

NISTEP REPORT No.42

日独技術予測調査

平成 7 年 12 月

科学技術庁 科学技術政策研究所

技術予測調査研究チーム

桑原	輝隆	田口	正路
湯浅	太郎	佐藤	寿守
阿南	英誠		

“Japanese and German technology forecast survey”

December, 1995

Terutaka Kuwahara, Masamichi Taguchi, Taro Yuasa,
Toshimori Sato, Hidenobu Anan

Technology Forecast Research Team
National Institute of Science and Technology Policy
(NISTEP)

Science and Technology Agency

JAPAN

目 次

1. はじめに

1.1 調査の背景	1
1.2 調査の実施体制	2
1.3 今回の調査の特徴	4
1.4 調査内容の説明	
1.4.1 調査対象分野	5
1.4.2 調査課題数	6
1.4.3 調査手法	6
1.4.4 調査の進め方	
1.4.4.1 課題の設定	7
1.4.4.2 調査対象者の設定	7
1.4.4.3 調査項目及びアンケート調査の実施	7
1.4.5 アンケート調査の実施状況	
1.4.5.1 アンケート調査の実施時期	10
1.4.5.2 アンケート調査の回収状況及び属性	10
1.5 課題別データ表の見方	
1.5.1 課題欄	12
1.5.2 有効回答者数と専門度	12
1.5.3 課題別の回答者数	12
1.5.4 専門度	12
1.5.5 重要度	13
1.5.6 実現時期	14
1.5.7 課題実現に必要な条件	15
1.5.8 課題実現に関する要因（現状）	16
1.5.9 コメントについて	18
1.5.10 課題内容について	18
1.5.11 課題のステージ分類	18

2. マクロ分析

2.1	回答者母集団、専門度について	
2.1.1	日独の回答者母集団について	21
2.1.2	専門度について	22
2.2	重要度	
2.2.1	全体的な傾向	23
2.2.2	科学技術の発展のため	24
2.2.3	経済の発展のため	25
2.2.4	環境の向上のため	27
2.2.5	発展途上国の発展のため	28
2.2.6	社会の発展のため	30
2.3	実現時期	
2.3.1	全体的な傾向	32
2.3.2	サブエリア毎の傾向	32
2.3.3	2005年までに実現すると予測される課題	33
2.3.4	2006年～2010年までに実現すると予測される課題	34
2.3.5	2011年～2015年までに実現すると予測される課題	35
2.3.6	2016年以降に実現すると予測される課題	36
2.3.7	「実現しない」という比率が高かった課題	37
2.3.8	日独で実現時期の予測に大きな差が生じた課題	38
2.4	課題実現に関連する条件の評価	
2.4.1	各条件の必要性（日本の調査結果）	39
2.4.2	各条件の見通し（ドイツの調査結果）	41
2.5	要因の評価の日独比較	
2.5.1	産業界の取り組み	45
2.5.2	公的な規制	46
2.5.3	公共の助成	48
2.5.4	国際共同開発の実施	49
2.5.5	社会一般の理解	51
2.5.6	研究開発資金、設備等の整備	52
2.5.7	人材の確保及び育成	54
2.5.8	ベンチャーキャピタル等の技術革新環境の整備	55

2.5.9	現在の研究開発水準	57
3.	材料・プロセス分野	
3.1	太陽電池	
3.1.1	技術の現状紹介	59
3.1.2	重要度評価に見られる一致点と相違点	60
3.1.3	日本の予測時期の状況	62
3.1.4	必要条件についての比較分析	63
3.1.5	現状の評価についての比較分析	66
3.1.6	第5回予測との同一課題のデータ比較	67
3.2	超電導	
3.2.1	技術の現状紹介	69
3.2.2	重要度評価に見られる一致点と相違点	70
3.2.3	日本の予測時期の状況	72
3.2.4	必要条件についての比較分析	73
3.2.5	現状の評価についての比較分析	75
3.2.6	第5回予測との同一課題のデータ比較	76
3.3	データ集	
3.3.1	課題別データ	78
3.3.2	総合コメント例（材料・プロセス分野）	108
3.3.3	日本の未来技術年表（材料・プロセス分野）	109
4.	情報・エレクトロニクス分野	
4.1	人工知能	
4.1.1	技術の現状紹介	111
4.1.2	重要度評価に見られる一致点と相違点	112
4.1.3	日独の予測時期の比較	115
4.1.4	必要条件についての比較分析	116
4.1.5	現状の評価についての比較分析	117
4.1.6	第5回予測との同一課題のデータ比較	118
4.2	ナノテクノロジーとマイクロマシン	
4.2.1	技術の現状紹介	120

4. 2. 2	重要度評価に見られる一致点と相違点	121
4. 2. 3	日独の予測時期の比較	122
4. 2. 4	必要条件についての比較分析	123
4. 2. 5	現状の評価についての比較分析	125
4. 2. 6	第5回予測との同一課題のデータ比較	126
4. 3	データ集	
4. 3. 1	課題別データ	127
4. 3. 2	総合コメント例（情報・エレクトロニクス分野）	162
4. 3. 3	日本の未来技術年表（情報・エレクトロニクス分野）	163
5. ライフサイエンス分野		
5. 1	がん	
5. 1. 1	技術の現状紹介	165
5. 1. 2	重要度評価に見られる一致点と相違点	165
5. 1. 3	日独の予測時期の比較	167
5. 1. 4	必要条件についての比較分析	168
5. 1. 5	現状の評価についての比較分析	169
5. 1. 6	第5回予測との同一課題のデータ比較	170
5. 2	脳機能	
5. 2. 1	技術の現状紹介	171
5. 2. 2	重要度評価に見られる一致点と相違点	172
5. 2. 3	日独の予測時期の比較	174
5. 2. 4	必要条件についての比較分析	175
5. 2. 5	現状の評価についての比較分析	176
5. 2. 6	第5回予測との同一課題のデータ比較	178
5. 3	データ集	
5. 3. 1	課題別データ	179
5. 3. 2	総合コメント例（ライフサイエンス分野）	214
5. 3. 3	日本の未来技術年表（ライフサイエンス分野）	215
6. 環境分野		
6. 1	ごみ処理技術とリサイクル	

6.1.1	技術の現状紹介	217
6.1.2	重要度評価に見られる一致点と相違点	218
6.1.3	日独の予測時期の比較	221
6.1.4	必要条件についての比較分析	223
6.1.5	現状の評価についての比較分析	225
6.1.6	第5回予測との同一課題のデータ比較	226
6.2	地球規模の気象変動	
6.2.1	技術の現状紹介	227
6.2.2	重要度評価に見られる一致点と相違点	227
6.2.3	日独の予測時期の比較	230
6.2.4	必要条件についての比較分析	231
6.2.5	現状の評価についての比較分析	232
6.2.6	第5回予測との同一課題のデータ比較	233
6.3	データ集	
6.3.1	課題別データ	235
6.3.2	総合コメント例（環境分野）	267
6.3.3	日本の未来技術年表（環境分野）	269
(参考資料)	技術予測国際コンファレンス	271

1. はじめに

1 はじめに

1.1 調査の背景

科学技術庁では、1971年から長期的視点に立って我が国の科学技術の発展の方向を探るため5年毎に技術予測調査(デルファイ調査)を実施してきた。前回実施した第5回技術予測調査(1992年11月公表)は、我が国の研究開発活動に携わる各分野の専門家約3,000名を対象とし、調査課題もエレクトロニクス、材料、ライフサイエンス、環境交通等16の分野の合計1,149課題に達し、大規模かつ網羅的であることが一つの特徴である。

近年、ヨーロッパを中心にこうした技術予測に対する関心が高まり、ドイツにおいては、日本との協力プロジェクトとしてドイツ連邦研究技術省(BMFT)が日本の第5回技術予測調査と同内容の調査を実施し、その結果を1993年8月に公表した。これを踏まえて、科学技術政策研究所(NISTEP)とドイツ調査を担当したフラウンホーファー協会システム・技術革新研究所(FhG/ISI)は、両国専門家の将来の科学技術についての認識の相違や今後の技術進展に際しての問題点等を明らかにするため、両国の調査結果の多角的な比較分析の共同研究を行った(1994年4月 NISTEP REPORT No. 33)。またドイツだけでなくフランスにおいても、日本の第5回技術予測調査と同じ内容の調査をフランス高等教育・研究省(MESR)が実施し、1995年4月に公表した。さらに、イギリスでも独自の技術予測プログラムが1993年5月発表の「科学・工学・技術白書」の中で提案され、イギリス内閣府科学技術局(OST)が実施し、その結果をフランスと同じ時期に公表している。このような状況の中、OECDもこうした各国の動向を支援するため、1994年9月に各国の科学技術の専門家を集め、技術予測に関する会合を開いている。

前述の日独の技術予測比較調査の結果、将来の技術の実現時期については、国による差はかなり小さく、一方で、どのような技術を重視するか等の点については、大きな差が認められるケースもあることが明らかになった。しかしながら、この日独比較においては、すべての技術課題が日本で作成されていることから、ドイツの社会経済環境に必ずしもなじまないものも含まれている。世界各地で技術予測調査への関心が高まる中、このような点を改善し、技術予測調査を国際的に実施し、将来ビジョンを国際的に共有していくための手法の確立に向けて、試験的な調査を実施するという観点から、今回日独が協力して、課題の作成段階から共同で取り組む世界初の国際的な技術予測調査(ミニ・デルファイ調査)に着手した。

本報告書をまとめるにあたり、今回の共同調査を担当した日本側の科学技術政策研究所及びドイツ側のフラウンホーファーシステム・技術革新研究所は、日独の長期展望の一致点、相違点及び科学技術を巡る経済文化等の社会的要因についての国際的比較分析について意見交換を行うため、日独それぞれの側の技術予測調査に携わった専門家が参加する「技術予測国際コンファレンス」を1995年6月に東京で開催した。また、本コンファレンスには、世界の技術予測調査についての動向及び技術予測の今後の国際協力の在り方について探るため、イギリス、フランス、オーストラリア及び韓国の技術予測の専門家も参加した。本コンファレンスで討議された内容及び日独以外の国々における技術予測調査の現状については、本報告書の中で適宜紹介されている。

1.2 調査の実施体制

本調査を実施するに当たっては、科学技術庁科学技術政策研究所に技術予測委員会及び分科会を設け、技術予測委員会においては技術予測調査の実施方針等を検討し、分科会では課題の設定、調査対象者の選定、アンケート調査の実施、調査結果の分析等を行った。また、科学技術政策研究所においてもその他各種の分析を行い、本報告書を取りまとめた。日独の技術予測調査委員会のメンバーは下記の通りである。

☆技術予測委員会委員(日本：◎は委員長、○印は主査)

「材料・プロセス分野」

- 前田 弘 科学技術庁 金属材料技術研究所 強磁場ステーション
総合研究官
- 前田 秀明 (株)東芝 東芝研究開発センター 機械・エネルギー研究所
第1研究所 主任研究員
- 田中 俊哉 三洋電機(株) 研究開発本部 本部室東京事務所 主任企画員
- 堀米 孝 元・東京農工大学工学部教授
- 吉田 和弘 三洋電機(株) 研究開発本部 本部室東京事務所 主任研究員

「情報・エレクトロニクス分野」

- 田中 穂積 東京工業大学 工学部 情報理工学研究科 教授
- 内田 俊一 (財)新世代コンピュータ技術開発機構 所長
- 野村 英一 日本電気(株) 基礎研究所 新機能素子研究部 研究専門課長
- 原 正彦 理化学研究所 国際フロンティア研究システム
エキゾチックナノ材料研究チーム 研究員

「ライフサイエンス分野」

- ◎軽部 征夫 東京大学 先端科学技術研究センター 教授
- 日下部守昭 理化学研究所 ライフサイエンス筑波研究センター
真核生物研究室 副主任研究員
- 桜井 正樹 東京大学 医学部付属病院 神経内科講師
- 松岡 英明 東京農工大学 工学部 物質生物工学科 教授

「環境分野」

- 濱田 隆士 放送大学 教授
- 大迫 政浩 国立公衆衛生院 廃棄物工学部 最終処分工学室 研究員
- 佐藤 信夫 気象庁 予報部 数値予報課 数値予報班長
- 立藺 邦人 東京都清掃局 工場管理部技術課

☆技術予測委員会委員(ドイツ)

「材料・プロセス分野」

Professor Dr. Luther	Leiter Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)
Prof. Dr. Petzow	Direktor des MPI für Metallforschung Institut für Werkstoffwissenschaften Pulvermetallurgisches Laboratorium
Dipl.-Ing. Eckart-Alfred von Unger	Siemens Solar
Dr. Wiemken	Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen (INT)

「情報・エレクトロニクス分野」

Dr. Bley (KfK)	Projektleiter, PMT/PL Projekt Mikrostrukturtechnik, Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
Prof. Dr. H. Gleiter	Universität des Saarlandes
Prof. Dr. H. Schwärtzel	Siemens AG, ZFE ST
Dr. R. Stransfeld	Projektträger VDI/VDE, VDI/VDE-TZ Informationstechnik GmbH
Dr. Wiemken	Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen (INT)
Dr. Zweck	VDI-TZ

「ライフサイエンス分野」

Professor Dr. D. Ganten	Max-Delbrück-Zentrum für Molekulare Medizin (MDC)
Professor Dr. M. Georgieff	Klinikum der Universität Ulm Universitätsklinik für Anästhesiologie
Prof. Dr. Horst König	Leiter Forschungsplanung BASF-Gruppe BASF Aktiengesellschaft
Prof. Dr. Rolf Schmid	Universität Stuttgart Institut Technische Biochemie
Dr. Kurt Wagemann	DECHEMA e.V., Abteilung Forschungsförderung
Dr. Wiemken	Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen (INT)
Professor Dr. zur Hausen	Universität Heidelberg Deutsches Krebsforschungszentrum Institut für Virusforschung

「環境分野」

Prof. Dr. Bach	Universität Münster, FB 19 Geowissenschaften Institut für Geographie
Dr. Benninghaus	Leiter der Umweltforschung, Schering AG
Prof. Dr. Herwig Hulpke	Leiter Umweltschutz, Bayer AG
Prof. Dr. Horst König	Leiter Forschungsplanung BASF-Gruppe, BASF ktiengesellschaft
Dr. Lepiorz/Dr. Mohrdieck	Daimler Benz AG
Prof. Dr. Chr. Schönwiese	Universität Frankfurt, Institut für Meteorologie und Geophysik

Prof. Dr. Treusch
Dr. Trösch
Dr. Kurt Wagemann

Forschungszentrum Jülich GmbH
Fraunhofer-Institut IGB
DECHEMA e.V., Abteilung Forschungsförderung

1.3 今回の調査の特徴

今回の調査では、第5回調査と比較していくつか新しい試みをしている。今回の調査の特徴としてあげられる点は次の通りである。

第一の特徴は、調査分野を非常に絞っていることである。一例を挙げると、第5回調査の「材料・プロセス分野」では、あらゆる材料の技術を広く浅くカバーするというアプローチをとっていたが、今回の調査では「太陽電池」、「超電導」というように特定の技術分野に絞り込んでいる。その特定の技術分野についてある程度そろった数の課題が用意されている。

第二の特徴は、日独が協力して課題を作成したことである。プロセスとしては、日独がお互いのプロポーザルを出し、それを交換し、さらにいろいろな形でディスカッションを行い、そのディスカッションを加えた上で合意したものを最終的な調査課題として調査に使用した。今回の調査における日本提案課題とドイツ提案課題の割合は大体半々になっている。

第三の特徴は、第1回調査票を日独の回答者に送る際に、その調査票に載せた数十の技術課題以外に調査すべき技術、問題の解決策等がある場合には、回答者に提案を依頼したことである。この結果、第1回調査の課題数120に対し、第2回調査の課題は132に増加した。また、いくつかの課題については、回答者より定義や内容等をより明確にした方が良いと言う意見があり、そのような場合には表現の部分的修正も行った。

第四の特徴は、課題に対して新しい質問項目を設定したことである。まず「重要度」については、第5回調査では様々な側面を統合してひとつの「重要度」としてその度合を質問していたが、ミニ・デルファイではこれを科学技術、経済、環境、途上国、及び社会の5つの軸のそれぞれについて評価を依頼した。また、「課題実現に関する必要条件」として、科学技術上の問題解決、将来の市場における需要の増大及び将来の市場における価格競争力の向上の3つについて、課題実現にあたっての必要性の度合を聞いている。(ドイツの質問票では、これら3つの見通しの程度を聞いている。)課題で取り上げている技術を巡る現状については、「課題実現に関する要因の評価」として、産業界の取り組み、公的な規制、公共の助成、国際共同開発の実施、社会一般の理解、研究開発資金・設備等の整備、人材の確保及び育成、ベンチャーキャピタル等の技術革新環境の整備、現在の研究開発水準の9つの項目についての現状評価を聞いた。

第五の特徴は、主に日本調査で行ったことであるが、回答者のコメントのフィードバックを行ったことである。今回、第1回調査でそれぞれの技術課題について、自由なコメントを記入してもらうようにしたところ、大変多くの回答者から様々な視点に立ったコメントが寄せられた。全てのコメントを第2回調査票に載せることがスペースの関係上出来ないため、代表的なものを技術予測委員会で抽出し、第2回調査票に記載した。この記載されたコメントに対するコメントも更に第2回調査で寄せられた。このようなコメントのフィードバックが新しい試みである。

第六の特徴は、第2回調査票に日独の第1回調査結果を載せたということである。第5回調査の場合には、日本は日本単独で行い、ドイツはドイツ単独で行ったため、両国の結果を見て、それを総合的に判断することは出来なかった。しかし、今回は日独で

同時に調査を行ったため、第2回調査でこのように両国の調査結果を載せることが出来た。

以上の点が、今回の調査で新たに試みた事であり、今回の調査の特徴となっている。

1.4 調査内容の説明

1.4.1 調査対象分野

調査対象分野は下記の4分野とした。これは、「材料・プロセス」、「情報・エレクトロニクス」、「ライフサイエンス」の3分野は、広範にわたる科学技術分野の中で共通・基盤的性格を持ち国際協力の下での調査の対象としてふさわしいと考えられ、また、「環境」は日独ともに極めて重視されている分野であり、かつ、ドイツは環境先進国という定評を有していることから、日本との結果を比較することは興味深いと考えたためである。また、調査範囲を各分野2つのサブエリアに絞った考え方は次の通りである。

(調査分野)

1. 材料・プロセス
(1)太陽電池 (2)超電導
2. 情報・エレクトロニクス
(1)人工知能 (2)ナノテクノロジーとマイクロマシン
3. ライフサイエンス
(1)がん (2)脳機能
4. 環境
(1)ごみ処理技術とリサイクル (2)地球規模の気象変動

材料・プロセス分野については、太陽電池は既に実用化レベルのものであり、超電導はまだ基礎研究レベルであるという異なった技術フェーズにある。また、太陽電池は、日本は技術的に高いレベルにあるとされている一方、ドイツはその応用に極めて熱心である。

情報・エレクトロニクス分野については、ソフトウェア技術の代表として人工知能を、微細加工、デバイス開発の大きな方向性の代表としてナノテクノロジーを選択した。また、人工知能についてはライフサイエンス分野の脳機能と関連している事も選択理由である。

ライフサイエンス分野については、がんと脳機能が代表的な研究分野であり、世界的にも最も重視されている領域の代表ということで選択した。また、がんと脳機能は国際協力が重要であり、国際協力が将来のブレークスルーの必要条件と見られていることも選択理由である。

環境分野については全世界的問題であり、前回の日本のデルファイ調査とドイツのデルファイ調査で重要性が高く評価された地球規模の気象変動を選択した。一方、ごみ処理技術とリサイクルは、非常に身近な問題という意味で、これの対極にあると考えられ、社会の様々な側面と密接につながっているということから、国際比較を行う

ことは興味深いと考えたことが選択理由である。ごみ処理技術とリサイクルについては「技術の普及」がキーワードであり、ドイツは世界で最も進んだ国との評価を受けている。

1.4.2 調査課題数

今回の調査は、第1回調査を120課題、第2回調査を132課題で行った。第2回調査で課題数が増えているのは、今回の調査では、回答者から提案された追加課題を加えたためである。また、第2回調査における課題数の内訳は表1.4-1の通りである。この表の中の「同一課題」、「類似課題」とは第5回技術予測調査との同一課題、類似課題数である。

表 1.4-1 第2回調査課題の内訳

	材料・プロセス		情報		ライフサイエンス		環境		全体
	太陽電池	超電導	人工知能	ナノテク	がん	脳機能	ごみ処理	気象変動	
全課題	18	12	14	21	17	18	17	15	132
同一課題	1	4	3	1	0	0	1	2	12
類似課題	4	1	1	1	2	2	1	0	12
新規課題	13	7	10	19	15	16	15	13	108

1.4.3 調査手法

調査は、長期的予測手法のデルファイ法によって行い、2回のアンケート調査により意見を収れんさせる方法とした。

(注)デルファイ法(Delphi法)

デルファイ法は、多数の人に同一内容のアンケート調査を繰り返し、回答者の意見を収れんさせる方法である。2回目以降のアンケート調査では、前回の結果を回答者にフィードバックし、回答者は全体の意見の傾向を見ながら、各人が再度質問課題を再評価できることが普通のアンケート調査と異なる最大の特色である。回答に自信のない人は多数意見に賛同すると考え

られるので意見の収れんができる。デルファイの名前は、アポロ神殿のあった古代ギリシャの地名であって、多くの神々がここに集まって未来を占ったとされることから命名されたもので、その手法はアメリカのランドコーポレーションが開発したものである。

1.4.4 調査の進め方

1.4.4.1 課題の設定

課題設定の課程としてはまず最初に、日本は日本の委員、ドイツはドイツの委員が課題を提案し、その提案した課題を日独で相互に交換した。これらの課題の中から、日独それぞれの委員が調査候補課題を選択した。この結果について再度日独で調整し、第1回調査課題として120課題を決定した。また、第1回調査において回答者から提案された追加課題についても、同様に日独の委員会の間で調整し、第2回調査では12課題を新たに追加した。

1.4.4.2 調査対象者の設定

アンケート調査は、産・学・官各界の各分野の専門家を対象とした。日本側は、分科会委員等から対象候補者の推薦を受け、回答者の偏りや不足等について検討を加えた上で名簿を確定し、アンケート協力依頼状を送付した。ここで協力の回答のあった723名に第1回調査票を送り、第2回調査では第1回調査に回答した551名を対象として調査を実施した。一方ドイツは、研究者データベースからのデータ抽出により、第1回調査票では送付者2,300名を決定しアンケートを行った。第2回調査では第1回調査に回答した627名を対象として調査を実施した。

1.4.4.3 調査項目及びアンケート調査の実施.

1.4.4.1で設定した課題毎に下記の調査項目について、日本では第1回アンケートは図1.4-1に示す設問形式、第2回アンケートは図1.4-2に示す設問形式によりアンケート調査を実施した。第2回アンケート調査は、日独の第1回アンケート調査の集計結果を図1.4-2にあるように調査票に提示して回答を求めた。

アンケート調査の実施にあたっては、外国からの技術導入や国際共同開発等も含め、国内において推進される主要な技術開発課題を対象とし、今後30年間、世界的な規模での戦争あるいは我が国の経済社会を覆す規模の天変地異は起こらないものとして回答を求めた。

なお、第2回アンケート調査は、第1回アンケート調査の回答者に対して行い、第1回アンケート調査の予測課題と同じ課題について質問したが、一部の課題については、第1回アンケート調査の結果に基づいて予測課題の表現内容について見直し、修正を行った。

調査項目

- ①重要度
- ②実現時期
- ③課題実現に必要な条件
- ④課題実現に関する要因の評価

図 1.4-1 第1回調査の設問形式（日本）

課題番号	専門度				重要度				実現時期								代替課題の提案 （他の方法で実現する） 実現しない	課題実現に必要な条件			課題実現に関する要因の評価									課題別コメント 当該課題に関する積極的なコメントを歓迎します	
	大	中	小	なし	① 科学技術の発展のため	② 経済の発展のため	③ 環境の向上のため	④ 発展途上国の発展のため	⑤ 社会の発展のため	1	2	3	4	5	6	7		8	① 解決されること	② 将来の市場における	③ 将来の市場における	① 産業界の取り組み	② 国家による規制	③ 公共の助成	④ 国際共同開発の実施	⑤ 社会一般の理解	⑥ 設備等の整備 研究開発資金、	⑦ 人材の確保及び育成	⑧ ベンチャーキャピタル等		⑨ 研究開発の水準
	1	2	3	4	【評価の段階】 + 非常に重要 0 中程度重要 - 重要でない又は不要				【評価の段階】 + 非常に必要 0 中程度必要 - 必要でない				【評価の段階】 + 十分 0 中程度 - 不十分																		
1					+	+	+	+	+									+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
2					+	+	+	+	+									+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		

図 1.4-2 第2回調査の設問型式(日本)

101:変換効率20%以上の大面積アモルファスシリコン太陽電池が実用化される。																																				
有効 回答 数	専 門 度				重 要 度															実 現 時 期																
	大	中	小	無	①科学技 術の発展 のため			②経済の 発展のた め			③環境の 向上のた め			④発展途 上国の発 展のため			⑤社会の 発展のた め			'95	'96	'00	'01	'05	'06	'10	'11	'15	'16	'20	'21	実現 しない				
日	日(%)				+			+			+			+			+															日(%)				
126 人 独	35	38	27		0			0			0			0			0											18								
125 人	22	42	36		-			-			-			-			-											独(%)								
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8									
課題実現に必要な条件				課 題 実 現 に 関 す る 要 因 (現 状) の 評 価																																
①科学技 術上の問 題が解決 されるこ と				②将来の 市場にお ける需要 の増大			③将来の 市場にお ける価格 競争力の 向上			①産業界 の取り組 み			②公的な 規制			③公共の助 成			④国際共 同開発の 実施			⑤社会一般 の理解			⑥研究開 発資金、 設備等の 整備			⑦人材の確 保及び育成			⑧ベン チャーキ ャピタル 等の技術 革新環境 の整備			⑨現在の 研究開発 水準		
+				+			+			+			+			+			+			+			+			+			+			+		
0				0			0			0			0			0			0			0			0			0			0			0		
-				-			-			-			-			-			-			-			-			-			-			-		
1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
日本 の コ メ ン ト (例)	①アモルファス太陽電池は低コストを優先課題とすべきであり、コスト高の高効率はある必要がない。 ②アモルファス材料物性に関するブレークスルーが必要。 ③効率20%以下でも低価格化を実現し、早期普及を進めるべき。 ④長年の開発経緯からみて大幅な効率向上は難しい。光による初期劣化も問題。																																			
	独 の コ メ ン ト (例)	①物理的に限界が定められている！ ②効率は、私にとってはそれほど重要とは思われない。それよりもむしろ決定的に重要なのは、設置コストと電気出力との比である。 ③結晶性薄膜セル。																																		
コ メ ン ト 回 答 欄																																				

1.4.5 アンケート調査の実施状況

1.4.5.1 アンケート調査の実施時期

第1回アンケート調査実施：平成6年9月～10月

第2回アンケート調査実施：平成7年2月～3月

1.4.5.2 アンケート調査の回収状況及び属性

アンケート調査の回収状況と属性については表 1.4-2 の通りである。

表 1.4-2 アンケート調査の回収状況及び回答の内訳

(日本)

分野	課題数	回収状況						回答者の内訳 (第2回アンケート調査)															
		第1回アンケート調査			第2回アンケート調査			性別		年代							職業					職種	
		発送数	回収数	回収率	発送数	回収数	回収率	男	女	20代	30代	40代	50代	60代	70代以上	会社員	大学関係	公務員	団体職員	その他	研究開発従事	上記以外	
材料・プロセス	30	199	159	79.9%	159	123	77.4%	123	0	0	10	42	53	16	2	56	46	11	9	1	115	8	
情報・エレクトロニクス	35	175	125	71.4%	125	88	70.4%	87	1	1	14	36	31	5	1	33	47	8	0	0	85	3	
ライフサイエンス	35	166	129	77.7%	129	92	71.3%	88	4	0	15	33	32	12	0	8	65	14	4	1	83	8	
環境	32	183	138	75.4%	138	102	73.9%	98	4	0	10	34	37	21	0	23	36	32	11	0	76	26	
合計	132	723	551	76.2%	551	405	73.5%	396	9	1	49	145	153	54	3	120	194	65	24	2	359	45	
合計 (%)								98%	2%	1%	12%	35%	38%	13%	1%	30%	48%	16%	5%	1%	89%	11%	

(ドイツ)

分野	課題数	回収状況						回答者の内訳 (第2回アンケート調査)															
		第1回アンケート調査			第2回アンケート調査			性別		年代							職業					職種	
		発送数	回収数	回収率	発送数	回収数	回収率	男	女	20代	30代	40代	50代	60代	70代以上	会社員	大学関係	公務員	団体職員	その他	研究開発従事	上記以外	
材料・プロセス	30	494	148	30.0%	148	113	76.4%	105	4	7	19	20	41	20	1	36	46	2	22		80	27	
情報・エレクトロニクス	35	710	198	27.9%	198	140	70.7%	130	4	6	28	39	51	9	0	39	69	3	23		108	26	
ライフサイエンス	35	446	139	31.2%	139	102	73.4%	89	10	1	27	27	31	8	1	14	70	5	5		78	16	
環境	32	650	142	21.8%	142	104	73.2%	99	3	3	19	29	35	14	1	45	28	11	16		68	32	
合計	132	2300	627	27.3%	627	459	73.2%	423	21	17	93	115	158	51	3	134	213	21	66		334	101	
合計 (%)								95%	5%	4%	21%	26%	36%	12%	1%	31%	49%	5%	15%		77%	23%	

(注1) 「性別」、「年代」、「職業」、「職種」については、無記入の回答者がいるので、その合計は「回収数」と一致しない(回収数との差が無記入数である)。

(注2) 日本は事前にプレアンケートを送ったために第1回調査の回収率が良く、ドイツはいきなりアンケート調査票を送ったために第1回調査の回収率が悪くなっている。

1.5 課題別データ表の見方

1.5.1 課題欄

課題欄の中の()で囲った課題は、第1回アンケート調査の課題内容であり、第2回アンケート調査において修正したものである。

1.5.2 有効回答者数と専門度

有効回答者数と専門度については、上段が日本、下段が独の結果を示している。その各段の中でR1が第1回調査結果、R2が第2回調査結果を示している。

1.5.3 課題別の回答者数

図1.5-1の「人数」は、有効回答者数で、専門度をそれぞれ「大」、「中」、「小」と答えた人の数の合計を示している（「なし」と答えた人の数は含まない）。

1.5.4 専門度

専門度について、回答者は下記の4つの中から選択した。

大……現在、当該課題に関連した研究、又は業務に従事している（文献による調査研究を含む）。あるいは、隣接分野の研究、又は、業務に従事しているなどにより、当該課題に関連した専門知識をかなり持っている。

中……過去に当該課題に関連した研究、又は業務に従事したことがある。あるいは、当該課題に関連した専門的な本や文献を読んだことがあり、多少の専門知識がある。

小……新聞や一般雑誌で読んだり、関係者からの話を聞いた程度である。

なし…専門知識はない。

図1.5-1の「専大」、「専中」及び「専小」の各欄は、有効回答者数に対する専門度「大」、「中」及び「小」の回答者の百分率を示している。

図 1.5-1 回答者数、専門度

専門度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	93	29%	35%	35%	73	37%	27%	36%
独	133	14%	41%	45%	117	14%	34%	52%

1.5.5 重要度

当該課題の研究開発を推進することの重要度について回答を求めたものである。

科学技術の発展のため：科学技術の広い分野の発展に寄与する。

経済の発展のため：経済活動の発展に寄与する。

環境の向上のため：環境の保全、浄化などをすすめることに寄与する。

発展途上国の発展のため：発展途上国の発展に寄与する。

社会の発展のため：生活、教育・文化、医療・福祉等の向上や、輸送、通信等のインフラの充実に寄与する。

この5項目についての評価は、下記の3段階である。

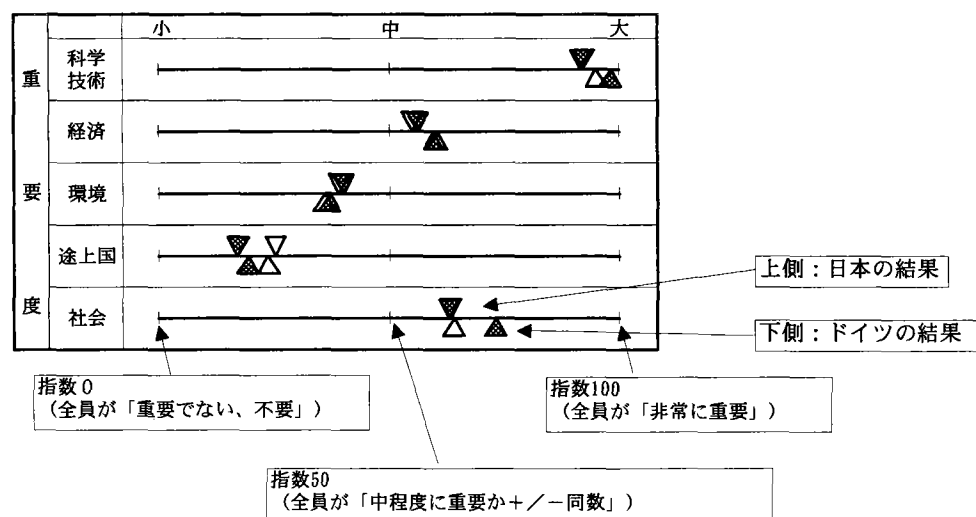
(評価の段階)

- ①非常に重要
- ②中程度に重要
- ③重要でない又は不要(「関係ない」を含む)

また、重要度について、課題別データ表の見方は次の通りである。

集計結果は、「①非常に重要」に100、「②中程度に重要」に50、「③重要でない又は不要(「関係ない」を含む)」に0のウェイトをそれぞれかけて指数化し、これを図 1.5-2のように図示している。上段の白の三角形の下の頂点が日本の第1回調査結果、黒が日本の第2回調査結果であり、下段の白の三角形の上の頂点が独の第1回調査結果、黒が独の第2回調査結果である。全員が「非常に重要」を選択した場合は三角形の位置が一番右(平均値 100)に、全員が「重要でない」を選択した場合は三角形の位置が一番左(平均値 0)になる。

図 1.5-2 重要度



1.5.6 実現時期

課題が実現すると思われる時期について、下記の8つの項目から回答を求めたものである。第5回調査では、⑦と⑧は合わせて一つの項目となっていたが、今回はこれを分離し、回答者が「技術的、社会的要因等から当該課題は実現しない、あるいは他の技術的手段によりその目的が実現する」と判断した場合には、回答項目⑧を選択してもらうようにした。

(実現時期の回答項目)

- ① 1995年までに実現
- ② 1996年～2000年の間に実現
- ③ 2001年～2005年の間に実現
- ④ 2006年～2010年の間に実現
- ⑤ 2011年～2015年の間に実現
- ⑥ 2016年～2020年の間に実現
- ⑦ 2021年以降実現
- ⑧ 実現しない(他の方法で実現する)

なお、実現時期の予測は以下の3点を前提にしている。

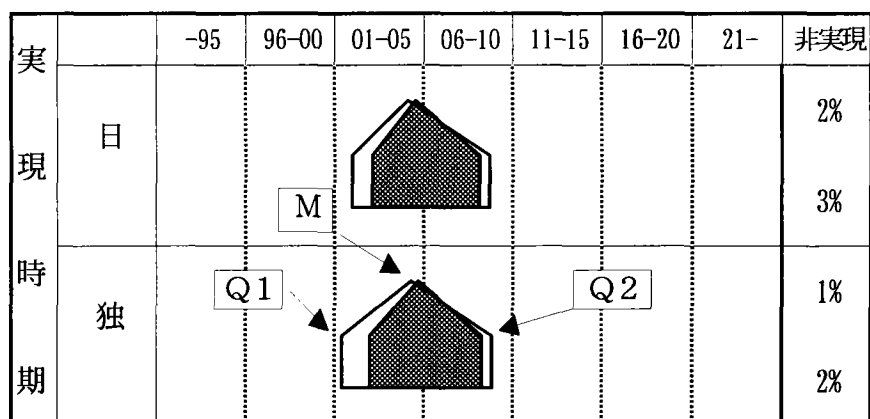
- (1) 課題の実現は、特に条件を付さない限り、国内での実現を前提とする。この場合、外国からの技術導入や国際共同開発による実現も含む。また、海外での実現を前提とした課題については、課題文中でその旨記述している。
- (2) 今後、2020年までの間、世界的な規模での戦争あるいは我が国の経済社会を覆す規模の天変地異は起こらないものとする。
- (3) 回答に際しては、単なる個人的な願望としてではなく、経済的、社会的その他の制約条件を考慮に入れて、客観的な予測とする。

実現時期について、課題別データ表の見方は次の通りである。なお、ドイツの材料・プロセス分野の第2回調査の実現時期については有効でないため、課題別データ表には載せていない。

集計結果は、[～'95] から ['21～] のいずれかを回答した人の合計数を母数として、図 1.5-3のように示されている。データは、上段の白の五角形が日本の第1回調査結果、黒が日本の第2回調査結果を示す。同様に、下段の白の五角形が独の第1回調査結果、黒がドイツの第2回調査結果を示す。

また、「実現しない(他の方法で実現する)」と答えた回答者数の全体に対する割合を百分率(%)で示している。

図 1.5-3 実現時期



Q₁ : 実現時期の回答を時期の早い順に並べて、全体の 1/4 番目に当たる実現時期

M : 同様に 1/2 番目の実現時期

Q₂ : 同様に 3/4 番目の実現時期

従って、この五角形の幅 (Q₁ と Q₂ の距離) は、実現すると予測した回答者の内の、中間的な半数の回答の実現時期の幅を示している。

1.5.7 課題実現に必要な条件

当該課題の実現に関して、以下の 3 つの条件の評価について回答を求めたものである。但し、評価の内容については翻訳の関係から日独でニュアンスに違いがある。即ち、日本では課題実現にとっての必要性の程度を評価をするのに対して、ドイツでは、将来の見通しの評価を行っている。

(条件の項目)

- ・ 科学技術上の問題が解決されること
- ・ 将来の市場における需要の増大
- ・ 将来の市場における価格競争力の向上

この 3 項目について日独の評価は、下記の 3 段階である。

(日本の評価の段階)

- ① 非常に必要…課題実現に非常に必要な条件である
- ② 中程度に必要…課題実現に必要な条件である
- ③ 必要でない(「関係ない」を含む)…課題実現に必要な条件でない

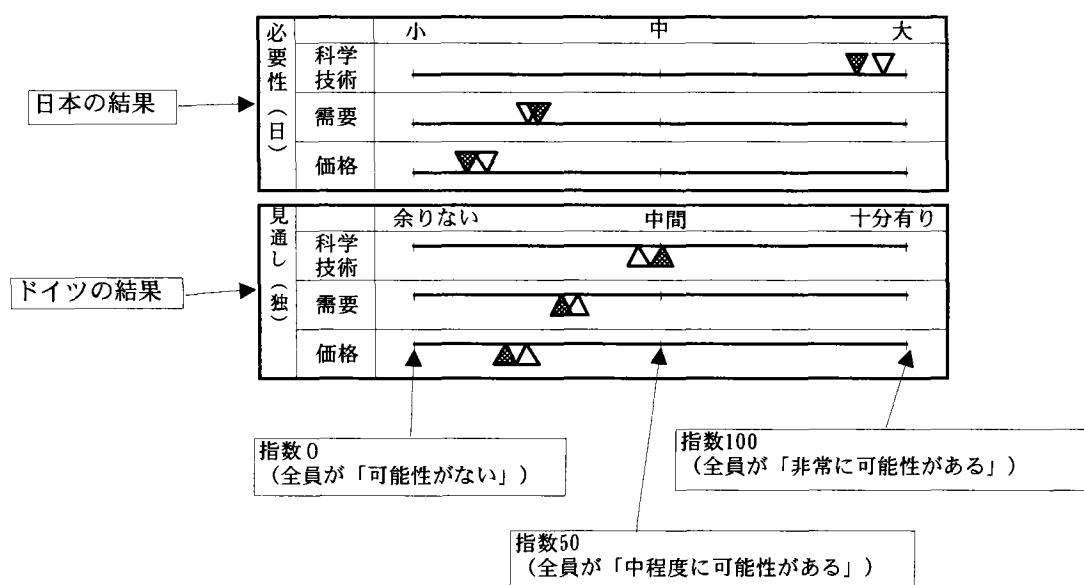
(ドイツの評価の段階)

- ①非常に可能性がある
- ②中程度に可能性がある
- ③可能性がない

必要条件について、課題別データ表の見方は次の通りである。

集計結果は、重要度の場合と同様に指数化し、図 1.5-4のように図示されている。

図 1.5-4 課題実現に必要な条件



1.5.8 課題実現に関する要因(現状)

当該課題に対する以下の9項目に関する現状の評価について、回答を求めたものである。

- ・ 産業界の取り組み
- ・ 公的な規制
- ・ 公共の助成
- ・ 国際共同開発の実施
- ・ 社会一般の理解
- ・ 研究開発資金、設備等の整備
- ・ 人材の確保及び育成
- ・ ベンチャーキャピタル等の技術革新環境の整備

・ 研究開発の水準

この9項目についての評価は、下記の3段階である。但し、「公的な規制」についての評価は別記の通りである。

(評価の段階)

- ①良い、十分である、又は高い
- ②どちらでもない、又は中間(「関係ない」を含む)
- ③悪い、十分でない、又は低い

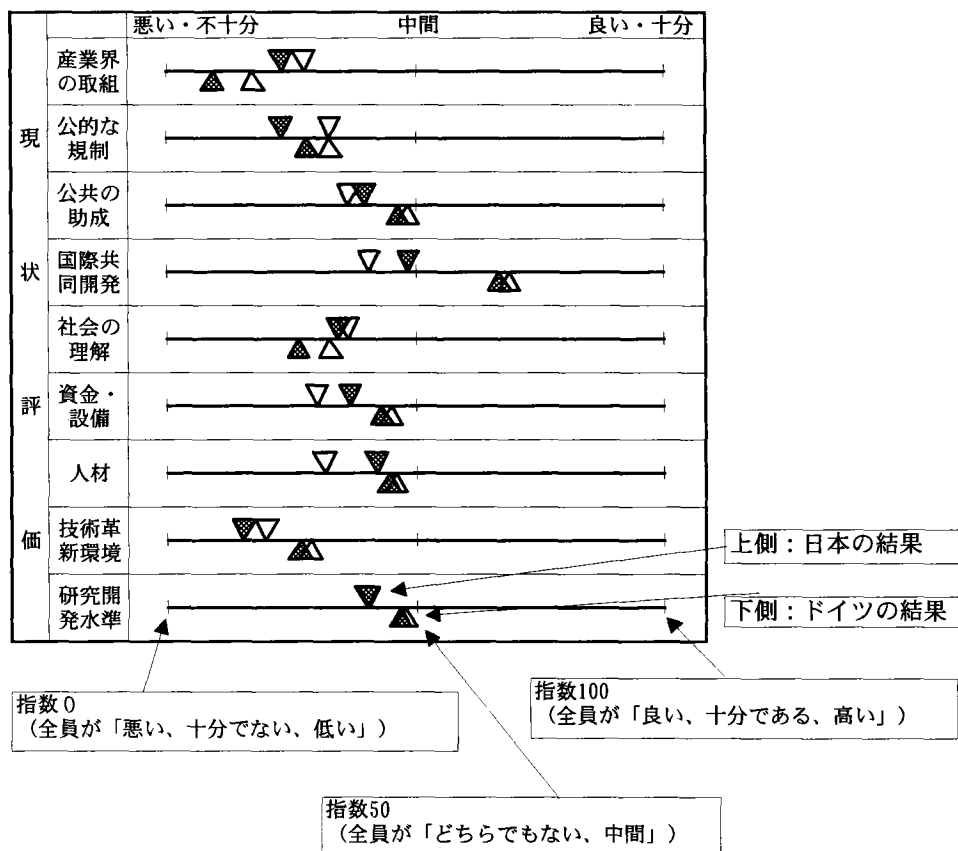
(「公的な規制」についての評価の段階)

- ①規制の現状は良い
- ②どちらでもない(「関係ない」を含む)
- ③規制の現状は悪い(規制が強すぎる、あるいは、規制がなさすぎる)

また、現状の評価について、課題別データ表の見方は次の通りである。

集計結果は、重要度の場合と同様に指数化を行い、図 1.5-5のように図示している。

図 1.5-5 課題実現に関する要因の評価



1.5.9 コメントについて

第1回及び第2回アンケート調査で日独の回答者が記入した課題別コメント及び総合コメントを載せている。但し、スペースの関係もあり、日独の委員会で、それぞれ代表的なものを選択した。

1.5.10 課題内容について

本報告書の中の本文中においては、スペースの関係上、調査課題内容を短縮して載せている。一例を挙げると、材料分野の課題番号101は「変換効率20%以上の大面積アモルファスシリコン太陽電池が実用化される」であるが、本文中ではこの調査課題を短縮して「101:効率20%以上の大面積アモルファスシリコン電池の実用化」としている。また、以下特にことわらない限り、本報告書で参照するデータは、第2回調査の結果である。

1.5.11 課題のステージ分類

課題の記述に当たっては、当該技術の技術的な段階(以下「ステージ」という)を明らかにするため、原則として以下のキーワードを使用している。

解 明…原理、現象が科学的、理論的に明らかにされること。

開 発…技術面で一定の目標が達成されること。例えば、試作第1号が完成することを指す。

実用化…経済的にめどがついて実際に用いられること。例えば、実用規模のもの第1号が完成することを指す。

普 及…実用化されたものが広く一般に使用されること。

今回の調査課題をステージ別に分類すると表1.5-1の表の通りとなる。「太陽電池」、「ナノテクノロジー」及び「ごみ処理技術」では実用化や普及の課題が多く、「脳機能」及び「地球規模の気象変動」といった基礎的なサブエリアでは、解明の課題が多くなっている。

表 1.5-1 ステージ別課題数

分野	サブエリア	解明	開発	実用化	普及	合計
材	太陽電池	0	1	8	9	18
	超電導	1	6	4	1	12
情	人工知能	1	4	5	4	14
	ナノテク	0	7	12	2	21
報	がん	5	3	6	3	17
	脳機能	13	4	1	0	18
環	ごみ処理技術	0	2	7	8	17
	地球規模の気象変動	10	0	2	3	15
境	合計	30	27	45	30	132

2. マクロ分析

2 マクロ分析

2.1 回答者母集団、専門度について

2.1.1 日独の回答者母集団について

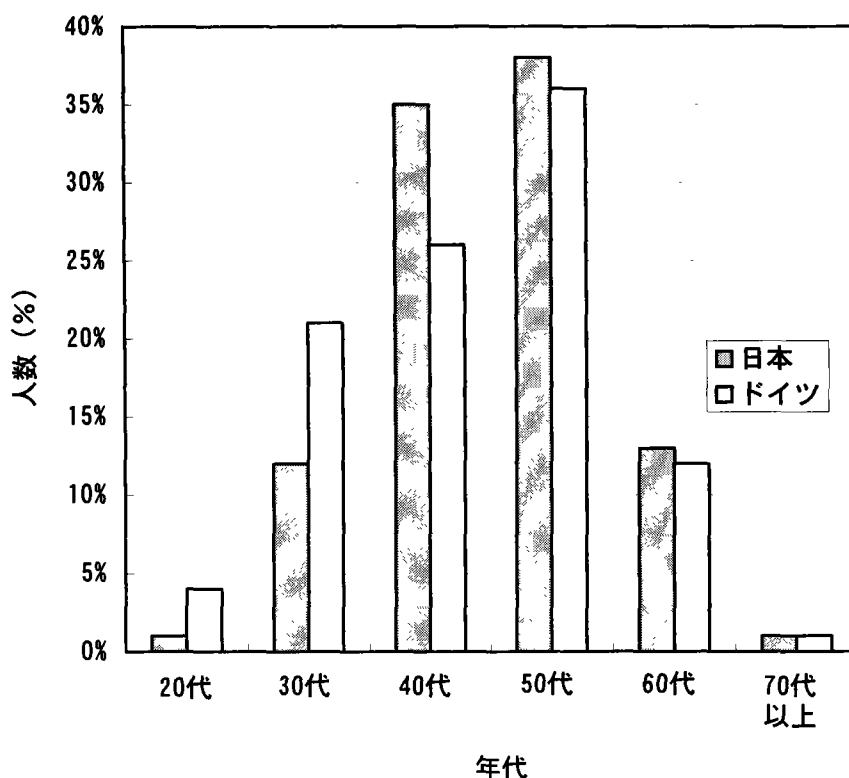
性別においては日独とも圧倒的に男性が多くなっている。

年代別では、日本は最も多いのが50代、続いて40代、60代であり、ドイツで最も多いのが50代、続いて40代、30代である。図 2.1-1を見ると、日独とも50代を中心とした山型になっている。ドイツは日本より30代の回答者が多いため（日本12%、ドイツ21%）、ドイツの回答者が日本の回答者より若干若い結果となっている。

職業別については、全体では日独とも最も多いのが大学関係者（日本48%、ドイツ46%）であり、続いて会社員（日本30%、ドイツ29%）となっている（P11. 表1.4-2参照）。ライフサイエンス分野においては日独ともに大学関係者の比率が高く約70%を占めている。また、国立研究所の多い日本では公務員の割合が比較的高い（日本16%、ドイツ5%）のに対し、ドイツでは団体職員の割合が比較的高く（日本6%、ドイツ15%）なっている。

職種については、今回の調査が将来の技術の開発等に関する質問のため、日独とも研究開発従事者の割合が高くなっている。

図 2.1-1 回答者の年代の分布

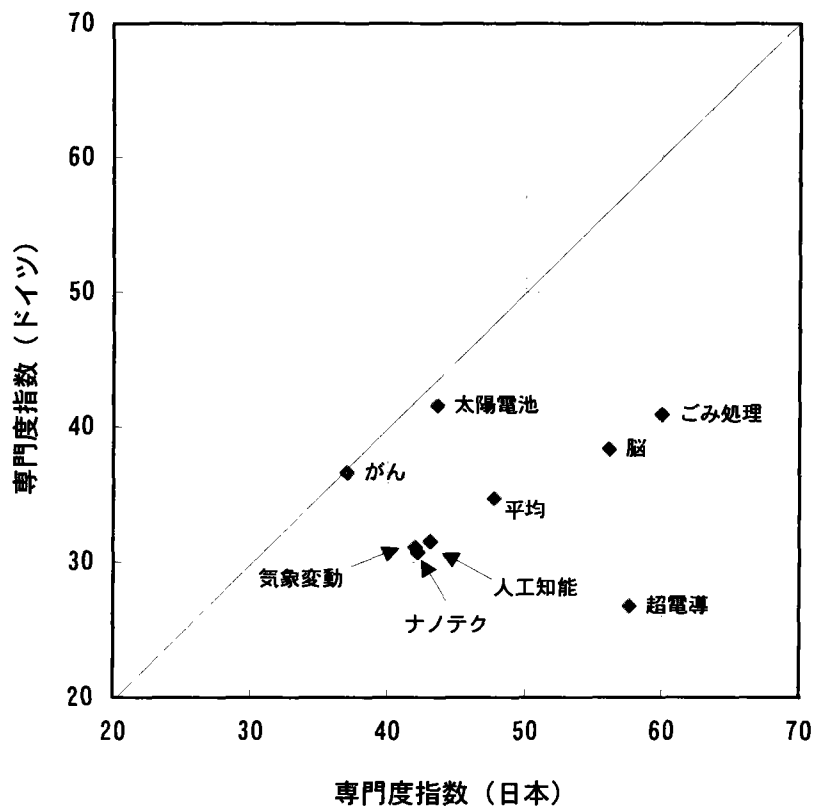


2.1.2 専門度について

専門度の集計結果については、「専門度大」に 100、「専門度中」に 50、「専門度小」に 0 のウエイトをそれぞれかけて指数化した結果、全分野での平均指数が日本 47、ドイツ 35 であり、日本の方がかなり高い結果となった。この理由については、日本では今回の調査の回答者の選定に当たって、各調査分野の技術領域が絞られていることから、各サブエリアで専門度の高いと考えられる回答候補者を委員会委員の判断により選定したことが影響しているものと思われる。ドイツでは研究者データベースからの抽出等によりアンケートを送付した。なお、このような差が生じたことについては、ドイツの回答者の方が日本の回答者より専門性についてより厳密に考えたという可能性も考えられるが、第 5 回調査の日独比較結果では、全課題での同様の指数は日本 27、ドイツ 25 で大きな差はないので、今回の差の生じた委員は前述の回答者選定の違いと考えられる。

各サブエリアについて見ても、全てのサブエリアでドイツより日本が高くなっている。(図 2.1-2)。特に日本で専門度が高かったのは、「超電導」、「脳機能」及び「ごみ処理技術」である。ドイツで比較的高かったサブエリアは、「太陽電池」及び「ごみ処理技術」といった環境関連のものである。

図 2.1-2 専門度の日独比較



2.2 重要度

今回の調査では、表 2.2-1の5項目のそれぞれについて重要度の評価を行い、回答者の意見を調べた。ここでは、5つの重要度項目に対する日独の回答の全体的な傾向及び各項目についての日独の傾向や特徴を述べる。

表 2.2-1 重要度の項目

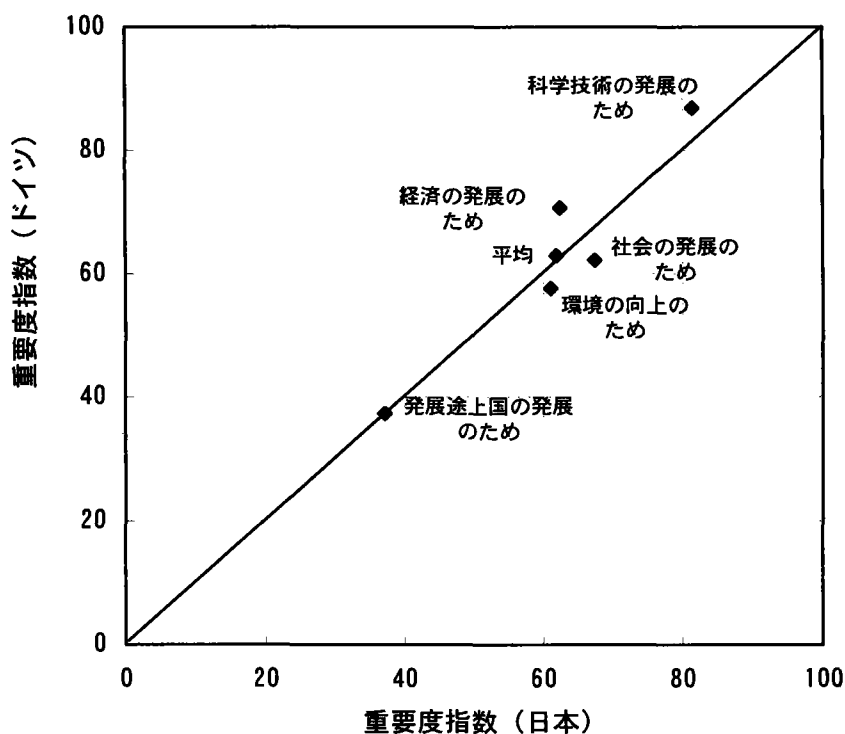
①科学技術の発展のため
②経済の発展のため
③環境の向上のため
④発展途上国の発展のため
⑤社会の発展のため

2.2.1 全体的な傾向

重要度5項目を合わせた全課題の指数の平均は、日本 62、ドイツ 65 であり、ほぼ一致した。この5項目の中では「科学技術の発展のため」を両国ともに最も重視し、逆に「発展途上国の発展のため」は両国ともに最も評価が低くなった。「経済の発展のため」、「環境の向上のため」及び「社会の発展のため」については両国ともに全体の平均値に近い。

全体的傾向として、日独は良く似た結果となった(図 2.2-1)。

図 2.2-1 項目別重要度の日独比較



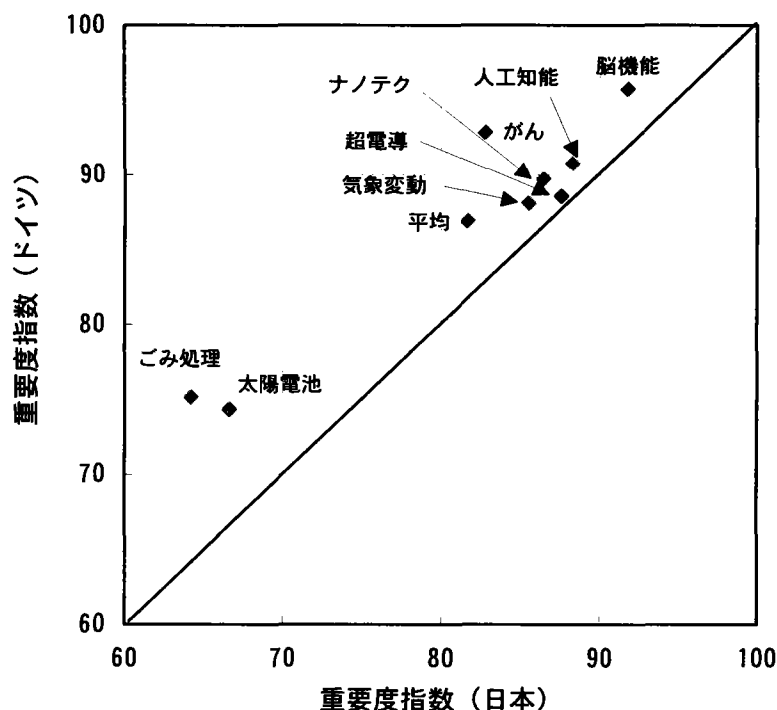
2.2.2 科学技術の発展のため

科学技術重要度指数の全課題平均は、日本81、ドイツ87とドイツの方が高くなった。

サブエリア毎に見ていくと、「脳機能」を日独ともに最も高く評価している。その他は、両国ともに「人工知能」、「ナノテク」及び「超電導」について平均値より高く評価し、逆に「太陽電池」及び「ごみ処理」についての評価は両国ともに平均よりかなり低くなった(図 2.2-2)。

日独ともに指数 90 以上と高く評価された課題は、43 課題である。このうちの約半分にあたる 20 課題は「解明」に関するものであり、基礎研究の推進が科学技術の発展に不可欠であるという認識で両国が一致している。具体例としては、「322:脳の並列情報処理の統合機構の解明」及び「320:脳の神経回路網形成のメカニズムの解明」といった脳機能の未解明部分の研究、あるいは、「418:大気圏、海洋、生物圏の二酸化炭素循環に人間が与える影響の定量的解明」という自然環境の根幹に関する課題等が挙げられる。さらに、この 20 課題のうち約半数の 11 課題が日独で最も評価が高い「脳機能」の課題となっている。

図 2.2-2 重要度の日独比較(科学技術の発展のため)



一方、「太陽電池」及び「ごみ処理」について低い評価となったのは、これらの分野の性格上、応用技術に関する課題が多いためと考えられる。例えば「太陽電池」では、「115:太陽光発電が発展途上国等の村落の電力供給源の中心になる」及び「113:住宅用太陽電池の普及による住宅の電力供給や余剰電力提供の実現」という太陽電池の住宅等への具体的な利用に関する技術に対して特に日本の値が低くなっており、また「ごみ処理」については、「402:住宅、オフィスビルのごみの管路収集システムの普及」等の住宅等のごみ収集という具体的なごみ処理技術に対して、日独ともに低い値となって

いる。

全課題の中で、ともに重要度を高く評価した課題を表 2. 2-2に示す。

日独ともに医療関係の課題について科学技術の発展に大きく貢献するものと認識している。

表 2. 2-2 日独で重要度を高く評価した課題例 (科学技術の発展のため)

課題番号	課題内容	日本	ドイツ
308	ゲノム研究が、がんの診断の最適化、がんの予防、そしてがんの治療の新しい戦略開発（遺伝子治療）のために応用される。	94	100
331	【追加課題】がんの転移のメカニズムが分子レベルで解明される。	94. 7	98. 9
315	ヒトの脳活動に伴う分子レベルの変化を無侵襲で観察できる技術が開発される。	93. 1	99. 3
311	特定がんについて生物学的に基づいた遺伝子治療法が開発される。	93	99. 2
322	脳の並列情報処理の統合機構が解明される。	95. 8	96. 1
118	臨界温度 77 K を超える有機超電導物質（フラーレンを含む）が開発される。	94	96. 2
201	人間の思考過程におけるアイデア創造の基本メカニズムが解明される。	91. 7	98. 2
214	1 原子層ごとに組成や不純物濃度を变化させた機能材料や半導体デバイスが普及する。	93. 5	94. 4
320	脳の神経回路網形成のメカニズムが解明される。	95	96. 9
418	大気圏、海洋、生物圏を含む二酸化炭素循環に人間が与える影響が定量的に解明される。	94. 9	91

2. 2. 3 経済の発展のため

経済重要度指数の全課題での平均は、日本 63、ドイツ 71 とドイツの方が高くなっている。

サブエリア毎に見ていくと、経済発展への寄与が最も高く期待されているのは、両国ともに「人工知能」である。その他は、「ナノテク」、「太陽電池」、「超電導」が比較的高く、「脳機能」は両国とも低い評価となっている。また、「がん」及び「気象変動」については、両国の評価の差が大きくなった(図 2. 2-3)。

「人工知能」の中で、経済的重要性が特に高いとされている課題としては、「212: データベースの指定なしに世界中からデータや知識を数分以内に検索するシステムの普及」や「213: 在宅のまま必要な図書や文献資料にアクセスできる電子図書館の普及」というような情報利用環境の高度化の課題、あるいは「203: 人工知能の大規模ソフトウェア開発等への実用化」や「205: 仕様から実用的なプログラムを合成する自動プログラム合成方法の実用化」のようなソフトウェア関連の課題が挙げられる。今後も、ますます情報関連技術の発展による高度情報化が両国の経済の発展に貢献していくと考えられている。

全課題のうち、日独の差がかなり大きくなった課題を表 2. 2-3に示す。

図 2. 2-3 重要度の日独比較(経済の発展のため)

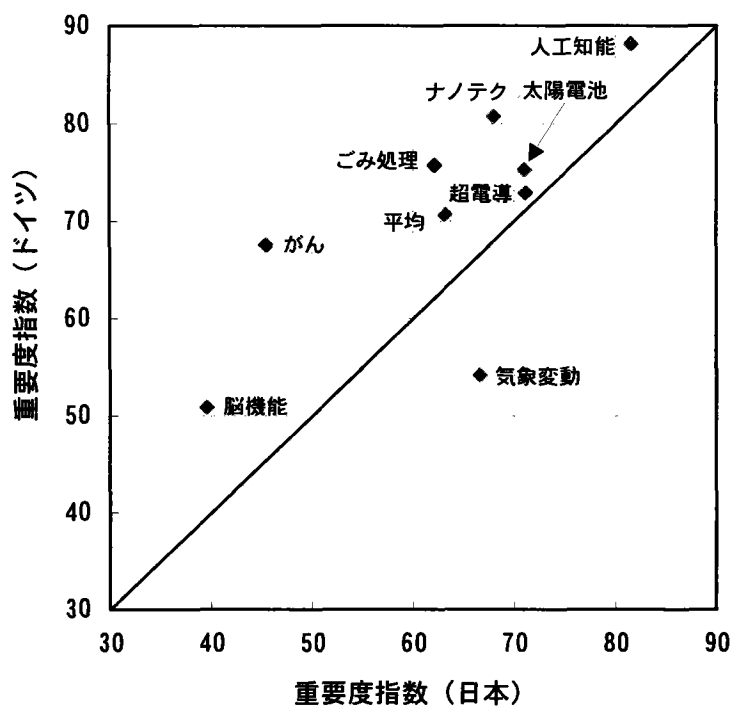


表 2. 2-3 日独差の大きい課題例(経済の発展のため)

課題番号	課題内容	日本	ドイツ	日独差
309	全身のがんの位置を探し、がんの転移を診断するための3次元イメージング技術等の臨床診断技術が実用化される。	50.8	84.6	33.7
308	ゲノム研究が、がんの診断の最適化、がんの予防、そしてがんの治療の新しい戦略開発(遺伝子治療)のために応用される。	49.2	82.3	33
311	特定がんについて生物学的に基づいた遺伝子治療法が開発される。	45.2	77.9	32.6
411	人工知能を用いた自動化された都市ごみ焼却システムが実用化される。	57.3	87.3	30.1
332	【追加課題】がんのDNA診断が普及する。	49.1	76.6	27.5
423	エルニーニョ現象の実態が大気、海洋、雪氷等の地球規模の変化と関連して解明される。	75.5	50	25.5
417	火山や太陽の活動の気象への影響が定量的に解明される。	58.3	35.5	22.8

このうちの4課題は「がん」の課題である。がんは、ドイツの方が日本よりも特に評

価が高い傾向があるが、この4課題はその典型例となっている。このように、医療関連の技術について、その経済的側面を日本以上に重視する傾向は、前回の第5回技術予測調査にも同様に現れている。第5回調査においては、課題実現に当たっての阻害要因として、8つ選択肢(技術、制度、文化、コスト、資金、人材、体制、その他)を用意しているが、これらのうちのコストについて見ると、日本の保健医療分野では平均12%の回答者がコストを選んでいるのに対して、ドイツでは平均29%の回答者がコストを選んでいる。ドイツにおいては、医療技術について、保健制度を含む社会としての医療費負担との関係を日本以上に意識していることが理由とみられる。

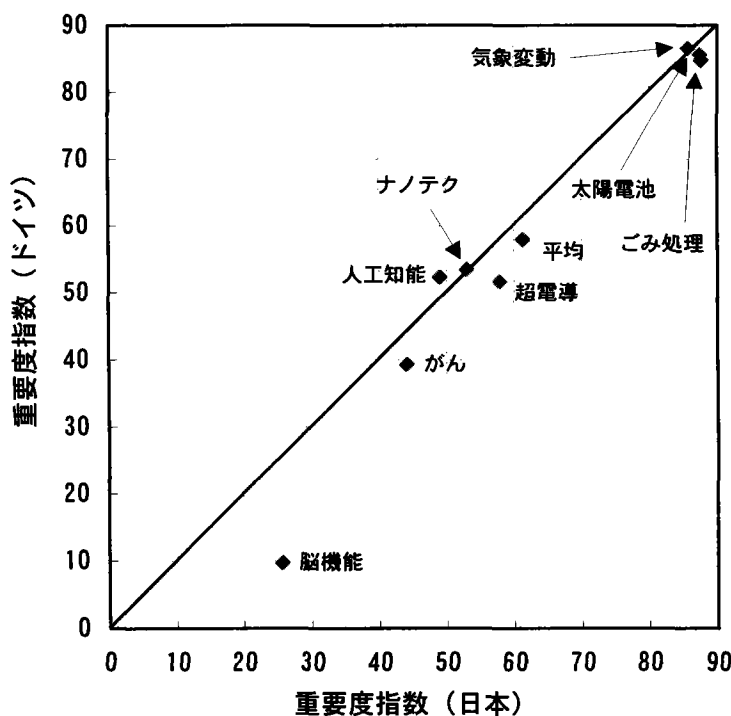
一方、「気象変動」では、日本がドイツよりも経済的重要性を高く評価している。具体的には、「423:大気、海洋、雪氷等の地球規模の変化と関連してのエルニーニョ現象の実態の解明」、「417:火山や太陽の活動の気象への影響の定量的解明」等で日本の評価がかなり高い。

これらの課題をみると、エルニーニョ現象は、水産業の盛んな日本にとっては産業的関係が強いのにに対して、ドイツでは水産業はそれほど盛んでないこと、火山活動についても、火山国の日本では農林業を中心に産業的影響が大きいのにに対して、ドイツには火山がないという日独両国の産業的、地理的事情の違いにより評価の差が生じたと考えられる。

2.2.4 環境の向上のため

環境重要度指数の全課題での平均は、日本61、ドイツ58とほぼ一致している。

図 2.2-4 重要度の日独比較(環境の向上のため)



サブエリア毎に見ていくと、「環境」分野の中の「ごみ処理」及び「気象変動」はその性格から当然日独とも非常に高い評価となっているが、それと同じ程度に「太陽電池」が

高く評価されている。また、「超電導」、「ナノテク」及び「人工知能」は、日独ともに中間的な評価であり、「がん」及び「脳機能」は低い評価となっている(図 2. 2-4)。

全課題のうち、日独ともに重要度を高く評価した課題を表 2. 2-4に示す。

この表にある課題のように、オゾン層破壊や二酸化炭素の増加抑制等に関する課題については、日独ともに環境の向上への貢献度を重要視している。

表 2. 2-4 日独ともに高く評価した課題例(環境の向上のため)

課題番号	課題内容	日本	ドイツ
429	オゾン層を破壊せず、地球温暖化の点でも問題がない、フロン及びハロンの完全な代替品が実用化される。	96.3	98.8
415	汚染物質を吸着・分解する微生物を利用することにより、大規模に汚染された土壌が浄化される。	97.8	96.7
427	化石エネルギー源の利用の大部分が再生システム(再生可能エネルギー)に代用され、二酸化炭素の指数的増加の抑制がはじまる。	96.3	98.1
428	世界の二酸化炭素の排出量が現在の80%まで低下する。	95.8	96.2
230	水中や空気中の汚染物質を連続的にモニタリングするための、長期間安定で高感度な微量分析システムが普及する。	90.7	100
113	住宅用太陽電池が政府の助成なしに普及し、分散した住宅の電力供給に使われたり、一時的な余剰電力を電力供給網に提供するようになる。	94.4	94.7

2. 2. 5 発展途上国の発展のため

発展途上国の発展に関する重要度指数の全課題平均は、日独ともに37という低い評価で一致している。また、両国の専門家の意見に大きく差が開いた課題は特にない。

サブエリア毎に見ていくと、「気象変動」と「太陽電池」の評価が日独ともに60以上と比較的高く、反対に、「脳機能」、「ナノテク」及び「超電導」については、両国ともに30以下と低くなっている(図 2. 2-5)。

両国ともかなり高い評価を与えた課題を表 2. 2-5に示す。

この表にある課題は、いずれも「気象変動」及び「太陽電池」の課題であり、発展途上国の経済・社会への影響が大きいとの認識で日独ともに一致している。

図 2.2-5 重要度の日独比較(発展途上国の発展のため)

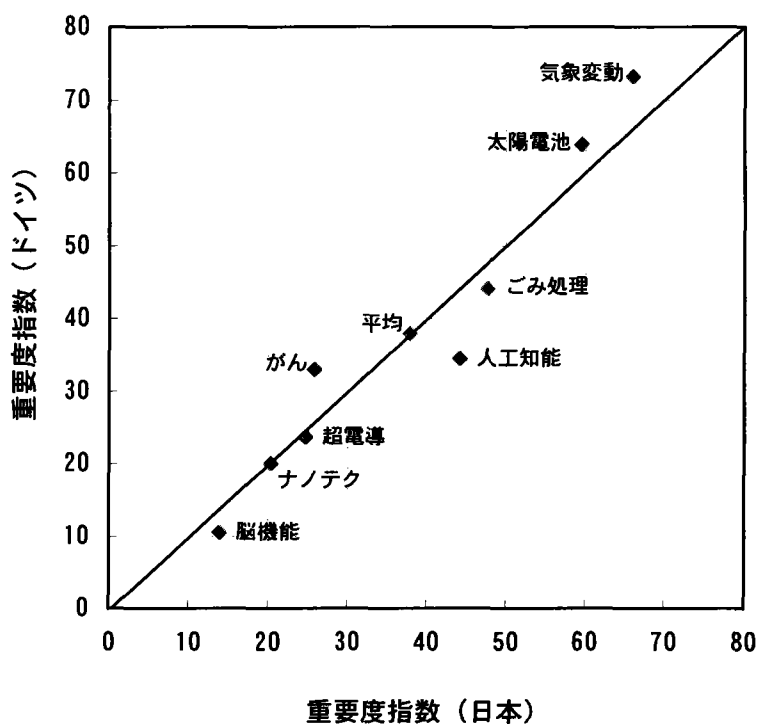


表 2.2-5 日独ともに高く評価した課題例(発展途上国の発展のため)

課題番号	課題内容	日本	ドイツ
115	発展途上国等の日照量の多い国の電力供給幹線から遠く離れた村落において、太陽光発電が最も重要な電力供給源となる。	93.8	97.3
427	化石エネルギー源の利用の大部分が再生システム(再生可能エネルギー)に代用され、二酸化炭素の指数的増加の抑制がはじまる。	88.5	94.9
416	砂漠化の本当の原因が、全球的な気候変化に伴うものか人為的な原因によるか、あるいはその両方かが解明される。	90.1	91
421	地球温暖化効果の経済的インパクトがおおよそ評価される。	84.3	84.6
114	高圧直流送電や高温超電導送電等により、世界的な電力供給を行う太陽光発電産業が砂漠や洋上など日照量の多い地域で成立するようになる。	86.4	81.6

2.2.6 社会の発展のため

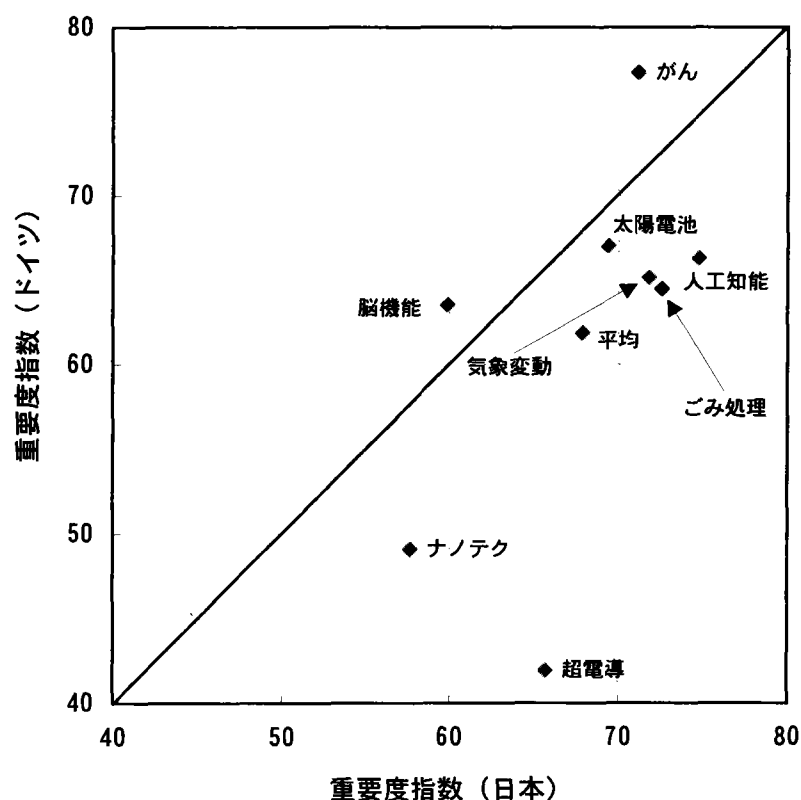
生活、教育・文化、医療・福祉等の向上や、輸送、通信等のインフラの充実等の社会重要度指数の全課題平均は、日本が 67、ドイツが 62 とやや日本の方が高くなっている。

サブエリア毎に見てみると、ドイツでは「がん」が全課題平均と比べてかなり高くなっており、逆に、「超電導」の評価がかなり低くなっている。「超電導」は日独の差がかなり大きい。また、「ナノテク」は日独ともに平均より低くなっている。また、「ナノテク」は日独ともに平均より低くなっている。その他は、大体平均に近い値となっている(図 2.2-6)。

日独ともに社会的 중요度が高い(指数 80 以上)とされた 18 課題についてみると、「人工知能」及び「がん」が 4 課題ずつ、「ナノテク」及び「気象変動」が 3 課題ずつ、「太陽電池」と「ごみ処理」が 2 課題ずつとなっている。

また、日独の評価の差が大きい課題は「超電導」の課題が多いが、これは、例えば「127:高温超電導体を用いた磁気浮上式列車の開発」のように、日本では既に開発プロジェクトが進められているものがあることが一つの理由であると見られる。

図 2.2-6 重要度の日独比較(社会の発展のため)



全課題のうち、日独ともに重要度を高く評価した課題を表 2.2-6 に示す。

この表にある課題のように、二酸化炭素の増加抑制、地球の温暖化、及び生活環境の高度情報化といった課題について、両国ともに社会の発展のための貢献度が高いとしている。

表 2.2-6 日独ともに高く評価した課題例(社会の発展のため)

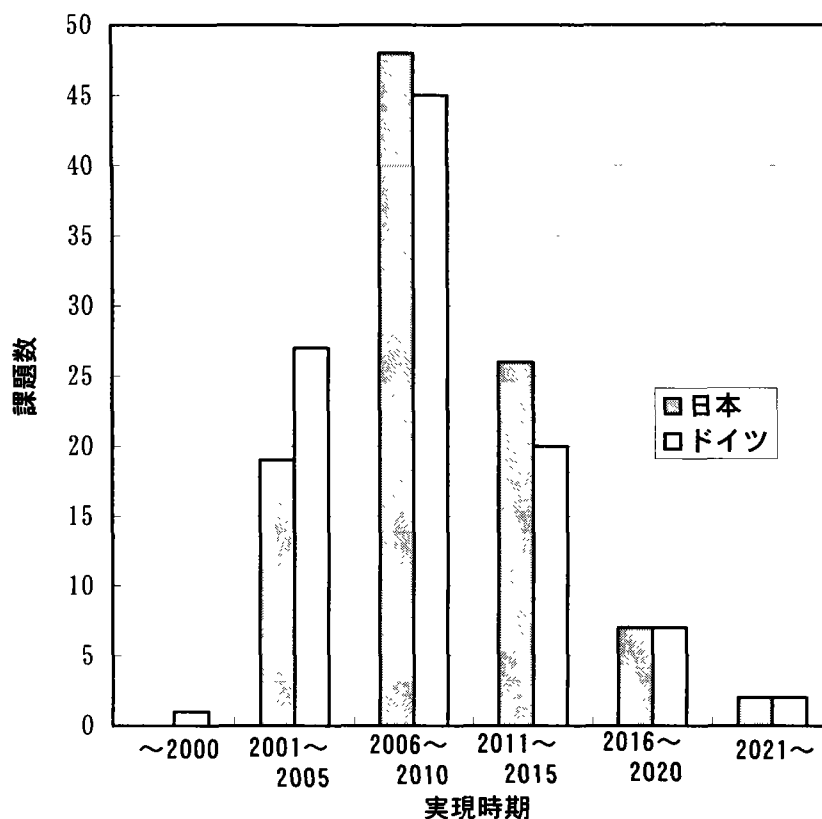
課題番号	課題内容	日本	ドイツ
427	化石エネルギー源の利用の大部分が再生システム（再生可能エネルギー）に代用され、二酸化炭素の指数的増加の抑制がはじまる。	90.8	91.1
306	周知のがんのリスクファクター（例：喫煙）を回避するための有効な手段が開発される。	82	95.2
213	コンピューターネットワーク経由で在宅のまま必要な図書や文献資料にアクセスできる電子図書館が普及する。	86.5	90.7
212	利用者が利用するデータベースを指定することなしに世界中に分散しているあらかじめ所在が特定できないデータベースからネットワークを使い必要なデータや知識を数分以内に検索してくるシステムが普及する。	89.2	87.9
421	地球温暖化効果の経済的インパクトがおおよそ評価される。	88.4	85.9
113	住宅用太陽電池が政府の助成なしに普及し、分散した住宅の電力供給に使われたり、一時的な余剰電力を電力供給網に提供するようになる。	83.7	81
228	手術の侵襲を最小にするための多機能装置（例：自己前進型の小型駆動装置、マイクロマニピュレーター、マイクロセンサー、診断用センサー）が実用化される。	84.7	86.1
404	有価物に関する環境保全やリサイクルのための工業基準が導入される。	85.7	80.8

2.3 実現時期

2.3.1 全体的な傾向

材料・プロセス分野のドイツの実現時期のデータが有効でない(P14 参照)ため、同分野を除いた3分野6サブエリアの計102課題について、日独の実現時期の分布を見ると図2.3-1のようになる。

図 2.3-1 実現予測年(5年毎)の課題数分布の日独比較



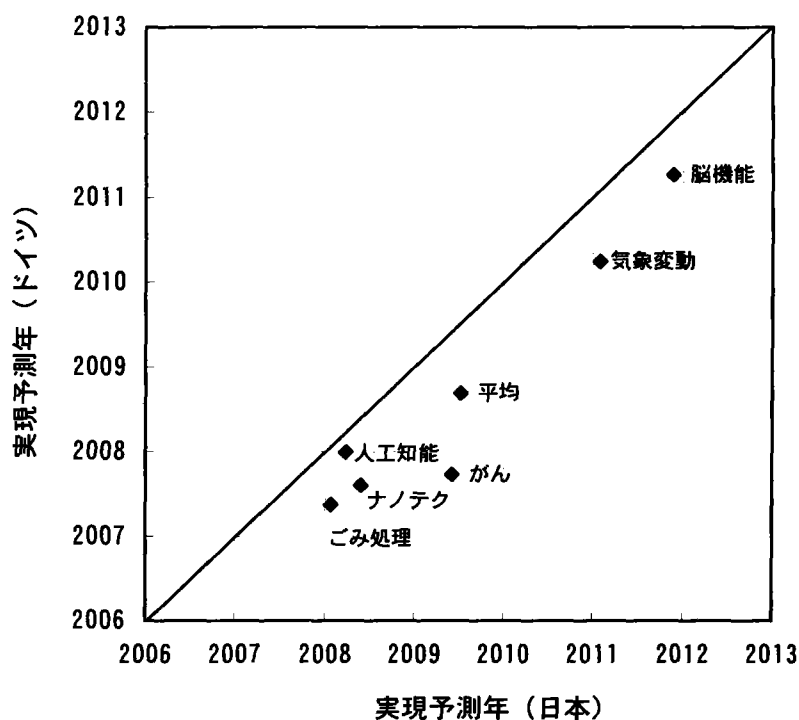
また、このうち、日本の回答者の63%、ドイツの回答者の27%が実現しないと予測した「401: どのようなごみも自動的に分類する小型の家庭用ごみ箱の普及」を除いた101課題について、日独の実現時期の平均を比較すると、日本が2009.5年、ドイツが2008.7年であり、ほぼ一致している。

2.3.2 サブエリア毎の傾向

日独ともに「ごみ処理」、「ナノテク」及び「人工知能」については実現は比較的早いと予測し、逆に「脳機能」及び「気象変動」については実現は遅いと予測している(図2.3-2)。

日独で実現時期の差が最も大きかったのは「がん」である。日本は平均2009.4年、ドイツは平均2007.7年と予測し、2年弱の差があいている。

図 2.3-2 実現時期の日独比較(サブエリア別)



2.3.3 2005年までに実現すると予測される課題

次に、課題毎に見てみると、日独ともに実現時期を2005年までと早い時期に予測したものは、「404:有価物に関する環境保全やリサイクルのための工業基準の導入」及び「412:都市ごみ焼却灰の溶融固化の普及」という都市ゴミ問題に関する課題、「317:多数のニューロンの活動を同時かつ長時間連続して記録できる実験技術の開発」及び「316:ヒトの高次脳機能活動を無侵襲・高空間解像度で観察する技術の開発」という脳部位の計測に関する課題、「212:データベースの指定なしに世界中からデータや知識を数分以内に検索するシステムの普及」、「213:在宅のまま必要な図書や文献資料にアクセスできる電子図書館の普及」及び「232:ポケットサイズ版の「パーソナルコミュニケーター」による画像伝送等の実現」という生活環境の高度情報化に関する課題、さらには、「314:がん治療に関するデータベースの普及」及び「309:3次元イメージング技術等のがんの臨床診断技術の実用化」というがん治療におけるハイテク化に関する課題等である(表 2.3-1)。また、日本の材料・プロセス分野で2005年迄に実現すると予測されたのは、「117:高温超電導のメカニズムの解明」及び「120:ジョセフソン接合を用いた簡単な高温超電導回路の開発」という超電導の課題である。

これらのことから、日本とドイツはともにごみ処理やデータベースの利用といった身の回りの技術開発について、比較的順調に進められ、全般的に、日独ともに2005年までの早期の実現が可能であると認識していることが分かる。

表 2.3-1 2005 年までに実現すると予測される課題例

課題番号	課題内容	日本	ドイツ
117	高温超電導のメカニズムが解明される。	2003	—
120	ジョセフソン接合を用いた簡単な高温超電導回路が開発される。	2002	—
212	利用者が利用するデータベースを指定することなしに世界中に分散しているあらかじめ所在が特定できないデータベースからネットワークを使い必要なデータや知識を数分以内に検索してくるシステムが普及する。	2003	2003
232	ポケットサイズ版の「パーソナルコミュニケーター」の使用により、画像伝送を含む高度のテレコミュニケーションサービスが可能となる。	2003	2003
314	がん治療に関するデータベースが完成し、普及する。	2005	2003
317	多数のニューロンの活動を同時かつ長時間（数日間）連続して記録できる実験技術が開発される。	2003	2004
404	有価物に関する環境保全やリサイクルのための工業基準が導入される。	2003	2003

2.3.4 2006 年～2010 年までに実現すると予測される課題

日独ともに今後 15 年位までに実現すると予測される課題は、「208:科学、技術文書を翻訳する機械翻訳システムの普及」及び「207:図書、資料の要約・抄録を自動的に行う装置の開発」という文献情報の取り扱いの自動化に関する課題、「218:単分子層制御に基づいた有機ハイブリッド材料の開発」及び「216:複数の結合様式を原子レベルで組み合わせ新機能を持つ物質の合成手法の開発」という超精密な新素材の開発に関する課題、「318:シナプス可塑性と記憶の関係の解明」及び「329:損傷脳における神経再生促進技術の開発」という脳神経に関する課題、「422:オゾン層破壊の遺伝学的影響及び人間の免疫システムへの影響の詳細な解明」及び「424:黒潮やメキシコ湾流に伴う冷水塊の出現予測技術の普及」という気象に関する課題、さらには、「311:特定がんについての遺伝子治療法の開発」というがんの新しい治療技術に関する課題等である(表 2.3-2)。また、日本の材料・プロセス分野で、2010 年迄に実現すると予測されたのは、「101:効率 20%以上の大面積アモルファスシリコン太陽電池の実用化」及び「102:効率 20%の大面積薄膜太陽電池の実用化」という太陽電池の実用化に関する課題である。

これらのことから、文献の取り扱いの自動化やオゾン層の人体への影響の解明等は、日独ともに今後 10 年間の研究成果を基にして、その後の 5 年の間に徐々に実現していくものと認識していることが分かる。

表 2.3-2 2006年～2010年までに実現すると予測される課題例

課題番号	課題内容	日本	ドイツ
101	変換効率20%以上の大面積アモルファスシリコン太陽電池が実用化される。	2007	—
102	変換効率20%の大面積薄膜太陽電池が実用化される。	2006	—
208	科学、技術文書を翻訳する機械翻訳システムが普及する。	2007	2008
218	単分子層制御に基づいた有機ハイブリッド材料が開発される。	2008	2007
311	特定がんについて生物学的に基づいた遺伝子治療法が開発される。	2010	2007
318	シナプス可塑性と記憶との関係が解明される。	2008	2009
422	オゾン層破壊による地球への紫外線放射増加が原因となる遺伝学的影響及び人間の免疫システムへの影響が詳細に解明される。	2008	2009

2.3.5 2011年～2015年までに実現すると予測される課題

表 2.3-3 2011年～2015年までに実現すると予測される課題例

課題番号	課題内容	日本	ドイツ
118	臨界温度77Kを超える有機超電導物質（フラーレンを含む）が開発される。	2013	—
119	常温に転移点をもつ超電導体が開発される。	2014	—
221	アトムスイッチやアトム・リレー・トランジスタの様に少数個の原子の移動により論理や記憶の動作を行う「原子デバイス」において、固体電子デバイスより信頼性や動作速度が上回るものが実用化される。	2015	2014
302	同じリスクファクター、同じライフスタイル、同じ精神的負担であるにもかかわらずがんにかからない人がいるが、このような人のがんに対する抵抗力のメカニズムが解明される。	2013	2014
320	脳の神経回路網形成のメカニズムが解明される。	2013	2015
402	大部分の住宅、オフィスビルにごみの管路収集システムが普及する。	2014	2013
406	例えば不用となった製品の回収・処分に関する義務が法的に規定されることにより、新たな資源の消費が最小限に抑えられる循環経済が確立して、ほとんどすべての材料がリサイクルされるようになる。	2011	2011

日独ともに今後 15 年～20 年位に実現すると予測される課題は、「406:資源の循環経済が確立して、ほとんどの材料がリサイクルされる」及び「408:問題のある化学物質の生物学的な製品に代替される」という資源のリサイクルに関する課題、「302:人のがんに対する抵抗力のメカニズムの解明」及び「320:脳の神経回路網形成のメカニズムの解明」という生体の種々のメカニズムに関する課題、さらには、「402:住宅、オフィスビルのごみの管路収集システムの普及」、「221:固体電子デバイスより信頼性や動作速度が上回る「原子デバイス」の実用化」といった課題等である(表 2. 3-3)。また、日本の材料・プロセス分野で、2015 年迄に実現すると予測されたのは、「118:臨界温度 77 K を超える有機超電導物質の開発」及び「119:常温に転移点をもつ超電導体の開発」という超電導の開発に関する課題である。

これらのことから、リサイクル技術の高度化や生体のメカニズムに関する解明の実現は、日独ともに、今後 15 年位の研究期間がさらに必要であり、その後の 5 年の間に徐々に実現していくものとし、比較的实现時期は遅くなると認識していることが分かる。

2. 3. 6 2016 年以降に実現すると予測される課題

表 2. 3-4 2016 年以降に実現すると予測される課題例

課題番号	課題内容	日本	ドイツ
103	効率 30% に達する太陽電池が普及する。	2017	—
123	高温超電導体を利用した、エネルギー貯蔵が実用化される。	2020	—
201	人間の思考過程におけるアイデア創造の基本メカニズムが解明される。	2021	2022
224	生きている細胞を利用するマイクロプロセッサが開発される。	2019	2019
324	脳のニューロン活動と思考過程との間の関係がほぼ解明される。	2020	2020
326	人間の記憶、認識、学習、さらに創造的な能力のメカニズムが解明され、このメカニズムをコンピューターサイエンスのモデルに使うことができるようになる。	2017	2017
427	化石エネルギー源の利用の大部分が再生システム（再生可能エネルギー）に代用され、二酸化炭素の指数的増加の抑制がはじまる。	2021	2022

日独ともに実現時期を今後 20 年以降とかなり遅く予測される課題は、「427:再生システムの化石エネルギー代替による二酸化炭素の指数的増加の抑制」という地球的規模の気象問題、あるいは「201:人間の思考過程のアイデア創造の基本メカニズムの解明」、「324:脳のニューロン活動と思考過程の概要の解明」及び「326:人間の記憶、認識等のメカニズムが解明され、コンピューターサイエンスに利用される」という人体の構造や機能に関する課題、「224:生きている細胞を利用するマイクロプロセッサの開発」という生体細胞を扱う課題等についてであり、これらの課題を解決するためには長期的な取り組みが必要になるという点で、日独の専門家の認識はほぼ一致

していることが分かる。また、日本の材料・プロセス分野で、今後 20 年以降に実現すると予測されたのは、「103:効率 30%の太陽電池の普及」及び「104:効率 40%以上の積層太陽電池の実用化」という太陽電池の高効率化かに関する課題や、「123:高温超電導体を利用したエネルギー貯蔵の実用化」及び「128:超電導磁石を用いた MHD 型磁気推進船による海上輸送の実用化」という超電導の実用化に関する課題である。

2.3.7 「実現しない」という比率が高かった課題

3分野 102 課題の中で、「実現しない」という比率が高かった課題は表 2.3-5の通りである。

まず、日独とも「実現しない」という比率が高かった課題は、「307:特定がんの発がんの予防のためのワクチン療法の利用」、「401:どのようなごみも自動的に分類する小型の家庭用ごみ箱の普及」、「407:製品(消費材)の寿命が5倍になる」、「410:都市ごみ焼却により発生する二酸化炭素の回収技術の実用化」、「425:気候の変動の次の氷河期の開始への影響の解明」等である。今回の調査課題の中では、特に環境分野の課題で「実現しない」の比率が高い結果となった。また、日本の材料・プロセス分野で「実現しない」という比率が高かったのは、「105:効率 15%以上の増感太陽電池の利用開始」、「111:宇宙空間太陽光発電所からのマイクロ波等による地上への電力伝送」、「128:超電導磁石を用いた MHD 型磁気推進船による海上輸送の実用化」等の課題である。

表 2.3-5 「実現しない」という比率が高かった課題例

課題番号	課題内容	日本	ドイツ
111	巨大な太陽電池板をもつ宇宙空間太陽光発電所が建設され、電力がマイクロ波、レーザー等の電磁放射の形で地上に伝送されるようになる。	31%	—
128	超電導磁石を用いた MHD 型磁気推進船による海上輸送が実用化される。	25%	—
307	特定がんの発がんの予防のためのワクチン療法の利用	28%	16%
401	どのようなごみも自動的に分類する小型の家庭用ごみ箱の普及	63%	27%
407	製品(消費材)の寿命が5倍になる	29%	26%
410	都市ごみ焼却により発生する二酸化炭素の回収技術の実用化	23%	28%
425	気候の変動の次の氷河期の開始への影響の解明	20%	16%

2.3.8 日独で実現時期の予測に大きな差が生じた課題

一方、これらの101課題の中で、日独の予測に5年以上の差が生じた課題が4課題ある(表 2.3-6)。

その中で一番差の大きいものは、「234:【追加課題】人間のアイデア創造を支援するシステムの実用化」である。日本ではここ10数年で実現できると予測されているのに対し、ドイツではあと20年以上も経たないと実現しないと予測されている。また、「実現しない」と回答している人も多い。これについて、日独双方の間に「支援」の程度のイメージに差があったためではないかとの指摘が国際コンファレンスの中であった。

次に、「415:大規模に汚染された土壌の微生物利用による浄化実現」も日独の予測の差が比較的大きく、日本があと15年もかかるとしているのに対して、ドイツはここ8～9年で達成できると予測している。国際コンファレンスのプレゼンテーションの中でドイツの専門家は、この課題は、既にドイツでは現実の問題となっており、実際に、例えば灯油で汚染された3万2千立方メートルの土壌の再利用に成功していると指摘しており、ドイツでは、既に具体化が進められていることが、このような差をもたらしたと考えられる。

表 2.3-6 日独で実現時期の差が大きい課題例

課題番号	課題内容	日本	ドイツ	日独差
234	【追加課題】人間の思考過程におけるアイデア創造を支援するシステムが実用化される。	2007.4	2018.0	10.6
415	汚染物質を吸着・分解する微生物を利用することにより、大規模に汚染された土壌が浄化される。	2010.0	2003.4	6.5
229	マイクロセンサーとマイクロアクチュエーターから成るマイクロシステムが人間の体内に埋め込まれ、人間の健康状態を診断し、必要ならば患者を治療するようになる(例:人工すい臓)。	2012.8	2007.2	5.7
319	海馬長期増強と長期抑圧の分子機構の全貌が解明される。	2006.4	2011.6	5.2

2.4 課題実現に関連する条件の評価

今回の調査では、「課題実現に関連する条件」として、

- ①科学技術上の問題が解決されること
- ②将来の市場における需要の増大
- ③将来の市場における価格競争力の向上

の3つの項目を設け、各課題の実現に対する必要な条件について質問した。15頁において述べたように、本項に関しては日独で聞き方のニュアンスに差があり、直接比較はできないため、両国の結果を別々に紹介する。

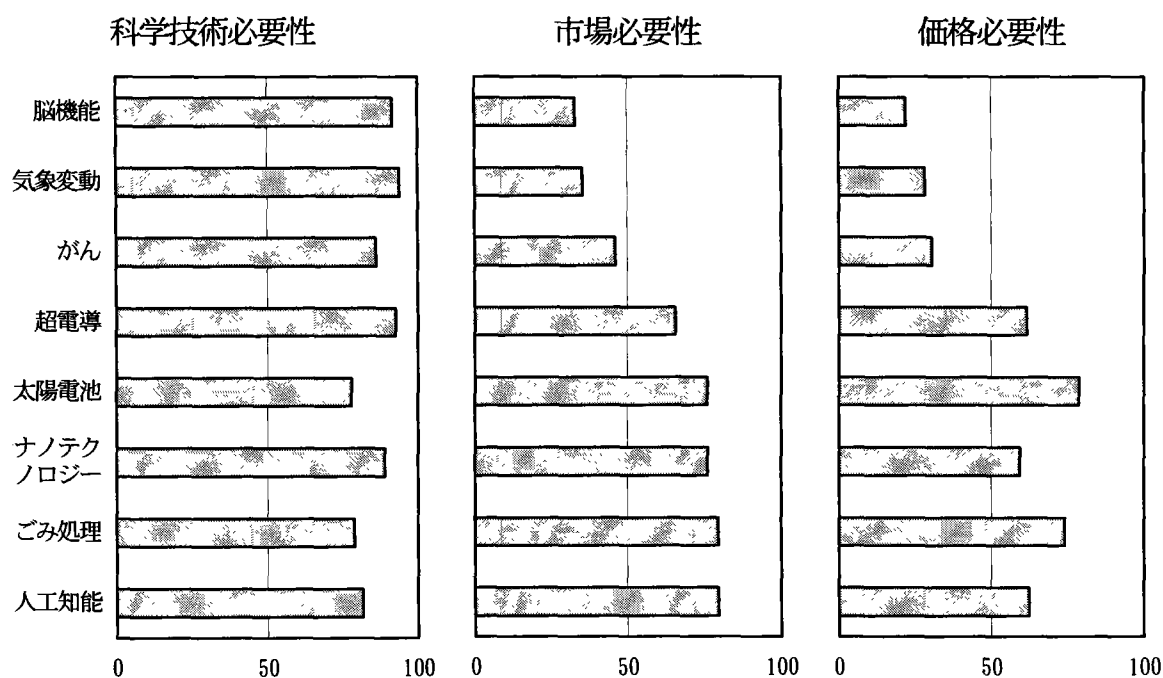
2.4.1 各条件の必要性(日本の調査結果)

日本の調査では、3条件についてそれぞれの必要性の程度を聞いている。結果は、すべての回答者が非常に必要と考えた場合に100、必要性は小さいと考えた場合に0となるように指数化されている。全課題での日本の指数の平均は、

・科学技術上の問題解決	86
・将来の市場における需要の増大	62
・将来の市場における価格競争力の向上	52

と、科学技術上の問題解決が、全体として高く必要視されている。これをサブエリア毎に見ると図2.4-1のとおりとなっている。この図では、市場における需要の増大の指数の順にサブエリアを並べてある。ここから明らかなように、「科学技術」については、いずれのサブエリアも高い値となっているのに対して、「市場」及び「価格」については2つのグループに分かれている。また、「市場」と「価格」は関連性が大きい。

図 2.4-1 各質問項目毎の比較(日本：各サブエリア別)



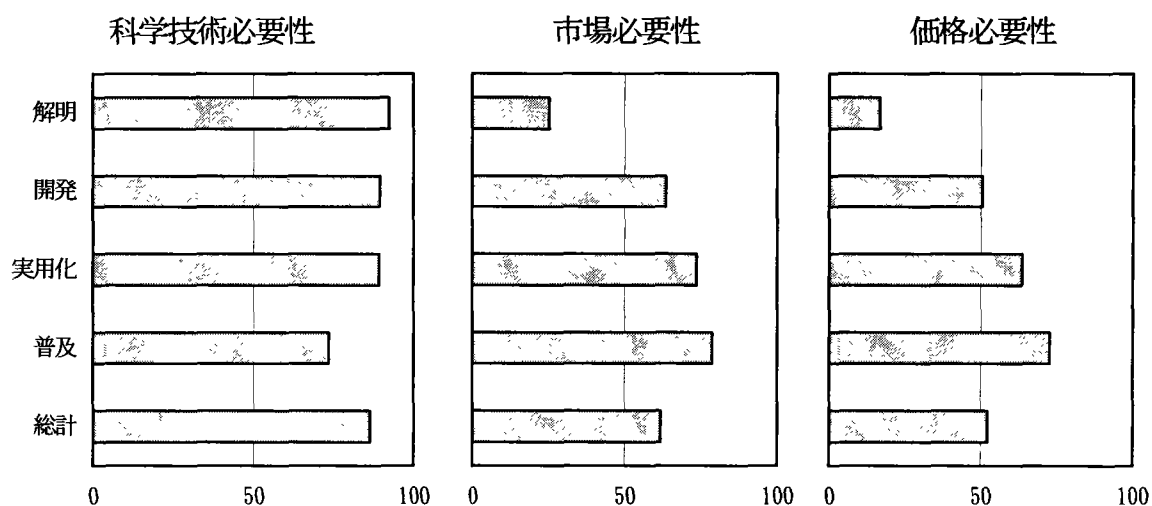
「脳機能」及び「気象変動」については、「科学技術」が非常に高く、「市場」及び「価格」は低い。これは、この両分野の課題のうち、「解明」に区分される基礎的な課題が他に比べて多く、(第一章十節、表 1.5-1 に示すように、「解明」全30課題のうち、脳機能が13、気象変動が10を示している)、まだ基礎的な研究の比重が高いことを反映している。

「がん」については、同じライフサイエンスの脳機能に比べて「市場」が高めになっているが、これは課題中の「309: 3次元イメージング技術等のがんの臨床診断技術の実用化」、「332: 【追加課題】がんのDNA診断の普及」等の診断技術について、比較的市場が重視されていることによっている。

超電導については、「科学技術」は非常に高く、「市場」及び「価格」はやや高い程度となっているが、これは、課題中に「117: 高温超電導のメカニズムの解明」、「119: 常温に転移点をもつ超電導体の開発」等基礎研究的なものが3課題含まれているため、これらを除くと、「市場」及び「価格」はかなり重要とされている。

「市場」が最も重視されているのは人工知能であり、特に、「213: 在宅のまま必要な図書や文献資料にアクセスできる電子図書館の普及」、「212: データベースの指定なしに世界中からデータや知識を数分以内に検索するシステムの普及」のような情報サービスの実現の課題は技術的な問題以上に「市場」及び「価格」が重視されている。

図 2.4-2 各質問項目毎のステージ別比較



「価格競争力の向上」が、最も重要とされているのは、太陽電池である。具体的課題をみると「106: 高効率の太陽光発電効果をもつ新材料の開発」、「105: 効率15%以上の増感太陽電池の利用開始」、「104: 効率40%以上の積層太陽電池の実用化」のように、エネルギー変換効率の向上を目的とするものでは、科学技術が90以上と高いのに対して、「市場」、「価格」は50~60程度になっている。一方、「107: ビル壁面や屋根に太陽電池一体型建材が普及」、「113: 住宅用太陽電池の普及による住宅の電力供給や余剰電力提供の実現」及び「112: 分散化された太陽光電力の電力会社による利用の実現」の

ように、具体的な応用を目的とする課題においては、「科学技術」は50程度であるのに対して、「市場」、「価格」は90程度と極めて重視されている。

また、今回の調査課題をステージ別で見ると図 2.4-2の様になり、「解明」に関する基礎的課題は「科学技術上の問題解決」が最も必要であり、「市場」や「価格」は現段階では必要ないという結果になっている。一方「普及」に関する課題は、「科学技術」、「市場」、「価格」の全てで指数が高くなっており、普及するためにはこの3項目が全て必要であると考えられている。「開発」、「実用化」の課題に関しては、「市場」や「価格」もある程度必要とされているが、「科学技術上の問題解決」はそれら以上に必要であると考えられている。

2.4.2 各条件の見通し(ドイツの調査結果)

ドイツの調査においては、それぞれの条件の実現の見通しについて、「十分にある」、「中間」及び「あまり無い」の3段階で聞いており、全員が「十分にある」の場合に100、全員が「あまり無い」の場合0となるように指数化されている。全課題での指数の平均は、

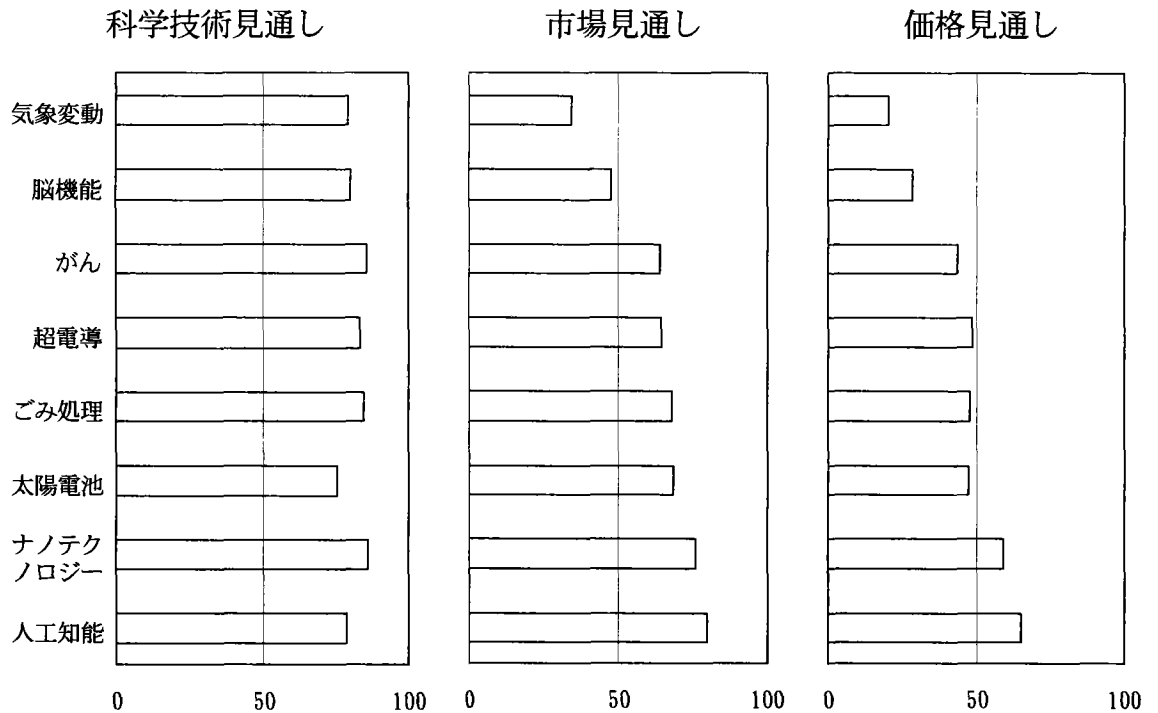
・ 科学技術上の問題解決	82
・ 将来の市場における需要の増大	63
・ 将来の市場における価格競争力の向上	45

となっている。科学技術上の問題は解決可能性が高いが、需要の増大については多少困難があり、価格競争力の向上がもっとも大きなネックになると考えられている。これをサブエリアごとに見ると、図 2.4-3の通りとなっている。この図においても、サブエリアは、「市場」の指数の順に並べてある。「科学技術」については、いずれのサブエリアにおいても、比較的高い値となっており、かなりの見通しがあると評価されている。一方、「市場」及び「価格」については、サブエリアによってかなり異なっており、「気象変動」や「脳機能」において、かなり低い値となっているのに対して、「人工知能」、「ナノテクノロジー」においては、ある程度見通しが高いという結果になっている。

「気象変動」及び「脳機能」については、2.4.1において述べたように基礎研究の色彩の強い課題が多いことからほとんどの課題で、「市場」及び「価格」の指数が低くなっているが、いくつか例外もある。「427:再生システムの化石エネルギー代替による二酸化炭素の指数的増加の抑制」、「429:フロン及びハロンの完全な代替品の実用化」等のCO₂やフロンに関する課題では「市場の指数」は高く、見通しが明るいと考えられている。「429:フロン及びハロンの完全な代替品の実用化」については、「価格」についても見通しが比較的明るいと考えられている。

「ごみ処理技術」については、ほとんどの課題で「科学技術」、「市場」の指数は高くなっているものの、「価格」についてはそれほど見通しは明るくないと考えられている。例としては「413:都市ごみ焼却の集じん灰からの経済的な金属回収技術の開発」等のリサイクル技術に関する課題が挙げられる。しかし、例外の課題もいくつか有り、例えば「411:人工知能を用いた自動都市ごみ焼却システムの実用化」、「431:【追加課題】プラスチック廃棄物を固形化燃料(RDF)として使用する技術の普及」等の課題は、「科学技術」、「市場」、「価格」の全てで見通しが明るいと考えられている。

図 2.4-3 各質問項目毎の比較(ドイツ：各サブエリア別)

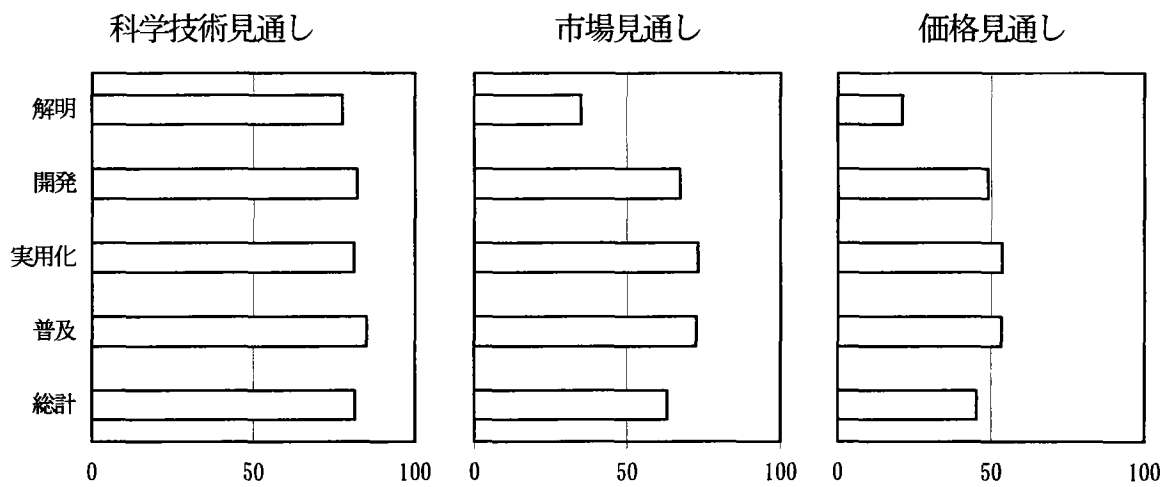


「科学技術上の問題解決」の指数は各サブエリアとも高くなっており、今回の調査課題について「科学技術上の問題解決」の見通しは十分にあると考えられている。課題別では、特に「308:ゲノム研究のがんの診断・予防・治療の新しい戦略開発のための応用」、「309:3次元イメージング技術等のがんの臨床診断技術の実用化」等の「がん」に関する課題や、「232:ポケットサイズ版の「パーソナルコミュニケーター」による画像伝送等の実現」、「230:水中や空気中の汚染物質モニタリング用の微量分析システムの普及」といった「ナノテク」に関する課題の指数が高くなっている。

「市場」及び「価格競争力の向上」の見通しが最も高いと考えられているのは「人工知能」である。特に「212:データベースの指定なしに世界中からデータや知識を数分以内に検索するシステムの普及」、「213:在宅のまま必要な図書や文献資料にアクセスできる電子図書館の普及」といった情報サービス実現に関する課題の指数が高くなっている。一方、人工知能でも「201:人間の思考過程のアイデア創造の基本メカニズムの解明」、「234:【追加課題】人間のアイデア創造を支援するシステムの実用化」といったアイデア創造に関する課題では、「市場」、「価格」とも見通しがあまりないという結果となった。

今回の調査課題をステージ別で見ると図 2.4-4の様になり、どの段階においても「科学技術上の問題解決」の指数は比較的高く、技術的な見通しはあるという評価となっている。「市場」についても、基礎的課題の「解明」を除いて、見通しは十分にあると評価されているが、「価格」については中間的な評価であり、各条件の中で「価格」が最も決定的な要因になると考えられている。

図 2.4-4 各質問項目毎のステージ別比較



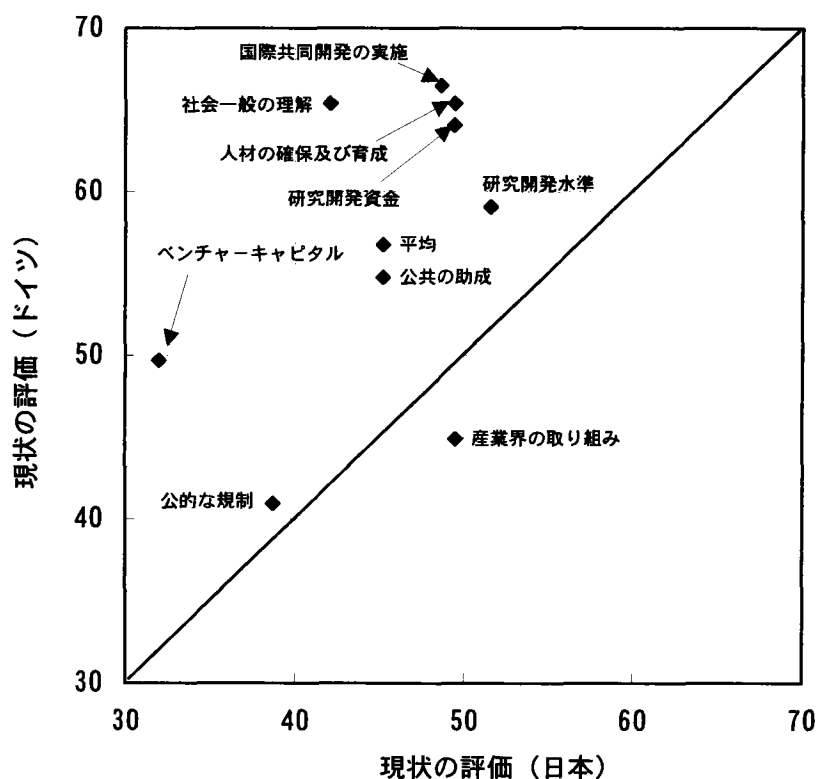
2.5 要因の評価の日独比較

今回の調査では、表 2.5-1の9項目のそれぞれについて、現状の評価を行った。ここでは、9つの現状の評価の項目に対する日独の回答の全体的な傾向及び各項目についての日独の傾向や特徴を述べる。

表 2.5-1 要因の評価の項目

①産業界の取り組み
②公的な規制
③公共の助成
④国際共同開発の実施
⑤社会一般の理解
⑥研究開発資金、設備等の整備
⑦人材の確保及び育成
⑧ベンチャーキャピタル等の技術革新環境の整備
⑨現在の研究開発水準

図 2.5-1 現状の評価の日独比較(全課題)

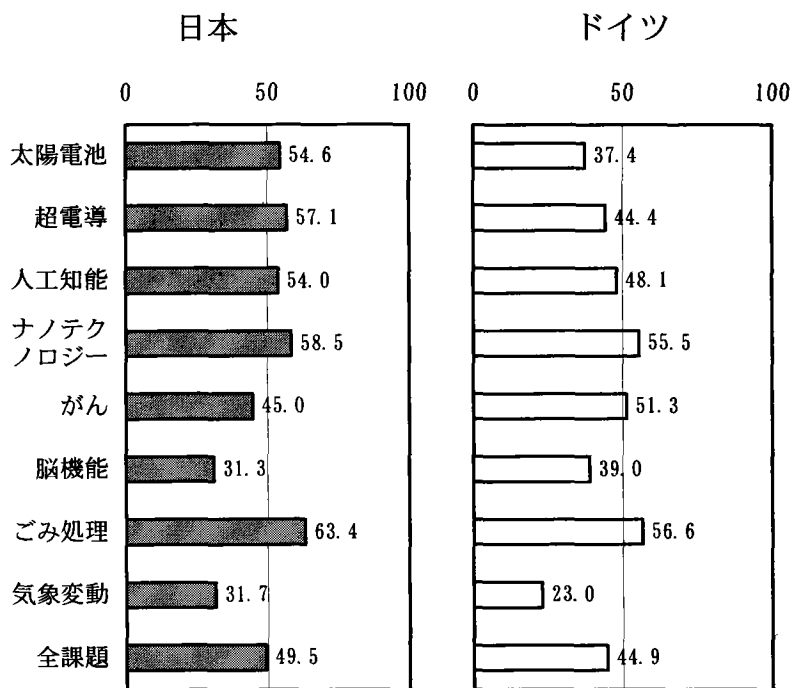


2.5.1 産業界の取り組み

「産業界の取り組み」指数の全課題での平均は、日本 50、独 45 であり、日本は現状に対して可もなし不可もなし、ドイツは現状に対してやや不満があるという結果になった。サブエリア毎で比較すると、産業との関連性が弱いと考えられる「気象変動」と「脳機能」について日独ともに指数が低くなっている。日独の差が大きかったのは「太陽電池」で、日本 55 に対して、ドイツは 37 とかなり低い評価となっている(図 2.5-2)。

次に各課題毎について見ると、日独ともに産業界の取り組みが良いと評価された課題は、「232: ポケットサイズ版の「パーソナルコミュニケーター」による画像伝送等の実現」、「233: マイクロシステムによる自動車の動作の完全な制御の実現」、「411: 人工知能を用いた自動都市ごみ焼却システムの実用化」、「429: フロン及びハロンの完全な代替品の実用化」及び「431: 【追加課題】プラスチック廃棄物を固形化燃料(RDF)として使用する技術の普及」であり、比較的身近な応用技術に対しては、産業界の取り組みが盛んであるという結果になった。

図 2.5-2 各サブエリア毎の日独比較(産業界の取り組み)



日独で評価の分かれた課題を見ると、表 2.5-2の通りであり、差が大きかったベスト5のうち4課題が材料・プロセス分野であり、「太陽電池」は3課題を占めている。日独で差が大きかった上位5課題については、全て日本はの指数が高くなっている。

表 2.5-2 日独差の大きいベスト5 (産業界の取り組み)

課題番号	課題名	日本	ドイツ	差
113	住宅用太陽電池が政府の助成なしに普及し、分散した住宅の電力供給に使われたり、一時的な余剰電力を電力供給網に提供するようになる。	76.4	44.2	32.2
112	電力会社が各地に分散化された太陽光電力を使うようになる。	69.7	39.0	30.7
128	超電導磁石を用いたMHD型磁気推進船による海上輸送が実用化される。	50.0	20.3	29.7
101	変換効率20%以上の大面積アモルファスシリコン太陽電池が実用化される。	77.7	48.3	29.4
410	都市ごみの焼却により発生する二酸化炭素の回収技術が実用化される。	55.3	27.0	28.3

2.5.2 公的な規制

「公的な規制」指数の全課題での平均は、日本 39、ドイツ 41 であり、日独とも「ごみ処理」を除いて、現状の規制について一層の規制緩和あるいは規制強化を望んでいる。特に「脳機能」については、動物保護法等研究の障害の一つとなっていることが影響しているものと思われる(図 2.5-3)。

次に各課題毎について見ると、日独ともに現状のままの規制で十分であると評価された課題は、「429: フロン及びハロンの完全な代替品の実用化」である。課題番号 429 以外の課題については、ほとんどの課題で指数が 50 以下であり、日独とも今回の調査課題について規制緩和あるいは規制強化を望んでいるものが多いと言う結果になった。

日独で比較的差が大きく出た課題は、表 2.5-3の通りであり、いずれについても日本よりドイツで規制が良く作用しているという結果になった。特に「ごみ処理」は差が大きいベスト5のうち3課題を占めており、ドイツが環境問題に先進的に取り組んでいることを裏付ける結果となった。

図 2.5-3 各サブエリア毎の日独比較(公的な規制)

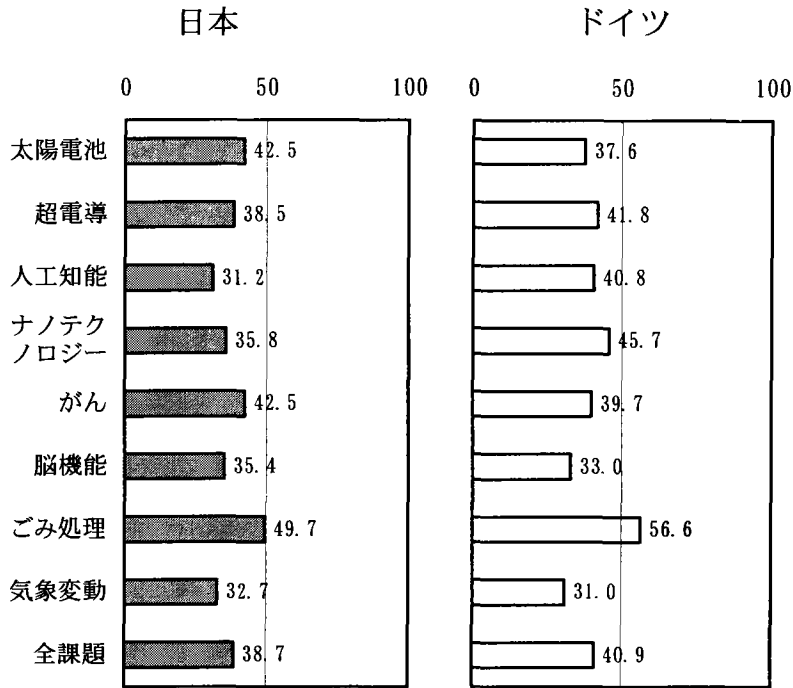


表 2.5-3 日独差の大きいベスト5 (公的な規制)

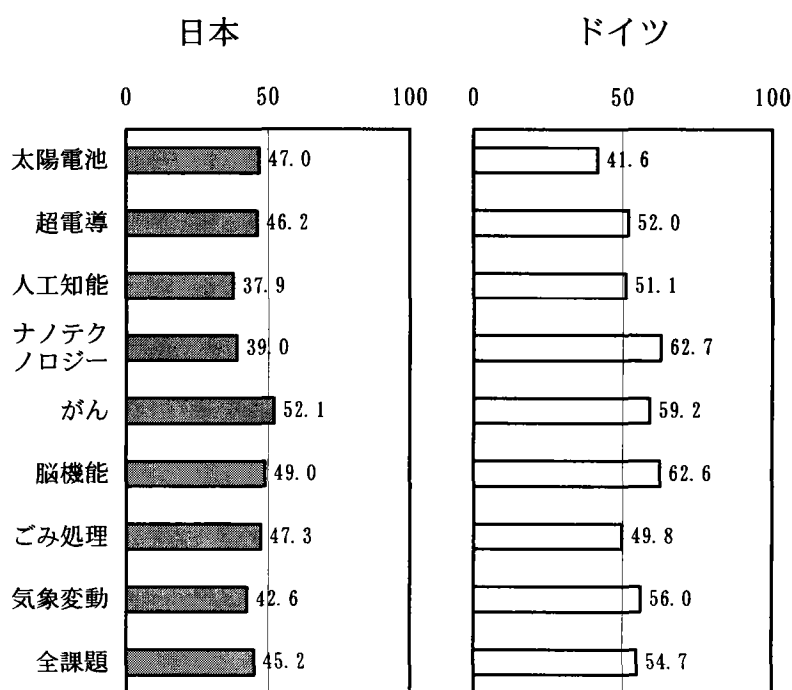
課題番号	課 題 名	日本	ドイツ	差
411	人工知能を用いた自動化された都市ごみ焼却システムが実用化される。	46.9	71.3	24.4
230	水中や空気中の汚染物質を連続的にモニタリングするための、長期間安定で高感度な微量分析システムが普及する。	43.0	65.8	22.7
404	有価物に関する環境保全やリサイクルのための工業基準が導入される。	56.9	77.8	20.8
403	都市ごみから有価物を分別・分離しリサイクル可能とする経済的な方法が実用化される。	59.3	79.7	20.5
231	微細加工技術でできた構成要素から成るマイクロシステムの生産が実現し、多種少量のマイクロシステムを経済的かつ柔軟に生産することが可能となる。	34.0	50.0	16.0

2.5.3 公共の助成

「公共の助成」指数の全課題での平均は、日本 45、独 55 であり、日独とも現状が可もなく不可もなしと言う評価であるが、ドイツの方が日本より高くなっている。また、日独で差が大きいのは、「ナノテク」、「人工知能」等である(図 2.5-4)。

次に各課題毎について見ると、日本で助成の現状が良いと評価された課題は少ないのに対し、ドイツで現状が良いと評価された課題は比較的多かった。日本で指数が最も高い課題が「331:【追加課題】がんの転移のメカニズムの分子レベルでの解明」の 63 であり、ほとんどの課題において現状が中程度から不足という結果になった。また、ドイツで指数の高い課題の上位はナノテクが占めており、ドイツではナノテクに対しては公共の助成が充実しているものと考えられる。

図 2.5-4 各サブエリア毎の日独比較(公共の助成)



日独で差が大きかった課題は、表 2.5-4の通りであり、差が大きかったベスト5の全てをナノテクが占めている。

表 2.5-4 日独差の大きいベスト5 (公共の助成)

課題番号	課 題 名	日本	ドイツ	差
215	GaやAs等の種々の元素、原子と類似の物性が現れるように人為的に原子を集めたクラスターである「スーパーアトム」から成る固体電子デバイスが開発される。	30.3	68.2	37.9
216	複数の結合様式を原子レベルで組み合わせることにより新しい機能を持つ物質（例：高分子の超弱結合結晶等）の合成手法が開発される。	27.8	63.6	35.9
226	化学・生物学的技術システム（例えば分子機械）のために高選択的、長期安定なセンサーとインターフェース技術が実用化される。	41.9	76.2	34.3
218	単分子層制御に基づいた有機ハイブリッド材料が開発される。	28.4	61.9	33.5
217	ナノメータオーダーで決まった表面構造をもち、あらかじめ決めた特性を有する材料が生産される。	37.5	70.2	32.7

2.5.4 国際共同開発の実施

「国際共同開発の実施」指数の全課題での平均は、日本 49、独 67 であり、日本は中程度であるのに対して、ドイツは現状が比較的良いと評価されており、日独で比較的差が大きかった質問項目である。ドイツでは「ごみ処理」以外全て 50 を越えており、「脳機能」、「がん」、「気象変動」のような比較的基礎的なサブエリアではかなり活発に国際協力が行われている。日独で差が大きかったのは、「人工知能」、「ナノテク」といった情報・エレクトロニクス分野である(図 2.5-5)。

次に各課題毎について見ると、日独ともに現状が良い、即ち国際協力が十分に実施されていると評価された課題は、「308:ゲノム研究のがんの診断・予防・治療の新しい戦略開発のための応用」、「319:海馬長期増強と長期抑圧の分子機構の全貌の解明」、「331:【追加課題】がんの転移のメカニズムの分子レベルでの解明」等のライフサイエンス分野である。また、日本の指数の高いベスト10の中で5課題は「気象変動」であるのに対して、ドイツのベスト10の中では「がん」が5課題、「脳機能」が4課題とライフサイエンス分野課題が上位を占めている。

日独で差が大きかったのは「ナノテク」であり、ベスト5のうち「ナノテク」が4課題、「脳機能」が1課題という結果になった。

図 2.5-5 各サブエリア毎の日独比較(国際共同開発)

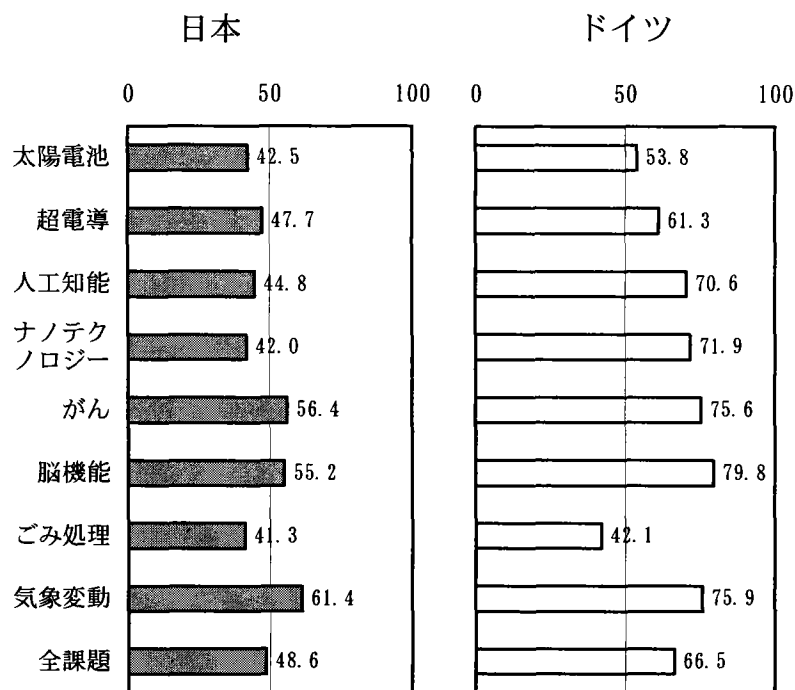


表 2.5-5 日独差の大きいベスト5(国際共同開発の実施)

課題番号	課 題 名	日本	ドイツ	差
220	高分解能表面分析手法を用いて個々の原子の種類判別技術が実用化される。	40.0	78.4	38.4
217	ナノメータオーダーで決まった表面構造をもち、あらかじめ決めた特性を有する材料が生産される。	40.8	77.9	37.1
222	走査型トンネル顕微鏡 (STM) の関連技術を用いて、1原子対1原子および1分子対1分子単位の反応・合成技術が実用化される。	40.4	77.4	37.0
335	【追加課題】成体脳の構築が解明される。	46.9	83.3	36.4
221	アトムスイッチやアトム・リレー・トランジスタの様に少数個の原子の移動により論理や記憶の動作を行う「原子デバイス」において、固体電子デバイスより信頼性や動作速度が上回るものが実用化される。	39.3	74.0	34.7

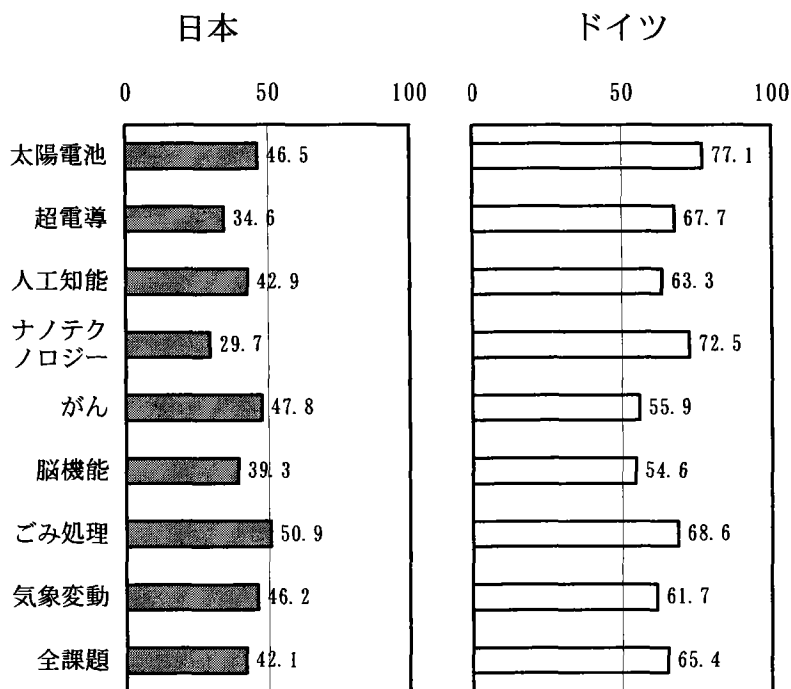
2.5.5 社会一般の理解

この「社会一般の理解」については日独の質問の表現に若干の違いがある。具体的には、日本では社会一般の人々に理解されているかどうかという質問をしているのに対し、ドイツでは利用者または社会一般の人々に理解されているかどうかと質問している(Wird das Thema von potentiellen Anwendern oder generell gesellschaftlich akzeptiert)。このことから、全体的にドイツの値がかなり高くなっている(図 2.5-6)。

まず日本の結果であるが、「社会一般の理解」指数の全課題での平均は 42 となり、やや低いという結果となった。特に「ナノテク」、「超電導」、「脳機能」のように、基礎研究の課題の多かったサブエリアの指数が極端に低くなっている。比較的、社会一般に理解されていると考えられている課題が多いのは「ごみ処理」や「太陽電池」の課題であり、例としては「403:都市ごみから有価物を分別・分離しリサイクル可能とする経済的方法の実用化」、「113:住宅用太陽電池の普及による住宅の電力供給や余剰電力提供の実現」、「109:車載太陽電池を補助電源とする電気自動車の普及」等が挙げられる。

ドイツで、利用者または社会一般に良く理解されていると考えられているのは、「太陽電池」及び「ナノテク」の課題であり、例を挙げると、「113:住宅用太陽電池の普及による住宅の電力供給や余剰電力提供の実現」、「107:ビル壁面や屋根に太陽電池一体型建材が普及」及び「230:水中や空気中の汚染物質をモニタリング用の微量分析システムの普及」等である。特に「太陽電池」は、ドイツの上位ベスト 10 の 8 課題を占めている。

図 2.5-6 各サブエリア別日独比較(社会一般の理解)



日独で差の大きい課題例は表 2.5-6に示すとおりであり、これらの課題についてはいずれもドイツ側で「利用者」の理解が高いと評価されたものと考えられる。

表 2.5-6 日独差の大きいベスト5 (社会一般の理解)

課題番号	課 題 名	日本	ドイツ	差
215	GaやAs等の種々の元素、原子と類似の物性が現れるように人為的に原子を集めたクラスターである「スーパーアトム」から成る固体電子デバイスが開発される。	10.5	69.3	58.8
220	高分解能表面分析手法を用いて個々の原子の種類判別技術が実用化される。	20.0	77.8	57.8
216	複数の結合様式を原子レベルで組み合わせることにより新しい機能を持つ物質(例:高分子の超弱結合結晶等)の合成手法が開発される。	18.1	75.0	56.9
217	ナノメータオーダーで決まった表面構造をもち、あらかじめ決めた特性を有する材料が生産される。	21.3	77.9	56.6
222	走査型トンネル顕微鏡(STM)の関連技術を用いて、1原子対1原子および1分子対1分子単位の反応・合成技術が実用化される。	23.4	78.6	55.2

2.5.6 研究開発資金、設備等の整備

「研究開発資金、設備等の整備」指数の全課題での平均は、日本49、独64であり、日本では現状が中程度と評価されているのに比べ、ドイツでは現状がやや良いという結果になった。サブエリア別では、「がん」及び「脳機能」以外で、日独の差が大きくなっている(図2.5-7)。

次に各課題毎について見ると、日本で現状が良いと評価された課題は少ないのに対し、ドイツでは比較的現状が良いと評価された課題が多かった。日本の指数の最も高い課題は「102:効率20%の面積薄膜太陽電池の実用化」の65であり、ほとんどの課題において現状が可もなし不可もなし~やや不満という結果になった。逆にドイツでは指数が70以上の課題が3割近くあり、ドイツの回答者が現状にかなり満足している。また、両国のベスト10を見ると、日本は6課題がライフサイエンス分野、ドイツは6課題が材料分野であり、日独で上位にある分野がはっきりと分かれた。

差が大きかった上位ベスト5は表2.5-7の通りであり、3課題が「ナノテク」であり、他の質問項目と同様に、この質問項目においても「ナノテク」の差が大きい結果となった。

図 2.5-7 各サブエリア別日独比較(研究開発資金)

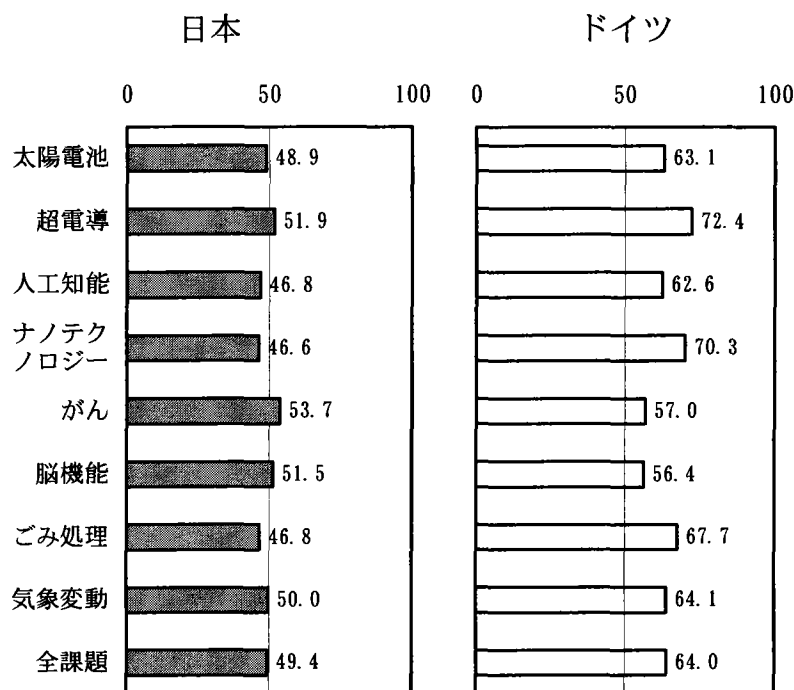


表 2.5-7 日独差の大きいベスト5 (研究開発資金、設備等の整備)

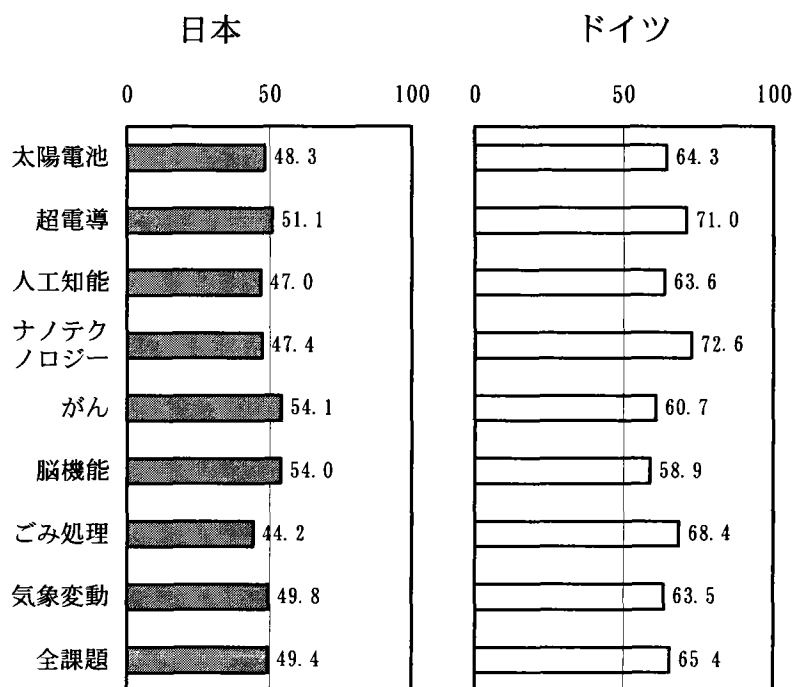
課題番号	課題名	日本	ドイツ	差
125	2.5 T以上の超精密超電導マグネットが開発され、1 GHz NMR装置が製作される。	47.3	79.0	31.8
414	全ての廃棄物の発生から最終処分までの流れを地域レベルで管理するための情報管理システムが普及する。	41.4	73.1	31.7
217	ナノメータオーダーで決まった表面構造をもち、あらかじめ決めた特性を有する材料が生産される。	46.3	77.9	31.6
233	ドライバーの利便を向上させるためや環境保護のために、マイクロシステムが自動車の動作を完全に制御するようになる。	50.9	82.2	31.3
230	水中や空気中の汚染物質を連続的にモニタリングするための、長期間安定で高感度な微量分析システムが普及する。	45.3	76.4	31.0

2.5.7 人材の確保及び育成

「人材の確保及び育成」指数の全課題での平均は、日本 49、独 65 であり、日本では人材については中程度と考えているのに対して、ドイツでは比較的良いと考えている結果となった。サブエリア毎に見ると「研究開発資金、設備等の整備」と同様の傾向があり、「がん」及び「脳機能」以外のサブエリアで、日独の差が大きく、特にドイツでは「ナノテク」と「超電導」が高くなっている(図 2.5-8)。

次に各課題毎について見ると、日本で現状が良いと評価された課題は少ないのに対し、ドイツで現状が良いと評価された課題は比較的多かった。ドイツで人材の確保が良く出来ていると評価された課題としては、「232:ポケットサイズ版の「パーソナルコミュニケーション」による画像伝送等の実現」、「231:微細加工技術でできた構成要素を利用するマイクロシステムの経済的・柔軟な生産の実現」、「233:マイクロシステムによる自動車の動作の完全な制御の実現」等の「ナノテク」の課題が挙げられる。

図 2.5-8 各サブエリア別日独比較(人材の確保及び育成)



日独差の大きいベスト5は表 2.5-8の通りであり、2 課題が「ごみ処理」、3 課題が「ナノテク」という結果になった。

表 2.5-8 日独差の大きいベスト5 (人材の確保及び育成)

課題番号	課 題 名	日本	ドイツ	差
404	有価物に関する環境保全やリサイクルのための工業基準が導入される。	42.1	77.2	35.1
233	ドライバーの利便を向上させるためや環境保護のために、マイクロシステムが自動車の動作を完全に制御するようになる。	50.0	81.2	31.2
227	複雑な信号伝達を行うセンサレイとアクチュエーターからなるワンチップのインテリジェント (又はハイブリッド) マイクロシステムが、独立して処理を行うサブシステムとして実用化される。	48.0	78.8	30.8
415	汚染物質を吸着・分解する微生物を利用することにより、大規模に汚染された土壌が浄化される。	43.8	73.9	30.1
217	ナノメータオーダーで決まった表面構造をもち、あらかじめ決めた特性を有する材料が生産される。	46.3	76.0	29.7

2.5.8 ベンチャーキャピタル等の技術革新環境の整備

「ベンチャーキャピタル等の技術革新環境の整備」指数の全課題での平均は、日本 32、独 50 であり、日本ではかなり不十分と考えられているのに対して、ドイツでは現状が可もなし不可もなしという結果になった。サブエリア別に見ると、日本では「超電導」及び「ナノテク」が特に低い評価になっている。一方、ドイツでは「ごみ処理」及び「ナノテク」の評価が高くなっている(図 2.5-9)。

次に各課題毎について見ると、日本では現状の評価について「309: 3次元イメージング技術等のがんの臨床診断技術の実用化」の指数が 52 となっているのを除いては、全ての課題で指数が 50 以下であり、技術革新環境は不十分という認識が強い結果になった。ドイツでは指数が高いベスト 10 のうち 6 課題が環境分野であり、「429: フロン及びハロンの完全な代替品の実用化」、「415: 大規模に汚染された土壌の微生物利用による浄化実現」及び「411: 人工知能を用いた自動都市ごみ焼却システムの実用化」のように、環境分野の実用化段階の課題が上位を占めている。

また、日独で差が大きかったベスト 5 の全てが「ナノテク」であり、これについての日独の技術革新環境には大きな差が生じている(表 2.5-9)。

図 2.5-9 各サブエリア別日独比較(技術革新環境)

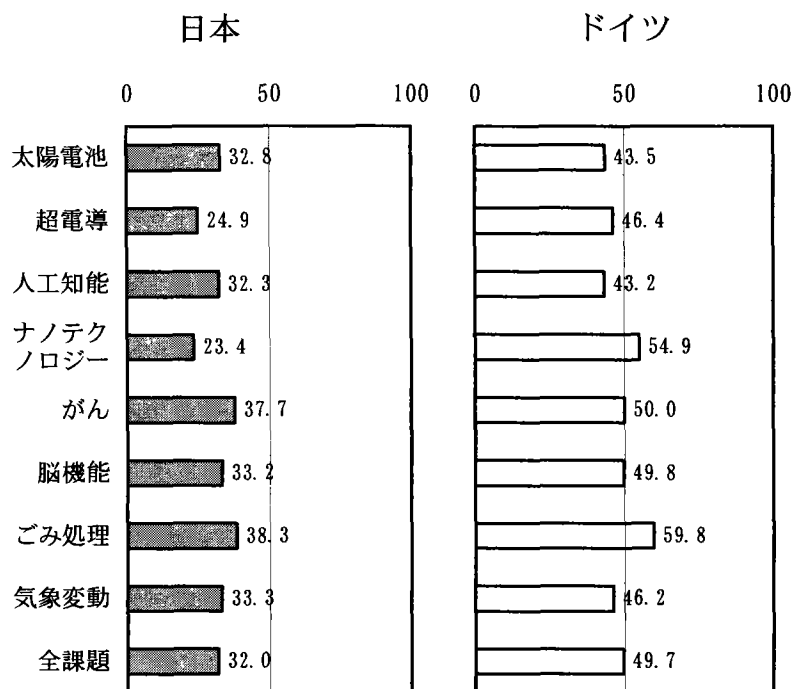


表 2.5-9 日独差の大きいベスト5 (ベンチャーキャピタル)

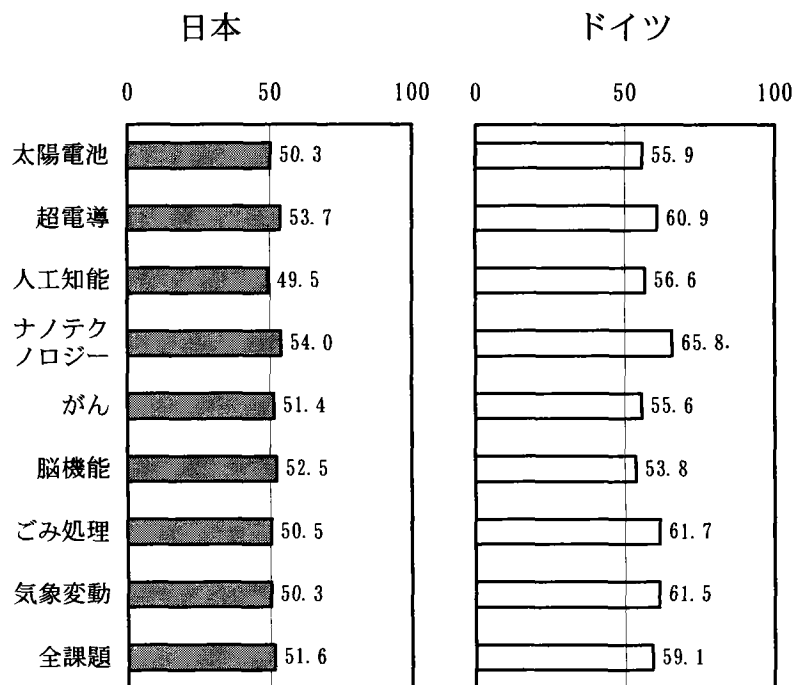
課題番号	課題名	日本	ドイツ	差
219	数～数十ナノメートルオーダーの構成要素を持つ有機-無機コンポジット材料が（生物機能の模擬等により）開発される。	18.6	61.8	43.2
226	化学・生物学的技術システム（例えば分子機械）のために高選択的、長期安定なセンサーとインターフェース技術が実用化される。	25.0	66.9	41.9
229	マイクロセンサーとマイクロアクチュエーターから成るマイクロシステムが人間の体内に埋め込まれ、人間の健康状態を診断し、必要ならば患者を治療するようになる（例：人工すい臓）。	22.5	60.9	38.3
235	【追加課題】自己組織化によって自然に構築される有機分子集合体材料が開発される。	17.2	54.5	37.4
217	ナノメートルオーダーで決まった表面構造をもち、あらかじめ決めた特性を有する材料が生産される。	20.0	55.8	35.8

2.5.9 現在の研究開発水準

「現在の研究開発水準」指数の全課題での平均は、日本 52、独 59 であり、日本とも現状に対して可もなし不可もなしという同様の結果になった。サブエリア別においてもそれほど大きな差が出たものはないという結果になった。図 2.5-10 に見ても日本ではほとんど差が認められない。ドイツでは、「ナノテク」、「ごみ処理」及び「気象変動」が比較的高く評価されている。ドイツの「現在の研究開発水準」の傾向は、「研究開発資金設備等の整備」や「人材の確保及び育成」とほぼ同様であり、資金や人材が十分と評価されたサブエリアは研究開発水準も高く評価されている。

次に各課題毎について見ると、日独とも研究開発水準が高いと評価された課題は、「101: 効率 20% 以上の大面積アモルファスシリコン太陽電池の実用化」、「412: 都市ごみ焼却灰の溶融固化の普及」、「232: ポケットサイズ版の「パーソナルコミュニケーター」による画像伝送等の実現」等の応用技術に関する課題であった。

図 2.5-10 各サブエリア別日独比較(現在の研究開発水準)



日独で差が大きかったベスト 5 は、表 2.5-10 の通りであり、3 課題が「ナノテク」、2 課題が「ごみ処理」という結果になり、いずれの課題も日本では 50 前後であるのに対して、ドイツでは 75~80 程度と研究開発水準が高いと考えているという結果になった。(表 2.5-10)

表 2.5-10 日独差の大きいベスト5 (現在の研究開発水準)

課題番号	課 題 名	日本	ドイツ	差
226	化学・生物学的技術システム（例えば分子機械）のために高選択的、長期安定なセンサーとインターフェース技術が実用化される。	47.2	74.6	27.4
403	都市ごみから有価物を分別・分離しリサイクル可能とする経済的な方法が実用化される。	48.6	74.0	25.4
233	ドライバーの利便を向上させるためや環境保護のために、マイクロシステムが自動車の動作を完全に制御するようになる。	56.9	82.2	25.3
415	汚染物質を吸着・分解する微生物を利用することにより、大規模に汚染された土壌が浄化される。	50.0	74.3	24.3
230	水中や空気中の汚染物質を連続的にモニタリングするための、長期間安定で高感度な微量分析システムが普及する。	58.1	82.4	24.3

3. 材料・プロセス分野

3 材料・プロセス分野

3.1 太陽電池

3.1.1 技術の現状紹介

地球環境問題とエネルギー資源の枯渇という2つの理由から、我々は化石燃料にかわる豊富で安全な新しいエネルギー源を開発していく必要がある。この意味で、太陽エネルギーは、クリーン、無尽蔵で世界中のどこでも利用できるという特長を持つ最も理想的なエネルギー源と言える。

太陽電池の発明は、1954年、米国のピアソン等によってなされた。そして、1958年人工衛星(米国バンガード1号)に搭載され、通信用の電源として使用された。オイルショック(1973年)以降は、その優れた特長から代替エネルギー源として最も注目されており、米国では米国エネルギー省(DOE)、日本では通産省工業技術院のニューサンシャイン計画(旧サンシャイン計画)のもと、太陽電池の技術開発が積極的に進められている。

単結晶シリコン太陽電池は、最初に開発が進んだ太陽電池で、多結晶シリコン太陽電池とともに電力用に現在広く使用されている。しかし、これらは、原料及び製造コスト低減に限界があるという欠点がある。原料の省資源化、製造の簡易化等が可能なアモルファスシリコン(a-Si)太陽電池は、新製法の開発によるa-Si膜の高品質化や新しい材料、構造を用いて、効率向上、コスト低減のための研究開発が進められており、今後の低コスト太陽電池の最有力候補と考えられている。また、次世代高効率、低コスト化太陽電池として、薄膜多結晶Si太陽電池などがあり、固相成長法による薄膜多結晶Si太陽電池の研究も進められている。

この10年間で、小面積の変換効率では単結晶シリコン系で18%から23%に、多結晶シリコン系では12%から18%に、アモルファスシリコン系では5%から13%へと向上してきている。さらに、実用的なモジュールの変換効率においても、大幅に改善が進んでいる。

このような技術の進歩とともに、太陽電池の生産量は近年急速に増加してきた。電卓などの民生用、独立分散電源用、系統連系システム用など、全世界の生産量は1994年には約7万kWに達している。また、生産量の増加と、製造技術開発の進歩により、太陽電池の設備投資コストは、オイルショック当時3万円/W程度であったものが、現在は1,000円/W以下と急速に低減されている。この設備投資コストが300円/W以下になれば、他の発電方法と競合できる道が開けると考えられている。

さらに、昨今の環境問題によって世界各国の政府は、太陽電池導入政策を推進している。ドイツではルーフ1000計画による個人住宅へのシステム設置がなされた。この計画は商用電源と連系した小規模太陽光発電設備を連邦および州政府からの補助金で1,000戸の個人住宅の屋根(現在では2,250戸)に設置するというものである。

日本でも、個人住宅に太陽光発電システムを設置する場合、通産省がその設置費用を助成するという制度が、1994年度からスタートした。94年度は個人住宅577戸に対し、設置費用の約1/2(合計約20億円)が助成され、95年度は1,200戸、約33億円が助成される予定である。また1992年度より、公共団体等が太陽光発電システムを導入す

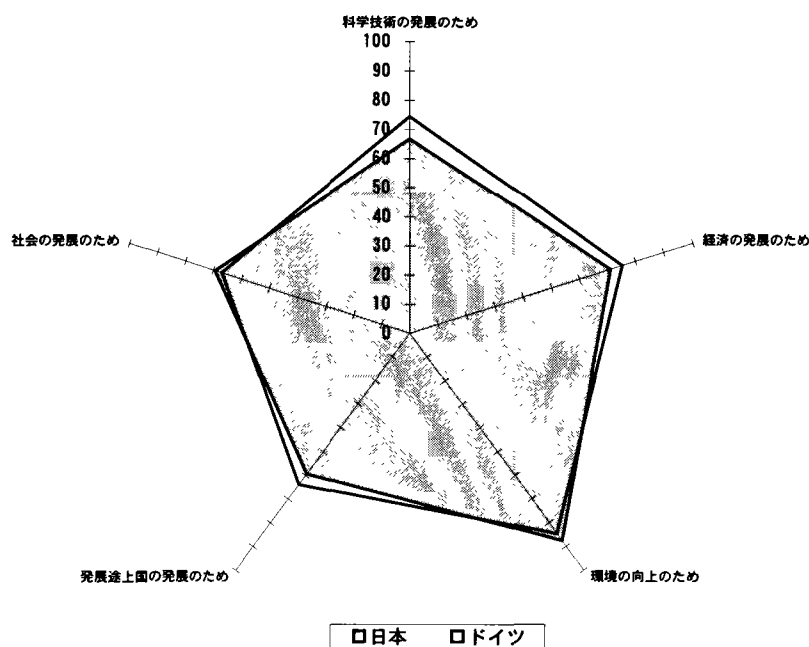
る際には、設置費用の 2/3 を国が負担する助成金制度等も発足している。このような助成制度とともに、法制度も整備されてきている。さらに、94 年末には「新エネルギー導入大綱」が閣議決定され、太陽光発電の導入を政府として積極的に推進することとなった。

今後、電力用太陽電池システムを実用化していくためには、コストを低減することが、最も重要である。そのためには、太陽電池性能の向上、周辺技術の開発、低コスト量産技術の開発とともに、新しい需要の創出等による生産量の増大が必要となる。

3. 1. 2 重要度評価にみられる一致点と相違点

図 3. 1-1 は、重要度評価の各項目について全課題の平均値を表示している。各項目について日独比較をすると、全体的に日独の値に大きな差はないが、「科学技術の発展のため」、「経済の発展のため」、「発展途上国の発展のため」はドイツが高く、逆に「環境の向上のため」と「社会の発展のため」は日本が高くなっている。

図 3. 1-1 重要度の日独比較(太陽電池)

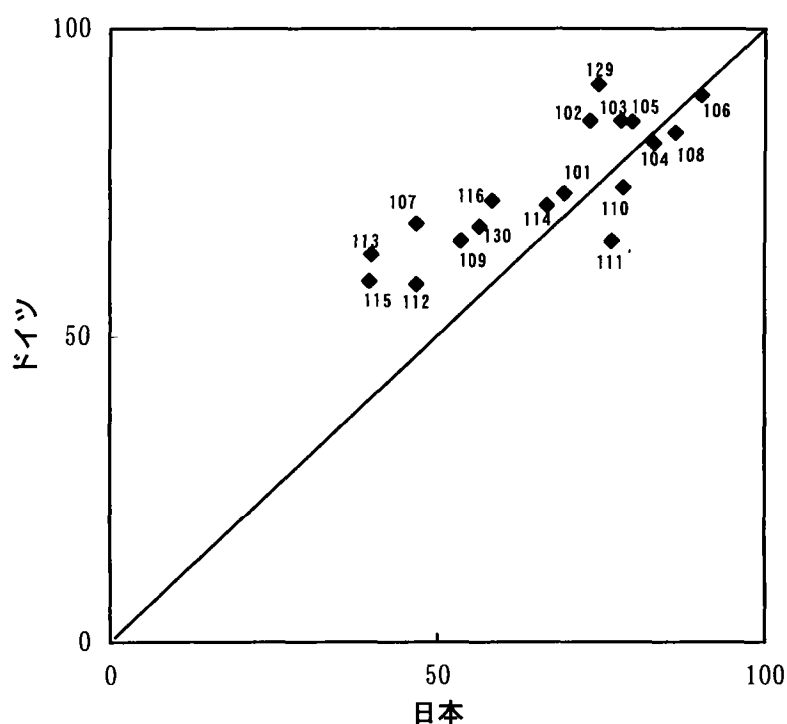


各質問項目毎にみると、「科学技術の発展のため」については、全体的にドイツの方が日本よりも高くなっている(図 3. 1-2)。このうち、日独ともに高い値になっている課題は、「106:高効率の太陽光発電効果をもつ新材料の開発」(日 90, 独 89)、及び「105: 効率 15%以上の増感太陽電池の利用開始」(日 80, 独 85)という新材料の開発に関する課題の一部と、「104: 効率 40%以上の積層太陽電池の実用化」(日 83, 独 81)、及び「103: 効率 30%の太陽電池の普及」(日 78, 独 85)等の変換効率に関する 4 つの課題全てという、いずれも現状では基礎段階の課題が多い。

また、日独で差の大きい課題としては、「129:【追加課題】変換効率 20%の結晶系

薄型太陽電池の実用化」(日 75、独 91)という新材料の開発に関する課題や、「113:住宅用太陽電池の普及による住宅の電力供給や余剰電力提供の実現」(日 40、独 63)、「115:太陽光発電が発展途上国等の村落の電力供給源の中心になる」(日 40、独 59)、及び「107:ビル壁面や屋根に太陽電池一体型建材が普及」(日 47、独 68)といった住宅等への利用に関する課題の多くを挙げることができる。

図 3.1-2 重要度(科学)の日独比較



「経済の発展のため」及び「環境の向上のため」については、ほとんどの課題で日独で大きな差はなく、かつ、重要性が両国ともに高く評価されている。

「発展途上国の発展のため」については、「101:効率20%以上の大面積アモルファスシリコン太陽電池の実用化」(日 69、独 71)及び「102:効率20%の大面積薄膜太陽電池の実用化」(日 74、独 75)のような発電効率20%の太陽電池の実用化に関する課題は日独でほぼ同じ評価をしているが、それ以上の高効率化に関する課題、「103:効率30%の太陽電池の普及」(日 58、独 76)及び、「104:効率40%以上の積層太陽電池の実用化」(日 52、独 67)については、両国の専門家の認識は異なり、ドイツの方は効率20%の課題とあまり評価が変わらないものの、日本では10以上低くなり、結果としてドイツが日本よりも高い評価をすることとなった。

この違いについては、日本の回答者のコメントに見られるように、日本ではドイツより高コスト化を問題とする傾向が強いために、これらの高効率太陽電池は、宇宙用、ソーラーカー用等の限定された利用にとどまるとの認識が強いことが作用していると考えられる。

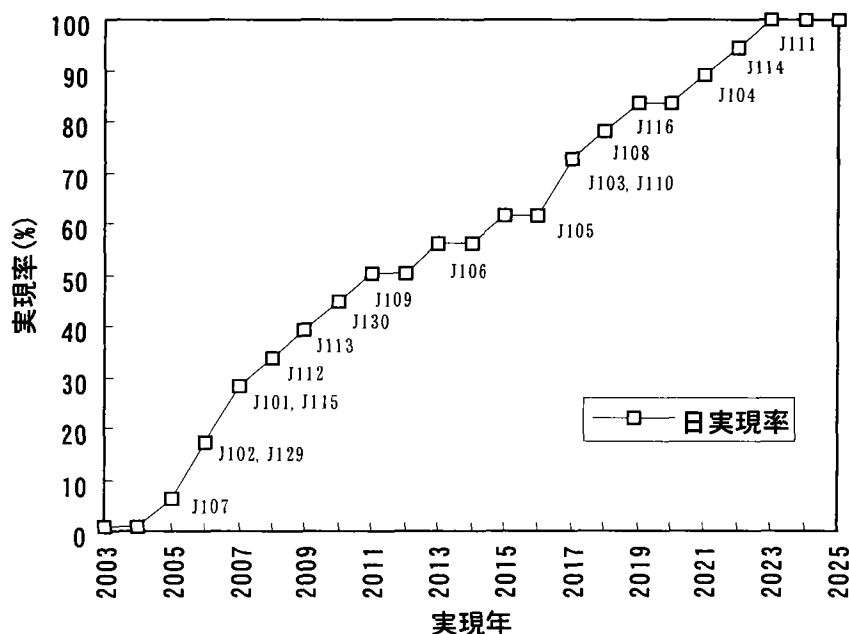
「社会の発展のため」については、日独で差の大きいものは特になく、「113:住宅用太陽電池の普及による住宅の電力供給や余剰電力提供の実現」(日 84, 独 81)及び「115:太陽光発電が発展途上国等の村落の電力供給源の中心になる」(日 83, 独 81)のような人間の居住空間に係る応用課題が両国ともに高く評価されている。この住宅等への太陽電池の利用については、国際コンファレンスでのドイツの専門家のプレゼンテーションによると、ドイツでは、太陽電池と建材が一体化された屋根をつくるプログラムがあり、電力会社の電力供給網と太陽光発電を共存させ、太陽光発電によって供給される電力を電力供給網に接続し、その一部を補う供給源として使っていくことが期待されているとしている。

3.1.3 日本の予測時期の状況

材料・プロセス分野のドイツの実現時期のデータが利用できないことから、日本の予測の状況について見ることにする。

全課題の予測実現時期の平均は、2012.9年となっている。図 3.1-3は、横軸が実現年、縦軸がその年までに何パーセントの課題が実現するかを表している。この図から、今後の課題実現の推移をみると、日本では2005年から2020年頃にかけて、技術がステップバイステップで着実に実現していくと考えていることが伺える。

図 3.1-3 実現時期の日本の状況(太陽電池)



個々の技術課題の実現の推移をみると、「101:効率20%以上の大面積アモルファスシリコン太陽電池の実用化」、「102:効率20%の大面積薄膜太陽電池の実用化」の様な変換効率20%程度の太陽電池の実用化が、日本では今後約10年で進むと見られている。変換効率のそれ以上の向上は、「106:高効率の太陽光発電効果をもつ新材料の開発」(2013年)、「103:効率30%の太陽電池の普及」(2017年)に見られるようにかなり先となっており、30%以上の変換効率が実現するには今後15年から20年を要するとみられている。このような技術的困難の認識は、回答者のコメントにも現れており、技術的に困難な変換効率の向上を目指すより、20%程度の変換効率でもコスト的な面

で実用性のある技術開発を志向するのが現実的なアプローチであるという意見が多い。

太陽電池の応用が、ビルや住宅に普及していくのは、「107:ビル壁面や屋根に太陽電池一体型建材が普及」(2005年)、「113:住宅用太陽電池の普及による住宅の電力供給や余剰電力提供の実現」(2009年)の様に比較的早いという展望を日本の専門家は持っている。また、太陽電池を電源として利用する電気自動車の普及についても、2010年前後と考えている。一方、「116:太陽光発電による世界的な水素経済の確立」、「114:高温超電導送電等により世界的な電力供給を行う太陽光発電産業の成立」の様な太陽エネルギーの国際的な利用システムの確立については実現するとしても2020年頃になると見られている。

以上から、日本では、太陽エネルギーの利用システムについて、まず各国で国内的な利用が先行し、それに少し遅れて国際的なシステム化が進むと考えられていることが分かる。

3.1.4 必要条件についての比較分析

3つの質問項目があり、第2章の「課題実現に必要な条件」にもあるように日本の値は高いほど、課題実現にとって必要性が大きいと評価し、ドイツは反対に値が高いほど課題実現に見通しが明るいと評価している。ここでは、日独別々に特徴の出た課題について紹介する。

3.1.4.1 日本の調査結果

「科学技術上の問題が解決されること」については、解決の必要性が大きいと評価された課題と、必要性が中程度と評価された課題に分かれた。このうち特に必要性が大きいと評価された課題は、「106:高効率の太陽光発電効果をもつ新材料の開発」(94)、「104:効率40%以上の積層太陽電池の実用化」及び「108:燃料の光電気化学的合成の工業的利用実現」(ともに93)となっている。高い変換効率の実現や人工光合成という課題の実現については、現段階では科学技術上の問題解決の必要性が大きいと考えられている。

また、必要性が中程度と評価された課題は、「115:太陽光発電が発展途上国等の村落の電力供給源の中心になる」(50)、「112:分散化された太陽光電力の電力会社による利用の実現」(52)及び「113:住宅用太陽電池の普及による住宅の電力供給や余剰電力提供の実現」(53)という太陽電池の地域への普及に関する3つの課題全てが該当する。

「将来の市場における需要の増大」については、「科学技術上の問題が解決されること」ほどではないが、幾分、需要の増大の必要性が大きいと評価された課題と、必要性が中程度と評価された課題に分かれた。このうち特に必要性が大きいと評価された課題は、「107:ビル壁面や屋根に太陽電池一体型建材が普及」及び「113:住宅用太陽電池の普及による住宅の電力供給や余剰電力提供の実現」(ともに91)となっており、太陽電池の住宅等への応用に関する2つの課題全てが該当している。これらの太陽電池の住宅等への応用に関する課題の実現に対して、日本では、需要の増大がカギとなると考えられる。

また、必要性が中程度と評価された課題の中には、「105:効率15%以上の増感太陽電池の利用開始」(59)、及び「106:高効率の太陽光発電効果をもつ新材料の開発」(54)という新材料の開発に関する2つの課題が含まれている。

「将来の市場における価格競争力の向上」についても、「科学技術上の問題が解決されること」ほどではないが、価格競争力の向上の必要性が大きいと評価された課題と、必要性が中程度と評価された課題に分かれた。このうち、特に必要性が大きいと評価された課題は、「107:ビル壁面や屋根に太陽電池一体型建材が普及」(94)、「113:住宅用太陽電池の普及による住宅の電力供給や余剰電力提供の実現」(92)、「112:分散化された太陽光電力の電力会社による利用の実現」(91)となっており、太陽電池の住宅等への具体的利用に関する課題の実現について、コストの問題が大きなカギとなっていると考えられている。

また、「115:太陽光発電が発展途上国等の村落の電力供給源の中心になる」(88)については、この課題の対象は発展途上国であり、既存の発電設備の整備がそれ程進んでおらず、この意味では従来の電源との価格競争はないと考えられるものの、コストはかなり厳しい問題であると評価されている。

次に、以上の3つの必要条件全体について、各課題毎に特徴を見ると、以下のとおりになる。

3つの必要条件全ての必要性が大きい課題例としては、

「103:効率30%の太陽電池の普及」(科学91、需要75、価格77)、

「102:効率20%の大面積薄膜太陽電池の実用化」(科学90、需要84、価格84)

「114:高温超電導送電等により世界的な電力供給を行う太陽光発電産業の成立」(科学88、需要83、価格86)、

「101:効率20%以上の大面積アモルファスシリコン太陽電池の実用化」(科学87、需要83、価格86)、

等が挙げられる。このように、変換効率の向上に関する課題のうち比較的効率の低いものや、砂漠等での太陽光発電の成立及び水素経済の確立という世界的スケールでの太陽電池の利用といった課題について、科学技術的にも、将来のマーケット的にも、問題点の解決の必要性が大きいと認識している。

「科学」の必要性は大きく、「需要」及び「価格」は中程度の課題例としては、

「106:高効率の太陽光発電効果をもつ新材料の開発」(科学94、需要54、価格53)、

「108:燃料の光電気化学的合成の工業的利用実現」(科学93、需要62、価格65)、

「104:効率40%以上の積層太陽電池の実用化」(科学93、需要62、価格65)、

「105:効率15%以上の増感太陽電池の利用開始」(科学91、需要59、価格59)、

等が挙げられる。このように、変換効率の比較的高い課題や人工光合成、二酸化炭素の固定等の課題については、技術上の問題解決の必要性は大きい、その後の将来のマーケットについてはさほど大きな心配はないと認識していると考えられる。

「科学」の必要性は中程度で、「需要」及び「価格」は大きい課題例としては、

「109:車載太陽電池を補助電源とする電気自動車の普及」(科学68、需要86、価格84)

「130:【追加課題】太陽電池サービスステーションでバッテリーを交換して走行する電気自動車の普及」(科学68、需要86、価格89)、

「113:住宅用太陽電池の普及による住宅の電力供給や余剰電力提供の実現」(科学53、需要91、価格92)、

「112:分散化された太陽光電力の電力会社による利用の実現」(科学52、需要87、価格91)、

等が挙げられる。このように、電気自動車に関する課題、住宅や村落への太陽光発電の普及に関する課題については、技術的にはある程度の見通しがついてはいるが、将来のマーケットについては解決する必要性が大きいと認識していると考えられる。

3.1.4.2 ドイツの調査結果

「科学技術上の問題が解決されること」については、回答者の40%以上が「実現しない」と考えている「111:宇宙空間太陽光発電所からのマイクロ波等による地上への電力伝送」を除いて、解決の可能性を高く評価されたものから中程度と評価されたものまで分散している。このうち、特に可能性が高く評価された課題は、「115:太陽光発電が発展途上国等の村落の電力供給源の中心になる」(93)、「112:分散化された太陽光電力の電力会社による利用の実現」及び「113:住宅用太陽電池の普及による住宅の電力供給や余剰電力提供の実現」(ともに90)となっており、太陽電池の普及には科学技術上の問題の解決の可能性について、かなり明るい見通しを持っている。

「将来の市場における需要の増大」については、「科学技術上の問題が解決されること」と同様に、「111:宇宙空間太陽光発電所」を除いて、増大の可能性を高く評価されたものから中程度と評価されたものまで分散している。このうち、特に可能性が高く評価された課題は、「107:ビル壁面や屋根に太陽電池一体型建材が普及」(90)、及び「115:太陽光発電が発展途上国等の村落の電力供給源の中心になる」(87)の様に、太陽電池の住宅等への利用に関する課題である。

「将来の市場における価格競争力の向上」については、全体的に向上の可能性が中程度～低いと評価されている。その中でも、比較的高く評価されたものは、「115:太陽光発電が発展途上国等の村落の電力供給源の中心になる」(76)である。この課題の対象は発展途上国であり、既存の発電設備が少なく、かつ、競争相手がいないため、コストの問題はさほど心配はないと認識していると考えられる。

次に、以上の3つの必要条件全体について、各課題毎に特徴を見ると、以下のとおりとなる。

3つの必要条件全ての可能性が高い課題例としては、

「115:太陽光発電が発展途上国等の村落の電力供給源の中心になる」(科学93、需要87、価格76)、

であり、既存の発電設備のない地域への太陽光発電の導入については、技術的にも将来のマーケット的にも明るい見通しを持っていると考えられる。

「科学」及び「需要」の可能性は高く、「価格」は中程度の課題例としては、

「113:住宅用太陽電池の普及による住宅の電力供給や余剰電力提供の実現」(科学90、需要83、価格50)、

「130:【追加課題】太陽電池サービスステーションでバッテリーを交換して走行する電気自動車の普及」(科学90、需要79、価格43)、

「107:ビル壁面や屋根に太陽電池一体型建材が普及」(科学89、需要90、価格68)、

「102:効率20%の大面积薄膜太陽電池の実用化」(科学84、需要79、価格59)、等が挙げられる。電気自動車の普及、及び住宅等への具体的な太陽電池の利用については、技術上の問題解決や需要の増大については明るい見通しを持っているが、コストの問題の解決の見通しはそれほどよくないと認識されている。

「科学」の可能性は高く、「需要」及び「価格」は中程度の課題例としては、

「112:分散化された太陽光電力の電力会社による利用の実現」(科学90、需要71、価格48)、

「114:高温超電導送電等により世界的な電力供給を行う太陽光発電産業の成立」(科学85、需要64、価格46)、

「116:太陽光発電による世界的な水素経済の確立」(科学 84、需要 63、価格 47)、
 等が挙げられる。世界的規模の太陽光発電の利用については、技術上の問題解決の見
 通しはあるものの、将来のマーケットについてはそれほどよい見通しを持っていない
 と考えられる。

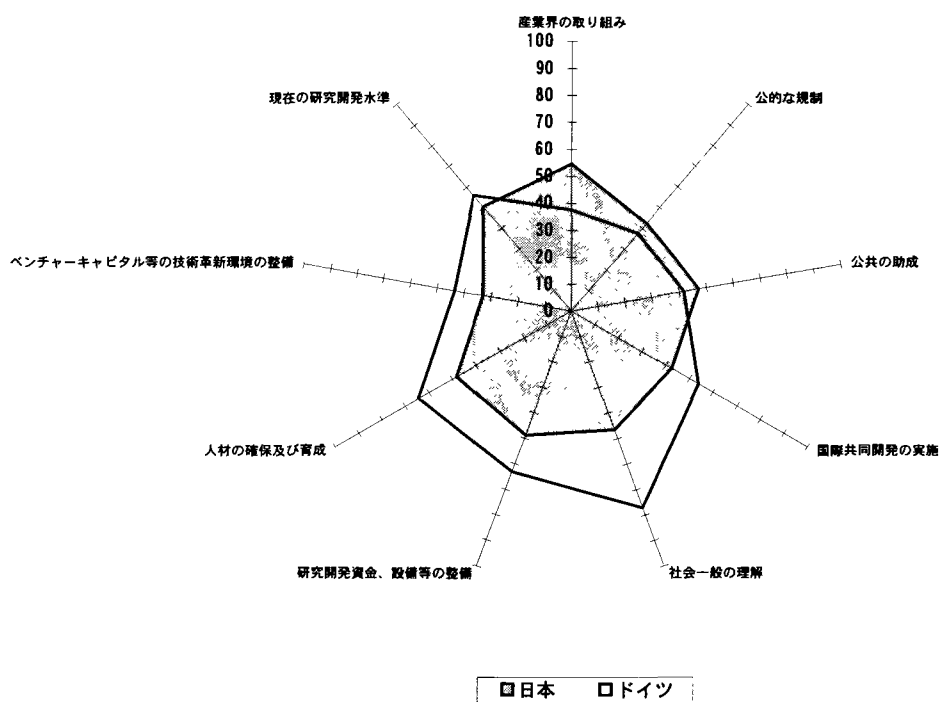
3つの必要条件全ての可能性が中程度の課題例としては、
 「103:効率30%の太陽電池の普及」(科学 69、需要 79、価格 53)、
 「101:効率20%以上の大面積アモルファスシリコン太陽電池の実用化」(科学 68、
 需要 75、価格 56)、
 「105:効率15%以上の増感太陽電池の利用開始」(科学 64、需要 67、価格 57)、
 「106:高効率の太陽光発電効果をもつ新材料の開発」(科学 62、需要 67、価格 46)、
 等が挙げられる。変換効率の比較的高い課題及び人工光合成に関する課題については
 技術上の問題及び将来のマーケットの問題の解決についてはあまりよい見通しを持
 っていないと考えられる。

5)「科学」の可能性は中程度で、「需要」及び「価格」は低い課題例としては、
 「115:太陽光発電が発展途上国等の村落の電力供給源の中心になる」(科学 42、需要
 11、価格 9)、
 であり、この課題は、回答者の40%以上が「実現しない」としていることにも現れてい
 るように、必要条件は全体的に可能性が他の課題と比べて低くなっている。

3.1.5 現状の評価についての比較分析

9項目の調査結果について日独比較したものが図 3.1-4である。

図 3.1-4 現状の評価の日独比較(太陽電池)



9項目の日独比較をすると、「産業界の取り組み」、「公的な規制」、「公共の助成」の項目で日本の現状がドイツに比べて良く、残りの6項目でドイツ指数が高い結果となった。全体として、日本の現状は「やや不満」(日 32~55)という程度であり、ドイツは「まずまず」(独 37~77)という状況であることが現れている。

このうち「産業界の取り組み」では、「115:太陽光発電が発展途上国等の村落の電力供給源の中心になる」を除いてはドイツより日本の方が比較的高い結果になった。特に差の大きかった例としては、「113:住宅用太陽電池の普及による住宅の電力供給や余剰電力提供の実現」(日 76, 独 44)、「112:分散化された太陽光電力の電力会社による利用の実現」(日 70, 独 39)等である。

3.1.6 第5回予測との同一課題のデータ比較

第5回技術予測調査と今回の調査との同一課題は1課題(課題番号101)、類似課題は4課題(課題番号102, 103, 104, 111)であり、この5課題について日本の実現時期予測結果のみを比較してみた(表 3.1-1)

表 3.1-1 同一課題の実現時期の比較(太陽電池)

課題内容	第5回調査	今回の調査
101:変換効率20%以上の大面積アモルファスシリコン太陽電池が実用化される。	2004年	2006年
102:変換効率20%の大面積薄膜太陽電池が実用化される。	2004年	2006年
103:効率30%に達する太陽電池が普及する。	2005年	2016年
104:変換効率40%以上の積層(例えばタンデム)太陽電池が実用化される。	2005年	2009年
111:巨大な太陽電池板をもつ宇宙空間太陽光発電所が建設され、電力がマイクロ波、レーザー等の電磁放射の形で地上に電送されるようになる。	2018年	2022年

課題101番と102番は、ともに効率20%程度を目指すものであり、第5回技術予測調査に比べて、今回の結果は2~3年の遅れとなっている。一方、課題103の30%の変換効率を目標とするものは10年以上の大幅な遅れとなっている。特に課題104は、第5回調査では「50%以上」となっており、今回、目標値が下がったにもかかわらず、実現には大幅に遅れるという結果となった。

このことから、変換効率20%程度までは開発の若干の遅れはあるものの見通しが立っているが、それを超えることに対しては非常に困難を伴うという認識が、ここ数年に一般化したことを示唆すると考えられる。この一つの現れとして、回答者のコメン

トにも効率の向上よりコストの低減等、製品化にむけた研究開発が重要とする意見が多かったことがあげられる。

3.2 超電導

3.2.1 技術の現状紹介

1986年のLaBaCuO系超電導体の発見後、種々の高温超電導体が発見された。YBaCuO系の超電導体は、臨界温度(常電導から超電導に移転する温度)が90 Kで、磁場による特性劣化が少ないが、線材化しにくい欠点がある。バルクや薄膜での利用が検討されている。BiSrCaCuO系の超電導体は、2つの相を持ち、各々の臨界温度は80 Kと110 Kである。この材料は、線材化し易く、既に数km長の線材が製造されており、数テスラを発生できる磁石も製作されている。最近、HgBaCaCuO系で164 K臨界温度が報告されており、これが現在までの最高の臨界温度である。

クラスタ分子C₆₀を利用した材料(フラーレン)では、C₆₀にCs, Rbなどをドーブした有機超電導体で、33 Kの臨界温度が報告されている。超電導の発現機構は明らかになっていない。

金属系材料の超電導現象は、電子がフォノンを介して対(クーパー対)を形成し、同一のエネルギー状態に凝縮する事により生じる。高温超電導に関しては、

- ①クーパー対が形成されている事
- ②超電導が主としてCu-O面で2次的に生じている事。

などが確認されているが、クーパー対を形成する物理機構に関しては、現時点では明らかでない。

ジョセフソン素子に関しては、金属系超電導材料であるNbを用いた素子が開発され超電導量子干渉効果デバイス(SQUID)を用いた微小磁化測定装置や、医療用心磁図測定装置などが開発されている。YBaCuO系の高温超電導体を用いたSQUIDも試作され、液体窒素中での動作が確認されている。最近超電導センサ研究所で、高温超電導体を用いた16チャンネルの心磁計測装置が開発された。

超電導電力貯蔵(SMES)では、1980年代にEPRI (electric power research institute)が20MWhのSMESの予備設計を行ったが、1990年代になって中断した。最近アラスカで500kWhのSMESの開発が進められている。国内では、(財)国際超電導産業技術研究センター(ISTEC)を中心にして100kWh/20MWの大きさのSMESの検討が、進められている。60kWと小型ではあるが、実システムでシステム安定化試験を行った例もある。1988年から工業技術院ムーンライト計画の一環として「超電導電力応用技術研究開発」プロジェクトがスタートし、7万kVA界磁超電導発電機の開発が進められている。次のフェーズとして、20万kVAの発電機を製作する計画がある。以上の他、超電導電力応用として、

- ③高温超電導体を用いた66kV, 1 kAの超電導ケーブル短尺モデルの製作
- ④配電道限流器(6.6kV/2 kA)の機能実証

などが報告されている。

MRIは、金属系の線材(NbTi線)を用いた0.5テスラ～1.5テスラの装置が一般的である。イメージング実現のために、超電導磁石の磁場均一性と磁場安定が要求される。現在までに、国内だけで1,000台以上の装置が発売され、医療診断装置として普及している。理化学用NMRスペクトロメータでは、現在までにプロトン共鳴周波数750MHz(17.6テスラ)の装置が市販されている。磁場が高いほどS/N比が向上して計測時間が短縮される上、スペクトルの分解能も向上するので、装置は高磁場化の傾向がある。最近、日本の金属材料技術研究所などで、プロトン共鳴周波数1 GHz(23.5テスラ)の装置の製作が検討されている。

磁気浮上式鉄道は、これまで宮崎実験線で開発を進めてきたが、東海道リニア新幹線をめざして、新たに山梨実験線の建設が行われた。浮上式鉄道磁石は、車両に搭載するので

- ⑤磁石の軽量化
- ⑥振動に対する安定性
- ⑦車載冷凍機の開発

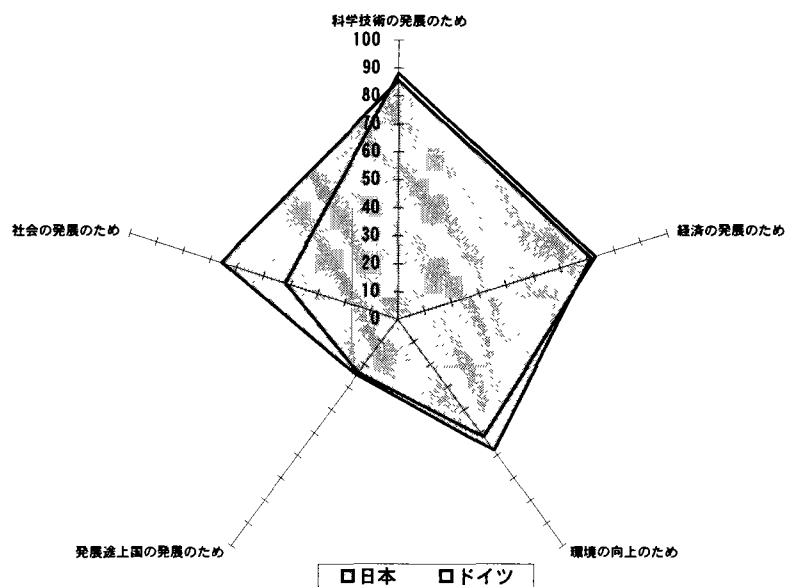
などが必要である。これまでに、磁石の基本性能は実証されている。実験線での走行試験の結果に基づき、リニア新幹線の可否を決定する事になっている。

これまで国内で、重量 150 トン、長さ 22 m の船(ヤマト 1)が製作された。船は、6 連のダイポール磁石を両側に持ち、海水と電磁力により航行する。最近、実験の航行に成功し、6 ノットの速度を達成した。

3.2.2 重要度評価に見られる一致点と相違点

各項目について日独比較をすると、まず、内容的にあまり関係のない「発展途上国の発展のため」は当然ながら日独ともに低い値となっている。「科学技術の発展のため」と「経済の発展のため」については、日独ともほとんど差はなく、ともになりに高い値となっている。逆に「環境の向上のため」と「社会の発展のため」は日本が高く、特に「社会の発展のため」については、日本がドイツよりも 20 程度高くなっている(図 3.2-1)。

図 3.2-1 重要度の日独比較(超電導)



「科学技術の発展のため」については、日独で特に大きな差のあるものではなく、「119: 常温に転移点をもつ超電導体の開発」(日 94, 独 95)、「118: 臨界温度 77 K を超える有機超電導物質の開発」(日 94, 独 96)、「117: 高温超電導のメカニズムの解明」(日 93, 独 98)のような超電導技術を支える基盤技術が両国ともに高く評価されている。

これと同様に「経済の発展のため」についても日独で特に大きな差のあるものはな

く、「122:高温超電導材料を用いた超電導送電の実用化」(日 93、独 92)、「123:高温超電導体を利用したエネルギー貯蔵の実用化」(日 90、独 86)等、電力利用への応用課題について両国ともに重視している。

また、日独で差の大きかった「社会の発展のため」について各々の課題を見ると、「126:超電導体を応用した発電プラントの一般的利用が実現」(日 75、独 45)、「122:高温超電導材料を用いた超電導送電の実用化」(日 81、独 51)、「127:高温超電導体を用いた磁気浮上式列車の開発」(日 76、独 48)及び「123:高温超電導体を利用したエネルギー貯蔵の実用化」(日 78、独 54)のような電力利用への応用課題で日本の値がドイツよりかなり高くなっているという特徴がある。

重要度の5つの項目について、複数の項目にクロスして比較してみることにする。回答者母集団が同一である太陽電池では、概して日独ともに「経済の発展のため」と「社会の発展のため」が同程度の評価になっている。一方、超電導では、日本は「経済の発展のため」と「社会の発展のため」の評価が同程度であるのに対して、ドイツは「社会の発展のため」の評価は「経済の発展のため」より低いという傾向がみられる(図 3. 2-2、図 3. 2-3)。

図 3. 2-2 重要度(経済と社会)のクロス(日本の調査結果)

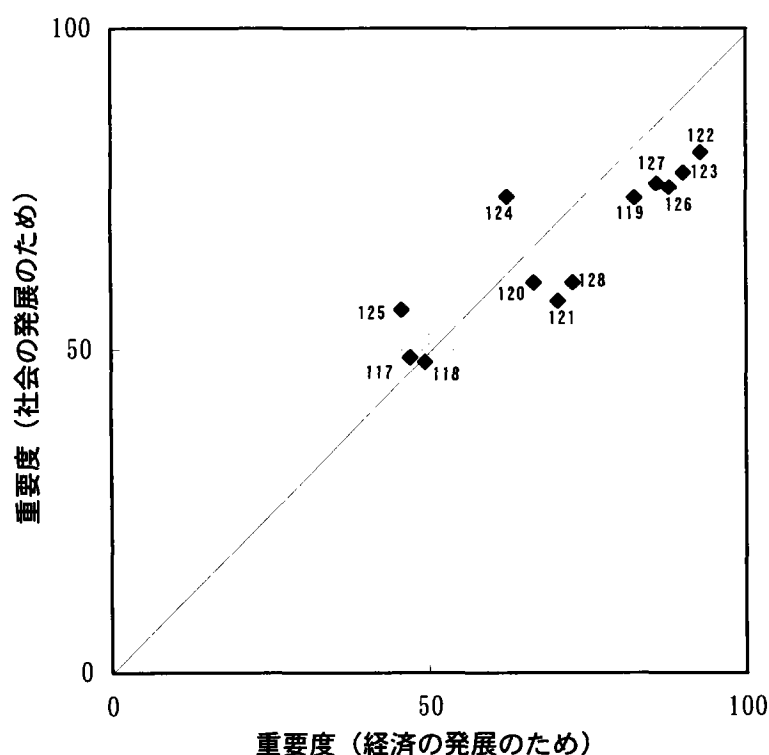
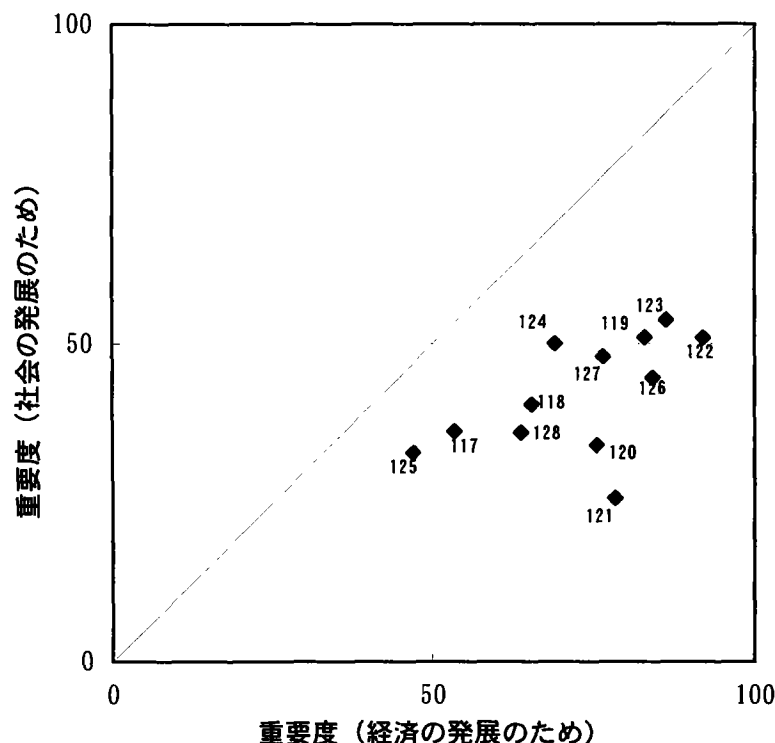


図 3.2-3 重要度(経済と社会)のクロス(ドイツの調査結果)



3.2.3 日本の予測時期の状況

ここでは、日本の実現予測時期の状況について見ることにする。

全課題の実現時期の平均は、日本 2011.6 年、図 3.2-4 から、日本の今後の課題実現の推移をみると、2002 年から 2008 年にかけて約 40 パーセントの課題が実現し、2012 年までの間に実現する課題はなく、2013 年から 2020 年の間に残る約 60 パーセントの課題が実現する形になっている。

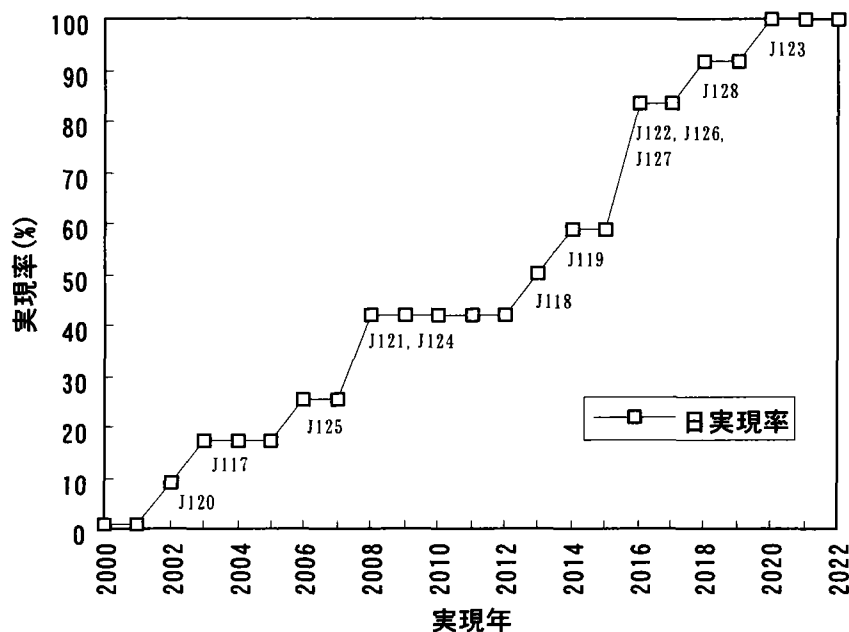
個々の課題について見ると、2001 年から 2008 年にかけて早く実現すると予測されているのは、「120: ジョセフソン接合を用いた簡単な高温超電導回路の開発」(2002 年)、「117: 高温超電導のメカニズムの解明」(2003 年)、「125: 25T 以上の超精密超電導マグネットによる 1GHz NMR 装置の製作」(2006 年)等の理論の解明や装置の開発に関するものであり、また、2013 年以降に実現すると予測されているのは、「119: 常温に転移点をもつ超電導体の開発」(2014 年)、「126: 超電導体を応用した発電プラントが一般的利用の実現」(2016 年)、「122: 高温超電導材料を用いた超電導送電の実用化」(2016 年)等の常温超電導材料の開発や超電導の大規模な利用技術の開発に関するものである。

今後 10 年余りの間に比較的規模の小さい応用技術が実現し、また、高温超電導のメカニズムについてもここ 10 年以内に解明されると予測されているが、常温超電導材料の開発については、高温超電導のメカニズムが解明されてからさらに 10 年程度を要するという慎重な見方になっている。

なお、日本の専門家は、国際コンファレンスのプレゼンテーションの中で、「125: 25T 以上の超精密超電導マグネットによる 1GHz NMR 装置の製作」について、25 T 以上の超電導マグネットの開発は昔は夢であったが、最近では日本、アメリカで 5～6 年後に完

成するという計画のプロジェクトが走っており、実現の可能性は高くなってきていると指摘している。

図 3. 2-4 実現時期の日本の状況(超電導)



3. 2. 4 必要条件についての比較分析

日本の値は高いほど、課題実現にとって必要性が大きいと評価し、ドイツは反対に値が高いほど課題実現に見通しが明るいと評価している。

3. 2. 4. 1 日本の調査結果

「科学技術上の問題が解決されること」については、全体的に、必要性が大きいと評価されている。このうち、特に解決の必要性が大きいと評価された課題は、「118:臨界温度 77 K を超える有機超電導物質の開発」、「119:常温に転移点をもつ超電導体の開発」(ともに 96) 及び「117:高温超電導のメカニズムの解明」(95) であり、基礎研究に関する 3 つの課題全てについて、科学技術上の問題の解決の必要性が特に大きくなっている。

「将来の市場における需要の増大」については、「117:高温超電導のメカニズムの解明」(21)、「118:臨界温度 77 K を超える有機超電導物質の開発」(21) 及び「119:常温に転移点をもつ超電導体の開発」(38) という基礎研究に関する 3 つの課題を除いて、必要性が比較的高いと評価されている。このうち、需要の増大の必要性がかなり大きいと評価された課題は、「122:高温超電導材料を用いた超電導送電の実用化」(88)、「126:超電導体を応用した発電プラントが一般的利用の実現」(86)、「123:高温超電導体を利用したエネルギー貯蔵の実用化」(82) であり、超電導の大規模な応用課題のうち、送電や発電プラント、貯蔵という基本的な電力利用に関する課題の実現に対して、需要の増大が重視されている。

「将来の市場における価格競争力の向上」については、「将来の市場における需要の増大」と同じように、「117:高温超電導のメカニズムの解明」(14)、「118:臨界温度 77

Kを超える有機超電導物質の開発」(16)、及び「119:常温に転移点をもつ超電導体の開発」(30)という基礎研究に関する3つの課題を除いて、需要の増大の必要性が比較的高いと評価されている。このうち、特に大きいと評価された課題は、「122:高温超電導材料を用いた超電導送電の実用化」(87)、「126:超電導体を応用した発電プラントが一般的利用の実現」(86)のような、超電導の大規模な応用課題のうち、送電や発電プラントという基本的な電力利用に関する課題である。

次に、以上の3つの必要条件全体について、課題毎に特徴を見ると以下のとおりとなる。

3つの必要条件全ての必要性が大きい課題例としては、
「122:高温超電導材料を用いた超電導送電の実用化」(科学 91、需要 88、価格 87)、
「126:超電導体を応用した発電プラントの一般的利用の実現」(科学 90、需要 86、価格 86)、
「123:高温超電導体を利用したエネルギー貯蔵の実用化」(科学 95、需要 82、価格 81)
「127:高温超電導体を用いた磁気浮上式列車の開発」(科学 93、需要 80、価格 79)、
等であり、このように、超電導の大規模開発に関する課題は全て技術上の問題も、将来のマーケットに関する問題も、課題実現のためには解決していく必要性が大きいと認識されている。

「科学」の必要性は大きい、「需要」及び「価格」は中程度の課題例としては、
「121:超電導三端子素子の実用化」(科学 93、需要 72、価格 70)、
「120:ジョセフソン接合を用いた簡単な高温超電導回路の開発」(科学 92、需要 71、価格 58)、
「125:25T以上の超精密超電導マグネットによる1GHz NMR装置の製作」(科学 91、需要 70、価格 59)、
等であり、このように、超電導を用いた素子や回路、一部の装置については、技術上の問題解決の必要性は大きいものの、将来のマーケットの問題は解決の必要性はそれほど大きくはないとされている。

「科学」の必要性は大きい、「需要」及び「価格」は小さい課題例としては、
「118:臨界温度77Kを超える有機超電導物質の開発」(科学 96、需要 21、価格 16)、
「119:常温に転移点をもつ超電導体の開発」(科学 96、需要 38、価格 30)、
「117:高温超電導のメカニズムの解明」(科学 95、需要 21、価格 14)、
等であり、超電導の基礎研究に関する3つの課題が該当している。

3.2.4.2 ドイツの調査結果

「科学技術上の問題が解決されること」については、全体的に解決される可能性が比較的高いと評価されている。このうち、特に可能性を高く評価された課題は、「120:ジョセフソン接合を用いた簡単な高温超電導回路の開発」(92)及び「125:25T以上の超精密超電導マグネットによる1GHz NMR装置の製作」(89)という、超電導の小型装置等への応用に関する課題であるが、「117:高温超電導のメカニズムの解明」(87)のような基礎研究に関する課題についても高く評価されており、その傾向には特徴はない。

「将来の市場における需要の増大」については、全体的に増大の可能性が中程度と評価されている。その中でも、比較的高く評価された課題は、「122:高温超電導材料を用いた超電導送電の実用化」、「123:高温超電導体を利用したエネルギー貯蔵の実用化」(ともに76)及び「119:常温に転移点をもつ超電導体の開発」(75)であり、超電導の基本

的な電力利用や常温超電導体の実現・利用に対して、需要の増大について比較的明るい見通しを持っている。

「将来の市場における価格競争力の向上」については、全体的に中程度～低いと評価されている。その中で、「117:高温超電導のメカニズムの解明」(30)及び「128:超電導磁石を用いたMHD型磁気推進船による海上輸送の実用化」(32)は、評価の最も低い方の課題である。

次に、以上の3つの必要条件全体について、課題毎に特徴を見ると以下のようになる。

「科学」は可能性が高く、「需要」及び「価格」は中程度の課題例としては、
「121:超電導三端子素子の実用化」(科学 87, 需要 68, 価格 51)、
「120:ジョセフソン接合を用いた簡単な高温超電導回路の開発」(科学 92, 需要 73, 価格 63)、
「125:25T以上の超精密超電導マグネットによる1GHz NMR装置の製作」(科学 89, 需要 58, 価格 50)、
「122:高温超電導材料を用いた超電導送電の実用化」(科学 87, 需要 76, 価格 51)、
等であり、このように、超電導を用いる素子や回路、装置に関する課題、及び大規模開発の中でも送電や磁気浮上列車に関する課題が挙げられる。

3つの必要条件全ての可能性が中程度であるが、そのうち「科学」及び「需要」はやや高い課題例としては、
「123:高温超電導体を利用したエネルギー貯蔵の実用化」(科学 79, 需要 76, 価格 53)
「119:常温に転移点をもつ超電導体の開発」(科学 76, 需要 75, 価格 45)、
「128:超電導磁石を用いたMHD型磁気推進船による海上輸送の実用化」(科学 68, 需要 52, 価格 32)、
等の高温超電導体を利用したエネルギー貯蔵や常温超電導体の開発、超電導船の実用化に関する課題が挙げられる。

3.2.5 現状の評価についての比較分析

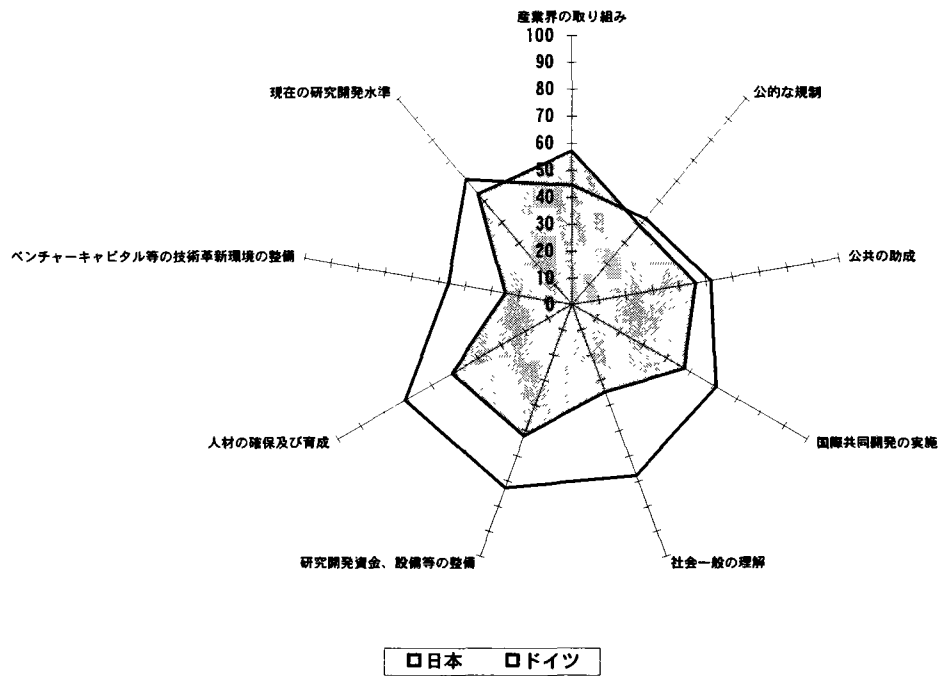
9項目の調査結果について日独比較したものが(図 3.2-5)である。

9項目を日独比較すると、「産業界の取り組み」以外の8項目は日本指数よりドイツ指数のほうが高いという結果になった。全項目の指数は、日本 24～58、ドイツ 41～73に収まっており、日本は現状がやや悪いという認識であり、ドイツは現状が中程度あるいは、比較的良いという認識となっている。また、各々の項目を比較すると、この9項目の中では、特に「研究開発資金、設備等の整備」、「人材の確保及び育成」は日独の差が大きく、評価の差が20以上あった。

このうち「研究開発資金」は全課題で、ドイツが日本より高い結果となった。日独で比較的差の大きかった課題は「125:25T以上の超精密超電導マグネットによる1GHz NMR装置の製作」(日 47, 独 79)、「124:高温超電導線材を用いたMRI装置の開発」(日 49, 独 77)等である。

「研究開発水準」では日独の自国の技術水準評価はほぼ一致した結果になり、1課題を除いては評価が50～70であった。

図 3.2-5 現状の評価の日独比較(超電導)



3.2.6 第5回予測との同一課題のデータ比較

表 3.2-1 同一課題の実現時期の比較(超電導)

課題内容	第5回調査	今回の調査
118: 臨界温度 77 K を超える有機超電導物質 (フラーレンを含む) が開発される。	2008年	2013年
119: 常温に転移点をもつ超電導体が開発される。	2016年	2013年
120: ジョセフソン接合を用いた簡単な高温超電導回路が開発される。	2001年	2001年
121: 超電導三端子素子が実用化される。	2006年	2007年
122: 高温超電導材料を用いた超電導送電が実用化される。	2018年	2016年

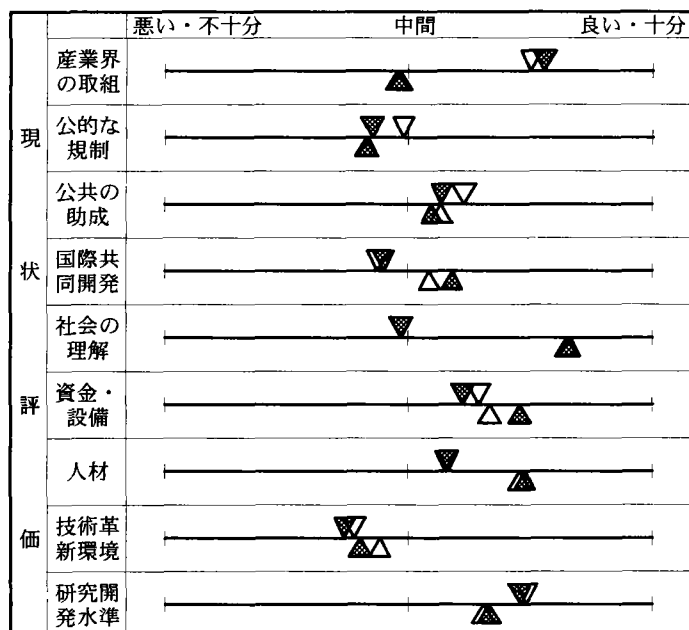
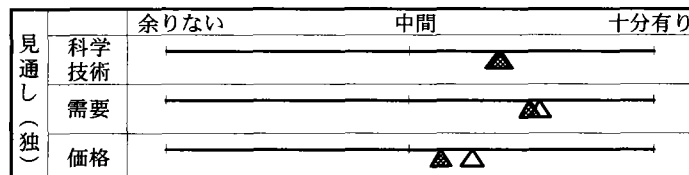
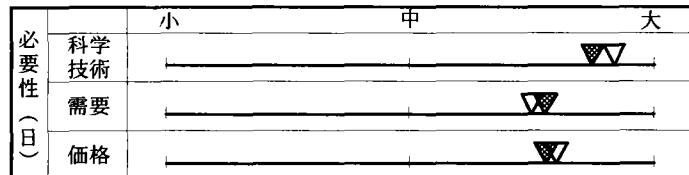
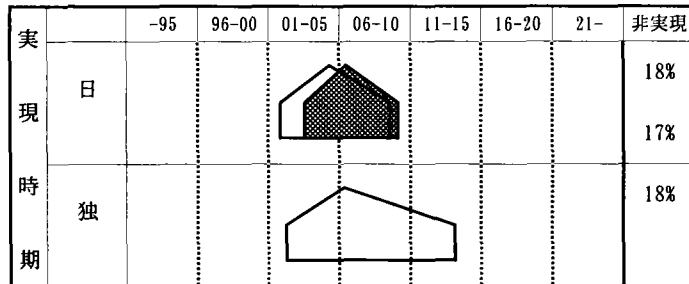
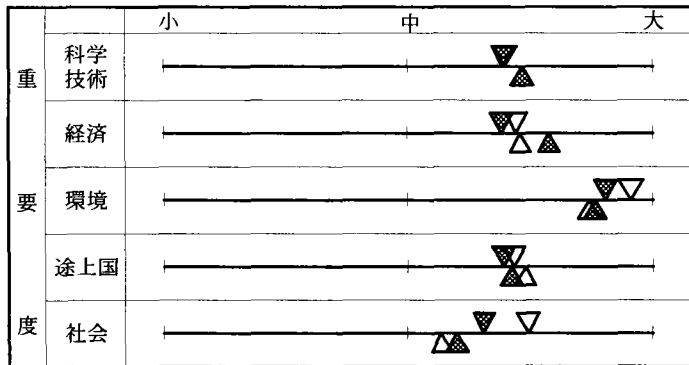
第5回技術予測調査と今回の調査との同一課題は3課題(課題119番、121番、122番)、類似課題は2課題(課題118番、120番)であり、この5課題について日本の実現時期のみを比較してみた(表3.2-1)。

「118:臨界温度77Kを超える有機超電導物質の開発」は、日本の予測は5年遅れる結果となった。これは、日本では、超電導研究の中で有機超電導物質の研究は比較的進捗度が遅いことを示していると考えられる。その他の課題については、ほぼ同じかもしくは早く実現すると予測されている。特に「120:ジョセフソン接合を用いた簡単な高温超電導回路の開発」については、日本が研究組合をつくってかなり精力的に研究開発を行っていることが2001年という早い実現時期を遅らせない理由になったと、日本の専門家は、国際コンファレンスのプレゼンテーションの中で指摘している。

材料・プロセス [太陽電池]

101:変換効率20%以上の大面積アモルファスシリコン太陽電池が実用化される。

専門 度等	日 独	R1			R2				
		人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
	日	126	35%	38%	27%	97	36%	34%	30%
	独	125	22%	42%	36%	100	20%	51%	29%



日本のコメント (例)

- ①アモルファス太陽電池は低コストを優先課題とすべきであり、コスト高の高効率を考える必要がない。
- ②アモルファス材料物性に関するブレークスルーが必要。
- ③効率20%以下でも低価格化を実現し、早期普及を進めるべき。
- ④長年の開発経緯からみて大幅な効率向上は難しい。光による初期劣化も問題。
- ⑤理論的に可能性が示されており、今まで同様の変換効率の伸びが期待できる。
- ⑥長年の開発経緯からみて、大幅な効率(20%とか)向上は難しい。光による初期劣化も問題がある。従って、効率12~14%でも低価格化を実現し、早期普及をはかるべきである。
- ⑦アモルファス太陽電池は変換効率が15%以下でも低コスト化の可能性は大きく、効率20%を目指すよりも早期実用化に向けたR&Dを加速すべきである。
- ⑧各種Si系太陽電池の中で、最も交換効率の伸びが著しいものは、過去5年、10年、20年いずれのスパンでも、アモルファス太陽電池を含む薄膜Si太陽電池であり、理論効率との差も大きく、効率はまだまだ向上する。光による補助劣化後の効率の伸びも著しい。架台や設置工事等、面積比例BOSSコストの点からも、一層の高効率化が必要。
- ⑨すべての太陽電池について言えることだが、低コストで高効率のものを目指すことが重要。コストを度外視して高効率を追求してもダメ。また、日本の場合は、設置面積との関係で高効率太陽電池の開発は諸外国より必要大。
- ⑩効率について重要でないとの意見が日独にあるが、総合的に経済性を考える場合、効率も重要なファクターとなる。

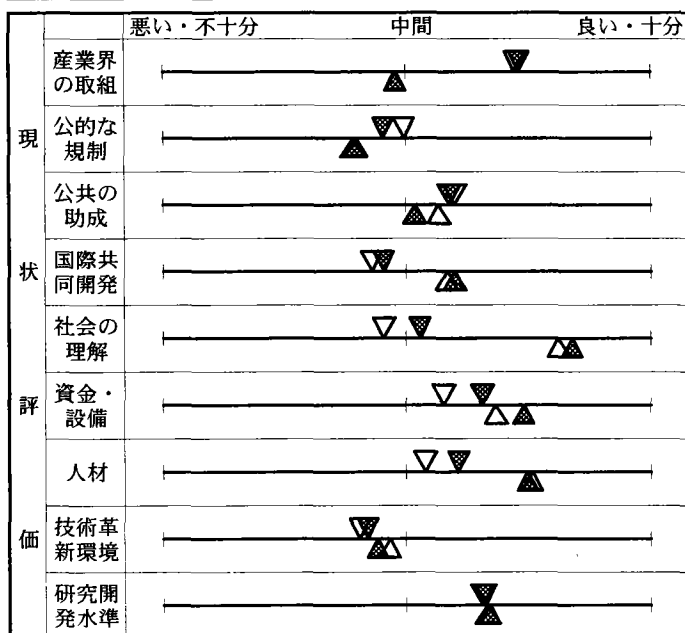
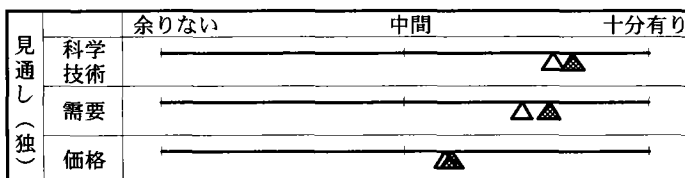
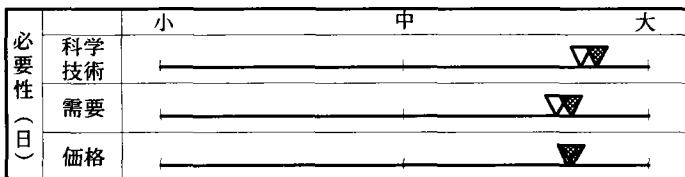
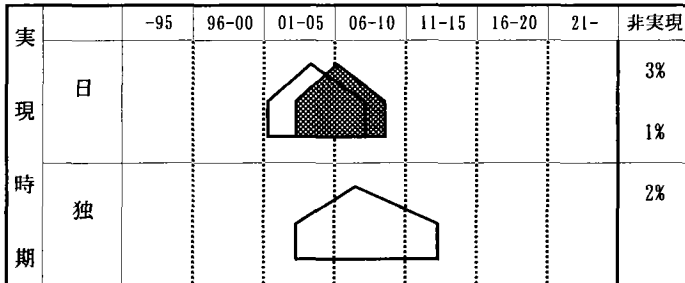
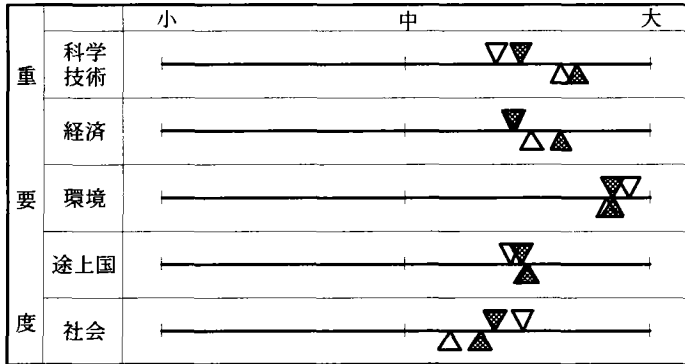
独のコメント (例)

- ①物理的に限界が定められている!
- ②効率は、私にとってはそれほど重要とは思われない。それよりもむしろ決定的に重要なのは、設置コストと電気出力との比である。
- ③結晶性薄膜セル。
- ④大部分の用途に対して効率は二義的なものに過ぎない! 設備のkW出力当たりのコストが決定的要素になる。
- ⑤過酷な外部条件の下では長期安定性は望み得ない。
- ⑥大型電池には問題あり、開発に時間がかかる!

材料・プロセス [太陽電池]

102:変換効率20%の大面积薄膜太陽電池が実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	123	37%	37%	26%	94	37%	33%	30%
独	124	21%	40%	39%	100	21%	44%	35%



日本のコメント (例)

- ①光閉じ込め技術が完成することが条件。CuInSe₂タイプは環境面から開発すべきでない。
- ②特にCuInSe₂系薄膜太陽電池が有望。
- ③素材と原理の見直し改良を要す。
- ④一般には、アモルファス、CIS、Si薄膜があるが、可能性の高いのはSi薄膜。
- ⑤CuInSe₂は窓層にCdSを使用する限り安全面、環境面で実用化困難。開発時間はかかるが、多結晶Si薄膜太陽電池に注力すべき。
- ⑥Si以外の薄膜太陽電池は、CuInSe₂、CdTeいずれも、資源量が不十分かつ公害物質を含むという課題がある。
- ⑦3元、4元系のCuInGaSe₂は、大面积化は困難。
- ⑧タンデム化により実現は可能。素材及び成膜技術の見直し必要。
- ⑨日本のコメント①に対して、「CuInSe₂タイプは環境面から開発すべきでない」との意見があるようですが、その根拠は何なのか不明。CuInSe₂は水に対する溶解度も極めて低く、酸に強い。また、火災時にも問題のないことが報告されている。とくに米国では安全性を確認しており、NRELでも積極的に開発に取り組んでいる。
- ⑩シリコン多結晶薄膜によるものが最有望であり、これからの太陽電池発展にとっても最重要。(低価格化にもつながる)。

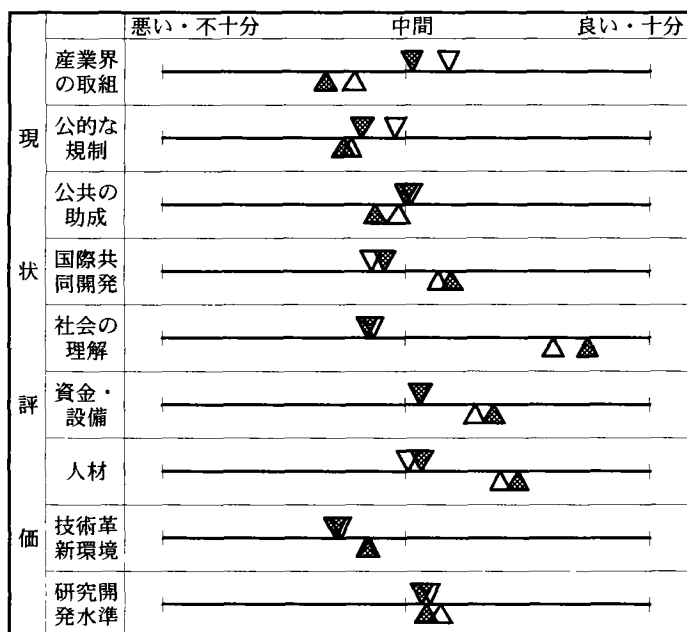
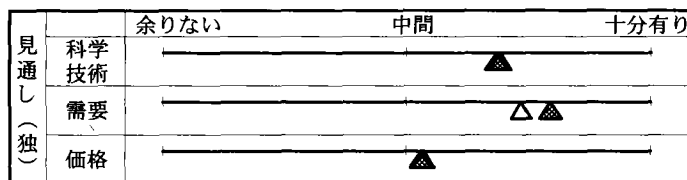
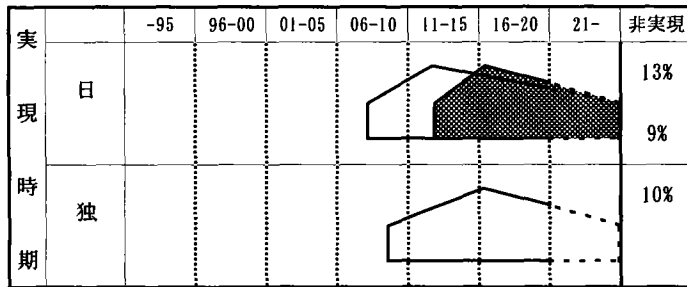
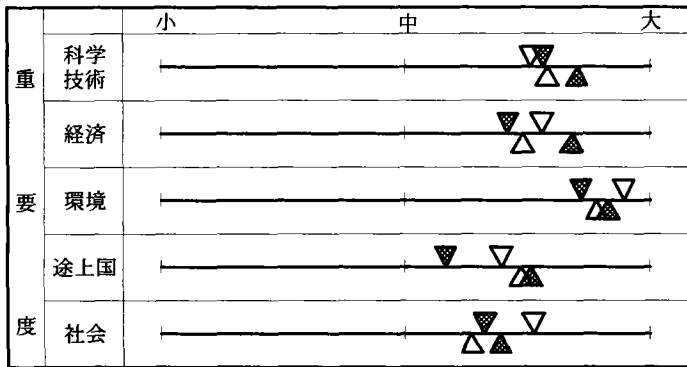
独のコメント (例)

- ①重要なのはこの先数年間に於いて効率の向上ではなくて、製造コストの低下である。物理的限界。
- ②開発とマーケティングの成否は、使用材料と製造プロセスの環境面での重要性和大いに関連している。
- ③ソーラー電力供給に関する全国統一ルール。

材料・プロセス [太陽電池]

103: 効率 30% に達する太陽電池が普及する。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	126	37%	33%	31%	95	38%	33%	29%
独	120	23%	43%	34%	101	23%	44%	34%



日本のコメント (例)

- ① 高効率 Si or GaAs 等の太陽電池では、原材料問題が生じる。
- ② シリコン単体ならブレイクスルーが必要。タンデム化なら市場ニーズが課題。
- ③ 物性上不可避の損失を考慮すると 30~35% で実用化される。用途は、価格供給力の面から宇宙用等特殊用途に限られる。
- ④ 普及しやすい Si 材料では効率 30% はかなり難しい。タンデムも含め、高効率ほどコスト高くなり、普及するかどうか疑問。
- ⑤ 2010 年までは電気自動車やソーラーカーなどの限定された用途が主なマーケットになる。
- ⑥ 生産プロセスの面で大きな技術革新が無いと低コスト化は難しい。効率 20% の太陽電池の低価格化による普及が現実的である。
- ⑦ 効率は達成できるが、低コスト化が課題。高集光で砂漠地帯での大規模発電で可能。

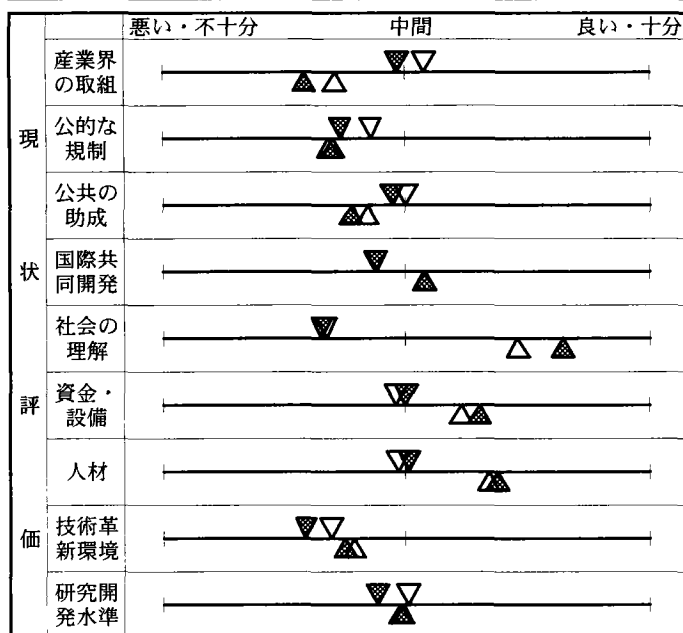
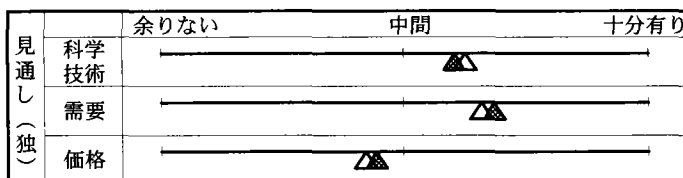
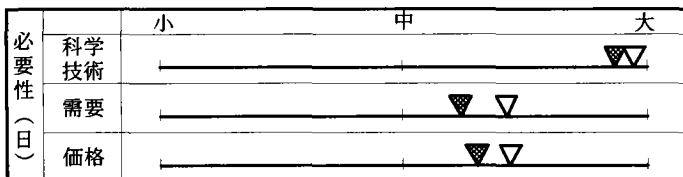
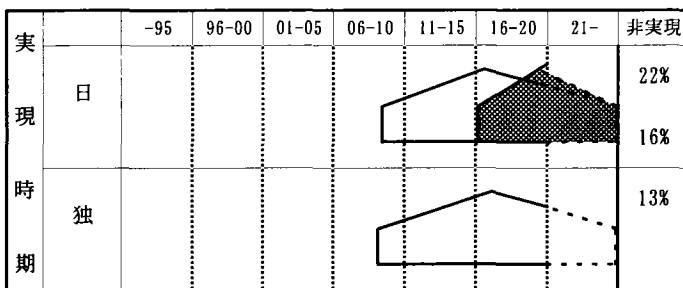
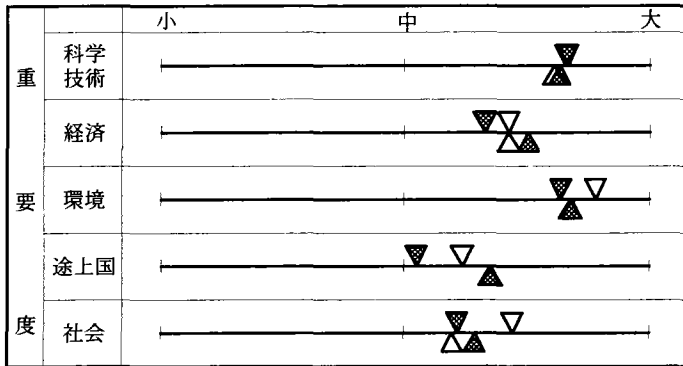
独のコメント (例)

- ① 問題は、この種の太陽電池を大量生産で低コスト生産できるかどうかである。一般に効率が向上するにつれて、工程数が増加する。
- ② 集光においてのみ。
- ③ 現実的には 20%。
- ④ 基礎研究が必要。
- ⑤ 直射日光が強烈な地域での応用。

材料・プロセス [太陽電池]

104:変換効率40%以上の積層(例えばタンデム)太陽電池が実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	118	38%	31%	31%	90	41%	29%	30%
独	115	21%	32%	47%	97	23%	39%	38%



日本のコメント(例)

- ①化合物系で実現するとすれば、コストが重要な課題となる。
- ②原料(ガス) 効率の良いエピタキシャル成長技術の開発が課題。
- ③プロセス技術的には難しいが可能。宇宙用など特殊用途向き。
- ④他の発電システムと発電コストで comparable になるにはこれ位の換換効率は必要。しかし現状の材料では困難であり、新しい材料開発が必要なため長期間のR&Dを要す。
- ⑤開発は可能かも知れないが、一般用電源としての実用化は困難。宇宙用、集光システム用としての用途に限られる。
- ⑥ flat plate 方式で低コスト化が可能になれば重要技術となる。
- ⑦単色光(レーザ光) のエネルギー変換素子として期待する。
- ⑧「バンドギャップの異なるものを順次重ねてタンデム方式とすると42%の変換効率が予測されている」ことから実用化は可能であろう。ハイブリッド技術のマッチングがとれるかが課題となる。

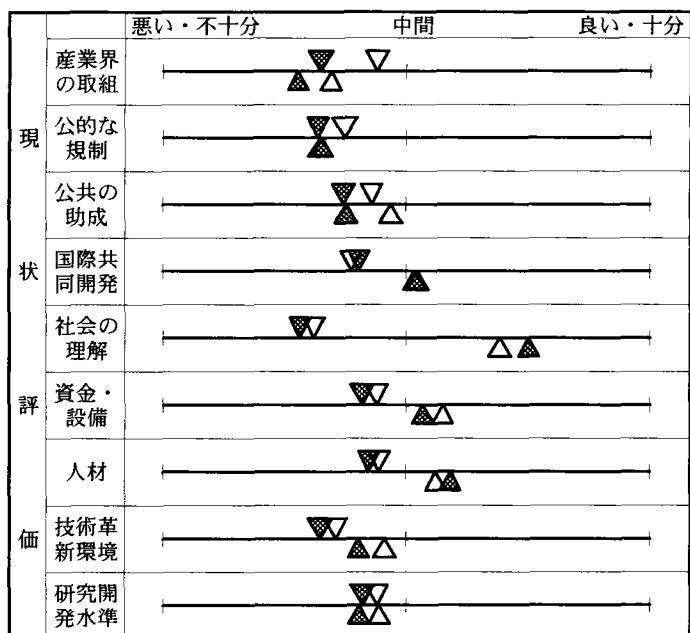
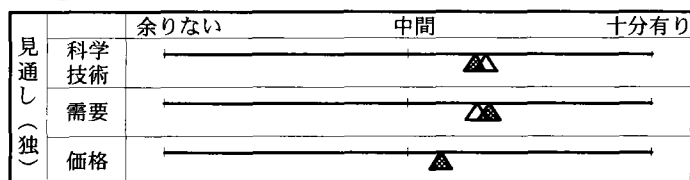
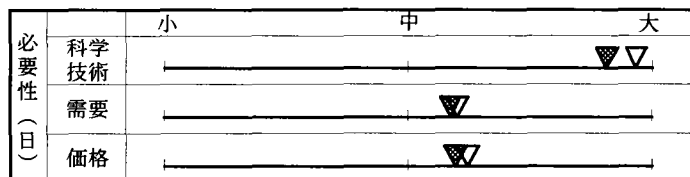
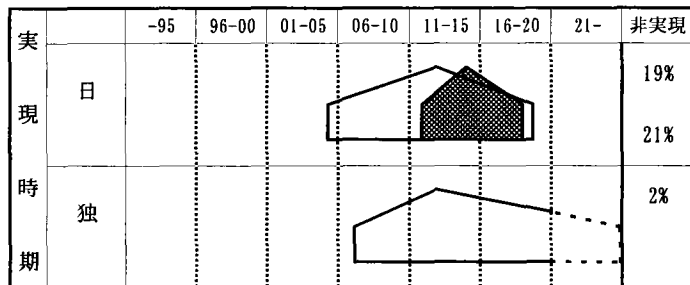
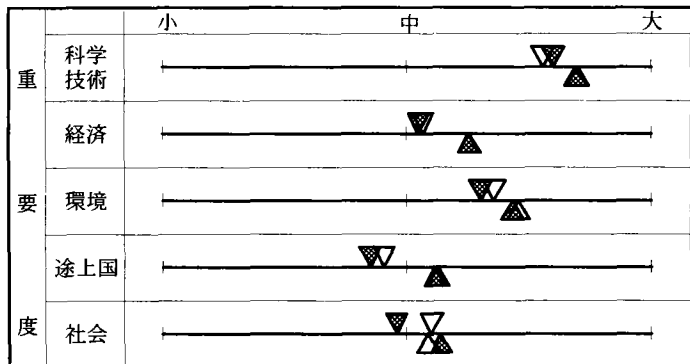
独のコメント(例)

- ①非常に困難である。少なくとも全く新しい材料が必要となる。
- ②集光との組み合わせにおいてのみ。困難である。
- ③集光を用いてのみ。主として直接照射時に限り使用できる。
- ④極めて困難、高度開発された少なくとも一つの新材料が必要。
- ⑤小型の電池のみ!

材料・プロセス [太陽電池]

105:効率15%以上の増感太陽電池(例えば色素、ナノ結晶半導体による)が使われるようになる。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	99	19%	40%	40%	70	17%	46%	37%
独	89	18%	30%	52%	79	15%	38%	47%



日本のコメント(例)

- ①耐久性(色素)、新材料の信頼性が問題。
- ②ナノ結晶半導体は見込みが薄い。色素系は研究の価値あり。
- ③新材料であり、耐久性、信頼性に不安が残る。
- ④色素は信頼性改善が決め手。ナノ結晶は極めて疑問。
- ⑤原理的には可能だが、他の太陽電池に対する長所が少なく、また信頼性の課題もあり、実現は難しい。
- ⑥我国(日本)では電力用太陽電池として十分な検討(性能、信頼性、コスト、環境アセスメント)が行われていない。研究開発の余地はある。
- ⑦実現性高い。他技術(薄膜化など)と併用することも考慮すべき。

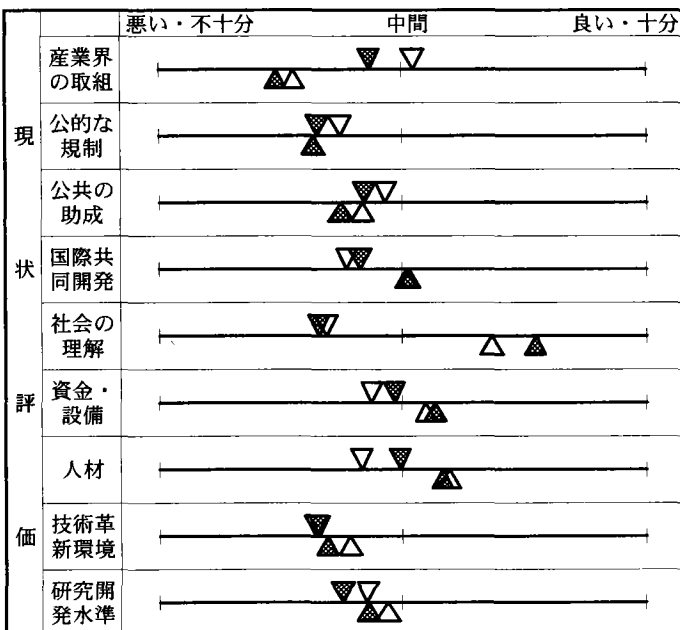
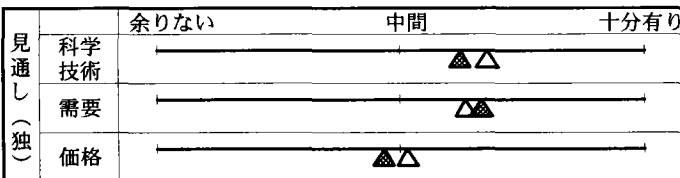
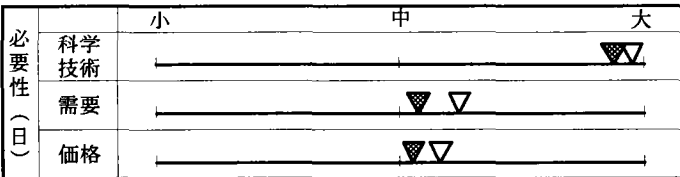
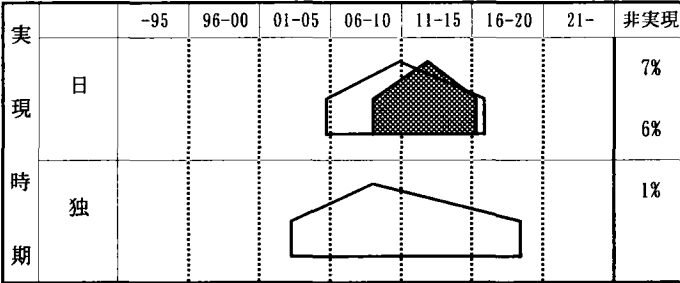
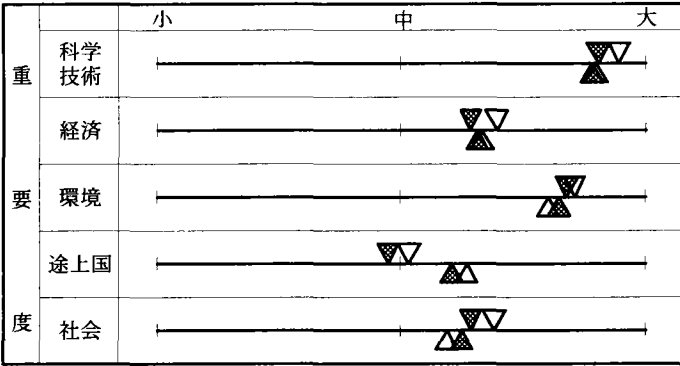
独のコメント(例)

- ①顔料を用いないで!
- ②長期安定性が問題である。
- ③電解液が環境汚染の恐れを有している。
- ④過大評価、安定性が証明されていない。
- ⑤あり得ること。

材料・プロセス [太陽電池]

106:高効率の太陽光発電効果をもつ新材料が開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	113	29%	36%	35%	83	29%	34%	37%
独	96	19%	36%	45%	84	20%	30%	50%



日本のコメント (例)

- ①単一材料での高効率化は困難。複合材料の探究が必須。
- ②全く新しいコンセプトによる材料開発が必要。
- ③単に新しい材料だけでは意味ない。経済性、環境問題等を解決し、かつシリコンより優れたものでなければならない。
- ④太陽電池は材料開発そのものであり、今後新材料出現は見込み薄。
- ⑤新材料開発の guiding principle が無い。そのため偶然の発見に期待するしかなく悲観点。
- ⑥複合材料、もしくは超格子等のアイデアに基づく新材料の開発。
- ⑦現在の技術、知識で40%位は見通せる。従って、ここで言う高効率は50%以上であるべきである。
- ⑧研究者のアイデアが重要。材料に関する探索的研究が必要。新しい原理も期待したい。

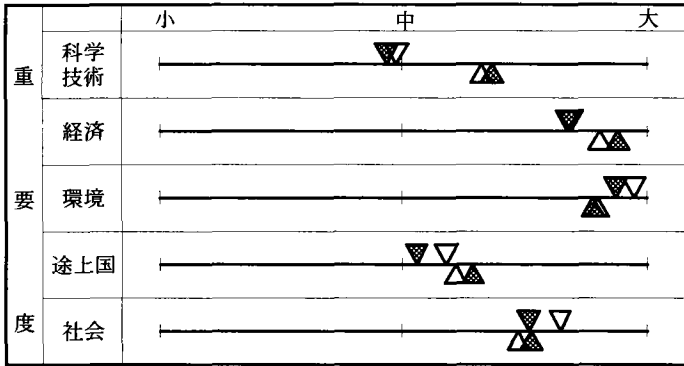
独のコメント (例)

- ①まだ知られていない材料が関わっているので、必ずしもすべての問題に解答できるわけではなく、とりわけ環境面での重要性に関しても解答できない。
- ②現在のところ既に観察されている-CdTeおよびCISでは現在でも既に高いレベルにある。
- ③リスクが大きい重要な研究分野。
- ④環境立法の規制。

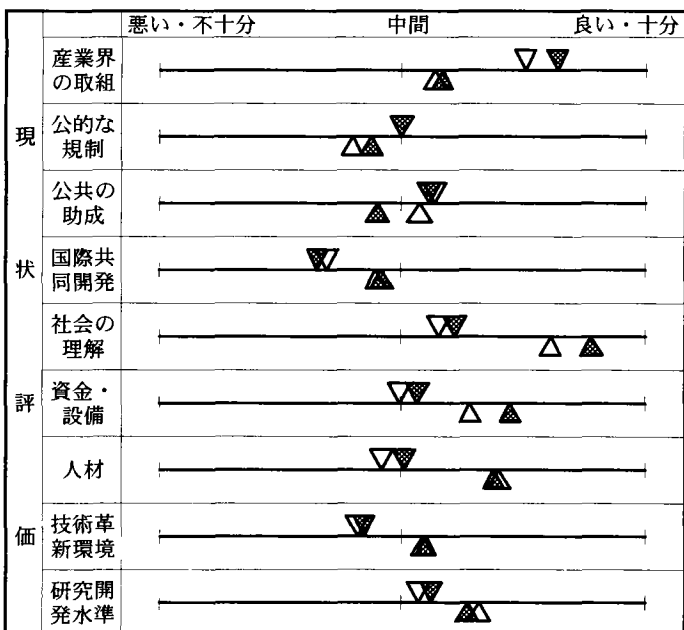
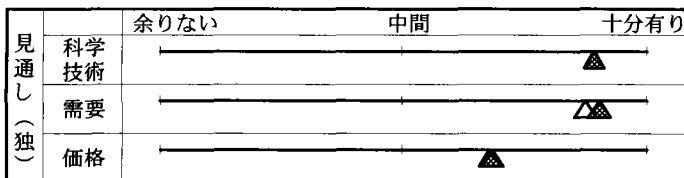
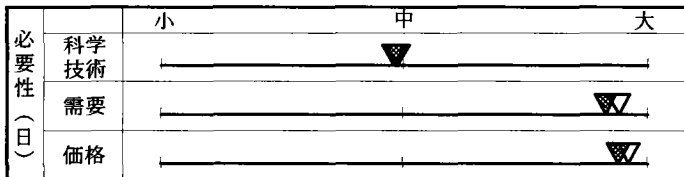
材料・プロセス [太陽電池]

107:ビル壁面や屋根に太陽電池一体型建材が普及する。

専門 度等	日 独	R1			R2				
		人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
	日	125	37%	30%	33%	95	34%	35%	32%
	独	120	23%	48%	29%	98	21%	51%	28%



実 現 時 期	日 独	-95	96-00	01-05	06-10	11-15	16-20	21-	非実現
		日							
独									3%



日本のコメント (例)

- ①太陽光発電普及への最重要課題と考える。
- ②アモルファス系セルの初期劣化防止、高効率化が重要課題。実現には、美的外観も重要な要素となる。
- ③太陽電池のみならず建材としての研究開発ならびに流通政策が必要。
- ④国家プロジェクトとしてのさらなるバックアップが必要。
- ⑤住宅用等普及するためには、美観などにも優れた建材一体型太陽電池モジュールの製品化が必要である。
- ⑥一般屋根よりも、ビル壁面に装着を先行すべきである。凌まじく電力消費するため、公的規制で強制させるべき。直射日光でなくも、結構発電します。
- ⑦建材として研究開発による耐久性能向上が必要。流通コストを極小にできる仕組みを作る必要がある。新エネルギーの普及のために、必要電力量の一定割合を太陽電池でまかなう指導、ないしは強制すべきである。
- ⑧現在の高級建材の価格は太陽電池パネルとあまり差がないので、政策等により実現は加速するだろう。
- ⑨技術的課題よりも、市場の受入体制がいつできるか、また経済効率との関係で決まる。
- ⑩コストの安い太陽電池一体型建材の開発は是非必要なことである。ビルの場合は建築費規模が住宅よりも大きいから費用を吸収し易いので有利。従来のL S Iに比べ使用量は桁違いに大きいので、S i 原材料問題の解決が普及の条件となる。ビル建築における(都市計画含む)法律の検討も日照量確保の為必要となる。

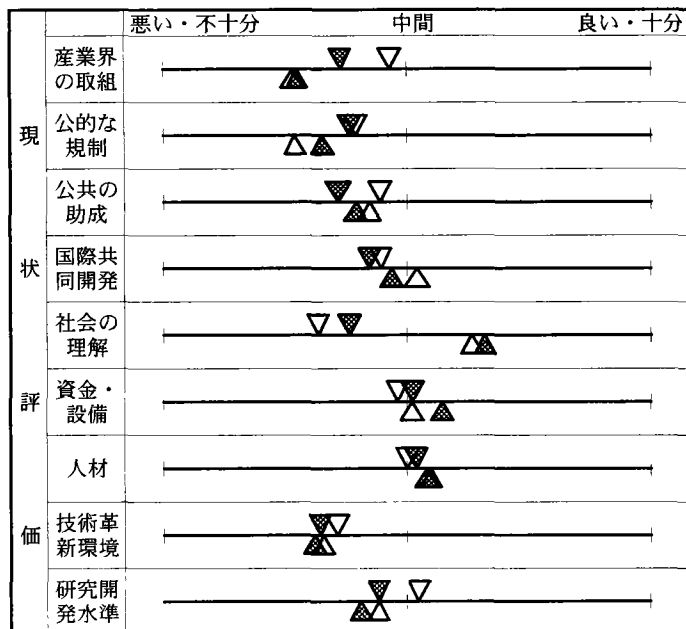
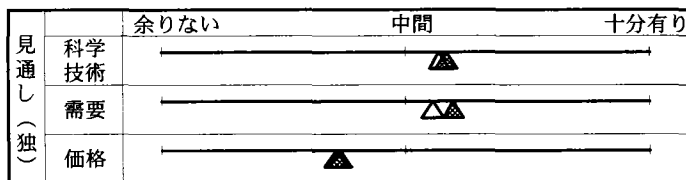
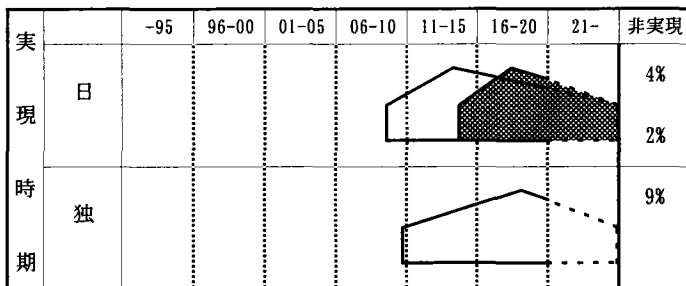
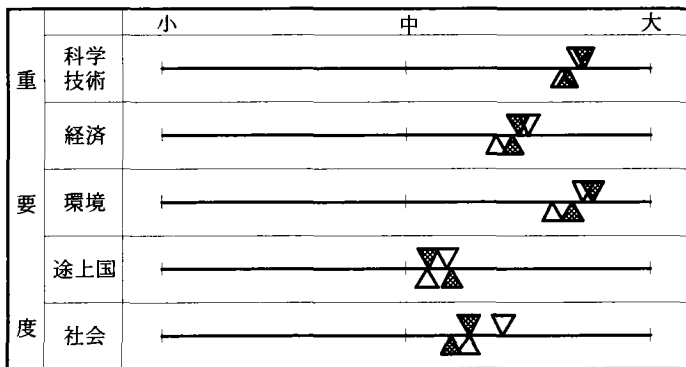
独のコメント (例)

- ①建築家の教育不足。P V技術のモジュラー化。—産業立地場所ドイツ!?!
- ②多機能建物外—エネルギー需要量が僅かであれば利用。
- ③総合的なシステム解決に努める。
- ④建築計画ならびに建築法規を手直しすることによる促進。

材料・プロセス [太陽電池]

108:燃料の光電気化学的合成が、工業的に利用されるようになる(例:人工光合成、合成燃料)。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	81	7%	35%	58%	60	8%	30%	62%
独	77	12%	27%	61%	74	9%	27%	64%



日本のコメント (例)

- ①反応機構の解明が重要である。
- ②まだ分子反応レベルの基礎研究段階。工業化時期は見えない。
- ③触媒効果の解明がキーポイント。
- ④まだ基礎研究段階であり原理の究明が必要。
- ⑤バッテリーの進歩に依存。
- ⑥耐久性解決の見通しが必要。
- ⑦こういう基礎技術は仲々日が当たらないから、国際的にもしっかり体制を作って継続すべきである。

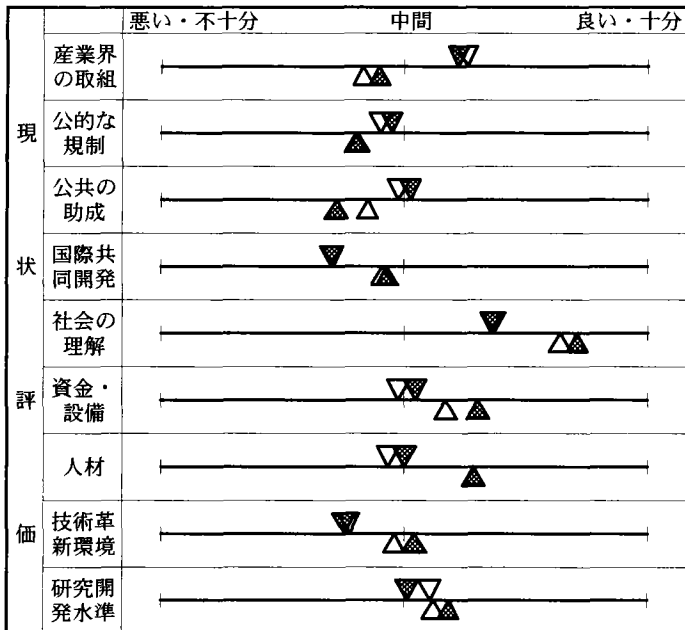
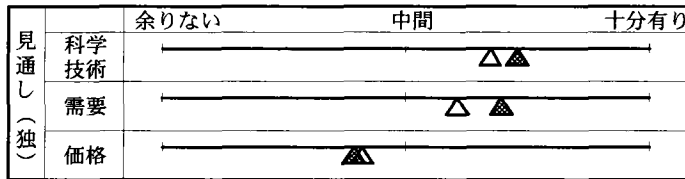
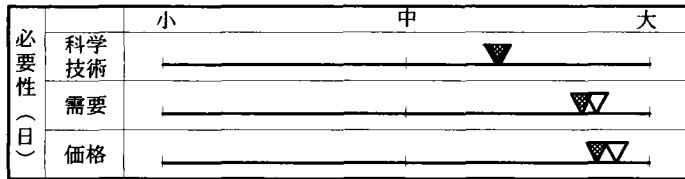
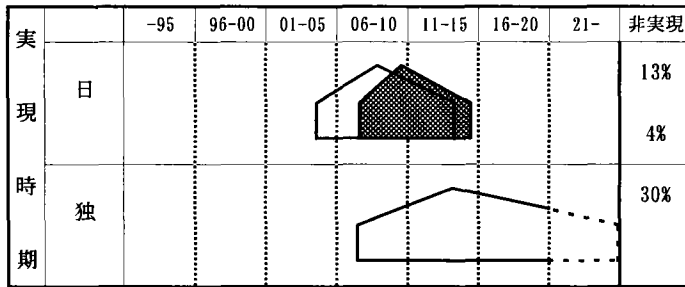
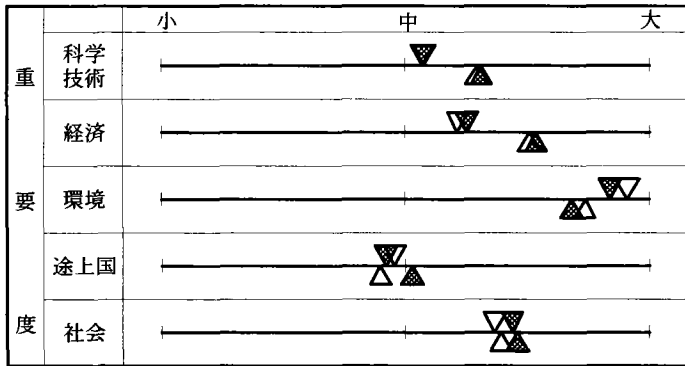
独のコメント (例)

- ①PV+電子的合成装置からなる別個の特殊化されたシステムが一層有効である。
- ②環境立法の規制。

材料・プロセス [太陽電池]

109: 車載の太陽電池を補助電源として走行する電気自動車が普及する。

専門度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	125	22%	38%	41%	100	17%	38%	45%
独	128	17%	44%	39%	101	18%	46%	37%



日本のコメント (例)

- ①軽量・高馬力のモータ及び軽量高性能バッテリーの開発が必須。バッテリースタンド網の整備も必須。
- ②電気自動車としてコストパフォーマンスのよいものを開発できる事が必須であり、太陽電池はその補助手段。
- ③太陽電池のコスト低減と小型軽量大容量の蓄電池の開発が最重要。
- ④蓄電池の画期的な進歩がなければ実現しにくい。重量、体積が1/10の電池開発を望む。
- ⑤インフラ(充電スタンドetc)と公的補助(税的優遇処置等)が必要。
- ⑥車載の太陽電池は容易に実現できるが、能力不足で車載の経済効果がないため実現されても普及しない。
- ⑦車の外観としてのデザインが、機能よりも、普及には強く影響してくるのでは?
- ⑧バッテリー技術の性能を一桁上げることは無理。一般車には向かない。独コメント②の意見に賛成。路線一定で管理がし易いから。都市向きに燃料電池自動車はどうか(安全性の追求は必要だが)。
- ⑨太陽電池を使用しない電気自動車(バッテリーはNi-H系)との競合に勝てるか。後者の可能性が強まってきている。やはりエネルギーの質を高める蓄電池が必要。

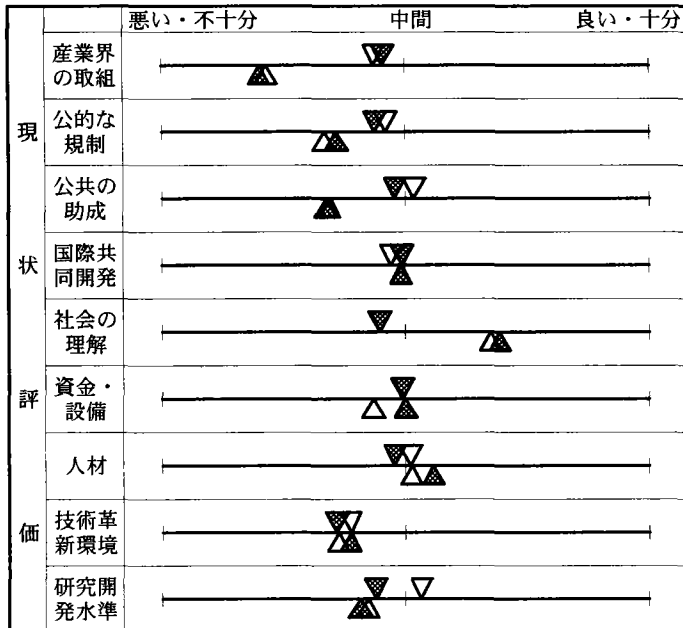
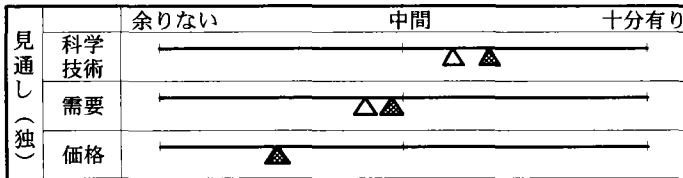
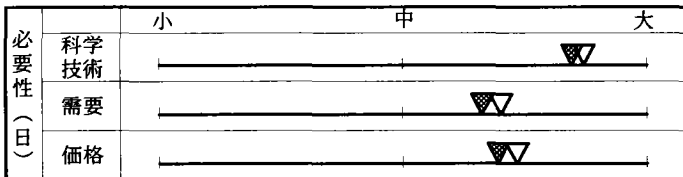
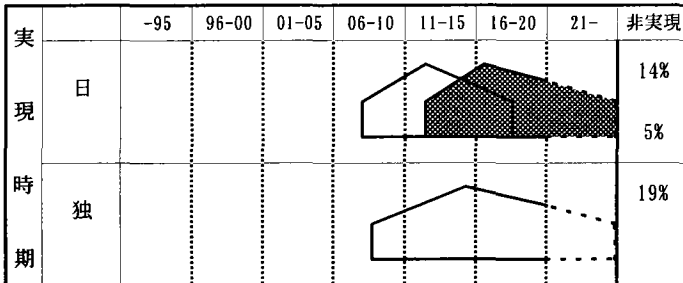
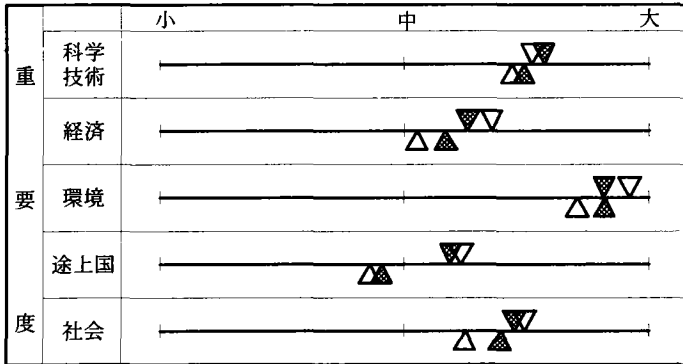
独のコメント (例)

- ①バッテリーの進歩にのみ依存している。
- ②個人交通ということでなく、公共の交通にするという方向で電力の貯蔵問題を解決する。
- ③自動車の空調は不可能である。
- ④補助的なエネルギー供給が可能。
- ⑤これは政治的問題だ。蓄電池(Speicher)が小さすぎる。
- ⑥『車の排気ゼロ』を目指すカリフォルニアの法律を借用しよう。

材料・プロセス [太陽電池]

110: 太陽光発電による水素生産を利用した二酸化炭素固定化システムが実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	85	15%	38%	47%	68	18%	35%	47%
独	85	9%	45%	46%	76	12%	43%	45%



日本のコメント (例)

- ①地球の温暖化がより深刻になればCO₂→炭化水素燃料の方向で研究が加速される。
- ②エネルギーシステムとして実現性乏しい。生物的アプローチの方が有利ではないか。
- ③炭素税が適用されれば(温暖化が深刻になれば)実用化は早まる。
- ④H₂を直接エネルギーとして利用し、化石燃料の消費を押さえてCO₂の排出を減らす方が合理的である。
- ⑤太陽光発電の普及そのものによって、化石燃料消費を減らしCO₂排出を減らすことが本筋。
- ⑥エネルギーサイクル、炭素サイクルの観点から検討すべき最重要課題である。
- ⑦1. 経済効率ならH₂、地球温暖化問題優先なら炭素固定燃料(メタノールなど)となる。要はその振り変わり時期が何時頃かということになる。2. 温暖化問題は現在科学的検証が不十分のため、フロン問題ほど危機感がないが、30年ぐらいを目途にはっきりしてくる。
- ⑧国際条約はできたが、途上国の経済成長、人口急増は止まらず、先進国の省エネ技術も頭打ちである。CO₂の増加は止まらない。CO₂を抑えるには、砂漠の緑化もあるが、炭素固定量としては不十分。人工的にやらねばならぬとすれば、CO₂の固定燃料化でカーボンサイクル(炭素循環)を確立する以外にない。
- ⑨実現性乏しい。排出CO₂問題は他の方法(植物利用、固体の多孔体への吸着・再生など)が本命である。

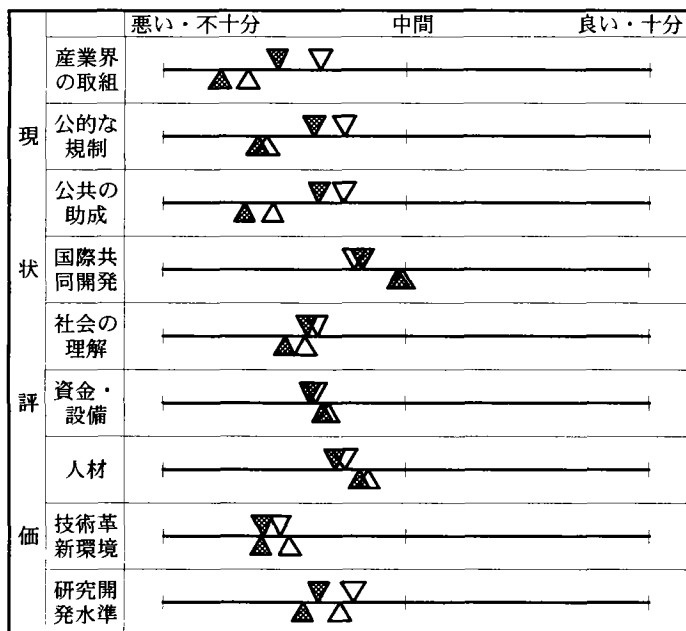
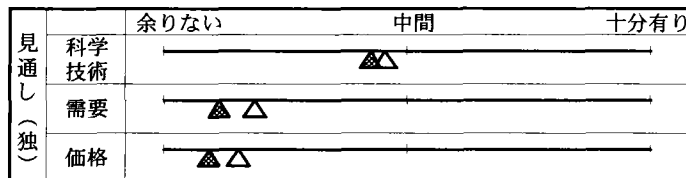
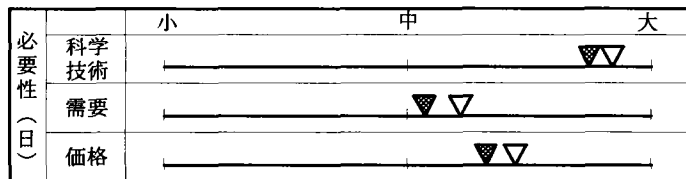
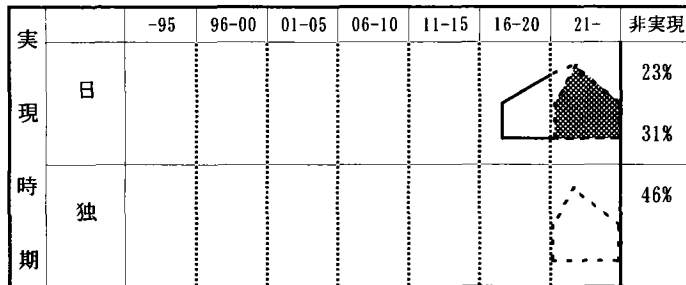
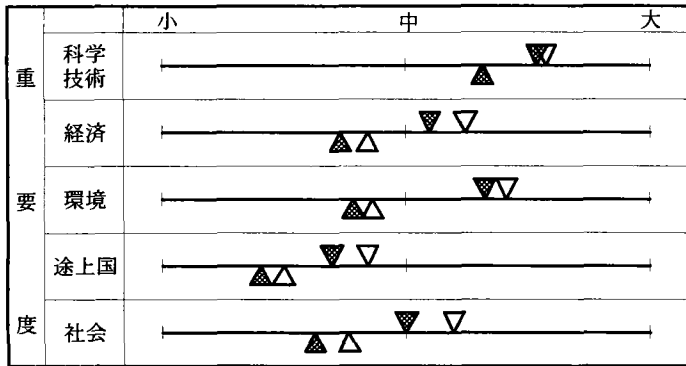
独のコメント (例)

- ①CO₂の排出を回避する方が良い。
- ②H₂を直接、燃料として使用する。
- ③CO₂排出を防止する方が有意義。
- ④光電池方式ではなく、太陽熱で発生させた水素(リモコン方式の地上集光ミラーで水を加熱して発生させた過熱蒸気で駆動される高出カタービンで発電した直流で電気分解した水素)が将来のエネルギーになる。

材料・プロセス [太陽電池]

111: 巨大な太陽電池板をもつ宇宙空間太陽光発電所が建設され、電力がマイクロ波、レーザー等の電磁放射の形で地上に伝送されるようになる。

専門 度等	日 独	R1			R2				
		人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
	日	118	17%	31%	52%	92	12%	36%	52%
	独	106	15%	39%	46%	88	11%	44%	44%



日本のコメント (例)

- ①耐放射線劣化、電磁放射の地上生活への影響等が重要課題。
- ②環境へ与える影響のアセスメントが必要。
- ③砂漠へ配置して、電力線での国際伝送のほうが可能性高い。
- ④地上で製造した太陽電池を使うなら、打ち上げetcに必要なエネルギーを、その後の宇宙発電で回収できるのだろうか？打ち上げetcの環境汚染はどうするのか？宇宙で製造した太陽電池を使うなら、人類の生活圏は宇宙に拡大している時のはず。
- ⑤設備打ち上げのコストが問題である。また地球環境におよぼす影響と軍事技術への転用が心配。まず地上(海上)の普及を考えるのが先でないか。
- ⑥1. 一見良い方法に見える。2. 熱汚染の立場からはおかしな技術。3. 伝送密度、受信地点の制御、上層大気との関連など、問題が多すぎる。こんなことをしなくてもエネルギー問題のsolutionはある。
- ⑦電力を宇宙空間から、電磁波(マイクロ波、レーザー等)で伝送するのは、効率と環境に問題がある。

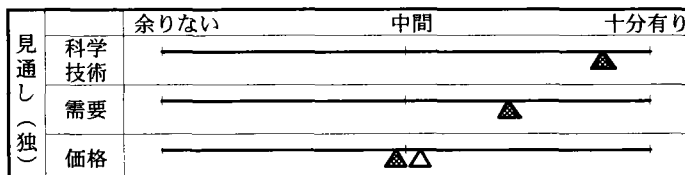
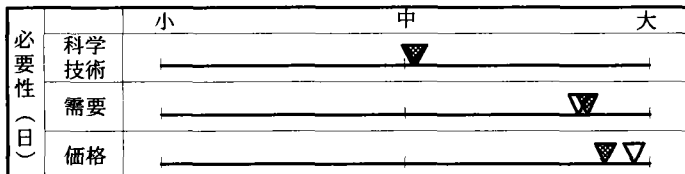
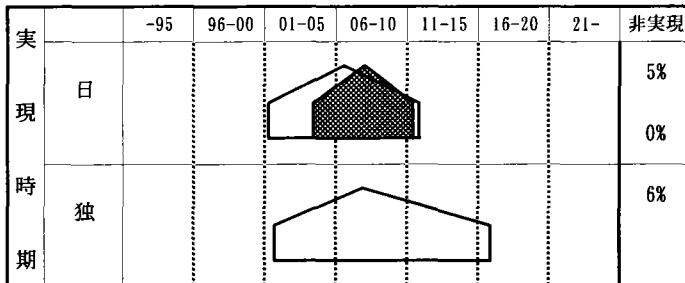
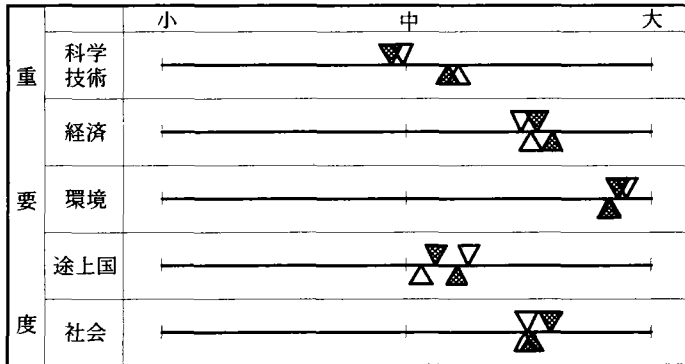
独のコメント (例)

- ①非常識なアイデアは地上では一層うまくいく。
- ②調整ミスとサボタージュによる高いリスク。
- ③転換損失が大きすぎるために有意義ではない。
- ④鏡を利用して局地的な気象をコントロールしたり、集めた光を技術的に利用することも考えられるが、鏡のサイズの関係上、局地的なものに過ぎない。
- ⑤地球的規模に悪影響が及んだら、環境に対する影響が計り知れなくなる！
- ⑥ゲオ・オービット(地球周回軌道)からの1GWの電力伝送など実現不能。

材料・プロセス [太陽電池]

112: 電力会社が各地に分散化された太陽光電力を使うようになる。

専門 度等		R1			R2				
		人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日		122	32%	35%	33%	96	30%	36%	33%
独		124	35%	36%	28%	99	33%	40%	26%



日本のコメント (例)

- ①電力供給体制の緩和（変更）電力の質と料金体系の確立。
- ②ピークカットを考えたら最も可能性あり。
- ③公共機関による導入普及政策が重要。
- ④規模による。小規模は分散化として実現する。
- ⑤さらにコストが安くなれば電力会社が使うかもしれないが、発電原価と比較すると既存の電源の発電原価の差が現在は、大きい。
- ⑥公的な普及策が必要。ピークカットのためにも導入実用化が急務（従来の発電システムとの共存）。
- ⑦分散型電源を許容するような新しい経済原理が出来てくるだろう。
- ⑧一般家庭の屋根上の太陽電池出力を、直流で電力会社は購入すべきである。一般家庭にて交流化と装置維持は、無理。
- ⑨既に個人住宅としてスタートしているもので、今後の加速が見込まれる（日独ともに）。
- ⑩夏のピークカットとしては確かに有効である。（日コメント②）。ベースロードとしては不適當。設置場所は工場、ビル、住宅が適當。日本の場合は緑地を破壊するような設置は行うべきではない。

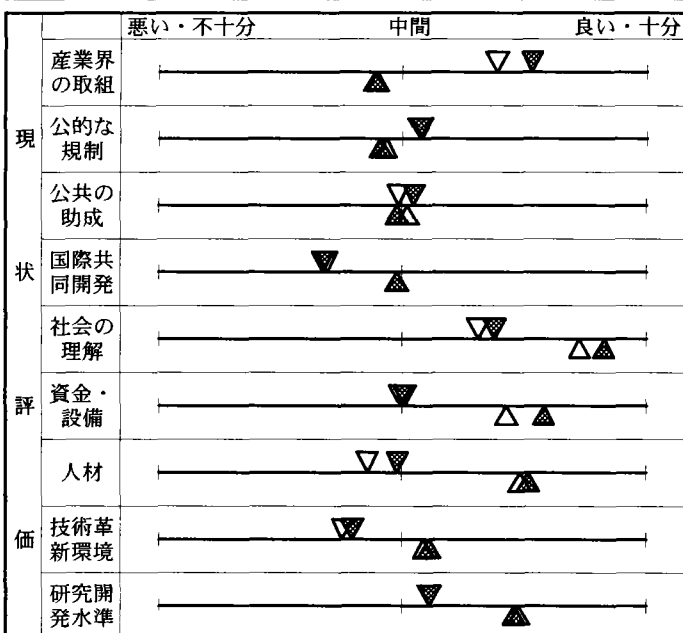
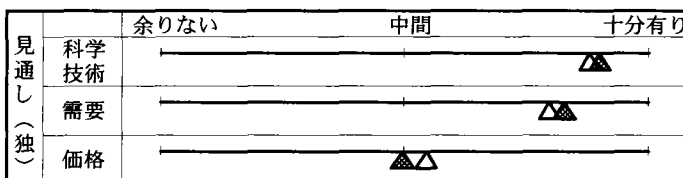
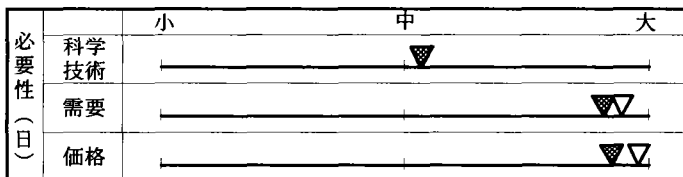
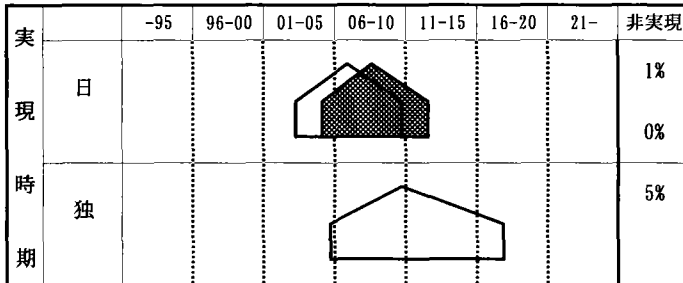
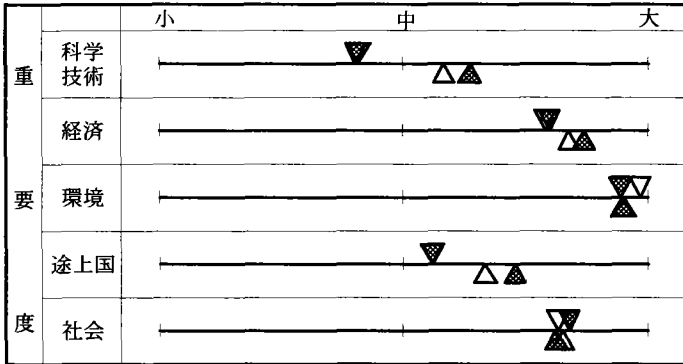
独のコメント (例)

- ①エネルギー貯蔵の問題が解決されねばならない。
- ②スイスでは幾つかのパイロット設備が存在し、ソーラー電力を買電可能！
- ③『アーヘン』や『ハンブルグ』の各モデル（コスト補償ないし井勘定方式での給電補償方式）によって今後10年以内に既に広範囲に系統への供給が普及し、ミックス方式として利用されるであろう。
- ④光発電はエネルギー密度が低すぎる。

材料・プロセス [太陽電池]

113:住宅用太陽電池が政府の助成なしに普及し、分散した住宅の電力供給に使われたり、一時的な余剰電力を電力供給網に提供するようになる。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	124	36%	31%	33%	93	34%	35%	30%
独	129	36%	41%	23%	102	35%	43%	22%



日本のコメント (例)

- ①普及までの政府助成と共に社会一般のエコロジ感覚/意識の啓蒙が必要。
- ②住宅メーカーは住宅建築費に電池費用をどこまで吸収できるか、細かい検討に入っている。社会の受け入れ素地もある。
- ③太陽発電を発電システムと考えず、新しい概念の住宅屋根の構成部材と考えて普及させる必要有り。
- ④公共機関による導入普及政策が重要。電池、システムの性能向上、価格低減、使い勝手の向上と共に、住宅メーカーとの協力重要。
- ⑤システムコストをどこまで低減するかが鍵。
- ⑥大型ビルに比べ、住宅の場合はいっそう経済的魅力がなければならぬ。太陽電池設備負担費用の他に、耐久年数の保障、メンテナンス費用削減や売電利益を総合的に示す必要がある。住宅建設のような長期ローンや免税措置は必要である。独コメント②に関係するが、太陽熱利用を組み合わせると総合効率を高めることも必要。
- ⑦壁にセルを取り付ける住宅施行は実現の可能性大。床暖房など個人ベースでやっているのだから支払電気料金がこれにより下がるのであれば個人ベースでもその方向に流れだす。

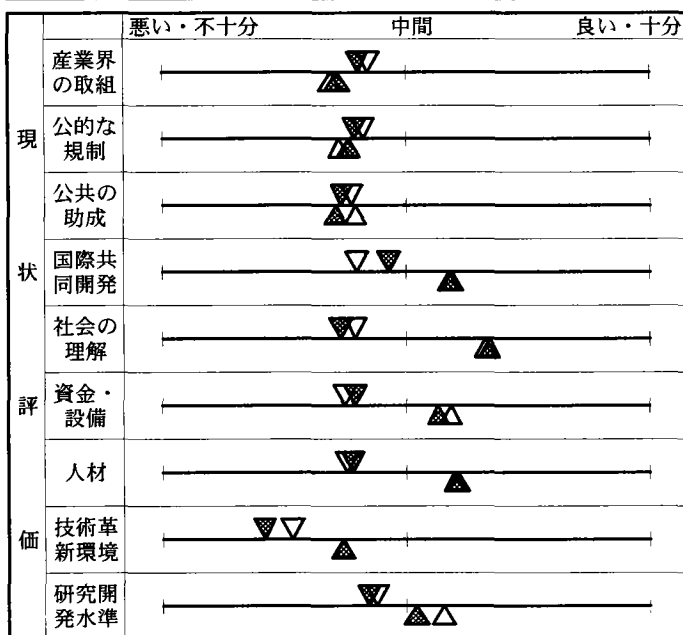
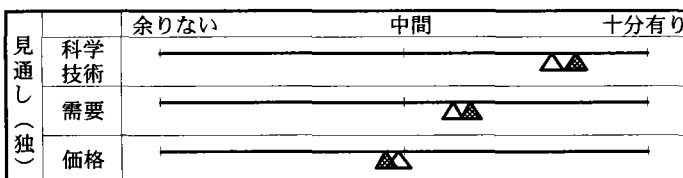
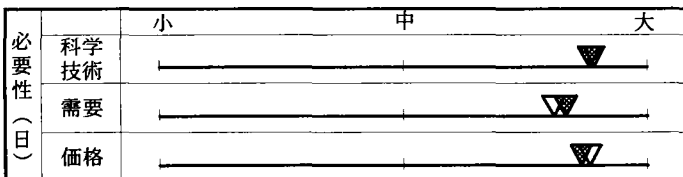
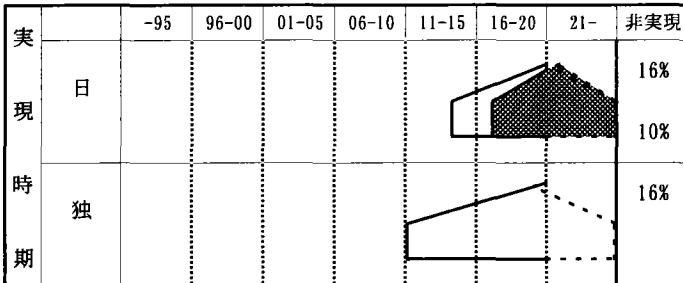
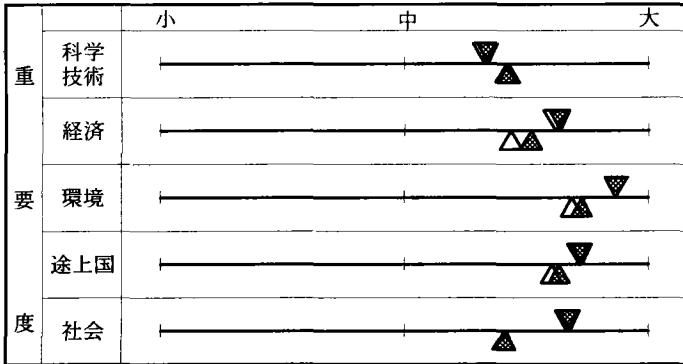
独のコメント (例)

- ①家計向け助成金がなければ、考えるのが難しい!
- ②炭素燃料が高騰すれば、太陽熱ポンプおよびヒートポンプが促進される。
- ③エネルギー政策の如何による。
- ④マイホームに対しては税制による助成が必要 (PV設備の減価償却)。

材料・プロセス [太陽電池]

114: 高圧直流送電や高温超電導送電等により、世界的な電力供給を行う太陽光発電産業が砂漠や洋上など日照量の多い地域で成立するようになる。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	128	20%	40%	40%	96	20%	40%	41%
独	122	25%	36%	39%	99	22%	45%	32%



日本のコメント (例)

- ①国際的合意の形成、国際共同開発経済援助の方法等で合意が必要。
- ②将来課題として重要で、国際共同研究体制が望まれる。
- ③送電するよりは、当該地域で電力消費型の産業を興す方が、経済システムのセキュリティ等の点から優れていると思う。
- ④太陽エネルギーは分散型が本来の形。
- ⑤太陽光発電システムの特長からして、大規模の発電電力を送電線で送るのは、設備利用率が悪くて問題である。エネルギー輸送の変換によっては（例えば水素）、大規模の太陽光発電プラントは出来るかも知れない。
- ⑥アイデアだおれ。有史以来地上から（これからは宇宙でも）戦争はなくなる。分散型が基本であろう。
- ⑦設置環境の悪い洋上や砂漠地帯で集中発電を行うよりも、消費場所で発電を行う分散型システムの方が発電コストは安くなると考えられる。
- ⑧日本のコメント③の意見に賛成である。但し電力消費型産業は一般に公害型が多く国内以上に万全の対策を立てて行うべきである。余剰電力は水素やメタノールの形で輸送する方が、送電より安全で現実的。

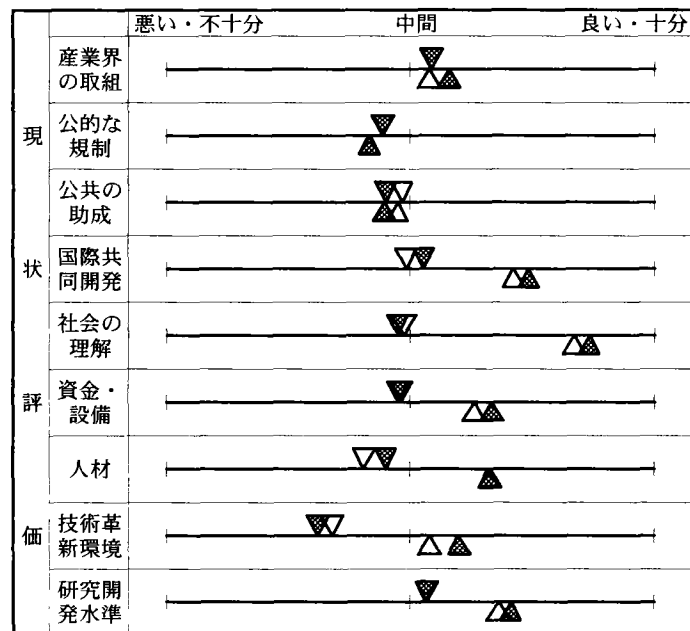
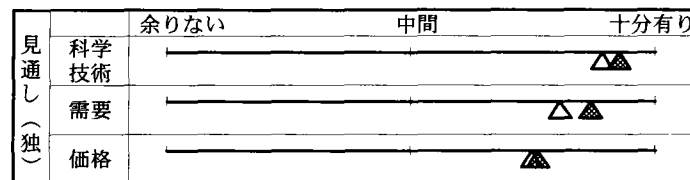
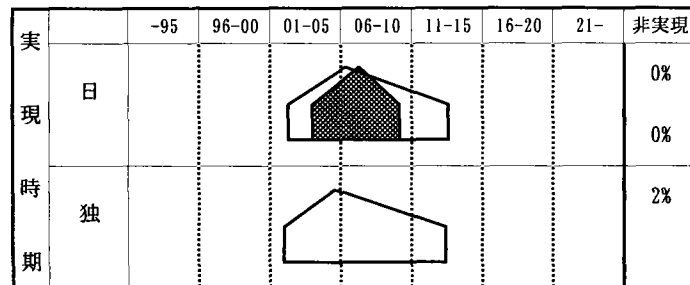
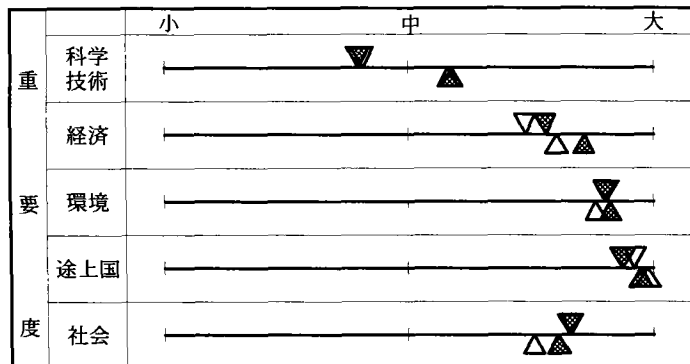
独のコメント (例)

- ①太陽熱発電所。
- ②基本的な政治問題の解決が前提条件である（北アフリカ！）。
- ③エネルギーは、それがその消費場所で完全には生産できない場合に限り輸送すべきであろう。
- ④総合効率が低すぎるため有意義ではない。
- ⑤砂漠隣接地域の工業化にとって興味深い。
- ⑥安定した国際協力なしでは実行不能。

材料・プロセス [太陽電池]

115: 発展途上国等の日照量の多い国の電力供給幹線から遠く離れた村落において、太陽光発電が最も重要な電力供給源となる。

専門 度等	日 独	R1			R2				
		人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
	日	123	24%	34%	42%	97	20%	38%	42%
	独	127	31%	38%	31%	101	28%	43%	30%



日本のコメント (例)

- ①分散型電源として太陽光発電システムは非常に有望。発展途上国の経済成長に伴い、普及していくと考える。
- ②当面はODA式の補助が必要。
- ③発展途上国への援助および人材育成が重要。
- ④受け入れ国の人材を育成することが重要。
- ⑤資金の負担問題がポイント。システムがあまり大きな単位にはならないだろう。
- ⑥国際的な協力援助が必要。
- ⑦既存電力網のない場所では太陽光発電システムはコスト的にも有望であり、運営体制を含め地域ニーズに合ったシステムを構築すべき。
- ⑧本来、最も有望かつ有意義な太陽光発電の需要域であるが、現状の経済原理（先進国の大規模エネルギー供給に基づく）では無理。したがって経済援助の特別枠等の強制的導入策が必要。このことは間接的に他のエネルギー資源確保にも有効である。

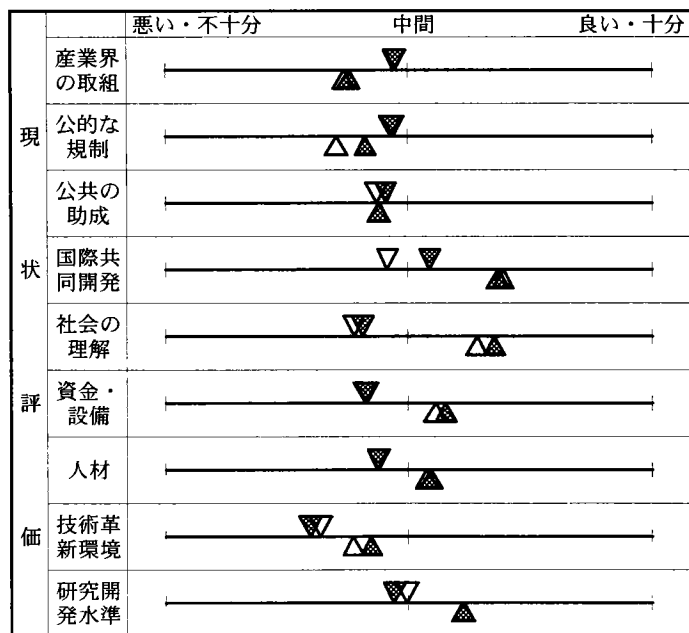
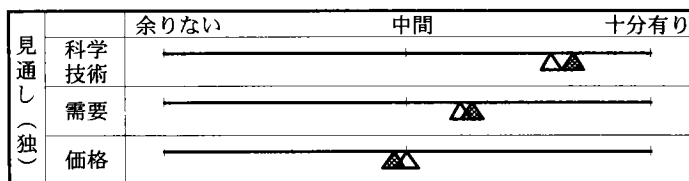
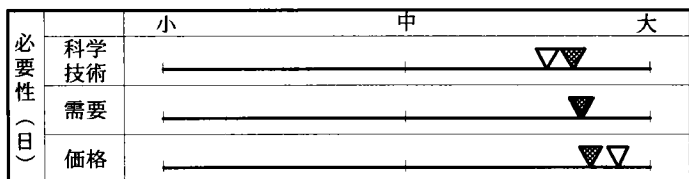
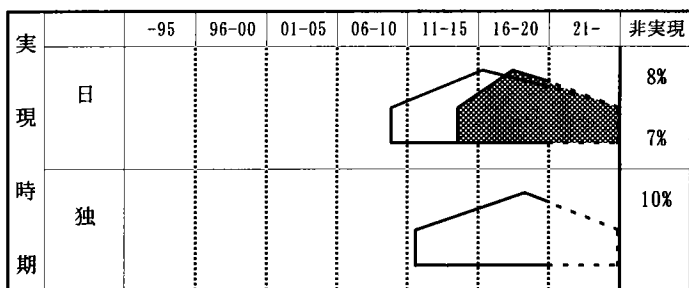
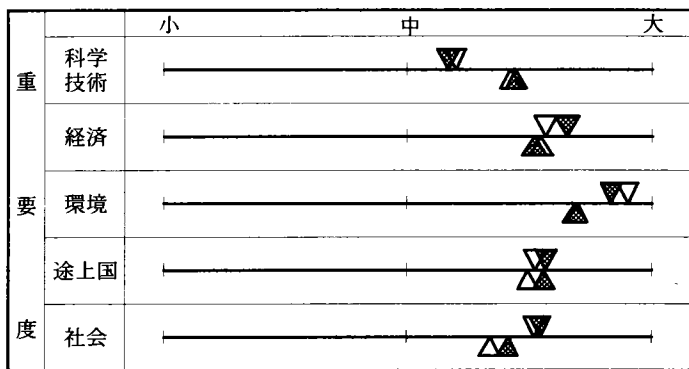
独のコメント (例)

- ①技術は、人間がその扱い方を心得ている場合に限り良いものである。
- ②ここでも政治的意志決定が必要である。豊かな国々は、たとえそれが自らの保護のためだけであっても、貧しい国々を援助せねばならない。
- ③そこでは必要なエレクトロニクス装置のための金を誰が持っているのか？
- ④開発援助と政策的支援とを強化しなければならない。

材料・プロセス [太陽電池]

116:太陽光発電による水素経済が確立し、日照量が多い地域で水素が生産されて世界的に供給されるようになる。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	107	20%	28%	52%	84	17%	33%	50%
独	119	26%	37%	37%	97	22%	45%	33%



日本のコメント (例)

- ①安全面での法体系の見直し、国際的共同プロジェクトの構築とその資金調達。
- ②国際協力も進みつつある。課題は、水素輸送、発電設備の開発など。
- ③太陽光による水の分解によるH₂の採取については技術的何かが間違っているように見える。
- ④水素の製造の他に、輸送システムが課題である。利用システムは早く解決されているように見える。
- ⑤水素取扱の安全性は？水素吸蔵合金が大量に利用できるだろうか？

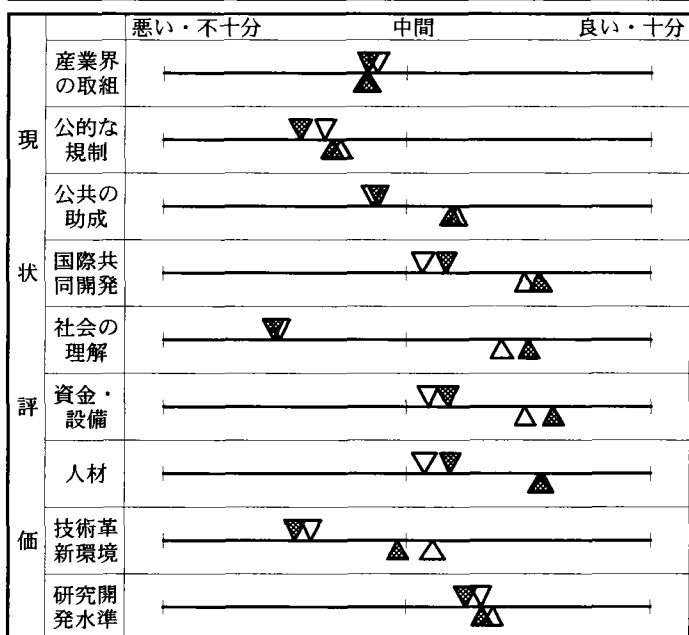
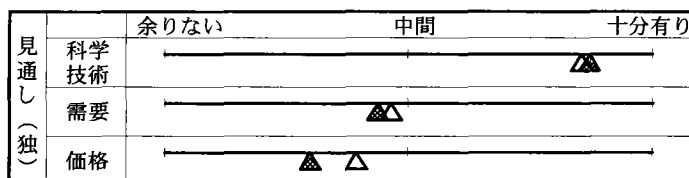
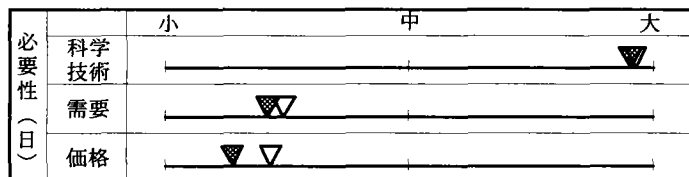
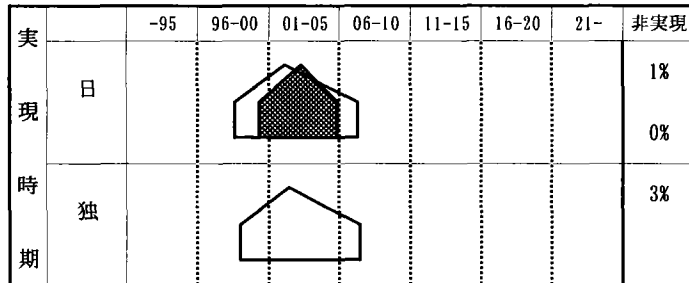
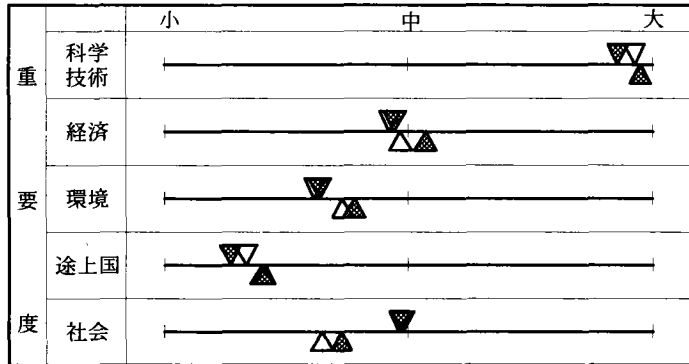
独のコメント (例)

- ①ソーラー水素は、さまざまな課題を解決すべきであるが、しかしこれらの課題は代替手段によって一般に一層経済的に解決される・・・要約すれば、考えられる3つのすべての部門において、長期的にもソーラー水素の経済的導入が確認できない。
- ②基本的な政治問題の解決が前提条件である（北アフリカ！）。
- ③H₂の貯蔵と輸送の問題が解決されねばならない。
- ④経済政策的にOPECのような新しい相互依存関係。
- ⑤光発電方式ではなく、太陽熱方式で。

材料・プロセス [超電導]

117: 高温超電導のメカニズムが解明される。

専門 度等	R1			R2				
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	115	43%	34%	23%	86	41%	36%	23%
独	74	22%	36%	42%	70	9%	36%	56%



日本のコメント (例)

- ① 良質の単結晶の製造技術およびこれを用いた実験が重要。
- ② 実験、理論の両面から解明する必要がある。
- ③ 解明を「日の出」に例えれば、4～5時間前の気分。
- ④ 類似物質の作成、元素置換による実験の積み重ねが重要。
- ⑤ メカニズムについてはいろいろの理論があり、どれどれが実現予定と合うか、あるいはより決定的な実現予定が得られるかで、一つの理論あるいはどれどれの理論の組み合わせがメカニズムを明らかにする (多分今後10年間)。
- ⑥ かなり追い込まれてきた。

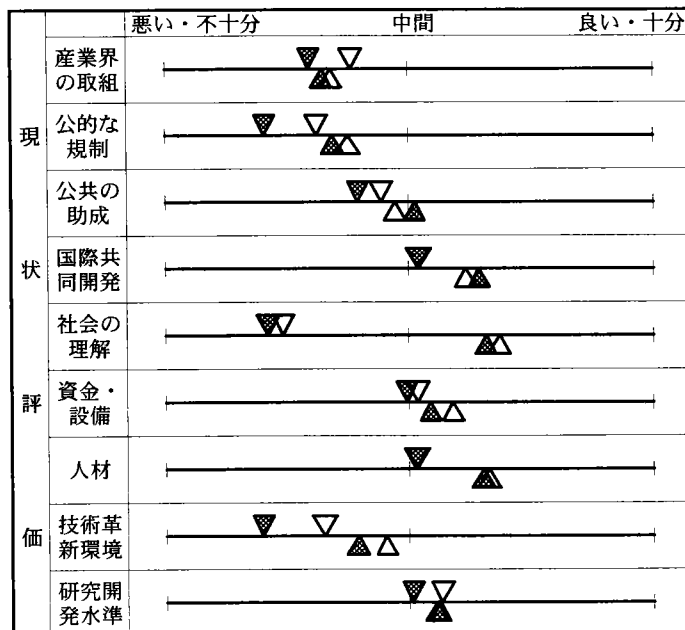
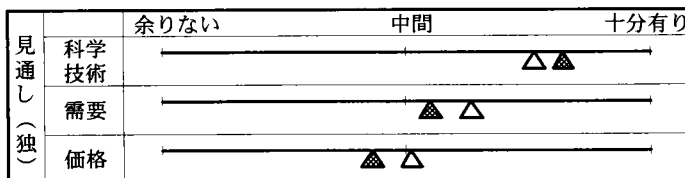
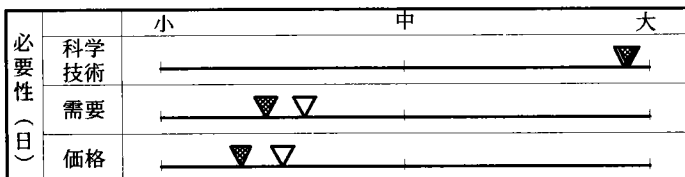
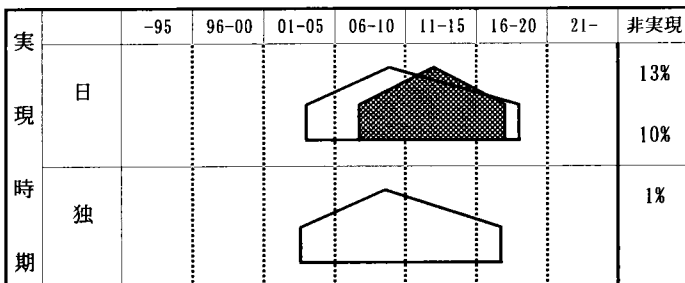
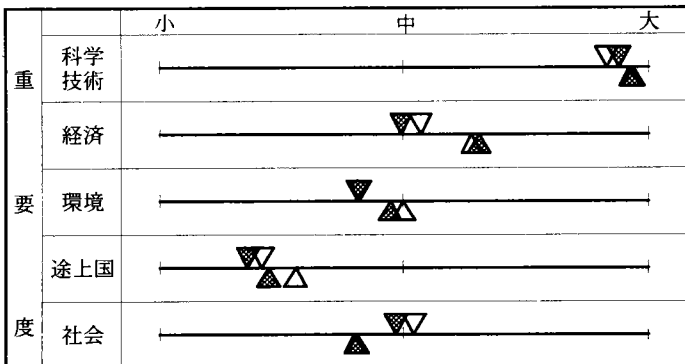
独のコメント (例)

- ① 場合によっては極めて速やかに実現され得る！

材料・プロセス [超電導]

118: 臨界温度 77 K を超える有機超電導物質 (フラーレンを含む) が開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	117	32%	38%	29%	86	28%	44%	28%
独	72	14%	33%	53%	62	8%	27%	65%



日本のコメント (例)

- ①リトルの理論あり。
- ②今は T_c 13 K が最高ですが将来有望です。
- ③低コスト化、大量生産の点では酸化超電導材料よりも高い潜在能力がある。
- ④フラーレンは新しい物質系として夢を抱かせる。しかしこの系の T_c が 120 K (77 K で使えるため) を越えるかどうかは何とも言えない。
- ⑤リトルの理論あり。実現可能性を残しておきたい。
- ⑥低温超電導が発見されて90年を経過、今だに工業規模の実用化に到っていない。理由の一つとして冷却系の信頼性と効率の悪さが上げられる。高温超電導ではこの問題は解決されるわけで、早急に材料の信頼性、加工技術の問題を解明して実用化へのメドをつけるべきである。有機物超電導は評価のレベルは同じでも遠い将来の為に、学問的に必要ということで、高温超電導体と同じマナ板の上にはならない。
- ⑦有機超電導としては、 T_c は解決されたとしても他に問題が残る。
- ⑧有機物の有利な点は設計性 (ある程度分子設計が可能なこと) であろう。

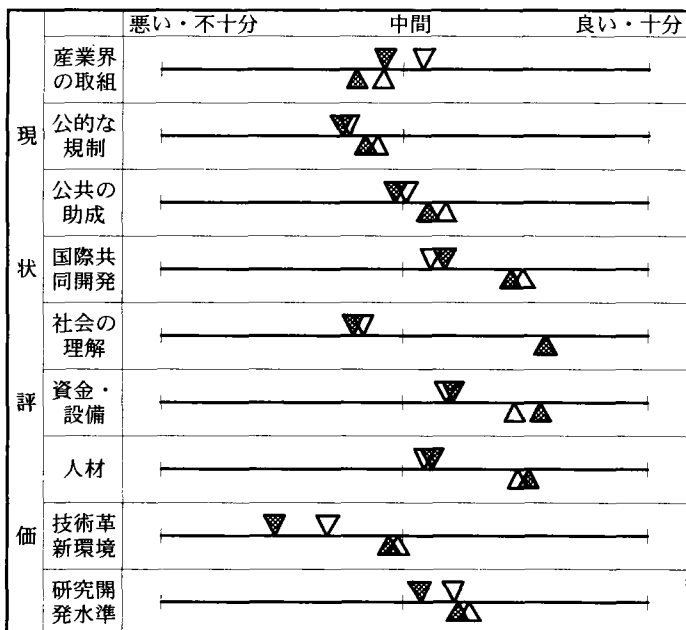
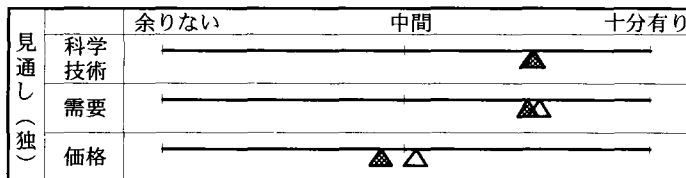
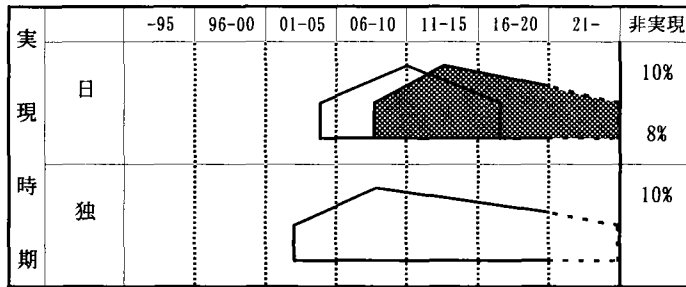
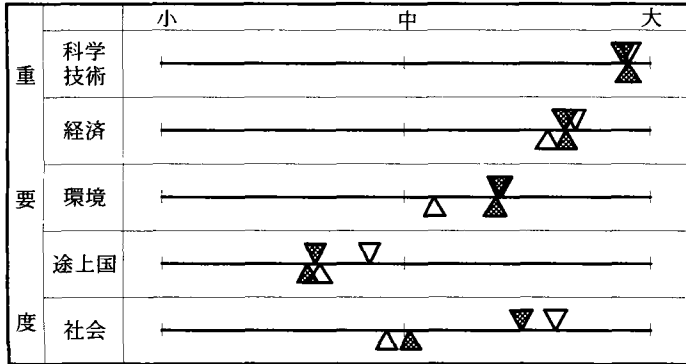
独のコメント (例)

- ①安く製造および加工できる場合に限り引き合う。
- ②本件は『開発』と言うよりむしろ『発見』に関するテーマである、従って回答には疑問符が付される。

材料・プロセス [超電導]

119: 常温に転移点をもつ超電導体が開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	124	48%	27%	24%	91	48%	31%	21%
独	72	18%	32%	50%	64	13%	28%	59%



日本のコメント (例)

- ① 高圧下などの特殊条件下で実現する可能性がある。
- ② 200Kまでは今の銅酸化物で可能ですが、これを越すにはもう1つブレークスルーが必要です。
- ③ 物理機構が未だ不明のため、試行錯誤的。
- ④ 現状では全く不明。高圧などの特殊条件などで製作しても、物理学上の解決にすぎない。
- ⑤ 可能性は非常に高い。しかしそれだからといって実用性は殆ど難しい。特に flux creep の観点から実用不能である。
- ⑥ 超格子、高圧下等の極めて特殊な環境のもとで実現する可能性はある。

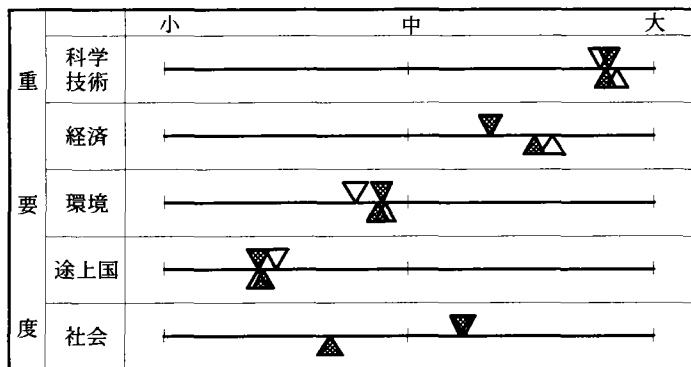
独のコメント (例)

- ① 大面積材料の特性の安定性。
- ② 2000年までに $T > 200K$ 、2020年までに約 298K。

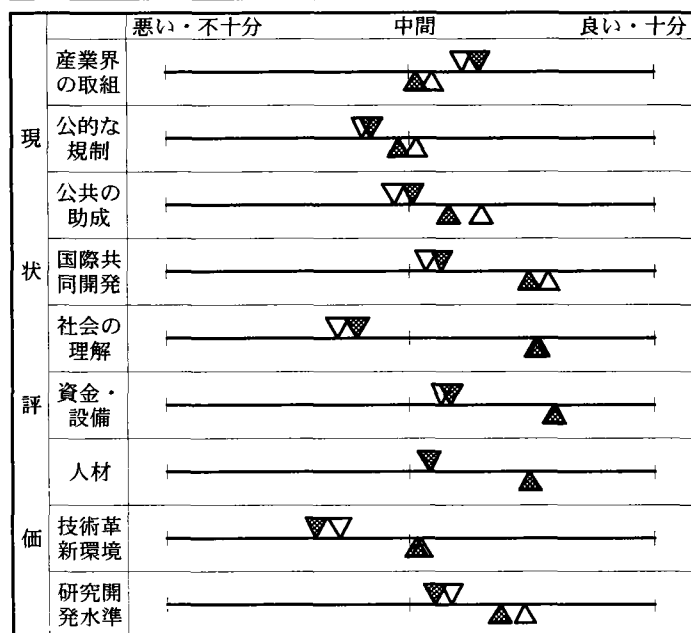
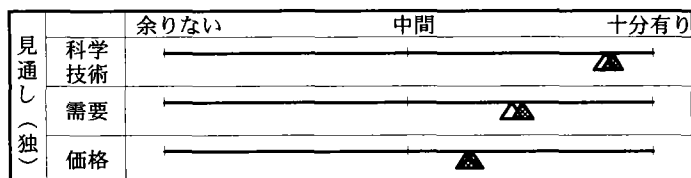
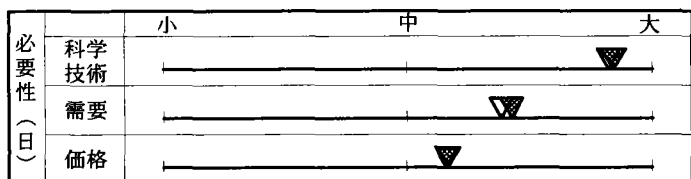
材料・プロセス [超電導]

120:ジョセフソン接合を用いた簡単な高温超電導回路が開発される。

専門 年度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	113	45%	30%	25%	85	44%	29%	27%
独	66	27%	21%	52%	59	20%	20%	59%



実 現 時 期		-95	96-00	01-05	06-10	11-15	16-20	21-	非実現
		日		House icon					
独			House icon						3%



日本のコメント (例)

- ①良質の製膜技術の確立が重要。
- ②何に適用するか、また、Si系デバイス、化合物系デバイスとの競合に対してどこまでメリットを高められるかが今後の進展のキーとなる。
- ③技術的には近い将来可能だろうが、Si系デバイスが過去の予想を越えて進歩しているため、仲々出番がない。
- ④簡単なSQUIDはすでにConductus社より販売されている。1/fノイズも下ってきた。実用化は現実のものとなった。普及にはSQUIDを用いる脳磁界計測の進展が必要となる。
- ⑤最近の情勢によると安定した素子を製作することはかなり困難である。素子としては安定が最大条件となる。
- ⑥SQUIDを利用した各種装置の波及効果も期待できる。
- ⑦実現は早いだろう。高温超電導はパワー応用よりこの方面の方が早いだろう。

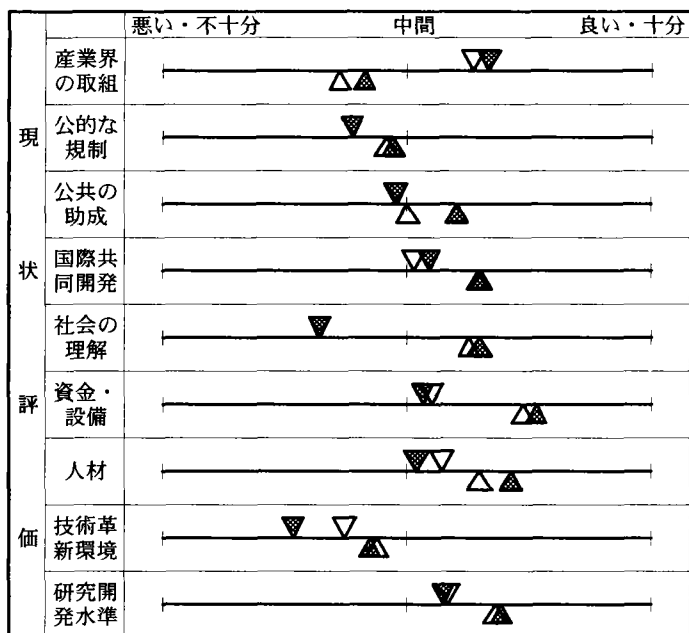
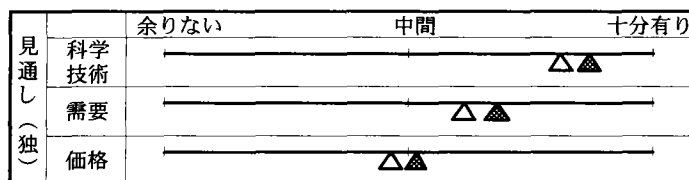
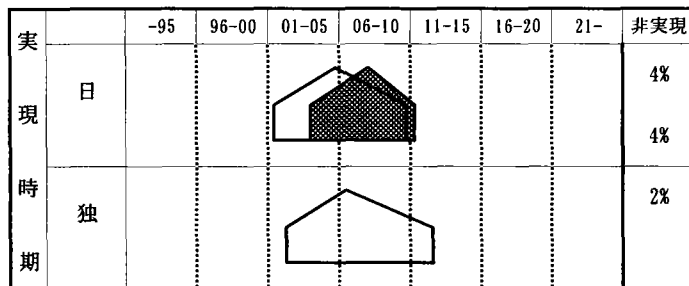
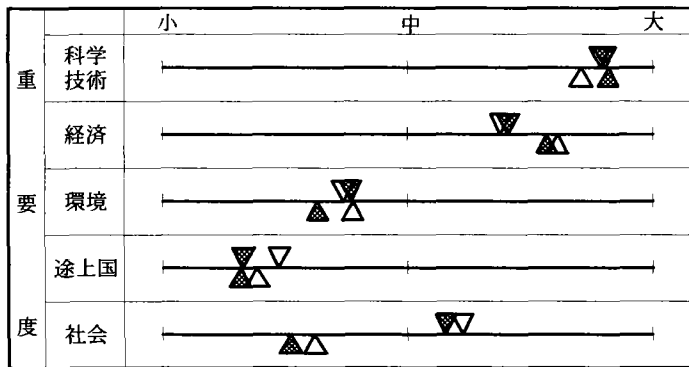
独のコメント (例)

- ①用途が少なすぎる。
- ②SQUID技術、周波数測定器、進相器、フィルタ。
- ③現在のテクノロジーは、それには十分である。

材料・プロセス [超電導]

121:超電導三端子素子が実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	106	42%	30%	28%	85	35%	33%	32%
独	54	19%	24%	57%	49	16%	22%	61%



日本のコメント (例)

- ①超電導デバイスとして夢があり、実用化の波及効果は大。
- ②超小型高効率の冷却装置の開発が不可欠な要素となる。
- ③Siに比べて何が有利になるかの価値判断が難しくなった。(元々は高速、低エネルギー消費がメリットであったがSiが進歩した)。
- ④超電導デバイスと半導体デバイスが77Kでミートする可能性はあるとみる。それには官民共同研究が必須となる。
- ⑤ジョセフソンと同様に早急な実用化を考えるべき課題である。
- ⑥金属系超電導体で可能性あり(高温超電導体では困難)。試作品程度のものは比較的早い時期に実現するが経済的にめどのでた本格的実用ははるか先。
- ⑦HTSL技術と従来Si-HL技術との結合を実現させるのは困難である、しかし15年以内を実現しよう。

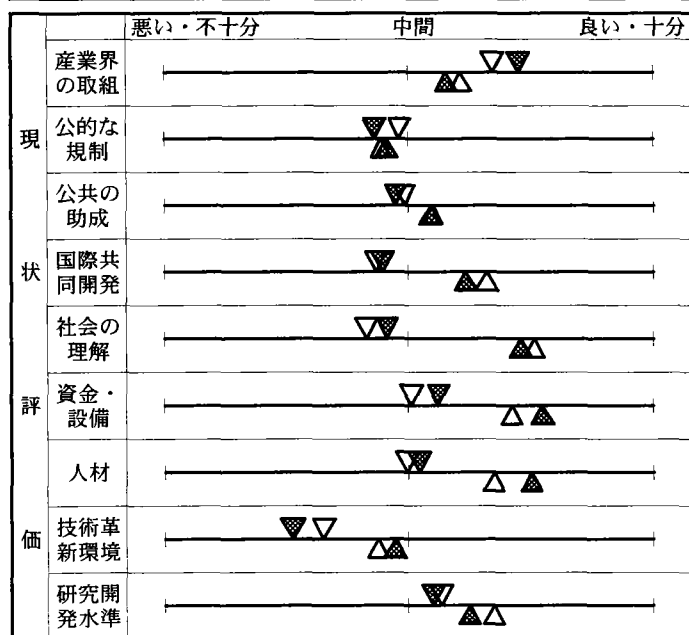
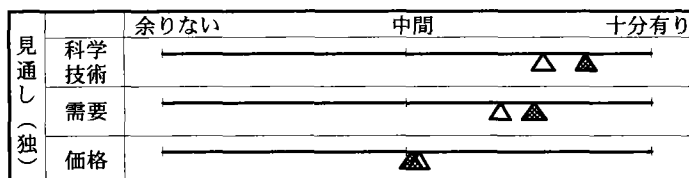
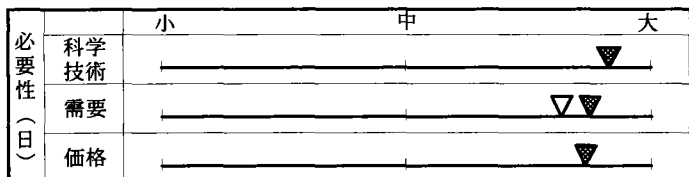
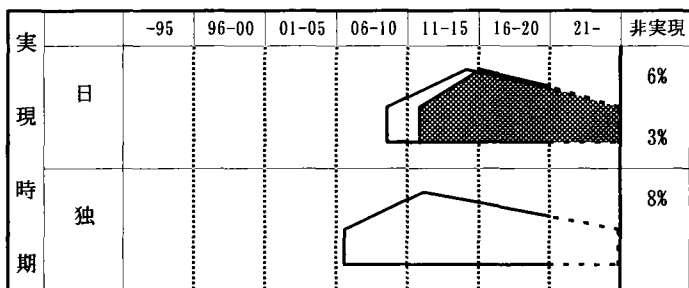
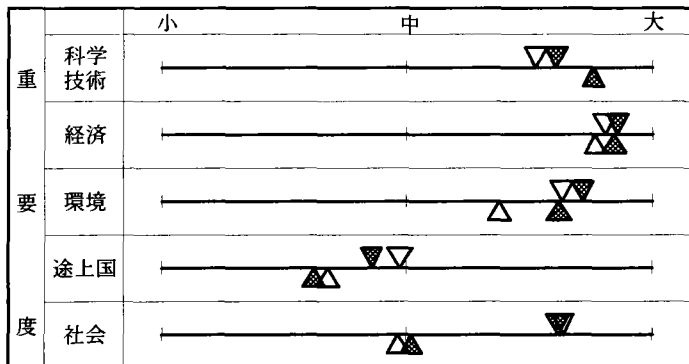
独のコメント (例)

- ①HTSL技術と従来Si-HL技術との結合を実現させるのは、極めて困難である。
- ②製造プロセスが、まず開発されねばならない。
- ③半導体の開発は、急激であり、そして新しい発見(=計画できない)がなされなければ、物理的に一層簡単である。
- ④製造方法の最適化が必要。

材料・プロセス [超電導]

122: 高温超電導材料を用いた超電導送電が実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	126	43%	27%	30%	95	46%	21%	33%
独	77	25%	26%	49%	69	17%	36%	46%



日本のコメント (例)

- ①送電は公共性の高いものであり、開発されても実用化には信頼性等のハードルが高い。これを解決し、マスマリットも充分であればさらに早くなる。
- ②全ての高温超電導材の長尺化が課題。
- ③将来の世界エネルギー問題解決のための最重要技術と考えられる。
- ④実用化というレベルであれば大電流幹線の一部に応用される可能性はある。但し、送電ロス(冷却費)の外に原材料価格、線材量産技術の問題をクリアしなければならない。送電線管理の面から普及範囲は限られる。
- ⑤冷却に莫大なエネルギーを必要とするためコスト競争力がない。
- ⑥日本国内では、超電導送電は(従来送電線路確保で問題の)用地問題が解消される可能性あり。ただし一企業あるいは一業種のみで実現するのではなく、国家としてのプロジェクトで研究開発することが不可欠と思われる。
- ⑦大電流を流せる材料の開発と信頼性の確認という大きな課題(含加工技術)はあるが、これが解決出来れば低温超電導で培われた技術が全て生きてくる。
- ⑧長尺化が製造技術的に難しいが、小規模(例えば都心一部からコジェネレーション発電機まで)なプラントがテスト的に実用化される(20年)。

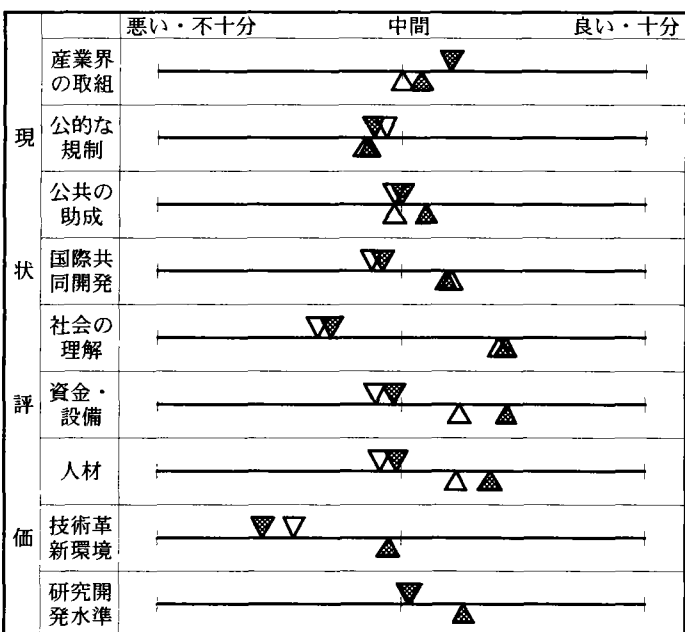
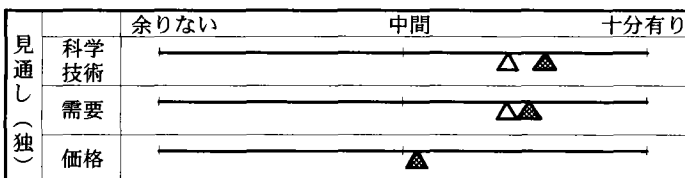
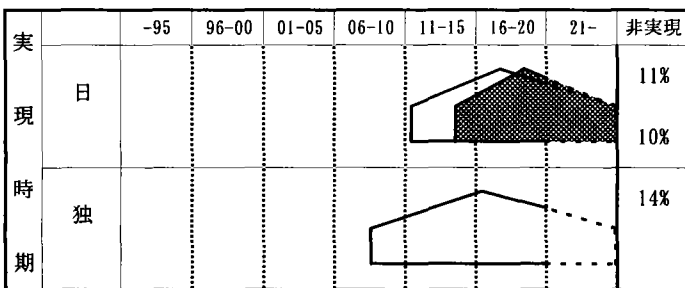
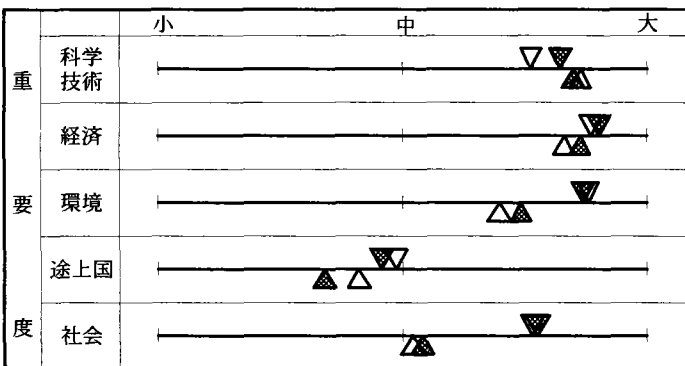
独のコメント (例)

- ①地下敷設によって、地上配線が避けられる。
- ②分散式エネルギー供給(僅かな伝送損失)。
- ③私は、公知のテクノロジーが遥かに信頼のおけるものであると思っている。ここでは新しい発見が行われなければならない。新しい発見(=計画できない)が行われないと、死産になってしまう。
- ④現在のところ見通しは立たない(高すぎる)。

材料・プロセス [超電導]

123:高温超電導体を利用した、エネルギー貯蔵が実用化される。

専門 年度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	122	40%	29%	31%	89	46%	21%	33%
独	75	25%	24%	51%	69	16%	29%	55%



日本のコメント (例)

- ①依然として金属系 SMES (超電導エネルギー貯蔵) に問題が多い。酸化物系 SMES はさらに技術課題が多い。フライホイール型でどの程度のエネルギー貯蔵が可能か様子異なる。
- ②貯蔵エネルギー量による。中小規模なら可。
- ③超電導マグネットによる電力貯蔵は大型施設が必要なので、国家的プロジェクトにする必要がある。
- ④日本のコメント②が妥当である。SMES の大規模設備は「安定化」の上でリスクが大きすぎるし、費用上成り立つまい。広い意味のエネルギー貯蔵 (電力貯蔵でなく) であれば、水素やメタノールの方が現実的。効率が悪いとしても。
- ⑤小型 SMES での実績が必要。Phase を踏んだ開発が必要。
- ⑥現状の技術では電磁力にたえる高温超電導の実現は難しく、殆ど不可能に近いと思われる。
- ⑦分散電源と対応した小型システムの方が進むのではないか。大型システムに必ずしも向かないと思う。
- ⑧貯蔵エネルギーによる。小規模化なら可。
- ⑨Hc の高い高温超電導が発見されても、flux creep の観点から冷却温度は低い必要があり、金属系 SMES と変わらないが、冷却系の改善としては高温超電導体は有利であり将来性はある。

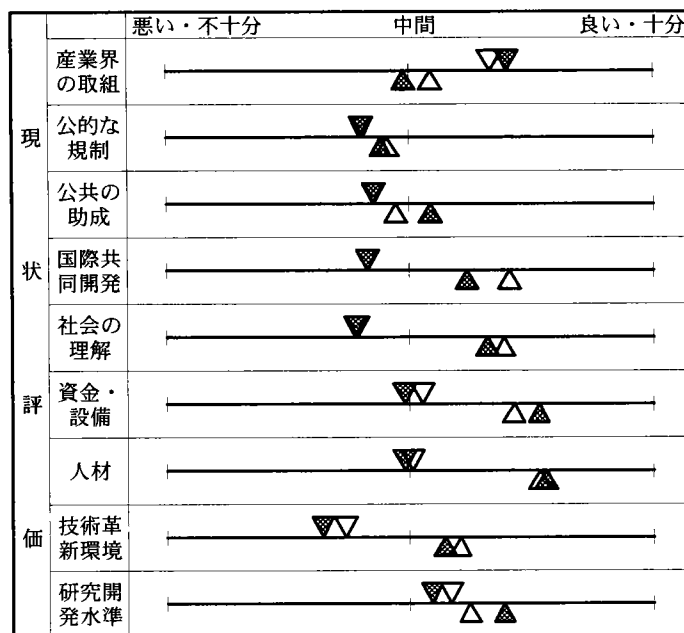
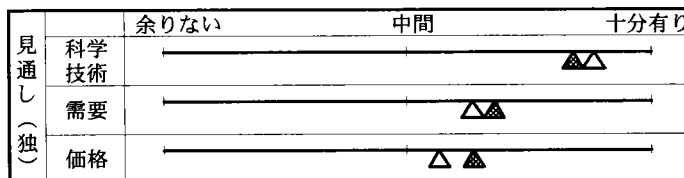
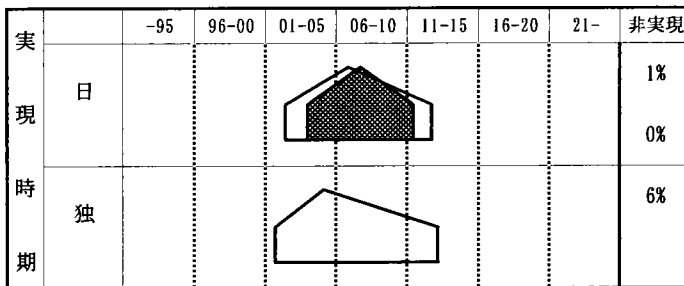
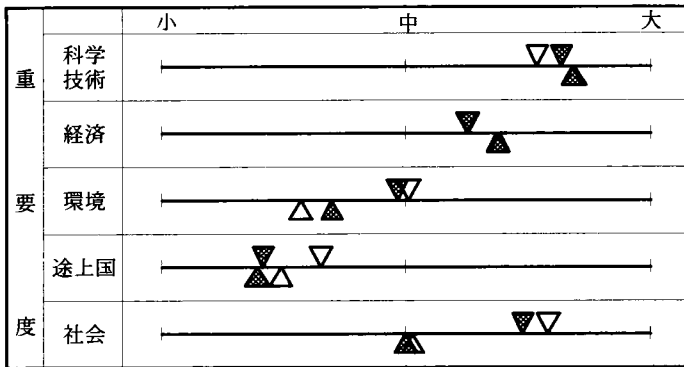
独のコメント (例)

- ①H2 貯蔵—超電導体中の「ホット・スポット」による極めて重大なリスク。

材料・プロセス [超電導]

124:高温超電導線材を用いたMRI (磁気共鳴イメージング)装置が開発される。

専門 度等	日 独	R1				R2			
		人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
		112	44%	30%	26%	82	52%	22%	26%
		52	15%	27%	58%	46	9%	37%	54%



日本のコメント (例)

- ①金属系によるMRIが大病院を対象としたものに対して、今後中小病院でのニーズが高まれば急速に開発への動きが期待される。
- ②線材長尺化、接合技術などの開発必要。
- ③1 T程度なら何とか出来るのではないか。
- ④低価格で構成可能なら、需要増大し、多くの人が恩恵を受けられる。
- ⑤開発は十分可能だが、実用上は現在の金属系(ヘリウム冷却)に比べ経済的メリットは無い。日本のコメント①にも関係して理由は以下の通り。1. 金属系MRIマグネットは断熱技術の進歩により運転コストは非常に安い。2. 高温超電導体は、原材料・線材化プロセス、いずれからも、金属系に比べ大幅に高くつく。
- ⑥開発は十分可能だが、実用上は現在の金属系(ヘリウム冷却)に比べ経済的メリットは無い。日本のコメント①にも関係して理由は以下の通り。「安価なMRIシステムを中小病院へ普及させることは望ましいことであるが、システムの70%以上を占める制御・観測システム(コンピュータ等)のコストが問題で、マグネットは既に安価である。」
- ⑦MRI用としては、Tcの磁場依存性が気になるところではあろう。しかし2006~2010年においては、HTSCも大巾に改質されていることだろう。現在のHTSCのレベルで応用を論ずることはない。
- ⑧冷却機冷却で77K以下のもの(独のコメントと同じ)が最初にできると思う。液体ヘリウムの供給が不要になる。
- ⑨高温超電導を医用MRIに用いるメリットは少ない。flux creepの観点から高温冷却は重要性が少ない。研究用MRIとしてはメリットはある。

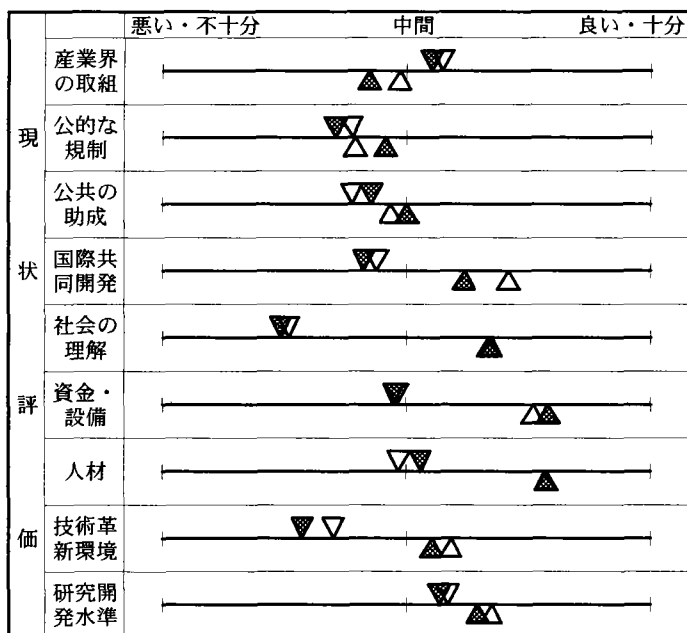
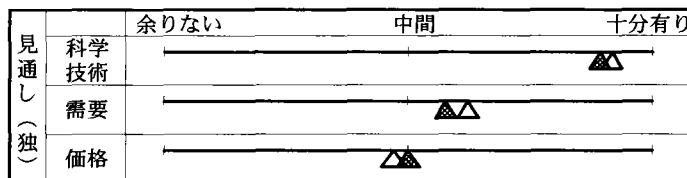
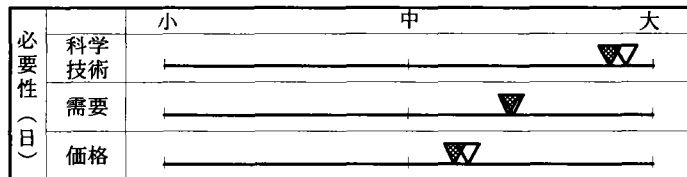
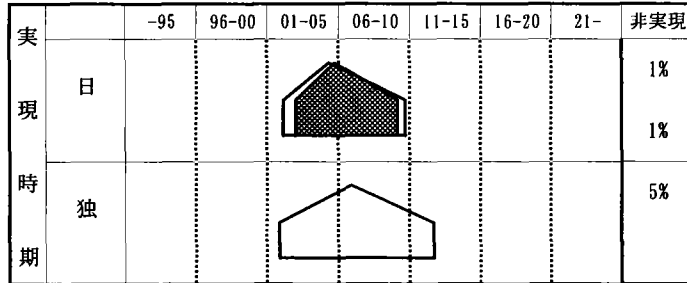
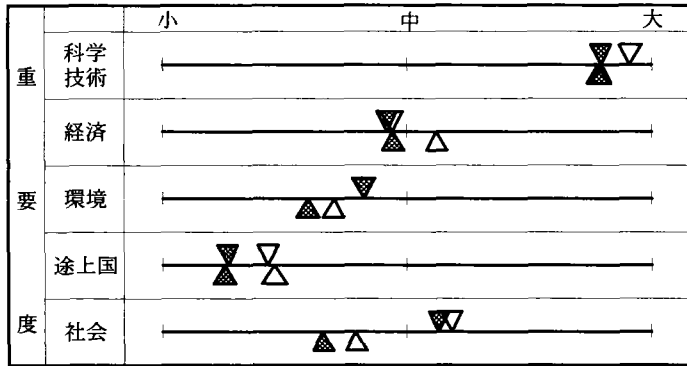
独のコメント (例)

- ①1 T、77K以上の高温超電導体には問題がある。→20Kでの冷却の方が一層良い。

材料・プロセス [超電導]

125: 2.5 T以上の超精密超電導マグネットが開発され、1 GHz NMR装置が製作される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	105	42%	33%	25%	75	48%	29%	23%
独	47	15%	28%	57%	42	7%	38%	55%



日本のコメント (例)

- ① 遺伝子解析など生化学に重要。
- ② 既に750 MHzが我が国でも実用化されており、金属系だけで900 MHzまでの開発に近い。問題は、酸化物系コイルによるインサートで1 GHzにいつ到達かが最大の課題。
- ③ 酸化物系コイルだけでは不可能。耐応力性に大きな課題あり。金属系とのハイブリットでは、酸化物コイルの進歩が著しく、実現は近いと予測する。
- ④ 高温超電導体の有望な応用であり、早い時期に実用化される。
- ⑤ 磁気空間の大きさによる。ホールボディは無理だが、ポア5 cm位のものならば10年程度で可能と思う。
- ⑥ キュベレート系物質を用いれば2.5 Tは可能性の範囲だが精密(一様性など)が即達できるか問題。
- ⑦ 科技厅のマルチプロジェクト第2期計画で1995～2000年の5年間で1 GHz NMRを開発することを目指し予算がおりています。金属材料技術研究所では今年中に2.2 T超電導マグネットの実現を急いでいます。
- ⑧ この装置は不可能なものでないこと、および生物(特に脳)の生理体系を把握するのに最も重要な手段である。

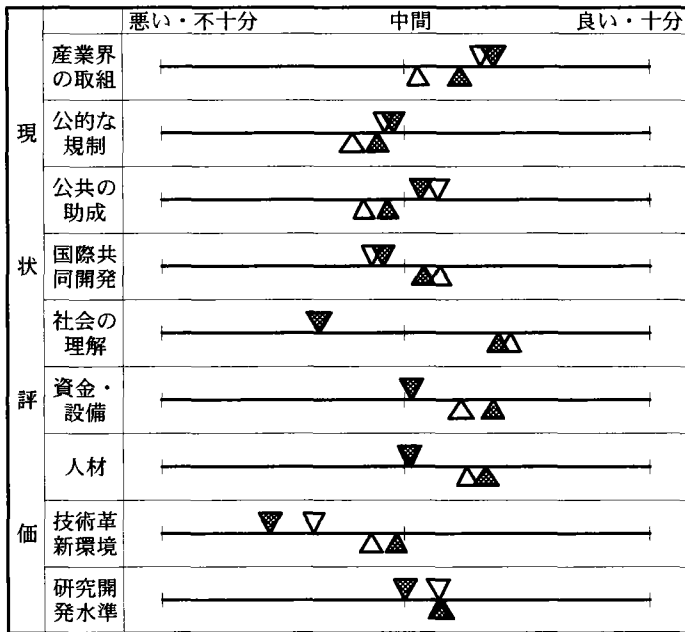
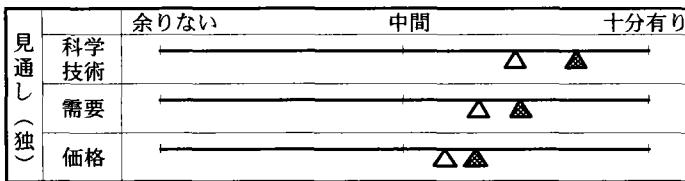
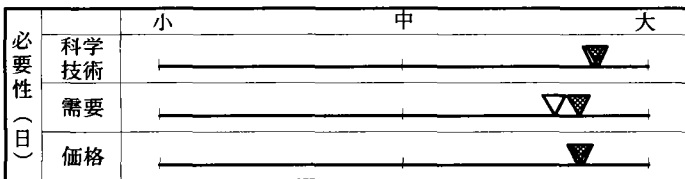
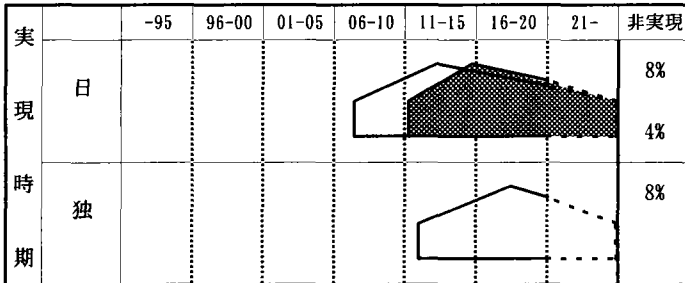
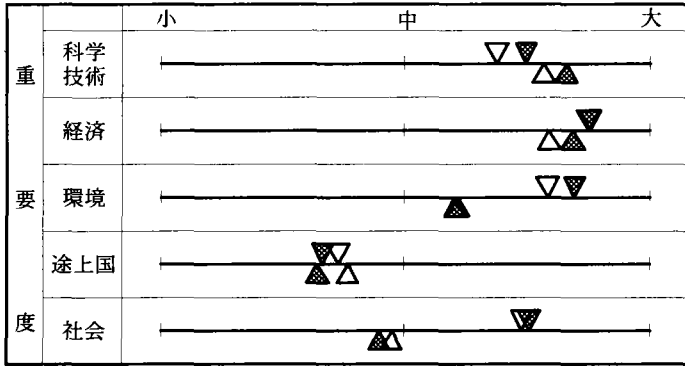
独のコメント (例)

- ① 先月の発行物; 2.1. 5 T。
- ② 超電導は、この種の磁場強度では物理的に不可能である。

材料・プロセス [超電導]

126:超電導体を応用した発電プラントが一般に使われるようになる。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	113	41%	28%	31%	82	45%	23%	32%
独	75	17%	29%	53%	66	15%	33%	52%



日本のコメント(例)

- ①実証機(70MW級)の次に200MW級実用機の開発が必要。NEDO(新エネルギー産業技術開発機構)の次期計画が進むことを期待。
- ②金属系のもので実用化が進む。電源立地難がこれで解決できるようになると、加速する。単機容量の増大がキーポイント。
- ③70MW級機が成功すれば実用化が近づく。低価格化をはかることが必要。酸化物超電導体の適用は金属系適用の10年後と思われる。
- ④発電機としては着実に開発が進められている。超電導を用いるメリットは電気容量の増大はあるが、世界的な経済活動の中でそのようなチャンスは少ない。いつでも実現可能だが経済効果は少ない。
- ⑤従来機器と競争できる領域に入る迄にはそれなりの歴史的積み重ねが必要。

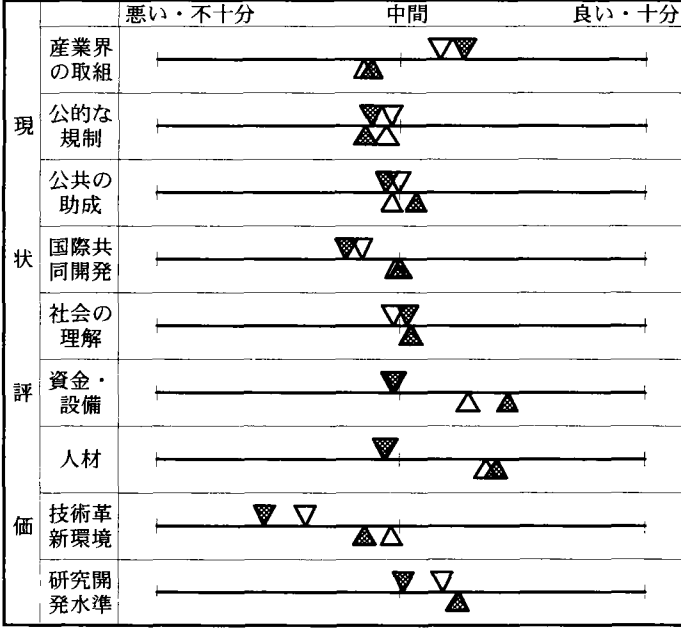
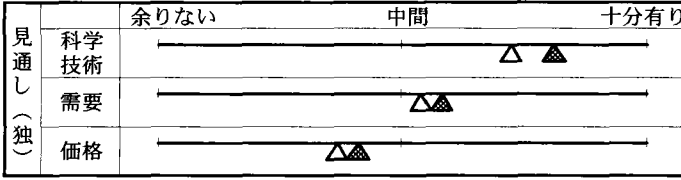
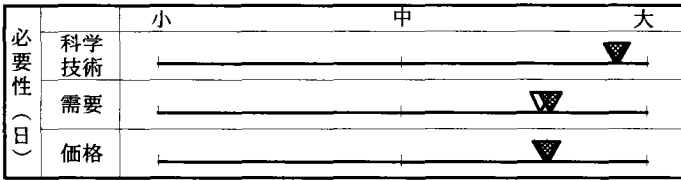
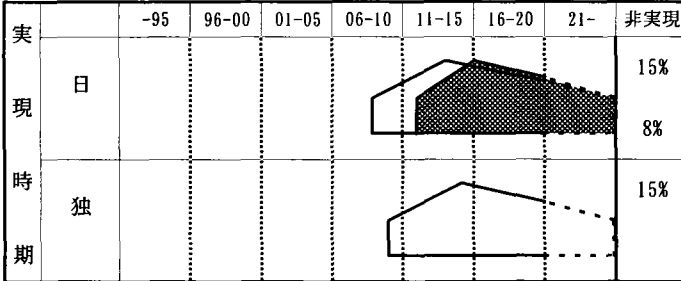
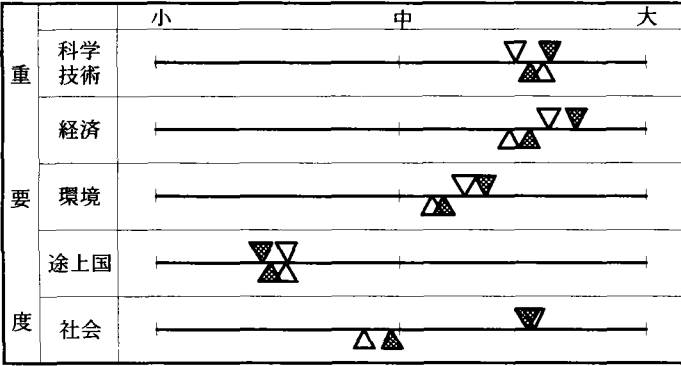
独のコメント(例)

- ①出力が非常に大きい場合に限り引き合う；現在のところ、ほとんど市場がない。
- ②私は、新しい発見(これは計画できない)がなされなければ、従来の発電所で高温超電導体を用いるというのは空想的であると思う。
- ③発電所の経営者はむしろ保守的である。
- ④低温超電導体(NTSL)によるプロトタイプが実在する！(KWU:クラフトヴェルクユニオン社)

材料・プロセス [超電導]

127:高温超電導体を用いた磁気浮上式列車が開発される。

専門 度等	日 独	R1			R2				
		人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
	日	116	42%	29%	28%	87	51%	18%	31%
	独	70	13%	23%	64%	61	10%	21%	69%



日本のコメント(例)

- ①バルク高温超電導体は無人物体輸送に適していると考えられる。
- ②バルクでなく巻線型高温超電導によると思う。
- ③高温超電導体の安全なマグネット試作が急務。小型冷凍機の開発も重要。
- ④磁気浮上式列車に使用するためには、高温超電導体の強度を高める必要があり、ブレークスルーがある。バルクでは電磁力に耐えられないし、巻線では長尺線材ができないのではないか。
- ⑤線材方式、バルク方式のいずれかが開発される。但し、必要な土地取得で、技術以外の要因が実用化を律速する。
- ⑥工場などで小型の無人搬送に活用できると思うが、現在進められている金属系マグネットを用いた磁気浮上式列車に高温超電導が応用される可能性は極めて小さい。
- ⑦高温超電導物質の長尺化が実現するのに技術的バリエーション(20年必要)。バルクは無人物輸送(小規模)に用いられる(10年)制御性、安全性が不要。

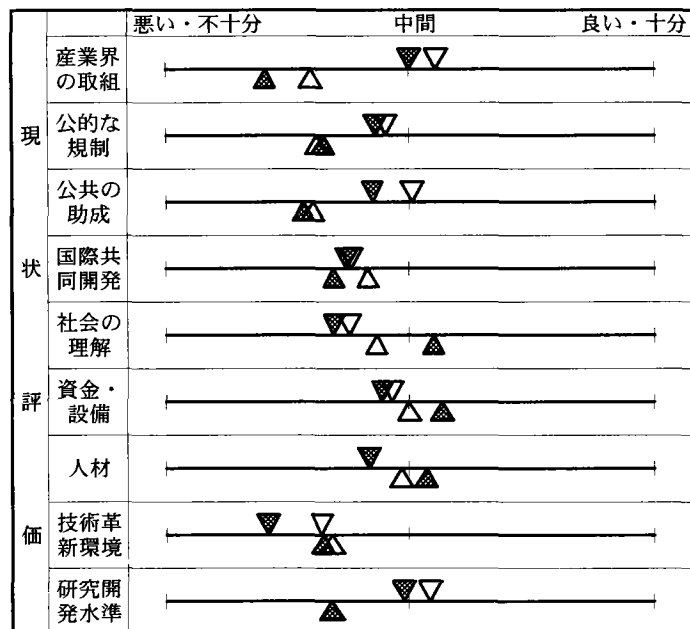
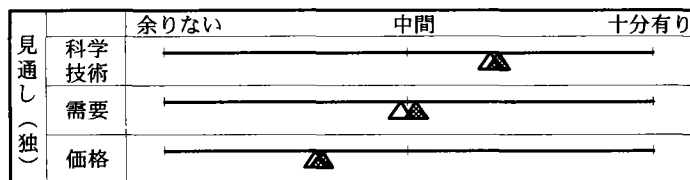
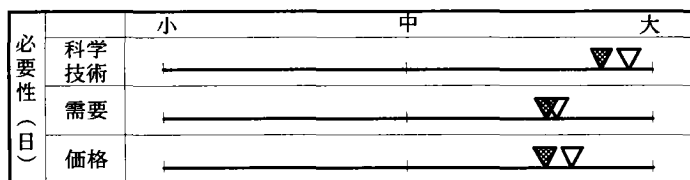
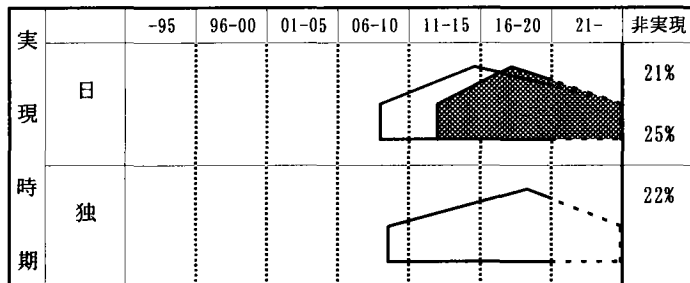
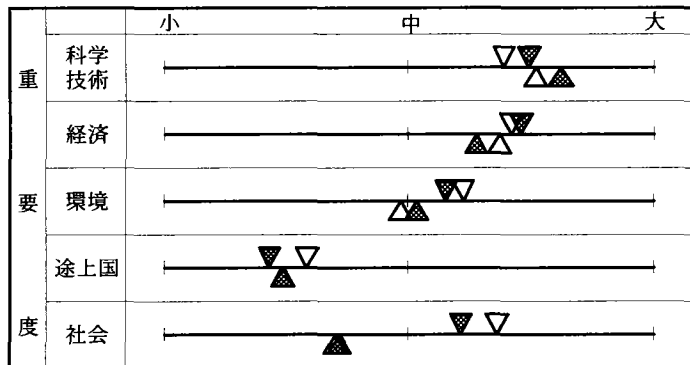
独のコメント(例)

- ①環境；少ない飛行交通、比較的僅かな温室効果。
- ②HTSL=大きなテクノロジー的複雑化。しかし全体的には「エネルギー利得」は、僅かである(空気摩擦)。
- ③新交通システムは、既存の交通システムと両立すべきである；短い乗り替え時間。
- ④開発はOK。ただしヨーロッパでの技術的利用は政治的問題であって、経済的には無意味。
- ⑤自分の国で取りあえずデモンストレーションを目的として実現。

材料・プロセス [超電導]

128: 超電導磁石を用いたMHD型磁気推進船による海上輸送が実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	115	31%	36%	33%	86	37%	31%	31%
独	49	10%	24%	65%	46	7%	20%	74%



日本のコメント (例)

- ①電磁流体の環境アセスメントが必要。
- ②海水に駆動電流を流す方式なので、原理的には効率が低い。経済的に実現しないと考える。
- ③低速、非効率ということでニーズが見え難い。環境汚染問題を解決できれば、低騒音を生かした観光船や近地（河川まで入る）輸送などへの応用ができないか？
- ④超電導マグネットの性能向上（ダスト内発生磁界強度最低20T以上）が課題。環境アセスメント要。
- ⑤磁気推進船はスクリューと同じ効率にするには20T以上の磁場を必要とする！小型軽量の20T超電導マグネットの実現にはかなりの時間を必要とする。

独のコメント (例)

- ①従来の駆動装置が十分であるためにこれまでは、受け入れられていない。
- ②従来のMHD駆動装置の効率が低すぎる。
- ③「潤滑」によるプロペラ摩擦力の低減。
- ④自分が知っている限りでは日本で：プロトタイプ。

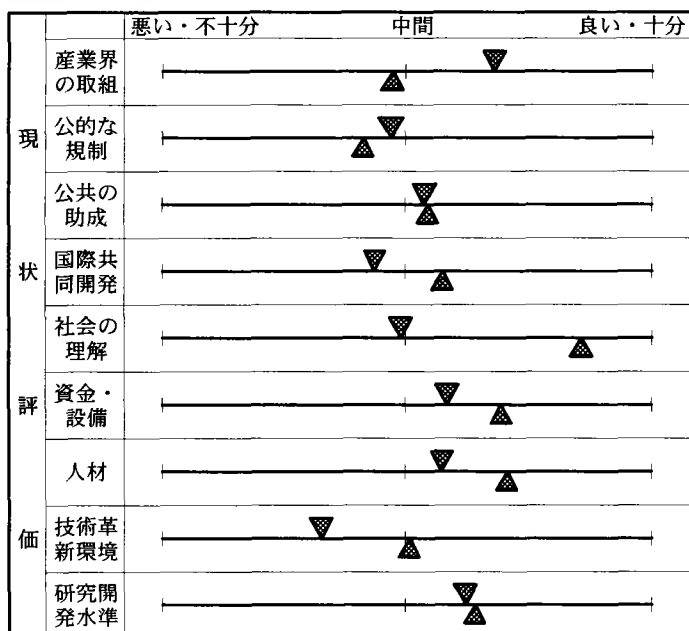
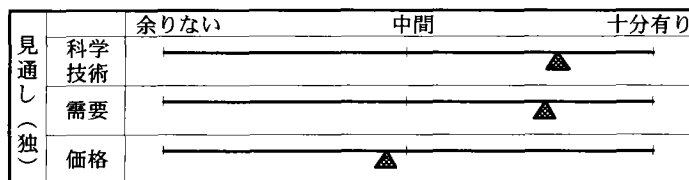
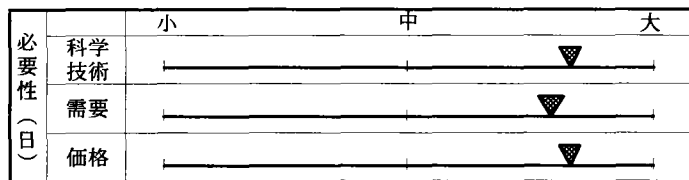
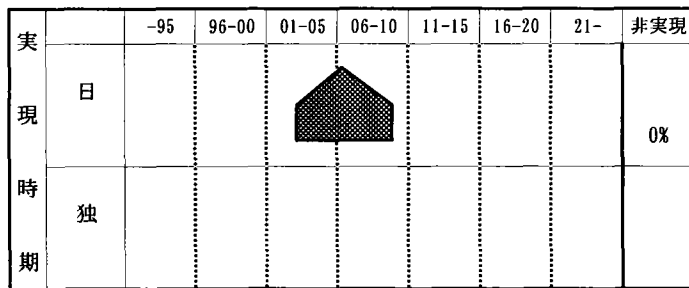
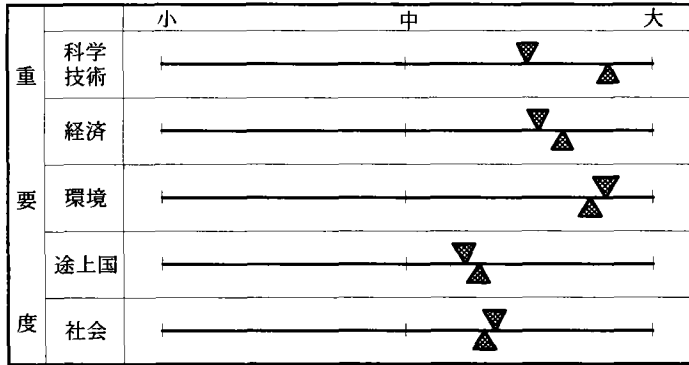
材料・プロセス [太陽電池 (追加課題)]

129: 【追加課題】変換効率20%の結晶系薄型太陽電池が実用化される。

専門 度等	R1			R2				
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日					85	40%	22%	38%
独					86	17%	41%	42%

日本のコメント (例)

- ① Siでも、用途によっては実用化は進む。コストの問題があり、汎用品になるには時間がある。
- ② 低コスト太陽電池の実現には、不可欠の課題と考える。但し、環境面から考えれば材料としては化合物半導体では不可欠。Siで対応すべきである。
- ③ 結晶系太陽電池の将来を考える場合、その原料Si wafer確保が重要課題となる。
- ④ コストをいかに低くできるかが最重要課題。単結晶で厚さ300マイクロメートル程度で可能性があるが、大量するには原料の量が不安。そこで薄膜結晶シリコン系となるが、効率20%を達成するには課題が多い。
- ⑤ 多結晶系では薄膜SiとキャストSiが研究されている。変換効率は約15% (Max 18%) で20%は射程内にある。CVDや再結晶化 (粒径拡大) など効率向上技術とともに、コストダウンの研究に力が注がれている。この系が住宅用太陽電池の本命と目される。太陽電池メーカーはアモルファス系から結晶系へ研究をシフトしつつある。



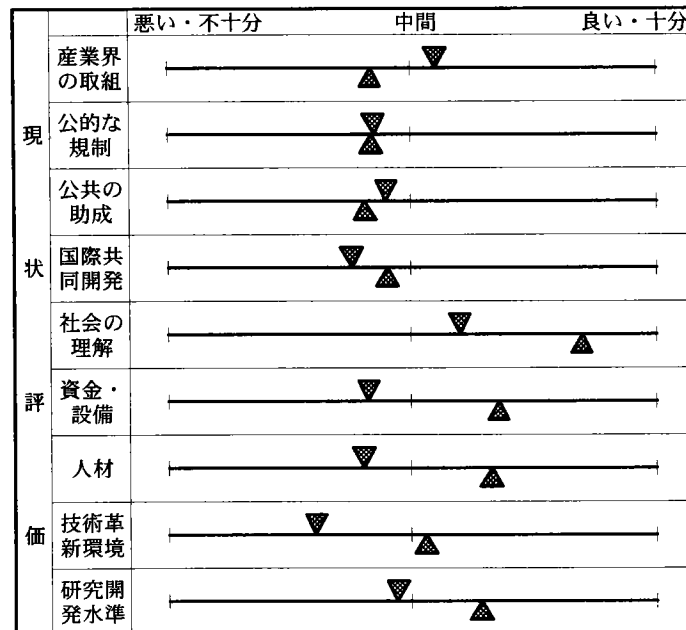
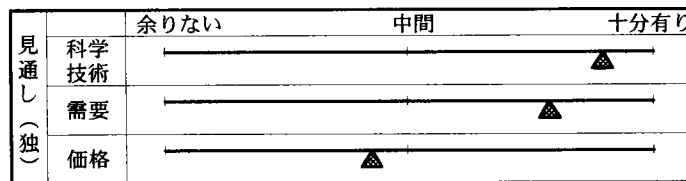
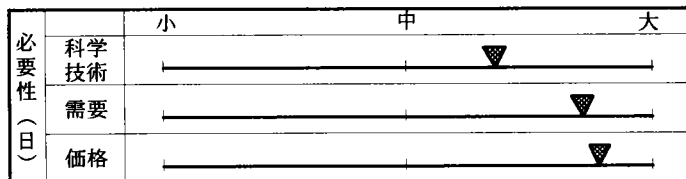
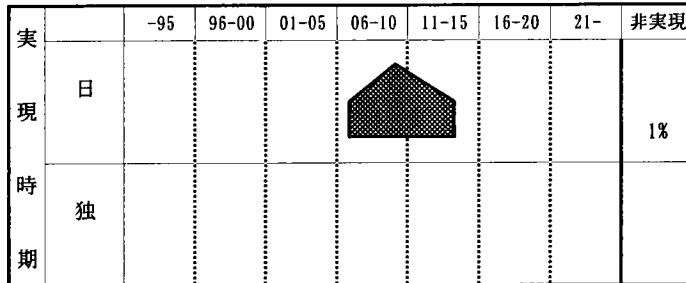
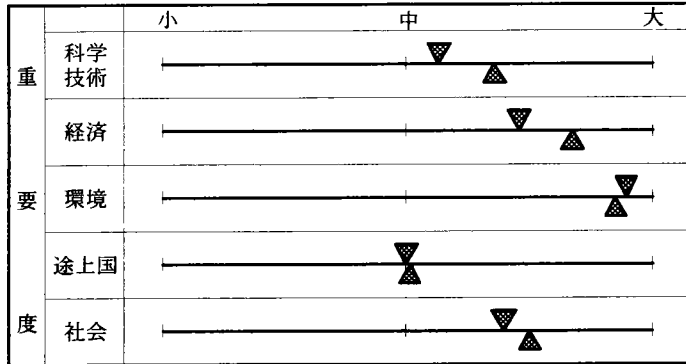
独のコメント (例)

- ① エネルギーコストと製造コストとの対比。

材料・プロセス [太陽電池 (追加課題)]

130: 【追加課題】屋根等に太陽電池を敷きつめた太陽電池サービスステーション (現在のガソリンスタンドのようなものや、自宅のガレージを利用したもの等) で、バッテリーを交換して走行する電気自動車が普及する。

専門 度等	R1			R2				
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日					85	28%	29%	42%
独					89	17%	46%	37%



日本のコメント (例)

- ①快適性、安全性、エネルギー問題、環境を同時解決する高付加価値システムを目指すべき。(例えば、路面 or 側壁からエネルギーと情報を同時供給するシステムなど)。
- ②実用化への可能性は、既に出されている。ガソリン車メーカーへの製造義務化を、タイムリミット付けて示すべき。2ndカー、オートバイ代替 (一人車) 等は最適。米国、ヨーロッパ (フランス) では政策的指導出されている。
- ③サービスステーションの電源のメインは商用線で、太陽電池は補助的なものとなる。電気自動車が本格的に普及すれば本課題の充電ステーションが登場する可能性は高い。
- ④アメリカのエネルギー政策がいずれ日本にも波及すると思われるので、電気自動車が遠い将来普及していくことは間違いない。太陽電池が経済性を持てば、利用技術の一つとして自然に普及する。電気自動車が普及しだした時点で、バッテリーステーションへのPV設置を公費で助成する。

独のコメント (例)

- ①国の大気汚染法によって電気自動車の導入が促進されるかも知れない。
- ②電力系統による充電の方が合理的であることは間違いない。
- ③蓄電媒体がウイークポイントであることに変わりはない。
- ④電気自動車の普及は自動車産業の意思の如何にかかっている。技術的には実現の可能性が高いが、それには現在なお電気自動車を嘲笑している自動車産業との密接な共同作業が不可欠である。国民の受入れ態勢は少なくともソーラーカーと同程度。

3.3.2 総合コメント例（材料・プロセス分野）

日本の総合コメント	<p>①太陽電池については、利用は段階的に進むが、国内での大規模発電はまだまだ見通せない。材料的には幾つか走っている開発のどれかが芽が出て効率30%以上は実現できよう。超電導では、送電のような一般条件の利用は先の話でcontrolして使える。発電機etcが先に実用になろう。材料的には、もう一段のイノベーションが不可欠。</p> <p>②1. 太陽光発電について—太陽電池は設備コスト、変換効率向上のテンポ、立地問題から日本では商用電力のベースロードとして今後15~20年間は成立し難い。しかし住宅（又はビル）用としては、総建築費に占める電池設備費の割合から見て、比較的短期間に普及すると思われる。2. 日照量の多い国や地域では、送電ロスの観点から近隣諸国への太陽光電力供給に限定した産業として成立するであろう。遠隔地へのエネルギー輸送は水素にして変換して行う方が合理的であろう。3. 超電導について—常温超電導体の開発は夢として研究を続けるべきではあるが、現在の高温超電導体を窒素温度（欲を言えばドライアイス温度）で使う技術開発に期待したい。直流送電や高磁界装置に多くの応用が開けよう。</p> <p>③金属系超電導に関する研究開発は実用化段階にあり大型プロジェクト等が必要と思われる。しかし、酸化物超電導材料に関する研究は、基礎研究が不十分であり、これからも地道な研究を長期に渡り継続する必要がある。</p> <p>④太陽光発電が技術的に可能かどうかを議論するのではなく、実用化は不可欠との立場から、どのようにすれば実用化可能かを考えたい。日本では住宅の屋根を利用して系統連系の分散型太陽光発電システムが最も有望であり、そのためには住宅の屋根の概念を変えていく必要がある。たとえ変換効率が10%であっても新しい屋根に上手く組み合わせることが出来れば、「太陽電池を屋根にセットする費用」は不用となり、屋根が有効に発電しているという状態が実現できるはずである。このためには、住宅メーカ、建材メーカの主導が不可欠であり、太陽電池メーカの「ひとりよがり」を最小限にとどめる必要がある。</p> <p>⑤太陽電池については、将来のエネルギー源を考えた場合、不可欠なものの一つである。将来をみた上で、評価しないと（すなわち、経済性だけでなく）地球環境は破壊されるしかない。超電導については、常温近くになるには相当の年数（あるいは、できないかもしれない）がかかると思われる。従って、かなり低温にしなければならないのであれば、小規模の特殊な機器の応用しかないように思われる。</p> <p>⑥・酸化物超電導体の応用として、電流リード、25T級NMR装置、冷凍機冷却型マグネット（MRI用など）がBi系線材を用いて10年以内に実用化されるであろう。T1系、Y系など窒素冷却マグネットはBi系より10年遅れて実用化される77K、1T以上の将来の本命製品はBi系ではダメで、T1系かY系になる。Y系（Nd系）バルク磁石はフライホイールなど特殊な用途に限られる。</p>
-----------	---

3.3.3 日本の未来技術年表（材料・プロセス分野）

実現予測年	課 題
2002	120: ジョセフソン接合を用いた簡単な高温超電導回路が開発される。
2003	117: 高温超電導のメカニズムが解明される。
2005	107: ビル壁面や屋根に太陽電池一体型建材が普及する。
2006	102: 変換効率20%の大面积薄膜太陽電池が実用化される。 125: 2.5 T以上の超精密超電導マグネットが開発され、1 GHz NMR装置が製作される。 129: 【追加課題】変換効率20%の結晶系薄型太陽電池が実用化される。
2007	101: 変換効率20%以上の大面积アモルファスシリコン太陽電池が実用化される。 115: 発展途上国等の日照量の多い国の電力供給幹線から遠く離れた村落において、太陽光発電が最も重要な電力供給源となる。
2008	112: 電力会社が各地に分散化された太陽光電力を使うようになる。 121: 超電導三端子素子が実用化される。 124: 高温超電導線材を用いたMRI（磁気共鳴イメージング）装置が開発される。
2009	113: 住宅用太陽電池が政府の助成なしに普及し、分散した住宅の電力供給に使われたり、一時的な余剰電力を電力供給網に提供するようになる。
2010	130: 【追加課題】屋根等に太陽電池を敷きつめた太陽電池サービスステーション（現在のガソリンスタンドのようなものや、自宅のガレージを利用したもの等）で、バッテリーを交換して走行する電気自動車が普及する。
2011	109: 車載の太陽電池を補助電源として走行する電気自動車が普及する。
2013	106: 高効率の太陽光発電効果をもつ新材料が開発される。 118: 臨界温度77 Kを超える有機超電導物質（フラーレンを含む）が開発される。
2014	119: 常温に転移点をもつ超電導体が開発される。
2015	105: 効率15%以上の増感太陽電池（例えば色素、ナノ結晶半導体による）が使われるようになる。
2016	122: 高温超電導材料を用いた超電導送電が実用化される。 126: 超電導体を応用した発電プラントが一般に使われるようになる。 127: 高温超電導体を用いた磁気浮上式列車が開発される。
2017	103: 効率30%に達する太陽電池が普及する。 110: 太陽光発電による水素生産を利用した二酸化炭素固定化システムが実用化される。
2018	108: 燃料の光電気化学的合成が、工業的に利用されるようになる（例：人工光合成、合成燃料）。 128: 超電導磁石を用いたMHD型磁気推進船による海上輸送が実用化される。
2019	116: 太陽光発電による水素経済が確立し、日照量が多い地域で水素が生産されて世界的に供給されるようになる。
2020	123: 高温超電導体を利用した、エネルギー貯蔵が実用化される。
2021	104: 変換効率40%以上の積層（例えばタンデム）太陽電池が実用化される。
2022	114: 高圧直流送電や高温超電導送電等により、世界的な電力供給を行う太陽光発電産業が砂漠や洋上など日照量の多い地域で成立するようになる。
2023	111: 巨大な太陽電池板をもつ宇宙空間太陽光発電所が建設され、電力がマイクロ波、レーザー等の電磁放射の形で地上に伝送されるようになる。

4. 情報・エレクトロニクス分野

4 情報・エレクトロニクス分野

4.1 人工知能

4.1.1 技術の現状紹介

狭義の意味での人工知能の研究は、人間に近い知的な機械を作ること为目标にしている。このような機械としてもっとも柔軟性に富むものは、コンピュータである。人工知能の研究には大量の計算パワーを必要とするので、その発展はコンピュータの発展の歴史と密接に関係している。コンピュータのアーキテクチャの改善だけでなく、ソフトウェアに関する新しい概念の導入、人間と機械との間のインターフェースの改善に関する新しい知見の導入などに、人工知能の研究はこれまで大きな役割を果たしてきた。1960年代に入り、第二世代のコンピュータが現れ、米国の大学を中心として人工知能の研究が活発化した。このころパズルとゲームを人間並に行うことが出来るコンピュータの実現を目指す研究がよく行われている。機械翻訳の研究も1960年代初頭に行われたが、言語に関する研究不足、コンピュータパワーの不足などから挫折している。

1970年代に入り、知的な動作を行う知能ロボットの研究が活発化し、それとともに、ロボットに目や耳の機能をもたせる研究が行われた。この種の研究はホットな研究として今なお継続している。コンピュータに英語や日本語を理解させようとする研究も盛んになってくる。人工知能の実現に知識と推論の重要性が指摘されたのもこの頃である。1970年代の我が国では通産省の主導で文字認識、音声認識、画像認識などが現在のコンピュータでは十分に扱えないとして、これらを扱うことが可能なコンピュータの実現を目指した国家プロジェクトが発足している。1970年代の後半に入り人工知能の研究は米国だけでなくヨーロッパ、日本でも急速な盛り上がりを見せる。

1980年に入ると、大学の研究室の小規模の実験に留まっていたこれまでの人工知能の研究の蓄積を利用して、実用レベルのシステムを開発しようとする機運がたかまる。おもちゃのレベルの研究からの脱皮が叫ばれたのもこの頃である。特に知識を中核に据えた知識工学の研究が重要であるとし、その応用として、医者などの専門家の知識を組み込み知的な問題解決を行うことが可能な様々なエキスパートシステムが開発されている。1980年代初頭には、さらに高度な人工知能のベースとなる新しいコンピュータアーキテクチャを第五世代コンピュータとして位置づけ、通産省主導のプロジェクトが開始された。これは世界に大きなインパクトを与えたプロジェクトであった。並列計算だけでなく、ソフトウェアの生産性をあげることもこのプロジェクトのもう一つの目的であった。人工知能のソフトウェア工学への応用である。機械翻訳の研究がこの頃ヨーロッパで再び取り上げられている。その影響はわが国にも及ぶ。1980年代は知識と言語(記号)の時代であるという人もいる。人工知能ビジネスという言葉も生まれ、人工知能の研究が具体的なビジネスに直結すると考えられた時代でもあった。

1990年代に入ると、これまでの人工知能の研究の底の浅さが改めて認識されるようになる。ビジネスに直結したエキスパートシステムも、成長を続ける情報処理産業の主力を担うには規模が小さなものであった。記号処理一辺倒の方法論にも反省がなされた。そのため、わが国の産業界では、人工知能の研究開発に対する熱意が最近さめつつある。最近では、人工知能を情報スーパーハイウェイと関連させた研究、ネットワーク上での知的な情報検索、複数個の人工知能システムを協調させて動作させる分散人工知能の研究や、言語、映像、音声とを組み合わせた多数の通信(交信)モードをもつシステムの研究が活発に行われ

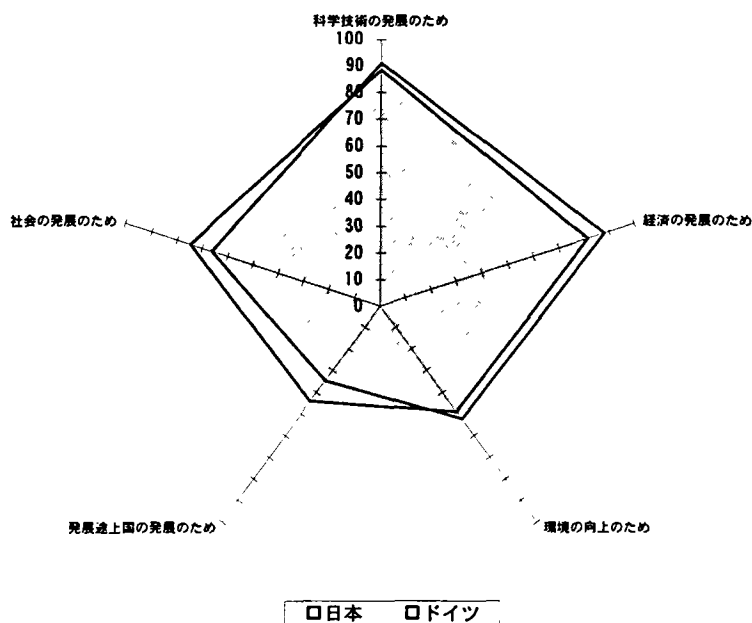
ている。多量のコンピュータパワーも安価に供給されるようになり、超並列人工知能の研究も始まっている。柔軟な学習能力をもつ人工知能の研究の重要性がこれまで以上に高まってきている。

人工知能の研究に浮沈があるのはいたしかたない。人工知能の研究には本質的に長期を要するものが含まれているからである。しかし、人工知能の研究開発が、将来の情報処理技術として極めて重要な役割を果たすことは明かだろう。そこで現在、人工知能の未来がどう予測されているかを調べることにした。調査に当たり質問項目はできるだけ具体的に、そして人工知能の将来像ができるだけ明確になるように設定した積もりである。人工知能の哲学的、認知科学的な側面も興味あるところであるが、それらの多くは今回の質問項目から除外してある。

4.1.2 重要度評価に見られる一致点と相違点

図 4.1-1は重要度評価の各項目について全課題の平均値を表示している。日独を比較すると、「科学技術の発展のため」、「経済の発展のため」及び「環境の向上のため」の3項目については相対的に日本よりドイツが重視しており、逆に「社会の発展のため」と「発展途上国の発展のため」の2項目は日本の方がやや重視している。

図 4.1-1 重要度の日独比較(人工知能)



「科学技術上の発展のため」は日独とも指数が高く、重要度の5つの質問項目の中で最も高い結果となった。「科学技術の発展のため」に、日独とも最も重要と考えられている課題は「212:データベースの指定なしに世界中からデータや知識を数分以内に検索するシステムの普及」(日 94, 独 95)である。

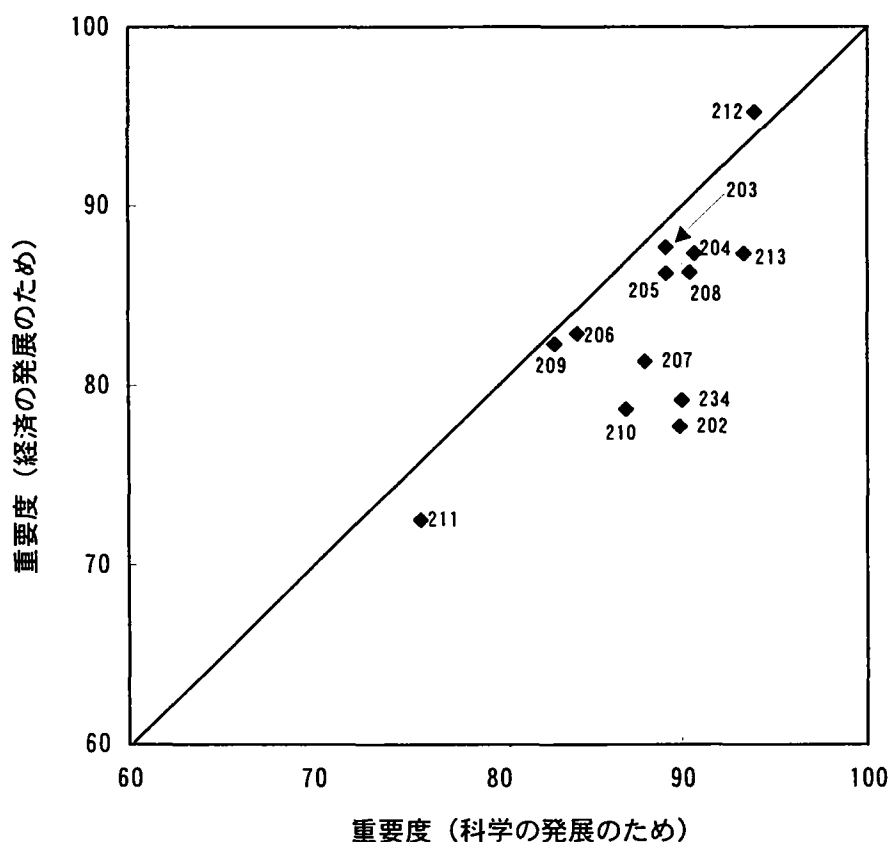
「経済の発展のため」においても、日独とも指数が高い課題が多く、「201:人間の思考過程のアイデア創造の基本メカニズムの解明」(日 56, 独 60)を除いては、人工知能の全課題で

指数が 70 以上であった。この中で特に日独とも重要と考えられている課題は「212:データベースの指定なしに世界中からデータや知識を数分以内に検索するシステムの普及」(日 95, 独 97)、「208:科学、技術文書を翻訳する機械翻訳システムの普及」(日 86, 独 97)、「205:仕様から実用的なプログラムを合成する自動プログラム合成方法の実用化」(日 86, 独 97)等である。

「環境の向上のため」については、いくつかの課題を除いて日独とも全体的に重要度は中程度という結果になった。その例外の課題は「204:複雑な 2次元パターンを人間なみの速さで認識するシステムの実用化」(日 62, 独 70)、「212:データベースの指定なしに世界中からデータや知識を数分以内に検索するシステムの普及」(日 71, 独 84)及び「213:在宅のまま必要な図書や文献資料にアクセスできる電子図書館の普及」(日 65, 独 66)であり、この 3 課題については日独とも環境の向上のためにやや重要であるという結果になった。

「発展途上国の発展のため」についても、ほとんどの課題でそれほど重要でないと考えられているが、いくつか例外もある。その課題は「208:科学、技術文書を翻訳する機械翻訳システムの普及」(日 76, 独 69)及び「212:データベースの指定なしに世界中からデータや知識を数分以内に検索するシステムの普及」(日 71, 独 63)であり、これらの課題は日独ともやや重要であると考えられている。

図 4.1-2 重要度(科学と経済)のクロス(日本)



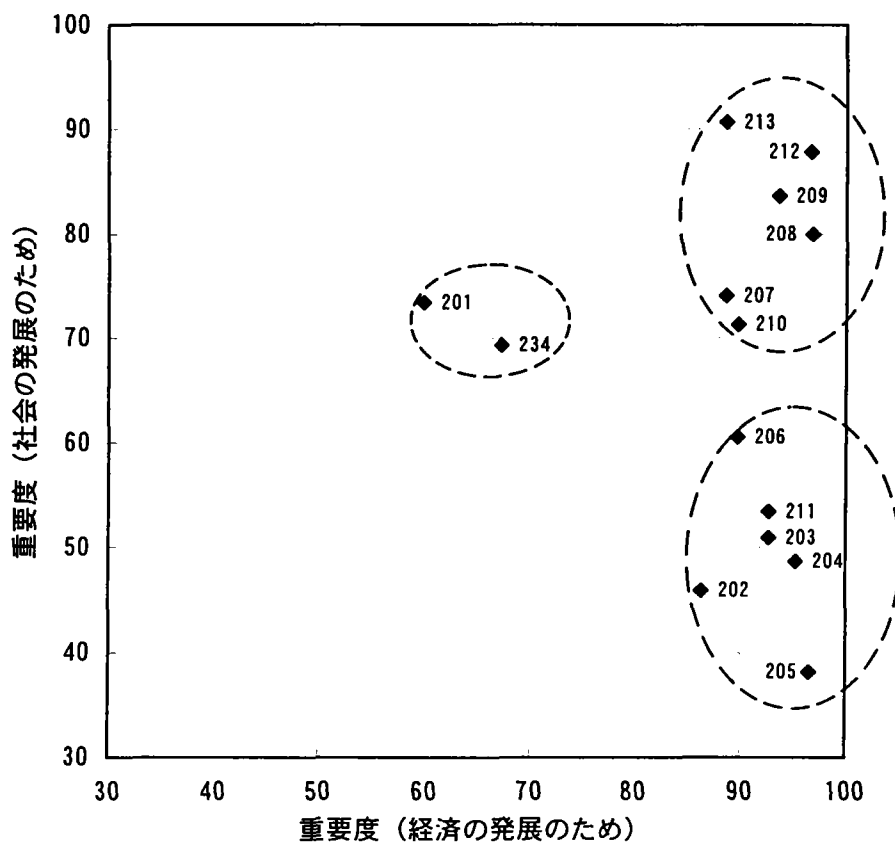
「社会の発展のため」については、日本では人工知能の全課題が「やや重要～重要」であるという考えが強く、ドイツでもいくつかの課題を除いて「やや重要～重要」と考えているという結果になった。日独とも「社会の発展のため」に重要と考えられている課題は「208:科学技術文書を翻訳する機械翻訳システムの普及」(日 85, 独 80)、「212:データベースの指定なしに世界中からデータや知識を数分以内に検索するシステムの普及」(日 89, 独 88)及び「213:

在宅のまま必要な図書や文献資料にアクセスできる電子図書館の普及」(日 87, 独 91)という文書翻訳やネットワーク関連のものである。

この5つの質問項目をクロスすると、いくつか興味深い結果が現れたものもある。

1つ目は日本側の結果であるが、「201:人間の思考過程のアイディア創造の基本メカニズムの解明」を除いては、「科学技術の発展のため」の重要度が高くなると、「経済の発展のため」の重要度も高くなるという結果になった(図 4.1-2)。例を挙げると、「212:データベースの指定なしに世界中からデータや知識を数分以内に検索するシステムの普及」(科学 94, 経済 95)、「213:在宅のまま必要な図書や文献資料にアクセスできる電子図書館の普及」(科学 93, 経済 87)等である。このことから推測すると、日本の人工知能の回答者は、科学技術の発展に重要になるものは、経済の発展にも重要であると考えているものと思われる。一方、ドイツでは「科学技術の発展のため」、「経済の発展のため」とも重要と考えているが、この二つの質問項目に、それほど明確な関係はない結果となった。

図 4.1-3 重要度(経済と社会)のクロス(ドイツ)



2つ目は日独とも共通した結果、特にドイツで顕著に現れているが結果であるが、「経済の発展のため」と「社会の発展のため」をクロスさせると、3つのグループに分かれたということである(図 4.1-3)。1つ目のグループは「経済の発展のため」、「社会の発展のため」が共に重要であるというものであり、一例を挙げると「212:データベースの指定なしに世界中からデータや知識を数分以内に検索するシステムの普及」(経済 97, 社会 88)である。2つ目のグループは「経済の発展のため」には重要であるが、「社会の発展のため」には可でも不可でもないというものであり、一例を挙げると、「203:人工知能の大規模ソフトウェア開発等へ

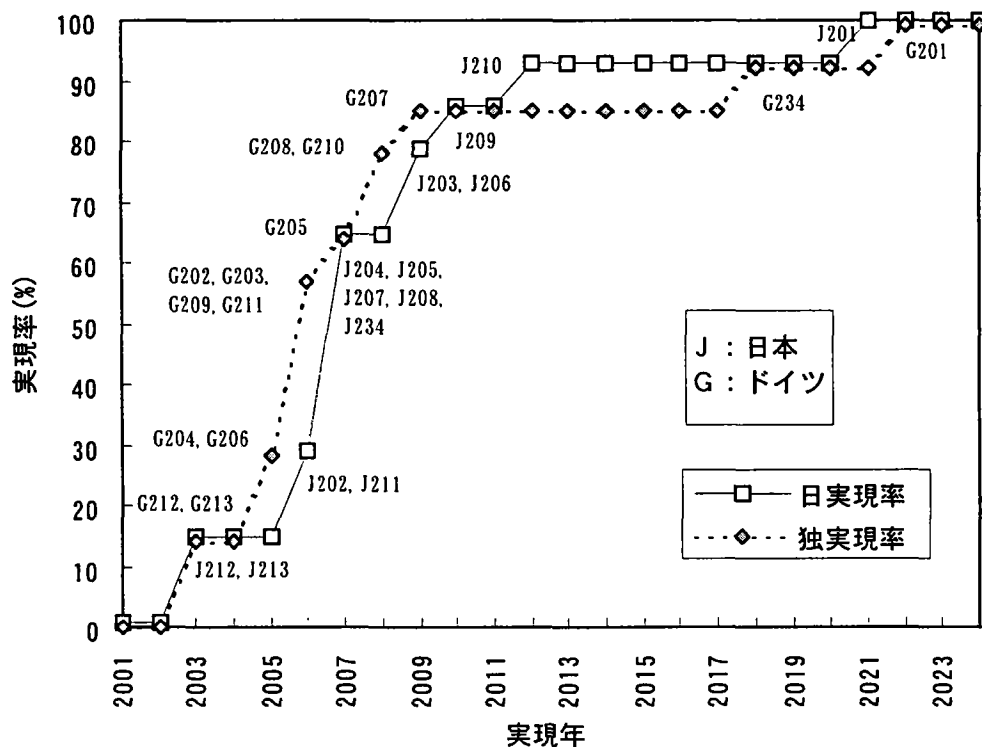
の実用化」(経済 93, 社会 51)である。3つ目のグループは「社会の発展のため」、「経済の発展のため」ともやや重要というものであり、一例を挙げると「234:【追加課題】人間のアイデア創造を支援するシステムの実用化」(経済 67, 社会 69)である。

4.1.3 日独の予測時期の比較

全課題の実現時期の平均は、日本 2008.2年、ドイツ 2008.0年でよく一致しているが、第2ラウンドで追加された課題である「234:人間のアイデア創造を支援するシステムの実用化」の予測が、日本 2007年に対してドイツは2018年とかなりの差になっている。これを除いた場合には、すなわちアンケートの反復を行った課題のみでの平均は、日本 2008.3年、ドイツ 2007.2年とほぼ同じ結果になっている。

人工知能全課題の実現の時系列のパターンは、図 4.1-4に示すように、若干ドイツが先行する形ではあるが日独のパターンは良く似ており、2003年から2010年にかけて約85パーセントの課題が実現すると予測されている。このことは、人工知能については、様々な技術開発の成果が21世紀初頭までに蓄積され、これらが総合化されることによって様々な利用が短期に実用化、普及すると考えられることを示している。その他の課題は、2020年頃までに順次実現すると見られており、かなり困難度が高いと考えられている。もっとも困難と見られているのは「201:人間のアイデア創造のメカニズムの解明」であり、日独ともに実現するとしても2020年以降と見られている。実現しないと考える回答者も多い(日本19%、ドイツ8%)。

図 4.1-4 実現時期の日独比較(人工知能)



このように単純累積のパターンは良く一致しているが、個別の課題の実現年を見ていくと一致している点もある一方で、かなり差のあるものも認められる。一致点としては、「213:コンピュータネットワークを利用した電子図書館の普及」、「212:ネットワークからデータ

ベースを指定せずに必要なデータを検索するシステムの普及」の様比較的身近な技術が日独とも 2003 年頃の実現すると見られている。これらについては、技術的な困難さはそれほど大きくないと見られ、通信コストの低減、著作権、データの公開性等の経済的・社会的な問題を指摘する回答者のコメントが多い。様々な応用の基盤となると考えられる「202:大規模な協調分散型 AI システムの開発」、「211:汎用エキスパートシステムの開発の短期化」が日独ともに比較的早期に実現されると考えられている。

一方、相違が見られる点としては、前述の「234:人間のアイデア創造を支援するシステムの実用化」のほか、「209:数万語のボキャブラリーを持つ音声対話システムの開発」が日本 2010 年に対してドイツ 2006 年となっている。また、そのほかでも、「204:写真のような 2 次元パターンを人間並みの速度で認識するシステムの実用化」、「206:問題を言葉や図で記述できる言語の開発」のように人間に近い機能を実現する課題は、日本の予測の方が遅いという傾向が現れている。この点については、例えば、パターン認識の場合、日本では手書き文字の認識のニーズ等からかなり多くの研究が実施されており、逆に技術開発の困難さも良く認識されていることが影響していると思われる。

4.1.4 必要条件についての比較分析

3つの項目があり、第2章の「課題実現に必要な条件」で触れたように、日本の値は高いほど課題実現にとって必要性が大きいと評価し、ドイツは反対に値が高いほど課題実現にとって見通しが明ると評価している。ここでは日独それぞれの特徴について紹介する。

4.1.4.1 日本の調査結果

「科学技術上の問題が解決されること」について、必要性が大きいと評価された課題は「212:データベースの指定なしに世界中からデータや知識を数分以内に検索するシステムの普及」(日 61)、「213:在宅のまま必要な図書や文献資料にアクセスできる電子図書館の普及」(日 53)というネットワーク関連のものを除いた全課題である。このことから、現段階では今回の調査課題の技術に関しては、科学技術上の問題がかなり残っていると考えられる。

「将来の市場における需要の増大」については、ほとんどの課題で必要性が大きいと評価されている。その中でも特に必要性が大きいと考えられている課題は「212:データベースの指定なしに世界中からデータや知識を数分以内に検索するシステムの普及」(日 93)、「213:在宅のまま必要な図書や文献資料にアクセスできる電子図書館の普及」(日 93)等のネットワーク関連の課題であり、この課題に関しては実現予測時期も早く、将来の需要が大きくなれば直ぐにでも普及すると考えられている。

「将来の市場における価格競争力の向上」については、一課題を除いてはやや必要～必要と考えられている。唯一の例外は「201:人間の思考過程のアイデア創造の基本メカニズムの解明」(日 11)で、この課題については現段階では科学技術上の問題解決が重要であり、将来の需要や価格競争力はそれほど必要でないと考えられている。また、全体の傾向として、「将来の市場における需要の増大」が必要と考えられている課題は、「将来の市場における価格競争力の向上」も必要と考えられており、この2つの項目については強い関連性がある。

4.1.4.2 ドイツの調査結果

「科学技術上の問題が解決されること」について、ほとんどの課題で見通しが明ると考えられている。例外は「201:人間の思考過程のアイデア創造の基本メカニズムの解明」(独 51)、「234:【追加課題】人間のアイデア創造を支援するシステムの実用化」(独 51)というアイデア創造関連の課題である。特に見通しが明ると考えられている課題は、「212:データ

ベースの指定なしに世界中からデータや知識を数分以内に検索するシステムの普及」(独 94)、「213:在宅のまま必要な図書や文献資料にアクセスできる電子図書館の普及」(独 97)等のネットワーク関連の課題である。

「将来の市場における需要の増大」についても、ほとんどの課題で見通しが明るいと考えられている。その中でも、特に見通しが明るいと考えられている課題は「204:複雑な2次元パターンを人間なみの速さで認識するシステムの実用化」(独 92)、「209:任意の会話を入力するリアルタイム音声対話システムの開発」(独 91)等の技術や、「212:データベースの指定なしに世界中からデータや知識を数分以内に検索するシステムの普及」(独 91)、「213:在宅のまま必要な図書や文献資料にアクセスできる電子図書館の普及」(独 88)といったネットワーク関連の課題であり、比較的实现予測時期の早い課題について、将来の需要の増大の見通しも明るいという結果となっている。

「将来の市場における価格競争力の向上」については、2課題を除いては見通しが明るいと考えられている結果となった。その2課題は「201:人間の思考過程のアイデア創造の基本メカニズムの解明」(独 19)、「234:【追加課題】人間のアイデア創造を支援するシステムの実用化」(独 39)というアイデア創造に関する課題である。また、全体の傾向として、「将来の市場における需要の増大」の見通しが明るいと考えられている課題は、「将来の市場における価格競争力の向上」の見通しが明るいと考えられており、この2つの項目については関連性が認められる。

4.1.5 現状の評価についての比較分析

今回の調査では「課題実現に関する要因の評価」に9つの質問項目を設け、調査を行った。この9つの質問項目の調査結果について日独比較したものが図 4.1-5である。

9つの質問項目について人工知能の日独比較をすると、「産業界の取り組み」以外の8つの質問項目でドイツ指数が日本指数より高くなっている。全体的に、日本指数は30~50に収まっているのに対し、ドイツ指数は45~70に収まっている。このことから人工知能エリアの全体像は、日本では現状が「やや不十分」という考えが強いのにに対して、ドイツでは現状が「可もなし不可もなし」という考えが強いと考えられる。また、各々の項目を比較するとこの9項目の中でも特に「国際共同開発の実施」は日独の差が大きく、指数差が20以上あった。逆に「研究開発水準」や「産業界の取り組み」は日独の指数差が比較的小さい質問項目であった。

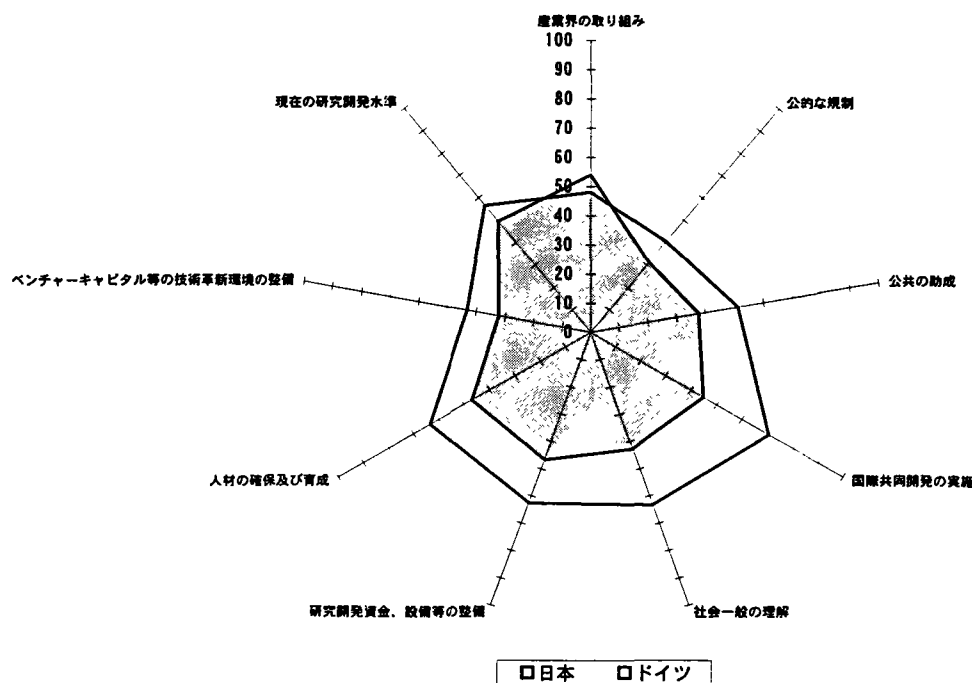
「人工知能」は、ドイツでは最近関心が高まり、現在、国としても非常に力を入れている分野のため、研究環境等が充実しており、現状に対する不満が少なかったのではないかと思われる。逆に、日本では社会的関心もピークを過ぎ、やや下降気味のため、現状に問題等が多いという考えが示されたのではないかと考えられる。このような背景が今回の調査に、少なからず反映されている可能性がある。

各質問項目毎に課題を見ると、「国際共同開発の実施」については人工知能の全課題で日本よりドイツが高くなり、日独で差が大きかった課題は「204:複雑な2次元パターンを人間なみの速さで認識するシステムの実用化」(日 43, 独 74)、「202:数万台のプロセッサを用いた大規模協調分散型AIシステムの開発」(日 44, 独 74)等である。ドイツでは最近人工知能の関心が高まり、積極的に他国と協力を行っているために、現状に対して満足しているものと思われる。

「人材の確保及び育成」についても、「国際共同開発の実施」と同様に全課題で日本よりドイツの方が高い結果となった。この中でも特に差が大きかった課題は「204:複雑な2次元パ

ターンを人間なみの速さで認識するシステムの実用化」(日 51、独 77)、「213:在宅のまま必要な図書や文献資料にアクセスできる電子図書館の普及」(日 46、独 72)等であり、日本では人材が不足気味と考えているのに対し、ドイツでは人材が十分に確保できていると考えられている。

図 4.1-5 現状の評価の日独比較(人工知能)



4.1.6 第5回予測との同一課題のデータ比較

第5回技術予測調査と今回の調査との同一課題は3課題(課題番号 206、207、210)、類似課題は1課題(課題番号 211)であり、この4課題について実現時期のみを比較してみた。

表 4.1-1 同一課題の日独比較(人工知能)

課題内容	第5回調査	今回の調査
206:問題を言葉や図を用いて記述することができる汎用の超高級言語が開発される。	2007年 (2003年)	2009年 (2005年)
207:図書、資料の要約・抄録を自動的に行う装置が開発される。	2009年 (2005年)	2007年 (2009年)
210:自動学習により知識を増殖していく知識ベースが実用化される。	2007年 (2007年)	2012年 (2008年)
211:知識表現言語(KRL)が標準化され、標準KRLで書かれた既存の知識ベースを基にした汎用のエキスパートシステムの短期開発が可能となる。	2005年 (2004年)	2006年 (2006年)

※()内はドイツデータ

表 4.1-1を見ると、1 課題を除いては第 5 回技術予測調査と今回の調査の差が小さく、3 年未満である。各々の課題について見ると、「207: 図書、資料の要約・抄録を自動的に行う装置の開発」が日独とも、第 5 回技術予測調査時より若干早く実現すると予測されている。「206: 問題を言葉や図を用いて記述することができる汎用の超高級言語の開発」と「211: 知識表現言語 (KRL) の標準化による汎用エキスパートシステムの短期開発の実現」は第 5 回技術予測調査時より、日独とも 1~2 年遅く実現すると予測されている。「210: 自動学習により知識を増殖する知識ベースの実用化」は前回の調査よりもドイツでは 1 年、日本では 5 年遅く予測された結果となった。全体には第 5 回調査よりも多少遅く予測される傾向がある。

4.2 ナノテクノロジーとマイクロマシン

4.2.1 技術の現状紹介

本章の「ナノテクノロジー」というキーワードは、一言で述べると「道具の微小化」をとりあげたものである。「道具」の一例として、電子デバイス(電子を利用する道具)をとりあげると、1940年代のトランジスタの発明をエポックの幕開けとして、真空管→トランジスタ→集積回路(IC)→大規模集積回路(LSI)→超LSIと、目まぐるしい素子寸法の微小化を続けてきた電子デバイスが、科学技術の分野に変革をもたらしただけでなく、社会全般に大きな変化を惹き起こしたことは誰もが認めるところであろう。電子デバイスの中で最も素子の微小化が進んでいる「半導体メモリ」では、その構造を特徴づける最小寸法(feature size)は、現在、数100ナノメートルにまで小さくなっており、また「半導体メモリ」が社会や経済に及ぼす影響についてもかなり詳しいシナリオが描かれている。それでも、電子デバイスに限らず、「道具の微小化」の動きは停まっていない。専門家の目には一個一個の分子や原子がその視野の中ではっきりと姿を現してきた。ただ、あまりにも小さい「道具」については科学技術的な問題の解決と、経済、文化を含む社会全般への影響に関して多くの人に認められるシナリオが描けていないだけである。本章は、このような領域を対象とするものである。

ナノテクノロジーの「ナノ」とは長さの単位ナノメートル(10^{-9} m)のことであるが、ここでは、10ナノメートルから1ナノメートルを想定している。もちろん、この数字は、「道具」の大きさだけを指すものとは限らず、「道具」の加工精度がこの範囲に入るものも、重要な「ナノテクノロジー」の対象である。もっとも、この寸法範囲はあまり厳密ではなく、「道具」の種類ごとに変えたというのが正しいが、確立したシナリオが描かれていない寸法領域であることだけは、どの「道具」でも統一されている。「電子デバイス」の場合には上で述べた寸法範囲である。したがって、電子の波動性を利用する「量子デバイス」などは、新しい概念を利用するものとして興味深い、割愛した。あくまでも原子、分子レベルの大きさ(小ささ)を対象にしている。一方、「機械の道具」の世界では、元来、人体の大きさに合わせて考えられていた「道具」が、顕微鏡でしか見えない大きさに微小化されようとする動きがある。これがマイクロマシンと呼ばれるもので、シリコン基板状に形成されたモータ、ポンプ、アクチュエータ、センサ等の大きさは現在のマイクロメートルの範囲にある。人体の大きさから逸脱した「機械の道具」にはどのような用途があるのだろうか、また、それが社会に及ぼす影響はどのようなものであるのか興味深い。本章の副題にマイクロマシンの語がある所似である。さらに、人類への貢献に長い歴史をもつ有機材料にも「微小化」の動きを見い出すことができる。材料が機能を持てば、それは「道具」である、と広く考えていただきたい。この分野での「道具の微小化」としては、電子デバイスと同等の寸法範囲、すなわち一個一個の分子、原子の大きさまでを想定した。この寸法範囲での機能材料の制御性とそれによって発現する独特な現象が、この分野における「ナノテクノロジー」の対象であるといえる。また、有機材料を足掛かりにしてバイオ分子系との接点も開かれる。バイオ分子系で進められている情報処理機能の研究と「微小化」との融合がもたらす波及効果は計り知れない大きさを持ちうる。

ここまでに述べた切り口とは異なる観点にも言及せねばならない。微小な「道具」が考案されて、広く利用されることが、ナノテクノロジーが社会と接する最前線であることは言うまでもないが、その基礎となる「観ること」と「作ること」もナノテクノロジーの将来のシナリオの重要な部分である。ここで、「観ること」とは、ナノメートル領域の大きさを観察できて、そこで起きている現象を認識できること、「作ること」とは、ナノメートル領域の「道具」を実際に作製することであり、このいずれが欠けてもナノテクノロジーの利用は技術的に実現し得ない。

1980年代初頭、IBMチューリッヒ研究所のビーニツヒとローラー両博士によって走査型トンネル顕微鏡が発明されて以来、ナノテクノロジーにおける「観る」技術は、飛躍的な展開を示した。最近では、先端の鋭い探針(プローブ)を対象物質表面近傍に近づけ、ある物質量を局所的に検出しマッピングする一連の顕微手法を、広く走査型プローブ顕微鏡(SPM)と称して、ナノテクノロジーを代表する手法として注目されている。そのSPMの動作原理を用いた微小領域の加工、さらには個々の原子・分子のマニプレーション(移動操作)の実現が「作ること」の扉を開く技術の一つに挙げられている。有機あるいはバイオ分子系物質を対象としたナノテクノロジー、特にSPMによるイメージングの報告の代表的なものとしては、単結晶上の吸着分子などがある。例えば、ベンゼン分子、色素として有名なフタロシアニン分子、ディスプレイに用いられている液晶分子などの吸着像では、個々の分子の内部構造を判別出来るところまで可能となってきた。

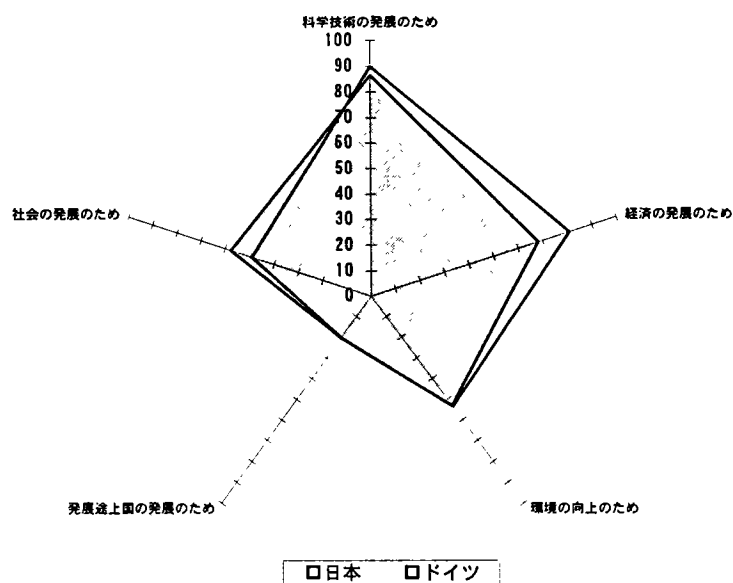
また、バイオ系マクロ分子では、主として原子間力顕微鏡を用いた研究が行われており、電子顕微鏡では得られない、ヘリックス構造のループを確認するに至っている。このような高分解能イメージングは、ナノテクノロジーの可能性を示唆するものの代表的な例ではあるが、一方で、今のところ対象となる分子系が限られているという欠点も指摘されている。

「観ること」や「作ること」におけるナノテクノロジーも、従来にない高分解能領域を対象としているがゆえに、科学全般に係わる未知の領域を切り開く新分野であると期待されているが、その分野の確立には、イメージング技術の検討と同時に、検出対象となる情報(像)の本質(何を見ているのか)を明らかにしなければならない。

4.2.2 重要度評価に見られる一致点と相違点

各項目について日独比較をすると、「社会の発展のため」は日本が高く、「発展途上国の発展のため」と「環境の向上のため」は日独ともほぼ同じ、「科学技術の発展のため」と「経済の発展のため」はドイツが高いという結果になった(図 4.2-1)。

図 4.2-1 重要度の日独比較(ナノテクノロジー)



各質問項目毎に各課題を比較すると、「科学技術の発展のため」は2課題を除いては全て指数が70以上と重視されている。例外の課題は「233: マイクロシステムによる自動車の動作の完全な制御の実現」(日 47, 独 65)及び「232: ポケットサイズ版の「パーソナルコミュニケーター」による画像伝送等の実現」(日 73, 独 66)である。また、日独とも高い例としては、「221: 固体電子デバイスより信頼性や動作速度が上回る「原子デバイス」の実用化」(日 93, 独 96)、「223: 近接法以外による原子サイズのパターン生成技術の実用化」(日 92, 独 94)、「220: 高分解能表面分析手法を用いる個々の原子の種類の判別技術の実用化」(日 93, 独 94)、「214: 1 原子層ごとに組成や不純物濃度を変化させた機能材料や半導体デバイスの普及」(日 94, 独 94)等である。

「経済の発展のため」については比較的差が小さく、日独とも似たような結果となった。日独とも高かった例としては、「232: ポケットサイズ版の「パーソナルコミュニケーター」による画像伝送等の実現」(日 90, 独 96)、「231: 微細加工技術でできた構成要素を利用するマイクロシステムの経済的・柔軟な生産の実現」(日 89, 独 97)、「227: センサアレイとアクチュエーターからなるワンチップマイクロシステムの実用化」(日 80, 独 92)等が挙げられる。

「環境の向上のため」については、いくつか差が出たものもある。例としては、「220: 高分解能表面分析手法を用いる個々の原子の種類の判別技術の実用化」(日 43, 独 69)等である。また、日独とも高かったのは「230: 水中や空気中の汚染物質をモニタリング用の微量分析システムの普及」(日 90, 独 100)であり、特にドイツについては回答者全員が「非常に重要である」と答えた結果となった。

「発展途上国の発展のため」は分野の性格上、日独とも指数が低くなっている。「社会の発展のため」は日独とも、大きく3つのグループに分かれた。一つ目のグループは「社会の発展のため」に重要と考えられているものであり、一例を挙げると「228: 手術の侵襲を最小にするための多機能装置の実用化」(日 85, 独 86)である。二つ目のグループは「社会の発展のため」に可もなし不可もなし～やや重要というものであり、一例を挙げると「226: 分子機械等のための高選択的、長期安定なセンサーとインターフェース技術の実用化」(日 65, 独 63)である。三つ目は「社会の発展のため」にはそれほど重要でないというものであり、ナノテクの課題の半数強がここに集中している。例を挙げると、「225: シリコン結晶表面の欠陥を修復し、不純物を密封(制御)する方法の開発」(日 41, 独 26)、「218: 単分子層制御に基づいた有機ハイブリッド材料の開発」(日 43, 独 28)等の課題である。

4.2.3 日独の予測時期の比較

全課題の予測実現時期の平均は、日本が2008.4年、ドイツが2007.6年とかなり近い結果になっている。日独の実現予測の時系列のパターンは、図4.2-2に示すように、2003年から2010年の間に若干ドイツが先行しながら80パーセント以上の課題が実現し、残る課題の実現には、その後約10年を要する形になっている。

個別の課題の実現年を見ても、全体として日独の予測は良く一致している。様々な応用の基盤となる「220: 高分解能表面分析による個々の原子の種類の判別技術の実用化」、「225: シリコン表面の欠陥の修復・制御技術の開発」等の技術が2006年までに進展し、2010年までに「217: ナノメータオーダーで決まった表面構造を持つ材料の生産」、「222: S T M関連技術による原子・分子単位の反応・合成技術の実用化」、「223: 近接法以外の方法で原子サイズのパターンを生成する技術の実用化」等が進むと考えられている。

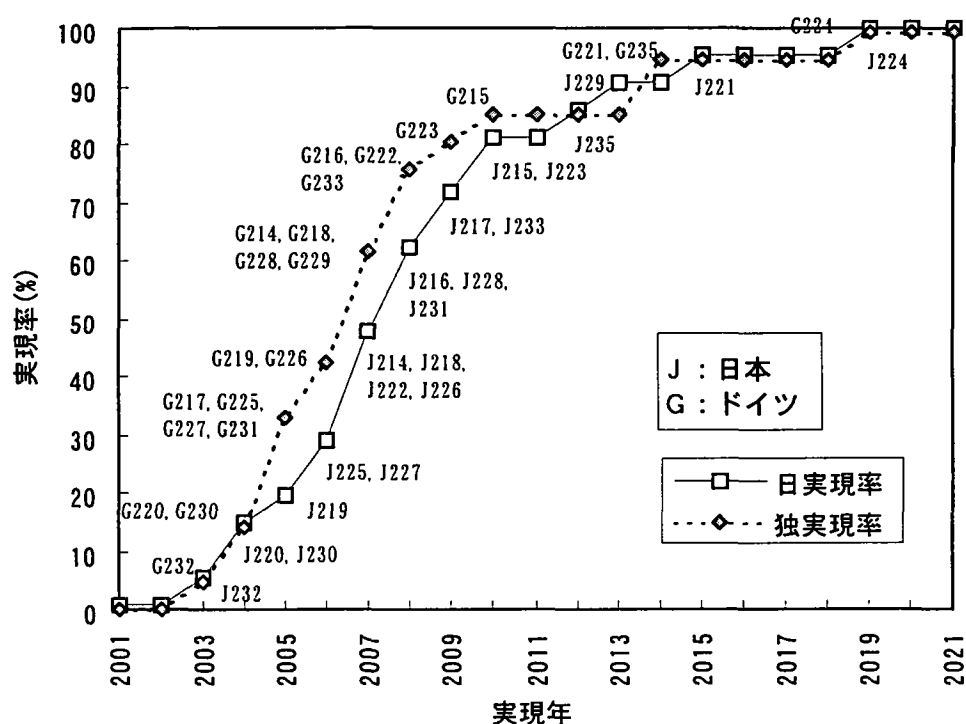
実現時期に差が見られた例としては、「229: マイクロシステムが人体に埋め込まれ診断・治療を行うようになる」で、日本が2013年であるのに対して、ドイツは2007年になっている。

この課題については、一部の回答者から体内に埋め込むことについての抵抗感が指摘されている。実現がもっとも困難と考えられたのは、「224:生きている細胞を利用するマイクロプロセッサの開発」で、実現時期は両国ともに 2019 年となっている。この課題については、実現しない(他の方法で実現する)と考える専門家も多い(日本 25%、ドイツ 14%)。

全体として、この分野においては、両国の展望は良く一致しており、21 世紀初頭の 10 年間にかなりの進展があるものと考えられている。

図 4.2-2 に示すナノテクノロジー分野の時系列の実現パターンは、人工知能の場合(図 4.1-4)に類似しているが、人工知能では、個別の課題でかなりの相異がみられたのに対して、ナノテクノロジーの場合には、個別の課題の実現年も日独でほぼ一致している点に特徴がある。

図 4.2-2 実現時期の日独比較(ナノテクノロジー)



ナノテクノロジー分野では、回答者のコメントに実用化に向けて具体的応用を明らかにしていくことが不可欠との指摘が多いことに表われているように、基礎的段階にある課題が多い。一方、人工知能は応用が明確な例が多く、当然社会的要因が実現に与える影響がより明らかになっていると考えられる。このことが、人工知能に比べて、ナノテクノロジーで日独の予測が良く一致した原因の一つと考えられる。

4.2.4 必要条件についての比較分析

3つの質問項目があり、第2章の「課題実現に必要な条件」で触れたように、日本の値は高いほど課題実現にとって必要性が大きいと評価し、ドイツは反対に値が高いほど課題実現にとって見通しが明るいと評価している。

4.2.4.1 日本の調査結果

「科学技術上の問題が解決されること」については、全課題で必要性が大きいと評価される結果となり、「将来の需要の増大」や「将来の価格競争力の向上」よりも「科学技術上の問題解決」が必要であると考えられている。その中でも特に必要性が大きいと評価された課題は「214:1 原子層ごとに組成や不純物濃度を変化させた機能材料や半導体デバイスの普及」(日 95)、「221:固体電子デバイスより信頼性や動作速度が上回る「原子デバイス」の実用化」(日 94)、「229:人体内に埋め込まれたマイクロシステムによる診断・治療の実現」(日 96)等である。

「将来の市場における需要の増大」については、ほとんどの課題で必要性が大きいと考えられている。その中でも特に必要性が大きいと評価された課題は「227:センサアレイとアクチュエーターからなるワンチップマイクロシステムの実用化」(日 90)、「232:ポケットサイズ版の「パーソナルコミュニケーター」による画像伝送等の実現」(日 93)等の課題である。また、この課題 232 については「将来の市場における価格競争力の向上」も必要性が高く評価されている。

「将来の市場における価格競争力の向上」については、いくつかの課題を除いて指数が 50 前後の可もなし不可もなしという評価結果となった。今回の課題の中で比較的価格競争力が必要と思われているものは、「232:ポケットサイズ版の「パーソナルコミュニケーター」による画像伝送等の実現」(日 90)、「233:マイクロシステムによる自動車の動作の完全な制御の実現」(日 81)等の比較的身近な技術に関する課題である。

4.2.4.2 ドイツの調査結果

「科学技術上の問題が解決されること」については、一課題を除いては見通しが明るいという結果になった。唯一の例外は「224:生きている細胞を利用するマイクロプロセッサの開発」(独 40)であり、ドイツでは以前にこのような技術開発を行おうとした経緯があり、その為にこの技術の難しさが分かっているものと思われる。また、特に見通しが明るいと考えられている課題は「217:ナノメータオーダーで決まった表面構造の材料の生産」(独 80)、「228:手術の侵襲を最小にするための多機能装置の実用化」(独 90)、「230:水中や空気中の汚染物質モニタリング用の微量分析システムの普及」(独 87)、「232:ポケットサイズ版の「パーソナルコミュニケーター」による画像伝送等の実現」(独 95)等であり、ナノテクの実用化や普及に関する課題が多い。

「将来の市場における需要の増大」については、いくつかの課題を除いては見通しが明るいという結果になった。特に見通しが明るいと考えられている課題は「226:分子機械等のための高選択的、長期安定なセンサーとインターフェース技術の実用化」(独 94)、「227:センサアレイとアクチュエーターからなるワンチップマイクロシステムの実用化」(独 92)、「231:微細加工技術でできた構成要素を利用するマイクロシステムの経済的・柔軟な生産の実現」(独 91)、「232:ポケットサイズ版の「パーソナルコミュニケーター」による画像伝送等の実現」(独 95)等の課題であり、実現予測時期が比較的早い課題について、見通しが明るいと考えられている。

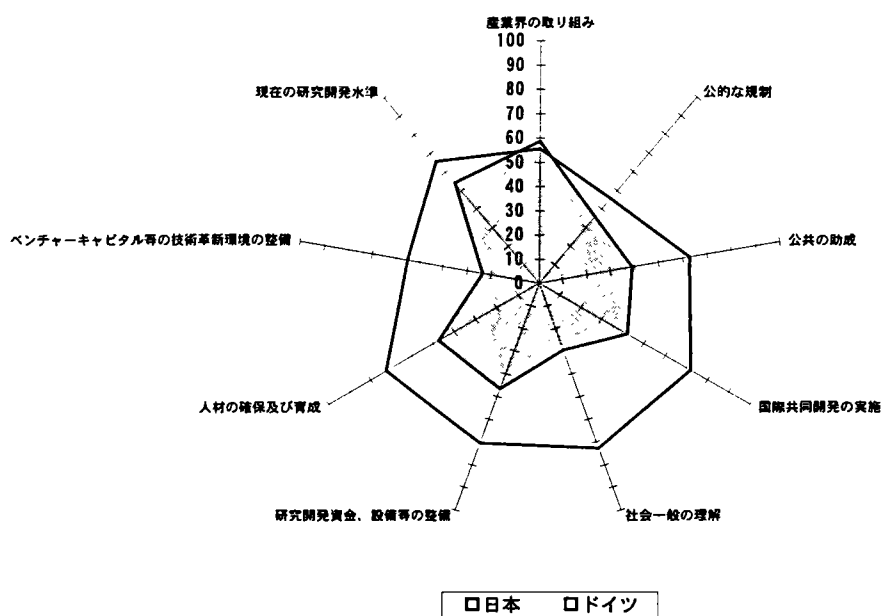
「将来の市場における価格競争力の向上」について特に見通しが明るいと考えられている課題は「232:ポケットサイズ版の「パーソナルコミュニケーター」による画像伝送等の実現」(独 87)であり、この課題については必要条件の3つの質問項目全てに見通しが明るいと考えられ、また、実現予測時期も早い。逆に現段階で、将来の価格競争力の向上の見通しがそれほど明るくないと考えられている課題は「215:人為的な原子クラスターの「スーパーアトム」から成る固体電子デバイスの開発」(独 39)、「224:生きている細胞を利用するマイクロ

ロセッサの開発」(独 32)等である。

4.2.5 現状の評価についての比較分析

9つの質問項目の調査結果について日独比較したものが図 4.2-3である。

図 4.2-3 現状の評価の日独比較(ナノテクノロジー)



9つの質問項目について日独比較すると、「産業界の取り組み」以外は日本指数よりドイツ指数のほうが高いという結果になり、この点は人工知能と一致しているが、日独の差はナノテクノロジーの方が大きくなっている。各項目をみるとドイツでは、「公的な規制」以外は全て指数が50以上であり、研究開発を巡る現状に対して比較的良い評価が与えられている。逆に日本では、「産業界の取り組み」、「現在の研究開発水準」以外は全て指数が50以下であり現状は改善すべき点が多いという考え方が示されている。中でも特に「国際共同開発の実施」、「社会一般の理解」は日独で指数差が約30あるという結果になった。

「国際共同開発の実施」については全課題でドイツの方が高い結果となり、日独の差も比較的大きいものが多かった。例としては、「220:高分解能表面分析手法を用いる個々の原子の種類判別技術の実用化」(日40、独78)、「217:ナノメータオーダーで決まった表面構造の材料の生産」(日41、独78)、「222:S T M関連技術による原子・分子単位の反応・合成技術の実用化」(日40、独77)等が挙げられる。

「ベンチャーキャピタル」についても全課題でドイツの方が高い結果となり、日独の差が比較的大きいものが多かった。日独の差が大きかった例としては、「219:数～数十ナノメータオーダーの構成要素を持つ有機-無機コンポジット材料の開発」(日19、独62)、「226:分子機械等のための高選択的、長期安定なセンサーとインターフェース技術の実用化」(日25、独67)等である。日独の指数差については、リスクがあっても夢に期待をかける社会風土、

金融支援システムの充実の相違など、社会全体がベンチャーを支援する雰囲気やシステムがあるか否かではなかろうかと思われる。

全体として大きな差はないものの、研究開発水準の評価もドイツが高くなっている。これを個別の課題でみていくと、「222: S T M 関連技術による原子・分子単位の反応・合成技術の実用化」(日 60、独 62)のように、対象物の大きさが定量的に表現されている課題では、日独がほぼ同じであり、一方、「226: 化学・生物学的技術システム(例えば分子機械)のためのセンサー・インタフェース技術の実用化」(日 47、独 75)のように、それ程定量的でない課題では概してドイツが高くなっている。これを説明するひとつの仮説として、ドイツでは回答した専門家が想定した「大きさ」のイメージが、日本より大きいということが考えられる。換言すれば、技術的に容易なレベルを想定したことが考えられる。課題作成の段階において、日本側専門家グループの提案には「ナノ」が多く、ドイツ側の提案には「マイクロ」が多かったこともこのことを裏付けている。

4. 2. 6 第 5 回予測との同一課題のデータ比較

第 5 回技術予測調査と今回の調査との同一課題は 1 課題(課題番号 216)、類似課題は 1 課題(課題番号 218)であり、この 2 課題について実現時期のみを比較してみた(表 4. 2-2)。

表 4. 2-2 同一課題の日独比較(ナノテクノロジー)

課 題 内 容	第 5 回調査	今回の調査
216: 複数の結合様式を原子レベルで組み合わせることにより新しい機能を持つ物質(例: 高分子の超弱結合結晶等)の合成手法が開発される。	2008年 (2004年)	2008年 (2008年)
218: 単分子層制御に基づいた有機ハイブリッド材料が開発される。	2003年 (2005年)	2007年 (2007年)

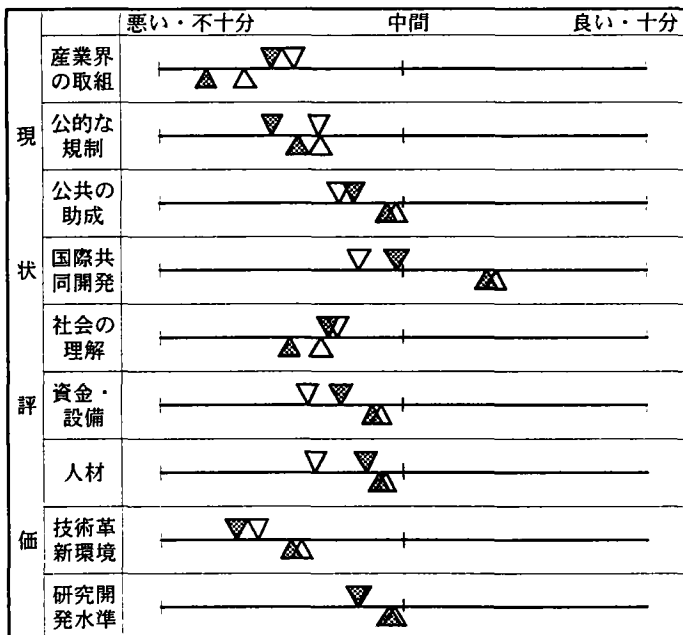
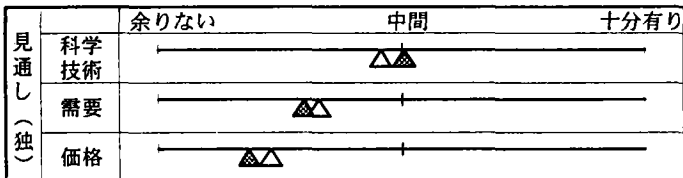
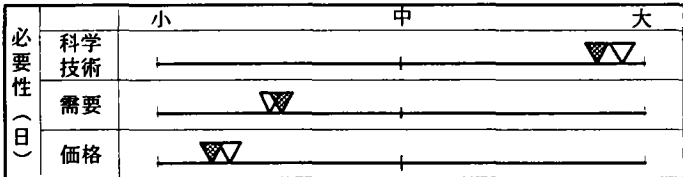
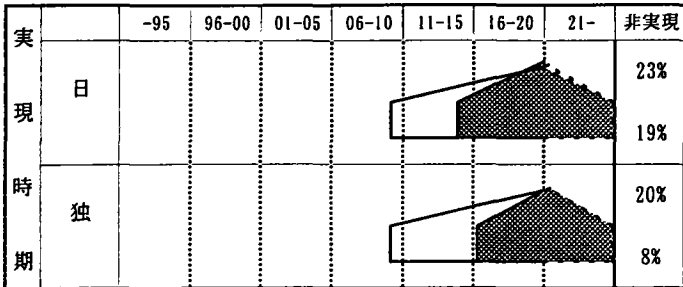
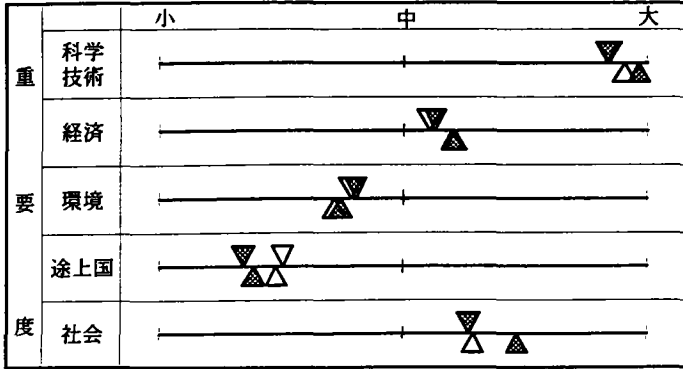
※()内はドイツデータ

表 4. 2-2をみると、「216: 複数の結合様式を原子レベルで組み合わせ新機能を持つ物質の合成手法の開発」は第 5 回技術予測調査と今回の調査で日本については前回と全く同じ実現予測年となっている。一方ドイツについては、第 5 回技術予測調査時より 4 年遅れているが、遅れたことにより日本の予測年と同じになった。また、「218: 単分子層制御に基づいた有機ハイブリッド材料の開発」については今回の調査のほうが日本で 4 年、ドイツで 2 年、遅れた予測時期となった。この技術については、10 程前から研究が本格化し、多くの研究機関が取り組んでいたが、最近技術開発上の問題点が次第に明らかになってきていることがこの結果に反映していると考えられる。

情報・エレクトロニクス [人工知能]

201:人間の思考過程におけるアイデア創造の基本メカニズムが解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	93	29%	35%	35%	73	37%	27%	36%
独	133	14%	41%	45%	117	14%	34%	52%



日本のコメント (例)

- ①分析的アプローチだけでは、不十分。方法論の議論が必要と思う。
- ②人間のメカニズムが解明されなくとも他の方法が存在する。
- ③人工知能の基礎理論の大いなる進展が必要。
- ④認知的心理的分析ならびに生体活動の解明を総合的に研究していく方向づけが求められる。
- ⑤社会の理解が得られないとこの研究は無理。しかし非常に重要。
- ⑥自然言語現、パターン読解、知能ロボット、さらには知性と感性など、個別研究だけではなく、統合的アプローチが必要。
- ⑦自然言語表現、パターン理解、知能ロボット、更には知性と感性など個別研究だけでなく統合的アプローチが必要。
- ⑧日本コメント①に賛成。日本コメント③は条件でなく結果だと思ふ。独コメント③に賛成。独コメント④はまだ心配する段階ではないが、発展方向によっては将来問題になるかもしれない。
- ⑨ノイマンを越える並列処理アルゴリズムの創造がポイント。
- ⑩このような課題の研究が必要かどうかをよく議論する必要がある。思考過程における認識のメカニズム、記憶のメカニズムなどは意味があるが、「創造」は別のものではないかと思ふ。
- ⑪アイデアの創造は偶発的にいくつかの事象が出会い、脳のクセが選択する形で生まれるもので、その価値は単に脳の「クセ」または好みによって決まると考える。「クセ」あるいは「好み」をより創造的にする方法は研究する価値があるが、価値あるアイデアを出す為には価値観の統一を必要とし独において指摘にあるように「マインドコントロール」を用心すべき。

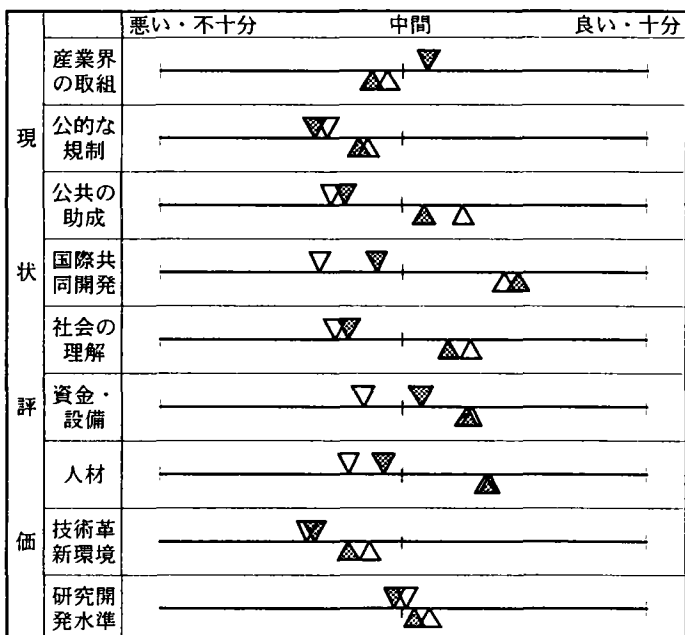
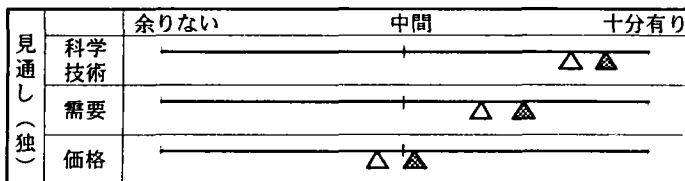
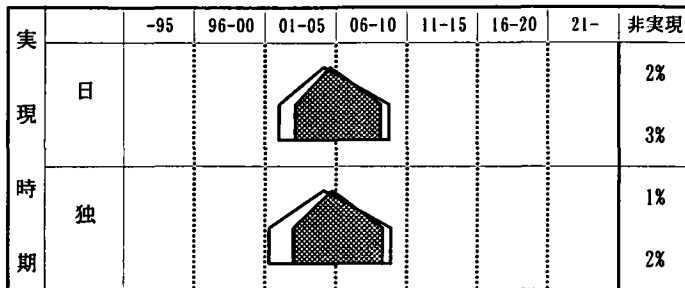
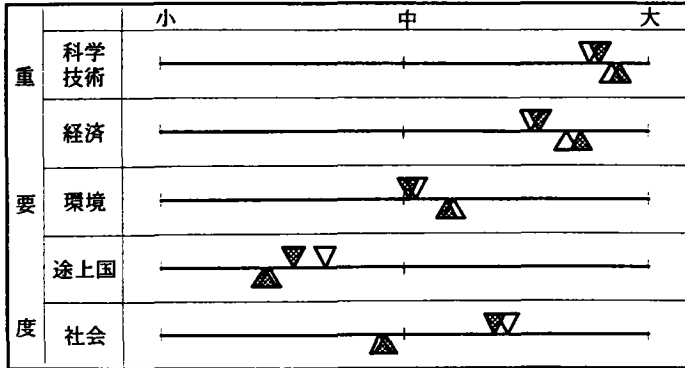
独のコメント (例)

- ①常識的判断が重要。
- ②少ない計画性と組織性。天才的な呑み込みは各人に依存する。201の解は組織的な方法では促進されず個人の偶然と創造的働きによる。
- ③情報、化学、医学の密接な科学協力が必要。
- ④危険：「マインドコントロール」につながる！
- ⑤「人間によらない (nicht-menschlich)」創造性の開拓を除外すべきではない。
- ⑥経済的ならびに社会的な新しい開発が開始されている。
- ⑦本当の機械的思考プロセスの方がより重要である。
- ⑧A I (人工知能) 用のベースとして極めて重要！

情報・エレクトロニクス [人工知能]

202:数万台のプロセッサ(例えば超並列マシンやコンピュータネットワーク)を用いた大規模協調分散型AIシステムが開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	97	32%	31%	37%	75	32%	31%	37%
独	149	19%	46%	36%	118	16%	45%	39%



日本のコメント(例)

- ①システムの開発は困難ではないが、利用技術も含めて考えると実現はもっと先になる。
- ②応用の具体化が問題。
- ③何を解くかが重要。逐次マシンで基本的に問題が解けていることが必要。現状では、アルゴリズムが開発されていない。
- ④・数万台のPEを持つ超並列マシンの開発及びその上での大規模AIシステムは技術的課題が大きく、実現困難。
・Internetのようなコンピュータネットワーク環境を考えると、技術的問題よりも、上記コメントにもあるように、どのような具体的応用を考えるのか、その経済的需要がどの位あるのか、によって、実現時期が決まると思っています。
- ⑤日本コメント①に賛成。日本コメント②も問題意識は同じ。
- ⑥数万台のコンピュータを動員する体制、参加(コンピュータ、人間)に対する「reward」をどうするかという組織要因が、実現上の困難とみられる。
- ⑦自己組織化、学習機能を保つ、計算機アーキテクチャが、最終目的でこの実現は困難。

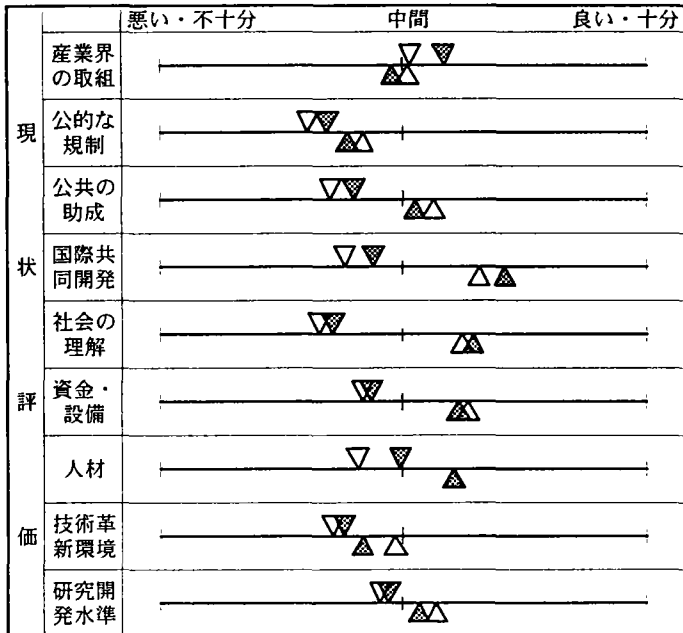
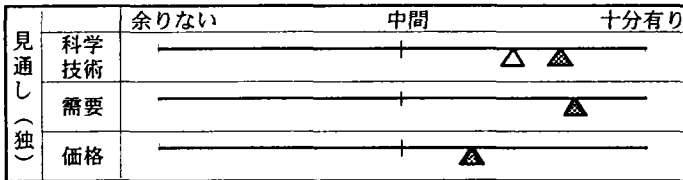
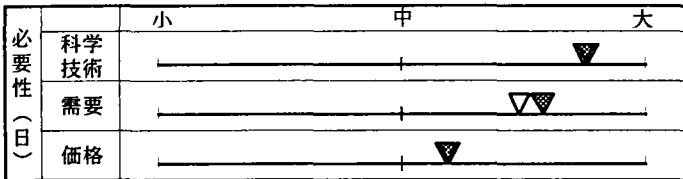
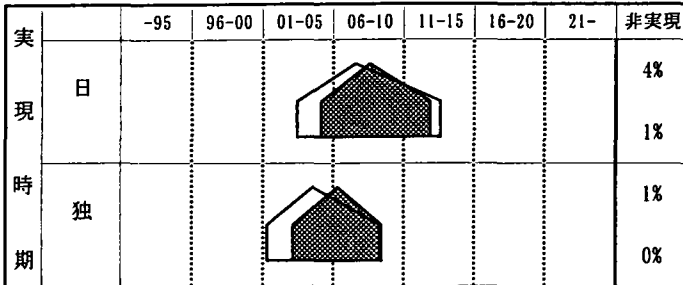
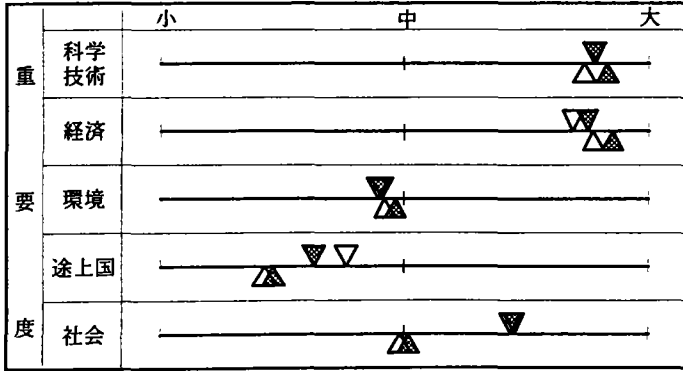
独のコメント(例)

- ①非常に革新的な目標、それへの接近は多くの有利な副次的効果をもたらす。
- ②重要なのはKIベースのヘルプウェア。
- ③ニューロンネットワーク；高速コンピュータでの順次処理。
- ④連想コンピュータ。
- ⑤バイオ・コンピュータ。

情報・エレクトロニクス [人工知能]

203:人工知能の方法が有効で信頼性の高いソフトウェアの開発に実用化され、ソフトウェアの大規模化と大規模ソフトウェアの分かり易さ(「透明性」)に本質的に寄与する。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	91	38%	23%	38%	69	36%	28%	36%
独	142	18%	41%	41%	115	16%	38%	46%



日本のコメント (例)

- ①現実の問題で、研究は進む。但し、限られた範囲、条件下でのみ実用に近づく程度と思う。
- ②A Iが有効か不明。方法論やツールの方が本質的である可能性あり。
- ③ソフトウェアの大規模化には、少なくとも当面(10-20年程度)は、A I手法よりもツールや方法論による貢献が大と思われる。しかし、将来的には、A I(特に定理証明)技術による信頼性の保障が不可欠であり、A Iは本質的な必要を持つと考える。過渡的段階として、ツール的方法にA I技術による部分的保障を加える形での大規模ソフトウェアの開発が行われると思う。
- ④日本コメント①、②に基本的に賛成。需要は今でも非常に大きいので将来増大することがそれほど重要ではない。
- ⑤知識ベースを活用した、ソフトウェア開発環境は、かなり利用される可能性がある。
- ⑥開発の方法論として有効だが、それがどの程度の高信頼性につながるかは未だデータ経験不足。
- ⑦オブジェクト指向からエージェント指向へのパラダイムシフトが必要。それにとまってA I技術が有効になると思われる。
- ⑧都市開発、ロケット開発などの大規模ソフトは人工知能では解決できない。(∵人間は簡単に間違えるから)。

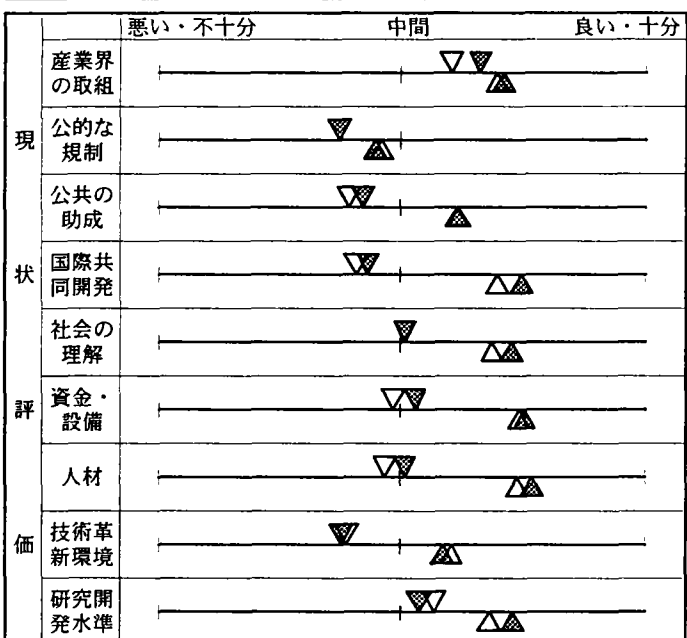
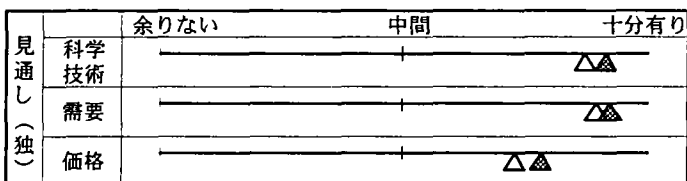
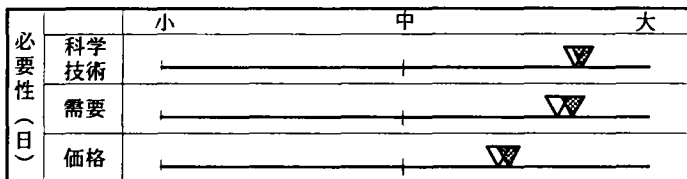
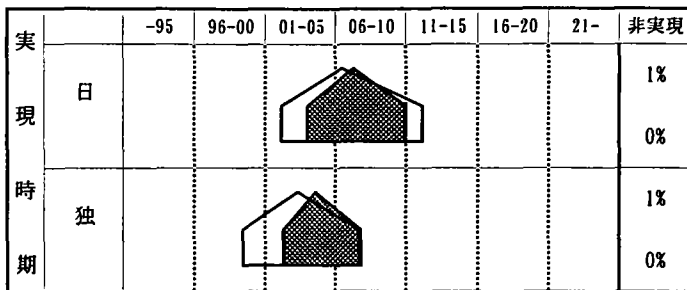
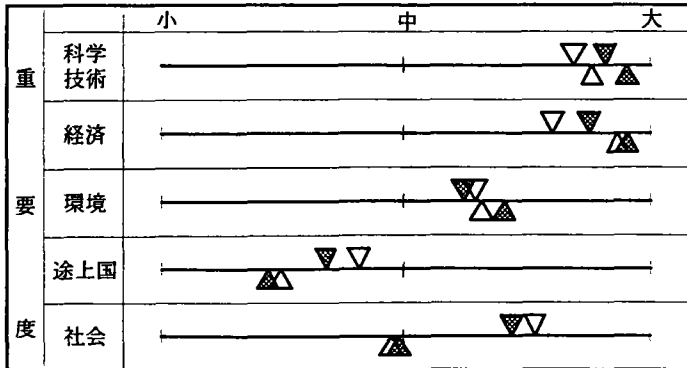
独のコメント (例)

- ①濫用と独立「誤閉路」に対する制御が要求される。
- ②K Iベース上のヘルプウェアが重要である。
- ③パターン認識だけでは不十分、知的基礎をもつ、イメージ、パターン(build)の集積。
- ④複合性を大きく増加するためには、頑丈性が高いことが前提である。

情報・エレクトロニクス [人工知能]

204: 写真のような複雑な2次元パターンを人間なみの速さで認識するシステムが実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	104	19%	35%	46%	75	21%	39%	40%
独	158	18%	47%	35%	120	19%	43%	38%



日本のコメント (例)

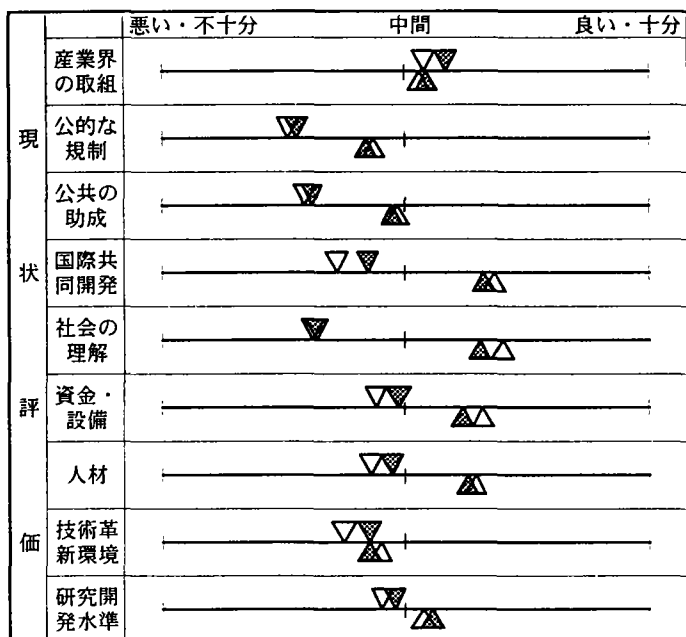
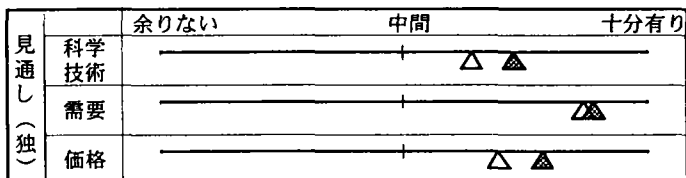
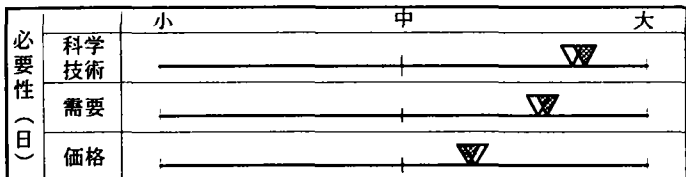
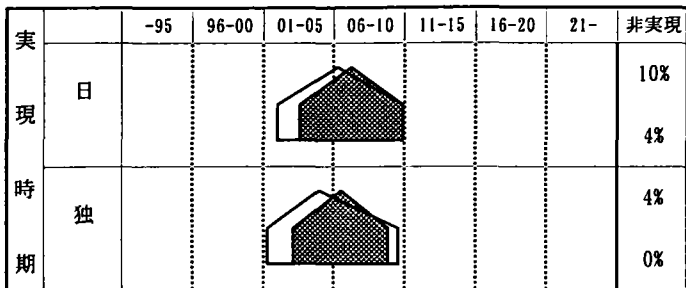
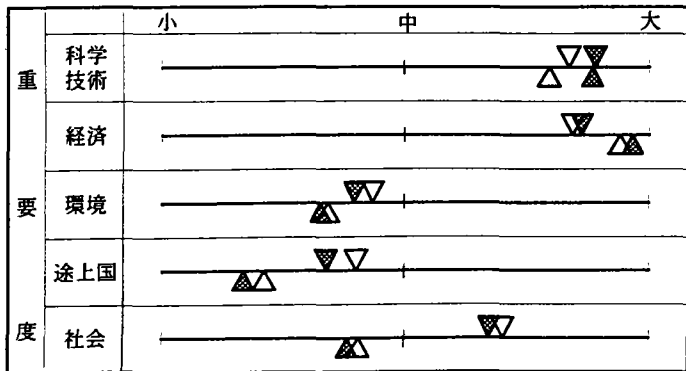
- ①人間の認知プロセスのメカニズムが解明されない限り、「人間なみ」は期待できない。
- ②2次元パターンの中で動くものの処理から実用化が進む。
- ③環境問題など解決する上で、重要な課題。
- ④認識の速さと正確さのトレード・オフがあるので、本設問は不正確である。上記コメントにもあるとおり「人間なみ」の実現は期待できない。本解答は、「人間なみ」とはいかないまでも、ある程度の実用性を持った、「人間に近い」レベルで考えてある。比較的単純な自動監視の用途には、5年以内で実用化可能であると思う。
- ⑤これはすでに解決への道筋が見えていると思う。
- ⑥人間並みは未だ技術的な突破口が開かれていない。
- ⑦人工網膜の研究などがあり、一部の機能は近い将来実用化される。
- ⑧日本のコメント①には反対。人間の認知メカニズムをベースと考える必要はない(独コメント③に近い考え方)。

独のコメント (例)

- ①人間を自動時に監視することにつながる危険。
- ②ロボットを、より自立的にする；(大気圏外や軌道から)人間のコントロールのために使用されることが可能である。
- ③技術革新における決定的要素：観察-認識-処理-イメージ、パターン (build) 生成。
- ④特殊分野においてのみ。
- ⑤重要性が一般に過小評価されている。

205:プログラムの仕様から、実用的なプログラムを合成する自動プログラム合成方法が実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	94	19%	40%	40%	71	23%	39%	38%
独	131	16%	35%	49%	109	11%	39%	50%



日本のコメント (例)

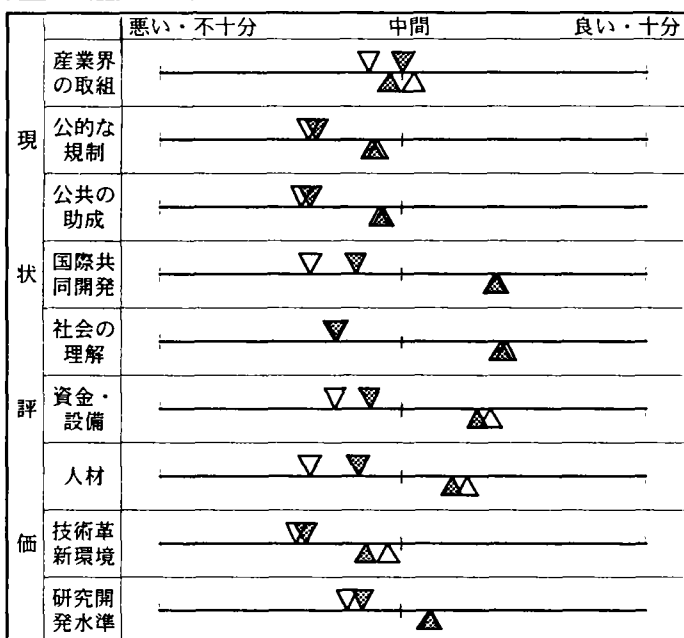
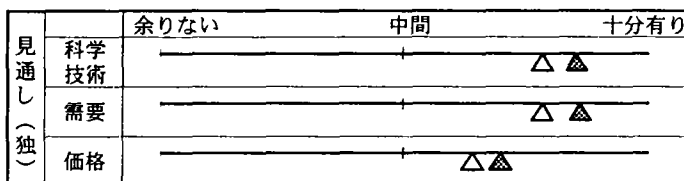
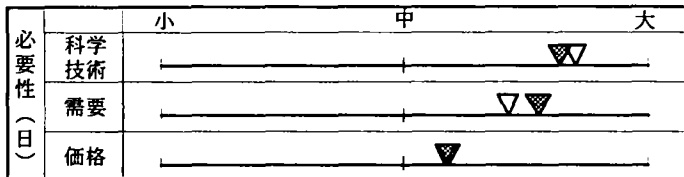
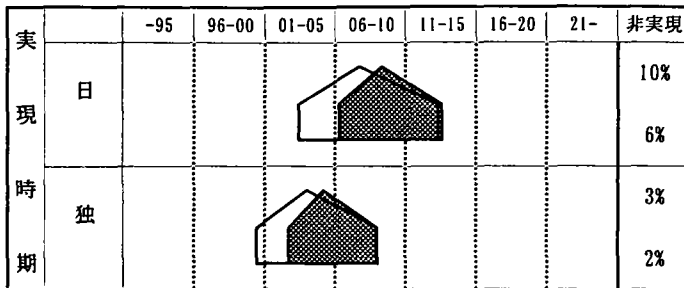
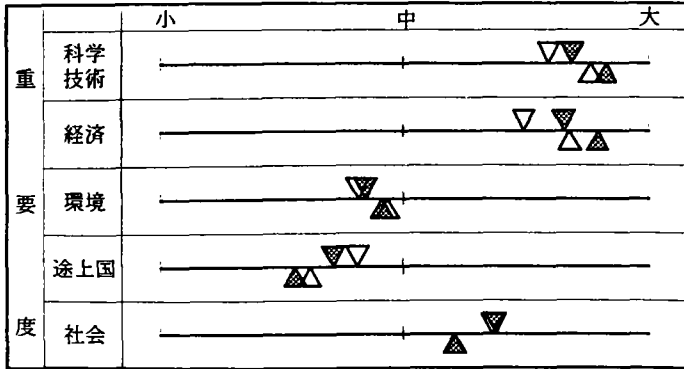
- ①プログラムの仕様を正確に与えることは、正しく動くプログラムを書くより一般的には難しい。
- ②「仕様」のレベルによる。
- ③プログラムの長大化に伴って「解析不能状態」に落ちている現状をシステマティックに解決する方法が必要。
- ④実用化される用途は例えばプロセス制御の一部など限定される。分野によって仕様を与えた方が楽な場合と、プログラムを書いた方が楽な場合がある。
- ⑤多様なパソコンソフトが製品化されており、それらを組み合わせるしかけがきちんとできると自動プログラム合成は不要になるかもしれない。
- ⑥上記コメントにもあるように、プログラムの仕様を与えること自体の困難さが、根本的問題である。仕様からのプログラム合成は原理的には、可能であるが、その部分の困難さは仕様のレベルに大きく依存する。形式に与えられた仕様からの合成に関しては、実用的規模でしかも効率良く行う部分が問題となる。10～20年程度で革新的な手法が開発され、何らかの実用化に結びつくのではないと思う。
- ⑦日本コメント①に賛成。独コメント③のように限定的には一部実現されていると考えることもできるが実用化にはまだ時間がかかる。
- ⑧「仕様記述」によってプログラムを合成するという方法ではない、別の方法でコンピュータを動かすようになるであろう。

独のコメント (例)

- ①ソフトウェアの正確性に対する社会の意識を実質的に高めなければならない。
- ②自動立案方式は非常に重要である。
- ③CASEツールによる定式化により既に実現。
- ④本来の課題：正しい仕様書の作成。

206:問題を言葉や図を用いて記述することができる汎用の超高級言語が開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	93	29%	28%	43%	71	28%	25%	46%
独	123	11%	42%	46%	104	10%	40%	50%



日本のコメント (例)

- ①何らかの標準化の動きと関連づけて発展させるべき。
- ②応用ごとには開発されると思うが、汎用は困難と思う。
- ③汎用は困難と思う。プログラミング言語や仕様記述用言語ではなく、特殊分野についての知識表現言語として開発されると思う。
- ④領域依存言語は開発されるであろうが、汎用超高級言語は、現代人間が使っている自然言語に非常に近いものしか考えられないので、自然言語と図の相互変換という問題に帰着する。この意味で回答した。
- ⑤適用業務を限定しないと実現は難しい。
- ⑥使われる「言葉」や「図」を限定すれば、実現は容易かも知れない。
- ⑦205の課題と関係していると思う。

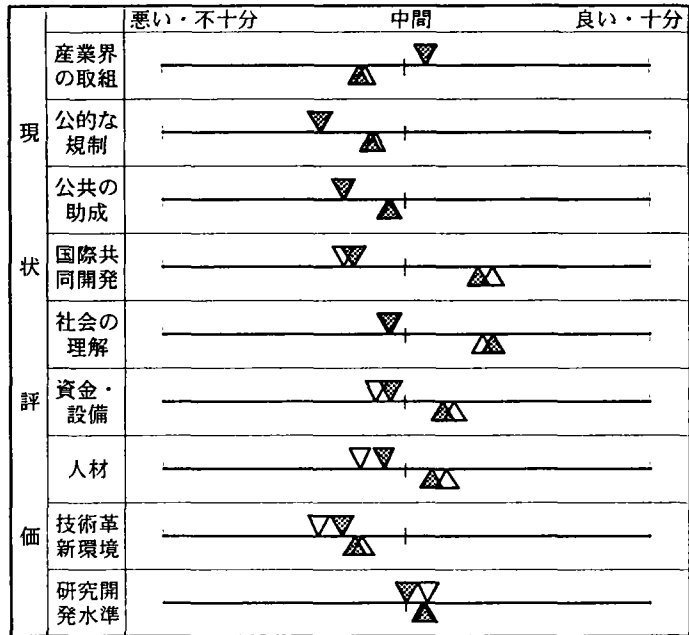
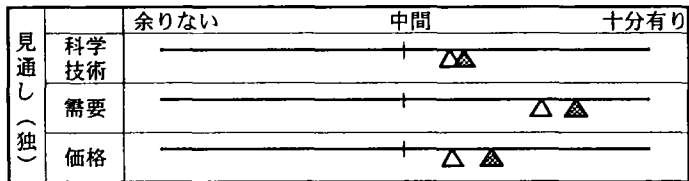
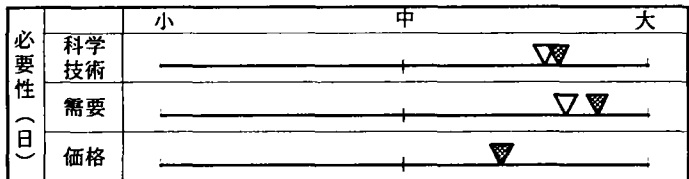
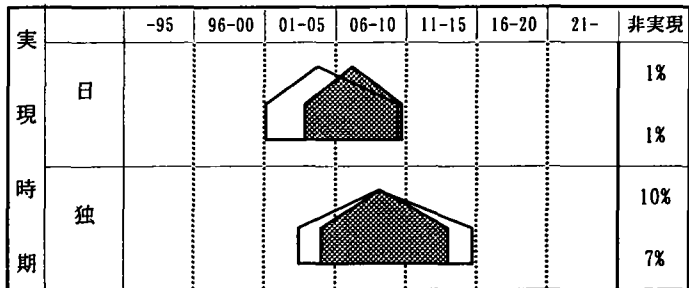
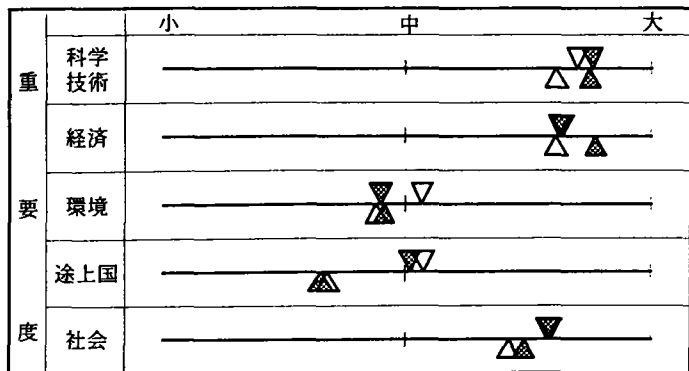
独のコメント (例)

- ①普遍性については私は信じない。特殊な開発があるであろう。
- ②マルチメディア検索の欠如。
- ③単体-人間-機械-世界システム言語が不可欠。
- ④このような言語の開発は見通しがたたないでしょう。

情報・エレクトロニクス [人工知能]

207: 図書、資料の要約・抄録を自動的に行う装置が開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	98	20%	33%	47%	75	17%	35%	48%
独	133	15%	36%	49%	113	11%	33%	57%



日本のコメント (例)

- ① 科学技術分野を中心に実用化が進む。
- ② 自然言語処理の壁を考えると一般には見通しが無い。
- ③ 大規模知識ベースが不可欠である。
- ④ 「品質」の要求レベルによる。
- ⑤ 要約・抄録に対する要求仕様によって異なると思うが、キーワードを抜き出してこれを組み合わせる程度のものであれば、比較的早い時期に開発されるのではないかと。
- ⑥ スキルのある人間並みにはなれず、人間が我慢して使っていけるレベルにとどまる。科学技術屋新聞記事の要約から実用化される。
- ⑦ 科学技術分野等の自然言語の使われ方がある程度制限されている (or 言い回しが限られている) 分野に関し、実際に使って役に立つレベルでの開発は、10-20年程度で可能であると思う。一般の文書を対象にするならば、上記コメントにもあるように、自然言語処理の壁のため実現はかなり困難。
- ⑧ 電子化辞書、例文集を社会的な資産として、維持管理出来なければ、実現しない。
- ⑨ 自然言語を直接抄録するのは難しく、汎用のシステムは無理。マンマシンのインタラクションに基づき、機械中に知識構造を生成して利用するシステムが実用化され、抄録は不用になる。
- ⑩ WWWの普及により、このような技術の重要度は益々高まる。
- ⑪ 「品質」が定量化しにくく、実現時期はそれにより幅を持つ。キーワードの羅列的な要約は実現可能。

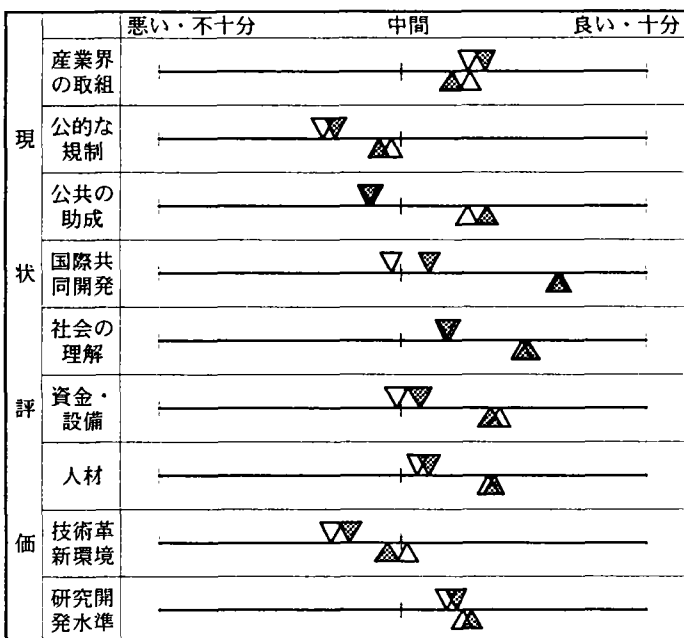
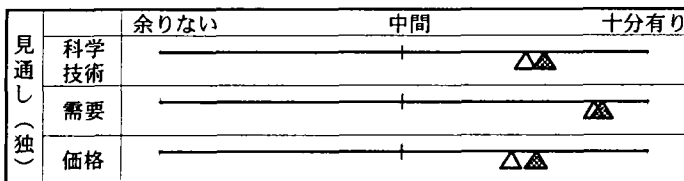
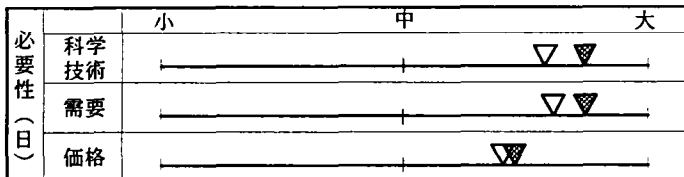
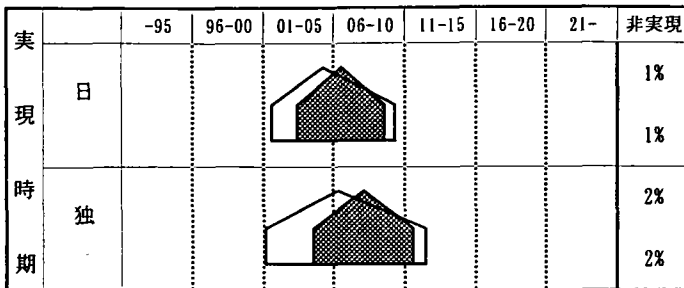
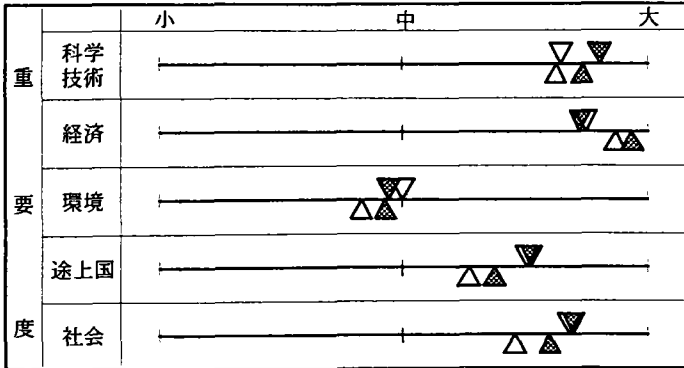
独のコメント (例)

- ① 複雑。このような機器はどのように有効か？
- ② 経験と価値観によるのみ把握可能である。
- ③ 本来の目標は試験-理解-システムである-国際語。
- ④ これに関しても、特殊テキストに対してはより早期に可能 (例えば医療カルテ)。
- ⑤ 『公的助成』について：専門分野別の適切 (限定された『辞典』) な語彙分類システムの開発/定義が不可欠。
- ⑥ 憂慮すべきこと、うわべだけの知識がはびこる！

情報・エレクトロニクス [人工知能]

208: 科学、技術文書を翻訳する機械翻訳システムが普及する。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	100	21%	35%	44%	75	16%	43%	41%
独	143	11%	35%	54%	121	9%	33%	58%



日本のコメント (例)

- ① 翻訳精度は十分でないという条件付きでなら普及する。高級な(人間並み)翻訳機は困難。
- ② 翻訳システムより高度な支援システムを考えたほうがよい。
- ③ データベースのヘッドライン翻訳は一部実用になっている。
- ④ 最終的な結果を得るためではなく、人間による翻訳支援ないしは、人間が参考にする程度(レベル)での翻訳システムは十分普及する。かなり領域を制限すれば、素人よりも質の高い機械翻訳は可能であり、普及するものと思う。
- ⑤ 日本コメント①、独コメント①は当然。日本コメント②、独コメント③、④については問題があっても普及するかどうか意見が分かれるところだと思う。
- ⑥ 翻訳支援システムが実現されるが、どの程度の支援で技術者が満足するかによって実用性が決まる。
- ⑦ 科学技術分野なら十分精度よく可能となるであろう。
- ⑧ 誤訳を認める程度での翻訳は早期に可能であるが、安価なデータベースをもつ、小型安価な装置が作れるかがキーポイントである。

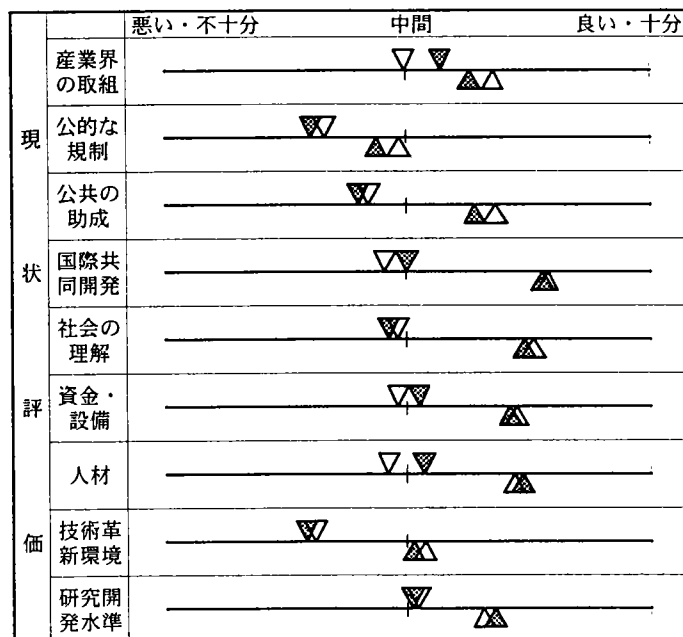
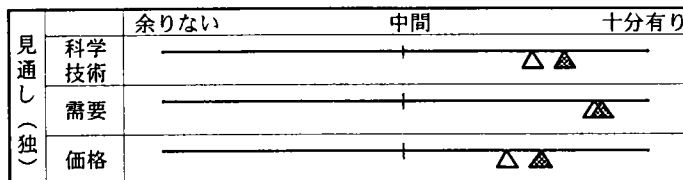
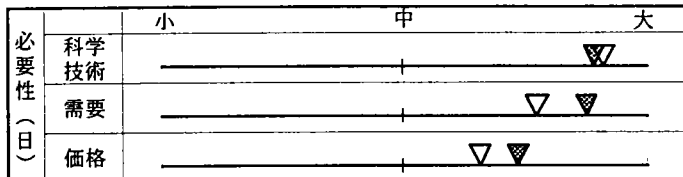
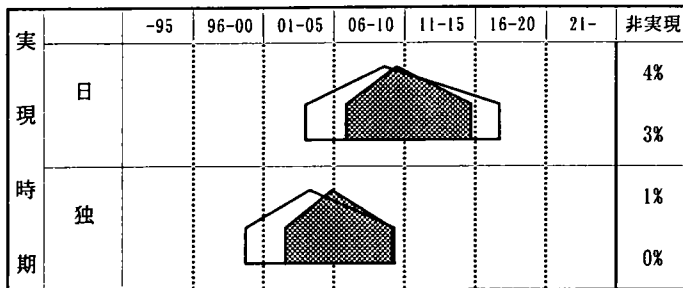
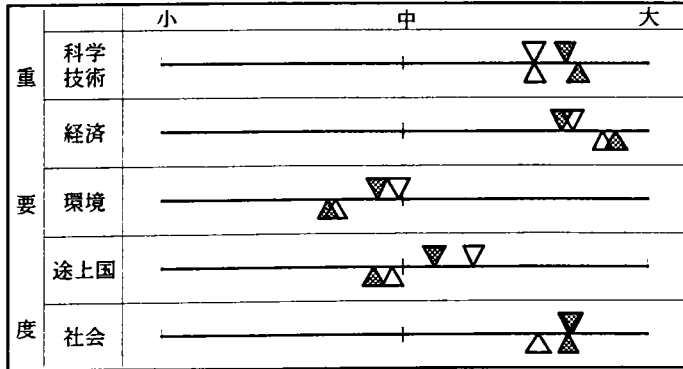
独のコメント (例)

- ① 簡単な文書に対して。
- ② ドイツでは情報科学と言語学の相互作用があまりに少ない。
- ③ 品質が問題。
- ④ 誤訳なしに機能することはない。
- ⑤ しかし決して無視してはならない手直し作業が必要になることは間違いない。
- ⑥ 全自動翻訳に努力してもあまり報われない、人手による翻訳に対する支援システムとしては可能。

情報・エレクトロニクス [人工知能]

209: 数万語のボキャブラリーを持ち任意の会話（音声）を入出力する能力を有するリアルタイム対話システムが開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	89	28%	29%	43%	67	24%	31%	45%
独	143	12%	41%	48%	116	11%	39%	50%



日本のコメント (例)

- ①汎用の会話システムは困難。固有分野ごとにプロトタイプができる程度か。スピードも期待できないと思う。
- ②「任意の会話」となると自然言語（特に意味）の処理でのブレークスルーが必要であり、かなり困難と思われる。
- ③対応する状況がある程度絞ったシステムとなる。
- ④音声言語を100%理解する必要はない。適当に聞き耳を立てたり、聞き出したりする機能の方が重要。
- ⑤汎用は困難。人間がある要求を計算機に伝えたり、例えばホームコントロール、質問応答システムとして実現される。
- ⑥人間と同等レベルでの音声による任意の会話は実現できない。用途を限れば、（たとえば、ある分野内での問い合わせ）困難ではあっても実現できる。数万語程度のボキャブラリーではある程度のレベルでの会話実現は不可能であると思う。「語」としては数万でも、「概念」や「常識」も必要となるため、数百万～数千万語相当のデータ（知識）が必要ではないかと思う。
- ⑦ここ10年間の間に一気に進むと思われる。
- ⑧数万語は、大きすぎて不可能に近い。
- ⑨計算機パワーの増大により、選択的帰納学習機構はかなり実用化されると思う。
- ⑩任意の会話は困難であろうが、状況を絞った用途（デパートの案内係とか、駅の窓口など）で、少しずつ開発されるのではないだろうか。

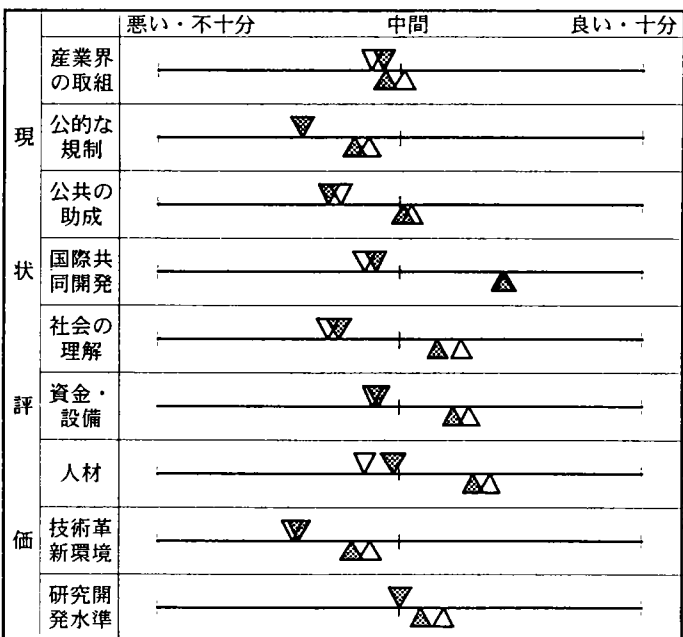
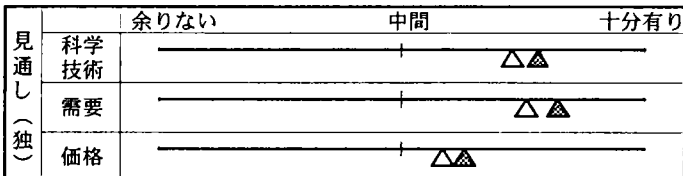
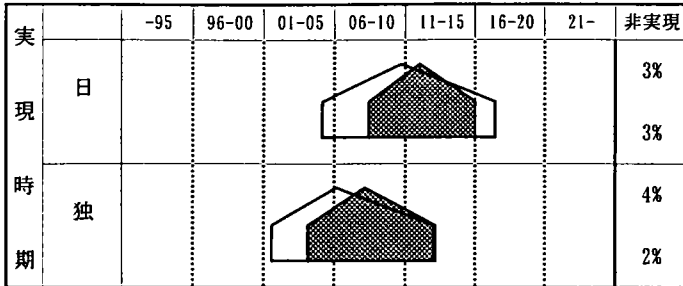
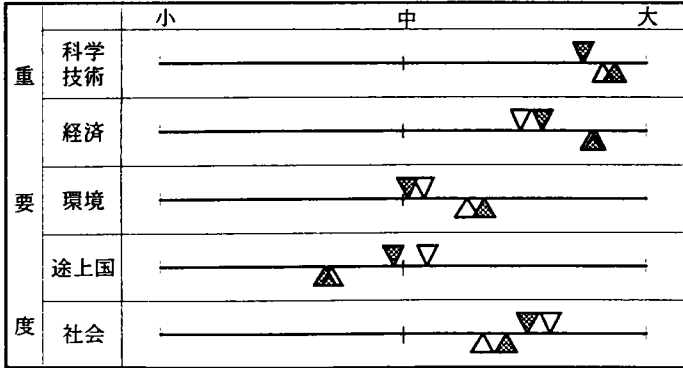
独のコメント (例)

- ①世界的に相対的、絶対的に増加しつつある文盲の人々を、ある程度補うことができる。
- ②問題は語彙でなく、文脈、連想等である。
- ③言語入力とテキスト出力。
- ④既存の自然言語と矛盾の多い思考は大きな障害である→世界語。
- ⑤『単語を自由にあやつる』と言うことが『言語能力を備える』ことにはならない。

情報・エレクトロニクス [人工知能]

210: 自動学習により知識を増殖していく知識ベースが実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	91	35%	29%	36%	70	34%	27%	39%
独	140	19%	36%	45%	113	12%	34%	54%



日本のコメント (例)

- ① 知識間の一貫性の維持、増大した知識からの検索等基本技術が未解決。
- ② 人間の学習メカニズムの解明が先決。限られた分野でプロトタイプが出来る程度と思う。
- ③ 「知識」そのものの本性についての研究が進むことが前提。
- ④ 知識間の一貫性の欠如をある程度容認できるメカニズムが必要となる。
- ⑤ 実用レベルで考えると、日本コメント①にあるように基本技術がまだ十分整っていない。日本コメント②に関しては、前半反対、後半賛成。人間の学習メカニズムと同じでなくても、知識の増殖は可能。しかし、現在見えている困難な問題が近い将来、解決される見通しはない。従って、適用領域を限り、ある程度の学習機能でがまんすれば、実用化は可能であると思う。
- ⑥ 「知識」の中身による。限られた分野では、実現されている。
- ⑦ 知識は増殖しない。DB化しても無理。

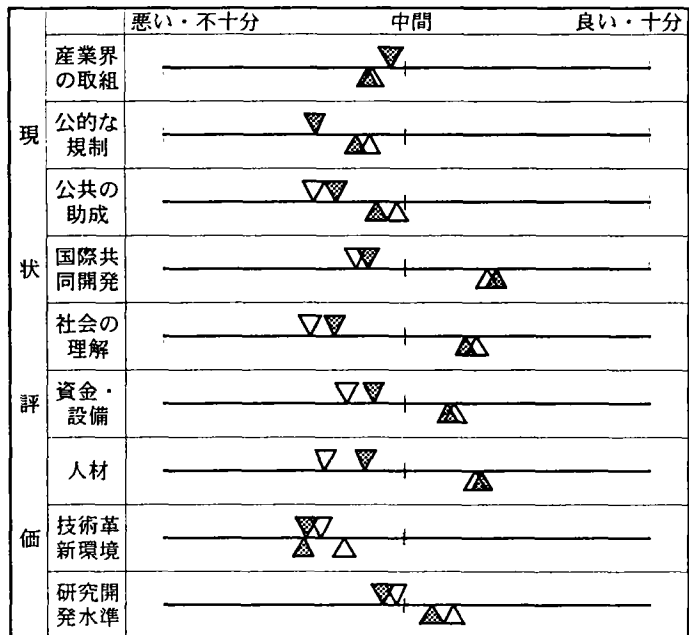
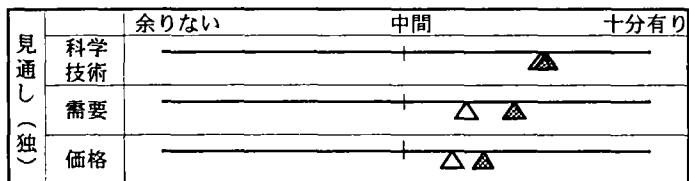
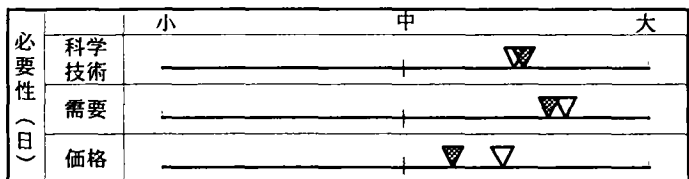
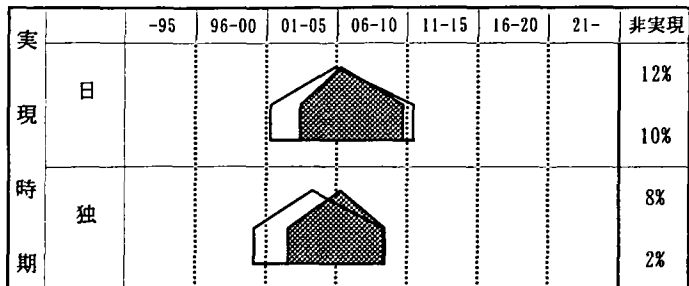
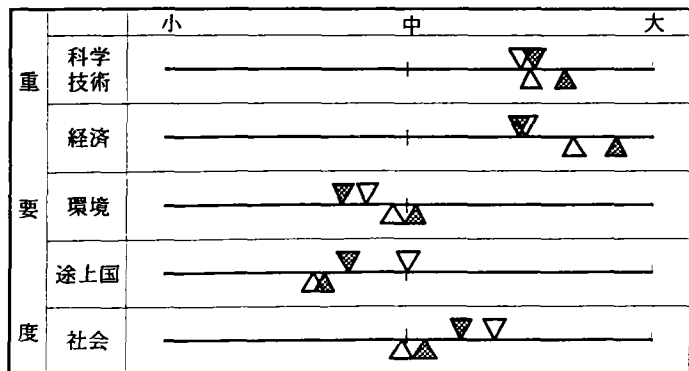
独のコメント (例)

- ① 監視技術の開発が必要である。
- ② 認識問題、応用、ニューロン技術、乗物論理 (Fahrzeug-Logic)。
- ③ 自動的学習のみでは勿論意味なし：ハイブリッドシステム！
- ④ 社会的働きは未だ意識されていない；人間-機械-問題、高い障害関が予想される！「宗教」。
- ⑤ シミュレーションによる知識ベースの作成が採用されている。

情報・エレクトロニクス [人工知能]

211:知識表現言語 (KRL) が標準化され、標準KRLで書かれた既存の知識ベースを基にした汎用のエキスパートシステムの短期開発が可能となる。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	78	37%	35%	28%	62	40%	27%	32%
独	97	23%	32%	45%	84	17%	27%	56%



日本のコメント (例)

- ①エキスパートシステム開発のための問題点は表現言語にあるのではなく、対象領域と領域知識の切りだしにあると考えられる。
- ②現在の研究は汎用でなくジャンル別に向かっている。汎用のエキスパートシステムという概念が成立するか疑問。
- ③標準化は無意味だろう。
- ④分散を意識した知識表現言語が標準化され、知識ベースの Inter operability が達成されていこう。
- ⑤標準KRLのようなものが出来たからといって、汎用エキスパートシステムが短期開発できるわけではない。
- ⑥上記コメントにもあるように、全くの一般的なKRLを目指すのは、実用的とは思えない。大枠としての標準化、汎用的KRLは可能であり、意味があると思うが、ある程度実用的に用いられる知識ベースにするためには問題領域に依存したKRLの拡張が必要であると思う。
- ⑦標準化ではなく共有化・並列化へ進んでいる。
- ⑧このような方式で作られたエキスパートシステムは低次元のものに限られる。
- ⑨知識の共用のためにオントロジーの確立が必要。

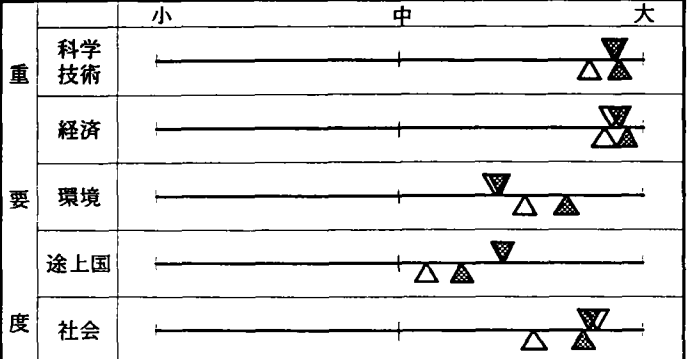
独のコメント (例)

- ①これは言語の問題でなく、特に解決に適切な知識の組織化の1つの問題である！
- ②知識表現はあらゆるプログラムの重要な構成要素になる。この意味において、課題205、課題206のようなプログラムである世界のモデル (ある世界についての知識) の対象となるが、知識表現の特別な状態が欠けている。
- ③問題：著作権、私企業のノーハウ、市場戦略。
- ④知識の体験が主要問題であり、SWではどうにもならない。
- ⑤データソースの格付けが緊急に必要。

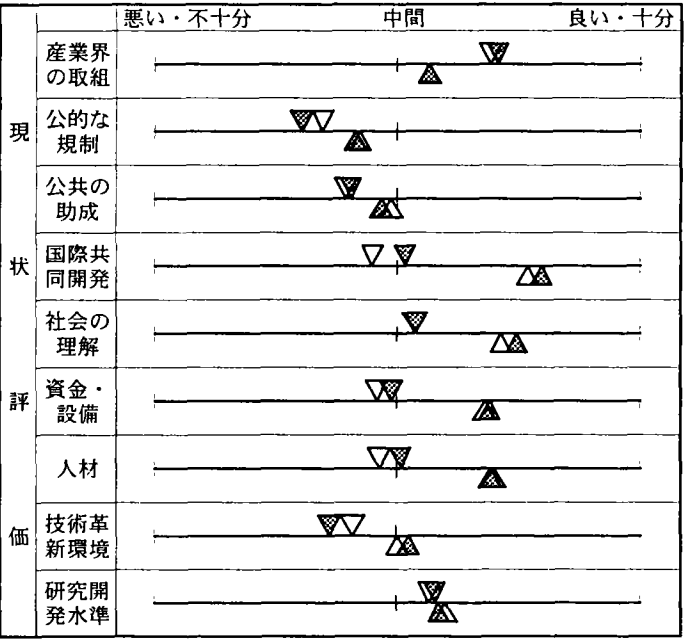
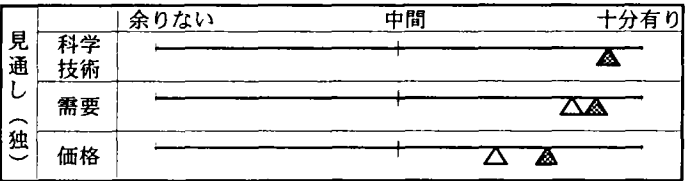
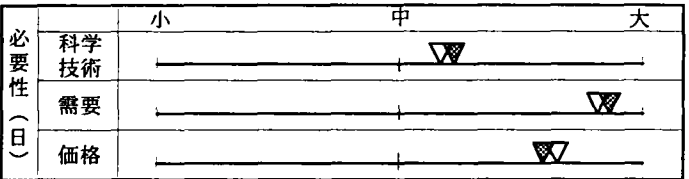
情報・エレクトロニクス [人工知能]

212: 利用者が利用するデータベースを指定することなしに世界中に分散しているあらかじめ所在が特定できないデータベースからネットワークを使い必要なデータや知識を数分以内に検索してくるシステムが普及する。

専門度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	99	19%	37%	43%	75	20%	40%	40%
独	137	18%	43%	39%	116	16%	35%	48%



実現時期	-95	96-00	01-05	06-10	11-15	16-20	21-	非実現
	日		▲					
独		▲						1%



日本のコメント (例)

- ①検索精度が問題。
- ②地球規模での情報の共有は、様々な観点から極めて重要。
- ③普及には社会の理解が必要。
- ④コストが最大の問題だと思う。技術的には、素地は出来ているのではないか。
- ⑤WWW、gopher、WAISなどではタイトルの探索がすでに出来ている。次は内容検索。
- ⑥著作権問題の解決が重要である。電話回線等のネットワーク使用料、データベース使用料の設定により普及の進み方は大きく変わるものと考えられる。技術的問題よりも、社会のインフラの問題の解決のほうが重大。普及すれば、世界全体の社会にとって極めて有益であると思う。
- ⑦Internetの発展スピードから、実現性は高くなった。
- ⑧このようなシステムを受け入れる社会の整備が必要。
- ⑨エージェント技術は着実に進歩している。
- ⑩データベースの著作権、各種データの公開制(閉鎖性)の問題など社会システムがどうあるか、ということでシステムの普及が決まる。社会の理解が、20年位で変化するとは思われない。

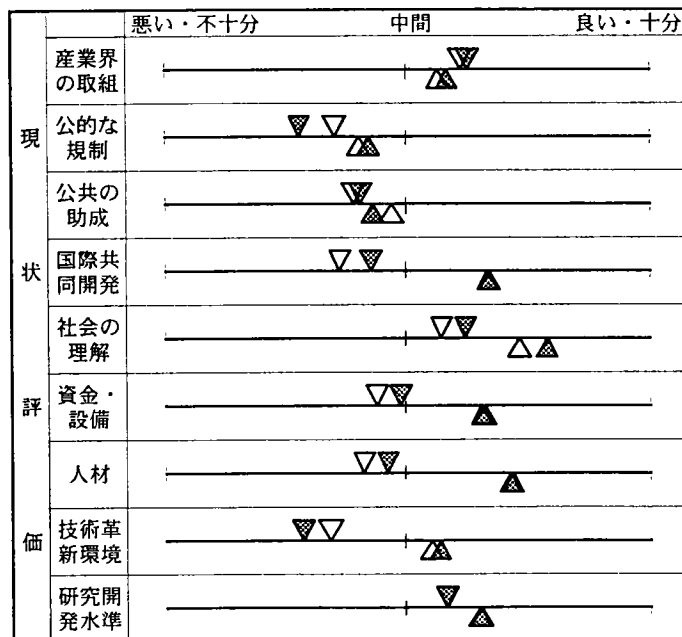
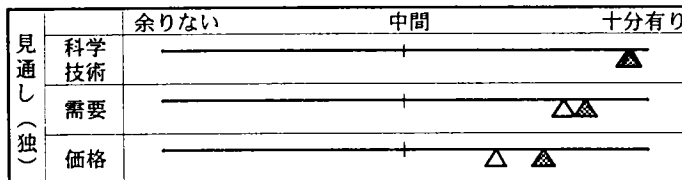
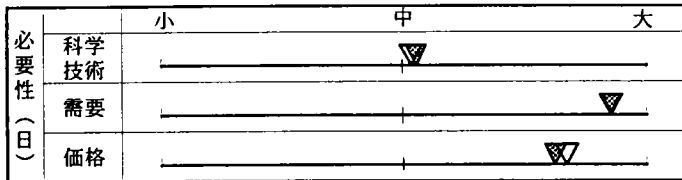
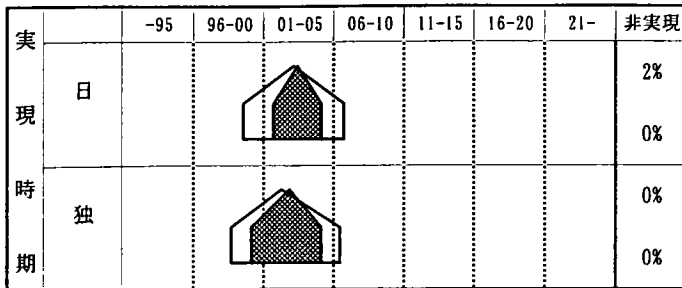
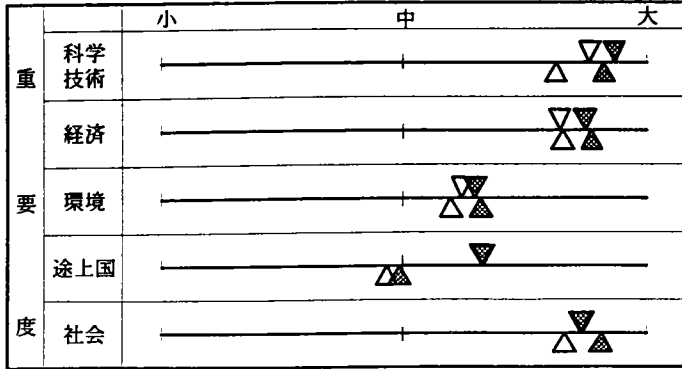
独のコメント (例)

- ①テレコム独占の欠陥。
- ②情報の急激な増加、複雑性、多様性はこのモデルを強制する。
- ③大学ではインターネット導入は既に標準となっている。WWWは普及している、ドイツにおける電話線を経ての個人的導入は非常に高価につく!
- ④料金は検索システムの問題ではなく、代理店と通信網の問題である。
- ⑤公共データバンク、研究成果、行政データファイルへのフリーアクセス=>法的規制。
- ⑥著作権問題に対する新ルールが必要。
- ⑦『国の規制』について: 国はデータソースの同定/チェックを可能にすべきであろう。

情報・エレクトロニクス [人工知能]

213: コンピューターネットワーク経由で在宅のまま必要な図書や文献資料にアクセスできる電子図書館が普及する。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	97	21%	33%	46%	76	17%	42%	41%
独	161	19%	40%	40%	126	17%	42%	41%



日本のコメント (例)

- ①インフラの整備がKey。マルチメディア技術のコストダウンもKeyになる。
- ②商業ベースに乗って低料金で利用できるようにならない。(料金体系が鍵)
- ③既刊の図書の電子化には相当な投資が必要。
- ④著作権等の問題の早期解決が必要。
- ⑤データの整備と検索方法(内容検索)、フィルタリング、それに料金が不可避の問題である。
- ⑥インフラの整備が重要。上記日本のコメント①～④に賛成。212の普及に関しても、日本コメント①～④の解決が重要。
- ⑦電子メディアと著作権等の問題を解決することが不可欠。
- ⑧コンピュータ関連以外の多くの人々の参加を必要とするので実現には予想外に時間がかかる。
- ⑨G I I、N I Iで実現しようとしている。
- ⑩情報料金は図書館法から無料とすべきであり、システムのコストをネットワークで負担する必要がある。会員制で特定の資料へのアクセスなら商業ベースに乗り、普及が可能であろう。著作権の問題もシステム普及に影響する。
- ⑪通信料金低減が普及の鍵。

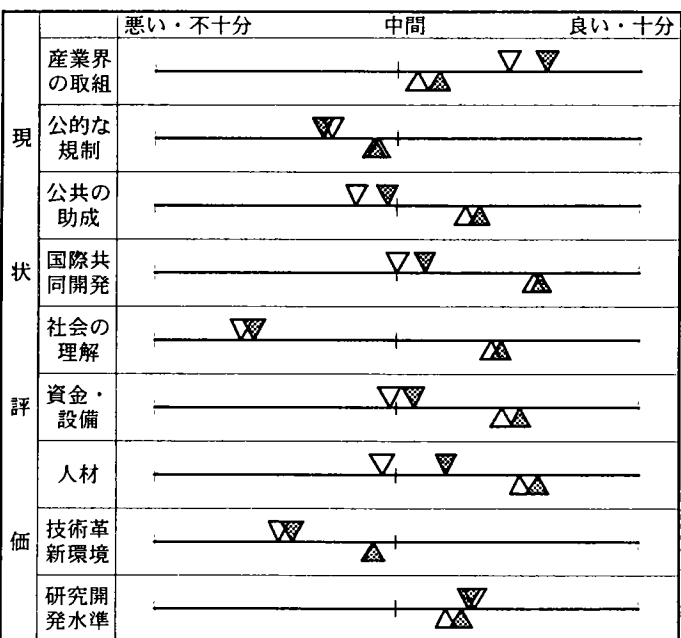
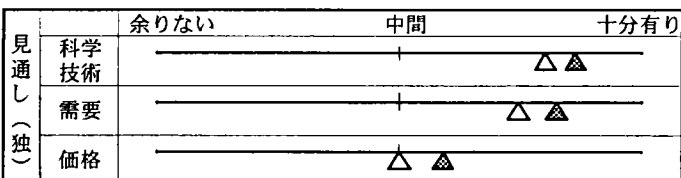
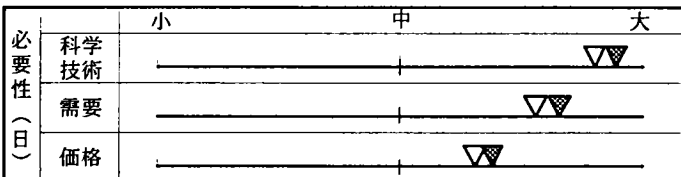
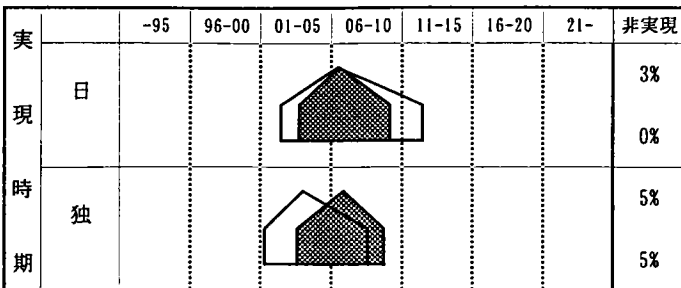
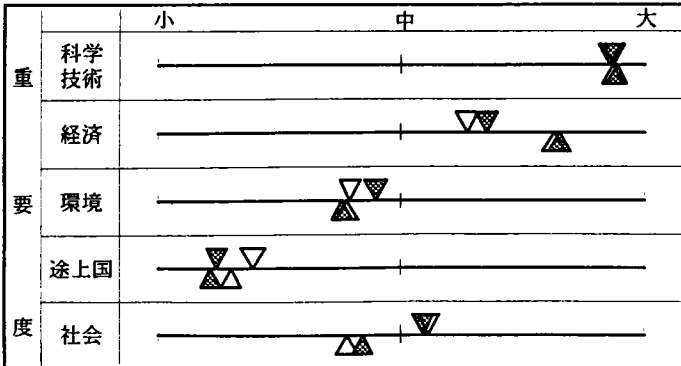
独のコメント (例)

- ①確定した情報については、今日可能であるが、他については未だしである!
- ②実際には、従来誰も図書館にデータを供給しなかった。
- ③現在のテレコム料金は非常に高い。
- ④郵政の独占は自由な情報流通を妨げ、高価にしている。
- ⑤インターネットで始まっている!
- ⑥教育や研究・開発にとって重要。
- ⑦ドイツの図書館や規格協会等に対して最適な前提条件が提供される。専門誌のレベルが分けられるべきである。

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

214: 1 原子層ごとに組成や不純物濃度を变化させた機能材料や半導体デバイスが普及する。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	72	21%	44%	35%	47	30%	36%	34%
独	87	25%	40%	34%	69	17%	42%	41%



日本のコメント (例)

- ①研究、技術レベルともに高いが、システムイメージをクリアにしないと実用化には時間がかかる。
- ②原子層を単位にした考え方には破局が来ると思われる。一次元系としての考え方に変わってゆく。
- ③エレクトロニクスにおけるナノテクノロジーのオリジナルコンセプトは既に1980年代に公表されている。それを実現するための地道な努力が続けられているが、世の中、社会がこの研究領域を見る目は趣味の世界程度である。研究のバックアップに必要なことは、マネジャクラスと世の中の価値観の改革である。
- ④テクノロジーは先行し、デバイス、機能材料は開発されるが、普及するかどうかは、用途のシステムに依存し、現在、このような材料を使わないといけないシステムが存在しない。使った方がよいシステムはおそらく存在する。価格競争力の問題が大きい。
- ⑤原子層ごとの制御に近い半導体デバイスが既に実用化されている。
- ⑥実現しないとは言いたくないが、現有技術の延長線上にない技術開発がなされなければ無理。
- ⑦単に周期的構造であれば可能だが。

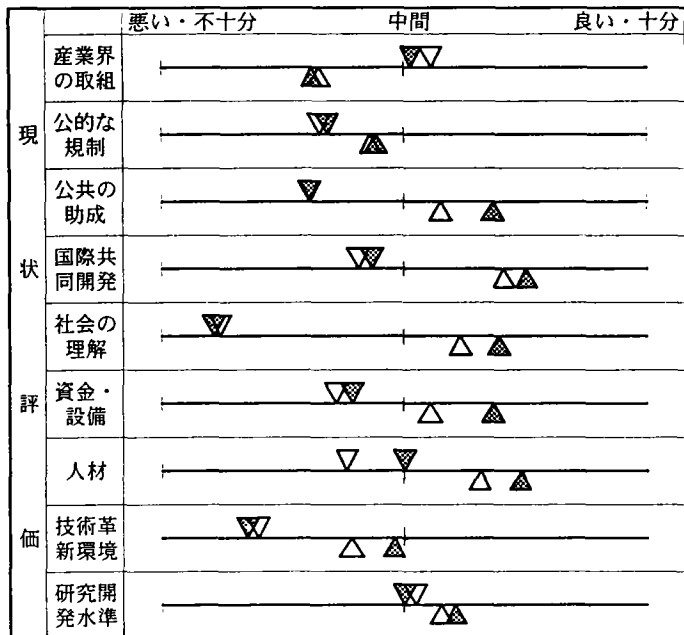
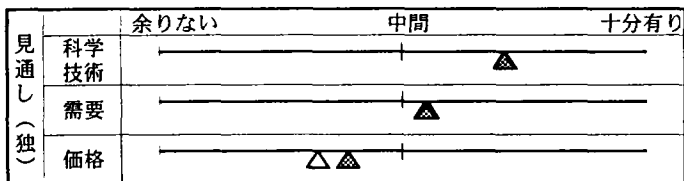
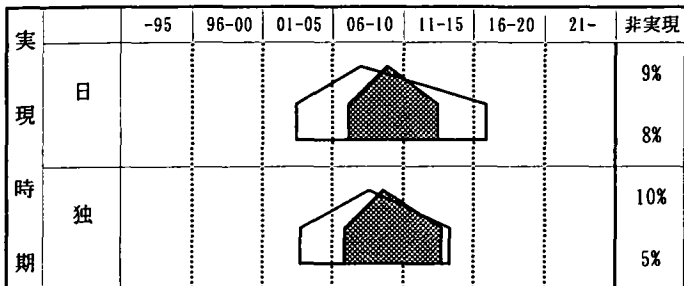
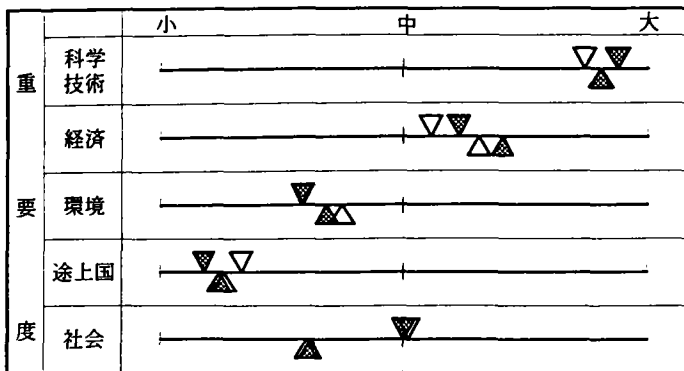
独のコメント (例)

- ①この種の材料は拡散過程で破壊するかもしれない。
- ②原子層エピタキシー (ALE) 技術は確立している。
- ③環境センサー、PSエレクトロニクス。

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

215: Ga や As 等の種々の元素、原子と類似の物性が現れるように人為的に原子を集めたクラスターである「スーパーアトム」から成る固体電子デバイスが開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	58	24%	24%	52%	41	24%	34%	41%
独	67	18%	43%	39%	58	14%	38%	48%



日本のコメント (例)

- ①単電子デバイスにとってかわられる。
- ②「スーパーアトム」は新しい物性を作り出すものではない。これを用いてデバイス開発を進める理由は何もないので、デバイスは実現しないであろう。物理現象を探索する上で有用なものであるとは考える。
- ③C60結晶等の出現で「スーパーアトム」の概念が拡大しつつある。
- ④量産性を考えると不可能に近いのではないか？

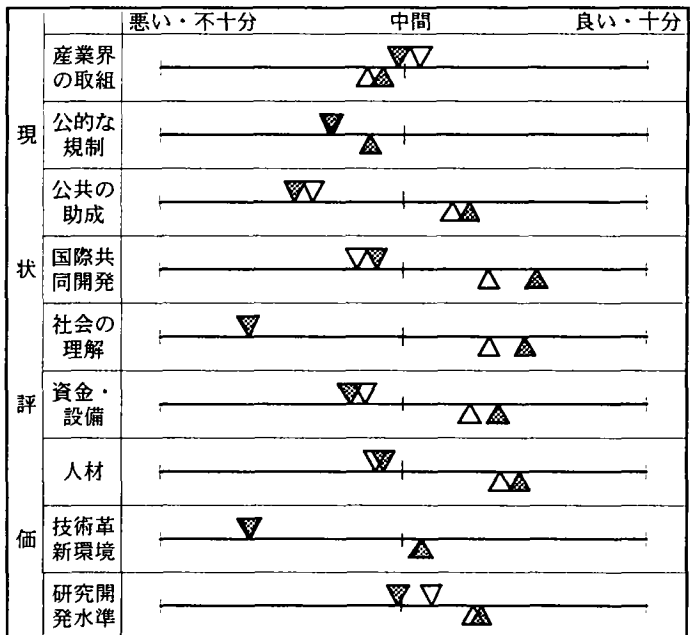
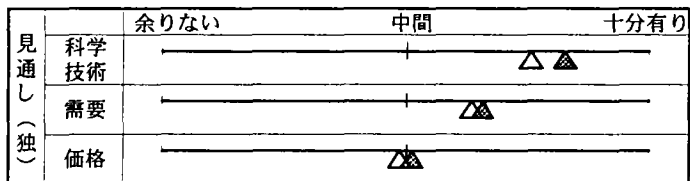
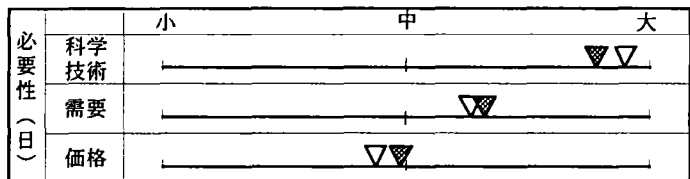
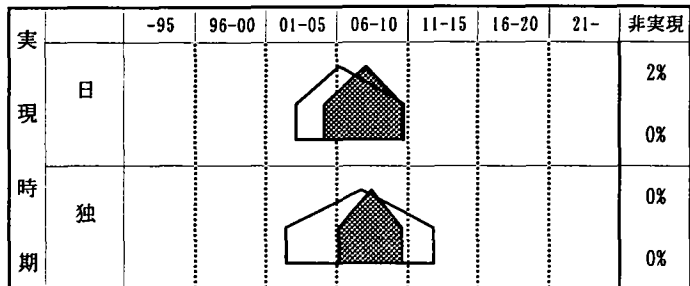
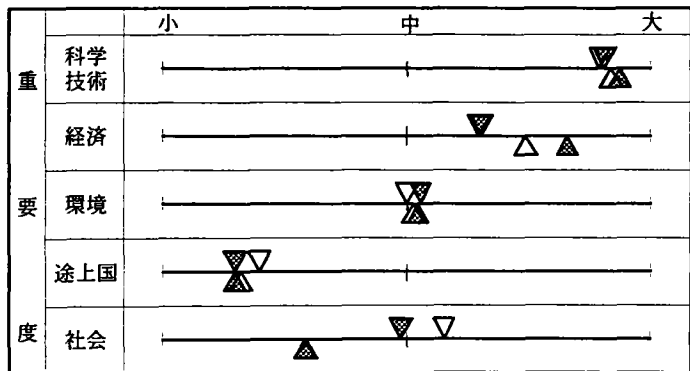
独のコメント (例)

- ①金のかかる企てで、アカデミックなプロジェクトにしか受け入れられない。

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

216:複数の結合様式を原子レベルで組み合わせることにより新しい機能を持つ物質(例:高分子の超弱結合結晶等)の合成手法が開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	52	29%	25%	46%	38	18%	34%	47%
独	54	17%	39%	44%	57	11%	28%	61%



日本のコメント(例)

- ①探索、基礎研究に属するものであるが、「物」のイメージがなく、広く認識されていない。相当先の話である。
- ②完成品のイメージが弱いのでドライビングフォースも弱い。
- ③テーマとしては大変面白い発想です。

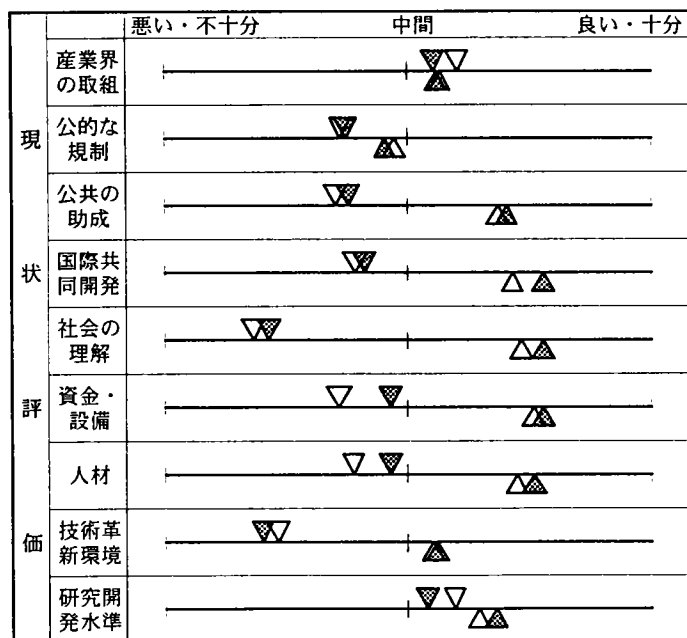
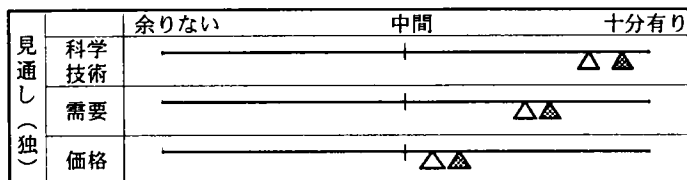
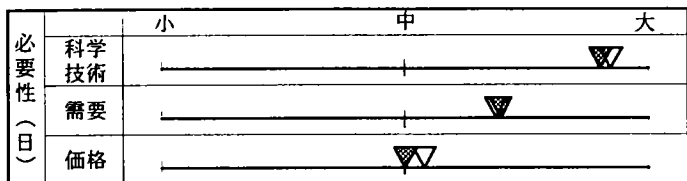
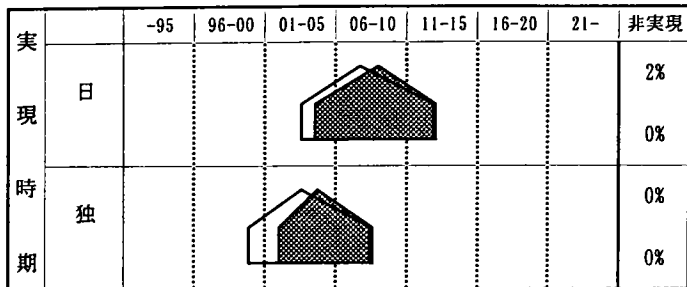
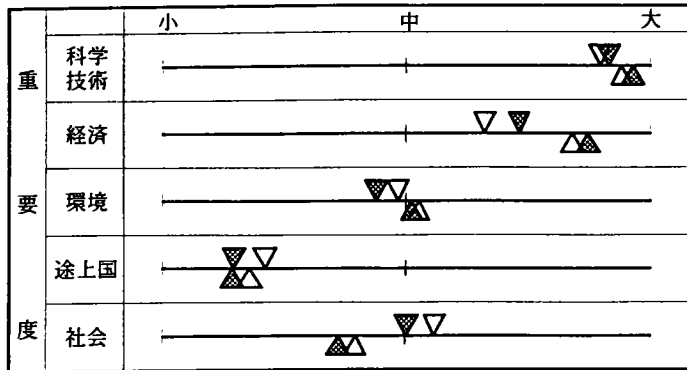
独のコメント(例)

- ①ドイツの化学工業から極めて良好な前提条件が提供されているが、これはまだ余りに僅かな特殊製品と、量的に限定されたものにと過ぎない。

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

217: ナノメーターオーダーで決まった表面構造をもち、あらかじめ決めた特性を有する材料が生産される。

専門 年度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	61	33%	31%	36%	42	31%	38%	31%
独	75	23%	39%	39%	59	17%	36%	47%



日本のコメント (例)

- ①触媒化学の応用が必要。
- ②ナノメーターオーダーの材料の特性を規定するのは容易ではなく、ましてや生産は相当困難。
- ③個々の用途に応じて開発は可能。
- ④材料(製造)技術にnmの感覚はない。30年は必要である。

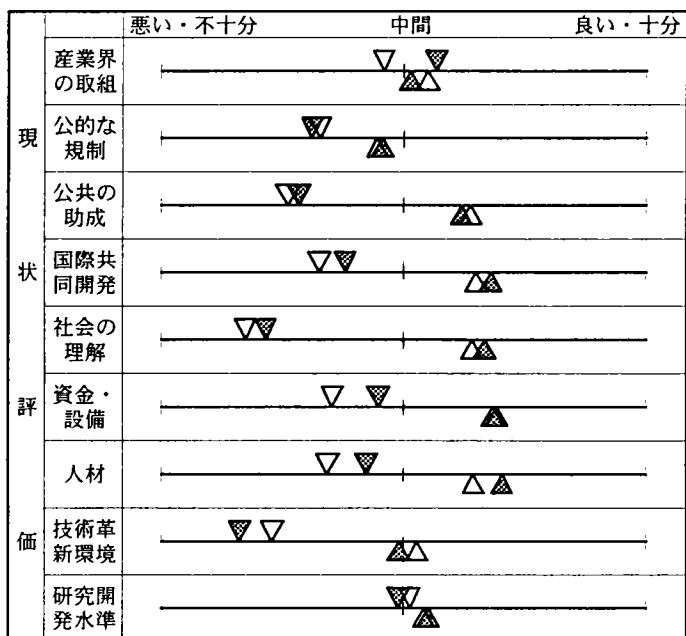
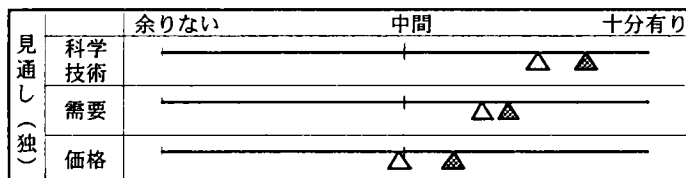
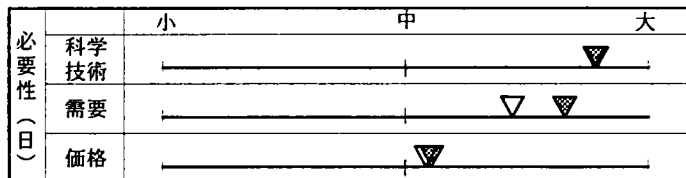
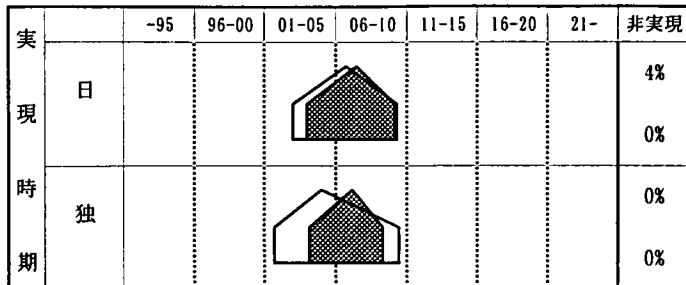
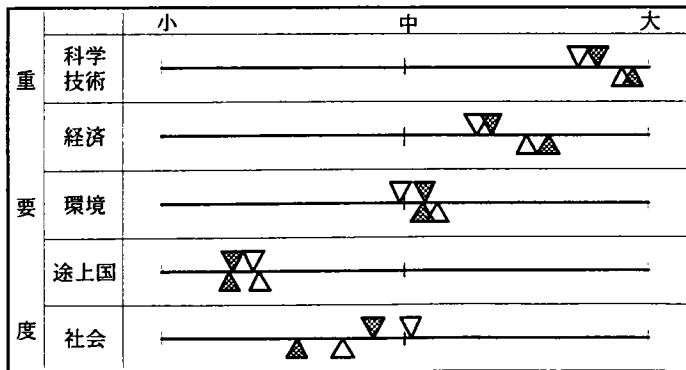
独のコメント (例)

- ①2次元電子ガス(2-dim. Elektronengas)、ラッカー、潤滑剤。
- ②目標用途をもつ制限された溶液群。
- ③今日既に自己組織化される半導体エピタキシーが実現されている。

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

218:単分子層制御に基づいた有機ハイブリッド材料が開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	55	27%	33%	40%	38	26%	32%	42%
独	53	21%	32%	47%	49	16%	27%	57%



日本のコメント (例)

- ①研究としては成立するが製品をイメージする開発までには相当の時間を要す。
- ②センサーなどに限ればもっと実現時期は早いかも。
- ③生体材料、バイオテクノロジー材料等、意外と早く実用される可能性もあると思う。
- ④技術ニーズ側から具体例が示され、個別突飛的な展開が図られると良い。
- ⑤無機デバイス、材料との市場原理による競争になる。

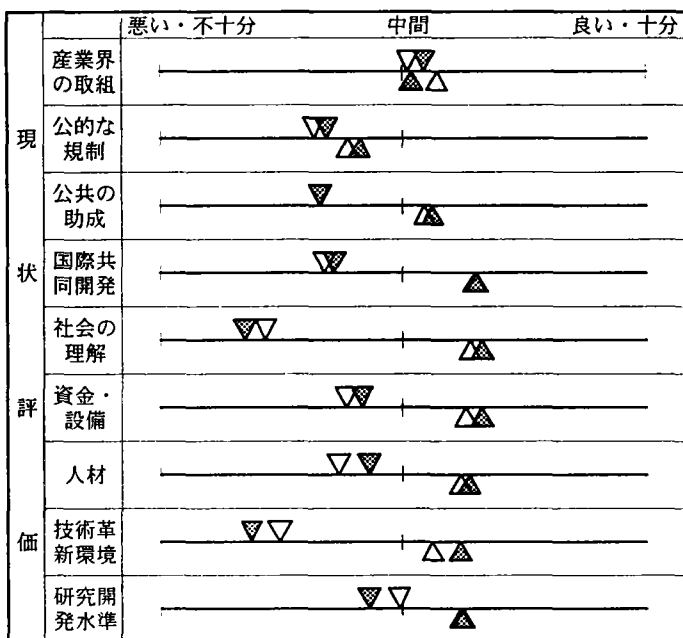
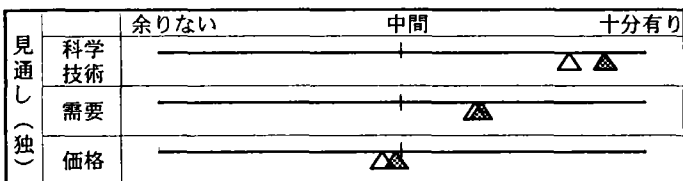
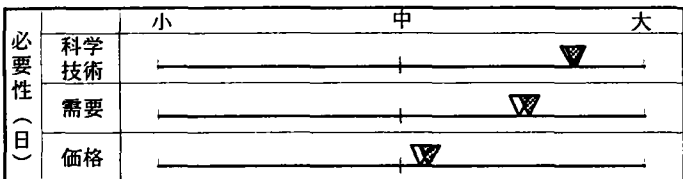
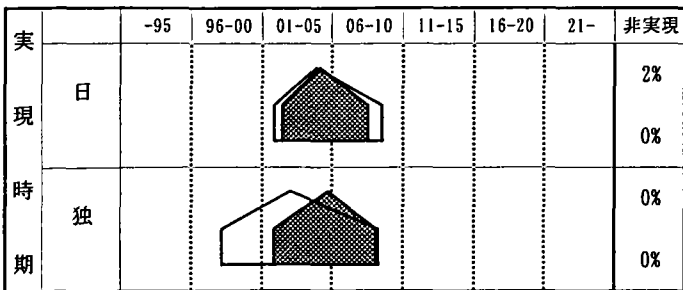
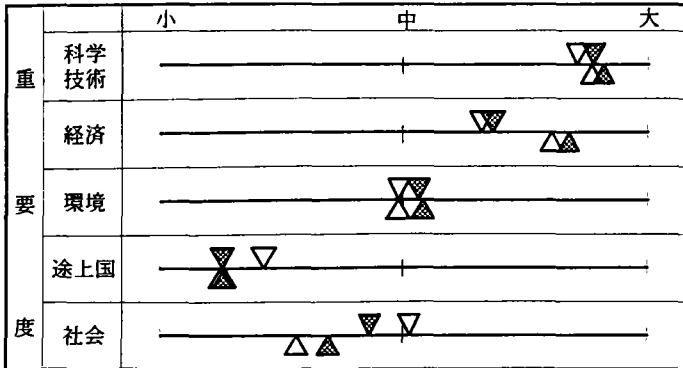
独のコメント (例)

- ①メンブレン、バイオテクノロジー。

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

219: 数～数十ナノメートルオーダーの構成要素を持つ有機-無機コンポジット材料が（生物機能の模擬等により）開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	55	24%	31%	45%	36	28%	33%	39%
独	49	18%	35%	47%	44	9%	30%	61%



日本のコメント (例)

- ①この分野の成果が、現実に利用されるのも遠くはない。特に、光学製品に期待。
- ②センサーがブレークスルーになる。
- ③研究の分類としてエレクトロニクス（ナノテクノロジー）の複合コンポジットとはなっていないが、色々の分野で地道に実施されている。実用化も意外に早いと思われる。
- ④光学部品、マイクロ波デバイスなどで有用なものができるであろう。
- ⑤材料の欠陥究明がポイント。現状では絶望的かも知れないが。

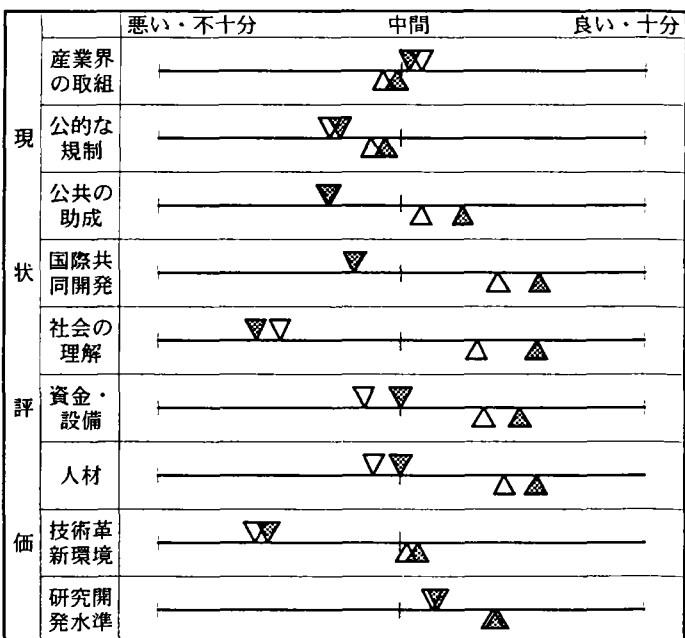
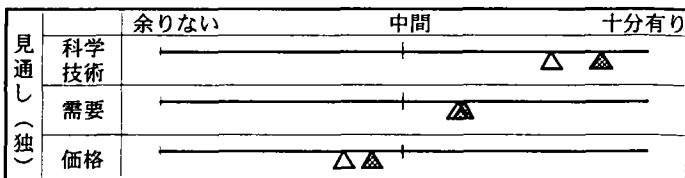
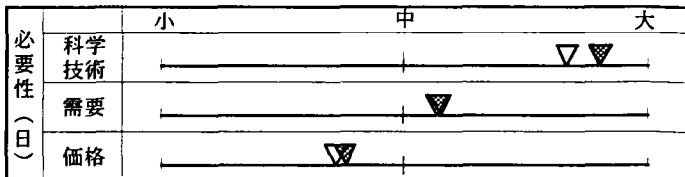
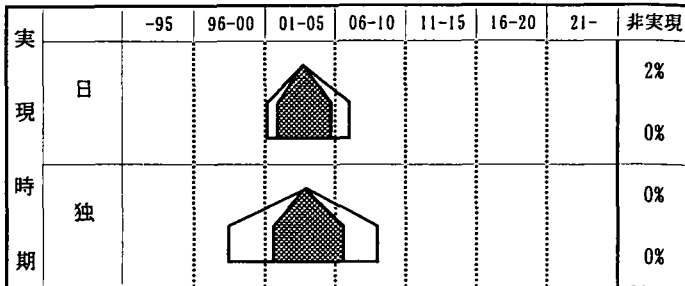
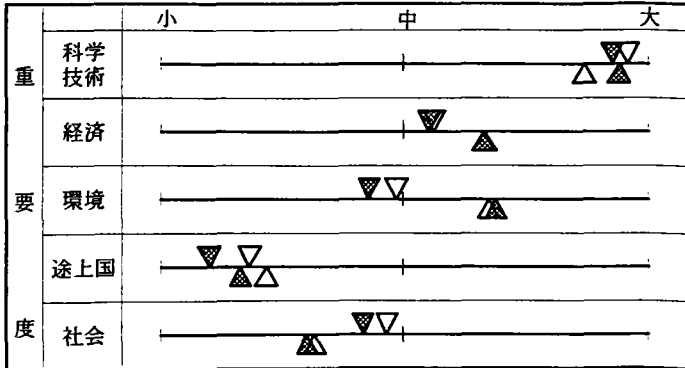
独のコメント (例)

- ①リサイクリング性なし。

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

220: 高分解能表面分析手法を用いて個々の原子の種類判別技術が実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	60	32%	37%	32%	41	32%	39%	29%
独	63	17%	48%	35%	53	9%	49%	42%



日本のコメント (例)

- ①欧米に対して日本の研究の独創性が不十分。
- ②現在の技術が精度アップされるものと理解している。
- ③この分野に画期的ブレークスルーは期待できない。
- ④科学技術上はすでに大きな問題はなく原理的に可能である。すでに実験的には様々な方法が試みられており、種々の研究分野からの要求も強いので、いろいろ制限はあろうが近い将来実用化されるであろう。
- ⑤比較的早い時期に実現されるのではないか。

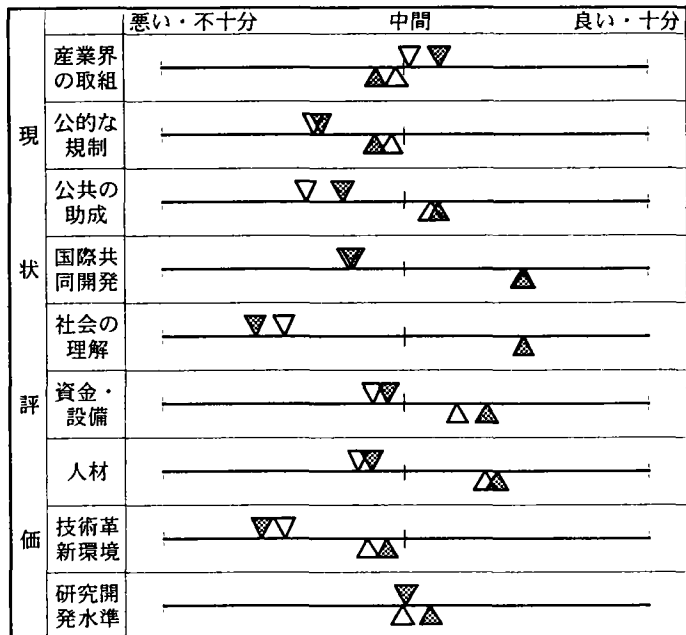
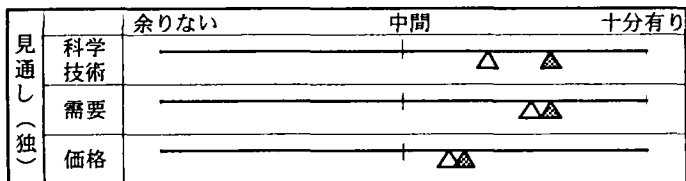
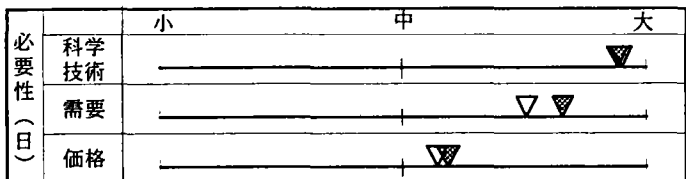
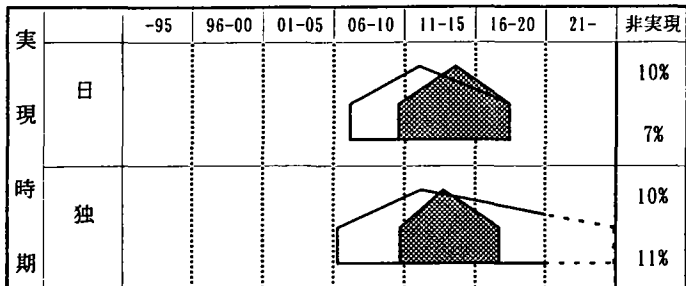
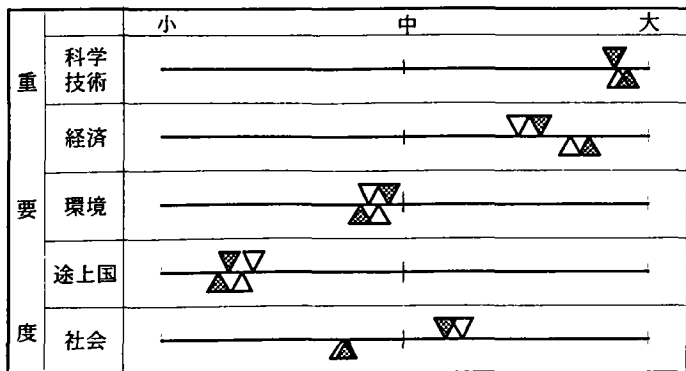
独のコメント (例)

- ①SIMS、原子間力顕微鏡 (マイクロコピー)。

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

221:アトムスイッチやアトム・リレー・トランジスタの様に少数個の原子の移動により論理や記憶の動作を行う「原子デバイス」において、固体電子デバイスより信頼性や動作速度が上回るものが実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	62	32%	29%	39%	44	36%	23%	41%
独	81	16%	35%	49%	71	14%	28%	58%



日本のコメント (例)

- ①原子の交換を行うには溶液中での反応を利用する以外に、そのようなデバイスの実用はされないと思う。
- ②信頼性は原理的に(熱運動等)固体デバイスを上回れないであろう。
- ③当面基礎研究の域を出ない。
- ④原子の移動は電子に比べて質量が大きいため動作速度は上がらないのが一般論である。しかし、可能性はないわけではないだろう。
- ⑤配線を必要とするものは無意味。

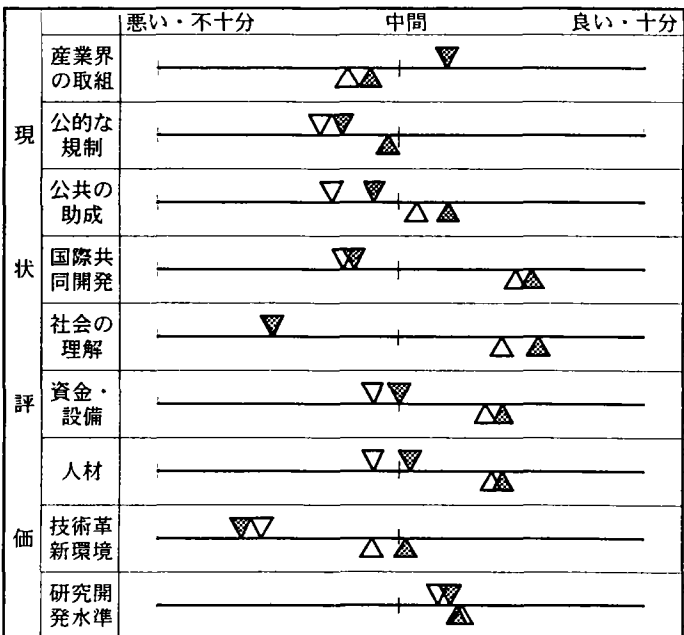
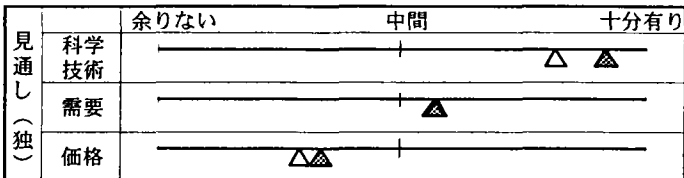
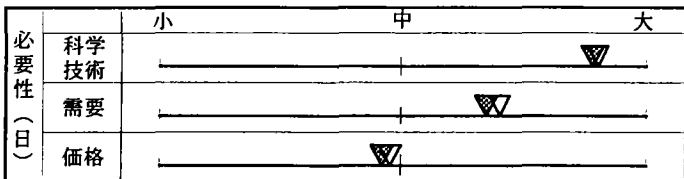
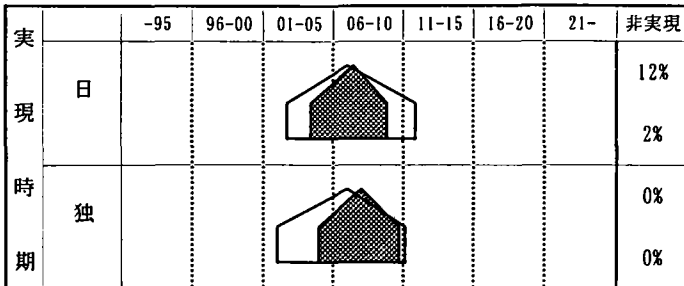
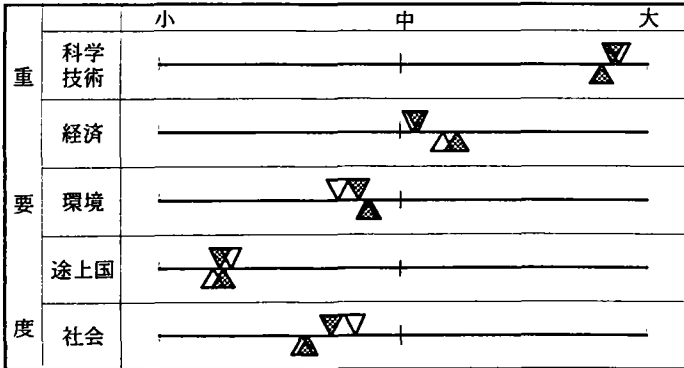
独のコメント (例)

- ①安定な情報処理は冗長性で生きる。これらはここでは冒險的に最小化される。
- ②低温でないと機能しない!

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

222:走査型トンネル顕微鏡 (STM) の関連技術を用いて、1原子対1原子および1分子対1分子単位の反応・合成技術が実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	70	34%	41%	24%	49	37%	33%	31%
独	58	22%	26%	52%	50	12%	32%	56%



日本のコメント (例)

- ①実験的には成功しても生産には別方法 (自己整合)。
- ②有望な応用が明らかになっていない。
- ③分子数が多い用途への適用は困難か。
- ④マクロな物性と原子、分子レベルの素過程との相関が不明で実用化は当面考えられない。
- ⑤実用化といっても実験室、研究目的でのことに限られる。
- ⑥実験手段として有効でも生産技術として実用化する事は考え難い。
- ⑦この技術が必要とされるような対象があるのかどうか実用化のポイント。
- ⑧産業には直結しない。
- ⑨量産性を考えると経済的に成立しないのではないか？

独のコメント (例)

- ①不経済、連続的。
- ②局部的触媒作用は高い確率をもつ、さもないと反応が機能しているかどうかは不明である。
- ③経済的に成り立たない！

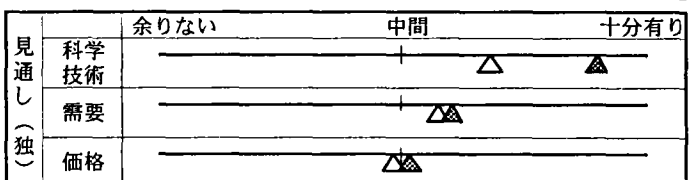
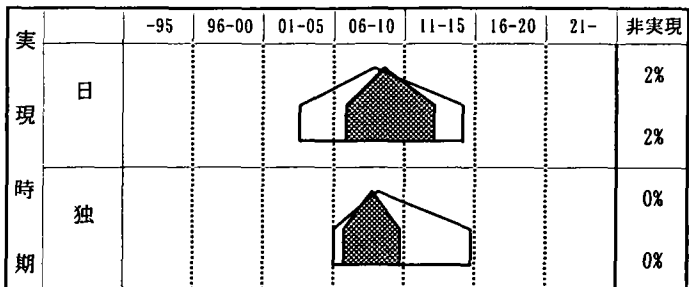
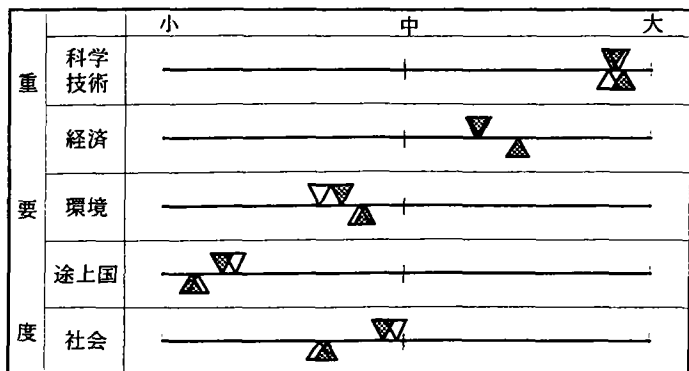
情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

223:走査型プローブ法に代表されるような近接法以外の方法で、原子サイズのパターンを生成する技術が実用化される。

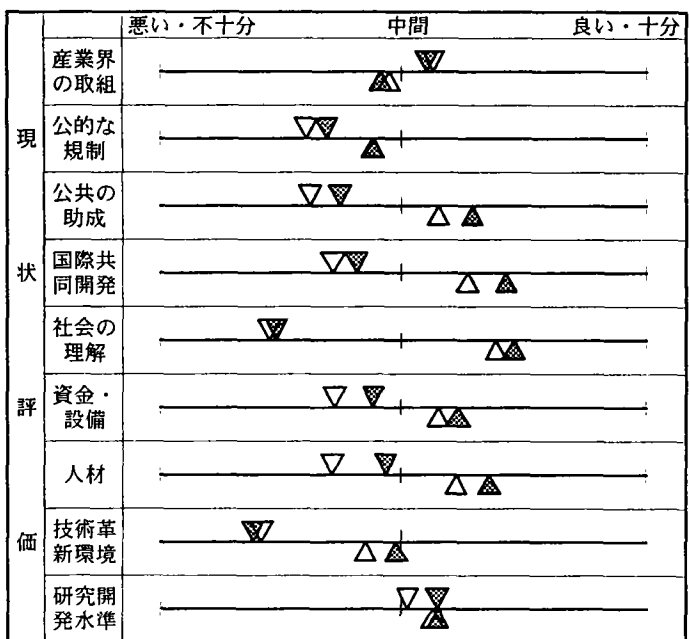
専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	63	41%	22%	37%	45	38%	24%	38%
独	44	23%	32%	45%	43	14%	33%	53%

日本のコメント (例)

- ①研究フェーズの先端LSIにとっては有用で研究開発レベルではすでに実用化に近い状態にある。
- ②可能性は既に表示されているが、実用化は相当先。



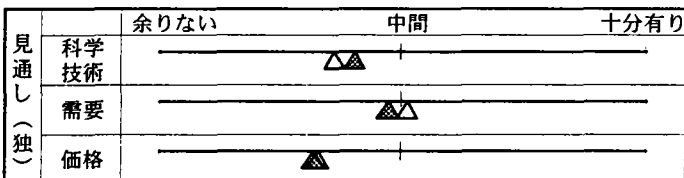
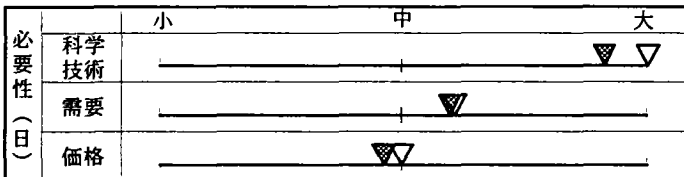
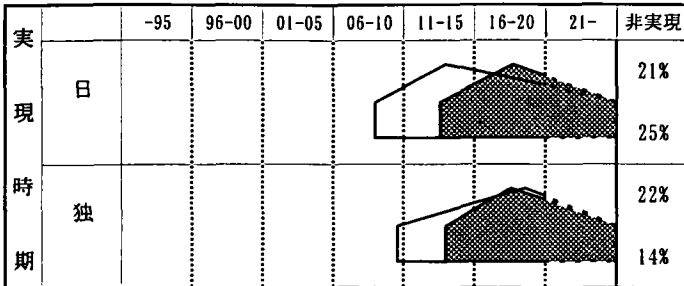
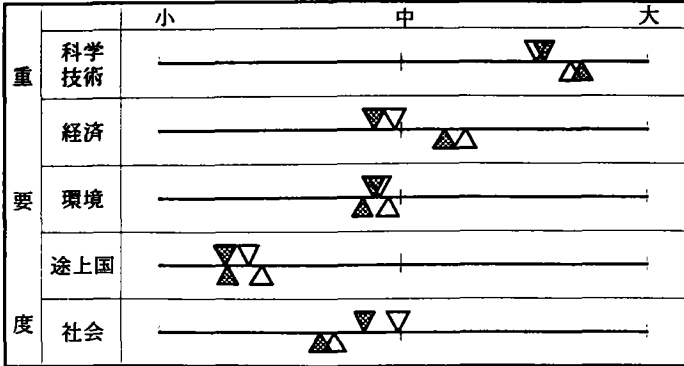
独のコメント (例)



情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

224: 生きている細胞を利用するマイクロプロセッサが開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	72	13%	29%	58%	52	6%	37%	58%
独	74	8%	26%	66%	71	6%	21%	73%



日本のコメント (例)

- ①興味深いテーマで医学、生理学の分野で急速に進むと思われる。但し、マイクロプロセッサの開発は相当先のことと思う。
- ②フィージビリティが極めて低いのに、ブームに乗って認められている印象を持つ。
- ③そのメリットの把握が現在十分なされていない。
- ④具体的なアプリケーションエリアを設定することが必要。
- ⑤当面の間、可能性を示すレベルに留まり、開発には、さらに長期間が必要。
- ⑥実用化は無理、遺伝子工学の研究手段のひとつとして、試作はあるかも知れない。
- ⑦センサには細胞の利用の価値があるが、マイクロプロセッサには意味がない。

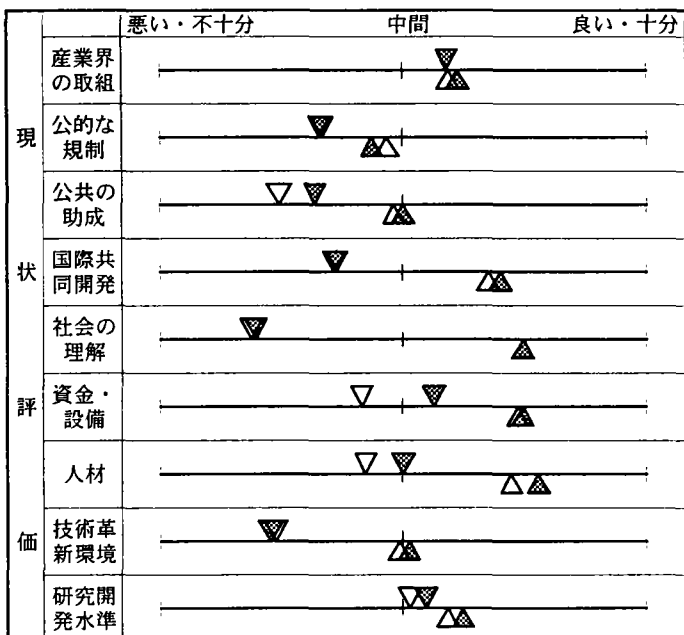
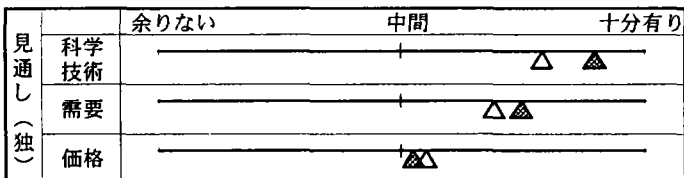
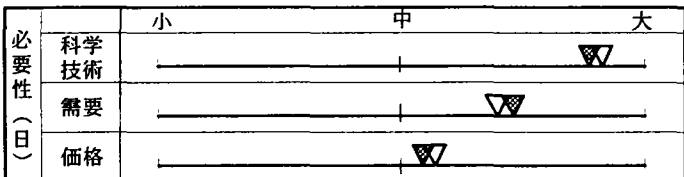
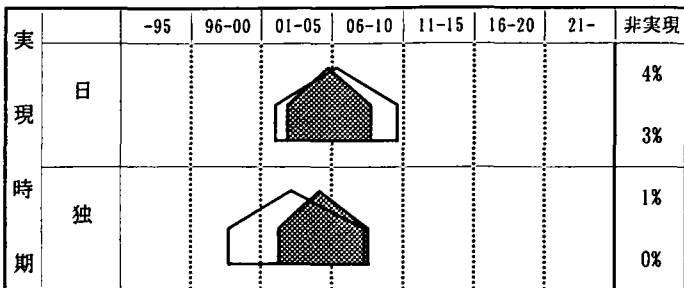
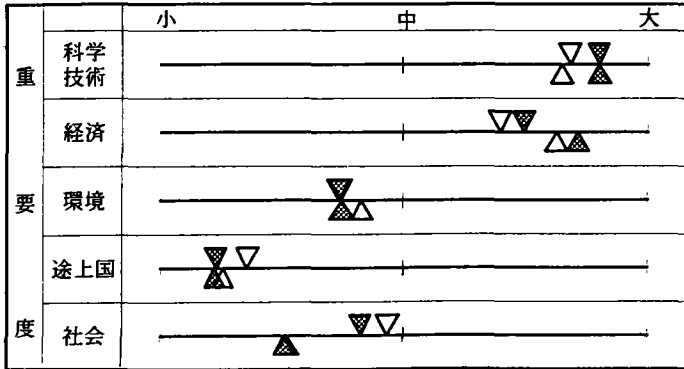
独のコメント (例)

- ①非常に問題を抱えるが、しかし重要な課題設定 (遺伝子工学)。
- ②ユートピア。
- ③生きたセルでの処理は絶対的な特殊解である。生物学的システムは悪い情報処理者である!
- ④信頼性なし。
- ⑤現在のところ、技術的観点からは非常にかき離れている。道徳的問題。
- ⑥規制緩和。
- ⑦倫理的障壁。
- ⑧いずれにしても周辺的機能のみ。

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

225:シリコン結晶表面の欠陥を修復し、不純物を密封(制御)する方法が開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	51	20%	51%	29%	35	23%	43%	34%
独	69	17%	42%	41%	57	11%	37%	53%



日本のコメント (例)

- ①超LSI技術の進展に伴いその必要性が顕著になると思われる。
- ②シリコンに限定せず、例えばSiC等も含めるべきではないか。
- ③修復のスループットが問題。
- ④不純物を密封して、デバイス性能に影響を与えないか否かが問題。やはり、不純物は取り除く必要があるのではないか。
- ⑤Siデバイスプロセスに共通して必要な技術である。
- ⑥現在の超LSI技術において既に表面(界面)を原子オーダーに近いオーダーで不純物も含め制御しています。欠陥の修復も、様々な工夫で電子回路として使わない部分に集めるなどしており、現行技術の延長線上で近く実現される課題と思います。
- ⑦材料に欠陥は必ずある。「密封」も時間をファクターにしたら決して避けて通れない。密封すること自体、欠陥処理でない。従って無意味。
- ⑧経済性がカギ?

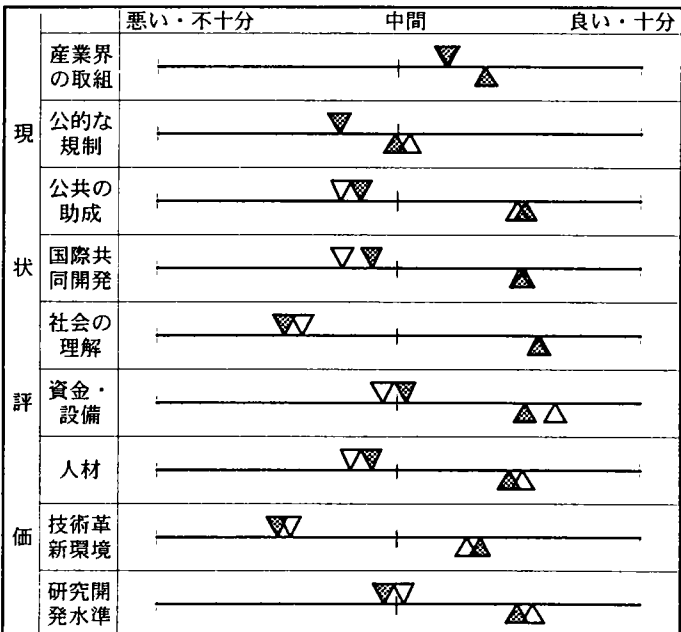
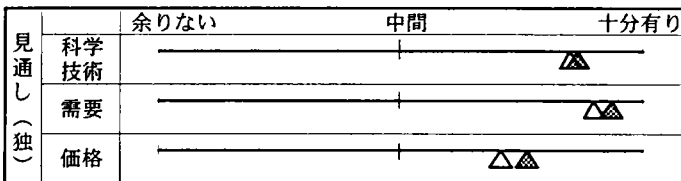
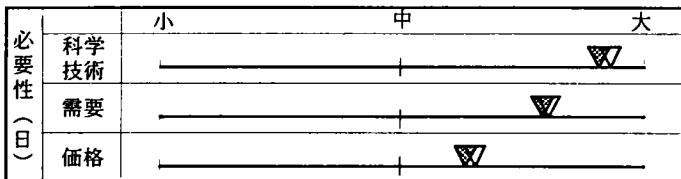
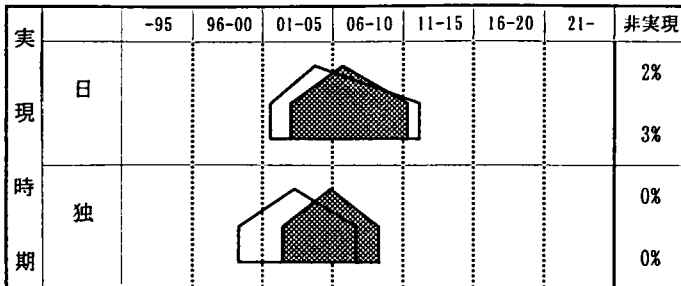
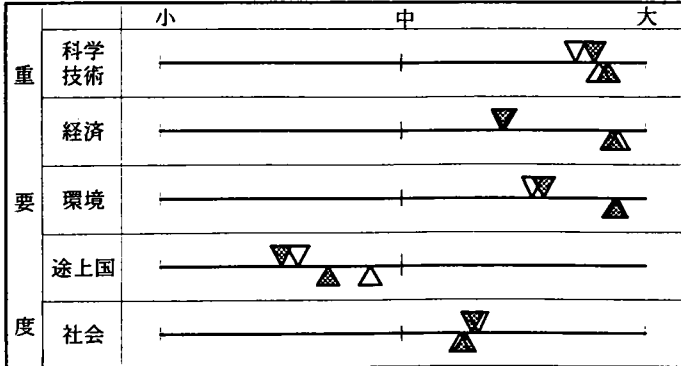
独のコメント (例)

- ①現在、修理は最低の利益よりも更に不経済である。

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

226:化学・生物学的技術システム（例えば分子機械）のために高選択的、長期安定なセンサーとインターフェース技術が実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	55	22%	33%	45%	38	24%	47%	29%
独	85	26%	45%	29%	69	23%	29%	48%



日本のコメント (例)

- ①生化学、医学分野の課題で大学を中心に積極的に検討されている。
- ②センサーとインターフェース技術とを統合したトータルシステムとしての実用化が進むと思われるが、センサー単体或いはインターフェース技術単体では実用化は困難であろう。
- ③究極のセンサ技術として研究が始まっている。
- ④必要性は極めて高いのに軽視されている。ただし、化学・生物系のシステムが多様ないし未整理のため、I/F技術作りに入れないのではないか。（そもそもどこのインターフェースか）センサーは具体的な仕様さえあれば今でも作成可能である。

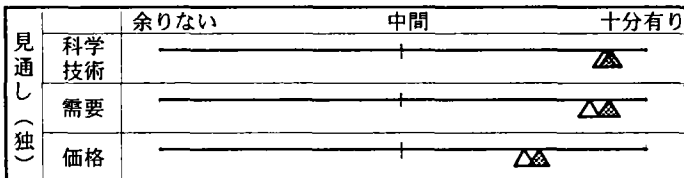
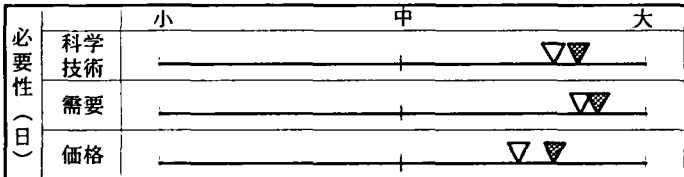
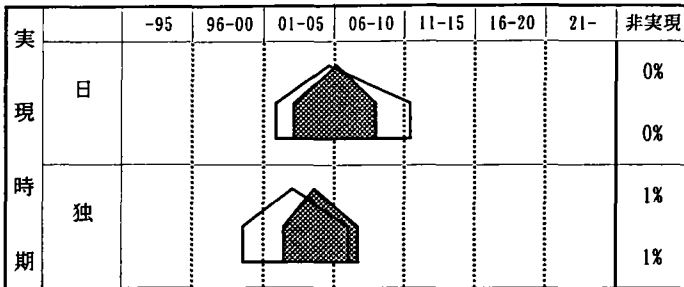
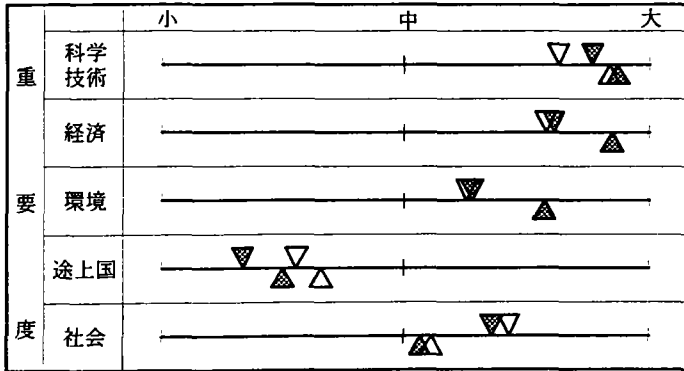
独のコメント (例)

- ①将来の重点は、不足している選択性と安定性をシステム技術により補うことであろう。この課題の重要性は低下するであろう。
- ②この種の高選択性と長期安定性を持つセンサーは存在しないから、この課題は、「完全でない」センサーを有するシステムにより解決されるであろう。
- ③化学工学と生物学との科学協力。
- ④選択性と安定性は原理的に問題となる。
- ⑤長期安定性は未だ欠けている！
- ⑥研究室レベルのモデルは存在する。

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

227: 複雑な信号伝達を行うセンサアレイとアクチュエータからなるワンチップのインテリジェント (又はハイブリッド) マイクロシステムが、独立して処理を行うサブシステムとして実用化される。

専門 度等	R1			R2				
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	76	24%	33%	43%	51	35%	27%	37%
独	119	33%	38%	29%	90	30%	28%	42%



日本のコメント (例)

- ①スマート・センサ/アクチュエータの開発はエレクトロニクスの発展に有効。
- ②「ワンチップ」である必要はない。
- ③インテリジェントであることが重要。単なる複数のセンサアレイとアクチュエータの組み合わせでは意味がない。
- ④センサ、アクチュエータの究極の形として重要と思う。
- ⑤用途によるが市場の需要次第であろう。
- ⑥日本コメント②には反対。ワンチップであることに意味がある。
- ⑦限られた領域で部分的に使われる可能性は高い。市場性は疑問が残る。

独のコメント (例)

- ①問題はアクチュエータにある。センサーと開閉動作の位置は一般に隔離されている。動作は一般に肉眼で見える (正常な) 大きさで行われる (モータ、シリンダー)。
- ②不均質のマイクロシステム。
- ③耐高電力の特殊な種類のプロセッサとアクチュエータ。
- ④ユニバーサルな基礎構造 (このようなものは恐らく存在せず) としてのみ経済的!

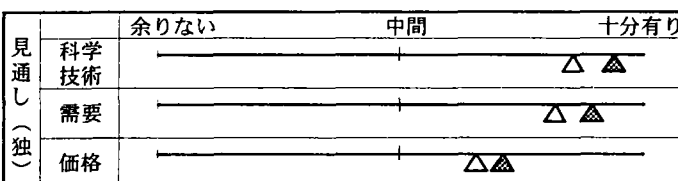
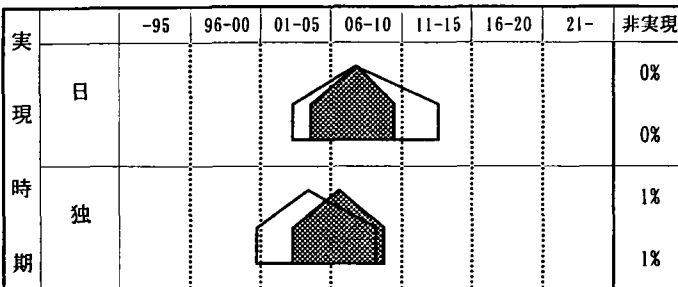
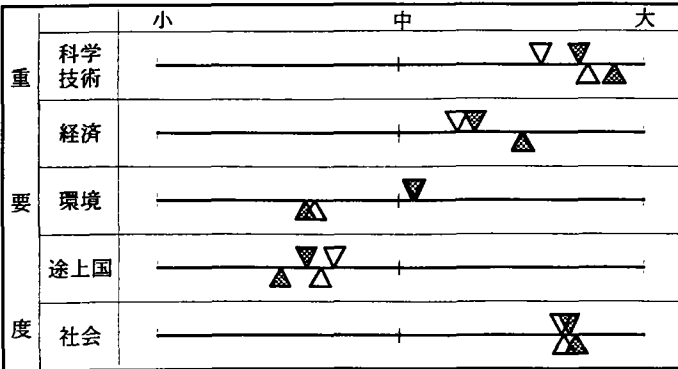
情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

228:手術の侵襲を最小にするための多機能装置 (例: 自己前進型の小型駆動装置、マイクロマニピュレーター、マイクロセンサー、診断用センサー) が実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	71	23%	32%	45%	50	26%	32%	42%
独	108	9%	43%	48%	88	14%	30%	57%

日本のコメント (例)

- ①研究段階であるが、他分野との協業により急速に進む可能性はある。
- ②駆動パワーの供給源が問題。
- ③外部からのコントロールをどうするか (特に「異常事態発生」の場合)を解決する必要がある。
- ④日本コメント②に賛成。
- ⑤テクノロジーとして最短距離にあると思う。
- ⑥医学の分野で、急速に進展するだろう。



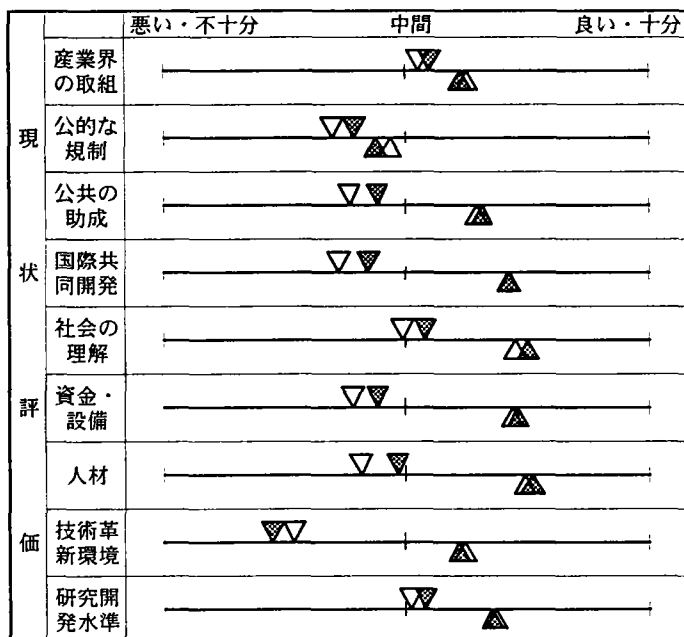
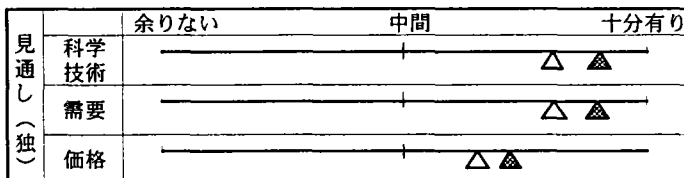
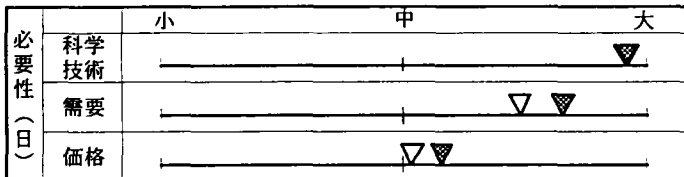
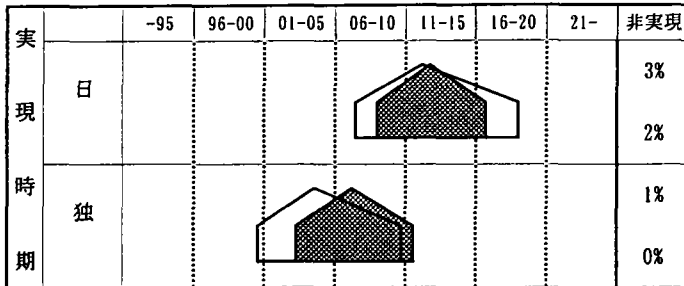
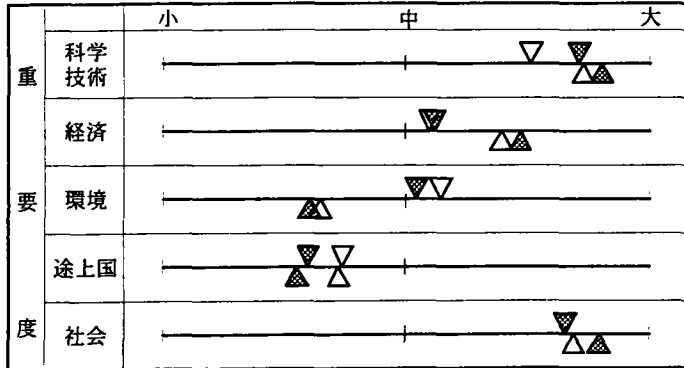
独のコメント (例)

- ①コスト吸収の問題; これはよい環境の「患者」のみで成功するであろう。
- ②生化学方式—バイオ互換性。
- ③心理的抵抗がある。
- ④ドイツの医療技術産業にとって極めて有望。
- ⑤ミニ駆動装置は非現実的であるが、マイクロセンサーや診断センサーは1995年ないし2000年に実現される。

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

229: マイクロセンサーとマイクロアクチュエーターから成るマイクロシステムが人間の体内に埋め込まれ、人間の健康状態を診断し、必要ならば患者を治療するようになる(例: 人工すい臓)。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	74	24%	30%	46%	52	25%	27%	48%
独	111	19%	32%	50%	90	16%	27%	58%



日本のコメント (例)

- ① 現実のテーマであり、急速に進みつつある。
- ② メカニカルな機構の信頼性向上に関する基礎研究が必要。
- ③ 人の夢ではあるが、異常事態発生時の処置など、検討課題は多い。
- ④ どのように治療するかを指示できるようになることが先決。
- ⑤ 医者が行う治療と同じことは出来ない。
- ⑥ 部分的には実現するかもしれないが、体内に埋め込まれることには大きな抵抗がある。指輪や腕輪の様なものでセンサーとし、診断するだけのものはより早く実現するだろう。
- ⑦ 何としても実施すべき課題であるし、実用化段階までにもって行くものである。
- ⑧ 人間の組織とマッチングする材料開発が必須である。用途、規模、機能により実現時期に広がりが見込まれる。

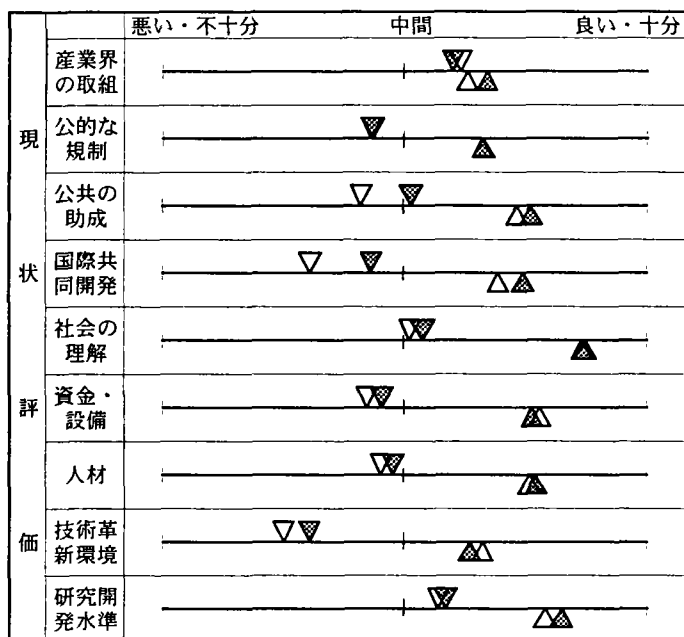
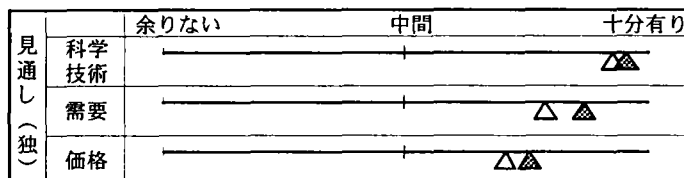
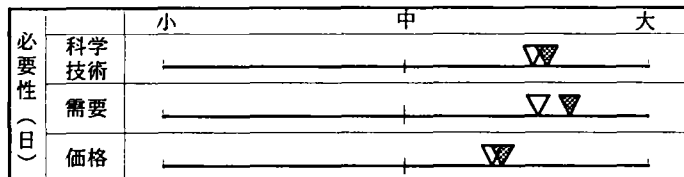
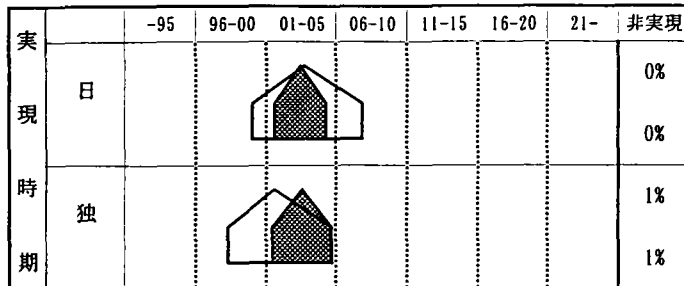
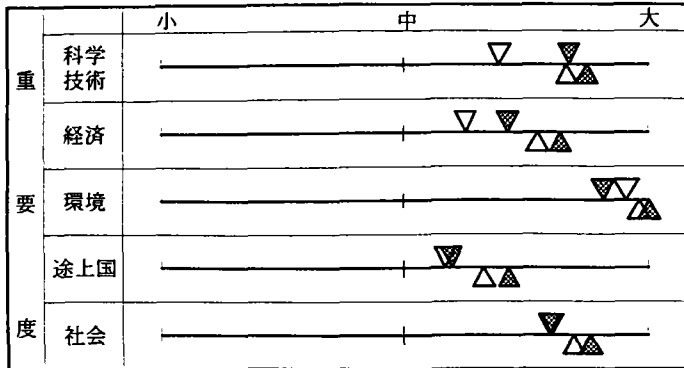
独のコメント (例)

- ① ペースメーカーは多年にわたり存在している。
- ② 外部分析—この形式では責任を負わない!
- ③ なお心理的抵抗が存在する。
- ④ 例えば心臓ペースメーカーか?

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

230:水中や空気中の汚染物質を連続的にモニタリングするための、長期間安定で高感度な微量分析システムが普及する。

専門 度等	日 独	R1			R2				
		人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
	日	58	12%	34%	53%	43	19%	40%	42%
	独	110	24%	36%	40%	82	18%	33%	49%



日本のコメント (例)

- ①普及は技術問題ではなく、社会公共投資の可否による。
- ②地球規模でのモニタリングシステムが早急に求められている。
- ③社会的ニーズの強さが、技術開発を促進する推進力となる。
- ④公的認識が重要。技術的には、今でも一応出来ると考えられる。
- ⑤コメントにある「普及は技術的問題でなく社会公共投資の可否による」に同感。社会一般の理解が深まれば、これを設置し、広域的にモニタリングするシステムが導入されるであろう。
- ⑥技術面の課題より行政面での課題が大きい。即ち、技術的には解決済のものが多いのではない。
- ⑦世界的なコンセンサスが必要。環境チェックの必要性も国情により異なるため。実用化ができて世界的に普及するには時間を要する。

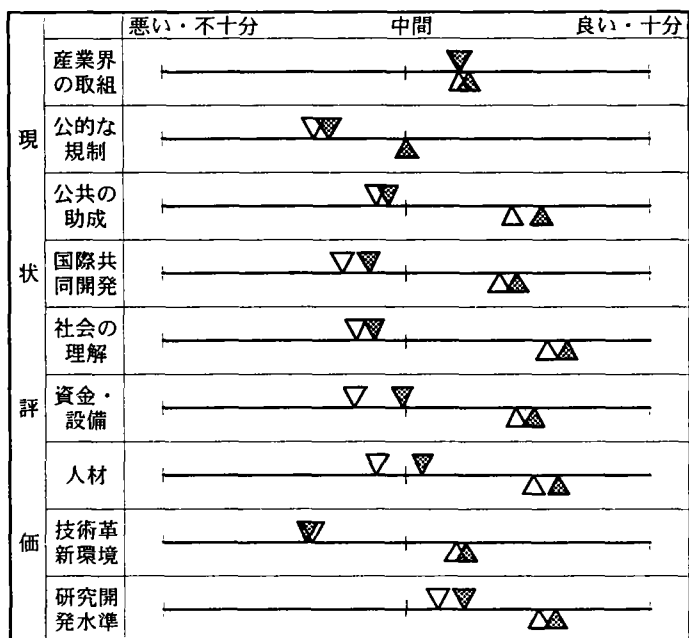
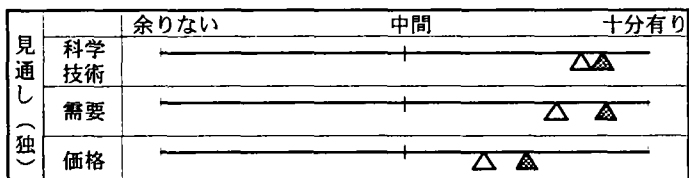
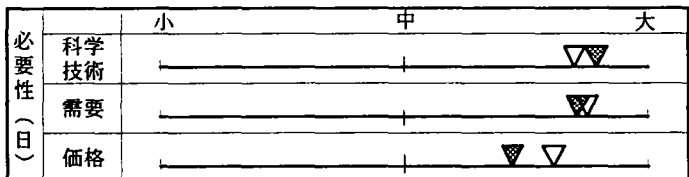
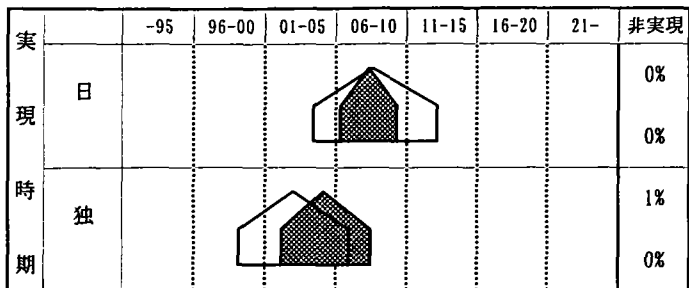
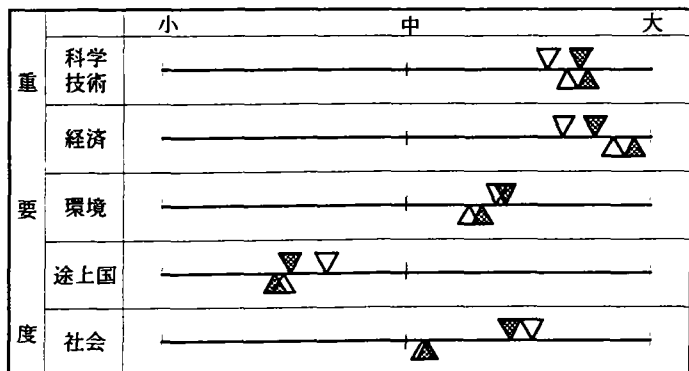
独のコメント (例)

- ①平面をカバーするようには設置されない。
- ②認識が転換されない時は、解析および評価技術は何を利用したらよいのか？
- ③問題：巨大な平面的（水）又は空間的（空気）領域。如何にして多数のマイクロシステムを配置し、固定し、試験するか？
- ④誰がこれらの多数のデータを集め、管理し、評価するか？尚もう1つの環境活動の官庁組織がある！
- ⑤空間監視にはマイクロは強制的ではない。しかし安定性と感度や政治的影響は？

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

231: 微細加工技術でできた構成要素から成るマイクロシステムの生産が実現し、多種少量のマイクロシステムを経済的かつ柔軟に生産することが可能となる。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	68	31%	29%	40%	52	33%	25%	42%
独	94	29%	36%	35%	79	24%	28%	48%



日本のコメント (例)

- ① 技術的には十分可能で、あとは、社会的要求とコストパフォーマンスの問題である。
- ② 具体的ニーズが発生するのだろうか。
- ③ 医療分野での具体化に期待。

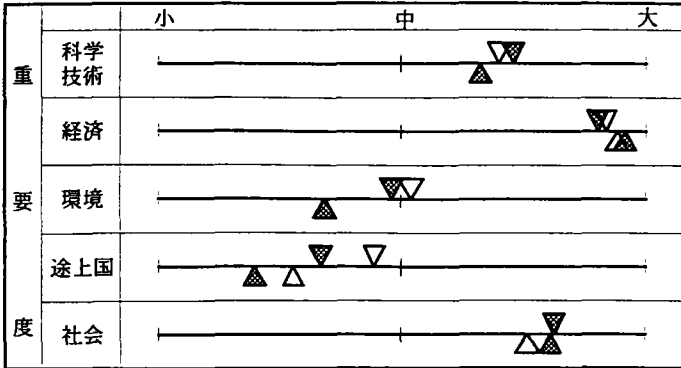
独のコメント (例)

- ① マイクロエレクトロニクスにおいてASICの製造と相似のもの。
- ② マイクロエレクトロニクスはフレキシブル製造の前提条件ではなく、付加的な補助用具である。

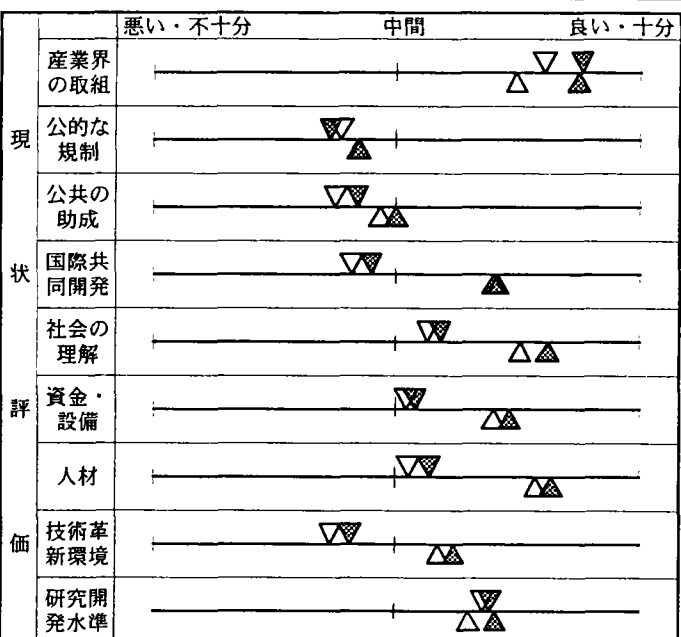
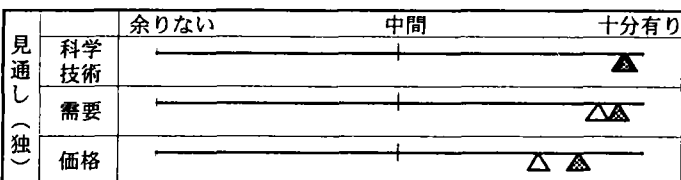
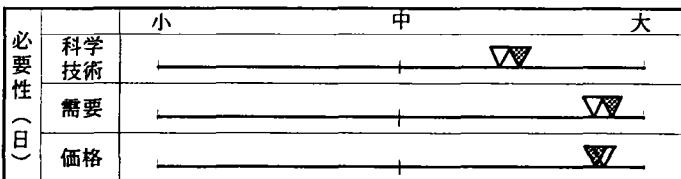
情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

232:ポケットサイズ版の「パーソナルコミュニケーター」の使用により、画像伝送を含む高度のテレコミュニケーションサービスが可能となる。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	96	10%	32%	57%	70	13%	36%	51%
独	132	17%	39%	43%	110	9%	36%	55%



実 現 時 期	-95	96-00	01-05	06-10	11-15	16-20	21-	非実現
日								0%
独								0%



日本のコメント (例)

- ①情報化時代の代表的テーマであり、間もなく技術的課題はクリアされる。インフラが整わないと実用化は困難か。
- ②システム回路面で独創力を発揮できる人材の養成が必要。
- ③ニーズは非常に強いが、問題はコスト。
- ④情報化の発展にともない普及する。
- ⑤現在の技術の延長線上で近い将来技術的には実現可能となる。上記コメントにあるようにインフラ整備が普及のためには重要。
- ⑥「高度さ」をどう定義するかによる。単なる画像伝送ならもっと早期に実現可能。

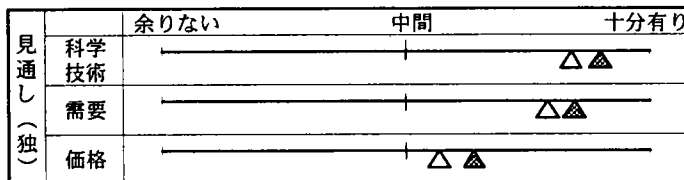
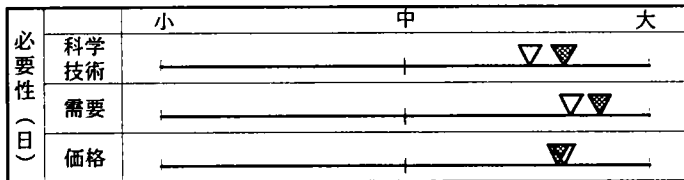
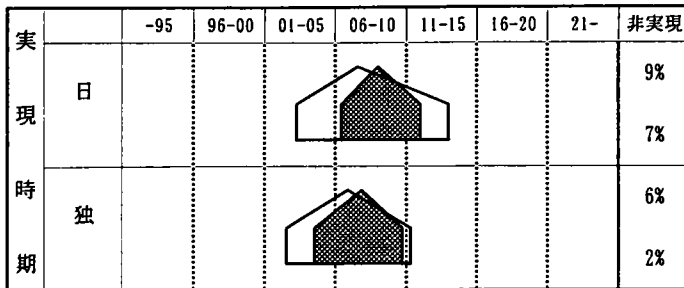
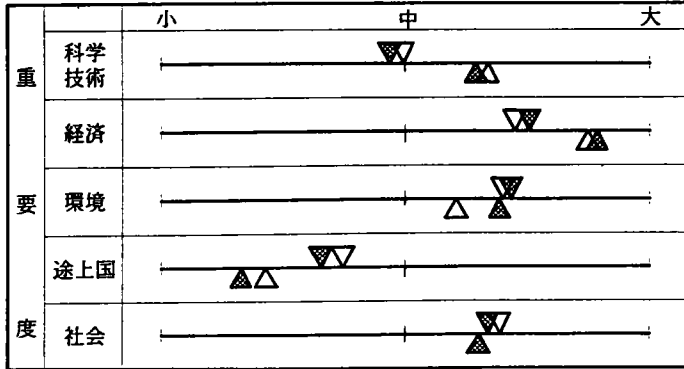
独のコメント (例)

- ①ELEKTRO-SMOG!
- ②電磁氣的「互換性」の検討
- ③バイオ互換性 (Elektro-Smog) !?
- ④ビデオ技術はデータ転送の場合には高価になり、そして相当する利点が得られない。
- ⑤ビデオ伝送により、プライベート空間は極めて強く切りとられる (geschnitten) ことになる。
- ⑥固定装置。
- ⑦テレコム料金。
- ⑧少なくともA4までのフォーマットが送れなくてはならない。
- ⑨『国の規制』について：データの確実性、軽率かつ不確実な情報の伝播。
- ⑩データ保護によって『個人的コミュニケーション』の迅速な導入が阻害される。
- ⑪『個人』と『公共』とのけじめが超越される。

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー]

233:ドライバーの利便を向上させるためや環境保護のために、マイクロシステムが自動車の動作を完全に制御するようになる。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	84	6%	32%	62%	60	12%	30%	58%
独	134	22%	33%	46%	116	12%	34%	53%



日本のコメント (例)

- ① 特殊な状況 (自動走行専用道路など) 以外ではマイクロシステムはドライバーの支援にとどまると思う。
- ② 道路等の環境整備が必要。
- ③ Automatic Transmission車での事故やAirbus墜落事故に見られるように、使う人間の問題にも充分に配慮する必要がある。
- ④ PL法との兼ね合いで普及するとは思えない。
- ⑤ システムが一般の自動車の動作を完全に制御することには反対。実現可能だとしても無意味であると思う。新交通システムのように特別な路面ですべての車が完全に制御されるならば、OK。一般の車の制御を行うならば、危険回避等の場合に限って、(その限りにおいて) システムが制御すべき。
- ⑥ 前回日本コメント①を書きましたが、技術的に可能でも実現すべきでないと思います。部分的な制御 (例えば速度制限) は必要になると思います。
- ⑦ この研究は自動車の交通体系の安全性の向上に寄与するだろう。
- ⑧ 人-車-環境という系を捉えずに質問しても無駄である。「動作の完全制御=利便性の向上」との仮定は成り立たない。人間は己から動いてなんぼであり、動かさせてくれないければ死ぬ。このような技術開発は決してやるべきでない。また、ドライバーが認める筈もない。
- ⑨ 完全な制御は多分不可能に近い。予測しない状況下でドライバーとコンピュータとの競合が生じないような考慮は最低限必要。

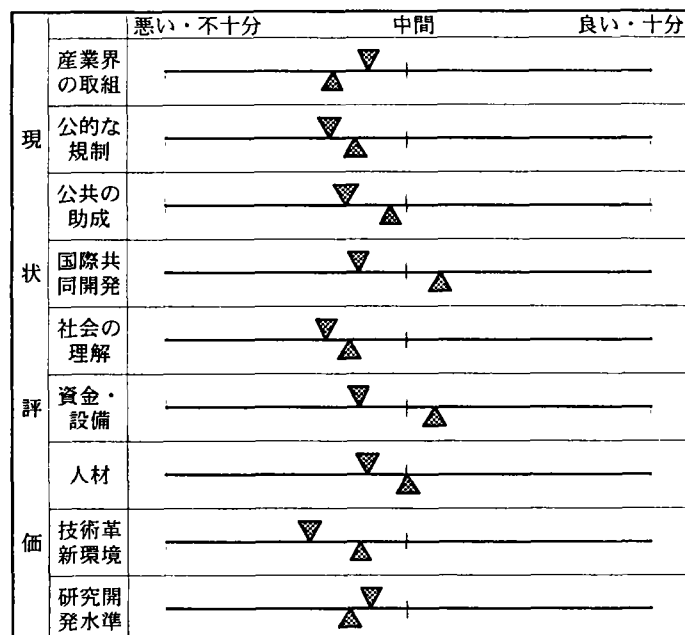
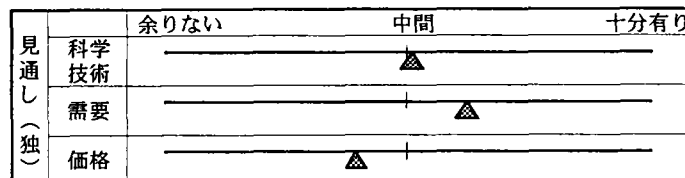
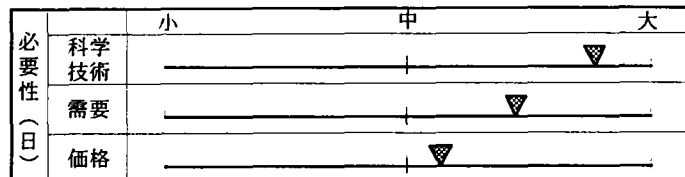
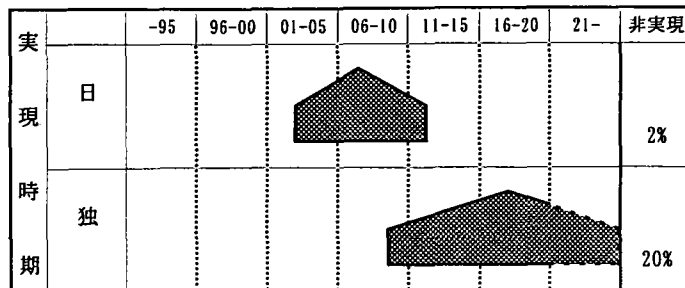
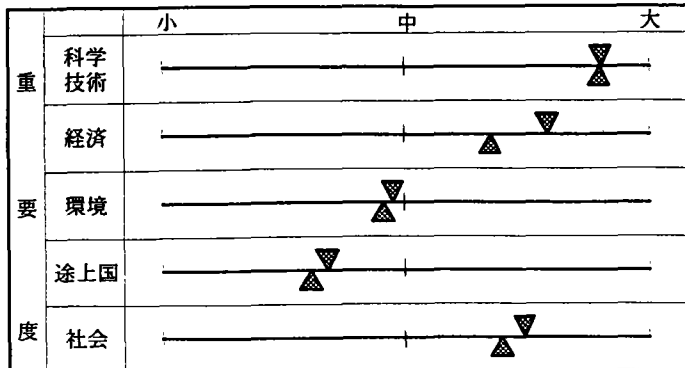
独のコメント (例)

- ① 障害者にとって役立つ。旅行の場合は喜びと楽しみがあるが、一般には速度制限下においてである (アメリカを見よ)。
- ② 少数の乗用車! マイクロシステムの制御とドライバーの意志が相反する場合、ドライバーが制御するというのは危険である。
- ③ マイカー交通においては、ドライバーが (マイクロシステムに) 割り込み、かつ、自分で責任を持つということが保たれるべきである。
- ④ すべてが渋滞し止まった時には、「快適な設備」を要求しても仕方がない!
- ⑤ 『国の規制』について: 国内と国際の各交通システムの安全確保が不可欠、『技術的な受け皿』は: ADAC (ドイツ自動車連盟)?

情報・エレクトロニクス [人工知能 (追加課題)]

234: [追加課題] 人間の思考過程におけるアイデア創造を支援するシステムが実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日					60	25%	30%	45%
独					73	7%	29%	64%



日本のコメント (例)

- ①このようなシステムが完成したとしても、独創的なアイデアが、どんどん出てくるとは思われない。アイデアを引き出すためのシステムとして有効なのであって、アイデアを発想する力は、本来その人にそなわった天性と習練によって養われるのであろう。
- ②意匠やデザインのような分野から実用化され、次に、発明や工夫 (改良) の領域でも実用化が始まる。
- ③人間の創造力を高めるためには、課題201のようなメカニズムの解明を待つよりも、低いレベルでも良いので人間を支援するシステムを開発し、その問題点を1つ1つ解決し、実用化につなげるというアプローチの方が実際的であると思う。
- ④支援のレベルによるが、高度なものを要求しなければ早期に実現されると思われる。
- ⑤可能性は低くはない。基礎になるV L K Bがkeyか?
- ⑥現在もいくつかの研究があるが、有効性の評価が極めて困難。
- ⑦アイデア創造支援システムはワープロの部分機能等として既に出現しつつある (例えばK J法のようなものを画面操作で実行するもの)。
- ⑧Aという人間のアイデアをBという人間が支援できるのはシステムではなく、ヒューマンとしての係わりである。基本的に支援システムは存在しない。但し、擬似的なシステムは構築できよう。

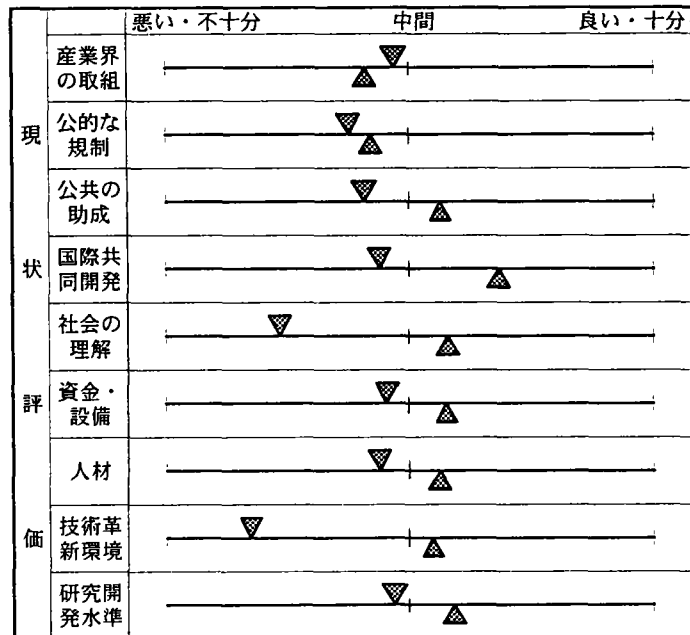
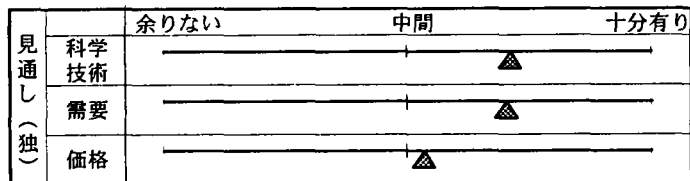
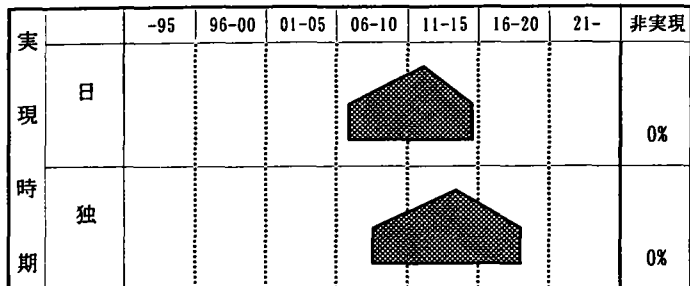
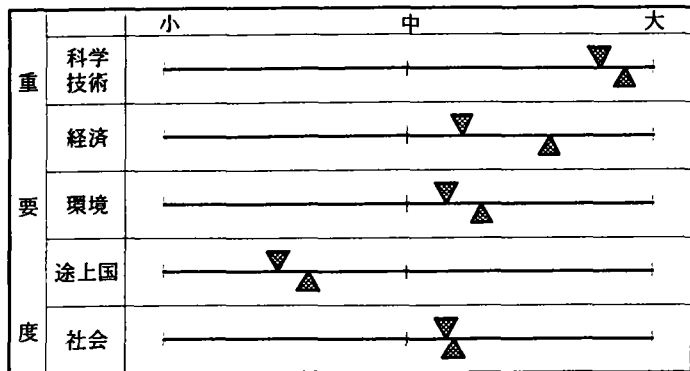
独のコメント (例)

- ①倫理的に許されない。
- ②この場合、私ならアイデアを刺激する単純なシステムから手をつける。

情報・エレクトロニクス [ナノテクノロジー (追加課題)]

235: 【追加課題】自己組織化によって自然に構築される有機分子集合体材料が開発される。

専門 度等	R1			R2				
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日					32	28%	16%	56%
独					39	5%	44%	51%



日本のコメント (例)

- ①人間の要求は無限であるから、材料への期待は大きい。アプリケーション・オリエンテッドな分野ではあるが、特に医療分野での開発が先行するのではなかろうか。
- ②自己組織化によって構築される材料はいくらでもできるだろう。問題は目的・用途を持った材料を構築する様に自己組織化の機能を設計し、実現することである。
- ③現在は手法が容易であるために有機材料が試みられているが、より将来には、有機/無機コンポジット、さらに、無機材料の自己組織化が重要。
- ④個々の分子間で結ばれる集合体の構造を明確にする研究が数多く必要である。
- ⑤化学、物理、生物を包含する基礎科学技術として重要であり、エコマテリアルの開発に役立つと考えられる。

独のコメント (例)

4.3.2 総合コメント例（情報・エレクトロニクス分野）

日本の総合コメント	<p>①AIの問題の多くは、社会を構成する個人間のインタフェースの問題に帰着される。技術の開発と共に、人間のコミュニケーションのあり方に考察が必要。</p> <p>②人工知能関係の設問として、以下のものはどうでしょうか？・基で人間（プロ）に勝てるプログラムが生まれる。・映像を盲人のために説明できるプログラムが実現される。・街を歩く自律ロボットが実現される。・老人のための人工知能応用ヘルパーシステムが実現される。現在の設問はやや、ネットワーク、知識ベースに偏っているとの印象を受けました。</p> <p>③情報に関しては人工知能の分野では大規模知識ベースや（オブジェクト指向、エージェント等）分数AIなどもこれからのTOPICSと思います。また全般ではマルチメディア、分数処理、高信頼性等も調査の対象として面白いのではと思います。情報全般に関し、良い予測を大いに期待致します。</p> <p>④人工知能（AI）の概念を、NN、Fuzzy、GA、カオス、自律分散等の概念を含む人工生命、人工脳へ変換する必要があると考えます。その意味では少し狭い範囲のアンケートになっていると考えます。AIのみでは限界があると考えられております。マイクロ、ナノ技術については、設問がなかなか興味深いと思いました。広い分野ですでのどのような切り口の問いかけかを明らかにするとよいと思います。例えば、機械的、電子的、生物的、医学的など。</p> <p>⑤技術が実用化されるまでには、地道な努力が多く小さな積み上げが必要です。それを担う人達が存在することが、新しい技術が実際に人の役に立つ前提条件だと思います。一般の私企業までは、そのようなことに投資することは困難なことが多いですから、公的な資金が未来技術の育成に投入されることを望みます。</p> <p>⑥銀行口座振り込みの横領、Airbusの墜落など一部のシステムを計算機で代行するようになると、人間、機械系の不備のために様々な事故が生じている。新しい人間・機械系設計原理の探索が必要と思われる。機械システムを監視する機械システムの設計開発に力を注ぐべき。</p> <p>⑦1. 倫理性の問題をオープンに取り組む必要がある。2. 従来の枠組みにとらわれた発想では駄目で、とらわれない発想を主体的に実現／取り組む必要がある。3. 「AIの大衆化」を理解し、その方向を妨げないこと、研究として、基本的な部分へのアプローチをまともに行うことが必要。見かけだけの応用にとらわれてはいけない。4. ソフトウェア全般に社会インフラ、産業インフラとしての取組が遅れている。</p>
-----------	--

4.3.3 日本の未来技術年表（情報・エレクトロニクス分野）

実現予測年	課 題
2003	<p>212: 利用者が利用するデータベースを指定することなしに世界中に分散しているあらかじめ所在が特定できないデータベースからネットワークを使い必要なデータや知識を数分以内に検索してくるシステムが普及する。</p> <p>213: コンピューターネットワーク経由で在宅のまま必要な図書や文献資料にアクセスできる電子図書館が普及する。</p> <p>232: ポケットサイズ版の「パーソナルコミュニケーター」の使用により、画像伝送を含む高度のテレコミュニケーションサービスが可能となる。</p>
2004	<p>220: 高分解能表面分析手法を用いて個々の原子の種類の判別技術が実用化される。</p> <p>230: 水中や空気中の汚染物質を連続的にモニタリングするための、長期間安定で高感度な微量分析システムが普及する。</p>
2005	<p>219: 数～数十ナノメートルオーダーの構成要素を持つ有機-無機コンポジット材料が（生物機能の模擬等により）開発される。</p>
2006	<p>202: 数万台のプロセッサ（例えば超並列マシンやコンピュータネットワーク）を用いた大規模協調分散型AIシステムが開発される。</p> <p>211: 知識表現言語（KRL）が標準化され、標準KRLで書かれた既存の知識ベースを基にした汎用のエキスパートシステムの短期開発が可能となる。</p> <p>225: シリコン結晶表面の欠陥を修復し、不純物を密封（制御）する方法が開発される。</p> <p>227: 複雑な信号伝達を行うセンサレイとアクチュエーターからなるワンチップのインテリジェント（又はハイブリッド）マイクロシステムが、独立して処理を行うサブシステムとして実用化される。</p>
2007	<p>204: 写真のような複雑な2次元パターンを人間なみの速さで認識するシステムが実用化される。</p> <p>205: プログラムの仕様から、実用的なプログラムを合成する自動プログラム合成方法が実用化される。</p> <p>207: 図書、資料の要約・抄録を自動的に行う装置が開発される。</p> <p>208: 科学、技術文書を翻訳する機械翻訳システムが普及する。</p> <p>214: 1原子層ごとに組成や不純物濃度を变化させた機能材料や半導体デバイスが普及する。</p> <p>218: 単分子層制御に基づいた有機ハイブリッド材料が開発される。</p> <p>222: 走査型トンネル顕微鏡（STM）の関連技術を用いて、1原子対1原子および1分子対1分子単位の反応・合成技術が実用化される。</p> <p>226: 化学・生物学的技術システム（例えば分子機械）のために高選択的、長期安定なセンサーとインターフェース技術が実用化される。</p> <p>234: 【追加課題】人間の思考過程におけるアイデア創造を支援するシステムが実用化される。</p>
2008	<p>216: 複数の結合様式を原子レベルで組み合わせることにより新しい機能を持つ物質（例：高分子の超弱結合結晶等）の合成手法が開発される。</p> <p>228: 手術の侵襲を最小にするための多機能装置（例：自己前進型の小型駆動装置、マイクロマニピュレーター、マイクロセンサー、診断用センサー）が実用化される。</p> <p>231: 微細加工技術でできた構成要素から成るマイクロシステムの生産が実現し、多種少量のマイクロシステムを経済的かつ柔軟に生産することが可能となる。</p>
2009	<p>203: 人工知能の方法が有効で信頼性の高いソフトウェアの開発に実用化され、ソフトウェアの大規模化と大規模ソフトウェアの分かり易さ（「透明性」）に本質的に寄与する。</p> <p>206: 問題を言葉や図を用いて記述することができる汎用の超高級言語が開発される。</p> <p>217: ナノメートルオーダーで決まった表面構造をもち、あらかじめ決めた特性を有する材料が生産される。</p> <p>233: ドライバーの利便を向上させるためや環境保護のために、マイクロシステムが自動車の動作を完全に制御できるようになる。</p>
2010	<p>209: 数万語のボキャブラリーを持ち任意の会話（音声）を入出力する能力を有するリアルタイム対話システムが開発される。</p> <p>215: GaやAs等の種々の元素、原子と類似の物性が現れるように人為的に原子を集めたクラスターである「スーパーアトム」から成る固体電子デバイスが開発される。</p> <p>223: 走査型プローブ法に代表されるような近接法以外の方法で、原子サイズのパターンを生成する技術が実用化される。</p>

実現予測年	課 題
2012	210:自動学習により知識を増殖していく知識ベースが実用化される。
	235:【追加課題】自己組織化によって自然に構築される有機分子集合体材料が開発される。
2013	229:マイクロセンサーとマイクロアクチュエーターから成るマイクロシステムが人間の体内に埋め込まれ、人間の健康状態を診断し、必要ならば患者を治療するようになる(例:人工すい臓)。
2015	221:アトムスイッチやアトム・リレー・トランジスタの様に少数個の原子の移動により論理や記憶の動作を行う「原子デバイス」において、固体電子デバイスより信頼性や動作速度が上回るものが実用化される。
2019	224:生きている細胞を利用するマイクロプロセッサが開発される。
2021	201:人間の思考過程におけるアイデア創造の基本メカニズムが解明される。

5. ライフサイエンス分野

5 ライフサイエンス分野

5.1 がん

5.1.1 技術の現状紹介

がんは昭和 56 年以來、日本人の死因の第 1 位であり、前回のデルファイ調査においても、がん関連のテーマの重要度が高くなっている。これは、がん専門の研究者のみならず、一般の人々に於いてもがんに対する関心が高くなっていることを示している。

がんの治療において、手術、放射線および化学治療法による治療法の改良が、個々の症例についてなされており、5 年生存率の向上もゆっくりではあるが着実に進歩している。しかし、残念なことに、劇的な改善を期待できる「がん治療薬」の開発に関しては、これまでの多くの努力、多大な研究費の投入にも拘わらず、現在のところ十分満足できる成果ではない。

この 10 年を振り返ってみると、日本では、昭和 58 年にがん対策関係閣僚会議により策定された「対がん 10 年総合戦略」に基づいて「がんの本態解明」を図ることを目標として研究が推進された。その中で目を見張る成果として、発がん理論は、がん遺伝子、抑制遺伝子を始めとする、多因子によって多段階的に遺伝子変異がすすむことによって起こる細胞変異であること、治療についてもそれぞれのがんの特徴による治療法の適用があるなどの大枠がほぼ分かってきた。また最近では、遺伝子多型と発がん感受性の関係、がんの個性や genetic instability についても多方面から注目されるようになってきた。一方、重要ではあるが、期待したような進展が見られなかったものとして環境発がん、新抗がん剤の開発、がん免疫治療法などがある。この原因としては、時間的、空間的な問題をはじめ研究者の数や研究費又は、副作用の回避、腫瘍の Heterogeneity 等の問題が考えられる。より複雑な局面において研究推進が足踏み状態にあるといえよう。しかしながら、総合的にみると治療面ではバイオサイエンス技術や細胞生物学的な研究成果を基に遺伝子治療という新しい方向を模索し始めていることも事実である。

本ミニデルファイ調査においては、課題の数の制限から以下の 4 領域 1) がんの基礎生物学的解明、2) がんの早期診断法の普及、3) 有効ながん治療法の開発・普及、4) 発がんにおけるリスクファクター(がんの個性)の疫学的調査、から、それぞれにおいて重要な課題を選択した。

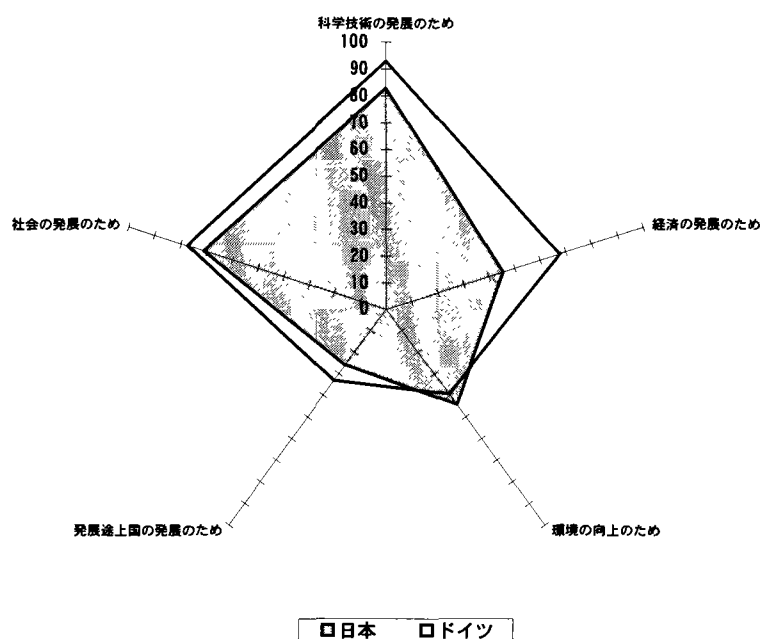
過去のがん制圧の為の多くの研究や研究者の多大なる努力に加えて本デルファイ調査結果が、今後のがん研究に役立つことのみならず、個々の基礎的研究のさらなる充実と複雑な因子が絡み合っただけでその進行が容易でないがんの予防、診断、治療が、がんの細胞生物学基礎知識を礎に今後大いなる発展を遂げることを期待する。

5.1.2 重要度評価に見られる一致点と相違点

図 5.1-1 は、重要度評価の各項目について全課題の平均値を表示している。各項目について日独比較をすると、まず、内容的に関係のあまりない「環境の向上のため」及び「発展途上国の発展のため」は当然ながら日独ともに低い値となっている。そのほかの「科学技術の発展のため」、「経済の発展のため」、「社会の発展のため」についてはいずれもドイツが高いという結果になった。特に、日独で差の大きかった「経済の発展のため」については、ドイツの回答者は研究の進展により医療費の社会的負担を軽減できる可能性を重視したものと考え

られる。第5回技術予測調査の日独比較においても、保健医療分野のいくつかの課題で多くのドイツの専門家が「コスト」を技術開発推進上の阻害要因として挙げているが、今回の調査でもこのような考え方が反映されたと見られる。

図 5.1-1 重要度の日独比較(がん)



日独で最も差の大きかった「経済の発展のため」について課題別に見ると、「308:ゲノム研究のがんの診断・予防・治療の新しい戦略開発のための応用」(日 49, 独 82)、「309: 3次元イメージング技術等のがんの臨床診断技術の実用化」(日 51, 独 85)、「311:特定がんについての遺伝子治療法の開発」(日 45, 独 80)のような、診断治療への応用課題でドイツの値が日本よりかなり高くなっているという特徴がある。このように診断治療への応用課題では、ドイツにおいて、新規の診断治療法の開発実用化が、将来の医療費の軽減につながると強く期待しているが、日本においては控えめな評価しかされていない。両国の医療技術に対する社会的背景の違いが反映された結果であると考えられる。

「社会の発展のため」については、日独で特に大きな差のあるものはなく、「303:日常生活で発がんを促進する要因の疫学的に重要な作用機序の解明」(日 84, 独 87)、「306:喫煙等のがんのリスクファクターを回避するための有効な手段の開発」(日 82, 独 95)及び「310:早期診断の進歩・普及による全がん患者の3分の2以上が5年以上延命」(日 81, 独 74)が両国ともに高く評価されている。これらはいずれも疫学的にがんを捉えようとする課題である。

「科学技術の発展のため」については、いくつかの課題でドイツの指数が日本よりだいぶ大きくなっている。具体的には、「304:器官ごとのがん罹病率の地理的分布の原因解明に基づく地域別のがん対策の実現」(日 68, 独 93)、「310:早期診断の進歩・普及による全がん患者の3分の2以上が5年以上延命」(日 66, 独 90)等の公衆保健に関連した課題である。

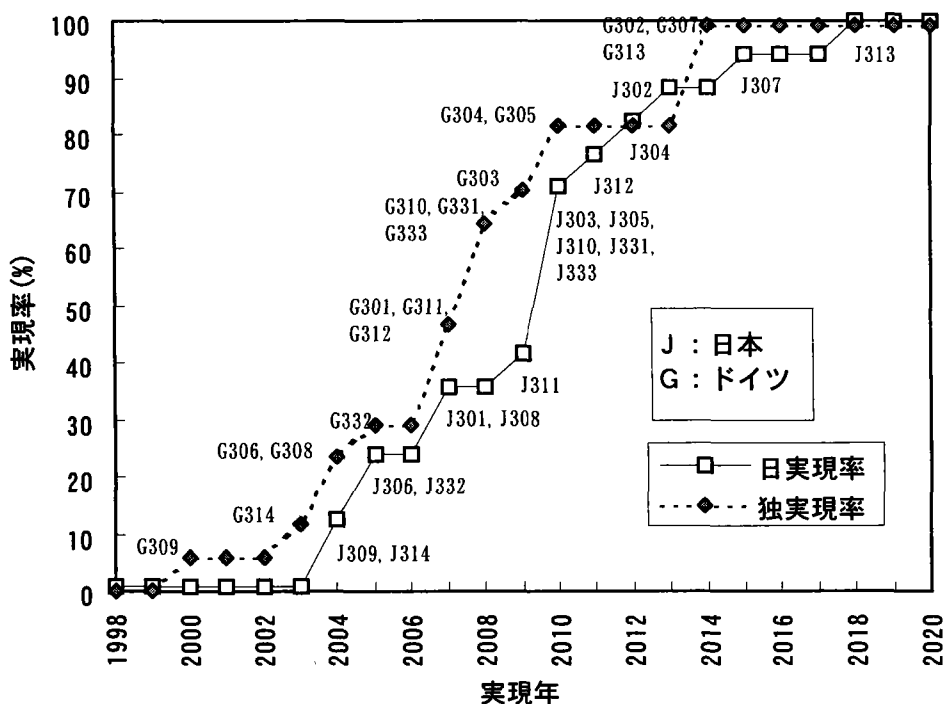
5.1.3 日独の予測時期の比較

全課題の実現予測時期の平均は、日本 2009.4 年、ドイツ 2007.3 年とドイツの方がやや早くなっている。図 5.1-2 から両国の課題実現のパターンを見ると、2003 年から 2010 年頃にかけて、約 70 から 80 パーセントの課題が実現するという点で一致しており、この間の課題ごとの実現の早さは、ドイツが日本より早いか同時期という関係になっている。

個々の技術課題の実現の推移を見ると、最初に、「309: 3次元イメージング技術等のがんの臨床診断技術の実用化」(日本 2004 年、ドイツ 2000 年)、「314: がん治療に関するデータベースの普及」(日本 2004 年、ドイツ 2003 年)といったモニタリングのツール即ち、どのような検査等でチェックするのか、データバンクはどういったものにするのか、というものに関する研究が最初に進み、続いて「308: ゲノム研究のがんの診断・予防・治療の新しい戦略開発のための応用」(日本 2007 年、ドイツ 2004 年)、「311: 特定がんについての遺伝子治療法の開発」(日本 2009 年、ドイツ 2007 年)といった遺伝子的な研究や、「301: 細胞がん化におけるシグナル伝達などのメカニズムの分子レベルでの解明」(日本 2007 年、ドイツ 2007 年)、「332: 【追加課題】 がんの DNA 診断の普及」(日本 2005 年、ドイツ 2005 年)といった、分子学的是がん化プロセスの研究が平行して進むと考えられている。

また、「308: ゲノム研究のがん予防、がん治療への応用」、「312: ガンの転移を防ぐ有効な手段の臨床応用」、「311: 特定がんの遺伝子治療法の開発」に見られるようながん治療への応用については、ドイツの方が 2 年から 4 年早い予測を行っている。実現に最も時間を要すと考えられたのは、「313: 自己のガン細胞を正常化して組み込んだ人工臓器の実用化」で、日本 2018 年、ドイツ 2014 年となっている。

図 5.1-2 実現時期の日独比較(がん)



5.1.4 必要条件についての比較分析

3つの質問項目があり、第2章の「課題実現に必要な条件」でも触れたように、日本の値は高いほど課題実現にとって必要性が大きいと評価し、ドイツは反対に値が高いほど課題実現にとって見通しが明るいと評価している。ここでは日独別々に特徴の出た課題について紹介する。

5.1.4.1 日本の調査結果

「科学技術上の問題が解決されること」については、がんの17課題中、2課題を除いた15課題で「科学技術上の問題解決」が必要であると考えられている。その例外の2課題は「306:喫煙等のがんのリスクファクターを回避するための有効な手段の開発」(日 53)と「314:がん治療に関するデータベースの普及」(日 55)である。「科学技術上の問題解決」が特に必要であると考えられているのは「301:細胞がん化におけるシグナル伝達などのメカニズムの分子レベルでの解明」(日 94)、「305:発がん過程における細胞間相互作用機構の解明」(日 94)、「331:【追加課題】がんの転移のメカニズムの分子レベルでの解明」(日 95)等のがん化プロセスに関する課題や、「308:ゲノム研究のがんの診断・予防・治療の新しい戦略開発のための応用」(日 94)、「311:特定がんについての遺伝子治療法の開発」(日 94)といった、遺伝子に関する課題である。

「将来の市場における需要の増大」については、基礎的課題が多かったため、1課題を除いては必要性が低いという結果になった。唯一の例外は「309:3次元イメージング技術等のがんの臨床診断技術の実用化」(日 79)で、この課題は今回の調査のがんの中で実現予測時期も最も早く予測されている。

「将来の市場における価格競争力の向上」については、分野の性格上、全課題で必要性が低いという結果になった。

5.1.4.2 ドイツの調査結果

「科学技術上の問題が解決されること」については全課題で見通しが明るいと考えられている。特に見通しが明るいと考えられている課題は「308:ゲノム研究のがんの診断・予防・治療の新しい戦略開発のための応用」(独 98)、「332:【追加課題】がんのDNA診断の普及」(独 92)といった遺伝子に関する課題や、「309:3次元イメージング技術等のがんの臨床診断技術の実用化」(独 97)、「314:がん治療に関するデータベースの普及」(独 95)といったモニタリングのためのツールに関する課題である。

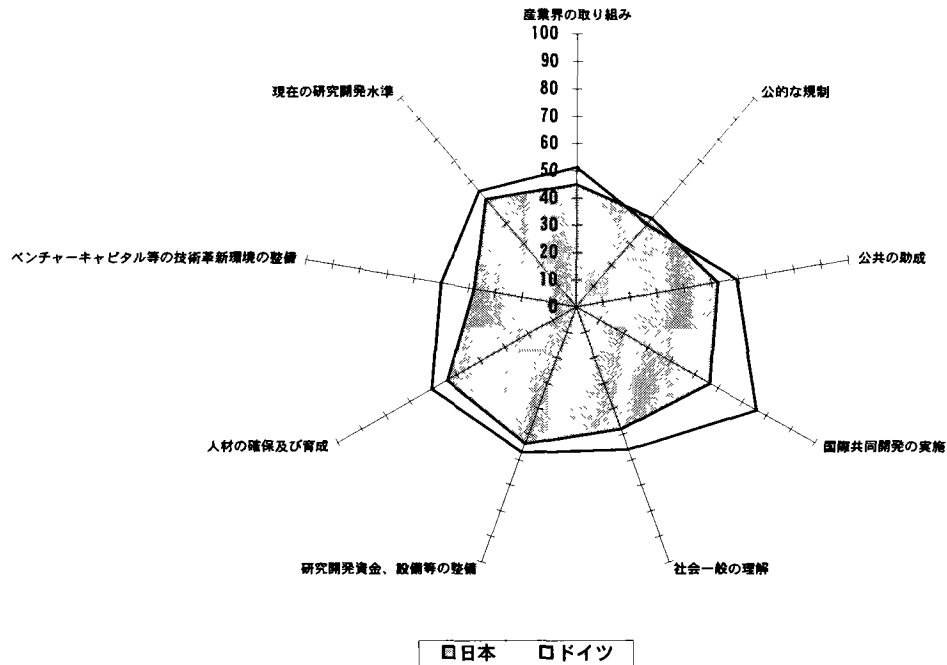
「将来の市場における需要の増大」については、見通しが明るいと考えられている課題とそれほど見通しが明るくないと考えられている課題に分かれた。見通しが明るいと考えられているのは「309:3次元イメージング技術等のがんの臨床診断技術の実用化」(独 94)、「308:ゲノム研究のがんの診断・予防・治療の新しい戦略開発のための応用」(独 83)、「312:短期間でがんの転移を防ぐ有効な手段の臨床応用」(独 83)、「332:【追加課題】がんのDNA診断の普及」(独 84)等であり、逆に見通しが暗いと考えられているのは「302:人のがんに対する抵抗力のメカニズムの解明」(独 33)、「304:器官ごとのがん罹病率の地理的分布の原因解明に基づく地域別のがん対策の実現」(独 37)等の市場との関連性が弱いと考えられる課題である。

「将来の市場における価格競争力の向上」については、分野の性格上ほとんどの課題で見通しが暗い～可もなし不可もなしという結果になった。

5.1.5 現状の評価についての比較分析

9項目の調査結果について日独比較したものが図 5.1-3である。

図 5.1-3 現状の評価の日独比較(がん)



9項目の日独比較をすると、「公的な規制」以外の8項目で、ドイツ指数が日本指数より高くなっている。各質問項目では、「国際共同開発の実施」のドイツ指数が76と高かったほかは、指数が全て、日本37～57、ドイツ39～61に収まっており、日独とも現状に対して中程度という結果になった。また、各々の項目を比較すると、よく一致しているものが多く、例えば「現在の研究開発水準」については、日独の自国水準評価は非常によく一致している。

各質問項目毎に課題を見ると、この9項目の中では、特に「国際共同開発の実施」は、全課題とも日本よりドイツの方が高く、ドイツでは国際共同開発が広く実施されていることを示している。日独の差も比較的大きく、特に差が大きかった課題は、「333:【追加課題】がんの定性的な違いを認めた特別ながん治療薬の開発」(日60、独87)、「305:発がん過程における細胞間相互作用機構の解明」(日53、独80)等である。3次元イメージング技術等のがんの臨床診断技術では、多くの症例を集めて、より正確な診断法の確立を目指す必要があり、また、がんの基礎的な研究についてはヨーロッパに研究を古くから行っているグループのあること等が日独の差の一因と考えられる。

「公的な規制」については、日独とも現状に問題が多いと考えている結果となった。日独とも現状に問題が多いとされている課題は、「312:短期間でがんの転移を防ぐ有効な手段の臨床応用」(日39、独39)、「313:自己のがん細胞を正常化して組み込んだ人工臓器の実用化」(日39、独30)、「331:【追加課題】がんの転移のメカニズムの分子レベルでの解明」(日38、独35)等であり、実験動物の規制が研究のひとつの障害になっているものと思われる。また、ドイツの回答者のコメントにも動物保護法が研究の障害になるという意見が数多くあった。

5.1.6 第5回予測との同一課題のデータ比較

第5回技術予測調査と今回の調査との類似課題は、2課題(課題番号 301、312)であり、この2課題について実現時期のみを比較してみた。

表 5.1-1 同一課題の日独比較(がん)

課題内容	第5回調査	今回の調査
301:細胞がん化におけるシグナル伝達などのメカニズムが分子レベルで解明される。	2005年 (2009年)	2006年 (2006年)
312:短時間でがんの転移を防ぐことのできる有効な手段が臨床に応用される。	2010年 (2008年)	2010年 (2006年)

※()内はドイツデータ

表 5.1-1を見ると、全体的には第5回技術予測調査と今回の調査の差が小さく、日本はほぼ同じであり、ドイツは若干早まっている。

5.2 脳機能

5.2.1 技術の現状紹介

「21世紀は脳の世紀」といわれるように、現在、脳研究に対する期待には極めて大きいものがある。第一に、これまで人文系の学問が取り扱ってきた人間の精神機能について、自然科学的に解答が与えられる可能性が出現し、来世紀にはそれに基づいて新たな人間観が樹立されることも予想される。第二に、高齢人口の増大に伴ってますます深刻化する老人性痴呆やその他の神経難病、精神病などの精神神経疾患の原因究明や治療法の開発に対する期待は切実である。第三に、脳機能解明に伴い、それによって得られた知識を人工知能や、より高度なコンピューターなど工学的な分野へ応用したいという期待も強く、付加価値の高い産業を創出しなければならない日・独のような国にとっては、これは特に重要性が高いと思われる。

ヒトの脳は、数百億の神経細胞がしかるべき相手と互いにシナプスを介して連絡しあい、極めて複雑かつ正確な回路網を形成しており、これが正しく働いて我々の精神機能を生み出している。この精巧な回路網がいかんにして形成されるかは、脳科学の根本問題の一つである。この神経回路網の形成原理の解明は、近年、かなりの速度で進んでいる。これは、一つには、培養系のような単純化した神経系を用いる手法や、また、分子遺伝学の適用が容易で、かつ単純な神経系をモデルとして研究する戦略と分子生物学的手法が結合して、これが大変な成功を収めているからである。高等なヒトの脳とはいっても、それを構成する神経細胞や更にそれを構成する分子については、ヒトにしかない特別なものはなく、多くはより下等な動物の段階で、既に原型として出現していることが明らかになりつつある。神経細胞が相手を認識する際に手掛かりとして使う分子や、相手呼び寄せる化学誘引(反発)分子の解明とその機序の問題、更に相手とどの程度の強さで結合するかといった問題は、それほど遠くない将来に、一応の理解に到達する可能性がある。また、このような知識を基礎にして、損傷を受けた脳神経系において、これまで不可能であった神経組織の再生を可能とする技術が、開発・実用化されることが期待される。

神経細胞が電気信号として情報を符号化し、それを次の相手の神経細胞に伝える際に使う機構の分子レベルの研究――イオンチャネル、神経伝達物質受容体やその修飾――も分子生物学の手法の導入や生理学的手法の進歩により、急速に進んでいる。これを少なくとも一つの背景として、脳の高次機能の一つとされてきた学習・記憶のメカニズムがシナプスレベルで盛んに研究されている。ある種の記憶機能に必須の構造とされる海馬で発見されたシナプス伝達の「長期増強」と「長期抑圧」はその代表例であり、分子機構が着々と解明されつつある。その全貌の解明と記憶学習機能の改善をもたらす薬物の開発などは比較的近い将来に期待できるかもしれない。しかし、一方、このシナプスの可塑的変化が実際に記憶とどのように関係しているかは意外にわかっておらず、このことは、脳研究における要素的研究の爆発的進歩の一方で、統合体としての脳の機能の研究が遅れていることを象徴しているともいえよう。このような乖離を突破する可能性の一つが遺伝子相同組み替えを利用して特異的な遺伝子を欠損したマウス(ノックアウトマウス)を作成する技術であり、これを用いると、ある遺伝子(それがコードする蛋白)が欠損した時、そのマウス個体が示す異常を分子・細胞レベルから行動レベルに至るまで調べることができる。発生の初めから欠損した遺伝子(蛋白)の機能は他の遺伝子(蛋白)によって代償されやすいこともあって、結果の解釈には難しい点もあるが、ある遺伝子の発現の有無を生後の任意の時期に自由に切り替えられるようにする技術も開発されつつあり、これが実現すれば、上述のギャップを埋める強力な武器となるであろう。

現在、高次脳機能の基盤である大脳新皮質の研究は視覚系において最も進んでいるが、こ

の系における研究で鮮明になった大問題は、主観的には統一的な視覚体験が、大脳皮質での情報処理としては、並列的に処理されていることであり、例えば、我々は、「赤いリンゴが木から落ちる」のを統一的に意識体験するが、脳の中では、形態(リンゴ)、色(赤い)、運動(落ちる)は異なる領野で別々に処理されている。この並列分散型の情報処理が脳の中でどのように統合され統一的な体験に導かれるかは、解かれるべき脳の大きな謎の一つである。人間に特有とされている言語、思考の基盤となっている脳機能の研究は、特にそれがヒトに固有のものだけに、方法論的に難しく、具体的な戦略が立てにくいのが現状である。これまで、主流となる脳機能研究は、微小電極法を用いて単一ニューロンの活動を記憶することによってなされてきた。しかし、莫大な数のニューロンが協同して機能することによって成立している精神機能にアプローチするには従来の微小電極法のみでは限界がある。多数のニューロンの活動を同時に長時間記録でき、そのデータをうまく解析する方法が発達することが望まれる。ポジトロン・エミッション・トモグラフィー(PET)、機能的MRIなどの最近の非侵襲的研究手法の進歩にも期待がもてる。これまで、ヒトの大脳連合野の機能地図は、主として脳に損傷を受けた患者を対象として心理学的手法を用いて調べられてきたが、新しい非侵襲的手法は正常人の機能地図の作成に既に大きな貢献をなしつつある。上述の言語・思考の研究にも新たな貢献が期待される。ただ、これからの方法は神経活動を直接みるものでなく、神経活動の結果としての血流やブドウ糖代謝の変化をみるもので、そこに一定の限界もある。また、一方、PETは神経伝達物質やその細胞内メッセンジャーなどの機能分子やその類似物資を標識してヒトに注入することにより、これからの機能分子が脳活動に伴って、脳のどの部位でどのように変動するかをも示しうるものとして期待される。

脳機能の研究にはまた、ニューロンやシナプス、ニューロン間の連絡などハードウェアの研究やそれに基づいた直感的な理解や仮説ばかりでなく、数理モデルを用いた理論的研究を並行協力して進めることも重要である。これには、工学者なども含めた学際的研究が必要であり、またこのような学際的研究が脳機能に対する知識を工学的に応用する際にも成果をもたらすに違いない。

5.2.2 重要度評価に見られる一致点と相違点

重要度の各項目について日独比較をすると、「科学技術の発展のため」、「経済の発展のため」、「社会の発展のため」でドイツが日本より高くなっている。また、「環境の向上のため」及び「発展途上国の発展のため」については、分野の性格から、日独ともに極めて低い値である(図 5.2-1)。このことから重要度に関しては、ドイツの方が経済的インパクトをポジティブに考えていると解釈できる。

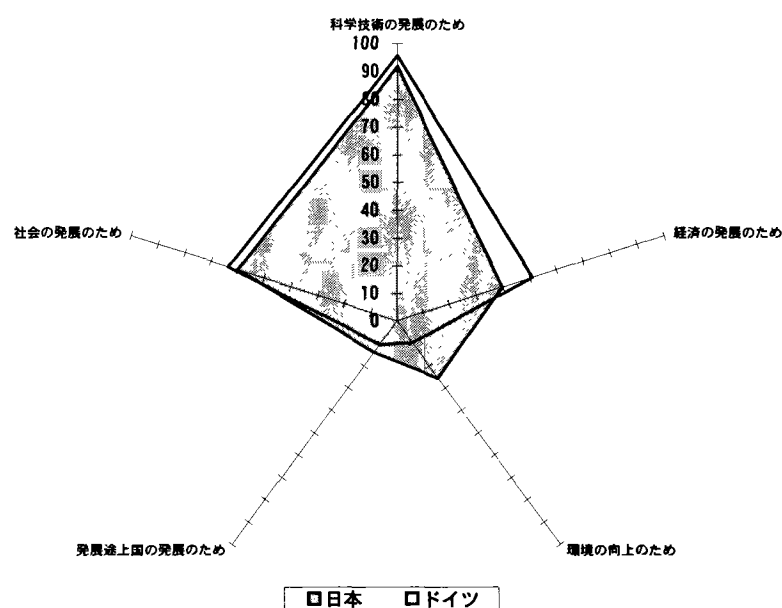
各々の課題について見ると、「科学技術の発展のため」は、全ての課題で日独ともに高い評価が与えられており、脳機能の研究が今後の科学技術全体の発展の重要なキーであるという共通認識が認められる。その中でも特に、日独とも重要とされている課題は、「320:脳の神経回路網形成のメカニズムの解明」(日 95, 独 97)、「322:脳の並列情報処理の統合機構の解明」(日 96, 独 96)である。

「経済の発展のため」については、比較的重要視されていない課題が多いが、いくつか重要視されているものもある。例を挙げると、「326:人間の記憶、認識等のメカニズムが解明されコンピューターサイエンスに利用される」(日 75, 独 81)で、日独ともに高い値となっているほか、「328:視覚認識メカニズムの解明に基づいた視覚代行装置の研究の実施」(日 56, 独 82)及び「330:神経により直接駆動できる人工筋肉や人工関節の実用化」(日 53, 独 76)もドイツでは経済的側面が高く評価されている。

「発展途上国の発展のため」、「環境の向上のため」については、このサブエリアの性格上、日

独ともあまり重要でないと考えられている。

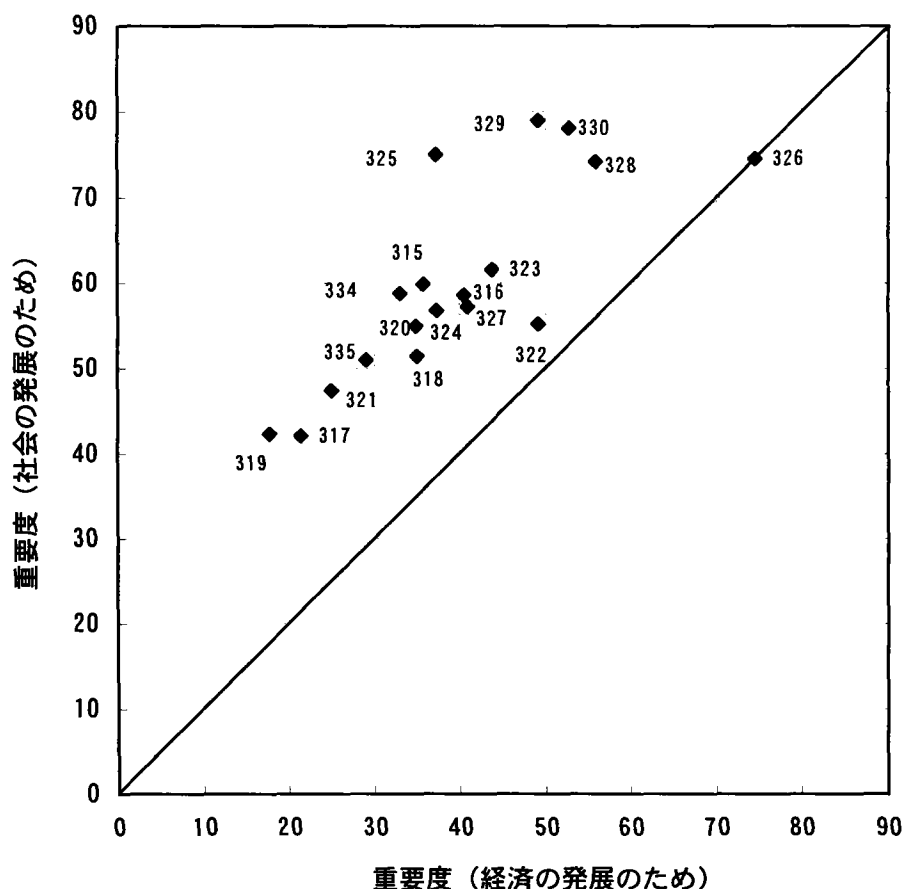
図 5. 2-1 重要度の日独比較(脳機能)



「社会の発展のため」については、「経済の発展のため」で値の高かった課題がいずれも重視されているほか、「325:患者の精神面の対応と病気の進行の關係の科学的解明」(日 75, 独 83)、「329:損傷脳における神経再生促進技術の開発」(日 79, 独 81)、等が重視されている。

次に日本の結果について、「経済の発展のため」と「社会の発展のため」をクロスさせると、「経済の発展のため」に重要なものは「社会の発展のため」にも重要であるという結果になった(図 5. 2-2)。「経済の発展のため」、「社会の発展のため」が共に重要と考えられている課題は、「326:人間の記憶、認識等のメカニズムが解明され、コンピューターサイエンスに利用される」(経済 75, 社会 75)である。逆に、「経済の発展のため」、「社会の発展のため」とも、それほど重要でないと考えられている課題は「317:多数のニューロンの活動を同時かつ長時間連続して記録できる実験技術の開発」(経済 21, 社会 42)、「319:海馬長期増強と長期抑圧の分子機構の全貌の解明」(経済 18, 社会 42)等の基礎段階の課題である。一方、ドイツについては、このような傾向は見られない。

図 5.2-2 重要度(経済と社会)のクロス(日本)



5.2.3 日独の予測時期の比較

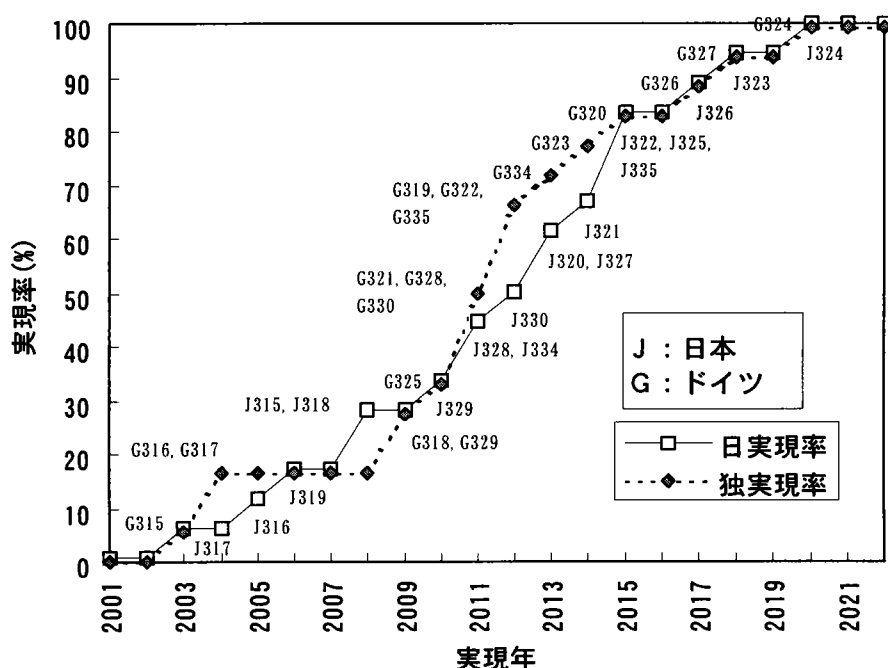
全課題の実現予測時期の平均は、日本 2011.9 年、ドイツ 2011.3 年でほぼ同様の結果となっている。両国の課題実現の推移のパターンは、図 5.2-3 に示すとおりであり、両国の展望は良く一致している。ともに 2008 年くらいまではあまり大きな進展はなく、その後、約 10 年をかけて 70% 強の課題が段階的に実現していく形になっている。

両国ともに、比較的早期に実現すると考えられているのは、「317: 多数のニューロンの活動を同時に、かつ長時間記録する技術の開発」、「316: ヒトの高次脳機能活動の無侵襲・高解像度観察技術の開発」、「315: ヒトの脳活動に伴う分子レベル変化の無侵襲観察技術の開発」等の研究ツールとなる実験観察技術であり、いずれも 2008 年までに実現すると考えられている。

脳の機能解明に直結した課題については、両国とも大部分 2010 年以降の実現となっているが、概してほぼ同時期か、ドイツの予測時期の方が早くなっている。具体的には、「318: シナプス可塑性と記憶の関係の解明」(日本 2008 年、ドイツ 2009 年)、「323: 人間の言語活動の神経生理学的基礎の解明」(日本 2018 年、ドイツ 2014 年)等である。両国ともに最も遅いのは、「324: 脳のニューロン活動と思考過程の関係の解明」で日独とも 2020 年となっている。

ドイツの予測が日本より遅くなっている例としては、「327:モデル動物の脳神経系の情報処理機能の解明」(日本 2013 年、ドイツ 2018 年)が挙げられるが、これについては、ドイツでは、動物実験が動物保護との関係でなかなか進まないと考えている可能性が高い。このことは、ドイツ回答者のコメントに現れている。これ以外の課題についても、ドイツのコメントでは動物保護法が研究の障害になるという意見が散見される。もう一つドイツがかなり遅くなっている課題は、「319:海馬長期増強と長期抑圧の分子機構の全貌の解明」(日本 2006 年、ドイツ 2012 年)である。この課題については、「全貌」をどの程度までと考えるかにより実現時期の判断が大きく分かれたように見受けられる。

図 5.2-3 実現時期の日独比較(脳機能)



応用的な内容の課題においては、日独の差はそれほど大きくない。「329:脳損傷における神経再生促進技術の開発」、「328:視神経メカニズムの解明に基づく視覚代行装置の研究」が両国ともに2010年頃に予測されている。

5.2.4 必要条件についての比較分析

3つの質問項目があり、日本の値は高いほど課題実現にとって必要性が大きいと評価し、ドイツは反対に値が高いほど課題実現にとって見通しが明るいと評価している。

5.2.4.1 日本の調査結果

「科学技術上の問題が解決されること」については、全課題で必要性が大きいと考えられている結果となった。特に必要性が大きいと考えられている課題は「322:脳の並列情報処理の統合機構の解明」(日 95)、「328:視覚認識メカニズムの解明に基づいた視覚代行装置の研究の実施」(日 94)、「329:損傷脳における神経再生促進技術の開発」(日 94)等である。

「将来の市場における需要の増大」については、分野の性格上、一課題を除いては必要性がそれほど大きくないと考えられている。唯一の例外は「330:神経により直接駆動できる人工

筋肉や人工関節の実用化」(日 62)である。「将来の市場における価格競争力の向上」についても、分野の性格から、全課題でそれほど必要と考えられていない。

5.2.4.2 ドイツの調査結果

「科学技術上の問題が解決されること」については、全課題で見通しが明るいと考えられている。特に見通しが明るいと考えられている課題は「315:ヒトの脳活動に伴う分子レベルの変化の無侵襲観察技術の開発」(独 94)、「316:ヒトの高次脳機能活動を無侵襲・高空間解像度で観察する技術の開発」(独 95)、「317:多数のニューロンの活動を同時かつ長時間連続して記録できる実験技術の開発」(独 91)等の脳の観察技術の開発に関するものである。

「将来の市場における需要の増大」については、見通しが明るい課題もあれば、それほど明るくない課題もあるという結果になった。例を挙げると、見通しが明るいと考えられている課題は「328:視覚認識メカニズムの解明に基づいた視覚代行装置の研究の実施」(独 78)、「329:損傷脳における神経再生促進技術の開発」(独 74)、「330:神経により直接駆動できる人工筋肉や人工関節の実用化」(独 83)等であり、これらの課題については、「科学技術上の問題解決」と「将来の需要の増大」の両方について、見通しが明るいと考えられている。逆に指数の小さかった課題は「319:海馬長期増強と長期抑圧の分子機構の全貌の解明」(独 20)、「335:【追加課題】成体脳の構築の解明」(独 25)等の脳のメカニズムの解明に関する課題である。「将来の市場における価格競争力の向上」についても、分野の性格からほとんどの課題で小さな指数となっている。

5.2.5 現状の評価についての比較分析

9項目の調査結果について日独比較したものが図 5.2-4である。

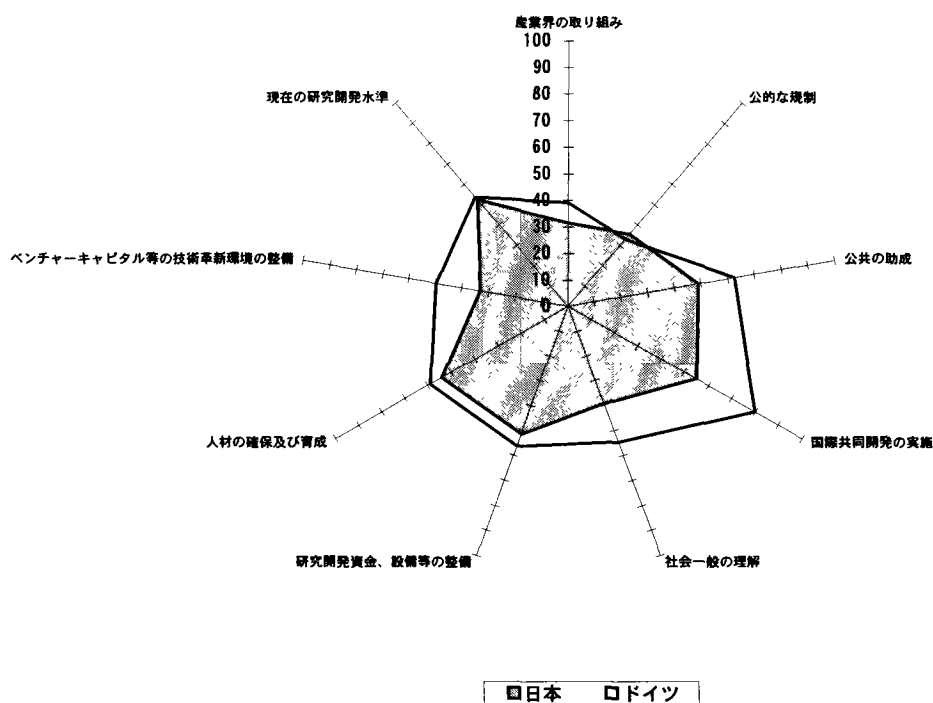
9つの質問項目を日独比較すると、「公的な規制」以外の質問項目は、日本指数よりドイツ指数のほうが高いという結果になり、この点は、がんと一致している。全項目の指数は日本 31~56 であり、現状はやや不十分、ドイツは「国際共同開発の実施」を除いては 33~63 であり現状を中程度とそれぞれ評価している。質問項目では「産業界の取り組み」が、日独とも低くなっている。このことは、この分野の課題がまだ基礎的であり、経済効果を考える段階に至っていないことを反映している。「公的な規制」については、独の回答者から「動物実験の規制」が厳しいということが、研究の障害になるというコメントが多く見られ、このことが今回の結果に影響を与えているものと考えられる。また、この9つの質問項目の中では、特に「国際共同開発の実施」で、日独の現状の差が大きいという結果になった。

各質問項目毎に、各課題を見ると、「公共の助成」については、1課題を除いて全てドイツの方が高い結果となり、ドイツでは、助成に対して比較的満足している。日独で差が大きかった課題としては、「321:睡眠と夢見の神経機構の解明」(日 36, 独 61)、「315:ヒトの脳活動に伴う分子レベルの変化の無侵襲観察技術の開発」(日 46, 独 68)、「329:損傷脳における神経再生促進技術の開発」(日 54, 独 74)及び「320:脳の神経回路網形成のメカニズムの解明」(日 51, 独 71)のように脳の「解明」や「開発」段階のものである。

「国際共同開発の実施」については、日独の差が比較的大きく、全課題でドイツが日本より高い結果となった。特に日独で差が大きかった例としては、「335:【追加課題】成体脳の構築の解明」(日 47, 独 83)、「317:多数のニューロンの活動を同時かつ長時間連続して記録できる実験技術の開発」(日 53, 独 85)、「316:ヒトの高次脳機能活動を無侵襲・高空間解像度で観察する技術の開発」(日 55, 独 86)、「315:ヒトの脳活動に伴う分子レベルの変化の無侵襲観察技術の開発」(日 54, 独 85)等が挙げられる。

「現在の研究開発水準」については、日独の自国の水準評価は、どの課題でもよく一致している。「社会一般の理解」については、脳機能の全課題で日本よりドイツが高くなっている。また日独の差も比較的大きく、例を挙げると、「315:ヒトの脳活動に伴う分子レベルの変化の無侵襲観察技術の開発」(日 37, 独 60)、「316:ヒトの高次脳機能活動を無侵襲・高空間解像度で観察する技術の開発」(日 43, 独 66)、「328:視覚認識メカニズムの解明に基づいた視覚代行装置の研究の実施」(日 47, 独 69)等である。「公的な規制」については、両国とも現状に問題が多いと考えており、特に「327:モデル動物の脳神経系の情報処理機能の解明」(日 37, 独 23)にみられるように、実験動物の規制が研究のひとつの障害になっていることが認められる。

図 5.2-4 現状の評価の日独比較(脳機能)



技術予測国際コンファレンスで、日本の脳機能研究の現状に関するプレゼンテーション等が行われたので、ここで紹介する。

一つ目は、日本の専門家より次のような報告があった。

『基礎研究部門に携わる人の数が、全般的に見ると応用研究より少ないというのが、日本の科学シーンの特徴である。特に脳研究に関しては、非常に顕著にそのような傾向があるのかなという気がする。脳の本質的な機構の解明が遅いというように、一般に科学者が考えていることが、この結果に現れているような気がする。また、実験動物の問題について、日本では、医学関係の研究者はわりと高等動物の脳を直接扱うという形で研究している。但し、動物を使うという事は段々難しくなる傾向にある。これはドイツでも同じ傾向であるが、もう少し日本の規制の方が緩い。』

二つ目も、日本の専門家であり、次の様なコメントがあった。

『日本の「脳機能」の現状について、研究者の層が薄いのではないか、それから予算が少な

いのではないかというような話があったが、おそらく、これは米国と比較しての事だと思われる。具体例を挙げると、米国のソサエティー・フォー・ニューロサイエンスの会員と、それに相当する日本の日本神経科学協会の会員とを比較すると、まず数は10分の1以下である。予算に関しては、グラントのシステムが違うので単純な比較は出来ないが、100倍の差があると言われている。1つの大きな差は、米国ではサイエンティストを雇う場合には給与がグラントから出るが、日本の場合には研究機関から給与として出されるので、その辺が少し差し引いて考えなければならない点だと思う。米国は、「理性と脳の10年間」ということで非常に強力で脳研究を推進した結果、ソサエティー・フォー・ニューロサイエンスの会員などが増えて、予算も増えているが、日本でも21世紀は脳の世紀であるということで日本の脳研究を活発にしようと頑張っている研究者はたくさんいる。

また、個々の回答者のコメントを見ると、動物保護法が研究の進展の妨げになる、というコメントをした人がドイツには非常に多く、このことは大変印象に残った。米国ではアニュアル・アクティビストと言うが、そういう人達の運動が起こってくると、確かに非常に研究を阻害される。特に、これからトランスジェニック・アニマルとか、ノックアウト・マウスというのは非常に重要な研究だが、これも深刻に考えれば倫理的に問題があるわけである。このような研究がいけないということになると、これは非常に深刻な問題になる。』

5.2.6 第5回予測との同一課題のデータ比較

第5回技術予測調査と今回の調査との類似課題は2課題(課題番号 324, 326)であり、この2課題について実現時期のみを比較してみた(表 5.2-2)。

表 5.2-2 同一課題の日独比較(脳機能)

課題内容	第5回調査	今回の調査
324:脳のニューロン活動と思考過程との間の関係がほぼ解明される。	2017年 (2019年)	2019年 (2020年)
326:人間の記憶、認識、学習、さらに創造的な能力のメカニズムが解明され、このメカニズムをコンピューターサイエンスのモデルに使うことができるようになる。	2008年 (2014年)	2017年 (2016年)

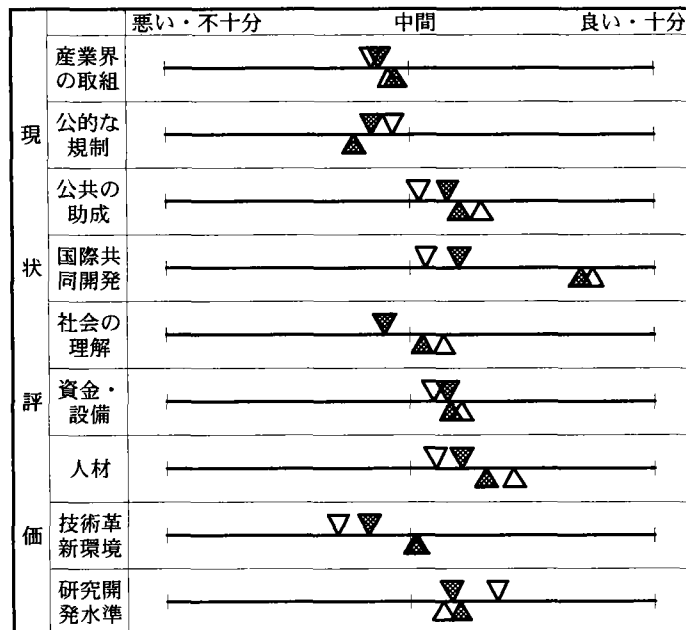
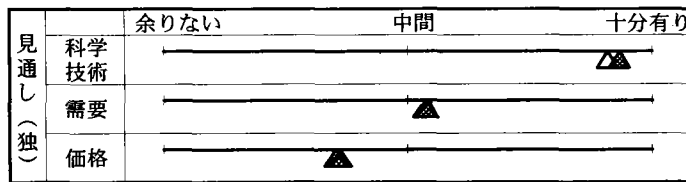
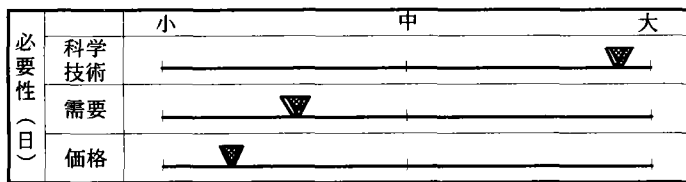
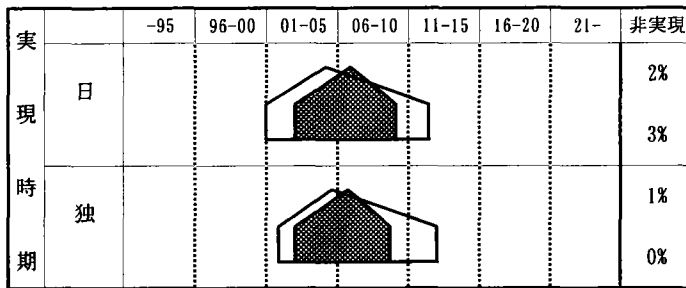
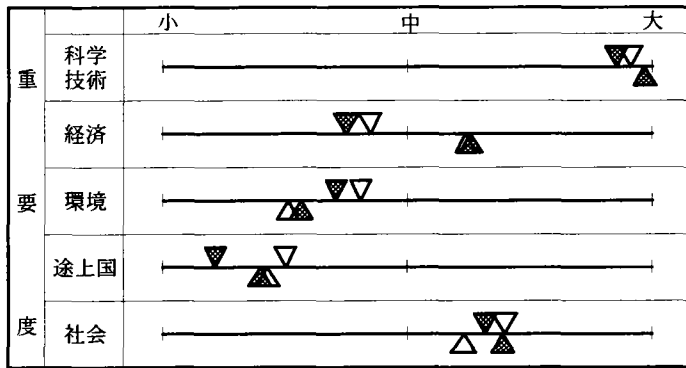
※()内はドイツデータ

「324:脳のニューロン活動と思考過程の関係の概要の解明」は、今回の調査では第5回技術予測調査に比べて日本が3年、ドイツが1年遅れている。また、「326:人間の記憶、認識等のメカニズムが解明され、コンピューターサイエンスに利用される」は、第5回技術予測調査と今回の調査で、日本は9年遅れ、ドイツも3年遅れている。この課題は第5回技術予測調査の類似課題であり、第5回技術予測調査では、「2082:人間の記憶、認識及び学習のメカニズムが解明され、計算機科学に応用できる程度にモデル化される。」と、人間の創造的能力の記述はなかったことが、このように大きな差の出た原因と考えられる。また、第5回技術予測調査においては、本課題(ミニ・デルファイ調査番号 326)は情報・エレクトロニクス分野の課題であり、回答した専門家の専門分野の相違も考えられるが、要因としては課題修正部分の効果と見ることが適当と考えられる。

ライフサイエンス [がん]

301:細胞がん化におけるシグナル伝達などのメカニズムが分子レベルで解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	95	43%	29%	27%	70	39%	30%	31%
独	90	22%	40%	38%	72	24%	33%	43%



日本のコメント (例)

- ①がん化のメカニズムは細胞の増殖、分化のメカニズム解明にもなり重要である。
- ②細胞がん化におけるシグナル伝達という表現はすでに還元論的なバイアスがかかっているものである。より複雑な系をも含める基礎が重要。
- ③シグナル伝達の経路は複数であり、単純に解明されたと言いきれることはないと思う。
- ④これが解明される事は、細胞一般の理解を飛躍的に高め、広い分野に大きなインパクトを与える。当然がんの診断・予防・治療にも大きな影響を与える。
- ⑤がん治療とは直接結びつかない。
- ⑥基本的には癌研究の一分野としての研究から拡散する方向と一般的なシグナル伝達研究から収束していく方向が双方必要である。ただし、前者では分子生物学の位置をもう少し冷静に判断するべきである。
- ⑦がん化のメカニズムは細胞の増殖分化のメカニズム解明にもなる。一方、がん化のメカニズム解明には、生命科学全般からの広い立場でのアプローチが必要。
- ⑧「細胞のがん化」も「シグナル伝達」も1個の細胞の問題として研究は出来ても、実際には「組織構築内」で「時間」的に起きる現象ですこれらの視点の欠如した現在の研究方向では不十分だと思います。独コメント③に共感。
- ⑨シグナル伝達はそれぞれの細胞タイプによって異なるから、伝達機序は細胞タイプの特定ということになると思う。

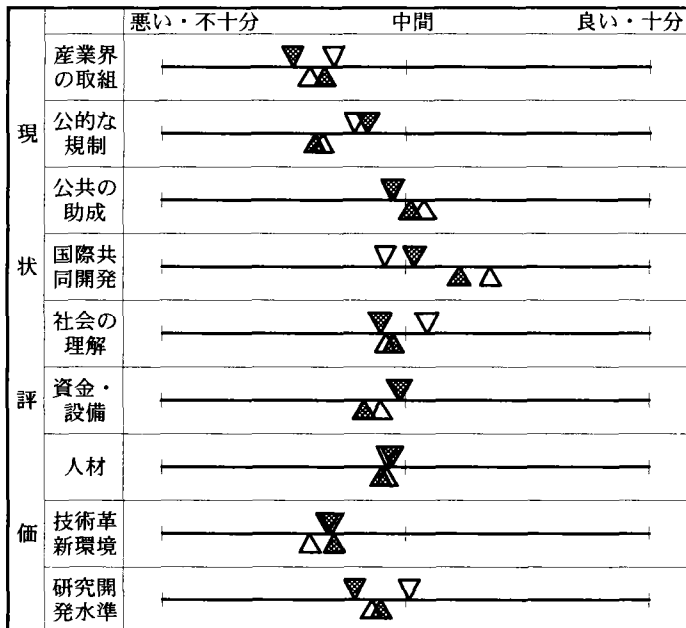
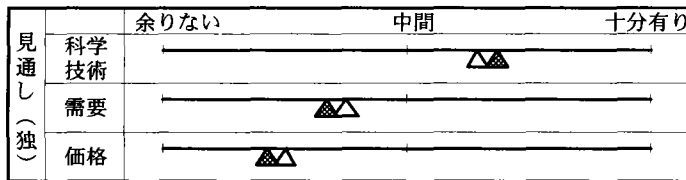
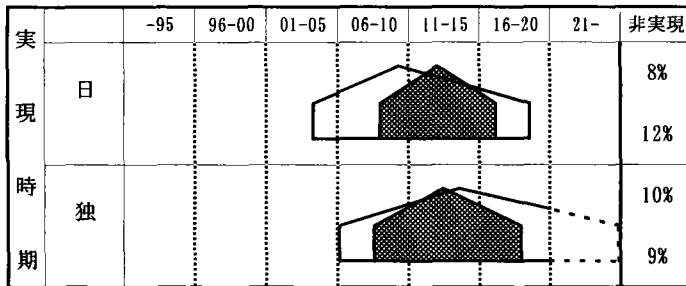
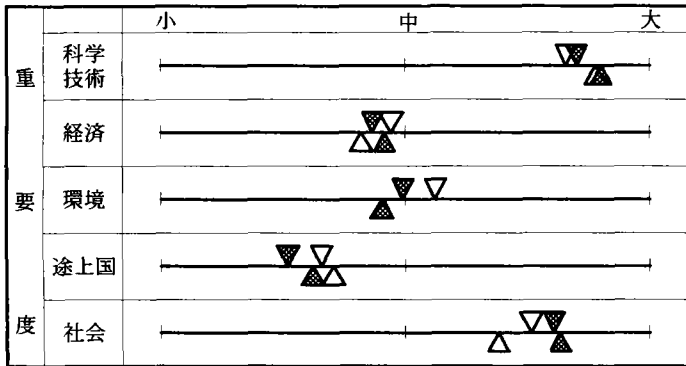
独のコメント (例)

- ①この場合、ドイツは国際的に良い状態ではない。国内の癌登録簿がない。
- ②解明は癌治療に影響するだろう。
- ③マルチファクショナルに非常に複雑。
- ④「癌」→異質すぎる。

ライフサイエンス [がん]

302:同じリスクファクター、同じライフスタイル、同じ精神的負担であるにもかかわらずがんにかからない人があるが、このような人のがんに対する抵抗力のメカニズムが解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	95	31%	33%	37%	68	24%	35%	41%
独	85	13%	40%	47%	66	9%	41%	50%



日本のコメント (例)

- ①人種による紫外線の発症率の差など明らかにされており、課題はもう少し身近な一般的内容のものを受けとめて答えた。
- ②予防医学の発展のために最も重要。
- ③発癌は個体差によるが、食事や大気環境より大きな要因である。課題303、課題304のテーマよりこのテーマの方が重要。抵抗力には色々ありその一部は'96~'00に解明されるかもしれないが全体的には時間がかかる。
- ④統計学的手法について考慮が必要。特定の要因に対するマス・ヒステリーの排除が必要。「個体差」に対する認識から「誤差」との区別が困難である。
- ⑤21世紀は、予防医学の時代であり、癌に限らず諸疾患のリスクファクターと個人の遺伝的要因を明らかにすることが重要。
- ⑥神経科学的神経免疫学といった新しい研究分野を育てなければならない。癌も脳も研究できる人が必要。
- ⑦課題301の解明を基盤として、脳・神経系(心)と免疫系を中心とした人体全体の生理と病理の研究が、ある時点を境に爆発的に進むと予測している。言い方を換えると現在の「心療内科」的研究がもっと生物科学的基盤を得ていくことによってこの課題は解決するであろう。環境の情動ストレスに対する心身の反応メカニズムの一貫として解明されよう。

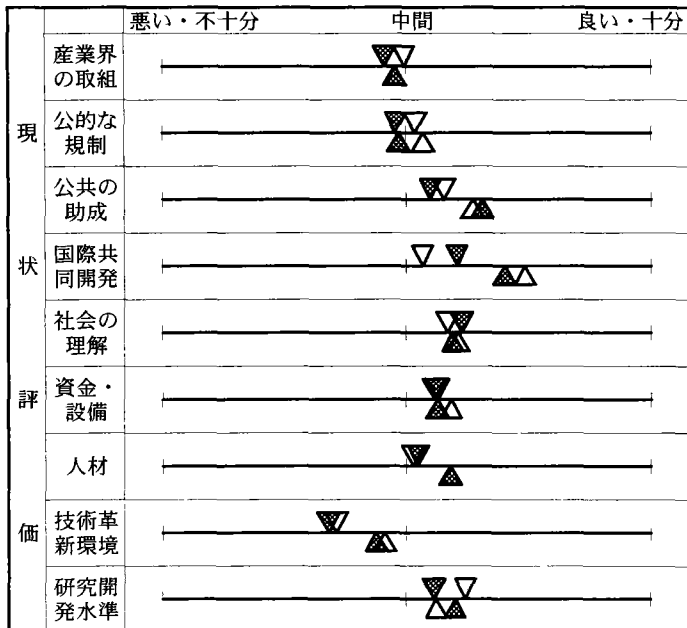
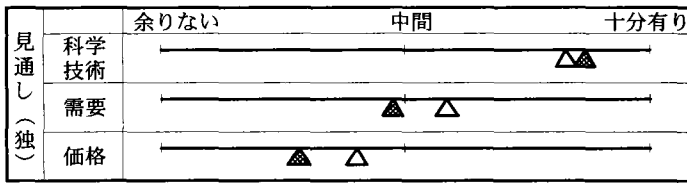
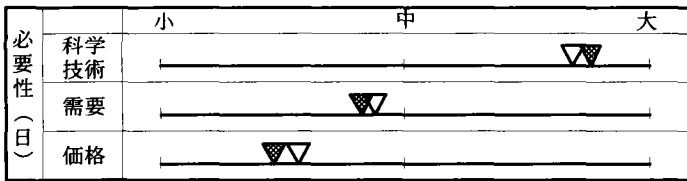
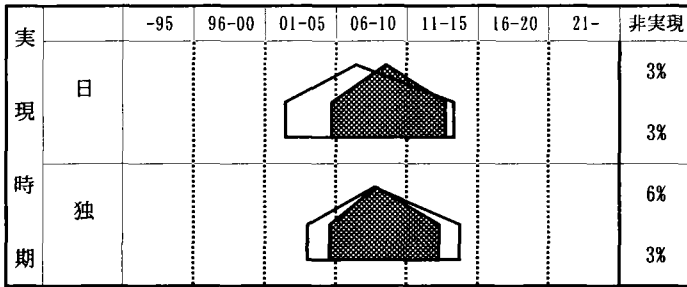
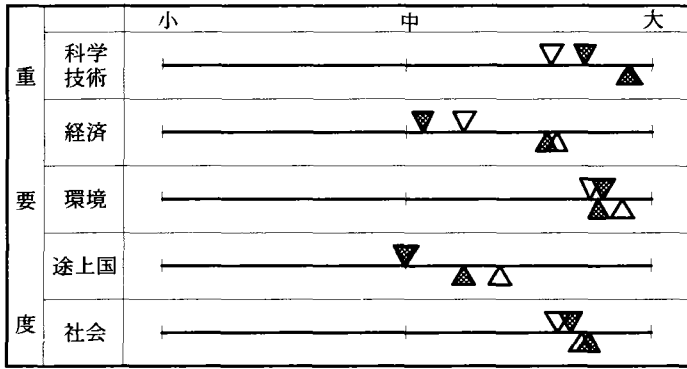
独のコメント (例)

- ①おそらく実現不可能、多くの専門分野の協力が必要：疫病学、分子生物学等。
- ②世界的な疫病学の研究が必要。
- ③複合的、学際的。
- ④マルチファクショナルに非常に複雑。
- ⑤メカニズムが複雑すぎると思われるので、研究の手掛かりをつかむのが難しい。ただし本当にそのようなことがあればの話！

ライフサイエンス [がん]

303:日常生活（食物、大気環境等）の中で発がんを促進する要因の疫学的に重要な作用機序が科学的に解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	99	26%	33%	40%	70	20%	37%	43%
独	91	16%	45%	38%	70	14%	37%	49%



日本のコメント (例)

- ①発がん物質の作用機序を明らかにするより発がん物質のスクリーニングの方が大切である。
- ②「がん」は体の正常な反応と捉えるような研究、つまり「発がん」は体の環境への対応と考え、そのメカニズムを探る研究が必要と思う。
- ③現在の日常生活ではタバコが最も発癌性のある食物と思われる。その他は使われなくなった。食物や大気環境より遺伝的環境の方がもっと重要と思われる。今後は発癌性物質より発癌抑制物質を調べる方が大切である。
- ④日本コメント①について、スクリーニングのみでは公共の利益とならない。「臭いものにはふた」では普遍的な知識が得られず、応用がきかないので長い目で見れば害の方が大きい。また独コメント①について、DNA損傷から癌までの間の様々な要因を総合的に考慮すべきであり、この意見は癌に対する無知でしかない。さらに、疫学的な研究は技術的に改良の余地があるような気がする。
- ⑤生活の中での発ガン要因の解析は、集団パニックを起こす可能性がいつもあります。各自の生活スタイル、信奉など科学の力でときふせるには問題が大きすぎます。この研究には社会的な知性の高さも必要です。
- ⑥食物中の特異な物資（発癌性物質）による発癌はかなり知られた。むしろ、「通常」の食物の成分が発癌の引き金となる、生体との反応のほうが重要と思う。

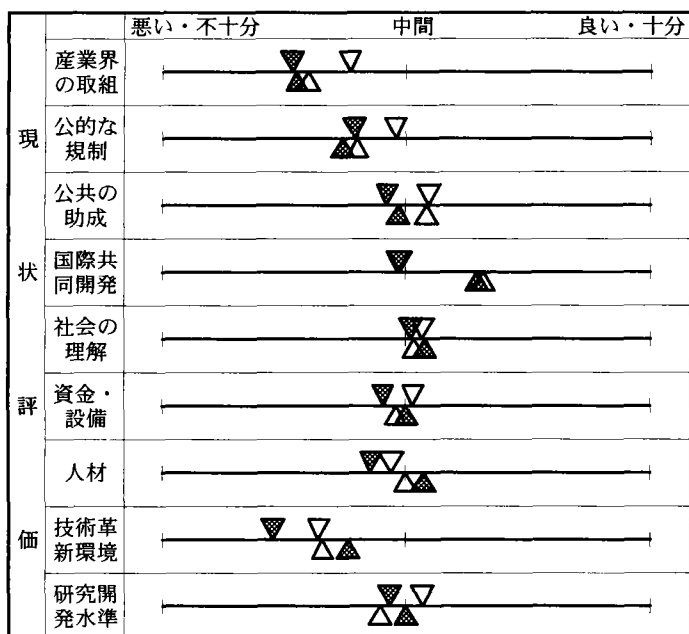
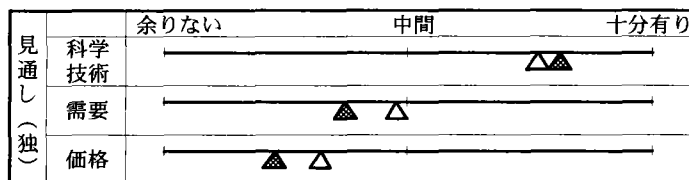
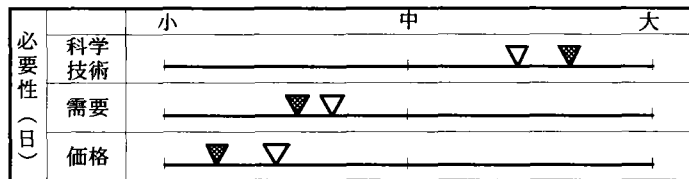
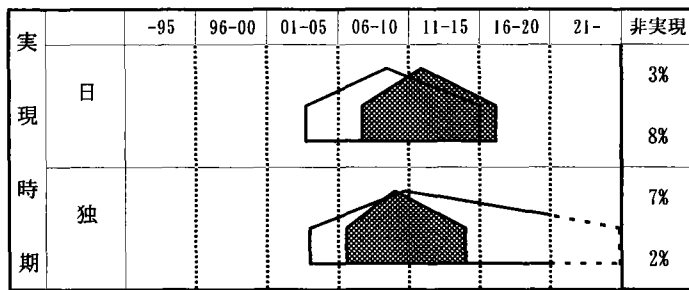
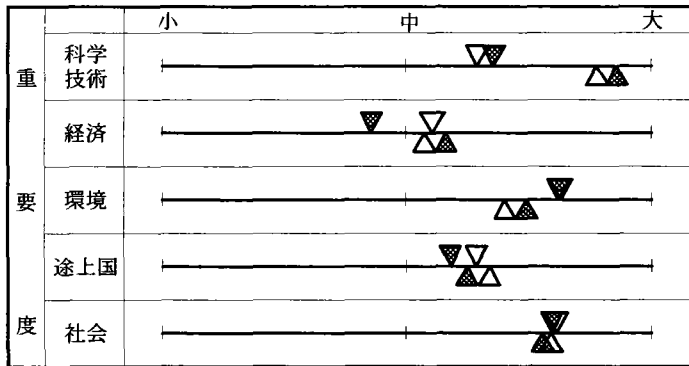
独のコメント (例)

- ①発癌メカニズムが「DNA損傷」に基づくことは既に知られている。
- ②データ保護。
- ③常に新しい物質が発癌作用をすると思われるので、期間の予測は限定的にしかならない。
- ④極めて多くのパラメータを同時に検査する場合にのみ効果があると思われる。
- ⑤寿命が伸びるにつれて、癌の発病率は高くなる。
- ⑥がんの原因予防に対しては市場（価格）を利用。

ライフサイエンス [がん]

304: 器官ごとのがん罹患率の地理的分布が起こる主な理由が解明され、地理条件の異なる地域で特定の種類のがんの増加の対策が講じられるようになる。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	93	19%	34%	46%	64	16%	34%	50%
独	84	14%	45%	40%	67	13%	40%	46%



日本のコメント (例)

- ① 疾病登録のシステムがなければ不可能。
- ② 地域的要因より個人差、食べ物等の要因のほうが重要であり、このテーマはあまり重要でない。
- ③ 特定の種類のがんが特定環境のみで起こることはない。
- ④ 社会の変容速度が速すぎて設問の意味がなくなる。
- ⑤ 現状では困難であろうが、様々の問題がクリアされれば、ある程度までは可能かと思ひ回答した。行政の役割が大きい。国際的なデータの公表・比較とパーソナルデータの保護、疫学と実験科学との間の整合性などが必要。
- ⑥ 多くの専門分野の協力は必要。疫病登録のシステム、分子生物学的な検討など。
- ⑦ 日本コメント①と独コメント②は最重要です。長期にわたる詳細なデータ作りが大切です。
- ⑧ 地理条件というのは、多くの因子（食べ物、気候、習慣等）が関与する条件ということとしてとらえた。現代のように、人々が地球上どこへも行ける時代となると、地理的条件というのは、生活慣習的なものを中心となると考えられる。

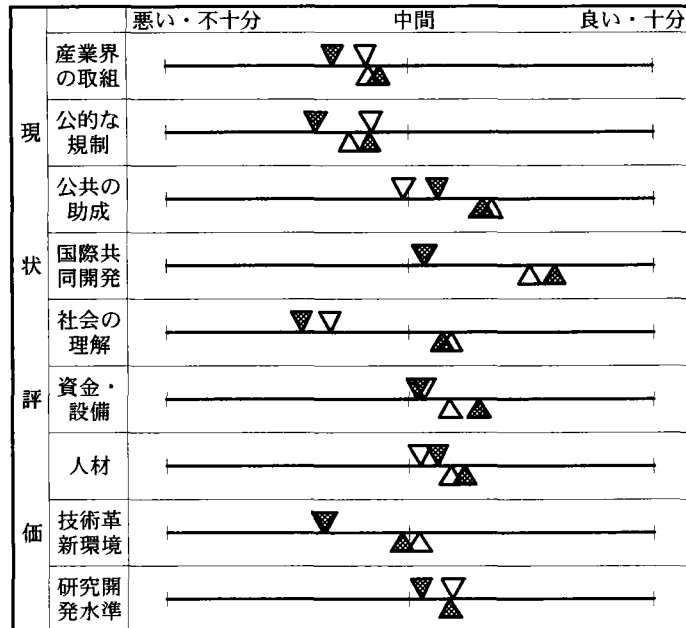
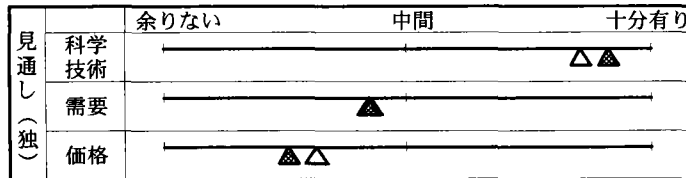
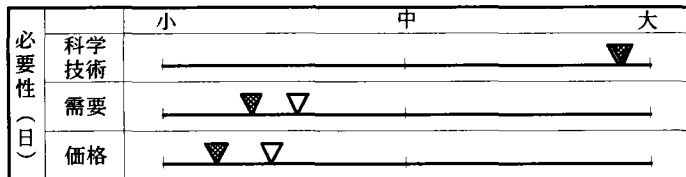
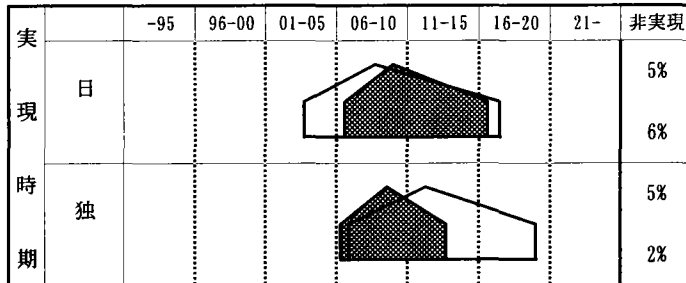
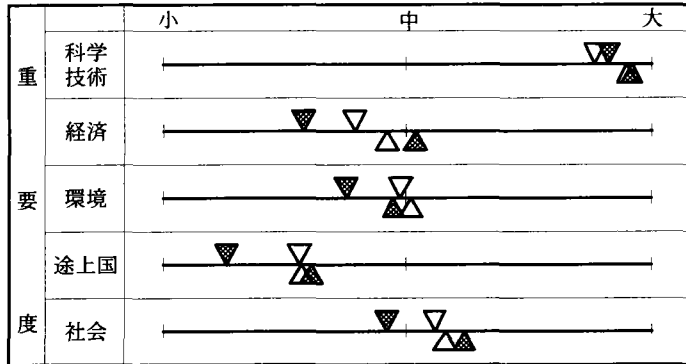
独のコメント (例)

- ① 多くの専門分野の協力が必要：疫病学、分子生物学等。
- ② データ保護。
- ③ この分野の知識は、抑鬱、嗜癖行動等、他の問題の解明にも役立つと思われる。
- ④ アルコールも重要なファクターになる。
- ⑤ がん登録の妨害。

ライフサイエンス [がん]

305:発がん過程における細胞間相互作用機構が解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	79	32%	29%	39%	63	27%	30%	43%
独	80	14%	34%	53%	67	16%	31%	52%



日本のコメント (例)

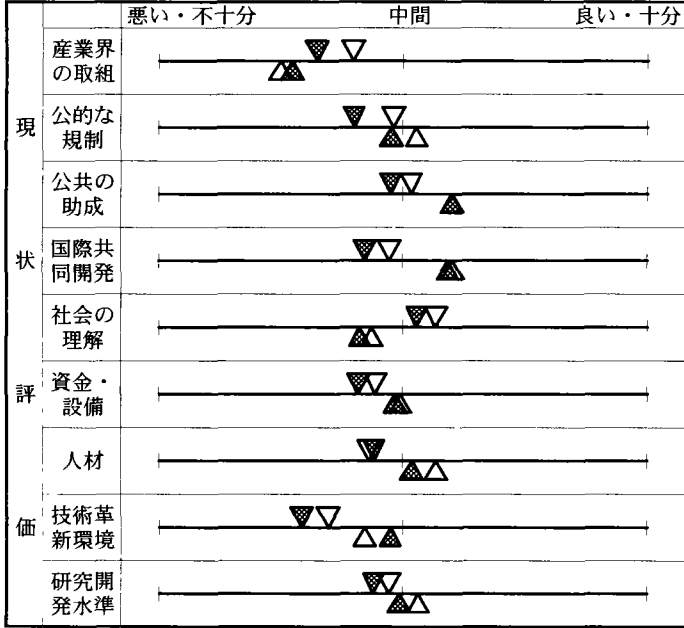
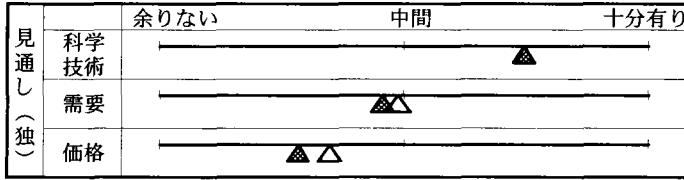
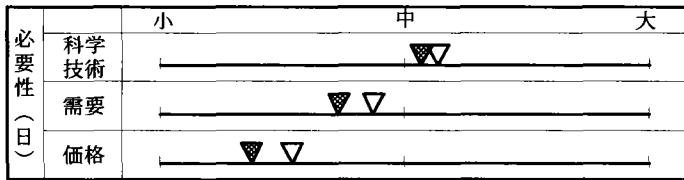
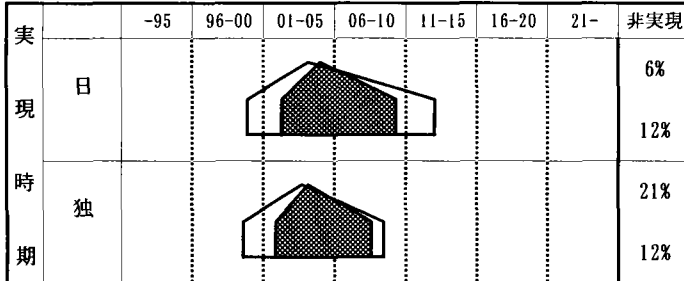
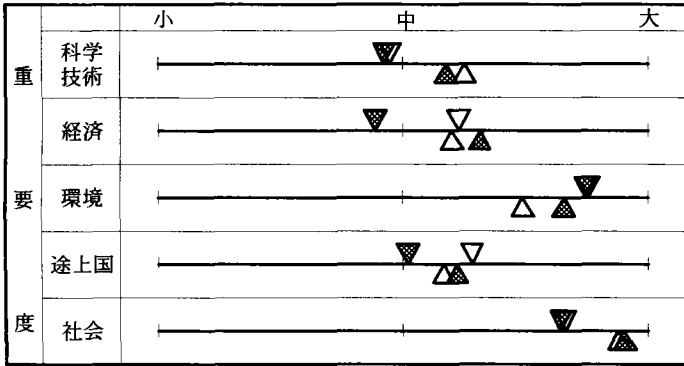
- ①はたして微小環境は調整メカニズムをもつか？
- ②がん発生における細胞環境調整機構を分子、細胞、器官、固体レベルで解明することは急務である。
- ③微小環境が分化を決定する重要な要因。
- ④増殖・分化等、基礎的な生物学の発展を促すことが重要。
- ⑤「細胞間相互作用」ということになれば、ある程度研究が進んでいる。
- ⑥日本コメント①について、発生過程、発ガン過程でいかに周囲組織が重要で指導的な機能を発揮しているか、勉強して頂きたい。
- ⑦現在の発癌は1個の細胞が癌化する動機・過程を扱ってきた。細胞間相互作用、細胞と乾湿の問題、細胞にはたらく外からの液性因子の総合が、この問題へのアプローチと思う。
- ⑧基本的に重要でない。

独のコメント (例)

ライフサイエンス [がん]

306:周知のがんのリスクファクター(例:喫煙)を回避するための有効な手段が開発される。

専門 度等	日 独	R1				R2			
		人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
	日	85	15%	33%	52%	64	13%	33%	55%
	独	92	21%	34%	46%	69	16%	32%	52%



日本のコメント (例)

- ①公衆保健と共に学校教育でそれらの弊害を教えるべきである。
- ②がん学会の開催中ですら喫煙禁止を呼びかけられない状態では無理。まず「隗より始めよ」。
- ③予防医学の発展のために最も重要。
- ④人間が生きていく上で回避できないことも多いので完全には除けない。
- ⑤喫煙と肺癌は明らかな相関があることは事実である。禁煙のキャンペーンを政府が率先してやるべきである。
- ⑥だいたい、例に「喫煙」を持って来るから上のようなのである。「喫煙」に限るならば、そのメリットとデメリット、したい人としたくない人があるわけだから、それらを考慮に入れるべきである。例えば発癌リスクのある物質のない「煙草」があればいいのであって、「喫煙」自体を敵視する前にそういうものの開発を行った上で、現在の「煙草」を廃止すればいいのである。
- ⑦人の好みや習慣と関係のないリスクファクターは単純に排除すればよいが、人の好みや習慣と関係するものは代替品の開発を先行させるべきである。とにかくマス・ヒステリーだけは避けてほしい。
- ⑧砂糖の甘味を感じさせないギムネマのように、タバコや麻薬等が体内で引き起こす快感を打ち消すような物質を開発するか発見するのが、一番望ましい。それまでは、公共ルールを拡張していくのが妥当かもしれない。

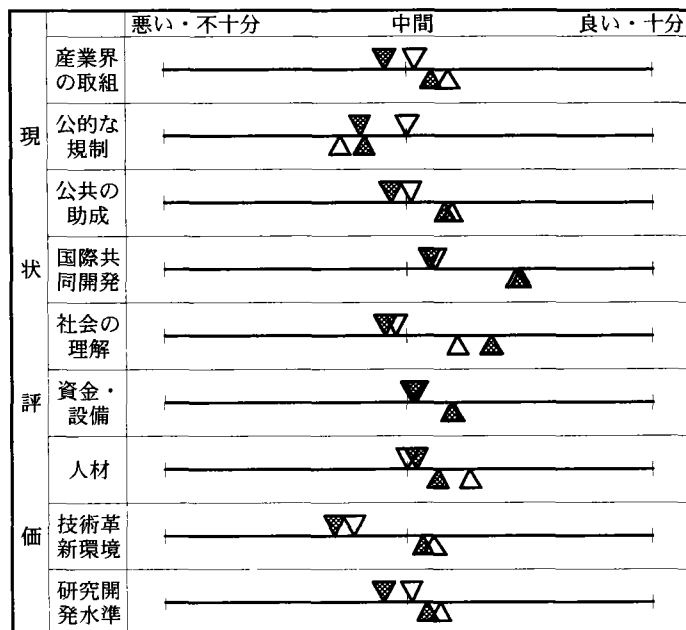
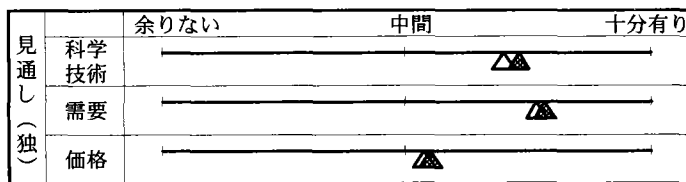
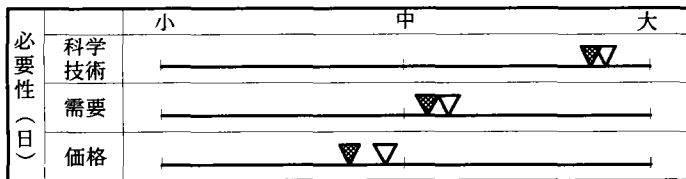
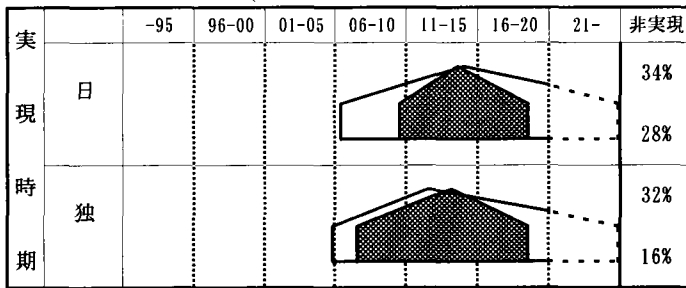
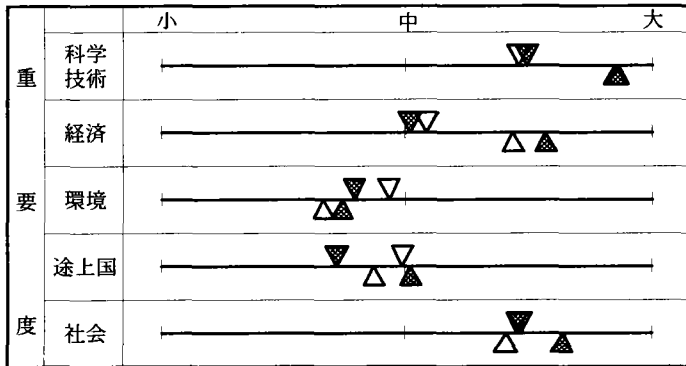
独のコメント (例)

- ①工業国と第3世界の大きい矛盾、現在タバコ消費が国際的に増加している。
- ②意志があるところ、政策的道あり。
- ③例えばタバコ産業、自動車工業等のロビー活動。戦略は開発されているが(多国間のものには)移行していない。
- ④これまで実務的に成果なし。計算では回避やリスクが全く身につけていない!
- ⑤負担を厳しくすることが必要(規制強化)!
- ⑥科学的な問題ではなく、社会構造を変更して解決する必要がある。

ライフサイエンス [がん]

307: 特定がんの発がんの予防にワクチン療法が利用される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	84	26%	33%	40%	61	20%	31%	49%
独	81	12%	44%	43%	64	14%	28%	58%



日本のコメント (例)

- ①がん全てではなく臓器ごとのがんのワクチン開発が進むと考えられる。
- ②がん予防のワクチンはおろか、がんの免疫療法も可能性の小さいものである。
- ③一つの部位でもよいのか。肝がんの一部はワクチンすずである。(肝炎→肝癌)
- ④再発の予防にはサイトカインや遺伝子治療と組み合わせたワクチン療法が近い将来使われると思う。
- ⑤ウイルスが原因の一つと考えられるいくつかの腫瘍が target。
- ⑥原理的に困難のように思う。

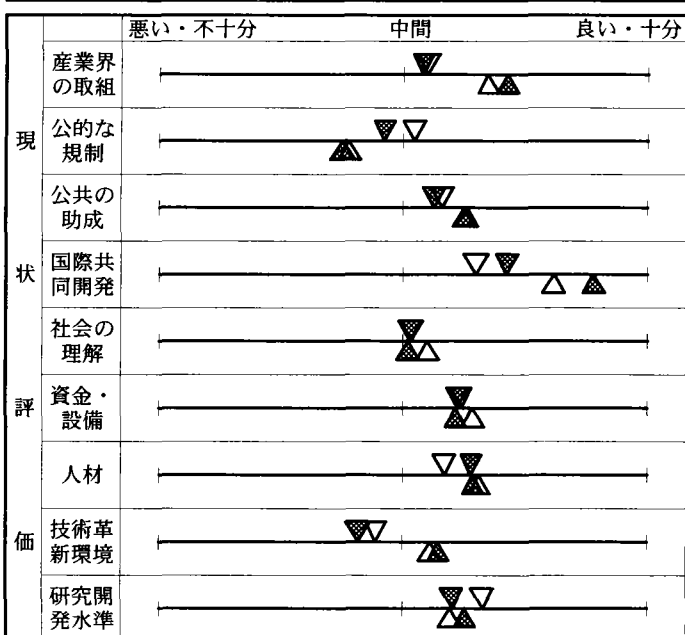
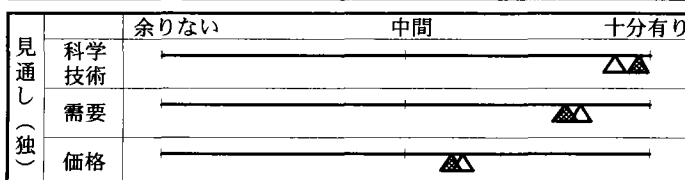
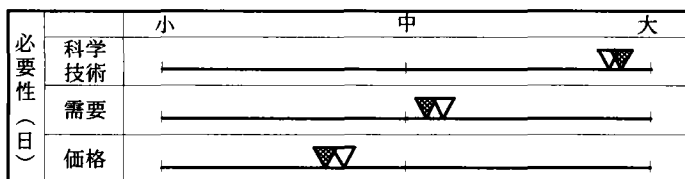
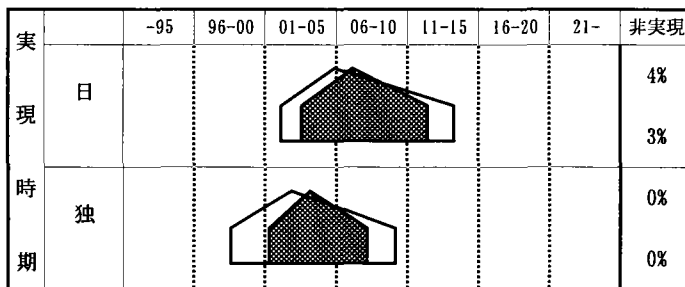
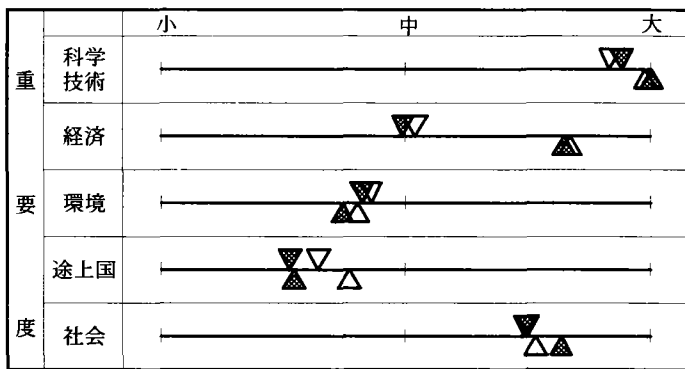
独のコメント (例)

- ①接種と強制接種のあらゆる問題。
- ②特異的癌種 (ウイルスによる誘発)。
- ③ウイルスが原因のいくつかの腫瘍で考えられる。
- ④リスクが極めて高い人の場合のみ。
- ⑤個人的異種性は高い。
- ⑥がんは遺伝子のトラブルであり、ワクチンは無力である。
- ⑦ビールスに起因した腫瘍もあり得る。

ライフサイエンス [がん]

308:ゲノム研究が、がんの診断の最適化、がんの予防、そしてがんの治療の新しい戦略開発（遺伝子治療）のために応用される。

専門度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	95	29%	39%	32%	67	22%	40%	37%
独	91	25%	36%	38%	69	19%	42%	39%



日本のコメント (例)

- ① 遺伝子の関係は何らかの規制が必要になってくると思われる。
- ② 「社会一般の理解」は特に重要。
- ③ 高次機能を研究しなければいけない。
- ④ 必ず問題が発生すると思われる。遺伝子の局所をいじることで全体性が喪われる等の副作用の心配がある。
- ⑤ ゲノム研究は、がんの診断及びがんになりやすい家系の検索に応用されそれは0.1～0.5年にも可能かもしれない。がんの予防、がんの治療には1.6～2.0までかかるかもしれない。
- ⑥ 特に、導入遺伝子の「発現調節」が重要。
- ⑦ 紆余曲折はあるにせよ究極的に人類の福祉に役立つ事は間違いない。強力に支援されるべきである。
- ⑧ 診断は進歩するが、予防と治療への応用は難しい。
- ⑨ 医学の研究成果をどこまで医療に利用してよいかの問題が生じると思われる。事実を知る「科学」とこれを実用化して自然を改変する「技術」の開発を巡って人類の知恵が問われよう。

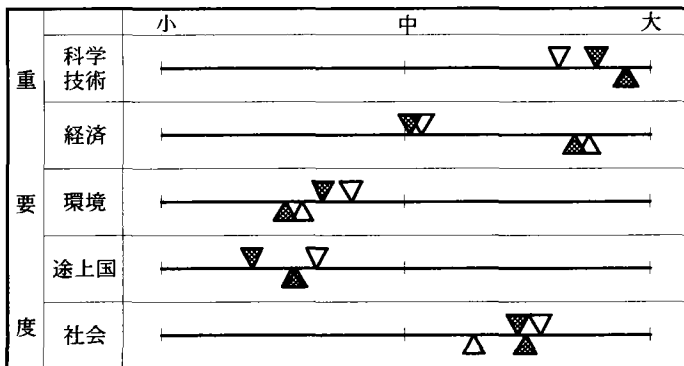
独のコメント (例)

- ① 遺伝子工学法により困難。
- ② 社会の倫理的概念。
- ③ 医療問題、保健システム！
- ④ ドイツでは倫理的に異論がある！

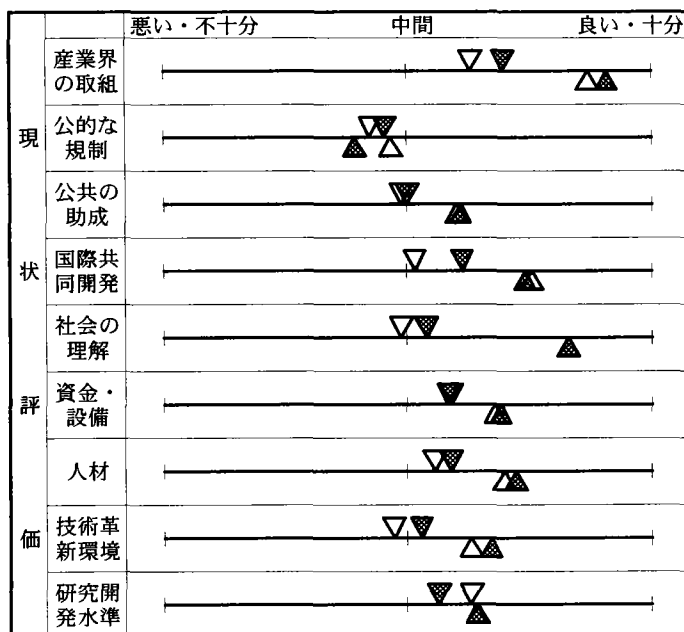
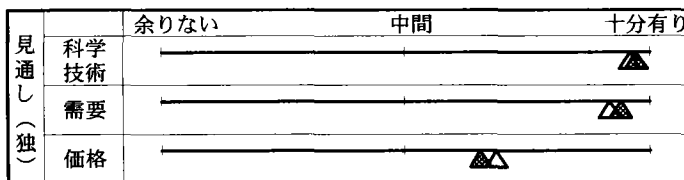
ライフサイエンス [がん]

309:全身のがんの位置を探し、がんの転移を診断するための3次元イメージング技術等の臨床診断技術が実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	85	11%	44%	46%	61	11%	34%	54%
独	95	26%	40%	34%	76	17%	43%	39%



実 現 時 期	-95	96-00	01-05	06-10	11-15	16-20	21-	非実現
日			Progressing					4%
独		Progressing						0%



日本のコメント (例)

- ①一部の技術については、既にできており、また、一部のがんについての応用も可能である。
- ②技術的なブレイクスルーが必要である。物理学的領域からの協力が鍵となる。
- ③かなり期待できる。
- ④物理学・コンピューターサイエンス領域からの協力がkeyである。
- ⑤NRIでは既実験している。PET (positron emission tomography) では一部実現 (発展途上)。
- ⑥現在より進んだ診断技術が実用化すると思うが、がん転移の初期増殖巣の診断には限界がある。

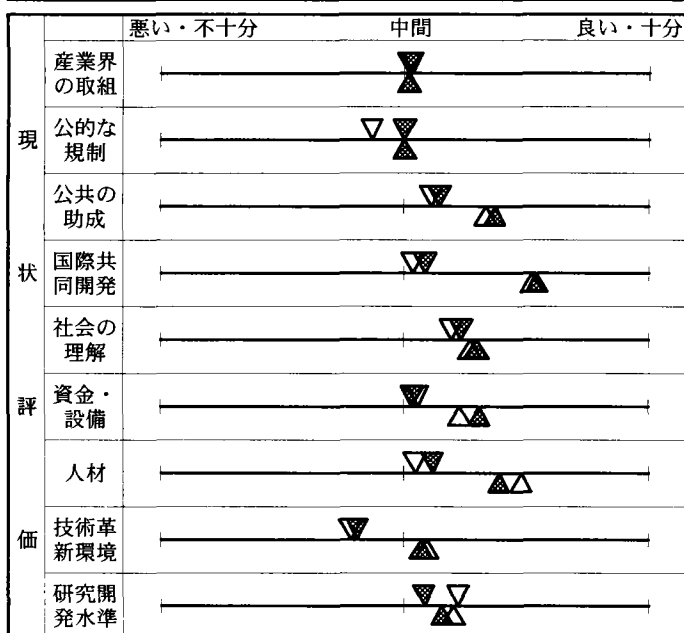
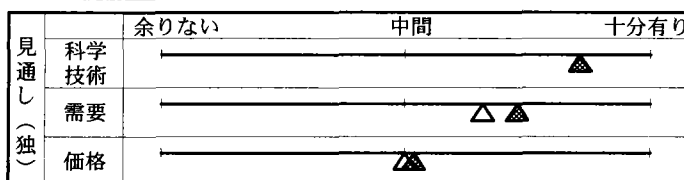
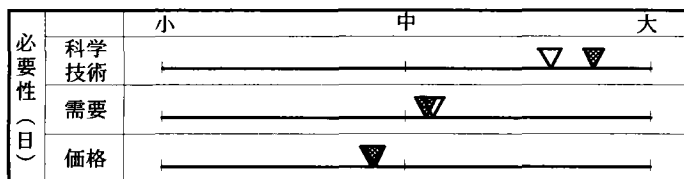
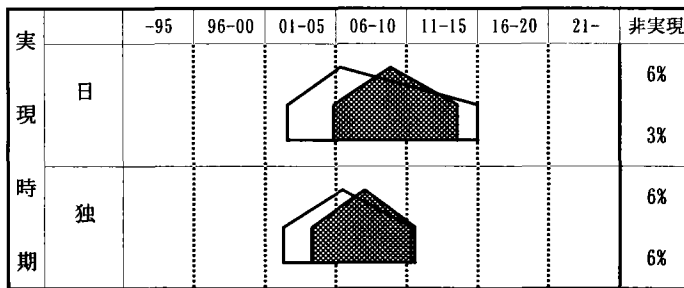
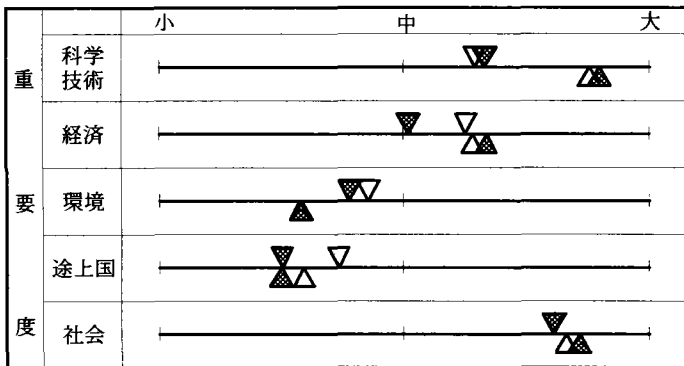
独のコメント (例)

- ①今は基本条件は揃っている。臨床的重要性を得るには、まだ三次元条件が少なすぎる。

ライフサイエンス [がん]

310: 早期診断が進歩して社会に一層受け入れられるようになり、全がん患者の3分の2以上が5年以上延命される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	84	14%	36%	50%	65	12%	32%	55%
独	87	28%	41%	31%	69	16%	46%	38%



日本のコメント (例)

- ① 早期発見のみで2/3以上は無理。治療法の確立も必要。
- ② 早期がんが全例将来には臨床がんになるとは限らない。難しい問題を含んでいる。
- ③ 延命期間が長くなればなる程、早期診断率も高くなることが期待される。ポジティブフィードバックの関係があると思う。
- ④ がん告知に対する心理面のサポートも必要。
- ⑤ 遺伝子診断には費用がかかり、診断の簡便化等、低コストで行われる事が必須となってくる。発がん遺伝子、発がん抑制遺伝子の変異は、早期診断に役立つはずである。
- ⑥ 日本コメント①、②、③、④は、一部を除きもっともである。化学予防・遺伝子学的予防と治療法の確立が先ではある。告知の点については、まずガンに対する心理的問題を解決し、一般人の理解を深めた上でのみ行うべきで、いわゆる「医師の良心・信念」などによる独りよがりの告知はするべきでない。独コメント③の質問について、予防・治療が進んでいけば「長生きする」、しかし、「少しでもケース・バイ・ケースであるが、よいではないか。
- ⑦ 早期発見のみで3分の2以上は無理と考える。治療法の確立も重要。
- ⑧ 転移の問題が解決すればいずれこうなる。

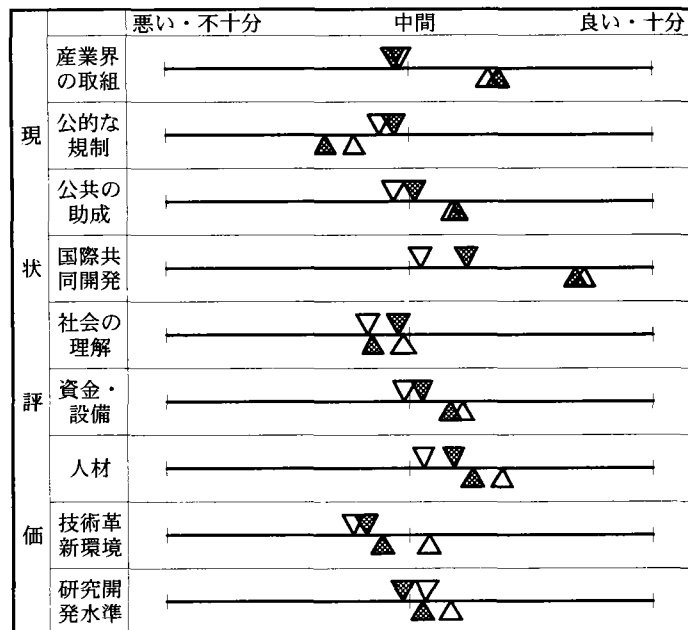
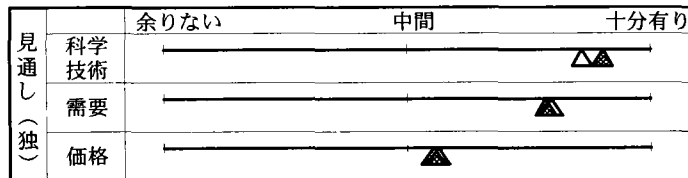
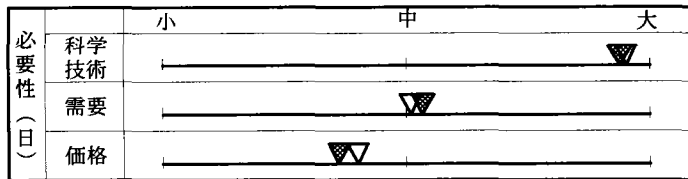
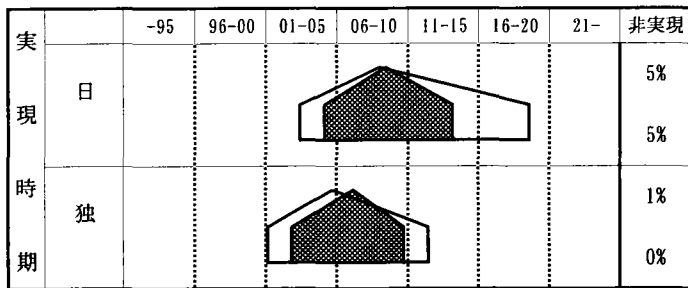
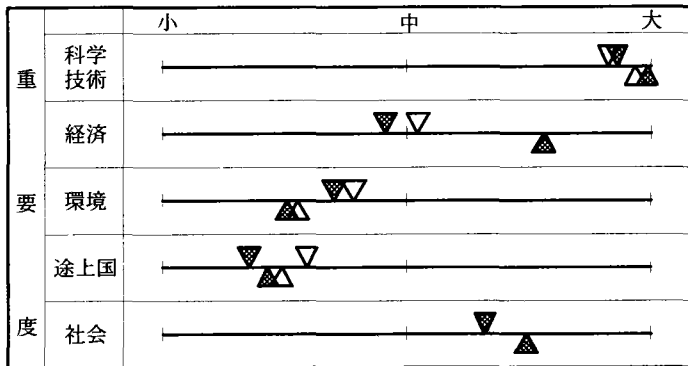
独のコメント (例)

- ① 夢!
- ② 同時に、より良い治療形態が必要である。そうでないと、倫理的主張ができないからである。
- ③ 質問: この人たちは実際に長生きしますか、あるいは少しだけですか?
- ④ 採用は予防/治療効果次第。

ライフサイエンス [がん]

311: 特定がんについて生物学的理論に基づいた遺伝子治療法が開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	85	28%	40%	32%	66	17%	39%	44%
独	85	22%	46%	32%	70	24%	37%	39%



日本のコメント (例)

- ①白血病のような特定のがんでは有用だが、肺がんなどの一般の固型がんに対しては無理だろう。
- ②「国家による規制」、「社会一般の理解」は特に重要。
- ③がんの遺伝子治療は免疫療法と同様に限界があり、治療法としての完成は困難である。
- ④遺伝子治療が行われるのは、'96~'00かもしれないが成功するのはまだまだ先になると思う。ただし技術的には今でも可能な段階にきていると思う。
- ⑤当然の方向ではあるものの、具体的には未知の問題が多すぎ、実用にはかなり時間がかかるとされる。
- ⑥特別ながんにはすごく有効。しかし、遺伝子治療は「腫瘍免疫」の研究が大事。
- ⑦特定のものなら可能性はある。ただし、とにかく一般人の理解を進め、誤解を解くことが急務。また、治療について(他の点でも)遺伝子学的手法はより大きなものの一部と考えておかねばならない。
- ⑧生物学的観点だけでなく倫理的観点も検討すること。遺伝子操作については、一定の倫理規準を設け、規制の範囲を明確にしておく必要がある。

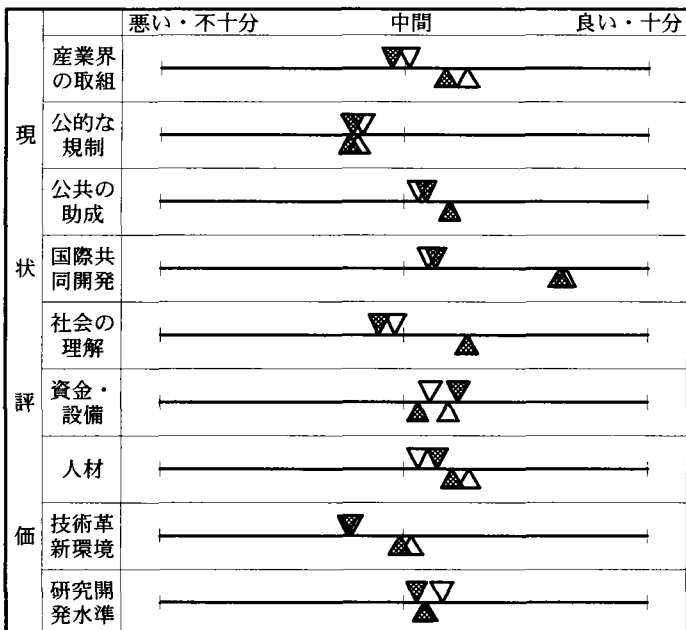
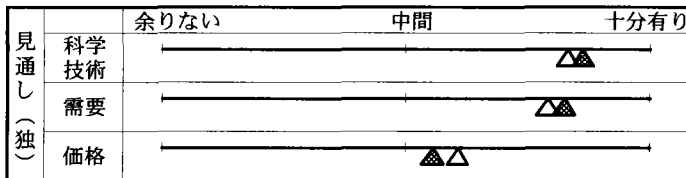
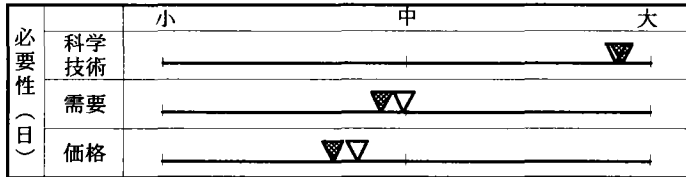
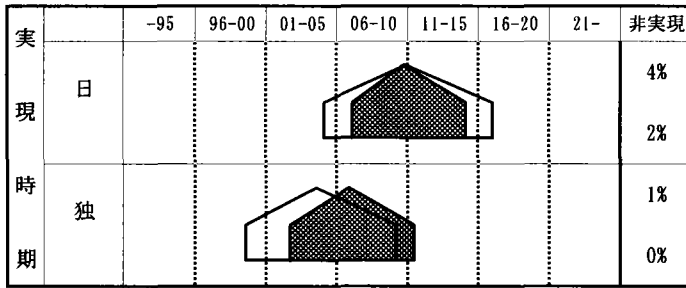
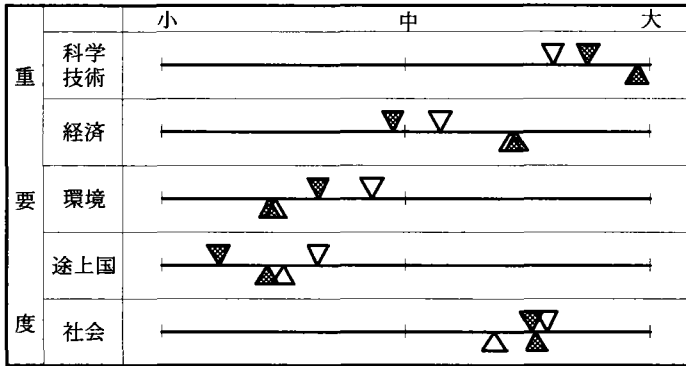
独のコメント (例)

- ①政治的規制。
- ②動物保護法と遺伝子工学法による妨害。
- ③国の規制が厳しすぎる。

ライフサイエンス [がん]

312: 短期間でがんの転移を防ぐことのできる有効な手段が臨床に応用される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	82	30%	30%	39%	61	25%	34%	41%
独	83	27%	43%	30%	66	24%	39%	36%



日本のコメント (例)

- ① 転移のメカニズムが解明できれば可能かもしれない。
- ② 特定のがんについては、比較的早期に実現するかもしれない。
- ③ 設問の解釈にあいまいな点があるが、5年以内には臨床応用が始まると思う。
- ④ 転移はがん細胞の種類によって、又それぞれのがん細胞間で異なるため統一的な治療方法は見いだせないと思う。ただしある特定のがんの転移を抑える薬剤が見つかるかもしれない(0.1~1.0の間に)。この場合も副作用が問題になってくると思う。
- ⑤ 特定のものに関しては比較的早期に実現する可能性が感じられる。
- ⑥ それほど甘いものではない。
- ⑦ 治療よりはるかに可能性がある。

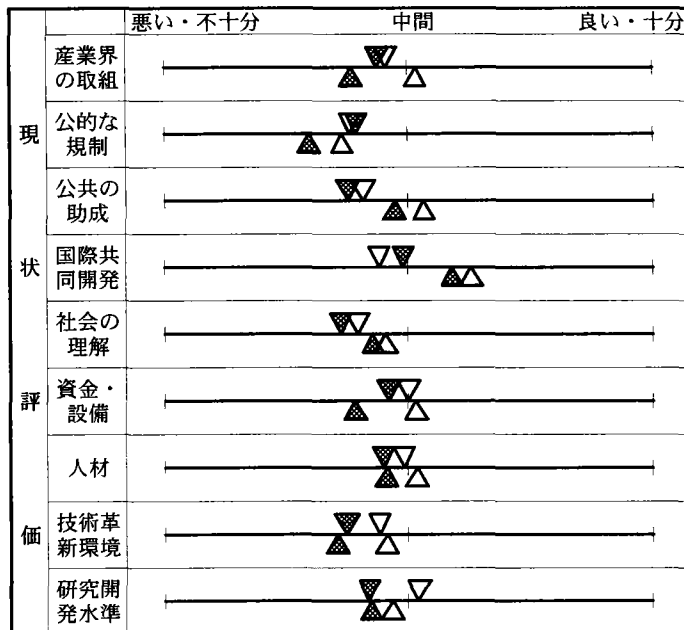
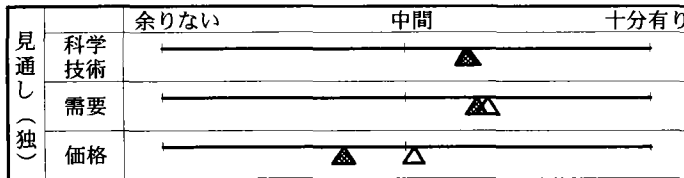
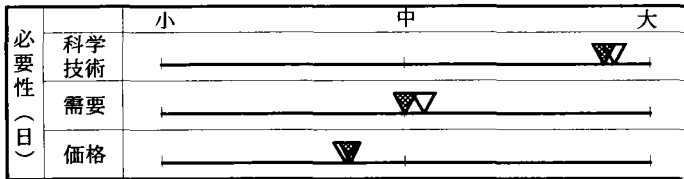
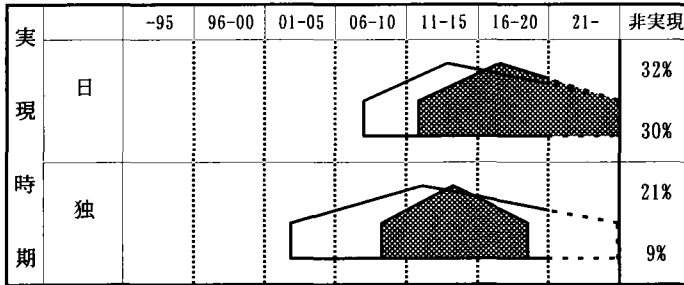
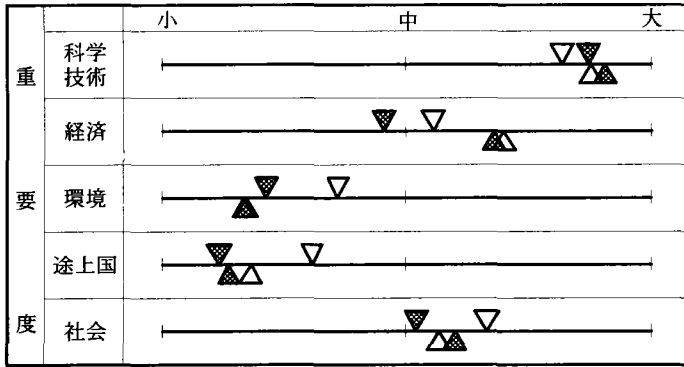
独のコメント (例)

- ① 補助治療。

ライフサイエンス [がん]

313: 自己のがん細胞を正常化して組み込んだ人工臓器が実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	67	18%	40%	42%	54	13%	41%	46%
独	49	14%	29%	57%	44	11%	43%	45%



日本のコメント (例)

- ①がん細胞の最も重要な形質は、その不安定性にある。故にこのような臓器は危なくて使えない。
- ②正常化がん細胞を作る方法の開発が重要になるが、ある特殊な臓器では近く実用化されると思う。
- ③方法論上、正常化が細胞作成・人工臓器開発の二重の壁がある。理論上、なぜわざわざ正常化癌細胞を使わねばならないのかという疑問がある。倫理上、人工臓器使用に対する一般人の理解が必要である。
- ④正常化がん細胞を作る方法の開発が重要。
- ⑤何故正常化癌細胞なのか。正常細胞を用いるべきである。
- ⑥骨髄細胞以外に実用化されるとは思われない。

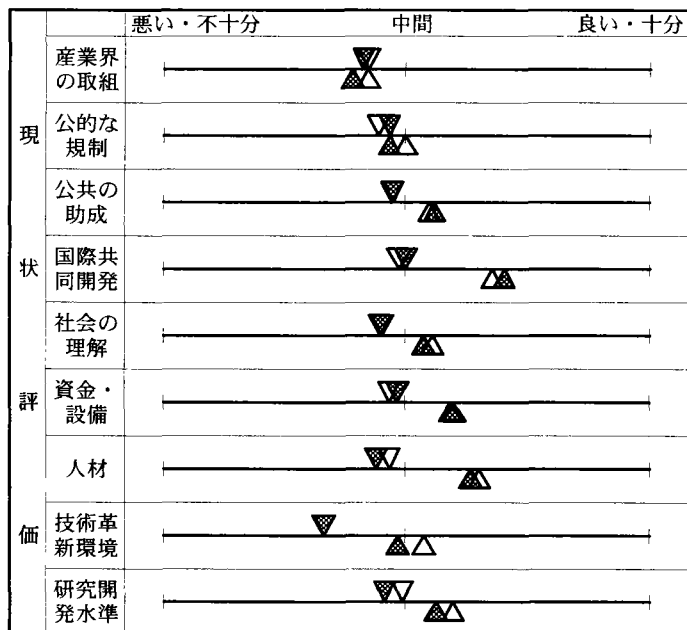
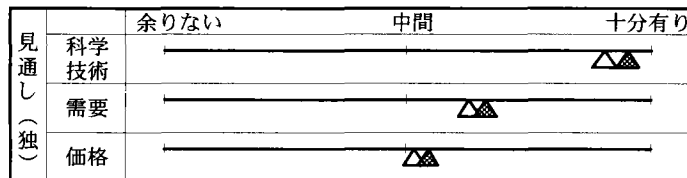
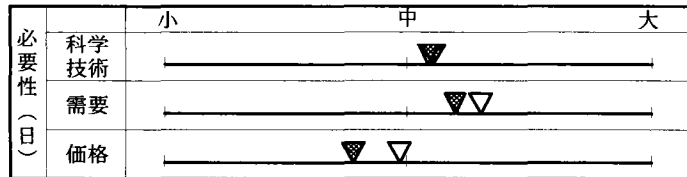
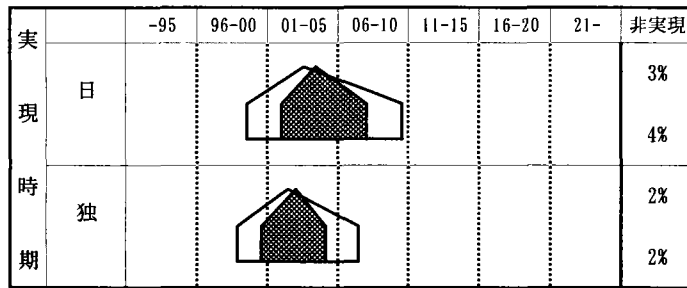
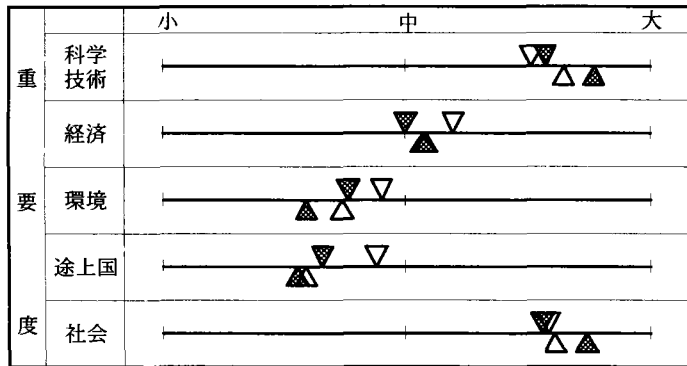
独のコメント (例)

- ①正常な細胞がたいていは十分にある。

ライフサイエンス [がん]

314:がん治療に関するデータベースが完成し、普及する。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	77	10%	31%	58%	60	13%	25%	62%
独	84	17%	40%	43%	65	18%	31%	51%



日本のコメント (例)

- ①厚生省等に専任機関を設置し、データの提供を義務づける必要がある。
- ②同じ部位に発生したがんでも性格が多様なので、治療に関するデータベースの作成は困難と思います。
- ③標準化治療法が確立され、普及することは社会的に重要。
- ④がん治療効果は徐々にあがっていくと思うが個体差をどの程度考慮するかはむづかしく一般化できない。
- ⑤とにかく、何らかの統一規格のもとに、国内、海外のできるだけ多くの機関が遅滞なく全ての情報を提供し、プライバシー保護が完全になされたうえで、これを容易・安価で利用できねばならない。少々困難か？
- ⑥できるだけ標準化治療法を確立し、普及することは重要。
- ⑦大切なのは、価値のあるデータを登録することがメリットになるような法的支援体制（例えば、価値あるデータを参照された頻度に応じて国庫補助を出すというような）の確立である。また、データベースは末期の癌治療という観点よりも、初期の癌治療という観点で利用価値が高くなると思う。

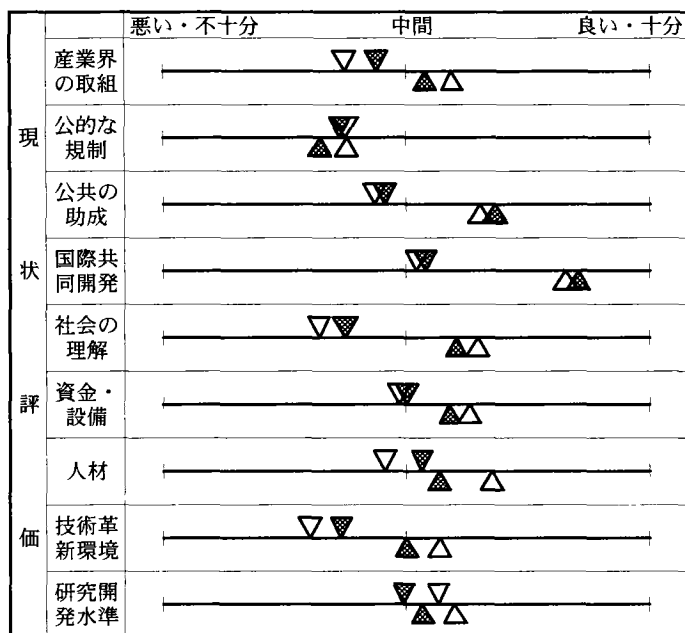
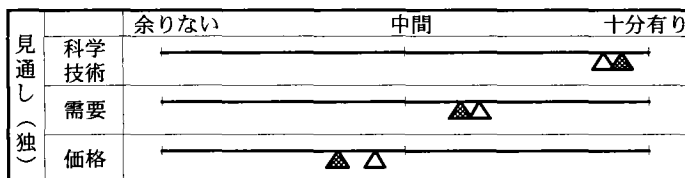
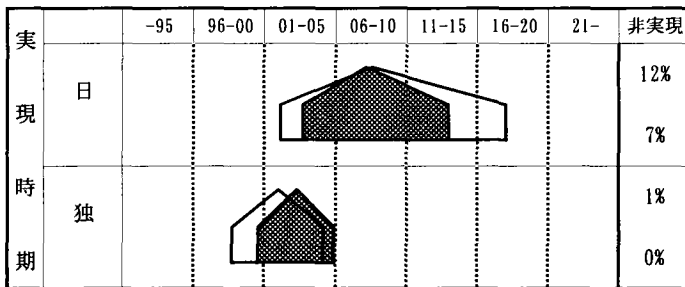
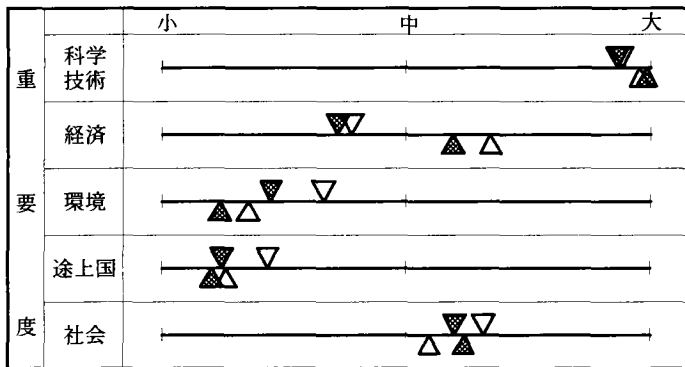
独のコメント (例)

- ①データ保護妨害の克服が必要。ドイツの基本条件は比較的悪い。
- ②個別に存在するデータバンクを集結させ、最新化すべきである；データ保護の問題は新たに規制する必要がある。
- ③データ保護による妨害。
- ④治療コストの引下げが可能であるが、この種のコンセプトに対する助成が少なすぎる。
- ⑤現在既に始まっている！

ライフサイエンス [脳機能]

315:ヒトの脳活動に伴う分子レベルの変化を無侵襲で観察できる技術が開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	99	34%	33%	32%	72	33%	33%	33%
独	100	26%	45%	29%	76	22%	41%	37%



日本のコメント (例)

- ①現在でもPET (陽電子放射断層X線写真法) により一部実現している。
- ②物質と非物質、「心」と「精神」との接点が見いだされるのでは？
- ③実現できれば、内因性精神病の機序、診断、治療に有効かもしれない。
- ④現在のものはまだまだ脳の局所の活動をマイクロレベルで捉えているのでこの技術の開発は大変重要であり、是非開発すべきである。
- ⑤PETが分子レベルの神経活動の変化を観察しているとはいえない。現状では分子レベルの分解能をもつ観察技術のアイデアがない。
- ⑥Dopamine に関してはある程度しらべられるようになった。glutamate、GABAなども観察できるようになってほしい。
- ⑦この設問の答えは難しい。変化を観察するのは今でも可能。しかし脳の機能についてのどこまでをみたのかはあいまい。観察していないともいえるし、完全に観察するのは永久に不可能である。
- ⑧日本の現状では、in vitro の動物脳を用いた分析的実験技術を輸入して行っている研究が主流。無侵襲で脳活動を分析する技術の重要性は強調しても、し足りない程重要である。研究者の興味がこちらに向くことと、これに対する研究費と研究補助の支援がもっと必要である。

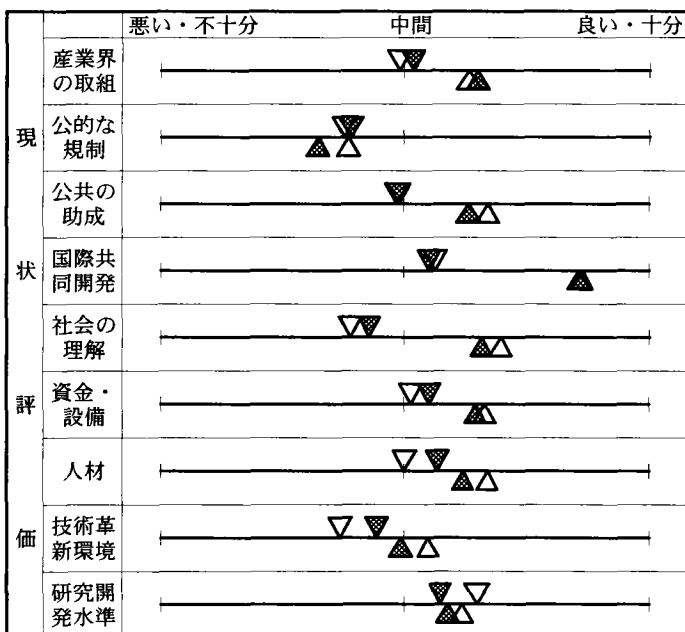
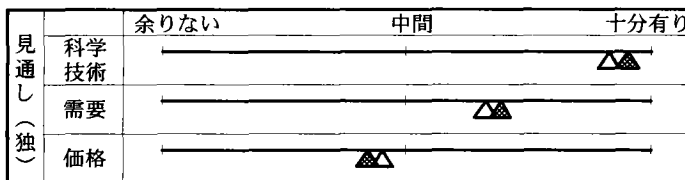
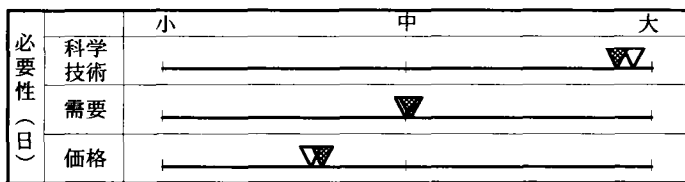
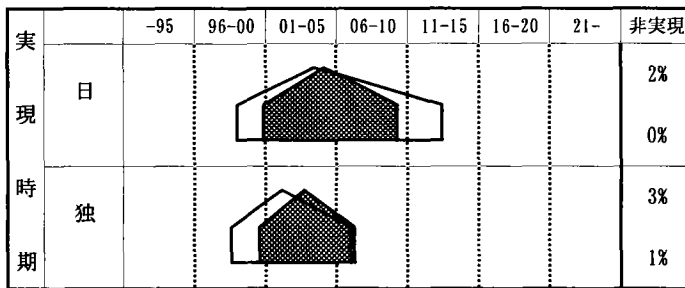
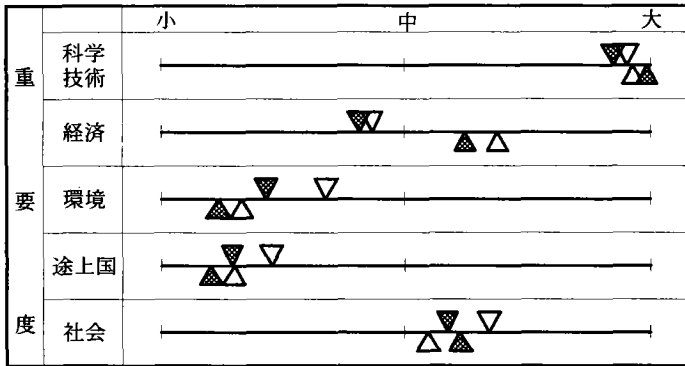
独のコメント (例)

- ①無侵襲のイメージング方法は研究または診断の目的のために非常に多くの新しい情報を与えてくれるだろう。世界的に急速な進歩についてゆくためには、「バイオ」産業 (例えば製薬) と「ハードウェア」メーカーの協力強化および研究開発の基礎施設の改善が必要である。
- ②基本的に、機能分析と神経疾患の発生に寄与する。
- ③非常に高価。市場の需要。

ライフサイエンス [脳機能]

316:ヒトの高度脳機能活動が無侵襲で高い空間解像度で観察できる技術が開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	96	43%	29%	28%	66	47%	30%	23%
独	101	38%	32%	31%	76	42%	26%	32%



日本のコメント (例)

- ①現在でもPET (陽電子放射断層X線写真法) により一部実現している。
- ②ヒトの脳研究には不可欠の課題である。
- ③現在主流となっている方法は、局所血液量の変化から神経活動を観測するもので、この方法では高い空間解像度を得てもしょうがないと思う。
- ④ヒトの脳研究には不可欠の課題である。ヒトの脳神経活動をリアルタイムに高い空間分解能 (解像度) で得られるSQUID計測・診断法をもっと積極的に発展させる必要がある。
- ⑤空間解像度をあげる新しい技術がのぞまれる。0.4ミリ立法の脳の活動がわかるようになってほしい。
- ⑥ヒトの高度機能活動の解明には、空間解像度の改善だけでなく、同時に時間解像度の改善が伴わねばならない。このような条件を満たすイメージングの開発推進が望ましい。
- ⑦日本コメント③の考え方には反対である。どんな情報であれ得られるものを最大限に利用することこそ大切である。血流測定はムダではない。
- ⑧どこまでが高度の解像力と言えるのか。その解像力で知れる脳の機能の程度で判断が分かれる。ここまですれば分かったというのは言えない。この技術は重要なので直線的にその進歩は図られるであろう。

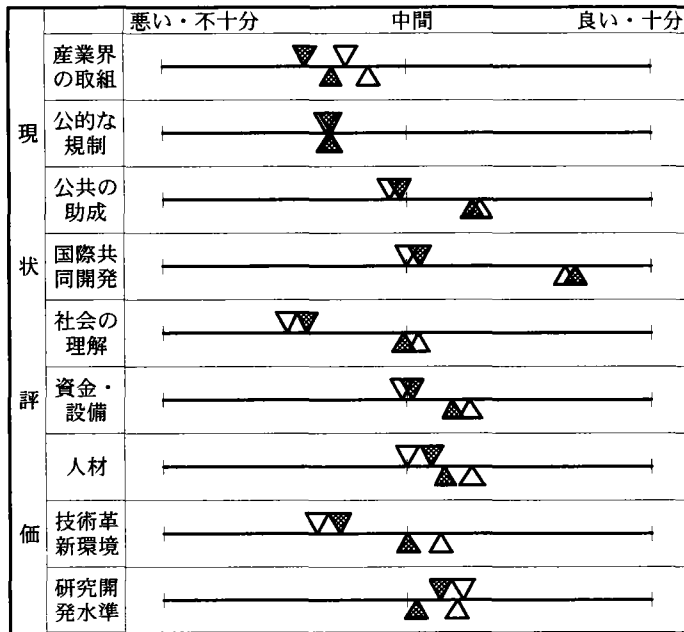
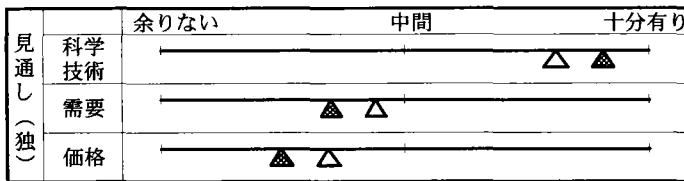
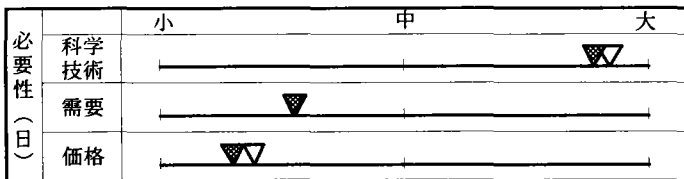
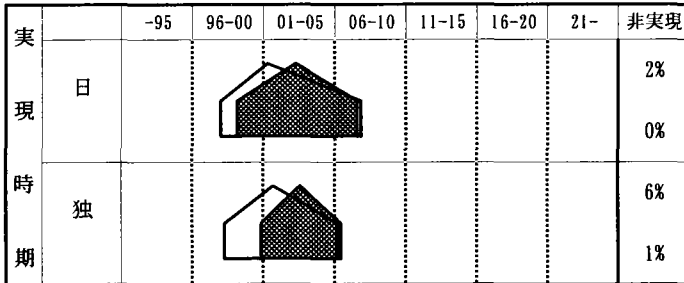
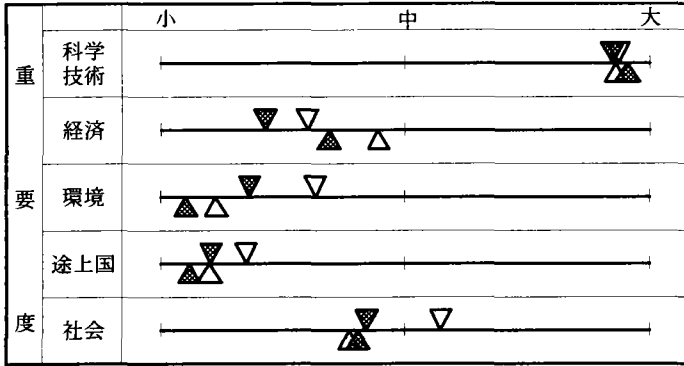
独のコメント (例)

- ①無侵襲のイメージング方法は研究または診断の目的のために非常に多くの新しい情報を与えてくれるだろう。世界的に急速な進歩についてゆくためには「バイオ」産業 (例えば製薬) と「ハードウェア」メーカーの協力強化および研究開発の基礎施設の改善が必要である。
- ②非常に難しい。例えば、特定の脳部位の確実な電気生理学的データが不足しているため。
- ③産業界と大学の協力強化が望ましい。
- ④精神病の診断と治療のために重要。
- ⑤困難、例えば脳の特定部位の重要な電気生理学的パラメーターが未知だから。

ライフサイエンス [脳機能]

317:多数のニューロンの活動を同時かつ長時間(数日間)連続して記録できる実験技術が開発される。

専門 年度 等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	93	49%	26%	25%	66	52%	18%	30%
独	87	31%	33%	36%	74	27%	30%	43%



日本のコメント(例)

- ① in vitroではかなり可能であるが、in vivoでは研究者も少なく、かなり困難であろう。
- ②無侵襲の方法で得られるデータの意味を正しく理解するためにも、この技術の確立とこれを用いた実験の実施が是非必要だと思う。
- ③そのデータから何が分かるのかを脳研究者は十分理解していない。研究パラダイムの開発が先決。個々のニューロンの記録に比べて研究能率が上がるかも。質は変わらぬので。
- ④動物実験のレベルならば、すでにある基本的な技術を発展させることで可能だと思う。しかし、日常生活を営む高等動物で無侵襲状態で観測するのは難しいと思う。ただ、大脳の神経を考えるのではなく、末梢神経の数本から数十本と限定するならば、インターフェイスを解決する必要があるが、可能だし役立つと思う。
- ⑤ in vivoでできるように解決すべきで開発する必要は大いにある。
- ⑥多数同時に記録したニューロン活動が何を物語るかを理解するアルゴリズムがない。古くからの問題であるが、なかなか解決されていない。
- ⑦「活動を多地点で同時かつ」という問いに次はかわるであろう。脳の本体を見るには並列処理の機構を支える原理の解明が重要であるからゆえ。
- ⑧多数のニューロン活動を長期連続記録すること自体は可能であるが、ランダムに多数記録しても解釈できない。対象の選択を可能にする技術を必要とする点に困難さがある。

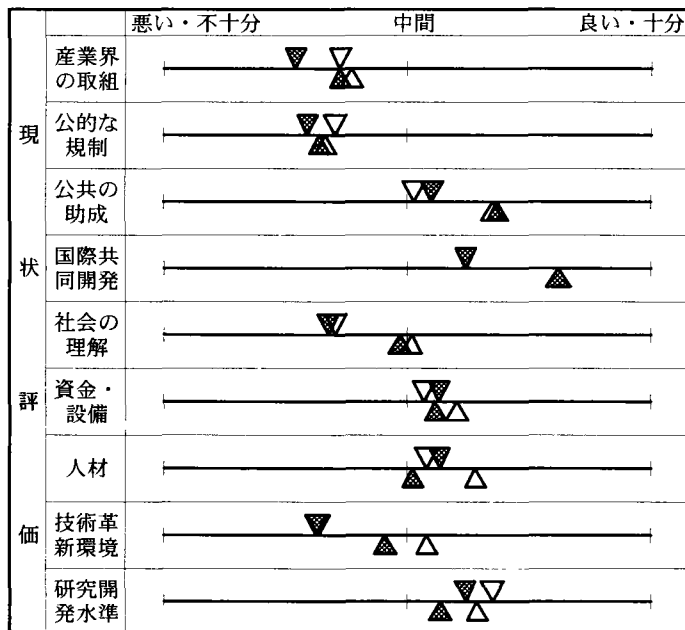
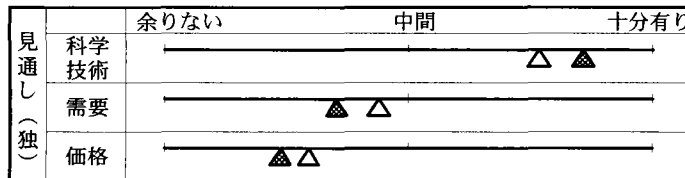
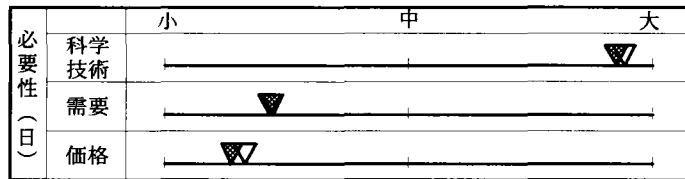
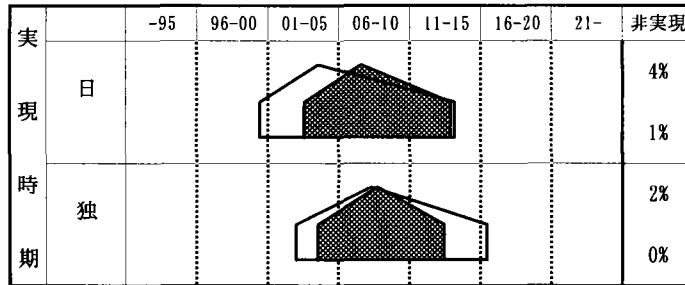
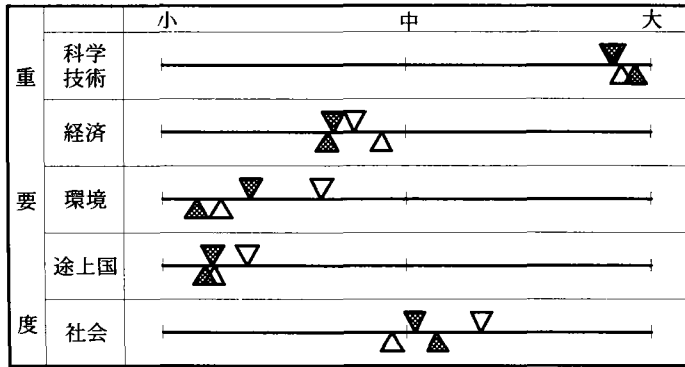
独のコメント(例)

- ①前外科的癲癇診断の分野に侵入。
- ②動物保護法による妨害。

ライフサイエンス [脳機能]

318: シナプス可塑性と記憶との関係が解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	101	50%	21%	29%	74	54%	16%	30%
独	90	24%	40%	36%	72	21%	46%	33%



日本のコメント (例)

- ①動物が何であるかによって実現の時期は大分ずれる。
- ②人工神経回路の自己組織化へのインパクト大。
- ③「記憶」の定義にあったすべての要素を含む少数のニューロン系を見いだすのが困難なこと、長時間の記録が困難なことを克服しなければならない。
- ④実験動物種によっては保護法が障害となる。動物（マウス、ラット）での適用技術開発必要。
- ⑤シナプスの可塑性と記憶の関係は限定された形で解明されると思う。すなわち、記憶そのものが明らかになるというよりも、記憶の検索や統合（クラスター）化に関係する機構が分かるのだと思う。しかし、記憶そのものの本質が可塑性で分かるとは思えない。むしろ、今はほとんど無視される感のあるペンフィールドの実験の解明こそ重要だと思う。この実験事実の解明から、記憶の本質に迫ることが可能だと思う。
- ⑥解明のためには、行動学の導入が不可欠である。現在行われている行動実験は実験心理学の範囲に留まっており、きわめてプリミティブである。高度の行動学と、限局したノックアウト手法（特定の部位、特定のage）を組み合わせることによって、この分野は大きく進展するであろう。
- ⑦シナプスレベルのことが良くわかって、巨大システムとしての脳の記憶が解明されるまでには、大きな道のりがある。
- ⑧記憶の質あるいは記憶の強度とシナプス可塑性の程度、（個々のシナプスの変化度合いし変化したシナプスの割合）との関係が解明されることが次のステップでは？
- ⑨このシナプス可塑性と記憶との関係は、実際にどのようにして対応がつくのか、明らかになる日はそう遠くはないと思われる。

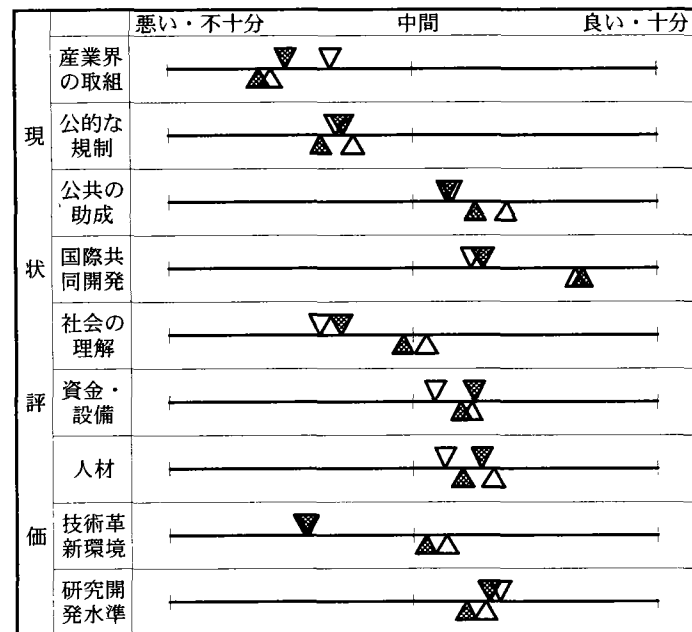
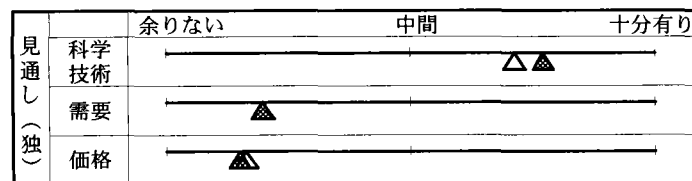
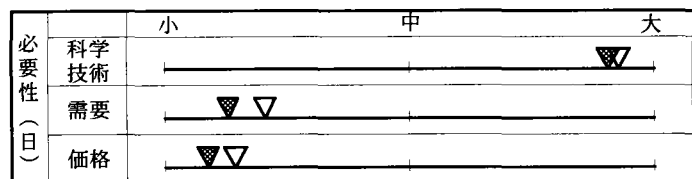
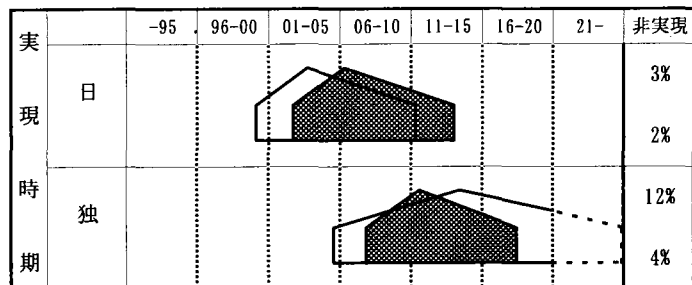
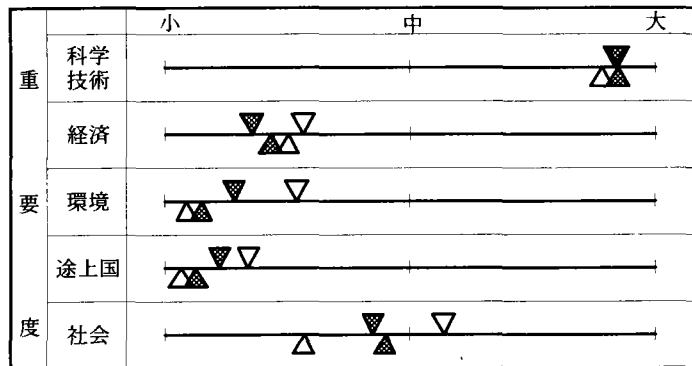
独のコメント (例)

- ①必要な動物実験が動物保護法の適用により実際には極端に妨害される。

ライフサイエンス [脳機能]

319:海馬長期増強と長期抑圧の分子機構の全貌が解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	91	41%	36%	23%	68	44%	28%	28%
独	64	17%	33%	50%	59	17%	36%	47%



日本のコメント (例)

- ①多くの分子の時間・空間的関係の全てを明らかにすることは困難。
- ②長期増強と長期抑圧がどのような具体的な形で行動上の記憶と関連しているのかを知りたい。
- ③ほとんど解明されている。それがどのような脳機能を担っているかが重要課題。LTP (長期増強)、LTD (長期抑圧) は海馬に限らない。
- ④「全貌」を言葉通りにとれば、かなり時間がかかりそう。
- ⑤物質的な機構が分かって、意味的内容が分かるわけではない。これは、コンピュータの電気的な処理機構 (ハード) が分かって、走らせているプログラムの意味内容 (ソフト) が分かる訳ではないことと対応する。長期増強や抑圧はソフトに対応し、分子機構はハードに対応する。海馬が長期記憶に関係するといっても、プログラム実行の重要な作業過程が海馬にあるということなのかもしれない。記憶に関する脳全体の意味処理過程の仮説を立てることが必要である。
- ⑥長期増強や長期抑圧は、脳素子の基礎メカニズムでしかなくて、学習や記憶そのものではないのではないか？

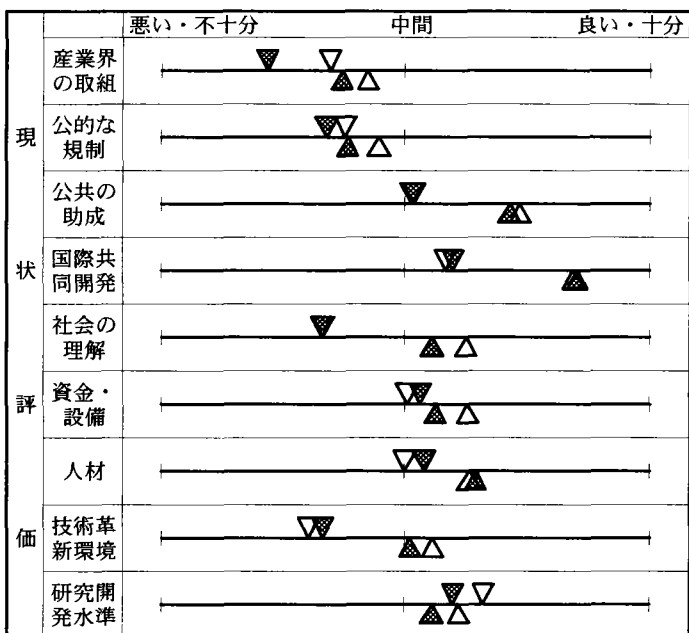
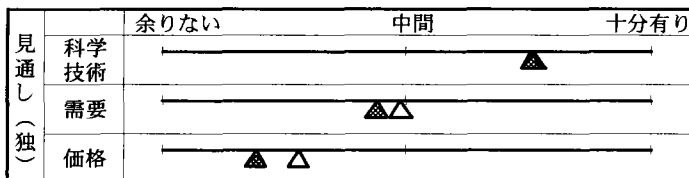
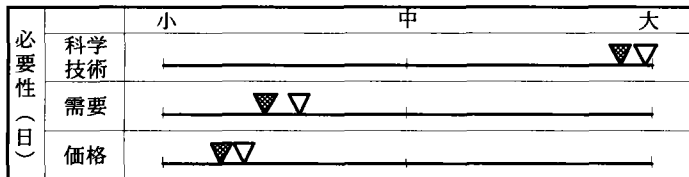
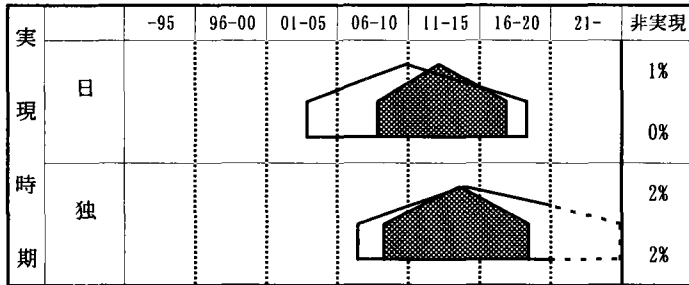
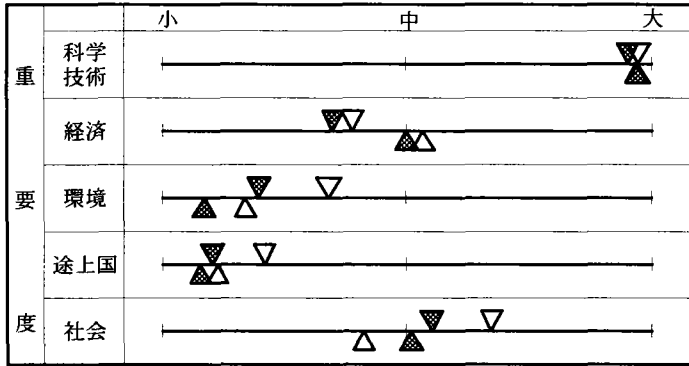
独のコメント (例)

- ①障害のメカニズム—動物保護法による妨害。
- ②規制緩和。

ライフサイエンス [脳機能]

320:脳の神経回路網形成のメカニズムが解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	101	50%	21%	29%	73	52%	18%	30%
独	90	20%	41%	39%	69	16%	39%	45%



日本のコメント (例)

- ①全貌の解明は限りなく「実現しない」に近いと思う。
- ②遺伝子レベルの細胞の発生メカニズムの解明の一環。
- ③非常に重要な課題で、研究の組織化が重要。人間の心の発達、成熟など人間らしさを理解する基礎となる課題。
- ④コンピューターサイエンス、物理学、心理学などの協力が必要で、また逆にそれらへ情報を提供し得るだろう。
- ⑤これも、ハード的なアプローチとソフト的なアプローチに分けて考えるべきと思う。ハード的には、ミクロの面では遺伝子レベルで、マクロの面ではエネルギーレベルで解明が進むと思う。ソフト的には、ミクロの面では信号処理レベルで、マクロの面では意味処理レベルで解明に取り組むと思う。但し、ソフト面での解明は、遙かに未来のことと思う。
- ⑥日本コメント①に同感。
- ⑦遺伝子工学的手法を駆使することにより、かなり大幅な発展が期待できる。
- ⑧脳の基本設計図のための回路網形成メカニズムは、数十年以内に解明されると思うが、個人の個性を説明するための設計図形成メカニズムにはより多くの時間がかかろう。
- ⑨基本構造として理解されるであろう。10年はかからない。

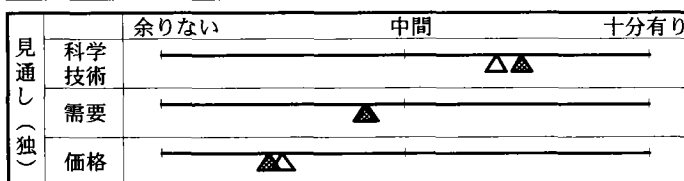
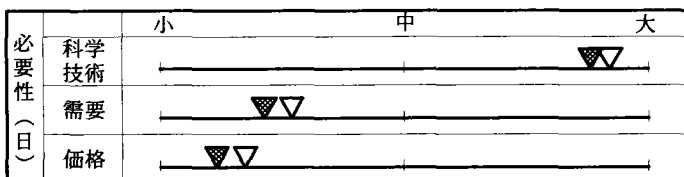
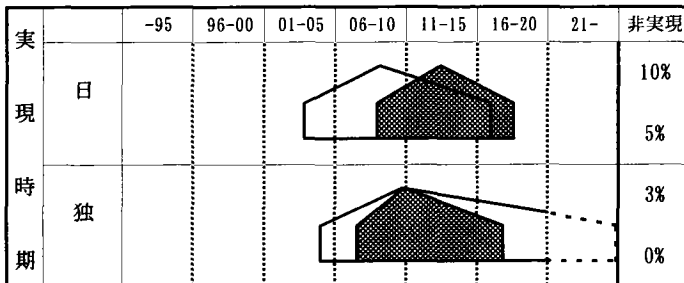
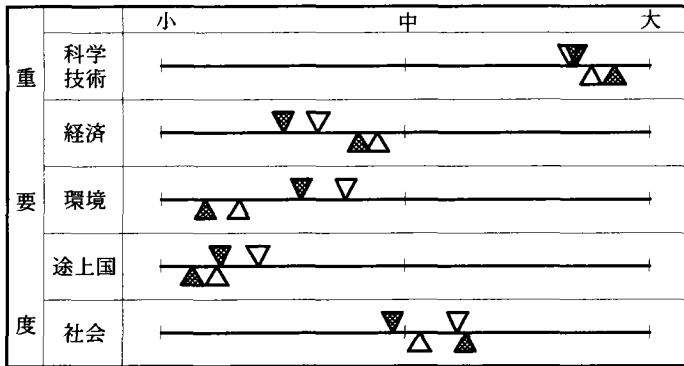
独のコメント (例)

- ①テーマが非常に複雑で、効果的な研究には多くの動物実験が必要である。
- ②このような認識の転用は、新しいコンピュータ、新しいソフトウェア等、情報学において重要になるだろう。
- ③新しい情報処理システム開発にとって重要。

ライフサイエンス [脳機能]

321:睡眠と夢見の神経機構が解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	92	28%	33%	39%	60	30%	33%	37%
独	81	14%	36%	51%	66	15%	32%	53%



日本のコメント(例)

- ①「夢を見ているか否か」は解明できるが、「どのような夢を見ているのか」、「何故その夢を見るのか」の解明が面白いと思うが、解明できるかどうか?
- ②視覚認知、聴覚認知、体性感覚認知など認知の神経メカニズムの解明が前提となるように見える。
- ③人の社会活動を支える情報の排泄機構として「夢」はもっと研究されてよい。
- ④もっともっと研究されてよい分野だ。特に精神との関係が注目される。
- ⑤化学的な物質レベルで睡眠を解明すべきである。
- ⑥「睡眠」や「夢見」は人間のとりうる種々の状態の中で、かなり大きな部分を占めています。一方、ヒトを統合的に理解し、医療の場に活かそうという観点で、今後の医療に重要となるように考えられます。よって、「睡眠や夢見の研究」がもっとなされてよいのではないかと思います。
- ⑦視覚認識像の読み出し機構の研究対象になるであろう。
- ⑧神経機構のみならず、夢見そのものの役割についての研究も必要ではないか。

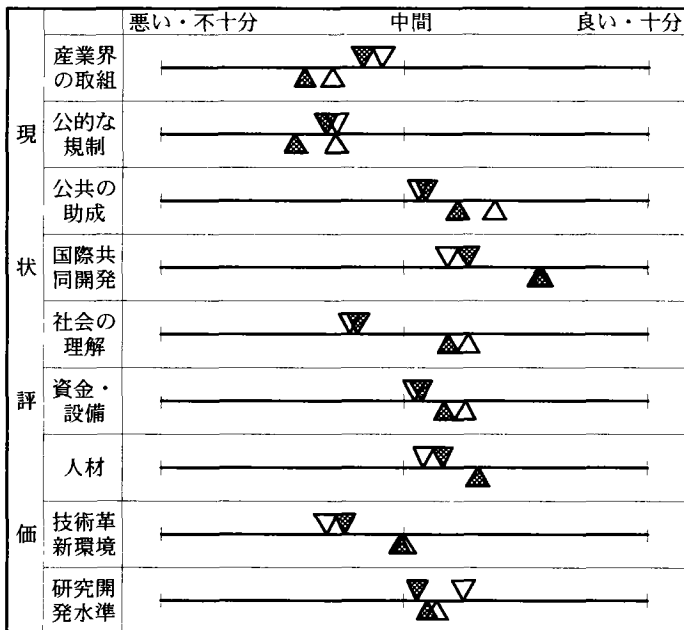
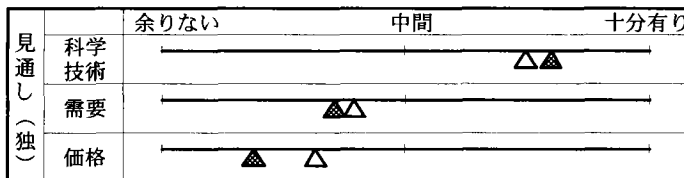
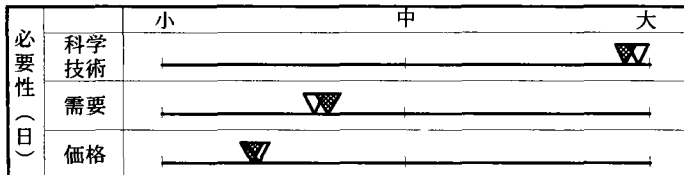
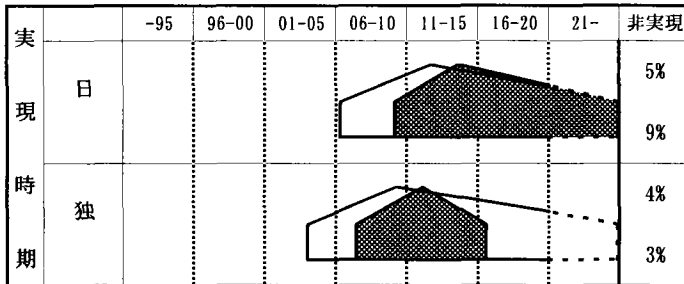
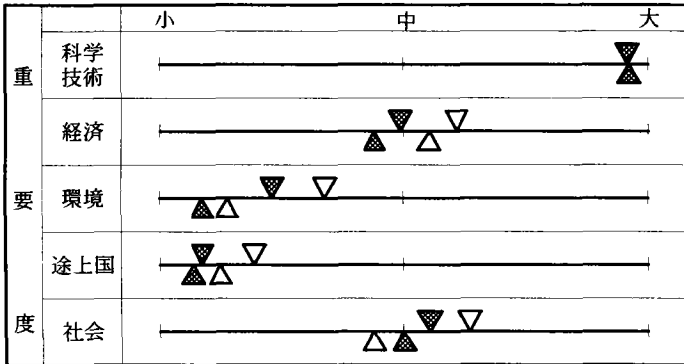
独のコメント(例)

- ①動物実験が必要。しかし、無侵襲のイメージング基盤(課題315参照)の強化は活動の実現性または速度を高めるだろう。

ライフサイエンス [脳機能]

322: 脳の並列情報処理の統合機構が解明される。

専門度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	87	49%	18%	32%	60	58%	17%	25%
独	84	29%	30%	42%	67	22%	37%	40%



日本のコメント(例)

- ① コンピュータ研究と関連させる必要がある。
- ② 非線形振動子系の引き込み、反発モードが統合機構の基本となりうる。
- ③ コンピューターサイエンスとの双方向協力が必要。
- ④ 「引き込み」と「反発」という特有のモードを有する非線形振動子が統合機構の基本として有力になると思う。ただし、総合機構を、大脳に匹敵する大規模な非線形振動子系に拡張する場合は、重力のような遠達効果を情報の伝送手段として導入することが必要である。私個人としては、ソリトンスピン波が有効だと考えている。
- ⑤ Computational Neuroscienceを実際の脳の回路で組み立てる努力が必要。現状はモデルでの計算が主。
- ⑥ 専門科学者が理解するまでにも時間がかかるだろう。また、理解されたとして、それを一般科学者及び技術者に伝えることが大いに難しいであろう。しかし、科学技術への応用は限り無いと期待される。独のコメント①→情報学の本質を変えるものである。
- ⑦ 単純な疑問：並列処理には、現在のコンピュータが行っているような中央演算処理的なユニットが必要なのか？つまり複数の情報処理を統括する統括ユニットが必要なのか、もしそうなら脳でそれに相当する部位はどこか？

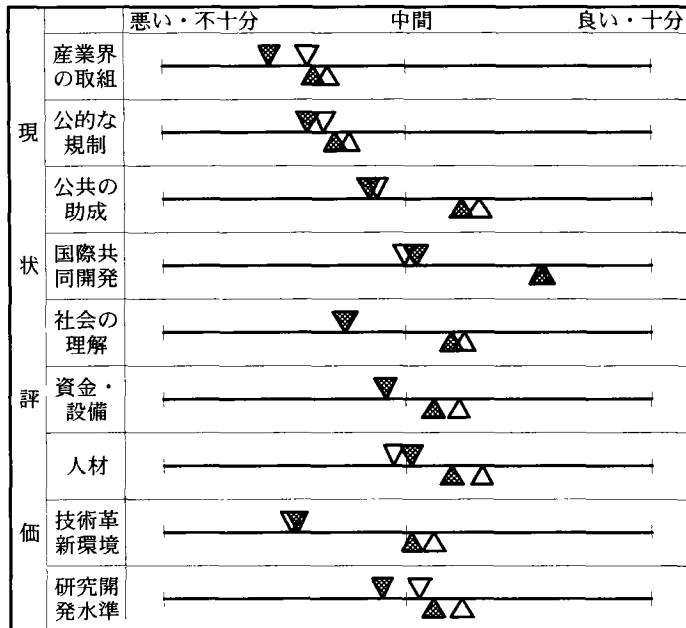
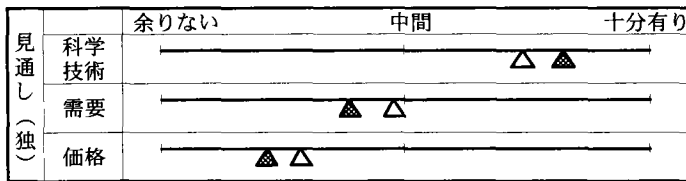
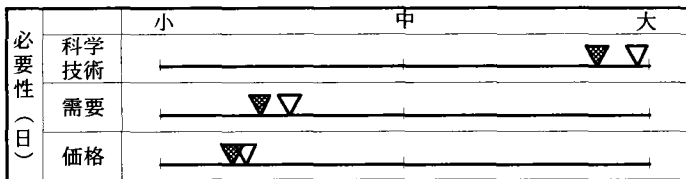
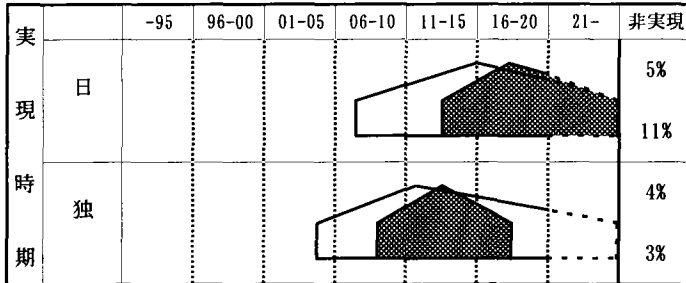
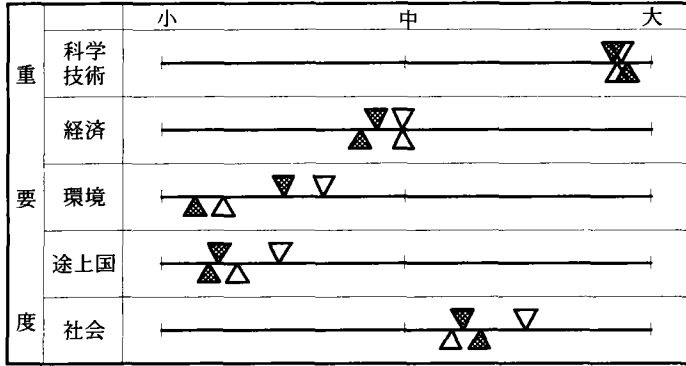
独のコメント(例)

- ① 情報学にとって重要。
- ② 協力。
- ③ 極めて重要。

ライフサイエンス [脳機能]

323:人間の言語活動の神経生理学的基礎がほぼ解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	86	38%	24%	37%	58	50%	26%	24%
独	82	22%	35%	43%	67	22%	30%	48%



日本のコメント (例)

- ①音声・言語の信号処理メカニズムはもっと早期に理解されよう。「言語活動」で伝達される「情報」の理解は難問。
- ②言語活動の発生の進化論的知見も重要。
- ③言語活動の発生源は前頭前野の連合野の活動にあり、そう簡単には解明できない。
- ④人間での解明ができない。言葉をもたない動物では研究できない。簡単な言葉をもつチンプでの神経生理学的研究が必要。確立している技術でかなりできる。
- ⑤私は現在、サルを用いて発声の中樞神経機構の研究をしております。今まで、サルの発声はヒトの発語とは根本的に異なっていて、遺伝的に制御された、情動の不随意的な発露にすぎないので、サルの発声の研究はヒトの発語の研究に役に立たないと考えられてきました。私はこの学説に合わない事実を見出し、サルの発声の研究がヒトの発語、即ち言語活動の研究に有用だと考えています。
- ⑥言語活動を支えている脳内の信号処理メカニズムは上の解答時期よりずっと早く解明されよう。ある情報を言語によって伝達しようとする情報処理メカニズムや動機づけの神経メカニズムの理解は非常に困難である。

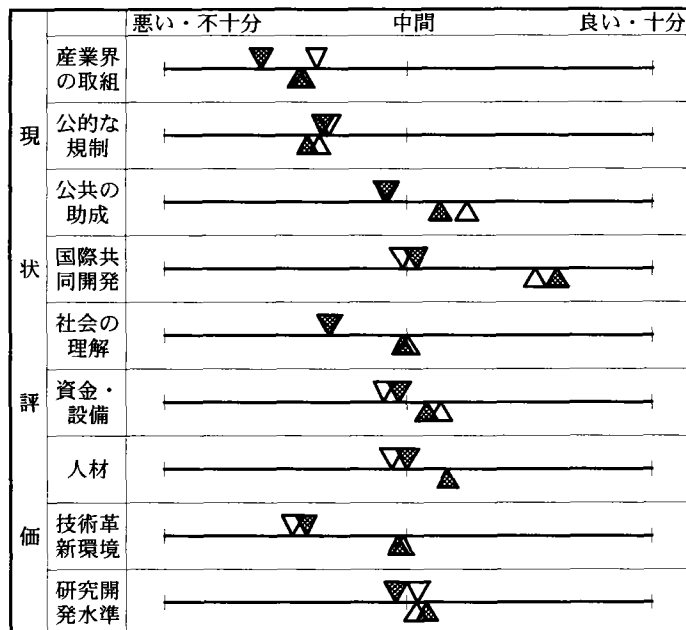
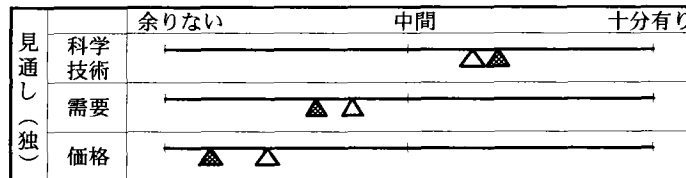
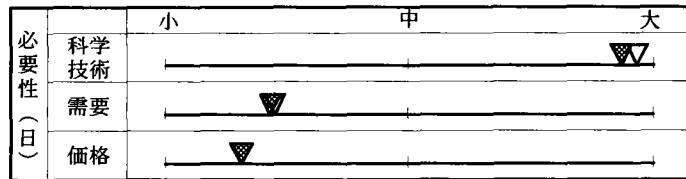
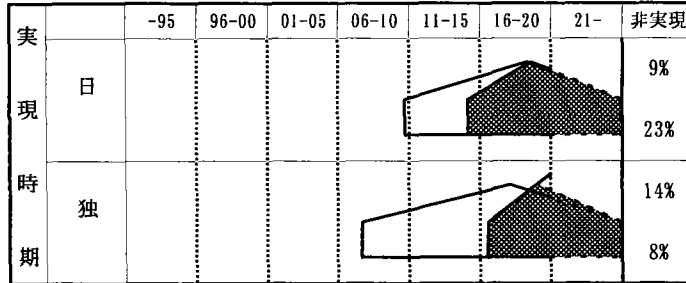
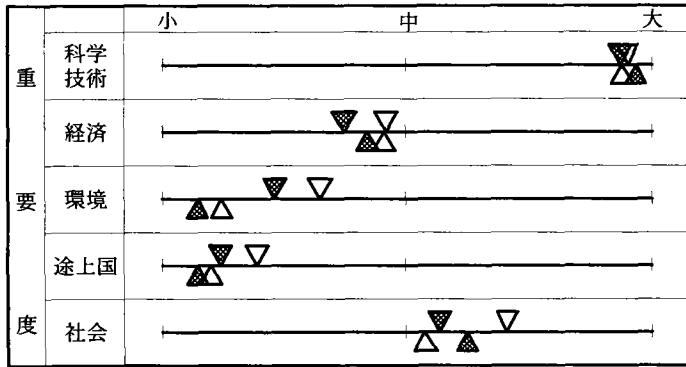
独のコメント (例)

- ①動物実験が必要。しかし、無侵襲のイメージング基盤 (課題315参照) の強化は活動の実現性または速度を高めるだろう。
- ②やはり情報学にとって重要。

ライフサイエンス [脳機能]

324: 脳のニューロン活動と思考過程との間の関係がほぼ解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	92	41%	27%	32%	62	47%	29%	24%
独	87	29%	32%	39%	69	25%	38%	38%



日本のコメント (例)

- ①非線形振動子系を基本におくホロニック理論との対応付けが明らかになる可能性。
- ②数量的あるいは定量的関係づけは不可能。
- ③「思考」を内的な情報の操作や生成ととらえると、その神経機構は比較的容易に解明されるかも知れないと思ひ、その方面の研究を実施している。
- ④情報処理原理ではない新しい原理（'意識'原理）が必要であろう。
- ⑤日本のコメント③にも一部同感です。思考は「運動」と「言語」と等価な一種の脳の出力と考えています。「創造」も然りです。「歌」もそうです。しかしそれらの間に階層化はあるかもしれません。
- ⑥「思考」を脳内神経回路網による信号処理ととらえると解明は早い。しかし、思考は、脳内における「情報処理」であるので現在の脳生理学者が考えているほど容易ではない。「生体情報」で解明されたものはコドンのみであり、神経信号によって伝達される「神経情報」はこれまで何一つ明らかにされていない。

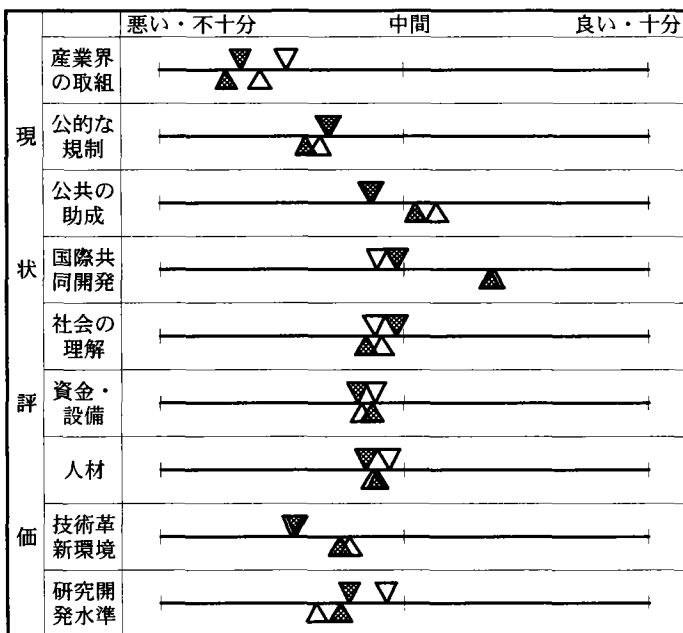
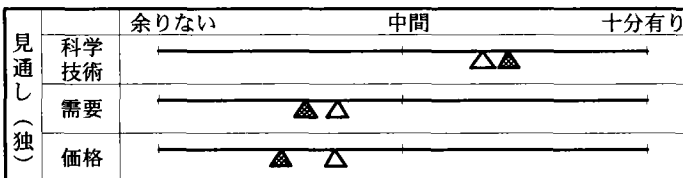
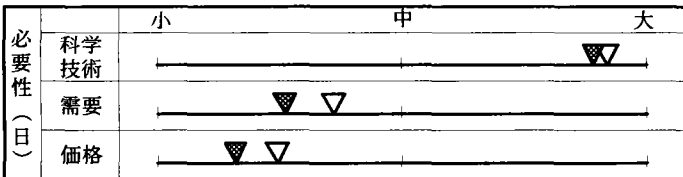
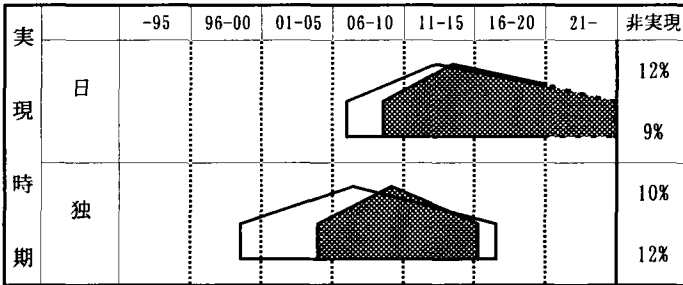
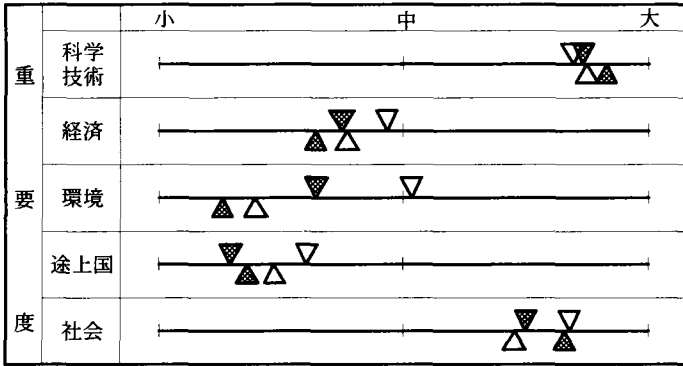
独のコメント (例)

- ①動物実験が必要。しかし、無侵襲のイメージング基盤（課題315参照）の強化は活動の実現性または速度を高めるだろう。
- ②思考は単純なニューロン活動に限定されない。
- ③減少のきざし。
- ④思考プロセスは個々のニューロンの活動によって引き出されるわけではない。

ライフサイエンス [脳機能]

325: 患者が自分の病気に立ち向かう意志を持つというような精神面の対応が、病気の進行に影響を与えることが、はじめて科学的に解明される。

専門 度等		R1			R2				
		人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日		87	17%	30%	53%	60	25%	17%	58%
独		65	18%	25%	57%	61	13%	25%	62%



日本のコメント (例)

- ① 東洋医学的であるが大変重要である。
- ② 果して科学になるだろうか。
- ③ 「影響を与えない」という結論が出るかもしれないと思って回答した。何故なら、これは基本的に「個人差」の問題が大きいからで、ここを統計的に処理していいのであろうか？
- ④ 神経系（精神面も含む）と免疫系、内分泌系とのネットワークはすでに一部明らかである。
- ⑤ 脳の視床下部の機能と免疫の関係が明らかになりつつあり、重要な研究課題であり解明すべきである。
- ⑥ 今後解明されるべき、大変重要な課題である。
- ⑦ 質問をより具体的にしてみました。—精神活動の亢揚ないし集中的な脳活動が免疫系にどのように影響を及ぼすか？
- ⑧ 自然環境や社会環境が脳と心の状態に影響を与えその結果疾病罹患率が変化するといった、情動ストレスと精神疾患・癌や血管系疾患との間の、因果関係はすでに確立している（文献例は下に）。これを脳科学的に解明するのはそんなに困難ではない。Bennet, G. (1970) Bristol bloods 1968. Controlled survey of effects on health of local community disaster. Brit. Med. J. 3

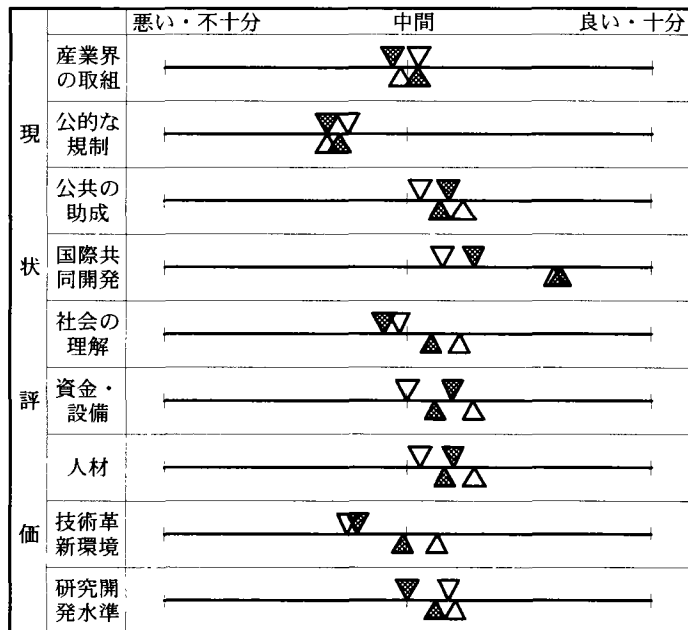
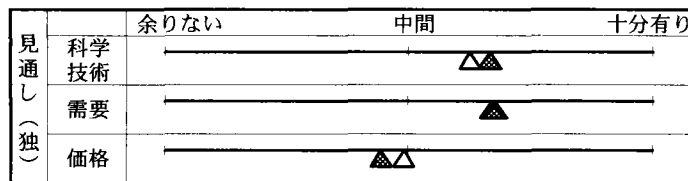
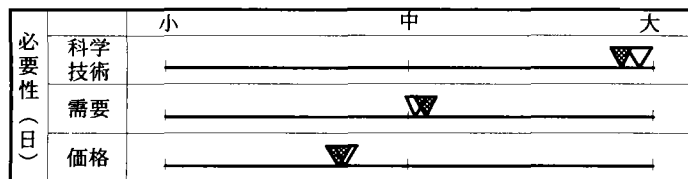
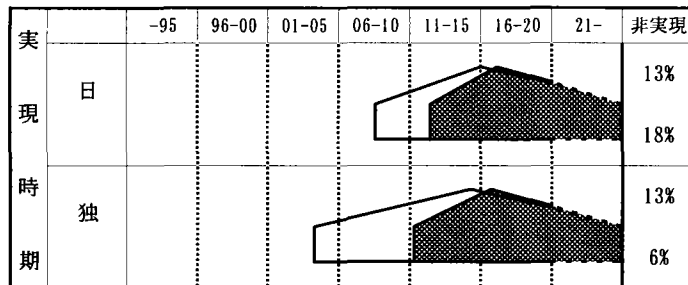
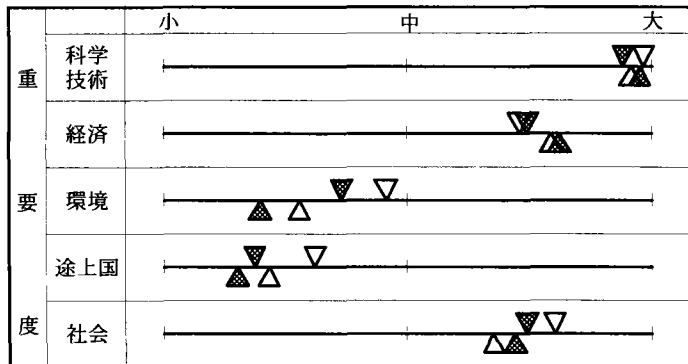
独のコメント (例)

- ① すでにある！
- ② 一般的な生命の経験と同じなので、余分である。
- ③ 経過よりも発病の方が大きく影響する（予防）。
- ④ 保健関係のコストダウン。
- ⑤ 重要。

ライフサイエンス [脳機能]

326:人間の記憶、認識、学習、さらに創造的な能力のメカニズムが解明され、このメカニズムをコンピュータサイエンスのモデルに使うことができるようになる。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	92	47%	18%	35%	61	54%	21%	25%
独	78	23%	29%	47%	67	18%	34%	48%



日本のコメント (例)

- ①小さな断片 (知見の) をヒントにしたモデルは可能。
- ②動物のメカニズムでもコンピュータサイエンスへの転用は十分と思う。
- ③基礎的なメカニズムの解明はできるかもしれないが、創造力を持ったコンピュータは難しい。
- ④創造能力のテストはどうするのか？
- ⑤サル、チンプでの分析的な研究をつづければ出来る。創造性のテストをつくらねばならない。
- ⑥日本コメント②：より具体的なステップを、つまり動物の能力の応用を経て、次段階として「創造的能力」のコンピュータサイエンス部門での応用へ至るべきだと思う。
- ⑦この方面の研究は重要である。しかし、脳の特定部位のセクト的な研究体制は、発展をおくらせるだろうと思われる。
- ⑧他から得た知見に基づいて創造性をもつコンピュータ (機械) を開発する原理を研究するという課題は魅力的である。可能かどうかは別として。

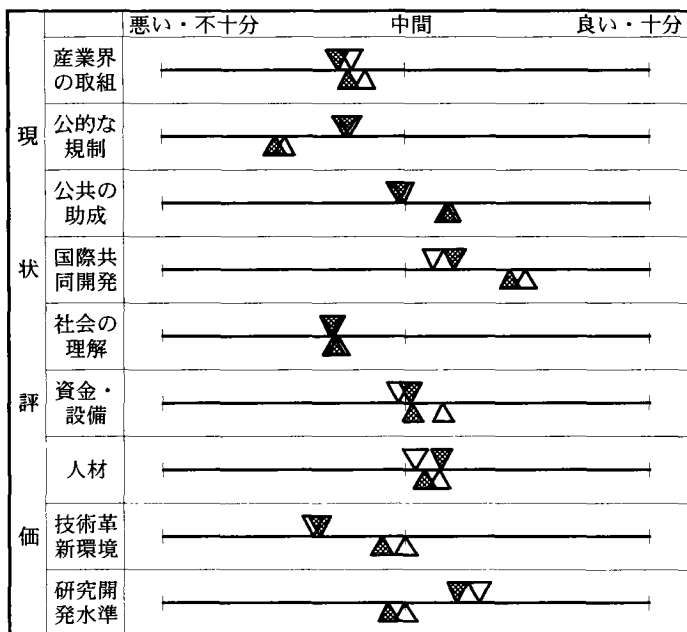
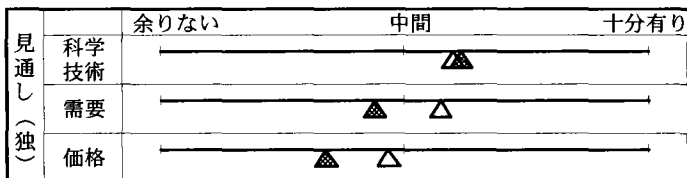
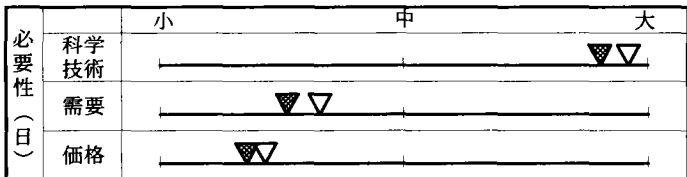
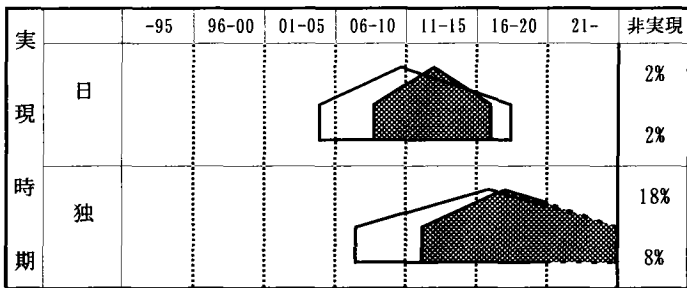
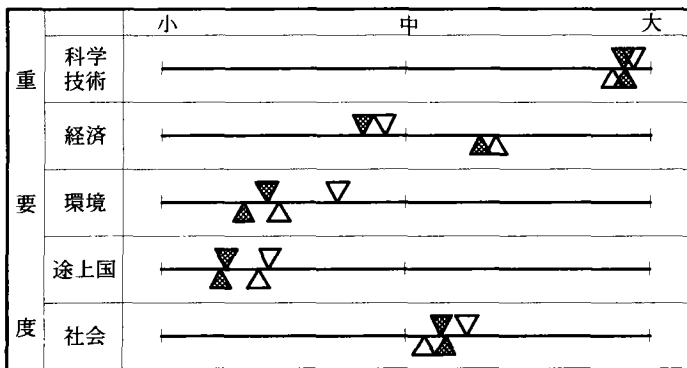
独のコメント (例)

- ①そのためには情報学を情緒的にする必要はあるだろう！

ライフサイエンス [脳機能]

327:モデル動物の脳神経系に関する、情報処理機能が見いだされ、そのメカニズムが解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	94	50%	21%	29%	63	52%	17%	30%
独	60	23%	28%	48%	55	16%	24%	60%



日本のコメント(例)

- ①動物種の特異性の解明が必要。
- ②モデル動物の確保が問題(できない)となっている。
- ③情報処理機能のうち、各処理段階での細胞の生理学的反応特性つまり各段階で外界がどのように表出されているかは解明されつつあると思う。しかし各段階で処理された情報がどう変換されて次のより高次の段階へ至るかは依然不明と思われる。(独①のコメントに対し)。
- ④情報処理内容による。脳全体には時間がかかるが、基本的なものは早い。
- ⑤信号処理メカニズム(神経回路網)は現在相当程度理解されている。しかし、観察されている神経信号が伝達する情報は殆ど不明である。これを解明するには、実験パラダイムを新しく開発する必要がある。これまでの実験を続けても飛躍的な理解は得られない。

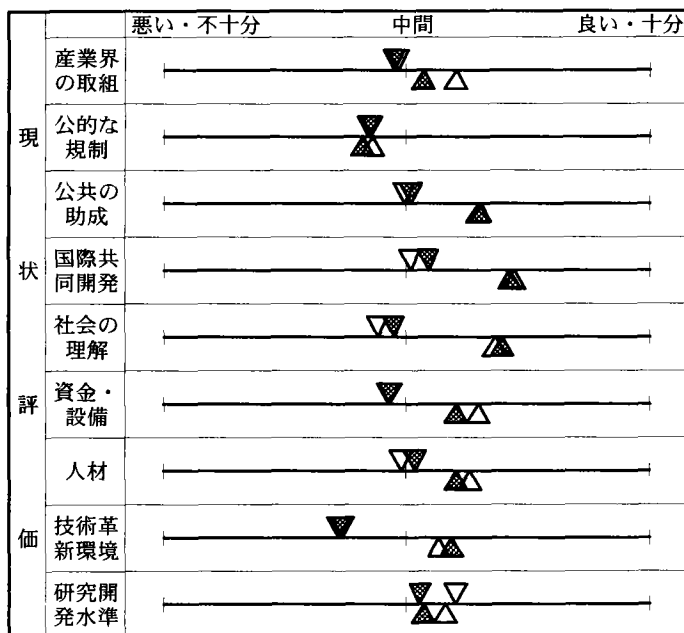
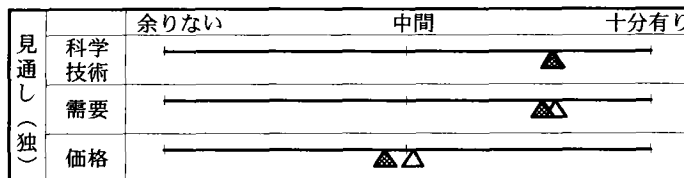
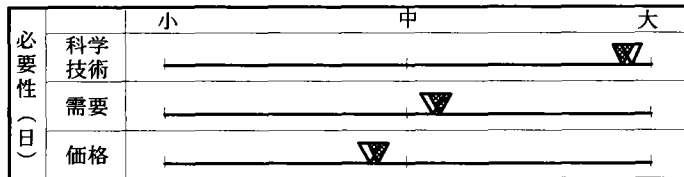
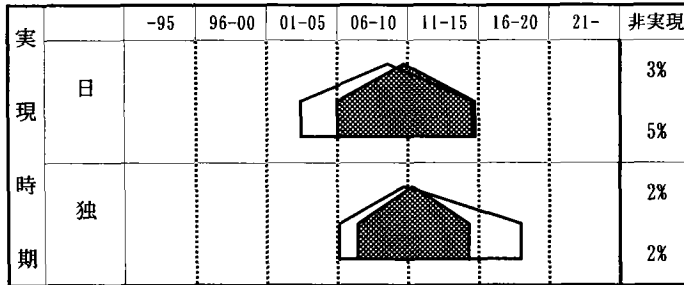
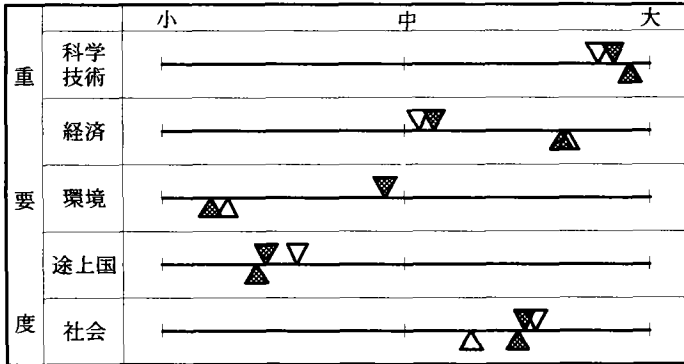
独のコメント(例)

- ①重要な基本メカニズムは全て解明された。

ライフサイエンス [脳機能]

328: 視覚認識メカニズムの解明が進み、それに基づいた視覚代行装置の研究が行われるようになる。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	90	40%	32%	28%	61	48%	20%	33%
独	67	18%	31%	51%	55	11%	27%	62%



日本のコメント(例)

- ① 視覚認識メカニズムの解明は進むが、それに基づいた視覚代行装置の研究はあまり行われないうる。
- ② 代行装置は神経再生や神経刺激の問題であって認識メカニズムは重要でない。
- ③ なぜ視覚のみをとりあげるのか。聴覚、嗅覚、皮膚感覚など「認知メカニズム」に関与する点では等しく重要。
- ④ 人間用か？工業用か？によって研究方向は違ってくる。人間用だとすると脳への対応も考慮する必要がある。
- ⑤ 代行装置の研究は重要で日本のコメント③と同意見。
- ⑥ 視覚代行装置の研究ではなく、たぶんロボットビジョンなどに利用される技術へと発展していくような研究が行われると思われる。

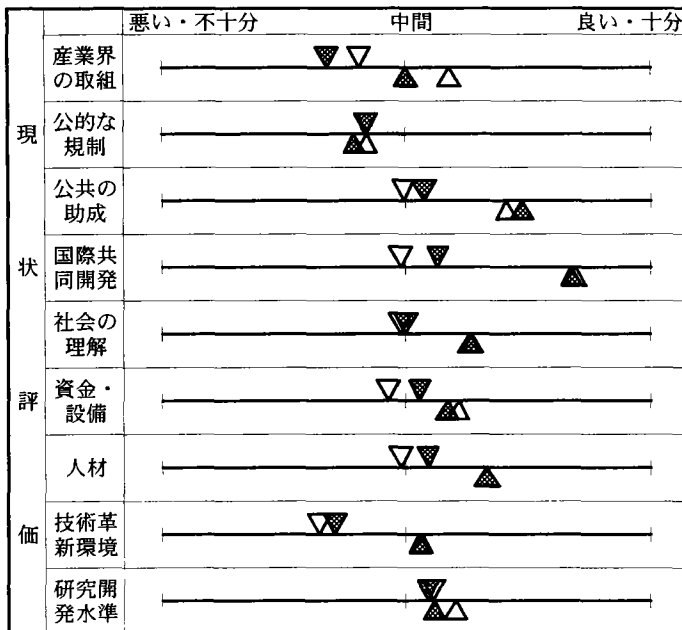
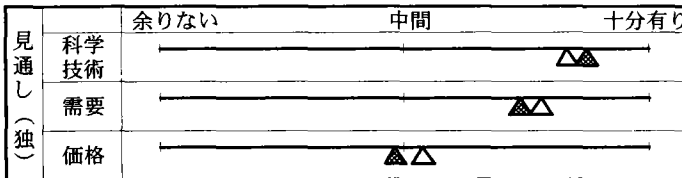
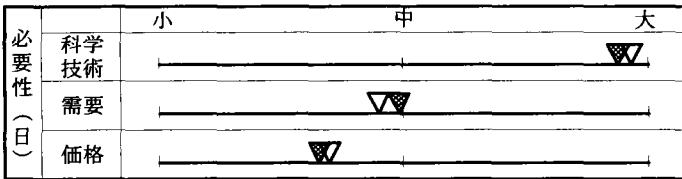
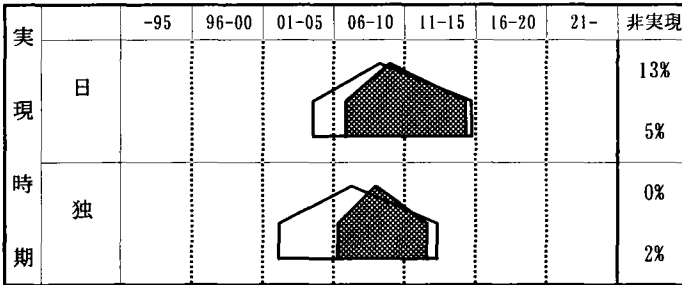
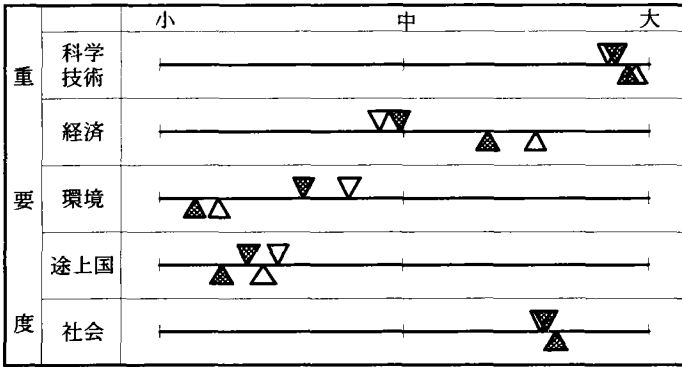
独のコメント(例)

- ① 義眼？サンプル識別の解明？
- ② 人間の補綴としてではなく、むしろ工業界のプロセス監視のために。
- ③ 工業用の「目」が可能。

ライフサイエンス [脳機能]

329: 損傷脳における神経再生を促進する技術が開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	88	26%	38%	36%	58	33%	29%	38%
独	83	30%	31%	39%	65	31%	28%	42%



日本のコメント (例)

- ①現時点では、基礎的研究レベルである。
- ②神経再生が可能か否かは、近い将来に分かるのかもしれない。
- ③現代成人病とのからみでこの技術の開発は必要である。
- ④種々の脳産生物質によるこの技術が進行中であり、重要課題である。
- ⑤NGF、BDNFなどの作用の研究がすすめばよい。
- ⑥独コメント③に同感します。しかし脳内物質の欠陥を単に補うためには移植、遺伝子組み換え等の技術導入も必要である。
- ⑦損傷を完全に治すことは事実上不可能。しかし、その人にとっての脳機能をほぼ元に戻すような神経再生を促進できる技術はかなり早く5～10年で達成できるであろう。
- ⑧科学研究としてその原理を知るのはよいが、治療技術として実用化に向けた開発研究は如何なものか。生命倫理上の問題も派生しよう。

独のコメント (例)

- ①脳部位に関係する。
- ②既に始まっている：パーキンソン/胚組織、培養。
- ③生物学的方法を技術的解決より優先すべきである。
- ④動物保護による妨害。

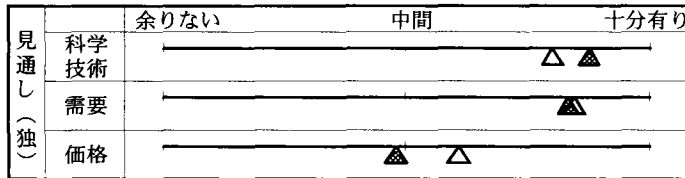
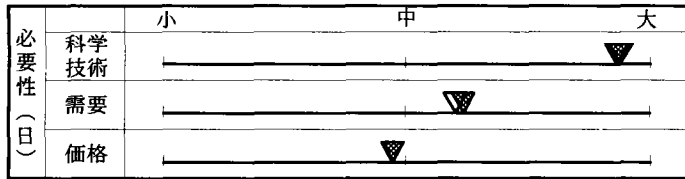
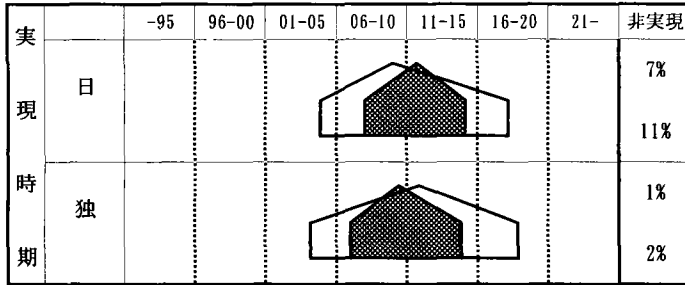
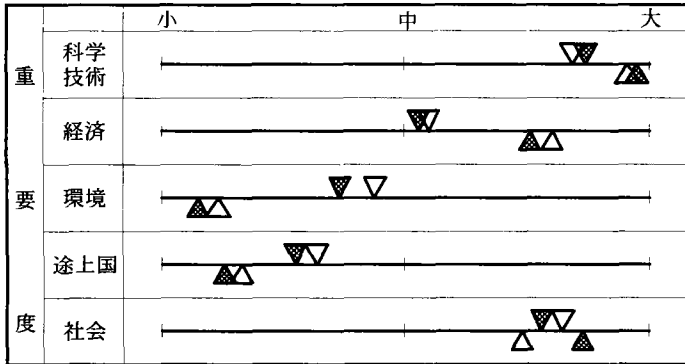
ライフサイエンス [脳機能]

330:神経により直接駆動できる人工筋肉や人工関節が使われるようになる。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	83	14%	37%	48%	59	19%	37%	44%
独	74	19%	27%	54%	62	13%	37%	50%

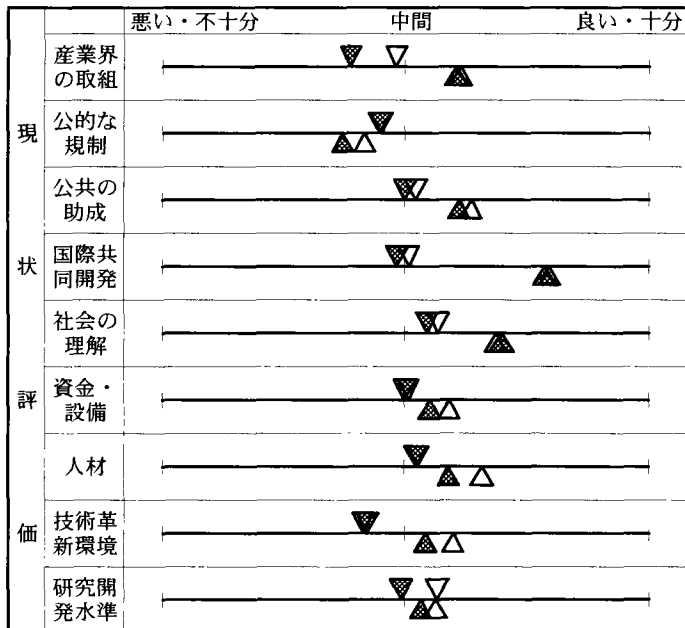
日本のコメント (例)

- ①神経と人工臓器とのインターフェースの開発と耐久性の獲得が課題と思う。
- ②義肢、義手という観点で重要な課題である。
- ③簡単にできるものではない。
- ④非常に特殊な需要であると思う。
- ⑤脊髄反射を代行するのは近い将来には無理であろう。非常に限定された機能に限って可能になるかも知れない。しかし現在までに、四肢の運動を制御する遠心性神経インパルスによって担われる情報（前後左右の運動とその加速度など）が全然理解されていない。



独のコメント (例)

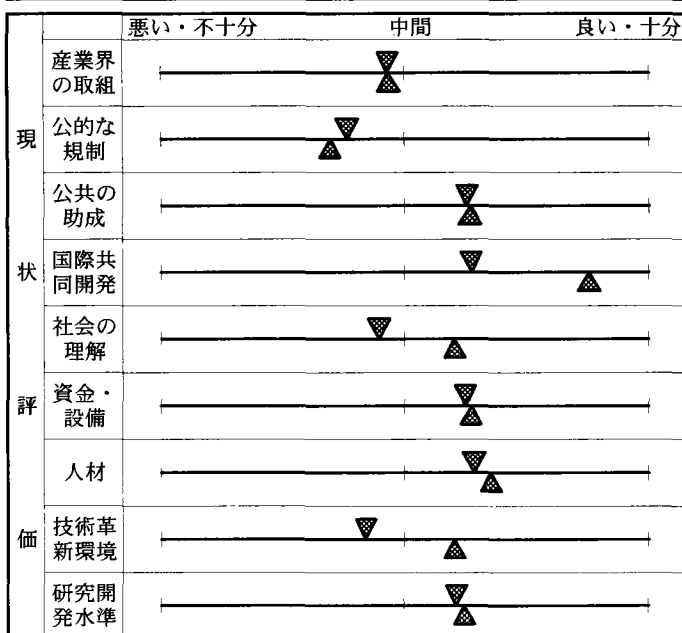
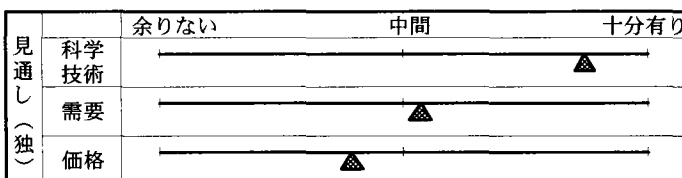
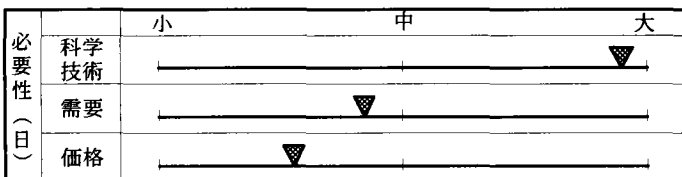
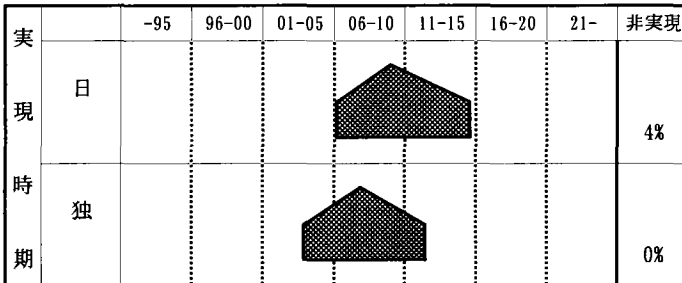
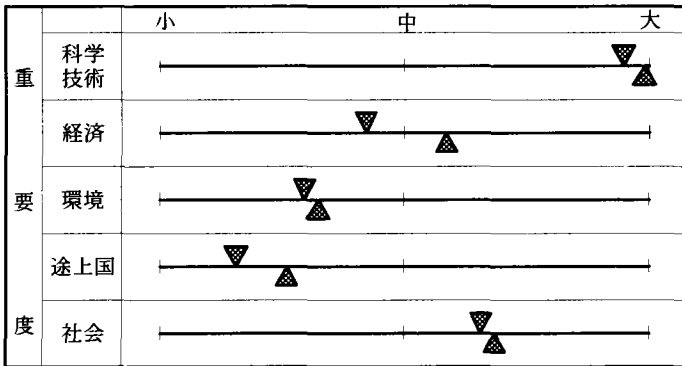
- ①私の見解では、関節自体は中枢神経系による直接の制御を受けない！



ライフサイエンス [がん (追加課題)]

331: 【追加課題】がんの転移のメカニズムが分子レベルで解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日					58	28%	33%	40%
独					54	24%	33%	43%



日本のコメント (例)

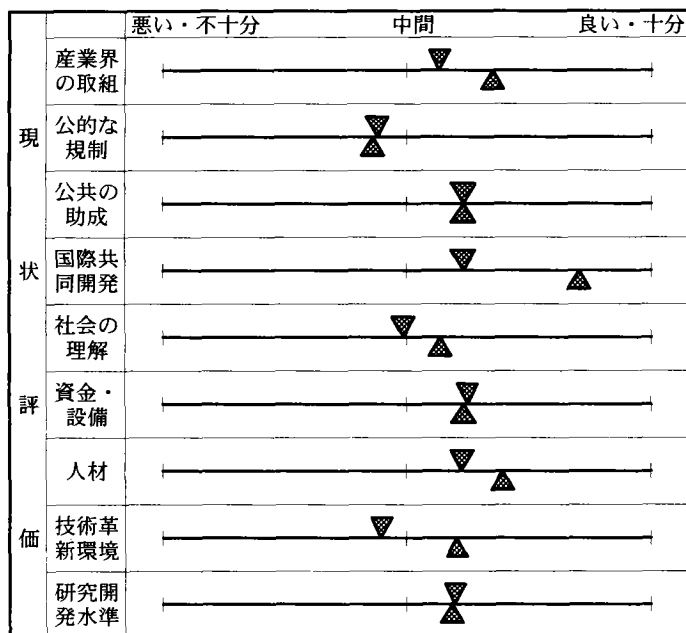
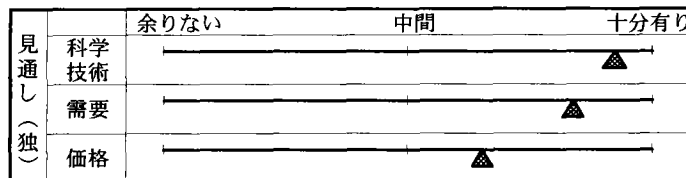
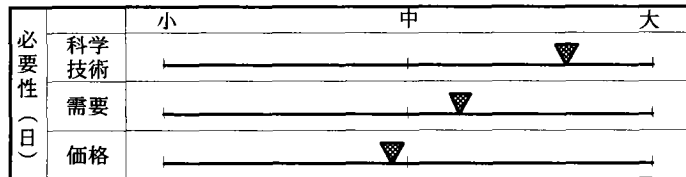
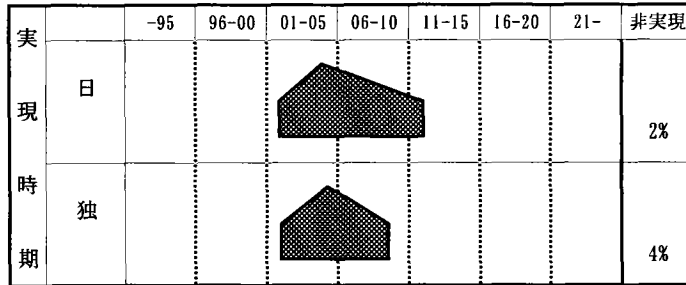
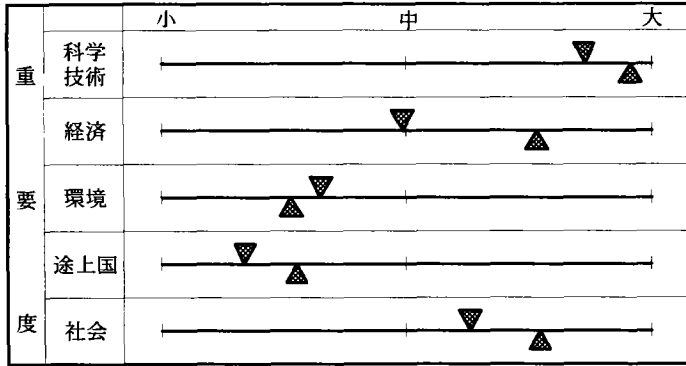
- ①急速に進展している分野であるのでかなりの成果が期待できる。
- ②個々のがんが異なるかも知れない。面白い課題です。
- ③共通のメカニズムについては解明されても、個別的ながん転移のメカニズムは分子レベルでは不可能に近い。
- ④ある程度の解明は進んでいるので、後は個々のデータをつなぎ合わせ、また、ガンの種類による差を考慮する段階である。ただし、まだまだ先は長い。
- ⑤分子レベルで解明されるのはがん転移のプロセスの一部である。
- ⑥分子レベルを関連物質探索としてのみにとどまらず、分子の生物作用にまで、踏み込んだメカニズム解明であってほしい。

独のコメント (例)

ライフサイエンス [がん (追加課題)]

332: 【追加課題】がんのDNA診断が普及する。

専門 度等	日 独	R1			R2				
		人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
	日					60	30%	25%	45%
	独					54	22%	31%	46%



日本のコメント (例)

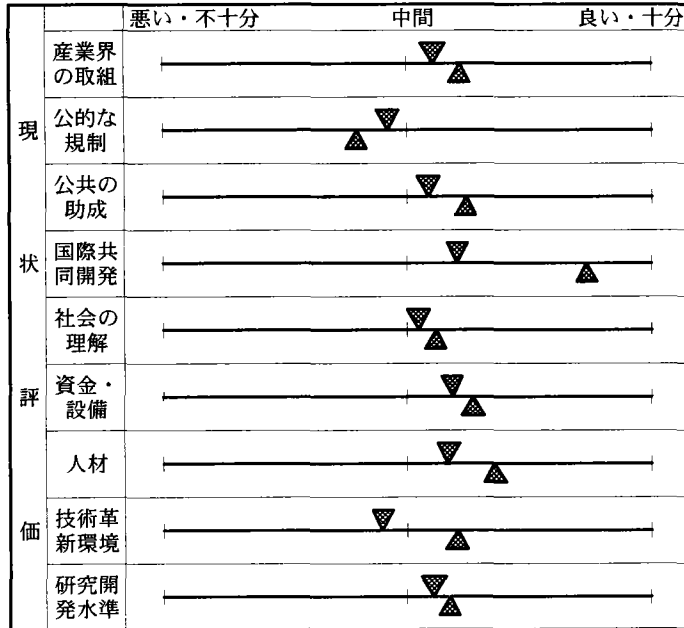
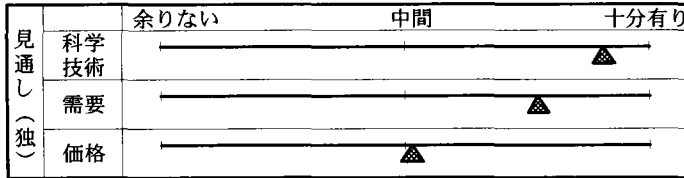
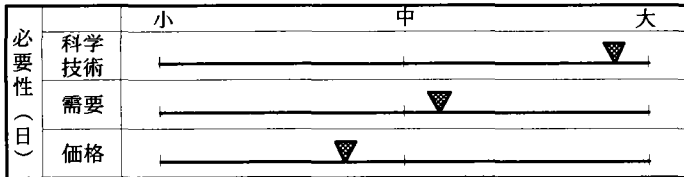
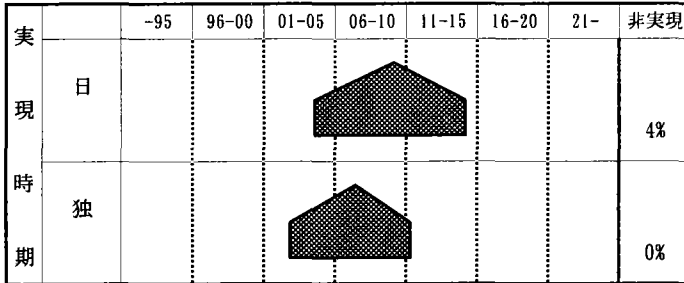
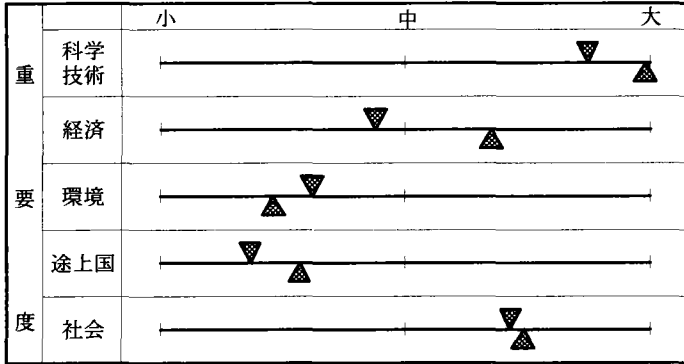
- ①現在普及しつつあり時間の問題、データの相互利用のシステムを普及させることが重要。
- ②普及するには手軽にできる方法の開発が必要でありそれには時間がかかる。原理に基づいた各種の技術はかなり急速に開発されている。
- ③プライバシー保護の問題、生命保険や健康保険等の問題。社会的差別を生むことなど多くの問題が出てくると思われる。
- ④もうできるところにある。問題は何をどこまでやるかで科学行政より保健行政の問題（特にコスト的な）だろう。
- ⑤治療するのに診断は不可欠であろうが、治療法がないまま診断のみを下せば、既に米国で問題となっている事を徒らに世界に広めるだけなのではなかろうか。
- ⑥従来の「ガン診断では灰色の部分でDNA診断では白黒をはっきりさせることができる」という宣伝文句が、現在定着しつつあるが、何年か先には、やはりDNA診断が示す灰色の部分の存在の発見に終わるような気がします。
- ⑦HLAが支配的な場合は、DNA診断が有効かもしれないが、むしろ倫理的な側面（プライバシーの侵害等）の配慮・対策が必要である。

独のコメント (例)

ライフサイエンス [がん (追加課題)]

333: 【追加課題】がんの定性的な違いを認めた上で、特別ながん治療薬が開発される。

専門 度等	日 独	R1			R2				
		人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
	日					51	20%	27%	53%
	独					57	28%	32%	40%



日本のコメント (例)

- ①「がんの定性的な違い」が必ずしも新薬の開発には結びつかないことも考えられる。
- ②きわめて難しい。
- ③一部のがんには開発される。
- ④がんの複雑性、多様性から考えて、効果的な治療薬の開発には困難を伴う。

独のコメント (例)

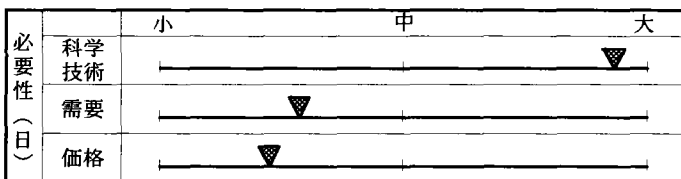
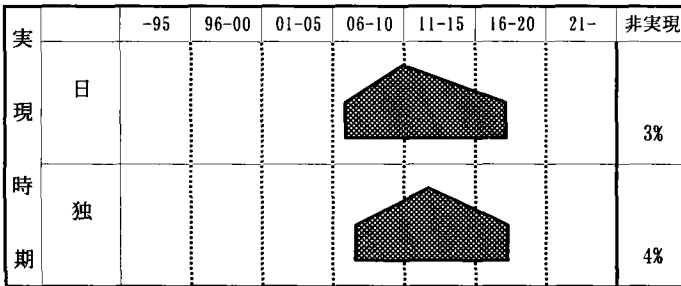
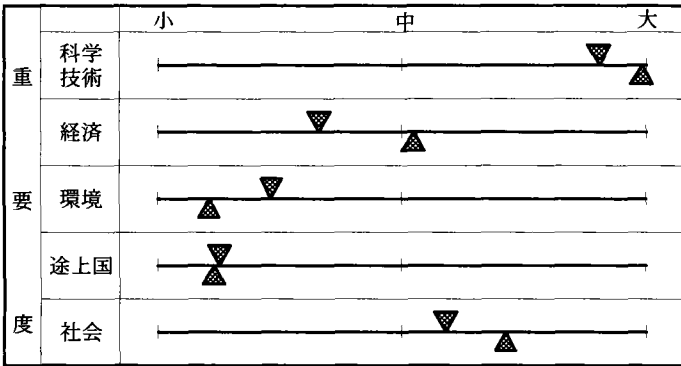
ライフサイエンス [脳機能 (追加課題)]

334: 【追加課題】 記録、記憶の保持、想起に特異的な神経過程の同定が可能になる。

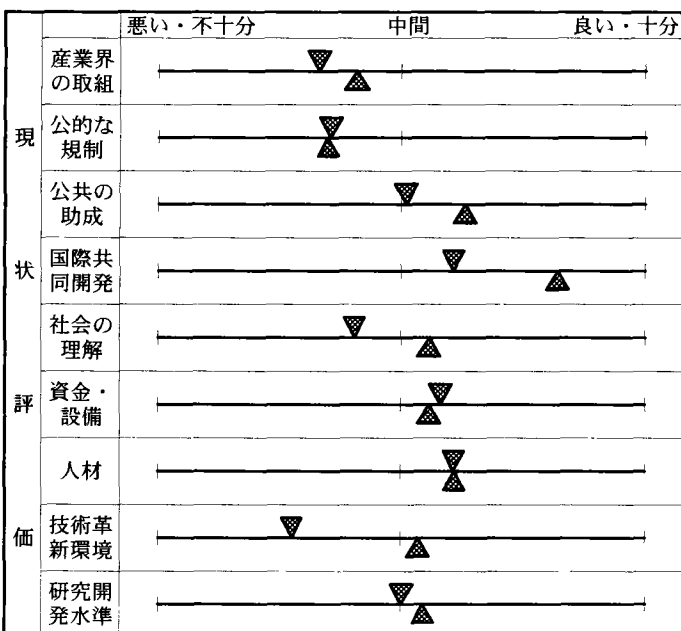
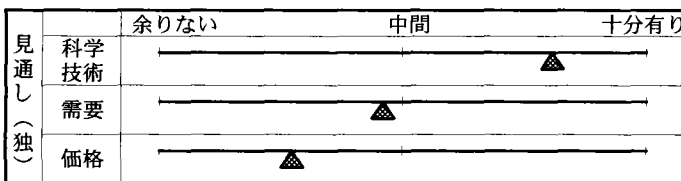
専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日					60	43%	27%	30%
独					59	27%	32%	41%

日本のコメント (例)

- ①行動と脳との関係についても重要と思う。
- ②神経生理学的、神経化学的研究が必要。
- ③脳部位レベルで同定が可能になろう。どの遺伝子が活性化され、どのタンパクの機能がそれを担うかまでは一層遠い。



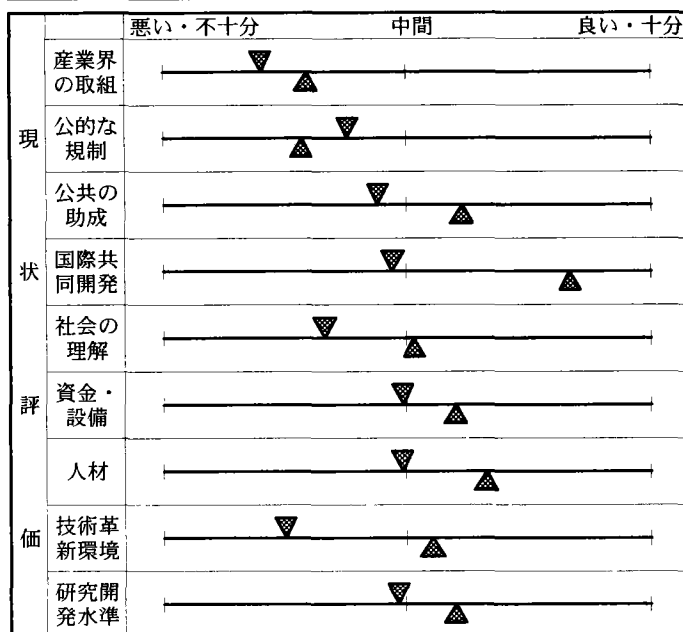
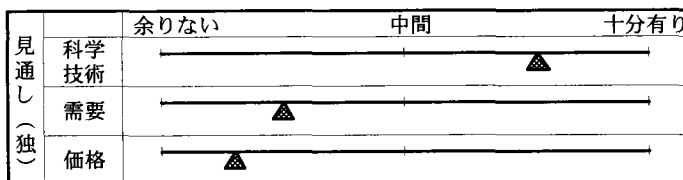
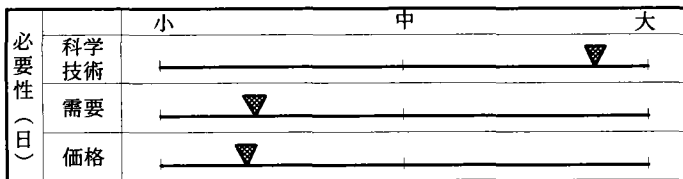
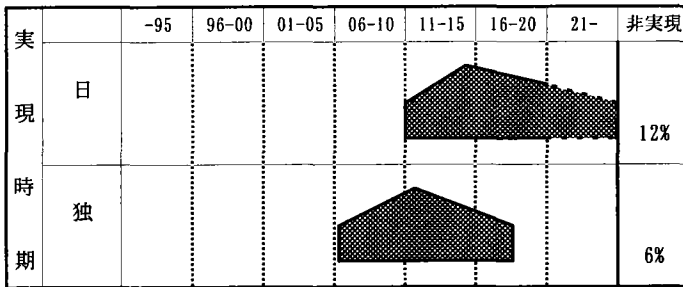
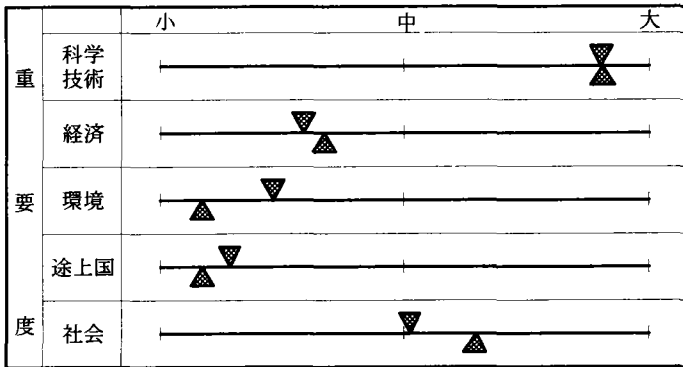
独のコメント (例)



ライフサイエンス [脳機能 (追加課題)]

335: 【追加課題】成体脳の構築が解明される。

専門 度等	R1			R2				
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日					52	46%	29%	25%
独					55	27%	47%	25%



日本のコメント (例)

- ①脳研究は今後の重要な、産業上の課題でもある。脳に近いコンピュータの実現の為に成体脳研究は不可欠。
- ②脳の真の機能を解明するための必要条件である。
- ③「成体脳の構築」とは出来上がった回路の内容を知ることか？その意味で回答した。

独のコメント (例)

- ①サイバネティックスや技術的記憶システムに対して決定的な影響は与えないであろう。

5.3.2 総合コメント例（ライフサイエンス分野）

日本の総合コメント

①生物学分野では、より複雑な系を解析する技術の開発が重要です。現在の技術開発振興政策はその点を無視しています。ゲノムの解析、分子機構の解明はただ「生物情報」を無数に増やすためのものでしかありません。癌も脳機能も「複雑系」としてとらえるべきで、そのための技術開発が進められることを強く望んでいます。

②課題は脳関係に関し、大きく4つに分類できた。細胞レベルでの精緻な反応特性、動物脳の活動特性、人脳の活動特性、脳活動のコンピューターサイエンスによるモデル化である。これは従来の研究課題をより進め、深い理解と具体的な作動原理を追求しようとしていると思われる。しかし4つの分類課題間にまたがる研究テーマがやや乏しいような気がする。例えば細胞個々の反応特性がどう“連携”したら、より生物学的な反応が説明されるのかななどである。脳も自然界に形成された器官である以上、それが空間的・時間的情報処理をしていると思われる。特に時間的情報処理はつきつめれば記憶と強く関連し、またより具体的な例としては言語理解とも関連する。連続して入ってくる外界情報をどのように関連づけることにより、生物学的に意味をなす理解に導かれるのであろうか。視覚に関してですらこの時間の問題は重要と思われる。例えば、文字を見て内容を理解するには視覚情報を時間軸をふくむ言語情報に置き換える作業が必要であると考えられるが、その機構の解明は、どちらかといえば未だ表面には現れてこない課題である。

③21世紀の科学は、20世紀に解明された局所的な知識が（分子の反応や受容および時間的に短い反応）を、総合化するものであってほしいと思います。「がん」について言うならば、発がん物質や発がん遺伝子の研究からいかなる環境におかれたどのような個体が、発がんし又脱がんするかというメカニズムを解明する方向へ進んでいただきたい。又、「脳」について言えば、現今莫大な科学研究費の受与にもかかわらず局所的な情報伝達のみを目をとめた研究が多いように思います。情報を処理するためにはどういうメカニズムでないといけないのか、これを研究すれば、コンピュータに限らず応用の幅は広いと思います。上記の点で設問には答えにくく又、不適当なものが多かったと感じました。

④研究でも解明を目指すものと開発を目指すものがある程度分けて考える必要があると思います。解明を目指すものは公的資金で比較的早く行えるのに対し、開発を目指すものは額も大きいため、民間の資金をあてにしなければなりません。民間の資金はリターンを考える資金なので、リスクを低くする公的補助や規制の緩和（の強化？）が必要だと思います。よいシステムを考えてください。癌の解明に関しては伝統もあり、ゲノムプロジェクトを背景に細胞増殖と遺伝子発現の制御の詳細と、生体の分化発生のメカニズムがわかることで21世紀前半に達成されると思います。しかし治療の開発となると個々の積み重ねで遅々として進まないと思います。癌を自在に治療できるようになるということは、人間を自在に改変できるということとほぼ等価なので容易ではありません。ねばり強い広い産業ベースをもった開発が必要だと思えます。

⑤現実として、“がん”も“脳”も老化とともに重要な問題であることは、疑う余地がない。病気の進行においては精神的な影響がかなり重要であると思われる。精神を非科学的とするコメントが一部みられたが、この非科学的なものを科学的なものとするための基礎作りも重要ではないのでしょうか。おそらくここに出ている設問の答えが将来、この問題を科学的な解明へと導いてくれるものと信じています。

⑥動物の研究も、モデルによる研究も究極的には、「人間の解明」に対する課題であり、この中に、産業的にも重要なテーマが含まれてくる。従って、基礎研究を重視すべきであり、人の為の科学研究費、研究体制の強化が求められる。特に、人間の脳機能を非侵襲的に計測する技術は重要であり、一般に装置が高価すぎるので、相互に利用し、情報交換できる体制を、国や学会で組織していくべきである。

5.3.3 日本の未来技術年表（ライフサイエンス分野）

実現予測年	課 題
2003	317:多数のニューロンの活動を同時かつ長時間（数日間）連続して記録できる実験技術が開発される。
2004	309:全身のがんの位置を探し、がんの転移を診断するための3次元イメージング技術等の臨床診断技術が実用化される。 314:がん治療に関するデータベースが完成し、普及する。
2005	306:周知のがんのリスクファクター（例：喫煙）を回避するための有効な手段が開発される。 316:ヒトの高次脳機能活動が無侵襲で高い空間解像度で観察できる技術が開発される。 332:【追加課題】がんのDNA診断が普及する。
2006	319:海馬長期増強と長期抑圧の分子機構の全貌が解明される。
2007	301:細胞ががん化におけるシグナル伝達などのメカニズムが分子レベルで解明される。 308:ゲノム研究が、がんの診断の最適化、がんの予防、そしてがんの治療の新しい戦略開発（遺伝子治療）のために応用される。
2008	315:ヒトの脳活動に伴う分子レベルの変化を無侵襲で観察できる技術が開発される。 318:シナプス可塑性と記憶との関係が解明される。
2009	311:特定がんについて生物学的に基づいた遺伝子治療法が開発される。
2010	303:日常生活（食物、大気環境等）の中で発がんを促進する要因の疫学的に重要な作用機序が科学的に解明される。 305:発がん過程における細胞間相互作用機構が解明される。 310:早期診断が進歩して社会に一層受け入れられるようになり、全がん患者の3分の2以上が5年以上延命される。 329:損傷脳における神経再生を促進する技術が開発される。 331:【追加課題】がんの転移のメカニズムが分子レベルで解明される。 333:【追加課題】がんの定性的な違いを認めた上で、特別ながん治療薬が開発される。
2011	312:短期間でがんの転移を防ぐことのできる有効な手段が臨床に応用される。 328:視覚認識メカニズムの解明が進み、それに基づいた視覚代行装置の研究が行われるようになる。 334:【追加課題】記銘、記憶の保持、想起に特異的な神経過程の同定が可能になる。
2012	304:器官ごとのがん罹患率の地理的分布が起こる主な理由が解明され、地理条件の異なる地域で特定の種類のがんの増加の対策が講じられるようになる。 330:神経により直接駆動できる人工筋肉や人工関節が使われるようになる。
2013	302:同じリスクファクター、同じライフスタイル、同じ精神的負担であるにもかかわらずがんにかからない人がいるが、このような人のがんに対する抵抗力のメカニズムが解明される。 320:脳の神経回路網形成のメカニズムが解明される。 327:モデル動物の脳神経系に関する、情報処理機能が見いだされ、そのメカニズムが解明される。
2014	321:睡眠と夢見の神経機構が解明される。
2015	307:特定がんの発がんの予防にワクチン療法が利用される。 322:脳の並列情報処理の統合機構が解明される。 325:患者が自分の病気に立ち向かう意志を持つというような精神面の対応が、病気の進行に影響を与えることが、はじめて科学的に解明される。 335:【追加課題】成体脳の構築が解明される。
2017	326:人間の記憶、認識、学習、さらに創造的な能力のメカニズムが解明され、このメカニズムをコンピューターサイエンスのモデルに使うことができるようになる。
2018	313:自己のがん細胞を正常化して組み込んだ人工臓器が実用化される。 323:人間の言語活動の神経生理学的基礎がほぼ解明される。
2020	324:脳のニューロン活動と思考過程との間の関係がほぼ解明される。

6. 環境分野

6 環境分野

6.1 ごみ処理技術とリサイクル

6.1.1 技術の現状紹介

ごみが処理される過程をごみの流れにそって大別すると、ごみを集めて運搬する「収集・運搬」、焼却、選別、無害化等の「中間処理」及び「埋立処分」(最終処分)となる。現在、都市部におけるごみ処理では、埋立地の確保が困難になり、このため、現在のごみ処理の最大の課題は、ごみを安定化させるとともに、いかに減容、減量化して埋め立て量を減らすかにあるといっても過言ではない。したがって、ごみ処理に関する技術開発も減容、減量化に主眼がおかれている場合が多い。

また、ごみの焼却で発生するダイオキシンや産業廃棄物の不適正処理による土壤汚染等ごみ処理に起因する環境汚染も問題化しており、汚染の抑制技術も重要課題である。

さらに、近年、地球環境の保全の観点から省資源、省エネルギーが社会的に要求され、ごみの処理の分野においても、「資源循環型社会の形成」が強く求められているなかで、リサイクル技術、選別技術の動向が注目され、この点に関する技術開発の動きも大きい。

最近のごみ処理技術を以下に列挙する。

① 焼却

我が国では都市ごみの約7割が焼却されている。一日の処理量約100 t以上の大型の焼却炉はほとんどが連続燃焼式であり自動化の程度も年々進んでいる。ごみを効率的に焼却する他に、最近の焼却炉は発電等のエネルギー回収も進んでおり、回収率の向上が技術的に大きな課題である。

② プラスチックの油化

プラスチックを300～500度で熱分解して、重油、灯油等に相当する燃料油や工業化学原料を回収しようとする技術である。基本の技術としては、以前から知られていたが、回収油の性状が実用に耐えうる段階ではなかった。最近では、石油精製における触媒技術等の応用により、格段に良好な油が回収されるようになりパイロットプラント規模の実験が進んでいる。ごみ処理の手段として考えた場合には、多様な種類のプラスチックに適応できること、スケールアップ性、稼動安定性の向上などが今後の技術的課題である。

③ 焼却灰の熔融技術

ごみを焼却した残燼物である焼却灰を、さらに千数百度の高温で熔融し固化する技術である。これにより、焼却灰の減容化がさらに進み、埋め立て容積が少なくすむほか、含有されている重金属類についても封じ込め作用により長期的な安定化が期待される。日本では、特に埋立地が逼迫化しているため、焼却灰をさらに減容化することが有効であり、焼却灰の熔融が焼却施設の付帯設備として採用されつつある。今後、広く普及するためには、稼動の安定性、電力等必要なエネルギーの省力化などが課題である。

④ 固形燃料化

紙、プラスチック等のごみの中の焼却可能な成分を、一定の形状に固化、形成する技術である。固化物はごみに比べて運搬・貯留性が向上するとともに、品質が均一化され、燃焼管理が容易になる。このため、熱回収効率の向上が図れるとともに、ごみ焼却施設以外でも燃料として広く使われることが期待される。

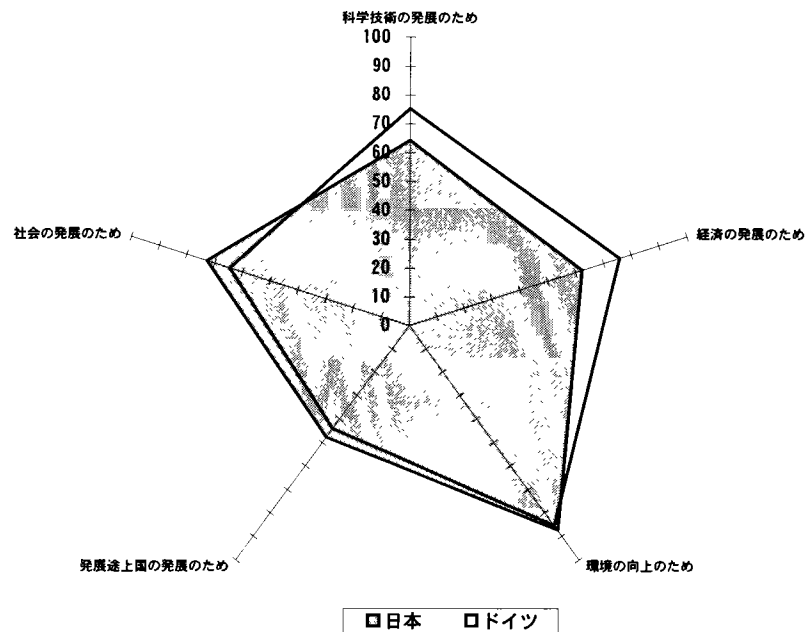
⑤ ごみの管路運送技術

ごみの処理の過程で最も人力に頼らざるを得ないのが、ごみの収集及び運搬の工程であり、処理費用に占める割合も大きい。ごみの管路運送はオフィスや共同住宅等ごみが集中的に発生する場所から圧搾空気や真空力により処理施設へごみを衛生的に運搬する技術であり、将来の都市機能として注目されているが、機械的な安定性や施設経費が大きいなど技術的に解決すべき課題も多い。

6.1.2 重要度評価にみられる一致点と相違点

図 6.1-1は、重要度評価の各項目について全課題の平均値を表示している。各項目について日独比較をすると、「科学技術の発展のため」と「経済の発展のため」はドイツが高く、「環境の向上のため」は日独ともほぼ同じ、「発展途上国の発展のため」と「社会の発展のため」は日本が高い。

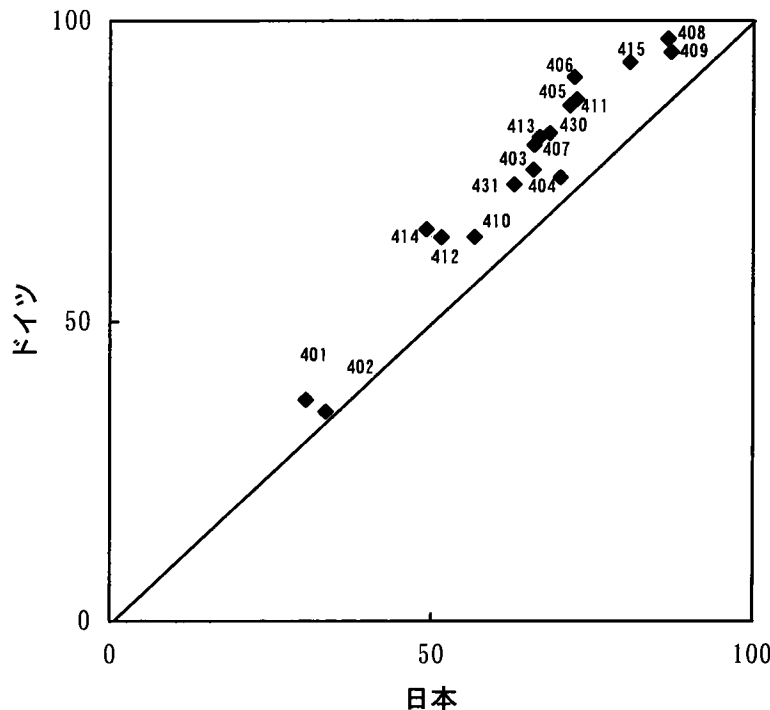
図 6.1-1 重要度の日独比較(ごみ処理技術)



「科学技術の発展のため」については、全体的にドイツが高くなっているが、課題毎の傾向は日独でよく一致している(図 6.1-2)。「401:どのようなごみも自動的に分類する小型の家庭用ごみ箱の普及」(日 31, 独 37)及び「402:住宅、オフィスビルのごみの管路収集システムの普及」(日 34, 独 35)という、ごみの収集・運搬に関する課題については、日独ともに低いですが、その他の課題を見ると、全て日独ともに50以上の値になっている。「408:問題のある化学物質の生物学的な製品に代替される」、「409:在来の天然材

料を工業原料に変換する新方法等の開発」のような代替資源の課題については、日独ともに科学技術の発展のためについて重要性が高いとしている。

図 6.1-2 重要度(科学)の日独比較

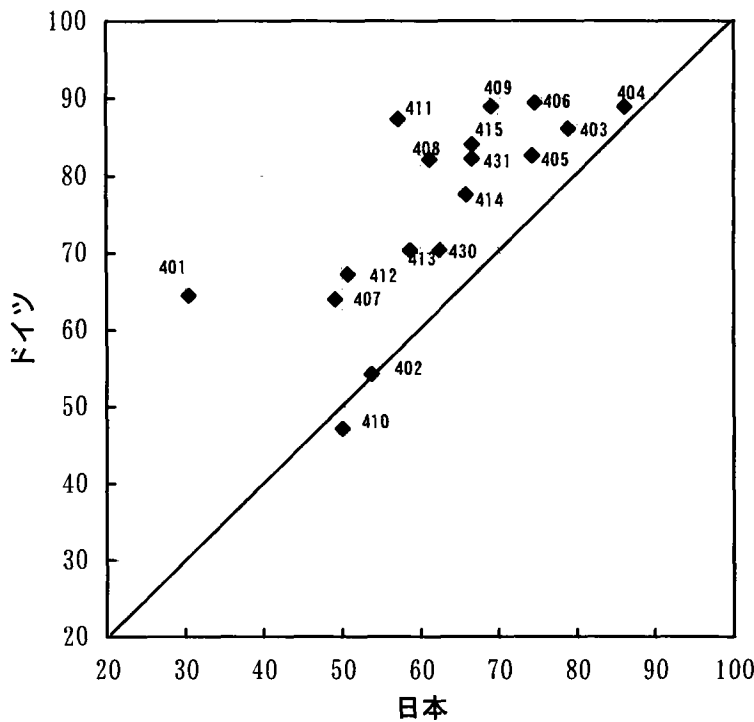


次に、「経済の発展のため」についてみると、全体的にドイツの方が日本よりも高なっている(図 6.1-3)。両国で重視された課題としては、「404:有価物に関する環境保全やリサイクルのための工業基準の導入」(日 86、独 89)、「403:都市ごみから有価物を分別・分離しリサイクルできるように構成されることの一般化」(日 79、独 86)、「406:資源の循環経済が確立して、ほとんどの材料がリサイクルされる」(日 75、独 89)及び「405:プラスチックが混合物としても多様にリサイクルできるように構成されることの一般化」(日 74、独 83)というリサイクルに関する課題が挙げられる。

また、日独の値の差が大きいものには、「411:人工知能を用いた自動都市ごみ焼却システムの実用化」(日 57、独 87)、「408:問題のある化学物質の生物学的な製品に代替される」(日 61、独 82)、「409:在来の天然材料を工業原料に変換する新方法等の開発」(日 69、独 89)等がある。

このように、「ごみ」の課題について、日独の「経済の発展のため」に対する認識の差が大きくなった理由について、ドイツの専門家は、ドイツには、環境対策の実施に経済効果が伴うという意識があり、また、日本には、環境対策には必要に迫られて経費を支出しているという意識があるためではないか、と国際コンファレンスのプレゼンテーションの中で述べた。

図 6.1-3 重要度(経済)の日独比較



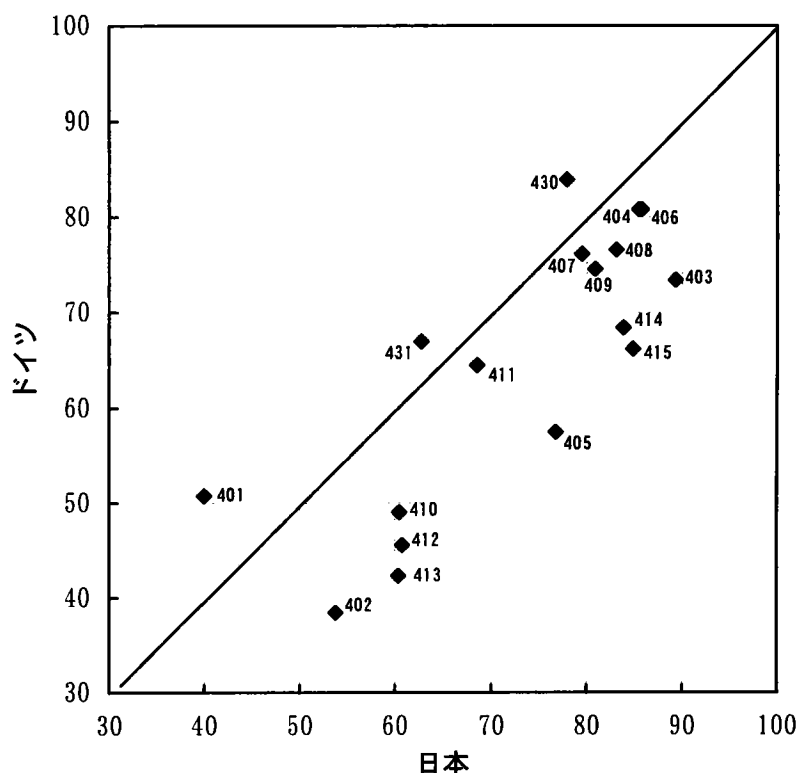
また、この専門家は、「403:都市ごみから有価物を分別・分離しリサイクル可能とする経済的方法の実用化」(日 79、独 86)に関連して、ドイツでは「グリーンポイント・システム」があり、このシステムによりリサイクルされる包装材の割合が増えてきているが、これは規制の強化であって、これまでの焼却や埋め立てよりも消費者の負担が大きく、将来的に見てもまだまだコスト高であると指摘した。

「環境の向上のため」については、日独で特に大きな差のあるものではなく、分野の性格から全体的に高い値になっているが、その中でも「415:大規模に汚染された土壌の微生物利用による浄化実現」(日 98、独 97)を日独ともに最も高く評価しており、それに続いて「406:資源の循環経済が確立して、ほとんどの材料がリサイクルされる」(日 97、独 94)及び「404:有価物に関する環境保全やリサイクルのための工業基準の導入」(日 94、独 96)のような資源のリサイクルを促進させる社会システムの確立、並びに、「408:問題のある化学物質の生物学的な製品に代替される」(日 96、独 93)及び「409:在来の天然材料を工業原料に変換する新方法等の開発」(日 88、独 90)のような環境に優しい物質への代替に関する課題の評価が日独ともに高くなっている。

「社会の発展のため」については、評価の値は概して日本の方がドイツより高くなっている(図 6.1-4)。このうち、日独の値に大きな差があるものとしては、「403:都市ごみから有価物を分別・分離しリサイクル可能とする経済的方法の実用化」(日 89、独 73)というリサイクル技術に関する課題の中でも入門的な課題や、「415:大規模に汚染された土壌の微生物による浄化実現」(日 85、独 66)という微生物による汚染土壌の浄化、あるいは、「414:全ての廃棄物の発生から最終処分までを管理する地域情報管理システムの普及」(日 84、独 68)というごみ処理トータルシステムに関する課題を挙げるこ

とができる。

図 6.1-4 重要度(社会)の日独比較



6.1.3 日独の予測時期の比較

全課題の実現時期の平均は、日本 2008.4年、ドイツ 2007.3年でドイツの方が約1年早くなっている。日独の課題実現率の推移は図 6.1-5に示すとおりであり、ともに2002年頃から2017年までの約15年間で順を追って実現していくという点で共通であるが、一貫してドイツの方が先行する形である。

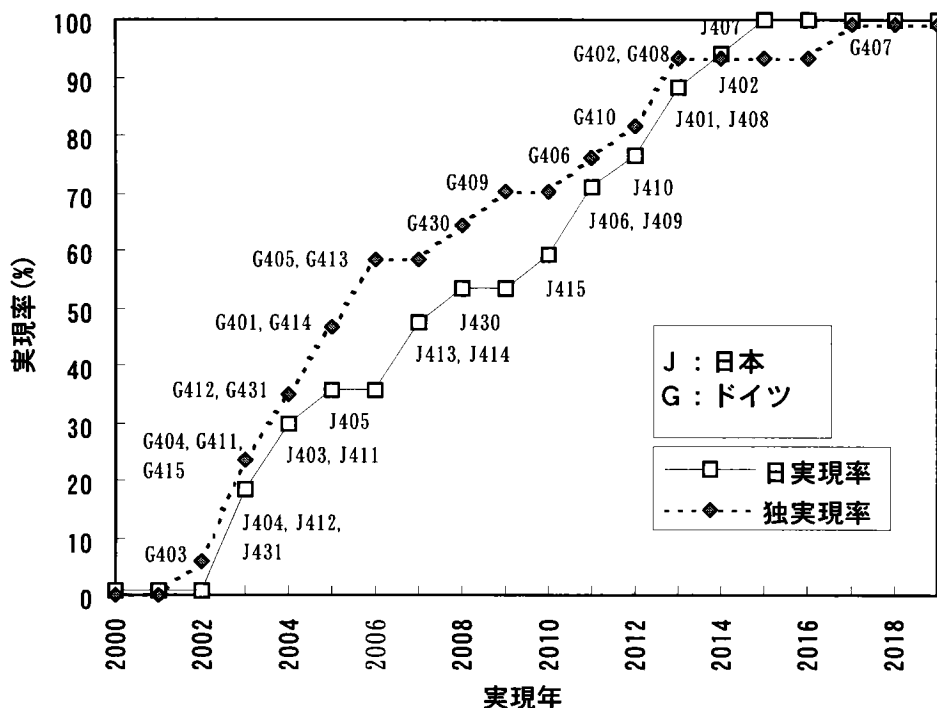
個々の課題を見ても、両国の実現時期は比較的良好に一致しており、差が大きかったのは「415:大規模に汚染された土壌の微生物利用による浄化実現」(日 2010年、独 2003年)、「401:どのようなごみも自動的に分類する小型の家庭用ごみ箱の普及」(日 2013年、独 2005年)の2課題である。

このうち、土壌汚染問題に関連して、重要度のところで触れたように、ドイツでは、こうした土壌汚染の微生物による浄化について、既に現実的な問題となっていることがドイツの専門家によって、国際コンファレンスの中で指摘され、このことが、ドイツの早期の実現時期の予測につながったものと考えられる。また、「401:どのようなごみも自動的に分類する小型の家庭用ごみ箱の普及」については、日本の回答者の約60%が「実現しない」と考えていることに現れているように、このような技術開発に対して否定的な意見が多い。

この分野の技術の展開としては、日独ともに、2006年頃までに「404:有価物に関する

環境保全やリサイクルのための工業基準の導入、「403:都市ごみから有価物を分別・分離しリサイクル可能とする経済的方法の実用化」、「405:プラスチックが混合物としても多様にリサイクルできるように構成されることの一般化」の様なりサイクル関連技術が実現すると考えられている。続いて、「414:全ての廃棄物の発生から最終処分までを管理する地域情報管理システムの普及」の様なりシステム化が進み、両国とも 2011 年には「406:資源の循環経済が確立して、ほとんどの材料がリサイクルされる」ようになると考えられている。

図 6.1-5 実現時期の日独比較(ごみ処理技術)



両国ともに実現が遅いと考えられているものとしては、「402:住宅、オフィスビルのごみの管路収集システムの普及」(日 2014 年、独 2013 年)、「407:製品(消費材)の寿命が 5 倍になる」(日 2015 年、独 2017 年)がある。課題 402 番については、回答者のコメントを見ても、将来的には、ごみ収集車に変わるごみ収集方法として大型オフィスビルや大型住宅で有力な方法であるという意見がある一方で、リサイクルが困難になる、設備投資、メンテナンスを含めた経済性を確保しにくい等の点をあげてあまり好ましくないとする意見もあるため、日独ともに実現時期の予測がかなり遅くなったと考えられる。

「407:製品(消費材)の寿命が 5 倍になる」の製品寿命の 5 倍化は、第 1 次アンケートでの回答者から代替課題の提案として、より現実性があると考えられる「2 倍」が多かったことから、第 2 次アンケートでは「430:【追加課題】製品(消費材)の寿命が 2 倍になる」(日 2008 年、独 2008 年)を追加した。課題 407 番の回答者コメントに見られるように多様な製品を一概に論じるのは困難なことも影響して、この課題の実現時期については、実現するかどうかの意見も分かれ結果として遅くなったものと考えられる。

またこの課題に関して、国際コンファレンスの中で一般参加者から以下のコメントがあった。「製品寿命が 5 倍に延びたら、エコ・フレンドリーになるだろうというとい

う点に対して、自分の家のエアコンは20年前のもので、その頃と比べ今は、エネルギー効率が約4倍に上がった。この20年前のエアコンを捨てて新しいものを買えばその方がひょっとしたらエコ・フレンドリーかもしれない。ただ単に寿命を延ばすのは、技術革新のあるところではエコロジーに対して逆効果ではないかと思う。」

6.1.4 必要条件についての比較分析

3つの質問項目があり、第2章の「課題実現に必要な条件」でも触れたように、日本の値は、高いほど課題実現にとって必要性が大きいと評価し、一方、ドイツの値は、高いほど課題実現にとって明るい見通しであると評価していることになる。ここでは日独それぞれの特徴について紹介する。

6.1.4.1 日本の調査結果

「科学技術上の問題が解決されること」については、全体的に解決の必要性が比較的大きいと評価されている。このうち、特に大きく評価された課題は、「408:問題のある化学物質が生物学的な製品に代替される」(日 97)、「409:在来の天然材料を工業原料に変換する新方法等の開発」及び「415:大規模に汚染された土壌の微生物利用による浄化実現」(ともに日 95)という、代替資源や土壌の浄化に関する課題となっている。

「将来の市場における需要の増大」については、必要性が比較的大きいと評価されている。このうち、特に大きく評価された課題は、「430:【追加課題】製品(消費材)の寿命が2倍になる」(日 89)、「403:都市ごみから有価物を分別・分離しリサイクル可能とする経済的方法の実用化」(日 89)、「404:有価物に関する環境保全やリサイクルのための工業基準の導入」(日 87)及び「405:プラスチックが混合物としても多様にリサイクルできるように構成されることの一般化」(日 86)となっており、リサイクルに関する課題において需要の開拓の必要性が大きいと認識されている。

「将来の市場における価格競争力の向上」については、全体的に必要性が比較的大きいと評価されている。このうち、特に大きく評価された課題は、「430:【追加課題】製品(消費材)の寿命が2倍になる」(日 89)、「405:プラスチックが混合物としても多様にリサイクルできるように構成されることの一般化」(日 85)及び「404:有価物に関する環境保全やリサイクルのための工業基準の導入」(日 84)という製品の長寿命化やリサイクルに関する課題である。

3つの必要条件全ての必要性が大きい課題の例としては、

「408:問題のある化学物質が生物学的な製品に代替される」(科学 97、需要 83、価格 80)、

「409:在来の天然材料を工業原料に変換する新方法等の開発」(科学 95、需要 83、価格 83)、

等の代替資源に関する課題が挙げられる。

「科学」は必要性が大きく、「需要」及び「価格」は中程度の課題の例としては、

「410:都市ごみ焼却により発生する二酸化炭素の回収技術の実用化」(科学 86、需要 63、価格 62)、

「411:人工知能を用いた自動都市ごみ焼却システムの実用化」(科学 83、需要 78、価格 68)、

等が挙げられ、逆に「科学」の必要性が「需要」及び「価格」よりも小さい課題の例としては、

「412:都市ごみ焼却灰の熔融固化の普及」(科学 64、需要 84、価格 79)、
「404:有価物に関する環境保全やリサイクルのための工業基準の導入」(科学 69、需要 87、価格 84)、
「430:【追加課題】製品(消費材)の寿命が2倍になる」(科学 78、需要 89、価格 89)、
等が挙げられる。

6. 1. 4. 2 ドイツの調査結果

「科学技術上の問題が解決されること」については、全体的に解決の可能性が高いと評価されている。その中で、特に高いと評価された課題は、「430:【追加課題】製品(消費材)の寿命が2倍になる」(独 94)、「431:【追加課題】プラスチック廃棄物を固形化燃料(RDF)として使用する技術の普及」(独 94)、「414:全ての廃棄物の発生から最終処分までを管理する地域情報管理システムの普及」(独 93)、「403:都市ごみから有価物を分別・分離しリサイクル可能とする経済的方法の実用化」(独 92)、「404:有価物に関する環境保全やリサイクルのための工業基準の導入」(独 92)、「411:人工知能を用いた自動都市ごみ焼却システムの実用化」(独 92)、「412:都市ごみ焼却灰の熔融固化の普及」(独 92)及び「415:大規模に汚染された土壌の微生物利用による浄化実現」(独 91)となっている。

「将来の市場における需要の増大」については、増大の可能性が比較的高いと評価されている。その中で、特に高いと評価された課題は、「415:大規模に汚染された土壌の微生物利用による浄化実現」(独 87)、及び「411:人工知能を用いた自動都市ごみ焼却システムの実用化」(独 86)である。

「将来の市場における価格競争力の向上」については、全体的に向上の可能性があまり高くはないと評価されている。技術的にコストダウンが困難であることが、ドイツで「環境に関するコストは社会で吸収する」という考え方がとられていることに反映していると考えられる。

また、「415:大規模に汚染された土壌の微生物利用による浄化実現」(独 74)という土壌の浄化問題については、比較的高く評価されており、コストの問題の解決にある程度の見通しを持っていると考えられる。

3つの必要条件全ての可能性が高い課題の例としては、

「415:大規模に汚染された土壌の微生物利用による浄化実現」(科学 91、需要 87、価格 74)、

「431:【追加課題】プラスチック廃棄物を固形化燃料(RDF)として使用する技術の普及」(科学 94、需要 75、価格 67)、

「411:人工知能を用いた自動都市ごみ焼却システムの実用化」(科学 92、需要 86、価格 64)、
が挙げられる。

「科学」の可能性は高く、「需要」及び「価格」は中程度以下の課題の例としては、

「412:都市ごみ焼却灰の熔融固化の普及」(科学 92、需要 63、価格 49)、

「413:都市ごみ焼却の集じん灰からの経済的な金属回収技術の開発」(科学 89、需要 61、価格 28)、

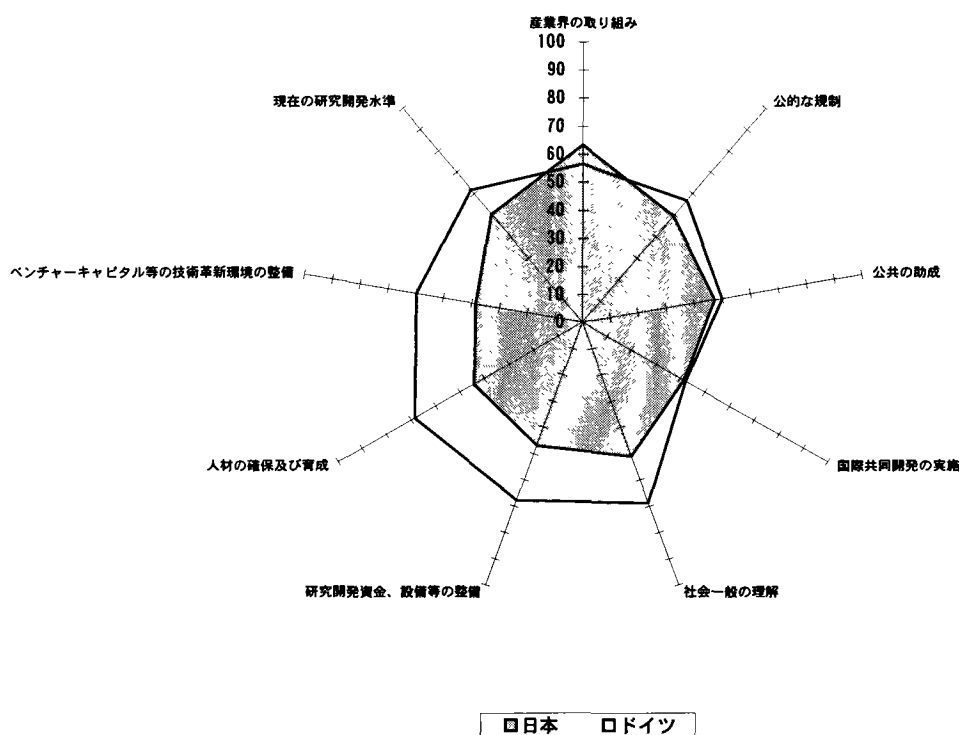
「407:製品(消費材)の寿命が5倍になる」(科学 82、需要 62、価格 39)、

等が挙げられる。このように、焼却灰の熔融固化については、技術上の問題の解決にはメドがたっているが、価格競争力についてはあまりよい見通しはない。

6.1.5 現状の評価についての比較分析

9項目の調査結果について日独比較したものが図 6.1-6である。

図 6.1-6 現状の評価の日独比較(ごみ処理技術)



9項目の日独比較をすると、「産業界の取り組み」以外はドイツ指数が高い結果となった。全項目の指数は、日本 38～64、ドイツ 42～69 であり、日本が現状にかなり問題が多いと評価しているのに対して、ドイツはある程度の段階には達しているという評価となっている。この9項目の中では、特に「研究開発資金」、「人材の確保」、「ベンチャーキャピタル」等で日独の指数差が大きく 20 以上であった。

「人材の確保」では、日独の差が比較的大きく、ごみ処理技術の全課題においてドイツが高くなっている。例としては、「404:有価物に関する環境保全やリサイクルのための工業基準の導入」(日 35, 独 77)、「415:大規模に汚染された土壌の微生物利用による浄化実現」(日 44, 独 74)、「430:【追加課題】製品(消費材)の寿命が2倍になる」(日 45, 独 75)等が挙げられる。

「研究開発水準」でも、ほとんどの課題でドイツの方が高くなっている。比較的大きかった課題は「403:都市ごみから有価物を分別・分離しリサイクル可能とする経済的方法の実用化」(日 49, 独 74)、「415:大規模に汚染された土壌の微生物利用による浄化実現」(日 50, 独 74)、「404:有価物に関する環境保全やリサイクルのための工業基準の導入」(日 47, 独 68)等である。日本に比べてドイツの方が積極的に環境対策に取り組んでいることの現れと考えられる。

6.1.6 第5回予測との同一課題のデータ比較

第5回技術予測調査と今回の調査との同一課題は1課題(課題401番)、類似課題は1課題(課題403番)であり、この2課題について実現時期のみを比較してみた(表6.1-1)。

表 6.1-1 同一課題の日独比較(ごみ処理技術)

課 題 内 容	第5回調査	今回の調査
401:どのようなごみをほうり込んでも、自動的に種類別に分け、楽に運搬ができる家庭用ごみ箱が普及する。	2006年 (2008年)	2013年 (2005年)
403:都市ごみから有価物を分別・分離しリサイクル可能とする経済的な方法が実用化される。	2003年 (2000年)	2004年 (2001年)

※()内はドイツデータ

課題403番については日独とも、前回と今回の調査で差が小さく2年未満であるが、課題401番では日本は7年遅れ、ドイツは3年早くなり、差が大きく現れた。

課題401は第5回技術予測調査においては社会生活分野の課題であり、この分野は社会生活に関する様々な技術を取り上げていることから、回答者も必ずしもごみ処理の専門家という訳ではない。一方、今回の調査ではごみ処理の専門家が多いことから、回答者のコメントの中に、「家庭用」ということにより必要となるごみ箱のコンパクト化が困難であるという意見が多いことに見られるような理由から、実現性が低く評価されたものと考えられる(今回の調査で日本の回答者の63%は「実現しない」と回答)。一方、ドイツでは、「家庭用」の「小型化」を日本程には厳しくとらえなかった可能性が考えられる。

6.2 地球規模の気象変動

6.2.1 技術の現状紹介

館野に高層気象台がおかれたのが1920年、高層気象観測網が整備されるようになったのは1950年代のことであった。この3/4世紀は第二次世界大戦を含むものの、我が国の気象・気候研究にとっては、著しい科学技術の進展とグローバルな情報交流システム化の波に支えられ、飛躍的とも言うべき向上時代としてよい。

しかしながら、気象解明は基本的に多層構造の経時変化であり、気候研究は過去から未来にわたる長期のデータ把握を必要とする周期解析に基づくものと言う点に関して、決して事態は完全になったと見なされる訳ではない。データ取得を含め、解析能力の向上にはまだ多くの克服されねばならない課題が残されている。

グローバル気象・海象の把握には、世界での同時刻情報に基づくシノプティック・チャートの作成が不可欠であることは言うまでもない。それには国際的な情報ネットワークの整備が第一に考えられねばならず、また同時に、多くのパラメータを導入した計算をこなせる高速度演算のための単用並列スーパーコンピュータの性能向上を伴う必要がある。

気象・気候の変化に海がいかにか大きな要素となっているかは、地域・広域を問わずよく認識されている。しかし、エルニーニョと世界気象変動の具体的因果関係掌握の例に見られるように、必ずしもそれが達成されているわけではない。今後一層の努力と視点の拡大が必要となろう。気象・海象の変動の周期性を論じるには、近過去を含めたグロスな把握が可能とならねばならない。

気象・海象の変化が、いわゆる地球環境問題の一つの大きな軸となっていることは言うまでもない。農業生産物・漁獲収量との関連、ひいては干ばつ、飢饉等、広域的気象災害対策は南北問題ともからむ重大事である。また、大規模な森林伐採・開発あるいは急速な都市化がグローバル気象に与えるインパクトに関するモニタリング機構の充実は急務である。モデリングによる予測での規制計画も不可欠となる。

オゾンホール問題も、もはや特異期間としてのホールの拡大のみを報じる時代ではない。両極、あるいはグローバルスケールで、磁場変動など他の地球物理学的要素と対比しながらの研究も欠かせない。

大気中CO₂の急増による温暖化と海面上昇という目前に迫っている事態の解析は、不幸にして未だに不十分である。CO₂の人為的ソースについてはある程度の見積もりが出来たとして、自然界におけるCの循環メカニズムのディテールはほとんど判っていないとして過言でない。造礁性生物—主としてCaCO₃沈積生物—のCO₂固定に関する地球化学的な検討も未定である。気象学・気候学との十分な連携プレーが出来ているとも言い難い。

中緯度海洋国日本の抱える課題は多い。

6.2.2 重要度評価に見られる一致点と相違点

各項目について日独比較をすると、「経済の発展のため」と「社会の発展のため」は日本が高く、「発展途上国の発展のため」はドイツが高く、「科学技術の発展のため」と「環境の向上のため」は日独ほぼ一致する結果になった(図 6.2-1)。

図 6.2-1 重要度の日独比較(気象変動)

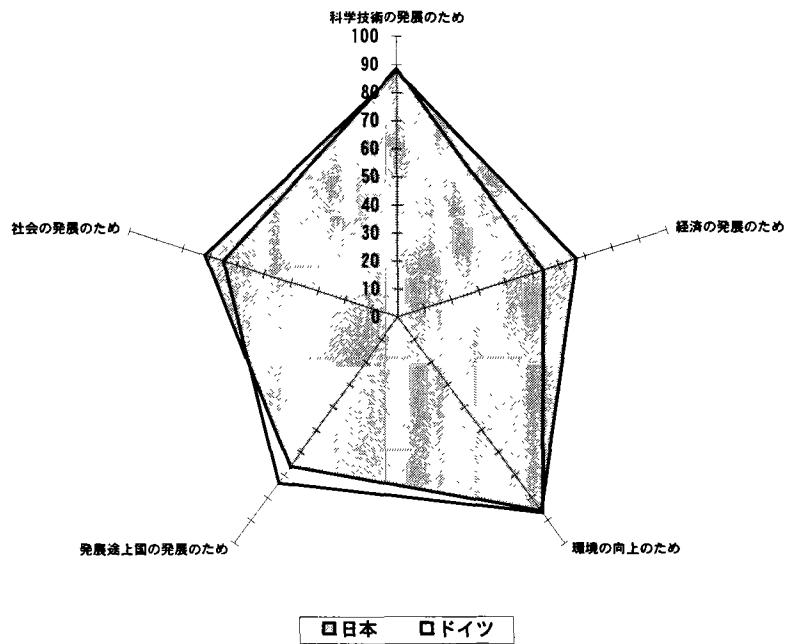
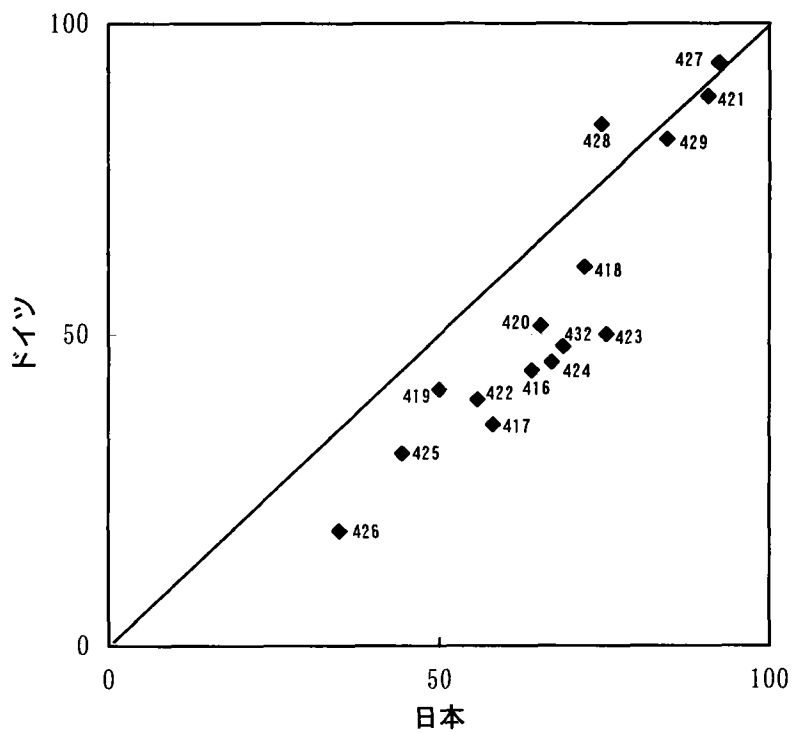


図 6.2-2 重要度(経済)の日独比較



全課題の中で、「科学技術の発展のため」について日本が一番評価した課題は、「420:

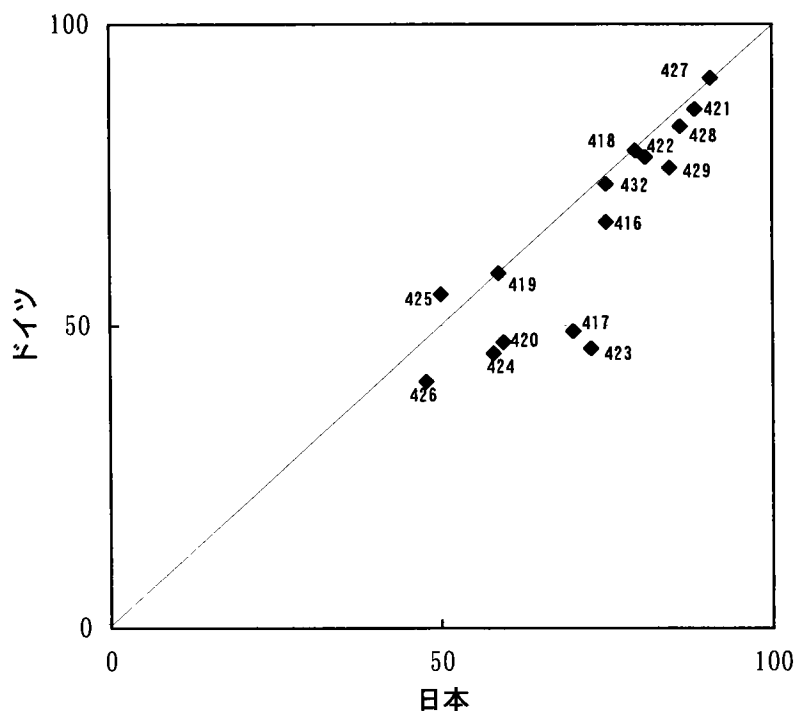
水平格子 5Km の気候モデル処理可能な 1Peta FLOPS のスパコンの実用化」(日 97、独 91) であり、ドイツが一番評価した課題は、「427:再生システムの化石エネルギー代替による二酸化炭素の指数的増加の抑制」(日 90、独 95)であった。

また、「環境の向上のため」については日独ともに「429:フロン及びハロンの完全な代替品の実用化」(日 96、独 99)を最も高く評価している。

「経済の発展のため」については、全体的に日本の方がドイツよりも高くなっている(図 6. 2-2)。両国ともに重視している課題には、「427:再生システムの化石エネルギー代替による二酸化炭素の指数的増加の抑制」(日 92、独 94)及び「428:世界の二酸化炭素の排出量が現在の 80%まで低下」(日 75、独 84)という二酸化炭素の削減問題に関する課題や、「421:地球温暖化効果の経済的インパクトがおおよそ評価される」(日 91、独 88)、「429:フロン及びハロンの完全な代替品の実用化」(日 85、独 81)があり、二酸化炭素の増加、地球の温暖化、代替フロンといった問題については日独ともに経済的効果の側面についても重要視している。

日独の差が大きい課題としては、「423:大気、海洋、雪氷等の地球規模の変化と関連してのエルニーニョ現象の実態の解明」(日 76、独 50)、「424:黒潮やメキシコ湾流に伴う冷水塊の出現予測技術の普及」(日 67、独 46)のような特定地域での気象変動に関する課題が挙げられる。エルニーニョ現象や黒潮は漁業の盛んな日本では経済的関係が強いものの、漁業が盛んでないドイツではあまり関係がないという日独の産業事情の違いが両国の評価の差をもたらしていると考えられる。

図 6. 2-3 重要度(社会)の日独比較



「発展途上国の発展のため」については、全体的にドイツの方が日本より高く評価している。一方「社会の発展のため」については、全体的に日本の方がドイツよりも高くなっている(図 6. 2-3)。この中で、日独ともに高い値の課題としては、「427:再生シス

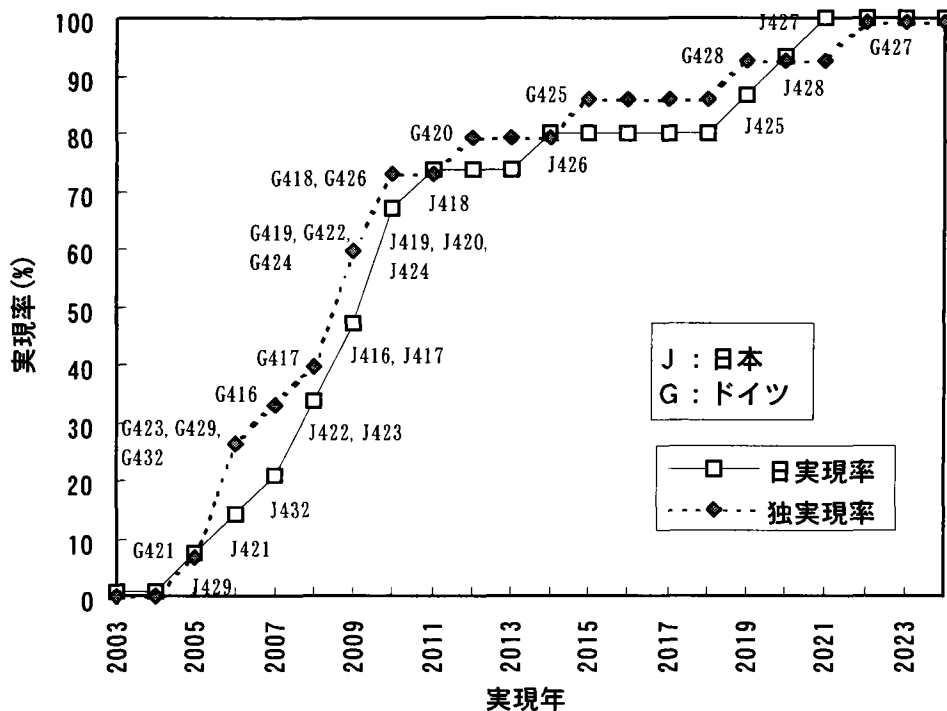
テムの化石エネルギー代替による二酸化炭素の指数的増加の抑制」(日 91, 独 91)、「421:地球温暖化効果の経済的インパクトがおおよそ評価される」(日 88, 独 86)、「428:世界の二酸化炭素の排出量が現在の80%まで低下」(日 86, 独 83)及び「429:フロン及びハロンの完全な代替品の実用化」(日 85, 独 76)といった課題が「経済の発展のため」と同様に高く評価されている。また、「418:大気圏、海洋、生物圏の二酸化炭素循環に人間が与える影響の定量的解明」(日 79, 独 79)、「422:オゾン層破壊の遺伝学的影響及び人間の免疫システムへの影響の詳細な解明」(日 81, 独 78)及び「432:【追加課題】メタンガスの地球温暖化に与える影響の定量的かつ定性的な解明」(日 75, 独 74)といった人間と環境との直接的な関わり合いに関する3つの課題が重視されている。

一方、日独で差の出た課題は、「423:大気、海洋、雪氷等の地球規模の変化と関連してのエルニーニョ現象の解明」(日 73, 独 46)及び「417:火山や太陽の活動の気象への影響の定量的解明」(日 70, 独 49)等である。この2つの課題については「経済の発展のため」と同様に漁業国、火山国という日本の国情が反映されたものと考えられる。

6.2.3 日独の予測時期の比較

全課題の実現予測時期の平均は、日本 2011.1年、ドイツ 2010.3年で日独に大きな差はない。日独の課題実現率の推移は図 6.2-4に示すとおりであり、2005年に最初の課題が実現し、2010年までの比較的短い期間に約70パーセントの課題が実現すると考えられている。残る30パーセントの課題は長期的なものが多く、2020年頃までかかって順次実現していく(1課題は2020年以降)と見られている。

図 6.2-4 実現時期の日独比較(気象変動)



個別の課題について見ても、日独の結果はかなりよく一致しており、実現時期について大きな差の見られたものはない。このことは、この分野がまさに地球的な内容であり、日独両国の社会的環境などが影響する余地が少なかったことを示すものと考え

られる。

日独ともに「429:フロン及びハロンの完全な代替品の実用化」、「421:地球温暖化効果の経済的インパクトがおおよそ評価される」、「432:【追加課題】メタンガスの地球温暖化に与える影響の定量的かつ定性的な解明」の様な地球温暖化及びオゾン層に関する研究開発が2007年頃までの比較的早い段階で実現すると見られている。続いて、「417:火山や太陽の活動の気象への影響の定量的解明」、「419:気象モデル計算における雲の役割の定量的解明」、「424:黒潮やメキシコ湾流に伴う冷水塊の出現予測技術の普及」の様に全球的な大気・海洋に関する課題がいずれも2010年までに実現すると予測されている。

化石燃料の利用による炭酸ガス増加については、「418:大気圏、海洋、生物圏の二酸化炭素循環に人間が与える影響の定量的解明」が2010年頃(日2011年、独2010年)に可能となり、2020年には「428:世界の二酸化炭素の排出量が現在の80%まで低下」と考えられている。両国ともに最も実現時期が遅かった課題は「427:再生システムの化石エネルギー代替による二酸化炭素の指数的増加の抑制」であり、ともに2020年までには実現しないという評価になっている。

6.2.4 必要条件についての比較分析

3つの質問項目があり、日本の値は、高いほど課題実現にとって必要性が大きいと評価し、一方、ドイツの値は、高いほど課題実現にとって明るい見通しであると評価していることになる。ここでは日独それぞれの特徴について紹介する。

6.2.4.1 日本の調査結果

「科学技術上の問題が解決されること」については、全体的に解決の必要性が大きいと評価されている。その中でも一番必要性が大きいと評価された課題は、「419:気象モデル計算における雲の役割の定量的解明」(97)というコンピュータに直接関係する2つの課題のうちの一つである。また、もう一つのコンピュータに直接関係する課題である「420:水平格子5Kmの気候モデル処理可能な1Peta FLOPSのスパコンの実用化」(95)も当サブエリア全15課題中5位に位置し、このようなコンピュータに直接関係する課題について、科学技術上の問題の解決の必要性が大きいと考えられている。

「将来の市場における需要の増大」については、「429:フロン及びハロンの完全な代替品の実用化」(91)及び「427:再生システムの化石エネルギー代替による二酸化炭素の指数的増加の抑制」(89)という代替フロンや二酸化炭素削減に関する課題の実現については、需要の増大がカギであると認識されているほかは、需要との関連性は薄いと評価されている。例えば、「426:過去500万年間の世界の砂漠の変遷地図の完成」(12)、及び「425:気候の変動の次の氷河期の開始への影響の解明」(13)といった需要とはほとんど関係のない課題である。

「将来の市場における価格競争力の向上」については、「将来の市場における需要の増大」と同じように、「429:フロン及びハロンの完全な代替品の実用化」(87)、「427:再生システムの化石エネルギー代替による二酸化炭素の指数的増加の抑制」(79)という代替フロンや二酸化炭素削減に関する課題の実現については、コストの問題がカギであると認識されているものの、これらを除いては、コストの問題との関連性は薄いと評価されている。

3つの必要条件全ての必要性が大きい課題の例としては、

「429:フロン及びハロンの完全な代替品の実用化」(科学 96、需要 91、価格 87)、
「427:再生システムの化石エネルギー代替による二酸化炭素の指数的増加の抑制」
(科学 95、需要 89、価格 79)、
である。このように、代替フロンや二酸化炭素の増加抑制については、科学技術上の問題解決の必要性がまだまだ大きく、かつ、将来のマーケットの問題も解決する必要性が大きいと考えられている。

「科学」は必要性が大きく、「需要」及び「価格」は中程度の課題の例としては、
「420:水平格子 5Km の気候モデル処理可能な 1Peta FLOPS のスパコンの実用化」(科学 95、需要 66、価格 54)、
「428:世界の二酸化炭素の排出量が現在の 80%まで低下」(科学 93、需要 66、価格 61)、
が挙げられる。

6.2.4.2 ドイツの調査結果

「科学技術上の問題が解決されること」については、全体的に解決される可能性が比較的高いと評価されている。その中で、「429:フロン及びハロンの完全な代替品の実用化」(93)という代替フロンに関する課題の評価が一段と高くなっており、こうした代替フロンの実現について、かなり明るい見通しを持っている。

「将来の市場における需要の増大」については、「429:フロン及びハロンの完全な代替品の実用化」(89)、「427:再生システムの化石エネルギー代替による二酸化炭素の指数的増加の抑制」(77)及び「428:世界の二酸化炭素の排出量が現在の 80%まで低下」(65)という代替フロンや二酸化炭素削減に関する課題については、需要の増大の可能性が比較的高いと評価されているが、これらの3つの課題を除いては、大方の課題で需要との関連性が薄いことから、かなり評価が低くなっている。

「将来の市場における価格競争力の向上」については、「429:フロン及びハロンの完全な代替品の実用化」(63)という代替フロンに関する課題が、コストの問題の解決について中程度の可能性があるという評価されたものの、そのほかの課題については、関連性が薄く低い評価となっている。

6.2.5 現状の評価についての比較分析

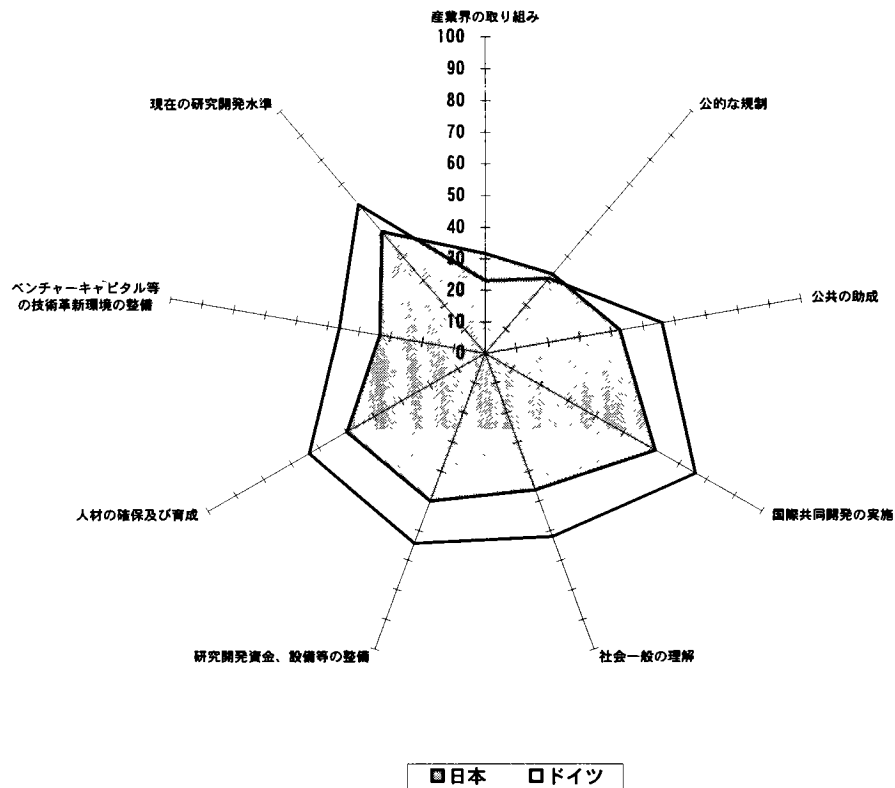
9項目の調査結果について日独比較したものが(図 6.2-5)である。

9項目を日独比較すると、「産業界の取り組み」、「公的な規制」以外の7項目は日本よりドイツの方が高いという結果になった。全体として日本の現状は、国際共同開発の実施を除いては「やや不満」(31~51)という程度であり、ドイツは「産業界の取り組み」、「公的な規制」を除いては「ある程度満足できる」(46~76)という状況になっている。また、各々の項目を比較すると、この9項目の中では、特に「産業界の取り組み」、「公的な規制」が日独とも極端に低い。また、日独の差については、比較的小さいものが多かった。

次に、各項目について課題毎に比較すると、「社会一般の理解」では、気象変動の全課題でドイツが日本より高い結果となった。また、評価の差も比較的大きく、例としては「420:水平格子 5Km の気候モデル処理可能な 1Peta FLOPS のスパコンの実用化」(日 43、独 72)、「419:気象モデル計算における雲の役割の定量的解明」(日 34、独 63)、「432:【追加課題】メタンガスの地球温暖化に与える影響の定量的かつ定性的な解明」(日 43、独

68)等がある。これらの結果については、ドイツ人の環境問題に対する理解の深さも影響していると考えられる。

図 6.2-5 現状の評価の日独比較(気象変動)



「国際共同開発の実施」でも、気象変動の全課題でドイツの方が高く、比較的日独で差の大きい課題が多かった。例としては、「425:気候の変動の次の氷河期の開始への影響の解明」(日 56、独 82)、「424:黒潮やメキシコ湾流に伴う冷水塊の出現予測技術の普及」(日 57、独 83)、「426:過去500万年間の世界の砂漠の変遷地図の完成」(日 55、独 80)等がある。

「研究開発水準」についても、社会一般の理解や国際共同開発と同様に、気象変動の全課題でドイツが高い結果となった。日独で比較的差の小さい課題が多かったが、差の大きかった例としては、「426:過去500万年間の世界の砂漠の変遷地図の完成」(日 38、独 58)、「419:気象モデル計算における雲の役割の定量的解明」(日 47、独 64)等がある。

6.2.6 第5回予測との同一課題のデータ比較

第5回技術予測調査と今回の調査との同一課題は1課題(課題番号428)、類似課題は1課題(課題番号429)であり、この2課題について実現時期のみを比較してみた(表6.2-2)。

表 6.2-2 同一課題の日独比較(気象変動)

課 題 内 容	第5回調査	今回の調査
428:世界の二酸化炭素の排出量が現在の80%まで低下する。	2013年 (2006年)	2019年 (2019年)
429:オゾン層を破壊せず、地球温暖化の点でも問題がない、フロン及びハロンの完全な代替品が実用化される。	1999年 (1999年)	2004年 (2005年)

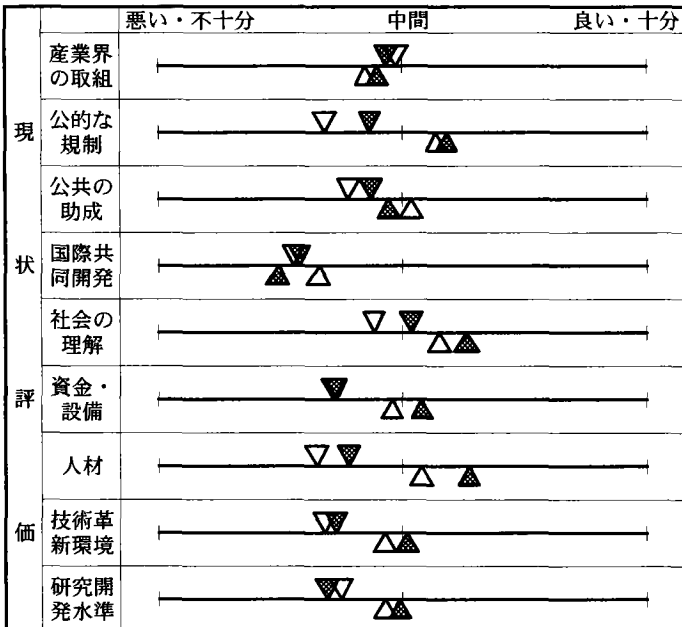
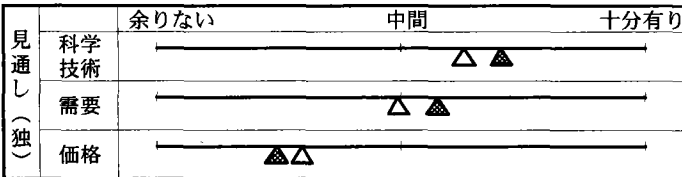
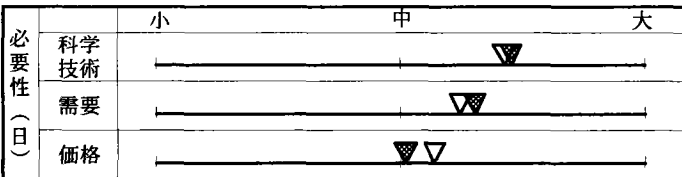
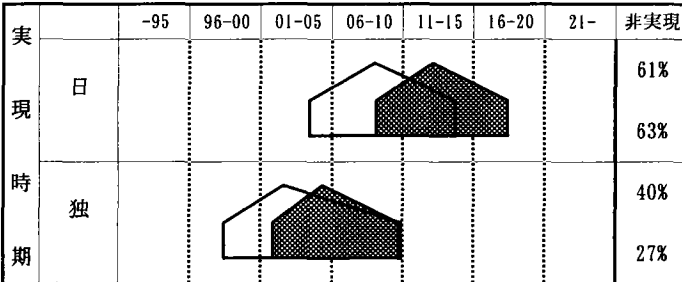
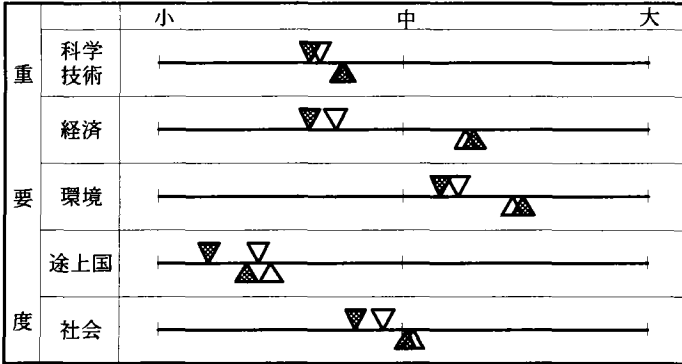
※()内はドイツデータ

どちらの課題も第5回調査と今回の調査の差が大きく、5年以上の遅れとなっている。特に課題428番は、日本で7年、ドイツで13年遅くなっており、近年、二酸化炭素排出量の抑制について、各国の足並みがそろわないことが反映しているものと思われる。また、課題429番は、第5回調査時よりも今回の調査の方が日独とも約6年遅れたが、このことは今回の調査で「完全な」という言葉がつけ加わったことが、多少影響しているものと思われる。

環境 [ごみ処理]

401: どのようなごみをほうり込んでも、自動的に種類別に分け、楽に運搬ができる家庭用ごみ箱が普及する。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	96	46%	28%	26%	70	47%	37%	16%
独	89	26%	45%	29%	80	24%	38%	39%



日本のコメント (例)

- ①期待度を含めて実現時期を4.としたがロボット技術、センサー技術が余程進歩しないと実現不可。
- ②消費財には多種素材の複合製品、強力接着製品が多くて、家庭内で分離できる装置の開発は困難。
- ③主要なごみだけを自動的に分別するだけで十分である。
- ④人間が関与していることを感じるやり方が望ましい。
- ⑤むしろごみの排出を助長する恐れがある。
- ⑥ごみにはあらゆる素材が含まれていること(通常のリサイクルは素材別に分けないと不可能-セメントへのリサイクルは別)。自動選別には莫大な設備を要し、コンパクトには技術的にも、経済的にも可能性がない。製品を素材別に分けやすいものにするのと、分けにくい製品は逆流通で回収するルートを作ること、分けやすい製品のごみは分けないと廃棄できないことにすることが最も实际的である。
- ⑦ごみ箱の大きさ、ごみの種類、複合ごみ等の発生形態を考えると、手分別による方法が最も確実かつ経済的であり、ゴミ置場(家庭内)のスペース面からも有利である。
- ⑧物質循環型都市の構築の手段として必要度が高い。ごみ箱の大きさ、形状のイメージ転換が必要。このごみ箱は小型コミュニティプラントといった規模になると思う。
- ⑨排出抑制のため商品などの表示、排出方法の指示などをあらかじめシステムとして構築することで、排出時の分別手法を明らかにすることが可能となる。機器の開発に投資するコストをこれらのシステム構築に投ずることが必要であり、大型化、広域化に対する技術開発よりも、各家庭における排出用の機器開発と、今後の課題である「ゴミ質」の管理の在り方を研究すべきであると思う。
- ⑩日本のコメント⑤に賛成。ごみは出さない工夫が大切で、これが省資源につながり、環境をきれいにする。この課題のようなごみ箱は将来も無い方がよい。

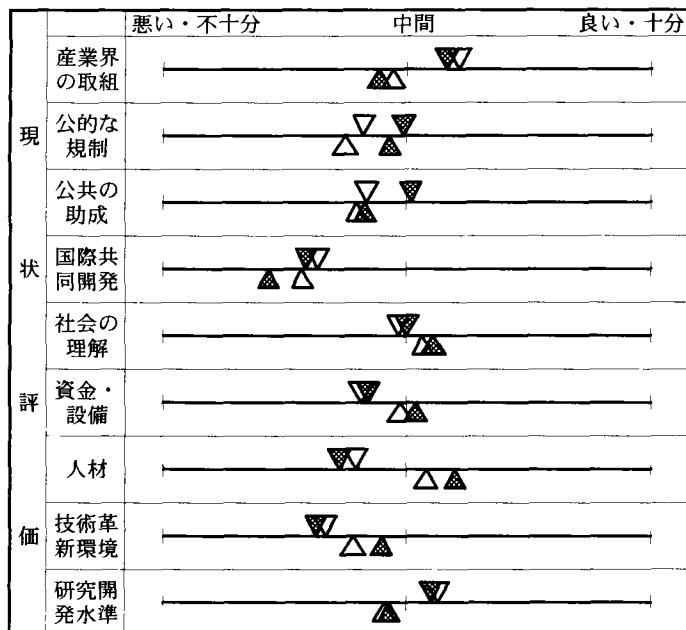
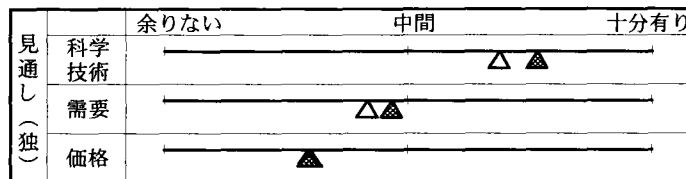
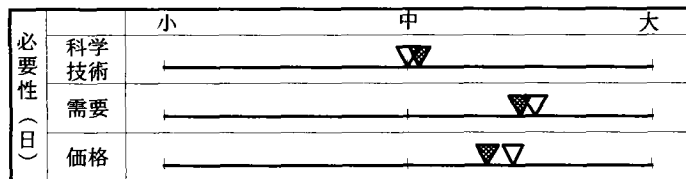
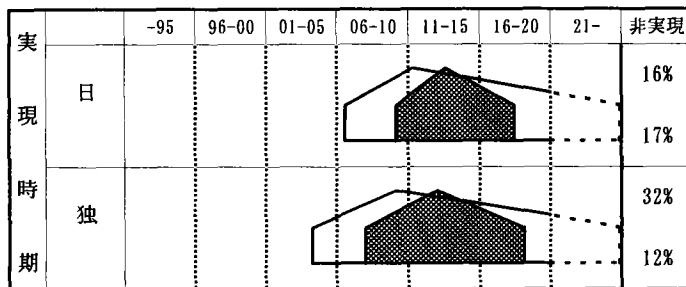
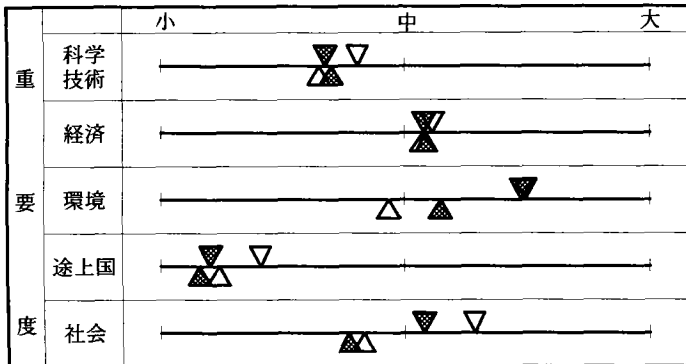
独のコメント (例)

- ①個々の物質の分離とそれに要する大量の容器とが障害となり、おそらく実現不可能。
- ②個々の留分を多室容器で分別捕集。
- ③社内で廃棄処分・廃棄物発生回避。
- ④多大なコストが必要。
- ⑤ゴミ発生元での手作業による分別。
- ⑥集中方式で処理した方が安上がりでは?
- ⑦ゴミの中身が激しく変動するので非現実的。

環境 [ごみ処理]

402: 大部分の住宅、オフィスビルにごみの管路収集システムが普及する。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	95	47%	25%	27%	70	47%	30%	23%
独	87	22%	33%	45%	76	16%	38%	46%



日本のコメント(例)

- ①下水道普及率が90%以上に達した後の重要インフラとなる。
- ②システムは完成。下水道のように資本ストックとして位置づけられれば実現時期は早いと思われる。
- ③小規模パイプラインと輸送機器の組み合わせが今後の課題と思う。
- ④住宅地での取り組みが推進されるためには掘削しない経済的な施工法の開発が必要。
- ⑤水道、排水、下水道と同じレベルで扱える。ただし集合住宅やオフィスビルが中心で各家庭すべてではない。都市形である。
- ⑥メンテナンスに金がかかりすぎる。インフラの管理が経済的に出来なくなり都市崩壊につながる。
- ⑦共同溝が開発普及されていく。稠密都市(再開発)での実現可能性は高い。
- ⑧管路収集地点(ローカルポイント)までの搬送が比較的短距離の場合は、衛生、便利さの面から、採用が考えられる。住宅ならばマンション等。
- ⑨経済的メリットは全くない。エネルギー浪費型システムである。資源回収、再利用のニーズとは逆行したシステムとなる。
- ⑩既成市街地での普及は技術・経済的に困難。大規模市街地開発等に際してのインフラとしての導入は考えられる。
- ⑪このシステムは、アパート形式の住宅やオフィスなどには、現在でも技術的には可能であるが、建造物のなかに空洞部分が多くなり又通風システムなど多くの問題があり、悲観的なシステムと思われる。エネルギーの損失である。
- ⑫地上の交通量削減の一助として、割合早く実現すると思われるが、同時にリサイクルを進めるための分別排出を妨げる働きもすると思われるので、使用方法の規制が必要となるだろう。

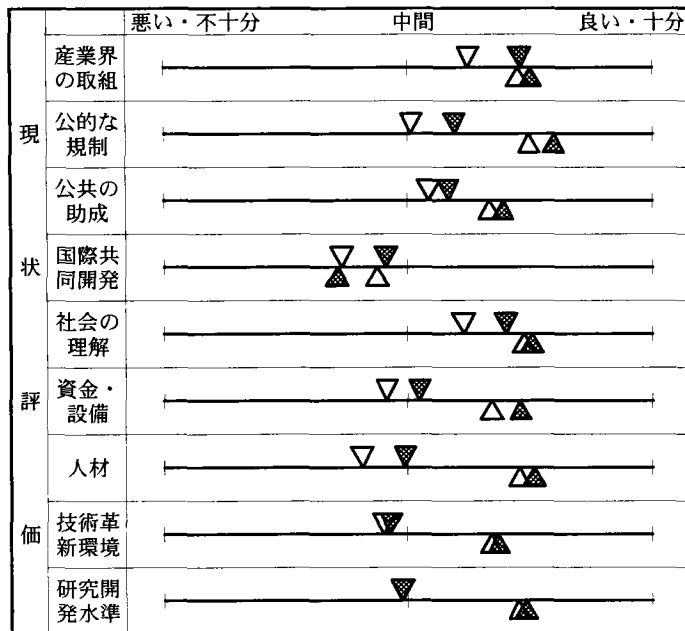
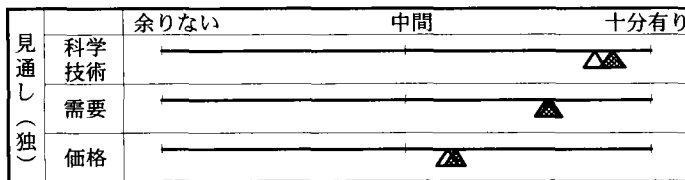
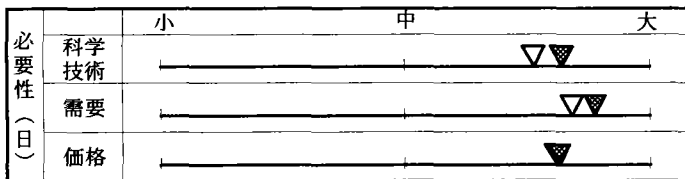
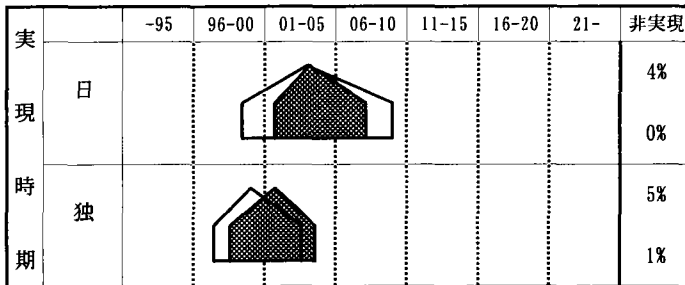
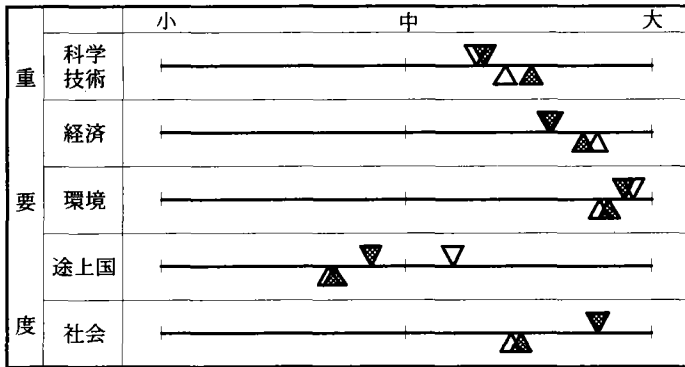
独のコメント(例)

- ①コストと利益のバランスが悪い。場合によっては環境への悪影響が利点を上回る。
- ②一部実現可能。
- ③システムを有意義なものにするには廃棄物は全てコンポスト化が可能であること。個人家庭の「過度な技術化」は望ましくない。
- ④莫大なエネルギーを要する。
- ⑤例えば紙の場合のように、残留物が清浄な場合のみ。
- ⑥故障が発生しやすい。
- ⑦エアシステムが高額でコストがかかりすぎる上、衛生面に欠ける。
- ⑧以前の装置は経済上の理由から運転停止となった。
- ⑨機能的に無意味、インフラストラクチャーコスト(立案+建設)が高すぎる。
- ⑩個々のケース(高層住宅)以外には実需はない。
- ⑪管路ゴミ収集システムは、分別問題がらみで廃止された。

環境 [ごみ処理]

403:都市ごみから有価物を分別・分離しリサイクル可能とする経済的な方法が実用化される。

専門 度等		R1			R2				
		人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日		98	48%	33%	19%	72	56%	28%	17%
独		104	28%	41%	31%	85	29%	46%	25%



日本のコメント (例)

- ①消費財の処理、利用は消費者と流通の責任。耐久消費財のリサイクルはメーカーの責任にするのが今後の方向（先進国共通）。
- ②ある程度の分別廃棄と回収リサイクルシステムの併用が経済的と考える。
- ③排出源での分別の徹底との組み合わせを十分考慮したシステムを考えていく必要がある。
- ④分別、分離しやすい製品（ごみ予備品）にメーカーが修正しない限り、経済的な技術は生まれないであろう（ex. 汎用プラスチックと1～2種類に絞る）。排出源での分別も十分に行って、その残余物から中間処理で徹底的に金属（レアメタル等）を回収すべきであろう。
- ⑤対象とする物質によるが、一般的にリサイクル技術は確立してもコスト面からみて、採算性をとりにくいのが現状である。これを補完するための社会システムの確立が必要である。
- ⑥分別・分別されたリサイクル原料の需要（用途）開発を同時に進めていくことが必要。むしろ今日的な問題は回収コストを下げることも需要をどう作り出すかである。
- ⑦排出源での分別排出の徹底と分別排出されたものの自動的分別・選別機との組み合わせを考慮したシステムを目指すべきである。（日本コメント③に賛成）。

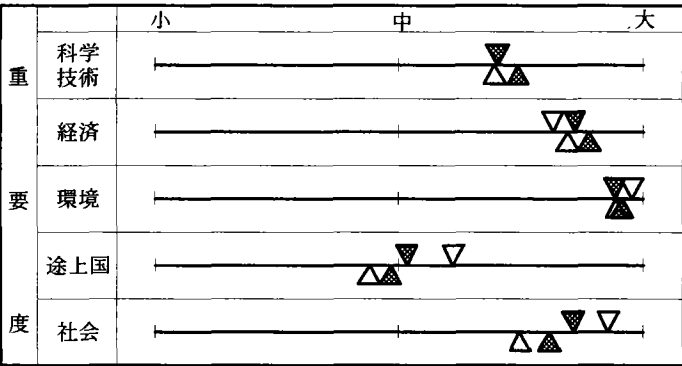
独のコメント (例)

- ①依然として複雑さとエネルギー消費量の大きさを免れず、国民経済から見て欠陥発生率が高すぎる。
- ②原料価格の上昇時には再利用の経済性が発揮される。
- ③物質によっては既存のものもあるが、全部が有効とは限らない。生態学的な分析評価の展開が必要。
- ④特記事項：プラスチックゴミの分別。
- ⑤デュアルシステムにより広く展開されているが多大なコストとエネルギーを要する。
- ⑥既に存在している；経済的であるだけでなく、エコロジーにとっても有意義でなければならない！
- ⑦この種のプロジェクトは、10年間にわたる努力の末、馬鹿げたこととして失敗した。ゴミ発生時点での分別を優先扱いしなければならないと言うことが教訓となった。
- ⑧この目標は部分的に達成されているが、『経済的に』と言う必須要件だけは未達成。

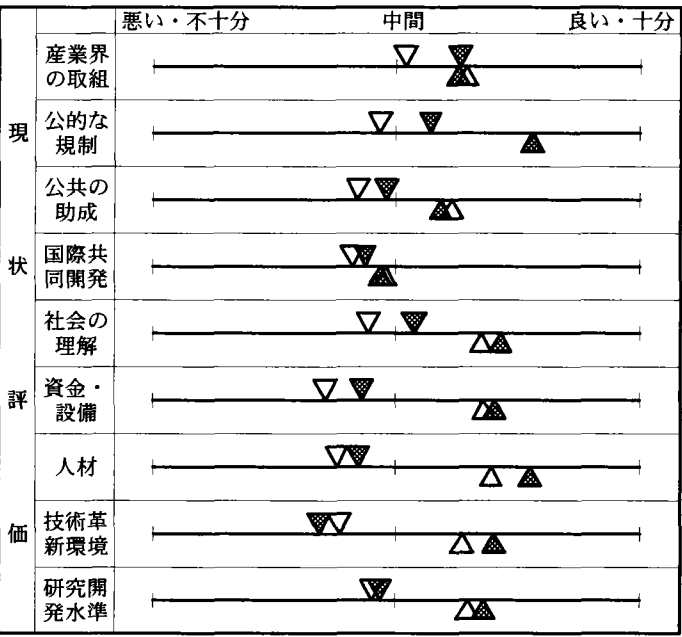
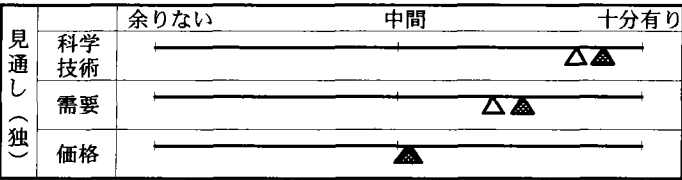
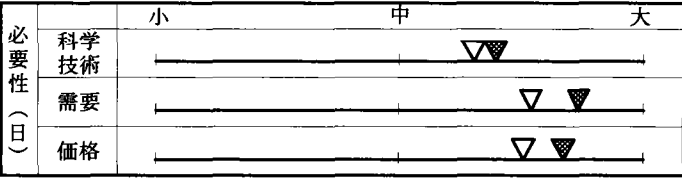
環境 [ごみ処理]

404:有価物に関する環境保全やリサイクルのための工業基準が導入される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	96	44%	34%	22%	73	55%	30%	15%
独	104	30%	40%	30%	88	31%	38%	32%



実 現 時 期	-95	96-00	01-05	06-10	11-15	16-20	21-	非実現
	日		▲					
独		▲						3%



日本のコメント (例)

- ① J I S 調査会専門委員 (地球環境委) として努力中。例えば新聞紙は70%以上古紙使用など、リサイクルの J I S を制定する必要がある。
- ② 現在廃棄物からのリサイクル技術については研究が盛んであるが、回収した有価物の受皿は少ない。原因の1つに再利用のための規格化がすすめられていないことが挙げられる。これを積極的にすすめるべきである。
- ③ すでに I S O (国際標準化機構) 等で検討中。
- ④ P L 法との兼ね合いが大きな課題になると考えられる。消費者への啓蒙が非常に重要である。
- ⑤ パージン材への混入比率と性能低下についての基準と、市場性のある材質のための規格仕様をすることが必要。
- ⑥ リサイクルを前提にした製品製造を基本にすること。
- ⑦ 既に整備が始まっていると考えている。技術基準は作られても、経済的問題がネックになるだろう。
- ⑧ リサイクルの促進のための工業基準はぜひ必要。工業基準に準ずる、ガイドラインをまず作るべきであろう。各種の規制の緩和も必要。すでに I S O で検討が始まっているので、どのように我が国に定着させるかが課題となる。

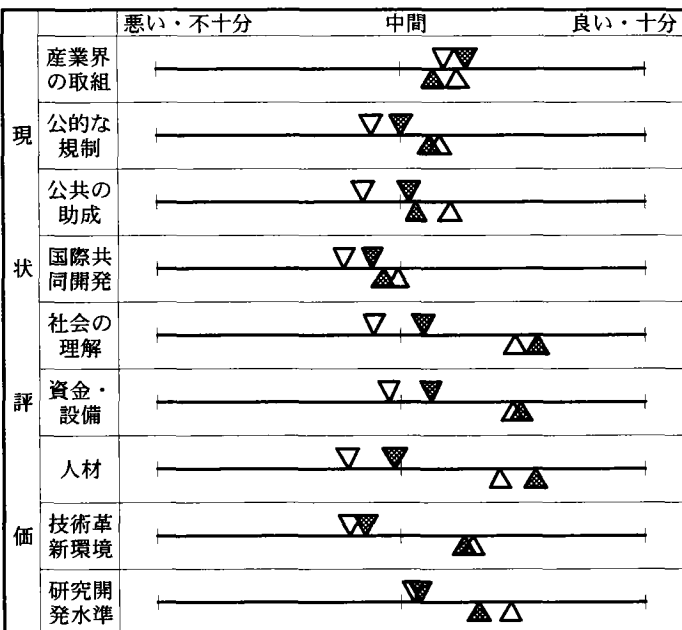
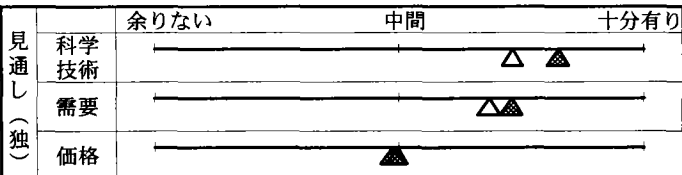
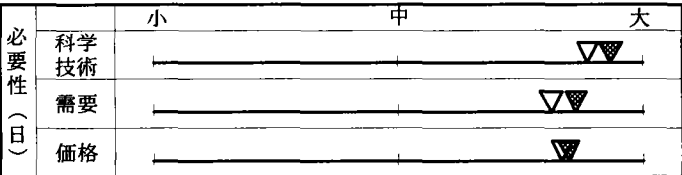
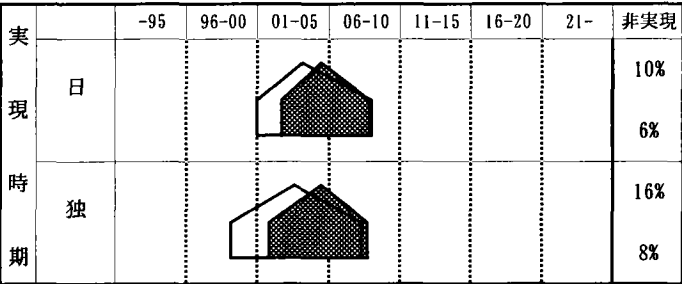
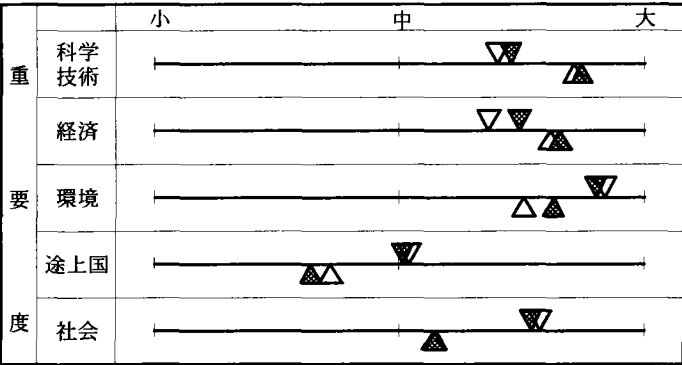
独のコメント (例)

- ① ただし価格調整のため市場メカニズムの厳密な検討が必要。
- ② 事務所運営！再生物質回収よりゴミ処分のほうがコスト高であるという前提条件！
- ③ 物質の種類と所在地に固有のもの。
- ④ 企業の海外への流出—エネルギー収支とリサイクルされる再生材が国内より安価で、品質面でも原料と同等であること。
- ⑤ 原料の再利用ではなく、それらが生態系に及ぼす負荷が規制される。生態系の監査が重要。
- ⑥ 国のルールは、国民経済にコストが負担されることを前提条件とする。
- ⑦ この目標は極めて重要かつ実現可能である！

環境 [ごみ処理]

405: プラスチック材料が純粋な形のみでなく混合物としても多様にリサイクル (例: プラスチックの油化) できるように構成されることが一般化する。

専門度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	98	38%	32%	31%	72	49%	25%	26%
独	89	20%	47%	33%	77	17%	42%	42%



日本のコメント (例)

- ①例示されているのは油化を前提としているとみられるが、それは実用化の可能性が低い。脱塩素してサーマルリサイクルする方向が考えられる。
- ②プラスチックからできた油や固形燃料の大規模な活用方法が必要である。
- ③廃プラスチックの種類が多い現状では、さほど期待できない。産廃で一部利用されよう。
- ④プラスチックの油化についてはPVC (ポリ塩化ビニル) 対策としての経済的な塩素除去技術開発が必要。
- ⑤一般市民生活や自動販売機等のプラスチック材料と、工業、建築などの材料に関する使用プラスチックを選定する工業基準を作るべきである。家庭用のものはガス化、液化の容易なもの、又は出来るだけ減量化すべきと考える。
- ⑥カスケード利用を考えると、単純再生→複合再生→燃料化→焼却熱回収と順序あり。
- ⑦廃プラからのプラ再生は不可能である。それよりもサーマルリサイクルとしての意義の方が大きい。
- ⑧油化に限ればコスト負担をどのようにするかが重要であり、技術的には現在の石油精製・石油化学のレベルで対応可能。
- ⑨油化には限界がある。多様な混合物に対しては、熱分解の方が好ましい。これとは別に脱塩素等技術 or 脱塩ビ技術が開発される。
- ⑩プラスチックの多様性を少し制限し、複合材質製品を減らす。単一成分で成分表示及び選別指標物質の混入により高度選別を可能にする。どうしても避けられない特殊成分、複合素材プラスチックは残るので、サーマルリサイクルを徹底する。

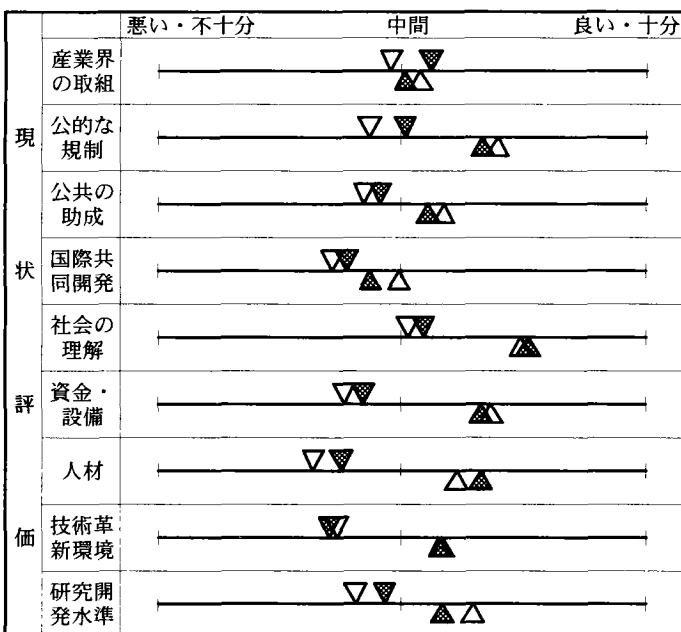
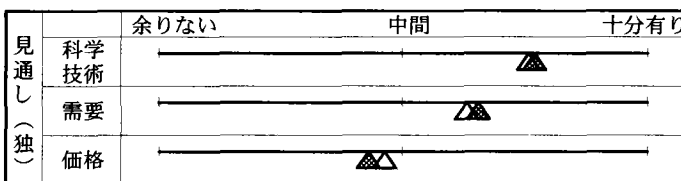
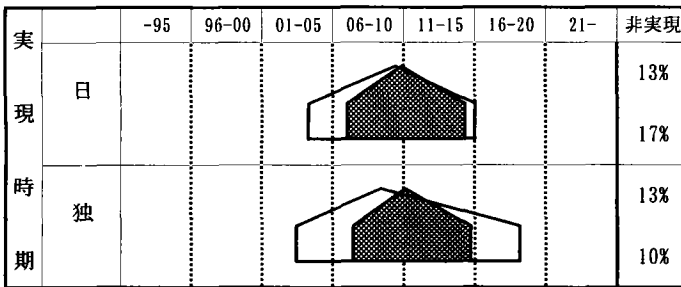
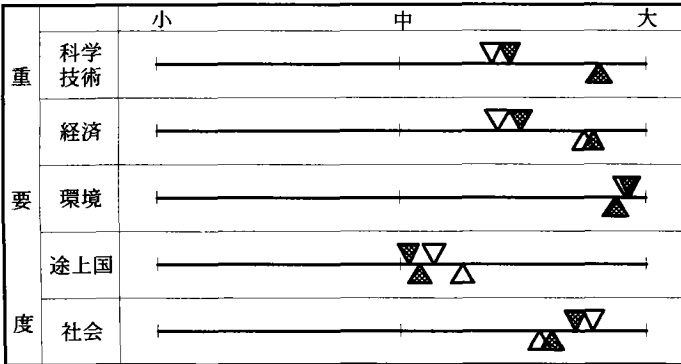
独のコメント (例)

- ①環境汚染は時期的に後送りされるだけで、解決にはならない。
- ②原料の再生。
- ③高価なプラスチック製品に関しては明らかに業種や市場に左右されない。
- ④その特殊でオーダーメイド的な特性が損なわれるため、プラスチックの価値がなくなる。
- ⑤プラスチックの多様性を極端に制限。
- ⑥直接焼却=熱利用が最も経済的—有価物の繰り返し再生はなし。
- ⑦私は、プラスチックの『リサイクリング』とはそのまま再利用することと理解するが、基本的にはガス化によってCOとH2とに変換したあと、新しいプラスチックを合成することも可能である。
- ⑧プラスチック廃棄物だけではなく、炭素を含有したあらゆる廃棄物 (廃油、家庭ゴミ等のほか、再生原材料も) も使用可能である。
- ⑨技術的に多額の費用をかけて廃棄物経済をいたずらに複雑化させるに過ぎない。例えば分類の種類を限定する等、単純な解決法が問われている。

環境 [ごみ処理]

406:例えば不用となった製品の回収・処分に関する義務が法的に規定されることにより、新たな資源の消費が最小限に抑えられる循環経済が確立して、ほとんどすべての材料がリサイクルされるようになる。

専門度等	日	R1			R2			
		人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中
日	99	42%	26%	31%	73	51%	27%	22%
独	99	24%	47%	28%	86	26%	42%	33%



日本のコメント(例)

- ①リサイクルがワンウェイより高くつく場合、その差額は消費者やメーカーが負担するシステムを確立するべきである。
- ②最も資源枯渇が心配されるレアメタルを優先すべきである。
- ③ドイツが先行し、ヨーロッパ全体がこの方向に依っている。環境保全からこの方向に日本も向かわざるを得ない。
- ④「ほとんどすべての材料」であれば不可能。50%程度を目標とすれば近い将来可能。
- ⑤課題407とともに、社会的経済的な問題である。しかも国際的に競争力を維持しつつ実現するためには国際的な取り決めが必要と思われるが先進国と発展途上国の利害が一致せず困難。
- ⑥最も資源枯渇が心配されるレアメタルを優先すべきである。素材開発(特に複合材料開発)や製品開発を無制限に許しては、この種の材料リサイクル技術は開発できないであろう。
- ⑦円高等により、海外原材料が安くなる場合において、環境負荷への税等を課し、原料国へ還元するなどの経済的措置が必要である。
- ⑧ドイツが包装法等で先行しているが、どんなに頑張っても現状の30%リサイクルが限度で、お手上げの状態である。そのため、1200度のサーマルリサイクルからガス化使用の方向へ研究が向いている。本質問のリサイクルの定義がマテリアルリサイクルだとしたら実現しない。
- ⑨昨年ドイツで制定された「環境経済法」のなりゆきによって左右されるであろう。又、EUの「包装廃棄物指令」が昨年、リサイクル率に上限をつけたことがこの動向に水をさすかもしれない。
- ⑩ほとんど全て材料のリサイクルはあり得ない。消費が最小限に抑えられる経済も実現は難しいのではないか。

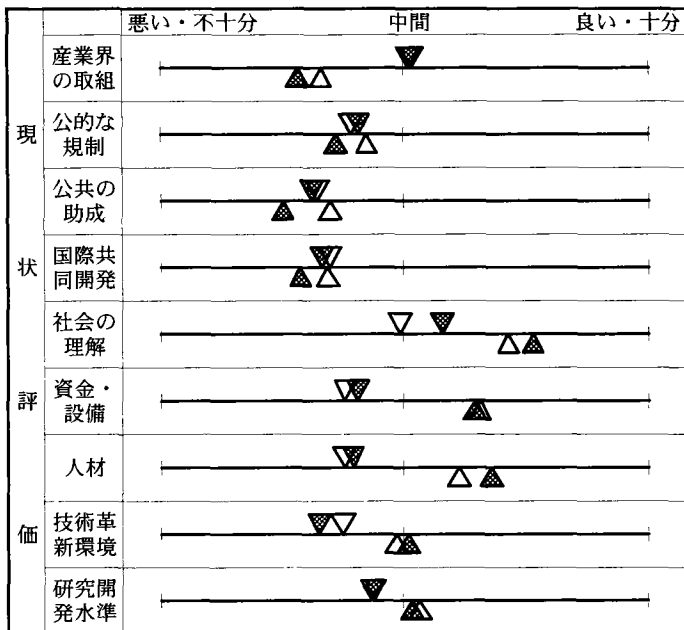
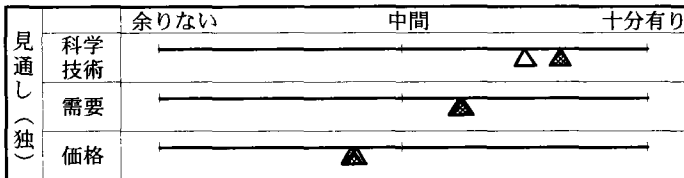
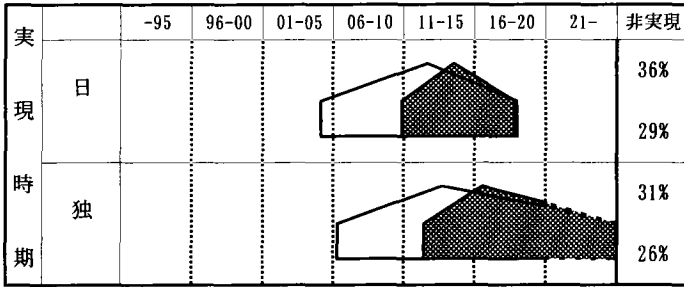
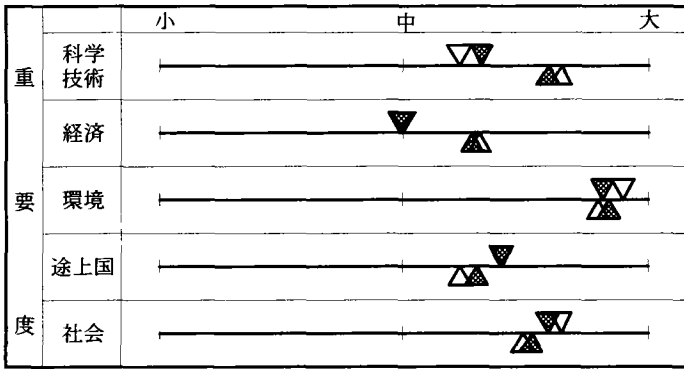
独のコメント(例)

- ①場合によっては第3世界諸国にとって大問題となる。
- ②循環経済に犠牲を伴ってはならない。地球規模での自然に則した物質循環を目指す。
- ③循環経済の構築には個々の業種ごとに様々な形での困難を伴う。全体に要する時間は長期に達する。
- ④条件つきで実現可能!再生の義務づけが必要。大量生産、エレクトロニクス製品では有効。
- ⑤有価物は全て繰り返しの使用で「消耗」してしまっているので、全く不可能→エントロピーの増大!
- ⑥エネルギー収支とコストとが決定的因子となる。
- ⑦品質に対する必須要件に制約されて不可能。
- ⑧このような目標は、ステップ・バイ・ステップに、また限定された範囲でしか達成不能。

環境 [ごみ処理]

407: 製品 (消費材) の寿命が5倍になる。

専門度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	79	29%	27%	44%	63	30%	41%	29%
独	94	15%	43%	43%	80	14%	41%	45%



日本のコメント (例)

- ①生産が低迷するために実現しにくい。消費者の要求が高まらないと実現しない。
- ②LCA (ライフサイクルアセスメント) の進歩・発展で「環境への優しさ」が合理的に定量化される方が理想であり、寿命5倍は誤った解決策のケースもある。
- ③製品にもワンウェイ型から耐久消費財まで色々あり、一概に論ずるのは無理。
- ④リース・レンタルなどが一般的になれば加速化される。
- ⑤リサイクル技術が発展すれば寿命は短くてもよくなる。
- ⑥故障部品の取り替えで製品の寿命を長くするシステムも導入する必要がある (ex. テレビのブラウン管の取り替え)。リサイクルを難しくするなら寿命5倍の製品は不要である。
- ⑦寿命を伸ばすことが環境向上に必ずしも繋がらない。むしろ技術進歩の取り込みが遅れ、技術向上の意欲が減退し、社会全体が低速化に向かう。
- ⑧シンプルな製品と複雑な製品に分けて論じなければ意味がない。例えば、木の机とTVは製品の利用形態が異なり、TVなどの電気製品は日進月歩なるが故に、消耗財としての意味が深い。天然材料による家具その他の調度品は、半永久的に残る。
- ⑨家電等の耐久消費財、住宅等のインフラの長寿化は、消費生活を豊かにする効果があると思われ、重要である。また、焼却炉の熱回収ボイラー等のインフラに使用する金属材料の高温耐蝕性の5倍向上も大変重要な課題である。

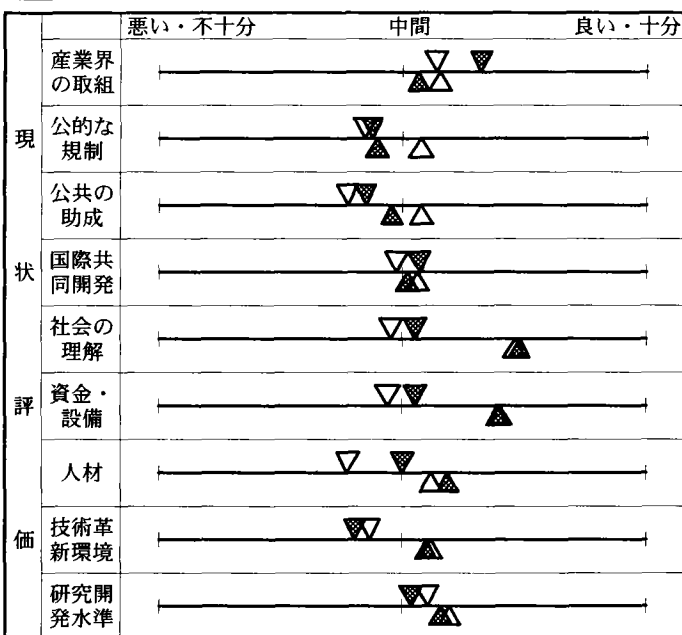
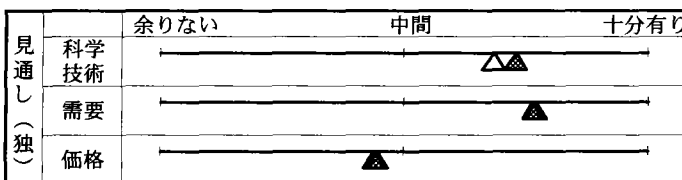
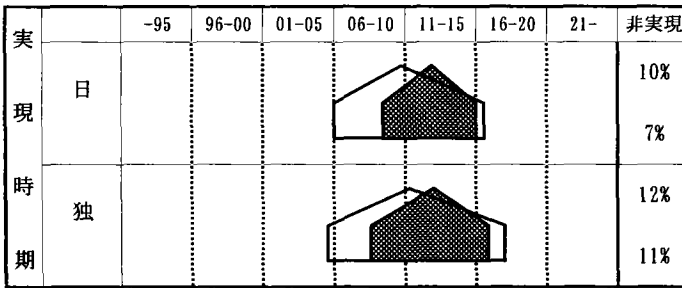
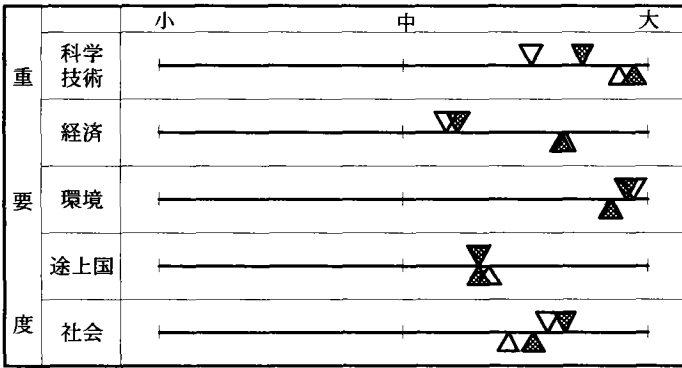
独のコメント (例)

- ①資源保護とそれが時折引き起こすイノベーション妨害とを十分に比較考量する。
- ②この原則の導入は、主に、消費行動の方向転換と販売戦略の変化に左右される。
- ③環境に優しい材料を犠牲にしてはならない。
- ④個々の製品においては可能かもしれないが採算性はない。
- ⑤全く実現不可能。寿命=使用期間である！機器等が技術水準、流行、ユーザーの希望等にそぐわない。
- ⑥循環経済、すなわち加速する技術の進化や市場の移り変わりを見れば、減少あるいは偏極化も考えられる。
- ⑦ごく少数の製品に限り可能かつ望ましい。寿命の長い製品がイノベーション率に歯止めをかけている。
- ⑧寿命と耐用期間は同じではない、機器が旧式になり、基準も更新される。
- ⑨望ましいこと：製品寿命の延長に対する国の刺激策、モジュール構成方式等。
- ⑩これによって必然的に大幅な値上がりをもたらされると共に、技術革新にブレーキがかけられる。僅かな製品についてのみ！

環境 [ごみ処理]

408:問題のある化学物質が分解、リサイクルの可能性など生態系における物質的特性を配慮した生物学的な製品に代替される。

専門度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	90	27%	28%	46%	62	35%	27%	37%
独	87	14%	48%	38%	76	17%	32%	51%



日本のコメント(例)

- ①生物分解性プラスチックなどを前提にしているとみられるが、それは大半の高分子物質をそのままにして、ワンウェイ体質を温存するかくれみのである。
- ②耐久性が要求される構造材は分解されずに残る。
- ③化学物質、特に長期微量の影響評価が難しい。
- ④生物学的な製品の全てが安全と言うわけではない。
- ⑤大量消費を指向する製品なら歓迎されないであろう。有害金属を含む色素、染料等を優先して代替製品を開発する必要がある。この種の製品開発は欧米に比べて日本が相当遅れている。
- ⑥問題と気づく迄に時間がかかり、解決する迄に又時間がかかる。生物学的代替製品を探し出すのは、非常に時間がかかる。
- ⑦代替製品の環境への影響を評価(確認)するガイドラインを策定する必要がある。
- ⑧「問題のある化学物質」を環境中での難分解性、蓄積性、非代謝性と理解すれば、生物学的製品に代替されることが望ましい。しかし、使用した後に化学的に分解し、生態学的に安全にして処分する方へ技術は発展すると思う。
- ⑨生分解性という言葉について、本当の意味は、内容をよく考えてみる必要がある。そのため日本のコメント④と同一の意見である。中間段階の生成物やプロセスの評価も必要。

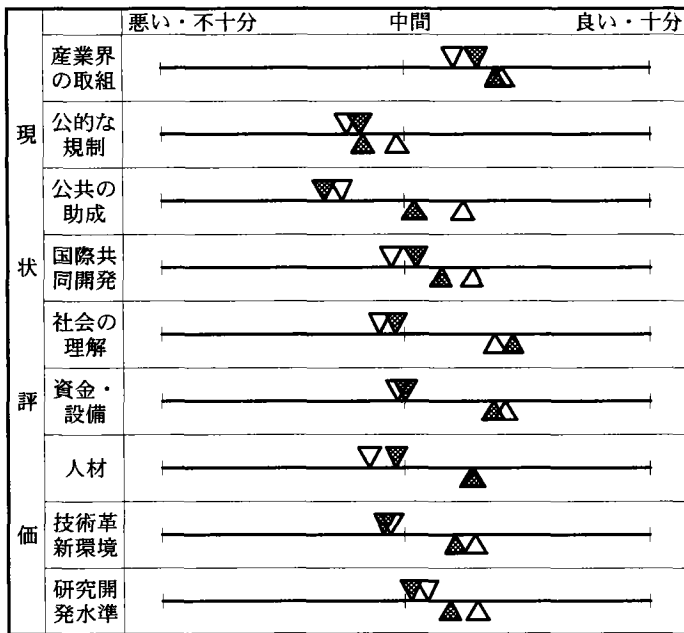
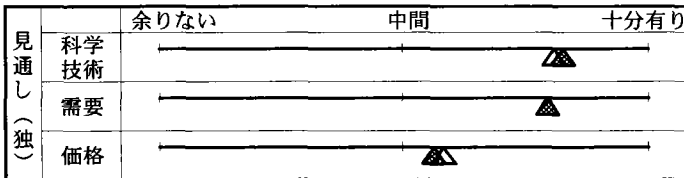
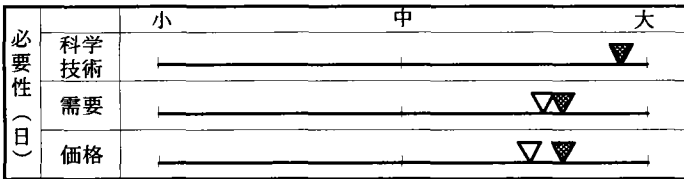
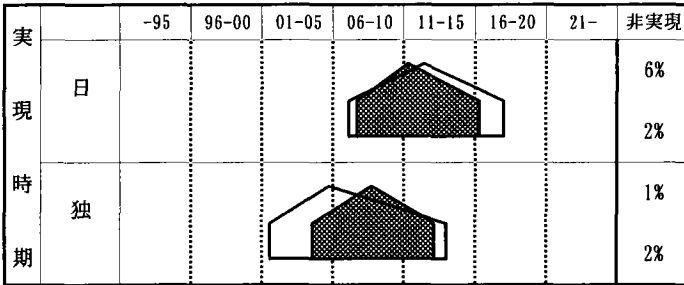
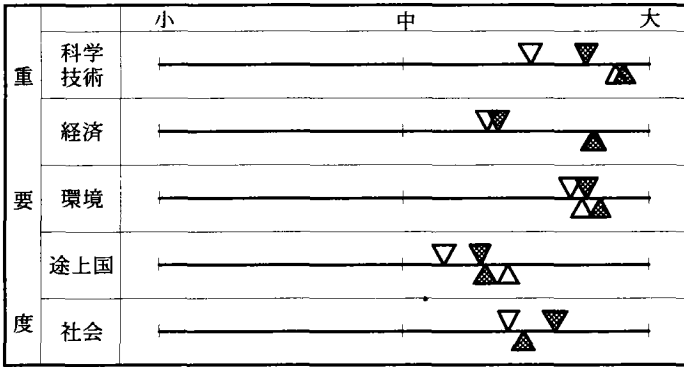
独のコメント(例)

- ①経済収支が合えば、問題のケースの約30%が代用できるかもしれない。
- ②化学的問題?を一般論として扱わないほうが良い。重金属、PCBは地球への根本的な汚染。
- ③特定の物質に限り実現可能。化学的汚染物質に関しては特に制限が大きい。
- ④多くのバイオ製品が、その有毒性において人工製品に優るとも劣らないものになる。
- ⑤問題のあるすべての物質が代替可能なわけではない。
- ⑥目標設定が単純すぎる。潜在的危険性の少ないバイオ製品や人工製品による代替プロセスは進行中。

環境 [ごみ処理]

409: 在来の天然材料を工業原料に、酵素的、化学的に変換する新しい方法、および新たな天然材料を生物的方法によりスクリーニングする新しい方法が開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	74	19%	35%	46%	52	19%	37%	44%
独	73	11%	45%	44%	65	11%	35%	54%



日本のコメント (例)

- ①大量供給の必要な材料を天然材料から変換させることは非常に困難とみられる。
- ②わが国が得意とする分野。その実現が予想以上に早いと思われる。
- ③生成された新材料あるいはその工程が環境に与える悪影響がないように慎重であるべき。
- ④医薬など特定分野が先行するのでは。
- ⑤部分的には可能だが、これにより必要な技術や原材料の大半をまかなうのは難しい。
- ⑥前半の方法については、特に実現は早いと思われるが、後半の課題については、バイオテクノロジーに対する規制が行われる可能性があり、実現が遅れるのではないか。
- ⑦食品、医薬分野ではますます進行する。一般工業原料として使用されている石油化学製品への代替も一部進行するのは早いと思うが、全面的に代替するかどうかは石油枯渇による。建設資材から衣、住、に係わる物質すべてが、タンパク、セルロース、脂質系生体構成物質でできるようにするのは、さらに2100年以降。

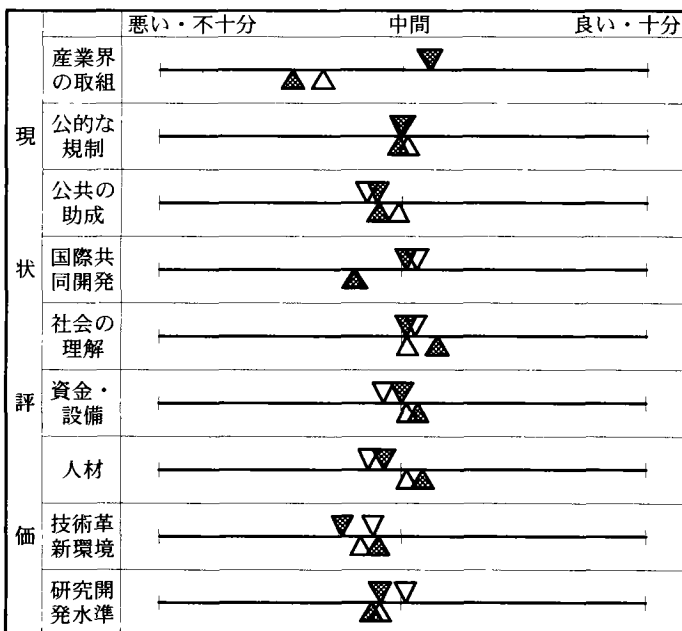
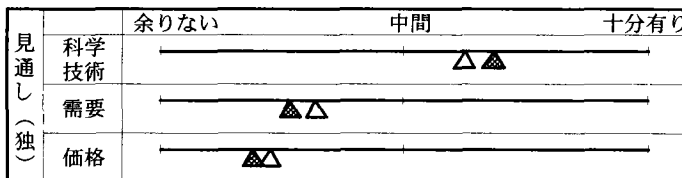
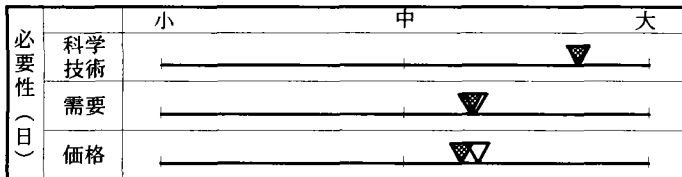
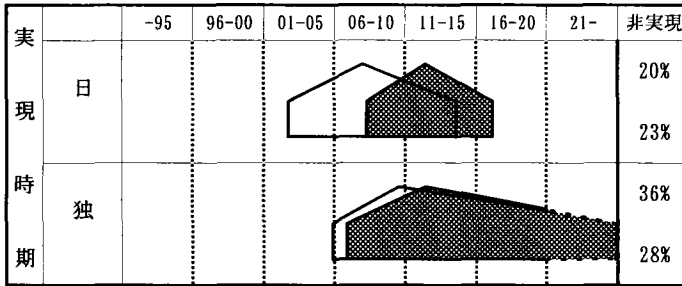
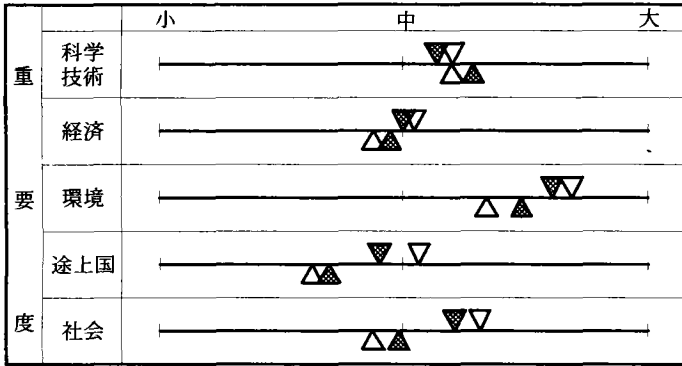
独のコメント (例)

- ①廃水や肥料等、環境へのマイナス作用も考えられる。
- ②バイオテクノロジーへの疑念。
- ③このプロセスは目下進行中、広範囲にわたって終結する時期が問題。
- ④農産物原料の栽培と使用に際しても環境への影響に留意しなければならない。

環境 [ごみ処理]

410:都市ごみの焼却により発生する二酸化炭素の回収技術が実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	103	38%	30%	32%	72	40%	38%	22%
独	79	16%	44%	39%	70	14%	39%	47%



日本のコメント (例)

- ①都市ごみにここまで要求するのは酷。都市ごみは火力発電並みの効率を求め、火力発電でCO2対策を行う等の棲み分けが必要。
- ②回収したCO2の処分をどうするかが新たな課題。排ガス中の不純物の除去も困難だろう。
- ③ごみ焼却に伴うCO2が問題になるならばむしろCO2を発生させないごみ処理方法が採用されると思う。
- ④埋め立てでもCO2発生源となるのでそちらの研究も必要。
- ⑤技術自体はある。しかし、リサイクルが進むとこの段階のウェイトは小さくなる。
- ⑥焼却処理は可能な限り少なくすべき、肥料等や、プラスチックのリサイクルを促進すべきである。
- ⑦都市ごみはCO2発生源としては微量であり、かつ分散型発生源であるので、都市ごみは無害化処理と徹底したエネルギー回収を目指すべきである。CO2大量発生源である火力発電所の一部(国が補助して指定)が、経済的に捕らわれないで、高効率CO2回収を行うよう指向すべきではないだろうか?なお、コンポストもCO2発生源である。
- ⑧都市ごみだけでは費用効率が悪い。しかし、地球温暖化防止の視点に立てば、CO2固定化技術は不可欠なので実用化が急がれる。
- ⑨現在C1化学は、日本では相当進んでおり、実現は早いと思われる。第一には火力発電所での実用化であるが、その後ごみ処理においても実用化される可能性が高い。

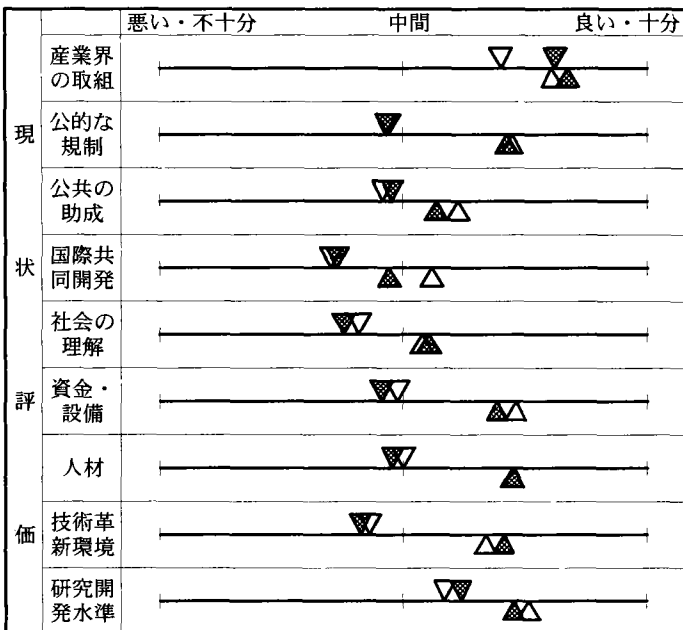
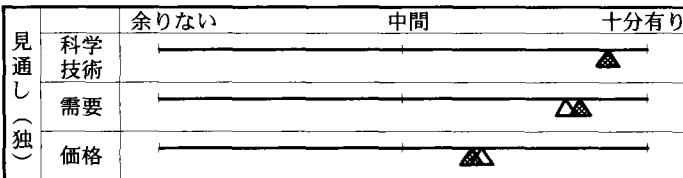
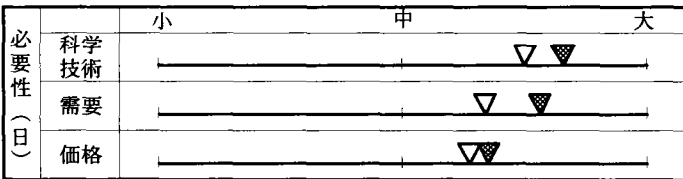
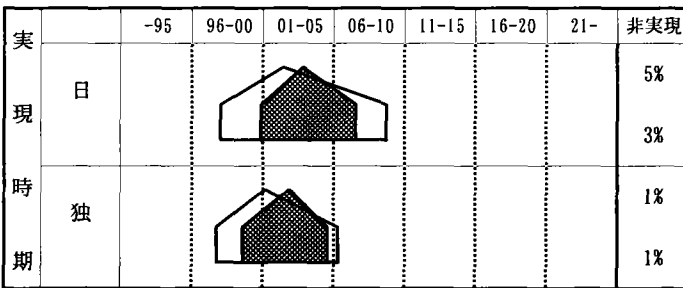
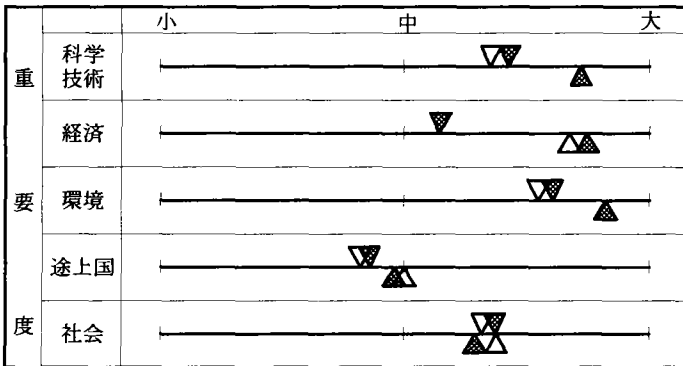
独のコメント (例)

- ①ゴミの焼却はCO2の収支にとって2次的な意味合いしかもたない。捕集したCO2はどう処理するのか?エネルギー収支!
- ②最善の糸口:ゴミの減量化、コンポスト化、安定化、人口、経済成長。
- ③CO2放出量全体に占める家庭ゴミの割合が小さいことを考えれば(特に循環経済に組み込まれたとき)、こうした技術の開発・導入はふさわしくないと考えられる。
- ④多額のコストと技術の導入を必要とする。他の措置に比べてCO2削減効果が小さい。
- ⑤CO2の閉じた循環経路を作る-ここでは家庭ゴミはすでになく、燃えかす、有価物(DSD)のようなその他の留分、生物系ゴミは最大限に取り除かれている。これが技術水準である。
- ⑥CO2をどう処理するか?
- ⑦高価、本当にCO2が問題か?これよりましなエネルギー経済手段を。
- ⑧捕捉したCO2の『保管』の方が問題だと思う。

環境 [ごみ処理]

411:人工知能を用いた自動化された都市ごみ焼却システムが実用化される。

専門度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	93	40%	29%	31%	65	42%	37%	22%
独	97	24%	42%	34%	77	19%	43%	38%



日本のコメント (例)

- ①自動化などを検討するより焼却自身を止める方向が大切。ドイツなどはその方向を明確にしている。
- ②ファジィシステムの応用で将来的には可能と考えるが、完全自動化は難しいと考える。
- ③現在でもすでに工場の自動化は進んでいる。今後これ以上の自動化が必要かどうかは、自治体等の経済性を含め、ユーザーのニーズによる。
- ④極めて精密な処理を要求される物質が、ごくわずかに混じっているようなケースまで考えると、このシステムを実用化させるのは極めて困難。
- ⑤日本コメント③と同じ。現在の自動化はクレーンの自動化、自動燃焼等、焼却システムを対象としており、システムを構成する各機器の点検業務の大部分は人手によっている。今後は作業改善の見地からこのような業務の点検ロボットによる省力化の研究が必要である。
- ⑥人工知能の程度が問題。性能維持、トラブル対策、自己診断機能を持った自己学習機能付きのものはもう少し遅れる。ごみ焼却は発電所と一体化されていくと予想される。

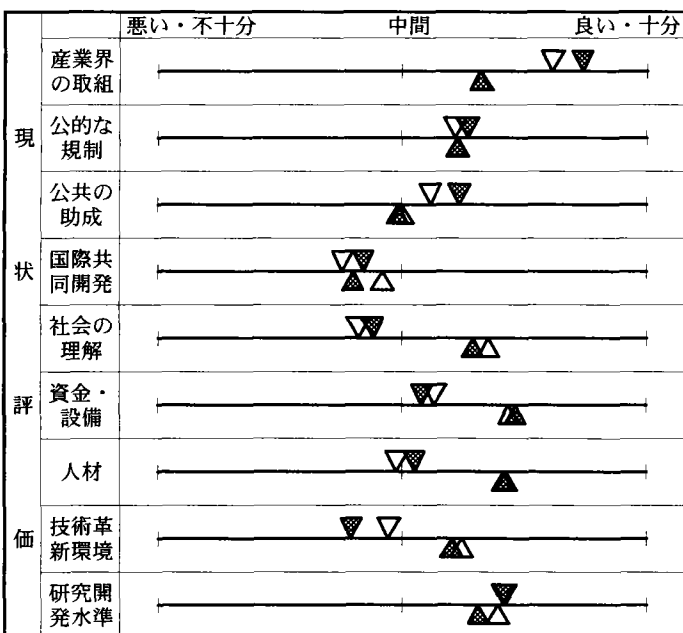
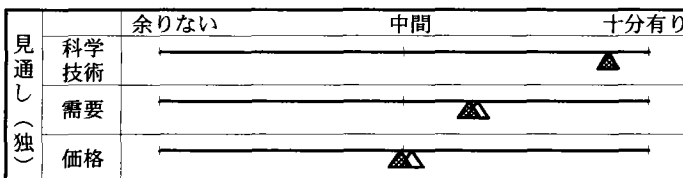
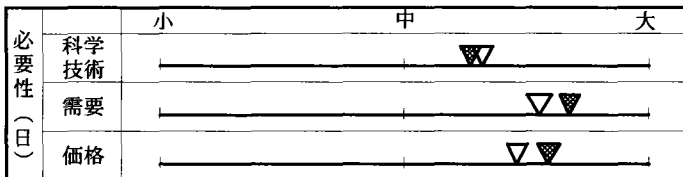
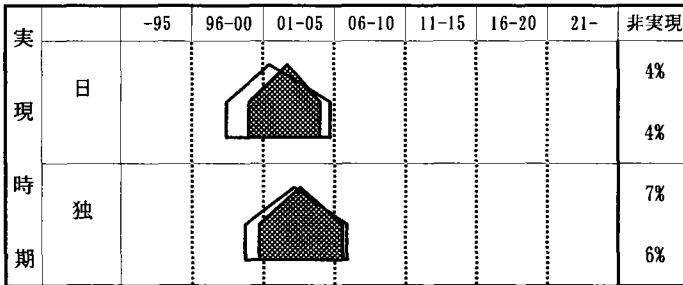
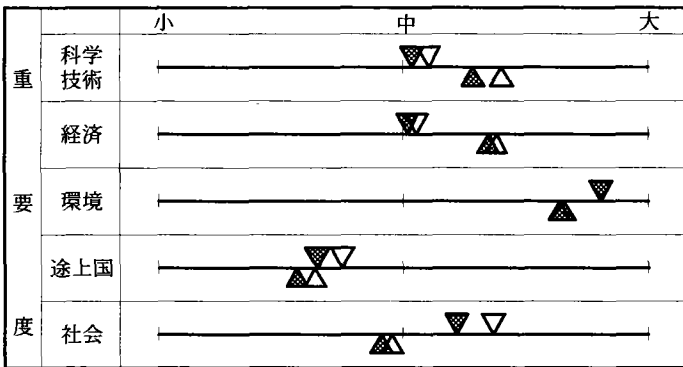
独のコメント (例)

- ①ここでは何が「賢い方法」かーしかし焼却の回避が先決だろう！
- ②環境に負担をかけない残留ゴミの焼却処分が生態学的にも経済的にも有効な解決策。
- ③国民経済的に採算がとれない。
- ④何故家庭ゴミから出るCO2なのか？何故暖房装置からのものではないのか。
- ⑤「還元法 (CO2ゼロ)」だけが有効。好ましくない多くの残留物を回避。
- ⑥リサイクル、コンポスト化ー焼却は原料の「退化」に等しい。
- ⑦他の処理方法の脇役として：例えばバイオ方式との組み合わせも。
- ⑧このような改良によっても得るものは少ない。燃えかすが減量される見込みが殆どない。

環境 [ごみ処理]

412:都市ごみ焼却灰の溶融固化が普及する。

専門度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	95	52%	24%	24%	68	62%	22%	16%
独	79	27%	42%	32%	67	30%	36%	34%



日本のコメント (例)

- ①溶融固化が一部で採用されているが、有害金属が飛散し、メンテナンスも困難で、エネルギーも必要であるので、長期的にはすたれるはず。
- ②技術的に可能な段階と考えるが、埋立コストとの競争が普及に影響あり。
- ③各メーカーが重要課題として取り上げており、競争が激しい。
- ④現在すでに普及しつつあり、埋立地不足の折柄、今後共普及が加速するであろう。これからは溶融スラグの資源化が課題である。
- ⑤溶融固化に投入するエネルギーは莫大なものである。
- ⑥自治体のコスト負担が大きいために普及はさほどしないとみられる。溶融固化でのエネルギー消費は大きく、飛散、捕集した重金属の処置に課題が残る。
- ⑦現状のエネルギー多消費型は早期に廃れていく。最もエネルギー効率の悪い電力エネルギーを使う方式ではなく、ごみ自身のエネルギーを有効に利用したシステムが開発される。
- ⑧有害物質管理をきちっとした上での溶融固化である。焼灰の規制強化によりかなり、日本では普及。問題は資源化と有害物質。

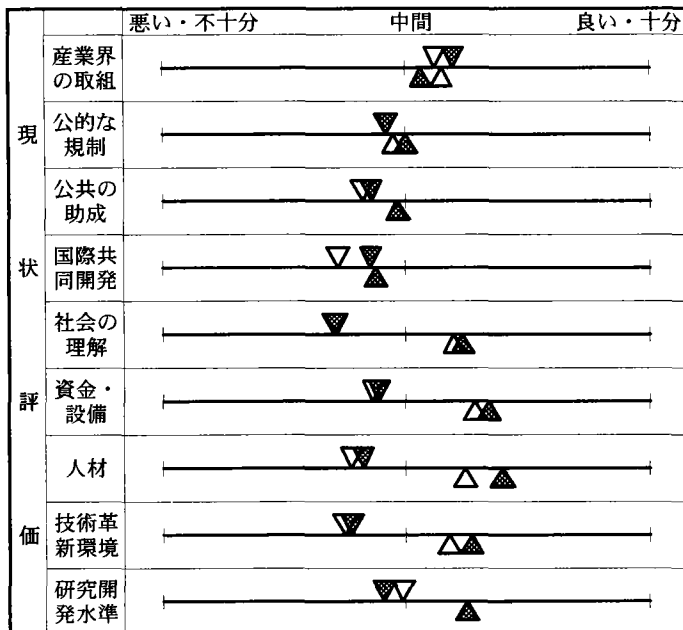
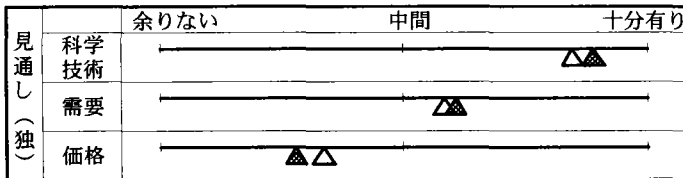
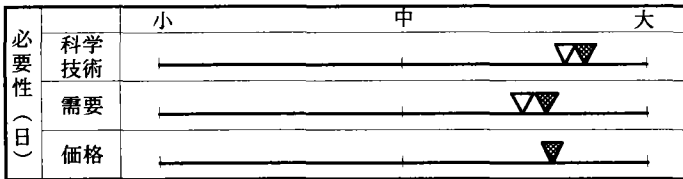
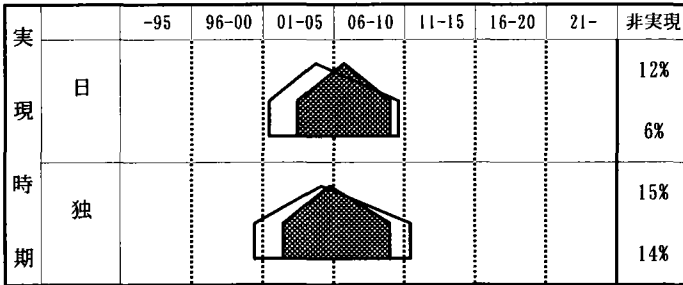
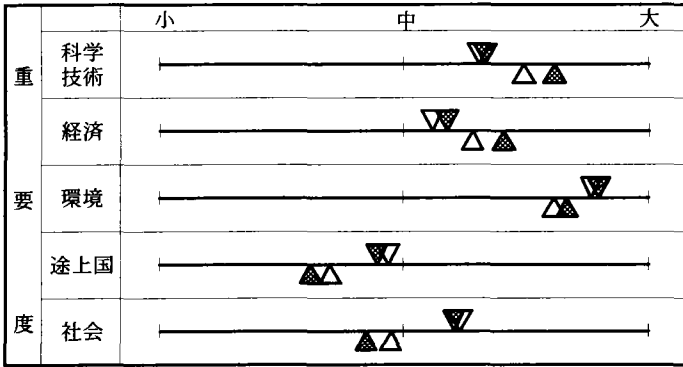
独のコメント (例)

- ①貴金属を含む廃棄物・燃料の焼却灰。
- ②他の形態も考えられるので、安易に押し通すことはできない。
- ③焼却は原料の「退化」に等しい。
- ④機械処理後の再生=技術水準-エネルギー面から見て有効でない。
- ⑤パイロット設備テスト中。
- ⑥高価すぎ、エネルギーも無駄になるし、その一部は技術的にナンセンス！
- ⑦焼結だけで十分！遊離重金属の行方を明確にする必要あり。

環境 [ごみ処理]

413: 都市ごみ焼却施設の集じん灰から経済的に金属を回収する技術が開発される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	94	47%	26%	28%	66	52%	27%	21%
独	78	26%	38%	36%	67	24%	33%	43%



日本のコメント (例)

- ① 金属精錬専門家との協力を一層深める必要がある。
- ② 「経済的に」が難しい。施設規模をある程度大きくしないと。
- ③ レアメタルの問題もありできるだけ早く問題の解決を望む。
- ④ ごみ中にヒュームになりやすい金属が入らないように製品アセスメントやリサイクルシステムを定着させることが先である。かつてごみ集じん灰から湿式で金属回収する技術開発を行ったが、経済的にはかなり困難である。
- ⑤ 将来の金属資源の枯渇を考えれば、やらざるを得ないだろう。飛灰からはZnの回収が主になる。
- ⑥ 現在集塵灰の重金属についてはセメント固化、薬剤処理等、封じ込めの方式が主流であるが、貴重な資源確保の点から、これを精錬会社等の原料とすれば既存の技術の応用で回収が可能ではないか。
- ⑦ 生ゴミ搬入の段階で回収しないと熱を受けてからの金属は利用価値が低い。飛灰からは重金属のみを回収利用する。
- ⑧ 経済的に対応できる量でなく、どんな金属の回収、残物の対応も大きなコスト負担となる。重金属の対応に苦慮している現在、金属回収する技術が開発されれば、次元が違うメリットあり。

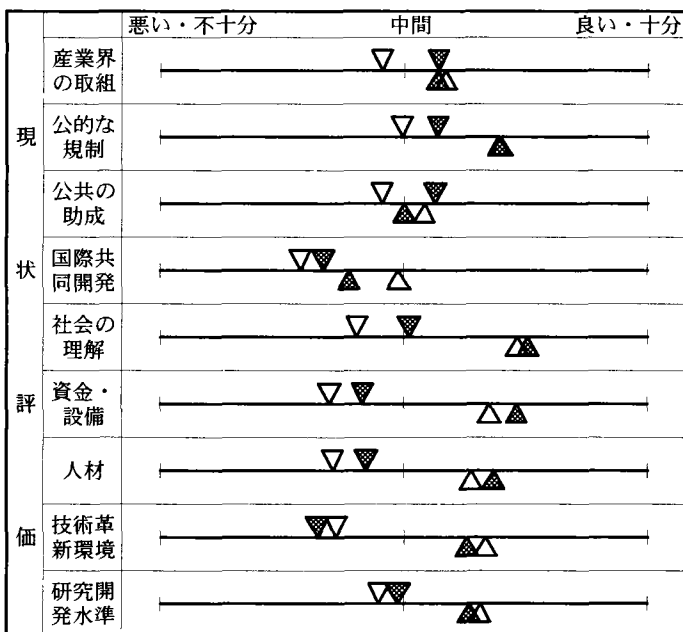
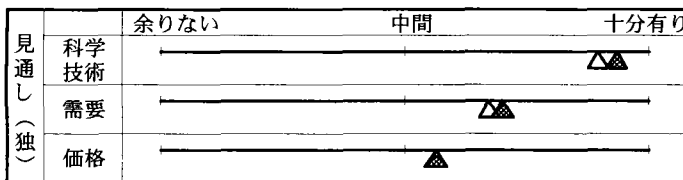
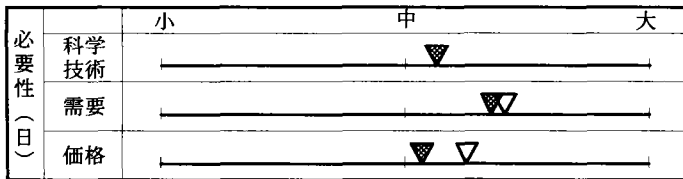
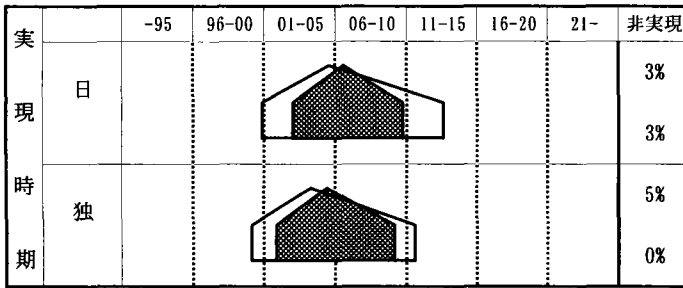
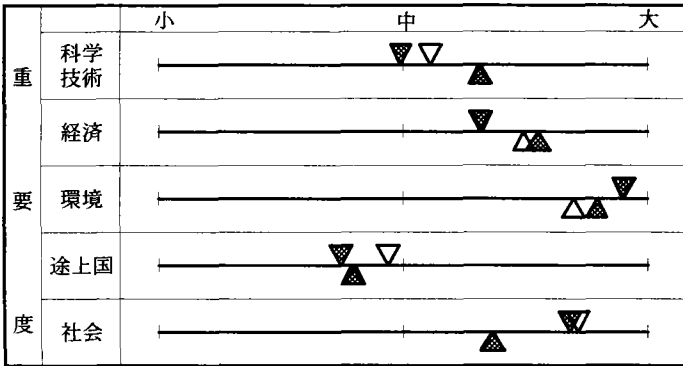
独のコメント (例)

- ① 実現可能かつ目的にかなってはいないが、ほとんどの金属では周知の資源の収率に比べてコスト高となる。
- ② エネルギー消費量が大きく国民経済的に採算が合わない。
- ③ 経済的に回収できる金属の割合が少なすぎる。不純物が多すぎる。
- ④ 環境・資源保護への貢献度は最小。
- ⑤ 技術的には、フライアッシュに含まれるごく少数の重金属に関してのみ実現可能と考えられる。
- ⑥ 焼却は原料の「退化」に等しい。
- ⑦ 現在の価格および今後の予想価格を考えれば有効な課題とは言えない。
- ⑧ 事前に分離し、無金属での焼却を！

環境 [ごみ処理]

414: 全ての廃棄物の発生から最終処分までの流れを地域レベルで管理するための情報管理システムが普及する。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	88	48%	26%	26%	69	48%	32%	20%
独	89	22%	42%	36%	74	23%	38%	39%



日本のコメント (例)

- ①リサイクル製品のストック流通も含む物となろう。
- ②産業廃棄物については現在マニフェストシステムがとられているが、今後は一般廃棄物についても類似のシステムによる廃棄物の管理が必要であろう。
- ③物流は、地域レベルより広範囲であるため、正確な情報管理は国レベルでしか行えないのではないかと。
- ④廃棄物の種類等によって計量方法はまちまちであり、業者によってもかなりいい加減である。運搬・処理途中で回収再資源化、減容されて、INPUTと最終的OUTPUT (処分量) が違うことが、常に起こっている。リサイクルのための情報管理システムは有効である。
- ⑤廃棄物処理処分の実施単位は地域レベルだとしても、情報管理システムは広域でないと破綻する。阪神大震災で、そのことが実証された。
- ⑥マニフェスト制度には問題が多い。むしろ、アメリカのTRIのデータファイル的な発想が必要。
- ⑦ごみの情報公開、マニフェストシステムは前進せざるをえないので、今世紀末までには、実現するだろう。

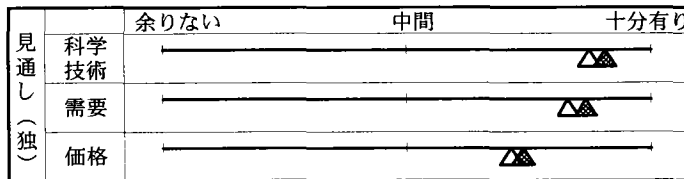
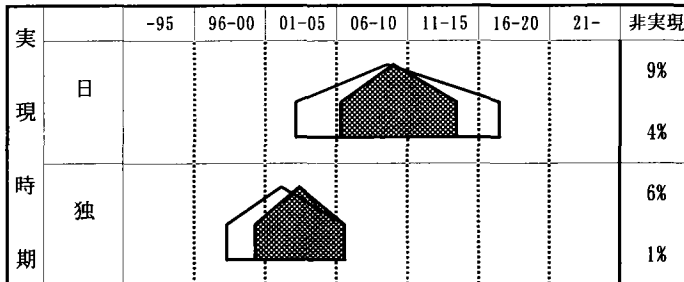
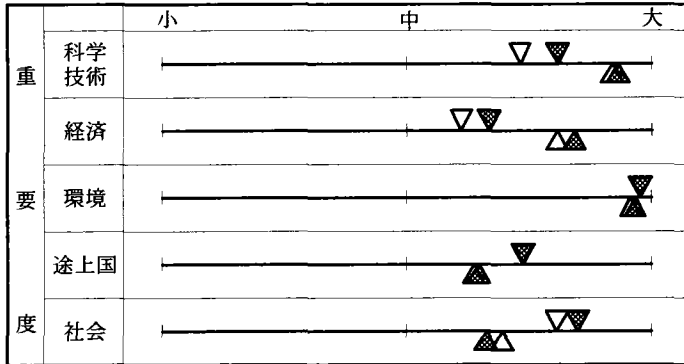
独のコメント (例)

- ①廃棄業者の中の異端者であるという点から必要不可欠。
- ②主に環境を損なわないいくつかの物質に関してのみ考えられる。
- ③ガラス越しのシステムはデータ保護に適さない。困難なだけ!

環境 [ごみ処理]

415:汚染物質を吸着・分解する微生物を利用することにより、大規模に汚染された土壌が浄化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	93	35%	31%	33%	68	41%	25%	34%
独	98	28%	45%	28%	79	22%	47%	32%



日本のコメント (例)

- ①汚染対策の一手法として考えるべきで他の方法も重要である。
- ②あるレベルまでは可能だが、完全な浄化は無理。
- ③部分的には既に始まっている。
- ④汚染濃度の高い土壌は物理・化学的処理が必要であり、低濃度 (ppm Order) は、微生物が有効と考える。
- ⑤生分解可能な汚染に対しては、極めて有効。しかし、万能ではなく、他の技術も開発要。
- ⑥土壌菌の利用は一時的には有効であるが、ある物質密度が増加すると土壌菌の増殖をおさえる。又、自然界を大きく変えるための熟慮を要する。
- ⑦重金属等はこの方法では浄化されない。むしろ土壌起因の地下水汚染浄化が先行。
- ⑧微生物の遺伝子工学的改良が必要である。その実現は比較的早いと予想されるが、大規模、広域の汚染地に広く散布して活動させる方法が困難である。また浄化後の微生物の管理も問題を残す。

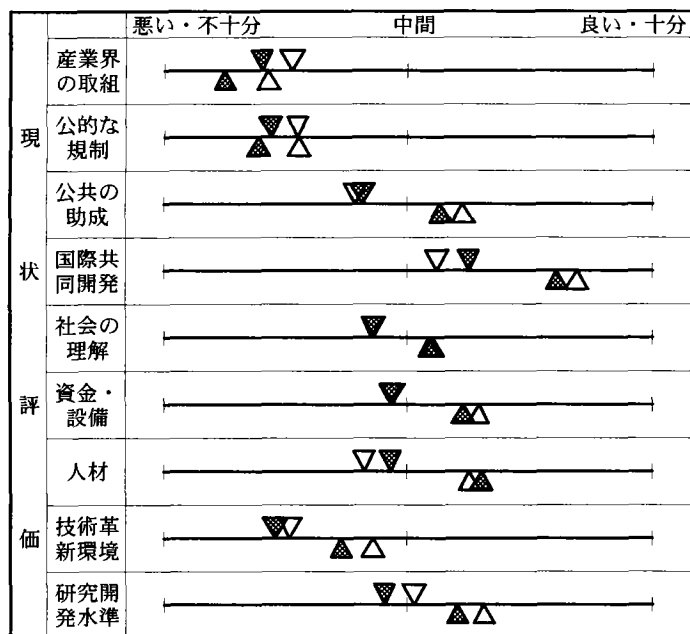
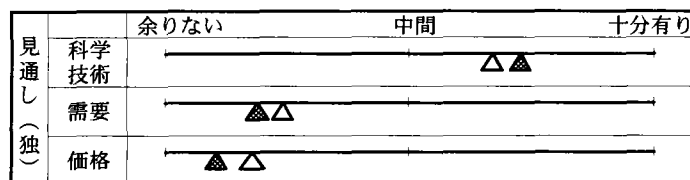
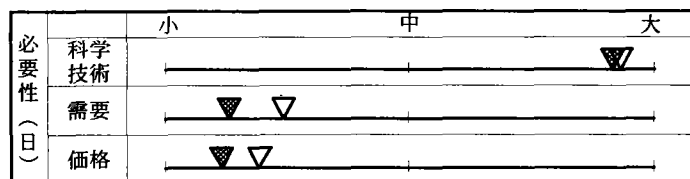
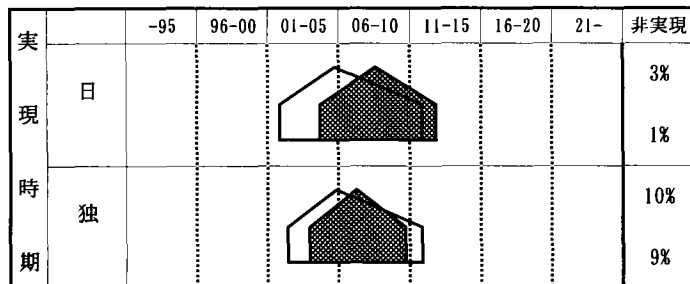
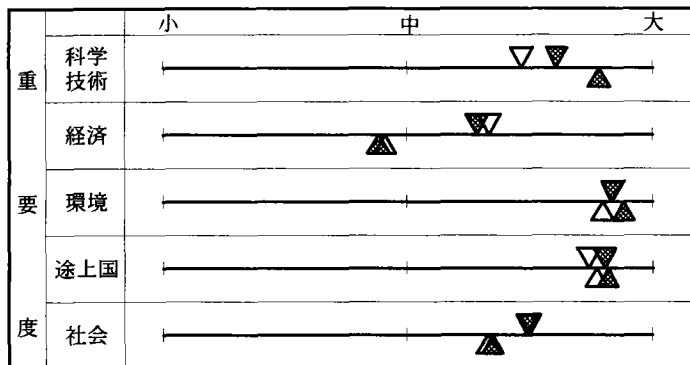
独のコメント (例)

- ①微生物による土壌浄化措置のほうがはるかに実現化されており、成果も上がるだろう。これに匹敵する浄化策は他にない！
- ②エネルギー消費が大きく、敷地外のプロセスでは時に汚染物質の移動も発生しうる。遺伝子工学上変化した有機物の放出を回避。
- ③分解性の汚染物質にのみ有効。
- ④狭い密集地域においてのみ可能。
- ⑤このような研究分野は特に助成すべきであろう。特に放射能汚染に対して。
- ⑥開発継続、実用化進行中。

環境 [気象変動]

416:砂漠化の本当の原因が、全球的な気候変化に伴うものか人為的な原因によるか、あるいはその両方かが解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	99	26%	37%	36%	73	25%	36%	40%
独	72	11%	38%	51%	68	9%	38%	53%



日本のコメント (例)

- ①場所によって違うのではないか。
- ②10年スケールの長周期変動について理解するには相当時間が必要である。
- ③基本的には人為的なのではないか？

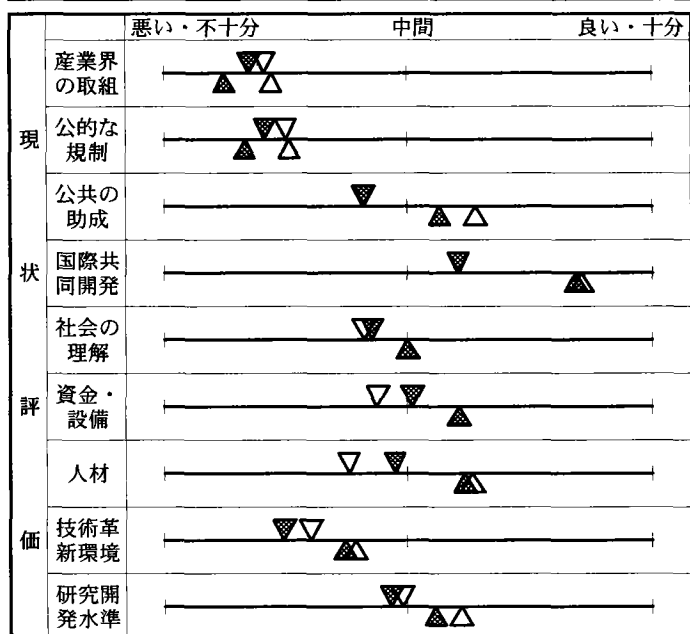
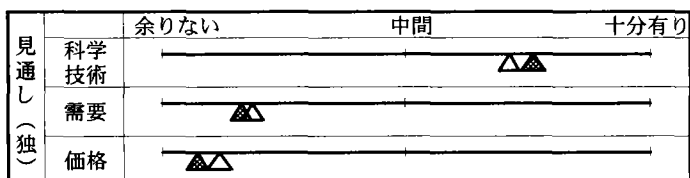
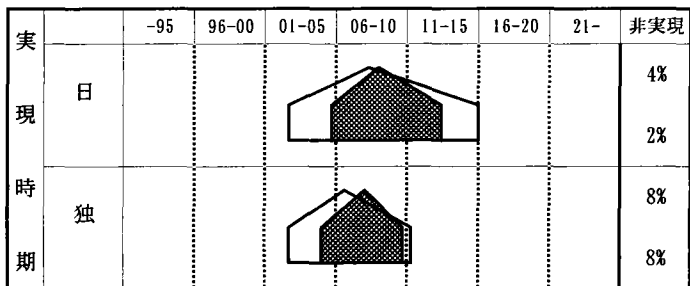
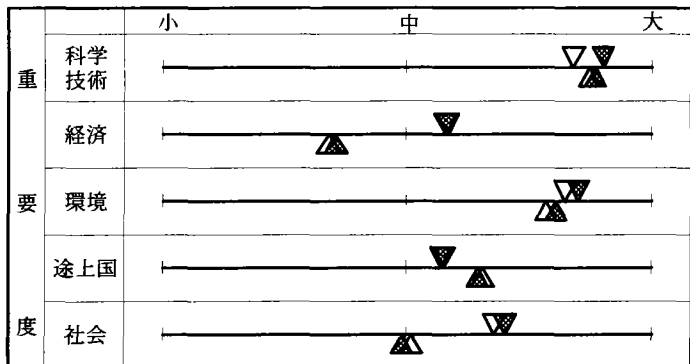
独のコメント (例)

- ①人間による観察期間が非常に短い。人為的作用の度合いによる区別化が全く不可能。
- ②この問題と以下の問題の大半に関して：ドイツの政治、経済、社会は、これまで、これらの問題をそれほど緊急課題と受け止めていないことを立証してきた。これが個人の火災損害であれば話は別だろう。
- ③プロセスの簡略化を目指して長い間物理学が導入されてきた！こうした調査の基礎固めができていればそれ程すばらしいことはないのだが（例えば重力、流動プロセス、化学的変換など）。

環境 [気象変動]

417: 火山や太陽の活動の気象への影響が定量的に解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	87	30%	34%	36%	62	29%	39%	32%
独	62	15%	39%	47%	61	13%	36%	51%



日本のコメント (例)

- ①火山と太陽活動はレベルが違いすぎる。
- ②過去一万年ほどの期間における、火山噴火規模の定量化と正確な気候変動の把握が重要。
- ③太陽活動の方が時間スケールの長い気候変動への影響が大きいので定量化が困難であろう。
- ④火山の方が太陽活動に比べ、影響が直接的でかつ大きい。
- ⑤火山によるダストや太陽活動のわずかな変化が気候システムでいかに増幅するかは、気候モデルの進展によって初めて解明される。現状では超並列計算機をもってしても、その能力には届かない。また物理そのものに未知の部分が多い。特に雲物理構造及び海洋変動に関する研究を加速する必要あり。

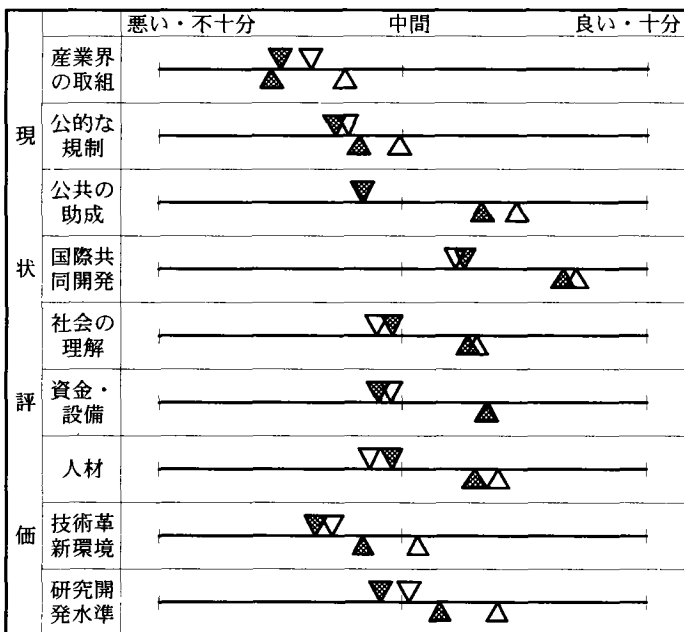
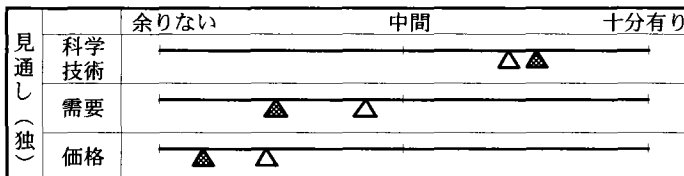
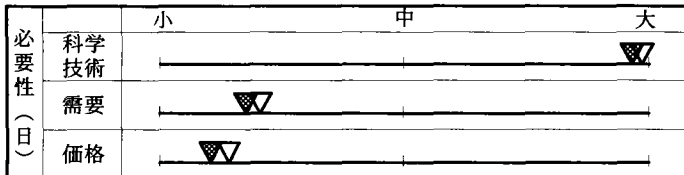
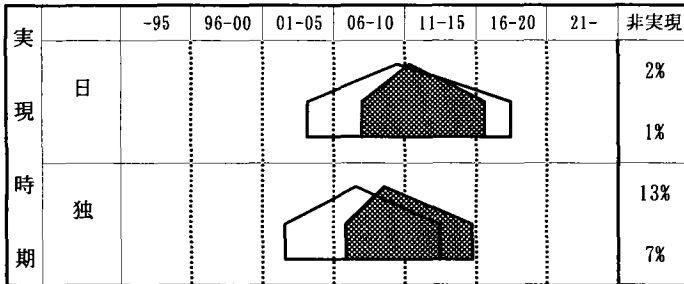
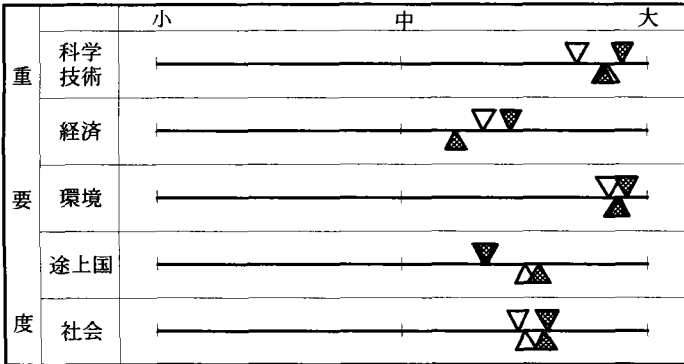
独のコメント (例)

- ①本来の疑問点は解明の対象となる空間と量的な精度にある。
- ②本当の意味での解明ではなく、より良いモデルが紹介されては、そのあと放棄されることの繰り返しになるだろう。

環境 [気象変動]

418:大気圏、海洋、生物圏を含む二酸化炭素循環に人間が与える影響が定量的に解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	100	35%	38%	27%	72	32%	35%	33%
独	74	12%	46%	42%	68	16%	37%	47%



日本のコメント (例)

- ①海洋の中層水循環の解明が急がれる。日本においてはこの種の基礎研究者がほとんどいないに等しい状態なのは残念である。
- ②生態圏への影響も含め解明に向かいつつある。但し、道は遠い。但し、完全に解明される前の現段階ですら、やらねばならない策は存在する。
- ③異常気象を含む気象変動の長期予測のためには、最優先的に解明されなければならないテーマである。

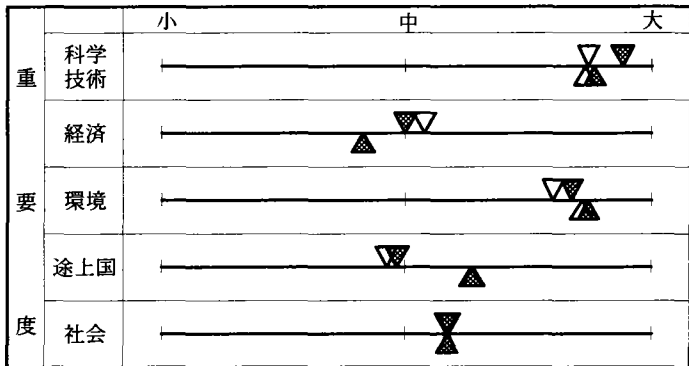
独のコメント (例)

- ①失業者に仕事を調達する対策。
- ②非常に複雑なフィードバック。地球全体の資源、大気と気候の管理は国際協力に始まり国際協力に終わるものであるらしい。
- ③作用の相互関係があまりに複雑で、完璧な研究は不可能である。
- ④政界や工業界によるブレーキ?! (自動車!、航空機!)

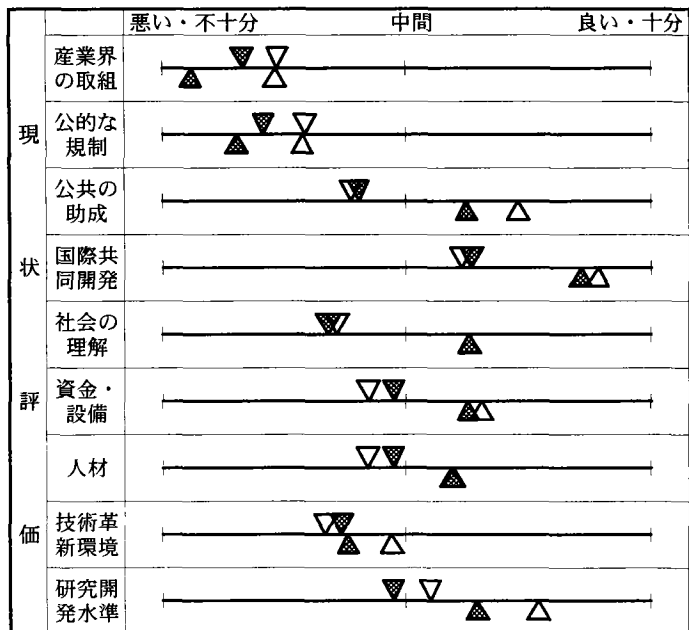
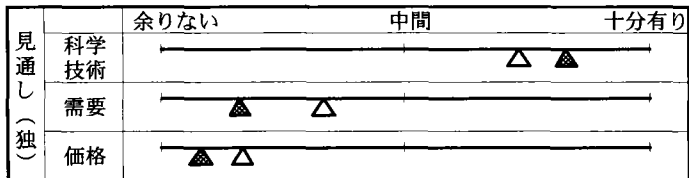
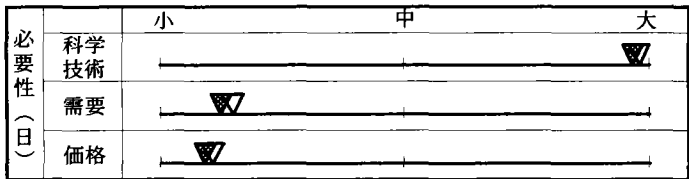
環境 [気象変動]

419:気象モデル計算における雲の役割が定量的に解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	81	33%	33%	33%	59	34%	34%	32%
独	53	15%	40%	45%	54	17%	26%	57%



実 現 時 期		-95	96-00	01-05	06-10	11-15	16-20	21-	非実現
		日							
独									13%
									11%



日本のコメント (例)

- ①ミクロンオーダーのサイズの雲粒の挙動が地球規模のスケールの数値モデルの中で正當に記述される必要があり、計算機の能力の向上に解明の度合いが依存する。気象モデルの中での雲の記述の正確を期するためには、数オーダー上の計算機の出現を待つ必要がある。
- ②モデル研究、衛星データ研究、航空機観測等々の有機的連係が必要。

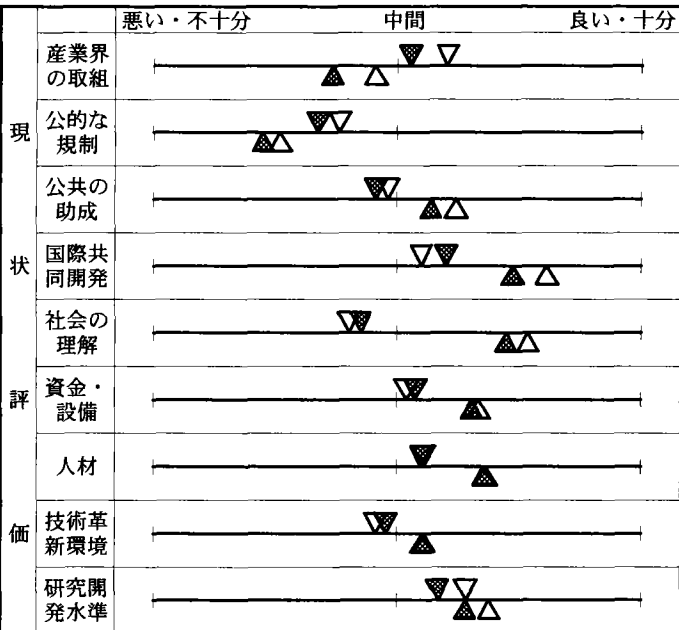
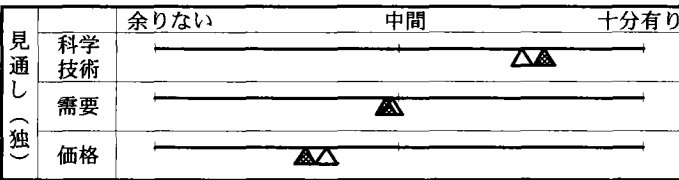
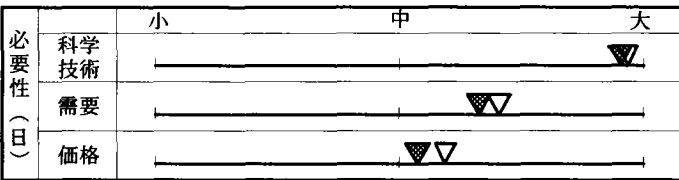
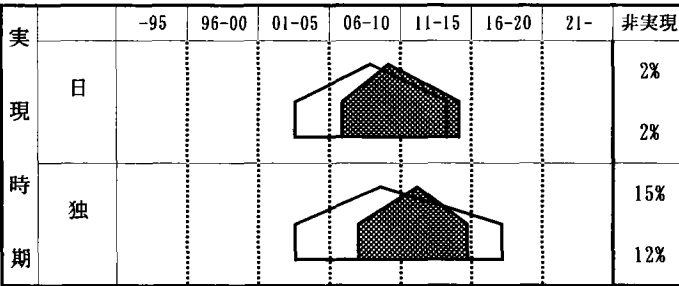
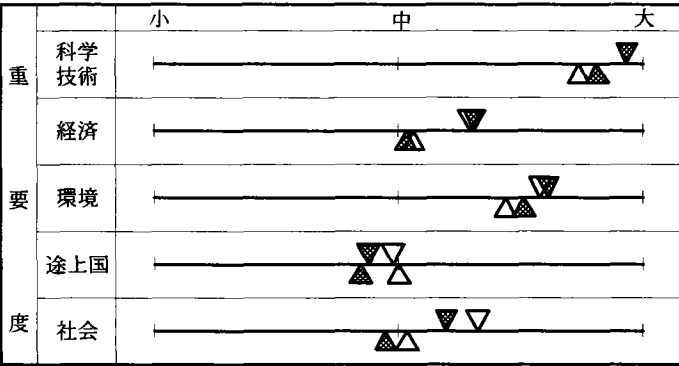
独のコメント (例)

- ①渦動現象に関する確実な学説が必要 (これまでに私の知る限りでは存在しないし、見通しもない)。

環境 [気象変動]

420: 水平格子 5 Km の実用的な気候モデルの処理が可能な 1 P e t a F L O P S (一秒に 1 0 の 1 5 乗回浮動小数点演算を行う計算速度) のスーパーコンピューターが実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	64	30%	33%	38%	43	37%	37%	26%
独	43	14%	35%	51%	44	16%	34%	50%



日本のコメント (例)

- ① コンピュータは超並列によって実現される。5 km の気候モデルが実用的ではない。
- ② スーパーコン自体は実現するだろうが、気候モデルがそれで解決するとは思わない。

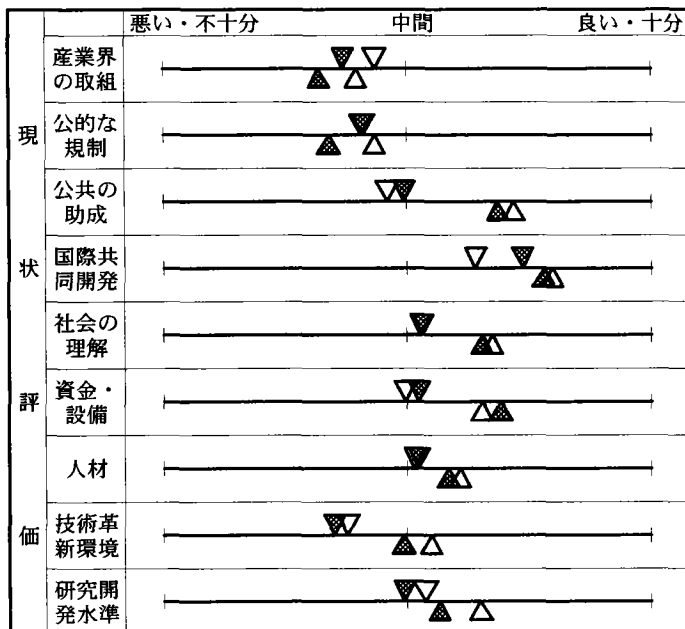
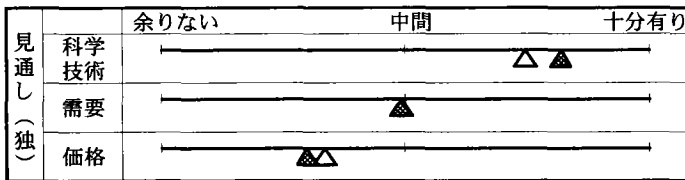
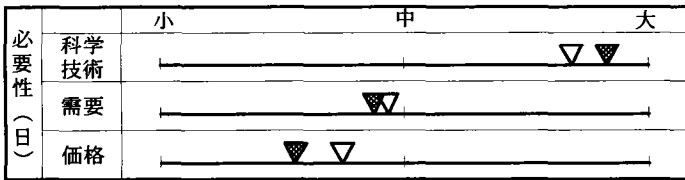
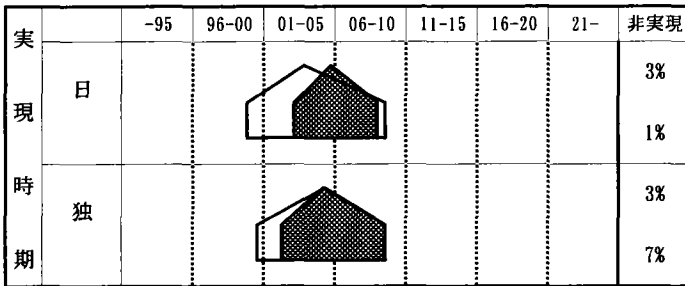
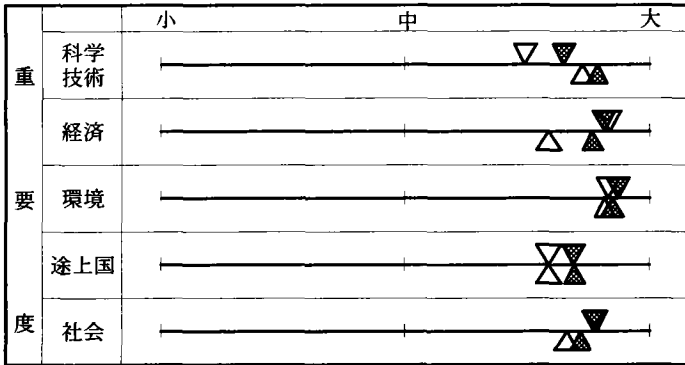
独のコメント (例)

- ① 計算は可能だが、モデルに関して局地的損害の大きさを把握するにはコストがかかりすぎる。
- ② 気候体系における多くのフィードバックを解明するほうがずっと重要である—実質的に立証は不可能であり、学問的にそれほど意義深い目標設定ではない。
- ③ 渦動現象に関する確実な学説が必要 (これまでに私の知る限りでは存在しないし、見通しもない)。
- ④ スーパーコンピューターは実現するだろう。しかし、気候に関して 5 km の分解能では無意味。
- ⑤ こんなことは分散システムでも可能ではないか？

環境 [気象変動]

421:地球温暖化効果の経済的インパクトがおおよそ評価される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	100	22%	38%	40%	72	22%	25%	53%
独	75	7%	45%	48%	70	10%	41%	49%



日本のコメント (例)

- ①一部は既に評価されている。精度が問題。
- ②気候モデルによる信頼できる気候予測の実現が前提。
- ③生物生態系や海洋の応答まで考えると温暖化そのものを予測することも相当困難と考えるべきである。経済については間接的な影響をどう評価が難しいであろう。
- ④より短期の変動たとえばエル・ニーニョと経済変動の詳細な調査が必要。レジャー産業、電機、ファッション等々を含めると相当なインパクトの筈である。インパクトモデルのチェックにもなる。

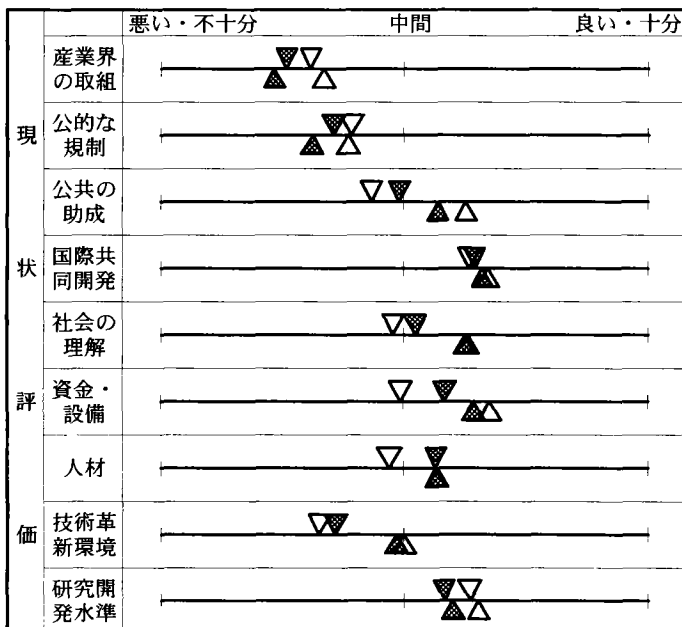
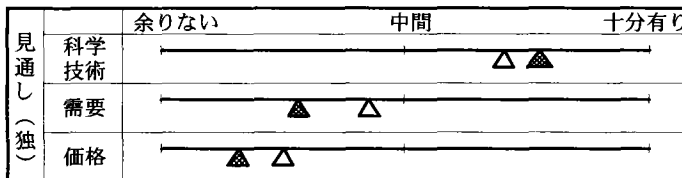
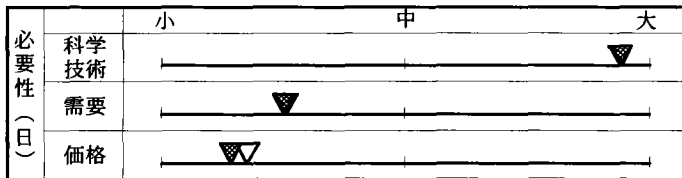
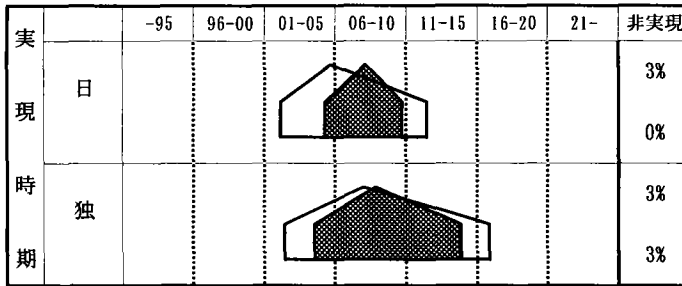
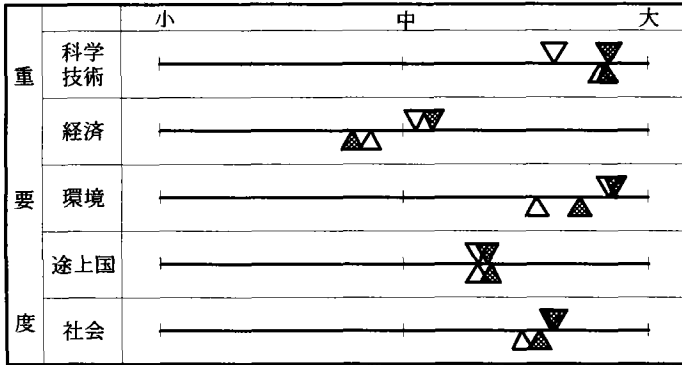
独のコメント (例)

- ①こうした評価は毎年行うこと。
- ②解決不可能な課題設定。「外部コストの国際分担」は問題の極端な複雑さのせいでうまくいかないだろう。

環境 [気象変動]

422: オゾン層破壊による地球への紫外線放射増加が原因となる遺伝学的影響及び人間の免疫システムへの影響が詳細に解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	78	12%	26%	63%	53	15%	21%	64%
独	70	9%	31%	60%	62	5%	32%	63%



日本のコメント (例)

- ①紫外線の増減が微生物（細菌等）におよぼす影響も解明されるべきと考える。
- ②免疫学、遺伝学に限らず、統合的生態学的な研究が必要。
- ③現状の分子生物学の進展状況は有望である。（エイズ研究、遺伝子工学の研究に助けられる面を評価したい）。

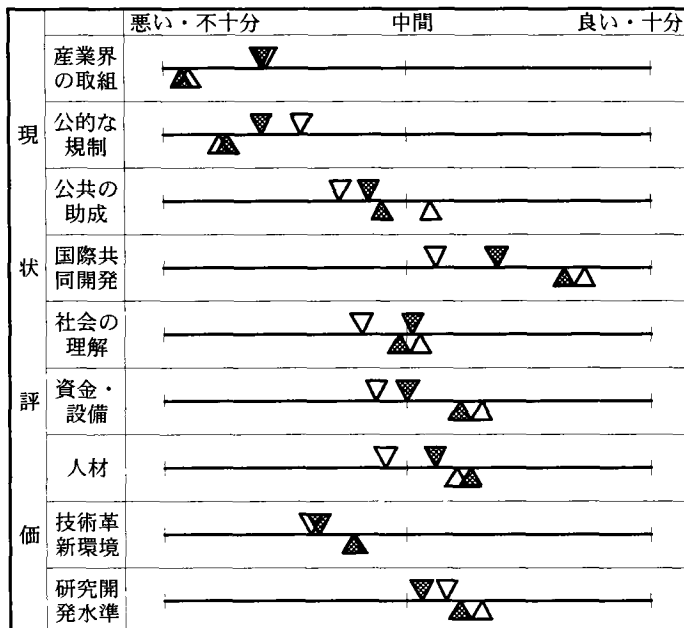
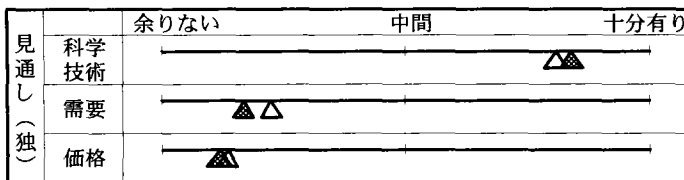
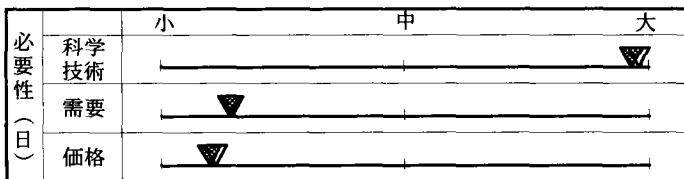
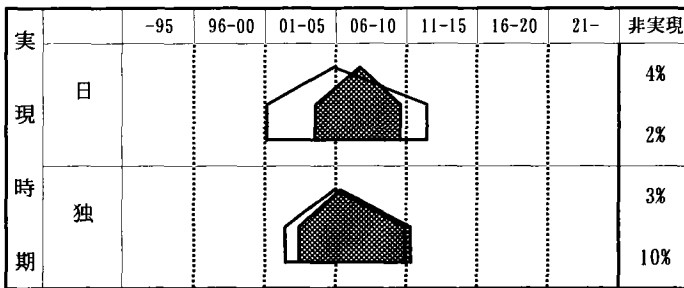
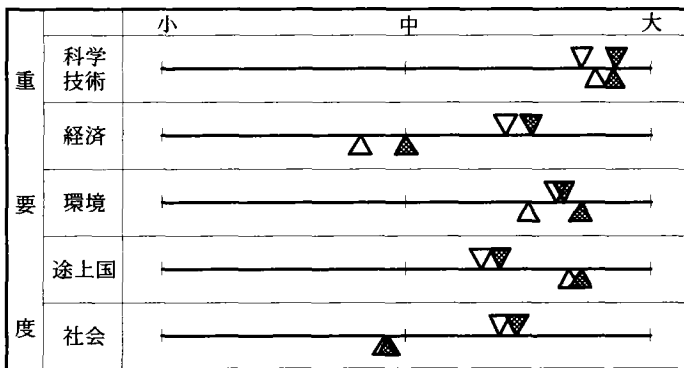
独のコメント (例)

- ①国外での長期的作用。
- ②徴候の研究。

環境 [気象変動]

423:エルニーニョ現象の実態が大気、海洋、雪氷等の地球規模の変化と関連して解明される。

専門度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	80	33%	30%	38%	56	38%	25%	38%
独	33	18%	39%	42%	33	12%	45%	42%



日本のコメント (例)

- ①過去の温暖期(10~13世紀)や寒冷期(15~19世紀)のエルニーニョ現象の発現頻度をみつめる手法の開発が望まれる。
- ②エルニーニョ現象の解明は地球規模の大気、雪氷他の年で変動との関連として進むだろう。
- ③大気・海洋結合モデルの精度向上がカギとなる。
- ④発生に関してはアジア・モンスーンとの関係の解明が必要である。又エルニーニョ現象の長期モジュレーションと長い気候変動の問題が明らかにされねばならない。

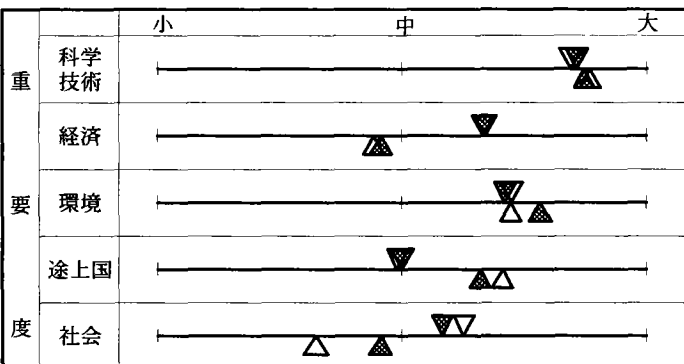
独のコメント (例)

- ①熱帯地域の気候サイクルの研究を強化する必要がある。

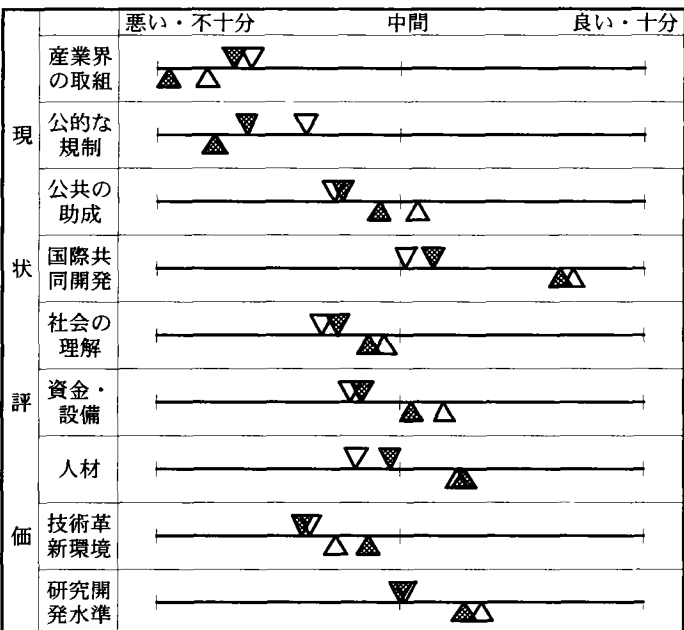
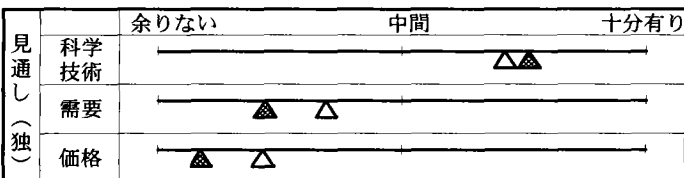
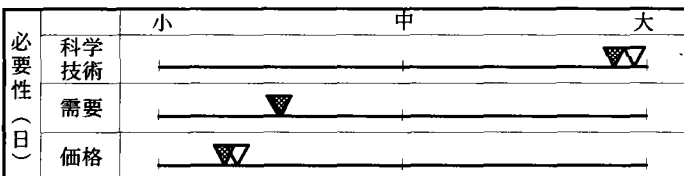
環境 [気象変動]

424: 黒潮やメキシコ湾流に伴う冷水塊の出現予測技術が普及する。

専門度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	64	27%	30%	44%	45	29%	31%	40%
独	25	16%	36%	48%	29	14%	34%	52%



実現時期	-95	96-00	01-05	06-10	11-15	16-20	21-	非実現
	日			3%	2%			
独			5%	4%				



日本のコメント (例)

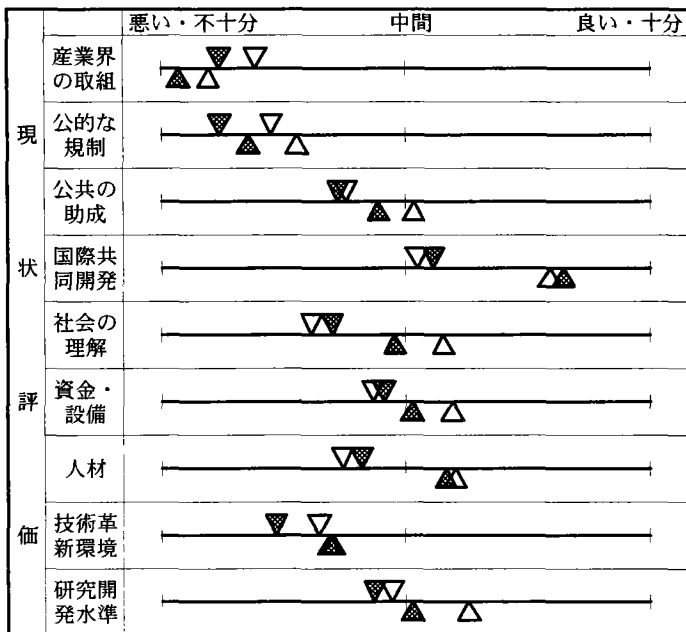
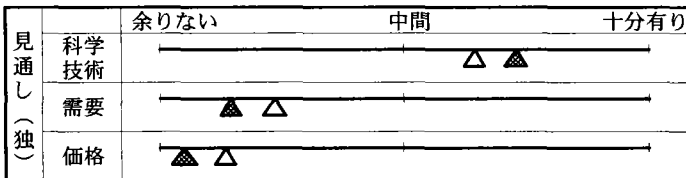
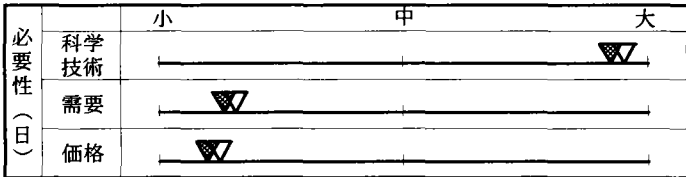
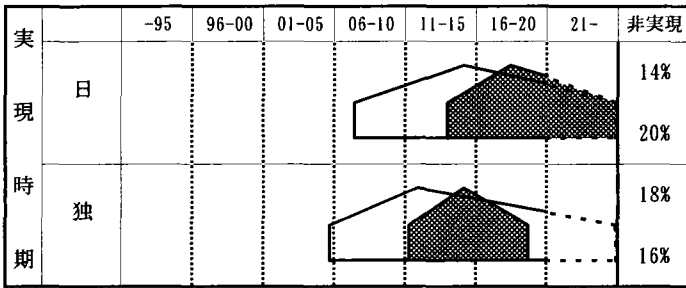
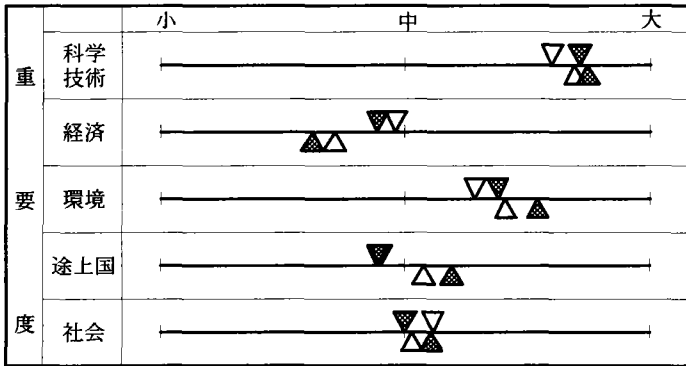
- ① 実況 (初期条件) 把握するための観測システムと予測モデルの開発が必要。
- ② 回答者はこの実現に向けて努力中である。海洋大循環モデルは充分この問題に答えるレベルに到達している。気象データとのリンク、ヒンドキャストによる改良のための実験が必要である。海洋データの拡充も望まれる。
- ③ 局所的問題ならある程度予測できるようになるかもしれない。
- ④ 黒潮やメキシコ湾流の蛇行のメカニズムが解明されれば冷水塊の出現予測につながる。

独のコメント (例)

環境 [気象変動]

425:気候の変動が次の氷河期の開始に影響するのかが解明される。

専門度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	66	27%	32%	41%	46	35%	28%	37%
独	55	9%	33%	58%	57	12%	23%	65%



日本のコメント(例)

- ①高精度で信頼できる気候モデルの開発が重要なカギとなる。
- ②氷期スケール(万年スケール)の気候変動のメカニズムは、仮説の域を出ない。証明が困難。
- ③大気組成の変化や生態系の応答等についてのモデルも必要である。
- ④海底堆積コアや氷床コアの解析が最終氷期以前の間氷期の古気候復元に及ぶことが前提となる。氷河期の引き金となる時期の気候・環境が推定できれば解明につながる。

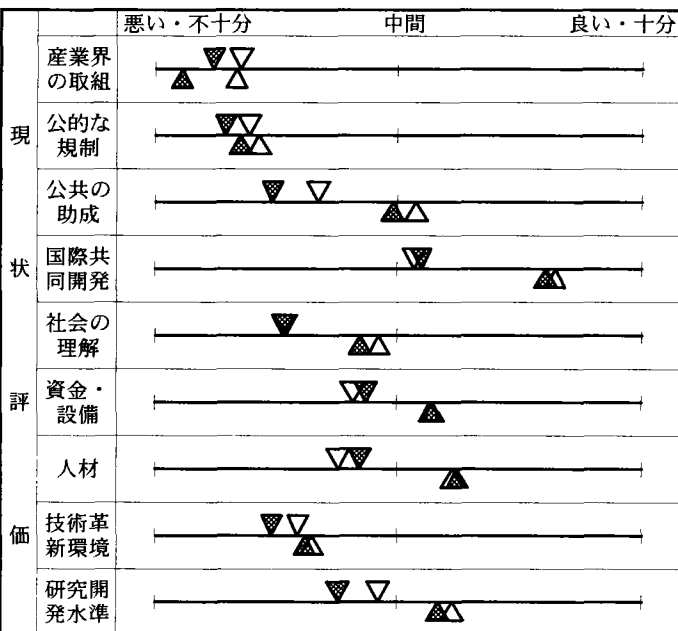
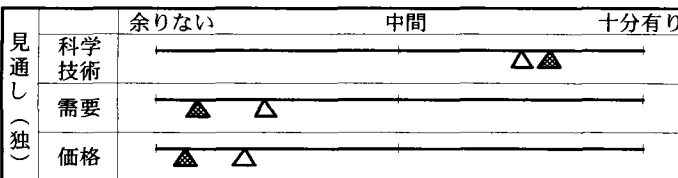
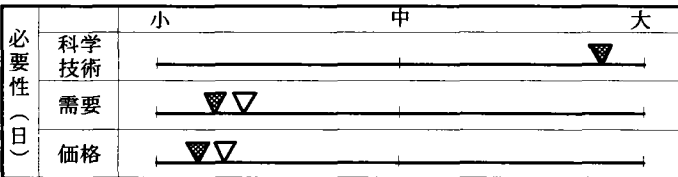
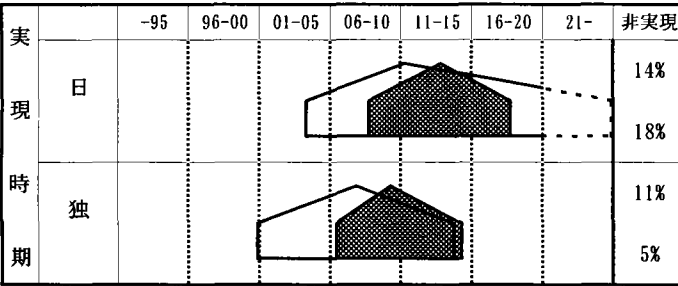
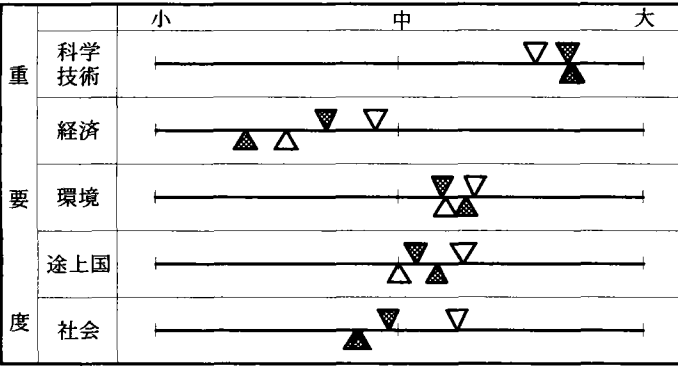
独のコメント(例)

- ①人間による観察期間が短すぎる。古生物学(あるいは古植物学)に関する知識を駆使しても解明できない点が多い。
- ②もっと重要なのは、気候変動への人為的作用と自然作用の競合で、時間的スケールは数年から数百年。
- ③温室効果、火山活動、太陽活動、都市型気候、その他—ずっと前から十分に正確なデータが解明されている。氷期の時間的スケールが全く異なるため、次の10年間に対しては何の意味も持たない。

環境 [気象変動]

426:過去500万年間の世界の砂漠の変遷地図が完成する。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	63	13%	32%	56%	47	13%	30%	57%
独	36	8%	33%	58%	43	7%	33%	60%



日本のコメント(例)

①推定が困難な地域があって、地図は完成しない。しかし、重要な研究であり、地域によっては過去の気候が次第に解明される。

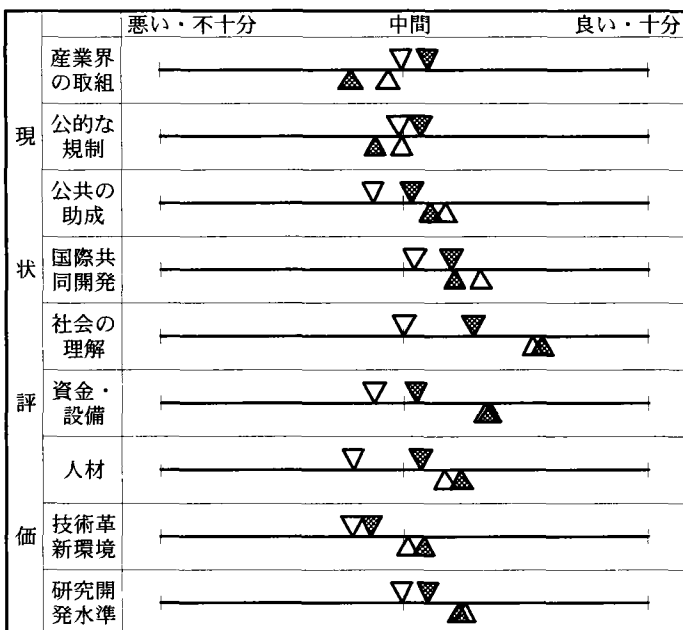
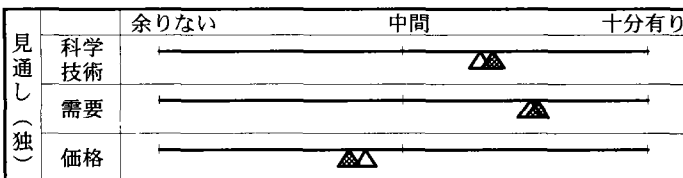
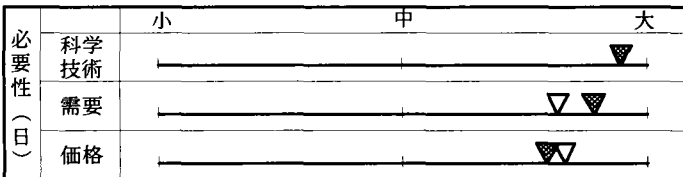
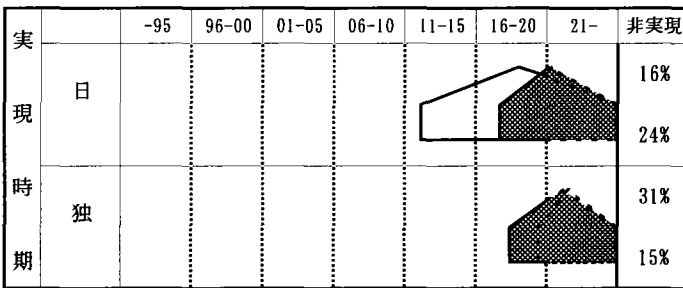
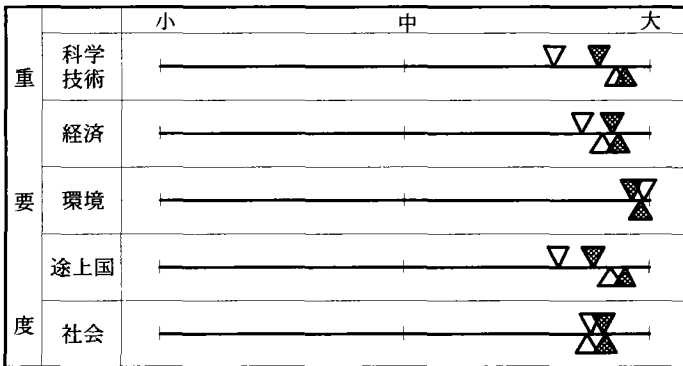
独のコメント(例)

①地図の作成はその正当性がまだ立証されていない。
②現在の気候問題とはあまり関連がない。
③結果が正しいかどうか確かめようがない！

環境 [気象変動]

427:化石エネルギー源の利用の大部分が再生システム（再生可能エネルギー）に代用され、二酸化炭素の指数的増加の抑制がはじまる。

専門度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	96	20%	33%	47%	68	22%	31%	47%
独	89	19%	42%	39%	85	16%	47%	36%



日本のコメント (例)

- ①再生可能エネルギーは多様であり、エネルギーミックスへの戦略が必要。
- ②本課題に対する研究は日本国内にとどまらず、地球レベルの課題として、海外諸国と協力して進めていくことが重要。
- ③今後急成長する発展途上国への技術移転と環境援助が欠かせない。
- ④全て代用せずとも指数的増加が抑制される。「全て」は不可能。
- ⑤抜本的エネルギー政策の改革と省エネルギー社会の新しい社会システムの基盤づくりが必要。
- ⑥化石エネルギーの減少で、その方向に向かわざるをえない。
- ⑦技術的には楽観、コストに対するコンセンサスがどの程度とれるかが実現のカギではないか。
- ⑧国際的な合意と低コスト化が必要。

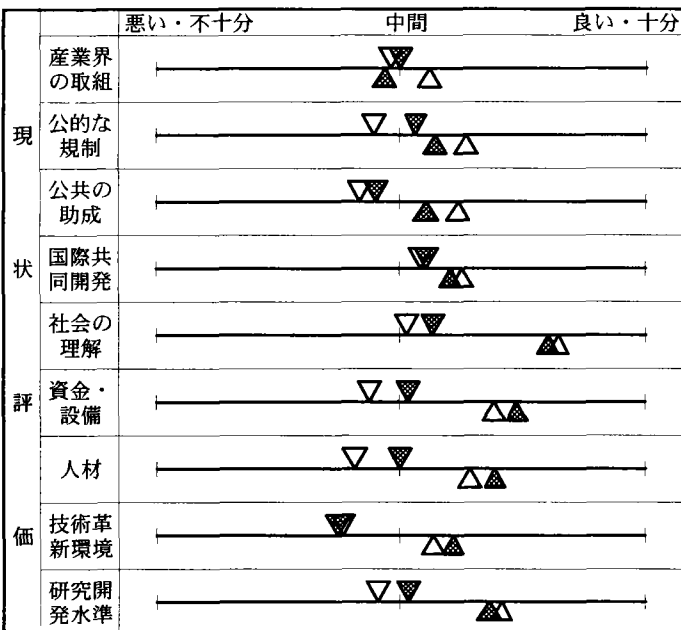
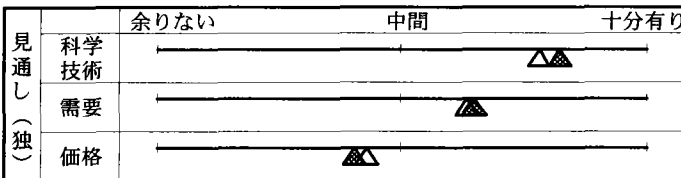
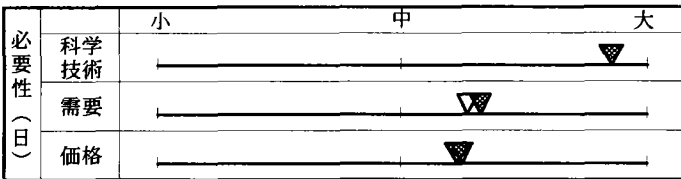
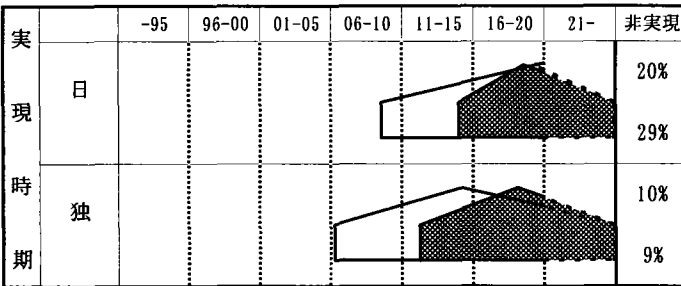
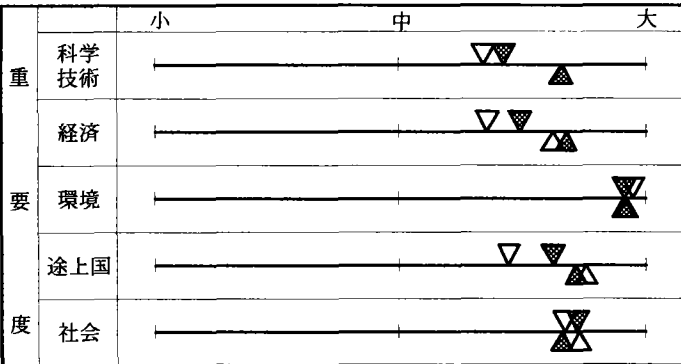
独のコメント (例)

- ①代価の支払いは最も有効な制御機能である（CO2排出税、エネルギー税等）。
- ②コストの問題と核エネルギーの受容。
- ③1次エネルギー消費量の低減時のみ。
- ④人口減少が先決の解決策。
- ⑤国際的な意識改革が必要！乾燥地帯の国々との新たな国際協力、および2次エネルギー源調達の新たな国際構造が必要！
- ⑥実現は政策者の意思と工業社会のコスト次第。実現はありそうにない。
- ⑦目標は殆ど達成不能。
- ⑧最優先扱いすべきだろう。

環境 [気象変動]

428:世界の二酸化炭素の排出量が現在の80%まで低下する。

専門度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	105	17%	34%	49%	73	18%	36%	47%
独	98	14%	50%	36%	85	18%	44%	39%



日本のコメント(例)

- ①脱化石エネルギー化がどこまで進むかがキーである。
- ②今後急成長する発展途上国への技術移転と環境援助が欠かせない。
- ③二酸化炭素の抑制は、省エネルギーの推進がもっとも効果的である。
- ④80%なら技術的には不可能ではない。但し途上国への技術移転、省エネルギー技術の普及、輸送システムの代替インフラ等地道な社会資本投下を要する。

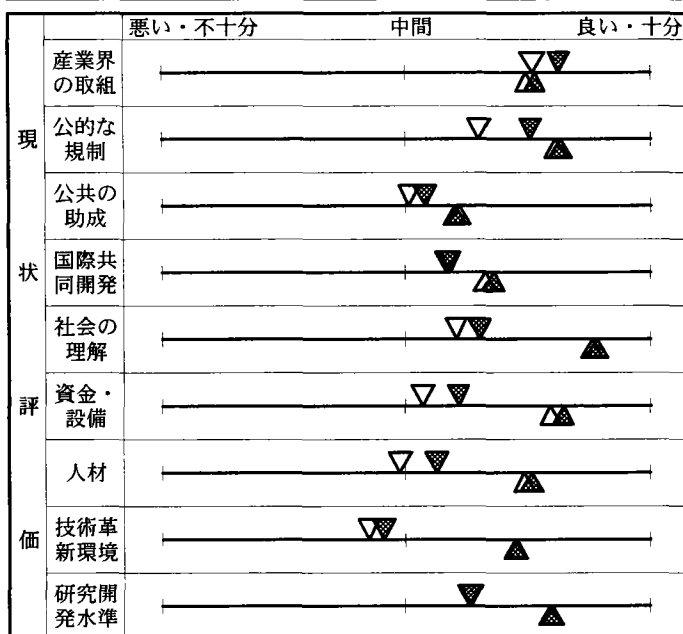
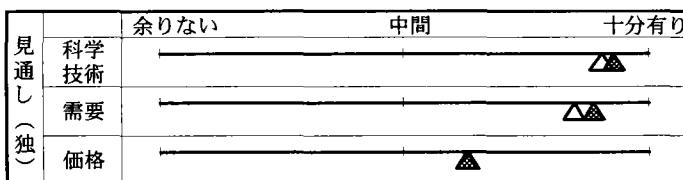
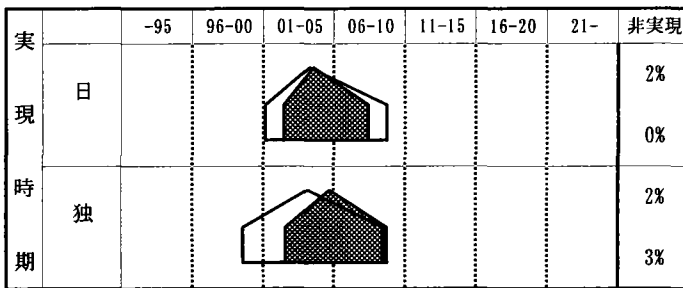
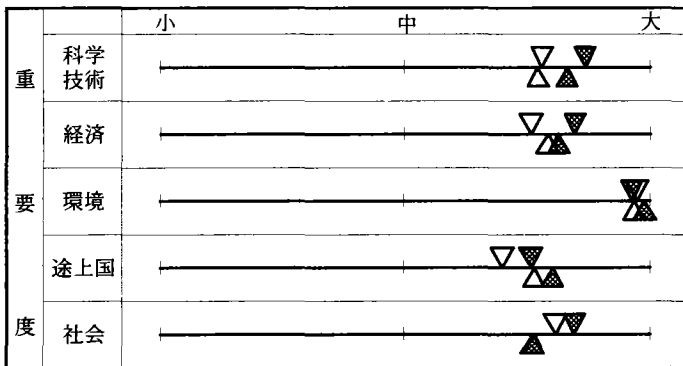
独のコメント(例)

- ①時期は世界的な大災害の発生によって決まる。
- ②世界人口の増大、エネルギーの価格展開に大きく左右される。
- ③工業技術的なCO2削減策は、人口増大や(第3世界の)工業技術化、生活水準の上昇、代替エネルギーの欠如で帳消しとなる。
- ④温室効果の不可避性に予防策をとる!
- ⑤核エネルギー危機が妨げとなっている。強引に再生可能なエネルギーを調達一国内レベルでも国際レベルでも非常に困難!
- ⑥これは科学技術的と言うより、むしろ政治社会的なテーマである。
- ⑦実現の必要性が益々広く認識されつつある。
- ⑧地球規模では可能であるが、各個別産業分野それぞれに対しては不可能!

環境 [気象変動]

429: オゾン層を破壊せず、地球温暖化の点でも問題がない、フロン及びハロンの完全な代替品が実用化される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日	99	15%	33%	52%	68	16%	32%	51%
独	96	16%	54%	30%	88	15%	43%	42%



日本のコメント (例)

- ①フロン、ハロンなどはいろいろな用途に使われており、用途によっては数年で代替できる。
- ②リスクアセスや製品アセスが完了するまでの時間が必要で開発されても利用までのタイムラグがあろう。
- ③オゾン層や地球温暖化に影響を与えないものでも、他の環境へ悪影響を与える可能性は、十分にある。
- ④代替製品の開発が思惑通りに進んでいないのが気がかりである。
- ⑤代替品ではなく代替手段に向かうのではないか。
- ⑥フロン代替技術の環境影響を考えると、今までのフロンのような安易な大量消費、拡散は防止すべきである。化学物質(合成の)は基本的に環境影響や負荷があることを肝に命すべきである。
- ⑦技術的には十分に射程内にある。問題は、代替品への置き換えに関わる経済的、社会的事情。

独のコメント (例)

- ①EU諸国の主張はまちまち。発展途上国の逸脱。地球規模での自覚形成が必要!
- ②国際レベルで政府からの強制がなければ迅速な解決は望めない。
- ③しかし、もちろんまだ他にもオゾンに作用する物質がある。
- ④第3世界におけるエネルギー消費の動き!
- ⑤副作用の一切ない代替物質はあり得ないが、マイナス作用(オゾン分解、温室効果)の大幅に削減されたものは可能である。
- ⑥ドイツではこの目標が殆ど達成されている。第三世界の諸国での生産が主要問題!

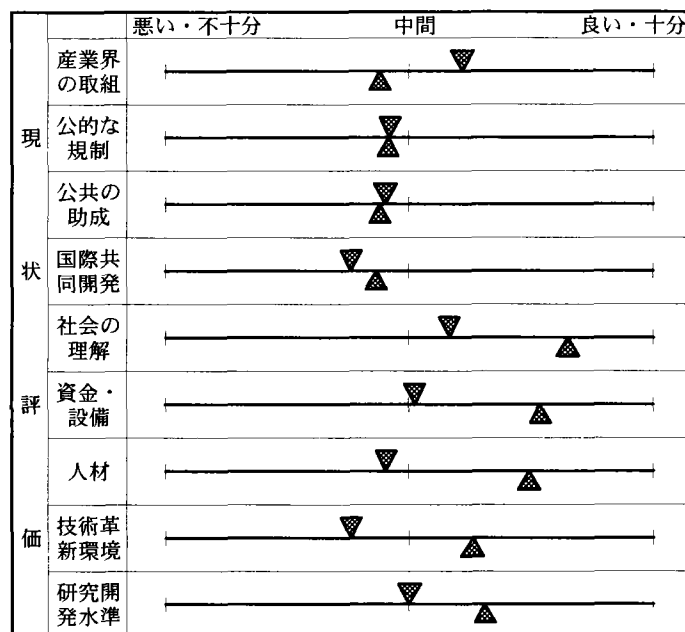
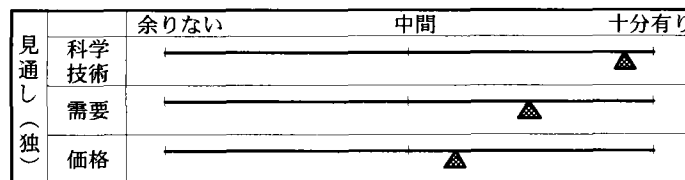
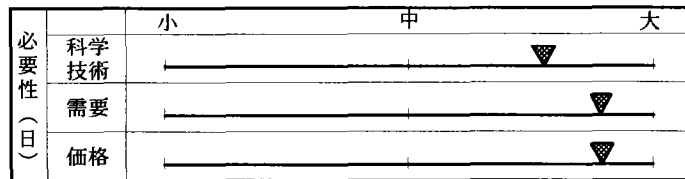
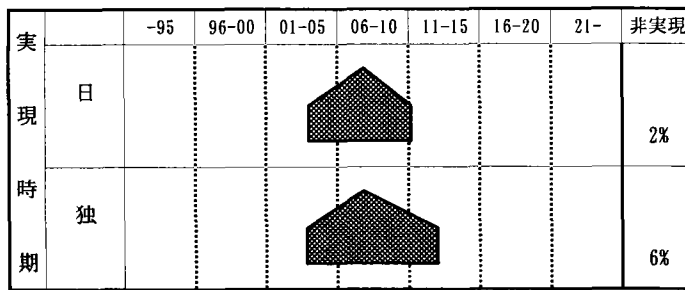
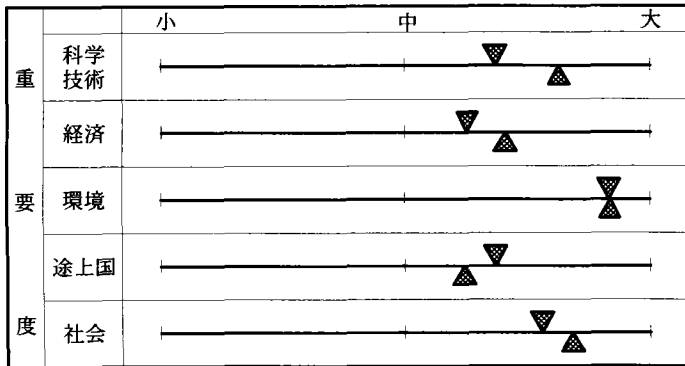
環境 [ごみ処理 (追加課題)]

430: 【追加課題】製品 (消費材) の寿命が2倍になる。

専門 度等	R1			R2				
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日					54	35%	33%	31%
独					67	19%	40%	40%

日本のコメント (例)

- ①寿命2倍なら対応できる製品は相当な数になると見られる。寿命2倍なら故障部品の取り替えで対応できる製品も多いと見られる。新製品の価格は十分なりサイクルコストも込めて、上げるべきである。
- ②製品寿命の2倍化は、資源の問題からもやらざるを得ないと思われる。
- ③製品を取り巻く社会情勢の変化、製品に対するニーズの変化の速さは、現在既に製品の寿命より遥かに短い場合がある。例えば新生児用の哺乳瓶の寿命は1年で十分である。それを2倍にして何の意味があろうか。
- ④廃棄物になった際に処理に困る製品は環境保全のため寿命をのばす方策も重要である。例、バッテリー、タイヤ、乾電池、その他。家電製品等の寿命は使い方にもよるが、ていねいに使えば10年はもつものである。これを倍にすると20年ももつものになるが、技術革新を考えるとナンセンス。



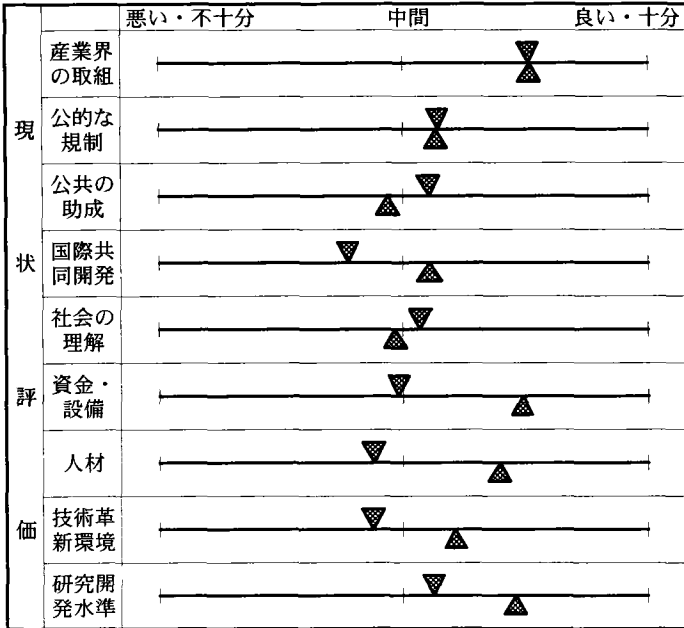
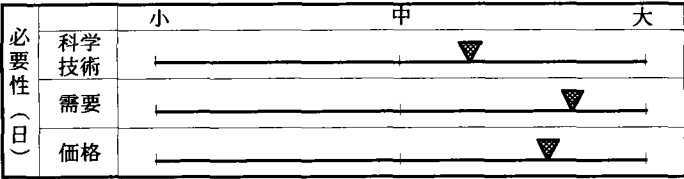
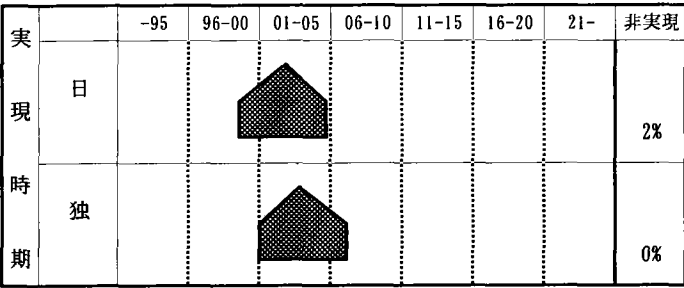
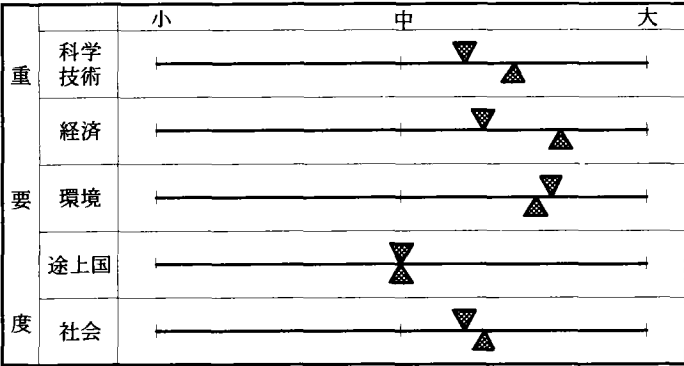
独のコメント (例)

- ①コスト対効用の問題。
- ②実現されない：多くの製品についてはあり得ることではあるが、すべてがこれに向かって努力するわけではない→売上高への悪影響→モデルの旧式化 (技術的、モード的) →安全に対する要求の高まり→職場が失われる。
- ③技術的可能性には問題なし。
- ④更なる技術開発への取組にブレーキがかけられるだろう。
- ⑤技術的進歩を考えると、場合によっては寿命が尽きるまで製品が使われるか否か疑わしくなる！触媒を装備していない自動車も25年もつようなら、これを早めに廃車にしようとする意欲が失われてしまう！

環境 【ごみ処理（追加課題）】

431: 【追加課題】プラスチック廃棄物を固形化燃料（RDF）として使用する技術が普及する。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日					53	47%	30%	23%
独					67	21%	52%	27%



日本のコメント (例)

- ①ごみ発電の切り札となるであろう。
- ②RDFにする際にも相当なエネルギーを要する。あくまでもスケールメリットを追求すべきである。
- ③家庭での固形燃料利用というより、地域暖冷房／熱源としての継続的運転設備による使用が考えられる。
- ④現在、日本では余りにもRDFに幻想を持ちすぎている。もっと経済的で安全なRDFが出現しないと広く使えない。
- ⑤廃プラスチックのRDF化は、進行するが、特定の燃料にのみ使用される。
- ⑥最も可能性の高い技術開発である。

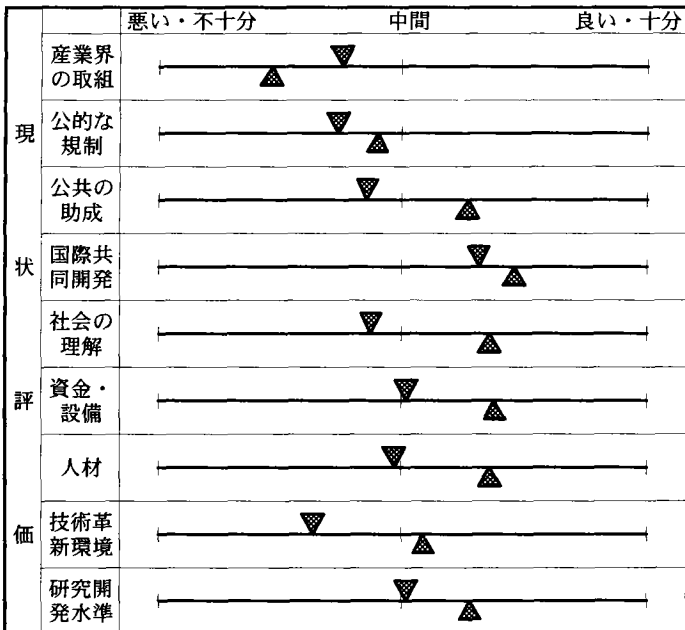
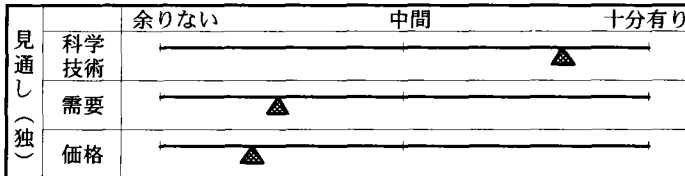
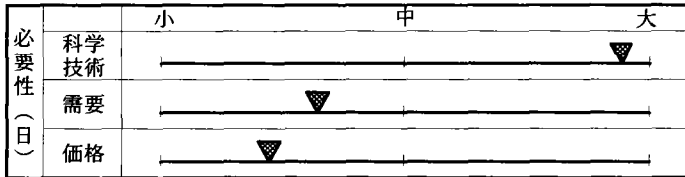
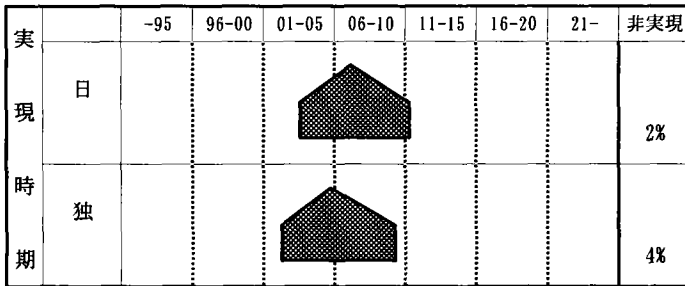
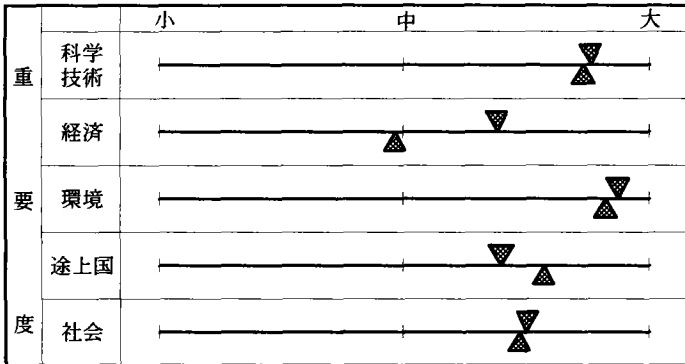
独のコメント (例)

- ①家庭用セントラルヒーティングの燃焼装置用には費用がかかりすぎるので、地域暖房兼用のゴミ焼却の方がましだろう。
- ②技術的な実現可能性については問題なし。
- ③始めからプラスチックを抑制した方がまし；バイオプラスチックの方がベター→コンポスト化；繰り返し使用可能なら更にベター。

環境 【気象変動（追加課題）】

432: 【追加課題】メタンガスの地球温暖化に与える影響が定量的かつ定性的に解明される。

専門 度等	R1				R2			
	人数	専大	専中	専小	人数	専大	専中	専小
日					64	25%	44%	31%
独					57	12%	35%	53%



日本のコメント(例)

- ①現在二酸化炭素について知られている程度までメタンに関する知見を高めることは、短期に達成するであろう。
- ②日本の貢献は非常に大きい。現在の研究をさらに強く推進すべきである。
- ③今でもかなりの部分がわかっている。問題は発生源であり、これに対する規制は食糧問題に直接影響する。但し、大気中の残存時定数はCO₂、フロンなどよりはるかに短いので、強調しすぎるのは危険と考える。

独のコメント(例)

- ①最終的に解明されるような時点はこない。モデル計算は向上されるだろうが、その結果が正しいか否かは誰にも分からない。

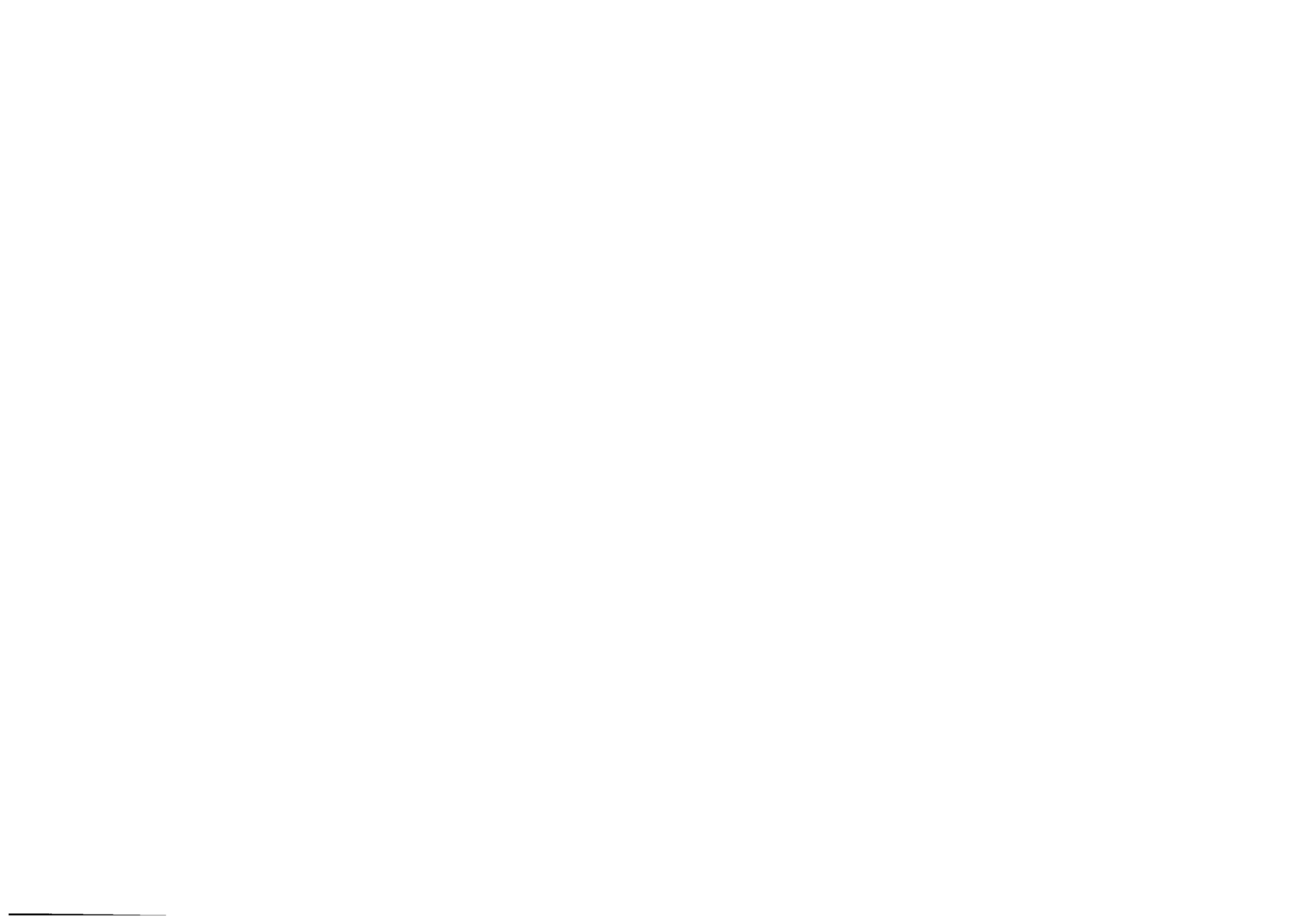
6.3.2 総合コメント例（環境分野）

日 本 の 総 合 コ メ ン ト	<p>① 1. 燃焼排ガス（発電所等）からのCO₂除去はコスト的にも深海貯蔵の不安から見て実現しないだろう。むしろ省エネ、高効率発電、原子力の安全性向上に注力されるだろう。2. 金属資源の枯渇が心配され、リサイクル技術が重要になるが、冶金的には合金からの成分分離技術が望まれる。現在の製鉄所がリサイクル工場になる可能性大。3. 都市ごみ焼却灰の溶融は社会的に不可欠。意外と速く普及するかもしれない。</p> <p>② ②ごみ処理技術とリサイクルについて。・社会システム全体の問題である。大量生産・大量消費で経済成長率を上げるやり方は環境問題から成り立たなくなった。最終処分まで考慮した製品開発が必要になり、ヨーロッパ（ドイツ）を中心に循環型経済へと向かおうとしている。・廃棄物を減少させるのを第一にしているので、LCA（ライフサイクルアセスメント）により製品そのものを評価し、リサイクル・再使用を法律で製造会社に義務づけている。さらに焼却を実質禁止してマテリアルリサイクルをやれるところまでやってみるとというのがドイツの方針である。これは経済的には不利であるから当然物の値段は高くなる。何もしていない日本は又貿易摩擦で悪者にされる可能性大。・リサイクルはバージン原料から製造するよりコスト高になる。（アルミ等一部はそうでない。）経済的に成り立つものはすでにリサイクルされている。従って強制されなければリサイクルは進まない。リサイクルのための技術開発は当然必要だが、経済的に成り立つための技術開発はほとんど無いと考えるべきである。・リサイクルが進まない理由に技術開発の必要性を言うのはおかしい。ドイツに新しいリサイクル技術があるわけではない。日本でもメーカー及び業者にリサイクルを義務づけるべきとの考えが起こってきた。どういう枠組みでやるかが問題である。</p> <p>③ ③今後の技術を考える上で、かつては経済性重視だったものが近年経済性を考慮しながら環境対応型に変わりつつあるが、この一見環境対応型技術が真に地球環境対応型かどうかを見極めていかなければならないと思う。例えば灰の溶融をすることにより減容化、安定化はできるがその代わり多量のCO₂（電力として）を排出することになってしまう。このような例はかなりのケースにあり得るものであるが、一方あれもこれも満足させようとすると、何もできなくなってくる。地球環境を保全する技術は単に技術だけに止まらなくなっていく、政治、経済、社会システムの変革にまで波及していくものと思われる。技術は一発逆転の大発明を期待したいが、我々企業の技術者にできることは、一步一步地球保全型の技術に向かって努力していくしかないと思う。</p> <p>④ ④ごみ処理技術とリサイクルについて現在のごみ問題を解決するため、ごみ処理技術とリサイクル技術の開発も必要であるが、すぐにごみになるものは作らない。又はごみになっても素材別に分解しやすい製品を作る事も必要である。このため、現在製品アセスメント、エコファクトリー、LCA（ライフサイクルアセスメント）等、環境にやさしい手法が産業界でとられつつあるのでこの様な分野での調査も必要と考える。</p> <p>⑤ ⑤将来的に見て興味深いテーマが多くありますが、大事なテーマであり、今後、これらのテーマの研究取り組みを是非具体的に実施する方向で検討していただきたい。環境問題の解決のためには、単に、一企業単位での研究では限界がある。国のナショナルプロジェクトとして、資金面、人的な面など支援が必要。実現時期については、ある種のテーマについては、国による規制が先行すると早まる可能性があるが、今回は考慮していない。</p> <p>⑥ ⑥地球環境問題やフロン問題は待ったなしですが、他の問題は長期的に現在の技術社会に対する変革が求められているのだと思います。都市ごみ問題は昭和38年の厚生省第1次五カ年計画以来、焼却処理を中心にごみ処理が行われている流れの中で、発熱量の増大に伴うサーマルリサイクルが進められるべきであると思います。分別収集を中心にマテリアルリサイクルも進められるべきですが逆有償問題は、産業構造自体、即ち製造業がリサイクルの概念を組み入れた製品を作るようになるまで続くと思います。ドイツのDSD（デュアルシステム・ドイツ社）から循環経済廃棄物に到る概念、フランスのエコ・アンパラージュの概念を参考にして、わが国も早くリサイクル社会形成のための思い切った政策を展開すべきです。この意味において設問は答えにくいものが多かったように思います。</p>
---	--

<p>日本の 総合 コメント</p>	<p>⑦調査結果から私見の位置づけが出来て大変参考になりました。しかしながら、前回の結果を大幅に変えるといった気持ちが起こらなかったのも事実です。技術革新は、規制値を設定し、限りなく厳しくする社会システムが存在すると容易に起こるとい側面を否定することができません。従って社会情勢の変化が、或いは世論が科学的な論拠をもったとき、飛躍的なテイクオフがあると確信しております。</p> <p>⑧「重要なのは、国民に対して国家が何をしてくれるか、ではなく、国民が国家にどんな貢献が出来るか、だ」とはJ. Fケネディの名スピーチです。ゴミの問題も、環境保全の問題もまたしかりです。混ざり合って処理が困難なゴミの処分法の解決よりは、ゴミを出さない製品開発や始末しやすい製品開発に力を入れるほうが少ない努力で大きな効果が得られます。</p> <p>⑨・地球環境を論ずるとき、未だ、西洋文明型思考に立脚していることが多い。①資源の有限性、②技術による問題解決が、より問題を複雑にしている、③現象の不可逆性に対する認識が甘い。・自然科学の分野で、未知の部分がまだまだ多いことを考えると、人材の育成を含め、この分野の研究投資が極めて貧弱である。温暖化やオゾン層破壊問題で、現状の科学的知見で懸念されることは、速やかに対策を講ずることがまず第一であるが、それで良しとするのではなく、対策をより確実にするために、「地球の懐」について人類はもっと理解を深めなければならない。・世界規模で地球環境問題に対応するために、省エネルギー、技術やシステムの簡素化等について、国がもっとリーダーシップをとる必要がある。</p>
----------------------------	--

6.3.3 日本の未来技術年表（環境分野）

実現予測年	課 題
2003	404:有価物に関する環境保全やリサイクルのための工業基準が導入される。 412:都市ごみ焼却灰の熔融固化が普及する。 431:【追加課題】プラスチック廃棄物を固形化燃料（RDF）として使用する技術が普及する。
2004	403:都市ごみから有価物を分別・分離しリサイクル可能とする経済的な方法が実用化される。 411:人工知能を用いた自動化された都市ごみ焼却システムが実用化される。
2005	405:プラスチック材料が純粋な形のみでなく混合物としても多様にリサイクル（例：プラスチックの油化）できるように構成されることが一般化する。 429:オゾン層を破壊せず、地球温暖化の点でも問題がない、フロン及びハロンの完全な代替品が実用化される。
2006	421:地球温暖化効果の経済的インパクトがおおよそ評価される。
2007	413:都市ごみ焼却施設の集じん灰から経済的に金属を回収する技術が開発される。 414:全ての廃棄物の発生から最終処分までの流れを地域レベルで管理するための情報管理システムが普及する。 432:【追加課題】メタンガスの地球温暖化に与える影響が定量的かつ定性的に解明される。
2008	422:オゾン層破壊による地球への紫外線放射増加が原因となる遺伝学的影響及び人間の免疫システムへの影響が詳細に解明される。 423:エルニーニョ現象の実態が大気、海洋、雪氷等の地球規模の変化と関連して解明される。 430:【追加課題】製品（消費材）の寿命が2倍になる。
2009	416:砂漠化の本当の原因が、全球的な気候変化に伴うものか人為的な原因によるか、あるいはその両方が解明される。 417:火山や太陽の活動の気象への影響が定量的に解明される。
2010	415:汚染物質を吸着・分解する微生物を利用することにより、大規模に汚染された土壌が浄化される。 419:気象モデル計算における雲の役割が定量的に解明される。 420:水平格子5Kmの実用的な気候モデルの処理が可能な1Peta FLOPS（一秒に10の15乗回浮動小数点演算を行う計算速度）のスーパーコンピューターが実用化される。 424:黒潮やメキシコ湾流に伴う冷水塊の出現予測技術が普及する。
2011	406:例えば不用となった製品の回収・処分に関する義務が法的に規定されることにより、新たな資源の消費が最小限に抑えられる循環経済が確立して、ほとんどすべての材料がリサイクルされるようになる。 409:在来の天然材料を工業原料に、酵素的、化学的に変換する新しい方法、および新たな天然材料を生物的方法によりスクリーニングする新しい方法が開発される。 418:大気圏、海洋、生物圏を含む二酸化炭素循環に人間が与える影響が定量的に解明される。
2012	410:都市ごみの焼却により発生する二酸化炭素の回収技術が実用化される。
2013	401:どのようなごみをほうり込んでも、自動的に種類別に分け、楽に運搬ができる家庭用ごみ箱が普及する。 408:問題のある化学物質が分解、リサイクルの可能性など生態系における物質的特性を配慮した生物学的な製品に代替される。
2014	402:大部分の住宅、オフィスビルにごみの管路収集システムが普及する。 426:過去500万年間の世界の砂漠の変遷地図が完成する。
2015	407:製品（消費材）の寿命が5倍になる。
2019	425:気候の変動が次の氷河期の開始に影響するのかが解明される。
2020	428:世界の二酸化炭素の排出量が現在の80%まで低下する。
2021	427:化石エネルギー源の利用の大部分が再生システム（再生可能エネルギー）に代用され、二酸化炭素の指数的増加の抑制がはじまる。



(参考資料) 技術予測国際コンファレンス

(参考資料)

技術予測国際コンファレンスについて

1. 日時

1995年6月13日(火)～6月14日(水)

2. 場所

日本科学技術情報センター国際会議室(東京都千代田区四番町5-3)

3. 参加人数

①ラウンドテーブルメンバー：26名

(独、英、仏、豪、韓、日の6カ国)

②一般参加者等：152名

(在日大使館：16名、一般参加者：136名)

4. 開催主旨

国の科学政策技術の立案、企業の技術開発戦略の策定等に当たっては、科学技術の中長期的な発展動向を把握することが不可欠である。

このような観点から、科学技術庁においては20数年前から5年毎に継続的に技術予測調査を実施してきている。この調査は、国内の各分野の専門家を対象にデルファイ法で実施されている。最新の第5回調査(1992年11月公表)では約1,150の技術課題が取り上げられ、約2,400人の専門家の意見が集約されている。

近年、ヨーロッパを中心に、このような予測調査に対する関心が高まり、既にドイツ政府は日本の第5回予測調査課題をドイツ語に翻訳してドイツ国内で調査を行い、その結果は1993年8月に公表された。フランス政府も同様の調査をフランス国内で実施し、1995年4月に結果を公表した。

日本とドイツの調査結果の比較分析は、科学技術政策研究所とドイツ側担当機関であるフラウンホーファーシステム・技術革新研究所(ISI)の協力のもとに実施され、1994年4月に報告書がまとめられている。この結果については、1994年5月ドイツベルリンにおいて「テクノロジーの未来—日本とドイツの将来展望の比較」セミナーが開催され、討議・意見交換が行われた。

このセミナーを通じて、技術予測に見られる日独の技術の将来展望が全体として良い一致を示している一方で、科学技術と経済、社会、文化等の関わりの方では相違点も認められることが明らかになった。

技術予測を技術戦略策定等のツールとしてより有効なものとしていくためには、その調査手法、解析手法等を一層深めていくとともに、科学技術の国際化に対応し得る国際性を持つものにしていく必要がある。このような認識から、科学技術政策研究所とISIは1993年末より共同で、調査分野を、

①材料・プロセス

- ②情報・エレクトロニクス
- ③ライフサイエンス
- ④環境

の4分野に絞り、調査設計の段階から国際協力を行う日独技術予測調査（ミニ・デルファイ調査）に着手した。

今回のコンファレンスは、ミニ・デルファイ調査の結果を中心として、日独を中心とする各国の専門家が一同に会して、

- ①日独の長期展望の一致点、相違点
- ②科学技術を巡る経済、文化等の社会的要因について
の国際的比較分析
- ③技術予測の今後の国際協力の在り方

等についての討議・意見交換を行い、技術予測の今後の展開に資することを目的としている。

5. 各国の技術予測調査について

5.1 イギリスの技術予測調査

イギリスの技術予測プログラムは、1993年5月発表の科学技術白書の中で提案され、同年中に開始された計画であり、その目的は今後10年から20年の間に市場化可能な優先すべき技術を選定・評価することである。政府・各省庁の代表者、企業の代表者、大学関係者を集めて、首相直轄の技術予測委員会が設置された。調査は内閣科学技術局（OST）が事務局となって実施し、「材料」、「エネルギー」、「環境」等15分野、約1,000課題の大規模なものとなっている。調査についてはアンケート調査と共に、各地域で数十回に及ぶ会議やインタビュー等を行い、1995年5月に委員会報告書が公表され、27の包括的課題が示された。

今後政府は、この報告書に示された技術の研究開発を推進していくための予算措置として、科学技術局に1996年～1998年の3年間で4千万ポンド、貿易産業省に1995年～1998年の4年間で7千万ポンドを追加することとしている。

5.2 フランスの技術予測調査

高等教育・研究省（MESR）は、ドイツと同様に日本の第5回技術予測調査の課題をフランス語に翻訳して、フランス国内で調査を実施し、1995年4月に集計結果を公表した。

その目的は、技術予測により科学技術の発展の展望を把握し、研究開発の優先順位等の科学技術政策をより科学的に立案するツールとして利用することである。現時点でのマクロの評価では、宇宙分野等においてはドイツと異なる傾向も認められており、今後さらに詳細な統計分析を進めていく考えである。技術予測については、フランスはまだ着手したばかりであるが、このような新しい手法というものが長期的な研究課題の検索において、絶対的に必要であると考えている。

5.3 オーストラリアの技術予測調査

オーストラリア科学技術会議（ASTEC）が、科学技術の発展動向を将来のニーズに適合させるという目的で、21世紀に向けての科学技術に対するニーズ調査を実施した。

スパンとしては2010年頃までの15年間を対象として、内外経済、政治、社会の変化を展望するとともに、技術進歩が影響すると考えられる将来ニーズを抽出することなどを予定している。

手法としては、デルファイ的なアプローチ、シナリオ解析、関係者でのディスカッションなど複数を用いており、専門家グループの他にジェネラリストのリファレンスグループも置いている。このような方法で120の課題から絞り込みを進めている。この調査は1994年～1995年で行い、1995年11月に調査結果に関するレポートをオーストラリア政府へ提出する予定である。

5.4 韓国の技術予測調査

アンケートの基本設計は日本と同様であるが、独自に課題作成をして技術予測調査を実施した。これは、自国の技術水準に関する正確な診断と技術予測を土台とした長期的科学技術政策の展開により、西暦2000年代には先進7カ国の技術水準に到達するという国家目標に基づいたものである。

科学技術政策管理研究所(STEPI)は、1993年～1994年にかけて、情報・エレクトロニクス、電気通信、材料、医療等15分野、合計1,174課題(第2回調査時)の技術予測調査を実施し、報告書を1994年10月に公表した。この技術予測調査課題の中には日本の第5回技術予測調査と同一及び類似課題が317課題含まれている。また、韓国の調査では、韓国国内での実現時期と共に、世界で最も進んでいる国での実現時期も予測しているが、概して、世界に比べて韓国は5年程度遅いという結果が得られている。

6. 技術予測コンファレンスのポイント

今回の技術予測国際コンファレンスでは、以下の3点のことを行った。

- ①日独のミニ・デルファイ調査の結果についての両国の長期展望の一致点、相違点、並びに科学技術を巡る経済、文化等の社会的要因についての国際的比較分析を行うために、「ミニ・デルファイについて」、「環境」、「情報・エレクトロニクス」、「材料・プロセス」及び「ライフサイエンス」の5つのセッションで計10回のプレゼンテーション及びディスカッション。
- ②イギリス、フランス、オーストラリア及び韓国の代表から、自国における技術予測の概要についてのプレゼンテーション及びディスカッション。
- ③各国の参加者の間での技術予測の今後の国際協力の在り方等の討議・意見交換。

この議論により、得られたことは次の通りである。

- ①ミニ・デルファイの4分野の調査結果の討議を通じて、このような技術予測を国際協力の下に実施することが長期的な政策・計画等の立案に有用であるという共通の認識が得られた。
- ②各国のプレゼンテーションから、日本、ドイツ、フランス及び韓国のデルファイ法を中心としたアプローチの他、イギリスのデルファイ法にシナリオ分析、パネルディスカッションを加えた全政府的なアプローチ、オーストラリアの将来ニーズに着目したアプローチのように各国とも自国の問題意識、国情等に応じて、多様な試みが行われていることが明らかになった。

- ③技術予測に関する今後の国際協力についての討議においては、まず日本より第6回技術予測の計画を紹介し、調査内容を検討・確定していく段階で適宜情報を各国に提供していく用意のある旨の説明を行うとともに、各国の調査ニーズを満足させるため、各国が共通して調査する課題のグループ及び自国のみにおいて調査する課題のグループを設定する方式の提案を行った。これに対して、ドイツからは日本と協力して第6回技術予測調査を行うという意向が表明され、フランス、イギリス等の出席者からも関心が表明された。

当日のプログラム

1995. 6. 13 (Tue)

10:00～10:20	<p>開会 (Opening Address)</p> <p>坂内 富士男 (科学技術政策研究所所長) Mr. Fujio Sakauchi (Director General, NISTEP)</p>
10:20～11:40	<p>Session1 : ミニ・デルファイ調査について (Outline of Mini-Delphi)</p> <p>Moderator : 坂内 富士男 (科学技術政策研究所所長) Mr. Fujio Sakauchi (Director General, NISTEP)</p> <p>桑原 輝隆 (科学技術政策研究所総括上席研究官) Mr. Terutaka Kuwahara (Director, NISTEP)</p> <p>Dr. Hariolf Grupp (Director, ISI)</p>
11:40～13:10	<p>－昼食 (Lunch) －</p>
13:10～14:50	<p>Session2 : 環境分野 (Environment)</p> <p>Moderator : Dr. Hans Riotte (BMBF)</p> <p>ゴミ処理技術とリサイクル (Waste Processing and Recycling) Dr. Kurt Wagemann (DECHEMA)</p> <p>地球規模の気象変動 (Climate Research and Climate Technology) 濱田 隆士 (放送大学教授) Prof. Takashi Hamada (The University of the Air)</p>
14:50～15:10	<p>－休憩 (Coffee Break) －</p>
15:10～16:50	<p>Session3 : 情報・エレクトロニクス分野 (Information and Electronics)</p> <p>Moderator : 軽部 征夫 (東京大学先端科学技術研究センター教授) Prof. Isao Karube (The University of Tokyo)</p> <p>人工知能 (Cognitive System and Artificial Intelligence) 田中 穂積 (東京工業大学教授) Prof. Hozumi Tanaka (Tokyo Institute of Technology)</p> <p>ナノテクノロジーとマイクロマシン (Nanotechnology and Microsystems Technology) Dr. Peter Bley (Research Center for Nuclear Research, Karlsruhe)</p>
16:50～17:50	<p>Session4 : イギリス及びフランスの技術予測 (Technology Forecast of UK and France)</p> <p>Moderator : Taeyoung Shin (STEPI)</p> <p>UK Dr. Grahame Walshe (OST)</p> <p>France Ms. Jeanne Seyvet (MESR) Mr. Alain Quévieux (MESR)</p>

1995. 6. 14 (Wed)

9:30~10:30	<p>Session5 : オーストラリア及び韓国の技術予測 (Technology Forecast of Australia and Korea)</p> <p>Moderator : Dr. Grahame Walshe (OST)</p> <p>Australia</p> <p>Prof. Ron Johnston (ASTEC)</p> <p>Korea</p> <p>Dr. Taeyoung Shin (STEPI)</p>
10:30~12:10	<p>Session6 : 材料・プロセス分野 (Materials and Future Processing)</p> <p>Moderator : Prof. Ron Johnston (ASTEC)</p> <p>太陽電池 (Photo Voltaics)</p> <p>Dr. Fritz Pfisterer (Universität Stuttgart)</p> <p>超電導 (Super Conductivity)</p> <p>前田 弘 (金属材料技術研究所総合研究官) Dr. Hiroshi Maeda (National Research Institute for Metals)</p>
12:10~13:40	<p>— 昼食 (Lunch) —</p>
13:40~15:20	<p>Session7 : ライフサイエンス分野 (Life Science)</p> <p>Moderator : Mr. Alain Quévieux (MESR)</p> <p>がん研究 (Cancer Research and Treatment)</p> <p>Prof. Dr. Horst König (BASF-Gruppe)</p> <p>脳機能研究 (Brain Research)</p> <p>軽部 征夫 (東京大学先端科学技術研究センター教授) Prof. Isao Karube (The University of Tokyo)</p>
15:20~15:40	<p>— 休憩 (Coffee Break) —</p>
15:40~17:40	<p>Session8 : 総合ディスカッション (Round Table Discussion)</p> <p>Moderator : Dr. Hariolf Grupp (Director, ISI)</p> <p>ラウンドテーブルメンバーによるディスカッション (Discussion by Round Table Members)</p>
17:40~17:50	<p>閉会 (Closing Address)</p>



