けるとするとメーカーかなと。私は大学時代、合唱のサークルで一生懸命やっていたので、そういう人脈はあるから、その人に、メーカーだったらどういう会社がいいとか聞くと、みんな三菱電機と言うんですよ、なぜか。

僕は会社に入ったときは数学と縁を切るつもりだったんです。私がやっていた数学というのは非常に抽象的な数学で、要するに実用とかというのは全くかけ離れたというところなんですけれども、実用というものを全く意識しない、数学のための数学、半分哲学みたいなものですね。数学の美意識のために存在する。

モチベーションとしたら、ある方程式が解けるかとか解けないかとか、そういうところに端を発しているので、決して宙に浮いたあれじゃないんですけども、どんどん理論を精密化していく過程で、普通、工学ならば、世の中のどう役に立つかと、最終目的は何か新しいものをつくって、世の中に役に立つんだというのが究極の目標として、いかに基礎研究といえども、それはあるわけです。数学というのは、数学にもいろいろありますけれども、純粋数学は全くそうではなくて、数学は数学として発展しているという分野なので、だから一種アートというか、芸術みたいなものだと考えていただければいいと思うんです。絵をかくことが直接的に何かの役に立つというわけじゃなくて、何か絵をかきたいからかいている。（芸術は）それはそれなりのルールとありますが、歴史と方向性があるんです。ちょっと数学もそれに似ていて、数学の中でもこの分野が、王道の数学で、これはちょっと周辺の数学だとかがやっぱりあって、当時は代数幾何こそが数学の王道だ、みたいな雰囲気がありました。

整数論というのは代数幾何的な側面もある、割と近いですけども、そのものではないんです。会社に

入ったときには、そんな抽象的な、世の中からかけ離れた数学が、何らかの形で役に立つなんて、そんなことは思いもよらなかったわけですから、だからそれはもう、要するに絵かきで絵をかいていきた人がいきなりメーカーに行くみたいなことです。そういうのだったら、それはデザインで役に立つかもしれないけれども、気持ちとしては大学でやっていたことを忘れて、また企業で仕事をしようというつもりだったんです。意外と暗号の世界というのは数学を使う場面が出てくるので、私がやっていたことが100%役に立つというわけじゃないですけども、やっぱりその素養は非常に役に立っています。

<三菱電機入社時の仕事の内容を教えてください。>

【松井】（入社時に情報電子研究所に配属された。）私の仕事は暗号ではなかったです。

最初の配属されたグループが情報セキュリティグループ。そこでやっていたテーマが2つありまして、1つが「誤り訂正符号」という、誤りはエラーコレクション、もう一つが「暗号」なんです。当時たしか課長も入れて6人だったと思いますけれども、小さい課で、「誤り訂正符号」のほうで、そのチームの中の主要な仕事だったんです。「誤り訂正符号」というのは応用がその当時からいっぱいあって、私が最初にした仕事というのは、当時、87年です、光磁気ディスクの国際規格というのがちょうど決まろうとしていて、その国際規格にのっとった誤り訂正のLSIをつくるという、ものづくりの仕事がありまして、それをやっていました。

<誤り訂正符号とはどのようなものですか。>

【松井】 誤り訂正技術というのはデジタル信号処理の一種なんですけれども、今、世の中は何でもデジタルの時代なので、例えばCDとかDVDとか考えますと、あの中には要するに01が羅列しているわけです。01が何か信号として記録されている。携帯電話の伝送でも、デバイスに書いたデータでもいいんですけども、誤りというのは絶対起きますよね。ノイズが乗ったりとか、傷がついたりとかで。そうすると、例えば音楽の情報に傷がついて、読み取れなかったら、音楽にならないわけで、それをできるだけ防止するために、どういうことがされているかといいますと、01の列がばーっと並んでいると。その後ろに、この01のデータから一種、ある公式で計算された、ちょっとしたチェックのための情報を後ろにつけておくんです。

とても簡単なので、よくパソコンのメモリーのパリティありとかパリティなしとか言うんですけども、例えば3ビットの情報があったら、000、010とか001とかという8通りあるわけですけども、そこでもう一個くっつけて、例えば0の数が偶数個だったら1を1個立てておいて、0の数が奇数だったら0をつけるとか、そういうのをすると、ノイズが乗って1が0に変わってしまったら、こことつじつまが合わなくなるから、ノイズが乗ったということがわかるわけです。

そういうようなのをもうちょっと複雑にして、誤りを検出するだけでなく、場合によっては直すこともできるというようなものもつけれる。もちろん長いデータをつけると、いっぱい誤りを直せるんですけども、書ける量が減っちゃいますから、そこは規格でかっちり決まっているんです。

実際、CDで音楽聞くときは、その読み取りの機構は音楽のデータとともに、誤り訂正の符号も一緒に読んで、ノイズが乗っていきそうだったら、そのチェックを見て、自動的に直しに来ているんです。ちゃんとしたCDは、安物のCDプレーヤーはそんな誤り訂正はちゃんとやっていないですよ。高級なものほどちゃんと誤り訂正をするから、音質がやっぱりいいんですよ。

今や誤り訂正の技術というのはデジタル信号処理に欠かせないといいますが、ほとんど必要不可欠な技術。当時からそうで、仕事はいっぱいあったわけです。

<暗号研究のきっかけを教えてください。>

【松井】 当時、「暗号」は仕事なんか何もなかったですから、まあ、窓際で2人でこっそりやっていました。その当時の課長さんが、やっぱり先見の明があって、将来「暗号」というのは必要だから、今はあんまり仕事はないけれどもやっておきなさいといって、「暗号」をやっている人もつけたわけです。私は「暗号」じゃなくて、「誤り訂正符号」のほうのメンバーとして入って、最初は仕事をしていました。

まあ、同じ課の中ですから、席隣とか向かいとかでやっているわけだから、どんなことやっているかというのは当然知っていますし、仕事をお互い手伝ったりとかしていたので、「暗号」の仕事をちょっとはやっていました。そこで、差分解読法という新しい（暗号解読手法）のが大ニュースとして入ってきて、そのあたりからちょっとおもしろいかなと思ってやり始めたということです。まさにその論文が非常に大きなきっかけになったと思います。

<「線形解読法」暗号研究はどのようにされたのですか。>

【松井】 （研究は）ほとんどひとりですね、その段階では。

基本的に、当然依頼の仕事といいますが、研究所の仕事というのは二本立てなんですね。製作所のほうからものをつくってくれとかいうか、お手伝いしてくれとお金をもらってやる仕事、これは依頼研究と言います。それと開発本部から、要するに自主研究のお金をもらってやる二本立てなんです。まあ、不景気になってくると自主研究のお金もないから、製作所からお金をいっぱいもらって研究しなさいというような方向になりがちなんですけれども、我々は比較的基礎研究の要素が強いところで、依頼研究で製作所でお金をもらってやる仕事ももちろんあるんですけれども、自主研究やる時間はいっぱいあって、自主研究は何やってもよくて、それは課長さんの裁量もありますけれども、強力におまえこれやれという人から、好きにせいという人からいろいろいらっしゃるでしょうけれども、うちの上司はほんとに、暗号やってみたら？ というそういうような感じで、あとは好きにどうぞみたいな野放し状態でした。

チームとして決まったテーマが暗号と誤り訂正の2つあって、もともとずっと誤り訂正はおもしろかったので、誤り訂正のほうをずっとやっていました。暗号はお手伝いするような感じで、その差分解読法の論文を読んで、そこから少しずつ、こういうのだったら自分でもまねできるんじゃないかなというように感じて始めました。

<差分解読法で非常に感動されてから、ご自分の線形解読法をつくり出すまでに何年ぐらいかかったんですか。>

【松井】 2年ぐらいですね。その線形解読法がいつスタートかというのは難しいわけです。やっぱり後から見れば、ちょっとずつ近づいているんです。僕が自分のある論文に、リニア・クリプト・アナリシスという線形解読法という名前をつけたのは92年で、それを国際会議でプレゼンしたのは93年ですから、世の中に公知になったというのは93年なんです。差分解読法があって、結果的にですけれども、それをちょっとずつ改善しようとしていて、最後に線形解読法に行きついた感じですね。

<暗号研究分野において数学出身者というのは松井さんだけだったんですか。>

【松井】 いや、そんなことないですね。他社にも数学の人もいれば、工学の人もいるし、最近だと物

理の人もいるし。

<なぜ松井さんが線形解読法を思いつくことができたんですか。>

【松井】 暗号といっても分野はいろいろとあって、他社にもいるとはいえ、今ほど暗号の研究人口は多くなかったですよ。本気でやっているような人はほんとうに日本でも何十人もいなかったかもしれませんね。

ほんとうに理論研究をやっている人は二、三十人だと思います。その二、三十人の人がいろいろ専門を持っていて、線形解読法とか差分解読法というのは、暗号の中でも共通鍵暗号という分野なので、だから、そのテーマを持っている人というのは、そもそも二、三人とか、5人とか、それぐらいのオーダーだったと思うんです。だから何百人が研究している中で1人が最初にゴールしたというのではなくて、もともと研究者が少なかったんです。

<線形解読法とはどのようなものですか。>

【松井】 線形解読法というのは、そもそも解読とは何かという話からしないといけないと思うんです。暗号解読とは何かということなんですけれども、そもそも暗号というのは送りたいメッセージを第三者に知られないようにするものですから、メッセージを何か別の文字列に変換して送り届ける。受け手側はそれをもとに戻す。暗号化の反対が復号化だから、受けたほうは復号してもとに戻すわけです。暗号文は第三者が見ても、何が書いてあるか意味が全くわからない。この変換操作が暗号です。

そのときに、ざっくり言うと、暗号文から平文をリカバーしようとするのが解読なわけなんですけれども、線形解読法というのは平文と暗号文のある相関を統計的に解析するという手法なんです。

オフラインのアナリシスとオンラインのアナリシスという2つのステージから成っていて、私が対象としているDESというのは大体こんな暗号なんです。8バイトの平文が入ってきて、何か鍵があって……。鍵、これが8バイトで、暗号文が8バイト、このコンポーネントが、例えばDESとか、当社のMISTYとかという暗号の方式ですね。送りたい人は、送りたいメッセージ、暗号化したいメッセージをここからほうり込んで、パスワードを入れて暗号で出す。同じ平文でもパスワードが変われば暗号文は変わってくるわけです。このコンポーネントは8バイト単位なので、長いデータを暗号化するときは、これを何回も使うわけです。最初の8バイトを暗号化して、次の8バイトをやっぱりこれで暗号化する。だから解析の対象は一応ここなんです。これはパスワードが秘密ですよ。解読者のやろうとしていることは、これは一応通信路をのぞいていたらわかるだろう。これに関しても、一部はわかることがあるだろうと仮定するんです。これとこれから、これがわかりますかというのを考えるのが解読なんです。

平文がわかっているということはちょっと変に思われるかもしれないんですけども、例えばワードでも何でもいいんですけども、メッセージの最初のほうはいつも同じとか、固定のパターンがあるとかというのはよくありますよね。ファクスなどというのは最初のほうはみんな一緒だとか、定型があるということで、平文が一部わかっているなんてということは結構ある話なんです。だからこれとこれのペアを幾つか集めたらこれがわかりますかと。いい暗号だったら、これとこれからこれを求めるのは、ものすごく難しくないといけないわけです。でないとも暗号にならないわけです。一方、これとこれを与えられたら、これを計算するのは素早くできないと、これは暗号化の性能になりますから、速くないといけない。これとこれからこれを計算するのは思いきりスピードが遅くないと、実用的な意味での暗号化の速度が遅くな

ってだめですね。これとこれが与えられて、これが素早く戻せるというのは、復号のスピードですから、それは速くないといけない。でも、これとこれを与えたときに、これを求めろというのはむちゃくちゃ難しくないとけない。これが暗号に与えられた要求なわけです。これとこれが与えられると、これが簡単に求まるようなものと解読されちゃうわけです。差分解読法も線形解読法も、要するにこれとこれから、これが、ある特定の暗号だと、これとこれから、これが、思っていたように速く求まるようなところをこういう感じで。

線形解読法は何かというと、例えば、これは8バイトですから、64ビット、ここに入力があるわけですから。64ビット入力して64ビットで出てくる。例えばこのアウトプットの左端の1ビットと、入力の1ビットが、どれぐらいの確率で一緒になるか。

つまり、これが0のときに0になる確率、プラス1のときに1になる確率。もしこれが理想的にランダムだったら、ここは0でも、ここがいろいろ残りのビットが変われば、このアウトプットは0になったり1になったりしますから、確率2分の1で0になったり1になったりするはずなんです。ここが仮に1で、ほかのをばーっといろいろ変換させたとしても、やっぱり01がここで、ずっとここを見ていて01があらわれる確率は2分の1になるはずなんですけれども、あまり暗号がうまくつられていないと、例えばここここが一致する確率が実はすごく多いんだというようなことが起こるわけです。例えば4ビットの状態。「1100」を入れたら、「1000」が出てきますと。例えばこれを4ビットだとしてですね。「1010」を入れたら、「1111」が出てきますと。「0000」を入れたら、例えば「0111」が出てきますとか、こうルールがあるわけです。何かランダムそうに見えるんですけども、よく見たらこれ、左端は一緒ですよ、どれも全部。これがそのままアウトプットで出ているわけです。これは暗号がよくないんです。つまり暗号文を見たら、たちどころに平文がリカバーできるわけですから、こういうのは。

だから理想的な暗号というのは、どこどこを見ても、0と1が同じだったり、違ったり、2分の1の確率でせなあかんわけです。ところがDESの場合は少しだけ偏りがある。ここが0のときは、ここが0である確率は2分の1よりちょっとだけ大きいとか、ちょっとだけ小さいとかいうようなことを見つけたわけです。そういうのを見つけて、その情報を手がかりに、こいつを求め出そうというのが線形解読法の基本的な考え方なんです。

<差分解読法とはどのようなものですか。>

【松井】 差分解読法というのは、この1とか0という値じゃなくて、ここを1ビット変化させたときに、ここが変化する確率はどれだけですかという、変化の確率を求めるんです。これは値そのものを見て、差分解読法というのは、ここを変化させる。ここをちょびっと反転させたら、いろいろなビットが変わると思うんですけども、ここがじゃあどれだけ変わりますかという。

<線形解読法を考えていたときに、先ほど大学で学んだことというのは役に立っているんですか。>

【松井】 大学で学んだこと、事実そのものが役に立っているかという、これに関してはそんなに役に立っていません。ただ、要するに抽象的なことを考える訓練というのは、大学のときに嫌というほど積んでいますから、それに関しては役に立っていると思うんです。

<どうして松井さんが最初にこの暗号を開発できたのですか。>

【松井】 それは運がよかったんでしょうね。(笑)

1つは、ちょっとグローバルな見方をすると、暗号という技術は理学と工学の両方のセンスが要るんです。理学だけでいける部分もちろんあるんですけども、つまり紙と鉛筆の数式という側面と、コンピュータでいろいろシミュレーションしてみてというような側面が2つあって、もちろん暗号も幅広いですから、紙と鉛筆だけのもありますけれども、暗号解読というのは紙と鉛筆だけでなかなかうまくいくものじゃなくて、やっぱりいろいろ実験してみて、性質がどうなるかというのを見るということが結構重要なんです。私はプログラムを書いたりするのが好きなんです。好きで、だからそういうことが結果的にみんなより多いと思うんです。

例えばこういうふうになるかなとか、今暗号が、アルゴリズムが完全にランダムになったらとか何とか言っちゃけれども、ほんとうはランダムじゃないから、理論と現実の間には必ず差があって、その差は理論ではなかなか埋め切れない。そういうときに計算機を動かしてみてどうなるかなというのが素早くできるかどうかということが論文書けるまでの時間にもすごく影響するする。

当時はコンピュータが高価だったんですよ。1人1台コンピュータなんて、10万円なんて買えるという時代じゃなかったですから。課に1台あるかないかぐらい。私が入社したときはそうでした。それも、そんな安いコンピュータじゃなくて、何十万円もするような。それは今の時代になれてしまうと、何かパソコンなんて簡単に買えるという感じがしますけれども、当時は何百万もするようなコンピュータを使っていましたから。それをみんなでシェアして使うわけですよ。

(コンピュータが近くにあったということは)それは大きいです。さすがにそれがないと誤り訂正の仕事もできないので、それはあるんですけども。そういう意味では誤り訂正のほうの金で買ったコンピュータを使ってやったものだから、暗号でそんな何百万もするコンピュータは買えなかったですからね、当時は。

解読実験をしたときは、12台、高価なワークステーションを使わせていただいて、それも自分のセクションで10台もないですから、いろいろな人をお願いして使わせてもらったりとかしました。

<普通の大学の研究室にいたら、なかなかこの研究は難しかったのですか。>

【松井】 当時としてはそうかもしれませんね。今やもうパソコンの10台や20台どうってことないですけども、そうですね。あんまりこういうことを言うとあれなんですけれども、暗号研究は比較的企業のほうが、日本の場合は割と先を行っている側面が全体としてはあると思います。個別には大学の先生で、当然すごい成果を出しておられる世界一流の方はいっぱいおられますけれども、トータルとして見たら、日本では大学より企業のほうがやっぱり有利ですね。

<MISTYの開発についてお聞かせ下さい。>

【松井】 もともと新しい当社のオリジナルな暗号という話は線形解読法の前からずっと会社の中ではあったんです。ただそういうのをつくれとって、じゃあ明日つくれるかといえ、そういうわけじゃなくて、そもそも現代の暗号のコンセンサスとして、つくった暗号はちゃんと学会で発表して……。普通暗号というところりつくって秘密にしておくという。もう今やそういう時代じゃなくて、つくったものはみんなに学会で論文という形で公開して、世界じゅうの研究者に見てもらって、問題がないかをスクリーニングしてもらおうと。それで生き残ったものじゃないと、みんな使い物になりませんねと。こっそり使っているような暗号は実は弱いかもしれないし、もっと悪いこと言えば、つくった人だけがこっそり解ける仕

組みの中にあるんじゃないのかという疑いを排除できないわけで、ちゃんと公開して、世の中の目にさらさないとだめですよというコンセンサスがあるんです。つくったはいいが、出して3日で読めたりすると、研究者という立場としては、別にまたつくればいいんですけども、企業という立場から言うと、これつくってうちは商売していきますと言って、3日目に破られると、それはしゃれになりませんから、やっぱりある程度自信がないと出せないですね。

自信がある程度あるということは、破れないという自信があるということですから、破ることにしてもそもそも自信がないと、破れないかどうかという自信があり得ないので、ちょっと後づけの理由も、後づけということもあるんですけども、暗号の解読をやって、実力をつけて、それからアルゴリズムはつくらないといけないでしょうということで、線形解読法とかで結構パワフルなアタックができて、じゃあ、それでも破れない暗号をつくりましょうという目標ができたわけです。割と基本的には私は好きなことをやっていた人だから、今、理路整然とした目的があったように話していますが、実は必ずしもそうではなくて、目標として暗号をつくるというのはずっと前からあって、線形解読法ができて、もちろんいろいろ線形解読法をさらによいものにするとか、双方向の研究もあるし、つくれたらいいなという話は当然あって、そのときに線形解読法や差分解読法では絶対破れないということが数学的に証明できるような、そういう証明可能安全性という理論を発表した人がいて、それは私じゃないんですけども、もともと言い出したのはフィンランドの人かな、そういうことを言い出した。

差分解読法のちょっと後ぐらいです。僕はそれを見たときに、すごいおもしろいと思ったんです。それは同じようなことが線形解読法にも言えるみたいなことがあって、次世代の暗号設計はこれだと、そのとき思ったわけです。というのは差分解読法や線形解読法というものすごく強力な、今まで破られるなんてだれも思ったことのない暗号が破られたという、そういうような解読法に対して、そういう解読法では絶対破れませんみたいな暗号がつかれるんだということを示したわけだから、絶対これだと思ったわけです。ところがだれもそれに関して研究しないんです。普通はそんなおもしろいトピックがあったら、世界じゅうの人がわーっと研究したら論文ばーっといっぱいありますよね。ところがそれを初めて見てから半年たち、1年たち、だれもそれに注目しないんですよ。

だから自分でやろうと思った。(他の人は)おもしろいとは思わなかったのかもしれませんが、
<なるほど。だから自分でやった。2つの強力な解読法に耐えられるアルゴリズムを開発しようと思った。>

【松井】自分でその論文をもとに、さらにそれを改良したり、よい構造にするにはどうするかとか、あるいは実用的にスピード上げたり小型化するにはどうしたらいいかといういろいろな観点で味つけをして、いろいろなパターンをつくって行って、そしてM I S T Yの原型ができて、ほかの人の力を借りたのはそこからなんです。そこから実際に、例えばL S Iにしたらどれぐらいの大きさになるかとか、そういうことはやっぱりハードウェアがわかっている人でないとわからないので、ハードウェア屋さんにそういうことを聞いて、これはどうかなという話をして、だんだんとM I S T Yの形になっていくというようなことなんです。

<証明可能安全性で自分でやろうと思ってから、M I S T Yの原型ができるまでの期間はどのくらいですか。>

【松井】 まあ1年ぐらいですね。

<このときにはいわゆる自主研究でずっとやられていた。>

【松井】 そうですね、自主研究ですね。別にだれかから依頼を受けてやったわけじゃないですね。

<このMISTYの原型ができて、商品化のために協力を得ていくにはやっぱりプロジェクトみたいにしたんですか。>

【松井】 いや、まあ私が音頭をとって、好きにしていたうちの範疇ですね。会社の組織的には、そういうことをやっていたのが94年とか、多分それぐらいだと思うんです。MISTYはまだその当時できていなかったわけですが、線形解読法は93年に発表して、国際学会で発表したのは94年ですから、まあ、機運は盛り上がっていて、95年だったかに、会社の中でセキュリティだけを独立した部にしようということになりました。

今の当社社長の野間口なんですけれども、彼が当時、この研究所の所長だったんです。野間口のアイデアで研究をやっている中からビジネスになりそうなものを、当時は多分、時限的だったはずなんですけれども、時限的にセンターという形で、部よりさらに格上の組織をつくって、そこで予算とか与えて、要するにビジネス化しなさいというようなことやりましょうということで、情報セキュリティグループから暗号屋さんだけが抜けて、あと例えばUNIXのセキュリティとか、OSのセキュリティをやっていた人が合流して、10数人ぐらいでセキュリティをビジネスにするというミッションを持った組織が95年にできたんです。そのころMISTYをつくっていたんですけれども、MISTYを発表したのはたしか95年の、その組織ができてほんのちょっとたってから。組織ができたのが多分夏休み前で、発表したのが夏休み明けぐらいだったと思うんですけれども、多分そのぐらいでした。だからMISTYに合わせて、結果的には組織ができた。だから私の中では、その組織ができる前とできる後というのは、全然世界が違います。それまではほんと野放しで好きなことをやっていたんです。

そこで初めて会社としてセキュリティをビジネスにしようというミッションが与えられて、新しい見たこともない部長がやってきて。(松井本人が)会社回りしたりとか、営業にも行くわけですよ。部長と一緒にアメリカの会社を回ったりとか、珍道中でしたけれども。ネットスケープに行ったりもしたな。

<三菱電機内部のMISTYの活用というのは、どんどん進んでいったんですか。>

【松井】 活用といいましても、95年、そのセンターができた時点で何もないわけです。アルゴリズムというのは紙に書いた仕様書ですから、物は何もないですから。もちろん特許というものがありますから、それもライセンスといったって、知名度もないし、基本的には、まずやることは社内で物をつくりましょうと。ソフトウェアのライブラリをつくったりとか、リストをつくって、標準化に提案したりとか、そういうことからスタートですよ。セキュリティに対して投資をする三菱社内の製作所というのはほとんどないわけですから、そういうところと、セキュリティはこれから要るから投資しませんか、一緒にビジネスしませんかというようなことを、いろいろなところに行って、特に情報処理の製作所ですよ。コンピュータのところと共同でこれをつくりませんか。研究所はお金を投資されているから、ある程度開発は受け持つから、それをできたら商品化しませんかという、要するに社内の製作所に対して、暗号というものをビジネス化するというのをプロモートするというのは研究所の大きな仕事なんです。製作所はどうしてもきょうあすの仕事で一生懸命なので、先を見たものを提案して、こういうビジネスをしません

かという、そういうこともやっとなつたわけです。

<それで社内で結構採用されていったんですか。>

【松井】 採用されていったというか、そういうふうにしていったわけです。

暗号のアプリケーションというのは上から下なんです。上から下という意味は、ガバメントとか、そういうところから入っていて、エンドユーザーに入るのは最後なんです。というのは、例えば我々がユーザー、消費者として、暗号を金出して買うかって、買いませんよね。それはついてくるものなわけです。つまりサーバーとクライアントだったら、サーバーのほうにやっぱりセキュリティ機能が入っていて、そこでお金が動くので、クライアント側の国民1人1人が持つOSで、暗号で金取るとかというのは、なかなかできないですね。ですから最初はブラウザにMISTY組み込むとか、そういう考えもあったんですが、それはなかなかうまくいかなくて、結局は官庁ですね。官庁のシステムに入れていくとか、そういうような。だから、今や携帯電話、FOMAに全部MISTYの技術が入っていますけれども、それはもうそのずっと後といいますか、広がって行って、標準化する最後の話です。最初にやったことは、やはり企業向け、国向けの特注システムですね。その専用のシステムに暗号を入れるというような、方向性としては。

ライブラリつくるといのは、そういうようなシステムをつくる時に、暗号のツールキットが要るわけで、暗号というのはコンポーネントですから、よりよい、使いやすいコンポーネントを整備しようというような形でやってきました。霞ヶ関の文書交換システムというのが結構早いうちでしたね。

MISTYをいろいろな標準化にも提案していて、99年に第3世代のW-CDMAの標準化のところで、MISTYを採用しようというのが決まって。ただMISTYそのものじゃなくて、MISTYをさらに携帯電話用にカスタマイズしたものをつくりましょうという、そのカスタマイズされたものがKASUMIという名前ですね。中身はすごく似ているので、見る人が見たら、KASUMIというのはMISTYからつくったというのはい目瞭然なんですけれども、一応区別して、KASUMIは携帯電話用のですね。W-CDMAですから、日本だとFOMAですね。

今出ているFOMAは別に三菱製だけじゃなくて、NECとか富士通だとか、世界中のFOMAにKASUMIが使われています。要するにFOMAというのは正式にはNTTドコモのブランド名ですから、W-CDMA準拠ですよ。日本ではたまたまW-CDMAをやっているのは、現時点ではNTTドコモさんしかいらっしやらないので、日本だとKASUMIイコール、FOMAなんですけれども、海外に行くとFOMAじゃなくたって第三世代のW-CDMAは、KASUMIが標準の暗号アルゴリズムです。

Camelliaは発展形というのもできるかもしれませんが。そこら辺ちょっと言い方が難しいんですけど、MISTYの前まではDESという暗号が世の中のデファクトの標準だったわけです。DESは最近、計算機の性能が進歩して、DESは破れる暗号になっちゃったからという事情があるんですけども、暗号のカテゴリー的には、DESとMISTYは同じカテゴリーに入るんです。要するに日本でのポストDESがMISTYみたいなイメージですね。入出力のインターフェースが似ているとか。DESが破れて、アメリカ政府はDESという標準がなくなって、そのかわりにAESという暗号を新しい標準にしたんです。DESからアメリカはAES。そのときにインターフェースが変わったんです。幾つか変わった点がありますが、単純に言うと8バイト単位でデータを入れるのを、8を16にしようとか、かぎサイズももっと増やそうとか、かぎを8バイトから16にするとか、32にするとかあるんですけども、

MISTYというのはDESと同じく、この8のカテゴリの暗号で、CamelliaというのはAESと同じく16のタイプの暗号なんです。だから世代的にはMISTY - DESという世代の暗号が、すごく単純な物のいい方をする、AES - Camelliaと。こういう感じがあったので、将来的には、いずれMISTYもこっちになると思うんです。Camelliaになると思うんです。ただ、まだこれができるばかりなので、なかなか暗号が新しくできたから、みんなそれを使うのといったら、そうはならないで、やっぱり時間がかかる。当分はMISTYだと思うんですけども、将来、行く行くはこっちに変わっていく。そういうようなことですね。

あとはヨーロッパの第2世代携帯電話、GSMにも入ることが決まっています、ただこれは現在の暗号と共存するという形になって、徐々に入っていくということです。今GSMには全部入っているというわけでもないですが、GSMのユーザーが今10億人いるので、将来は10億人のユーザーが、KASUMIを使う、そういう言い方を、宣伝としてはしているんですけども。

あと、当社の暗号技術が使われているシステムのうち大きいのはETCがそうですね。ETCは高速道路の自動料金のシステムです。

第3世代には実は2種類あって、ヨーロッパ方式がW - CDMA、アメリカ方式がCDMA2000という2つあるんです。ヨーロッパとアメリカって何か、絶対仲よくなりません、あの2つは。大体標準化やると、ほんとうにすごく感じます。CDMA2000というアメリカ方式は、日本だと今auが対応しています。W - CDMAはNTTドコモさんですね。それまでの現方式、PDCという現方式はドコモさんもやっているし、auは全部第三世代になっちゃいましたけれども、あとJ - フォンとかも現世代ですよ。現世代のPDCというのは日本ローカルな規格ですから、外で全然つながりません。FOMAのW - CDMAというのはヨーロッパの第二世代のGSMのネクストジェネレーションなので、ヨーロッパと通信できるわけです。CDMA2000というのはアメリカ、カナダと、電話番号同じで通信できる。アメリカ、カナダのCDMA2000のほうはKASUMIは入っていません、それはAESが入っています。

< 線形解読法をやり始めたときのきっかけはなんだったんですか。 >

【松井】 まあ、おもしろそうだったということです。暗号というのはパズルの要素が多かれ少なかれあるので、そういうパズル的なものが性格的に好きだったということもあると思うんですけども、差分解読法が出てきて、それを見て、DESが破れるとか、そういう話があって、差分解読法の論文を読んで、意外と発想が単純なんです。そこがすごいと思うんですけども、えてしてすごい発明というのは、底に、根にあるものはものすごく単純。そのものすごく単純なことをきちんとやってある。当たり前のことをきちんと積み上げて、ちゃんと当たり前のことを数学的にきちんと定義して積み上げて、結果が出たというところがすごいと思います。だからいろいろ論文を読んだら、すらすら読めるわけです。こういう概念でこういうことができるということがわかる。

それなら自分だって、ほかの暗号を、もっと世の中で知られていないけれども、自分ら、日本のローカル暗号いっぱいありますから、そういう暗号に差分解読法というのを適応したら破れるんじゃないか。やってみよう。これは自然の流れだと思うんです。コンピュータでいろいろやってみて、ああ何か論文に書いてあるとおり起こるとか、あるいは暗号の形が違うから、論文にあるとおりにはなかなか動いてくれない

いとかというのがあって、じゃあその論文がカバーしていないところを自分でやってみようかということをやって、暗号の解読というのは、例えば5分で解読できるとか、解読するのに情報量が何バイトぐらい要るとか、そういうことが割とはっきり出てくる世界なんです。例えば、この暗号を破るのにコンピュータを10日回しました。データ量は何メガバイト要りましたとかという、そういう実験結果をつけるわけです。ただ、10日実験にかかるんだったら、10日待っとかないかんわけです。だからそこを5日にしよう、1日にしよう、12時間にしようとか、努力はする。努力というのは、方法論的にいい方法を見つけて努力することプラス、やっぱりプログラミングテクニックで、同じ解読のアルゴリズムだと、プログラミングのやり方がうまかったら、ばーっと速くいく可能性ありますね。割とプログラミングが好きだったので、そこを頑張って、より速いプログラムをつくるとかやっていって、いろいろ結果を出していきました。

差分解読法から始まって、初めは要するにまねごとですよ。差分解読法そのままをほかの暗号に適用していく。じゃあそのターゲットとなった暗号ごとに、いろいろうまくいくようにどんどん工夫していくと、もともとのオリジナルのアイデアから自分のアイデアを乗せていって、その部分が線形解読法だったんです。

<暗号アルゴリズムMISTYを開発するきっかけはなんだったんですか。>

【松井】 証明可能安全性の論文を見てからです。見て、これでいけると思いましたから。その論文自身は前から出ていたんです。ただ、自分でそれをちゃんと真剣に読んでみようと思ったのは、線形解読法の後ですね。

<論文の入手ルート>

【松井】 国際会議に行ってプロシーディングをもらってくるというか、そのころから国際会議はよく行っていたので。

<暗号の商品化はどのようにされたのですか。>

【松井】 暗号というのは「ねじ・くぎ」なんです。暗号だけが売れるということはほとんどない。ライセンスでがばがばもつかれば言うことないですけども、そうじゃなくて、あるもの、例えば携帯電話に乗りましたといったって、携帯電話がなければ暗号は意味がなくて、携帯電話を支える技術の1つが暗号だし。だからそういうところで、やりやすい面とやりにくい面があるというのが暗号のすごい大きな特徴だと思うんです。

MISTYの基本特許というのは無償化しているので、契約さえ結べばどなたでもただで使えらる。ただ、つくったものがただじゃないですけども、自分で勝手にMISTYの仕様書を見て、自分でつくって、自分で売る分にはどうぞという話です。

背景がありまして、まず何で無償にしたかというか、しなければならなかったのかということなんですけれども、1つの事情は米国の状況です。米国政府標準暗号というのはほとんど全部フリーにしているんです。だから競争という観点からも、暗号で金を取っていると、それに勝てないですよ、まずは。何で米国がフリーにしているかという、多分それは国家的な戦略があると思うんですけども、1つは暗号というのはインフラ技術で、ちょっと極論すればガス、電気、水道ぐらいの、デジタル社会のインフラ技術であると。それにすべからくライセンスをかけるというのは、どだい難しいであろう。そういう種類の

技術ではないだろうという考え方があって、ガスを使う、電気を使うというそのものにライセンスをかけるのじゃなくて、それを使ったアプリケーションで金を取らないと、なかなか暗号を1回使って幾らみたいなことは難しい。米国がそうしている例からも考えて、日本でお金取っていたら、米国製のものになるという情勢みたいなものもあります。だからM I S T Yはいろいろな標準で今は採用されていますけれども、やっぱりその中で無償だということは非常に大きな要素です。テクニカルな面もちろんですけども、そういう面が大きい。

じゃあ三菱電機は、その金かけて開発したものをどうやって回収するんだということなんですけれども、今申し上げましたように、暗号のライセンスがただだといっても、(M I S T Yをベースに)つくったものがただというわけじゃないんですね。だからほかの会社さんがM I S T Yを商品化しようと思えば別にできるんですけども、商品化するにはM I S T Yを使ったソフトウェア、ハードウェアをつくらないといけないから、当然、初期投資、開発費が要るわけです。そんなことするくらいだったら、三菱から、僕らが開発したものを買えば安く上がりますよね。ただ我々は、要するにM I S T Yをつくって、最初はいろいろなライブラリだとかコンポーネントをつくって、品ぞろえはあるわけです。特許を無償化して、ほかのベンダーさんは、もちろん自分でつくられるならどうぞと。開発費をかけたくないならうちのを買ってくださいという形になって、無償でM I S T Yが広がれば、そういうチャンスも広がりますし、実際、携帯電話のK A S U M Iの暗号ですけども、ある会社さんは自分で一からつくっているんで、うちはインカムゼロですけども、ある会社さんはK A S U M Iを実際に携帯電話のハードウェアに落とす開発費をかけるかわりに、うちがつくったハードウェアの図面を買っていただいて、それはそれでライセンス数千万円なんてこともあるのです。だからそういうビジネスがやっぱりあるんです。これを特許料を取るといったら、買ってくれるお客さんからは当然お金をもらえるわけですけども、多分ユーザー数がものすごく減って、結局、積分値としてどっちがいいかということになったら、国際標準の指定用だから、デファクトにするということは決して悪くない。今の状況を考えるとですね。

<開発時の組織環境はどのようでしたか。>

【松井】 この線形解読法にせよ、M I S T Yにせよ、まあ、結果論ですけども、野放しだからできたというか、むしろ私のキャラが、あまりあせい、こうせいと言われるのが嫌いなタイプなので、好きにさせてもらえたというのがよかった。これはでも、じゃあ会社は社員をそうすべきかというのは難しく、僕も今は管理職となって部下がいますけれども、やっぱりそれは人それぞれなんですよね。だから、ほんと野放しにして好きなことをやらせたほうが成果が出る人と、やっぱり手とり足とりしないとおけない人。そういうことを望む人もいるし、そうしたほうが成果が出る人もいるし、褒めたほうがいい人もいるし、適当に注意したほうがいい人もいる。僕も最初、自分が野放しにされるのが好きだから、部下をほっといたんだけど、ほっといたらいかんという場面もあって、それは難しいですね。

上に恵まれたというのはありますよね、やっぱり。課長も部長も同窓でしたしね。

<独創的な商品開発を担える研究者・技術者はどのような能力が必要だと思いますか。>

【松井】 研究者というのはやっぱり究極は孤独だと思うんです。ひとりでやっていける能力というかな。思うんですけども、100人でつくるものであっても、やっぱり個人個人の分担があって、その中では孤独だと思うんです。適材適所というのはすごい重要だと思うんですけども、ひとりで何かやって

いけるということは結構重要だと思うんですね。

つまりひとりというの、ちょっとメンタルな話になるんですけども、言い方は難しいけれども、最後に信用できるのは自分だけだというのがね。当然みんなでコラボレートするわけですから、みんなの意見を聞いて、やっていかなきゃいけないんだけど、最後は自分で責任をとるというのかな、どこかで覚悟しないとイケない。どうしても最終的な責任をだれかに委ねようとしがちなんですね。つまり失敗したときにどうしようとか、そのときの転ばぬ先の杖というのを考えちゃうんですね。それはある意味で、失敗したときのために備えるということ自身は悪くなくて、それは必要なことだと思うんですけども、だからちょっと言い方が難しい。

ある種の、よい意味でのプライドが必要といいますが。きっとプライドがないと、やっぱり向上心がなくなると思います。例えば海外のすごい研究者とかを見ていて思うのは、わからないことはちゃんとわからないと言う。自分はここは専門じゃないからよくわからないと。ちょっと今の話と直接リンクするかどうかわからないですけども、なかなかそれは言いにくいんですね。自分がある分野で地位を築いているときに、自分はここはわからんというのはなかなか現実には、みんなあまり言いにくいんですけども、一流の人はそれが言えるんだよね。それは、わかる分野は自分がわかっているという絶対の自信があるから、わからないところはわからないと言えるんですね。

< 独創的な商品開発を担える研究者・技術者をどのように育てたらよいでしょうか。 >

【松井】 なかなかこれは難しい質問だと思うんですけども、僕自身、この質問で1つの解を持っているとは言えなくて、考えられるとしたら2つのやり方があると思う。1つは米国型で、要するに野放しにするようなやつを集めて、野放しにする。いい成果が出た人には、それなりのリターンを与えるというようなのが1つだと思う。

一方で、やはり日本人のメンタリティーとして、米国型でうまくいかなとは思うんです。結局、成果を出した人を高く処遇するということは、逆に言うと、成果を出さない人は、それだけ低く処遇するということになるわけで差がつくわけですね。そうするとその成果がたまたま低かった人は非常にディスカレッジされますよね。じゃあトータルとしてプラスかと。みんなが同じぐらいで、成果が出たのに不満がある人もいるというのと、評価は難しいですけども、そういうのと差をつけてほんとうに日本人のメンタリティーを考えたときに、それがいいかなというのもちょっと考えるんですね。

その対極として、少数のグループをつくって、そこに強いモチベーションを与えて、成果が出たら、その人にはみんな同じような処遇をするという方法もあります。

だからほんとにどっちがいいのか、僕もちょっとよくわからないですけども。

(松井さん本人の場合) 私はだから、個人的にはやっぱり野放しされるのが好きだから。全然何も成果がなかったかもしれない、それはやっぱり運みたいなのがあります。会社もある種の寛容さが要りますよね。10人自由にして、10人全部成果が出るとは限らないわけだから、そういうある種の寛容さが必要となる。

私、イギリスにちょっといたことがあって、そのときに思いましたけれども、そこへ招待されて何カ月か行っていたんですけども、何のオブリゲーションもないんです。

いきなりインビテーションレターで、半年ぐらいのプログラムでこういうことをやるから、世界じゅう

から研究者を呼ぶから来ませんかみたいなことで、ある程度お金を出しますというので、それで行って、日本から呼ばれたのは3人なんですけれども、3人とも、行って何するのかなと。まあ、せっかくだから世界じゅうの研究者が集まるいい機会だし行こうかと。行って、中心となるインスティテュートがあって、研究室をあてがわれて、僕はフランス人と一緒に部屋になったんですけれども、ホストの人がいて、その人が気を遣ってくれて、家内も一緒に行ったんですけれども、奥さん同士を退屈させないようなプログラムをつくったり、週1回はみんなで飯食いに行ったり、そういうようなことをして、もちろんディスカッションとか研究とかするわけなんですけれども、それだけインスティテューターは金出して、世界じゅうから研究者を呼び集めて、何をせよというのは一切、いつから来て、いつ帰っても構わない。帰るときにA4で1枚ぐらい、何やったか書いてみたい、それぐらいしかないんですよ。

まあ予算も限定されているから、みんながみんな100%じゃなくて、うちなんかは会社がサポートしてくれますから、旅費なんかは別に会社持ちだからいいよとか、あとはフラットというか、アパートですね。アパートは向こうが供給してくれたし、それなりの待遇を受けるわけですよ。それだけ金出して、何の見返りも求めない。そこで例えば週何回講義をしるとか、何か発表せよとか、何もなし。でも、これが学問やなと思いましたね。これがヨーロッパやと思いました。

<研究者・技術者の能力を引き出す組織環境・マネジメントはどのようなものだと思いますか？>

【松井】 いや、そうですね。まあ、ちょっと入社したころは、まだ古きよき時代の名残があって、変な人が多かったですね。会社の上司も。ちょっとランダムに思っていることを言うと、あんまり上がき過ぎると、下は育たないんですよ。というのは、要するに下は何もせんでいいですから。私の上司というのはすごいちゃんばらんの人で、研究者としては、誤り訂正に関しては結構、しょっちゅう論文を書いているような人だけど、会社の人としてはほとんど仕事できない人で、よくしりぬぐいさせられたんです。本部長に出すような書類をなぐり書きのような字で書いて、本部長に出す一歩手前で、担当の人から、これ出していいんですかとかあって、うちの課長何出しましたとかいって、何か線表が手書きで、こんなの書いてあります。済みません、じゃあちょっと書き直しますとか。

まだ若いころで、入社してすぐのとき、私は関西で、その課長さんも関西から単身赴任して来られて、ある日あるとき関西で会議があって、自分はそれに出なあかんのやけど、二、三回休んで、そろそろ出たほうがいいからかわりに出てくれと。座っているだけでいいと言われてたんです。それでまあ実家にも帰れるし、いいやろとって、もうほんとうにね、ほんと手ぶらで行った、座ってるだけやと。そうしたら結構重要なプロジェクトの進捗会議で、大きな部屋に円卓並んでサミットみたいな、ちゃんと机の座るところが決まっていて、名札も置いてあって、自分のプレゼンの時間が20分か30分ぐらい用意されているんですよ、行ったら。成果を報告せないかんです、私が。それでどうしようかと思って。幸い、僕の出番が2時間ぐらい余裕があったんです。当時はまだOHPに手書きというようなことがないではない時代だったので、OHPとか借りて、1時間半ぐらいで適当にあることないこと書いて、それを本部長に向かって、こうこうですとか何か適当なこと言って。そのときに怒りました。怒りましたが、何というの、上司を信じたおれがばかだったと。いい意味で、自分のことは自分でやらないかんと。その人はすごくいい人で、もう大学に行かれちゃいましたけれども、僕が大好きな人なんです。

セキュリティは黎明期だったからということもあるんです。注目されていない技術だったからというこ

ともあるんですけども、ある意味では、その当時の課長さんが偉かったかもしれないですね。つまり誤り訂正は当時仕事がいっぱいあったから食っていったわけです。暗号の人、2人や3人、遊ばせておく余裕があったわけです。だからそういう売れて食える技術と、食えない技術をカップルにしておけば、食えない人はあんまり会社に見えるようにしておくと、遊ばせとるのかということになる。そういう意味だと、誤り訂正でうまいこといったのは、誤り訂正という、会社から見てそれなりに成果を出しているところと一緒にくっついていたから、そこでアウトプット出したら、社会的にはオーケーで、その課長の裁量で暗号を遊ばせていたわけですね。遊ばせてといったら語弊があるけれども、まあ、好きにやっつけと。そういうのは今思えばうまくいった要因かもしれません。

暗号は2、3人で窓際でしたから予算が少なかったし、人数も少ないから、何やっても会社からはそう見えなかったわけですね。今だからすべて我々の会社でも注目されているから、売り上げは幾らになっているんだとか、何ぼ売れたんだと言われますよね、要素技術だから、何ぼ売り上げというのはすごく難しいんです。システムが例えば1億円売れて、暗号が部品として入っていくときに、その売り上げにおける暗号のコントリビューションは幾らですかと計算しようがないですね。だからそれは適当に勘定して出さないといけないんですけれども。

<ある程度、かなり自由な時間を与えないといけません。>

【松井】 そうだと思います。多分、ほんとうに自由を与えると、多くの人はやっぱり成果を出さなアカンという思いになると思うんです。つまり大学の先生と会社の人の大きな違いというのは、大学の先生は、必ずしもみんなそうじゃないかもしれないけれども、やっぱりペーパーが出ないとアカデミックな価値はないですね。それだけではないかもしれませんが、やはりペーパー書いて何ぼの世界ですね、研究。企業だと、特にこういうご時世だと、開発の仕事はいっぱいありますから、幾らでも言いわけできるんですよね。研究できないと、それは忙しいから、こんな毎日遅くまで開発の作業して、研究できる時間あるわけないでしょうという言いわけが常にできるんです。だから、よほどモチベーションが高くないと、好きじゃないと、なかなかこのご時世、研究できないと思うんです。特にここのような開発研究所は、だから野放しにしたら、本人も成果出へんということが、はっきり自分がわかるわけです。言いわけのしようがないわけだから。そういう意味では何か追い込むというかね。

<アイデアの発想についてなにかありましたら。>

【松井】 まあ、数学出身ということもあって、論文を読んで物を考えると、そういうことは昔からやっていたから、何かチャレンジングな問題があって、それをやろうという気持ちは、それは数学を目指したらあると思うんですけども、行き詰まったときに一たん忘れるというのは結構重要だと思うんです。それに書いたかどうかわからないけれども、線形解読法の直前はもう暗号やめようと思っていましたから、差分解読法をずっとプループしてやって、それであまり成果が、大体やることやっちゃって、出なくなると、そのときはまだ誤り訂正にも未練があって、当時、誤り訂正にすごく理論的にももしろいことがあって、すごい話題沸騰していたのがありました。そっちもやりたいなと思って、それでやめようかなとおもって、誤り訂正のほうをやりかけたんです。そのときに寮で思いついてというのがあって、それが線形解読法につながったんです。やっぱりずっとあることをやっているって視野が狭くなって、後でふっと見たら、何でこんなことがそのとき気がつかなかったんだらうみたいになって、だから気分転換は必要ですね。

< M I S T Y 発明したことに対する会社の報償はありましたか。 >

【松井】 会社としてはいろいろいただいていますね。金という面だけじゃなくて、会社の表彰とか社長表彰とかありますよね。そういうのでは。まあ、三菱電機の給料の水準がどうかというのはさておき、会社の中ではよく処遇していただいていると思いますね。

給料の査定が多分いいのだろうというのもいえるだろうし。あと特許でも、無償化しているので、その分での特許の収入というのはいないんですけども、その周辺で技術の特許は権利化の対象になっていて、一部は発明者に還元されるというシステムがあり、恩恵にあずかることがあります。

< どうもありがとうございました。 >

松井 充(まつい みつる)氏 略歴

生年月日	1961年9月		
出身地	兵庫県		
学歴	卒業年月	学校名	
	1980年3月 1985年3月 1987年3月	私立甲陽学院高校卒業 京都大学理学部卒業 京都大学理学研究科数学専攻 修士課程卒業	
職歴	年 月	組 織 名	ポ ジ シ ョ ン
	1987年4月	三菱電機(株)入社 情報電子研究所	研究員
	1996年4月	情報技術総合研究所	主任研究員
	1998年10月	同上	チームリーダー
	2004年4月	同上 (現在に至る)	次長

炭素繊維（PAN系炭素繊維）「トレカ」

日時：2004年7月28日 13：00～16：00

場所：東レ株式会社東京本社（東京都中央区日本橋室町2丁目2番1号）

話し手¹：

東レ株式会社 顧問 三井茂雄

有限会社 オキシド 代表取締役 森田健一

聞き手：文部科学省科学技術政策研究所 第2研究グループ 上席研究官 石井正道

< よろしくお願いたします。 >

【三井】 それでは、私のほうから話を進めていきます。

（文末「資料A」参照）

炭素繊維トレカの、これまで進めてきた中身の概略をまとめてみました。

2枚ぐらいのものですが、最初のところはお手元の資料に沿ってお話しさせていただきます。まず最初に、今おっしゃいました独創的な商品開発、あるいはそれにつながる研究・技術開発のありようという点で見たとき、一口に研究・技術開発と言いますが、私は研究開発と技術開発を分けて見ております。研究開発というのはタネを見つけるものですし、技術開発というのは得られたタネをものにするものであると考えています。

おっしゃる独創性というものは、もちろん研究開発には必須のものですが、技術開発においても、単に与えられたものをそのまま現場にアプライするというのではなく、独創的な活動が求められます。プロセス開発においても、設備開発においても、ブレークスルーが求められ、そのブレークスルーが競争力そのものなのです。

ここに資料がございますが、今、トップメーカーになり得たのはどうしてかという視点で以下をまとめています。今日出席されておられる森田さんが研究者として特長のあるポリマーをつくられたことと同時に、それを生産化し、事業化していった「ものにする力」がキー・ポイントであると思っています。

その技術開発をどう進めたか、まず生産技術開発について見てみます。進めるにあたってとった基本方針の第1は「トレカを世の中に認知」してもらうことでした。鉄とかアルミニウムなど、これまで使われてきた基本素材に対して、カーボンファイバーは世の中に何も認められていなかったわけですから、果たして素材としてそれが使えるものなのか、どれだけのものなのかということをしっかりマーケットの皆さんに認知してもらうことでした。

第2に「信頼」されることでした。その決め手は「品質第一」であり、コストは後からついてくるといふ明確な思想を持って臨みました。品質第一ですから、収率が少々悪くても、それは後の問題という方針を明確に打ち出しました。

品質と同時に、お客さんから信頼を得るためには、「供給体制」を固めることでした。常に、東レのトレカは需要が出てきたから増設するのではなく、先手先手で設備をつくり、品質、供給体制ともに大丈夫だなと信頼してもらえるように事業を展開してきました。

¹ 三井茂雄氏は生産技術開発担当、森田健一氏は研究開発担当。

品質という中身にもいろいろあります。ここに述べておりますように、第1は「マーケット・ニーズへの即応」ということです。最初に出した「タイプ300」というトレカが現在でも典型的なブランドになっておりますが、タイプ300に対して、さらに高強度・高弾性率を持った糸の開発・生産化が、特に飛行機分野で強く求められました。このマーケットニーズに対して、先の話とせず、直ちに開発・生産化を進めました。

こういう高性能糸をつくると同時に、その糸を使うときには樹脂で固めて、コンポジットに仕上げるわけですから、コンポジットの性能に、それが発現されないと全く意味がありません。そのことから、「コンポジット性能」を向上させる糸の品質設計を積極的に盛り込みました。さらには、そういう性能をより発揮しやすいコンポジット樹脂の開発も手がけました。これが結局、今、ボーイングの7E7という一大プロジェクトにおいて、樹脂込みで糸を使ってもらえるところまで来ているわけです。このように、単なる糸売りではなく、それに樹脂を抱かして市場展開をしていったことが競争力を高め、航空機メーカーに成功をもたらした一因と思っています。

他社に先がけて開発し、生産化した高強度・高弾性率糸については、第1ソースとして認定してもらうようにしました。ご承知かと思いますが、航空機で素材として使ってもらうためには認定作業が必要となります。また、認定を取得しますと、いわゆる“ノーチェンジ”ということで、製造条件も品質スペックも、断りなしには全く変えることができません。彼らも認定取得のときに取った多くのデータベースをそのまま、その後も使っていきますから、第1ソースとしてお客様に使っていただくことができれば、後発の参入に対しては大きなバリアになるわけですね。現に、ボーイングにおいても、今、7E7用の炭素繊維は東レのトレカのみ、1社購入ということを決定してもらっています。最初のプロジェクトに入ったことの実績と信頼が、今後の大きな航空機用途への需要につながっているわけで、特に航空機用途においては、他社に先駆けて認定を取るものが極めて重要ですし、それが成功したのだと思います。

3番目は「使いやすさ」です。トレカを買ってもらったお客様が、その糸を使うときに使いやすいということは非常に大事なことです。トレカ糸を糸のまま使うのではなく、その糸を織ったり、編んだり、引きそろえたり、お客さんがやるわけですね。そのときに繊維が途中で切れたり、からんだり、ケバで品質が落ちたりというようなことだと、先方の手間がかかるし、ロスも大きくなり、コストも上がるということになります。従って、「使いやすさ」ということが使う立場から見て大事な問題です。こういう使いやすさについての心配りは、長年、衣料用途ですが、さまざまな合繊糸を使ってもらった私どもとしては、炭素繊維が産業用途といえども大事なこととして、最初から取り組んできました。

次に「品質ばらつきの小さい糸」をめざしました。強度であれ、弾性率であれ、中心値に対するばらつきの幅を小さくすれば、お客様の成形品のばらつきも減り、保証値も上げられることになり、お客様の競争力向上につながります。従って当初から、いかにばらつきを減らすかということを重視して取り組みました。

これが1ページ目で申し上げたかったことであります。

このような方針で開発を進めましたが、次に、それを進めるにあたって具体的にどういうところが「東レ“トレカ”の強み」であったかをここにまとめてみました。1つは「糸をつくる技術力」が東レに蓄積されていたということです。

ご承知のように、カーボンファイバーの原料になる糸は、PAN系の長繊維を用います。もともとトレロンというPAN系の短繊維をつくっておりまして、その技術や生産力がPANの長繊維を引く上で大いに役立ちました。もちろん、ポリマ組成としては別のものですが、湿式紡糸という紡糸方式でつくる点では共通技術ですから、その実績が大いに役立ったわけです。同時に、テトロンやナイロンという、合成繊維のフィラメント（長繊維）をやっております、カーボンファイバーも長繊維ですから、長繊維をいかにムラなく効率良くつくるかという技術は、もともと東レが強い世界であったわけです。

<長繊維と短繊維があるわけですね。>

【三井】 ええ。こういうウールの背広は、羊毛という短繊維を紡績し、糸にして使っています。合成繊維にも短繊維と長繊維の両方があります。カーボンファイバーの場合、織ったり、編んだり、引きそろえたりして使いますので、これは短い繊維ではなく、長いまま使います。長繊維を扱うほうが、細かい生産管理センスを問われます。

これをご覧になるとわかりますが、一本の長繊維は、さらに細かい繊維の集まったもので、この場合3,000本ぐらい集まっています。12Kという品種ですと1万2,000本の細かい繊維が集まっています。1つの糸の太さは大体5ミクロンぐらいの細いものです。そのことから、糸は強くなりますが、ちょっと表面の粗いところを糸が走ったり、角に当たれば、細いことから糸が切れてケバになります。それは望ましくないので、切れにくく、ケバが立ちにくい繊維に仕上げる技術が、また大事なことになってきます。

<すみません。素人で申しわけないんですが、これはこういうのがもとで、航空機の部材にもなるわけですね。>

【三井】 そうです。航空機ではプリプレグというものにつくり上げて使います。それが今、ご覧いただいているもので、プリプレグの一部を切り出したピースです。

それで、どういうふうにつくるかというと……黒板はあるかな。

（板書しながら）ここに炭素繊維を巻いたポピンがありますね。これを横に100本、200本とスタンドに立てます。そして、そこから糸を全部まとめて引き出していきます。例えば、これが100ポピンあるとすれば、ここに100本の糸が並ぶわけです。並んだ100本をどんどん引き出して、これに糸の目方50に対し、樹脂の目方で50ぐらいを引きそろえたものの上に 上というよりは、樹脂のバスの中を通してやり、この糸に糊付けするような格好で樹脂をのせて引き出します。そうすると、このように縦方向にカーボンファイバーが引きそろえられ、樹脂を抱いたものができるわけです。

それをプリプレグといいます。「プリ・インプレグネーテッド」の略です。前もって、未硬化の熱硬化樹脂を含ませた一種の生ハツ橋みたいなものをつくり、それがちょうど織物の反物のように出てくるわけです。それをロール状に巻いたり、シリコンペーパーの上に載せて、平たく出します。それを航空機メーカーで、糸の方向を変えながら積層するわけです。積層したものに熱をかけますと、熱硬化樹脂が固まってカーボンファイバーで補強された成形体が出来上がります。それが飛行機の水平尾翼になったり、垂直尾翼になったりするわけですね。

大変な手間ですよ。けれども、今はそういうやり方でやっています。

ここで申し上げたかったのは、何百本という糸をクリールスタンドにかけて、糸を引き出して引きそろえる時に1本でも切れますと、その段階でオシャカになるわけですから、切れないことが大事なのです。

たとえ切れなくても、糸がからんでいたり、ケバになったりすると、そこが毛玉になり欠点になりますから、毛玉が多いのもだめなんですね。

<すごい繊細な技術ですね。>

【三井】 そうですね。ですので、強度や弾性率という性能とともに「工程の通しやすさ」が大事になります。

長年、繊維を扱ってきた私どもとしては、カーボンファイバーに限らず、ナイロンでもテトロンでも、織ったり編んだりしますので、その段階で使いやすさが大事なことを良く知っています。従って、カーボンファイバーの世界でも当然よくわかっていて、これをクリアできるような糸設計にしました。合成繊維のノウハウを東レが持っていたことが大きな強みとなりました。

そのことから、繊維をやったことのないメーカーさんでは、なかなか難しいところがあったと思いますね。

<わかりました。>

【三井】 このような観点で製糸技術を固めましたが、それとともに、その糸を上手に使いこなす「高次加工技術力」も大事です。お客さんの工程にどのように載せ込むのが良いか。あるいは、使用して何か問題が起こったときに、どう解決すれば良いのかという、いわゆる高次加工技術が問われます。合繊メーカーである私どもでは、そういうところに強い技術屋を抱えておまして、技術の共用性として生かすことが出来たわけです。4つ目は、東レリサーチセンターや東レエンジニアリングなどの技術力を持った関係会社の存在です。東レリサーチセンターは、物の評価をはじめとして、解析や分析をする会社です。ですので、何かトラブルが起こったときに、トラブルの原因を追求するとか、あるいは何か改善したものをつくりたいとき、その解析技術力を使うとか、東レリサーチセンターを起用して作業できますし、また、カーボンファイバーをつくるための設備についても、東レエンジニアリングという機械メーカーがありますから、使う立場の我々と密接なコミュニケーションのもとに設備開発ができたことも大きな強みだったと思います。

それから、「企業風土」とここに書きましたが、1つは「バイオニア精神」です。東レが紹介されると、いつも話が出るのですが、昔、昭和25年だったですかね。当時、ナイロンの合成繊維を事業化したいということで、デュボンの特許を、当時の資本金と同額ぐらいはたいて購入し、ナイロンの生産を開始しました。かなりの賭けといえば賭けでしょうが、やるときにはやると、そういう話がずっと後輩には伝わっていますし、常に前向きに取り組むことが大事であることが企業風土としてあったことが1つです。

もう一つは、これは日本のメーカー共通のことでしょうが、ものづくりの「現場における一体感、責任感」というのは強いものがありました。これが最近、日本の製造業において落ちてきており、残念に思っているところです。

ここで言う一体感とか責任感というのは「ものづくりへのこだわり」であって、自分の持ち場に誇りと自信を持っていて、誰に何を言われなくても、現場は自分が守ってみせるという一途な気持ちというのは、日本のメーカーではみんな強いですね。メーカーに限らず、それは鉄道の作業一つ見ても、ちょっと雪が降り、凍えるような日には、カンテラで転轍機のところを温めたり、ダイヤどおりに、いかに1秒でも遅れないように汽車を通そうとか。だから、問題が大きくなってから大騒ぎするというよりも、持ち場を

守っていて、何か異常があればすぐ見つけて、すぐ処置を取るとか、あるいは未然に防止することが出来るわけです。

それと、アメリカのメーカーと一緒に仕事してみようと思うのですが、みんなと一緒に力を合わせてやろうというところが日本の製造業の強みだと思います。アメリカの場合はジョブ・ディスクリプションで、おまへの仕事はここまでと、細切れにしてそれぞれの責任を決め、それをつないで1つのものになっていますが、トラブルが起こったときにお互いが協力し合って素早く解決するという考え方がないわけですね。日本の場合は、困ったときに、みんなで協力し合ってやろうとするわけです。このことは、特に新しいものを生産しようというときに大きな力になります。生産当初はそんなに整然といかず、いろいろなトラブルが随所で起こってきます。この時、勤務時間、あるいは仕事の分担にこだわらず、みんなで力を合わせて一緒に取り組み、問題を素早く潰してしまうことが出来ました。

こういう企業風土というのは日本の強みだと思っています。それは東レのみならず、皆さん、そうだと思いますが、こういうものは最近、弱くなってきたんじゃないかなと感じることが多く、あえてここで触れました。

<ちょっと質問してよろしいでしょうか。パイオニア精神で、先ほどのナイロンの話なんですけれども、ああいうのも、もう50年ぐらいたったんでしょうかね。>

【三井】 昭和25年ですから、もう50年はたっていますね。

<そういう雰囲気とか、伝統というのは保たれてくるんですか。語りぐさとか、そういうのになっているんですか。>

【三井】 やはり伝えていかないと伝わらないですね。昭和34年に入社したんですが、そのころですと、まだ10年経つや経たずの時代ですから、そういう人たちの生々しい話と空気があるわけです。しかし語り継がないと伝わらなくなってきます。少し弱くなってきたなと思うと、改めて、もう一遍、みんなの気持ちをそこへ持っていくというようなこともやります。そういう逸話もさることながら、仕事を進める上で何が大事かを語る時、後にもありますが、失敗を恐れて何もしないのではなく、失敗を恐れず、まずやってみよう求めますし、評価もそちらの方が高いことは良く知っています。

<それはいいですね。チャレンジしろということですね。>

【三井】 そうです。口先ばかりそう言うが、失敗したら飛ばされるのではと思われるようなことはしていません。私自身も炭素繊維の製造現場で、かつて大きな事故を起こしましてね。大きなお金をかけて虎の子の新鋭系列をスタートさせたにもかかわらず、半年余りも停機を余儀なくされました。原因をつかみ、改造して無事に再スタートしましたが、これだけの事故を起こして、いよいよ会社をやめなければいけないかなと思ったものです。しかし、無事サラリーマン生活を全うすることが出来ました。

この新系列は、今までの系列の能力が、せいぜい10トンぐらいのときに、一挙に60トン系列にしたものです。定常的に調子よく動いているときは何の問題もなかったんですが、トラブルが起こったときに、結局、トラブルに対する読みが浅くてマシンを壊してしまっただけです。60トン系列というのは、当時、世界で初めての大型系列で飛躍的なコストダウンを狙ったものでした。従って、単に設備を大型化のみならず、当時としては相当思い切ったブレークスルーをやりました。チャレンジして一時頓挫したものの、再スタートしてからは全く事故を起こしていませんし、この60トン系列が足場になって、さらに1

20トン、今は150トン系列への道を拓き、大きな競争力を生むことが出来ました。

無為に失敗したのでは全くだめですが、前向きに取り組んでやるだけのことはやって失敗することについては寛大です。むしろ、失敗してもいい、なぜやらないのだというふうに常に求められます。

だから、そういう意味では私自身、いい失敗をしたと思っています。新入社員を迎えて話をする時は「失敗を恐れるな」と、自分自身の失敗を話すことが出来るからです。企業風土は大事ですね。

それから、「マーケティング力」です。私どもでは国内のみならず、海外にも合成繊維の営業拠点をもっています、トレカの場合もこれをマーケット展開に効率的に使うことが出来ました。

以上、東レを炭素繊維のトップメーカーに成し得た幾つかの強みについて触れました。これらの強みはライバルの製品を分析することにより明らかになりますし、これらのことは、使うお客様が一番良く知っておられます。

続いて、これらの強みを生かして、どう開発を進めたかについてお話しします。

開発プロジェクトというのは成功させないと意味がありません。先ほど申し上げたように、研究であれば、うまくいかなかったということで旗を下ろすこともあります。技術開発の場合は、「しゃにむに、ものにする」ということです。

トレカでは「目標管理の徹底」を重視しました。目標管理を形だけ整えるだけではうまくいきません。「徹底」こそが大事なのです。

まず、「目標を決める」ときに、「やれる目標」ではなくて、「やるべき目標」を決める。それはユーザーから求められているもの、他社との競争力を比較して決めなければいけません。だから、「やるべき目標」であって、「やれる目標」では意味がありません。

それから目標も「単純明快な定量的な目標」を掲げる必要があります。これにより、フォローアップができますし、やり遂げた人に判りやすい達成感をもたらします。そういう意味で、目標というのはわかりやすく定量的であるべきです。

2つ目は「目標実現のための課題の明確化、責任の明確化」です。これは、ややもすると希薄になりがちですが、実態を深く掘り下げ、問題の核心をつかみ、それを解決するための課題を明らかにすることが大事です。その課題毎に責任者を決める。ややもすると、兼務体制を取りたがりますが、責任をはっきりさせるためにも、極力専任化しないとダメです。これは大事なことです。

それから、期限を切らなければなりません。これも「できる」期限ではなく、「いつまでにやらなければいけない」という期限です。

このような具体的な目標をいかに徹底するかですが、やはり、実際にやるのは担当者ですから、一方的に「これでやるんだよ」と押しつけても、本人のやる気にはなりにくいものです。最初が大事であり、お互いに問題を話し合い、解決のために何の課題をやらなければいけない、どこまでやらなければいけないということを十分話し込み、最終的に担当者が理解した上で、やる気になってやってもらうということにしないとダメなわけですね。

そういうことで話し込み、本人に目標を確認させて「やる」と言わせたら、あとは担当者に全て任せます。細かいことは言わず存分に働かせます。ただし、任せっ放しではなく、定期的にフォローアップして、今どこまで行ったのか、どこで悩んでいるのかということをよく話を聞いてあげて、必要であれば戦力の

補強や方向づけなどの相談に乗ってやります。本人たちが今、どこで苦労していて、どこで行き悩んでいて、どうしようとしているのか、どうすればいいのか、肩書を外して技術者同士のディスカッションをすることは大いに意味があると思います。やり遂げることが大事であり、頓挫させたのでは、後の自信にもつながりませんので成功させるように持っていくます。こんなことですね。

ですので、逆に言えば、「開発者に求めるもの」とは「リーダーの役割」であると思います。本人と話し込む時、ややもすると「それは大変だ」とか、「こんな短時間では無理だ」とか言われるものです。けれども、「そんなことを言う前に、とにかくやってみろ」と、「やっているうちに道が見えてくるし、道が見えてくれば、元気も出てくるし、まずやってみろ」と。やる前から、だめだと言うな。失敗してもいいから、やれということです。

それから、必ず壁にぶつかりますが、そのときに大事なことは、「壁は乗り越えるべし」と教えることです。苦し紛れに本道を歩かずに、ついあっちへ逃げたり、こっちへ逃げたりして、横道に入ってしまう。そうすると、最初の目的は何だったかというのを見失ってしまいがちですから、断固それは許さない。

それから、私はよく「期限は3カ月」と言っています。大きなプロジェクトも小さなプロジェクトも、3カ月で大体の自分の答えや目途をつけると。それで実際にその考え方に基づいて確認作業を行います。お金を取って設備を設計し、設備が納入されるまで、やはり半年から1年はかかりますが、3ヶ月で見当をつけられないような問題というのは、半年経っても1年経っても答えが出ないことが多いものです。大きな目途というのは3カ月ぐらいで決着がつくはずだと言っています。これもある程度、そういう期限を自ら切って仕事をするようにしないと、何かずるずる仕事をしていることになってよくありません。ですので、自分なりに1つの目途と期限を持って臨めという考え方でやっているんです。

また、ややもすると苦し紛れに、当てずっぽで、いろいろ条件を変えてみる人を見かけますが、必ず失敗します。急げば急ぐときほど、下手な鉄砲は撃たず、原理原則を一つ一つ確かめながら、方向を確認していくような仕事の進め方にしないと、ネガティブデータが出たときに、それを生かせませんので。急がば回れです。下手な開発者はいつも、行って戻り、行って戻りをくり返します。

それから、プロジェクトを運営していると、あいつがああだからとか、こいつがこうだからとか、とかく他の人を賢そうに批判する人が出てくるんですね。意見があれば、議論の場で言うべきです。そこで、こうだと一遍決めたことは、陰口は一切許さず、一枚岩になってやっていかなければ、プロジェクトは成功しません。

それから、みんな、自負心を持ってやってほしいですね。やはり、自分が自分でやっている仕事に誇りと自信を持ってやらない限り、答えは出ないわけですから。まさにカーボンファイバーをやったときでも、「今やらないで、いつやる」「自分がやらないで、誰がやる」と。みんな、その気になって取り組んでくれました。やはり、新しいものを手がけているときは、将来性や希望が見えますから、少々しんどい思いをしても、みんな、張り切ってやってくれるのは有り難いですね。

カーボンファイバーの技術開発と生産化にはいろいろ苦労がありました。みんな大変だったと思います。会社に今もいる人、会社をやめた人、それぞれですが、今も昔の仲間と会を持ち、時に顔を合わせています。非常に明るくていい雰囲気ですね。やっぱり「やってよかったな」「やるだけやった」とみんなが思ってくれているというのは有り難いことですね。

こんなことで、えらい長時間取りましたけれども、申し上げたかったことは、研究の独創性と同時に、それを「ものにする力」というのが日本の企業の強みですし、引き続き、強みを発揮するメーカーであってほしいなということです。そのためには幾つか守らないといけない点、あるいは最近、弱くなってきているなと思う点がそれぞれありますね。従って、これまでのトレカの発展の足取りを以て、敢えて技術開発にスポットライトをあて、聞いていただきたかったということです。

えらい一方的にお話をしてしまい、舌足らずな点もあろうかと思しますので、どんな話でも良いのですが、補足することがあれば補足させていただきますし、調査票でこれに関連して多少具体的なところが、それぞれありますから、これをもって補足させていただいても結構だと思います。

<プレゼンテーションありがとうございました。では、調査票に基づいてよろしくお願いします。>

三井さんは、小中学校のときの理科とか、算数というのは好きだったでしょうか。>

【三井】 私は好きでしたね。質問にもありますように、技術屋に進もうと考え始めたのは、終戦の年、私が小学校4年生ぐらいだったと思います。父親は事務系でしたが、おやじから「これからの時代はものづくりの時代やから、わしは、それはようやらなんだけど、技術の世界に進んだほうがいいよ」と話をされたのが心に残っています。ものをつくることについての思いは、そのころからずっと父親の言葉で心に残っていますね。

<勉強のほうとしても、算数とか、理科も得意だったというか。>

【三井】 あまり得意ではなかったみたいですね。嫌いではなかったですけども。

<じゃ、もう小学校4年生ぐらいから、将来、ものをつくるんだとか、そういうふうを考え始められていたと。>

【三井】 そうですね。何か薬を混ぜたら、色が変わったり、ああいうことは小学校のときにもやっていましたから。

<そうしますと、中学校、高校と来て、そのころ、理科系の勉強というほうに向いてきたんでしょうか。>

>

【三井】 そうですね。ただ、私はどちらかと言えば、高校のときは医者になりたいと思ったこともありました。結局、受験のころに化学のほうをやりたいと転換しましたが。

<そのころは化学は、どんなことがきっかけで好きになられたんですか。>

【三井】 やはり化学は、中学、高校の化学実験で、AとBを混ぜたら別のCというものになるということをやりますね。ああいう新しいものを生み出すすばらしさというのは非常に好きだったですね。

<なるほど。大学を卒業されたときに、東レさんを選ばれた理由を教えてください。>

【三井】 当時は石油化学の時代で、石油化学製品から合成繊維がつくられるというのを知って、そういうものづくりをやりたいと思いました。単に羊毛とか、綿とか、天然繊維を糸に加工するという話ではなく、化学薬品から合成繊維をつくり出す世界に非常に興味がありました。あのころは、やはり石油化学の時代だったし、合繊の時代だったし、ポリマーの時代だったし、ちょうどそういう時代だったですね。東レでは、さっき申し上げたナイロンをやっていましたし、テトロンを始めようとしていました。ナイロンは本格生産を始めて10年近くになっていたと思います。学校が名古屋でしたし、東レは名古屋工場というところで合成繊維用原料のカプロラクタムをつくっていましたし、同じ名古屋の西区のほうにも愛知工

場というのがあって、ナイロンの繊維をつくっているのを承知していましたからね。

<なるほど。最初に入られたときには、工場のほうに行かれたんですか。>

【三井】　そうです。当時入った人たちは、技術系だけで40人ぐらいでした。その中には機械屋さんも電気屋さんもいますから、化学系でいえば、その半数ぐらいですかね。当時は研究全盛時代でしたから、みんな研究所に行きたがりでしたね。今でもそういう傾向は続いています。当時は研究でないと人ではないと言われるほど、研究所に人気がありました。

<そうなんですか。1960年前後はそうですか。>

【三井】　そうです。私は滋賀工場に入りましたが、当時の滋賀工場はレーヨンの製造現場でした。レーヨンフィラメントを引いていて、ガス環境はよくありませんでした。それから、夏はもちろん暑い。そんな工場の現場に対して、中央研究所は滋賀工場の一段高い、工場を見下ろすような丘の上にあります。そこへ世の中の秀才がどんどん行くわけですから、研究は工場から見たら、太陽みたいな存在だったですね。

さっき申し上げたように、私はもともと、ナイロンをやりたくて入社したんですが、レーヨンの現場に配属になりました。それは配属の面から言えば満たされない最初の配属だったですね。そこで仕事したのは、今は跡形もないレーヨンフィラメントの仕事ですから。既にそのころは斜陽の時代でした。レーヨンフィラメントの製造現場に配属になったのは入社した年の34年で、結局、昭和37年にはレーヨンフィラメントの生産は全面ストップしてしまいました。そのようなところに入ったわけです。

けれども、そのころを振り返ってみると、生産の本当の怖さを教えてもらったのもレーヨンフィラメントの製造現場でした。当時、新しい系列がスタートしたとき、そこでつくられたレーヨンフィラメントをアメリカ向けにどーンと輸出したのですが、それを向こうで使ってみたら染めむらが出て、こんなものは使えないということで、全量船でシッパックされてきたのです。大変な量でね。それが倉庫に入らず、工場の廊下や至るところに山積みされて。入社して1~2年のときでしたが、その光景を目の当たりにして、生産の怖さを実感しました。

当時、ほとんどの技術屋がレーヨンから引き揚げていた時代、工場長から「染めむらの原因を、おまえらで答えを出せ」と言われ、同期の新入社員3人が一緒に、問題解決に当たりました。それで答えを出して、それがうまくいって、工場長以下みんなに「よくやった」とほめてもらいました。お陰で、仕事とはこういうものかと、自信を持つことが出来ました。

その経験を踏まえて私はいつもこう言います。入社3年以内に、仕事を通じて自信とやる気をつかむんだ、と。そのことから、上司の責任というのは非常に重いと思っています。小さなテーマでもいいから、新入社員に与えて、与えたテーマを成功させて、本人をほめてやり、自信と誇りを持たせてやる。そうすると次の仕事へのやる気と自信が膨らんでいきます。その後、私は人事勤務も担当し、研修センターをスタートさせましたが、特に新入社員教育を重視しました。最初の3年間で特に大事な時期であり、それをほんとうに成功させるかどうかは上司の責任だということを常々言っているんです。

レーヨンが昭和37年にボシャってしまった後は、レーヨンの設備を全て撤去してナイロンの工場をつくりました。ナイロン工場建設のときに、重合工場を「おまえが技術の責任者としてスタートさせる」と命ぜられました。そのとき私は入社してまだ3年目の時でした。それで任せてくれたのです。その重合工

場は単に名古屋工場のコピー、リピートですから、それを持ってきて据えつけて、条件を決め、無事動かせばいいわけですが、それにはそれなりにいろいろな中身があり、小さいものから大きなものまで全てが整わない限りスタートできません。それを入社して3年以内に、重合の技術責任者として任せてもらい、無事スタートできたということが後の社内の仕事における大きな自信になったですね。

現在では、このように若い人に全責任を持たせて、やってみよという場がだんだん少なくなってきています。それは上がいるということもありますし、あの時代は合成繊維の大発展期で、横へどんどん広げていたために、人が足りなかったですからね。新入社員に仕事を任せざるを得なかったという有り難い時代でした。それはそれとして、やはり新入社員にそのように仕事を任せてやらせることは大事なことです。それはさっきのプロジェクト体制でも申し上げましたが、「いいな、これをちゃんとやれよ」というふうに目標確認ができたなら、あとは本人に任せてやらせる。それが本人のやる気につながります。私の場合、若いときに、そのように責任を持たせてやらせてもらえたということが、その後に非常に役に立っていると思います。

<その後、トレカの担当になられたのは、お幾つぐらいのときでしたか。>

【三井】 35ぐらいです。

<これはどういう状況のときにご担当になったんですか。>

【三井】 トレカの仕事に関わるようになったのは愛媛工場で、森田さんがやっていたパイロットを引き継いで、私がセミワークスというか、生産設備をスタートさせました。さっき申し上げたように、フィラメント（長繊維）をつくる技術屋が愛媛にいなかったわけですね。私は滋賀工場に入社して、レーヨンフィラメントを3年ぐらいやって、それからあと、ナイロンを8年ぐらいやりました。ナイロンは重合からやりましたが、ナイロンの糸もかなりやっていたから、レーヨンの糸とナイロンの糸を知っている技術屋として、カーボンファイバーの原料になるPANのフィラメントをつくるためのノウハウ屋として、愛媛工場へ呼ばれたわけですね。

<ここで、いろいろいただいた資料の中に、セミワークス工場というのがありましたが、そこに？>

【三井】 ご承知のように、大体、研究から生産へのステップは、形通りにやれば、研究、ピーカーがあって、ベンチがあって、パイロットがあって、それから準生産設備と称するセミワークスがあって、それから生産機となります。森田さんはパイロットの段階まで突っ込んでやられた。私たち工場現場の技術屋というのは、研究のパイロットマシンを動かしてノウハウを固め、生産設備ないしは準生産設備の工場をスタートさせるわけです。

<この愛媛工場、これはセミワークス工場の責任者みたいな形でおられたんですか。>

【三井】 カーボンファイバーの製造プロセスというのは、原糸工程と焼成工程から成り立っていて、原糸とは、炭素繊維に焼くためのPAN系の原料の糸です。それをつくる責任者が私でした。焼くほうは、また別の方が責任者がいらして、それを1つに束ねる、いわゆるリーダーがいたわけです。

<この段階で、セミワークス工場でも、おそらく、いろいろな課題があって、それを技術開発しながら完成させていったんですか。>

【三井】 ええ。スタートした当初は、タイプ300（トレカT300）という、これは今でも世界的に通るブランドですけれども、それを生産化したのが最初なんです。当初は工程で糸が何度も切れて、ま

ともに生産できませんでした。夜中までかかって無事糸かけしても、翌朝にはまた切れているような有り様でした。その生産をようやく軌道に乗せた頃、さっき申し上げたように、マーケットニーズに応じて、高強度・高弾性率の糸を開発しようということになり、プロジェクトを組んだわけです。このときのプロジェクトリーダーを私がやりました。

(資料 図1)

高強度糸の生産の足取りを追ってみます。生産を始めたのは昭和48年(1973年)です。それ以前はパイロットでしたが、48年に1号機をつくり、T300というグレードをつくって、それからT400H、T800H、T1000をつくりました。高強度化プロジェクトをやったのは、このT800Hのころですね。

<ここら辺が飛行機とか、そういうやつのためのものなんですか。>

【三井】 ええ。飛行機はT300で認定を受けまして、今でも、そのT300は飛行機に使われています。T800Hグレードのものは、新しい飛行機に使われ、ボーイングが新たに計画している7E7には、また新しいトレカのグレードが使われようとしています。

飛行機というのは、糸ができたからすぐに採用されるのではなく、いろいろなデータを取り、実績を積みながら、次の本格展開に入りますから、その糸が本当に量的に使われ始めるためには10年以上かかります。ここで1980年~85年ぐらいに、強度をかなり上げていますが、この辺が高強度化プロジェクトのあった時代ですね。

<これだけ強度を上げるというのは、いろいろな技術課題をクリアしなければいけないわけですね。>

(資料 図2)

【三井】 そうですね。最初はどこから手をつけようか悩みました。しかし、ヒントはよく見るとあるものです。T300は、束ねた状態で強度をはかると300キロちょっとしかないんですが、それを構成している1本1本、細い5ミクロンの糸毎に強度をはかると、こういう強度分布になるわけです。中には450キロという強度の高い糸が混じっていることが判ります。ということは、そういうようなものばかりにすれば、全体の強度が上げられる道理になりますから、強度の高い糸がどんな糸で、強度の低いのは何故強度が低いのかを徹底して分析するわけですね。

(資料 図4)

前々ページに写真がありますが、左一番上の写真の、こんなところにポッチがありますね。これが糸の表面についている異物です。こんな異物が欠陥のもとになり、ここから破断が進んでいくのです。この異物から、破断が進んでいるように、筋が見えないですか。ここを中心にして筋が断面方向に走っているように読めるんです。破壊の開始点がここにあるというのが言えそうですね。ということは、表面にこんな欠陥があったのでは、糸はここから切断を開始するので強度的に劣る。

さらに、たくさん1本1本糸を切ってみて、切れたところがどうなっているかというようなことを細かく見ていけば、逆にどうすれば強度が上がるのかがわかるということになります。こういう細かい解析が大事なのです。

<先ほど、三井先生が高強度のプロジェクトのリーダーになられたということなんですけれども、開発メンバーというのは大体何人ぐらいいらっしゃったんですか。>

【三井】 30人弱ですね。

<そのときのいわゆる技術課題というのは、どういう課題になるんですか。高強度化をするためには技術課題があるんでしょう。>

【三井】 私はそのとき部長クラスで、その下に課長級をリーダーとするグループを3つぐらいつきました。第1のグループは、いわゆるプロセスグループと称するもので、2つ目が装置グループ、3つ目が評価グループです。評価グループは、むしろあまり人数は入れていませんが、ここではいろいろな実験をやった系のデータを評価して、その結果を提供してくれる、一種のサポート部隊です。装置グループは、より強度が出やすいような装置の開発をやっていました。第1のグループは、強度がなぜ低いのか。強度が低い原因をつかみ、それに対して解決策を出す役割です。そこで、その答えを装置と結びつけて、次のマシンを設計してつくり上げる、そういう構成ですね。

<このときに、例えば高強度にするんだとか、そういったときに、まずマーケットを調べて、そしてターゲットをつくれるんですか。それとも、自分で技術がこうだといって、それからお客さんを探すんですか。>

【三井】 それはさっき申し上げたように、「できるところをつくりました」ということでは、世の中には受け入れられません。飛行機の場合に高強度化プロジェクトを組んだのは、ボーイングが、タイプ300という系では、求めている飛行機の性能から見て性能不足であり、より強度の高い系の提供を求めてきたことによります。樹脂とカーボンファイバーで出来上がった飛行機の、例えば尾翼の強度が幾ら以上ないといけなと言われてます。それに対し、求められる炭素繊維の性能がどうあるべきかというのがつながって理解でき、強度目標が決まります。そうすると、500キログラム以上の強度がないとだめだということがわかり、これで強度が決まります。「やれる目標」ではなくて、「やるべき目標」をお客様の要求に応じて設定するのです。

<そうしますと、何て言いますか、この分野で東レさんが世界のトップにずっとなってこれたのは、お客さんから常にニーズを、ほかの人よりも早く聞いて、それに対応する技術開発を、ほかの人よりも早くやってと、そのくり返しになるわけですか。>

【三井】 その通りです。

<あと、航空機以外にも、スポーツ用品とか、最近では産業用が増えていらっしゃるんですけども、そこら辺のニーズも、どうやって見つけたのか。いただいた資料を見ておもしろかったのは、最初は、釣り竿だとありますよね。あそこら辺も非常にユニークですよ。>

【三井】 あれは、その当時、カーボンファイバーをどういうマーケットに、どういうふうに商品展開していくかということは全く手探りのときでした。本命を飛行機に置きつつも、実際に飛行機で使ってもらえるのには10年かかるわけですね。ですので、これと併行して、より身近で早く使ってもらえるお客様にもアプローチしました。そのひとつが国内のスポーツ用途で、まず「釣り竿」に採用されました。なぜそこへ入れたかと言いますと、竹の釣り竿ではなく、ガラス繊維を使った釣り竿の世界に入って行ったんです。この用途では、ガラス繊維をカーボンファイバーに置き換えるだけで使ってもらえます。樹脂と繊維を原料に、筒状のものをつくって、竿にするだけです。従来ガラス繊維の釣り竿には幾つかの使い勝手の悪さがありました。ひとつは重いことです。さらに、魚を釣る人は、魚がかかったときのレス

ポンスが鋭いもの、感じやすいものを好みますので、そうなるとカーボンファイバーの軽さと弾性率の強さが生かせるはずだと、これを売りに、試作して持っていくと、「これはいい」ということになったわけです。

そのことから、一番最初に使われたのは、炭素繊維の特徴をより強くアピールできるアユ竿でした。アユ竿というのは、長いもので10メートル以上あるんです。そのため、1本が大変重いんです。しかも、持っている人が1日中、川に入ってやっているわけで、重いと疲れます。軽くて、しかも応答のいい竿であれば、趣味の世界ですから、少々高くても買ってもらえるわけです。今でも高いですが、カーボンファイバーの竿は開発が進んできた昭和60年当時でも20万円ぐらいしました。それでも喜んで買ってもらえるわけです。しかも、釣り竿の場合は、先ほども触れましたように、比較的つくりやすいんですよ。カーボンファイバーに樹脂をつけて、こういう筒の上へ包帯を巻くみたいに巻いていって、加熱して樹脂を固めてから、中の芯を抜けば、竿になるわけですから。そんなに特別な加工設備も要らないし、小回りのきく用途なんです。

しかも、1つの竿をつくると、現在のゴルフクラブの開発競争のように、常に新しいもの、性能のいいものが求められます。そういうニーズに対して、糸はどんどん多様化し、レベルアップできますから、性能のいいものを提供できる。例えば、最初は糸の弾性率が20トンぐらいのものでしかなかったんですが、お客さんが、もっと張りのある竿が欲しいといえば弾性率を上げ、30トンをつくり、40トンをつくり、50トンをつくりと、弾性率の高い糸を提供し、お客さんも広がっていくということになります。

だから、スポーツ用途というのは、航空機用途に認知されるまでの間に非常にいいつなぎになったのは事実ですし、今はもうつなぎだけじゃなしに、確立したマーケットとなっています。やはり小回りがきくという用途としては入りやすかったですね。しかも、性能競争の世界ですから。

<頂いた資料の中に、テニスラケットとかゴルフシャフトは、まずアメリカとかイギリスのほうで、そういうトライアルがもう既にされていたと。それにもかかわらず、東レさんがアメリカやイギリスを押さええて、成功していくのはなぜなんですかね。>

【三井】 ゴルフクラブのカーボンシャフトが喜ばれたのは、まず日本でした。

【森田】 そのころ、イギリスとか、アメリカでも炭素繊維はつくってはいたんです。でも、いいものができなかったんですよ。

<ああ、つくってはいたけれども、いいものはできなかった。>

【森田】 そう。だから、ゴルフシャフトも、日本の東レの糸をアメリカに輸出しましてね。最初にゴルフシャフトをつくったのは、アメリカのどこかの、三ちゃん農業じゃないですけども、お父さんとお母さんと二人でやるベンチャーですね。アルディラという会社だったかな。そこで作ったゴルフクラブを使って日本の太平洋クラブで、アメリカ人が優勝したんですよ。日本で非常に有名になり、東レで糸をばーんとつくって、アメリカに輸出しましてね。アメリカでシャフトを作った訳です。そのクラブシャフトをアメリカ人はあまり使わなかったんで、ほとんど日本に持ってきて、日本でゴルフクラブに加工してと、最初はそういう状態だったんですね。

<あのゴルフシャフトは、だれがつくったんですか。>

【森田】 太平洋クラブで使ったものはアメリカで作ったと思います。その後の量産の初期は、シャフト

はアメリカ、クラブへの加工は日本です。

< 東レさんの糸を使って？ >

【森田】 そう。それが1つの始まりですよ。だから、アメリカにだって、アメリカの糸もあったし、イギリスの糸もあったわけですよ。だけれども、東レの糸が非常によくて、いいシャフトができたわけですね。

【三井】 タイプ300という糸ね。

【森田】 でも、シャフトをつくるというのは、それはアメリカのほうが、今でもそうですけれども、ベンチャーというか、そういうのが盛んなんですよ。何か新しいものをつくってやろうというのはね。日本では、今でも弱いんですよ。釣り竿は日本でやったんですよ。だけれども、シャフトに関してはね。

< じゃ、アメリカのベンチャーさんが、東レさんの糸が、これはいいとって、使って、ゴルフシャフトをつくって、それがたまたま太平洋マスターズで日本でやったときに、それで優勝したと。 >

【森田】 有名になって。

【三井】 トレカがいいということになって。

< それで、日本のファンにアピールできて、それで逆にアメリカでつくったやつが、今度、日本へと。 >

【森田】 日本へ、どんどん輸入してね。

【三井】 それで、日本のスポーツメーカーがやり始めました。

< 日本のメーカーもつくり始めた。 >

【森田】 (アメリカのは) 最初のうちだけね。

【三井】 日本人は非力ですからね。アメリカ人の太い腕で、スチールのシャフトでも平気で振り回す世界とは違いますから。やっぱり軽くて、使いやすいクラブは、日本で伸びたですね。

【森田】 最近は向こうも……。

【三井】 なっちゃったね。

【森田】 あのころは、アメリカのプロは、カーボンファイバーなんか使わなかったんですよ。スチールシャフトがいいというので。もっとも、最初のやつはふにゃふにゃして、うまく打ちにくかった。

【三井】 設計の問題もあるわけです。だから、設計は非常に進みました。

< なるほど、そうですか。いや、あれを見ていて、スポーツ用品から入っていくというのはすごいなと思って。 >

【三井】 航空機用途と併行して進めましたが、スポーツ用途は足が速かったですね。小回りがききますから。

< イギリスやなんかは、飛行機を目指しちゃっていて、うまくいかなかったですね。 >

【三井】 ロールスロイスのエンジンのファンブレードですね。

【森田】 それと、イギリスのプロセスは非常にゆっくりだったんですよ。焼くのに1日かかるとかね。それで、日本の方が見に行くと、八エが止まれる速さだったと。これはかなり後に英国の会社との提携の話が出たときに東レが先方の装置を見に行くと分かったのですが、英国の論文にはカーボンファイバー

を焼くのは、これは拡散律則²だから、速くなるはずがないと書いてあるんですよ。そういう仮説を信じて英国ではプロセスを早くする技術を検討しなかったんでしょうね。だけれども、実際研究してみたら、物すごい短い時間で焼けるわけですね。そういうことで、品質のばらつきも減ってきたと思うんですね。動いているか、動いていないか、わからないようなプロセスで、品質はそんなによくないと思いますよ。<イギリスは、例のロールスロイスで、PAN系の商品化に一步ぐらい先に着手したんですけれども、うまくいかなかった。東レさんが勝ったのはどうしてなんですか。>

【三井】 ロールスロイスが進めたジェットエンジンのファンブレードという用途に無理があった。私も、ボーイングと組んで機体のコンポジット化に取り組みました。

【森田】 そうそう。

<まず、相手が選んだ用途がまずかったということですか。>

【三井】 そう、用途がまずい。非常に難しく、最近になってようやく可能となりました。

<商品化の対象に非常に難しいものを選択してしまったのですね。>

【三井】 そう。鳥が飛び込んだときに、壊れてしまうようで、その問題を克服できなかった。ロールスロイスはエンジンメーカーですから、それをやってみたんでしょうが。

<ロールスロイスは、もともとエンジンメーカーだから、そこに使ったんですか。なるほど。>

【三井】 今、盛んに使われているのは飛行機と言っても、ボディーですからね。

<逆に東レさんは繊維会社だったから、よかったんですね。最初にエンジンをやる必要はなかったんだから。>

【三井】 買ってくれるところなら、どこへ持っていっても良かったわけです。

【森田】 日本に航空材料はなかったし。

<UCC(ユニオン・カーバイド)さんと技術の交換をなさっていますよね。それでも、向こうは、どっちかという、ほとんど東レさんの後というか、今では競争相手でもなくなってしまうぐらいなんですけれども、どうして、そんな差がついたんですか。>

【三井】 ユニオンカーバイドはPAN系の繊維を自ら持っていませんでした。

<でも、それは輸入すればいいんじゃないんですか。>

【三井】 その通りで、レーヨンフィラメントの焼成設備と技術を使って、東レからPAN繊維を輸入して焼いたりはしていました。

<技術は、もう技術交換をなさいましたよね。>

【森田】 それは、こういういきさつなんですよ。アメリカのユニオン・カーバイドはピッチを使って、カーボンファイバーをつくれれば、ポリアクリル、PANを原料としてつくるよりも安くいいものができるはずだと。そういう信念のもとに、何十人もかけて、ピッチの開発に専念したわけですよ。東レとは、もう契約を結んでいるから、ポリアクリルは東レでやらせて、うまくいったら、それを輸入する、もらえると。それで遅れたんですね。

この当時、炭素繊維は3種類でした。レーヨン系、PAN系、ピッチ系です。1970年頃、それぞれの企業や研究所が、独自の見通しをたてて開発を進めていました。その中で、東レは1970年に月1トンの炭

²空気中の酸素ガスが糸の中に入り、酸化反応で生成された炭酸ガスが糸の外に出ることを拡散律則という。

素繊維製造ライン(パイロットプラント)をスタートさせています。その東レのPAN系炭素繊維の性能は、従来のレーヨン系やピッチ系の性能を凌ぐことは勿論のこと、従来のPAN系をはるかに凌ぐものであり、僕は航空機用途に検討可能な唯一の糸と判断して、PAN系の飛躍的な高度化を予測していました。

僕は、そのころ、ドイツのフィツァーというカーボンファイバーの研究をしていた大学の先生と討論したとき、その教授に聞いたんです。「アメリカ人がやって来て、将来は、これで安いから、そのうち、PANはだめになる。それは東レにやらせておいて、おれのところは、いい糸を安くつくってやるんだと言っていた。だから、おまえ、そんなのに騙されるなよ」と。私はピッチは焼くと結晶が大きくなりすぎるので、強度が出ないと考えていたので気にしませんでした。

<ユニオン・カーバイドの戦略だったんだ。>

【森田】 それは我々には言わなかったけれども、ドイツなんかに行って、言いふらしているわけですよ。当時炭素繊維研究の第一人者といわれていたカールスルーエ大学のFitzer教授が、僕にそっと教えてくれたんだけど。結局、それは技術的にクリアできなかったんです。ピッチ系は、今でも、日本でも、その後に、もう何社もやりましたけれどもね。日本では、ある程度のものでつくっていますけれども、PANからつくるような高度の強いものは、まだできていませんよ。

それもロールスロイスの場合と同じで、アイデアはいいんですよ。安くて。原料が安いんだから。それでいいものができれば、自分のところで世界制覇できると。それはいいんだけど、それが思ったとおりにいかなかった。イギリスはイギリスで、あのエンジンは、大阪の博覧会で出ていましたけれどもね。非常に小さくなったわけです。ファンブレードをカーボンファイバーで、シャフトもカーボンファイバーなんですよ。細くなってね。これは、こんなにすばらしいんだというので開発したけれども、結局、鳥が飛んできたときに、プレートが壊れる問題がどうしても解決できないというので、だめになっちゃったんです。最近ではGE社がボーイングB777用エンジンファンブレードに炭素繊維を開発実用化しています。

【三井】 PAN系の炭素繊維は非常に性能がいいし、性能のバランスがいいし、コストパフォーマンスもいいし、やっぱりカーボンファイバー用として、一番いい原料は、PANを用いて焼くことなんです。

ここではっきりご理解いただければ有り難いのですが、炭素繊維の品質を決めるのは、決定的にPAN系の繊維、つまり、原料の糸にあるんです。それで、いいものをつくれれば、カーボンファイバーのいいものが取れるんです。それは物性的な性能でもそうですし、そこで焼き上げた糸のケバだとか、そういう品質のむらだとか、原糸で決まる部分が多いですね。焼成のときに、いかにうまく焼くかということも大事ですが、決定的なのはPANの原糸の品質であり、品位です。だから、ありていに言えば、PANの繊維を持っていたメーカーが、カーボンファイバーメーカーとして生き残ったということになります。PANの繊維を持っているがゆえに、お客が、こういうカーボンファイバーが欲しいと言われたときにも、PAN系の原糸にまで遡って検討して、場合によっては、ポリマーまで遡って検討できる、お客の要望に速やかに対応できる強みがあります。PAN系の繊維をまず持っていること、しかも、その技術に優れていることが大事なんです。アメリカのハーキュリーズとか、セラニーズという海外のカーボンファイバーメーカーも、昔からPAN系繊維のメーカーです。

<それは繊維メーカーさんですか。>

【三井】 ええ、そうです。けれども、物を分析してみるとわかるんですが、彼らは必ずしも長繊維をつくるのは得手ではない。むらが多いし、糸が切れやすいと聞きます。優れたPAN系長繊維をつくれるメーカーが有利となります。この点、日本のメーカーは、均一性であるとか、お客を大事に考え、お客が喜ぶもの、使いやすいものをつくっていくことには手慣れています。三菱レイヨンさんにしても、東邦テナックスさんにしても、合成繊維の世界ですと、お客との間できちんとした試練に耐えたメーカーですからね。カーボンファイバー用のPAN系原糸をつくることについて、そういう技術も持っていましたし、そういう価値観がしっかりしていたと思います。

【森田】 中国でも、数カ所、やっているようなんですけれども、良いものはできてないようですね。
(資料 図3)

【三井】 愛媛工場で炭素繊維をつくりはじめたときの組織とは、こういうふうにトレカ製造部があり、その中に生産課と技術課がありました。生産は生産課がやり、技術開発は技術課がやります。生産が安定し、規模が大きくなった今では、技術課は製造部の外に出て技術部になっています。組織面でアメリカと違う特徴的な点は、製造現場の中に技術課を持っているということです。アメリカでは製造現場と研究し合えないですからね。だから、生産でトラブルが起こったら、解決する当事者は研究が出張って行ってやるわけです。それではうまくいきません。絶えず研究の人が現場にいるわけではないですから。日本のメーカーでは、大体こういう組織だと思いますが、生産現場と研究の間に技術部とか技術課という技術戦力を持っています。これは日本のメーカーの強みと思っています。これが最初に申し上げた、スピーディな商品開発力とか、「ものにする力」になっていると思います。

<ちなみに現在、技術課には何人ぐらいいますか。>

【三井】 今は技術部として、工場長とラインを離しています。大体60人ぐらいいるんじゃないかな。そのときそのときで違うんです。プロジェクトが膨らんだり、縮小したりしますから。

<先ほどのいろいろな高品質の部分を開発されたときに、例えば大学で得た知識とか、ご経験とか、そういうものがあって、そういう開発プロジェクトにある程度貢献したんじゃないかと思うんですが、大学で学んだことというのはお役に立ちましたか。>

【三井】 いや、あまり直接的にはないですね。振り返ってみて、一番、開発を進めるときに役立ったとしたら、むしろ最初に申し上げた、入社して3年間にどういう経験をしたかが大きいと思います。

その3年間で私が経験したことは、工場のスタートを経験させてもらい、一部ではありますが、その責任者としてやらせてもらい、それを通じてものごとを動かしていく上で1人では決してやれないこと、工務系など関係する人と連携を密にしないといけないこと、適切なタイミングで上司に報告すること、部下とは苦勞を共にし、うまくいった時に一緒になって喜び合うことなど、大変勉強になりました。これらがプロジェクトを組織化して運営していくときに役立っています。大学の知識とは直接関係ありませんでした。

<大学の知識というのは、あまり必要なかった。>

【三井】 全くないですね。それは森田さんのほうは、そういう世界のことをやっておられますから、それは直結していると思いますが。

【森田】 私のほうも、全然関係なかったんですけどもね。というのは、合成でしょう。ものをつくる、くっつけていく、そういうサイエンスをずっとやっていたわけですよ。カーボンファイバーというのは燃やしますね。だから、構造がどう変わったかというのは、直接は見えなわけですよ。後で調べてみないとね。

最初、アメリカのカーボンファイバーの専門家というのは、どういう人がやっていたかという、X線の専門家がやっていたんですよ。要するに、その糸がどうなっているかというのをX線解析しましてね。結晶の大きさがどうかね。そういうことが役に立つ。構造解析。そういう人が中心だったんですよ。僕は、そういう専門じゃなくて始めたでしょう。最初は、どういうサイエンスが必要なのか、全然わからなかった。全く関係がないと思っていたんですけども、だんだん中身がわかってくるに従って、やっぱり構造変化だねということで、そういう意味では役に立ったと思います。

基礎知識だと思うんですね、大学で習ったことで役に立つのは。これは理屈からいっても、新商品を開発する場合に、例えば炭素繊維もそうですけれども、ほかでやってないわけでしょう。だから、文献も何もないわけですよ。大学で、そんなことを教えてもらう可能性はゼロですよ。そういうことをやるわけだから。大学でやったものが、そのまま、そっちに役に立つんじゃないかというのは、それがどこでもやっているようなものなら、そうだけれども、おたくが今回、調査対象にされているような非常に独創的なものに、そういうのが役に立つがはずがない。新しい分野を切り開いていけないといけないんですから。だから、そういう新しい分野を切り開くためには、やっぱり基礎的な知識が要りますね。

【三井】 今、ずっと森田さんがお話しになっている中で改めて考えていたんですが、大学でものごとを突き詰めてみる目というか、姿勢というか、そういうものをきちんと身につければ、会社に入っても、自ら問題をつかまえて、問題の核心をつかんで、ぎりぎり問題解決策に迫ることができると思うんです。この点は、学校で身につけて欲しいことです。言われたらやる、言われたことしかやらないというのでは困ります。

【森田】 最近、そういうのが増えていると思うんですよ。僕は、大学の教師をやりましてね。それは非常に困った現象だなと思うんです。

< ちょうどいいトピックスになったので、終わりのほうで聞いているんですけども、「独創的な商品開発を担える技術者とか、研究者というのは、どういう能力が必要ですか」というのをいつも皆さんに聞いているんですけども、どういう能力が必要だと思われませんか。 >

【森田】 今、三井さんが言われたけれども、何て言いますか、情熱というか、集中すること。だから、1つのことをずっとやり遂げるということと、自分で新しい分野を切り開くというね。人に言われたことをやるんじゃなくて、みずから発想して、それをとことん突き詰めていくと。やっぱり一言で言うと、情熱だと思うんですよ。だけれども、情熱を持つためには、それなりのバックグラウンドがないと、おもしろくもないことに情熱を持てませんからね。バックグラウンドというのがあって。それが何かということのご質問かもしれませんけれども、そういう感じがしますね。

【三井】 さっきちょっと申し上げたんですが、何ごとも、ネガティブにつかまえて、難しいとか、大変だとかで引っ込んでいたら、何の道も開けないんですね。だから、とにかくやってみるという足の軽さというか、行動を起こすということが大事です。それと、何でや、というふうに常に突き詰めながら、問

題にアプローチできることも大事です。それから、どの世界でもそうだと思いますが、やはり勘のいいことが大事ですね。同じことを見て、同じように事実を見たときにでも、そこからひらめくものが、その人にどれだけあるかということです。それは将棋でも、碁でも一緒だと思うんですよ。ひらめきというか、勘働きというのが大事です。そのためには、1つには、いろいろものを知っているということ。幅広く。それと、常に問題を問題として捉える意識を持ち、問題を捉えることが出来る人。

だから、研究者というのは深く研究しないとダメですが、ウサギ穴にこもって、狭い空を見ているというだけでは、なかなか勘働きなんて出来ないと思うんです。専門も大事ですが、周りにも常に好奇心を持ち、絶えず目に入れ、知識を増やし、問題意識も持ちながら もっとも、問題意識というのは一種の好奇心かもしれない。そういうことをやっていたら、何かあったときに、それがぼーんと自分の中でひらめくものがあるはず。だから、天性のものではなしに、私は、やっぱりそれは磨くものだと思います。

< 訓練とか。 >

【三井】 訓練とか、経験とか、そういうものの中で、人それぞれが身につけていくものだと思うんですね。

【森田】 それからもう一つは、行動するということですね。考えたことを実際に自分でやってみるといふね。そういう積み重ねが非常に大事だと思いますね。例えば野球選手でも、柔道のヤワラちゃんにしても突き詰めていますよね。精神的な状況とか、技術とか、しょっちゅう考えているわけでしょう。それを実際に毎日試しているわけでしょう。情熱を持って打ち込んでいるということですよ。そういうことと、頭の中で考えるだけじゃだめなわけですよ。実践しないとね。野球でもそうでしょう。ああやったら、ああいくはずだなんじゃだめで、それを試してみて、だめなら……。技術をどんどんと高めていくということですよ。

だから、さっき三井さんが言われた、悲観的に考える人はなぜだめだかという、試さないわけですよ。だめじゃないかと。僕はずっと研究ばかりやっているんだけど、研究をするための素質の1つは楽観論者ですね。あまり考え過ぎて、だめだと思ったら、やる気が起こらなくなるわけですよ。そうじゃなくて、いろいろなアイデアが浮かぶでしょう。その日の朝に思いついて、それを会社に入るとすぐ始めるとか、そういうタイプじゃないと。そういう積み重ねですね。

そのためには勉強もせんといかんのだけれども、勉強するだけで知識は豊富だけれども、自分で試さないというのは、まあ、評論家ならいいですよ。だけれども、新しいものを生み出していく人には向かない。< そういった能力を持った人を育成することなんです、さっきおっしゃったように、常に訓練することと、あとほかに何か大学とか、会社に入ってから何かシステムだとか、そういうのをこうしたらいいというのがもしあったら。 >

【森田】 基本的には、昔から僕らの子供のころ、よく言われたんだけど、「よく学び、よく遊べ」ね。要するに学ぶのと遊ぶのと同じようにやれと言われたわけですよ。最近、そういう話はあまり聞かないですね、「よく学べ」という話は聞けけれども、遊ぶときには、自分で考えないと遊べないわけですよ。学ぶのは、ただ聞いていけばいいわけですよ。聞いて理解すればね。だから、聞いて理解するところは非常に発達するんだけど、自分で発想する力がつかない。学ぶだけでは発想力をつけるトレーニングが

難しいのではないのでしょうか。遊びと表現するのが適切かどうかわかりませんが、自分で考えて何か行動する経験をつかむことが重要だと思います。

「よく学び、よく遊び」というのは、先人の知恵で、僕らの子供のころは、耳にタコができるほど聞きましたけれどもね。最近、あまりそういう話は聞いたことがないんですけどね。そこら辺が僕は非常に問題だと思いますよ。

【三井】 先日、私の友達で大学の理学部の教授をやっている、その息子がまた助手をやっている人と一緒にご飯を食べて、話をしていたら、先ほど私が申し上げたことと非常に似たような話で嘆いていました。卒論指導において言ったことはやる。けれども、言った以上のことはやらない。最初に与えたテーマや問題をやってしまったら、次に自分はこれをやりたいと、自ら考えて名乗ってくるかといったら、それをやらないというんですよ。そのためにはどうしたらいいかという議論にまで至らなかったですが、大学の先生が、そういうことを昔の学生と違いつくづく感じているわけです。それは企業の中で感じているのと同じことで、彼らが既に感じているわけですね。大学の先生たちがその問題をどうつかまえて、どうしようとしているのかというのを聞かせてもらいたいと思います。

< 難しい問題ですね。あと、企業さんの組織の中で、独創的な商品開発をする人を育てるためのプログラムとか、何か仕組みとか、そういうのはあるんでしょうか。 >

【三井】 創造力開発講座とか、そういうようなものは、世の中のものと似たようなことを、それなりにやってはいますけれどもね。

ひとつ、技術開発の担当者を対象に「技術開発リーダー研修」というものを行っています。この研修では、テーマのひとつとして、今まで東レがやってきたプロジェクトにおける失敗例を紹介しています。失敗した事例というのは、そのまま風化してしまうわけですが、なぜ失敗したのか、失敗した後に、どううまく建て直したのか、そういうことをプロジェクトのリーダー自身に語らしめるんです。失敗事例を共有することで、前例から、特に失敗から大事に考えなければいけないことをそれぞれ感得させるようにするわけです。

それから、今、コーチングという仕組みがあるでしょう。アクティブリスナーということで、上司が部下の聞き役に回る。一方的に仕事を押しつけるのではなく、いい聞き役に回って、リスニングの過程を通じて本人のやる気と能力をうまく引き出していく。このことは、打ち込んで仕事をやらせるための力になると思い、研修センターでリーダーに対してやっています。

【森田】 会社として考えた場合に、例えば、ある独創的な商品とタネを見つけようというアプローチと、三井さんが説明された開発とは、ちょっとやり方が同じじゃないと思うんですよ。

【三井】 違う。

【森田】 目的が違うから。金がかかるのは開発なんですよ。技術開発のほう。それは人手もかかるし、金もかかるしね。タネを探す研究は、全体の予算としては10分の1とか、もっと安い値段で、人が中心ですからね、できるわけですね。だから、両方バランスよくやるというのが僕は大事じゃないかと思うんですよ。ただ、議論として1つになっちゃうんですよ。研究と開発と分けるのが難しいということでしょうね。

僕は、田代さんというナイロンとポリエステルを日本に持ってきて、東レを急成長させた元東レ社長

ですけれども、基礎研究所というのをつくったわけですよ。それは工場に研究所を設けると、どうしても今の製品をやりたがる。だから、工場と離れたところで、勝手にやれと。僕は、そのときに基礎研究所に入ったんですけれども、社内からは轟々たる批判が毎日のように来て、「おまえ、遊んでいるんじゃないか？」と。それで、今、名前がなくなっちゃった……いや、名前は残っているのかな。

【森田】 実質的にはないんですよ。もうなくなってね。名前も変わったんですけれども、中身はもう。

【三井】 新たに、先端融合研究所として、むしろ幅広く強化したんですね。

【森田】 基礎研究所というのは知名度もあったから、つぶすのはちょっともったいないということで、名前は残そうということで残っていたんですけれども、担当する人がいなくなった。所長が兼任かなんかで。そういう状態でしたね。

< ちょうど組織の問題になったんですけれども、創造的なアイデアを出すような組織マネジメントというのは、今おっしゃったように、全然違うところで自由にやらせるということでしょうか。 >

【森田】 私は、そう思うんですよ。私は有機合成をやっていたわけですよ。基礎研でね。7～8人のグループを率いて。そのときに一応、目標はありましたよ。こういうものをやったらどうかということですね。しかし、あまり強制力がなかったんですね。基本的には、勝手にやれということと言われていたわけですよ。それが開発研究所あたりから攻撃されていましたが。

私は合成をやっていたわけでしょう。その合成がうまくいってなかったというわけではないんですよ。資料をお渡ししましたけれども、だけれども、炭素繊維が将来性が高いというのがわかって、それで僕のグループは炭素繊維に全部、切りかえたんですよ。勝手に。そういうことができたんですよ。今の組織だと、そういうことは難しいんじゃないんですか。

【三井】 難しい。

【森田】 だから、そういう柔軟性ね。

< そうなんですか。 >

【森田】 難しいと思いますよ。それは、勝手にやれということじゃないと、うまくできませんよ。開発というのは、それでは困るわけですよ。ある目標を達成することを、大きな金をかけて、人もかけてやっているわけでしょう。途中で、「これやめた」とは……。タネの研究と開発はやり方も変える必要があるんじゃないかというのが、僕が常々思っていることなんですよ。

【三井】 東レの場合、タネ探しというか、研究の強化という点でいえば、あまりにも事業系列内の、系列ごとの研究に特化していたのを、路線を戻して、むしろ、その垣根を取っ払って既存事業の研究という縦の流れとは別に、事業の枠にとられない研究をもっと強化しようと。そういう思い入れで、この先端融合研究所というのはスタートしていますからね。研究が、あまりにも事業特化型のほうへ流れ過ぎるのはよくない。

< なるほど。 >

【三井】 そう。それから決して良いタネが出ないですからね。縛っちゃうと。

< そうですね。事業本部の中にあっては、なかなか無理でしょうね。 >

< 森田先生の小さいころからのお話を伺ってよろしいですか。小学校等は、算数とか理科はお好きでしたか。 >

【森田】 それは好きだったですね。好きでした。

<特に好きになるきっかけとか、そういうのは何かおありだったんですか。>

【森田】 それはちょっと思い出せません。

<理学部をお選びになったんですけれども、いつごろから研究者とか、技術者になろうかなと思われ始めたんですか。>

【森田】 それは卒業論文を始めたころですね。大学で。研究を始めたころですね。

<その前に理科系を選ぼうと思ったのはいつごろですか。>

【森田】 それはわりと子供のころから、理科系に合っていると思っていました。

<先ほど三井先生のほうは、お父様が「これからはものづくりだ」とおっしゃっていたんですけれども、森田先生のほうは、どなたかからの影響かなんかは受けましたか。理科系になるときに。それとも、単に好きだなと。>

【森田】 それは何となくの気がしますね。

<そして、どうして化学をお選びになったんですか。>

【森田】 それは、ちょうど私の年代というのは、戦争直後の、太平洋戦争が終わった年に私は16だったわけですよ。日本は、もう焼け野原だったでしょう。何もなかったわけでしょう。その時に、「化学は無から有をつくる」そういうキャッチフレーズがあったんですよ。無から有、これはいい学問だなと思ってね。で、入ってみてわかったのは、要するに空気が原料なわけですよ。ナイロンの窒素といっても、窒素を固定化して、酸素で酸化して、あと石油とか、そういう無から有ね。石油だって、地中から湧き出てくるわけでしょう。無から有というのは、そういう意味だったんですけれども、そんなことは知りませんからね。無から有というのは、これはいいなと思って。それで化学を選んだんですわ。

<なるほど。>

【森田】 それが、たまたま卒業研究でやったのがステロイドです。例えばコレステロールとかもステロイドですけども、そういう化学をやっていたんですよ。僕の先生が、非常に精緻な詳説を『化学の領域』という雑誌に書かれておりました、大豆の会社の方が、それを見て、研究者をよこしてくれとって、先生のところに頼みに来たんですよ。で、おまえ、行けということで、私が就職したのが、大豆の豊年製油という会社の研究所の財団法人杉山産業科学研究所です。そこは今でも活躍していますね、小さなグループですけども。

天ぷら油はヘキサンで抽出するんですけども、ヘキサンのほうにみんな、油が来るんですよ。その中間にオリがたまるんですよ。オリというか、くずみたいなのがね。それが植物ステリンなんです。コレステロールと同じような構造をしたものです。それを捨てていたんですけども、そのころ、いわゆる男性ホルモンとか、女性ホルモンとか、そういうものが出かかる走りですわ。ドイツで、コレステロールから女性ホルモンをつくるというのをやっていたんですよ。それはPBレポートというのがあったんですけども、アメリカの軍が、戦争が終わった後、日本にも来たと思いますけれども、ドイツに行って、洗いざらい調べて、レポートを書いたんですよ。そういうのを世界中に配ったんです。それに、どうやってつくるといのが書いてありました。そういうのを見て、ドイツでどんな技術でやっていたかということがわかったわけですね。だれでも。大豆のステリンからだって、そういうものができるはずだということ

で、それを事業化したいということですね。そういうことで、僕は、そこにまず行ったんですね。

それで、その時代は、女性ホルモンというのは日本の輸出産業だったんですよ。それは、北海道の妊娠した馬の小便を濃縮して抽出していたんですよ。どうも小便にホルモンが入っていたみたいなんですよ。女性ホルモンが。それを抽出して結晶化して、薬剤にして、アメリカなんかに出していたんですよ。

<日本が？>

【森田】 そのときね。昔の話ですよ。おたくが生まれる前のね。

日本の花形輸出産業だったんだけど まあ、規模は小さかったかもしれませんが、大豆からの植物ステリンを大量に捨てていたの、それからつくったら、これはもうけ仕事になるんじゃないかというのでね。それを数年やったんですけども、ベンチまでつくってやったんですけども、そのころ、アメリカのシンテックスという会社が、ヤマイモで、ジオスコレアというすごい成長の速いイモから、女性ホルモンが速く簡単にできるというニュースが出たんですよ。そういうこともあって、それがやめになりましたね。ということで、ふらふらしていたときに、やっぱり先生の本をアメリカでも読んでいた人がいたらしくて、ステロイドの研究に来ないかと言われて、アメリカに行ったんです。

<シカゴのほうに。>

【森田】 はい。3年いたんですよ。帰って来て、もとのところへ帰って来て、2年ぐらいいたのかな。で、東レに入ったんです。

<アメリカでは、どんな研究をやられていたんですか。>

【森田】 アメリカでは、やっぱりステロイドの研究をやったんですけども、そのころは、今でも製品として使われているかどうか知りませんが、フッ素を入れる製品を作る仕事でした。アブジョンという製薬会社と僕のところの先生が組んで、いろいろなところにフッ素を入れることをやってくれと言われて、そういう仕事をやっていたんです。

<それが終わった後で、東レさんの基礎研究所に入られたと。>

【森田】 そのときに、これもた偶然なんですけれども、環を巻くというね。何て言いますか、普通、分子は平面でしょう。こうなっているのが、くると、こういうふうに巻いて、かごのような形になるのね。そういう反応が見つかったんですけども、日本に帰って来て、僕が大学のときの助手をやっていた人が、東レの基礎研にいましてね。大学をやめて来られていたんですよ。で、基礎研に来ないかと言われて。僕はアメリカから帰って来て、これから、そこでやろうと思っていたんですけども、そういうかごのような物質から環がついたナイロンみたいなものができるんじゃないかと思ってね。環がつくことによって、面白い性質のナイロンができるのではないかと考えまして。

<そういう研究をしようとして入られたと。>

【森田】 その研究をやりたいと思って、僕は受けて入ったんですよ。それを最初始めたんですけども、すぐ基本的にだめだということがわかったんで止めました。ナイロンの形にならなくて、別の構造になっちゃう。そういうことがわかって、基本的にこれはだめだということがわかってね。それは1年ぐらいやったんですかね。

<その後で、先生が新化合物HENというんですか、それを発見されたのは？>

【森田】 それは入って何年かたってからですね。2～3年だったかな。この反応は、ナイロン66の

合成研究を行っているときに、これまた偶然みつけた反応です。そのころ、大阪工業試験所の進藤さんという方が、アクリル繊維から炭素繊維の製造方法を発明をされましてね、その技術をもらって、複数のメーカーが炭素繊維の研究を始めてね。で、その会社が自分で糸を持ってないでしょう。いろいろなところに糸をくれと言っていたらいいんですよ。東レにもくれと言って。私のほうは、HENというやつにOHが入っているんですよ、分子の中に。そのころ、ちょうど吸水性のポリマーの研究を愛媛でやっていたんですよ。そういう要望がありましてね。吸水性をもっと上げる必要があるんじゃないかと。それに使ってもらえないかということで、モノマーを提供して重合してもらっていたんです。糸にしてもらっていたんです。たまたま先ほど申し上げたような事情で、カーボンの会社から、炭素繊維を始めようとしていた会社から、糸をくれんかということで要求があって、それを出されたら、その糸が非常にいいという評価を受けたんですよ。炭素繊維用に。

<それは偶然だったんですか。>

【森田】 炭素繊維をつくろうなんて思ったことはないですよ、もちろん。思ったことはないんだけど、それを、そういう新しい反応で、新しいモノマーができたから、新しいことはいいことだということで、何か役に立たんかということで、いろいろやっていたわけですよ。糸をつくってもらって、それをカーボンファイバーをやろうとしていた会社が、くれと言ってきたわけですね。そこに持っていったら、たまたま、これはいいと、若いのが騒いでいるということを知ってね。僕はそれまで、炭素繊維の「た」の字も知らなかったんだけど。

<それまで全然知らなかったんですか。>

【森田】 関心がなかったですね。そういう話を聞いて、これは炭素繊維をやろうとしている人が、そう言うんだから、これはいいに違いないと思ったわけですよ。今から考えてみたら、理由も何もないんだけど、それで、自分でちょっと焼いてみたら、非常に真っ赤なきれいなね。ほかのやつは茶色く変な色になるのに、すごくきれいな色になるわけですよ。これはいいんじゃないかなと思ってね。そういうことがあって、僕は始めたんですよ。

その頃、イギリスのロールスロイスの炭素繊維は知っていましたよ、もちろん。新聞にも出ていましたから。そういうことは知っていましたけれども、そういうこともあって、やりたいなというか、やろうかなと思って、自分で勝手に7~8人のグループを、みんな、そっちに振り向けて始めたわけですよ。

<森田さんは炭素繊維を扱うのは、初めてだったということですが、どのようにして、ゼロの知識から研究することができたのですか。>

【森田】炭素繊維は初めてですが、研究内容はアクリル繊維の高温化学分解であり、それまでの研究の進め方の経験、また、有機化学の経験・知識が役に立ちました。研究は今までに知られていない新しい分野を開拓する仕事なので、「それを扱うのは初めて」となるのが普通だと思います。

<手段として、論文、書籍、大学の先生の指導、大学に再入学、炭素繊維を知ってる人をリクルート、等などがありますが、どのようにして炭素繊維を学び、そして研究していったのですか。>

【森田】我々が炭素繊維を始める以前の炭素繊維研究は、炭素の結晶の研究でした。最初、その

研究（X線解析など）を勉強しましたが、割と早い時期に結晶は炭素繊維の一部で全体を支配する因子でないことがわかり、その研究は中止しました。東レの物性研究室との共同での理論追求と、我々の実用研究で充分すすめることができたので、社外で学ぶ必要はありませんでした。東レの炭素繊維は、私の担当していたころから世界一だったと思います。

<なるほど。で、その次に、ベンチプラントみたいなものをつくることを提案なさったんですね。>

【森田】 それを研究に取り上げるべきかどうかというのが、まず問題になるわけですよ。そのころ、僕が入ったころは、「おまえら、勝手にやれ」ということで、田代さんが、そういう方針でやっていたわけですよ。3年たち、4年たち、そのころは中央研究所といったかな、その連中から見たら、「連中、何をやっているんだ。遊んでいるんじゃないか」と。

<実際、そのときはテーマは自由に決められたんですか。>

【森田】 そう、勝手に決めてやっているわけですから。だけれども、さっき申しあげましたように、やるほうは、何か会社にいい製品がでるかということをやっているんだけど、ニュースとして出ないわけですよ。ぼやぼやしているだけでね。遊んでいるんじゃないかということ、だんだん、それだともまずいんじゃないかということになったんだけど、それで、伊藤さんという後に社長をやられた人が、研究管理するところにみえたんですよ。もうちょっと役に立つやつをやるべきだということで、僕のところにA4、1枚に何か書いて持ってこいとか、いろいろ言われてね。それで最初に関心を持っていただいたのは、基礎研究所の研究発表会というのは年2回あったんですよ。社長からみんな来て、研究を聞くわけですよ。伊藤さんも、そのときは、副社長か、常務かなんかで、忘れましたがね。社長も来て聞いていて。僕は、そのとき、炭素繊維の話をしたんです。それで、弾性率が 強度は、そのときはそんなに高くなかったんですが、重さ当たりの弾性率というのが、鋼の8倍ぐらいあるわけですよ。そういう材料は今まで世の中になかったので、こういう材料ができますよとグラフを書いてね。そうしたら、伊藤さんが非常に関心を持ったわけですよ。そのときに関心を持ったのは伊藤さんぐらいだったですな。ところが、売り先は全然見当がつかないわけですよ。ゴルフシャフトもないしね。とにかく話として、そのときにあったのは、イギリスでロールスロイスが、エンジンブレードで失敗したという話があったんだけど、それとか、ミサイルに使ったりとか、軍事用に使っているという話はありましたけれども、それはレーヨンベースのカーボンファイバーですけれどもね。日本は、そういう軍事産業はなかったですからね。日本で商売になるようなマーケットがなかったわけですね。だから、そんなのを研究として取り上げるのはどうかと、いろいろと伊藤さんの研究管理部のほうも悩んでいたと思うんですよ。もちろん、さっき言ったように、業界で、すごくいい糸ができたというので騒いでいるぞという話は伝わっていたんですけども、それだけだと、つくって何に売るんだということに問題がありますからね。

ところが、後で知ったんだけど、アメリカのユニオン・カーバイドも同じように、いろいろなところから糸を取って調べていたらいいですよ。たまたまニューヨーク駐在員の人が、東レの糸が、日本メーカーが炭素繊維用として高く評価してもらっているとの話を知っていて、ユニオン・カーバイドという会社に持っていったら、そこでも、これはいいということだね。

<それはさっきのポリマーを焼いたやつですか。>

【森田】 そうです。それで、一緒にやりましょうということになって、それでプロジェクトがスター

トしたんですよ。

<そのときに、そのポリマーをつくるプラントというのはつくっていたんですか。>

【森田】 それは愛媛で糸をつくってましたから。糸をつくっていて、要するにちょっと入れるものが違うだけですから。糸をつくる技術はあったわけです。それで商売をしていたわけですから、東レは。炭素繊維の中身はわからんままに、いいと言うから、それを焼いたのがいいと言うんだから、いいんだろうということだね。それで、アメリカでも、これがいいと言うので、それでやろうということになったわけですよ。

その後は、すごい順調だったですよ。順調というか、いろいろなところがね。三井さんのところもそうでしょうし、評価する物性部門とか、エンジニアリングの部門とか、伊藤さんがリーダーになって、あっという間に30人とかなんか集めて、その後は速かったですよ。その後も、いろいろ、それは難関はあったけれども。

<ユニオン・カーバイドがいいと言ったときに、マーケットがわからなかったわけですよ。そのときに、よく数十人とか、すごい人数を集めて、実験プラントまでつくって。どういう判断だったんですか。>

【森田】 それはユニオン・カーバイドというのは、既にレーヨンを原料として炭素繊維をつくっていて、それをミサイルに既に使って、製品化していたんです。レーヨンの炭素繊維を。工場もつくっていたんですよ。それで実際に生産して、軍用のミサイルのヘッドコーンというんですか、そういうところとか、ノズルのところとかに使ってやっていたわけですよ。これは飛行機にも将来使えるはずだということで、アメリカのマーケットをあてにして始めたわけです。最初はね。その後、随分、先ほども話がありましたけれども、苦労されて、日本で釣り竿とか、そういうのを随分努力してやられましたけれども。

<最初のお客様はアメリカだったんですか。>

【森田】 アメリカですね。航空機なんかが一番いいんじゃないかと言われたわけですよ。ミサイルとかね。だって、空を飛んで行くわけでしょう。軽いというのは非常に価値があるわけですよ。日本は、飛行機も、ミサイルもつくっていませんから、そういう意味では、日本は不利な立場だったんだけど、連携すればいいわけですからね。アメリカが買ってくれば。

<出だしのアイデアが出たところは、言葉が適切かどうかわからないんですが、非常に偶然性があったんですね。>

【森田】 そうそう。それで、そのところは非常に大事だと思うんですよ。いや、僕の場合が大事だったということではないんですよ。ノーベル賞というのは、独創的なアイデアに対して与えられる賞でしょう。それは偶然見つけたというのが多いんですよ。田中さんもそうでしょう。白川さんもそうでしょう。あの人たちは非常に正直な人で、そのまま言っているわけですよ。見つけて、後知恵をつけようと思ったら、簡単につけられるわけですよ。そういうことを言っていない人もいるのかもしれないけれども、そういうケースは非常に多いんですよ。研究をやっていると、ほかにも例はたくさんあるんですよ。

<おっしゃるとおりです。>

【森田】 それで、そういうのが新聞に出ていたから、皆さんご存じでしょうけれども、セレンディピティ能力というんですよ。これはあてにしないものを見つける能力ということなんだけれども。そういう新しいというか、今までだれも知らなかったことは、シミュレーションでは出てこないんですよ。特に自

自然界というのは、人間が考えるよりもはるかに不思議で、複雑だね。

養老さんという人が、『バカの壁』でえらい有名になったけれども、『一番大事なこと』という本を出しているんですよ。それに非常におもしろいことを書いているんですけども、あの人は自然界の虫に非常に関心があって、虫ばかり見ていたわけですね。自然を相手にしていたわけです。そうすると、シミュレーションは成り立たないと言うんですよ。その人の考えだと、都市社会というのはシミュレーション可能という仮定で成り立っている。こうしたらああなるということが大体みんな、わかる。ところが、特に虫なんかを相手にすると、それが成り立たない。研究でもそうなんです。そういう新しい分野というのはね。シミュレーションは成り立たないんですよ。だから、新しい発見というのは偶然が多いわけなんだけれども。

だから、そういうことを、ものの考え方として認識することが非常に大事じゃないかということで、養老さんが本に書いているんですよ。それをわきまえて、シミュレーションももちろん大事なんだけど、大体、それで動いているんだけど、例えば自然界のこととか、研究にしても新しいことを見つけるということは、シミュレーションでわかる問題じゃない。過去の経験から見てもね。だから、シミュレーションできないということを認識して、シミュレーションをやるということが、これは基本的に大事なことだと。そういう考えのことを本に書かれているんですけども、僕は本当にそう思いますね。

<先生も、そう思われますか。>

【森田】 そうじゃないとね。しかし開発は違いますよ。開発で、そんなことをやったら、大勢の人、金をかけて、そんなことをやられたらたまったものじゃないです。僕が言うように、タネというのは金も要らないし、全体の予算のほんのわずかでもいいんですよ。そういう部分がないと、それも全部、シミュレーションということでやっちゃうと、出てこないんですよ。だから、何て言いますか、そういう切りかえは要るわけですからね。そういう新しいことを見つけるためには。例えば、これはセレンディピティとは違うんだけど、ニュートンが、リンゴが落ちたというんで、万有引力を見つけたと。それから、カテーテルが、ヨットが走っているのを見て、これだというので、カテーテルを思いついたというんですけども、それは単に偶然見つかったというんじゃないですよ。ニュートンの場合も、世界中の人がいろいろ理論をつくっていて、自分も、それを全部、知っているわけでしょう。それで気がつくわけですよ。だから、偶然といったって、それを一生懸命やっているんじゃないと、偶然が何回も起こってもわかりませんよね。それがいいものかどうかね。そういうことだと思うんですよ、セレンディピティ能力というのは。

だけれども、それが今までの過去の事例から見ると非常に多いんですよ。だから、組織として、そういうのをつくるのは、僕は難しいと思う。その1つの方法が、田代さんの「勝手にやれ」と。最初に基礎研をつくったときにね。だから、何度でも切りかえがきくわけですよ。ただ、漫然とやっていたんじゃないわけですよ。緻密なものがないとね。そこら辺は、組織としては僕は難しいと思いますよ。

それから、日本と欧米の「ものにする開発力」というのは、日本のほうがいい、優れていると思うんですよ。それは過去の例でも、石油化学の例でもそうだと思うんですけども、それは明治以降、国策として、日本にあった江戸の文化を捨ててまで、外国の技術を取り入れたわけでしょう。そういうことで来たので非常に発達したんですよ。それはキープしていかなければだめ。三井さんが言われているのは、最

近、それが弱くなっているから、それをもっと強くすべきだということはあると思うんですけども、最初の新しいものをつくるという素地は日本はもともと弱いし、今でも弱いんですよ。

<そう思われますか。>

【森田】 それは弱いですよ。例えば、さっき裏目に出たという話がありましたね。ロールスロイスのエンジンとか、ユニオン・カーバイドのピッチとかね。だけれども、そういうことをやろうということ自体が、彼らの発想としては非常にユニークで、新しいもので、それが成功したら、これはすばらしいということではじめたわけですよ。失敗したわけですよ。失敗したんだけど、成功例もあるわけですよ。たくさん。全体としては、そういう精神にもつながると思うんですよ。だから、結果はマイナスなだけで、成功例もたくさんあると思うんですよ。そこら辺がね。

<その精神というのは、新しいものをやろうという精神ですか。>

【森田】 そう。だから、カーボンファイバーなんていうのは非常に独創的な材料ですよ。世の中に今まで全くなかった。ただ、独創的といっても、いろいろなランクがあって、いろいろな独創があるんですよ。一番最高の独創というのは、世界で今までだれもやってなかったし、気がつかなかったものです。アメリカのピッチでやろうというのだったね。理論的には、原料は安いですよ。だって、石炭のかすとか、石油のタールからだから。だから、ピッチからの炭素繊維は今までなかったわけだから、全く世の中になかった。そういうものをやろうという気が起こるだけでもね。僕は、こういうことだと思うんですよ。日本は明治のときに、蒸気機関とかなんかを技術導入してずっとやってきたでしょう。連中は、自分で見つけたんですよ。非常に苦労して。苦労して見つけた素地、歴史というのがあるんですね。そういう社会体制が。日本には、そこまではないんですよ。それは比較すると、向こうのほうが優れている。だから、そういうことができるんですよ。それは僕は、日本に欠けている問題点だと思いますね。

<アイデア生まれたときに、大学で学んだことや、経験されたことと関連されていましたか。>

【森田】 それは間接的には関連していますね。何でも、要するに仮説を立ててやるわけですよ。何ごとも、研究は。一つ、どういうものをつくりたいとか、何がやりたいということが、まずなければだめですな。それを達成するために、自分でいろいろシミュレーションをやりますわな。それがないと研究というのは成り立たないでしょう。そのときに、理論とか、シミュレーションの理論とか、そういうのは学校で習うわけですよ。そういうのを勉強して。最初はもちろん、それしか方法はないですわな。

<そういう意味で、大学で勉強されたことというのは役立ったわけですね。>

【森田】 そうです、間接的には。だけれども、その反応を見つけたことに関係しているかどうかは別として、やはり、こうなったらこうなるんじゃないかということは考えたわけですよ。それが、そのとおりにはいかなかったんだけど、ほかのほうに行っちゃったというだけなんです。

<考えるプロセスを学んだということでしょうか。>

【森田】 そうです。

<その前の杉山産業科学研究所とか、シカゴ大学の研究所の経験というのは役に立ちましたか。>

【森田】 それはプラスになったですね。

<セレンディピティというのは結構多いんですよ。>

【森田】 多いですよ。それは予測できないことだから、シミュレーションできない話なんですよ。

一番問題なのは、シミュレーションできないのにできると思って、ものごとを決定するというのが一番マイナスなの。それよりも、何も考えない、と言ったらまずいんだけど、そこを非常によく理解しないと成功の確率が低いということですな。要するに、あまりこだわり過ぎると、宝がここにあるのに、シミュレーションでここがいいということだね。結局、そういうことでしょう。すぐ横にあったということでしょう。だけれども、それがシミュレーションが正しいと信じちゃうと、横道しないでしょう。だから、かすのところばかり、ずっとやる可能性があるわけですよ。それは、だから、こだわっちゃいかんとかということにも関係するかもしらんけれども。まあ、それは言うのは簡単だけれども、実際には難しいんですね。

それとアメリカの組織を見ていると僕は随分違うと思うのは、僕がアメリカに行ったときは昭和三十何年ですよ。大昔なんだけれどもね。そのころ、日本は給料が安かったんですけども、アメリカに行ったら8倍ぐらいになりましたよ。それは、日本からたくさん行っていましたけれどもね。大学では、ポジションをくれるわけですよ。リサーチ・アソシエートという。ちゃんとね。だけれども、金は国から持ってくるんですよ、プロフェッサーが。それで、僕は最初、6,000ドルくれたのかな、年給で。大金ですよ。それを教授がぼーんと持ってくるんですよ、国から。しかも、僕が1年ぐらいたったときに、奥さんと呼べと言うわけですよ。給料を上げてやるから。1万ドルぐらいにしてくれると言ったのかな。そういうのも教授は自分の権限というのかな、そういうので国から金を持ってこれる。日本は、そんなことできないでしょう。教授の権限はそんなにないでしょう。それと人件費に、金はあまり使わないですな。

<きょうはどうもありがとうございました。>

三井茂雄（みつい しげお）氏 略歴

生年月日	1935年7月		
出身地	大阪府		
学歴	卒業年月	学校名	
	1955年3月 1959年3月	島根県立松江高等学校卒業 名古屋工業大学工業化学科卒業	
職歴	年月	組織名	ポジション
	1959年4月	東洋レヨン株式会社入社	部員
	1965年2月	滋賀工場ナイロン技術課	主任部員
	1971年3月	愛媛工場製造部技術室	主任部員
	1973年1月	上記兼 新事業推進室トレカ室	主任部員
	1974年12月	生産技術部	主任部員
	1976年2月	生産技術第1部第3課	課長
	1978年12月	愛媛工場製造部トレカ室	室長
	1983年6月	愛媛工場トレカ製造部	部長
	1986年1月	生産技術部第1部兼 技術センター企画室	部長 主幹
	1987年6月	繊維・複合材料生産等担当	理事
	1989年6月	同上	取締役
	1991年6月	新事業開発部門長、 生産本部長	常務取締役
1992年6月	技術センター所長、 生産本部長	同上	
1993年6月	技術センター所長、 複合材料事業部門統括等	専務取締役	
1994年6月	複合材料事業部門全般等	代表取締役	
1999年6月 2001年6月	東レ株式会社退任 (現在に至る)	副社長 相談役 顧問	

森田健一（もりた けんいち）氏 略歴

生年月日	1928年12月		
出身地	大連		
学歴	卒業年月	学校名	
	1949年 1954年3月	第一高等学校一年終了(旧制最後の年) 東京都立大学理学部化学科卒業	
職歴	年月	組織名	ポジション
	1954年4月	財団法人 杉山産業化学研究所	研究者
	1959年2月	シカゴ大学 Ben May Laboratory for Cancer Research	Research Associate
	1964年	東レ(株)基礎研究所	研究員
	1976年	同・愛媛研究室	室長
	1984年	同・基礎研究所	研究主幹
	1989年	桐蔭横浜大学	教授
2002年	(有)オキシド (現在に至る)	代表取締役	

(資料A：三井茂雄氏から提出)

平成16年7月28日

炭素繊維“トレカ”技術開発のキー・ポイント

・商品開発

1. 開発の区分

研究開発：タネを見つける（不成功で終わる場合もままある）

技術開発：タネをものにする（成功させるもの）

（プロセス・設備開発にブレークスルーが必要）

2. “トレカ”の場合

東レを世界のトップメーカーにしたものは、「**ものにする力**」

・生産・技術開発

1. 方針

(1) 素材として**認知**される事（鉄、アルミニウムなどの基本素材に伍して）

(2) **信頼**づくり（品質、供給体制）

A. 品質第一、コストは後からついてくる。

B. タイミング良い増設（先手先手の戦略投資）

2. 品質

(1) マーケット・ニーズへの即応

A. 高強度・高弾性率糸の開発・生産化

B. コンポジット性能向上 炭素繊維としての品質設計

コンポジット樹脂の開発

(2) 性能の競争力

他社に常に先行/第一ソースとして認定取得（航空機用途では決定的）

(3) 使いやすさ

A. 性能ばらつきの極小化

B. プロセサビリティ（毛羽、糸切れなどの極小化）の重視（お客での生産性アップ）

・東レ/“トレカ”の強み

1. 技術力と総合力

(1) PAN繊維の技術・生産力（人、Know How）

(2) 合繊繊維（特に、フィラメント）の技術・生産力（人、Know How）

(3) 繊維の高次加工技術力

(4) 東レリサーチセンタ、東レエンジニアリングなど東レグループの力

（解析・評価、設備開発）

2. 企業風土

(1) パイオニア精神

(2) 一体感と責任感

3. マーケティング力

(1) 繊維のマーケティング力

(2) 海外事業展開力

マーケットニーズに即応した商品開発、競争力強化、コストダウン等において、これらの力を生かしてブレークスルーをスピーディに実現した。

. 開発のブレークスルーとスピードアップ

目標管理の徹底（目標、責任体制の明確化）

1. 目標を決める。

(1) やれる目標でなく、やるべき目標（ユーザーの目標との整合性、他社との競争力比較）

(2) 単純明快な定量的目標（フォローアップを可能とするもの）

2. 目標実現のための課題の明確化、責任の明確化。

(1) 問題の所在、問題の核心の解析・把握 / 課題の絞り込み

(2) 課題ごとに技術者の専任化

3. 期限を切る。出来る期限でなく、やるべき期限。

以上を担当者と十分に話し込んで決定し、後は任せて自由にやらせる

任せ放しにせず、タイムリーにフォローアップし、技術論議を深め、必要な助言・助力を与え成功させる。それにより、自信と意欲を持たせる。

. 開発者に求めるもの（リーダーの役割）

1. 失敗を恐れず、まずやってみる（自ずと道は開ける）。

2. 壁を乗り越える（苦し紛れに横道に逃げ込まない）。

3. 期限は3ヶ月（これで目処を得ないものは1年掛かっても駄目）。

4. 下手な鉄砲は数撃っても当たらない（腰だめは駄目）。

急がば廻れ（多少時間が掛かっても原理原則を明らかにする）。

5. 一枚岩（考察と議論を深め、決まった事は守る）。

6. 今やらずして、いつやる。自分がやらずして、誰がやる。

以上

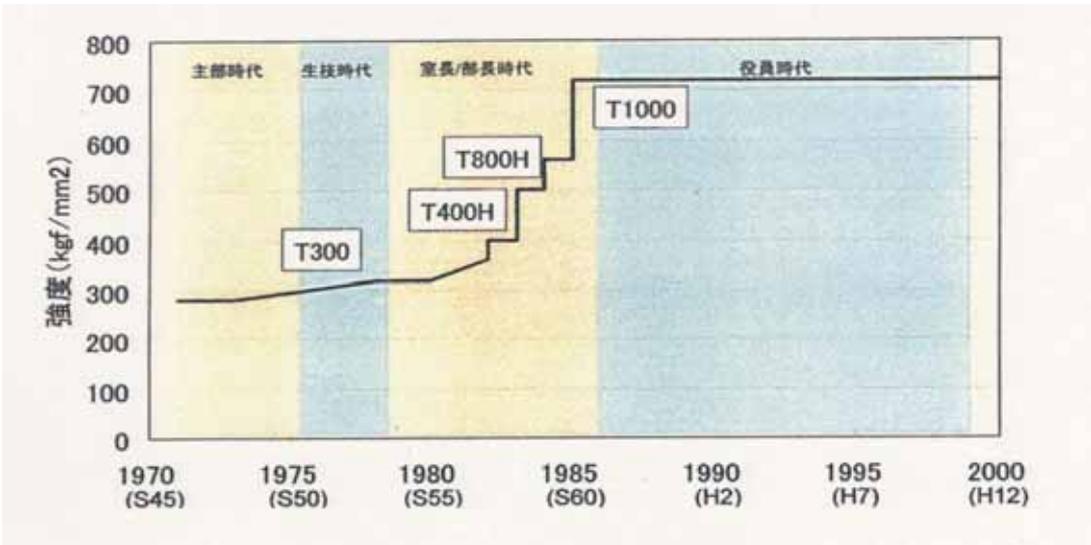


図1 東レ“トレカ”の強度向上推移

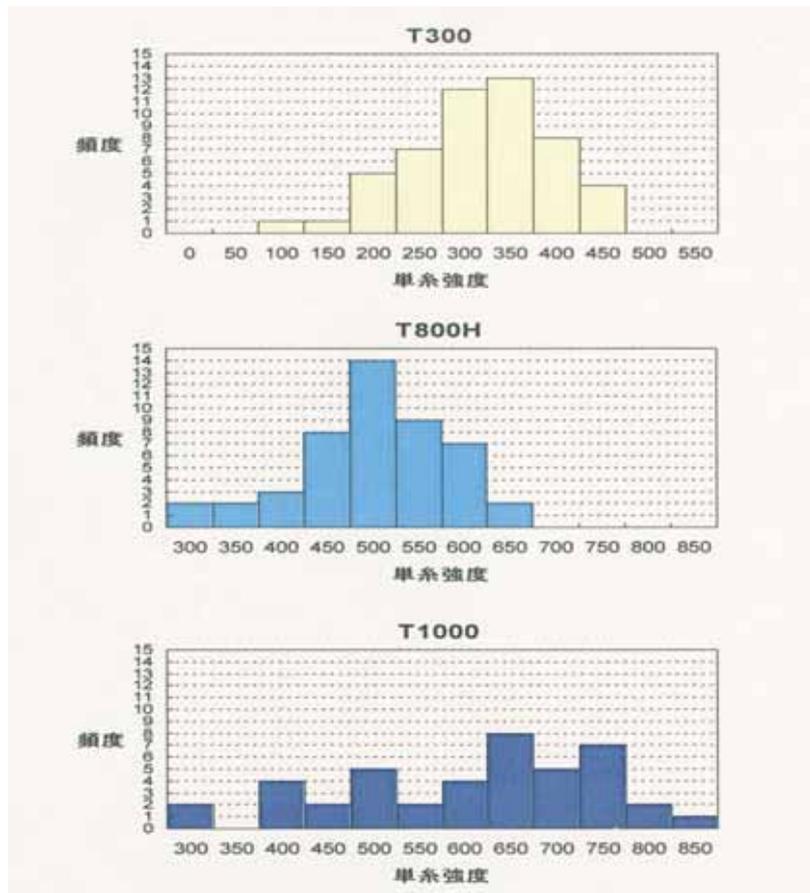


図2 単糸強度の分布

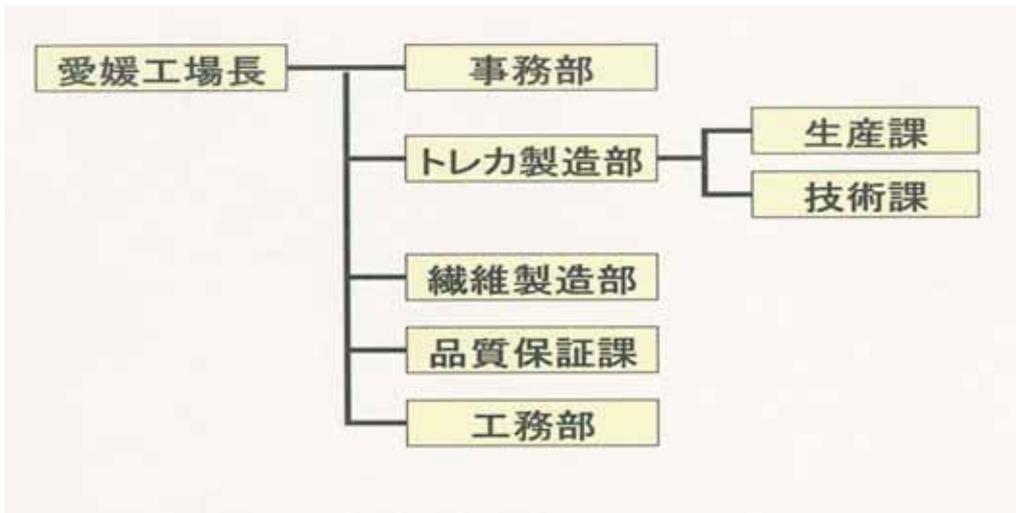


図3 愛媛工場組織図

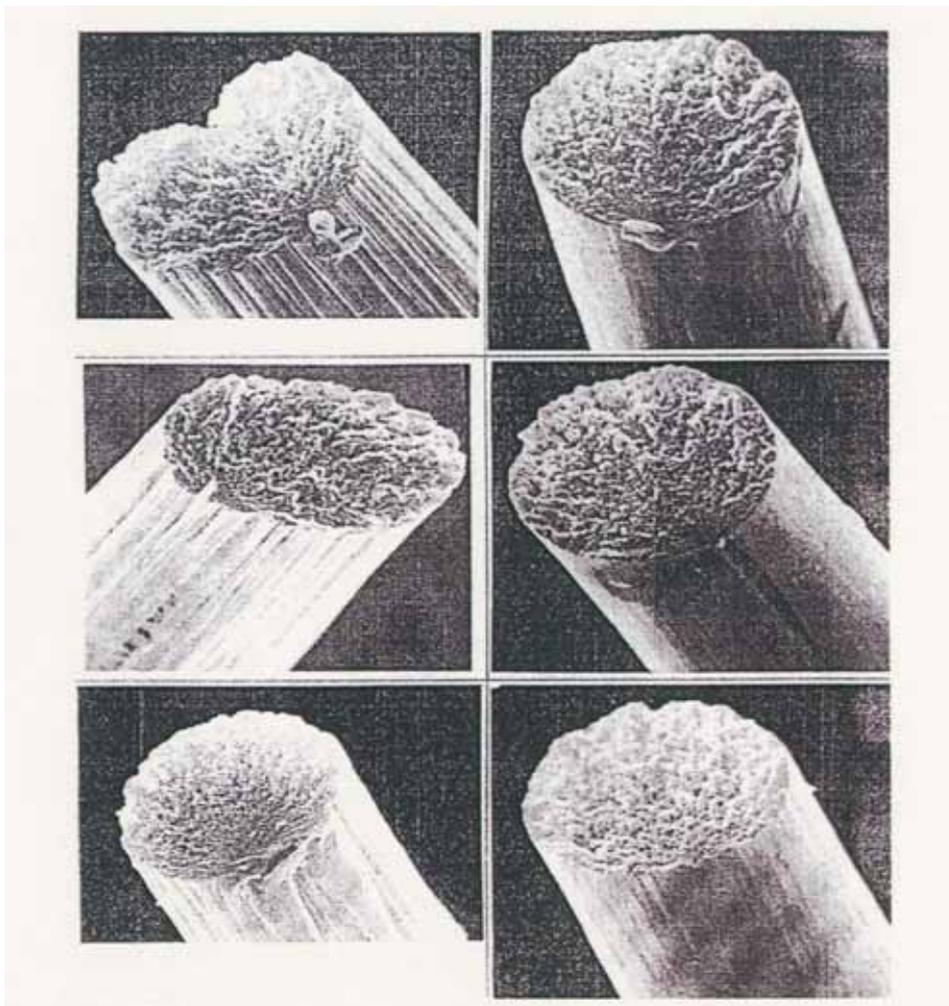


図4 単系の破断開始欠陥

クォーツ腕時計「セイコークォーツ 35SQ」

日時：2003年12月16日 14:00~18:00

場所：相沢進氏宅（長野県 諏訪市）

話し手：セイコー エプソン 株式会社

元専務取締役 相沢進

聞き手：文部科学省科学技術政策研究所 第2研究グループ 上席研究官 石井正道

<昭和7年のお生まれで、ご出身地はどちらですか。>

【相沢】 東京生まれです。生まれたのは四谷なんです。昭和7年ということは、これは当然旧制になりますから、私が中学に入ったのが終戦の年なんです。ということは戦争で、東京も大空襲を受けるし、小学校5年のときに新潟の山の中に、おやじの実家ですけれども、いわゆる疎開をしました。中学1年の秋に、新潟の中学へ入ったわけだけれども、神奈川県藤沢にあります（県立）湘南高校に転校しているんです。当時は湘南中学ですね。旧制でした。たしか中学2年ですか、新しい学制になって、湘南高校というのが生まれるわけです。当然、高校は入学試験なしにそのまま行けるわけですから、湘南高校に6年間いたわけです。

<小中学校や高校のとき、理科とか算数はお好きでしたか。>

【相沢】 嫌いじゃ、もちろんない。ただ、上の学校へ行かなくちゃいけないという意識がありましたので、まんべんなくやっていたわけです。だけど理科は得意というか、嫌いじゃなかったですね。

父親がエンジニアでした。ベアリングといいまして、軸受けをつくっている日本精工という会社の技術部長をやったりしているんです。何かいろいろ言われました。ともかく何か要領の悪いことをやっている、もっと工夫しろということはしょっちゅう言われてました。

<すると研究者とか技術者になろうと思われたのは、いつごろでしょうか。>

【相沢】 それは何となく。例えば大学へ行くときにはもう自分で決めたようにして理科系に行くわけです。全く迷うことなく。ですから大学を受けるときには決まっていたというか、ともかく理科系に行くんだということにしてました。

中学2年の時、校内で作文のコンクールがあったんですね。後に芥川賞を受賞するひとが1位で、私が2位でした。そのときのテーマを覚えているんですよ。私の題は『歯車』でした。終戦後1年から2年ですから、しょっちゅう停電するので、電池もないし、手で回して発電機つくればいいな、なんて思いました。そのためにはどうしても、手で回してビューッと回る歯車が必要ですよね。回転を早めるための歯車です。それを何とでもつくりたくて、歯車がどうしても欲しい。結局、発電機はつくれなかったんです、材料がなくて。歯車でビューッとやるのはできたけれども、発電機はできなかったんです。発電機というのは特殊な導線も要るし、鉄しんといまして、私は缶からを切ってつければよかったんですが、そんなものじゃだめで、ちゃんとした鉄しんがないとできないわけです。それでできなかった。それを作文にしたんです。

<このころにはもうエンジニアのようなことをやってらしたんですね。>

【相沢】 ええ。まあ、ということですけどね。

高校は英語教育が非常に盛んなところでした。例えば、私のときには既にいらっしゃらなかったけれども、舟橋聖一さんが英語の先生だった時期があるんです。とにかくどっちかといえば文系のほうが強い学校だったんじゃないかなという気はします。英語はもう大好きでした。また、やっぱり英語ができないと、上に行けませんからね。英数が一番大事だったですね。もう文科、理科関係なしに、英数できないといい大学へ行けない。

<その後、東京大学に行かれるんですね。>

【相沢】 そうです。東京大学精密工学科ですね。今になってみてすーっと思ひ出すんですけども、私がなぜ精密を選んだんだろうというところに、ちょっと何か、その後の私の、まあ技術屋にはなるつもりがあったにしても、生き方を変えたポイントがあると思います。なぜ精密を選んだのか。これは今もやっているかどうか全くわかりませんが、私のころ、東大の前期が駒場ですね。教養学部にみんな入って、そこで基礎を勉強する。2年たつと本郷へ行くわけです。本郷へ行く前に、例えば工学部の場合、科がたくさんあるわけです。クラブ活動の勧誘じゃないけれども、主任教授クラスが駒場に来て、おれのところに来いとPRをされていたんです。

そのときに見えたある主任教授が、日本は資源がない。いかにして付加価値を高めるかが、これからの国としてのテーマなんだと。それには精密機械がいいんだよと。大ざっぱに言うと、そういうお話をされて、どちらかという私は精密機械が好きだったんです。電気とか化学とか、いろいろありますが、その中で精密機械が好きだったということもあるけれども、これからの日本、付加価値を高めて何かやるためには、やっぱり精密機械だろうなと思いました。それで精密機械を選んだんです。精密工学科のクラスはたったの16人なんです。だから今と比べると、大学の学生規模も非常に少ないんですね。16人の中で、後々東大の総長になるやつがいました。私の同級生で、つい先日会ったばかりなんです。どっちにしてもたったの16人で、いまだに毎年集まるんです。よくまとまっていたなと思います。まあ、人数が少ないというのがありますが、それとやっぱり、何かみんな志を持っていたような気がします。

食べ物がまずなかったわけですからね。あのころのことを知っている人というのはだんだん少なくなっていきますけれども、食べ物が無いということほど大変なことはいわゆる上の学校へ行くとか行かないはいろいろあるにしても、やっぱりみんな懸命に考え、勉強をして、歯を食いしばったわけです。

<16人とか、皆さんやっぱり同じような雰囲気というか、みんなが日本を何とかしようという感じだったんですか。>

【相沢】 そんなことをみんなで語り合ったかどうかというのは全く記憶にないんです。けどもさきほどの主任教授のお話というのは、私と同じように、みんな、ああそうだということで、他の科に行った人たちはともかくとして、やっぱりそれぞれあったと思いますよ。

<クォーツ腕時計の開発経緯を教えてください。>

【相沢】 水晶時計というのは、私が生まれたころアメリカで発明されているんです。装置みたいなものです。要するにそのころ電子時計はもちろんないし、天体観測にしても何にしても正確な時計がないと当然困るわけです。それで、どうやったらいいかといういろいろ試行錯誤していたんでしょう。

ピエゾ効果というんですけども、要するに電気を与えると、水晶を初め、いろいろなものが動くわけです。それを圧電効果というんです。動くということは、うまくやれば振動するわけです。これを時間の

指標にすると非常に正確な時計ができる。当時、機械式のチクタク時計、あるいは振り子時計しかなかったことからすると、1けた2けた精度が高められる。そういうことに気がつき、時計にしたのが、あるアメリカの科学者なんです。それはまあ、私の年とともに、ちょうど生まれた年ぐらいですから、だんだん完成されて、私が水晶時計を始めたころには、天文台とか、放送局、時報に使われていました。これが典型的な用途ですけども、そのほか船舶があります。これは天体航法で動くわけです。今はもう電波でやっていますけれども、天体観測をして自分の位置を決めるという天体航法というのは、いまだにしっかり残っています。そのためには相当正確な時計がないと、時間を間違えたらとんでもないですからね。ということで大きな船舶も水晶時計を積んでいました。私がもし水晶時計そのものを発明したとすると、ノーベル賞級になりかねないぐらいの大発明なんですけれども、そうじゃないんです。ばかどかい水晶時計は既にありました。

それをここ(腕)にもってくるというのが、だれも考えない、間違いじみたことはあったんです。水晶腕時計の研究というものをスタートする時からそれを目指したかということ、そうじゃないわけです。だんだんテーマが深化していったというんでしょうか。ちょっと話が脱線しちゃうんですけども、私は水晶腕時計を開発しました。試作品を200個つくるんです。これは商品として1個だけできましたというのではだめですから。我々は商品開発をしているんだということを、まあ、トップからもそう言われ、それを証明するために200個サンプルをつくって、それを商品として売るわけです。しかし、量産できるようなものじゃなかったんです。昭和でいくと44年、1969年の12月25日に発売しました。アメリカで1,500ドル、50何万円じゃないかな。当然、世界じゅうびっくり仰天するわけです。このどかい時計が腕時計になったわけですから。しかもみんな気がつかない、できるわけない、というものでした。大学の先生が、私の恩師が、そんなのやめたほうがいいよとおっしゃるぐらい、ばかげたテーマだったんです。だからアメリカのティファニーという店で窓に飾られた。私はちょうどアメリカへ行ってきましたので、それを見て、ウワー、うれしいと思ったことがありました。

<クォーツ腕時計開発のアイデアが浮かんだのはいつごろですか。>

【相沢】 水晶時計の天文台のやつを腕にもってこれたらすごいんじゃないかななどということを夢みたくに言い出して、じゃあそうするかというふうになるまで、流れは覚えていまして、ちょっとその説明を申し上げないとわからないんですが。

<お願いします。>

【相沢】 こういうことです。私は昭和31年、1956年に大学を出て、ちょっといろいろなことがあったんです。就職は教授が決めるんです。おまえはセイコーに行けと。工学部は特にそうだったんです。教授の推薦どころじゃない、命令です。私は駒場から本郷に移るときに、精密機械に憧れたとはいってもですね、実は就職のときにはまた迷っちゃったんです。

まず業種。車メーカーに行こうと思ったわけです。給料がいいというのがあったし、東洋工業、マツダですね。あそこがべらぼうに給料よかったです。時計もよかったですけれども、例えば日立や東芝とか、ああいうところが初任給1万円弱のときに、銀行なんかは7,000円ぐらいなのかな、そのときにセイコーが、今でも覚えている1万3,400円。高いんですよ。東洋工業は1万9,000円だった。

父親の会社が作っているのは車のベアリングなんです。それを納めていますから、あそこはいい会社だ

というわけです。それで父親の勧めもあったんです。東洋工業を受けちゃいました。セイコーの入社試験をけっ飛ばして、勝手に受けちゃった。これは教授の推薦なし。そしたら受かっちゃいました。

それで大学へ行ったら、主任教授は変わっていましたが、冗談じゃない、おまえそんなところ行っちゃだめだ。セイコーへ行くようにおれは話をしたんだと言うんです。それで時計へ行けというわけです。第二精工舎へ行けと言われたような気がします。泡食って東洋工業をキャンセルする一方、改めて1人だけ入社試験を受けて入れていただいたというのが第二精工舎です。気がついたら、興味ないものですから、勤務地をあんまり見ないで、第二精工舎だから東京だろうと思っていましたが、よく見たら、第二精工舎諏訪工場と書いてあるわけですね、勤務地が。エーッというようなものだけでも、これも1つの分かれでして、もしあのおとき東京だったら、同じ時計でも、ちょっと私の仕事の内容は変わったんじゃないかなと思っています。

<運命ですね、わからないですね。>

【相沢】 何か創造的な仕事ができる風土というのは、必ずしも大きな組織じゃない。むしろ小さい組織がいいのかもしれませんが、これは人とか何かによりますけれども。

<諏訪工場に赴任されたときには、担当部署とか、担当の仕事は何だったんですか。技術開発関係のところですか。>

【相沢】 いいえ、そういうのはなかったんです。いわゆる地方工場だから、必要ないんです。第二精工舎(東京の本社)ですべてをやっていました。そうはいつでも時計の理論を考えるようになっていました。何かいろいろあったんでしょうか、設計じゃなくて組み立て技術というところに入ったんです。当時の組織図はありませんけれども、頭の中に入っているのは、私が入ったときに一応技術部というのができたんです。

<そこで仕事としては、どのようなことをされたのですか。>

【相沢】 時計の理論といいますか、まあ理論を勝手に私はやったわけですが、より精度の高い時計をつくれということでした。1人か2人か、高卒の連中で電気屋さんがいました。これが研究というほどじゃないんだけど、何かちょこちょこいじくってましたね。電子時計などというのじゃなくて、測定器みたいなものをやっていました。一応それが研究係みたいな、何かちょっとそんな名称があったような気もしないでもないです。工場ですから。私はだれもあんまり突っ込んでいない時計の一種の理論研究を勝手に始めちゃうわけです。

<それは勝手にやらせてくれたんですか。>

【相沢】 それがいいところなんですよ、組織なんかあるようなないようなところでした。それは私の直属の係長クラスの人の判断に任せるという状況でした。大学を出たというと、一応稀少価値があったんでしょう。じゃあもっと安定して、いい精度を出すにはどうしたらいいか研究せいというようなことだったはずですよ。

3年ぐらいはそんなことで、一応時計の理論研究みたいなこととか、だんだん考えがまとまってきますから、それを現場に応用するようなことをやっていたんです。ただあまりにも、工場で、しかも技能者の集まりですから、あまり理論なんかは何言ったってわからない。要するに職人集団ですから。それにちょっと何かやると、数字見ただけでびっくりしちゃうというような、そういう雰囲気だったわけです。だか

ら大学出てれば、だれだってできるような仕事を、ただテーマに集中して少し突っ込む程度のことなわけ
でして、どうってことないわけです。遊んだというのは語弊がありますが、まあ気楽にやっていました。
ところが、時計はすべてがそうですけれども、ぜんまいで動いているんです。これは大変なんです。この
場合には1日に1回とか、2日に1回きちんと巻かないと狂っちゃうわけです。とまっちゃうし。掛け時
計にしたって、1週間もてばいいほうで、大変なんです。だけどそれは当たり前だったわけです。ところ
がある日、町で、何かふっと見たらフランス製ですけれども、今残っているのかな、LIP という会社の電
池振り子時計が出ていたんです。

ええっと、びっくりしまして、ちょっと見せてもらったら、変なね、まあトランジスタですけれども、
ちょこっと何か入っているわけです。まあ、接点を使ったものは前からあることは知っていたんだけど
も、トランジスタというのが入っているというのは初めてでした。これはちょっと勉強すれば、ああこ
ういうふうに動くのかということはあるわけですが、びっくり仰天したわけですよ。

もうトランジスタが発明されて時間がたっているんだけれども、東大といえどもという言い方はおかい
しけれども、そういう大学でも、トランジスタというのは講座になかったですね。私、精密工学科でも電
気は必須でして、そのとき教わったのは全部真空管なんです。真空管しか知らなかったですね。トランジ
スタの話を知らないわけじゃなかったにしても、現物は初めて見ました。

脱ぜんまいというか、ぜんまいじゃなくて、何か電池で動かすといいということは何となくわかって
いたわけです。ただ、トランジスタを使わない時計というのは、ちょっと前からあったんです。そんなの
はどうってことない。電池でただ動くだけで、怖くないんです。発展性がないから。ところがそこにへん
てこりんな、電池じゃない、ほんとうに信頼性の非常に高いものが出てきた。だからその辺を見極める目
というのは一応あったわけです。特許を調べたら、もうわんさとあったわけです。外国製はもちろんだ
けれども、日本特許なんです。LIP はもちろん特許を出しているし、私が記憶にあるのは松下電器、あそ
からもトランジスタ時計の特許が出ているわけです。それでもものすごい危機感を持つわけです。

<失礼ですけれども精工舎さんはやっていなかったんですか。>

【相沢】 いや、セイコーというのは3つありまして、別会社、クロック専門の会社があるわけで、そこ
では何かやっていたんです。私の知人が結構有力な弁理士だったんです。それでちょっとセイコーのトッ
プクラス、特許担当の役員に私は何かで呼ばれまして、その弁理士と話をつけてくれないかということ
でした。要するに精工舎、第二精工舎、その後で諏訪精工舎（当時は第二精工舎諏訪工場）というのが生
まれてくるわけです。精工舎は電子時計の研究をやっていましたが、どうしても特許に引っかかっちゃう。
何かうまいことできるように、その弁理士さんに口をきいてくれないかと頼まれたんです。だめだった
んですけれども、あの程度では当然やっていた。ただ、改良研究というか、特許に何とか抵触しないでき
ないかとか、そういうレベルでした。

<じゃあ相沢さんがちょうど町で気がつかれたころと同時に、精工舎のほうでもいろいろ危機感を偶然感
じていたわけですね。>

【相沢】 そんなことがありまして、これは大変だということで、直ちに、私が結局中心になったん
ですけれども、先輩後輩関係ない、ともかく、一応大卒がいいだろうというようなことでメンバーを集めま
して、トランジスタや電子回路に関する勉強会を始めるわけです。

<これはインフォーマルですか。>

【相沢】 全くのインフォーマルです。アフターファイブですね。寒い冬、火鉢を囲んでやりました。会社の隣に、いわゆるクラブハウスとはいわんけれども、いや、クラブという言葉は使ったな。2階建ての普通の民家ですけども、それを何かみんなで集会場所にしてました。その名前が59A。1959年ですね。その辺は、遊んでいた3年間に比べると、あとがものすごく目まぐるしいんです。大卒とか、昔の高等専門学校の人もいました。だけど結局、所帯を持っている人は抜けちゃうし、ひとり者の若い連中だけだから、10人いたかないかぐらいです。電気屋は1人もいないわけです。機械屋がほとんどでした。ああ、1人電気化学がいましたけれども、だけどこれはメッキ屋さんでした。

そろって勉強を始めたわけですけども、トランジスタというイノベーションなわけです。それを勉強会ぐらいで、しかも素人の集まりで本を買ってきて、ろくな勉強できるわけないです。勉強会を始めたものの、こりゃいけないかなと思いました。こんなことやってたんじゃちがあかないというので、それでしばらく考えました。翌年、工場長に直訴して、もう一度大学に戻してくれと頼みました。電子工学の勉強をしてくるということで、特別研究生という、うまいものをつくってくれまして、大学側で。これは私自身が教授のところへ直接、交渉しました。ちょうどそのころ電子工学科が新しくできたんです。全く新しい学科でした。

<何年間ぐらい大学にいらしたんですか。>

【相沢】 2年間。一応大学院並みのことをやらされたわけです。だから学会で最後は発表をしました。

<当時の工場長さんというのが山崎さんですか。>

【相沢】 そうです。山崎久夫です。まあ、ともかく直訴して、ああ行けよと。当然、課長とか何かいるわけですけども、無意識のうちにすっ飛ばしちゃった。大学では勉強していなかった割に好きな先生がいて、応用物理の先生なんですけれども、その先生のところへ行くと、済みません、こういうわけはどうしたらいいでしょうか。そうしたら、その先生がいい方で、よし、じゃああの先生紹介しようとなって、ぱぱぱと……。

<そのときの会社は学費や何かも払ってくれたんですか。>

【相沢】 ええ、全部国内留学として払ってくれました。少なくともセイコー・グループとしては初めてですね。それは全部自分の意志で、自分で探して、コネを使って、よくやったと思います。(留学中も)給料はもらってました。ただ私は東京にうちがあったので、宿代は要らなかったわけです。もちろん東京でなくたって、どこか宿を世話してくれてたと思います。というのは私の次からはそういうふうになりますから。私は2年間行って、やっぱりこれは必要だということで、あと3人、東大の電子工学に国内留学させているんです。

【相沢】 要は部課長とか、その辺が決断すべきことを、入社2、3年の人間が、やってしまったわけです。それがね、さっき言いましたように、もし東京の第二精工舎の亀戸工場にいたらどうなったか。そうはいかなかったんじゃないかなという感じがします。当然、先輩もたくさんいますし。私の性格もあつたにしても、やっぱり判こがいっぱい要って、どこかやりにくかったと思います。そのときに服部何とかという人に直訴したかという、どうかなと思います。

ほんとうにあつという間に決めて、あつという間に行っちゃったという状況でした。そのときは、とも

かく電子工学を勉強しなくちゃいかんというのは、半導体という技術を、勉強をきちんとしないと、いわゆる電池で動く本格的な時計はできないと思ったわけです。

<勉強の内容はどのようなものでしたか。>

2年間は半導体だけの勉強です。当然だけれども、勉強する目的というのは電子時計をやることですから。

<なるほど。>

【相沢】 ちょっと待ってください、その前に大事なことを忘れました。1960年に思い切って行っちゃうわけですね、学校へ。そのときに実は、さらに、さっきの特許どころじゃない、すばらしい腕時計が出るんです、アメリカから。従来の電池腕時計の感覚をひっくり返すようなね。ということは、電池時計というのはぼつぼつあったんです。トランジスタを使わずに。接点というやつを使いまして。スイッチがどうしても必要なので、電池を切ったり入れたりするためのスイッチがどうしても必要です。そういうものはあったんです。機械時計のほうがよっぽどいいよという、そういう感じだったんです。ところが、どういう時計かという、音叉、あのピーンという、あれを時間の標準にする。ガリレオが教会のシャンデリアというんですか、ろうそくのつくシャンデリアの動きを見て、正確に動いていることを見つけたのが時計の始まりなんです。そのときに脈を見て、あ、正確に動いているというわけです。本当に正確で、脈のほうがでたらめなんですけれども。

<そうだったんですか。>

【相沢】 はい。時計というのは、すべてそこから出ているんです。要するに振動するもの、1秒間に何回だか知りませんが、動いているかということをは何かの格好で勘定して、それを見えるようにする。それが時計なんです。

だから振り子時計が一番わかりやすいわけで、こう動きますね。するとつめが1本こう出ている。ここにのこぎりみたいな歯車がある。1回ごとに歯車を1個1個進めさせていくと歯車が回って、その先に針をつければ時計になりますよね。最初は時針も分針もない、1本の針でした。それがだんだん進化して、最後は水晶時計になったわけです。水晶時計というのも結局は、水晶は1秒間に、今はもう300万回ぐらいですね、数万回ですか、動いているのを電子的に検出して、勘定して、それを簡単な計算機を使って、例えば1,000回振動したら、一発信号が出るということでモーターをばっと動かすことができる。そういう話なんです。実は、何でその話かという、音叉も振動しているわけです。簡単に言うと、振動数が高いほうが精度が高いんです。そう言っちゃいけないんですけれども、まあまあ、そんなところです。

<大体そういう傾向があると。>

【相沢】 ええ、そういう傾向があるわけです。音叉、360サイクル。普通、音楽の音叉は1,000サイクルのはずです。ピーという音で、何かいろいろ調律するわけです。普通にやると1,000サイクルだと思っただけけれども、あれよりずっと低い360サイクルなんです。だからそれを振動させるわけで、それでトランジスタが要るんです。これはもう簡単な改良で振動するわけです。振動し続けるわけです。これだけじゃあどうにもならない。目に見えないですから。じゃあどのぐらい震えているかという、0.015ミリ、15ミクロン、ピーッと動いているわけです。目で見ても、何となく動いているらしいなというのはわかるけれども、顕微鏡で見ないと15ミクロンというのは髪の毛の太さなので、見えません。

それを、さっき振り子の話をしましたね。振り子につめが出ていて、1回1回歯車を押ししている。全く同じことを、これもまた見えないですが、15ミクロンの歯を、音叉が動くたびに1個1個送っているんです。これは大変なことですね。いや、大変な発明です。

<アメリカで発明されたんですね。>

【相沢】 ええ、実は発明したのはスイス人でして、スイスでそのアイデアを売り込んだらしいけれども、だれも取り上げてくれなかった。アメリカの時計メーカーのブローバがそれをやるんですね。59年。これが出てきたんです。大体1日の誤差がプラスマイナス2秒。ほんとうに、そのくらい十分出ましたね。当時のぜんまい時計はどうかというと、プラスマイナスしますと、普通につくったのでは1分でした。

<なるほど、じゃあ当時としてはものすごく画期的なものですね。>

【相沢】 はい。それができて、さらにびっくり仰天しちゃうわけです。危機感どころじゃない。しかもそれが画期的な時計として出てきた。ブローバはその時計で世界制覇をするわけです。これが日本にはつくらなかったけれども、スイスはもちろんアメリカにもあります。時計の工場をどんどん新築していくわけです。大学まで行かなきゃという決定的な理由だったんです。ところが大学へ行って、目的は電子工学の専門家になるというのじゃなくて、一応精密機械のエンジニアなんですけれども、知りたいのは、電子時計の可能性なんです。それは何といったらいいかな、そのころ半導体の業界というか、技術が激変しているんです。どういうことかといいますと、私が行ったときにはゲルマニウムでした。ソニーのトランジスタラジオというのはゲルマニウムです。それがシリコンに変わる前夜、ほんとうに夜明け前だったんです。

東京オリンピックの前の年、63年ですね。このときにシリコントランジスタの量産が始まるんです。むしろ僕にとっては、ゲルマニウムじゃ限界がある。シリコンを学ばなくちゃいけないというようなことを、2年間学びました。私の研究テーマはゲルマニウムなんです。ゲルマニウムの特性を調べるというのが私の研究テーマなんです。どうもそうこうするうちに、シリコンの話がぼろぼろ入ってきた。これからはシリコンだということを直感しました。勉強するというと、物事を深く考え、トランジスタの電子回路をかつちりものにする、修得するとか、そっちへ行っちゃうだけになっちゃいそうだけれども、もちろんそれをやらないと話にならんものだからやるわけですが、何となく私の性格からかもしれません、2年間にそういう直感を持てるようにして下さったということです。

ただ、文献で見るだけで、私は全くシリコントランジスタというのは見たことないわけです。けれども、どうもそんなことで、さらに突っ込んで、こうじゃないか、ああじゃないかということ、これは先生といろいろ議論というと大げさですけども、先生の考えを伺ったりということもありました。

実は2年間、学校に行き放しかということ、そうじゃないんです。毎週諏訪に帰ってきてました。一応そのときに、山崎さん来年からどうしても電子工学科の、電気が電子、とにかく大学卒の電気屋を採ってくれとと言うと、山崎さんはそこらじゅうの学校を回るわけです。それで、たしか1960年から電子の学生が1人、2人入るようになってきたわけです。

そんな中でブローバが出ましたね。びっくり仰天する。そのときに諏訪に戻ってきては研究をやる。だから一応籍は、そのときはもう組み立て技術室じゃなくなって、研究室みたいなものを何か組織的につくってくれたような気がします。そこで電池時計の研究をいろいろ始めるわけです。

だけでもそこで、水晶時計へ行くのはまだ先なんですけれども、最初に、とにかく電池で動く時計をということで、いろいろなものを試しました。ブローバの音叉時計も大欠陥がありまして、ショックに弱いんです。15ミクロンの歯車を送るわけですから、ぼーんとショックを与えると、ぼっと飛んじゃうんです。それからちょっと誤差が出るわけです。2秒とさっき言いましたけれども、7秒狂っちゃうんです。これは理論的に出てくるんです。それをゼロにしたらいいなという、音叉時計の改良研究をやるわけです。

<最初のころですね。>

【相沢】 だからすごいスピードでやっているわけです。東大へ行くときに諏訪精工では、一応音叉時計の改良研究を、私が中心になって始めていたわけです。だから勉強を始めた、すぐに何かそういう改良研究も始めちゃったということです。しかも数人ですね。前後して、音叉時計じゃない時計も、これは私が発明しているんですが、一応商品になっているんです。これは天府といって、チクタクという時計のトランジスタ版といいますか、一応シリコンじゃないゲルマニウムを使ったトランジスタで、天府式というのがあるんです。昔の時計はチクタクチクタク音がする。最近はスケルトンで中が見えるようになっているんです。

<これはそれこそ大学に行く前に発明されたんですか。>

【相沢】 後です。要するに音叉時計の改良研究というのをやるわけですけれども、1つは特許がものすごく上手に取ってあって、侵しようがないといえますか。しかもちょっと(特許の許諾を)頼んだら、使えそうもないから、これはだめだということでした。とはいっても何かクロスするということもありますから、音叉時計の改良をやる欠点もありますから研究をしていました。その一方では、従来方式というか、従来のぜんまい時計を、トランジスタを使いまして電池化する。そういう研究もやっていたということなんです。ところが非常に短い期間なんだけれども、待てよと。(ブローバ社の音叉時計の)特許は使わせてもらえない。従来の天府時計では、時計としての精度が圧倒的に低い。とすると我々はどうしたらいいんだと、冷静に考えるわけです。あるいは特許を使わせてもらったにしても、音叉時計をただ改良するのは、しょせん改良で、ブローバが起こしたイノベーションに匹敵するものはない。単なる改良で、しかも特許料を払い続けるということになる。それだったら時計の理想を追求しようじゃないか。そういう結論が、またたく間に出たんです。ですから私が大学から帰ってくるときには、一応水晶時計の基本構想図みたいなものをつくっているわけです。

<大学と諏訪の間を行き来していたのですか。>

【相沢】 59Aの勉強会は単なる勉強会で終わって、59Aのメンバーで時計の研究に流用した人間というのは、ほんの一部で、2人程度。そのとき私は学校へ行っちゃうものですから、多分あれは自然消滅じゃないかな。やっぱり学問が必要で、だから専門の電気を採れということになって、そういう連中がだんだん増えてくるわけですから、もう勉強会は必要なくなっていっちゃうということもあるわけです。例えば学校では、ときどきゲルマニウム特性研究か何かで、四六時中はっぱかけられるわけですから、それをやっている。頭を切りかえて、週末になると時計の連中と話をする。あるいは土曜日に出てこいというわけにいけないので、金曜とか月曜日に引っ掛けて帰ってきたような気がします。何はともあれ特命研究をやっている。音叉時計の改良研究は、私が帰ってきてからも続くわけです。何となく疑問を持ち始めるのは東大へ行っているときじゃないかなという気もするんです。シリコンということも何となく、まだも

のではないわけですがそれでも聞こえてきますし。そんなもやもやなわけです。

<クォーツ時計開発のきっかけについて教えてください。>

【相沢】 ところがそこに、私はほんとうに幸運なんです、あるいは私の会社にとって幸運だったと思うんだけれども、1964年に東京オリンピックがあるんです。これはセイコー・グループの飛躍するきっかけなんです。要は、東京大会は第18回なんです。それまでは17回まで全部スイスが担当してきた。これはもう精度と信頼性がないとだめですから。これをずっとやってきたということが、時計はスイスという世界的な評価のもとになっていると思います。ほんとうに信頼性がよくて、いい時計があったんですから。

でも、まさか東京大会をスイス製にやらせるわけにいかん。当時、規模としてはセイコーが一番でかかったらしいです。世界の中で。

<規模はセイコーが大きかったんですか。>

【相沢】 はい、大きかったんです。規模とは個数ですね。金額は知りませんが大きかったんでしょう。しかも当時、7割方国内市場はセイコーだったんですから、代表するセイコーが指をくわえてスイス製の時間をはからすわけにいかない。そのときに、日本の時計産業の面目をかけて、東京大会をセイコーが担当しようと、そういう大号令が出るわけです。大号令というのは諏訪の工場長じゃなくて、いわゆる銀座の服部家から出るわけです。これは大変心躍り、すばらしい号令ですよ。よーしということで、それこそ1万人ぐらいになるんですかね。全セイコーが集まって、共同作戦で対応を始めるわけです。これは大変なこととして、間違ったらえらいことになっちゃいますから。東京オリンピックが行われるのが昭和39年。ところが、4年前の1960年に東京オリンピックが決まっているわけです。

<なるほど、ちょうど大学に行かれた年ぐらいですね。>

【相沢】 そうです。大体4年前に、次のオリンピックはどこでやるよと決めるわけです。第17回、東京の前はローマなんです。そこへ大視察団が行って視察したわけです。時計はどうあるべきか。これはほんとうに時計といたってピンからキリまでのものすごくありまして、ストップウォッチから始まって、バスケットボールにしたって、みんなすべて時計がありますよね。時計というか、ランプがぼぼとついて、ああいったものも全部そろえるわけですから、これはどえらい仕事になる。精工舎、第二精工舎を中心に視察に行ったわけで、諏訪精工舎からも行っているわけです。特にウォッチをやっていた第二精工舎なんかストップウォッチにいいものがなかったですから。

ストップウォッチの研究に燃えていたんですけれども、いろいろそっちのほうの視察に行っていたわけです。すぐさまスイスと全く同じに近い、最低限スイスのものを遂行できるようなチームできて、きちんとかやるわけです。だから私が学校に戻ったときには、当然それは知っているわけです。もあもあしながら、そこで水晶時計の発想がだんだん煮詰まってくわけです。日本の時計産業の面目をかけてというやつが、守るんじゃなくて、攻めるほうに我々若い連中は変わっていくわけです。新しいことをやりたい。

<新しいものにチャレンジするということですか。>

【相沢】 ええ、それが水晶時計を時間の標示に全部置きかえようということになります。昔はみんなクロノメーターといって、ぜんまい式の時計、これは船舶で使う非常に正確なんですけれども、ぜんまい時計なんです。こんなでかいですけれども。あれを全部水晶にかえちゃうということを考えてわけです。ただそれを東京大会で急に用意したってだめなんです。1年前のプレオリンピックでほぼ完成していないと。

急にやったって、これは認めてもらえないわけです。

<危ないですね。>

【相沢】 それでたしか38年、当時のオリンピックのIOCの会長のブランデーさんが時計装置を視察に見えたわけです。場所は赤坂の迎賓館です。あのすごい門があいて、大広間に全部並べました。来たんですよ。こう見ていって、最終的に大変満足だということをおっしゃったらしいんですけども、そこで私、東京大会で使う水晶時計ですとお見せしたんです。

<相沢先生もそこへ行かれたんですか。>

【相沢】 ええ、当然用意したものをいろいろ並べて、ブランデーさんと一緒に撮った写真があるんです。だから明らかに水晶時計の研究というのは、私が東京へ行っている間にスタートするわけです。具体的にそうやって、特に一時ここが絡むんですから、私は1962年3月に帰ってくるんですが、そのときには水晶時計というものが非常に明確になっている。大学、たまたま女房とまだ結婚前でして、デートしているときに東京へ行っちゃたり。たまたま家内が東京でして、小石川の植物園を散歩しながら、私はすごい特許を思いついているんです。だから間違いないんだ。

<東京の大学に行っているときに、水晶時計をやるようになったんですね。>

【相沢】 ええ、やっています。間違いないですね。

<ほんとうに激動のときだったんですね。>

【相沢】 1962年の3月に学会で発表して、帰ってくるんです。結婚がちょうどそのころでした。特許を出したのも同じ頃です。水晶時計を電池で動くようにするための特許です。持って歩いて、しかも電池で動かすための特許を出したんです。幾つか特許を出しているわけですけども、どっちかという私はメカ絡みの特許です。だから学校からすると、しょっちゅうあいついねえぞと。帰っていっちゃんということがありました。

<学校の水晶時計に関する反応はどのようなものだったんですか。>

【相沢】 精密の先生に言ったら、おまえやめろと言われたわけです。物事というのは1けた改良するということは、これはあると。これは大変なことだ。大体それで終わる。おまえの言っていることは何けた変えるんだ。天文台の時計に比べて、要するに1,000万分の1にしなさいということになる。

<すごいですね。>

【相沢】 ええ、1,000万分の1。これは格好いいからそういうことを言っているんで、実際には船舶に積んでいる比較的高価なやつがあった。これはセイコー社が生産しているんですけども、これに比べれば1,000万じゃないな、それでも100万分の1。大きさは腕にするということは、約数千分の1ですから、こんなことおまえ、やめたほうがいいよと言われました。時計は止まらなきゃいいんだよ。そんなものだったんですよ。

<この研究はインフォーマルな研究だったんですか。>

【相沢】 私の時代にインフォーマルは全くなかったです。すべてオープンで、私のやりたいように、お金なんかあまり考えなかったですけども、人件費のほかはあまり要らん。実際には時間と人件費があれば、時計の研究というのは、そんなに金を食うものじゃないんです。

<研究テーマは自由に決められたんですか。>

【相沢】 そうですね。任せてくれました。ただ人を欲しいといってもいないものですから、電気屋さんが。あるいはそういう適した人間がいないものだから、これはまあ配給だけれども、積極的に投入してくれましたよ。

<そうですか。>

【相沢】 だからお金の心配、人の心配というのは、そういう人材を外から持ってこなくちゃいけないということだけです。新人をとにかく採用して、育てなくちゃいけないという、そういうこと以外は何も不自由なくやれました。

<すごい環境ですね。>

【相沢】 そうです。闇研の時代は全くないんです。ただ大学で水晶時計云々というのは闇じゃなくて、準備期間です。

<クォーツ腕時計の開発はいつごろからですか。>

【相沢】 腕時計というものを意識し始めるのがやっぱり東京オリンピック後ですね。東京大会で、電池で、世界で最初に動いた。振り回したって狂わないすごい時計ができたよといっても、腕時計には、発想として、僕らもそんな急には結びつかんわけです。

<失礼ですけども、僕ら素人から見ると、クロックがこのくらい大きになったら、もう腕時計というのは考えていると思うんですが、やっぱりそこからものすごい飛躍があるんですね。>

【相沢】 こういうことです。1,000万分の1といいましたね。東京大会のやつは単1乾電池で、どっかい電池で1年間もつんですけれども、時計というのは大体1年もたないと意味がないというやつで、天文台のと比較すると消費電力を1万分の1まで、あつという間にしちゃうわけです。あつという間ということとは、始めたのは36年とか何かですから、東京大会の前の1963年、2年間で1万分の1にしちゃうわけです。1万分の1。ほぼ天文台と同等の性能を持っている。そのときは、東京オリンピックを成功させなくちゃいけないということで頭がいっぱいなわけです。私の部下にいいのがいて、東京大会、マラソンの優勝者はエチオピアのアベベですが、水晶式の電子ストップウォッチでアベベのタイムをはかっているんです。だからゴールしたときには数字が、2時間12分何とか秒。100の1をびたつと3台の時計で、きちんとその数字が合っていた覚えがあるんです。無我夢中で成功させた。水晶ストップウォッチはもうゲルマニウムをやめてシリコンを使っているんです。

シリコントランジスタは日本で最初に量産したやつを日本電気から仕入れました。日本電気が最初にやるわけです。ほんとお得意様のように大量に買い込んで、東京大会に嫌というほど使うわけです。そこでシリコンのすごさというのを再認識するわけです。何となく理論とか何かじゃなくて、現実として認識するわけです。それでその翌年、1965年、6センチ×6センチ×6センチ、こんな大きさの水晶時計をまとめているんです。これをスイスの天文台で、時計の製造コンクールをやっていたんです。そこに出品しました。部類分けがあるのですが、ちょうど車というとCC、エンジンの排気量でクラスを分けているように、時計の大きさをカテゴリーを決めて、5分類しまして精度を競うのですが、優勝をもらうわけです。コンクールなわけです。一番下は腕時計、一番上はさっき言ったクロノメーターという船舶に使うどっかいやつですね。そのボードクロノメーター、上から3番目のところで上位を独占するんです。これは完全にシリコントランジスタを使った特殊なメカになっているんです。このときには全精力を傾けて、ほ

かの研究をやめて水晶時計の腕時計に没頭しているわけです。

<もうこのときには腕時計の開発をやられていたんですね。>

【相沢】 はい。だから東京大会を契機にして、終わったところで、音叉の改良研究とかから何から全部やめまして、水晶腕時計に集中している。というふうに考えると、クォーツ腕時計の研究が始まったのは、そのときであるということになります。また、ボードクロノメーターというんだけど、6センチ立方のものをやりましたから、1965年というふうに考えてもいいかもしれません。ただ、これもよくみんな間違えるというよりも、格好よくサクセスストーリーをつくっちゃうんです。これ危ないんです。初めからクォーツ腕時計を考えてぐーっとやってきたと。そういうものじゃないんです。どうしても人間というのはばかなものですから、ステップを踏んでいかないと上へ行けないということです。もちろん飛躍はありますよ。あるけれども、やっぱり飛躍するための土台というのがきちんとできていないと飛躍できない。

<ということはオリンピックになる前の年ころまでは、やっぱり音叉のやつをずっと並行でおやりになっていたんですか。>

【相沢】 そうです。試行錯誤、しかもやっぱり一点集中できないものですから、いろいろなことをやってきました。といっても天府時計と音叉時計なんですけれども。時間がかかっていたんです。世の中の進歩が、我々は何か今考えると、ぱぱぱぱっといくし、東京オリンピックで幸運だった。東京オリンピックで、兄貴会社があり、いっぱい優秀な連中がいるものだから、ともかく大丈夫のように、東京オリンピックの対応策をつくってくれた。我々もそこで、そういう自由があって、その自由を思う存分、生かさせてもらったんです。そういう感じです。

<1962年ごろに電子工学科を修了なさってから、いろいろな電気科とかの大学生がどんどん来て、それは皆さん大体、相沢さんの下で研究されたんですか。>

【相沢】 はい。東京オリンピックのときには私は課長業務取り扱いになっています。どういう課かという、電子課という課をつくったんです。何だかあまり、不本意で、変な名前をつけたなと思いました。

<事実上はそこで研究をしていたわけですね。>

【相沢】 そうです。電池水晶時計ですね。水晶時計の研究、プリンタの研究もやったんです。

<あと並行的に、さっきもおしゃった天府とか音叉の研究もおやりになっていたんですね。>

【相沢】 一応は、まだ絞り切れずに、それもやっていたと。何か天府時計というのは一応趣味にしちゃっているんです。

<このころというのは何人ぐらいで研究していたんですか。>

【相沢】 もうそのときには、東京大会あたりから電子課という専門の研究所をつくってくれた。またちゃんとそこにも、まあ、業務取り扱いとつきましたけれども、先輩いないんですから。課長として全権握らせてもらっていた。30人ぐらいいますかね。時計コンクールで上位独占したときに、服部家から賞状をもらっています。

それで実は後日談になっちゃうんだけど、もう大分たってから、エプソンというのがスタートして諏訪精工からエプソンに社名が変わっているときだと思います。シチズンさんが、要するに私が結構目立ったんでしょう。時計メーカーとして、どうやって事業を転身していったんだと。完全に事務機器メーカー

ーになっちゃいましたからね。何かその辺の話をしてくれというようなことがありまして、コンペティターなんだけれども、トップの了解を一応もらって話をしに行っているんです。過去だからいいだろうと。そのときにシチズンの社長さんから質問があったのは、あのとき、どうして水晶の腕時計の研究をしたんですかと聞かれました。

<そうですか。>

【相沢】 気違いじみた研究なんですよ。試行錯誤で、一番私の気持ちとして大きいのは、音叉時計の改良研究やったって、しょせん改良で、イノベーションを起こさない。もし水晶腕時計を完成すれば、これは完全なイノベーションだ。そういうふうには夢がでかいということ、ががが部下に言ったんです。部下に夢を語っているわけです。これがやっぱりきいたようです。

<それが原動力なんですか。>

【相沢】 ええ、思います。夢を語るということは、納得してくれば、高いテーマに精進してくれるんですから、無理と言われようと、何だろうと。ただそのとき私、理論計算というか、極めて基本的なことだけは、この目で確かめた。そこに行く道をおまえは探してくれよという、そういうことをいつも言っていたような気がするんです。目標を出して、可能性があるんだということを理論計算といいますか、どういう方法はわからないけれども、理論的にはこういうことはあるよと。すごい夢が実現するじゃないか、頑張ってくれ。そんな論理が私の癖だったんですね。

<お話を聞いているとすごいなと思うことばかりで。>

【相沢】 いや、とんでもない。世界じゅうがのんびりしていて、私どもだけはとんでもない問題意識を超えた危機感を持っていた。追いまくられて、そうこうするうちに高い目標に挑戦していたということです。シチズンはもちろん、途中まで水晶時計の小型はやっているんです。コンクールでわかるわけです。最後の壁を突き破れなかったと思います。だからシチズンさんには思いもよらなかったようです。ブローバの音叉時計しか考えていなかった。ちょっとあいまいですけども、かなり音叉を、もうこれだということで信じ込んでやっておられたような気配がありました。

<クォーツ腕時計開発時の大きな技術課題はどのようなものだったのですか。相沢先生がおっしゃっているのは、大きなのは当然小型化と省エネ化で、技術的には水晶振動子と、あとCMOSとステップングモーターと以前お話になっているのですが。>

【相沢】 はい、そのとおりです。1番の水晶振動子については、今でもそうですが、水晶振動子の専業メーカーが何社もあったんですよ。で、ここにね、我々が欲しい水晶振動子をつくってもらおうと思って、何社とも実は交渉しているんです。全部断られたんです。

<断られたんですか。>

【相沢】 オリンピックまでは水晶振動子メーカーから買っているんですよ。できたものを。ところが、腕時計を考えた場合に、そんなのとてもじゃない。中指からマッチ棒にしくちゃいけない。マッチの頭ぐらいにしくちゃいけない。結局ね、それ、みんな断られたんです。できっこない、そんなばかなと。水晶腕時計って言ったような気がするんですけどね、そんなのできるわけないと、もう不可能とみんな思い込んでいた。結局全部自分でつくりました。

<水晶振動子のかたちが音叉の格好しているんですよ。>

【相沢】 それを教えてくれたのはブローパーなんですよ。どう考えても水晶振動子を音叉の格好にするのがベストであるということは、もう最初から決まっていた。音叉にするのが最も小型になって、精度を害しない。ちょっと音叉になると欠点があるんですよね。その欠点さえカバーできれば、音叉の形の振動子は最適であるというように、これはね、最初から決めていたんです。

<なるほど。>

【相沢】 決めていたというか、(ブローパーから)教えていただいたと。これはもう当然知っていたけど、まさかあれが時計の中に入るとは思いもよらなかった。それでびっくり仰天して、音叉の欠点をカバーできるようなものをいろいろ考えましてね。私、H型音叉って。音叉っていうのはUですよ。Hにするとね、欠点が全部なくなるんですよ。それだとね、精度がぐーんと上がるんです。それを私、発明して、特許を出してます。そういうのも出てくる。そこまで行けばいいんだけど、そこまで必要なかったと。で、今、全部Uです。

<なるほど。>

【相沢】 だけど、それは完全に着眼点としてです。周波数はまるっきり違いますよ。ブローパーは3600サイクル。私ども最初にまとめた水晶時計の音叉は8キロヘルツ。8,000サイクルですから。全然、周波数違うんだけど。8,000っていうのはね、2の13乗です。だから、 $1,024 \times 3$ という八千何ぼかな。まあ、約8,000サイクル。全然違いますけどね。

<確かに外の人ではできなくて、内部の精密加工技術の職人さんたちが非常に技術がよくて、それで自分たちでつくることができたということですか。>

【相沢】 これも、器用じゃないとどうにもならないんです。水晶って固いものをね。最初の腕時計で、長さが15ミリぐらいですね。Uの字に加工してある。一応、真空管になっているんですけど、その真空管の径が2ミリで、長さが20ミリぐらいです。まあ、ある程度の機械加工をした後、最後は全部手でやるわけですね。これはね、時計の超精密技術、細密技術っていうんですかね。

<やっぱりそれは工場で培ってきたものが役に立ったということでしょうか。>

【相沢】 そうです。

<それを真空にしなくちゃいけないんだけど、近所の豆電球屋さんが真空封入をしていたんで、それをやってもらったらできたんですか。>

【相沢】 そうそう。近所に豆電球屋さんがいましてね、ごく最近まで私、おつき合いしていたんだけど、中村さんとおっしゃる方で、もう「ああ、いいですよ」ということで、もっと小さい豆電球ですからね、それも同じ技術で、ガラス細工ですからね。できたわけです。熱も出ない。電球じゃ、結構熱が出るから大変ですけども。「ああ、いいですよ」って気楽にやってくれたんですよ。これはうれしかったですよ。

<それから、次のCMOSですか。>

【相沢】 はい。これね、CMOSっていいましてね、実は、これね、私が最初に設計したものはシーモスじゃないんです。

<先生が設計されたんですか。>

【相沢】 ええ、しました。1人じゃなくて、みんな分担してやるわけですね。要するに、プレイングマ

ネジャーというやつで、私が研究しながら、チームのリーダーでした。私はメカ周りど、回路の発想というのは私なんですけどね。まあ、テーマを持ちながら全体を見ていた。

こういうことなんですよ。ここが大事なことなんですけどね、72個のシリコンのトランジスタのチップです。トランジスタの石の部分です。これを日本電気から買いましてね、これを抵抗とかコンデンサーとか入った回路にべたべたくっつけていくということをしました。

<張っていくんですか。>

【相沢】 うん。並べましてね、当然、配線にしてです。それを全部まとめてモールドするわけですけど、その大きさが2×3×15ミリメートルですね。その中に72個のトランジスタが乗っかっているんです。だから盤がね、十何枚ありましたよ。1つの、2ミリ×15ミリ近い盤、セラミックスの基盤の上に、トランジスタを多分6個ぐらい並べていました。

<なるほど。>

【相沢】 そういうものが12枚ある。で、それを最後、プラスチックでモールドする。プラスチックというか、トランジスタをモールドするようなものを買ってきました。だから、量産できないわけです。何でそれをやったかという、CMOSはまだ存在しなかったんですよ。

<最初のウォッチ腕時計200個つくる前にはCMOSが存在していなくて、それを実現するために、こういう細かくシリコンチップを今説明されたように入れたわけですね。>

【相沢】 はい。何でそれをむちゃをしてまとめたかというんですが、これはやっぱり、世界で最初ということをものごく意識しました。ともかく天文台の時計を腕におさめるんだ。これは世界で最初になきゃだめだというね。世界で最初にものごくこだわったんです。

<このときに世界最初をご意識なさったということは、やっぱりスイスかアメリカか知らないですけど、どこかがやってくるんじゃないのかなという感覚がどこかにあったわけですか。>

【相沢】 ええ。我々ができることをほかでできないわけがないということを感じていました。特に天才の集まりじゃないですからね。いいのいましたけれどもね、だけでも普通の人間です。ただ、みんな夢を共有して、むちゃを承知でがんがんにやってきてくれた結果だけれども、当然あり得ると。競争相手が同じ発想を持たないはずはないと思っていました。

<だからなるべく早く作りたかったわけですね。>

【相沢】 ええ。そうしたら断トツに早かったんですけどね。

オリンピックの翌年ですね、水晶腕時計にしようというときにね、2つの目的で、私、約3カ月間、世界一周研究所回りしているんです。CMOSがね、私のターゲットになっているんですよ。どこかの研究所でCMOSやってくれないかなと探しました。

<研究所というのは半導体の研究所ですか。>

【相沢】 半導体メーカーも行きましたが、もっと普通のスタンフォードインスティテュートとか、大学なり、半官半民の研究所です。世界の名だたる研究所っていうんですかね。CMOSという理論はあったんです。MOSというのは明らかに電圧制御なんです。で、CMOSというのは、さらにMOSの先端技術です。当時ではね。コンプリメンタリーというんですけれども、動作以外には電気をくわないという、コンプリメンタリーMOS。という発想はあったんです。で、それをどこかでさらにつくる前に研究して

くれないかということで、アメリカのパテルという、オハイオだったと思いますけれども、研究所とか、スタンフォードとか、ほかにも行ってるんだけどね。それから、半導体のモスの個人の専門家に会っていますね。アメリカというのはコンサルタントがたくさんいる社会ですね。

それと、実はね、液晶の研究をやってくれるやついないかと探しました。液晶という存在を、私はもう既にそのときに知っていて、そのときうんと勉強しました。

<それはどのようなことですか。>

【相沢】 私は研究者として仕事をしたのは水晶時計なんですけれども、水晶時計の後には水晶時計しかないということで、それが完成したときに、私、トップに願い出て、びっくりされましたけどね、時計からプリンタに移してくれと。

<なぜですか。>

【相沢】 ええ。それが私の性格なんです。ということはね、まあいろいろあるんですけどね。後のほうが私、実はね、仕事としてはでかいような気がしているんですよね。プリンタで世界制覇しますから。液晶でも時計以外、電卓等で一たん世界を牛耳るわけですよ。

<液晶はそうだったんですか。>

【相沢】 はい。シャープじゃないんです。液晶の研究をやったのは私じゃないんですが、最初の液晶は私の同期入社で、電気化学が専門の人です。

<それはシャープさんより先なんですか。>

【相沢】 全然先です。ええ。もう何年も先だと思いますよ。ということは、これも難しいんだけど、みんな思い違いしていることの中に液晶があり、もう1個はカシオさんのデジタルウォッチですね。あのごとくに先のうちが量産しています。それが液晶の量産の世界最初の液晶ですからね。もうね、何年違うか。全然違うんですよ。数年違いますね。

<クォーツ腕時計の開発でお世話になった大学はありますか。先ほどの東大の電子工学科以外で。>

【相沢】 ほんとうにお世話になって、親身になって研究室に顔出してくれたのは、東工大の川上正光さんですね。あの方はね、たまたま山崎久夫さんが学生のリクルートで東工大にお邪魔したときに意気投合したということを聞いています。それは事実です。それで、非常に興味持たれて、時々いらっしゃっていたんですよ。それから、私の東大のときのヤナイさんという、もうこの方も亡くなっちゃったけど、その先生にはお世話になりました。

<クォーツ腕時計を開発された後、どうされたんですか。>

【相沢】 あときは、確かにイノベーションの種をまいた。CMOSは必ずどこかのメーカーが協力するはずだというような、当時、感じですね。そうするとやることないじゃないかということになりました。やっぱり水晶時計が時計の最後の姿だろうなと思いました。

<組織に問題があったんじゃないかと、組織は自由にはずっとやらせてくれるけれども、時計そのもののイノベーションがあんまりないだろうなと直感なされたわけですね。>

【相沢】 はい。私も、しこしこやっていけばいいんですけどね、ちょっと性格に合わないということなんです。もう亡くなったソニーの井深さん、あの方が時計の収集家らしいですね。で、時計のこと大好きで、よく知っていらっしゃった。服部家とも何かつながりがありましてね、これは又聞きですが、ある

とき、時計っていうのは不思議だと。何十年も全く同じものをつくって、しかももうかっている。これは世界の七不思議の一つだとおっしゃったというわけですね。それ、私、水晶の研究やっているところです。それがね、頭にこびりついているんですよ。

七不思議だと。こうおっしゃったというわけです。それ、もう、そのとおりなんです。それでね、実を言うと、マネジメントは私がやったんですが、最初のプリンタは私の部下が発明したんです。水晶時計を発表した年に、それを事業化するわけです。ウォーツ腕時計を発表したのが12月25日。で、その日の夕方近かったかな。そのプリンタを持って、私、井深さんのところに行っているんですよ。実は、私ね、もうその前に、ウォーツから足を洗わせてくださいと、プリンタのほうに行かせてくださいということをしているので、最初の私がつくった水晶腕時計の発表には私は参加していないんです。もう部外者になっているわけです。

<え、どうしてですか。手塩にかけたのに。>

【相沢】 ええ。だけど、私が辞退したわけですから。あれはもうたくさん人がいると思ったんです。

<井深さんの言葉が頭の中にずっとどこかにこびりついていたんですね。>

【相沢】 当時ソニーさんが電卓やっておられましてね。ソバックスという。やっぱりプリンタ欲しいわけですね。私、中村という、前々代の社長ですね、私の直属の上司でした。取締役技術部長だったんですよ、当時。私と2人で井深さんに会いに行きました。ET101というプリンタを見せにいったわけです。

で、そのとき、私、何を言ったか覚えはないんですけども、ああ、さすがだなと思ったのは、プリンタをごらんになって、やっぱりエンジニアですね。すぐわかっちゃうんですね、メカは大体。的確な質問をされたことを覚えていますね。で、「よくやりましたね」と褒めていただいた。「これを1,000台買ったら幾らになりますか」ということをおっしゃいました。

<すごいですね。>

【相沢】 褒めていただいたということと、ソニー全体で使ってもらえるらしいぞという両面とですね。なんとも言えなかったです。七不思議はそのとおりですと、新しいこと始めましたと、心の中でね。

<そうですか。>

【相沢】 だから、私ね、時計から足洗ったというのは、かなり井深さんのその一言が大きい。それがやっぱり大正解だったんですね。あれがなかったら今のエプソンないわけですから。

ただ、当時のソニーというのはやっぱり独自技術をものすごく大事にしていた会社で、結局、自分で開発をされた。全然違う方式のものでした。どういうものかという、特殊なカメラを使いまして、放電記録紙という電気をパチパチとやると数字が出てくるという、そういう、いかにも電機屋らしいものでした。僕はあれはだめだと思ったんです。紙代が高くて話にならないと。メカの機構は簡単ですけどね。まあ、そういうものを発表されて、結局失敗されるんですけどね。

<今でも井深さんって伝説ですけども、当時のエンジニアの中でもやっぱりヒーローだったんですか。>

【相沢】 確かにね、ヒーローだったですよ。ただ、あんなに感覚の鋭い人だと思わなかったですね。さすが、という感じでした。経営者としてはもちろん、云々する由もない。大ソニーをつくった方ですからね、これは言うまでもない。だけど、エンジニアとして、社長のお立場でごらんになって的確な質問をな

さったというのはね、これはねすごいことです。私が説明すると、「ああ、なるほど、なるほど」とお答えになって、忘れられないですね。

< 独創的な商品開発を担える研究者・技術者というのはどういう能力が必要だとお考えですか。 >

【相沢】 社団法人企業研究会というのがありましてね、そこで8年ぐらい前かな、一応、第一線を引退した後、呼ばれて、開発塾（商品開発をいかにどうやったらいいかということを考える塾）というところで塾長をしばらくやっていますね。今、一応、顧問ということで、いつも言っていることは、企業活動の中で機能として最も大事なものは何だろうか。これは、広い意味のマーケティングだと言っているんですよ。企業っていうのはメーカーの場合ですね。メーカーで最も大事なものは何でしょうかと。普通考えたら研究開発とか、ちょっと見方を変えて人材育成とか、そういういろいろなことが出てくるんですよ。あるいはセールスが一番大事だという言い方もあるかもしれませんがね。そうじゃない、広い意味のマーケティングだと。要するに、先見性を持ったテーマをいかに探り当てるか、これが最も大事じゃないかと私は言っているんです。

とって、エンジニアというのは特にそうだけど、まず専門知識の勉強してくるわけです。結局はだけどね、両方（技術とマーケティング）の感覚を持たないとだめだと言っています。

先に何が重要かということを見抜く能力ですね。結局、これは机上から出てこないんですね。何かの格好で、マーケットに入っていくとだめですね。マーケットで顧客の意見を聞くとかね、これが結果的に後で効果の大きい仕事をする出発点じゃないかなと考えています。

< 広い意味でのマーケティング能力を磨くにはどうすればよいのですか。 >

【相沢】 経験しなきゃだめだと思います。ということは、これ、鶏と卵の関係になっちゃうんだけど、何か自分でテーマを持って、市場に何らかの格好で入り込む以外ないんですよ。マーケットというのは人間がいろいろな感覚で動いているわけですからね。あるいは競争メーカーはいろいろなことをやっている。ここに入り込んでいって、次に何が重要かということを考える。今あるものを改良じゃなくて、それも大事ですけども、何か独創的なことをやろうとした場合に、次に何が重要だということ、そこで見抜く必要がある。マーケティングというと、何かものことができました、さあ、これをどう売ったらいいか、どういう戦略を考えるか、これがマーケティングだと一般的に言われているわけです。これは狭い意味なんですね。その前に、何が重要かということ、声なき声を吸い上げる、この機能が重要なんです。

ただし、メーカーの技術者の場合、何か自分で技術者としての特技がないとだめです。なおかつ、私の場合もそうなんですけれども、やっぱり技術を融合する能力を持ってないと、単独分野のエキスパートじゃだめなんです。

< 先生の場合はたしか精密工学科卒業後に、再度大学で電子工学を学ばれました。メカトロですですね。 >

【相沢】 そうです。私のときにはソフトまで入らなくてよかったんです。電気、機械、それから、素材でした。複数の専門について、相当感覚的に物事を考えられ、次のことを直感的に気がつくぐらいの深さを理解していることが必要です。

専門知識を持ってないとマーケットの先を読めない。技術者でない人でも夢はかけます。しかし、技術の裏づけがないものじゃだめです。先見的なもので何かこれが重要だ、これがこういう方法で実現でき

るんじゃないかという像まで描くのは、独創的な仕事をするためのまず出発点じゃないかな。

< 複数の分野での専門性が必要ということですね。 >

【相沢】 私のころはメカトロでよかった。素材も直感的にわかればなおよかった。今はソフトウェアの構築能力がないとだめなんじゃないかなという気がします。プログラミングじゃなくてスペックをかけるといいますが、はっきりしたコンセプトをかける能力があったらすごいだろうなと思います。

< 多分、複数といっても何でもいいんじゃないかと、イノベーションが起こるような複数でしょうね。 >

【相沢】 そうです。だから、やっぱり目的持って、こういう分野に自分は行くんだということで複数の技術を融合する。組み合わせじゃだめなんです。融合というのはちょっと難しいですけども、ただ2つを知っているだけではだめで、組み合わせで何かイメージがかけるといことです。もう一つ実は大事なのはリーダーなんです。イノベーションでは、まとめる人のセンスだけじゃない総合力が必要です。

< 総合力とはどのようなものでしょうか。 >

【相沢】 自分の何か複数分野の技術がどうこうとは別の、もっといろいろ最近技術が複雑化しちゃいますから、それを聞いて直感的にわかるような、技術屋としての総合力も必要でしょうし、起業家精神というんですか、それがないとリーダーは務まらないと思います。

< 先生の言う起業家精神というのはどのようなことですか。 >

【相沢】 ここで単なる商品化ではなくて、これを事業にもっていくためのプロセスを描けるといいますか、自分が事業家としてほんとうに事業を起こすかどうかは別にして、それをまとめていく際に事業について具体的に事業戦略まで立てられる能力があるリーダーと、そういう能力がないリーダーでは全然違うと思います。

< 独創的な商品開発を行うときには、そのような能力を持ったリーダーが必要になってくるということですね。 >

【相沢】 ええ、そういう人が相当先まで読んで、アーキテクチャーを描けると、説得力が自然に出てくるんです。

< こういう人は必要だなと思うんですけども、先生、どうやって育成したらいいと思いますか。 >

【相沢】 それが2つあるんです。さきほどマーケティングと言いましたね。市場の先を見抜く力をつけるには、市場を経験しなきゃだめです。端的なことを言いますと、物を自分でつくったら自分で売りにいけということです。私もやっぱり自分で売りにいって、自分の考えの偏っている点を修正させられたといことは、プリンタの場合ですが、もうしょっちゅうありました。

もう一つ、高い目標に挑戦させることです。届かない目標じゃまずいんです。やっと届く目標に挑戦させる。能力があればあるほど目標をつり上げる。ということは、テーマ全体が高い目標でないといわけです。水晶時計というのは典型的な1つの例です。他の例としてはカラー液晶です。そんなような高い目標です。だれもやったことないものです。

< 若い人たちを育成するときどのようなことがポイントでしたか。 >

【相沢】 カラー液晶のTF Tの出発点では、私が部下をぼんと押している。一方で、部下から提案がいっぱい出てくるわけです。それを見抜いて「これだ」という選択の目がないとまずいですね。そのとき、自分が役員だから報告を聞くというのは絶対だめです。目線を一緒にしていればつばの飛び範囲で議論し

ないと、それは大好きでもうしょっちゅうやっていました。だから、私がいるところは企画部というのはつくらなかったです。そのかわり、ちょっとえこひいきになったりして、勤のいい目ぼしい職員を鍛えました。

<そうすると、人は育ちましたか。>

【相沢】 それは落ちこぼれも当然いるでしょうけれども、育ちますよ。高い目標を与えるというのは最も有効です。

<独創的な商品開発のために人材のマネジメントというのは、やっと思えるぐらゐの仕事をして、チャレンジさせて育てるといふことでしょうか。>

【相沢】 それと、徹底したディスカッションです。その場合に自然に何か言葉遣いも上司の言葉になっちゃうんだけど、目線を一緒にして議論しないと、ほんとうの信頼はできません。多分、私もそうだったんだけど、任されたことによつて責任感を感じるわけですよ。「おまえに任せた」と言葉を使う以前に、上から信頼されてるといふ気持ちを、ともかく部下に植えつける。何かおごり高ぶる場合にはびしゃつとやらなくちゃいけないし、何か高い目標を無理だなんて言ったら、徹底的にわからなくちゃいけない。能力があればあるほどそういうことも必要ですよ。

<報奨制度についてご意見下さい。クォーツ腕時計を開発されたとき、その処遇に関してはご不満持ったときとか、そういうことはありますか。>

【相沢】 全然それはないですよ。例えばこの応接セット、これ私がクォーツ腕時計を開発したときに、服部さんからちょうだいしたんですよ。それで十分だったですね。

<クォーツ腕時計の場合は、諏訪工場がよかったなといふのは、本社と離れていたことがよかったのでしょうか。>

【相沢】 そうなんですよ。やっぱり行き届かないから自由にさしてくれる。ただ、任せられるほうがちゃんとしてないとだめですけども、距離的なファクターといふのはききますね。

<どうもありがとうございました。>

相沢 進(あいざわ すすむ)氏 略歴

生年月日	1932年11月		
出身地	東京都		
学歴	卒業年月	学校名	
	1951年3月	神奈川県立湘南高等学校卒業	
	1956年3月 1962年3月	東京大学精密工学科卒業 東京大学電子工学科特別研究生(2年間)修了	
職歴	年月	組織名	ポジション
	1956年4月	第二精工舎入社	
	1959年	諏訪工場工務部技術課 諏訪工場が諏訪精工舎として 独立	
	1963年	技術部電子課	課長取り扱い
	1965年	技術部第一研究課	課長
	1969年	クォーツ腕時計35SQを完成	
	1969年11月	信州精機(後のエプソン) 広丘工場	工場長代理
	1976年	諏訪精工舎 取締役	信州精機常務取締役兼任
	1980年	諏訪精工舎専務取締役 研究開発本部長	信州精機専務取締役兼任
	1981年	諏訪精工舎とエプソン(旧信 州精機)が合併してセイコー エプソン(株)が発足	
	1985年 1994年 1996年 2001年	セイコーエプソン(株) 同社 イーエムシステムズ 社団法人企業研究会開発塾 (現在に至る)	専務取締役 顧問 副社長 顧問

リチウムイオン二次電池

日 時：2004年6月10日 13:00~15:00

場 所：旭化成エレクトロニクス株式会社（東京都新宿区西新宿 1-23-7 ファーストウエスト 17 階）

話し手：旭化成エレクトロニクス株式会社 電池材料事業開発室 室長

旭化成グループフェロー 吉野 彰

旭化成株式会社 広報室 中村 雅夫

聞き手：文部科学省科学技術政策研究所 第2研究グループ 上席研究官 石井正道

<小・中学校のときの理科と算数の好き嫌いについてお聞かせ下さい。>

【吉野】 正直言いまして好きなほうだったと思います。理科ですね。多分どの子供も今でも同じだと思うんですけども、小学校の3年とか4年とかの担任の先生の影響というのは結構ありました。私の場合、4年生の担任の先生がちょうど女性の先生だったんですけども、いわゆる初任配置というんですか、大学を出られてすぐに。その方が理系といたしますか、化学系の学校を出られて、それで先生になられたんです。ですから、当然特に化学というような言葉をよく授業中なんかに出てきておりました。化学という言葉は初めてでした。その先生の影響が多分非常に強かったと思います。今でもよう覚えているんですけども、そういう理系の先生なものですから、子供がそういう気のきいたこと、理系に絡むようなことを行うこともありました。

例えばキャンプだったか、体験とかで川へ行きますってキャンプファイヤーをやるからみんなで石を集めてこいというときに、石が重いので私が水の中につけて石を運んでおったんです。先生にえらい褒められまして、その辺から好きになっていたような気がします。

<小学校でそういういい先生に会われて、その後の中学校とか高校もずっと興味を持たれた。>

【吉野】 そうですね。そのころにそういうものにちょっとでも関心を持つとそういう本を読んだりするんでしょうし、中学校へ行っても残るんじゃないんでしょうか。

<研究者、技術者になったきっかけを教えてください。>

【吉野】 化学を選んだ理由というのは、1つは今申しました小学校の先生の影響がかなりあるというのが1つです。中学ぐらいかな、1957~1958年ぐらいでしょうか、もう一つ覚えているのは、テレビのコマーシャルで、ちょうどそのころ日本というのはいわゆる経済が復興していくそういう時期で、どこの会社か忘れましたが、いわゆるケミカルプラントの石油開発プラントのコマーシャルみたいなものがパッと流れていました。当時で言えば超先端の技術だったわけですから、そういうテレビのコマーシャルなんかを覚えていますね。格好いいなという感じでね。

<会社に入られた後、どのような仕事をなされたのですか。>

【吉野】 1972年に入社してまして、電池の研究をスタートしたのが1981年です。9年間ほどは別の研究というんでしょうか、研究開発ですね。今風に言えばプラスチック関係の研究ですけども、いわゆる機能性ポリマーみたいな、ちょうど時期が汎用のプラスチックからそういう機能性のプラスチックにシフトしていかんといかんというような時期だったものですから、9年間で3つか4つぐらいそういう研究テーマをいろいろやっていました。

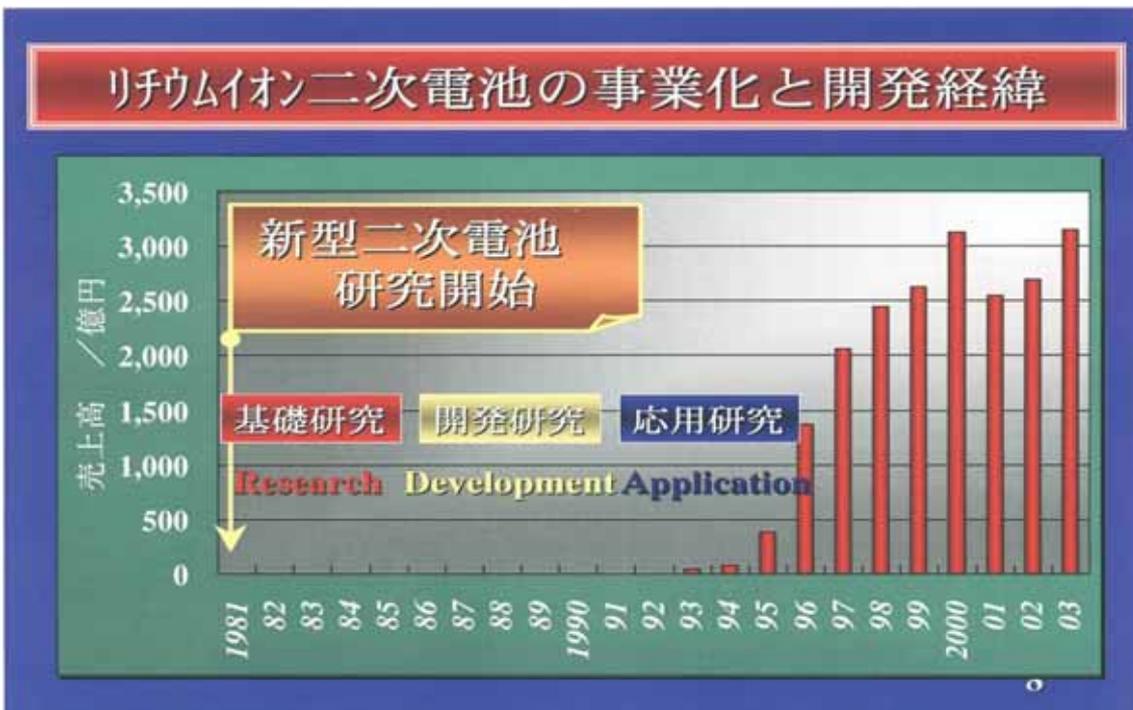
<リチウムイオン二次電池を研究するきっかけを教えてください。>

【吉野】 きっかけはもともと新しい電池を開発しようというような研究ではなくて、ポリアセチレンという、白川先生がノーベル賞をいただきましたね。あの白川先生が見つけれられた電気を通すプラスチックというのは、ちょうど1980年だったんです。先ほど申しましたように基本的な研究の方向としてはそういう機能性のポリマーというような観点があったものですから、そういうこともあって電気を通すとかいろいろね。それをポリアセチレンという材料の研究のようなところからスタートしているんです。ポリアセチレンというのは太陽電池になったり電気を通したりして、いろいろな機能があるんですね。その中の機能の1つとして電池の材料(電極)にもなるというのがあったんです。

プラスチックでバッテリーができるという話につながっていきました。ですから、もともとは先ほど申しましたように電池をやろうということじゃなくて、ポリアセチレンという材料の研究からはいったら電池という用途があったということです。

<おもしろいですね。その延長線でやっていって、それでいつごろこのアイデアにぶつかるんですか。>

【吉野】 流れから。別の資料で説明させていただくので、今申しましたようにここは1981年からスタートしているんです。今申しましたポリアセチレンのような研究を2年ぐらい続けまして、ポリアセチレンというのは負極のほうに使うという流れでずっと研究をやっていたんです。新しい、いい電池ができるということがわかってきたんですけれども、ポリアセチレンですといろいろな面で問題点が出てまいりまして、ポリアセチレンというのは要するに二重結合が繋がったポリマーですから、同じ二重結合のカーボンで同じことができるんじゃないかということで、83年、このあたりにポリアセチレンからカーボンに切りかえたんです。それが今のリチウムイオン電池の負極にカーボンを使うに至った理由です。



<これは最初に電池をおやりになったときからリチウムイオンの二次電池を対象にしていたのですか。>

【吉野】 そうです。

<なぜ二次電池にしようとしたんですか。材料で電池の負極、正極というのを考えるのはわかるんですけども、そのときに対象としてなぜ電池を選んで、なぜ二次電池を選ばれたのですか。>

【吉野】 結局、先ほど申しましたようにポリアセチレンの用途がいろいろある中で当然いろいろ調べていきますと、もちろん太陽電池なんかもそういうのをいろいろ調べるんですけども、二次電池というのがその中でいろいろ調べていきますと、新しい二次電池がいろいろ開発はされているんですけども、なかなかそれが商品化されない。いろいろな問題点があるというのがわかってきて、特に負極に使う材料がないというのがポイントだったんです。

<二次電池を選ばれた理由というのは、最初から二次電池のマーケットはあるなと思われたんですか。>

【吉野】 そうですね。2つあると思うんですが、マーケットがあるというのは確におっしゃるとおりなんです。過去それを目指してずっとリチウム二次電池の研究があったんです。金属リチウムを負極にしてという研究の流れが。その当方で20年ぐらいでそういう研究がありましたですかね。そういうようなニーズが非常に強かったのが事実だったと思うんです。だけど、今申しましたように金属リチウムがかかっているとしても安全性が難しいということで商品化されないということが、調べていくとわかってまいりました。そこで、ポリアセチレンを負極にできれば金属リチウムを使わなくてもいいということになりますので、ブレークスルーできる可能性があるなと考えました。そういうことでいろいろな数あるアプリケーションの中から世の中のニーズと解決課題がうまくミートしたということで、ポリアセチレンで二次電池に行くのが一番世の中のニーズに照らして、もちろん太陽電池もおもしろいことはおもしろいんですけども、必ずしも技術的にポリアセチレンですべてそういうものができるかとなると難しい面もあって、いろいろスタディーをした結果、ポリアセチレンという材料と二次電池というニーズで、ポリアセチレンがうまくブレークスルーし得るポテンシャルを持っているなというのが1つの線につながったというのが絞り込んだ理由だと思います。

そういうことなので、実は今、申しましたようにまずポリアセチレンという研究からスタートしました。それを負極に使うというのに絞り込みました。それはその1年後ぐらいですかね。その次に今のリチウムイオン電池の正極に使っているLiCoO₂(コバルト酸リチウム)、これとポリアセチレン(負極)を組み合わせた電池が次のステップです。最後に、ポリアセチレンをカーボンに変えてLiCoO₂(正極)とカーボン(負極)の組み合わせになりますが、これが今の製品なんです。

<LiCoO₂を使うという発想は画期的だといわれていますが、なぜこれを発想できたのですか。>

【吉野】 これは先ほど申しましたようにもともとは金属リチウムを負極に使うというのが常識的な考え方だったんです。それに見合う正極材というのはいろいろな種類が提案されていたわけです、例えば二酸化マンガンですとか。ところが、これが電池として働くためには当然リチウムのイオンというのが絶対必要ですから、金属リチウムを使っていると当然金属自身が持っていますので正極は別に何でもよかったです。ところが、ポリアセチレンとかカーボンというのは自分自身は最初リチウムを持っていませんので、そうすると負極になければ正極にリチウムが入っていないと絶対困るわけです。ですけども、正極にリチウムが入っている化合物というのはなかったんです。そのLiCoO₂というものを見つけれ

れたのが Goodenough という先生ですけれども、ちょうどそこなんです。アメリカの人です。オックスフォード大学におられましたけど。彼が見つけたのはちょうど1980年ですね。今までは(正極に)リチウムが入っているものがなかったんです。金属リチウム(負極)と組み合わせますと、こちらにリチウムがありますからむしろこんなのが初めからあると邪魔なんです。ところが、もしカーボン(負極)のようなものを組み合わせてしまうと、こっち(負極)にリチウムはないですね。そうするとこっち(正極)にもリチウムがもしなければ電池にならないわけです。ですから、どうしても正極にリチウムが入ったものが絶対必要だったんです。それがちょうど同じ時期に Goodenough という先生がそういうものがあるというのを見つけれたんす。ただ、先生は当然金属リチウム(負極)と組み合わせますからうまくいかないわけです。

<このオックスフォードの先生がLiCoO₂を発見されたのはどうやって知ったんですか。>

【吉野】 文献です。

<学会誌は先生だけじゃなくてほかの人もみんな見ますよね。それでもいち早く。どうしていち早く気づかれたんですか。>

【吉野】 ですから、カーボンでもポリアセチレンはPAと書かせていただきますけれども、もともとこれを負極にしようということで一生懸命考えていたわけです。ここにいろいろ探すわけです。だけど、今までわかっているもののなかリチウムが入っているものがなかった。リチウムが入った正極が欲しかったんです。そのときにぽこっとそういう論文が出たものですから、時期的にも全く偶然の時期にうまく。

<ということは、ほかの競合他社さんはポリアセチレン(負極)というアプローチでこの電池を見ていたんじゃないかなって思ってたんです。>

【吉野】 リチウム(負極)ですね。LiCoO₂(正極)と組み合わせますと、リチウム、リチウムでけんかしますよね。ですから、他社は変わった化合物があるなという程度でしか思っていなかったでしょう。

<それはコロンプスの卵じゃないですけども、すごいですね。>

【吉野】 偶然なんでしょうけど、逆に言うと、その正極がなければカーボンにしるポリアセチレンにしる負極に使えませんからね。

<他の化学メーカーさんはどうだったんでしょうか。>

【吉野】 やっぱりポリアセチレンというのは先ほど申しましたように一時期研究が非常にブームになったものですから、化学メーカーは大体ポリアセチレンの研究はどこでもやっているわけです。当然それを電池にしようというところも当然一部同じようなアプローチをされて、ですから、五、六社当時ポリアセチレンで電池にしようというアプローチはあったと思います。その一部の人はずっとそれをカーボンにしようというところまで踏み込んでいたところもございまして、ただあの組み合わせまでは無かったようです。

<先生がりチウム二次電池の将来性というものをかなりご自身で確信なさったんですか。>

【吉野】 1つはさっき言いましたように過去一生懸命やって、なかなか商品化できないというのは、1つは裏返してみるとニーズがあるということです。そういうものの数十年の研究があるということは、もう一つの目で見ると、それだけやってもなかなかうまくいかないというのは何か大きなバリアがある、技術課題が。その技術課題をうまくクリアするような材料がもし出てくれば、当然のことながらそういうニーズがあるというのが裏返しにありますから。それと当時はいわゆるポータブルという言葉が非常にはやり言葉だったんです。80年ですからまだビデオがちょうど据え置きから今言うムービーに移りかける

ような時期なものですから。

ポータブルのための当然電源が必要になってまいりますので。その後ポータブルからコードレスとかワイヤレスとか、要するに今の携帯みたいなものにつながっていくんでしょうけれども、逆に言うとそういうポータブルということが騒がれていたというのが今の携帯がこれだけ世界に普及するようなその辺につながっていたんだと思います。

<先生ご自身でテーマを決められたのですか。>

【吉野】 私の場合はさっき言いましたように大きな会社としての指示というのは機能性のある新しいプラスチックというのを目指しましょう、その中のおもしろいテーマを考えてくれんかというのが会社の指示で、その中で今お話ししたようなテーマを設定したのは私自身ですね。

<大学の専門との関係についてどのように思われますか。>

【吉野】 大学での専攻は石油化学なんですけれども、実際やっていたのは難しい言葉で言いますと量子有機化学というんですか、理論化学みたいなものです。

<そうすると、今回こういった発見、発明をされたときの使われた専門というのは、まさに量子有機化学なんですか。>

【吉野】 バックグラウンドはそうでしょうね。そういう二重結合があってどうのこうのというのはまさに量子化学の世界ですから。

<ということは、大学で勉強なされたことが応用できたということですか。>

【吉野】 間違いなくそうでしょうね。ですから、過去の自分の専門というのは表になかなか出ないんでしょうね。当然会社へ入ると畑の違うことを当然いろいろな経験をしていきますから。だけど、何かやっているときには昔のそういう考え方とか、うまく役に立つケースが非常に多いと思います。

<この量子有機化学というご専門以外で今言ったような発明にお役に立った知識とか経験とかというのは、>

【吉野】 会社へ入ってプラスチック関係の業務につきましたので、当然高分子化学ですとか、その辺は会社へ入ってからいろいろ勉強したということ。それから、機能性材料ですからいろいろなそういう要素を学びました。会社へ入ってからの経験プラス大学のころの知識がうまくつながったというような感じだと思います。

<こういった開発をなさる前に商品開発をやられたんですか。それとも基礎研究みたいなものをおやりになった。>

【吉野】 どちらかという基礎研究よりも商品開発に近いほうでしょうか。例えばガラスに非常にくっつきやすい樹脂の開発というのが1つありましたね。車のフロントガラス、合わせガラスというのがあるじゃないですか。2枚のガラス。ぶつかっても飛び出さないように。それ用の新しい樹脂の、ですから、ガラスによくくっついて透明でしかも強靱な。ですから、どっちかという基礎研究は基礎研究ですけども、そのための新しい機器を開発するというではありませんけれども、どちらかという合わせガラスという1つの決まった商品に対する研究ですから、どちらかという商品開発に近いことだったと思います。

<こちらの画期的な商品開発のアイデアを出される前に、今言ったようなほかの商品開発というのは何件

くらいあるんですか。>

【吉野】 9年間で3つくらいですか。今申しましたガラスのお話を含めて。

<そういった商品開発に関する研究というのは今回のこの発明の研究の商品開発するときにも役に立ちましたか。>

【吉野】 それは役に立っていると思います。どちらかという先ほど申しました合わせガラスというのは研究としては物になりませんでしたので失敗だったんです。そのときは本来、商品開発ですから実際使われるお客様の要求するそういうものに合わせていけないといけなかったんですけれども、それが失敗の教訓として実用特性を早くつかまないと、なかなか研究だけやっても前に進みませんので、それがその失敗の1つの経験だったんです。

ですから、できるだけ研究の初期に、それは非常に難しいんですけれども、お客様のところに行ってこんなもので意味があるのかどうかとか、どういうところが問題なんだとかを把握したほうが良いです。普通はある程度開発が進んでからそういうことをやるんですけれども、電池の場合は過去の反省があったものですから、今申しました組み合わせが出て、とにかく手づくりでいいから電池をつくって、お客様のところに持っていきましたね。

先ほど言いましたように当時一番新しい二次電池を欲しがったのがポータブルの8ミリビデオなんです。要するにソニーさんです。そういうのをソニーさんが8ミリビデオを開発しているというのは当然話としては入ってきますので、当然新しい二次電池を欲しがらるだろうと思ってソニーさんに聞いてみました。まず反応です。まだ研究の初期の段階ですから、食いつきかげんといいますが、どれくらい関心を示すかというのは1つの尺度になりますから。

<大きな関心を示されたんですか。>

【吉野】 ええ。問題点があるのでいろいろ指摘されましたけど。だけど、手づくりのサンプルをそういうところが評価すること自体が、逆に言うと困っているんだというのは当然わかりますし、向こうも実験室レベルのものというのを前提ですから。

<商品開発の経験は商品開発のアイデアを出すときとか、進めていくときだとか、非常に重要ですか。>

【吉野】 だと思います。アイデアというのは必ず出ると思うんです。ただ、何に対してアイデアを出すのかというのが100%確実なものでないと、要するにくだらない課題とかいろいろあるじゃないですか。それを一個一個アイデアを出していったらそれは疲れるだけなので、ここをブレイクスルーしたら絶対前へ進めるよ。そこにアイデアを出しなさいというふうに絞り込めばアイデアは必ず出ると思うんです。絞り込むことが大事だと思います。そのためにはお客様の声をできるだけ早目に聞いておかないとどこが問題なのかというのが見えてきませんから。

<新しいアイデアを出す方法についてなにかありましたらお話し下さい。>

【吉野】 ターゲットを絞ってそこに集中してアイデアを出す。他には、切りかえというのは絶対必要だと思うんです。切りかえといいますが、リセットというんですか、例えば家に帰ったらもう絶対仕事のことを考えないとか、でないとまた疲れるだけですので。アイデアというのは瞬間的に出るものですから時間をかけてやるものじゃないと思うんです。

<さっきのアイデアがわいたのは瞬間だと思うんですけれども、いつだったんですか。>

【吉野】 結局、結論からいいますと仕事が終わってからの定時後です。当然、通常の業務がありますね。もちろん文献を読むのは業務の中ですけれども、なかなかそういう時間がとれないですから、例えば定時後のようにある程度ひと区切りついて、時間的に余裕があって、のんびりできてというような時間を自分でつくらないと。そのときに文献を見つけて、アイデアが出たんです。

ですから、そういうアイデアを自然と出てくるような時間を自分でつくるとというのがポイントで、1つは定時後のような比較的自由な時間とか、昔は宿直という制度がありまして、1カ月に1回ぐらい会社にとまるんです。安全のために何かあったときの緊急連絡とか。そうすると夜中はまるで暇ですから、事故さえなければ何をしてでもいいわけです。というか、暇なときは休日出勤といったらおかしいんですけども、特に用もないんだけど、休日に会社へ行ってのんびりしながら考えると。

<アイデア出されたとき先生の役職は何だったんですか。>

【吉野】 当時で言いますと入社8年目だから、E2といったら昔でいわゆる課長補佐なのかしらね。1983年。商品開発のステップの分類の仕方があると思うんですけども、いわゆる基礎研究です。今申しましたように原型をつくるような。ですから、81年にスタートして、大体もう原型ができ上がったなというのはこの辺ですね。ここから次にいわゆる開発研究というのがその次に来るんですけども。それと周辺の技術の開発は当然いろいろ出てきますので、原型というのはあくまで正極これ、負極これというだけです。あと、セパレーターをどうするか、ほかの開発もあわせて電池ができ上がりますので、それと先ほど申しましたそれがほんとうに世の中のニーズとマッチしたものになっているかという、いわゆるサンプル評価みたいなスペックが、やっぱり5年ぐらいかかるんじゃないでしょうか。実際5年ぐらいかかっていますけど。商品として出たのが92年です。

<個人でアイデアが出たときに商品開発とか開発研究ぐらいだとお金がかかりますが、その時会社の承認をとる必要があるのですか。>

【吉野】 ありますよ。いろいろなステージアップごとの。

<それは今回のこのテーマに関しては社内の上承というのは結構簡単に得られたんですか。>

【吉野】 いや、そうでもないです。結局こういうことだと思っただけです。それまで高度成長でずっと来ましたね。それで壁に当たって要するに事業転換を図らないといけな。要するに新規事業分野へ入っていかないといけなという、そういう流れで来ていますね。この研究も当然そういう新しい分野を目指した開発ですけれども、ベクトルは大体合っているわけです、流れとしては。ただ、いかんせん新しい分野に入っていくとするとまずやっている本人がほんとうにいいかどうかというのが、さっき言ったようにお客様の声を聞きながら確認していかないとなかなか見えてこないというのが1つと、それから、会社経営陣からしても新しい分野ですから、今までの経営観というのは土俵が違ってきますから通用しないわけです。お互いになかなかほんとうにいいかどうかという議論はかみ合わないです。

<会社の経営者がゴーサインを出したのはいつですか。>

【吉野】 1989年ごろ。

<メンバーの数はどのくらいだったんですか。>

【吉野】 (メンバーの数は)基礎研究は大体1人が3人ぐらいまでですから、開発研究の初期のほうもせいぜい四、五人ですからあんまり目立たない範囲でした。

<テーマをご自身で決められてからのステップは>

【吉野】 大体1人でまず基礎探索研究みたいなものを始めますね。ある程度おもしろそうかなとなると、いわゆる基礎研究に移るわけです、アイデアから研究のほうに。大体2人か3人でしょうね。次に、それである程度お客さんの声も少し聞こえてきて、うまくやればうまくいくかもしれないとなってくると、じゃ、もうちょっと人数を増やしてやっていこうかと。それが4から5名ぐらい。ですから、この開発研究に行く前の部分がそんな感じですよ。ですから、オフィシャルなステージアップではないんですけども、研究としてもうステップ、もう一段上へ上がりましょうかと。それは研究所長もしくはその上のレベルの話で、こうなったからあと何人かと。それをプロジェクト的に20人、30人という話になってくればまた次元の違うチェックが入りますから。

<経営側の上承を89年、こちら辺りは最終的にはかなり多い人数で。>

【吉野】 マックスでは瞬間的に25名ぐらいになっています。

<このぐらいになったときには結構上の了承が必要だったんですか。>

【吉野】 もちろんそれは必要です。そこへ持っていくのは当然ある程度精度の高いお客さんの声を持っていかんといかんです。お客さんがこういうのを紹介して、このレベルに達したら大体これぐらいの値段で買えますよとか。そこへ持っていくまでが大変なんです。

<結局トータル、基礎研究から最終までは15年くらですか。>

【吉野】 いわゆる研究というのは基礎研究は5年ですね。開発研究に5年ぐらいですね。ここで実際に事業化しているんですけども、ほんとうに市場が立ち上がるまでバックアップしてあげないといけないわけです。じゃ、どこで立ち上がったかというところですね。その辺までは研究として面倒を見てあげませんとテークオフできていけませんので、そうすると3年、5年、10年という、そんな感じでしょうか。

<こちらの商品開発するときは先ほどのアイデアを出されたときは違った能力が要求されましたか。>

【吉野】 ええ。そうですね。1つは商品開発ですから、お客さんとの関係というのは非常にさらに厳しくなってきます、技術的にもあるいはマネジメント的にも。特に商品化の間際というのはお客さんとのいろいろな面での駆け引きというところですね。やりとりがいっぱい出てきますので、出てきた技術的な課題を当然解決していかんといかんですから、お客さんとの関係というのが1つと、もう一つは、工場をつくるという話になってきますから、いわゆるエンジニアリング的な部分の開発がいっぱい出てきますね。

【吉野】 ですから、25名みたいな組織になったときには当然何人かエンジニアリング専門の人が入ってきます。それと先ほど申しましたお客さんとの対応を中心とした、いわゆる技術開発部隊。あと、一部、営業的な人も入ってきますけれども。

<先生のご専門、量子有機化学は当時お入りになった研究所の中では珍しいほうだったんですか。>

【吉野】 珍しいほうでしょうね。要するに量子有機化学というのは本来、化学というのは実験中心にいろいろ研究されるわけですね。量子有機化学というのは半分実験をやって、そのデータと理論的に計算でシミュレーションみたいな、それとの結果でどう一致するか、どうかとか、そういうのが研究なんです。当時はコンピューターが全然発達していませんから、大層な計算ができないわけです。だから、そういう計算で化学を見ていこうという人はほとんど、大学の中でも非常に少ないです。今は増えていますけど。

< 当時で珍しかったこの専門というのがアイデア創出に影響されていると思いますか。 >

【吉野】 考え方があると思います。さっき言いましたように少なくとも負極に関してはポリアセチレンとかカーボンとか、要するに二重結合の化合物を使っているわけで、それはまさに量子有機化学の研究対象なんです、二重結合の化学というのは。

< このテーマをおやりになったときにはテーマを決めるのは自由だったんですか。 >

【吉野】 基礎研究はそうです。そういうグループは当然研究室の全体としてはいわゆるプロジェクト的なテーマもあれば、いろいろなテーマがある中で、いわゆる基礎研究グループもしくは探索研究グループというのは何人かおるわけです。その中では当然自分でテーマを決められますよという。ですから、ほかのプロジェクトに入っているメンバーは当然無理でしょう。

< 先生は探索研究グループに入られたんですか。 >

【吉野】 そうです。

< 資金とかスケジュールとか、そういうのも結構自由だったんですか。 >

【吉野】 基礎研究というのはもともとはそういうものですから、もちろんエンドレスというわけにはいかんでしょけど、2年なら2年、3年なら3年でめどがつくかどうかという話ですから。

< 時間もお金もテーマ設定もあまり制約を感じないで自由にやれたのですか。 >

【吉野】 そうですね。ただし、ほんとうに自分ひとりかあるいはせいぜい2人ぐらいですよ。研究所全部でプロジェクトを抱えていましたから50人弱ぐらいいましたかね。探索研究のグループというのは私を入れて四、五人ですね。

< 自由度が高いというのは重要でしたか。 >

【吉野】 必須条件でしょうね。それだけでというわけにはいかんでしょけれども。だけど、そういう好きにやれと言われても意外とつらいものですよ。目に見えて成果が出てくれば仕事をやっているという感じになるでしょうけど。給料泥棒みたいな、そんなことを感じるときもありました。忍耐力が要りますよ。

< 上司は何かいいのを持ってこいと。 >

【吉野】 そうそう。だめもとみたいな目で。

< 上の方とは信頼関係については、任されていたのですか。 >

【吉野】 そういうところがありましたね。

< 経営トップのほうからの奨励とかそういうのはありましたか。 >

【吉野】 ええ。やっぱりプロジェクト化で20名、30名となるとトップの承認が当然要りますから。

< そのときはトップの反応は押せ押せでしたか。 >

【吉野】 いやいや、むしろ逆で、さっき言いましたようにお互い新規分野ですから、経営陣トップも当然判断できないわけです、土地勘がないですから。多分皆さん一番悩むのはそこだと思うんです。注文書とまではいかないにしても、少なくとも間違いなくこれはこれぐらいは買いますよとか具体的な数字まで出せるようにお客さんとのワークをきっちり詰めていかないと、なかなかね。従来のビジネスの延長ですと、やっているほうも、あるいは経営トップも大体わかるじゃないですか。これぐらいのレベルだと過去の経験からこれはゴーサインを出しても大丈夫だなとか、そういう判断ができるんでしょうけれども、新

規分野になりますとね。

<リチウム二次電池が、電池を売るというのは旭化成さんにとって初めてなんですか。>

【吉野】 あの時分は当然電池のビジネスは一切ないですから。新規分野に乗り出そうとすると、必ずその問題が伴いますから。だから、外の声というんですか、特にお客様の声をいかに短い期間で集約できるかどうか研究がうまく商品化につながるかどうかのポイントです。

<商品をこれだけ成功なされたんですから、その後の処遇はいかがでしたか。>

【吉野】 十分してもらっていると思います。ただ、途中が厳しいです。それに至るまで。

要するに最終的には事業化して、それで収益を上げてというのが当然最終的な目標になりますので、その収益につながって初めて評価されるわけであって、途中まで一生懸命やって、やっぱりだめでしたとなっちゃえばだめですから、要するに開発の段階とかその辺というのは苦しいときが多かったです。

<独創的な商品開発を担える研究者・技術者はどういう能力を持たなければだめだと思われませんか。>

【吉野】 基本的にこういう商品開発をうまくやっていくためには最低3つぐらいの力が必要だと思うんです。1つはいわゆる専門能力です。知識なんかも含めて、これが最低限まず必要です。これは勉強するしかないわけですがけれども、2番目は、いわゆるまさに独創性というのか、単に知識だけ持っていても当然商品につながるようなことになりませんので、独創性は資質みたいなものだと思います。自分で場をつくるということは大切だと思います、ばたばたしているときに発想というのは出てこない。3番目は、大げさに言えば戦略みたいな話なんでしょうけれども、変な意味の戦略ではなくて、この研究をうまくするためにほどこのお客様とどうつき合って、どういう意見を求めてとか、研究とは全然違うんだけれども、研究の方向性を定めるために動ける能力です。特に外の話ですがけれども。

できるだけ早目に、研究の初期の段階にそれをやらないと、間違っただけに行ったら戻ってくるのは大変ですから、途中でまた軌道修正も大変ですから、これは研究者じゃないとできないんです。研究者がやって初めて意味があるので、だれか別の人が行ってこんな話を聞いてきたよなんていうのは全然役に立たないので。研究者の人がいわゆる外のニーズを自分で判断する。

というのは、そういう研究段階のお客様の情報というのは当然ストレートに議事録で出てくるようなたぐいの話じゃありませんので、言葉の端々に何となく言うわけですが。向こうにとっては機密事項ですから5年後こうなるよなんて話はね。だけど、直接いろいろ話をしているとはっきりは言わない。だけど、何となくこの辺の技術でこれがいくんだとか、それは研究あるいは技術がわかっている本人が直接行って話をし、相手の言う言葉の端々でそれを感じ取ってくる。お客様というのうそは絶対言わないんですけれども、ほんとうのことを100%は絶対言わないんです。ほんとうのことを10%ぐらいとか、残りはさっき言ったように話している中でそれをかぎとらんといかんのです。

そのため(お客様のニーズを聞く)には当然、一番いいのはサンプルなんです。サンプルがあればお客様のところに行けますからね。もちろんなかなかサンプルまで時間がかかりますから、ペーパーデータとかいろいろ、当然お土産を持っていかないと向こうもね、そういうことをこういう情報をとるためにこういうようなデータをまとめて、それをお土産がわりに行って話をし情報をつまみつかんできて、それを研究にフィードバックするというような能力が3番目だと思うんです。また1番、2番とも次元が全然違うんです。多分それは3つぐるぐる回るんだと思うんです。そういう戦略みたいなもので、新しい情

報が入って、方向が決まって、そうするとさっき言ったようなここをブレイクすればいいんだというのが出てくるじゃないですか。そうすると2番の何とかアイデアを出してというのが、独創性みたいな話ですね。そういう独創性で何かアイデアを出すベースが、データベースがいわゆる専門知識とか専門能力とか、その3つがぐるぐる回れるようにするのが一番大事じゃないでしょうか。

< 独創的な商品開発を担う人材の育成についてどう思われますか。 >

【吉野】 一番いいのは、私がこんな偉そうなことを言えるのは結局、経験しているからなんです。ですから、それを小さくてもいいからそういう体験というんでしょうか。例えばひとりで基礎研究からお客さん回りから商品化まで10年、20年かかる話ですから、もっと小さなスケールでもいいから自分で客先へ行って、小さな課題でいいと思うんですけども、それをうまく解決して、さっき言ったような3つがぐるぐる回るようなそういうものがが必要です。今の研究あるいは技術屋さんが一番抜けているのは多分3番だと思うので、3番のというのはお客さんと話をしないと研究屋さんというのは自分の世界をつくっているから。お客さんのところへ行くためには当然お土産を、さっき言ったように手ぶらじゃ行けないですから、そのためにはこういうものをつくらないかとか出てきますし、特許もそうですよ。なかなか研究屋さんというのは特許を書くのを嫌がるんです。嫌がると思ったらおかしいですけども、暇がないです。何かトリガーがないとね。例えばお客さんのところへ行くとすれば当然機密の問題が出てきますから、前の日にはこういう特許を出しておけよとか、当然そういう話になってきますね。それを今度きっちりして、話をして、情報を仕入れてまたそれを自分の研究に生かす。一、二年ぐらいで回るような小さなミニ体験を1回させてやれば、あとは大体わかってくると思うんです。

< 研究者、技術者の能力を最大限に引き出すための組織環境とかマネジメントはどのようなものでしょうか。 >

【吉野】 1つさっき言ったようなローテーションみたいなのが必要です。特に研究屋さんが客先に行くような機会はなかなかないですから。特に昔はまだよかったんですけども、最近はいろいろな技術革新が非常に速いでしょう。なかなかしょっちゅう聞いておかないと、半年前に聞いた話から変わっているんです。客先回りばかりやらせると、また研究屋さんとしてのいろいろなマイナス面も出てくるんでしょうけれども。それと自由な時間とある程度の権限移譲が要るんでしょうね。権限と云って、予算とか人事権とかそういう話じゃなくて、ある程度自分の判断でお客さんと話ができるとか。さっき言ったある意味ではある程度の機密レベルでいえば、ある程度のところまでは本人の判断で外でしゃべっていいよと。

< 事業化についての追加コメントがあればお願いいたします。 >

【吉野】 先ほどご説明を抜かしましたけれども、基本的にはそういう新規分野なものですから、経営トップもなかなかどういう形で事業化していいか、いろいろ疑念が出てまいりまして、最終的には東芝と一緒に合併会社で事業をやりましょうということで、と同時に、もともと旭が開発した技術ですので、その特許は旭がほかのメーカーにもライセンスしますよと。そういうライセンスのビジネスと合併で電池事業という二本立てで進んだんです、結論としまして。旭単独でというような議論もあったし、いろいろな議論の末、そういう選択を行ったんです。ですから、今おっしゃるように旭単独で考えたらライセンスというビジネスです。

< どうもありがとうございました。 >

吉野 彰(よしの あきら)氏 略歴

生年月日	1948年1月		
出身地	大阪府		
学歴	卒業年月	学校名	
	1966年3月 1970年3月 1972年3月	大阪府立北野高校卒業 京都大学工学部石油化学科卒業 京都大学大学院工学研究科 石油化学専攻修士課程修了	
職歴	年 月	組織名	ポジション
	1972年4月 1982年5月 1992年3月 1994年8月 1998年6月 2001年5月 2003年10月	旭化成(株)入社 旭ダウ研究開発部 旭化成川崎技術研究所 イオン二次電池事業推進部 (株)エイティンバッテリー技術開発部 旭化成イオン二次電池事業グループ 電池材料事業開発室 (現在に至る)	研究員 主任研究員 グループ長 部長 グループ長 室長 旭化成グループフェロー

DNA 分析装置「キャピラリーアレーDNA シーケンサー」

日 時：2004 年 6 月 21 日 13：00～14：30

場 所：株式会社 日立製作所（東京都国分寺市東恋ヶ窪 1-280）

話し手：株式会社 日立製作所

フェロー 神原秀記

中央研究所 企画室 技師 木下登美子

聞き手：文部科学省科学技術政策研究所 第 2 研究グループ 上席研究官 石井正道

<小・中学校期の理科の好き嫌いはいかがだったでしょうか。>

【神原】 僕は別に嫌いじゃなかったですよ。

<算数が好きでしたか。>

【神原】 算数は得意でした。数学は大体、いつも、高校くらいまでは 1、2 番だったよね。数学は自分で考える余地があるから。数学というのは、解き方がいろいろな方法があるんですよ。1 つの解き方を示されると、別の解き方はないかなということ考えたり、いろいろすること多かったからね。

<理科のほうはいかがですか。>

【神原】 理科もおもしろいよ。理科は、小学校のとき、当時は結構、みんな理科をやらないとという風潮が割とあったんじゃないかな。それで、『こどもくらぶ』なんていう雑誌も出てたしね。当時は、火星人がどうのこうのなんて議論が随分あったしね。火星に人がいるかとか、火星人の格好はタコみたいな格好して、重力が地球より少ないから、こんなもんでいいんだとか、いろいろな空想をめぐらす雑誌が随分ありましたよ。

<それは先生が小学校のときですか。>

【神原】 小学校のころ。だから、『科学クラブ』だったかな、何かそんな雑誌とってましたよ。かなりたくさんの方がとってましたよ、それは。だから、一番重要なのは、今、僕はテレビの番組が余りにも俗悪なのが多過ぎるんで、あんなの全部カットしちゃって、もうちょっと子供に夢を持たせるような番組をちゃんとやらないと。それを何か、表現の自由だ何だかんだって、えたいの知れない変なおじさんが出てきて、もう俗悪な番組ばかりつくってるから、あれだめなんですよ。ああいうのの影響を、みんな受ける。

ゲームが普及すると、刺激を求めて変なゲームを、どんどん出すようになるんですよ。それが思考能力をどんどん下げてるしね。だめですよ。あれ、規制したほうがいいね。

<小学校のときに、そういうようなものの影響というのが将来にでてくるとお考えなのでしょうか。>

【神原】 ものすごくありますよ。だって、ただボタンを押すだけでしょ。何の空想力もない。それで、空想力というのは、本を読んだり、いろいろなことをすることによって生まれるんですよ。僕も本読まないほうだったからね。この間、高校の先生に会ったら、「おまえには本読めって言ったよな」って言われてね。

要するに、何でかという、本には画像が出てこないんです。いいですか。画像が出てこないから、文字を読んで、自分でイメージを想像するんですよ、いろいろな情景を。そういうプロセスが入る。ところが、ゲーム機にしても何にしても、いきなりつくった人のイメージを、ポッと出しちゃうだけなんですよ。

だから、そこで想像力が働くというプロセスがなくなっちゃう。あれよくないですよ。やっぱり文字というのは、例えば1つの文章をとって、人によっていろいろな解釈の仕方があって、個性豊かな解釈を皆さんするわけですよ。ところが、画像になっちゃったら、それ以上、何もありませんよ。

<先生は数学も得意だったし、小学校のころから理科にご興味を持っていたということで、いつごろから研究者とか技術者になろうと思いましたか。>

【神原】 大体、国語があんまり得意じゃなかったわけ。だけど、高校のときの国語の先生に言わせれば、非常にまじめに聞いてたって言ってね、この間、褒めてくれたんですけど。要するに、だめだから一生懸命聞いてたわけ。それで、文章を書くのも余り上手じゃないしね。だから、自分が、やっぱり得意なものが、だんだんみんな好きになっちゃうんですよ、自然と。

<それで、高校のときも、やっぱり理科が得意だったので、そちらのほうに。>

【神原】 そうそう、そっちのほうですよ。だけど、高校のとき、詩集とかそういうのを読むの好きでした。だから、いろいろな詩集はたくさん持ってたんですよ。けども、やっぱり才能がないからさ、だめだよ。やっぱり理科のほうがね。

<大学では何を専攻されたんですか。>

【神原】 僕は教養学科の基礎科学科、化学系ですよ。化学も、当時の高校や何かの化学というのは、非常に古臭いことをやっていたんですよ。それで、高校の先生に、例えば原子や何かの話がちょっと出てきたもので、これはどうなんですかって、いろいろなことを、詳しいことを質問したわけ。そうしたら授業中には、それは教える範囲を超えるから、後で教室に来なさいとかって言ってね。あれも、内容を何か細かく決めて、ここまで教えないとか何とかやってますね、あれよしたほうがいいよ、絶対。一番重要なことは、興味をかき立てるようなことをするということであって、興味持てば、みんな、一生懸命いろいろなことやるんですよ。

<化け学を選んだ理由は、特に何か理由があるのですか。>

【神原】 特にないよ。基礎科学科って、生物から物理まで、いろいろやりましたからね。

<日立さんをお選びになったときには、何か特にやりたいものがあったんでしょうか。>

【神原】 もともと、大学のときにドクターコースに入ったときに教授がかわったんですよ、定年でやめてね。新しい人になって、いろいろなこと、新しいことをどんどんやっていいよなんて言ってたもんだから、電子線散乱なんかの実験をやろうというので、装置をつくったりいろいろしてたんだけど、なかなかお金がなくてね。大学はこれ大変だなと。お金もないし。お金がないから、装置をつくるのに材料を買って、それを高等専門学校に持って行って、夏休み、マシンショップがあいているときに、一生懸命旋盤回して、部品をつくったりしてたんですよ。これはもう大変だと思ったのね。それで、どこかに出ようと。当時、電総研に來いと言ってただけど、電総研、どうなのかなと思って、結局、日立に入ったんですよ。それで、先生も、日立なんかどうですかなんて言うからね、それで入ったんだけどね。そうしたら、ニクソンショックでひどい目に遭ってね。

<どのようなことでしょうか。>

【神原】 ニクソンショック、オイルショックですよ。それで、(日立では)お金もないし何もなしという状況になってしまいました。だから、今、不景気なんていうけど、僕から見ると、何かみんな、不景気っ

という割には十分ね。(笑) ぜいたくだなと思ってますよ。(当時は) 何もないんだもん。それで、紙にしたってさ、社内でも節約だっていって、1人1人、こういうのプリント、今つくってるじゃないですか。そんなのしないですよ。なるべく半分くらいに切ったのを回覧ですよ。

< そんなときがあったんですか。 >

【神原】 そうですよ。大変な時代ですよ。それで、装置をつくるっていっても、お金がないから、昔は倉庫があって、そこに古いもの、ジャンクみたいなものが置いてあったんです。それ全部引っ張り出してきて、それから、抵抗とかいろいろなものもジャンクとして、ちゃんと置いてあったわけ。古い装置からはがしたのをそろえて置いてあるんですよ。そんなの全部拾ってきて、組み立てるんですよ。そういう時代を経ているの、僕は。それで、あるときにパルス回路みたいなのが必要だったものだから、パルス回路を発注したいって上に言ったら、幾らなのというので、見積もりをとったら二十何万って、うちの試作部で見積もってきたわけ。こんなお金ないよって言われてね。それでしょうがないから、部品買って、自分で組んだわけ。

だから、そのときにデジタル回路を知っている人に教わって、自分でパルス回路を組んで、さらにそれを発展させて、今度はボックスカーという装置があるんだけど、そんなものを自分で組んだりね。いろいろなことやりました。だから、ある程度のことは自分で全部できるわけ。旋盤回せるしね。旋盤回して物つくることもできるしね。

< すごいですね。 >

【神原】 そうですよ。旋盤のバイト研ぐのだってできるし、ドリルの刃研ぐのだってできるし、何でもできますよ。(笑) そういう時代を経ているわけですね。そうすると、何とかそこからは上がらないといけなから、そのためにはどうしようということになるよね。大学のほうが、その当時は裕福にしていたよね。

< そういうときもあったんですか。 >

【神原】 うん、大学のほうがはるかに、今でも裕福かもしれないけれども。大学出るにしたって、そういえば僕は論文もろくに書いてないし、もっと書かないとだめだなど、つくづく思いましたよ。そのころの経験で、じゃあ、論文はもう現役のうちに100本ぐらいは、とにかく書こう。民間だから、大学よりは減りますよね。それはしょうがないよね。だけど、まあ、100を目標にしよう。それから、特許も、なるべくちゃんと書こうということを、そのときに思いましたよ。それが自分の財産になるんだからって。それが出発点です。だから、何かチャンスがあって、研究予算が来るとか、あるいは研究の仲間が増やしてもらえとかというチャンスがありそうだったら、それは必死でつかみにいきますよね、そういう環境ですから。

< 日立に来られて最初、どのようなお仕事をされたのですか。 >

【神原】 質量分析をやりました。もともとは、大学のときは粒子線というか、原子、分子の衝突みたいなことですから、物理にかなり近いし、出入りしていたのは物理学会ですよ。それで、中研に入ってから、物理学会の原子・分子の衝突グループというのがあって、そこにイオンの人とか、それから、原子の人、衝突関係やっている人なんかが集まっていたんですよ。イオンをやっている人が中研にいたから、そのグループに入ったもので、それで質量分析というか、イオンを扱うほうになったんです。先ほど言った

ように、ほとんどお金もないんで、とにかく自分に何かアピールできるものを持たないとどうしようもないですよ。そんなことで、ちゃんとしないとと思ったのが、入社して3年目くらいかしらね。このままじゃという気がしましてね。

それでやったこと、これは質量分析のときのやったことなんです。これが10年ちょっとの間に3人ぐらゐのグループだったんだけど、随分いろいろなことを、自分としてはやったつもりなんですけれども、大気圧イオン化という、これ、非常に高感度のガス分析法なんです。これなんかも、これは特徴があるから、これは製品になるんじゃないかなと思って工場に言うと、いや、そんなのは市場が見えないから製品にはしませんと言うわけ。それで、後で、この話はまたちょっと触れますから。

<製品化されたんですか。>

【神原】 いや、結局、僕が関与している間には、なかなか製品にならないで、もう特許が切れちゃったんです。基本特許を持っていたんですけれどもね。特許が切れるころに、随分いろいろよそでも製品になってきて、社内では、関連会社がちょっと製品にした程度でした。

結局、製品になるならないというのは、いろいろなファクターがあって、研究開発の立場だけではどうしようもないんですよ。それは、市場がどれくらいあるかということ、ものすごく大きいファクターになりますし、それから、それを使う人たちがどれくらい喜んでくれるのか。それを買うためにお金を払うわけだけでも、それに見合ったうれしさがあるのかどうか、そういうのはいろいろなファクターがありますから。

その次にやったのがフィールドデソープション³というイオン化法で、これは10ミクロンのタングス線上にカーボンのマイクロニードルをはやすんです。そして、そここのところに揮発性の有機物をのせて、電界にかけると、その揮発性の有機物はイオンになって、ピュッと飛び出してくるんですよ。生体関連の物質には非常にいいイオン化だということで、世の中で話題になりまして、これはもう製品がないと困るから、ぜひこの技術を開発してくれと言われてやった仕事です。だから、これは当然、すぐ製品になるんですけれどもね。

それから、今度は、そういうふうにして得られたイオンは分子イオンだけだったものですから、それを壊して構造を見ようなんていうことをやったんです。これも、世の中で多分、生体分子に関しては初めてなんだけれども、これはカリフォルニアに1年間いたときにやった仕事なんです。会社の費用で派遣されて、行ったときにした仕事です。これも話題になり、すぐに製品にするんですよ。

それから、帰ってきてから、モレキュラー・シムス⁴というのをやりました。どうも、生体関連の物質をイオン化するというのは今までできなかつたし、非常に重要だという認識が世の中に芽生えてきていた。

³ フィールドディソープション質量分析法 (FDMS:field desorption mass spectrometry): 電場脱着質量分析法ともよばれている。F Iイオン化法を難揮発性の有機化合物に応用したもので、細いタングステン(直径10μm程度)上にカーボンあるいはシリコンのホイスカーを成長させてつくったエミッターを陽極とし、これに固体試料を溶液状態で附着させ、溶媒除去後エミッターに電流を流して過熱する。最適陽極温度に達すると、イオン化された分子が飛び出してくる。これをフィールドディソープションイオン化法という(化学大事典, 1989)。

⁴ シムス(SIMS:Secondary ion mass spectrometry): 二次イオン質量分析法 固体の表面をイオンで衝撃すると二次イオンが放出される。この二次イオンの質量分析に基づく固体分析あるいは表面分析を二次イオン質量分析法という(化学大事典, 1989)。

その黎明期に当たるんです。それで、何をしようかいろいろ考えていたときに、金属表面にアミノ酸という非常に簡単な分子を塗りまして、イオン衝撃⁵することによって、その分子のイオンをはかったというレポートが1976年、ドイツで出たんですよ、論文がね。これをもっと工夫すると、もっともっと今まで測定できなかったものが測定できるようになるかもしれないからやってみようということで、いろいろ工夫してやりますと、今まで熱に弱いし、分解してしまって全く測定できないようなものが、次々に測定できるようになったんです。そのためにはグリセロールというものを試料とまぜて、金属表面に塗って、そこをイオン衝撃するとうまくいくということを見出したんですよ。これ、80年ごろの話で、それから、5年から7年後に、レーザーデソープションとタイム・オブ・フライトを組み合わせてタンパク質をとるので、田中さんがノーベル賞もらいましたね。そのはしりなんですよ、こういうのは。我々のときに初めてグリセロール・マトリックスが非常に有効だということを示して、僕らが示したのが最初なんですよ。そのときは質量分析範囲があんまりなかったから、比較的小さい分子の測定をやっていましたね。

これは、対象が非常に有用なものだということで、これはもうすぐに、工場のほうも重要性が認識できましたからやりました。これは、IR100というのは、100大発明って言ってるのかな。今、RD100という名前になってますけれども、そんなのにも選ばれたものですね。

それから、もっともっと大きい生体関連の物質の測定をできるようにしないと、大きい装置をつくったりしたことがあるんですけども、これはタイミングをちょっと失って、製品化はあんまりバツしなかったですね。一応、製品にしたことはしたけれども。

それから、生体関連の物質というのは、なかなか分離にも困難を来している。ガスにできないので、ガスクロマスなんていうものは使えない。そこでLC⁶とつなぐことが非常に重要じゃないかという認識が世界中でなされてたんですよ。だけど、いい方法がない。こういうようなイオン化技術というのは、みんな、これに役に立たないかというのは、片方で思っていたんですよ。これに役に立つような大気圧イオン化法をモディファイした方法を開発して、これは製品に、工場が少したってからですけどしましたね。こんなような経験をしているんです。

ですから、いろいろな技術を開発しているんですけども、大体何らかの格好で製品になっている。製品になるときは、どういったことが必要かというのも、この辺である程度学習しているんですよ。

これのときにはどういうことになったかというのを、次に説明しましょう。

これが大気圧イオン化⁷で、これが真空中なんです。10⁻⁵Torr、これが1気圧。最初、この1気圧で放射性元素でイオン化するという方式は論文に出たんですよ。ただ、これはマスじゃなくて、ドリフトチューブだったんですけども。それで、ひょっとすると大気圧でイオン化するのはおもしろいことになるかもしれないから、それを研究テーマにしてはどうですかということで、入社して間もないころ、グループリーダーに言われて始めたんですよ。

⁵ イオン衝撃(ion bombardment)：イオンを電場で加速して試料に衝突させて、いろいろな変化を起こさせることを言う(化学大事典，1989)。

⁶ LC(liquid chromatography) 液体クロマトグラフィー。クロマトグラフィーとは試料成分の2相間への分布の差異を利用して、多成分混合物から各成分を分離分析する方法の一つ。

⁷ 大気圧イオン化(atmospheric pressure ionization):1気圧の気体の流れの中で行うイオン化法で、63Niから放射される線、あるいはコロナ放電によって最初のイオン(反応イオン)をつくる。

放射性元素でイオン化する、放射性元素の取り扱い主任なんていう資格が要るものだから、そのテストを受けないといけないんですよ。ところが、そのテスト前にいろいろなことがあって、ろくに準備もできなくて受けて、失敗したんですよ。テストに落ちたわけ。困ったな、実験ができないから、どうしようと考えたら、ひょっとするとコロナ放電というのを使うといいかもしれないと言って、グループリーダーと議論をして。それは、ニードルを、縫い針を立てて、そこに高電界をかけると弱い放電が起こるです。今、プラズマテレビというのが有名になってきましたね。あれもコロナ放電という弱い放電を使っているんですよ。放電すると紫外線も出るし、イオンも出るんです。そのようにして生成したイオンを使うというような、そんな方式で装置を組んだら、かなりいい性能が出ましてね。こういうニードルタイプのイオン源を使うなんていう基本特許を取ったんです、国内なんかね。

それで、こんな装置をつくって、うーん、高感度だ、これはもう気体中に含まれるppbオーダーのものが測定できるから、これはいいに違いないって工場に言っていったら、いや、そんなもの、そんなニーズはあんまりないし、当時はそんなに、高感度必要だ、必要だっていうけれども、それがないと困るという領域は、それほど多くなかったんですよ。それで、いや、今、GC/MS⁸があるからいいんですけど、あんまり相手にしてくれなかった。

じゃあ、これもう、データもとったし、もう終わりといったら、当時のリーダーが、だったらもうけりつけてくださいと言われてね。けりをつけるというのは、民間だと、製品にすること、それ重要ですね。製品になるならないというのは、先ほど申しましたように、その時々環境によって違うわけですよ。幾ら製品にするといっても、買う人がいなかったらだめなわけですからね。それで、製品にならない場合には、論文にして、しかるべき一流の雑誌に出して、それで区切りをつけなさいというようなことを言われたものですから、『アナリティカル・ケミストリ』という分析の分野で一番いいと言われている雑誌に出したんです。

それで、ああ、これで終わりだと思ったのね。そうしたら、その論文を見た人がいて、いや、この技術は今測定できない純ガス中の公害成分の分析に利用できるんじゃないかと言い出して、ぜひ、装置を1台つくってくださいというように注文が来ちゃったんですよ。

<製品を売ってくださいと。>

【神原】 ええ、つくってくれて言われました。それで、工場は、だけど、1台ぼっきりはやりませんからというので、中研がいろいろちゃんと面倒見て、製作は工場にちょっと頼んで、それで作るということで研究所製品という格好で物をつくったんです。

これが、そのときの装置なんですけれども、製品ではないですから、手づくり風の感じはしますよね、どうしても。これを納めたんですよ。それで、せっかくなつきたんだから、日立技術展というのが当時ありまして、いろいろな技術を展示する機会があったんですけども、そこにも出して、それから、納入しようということを出したんです。

そうしたら、『科学朝日』の記者がきて、これはすごい高感度だって、従来製品をしのぐような機械で、これはすごいすごいと一生懸命感心してくれて、それで『科学朝日』に大きく記事が出たんですね。そんな

⁸ ガスクロマトグラフィー質量分析装置(gas chromatography/mass spectrometry) : ガスクロマトグラフィー (GC) で分離された成分の検出や同定に関して質量分析計 (MS) を使用する手法。

なことがあって、だんだんこの技術も社内で評価が上がっていったという、そういう経緯がありますね。

とにかく、これは研究所製品で、一応、区切りはついて、それから、一緒にやっていた男がしばらくして関連の子会社から、これをもうちょっとモディファイした製品を出すようになりましたけれども、日立本体からは、製品は結局出なかった。

<そうなんですか。>

【神原】 ええ。関連会社が製品にするとということで、半導体のガス分析装置として、結構、売ったようですね。

それから、先ほどのマトリックス・アシステッド・シムスという説明図なんですけれども、金属の表面に揮発性の有機物をのせて、それでイオン衝撃すると、分子にプロトンのついた格好のイオンがどんどん出てくる。これはおもしろいというので、いろいろやったんですよ。どうやったらうまく、たくさん、その分子イオンの比率を増やすことができるだろうかと、いろいろなことやったんです。

表面をうまく処理してやると増えたり、それから、その表面を荒らしてやって、そこに水みたいなものをうんと吸い込ませてやると、よく出たりとか、いろいろなことがあるんです。そのうちグリセロールマトリックスにくるんでやってやると、結構、効率がいいということがわかってきたり、いろいろしました。

それが、そのときのデータですけれども、電界でイオン化するという方式もなかなかよかったですけれども、こういうような不安定な物質になると、そんな方法でも分子イオンが測定できない。この辺に出るんですけれども、壊れちゃうんです、その前に。不安定なものですから、リン酸なんかの間に入っていると。それで、先ほどのイオン衝撃でやると分解物も相当出るんですけども、ここに分子イオンがちょこっと出てきた。この分子イオンが出るということは、これは何であったかというのを同定するとき、非常に重要なんです。この分解物だけだったら何だかわからない。いろいろな可能性がありますからね。

それで次に、マトリックスをつけてやると、これ10倍にしてこの程度ですから、非常にちっちゃいんですよ。非常に強く、今度分子イオンが出てきたというわけで、これはものすごい有効だなということで、一生懸命喜んでデータをとっていたのが1980年ごろです。論文になったのは少し後ですからね。

それで、ビタミンB12という、今まで分子イオンの観測なんて全くできなかったと言われていた、そういう複雑な分子の測定もうまくいったんですね。そのときのデータです。これはもうおもしろい。これは世の中にインパクトを与えるに違いないって、わくわくしながらデータとってたんですよ。それが1980年ごろね。そうすると、それを聞きつけて、アメリカのほうから、80年の9月ごろですね、おまえ、おもしろいことやっているという話を聞いたけれども、来年の9月に会議をやるから、ぜひしゃべりなさいということ。

<しゃべったんですか。>

【神原】 そうなんですよ。だから、初めて。まだ35歳くらいでしたからね、初めてで非常に喜んでたわけ。ところが、そのうちに、数ヶ月たち、会議のある1981年の3月ごろに、ファースト・アトム・ボンバードメント(FAB)というような方法がイギリスで開発された。それはすごい方法で、今まで測定できなかった物質が、どんどんイオン化できるんだという。話を聞いてみると、自分でやってると、ほとんど変わらないんですよ。あれ、困ったな。ただ、違いは、彼らが中性粒子衝撃、こっちはイオン衝

撃なのね。彼らが言うには、イオン衝撃じゃだめで、中性粒子衝撃だから、こんないいデータがとれるんだって、一生懸命宣伝してたんですよ。

どうも話聞くと、同じようなことをやってる。イオンでも、こっちはちゃんとできるということで、どうしようかなと思いました。とにかく、情報が入ったのは3月でしょう。9月まで6カ月ありますね。そうすると、この方法というのは非常に有効でいい方法だというのが、世界中の人が知っちゃうわけですよ、9月になったら。

学会で報告された。すると、ものすごい話題になってますから、当然、9月には質量分析の関連した人の集まる学会では、みんな知ってるわけ、この方法は。みんな知った中に、のこのこ出かけて行って、似たような方法をしゃべったって、これは何のインパクトも与えないでしょう。どうしようと思ってね、悩みましたよ。いっそのこと、もうキャンセルしちゃおうとかね。だけど、もうちょっとFAB法の情報を集めようと思って、いろいろ情報を集めたら、測定にもすごく多量のサンプルを使っているということがわかりましてね。それなら、じゃあ、相手が使う100分の1のサンプル量で、こちらは測定してやろうというので、ちょっと工夫しまして、それを実現して、それでこの学会に行ったんですよ。

そうしたら、やっぱりそれだけ努力したのだから、すごい評判になってね。何人かから、おまえの発表は、この学会で一番よかったって言ってくれて、それで質量分析の分野で名前が知られるようになっていったんですね。

こういうマトリックスを使うということの重要性というのを、そういう意味では最初に指摘した発表だったんです。その後、幾つかのことをやって、結構成果を、僕は出していたつもりなんです。それで、ここでさっきと同じですね、随分成果を出してきたんでね。わずか3人ぐらいのグループじゃ、どうしようもないから、もうちょっと研究員がほしいって言いに行っただ、部長のところ。

<でも、すごいですね。1972年に入られたんですよ。最初の10年ぐらいで多くの実績を残されているんですね。>

【神原】 いやいや、そうじゃなくて。製品化というのは副産物なんです。世の中の人に何をしたら喜んでもらえるかというのが、一番重要なんですよ。だから、喜んでくれる人がいるんだったら、それを製品にすれば買ってくれます。だけど、自分だけがうれしいものを幾らやってたって、それは買ってくれない。

だって、そうでしょう。例えば、僕がこれ、これはすごくすばらしいんですよ、これいいんですよ、これいいから、どうです、1万円で買いませんかって、他の人は嫌ですって言うでしょう。他の人にとっては、こんなものうれしくもないわけ。そういうことなんです。

だから、ほかの世の中の人にとってうれしいことは何なのか、必要とされることは何なのかということを考えて、それに寄与するようなことをすれば、じゃあ、お金を払っても買いたしようということになるわけね。そういう寄与する仕事だったら、それはいい仕事だという評価になるし、製品にしても買う人が出てくる。

ところが、自分だけがうれしいことを、買え買え言っても、それは無理です。だから、そのところがわかってない人が結構いるんですよ。これ、自分が考えたらうれしいんだから、あんた、絶対買いなさいよとか、これ製品にしたら絶対売れるんだから。その人にはうれしくても、ほんとうに多くの人にうれしいんですかということ、違うケースが多いんです。

<どのようなきっかけで、DNA分析の研究を始めるんですか。>

【神原】 ええ、当時の部長ね。質量分析は、もう古いと。昭和17年に研究が始まって以来、質量分析というテーマはあるんだから、そんな古いテーマにいつまでも人をつけておくわけにはいかないんだというようなことなんですよ。

70年代は石油ショックで非常に苦しかったんですけども、80年になると、もう克服して、会社は勢いがみんな出てきました。どんどん新しいことをやって、世の中をリードしないとという、そういう雰囲気がありましたから、やっぱり部長としては、もっと新しいことをやってほしいなと思うんでしょうね。

それで、だめだと言われたから、しょうがないから新しいことをやろうと思って、とにかくやらないと人も増えないしね。もう限界ですから、3人やそこらでやることは、これが限界ですからね。それで、発展する分野、何があるだろう、いろいろ考えました。当時は、水素エネルギーの問題とか、そんなのも随分華やかだったの。ホンダ・フジシマ効果（光触媒）なんて学会に聞きに行きましたよ。たくさん人がいましたけれども、どうも、やっぱり自分のやる仕事じゃないんですよ。だから、おもしろいと思われている分野、あるいはおもしろい仕事と自分のやる仕事というのは違うんですよ。自分に合っていないとだめです。

<自分がおもしろいと思うのと、自分に合っているということは違うのですか。>

【神原】 自分がやって活躍できるかというのは違うんですから、それは。自分の持つ力、どういうことに力を発揮できるかとか、自分自身をよく知ってないと、みんなは、これおもしろいと言ってると、うん、おもしろい、おもしろいと言って、自分もその中に入って行って、結局は、あんまりいい仕事しないで終わって、また、世の中が変わって、別のほうがおもしろい、おもしろいと言うと、うん、おもしろい、おもしろいって、またそっちに入って行って、また、ちょこちょこやって終わってという人も多いんです。

自分は、この分野でどれだけ活躍できるかということを、ちゃんと認識しないとイケない。まず、自分の能力がどれくらいあるかも認識しないとイケない。自分よりも優秀な人なんていうのは、世界中、わんさというわけ。そうすると、そういう中で何かしようとしたときに、仕事ができる確率は、どういうところが高いかというのも考えないとイケない。あんまり人が行っていない分野のほうが有利であることは確かかなです。あんまり人がやってないんだけど、将来伸びるかもしれないというのが一番いいんですよ。けども、そこはだれもないから、自分自身との戦いになる。だれもないけれども、ほんとうに自分、こんなことをやっていてよかったのかなという、常に不安との背中合わせ。だから、しょっちゅう、これはよかったんだろうか、よかったんだろうかと、いろいろな情報を集めては、総合しながら、自分自身を納得させながらいくというプロセスになるんです。

それで、とにかく新聞や何かで「DNAを使って、組み換えDNAを使ってタンパク質をつくりました。新しいタンパク質ができました。」そんなニュースが随分出たんですよ。これは、将来、食糧問題の問題もあるし、非常に重要になるかもしれない。じゃあ、その分野やってみようと思って、それで、自分で組み換えや何かをやった人も随分いたんですよ。遺伝子組み換えをして、タンパク質をつくるって行って、日立の中にも、そういうことをやり出した人がいました。でも、僕自身が、そんなものつくっても、その道の人には、まずかなわないから、それは自分のやることじゃないなと思ったわけ。

そうすると、DNA 分野がうんと発展すると、DNA の解析とか、そのプロダクトのタンパクや何かを解析することが重要になるだろうというふうに考えたわけね。タンパクについては、質量分析を使うということで、大型のマスをつくるなんていうこと、一時ちょっとやってたんですけどもね。あと、DNA についてはほとんどまだ装置らしいもの何もなかったから、じゃあ、それを解析する装置をつくらうというふうに決めたんですよ。それが 1982 年です。

<このときの質問なんですけれども、先生が DNA に興味をお持ちになるときに、先ほどおっしゃったのは新聞情報などですか。>

【神原】 ええ、新聞とか。

<そういう一般の情報ですか。>

【神原】 そうですよ。だから、この分野に全くの素人から入って、こんなのをやった人というのは、世界で僕一人です。あと、みんな何らかの格好で、生物関係の研究室にいたとか何とかという人が多いわけ。分野が新しいから入れた。いないから、人が。

<そのときは、やっている人があまりいなかったんですね。>

【神原】 競争する人がたくさんいたら、もう何の取り柄もない人が入ったって勝てないですよ。だれもいないから、まだ勝負になるということになるわけですね。

<でも、先生には、こんなにすごいもう実績が、10 年間でありになって。>

【神原】 だから、これ全部捨てていくんだから、いや、やっぱりこっち戻ろうかなというのはありましたよ、最初数年間。どうしようって。

<ですよ。これだけ実績があったら。正直言って、これだけで食べていけますものね。よく新しいものに取り組みましたね。>

【神原】 とにかく新しいことしないと研究費くれないんだから、しょうがないじゃない。

例えばですね、これは論文のリストですけども、パブリケーション、これは API とか、FD とか、LC/MS、これは質量分析関係ばかりです。これが、質量分析の、これで 24 本の論文ね、オリジナルペーパー。それから、シムスというさっき言ったので、ここまで 24 本、合わせて 48 本の論文なんです、この関係で。こっちが DNA 関係。今またちょっと出てきてますから、少し、もっと増えますけれども、今、37 個目がプリントになって、印刷中なのかな。だから、質量分析のほうはまだ多いんですよ、いまだに、論文数は。

<上司の部長さんという人は、先生に DNA をやれと言われたのですか。>

【神原】 言わない。そんなの言わない。だって、(この分野では)全く素人ですから。半導体分野の人が来たんです。全然分野の違う人が来た。

<じゃあ、とにかく DNA やるんだというのは自分で考えられたんですか。>

【神原】 それはそうですよ。それは人から言われてやるというのは、あんまりよくないですよ。自分で決断したんだから、すべての責任は自分なの。ところが、だれかに言われたら、だれかに言われたからやったんだけど、失敗した。それは、あの人が言ったからやっただけの話だって、そうなっちゃうんですよ、人は。だから、自分でちゃんと決断するというの、僕は非常に重要だと思う。だから、失敗したら嫌だから、いろいろなこと考えますよね。

それで質量分析と、5 年くらい質量分析も並行でやってたんですけども、どうしても集中したほうが

いいというので、質量分析のグループは別のグループとして分離しました。DNA だけにしました。

<そのときは先生と部下の何人かいらしたんですか、DNA は。>

【神原】 DNA スタートしたときは 3 人くらいですよ。それで、いろいろ駆け回って人数集めたんだけど、また、基礎研に移るということになって、再び 2 人になっちゃったんだな。みんな兵隊もがれちゃってね。そんな、状況ですよ。

それで DNA の話になって、これできて、和田さんがもうプロジェクトをスタートしてるんですね。これが僕の研究と重なるんです、これでね。ちょうど質量分析は、この辺が一番、自分としても成果が一番出ている時期です。だから、この辺は結構、招待講演とか何とかも、いろいろなところであったんです、この時期。質量分析関係は。

そのときに (DNA 分析装置の研究を) スタートしています。だから、結果として、人生というのは山あれば谷ありで、山になったときに、次の手を打つということを偶然なだけけれどもしているんです。必ず谷間もあるんだから。

だから、人によって、山に来たときに、わあ、うれしいって言って過ごしちゃって、それで終わっちゃう人もいるわけね。だから、山に来たときには、もう喜ぶのは 3 日間にして、それで次の手を打たないといけない。キャピラリーの場合にも、それを実際にはやっています。

<なるほど。>

【神原】 それで、82 年くらいに、とにかくこれをスタートするんだということを社内でもいろいろ言って、それで一応スタートするんですよ。和田先生早かったですね。もう既にスタートしているというのを知りまして、和田プロジェクトに 84 年から入れてもらいました。

それで、和田先生のところに入れてもらったおかげで、研究室というのが、当時は年間 3,000 万ちょっとでしたけれども、3 年間、もう何も言わなくてもお金が来ましたから、これはもううれしかったですね。3 年間で 9,000 万ちょっと来たんですよ。それで装置を開発したんです。

装置を開発して、開発したときにも、とにかく 2 人で、あともう一人くらい増えたのかな、3 人しかいなかったからね、できないんですよ。装置なんていうのは、きちんとしたものができないわけ。だから、どこか助けてくれて言って、関連会社の人に声をかけたら、手伝ってくれました、技術者 2 人派遣してね。そういうような縁があって、この蛍光式の第 1 世代のシーケンサーというのは日立電子エンジニアリングというところで製品化することになったんです。それが国産で初めての DNA シーケンサーということになったわけです。

(スライド 1)

それで、こういう装置が、このときには子会社のほうは、あんまり分野もよくわからない。ところが、ふたあけてみたら、日立だけじゃなくて、何カ所かから同じような技術が開発されて、製品にもなっていた。じゃあ、製品にしても、これは売れるに違いない。それで製品にしたんですよ。だから、こういうときに単独で、仮に日立だけがやっていて、よそどこもやってなかったら、製品にしたらどうかかわらない。売れるかどうかかわからないしとって。ところが、競争が出てくるということは、製品に非常にしやすいんですよ。あそこだって製品にしたじゃないって言ってね。そんなことがありますね。

(スライド 2)

それで、そうこうするうちにヒトゲノム計画がスタートしそうだからというので、もっと高い能力のものをつくらないとというので、この辺からキャピラリーの、次世代の技術を開発します。

<ここですよ。>

【神原】 はい。それから、これはもう 93 年にプロットが完成しちゃうんです。93 年、ここにね。これが実用化されたら、もうヒトゲノムの解析というのは時間の問題だから、次は何かというので、次の技術開発にすぐに移るんです、ここで。

じゃあ、その次いきます。これは最初の初期のだな。これ、第 1 世代の装置の説明です。平板型のゲルのね。これは製品化された装置です。

<日本で初めて製品化されたんですか。>

【神原】 ええ、製品は早かったですね。ABI が出したのと、ちょっとおくれて出したくらいですから、早かったです。

<当然、日立として始めよう。>

【神原】 子会社でね。関連会社で出したんですけども。

じゃあ、次にいきましょう。これが、そのときの装置ですね。結局、最初は 2 人しかいなかったんですよ、開発に。僕入れて、あと 1 人。

あと、基礎研に移ってから 1 人追加になって、中研から 1 人派遣で、4 人くらいに結局なったのかな。とにかく人数足りないですからね。ですから、あんまりすごい凝った装置なんていうのはできないから、いろいろ頭を使うわけ。レーザーをスキャンしてやるというのは、すぐに思いつく方法なんだけれども、それやるといろいろなハードをつくらないといけないでしょう。それだけの人員とお金もないものだから、もしゲルの薄いすき間からレーザーをシューッと入れて、全部照射できたら、こんな都合のいいことないから、これちょっとやってみようよといって、やってもらったんですよ、実験している人に。ところがうまくいきませんというわけ。大抵の人は、何か新しいことをやってと言うと、大体うまくいきませんんですよ。何でというのを考えて、ゲルのわきのところよく見たら、ここのところに、例えば空気の泡がちょっとあって散乱してるとか、このわきのゲルがたるんで、レンズみたいになっていてうまくいかなかったとか、そんなことがわかって、それをきちんとすると、レーザーがピューッと入って、すべての泳動路を照射することができるようになったわけ。

そうすると、これはすごい楽でね。ミラーを置いて、レーザーを反射させてゲル側面から照射し、ここであとラインセンサーを置くだけでできちゃうですよ、これ。

今までののは、こうやってレーザーをスキャンして、スキャンするのと同期をとって蛍光をキャッチして、あと信号処理していた。

<特徴はどのようなことでしょうか。>

よそは、例えばこうスキャンするから、一つの泳動路にレーザー当てているときは、他の泳動路からの情報というのは全部ないんですよ。うちはいっぱい当てますから、すべての領域からの情報を同時にとっちゃう。そうすると、デューティーサイクルから考えて、3 けたぐらい得なんですよ。それを最初の国際会議、和田先生が主催する会議で発表したりして。これ私です、若いころのね。

それで、ふたあけてみたら、うちは DNA シーケンサーの開発を他に先駆けて行ったと思ったら、とん

でもない話で、いろいろなところがやっていた。論文は、カルテックが一番最初に出しました。それに続いて EMBL という、ヨーロッパ分子生物研究所の人が、これ見て、慌てて論文出しました。彼らのやっている方式は、うちのやっている方式とほとんど同じです。それから、デュボン、ネブラスカ大学でもやります。日立が出しました。日立は、国のお金をもらったり、いろいろなことをしたものですから、論文がちょっとおくれました。おくれると、似たような方式は既に出てますから、またそこでいちゃもんがついて、またおくれるんですよ。少し遅くなるんです。でも、ふたをあけてみたら、特許はうちのほうが早かったもんだから、あのマシンにはライセンスの特許をしました。特許が早かったということで、側面入射の方式は日立の方式というので世界で認知してもらいましたけれどもね。

ここにあげた会社が出てきて、どんどん製品にしていきましたから、この分だとヒトゲノム計画しても技術が進歩するのでいいだろうというのでスタートした、そういう経緯がありますね。

それで、アメリカだけが他をリードする形でどんどん進んでいっちゃった。お金をとにかくつけましたからね。それで、やがて5年もたつと、新しい遺伝子もぼちぼち見つかってきて、その遺伝子を活用しようとして、また、ベンチャーが入ってくる。ビジネスが立ち上がっていくというようなフェーズになってきたものですから、『日経ビジネス』が記事を出したんだけど、この時点では、日本の反応というのは、ものすごく冷やかでした。いや、そんなこと言ったって、それは話としてはわかるけれども、遺伝子をビジネスに使うなんていうのは10年とか20年先の話だよ。大部分の人は、こう言っていました。医薬品会社の人も、我々はウォッチングしてますけどねと言っていました、何もしないでしたね。

それから、99年になりますと、生命が解明される日、宝の山バイオで出してくれる日本はなんて言われ出しちゃってね。わずか4年で、こんなになっちゃったんです。結局、この4年というのは何かというと、その間にキャピラリーアレーの装置や何かが開発されて、もう格段にDNAの情報が増えてきた。

(スライド3, 4, 5)

これは原理の説明で、その次、キャピラリーと平板ゲルの違い、キャピラリーというのは内径が75ミクロンですから、試料を入れて、DNA、これバンドですけれども、ほんのわずかな試料しか入らないんですよ。平板の場合ですと厚みが0.3ミリで、バンド幅はミリのオーダーありますから、これの100倍くらいのサンプル使えるんですね。100分の1のサンプル量で測定しないといけないから、高感度じゃないと、もうだめなんです。1本だけならいいけれども、これを並べてやるということになると、もう方法は、僕は1つしかないだろうと思って、キャピラリーを並べて、側面からレーザー照射する。これが一番効率いいですからね。

ところがこれ、平面のすき間に入れるより、もっと難しいんですよ。75ミクロンでしょう。しかも、これ丸っこい格好しているんですよ。やっぱりだめでした。うまくいかなかった、最初。それで、シーフロアのほうにしようということになりました。

<先ほどの、先生が最初にパテントを取られた、あのアイデアが、そのまま生きていたような感じがするんですが、そうなんですか。>

【神原】 最初に側面でやるという、人手がなかったからやった方式。人手があったら、強引に、とにかくスキャニングでやっちゃったかもしれない。そうすると、よそも同じことやってますからね、バッティングしてという話になったかもしれない。

これがそのときですね。この技術というのは、1992年の国際会議で発表しているんです。これがそのときの会議です。シドニー・ブレナー、ノーベル賞学者ですね。このときも発表したら、タイミングがよかったものですから、ゲノム計画がスタートして間もないころでしょう。大容量のが必要だという認識が、みんなにあったし、非常に反響があって、ここに来てた『ネイチャー・ジャパン』の編集長が、いや、みんなもう驚いたような声を出してたから、ぜひ、あなたのこの仕事を『ネイチャー』のショートノートに出しなさいなんて言われてね、それで出したんですよ。それが、幸いなことに、すぐにプリントになって、93年の2月に出るんです。ですから、ノーベンバーですから、半年もたたないうちにショートノートが出て。それで、世界中にあの技術が知られるという、そういう幸運がありましたね。

だから、このときも、松原先生が、この会を取り仕切っていたんだけど、松原先生から1年くらい前に、「来年会議があるんだけど、神原さん、何かしゃべりませんか」という電話があったんですよ。「そうですね、じゃあ、高感度のDNA検出か何かの話をします」と言ってたの。でも、直前の6カ月ぐらいいなくなってから、高感度のというのは、あんまりおもしろくないなと思ってね。やっぱりキャピラリーのほうを、もうちょっと頑張って、データとって、とにかくこれ発表しちゃおうとって、担当者、このころはもう大分人数増えていたんですけども、多分10人弱になっていると思うんですけども、担当者のおしりたたいて、データをとにかくとってもらいました。それで発表して、非常にタイミングよく発表できたものだから話題になりましたね。

だから、そういう努力をすると、大体報われるし、何となく発表していると、やっぱりチャンスはなくなるということを、DNAのときも感じてますね。

<これは、装置のプロトタイプができたんですか。>

【神原】 プロトタイプができて、もうデータとれました、ちゃんと。93年にはね。ちょうど、装置ができてしばらくしてから、ウィスコンシンのロイド・スミスという、カルテックにいて、DNAシーケンサーをやっていた男が研究室を見に来たんですよ。こんなデータ出ますよと見せたら、こんな感度いいのかって言って、びっくりしました。だから、キャピラリーでやって、これだけ感度がいいのは、ほかにはなかったんでしょうね。

それで、これがABIの開発中の装置に、結局、キャピラリーをのせるということで共同事業しましょうというアライアンスが成立して、ABIがつくった装置です。ABIは、実はキャピラリーじゃなくて、板に溝を掘ったタイプを一生懸命やってたんですよ。うまくいかなかったんです。それで、結局、日立と提携して、装置を早く出したいと。溝掘りのためにつくっていた装置にキャピラリーをのせれば、一番製品としては早くできるから、そういうふうにしようなんていうことで、それでABIから製品が出るという格好になっちゃったんですよ。

<このときに日立独自でやるということはお考えにならなかったのですか。>

【神原】 試薬の問題とか、やっぱり開発人員はABIのほうがはるかに多かったんですよ。だから、完全に競合するくらい的人员をかけることができれば問題ないんだけど、日立の場合は、そんなに人員かけていなかったですから、工場のほうもね、やるといっても。

<なるほど。どのぐらいの人員がいたんですか、ABIは。>

【神原】 向こうは、向こうのヘッドに聞いたら、自分の持っているメンバー、200人くらいいるんです

よ。そのうちの半分くらいを、この開発にかけて、失敗したら、おれはクビだからと言ってやりましたよ。

<じゃあ、100人ぐらいかけて、ずっと。>

【神原】　そうですよ。それに対して日立のほうは数名ですよ、工場にかけているのは。そんなのもう勝負にならないでしょう。研究所のほうに数名いて、工場のほうも数名です。

話にならないでしょう、はっきり言って。(製品化するんだったら)提携のほうがいい。試薬の問題もあるしね。だから、ビジネスの選択としては、それは僕は間違いではないと思います。それが、もっと力をかけてやっておいたらという議論になると、じゃあ、市場がどれくらいあって、どういうふうにかそこを見たかの問題に、またなっていくわけですね。だから、それは何とも言えない。だから、その辺は何も触れないほうがいい。(笑)

<ということは、ライセンスフィーをもらうということなんですか。>

【神原】　共同事業です。

次にいきましょう。今は、このタイプは、もうつくってないですから。プロトタイプ、さっき93年に考えた。何を考えたかという、これが実用化されれば、ヒトゲノム解析は時間の問題。それがいつになるかというのは、もう自分たちの手を離れたことなんですよ。それは、製品に、だれがどういうきっかけで、ちゃんとするというふうに関断するかどうかの問題です。研究所の人間とは、ちょっと違う部署の人のデシジョンの問題になっちゃう。自分でデシジョンしてできることじゃないことを気をもんでしようがないんです、こういうのは。そうでしょう。

だから、それは、我々がしないといけないことは、じゃあ、もし、もっとゲノム解析が実現したら、どんな世の中になって、そこでは何が必要なのかを考えないといけないんです。次に必要なこと何なのか。もし完成しちゃったら、どんな世の中になって、そこでは何が必要なのか。それを考えないといけない。<次のステップですね。>

【神原】　そうですよ。それを考えるのが研究所の役目なんですよ。

ですから、僕は、今文部科学省関係の方も製品云々と、いろいろありますね。それはいいんですけども、今まであまりにも製品とか産業に向かなかった人もあるから、そこは向くという意味で非常に意味があると思うんですけども、でも、大学の先生が製品、製品で追っかけてもらっても困っちゃうんです。やることは、次の次世代をにらんで、技術をきちんと開発することが重要でね。今まで事業化しない、種がたくさんあるから、それを事業化しようというように指示できるのはいいんですけども、それが目的になっちゃったときには、持っている種はどんどんなくなって、気がついてみると何も研究の成果の種というのがなくなっちゃうという時代が来かねないんですよ。そこは、ちょっと考えないといけないなという気がしています。

製品になるならないというのは、自分たちの半ば手を離れていますから、次には何をしないといけないかで手を打っていきます。そのときに考えたのは、ゲノムが解析されたら、いろいろな人が今度使うだろう。医療分野の人もゲノムのデータベースを参考にしながら、病気の遺伝子の探索とか、診断に使えるようになるかもしれない。そうすると、今までゲノムセンター中心に考えられていた装置が、一般の人が使うということにもっと重きを持って考えないといけない世の中になるでしょう。そうすると、メンテナン

スが要らない装置、それから使いやすい装置、こういうものにしなないとだめだろうというふうに考えたんですね。

ところが、そういう観点から見ると、シースフローの装置というのはメンテナンスがかなり必要なんですよ。水の流れをきちんとしておかないといけない。それから、水の流れるシースフローセルの部分というのは、結構汚れるんですよ。クリーニングしないとけない。いろいろありますね。そうすると、これはゲノムセンターみたいにメンテナンス要員がちゃんと確保できる場所はいいけれども、一般の人が使うのは大変だなと思ったんです。

じゃあ、やっぱりもう一度、一度失敗したこのくし刺しをもう一度やってみようということです。キャピラリーを並べておいて、レーザーをただくし刺しするだけ。前にやったけれども、うまくいかなかった。<屈折したって言ってましたよね。>

【神原】 ええ、屈折して、曲がって何かうまくいかない。何でだろうというのを、もう一度ちゃんと検討するんです。

(スライド6)

そうすると、これ、レンズ作用がありますからね。この中のゲルの詰まった部分と外側のガラスの径をうまくすると、何とかレーザーがピューッと最後まで通るんです。そういうことがわかりました。時々通るんですよ。だけれども、なかなか安定して通らない。原因をいろいろ調べてみたら、このキャピラリーというのは、こういうポリミドでコーティングしているんですね。それで、これだとレーザー当てられないから皮をむくんですよ。むくときにライターみたいなものでシューッとあぶって、焼き切っちゃうんです。ライターの火なんて、温度低いですから大したことないと思っていたんですよ。だけど、これは石英チューブですからね。でも、ちょっと、ほんのわずかだけどゆがむんですね、細いものですから。そうすると、ゆがむと、ここの位置が、中心に並べたと思っても、ちょっとずれるんです。ずれると、これ大変ですね。プリズムみたいにピューッとなくなっちゃう。それが原因だということがわかりましてね。

それで、この皮むきを低温でやるという技術をメンバーの一人がうまく開発しまして、それで今、もう安定にレーザーはボンボン通るようになって、こんな簡単な装置が実現しました。これが今、世の中で流通している装置、売られている装置です。これは日立の工場でも年間 1,000 台くらいつくって、世界中に今出してます。1台、末端価格で 2,000 万くらい。ただ、うちでもらうお金は、そんな高くないですよ。これはもうメンテナンスも楽ですよ。

<市場占有率、かなり高いですよ。>

【神原】 8割くらい。もちろんほとんどこのキャピラリーの特許というのは、いろいろ考えて押さえたんですよ。側面入射というのがもちろんありますけれども、そうじゃなくても、最初にこのキャピラリーを並べるというだけで特許取ろうかと思いました。それでも新しい概念だから取れるはずなんです。ところが、チューブを並べたタイプのDNAシーケンサーというのを昔に僕らのグループで出したことがあるんですよ、特許申請を。そのときには、光で検出するんじゃないタイプで出したんですよ。だけれども、こう並んだ格好のものがありませんからね。そうすると、ちょっと特許は取れそうにないと考えて、じゃあ、こういう装置で、どうしても避けて通れないものというのは何だろうと考えた。何だと思います。こういうサンプルを注入して、それでこう計測するわけね。どうしても避けて通れないもの。いろいろ考えたら、

1つあったんです。何かというと、試料を注入します。注入するときに、こういうサンプルごとにキャピラリーを突っ込むわけですね。そうすると、あんまり狭いと、これ突っ込めませんね。ところが、じゃあ、サンプルボトルの並んでいるのと同じくらいの密度で、こればらばらにしたら測定しにくいですね。だから、測定部分の密度がサンプルを入れているところの密度に比べて狭いという特許を出したんです。これは、どんな方法をとろうと逃れられない。

測定部分のキャピラリーの密度がサンプル注入部分のキャピラリーの密度よりも高い、そういう構成の装置。そうすると、もう逃れられないんですよ。キャピラリーの、こういうマルチのキャピラリーをやろうとしたら、うちの特許に絶対に触れるの、どんなことしようと。そういうレベルに、今これはなったわけね。でも、これで安心しちゃいけないんです。

< 厳しいですね。 >

【神原】 世の中の進歩は早いですから。ですから、これを開発したのは93年に次の世代をとということを考えて技術開発を始めて得られた成果で、96年には論文を出してます、これのね。

< これが製品化になったのは何年ごろなんでしょう。 >

(スライド7)

【神原】 2000年。3100というタイプです。製品の名前がだんだん変わって行ってます。16本だったのが48本になって、96本になって、本数が増えてます。増えるたびに名前がちょっと変わっていきました。年間1,000台ですね。

(スライド8)

それから、そうこうするうちにパイロシーケンシングという新しい方法が出てきたんですね。これは全く違う原理に基づく配列決定法なので、ひょっとしてこれがすごい能力を持ちちゃうと、うちのキャピラリーなんていうのは、特許を押さえたと言っても、方法が全然違っちゃたらだめですからね。じゃあ、すぐにチェックしてみようというので、チェックしたんです。

これは、こんなプラスチックの板に穴を5つあけて、これが反応セルなんです。この回りの4つが試薬を入れておくところ。それで、その間をキャピラリーでつないであります。この下には光検出器が1つついています。今示してないですけども、光検出器をくっつけておきます。こういうものを準備します。

そして、ここには dA T P、dC T P、4種類の塩基、相補鎖合成のときに使う試薬を入れておきます。それで、これがターゲットなんですけれども、プライマーというものをくっつけて、それで dA T Pとか dC T Pを順番に入れていきます。もし、これに相補的なものが入ってきたときには、これは相補鎖合成が起こるんです。相補的じゃないものが入ってきたときには、これは全然使われないで、そのうちに酵素で分解されるように仕組んでおきます。これを入れると何も出ない、これ入れても出ない、出ない、ところが dG T P入ると、これ取り込まれて、ピロリン酸というのが出て、そのピロリン酸を A T Pにかえる試薬がこの中に入っています。それで、ルシフェリンと A T Pを反応させ、ホタルの光ですね、光らせて、ポッと光が出るんです、取り込まれると。そういう仕掛けになっているんです、これは。

で、光が出た。あっ、取り込まれたな。G入れたら取り込まれた。Gが入った、わかるわけです。次にまた、Aを入れると、2倍の光が出ました。あっ、Aが2つ入ったな。わかるわけ。これが、そのときの

データ。G入ると信号が出て、Aを入ると2倍出て、次に、Cを入ると全然出なくて、Tを入ると2倍光が出る。こんなデータがとれるんです。これから配列が決まるんです。

<これで配列がわかるんですね。>

【神原】 そうすると、これがもし、解析能力がすごく高くなったら、うちの優位は脅かされますから、これの評価をしたわけです。これ、98年ごろから始めてます。結局、現状では、まだ能力が大したことないから、今のところは大丈夫。将来、まだわからないですからね。だからまだ、今もっとこれを高度にしたらどうなるだろうと検討しています。

<これは、大きさはどのくらいですか。>

【神原】 こんなちっちゃいものですよ。手のひらに乗る程度の大きさの。4サンプル入れられます。これを教育用とか。個人用に製品にしようということを今言って、やっぱりちいちゃいものですから、なかなか事業部、大した市場にもならないから、あんまりやる気もなさそうなので、むしろ、研究所ベンチャーみたいな格好でやれないかというので、いろいろなところに当たりをつけているんです。これ、売れますから、絶対に。値段は安いけど。

<ちなみにどのくらい。>

【神原】 100万円くらい。

<高校の理科の実験にちょうどいいくらいですね。>

【神原】 うん。これは非常によくてね。例えば、先ほどの配列解析も、反応を、こうやっていくでしょう。手作業でこれを入れるようにしてやればね。人によっては、じゃあ、Aのかわりに、今度、別のを入れてみようとか、勝手にいろいろなことをやる余地があるの、これは。おもしろいですよ。

まず興味持つことが重要なの。興味持てば、インターネットで調べたり、いろいろなことするんだけど、興味持つきっかけがないと何もしないで終わっちゃうんです。

<そう思います。>

【神原】 これ、こんな装置ができて、これからポストゲノムの時代になりますよという話になってきてね。それで、これはいいとして、このチップについて、実は僕は残念なことが1つあるんですよ。

DNAチップというのは、もともとハイブリダイゼーション・バイ・シーケンシングというようなことで、シーケンシングを使うなんていう話で90年代初頭に出てきたんですよ。だけど、僕はキャピラリーやっていたから、こんなもの、そんなもの全然使えないよと思ったわけ。だけど、使うとしたら、ゲノム解析がある程度一段落したら、恐らく中のメッセンジャーRNAや何かの分布を調べる、発現プロファイルと今言ってますけれども、それを調べるのに一網打尽にする技術としてはいいかもしれないと思ったわけ。それで、93年に、こういうチップをそれに使うというようなことで特許申請しているんですよ。アフィメトリックスの前身のアフィマックスにも共同でそういうのできないかということを考えて、一度訪問しているの。それから、2年後にスタンフォードの連中が、やっぱり発現プロファイルをチップでやって、ブームになり出しちゃったわけね。だけど、おくれをとったから、おくれをとったのはやるのは嫌だといって、ほっといたんですよ。そうしたら、ますます向こうは盛んになっちゃってね。

だけれども、そんなに一遍に何もできないですから、それはしょうがないんですね。重要なことは、やっぱり、将来、どういうふうに世の中が流れていって、それに何が必要かというのを自分たちなりに考え

て、それで、それに力を入れていくということが重要なんですよ。それが世の中にとって必要なものであれば、それは何らかの格好で製品になっていくだろうし。だから、あくまで、どういうふうにして世の中の進歩に寄与できるかという、そういう発想でものを考えていけば、何もあるものを製品にしましょう、製品にしましょうというようなことを、大学の先生がする必要はないと僕は思っているんです。それが世の中にかに重要かというのを、きちんとアピールしてくれば、それをお手伝いして製品にしましょうというところは、おそらくあらわれると思うんですよ。

それであと、ビーズ、プローブ、DNAチップが随分盛んになってきちゃって、だけど、あれはあんなに盛んにならないと思っていたら、何か随分盛んになってきちゃったものだから、ちょっと同じことをやるのはしゃくだから、じゃあ、ビーズを使おうと思って、ビーズを使うことを考えたんですよ。ビーズにカラーコードしておいて、カラーごとに、いろいろなプローブをくっつけて、それらをませ合わせたってプローブアレイだろうから、それでやろうかと思って、考えて、アメリカの知り合いの男と、ちょっと電話で話したら、いや、そういうこと最近やり出したベンチャーが、もう既にありますよと言われたものだから、じゃあ、それやめようといって。

じゃあ、今度、カラーコードしなくたって、キャピラリーの中にビーズを並べれば同じことだから、そういうのやってみようといって、こんなのつくったんですよ。つくってみたら、並べるなんて面倒くさいことやって、何がうれしいのって言われそうなんだけれども、実際やってみると、これ、サンプルをシューッと中に通して、一、二回、シュッシュッとやると、ものすごく効率よくプローブにターゲットがハイブリダイズするんです、くっついてくるんです。だから、結構利用のしがいがあるみたいですよ。こんなのをやったり、いろいろ。

これはSNP⁹ですね。SNPは盛んになってきたから、僕、SNPがほんとうに医療に、そのまますぐに使えとは思わないけれども、みんな、SNPやりたがっているものだから、ちょっと独自の方法を二、三考えて、それも一応、論文にして出しましたけれどもね。

これからナノテクノロジーだし、いろいろ新しい技術も、これはよその人の仕事ですけどもね。ナノの穴を通して、DNAをシューッと移動させると、DNAがここのところに入っている間は、ここに流れる電流が、穴がふさがっちゃうものですから少なくなるよと。電流が落ちるんですよ。もし、ここの穴の近傍を、ちょっと化学修飾しておいて、通過中の塩基種によって電流が変化するように工夫できれば、穴を通すだけでシーケンシングができちゃうなんていうことを一生懸命やっている人がいるんですよ。これは実現したいんですよ。こういうことを目指す。これが実際のデータ。そんな人がいるわけね。

だから、仮にキャピラリーである程度世界制覇したとしても、次世代ではわからないからね。次世代の技術は考えないといけない。逆に今、ある人たちがキャピラリーで出し抜かれたとしても、それで世の中すべて終わっちゃっているわけじゃないからね。どんどん変化して、進歩していくんだから、まだ、一時の経過的な段階であると考えれば、まだまだチャンスがあるから、そのためには次の世代のことを考えれば、まだ勝つチャンスがあるわけね。それはすべての人に言えるわけ。そういうふうにして世の中は進ん

⁹ Single Nucleotide Polymorphisms: 一塩基変異多型のこと。遺伝子情報を持つ塩基の配列は、個人・種族間で微妙に異なっている。塩基のうちひとつだけが欠落したり、置き換わることで個体差・種族差が生まれると考えられている。これを一塩基変異多型 (SNP) という。病気のかかりやすさや、薬効、副作用などを知る手がかりとして、ゲノム創薬における重要な課題となっている。(IT用語集, 2004)

でいきますからね。

そんな感じで研究開発というのはやっているんです。ですから、終わりは、ある意味でないんです。今、この瞬間でも、10年後を見てみると、新しい技術は、この瞬間に生まれたというのがあるかもしれないしね。すべての人について、将来を見ればチャンスがある。今現状を見て、現状こうだから、ああだから、そこで何とか競争しようとする、もう勝負がついているものは非常に多いわけです。

だから言われたとか、何を最初から商品化で目指したというのは、だから、そんなにははっきりしたわけじゃないんです。それは大学の先生と同じだと思うんです、そういうのはね。だから、あんまり製品化を意識してプロジェクトを組んで、どうしましたというような話とは、ちょっと違います。

< 独創的な商品開発を担える研究者とか技術者の能力という中で、どういう能力を持っていることが重要だと思われませんか。 >

【神原】 どういう能力ですかね。やっぱり一番重要なのは、将来を見ることですね。現状を見ると、大体勝負がついてても、10年後はわからないでしょう。あるいは5年後でもいいんですけどもね。だけれども、人によっては、じゃあ、20年後、30年後はこうなんですと言う人がいるけれども、そんなの意味ないわけ。そんなのどうなっているかわからないんだから。だから、その辺が難しいわけね。だから、5年、10年というのは、遠くもあり、現実とつながった年なんです。それが一番重要な。

それから、そういう目標をちゃんと掲げるといことと、ただ、10年後なんです、10年後なんですと書いてても、それはだめなわけ。それはいつまでたっても10年後の人になっちゃうわけ。だから、じゃあそこに至るには、どういうプロセスで、じゃあ、最初の二、三年で、どういうところまでいきましょうとか、そういう、それと合わせて当面の課題、全く関係ないことを課題に取り上げるのもだめですよ、それは。それを設定するというのは、ものすごく重要でしょうね。だから、そういうことをちゃんとやれる人と、あともう一つは、さっきも話したように、開発するときのパターンとして、非常に有能で、お金も人手もある人は、よそがやっとうと何だろうと、おれがやっとう成功しちゃうんだと。そういうタイプの人もいますよ、世の中にはね。あるアメリカの大学のプロフェッサーは、自分がやることを全部宣言してやるんだって。ところが、それを宣言されると、彼と競争しても勝てないと思うんだから、みんな敬遠しちゃうんだって。そういう話を聞いたことがあります。でも、そういう人はまれですね。

< そうでしょうね。 >

【神原】 ですから、大抵の人はそうじゃないから、やはり競争があんまり多くなくて、かつ世の中に与えるインパクトの大きいようなものを見出せるかどうか、それが重要ですね。

そのためには、みんながああだ、こうこうだと言っているときには、あんまりのらないほうがいい。だって、競争激化で、あんまりそういうのにのったって、株と同じですよ。みんながいい、いい、高くなるといったときにのったら、大体高値づかみで終わりです。けれども、自分でいろいろなことを考えてね、これは今、冷や飯食ってるけれども、将来伸びるかもしれないというところに賭けたほうが確率は高いんです。だから、そういうようなのを賭けたときには精神力の勝負になる。みんな別のことを言ってるのに、自分一人で、こうやって、あの人ばかだね、あんなことやってなんて言われるんだから、どうせ。そういうのに耐えることね。(笑) そういう精神力が必要ね。絶対、それから、途中でやめない。やめたら終わりですから。だから、常に自分で、こういう方向でやるんだと思っているでしょう。そうすると、次の瞬間

には、自分でそれを否定する。そういうことの繰り返しです。自分で否定して、それで、いやいややっぱりこれは正しいんだ。また、いろいろな情報収集してくると、また自分の言っていることを否定して、少し軌道修正したりして、そういうことの繰り返し。

< そういった独創的な人間を育てるために、どうすればいいですか。 >

【神原】 いわゆる、僕の場合にはたまたま、経てきた環境というものが大きい影響を与えていますけれども、例えばニクソンショックとかいろいろなね、石油危機とか、いろいろなものがありましたけれども、でも、それはまた、これからの人たちとは違う環境ですからね。同じことを言ってもだめなんです。そうすると、これからの世の中というのは、僕は戦国時代だと思いますから、戦国時代の武将はどうしたかというのにヒントがあるんですよ。例えば、ある人に、どんどん活躍してほしい。そうすると、活躍したら、非常にいいことがあるよというのを見えるようにしてあげれば、みんな頑張るんですよ。一番その典型例が秀吉ですよ。秀吉何やったかといったら、戦争の前に、まず、お金の入った樽を用意して、ほら、みんな好きなだけ持っていけ。家族に分け与えなさい。で、もし手柄を立てたら、今の倍の褒美をやるぞと言ったら、みんな元気出ちゃいますね。仮に自分が失敗して死んだとしても、ちゃんと家族の面倒は、今もらったお金でちゃんと見れるし。そういうことをやっているわけね。

それから、結構、いろいろなことやってますよね。楽市楽座なんていうのは信長だけれども、あれも結構自由にして、いろいろなことをしたから栄えたでしょう。だから、分野は違って、歴史を見てみると、いろいろ参考になることすごくあると僕は思うんですよ。

テーマや何かにしても、がちっといろいろなことを固めて管理していこうというやり方が随分強いんだけど、それはあんまり得策じゃなくて、できれば、最初は自分で何かをスタートする、ある程度のお金はサポートしますよ。あとは、成果が出たら賞金出しますよといったたぐいのサポートの仕方のほうが、成果は絶対得られるんです。何でもかという、もし、こういうような計画にのっとって、こうやります。それ以外のことはだめですというタイプだったら、それには合っているけれども、成果が出る出ないはどうでもいいという研究ばかり増えるんです。だけれども、何やっても、ある程度の、そんなに大きいお金じゃなくて、何やってもいいから、とにかくこのお金を元手にして、ある目標を達するような技術をやいなさい。目標を達するようなことが実現すれば、これは事業化はある部署にお願いして、その上前はちゃんとあなたに還元してあげますとか、そんなことにしたほうが絶対ね。そうすると、やっている人は、事業化する手間は省けるし、元気が出るんですよ。

だから、やる人にとって、どうしたら一番元気が出るだろうかということで考えればいいわけで、今までの日本の社会というのは、管理するにはどうしたら都合がいいかなんですよ。発想を逆にすれば成功します。

< 今まで確かに管理志向が強過ぎちゃったかもしれないですね。 >

【神原】 ええ。だから、帳簿上はきちんと管理されて、成果が出たことになっているけれども、一向に産業も何も出てこないということになるわけ。

あと、やっぱりちっちゃいものでいいから、何か成果を出していくということが重要でね。そうすると、どういうふうにしたら成果が出るのかという学習していくんですよ。最初はちいちゃくてもいいんです。それで、こうやると、こんなに喜んでくれる人がいるのかとか、じゃあ、もっといろいろな人に喜んで

らうには、どんなことを開発したらいいんだろう、そういうふうな思考にだんだんなっていきます。だから、なるべく早いうちに、ちっちゃくてもいいから成功する、うまくいったという経験を持たせてあげる。そうすると自信を持つし、自信を持つと、大胆にいろいろなことをやるようになってくるわけ。ところが、萎縮しちゃうと、もうちっちゃくちっちゃくなっていきます。例えば、さっきのキャピラリーだって同じですよ。最初の競争のときには、何とかしないとと思っていたから、すぐにくし刺しをやめて、じゃあ、シーフローをちょっと試してみようとか、それがだめだったら別のことをやってみようって、幾つかの案を持っていたんですよ。そういうふうにいっちゃうわけ。だけど、1つ成功すると、シーフローで成功したら、これがまずあるから、じゃあ腰据えて、最初だめだったものは何でか、ちゃんと考えようというふうになる。ゆとりなの、そこが。

< どうもありがとうございました。 >

神原秀記（かんばら ひでき）氏 略歴

生年月日	1945年1月		
出身地	東京都		
学歴	卒業年月	学校名	
	1963年3月	茨城県立水戸第一高等学校卒業	
	1967年3月	東京大学教養学部基礎学科卒業	
	1969年3月	東京大学大学院理学系研究科化学専攻修士課程修了	
	1972年3月	東京大学大学院理学系研究科化学専攻博士課程修了	
職歴	年月	組織名	ポジション
	1972年4月	(株)日立製作所 中央研究所入社	研究員
	1977年10月～	UC Berkeley, Space Sciences Lab.	Visiting Researcher
	1979年1月		
	1981年8月	(株)日立製作所 中央研究所入社	主任研究員
	1985年4月	(株)日立製作所 基礎研究所	主任研究員
	1989年8月	(株)日立製作所 基礎研究所	主管研究員
	1990年2月	(株)日立製作所 中央研究所	主管研究員
	1994年8月	(株)日立製作所 中央研究所	主管研究長
	2000年2月	(株)日立製作所 中央研究所	技師長
2003年6月	(株)日立製作所	フェロー	
	(現在に至る)		

DNA分析装置「キャプラリーアレーDNAシーケンサー」スライド^(注)

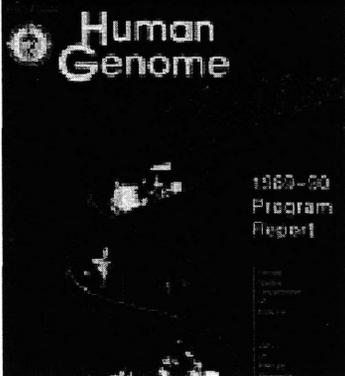
スライド1

DNAシーケンサーの開発

- CALTEC → ABI
- EMBL → ファルマシア
- Dupont → Dupont
- Nebraska → Licor
- Hitachi → 日立DECO

DNAシーケンサーをはじめとする
種々技術開発は
ゲノム解析計画スタートを促進した

ヒトゲノム計画に対して、賛成・
反対両論渦巻く中でのスタート



スライド2

DNA塩基配列決定の原理(蛍光式)

DNA 試料: ACACAGTCTGTACA

電気泳動分離
[読取り長: 500b
20Kb/日]

●断片群

● AC

● ACA

○断片群

○ AG

○ ACAC

○ ACACAGT

□断片群

□ GT

(○: 蛍光標識)

蛍光標識断片

- ACACAGT
- ACACAG
- ACA
- ACAC
- AC
- A

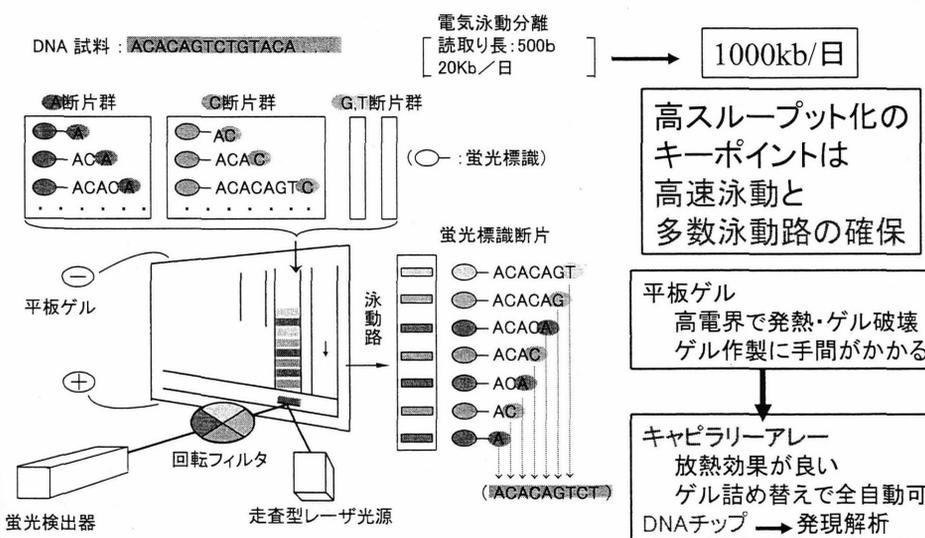
(ACACAGTCT)

1000kb/日

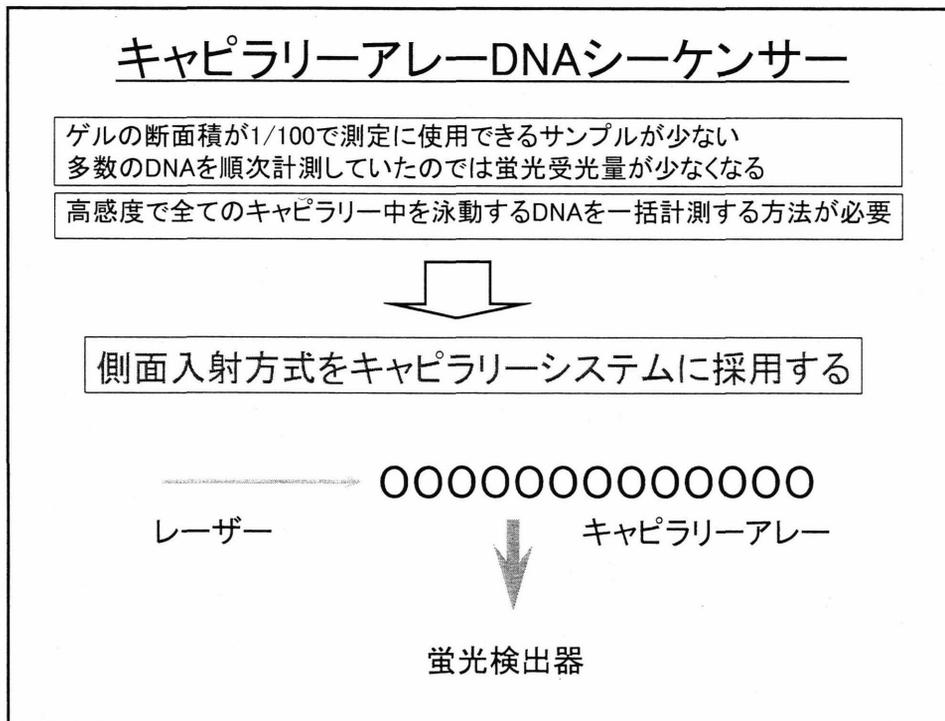
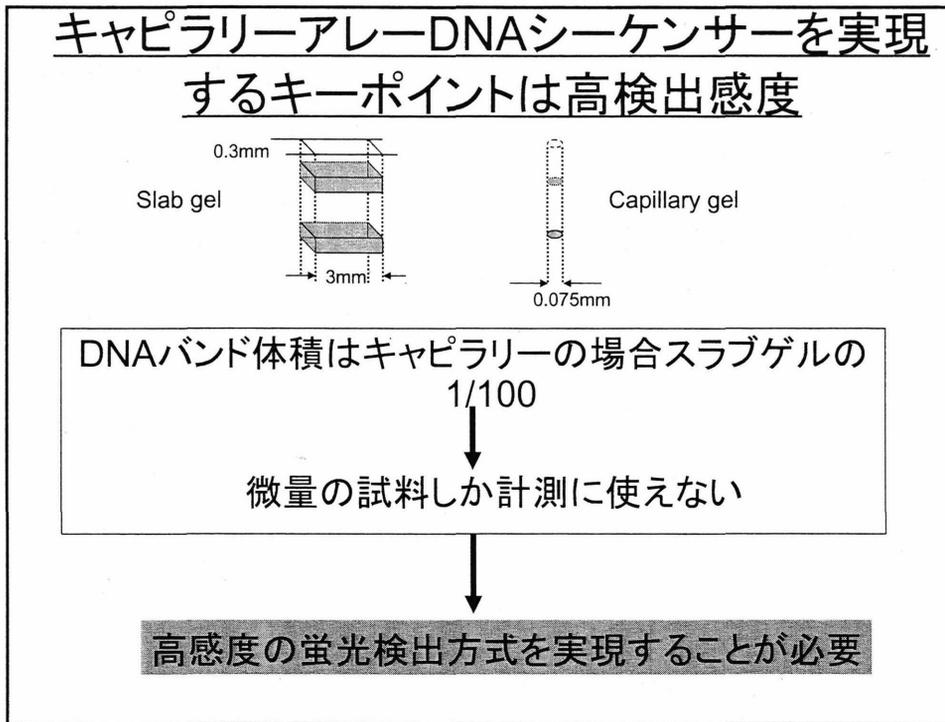
高スループット化の
キーポイントは
高速泳動と
多数泳動路の確保

平板ゲル
高電界で発熱・ゲル破壊
ゲル作製に手間がかかる

キャピラリーアレー
放熱効果が良い
ゲル詰め替えで全自動可
DNAチップ → 発現解析



(注) 本スライドは神原秀記氏が使用されたものです。



スライド 5

(a) シースフローと側面レーザー照射

キャピラリーゲル
DNAバンド
シースフロー
シースフローセル
レーザー

Gene Sequencing and Mapping:
Photonics Application
November 11-13, 1992
(Hamamatsu)

スライド 6

シースフローに代わる使い勝手の良い簡便なDNAシーケンサー
オンカラムキャピラリーアレーDNAシーケンサー

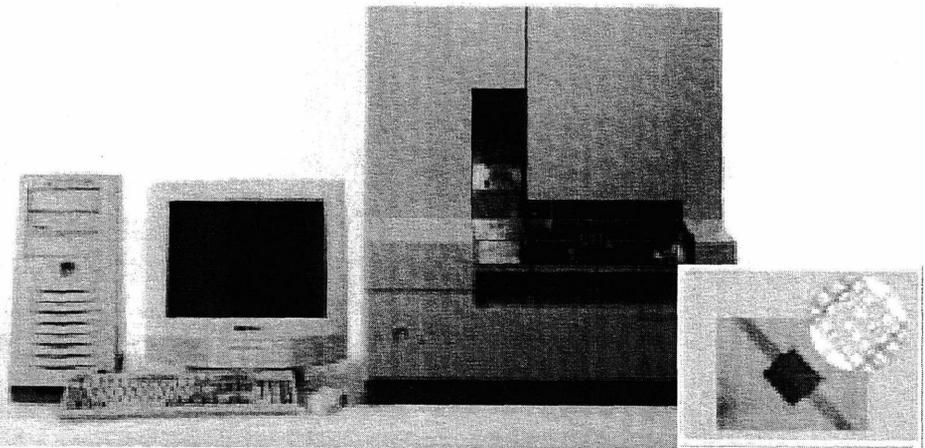
保守が容易で安定に動作

キャピラリー管
レンズ
分光デバイス
CCDカメラ
レーザー光

キーポイント
キャピラリーを平面上に並べる
照射窓を開けるときにキャピラリーが歪まないようにする

ABI 3100

ABI PRISMR 3100 Genetic Analyzer



Commercialized in 2000

Number of capillaries: 16 → 48 → 96
(ABI PRISM 3100, 3730, 3730xl)

500base/40minutes
950base/3,5hours

Pyresequencing 「化学発光を用いたリアルタイムモニター」

段階的DNA
伸長反応

プライマー 5'-A-C-G-T-A-C-G

ssDNA 3'-T-G-C-A-T-G-C-C-T-T-A-A-...

+ dATP → 分解

+ dCTP → 分解

+ dTTP → 分解

+ dGTP → **化学発光**

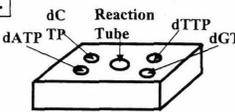
5'-A-C-G-T-A-C-G-G

3'-T-G-C-A-T-G-C-C-T-T-A-A-...

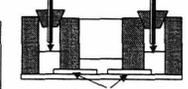
+ dATP → **化学発光**

5'-A-C-G-T-A-C-G-G-A-A

3'-T-G-C-A-T-G-C-C-T-T-A-A-...

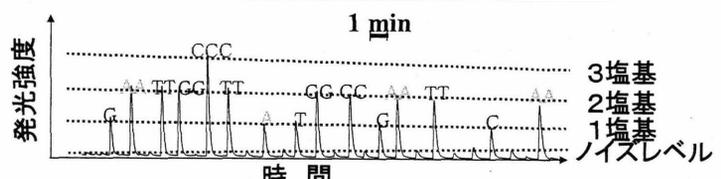


Reaction Tube



φ 25µm Glass Capillary

1 min



発光強度

時間

3塩基
2塩基
1塩基
ノイズレベル

ACTGの順に基質を添加

DNA 分析装置「キャピラリーアレーDNA シーケンサー」(2回目)

日 時：2004 年 12 月 15 日 10：30～11：20

場 所：株式会社 日立製作所（東京都国分寺市東恋ヶ窪 1-280）

話し手：株式会社 日立製作所

フェロー 神原秀記

中央研究所 企画室 部長 内田史彦

聞き手：文部科学省科学技術政策研究所 第2研究グループ 上席研究官 石井正道

<全く新しい分野に入られたときに、ゼロから始められたということですが、どのようにされたのですか。>

【神原】 やっぱり、この関連の文献をまず見ますよね。また、そのころ日立のある部署が三菱化成の生命研と仲よくするというのをやり出してたんですよ。DNAのシーケンシングもやっているようだから、しばらくの間、グループのメンバーを向こうに派遣して、実際の作業を学ぶということをやりました。作業を学ぶと言っても放射性標識でやっていますから、そういう施設があるところじゃないとできないわけですよ。

<そのこと自体はかなり役に立ちましたか。>

【神原】 それはやっぱり、自分のところでは何もできないですからね。放射性標識の施設もないし、それは役に立ちましたね。

<その次には国のプロジェクトである和田プロジェクトに入られましたが、入るいきさつを教えてくださいませんか。>

【神原】 和田プロジェクトに入るきっかけというのは、日立の医療分野の機器開発に関連した部長が、別の件で和田先生とコンタクトしたんですよ。和田先生がもうDNA解析技術開発プロジェクトをやっているのを知って、その部長が、「じゃ、入れてもらったらいいんじゃないか」なんて話を持ってきたんです。それで、すぐに和田先生のところに伺いました。僕がこの研究を始めたのは82年で、和田先生は既に81年からプロジェクトをスタートしていました。その話があったのは83年ごろかしらね。それで、84年から和田プロジェクトに入れてもらいました。ですから、和田プロジェクト、3年ずつ2回にわたって、81年から83年までと、84年から86年までの2回に続くのですが、後半の3年間入れてもらいました。

<その和田プロジェクトに入られたときには、プロジェクトでどんな研究をするかというような考えは、持っていたのですか。>

【神原】 和田プロジェクトというのは、DNAの解析に関するいろんな技術を、それぞれ民間の企業が入ってきて、自分たちの研究のアイデアを持ちこんで実施するプロジェクトなんです。それで、僕らのほうは蛍光DNAシーケンサー開発をもうスタートしていましたからね。当時は放射性標識も含めて考えていたんですけどね。DNA解析装置開発をやるよということが入りました。

和田先生の班の中のFさんという埼玉大学の先生が、蛍光標識でDNAシーケンサーをつくるということに始めておられました。和田先生の判断の中ではこれは非常にインパクトがあるということで、予備的

な検討もされていたんですね。だから、多分、そういう予備検討を一番最初にされたのは、F先生じゃないですかね。僕らより早いです。ただ、彼の場合、残念ながら、装置が完全に完成するということまでやってないんですね。

<日立さんは3年間で装置を完成したんですね。>

【神原】 3年間で装置を完成させて、それから蛍光標識する方法というのも、阪大の先生にお願いしてつくってもらって、それでやりましたね。蛍光という試薬をDNAにくっつけるところをやってもらったんですね。

<和田プロジェクトでは、装置を完成するまでにいろんなことを学ぶことができたんですね。>

【神原】 そういうプロジェクトに入ると報告会もありますでしょう。それから、そういうプロジェクトで何かやっているという話が伝わると、「じゃ、うちの試薬を使ってくれませんか」と外部の企業やいろんな方がコンタクトをしてくるんですよ。実際に事業化したときの蛍光標識DNAというのは、Y社がコンタクトしてきて、そこでつくってもらいました。

そういうプロジェクトに入るとというのは、やっていることがオープンになり、オープンになると、今度いろんな人が助力を申し出てくれる。使ってもらって、向こうも事業にしたいということになりますからね。そういうメリットは非常にあるし、それから、この分野は全くの素人だったんですが、いろんな先生と知り合いになれたというのはありがたいことですね。

<和田プロジェクトから大きな収穫があったということですね。>

【神原】 そうですね。やっぱり1つの大きいことですね。このDNAシーケンサー開発、二十数年にわたってやってきた中で、和田プロジェクトに入ったということは、1つの大きい出来事だと思います。<和田プロジェクトで開発されたそのレーザーを側面入射してやるというアイデアですけれども、どのようにして思いつかれたんですか。>

【神原】 いろんなことを考えるんですね。まず、プロジェクトに入るということになったら、じゃ、特許の問題があるから、まず入る前に特許を全部出しちゃおうとかね。

<ああ、なるほど。>

【神原】 民間ですから、そういうのは当然やるわけです。いろんなアイデアを出して、その中の1つに側面からやったらどうだろうなんていうのを考えたことがあったんです。人手もない中で装置を完成するには一番楽だし、いい方法だからというので、実際に実験する人に検討してもらったんです。ただ、最初はあまりうまくいきませんよね。

<そうなんですか。>

【神原】 大体最初はうまくいかないんです。それで実際自分で、ガラスからはがれたゲルの板にレーザーを照射すると、きれいに光が入っていくんですよ。分離用のゲル板には何で行かないんだろうと思い、ゲルの端面を見たら、こう盛り上がってレンズみたいになっちゃっている。じゃ、そこを平らにすればいいだろうなんて思って、平らにしたらうまくレーザーが入って、というような経過ですね。

<側面からこう入れるということが、新しいアイデアだったんですね。>

【神原】 はい。通常は、ある領域にレーザーを当てようとしたら、(正面から)スキャンするわけですよ。スキャンして、それとタイミングをとりながらデータをとるなんていうのは、やっぱりお金もかかりそう

だし、それから人手も要るだろう。人手はとにかくなかったですからね、2人しかいなかったんですから。レーザーを脇から入れるだけで全部泳動路を照射できれば、ラインセンサで信号を受ければ終わりですからね。そのほうがずっと楽になるから。

<そうしますと、そのアイデアが生まれたのがプロジェクトに入る前ですから、1982年ごろになるんでしょうか。>

【神原】 実際の特許を書いたのは、84年のプロジェクトが始まる直前です。ほかにもいろいろ出していると思いますよ。あと、始まった後もこういうアイデアはもともとあったんだというのを提出することも可能だったはずで、少なくとも84年内には大丈夫だったと思いますけどね。

<次に、最初のキャピラリーアレーのほうのアイデアというのはいつごろですか。>

【神原】 キャピラリーアレーというのはね、最初キャピラリーを並べただけで特許がとれないかと考えたんですよ。だけど、そのキャピラリーみたいなチューブを並べるというアイデアは84年時点で、放射性標識の検出法としてうちのメンバーの1人が特許申請したことがあります。

<もう1984年時点でキャピラリーの特許を出されていたんですか。>

【神原】 チューブゲルを使うというのがあるんだから、チューブをたくさん並べたらいいじゃないかという案に当然なります。チューブゲルでやるというのは、これはカルテックが報告したのかな。その前に特許をいろいろ調べると、そのチューブにゲルを詰めて、分離検出に用いるというような古い例がありました。たくさんサンプルを使いたいんだったら、そのチューブを並べりゃいいじゃないかということになります。ただ、当時は放射性標識と蛍光標識と両方考えていて、放射性標識だけしかクレームしてなかったんですよ。

キャピラリーアレーを考えるようになって、チューブゲルとキャピラリーというのは、ほんとうは内径などが大分違いますが似ていますから、単にキャピラリーを並べただけでは恐らく特許にはならないだろうと思いました。それで、レーザーを効率よくキャピラリーに照射していくようなことで特許にするかとか、いろいろ考えましたよね。

<考えたのは、いつごろですか。>

【神原】 キャピラリーを考えはじめたのは88年ごろで、89-90年ごろには大体アイデアが固まってきて、特許も大体そのころにいろいろ出ていると思いますね。90年まではいってないと思います。提出は91年になっているかもしれないな。

民間ですから、いかにその分野を押さえるかというのが非常に重要で、シースフローの特許というのは、むしろ後で出たんだな。かなり後で出て、その前にはどういう特許を提出したかということ、キャピラリーを並べた状態でとにかく照射するとか、あと、照射部とサンプル注入部分のキャピラリーの配列密度を違えとか、そんな特許をまず出しているんです。何でキャピラリーの配列密度を変えるようにしたかというと、キャピラリーを使うという技術の特許的に全部押さえたいと思ったからです。

キャピラリーを複数本使うというクレームが特許にならないと仮定すると、何を押さえたらいいかという話になる。そうすると、キャピラリーというのは細いチューブで、計測するときにはなるべく固まってたほうが検出しやすいですよ。1つのディテクターで一括して蛍光信号を画像で撮ることもできます。広がっていると非常に大変ですよ。なるべく、こう詰まった状態にあったほうがいいわけです。ところ

が、キャピラリーがこんなに詰まった状態だったら、1本1本にサンプルを入れるのは、なかなか大変ですね。普通サンプルボトルがこう並んでいて、そこにキャピラリーを1本ずつ入れちゃって、それでサンプルを注入するわけですよ。だから、ある程度スペースがあいてないと、サンプル1本1本に入れられないわけ。だから、サンプルを入れるところは密度が粗くて、計測部分は密度が高いほうがいいわけね。そういうクレームにしたんです。それはもう米国特許も取りましたから、キャピラリーアレーをやろうとすると、何をやろうとその特許に全部引っかります。

<それが100本ぐらいにレーザーを照射していっぺんに計測するんですね。>

【神原】 レーザーを照射して当てる。それが最初はあんまりうまくいかなかったんです。うまくいかなかったから、じゃゲルから分離されたDNA断片を抜き出して、抜き出されたDNAをレーザーで照射したわけです。でも、うまくいかなかった。じゃ、うまくいかないんだったら、水の流れをつくって、出てきたDNAをレーザーで照射できるところまで運んじゃえと言って、シースフローが生まれたわけです。

DNAをゲルから抜き出してレーザー照射し、計測するというのは、平板ゲルのときに試みてます。平板ゲルを用いたDNAシーケンサー開発の時にもっと検出感度を上げようといういろいろ苦労したんですよ。そのときに、ゲルがどうも変な光を発しているようだ。じゃ、DNAを抜き出してレーザー照射をすればうまくいくんじゃないかと思い、いろいろ実験をやっているんです。その当時は、結局、それは使われなかったんだけど、DNAを抜き出して計測した経験がありますから、キャピラリーで問題になったとき、すぐ、抜き出してみようかというふうにつながりました。過去の失敗した事例でも、一生懸命やっていると、時代が変わるとそれが生きてくることがあるわけです。失敗してもいいから、いろんな試みをやっておくんですね。それは潜在意識の中に必ず残りますから、次の局面で有効になる場合もあるわけです。

<1つ、よく言われるんですけども、そういったアイデアを出されたときに、例えばブレンストーミングとかそういう発想法なんか使われたんでしょうか。それとも論理的に詰めていられるんですか。>

【神原】 僕、集まっているいろいろなアイデアを出し合うというのは嫌いなんです。だから、大体何か考えるときは、自分の中で、かなりの期間そればかり考えていることがある。それで、考えては自分で否定して、また新しいことを考えては否定してという繰り返し。否定してというのは、考えの上で否定する場合もあるし、実験してやっぱりだめかとかと思う場合もある。

多くの場合は実験したほうがいいんですよ。実験すると、今度いろいろなことを思いつく。駄目な場合でも、実験しないとそのアイデアに何時までもこだわりますが実験すると、だめな事が分かって、それとは別の視点で新たな考えが出てきたりします。だから、視野がちょっと広がるんです。それで、こんなこともというアイデアが出てくることがあるんですね。

だから、考えてはちょっと実験するというほうが、僕は有効なような気がしている。それは失敗してもいいんですよ。失敗しても、何でというのをきちんと確認しておけばね。自分が最初に考えたのはどういう点を見逃していたから失敗したんだというのを、ちゃんとわかるような格好で終わらせておけば、次にこれは必ず役に立つんです。そののところをはっきりさせないと、経験しても後に生きないんです。何度でも同じ失敗をする。

<話は変わりますが、セラ社さんの300台のキャピラリーアレーというのも、先生が開発されたものですか。>

【神原】 ええ、うちの技術を載せたんですよ。セララをつくる前にA B Iが次世代機としてガラス板に溝を掘って泳動路として活用する方式を開発したんだけど、うまくいかなかった。そういう試みも日立で以前やって国内特許も申請してたんですよ。そのときはまだ成立するしないというのが決まっていなかったんだけど。いずれ、日立の特許が必要になるということで、向こうからコンタクトしてきたんですよ。
< A B Iさんから。 >

【神原】 A B Iのほうから日立に、ライセンスがどうのこうのという話をね。それで、いろいろ考えた上で、事業部や何かの判断もあって、とにかく共同でやったほうが、試薬の問題もあり、お互いにプラスだろうということになりました。じゃ、共同でやるんだったら、溝掘りなんかやったらだめだからとはっきり言ったんですよ。キャピラリー使ったほうがいいよと。

それはなぜかと言うと、溝掘りのシステムの場合、サンプル注入は大変で、それを測定の度にする必要がある。こんなのは大変だから実用にならないですよ。それだったら、キャピラリー方式にして、サンプル注入の時にはサンプルボトルの中にキャピラリーを入れてサンプルを注入したほうがはるかに楽なんですよね。

実用という観点からすると、溝掘りの板よりもキャピラリーのほうがずっと上だからね。彼らは大きいこんな板に溝を掘ったものに乗せて装置を開発するというので、装置もあらかじめそれでつくってたんですよ。じゃ、彼らの装置を改造して、キャピラリーが乗せられるようになるんだったら、そのほうが早いからそうしようということでできたのが最初の装置なんですよ。

最初はA B Iが装置本体をある程度つくっていたから、そこに載せるということで、A B Iがつくったわけね。いずれ日立が全部つくるという話になっていました。結局、次世代機の性能がいいものだから、次世代機を全部日立でつくって向こうに提供するということになりましたけどね。

A B Iはそれである程度プロトタイプが動くということを確認して、すぐにセララを設立したんです。これでセララをつくって大もうけしようと言って。向こうはそういう事業戦略はすごいんですよ。
< そうでしょうね。300台も入れて。 >

【神原】 300台入れて、ものすごい投資でしょう。果たしてそんなもの事業回収できるんですかって話に、日本では必ずなりますよ。でも、アメリカだと、そういうのは出資者からお金全部集めて、それが「ぱー」になったって、出資者の責任でしょうというやり方しますから、できるんですよ。そういったところと競争するということになると、日本もやり方変えないと競争には勝てない。新しいことをやろうとするときに、必ず投資回収できるかどうかで判断をしましょう。そうすると、必ず出遅れるでしょう。

< 今回の報告書でも、先生がおっしゃっていた最初に質量分析をやめて何をやるかというときに、なるべくだれもやっていないようなところで、しかも自分のポテンシャルを生かされるようなものがない、そういうような話が大変参考になっていて、私のほうの分析のほうにも参考にさせていただいていますので、非常にありがたいと思っています。 >

【神原】 そうですか。よかった。結局、その分野で研究というのも、ある意味で競争みたいのがあるからね。その部分でほんとうに競争に勝てるのかどうかというのは、1つの大きいポイントなわけですよ。だけど、それは1人しかいないと寂しいものなんですよ。ほんとうにこんなことやっていいのと。ほ

かの人から見ると、あんなばかなことやってと思われているかもしれないしね。それにまず耐えうる精神力を持つこと。それが必要な1点ですね。

多くの人は、例えば「いや、いや、私も同じことやってますよ」と言って仲間意識を持って、人と同じことをやることで安心しちゃうケースが非常に多いんですよ。だれかが、アメリカがこんなのをやっている。じゃ、私もこんなのをやりますよ。いや、向こうでもやってますよ。私もやってますよというのでね。でも、それは、ほとんどの場合、負け戦なんですよ。だって、先にやった人、特にアメリカなんかがやったら、特許も全部押さえているしね。

<だれもやっていないようなところをあえてやるのが重要ですね。>

【神原】 ええ。じゃ、次に来るものは何かというのを考えるわけですね。世界の歴史を見たって、もう絶対に滅びない国なんていうのはなかったわけだしね。技術だって、絶対に滅びない技術なんてのはないわけですよ。そうすると、どんな技術でも、今はものすごい勢いが出ていて、これはもう当分続くだろうと思われることだって、いずれ滅びるんですよ。栄枯盛衰、必ずあるんです。じゃ、その次に来るものは何なのか。それに備えれば、自分たちも必ずチャンスがあるわけですよ。そのかわり、今ここで華やかにやっている人たちから見ると、しょぼしょぼしているかもしれないけど。でも、次世代は自分たちが今度花開くんだと思ってやるような仕方をしないと、しょうがないじゃないですかね。

<ご自分のポテンシャルを考えて、向き不向きを考えておやりになるということなんですけど、どのようにして判断されるんですか。それはもう感覚ですか。>

【神原】 感覚で。これ、自分でやってほんとうに活躍できるかな、どうかということですよ。まず、だれもやってなければ、学習しながらやってもまあまあ戦えるでしょう。だけど、だれかがもう既にやって、かなりの人が入っていて、しかも自分が素人だったら、それはやれるかもしれないけど、かなり苦しい戦いになることは確かですよ。そういうときには、何かすごくおもしろいアイデアを1つ持ってて、それでやってみようというんだったら、それはまだ勝ち目があるわけです。でも、そうでなくて、何となしに入ってというんだと、その分野はある程度様子を見て、ほんとうにやれるかどうかということを考えて判断するというのもいいかもしれないけど。

でも、多くの場合、先にだれかが仕事をしたのを見てると、それが頭の中に入って、どうしても思考がそっちの方向に流れるんですよ。同じようなことを考えていっちゃうわけ。だから、研究開発するときに、文献を一生懸命読む人いますね。僕はあまりそういうの苦手だし、やらないんですよ。とにかくスタートして走って、自分で考えてみて、少し経ってから、じゃ、ほかの人はどんなことをしてるんだろうと見るわけ。そうすると、あっ、全く同じのがあったという場合もあるわけ。あっ、しまったなということもあるわけです。それから、ちょっと違うことをやってるなという場合もあります。全然ほかの人がやってないなという場合もあります。いろんなケースがある。でも、そのほうが新しいことをやる確率は高いように思っている。

それは人によって違うけど。まず、いろんなことを調べて、それからやるべきことを考えたほうが、ずっと成功する確率は高いんだと思っている方も当然おられるから、何とも言えないんだけど、僕のやり方はそういうやり方です。まず自分で走り出して、考えて、それから、ほかと違う点を強調しながら、発展する方向にどんどん、どんどんシフトしていけるかという、そういう思考法です。

<例えば、ポテンシャル的にもこのDNAの分析だったら自分に向いているなというふうなことを考えられたんですか。>

【神原】 ええ、計測技術だからね。感覚としてはそう変わらないだろうという感じ、しますよね。

<計測技術は質量分析のほうでかなりおやりになっているから。>

【神原】 物をはかるとかね、いろんな。結局、微小信号をどうはかるかという問題になりますからね。

<どうもありがとうございました。>

(注)神原秀記氏の略歴は257ページにあります。

レンズ付きフィルム「写ルンです」

日時：2004年8月6日 10:30～12:30

場所：文部科学省 M10会議室（東京都千代田区丸の内2-5-1）

話し手：元 富士写真フィルム(株) 営業第一本部

担当部長 持田光義

聞き手：文部科学省科学技術政策研究所 第2研究グループ 上席研究官 石井正道

<小学校時の理科と算数の好き嫌いはどうだったのでしょうか。>

【持田】 大好きだったですね。嫌いな課目がなかった。体育も好きだったし、国語も算数も理科も社会も何でも。6年のときには小学校の児童会の会長をやるとか、中学校も生徒会の会長をやったし、勉強は好きだった。

中学校の場合には理数系が特に好きで、英語も得意だったし嫌いなものなしということで。正直なところ、中学1年のときに図画工作が4で、2年になるとそれがやっと5になり、全部5になった。田舎ですから、そんなに自慢する事にもならないが、そこそこの成績で勉強させてもらいました。

僕の親戚はお医者さんとか薬屋さんとか、医療系の人結構多かった。そういうこともあって、自分は小さい時には医者になりたかった。医者を目指そうと思ったが、高校に入ると優秀な連中がぞろぞろいた。色々勉強していても駄目そうなので医者は無理だと思った。それで、ランク落として薬屋になろうかなと思って、薬学部を考えたがどうも薬学部も難しいと思い門戸の広い工学を狙った。

<それは高校ぐらいに工学部にしよう。>

【持田】 もちろん高校1年生返は医者になるのを希望していた。その後自分の実力がそれなりに分ってくると志望を変更せざるを得ない。高校での校内試験の成績は、当時は1番からびりまで全部名前が出ますから、自分の成績のポジションが分る。

<厳しい学校ですね。>

【持田】 学校は進学校で沼津東高校。自分の成績が学年の真ん中からちょっと前側にいるレベルでは先輩達の進学先を見ていると医学部は難しいなと自分なりに思ったりした。この成績では無理だなと思って工学部はどうかと考えた。そして、一期校は千葉大の工学部、二期校は茨城大の工学部、薬学部というので岐阜薬科大学を、私立で日大の理工学部も受験するつもりでいた。2校が建築科で1校が薬学科で1校が写真工学ということで。建築を目指そうとしたのは家を建てることに興味があったから。もう僕の頭の中では、ばらばらです。

<そうだったんですか。>

【持田】 そうです。千葉大工学部を受ける際の学科を決める時も、始めは印刷工学科に行こうと思った。叔母がたまたま受験の願書を出す時期に、家に遊びに来ていて、僕は印刷工学科と書いていたところ、「光義さん、カメラ屋になればつぶしがきくよ。会社をやめても定年後に商売出来るから、写真の方をやたらいいんじゃない」と言われて、それで写真工学に変えた。叔父が大きなカメラ屋さんをやっていたから。志望校を先生に話をしたら、「持田君、千葉大の工学部は無理だよ」と言われたので、「くそ」と思って、一生懸命頑張りましたよ。それはもう目の色を変えて。

<かえって言われてよかったですね。>

【持田】 人によってはマイナスストロークを与えられて、発奮できる人はマイナスストロークでもいいが、発奮できない人にマイナスストロークを与えると落ち込むでしょう。本当は、プラスストロークはすごく大事だと思う。僕だって、マイナスストロークのときは落ち込んでいたし、プラスストロークをもらえば頑張ったという感じの人間だったですから。

就職に関してだけでも、実は三菱製紙を受けるつもりだった。京都に研究所・工場がある。白黒印画紙はものすごく有名だった。月給が3万円ぐらいで、当時の初任給は三菱製紙の方が富士フィルムなんかより良かった。

<例えば三菱が3万円ぐらいだと、富士フィルムさんは幾らぐらい。>

【持田】 二万六、七千円かな。三菱製紙を受ける事で、学校の推薦を貰うことになっていたけれども、母親が病床で就職先は実家に近くて親父の傍にいてくれという。富士フィルムが比較的近かったので、急遽、大学の教授にお願いして志望の会社を変えて学校推薦を頂いた。

<このころの写真工学というのは、比較的新しくったですか。>

【持田】 いや、歴史はすごく古いです。東京美術学校、東京高等工芸、東京工業専門学校という流れがあって、そこに写真をやる学科があったらしいです。東京高専から分かれて千葉大学の工学部になった。

<最初はどのような仕事をされたのですか。>

【持田】 一番初めは、足柄工場というところに配属になった。今は品質管理課と言っているけれども、昔は検査課という課があってそこに配属になった。僕は研究が好きでもともと乳剤の研究をやりたくて富士フィルムに入ったのに何でこういう現業部門をやらせるのかなと思って、ある有力な部長が先輩にいてその人の所に行った。「もし研究をさせてもらえないならば、白黒乳剤の技術のことをやらせてくれ」と。僕は大学のときに白黒乳剤関係の研究をやっていました。フィルムにはゼラチンが使用されていて、そのゼラチンの影響というのを。卒論もゼラチンの挙動についてだった。その部長さんが、「持田君、これからはカラーの時代になる。今はつまらんかもしれないが、将来のことを考えてカラーの勉強をしておくように」と。「忍耐だよ、君」と言われて。その後カラーの時代になって今ではその人に感謝している。それでカラーの勉強をずうっとやったわけです。当時は富士フィルムのカラーは他社より遅れていた。僕らの大学でのカラーの実習では、オリエンタルカラー(旧オリエンタル工業)というのを良く使った。大体、カラーはサクラ(旧小西六)という時代だった。そんな背景があって入社時のカラーの仕事が嫌だったのかもしれない。結局はカラーの品質管理に携わりました。現業の品質管理と言っても、生産の管理だけではなくて、コダックとかアグファとか外国の製品がある。そういう会社の新製品の評価とかも全部やる。だから結構幅が広がった。例えばある出張者がアメリカに行って、コダックのカラー印画紙を入手してくると、その解析は僕が全部やった。

結構、仕事はおもしろかったですよ。外の風に当たる。要するに会社の中において、製造した商品がいいか悪いかを決めるだけじゃなくて、外部の商品とかを全部チェックして品質を調べる。だから、ある意味では英語の本も読まなければいけないし、商品についてくる英語のインストラクションシートというのを読んで、それを全部自分でやらなければいけない。だから現業に配属をと言われた時はショックだったけれども、仕事の内容が分ってくると面白くて、結構エンジョイさせてもらいながらやりました。

<そこに8年間ぐらいいらしたわけですね。そこで色々とうそいったご経験はされて、それで次は海外に

行かれたのですか。>

【持田】　そうです。工場勤務が7年ぐらいたった時に、当時のM部長さんに、「営業に行きたい」と言った。

<営業なのですか。>

【持田】　ええ。「営業は何処に行きたいのか」と言うから、美味しいものが好きだから、広島営業所に行かせてください。カキがあるし、桃があるし……(笑)。

<ほんとうに言ったのですか。>

【持田】　言いました。暫くして、その部長が「持田君、海外に行ってみるか？」と。海外勤務と言うと、当時すごかったです。まだ360円の時代で行く事も珍しい時代でしたから。アメリカとドイツと両方で技術者が必要だという話でした。「ビジネスの勉強をするならアメリカだし、人の勉強したりするのだったらドイツを奨めるが、どうするんだ」と。「どのくらいの期間ですか」と聞くと、「3年ぐらいだろう」と言われたのです。3年でビジネスは分らなさそうだし、ドイツに行けば色々な事が出来そうと思った。ビジネス以外の人の機敏さを知るのだったら、人種が違う色々な国に行ったほうがいいだろうなとも思ったりして、ドイツ行きに手を挙げた。3年間ぐらいで帰ってくるつもりが、結局7年10カ月ぐらいドイツに駐在した。技術指導や情報収集という仕事で、カラーフィルムとか、カラー印画紙とか、カメラとか、薬品とかその他いろいろな物を扱いました。

<向こうの外人さん相手に。>

【持田】　ええ。ヨーロッパ全域がテリトリーで相手は勿論向こうの人です。ヨーロッパ全域に出張しました。行けなかったのはポルトガルぐらいかな。

<やっぱりそのころには富士写真フィルムの技術というのは、もうトップクラスだったのですか。>

【持田】　いえいえ。まだまだビジネスをするのは大変だったです。海外事業本部長だったMさんから「持田君、カラー印画紙をヨーロッパ市場に行って売るように」と。僕が出掛けていったのは、工場でカラー印画紙の仕事をやっていたからでしょう。技術的バックボーンも無ければいけないというので。その時はまだまだコダックとかアグファという大きな会社があって、彼らにはすごい力があつた。僕らが行った頃はファーストにあるメーカーでしかないわけです。市場では、富士フィルムの「ふ」の字もない。そこで仕事をするのだから大変。

<じゃ、売るのは結構大変なのですね。>

【持田】　僕の行ったところは、イギリス人が冗談に言っているとは思うけれども、日本の日産のダットサンとソニーが知られていて、ペーパーウォールで、要するに障子ですよ。屋根が木で出来ているような所に日本人が住んでいて、何でダットサンとかソニーみたいなすごい商品ができるのだと。そんな認識ですよ。しょうがないからコペンハーゲン空港に日本を紹介した「東京」という小冊子が置いてあってそれを貰って行って、日本というのはこういう国なのだ、もうちょっと勉強してくれと。冗談にしても冗談がきつ過ぎると。そういうレベルでした。

<そうですか。>

【持田】　だから、そんな環境の中でもって、僕らはビジネスをやらなきゃいけない。僕がビジネスをやって勝ち取った一つのビジネスの例というのは、競争相手の商品、コダックの商品だろうが、アグファ

の商品だろうが何だろうが、ユーザーが困っている事を技術援助した事です。彼らが競争相手の商品を使用して故障が多くて困っているわけです。

<カラー印画紙ですか。>

【持田】 そう。コダックのカラー印画紙を使って困っている。「ミスター・モチダ、お前のところの印画紙じゃないけれども、ちょっと困っているから助けてくれないか」と。「ああ、いいよ」と言って原因の調査をする。コダックだからって彼らの技術のレベルが高い連中だけじゃなく、ただ売って歩く人しかいない場合がある。僕らは技術というバックグラウンドを持っているから、色々とノウハウを持っている。原因を調べてから、この現像液のここを調べてごらんとか、このスクイズのところには何かポイントがあるので確認しようとか、色々とサジェスチョンする。彼らはそれをやると直っちゃう。競争相手の商品でも彼は直してくれるという事で信頼を得て、それがビジネスにつながったわけです。

僕が一番きつかったのは、ある時、富士のカラー印画紙で傷がすーすーと出ちゃった。それは印画紙に光を当てる過程のプリンターと言う機械が原因で出るんです。僕は一生懸命、傷の出そうな箇所を全部サンドペーパーできれいにして、傷が出ないようにやった。そうしたら、そのマネージャーが、「そこで立って直ったかどうかの結果を見ている」と言うわけです。見ていて傷が出たらすぐに直せと。1日中やりました。椅子もないです。何もありません。昼食抜きで立ち仕事を終日やった。夜になってホテルを用意してあるから行けて、行った。犬の糞が置いてあるようなホテルですよ。それでも僕は歯を食いしばって傷が出ないための改善をやった。そしたら、僕のやってきた事について彼が認めたんでしょう。じゃ、この分だけ買ってあげようと。初めは全体の使用量の10%程度注文してくれ、その内に20%、30%、半分、最終的には全部富士のカラー印画紙になっちゃった。1年か一年半ぐらいの内に。これは技術者冥利に尽きる。その男が今度は自分の仲間のグループに向かって、「富士のカラー印画紙はいいぞ、いい技術者がいるぞ」というので、ものすごく宣伝してくれた。すごく意地悪したそのマネージャーが富士カラー印画紙の信奉者になった。

だから、僕が体を壊して日本に帰国しようとした時に、そのマネージャー達が会社に手紙を書いて、これからもイギリスに来てもらいたいからと残留運動を始めた。でも、僕は「肝臓を悪くしたので日本に帰らないと体がつぶれちゃう。勘弁してくれ」ということで彼らに了解してもらって、会社宛てに手紙を書くのは止めた。それで僕は帰国したという事もありました。

<その後、こちらの工場に戻ってこられたんですね。>

【持田】 そう。「体を壊したので工場にもう一度戻してください。工場の方が僕はいいし、折角いろいろな人と付き合ってきたから」と言って工場に戻りました。工場で品質管理の仕事をやっていると、本場で商品企画のプランナーが欲しいという事になり人選が始まった。当時のK工場長が僕を指名して、持田でどうだということ。プランナーというのは、中期商品化計画といって、5年後ぐらい先を見ながらどういう商品をつくるかというような仕事をやる。それで本社に転勤になった。

<それはすごいですね。>

【持田】 すごいのかな。お蔭様で研究所の人も良く知っているし、工場の人も知っている。営業サイドの人も知っているし、特に輸出サイドを知っているから。輸出を知っているというのは、技術屋さんでは当時は少なかった。将来は輸出が主力になるのは当然見えていますので。出来る出来ないは別として、

プランナーとしてはある意味では経歴からいったら適任だったのだらうなと思います。それで、指名されたのだらうと。

<そのときの部署はどのようなところだったのですか。>

【持田】 本社の営業技術部。この部署は、営業の技術サポートや商品企画、商品評価などをやる。商品プランナーは商品群ごとにいるわけです。僕の場合はカラー写真関係群のプランナーで、その全体を見るという事になった。

<その部署に商品企画のプランナーというのは何人ぐらいいらしたのですか。>

【持田】 10人程度です。

<その中のお一人で、そこから開発関係が始まってくるのですね。>

【持田】 そう。実際には1984年に、プランナーとして配属されそこで2年間ぐらい関連群のプランニングをしていた。例えば、どういう商品をつくるか。フィルムだと感度が100とか400があります。高感度の800を商品化した方がいいのか、400の品質が高いほうがいいのか。粒子を小さくするのがいいのか、シャープに写るのがいいのかとか、目指す方向は色々ある。それを営業部門の意見を踏まえながら研究所や工場と検討して方向を決める。他の例ではカラープリントの表面はグロッシーと言って、つやがあるのが主流だけど、昔は絹目が主流だった。その前にはマットと言うのもあった。色々な面質があって、これからはどんな面質がいいだろうとかかを検討する。それと商品化はどのような時期がいいのかなども含めて実物を作りながら検討する。つまらない、くだらないと思われた事柄も色々やりました。そうしないと、知恵が出てこない。

そういう商品企画をやっている中で、1986年だったのですが、販売部門のN部長さんが僕のところに使い捨てカメラをつくりたいと来たわけです。「持田君、やってくれないか」という話になって、「ちょっと待ってくださいよ。僕はフィルム関係のプランナーであって、メカ関係のプランナーじゃない」と言った。「メカ関係のプランをするのだったら、ご存じのように光機事業部というところがある。そこへ行かれたらいいのではないですか」と。たまたまその部長さんというのはカメラ関係の販売も経験しているからその事は知っている。僕のところに来なくなったら光機事業部の方にもプランナーがいる事を。最終的には、「でも部長、僕がやるのなら、フィルムにメカをつけるという発想でやりたい。それなら受けますよ」と言った。

<フィルムにメカをつける。>

【持田】 そう。要するにメカをつけるという事。写真を撮るという場合、カメラが主でフィルムというのが従である。カメラがあつてのフィルムではないですか。ところが僕らはフィルムを売っているのだから、フィルムがあつてそれにメカをつけるという、逆転の発想で。「そっちの方向ならやってもいいですよ」と言ったら、「おまえに任せる」と言われたのですよ。メンバーの人も「みんなおまえが知っているだろうから集めて来い」と。僕がどうして人を集められたかということ、富士フィルムには色々なワークチームと言うのがある。そうすると、僕がプランナーをやっている関係から、いろいろな部門からも逆にメンバーとして呼ばれるんです。

<呼ばれるんですか。>

【持田】 呼ばれる。だから、例えば電子カメラの将来というテーマをワークチームでやると、将来の

電子カメラ関連で、今のデジカメの品質と、銀塩フィルムとって僕らがやっているフィルムとの品質の比較で、将来どっちが勝つだろうかなんて実験を基に議論をする。その時にこちらは銀塩サイドのスペシャリストだから、持田が来れば、銀塩が優位で論陣を張るなど。向こうは向こうでデジカメの論客が来る。そうすると、ちゃんちゃんばらばらと議論が白熱する。その時にはメカをつくる人も出てくる。デジカメをつくる人も、カメラを作る人も呼べば出てくるでしょう。大体10人ぐらいのメンバーでもってワークグループをつくるから。全員でちゃんばらをやりながら最後はみんな仲間になる。

<なるほど。そういうことをしょっちゅう、いろいろ討論するわけですか。>

【持田】 そう。そのときに営業の連中も来たりしていて議論するから、どいつが仕事が出来て、どいつが出来ないかぐらいは分る。窓際にいるようなのが来ている場合もあるし、本当にばりばりの課長が来て議論する場合もある。そういう課長の方が忙しくても仕事はばりばりやる。僕だって忙しかつたけれどもワークチームには積極的に参加した。自分への刺激にもなるし。それで、僕はばりばりの課長クラスを今回の「写ルンです」のチームに来てもらいたいと指名をした。言ってみれば、お互いに忙しいけれども、このプロジェクトをやるためには、そのぐらいしなきゃだめだと。遊びでは出来ないと思った。幸いにも指名した人の上司がみんな応じてくれてよし出そうという話になった。この辺が、当時のうちの組織が柔らかいところ。昔はすごく柔だった。やわらかい組織、柔組織というのかな。だから、自分も呼ばれるけれども、自分が呼べばそこそこメンバーが揃うという会社の組織風土だったです。

<こちらに書いてあるのは、その時に、何か110のフィルムを……。>

【持田】 そう。N部長さんが来て、ワンテンフィルムが売れないと言うんです。

<110はワンテンというのですか。>

【持田】 業界用語で110フィルムの事をワンテンフィルムと言う。N部長はワンテンフィルムがちょっと売りが落ちているから、何とか持ち上げたい。だから、ワンテンフィルムを使った使い捨てカメラをつくりたいと僕の所に来た。始めはそんなこと全然知らなかったのだけれども、会社としてはその使い捨てカメラの開発を過去に2回か3回やった事があるらしい。その時にN部長さんが僕に、「過去に2度ほど使い捨てカメラをやったけれども、失敗しているからなあ」と言うのを聞いたら僕はやらなかったと思う。おそらくフィルムを売ることも含めて。というのは、経営会議やその他でもって今までボツにされているのですから、バリアが高いなど直感で分るわけです。使い捨てカメラが商品化まで到達しなかったのは後で知りました。過去の使い捨てカメラの商品化では、みんな使い捨てという思考の領域で物をつくっている事や、当時のカメラのレンズがガラスで高価だった。カメラだからというのでどうしても高級感を求め結局の所、価格も高くなっちゃう。

<そうか、カメラをつくっているから。>

【持田】 カメラにフィルムを入れようとするのはカメラ。だけど、僕はもっと気楽に、フィルムにレンズをつけようというレベルで。あとレンズの周りは、のぞくファインダーがあって、巻き上げれば良いというレベルでしか考えていないから。

<ちょっと戻らせていただきますけれども、7人ぐらいのバリバリ仕事が出来た人を集めたということですが、どういう部署ですか。>

【持田】 部署は、まず販売部門の課長、デザインの課長、生産の課長、もちろんメカの課長、私。そ

して課長の手足になって動いてくれる人が二、三人いた。そんなメンバーでスタートした。その上に販売部門の長であるN部長さんと重役さんがいてという形で。

<最初にチームをつくったときは、N部長さんぐらいまでが知っていて、他の重役さんたちはそんなに知っているわけじゃなかったのですか。>

【持田】 多少は知っていたかも。当初はN部長さんが全権を持って推進すると思っていた。感材部という部署の部長さんというは、会社の中ではナンバー1の部長さんなのです。売り上げ金額の一番多い主力のフィルムを売っていますから、ものすごく権限を持っている。重役は営業本部のT本部長という人です。僕らはまさか営業本部長まで絡んでいるという事は初めの頃は分らなかったけれども、途中から分ってくる。

ところで、N部長さんは忙しいから、会議に来なくなり僕らに任せっ放しになると同時に途中からメンバーも会議に来なくなった。僕が苦労した部分というのは、物づくりもそうだが、人をどうマネジメントするかという事に苦労があった。N部長さんが消えてしまい僕はどうしているかという、途中からだが、最終的にはT本部長に直に色々相談に行った。T本部長も関心があるから、商品が纏まり始める頃、時々会議にちょこっと顔を出し、名前のこととか、箱のデザインのこととか、いろいろ僕らにポジティブストロークを与えてくれた。

「写ルンです」が当時話題を集めてヒット商品になったという一番のポイントというのが、実は商品に対してフォローの風が吹いていたのです、世の中の。要するに使い捨てという商品がすごく受け入れられた時代だった。今でこそ使い捨てというのはいけないといわれるけれども、使い捨てラジオ、使い捨てライター、使い捨てひげそりなど、使い捨てという商品がどんどん受け入れられた時代だった。

<まずこの商品化をやる前にも、ISO1600をちょっと試みていましたよね。それが上手いかなかったと言う事だけでも、今度なぜ、ワンテンだときそうだと思われたんですか。>

【持田】 カメラというのは大体フラッシュというのがついている。1600というフィルムは超高感度フィルムで、このフィルムを使うとフラッシュなしで暗いところでも写真が撮れると思ったんです。それでフラッシュがなければコストが下がるのでレンズつきフィルムというような感覚の商品を作りたいかった。カメラじゃなくて、フラッシュなしの「写ルンです」的なものをつくりたい。当時、工場に頼んで1600のフィルムを狭い幅に切ってもらって、自分が使いたいカメラで撮影したりしていた。フィルムサイズも小さい事もあって大きな粒子がばらばらと出てきて、写真になっていない。上手いかわない。画像が、品質がオーケーしないわけ。それに結構時間を割いたのにこれではだめだと思ってあきらめた。

プランナーというのは単にデスクワークでもってプランを立てるだけでなく実は自分で実験もやるんですよ。だから自分で色々な観点からテーマ探しをする。

<その1600を対象にした試みは1年ぐらいおやりになったのですか。>

【持田】 そんなにはなかった。アイデアが纏まるまでには時間が掛かったが基本的な実験は半年ぐらい。駄目なものはすぐ分るし僕も気が短いから。結果が出てきそうとすぐに結論を出しちゃう。

<これはだめだなと。>

【持田】 これは難しいなと思いましたよ。

<それで今度はN部長さんが言うISO100のフィルムだと出来るのですか。>

【持田】 最初はISO100のフィルムでは感度が低く商品化は難しいなと思った。感度が低い上にワントンフィルムは135に比べて4分の1しか面積がない。面積で4分の1ということは同じ大きさのプリントにしようとする画質が4分の1になってしまう。悪い条件ばかりです。でもフィルムの価格はこの商品が一番安い。

<ワントンって、小さいものことですか。>

【持田】 コダックが発表したフィルムのサイズです。ワントンフィルムと言う。評価からいくと、画面が小さいだけに粒状性でやっぱりひっかかってしまう。幸いな事に足柄研究所という研究部門に僕は自由に入れたもので、そこのある部署で僕の大学の後輩からアメリカの学会で発表した一つの技術的なデータを見せてもらった。結構いいデータだった。あ、これなら新製品がうまくいくかもしれないなと思った。

それは感度と粒状性とシャープネスという3つの絡みがあってこれらは必ずトライアングルで挙動する。感度を高くすると、粒状性が悪くなるし、ISO1600の粒状性はISO400より悪いとか要するに全体のバランスです。その観点からは、新製品のISO100のフィルムならそこそこいけるなというのが僕の心に響いたわけです。これはいけるかもしれないなと思って、少しエネルギーがわいてきました。その事も含めてフィルムにレンズを付けるという発想を展開していったのです。価格にしてもワントンフィルムの販売価格から考えたら、開発商品を1,500円ぐらいで売るのはものすごくきつかった。フィルムが六、七百円で。それにメカを付けていったら、そんな価格では作れっこないと思った。そしたら、N部長が「いや、フィルムの原価はそこそこだから、持田君、やるだけやってみてくれ。あとは何とかするから」ということで。「じゃ、やってみましょうか」という話に最終的になった。

<そうですか。あと素人なりに、あれだけの安いものができるということは、シャッターはどうなっているのだろう。レンズがどうなっているのだろうと、当時、それはみんな新しいものだったんじゃないですか。>

【持田】 いや、シャッターとか絞りとかというのは写真の業界では当たり前だから、技術的には何も新しくない。

<「写ルンです」用につくったのではないんですか。>

【持田】 いいえ。開発はカメラを作る手段を利用して短期間でやらなきゃいけなかった。要するに1987年の夏に発売したかったから。

<1986年7月1日です。>

【持田】 そうですね 間違えました。夏の時期に出そうとしたから開発期間は1年ぐらいしかなかった。実はフィルムというのは品質保証がすごく難しく、品質保証で色々な検査をするのに1年ぐらいかかる。何故かという、使おうとすると紙1枚だって、ガスが出る。このガスからフィルムに影響するガスが出てくるかもしれない。ホルマリンガスとか、そういうのが出てくる。だから難しい。

ところで「写ルンです」というのは、寄せ集め技術なのです。寄せ集め技術と僕が平然と言っているのは、寄せ集め技術というのは過去に知見がある技術で、更に使用する部材は既に品質保証されている部材を使用する。

<既に品質保証されている部品を使うということですか。>

【持田】 そう。例えば、フィルムの裏側に何かの糊を使いたい場合、新規の糊を使おうとすると、それを実験しなきゃならないから時間がかかる。そこで全部フィルムに使っていた部材を利用すれば時間を掛けなくて済む。「写ルンです」を包んでいるガゼット袋も実はフィルムに使った袋を改善して使った。だから1年で出来た。もしスタート時に新規の部材でやっていたら、2年や3年は基本的にはかかったと思う。その事は僕が品質保証の仕事をやっていたと言う事が役に立っている。フィルムが求めている事柄に関して判断がついていたので短期間の開発が可能となり成功に導いたと思う。

<じゃ、シャッターもレンズも、ほかの部品もみんな既にあったもので作り上げて、あの値段の中に何とか押し込んだ。>

【持田】 材質は同じでも部品の形状は違いますよ。レンズだけはガラスレンズからプラスチックレンズにしたが、それはまだマーケットにはそんなにたくさん出ていなかった。だけど全くなかったわけじゃない。

<それは富士フィルムさんの中で……。>

【持田】 そう。子会社も含めてね。うちには富士写真光機という大きな子会社がある。今は社名をフジノンに変えているがその会社でもって富士フィルムブランドでカメラも作っている。レンズの製造の事はメカのメンバーに任せていたから僕はそんなこと知らなかったけどそこにプラスチックレンズの技術があった。

<アイデアを思いついたときの年齢・地位・部門を教えてください。>

【持田】 45歳の時で、課長、商品企画担当でした。部門は営業技術部。思いついた時は、会社で販売部長との会話中です。

<なぜ商品を開発しようと思ったのですか。>

【持田】 フィルムを利用した商品をつくりたかった。要するにフィルムを売りたいかったという事です。だって商品企画の仕事は如何にフィルムを売れるようにするかを考えるのが仕事だから。きれい事は言えない。ただ、1つあったのが、色々な人に写真を楽しんで欲しかった。当時はファミコンファンが隆盛の時代だったんです。子供がみんなピカピカピピとやっていた。このままファミコンで子供が育ってしまうと、みんな大きくなるとファミコンファンになってしまうと思った。商品企画に関して色々な所の勉強会に行ったりすると、3歳までに子供の教育をすれば、それが好きになると言うんです。

<三つ子の魂ですね。>

【持田】 そう。ピアノでも英会話でも何でも、3歳ぐらいまでにちょっと触れさせれば良いと。おもちゃ箱の中に「おもちゃのカメラ」みたいなものを入れておけば、写真好きになるとか、そういうような色々な発想も教わって。そういう意味だったら、写真の世界でも何かそういうようなものがあったらいいんじゃないのかなと。

当時は写真を撮るのはマニアやセミプロの人達で写真を撮る人のレベルが高かった。そして写真を撮る人は男の人。首につり下げて眼鏡をかけてというのが普通のスタイルだった。そうじゃなくて、一方で写真が気楽に撮れたらいいなという事で。実際には奥さん、子供、おじいさん、おばあさん。もっとも男の人も撮ってくれていいのだけれども。そういう写真に縁のなかった人に好きになってもらえればと。

だから、僕は数年後に、この「写ルンです」というのは写真の文化を広げたですね、と言われた事があ

る。それは本当にうれしかった。

<確かにそうかもしれないですね。>

【持田】 写真という狭い領域を広くした。だから、僕は写真の底辺を広げるという言葉の時々使っている。底辺という言葉遣いがいいかどうか別にして。それと写真の裾野を広げたという意味で、この「写ルンです」がすごく貢献したのだらうと思っている。多少自慢話になっちゃうかもしれない。勘弁してください。

<これは自らの提案ですよ。>

【持田】 自らの提案です。フィルムにレンズをつけるという逆転の発想です。

<この商品開発はあなたにとって、会社にとって、また社会にとってどの程度重要だと思っていましたか。会社の戦略と関連していましたか。>

【持田】 相当重要であるという認識でした。会社にとってフィルムが売れるということは最重点課題ですから。会社の戦略というのとはもかく、当時、多角化というよりもこの商品が出来る3年ぐらい前に創業60周年に丁度あたった。ともかく原点から見直そうというような話になって、マーケットに出来るだけ効果のある商品を創出し販売しようというのが全社でトップからの発令だった。その一環としてこの商品は止むに止まれず生み出したという状態でした。

<本商品の開発時、あなたの専門は何でしたか。>

【持田】 商品企画と品質管理・評価です。

<その専門と本商品開発のアイデアと関係はありますか。>

【持田】 あります。プランナーは何時でも商品開発のアイデアとリンクして行動しているから。

<他に本商品開発のアイデア発案に役立った知識やスキルがありましたら>

【持田】 質問の答えになるかどうか分からないけれども、品質管理・評価と言う観点から、品質評価の部署にいた関係上写真の品質のレベルというのは判断出来た。この商品ならマーケットが受け入れるとか、これは駄目だということは自分で判断出来るし、第三者に向かって、あるいは仲間に向かって、君の考えている品質レベルは駄目だとか、この品質だったらいいよとかを言えた。こんなばらつきのある商品を作っては駄目だとか、こんなメカで故障が起こるような商品は駄目だとか。そういう事は僕自身が品質に関する専門家ですから、みんながそれを受け入れてくれた。持田の言う事なら、全部は聞けないにしてもそこそこ聞こうかという雰囲気があったことは事実だった。

それからもう一つ、アイデア発案に役立った知識やスキルとかと別に、やっぱり折衝力というのか、これはこの回答に入らないかもしれないけれども、物づくりの難しい事というのは、人にどう動いてもらえるかということだと思う。どう協働してもらえるかが鍵だと思う。

<先ほどの7人じゃないですけども。>

【持田】 そうそう。7人をどう動かすか。先程途中で話が切れたけれども、実は会議を始めて、三回ぐらいはそこそこ来たけれども、暫くしてみんな来なくなった。N部長さんも出なくなったし、みんな来ない。僕はN部長さんのところに行った。「Nさんも来ないし、誰も来なくなった。これではプロジェクトはつぶれるかもしれませんよ。」と言ったら、N部長さんは「おまえが好きなようにやればいいよ」と僕に返してきた。

<そういう感じだったんですか。>

【持田】 そう。そうですかと。しょうがないと思って僕はメンバーのところに電話したり行ったりして。この会議は大体定時後と決めてあったのだがみんな忙しい。自分のメインの仕事を持っているわけですから。定時後と言ったって、課長だから、ほかの部長さんから、ほかの部門から仕事を頼まれれば、また部下から何か言われれば、やらなきゃいけない事が出てくる。

みんな忙しいから集まらなくなる。そこで一考した。どういう手を使ったかという、会社には「後一」という言葉があり、午後1時から集まろうと考えた。後一に集まろうとすると、お昼食べてすぐ来れる。それが成功した。

もう一つは、午後1時に集まったとしても忙しいから各テーマの実行は宿題方式にした。会議に来てはじめて考えるのをやめる。その場で考えるのではなくて、事前に検討し考えてきて、そこで発表するだけにしました。各人は各テーマの宿題を持って帰って、また自分の宿題をやってまた持ってきて、みんなに考え方を披露して、みんなでディスカッションをして、次の宿題が決まる。この方法も良かった。

<それでいって、1年でできたんですか。>

【持田】 そう。おもしろいのはエネルギーがかかった初めの頃は1週間に一度ぐらいだった。それは気合が入っているから。途中から集まらなくなる時にはもうみんなパワーダウンしている。だから会議を開いても来ない。それでこれはやばいという事になった。

<午後一になって、それでまた活気が出てきたんですか。>

【持田】 そう。ともかく会議は後一にしようと思ひ倒した。定時後となると、「定時って、何時よ」となるじゃないですか。会社の定時って、5時であったり、5時半だったり、6時だったり、人によって違う。8時が定時の人もいるし、イシイさんは10時かもしれないし。定時というのはあって無きなんです。後一ならキンコンカーンと、10分前に鳴って、それから1時から仕事となるのは決まっている訳でしょう。そういう意味では良かった。これはやらなきゃいかん事だから。やっぱり課長クラスで、自分が実権を持っているから、多少のことは融通がきく。

思ひ倒しは、「だってお前メンバーだろ。俺だけ何でこんなに悩むのよ。みんな一緒に悩んでくれよと。俺の考えだけじゃないはずだぜ。おれは企画で確かに課題というのを持っているけれども、お前だってメンバーだから、一応組織として指名されているんだよ」と。やってくれよと思ひ倒した。

<7人で集まっていた、そういうので大きかった課題というのはどういうことですか。>

【持田】 やっぱり一つは、品質を守るといふことの議論です。だからメカの人がこのぐらいでいいじゃないの。カメラってこんなものだよと言って言い合いになる。ところが僕から見ると、当時のカメラの故障はパーセントのオーダーで出る。フィルムの故障というのはPPMのオーダーでしか出ない。もっと出ないかもしれない。

フィルムというのは源流管理で、上流の原材料から品質管理してきて、工場内の各行程でオーケー、オーケーで、全てオーケーであれば出来てくる製品がオーケーと言う考え方で製造する。そんな訳で品質管理の中で源流管理という言葉は僕は使う。カメラの場合には作っても修整が効く。シャッタースピードがちょっと遅かったという場合には、シャッタースピードを直すことも出来る。フィルムというのは、NGが分ったらその時点で捨てる以外しかない。そこに物づくりに対する考え方にもすごいギャップがあ

る。

そんなバックグラウンドがあって、このプロジェクトのチーム名はL Fプロジェクトチームと名付けた。L Fプロジェクトというのはレンズ付きフィルムと言う意味で「フィルムを売るんだよ」ということをしきりに言った。要するに「使い捨てカメラをつくるんじゃない、フィルムをつくるんだよ、だから妥協は許されないんだよ」というのを僕は何時も言っていた。

<最初からL Fというふうに言っていたんですか。これは持田さんのコンセプトですね。>

【持田】 そう。レンズ付きフィルムということはメンバーの皆さんも承知している訳だが、往々にして物づくりをしている人たちというのはその事について忘れてしまいがち。だから「レンズ付きフィルムだよ」とお題目のように言っていないと、洗脳しないと、「いいじゃないの、少しまけてよ」となるわけです。メカのところで一番大きな問題だったのがシャッタースピードなんですよ。メカをつくる人が60分の1にしてほしいと言ったわけです。

<60分の1秒ということですか。>

【持田】 そう。「60分の1のほうが精度も出るし、暗いところでも良く写るから」と。「60分の1秒でつくらせてくれ」と。僕がいや、「60分の1は絶対手振れするよ。この商品は子供が使って、おじいちゃん、おばあちゃんが使うんだから、女性が使うんだから、手振れを起こすような商品を作っては駄目だ」と。彼はここだけは仲々納得しなかった。60分の1は彼にとってみれば、僕の強い要請の品質のレベルもある程度ばらつき内で保てるし、それに暗い場所もそこそこは撮れるんだから、いいんじゃないのとなる訳です。ところが僕にとってみれば、手振れというのは、ピンボケになる一つの要素だから、ぶれるから駄目と言う判断になる。そこで結論を得るためにどうしたかという、じゃ、うちの息子がいるから、うちの息子に撮らせて実験してみようという事になった。

<持田さんの息子さんですか。>

【持田】 そう。うちは男3人いるんです。一番下の子が小学校の3年ぐらいだったかな。今は30歳ぐらいになっているけど。「息子に撮らせて、もし手振れが起こっていたら、あきらめるよね」と。そのときは手づくりカメラだったかな。既存のカメラだったかちょっと忘れたけれども、息子に撮らせたんですよ。60分の1で。やっぱりぶれている。その結果を持って、メカをつくっている人に「ぶれているからやめようや」と。「分かりました、じゃ、100分の1でこれから再調整します」という事で、100分の1になった。この議論は技術的なところでの品質を守るという意味でこれは大成功なわけです。

<なるほど。>

【持田】 レンズの絞りについては、F11という言葉を使っているが、絞りの11という大きさは1メートルから無限遠までピントが合う。当時、オートフォーカスカメラが少し世の中に出始めていて、それだとピンボケになる。それはこういうように2人いるとカメラは真ん中にピントを合わせに行くから、後ろにピントが合って、前がピンボケになるわけです。オートフォーカスってオートフォーカスじゃないじゃないかという議論が当時あった。当時のオートフォーカスカメラってすごく不便な商品だった。ところが、「写ルンです」はどこを撮ってもみんなピントが合う。だから評判が良かった。絞りの関係で、F11という絞りを使うと、固定焦点でもって、ピントが合うというロジックがある。それで、シャッター速度が100分の1、絞りがF11、フィルムがISO100。そうすると、大体晴天・日中の明るさが良

く写る領域でそれ以外は画質が劣ってくる。そこで初代の箱の裏側には晴天・日中・屋外というように表記した。

<最初のもはそういう適用範囲だったんですね。>

【持田】 夏場しかこの商品は売れない。ところが、本当は曇りでもそこそこ写るんですけども、曇りというのは領域が広くて、黒い曇りから明るい曇り、色々とあります。もし曇りと表記すると、曇りと書いてあるじゃないか、写りが悪いとクレームがつく。この「写ルンです」の品質は悪くて駄目やと。ユーザーに見捨てられてしまう。

「写ルンです」というのは、リピートバイイングが必要になる訳だから、リピートしてくれなければ困る。フィルムと同じなんだから。カメラだと一度買ってくればそれでお終いだけど、フィルムは何度も買って貰わなくてはいけない。綺麗に写っていないと駄目だから、良く写る領域をはっきり明示しておこうということにした。曇りで撮ってしまって、綺麗に写ったものはマージンとして持っていようということです。例えば曇りで撮ってきれいに撮れていると、なかなか「写ルンです」って、きれいに撮れるわねと。そういう評判を呼べればそれで善しと言った所です。この商品はなかなかいいわよという話になって、プラスのストローク、プラスのほうへ絶えず寄っていく。それがよかったです。

そうは言ってもISO100のワテンフィルムを使うと画質に限界があるからという事から、2代目はまず1つは曇天や暗い所も撮れるように感度をISO400と高めた。フィルムの画質をもっと良くしたいからというので4倍面積4倍の135にして、値段は1,000円で売ろうというわけです。それで売り出した。初代が1,380円であったのに今度は感度が4倍でフィルムの面積が4倍と大きくなって、1,000円で売ろうというのからすごい冒険だった。これはトップポリシーだった。

<初代なんですけれども、先ほどのシャッターのところが一番大きな課題だったんですか。>

【持田】 そうね。一番大きいのはシャッター。もう一つは、落としても壊れないということ。当時カメラというのは落とせば壊れるのが常識の世界。写真機の規格というのはそれでオーケーになっているから。ところが「写ルンです」というのは手軽さがあるので、結構投げたりする。相当乱暴に扱われるから対ショックを強くしようという事もやった。そういう試験を特別にして、壊れたらその部品は駄目、もうちょっと部品を強いものにしてとか、そういうような事を検討・実行した。

<世界で初めてなんですよ。だから、だれも使ったことがないから、普通、不確実なものって、ぼろくそに言う人がいっぱい出てくるんですね。誰かが助けてくれたんですか。>

【持田】 T 常務さん。この人がすごくいい役割をしていて、良く覚えているのは、メンバーが集まって、幾つも名前を出して最終的に「写るんです」でいこうという事になり僕が常務のデスクに行ったんです。「ネーミングを「写るんです」にしようと思いますけど」と言うと、「でも何かちょっと面白くないな「写るんです」の「るん」を片仮名したらどうだい」と言ったのです。当時、ルンルン気分の「ルン」というのがはっていたので。だから最終的な名付けは常務の発想なんです。

<なるほど。じゃ、名前はそうやって決まったと。>

【持田】 そう。常務が時々僕らの会議に来る。ちょこっと顔を出す。デザインについても、僕はピコというかわいいデザインを女の子、子供用に、フォトジャックというデザインを男性用・メカ好き用にと2種類を用意していた。それで、しめしめ出来たと思いました。その時に常務さんが会議室に入ってきた

た。それで「何をやっているんだ」と言うから、「今日はデザイン関係をやっています。いいのができたでしょう」なんて、こっちは自信满满だったわけ。「君らは何を売るんだい?」「フィルムを売るんですよ」「そうだよな、フィルムを売るのでこのチームをやっているんだよな。その割にはフィルムのデザインがないね」という投げ掛けをして来た。ガーンと頭に来まして、その時にしまったー、やられたーと思って、すぐデザインの課長に「これはまずかったな。フィルムを売るのにフィルムのデザインが無いのはまずい。すぐやろうよ」と言って、フィルムと全く同じデザインのものを追加したんです。

<フィルムと同じデザインにしたんですね。>

【持田】 そう。フィルムを売るんだから、箱もフィルムと同じ直方体でなければいけないとなる。カメラを売るのではないんだから。だからフィルムと全く同じ箱のデザインにした。そこにちょっとあるけれども、このデザインですよ。これはフィルムのデザインと全く同じ。そうすると、フィルムのデザインが一番売れた。なぜ売れたかという、フィルムの信用はうちにはあるからフィルムのデザインを信用して買ってくれたのだと思う。

<そうですね。富士フィルムのフィルムですからね。>

【持田】 そう。グリーンフィルムならば大丈夫だろうと思って買ってくれているんじゃないでしょうか。

<そうか。カメラとして売っちゃったらわからないけれども、フィルムとしてなら信用ありますよね。>

【持田】 初めは、3種類のデザインで売りました。フィルムと同じデザインとフォトジャックとピコという3つのデザインのものを。さっきも言ったようにフィルムのデザインのものが結局が一番売れた。

<開発のプロセスでの承認についてなんですけれども。>

【持田】 事前に書類を作って承認を受けるような事は無い。まずは、やってみなはれの精神で、基本的な実験は部門の経費で夫々の部門がやっている。だからプロジェクトができたから、プロジェクトが経費を管理してそこからくださいと言ってやるわけでもない。例えばメカの人たちはメカ部門がある程度の開発予算を持っているから試作品を作る時にはその中で融通する。僕だって、プリントはただでは作れない。その時は自分の持っている予算の中から出すという。

それで、ご存じのように金額として一番ポイントになるのがプラスチック成型品ですから、金型をつくらなきゃならない。その時に、N部長さんとT常務さんが社長のところに行って、こういうものを作って、こういうふうにしたいということで説明しました。もちろんデザインとかネーミングが決まる前に事前にやる。何千万もかからないと思うけれども、当然お金がかかる。金型さえできれば、あとは部品の組み立てだけだから、組み立ては子会社を使って人海戦術でやる。初代の「写ルンです」は、人海戦術、全部手づくりなんです。大したものですよ。手づくり。だから1,380円で売らざるを得ない。

ちょっと話が変わりますが、2代目はメカを組み立てるのを自動化したんです。だから原価を下げれて1,000円で売れた。初代は手づくり。2代目は量産方式。初代の時の人海戦術はすごかったですよ。僕がある所の工場に行くと、もうわーっと女性の方が大勢いて一生懸命つくっている。包装だって、機械でやるわけじゃない、初めのころはみんな手で袋にこうやって入れている。その後、その工場に仕事で行くと、その社長さんといつもその話になって、「あの時はすごかったね、持田さん」、「そうですね」なんて。

<初期投資が数百万。だから、それが一番大きな投資で、あとは手作業で、いわば経費でできたわけで、うまくリスク回避ですね。初期投資があまりにも大き過ぎると大変ですからね。>

【持田】 だって、イシイさん、「写ルンです」は売れないと思った人がいたんだから。

<それを聞いたかったんです。売れると思っていた人が少なかったんじゃないんですか。>

【持田】 そう。特にフィルムを研究したり、生産をしている人達というのは、故障がない商品を作ることを目指している。だから、「こんな商品をつくっちゃって大丈夫か」とか、「会社の名を汚すような商品になる」とか、「故障でも起こったらどうするんだ」というのがあった。この気持ちは自分もフィルムに携わっていたから良く分る。というのはカメラって、当時、結構故障があった。そのカメラについての故障の感覚が彼らにあるとすると、当然この商品も故障は起こるだろうと思われる。メカというのは1%とか、コンマ何ぼとか別にして、故障があって当たり前のも。どんな製品でも故障はつきもの。そういうものなんです製造というのは。フィルム関連の人は長い間無故障を目指して品質を築いてきたから、考え方が違う。そういう中に「写ルンです」みたいなものを売ろうとしているわけだから、彼らから見れば、すごい冒険をするなという事になる。

<最初、「写ルンです」で社内からもさっきおっしゃったように、批判があって、売れると思っている人もいた時に、それを売る時に社内的にだれかがサポートしないとイケないと思うんだけど、さっき言った常務さんがされたんですか。>

【持田】 そう。でもやっぱり最後は社長が決断した。もちろんT常務さんなり、N部長さんも一緒にいて、こういう商品で作ろうと決めたとする。「これで進めて失敗するなよ、おまえらは2度ほど使い捨てカメラで失敗しているんだから、今度3度目になるぞ」くらいは社長から多分言われたとは思う。多分ハッパをかけられたと思うんです。当然だね。僕が社長でもそう言うから。金がかかるのだから。数百万のお金は会社にとっても大きいし、それ以外にも最終的には設備をつくることになるだろうから。

<そうですね。富士写真の名前を使って売るんですからね。>

【持田】 そう。故障でも起こったら大変なことになる。実際の話、万が一売れなくてもN部長さんがフィルムの景品にでも使ってくれるかなとも思ったもの。発売時には売れてほしいとは思ってはいましたよ。一生懸命やってきたんだし、自分が精魂込めて投入した商品だから。売れないなんていうことは許されるはずはないのだけれども、万が一の逃げ場というのも考えた。この人は販売部門の長だから、フィルム100本買ってくれた人に「写ルンです」を景品にくれても、そこそこ掃けるかなと思った。だからこの商品の発売量は少なくともいいかなと考えたんです。生産しなければいいんだろう、止めちゃえばいいんだから。そうしたら、最小限の設備投資で、最小限のコストで済む。

マーケットサーベイ用の商品としての位置付けでもいいんです。ところがマーケットサーベイの役割も上手く行き、売れるということが分ったから、2代目を作ろうと言うことになった。こういう商品で売れると分ると普通だったら3年ぐらい続けて売る。でも更に高級で格安な商品を1年後には出しました。

<それはすごいですね。>

【持田】 次の2代目は135のフィルムを使って1年後に出すと決めて、それでみんな取り掛かろうと言って、ワッとまたエネルギーが出てきた。一代目の時に色々と苦労しているから、ワンテンから135サイズに変えるときの問題点を抽出されていれば、どうにかなるかなと思った。シャッタースピー

ドも全く同じで、レンズも同じ形であればいいし、フィルムは高感度になるわけだから、暗いところは撮れるようになる。画質は良くなるし、撮影で失敗する比率が少なくなる。箱だったって、紙でしょう。四角い箱から丸い箱に変えるのではなくて、四角い箱は四角で全く同じです。二代目を作る時は初代との変化点をじっくり検討した。二代目で大きく変わるのには生産技術でした。故障を最低限のレベルで生産するために大変だったのは生産技術です。僕は生産技術部門は良く頑張ったなと思います。

<なるほどね。量産化できるようにしたわけですね。>

【持田】 量産化でも品質を守る。品質を守らなきゃしょうがないから、守るという意味はみんなが品質確保に向けてがむしゃらにやる、そういう事ですよ。

<本商品開発を行う前に商品開発の経験がありましたか。>

【持田】 あります。一世代前のポストカードというのがあって、今はポストカードというのは写真を張りつけているのだけれども、当時は乳剤を塗布をしてやるようなことを考えた失敗した。それからやっぱり布に乳剤を塗って布の上に本物の写真をつくらうと。今は簡単にできますけれども、当時は全く難しくそれに公害の問題もあったりしてそれで駄目だった。傷の付かないカラープリントなども手掛け商品化の最終段階まで到達したが失敗した。

<その経験が、今回の開発に役立ちましたか。>

【持田】 品質の劣るものや使い勝手が悪いものは上手く行かない。とにかく悪い品質のものは市場で受け入れられない。品質第一主義だということですね。

<その他の経験でアイデアの発想に役立った経験がありますか。>

【持田】 実験結果の積み重ね。要するに実験をたくさんやることで、商品ができると自分は思っています。だからISO1600の実験とかでも、シャッタースピードを変えてみたり、絞りを変えてみたり、いろいろ実験をやる。ワntenカメラの中にだって、すごくいいカメラがあって、絞りを換えられたり、シャッター速度を変えられるようなカメラがあった。そういうものでもって色々実験をやるわけです。

<なるほど。>

【持田】 そうそう。データを探し求めながらやることもできた。

<これは持田さんが技術者だからできたんでしょうね。>

【持田】 そうかもしれない。その部分はね。事実、前に言った事だけれども、研究所にいた僕の先輩が学会の発表に行く時に、そのデータ - をじっくり見たりしたことがあったりして、そういう事実、データというのをよく読むことや、色々な面に関心を持ってやるということが自分にはあるのかなと思った。実験はもともと嫌いではなかったから、学校でも大学でもピーカーを洗うのは一番きれいだった。今でも変な話、台所のお皿はうちで僕が洗う。

<え？ 偉い。>

【持田】 食事が終わった後は全部食器を僕が洗う。きれいでないと気が済まないから。神経質だから。(笑) そうなんです。

<アイデアの発想に役立った方法などがありますか。>

【持田】 アイデア発想じゃないけれども、とにかく最後までやらなきゃいけないという執念みたいなもの。それからやっぱり相手を信頼するとか、信頼されるというところがあるのかなあと僕は思ってい

ます。これは答えになっていないかもしれませんが。それからアイデア発想ではブレインストーミングは色々な事で使います。商品企画の際に営業の第一線の人たちに、各営業所から来てもらって、ブレインストーミングで、どんな商品をつくろうかなんて僕が主催してやったこともあるし。でも初代の商品では使っていません。

<「写ルンです」のときは使わなかった。>

【持田】 「写ルンです」はいかに早く、いかに良いものをというか、安定したものをつくるかであって、ブレインストーミングもKJ法も必要なかった。アイデアというのはレンズ付きフィルムをつくるということで決めてありますから。

<そうですね。まさにさっきからおっしゃっているように、そこですべての方針が全部決まっているんですね。>

【持田】 そう。そこで決めてある。だから「写ルンです」を開発した人はだれというときに、だれも「おれ」と言わない。結局、「写ルンです」は持田というのが逆転の発想で生み出し皆で作ったもの。物づくりは1人で出来るとは思わないが、そういう逆転の発想をしたのは自分だと思っているし周りもそう思っている。ただメカを作ったのはおれだと言うかもしれないし、デザインを作ったのはおれだと言っても構わんけれども、「写ルンです」をつくったのは誰れかと言うと、手を挙げられないんです、誰も。

<その他に役立ったスキル、経験、考え方はありますか。>

【持田】 これは色々あるけれども、品質保証の考え方、写真の品質の許容レベルの判断、頭を下げてでも課題を実行する。これは僕はスキルと思っているのだけど、(笑)僕は商人の環境で育ってきたから、頭を下げるのは苦痛じゃない。

<それは影響していますか。商人の息子さんというのは。>

【持田】 絶対影響しています。僕が教わったのは、「1円のお客様でもお客様、1万円のお客様でも同じお客様である。1万円を買ってくれるお客様には深々頭を下げて、1円の人には深々と下げないのはいけないよ」と。「1円でも1万円でも同じ様に頭を下げなさい」と。物を買ってくれるということに対して、同じなんだから下げなさいと言うことでしょう。そういう教育を僕は小さい時から家族から受けているのです。

「ありがとうございました」、「おはようございます」という挨拶の仕方を父親、母親から受けています。頭は軽くて、こうやって下げると言うことは、やっぱり人間にとってもものすごい大事なことです。相手も心地良いでしょう。「お願いします」と言われれば、「やれ」と言われるよりもやる気は起ると思う。

<だから、今回のプロジェクト形式で人を集めたりするということにはすごく有効だったんですね。>

【持田】 そう思いますよ。「業務命令だからやれ」と、時には言いましたよ。逆に、「やってくれよ」、「お願いするよ」とも言った。「頼むよな。おまえがいないと仕事が進まないんだから」と言って、肩をぼんとたたくと、それでもって彼自身が持田がああ言っているから、やってみるかという気持ちになってくれるかもしれない。そうじゃないかもしれないけど、ともかくそういうことでもって、お願いはしました。

<テーマの決定はどの程度自由でしたか。>

【持田】 全く自由だった。僕は商品企画だから、商品企画というのは自由にやらせてもらえた。だから工場にも研究所にも入れたし、研究者に向かって、「何かいいものないか」とか、僕が考えて、例えば「明

室で光が当たっても光に対してかぶらない印画紙を作ってくれない」とか、彼らはちゃんと実験をやってくれた。

<それはすごいですね。>

【持田】 うん。そういう実験をやって、「持田さん、いろいろやったけど、こういう理由で出来ませんでした」とか、データをみんな見せてくれて、いや、やっぱりだめだったかなと。この話は、感光材料って光が当たったら本当はかぶるんだけど、光が当たってもかぶらないような仕組みの商品をカラー感材で作ろうとした。印刷感材にはそういうものがあったから。そういう意味ではカラー感材だって出来ないはずがないだろうと思った。それで研究所に飛び込んで行って、ぜひこんなのをつくらないと話しかけました。他には、インスタント写真で、富士フィルムではフォトラマという商品があるけれども、昔は表面が絹目とか、ぼこぼこしているのが一番多かった。それで「グロッシーというのを作って貰いたい」と提案した。サンプルを自分で持って行って、こういうようにテカテカなものを絹目の上に当てると、すごくきれいに、シャープに見えるし色も鮮やかに出てくる。「製品が一種類増えるけど、やってくれませんか」と言って、やってもらった。これは商品化に成功した。自分のアイデアを多面的に物づくりサイドから年中考えているんです。

<そういうふうにならなくて、大変な仕事ですね。自由だけど、とにかく自分で全部考えるわけですね。>

【持田】 そう。営業技術部に異動した当時は、半年に一度社長まで報告する中期商品化計画を作る仕事があった。3年ぐらい経ってから、1年に一度になったのだけど、半年に一度の時はきつかった。だって、必ず1~2テーマ、新しいテーマを考えなきゃいけないですから。そういう意味では大変だった。だから、ISO1600の実験で失敗した時に、ちょうどN部長さんが来たから良かったんです。あの時、ISO1600の実験をやっている最中でまだ僕の実験結果が出ていなかったら、多分話さえも受けなかったと思う。ISO1600がうまくいかなくて困っていて、次に何をやるかというタイミングで、N部長さんが「どう?」という話があって、使い捨てカメラという話から、でもおれがやっているのは、使い捨てカメラではないじゃないか。おれはISO1600のフィルムにレンズをつけてやっていこうかと思っているわけです。

そういう、タイミング、時の運もあるのよ。商品開発というのは、時の運とフォローの風が吹いていることが大切です。幾ら頑張ったって、どんなに死に物狂いにやったって、商品が世の中に出るときに、上手くいかない場合がある。僕なんて10年以上も「写ルンです」をずっとやっているでしょう。途中からものすごく多くの種類の商品を投入している。でも売上が予定より伸びていかない。初めの5年間ぐらいはどんどん伸びていったけど。

<「写ルンです」が。>

【持田】 倍々ゲームどころじゃないぐらい伸びる。ところがあるところに来ると幾ら新製品を投入したって、限界が出てくる。もちろん少しは販売量は上がっていくけども。売上を伸ばす努力はするがそれが仲々難しい。

別の観点からは、商品を発売するにはとにかくいいタイミング、フォローの風が吹いている事が大切と言ったが、プランナーは会社が考える風を余り意識ない方がいいと思う。社会のフォローの風が吹いてい

ないと駄目だと感じる。会社が考える風を主体に考えないで、むしろ社会がその状態にあるかどうかというのを上手く把握出来るかどうか、そのほうが大事だと思う。特にこういうコンシューマー商品というのがそうかな。もちろん、商品アイデアそのものが出て来ないとしようがないけどね。

<上司との信頼関係はどの程度でしたか。>

【持田】自分の直属上司は無関心だった。企画担当当時の僕は課長でしょう。だから営業技術部長というのがあるわけです。でも常務に報告、相談に行った。決裁が早いから。

<この上の直属の営業部長って、レンズ付きフィルムに興味はなかったんですか。>

【持田】全然関心がない。僕だって、そこそこの権限を持っていたから、持田にやらせておけばいいだろうと、口を出さないよね。僕はどっちかというところ、この人のところに行かないで常務に報告した。常務と技術部長の二人の間では話がついていて、全部おれがやるかお前は色々口出すなど、常務がくぎを刺していたのかもしれない。

<商品開発成功後の処遇について満足していますか。>

【持田】満足していない。特にないから。皆さんからボーナスをたくさん貰ったでしょうとか言われるけど、何も特別にもらった記憶がない。もちろん処遇はしてほしかったです。

僕は「写ルンです」で部長になれたと思っていない。一時富士宮工場に行ったんです。その工場では億近いコストダウンを生産ラインで考えて遂行した。

その頃「写ルンです」がだんだんうまくいかなかったようで、もう一度持田に「写ルンです」をやらせようということで、本社の営業第1本部の「写ルンです」担当部長として戻った。それでまた「写ルンです」作りに関わった。

<それで最後、退職なさるまで、「写ルンです」をずっとおやりになっていたんですか。>

【持田】 やっていた。営業本部にずっといて、ある時期に重役さんが今度変わるの、営業技術部で「写ルンです」を全部面倒見るというので、古巣の営業技術部で「写ルンです」を担当していた。本当は、役職定年というのがあって、57才になると従来の仕事から離れなきゃいけない。けれども、そのままやるようにと言う事になった。「写ルンです」は自分の子供みたいなものだから、最後までやるかと思って、定年までやった。

<組織環境はいかがでしたか。>

【持田】 組織的には自由闊達に進められる組織風土がある。それから垣根を越えた横の連携のよい組織でもある。これは自分でも感心しますね。僕が富士宮工場にいた時もそうだったが、ほんとうに自由ですよ。柔らかい。すごく柔らかい組織だね。バリアがない。でも今は知りません。何度も今は知りませんと言っているのは、どうも最近保守的になっているのではないかと思うからです。こういう商品企画とか開発をするのに自由度もなくなって、どの会社でも売れると確信できないとなかなか前に進めない時代に入っているでしょう。

<今、成果主義ですからね。>

【持田】 そうそう。うまくいかなきゃ、給料が下げられちゃうような状態だから……。

<商品開発はやってみないとわからないのが多いですよ。>

【持田】 そう。昔は松下幸之助さんの「やってみなはれ」から、その流れがずっとある。当時はどこ

の講習会に行ったって、「やってみなはれ」ですから。皆さん、多少抵抗があってもやってください。僕らが若い時の講習会はそういう感じだった。やってみなきゃわからない。やったから出来たからね。だから、そういう意味では、今は経営がきつくなっているでしょう。人減らしもしているから、お金も自由に各部門が持てるじゃなくて、こんなプロジェクトをやるって、一々書面をつくって、何々をやりますけど、お金を幾ら用意してくださいとか、お金をくださいとかって、やらなきゃいけないかもしれません。当時は良かった。

<すごい良い環境だったんですね。>

【持田】　そうです。環境がよかったですよ。やっぱり僕の直属の上司は無関心でいてくれたのがむしろ良くて、ちょこちょこ口を出されちゃうと、僕もやりにくくなる。そんなに言うのだったら、あんた自分でおやりなさいと僕は言っちゃうから。

<無関心だったからよかったというところはほんとうに皮肉ですけど、でも、実際にそうなのですかね。>

【持田】　うん、僕を自由に泳がせたというのがやっぱり良かったのではない。あるいはその無関心というのは、根っこから無関心だったかもしれない。彼もやることはたくさんあるからね。僕よりも幅の広いことをやっているし、部長だから課長を十何人も抱えて僕だけ面倒を見るわけにいかないから。そういう意味ではこいつにやらせておけばいいやと思ったんじゃないの。だからこっちもいいですねと、報告もしなかったということです。組織風土は良かったです。

<特許についてなんですが。>

【持田】　初代はとっていない。他社もこのマーケットが売れるかなと懐疑的だった。コダックは最初売れると思っていなかった。そういう記事も英語で出ていました。このマーケットはないと思っていたのでしょう。だから、コダックはやらないとレポートしていた。

<富士が発売した後に。>

【持田】　うん、「写ルンです」を出したけれども、やらないと書いてあった。だけど、1年後ぐらいにコニカが出してきた。彼らは使い捨てカメラ感覚で、コダックもスルーアウェイ・カメラ/使い捨てカメラで。2つともカメラ感覚で1年後に出してきた。2代目の時期にコニカは135サイズで、コダックは初代と似たようなのを出してきた。ちょっとストーリーが複雑だけど、コダックの初代はワンテンサイズでした。

<これで、富士写真フィルムさんの「写ルンです」が世界で初めてだということが明確になるんですね。>

【持田】　そうです。それで2代目で多くの特許を取った。そこにある最初の書類は全体を包括したものの。だから、商品の考え方、メカから生産まで全部入っている。この特許は僕が筆頭で名前が書いてある。

それから二つめの書類の特許は実用新案で登録している。この特許は僕の個人名で2代目関連の特許。あくどい会社があって、「写ルンです」の使用済み品を中国に持って行って、中国で他社のフィルムを詰めたものがアメリカで大量に売られたんです。当時当社がITCに提訴した。

<そんなことがあったんですか。>

【持田】　特許係争では、僕はアメリカに行ってきましたけれども、向こうで裁判所というか、ヒアリ

ングする場所で相手と色々とディベートして、その時に、これらの特許が有効に活用され特許係争で勝利した。結局、富士フィルムが全部勝ちました。

<世界でも初めてというのはすごいですね。>

【持田】 そういう意味では、アメリカの大学生が「写ルンです」を卒業論文のテーマとして取り上げたんです。それで会社宛てにレポートをつくったので内容の確認を求めて来た。「写ルンです」が世界で一番初めだということで関心があったようです。最後には卒業レポートみたいなものをまとめて、それを本にして送ってきた。

<独創的な商品開発を担う研究者・技術者はどのような能力が必要だと思いますか。>

【持田】 僕は何でも関心を持つことだと思っている。要するに関心を持たない限り物は生まれにくいから。この関連では僕はごみの話を良くする。

これは会社で新入社員の教育でも使っている話だけれども、この前、たまたま息子が家に帰ってきて、その話をしたんです。[ここにごみが落っこちている。ごみに気づかないで行った人と、気づいたけど拾わなかった人、どっちが悪いと思うか?]という内容です。そしたら、息子は「気づいたくせに拾わないで行った人が悪い」と言う。僕は「や、そうじゃない。気づくということが大事であって、気づいた人は帰りに拾って捨てるかもしれない。気づかないというのはそのまま行っちゃう人だから、もっと悪いかもしれない」と。要するに気づいてくれている、何時でも対応ができるということの話をしたのです。そしたら、「息子がそうだね、気づくことが大事だね」と。だから、気づくということや関心を持つということがすごく大事であって、関心を持たないで素通りしてそのまま行っちゃうと、目の前の幸せだって全部消えていく。だけれども、気づいて一生懸命努力すれば幸せということになる。

僕はN部長さんという人が僕の所に来た時に、断れば断られたと思う。けれども、ちょっとレンズ付きフィルムのようなものを考えてみようかなと思って、関心を持ったということが良かったと思う。先程も言ったけれども、断れば断れたし、忙しかったら多分断ったでしょう。そういう意味ではひょっと関心を持つということがいいんじゃないのかなと思う。

<独創的な商品開発を担う研究者・技術者はどのようにしたら育成できると思いますか。>

【持田】 ともかく仕掛けをする人が本人に合った場面をたくさんつくることだと思う。

<場面というのは商品開発のですか。>

【持田】 何でも良いから物事に対して本人に合った場面を提供する。これは悪い例の話だけれども、たまたま小学校の先生が直列とか並列とか、色々な事をやるテスターを持ってきて実験をやってくれた。物理のことを教えようと思ってやってくれたのだけれども、僕は全然関心がなく難しいという感覚だけが残ってしまった。本人に合わない場面をいくら提供してもどうかとも思う。本人に合ったという点がミソ。仲々難しいことだが本人に適合した場面作りが教育には必要だと思う。別の考えでは場面作りは何でもありで本人自身が自分の適正を見出させる方が良いのかも知れない。

<多くのことを経験させるということですか。>

【持田】 そう。適正を見出すことを含めてね。話が変わってしまうが、たまたま入社した時に、乳剤研究をやりたかったんだけど、ある人が評価をやっていたほうがいいよと薦められた。君の職場もいいよと言ったことで自分が変わっていく訳でしょう。だから人の言葉、考え方というのがものすごく左右

する。お前は千葉大に入れないと人々の言葉もそうだったし、人の言葉というのはものすごいと思う。その後のその人の行動に影響すると思う。

< 独創的な商品開発のために研究者や技術者の能力を最大に引き出すようなマネジメントとか組織環境がよいと思いますか。 >

【持田】 これはさっき言った好きなことをやらせるだけの経営、組織、度量の広さ、深さしかないと思う。その見極めはだれがするか、できるか。できない人が判断して、ノーと言ってしまうとそれをやりたい人たちにとってそれは悲惨ですね。会社にとって判断を間違えないで、好きなことをやらせるだけの経営基盤を持っていて、組織の度量もあって、広さとかが深さがありさえすれば、「写ルンです」のようなものは出来るのではないのかなと思います。

それからもう一つは、プラスストロークをかもし出すことができるマネージャー。ネーミングのことや、デザインのことを含めて、「君、だめだよ、あれだめだよ」と言ってつぶされたら「写ルンです」は陽の目を見なかった。上役というのは、みんなどっちかという駄目から入る。それはネガティブストロークなんです。従来の考え方で保守的にやっていたらそのほうが楽だから。「君が言ったこと分らん」と言って、ぼーんとけてしまったら、一生懸命つくった書類もボツになる。でも、どれどれ、ちょっと聞いてみようかと聞いてあげて、「でもな、君、こうだと思うよ」とか、「こんなふうに考えたらどうかな」と、プラスストロークがあったら、その本人もものすごく伸びると思う。僕が会社時代は、途中まではネガティブストロークが出たけれども、「写ルンです」で成功してから、全部プラスストロークでやることに努力しましたよ。もちろんネガティブストロークもあったかもしれないけれども、プラスストロークでやる努力は意識してでもやりました。それは人を育成するときに大事なことだなと思う。

< 追加で幾つか質問させていただきます。大学で学んだ写真工学は先ほどの話ですと、やっぱり会社に入ってから、かなり影響、役に立っていますか。 >

【持田】 写真工学科を出ているということによって、写真の会社に入ったということは、人より一歩先に行っているなという気持ちはありました。最近では化学屋さんがぞろぞろ入ってきて、化学という領域から入社するけれども、やっぱり僕らの時代は写真の技術を知っている、写真のことを知っているということは、色々なカメラや写真に関する装置を操作することも含めて、大学でみんなやるわけですから。それはアドバンテージがあるなというも思っていました。

< 最初に出したときと、継続してやっているときと、求められる能力というのは違いますかね。 >

【持田】 常に関心を持って物事に対処するという観点では何も変わらないと思う。「写ルンです」の初期というのは産む苦しさ。その後は発想を高めて商品を続けて作る苦しさがずっと続いた。僕が定年になる頃ノイローゼのようなったというのも、やっぱりそれは常に物を出さなきゃいけないとのプレッシャーが常にあったから。

< そういうことがあったんですか。 >

【持田】 ありますよ、それは。

< すみません、どうも。持田さんにしては考えられないですけど。 >

【持田】 僕はだって、定年でやめているのはそれなりに理由があるわけです。体力的にも精神的にも、もう追いつかない。小田原から毎日通って、新しいものが何故出来ないんだとプレッシャーをかけられ

たって、そこにある知恵は決まっているんだから、幾ら考えたってもう出てこないね。限界が出てくる。その時に自分という者が一生懸命ここまでやってもなぜ出てこないのかと考え込んでしまう。

< 苦労されたんですね。ほかの人のも聞いているんですけども、やっぱり最初にやるのも大変なんだけれども、継続してやるのもすごい大変だという話がある。 >

【持田】 そう。続けるというのが大変。無い知恵を10年以上も絞るんだから。僕は良く言うんだけど、ヒット商品はだれでもある程度は出来る。でもロングセラーの商品をつくるのは大変。ロングセラー商品を作るには基盤となる商品コンセプトがしっかりしていないと崩れてしまうから。「写ルンです」ではフィルムを売るというコンセプトと品質に対してのこだわりがそこにある。

2年前、12CHのWBSのお正月番組の「名品礼賛」と言うコーナーで「写ルンです」が取り上げられた。その時ロングセラーという言葉を使ってくれたんです。とても嬉しかったです。

< どうもありがとうございました。 >

持田光義（もちだ みつよし）氏 略歴

生年月日	1940年9月		
出身地	静岡県		
学歴	卒業年月	学校名	
	1959年3月 1963年3月	県立沼津東高校卒業 千葉大学工学部写真工学科卒業	
職歴	年月	組織名	ポジション
	1963年4月	富士写真フィルム(株)入社 足柄工場	
	1971年7月	本社輸出部 デュセルドルフ支店	主任
	1979年4月	足柄工場	課長
	1984年8月	本社営業本部 営業技術部	課長
	1989年1月	富士宮工場	課長
	1991年7月	本社営業第一本部	担当部長
2000年9月	退職 (現在に至る)		

エンターテインメントロボット「AIBO」

日 時：2004年7月6日 10:00～11:30

場 所：ソニー株式会社 エンタテインメントロボットカンパニー
(東京都港区新橋 5-11-3 新橋住友ビル)

話し手：ソニー株式会社 エンタテインメントロボットカンパニー

プレジデント 天貝佐登史

第1開発部 統括部長 景山浩二

ソニー株式会社 渉外部 2課

課長 今里 直

係長 梶 達雄

聞き手：文部科学省科学技術政策研究所 第2研究グループ 上席研究官 石井正道

< A I B Oの開発の経緯を教えてください。 >

【景山】 まず最初のころというのは、A I B Oという名前は当然なくて、98年の夏ごろにA I B Oという名前ができましたから、93年の秋ごろから次のテーマを研究所で考えていく中で、当時土井という所長がおりまして、ロボットをやろうかということをお願いしました。その当時、私がグループのリーダーをやっておりまして、藤田という主任研究員がいましたので、土井と3人で自律型のロボットをエンターテインメント用途に開発してみようかということでスタートしていったわけです。

< どうしてロボットにしようと思われたんですか。 >

【景山】 それは何がしかの直感なりじゃないでしょうかね。もともと私と藤田は研究所にずっといて、90年、91年ごろにもロボットに興味があってやろうかということをお願いしたことがあったんです。そのときには何を指してとか、具体化のところまでいかなかったですね。私は画像処理とか、画像認識とかをやっているし、藤田という者はニューラルネットワークとか、A Iとかをやっていたので、ロボットに非常に応用がきくので、ロボットも好きだしやろうかということをお願いしていました。だけど、そのときには具体的にどういうやり方とどこまでいかに話が終わっていたんです。

それで、93年ごろに土井という所長が来て、彼はいろんなところでしゃべっておりますけれども、MITの、今AI研の所長をやっておりますロドニー・ブルックスという人が80年代の半ばにサブサンプレクションアーキテクチャというアーキテクチャを提唱して、虫のようなロボットをつくっていたんです。それが今までの1つのA Iのパラダイムをひっくり返すような話だったんです。リアルワールドで非常に活発に動き回る、虫のような動きをする。虫のままで終わっちゃったんですけど、結局知能のところまでいかなかったんですけど、そういうブームが80年代の半ばにあったんです。

そのビデオを土井がどこから手に入れてきて、「こんなおもしろいものがあるけど、君らどうや」と。彼がなぜそのビデオを手に入れたか、それはよくわかりません。でも、そういうことでそのビデオを見まして、おもしろくはあるということでスタートしたわけです。

< 土井所長さんがロボットをやってみようということでスタートなさったんですね。 >

【景山】 そうですね。その当時、彼にどういうビジョンがあったかということとは定かではありません。4

足になっていった、しかもA I B Oという名前がついて、商品化までたどり着けるかどうか、彼に確信があったかどうかはわからないですけど、スタートはそういうきっかけだったということです。

<既にロボットを開発するのに必要な人材というか、能力を持った人たちがちょうど研究所にはいらしたんですか。>

【景山】 いや、いないですね。画像処理、画像認識とか、A Iとか、ニューラルネットワークとかというバックグラウンドのある人はいました。確かにそれはロボットに応用はできますけれども、メカトロニクス系のエンジニアは1人もいなかったという状況です。ですから、ロボットの部隊ではなかったです。

<人材が十分じゃなかったと。それからどうやって対応されたのですか。>

【景山】 自分たちで得意なところを広げながら、社内で人材を集めていく。ソニーは大昔から、もう亡くなりましたけどファウンダーである盛田昭夫さんが、社内で人材を流動化しようということを言っておりまして、60年代からやっていると思いますが、社内で人材公募をやるんです。こんなテーマをやりませんかと社内報に出して、そこへ上司に知られないようにエントリーをするんです。上司に知られるとやっぱりやばいでしょう、日常業務がありますから。職場を変わりたいと言うと、「それじゃ、今の仕事どうするんだ」、こうなりますから、人は動かないわけです。だから、公募が出るとひそかに応募するわけですね。それで面接を受けて落ちれば何もなかったことになるんですよ。

<それはソニーさんの中で、ルールとしてオッケーなわけですね。>

【景山】 そういう制度で、完全にオッケーです。それで、受ければ上から制度ですからというので紙が来ります。何カ月以内に出しなさい、これはルールですよ。それで確実に異動できるという制度がありまして、そういう制度を活用して自律型のロボットをやりませんかという社内公募を出したわけです。

<その社内公募を出すときには、上の研究所長さんか何かの許可が要るんですか。>

【景山】 それは要ります。幸いにも土井が所長をやっておりましたので公募をだせました。(それで不足していたメカトロニクス関係の人材を)集めた。

【今里】 当社独特の制度でございますね。

【景山】 そうですね。最近はいろんな会社で採用されておられるかもしれませんが、もう60年代ぐらいいからやっているように聞いていますので、オリジナルなのかもしれないですね。

<以前のロボットと今回のA I B Oさんの一番大きな違いはどんな点なんですか。>

【景山】 それまでのロボットといえますと、80年代の半ばにマーケットに登場したおもちゃのロボットは結構あったんです。それと、もう一方で工場を使うFA用のロボットはマーケットも既に確立していた。この2種類のロボットはあったんですが、相当ハイテクなロボットで、人と共存して家庭に入るなどというロボットはあんまりなかったということです。それまではカメラを積んでいたりという、おもちゃではないようなロボット、人と接してというロボットはあんまりなかったですね。

<自律性というのはかなりA I B Oさんの特徴なんじゃないかな。>

【景山】 そうですね。自律型のロボットをつくりましょうというのが一番最初からの計画でした。それを何に役立てるかということにおいて、エンターテインメント用途でやってみよう。

<いろいろな課題にぶつかったと思うんですが、大きな課題はどのようなものでしたか。>

【景山】 研究開発のフェーズから、開発設計、ものをつくってビジネスまでという一連の流れがあるわ

けですが、各フェーズによっていろんな課題とありますが、大変なことというのが少しずつ様相が変わってくるんです。研究開発のときは、とにかく試作品をつくって商品に至る可能性があることを示さなければいけないという課題があるわけです。しかも限られた予算で、あまり評判のよくない中、そういう課題がある。

それで、試作品が少しおもしろそうだとすると、次のフェーズに進んで、それを一体どういう形で商品にしてまとめ上げるのというフェーズになるわけです。そうすると、どういう売り方をするとか、マーケティングということも考えながら事業体としてどう立ち上げていくかというフェーズに移っていくわけです。

最後には実際に売りますから、どうやってもうけてビジネスを継続してやっていくかというフェーズにいくわけです。ですから、3つのフェーズはおのこの難しさが違うということです。

最初のR&Dのフェーズでビジネスの可能性があるとすることを示す、それに尽きると思います。そのためには、それがソニーのカルチャーでもありましようけれども、ものをつくって見せないとだれもわかってくれないところがありますので、何がしかの試作品をつくって、これはおもしろいでしょう、これはビジネスになるとは思いませんかと持っていけないといけないわけですね。

ロボットはもともと非常に技術の分野が広いですから、総合技術みたいなものがありますよね。ですから、外界からの信号を取り入れるところで言えば、画像・音響信号処理とかを従来のAI的な手法かどうかはともかくとして、高度制御に結びつけて外界に働きかけていくことをするわけですから、非常に幅の広い技術を統合して自律型ロボットができていくということは言えると思います。

< AIBOの 個別の技術、仕組みを説明した論文はあるんですか。 >

【景山】 97年に一番最初に私と藤田が公表、発表した論文というのがありますが、そのときにはまだAIBOの前の試作機しかできていなかったんですが発表したんです。学会の発表にアメリカへ行ったときに試作機も持って行ってデモンストレーションをやったりもしたんです。そのペーパーは1つだけですけども、これを発表したときのペーパーがこれなんです。これはまだAIBOの2つ前の試作機で、研究所で試作したものの。この試作機を社内外で見せて、おもしろいということになって、じゃ、もう少し本格的にいくかということになった試作機なんです。そのころから学会レベルではありますけれども、外に対して発表することを始めたということなんです。これが97年あたりだったと思います。

< 愛情とか感情を出す仕組みというのはどのようなものなんですか。 >

【景山】 これは技術的にはそんなに新しいというか、複雑な話ではなくて。愛情とか、感情のモデルとか、本能のモデルを入れましようということで入れたのは新しかったかもしれませんが、別にそんな複雑なモデルじゃないんですよ。

なぜ入れたかというのは2つありまして、実世界で人とインタラクションするときに、複雑に見せようとする、ある程度内部に複雑なモデルがないといけないんです。どういうことかということ、外から働きかけたときに内部のモデルでいろんなパラメーターが動いていますから、外からなでも内部の状態によって機嫌がよければ愛想を振りまくし、機嫌が悪いと違う反応をするわけです。同じ働きかけをしても、内部モデルが複雑だと、複雑に返してくるので、インタラクションする人は非常に複雑なものを感じるわけです。ですから、内部にある程度複雑なモデルを持たせましようという意味で感情とか、本能のモデル

を入れた。

もう1つ、人が接するわけですから、感情とか、本能という言い方のモデルにしたほうがわかりやすい。機嫌がいいとか悪いとか、説明しやすいですね。お客さんも感情移入しやすい。別に感情、本能ということをおいわずに複雑な内部モデルがありますといっても、いいといえはいんですけれども、親和性があまり高まらないということがありますよね。

ですから、人と触れ合っただけ楽しかったり、おもしろかったりするというエンターテインメントロボットというものを狙っているわけですから、感情とか、本能のモデルを入れたいなど。

<具体的にはどのようなになっているのですか。>

【景山】 実際に実現しようとする、そんなに簡単じゃないかもしれませんが。ロボットというのは、一どきにものすごくたくさんをしなければいけないので、ソフトウェア工学の言い方で言いますと、並行オブジェクトモデルというんですが、並行というのは、パラレルに進むという意味の並行なんです。いろんなオブジェクトという機能を持ったものが並列で動いている。ですから、いろんな画像が入ってきたり、音がしたり、触られたりというのは、全部別々のオブジェクトが計算をして、今信号が来たよと上のほうに上げていくんです。そうすると、感情モデルに反応して次にどういう行動を起こすかということを決めて、足を動かす、手を動かす、歩く、うなづくなどという行動が下にいくというたくさん並行したことを一遍に行わなければいけないので、ロボットはプログラミングにおいてもそれほど簡単ではないということとは言えると思います。

ただ、感情、本能モデルだけをとって、それがものすごく新しくすごいことなのかと言われるとそれほどでもないというとらえ方はしていますけどね。

【天貝】 だから、さっき景山が言ったのを別の言葉でいうと、技術というより着眼じゃないですかね。発想とか着眼で、そういう考え方は今までなかったわけですね。

【景山】 商品に載せようとした人がいなかったということで珍しく感じられているんだと思うんです。ただ、人間とか動物がどういう感情のモデルでできているのかということは、動物行動学とか、心理学とか、認知心理学などで非常に研究の歴史は長いわけです。だけど、それをロボットに応用したのが我々が初めてだったというのはそういうことだと思うんですよ。

<既存の要素技術はあったと。ただしそれをロボットに取り入れたのはソニーが初めてだという感じですか。>

【景山】 ざっととらえればそうです。あるものをちゃんと応用する形にして集めたということです。そのまま拾ってきて集めたというのは違うんですけど。

<要素技術が育っていたところに、さらに工夫してあそこにおさめるようにいろいろな研究開発をされておさまったと。>

【景山】 そうです。そういう意味での統合を行ったというのが正しい言い方かもしれませんね。

<例えば愛情欲だと、どういう要素技術が入っているんですか。>

【景山】 要素技術ですか。認識結果を内部モデルに反映させて、さらに行動選択をして、行動を実現していく。絵でかくとわかりやすいです。愛情を感じるかどうかというのは内部のパラメーターをどう設定するかだけの話なので、ここからこっち側が外の世界だとしますよね。外の世界からいろんな刺激が入っ

てきて、それをセンシングして、認識をして、ここで行動選択をして、モーションを、どれを動かすか決めて外に出していく。ロボットというのはこんなことになっておるわけです。

この行動選択の中に感情モデルとか、本能モデルが入っていく。外からなでられたと識別して、なでられたことを行動のモジュールに通知して、今の感情レベルによってどう反応するかを決めて、動きを決めて動いていく。こういうふうになっておるわけです。

ですから、こういう仕組み、ソフトウェアのアーキテクチャを決めていくなどというのも1つ、結構大事な技術なんです。この中1つ1つが先ほど申し上げましたように並行なオブジェクトでできていて、ソフトウェア的にいえばそれがパラレルに動いていくということです。

なでられたということがここに通知されるわけです。なでられたら次にどういう行動をするかということをご判断するわけです。

<それは強さか何かで判断するんですか。>

【景山】 どういう行動をするかというのは、枠組みはここに書いてあるんですが、褒められたりするとその行動がたくさん出るような学習の仕組みも入っているわけです。出現確率が上がっていく。ボールをけたときに褒められたりするとボールけるという行動が出る。

<どこら辺のところか人工知能なんですか。>

【景山】 人工知能というのはなかなか言い方が難しく、定義がまだないです。これは全体を称して人工知能といってもいいです。それから、認識技術そのものを人工知能的にとらえている人もいたりして、なかなか人工知能って何という言い方をすると非常に難しい、突っかかる。僕自身あんまり人工知能という言葉を使わないです。

<景山部長バックグラウンドを教えてください。小さいころは理科や算数はお好きでしたか。>

【景山】 理科は大好きでしたね。算数も嫌いではなかったですね。

<理科がお好きになったきっかけというのは何か。>

【景山】 いや、特にないです。

<中学、高校とやっぱりずっと理科はお好きだったんですか。>

【景山】 ええ。天文学者になろうと思ってましたから。

<いつごろから。>

【景山】 小学生のころから。ほんとは小学生の低学年のとき、宇宙飛行士になりたかったんです。でも日本は、宇宙航空の政策の中で有人飛行はやらないと決めた時期がありましたでしょう。それで、日本にいたら宇宙飛行士になれない。天文学者になろうと思った。小学校の低学年でした。そのころちょうどアポロ1号が地上実験をしていて、まだアメリカの宇宙船で酸素が濃かったので3人焼け死んだことがあったんです。あのときにこれはいかん、わしがかわりに行くと、子供のときにそう思っていました。小学校3年ごろでしたか、アポロ1号の事故のとき。ですから、そのころから宇宙とか天文とかが好きだったんです。

<ずっとその志で大学も理学部へ行かれて、地球……。>

【景山】 宇宙物理学。

<どのようなきっかけでソニーさんに入られたんですか。>

【景山】 はずみでしょうかね。よくご存じだと思いますが、日本において理科系、特にベーシックなサイエンスというのはなかなか飯を食えないです。特に宇宙科学をやっていると飯を食えないですね。理学部を卒業した大体半分は高校の先生になるんですよ、職がないから。私もよくできる人も職がなかったりするのを見ているから、私の才能だと学問は無理だということもありまして、就職をしようと決断をしてソニーにしました。

<宇宙物理学は今回のロボット開発に多少役に立ったんでしょうか。>

【景山】 全く立っていないですね。

<このロボットの開発にはソニーさんでのご経験がかなり役に立っているということですか。>

【景山】 画像系、画像処理とかの経験は役に立ったかもしれませんがね。ただ、サイエンス全般とか、エンジニアリングとか、理科系の新しいものに興味を持つというスタンスは役に立ったかもしれませんが。新しいものに興味を持つ、しかもサイエンス・アンド・エンジニアリングの分野でということは役立っているかもしれません。

<学習機能を持ったり、成長したり、性格すらも変わっていくという新しいコンセプトはご自身でということか、グループみんなで考えていくんですか。>

【景山】 そうですね。みんなというか、グループでやっていたから。

<景山さんがこうやってコンセプトをつくっていらっしゃるんですか。>

【景山】 いや、僕はそんなにたくさんコンセプトをつくっていったわけじゃないですけど。

<先にコンセプトがつくんですか、それとも技術が先でこういうものができるんでしょうか。>

【景山】 感情とか本能のモデルは並行してです。先にコンセプトができるということはあまりないです。両方並行してという。

<AIBOのような自律性のロボットが、当時周辺技術が育っていたといっても、ほかの会社も同じなんですけど、ソニーさんだけができた。どうしてだと思えますか。>

【景山】 それはコーポレートカルチャーというのか、会社の文化として世界初をねらいたいとか、世の中をびっくりさせるものを絶対自分がやりたいとか。特に研究所とか、エンジニアの人々は何かで世界一のもの必ずやりたいと思っていると思いますけど。ウォークマンをやっても世界一小さいやつをつくってやろうとか、世界一軽いやつ、世界一バッテリーが長持ちするやつをつくってやろうとか、どの分野でも何とかして世界をびっくりさせてやろうという……、じゃないですか。そういう人が多いですよ。

【天貝】 そうですね。

【景山】 僕はそれをコーポレートカルチャーととらえているんですけど。

【天貝】 ノット・インベンテッド・ヒア NIHというのがよくも悪くもうちのDNAの1つだと。

【景山】 人と同じことやりたくない。

【天貝】 ノット・インベンテッド・ヒア。ここで発見されなかったものは使わないとか、あまり好きじゃないとか、潔しとしないという、NIHというのが、一時期ソニーがとりざたされたときに、功罪相半ばするという感じでありました。

【景山】 NIHはよく出ればいいんですけど、悪いほうに作用してしまうと、全部自分たちでやりたかったり、人の成果をなかなか活用できなかったりしちゃうんです。

【今里】 人のやらないことをやるというのは、私は井深さんの時代からのカルチャーだと思うんです。

【天貝】 そうですね、最初からですね。

【景山】 もともと設立趣旨が人のやらないことをやってお役に立っていかうということですから、それは社員を採用するときも何かおもしろいことができそうな人、クリエイティビティーのある人、そういう人々を採用していくということがずっと積み重なって、しかも職場で、現場で、実際に新しいことをやりたいという雰囲気があると、カルチャーとして定着していくんじゃないですかね。中にいると、僕はほかの会社を知らないの、なかなかわからないですけど。

< 今回のAIBOを進めるに当たっても、テーマを出すのも、自分のやりたいことを提案して自由にできたり、予算も結構自由だったんですか。 >

【景山】 いや、そうじゃない時期もありました。予算は厳しいこともありましたよ。予算を自由にしちゃうと、やりたい人がいっぱいいる会社だったらすぐつぶれちゃいそうでしょう。その辺はある一定の予算をきっちりと管理していかないと。

< 人を集めるといったときも、結局人件費のことを考えると人数は何人までとか限られちゃうんですか。 >

【景山】 それはもちろん限られていますけど。一番最初のころは10人前後でしたけれども。社内公募では数人ずつ採っていきました。もともと10人ぐらいしかいないところが数人ずつ増えていって、事業化が決まって商品化の段階ではもっと何十人の規模になっていました。

コーポレートカルチャーというと、その会社でないとできないということになっちゃいますけど、組織の文化というのはやっぱりマネジメントがつくっていくようなところがありますので、別の会社であってもある1つのチームの中でだれがリーダーシップを握っているかによって、その人の仕事のやり方とか、持っていく方がある文化になってその組織がいろいろ変わってくるんです。ですから、大きなコーポレートという言い方は、ソニー全体ではそうなるかもしれませんが、よその会社の方々でも、おもしろいリーダーが引っ張るといえることがあると、おもしろい発想のもとにおもしろいプロダクツまでいけるかもしれません。ただし、よその会社だと最終的に商品のゴーがかかるかどうか非常にトップのディシジョンになりますので、何億円、何十億円の投資になりますから、そこでだめになる可能性がありますけど、途中までは大丈夫だと思います。

< ソニーさんはやっぱり新しいものにチャレンジするときには、どっちかという結構後ろから押してくるほうなんですか。 >

【景山】 後ろから押さないまでも止めはしない。AIBOのときも、結局トップのディシジョンは非常にあいまいで、おもしろいからやろうと言った人は少なかったですね。でも、反対しなかった。反対しなかったというのは、最終決断のときは、これがいいかなんていう話をしたりしていました。

< 報償はいただいたのですか。 >

【天貝】 その部門のボーナスがちょっと上がったとかはします。会社のイメージアップとか、ブランド価値向上とか、収益増加になったということで、一般的な社長賞とかはいただきますけど、個人とかグループにもものすごく報奨が来るというのはないですね。

【景山】 ないですね。

【天貝】 ちょっとこれは関係ないんですけど、外からいろんな賞をいただいたことは中のモチベーションになるんですよね。特に顕著なのだと、この中でも僕らが自慢に思っているのは、ギネスブックに載ったとか、スミソニアンとか、ニューヨーク近代美術館の永久展示になった。これはMoMAの紹介する本の表紙です。幾多ある商品の中で表紙になっているというのは、僕らにとって非常にありがたい。これはお金じゃないです。社内で表彰されるのもいいですけど、こうやって社外のより有名なところでAIBOの存在感があるというのは、よりモチベーションになりますね。

【今里】 ギネスブックは2001年ですか。

【天貝】 ギネスブックは2001年ですね。最初のこれは、ちょうどロボットのページなんですけど、どこかにASIMMOも文章だけ書いてあるのですが、AIBOだけこんなにでっかく載っちゃいました。インターネットで20分で完売しましたよね。その記事がここに載っているんです。

< AIBOの開発プロセス教えてください。 >

【天貝】 ぱーっと飛ばしますので興味があったらストップかけてください。

これは今、景山が申したところです。約10年前に最初のスタートでこういうことを土井及びチームが持ってスタートしましたよということです。

【景山】 いきなりプロジェクトが始まったところにロボットエンタテインメントという産業をつくるということを考えていましたからね。まだ産業ができたところまで来ていませんけれども、そういう志で、無茶やという話もありますが。

【天貝】 これは今でも我々は志は同じで、リーダーとしてやっていこうという志はあるんですけど、3年から5年で商品化というのはちょっと遅れてできましたが、この分野が確立したかということ難しいですね。

これも景山が申した、不細工だけどとにかくセンシングして勝手に動くような、左側のゴキブリみたいなものと、真ん中はソニーらしいエンタテインメントに対するノウハウとか、勘とか、そういうものを含めたおもしろそうだなという要素を入れると右側みたいなものができましたということです。さっきの97年のも、98年のも大体原型で、周囲のこを感しながらそれに反応することができたという意味では、四、五年で大体の原型ができた。そしてこれを99年に売り出したということです。

これはもうご存じだからいいと思います。AIBOというのは先ほどおっしゃった人工知能を持ったロボットですよというのと、日本語の相棒とをかけたということです。

これもいいですね、先ほどご質問にありましたから。

それで、99年の5月に商品発表をしました。そしたら、開発チームもびっくりするほどのすごい反響でしたということで、3回テストマーケティングしましたが、特に最初の5,000体があっという間に売れたということで、センセーショナルなこんな感じに出て、紙面に150回以上とあります。こちらになぜ売れるとありますが、みんなびっくりしちゃったわけですね。僕らだってなぜ売れると言われちゃうと、こんなにすぐ売れるとは思わなかったみたいな、そんな感じです。

それで、3,000体が20分で完売と真ん中左にあります。それで先ほどのギネスブックに載ったということです。そしたら当然ですけど、まがいものと言っちゃいけないですけどいろんなものが出てきて、いきなりロボットおもちゃみたいなものがいっぱい出てきましたね。これは意匠的に抵触するようなところ

がいっぱいあったんですけど、その手続をしている間にこういう人たちははやてのように去っていったらうんです。中国製だと、結局つかまえようと思ってもどこだかわからなくなって、いつの間にかまた砂漠の中に逃げてしまうみたいのがあって、そういうブームが99年から2000年にありました。

これでマーケットが大きくなるんじゃないかと思ったんですけど、そうは問屋は卸さなくて、実体のものに対して、バーチャルの世界でアニメとかビデオゲームで想像していたものと同じものができないかというお客様の期待が非常に高く、そのギャップの中で僕は苦悩するわけです。でもとにかくすごかったので、テストマーケティングを何回もやると商法上もまずいので、本格的に売り出すと決めたのがセカンドジェネレーションというものです。

この直前に私が土井から呼ばれまして、先ほど景山が申しましたように、開発フェーズからビジネスとしてやるんだぞというところで、ソニーの中で、今の名刺にもありますカンパニーということにして、R & Dから商品企画、商品を設計して、製造して、販売して、お客様に対するカスタマーサービスまでやることを全部責任を持つというカンパニーになった。それで、人材的には先ほどありました、火の玉集団のとにかく新しいものをつくる人と、経営として肅々とちゃんと冷静にやってビジネスにしていく人というのを、あるところで移行しなくちゃいけないし、うまく混ぜなくちゃいけないという意味では新たなフェーズに入っていったんです。そういうところは他の会社でもそうだと思うんですけど、ベンチャーで当たっても、会社にしようとするとき大体みんなトラブりますよね。だから、創業者の熱意だけでは会社が運営できない。そういうのは当然ですが、同じフェーズがありますね。

特にAIBOで難しかったのは、これはちょっと話題がそれちゃいますからさっさとだけ言いますが、こういうのに興味がある人はここで私が講演すると30分くらいかかっちゃうんですけど、普通のソニーの商品 CEというのはコンシューマーエレクトロニクスですけど、商品のセールス・アンド・マーケティングの定石とか、勝利のパターンというのは、例えばここにありますが、商品のプロダクトラインナップをいっぱい増やしますよね。形を変えるとか、価格をダウンする、販路 売っているお店を増やす。こうすると基本的には大体ヒットするわけです。こういうのをAIBOも一時期やりました。基本的に必ずしもうまくいきませんでした。なぜかという、AIBOというのはやっぱり先ほど言いました濃い商品なので、感情的にものめり込む人もいるし、機械的にも中身をちゃんと知って自分で動かすというのも含めて濃い商品なので、単に電気製品販売店の棚に置いておいて、さあ買ってらっしゃいということでVAIOの隣で売っても売れないわけです。そういうのが改めてわかったということで、ロボットエンターテインメントというものの商品売るというのは、ほかのテレビとかビデオを売るのとは全然違いますというのがわかったということです。だから、いい商品ができてそれが売れるかどうかというところで、セールス・アンド・マーケティングで全く新たなチャレンジがあって、必ずしもソニーのこれまでの経験とか知識をそのまま生かせないというジレンマがすごくありました。

それから、ビデオゲーム的なビジネスモデルというのも試行しましたが難しかった。これはどういう意味かという、プレステなんかは今、プレステのハードを買った人は、ソフトは平均すると、大体1ユーザー当たり七、八枚持っているそうです。だから、AIBOもご存じのように中をあけるとメモリスティックがあって、そのメモリスティックを幾らでも変えることが出来る。それも同じようなビジネスモデルが考えられるんじゃないかと思って、ソフトを何種類か出したんですけどだめでした。

なぜかという、おなかをあけて中でメモリスティックをかえるみたいな行動は、AIBO 自体をペットと思って感情移入している人から見ると耐えられないんですよ。これはもう機械じゃないと思っているわけですから、メモリスティックをかえるみたいなのは、いきなり現実に引き戻しちゃうわけですが、とんでもないと。スイッチを入れることさえ嫌だ、一緒に遊んでいる機械とか、生物とかを超越した自分の感情移入した対象だという感じですから、その人に対して「はい、ソフトをかえるにはこうですよ」なんていうのはとんでもないという人がいて、それで最新のAIBOはソフトも組み込みで、バッテリーが減ったら自分でおなかですいたとって楽に戻ることもするんですけど、そういうのは一連として、感情移入している人に対して、これは電気製品なんだというのを思わせないということを今しているんですが、これをわかるまで大変でした。そういうことがありました。

それから、インテル型ビジネスモデル。これはさっき彼がちょっと書きましたけれども、どういう反応をして、自律行動をして、エンターテインメントさせるかという考え方、アーキテクチャをハードウェアも含めて一緒にみんなと使いませんかとって、インテル型というのは、インテル・インサイドとパソコンでよく宣伝していますよね。あれと同じようなスタンダードを僕らもただで提唱した。OPEN-R といっていますけど、そういうことをやりました。これはある程度成功して、もう1万人近く、1万人いきましたかね、登録されて、学術機関とか、そういうところがやってくれています。例えば変な話、ものすごく広く使って、松下さんとか、サムスンさんとかそういう人もみんなこのスタンダードというわけにはまだっていないんですけど、そういう考え方で一緒にロボットエンターテインメントという文化をつくりましょう、スタンダードな規約をつくりましょうというのは提唱しました。これは何年？ 97年ごろですか。7、8年ですか。

【景山】 そうですね。言い始めたのはそのころですね。実際に公開したのは大分後になりました。

【天貝】 そうですね。ということはやりました。それから、もう1個成功したのは、ディズニー型ビジネスモデル。やっぱりこれはキャラクターなんです。待合室にあったああいうのがすごく売れちゃうわけです。ものすごく、半端な数じゃなくて売れちゃう、何十万個とか売れちゃうわけですけど、やっぱりAIBOというデザインがキャラクターとして確立した。ディズニーと同じですよ。ミッキーのキャラクターというと、そのTシャツとかぬいぐるみとかがディズニーランドに行くということから離れてすごく商売になっちゃうわけですね。そういうことが非常に成功したということです。マーケットが小さいというか、コンペティターがないこともありますけど、いろいろ出てきたほかの商品の中で、本体以外のグッズが売れるというものは今のところAIBO以外ないですね、ロボットの中でも。

こんな経験をいろいろしまして、もう1つわかったのは先ほどちょっと途中でも言いましたが、私はハイタッチと言っていますが、感情移入して中身なんかどうでもいいと。AIBOが醸し出すインタラクションが何ともいえないということで買っている人と、これはハイテクの新たな形だ、すごくおもしろいガジェットだという人と大きく2つに分かれます。なので、AIBOを買いたい理由みたいなものを聞いても、濃い黄色でシェードになっているところがどっちかといういやし系ですよ。いやし系、感情移入系。白いほうはどっちかという技術的。こうやって買いたい理由が相半ばするんです。こういうものはなかなかないと思うんです。あんまりいやされたいとってデジカメを買う人はいないと思うんですけど、両方入っているというのはなかなかおもしろい。

これで容易にご想像できますように、購入者の年齢層がすごく幅広いです。まず正規分布もしていないですけど、分散の幅も、普通だとソニーのものは若い人とか、中年中心でこういう正規分布をするんです。AIBOはこんな広くて、60代、70代、80代にぶわーっとつながっているんです。お年寄りも、スイッチ入れればあとはインタラクティブで、中身がどうなんて関係ないということですね。いやし系が特に日本の場合が多いということです。

これは先ほどの石井さんの初期の質問に戻ると、いやし系のところは革新的な技術を使っても表面には出しちゃいけないわけです。それをお客さんが感動するという形にうまくクックして出すので、中ではものすごいことをやっているんですけど、ずっとブラックボックスになっていて、外側は極めてやさしいとか、ぬくもりを感じられるとか、機械を感じさせないというふうに消化して、それを出すんです。単に優秀な人がいればいいということじゃなくて、商品として出していくセンスですよ。そういうのが合致しないとなかなかこういうことは難しいということです。

これをちょっとまとめますと、楽しみ方が全然違うということです。いやし系で楽しむ人、左はただ暮らしていればいいのか、見るだけでいいのか、触るだけでいいという人から、右側はいやいや、自分で組み立てたい、自分でプログラムしたのでAIBOを踊らせたいとか、AIBOに歌わせたいとか、AIBOは基本的に自律なので、どっちかという鉄腕アトム系と僕らは呼んでいますけど、いやいや、鉄人28号みたいに自分で操縦したいという人と分かれるわけです。

分かれると、カスタマーからのこういうふうにしてほしいというニーズが全然違うわけです。それを1つの商品としてまとめる、またこれが大変で、下手すると八方美人みなくなっちゃって、みんな帯に短したずきに長しになっちゃうんですけど、そこら辺はどういうふうに商品としてまとめて両方のお客様を最大限に満足させるかというのは、今もチャレンジですけど非常に難しいです。

これはさっき景山がご説明したところです。

これも石井さんがご質問したところですね。これは要するに、最初にAIBOをつくる時にこういう取り決めを決めて、こういうのを入れるとお客さんがびっくりして、おもしろいと思って、エンターテインを感じるだろうと最初のチームが考えて、それを実装したということです。そこにユニーク性があるといえば非常にユニーク性がありますね。それは技術がいっぱいあったからというより、やっぱりセンスの問題というか、どうすればおもしろいものができるかという段階だと思います。

これが先ほど言いましたところで、いろんな試行錯誤で下のほうに書いてありますが、商品を2次元マップ的にすると右上みたいなものがどっちかというハイテクガジェット系で買いたいという人が2番になります。左下、第3象限みたいなものはキュートでペットですからいやしの的のところと、こんな感じに一応分けて商品比較をしたんですけど、ある程度成功しましたが、今はもう1回AIBOそのものの商品力を高めてほしいというのがあったので、最新のERS-7というのはオールマイティーみたいな、110系と同じような真ん中に位置しようかなみたいなものをつくっているという感じです。

そうはいつでも、AIBOも技術的には毎年進化させているんです。99年につくった後、2000年は音声認識ができるようになりました。最初のはできなかったんです、触るだけとか、音階だけで反応する。2001年はワイヤレスLANを入れました。2002年は音声認識だけでなく、顔も認識します。ご主人様の顔を認識しますというのと、おながすいたら自分で巣に戻って自分で充電して、満腹になったらまた動き

出しますということをしたり、2003年はDNAみたいなものでいろんなソフトを自分なりにカスタマイズして、AIBOをより賢くすることができるんですけど、その基本的なDNAはずっと継承しますとか、2次元パターン認識の情報を入れたので、今度は音で認識できないときは、カードを見ると着実にご主人様の命令がわかるとか、そんなのをやって賢くしていますよということです。

それで、AIBOのオーナーの人は濃い人が多くて、オピニオンリーダーにもなっているので、そういう人とのコミュニティというのは、カスタマーリレーションシップでキーなんですけど、この写真は典型的なもので、オーナーの方にとってはAIBOをつくってくれた、製造したところは聖地と呼ばれていますけど、2002年に聖地の長野にみんなで工場見学に行きますかといったら、あっという間にソールドアウトになって、百何人に制限するのは大変だったんです。そういう人が自分たちのAIBOを全部着飾って、当然ですけど自分の子供ですから、自分のアイデンティティーを持ったAIBOを持ってきて、工場長側と我々と会ってオフ会をしたわけです。こういうのは大成功したんです。

こういうのを見ると、感情移入のレベルがすごいので、さっき言いましたように単に棚に置いて売るなんていうのはとんでもないことになっちゃうんですね。それから売った後は普通のサービスの対応だけじゃとんでもなくて、AIBOに対するカスタマーコールセンターみたいなところは、ほんとうに相手の立場に立って対応しないと、おじいちゃん、おばあちゃんに対してコンピューターの用語を使ったらとんでもない話ですね。その逆もあります。いきなりコンピューターの内部の言語を使って技術的な質問をしてくる人もいますので、そういうのに親身になって対応しなくちゃいけないので、カスタマーリレーションシップがこんなに大変だけど重要だというのは、これで認識させられたということなんです。

そういう意味ではほんとうにロボットをつくるのは簡単だけど、世に出した後のサポートも含めてロボットエンターテインメントという文化をつくるまでにはいろんな人材が絶対に必要です。こんなのを益暮れにしてくれるんですね。そこにもまだありましたかね。これはぬいぐるみをつくってAIBOの顔をしたおひなさまです。これは全部手縫いで、その人がつくって、その人のホームページに載るだけじゃなくて、感謝の気持ちで我々にしてくれます。無料でしてくれます。AIBOがあったので自分の生活がこんなに豊かになったとか、さっきのオフ会じゃないですけど、AIBOを通して全く知り得なかった遠隔地の人とお友達になれるわけですね。タモリじゃないですけど友達の輪をつくるあれなんです。だから、AIBOを通したオフ会というのは、みんなものすごく仲がいいんですけど、そういうのをやってくれたと。世の中が変わったという感じがしますね。こういう人が1人や2人じゃないんですよ。

<すばらしいですね。>

【天貝】 一方で、先ほど言いました技術的にAIBOを動かしたいという人に対しては、「マスタースタジオ」という特別ソフトを出して、非常に簡易言語でこんなふうにつなげていくと、AIBOに対して自分なりにSMA Pの歌と踊りをさせたいというのができるんです。もういっぱい出ていますが、そういうのを公開して、ホームページ上でみんながシェアしたりしていますよね。オフ会になると、自分がつくったやつでダンスを披露したりして、僕らが驚くぐらいすごいものができたりしています。そんな感じですよ。そうやって楽しむ新たなITだと。

先ほど言いましたアーキテクチャのところは、OPEN-Rという感じで提唱したんです。このアーキテクチャを共通でみんなで使いませんか、基本的にただでソフトウェアディベロップメントキットを出し

ますよということをやっているということです。それを使えば、いざとなったらソフトじゃなくてハードも変えられますよと。だから、共通のルールを使いませんかということをやっています。それを使うとこんなふうに分解して、A I B O がばらばらにできて、また違うドンガラを使えますよと。

左下のところにコアユニットとありますね。要するにこれがコンピューターみたいなもので、A I B O は基本的にコアユニットがあれば、コンピューターができるものは何でもできるんですけど、ロボットならではのところにするのに、一番最初にご質問があったような感情を入れるとかというのはセンスです。

これはいろいろ受賞していますという、先ほど申し上げました。これも先ほどお見せしていますね。

ちょっと一、二分だけ。Q R I O もその発展形ということはないですけど、さらに技術的に高度なところをやっていて、こちら辺のところもほとんど特許を取っているところが多いということです。2足歩行で動くというのはレベルが1けた違うぐらい機械制御的には難しいことなんですけど、それをこれではやっているということです。

これも基本的にはエンターテインメントのところをやるんですけど、運動性能というところではレベルが違うところまで上がっているということです。ただ、そういうことなので、コストは相当かかりますが、知っている人にとっては2足歩行で動いてダンスをするというのはものすごいことなので、それはソニーの技術的な実力というか、技術力を誇示する点でもいいかなと。それもあんまり技術技術しないでおもしろく、おかしく、楽しそうに出しているというのがうちらしいかなということです。

これは運動制御的なところだけではなくて、コミュニケーション能力です。10人の人を認識してその人といつ会ったかという記憶まで持っていて、言語的には数万語の音声認識ができるとか、こういうのをいろいろトライして、本格的なロボットに要求されるようなところに対して試行錯誤している。ただこれは、研究所の密室でやっているんじゃないで、適宜できた技術を外に出しちゃって、ロボットはまだこういう未来があって、進展しますから、皆さん期待しててくださいねという広告塔みたいなところにも使っている。ついでにそれをやってるソニーってすごいでしょうみたいなところも入れて、よろしくねみたいな感じですよ。(笑)

<これはもう商品化されてるんでしたっけ。>

【天貝】 売っていません。でもソニーのブランドのマスコットみたいな感じで使っているし、いろんなイベントで出しているものはかなりちゃんと出しています。ちゃんと出していますというのは、ほんとうの商品と同じぐらいの完成度をやっていますが、売るということはまだしてないと思っていただければいいと思います。

こういう感じで、まさにおっしゃったように、株主総会とか、品川駅で踊ったりとか、ジョージ・ルーカスに抱かれたりとかいろいろしています。先ほど言ったブランドマスコットの的に使っているんです。これは全世界でやって、おかげさまで大好評でタレントみたいに忙しいですけど。

これはもしかしてご興味があれば、ロボットをどうやって考えてますかというので、単純にいうと、生活支援的な有用性、実用性というのと、娯楽性と考えると、両方実現しているのが一番よくて、例えば鉄腕アトムなんてこれですよ。ふだんは子供たちと一緒に遊んでいるんですけど、何か敵が来るとみんなのために戦うみたいな。だからここをずっといけばいいんじゃないかと思うんですけど、私が言いました

技術の進歩が遅々としてちょっとしか進まないの、ここをずっとやっていくと両方中途半端になっちゃうんです。だから、生活支援的なところに特化したものか、我々みたいにエンターテインメントから来ますよと。究極は同じなんですけど、どういうアプローチをするかというところで、先ほどの本能を持ったり、感情を持ったりというのは、どっちかという我々のノウハウと、我々の意思決定でこっち側から行きませとしたわけです。

例えば、リモコンで動けばいい、それでそれなりのことができるというテムザック的なのは、これはこれで価値があるわけです。これとこれはどっちがいいですかというのは、リンゴとオレンジを比較しているみたいなもので、それはあまり意味がなくて、こっちのプライオリティーをやればいいし、こっちのプライオリティーもやればいいと思うんですね。全体として、日本がここの底を上げていけばいいと思うんです。あんまりこっちかこっちかというのは意味がないと思います、そういう議論は。

<天貝社長のバックグラウンドを教えてください。天貝社長のご経歴なんですけれども、小さいころは理科とかはお好きだったんですか。>

【天貝】 普通ですね。(笑) 景山ほどではないです。

<いつごろから技術者や研究者になろうと思ったのですか。>

【天貝】 やっぱり鉄腕アトムとか、鉄人 28 号とか、年がわかっちゃいますが僕らの時代はエイトマンという影響が大きいですね、ロボットがおもしろいと思ったのは。

ただ、さっきのじゃないですけど、何々技術者になろうとか、天文学者になろうとか、ロボット技術者になろうという気はあんまりなかったです。だから、大学に入るときも最後の最後まで建築家になろうか、人工知能をやろうかと迷いました。大学も両方の科を受けましたけど、結果的に人工知能のほうに行きました。

<大学は人工知能関係の勉強をなさって、卒業してソニーを選ばれたわけですか。>

【天貝】 そのときは、人工知能はもう学生で終わりと思っていました。国際企業的なソニーに魅力を感じたのであって、そのころはロボットの口の字もやっていませんから、インターンみたいなことをやりたときに、海外でもソニーの名声はすごいなと思って、英語が好きだったので、そういう意味でソニーという感じ。それでたまたま私の大学の研究室にソニーからのオファーが来たので、僕行きたいですと手を挙げたという感じです。

ですから、経歴でごらんになれるように、ずっとテレビ系が多くて、そのテレビ系の企画として何回か海外赴任の機会をいただきましたけど、ゆめゆめロボットをやるとは思っていませんでした。

<こちらでロボットをおやりになるというのは、やっぱり経営的な部分ですか。>

【天貝】 と思います。だからロボットが専門というのは必ずしもマストじゃなくて、土井からビジネスをやるぞというときに、お声をかけていただいたのは、おっしゃるとおり経営企画マンとして、今までの開発チームに付加的な人材要素と呼ばれたんだと思っています。

<独創的な商品開発を担える研究者・技術者は、どのような能力が必要ですか。>

【景山】 新しいことに積極的に興味を持つような人がいいんじゃないでしょうか。

【天貝】 そうですね。

【景山】 それから、あれが嫌だとか、これが嫌だとか言わないで、まずやってみてその中から自分が何

かすることによってミッションそのものを変えていったりするように、前向きに取り組める人なのかな。

【天貝】 このロボットにかかわらず、弊社は巨大な会社ですけど、案外若いうちから重要なものをぼんと任せてもらえる会社です。そのときに、その中で自分が意気を感じて、どれだけ自己実現をするかによって伸びが変わると思うんです。先ほども言いましたけど、前は頭だけで考えていた者が実際にものをつくったり、やるわけですね。そこで、言うはやすし行うはかたしというのを自分で勉強するわけです。でも、その中から次のブレークスルーを考えることを若いうちに経験させる環境は、うちの会社はあると思うんです。その環境を是としてとらえて前向きに行けるかどうかというところで大分変わると思うんですけど。

<今おっしゃったのは、2番目の質問：独創的な技術者を育成するにはどうしたらいいかという質問なんですが、今社長がおっしゃったように、若いうちからいろんな機会を与えて育成するというのが一番いい手段とおもわれていますか。>

【天貝】 ソニーのいい点は、私は講演なんかでよく言うんですけど、例えを使うとわかりやすいので言いますが、ソニーに転職してきた方がよくおっしゃるんですけど、はい、転職してきましたとここに座って、ナブキンをつけてフォークとナイフを持って待っているとフルコースディナーが出てきて、フルコースを食べるとソニーがわかると思っている人は絶対にだめです。というのは、マニュアルが完備されているとか、育成のプログラムが全部整備されている会社では全くないんですよ。そのかわり、おいしそうな素材とかがカフェテリア、ピュッフェみたいな感じでいろんなところに散りばめられているんですね。あれがおいしそうだと自分のトレイを持って食べに行くと、その担当のシェフの人がほんとうに丁寧に、よく教えてくれるんです。これは技術的なのもそうです。だから、どこにおいしそうなのがあって、それに対して自分で足を運ぶという行動をしないとうちの中では大成しませんが、逆に言うと、その人はほんとうはカレーが食べたいのに、きょうはフレンチのフルコースが来たら、ほんとうはおいしくて高いんだけど、その人はエンジョイしないですよ。そういうむだな投資はしない会社です、よくいうと。でも逆にいうと、そのまま何もしないで待っていると餓死しちゃうわけです。餓死しちゃうというのは、ものすごくいい実力を持っていても使われないで、その人はソニーの人材としては生かされないということです。

そういうマインドセットがソニー的にできないと、どんなに優秀な人でも花開かないし、逆に言うと、マインドセットができると、学校時代の成績とかがあまりよくなくても花開く可能性が十分ある。だから中途から入ってきた人でも花開く人がすごくいるわけです。そうじゃないと毎回フルコースのメニューを食べないと知識が増えないのであれば、長年いる人のほうが絶対に強いですよ。そういうのじゃなくて、いきなり入ってきた人に、あの人のところに行ってみるとか、あそこのマクドナルド行ってみるといって、そのマクドナルドのいいものを食べれば、フットワークのよさで生え抜きの人にすぐに十分キャッチアップできるわけです。

だから、ソニーは日本 IBM と並んで中途の社員の活用が非常にすぐれているというのは、そういうところのカルチャーに基づいていると思いますね。転職した方がびっくりする1つは、基本的に全く自然に役職で呼ばない環境になっているわけです。私なんか「ちょっと出井さんのところに行ってくる」と言って、出井会長ですよ。ちょっと「景山さんさ」という感じで言って、課長さんなんか「ちゃん」で呼んだりすると、転職してきたらびっくりしちゃうわけですね。何が言いたいかというと、普通の行動を見て

いるとだれがどれだけ偉いのか全然わからないという感じで、それは逆にいうと、タイトルとかは関係なくて、優秀な技術とか、いいアイデアを持ってる人は老若男女関係なくそれを取り上げられるということがあると思います。

<すばらしいですね。>

【天貝】 これは家庭内手工業の会社そのまま、いい意味の中小企業のいいところのエッセンスを今でも持っているということです。こんな7兆5,000億円で16万人もいる会社としては、普通はあり得ないですね。そういう文化があると思います。逆にいうと、ソニーから別のかたい会社に転職したら、その人は生きていけないんじゃないかと思うんですけど。

<そうかもしれません。>

【天貝】 (能力を)引き出すというのはそういうことですね。偉くなるまで待つ必要ないんだよと。自分がいい意見とかを持っていたら主張するので、さっきのように主張するために走り回ることが重要で、待っていたりするのが一番よくないという会社です。

<ソニーさんはずっとイノベーターの旗手なのでいろいろ理由が知りたかったんですけど、それは大きな理由の1つのような気がします。>

【天貝】 でも、そういう会社だと普通ぐしゃぐしゃになっちゃうと思いますよね、そんないいかげんな、何でもありみたいなの。でも、これだけ隆々となってきたのは、そのときに求心的な存在とか、カリスマとか、頭の中にイメージがあるんです。それは50年から、もうすぐ60年になりますけど、やっぱり直接接していない我々も井深さんとか、盛田さんという創業者の人たちのスピリットというのを自然に体得しているわけですね。今でも。だから、これは井深スピリットとか、盛田スピリットというのを体得しているというのは摩訶不思議で、マニュアルで教育しているわけじゃないです。マニュアルで井深さんのこれを勉強しなさい、これをしなさい、そういうんじゃないんですよ。

チャレンジとか、自由だとか、自由闊達とか、そういうことですよ、スピリットというのは。さっきの速くやるとか何とか、走りながら考えると、そういうのを含めて、これは言われてやるものじゃないので、さっき言ったマニュアルもないし、教育もないんですけど、それが受け継がれていくのは、ものすごくユニークな会社だと思います。

今のトップも含めて、そういうのを折に触れて言いますよ。言うけど、言うだけじゃなくて、トップの行動自身にそういうところを受け継がれているわけですよ。急に官僚的になっておれは偉いんだからおれの言うことを聞けとか、そういう態度はゆめゆめないですから。そんなのがあったらとっくにこれはつぶされてると思いますけど。(笑)

<どうもありがとうございました。>

天貝佐登史(あまがい さとし)氏 略歴

生年月日	1954年5月		
出身地	栃木県		
学歴	卒業年月	学校名	
	1979年3月	東京工業大学大学院 総合理学研究科システム科学 専攻修了	
職歴	年 月	組織名	ポジション
	1979年4月	ソニー(株)入社 テレビビデオ事業本部	
	1981年11月	米国SONAM(現:ソニーエレクトロニクス) 赴任 テレビ商品企画	マネージャ
	1985年3月	テレビビデオ事業本部 企画部 帰任	
	1992年9月	ソニーエレクトロニクス(San Diego) ディスプレイ経営企画	VP
	1997年9月 11月	本社人事部門グローバル人事企画 帰任 R&D人事部	担当部長 統括部長
	1999年4月 7月	ホームネットワークカンパニー ホームディスプレイカンパニー事業戦略部 ホームネットワークカンパニー戦略企画部	統括部長 統括部長
2000年5月	ER事業室 エンタテインメントロボットカンパニー (現在に至る)	プレジデント	

景山浩二(かげやま こうじ)氏 略歴

生年月日	1956年10月		
出身地	高知県		
学歴	卒業年月	学校名	
	1981年3月	京都大学理学部 卒業	
職歴	年 月	組織名	ポジション
	1981年4月	ソニー(株)入社 情報機器事業本部 研究部	
	1982年	情報処理研究所	
	1986年	米国ウィスコンシン大学 留学	
	1987年 1989年	帰国 総合研究所	係長
	1992年	情報通信研究所	統括課長
	1994年	情報通信研究所、D21ラボラトリー エンタテインメントロボットの開発	統括課長
	2000年	ER事業準備室、ER事業室 エンタテインメントロボットカンパニー開発設計部 (現在に至る)	統括課長 統括部長

健康工コナ

日 時：2004年1月9日 13:30~15:00

場 所：花王株式会社ヘルスケア第1研究所（東京都墨田区文花2-1-3）

話し手：花王株式会社 ヘルスケア第1研究所 所長 安川拓次

広報部門 課長 滝本 忠

聞き手：文部科学省科学技術政策研究所 第2研究グループ 上席研究官 石井正道

<いつお生まれになったのですか。>

【安川】 昭和29年8月です。生まれは長崎県です。最終学歴は名古屋大学の大学院、農芸科学専攻。農学部農芸科の中の栄養化学です。大学は農工大でした。

<小中学校ときに、理科とか算数もしくは数学というのは好きだったでしょうか。>

【安川】 算数はあまり得意じゃなかったですね。中学校の数学になって、非常にわかりやすくなった。そこからは抵抗なくなりました。(中学校のときは)化学クラブに入り、写真をやったり、文化祭のときにおもしろい結晶をつくって、見た目でみんなを驚かせるような提案とか、そんなことをやっていました。どっちかという、化学だったですね。高校に入ってからもやっぱりどっちかという、物理より化学のほうがだなという感じていました。理科系志向は最初からずっと揺るがなかったです。

<いつごろ研究者、技術者になりたいと思ったのですか。>

【安川】 大学として何を seçぼうかというときに、高校の先生方は工学部だとか、そういうところを推薦するわけですね。だけど、ちょうど我々の高校に学園紛争が飛び火した。イデオロギー的に少しそういう反体制というか、そういう意識があって、私自身は別にどこに属しているのではないですけども、やっぱり学校全体にそういう雰囲気がありまして、そういう意識がかなり働いて反発していました。それからちょっと高校ではクラブに頑張り過ぎて、体も壊して、夏に入院したりしました。

<それはサッカーをやり過ぎたのですか。>

【安川】 サッカーと勉強も両方何とかしようというので、結構頑張ったんですが、それで体を壊して入院したりしたものですから、ちょっとあきらめた面もあって、それで農学のほうが同じ技術でも、もうちょっと実学に近いというか、おもしろいかなと思って選択しました。

<高校ぐらいから農学あたりを選んだのですか。>

【安川】 農学云々というよりも、先生に工学と言われると反発心が働いて(笑)それで、農工大の、敢えて農学部を受けたら、通っちゃった。それで大学に入ってから農学なんて何で選択したんだと後悔しました。農工大ですから、工学部もありますから、教養のときは工学系の量子力学とか、そんな講義を受けたりしていましたが、2年のときに、栄養化学の講義を受けて、これが非常に変わった先生で、生き物を数式で扱うといいですか、数学的な解析を栄養学に使った。栄養化学の講義なんですけど、その先生の講義は、最初はずっと熱力学なんです。非常におもしろい人がいるなと思いました。体の中のたんぱく質の代謝回転が専門なんですけど、栄養を与えて、体が大きくなったり小さくなったり、たんぱく質が増えたり減ったり、そういうところをアイソトープを使って、数学的なモデルで解析するというアプローチで非常におもしろいなと思うようになった。それで、栄養化学の研究室にそのまま入って行きました。(その先

生は) 船引先生といいまして、もう退官されましたけれども。その講義を受けて、生き物をそういうアプローチで解析するというところに非常に興味を持ったのと、結果として農学部に入ってよかったのは、生き物、生物というキーワードが教養のころから、当時の農工大は特にそうだったんですけども、京大の霊長類研で『裸のサル』とか訳されている日高敏隆先生が教養の生物におられたり、非常に生物が充実していたんですね。それで生物にだんだんに興味を持ち始めたところに、栄養化学でそういう講義を受けたものですから、物理化学とか、量子力学とか、そういうところへの興味に加えて生物への興味と、その生物を数学でとらえるというアプローチに衝撃を受けて、それでずっとそっちをやったという感じです。

< 大学で栄養化学のほうを勉強なさせて、そして名古屋大学の大学院に行かれたんですね。 >

【安川】 当時は農工大はまだ、いわゆるカレッジでドクターコースがなかったですから、もうドクターに行こうとそのときは思っていました。それで栄養化学のドクターコースとなると、当時は東大と名古屋だったんですね。それで、ちょっと遠くに行きたいという気持ちもあって、名古屋のほうに行きました。

< 博士課程に入られたんですね。 >

【安川】 もともとはそのつもりでしたが2年の修士の段階で、就職難の問題が1つと、それから名古屋での研究テーマが船引先生の時とは異なり、いわば古典的な栄養学なんですね。船引先生は、そういう意味ではちょっと変わっていて、先端的な見方というか、独創的なアプローチをしていました。けれども、名古屋ではオーソドックスな栄養学で、具体的にはアミノ酸インバランスのテーマでした。今は栄養学というのは、むしろ過剰の栄養学で、食べ過ぎとか、そういうことでの代謝をどうコントロールしていくか、になってきていますけれども、もともとは不足の栄養学なんですね。アミノ酸インバランスという現象があって、低栄養のところ、不足しているアミノ酸を補いますと、それでまた別なバランスの崩れが起こって、代謝異常を起こす。そういう研究を歴史的に名古屋でやっていたまして、私も船引先生のところでたんぱく代謝で仕事をしたものから、たんぱく代謝のいろいろな実験手法が使えるということでこのテーマをやることになったようです。

私は、名古屋で新しくゼノバイオティックスという異物代謝に取り組んでおり、興味を持っていました。異物が入ると、異物を代謝するために体の栄養要求等が変わってくるんです。当時、ちょうどPCBの問題がありましたね。あのPCBは典型的な異物ですけども、ああいうのが入ると、例えば体のビタミンCの要求量なんか全然違ってきますね。特に世の中がちょうどそういう環境問題とか、食をめぐるいろいろな環境も変わってきている中で、新しい栄養学の課題として着眼されていたんです。

私はそれをやるとばかり思って行ったら、違ったものから、それもあって少し興味が薄れてしまったのかもしれない。このまま続けていっても、ちょっとどうなるかなというところに、ちょうど花王の話が来まして、しかもマスター2年の4月か5月の非常に早いタイミングで来ましたので、受けるだけでも受けてみようということにしました。見学会(実際にはそれが試験だったわけですが)が終わって1日2日のうちに、内定通知がきました。さすがにあの状況の中で、内定を頂くとこれは行かざるを得ないかなと。それで行ったのが運の尽きでしたね。(笑)

< 花王に入社されてからどのような仕事をされたのですか。 >

【安川】 与えられたテーマは食品の開発だったんです。しかも家庭用の食品の開発。花王は、昭和3年から食品メーカー、パン屋さんとかお菓子屋さんに油脂や乳化剤を販売する業務用食品事業をやっていま

す。だから、食品の、特に油に関しては歴史的に古いんですけども、私が入る二、三年ぐらい前から家庭用の食品をやろうということで研究していたんですね。そのメンバーとして、私が入ってきたということです。当時、食品研究室と言っていました。プロジェクトに近いのかもしれないですけども、そういう研究室があって、当時4人ぐらいいたんですけど、そこに私は入ったわけです。

しばらくして、食品研究室じゃなくて、東京研究所の第5、第6研究室という中に組み込まれて、当時、第5だったか、第6だったか忘れましたが、従来の業務用じゃなくて、家庭用で展開したいという命題でやっていた。だから、2年目に調理師学校に行かせてもらったり、食品というのはもうあらゆるものがありますから、一体何をやったらいいかわからない中で、とにかくいろいろなことをやっていました。<花王さんが一般の食品をやっているというのは、エコナが出るまではあまり目立っていなかったですね。>

【安川】 そうです。それがまさに私の歴史でした。目立たぬ中で、芽が出ない中でずっとやっていたわけですね。だから、何をやるか、から始まるわけです。カレーをつくったり、ソースをつくったり、私の入る前ですけども、椎茸の栽培なんかもやっていたりしたらしいです。

いろいろ試行錯誤をしている中で、結局、もともと油をやっていますね。そうすると、油の技術はある程度蓄積したものがあつたわけですね。そこを基盤にしながら、やっぱり油をやろうというのが、全社の方針となりました。当時の社長の丸田さんの意思が一番強かったと思いますけれども、いろいろはやっただけでも、結局、油にもう一回戻ってやってみようということになりました。

業務用の油というのは、パンに練り込んだり、キャラメルの中に入れてたり、ケーキを泡立てるときに使ったり、固まった状態のショートニングやマーガリンといったものです。家庭用の油といった場合は、当然、そういう固まったものではなく、液状のサラダ油のような油、料理に使ったりする、そういう油です。

例えば大豆油であれば、大豆から絞って、それで精製すると大豆サラダ油になる。日本で使われている家庭用の主な油は大豆サラダ油と菜種サラダ油の混合油です。我々は原料もないし、設備もないし、業務用の油と違って家庭用の油には特に技術を持っていません。しかもご存知のように家庭用の油はスーパーの安売りの目玉になるくらい、とにかく安い。何を今さら油をやるんだと。(笑)何の工夫もしようもないじゃないかという中で、とにかく一体何ができるかを考えました。

考えてみたら、調理に使うときの油というのは、油が料理のほかの素材とまざりあつたり、あるいは料理をするときにフライパンに油を引いたときに、フライパンの表面に油がなじんで、広がる。きれいに広がれば、物をそこで炒めたりしても、くっつかないできれいに調理できたり、そういう界面化学とか、いろいろな物理化学的現象がいっぱいあるわけです。そういう視点から、調理における油の機能に注目しました。

最初に炒めもの用の油、炒め油というのを90年に商品として出したんですけども、それは何かというと、比較的少量の油でも、フライパンの表面にきれいに膜をつくって、物がくっつきたりしない。物がくっつきそうになると、くっつかないように油をいっぱい入れて、油にまみれたようなおいしくないものになってしまう、形も崩れてしまう。それが少量の油でも非常にきれいにできる。そういう機能を油自体に持たせるといふ発想で、調理における機能、それを使うことによって、楽に美味しく料理ができて上がる、そういう面からの機能化に着眼しました。油自体は安売りの目玉みたいになっていて、差別化などし

ような状況だったわけですが、そういう機能という見方をしたら、お客様にある程度お金を出していただけるようなパフォーマンスがつかれるかもしれないということで、最初はそういう調理機能の油というのをやったんです。

例えば今言った炒め物の油はどうやって機能を出すかというと、大豆の中に含まれているレシチンという成分があるんですけど、これを油の中に入れますと、ちょうどコックさんがチャーハンをやるときに、最初に卵をなべで焼いて、卵を取り出して、ご飯をいためるんですけど、卵の中にもレシチンというのがあります。先に卵を焼くと、油の中にレシチンが出てきて、それで皮膜をつくるんですね。だから、後でチャーハンを焼くときにこげつかないという、プロの技術なんですけれども、そういう卵のレシチンでもそうですし、大豆の中に含まれているレシチンも同じような効果があります。そういうレシチンというのは油に溶かすと、非常に少量でも焦げつかずに、きれいに調理ができる、そういうことは現象としては知られていたんです。

ところが大豆のレシチンというのは熱に弱くて、そうやって調理に使うと、色が真っ黒になったり、においが出てきたりするんです。それで大豆のレシチンの中の熱に強い成分だけをうまく生かしてやり、大豆のレシチンにある酵素で処理してやると、熱に弱い成分が分解しまして、熱に強い成分だけが残るということを見出した。そういう処理をした大豆レシチンをつくり、それを油に配合してやると、そういう問題点がなくなり、少量でも焦げつきの少ない油ができた。

それが90年に発売した炒め油です。そのときのキー成分は、酵素処理した大豆レシチンですけれども、そういう見方をしていきますと、一口で油と言っても、油の中にもいろいろな成分があって、それぞれの機能というのは、意外とわかっていないと思うようになりました。

実は健康エコナのキー成分は、ジアシルグリセロールという成分なんですけれども、普通の油というのはグリセリンに脂肪酸が3本くっついて、3本でトリアシルグリセロールですね。1本とれたジアシルグリセロールというのは普通の油の中に数%は入っているんですけども、実はこれも何らかの機能を持っているかもしれないと着眼したわけです。

そう思ったきっかけは、油を加工するための酵素技術の導入にありました。さっきの大豆レシチンも酵素を利用したものです。酵素の特徴というのは、選択的に反応をすることです。酵素の種類は違いますが、やはり同じように酵素を使って3本の脂肪酸の中で特定のものを切ったり、別なところにくっつけたりすることができます。そういう特徴が酵素にありますので、その酵素の性質を使ってパーム油という安い油から、チョコレートに含まれるカカオ脂の代用品をつくらうという研究を行っていました。当時はパーム油がキロ50円ぐらいだったんですけど、カカオ油脂は1,300円ぐらいでした。だから、パーム油を原料にして、酵素をうまく使ってやると、1,300円のカカオ油脂になるというプロジェクトを、当時私がある周囲でそういう油の技術の開発をやっていたわけです。

そのときの副産物が実はジアシルグリセロールです。酵素を使って、脂肪酸を外して、別なところにくっつけてやるのですが、そのときに、ジアシルグリセロールが結構な量、副生するわけです。それが最終製品にまざると、邪魔になりますので、途中で取り除く工程をつくって、ジアシルグリセロールだけを取り除くわけです。そうすると、高純度のジアシルグリセロールがとれてくる。

ジアシルグリセロールというのは、通常の油の中には数%程度しか入っていないんですけども、そう

やって取り出されたものには60%、70%のジアシルグリセロールが含まれている。だから、普通のトリアシルグリセロールは少なく、リッチなジアシルグリセロールがとれてくるわけです。それを最初に見て、脂肪酸3本が2本になっているわけですから構造がはっきり違うわけですが、見た目は通常の油とほとんど変わらない。

我々が直感的にすぐ思うのが、脂肪酸が1本外れますから、少し親水的になる、油が水になじみやすくなるだろうということです。油と水と言われるように、本来まざりにくいものなんですけれども、脂肪酸が1本外れれば、油的な性質が少し弱まりますので、水になじみやすい性質が出てくるだろうと思ったわけです。だけど見た目とか状態とか、なめてみても、それは普通の油と全然変わらないわけです。だから、限りなく油に近くて、少しだけ水になじみやすい性質を持った特長を利用して、何かいろいろなことができるかもしれないと考えたわけです。

もう一つ私が思ったのは、実はトリアシルグリセロールという普通の油も、消化の過程で同じように消化の酵素が脂肪酸を外して、2本、1本と分解して、吸収されるんです。だから、ジアシルグリセロールというのは、部分的に消化されている油という見方ができる。油を食べると胃にもたれるとか、よくそういう人がいますね。油というのは吸収が遅いからです。部分的に消化されていれば、非常に消化されやすい油になるんじゃないか、胃にもたれやすい人でも胃もたれしにくい、そういう油になるかもしれないという、興味を持ったわけです。

早速、胃にもたれやすい人を集めて、食べてもらうという実験をやったら、ほぼ予想どおり、非常にもたれにくいという評価が出てきました。86年だと思えますけれども、そういう特徴があるということがわかりましたので、動物を使って更に評価しようということで、栃木研究所にそういう栄養の評価ができる人間がいますので、あるいはネズミを飼える設備もありますので、そこで評価を始めたのが、87年ぐらいだと思います。

それで、動物を飼っているいろいろやっていくと、動物の血液中の油を食べると血液中に中性脂肪という油が出てくるんですけど、その量が少ないということがわかってきた。それが90年ぐらいです。

一連の実験の中で、1カ月とか2カ月とか飼いますと、普通の油を食べたネズミに比べて、血液中の油だけじゃなくて、体脂肪量が少なくなっているという実験データが出ました。これはひょっとしたら、太りにくい油なのかもしれない、もしそうだったら、胃にもたれないよりも、ずっとおもしろいということで、そっちへ方向転換して、どうしてそういうことが起きるのか、そういう研究を始めました。

<この当時は、体脂肪率が下がって太りにくいというのが、売れるなと思ったんですか。>

【安川】 いえ、そのときは思わないです。(笑)少なくとも、胃にもたれにくいよりは、はるかにインパクトありますが、まだほんとうかどうかわからない。ほんとうにそうだとしたら、何でそういうことが起こるのかもわからないといけませんし、きちんとした研究を続けていこうと考えました。

その実験は、生物科学研究所のメンバーにやってもらうわけです。私は一方で食品の開発をやっている。彼らとの情報交換の中でどうしてそういうことが起こるのか、だんだんおぼろげながらわかってきて、これもほんとうにコロンプスの卵的なところがあるんですけども、なるほどそういうことが起こっているのかということまでわかってくると、これはひょっとしたら、おっしゃったように、太りにくい油というか、そういうものとしていけるかもしれないというふうに、だんだんなってきたんです。

私の頭の中にあったのは、ある米国企業が83年くらいに開発した特殊な食用油で、これは油と全く違う構造のものなんですけれども、見た目は油と全く同じなんです。これは食べても全く吸収されない。油というのは、消化酵素のリパーゼという酵素で小さく分解されて、初めて吸収されるわけです。ところが、この特殊な食用油は砂糖に 砂糖というのはOHを6つから8つくらい持っているんですけれども、そこに脂肪酸が6つ以上くっついたものなんです。そういう大きな分子になると、リパーゼが分解できないので、食べてもそのまま出てしまう。だから食べたときには油の味だけど、全く吸収されないから、カロリーがゼロなわけです。全部、うんちに出ていっちゃう。そういう開発をやっているという記事を読んで、すごいなと思いました。米国の企業はこんなことまで考えているんだと。そのねらいはまさにカロリーゼロの油ですよ。太りにくい油ですよ。

<新聞が何かで見られたんですか。>

【安川】 それは学術誌です。すごいなと思いました。そういう発想で彼らはやっているんだと。だから、頭にそういうのがインプットされたけど、自分たちにそんなことができるとは思っていなかった。

それで、さっきも言ったように、ジアシルグリセロールというものにそういう太りにくいという性質があるなら、これは先ほどの特殊な食用油に近いことになるのかもしれないと思いました。実は結果的にその特殊な食用油というのは、20年くらいかけて、FDAの許可をとり、ポテトチップスを揚げる油として許可されたんです。しかし、これは失敗に終わっています。この油は、体内にあるビタミンやカロチンなどの栄養素を流しだしてしまいおなかをこわす。米国の消費者団体から猛烈な反対をうけて失敗します。このとき、この企業は300億円投資したといわれています。

結果論ですけど、我々のジアシルグリセロールというのはちゃんと吸収はされるわけです。従って先ほどの特殊な食用油のような問題はない。体の中で脂肪に再合成 油というのはさっき言ったように、分解して、小さくなって吸収された後に、体の中で、またもとの油に再合成され、血液中を流れて、運動するときに必要なエネルギー源として体の中に蓄積される。だから運動しないとたまり過ぎちゃうわけです。これが肥満です。ジアシルグリセロールは分解されて吸収されるまではトリアシルグリセロールと一緒になんですけれども、体の中に入った後、油の形に再合成されにくい。要するに体の中でたまりにくい。熱として消費されやすいということがわかってきたんです。

だから、先ほどの特殊な食用油のカロリーゼロと比べて非常にわかりにくい話だし、効果も非常にマイルドなんですけれども、逆に食品として、無理のない形で、普通の油を食べているよりもたまりにくい効果が出てくるというものです。結果的には我々のほうが成功したと、今は思っています。

<研究期間はどのくらいかかったのですか。>

【安川】 製品化したのは99年です。きっかけは86年くらいですから13年くらいかかっていることになります。先ほどの炒め油の発売が90年、89年にそれをやるために、食品の事業部ができた。私はその89年を花王の家庭用食品の元年だと思っています。入社は79年ですから、10年目にしてやっと事業部ができたわけです。

<大変ですよ、ゼロから始めるというのは。>

【安川】 炒め物用があれば、揚げ物用が必要なわけで、次に揚げ物用の油の開発を行いました。一方で、ジアシルグリセロールを油として食べたらどうなるかということは、生物科学研究所の研究員が少しずつ

やっていった。時間はかかったんですが、95年ぐらいまでにジアシルグリセロールの特長が少しずつわかってきて、これはおもしろいんじゃないかということで、ここから開発になってくるわけです。そういう効果を初めて我々がみつけているわけですから、まずだれも知らないことをどうやって伝えるかということがあります。しかも食品というのは、体に対してそういう機能がいろいろあるよということを、本来、表示してはならないんです。

その例外として、厚生省が世界に先駆けて始めた特定保健用食品というのが、91年から制度化されていました。この制度のことはもちろん知っていましたが、当時の特定保健用食品というのは、お腹の調子を整えますとか、表示としては何だかわからないものでしたし、またその存在は一般の人には全く知られてもいませんでした。とはいえ他に手段はないだろうということで、挑戦してみようと。挑戦するには何が必要かという、人でその効果を実証しなきゃいけないわけです。今までずっとネズミでやってきているわけです。それで、人が食べたときに、ネズミと同じようなことが起こるのかどうかを実験していこうというのが95年からなんです。

例えば1回食べたときに、血液中に出てくる量をはかる。これは比較的短時間にできますので、それをやると、確かにネズミと同じように人間でも出てくる量が少ないということがわかりました。次の問題は長期に食べ続けたときに、人間の体の脂肪量がほんとうに違ってくるかどうかです。人間はネズミと違って、いろいろな物を食べますし、生活の中で一定の物だけ食べるというわけにはいきません。そういう中でほんとうに効果が出るのかどうかを試行錯誤からスタートしたわけです。そういう臨床試験というのは、うちで経験がありませんので、いろいろな意味の試行錯誤の中で、被験者になってもらうという人も、当然我々自身がならないと、だれかになってくれというわけにもいきません。

<花王の社員の方で実験をやられたんですか。>

【安川】 最初はそうですね。関係者の中で被験者を選び試験をスタートしました。

その結果、一応ポジティブな結果が出ました。その結果を持って厚生省に申請をしました。我々も最初はそんなに簡単には効果は出ないと思っていますから、油をいっぱい食べなきゃ差は出ないだろうということで、欧米人並みに油を食べるプロトコルを組みまして、厚生省からは、日本人はこんなに油を食べませんと言われました。(笑)ごもつともですけど、日本人の平均ぐらいの摂取量で効果があるのかどうかを実証しなさいという注文が来まして、これをやるには1年ぐらいかかるわけですけど、たとえやってもそんな少ない量で差が出るのかどうかの保障もありませんし、厚生省は認めてくれるのかもわかりませんし、あきらめたほうがいいかなと、本当に悩みました。

話が前後するというか、いろいろ複雑に絡みますけれども、食品事業部で炒め油、その後に揚げ油というのを発売しましたが、せいぜい30億円ぐらいの事業で、大きくなる感じは一向に出てこないわけです。とてもうちの中で新規事業というには及ばない程度のものでした。確かに油の調理機能に着眼した商品は一定の評価を得ましたが事業的にはそんなにインパクトを与えるというものではない。

そういう中で、それをずっと続けていっても、「食品事業ここにありき」という姿にはならないですし、実は油以外にも並行して幾つかプロジェクトがありましたが、それらも結局、ある程度まで行ったんですけど、行き詰っていた。そういうのが重なりまして、もうどうしようもない状況に陥った。

実は97年に私は所長になったんです。ちょうどさっきの1回目の特保申請がダメだということがわか

った後です。

<最初のやつが欧米人並みじゃだめだと言われた後ですね。>

【安川】 特保申請がだめだということがわかり、ほかにやっていたプロジェクトもだめで、炒め油、揚げ油もそのぐらいだという状況の中で、食品一筋でやってきた私に所長をやれということは、これが食品事業の最後通告だなと思いました。もし私でだめならこの事業はもうこれで終わらせるということだなと正直思いました。要するにそのまま続けてもこれはだめで、そこに唯一可能性があるとすれば、ジアシルグリセロールだけです。この特長発見は世界で初めてですし、特許もとれていました。この発見が商品に結びつければ、非常にユニークな世界に例のないものになる。その可能性にかけようじゃないかと。この思いがドライビングフォースになって、さらに1年かけた追加試験をやり、その結果見事にポジティブな結果が得られ、98年の5月にめでたく油として初めての特保許可がとれました。

しかも許可表示内容が“他の油に比べて体に脂肪がつきにくい”という、比較的一般の人にもわかりやすいものであったことが、結果的に商品として成功した大きな要因になったんだと思っています。

<今はテレビで宣伝をしょっちゅう見させていただいて、人気がありますよね。>

【安川】 そうですね。おかげさまで、高い油ですけど。当時、我々開発陣としては、学術的にも非常におもしろい発見ですし、特許もあるし、しかも食用油として世界で初めて、特保表示許可もとれて、これはすごい思い入れがあるわけですね。ところが実際に消費者調査をやると、値段が当然高いですし、当時、厚生省ですけど、薬害エイズ事件などもあって、厚生省のマークをつけていることが必ずしもプラスに働かない。インタビューで購入意向調査をやりますと、決していい結果が得られない、みなさんプラスに反応しないわけです。

それで、これは相当難しい商品かもしれないと、事業部のほうからすれば、これはなかなか売りにくい商品だということになった。

<それをどうやって説得されたんですか。>

【安川】 研究のほうは熱きものがありますし、私はこれがだめなら食品の仕事は終わりだという意識がありますので、妙な開き直りが出てきます。そもそも厚生省のマークをつけたくらいで、企業がこれはいいものだと言っても信じてもらえるわけがない。信頼してもらうためには、一番わかりやすい例がお医者さんからこれは体にいいんだよと薦めて頂く。私もたまたま数年前の人間ドックのときに、油は紅花の油というのがいいとあるお医者さんから言われました。当時、リノール酸がいいという時期があって、リノール酸をリッチに含む紅花を勧められたわけです。今ではリノール酸のとり過ぎはよくないと言われていますが。とにかく、お医者さんから言われれば、ものすごく大きいわけです。

<お医者さんが薦めていると信頼感がありますよね。>

【安川】 だから、企業が言うんじゃなくて、お医者さんとか、例えば専門家だとか栄養士さんとか、あるいは保健所の方だとか、そういう方が消費者に向かって、この油はいいんだよと言ってもらうことで、信頼感を得ようと考えました。そのために我々は消費者に直接言うんじゃなくて、お医者さんとか、栄養士さんとか、そこに我々の発見した事実と実験データを説明して、そこから伝えてもらう。これをやらん限りは、この商品は売れない。

言い換えれば、キーワードは信頼ですね。信頼さえ得られれば、この技術は我々にしかなく、しかも効

果には科学的な裏づけと厚生省の許可表示があるわけですから、これは間違いなくいけると。そして、お医者さんや専門家に説明できる人間は営業の人間でも事業部の人間でもなくて、我々自身だと。そこで研究所の中にプロジェクトをつくって、全国の保健所やお医者さんを回りました。

もう一つはパブリシティー活動です。またパブリシティーの前に学会発表があります。学会発表を記事として取り上げてもらって、その記事が結構インパクトのある言葉になるものですから、テレビがまたそれを取り上げて、そういうところからも評判が出てきました。流通にもそういう情報がうわさとして伝わるようになって、逆に流通から事業部に、花王さん何か大きな商品があるらしいねという声が入ってくる。そうすると事業部もただ事ではなくなってきました。そういう社内的な盛り上がりが一挙に出てきました。

< 作戦が成功したわけですね。 >

【安川】 結果的にはそうなりますね。98年の5月に特定保健用食品の許可がとれたんですけど、発売は99年の2月なんです。この間の9ヶ月間、こうした活動に奔走しました。

< そのときに新しく工場をつくったのですか。 >

【安川】 このジアシルグリセロールというのは、水に少しなじみやすいという性質の機能性油脂として10%ぐらい普通の油の中に入れて既に使っていたんです。だから、鹿島工場につくる設備はあったんですね。ただ、生産能力は小さかった。そんなに売れないだろうと思っているから、更に大きな設備をいきなりつくろうとはしなかったわけです。それで、実際に発売したら、すぐ売り切れ状態になりました。今から考えれば大ブレイクの直接の決め手になったのは、98年11月の肥満学会です。これは今、世界的にも非常に大きな学会になっていますね。肥満学会の発表を新聞が記事として取り上げてくれて、その記事を更にテレビが取り上げてくれました。更に発売前情報活動の総決算として、広報と一緒に、マスコミ向けの発表会を1月にやりました。製品が出る1カ月ぐらい前に、研究発表会と称して、マスコミの方を呼んで、研究成果とその成果として油として初めて特定保健食品の表示許可をとるに至ったという内容の発表をやりました。2月に発売して、途端に売り切れ状態になりました。売り切れになったのは、実はさっき言ったように生産能力が少ないからなんですけどね。(笑)

< 年間売上げが100億円は超えているとか。 >

【安川】 ええ、おかげさまで今、最初の油だけで、150億円ぐらい。その後にコレステロールを下げる機能を付与した、ベースは同じなんですけれども、そういう油を出して、その後、ドレッシングソースを出して、マヨネーズタイプ調味料を出してと、エコナのブランドトータルで、今、250億円を超えています。

< アイデアを出された要因は何だったと思われませんか。 >

【安川】 人が油としてこれを食べたときにどうなるかという、その発想の原点は“胃にもたれにくい”だったわけです。

それまでジアシルグリセロールというのは、単なる油の分解物であり、油に含まれるマイナー成分にすぎなかった。むしろ乳化剤の一部として見られており、油そのものとしての機能など誰も考えなかったわけです。それが酵素反応の副産物として高純度に得られたことをきっかけに、油として食べたらどうなるだろうか、一部分解しているから消化吸収がしやすいかもしれないという発想が生まれた。最初にそういう発想で試験をやったのは86年、東京から鹿島に行って2年目ぐらいだったと思います。

おそらく、あのときそういうことをやろうと思ったのは、やっぱり栄養化学をやってきたせいだと思います。食べてどうなるかという発想は、私がかたまま栄養化学をやってきて、先ほどの話のように、米国企業による特殊な食用油の話が頭にあって、何か違ったものを油として食べてもいいのかもしれないとか、そういうことがきっかけになっていると思います。

当時の実験は、入社したばかりの女性研究員と2人でやっていましたけど、研究所員から胃が弱いという人を集め、朝食を食べないで会社に来てもらって、ベーカリー室がありますので、そこで油をいっぱい入れたパンをつくって、それを2個ぐらい食べてもらう。そうすると、もう午前中は胃がもたれて、仕事にならないわけですね。その後、今度はジアシルグリセロールの油でつくったパンを同じように食べてもらうと見事に胃のもたれ感が少ないという結果が得られました。仮説が見事に当たったわけです。

<食べてみてどうなるかという意識があったからこそ、血液中の油が下がるとか、そういうものをつながってくるわけですね。>

【安川】 そうですね。最初は消化吸收の着眼ですけれども、栃木の生物科学研究所に持って行って、こういう現象があるから動物実験で確認して欲しいとお願いした。動物を飼育して、最後解剖して調べるときには私も一緒にやりました。こういったことも、もともと栄養化学の経験があるからですよ。

でも、本当に偉いのは、これをきっかけにしてジアシルグリセロールの代謝研究をずっと続けてくれた、生物科学研究所の研究員かもしれません。その結果、血液中の脂肪量が少ないとか、体脂肪が少なくなるという現象を見つけてくれた。それがなかったら商品化はなかったわけですから。

<商品開発のモチベーションはどのようなものだったのですか。>

【安川】 とにかく商品を出したいわけです。商品を出し、事業をつくりたい。そういう仕事で来ているわけですから、開発研究所というところにおいて、商品も出なければ、事業もないのでは、要するにただ飯を食っているわけですからね。しかも研究所までつくってもらって、そこに当時、七、八十人いたと思いますけど、会社がそれだけの、あるいはそのときのトップがそれだけの器量を持っているということなんでしょうけど。我々からすれば、真綿で首を絞められているみたいな気持ちです。

<新規事業のテーマについてどのように考えていたのですか。>

【安川】 研究して、少々物がいいなとなっても、これが事業として、花王としてほんとうにいけるのかという視点、ほんとうに世の中にはないような価値がないと、後発も後発、原料も何もない中でやっているわけですから、望まれているニーズに応える初めての価値、これが必須です。そうで無ければたとえ商品が出ても、それで終わってしまう。特に新規事業として、シャンプーの商品ラインナップをつくるのとわけが違って、新しい事業をやるわけですから、相当、社内的にも社外的にもインパクトがない限りは、そもそも商品にならないだろうと考えていました。だから、商品を出すということは、イコール世の中にはない価値とか、ないものをつくり出さないといかんということになると思います。

<組織環境・マネジメントはどうでしたか。>

【安川】 ある意味では非常にうまいマネジメントだったと思いますけど、東京からそう遠くない離れ島（鹿島）に置かれて、新しい事業につながる大きな研究をやれと。一方で東京の研究所ではみんな日々の商品開発、改良に追われている。非常に忙しく、華やかな中で、けんけんがくがくやっている。

鹿島という東京からちょっと離れたところにあり、ゆっくり時間の流れる中で、短期の成果を求めては

いないけれども、新しい事業をつくるという非常に大きな命題の中でほうっておかれているという、えも言えぬこの圧迫感というか……。(笑)

新規事業のたちあげに時間がかかるものですが、鹿島はそれに適していた。東京に行くと、そのスピードが違っているのがわかります。商品化がどんどん進んでいるのを見ると、あせりを感じた。もし、同じ場所にいたならば、新規事業に取り組めたかわからない。

研究テーマの設定も予算もかなり自由度があった。テーマも現場から自分で提案をしていくというのが基本です。こんなおもしろい現象がある、それをグループに広げて、そのグループリーダーなり室長なりが、一つの開発テーマとしてだんだんに形を整えていく。花王の研究リーダーは研究テーマや戦略についてトップと直接に会話する機会がものすごく多いんです。研究発表会というのもありますし、R&D会議と称して、トップが必ず全員来て、研究テーマに関していろいろ聞いてディスカッションする。戦略会議というのもありますし、そういう機会が何回かある。そういう中で、自分たちがここぞと思うテーマをトップにぶつけて、叩かれる。そういうことを繰り返していくわけです。その中で、だんだんお互いの気持ちが決まってくるんです。

<鹿島の研究所の中で、研究員が例えばこういうふうにやりたいなと思ったときに、それを上司の人に許可を得なくても自由にできるんですか。>

【安川】 まず何をやるんだという議論は初めに当然あります。例えば油をやるとか、油の機能のどんな面を研究するとか。それは議論します。その中から幾つかの候補が出ます。それで、やっぱり発見がないことには開発テーマにならないですから、その発見は個人ベースの研究から出てくるわけです。そして、こういう発見がありました。それを一つのテーマにしていくときには、その本人のセンスも大切ですけど、見つけたものをいかに商品の姿形に翻訳できるか、商品につなげてイメージできるか、すなわち、上の人間が原石をどれくらい拾い上げる能力があるか、そういうところがもうひとつとても重要だと思います。そういったことを行う環境という点では、すなわちその自由度はものすごくあると思います。

ただ、私の場合はまだ事業として何もなくて、追いまくられるものがない中でやっていますから、余計にそうだったのかもしれないね。

うちの中でも、主力の研究所は決まったものをやっていかなきゃいけないということに追いまくられている面が結構大きいと思うんです。その辺りのコントロールはR&Dマネジメントの永遠のテーマでしょうね。

<どこまで下が決められるのかというテーマですよ。>

【安川】 ある程度、事業を養っていかなければいけないですから、決まった形での短期的な研究開発が当然必要なわけです。それをやっていながら、でも、やっぱり予想もかけない発見とか、大きな発明というのは、そういう決まった枠の中からはなかなか出てこないんです。もう少し長期的で、自由度があって、そういった環境と、もう一つは実例としての成功例が必要です。成功例がなければ、そういう環境に疑問が出てくる、やってもむだだということになりますから。幸い、花王の中では何年かに1回、そういう成功例が出てきているので、そういうことの大事さということが絶えず議論されるし、でも、今日明日を戦うための研究開発も必要なわけで、その比率を社長は2：8にしろと言っています(明日が2)。

<具体的に鹿島の研究所ではどのくらいの人が新規事業の研究にかかわっていたのですか。>

【安川】 当時の鹿島研究所ではアタックという洗剤に配合される酵素の発酵プロセス研究が行われており全社の注目を集めていました。我々は、その横で食油や食品の研究を行っていたわけです。80人くらい居たと思います。業務用の事業をやっていましたので、もちろん当時もいくらかの売上はありましたが、家庭用では何も売り上げがないわけですから、そういう中で、業務用と合わせてですけれども、80人くらい食品にかかわる人間がいたわけです。要するにただ飯を食っているのと一緒にです。それくらい、研究に対してはあまり細かいことを言わずに、結構予算的に出してくれているという環境があったことは間違いないですね。

<ちなみに、この80人のこの研究所の研究予算はどのくらい。>

【安川】 一人2,000万円ですから、16億円くらいになる。

<本研究の位置づけは？>

【安川】 アングラテーマだったんですよ。ほとんどの期間は。さっき言った中で、95年の臨床試験を始めるくらいまでは栃木の生物研で細々と研究を続けていた。私のところは、食品事業部が89年にできて、その事業部の商品開発を目指した研究を懸命に続けている、その片隅にジアシルグリセロールの研究があった。

<当時は、下のベースで、アングラで頼むよと言えばやってくれたような環境だったんですか。>

【安川】 今よりかなり余裕があったことは確かですね。最近は大分はっきりさせるようにはなってきていますけれども、ただ、やっぱり事業化をする研究と、それからそれ以外のところ、少し長期的な研究については、個々の事業に賦課するのではなく会社全体として面倒を見ようよという、コーポレートテーマという研究テーマがあります。そこのところは結構、所長なり、その研究所の裁量に任されている部分がありますね。

<花王の研究機関では、横の人たちとか、事業部の人たちとか、そこら辺の交流は自由だったんですか。>

【安川】 R&Dの特徴は、横の交流がすごく多いことです。ただ、他の研究所に比べて食品研究は少し孤立した雰囲気があったかもしれません。やっていることが特殊でしたし、鹿島という場所の問題もあったと思います。

ただ見方を変えれば少し時間軸、評価軸の違うところに、離れていたことが幸いした面もあったと思います。さっき言ったように、えも言えぬマネジメントだったのかもしれないです。ちょうどいい距離ぐらいいに離れていました。時間はある程度ゆっくり流れているけれども、少し気にはなるというぐらいいの距離にいたわけです。

<いわゆる経営トップとか、上司の奨励という意味では、新しい商品開発に対する期待は非常に大きかったわけですね。>

【安川】 それはそうだと思います。

<やっぱり状況としては非常にいい環境にあったんですね。>

【安川】 時間的な余裕をもらえたというのは、結果としては、ほんとうによかったと思っています。これからの仕事の仕方にも、ぜひそういうことを取り入れていきたい。こういう機能性をうたった食品を開発するというの、いろいろな意味で大きな責任が生じると考えています。商品が出たら終わりというの

ではなくて、どんな人がどんな場で食べても安全なのか、効果はどの程度出るのか、あらゆる評価、研究をずっと続けていかなければいけないと思うのです。そういうことを非常に実感しているものですから、逆に言うと、そう多くものは出せないなと。やっぱり一つのを大事に育てて、十分に理解してもらって、できれば日本にとどまらずに、いろいろなところで使っていただきたい。そのかわり、筋のよいものを集中して研究する、そういう仕事の進め方ができないと、こういうたぐいの商品は成り立たないと思うのです。

そういう意味では、結果的に当時のトップのマネジメントによって、長い時間をかけさせてもらえたことで、こういうものが開発できた。その成果がずっと拡大し、長く広く存在し続けるように、我々研究の人間がずっとフォローしていく。そして、次のものづくりも、それに値する大きなものをつくって、同じように続けていく。だから、毎年、毎年、次々と商品をつくっていくようなやりかたとは違う商品づくりをしないと、このようなカテゴリーの商品はできないだろうと思っています。

この油をつくり出すまでに、自分が経験したことをこれからの商品づくりに生かしていきたい。特定保健食品という許可制度は、幸か不幸か、要求されるレベルが上がってきていますので、そう簡単にとれなくなっています。そういう中で、そういう関門があって一つの商品をつくるのに時間がかかるからこそ大きなものをねらって商品をつくっていくというコンセンサスが必要だと考えています。

こういう長い時間をかけたものづくりを継続的にやっていく事例を会社の中でつくっていききたいと思っています。

<最終的に今回のこのエコナの開発に成功した要因について、どこら辺が一番大きな要因だと思いますか。>

【安川】 結果的には、こういう健康機能を持った食品、そのユニークさだと思います。日本でも医療費の限界が来て、食品の健康機能に対する関心が非常に高まっている中で、特にいろいろ生活習慣病の根源に肥満という問題があって、皆さんの意識も非常に高い。油でありながら、脂肪になりにくいという意外性も含めて、そういう機能を追い求めて、きちんとサイエンティフィックに実証された中で、新しい発見ができたこと。更に結果として油という、一番日常的な、毎日使う食品の機能として開発できたこと。ここが一番重要な点ではないかと思っています。

私がずっとやってきて出した一つの結論は、普通の食品をうちはやる必要もないし、やってもだめで、要するに健康機能をやる、ということです。それを反映して、名前も食品研究所から、ヘルスケア研究所に変えたんです。健康機能を提供するための一つの手段が日常食べている食品だという考え方でやるのであれば、立派な食品メーカーさんがいっぱいおられる中で、我々がやる一つのすみかがあるかもしれないというアプローチで行きたいなと思います。他のメーカーさんとちょっと違うアプローチとなって、新しい油が出てきたというふうに言っているし、今回で言えば、新しいお茶、「ヘルシア茶」が出てきたということです。

<そうですね。ヘルシア茶もすごくファンが多いですよ。>

【安川】 ありがとうございます。

<独創的な商品を開発するような研究者、技術者に必要な能力というのは、どういう能力を持った人間だと思いますか。>

【安川】 ちょっとやっぱりこだわりみたいなのではないですか。何としてもこれをやりたいという思いとかこだわりとか、そういうのが大きいんじゃないかと思います。

きっかけをつかむくらいまではだれでも経験できるんですけども、それが本物かどうかまで、ほんとうにつくり上げていくには、結構強い思い、熱意がないできません。だから、やっぱり何かをつくり出したいという思い、それは世の中に役立つパフォーマンスをつくり出したいという熱意です。これがないと、それはできないかと思います。

<知識の面とか、そういう面では何か特にこういう知識があったらいいとか、そういうのはありますか。学力とか。>

【安川】 思いとかこだわりがあって、次に、それを実現するための必要条件としては、専門性とか、学術的能力が重要になると思います。学術的にやっていく能力です。例えばこういう効果が見つかった。それは本物なのか。本物だと言うためには、その評価方法だとか、手法だとか、手法を組み立てる知識だとか、本物でなきゃ、それはだれも本物だと言ってくれませんか。だから、例えば肥満の研究は今、ある意味世界で一、二位の研究者が競ってやっている世界ですから、そういうところで通用する専門性とレベルがなければ、それはだれも聞いてくれないわけです。

だから、知識も含めて、そういう専門性、研究レベル、それは必須になってきます。それがなければ、具体的に推進することはできない。我々も、たまたまある発見がきっかけでここまで来ましたけど、ここから先をやっていこうとすると、世界のそういう一、二位の研究者のところに出て、そこで他流試合をやっていけるくらいでないと、とても通用しないです。そのためには今度は組織力として全体のレベルを上げていくということが必要だと思います。

もう一つ、すごく大事なことは、どんなに研究的におもしろくても、事業としてのインパクトが出なかったら、次の原資って出てこないということです。先ほど言いましたように、商品を出した後も次から次へと臨床試験をやって、メカニズムの研究もやらせてもらっていますけれども、その原資はどこから出てくるかという、売れているからです。商品として売れるという、そこのバランスといいますが、両立がすごく大事なんです。

ノーベル賞の研究だって、必ずしもビジネスになるとは限らないですね。仮にそれぐらいのレベルであっても、やっぱりそれを世の中にもわかる価値にしたい、商品として生かす、そのセンスがとても大切だと思うのです。

発見が本物であり、パフォーマンスが本物であることが一番大事なことですけど、見出したものを商品として成功する姿形としていかに総合的なものにしていくか。これは自分だけではできない。会社の中の総合力を使いながら商品に仕立て上げるバランス感覚がないと、うまくいかないような気がします。

<こういったバランス感覚を持ち、かなりの情熱を持ち、そして専門性を持った人材を育成していかれるのは、やっぱり自由にいろいろな商品にチャレンジさせて育成されていくんですか。>

【安川】 私はどっちかという、やっぱり成功体験だと思っています。チャレンジしているだけでは出てこないと思います。そのためにはリーダーが、自分の責任として、方向づけをきちっとすることが大切だと思います。さきほど言いましたように、商品が出て、ある程度うまくいくためには、周りの総合力が要りますから、そういうことに対して、うまく導いて、その成功をどんどん積み重ねていく中で、そこで

担当した人間は喜びを感じますよね。今度はあれを自分で作り出してやろうというふうになる。やっぱり全体が前に進んでいない、停滞した中では、なかなか人は成長できない。確率を上げるためには、全体を前に進めて、そういう環境をつくり出して、その中で、その一翼を担うような仕事を経験させていくことが重要なんじゃないかと思います。

今、幸い、そういう環境に少しずつなっています。その中で自分の仕事として思いを持つこと、高い専門性を持つこと、を絶えず言いながら、チーム全体が少しずつ成功する、一人一人がそこに貢献するというを通して、その喜びが次に向かわせる、そのことが大事だと思います。

また、専門性を上げるためには、世界に出て、一流のところで他流試合をしてくる必要があります。それは全員はできないですから、そういう能力のある人間を年に何回か出して、それがリターンすることによって、そういう刺激をまた周りに伝える。やっぱり最後は人ですので、そういう中で、ものづくりへのこだわりとか、思いとか、それからそういう専門性だとか、バランス感覚だとか、そういうことを少しずつでも経験しながら、今度は自分で何とかしたいという人間をつくっていくしかないと思っています。

<テーマ設定の自由度とかそういうのは、かなり自由にやるようにしているんですか。育成されるというか。>

【安川】 探索的なところは、結構任せてやってもらっていますけれども、テーマの大枠は私が決めています。

大きく決めて、そこの中では自由に発想して、きっちりとグループとして進むべき方向に進んでいるという実感を持ちながらいくことが大切だと考えています。テーマは、そういうっぱいはできませんし。結局、開発でお金がかかるというのは、最初のところは大きなことないんですよ。ここぞというところで、あるタイミングから仕掛けていくときには、当然ながらお金もかかってくるわけですね。だから、そこを何に絞るかというところが一番大きなポイントですし、逆に絞った大きなものを我々自身の責任として決めて、ここにかけるんだということで、全社のいろいろなパワーを使いながら、その仕事を確実に前に進めていくということが、結果としてチーム全体の前向きな気持ちにつながっていくと思います。

探索的な段階では、大きな枠の中で期間を決めてやってもらいますけど、決して無理やりやめるということはしないんです。だけど、拾わないという状態がずっと続きますので、そういう中で、本人の問題として、だめだと思ったら、やめるかどうかは自分で決めていってもらおうという状況に置く。だから、中途半端には拾わない。

<この課題は非常に難しく、そういうすぐれた人間がどんどん育てばいいんですけども、なかなか昔からの大きな問題になっているところ。>

【安川】 そうですね。ほんとうに難しい。

<こういう独創的な商品開発をされる人材というのは、所長から見られても、徐々に「こいつはいけるな」とか、そういう人たちが出てきていますか。>

【安川】 専門性が上がっているのは間違いない。問題は、夢とか思いとかバランス感覚とか、そういうところになると、なかなか難しい。そういう教育プログラムみたいなものはないわけで、実践で身に付けるしかないですね。

これまで一緒にやっている中で、研究所の室長は、かなりの経験をしているから、間違いなく良い方向

には行っていると思いますけれども、果たして、十分かというのは、何ともまだわかりませんね。

< 国とか政策に対して、ご要望とか何かありますか。こちらで採用されている新入社員とか、そういう方々の研究者、技術者の中で、こういう能力をもっとつけてくれたらよかったのにとか、そういうものがあればお話し下さい。 >

【安川】 一番感じるのは論文が書けないということですね。

< 論文が書けないのですか。 >

【安川】 科学論文、学術論文が。まず、学術文献を読んでいないですよ。別にどんな分野でもいいんですけど、自分の専門でやった、関係する仕事の論文をどれくらい読んできたのか、読んでいけば自然と文章の作り方だとか身につきますよね。それがおそらくできていない。

< それは大学院を卒業された方ですか。 >

【安川】 ええ。だから、面接のときも、世界のどこどこに対抗の研究者がいて、その論文をどれくらい読んでいるかと聞くんですけど、どこにいるかもわからないというのが結構多いですし、「対抗者、え？」っと。指導の先生と議論するだけで終わっている。特に論文の考察を読むところが足りない。実験方法とかは参考にしたりして見ているんだけど、考察のところを読んで、自分でも考えてみるという訓練があまり出来ていないなと感じます。

どんな分野をやろうと、実験事実に基づいて、それを考察して、次の仮説を立てて、また実験する。これが全ての基本ですよ。そこの基本のところちょっと弱いように思えます。だから学術論文を書かせても、何だか作業報告みたいな感じになるんですね。それは感じますね。

< 特に必要な学問分野や学科とか、栄養学で、もっとこういう分野があったらいいのにとか、そういうものがありましたら。 >

【安川】 うちに来るのは、化学系が多いですが、有機合成をやっていたとか、食品とか栄養とかとは全然関係ないところから来ます。別に食品や栄養のことを知っているという期待はあまりしていません。例えば、油の加工なんて知っているわけがないですね。それはいいですけども、基本となる研究の方法論のところはしっかりできて訓練されていればと、それだけは強く思います。

< どうもありがとうございました。 >

安川拓次（やすかわ たくじ）氏 略歴

生年月日	1954年8月		
出身地	長崎県		
学歴	卒業年月	学校名	
	1974年3月	都立青山高校卒業	
	1977年3月 1979年3月	東京農工大学農学部農芸化学卒業 名古屋大学大学院農学修士課程修了	
職歴	年 月	組織名	ポジション
	1979年4月	花王(株)入社	研究員
	1996年3月	食品研究所	所長
	2000年3月	ヘルスケア第1研究所	所長
	2004年10月	同上 (現在に至る)	理事

資料3 講演録(アルツハイマー型痴呆症治療薬「アリセプト」)

演題 「アルツハイマー型痴呆症治療薬開発の夢を追って」

講師 京都大学大学院 薬学研究科

客員教授 杉本 八郎 氏

日時 平成16年6月2日(水) 13時30分～15時30分

場所 三菱ビル9階964・965室(科学技術政策研究所 外部スペース)

〒100-0005 東京都千代田区丸の内2-5-1

【司会】 科学技術研究政策所第2研究グループの石井です。どうぞよろしくお願いいたします。

本日講師にお招きしましたのは、京都大学大学院薬学研究科客員教授、杉本八郎先生です。杉本先生は、1961年にエーザイ株式会社に入社されまして、エーザイ株式会社に籍中に、今回の発表の対象となりますアルツハイマー型痴呆症治療薬アリセプトの開発に成功なさいました。この薬に対しまして平成10年に英国のガリアン賞特別賞、これは医薬品のノーベル賞と言われているんですけども、この賞を受賞されまして、アルツハイマー病に対して初めて有効な治療をもたらしたという評価を得られています。また、同じ平成10年には、日本薬学会技術賞、化学・バイオ筑波賞、そして平成14年には、恩賜発明賞を受賞されています。

きょうの講演では、この薬の開発の経緯と内容、それから成功の要因などについてお話を伺えるところです。それでは杉本先生、よろしくお願いいたします。

【杉本】 ご丁寧なご紹介、どうもありがとうございました。また、きょうはこのような立派なところでお話の機会をいただきましたことを、所長さんはじめ石井さん、関係者の方に厚く御礼申し上げたいと思います。

こんな立派なところで話すのは、私は初めてですので、科学の専門家の方たちの前でお話するのも、ちょっと緊張しております。ただ、自分がエーザイにいたときに、どういうことで薬ができたかということをお話しさせていただいて、少しでも皆様の何かのお役に立てば、私の今回来た目的は達することができるのではないかと思います。

演題は「アルツハイマー型痴呆症治療薬開発の夢を追って」ということですが、中身的には塩酸ドネペジルというのが正式な学術的な名前ですが、商品名でアリセプトとっています。アリセプトのほうがとおりがいいので、今回もアリセプトという形でお話しさせていただきますが、ほんとうのところを言いますと、薬というのは、特に医薬品、薬局向けのOTCじゃなくて薬というのは、宣伝してはいけないということなので、フォーマルな形でお話するときにはドネペジルなんです。でもきょうはアリセプトでお話しさせていただきます。

いきなりこんなスライドが出て、何だと思いいになるかと思いますが、私、中島みゆきのファンなんです。それで、このスライドを初めにいつもご紹介しているんですけど、もう一つ秘密がありまして、食品総合研究所の理事長だった方が牛久に住んでいる。私も牛久に住んでいるんです。今は京都に移ってますが、そのときに知り合って、彼の友達がプロジェクトXのディレクターをやっているんです。お前、ディ

レクターに電話してあるから、そのうちプロジェクトXから電話が来るからと言ってくれたんです。幾ら待っても電話が来ない。待ちきれなくて自分でこうやって宣伝して歩いてます。きのうも金沢大学の薬学部の依頼で講義してきたんですけど、これも一番初めに出したスライドなんです。この後、私、4時から六本木ヒルズで某株式会社、ベンチャーなんですけど、私の友達がベンチャーの社長をやってまして、投資家たちを集めてセレモニーがあるんです。そこでアリセプトの話をするんですが、またそのときもこのスライドを出して、いつかNHKに届くのではないかと思うんですけども、どうでしょうか。

多分、私来ないと思うのは、二つ理由があります。一つはプロジェクトXに選ばれるテーマは本人が死んだ後が多いですよ。私はまだ生きてますから、多分来ないと思う。それと、あれだけのビッグ番組ですから、医薬品を扱うと相当な宣伝効果になるので、NHKは公的な機関ですから、多分取り上げないと思うんです。それはいいんですけど、いずれにしても、この詩が結構いいなと思います。「風の中のすばら砂の中の銀河 みんな何処へ行った」ということで、「人は空ばかり見ている つばめよ高い空から教えてよ 地上の星を」という、アリセプトが地上の星とは私言いませんけれども、歌詞がすばらしいので、中島みゆきの歌は私はほとんど覚えてます。カラオケに行きますと、まずこれから始まるんです。

研究の発明、発見には限らないと思いますが、強い夢、あるいは強い意志が絶対必要だと思っています。その事例として1つ思うのは、エーザイの創業者内藤豊次は東京田辺製薬を常務まで務めたあと、エーザイという会社を興したんです。皆様方、エーザイという会社の名前の由来、ご存じですか。知らないですよ。このしゃれもきのう言ったんですけど、エーザイというのは、どんな商品もええ材料を使ってる、それでエーザイという名前なんです。しかし、これはうそなんです。本当は日本衛材という名前なんです。衛生材料からエーザイという名前をつけたのです。そのエーザイの創業者内藤豊次が夢見たのが二つあります。彼はスイスのロシュの会社の工場に行ったときに、ロシュの工場は森の中に工場があるんです。それを見て彼は非常に驚いた。海外にはこういう会社があるのかと。彼はエーザイも将来森の中に工場をつくりたいという大きな夢を持ったんです。もう一つの夢は、東京田辺にいたときの内藤豊次というのは結構発明、発見の才能がありまして、かなりビッグ商品を当ててます。彼は自分でオリジナルな薬を出したいというのでエーザイを立ち上げたんですが、その夢のとおり、彼はエーザイのオリジナルの世界的新薬を創出したいというのが、創業時代の夢だったんです。

この夢を、エーザイは今実現しつつあります。創業者が夢を持った場所はここなんです。これは文京区の竹早町、昔は竹早村と言っていました。今は小石川4丁目なんですけど、これは竹早通りとって、この前がエーザイの本社なんですけど、これが当時のエーザイの研究所です。エーザイリサーチラボトリーと書いてありますが、このときは研究員が50名足らずです。今でこそ筑波研究所には500名ぐらい研究員がいますが、50名足らずでほんとにちっちゃな町工場のような研究所だったんです。このころに、彼はそういう夢を持っていました。

これは、岐阜県の川島町にある川島工場、こちらに見えるのは木曽川です。川島工場は14万坪の森の中にあります。この森の中には、キツネやタヌキやマムシも出るという、そういうところなんですけど、この中に工場をつくりました。エーザイは30数年前から環境にも非常に考慮している会社でして、この工場の排水は全部浄化槽できれいに浄化します。この敷地の中には日本庭園があります。日本庭園の中の池に工場の排水を流すんです。その池にはコイを飼ってますので、コイに異変があったら排水に問題がある

ことがわかります。そういう、ある意味では環境に非常にアピールするような仕掛けをつくっているんです。その排水を木曽川に流しています。森の中に工場をつくることによって、創業者の一つの夢を実現したわけです。

先ほど所長さんとちょっとお話をさせてもらったときに話が出たんですけど、薬というのは開発が非常に難しいです。研究に着手してから発売まで15年間か20年ぐらいかかるんです。これが一番大きな難しいところなんですけれども、一つも新薬開発に携わることがないまま研究員を終える人も多いと言われています。

(スライド1)

これは自慢話で恐縮なんですけど、私実は二つ新薬開発に成功しています。エーザイに入社したころは3品は新薬開発したいと思っていました。絶対に三つやろうと思ってたんですけど、二つで時間切れで定年で終わってしまったんです。一番初めに成功したのは、ここにありますブナゾシンです。ブナゾシンは、もとの化合物あります。もとの化合物はファイザー社のブラゾシンという化合物です。これ 受容体遮断薬です。受容体というのは末梢血管にたくさん分布しています。これが収縮すると血圧が上がるんです。それを遮断することによって血管の緊張が緩和されて血圧が下がります。ブラゾシンが世に出たときには、世界中が驚きました。受容体の遮断薬なんて絶対薬にならないと思われていたからです。ファイザー社は1受容体を選択性のあるものを開発して成功したのです。ブナゾシンは私自身が合成したものです。しかし二番煎じでしたのでビジネスとしてはあまり成功していません。国内で10億ぐらい、ドイツで10億ぐらいです。これが30代の初めぐらいの私の成功体験です。このころから、自分も研究できるかなという自信を若干深めつつあるときの一つの、私としてはエポックメイキングな発見でした。

21世紀は多分痴呆の薬というのは、薬の中ではメジャーになるだろうということを密かに思っていました。それゆえ抗痴呆薬の薬の開発を目指したわけです。ただもうひとつの理由がありました。いろんなところでマスコミに出ているのでご存じの方も多いと思うんですが、これは2002年の読売新聞に載ったんですが、開発の秘訣ということで、「亡き母の姿を思い、競争制す」、実際に薬づくりの中には隠し味があると思います。その隠し味のの一つが、これなんですけど、私が30過ぎになってから母親が痴呆症になったんです。アルツハイマーじゃなくて脳血管性の痴呆症です。実は私は9人きょうだいで8番目に生まれました。それで八郎という名前なんです。英語でいうとエイトマンという名前なんです。母親は昭和20年ごろ9人の子供を育てるのに非常に苦労して育ててくれました。小学校、中学校、高校、大学、ずっと母の苦労を見てきていたので、こんなに過酷な女性の人生あるものかなと思ってたんです。将来必ず親孝行するぞと堅く自分に言っていました。その私が母親のところに行くと、「あんたさん、誰ですか」と、私に聞かれます。私が「あなたの息子の八郎ですよ」と言うと、「私にも八郎という子供がいるんです。よろしくお願いしますね」というのが親子の会話だったんです。親孝行を認めてもらいたいということではなくて、親と子の心がつながらなくなったという、この事実は、私にとって非常に重かったんです。せっかく製薬会社の研究員としているのなら、何とかして薬の開発をしたいということで、痴呆の薬をやろうと決めた、これがもう一つの理由です。

(スライド2)

初めは脳血管障害の後遺症の改善薬の開発に着手しました。この化学構造式にはフェニルピペラジンと

いう部分構造があります。このフェニルピペラジンに、キサンチン骨格をつけると、非常にバランスのいい血管拡張剤になりました。この血管拡張剤が脳の血量を選択的に上げるんです。これにおもしろい話がありまして、当時、東京研究所の時代なんですけど、脳血流を測定した人がいなかったのです。薬理実験の担当は始めは抗ヒスタミン作用を調べる実験から進めたのです。脳血流作用を知る目的でなぜ抗ヒスタミン作用をみるのか、私はたずねました。その答えはエーザイでアップラクタンという脳血管拡張剤を出しています。それが抗ヒスタミン作用がある。だから抗ヒスタミン作用があれば、脳血流増えるだろうって。そこでいろいろ議論を尽くした結果、イヌの股動脈の血流を測るようになりました。しかし股動脈というのは末梢の血流だ。末梢の血流が増えたら脳の血流は減少してしまいます。本当に知りたいのは脳の血流だから変えてほしいと言って、イヌの椎骨動脈、脳に上がる血管、そこにプローブをはさんで血流を測定してくれたんです。そういうふうに探索研究というのは、お互いにやりとりの中でのぞましい方向にもっていくことを学びました。

その次はもうちょっと人に近いということで、埼玉医大の神経内科の先生と4年間共同研究をやりました。最終的に選ばれたのがP H Pという名前が開発番号7 1 8なんですけど、これが残念ながら臨床に入ったときに、血液中のG P TとG O Tが上がったんです。脳血管障害改善薬は老人に使うものだから、肝機能障害を示唆するようなデータがある化合物はだめだということで、泣く泣くこれはドロップしました。

これがアリセプトの前段階の失敗です。

アルツハイマー病について簡単にご紹介したいと思います。1907年にドイツの精神学者のアロイス・アルツハイマー博士のところに、51歳になる女性の患者さんが来ました。彼女は痴呆症状を示していて、4年後亡くなりました。亡くなったときにアルツハイマー博士は彼女の脳を剖検して、病理所見、それと生前の異常行動などを学会に発表しました。それに基づいてこういう症状をアルツハイマー病とつけたのが、1907年なんです。ちなみにアリセプトがアメリカで承認、発売されたのは1997年ですから、名前ができてから、ちょうど90年後に薬が開発されたということになります。

(スライド3)

今でこそアルツハイマー病の原因はかなり確信的なことがわかってきたんですが、私たちがアリセプトの研究を始めたのは1983年ですから、その当時はまだ確たる病因はわかっていませんでした。わかっていたのは、細胞がどんどん死んでいくということです。正常の脳ですと、こういう形で、死んだ後も形は保たれるんですが、アルツハイマーの病気の場合には、細胞が死んでいきますので、非常に萎縮してしまいます。これが一番大きなアルツハイマーの特徴です。

このスライドはアルツハイマー病患者の脳の病理所見なんですけど、このあざのようなもの、これは老人斑といいます。この老人斑はベータアミロイドが凝集したものです。ベータアミロイドというのはアミノ酸が42個前後のものです。この42個のアミノ酸の凝集物が神経細胞の毒性を示します。これは神経原繊維変化といいまして、タウ蛋白が高度にリン酸化されると、こういうものになります。これができるプロセスの中で細胞毒性を示します。だから、この神経原繊維変化を起こさなくする、あるいは老人斑をなくす、あるいは起こさなくすれば、細胞の死滅が免れるので、アルツハイマーにならないだろうということが、今世界中で研究者が最も力を入れている研究内容です。

(スライド4)

これはちょっとデータが古いんですけど、87年のときには、アルツハイマー病は23%ぐらいの患者さんの数だったんですが、脳血管性は31%で多いです。不明がこういう形であるんですけど、それが95年になりますと、逆転してます。アルツハイマー病のほうが多くなっています。どんどんアルツハイマーの患者さんは多くなっています。恐らく6割から7割ぐらいまで、将来的にはアルツハイマーの患者さんが増えるだろうと言われていました。2003年で1千万人、2008年には1千万人以上の患者数になります。別な統計によりますと、今でも1,500万人いるとも言われています。表からわかるようになぜか患者数はアメリカだけが多いんです。500万人います。なぜアメリカがこんなに多いのかわからないんですが、ヨーロッパは全体でも300万人です。これに対してアメリカだけで500万人。

こういう背景があったので、アリセプトがアメリカであれだけたくさんの方に処方されたということだと考えています。

私たちが始めたころには、記憶を改善する薬はなかった。よく言われる、今まであった薬物治療というのは、中核症状というのは認知機能障害ですね。中核症状が認知機能障害が起きると痴呆になります。その周辺としては、陽性、陰性に分かれて、陽性は不安、焦燥、興奮、こういう症状が痴呆症で出ます。これに対して脳代謝改善薬とか抗精神病薬が使われます。陰性症状については、意欲減退、うつ状態、自発性低下などには、抗うつ薬とか脳代謝改善薬が使われます。残念ながら脳代謝改善薬はすべて再評価で有意差がつかなかったの、市場から撤退しました。ただ、認知機能を改善するのがアリセプトが出て初めて世の中にアルツハイマー病の治療薬が開発されたということになります。

(スライド5)

アルツハイマー病の症状は、簡単にいうと三つの段階に分けて考えられてまして、初期では、全体として自分のやったことを覚えられない。これが初期症状。中期になりますと、時間や場所の見当がつかなくなる。見当識障害です。それから抽象的なことがわからなくなる。数の計算ができなくなる。妄想、幻覚、徘徊、これは末期に近いと思います。末期症状になりますと、家族がわからなくなる。最後は寝たきりになって、寝たきりになると、もうかなり弱ってきてまして、合併症状が出まして、主に肺炎等ですけども、それで亡くなります。

(スライド6)

それでは何でアルツハイマーになるかという、先ほど原因を二つお示したわけですが、そのほかにも一般的にはこういうことが言われています。一つは加齢です。65歳以上の方は、5%ぐらいの頻度なる可能性があります。それから近親者の発病。これ遺伝子によるものです。ただ、遺伝子でなるアルツハイマー病というのは数%です。4~5%ぐらいで、ほとんどが個発性といいまして後天的なものです。女性の場合は、閉経後の女性は男性と比べて2~3倍なりやすいと言われていました。あとは頭部の打撲、あるいはアルミニウム、不活発な生活、それから生活環境の大きな変化、たばこなどが言われています。

この中で私は生活環境の大きな変化は大きな要因だと思います。自分も体験したんですが、私の2番目の子供の生まれるときに、わずか3カ月間だけ特別老人ホームに母を入れさせてもらったんです。3カ月後に出てきたときに、あまりにも変化が大きかったので、私は愕然としました。母の目が虚ろになっているんです。顔に表情がなくて、これだけ変わるのかなという感じです。生活環境の大きな変化というのは、今までこたつに入って家族と一緒に生活していたのが、特別老人ホームは病院みたいなものですから、周

りはみんな真っ白な世界です。ベッドの生活です。そういう生活の変化に耐えられない。そこからだんだん混乱してくるのではないかと思います。

(スライド7)

この辺から本論に入りますけど、アリセプトの仮説です。コリン仮説というんですけど、1970年代に幾つかの論文が発表されました。一つはデビスらの発表ですが、アルツハイマーの患者さんの死後の脳を調べますと、アセチルコリントランスエステラーゼというのはChAT活性といいますけれども、これはアセチルコリンを合成する酵素です。これが異常に低下している。また、アセチルコリン神経細胞が減少しているということを報告したんです。それからペリーらの報告では、生前に患者さんの認知機能をスコアであらわします。それで亡くなった後に脳の中のChAT活性を測ります。ChAT活性と認知のスコアが相関するということが報告されています。

(スライド8)

こういうことを背景に、アルツハイマーというのはアセチルコリンが関係している。アセチルコリンというのは記憶と深く関係した神経伝達物質ですが、それが減少しているために記憶が障害される。すなわちコリン作動性神経が障害されているのです。これがコリン仮説です。

(スライド9)

それを図に示します。これがアセチルコリンです。これは神経伝達物質で、記憶に一番関係している物質です。このエステル部分をアセチルコリンエステラーゼ、これは酵素ですが、この酵素がこのところを加水分解して、コリンと酢酸にしてしまいます。これになると、もう活性はありません。アリセプトのコンセプトは、このアセチルコリンエステラーゼの働きをとめる、分解する酵素の働きをとめることによって脳の中にアセチルコリンを増やすわけです。

くどいようですが、模式図に示しますと、神経の前部からアセチルコリンが合成されて出てきます。このカプセル様のものがアセチルコリンです。このアセチルコリンが出てきて、こちら側の受容体と結合すると神経が神経後部に伝達します。ただし、このアセチルコリンが増えすぎると危険です。どう危険かという、アリセプトと同じメカニズムなのが、地下鉄サリン事件ってありましたね。あのサリンと同じなんです。サリンも同じメカニズムでアセチルコリンエステラーゼの阻害剤なんです。だから地下鉄サリン事件のときには、オウム真理教の人たちはみんな自分で抗コリン剤を持ってるんです。抗コリン剤を自分は持っていて、仮にサリンを吸ったときに抗コリン剤を自分で注射すれば、すぐに解毒されます。同じメカニズムなんです。生体では過剰にあるとアセチルコリンはアセチルコリンエステラーゼ酵素によって分解されるのです。こういうようなメカニズムの中でアリセプトはこの酵素の中にパシャッとハマります。はまると、この酵素はアセチルコリンを加水分解できなくなるので、結果としてアセチルコリンが増えるという、これがコリン仮説です。

(スライド10)(スライド11)

その仮説を利用して神経を伝達させる方法には3つのアプローチがあります。一つは分解酵素の働きをとめる。二つは合成能を高める。三つはアセチルコリンと似たものを与える。この三つのアプローチがあります。神経の前部に作用する考え方ではレシチンがあります。レシチンというのはアセチルコリンの前駆物質なんです。これがアセチルコリンとして使われます。これは臨床で大量にレシチンを投与して調べ

ましたが良い結果は得られませんでした。

CHAT活性を上げて合成能を高める方法ですがこれらも臨床試験では成功していません。

(スライド12)

もう一つ、神経の後部の受容体に作用するもの。これらの化合物の立体構造はアセチルコリンと似ているんです。それでアセチルコリンの受容体にうまく結合して神経に伝達するという考え方です。これらはヨーロッパを中心にかなり臨床試験をやりましたが、いずれも、成功していません。

(スライド13)

私たちはこのアセチルコリンエステラーゼ阻害作用に基づく方法を採用しました。その代表的なものにフィゾスチグミンとタクリンがあります。フィゾスチグミンというのは昔からある豆科の中の一つの天然物なんです。それからタクリンというのは抗菌剤の開発のために合成されたもので、いずれもこれらのものはコリンエステラーゼの阻害作用があるということが昔からわかっています。実際、これを臨床に応用したんですが、しかし、いずれも失敗している。フィゾスチグミンは非常に分解されやすいもの。投与するとすぐにこわれてしまいます。タクリンは肝機能障害があります。しかしワーナー・ランバート社はタクリンを大規模な臨床試験で成功させました。しかし、臨床では毒性が強いというので、今はほとんど使われておりません。

今、私たちのアセチルコリンエステラーゼの阻害作用というメカニズムで市場にあるのは、この4品です。タクリンが世界で初めてです。アリセプトは2番目です。3番目がリバスグミン、4番目がガランタミンです。ただ、これは今ほとんど使われていないです。新規化合物では、アリセプトは世界で初めてだと、私はケミストの立場ではちょっと自負したいところなんですけど、構造が非常に新しいものです。リバスグミンはフィゾスチグミンと構造が似ています。ガランタミンというのは昔からある筋萎縮症なんかに使われているものです。これをアルツハイマーに応用して成功したというものです。

1983年からドネベジルの研究に着手しました。研究の中には、セレンディピティという言葉をよく聞いたことがあると思うんですが、ご存じですか。これはセイロンの3人の王子様の中に、道ばたにある宝物を偶然発見する能力があるという故事から来ているらしいんですが、それでセレンディピティといいます。私は社内ではセレンディピティだけで生きてると言われてます。

普通ですと、三つのアプローチがあったら三つ全部を検討してみて、その中で一番妥当性が高いのをやるのが普通です。私たちが採用したアセチルコリンエステラーゼ阻害作用に基づく方法が偶然成功しているんです。

(スライド14)

これらの誘導体は、初めはタクリンから合成しました。しかし、毒性が強い。特に肝臓障害が強いです。これだけつくってもだめだったので、タクリンの誘導体は残念ながら断念しました。

(スライド15)

そういう中に偶然発見したのが、この化合物です。非常にシンプルな構造なんですけど、私たちはタクリンの誘導体をやっているときに、私のグループの中では抗脂血症の研究も始めていたんです。抗脂血症の薬理の担当者が、この化合物をネズミに投与したときに、アセチルコリンが増えたときのような症状を示すということを教えてくれたんです。で、調べてみた。確かにあったんです。このIC50というのは

アセチルコリンエステラーゼの酵素の阻害活性を示すんですが、数字が小さいほど阻害作用が強いことを示します。627nM だった。普通、シードになる化合物は1,007nM 以下というのが相場ですから、627nM ですから、これを採用しました。

ところが、この酵素は電気ウナギ由来の酵素を使ってたんです。その後、もう少しほ乳類に近いほうがいいということで、ネズミ(ラット)の脳から取った酵素を使った。そうすると、阻害活性が12,600nM なんです。もし私たちが初めから電気ウナギではなくて、ラットの脳を使っていたら、12,600nM ですので、シードとしての資格はありません。これは採用されなかったかもしれないです。

(スライド16)

しかし、いいことばかりじゃなくて、このシード化合物から合成展開していきます。この窒素を1個減らしただけで、活性がこれだけあります。これは電気ウナギ由来の酵素で、阻害作用は μ M が示しているんですが、作用が100倍ぐらい上がります。これだけ作用が上がっても、ラット丸ごとの実験、健忘症モデルを使って調べますと、作用が出ない。この間1年ぐらいかかっているの、これだけやっただめならやめようと研究員はかなり言ってきます。やっとなんか原因がわかったのは、ラットの脳を使った値では0.34 μ M でいうと347nM です。アリセプトでいうと、アリセプトの値は6.7nM、これは347nM です。活性が弱かったんです。この電気ウナギとラットの種差が40倍あるということは、1年ぐらいの検討の結果、やっとなんかわかったんです。

(スライド17)

ここから活性を上げるための展開が始まりました。また3年ぐらいたって、シード化合物からの展開で、700ぐらい化合物を合成しました。そのときに得たものが、5番なんです、阻害作用は0.6nM です。シードから比べると2万倍以上の活性が上がっています。これは当時世界最強の化合物だということで、すぐ臨床試験に入ろうと思ったんですが、残念なことが分かりました。これをイヌに投与したときに、生体利用率が2%だったんです。バイオアベイラビリティといってますけど、どういうことかという、イヌに投与したときに、98%は肝臓で分解されてしまうか、または吸収されないかなんです。実際に利用されるのは2%です。2%しか吸収されないということ、こういう化合物を臨床にもっていったときの恐ろしさは、吸収に個人差がありまして、2%のものが50%吸収されてしまったら、副作用が出るかもわからない。今度2%以下の患者さんがいたら、薬効は出なくなります。これは薬にならないということで、ドロップしました。

ここまで3年ぐらいかかっているんです。薬づくりというのはほとんど失敗の連続です。ですから先ほどもお話ししたように、研究員でいるうちに一つも成功することができなくて終わってしまうことが多いです。それなら、やってみて失敗を体験したほうがいいんじゃないかというのが自論です。これもとりあえずアセチルコリンエステラーゼの阻害剤で臨床できちんと研究しているテーマはないので、これを先行馬として臨床に導入して、その次にバックアップをやればいいのかというのが私の持論だった。

だけど臨床サイドの人と大議論の末、私も折れることはあるんですが、残念ながらこれは終結いたしました。そのときの筑波研究所の内容なんです、今、内藤晴夫がエーザイの社長ですが、彼が筑波研究所の部長としていました。35歳ぐらいですか、単身赴任でした。彼は将来社長になるとみんな知ってましたので、筑波研究所の新薬を自分たちの研究室で一番乗りしたいということで、非常に過度な社内競争が

あったんです。

私たちのアリセプトのコンセプトの最大の弱点は、こういうことなんです。私は合成ですから、そこをあまり気にしないで進んでしまったんですけど、アセチルコリンの受容体というのは、もちろん脳に多いんですけど、末梢にもあります。末梢にアセチルコリンの受容体がたくさんある。仮に脳にアリセプトがたくさん行ったとしても、血液に運ばれて全身に行きます。全身に行ったら、必ず副作用で薬にならない、という反対意見です。アセチルコリンエステラーゼ阻害剤というのは農薬に多いのです。農薬にはなるけど、医薬品にはならない。

当時は、エーザイは不夜城と言われてました。徹夜徹夜の連続で盆も正月もないという、そういう研究活動が実際に行われていました。エーザイは当時こんな風にならされてました。「不夜城」です。不夜城といってもいろいろありまして、研究員が電気つけっぱなしで帰ってしまうんです。そうすると隣の研究員が、あそこは徹夜したぞというので、隣の研究室はまた電気つけっぱなしで帰ってしまう。筑波研究所全体がいつもこうこうと電気がともっているんです。これが不夜城と揶揄されたものです。しかし実際に不夜城に近い状態だったのも事実です。

研究所がある意味では興奮のつぼのようなときだったです。内藤部長はプレッシャー・メイクス・ダイヤモンドという表現を使いました。確かに炭素は圧力をかけるとダイヤモンドができますよね。よくうわさにあった話では「9時前に帰っては絶対にだめだ。5時に帰ったら早退だと。普通5時に帰りますよね。7時定時で9時で残業だと」。

今から思うと、研究の発明、発見には、こういう興奮のつぼのような、寝食を忘れて何かをする時期が絶対必要だと思います。なぜかという、エーザイ筑波研究所ができて20年たちます。20年たって筑波研究所から出た新薬、4品です。20年で4品です。今アリセプトが1,500億円、抗潰瘍剤であるパリエット抗潰瘍剤が1千数百億円の売上げです。エーザイは1年に研究開発費は500億円です。それくらい毎年研究開発費を20年かけて新薬として成功したものが4品です。その4品がこういう興奮のつぼのようなときにやったものです。

(スライド18)

この時点で700化合物を合成していました。次の研究を生体利用率を上げることに絞ってプロジェクトの名前も変えて再出発しました。それを意図して合成展開したのがこの図です。アミドの部分をもケトンにすれば加水分解されない。そして、活性が上がりました。それから環状化合物へ変換するものも合成しました。活性は保持されています。たどり着いたのはインダノンという骨格なんです。インダノンの誘導体は非常にバランスのいいもので、この骨格の誘導体はほとんど半減期が長い。ちなみにアリセプトの人の半減期は70時間以上あります。非常に長い半減期です。それだけあれば、1日1回投与で十分です。インダノン骨格から、このアリセプトに到達したわけです。

(スライド19)(スライド20)

これがアリセプトです。このアリセプトのインダノン骨格の2位の炭素、これは不斉炭素です。不斉炭素というのは、炭素は手が四つありますので、四つの手がみんな違う原子とくっついてると、この炭素は光学異性体を持つ。旋光性があります。光を右とか左に分ける性格がある。それを普通分けなければいけない。そして絶対構造で言うR体とL体に分けたんですが、阻害作用の値が1.6倍しかなかったんです。

そんな少しの差です。それと活性体をイヌやネズミに投与すると、動物の体内でもとの不活性なラセミ体にもどことか判明しました。活性体を分けても、体内で不活性なものになってしまうんだったら、分けなくていいというので、開発が進められたのです。

この時点で私達はラセミ体で3年間の安全性の試験に入っていました。それから3年間の安定性の試験に入っていました。ここでFDAがアリセプトを光学活性体に分けて申請しなさいと言ったら、3年間の安全性、安定性の試験のやり直しです。そして3年遅れていました。3年遅れるとどういわずさがあるかという、アリセプトは1年間に1,500億円売れてるわけです。3年間遅れたら1,500億円×3倍の4,500億円のビジネスとしての損失があります。これはエーザイにとっても私にとっても大変な幸運と言えるのではないのでしょうか。

(スライド21)

私達の合成展開の中で大きな発見はベンジルペペリジン基です。このベンジルペペリジン基を持つ化合物は必ず作用は出ます。アリセプトの次にこれだけ多くの後続品が出てます。かなり幅広く特許を取ったつもりなんですけど、いずれもこれら十数社の化合物は全部特許を取っています。

これだけの後続品があるんですけど、ベンジルペペリジンの部分構造を持つもので成功したのは、なぜかアリセプトだけです。

(スライド23)

少し薬理作用についてご紹介したいと思うんですが、この値は試験管レベルの実験で、インビトロ実験ともいわれています。結果を示してあります。私たちが注目したのはこちらの数値です。アセチルコリンエステラーゼ、これ善玉です。ブチリルコリンエステラーゼ、これ悪玉です。ブチリルコリンは末梢に多い。ブチリルコリンエステラーゼというのはブチリルコリンを分解する酵素です。これを阻害をすると末梢の副作用が出るんじゃないかなということで、重要なのはブチリルコリンエステラーゼは阻害しないでアセチルコリンエステラーゼに強く阻害するという選択性です。これも偶然ですけど、アリセプトは選択性が1千倍以上あります。アリセプトと構造が似ているTAK-147、これがやっぱり1千倍以上あるんです。そのほかの対照薬、タクリン、フィソスチグミン、リバスチグミン、ガランタミン、NIK247、みんなどちらかというとブチリルコリンエステラーゼにも結構効いてます。アリセプトが比較的副作用が出にくいのは、この脳に多いアセチルコリンエステラーゼに選択性が高いからだろうと推定しています。

(スライド22)

なぜそういうことが言えるのかということなんですけど、これはX線の実験の結果なんですけど、これ全体が酵素です。酵素はアミノ酸が結合しているものですから、全体はアセチルコリンエステラーゼ、蛋白、酵素です。ここに活性部分があります。キャビティと言いますが、この入口からアセチルコリンが入ってきます。ここでアセチルコリンが加水分解されます。アリセプトはここから入ってきて、このキャビティの中の相手側のアミノ酸、アミノ酸は何百とずっとつながってます。279番目のトリプトファンと結合します。それは121番目のタイロシンと結合します。それから330番目のフェニアラインと結合します。というぐあいに、4カ所で、結合しています。きっちりこの中にはまるので、アセチルコリンは入ってこない。結果として加水分解がされないということなんです。

(スライド23)

ブチリルコリンのほうを見てみますと、これは模式図なんですが、これは先ほどのアセチルコリンエステラーゼです。ブチリルコリンエステラーゼはコンピュータに出してシュミレーションで見ますと、ブチリルコリンエステラーゼのキャビティ、活性部位ですね、図はかいてませんが、それと結合できる距離にあるのは、84番のトリプトファンだけなんです。ほかは結合できる距離にない。言いかえると、アセチルコリンエステラーゼの活性発現サイトにアリセプトはきちんとおさまるがブチリルコリンエステラーゼの活性発現サイトは大きすぎてアリセプトはサイトと結合できないのです。

遠いんです。要するにブカブカのところなんです。ブカブカの穴がブチリルコリンエステラーゼなんです。だからこちらには効かない。こちらに効くというのが、なぜ選択性が高いかという一つの私たちの証左です。

(スライド24)

もう一つの実験で、本当に脳の中のアセチルコリンが増えるかということ非常に気にしたんです。というのは、健忘症モデルというのは再現性に乏しい実験なので、本物を見失う可能性もあります。そこをクリアするために、生化学のデータを重視したわけです。ほんとにアセチルコリンが増えるのか。調べました。縦軸はアセチルコリンの濃度です。アリセプトは6時間たっても有意にアセチルコリンをラットの脳の中で増やします。タクリンも増やします。リバステグミンも増やしますが、4時間で消えてしまうんです。リバステグミンは若干持続性が短い。しかし、いずれもアセチルコリンエステラーゼの阻害剤は間違いなく脳の中でアセチルコリンを増やすということを確認して、自信を持って健忘症モデルの実験に入ります。

(スライド25)(スライド26)

その一例です。明るい部屋にネズミを入れますと、暗い部屋に習性として入ります。そのときにドアを閉めて床に電気ショックをかけると、このネズミは暗い部屋が危険ということを感じています。だからなかなか入らない。でも、このネズミの脳基底部に神経毒性物質を注入してやると、脳の中のアセチルコリンがなくなります。すると、ぼけてしまうんです。そういうぼけたネズミにアリセプトを投与して、どれだけ暗い部屋が危険ということを感じているかということ測定するわけです。暗い部屋に入るまでの時間を反応潜時というんですが、縦軸は反応潜時です。何も処置していないラットは暗い部屋に入るまで平均400秒以上かかります。ところが脳基底部分をイボテンサンという神経毒性で壊しますと、そのラットは脳の中のアセチルコリンが減ってしまうので、ぼけてます。100秒ぐらいで簡単に入ってしまうんです。このぼけたラットにアリセプトを投与すると、0.125ミリグラムから有意に改善効果があります。タクリンは0.5ミリグラムで効く傾向にありますけど、有意ではない。これは健忘症モデルの一例ですが、こういう結果に基づいて臨床試験に入るわけです。

ちょっと頭休めに別なお話をいたします。これは筑波山です。筑波山って700メートルぐらいの山で低いんですけど、非常にきれいな山です。これはイザナギの命とイザナミの命が御祭神で縁結びの神様です。多くの研究者たちがここの神殿でお祓いを受け、新薬にご縁があるように願をかけています。

これはエーザイの研究所です。こちらが藤沢さんの研究所なんです。藤沢さんの研究所は6階建てなんです。ですからエーザイは7階建てにした。1階高いです。ただ、この藤沢さんの研究所の土地で、世界

的に有名な免疫抑制剤、タクロリムス、発見されています。ことしの1月10日に日本製薬協がスポンサーになってつくったドキュメントがあります。「男たちの戦い」という民間版のプロジェクトXなのですが、アリセプトとタクロリムスの開発ドキュメントでした。感動したというたくさんのお電話をいただきました。思い出の筑波研究所です。

(スライド27)

アメリカでの臨床試験の結果を簡単にご紹介しますと、デザインはプラセボ(偽薬)とアリセプトを二重盲験法で実施しました。対象者は軽度もしくは中程度のアルツハイマー病の患者さん。アリセプトは5ミリグラムと10ミリグラムを1日1回投与します。試験項目は、認知機能改善作用(ADAS)と日常動作改善作用(SIBIC)を指標に行います。アリセプトを投与して改善された度合を、スコアにします。24週間投与して、24週間の後は全部プラセボに切り替えます。認知機能の改善なんです、これは、スコアが上に行くほど改善です。黄色いプラセボに対して青の5ミリ、赤の10ミリ、なぜか6週間のところのチェックはプラセボと変わらないんですが、12週のところから有意に改善効果があります。18週、24週の各点でも効果が認められます。しかしプラセボに切り替えたのち(6週間後)テストをすると元のスコアに戻ります。

同じように日常動作の改善も、スコア化してグラフにして表示してあります。黄色いプラセボに対して、赤の5ミリ、青の10ミリ、12週から有意に改善しています。

(スライド28)

これをどこまで投与期間を延ばすことが可能でしょうか。実際に、98週まで結果を見たものなんです、これは認知機能で見えています。このように改善効果があります。ところが9カ月ぐらいになると、初めに投与したときのスコアと同じになります。これを見ると、家族の方はもう効かないんだと思ってしまふんです。効かないんだと思ってやめると、ここに落ちてしまふんです。続けるとこうなる。投与開始の時点のスコアと9ヶ月後は同じになっています。有効というのはここで終わってしまうような印象を受けます。

これをNHKの「クローズアップ現代」に私が出たときに、ディレクターの人は、9カ月ぐらしか効かないんだったら意味があるんですかと言われたんです。それに対して私はこう考えています。もしかりに、に家族の方ががんになって、1カ月しか寿命がないと言われたときに、この薬を飲めば9カ月間だけ延命効果があるという薬があったとします。9カ月間しか効果がないのならいらぬ。という答えと9ヶ月でも効果があるのなら是非使いたいという答えがありますが、それは家族とご本人の判断でいいと思うんです。

もう一つは、例えばアメリカなんかでは、アルツハイマーの患者さんが病院に来たときに、お医者さんが診断して、アルツハイマーということ診断しても、治療する方法がなかった。だから、あなたは病院にいてもしょうがないから家に帰りなさい。そこから、ゴー・ホーム・ディーズという名前がアルツハイマー病の別名なんです。そういう病気に対して治療薬ができたということで、私、いろんなお医者さんからお礼を言われたことがあります。これが私の答えです。

さて、どんな改善効果があるのか、簡単に数枚のスライドでご紹介しますと、この方は80歳の女性です。痴呆症状のほかには、尿失禁とか迷子です。1月から塩酸ドネベジル(アリセプト)を3ミリを2週

間、その後5ミリに変えます。そうすると3月ごろから、自分でトイレに行くようになった。尿失禁もなくなったんです。4月ごろからは、今まですぐ転ぶために通院のときは車で行っていたんですが、自分で通院できるようになった。近くなら一人で買い物にも行けるようになった。前のように、同じものを買ってくることはなくなった。そして家族の方がとても明るくなったということで、喜びのお手紙をいただいたことがあります。

この方は重症の方なんですけど、83歳の女性です。ほとんど無言で昼夜は逆転、寝たきりの状態です。それが12月2日から処方されて、年が明けてから患者の反応がとてもよくなった。どういうことかという、昼間起きて、夜は寝るようになった。実際に介護する方から見たら、昼間は寝て夜は起きると大変です。

私の母もそうでした。痴呆の患者さんのお世話というのは大変です。例えば私の母の例で恐縮ですが、母が亡くなったのは昭和57年ですから、56年か55年ぐらいの1月2日に、大雪の日でした。私は母と一緒に寝てたんです。朝、起きたら異様な臭いがするんです。母が自分の布団の上で、それこそ大変な状態だったんです。すぐ家内と一緒に風呂に連れて行って、体を洗わせてもらったんですけど、もうずっとその状態だったから、こびりついて落ちないんです。それが1月2日の大雪の日でした。忘れもしません。

これは、介護した方はわかると思うんですけど、痴呆の患者さんが家族にいと、大変勉強させてもらえます。こういう状態が薬で治るといのは、非常に福音であるということです。それからベッドの食事から座って食事ができるようになった。意味不明の発言とか、お礼も言わない状態だったのが、お医者さんにありがとうと言えるようになった。表情も非常に豊かになったというお礼のお手紙です。

(スライド29)

外国の例で、こういうのがあります。この方は82歳の女性なんですけど、アルツハイマーでこういう字を書いてたんです。これは書字障害といいます。こういう患者さんにアリセプトを処方して3カ月後、こういう字が書けるようになったんです。イット・イズ・ア・ビューティフルデイ・トゥデイ、文字も文章も非常にいいですね。薬でこの字がこうなるというのは、驚きです。非常にインパクトがある著効例です。著効例だったということで、ブリティッシュ・メディカル・ジャーナルという、雑誌に載りました。私もこれを見たときに、こういう効果があるのかなと、自分でも驚いたので、ときどきご紹介させてもらっています。

そのほか、幾つか箇条書きにご紹介したいと思うんですけど、例えば置き忘れが減った。会話の疎通性がよくなった。簡単な食事の準備ができるようになった。買い物に行ってきたと帰れるようになった。時間や日付が言えるようになった。思い出すまでの時間が短くなったという、こういうようなことは、効果としてよくお医者さんから聞く言葉です。

それから家族を他人と間違えることが減った。イヌの名前を思い出したなんていうのもあります。食べたいものを言えるようになった。自分から散歩や買い物に行くようになった。自分から気づいて草取りをするようになった。こういうアクティブになるというのは、記憶とは関係ないんですけど、行動がアクティブになるという事例はあるようです。トイレの電気を消すようになった。風呂から出てガスを消すようになった。ベルが鳴ると電話機を取るようになった。細かいことですが患者さんと家族にとってはこうい

ったことでも大きな喜びにつながるのではないのでしょうか。

(スライド30)

ここにアリセプトの特長を簡単にまとめてあります。化学構造が非常に新規性の高い化合物である。強い阻害活性と高い選択性を持つ。それから、きょうはデータとしてはお示ししていないのですが、末梢に比較して脳内濃度が高い。末梢を1とすると、脳内濃度が10倍高いです。これがアリセプトの一つの特長です。それから半減期が長い。1日1回投与を可能にしました。これも大きなことです。それからFDAの推奨しているADASを使用した認知機能の改善、それからCIBICを使用した日常動作の改善の臨床の結果は、プラセボと比較して非常に高い有効性を示すことができたということです。

(スライド31)

今日のタイトルは「アルツハイマー治療薬の開発の夢を追って」ということですが現在、治療薬としてどんな研究がなされているかご紹介したいと思います。その一つ、これは正常な細胞ですが、アルツハイマーの患者の脳には異常に老人斑ができます。アミロイドブラクというのは老人斑です。これはベータアミロイドというタンパクのかたまったものです。これがかたまるプロセスの中で、細胞を殺します。それからこの茶色いもの、これはタウ蛋白が高度にリン酸化されてきた神経原繊維変化というものです。これができるとう細胞が死にます。

(スライド32)

模式図としていうと、これはβ-アミロイドです。ここはβ-サイトといいます。これ全体がβ-アミロイドの前駆物質、アミロイドプロテインプレカーサーなんですが、約700ぐらいのアミノ酸が連なったものです。この蛋白(Aβ)をベータセクレターゼという分解酵素が働いて切ります。次にβ-サイトをβ-セクレターゼという酵素が切ります。そうするとβ-アミロイドが出てきます。このβ-アミロイドがかたまると老人斑になる。そうすると、β-セクレターゼの働きをとめれば切れない。あるいはβ-セクレターゼの働きを止めればいい。そうであればベータアミロイドは産出されません。このβ-とβ-のインヒビターが世界中で今研究されています。

もう一つはβ-サイトをβ-セクレターゼが切るという考え方があります。これはベータアミロイドの間にあるサイトなのでここを切ると、結果としてベータアミロイドは産出されません。だからβ-セクレターゼを活性化するのが発見できれば治療薬になる可能性があります。アメリカのエラン社はβ-アミロイドのワクチンを研究しています。Aβ42のワクチンです。ところが、300例の患者さんに試験して、10数例の方が脳炎を起こした。5~6名の方が亡くなったんです。残念ながらワクチンは中止されました。今はワクチンよりもちょっと違った抗体を研究しています。毒性の低い抗体。

これ以外に既にできてしまった老人斑を分解するものがあります。その分解促進剤というのは、理研の西道先生が発見したものなのですが、ネプリライシンというんです。ネプリライシンを投与すると、老人斑が分解されて消えていきます。これも一つのアプローチの仕方です。もう一つはタウ蛋白のリン酸化を抑える薬剤、これは三菱生命科学研究所がGSK3の阻害剤として研究しています。この阻害剤はタウ蛋白のリン酸化を抑制することによって神経原組織変化をおさえます。

いずれにしても、これらが根本治療薬につながるものであるわけです。

次にアリセプトの開発から何を学んだかということを私なりに、参考ということにお示ししたいと思います。

ます。私は都立化学工業高等学校を18歳で出て、エーザイに入りました。エーザイの研究補助員で入ったんです。大学は出たほうが良いというので、エーザイの近くにある中央大学の理工学部の夜間部に入りました。もともとは私は文学青年でして、詩人か小説家になりたいと思っていたんです。間違っただけでサイエンスの畑に入ってしまったという気がします。家が貧しいので、母が、一郎、手に職をつけよという、その一言で、もちろん大学に行けるようなお金もなかった、能力もなかったので、工業高校に入ったんです。エーザイに入って、ずいぶん苦労しました。そういう苦労のプロセスの中から思うと、私でもできたんだから、やればできる。それには一歩前に入る勇氣といますか、前へ出ると批判が必ず来ます。批判に耐える自分、批判に耐えるものがないくらいだったらダメじゃないですか。そういうふうに分身を追い込むことによって、状況を変える勇氣です。ということを知りました。クマンバチの羽について聞いたことがありますか。あの図体である小さい羽では、物理学的には飛べない。なぜ飛べるか。私の意見では、クマンバチは自分が飛べると信じていたから飛べたのではないかと考えているのですが、この話を東大の薬学部で話したら、さすが東大ですね。「先生、それは違います。クマンバチは自分が飛べないということを知らなかったから飛べたのです」と言う。信じれば飛べたということ、知ったら飛べなくなったというのは、ロマンが違うと思うんです。それを聞いて、神戸大学の金井先生という経済学の有名な先生が私に言いました。杉本さん、それは多分、理論が間違っていると。そうかもわかりません。信じれば飛べたというのは、私はおもしろいと思うんですけど、これが研究の発明、発見にはやっぱり必要じゃないですかね。というのは、研究の過程で、「できないんじゃないか」という不安の材料は幾らでも来るんです。その不安に自分が縮こまってしまうんです。縮こまってしまうと、打つ手も十分できなくなる可能性がある。それを打破するのが「信じること」ではないでしょうか。

もう一つ別な話です。江戸時代に蚤に曲芸を仕込むときに、ガラスの器の中に蚤を入れます。蚤は逃げようと思っただけでねえ。そうするとガラスの天井にぶつかると、天井だとわかる。そうすると、そのガラスの天井を少し下げます。だんだん下げていくと、蚤は、自分はもう飛べなくなったと自覚するんです。そうすると、その段階でガラスの天井を外します。そして蚤は歩き出します。そして曲芸を仕込むんです。ここから私の意見です、もう一回蚤は飛べば自由になれた。なぜ飛べないか。自分で自己規制したら、結局その規制の中でしか生きられない。そんな人生でつまらないかと思ってるんです。信じればできるって、そんな馬鹿なこと言うなという反論があるのはわかっています。それから幾らやっただけ規制はあります。だけど、そういう人生でつまらないと思うんですね。もう一回飛べば自由になる。自己規制しないという生き方もあっていいんじゃないかなと思っています。

やらないで後悔するよりはやって後悔したほうが良いというのが、私の意見です。

私はアリセプトのチームリーダーをやらせていただき、感じることは、リーダーの一つの要件としては、人間に強い関心を持っているというのは、リーダーとしての適性の一つではないかと思えます。

私の事例で恐縮ですが、文学志望の者がサイエンス畑に入って苦労しました。例えば、組合活動にのめり込んだのは、青春の情熱のはけ口としてでした。組合の闘士になって、職場委員から青年部の部長から執行委員、歴任しました。最終的にはイデオロギーに関心がなかったので組合から手を引いたんですけど、組合活動学んだことは闘いを通して人は強くなるということ。そして常に弱い立場の人を考えていかなければいけないことの大切さです。

ある事情があって一時人事部に籍を置いたことがあります。人事部に行くことによって幾つかいいことがあったのは、採用担当だったものですから、全国の薬学を中心に先生方を訪問します。薬学の先生と懇意になれたんですね。これは私の財産になりました。また、月のうち半分は出張で半分は内勤で、内勤のとき、人事というのは採用担当ですから、内勤ではあまり仕事がないので、午後5時以降10時までにはライブラリーにこもって論文を五つ書くことができました。それで、たまたま広島大学に行ったときに知り合いの先生が、うちで学位を取れということを書いてくれて、学位を取れました。もし筑波研に残っていたら、仕事がどんどん来ますので学位は取れなかったと思うんです。人事部にいたので、割り切っていた。論文を書けたんじゃないかと思うんです。人事部に行ってよかったと思っています。

とうしたらセレンディピティを獲得できるか。これは学生によく言う話なんですけれども、ご参考までに聞いてください。どうして成功したんですかとよく聞かれるんです。私は三つのことが大切なのではないかと思っています。一つは良い種を植えること。良い種を植えないで、良い実がなるはずがありません。二つ目は、良い野心を持つことです。その実現のためには苦勞を惜しまないこと。苦勞が苦勞でなくなります。それと感謝の心が三つ目です。人は一人で生きていけないものです。多くの人に支えられて生きています。その自分を支えてくれている人々に感謝の心を持つことによって私達はよく生きられるのだと思います。

あと5分ぐらいお時間をいただいて、エピソードを話させてください。これは平成9年のアトランタでの新発売大会です。アリセプトはファイザー社と販売提携していますので、ファイザー社のMRが2千人以上、エーザイのMRが数百名、2,500名の方たちが集まってやった大会です。これで私、アリセプトを開発したということで、スピーチをさせてもらいました。スピーチが終わった後に、ファイザーの所長さんが私に記念の額をくれたときの写真なんです。これはディナーのところでお話しさせてもらったんですけど、ここで紹介されて壇上に上がったときに、2,500名の方たちのスタンディングオベーションがあった。これはすごかったです。2,500人の人たちが立ち上がって拍手と歓声というのは、拍手と歓声だけではなくて、床を踏み鳴らすんです。もうウワァーというので、スピーチに入れないうらい。まさしく感動的な場面でした。この話が終わって席に戻ったときに、このホテルにたまたまスチュワーデスの方が泊まってまして、彼女のおばあさんがアルツハイマーだったんです。それでアリセプトを処方されて大変よくなった。それを開発した人がいるならぜひお礼を言いたいというので、私のところに来てくれたんです。すごい美人のスチュワーデスで、握手したら手が離れなくなりました。それくらいの美人の人です。残念ながら写真撮ってないんです。写真撮ってれば、確かに美人だということを紹介できたんですけども、写真を撮ってないので話だけです。

これは平成14年に恩賜発明賞、天皇陛下からいただく賞です。薬の原体で恩賜発明賞を受賞したのは、アリセプトが初めではないでしょうか。

初めに「地上の星」で、最後は「ヘッドライト・テールライト」で。これも中島みゆきです。「語り継ぐ人もなく 吹きすさぶ風の中 紛れ散らばる星の名は 忘れられても ヘッドライト・テールライト 旅はまだ終わらない」。私の趣味が剣道と俳句なので、最後は俳句のスライドで終わりたいと思います。松尾芭蕉と「奥の細道」に同行した曾良の俳句です。「行き行きて 倒れ伏すとも 萩の原」。理想に殉じると

いうところが、生き様としては非常にいいのではないかと。この俳句で終わらせてもらいます。

【司 会】どうもありがとうございました。

杉本八郎(すぎもと はちろう)氏 略歴

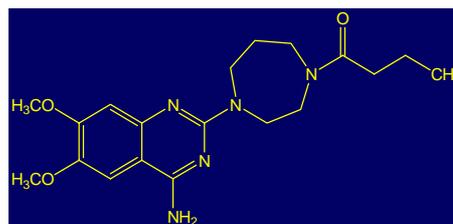
生年月日	1942年12月		
出身地	東京都		
学歴	卒業年月	学校名	
	1961年3月 1969年3月 1996年7月	都立化学工業高校卒業 中央大学工学部工業化学科卒業 広島大学医学部総合薬学科 薬学博士	
職歴	年 月	組 織 名	ポ ジ シ ョ ン
	1961年4月	エーザイ株式会社東京研究所	研究員
	1968年4月	同社 製薬研究所	研究員
	1981年4月	同研究所	主任研究員
	1982年4月	同社筑波研究所化学系	主任研究員
	1984年4月	同社研究開発本部研究第一部二室	主任研究員
	1987年4月	研究開発本部探索第一研究部二室	主任研究員
	1990年4月	人事部採用プロジェクト	担当課長
	1997年4月	筑波探査研究所	副所長(理事)
	2000年4月	創薬第一研究所	所長(理事)
2003年3月	同社定年退職		
2003年4月	京都大学大学院薬学研究科 (現在に至る)	客員教授	

スライド 1

受容体遮断作用に基づく降圧剤



Prazosin (Pfizer)



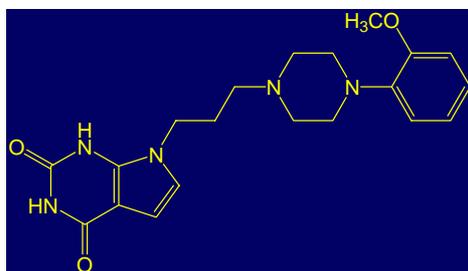
Bunazosin (Eisai)

By Sugimoto

1

スライド 2

脳血管障害後遺症改善薬を臨床へ



臨床第一相試験で肝機能障害を示唆
開発略号 PHP, 開発番号 E718

2

(注) 本スライドは杉本八郎氏が講演で使用されたものです。

アルツハイマー型痴呆の脳萎縮

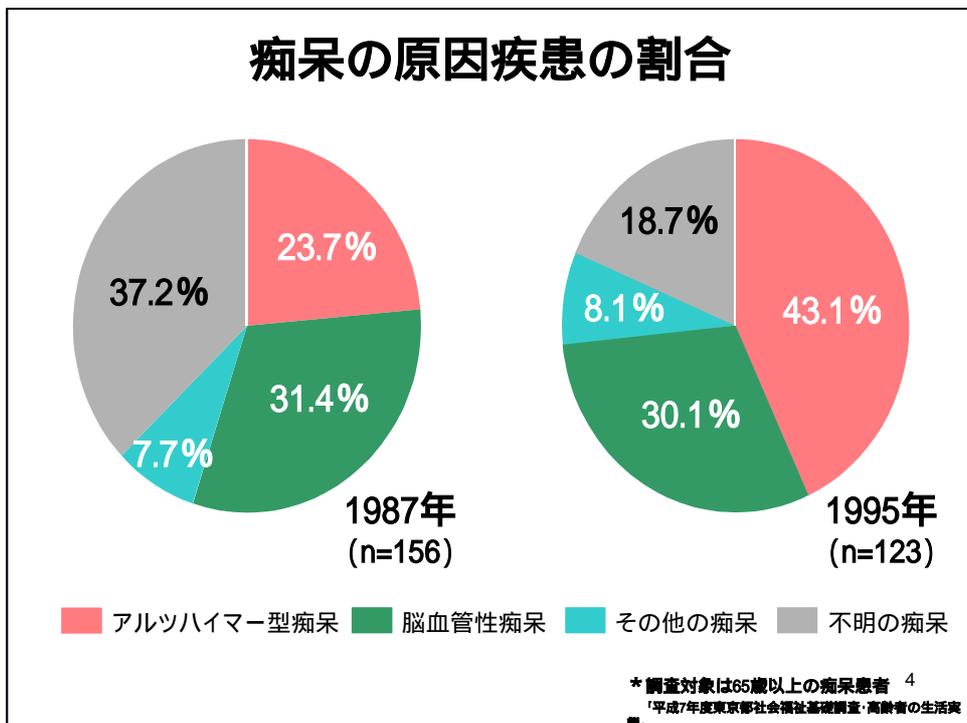
正常コントロール



アルツハイマー型痴呆



原図 金沢大学 神経内科 山田 正仁



アルツハイマー病の症状

- 1 初期症状
 - ・物忘れがひどく、自分のやったことを全体として覚えられない
- 2 中期症状
 - ・時間や場所の見当がつかなくなる
 - ・抽象的なことがわからなくなる
 - ・妄想・幻覚・徘徊などが起きる
- 3 末期症状
 - ・家族がわからなくなる
 - ・寝たきりの状態

5

アルツハイマー病の危険因子

- 1 加齢(老化との関わり)
- 2 近親者の発病(遺伝子によるもの)
- 3 女性(同年齢では男性よりなりやすい)
- 4 頭部外傷(ボクサー症)
- 5 アルミニウム
- 6 不活発な生活(脳機能と活動性)
- 7 生活環境の大きな変化
- 8 たばこ

6

スライド 7

コリン仮説

アルツハイマー病患者の死後脳の研究からアセチルコリントランスフェラーゼ(ChAT)活性の低下やアセチルコリン神経細胞が減少していると報告した。

Davies P, Maloney AF. Lancet 1976; 2: 1403.

コリナージックシステム(ChAT活性)の減少と痴呆の程度が相関することを報告した。

Perry EK, Gibson PH, Blessed G, Perry RH, Tomlinson BE.

J Neurosci 1977; 34: 247-265.

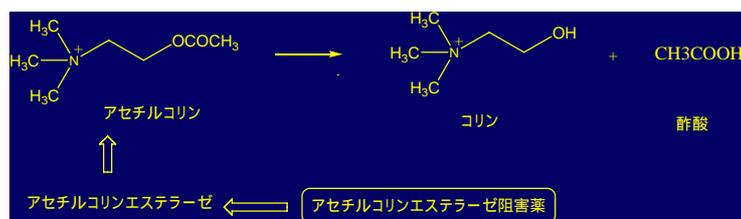
コリン作動性神経が障害されている。

7

スライド 8

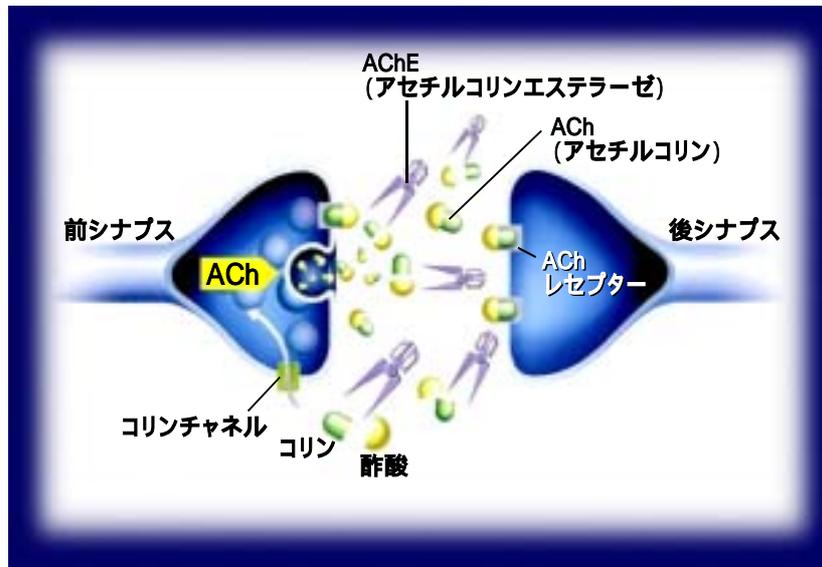
コリン仮説はアルツハイマー病患者は脳内の記憶にとって重要な神経伝達物質であるアセチルコリンが異常に減少することによって起きる病気である。それゆえアセチルコリンを増やせば記憶が改善するという考え方である。

アセチルコリンの分解



8

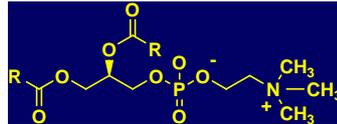
コリン作動性神経の神経伝達



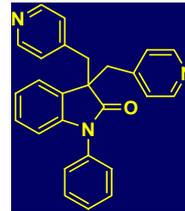
コリン仮説からの創薬アプローチ

- 1 神経伝達物質であるアセチルコリンの分解酵素 (アセチルコリンエステラーゼ) の働きを止める
- 2 アセチルコリンの合成能を高める (神経の前部)
- 3 アセチルコリンと似たものを与える (神経の後部)

1 神経の前部に作用するもの



レシチン
アセチルコリンの前駆物質

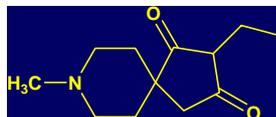


Dup996
アセチルコリンの合成を高める

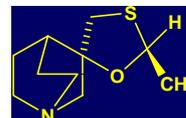
11

2 神経の後部に作用するもの

立体構造がアセチルコリンと似ているものを
デザインして受容体に結合にて神経を伝達する



RS-86

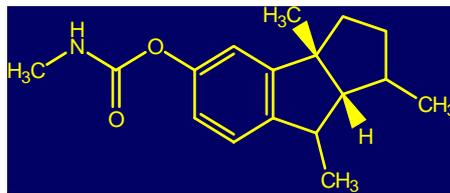


AF-102B

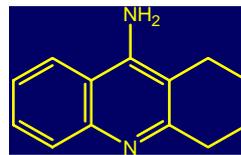
12

3 分解酵素(アセチルコリンエステラーゼ)の働きをとめるもの

従来から知られているアセチルコリンエステラーゼ阻害剤

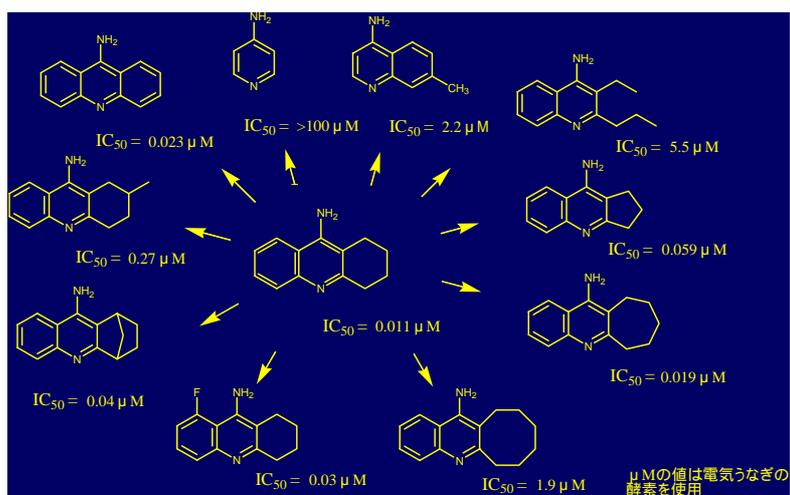


フィソスチグミン
1864年Calabar beansから単離された天然物



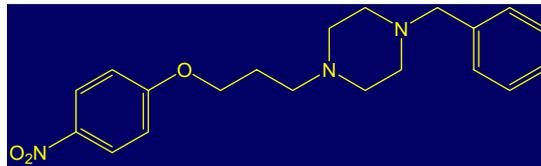
タクリン
1931年抗菌剤の開発のために合成された

タクリンの誘導体を合成したが毒性のために断念



セレンディピティー その二

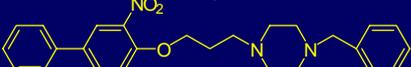
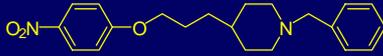
偶然の発見から出発



抗脂血症の研究から偶然に発見
AChE阻害作用:
IC₅₀ = 620 nM 電気ウナギ由来の酵素を使用
IC₅₀ = 12600 nM ラット脳由来の酵素を使用

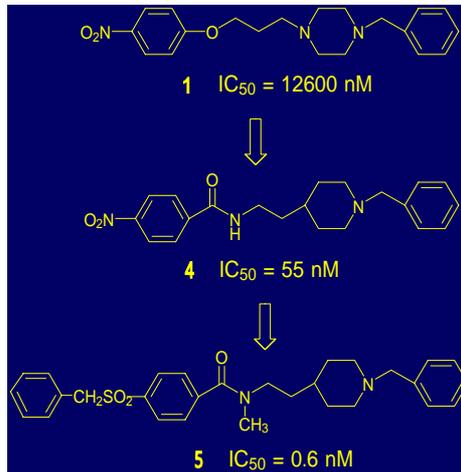
15

薬理活性に種差があることが判明

	E.E.IC ₅₀ uM	R.B.IC ₅₀ uM	ratio
 1	0.62	12.6	20
 2	0.042	1.9	45
 3	0.0085	0.34	40

16

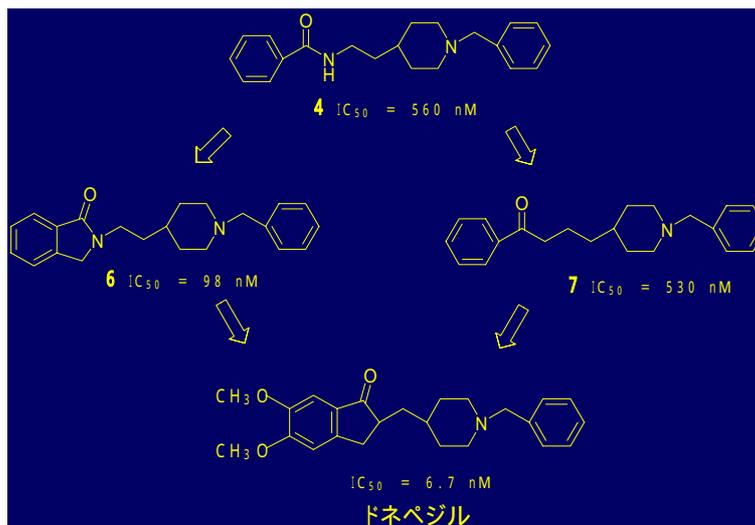
世界最強の化合物(5)を発見



しかし生体利用率
(BA)が2%
臨床導入を断念

17

ドネペジルへの展開

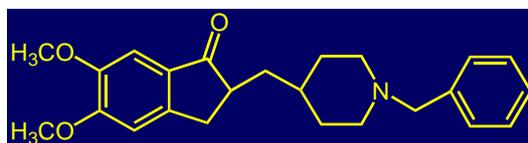


18

世界初新規化学構造による アルツハイマー病治療薬

わが国では唯一の抗痴呆薬

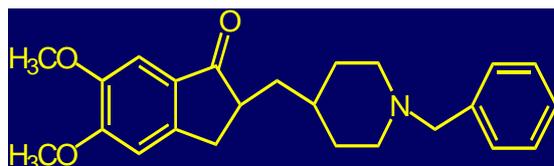
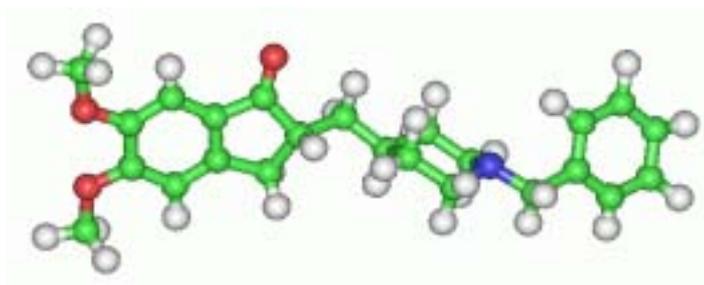
一般名 塩酸ドネペジル
商品名 アリセプト
開発番号 E2020



ドネペジル

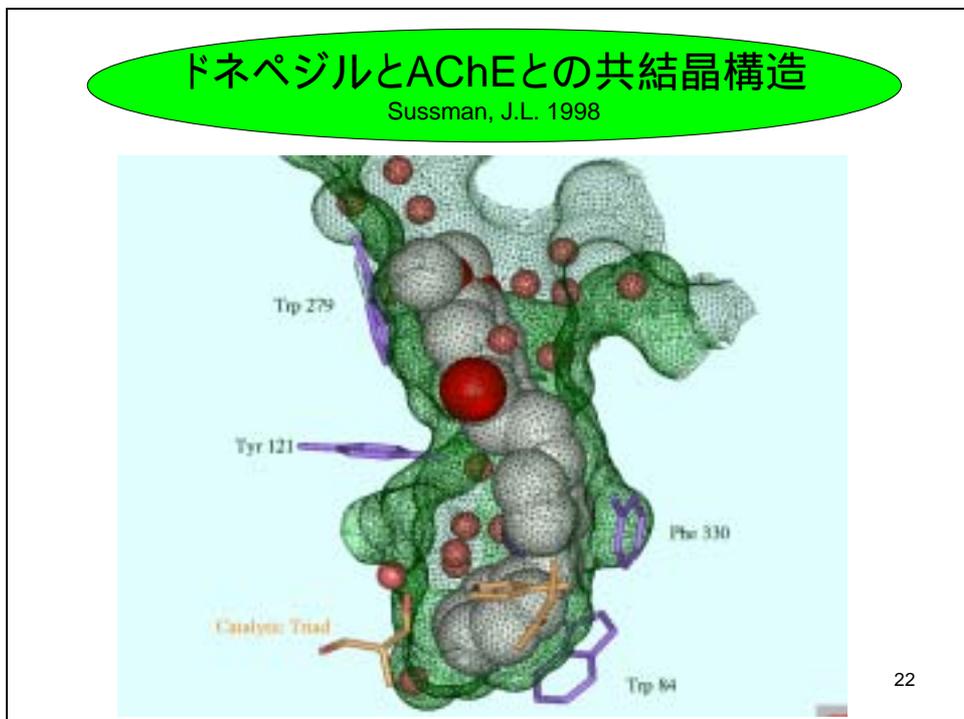
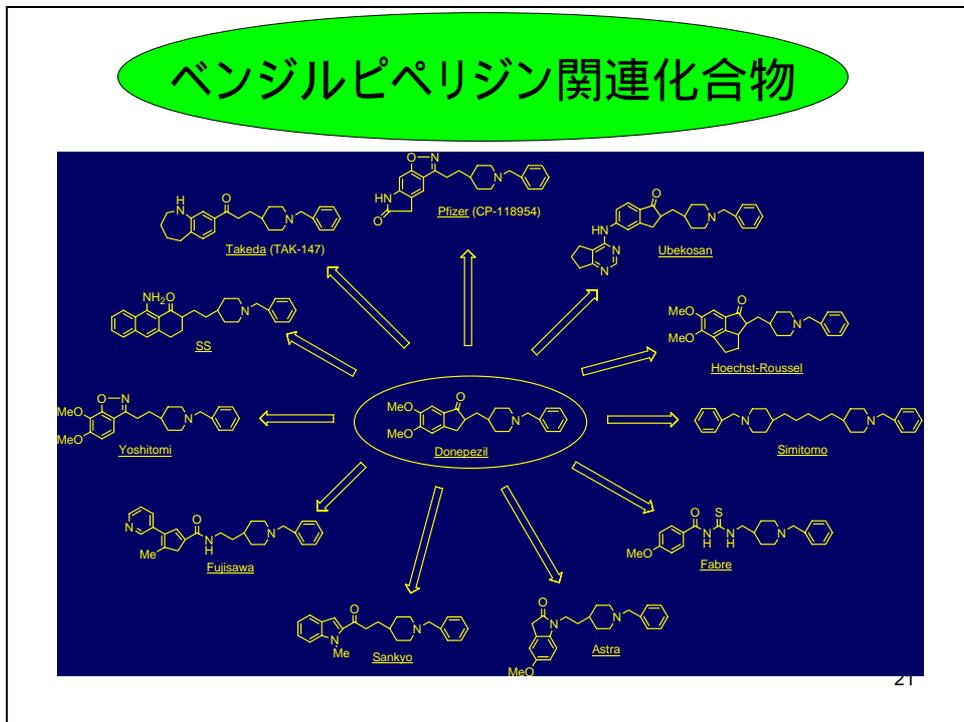
19

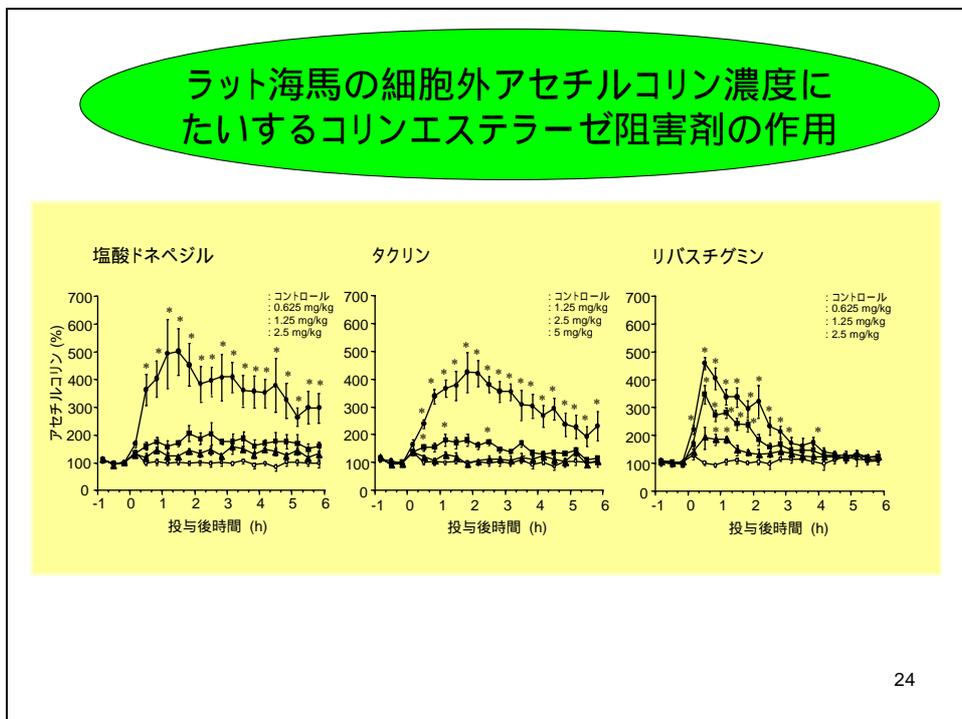
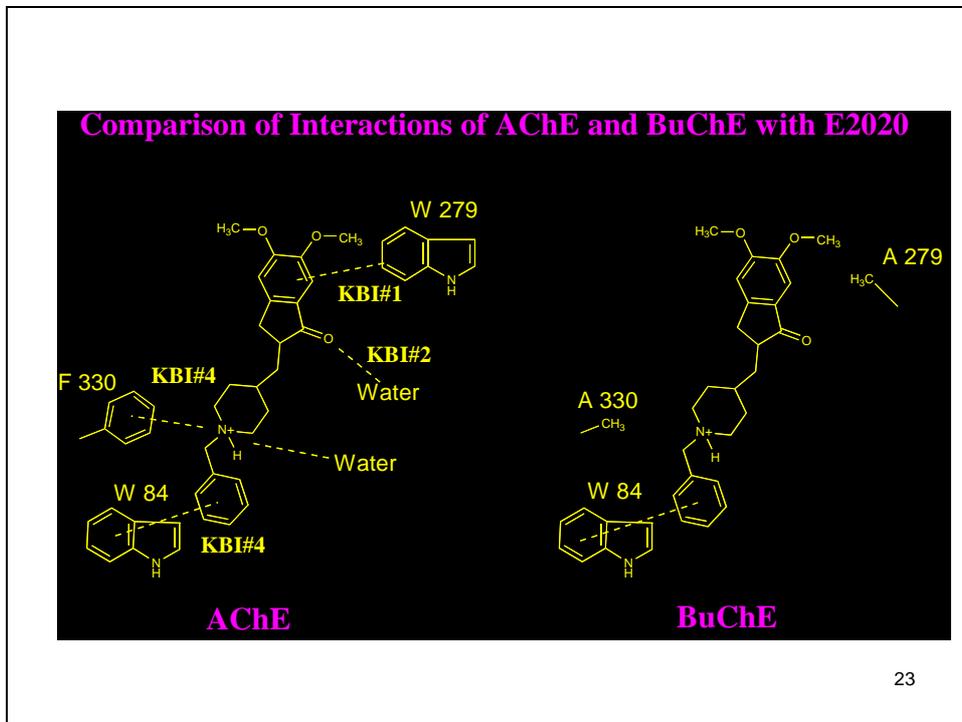
セレンディピティ その三



ドネペジルは一個の不斉炭素を持つ

20



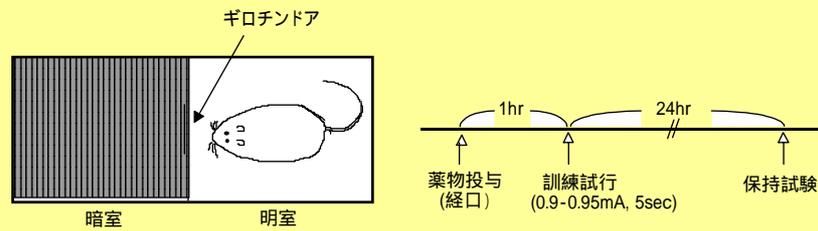


ラット健忘症モデル

大脳基底部(NBM)破壊動物は、興奮性毒素のイボテン酸を両側のNBMに注入することにより作成した。

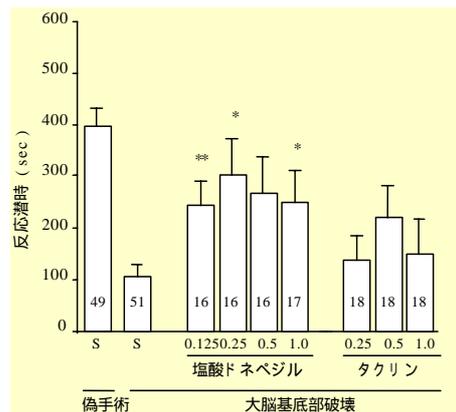
受動回避反応試験では、明室および暗室よりなる受動回避反応装置を使用した。装置の明室に動物を入れる。動物が暗室に移動したらギロチンドアを閉め、床のグリッドより電撃(0.9-0.95 mA, 5秒)を浴びせることにより、動物が暗室に移動しなくなるよう訓練した(訓練試行)。その24時間後に動物がその記憶を保持しているかどうか、動物を明室に入れてから暗室に移るまでの時間を指標として試験した(保持試験)。

塩酸ドネペジルあるいはタクリンは訓練試行の1時間前に経口投与した。



25

ラット健忘症モデルにおける記憶改善作用



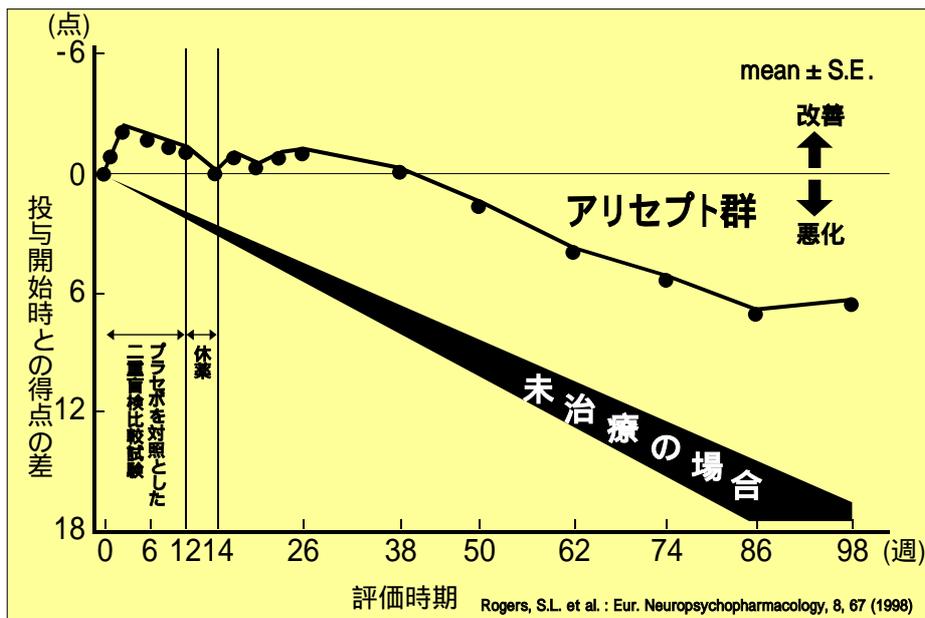
大脳基底部破壊ラットの受動回避反応障害に対する塩酸ドネペジルおよびタクリンの作用 **、*：p<0.05, p<0.01 (Mann-WhitneyのU-test), S: 生理食塩水, 使用した動物数を各カラム内に示した。

26

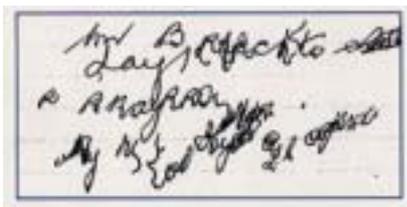
ドネペジルの臨床試験

- デザイン プラセボ(偽薬)をコントロールとしてアリセプト(実薬)との二重盲験試験
- 対象患者 軽度もしくは中程度のアルツハイマー病患者
- 投与方法 プラセボ、アリセプト(5mgまたは10mg)を一日一回経口投与
- 試験項目 認知機能: ADAS-cog,
 日常動作改善: SIBIC-Plus
- 投与期間 24週間投与したのちすべてプラセボにして6週間投与、一群150例トータルで450例

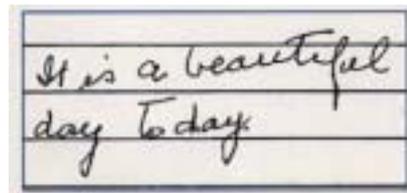
ADAS-cogの経時変化(98週間:中間成績)



ドネペジルの書字障害の改善報告 (英国)



投与前



投与3カ月後

英国で医師からBritish Medical Journal (1999年12月4日号)に寄せられたアリセプトの効果に関する症例報告である。“**認知機能改善に加え、患者、その家族にとって大切である書字障害改善を認めた**”と報告している。

書字障害はアルツハイマー病の比較的早期からよく認められる症状であり、言語障害より強く出ることがあります。これは頭頂葉のネットワークの障害により起こると考えられ、はじめはスペルの間違い、構文上の間違いを犯すようになり、さらに進むと手書きの字型構築障害となって現れます。

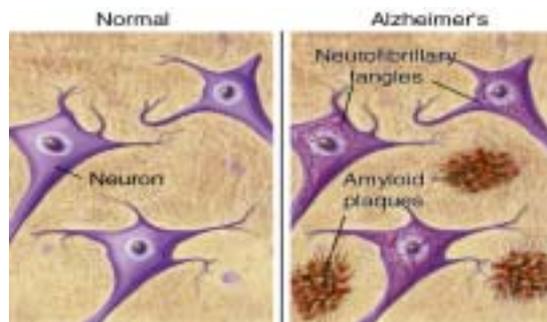
<http://www.bmj.com/cgi/content/full/319/7223/1510/Fu1> British Medical Journal / 4 December, 1999

ドネペジルの特長

- 1 極めて新規性の高いAChE阻害薬である。
- 2 強いAChE阻害作用と高い選択性を有する。
- 3 末梢に比較して高い脳内濃度を保つ。
- 4 長い作用時間から一日一回投与を可能にした。
- 5 ADAS-cogとCIBICplusの臨床結果はプラセボと比較して高い有効性を示した。

-アミロイド仮説と神経原繊維変化

- アルツハイマー病は徐々に神経が死んでいく
- ベータアミロイドが固まって老人斑となり毒性を示す
- タウ蛋白がリン酸化されて神経原繊維変化して毒性を示す



31

Therapeutic approach

