

No.127
February 28, 2006

 *Information*

講 演

2005年7月25日（月）・第147回談話サロン（東京・弘済会館）

講師・演題

桑原 輝隆：「我が国の科学技術の状況と今後の発展の方向性

—第3期科学技術基本計画に向けて—」

社団法人
日本工学アカデミー
THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

日本工学アカデミーの使命

社団法人日本工学アカデミーは、広く学界、産業界及び国の機関等において、工学及び科学技術並びにこれらと密接に関連する分野に関し、顕著な貢献をなし、広範な識見を有する指導的人材によって構成されており、工学及び科学技術全般の進歩及びこれらと社会との関係の維持向上を図るため、下記の諸活動を通じて、我が国ひいては世界の発展に資することを目的とする。

記

- 1) 国内外の工学・科学技術政策、教育等に関する調査研究、提言活動を積極的に行う。
- 2) 国内外における学際・業際的及び新技術領域の活動を推進することに資する調査研究等の諸活動を積極的に行う。
- 3) 国内外の工学、科学技術の健全な進歩発展に寄与するための教育活動、及び一般に対する普及、啓発活動を推進する。
- 4) 上記の諸活動を効果的に実施するため、国内外の諸団体、特に海外の工学アカデミーとの連携を強化し、共同事業等を推進する。
- 5) 上記の一環として国際工学アカデミー連合の主要メンバーの一員として、特に近隣諸国における工学アカデミーの設立に対して、良きアドバイザーとしての責務を果たす。

2000年7月19日理事会

我が国の科学技術の状況と今後の発展の方向性 —第3期科学技術基本計画に向けて—



桑原 輝隆 (くわはら てるたか)

1975年 東京大学教養学部基礎科学科卒業
1977年 同大学大学院理学系研究科相関理化学専門課程修士課程修了
同 年 科学技術庁入庁。振興局、計画局、原子力局、原子力安全局などで勤務の後
1989年 科学技術政策研究所に在籍。同研究所上席研究官、総括上席研究官を経て
2001年1月 科学技術動向研究センター長、現在に至る
2005年4月 文部科学省 科学技術政策研究所 総務研究官、現在に至る
外部での活動：政策研究大学院大学客員教授、東京大学先端科学技術研究センター客員研究官
専門分野：技術予測、科学技術政策、科学計量学

司 会（丹羽富士雄政策委員会委員長） それでは、日本工学アカデミーの「第147回談話サロン」を開始したいと思います。本日は大変暑い中、またご多忙の中、多数ご来場くださりまして、ありがとうございます。心より御礼申し上げます。

私は司会を務めます丹羽富士雄と申します。政策研究大学院大学に所属しております。また日本工学アカデミーの政策委員会の委員長を務めさせていただいております。今回のサロンは政策委員会が設計し、企画したものでございます。そのような関係で、私、司会の大役を引き受けさせていただきます。何分不慣れでして、皆様方にご迷惑をかけるかとは思いますが、本日はこのような、かなり時宜を得た重要なご講演ということで、全力を尽くしたいと思いますので、何とぞご協力いただきますようお願い申し上げます。

それでは本日の談話サロンの演題と要旨につきまして、簡単にご紹介したいと思います。既に皆様方のお手元にご案内しておりますように、テーマは「我が国の科学技術の状況と今後の発展の方向性」、副題といたしまして、「第3期科学技術基本計画に向けて」でございます。講師は科学技術政策研究所、これからは略称して政策研と言わせていただきますけれども、政策研の桑原輝隆さん

であります。

桑原さんからいただきました講演の要旨によりますと、本日の講演の内容は2点プラスアルファがあると思っております。まず第1点は基本計画レビュー調査のご紹介です。この基本計画レビュー調査というのは略称でして、本来は「基本計画の達成効果の評価のための調査」という長々しい名前です。すぐには覚えられませんので、「基本計画レビュー調査」と略称させていただきます。

ご存じのように第1期及び第2期の基本計画が実施されて、あるいは現在実施中であります。この調査はその基本計画を対象に、その達成効果を調査したものです。その目的は言うまでもなく、第3期の基本計画に向けて、その結果をどのように活用するかということです。

2番目の内容は予測調査であります。予測調査も略称で、「科学技術の中長期発展にかかわる俯瞰的予測調査」というのが正式の名前ですが、私も年をとり、こんな長い言葉を覚えるのはちょっとできませんので、略称でお話しさせていただきます。

これも言うまでもありませんが、第3期の基本計画に向けて、おそらくその1つは重点領域をどのように絞るかということかと思われま

も、そのような議論に対して、参考資料を提供するものです。先ほどもプラスアルファと申しましたけれども、それは後からも申し上げますが、講師の桑原さんはこのような調査にかかわり、あるいは指導されるとともに、第3期基本計画の形成に向けていろいろと実務的な貢献をされておられます。そのような視点から次期基本計画の課題について、ご指摘があると期待しているわけでございます。

第1点の基本計画レビュー調査ですが、日本工学アカデミーの政策委員会は小野田さんが委員長のとときに、「第3期科学技術基本計画策定への提言」というものを発表いたしました。これは2004年の10月のことです。この提言の作成に当たりますは、約2年間の時間を使いました。この2年間というのは、先ほど申し上げました基本計画長期レビュー調査とほぼオーバーラップする期間であります。

その関係もありまして、日本工学アカデミーの政策委員会は基本レビュー調査にいろいろと協力をいたしました。具体的には2回、意見交換会というのを開催させていただき、政策委員会からいろいろな意見や要望を提出いたしました。私どもは自己評価ではありますが、その幾つかは実現されていると考えているわけです。

それから当然ですけれども、提言の作成に当たり、基本レビュー調査の結果を参考にさせていただきました。その状況は提言をテーマにして、ことしの2月にワークショップ（第142回談話サロン）を開催いたしました。見回したところ、本日もご出席のかなりの方がその2月のワークショップにもご出席いただいているようでして、ここで再度御礼を申し上げたいと思います。大変建設的で、充実した議論ができたと感じております。

そのときに私は政策研の快諾を得まして、基本レビューの内容を報告させていただきました。ただし、そのときは基本レビューは2年間継続されましたけれども、最終報告書がまだ公開されていないという状況でしたので、初年度分の内容を報告させていただきました。今回、桑原さんにはその2年分の全体の調査結果を報告していただけるわけで、私どもは充実した内容を聞かせていただ

けるものと期待しております。

第2点の予測調査ですけれども、既にご存じの方もいらっしゃるかと思いますが、桑原さんは政策研に入所以来、科学技術予測というプロジェクトを担当され、指導されてきました。科学技術予測というのは、皆さんご存じかと思いますが、5年に1回、大規模な調査を行い、それをもとに報告書が発行されております。

桑原さんはこのような経験をもとに、例えばドイツの技術予測を、私の目から見れば指導されたと思いますけれども、日本が先進国を指導する例というのはあまりないのですが、そういうことをされました。またAPECにおきまして、アジア諸国におきましても技術予測が科学技術政策に必要なという認識が広まり、そういう面でAPECの幾つかの国において指導的な役割を果たしてこられました。桑原さんはそういう意味ではまさにインターナショナルに技術予測の面で専門家と認められている方でございます。

このような経験を踏まえて、従来行われてきたような技術予測を一皮むいたといえますか、革新的に一変されました。きょう、おそらくその一部をご紹介されると思いますが、予測調査、すなわち「科学技術の中長期発展にかかわる俯瞰的予測調査」ということを行われました。当然ですけれども、これは第3期の基本計画に何らかの形で反映されるに違いないと考えているわけでありませう。

1988年に政策研ができましたときに、私は筑波大学から出向し、政策研の総括主任研究官になりました。それ以後、やめた後も客員研究官をずっと続けております。そういう意味で、88年のできてから今までも、政策研の活動を内部から、あるいは外部からずっと観察する機会を得てきました。そういう者から見ますと、今回の2つの調査、つまり基本計画レビュー調査と予測調査というのは、政策研が今までの活動の実績を踏まえて、そして全力を挙げてその底力を見せたという調査ではないかと、個人的に評価しております。そういう点で、きょうは期待してお聞きしたいと考えています。

第3点ですが、桑原さんは政策研とほかの行政

機関、例えば文科省であるとか、あるいは内閣府であるとか、あるいは総合科学技術会議とのブリッジパーソンと申しますか、そういう役割を担ってこられました。政策研にいろいろな要望、こういう調査をしてほしいとか、こういう研究をしてほしいということがありますと、それにこたえると同時に、政策研で行われたいろいろな調査をそういう機関に伝え、知的レベルを上げることに貢献されてきました。

そうした実務の経験から、先ほど申しました第3期基本計画に関する課題ということについても、内部から見たと申しますか、お話を聞かせていただけるのではないかと思います。ちょっと褒め過ぎかもしれませんが、あまり肩に力を入れないで、ゆったりと話していただければと思います。

最後に桑原さんのご紹介をさせていただきます。桑原さんは1977年に東京大学の大学院理学系研究科の修士課程を修了され、科学技術庁に入庁されました。その後、振興局とか計画局、原子力局、原子力安全局などに勤務され、1989年に政策研に入所されました。先ほども申し上げましたように、政策研ができて1年目のことであります。政策研の中で上席研究官、総括上席研究官を経て、2001年1月科学技術動向研究センター長に就任されました。科学技術研究動向センターというのは技術予測を実施するだけではなくて、できてからは科学技術の先端領域を易しく解説して、先ほどの内閣府とか、総合科学技術会議とか、文科省に配布する、それから一般の人を対象に公開するといったお仕事がひとつの使命になっております。ことしの4月からは、総務研究官になられ、科学技術動向センターのセンター長を兼務されておられます。そのほか、私ども政策研究大学院大学の客員教授、東大の先端研の客員研究官も兼務されておられます。

それでは桑原さん、よろしくお願いたします。
桑原輝隆 ご紹介いただきました、桑原でございます。丹羽先生に過分なご紹介をいただいて恐縮しております。

きょうお話しする内容については、もう丹羽先

生から背景やアウトラインをご紹介いただきましたので、いきなり中身に入らせていただきたいと思います。

タイトルはごらんいただいているとおりで、先ほど丹羽先生からお話しいただきましたように、大きく2部作でございます。今の基本計画がどうかということになるべく定量的に押さえる。それからこれからの重点化をご議論いただくためのいろいろなベースデータを集めたと、この2点です。

ご存じのとおり、第1期計画、第2期計画を経て、今、第3期計画の骨組みが大体決まりつつありまして、これから詳細が年末にかけて決まっていきます。来年3月に正式な閣議決定が行われるという段取りになっていますが、丹羽先生からお話があった基本計画のレビュー、それから将来を考える俯瞰的予測、いずれもこれに対するいろいろな意味でのインプットとして使われたものです。

本日、お手元に合計100ページほどのスライドをお配りしておりますけれども、これのもとになっている調査を過去2年間、当研究所で実施いたしまして、ボリュームとしては、約7,000ページになります。

●政府による科学技術投資の動向

まず第1点、「基本計画の達成効果の評価のための調査」のアウトラインからご紹介いたします。

最初に資金の問題でございます。政府の投資がどういう形で推移しているか、このスライドでござんいただきますと、上に米国がありますが、最近、米国がぐーんと伸びているのがござんいただけます。(スライド3次頁)^注

定量的に見てまいりますと、95年の日本を100としますと、米国は480を超えておりました。2000年、ちょうど第1期基本計画が終わったころですけれども、日本は当初、大分拡大いたしましたので、日米の比は100対400まで縮まりました。現在、2004年にどうなったかと申しますと、またこれが100対480まで戻ったという状況でございます。ですから、日本は一時期頑張って、アメ

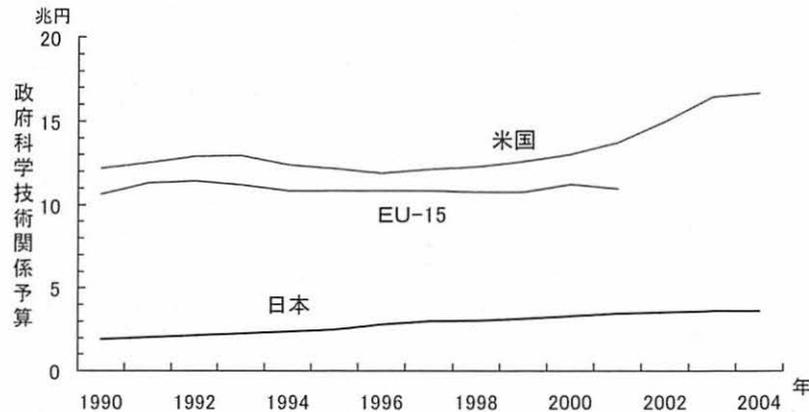
注：スライド番号は当日配布資料の番号をそのまま使用しています。

インプット:資金

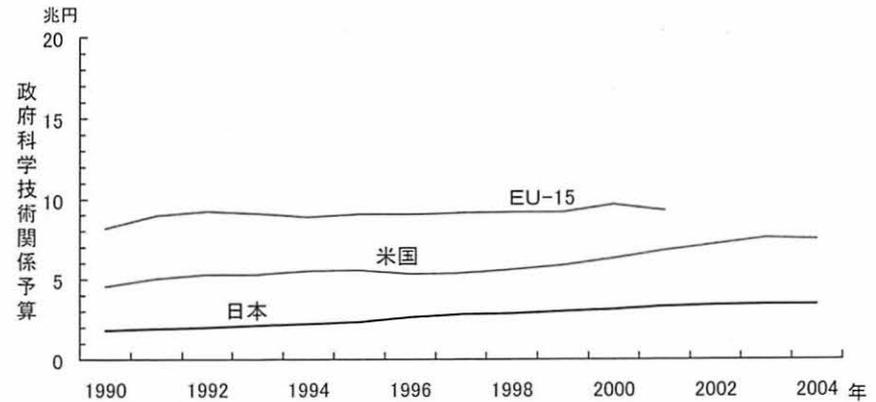
1. 日・米・EU-15の政府科学技術関係予算比較

●米国及びEU-15と比べ、我が国の政府科学技術関係予算の額は低い。近年米国の伸びが著しい。

日・米・EU-15の政府科学技術関係予算の推移(全体)



日・米・EU-15の政府科学技術関係予算の推移(民生のみ)



日・米・EU-15の政府科学技術関係予算の比較
(日本を100とした場合の指数)

		1995年	2000年	2004年
全体	日本	100	100	100
	米国	486	396	460
	EU-15	433	341	—
民生	日本	100	100	100
	米国	238	200	218
	EU-15	386	308	—

日・米・EU-15の政府科学技術関係予算の
平均伸び率

		プレ1期	1期	2期 (01~04年)
全体	日本	5.4%	5.6%	2.5%
	米国	-0.1%	1.4%	6.4%
	EU-15	0.4%	0.7%	-2.2%
民生	日本	5.2%	6.1%	2.2%
	米国	4.1%	2.5%	5.9%
	EU-15	1.9%	1.4%	-4.3%

[参考] 米国における自国通貨による
政府科学関係予算の平均伸び率

		プレ1期	1期	2期 (01~04年)
全体	名目	1.5%	4.0%	10.0%
	実質	-1.0%	2.2%	8.3%
民生	名目	5.8%	5.1%	8.0%
	実質	3.1%	3.3%	6.3%

注 : 日本は各年度とも当初予算。
 注 : 2期のEU-15は2001年だけの伸び率である。
 注 : 実質値の計算はGDPデフレーターによる
 注 : EU-15は、2004年3月現在の加盟15カ国。米国とEUの予算は、PPP(購買力平価)による邦貨換算値についての平均伸び率であり、各国通貨についての平均伸び率と異なる。PPPは下記出所資料の版によって改定される。
 出所 : <日本> 文部科学省科学技術・学術政策局「平成17年度政府予算案及び平成16年度補正予算における科学技術関係経費(速報値)」2004年12月、「平成16年度予算における科学技術関係経費」及び各年度資料
 <米国、EU-15> OECD, "Main Science and Technology Indicators 2004-1"より作成

注 : 実質値の計算はGDPデフレーターによる。
 出所 : OECD, "Main Science and Technology Indicators 2004-1"より作成

リカに少し追いついたんですが、またもとの木阿弥になっている。これが全体構造です。

国家の科学技術投資に占める政府の比率も以前はヨーロッパ、アメリカと日本でだいぶ差があったわけですが、諸外国も政府の支援はずっと落ちてきておりますので、その差はだいぶ縮まっております。ただ、まだ政府負担比率でいきますと、日本は低いという状況です。

それからちょっと別の切り口で、基礎研究の比率がどういう状況になっているかを見てみます。日本はご存じのとおり、80年代、アメリカからシンメトリカルアクセスですとか、ミューチュアルベネフィットになっていないというたたかれ方を大分いたしまして、その後、いろいろな形で基礎研究の比率が政府投資の中では増えてきております。

ただ最近、何が起きているかという、日本の政府部門における基礎研究の比率の伸びは頭打ちになりつつあります。一方、米国は伸び始めています。総額が伸びているというグラフをごらんいただきましたが、基礎研究も米国はぐっと伸びています。日本は横ばい。これが今、起こりつつあることであります。

それから続いてファンディングについては、いかに競争的環境を導入するかが大きな政策アジェンダでございました。第1期基本計画のころから競争的資金が拡大してきており、第2期基本計画においては倍増計画がうちだされました。ただし、結果としては残念ながら倍増には至らなかったということです。最終年度、2005年度において、それまでに比べて資金額が大きく伸びておりますけれども、これはちょっとトリッキーでありまして、基準を変えています。即ち、以前競争的資金としてカウントしなかったものも、昨年からカウントするようになりましたので、その部分が増加しているということです。

具体的な中身は、例えば大学に配分されています、21世紀COEのファンディングがあげられます。従来の科学技術会議の競争的資金の定義では、あくまでも個人が申請して、個人がもらうものだけに限られていました。考えますと21世紀COEは大学がかなり総力を挙げて、名誉をかけて闘っ

てとっているグラントでございますから、非常に競争的であることは間違いありませんが、ただ、個人の申請者ではないというロジックで従来は入られていなかったということです。それが昨年からそういうものも入れようという整理になりました、こういうふうには金額がぼんと増えているという状況です。

競争的資金の拡大に関連してよく出る議論として、大学のいわゆるブロックファンド、校費が競争的資金拡大のしわ寄せを食ってマイナスになっているのではないかとこのものがあります。国立大学全体で統計で見ると限りは、競争的資金は増えているけれども、校費は大体横ばいで、少なくともマイナスにはなっていません。(スライド7次頁)

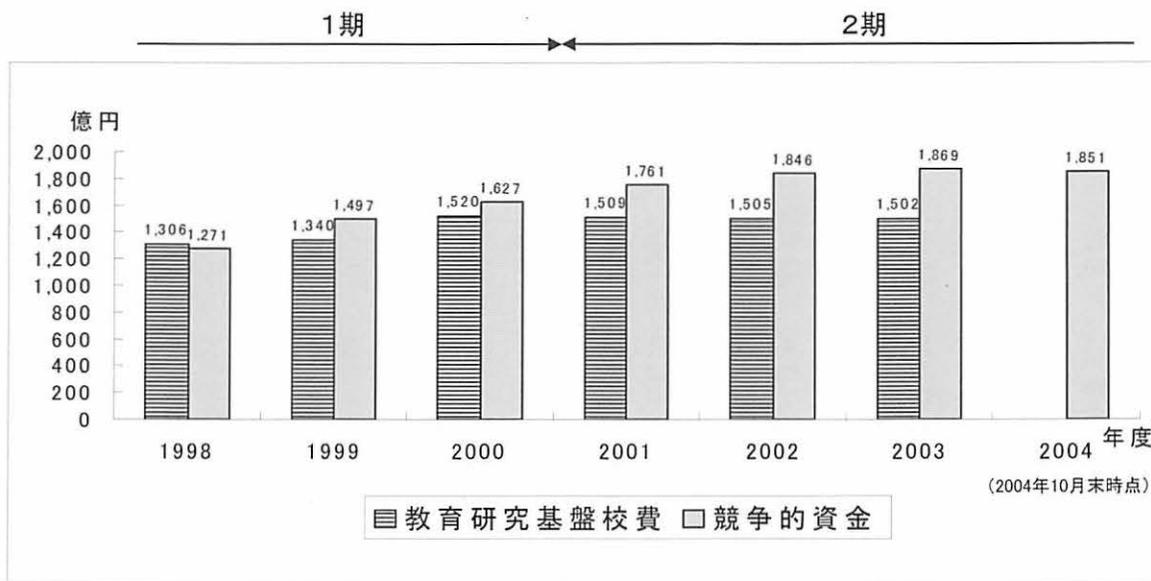
ただ、中身を精査しますと、実態的に校費から研究費に回る分は減っているという可能性はあります。競争的資金の中で間接経費を認めている比率はまだ小さいので、競争的資金をもらおうと、その分、光熱水料や施設維持費の負担が増えて、その分だけ大学内で基盤校費にしわ寄せが行っている可能性があります。即ち、基盤校費から回る研究費は実際には圧縮されているという可能性はあります。トータルの額で見ると限りは今のような状況であるということです。

次に第2期で新たに現実的にとられました重点化の政策を資金面から検討します。いわゆる4分野、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノ材料の4分野に集中するという政策です。これからご説明する幾つかの時系列データは次の3つの次期にわたっています。まず、プレ1期というのは、基本計画が始まる90年代の前半、即ち基本計画が始まる前です。1期が基本計画第1期の90年代後半、2期が2000年代の前半となります。実際に過去にさかのぼって、予算額を分類をしてみますと、この4分野が大きく伸びたのは、実は第1期です。第1期はまだこの4分野が重点分野として指定はされていなかったわけですが、プレ1期に29%ほどにすぎなかったものが、この第1期の時期に37%となり、第2期はさらに42%まで増えたという状況でして、重点化は着実に進んでおります。(スライド8 7頁)

5. 国立大学等における競争的資金と基盤的経費

- 国立大学等において、基盤的経費は2000年度以降横ばいとなっており、外部資金である競争的資金は増加している。

国立大学等における教育研究基盤校費(科学技術関係経費登録分)と競争的資金との比較



注 :「教育研究基盤校費」=集計対象とした教育研究基盤校費は、国立学校特別会計における教育研究基盤校費のうち科学技術関係経費登録分(教官当積算校費、大学等積算校費の合計額)を基に教育と研究のウエイト、科学技術系教官の割合等を考慮したもの。2004年度以降は国立大学法人となっているため、教育研究基盤校費分を抽出することができない。

「競争的資金」=科学研究費補助金以外の競争的資金は各種の競争的資金の配分実績額をベースに、国立大学等(短期大学、高等専門学校、大学共同利用機関を含む)への配分比率を乗じて計算したもの。科学研究費補助金については決算データを基に配分額を想定して推計した(短期大学、高等専門学校、大学共同利用機関を含まない)。競争的資金の配分額、国立大学等への配分比率が確認できない年度については、最も近い年度の実績による比率をもとに推計している。この算出方法を基に過去のデータも更新した。

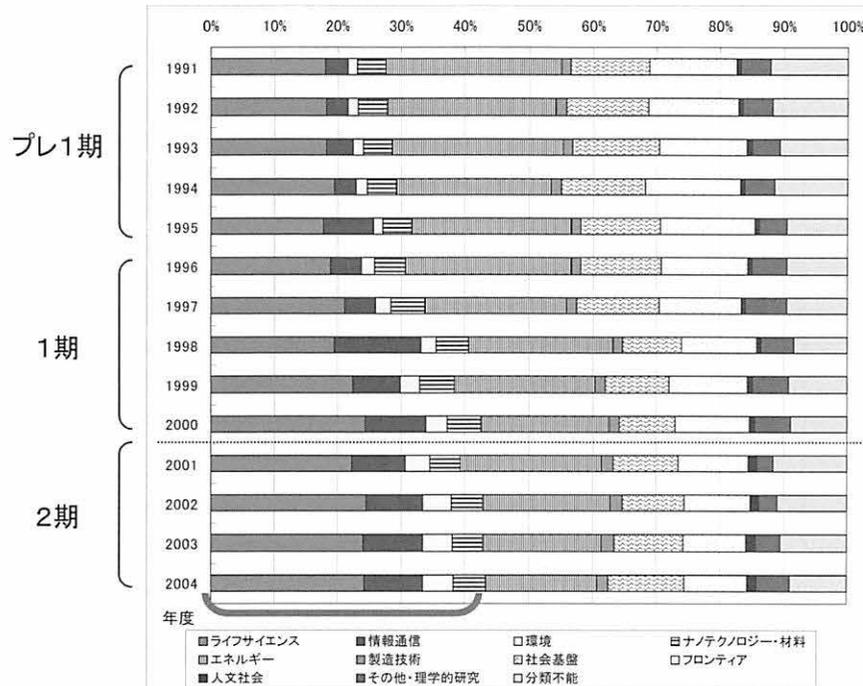
注 :2004年度の競争的資金は2004年10月末時点の金額である。

データ:文部科学省資料及び各省庁へのデータ照会により(株)三菱総合研究所において作成

6. 研究関係経費の分野別割合

●重点化が謳われている第2期は、プレ1期、1期より重点4分野の割合は増加した。

科学技術関係経費における研究関係経費の研究分野別割合の推移



研究関係経費	重点4分野割合
プレ1期 6兆1,382億円 (1991～1995年度)	29.1%
1期 8兆8,091億円 (1996～2000年度)	37.6%
2期 7兆8,328億円 (2001～2004年度)	42.1%

注：第2期科学技術基本計画の「科学技術の戦略的重点化」における「基礎研究」や「国家的・社会的課題に対応した研究開発」に拘わらず、研究関係経費を対象に算出。
 注：「その他・理学的研究」は体育学、家政学、数学、理学系物理、理学系化学など、この分野分類になじまないもの。「分類不能」は総合工学等の学際的な分野などで分類できないもの。
 注：1991～2000年度と2001年度以降とは集計方法が異なる。
 注：2001年度以降については、文部科学省「平成16年度における科学技術関係経費」及び各年度資料を基に集計することを基本とした。但し、独立行政法人については、運営費交付金のうち研究費相当分の割合を前身国立試験研究機関の予算使途別割合をもとに算出し、分野別割合は文部科学省科学技術・学術政策局が各省庁に照会した分野別割合数値を用いた。競争的資金については、同局が各省庁に照会した分野別割合数値を用いた。国立大学等については、全国の国立大学等の分野別教官数を算出し、1人当たり積算単価を活用しながら分野別割合を算出した。
 注：1991～2000年度については、上記のほか国会提出予算書（一般会計、特別会計）と各特殊法人の予算書を用いて研究費を算出し、別途研究課題別予算データから算出した分野別予算割合を乗じて計算した。
 注：1991～2003年度までは当初予算と補正予算の計、2004年度は当初予算である。
 出所：文部科学省「平成16年度における科学技術関係経費」及び各年度資料、国会提出予算書、文部科学省科学技術・学術政策局による独立行政法人・競争的資金制度担当課への照会結果、文部科学省監修「全国試験研究機関名鑑」等を基に、科学技術政策研究所及び三菱総合研究所による分野分類作業を行った上で作成

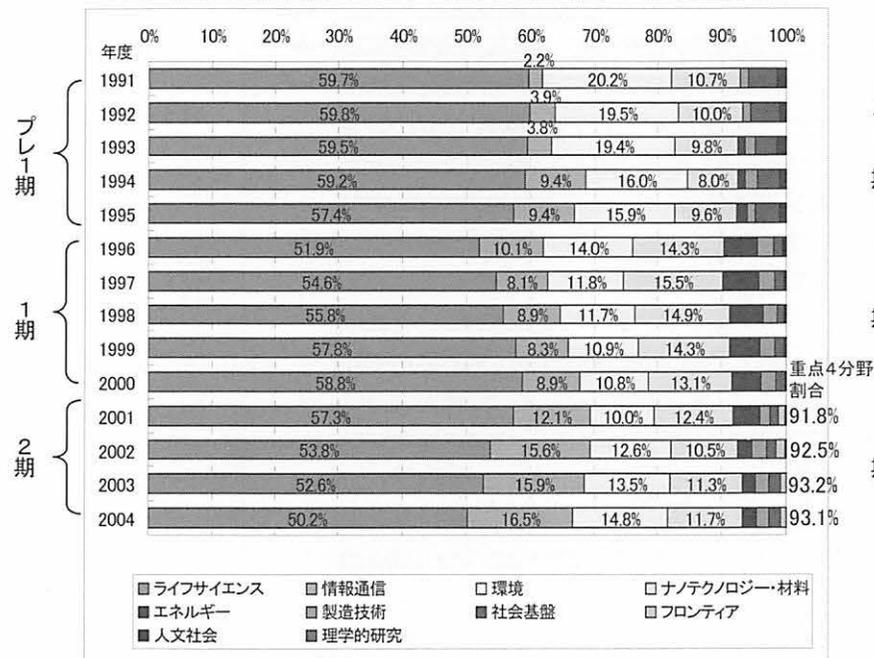
インプット:資金

7. 重点分野別競争的資金

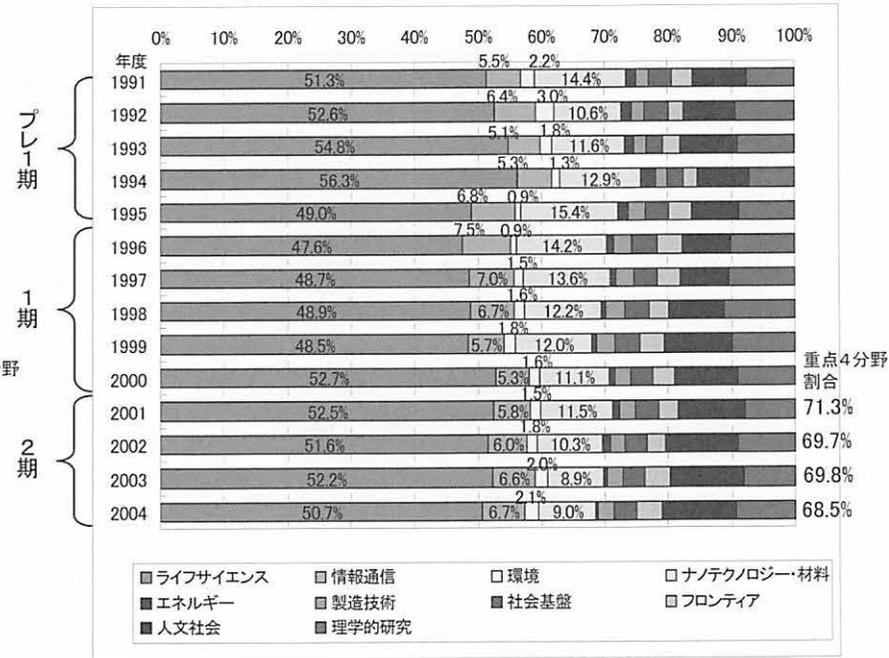
- 科学研究費補助金以外の競争的資金については、2期に入って重点化の傾向がみられる。
- 重点化には関係なく研究者の自由な発想に基づく研究を対象とする科学研究費補助金は、重点4分野への配分は横ばいであり、また多様な分野に配分がなされている。

2004年度の競争的資金の場合 科学研究費補助金以外の予算 1,658億円 科学研究費補助金予算 1,782億円

科学研究費補助金以外の競争的資金の分野別割合



科学研究費補助金の分野別割合



注：「理学的研究」は数学、理学系物理、理学系化学など、この分野分類になじまないもの。また、総合工学等の学際的な分野などで分類できないもの、および体育、家政学等は除いている。

注：科学研究費補助金の分野分類は、基盤研究、萌芽的研究（1995年度までは総合研究、試験研究）、若手研究、奨励研究A、特別推進研究、特定領域研究、COE形成基礎研究について、それぞれ研究課題名や領域名を基に分野の割合を設定した。

注：科学技術振興調整費は研究課題名や領域名を基に分野分類を設定。科学研究費補助金と科学技術振興調整費以外の制度については文部科学省が各省庁に照会した分野分類の割合データ（2000年度及び2002年度調べ）を基に設定した。

出所：文部科学省資料、科学技術振興調整費資料、「文部科学省科学研究費補助金採択課題・公募審査要覧」各年版等を基に科学技術政策研究所及び(株)三菱総合研究所において分野分類を行い作成

続いて、競争的資金における重点化の状況ですが、これは基礎研究を担う科研費と、科研費以外のJST等のファンド、この両者で大分様相が違います。色分けしてありますが、左から4つ目までが重点4分野をあらわします。基礎研究を担う科研費で、90年代前半はむしろ最近より多いという状況です。したがって、科研費の中では重点4分野のシフトは明示的には起こっておりません。一方、科研費以外の競争的資金ではもともと重点4分野の比率が高かったのですが、最近、さらに増えておまして、もう9割が重点4分野に投入されているという状況であります。(スライド9)

●研究開発人材

次に人材に参りまして、任期付任用を取り上げます。日本の場合、システム改革として競争的環境を実現するための1つの軸がファンディングの競争化でしたが、もう1つが人の流動性ということであります。任期付任用制が、国立、公立、私立のそれぞれにどのくらい入っているかを調べました。既に、国立大学では3分の2は制度として任期付の任用が導入されています。ただし、実際に何%の方がそういう任期付任用かということになりますと、国立大学でもまだ6%程度です。定年でおやめになった方のポストについて新たに採用する際に基本的にこの任期付が導入されている状況でありますので、なかなか進まず、絶対数ではまだ小さいということであります。実際の年齢ポートフォリオをごらんいただきますと、やはり若い方に任期付の方が多くなっています。

もう1点、人材に関連して議論があるのは、研究補助者あるいは支援者の問題です。90年代を通じて、日本の研究者1人当たりの公的部門における研究支援者の数をみると、低下が続いております。世界も大体低下傾向にありますが、日本はかなり低いレベルにある上に、下げどまっていないという状況にあります。

その傾向をセクターごとに見ていきますと、研究者数が非常に多い大学は、低い水準にあるが、減少は下げどまっているという状況です。やや上昇基調にあるのが、公的機関、具体的には旧国研や独法でして、技術系の支援者、事務系の支援者

ともにわりと高いレベルにあります。全体は先ほどのように低下傾向ですが、ここで注目されるのは、企業の場合も研究者1人あたりの技術系支援者数は日本では大分落ちているということです。

●研究開発環境の変化

このように、研究資金あるいは人材に関する研究環境がいろいろ変わってきているわけですが、そういった変化を現場の第一線の研究者がどうとらえているか、どう感じているかをアンケート調査で調べました。被引用の多い論文をお書きになっている方、1,500名ぐらいを選んでアンケートをしました。いろいろな質問をしています。例えば一番上ですと、経常的な研究資金の量が昔と比べて満足できる状況にあるかを聞いています。ゼロがニュートラルです。右へ行くほど満足度が高い。左はまだ不満であるということで、10年前と今を聞いております。薄いほうが10年前、濃いほうが現在を表しています。(スライド14次頁)

ごらんいただきますと、まだ不満だという項目が多々ありますが、多くの項目でかなりの改善が見られます。昔はネガティブだったものがポジティブになったというような項目も認められます。

1項目だけ、ポジからネガに、即ち負の方向に変わったものがあります。それは、研究時間です。少なくとも、トップクラスの論文を書いている研究者は研究時間が圧縮されるようになったということを感じています。

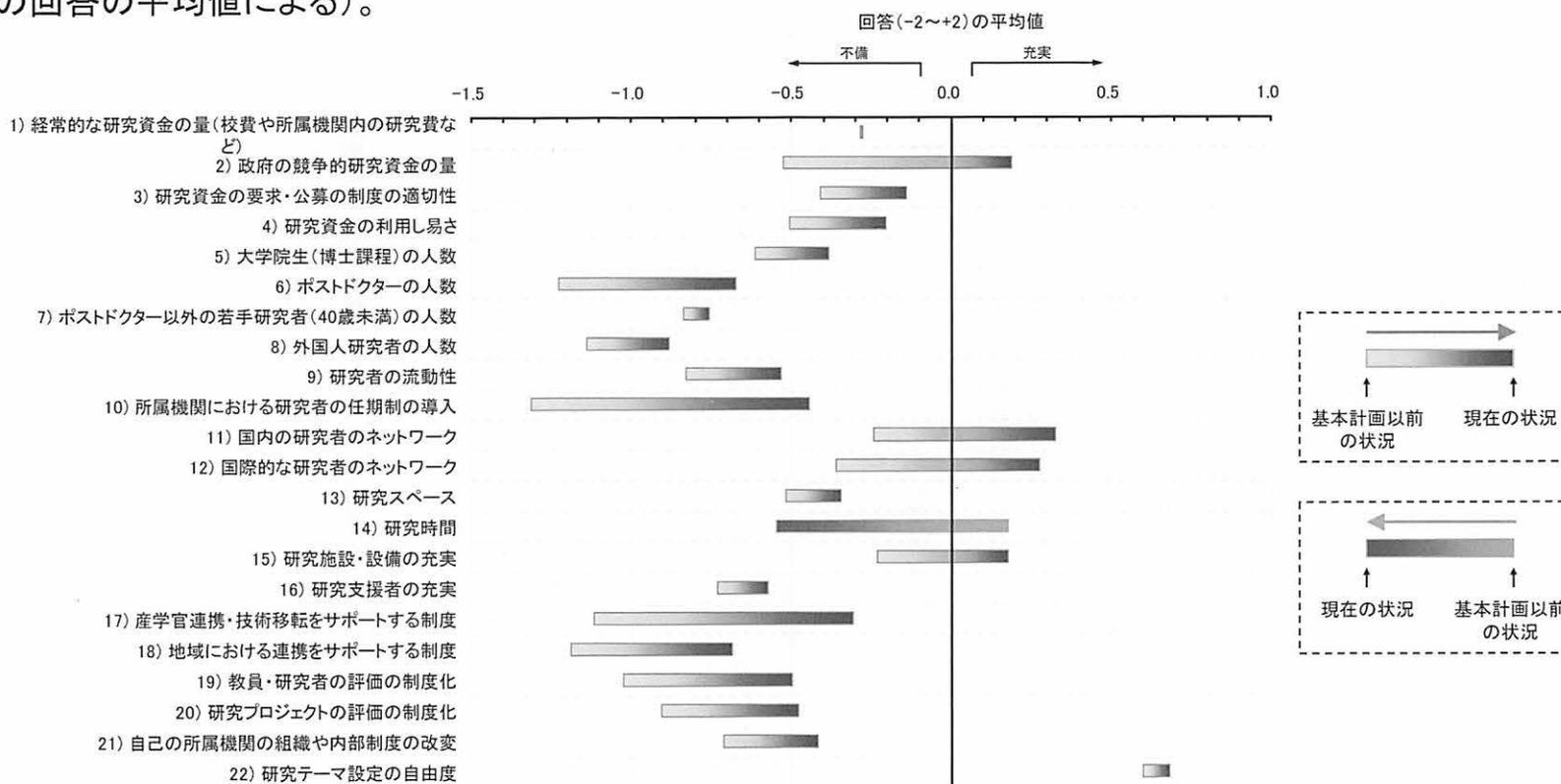
●論文生産の構造的状況

続いて、日本全体としての論文の質の変化を見ていきます。これは被引用度の高い論文、それに次ぐ第2グループの論文という具合に全世界の論文を分けて、過去5年毎の時点で日本の比率を見たものです。被引用度の特に高い、即ち世界で被引用度の高い上位1%に入るような論文の中での日本のシェアは、昔6%半ばだったものが、今9%近くまで伸びております。その他被引用度上位10%に入るもの、25に入るもの、いずれでも日本の比率は上昇しております。被引用度の高い論文が増えているということがこの10年ほどの

研究者の 環境変化の認識

1. トップリサーチャーによる研究環境変化の認識： 基本計画以前(1991～1995年)と現在(2004年)の比較

- 研究環境は多岐にわたり改善されているが、「研究時間」は少なくなったとの回答を得ている(各時点の回答の平均値による)。



注 :「トップリサーチャー」は、Science Citation Index (2001年版)の被引用度上位10%論文の著者を対象とした下記調査の回答者846名を指す。
データ: 科学技術政策研究所「トップ・リサーチャーから見た科学技術政策の効果と研究開発水準に関する調査」(2004年10月～12月)

成果:論文

1. 世界のトップクラス論文における日本論文

●日本の論文は、被引用頻度ランク上位レベル(=世界のトップクラス)において、世界でのシェアが増加している。また、全体でもシェアが増加している。

被引用頻度ランク上位レベルでの
日本論文のシェアの推移

被引用頻度ランク	1991年	1996年	2001年
上位25%	~7.5%	~8.5%	~9.5%
上位10%	~7.0%	~8.0%	~9.0%
上位1%	~6.5%	~7.5%	~8.5%

被引用頻度ランク別の日本論文のシェア

被引用頻度ランク	1991年	1996年	2001年
上位1%	~6.5%	~7.5%	~8.5%
上位10%	~7.0%	~8.0%	~9.0%
上位25%	~7.5%	~8.5%	~9.5%
25-50%	~8.0%	~9.0%	~10.0%
50-75%	~8.5%	~9.5%	~10.5%
75-100%	~9.0%	~10.0%	~11.0%

注 : 「被引用頻度ランク」のデータは、全てのSCI収録論文を、被引用頻度(=被引用回数を分野・発表年に応じて標準化した値)により、上位1%、10%、...と階級ごとに区別したデータ。日本論文のシェアは、各被引用頻度ランク別の論文中に、日本の論文が占める割合。
注 : 論文の被引用度は観測期間に依存するが、ここでは2002年までの論文データベースにより被引用度を計算した。そのため、2002年に近い年のデータほど不安定な面があることに注意が必要である。
データ:SCI (CD-ROM版)に基づき科学技術政策研究所が集計

科学技術政策研究所
16

大きな傾向です。(スライド16)

続いて、そういう論文を生み出しているセクターの構図を見てまいります。きょうご紹介する論文に関する議論はすべてトムソンISIの英語論文のデータベースに基づいた分析になっております。日本人の研究者は当然、相当量の日本語論文を書いています。それはここでは一切カウントされておりません。

論文全体でござんいただきますと、大学が圧倒的比率を持っています。論文については企業の割合は大きくありません。注目されますのは、被引用度が高いという意味で質の良い論文について、もちろん大学が大きな比率を占めているのですが、特殊法人の比率が大きく上昇してきていることです。特に全論文での比率に比べて、質の良い論文ではかなり高くなるという特徴があります。

特殊法人の場合、新しいファンドを用意して、そこにすぐれた大学の先生を招いているケースが多々ありますので、人的には大学とダブっているケースがあると考えられますが、こういう傾向が

顕著になっています。

論文全体の大部分を占める大学に関し、各大学の1991年のシェアをX軸、2001年のシェアをY軸にプロットして比較しました。各点の一個一個が主要な大学をあらわします。絶対シェアが一番大きいのは東京大学で、次が京都大学、大阪大学となっています。

興味深いのはシェアが大きくて組織も大規模な旧帝大、これらはほとんど45度線にのっておりますから、1991年と2001年でシェアは変わっていません。一方10年間でシェアを伸ばしているのは、論文量ではそんなに大きくない中小規模の大学です。即ち、10年前に比べると、中規模から小規模の大学の論文生産量が拡大しているという傾向が認められます。

●特許の動向

以上、アウトプットのうちの論文を概観しましたので、続いて特許を見ていきます。WIPOベースで全世界で出願される特許を対象に考えます。

日本法人あるいは日本人の特許出願件数の絶対量は90年代前半、横ばいでいたけれども、最近、増加基調にあります。年間100万件を超える特許出願が日本により全世界でなされるという状況なのですが、アメリカがそれを上回る、ものすごいペースで特許の出願件数を伸ばしています。

そのため、結果として、日本人あるいは日本法人から出願される特許の全世界での比率は随分下がっております。昔は30%近いレベルにありましたが、現在は十数%ぐらいの世界シェアに落ちてきています。(スライド19)

これはあくまでも出願件数ですので、成立した特許の件数ではありません。さらに1つの特許を50カ国に出すと、50個カウントするというロジックで統計をとったものです。どこでも最近、多国出願が行われるようになってきているんですが、この結果について、日本の大手企業の方々からは「むやみにいろいろな国に特許を出しても意味がないので最近はお願を絞るようにしている」というコメントを聞きます。したがって、このデータ

は実感に合っているというお答えが多いということです。

私は、この点についてはよく考える必要があるのではないかと考えています。経営効率にうるさいアメリカ企業が意味のない国に特許を多数出願しているとはとても思えません。結局、世界での商売の広がりがまだアメリカ企業と日本企業では違うのではないかと考えています。アメリカですと、例えばアフリカの国も重要なマーケットとしてとらえるので、そこにも特許を出していく。一方、日本の場合、そういう国までマーケットとして考えていない、そういう差があるのではないかと気がしています。きょうは、企業の方も大勢いらっしゃいますので、ご意見をいただければと思います。

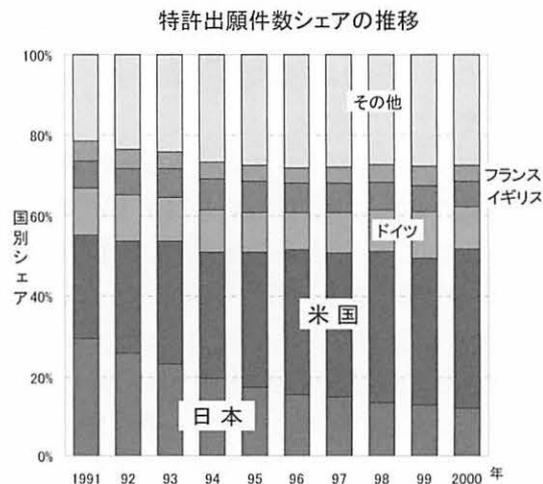
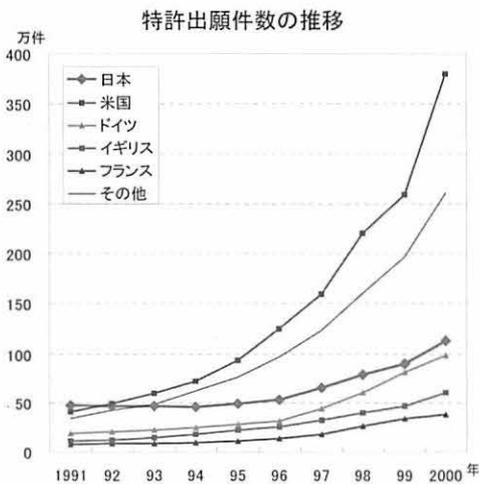
このデータでは、他国出願に関する対応でいろいろ差が出ますので、米国の特許庁に出願される特許についての国別比較もしました。ここで特筆されますのは、日本から米国特許庁へ出願される特許の件数はEU15カ国の合計と量では匹敵する

スライド19

成果:特許

1. 世界における特許出願の動向

●世界における特許出願件数を主要国で比較すると、日本の出願件数は増加しているものの、世界でのシェアは低下しており、一方、米国のシェアは増加している。



注 :日本の特許出願件数シェアは減少しているが、その主たる要因として、「日本の特許庁への特許出願件数」が世界の全特許出願件数に占める割合が、23.3%(1991年)から5.1%(2000年)へと18.2ポイント減少していることをあげることができる。
データ:WIPO

ことです。特に、他の特許から引用される回数、これは特許の質を表す1つの指標と考えることができますが、この質ではEUを上回っています。これが日本の特許の状況です。

●特許のサイエンスリンケージ

次に科学政策と特許との絡みについて考えます。最近、ライフサイエンスに見られるように、科学研究の成果が特許を生み、さらに産業化につながるというサイエンスディペンデントな技術のウエートがだんだん大きくなっています。その傾向を見る1つのインディケータとして、サイエンスリンケージがあります。

米国の特許庁においては、特許審査にあたり、審査官が検討した先行特許とともに、学术论文もその審査書に書くことになっています。従って、それぞれの特許について審査でどんな論文が参照されたかがデータベース化されています。これを使うと、アメリカから出た特許、日本から出た特許、それぞれ特許1件当たり何論文ぐらいがその

審査で引用されたかが計算できます。これがサイエンスリンケージです。(スライド21)

まず日本特許と米国特許を比べますと、一特許当たりに引用される論文数に非常な差があります。米国特許では科学論文がたくさん引用されるようなものがたくさんあるのに、日本は少ない、EUはちょうど中間という傾向です。通常、科学論文がよく引用されるといわれるのはライフサイエンスですので、この分野の特許のみ抜き出した比較もしました。ライフサイエンスですら、日本とアメリカでは、全体の場合とほぼ同じ格差があります。このことから、日本からアメリカに出願される特許は過去の技術を基盤としたものが多くて、基礎科学の成果から派生して特許になるようなものは少ないということが類推されます。

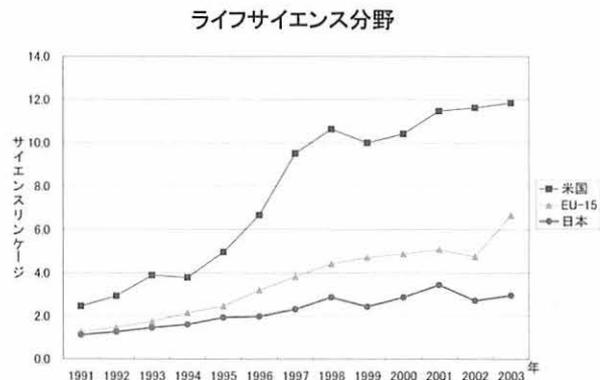
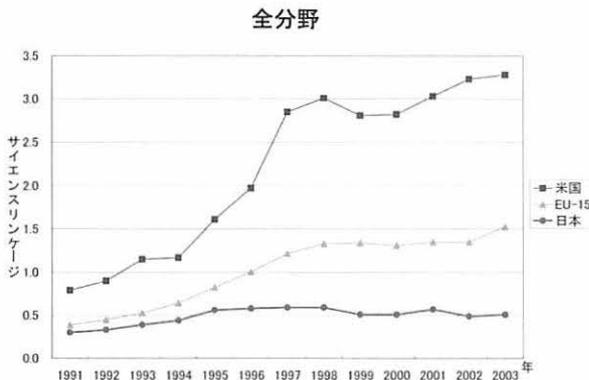
この点について、ちょっと興味深いデータがあります。まず他の特許からの引用度の高い米国の特許の中のトップ500を選びまして、このトップ500の特許でどんな論文が引用されているか、その国籍を見ました。第1位はアメリカ、第2位は

スライド21

成果:論文・特許

3. 米国登録特許におけるサイエンスリンケージの推移

●特許と科学論文の連関の強さを示すサイエンスリンケージによると、日本の特許は、欧米に比較して、科学論文との連関が小さい。



注 「サイエンスリンケージ」は、米国特許の特許審査報告書における科学論文等の引用件数(特許1件当たりの引用件数)であり、特許における科学知識の活用度を示す。
データ:CHI Research Inc. "International Technology Indicators 1980-2003"

イギリスですが、イギリスとほぼ同率で日本の論文が使われています。したがって日本特許、日本から出願される特許のサイエンスリンケージ自体は低いのですが、全世界で見ると、日本の論文はかなり使われているという構造があります。

同様に、日本から出る特許でどんな論文が引用されているかを見ますと、アメリカがトップなのですが、何と2位はドイツです。3位はようやく日本が来ます。日本企業から、出願される特許はドイツの科学に依存する部分が多いようです。原因ははっきりいたしません。

●日本の大学における論文の生産性

以上を総合して、論文の生産性の議論を紹介させていただきたいと思います。ここで生産性とは、大学の研究者1人当たり、あるいは研究費1億円当たり、どのくらい論文をつくり出すかとらえます。論文の量に注目しているので、質は考慮していません。前の議論と同様に、英語の論文しか見ておりませんから、日本の大学で相当数書かれている日本語の論文はアウト・オブ・カウントであるという前提での評価です。

実は、「大学の研究者1人当たり」という議論をすること自体がなかなか難しい問題を含んでいます。丹羽先生のご専門ですが、例えばOECDに各国からオフィシャルに出ている統計を見ると、日本の大学の研究者数は、全アメリカの大学研究者数より多いということになっています。これはあり得ないことで、アメリカの大学の研究者数の方が多いはずですが、恐らく数え方に差があって、アメリカは少な目にカウントし、日本は多目にカウントしているということだと思います。統計のルールとしてOECDがフラスカティマニュアルをつくり、各国はそれにのっとっているわけなのですが、それでもこのような差が生じています。

したがって1人当たりの論文数を計算するとき、日本の大学研究者の数が過大評価になっていると、1人当たりの生産性は自動的に悪くなります。この点は非常に要注意ですので、政策研で幾つか試算をしました。アメリカ流の研究者数計算で日本の研究者数も計算して、1人当たりをはじ

くとどうなるか。その結果を見ると、アメリカの大学も1人当たり論文数が落ちてきていて、最近の日本の1人当たり論文生産性はアメリカにかなり近いという状況になっています。

研究費についても人件費のとらえ方が日米で違っております。例えばグラントに相当の人件費が入っているアメリカと、グラントには基本的に人件費が入っていない日本、という差がありますので、これも単純には比較ができません。幾つか試算をいたしまして、日本の研究費を多目に数えた場合と少な目に数えた場合をチェックしました。この間にアメリカと同条件の場合があると考えられます。アメリカの1億円当たりの論文数は、最近低下する傾向にありまして、日本の大学の生産性はアメリカにかなり近いレベルに達しているというデータが出ています。この辺は議論する余地がかなりある部分ですが、英語論文の量という点では、生産性はそれほど劣っていないということです。ただし、論文がどのくらい引用されるかという質で見ると、アメリカはまだ圧倒的存在です。この点については、また後ほど別のデータを紹介します。

●産学連携の進展状況

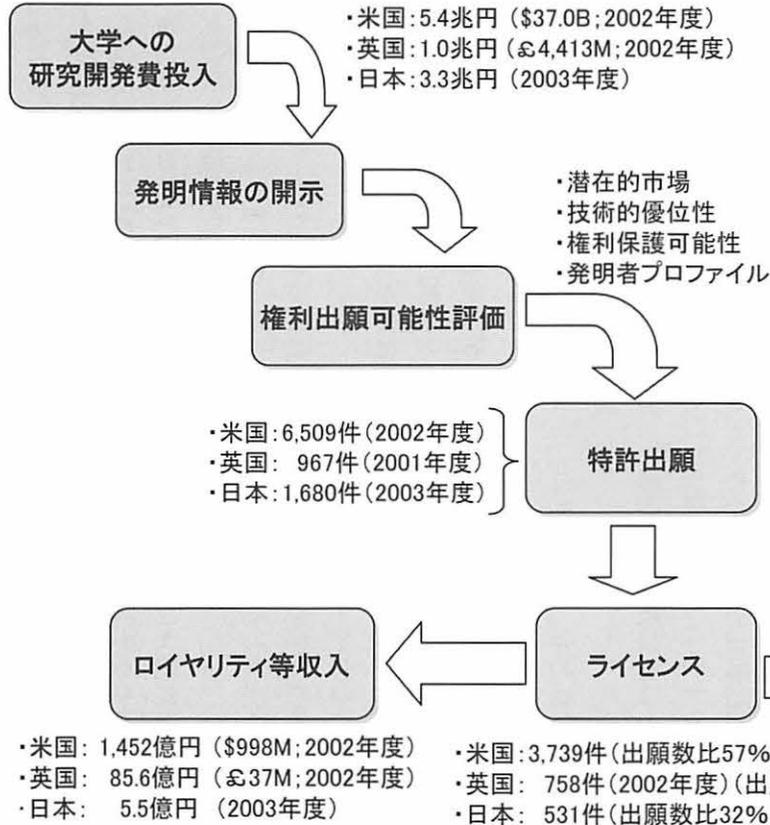
研究における産学連携の状況について、日本の企業の研究者が論文を書く場合の共著者としてのどのセクターの人が多いかを調べました。日本のデータを見ると、企業の研究者が書く論文の5割には共著者として大学の研究者が入っています。データが取られた時点が少しずれているので、直接比較はできませんが、アメリカの企業研究者の論文における大学共著者の割合もほぼ似たような傾向にありますので、企業の研究論文執筆における大学研究者の関与の度合いは、日本とアメリカはほぼ拮抗する水準にあるということが言えます。

なおこの点については、日本の独特の論文博士制度のことを考える必要があります。企業研究者が論文博士を取る場合には、大学の指導教官と連名で論文を書くことになるので、それは当然共著論文に含まれることになります。ただ、注目すべき点は、大学との共著比率が近年増えているということです。論文博士の数がこの10年間で大き

知の活用: 技術移転

2. 技術移転フローの国際比較

● 早くから技術移転の取組みを進めた米国・英国に比し、我が国では本格的成果は未だ顕在化していない。



○ 米英日の制度導入時期比較

	米国	英国	日本
バイドール法に相当する法律の制定時期	1980年	(1985年 ¹⁾)	1999年
TLOの設置開始時期	1970年代に活発化 ²⁾	1980年代半ば ³⁾	1998年 ⁴⁾ (承認TLO)

- 1) 従来大蔵省通達によりBTG (British Technology Group) が独占的に取り扱ってきた公的資金による研究成果の実用化を規制緩和
- 2) 1925年に設立されたWARF (Wisconsin Alumni Research Foundation) がその先駆けとされる。
- 3) 沿革はNational Research Development Corporation (1948年設立: 1981年BTGに改組)
- 4) これ以前のものとして東海大学の例 (1974年設立) がある。

注: 研究開発費については、日・英と米国の間で人件費等の取扱いに差があることに留意する必要がある。

出所: 以下のデータをもとに科学技術政策研究所作成 (金額はPPPにより邦貨換算)

<日本> MEXT, METI 他 [特許・ライセンス関連データはTLO経由のみ、国有特許含まず]

<米国> Licensing Survey 2002 (AUTM編) 他 [*の対象は米・加の高等教育・公的研究機関等]

<英国> 研究費投入額については、Gross Domestic Expenditure on Research and Development (Office for National Statistics),

その他は、Higher education-business and community interaction survey 2002-03 (HEFCs) 他

く増えているとは思えませんので、それ以外の要素が働いていると考えることができます。

最後に、ただいまの産学連携を1つのフローでとらえたのがこのスライド25（前頁）になります。投入資金をどう比較すべきかについてはいろいろ議論がありますけれども、まず大学に政府がどのぐらいの資金を投入しているかを見ると、日本は3兆円強、米国は5.4兆円で、2倍弱の差があります。大学で研究がなされて、特許がどれだけ生まれたか、これを出願件数で見ますと、日本が1,600件、米国が6,500件ということで、日本とアメリカの差が1対4ぐらいです。特許が実際にライセンスされた件数になりますと、日本が500件ほど、米国が3,700件、ですので、比率は1対7に拡大いたします。

さらにアウトカムとしてのロイヤリティー収入になりますと、日本はまだ5億円なのに対して、アメリカは1,400億円ですから、200倍以上の差がある。これが現状の全体的構図です。ただ米国ではバイドール法ができたのが1980年であり、さらに主要な大学では大学としての特許の組織的管理はそれ以前から行われておりましたので、少なくとも20年以上、30年近い歴史があるわけです。これに対して、日本の場合は法制化が行われたのが1999年で、まだ5年ほどですから、まさに第3期基本計画の課題はこの辺をいかに伸ばすかが課題だろうという感じがします。

この大学の特許出願ですけれども、スライドの1,600件という数値は2003年のデータです。実は、先月2004年のデータが出ました。今、正確な数は覚えていないのですが、日本の大学の特許出願件数は、四千数百件と、2003年と比べて3倍近くに増えています。ですから、このペースで行きますと、今年か来年には、日本の大学の特許出願件数がアメリカを追い越すということが多分起こります。

以上が基本計画のシステマ的部分についての科学技術政策研究所の分析のハイライトです。

●分野ごとの動向分析と俯瞰的予測

続いて、もう少し個別の科学分野を見た状況についてご紹介いたします。これからご紹介する内

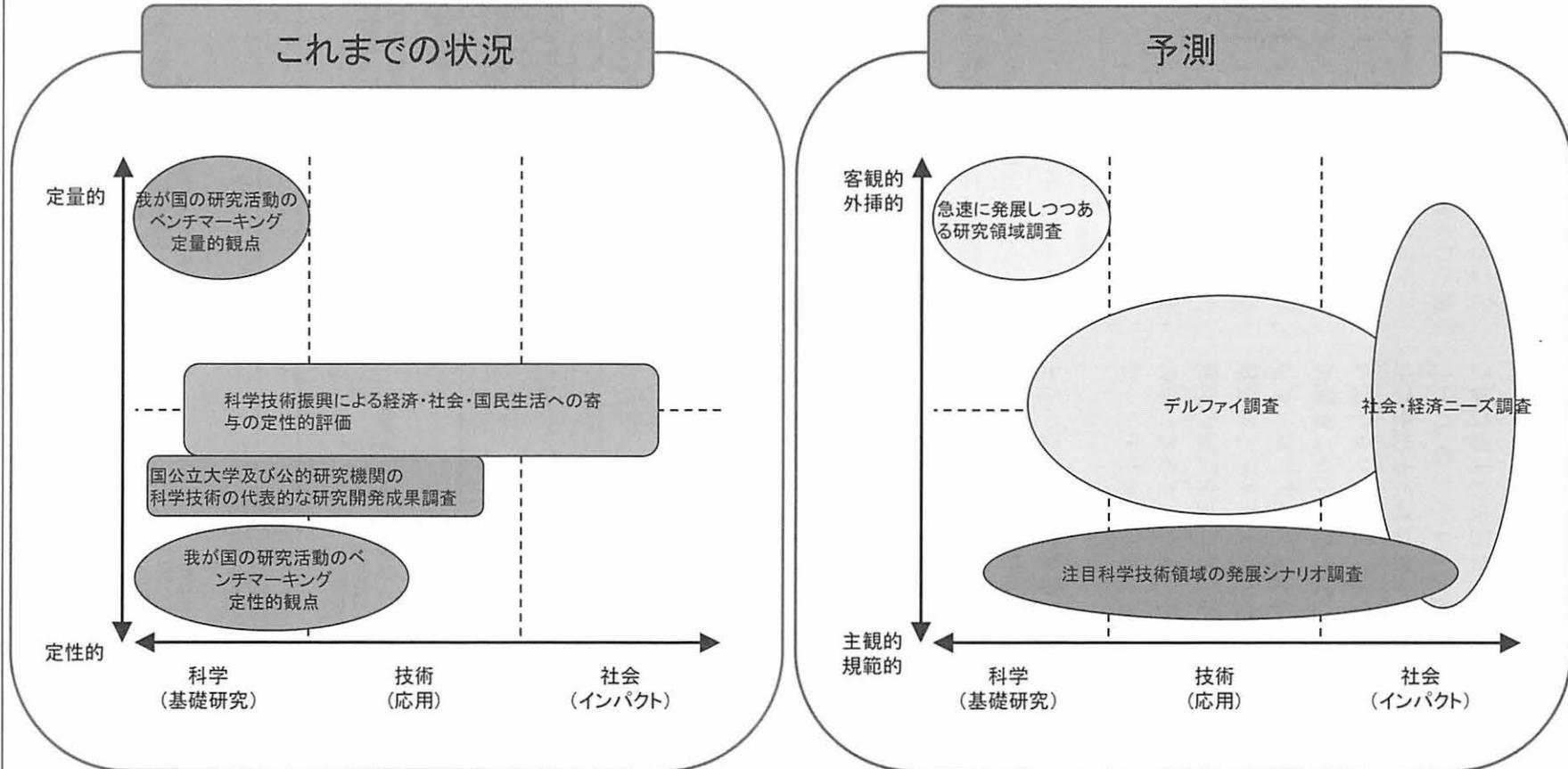
容の前半はいわゆるレビュー調査の結果の一部であり、後半はいわゆる技術予測の結果という流れになっております。

具体的には、次のスライドがこれからお話しするパートの構造図となっています。2つの図がありまして、左側でこれまでの日本の科学あるいは技術の状況をレビューする、そして右側で今後何が伸びそうかを展望するという構造になっています。縦軸は手法の性格をあらわします。上に行くほど定量的、下に行くほど定性的と考えてください。横軸は左に行くとも科学、基礎です。右に行くとも応用から実社会というフェーズになっています。（スライド27）

これまでの科学の状況あるいは技術の状況のレビューについては、2つのサーベイを行いました。1つはまず科学を見ようということで、論文生産について主要国を比較したベンチマーキングスタディーを行いました。国際比較をするときに、論文生産の分析は非常に有用で、かつやりやすいのですが、論文量分析ではその実情が見えないジャンルというのがあります。例えば、コンピューターサイエンスでソフトウェアの研究者にとっては必ずしも論文が重視されているわけではなく、リナックスのようなプロトタイプをつくって、それが世界標準になった仕事をした人が偉いという評価になっています。工学系でも建築などのように、論文で勝負するというにはなっていないジャンルがあります。それを補う意味で、海外からのインタビュー調査を行いました。後で出てまいります。米国で各分野の研究者50人ほど、ヨーロッパで30人ほどを選び、彼らが自分の専門分野で日本をどう見ているかを調べたというものです。

それからもう1つ、積み上げ型のケーススタディーをやっています。これは科学技術が社会・経済に対して実際どの程度インパクトをもたらしているのかというのをなるべく定量化したいという問題意識から実施しました。いわゆるマクロ経済アプローチで、1兆円研究投資をすれば、10年後のGDPとして何兆円返ってくるというような議論がありますが、多くの経済学者にお伺いすると、そういうアプローチはあまり意味がないという返

次期基本計画の重点分野・領域の検討に当たっての調査設計



事が返ってきます。なぜならば、これを算出する数式のパラメーターが非常に不確定で、パラメーターを調整すると、どんな答えでも出るからです。もちろんパラメーターの調整は過去の実績に対して整合的であるという前提で行われるのですが、それでも将来についていろいろな答えが出せてしまうので、これでは幾らやってもあまり意味がないだろうというのが多くの経済学者のご意見です。ということで、こういうマクロアプローチはやめまして、個別具体的なケーススタディーを積み上げることに取り組みました。技術発展の過程で公的部門は一体どういう働きをしてきているのかも見ていくというのがこのケーススタディーです。

将来予測についてはまず従来から行っているデルファイ調査があります。本日の参加者の皆様の中にも、今回のデルファイ調査の委員会のメンバーになっていただいた先生方がいらっしゃいますし、おそらくアンケートにご回答いただいた方もいらっしゃるかと思います。デルファイ調査は主

に技術を扱うということ、また手法としては主観的予測手法に分類されますが、何千人かの意見を集約することにより一定の客観性が出てくるということから、主観・客観のちょうど真ん中辺に位置づけられています。

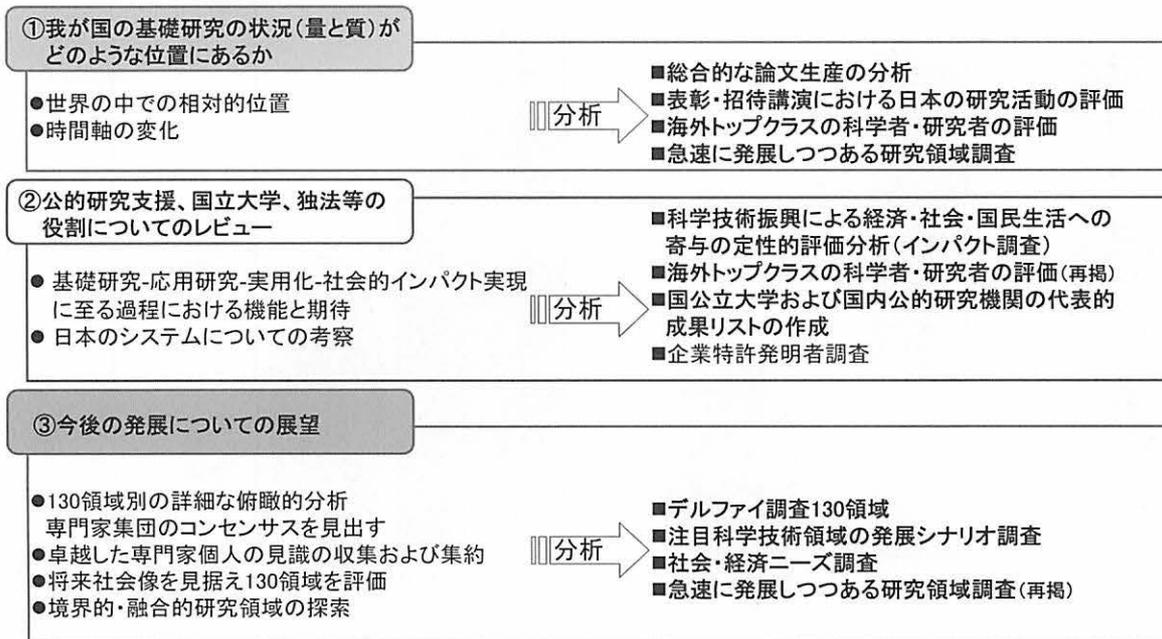
デルファイ法は合意形成に基づく将来予測ですので、注目すべき意見であってもそれが少数意見の場合には、どうしても埋没してしまうという弱みがあります。また、技術は扱いやすいがサイエンスは一般に扱いにくい手法です。こうしたデルファイ法の弱点を補うことと、社会的課題を取り扱う必要性があることから、個人としての専門家にいろいろなことを書いていただくシナリオ分析を実施しました。

さらに、科学が今どう動いているかについて、従来からの伝統的な分野概念を前提とせず、定量的に把握しようとする新しい分析手法の導入も試みております。

さらに、将来の科学技術に対して社会が何を求めるかというニーズからのアプローチも加えまし

スライド28

次期科学技術基本計画の重点分野・領域の検討に当たっての問題意識と分析の枠組み



た。ということで、今回の予測はこの4本柱から構成される調査になっております。我が国の従来の調査はほぼデルファイのみでした。1990年代に入りまして、ヨーロッパをはじめ、世界の主要国、さらに主な発展途上国において、ナショナルプロジェクトとしての技術予測をやっておりますけれども、こういう国家予測プロジェクトで幾つかの定量的手法を組み合わせることで総合的に行われた予測調査というのは世界初です。その内容をこれから紹介させていただきます。

(スライド28)これが調査の実施に当たっての問題意識です。まず日本の基礎科学が世界の中でどういう状況にあるか、さらに過去20年間どう変わってきているか。これを見ようというのが第1点です。次に、いろいろな技術がどんなインパクトを社会・経済にもたらしているか、その中で公的部門がどういう役割を果たしているのか、これを具体的に見ていこうとするのが第2点です。最後に第3点として、これからの技術の発展を展望する、という流れになっています。

●論文分析による主要国のベンチマーキング

まず主要国のベンチマーキングです。以下いろいろなデータをお示ししますが、すべてこの2種類のデータのカップリングになります。1つは全論文のシェア。これは日本人の書いた論文が世界の論文数の何%を占めているかです。一貫して増えてきて、最近、10%でやや安定化する兆しがあります。今後お示しするグラフでは、アメリカだけ別軸(右軸)になっております。一軸でアメリカも一緒に整理しますと、その他の国々は下の方に固まってしまって、グラフが読みにくくなるためです。一見するとアメリカが低く見えますけど、実際はずっと上のほうにいるということだけご留意いただければと思います。

(スライド30)まず全論文ではアメリカが全体の3分の1。日本は10%です。英独仏は日本より下に位置しています。これが基本的な構造になっています。

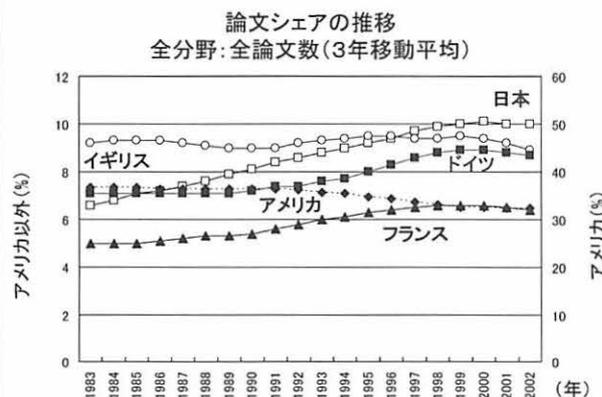
次に、論文の質をあらわす指標として、被引用度の高い論文に着目しました。具体的には、物理、

スライド30

統計的分析

全論文シェアとTOP10%論文シェアの推移

- 日本は全論文シェアを着実に伸ばし、世界第二位である。
- 日本はTOP10%論文シェアを着実に伸ばしているものの、イギリスおよびドイツに水をあけられている。



(注)TOP10%論文とは、論文の被引用回数が各分野で上位10%に入る論文を指す。

化学などの分野ごとに被引用の高い上位10%に入る論文を取り出し、そこに占める日本の比率を日本の論文の質の指標として使っています。

時々、総被引用数を国の研究の質をあらわすデータとして使う分析もありますけど、これは必ずしも適当ではありません。なぜならば、分野によって引用の状況が異なるからです。例えば5年前の数学の論文がこの5年間で7回程度引用されると上位10%に入り、20回引用されれば上位1%に入ります。しかし、臨床医学の論文で上位10%にはいるには20回以上引用されることが必要で、分子生物学の場合には50回以上が必要になります。このように被引用数は分野によってその価値が異なるので、これを単純に加算してしまうことには問題があるわけです。このためきょうご紹介している分析では、分野ごとにノーマライズするという考え方をとっています。

こういう形で論文の質を評価しますと、絶対量で3分の1のシェアだったアメリカは、高品質論文で全世界の半分のシェアを持ちます。続いて、

ドイツ、イギリスが12%ぐらい。日本は第4位で9%をちょっと下回るぐらいしかない。ただしフランスよりは上回っている。これが世界の中での日本の位置です。

(スライド31) ただ日本は論文の量だけでなく質についても、80年代、90年代を通じて、上昇基調にあります。横軸が論文の量、縦軸が論文の質を示します。ドイツにおいて、90年代に特に質について著しい上昇がありました。このため日本よりずっと上にいます。イギリスはあまり変わっていませんが、もともと上にいて、その位置を保っている。ですから、日本はこのまま上がっていくと、イギリスには追いつけるかもしれない。ただドイツの質の上昇がこのまま続けばとても追いつけません。ドイツも当然どこかで頭打ちになるとは思いますが。

アジアの韓国と中国はグラフの原点付近にいましたが、最近、急速に伸びてきているという状況です。

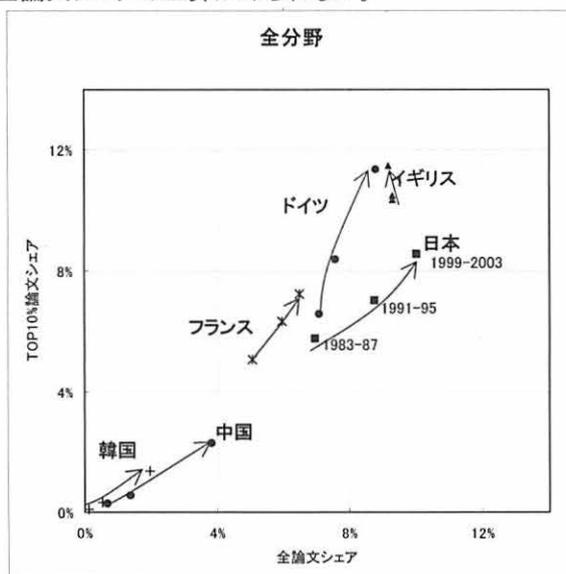
(スライド32) 続いて幾つかのジャーナル、

スライド31

統計的分析

主要国のベンチマーキング1(全分野)

- 日本は、1980年代より全論文シェアおよびTOP10%論文シェアともに上昇している。
- ドイツ、フランス、中国、韓国では、日本と同様に全論文シェアおよびTOP10%論文シェアともに上昇している。一方、イギリスは全論文シェアの上昇がみられない。

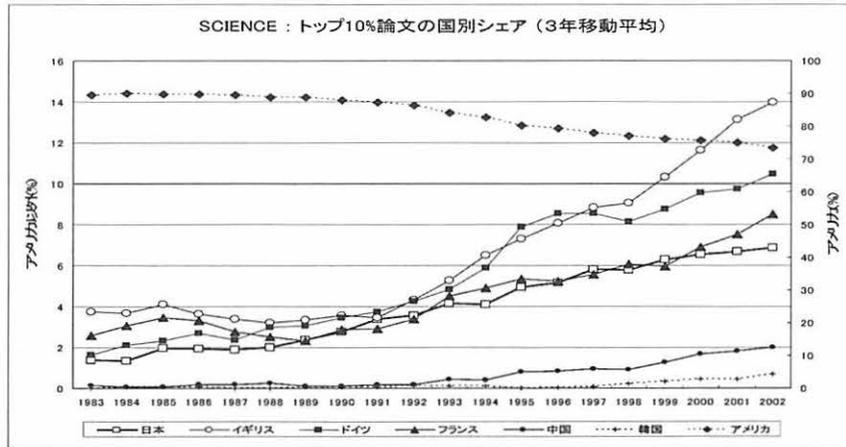
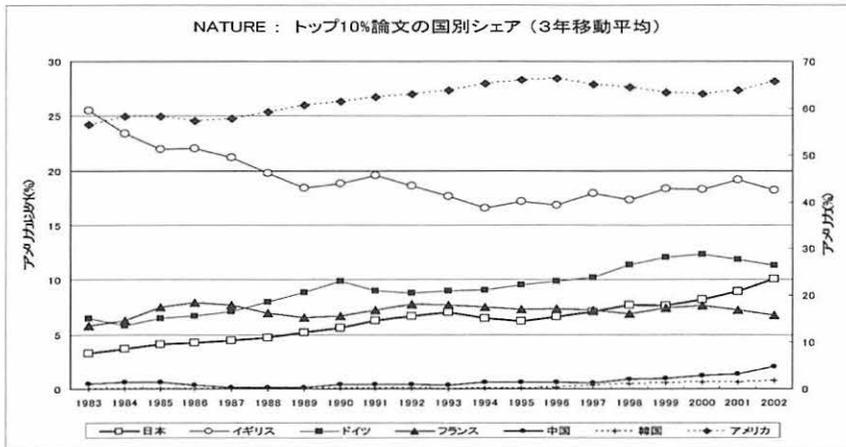
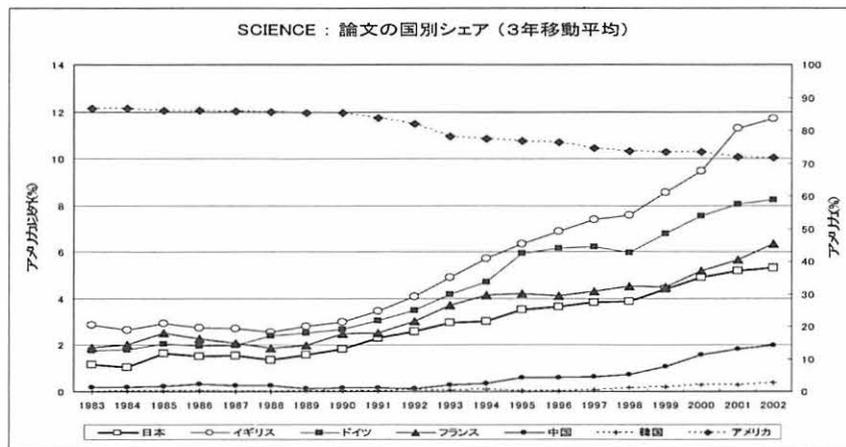
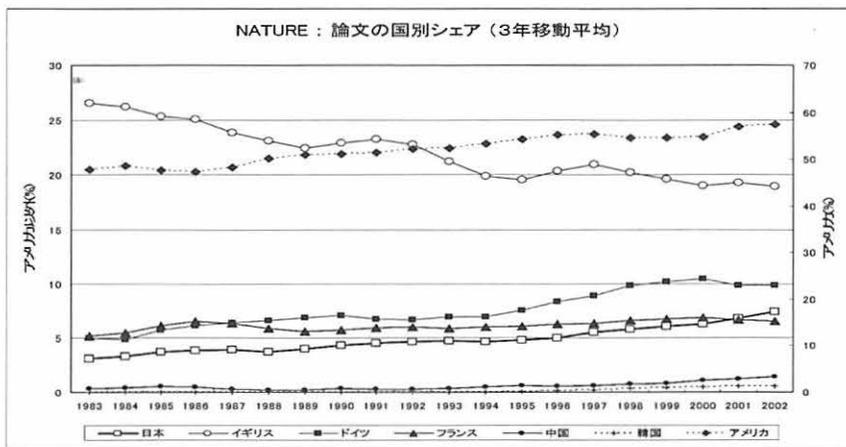


(注)アメリカは全論文シェアおよびTOP10%論文シェアが著しく大きいので本比較では省略してある。

統計的分析

特定ジャーナル分析

○総合誌であるNature, Science, ProNASと17分野ごとの代表的なジャーナルを分析した。
 ○NATURE(IF=30.4) やSCIENCE(IF=26.6)ともに論文数のシェアは増大しており、特にTOP10%論文シェアは全論文数シェアを上回っている。



あるいは分野ごとのデータをごらんいただきます。これは『Nature』と『Science』について、これまでと同様に7カ国の論文量のシェアとトップ10%の論文のシェアです。『Nature』、『Science』においても日本のシェアは着実に上がってきています。特に『Nature』の場合、全論文での比率よりも、トップ10%論文での日本人比率が高くなっています。ですから、日本人は『Nature』の論文の中でも特に引用される論文を書いている傾向にあるということが言えます。

●主要国の論文ポートフォリオ

(スライド33) これはこれからの戦略を考える上で重要なチャートになります。分野の分類をここでは8つに大きくくりして、主要国の全世界におけるシェアをマッピングしました。一番上の軸は化学です。続いて時計回りに、材料科学、物理、計算機科学・数学、それから工学、環境生態学、地球科学、臨床医学、基礎生物学となります。データベースでは基礎生物学は農学から生化学、微生物学、薬学等々10くらいに分類されておりますが、ここでは1つにまとめてあります。

それぞれの国の80年代始めのシェア、90年代初めのシェア、最近2000年ごろのシェアのマッピングをしています。最近を表す赤い線にご注目ください。まずアメリカをごらんいただきますと、左側に出っ張っています。基礎生物学、臨床医学、環境関係です。工学がまあまあで、数学もまあまあ。物理、材料、化学、これらはどちらかというところと相対シェアが小さい。これがアメリカの現状です。

続いて日本です。日本は見事なまでにアメリカと補完関係にあります。アメリカが強い左側はへこんでいます。逆に、アメリカが弱かった第1象限、具体的には物理、材料、化学が大きく出っ張っています。これが日本の状況です。

ヨーロッパのイギリス、ドイツ、フランスを見ていただくと、まず、これらの国々では大体円に近く、バランスが比較的とれているのが特徴です。もう少し詳しく見ていくと、イギリスは臨床医学がやや出っ張っている。ドイツは物理が出っ張っている。フランスの強みは数学・コンピューター

サイエンスにある。ということで、全体として比較的バランスがいい上に、各国それぞれどこかに強みを持っているという特徴があります。

ご存じのとおりEUでは、ヨーロッパ・リサーチ・エリアですとか、ヨーロッパとしてのセンターオブエクセレンスのプログラムなどを進めております。各国それぞれ特徴があって強みがありますので、このようなプログラムにおいて、うまくすみ分けができるような構造になっているという気がいたします。

日米欧という言い方をよくいたしますが、ヨーロッパあるいは北米に日本単独で対抗するのは、経済規模を見ても人口を見てもちょっと苦しいというのが現実です。そこで、アジアでのアライアンスが課題になってまいります。現時点の中国、韓国の構造を見ますと、見事なまでに日本のミニチュアです。いずれも第1象限に強みがあり、ヨーロッパタイプの相互補完的な連携関係は単純にはアジアでは成立しない可能性が強いということが言えます。

ただ、相互補完だけがアジアの連携あるいは亜米欧3極のパワーバランスをとる方法というわけではありませんので、似ていることが悪いということでは全くありません。ヨーロッパとタイプが違うということを前提にアジアでの戦略を考える必要があるということが、この分析の結果として出てくるということです。

(スライド34 24頁) これは同様に80年代の論文産出量を1とした場合に、1990年代と2000年代で、何倍ぐらいまで拡大しているかというものを見たものです。全世界をごらんいただきますと、一番倍率が拡大したのは材料科学です。日本は材料科学が強いんですが、これは世界が撤退傾向にある中で日本だけが残っているというようなネガティブな話では決してなく、全世界で最も論文分量が増えたところで、日本は著しくシェアを伸ばし同時に質も上昇させたということが出来ます。

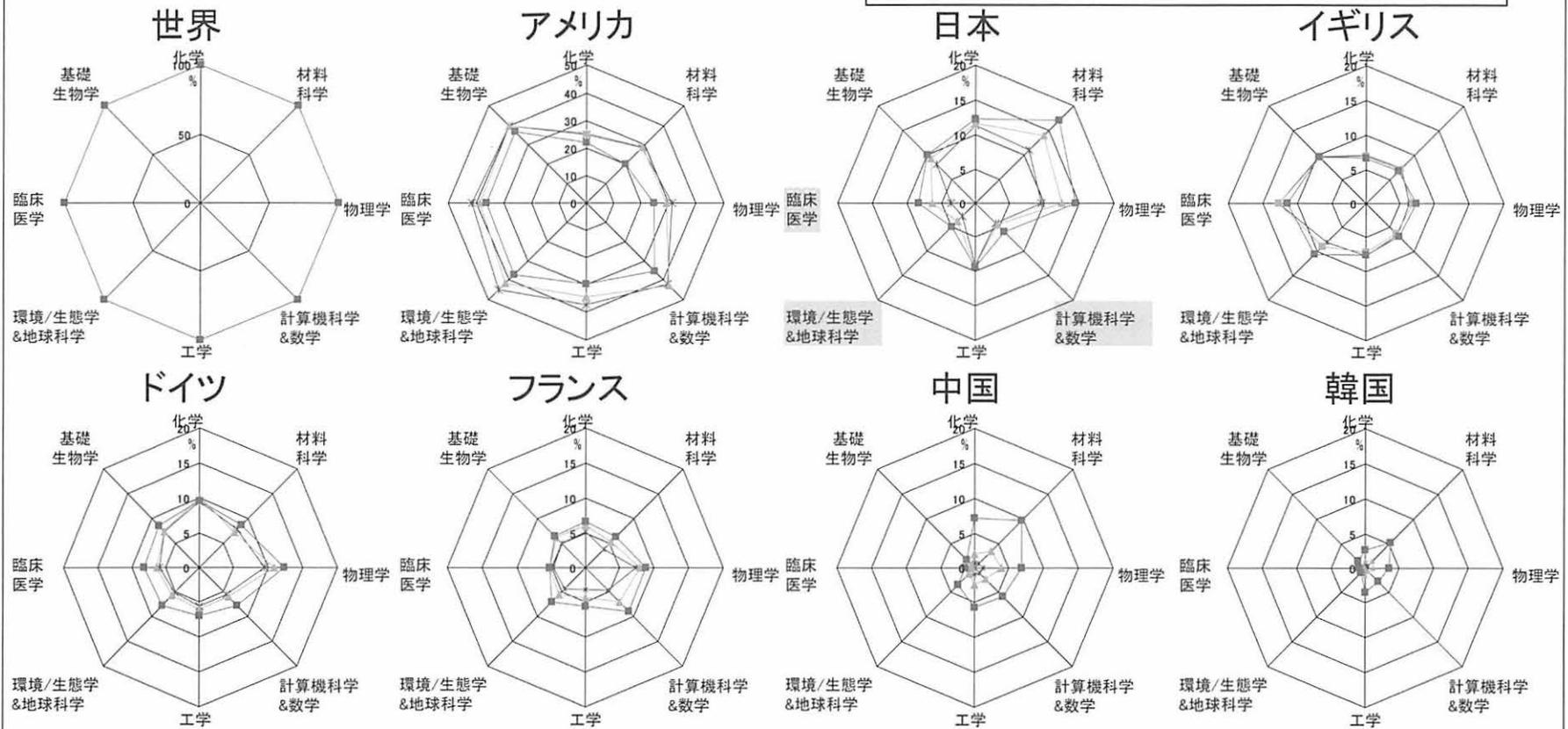
日本の場合、伸び率も分野間の差が大きく、絶対量では小さい臨床医学も伸び率は随分高い値を示しています。ただ、もとが小さかったということと、世界も伸びていますので、世界でのシェアはあまり上昇していないということです。

統計的分析

各国の論文産出における論文シェアのバランス

●日本は、計算機科学&数学、環境/生態学&地球科学、臨床医学は論文シェアが低い。

✱ 1983-1987年 ▲ 1991-1995年 ■ 1999-2003年



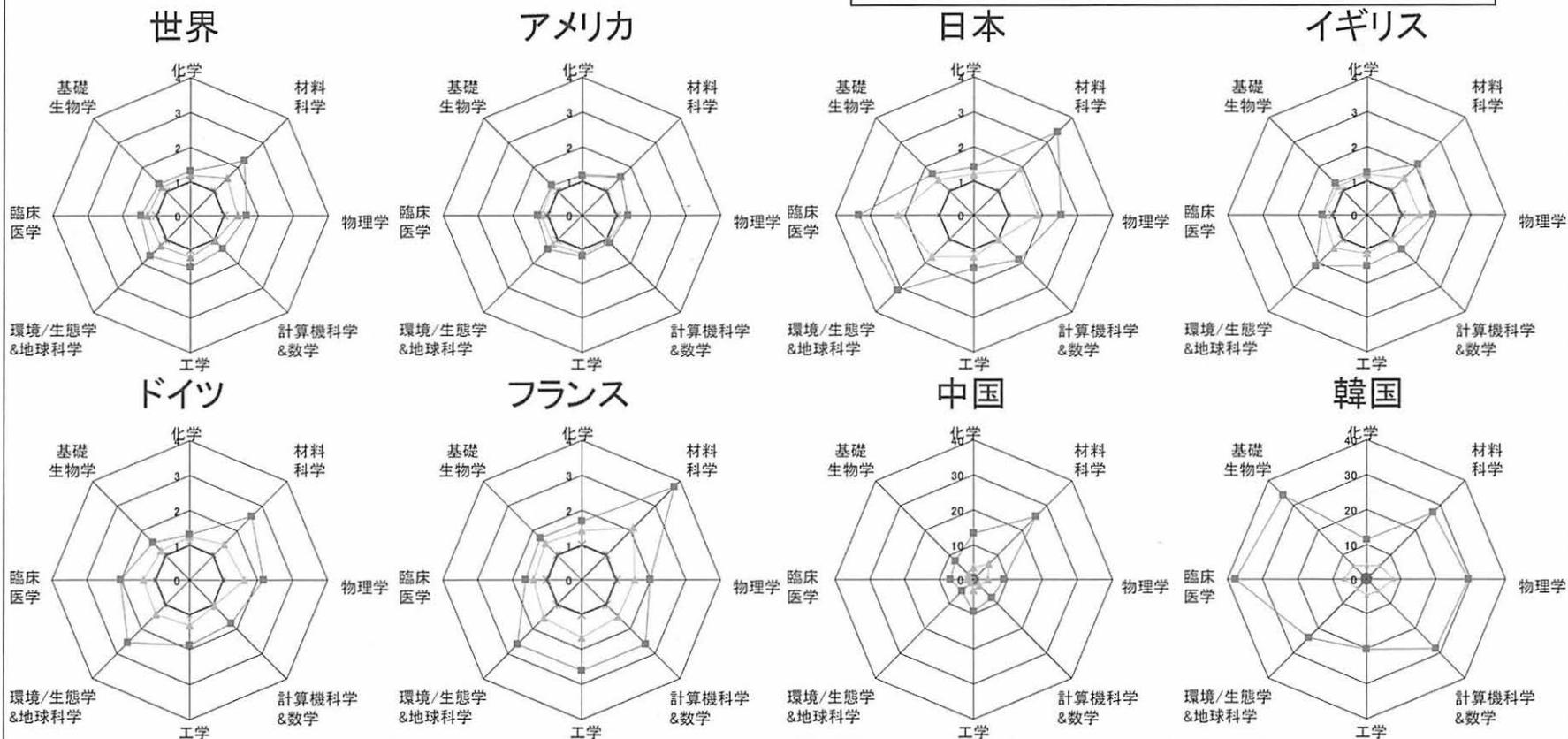
(注)このグラフでは、17分野を8つに集約している。基礎生物学は、農学、生物学・生化学、免疫学、微生物学、分子生物学・遺伝学、神経科学・行動学、薬理学・毒性学、植物・動物科学の分野を含む。

統計的分析

各国の分野別論文産出量の変化

- 各国ともに材料科学の伸びが大きい。
- 日本の臨床医学および環境/生態学は、ポートフォリオでは1に満たないが増加率は大きい。

✱ 1983-1987年 ▲ 1991-1995年 ■ 1999-2003年

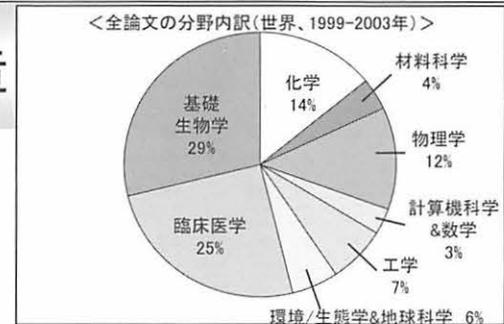


(注)このグラフは、1980年代の各国の各分野の論文生産量を1としたときに、1990年代、2000年代にどのように変化したかを表わしたものである。基礎生物学は、農学、生物学・生化学、免疫学、微生物学、分子生物学・遺伝学、神経科学・行動学、薬理学・毒性学、植物・動物科学の分野を含む。

統計的分析

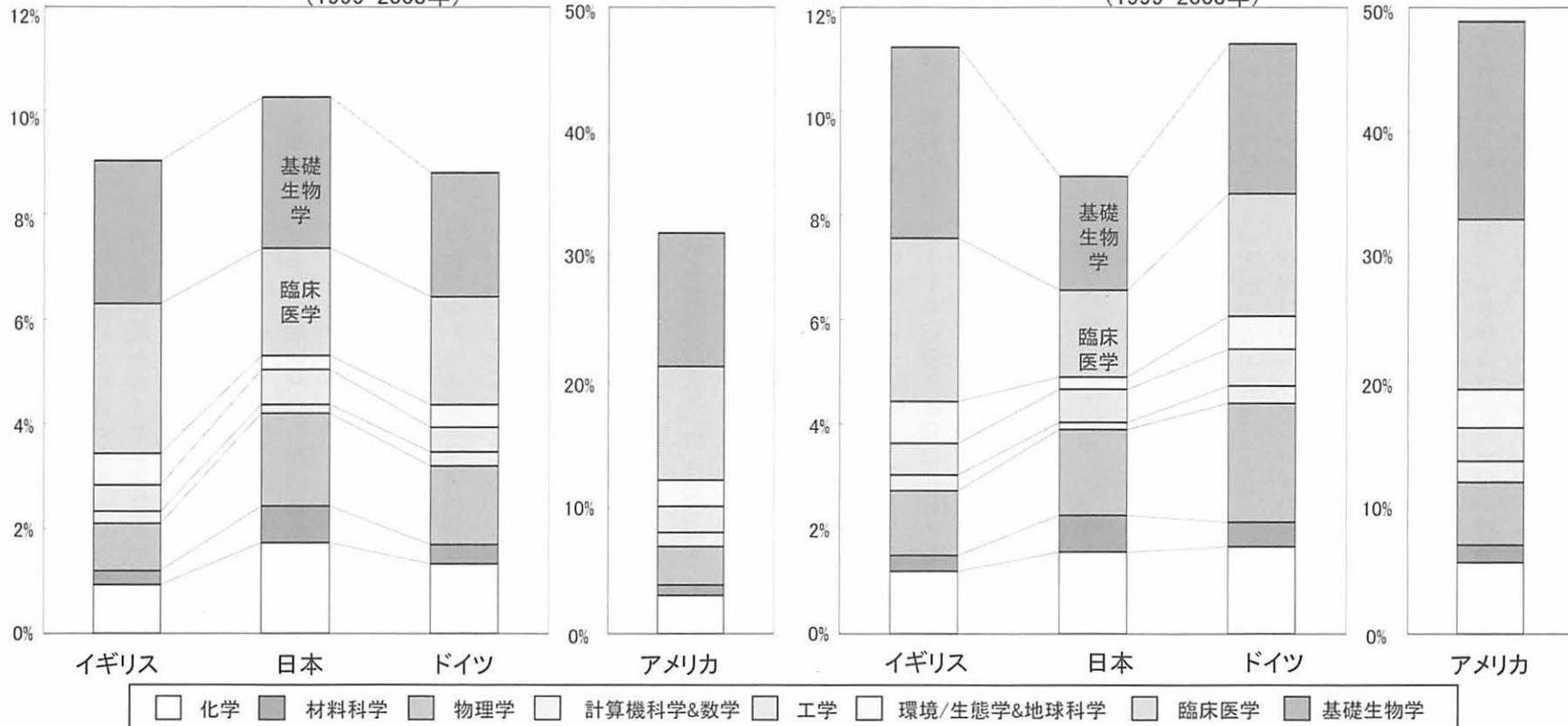
国としてのTOP10%論文シェアの分野別構造

●全論文の質を表す一つの指標であるTOP10%論文シェアを上げるためには、基礎生物学および臨床医学のシェアを伸ばす必要がある。



＜全論文シェアの分野内訳＞
(1999-2003年)

＜TOP10%論文シェアの分野内訳＞
(1999-2003年)



その他幾つかの分野の傾向をごらんいただきますと、今申し上げた材料科学は英独仏を圧倒して、アメリカに近づいているという状況です。物理学は最近ドイツの質が著しく上がっていますが、日本もずっと上がってきており、既にニュートンを生んだイギリスを圧倒しているという状況です。

弱いと言われる生命系でも、免疫学は90年代、特に質の上昇が見られました。臨床医学は残念ながら、量の拡大にとどまっています、いかに質を上昇させていくかがこれからの課題という状況です。

全体の分野のバランスを見ますと、日本では、トップに位置するのが材料、続いて物理、化学と来まして、絶対シェアが足りず下位にあるのが、環境・生態学、計算機科学、数学、地球科学、臨床医学という順番になります。この辺の分野はバランス的に非常に弱いということが言えます。

昨年7月にイギリスの首相科学顧問のデービット・キングが『Nature』にイギリスの科学のパフォーマンスが良いという論文を書きました。イギリスを自画自賛するのはともかくとして、主要国との比較で日本も参照されたのですが、彼ら流に料理をすると、日本のデータはミザラブルでした。1つの理由は先ほどの研究者数です。研究者数が過大評価になっていますので、1人当たり生産性を計算すると非常に低くなります。

(スライド38前頁) 次に、量では日本はイギリスを上回っているに、質では下回ってしまう原因は一体どこにあるのかというものを構造的に見てみました。これは論文量の世界シェアを分野ごとに積み上げたもので、左からイギリス、日本となります。グラフの下のほうの化学、材料、物理では日本はイギリスを圧倒しているんですが、上の2つ、臨床医学と基礎生物学で大分追いつかれて、こういう構造になっています。

論文の質を表すトップ10%論文のシェアを見ますと、依然としてグラフの下の方の3分野、物理・化学系では、イギリスをずっと上回っています。しかし、臨床医学と基礎生物学の高被引用論文がイギリスに大きく負けますので、トータルでは負けてしまうという構図になっています。

そもそも世界の論文の分野ごとのシェアの構図

を見ますと、基礎生物学が全体の30%、臨床医学が全体の25%で、この2つを合わせると55%あります。日本が強い材料科学は4%しかありません。したがって、材料科学をこれからいくら強化しても、数字的には全体でイギリスを上回ることは全くあり得ません。シェアの大きな生命系の質的向上がない限り、イギリスに絶対追いつけません。生命系分野の強化が日本として良い戦略かどうかは別途検討を要することではありますが、統計的議論としては自然とそうなります。

●科学のホットな領域の抽出と分析—新たな手法の紹介

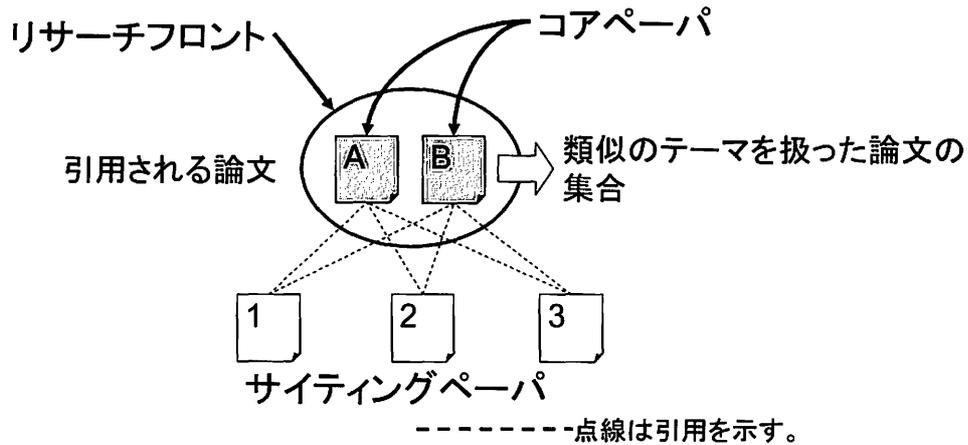
さらにもう1つ、論文の分析で、今回科学技術政策研究所で全く新たに開発した手法による分析結果をご紹介します。問題意識は、世界の研究者がτζばぜりあい合いをしているホットな領域というのは一体どういうところなのか、これを論文分析から見出そうということです。

(スライド40) この分析の基本としているのは、「共引用」の関係です。ある論文Aと論文Bについて、別の論文1の著者がA、Bを一緒に引用した。それから論文2の著者もA、Bを一緒に引用した。論文3の著者も同様という具合に、A、Bを一緒に引用する著者がたくさんいれば、この論文AとBには何らかの関係があるということが推定されます。あくまでも何らかの関係と言っているだけで、同じテーマを扱っている重要な論文なのかもしれませんし、Aが何か問題を提起して、Bが答えを出したのかもかもしれません。あるいはAが何か間違いをして、Bがそれを問題提起したとか、いろいろなことが考えられ、どんな関係なのかはわかりません。ただ一緒に引用されている以上何かの関係があるということだけです。

この関係の強さだけを使って、論文群をグルーピングしていくというのが、この手法の基本コンセプトです。2段階でグルーピングするのですが、まず各分野で被引用の高い論文を選び出して、これをスタートポイントにします。2段階でグルーピングして、ある程度の大きさを持つ研究領域を見出していこうというアプローチです。

詳しいフローチャートがありますが、量的なこ

共引用の関係



Ref. Small H G. Co-citation in the scientific literature; a new measure of the relationship between two documents. *Journal of the American Society for Information Science* 24:265-9, 1973.

とだけ簡単に申しますと、最初のスタートポイントとなる被引用の高い論文として、データベースの22分野で、過去6年間のそれぞれで上位1%に入るものを選びました。1997年から2002年の6年間で、22分野の合計として45,000あります。

(スライド42次頁) これを先ほどの共引用関係の強さを用いて2段階でグルーピングしました。統計でいうクラスタリングを行ったということです。最初のグルーピングの段階で約5,000のグループが生まれました。どのグループにも属さない、スタンドアローンな論文というのも当然あります。できたグループが5,000だったということです。次にその5,000をさらにグルーピングしました。この際にも先ほどの共引用関係を、グループに対して適用しています。結果として700ほどのもっと大きなグループができ上がりました。これがグルーピングに関するフローです。

もう1つは、ホットな領域を見出したいということです。ホットな領域とは一体何かといえば、多くの研究者がどんどん参入してきている領域がホットであろうと考えました。したがって、先ほどのトップ1%の論文がたくさん引用されており、かつ、引用度が時間とともに拡大している領

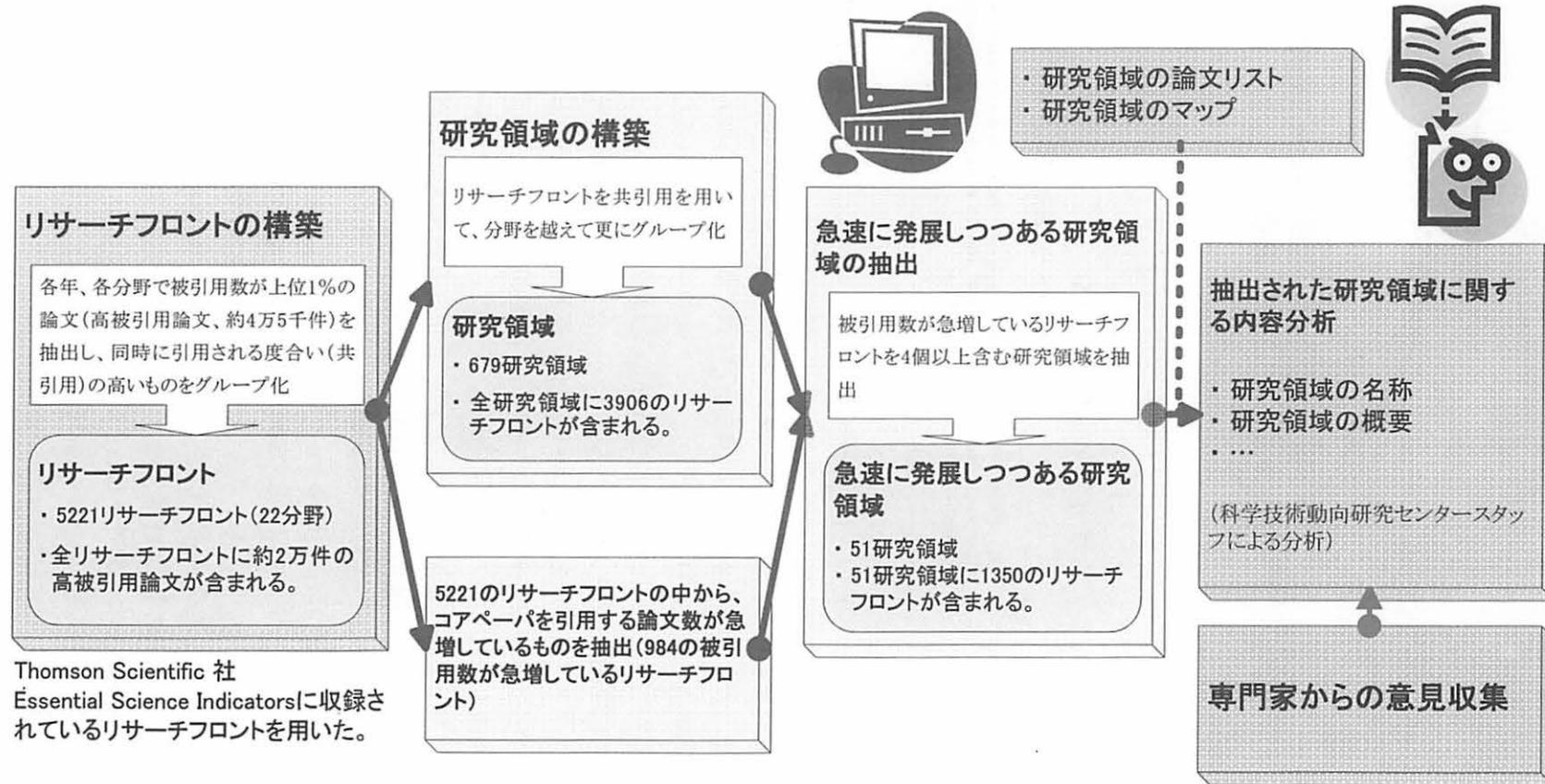
域と言うことになります。当然、成熟している領域では引用はあまり増えないと考えられます。いろいろなケースが考えられますが、大きなグループで被引用がどんどん増えているところはホットな領域と考えられるだろうというのが、この分析の前提です。

(スライド44 29頁) 分析の結果としてこういう領域図が出てきました。図の中に丸があります。45,000の論文について第1段階のグルーピングをして、5,000個のグループができたと申しましたが、この丸はその5,000個のグループの一つをあらわします。赤丸は被引用が著しく増えているものです。5,000個のうち、上位20%に入る1,000個ぐらいに赤丸がついています。それから黄色い丸があります。黄色い丸は6年間のデータの中で最後の年に新たに生まれたグループです。これは新しいものということになります。

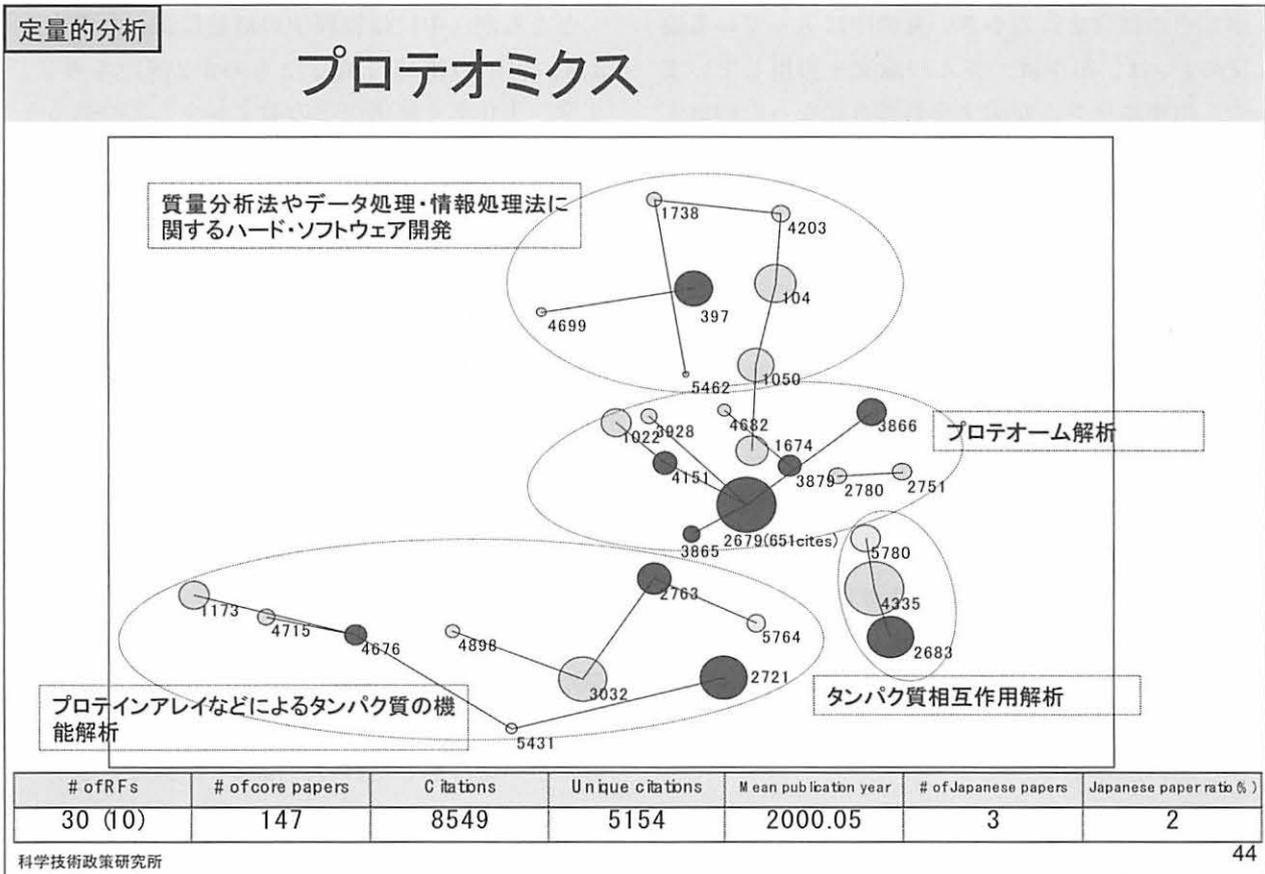
丸の大きさは、そのグループに含まれる論文が6年間で引用された数をあらわします。大きな丸はたくさん引用された論文群であるということが出来ます。

続いて位置関係の意味です。丸で表される第1段階の論文グループも共引用関係でさらにグルー

急速発展領域の抽出



大規模なデータベース分析
+ 最先端の研究領域についての知識



ピングしましたので、共引用が強いものは近くに配置するという重力モデル、あるいはスプリングモデル（バネモデル）でマップが描かれています。

ある丸にとって一番関係が強い丸との間だけに実線が引かれています。線がないところも共引用関係がないわけではありませんが、それは2番目以下の強さであるとお考え下さい。このように描かれていますので、方向には意味がありません。上へ行くほど、右へ行くほど何かが強いというようなことはありません。相対位置の関係だけが表されています。

コンピュータによってこのようなマップがまず出力されます。それぞれの丸に含まれる論文がどんなものかもわかります。次に人間がその中身を見て判断していくというプロセスになります。読み込んでいきますと、いくつかの固まりで構成されているというような構造が見えてきます。例えばこのスライドが何をあらわすかということを読んでいきますと、上の方の丸の固まりは質量分析法とデータ・情報処理というハードとソフトウエ

アのことを扱っています。この中段にある固まりはプロテオーム解析を扱っている。右下にはタンパク質の相互作用に関する論文が集まっており、左下にはプロテインアレイやタンパク質の機能解析の論文が集まっています。

このような読み込みをしていきますと、このスライドに示されるグループ全体はプロテオミクスであるということがわかります。この解釈については、まず一次解釈を私どものスタッフが分担して行い、その妥当性を専門家にチェックしてもらうという手順で行いました。

続いて、ニュートリノ研究のマップ（スライド45省略）を見ていただくと、中心に大きな丸があるスター型の構造になっています。プロテオミクスの場合はネットワーク型でしたが、いろいろな構造があります。中心にあるのがスーパーカミオカンデで書かれた論文群です。比較的大きな丸に、世界の研究機関や研究施設ごとの論文がまとまる傾向にあります。

個別の論文について言及しますと、プロテオミ

クスが一番上のグループが質量分析法なのですが、そこに含まれる小さい丸の中に入っている論文の1つは、田中耕一さんの論文を引用しています。田中耕一さんが論文をお書きになったのはずっと前ですから、この中には直接含まれていませんが、そういうこともわかります。ニュートリノの場合は、日本の研究施設が世界の研究の中で中核的位置を占めているということがマップに表現されています。

もう1つ別の例を紹介します。これは超伝導の領域ですが（スライド46省略）、 MgB_2 の論文群と重い電子系の超伝導物質の論文群の2つの構造で構成されています。さらにこの例について論文の中身を分析していきますと、6年間のうち最初の4年間は重い電子系超伝導物質の論文だけです。5年目に秋光先生の MgB_2 に基づく論文がでて、6年目には上位1%にはいる論文のすべてが MgB_2 になるという急激なシフトが起こっていることがわかります。

同様にプロテオミクスで6年間の最初の年は分析装置に関する論文が過半ですが、3年目からはそれを使ったタンパク機能に関する論文が急増しています。したがって、6年の間に、最初は分析装置中心で始まった領域が、その装置を使う研究にシフトしたということがわかります。

●学際・融合領域の重要性と日本の実力

3例だけ紹介しましたが、約700の領域の中で赤丸がたくさんあるホットな領域150を詳しく分析するとともに、この150領域のマップも作りました。ここでは含まれる論文が掲載されたジャーナルが、物理学、化学などのどのような分野のジャーナルかを調べて、その近似性—例えば物理学が約8割、工学が2割というような分野間の比率が近いかどうかということ—を関係として使ってマッピングしています。

（スライド48）各領域を構成している論文が掲載された雑誌の分野を見て、6割以上が例えば臨床医学の雑誌で占められているようなケースは、臨床医学という伝統的な学問分野に根ざした研究領域だろう考えられます。このようなケースについては、マップの周辺の物理、化学などの分

野の中に領域が位置づけられています。

ところが、中には物理学の雑誌に載った論文が3割、化学の雑誌に載ったものが2割、さらに、工学、生化学や臨床医学の論文も少しずつあるというようなケースがあります。このように、論文が掲載された雑誌の分野を調べていくと、特定の分野に偏らない領域が全体の約3分の1あるということがわかりました。これらはまさに学際的あるいは分野融合的な領域であると考えられます。

次期基本計画においても、学際領域あるいは融合領域をどうするかは大きなアジェンダになっておりますけれども、これはなかなか難しい問題を包含しているなという気がしておりました。例えばナノバイオロジーというのはだれが見ても学際領域です。ナノとバイオですから。ただ考えますと、バイオロジーの相当部分はもともと分子生物学だったわけですから、ナノレベルでやっていました。10年前に今のナノバイオロジーに類するものが一切なかったわけではなく、ある程度あったわけです。

ところが、ナノバイオロジーという名前がつくとこれは学際領域だということになるわけです。どう名前をつけるか次第で学際になる、あるいは名前のつけようによって学際であることが意識されたり、あまり意識されなかったりするということがあるのではないかという気がしておりました。この方法はそういうネーミングと関係なしに、物理学の雑誌に載るような、あるいは載せるような人が何割、臨床医学の雑誌の論文を書くような人がどのくらい参画しているかという状況を機械的に示すことができますので、学際領域を客観的に見出せるというメリットがあると思います。

この分析から出てきた重要な政策的含意をあげてみたいと思います。まず第1に、ホットな領域を150選んでよく分析しましたら、3分の1は学際領域であるという結論になったことです。

第2は日本の強さがどこにあるかです。スライドの周辺部分に小さな字で領域名が書いてあって、色がついております。オレンジ色、黄色、水色、白となっているんですが、オレンジ色の温かい色ほど日本の論文シェアが大きくて日本が強い、白になるとほとんど存在感がないという分類

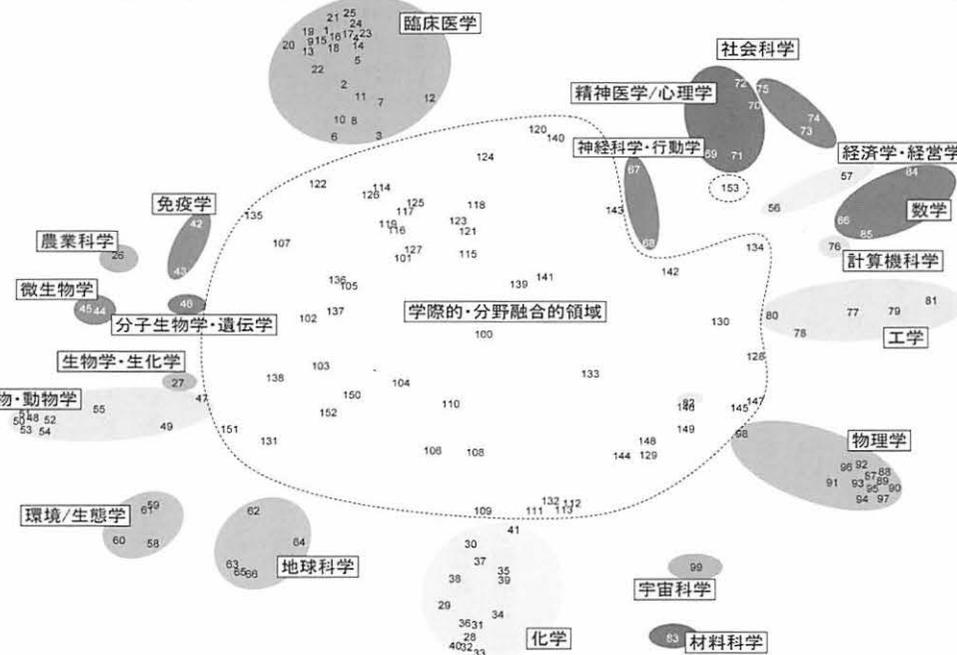
定量的分析

科学における急速に発展しつつある領域

- ISIデータベースの22分野毎の被引用上位1%論文(コペーパー)を抽出し、それらの共引用の度合いを指標にグループ化して、研究領域を抽出した。約700のグループのうち、被引用数の伸びが大きい(発展しつつある)150領域を示す。
- 物理学、植物・動物学、化学の研究領域において、日本のコペーパーの比率が高い。
- 全体の約1/3が境界的・分野融合的領域(特定分野のコペーパーが60%を超えない。)であり、そこで日本は健闘している。

分野	ID	研究領域名
臨床医学	1	急性冠動脈病に關する研究
	2	2型糖尿病とアミロイド線維症の研究
	3	癌を治療を目的とした免疫研究
	4	薬品圧迫治療に関する研究
	5	がんの分子標的薬的研究
	6	バイオマーカーに関連した大腸癌、膵臓癌に関する研究
	7	免疫系を調整する上での免疫調節剤に関する研究
	8	ウイルス性肝炎
	9	大腸がんの補助化学療法の効果評価
	10	アルツハイマー病を中心とした認知症の発症メカニズムの研究
	11	抗体を用いたリンパ腫の治療法
	12	急性冠動脈病に対する介入治療
	13	痛風性腎臓病および腎臓病の発症メカニズムに関する研究
	14	ホルモン療法
	15	腫瘍免疫の調節剤の開発と臨床への展開
	16	前立腺がんの外科的治療法
	17	2型糖尿病(インスリン非依存型糖尿病)
	18	腎臓病と免疫系との関連
	19	アミノ酸シグナル伝達に関する研究
	20	多発性骨髄腫に対する骨髄移植に関する研究
	21	心不全治療研究
	22	白血病に対する新規治療法の臨床研究
	23	がんの遺伝子発現調節とがん治療法の開発
	24	外科手術における止血剤の開発
	25	癌がんの化学療法

分野	ID	研究領域名
農学	26	アミノ酸の生理作用
	27	タンパク質アミノ酸の研究
	28	自己組織化
	29	酵素・糖体触媒
	30	有機/無機ハイブリッド材料
	31	イオン液体
	32	ポリグラフト重合
	33	非平衡系・非平衡系物質の生成と安定性に関する研究
	34	有機材料・有機材料・有機材料の合成と応用
	35	高分子材料の合成と応用
化学	36	分子生物学
	37	ナノ粒子のバイオ分野への応用技術
	38	マイクロ波を利用した有機合成
	39	分子生物学
	40	高効率有機化合物のメカニズム
	41	植物の光合成と呼吸作用のメカニズムに関する研究
	42	CD44とECMとの相互作用に関する研究
	43	植物の光合成と呼吸作用のメカニズムに関する研究
	44	バイオ燃料の研究
	45	大腸菌の遺伝子発現プロファイル
免疫学	46	DNAメチル化
	47	植物の免疫応答
	48	植物の免疫応答
	49	大気・土壌の酸化による植物の成長促進
	50	植物の免疫応答
植物・動物学	51	シロイヌナズナを用いた分子生物学研究
	52	植物の免疫応答
	53	植物の免疫応答
	54	植物の免疫応答
	55	植物の免疫応答



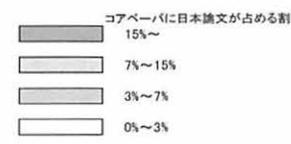
分野	ID	研究領域名
境界的・分野融合的領域	100	神経伝達物質の調節に関する研究
	101	細胞の生体シグナルの分子生物学的研究
	102	G-タンパク質受容体の構造と機能に関する研究
	103	細胞内シグナル伝達
	104	メタボリック
	105	がん細胞の増殖と転移に関する研究
	106	緑茶色素を用いた分子イメージング
	107	活性酸素による心血管系への酸化ストレス
	108	プロテオミクス
	109	植物の免疫応答
境界的・分野融合的領域	110	インフルエンザに関する研究
	111	シリコン系二次電池の応用材料
	112	近接分光イメージング
	113	リチウムイオン二次電池の負極材料
	114	ペルオキシド増殖剤感受性受容体に関する研究
	115	①アルタレンゼクター ②がんの成長阻害
	116	アトラーシスの分子機構
	117	植物の免疫応答
	118	植物の免疫応答
	119	植物の免疫応答

分野	ID	研究領域名
境界的・分野融合的領域	120	神経細胞の再生に関する研究
	121	DNAマイクロアレイによる遺伝子発現解析
	122	自閉症に関するスクリーニングの必要性
	123	大気中粒状物質の健康影響
	124	メタボリック
	125	分子イメージング
	126	うつ病に対する実践的治療計画
	127	プロテオミクス
	128	MYC遺伝子の機能的研究
	129	プロテオミクス
境界的・分野融合的領域	130	植物の免疫応答
	131	植物の免疫応答
	132	植物の免疫応答
	133	植物の免疫応答
	134	植物の免疫応答
	135	植物の免疫応答
	136	植物の免疫応答
	137	植物の免疫応答
	138	植物の免疫応答
	139	植物の免疫応答

分野	ID	研究領域名
境界的・分野融合的領域	140	病原微生物のゲノム解析
	141	ヒトシロイヌナズナに由来する遺伝子発現解析
	142	RNAi (RNA interference)
	143	神経変性疾患に関する研究
	144	多発性硬化症の診断・治療法開発
	145	がん治療法に関する研究
	146	がん治療法に関する研究
	147	がん治療法に関する研究
	148	がん治療法に関する研究
	149	がん治療法に関する研究
境界的・分野融合的領域	150	植物の免疫応答
	151	植物の免疫応答
	152	植物の免疫応答
	153	植物の免疫応答
	154	植物の免疫応答
	155	植物の免疫応答
	156	植物の免疫応答
	157	植物の免疫応答
	158	植物の免疫応答
	159	植物の免疫応答

分野	ID	研究領域名
経済学・経営学	56	労働力多様化時代における公正の問題
	57	労働と健康に関する研究
	58	労働と健康に関する研究
	59	労働と健康に関する研究
	60	労働と健康に関する研究
環境/生物学	61	環境と健康に関する研究
	62	環境と健康に関する研究
	63	環境と健康に関する研究
	64	環境と健康に関する研究
	65	環境と健康に関する研究
地球科学	66	地球科学に関する研究
	67	地球科学に関する研究
	68	地球科学に関する研究
	69	地球科学に関する研究
	70	地球科学に関する研究
神経科学/行動学	71	神経科学に関する研究
	72	神経科学に関する研究
	73	神経科学に関する研究
	74	神経科学に関する研究
	75	神経科学に関する研究
精神医学/心理学	76	精神医学に関する研究
	77	精神医学に関する研究
	78	精神医学に関する研究
	79	精神医学に関する研究
	80	精神医学に関する研究
社会科学/教育	81	社会科学に関する研究
	82	社会科学に関する研究
	83	社会科学に関する研究
	84	社会科学に関する研究
	85	社会科学に関する研究

分野	ID	研究領域名
計算機科学	86	計算機科学に関する研究
	87	計算機科学に関する研究
	88	計算機科学に関する研究
	89	計算機科学に関する研究
	90	計算機科学に関する研究
工学	91	工学に関する研究
	92	工学に関する研究
	93	工学に関する研究
	94	工学に関する研究
	95	工学に関する研究
材料科学	96	材料科学に関する研究
	97	材料科学に関する研究
	98	材料科学に関する研究
	99	材料科学に関する研究
	100	材料科学に関する研究
数学	101	数学に関する研究
	102	数学に関する研究
	103	数学に関する研究
	104	数学に関する研究
	105	数学に関する研究
物理学	106	物理学に関する研究
	107	物理学に関する研究
	108	物理学に関する研究
	109	物理学に関する研究
	110	物理学に関する研究
宇宙科学	111	宇宙科学に関する研究
	112	宇宙科学に関する研究
	113	宇宙科学に関する研究
	114	宇宙科学に関する研究
	115	宇宙科学に関する研究



になっています。臨床医学の欄を見ていただくと、ほとんどが白で、日本の存在感はあまりありません。一方、物理学では、オレンジがたくさんあります。化学もオレンジ色、黄色がたくさんある。植物・動物学もオレンジ色、黄色があります。スライドの下の方の中央の3つの欄が学際領域です。もちろん白もありますが、オレンジ、黄色も相当あります。即ち、この分析により客観的に抽出された学際・融合領域において、日本のポテンシャルはかなりあるというのがこの分析からの重要な結論です。

日本は学際領域や融合領域が苦手なのではないかという議論を耳にすることが時々ありますが、このような分析を積み上げた限り、決してそんなことはないということです。したがって、今後の推進戦略においても、ここは日本の苦手部分だからという前提で考えるのではなくて、日本は十分世界と戦うポテンシャルがある、それをいかに伸ばすかということで戦略を考えることが重要だと思います。

以下、150領域の中で、日本が強い領域を紹介します。酸化物超電導物質、生物時計、ニュートリノ研究、それからカーボン・カーボンの結合反応などなどがあります。12の領域で日本のシェアが10%を超えており、酸化物超電導では34%に達しています。また典型的な学際領域の事例として分子イメージングをあげることができます。この領域は、論文のジャンル構成を見ますと、生物学・生化学が18%、臨床医学が48%、工学が18%で、さらに物理学が6%、計算機科学3%という状況です。分子イメージングはこのように多様なディシプリンで構成されていることがこの分析からわかります。

そのほかにも、幾つか興味深い分析結果が出てきました。まず150領域の1つのカーボンナノチューブのケースです。カーボンナノチューブの領域を構成している上位1%の論文、これをコアペーパーと呼んでおりますが、その分野別推移を見るとともに、これらのコアペーパーを引用したすべての論文の分野構成をチェックしてカーボンナノチューブの研究の動向を見ました。

一般には、研究動向を調べる場合、キーワード

を用い論文データベースの分析を行うこととなります。キーワード分析は有力な手法ですが、前提としてカーボンナノチューブというようなキーワードがあるディシプリンの世界の中で定着していることが必要になります。ただ新しい概念や領域が生まれる時期というのは、いろいろな表現が使われていて、もやもやしている時期なのですね。しばらくすると用語が定着して、定着した後はキーワード分析が有効になるのですが、その前の時期はうまく分析できません。この手法では、結果的にカーボンナノチューブという領域を構成しコアペーパーを引用しているすべての論文を見ていますので、キーワードに関する制約から解放されています。

カーボンナノチューブに関する全論文の国別シェアを3年移動平均を取って見ていきますと、当初からアメリカが全体の60%ぐらいを占めていて、だんだん下がりましたが、今でも30%を超えています。日本は98年に約20%で、今は15%位です。2002年に中国に追い抜かれました。これが、残念ながらカーボンナノチューブで実際に起こっていることです。

もう1つの例としてRNAiを紹介します。遺伝子のセントラルドグマではRNAは単にDNAの情報を伝達する役割しか持たないということになっていますが、これに反して、小さなRNA断片が遺伝情報発現をかなりコントロールする役割をしていることが新たにわかって、今注目されているテーマです。面白いのはコアペーパーの分野別シェアの変化です。この現象はもともと植物で見つかりましたので、初年度の1997年は植物・動物学の論文がすべてを占めていました。ところがわずか6年の間に、分子生物学、生化学、微生物学をはじめ、臨床医学までが一定の比率を占めるようになっていきます。植物から6年で臨床応用まで広がったわけです。したがって、こういうホットな学際領域ではどんどん新しい領域の研究者が参入してくるわけで、そういう多様な人が迅速に参入できるような研究システムを用意しないと、世界の動きに対処できないということがここから見えてきます。

●海外専門家による日本の評価

論文の話が続きましたので、定性的な観点から海外の代表的な研究者に日本の科学技術について聞いた結果に移りたいと思います。全体として25の分野に分けて、各分野で米国から2名、ヨーロッパから1名を選んでインタビューをしました。アメリカはRANDコーポレーションに、ヨーロッパはイギリスのマンチェスター大学PRESTにそれぞれ依頼して、調査をしてもらいました。

インタビューで聞いてもらったのは、それぞれの専門領域の中で、日本の科学技術をどう見ているか、日本のどんな成果に注目しているか、さらに日本に対する何らかのコメントという内容で、大体1人あたり30分くらいの電話インタビューをしてもらいました。

全体の大きな流れからいいますと、ライフサイエンス系、情報通信系、環境系、ナノテク・材料系という形でとらえますと後の方ほど日本の評価が高く、ナノテク・材料系がトップでした。ライフサイエンス系が4つの中で一番弱かったのは、論文分析とも一致しているのですが、興味深いのは環境系です。論文では環境や生態学における日本のシェアは決して高くありませんでした。ところが海外からの評価では日本の環境系の科学技術はわりと良いということになりました。

コメントの内容を見てまいりますと、まさに良いと評価されたのは日本の環境技術です。環境技術は非常に良い評価を受けましたが、日本の環境科学を高く評価するコメントはありませんでした。こういう方式を取りますと、科学以外のところも見えてくるということです。

(スライド57次頁) 細かいリストで恐縮ですが、海外の専門家から出てきたキーワードです。日本のどんな成果に注目しているか、高く評価しているかについて、いろいろなものがリストアップされています。アンダーラインを引いてあるところは特に強調されたもの、あるいは複数の方から出てきたテーマや領域をあらわします。

注目されますのは、ライフサイエンス系の中で、ヒトゲノムプロジェクトに対する日本のコントリビューション、あるいはイネゲノムでのそれが特

にアメリカの研究者から高く評価されていることです。日本国内ではゲノムは敗戦だったとかいう本まで出ているんですが、世界は違う評価をしているということがはっきりいたしました。

それから環境系では地球シミュレーターを用いた環境シミュレーション研究、ナノテク・材料系ではスーパーカミオカンデやSPRing-8で行われている研究、これらは非常にすばらしいという評価が出てまいりました。

●海外専門家から提起された問題

そのほかにもいろいろな意見が出てきて、それぞれおもしろいのですが、2点だけ申し上げます。まず第1点は多くの外国人専門家から出てきた重要なキーワードで、日本の研究に深さが欠けているということを指摘する「ラック・オブ・デプス」という表現です。

(スライド58 35頁) これは幾つかの意味で使われています。1つは、発見から実用化につながるフローが日本ではうまく機能していないという指摘です。典型例として生化学の事例を挙げることができます。例えば新しい重要なタンパク質を日本の研究者が世界で初めて発見するというような例は最近たくさん出てきて、これはすばらしい。ただ問題は、新しいタンパク質が見つかって構造解析ぐらいまでは日本で行われるのですが、次のステップとしてそれを医薬品に応用するとか、あるいは何かの生産に応用するとか、そういう下流への技術展開がなされるべきなのですが、それは日本ではほとんどなされないということです。注目されるタンパク質であれば、アメリカとかヨーロッパでそのようなフォローの研究がなされているのが実情で、これは日本にとって非常にもったいないのではないかと指摘です。

2つ目は、研究者の母集団の層の薄さへの言及という意味です。ある分野で日本の研究者が華々しい仕事をするのがいっぱいある、ところが何年かたつて、そういう人たちが少し上の年齢層に上がってくると、それを継ぐ人が日本から出てこない。トップクラスの研究者のバックヤードに十分な人材がいないケースが多いのではないかと指摘です。

主観的分析

3. 海外トップクラスの科学者・研究者が各専門領域で高く評価した日本の代表的成果リスト

分野名	地域	①研究成果	②世界的研究施設 ③国際共同研究
ライフサイエンス系	米国	【生物1】糖鎖研究、グリカン構造の解明【生物2】アルツハイマー病関連のペプチド分解の酵素の機能の発見【免疫1】AIDタンパク質の発見、抑制性T細胞研究、インターフェロンやサイトカインの制御。【微生物1】抗生物質の開発【微生物2】嫌気性菌を利用した環境浄化、分子生物学レベルでの環境問題への微生物応用【臨床1】薬剤の安全性研究、ワクチン開発研究、肝炎(B型、C型)、癌、血液学、泌尿器科学、HIVなどの分野【神経2】脳の特定神経細胞の選択的除去と当該細胞の機能解析、抗癌薬として使われる結果になったタンパク群のクローニング【神経3】霊長類の神経生理と認知の脳機構に関する研究【薬学1】毒性化学物質の細胞内の受容体であるアリルヒドロカーボン受容体の研究、食品の焦げに存在する発がん物質研究、薬剤毒性における解毒酵素のグルタチオンS-トランスフェラーゼ(GSTP)の研究、【薬学2】ディーゼルの免疫毒性学(喘息との関連)【植物1】遺伝子の機能解析、稲の分子遺伝学と稲作への応用、細胞生物学、植物発生生物学【植物2】植物生理学、特に光受容体と情報伝達	【分子1】cDNAプロジェクト、ヒトゲノム解読での貢献【分子2】cDNAプロジェクト、様々なゲノム解読での貢献【農学1】イネゲノムの解読【農学2】イネゲノムの解読【植物1】植物ゲノム情報汎用のためのデータベース
	欧州	【免疫】細胞周期、腫瘍学、分子生物学の技法、遺伝子サイレンシング【微生物】シグナル伝達、染色体分配【薬学】チップテクノロジーを用いた化学物質の毒性ゲノミクス検査【分子】がんの遺伝学、アポトーシス【神経】生物分子学、認知神経学、細胞骨格、自律神経系の研究【植物】温室効果ガス排出関連の取り組み、C4光合成	
情報通信系	米国	【数学2】ボルツマン方程式、波動方程式【数学3】量子理論の形成、微積分学、因子分解法【計算1】グリッド・コンピューティング、バイオ・インフォマティクス、分散コンピューティングのハード面、フォルト・トレラントシステム、ネットワーク技術【計算3】音声処理【計算4】計算機科学(特にコンピュータネットワーク領域)【電電1】極小の半導体デバイス、シリコンをベースの単電子デバイス、メソスコピック物理学、スピントロニクス【電電2】宇宙空間でのレーダー装置の開発【機械1】溶接技術、鉄鋼材料技術、組み立てや建設プロセスの自動化【機械2】合成物質の土木建築物への応用、カーボンファイバー、ロケットやエンジンに用いられる合成物質の高温耐熱技術、合成物質	
	欧州	【数学】代数幾何学、微分幾何学【計算】ロボット工学、ユビキタス・コンピューティング、神経回路網、移動体通信【計算】地球科学における高性能シミュレーション、クラスタ・コンピューティング、生命情報科学【機械】高性能コンピューター・シミュレーション【電電】アクティブ・マトリックス液晶ディスプレイ	【計算】地球シミュレータ
環境系	米国	【環境1】温暖な地域における暴風といった弊害の影響力などの研究【環境2】人類の起源や分子ベースの研究【地球1】GPS受信機による気象学的変動及び気候変動の計測【地球2】GPS時刻信号の遅延量による大気中の水蒸気分布の測定、局地的かつ精密な天気予報、数学的モデルによるシミュレーション【エネ1】ハイブリッド車の開発(特に、制御系アルゴリズム開発)、低燃費車【エネ2】ハイブリッド車、ハイブリッドエンジン、電気モーターなどの開発、商用化	【地球1】地球シミュレータによる天候及び気候変動のシミュレーション
	欧州	【環境】大気の大気相互作用【地球】粘土鉱物学(特に、非晶質粘土)【エネ】ロボット制御システム	
ナノテクノロジー・材料系	米国	【化学1】ナノテクノロジー(特に、カーボンナノチューブ、先端材料)、ナノバイオテクノロジー、半導体技術【化学2】超高速分光へのレーザーの応用、複雑な分子化学を理解する為の手法の開発【化学3】原子核研究【材料金属1】材料科学(特に導熱、導電性酸化物質)、分子線エビタキシー、高温超電導体格子、ファン・デア・ワールスエビタキシー、酸化チタン【材料金属2】材料の合成(例えば、YBCuO超伝導体)【材料半導体2】カーボンナノチューブとその燃料電池への応用【物理基礎2】カーボンのナノ構造、カーボンへのホウ素ドーピング【物理基礎3】高圧物理学、地震地質学【物理応用1】先端材料、ナノ科学、高温超伝導体、カーボンナノチューブ、ニュートリノ研究、半導体研究	【物理基礎1】スーパーカミオカンデ、KamLANDでの実験【物理応用1】スーパーカミオカンデ、シンクروتロン放射装置での実験
	欧州	【化学基礎】バッテリー燃料、有機合成、構造生物学、超伝導、スピントロニクスオーバー、分子力学【化学応用】燃焼に関する研究【材料高分子】材料科学、高分子科学、実際の関心のある性質についての量子力学分析【材料半導体】低次元半導体構造、窒化物半導体【材料無機】バルクの超伝導体の作製【物理基礎】ニュートリノ物理学、宇宙線物理学【物理応用】高エネルギー物理学、シンクروتロン放射物理学、核粒子物理学、新しいマルチクォーク状態、	【物理基礎】スーパーカミオカンデ

主観的分析

4. 日本の研究開発のシステムに関するコメント例

◆日本の研究の質の向上(材料科学-半導体、植物学・動物学など)

全体として、日本の研究の質は過去10年の間に改善されたように見られ、そして、変化は幾つかの分野で特に劇的であった。いくつかの特定の領域では、極めて創造的で革新的である。例えば、日本の高度材料やナノ科学分野では、より多くの研究者や科学者が従事するにつれて、研究の分散と深さが増大するのがわかる。しかも彼らの多くは東京のトップ機関ではない。指摘されたもう一つの指標は、「SCIENCE」や「NATURE」といった科学ジャーナルを読む時に日本人の寄稿論文の数が増えていることであった。

◆日本の研究の革新性を評価(材料科学-高分子、計算機科学、臨床医学など)

日本人の「科学的発見と技術的革新を実行に移すこと」が賞賛されている。それぞれの分野あるいは専門領域での日本の研究を「最先端」、「世界クラス」、米国そして世界のベストと「同等」と説明した。仕事は最高品質でなくとも、「手堅い」「信頼性がある」とも説明された。しかしながら、これらの彼らの評価は、特定の個人や機関に結びついているのであり、分野あるいは専門領域全体の日本の評価を反映している訳ではないということが強調された。

◆日本の研究の深さの欠如(生物学・生化学、数学、環境学・生態学など)

日本の研究の全般的な質を評価する際には、深さ、斬新性と創造性の欠如が一樣に指摘された。生物学・生化学での例では、シグナル伝達の経路上のいくつかのたんぱく質の存在を証明して、よいスタートをきるが、そこで研究が止まってしまう、治療するべきターゲットの証明につながるような構造的な解釈をするなどして、研究を深めないと評価された。数学では、日本の主要な研究者は年をとり、それを継承する人材がいないと指摘された。

◆日本の若手人材への肯定的評価(分子生物学・遺伝学、材料科学-半導体など)

一般的には、若い日本人研究者の研究技量の改善、対話し自らの見方を主張しようとする意気込みが大きくなってきていること、そして、文化圏を超えた英語による意思伝達がおいに優れてきたことを挙げて、それぞれの分野と専門領域の若い科学者を十分評価した。また、革新的な研究をやるようとしており、国際会議にも積極的に参加していると評価されていた。

◆日本の若手人材への懸念(化学、薬理学・毒性学、植物学・動物学、農業科学など)

大学や大学院で科学を専攻している日本の若者は、学問的研究ではなく、産業界での仕事に就くことが多い。薬理学・毒性学では、日本人研究者は海外の学会で発表するのは年齢の高い研究者に限られ、若手の存在を感じる機会がないと指摘。将来の世代として若い日本人科学者が、今後の日本の科学をリードするようになっていくのかどうか心配していた。

また、日本のそれぞれの分野あるいは専門領域に日本人の女性科学者がいないという点が挙げられた。

◆日本語による論文の存在の良い面と悪い面(分子生物学・遺伝学、植物学・動物学、計算機科学など)

日本の刊行物が存在することで、日本の中にダイナミックな研究土壤があることは良いことである。通常先ず日本語で発表され、それから日本の中で吟味、洗練された後に、英語で日本あるいは海外で発表される。しかし、このような過程を経ていると、海外での発表が遅くなり、革新的であるとの評価を受けない。

◆日本人の研究の国際化を進めるべきこと(化学、薬理学・毒性学、数学など)

日本の科学がさらに競争力を持つには、より国際的でなければならないと思われる。外国人科学者による長期休暇滞在のようなより長期にわたる研究訪問に対して、日本は自らをよりオープンにしなければならない。また、大学院生や博士研究員の海外派遣を派遣し、新たな突破口を学ばせることは重要である。中国、韓国、インドなどからの留学生は多いが、日本からは少人数である。

◆施設の質の更なる向上の必要性(材料科学-高分子、物理学、エネルギー工学など)

研究者や科学者がいかに優れた実績を作るかは、彼らに利用できるインフラ、施設と機器次第となる。日本の大学は、過去10年あるいはそれ以上の間に全体として改善があったが、依然として追い上げを図る必要があるように思われる。

◆日本の科学社会構造の分散化を評価(微生物学、物理学)

日本中の多くの大学で新しい機会が生まれ、科学者たちはいろいろな経歴を選択できるようになった。このため日本の知的中心が東京から地方へと拡散することになった。小さな大学も重要な強みを持ち、活躍している。

◆研究所技術職員の不在(物理学、材料科学-セラミクス)

研究所の技術職員の存在と能力は、日本での研究者と科学者の任務遂行に重要である。研究所技術職員が不在のために、日本人の研究者・科学者は技術職員の仕事をせざるを得なくなっている。

◆日本の大学院学生の訓練の不足(微生物学)

日本の大学の研究者と科学者が大学院生を指導する場合、米国の同じケースの場合よりも、手を貸して指導する度合いが少ない。大部分の場合、日本の大学院生は、教授達が手に入れた研究助成金で支えられているのではなく、自ら授業料を支払っていることが原因となっている。

◆日本の研究コストは高い(生物学・生化学2)

日本では他国より研究にお金がかかるようである。アメリカでは研究材料の値段を競争的に保たれている。しかし、日本の場合は違う。アメリカでは20ドルほどの値段の原材料が、日本では400~500ドル相当になる。

3つ目の意味としては、これは以前から言われていることですが、断片的な発見とか発明は日本からすばらしいものが出るようになったけれども、日本で新しい理論体系が構築されるとか、新しい科学領域が形成されるというような所にまで至っていないという指摘です。

もう1つ注目すべきと思われる点は、日本の若手研究者の評価です。結果はモザイク上になっていて、分野毎に大分異なります。幾つかの分野では、日本の若手研究者はその前の世代に比べると、英語も上手になったし、国際会議でどんどん発言する、非常にアクティブでいいという評価が与えられています。逆に国際会議をウオッチしているけれども、日本の若手が出てきて発表したのを見たことがない、大体会議に参加すらしていないようだとか酷評をされたジャンルもあります。

ただ、この個別分野の評価については、先ほども申しましたように、ある分野についてアメリカ人2、3名とか、ヨーロッパ人1名という具合に限られた数の海外専門家の意見ですので、それがそ

の分野の正当な評価であると完全に決めつけることにはリスクがあります。ただ全体として、日本の若手研究者の状況がモザイク状になっているのではないかということですか、先ほどご紹介したある種の研究の厚みが足りないという点については、相当多くの分野で指摘があったということで、重要な論点ではないかと思っております。

●科学技術のインパクト評価

(スライド60) 続いて、科学技術のインパクトに関するケーススタディーについてご紹介します。ここに具体的な事例があります。ライフサイエンスをはじめとする第2期基本計画の8分野を対象として、すでに社会的に適用されている技術とあと10年ぐらいで社会適用に至るだろうという技術、この両者をリストアップしました。いろいろなプロセスを経て、その中で重要なものを選定しました。この選定段階では、工学アカデミーの先生方にもいろいろご意見をいただきました。この場をお借りしてお礼を申し上げます。

スライド60

事例分析の対象とした技術

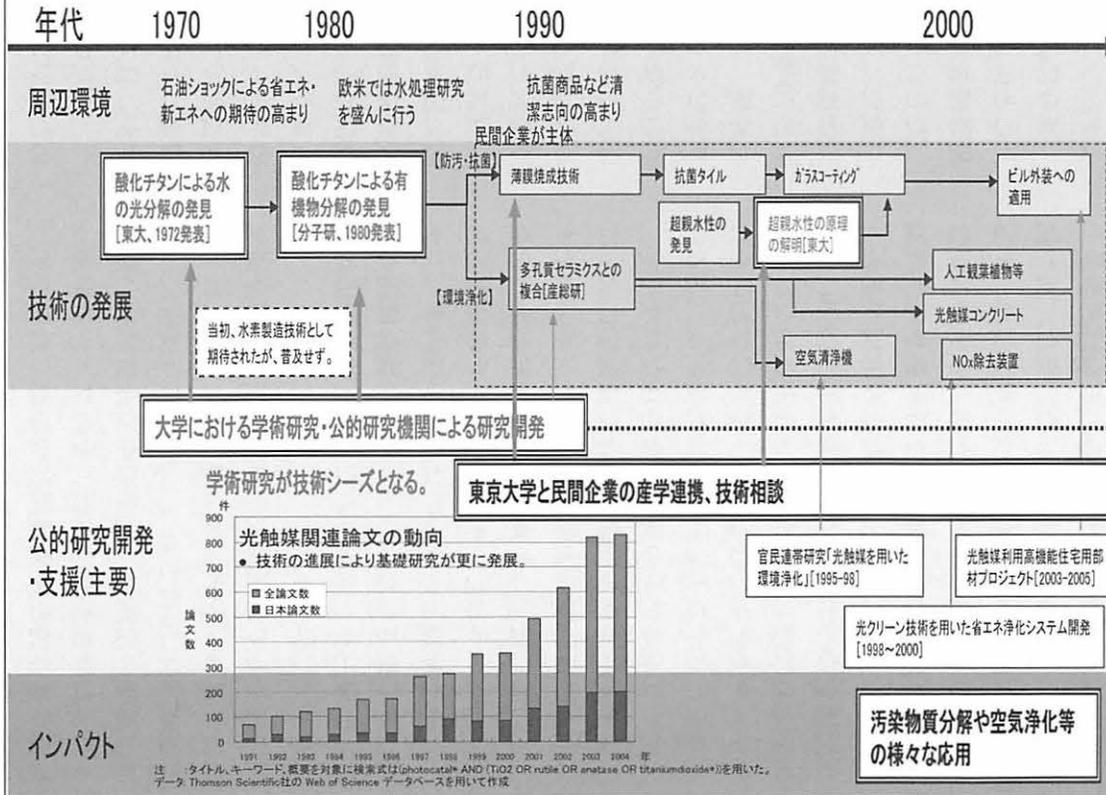
- 重点4分野とそれに準じる4分野について実現、未実現技術各2事例の計32事例を対象。
- インパクトの種類(社会、経済、国民生活)と公的投資の寄与の大きさ等の観点から事例を選定。

8分野	実現技術	未実現技術
ライフサイエンス	肺がんの早期発見に有効なヘリカルCT技術	幹細胞による培養自己組織を人工臓器・組織の材料として用いる技術
	個人の遺伝子多型等を検出する塩基配列決定技術とその応用(診断やテーラメイド医療)	遺伝子操作による耐寒・耐乾・耐塩性作物の作出技術
情報通信	高演算速度の並列コンピュータ	垂直磁気記録技術(ハードディスクドライブ用)
	ITS(カーナビゲーション、VICS、ETC、交通管理など)	ユビキタス・ネットワーク
環境	オゾン層を破壊せず地球温暖化への影響を考慮したフロン・ハロン代替品製造・利用技術	廃棄物処理用ガス化熔融炉及び灰熔融炉技術
	内分泌かく乱物質の人体、生体への影響解明技術	二酸化炭素の分離・回収・隔離技術
ナノテクノロジー・材料	リチウム電池の高密度化・高寿命化技術	カーボンナノチューブ・デバイス技術
	光触媒材料	高温超伝導材料
エネルギー	住宅用太陽光発電システム	水素吸蔵合金
	天然ガス等からの液体燃料製造・利用技術(GTL、DME)	燃料電池自動車
製造	廃自動車及び廃家電の適正処理技術	マイクロリアクタによる革新的化学製品製造技術
	レーザーを利用した加工技術	多目的看護や身障者への機能補助を行うロボット(福祉ロボット)
社会基盤	局地的な気象予測技術	地震検知全国ネットワークによる地震動到達前防災システム
	地震動による構造物等の挙動シミュレーション技術	難分解性物質等を含む排水の高効率生物処理システム
フロンティア	人工衛星によるリモートセンシング技術(データの解析・利用技術)	海底からの石油の経済的採取技術
	高性能放射光発生技術	準天頂衛星システム

事例(ナノテクノロジー・材料): 光触媒材料

<事例分析のポイント>

- 技術初期の発展過程では、東京大学や公的研究機関における学術研究が中心であり、1960年代末に水の光分解の発見、その後、有機物分解の発見がなされ、技術シーズとなった。
- 東京大学による基礎研究は、単に技術シーズとなっただけではなく、民間企業による酸化チタン薄膜開発への技術指導や超親水性の産学連携による原理解明等、技術の発展過程でも継続的に寄与してきた。この間、技術の発展により基礎研究が更なる発展をみせている(連鎖モデル)。
- 薄膜化技術の進展により、セルフクリーニングタイルや空気浄化等の様々な応用によりインパクトを実現した。



<経済的インパクト>

- 外壁材、空気清浄機、脱臭機など既存製品の高付加価値化、代替により約400億円(推定)の市場が出現(業界団体である光触媒製品フォーラム加入企業だけで250億円)。

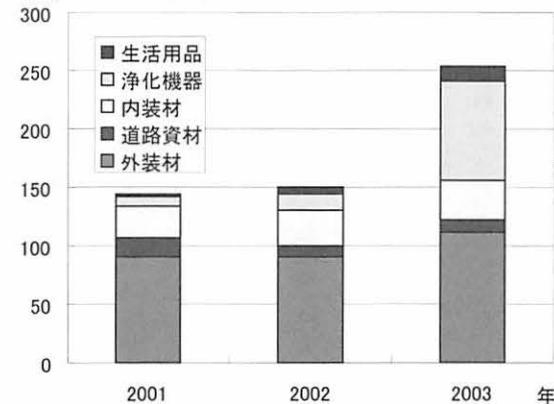
<社会的インパクト>

- 道路周辺(遮音壁、ガードレール等)やビルの清掃コストの削減。
- 農業(ハウス栽培)廃液の浄化。
- 道路周辺におけるNO_x除去の期待。
- 夏の冷房にかかるエネルギーの削減の期待。

<国民生活へのインパクト>

- 住宅の外装・内装の清掃にかかる手間の削減。
- 都市や道路における美観の向上。

光触媒応用製品の市場規模推移



注: 2003年から浄化機器の金額が急増しているのは、集計方式の変更による(従前はフィルタ部分のみ、事後は機器全体の金額として計算)
出所: 光触媒製品フォーラム資料

(スライド61前頁) まずナノ材料系の光触媒材料のケースです。この技術の成立過程をずっと追っていきました。手法は文献調査と関係者へのインタビューです。たどっていきますと、ご存じのとおり、光触媒については70年代の初めのころに本田、藤嶋両先生が酸化チタンに紫外線を当てると水の分解が起こることを発見され、これが契機になっているわけですが、残念ながら水素生産のほうは思うようには展開しませんでした。

ただ、この研究チーム、東大のチームですけれども、注目すべき特長はいろいろな研究機関あるいは企業を巻き込んで、このジャンルをとにかく継続的に発展させたということです。その後、有機物を分解するという機能が見つかりました。しかし、膜を形成するのがなかなか難しく、これがネックになっていたわけですが、ある企業によって膜形成技術が開発され、いろいろな抗菌製品や環境製品等への応用が進みました。また、別の企業で超親水性という現象が見つかりました。すると、それがなぜ起こるかをまた東大のチームが分析して、それに対して理論的な解釈を与え、理論的に分かるようになると、またその応用が進むという展開がなされました。大学が成果を出して、それを企業に渡して終わりという古典的なワンパスのリニアモデルではなくて、まさに学と産を行ったり来たりするチェーンリンクモデル、あるいはスパイラルモデルの展開がなされたわけです。

多くのスパイラル展開の場合には大学に戻ってくるときには、別の大学に戻ることが多いのですが、この場合はずっと東大の一研究室が中核をなし続けたという珍しいケースです。その結果として、この光触媒というものは、日本発のオリジナルな技術に根ざしたものとして、今数百億円的全新しいマーケットをうみだし、具体的な応用もたくさんできています。

別の例として、東北大学の岩崎先生の垂直磁気記録によるハードディスクがあります。これも製品が2005年に出荷されました。この技術については、基礎の段階で、大学の中で非常に長い期間細々とした研究が続けられ、そのフェーズがあって初めて具体的な産業展開につながった例です。

また、肺がんの早期診断に使われますヘリカル

CT技術の場合は、経路が異なります。もともとCTはイギリスで発明され、東芝がヘリカルCTの技術を開発したわけですが、公的部門が果たした大きな役割は、診断に使えるという医学的な根拠をがん克服新10カ年戦略の中で明確にしたということです。

ヘリカルCTが使われる前は、25,000人ぐらい検査すると、肺がんが40人見つかる、その中で治療できる可能性の高い1期がんは半分を超える程度という状況でした。それが今では、1万人を検査すると40人見つかるようになり、かつその8割は1期で見つかり、助かる率は高い。このようなアウトカムが得られています。これは本人にとっての意味もありますし、当然、末期がんになる前に見つければ、早く手を打つことができ、多分社会コストも小さくなっているということが出来ます。

さらに、SPring-8という新たな基盤が整備されたことによって、純科学的なものだけではなくて、犯罪捜査や考古学など広範な応用が進むようになったという事例もあります。

また、スーパーコンピュータについては、最近では地球シミュレータが日本の代表ですが、もともと70年代、日本企業がこのジャンルに参入した時期、当時の大学や公的機関の調達が大きなたらびにライジングフォースになったということが関係者からかなり強く出ております。地球シミュレータは、ご存じのとおり、アメリカの政策をかなり揺るがしたというような別の意味のインパクトもありました。

(スライド68) 以上をまとめますと、ここで特に我々が注目しているのは、実際の研究開発の実施や投資だけではなくて、今、総合科学技術会議でも連携施策群という政策連携方策がとられるようになっておりますが、特に調達を科学技術のツールとしてもっと意識すべきではないかということです。アメリカでは特に国防予算において調達による研究開発促進策が行われてきておりますが、日本でも一層重視すべきと思われます。以上、ただいま申し上げたベンチマーキングのまとめたのがこれになります。

まとめ — 研究活動のベンチマーキング —

1. 論文から見る基礎科学の状況

総論文のシェアでは英独を上回り、10%程度で安定化する兆し。質の面(Top10%論文シェア)では英独に水をあげられている。これからの10年は質の向上がひとつの課題。この意味で、1990年代に急激に論文の質を向上させたドイツを分析する必要がある。

2. 分野間のバランスをどう考えるか

強い分野をさらに強化するか弱点を補強するか、要判断である。日本全体として質を上昇させようとするなら、まず臨床医学、ついで基礎生物学の向上が不可欠である。弱いとされる環境、数学、計算機科学等は基盤的性格も強い分野で他分野との関係も深いと考えられ、取り組みを強化すべきか検討する必要がある。

3. 多様な評価を行うことの重要性

論文分析では今ひとつでも、発展領域分析や海外の第一線の研究者へのヒアリング調査では高い分野(例えば神経科学)が存在する。脳科学のように集中推進策をとっている分野がこのようなパターンを示す可能性がある。研究活動を捉えるには、多元的に把握していく必要がある。また、日本の科学について、最初のアプローチは非常に優れているが、研究を発展させるフォローがなされないなど、分野によっては「研究の深さが足りない」との指摘に注目すべきである。

4. 学際的領域の状況

153の発展領域の中で、約3割の54領域が学際的・分野融合的領域であることから分かるように、学際的・分野融合的領域の重要が高い。また、日本の存在感を示している領域もいくつかあり、これらの研究領域は「日本の弱点」とは一概に言えない。日本の弱みである臨床医学などは学際的・分野融合的領域から強化していくことも考えられる。

5. 基礎科学の成果の有効な発信方法

海外のトップクラスの研究者が目指す日本の成果の形として、世界的研究施設(地球シミュレータ、スーパーカムカンテなど)や国際プロジェクトへの貢献(ヒトゲノムなど)、特定領域で基礎から応用に至る成果を継続的に出し続けること(糖鎖研究など)が挙げられた。

●デルファイ調査

(スライド69次頁)最後にデルファイ調査のポイントをご紹介します。今回のデルファイ調査は、1971年の第1回調査から数えて8回目になりますけれども、設計を大分変えました。過去の第1回から第7回に至る過程でも微修正は行われてきていますが、大幅な設計変更はありませんでした。変更点は大きく2点あります。1点目は分野-領域-課題という三層構造の導入です。今回調査分野として情報通信、ライフサイエンスなど13の分野を設定しました。従来の方法ですと、分野を設定して、それぞれに十数名の技術分科会を設置し、デルファイの対象とする具体的な技術課題を1年ぐらいかけて委員の先生方に煮詰めていただくという作業に入りました。今回は設計上、もう1つのレイヤーとして、分野と課題の間に領域というレイヤーを設けました。

(スライド70次頁)したがって、例えば情報通信の場合、これからの10年、20年を考えて重要な領域をまず抽出しました。これはユビキタス

ネットワークであったり、超大規模情報処理であったりします。次に、このユビキタスネットワークを代表する具体的な技術のリストをつくるというステップで検討を進めました。分野が13、この13分野それぞれに領域がつくられて合計130の領域、130領域のそれぞれで重要な技術課題を選定して合計で860の技術課題をつくりました。

第2点は各課題の実現時期の聞き方です。従来は、個別の技術課題の発展段階のどこか1点を示す、即ち、原理の解明、技術の開発、技術の実用化、さらに技術の普及という4つ段階の1つを示してその実現時期を聞くという方法でした。今回はある技術を示して、その技術的条件が整うのはいつか、言い換えれば実験室段階で実現するのはいつか、次に、実際に社会に使われ始めるのはいつかという2つの時点を原則としてすべての課題について聞くという方式にしました。過去の政策上の考え方は研究開発の政策さえきちんとやっていたら、いずれ産業が実用化し社会に適用される

デルファイ

デルファイ調査の設計

- ◆ 13分野を設定し有識者パネル(技術系分科会)において検討
 - 今後30年を見通し、各分野の科学技術の将来像を検討
- ◆ 各分野で領域を設定し、これを中心に予測課題を選定
 - 13分野全体で130領域を設定
 - 各領域を代表する予測課題を選定
 - 予測課題数 858
- ◆ 以下について各分野の専門家2239人(ラウンド1では2659人)が評価
 - (1) 領域についての設問
 - 領域がもたらす効果
 - 日本の研究開発水準
 - (2) 予測課題についての設問
 - 技術的実現時期と社会的適用時期
 - 政府による関与の必要性とその手段など

13分野(技術系分科会)

- 情報通信分野
- エレクトロニクス分野
- ライフサイエンス分野
- 保健・医療・福祉分野
- 農林水産・食品分野
- フロンティア分野(宇宙・地球・海洋)
- エネルギー・資源分野
- 環境分野
- ナノテクノロジー・材料分野
- 製造分野
- 産業基盤分野(経営管理・流通)
- 社会基盤分野(都市・交通・建設・土木・防災)
- 社会技術分野

分野と領域と予測課題

科学技術政策研究所

69

デルファイ

デルファイ調査の設計

- 分野-領域-課題の改造を設定 (領域は初めて)
- 実現時期について、技術的実現時期と社会的適用時期を設定

<階層>	<設問>
<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">分野1 情報・通信</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; text-align: center;">領域1 ユビキタスネットワーク (P5参照)</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; text-align: center;">領域2 超大規模情報処理</div> </div>	<p style="text-align: center;">計13分野</p> <p style="font-size: x-small;">情報・通信、エレクトロニクス、ライフサイエンス、保健・医療・福祉、農林水産・食品、フロンティア、エネルギー・資源、環境、ナノテクノロジー・材料、製造、産業基盤、社会基盤、社会技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ○融合、連携を進めるべき分野
<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">課題1 周辺の無線情報端末間でアドホックに通信するシステム(アプリケーションも含めインターネットとシームレスに通信する機能を持つ)</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">課題2 もの同士が相互に存在、性質、状況を感じし自動的に危険回避や協調作業を行なう技術</div>	<p style="text-align: center;">計130領域</p> <ul style="list-style-type: none"> ○期待される効果 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 知的資産増大 ➢ 経済的効果 ➢ 社会的効果 ○研究開発水準 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 対米・対欧・対亜
<p style="text-align: center;">計858課題 (P4参照)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○重要度 ○技術的实现 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 時期 ➢ 政府関与の必要性 ➢ 政府関与の手段 ○社会的適用 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 時期 ➢ 政府関与の必要性 ➢ 政府関与の手段

科学技術政策研究所

70

よくなるだろうということが中心でした。それでうまくいくケースもありますけど、それだけではなかなかうまくいかないケースが実は多々あり、それをどう解決していくのかというのが現在の大きな政策アジェンダです。この技術ができてから社会に適用されるまでの時間的なギャップがどれだけあるのかをはっきりさせることをねらいました。

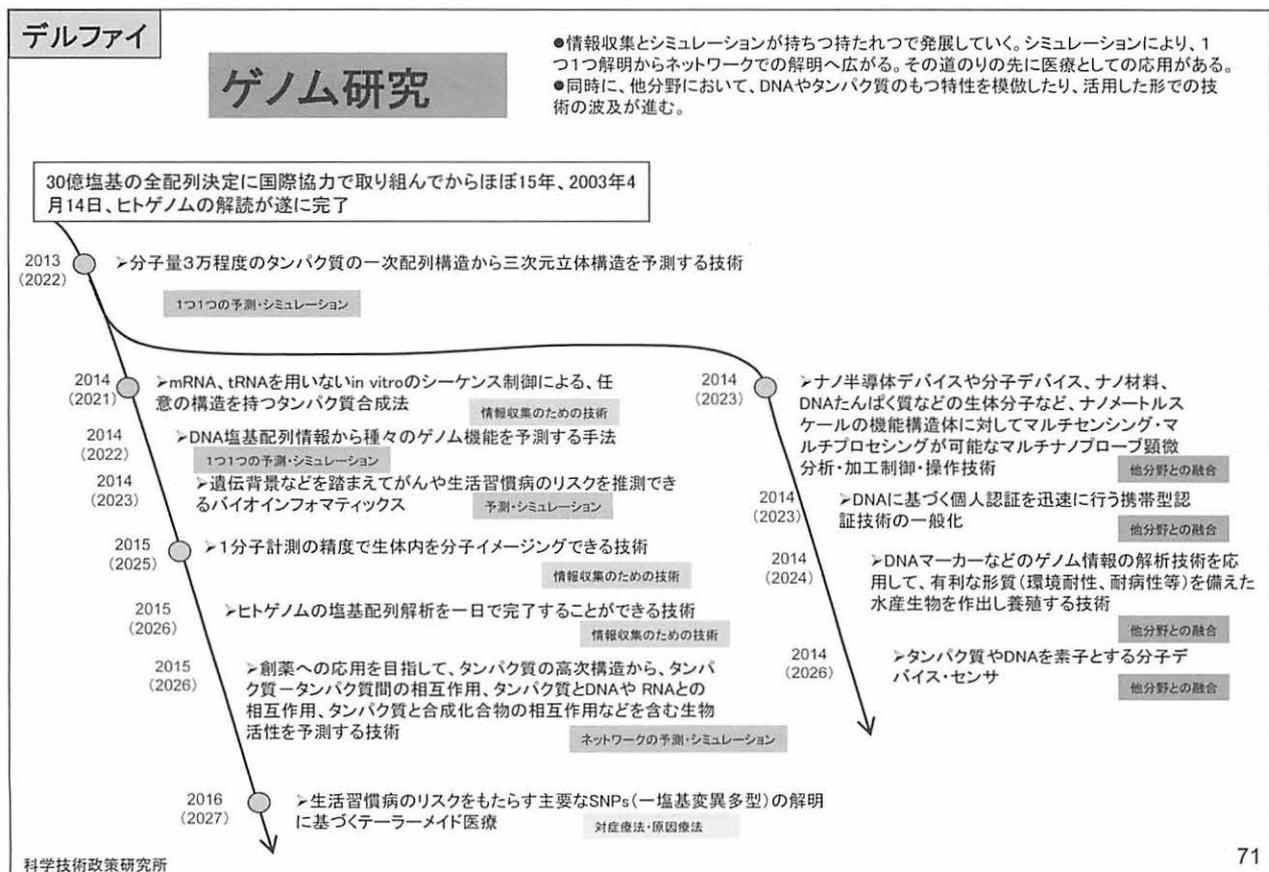
以下、分野、領域別の時系列の技術展開を示すスライドを準備しておりますが、時間がおしておりますのと、皆様のご関心分野もいろいろと違うと思いますので、詳細は省略いたします。

(スライド71) 例えばゲノム研究ですと、遺伝情報の解析等を中心とするゲノム研究の流れと、他分野とのいろいろなインタラクションの下に進むであろう研究の流れの2つに分けて書いておりますけれども、こういうシナリオが描けるということです。実現年の数字が2つありますが、上段が技術的な実現時期で、下段の括弧内が社会適用時期となっています。

その他の事例としては、がん研究、脳研究、エレクトロニクス・デバイス、ユビキタスネットワーク、ナノテクノロジー、製造技術などがあります。製造技術で今回、長期的な技術の展開として浮かび上がってきているのは、動脈系から静脈系まで一貫した技術体系にどう移行していくかという論点です。さらに、エネルギー・資源、社会の安全・安心、災害対策、海洋等をご紹介しますので、後ほどご覧いただければ幸いです(省略)。

(スライド82次頁) 今回のデルファイは、結果にも幾つか特徴がありますが、これはそのうちの1つです。第5回、6回、7回ときて、今回が8回目になりますけれども、第7回までいずれも1,000以上の技術が取り上げられています。回答者の専門家に各課題の重要度を大中小で評価してもらっていますので、それを点数化して、上位100位に入ったものを抽出し、この6つに分類しました。第7回と比べると今回は、安全・安心にかかわるものが大分増えました。さらに、その他

スライド71



に分類されるものが増えています。そのあおりを食って、環境、情報、生命関連は、いずれも減っています。

災害関連は、技術として全く新しいものが入ってきたわけではありません。ですから、従来は上

位100件に入ってこなかった、中位グループにあった安全に関連する技術課題が上位100位に入ってきたという現象が起こっています。

それからもう1つ、その他の分類ですが、過去は上位100位に入ってこなかった教育、人材、それから技能ノウハウの継承、女性の参加支援などなど、人材に関するものが7課題あります。このような課題も以前からあるにはあったのですが、上位100個にはほとんど入らなかったわけです。分野別でも、ライフサイエンス、製造技術などいろいろな分野で人材が重要だということが今回の調査から色濃く出てきております。

(スライド83) 次に、領域における技術の展開がどのように展望されているかの事例をご紹介します。これは情報通信分野

スライド82

デルファイ 重要度上位100課題の区分別内訳の推移

- 災害関連が大きく増加し、ライフサイエンス関連、情報関連が減少
- その他
 - 教育、人材流動、技能・ノウハウ伝達、女性の社会参加支援など、人材に関する予測課題(7課題)
 - ナノテクノロジー関連予測課題(4課題)

区分	今回	第7回 (2001年)	第6回 (1997年)	第5回 (1992年)
環境関連	17	26	25	28
情報関連	13	21	24	10
生命関連	19	26	17	37
災害関連	23	8	11	9
エネルギー関連	8	10	11	6
その他	21	9	12	10

* 生命と災害は1課題が重複している。

科学技術政策研究所 82

スライド83

デルファイ 130領域のうち1領域の例示
領域名「ユビキタスネットワーキング」

分野: 情報・通信
領域: ユビキタスネットワーキング

「ユビキタスネットワーキング」の課題

- 通信・ネットワーク技術**
周辺の無線情報端末間でアドホックに通信するシステム(アプリケーションも含めインターネットとシームレスに通信する機能を持つ)
1000人程度のユーザをもつネットワークで、ターミナルの接続やネットワークの運用が自動的に行われ、ネットワーク管理者を必要としない管理システム
- センサー、システムなどの要素技術**
もの同士が相互に存在、性質、状況を感じ取り自動的に危険回避や協調作業を行う技術
熱、光、電波、雑音からエネルギーをもらい半永久的に動作する微小通信チップあるいはセンサー
- ロボットの連携**
絶えず発生し、また、消滅していく超多数のものの識別子(ID)の管理を行い、それぞれのIDの意味づけや情報を整理し、陳腐化した情報を自動的に廃棄する技術
単機能(小規模機能)のたくさんの小さなロボットが集まって、互いに連携、機能分担することにより複雑な機能を実現する技術
- 医療への応用**
人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して半永久的に動き続け、健康状態のモニターやペースメーカーのような生体機能補助を行うことができる医療チップ
外部から通信・制御可能で、体の中に埋め込まれたり血管の中を動き回ることができるナノチップやマイクロセンサーを用いた医療技術

◆ 技術的実現時期 ◆ 社会的適用時期

2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035

科学技術政策研究所 83

の領域の1つであるユビキタスネットワークングの場合です。ユビキタスネットワークングでは8つの技術課題が設定されています。

上の2課題は、通信・プロトコル関連技術です。図の水色（左）のマークは技術の実現、緑（右）のマークは社会適用の時期をそれぞれ示しています。あと5年ぐらいで技術ができて、その後5年のうちに社会に使われるようになると考えられています。

次にデバイス関連の技術で、センサー等が含まれていますが、技術実現に7～8年かかります。社会適用までの時間も6～7年となっています。それに続くものが、ロボットの連携で、シングルファンクションのロボットがユビキタスネットワークングで相互に通信しながら、一緒に何か難しいことをやる。その技術があと10年。社会に入るにはさらに10年近くかかる。最後に、医療関係の技術課題が2つありますが、技術にも時間がかかるし、社会適用までの所要期間も長いという展望になっています。このようなシナリオがいろいろな領域について描かれています。

これは各領域において、日本の水準を世界との比較でマッピングしたものです。横軸が対アメリカで右に行くと日本が強いということを意味します。同様に縦軸は対ヨーロッパです。宇宙や生命系では日本は対アメリカ、対ヨーロッパともに弱いという状況です。一方エレクトロニクスなど強い領域もあります。また、対アメリカのポジションを5年前と今で比べると、ほとんどの領域で改善されています。もともと負けていて、まだ追いついていないものもありますが、差は縮まった。勝っていたところは少し引き離れたという状況です。唯一、シリコンエレクトロニクスだけはさらに引き離されつつあるという評価でした。

技術実現、社会的適用に向けて、政府がどのように関与すべきかについても調べています。全体の傾向だけ見ていただければいいのですが、これは技術実現までの過程で、政府がどんな手段を講じる必要があるかということを経験したものです。具体的には人材、産学官・分野間の連携、基盤整備、資金、国際協力、規制の緩和、規制の強化などの必要性を課題毎に調べています。重要な

点は、分野によって様相が違ってくるということです。これまでの基本計画あるいはそれ以前の計画も同様ですが、マスタープランでは、例えば第1部にどのような分野を重視するかが書いてあって、第2部で産学連携、国際交流、人材の強化・育成などのいわば横割りの政策手段の展開が書いてあります。しかしながら、縦割り分野と横割りの政策手段のかけ算の議論は、あまりはつきり書いてありません。この調査結果からも、分野により求められる政策内容に濃淡があることが明らかですので、今後これをどのように計画に反映させていくかが大きい論点だと思います。

もちろん、このような考え方が従来全くなかったわけではありません。現在の基本計画に基づく分野別戦略にはある程度書かれています。しかし、例えば人材育成について、専門家が最もクリティカルだと考えているのは生命科学です。科学技術全体として1万人を増やすのであれば、例えば5,000人を生命科学に回す、このような戦略を考えていく視点が重要ではないかということです。

今後、学際領域・融合領域の重要性が増すと考えられます。そのための分野間の連携について結論だけ申しますと、向こう10年間は情報通信とさまざまな分野との連携をいかに強化するかが課題です。さらにその先の10年になりますと、連携の中心はライフサイエンス、環境あるいはエネルギーに移っていきます。逆に解釈しますと、次の10年間に情報と他分野の連携が相当程度進まないようでは、日本の科学技術は危ういということだと考えられます。

もう1点データをご紹介します。今年の春に総合科学技術会議は、現行基本計画の重点4分野を第3期でも継続するという方針を既に決めました。これはその決定の基礎になったデータです。まず、先ほどの130領域を第2期基本計画の8分野、ライフからフロンティアまでに割り振りました。領域の中には例えばナノバイオロジーがありますが、このような場合はライフとナノの双方にカウントしています。このようにして、130領域をこの8分野に割り振りまして、領域ごとの社会・経済インパクトと科学技術インパクトのデータの分野平均値を計算しました。

(スライド95) 各分野を示す矢印の始点の座標は次の10年間に、社会経済という横軸と知識拡大という縦軸でどのぐらいインパクトを持つかを示します。矢印の終点は、それより先の2015年からの10年間にどの程度のインパクトが期待されているかを表します。矢印の始点を中心とする点線の丸と終点を中心とする実線の丸がありますが、これらの丸の大きさは130領域のインパクトの総合得点が高い領域がたくさんあるかどうかをあらわしています。大きい丸だったら、重要な領域がたくさん含まれているとお考えください。図から明らかなように、右上の方に大きな丸が4つ有り、ここにIT、ライフ、ナノ・材料、環境の4つが集中しています。平均的なインパクトが大きく、かつ重要な領域がたくさん含まれているということです。製造技術とかエネルギーも矢印の終点は右上にあります。丸の大きさが小さいということで、分野を選ぶとすれば、現行4分野が現時点においても適当であるということを示すデータになっています。

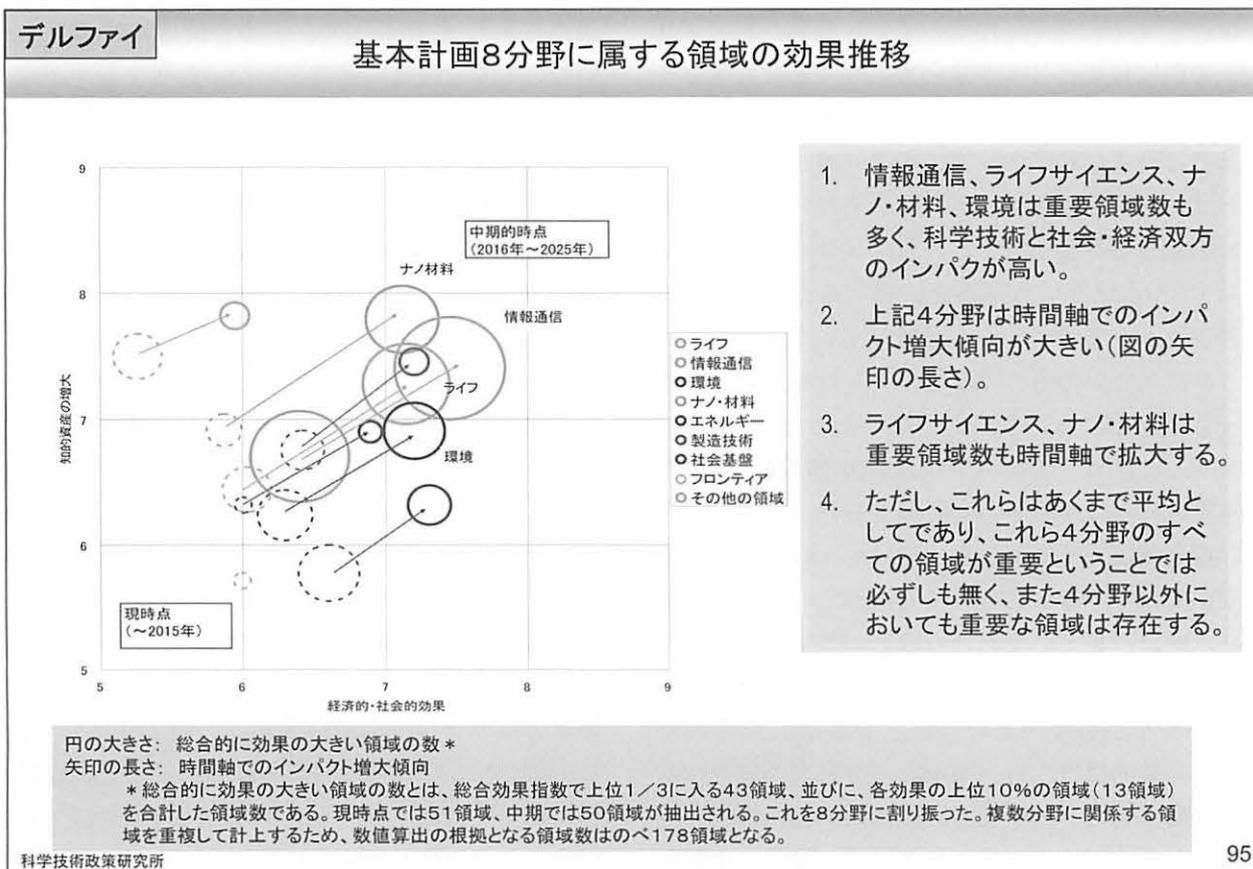
ただ、このときに総合科学技術会議の議員の皆様にも申し上げましたが、これら4分野は平均値が高かったということなので、中には重要な領域もそれほどでもない領域もあるわけです。従って、さらなる精査が必要であるということをご提案しました。今、総合科学技術会議もそういう線で、さらなる選定を進める方針です。ライフサイエンスの中でも重要な領域を選び、次の5年間、そこに資金を集中するというようなメリハリをつけようということです。

●シナリオ調査

最後にシナリオ分析についてご紹介します。デルファイが団体戦で多くの人の意見を集約するという手法であるのに対して、個人の意見を引き出そうという問題意識で行った調査です。

別の観点としては、デルファイ法という具体的技術課題を前提とする、コンセンサスアプローチでは扱いにくいテーマにも取り組んだ調査とも言えます。例えば個人のニーズに対する新規医療の

スライド95



展開、脳科学に基づく認知・情動の理解、あるいは経済変動の予測についてこれからどんな研究がどう進むのか、芸術・文化・遊びと科学技術はこれからどういう関係で展開していくべきなのかなど、多様なテーマをとりあげました。

その一事例が「数学の研究発展と数学教育」というテーマです。ここでご紹介しているのはピーター・フランクルさんによるシナリオですけれども、広中平祐先生にもご執筆いただきました。ピーター・フランクルさんの論点は、日本の数学は一時非常にバイタルであったが、今、ちょっと弱っているのではないかということです。その理由は3つあります。まず、やや国内に閉じこもりがちになっている。だからプロジェクトの選定ですとか、エバリュエーションにもっと外国人を引き込むべきだ。これが第1点です。

それから中核となるラボが日本には京大の数理解析研究所1箇所しかなく、少な過ぎる。中核ラボが足りないというのが第2点です。

第3点は、日本の数学者はややオールドファッション的な数学にずっと取り組んでいて、今世界の研究者がどんどんチャレンジしているような新しい分野に取り組んでいる日本人研究者が少ないという指摘です。

シナリオ分析で取り上げたこのようなテーマについては、政策研としてこれから具体的に議論を展開していきたいと思っています。数学については今年の5月に日本数学会と共催でワークショップを開催し、ただ今のような問題提起について議論しました。例えばバイオインフォマテックスについてアメリカの研究体制を見ると、数学者がいっぱい入っている、しかし日本のバイオインフォマテックスのプロジェクトに数学者は1人も入っていない。その差をこれからどうするのかという議論をしました。

これは数学者だけの問題ではなくて、多分、日本政府にも問題があります。一例を挙げますと、政策研のスタッフに調べてもらったところ、アメリカの行政組織図には、マセマティックスという名前が入っているディビジョンがたくさんあります。NSFにはもちろんあります。商務省にもエネルギー省にもあります。陸海空軍全部にありま

す。生命科学を担当しているNIHにも担当課があります。ところが文部科学省には1つもありません。数学担当の係長もいないようで、どこの局が振興の責任を負っているのかもいまひとつはっきりしません。

数学は基本的に文部科学省の責任範囲であることは間違いなのですが、明示的な担当課がありません。日本の行政システムでは担当課がないと強い推進力が働きにくいのですが、そういう状態にどうも数学は陥っていたようです。一方、アメリカでは多くの行政組織が明示的な責任を負ってやっている、そこに大きな差があるのではないかとということがわかりました。そこで、科学技術政策研究所が問題提起をしていく必要があるのではないかと問題意識を持つに至ったわけです。同様にロボティクスについても先週、同様のワークショップを開催しました。

このような形で総合的なデータを分析し、検討を進めてきているというのが私どもの現時点までの活動状況です。これからは第3期基本計画の詳細が決まっていく時期ですので、その検討に対して所要の情報提供をしていきたいと思っておりますし、これに関連してきょうご出席の皆様からいろいろご意見をいただければと思っています。特に科学技術政策研究所としては今回の一連の調査の経験を踏まえて、次の第4期基本計画の検討のための基礎作りとして、これからの5年間をどう使っていくべきかということを考え始めております。これまでの政策議論においては、必ずしも十分なデータの積み上げが行われていなかった面もあり、今回の調査は行政関係者からも評価していただいておりますが、調査分析実施者の視点から見れば、実はまだ欠けているところもたくさんあります。そういう点を調査手法の開発も含めていかにブラッシュアップさせていくかがこれからの課題だと思っています。

少し長くなってしまいましたが、以上でございます。ありがとうございます。(拍手)

●質疑応答

司 会 どうもありがとうございました。

きょう、お話ししていただいた内容は非常に幅

が広くて内容が深いところがあります。計量的な分析に加えて、意識調査とか意見調査など質的なデータももちろんありましたけれども、そういう調査が中心になっているかと思います。したがって、最初にご発表いただいた内容についてのご質問からお願いし、きりがいいところで政策論と申しますか、特に第3期基本計画については皆さん、大変興味がある方ばかりかと思しますので、そういう面も含めた議論に移っていきたいと思います。

では、最初にご発表いただきましたことについて、何か技術的、データの面でのご質問をお願いしたいと思います。

富浦 梓 大変見事な発表、ありがとうございます。勉強させられました。

幾つかあるのですが、最初にご説明があったスライドの13（省略）で研究補助者のご指摘がございました。研究補助者・支援者です。この統計の中で明らかに抜けていると思うのは、まず日本において大学では大学院生が相当研究に携わっているわけですが、それをカウントされたのかどうか。

それから企業では非常に多くの仕事をアウトソーシングしています。これは多分、この統計には出てまいりません。私も総務省の統計にはアウトソーシングを入れておりませんので。それで見かけ上、非常に下がってしまうということがあろうかと思えます。ご参考までに非常に多くの企業で、大体研究者と研究補助者の比率は1対2ぐらいございました。それがどんどん下がり、今は1対1をはるかに切っております。これは主としてアウトソーシングの結果でございます。

それから大学では大学院の博士コースの学生さんは、ほとんど大学の先生にとって、よく言えばパートナー、悪く言えば下働きです。ところが問題が1つありまして、博士の充足比率が85%を切った場合、これは国立大学法人の場合ですが、文部科学省はこの運営費交付金を下げると言っております。こうなりますと、一方では民間が博士をとらないという問題が理工系ではございまして、ご承知のとおり、それに対して民間が喜んで採用するような博士教育をするべきであるという諮問

結果が出ております。民間がとるような博士教育ということは、言葉を変えて言うと、先生の研究の補助であるというようなドクター論文を出しても民間はとりませんので、これをやりますと、大学における研究のありさまそのものに非常に大きなインパクトが出てまいります。こういう点について今後考えていかないと、大学における理工系の研究のありさまの本質にかかわる課題ではなからうかという感じがしておりますので、こちら辺にもぜひ一步踏み込んだ検討を加えていただければと考えております。

それから2番目はスライドの48（31頁）で、融合分野に強いという結果を示しておられます。これは日本の材料分野が伝統的に強いということ、私は材料出身で、デルファイの委員を十何年やりましたので、そこら辺はよく理解しているつもりですが、どういうわけか、いろいろな次元の異なる問題を何となくうまくひっくるめて答えを引っ張り出すというのは、どうも東洋人が得意とする特性じゃないかと思うんです。シンクロチックな領域というのは異なる主義・主張を合成するという意味のようですが、これは外国人も東洋人が優れているという指摘をしております、今回の調査でもそういう分野で日本は非常に強いという結果が如実にあらわれているのではないかという気がします。

そうしますと、この論調はほかの国と比較して劣っている分野を日本は強化すべきであるというぐあいに主張するのか、いやそれはもういい、それはよそに任せるので、むしろ日本が伝統的にすぐれている分野を一層強化していくんだという選択肢をとるのか、こちら辺が失礼ながら、いささかあいまいな感じがいたしました。

それに関連して、最後におっしゃった数学の問題なんですけれども、数学に限らず、日本の科学者は他人の領域に介入しないという美学をお持ちですから、数学の人に生命、化学、コンピューターなどにどんどん入ってきて、一緒に研究をやるよと言っても、おそらく来ないのではないか。この来ないという美学をどう破壊するのか。これについての何らかの政策をぜひお考えいただきたい。

いろいろ雑多なことを申し上げましたけど、以上、3点です。

司会 どうもありがとうございました。桑原さん、研究の本質論も含まれておりますので、すべて答える必要はなくて、調査を踏まえて言えることをご発言お願いしたいと思います。

桑原 簡単に申しますと、第1点は先生ご指摘のように、院生は入っておりません。ですから、職業として仕事をしている人の数だけでございますので、企業の研究支援者が減っているのは、アウトソーシングが進んでいるためであって悪いということではない、多分そうだと思います。

問題は大学などで支援人材を増やさなくてはならないということを文科省は以前から言っていて、少しずつそういう制度とか予算が動いてきています。ただ、支援人材を強化する意図で施策を展開しても、研究の現場では研究者が増える方向に働いてしまって、支援者を増やすつもりで投入した資金で研究者が増えてしまい、ますます比率が悪くなるというようなことも起こってしまっているようです。そこにはご指摘の大学院生の問題も含めて、サポートをする人々のキャリアパスがなかなかつけれないという根本的な問題があって、研究現場の感覚とすると、人生がかかってくることをそんなに簡単にできないという、行政と研究現場の意識のギャップの問題が依然としてあると思います。

今、いろいろご指摘いただいた点については、これからの大学院教育の問題も含めて、議論は着実に深まっていると思いますが、1つのモデルとして総体的にとらえるというところがまだ弱いことが問題だと思います。ある時期に大学院生を増やせば、その人たちが5年後にポストクなどになって、さらに5年後くらいには今度就職させなきゃいけない、そういうときが必ず来るわけですが、今までの政策ではそこまではあまり考えないで、とにかくポストクを1万人増やしましょうということでスタートした面があることは否めないと思います。それで問題が起こったら、ポスト・ポストクというような議論になってしまうのではあまりなので、内局の関係課と私ども政策研の人材グループが連携して、人材需給のモデルづ

くりに取り組もう、すぐにきちんとしたものはできないかもしれませんが、構造的に把握できるようなモデル化をしようという努力を、始めております。

次に、融合分野に関連してのご指摘は先生がおっしゃったとおりだと思います。ただ異質のものをまとめるのが東洋的で優れているとすると、例えば数学と他分野の融合が我が国ではなかなか進展しないという問題をどう解決するかが重要です。来年以降、重点政策の1つは融合領域の推進であり、文科省も今具体的な政策の検討を行っています。数学も融合を生み出すべき1つの領域と思いますが、日本の全数学者がもらっている科研費は20億円ぐらいたそうです。文科省の科学技術予算の規模は大きいですから、残念ながら、行政官が“予算的に大きな仕事”として取り組むオーダーではありません。そうすると、分野融合というような政策の流れにうまく乗っていかないと伸ばしにくいのではないかと、数学会の先生方に申し上げていまして、数学者の一定部分はそういうことに取り組みたいというマインドをお持ちです。もちろん、違う考え方の方も相当いらっしゃるようですけど。だからそういうマインドをお持ちのところ動いていただければ、だんだん変わるのかなと期待しております。

それから、分野融合についてもう1点だけ申し上げておきますと、先ほどお話したカーボンナノチューブにおける論文数で、日本が中国に追い越されたのは一体なぜなのだろうというのが私の根源的疑問です。一昔前の高温超電導物質騒動のときは、膨大な日本研究者が極めて短時間に参入しました。カーボンナノチューブでは同様の参入が起こらず、たった5年で中国に追い抜かれたわけですが、その差が一体何によってもたらされたのかということです。産総研の吉川理事長とこの間お話しをしましたら、日本人は日本人の後追いをするのが嫌なんだとおっしゃっていました。それが1つの答えかもしれません。

もう1つの論点として日本にニューカマーグラント、即ち他分野からの新規参入者用のグラント、がないことが問題ではないかと思っています。超伝導はご存じのとおり、電気炉とルツボがあれば

できたんですね。特段の設備投資は不要でした。一方、カーボンナノチューブではそれなりの設備を要するようです。ひょっとすると、ほかの分野で既に実績をあげている方がカーボンナノチューブのような別のジャンルで科研費をとろうとするリスクがあって、それでヘジテートされている可能性があるのかもしれませんが。もしそうなら、何か手を打たなければいけないのではないかと考えています。その検証をこれからやろうとしています。

司会 どうもありがとうございました。質問も回答も内容の濃いものだと考えております。ほかにもたくさんご意見があると思いますので。

井上恵太 調達をツールとして使うというお話が、私は非常に印象的なんですけど、もう1つ、規制をツールとしていこうという考えはないでしょうか。というのは、環境に関する技術進展に規制というのは非常に効いたのではないかと。その場合にどうやってその問題を解くべきかについては行政は何も示さなかったと思うのですが、必要性は皆が感じるところであり、参入も多かった。産業界が非常に本気になったと。ですから、誘導の1つのツールではないかと思うんですが。

桑原 特に環境を代表とする分野で規制が重要なツールであるというのは全く同感です。調査の結果としては当然規制も上がってきていますが、私の講演の中であえて申し上げなかったのは、これまでもそれは行政サイドで意識されてきていると思ったためです。例えば、過去においても日本の自動車産業のエンジンの技術を著しく向上させたのは、マスキー法のレギュレーションでしたから。このような事例はファクトとして積み上がっています。

一方、調達についてはツールの1つであるという概念がなかったわけではありませんが、科学技術政策を担当する人々の中では調達が重要なツールだということはあまり議論されて来なかったと思います。ただ調達については、いろいろ具体的議論をしていると、伸ばすべき技術を調達する立場にあるところは、官庁の中でも概してお金を持っていないのですよね。そこが悩ましいところであり、なかなかうまくいかない原因かもしれません。

ん。

高橋 宏 (非会員 JST) 研究費のご紹介をいろいろいただいたんですが、日本の研究費の総額というように言っていると、何かどこかの表でお示しいただきましたのでしょうか。私がいろいろホームページで調べていると、ざっと一声4兆円という数字と、6兆円という数字が2つ出てきて、この2兆円の数字の差って何なんだろうというのがわからなくて、質問しているのです。出てくる頻度としては4兆円のほうが多くて、4兆円うちの13%が競争的資金なんていう数字が出てくるんですが、6兆円という数字が何を表すのか、もしご存じだったら教えていただきたいのが1つ。

ついでにもう1つ。特許で、日本の特許は論文等をあまり引用しなくて、アメリカの特許はよく引用しているというお話があったかと思います。想像ですけれども、多分その原因は先願主義と、先発明主義の違いではないかなという気がいたします。つまり、アメリカは先発明主義で、アイデアが出てから特許にする、つまり文章化するまでに結構時間がとれるんです。いろいろデータを積み上げることできる。だけど日本は先願主義ですから、アイデアが出たといえば、直ちに出版しないと、特許にならないということがある。そうすると、どうしてもアイデアが出てから、文章化するまでの時間が短いですから、レベルが、論文を引用するほどの充実した内容がなかなか持たせられないという面があって、多分そのせいじゃないかなという気がいたします。

2番目はコメントですので、最初の研究費のところだけ、もしご存じのことがあったら教えてください。

桑原 6兆円という数字はちょっとわかりません。日本政府の科学技術予算というのが一番新しい数字で大体3.7兆円です。ですから、丸めて4兆円。これが政府予算です。あと、加えて考えられるのは、地方公共団体が使っている資金です。それは大体5,000億円です。それを足しても6兆円という数字は出てきません。ご存じのとおり、産業を含めたオールジャパン、政府も民間も含めると、大体年間で17兆円ぐらいの投資規模です。日本

政府が負担しているのがその約2割で、3.7兆円という数字になっています。

高橋 防衛庁予算は、4兆円の中に入りますか。

桑原 入っています。

高橋 入りますか。

桑原 ただ防衛庁予算の入れ方については、アメリカで国防総省の予算を科学技術予算としてカウントしている拾い方とは違っている可能性があります。ただ防衛庁の科学技術予算は基本的に入っています。例えば政府全体のシェアでいきますと、文科省が60%ちょっとで、経済産業省が17%で、第3位が防衛庁で5%ぐらいあります。

それからもう1点の先願主義もおっしゃるとおりだと思いますけれども、ただ、先発明主義というのはアメリカだけで、先願主義であるヨーロッパも日本より高いです。ですから、ほかの影響も考える必要があると思います。

司会 どうもありがとうございました。

石坂誠一 我々が議論するときに、いろいろなデータというのは発表された研究報告のようなものがベースになります。それがいかに引用されたとか。きょうのお話もそういうことがすごくある。

ところが私が考えるに、アメリカのインターネットなんかで突然公表される情報の中には大変深い研究成果が入っているんですね。それがあまり知られていなかったんじゃないか。私もいろいろなところから聞いたことも補足して考えると、どうも発表されていない研究というのが世の中にたくさんあるのではないかと。例えば、中国の原子爆弾の爆発させる前の研究状況なんて全然わからなかったし、ソ連についてもわからなかったわけです。そういうことがきょうの話にあった根底にあるもろもろの数字と比較して、大して考える必要はないのか、あるいは何%ぐらいあるのかなというようなご意見をお聞きしたい。単なる質問です。

司会 大変難しい質問かと思いますが、桑原さん、よろしくお願ひいたします。

桑原 発表されていない研究の圧倒的部分は今おっしゃった軍事でして、アメリカの研究費の過半は国防総省が持っています。国防総省のものも

全部オープンにならないわけではなく、基礎研究などはある程度オープンになっていますが、多分メジャーな部分は表に出て来ていないと思います。

つい先日、ロボット技術の関係者と議論をしたのですが、きょうの私の講演の中でもご紹介したように、ロボットがユビキタスの通信環境を使って相互に連携しながら何かをやるという技術が日本でも結構進んできています。しかしながら日本の社会でそれが何に使えるのかが、なかなか見えないそうです。ずっと遅れていたアメリカが最近、これをどんどん進め出した。これが軍事に使えるらしいんですね。偵察だか何かはわかりませんが、単純なロボットを広い範囲にまいて、テロリストを見つげるとか、そういう用途が軍事には幾らでもあるようです。このため、アメリカではこの分野が突然進み出して、あっという間に日本は追い越されつつあるようなことをロボット工学者がおっしゃっていました。

それはたまたま少し見えている部分ではありますけれども、もっとディープな部分で見えていないところがたくさんあると思います。アメリカでも個別の要素技術で軍事が民生よりはるかに先に行っているというケースがもうそんなに多いとは思えませんが、システム応用のような面になると、軍事研究費の投入が始まった途端に、それまでと様相が変わってしまうことはよくあります。グローバルポジショニングシステムもまさにそうでしたし、インターネットももとは軍事から始まりました。それからロボットも日本がずっと強いと思っていたら、最近、国防総省がMITなどに研究資金をつぎ込んでいますので、いろいろな技術が急速に進んでいます。

ですから、そういう形でのシステム化などの方向性が定まると、大きな範囲の技術を一斉に動かしますので、そこはしっかりと観察して探っていないといけないと思います。ただ要素技術自体が軍事主導で、外から何も見えないうちにとてつもなく進むということについては、昔と違って、今ではあまり無いのではないかというのが私の個人的な見方です。

山口佳和（非会員 産総研） 国立研の話が2点ほ

ど出ていました。そこで2点ほどコメントしてお伺いしたいのですが、1つは任期付任用の話で、国立研は若手の任期付任用が多いです。実は産総研で何が起きているかという、若手を、新人を任期付でとるわけですけれども、ほとんどが再任されています。これは形だけだから意味がないからやめようという議論になっています。確かに任期付の比率を新人が下げたということがある。だから、そういう意味で言うと、任期付任用がすごくいいことで、とにかく増やしなさい、増やしなさいと言っても、形だけの任期付任用というのは結構あるのでないか。それから日本社会の現状を考えると、任期付任用はアメリカ型だと思うのですが、ほんとうに任期付採用をどんどん増やしていくことか良いのかどうかというのはちょっと検討の余地があるのではないかと思います。

それからもう1点、研究支援者のところで、公的機関は研究支援者の比率が増えているというのがあって、これはどういうことが起きているかという、うちではテクニカルスタッフという非常勤の人を非常に増やしているんです。予算が自由に使えるようになったものだから、それがものすごく増えている状況があります。ただ、これも非常勤で雇っているものですから、今はリストラでいい人がどんどん来てくれるんですけども、一たん景気が良くなるとどうなるかわからない。あるいはせっかく雇っても、身分が不安定なので、なかなかその人たちが落ち着かないという状況があります。これもそういう意味では数字はよくなっていますが、ほんとうの意味での解決になっているのかどうか、非常に疑問に思っています。ちょっとその辺、コメントをいただければと思います。

桑原 若手の任期付の再任用、独法だからできるんですね。実は私が所属している研究所はまだ国研なので、任期付任用のスタッフを随分入れているのですが、再任は絶対できません。お話しいただいた独法の状況については、私はあまり知りませんでした。

ただ、今、私どもの研究所内で議論していますことを申し上げますと、日本では、多くの場合と

言うとも怒られるかもしれませんが、政策手段だったはずのことがいつの間にか目的化してしまうことがあります。よく考えると流動性を高めるといのは手段にすぎないので、目的は人材の最適配置の実現ですよね。産学官とか、あるいは組織間で最適配置が実現できれば、それ以上流動性を高めると、かえってマイナスになるはずで、流動性を高めること自体が最終目標になって、変なことにならないようにする必要があり、それでは、最適配置というのをどういうふうにか、観測したらたらないのか、そのような議論をしております。

それからテクニカルスタッフについてご指摘のようなことがあるというのは、この調査は私の直接の専門ではなくて詳しくないですけど、聞いております。ただ、これからそういう方をいろいろな組織の中でどうやってキャリアパスに乗せていくかが重要で、それがないと、世の中の景気がよくなると、公的部門がうまく回らなくなってしまうという矛盾をいつも抱えることになります。おっしゃるとおりだと思います。

司会 どうもありがとうございました。

川崎雅弘 大変詳細な調査をやられたのですが、科学技術基本計画を考えるときのデータベースとして、現在、総務省でやっている科学技術研究調査が唯一なんです。既に桑原さんからご指摘があったように、研究者をイクイバレントで数えるのかという、欧米並みの数え方をするのか、単なる定員という人数でいくのかという問題が残ったままです。あるいは現在の産業分類ではかなり古い分類を使っているの、振興産業の分野ですが、ソフトウェアとか、あるいは最近のホリエモンに代表されるような、ああいうインターネットビジネスといったような分野で、情報関係の研究がかなり行われているはずだと思うのですがこれが見えない。あるいはセキュリティーも同様でしょう。そういう産業分野についての統計上の欠陥といったものを、この基本計画の中で直すということはぜひご提言なり何かしていただいて、もう少し全体像をつかめるようにしていただければと思うのですが、いかがでしょうか。

桑原 ご指摘の点はおっしゃるとおりでして、

最近、内閣府の経済社会総合研究所の所長が交代されて、黒田先生が就任されましたが、黒田先生はそういう問題意識を強烈にお持ちのようです。産業分類ひとつを見ても、日本の戦略は古過ぎると。私は事実を確認したわけではありませんが、GDPの数%しか占めない農業に対して、統計のリソースの半分くらいを使っているというようなアンバランスがあるそうです。

おっしゃるように、ソフトウェア産業などは、きちんとした政府統計はまだないと思います。業界が作っている統計しかない。これは非常に大きな問題だと思っています。産業分類について科学技術という端っこのジャンルからどの程度物が言えるのか、よくわかりませんが、根源的問題だとは思っております。

実は、指定統計であるがゆえに行政が困っているケースもあるようです。項目が時代遅れになったので、少し変えようと思っても、指定統計の場合簡単には変えられないことが多々あるようです。指定統計以外一切とれないのなら仕方がないのですが、実はそれ以外にとっている統計がいろいろあって、こちらはフレキシブルに変更して内容も充実している。一番大事なところを押さえているはずの指定統計がどんどん使いにくいものになってきているというひずみが生じているようです。日本の90年代の政策がいろいろうまくいかなかった理由の1つは、私も含めてですけれども、役人が不勉強になったことがあるような気がしますが、もう1つは統計がうまく社会を反映しなくなって、何が起きているかわからなくなったこともあるような気がします。これは大問題だと個人的には思っております。

次期基本計画の中でこのような議論ができるかまだわかりませんが、統計を充実させるということは何とか基本計画のどこかに入れてほしいとおもいます。

司会 統計につきましては、先ほど川崎さんが最初におっしゃったFTEは既に採用されています。また産業分類なんか、世の中の変化が激しいため、そんなに急速に社会の状況に合わせるということになっていないかとは思っています。ご専門の廣松先生がいらっしゃるの、何か一言ご発言い

ただきたいと思いますが、よろしいですか。

廣松 毅 その話になった以上、一言申し上げないといけないと思いますが、まず産業分類に関してはご指摘のとおり、平成14年に新しく変えました。それはたしか第10次の改定だったと思いますが、ただご指摘のとおり、今でも製造業の分類が一番細かくて、いわゆる第三次産業の部分の分類はまだかなり粗い。したがって、そのこと自体に関しては、前回の改定のときに既に問題意識としてはございまして、そこをさらに改定を進めるべく、下準備をやっているところであります。

分類のことにしましては、これは一種の我々の分野の宿命でして、分類というのは決めた途端に陳腐化が始まるという性質のものです。そこは何とかお許しただかなければ。ただ、少なくとも努力はしているということをご理解いただければと思います。

2点目、特にこの分野で一番関係が深い科学技術研究調査ですが、ご存じのとおり、今は総務省の統計局がやっております。これは実は、この調査が始まりますときの経緯がありまして、総務省、当時の統計局が引き受けたわけですが、本来ならばその出発点から、私の個人的な意見ですけれども、科学技術庁なり、もう少し政策に直結した担当部局で、この調査をやっていただくのが機動的に動くという意味で望ましいことではなかったかとは思うんです。現状、まだそういう状況になっておりまして、おそらくその主管を変えるということに関しては、今後、ひとつの大きな論点になり得る。そこに関しては、科学技術政策研究所も含めて、ぜひ真剣にお考えいただければと思っております。

司会 ありがとうございます。

渥美和彦 遺伝子科学が進んで、テーラード・メディシンが可能になってくるし、それから再生医学ができると、もう治療の目標が見えてきたというようなことになってきます。世界は治療の医学から予防の医学とか、そういうところに大きく転換していると思うんです。ですからゲノムだとか、それから再生医学とか、脳の研究とか、いろいろなデルファイの目標が分析されていますが、そう

いうものを越えた大きな転換というような、いわゆる広いものの予測といいますか、そういうものはどういうところでやられるのでしょうか。

つまり、遺伝のことをやっていると、遺伝がどこまで進むかというのは10年、20年では見えますけれども、それによって、医学が大きく転換するわけです。目標が変わってくる。政策が変わってくる。つまり、治療中心になった医学から予防中心の医学に政策を転換しないといけないわけです。そういうような大きな政策に関係するような流れというものをどういうふうにして予測したり、考えておられるのでしょうか。ちょっと難しい質問ですが。

司 会 枠組みの変換までを含めたような予測ということだとは思いますが。桑原さん、よろしくお願ひします。

桑 原 多分、2つお答えがあると思います。私どもの研究所のポジションからしますと、きょうここで話して、行政にも既にお使いいただいているのは、いろいろな時間軸で基本的データを整備したものでして、これをまず使って政策を考えてくださいということです。

例えば予測も今回、4つのいろいろな柱で取り組んでおりますけど、実はレポートの取りまとめの納期の問題もあって、これらを総合化するという点についてはまだ十分にできていないところがたくさん残っています。例えばシナリオで出てきたものと、デルファイで出てきたものと、それから論文分析の動きを統合化して、大きなストーリーは一体何なのかというようなことです。先生が指摘された点はそういう内容になると思いますが、それは我々としてもこれからもしっかりフォロー分析したいと思っています。まだ残っている、宿題があるということです。

それからもう1つは、今ご指摘のような治療医学から予防医学への流れみたいなものは、これ自体は多分、行政サイドがどれだけ対応できているかは別ですが、コンセプトとしては少し前から時々見かけるようにはなり始めていると思います。次の第3期基本計画の分野ごとの基本コンセプトを煮詰めていくと共に、具体的に国が投資を増やす領域を選んでいくという作業が年度末ご

ろまでに順次進んでいきますので、そういう過程の中から政府のメッセージとして出てくるのが期待されると思います。

内藤哲雄（非会員 JAMSTEC）最近の実務面からのコメントを申し上げます。国立大学とか国立研究所から独立行政法人になって、何が起きたかということ、例えば労働基準局が監督に入るとか、いわゆる世間の普通にやっていることを同じようにやれと。その代表例がさっきの時間のところでこれは逆行していますね。研究者は夜中に一番頭がさえるとか、いろいろな人がいて、好きなときにやりたいんだけど、労働基準局が入ると、何時までにしろとか、罰金を払えとか、そういう指導を今、あちこちで始めています。そういう社会的な、今まで関係なかった制度との調整というのが非常に大きなテーマになってきていると思います。さっき任期付という話が出ましたが、任期付は簡単に言うと、定員管理みたいな、要するに5年間で、毎年1%ずつ定員を減らせというか、そういう管理を外れたところで人材を投入できるシステムだと思っていいと思うんです。労働基準法上、あれは5年契約で更新できるから、終身雇用と同じ運用ができるので、何が違うかということ、永年勤続とかがないだけで、あとは同じ運用ができるんです。

何が問題かということ、むしろ補助スタッフのほうで、いわゆる補助員みたいなのは外注でいいと思うんだけど、専門的補助スタッフが必要なのにいない。これは今の労働基準法でいうと、3年打ち切りで、続けて雇用できないシステムに入ってしまうし、これは研究者と同じように専門家として、そういう操作ができるような制度に直してもらい必要がある。だから国立大学とか、国立研が新しい形になるんだしたら、それに合わせてそういう制度も直してもらいことを検討してほしいなと、両方申し上げます。

司 会 このご意見については、お答えはなくてよろしいですね。

桑 原 承りまして、専門のチームに申し伝えます。

司 会 ほかにご質問がありますでしょうか。

森 英夫 デルファイで大分前にデルファイが当

たったとか、当たらなかったとかという統計を出されたと思うんです。特に分野ごとにこれは当たりにくい、例えば私の記憶ではエネルギーが一番当たりにくいとか、情報は当たりやすいとかというのがあったので、そういうのをに入れて考えていただきたい。

要するに予測しても、当たらないのがたくさんあるんです。だれがどんな予測をして、だれが言ったのが当たらないというようなことがわかればもっといいんですけども、そこまでは言わなくても、分野ごとにこれは当たりにくいというようなことを入れて、予測して、計画を立てていただきたいということです。

司会 当たったかどうかの調査を最初にやられたのは、実は桑原さんなんです。

桑原 今回もそういう評価を行いまして、先生がおっしゃったとおりの傾向は続いていました。ですから、一番当たりやすいのが生命科学、情報が並みの上ぐらいで、下のグループがエネルギー。これは変わっていません。ですから、今回もエネルギーの予測については、必ずしも信頼度が高くないということは当然あり得ます。

それからもう1つおっしゃった、だれはすばらしい予測をしたかという話なのですが、実はそれがようやく分析できる時期に入ってきました。というのは今回、第4回、1986年に行われた予測までが評価の対象になりましたが、この86年データは個票データが残っています。したがって、どなたの予測が的中したかというのは、分析ができます。それ以前の第3回までの調査については、集計結果しかなく個票データは残っていないのでそういう分析はできませんでした。このような分析がどれだけ意味を持つかは別として、そういうデータ分析も行える時期に入ってきたわけで、これから順次取り組んでみたいと思っています。

司会 大変おもしろい調査結果を教えていただきました。どうもありがとうございました。

最後に私自身、まとめるつもりはありませんけれども、こんな議論が出たということだけは記憶のために申し上げておきたいと思っています。

最初に、大学院生を含む研究補助者の問題が提出されました。融合領域をどうするか、どういふふうに把握するかというお話が出ました。次いで、規制との比較で、調達の問題について議論ができました。そのほか発表されていない研究というのがかなり重要なのではないかと、ただこれは測定困難な問題ではありますけれども、そのような問題提起がありました。

次に統計について、基本的に現状を把握する上で、特に産業分類ですけれども、そういう改正が必要ではないかというお話がありました。また医療などでは治療の医学から予防の医学へという、私は大きな枠組みの変化だと思えますけれども、そういうものをどのように予測で扱うのかという話がありました。

さらに、大学は独立行政法人化に伴い、任用とかそういうことにも絡んでいるわけですけれども、研究者の流動化ということが重要になっておりまして、それをどう扱うのか。特に流動化というと、手段が目的化しかねない状況になっていて、そういう課題が議論されました。

最後にデルファイについては、どのように当たっているのか、だれがあまり当たらないのか、そのようなことも含めて、これは精度を高めてほしいということかと思えますけれども、そういう議論が提出されました。

本日はかなり時間を超過しましたがけれども、発表の内容は、非常に充実していたと思います。フロアからも大変示唆に富んだ貴重な質問がたくさん出てまいりまして、司会をさせていただいて、ほんとうに感謝申し上げます。

最後に発表者の桑原さんに拍手を送りたいと思います。(拍手)

どうもありがとうございました。

— 了 —

注：ページ数の関係でスライドを一部省略しております。お問い合わせは事務局へお願いいたします。

2006年2月28日

編集発行

(社)日本工学アカデミー

〒108-0014 東京都港区芝5-26-20

建築会館4F

Tel : 03-5442-0481

Fax : 03-5442-0485

E-mail : academy@ej.or.jp

URL : <http://www.ej.or.jp/>