

図表で見る第三期科学技術基本計画のための デルファイ調査 ～産総研地質分野から見ると～

宮崎光旗¹⁾

1. はじめに

総合科学技術会議は、さる2005年12月27日に諮問第5号「科学技術に関する基本政策について」に対する答申(総合科学技術会議, 2005)を行いました。本答申をもとに、平成18年度から5ヶ年にわたる第三期科学技術基本計画が策定され、本年(2006年)3月28日に閣議決定されました(日本国政府, 2006)。同日、総合科学技術会議は、計画の柱となる戦略的重点化を分野別推進戦略(総合科学技術会議, 2006)として公表しました。

第三期科学技術基本計画(以下「第3期基本計画」)では「社会・国民に支持され、成果を還元する科学技術」「人材育成と競争的環境の重視」を基本姿勢とし、3つの理念の下、6大目標を掲げています。

理念1 人類の英知を生む

～知の創造と活用により世界に貢献できる国の実現に向けて～

- ◆目標1 飛躍知の発見・発明-未来を切り拓く多様な知識の蓄積・創造
- ◆目標2 科学技術の限界突破-人類の夢への挑戦と実現

理念2 国力の源泉を創る

～国際競争力があり持続的発展ができる国の実現に向けて～

- ◆目標3 環境と経済の両立-環境と経済を両立し持続可能な発展を実現
- ◆目標4 イノベーション-日本-革新を続ける強靱な経済・産業を実現

理念3 健康と安全を守る

～安心・安全で質の高い生活のできる国の実現に向けて～

- ◆目標5 生涯はつらつ生活-子どもから高齢者

まで健康な日本を実現

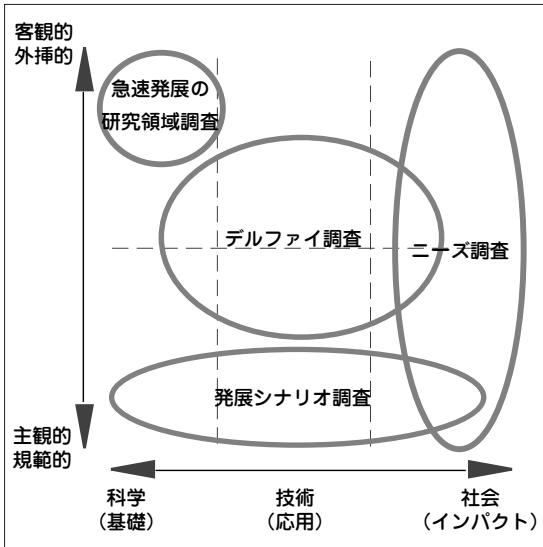
- ◆目標6 安全が誇りとなる国-世界一安全な国・日本を実現

これら目標の達成にむけ、効果的・効率的な科学技術政策の推進という観点から、政府研究開発投資の戦略的重点化が一層推し進められます。このため、第二期に引き続き、特に重点的に資源配分すべきライフサイエンス等「重点推進4分野」およびエネルギー等国として取り組むべき「推進4分野」の全8分野それぞれに推進戦略がとりまとめられ、「重要な研究開発課題」「戦略重点科学技術」および「推進方策」が定められました。

分野別推進戦略をひもといてみると、(独)産業技術総合研究所地質調査総合センターを中心とする産総研<地質>セクター(以下「産総研地質分野」あるいは「地質分野」)が密接に関連する分野として推進4分野に分類される社会基盤分野があり、そのほかエネルギー分野・フロンティア分野(ともに推進4分野)あるいは環境分野(重点推進4分野の1つ)にも関連が見いだされます。社会基盤分野の推進戦略では「デルファイ調査などによる将来的な波及効果、我が国の国際的な科学技術の位置・水準、政策目標への貢献度、官民の役割から絞り込まれた重要な研究開発課題」として『地質調査研究』が<防災>というカテゴリの下、明示されています。フロンティア分野の推進戦略でもデルファイ調査に敷衍し、第3期基本計画の第6目標「安心・安全社会」と宇宙関連技術及び海洋・地球関連技術を取り上げています。環境分野での重要研究開発課題選定でも、「研究領域とその枠組みの設定には、環境分野を俯瞰したデルファイ調査結果と第2期の研究推進状況などを踏まえる事とした」と記しています。このように重要研究開発課題選定において各分野で取り上げられている『デルフ

1) 産総研 地質情報研究部門

キーワード: デルファイ調査, 第三期科学技術基本計画, 産総研地質分野, 政府研究開発投資



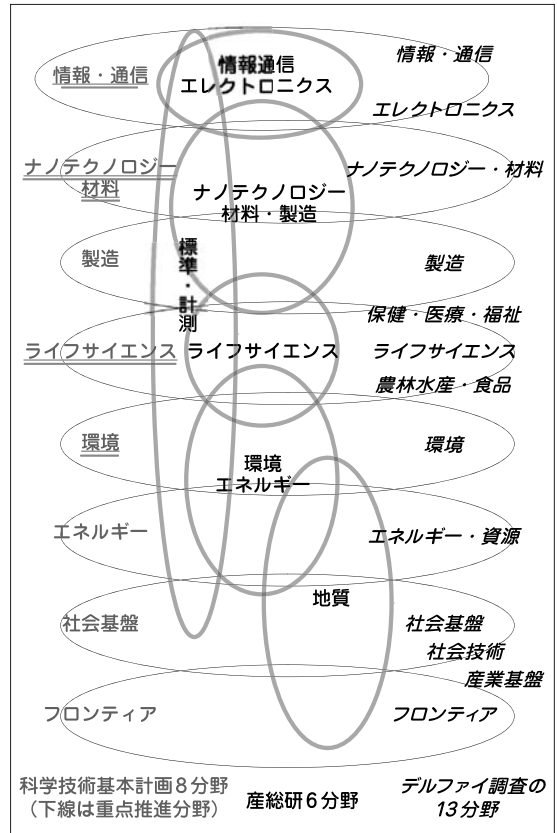
第1図 第三期科学技術基本計画のための4つの予測調査(デルファイ調査報告書より, 簡略化).

「デルファイ調査」とはどのようなものか, ここでは産総研地質分野に関連させて見ていくことにします.

2. デルファイ調査

デルファイ調査とは, 専門家集団の意見集約・合意形成を目的に考えられた方法で, アンケート調査を複数回繰り返す, 2回目以降は前回の結果もアンケートに取り込むフィードバック方式で意見を収斂させる手法です. 1950年代初めに米国ランドコーポレーションが「Project Delphi」として用いたことからこのような名となりました(Linstone and Turoff, 2002). ちなみにDelphiは古代ギリシアの都市国家でアポロ神殿の神託で有名です. 今日では, 社会的波及効果などを含めた科学技術の中長期的動向予測を探るためによく行われます. ここで取り上げるデルファイ調査もその一つです. (以下とくに断りのない限りデルファイ調査は次に説明する調査をいいます)

デルファイ調査は, 第3期基本計画の検討における分野・領域の重点化の方向性検討の基盤を提供することを目的として科学技術振興調整費により2003～2004年度にかけて文部科学省科学技術政策研究所が実施したものです. その成果は「科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査 デルファイ調査 報告書」(科学技術政策研究所, 2005; 以下「デルファイ調



第2図 いろいろな「分野」.

査報告書)として公表されています. なお, 第3期基本計画は2015年を見越した2006～2010年の5ヶ年計画とされ, その検討のためにデルファイ調査のほか, 社会・経済ニーズ調査, 急速に発展しつつある研究領域調査, 注目科学技術領域の発展シナリオ調査の, あわせて4つの予測調査が実施されました. それら調査は第1図に示されている関係だそうです(デルファイ調査報告書).

デルファイ調査では調査対象となる科学技術を13分野に分けています. デルファイ調査報告書によると, 調査に先立って分野ごとに専門家を委員とする分科会が設けられ, 社会等へインパクトを与える科学技術のひとつかたまりとしての領域とそれら領域を代表する複数の予測課題が選定されたということです. 調査全体として130領域が設定され, 858課題が選定されています. たとえば, 重要度1位となった課題「災害監視衛星, 通信衛星, GPS, 無人飛行機などを活用して, 災害の監視, 発生後の災害状況の把握および迅速な対応(必要なところに必要な情報を配信す

第1表 分野と領域・課題数, ならびにアンケート回答状況 (デルファイ調査報告書より, 一部改編).

分野名(略)	領域数	課題数	発送*1	回答*2	再答*3	男性*4	<40*5	40代	50代	60<
情報・通信(情報通信)	9	75	265	63%	86%	96%	8%	36%	40%	15%
エレクトロニクス(エレキ)	15	69	292	64%	85%	97%	6%	37%	46%	12%
ライフサイエンス(ライフ)	11	65	431	65%	81%	90%	15%	41%	33%	10%
保健・医療・福祉(保医福)	8	80	306	50%	78%	81%	2%	24%	55%	18%
農林水産・食品(農水)	5	46	391	75%	86%	89%	12%	39%	34%	14%
フロンティア	11	76	415	71%	84%	95%	13%	31%	40%	16%
エネルギー・資源(エネルギー)	10	51	313	73%	88%	98%	9%	32%	44%	15%
環境	7	55	361	59%	86%	93%	10%	26%	45%	20%
ナノテクノロジー・材料(ナノテク)	10	70	366	58%	84%	95%	11%	39%	35%	16%
製造	9	59	255	73%	88%	99%	6%	30%	48%	16%
産業基盤(産業)	10	59	210	51%	81%	93%	17%	35%	26%	22%
社会基盤(基盤)	14	97	331	57%	82%	94%	13%	29%	41%	18%
社会技術(社会)	11	56	283	52%	80%	94%	17%	32%	39%	12%
(全体)	130	858	4219	63%	84%	94%	11%	33%	40%	16%

*1: 第1回アンケート発送数.

*2: 第1回アンケート回答率.

*3: 第2回アンケート回答率(第2回アンケートは第1回回答者へ発送).

*4: 第2回回答者で男性の占める割合.

*5: 第2回回答者で40才未満の占める割合(以右同様).

る)を可能にする危機管理システム」はフロンティア分野の「安全・安心社会の宇宙・海洋・地球技術」領域の課題です(重要度については後出の第2表を参照のこと)。同領域はこの他にいくつかの課題を含みます。これで分野・領域・課題の表現が少しは理解できたでしょうか。参考のために、デルファイ調査での13分野、第3期基本計画での8分野、そして産総研6分野(産業技術総合研究所, 2005)の関係を第2図に示します。

第1表に分野名と各分野で設定された領域・課題数を示します。また、アンケートの発送数や回収状況、アンケート回答者の性別、年代もあわせて示します。アンケートの内容、あるいはデルファイ調査報告書で取り扱われている調査項目などの一部を第2表に示しました。第1表で分かるように、アンケートは分野ごとに行われています。アンケート回答者は分科会委員の推薦と本人の承諾でもって決められたそうです。調査は2回繰り返され、うち第1回目では非専門分野に対するアンケートも行われ、専門性によるバイアス検証の参照データに使われています。

アンケートの詳細などはデルファイ調査報告書に譲り、次にデルファイ調査の結果を見ていくことにしましょう。その前にデルファイ調査報告書から引用しておきます。「設定された領域と予測課題は、30年先を見

通して、可能性や期待の大きさに着目して抽出されたものであり、各分野の様々な発展段階にある技術を系統的・網羅的に取り上げることが意図したものでは必ずしもない」「結果は、我が国の第一線の研究者・技術者等専門家の見解の分布を示したものであり、言うまでもないことながら必ずしも“真理”を示すものではない。」

3. 産総研地質分野と関連ある分野・領域の特質

地質分野関連課題の選択

産総研地質分野に関連させてデルファイ調査を見るにあたって、まずは設定された858予測課題から地質分野に関連あると考えられる課題を幅広く拾い出しました。その結果、88の予測課題が拾い出されました。第3表は拾い出された課題がどの分野にあるか、またその割合などを示したものです。それを図示したのが第3図です。第3表の第4列、B/Aは該当するデルファイ調査分野に含まれる地質関連課題数とその分野を構成する課題数の比(百分率)です。当該分野と地質分野の相関度、あるいは当該分野における地質分野の割合を表しています。第4列でフロンティア分野が50%に近いのは、同分野が宇宙と海洋・地

第2表 デルファイ調査の調査項目など(一部)。

スコープ	種類	調査項目等	備考*1
領域	指数	今後10年間での知的・経済・社会各効果	0=効果なし～効果は大=10
	指数	中期的での知的・経済・社会各効果	同上(中期的は2016年からの10年間)
	指数	現在の日本の研究開発水準(対米欧亞*2)	0=日本が劣位～日本が優位=10
	指数	総合効果	各効果の二乗和の根($\sqrt{[知]^2+[経]^2+[社]^2}$)
予測課題	指数	わが国にとっての重要度	0=重要でない～非常に重要=100
	割合	現在の第一線度(日・米・欧・亞*2)	その国が第一線と認める専門家の割合
	年	技術的実現時期	選択時期の中位値, 第1・第3四分位値で合意の程度
	年	社会的適用時期	同上
	指数	技術的実現に向けて政府の関与の必要性	0=不必要～強力な関与が必要=10
	指数	社会的適用に向けて政府の関与の必要性	同上
	順位	重要度の順位	重要度の順位
分野	割合	現時点での他分野と融合・連携の必要性	融合・連携すべしという専門家の割合
	割合	将来他分野と融合・連携の必要性	同上
その他		専門性のバイアス	

*1:デルファイ調査報告書での指数のスケールなど。

*2:アジアで最も進んだ国を想定する。

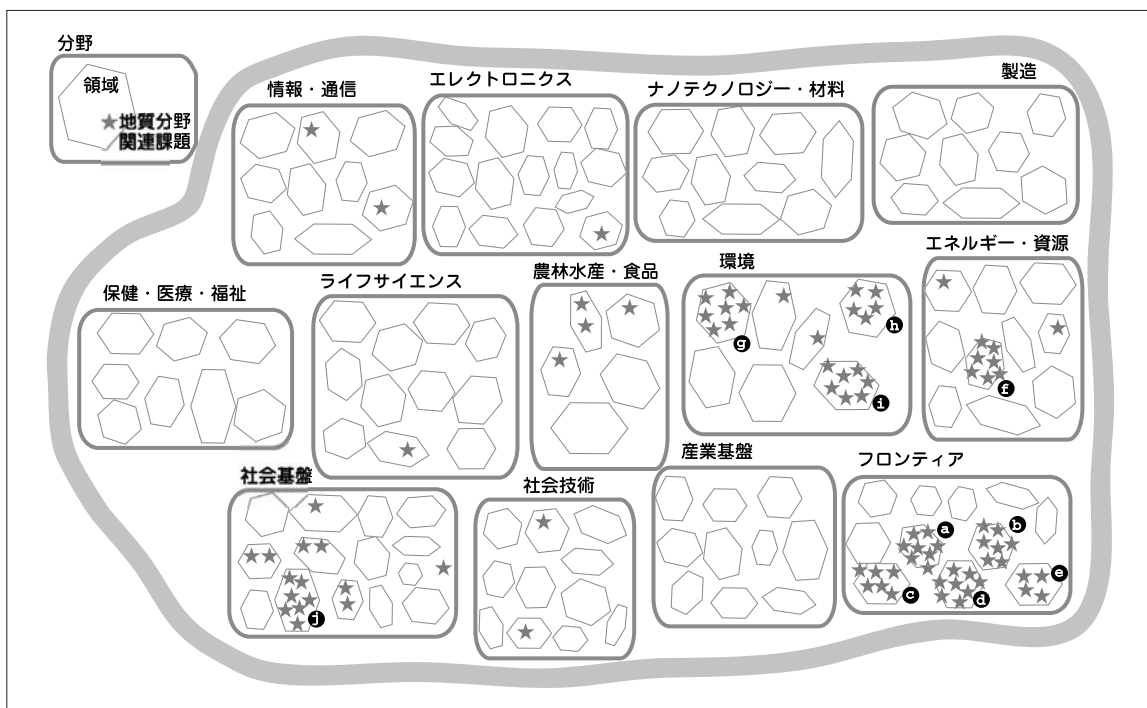
第3表 デルファイ調査での分野と産総研地質分野に関連ある課題数および分野で平均した指標。

分野名	領域数	課題数 (A)	関連課題数 (B)	B/A	B/ΣB	総合効果	研究開発 水準	重要度	政府関与 の必要性
情報・通信	9	75	2	2.7%	2.3%	0.71	0.45	0.55	0.47
エレクトロニクス	15	69	1	1.4%	1.1%	0.77	0.59	0.62	0.54
ライフサイエンス	11	65	1	1.5%	1.1%	0.72	0.38	0.62	0.66
保健・医療・福祉	8	80	なし			0.72	0.38	0.61	0.68
農林水産・食品	5	46	4	8.7%	4.5%	0.74	0.42	0.62	0.69
フロンティア	11	76	33	43.4%	37.5%	0.67	0.36	0.63	0.82
エネルギー・資源	10	51	9	17.6%	10.2%	0.67	0.55	0.62	0.68
環境	7	55	21	38.2%	23.9%	0.72	0.47	0.69	0.80
ナノテクノロジー・材料	10	70	なし			0.73	0.53	0.67	0.63
製造	9	59	なし			0.73	0.57	0.64	0.60
産業基盤	10	59	なし			0.72	0.35	0.59	0.48
社会基盤	14	97	15	15.5%	17.0%	0.68	0.50	0.64	0.66
社会技術	11	56	2	3.6%	2.3%	0.69	0.43	0.61	0.66
(全体)	130	858	88	10.3%	100.0%	0.71	0.47	0.62	0.63

球という2つのサブ分野から構成されていることの反映でしょう。そういう見方をすると、環境分野が1/3に近い数字を示しているのも何となく頷けます。環境は、ある意味、地球と生命生態系と社会経済の三者の絡み合いとも云えるでしょうから。一方、第5列、B/ΣBは拾い出された全課題数に対する当該分野の関連課題数の比で、地質分野における当該分野の重

みを示しています。フロンティア分野と環境分野の課題だけで関連課題全体に対する割合は61.4%となり、エネルギー・資源分野と社会基盤分野を含めるとき全関連課題の88.6%にのびります。

図や表から、産総研地質分野がデルファイ調査でのフロンティア分野や環境分野、そしてエネルギー・資源分野や社会基盤分野と相関が高い、あるいは相似



第3図 デルファイ調査の分野・領域における産総研地質分野関連課題の分布 関連課題が集中する領域：a) 地球環境高精度観測・変動予測技術, b) 地球深部観測技術, c) 海洋・深海底観測調査技術, d) 安全・安心社会の宇宙・海洋・地球技術, e) 科学技術革命を先導する宇宙・海洋・地球技術, f) 資源アセスメント, g) 地球レベルの環境(温暖化を中心とする), h) 生態影響の解明と対策(土壌, 水を含む)を中心とした領域, i) 水資源, j) 防災技術。

性が強いといえます。以下、これら4分野を主要4分野と呼ぶことにします。のちほど仮想地質分野という言葉を使いますが、それはこの主要4分野の課題数の重みで各種指標を算出して特徴付けた、デルファイ調査上の仮想的な地質分野です。

話を進める前に一言断っておきます。筆者の限りある読解力と判断が課題を取捨選択しています。したがってデルファイ調査報告書同様、選択した課題は「系統的・網羅的に取り上げることを意図したものでは必ずしもない」し、これから見ようとするものは「言うまでもないことながら必ずしも“真理”を示すものではない」ものです。もちろん、第2図や第3図も筆者の<主観的規範的>域に属します。

専門家集団の横顔

ではまず、第1表から<専門家集団>の横顔を少し見ていきましょう。この世界(日本?)、どうしても男性多数となりますが、その中で女性の占める割合が比較的多い分野を3つ拾い上げると、保健・医療・福

祉、農林水産・食品、そしてライフサイエンスです。逆に男性が圧倒的な分野は製造、エネルギー・資源、そしてエレクトロニクスとなります。何となく納得しそうで、科学技術のジェンダー性が分野に現れているようです。年代分布では、40代が最多となる分野はライフサイエンス、農林水産・食品、ナノテクノロジー・材料、そして産業基盤の4分野で、そのほかの9分野は50代が最多となっています。ライフやナノテクなど新しい科学技術というイメージが年代分布に現れるのでしょうか(ライフサイエンス分野をライフなどと略します。第1表に略称を示しています)。一方、保健・医療・福祉は50代が過半数を占め、40才未満が極端に少ない分野です。人生経験が求められる分野なのでしょうか。最後に回収率から分野をみます。アンケートの回収率の高い分野は農林水産・食品、エネルギー・資源、そして製造です、低い分野は保健・医療・福祉、社会技術、そして産業基盤となります。回収率が分野のどういう顔を表しているのかなかなか難しいですが、率の低い3分野に共通な点が少なくとも一つ

あげられます。第1表に記していませんが、第2回回答者の職種として「研究開発に従事」していない「その他」の割合が多い分野です。おそらく実業で活躍していて大変忙しい「専門家集団」なのでしょう。もう一方の回収率の高い分野ですが、一つ言えることは領域・課題の数が比較的少ないということです。これはそれら3分野が熟成した分野だからではないでしょうか。発展性がないということではなく、分野の方向性や将来が一定程度整理されているために領域や課題がまとめられやすいということです。また分野全体を見渡せるだけの体系化が進んでいて、結果的に回答しやすいために回収率が高いということがいえるかも知れません。

そのほか第1表にあげていない「専門家集団」の特徴をいくつか拾っておきましょう(詳しくはデルファイ調査報告書を参照して下さい)。ライフとナノテクは研究開発に従事する割合が大変高い集団です。保健・医療・福祉は図抜けて大学教職員が占める集団で、農林水産・食品は半数が独立行政法人職員からなる集団です。会社員が優勢な集団はエレクトロニクス、製造、情報・通信、そしてエネルギー・資源です。

産総研地質分野に密接に関連する主要4分野について性質をまとめてみます。

- ・ 男性性が強いエネルギー・資源のほかは13分野平均とほぼ同じ性別割合。
- ・ 年代分布は平均像とほぼ同じ。
- ・ 会社員色の強いエネルギー・資源、独法色が強く研究開発寄りのフロンティア

これらを地質分野関連課題の割合で加重平均した仮想地質分野像を造ってみると「若干男性性があるがさほどではない、若手やベテランがしっかり控えているが中堅層の40代がやや薄い、独法色が少し出ている研究開発寄り」の分野となります。ちなみに仮想回収率は第1回66%、第2回85%となります。

各分野の特質

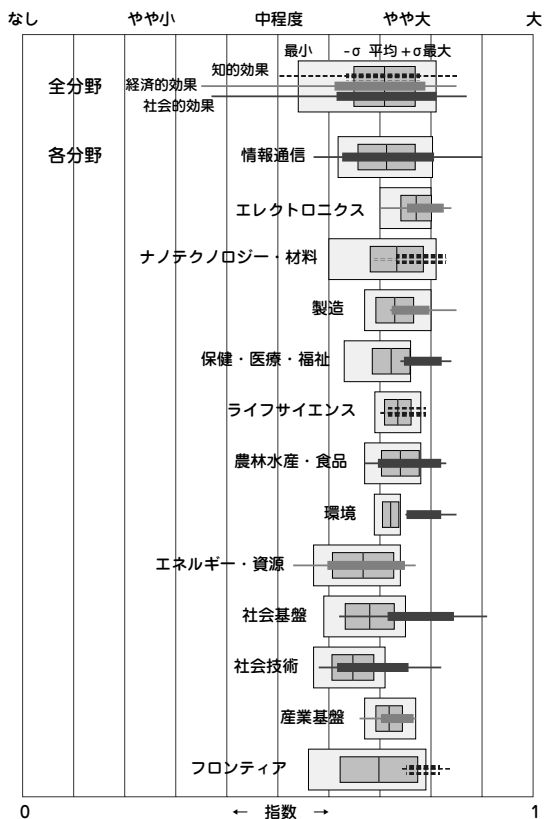
つづいて分野の特質を概観していきましょう。第2表に示した調査項目のうち、重要度、政府関与の必要性、研究開発水準、総合効果について、各分野の平均値を第3表右に掲げています。

重要度とは予測課題が日本にとってどれほど重要かを示す指標で、調査結果から課題ごとに算出され

ます。第3表右に掲げる重要度は、分野に属する課題の重要度指数を平均したものです。政府関与の必要性とは、課題実現に向けて政府がどれほど関与すべきかを示す指標です。技術的实现に向けての指数と社会的適用に向けての指数が算出されますが、その平均を課題の必要性指数としました。さらに分野で平均した値を、その分野における政府関与の必要性指数としています。研究開発水準は領域に対する指標で、欧米などと比較して日本の優劣を指数化したものです。ここでは対米および対欧州指数を平均した対欧米指数をその領域の研究開発水準とし、その分野平均値を第3表に示しました。

最後の総合効果とは領域がもたらす成果の度合いを表すもので、知的資産の増大や他分野への波及などの知的効果、産業の発展や新産業創出などの経済的効果、および安心・安全や生活の質の向上などの社会的効果に関する調査結果から算出されます。分野の性格を見るのに有用な指標です。そこで総合効果をエイヤットグラフにしたのが第4図です。第4図は領域ごとに算出される総合効果を分野ごとに平均や標準偏差などを算出してグラフ化しています。また、アンケート調査によって指数化される効果の3要素、知的効果、経済的効果、および社会的効果も別途分野ごとに計算し、分野でもっとも効果指数の高い要素をグラフで表しています。そのために一見奇異に見えるグラフもあります。たとえば環境分野ですが、全体を示す総合効果のグラフとその部分である社会的効果のグラフが乖離しています。これは、まずは領域の単位で指数が算出されるという演算順序と、環境分野では社会的効果がぬきん出て高いという二つの要因から生じます。その点をおさえて図を見てください。なお、総合効果には現時点での効果と中期的時点での効果の2指標がありますが、ここでは中期的効果を用いています。

さて、第3表と第4図から、たとえばエレクトロニクス分野は『わが国にとって重要な課題が多々あり、日本の研究開発水準は欧米より少し優位にある。若干の政府の後押しがあれば10～20年後その成果は各方面に波及・貢献し、それも経済的効果・アウトカムがもっとも顕著であろう』という30年先を見越したく「専門家集団の総意」が読み取れます。読み取る際に注意しなければならないのは、総合効果や研究開発水準は領域に関する指標であり、重要度や政府関与



第4図 分野ごとに見る中期的総合効果と最も優位な効果。外枠は各分野での最小値と最大値を、内枠中央は平均値、内枠幅は標準偏差1σを示す。また、太実線・太灰色実線・太破線は、社会的効果・経済的効果・知的効果の平均値±σを示し、各分野の最も優位な効果を図示した。細線はその最大と最小を結んだ線。

の必要性は課題に関する指標として与えられている点です。それにお構いなしに分野ごとに平均操作した結果が第3表右の数字や第4図です。これが全く意味がないかという、そうでもないと考えます。平均操作の元となったデータは同一の<専門家集団>から生みだされています。したがって、その分野を代表する<専門家集団の総意>による分野の自画像と見てとってよいと思います。

そのような見方で分野を見ると、ナノテックとライフが科学技術的に先端を切っていることが分かります。つまり、それら分野は自らの足下を固め、また他分野への影響を深める<知的資産の増大>フェーズにあります。先ほど例に挙げたエレキのほか、製造とエネ

ルギーが経済的効果に高いのも納得します。またこれら3分野は対欧米優位の側を指数が指している日本の実力に自信があるようです。そして情報通信が、総合効果と調和的に(すなわち総合効果と大してずれることなく)社会的効果で特徴付けられたのも大変興味深いものがあります。デジタル化の波は科学技術の世界を越えてあらゆる<社会>に浸透し、世界を変えていくということでしょうか。

環境分野を例に総合効果と社会的効果の乖離を説明しましたが、このような乖離が著しいのは第4図で分かるように、環境分野のほか、保健・医療・福祉と社会基盤です。そして3分野とも特徴は社会的効果が大きいことです。これらの分野は広い意味で、安心・安全につながる分野です。後ほど紹介しますが、今回の調査の特徴の一つは『安全』だそうです。とすると、総合と個別の乖離は分野の特質であると同時に時代の特徴なのかも知れません。

さて地質分野にこと寄せて見ると、一つは社会基盤のありようです。前記のように、環境分野とともに社会的効果が総合効果と乖離しています。それだけ、社会に対する影響・波及効果が大きいということです。一方主要4分野の一つ、フロンティア分野はナノテック、ライフとともに知的効果の優位性が示されていて、名実ともに先端ととらえられています。デルファイ調査における仮想地質分野は、科学技術の先端を切り開くと同時に社会への波及効果が大きい点に大なる特質があるようです。仮想的指数は、重要度0.70、必要性0.80、水準0.48、そして総合効果0.72(社会的効果0.76)となります。それでは地質分野の内部をこれから見ていきましょう。

地質分野の特質(領域)

ふたたび、第3図に戻りましょう。産総研地質分野に密接に関連する主要4分野ですが、どの分野でも関連課題は分野内にまんべんなく分布はしておらず、いくつかの領域に集中しています。もっとも顕著なのがフロンティア分野での分布です。これは、これまでのデルファイ調査で海洋・地球分野と宇宙分野とに分かれていたのを今回フロンティア分野として一つにしたことにも原因があるでしょう。関連課題が集中している10領域をあげると第4表のようになります。aからeまでがフロンティア分野、fがエネルギー・資源分野、g・h・iが環境分野、そしてjが社会基盤分野

第4表 産総研地質分野の関連課題が集中している領域と各種指標など。

分野	領域名	領域内 課題数	関連 課題数	知的 効果	経済 効果	社会 効果	総合 効果	研究開発 水準	重要度	政府関与 の必要性
フロンティア	a) 地球環境高精度観測・変動予測技術	14	8	0.84 2	0.68 87	0.83 10	0.79 12	0.42 76	0.71 21	0.82 9
	b) 地球深部観測技術	7	7	0.78 19	0.48 127	0.61 113	0.64 112	0.48 61	0.63 54	0.80 15
	c) 海洋・深海底観測調査技術	6	6	0.77 27	0.61 111	0.65 99	0.68 97	0.50 52	0.66 42	0.79 18
	d) 安全・安心社会の宇宙・海洋・地球技術	10	8	0.74 45	0.67 93	0.91 1	0.78 15	0.50 48	0.92 1	0.95 1
	e) 科学技術革命を先導する宇宙・海洋・地球技術	15	4	0.82 5	0.78 22	0.72 66	0.77 18	0.38 105	0.62 61	0.75 28
エネルギー・資源	f) 資源アセスメント	10	7	0.57 123	0.57 121	0.58 122	0.57 125	0.40 90	0.56 100	0.64 64
環境	g) 地球レベルの環境(温暖化を中心とする)	9	7	0.74 48	0.72 60	0.76 43	0.74 42	0.49 57	0.72 18	0.84 6
	h) 生態影響の解明と対策(土壌、水を含む)を中心とした領域	11	5	0.74 51	0.64 102	0.78 28	0.72 62	0.42 77	0.63 56	0.77 23
	i) 水資源	10	7	0.70 70	0.68 86	0.82 14	0.74 48	0.52 43	0.64 52	0.74 32
社会基盤	j) 防災技術	14	7	0.64 109	0.62 107	0.91 2	0.74 49	0.70 6	0.83 4	0.83 7
(全領域)				0.71 ±0.07	0.70 ±0.09	0.71 ±0.10	0.71 ±0.06	0.47 ±0.12	0.62 ±0.10	0.63 ±0.13

セル内の上段は指数、下段は順位。ただし最下行、全領域では上段は平均値、下段は標準偏差。指数0.8以上を太枠で囲んでいる。領域名の先頭アルファベットは第3図および第5図～第8図の黒丸白抜き記号と対応している。

です。集中していなくても、たとえばエネルギー・資源分野/革新的原子力システム領域の「高レベル放射性廃棄物の地層処分技術」のように産総研地質分野がその一端を担っている重要度の高い課題や、社会技術分野/知識生産システム領域の「公共機関、大学等の所有するデータを一元的に集約し利用可能にした、社会における知識生産の基盤となる公共データベースの構築」という産総研地質分野・地質調査総合センターの基本ミッションにそった課題があることも指摘しておきます。

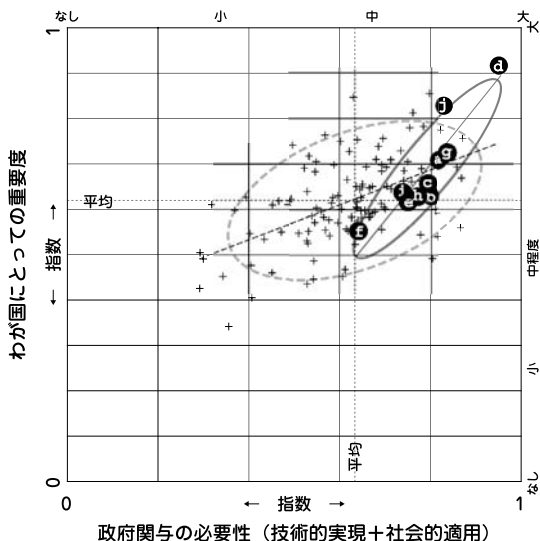
さて産総研地質分野に関連する課題が集中する領域の特徴は、総合効果が高く(bcfを除いた7領域が総合効果指標の平均値0.71以上)、それらほもっぱら知的資産の増大となる知的効果(fijを除いた7領域)や安心・安全の確保など社会的効果(bcfを除いた7領域)として現れることが期待されています。とくに、dの<安全・安心社会の宇宙・海洋・地球技術>とjの<防災技術>はともに社会的効果指数が0.91と全領域中最高値を示しています。一方、産業への波及・貢献などの経済的効果指数は概して低く、eとg

が同指標の平均値をこえているのみです。対欧米に対する現在の日本の研究開発水準は優位の0.70を示すj(全領域を通して第6位)、ほぼ対等の0.48～0.52にあるbcdgi、やや弱含みを示す0.38～0.42にあるaefhの3グループに分けられます。

なお元となったデルファイ調査報告書では指数を0～10あるいは0～100のスケールで表していますが、本文では全て0～1に規格化しています。

地質分野の特質(重要度と政府関与の必要性)

領域に含まれる課題の重要度等を領域で平均したものを領域の重要度等として、その重要度と政府関与の必要性の関係を描写したのが第5図です。産総研地質分野の関連課題が集中する10領域中、fの<資源アセスメント>を除く9領域が重要度で平均をこえた指数を示します。とくにdの<安全・安心社会の宇宙・海洋・地球技術>はとびぬけています。また全10領域とも政府が関与する必要があると見なされています。一般的にもある程度、重要度の高い課題領域は政府の関与が必要と見なされますが、この産

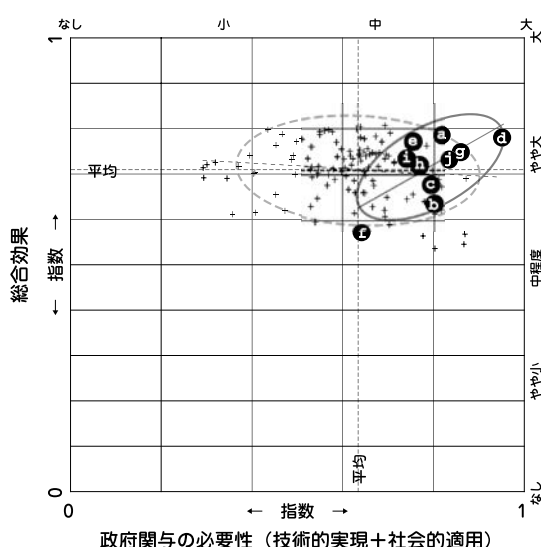


第5図 領域でみる政府関与の必要性和重要度との関係。●で示すのは地質関連10領域(a~jは第3図および第4表を参照のこと)、+はそのほかの領域。実線は関連領域の回帰直線と分散の楕円(半径 2σ)、破線は全領域に対するそれら。

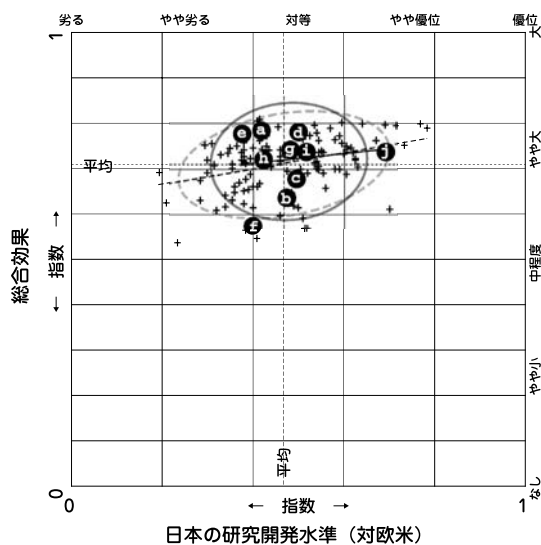
総研地質分野に関連ある領域はとくにその傾向が強いのが見てとれます。ある意味、これは大変おもしろい現象です。というのは、産総研地質分野関連領域として取り上げた10領域は、4つの異なる分野に属しています。フロンティア分野と環境分野に重みがかかりますが、しかしそれでも<主観的規範的>に課題を選択した結果、課題が集中する領域群で重要度と政府関与の必要性の間に強い相関があるのは、各分野の<専門家集団の総意>をこえたものがありそうです。

地質分野の特質(総合効果と政府関与必要性および研究開発水準)

同様に、政府関与の必要性和総合効果および研究開発水準と総合効果の関係(第6図および第7図)を見ていきましょう。実は第3期基本計画における政府研究開発投資の重点化と研究領域の絞込みにおいては「総合効果を主要基準としつつ、対欧米研究開発水準と政府関与の必要性を考慮」することとなっています(たとえば<http://www8.cao.go.jp/cstp/project/bunyabetu/syakai/1kai/betten1-4-2.pdf>)。総合効果と政府関与の必要性(第6図)を見ると、bcfを除いた7領域が必要性が高く効果も大きいとなっていま



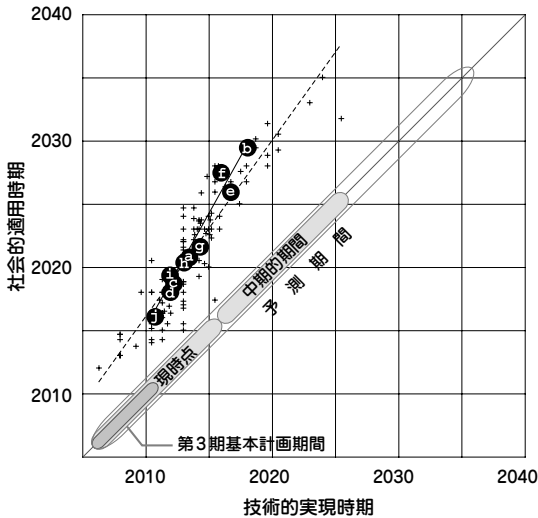
第6図 領域でみる政府関与の必要性和総合効果の関係。記号などは第5図と同じ。



第7図 領域でみる研究開発水準と総合効果の関係。記号などは第5図と同じ。

す。総合効果と研究開発水準(第7図)からは、dgijの4領域が水準も平均以上で効果も大きいとなっています。ちなみに領域dgiはわが国にとっての重要度の点でも大変高い位置にあります。

ところで、研究開発水準指標の取り扱いはなかなか難しいものがあると思われます。受験勉強でも、得意科目に集中して苦手な科目は捨ててしまう方策や、

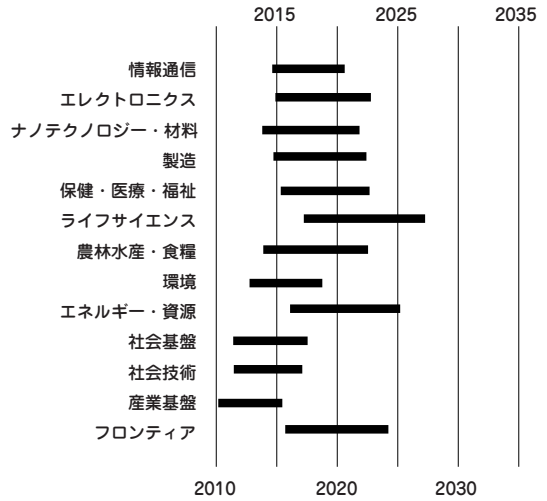


第8図 領域でみる技術的実現時期と社会的適用時期。記号などは第5図と同じ。

得意科目の手を抜くことはしないが苦手な科目の底上げに重きを置く方策など、いろいろでしょう。一般的に経済的側面が強い場合は、コアコンピタンスの向上を図るために弱い分野を切り捨てて得意分野に力を集中する方策がとられます。今般のグローバル化は一層そういう方向にかりたてているようです。しかし、これも程度問題です。技術的実現がせまっている分野ではこの方策が有効でしょう。一方実現時期まである程度の余裕がある場合、将来性の確保の観点から現在の不得意分野の水準を上げようとするところもあるでしょう。また社会的側面の強い分野では、不得意だと云ってほったらかしにしておくことができないのもあるでしょう。とくに生存や存続に関わる部分に関しては、このような場合は、恐らくそれぞれの力量に応じて精一杯の努力を行うことになります。少し話はそれましたが今回のデルファイ調査結果の特徴の一つに、重要度の高い課題として「災害関連が大きく増加」したことがあげられ、「全般的に『安全』というキーワードで括れる課題が多い」ことがデルファイ調査報告書で指摘されています。実際、重要度トップ10のうち7課題が災害関連課題です(内訳は地震関連が4、気象関連が2、火山関連が1)。

地質分野の特質(実現時期の予測)

デルファイ調査の主眼点の一つに時期の予測があります。選定された予測課題がいつ頃技術的に実現



第9図 各分野の技術的実現時期と社会的適用時期のズレ。各太線の左端が技術的実現時期、右端が社会的適用時期を示す。

し、またいつ頃社会的に適用あるいは受け入れられるかという予測です。これも課題ごとの調査ですが、重要度と同じように領域で平均してみたのが第8図です。技術的実現から社会的適用までにかかる時間は、全領域平均で7.5年、地質関連領域平均では8.1年と算出されます。第8図に示す回帰直線の傾きが45度より立っていることは、技術的実現時期が遅い領域ほど社会に組み込まれるために長い期間を要することを意味します。地質分野関連の領域が全体の傾向よりさらに急なことは社会の許容に時間を必要とすることです。逆に言えば、地質分野の研究開発では技術開発だけでなく、社会的適用にむけた環境作りが大変重要であるといえるでしょう。そして、長期的に取り組んで初めてアウトカムとして現れることを示していると思われまます。これは「国の地球科学知識基盤維持のための系統的調査・研究に要する期間は、多くの国家政策課題の寿命より長期にわたる」というPrice(1992)の文言を思い出させます。

さて、そのような実現時期の分布ですが、全領域についても見受けられますが、地質分野での実現時期などに関しては、この5～10年の間に技術的実現となりその後7～8年ほどして社会に適用される領域グループと、技術的には10～15年ほどかかりさらに10年ほど費やして社会に適用されるという、2つのグループに大別できます。後者の領域・課題を見てみますと、地球内部への挑戦が必要な技術課題が占めてい

ます。

参考のために、第9図に分野毎の実現時期を図示しました。なお、ここでの時期の算出に当たっては、デルファイ調査報告書の各分野ごとに掲載されている「領域別課題の技術的実現予測時期」および「領域別課題の社会的適用予測時期」の表を用いており、報告書の示す時期とは若干異なります。

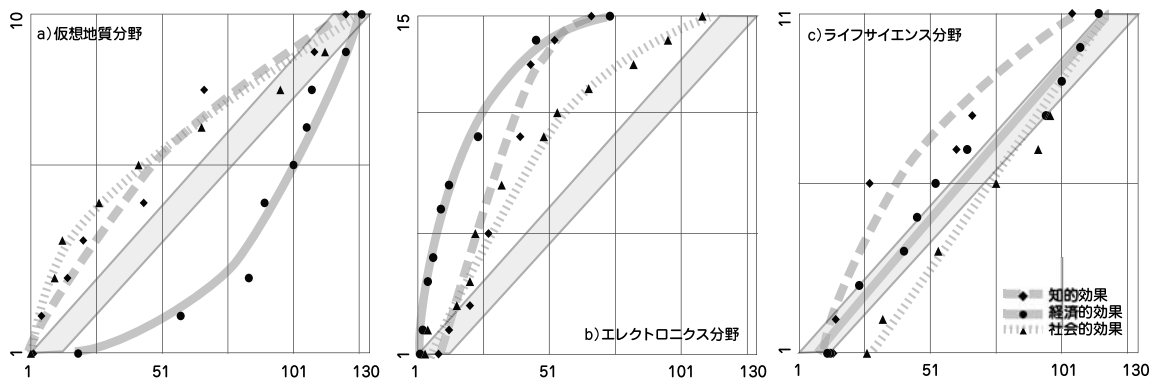
分野のプロファイル

調査から算出される様々な指標とその値(指数)から産総研地質分野の特質を見てきました。最後に、分野を指標の指数ではなく、順位で見るとどうなるか、を実際に見ていきましょう。指数と違い、順位は冷酷です。現在はどうか知りませんが、筆者の大学時代は教職のための資格を確保することもよく行われました。資格は一定の数値に達していると確保できるのですが、実際に教職に就くには数値だけでは不十分です。都道府県等の教職公募で高順位にないとだめ

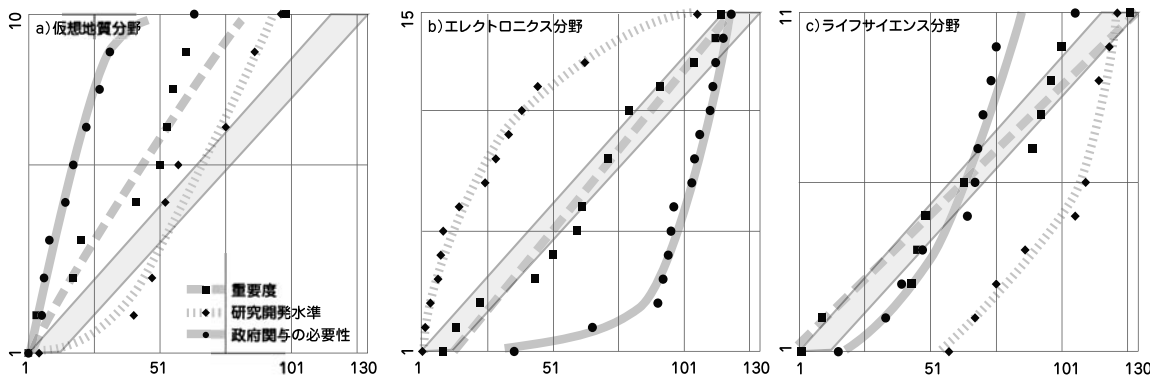
なわけです。観測実験系の筆者からすると、順位には一つの特徴があります。指数やプロキシが一定程度科学技術的推量・仮説に依存しているのに対して、順位は過酷なまでにそれを切り捨てて自然数(序数)の下に追いやります。それによって、観測対象の特質が鋭意なパターンとして浮かび上がることがあります。順位グラフはまさにそれをねらったものです。この順位グラフをプロフィールということにします。

プロフィールの作成は、注目する指標に関して、領域の分野内での順位と全領域での順位を求め、横軸に全領域順位を、縦軸に分野内順位を取ってプロットします。〈普通〉に考えると、分野内順位は全分野(全領域)順位と調和的となり、正規化された順位グラフは45度の直線に近いものになるでしょう。それからのズレが分野の特徴を表すこととなります。

では、各効果、重要度、研究開発水準、そして政府関与の必要性のプロファイルを見ていきましょう。第10図aは産総研地質分野に関連する課題が集中する



第10図 効果のプロファイル。横軸は全領域中の順位、縦軸は分野内の順位を示す。



第11図 重要度、研究開発水準および政府関与の必要性のプロファイル。軸は第10図と同じ。

10領域からなる仮想地質分野の知的効果・経済的効果・社会的効果のプロファイル、第11図aは同分野の重要度、研究開発水準、そして政府関与の必要性のプロファイルです。参考のためにエレクトロニクス分野とライフサイエンス分野のプロファイルを第10図と第11図のbおよびcに示します。エレキとライフは日本の研究開発水準が優位な分野と劣位な分野です。

まずは各効果のプロファイルを見ていきましょう。第10図aの仮想地質分野のプロファイルからは、社会的効果と知的効果がやや上に凸のカーブを描いて最後は低順位(グラフの右上)に落ち着きます。一方経済的効果は下に凸のカーブを描きながらやはり低順位へと向かいます。プロファイルからも地質分野が社会的効果と知的効果の優勢な分野ということが読み取れます。第10図bに示すエレクトロニクス分野は、知的効果・経済的効果・社会的効果のすべてのプロファイルが45度の線より上にあり、横軸(全領域順位軸)の終端付近に達せず終わっています。これは全ての効果が期待される、わが国にとって大変価値ある分野といえるでしょう。第10図cのライフサイエンス分野は微妙なプロファイルを示します。高順位が少しはずれたところから出発し、揺らぎつつも全体としてほぼ直線的に低順位方向へ向かうプロファイルです。知的効果プロファイルは少し上に凸の様相を示しているようです。これからが楽しみな分野といえそうです。

つづいて重要度、研究開発水準、そして政府関与の必要性について、各分野のプロファイルを見ていきます。仮想地質分野は、プロファイルからも政府関与の必要性が高い分野であることが見て取れます。重要度も横軸終端に達せず終了していて、重要度の高い課題・領域からなるプロファイルを示しています。研究開発水準も下に凸ながら高順位端から出発して横軸終端に達せず終了するプロファイルを示し、健闘しています。エレキ分野は、研究開発水準の優位性と政府関与の必要性の低さを示すプロファイルで特徴つけられています。ライフ分野の研究開発水準プロファイルは高順位端から離れた点から出発し低順位へ向かう下に凸のカーブで特徴づけられていて、現時点での弱さを示しています。一方、政府関与の必要性プロファイルは高順位端から出発し、下に凸のカーブを描きながら低準異端に達することなく終わっていて、ある種の下支えの必要性を示しています。重要度プロファイルに関しては両分野とも高順位端から

低順位端へほぼ直線的に向かう中立的傾向です。

4. 産総研地質分野のまとめと調査に対するいくつかのこと

集中10領域を中心に産総研地質分野に関連ある課題を見てきましたが、いろいろな角度からみて地質分野関連課題・領域は、わが国にとって重要な課題が多く、研究開発や社会的実現において政府の関与の必要性が高いことが見て取れました。またアウトカム実現のためには長期的に取り組むことが不可欠のようです。そして達成時の効果としては、知的資産の増大とともに、安全・安心など社会への貢献が大きいが期待されています。再び仮想地質分野に対する各種指標を列記しますと、総合効果は0.72(社会的効果0.76)、対欧米研究開発水準指数は0.48、重要度0.70、政府関与の必要性0.80となります。また技術的实现時期は2014年頃、社会的適用時期は2022年頃と計算されます(デルファイ調査報告書の算出と異なるため、デルファイ調査報告書の数字よりやや早めに算出される傾向にあります)。仮想地質分野の特徴は、重要度と政府関与の必要性指数の高さにあります。このことはプロファイル分析からも見てとることができました。

デルファイ調査における産総研地質分野に関連する予測課題や領域の特徴をまとめると、

- ・ 関連課題の多くはフロンティア分野と環境分野に属し、次いで社会基盤分野とエネルギー・資源分野に属する。
- ・ 該当する課題には、わが国における重要度の高いものが多い。
- ・ 技術的实现や社会的適用のための政府による関与の必要性も高い。
- ・ 期待される効果として、当該領域の知的資産増大への寄与および安全安心の確保への寄与が大きい。
- ・ 日本の研究開発水準は、全体としては欧米と同列あるいはやや劣っているが、防災技術など一部は比較優位にある。
- ・ 技術的实现時期と社会的適用時期の間の間隔はやや長い。

となるでしょう。重要度の高さと期待される効果は、社会の安心・安全に結びついています。それはまた、

政府による関与の必要性とも密接に関連することが示されました。仮想地質分野はいたって公的性格の強い分野といえます。

ところで主要4分野の中で、フロンティア分野における専門性バイアスは他分野に比べ大きなものがあり、期待される効果を専門家は高く(あるいは非専門家は低く)見積もっていると、デルファイ調査報告書が分析しています。これに関しては、異なる角度からの検証が必要と筆者は考えます。

分野<専門家集団>の顔は分野別分科会の似顔絵になっているようです。具体的検証は困難ですが、「専門家集団の横顔」で述べた回答者の所属構成が実は分野別分科会委員の構成と類似しています。農水やフロンティアで回答者に占める独法職員の割合が多いと述べましたが、分科会委員構成でも両分野は独法職員の占める割合が他分野より優位に大きいです。会社員が優勢な集団としてエレクトロニクス、製造、情報・通信、そしてエネルギー・資源をあげましたが、分科会にも企業所属の委員が多くなっています。ある意味、これは至極当然のことです。分野別分科会もその分科会が選んだ回答者も、それぞれの分野の専門家集団ですから構成が似てくるのも当然でしょう。したがって、ここではその分野を先導する専門家集団の所属特性が分野を規制する可能性も考慮すべきでしょう。

デルファイ調査報告書が提供する様々な指標とその数値群をもとに産総研地質分野に関連する課題・領域の特徴の一端を探索してきましたが、最初にお断りしているように、これは筆者の限りある読解力と判断による<主観的規範的>分析に基づいています。また、出発点となった88予測課題も「30年先を見通して、可能性や期待の大きさに着目して抽出されたものであり」(デルファイ調査報告書より)、必ずしも実際に産総研地質分野が取り組むものではないかも知れません。しかし、地球科学をして解決あるいは実現する可能性のある課題達が示す特徴は、同じく地球科学を核として調査研究を実施している産総研地質分野が担っている課題の特徴でもあるでしょう。

最後にデルファイ調査報告書について、筆者が解析したデルファイ調査報告書はインターネット上で公開されています。これは大変すばらしいことです。でも、少なくとも2点、残念な点があります。一つは直接利用

できないことです。膨大な数値群でもって<デルファイ>しているにもかかわらず、お告げの根拠となる数値に直接アクセスして再利用できません。筆者が使った数値は、いったんパソコンの画面上で読み取って再入力したものです。膨大な数をタイプ入力していますので、あるいはミスがあるかも知れません(もちろん、それは筆者の責任です)。そして、逆説的ですがもう一つの残念な点、デルファイ調査報告書にはいくつかのミスが見られます。たとえば、デルファイ調査報告書p743の図9.7-9では社会的適用時期2011-2015の課題は4%ですが、その下の表9.7-9から計算すると34.3%です。さらに、p785「9.11.2. 社会的適用予測時期」をカウントすると、～2015は3課題、2016～2020は23課題、2021～2025は33課題。どうも表9.7-9がまちがっているようです(時期が一つずつ若くなっている)。さらに10番目の領域「安全・安心...」の31-35欄は本来11-15欄でしょう。ちなみにデルファイ調査報告書を参照した時期は2006年1月です。

謝辞：デルファイ調査報告書を読み解くと大変面白いと示唆していただいた産総研地質情報研究部門、富樫茂子氏に感謝します。

文 献

- Linstone, H. A. and M. Turoff [eds] (2002) : The Delphi Method: Techniques and Applications.
<http://www.is.njit.edu/pubs/delphibook/>
- Price, R. A. (1992) : National geological surveys: Their present and future roles. Episodes, 15, 98-100.
- 科学技術政策研究所 (2005) : 科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査 デルファイ調査 報告書。
<http://www.nistep.go.jp/index-j.html>
- 産業技術総合研究所 (2005) : 産総研の経営と戦略。
http://www.aist.go.jp/aist_j/aistinfo/management_strategy.pdf
- 総合科学技術会議 (2005) : 諮問第5号「科学技術に関する基本政策について」に対する答申。
<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihon3/tousin.html>
- 総合科学技術会議 (2006) : 分野別推進戦略。
<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihon3/bunyabetu.html>
- 日本国政府 (2006) : 科学技術基本計画。
http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/kihon/06032816/001.htm
 (インターネットを通して入手した文献の入手時期は2006年1月～4月である。)

Miyazaki Teruki (2006) : A view of the Delphi Method for the third Science and Technology Basic Plan from the AIST Geo- field.

<受付：2006年6月1日>