

過去の予測調査に挙げられた科学技術は実現したのか

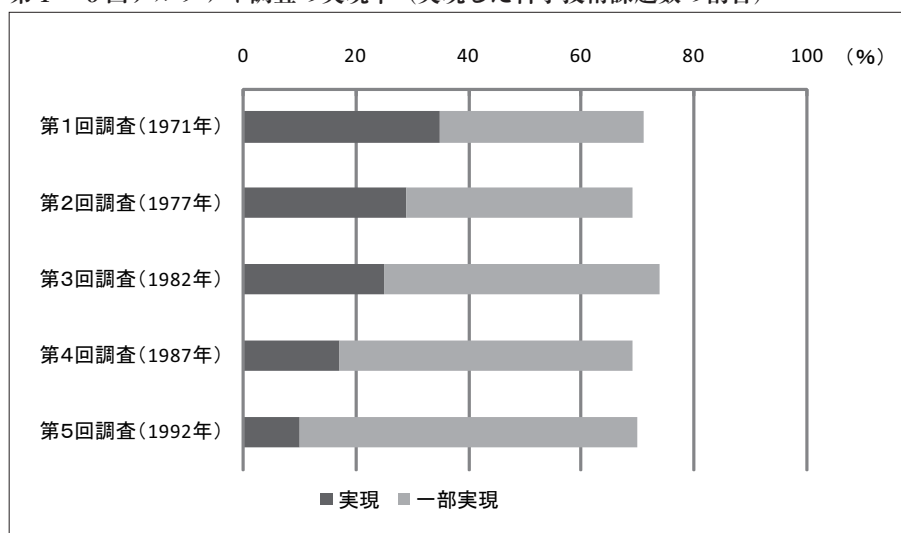
科学技術政策研究所は、今後30年間の科学技術発展の方向性を展望する9回目の科学技術予測調査を実施した。その中で、第1回から継続的に実施されているデルファイ調査（個別科学技術の実現可能性等に関する専門家への繰り返しアンケート）については、実施から20年以上が経過した第1～5回調査で取り上げられた科学技術が現時点でどの程度実現しているかという評価を行っている。

総じて、過去に取り上げられた科学技術のうち約7割が、現時点において何らかの形で実現していると評価されている。分野別に傾向を見ると、環境、安全、保健・医療、ライフサイエンス関連の科学技術は実現率が高く、交通（運輸、輸送）やエネルギー関連の科学技術は実現率が低い。また、全般的に早い実現が予測された科学技術は実現率が高い、重要度が低い科学技術は実現率が低い傾向が見られる。

実現していない理由としては、技術的問題が挙げられた場合が全般的に最も多い。分野別に傾向を見ると、医療・保健関連の科学技術は技術的問題を理由とする場合が多く、資源・エネルギー関連、交通・建築・土木などのインフラ関連、宇宙・海洋などのフロンティア関連の科学技術は、技術的問題とともにコスト問題を理由とする場合が多い。情報・通信・エレクトロニクス関連、特に通信関連では、代替技術出現も理由に挙がっている。

約7割という実現率はデルファイ調査のある程度の信頼性を示すものと言える。一方、将来の専門家に高く評価されるような将来を見通す力を、現在の我々が持っているのかどうかについても考えてみる必要もあるだろう。

第1～5回デルファイ調査の実現率（実現した科学技術課題数の割合）



科学技術動向研究センターにて作成

過去の予測調査に挙げられた 科学技術は実現したのか

横尾 淑子
総括ユニット

1 はじめに

我が国では、30年後までの科学技術発展の方向性を展望する予側調査が、1971年から約5年毎に実施されてきた。科学技術政策研究所は、第5回から予側調査を担当し、近年では、国民ニーズの把握や将来シナリオの作成などを加え、科学技術並びにそれを取り巻く将来社会を見通す方向へと展開を図っている。2009年度に実施した9回目に当たる「将来社会を支える科学技術の予測調査」では、将来的に目指す方向性へのイメージを持ち、そこで生じるグローバル課題や国民的課題を解決していくための科学技術を議論の中心に据えた。個別科学技術の実現可能性等に関

する専門家アンケート(第9回デルファイ調査)、将来の国民生活の姿とそれを実現する科学技術の枠組みや道筋を示すシナリオライティング、地域が自らの持続的発展とそれを支える科学技術について考えるワークショップなどを実施し、計3冊の報告書にとりまとめた¹⁾。

このうち、個別科学技術の実現可能性等に関する専門家アンケート(デルファイ調査)は、第1回調査から今回調査まで継続的に実施されており、初期の調査結果については、現時点でどの程度実現しているかという評価が可能である。これまで、調査実施から約20年以上が経過した第1回調査(1971年

公表)から第5回調査(1992年公表)に関して、専門家集団による評価を行っている。このような予側調査が継続実施されている国は世界の中でも日本のみであるため、これは日本のみで可能な過去の見識の評価であり、世界的に見ても貴重な知的資産と言えるかもしれない。

予側調査を公表すると、過去の予側調査の実現状況に関して高い関心が寄せられる。そこで、ここでは第1～5回調査の実現状況の評価概要、並びに実現した科学技術および実現していない科学技術の一部を紹介する。

2 実現状況の評価方法

個別科学技術の専門家アンケートは、用いている手法の名をとってデルファイ調査と呼ばれている。デルファイ法とは、多数の人に同一内容の質問を複数回繰り返し、回答者の意見を収れんさせるアンケート手法である。2回目以降のアンケートにおいて前回の集計結果が回答者に示され、回答者は全

体の意見の傾向を見ながら自身の回答を再検討することができる。回答者の一部は多数意見に賛同するため、意見は収れんする方向に向かう(図表1)。デルファイ法は直感的思考に拠らざるを得ない長期予測には有効な手法のひとつとされている。

我が国で行われてきた科学技術

に関するデルファイ調査では、アンケートを2回繰り返し、将来の科学技術(ここでは「科学技術課題」と呼んでいる)について、その重要性、実現可能性、実現のための手段等について専門家の意見を収集している(図表1)。第5回予側調査から実施後20年を経た過去のデルファイ調査の実現状況評価が始

図表1 デルファイ調査の結果例

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 回 数	回 答 者 (人)	技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター								
					2011年 実現済み	2016年	2021年	2031年	2041年	2011年	2016年	2021年	2031年	2041年	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
メ カ ト ロ ニ ク ス	65	一般家庭で人の生活、行動を支援するロボット(介護、家事等)	1	185											0	2	23	27	72	21	36	3	
			2	145												0	2	15	23	80	16	33	1
			専	12												0	8	33	33	92	0	25	0
メ カ ト ロ ニ ク ス	66	生産工程変更や農作業等、複雑な環境に対応できる判断機能を持った自律型ロボット	1	143											0	4	24	27	77	16	32	1	
			2	127												1	3	20	26	84	10	28	2
			専	11												0	0	36	36	91	0	9	0

*実現予測時期の回答分布のうち中央の1/2の分布を五角形で示している(左端、頂点、右端は、それぞれ回答された実現年を早い順に並べた1/4、2/4、3/4の位置を表す)。2回目アンケートの回答分布範囲(網掛けの五角形の幅)が1回目アンケートの回答分布範囲(網掛けなしの五角形の幅)と比べて狭まっていることがわかる。中央値である頂点(回答を早い順に並べた2/4の位置)を実現年の代表値として用いている。

参考文献¹⁾

図表2 第1～5回デルファイ調査の実施概要

調査回 (公表年)	調査対象分野	調査対象 期間 (30年間)	科学技術 課題数	調査票 回収数
第1回 (1971年)	①社会開発(生活の向上(衣・食・住)、レジャー、都市開発、交通機関の向上、公害・災害の防止、教育の向上)、②情報、③医療保健、④食糧農業、⑤工業・資源(宇宙開発、海洋開発、エネルギー開発、資源開発、鉱工業の高度化、新材料の開発)	～2000年	644	2482
第2回 (1977年)	①資源・エネルギー(食料資源、森林資源、水資源、エネルギー)、②環境・安全(環境、安全)、③家庭生活・教育(家庭生活、余暇、教育)、④健康(保健・医療、労働)、⑤国土利用(輸送、情報、建設)、⑥工業生産、⑦先導的・基盤的科学技術(宇宙開発、海洋開発、ライフサイエンス、ソフトサイエンス)	～2005年	656	1316
第3回 (1982年)	①エネルギー・鉱物資源・水資源、②農林・水産資源、③生活・教育、④環境・安全、⑤保健・医療、⑥ライフサイエンス、⑦都市・建築・土木、⑧交通・運輸、⑨通信・情報・エレクトロニクス、⑩宇宙、⑪海洋、⑫材料・素子、⑬生産・労働	～2010年	800	1727
第4回 (1987年)	①物資・材料・加工、②情報・電子・ソフト、③ライフサイエンス、④宇宙、⑤地球、⑥農林水産、⑦鉱物・水資源、⑧エネルギー、⑨生産・労働、⑩生産・労働、⑪保健・医療、⑫生活、教育、文化、⑬運輸、⑭通信、⑮都市・建築、⑯環境、⑰安全	～2015年	1071	2007
第5回 (1992年)	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宇宙、⑤素粒子、⑥海洋・地球、⑦鉱物・水資源、⑧エネルギー、⑨環境、⑩農林水産、⑪生産、⑫都市・建築・土木、⑬通信、⑭交通、⑮保健・医療、⑯社会生活	～2020年	1149	2385

参考文献¹⁾

められ、以降予測調査が行われるたびに評価対象とする調査を1回分ずつ増やしてきた。

第9回予測調査時に実現状況評

価の対象とした第1～5回デルファイ調査の実施概要を図表2に示す。第1回調査から第5回調査までは、取り上げた科学技術課題数、回答

者数とも徐々に増加し、大規模化が図られていた。また、社会への応用を念頭に置いた技術ばかりでなく基盤となる科学技術も一部取

り込む形で展開した。

今回の第9回予測調査における科学技術課題の実現状況評価は、第9回デルファイ調査のために設けられた12の分科会が分担して行った。各科学技術課題の表す内容が評価時点において実現しているか否かによって、「実現」「一部実現」「実現していない」の3段階

評価を合議により決定した。このうち、「一部実現」とは、含まれる内容のうち一部が実現している場合、あるいは解釈の仕方によって実現しているとも言えるが完全に実現しているとは言い切れないような場合等を指す。実現していない科学技術課題については、併せて実現していない理由も問うて

いる。なお、各科学技術課題は調査結果として実現予測年の情報を持っているが、実際に実現した年を特定することが難しい場合もあるため、当時予測した実現年と実際に実現した年との比較は行っていない。

3 実現状況評価の結果概要

以下は第9回デルファイ調査時の実現状況評価の概要である。なお、詳細は第9回デルファイ調査報告書の参考資料に掲載されている¹⁾。

3-1

実現率

第1～5回調査までの一部実現を含む実現率(実現している科学技術課題の数/対象となる科学技術課題の総数)を見ると、約7割の課題が何らかの形で実現している(図表3)。時間が経つにつれて、その

とおりに実現したという率も上がっている。しかし、残りの3割程度は時間が経っても実現率は上がらず、数十年単位では実現しなかった、あるいは意味が無くなった、などと評価される科学技術課題であると言える。

分野別に見ると、環境、安全、保健・医療、ライフサイエンスといった生命に直接関わるような分野は一部実現を含む実現率が高い。また、情報通信分野は、一部実現を含まない厳密な意味での実現率が高い。一方、交通(運輸、輸送)やエネルギーに関する分野は実現率が低い。全般的傾向として、早

い実現が予測された科学技術課題は実現率が高く、また、重要度が低い科学技術課題は実現率が低い。ただし、情報通信関連では重要度が低くても実現している例が見られる。

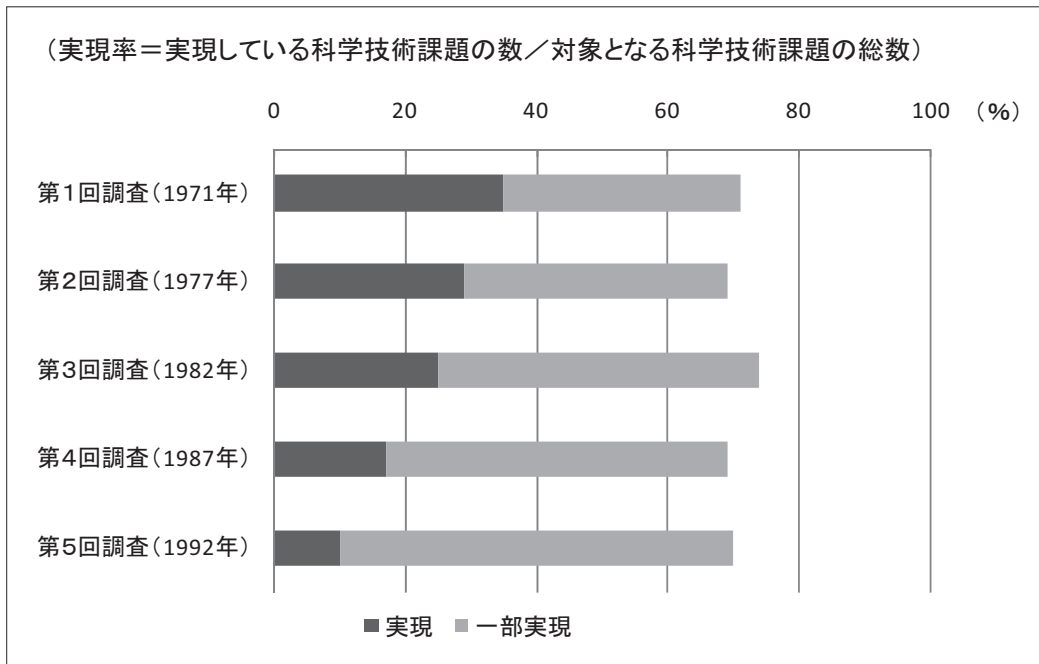
3-2

実現していない理由

実現していない理由について見ると、技術的問題により実現していないものが全般的に最も多い。社会的要素を含む科学技術課題が多かった第1回および第2回調査では、実現しない理由として社会的問題やニーズ小が挙げられる割合が比較的大きかったが、回を重ねるにつれ技術的問題が理由として挙げられる割合が高くなった。

分野別に見ると、医療・保健関連の科学技術課題は、第1～5回を通じて実現していない課題の75%以上において技術的問題が理由とされている。資源・エネルギー関連、交通・

図表3 第1～5回デルファイ調査の実現率

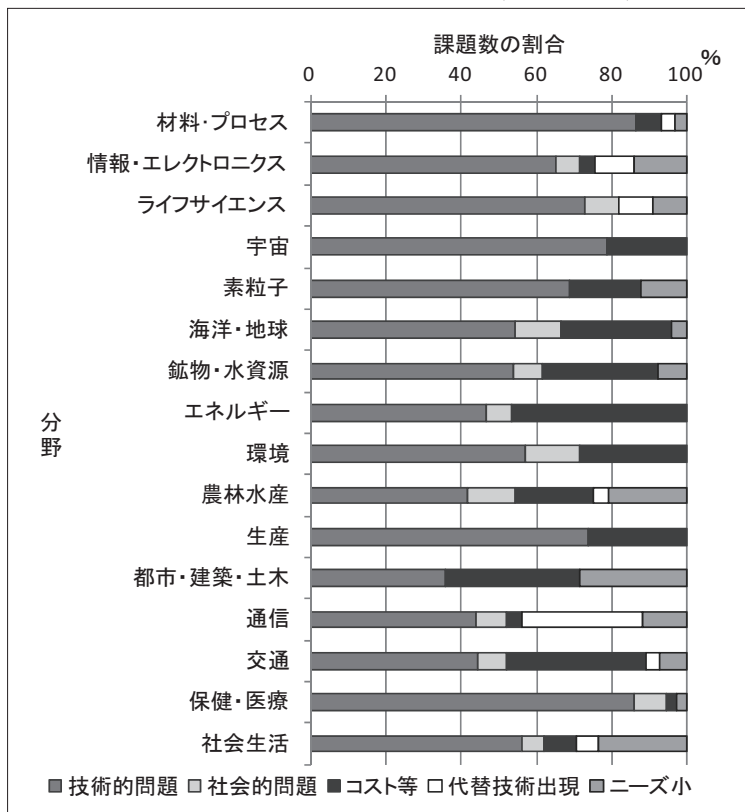


科学技術動向研究センターにて作成

建築・土木などのインフラ関連、宇宙・海洋などのフロンティア関連では、技術的問題と並んでコスト等問題も大きな理由となっており、場合によっては最多理由となっている。情報・通信・エレクトロニクス関連、特に通信関連の科学技術課題においては、代替技術出現を理由とする課題の割合が他の分野と比べて多い。第4回調査および第5回調査では、通信分野で実現していない課題の30%程度が代替技術出現を理由としている。

例として、第5回調査の評価における分野別の実現していない理由を図表4に示す。また、重要度上位100課題のうち2009年までの実現が予測されていたが実現していない科学技術課題について、その実現していない理由を図表5に示す。

図表4 分野別の実現していない理由の割合（第5回調査）



参考文献¹⁾

図表5 第5回調査において2009年までの実現が予測されていたが、実現していない科学技術課題の例

分野	科学技術課題	実現予測年	実現していない理由
通信	光ファイバを利用した光ヘテロダイン方式等のコヒーレント光通信技術により、長距離大容量光通信方式が実用化される。	1999	技術的問題
海洋・地球	地球環境保全、地球資源開発・保全等に貢献する国際的科学技術者を育成する広義の地球科学技術教育機関が発足する。	2001	社会的問題
保健・医療	HIVのワクチンが開発される。	2003	技術的問題
素粒子	書込速度毎秒1ギガバイト以上の大容量記録装置が実用化される。	2004	技術的問題
保健・医療	がんの二次予防(早期発見)体制が社会的に充実して人々の知識が高まり、その成果として、全てのがんの5年生存率の平均が70%を越える。(現在は50%)	2003	技術的問題、社会的問題、コスト等問題
素粒子	シンクロトロン放射光(SOR)を光源に用いたリソグラフィによって10ナノメートル以下のパターンが自由に加工できる技術が実用化される。	2004	コスト等問題
通信	全世界のほとんどの国を覆う国際ISDNが形成され、国内ISDNから自動接続が可能となる。	2004	代替技術出現
素粒子	ppt(10 ⁻¹² 乗オーダー)までの超微量分析が可能な機器が実用化される。	2004	ニーズ小
材料・プロセス	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	技術的問題
ライフサイエンス	がんの転移を防ぐ有効な手段が実用化される。	2007	技術的問題
生産	常温超電導材料が工業製品に多用される。	2008	技術的問題
エネルギー	高レベル放射性廃棄物の固化体の処分技術が実用化される。	2009	社会的問題
情報・エレクトロニクス	ソフトウェア検証技術が進み、誤りのない大規模ソフトウェアの短期開発が可能となる。	2009	技術的問題

科学技術動向研究センターにて作成

4 実現した科学技術と実現していない科学技術の例

以下には、第1～5回調査の科学技術課題の例を、これまでに実現した科学技術と実現していない科学技術に分けて紹介する。併せて、デルファイ調査の特徴やその後の経緯なども解説する。なお、以降では「実現」には「一部実現」を含むものとする。

4-1

実現した科学技術の例

(1) ネットワークを介したサービス

情報授受、交通機関や宿泊の予

約、商品注文など、現在はインターネットを介して行われている様々なサービスの例が各回に挙げられていた。当然ながらインターネットという言葉は出てこないが、実現したいコンセプトが数多く挙げられている。

(2) 救急医療システム

救急医療システムに関する科学技術課題も早くから科学技術課題に挙げられており、基本的には日本の社会では実現したと言える。しかし、第9回調査でも「救急医療において、地域格差を是正できる迅速対応可能な地域医療制度」が科学技術課題として挙げられており、

その実現は2021年と予測されている。一度は構築されたと見なされたシステムが社会の状況変化に適合しなくなったため、今後の重要事項として再浮上していると考えられる。

(3) 体細胞クローン技術

クローン動物という言葉は、1982年には登場している。実際には体細胞から作られたクローン羊ドリーの誕生が1997年2月に発表され、実現は専門家の予測よりもやや早めであった。ただし、第6回調査(1997年)では、アンケート実施が上述の発表直前であり、「家畜の体細胞からクローン個体を再

図表6 ネットワークを介したサービスに関する科学技術課題の例

調査回 (公表年)	科学技術課題	実現予測年
1 (1971)	海外のデータバンクに直接アクセスが可能となることにより、データの授受が行われる。	1987
1 (1971)	交通機関、宿泊施設等(大都市、主行楽地のホテル程度)に関する予約システムが世界中でつながり、世界的なリアルタイムシステムが確立する。	1980
2 (1977)	日常生活に必要な各種の生活情報を提供する画像通信(双方向)を用いた情報案内システムが実現し、豊かな生活設計を立てることが可能となる。	1987
3 (1982)	全世界のほとんどの国をおおう国際データ通信網が形成され、国内データ通信網から自動接続が可能となる	1994
4 (1987)	パソコンによるリース注文システム、中古品交換システムが広域レベル(全国等)で普及する。	1994
5 (1992)	電子図書館(文字、図書、静止画、映画、テレビ、記録フィルム等のビデオライブラリ)から広帯域回線を経由して静止画像又は動画像を検索する通信システムが普及する。	2005
5 (1992)	地理的に分散している不特定多数の人が一つの仮想空間を共有することが可能な人工現実感を備えたコンピュータネットワークが実用化される。	2005

科学技術動向研究センターにて作成

図表7 救急医療システムに関する科学技術課題の例

調査回 (公表年)	科学技術課題	実現予測年
1 (1971)	救急医療のためのネットワークが全国的に完成し、患者を迅速に適切な救急センターに送り込む、搬送システムができあがる。	1986
2 (1977)	同上	1990
3 (1982)	各地に必要なに応じて救急医療センターが作られ、データはすべて中央の医療センターで解析され、どんな地方でも適切な救急医療が受けられるようなシステムを確立する。	1997
5 (1992)	救急車と病院の間での救急医療用の画像及び知識ベースの伝送が普及する。	2003

科学技術動向研究センターにて作成

図表8 クローン技術に関する科学技術課題の例

調査回 (公表年)	科学技術課題	実現予測年
1 (1971)	体細胞の組織培養により、遺伝的に同質な実験動物の無性増殖技術が開発される。	2000
3 (1982)	クローン動物をはじめとする実験用人工動物の作成が普及する。	1999
5 (1992)	胚性幹細胞(極初期の胚芽の細胞)だけで個体にまで発生させる技術が開発される。	2011

科学技術動向研究センターにて作成

生する技術が実用化される」の実現予測年は2015年とされた。このことは、第1回調査時の実現予測年が2000年であったことを「長期的に見れば実現の可能性がある」と考える専門家が半数程度いた程度に解釈すべきことを示している。

デルファイ調査は、意見の集約を図るという手法の性格上、先見性に富む少数意見があったとしても、中央値としての調査結果には反映されにくいという弱点がある。そのため、ブレークスルータイプの技術の実現予測は難しく、本課題はその典型例と言える。

4-2

実現していない科学技術の例

(1) がんの転移抑止

診断技術の進歩によって、ある

種のがんの早期発見・早期治療が可能となった。しかし、がん化の機構は解明されつつあるものの、転移を抑止する方法は開発されておらず、がんの転移抑止は現在でも依然として大きな課題である。各回の実現予測年は常に調査時点から15～20年後と予測されており、調査の度に実現予測年が先送りされる課題の一つである。第9回調査でも「がんの転移を抑止する薬剤の開発」が挙げられており、技術が確立するのは2023年、社会で適用されるのは2032年と予測されている。

(2) 大面積の高効率太陽電池

太陽電池に関しては第1回調査時から、変換効率・大面積化・材料などが話題とされ、2000年代にはかなり実用化されている状態であると予測されていた。特に「大面積かつ高効率なアモルファスシリ

コン太陽電池」は、第4回調査(1987年)から第8回調査(2005年)まで材料関連分野の科学技術課題として継続して取り上げられてきた科学技術課題であるが、第9回調査時点で「実現していない」と評価されている。なお、第9回調査では「低コストで変換効率20%以上の大面積薄膜太陽電池」という材料を特定しない課題が挙げられており、これは2019年に技術が確立し、2027年に社会で用いられると予測されている。

(3) 交通管理システム

道路交通を管理するシステムも第1回調査から課題とされてきたが、現時点で実現していない。これも先送り傾向にある科学技術課題のひとつである。視点は少しずつ変化しており、第7回調査(2001年)までは、交通量の把握と交通流の制御システムが課題になっていた

図表9 がんの転移抑止に関する科学技術課題の例

調査回(公表年)	科学技術課題	実現予測年
2 (1977)	がん細胞の転移抑止技術が実用化	1993
3 (1982)	がんの転移を防ぐ有効な手段が開発	1999/2003*
4 (1987)	同上	2002/2005*
5 (1992)	がんの転移を防ぐ有効な手段が実用化	2007/2011*

*医療関連分野とライフサイエンス関連分野で回答を求めたため、2通りの実現年が得られている。

科学技術動向研究センターにて作成

図表10 大面積薄膜太陽電池に関する科学技術課題の例

調査回(公表年)	科学技術課題	実現予測年
1 (1971)	変換効率が20%以上の太陽電池用材料が開発される。	1984(実現済)
2 (1977)	変換効率が20%以上で価格が現在の1,000分の1以下の太陽電池用材料が開発される。	1995
3 (1982)	効率8%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。	1990(実現済)
4 (1987)	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。	1998
5 (1992)	同上	2004

科学技術動向研究センターにて作成

図表 11 交通管理システムに関する科学技術課題の例

調査回(公表年)	科学技術課題	実現予測年
1(1971)	大都市(人口100万程度)全域の交通をむらなく円滑に運用するため、面制御、径路誘導などを総合的に組み合わせた総合交通管制システムが確立する。	1983
2(1977)	同上	1996
3(1982)	大・中都市地域(例えば人口50万人以上)において自動車を中心とした交通をむらなく円滑に運用するため、面制御、径路誘導などを総合的に組み合わせた交通管制システムが普及する。	1997(一部実現)
4(1987)	走行自動車の種類、速度、密度等を把握し、都市内交通流を最適制御する道路交通管制システムが普及する。	1998
5(1992)	同上	2003

科学技術動向研究センターにて作成

たが、第8回調査(2005年)においては利用者側の対応も含めて総合的に交通量の最適化を図る交通需要マネジメントへと対象が変更された。第9回調査では、交通信号とエンジン調節の同期、在宅勤務、自動運転による高速道路の利用効率向上などの個別技術が挙げられている。

4-3

技術的問題以外の理由で実現していない科学技術の例

図表4に示したように、実現していない科学技術課題については、技術的問題・社会的問題・コスト

等問題・代替技術実現・ニーズ小の選択肢の中から実現していない理由が示されている。図表12に、技術的問題以外の理由で実現していない科学技術の例を示す。特に「ニーズ小」という理由で実現していない科学技術課題については、当時の重要度指数が他の課題と比べて低かったという傾向があり、

図表 12 実現していない理由別の科学技術課題の例

理由	科学技術課題	調査回(公表年)	実現予測年
社会的問題	都市計画技術が進み、大都市(人口100万人程度)において職場の分散が進み、高度な職住混合機能を有するモデル都市が実現する。	2(1977)	1998
	日本でも公共建築物の建築費の1%相当分が街並みと調和させる美的造形等の文化的価値の付加に用いられるようになる。	4(1987)	2000
	腎、心、肝等の臓器移植が現在の欧米なみに行われるようになる。	5(1992)	2001
	遺伝子操作等のバイオテクノロジー技術により創られた有用生物の開放系利用における評価利用基準が確立され、環境浄化に有用な生物が利用されるようになる。	5(1992)	2006
コスト等問題	我が国で石油代替植物の開発、改良、栽培技術が進み、国外での生産も含めて代替エネルギーとして普及させる技術ができる。	4(1987)	2011
	深海底に賦存する鉱物資源(マンガン、熱水鉱石、コパルト、クラスト等)の調査が進み、それらのいずれかを経済的に採取する技術が実用化される。	5(1992)	2006
	石炭ガス化複合サイクル発電所が実用化される。	5(1992)	2005
	波長可変の医療用自由電子レーザーが普及する。	5(1992)	2007
代替技術出現	80~120ギガヘルツ帯のミリ波無線PCM方式が実用化される。	2(1977)	1990
	書籍の代りに使用できる10ギガビット以上の記憶容量の光カード・メモリが普及する。	4(1987)	1997
	高速広帯域情報を多重化し時分割交換する高速広帯域交換機が実用化される。	4(1987)	1993
	光ファイバジャイロを用いた自動車ナビゲーション装置が普及する。	5(1992)	2004
ニーズ小	汎用システムに至るまでソフトウェアの大部分がハードウェアに組み込まれる(ファームウェア)ようになる。	2(1977)	1991
	コンピュータ利用を容易にするため、音声入力によるプログラミングが可能となる。	2(1977)	1996
	わが国のイネの平均反当り収量が1.5倍になる技術が普及する。	3(1982)	1998
	衛星放送又は地上放送により電子新聞(加入者のみ受取れるスクランブル方式)が普及する。	4(1987)	2001

*実現していない科学技術課題は、複数回にわたって取り上げられていることがほとんどであるが、ここでは第1~5回調査のうち最も新しい回のデータを示している。

科学技術動向研究センターにて作成

これらはもともと必要性が高くな かった可能性もある。

5 実現が早まる傾向にある科学技術分野

第1～5回の調査実施から約20年が経過した時点での評価を見ると、実現時期の予測が評価時点より後であった科学技術課題のうち2～3割程度は「実現(一部実現を含む)した」と評価されている。すなわち、これらは「実現が予測より早まった科学技術」の事例と言える。

第5回調査について約20年後の2009年末に評価を行った結果のうち、実現時期が5年以上早まった13科学技術課題を図表13に示す。このうち9課題がライフサイエンス分野あるいは保健・医療分野の科学技術課題であり、脳・神経科学、再生医療、遺伝子治療等が挙げられている。

ライフサイエンス分野や保健・

医療分野は、毎回の調査で実現までの時間が平均的に長いとされる分野である。そのため、複数回にわたって同一あるいは類似の科学技術が取り上げられ各調査回の課題が一部重複しているが、ほとんどの調査回において評価時点までには実現しないと予測された科学技術課題の半数程度が実際には実現(一部実現を含む)している。

例えば図表14は、第5回調査において実現までに時間を要すると予測された科学技術課題の分野別実現状況である。ライフサイエンス分野では、2010年以降の実現が予測された課題が46課題あり、ライフサイエンス分野全体の約半数を占めていた。しかし、そのうちの29課題が2009年末時点で「実現

(一部実現を含む)している」と評価されている。一方、ライフサイエンス分野と同様に実現予測年の遅い課題が多いエネルギー分野や宇宙分野では、実現時期が早まった科学技術はわずか1,2課題である。

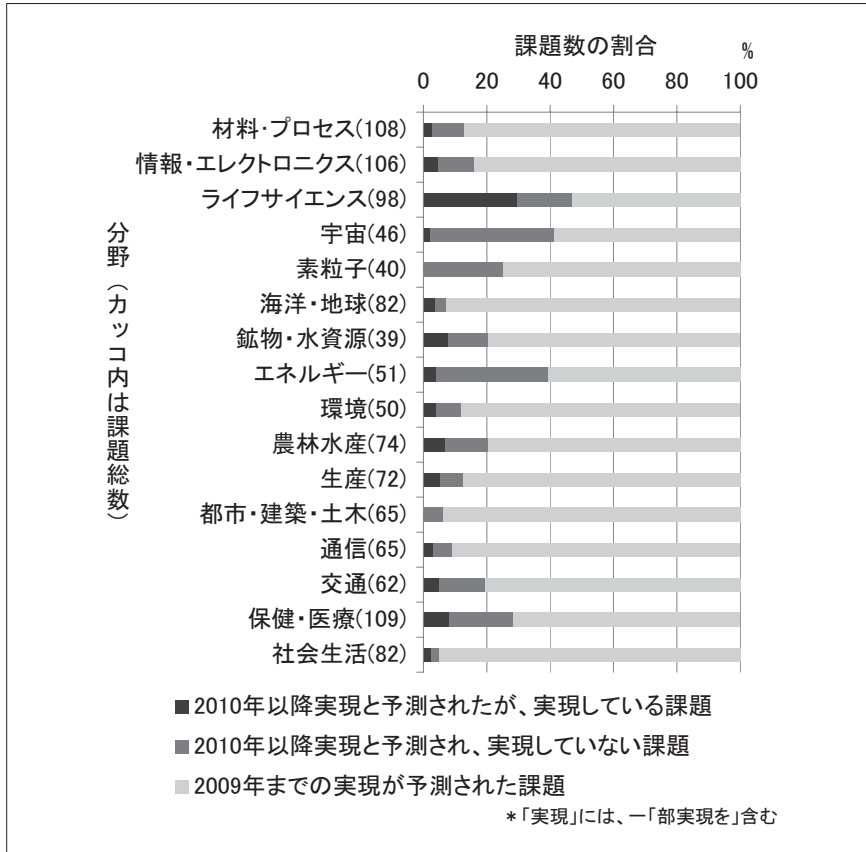
今後、ライフサイエンスのような分野は世界中でブレークスルーが生まれる余地があるが、デルファイ調査は一般的にこうした予測には向かないという弱点がある。また、ライフサイエンスや保健・医療といった分野は長期目標が明確かつ変化しにくい分野であると言える。単純に「実現までにかかり時間がかかるだろう」との予測に安心するのは危険であろう。

図表13 実現が5年以上早まったと評価された科学技術の例
(第5回調査(1992年)を第9回調査時(2009年末)に評価)

分野	科学技術課題	実現予測年	2009年末の実現状況
ライフサイエンス	脳とコンピュータを直接結びつけるためのインターフェースが開発される。	2020	一部実現
ライフサイエンス	細胞の機能を代替する人工細胞の合成技術が開発される。	2019	一部実現
ライフサイエンス	脳のニューロン活動と思考過程との関係が解明される。	2018	一部実現
ライフサイエンス	脳の思考過程を模擬した人工知能技術が開発される。	2017	一部実現
ライフサイエンス	感情の神経生物学的基礎が解明される。	2017	一部実現
保健・医療	胎児等から採取するのではなく、ある臓器機能をもつ細胞を人工的に作り、移植できるようになる。(例えばアルツハイマー病の治療等)	2020	一部実現
保健・医療	神経、脳細胞等と接続可能な電子回路が開発され、人工眼に応用される。	2019	一部実現
保健・医療	個体の老化機構が解明され、老化防止に応用される。	2018	一部実現
保健・医療	遺伝子治療が多くの遺伝子欠損疾患について実用化される。	2016	一部実現
宇宙	宇宙船による地球周辺宇宙観光事業が実現する。	2016	一部実現
海洋・地球	自然エネルギー利用技術が向上し、人為的な熱の発生や大気中の熱の蓄積が抑制されて地球の熱収支のバランスがとれるようになる。	2016	一部実現
鉱物・水資源	渇水時に人工降雨を降らせる技術が実用化される。	2015	一部実現
環境	人間について環境汚染の継世代的影響の有無が解明される。	2015	一部実現

科学技術動向研究センターにて作成

図表 14 実現までに時間を要すると予測された科学技術課題の実現状況
(第5回調査(1992年)を第9回調査時(2009年末)に評価)



科学技術動向研究センターにて作成

6 おわりに

デルファイ調査では、複数の両立し得ない科学技術が将来の選択肢として同時に挙げられる場合もあり、また、方向性を探るため挑戦的な内容が取り上げられる場合もある。しかし、それらを含めても取り上げられた科学技術課題のうち7割が何らかの形で実現していることは、デルファイ調査を継

続実施する意義とある程度の結果の信頼性を示すものと言え、知的資産的な価値は十分に高いと思われる。ただし、デルファイ調査では、主な結果からは少数意見が忘れられてしまう可能性や、調査で取り上げられなかった重要科学技術が存在することに留意する必要がある。

また、過去の専門家の視点や見識をうかがい知ることは、現在の我々に同程度の見識があるかどうかという自問を促す。将来の専門家に高く評価されるような将来を見通す力を、現在の我々が持っているのかどうか考えてみる必要があるだろう。

参考文献

- 1) 科学技術動向研究センター、「NISTEP REPORT No.140～142 将来社会を支える科学技術の予測調査」、科学技術政策研究所(2010年3月)
第9回デルファイ調査：
<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep140j/idx140j.html>
科学技術が貢献する将来へのシナリオ：
<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep141j/idx141j.html>

地域が目指す持続可能な近未来：

<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep142j/idx142j.html>

*過去のデルファイ調査の実現状況評価は、「第9回デルファイ調査」に掲載。

2) これまでのデルファイ調査

第8回調査：NISTEP REPORT No.97 デルファイ調査（2005年5月）

<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep097j/idx097j.html>

第7回調査：NISTEP REPORT No.71 第7回技術予測調査（2001年7月）

<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep071j/idx071j.html>

第6回調査：NISTEP REPORT No.52 第6回技術予測調査（1997年6月）

<http://www.nistep.go.jp/achiev/abs/jpn/rep052j/rep052aj.html>

第5回調査：NISTEP REPORT No.25 第5回技術予測調査（1992年11月）

<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep025j/idx025j.html>

執筆者プロフィール



横尾 淑子

総括ユニット
科学技術動向研究センター
<http://www.nistep.go.jp/index-j.html>

科学技術政策研究所にて、資源および科学技術人材に関する調査に従事。現在、科学技術予測に関する調査を担当。