

Title	社会的課題から誘発される新興・融合科学技術の発展過程と推進方策
Author(s)	渡邊, 康正; 前田, 知子; 赤池, 伸一; 治部, 眞理; 福田, 佳也乃; 有本, 建男
Citation	年次学術大会講演要旨集, 24: 226-231
Issue Date	2009-10-24
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/8616
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

社会的課題から誘発される新興・融合科学技術の発展過程と推進方策

○ 渡邊康正, 前田知子, 赤池伸一, 治部眞理, 福田佳也乃, 有本建男
(科学技術振興機構 研究開発戦略センター)

1. はじめに

我が国においては第2期科学技術基本計画以来、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料等の重点・推進分野が設定されたが、同時に、分野間の融合や新たな科学技術領域（新興領域・融合領域）に留意し、機動的に対応し、イノベーションに適切につなげることが必要とされてきた。しかし、重点・推進分野への重点化が進んだ一方で、リスクは高いがインパクトも大きく科学技術イノベーションの創出が期待される新興・融合領域が大きく進展してきたと言いき難い。

この間にも、地球環境問題への対応、資源、エネルギー、環境制約の下での持続的発展、生命現象の解明とよりよい医療・福祉など、現代社会が直面し、科学技術に解決への貢献が期待される課題は急速に増大した。これらの多くはこれまで推進してきた科学技術「分野」単独では対応が困難な、複雑な、分野を超えた科学技術の結集を必要とする課題である。このため第4期科学技術基本計画に向けて「課題解決からの科学技術の重点的推進」が重要であるとの認識が高まっている。

科学技術振興機構研究開発戦略センター（以下、CRDS という）ではこのような認識の高まりを受けて、2008 年度、文部科学省と協力してグループを設け、新興・融合分野研究について検討を行った。「現代社会が直面する難問のほとんどは複雑システムに起因する」との仮説の下、「10 の難問」を設定し、難問を具体的な「サブ難問」に分解した上で、それぞれの解決に必要な学術領域を特定すること等を試みた [1]。また、第3期科学技術基本計画におけるイノベーション重視を受けて、「科学技術イノベーションの実現に向けた提言」をはじめとする累次の提言を行い、入口・「場」・出口からなるナショナル・イノベーション・エコシステムの「場」モデルと科学技術イノベーションの進展に関する Step & Loop モデルを提唱するなどしてきた [2] [3]。CRDS では、これらの検討の蓄積、第4期科学技術基本計画に向けた課題解決からの科学技術の推進への要請、「新興・融合分野研究検討報告」における研究システム面での問題提起を受けて、社会的課題から誘発される新興・融合科学技術の具体的な推進方策を明らかにすることを目的に検討を行った。本稿では、具体的事例に基づいて、社会的課題から誘発される新興・融合科学技術の発展を一般的なモデルとして提示するとともに、そのモデルを踏まえた戦略的推進の共通的な枠組みを提言するものである。

2. 近年のイノベーションの方向性

第3期科学技術基本計画は、第2期基本計画で打ち出された科学技術の成果を社会へ還元するという方向性を発展し、絶え間なく科学の発展を図り、知的・文化的価値を創出するとともに研究開発の成果を「イノベーション」を通じて、社会・国民に還元し、経済的・社会的価値を創出するというイノベーション重視の基本姿勢を明確に打ち出した。施策面では、科学の発展に向けた競争的研究環境の醸成や世界の科学技術をリードする大学の形成などとイノベーション創出を狙った制度や研究成果を実用化につなぐ仕組みを整えることにより、イノベーションを生み出すシステムが強化された。また、経済社会ニーズに基づく課題解決に向けた取組から新たな融合研究領域、そして、イノベーションが創出されることが多いという認識の下、産業界の参画も得た「先端的な融合領域研究拠点の形成」が進められた [4]。

第3期基本計画が策定される前後から、経済のグローバル化、国際競争の激化、地球規模の課題の顕在化の下、イノベーション推進を求める提言や政策イニシアティブが世界各国・地域で発表され、新しいイノベーションの方向性が模索されている。例えば、米国競争力協議会の”Innovate America”（パルミサーノ・レポート）では、イノベーション自体、すなわち、イノベーションがどのように由来しどのように価値を創造するか、が変化しつつあるとし、その特徴として、イノベーションが広がる速さの

加速、イノベーションの分野融合性と技術複合性、科学者とエンジニアや創造者とユーザの間の協働性、イノベーションのグローバル化を挙げている。そして、分野ごとに積み上げた知識からよりも、分野が交差した領域で産学官のセクターを超えた人材交流と協働からイノベーションが発生しやすいとし、イノベーションの基盤となる融合的な研究の推進と人材の育成を求めている [5]。

社会的課題、アプリケーション指向やイノベーションと知識生産、分野融合の関係についての議論も近年盛んになってきた。例えば、Gibbons 他 (1994) は、従来からの科学の分野（ディシプリン）の枠組みで行われる知識生産（モード 1）に対して、社会的、経済的課題解決やアプリケーションの文脈からの知識生産（モード 2）を提唱した。モード 2 では、アプリケーションの問題解決に向けて課題が設定され、そうした課題は分野横断的に科学者・研究者を結集する取組を求め、知識生産の中核となる機関も大学に加え、企業、政府機関等へと拡大し、基礎と応用、理論と実践の不断の交流が行われる [6]。また、Stokes (1997) は、米国の戦後の科学技術研究開発の枠組に貢献した Bush が科学技術研究を一次元的な基礎研究 $\longleftrightarrow$ 応用研究の枠組みでとらえたのに対し、基礎的な現象の理解の指向と技術の実用化指向の二軸で分類する Pasteur の 4 象限を提唱し、科学技術研究を基礎的な現象の理解だけを求める純粋基礎研究 (Bohr 型)、技術の実用化だけを求める純粋応用研究 (Edison 型)、実用に触発された基礎研究 (use-inspired basic research : Pasteur 型) に分類した [7]。社会的課題からの新興・融合科学技術の誘発は、Gibbons のモード 2 の知識生産であり、Stokes の Pasteur 型の科学技術である。

地球規模の課題など科学技術政策が取り組もうとしている課題は多くのブレイク・スルーを必要とする。山口 (2006) が提唱したパラダイム破壊型イノベーションの概念によれば、ブレイク・スルーをもたらすような技術の実現には、中・長期的な課題の解決を意識しつつ、現状の技術から一度、基礎的な科学研究の土壌に立ち戻り、新たな着想に基づく科学研究により知を創出し、新たな知のパラダイムの下で新たな技術を創出する（知を具現化する）ことが必要である¹ [8]。これらの議論は、価値の創造や課題解決を目指したイノベーションは科学技術の分野融合的な取組を必要としており、そのプロセスでは科学研究の取組と知識の活用の上に不断の交流が起きていることを示唆していると言える。

3. 新興・融合科学技術の 5 段階の発展モデル：

知識の創造に向けた活動と課題解決に貢献する活動の多様な組み合わせ

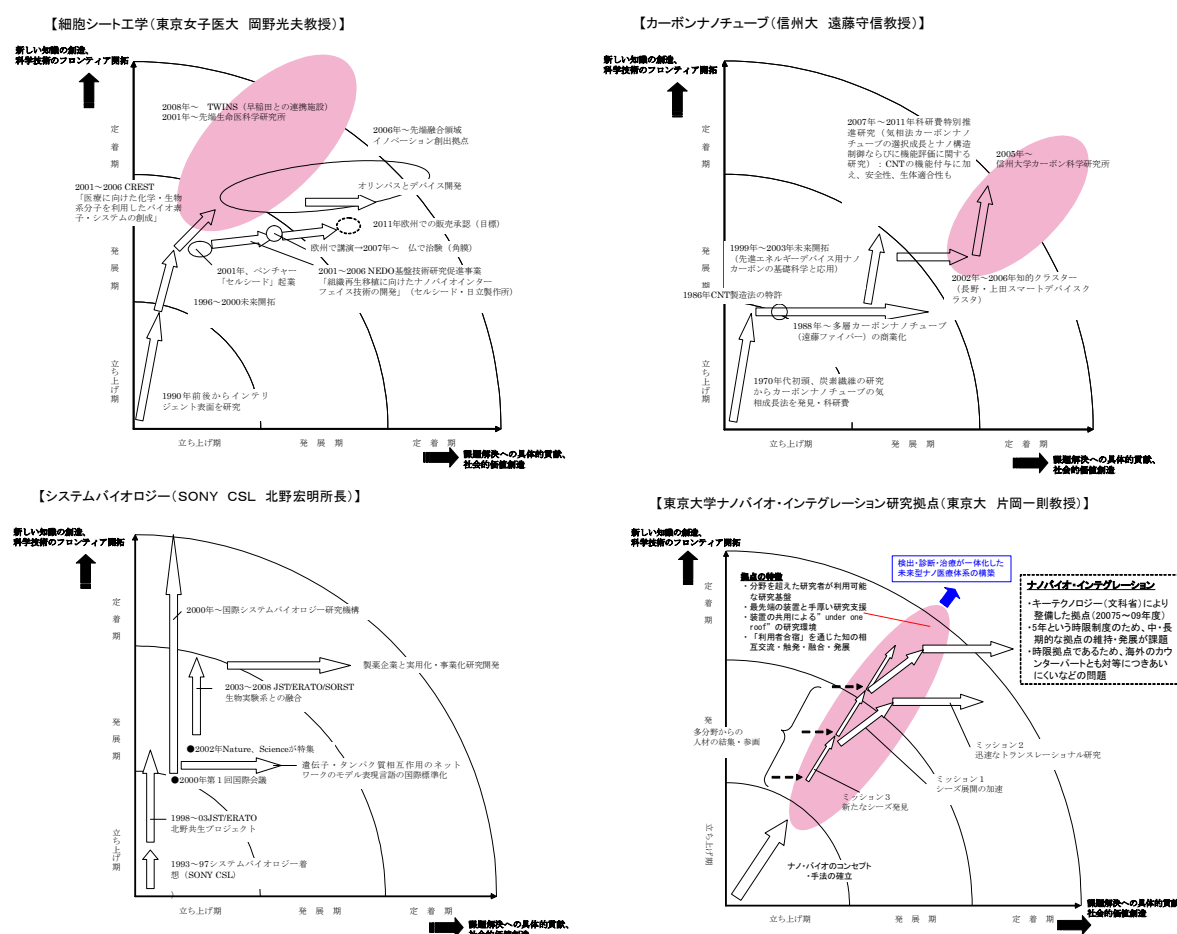
3. 1 ワークショップ「新興・融合科学技術の推進～課題解決とフロンティアの創造に向けて」の結果から

CRDS では、社会的課題から誘発される新興・融合科学技術の具体的な推進方策を明らかにすることを目的に、ワークショップ「新興・融合科学技術の推進～課題解決とフロンティアの創造に向けて」を開催した。ワークショップでは、参加者が新興・融合研究に取り組んできた自らの具体的事例とともに、研究ファンディングとマネジメント、研究拠点・組織、人材、国際戦略はどのようなものであったか、それらと新興・融合研究の発展の関係、また、今後の新興・融合科学技術の推進に向けた課題を紹介し、議論を行った。

ワークショップでのプレゼンテーションを基に CRDS において新興・融合科学技術の発展のプロセスをまとめた例が図 1 である。ワークショップにおいて新興・融合科学技術には科学研究と具体的な技術開発の 2 つの方向性があり、これらを明確に意識することが必要であるとの指摘があったことを受け、作成に当たっては、「新しい知識の創造、科学技術のフロンティアの開拓」と「社会的価値の創造、課題解決への具体的貢献」の 2 つの軸を用いた。

¹ 山口は、イノベーションをクリステンセンによる「性能破壊型イノベーションと性能持続型イノベーション」軸（潜在市場で評価を得るか主流市場で評価を得るか）と「パラダイム破壊型イノベーションとパラダイム持続型イノベーション」軸（新しい科学のパラダイムに依拠した技術により性能を高めるか既存の科学パラダイムと技術の枠内にとどまるか）の 2 軸で分析した。その上で、パラダイム破壊型イノベーションとパラダイム持続型イノベーションを知の創造（研究）軸と知の具現化（開発）軸を設定したイノベーション・ダイアグラムにより説明した。パラダイム持続型イノベーションは、既存技術を出発点に既存の科学パラダイムの下で開発を進めることにより実現されるが、早晩行き詰まりを見せブレイク・スルーを必要とする。しかし、ブレイク・スルーをもたらすイノベーションは、一度科学の「土壌」まで降りた上で科学研究により新たな知を創造し、新たな知を技術として具現化することにより初めて実現する。このようなイノベーションをパラダイム破壊型イノベーションと呼んだ [8]。

図1 新興・融合科学技術の発展事例



(ワークショップ「新興・融合科学技術の推進～課題解決とフロンティアの創造に向けて」参加者のプレゼンテーションに基づき、CRDS が作成)

3.2 新興・融合科学技術の5段階の発展モデル

ワークショップの結果から、新興・融合科学技術の発展は、①「新しい知識の創造、科学技術のフロンティアの開拓」と「社会的価値の創造、課題解決への具体的貢献」の2つの方向性を有し、②知識の創造と社会的価値の創造に向けた多様な取組が連鎖的に融合し、③5つの発展段階が認められ、④15～20年以上かけて発展するプロセスであることが示唆された。また、⑤研究者、そして産・学・官・社会の参加者を拡大していく過程であることも示唆された。中でも以下に詳述する5段階の発展モデルは、新興・融合科学技術の推進方策を検討する際の基礎となるものである。(図2参照)

ステップ1 社会的課題からの新しいアイデア、アプローチの芽出しと研究開発手法や方法論の確立

ステップ1は、取り組むべき社会的課題から解決に向けた新しいビジョン、アイデア、アプローチ、理論、概念等を誘発し、研究に着手する段階である。社会的課題に誘発された研究者や新しいアイデア等を目利きして絞り込み、「目的基礎研究」が支援する。ステップ1の到達目標は、新しいアイデア等を具体化し、研究手法や方法論、概念を確立することである。新しい研究開発手法や方法論の認知に向け、第1回の国際会議の開催や新しい研究開発手法、方法論を示す構想論文の発表が重要である。

ステップ2 新しい研究手法、方法論に基づく基盤作り

ステップ2では、ステップ1で創出された成果に基づき、将来、新しい科学技術の、さらに、科学技術を社会実装する際の基盤となる装置、試薬、ソフトウェア、データベース等の試作を行うとともに、研究手法、リサーチ・ツールの普及や将来の標準化に向けた活動への取り組み等を開始する。その際、企業からの研究者・技術者の参画・協力を得ることによる、早期からの研究者・技術者コミュニティの

拡大や新しい科学技術の研究ノウハウ等の共有も期待される²。

ステップ3 新しい手法、方法論の様々な現象やケースへの適用

ステップ3は、ステップ1で創出された方法論、研究手法、実験手法などを様々な現象や事例に適用する段階である。方法論、研究手法などの適用可能性が広がるとともに、イノベーションに向けた多様なシーズの創出が期待される段階である。同時に、新しい方法論、研究手法などに触発された研究者が参入することにより、新興・融合科学技術の確立とイノベーションに向けて研究者・技術者コミュニティの拡大が期待される。

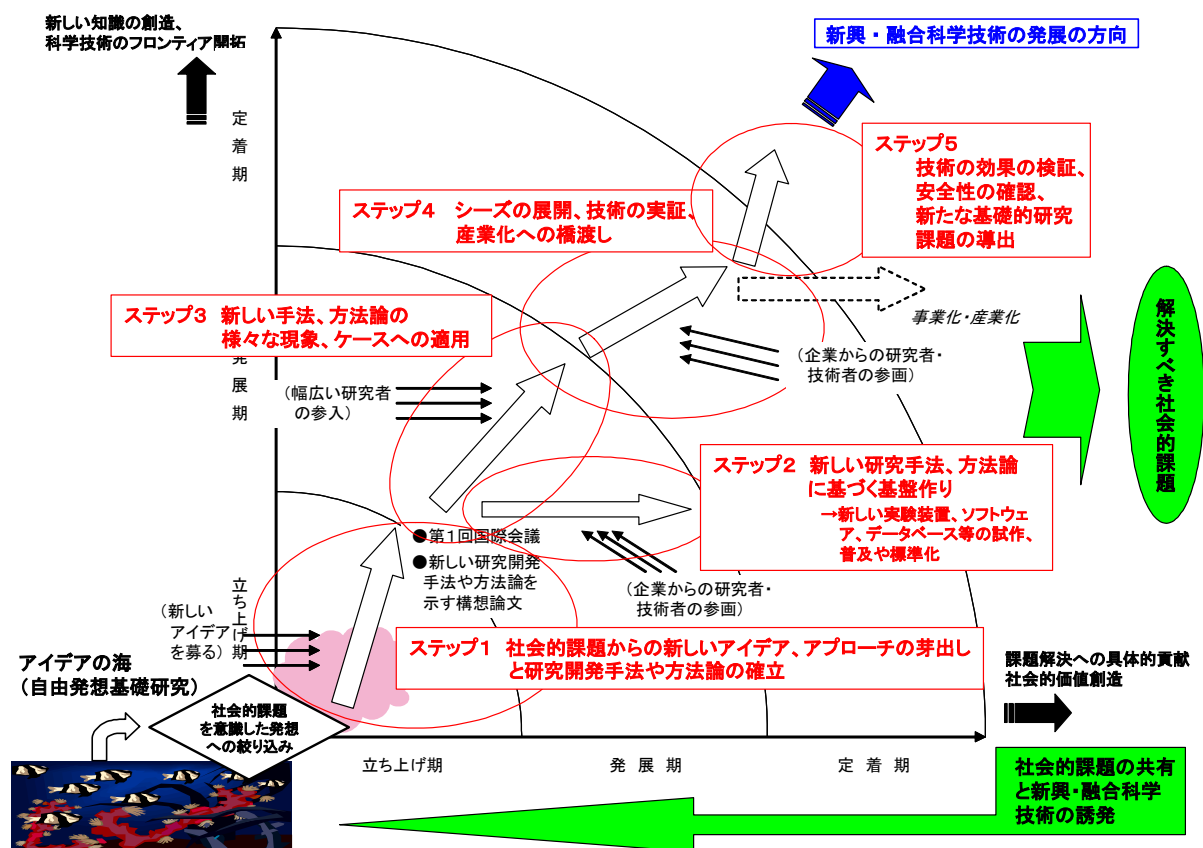
ステップ4 シーズの展開、技術の実証、産業化への橋渡し

ステップ4では、ステップ3で創出された多様なシーズと産学官の研究者の知的な相互刺激が更なる研究開発や共同研究等を誘発し、シーズが発展することが期待される。研究の進展だけでなく、産学官の連携による技術の創出と実証、そして、企業を中心とした産業化への橋渡しと言った展開も起きるだろう。また、これらに伴い、産学官の研究者・技術者がさらに参画し、研究者・技術者コミュニティが拡大することも期待されるだろう。

ステップ5 技術の効果の検証、安全性の確認、新たな基礎研究課題の導出

新しい技術が具体化し産業化に向かうとともに、社会的効果も視野に入れた技術の検証、技術の安全性の確認などが必要となる。ステップ5ではこれら科学技術の社会実装に不可欠の研究開発が行われる。技術の検証や安全性の確認はまた、これまで発展してきた新興・融合科学技術に新たな側面から刺激を与える契機になる。技術の検証を通じて明らかになった課題の克服のため、また、より安全な技術を生み出すため、新たにまた融合的な取組を必要とする基礎的研究課題も導出されるだろう。

図2 新興・融合科学技術の5つの発展段階



² 図2にも示されるように、ステップ2はステップ3の前段階ではない。ステップ1の成果を受けた活動のうち、リサーチ・ツールの確立といったより技術具体化に近い活動がステップ2であり、新興・融合科学技術の発展がステップ3であろう。従って、ステップ2とステップ3は相互に関連を持ちながら同時並行的に進むであろう。

4. 新興・融合科学技術の推進に向けた4つの提言

これまで述べたように、新興・融合科学技術は15～20年の時間軸の下、5つの段階が多様に組み合わせりながら発展する過程である。しかし、現状の主な研究開発支援制度は長期的な時間軸の下でこれらの過程を踏まえて新興・融合科学技術を戦略的に育てることに適しているとは言い難い。研究開発の規模こそ自由発想基礎研究（科学研究費補助金等）に比べて研究の目的性がより高まるのに伴い、また、技術開発の支援制度ではフィージビリティ・スタディ段階から本格的開発段階に移行するのに伴い大きくなるものの、研究期間は3～5年程度以内のものがほとんどである。各制度は各省・各機関によりそれぞれの目的・趣旨に応じて各制度のProgram Director (PD) やProgram Officer (PO) により運営されており、制度を超えた戦略性、長期性、継続性は担保されていない。

長期性、継続性は、分野や研究内容だけではなく人材についても担保されていない。研究開発に参画する研究者・技術者の構成は、各研究制度のイノベーションの過程上の位置づけに従い変化する。例えば基礎的な研究段階では大学等の研究者が、本格的開発段階では企業の研究者・技術者が中心的役割を担う。しかし、制度が個別に運用されているため、産・学・官社会の研究者が制度やイノベーションの過程上の位置づけを超えて集まり、ダイアログを行うことは困難である。

これまでは一部の研究者が「自らの研究をつなぐ」ために、応募しようとする研究制度に研究を合わせ、また、研究チームを集めて対応して来た。長期性、継続性はこうした研究者の努力に委ねられていた。このような現状を改善するためには、

- 研究開発を制度に合わせるのではなく、研究開発の進展に合わせた支援
- 2つの融合、すなわち、分野の融合と知識の創造と社会的価値の創造の融合

を実現することが必要である。このため、まず、**(提言1) 社会的課題に向けたシームレスなプログラム**を提言する。このプログラムでは研究開発の状況に応じて研究制度や支援機能のメニューから必要な推進ツールを組み合わせ実施することにより、新興・融合科学技術を長期的に推進する。運営には制度ごとのPD、POではなく「社会的課題」ごとに数人の「戦略マネージャー」のチームを設け、長期的、分野横断的、かつ柔軟に対応する。戦略マネージャーは政策（行政）、ファンディング機関、研究開発プログラムの階層を踏まえて配置し、社会的課題に向けて機関や階層を超えて連携することが必要である。また、プログラムにおいては、研究開発成果の社会への実装を視野に、初期の段階から倫理的・法的・社会的問題(ELSI)にも取り組む必要がある。

社会的課題に関連した研究開発の状況と新しい研究アイデアやアプローチの誘発、芽出しから社会的課題への具体的貢献までの各段階を俯瞰し、中・長期的に一貫した戦略の下で研究開発を推進するためには、PD・POによるこれまでの「公募・採択・管理・評価」にとどまらず、新興・融合科学技術を育て研究者や産学官のネットワークを拡大する視点からのマネジメントが必要である。このため、**(提言2) 新興・融合科学技術の推進者「戦略マネージャー」の確立**を提言する。「戦略マネージャー」には、社会的課題から俯瞰した研究開発の現状と5つの発展段階を踏まえた研究領域と推進ツールのポートフォリオの戦略的構築とマネジメント、研究提案や研究者の見極め、研究者の支援、新興・融合科学技術への参画者層の拡大とネットワークの形成といった役割が期待される。

さらに、新しいアイデアやアプローチによる研究が新興・融合科学技術の発展とともに、最初に着想した研究者から、幅広い研究者そして産・学・官・社会へと参加者を戦略的に形成・拡大し、「2つの融合」を実現するため、**(提言3) 社会的課題と新興・融合科学技術を核とした幅広い研究者や産・学・官・社会のネットワークの形成**を提言する。具体的には、ファンディングを核にした研究者ネットワークの形成、海外への直接ファンディングやヒューマン・フロンティア・サイエンス・プログラムの経験を活かした国際グラント等による社会的課題解決に向けた知恵と研究者の国際的ネットワークの形成、研究者のネットワークの核となるオープン型研究開発拠点の構築を進める必要がある。これらに際しては、研究者合宿など、異分野の研究者が互いに研究をベンチマークし、新たな研究アイデアを触発するメカニズムが不可欠である。また、社会的課題、研究開発アイデアや進捗状況の共有、研究開発の方向性の柔軟な設定、ELSIへの取組のため、産・学・官・社会が参画したプラットフォームの形成が不可欠である。

ワークショップでは、「異」を受容し、研究者、特に若手研究者が新興・融合科学技術に挑戦しやすい環境の必要性についても数多くの意見が示された。それらを踏まえ、社会的課題からの新しいアイデア等の誘発を促進するため、**(提言4) 研究者、特に若手研究者が新興・融合科学技術に挑戦しやすい組織と環境の形成**を提言する。大学や研究機関は、新興・融合科学技術に取り組む研究者を登用し自ら変わろうという組織変革や人材登用、研究者を見守り新たな挑戦への着手を可能とする組織運営、Under one

roofの研究環境作りに積極的に取り組むべきである。特に若手人材の育成に向けては、若手が新たな研究の流れや異なる研究分野に触れる機会の創出や「課題解決」を軸にした新興・融合科学技術の教育プログラムの設置に取り組むべきである。学会についても、社会的課題、社会からの期待や、新興・融合科学技術に対応して自ら変わり、新興・融合科学技術を積極的に取り上げる学会を育成・支援し、研究の発表・評価の場の形成に取り組むべきである。

5. 社会的課題の特定と研究領域の設定

どのような科学技術を振興すべきか。この問いに答えるため、これまで各国で技術予測や技術のロードマッピング等が行われてきた。しかし、これらの関心が主に「どのような研究や技術に投資すべきか」(what)であったのに対し、近年、「どのような社会的課題に答え、価値をもたらすためか」(for what)という目標設定がより重要になってきた。このため、社会の知や科学技術への期待を結集して”for what”を明らかにする産・学・官・社会のプラットフォームとプロセスを確立することが急務である。

6. おわりに

本稿では、社会的課題の解決に向け求められている新興・融合科学技術について、具体的研究開発事例に基づき発展段階をモデル化した結果とモデルに基づく推進方策を報告した。社会的課題解決に誘発された新興・融合科学技術の発展は15～20年にわたる2つの融合、すなわち、分野の融合と知識の創造と社会的価値の創造の融合の過程であり、研究開発を制度に合わせるのではなく、研究開発の進展に合わせた支援が必要である。

今後に向けては、まず、より根源的な課題として、優先的に取り組むべき社会的課題、すなわち social wish をいかにとらえ科学技術政策に反映するか、が挙げられる。また、本報告の結果は、新興・融合科学技術の推進の一般的枠組を示したものである。取り組むべき個々の社会的課題に対応した具体的な研究開発戦略への発展と具体的戦略からのフィードバックを受けた枠組の発展等も課題である。

謝辞

本検討にあたり、ワークショップに御参加頂き、また、ご意見を頂いた諸先生方に深く御礼申し上げます。(肩書きはワークショップ、インタビュー当時のもの)

(ワークショップ参加者) 遠藤守信 信州大学教授、岡野光夫 東京女子医科大学先端生命医科学研究所所長・教授、長我部信行 日立製作所研究開発本部長付・中央研究所ソリューション LSI 研究センター長、片岡一則 東京大学大学院教授、北野宏明 ソニーコンピュータサイエンス研究所取締役所長、永井良三 東京大学大学院教授、橋本和仁 東京大学大学院教授、柳田敏雄 大阪大学大学院教授、吉川誠一 富士通研究所常務取締役／産業競争力懇談会、田中正朗 文部科学省大臣官房審議官、岩瀬公一 文部科学省科学技術・学術政策局科学技術・学術総括官、柿田恭良 文部科学省科学技術・学術政策局計画官、岡谷重雄 文部科学省科学技術・学術政策局科学技術・学術戦略官、大竹暁 文部科学省研究振興局基礎基盤研究課長

(ご意見を頂いた先生方) 小林信一 筑波大学大学院教授・CRDS 特任フェロー、菅裕明 東京大学先端科学技術研究センター教授、高安秀樹 ソニーコンピュータサイエンス研究所シニアリサーチャー、津田一郎 北海道大学電子科学研究所教授、富田勝 慶應義塾大学大学院教授・先端生命科学研究所所長、山口栄一 同志社大学大学院教授・CRDS 特任フェロー

さらにワークショップへの参加や検討段階での議論に参加頂いた、北澤宏一 理事長、小間篤 研究主監、吉川弘之 CRDS センター長、井村裕夫 CRDS 首席フェロー、田中一宣 CRDS 上席フェロー、丹羽邦彦 CRDS 上席フェロー、戦略的創造事業関係者など科学技術振興機構の方々に感謝致します。

参考文献

- [1] 研究開発戦略センター、『新興・融合分野研究検討報告書』，(2009 年)
- [2] 研究開発戦略センター、『戦略プロポーザル：科学技術イノベーションの実現に向けた提言』，(2007 年)
- [3] 研究開発戦略センター、『戦略プロポーザル：科学技術イノベーションの実現に向けて、いま、何をなすべきか』，(2007 年)
- [4] 閣議決定、『科学技術基本計画』，(2006 年)
- [5] Council on Competitiveness *Innovate America*, Council on Competitiveness, (2005)
- [6] Gibbons, Michael, *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary societies*, Sage, (1994) (小林信一監訳『現代社会と知の創造』丸善, (1997 年))
- [7] Stokes, Donald E. *Pasteur's Quadrant Basic Science and Technological Innovation*, Brookings, (1997)
- [8] 山口栄一 『イノベーション 破壊と共鳴』, NTT 出版, (2006 年)