

我が国における科学技術に裏付けされた 「ものづくり技術分野」の状況とあり方

2008年12月

文部科学省 科学技術政策研究所

科学技術基盤調査研究室

塩谷 景一

Current Situation and Proposals for Promotion of
Science-based MONODZUKURI technology field in Japan

December 2008

Keiichi Shiotani

Research Unit for Science and Technology Analysis and Indicators

National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan

本報告書の複製、転載、引用等には科学技術政策研究所の承認手続きが必要です。

目 次

本報告書の内容	3
1. ものづくりとは	4
1.1 ものづくり基盤技術振興基本法における「ものづくり」	4
1.2 中小企業のものづくり基盤技術の高度化に関する法律における「ものづくり」	5
1.3 ものづくり白書における「ものづくり」	6
1.4 第3期科学技術基本計画が取り上げる科学技術に裏付けられた「ものづくり」	7
2. 「科学技術分野の課題に関する第一線級研究者の意識定点調査」に基づくものづくり技術分野の状況	9
2.1 分野別定点調査について	9
2.2 ものづくり技術分野の状況	10
(1) 回答者属性	11
(2) 国際比較	12
(3) 研究開発資金必要度順位	13
(4) 必要なインフラおよび基盤整備	15
(5) 産学官連携	16
(6) 研究開発の実用化期間および基本特許	17
(7) 分野発展へ向けた取り組み	18
(8) 必要な人材	19
(9) 人材の状況	20
(10) 国際的にリードしている優れた研究者の後継者および若手人材育成	21
(11) 研究者の流動性	22
(12) 戦略重点科学技術	23
3. 我が国を支えるものづくりの強さ	24
3.1 ものづくりの強い部分	24
(1) 我が国の強い産業	24
(2) 製造業の強い事業段階	24
(3) 製造業の強い製造工程	25
3.2 世界をリードするものづくり科学技術事例	26
(1) 事例1 ものづくり科学技術「構造化」研究事例	27
(2) 事例2 ものづくり科学技術「表面創成」研究事例	29

4. 将来想定されるものづくりを巡る状況	32
4.1 ものづくり科学技術の国際競争力の相対的な低下	32
4.2 大学のものづくりに関わる専門分野における教官数の減少	33
4.3 ものづくりに関わる科学技術関連予算の状況	34
5. ものづくり技術分野強化のあり方	35
5.1 必要とされる科学技術基盤の継続的な強化	35
5.2 ものづくり技術分野強化の具体策な取組み	36
参考	
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)にみるものづくり科学技術「構造化」	40

本報告書の内容

本報告書は、我が国における科学技術に裏付けされた「ものづくり技術分野」の状況をデータに基づき浮き彫りにすることを目的としている。内容は、ものづくり技術分野で我が国をリードする有識者との議論の結果を反映している。取り上げる図表は、議論を通して有識者からものづくりの状況を把握するために参考になるとの意見が多かったものである。そのため、本報告書は、我が国における科学技術に裏付けされた「ものづくり」に関わる会議において参照する資料として役に立つと考える。内容の一部を議論した主要な会議を以下に示す。

- ① 内閣府 総合科学技術会議 基本政策推進専門調査会 ものづくり技術プロジェクトチーム第 3 回会合(平成 19 年 12 月 14 日)において「ものづくりの現状」説明として報告し机上資料として配布
- ② 同ものづくり技術プロジェクトチーム第 4 回会合(平成 20 年 3 月 5 日)における「日本のものづくり技術の『強み』について」の議論で説明
- ③ 日本学術会議 第 2 回生産科学分科会シンポジウム「ものづくりイノベーションに向けた生産科学提言」(平成 20 年 3 月 28 日)におけるパネル討論においてプレゼンテーション実施
- ④ 日本学術会議 材料工学委員会材料構造化コンバージング・テクノロジー分科会第 1 回分科会(平成 20 年 6 月 25 日)にて「我が国におけるものづくり科学の現状と課題」というタイトルでプレゼンテーション実施
- ⑤ その他、大阪大学および名古屋大学の大学院工学研究科長との検討会議(2007 年度)、生産学術連合会議「製造技術分野に関する戦略会議」、(財)製造科学技術センター 「FAOP 最適価値経営にもとづく次世代モノづくりシステム専門委員会」などで討議

本報告書作成の背景を補足説明する。

ものづくりの範囲は、伝統工芸から我が国産業の国際競争力を支える科学技術まで幅広い。そのため、ものづくりに関わる議論では、議論の対象とするものづくりの全体像を明確にし、どの断面に着目するかを決めて議論を進める必要がある。また、ものづくりは身近な言葉のため、データに基づかず個人の思いでものづくりが論じられることも少なくはない。そのため、内閣府 総合科学技術会議事務局 ものづくり技術分野担当では、我が国のものづくり技術分野の状況を示すデータを必要としていた。そこで、文部科学省 科学技術政策研究所は、独自に進めてきた調査である「科学技術分野の課題に関する第一線級研究者の意識定点調査」の第1回 2006 年度調査に基づき「ものづくり技術分野」の状況をまとめて上記会議①内閣府 総合科学技術会議 基本政策推進専門調査会 ものづくり技術プロジェクトチーム会合第 3 回会合で報告した。本報告書では、第 2 回 2007 年度調査結果を加えて最新データとし図表5から図表17にまとめている。

1. ものづくりとは

「ものづくり」の定義あるいはその範囲を理解するために、「ものづくり」に関わる国としての主な取り組みを本章では取り上げる。国としてのものづくりへの取り組みの根拠となる基本法および基本法に基づき国会に報告されるものづくり白書を紹介する。続いて、科学技術政策におけるものづくりに焦点をあて、第3期科学技術基本計画におけるものづくりの順に紹介する。

1.1 ものづくり基盤技術振興基本法における「ものづくり」

ものづくりの振興に関しては、政策の基本となる法律「ものづくり基盤技術振興基本法(平成11年法律第2号)」が制定されている。ものづくり基盤技術振興基本法(以下基本法)は、超党派の議員によって議員立法として提出され平成11年に制定された。基本法の中では、「ものづくり」そのものの定義は明確には示されていない。「ものづくり基盤技術」は基本法の第2条で定義が与えられている。定義の中で示された政令で定めるものづくり基盤技術を図表1に示す。26定められたものづくり基盤技術は、どれも製造業を支える重要な技術である。一方、取り上げられた26のものづくり基盤技術は、染色から非破壊検査まで、技能に近い技術から科学に近い技術まで幅広い。

また、第9条3項の規定に基づき「ものづくり基盤技術基本計画」が平成12年9月に国会に報告されている。

図表1 ものづくり基盤技術振興基本法(第2条)と政令で定めるものづくり基盤技術

この法律において「ものづくり基盤技術」とは工業製品の設計、製造または修理にかか
る技術のうち 汎用性を有し、製造業の発展を支えるものとして政令で定めるものをいう。

一 設計に係る技術	十四 熱処理に係る技術
二 圧縮成形、押出成形、空気の噴射による加工、射出成形、鍛造、鋳造及びプレス加工に係る技術	十五 溶接に係る技術
三 圧延、伸線及び引抜きに係る技術	十六 溶融に係る技術
四 研磨、裁断、切削及び表面処理に係る技術	十七 塗装及びめっきに係る技術
五 整毛及び紡績に係る技術	十八 精製に係る技術
六 製織、剪毛及び編成に係る技術	十九 加水分解及び電気分解に係る技術
七 縫製に係る技術	二十 発酵に係る技術
八 染色に係る技術	二十一 重合に係る技術
九 粉砕に係る技術	二十二 真空の維持に係る技術
十 抄紙に係る技術	二十三 巻取りに係る技術
十一 製版に係る技術	二十四 製造過程の管理に係る技術
十二 分離に係る技術	二十五 機械器具の修理及び調整に係る技術
十三 洗浄に係る技術	二十六 非破壊検査及び物性の測定に係る技術

ものづくり基盤技術の我が国における貢献に関しては、基本法の前文において「ものづくり基盤技術はわが国の基幹的な産業である製造業の発展を支えることにより、生産の拡大、貿易の振興、新産業の創出、雇用の増大など国民経済のあらゆる領域にわたりその発展に寄与するとともに、国民生活の向上に貢献してきた。」と示している。

基本法制定に至る我が国の製造業の状況認識は基本法前文において、「しかるに、近時、就業構造の変化、海外の地域における工業化の進展等による競争条件の変化その他の経済の多様かつ構造的

な変化による影響を受け、国内総生産に占める製造業の割合が低下し、その衰退が懸念されるとともに、ものづくり基盤技術の継承が困難になりつつある。」と示している。

1.2 中小企業のものづくり基盤技術の高度化に関する法律における「ものづくり」

我が国の最終製品を製造する企業(川下製造業者等)は、鋳造、鍛造、めっき等の技術を有する中小企業者(川上中小企業)によって国際競争力を支えられている側面がある。中小企業の内、川上中小企業の高度な技術水準を実現することを主な目的とし、中小企業庁は特定ものづくり基盤技術を法律で指定し施策を講じている。この法律が指定する中小企業のものづくり基盤技術は毎年見直される。

特定ものづくり基盤技術の定義は、「中小企業のものづくり基盤技術の高度化に関する法律(平成18年法律第33号)第2条第2項に基づき、ものづくり基盤技術振興基本法(平成11年法律第2号)第2条第1項に規定するものづくり基盤技術のうち、当該技術を用いて行う事業活動の相当部分が中小企業者によって行われるものであって、中小企業者がその高度化を図ることが我が国製造業の国際競争力の強化又は新たな事業の創出に特に資するもの」、である。

図表2に平成20年2月15日に中小企業庁によって、指定された特定ものづくり基盤技術を示す。今回の指定では、溶射に係る技術が追加された。

図表2 特定ものづくり基盤技術(平成20年2月15日現在)

1. 組込みソフトウェアに係る技術
2. 金型に係る技術
3. 電子部品・デバイスの実装に係る技術
4. プラスチック成形加工に係る技術
5. 粉末冶金に係る技術
6. 溶射に係る技術
7. 鍛造に係る技術
8. 動力伝達に係る技術
9. 部材の結合に係る技術
10. 鋳造に係る技術
11. 金属プレス加工に係る技術
12. 位置決めに係る技術
13. 切削加工に係る技術
14. 織染加工に係る技術
15. 高機能化学合成に係る技術
16. 熱処理に係る技術
17. 溶接に係る技術
18. めっきに係る技術
19. 発酵に係る技術
20. 真空の維持に係る技術

中小企業庁は、特定ものづくり基盤技術の高度化に関する指針を特定ものづくり基盤技術ごとに定めている。この指針は、技術の高度化目標を達成する特定研究開発等の実施方法および個々の特定ものづくり基盤技術の特定研究開発等を実施するに当たって配慮すべき事項を定めている。経済産業大臣は、この指針に基づき特定研究開発等計画の認定を行う。

1.3 ものづくり白書における「ものづくり」

「ものづくり白書」は、「ものづくり基盤技術振興基本法」の第8条の規定に基づき、ものづくり基盤技術の振興に関して国が講じた施策に関する年次報告である。国会に提出される報告書名は「ものづくり基盤技術の振興施策」である。2007年版ものづくり白書という場合、平成18年度ものづくり基盤技術の振興施策の報告書を指し、元号と西暦は一年ずれる。経済産業省、厚生労働省、文部科学省がまとめ、閣議決定を経て国会に提出される。

図表3に2007年版ものづくり白書の構成を示し、ものづくり白書が扱う範囲からものづくりの範囲を視る。

図表3 ものづくり白書

2007年版ものづくり白書		補足(項目の一部抜き出し)
第1部 我が国のものづくり基盤技術の現状と課題		
第1章 グローバル経済下における国内拠点の強化に向けた課題と展望	第1節 我が国製造業の概況と経済における位置づけ	
	第2節 我が国製造業の海外展開の現状と国内拠点の役割	
	第3節 国内拠点の機能強化に向けた課題と展望	イノベーションの推進、技術管理の強化
	第4節 主要製造業の課題と展望	
第2章 ものづくり人材環境の再構築	第1節 ものづくり労働者の雇用・労働の現状	
	第2節 団塊世代の大量退職に備えた人材育成	技能継承に果たす中堅層の大きな役割
	第3節 多様な人材を支えるものづくり基盤	技能尊重のための取組 「2007年ユニバーサル技能五輪国際大会」を契機とする技能の振興
第3章 ものづくり基盤を支える研究開発・学習の振興	第1節 産業力強化のための研究開発の推進	
	第2節 ものづくり人材の育成	小・中・高等学校の各教科におけるものづくり教育(小学校では図画工作など)、大学などにおける高度なものづくり人材の育成、コラム「めざせ!!、「木工の技」チャンピオン」
第2部 平成18年度においてものづくり基盤技術の振興に関して講じた施策		
第1章 ものづくり基盤技術の研究開発に関する事項	第1節 ものづくり基盤技術に関する研究開発の推進等	
	第2節 ものづくり事業者と大学などの連携	大学等の能力を活用した研究開発の促進 産学連携製造中核人材育成事業
第2章 ものづくり労働者の確保などに関する事項	第1節 失業の予防とその他雇用の安定	
	第2節 職業能力の開発および向上	産学官の連携による人材育成の推進 公共職業訓練の推進
	第3節 ものづくりに関する能力の適正な評価、職場環境の改善など	職業能力評価制度の整備 技能の尊重気運の醸成
第3章 ものづくり基盤産業の育成に関する事項	第1節 産業集積の推進等	伝統的工芸品産業の振興対策事業 知的クラスター創成事業
	第2節 中小企業の育成	
第4章 ものづくり基盤技術にかかる学習の振興に関する事項	第1節 学校教育におけるものづくり教育	初等中等教育、高等教育、専修学校教育において講じた施策
	第2節 ものづくりにかかる生涯教育の振興	日本科学未来館での取組、本物の舞台芸術に触れる機会の確保、伝統文化子ども教室
第5章 その他ものづくり基盤技術の振興に関し必要な事項	第1節 国際協力	

ものづくり白書は各年度版共に 2 部構成となっている。第 1 部では、ものづくり基盤技術がその発展を支えるべき製造業の現状と課題について広く分析を行っている。第 2 部では、ものづくり基盤技術振興基本法に基づき、政府が講じた施策をまとめている。

図表3から分かるようにものづくり白書は、伝統的工芸品・技能から大学などの能力を活用した研究開発の推進・イノベーションの推進、科学技術、小中学校教育まで広い範囲を扱う。ものづくり白書から読み取れる国として講じる施策の対象は、広くものづくりを捉えている。

ものづくり白書ではコラムが多く掲載されている。取り上げられたコラムでは、小学校における図画工作・木工、実践教育としてチームを組んで「もの」をつくりあげる取組みが示されている。工作・伝統工芸、現代の名工、高等専門学校あるいは専修学校のものづくり取組、等に関わる内容が多い。コラムでは、科学技術に支えられたものづくり技術は取り上げ例が少ない。

1.4 第3期科学技術基本計画が取り上げる科学技術に裏付けられた「ものづくり」

「ものづくり技術分野」は、2006年3月28日に閣議決定された第3期科学技術基本計画において国が取り組むことが不可欠な8分野の一つに位置づけられている。図表4にもものづくり技術分野の戦略重点科学技術と重要な研究開発課題の体系を示す。

図表4 ものづくり技術分野の戦略重点科学技術と重要な研究開発課題の体系

戦略重点科学技術		(1)日本型ものづくり技術をさらに進化させる、科学に立脚したものづくり「可視化」技術
		(2)資源・環境・人口制約を克服し、日本のフラッグシップとなる、ものづくりのプロセスイノベーション
重要な研究開発課題	1. 共通基盤的なものづくり技術(領域)の推進	(1)ITを駆使したものづくり基盤技術の強化
		(2)ものづくりニーズに応える新しい計測分析技術・機器開発、精密加工技術
		(3)中小企業のものづくり基盤技術の高度化
		(4)巨大な機械システム構築に貢献するものづくり技術
	2. 革新的・飛躍的發展が見込まれるものづくり技術(領域)の推進	(5)世界をリードする高付加価値材料を生み出すものづくり技術
		(6)人口減少社会に適応する、ロボット等を使ったものづくりの革新
		(7)バイオテクノロジーを活用したものづくりの革新
		(8)ものづくりプロセスの省エネルギー化
		(9)資源を有効利用し、環境に配慮したものづくり技術
	3. 人材育成・活用と技能継承・深化	(10)ものづくり人材の育成強化と活躍促進

第3期科学技術基本計画におけるものづくり技術分野の基本的取組方針としては、科学に立脚した日本型ものづくりの再構築である。ものづくり技術分野では、重点化する戦略重点科学技術のひとつに「日本型ものづくり技術をさらに進化させる、科学に立脚したものづくり『可視化』技術」が選定された(図表4)。ものづくりの「可視化」とはものづくりプロセスで発生する現象や問題を科学的に究明することである。「可視化」は定量的データに基づき関係者間で議論しながらものづくりを進める技術の意味も含んでいる。

第3期科学技術基本計画におけるものづくり技術分野は、第2期科学技術基本計画での「製造技術分野」を引き継ぐ取り組みであり、名称を改めた意図から国としてもものづくり技術分野をどのように取り組むかの考えが読み取れる。名称を変えた意図は、資源・環境・人口制約を乗り越え、日本が国際競争力を維持し、経済を発展させていくためには、ものづくりを核とし、サービス、情報産業まで巻き込んだバリューチェーンとしての付加価値を最大化することが政策課題であり、従来の製造技術の開発にとどまることなく、“もの”の価値を押し上げるような科学技術の発展を目指す、価値創造型ものづくり力強化という視点を鮮明にするためである。

ものづくり基盤技術に関しては、重要な研究開発課題「中小企業のものづくり基盤技術の高度化」(図表4)において、「我が国のものづくり、あるいは燃料電池や情報家電などの先端新産業分野に必要とされる基盤技術を支える中小企業が主として担う、鋳造、鍛造、めっき、金型加工等や、我が国の強みであるものづくり基盤技術の高度化を図る。」と示されている。

2. 「科学技術分野の課題に関する第一線級研究者の意識定点調査」に基づくものづくり技術分野の状況

第1章で述べたように、ものづくりは広い範囲を含む。本章では、我が国の科学技術政策の中核である第3期科学技術基本計画におけるものづくり技術分野の状況を示す。

2.1 分野別定点調査について

本章で取り上げる、我が国のものづくり技術分野の状況を示す図表は、基礎データとして「科学技術分野の課題に関する第一線級研究者の意識定点調査(分野別定点調査)」(以下分野別定点調査)の第1回2006年度調査(NISTEP Report No.106)と第2回2007年度調査(NISTEP Report No.109)の2年分の結果を用いている。なお、この分野別定点調査のほかに、分野を超えた日本全体の状況について問う「科学技術システムの課題に関する代表的研究者・有識者の意識定点調査(科学技術システム定点調査)」(NISTEP Report No.105 および No.108)もある。

以下に、分野別定点調査を説明する。

分野別定点調査が対象とする科学技術分野は、第3期科学技術基本計画で設定された重点推進4分野であるライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料と、推進4分野であるエネルギー、ものづくり技術、社会基盤、フロンティア、の8分野である。

分野別定点調査は、一定の回答者集団に回答者の主観を問う質問を定期的に行うことにより、第3期科学技術基本計画の期間(2006年4月～2011年3月)における日本の科学技術の課題に関する状況の変化を時系列で捉えることを目的としている。さらに、各研究分野の発展やイノベーション創出の過程等における顕在化していない問題点の抽出も試みている。

調査の特徴は、

- ① 調査の回答者には、継続して5年間、毎年一回、ほぼ同じ内容の設問に回答して貰うということ、さらに、
- ② 2回目の調査からは、回答時に前回の回答者本人の回答内容を示して、各設問において、前回と異なる回答をした設問には回答の変更理由を、前回と同じ回答であっても補足意見などがある場合にはそれを、回答用紙に記入して貰うということ、である。

なお、調査の実施に当たって、科学技術政策に関係のある有識者で構成する調査全体を総括する定点調査委員会を設置し、調査設計の精査と調査結果のとりまとめを検討した。

回答者集団は慎重に設計する必要がある。そこで、日本学術会議協力学術研究団体1260の中から科学技術に関係のある634の学会を選定し、その学会推薦という形で回答者を設定した。分野ごとに、各学会から10名の推薦をいただき、その推薦順位の上位に位置づけられた120名から130名から回答者リストを作成した。ただし、学会推薦の場合には大学関係者が多くなることが予想されるので、産業界からの回答者数を補強するために、経団連に依頼して分野ごとに15名の回答者候補名簿を作成した。

調査票の設問は、以下の5つのパートに分かれており、総設問数は37問である。

- Part I (12問) :【研究開発人材】、【トップ研究者】、【若手人材】、【研究者の流動性】
- Part II (4問) :【研究開発資金】、【インフラおよび基盤整備】、【研究時間の確保】
- Part III (17問) :【産学官連携】、【研究開発上の隘路(あいろ)】、【特許】、【日本の科学および技術の水準】、【日本の産業の国際競争力】、【世界トップクラスの研究教育拠点】
- Part IV (3問) :【戦略重点科学技術の現状】、【戦略重点科学技術の実現】
- Part V (1問) :【本調査全体に関するご意見】

質問の設計では、第3期科学技術基本計画および分野別推進戦略の文書を詳細に検討している。8分野を毎年同じ問いで調査し、第3期科学技術基本計画の期間における、①科学技術の課題に関する状況の変化をとらえること、②分野間の違い、③重点推進分野と推進分野の違いを見ること、等を目的として質問は設計してある。

分野別定点調査報告書に掲載された図表は、特に分野間の違いをわかりやすくすることを考慮して表記方法が考えられており、8分野すべてのデータを比較できるように作成している。本章で示す図表では、ものづくり技術分野の状況をより把握しやすいことに重点をおいて図表を作成した。そのため、分野別定点調査の幾つかの設問結果をまとめた図表もある。2006年度、2007年度の2年分のデータを使い年度間の違いを示している。

ものづくりは広い概念であり、アンケート回答者にもものづくりの定義を示す必要がある。ここでは、ものづくりの定義は、第3期科学技術基本計画のものづくり技術分野の定義と同一である。

アンケートでは、8分野について分野ごとの全体的状況とともに分野ごとに設定された戦略重点科学技術の状況を質問しており、ものづくり技術分野の場合には2006年度の回答者の90%が戦略重点科学技術に専門知識ありという回答であった。

2.2 ものづくり技術分野の状況

ものづくり技術分野第一線級研究者が考える我が国におけるものづくり技術分野の状況を図表5から図表17に示す。図表は、分野別定点調査2006、2007のデータを再構成してまとめたものである。質問票などの調査方法および指数値の算出方法などデータの統計処理に関しては、分野別定点調査の報告書2006、2007を参照いただきたい。

分野別定点調査は意識調査であるが、我が国のものづくり技術分野の状況をかなり正確に示すデータであると言える。その理由は、①調査では回答者自身の状況ではなく、回答者には、ものづくり技術分野の日本全体における状況をどのように認識しているかの回答を求めていること、②さらに、回答者は第一線級研究者でその回答数が100に及ぶこと、のためである。

(1)回答者属性

回答者数は、2006年度調査では101名、2007年度調査では98名である。

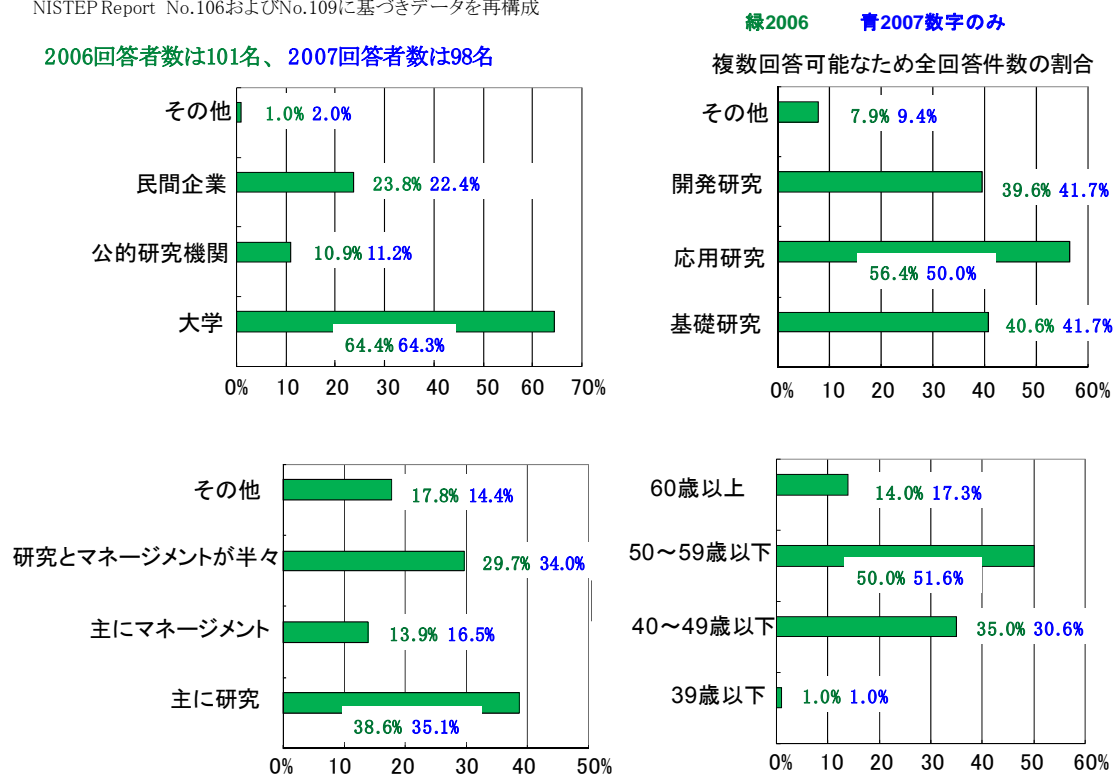
回答者は64%が大学関係者である。以下の図表を分析するに際しては、回答者のセクター比率を念頭に置く必要がある。

職業性格区分では、応用研究に従事している回答者の割合が高かった。業務内容では、主に研究に従事している回答者の割合が多い。主に研究に従事している回答者は2007年度調査では2006年度調査とくらべると減少し、マネージメントにかかわる業務に従事する回答者が増えている。

図表5 ものづくり技術分野:回答者属性

NISTEP Report No.106およびNo.109に基づきデータを再構成

2006回答者数は101名、2007回答者数は98名



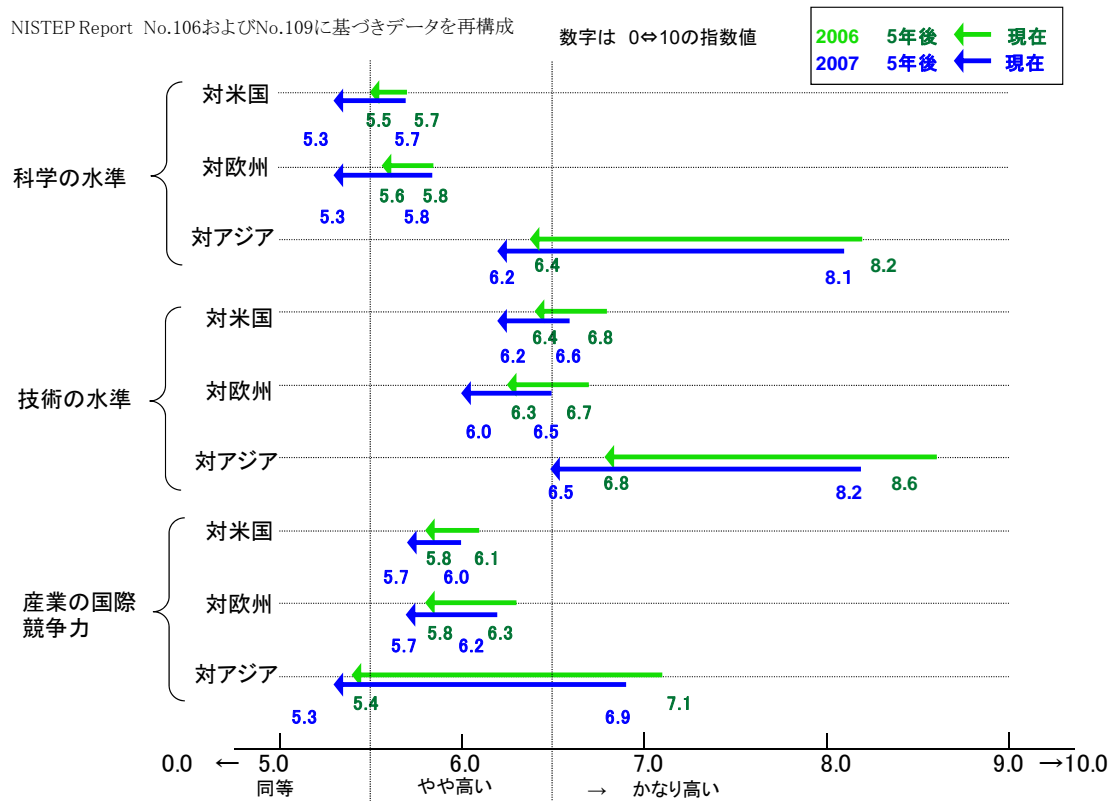
(2)国際比較

現在から5年後を見ると、科学の水準、技術の水準、産業の国際競争力はすべて、対欧米アジアに対して、「高い」から「同等」の方向へと相対的に低くなるとの結果である。特に対アジアに関しては、産業の国際競争力に着目すると、かなり高い位置から同等の位置まで競争力の差が詰められるとの結果である。

2007年度の結果では、2006年度の結果よりさらに我が国の科学と技術の水準および産業の国際競争力は欧米アジアに対して相対的に低下している。

日本学術会議 会員、国立大学法人の工学研究科長、企業幹部と本データに関して意見交換を行った。意見交換を行った有識者は、この結果を想定はしていたものの科学と技術の水準および産業の国際競争力が対欧米アジアに対して相対的に低下傾向であることがデータによって示されたことに対して、自分自身の問題として深刻に受け止める場合もあった。

図表6 ものづくり技術分野:国際比較



(3) 研究開発資金必要度順位

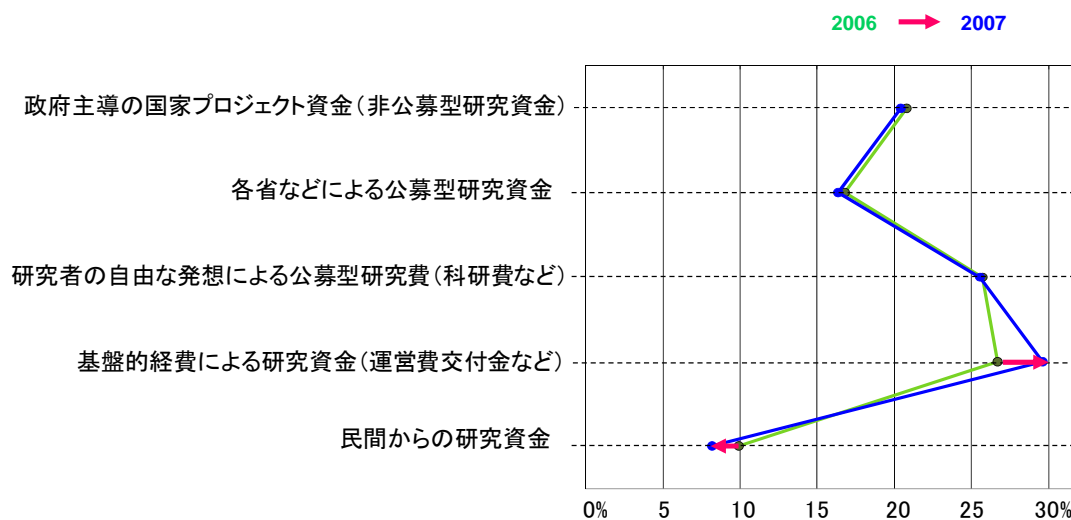
大学や公的研究機関において「ものづくり技術分野」を発展させ、世界トップレベルの成果を生み出すために、現在拡充する必要がある研究開発資金の必要度第1位の回答結果を図表7に示す。また、必要度第1位から第3位までを併記した2007年度結果を図表8に示す。

ものづくり技術分野を発展させる上で必要な研究開発資金に関しての第1位回答は、基盤的経費による研究資金(運営費交付金など)がトップになっている。他の分野では、研究者の自由な発想に基づく公募型研究費(科研費など)が多い。

日本学術会議のシンポジウムにおいて本データを示したところ、ものづくり技術は持続的な強化が必要であり、そのためには基盤的経費によって研究者の一定の厚みを維持することが第1位に必要であるとの考えを示した研究者が多いことを確認できるデータである、とのコメントがあった。そのためには、ものづくり技術を担う拠点を大学に設置することが効果的との意見もあった。

図表7 ものづくり技術分野:研究開発資金－必要度第1位

NISTEP Report No.106およびNo.109に基づきデータを再構成



2007年度調査では、必要度第1位から第3位の回答を全て見ると、第2位の回答では科研費が基盤的経費を大きく離してトップの回答割合である。

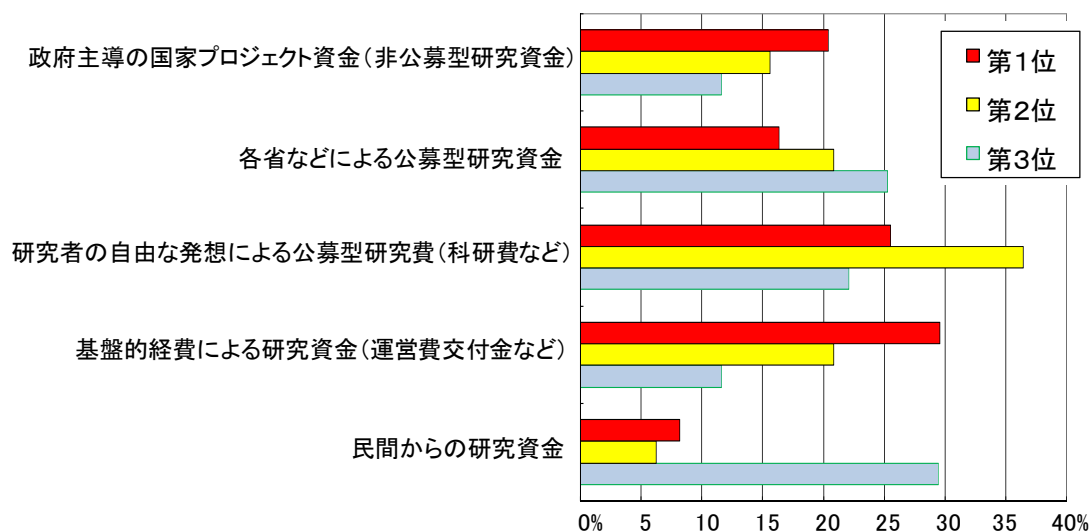
8分野分類の内、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノ・材料、エネルギーでは、世界トップレベルの成果を生み出すために、現在拡充する必要がある研究開発資金の必要度第1位の回答割合のトップは、研究者の自由な発想による公募型研究費（科研費など）である。

社会基盤、フロンティアでは政府主導の国家プロジェクト資金が必要度第1位の回答割合のトップとなっている。

図表8 ものづくり技術分野: 研究開発資金2007年度調査必要度第1位から第3位

NISTEP Report No.109に基づきデータを再構成

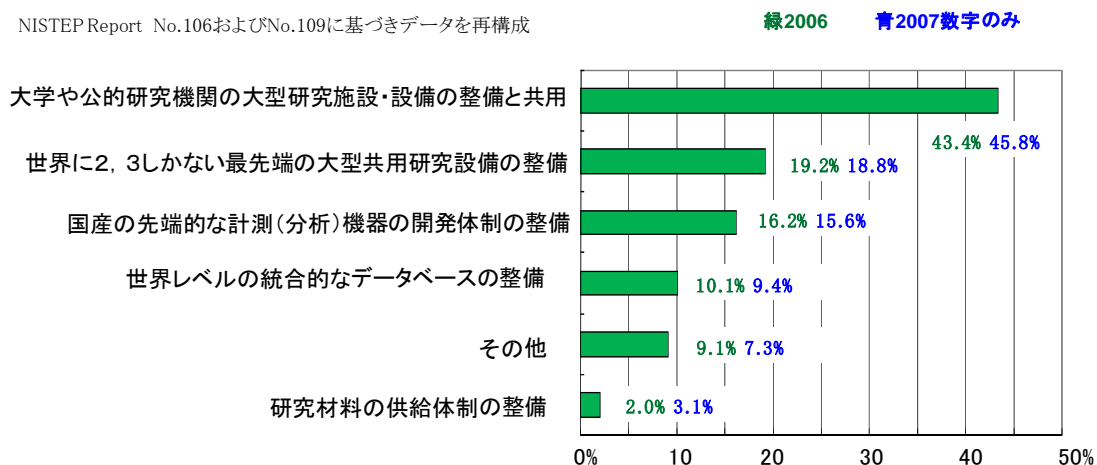
2007結果



(4) 必要なインフラおよび基盤整備

我が国が世界トップレベルの成果を生み出すために、現在必要なインフラおよび基盤整備の必要度第1位の回答結果は、大学や公的研究機関の大型研究施設・設備の整備と共用が、第2位以下を大きく離して回答割合がトップとなった。8分野分類の他の分野でも同じ結果である。2番目に回答割合が多い必要なインフラおよび基盤は分野によって異なる。ものづくりと同じように、2番目に世界に2,3しかない最先端の大型共用研究設備の整備となった分野は、エネルギーとフロンティアである。

図表9 ものづくり技術分野: 必要なインフラおよび基盤整備



(5) 産学官連携

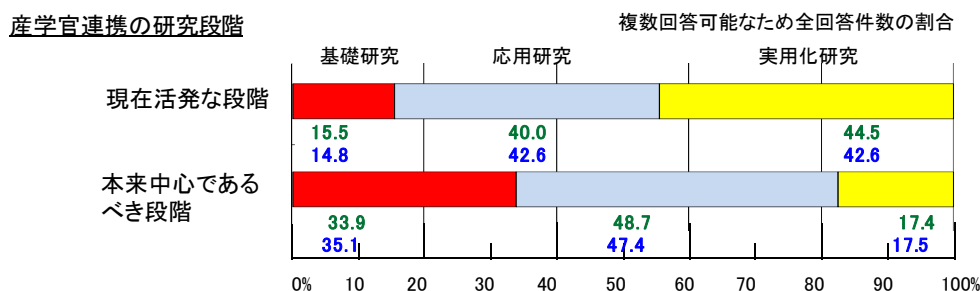
現在活発な段階として最も回答割合が多いのは実用化研究であり、最も回答割合が少ないのは基礎研究である。本来中心であるべき段階として最も回答割合が多いのは応用研究であり、最も回答割合が少ないのは実用化研究である。

本来中心であるべき段階を現在活発な段階と比較してみると、基礎研究との回答割合は大きく倍近く増える一方、実用化研究は回答割合が半減している。実用化研究段階よりも基礎研究段階の産学官連携を強化すべきだとの結果である。

産学官連携の企業の満足度は、「昨年との比較」で問うている。2006年度調査では2005年との比較、2007年度調査では2006年との比較となる。産学連携の活発度は年々上がっているといえる。

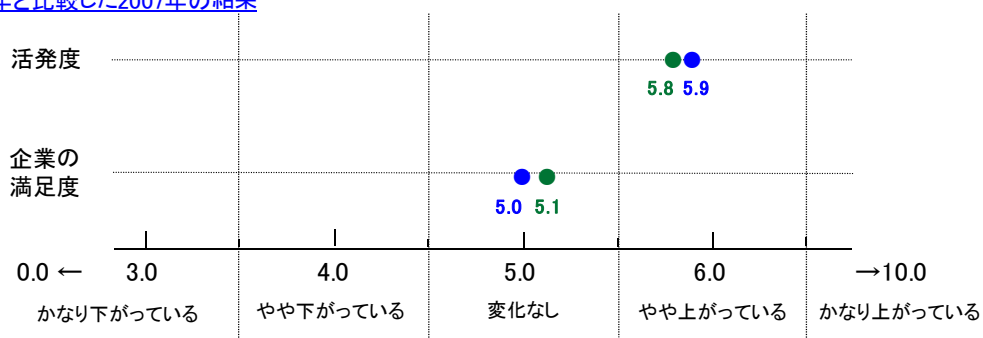
図表10 ものづくり技術分野:産学官連携

NISTEP Report No.106およびNo.109に基づきデータを再構成 数字は 0⇔10の指数値 緑2006 青2007数字のみ



緑 2005年と比較した2006年の結果

青 2006年と比較した2007年の結果



(6) 研究開発の実用化期間および基本特許

ものづくり技術分野において、我が国の大学や公的研究機関の研究成果が実用化されるまでの期間を 2001 年頃と比較すると、やや短くなっているとの結果である。8 分野ほぼ同じ結果となっている。

基本特許のような重要特許における我が国の取得状況のシェアは、ものづくり技術分野では「変化なし」の結果ではある。一方、情報分野では「やや減っている」との結果であり、その他の分野は、「変化なし」の結果である。

図表 11 ものづくり技術分野：研究開発の実用化期間および基本特許

NISTEP Report No.106およびNo.109に基づきデータを再構成

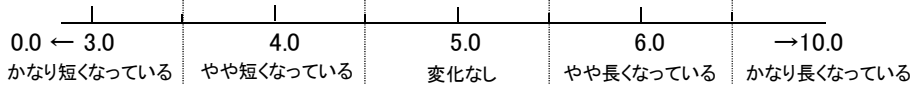
数字は 0⇔10の指数値

緑2006 青2007

大学・公的研究機関の研究成果の実用化期間

本分野において、我が国の大学や公的研究機関の研究成果が実用化されるまでの期間。

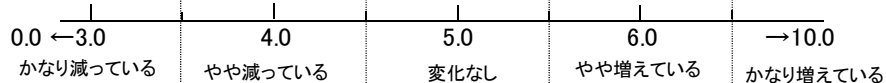
2001年頃との比較



基本特許

本分野において、いわゆる「基本特許」のような重要特許における我が国の取得状況のシェア

2001年頃との比較



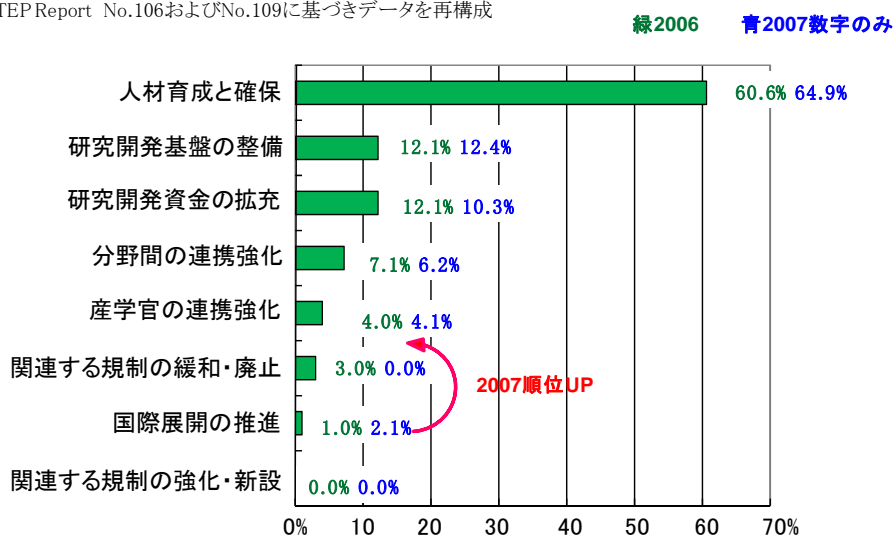
(7) 分野発展へ向けた取り組み

ものづくり技術分野の発展へ向けて、我が国において現在必要な取り組み必要度第1位の回答結果である。人材育成と確保の回答割合は、他の取り組みを大きく引き離してトップであり、2007年度の結果は、2006年度に比べてさらに増えている。この結果は、他の分野でも同じである。次に多い回答割合は、多くの分野で研究開発資金の拡充であるが、ものづくり技術分野では2007年度では研究開発基盤の整備となった。

回答割合率の変化としてはわずかではあるが、国際展開の推進の順位が上がった。

図表12 ものづくり技術分野: 分野発展へ向けた取り組み

NISTEP Report No.106およびNo.109に基づきデータを再構成



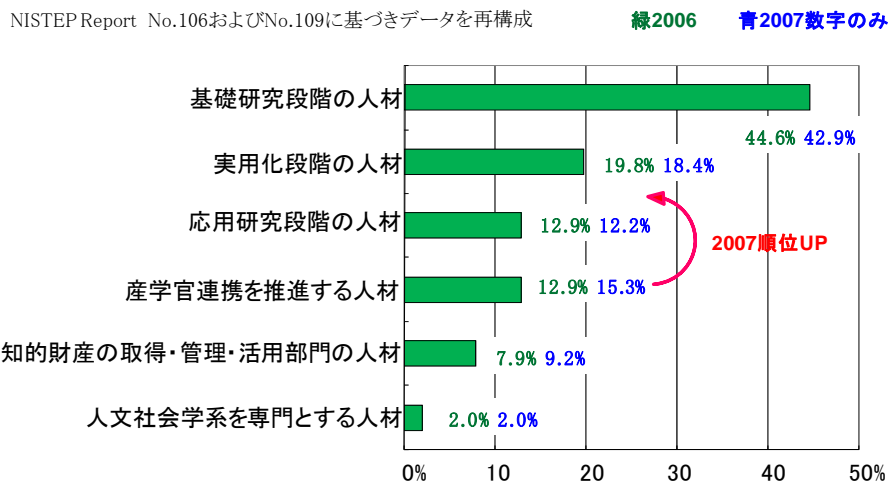
(8) 必要な人材

我が国において、ものづくり技術分野では、現在、どのような人材が不足しているかとの問いでは、第1位の回答割合が最も多いのは基礎研究段階の人材であった。産学官連携を推進する人材は、2007年度では2006年度から順位を上げ、応用研究段階の人材より上位となった。

加えて、知的財産の取得・管理・活用部門の人材も、わずかではあるが回答割合が増えている。研究自体を直接担う人材に加えて、支援的業務を担う人材が重視されていることに注目すべきである。

なお、8分野すべてにおいて、基礎研究段階の人材の回答割合が最も多い。

図表13 ものづくり技術分野:必要な人材



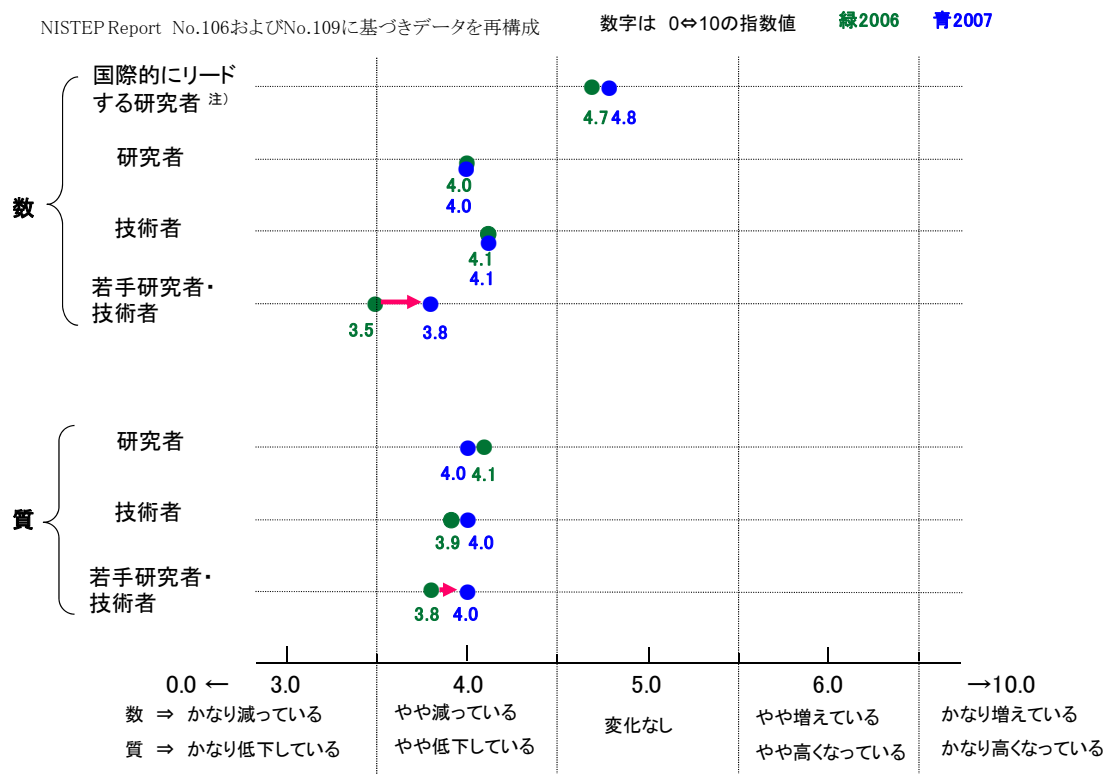
(9) 人材の状況

我が国における、ものづくり技術分野の研究開発に従事する研究者、技術者および若手研究者・技術者の状況を2001年頃との比較で質問した結果である。

研究者、技術者、若手研究者・技術者全てにおいて、数はやや減っている、質はやや低下しているとの結果である。国際的にリードする研究者の数に関しては変化なしである。国際的にリードする研究者はもともと質が高いため、質の質問は設定していない。

2006年度結果と2007年度結果を比べると、若手研究者・技術者の数の減少傾向は多少改善され、質も低下傾向が止まる動きがみられる。

図表14 ものづくり技術分野：人材の状況



注) 国際的にリードする研究者は日本の組織に属する者であり、また、質問では状況を比較する年を示していない。

(10) 国際的にリードしている優れた研究者の後継者および若手人材育成

国際的にリードする研究者の後継者が育っているかとの問いに関しては、後継者はあまり育っていないという結果であった。国際的にリードする研究者は日本の組織に属する者である。

若手人材育成に必要な方策に関しては、博士課程修了後の就職の確保がトップである。2007年度は、2006年度に比べて回答割合はさらに多くなっている。

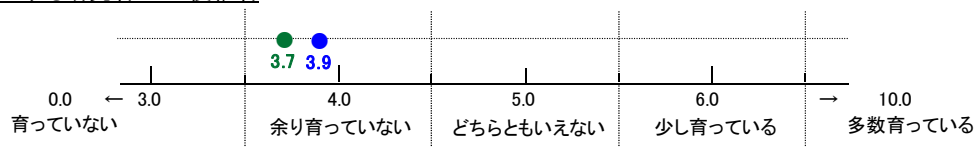
なお、企業が博士課程修了者を採用する場合の課題が生じている。従来、企業は、博士課程が3年間固定であったため、博士課程卒業者に対し修士入社後3年の処遇を一様に設定すればよかった。しかし、現在、博士課程在籍2年でも学位を取得し卒業することが可能となっている。この場合、通常の博士課程在籍期間である3年で卒業した学生と同じ扱いにするのかしないのかなど、早期博士課程卒業者に対応した人事処遇制度の見直しが必要である。

図表15 ものづくり技術分野: 国際的にリードしている優れた研究者の後継者および若手人材育成)

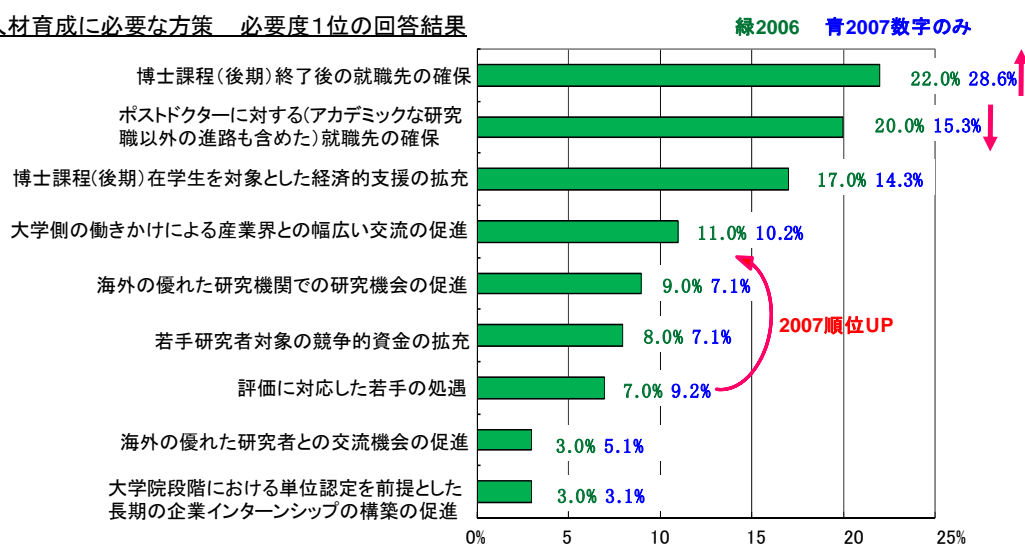
NISTEP Report No.106およびNo.109に基づきデータを再構成

数字は 0⇔10の指数値 緑2006 青2007数字

国際的にリードする研究者^{注)}の後継者



若手人材育成に必要な方策 必要度1位の回答結果

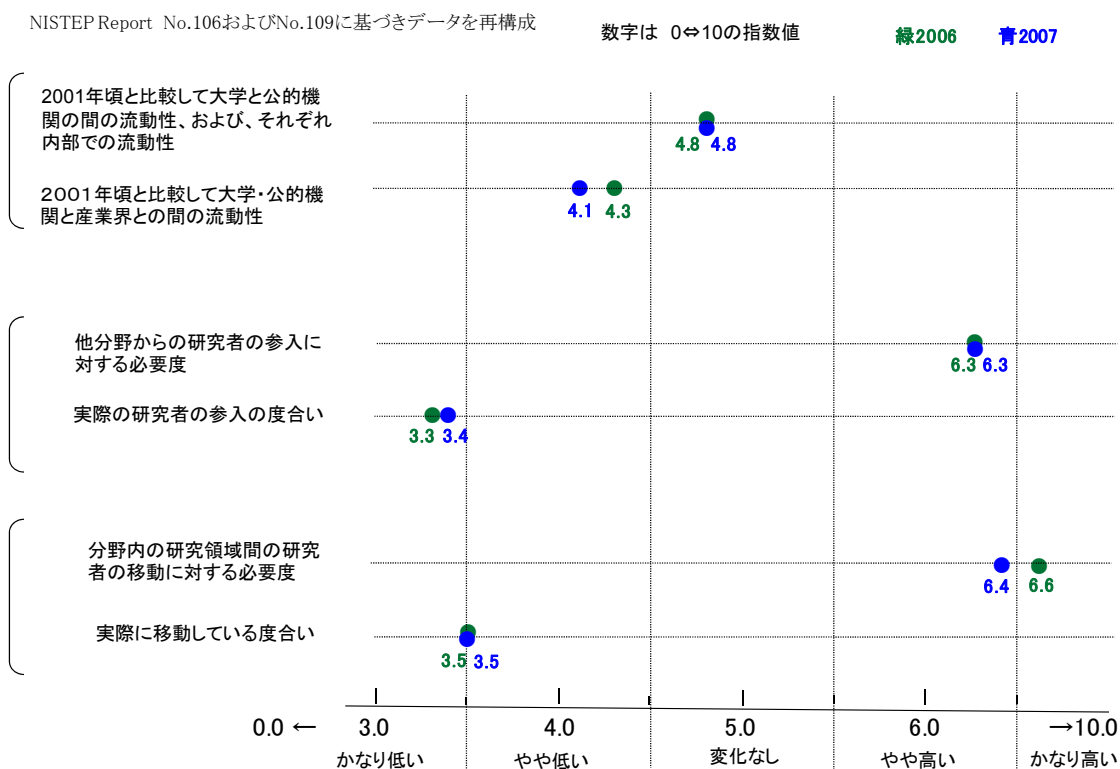


(11) 研究者の流動性

研究者の流動性とは、①大学・公的研究機関・産業界のセクター間の流動性、②ものづくり技術分野への他の分野からの参入、③分野内の研究領域間の流動性、のそれぞれについて必要度と実際に流動している度合を問うた結果である。2001年頃との相对比较結果である。

他分野からの研究者の参入および分野内の研究領域間の研究者の移動は、両方とも必要度は高いが、実際に参入や移動している度合は低いとの結果となった。

図表16 ものづくり技術分野: 研究者の流動性



(12) 戦略重点科学技術

戦略重点科学技術の実現へ向けて、現在、我が国で必要な取組は、人材強化が他を大きく引き離してトップである。重点的に推進すべき戦略重点科学技術のうち、「F01 資源・環境・人口制約を克服し、日本のフラッグシップとなる、ものづくりプロセスイノベーション」の2007年度研究水準の結果は、2006年度結果と比較すると低下している。

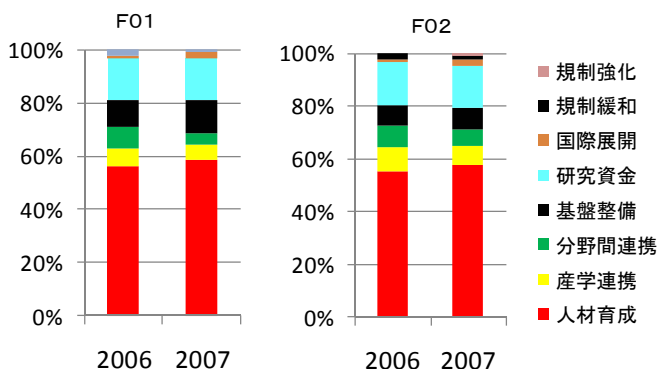
図表17 ものづくり技術分野: 戦略重点科学技術

NISTEP Report No.106およびNo.109に基づきデータを再構成

回答者の専門度(2006年度)

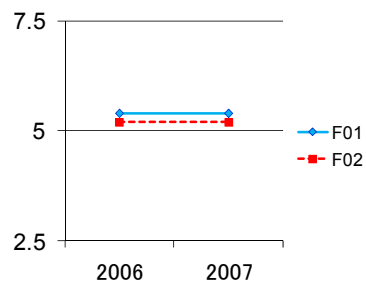
戦略重点科学技術	専門度(回答者の割合%)			
	大	中	小	なし
F01 日本型ものづくり技術をさらに進化させる、科学に立脚したものづくり「可視化」技術	44	30	16	10
F02 資源・環境・人口制約を克服し、日本のフラッグシップとなる、ものづくりのプロセスイノベーション	27	31	29	14

(A) 戦略重点科学技術の実現に向けて、現在、我が国で必要な取組み 1位 1位のみの回答の割合

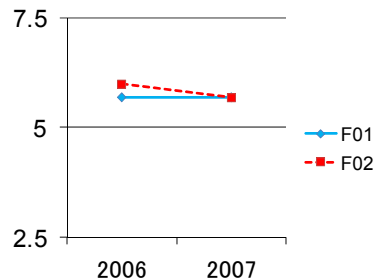


数字は 0⇔10の指数値

(B) 現在の我が国での戦略重点科学技術の実現につながるような研究の活発さ
あまり活発ではない 0 ⇔ 10 かなり活発である



(C) 世界のトップ国と比較した戦略重点科学技術に関する日本の研究の水準
低い 0 ⇔ 10 高い



3. 我が国を支えるものづくりの強さ

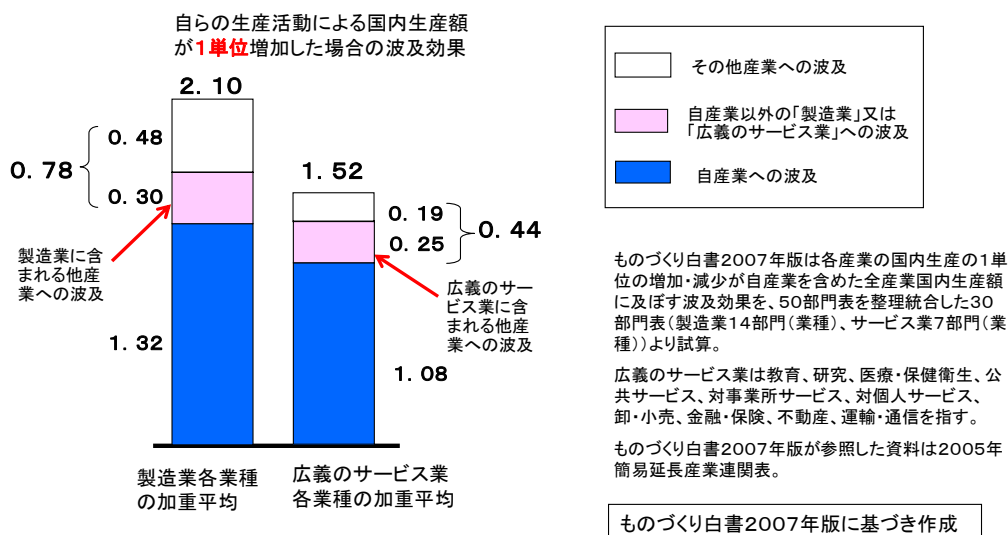
広い範囲を含むものづくりは、具体的にもものづくりのどの部分が特に強いのかを押さえておく必要がある。本章では、全産業における製造業の強さと合わせて、事業段階別、製造工程別に製造業のどの部分が強いのかを示す経済統計からのデータを紹介する。合わせて、我が国が強いものづくり科学技術事例を紹介する。本章でのものづくりは、ものづくり基盤技術振興法の広い範囲を扱う。

3.1 ものづくりの強い部分

(1) 我が国の強い産業

ものづくりを担う製造業は、我が国経済社会において、極めて重要な位置を占める。その理由の一つは、製造業の自らの生産活動による国内生産額が1単位増加した場合の全産業国内生産額に及ぼす波及効果が2.1と大きいことにある。製造業の全産業への波及効果を図表18に示す。

図表18 製造業の全産業への波及効果



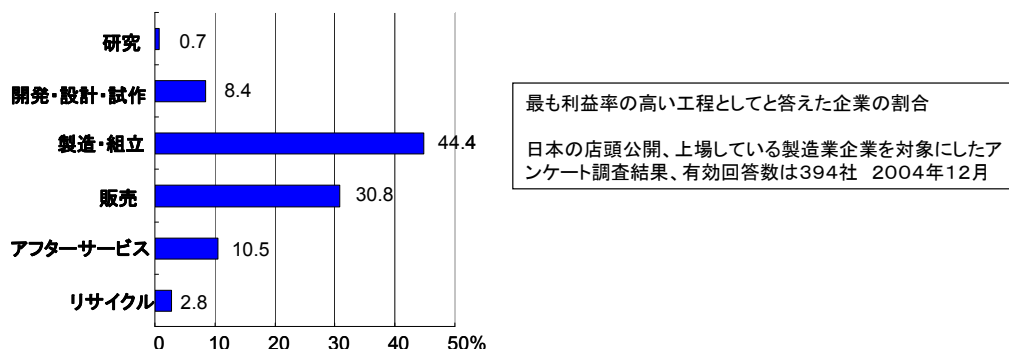
我が国の製造業が創出する付加価値額は、GDPの約2割に及ぶ。さらに上述したように製造業の国内生産活動は、非製造業の国内生産活動と比べ、各産業にもたらす影響が大きく、裾野の広いものである。雇用者数については、約1千万人に雇用機会を提供している程度ではあるが、輸出を通じて国際市場において外貨獲得に大きな役割を果たしており、我が国経済社会における位置付けは極めて重要である。

(2) 製造業の強い事業段階

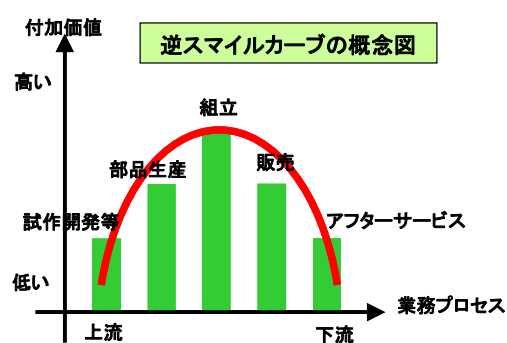
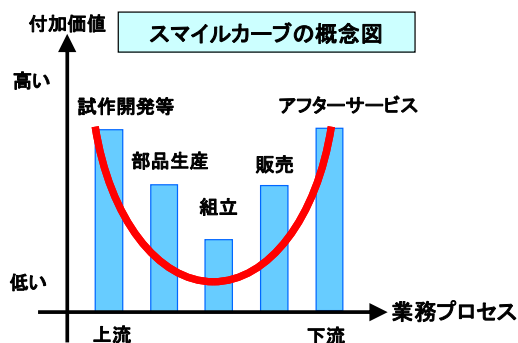
我が国の製造業の事業段階の状況は、製造・組み立て事業段階が他の事業段階に比べて収益性が良い。図表19は、我が国産業の事業段階別の利益率を示している。我が国では、利益率の最も高い事業段階が製造・組立と答える企業が44.4%と最も多いことが読める。欧米ではスマイルカーブといわ

れ、組み立て段階より上流、特に下流段階の利益率が高い。我が国においては、逆スマイルカーブとなる。このスマイルカーブ論では、一部に我が国も将来スマイルカーブになるだろうという意見もある。しかし、他の国にはまねのできない我が国のものづくり力の強みを活かして製造における利益率の高さをさらに向上させることが、将来にわたり我が国製造業の国際競争力を一層強くする有効な手段である。

図表19 利益率が最も高い製造業の事業段階



最も利益率の高い工程としてと答えた企業の割合
日本の店頭公開、上場している製造業企業を対象にしたアンケート調査結果、有効回答数は394社 2004年12月



ものづくり白書2005年版に基づき作成

(3) 製造業の強い製造工程

我が国では、部素材産業の国際シェアは、最終製品産業の国際シェアに比べて高い。高付加価値の部素材において日系企業は、例えば液晶用主要部材で 61.8%、炭素繊維では 77.4% の世界シェアを占めている（ものづくり白書 2007）。

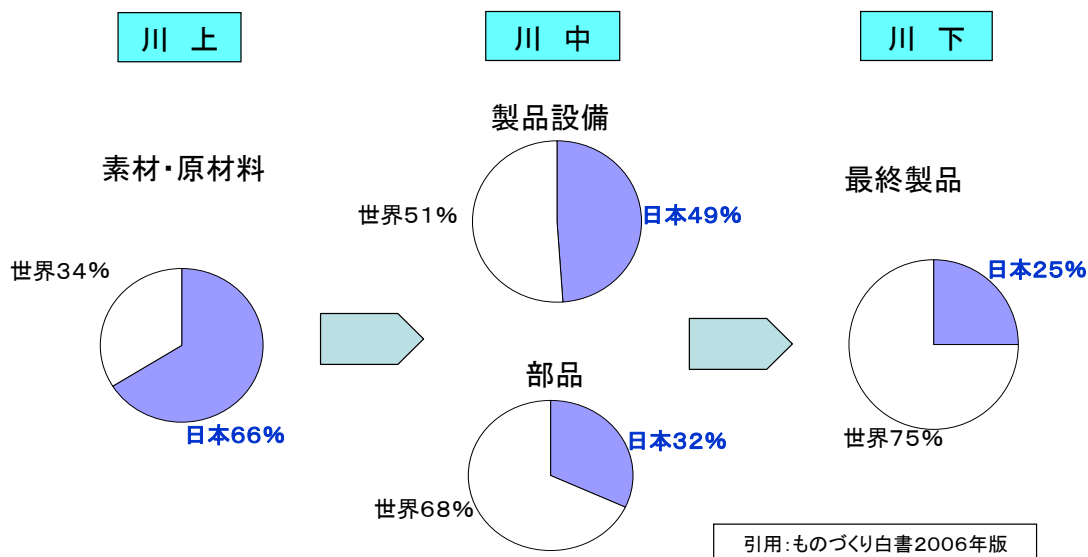
図表 20 は、情報家電産業を例に、製造工程の川上（素材・原材料）－川中（部品・製造設備）－川下（最終製品）ごとに我が国の国際シェアをまとめたものである。川下より川上にあたる素材・原材料の我が国のシェアは高く、国際競争力を有している。ここでの素材・原材料は、フラットパネル用材料・ストレージ材料・実装材料など、部品は、液晶パネル・有機ELパネル・携帯電話部品などである。

製造工程で川上に位置する部素材産業は、競争力のある国際的に高い技術力を有し、高い信頼性と性能を持つ部品・材料を川下の情報通信機器や自動車などの最終製品に提供することで、わが国の製造業の国際競争力をささえている。情報家電産業にとどまらず、我が国は

川上企業の国際シェアは高い。例えば、川下では我が国が強い製品といわれる自動車の世界シェアで約 30%、工作機械で約 29%、ロボットは約 40%に止まっている（ものづくり白書 2007）。

図表20 情報家電産業の川上・川下の国際シェア

2005年 推計



3.2 世界をリードするものづくり科学技術事例

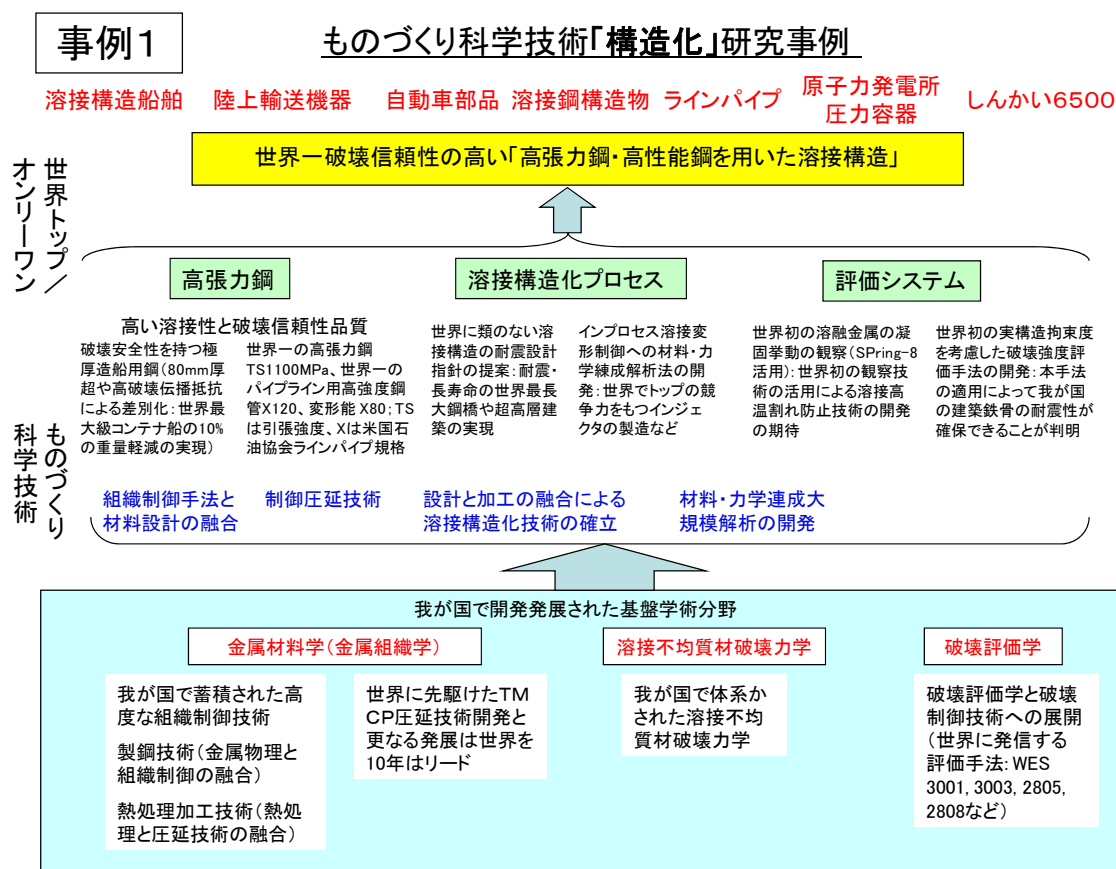
第3期科学技術基本計画のものづくり技術分野の取り組み方針に示されたように、科学技術に立脚した形でのものづくりの強化は、わが国の産業が圧倒的な国際競争力を持つ重要なポイントの一つである。そこで、国としての施策が長年にわたり有効に働き、我が国が世界をリードしつづけているものづくり科学技術の事例を2件取り上げる。

(1) 事例1 ものづくり科学技術「構造化」研究事例

本事例は、①文部科学省が基盤的経費によって支えた国立大学 工学部・工学研究科が長年にわたり地道で継続的に取り組んできた鉄鋼材料と溶接に関わる研究と、②多くの製造業が取り組んできた素材プロセスから溶接構造化に関わる研究が融合して世界トップの技術と世界トップの性能を誇る製品が実現した事例である。

具体的には、補足一1に示すように、①大学を中心とした「溶接金属」、「母材熱影響部」の研究と、②製造業を中心とした「母材」の研究が融合して世界でトップ性能の「高張力鋼を用いた溶接構造」を実現した。文部科学省のしんかい6500にかかわる大型プロジェクトは、電子ビームによる厚板チタンを材料にした圧力容器の溶接技術確立へとつなげ、補足一2に示すように文部科学省の大型研究施設 SPring-8があり、これらは「世界一破壊信頼性の高い高張力鋼・高性能鋼を用いた溶接構造」について日本が継続的にトップを維持する上で有効であったことを示している。

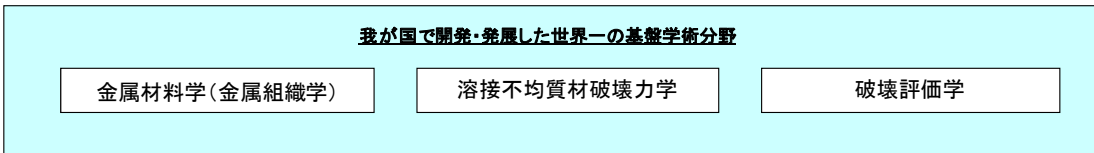
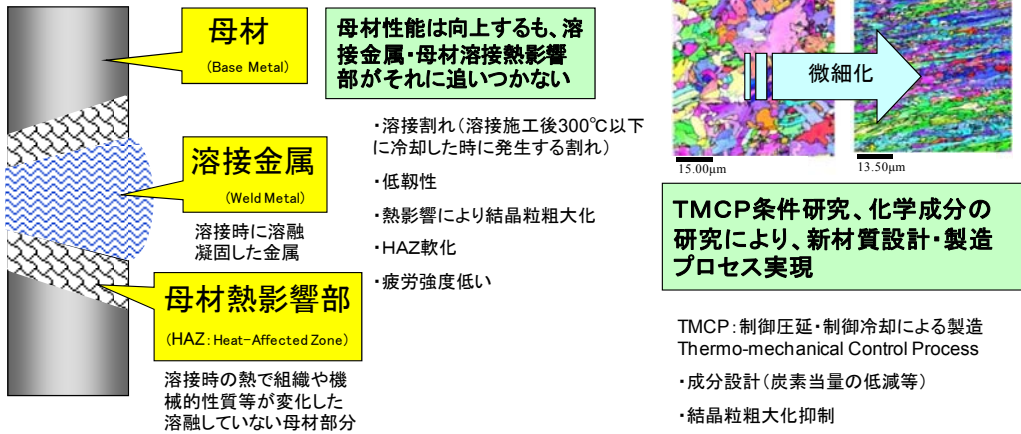
事例1および補足一1, 2は、大阪大学 大学院工学研究科 豊田政男名誉教授、平田好則教授、接合科学研究所 小溝裕一教授の協力を得てまとめた。



事例1補足－1 高張力鋼の科学技術－世界トップの高い溶接性と破壊信頼性品質

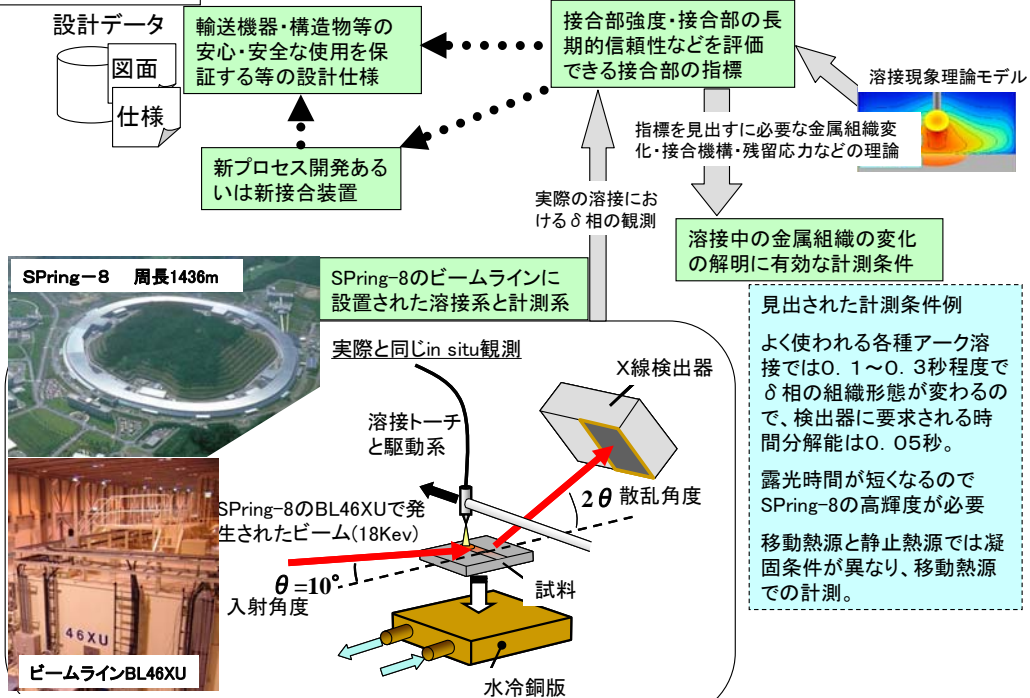
世界一の高張力鋼 TS1100MPa 世界一のパイプライン用高強度鋼管X120 高変形能X80

高張力鋼の母材・溶接金属・母材熱影響部全ての高靱性・高変形能をバランスよく良く実現



事例1補足－2

SPring-8を用いることにより達成できた溶接機構解明の例ー



写真は(財)高輝度光科学研究センターからの提供

文部科学省 科学技術政策研究所 科学技術動向 2007年7月 NO. 76 P29から引用

(2)事例2 ものづくり科学技術「表面創成」研究事例

この事例は、文部科学省のCOE事業が継続的に育て、世界オンリーワンを長年維持している大阪大学の研究成果である。例えば世界のどこにも実現できない高精度X線集光ミラーを実現し、SPring-8に適用しビームラインで性能評価され、その性能は実証されている。

平成8年度から平成14年度までは、文部科学省中核研究拠点形成プログラム、平成15年度から平成19年度は文部科学省の21世紀COEプログラムにより、世界に通用する研究拠点が形成された。平成20年度からも、文部科学省のグローバルCOEに採択され、「高機能化原子制御製造プロセス教育研究拠点」として世界をリードする成果が期待される。

この拠点は、物質表面の原子を自然に(加工面に欠陥を生じることなく)除去できる超精密加工技術の実現を目指し、物理・化学現象の基礎研究に取り組んでいる。EEM (Elastic Emission Machining)とこの研究グループが名づけた新しい技術を研究開発し、世界で最も平滑な表面を創成できる装置実用化まで達成した。大面積の自由曲面を空間分解能 0.1nm、寸法精度 1nm という世界で最も平滑な表面を実現するという、世界オンリーワンの成果を出している。

基礎研究成果を実用化研究へと展開し、「世界最小集光径 25nm を持つ高精度X線集光ミラー」等の高精度非球面ミラー他、完全表面が必要な原子レベルの精度を有する光・電子キーデバイスなどを実現している。

事例2は大阪大学 大学院工学研究科 渡部平司教授、山内和人教授の協力を得てまとめた。補足資料は、両教授に提供いただいた。

事例2

ものづくり科学技術「表面創成」研究事例

放射光集光ミラー X線自由電子レーザー光学素子 極端紫外光(EUV)リソグラフィー非球面ミラー

SPring-8他、世界の放射光施設からX線光学素子作成依頼

半導体デバイス製造用露光システム

世界トップレベル
オンリーワン

原子レベルの精度を有する光・電子キーデバイスの実現

高精度X線集光ミラー
世界最小集光径25nmを達成

極端紫外光リソグラフィー用非球面ミラー(開発中)

高精度非球面ミラー

表面原子構造・機能の計測

EEM

プラズマCVM

世界で最も平滑な表面を創成
大面積の自由曲面
平滑度 0.1nm、寸法精度 1nm
(⇒従来加工:0.1nm/3nm、結晶ダメージあり)

世界初の大気圧プラズマによる
高能率加工
大面積の自由曲面
平滑度 0.2nm、寸法精度 3nm

表面の原子が自然に除去される物理・化学現象に基づく超精密加工技術

原子論的生産技術

物理・化学現象を原子・電子論的に理解して極限まで活用するものづくり科学技術

ものづくり
科学技術

文部科学省「21世紀COE」原子論的生産技術の創出拠点

文部科学省「中核的研究拠点(COE)形成プログラム」完全表面の創成

EEM :Elastic Emission Machining CVM :Chemical Vaporization Machining EUV :Extreme Ultraviolet)

事例2補足-1

EEM (Elastic Emission Machining)

加工方法および特徴

超純水中の粉末微粒子を用いた超平坦加工の実現

- 加工物表面を原子単位で除去
- 表面の凸部を選択的に加工

⇒ 空間分解能 0.1nm、寸法精度 1nm

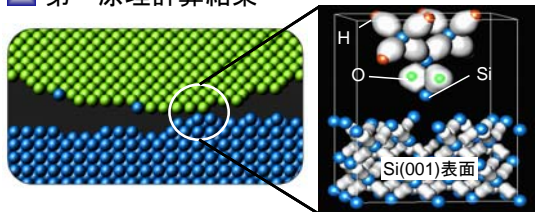


実用化技術への展開

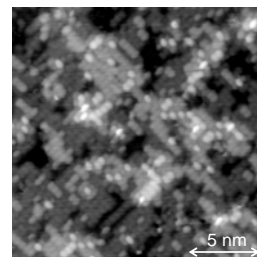


数値制御EEM加工装置の開発

第一原理計算結果



第一原理分子動力学シミュレーションにより、原子単位での加工現象を説明(微粒子-加工物間の化学結合形成)



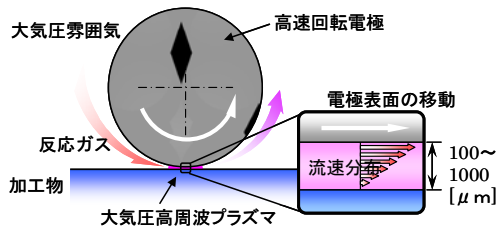
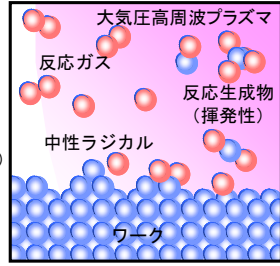
100nm四方の95%が3原子層で構成される世界で最も平坦なSi(001)表面であることを実証

事例2補足-2 プラズマCVM (Chemical Vaporization Machining)

加工原理および特徴

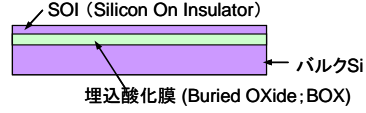
大気圧高周波プラズマの生成と精密加工への応用

- ・高加工能率: 800 $\mu\text{m}/\text{min}$ (ラジカル密度大)
- ・低損傷: ウェット加工と同程度 (イオンエネルギー小)
- ・プラズマの局在化 (平均自由行程小: 0.1 μm)

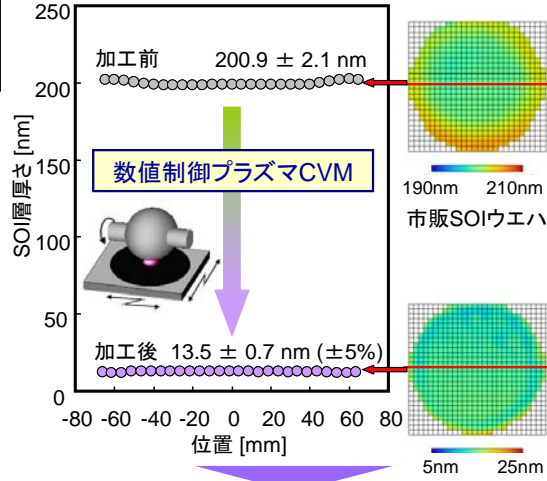


電極形状により種々の加工に対応可能
回転電極による反応ガスの大量安定供給と反応生成物の排出を実現

次世代超薄膜SOIウエハ加工への応用例



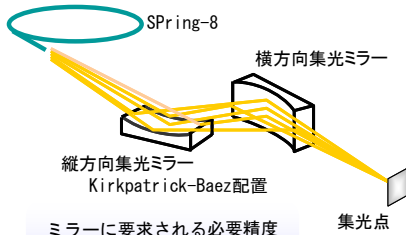
薄くて(10~20nm)均一な($\pm 5\%$)SOI層が必要
・・・既存技術では製作困難



世界に先駆け超薄膜SOIウエハの製作に成功

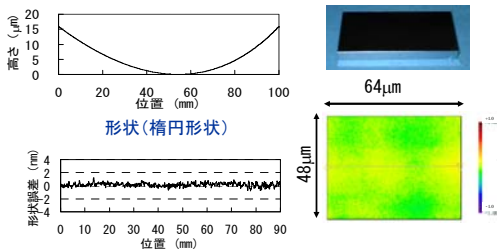
事例2補足-3 プラズマCVM およびEEMIによるX線ミラーの作製と応用

ミラーによる硬X線ナノ集光光学系



ミラーに要求される必要精度
形状精度: RMS: 0.1nmレベル
表面粗さ: RMS: 0.1nmレベル

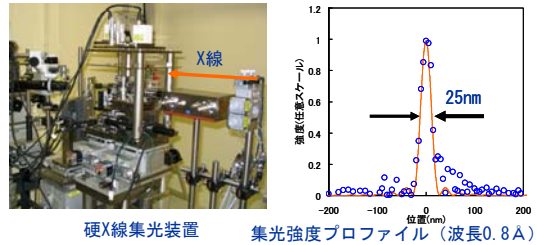
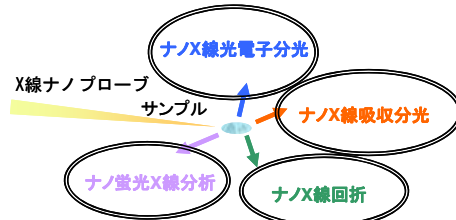
製作したX線ミラー



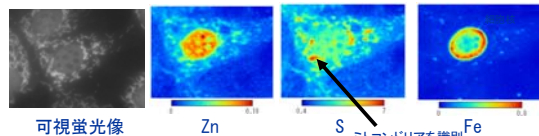
形状誤差 (RMS: 0.12nm) 表面粗さ (RMS: 0.06nm)

プラズマCVMとEEMIによりミラーを製作

硬X線のナノ集光と応用



硬X線領域における理想的な回折限界集光



細胞内の多元素分布の高分解能マッピングを実現

4. 将来想定されるものづくりを巡る状況

本章では、高い国際競争力がある我が国のものづくりの将来に懸念を示す幾つかのデータを紹介し、産学官で検討が開始されようとしているものづくり技術強化の方向性の視点を述べる。

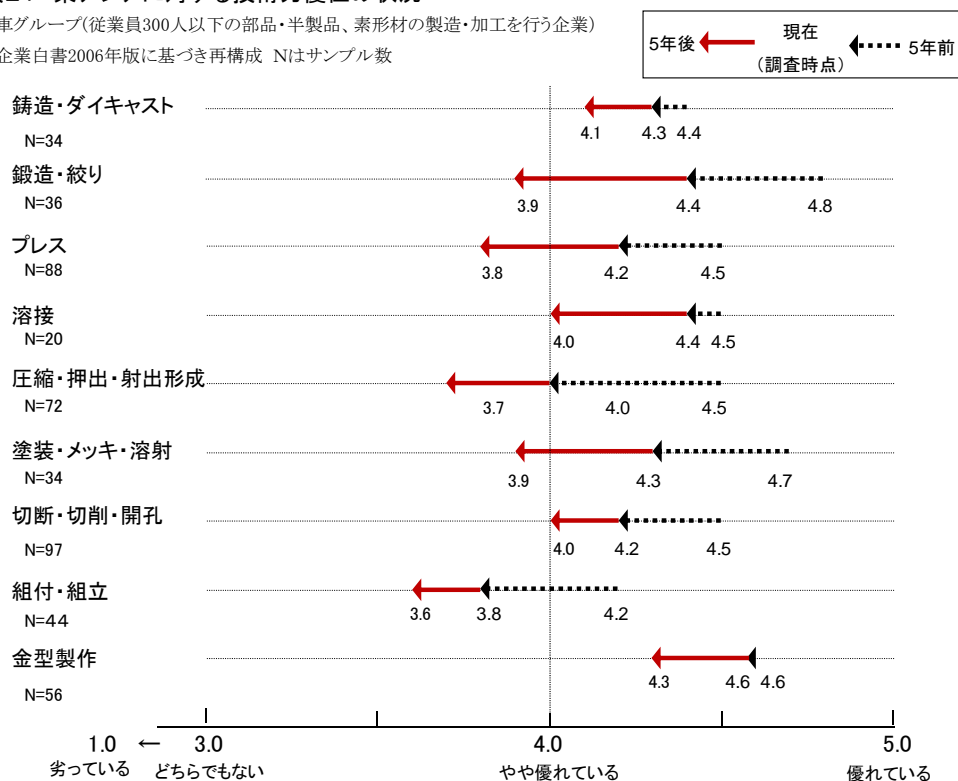
4.1 ものづくり科学技術の国際競争力の相対的な低下

ものづくりの国際競争力の状況を知るには、ものづくりを支える中小企業の意識を押さえるのは有効である。中小企業基本法の規定に基づく、製造業における中小企業とは資本金3億以下あるいは常時雇用する従業員が300人以下である。中小企業白書2006年版では、従業員300人以下の部品・半製品、素形材の製造・加工を行う企業に対して、東南アジアと比べたものづくり基盤技術別、製品分野別の技術力優位の状況の調査結果を報告している。

このデータに基づいて、自動車向け中小企業グループについての、東アジアに対する技術優位の状況を再構成した結果を図表21に示す。全体として5年前→現在→5年後としたいに技術優位は低下するとの結果であった。

図表21 東アジアに対する技術力優位の状況

自動車グループ(従業員300人以下の部品・半製品、素形材の製造・加工を行う企業)
中小企業白書2006年版に基づき再構成 Nはサンプル数



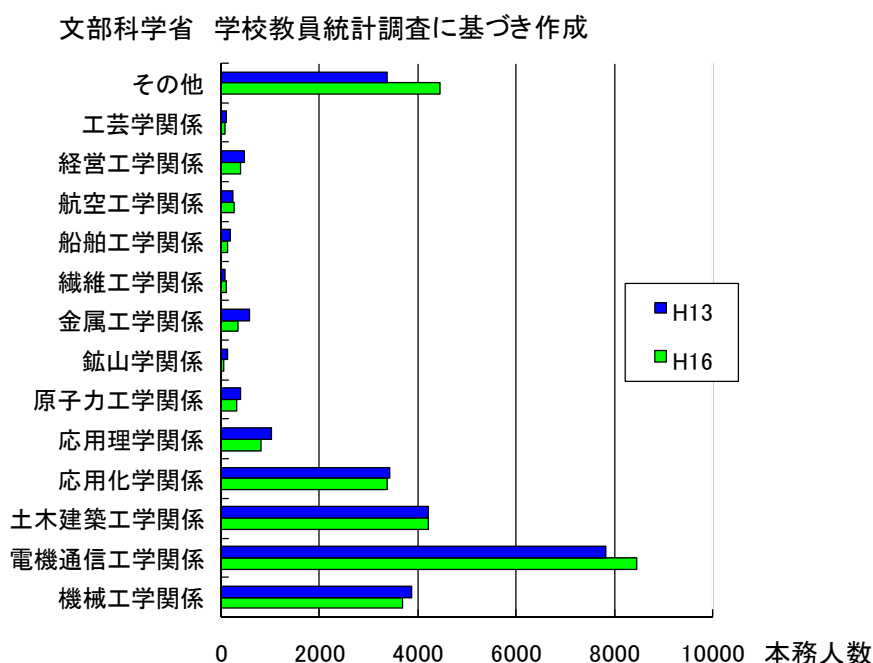
第一線級の研究者による調査結果は、第2章 図表6の「国際比較」で示した。我が国のものづくりの科学の水準および技術の水準は欧米にくらべて高いとされている。しかし、第一線級の研究者が日本全体の認識として回答した図表6の「国際比較」から言えることは、5年後における我が国の科学および技術の水準は、対欧米アジアに対して相対的に低下する、ということである。特に、アジア諸国の技術力の急速な上昇による我が国技術水準へのキャッチアップが近年製造

業関係者によって言われる。これらの結果は、データによってその状況を示している。

4.2 大学のものづくりに関わる専門分野における教官数の減少

第一線級ものづくり研究者が示した図表6の「国際比較」、および、東アジアとの比較で中小企業が示した図表21の「東アジアに対する技術力優位の状況」は、5年先にも我が国が国際的に優位である状況は変わらないが、相対的な優位さは低下の傾向にあることが明確に示された。将来への懸念である。そこで、将来の我が国のものづくり技術を支える人材を輩出する大学の状況をみる。文部科学省の学校教員統計調査結果に基づき、大学における専門分野別教員数をまとめると図表22となる。

図表22 大学の専門分野構成



事例1に示した我が国が強い領域を支える金属工学関係の教官は平成13年度568名から、平成16年度には352名へと40%弱減少している。事例1に示したものづくり科学技術事例の鉄鋼の高張力を用いた溶接構造物は、大学では金属工学関係の教官が中心に研究を担ってきた。その教官数が激減している。ものづくり基盤技術に関わる大学の講座が年々少なくなっていると言われる。実際に工学研究科の現場では、鋳造や溶接技術の権威といわれる教授の退官後の研究室が当該技術を引き継がず、また、研究室を閉じるケースが見受けられる。

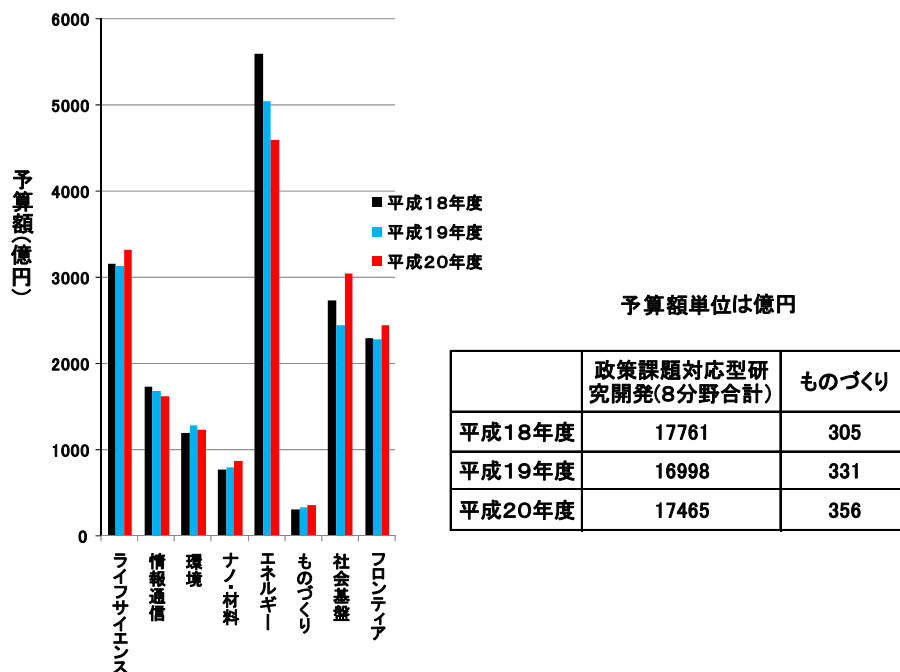
これは、ものづくりの基盤に関係する溶接技術、鋳造技術など、ものをつくる上での必須のものづくり基盤技術に関わる大学の研究者、研究者の層の厚さというものが数値上、弱くなっているとの解釈ができる。研究が下火になっているということは優秀な人材の層も薄くなる恐れが強い。仮に40%の減少傾向が続いていくと、5年先、10年先には我が国の強いものづくり技術の基盤となっていた金属関連技術が弱体化する可能性がある。

なお、文部科学省の学校教員調査は3年ごとに実施されている。平成13年度、平成16年度には大学専門分野別教官数をまとめている。H19年度は中間結果が報告されたが、大学専門分野別教官数はまだまとめられていない。

4.3 ものづくりに関わる科学技術予算の状況

第3期科学技術基本計画実施年度におけるものづくり技術分野の予算額推移を図表23に示す。参考のため他の分野の予算額も合わせて示す。ここで示す分野別予算は、科学技術関連予算における政策課題対応型研究開発に分類される。ものづくり技術分野は第3期科学技術基本計画開始年度から2年連続10%近くの増額となった。しかし、8分野内相対比較では目立って予算額は少ない。また、10%の増額でも、分母(300億円程度)が小さいため予算額は平成20年度においても他の分野に比べ少ない。

図表23 ものづくり技術分野の予算額年度推移



一方、ものづくり基盤技術振興基本法に基づいて国としてもものづくり基盤技術の振興に関して講じた施策は数多くあり数10億の予算額となるものも多い。ものづくり白書の第2部(図表3)に予算額が示された施策数は100を超えている。例えば、平成19年度では職業能力の開発及び向上のための事業主に対する助成金の支給に約58億円、伝統工芸品産業の振興対策事業に約10億円、地域企業立地促進等共用施設整備費事業に約20億円、中小企業ものづくり人材育成事業に約5億円、若年者ものづくり人材育成促進事業に約3億円、勤労者福祉の推進に約131億円が講じた施策としてものづくり白書で示されている。

5. ものづくり技術分野強化のあり方

5.1 必要とされる科学技術基盤の継続的な強化

ものづくり技術分野における科学の水準・技術の水準・産業競争力の国際的な相対的低下は、第一線で活躍し国際競争にさらされている技術者・研究者および経営戦略を担う人々の間で従来から話題となっていた。しかし、第一線で活躍する人々は、科学の水準・技術の水準・産業競争力の相対的低下を示す幾つかの事実を知ってはいても、それらは特別な悪い例であるとみなしていたといえる。そのため、国際比較の結果を示す図表6は、世界と比べた日本の科学の水準・技術の水準・産業競争力が全体として相対的に低下していることをデータとして我々に突きつける結果となった。種々の会議で図表6を提示したところ、会議に出席したものづくり技術分野のリーダとして活躍される多くの方々は、データが示す事実を重大な問題であると受け止めている。

そこで、下記のビジョンが重要である。

我が国のものづくり技術分野における科学技術の水準や産業の国際競争力の相対的低下を反転させるためには、国としての取り組み比重を短期的な個別次世代プロダクト開発プロジェクトからものづくり技術分野を支える科学技術基盤の継続的強化へと移していく必要がある。

なお、科学技術に限定せず広い定義でのものづくり強化に関しては、国や地方自治体の数多くの施策がある。ものづくり白書に記載されている国としての施策だけでも掌握できないほど多い。その中で、国としての、ものづくり技術分野における科学技術基盤にかかわる取り組みは多くはない。部分的ではあるが、文部科学省の科学技術基盤に関わる施策により、事例1と2に示したような成果が出ている。ここの一層の強化が必要である。

以下に上記ビジョンが重要であることを支える3つの主要根拠を説明する。

① 個別次世代プロダクト開発プロジェクトの限界

複数の企業が参画する、国の支援を受けた次世代プロダクト開発プロジェクトにおいて、その成果であるプロダクトが短期的に世界でトップを達成する事例はある。しかし、10年は持たず、その次のプロダクトでは、欧米企業が世界トップとなり、さらに我が国ではそのプロダクトに関わる技術基盤も弱体化した事例を見受けられる。例えば、いくつかのプロジェクトについてドイツに負けた例があるといわれている。ドイツでは、国が支援する個別次世代プロダクト型プロジェクトによって、プロダクトが長く世界でトップを維持している成功例が少なからずあるとの意見もある。日本とドイツとの根本的な違いは、ドイツでは一つのプロダクト領域で国際的に事業活動する企業は1社か2社程度の場合が多い。一方、我が国では数多くの企業が、一つのプロダクト領域で国際的に事業活動している場合が多い。数多くある企業の中から1社か2社のみ国として支援することは難しいため、個別次世代プロダクト開発プロジェクトには、通常、多数の企業が参画する。

多数の企業がかかわる個別次世代プロダクト開発プロジェクトは、企業間の開発のベクトルを一つに合わせることが難しく、それぞれの企業の内部事情で選択されるプロダクトの部分的開発の寄せ集めになるか、個々の企業のプロダクト戦略に影響の少ない汎用的な機能を持つ共通部分の共同開発になる傾向がある。これでは、長期的な視野に立ち世界をリードする基盤技術の開発をプロジェクト計画に織り込むのは難しく、その結果、長期的基盤強化につながりにくい。

産業界が事業として扱う個別次世代プロダクト開発プロジェクトに関して国としての資金を投入することを考える場合、プロダクトを市場に展開する時に必要な制度面での施策、規制緩和、調達など研究開発以外の施策が研究開発施策より有効な場合がある。

② 超大企業の持つ大きな開発資金力

年間売上が連結で数兆円を超える超大手企業の研究所は、数百億の研究費用、数百人の研究者を持ち、独自にプロジェクトを形成するポテンシャルを持つ(経済環境等の理由から、余力があるかは別の議論が必要)。海外のサイエンスパークにも研究拠点を保有している場合が多い。言い換えれば、数十億規模の3年、5年先を出口としたプロジェクトであれば、企業によっては、独自に実行できる。企業の研究所といえども、目的を明確にした基礎基盤研究には研究費の20%程度を投入できる。

出口が明確な個別次世代プロダクト開発プロジェクト運営は企業に数多くのプロの人材がいる。よって、超大企業の場合には、重要な次世代プロダクト開発を自社単独ですすめる経営判断は難しくはない。

③ 超大企業にもある弱い部分

ものづくり技術分野を支える科学技術基盤は超大企業でも弱い部分である。シーズを生み出す可能性がある基礎研究項目は、多岐にわたり極めて数が多い。これらすべてに対し、数百名程度の研究者しかいない企業の研究所が単独で取り組むことは不可能である。数千名は必要であろう。

さらに、国際的に長期にわたり技術優位に立つことを目指す次世代プロダクトの研究開発の場合、その推進のためには、核となる技術ではトップクラスの研究者・技術者10名以上で構成するタスクチームを構成したい。しかし、超大企業でも内部で充足できるトップクラスの研究者・技術者は数名であろう。多くの内部の研究者・技術者は標準クラスでありトップクラスではない。

一方、文部科学省が大学に対して進めてきた COE などの研究教育の土台を支える施策、あるいは大型研究施設の設置は、長期にわたり我が国の産業が国際的にトップを維持するために必要な成果を出し、優れた人材を輩出している場合がある。例えば、3.2節で示した成功事例がある。これらの事例は、超大企業でも独自に取り組むことは難しいものである。

5.2 ものづくり技術分野強化の具体的な取組み

具体的には以下の3点が上記で述べた「継続的なものづくり技術分野を支える科学技術基盤

の強化」に有効である。

- A. 大学の「ものづくり技術を構成する技術領域」における人材・研究開発力という足腰を強くする。具体的には技術領域に関わる専攻の講座数の増加、共通技術領域ごとの研究拠点の形成。
- B. 個別次世代プロダクト開発プロジェクトは、足腰を強くした大学の土台の上につくる個別企業と大学の共同研究組織(例えば共同研究講座)で取り組む。
- C. 民ではできない、世界のトップをになう大型研究施設、トップをになうフロンティアプロジェクトは産業競争力強化につながる革新技術実現への波及効果が大きい。ただし、慎重に施設の種類やプロジェクトが選定される必要がある。

以下、上記A, B, Cを説明する。

(1) 具体的な取組みAの説明

ア) 現状

図表22に示すようにものづくり技術分野に関わる教官数も減少傾向にある。講座数も減り、溶接・鋳造などを講座あるいは研究室の看板には付けられない傾向がある。当該分野における大学の足腰も弱くなる傾向がある。

大学は人材の育成を担う。図表14のデータは、2001年頃と比較して研究者・技術者の数は減り、質は低下しているとの結果である。企業と大学が共同で構築する研究拠点を支える土台として工学研究科を中心とした大学の研究開発力の強化、とくに、昔からある技術領域ではあるが将来においても必要でかつ技術革新の期待ができる技術領域は基盤的経費で継続的に強化していく必要がある。定点調査結果の図表7のデータは基盤的経費による資金の重要性を語っている。10年以上のレンジで我が国を支える科学技術基盤を強固にする部分では、大学が果たす役割は大きい。

イ) 有効性を示す例 事例2

大学の研究開発力・人材育成力、先端実験設備の整備では、文部科学省はCOEなど通して、この研究開発力強化に取組んでいる。本報告書で例示した事例2では良い成果がでている。

平成8年から平成14年までは文部科学省中核研究拠点形成プログラム、平成15年から平成19年は文部科学省の21世紀COEプログラムにより世界に通用する研究拠点が形成された。平成20年度からも、文部科学省のグローバルCOEに採択され、「高機能化原始制御製造プロセス教育研究拠点」として世界をリードする成果が期待される。学生・研究員は、COEを通して海外第一線研究者との議論の場が得られ、国際的に活躍できる優秀な人材が輩出されている。

ウ) 有識者との議論でも大学の足腰の強化は共通認識である

本報告書で示したデータに基づき、工学研究科長をはじめとする日本学術会議の会員、連携

会員などリーダーとして第一線で活躍している教授、企業の生産技術部門の長、公的研究機関のリーダーの方々と我が国のものづくりに関わる科学技術・産業の国際競争力強化に関して議論を行ってきた。ものづくり技術分野強化の具体的な取組みとして示したA、B、Cに関しては、議論した有識者からは特に反論はせず、むしろ賛同を得ることが多かった。

例えば、議論させていただいた日本学術会議の方々が中心となってまとめた、「21世紀ものづくり科学のあり方について」平成20年9月18日では、ものづくり科学の研究拠点形成が提案されている。また、根拠の一つとして第2章でデータを示した「科学技術分野の課題に関する第一線級研究者の意識定点調査」、とくに図表7の基盤的経費の重要性を引用している。これら内容は、日本学術会議 第2回生産科学分科会シンポジウム「ものづくりイノベーションに向けた生産科学提言」パネル討論において、文部科学省 科学技術政策研究所としてプレゼンテーションを行っている。

また、(社)日本経済団体連合会の産業技術委員会は「イノベーション創出に向けた産業界の見解」(2005年12月13日)を公表している。その中で、イノベーションの種の創出にあたって、将来の経済社会を見据えるべきとし、融合技術領域に有能な人材を集結した研究拠点の育成と先端技術の科学的メカニズム解明などを通じた学と産の知の相互作用等が重要と述べている。さらに、イノベーションの種の育成は、市場環境整備と一体的に進めるべきとし、スピード感のあるイノベーション実現へ向けたトップランナー企業(含む異業種)によるナショナルプロジェクトの推進等を述べている。

(2) 具体的な取組みBの説明

企業の研究所と大学の専門家集団と連携したタスクチームを形成し個別次世代プロダクト開発プロジェクトを遂行する。これが有効な理由および企業が単独で進めることができない一つの理由は、5.1節の①～③で説明した。ドイツでは、例えば、アーヘン工科大学-フラウンホーファー-企業の連携体制を構築し、大学内拠点アン・インスティテュート(An-Institute, Institute an der Universität)を設立している。大学内拠点では、大学とフラウンホーファーおよび企業の研究者が相互乗り入れし連携することにより、多くの開発成功例をだしている。

また、国内の例としては、大阪大学が共同研究講座という仕組みを作った。共同研究講座が目指した本来の狙いをどのように達成するかは、個々の講座運営にまかされている。企業と大学の相互乗り入れ拠点を大学内につくり、ドイツのアン・インスティテュートおよびフラウンホーファーが担う同じミッションを目指す講座もある。共同研究講座維持の費用は全て企業負担である。一方、様々な形で大学教官からの支援を受けるので、間接的に大学側も費用負担をしているとは言える。また、ポスドクを雇用し、課題形成から企業プロジェクトに参画させる共同研究講座もある。ポスドク施策をはじめ産学官連携の新しい仕組み構築では、文部科学省が担っている役割は大きい。

(3) 具体策的な取組みCの説明

例えば、事例1で示した、大型研究施設 SPring-8 は、企業も活用し世界をリードする科学に立脚した成果を多く出している。SPring-8 のような世界に一つか二つしかないような大型研究施設は民では対応できない。ある企業では、ビームラインを頻繁に活用し、技術のブレークスルーにつなげる成果を出している。これらの施策は、簡単に他の国の追従を許さない成果に繋がっている。

また、しんかい 6500 のような限界を追求する大型プロジェクトは基盤技術の強化に有効である。しんかい 6500 の大型プロジェクトは、電子ビームによる厚板チタンを材料にした圧力容器の溶接技術確立へとつなげ、この技術で実現される製品は 10 年以上も継続的に世界をリードしている。このような大型研究施設や大型プロジェクト自体が世界一である期間は限られているが、これを通して開発組織内に人材が養成されるとともに基盤的技術が蓄積され、これが産業競争力強化につながるような革新的技術を次々と生み出すという構造が存在する。このように、我が国の産学官が連携して世界をリードする製品を目指す上で、長期的な視野に立ち、継続的に土台を強化する、文部科学省所管の施策の重要性は今後一層高まると考える。

参考

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)にみるものづくり科学技術「構造化」

ものづくり技術分野強化の具体的取り組みでは、科学技術の土台を担う大学を継続的に強化し大学の足腰を強くすることが効果的である、と第 5 章で述べた。その手段として、ものづくり技術分野の領域を明確にし、領域ごとに重点的に研究に取り組む拠点を大学に設置することが考えられる。

拠点の形成では、ものづくり技術領域のとらえ方が重要である。1. 1節で紹介したものづくり基盤技術振興基本法において政令が定めるものづくり基盤技術は、固有技術名を示しそれに係る技術として列挙されており、拠点の領域として用いるのは適切とはいえない。なぜならば、研究拠点の領域名には、将来へ向けてものづくり技術を発展させるために「技術が目指すべきあるいは達成すべき目的」を表す技術名がふさわしい。

文部科学省 科学技術政策研究所の「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」(以下デルファイ調査報告書)(NISTEP Report No.97)では、上述した考え方に基づいて領域を設計し、その領域の調査分析が進められた。デルファイ調査報告書においては、第 2 期科学技術基本計画中に調査分析が行われたので分野名はものづくりではなく製造分野となっている。

デルファイ調査報告書の領域を図表24に示す。領域は、製造分野と個々の技術の間に位置する、製造分野の将来の発展の方向性を示す概念として定義されている。個々の領域の下に課題が 5 個程度設定されている。例えば、社会インフラ関連高度製造技術領域の課題を図表25に示す。3. 2節において示した事例1ものづくり科学技術「構造化」研究事例は、「社会インフラ関連高度製造技術領域」に位置づけが出来る。

なお、参考までに、領域別の中長期的な時点(2015 年～2025 年)で期待される効果を図表26に示す。最も期待が大きいのは「ナノ加工・微細加工技術」の知的資産増大への寄与、新産業・新事業の創出への寄与(8.5 ポイント)であった。次いで、同じく「ナノ加工・微細加工技術」の他分野の発展への寄与、「循環型・低環境負荷製造技術」の安全・安心の確保への寄与がそれぞれ 8.3 ポイントであった。全般的には、「ナノ加工・微細加工技術」、「循環型・低環境負荷製造技術」、「製造に係わる人間・ロボット」等の領域に対する期待が大きい。領域の調査分析結果は、企業や大学の研究開発戦略を考える上で有用なデータとなる。また、国としてイニシアティブをとる施策を検討する上でも有効であると考えられる。

図表24 デルファイ調査 製造分野の領域

<p>高度IT利用製造技術</p>	<p>ITをより高度に利用した製造技術の開発が進み、製造に大きな変革をもたらす。例えば、多種少量生産などの日本オリジナルな製造用OS技術、自律適応製造システム、遠隔地からの保守・点検、人間の技能の学習をサポートするシステムが開発されることで、短納期かつ低コストでありながら、多様な製品をオンデマンドで安定して製造することが可能となる。</p>
<p>バーチャルデザイン製造技術</p>	<p>開発から廃棄までを含んだ実際の生産ライフサイクルにかかわる多様な情報を、可能な限り忠実に仮想(コンピュータ)空間上に表現するための技術を開発し、所望の機能や性能をもった実際の製品や製造プロセスを、試作等を経ずに迅速かつ確実に作り出す環境を実現する。</p>
<p>高付加価値製品製造技術</p>	<p>多くのマーケットにおいて顧客ニーズは多様化しており、各々のニーズに対応した商品設計や多品種少量の製造が今後益々盛んになると予想される。この様なテーラーメイド(オンデマンド)製造に関連した製造技術、または人間が求める潜在的なニーズを先読みすることにより付加価値を高めていく技術が重要になる。</p>
<p>ナノ加工・微細加工技術</p>	<p>ナノテクノロジーが製造分野を大きく変えつつあり、従来の技術では不可能であった加工や計測が可能になる。本領域は、ボトムアップ型アプローチ、数μmからオンゲストROOMオーダーまでの超精密プロセス技術、実装技術、ネットシェイプ加工技術、計測技術などが中心となる。</p>
<p>循環型・低環境負荷製造技術</p>	<p>生産活動に伴い地球温暖化、酸性雨など人類を取り巻く環境の悪化が懸念され、これに密接に関係するエネルギー資源の枯渇問題等が大きくクローズアップされてきている。このため、製造過程において、更なる「環境対応型」の生産技術、製造システム、新規エネルギーとその活用技術などの研究開発が必要である。</p>
<p>製造に係わる人間・ロボット</p>	<p>製造においてキーとなる作業員・技術者の高齢化、国際化や女性の躍進、また、少子化による労働人口の減少等が進んでいく。それに対応するため、IT技術やロボット技術の技術革新を活用し産業基盤を確保していくことが必須となる。その中でもロボット技術(ロボットの高性能化や高度制御技術)、作業や思考のサポートシステム、工程制御サポートシステム等が重要である。</p>
<p>特殊環境下製造技術</p>	<p>製造技術の活性化と発展のために重要な要素となりうるものの一つに新材料の開発が挙げられる。工学材料に要求される性質・機能が益々高度化し、その製造技術にも新しい技術が必要となる。例えば無重力下や微小重力下などの、特殊な環境における新材料の製造プロセスが開発される。あるいは微生物の機能を利用した高効率な製造プロセスの開発など、生物活動を利用または模倣した新しい製造プロセスの開発も進められる。</p>
<p>社会インフラ関連高度製造技術</p>	<p>高層ビル、橋梁、船舶、エネルギー関連施設等の大重量構造物の製造技術は、社会基盤を支え、安全・安心な社会を維持していくうえで不可欠の技術である。高度な科学技術に支えられたものづくり技術の維持および発展において、特に、高精度加工・接合技術、複合材料の導入による抜本的な軽量化、シミュレーション活用による革新的開発手法等の進展が重要と考えられる。</p>
<p>表面改質と界面制御技術</p>	<p>製造における環境への対応や製造機械・設備の長寿命化・多機能化への要求が急速に高まっている。こうした要求に応える技術の一つとして、表面機能の改質による物性の制御や新しい機能性材料の製造・活用がある。本領域は、表面特性革新による設備の超長寿命化、複雑形状の超硬質薄膜製造、自己潤滑機能材料の製造技術、ドライ加工技術などが中心となる。</p>

図表25 領域の個別課題

社会インフラ関連高度製造技術領域の個別課題

従来の鉄鋼材料に替わる軽量高強度複合材料による、機械構造物、建築物、船舶等大重量構造物の製造技術
大重量構造物において、溶接に替わる塑性接合等の高強度・高耐久性接着技術
大重量構造物を構成する異種材料(例えば複合材料と鋼など)の接合技術
大重量構造物の従来の熔融接合に替わる液相もしくは固相拡散接合等による低変形・低歪み(従来の1/1000)接合技術
船舶、橋梁、火力プラントなど大型構造物の自重変形、温度変形、接合入熱変形、鋼材の残留応力による変形等をシミュレーションにより高精度に予測し、事前に設計に反映させることで、無修正・無補修を実現する製造技術

図表26 領域ごとの中長期的な時点で期待される効果

	知的資産	他分野発展	既存産業	新産業	安全安心	社会の活力
高度IT利用製造技術	7.2	7.1	7.8	7.5	6.8	7.0
バーチャルデザイン製造技術	7.0	7.1	7.4	6.9	6.3	6.2
高付加価値製品製造技術	7.3	7.2	7.6	7.7	6.0	6.9
ナノ加工・微細加工技術	8.5	8.3	8.1	8.5	6.3	6.9
循環型・低環境負荷製造技術	6.9	7.0	7.4	7.5	8.3	7.7
製造に係わる人間・ロボット	7.5	7.5	7.6	7.6	7.3	7.4
特殊環境下製造技術	7.1	7.0	6.7	7.2	5.6	5.5
社会インフラ関連高度製造技術	6.9	6.8	7.3	7.0	7.4	7.2
表面改質と界面制御技術	7.4	7.4	7.4	7.3	6.1	6.1

指数 = (「大」回答者数×10 + 「やや大」回答者数×7.5 + 「中」回答者数×5 + 「あまりなし」回答者数×2.5 + 「なし」回答者数×0) ÷ 回答者総数

我が国における科学技術に裏付けされた
「ものづくり技術分野」の状況とあり方

2008年12月

本レポートに関するお問い合わせ先

文部科学省 科学技術政策研究所
科学技術基盤調査研究室

〒100-0013 東京都千代田区霞ヶ関三丁目二番二号
中央合同庁舎第7号館東館16階

TEL 03-6733-4910

FAX 03-3503-3996