

日本の展望—学術からの提言 2010

提言

日本の展望—理学・工学からの提言



平成22年（2010年）4月5日

日 本 学 術 会 議

日本の展望委員会

理学・工学作業分科会

この提言は、日本学術会議 日本の展望委員会 理学・工学作業分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議 日本の展望委員会 理学・工学作業分科会

委員長	岩澤 康裕	(第三部会員)	電気通信大学電気通信学部教授
副委員長	後藤 俊夫	(第三部会員)	中部大学副学長
幹事	池田 駿介	(第三部会員)	東京工業大学大学院理工学研究科教授
幹事	海部 宣男	(第三部会員)	放送大学教授
	今中 忠行	(第三部会員)	立命館大学生命科学部教授 (平成 21 年 5 月まで)
	馬越 佑吉	(第三部会員)	(独) 物質・材料研究機構理事
	大垣 眞一郎	(第三部会員)	(独) 国立環境研究所理事長
	坂内 正夫	(第三部会員)	情報・システム研究機構国立情報学研究所所長
	三田 一郎	(第三部会員)	神奈川大学工学部教授
	進士 五十八	(第三部会員)	東京農業大学地域環境科学部教授
	平 朝彦	(第三部会員)	(独) 海洋研究開発機構理事・地球深部探査センター長
	玉尾 皓平	(第三部会員)	(独) 理化学研究所基幹研究所所長
	柘植 綾夫	(第三部会員)	芝浦工業大学学長
	濱田 政則	(第三部会員)	早稲田大学理工学術院教授
	矢川 元基	(第三部会員)	東洋大学計算力学研究センター長
	井筒 雅之	(連携会員)	東京工業大学大学院総合理工学研究科特任教授
	岡本 和夫	(連携会員)	東京大学大学院数理科学研究科教授
	河野 長	(連携会員)	東京工業大学グローバルエッジ研究院特任教授
	小林 敏雄	(連携会員)	(財) 日本自動車研究所副理事長

※ 名簿の役職等は平成 22 年 3 月現在

要 旨

1 作成の背景

真理の探究を目指す「科学」と、人類が必要とする人工物を作り出す「技術」は、長年相互に影響を与えながら融合的に発展してきた。過去数世紀の科学・技術の発展は、人間生活を豊かにし、人類の幸福および社会の発展に大きな貢献をしてきた。しかし一方で、科学・技術の発展は、地球環境や生態系等を大きく変化させ、様々な問題をも引き起こしている。

今後、地球や資源等の有限性という制約の下で持続可能な社会を目指すためには、やはり科学・技術が不可欠であり、21世紀においても新しい科学・技術の創成によって初めて、人類の存続・発展が可能になり、精神的・物質的に調和のとれた幸福な人間社会を実現することが可能となる。そのため、新たな科学・技術の創成およびそれを支える人材の育成が不可欠であり、初等から高等教育における一貫した科学・技術教育、大学における研究と教育の抜本的改革、産学官連携による研究や技術教育を推進していくことが必要である。

上記のような認識の下に、科学・技術の全体的な問題を俯瞰した上で、理学・工学にまたがる主要な課題と分野別の課題について展望と提言をとりまとめた。

2 理学・工学分野にまたがる主要な課題と展望

(1) 持続可能な社会に向けた科学・技術創成

過去数世紀の科学・技術の大きな発展は、人間生活を豊かにし、社会の発展に大きく貢献してきたが、同時に負の側面として環境破壊やエネルギー・資源の枯渇等の問題を引き起こしている。また、科学・技術が発展し、人間生活に浸透するにしたがって、我々が関わるシステム全体が極めて複雑化・巨大化し、その制御は困難になってきた。代表的な例がインターネットシステムであり、利便さの一方で我々の生活を脅かす面も持っている。それゆえ今後は、人間が豊かで安全・安心な生活を保つていくために、持続可能な社会に向けた新たな科学・技術を創成していくことが強く望まれている。

(2) 社会のための科学と知の統合

国際科学会議 (ICSU) は、ブタペスト宣言で「社会のための科学」の重要性を謳い、科学の目標は「固定価値の解明」から「変化過程の解明・問題解決」へシフトしたと述べている。

従来の「固定価値の解明」の時代は、科学・技術分野を細分化し、それを深く探求することによって多くの成果が得られてきた。しかし、その手法では、現在の社会が抱える環境等の地球的・複合的課題に対応することは困難になっている。そこで、近年は、従来の領域型分野を横につなぎ、新しい価値観や科学・技術を生み出す「知の統合」とそのための新しい研究方法論（例えば、E-サイエンス）の開拓が必要となっている。

(3) 大型装置計画・大規模研究の推進および基盤的研究との調和

大学や全国共同利用機関が主導してきた大型装置計画や大規模研究は、基礎科学の発展に大きな貢献をしてきたが、省庁再編や国立大学の法人化以降、計画策定や設置が難

しい状況が生じてきた。それを受けて第 20 期の対外報告「基礎科学の大型計画のあり方と推進について」では、二つの提言:① 基礎科学の大型計画にかかわる長期的マスタープラン・推進体制の確立、② ボトムアップ型と国策的大型研究のかかわり・協力と将来のあり方の検討、が出された。今後はそれらを具体化すること、大型装置計画等と基盤的研究との適切な調和の仕組みを構築すること、中小規模の基盤的機器の建設・設置を計画的に進めることも重要である。

(4) 理学・工学分野の発展を支える若手・人材の育成

第 2 期および第 3 期の科学技術基本計画において人材育成は重要な課題として推進されてきた。しかし、OECD 報告書によれば、平成 18 年 (2006 年) の我が国の人材育成のための政府予算は GDP 比で見ても依然として少なく、高等教育では 0.5% という低い値となっている。逆に、我が国では高等教育への私的負担が多くなっている。理学・工学分野に関して言えば、初等中等教育における理科教育の弱体化、それに伴う次代の自然科学や技術を担う若年層の理科離れや大学院教育と企業の不整合、急速な国際化の流れ等の問題がある。さらに、理学・工学分野の女子学生や女性研究者・技術者が非常に少ない状況が続いていることも大きな問題である。また、若年人口の減少に伴い、科学・技術の担い手をさらに広げていくことも重要な課題である。

(5) 科学・技術リテラシーの涵養と新リベラルアーツ教育の構築

これまでの科学・技術の創造の成果は、広く社会システムに浸透して、人間生活を豊かにしてきたが、一方で環境を初めとする様々な問題も惹起している。科学・技術に直接責任を持つ科学者・技術者はこれらの課題を克服していく上で第一義的な責任を有しているが、市民もまた科学・技術の光と影の部分に対する理解力と適切な判断をすることができる力としての教養「科学・技術リテラシー」を持つことが必要である。しかるに、大学においては、細分化する専門教育に対する学生の理解度の低下が顕在化している。この問題を解決するには、一般教養教育と専門教育との間に広がりつつある溝を橋渡しする「21世紀型科学・技術リベラルアーツ教育」が不可欠である。

3 理学・工学分野にまたがる主要な課題に対する提言

- 1) 持続可能な社会に向けた科学・技術を創成していくには、理学分野では、独創的な発想に基づく基礎的研究を推進し、工学分野では、大学が独創的なシーズ開発を行うとともに、産学官連携によって環境調和型の新技術の開発を行っていくべきであり、国は、大学等の安定的な研究体制を構築する施策と継続的な研究費の支援を行っていくべきである。巨大複雑系社会システム分野では、システムの構成要素を分析する能力とシステム全体を俯瞰する能力が必要であり、行政や大学等のセクターが連携して、新技術開発を行っていくべきである。これらの努力によって、次代のノーベル賞につながる独創的な基礎的成果と持続可能な社会を支える革新的な新技術が生み出される。
- 2) 今後の科学・技術で求められる「知の統合」は、「社会のための科学」を目指して、あらゆる分野の研究者が連携して推進していくべき課題であり、日本学術会議も分科会等を作って今後の方向を探索していくべきである。また、「知の統合」の研究方法論

の一つである「E・サイエンス」は、多くの分野で有用であり、その研究や体制整備を積極的に推進していくべきである。その中から、現在の地球規模的課題や既存の領域分野にまたがるような学際的課題を克服できる新しい概念や革新的な研究手法が生まれる可能性がある。

- 3) 大型装置計画・大規模研究の推進に関しては、対外報告「基礎科学の大型計画のあり方と推進について」の二つの提言を具体化するために、大型装置計画の評価体制を確立し、長期プラン推進体制と国策的大型研究のあり方についての検討の場を設けるべきである。それと並行して、大型研究等と基盤的研究の適切な調和の仕組みの実現について、国際的な視点も重視しつつ、国の長期的な科学政策の中で方策を打ち出すべきである。これによって、我が国の大型研究は次の発展段階に入り、世界をリードする立場に立つことが可能となる。
- 4) 理学・工学分野では、幼児期の育成環境や小中高校の理科教育の改善が急務であり、さらに、大学・大学院の専門教育の改革、国際的な人材の育成、女性研究者・技術者の育成による男女共同参画の推進も緊急の課題である。また、若年人口の減少に伴い、科学・技術の担い手をさらに広げていくためには、より充実した環境の下での人材の育成が不可欠であり、第4期科学技術基本計画においても、我が国の教育機関への公的支出を増やし、支援を強化していくべきである。この人材育成策によって、停滞傾向にある我が国の科学・技術や産業が再構築され、次の持続可能な発展につながる事が可能となる。
- 5) 科学・技術リテラシーの涵養と新リベラルアーツ教育に関しては、高度な科学・技術リテラシーを有する教員の育成、小中高校理科教育の見直し、大学生・大学院生に幅広い科学・技術リテラシーを持たせるための21世紀型新リベラルアーツ教育、科学・技術の成果を社会に発信するために、マスコミとの連携、研究者側の情報発信意識とスキルの向上等を促進すべきである。これによって、市民および社会全体の理解と支持の下に科学・技術を発展させ、調和のとれた平和な社会を実現することが可能となる。

4 分野別の展望と提言

この章では、環境学から材料工学までの11の分野ごとに主要な課題を取り上げ、その現状と展望、提言がとりまとめられている。それらの中で11分野に共通な課題として人材育成が取り上げられている。この課題は、理学・工学にまたがる課題(4)および(5)と重なっているが、分野別の立場から、教育体制の改革と人材の活用、イノベーション人材育成と国際競争力の強化が提言されている。

目 次

1	はじめに	1
2	科学・技術研究の推進と科学・技術教育の基盤育成の必要性	2
(1)	「研究」と「教育」の変遷	2
(2)	「研究」と「教育」の一体的な推進	3
3	理学・工学分野にまたがる主要な課題と展望	5
(1)	持続可能な社会に向けた科学・技術創成	5
(2)	社会のための科学と知の統合	7
(3)	大型装置計画・大規模研究の推進および基盤的研究との調和	8
(4)	理学・工学分野の発展を支える若手・人材育成	9
(5)	科学・技術リテラシーの涵養と新リベラルアーツ教育の構築	12
4	理学・工学分野にまたがる主要な課題に対する提言	16
5	分野別の展望と提言	18
(1)	環境学	18
(2)	数理科学	19
(3)	物理学	20
(4)	地球惑星科学	21
(5)	情報学	22
(6)	化学	23
(7)	総合工学	24
(8)	機械工学	25
(9)	電気電子工学	26
(10)	土木工学・建築学	27
(11)	材料工学	28
(12)	各分野別委員会共通の人材育成等	29
6	おわりに	30
	<参考文献>	31
	<参考資料>理学・工学作業分科会審議経過	32

1 はじめに

真理の探究を目指す「科学」と、人類が必要とする高機能な人工物を創出する「技術」は、長年、相互に影響を与えながら融合的に発展してきた（以下、科学・技術と記す）。実際、過去の科学・技術の進歩を振り返ってみると、自然法則を利用して新しい技術が生み出され、逆に技術的課題の中から新しい自然法則が見いだされてきている例が数多くある。

この科学・技術の進歩の速度は、時代を経るにしたがって徐々に増し、産業革命後はさらに加速されてきた。特に、20世紀前半の量子力学や相対性理論に代表される新しい基礎科学分野の発展と、その成果を活用して生み出された20世紀後半の半導体素子、レーザー、コンピューター等に代表される革新的技術の飛躍的発展は、社会全体を活性化し、便利で豊かな人間生活を可能にしてきた。このように、**過去何世紀にもわたって、科学・技術は人類の幸福および社会の発展に非常に大きな貢献をしてきた。**

一方で科学・技術の急速な発展は、社会構造、地球環境、生態系等を大きく変化させ、地球規模の気候変動、環境汚染やエネルギー・資源の枯渇等の様々な問題をも引き起こしてきた。したがって21世紀は、地球自体やエネルギー・資源等の有限性という制約を認識した上で持続可能な社会を目指さなければならない状況にある。**この課題を克服するにはやはり、科学・技術の力が必要不可欠である。21世紀においても、新しい科学・技術の創成によって初めて人類の存続・発展が可能になり、精神的・物質的に調和のとれた幸福な人間社会を実現することが可能となる。**科学者・技術者は、このような地球環境と人類社会の調和ある平和的な発展に貢献することを社会から負託されている[1]。

したがって今後は、持続可能な社会に向けた新たな科学・技術の創成と、それらを支え、国際化に対応できる人材の育成等が必要不可欠である。特に、初等から高等教育における一貫した科学・技術教育、大学における研究と教育の大学自体による継続的改革、産学官連携による研究や人材育成を推進していくことが重要である。これらの施策は、我が国の科学・技術や産業の国際的な競争力や貢献度をさらに高めることにもつながっていくであろう。日本学術会議の理学・工学分野は、人文・社会科学分野や生命科学分野と連携協力しつつ、それらの課題全体を俯瞰的に見渡し、リードしていく役割を担っていると考える。

上記のような認識の下に、第2章で科学・技術領域における研究と教育の全体的な問題を概観した上で、第3章では科学・技術の基盤となっている理学・工学分野全体にまたがる5つの主要な課題の現状と展望を、第4章ではそれらの課題に対する提言をまとめた。第5章では、理学・工学分野に含まれる各分野別の展望と提言をまとめた。

2 科学・技術研究の推進と科学・技術教育の基盤育成の必要性

本章では、科学・技術研究と科学・技術教育にまたがる全体的な問題等について概観する。冗長さを避けるために、前者は「研究」、後者は「教育」と略記する。

(1) 「研究」と「教育」の変遷

「研究」は、好奇心や探究心に基礎を置き、自然観、物質観、人間観、社会観を体系化し、新しい知的価値や革新的技術を創成する。それは、生きる力を作り出す人間の知的進化の営みそのものである。創造された価値は人々の教養となって社会の活力の基盤を構成し、技術の革新は新しい産業を生み出して人間の豊かな生活の基礎となる。

平成20年には、我が国から4名のノーベル賞受賞者が輩出され、日本の基礎研究にとって、大きな注目を集める年となった。大きな反響は、基礎研究への社会的な理解や関心の高まりがあったことを示している。しかし、これらの「研究」はおよそ30年前に行われたものであることも、同時に認識すべきである。

30～40年前、ノーベル賞に値するような研究が盛んに行われた時期、我が国には、「研究」に対する一般国民の理解や憧れと、それを推進する風土や環境が存在していた。当時の経済成長は社会に活力を生み出し、人々は希望を持って未来を見つめ、「研究」や「教育」にも、新しい領域を開拓する力が満ちていた。すなわち、「科学・技術の推進こそが社会の基盤の形成である」という認識ができていた。しかし、現在までに、科学・技術を取り巻く状況は大きく変化してきた。それは次のようにまとめることができる。

- 1) 科学・技術の進歩は、特定の分野では予想をはるかにしのぐ速度で発展し、特に、情報通信、ナノテクノロジー、材料、宇宙、バイオ、医学等の分野では、基礎研究の結果が短期間で実用化に結びついてきた。これらの成果は人間生活を非常に豊かにしてきた。
- 2) しかるに、科学・技術の発展による人類の繁栄はまた、地球環境や生態系など、人間と自然の関係に深刻な問題を引き起こしてきた。そのため、問題の実態解明から解決への対策まで、科学と産業、経済、倫理観等を巻き込んだ政策立案、財政措置、社会体制の見直しが不可欠となってきた。
- 3) 大学全入や少子化等の社会状況の変化は多様化あるいはゆとり教育という動きともあいまって、初等から高等教育までの「教育」の質や内容の低下をもたらしてきた。
- 4) 経済のグローバル化にもともなう激しい経済状況の変動は、社会への大きな不安定要因と将来への不確定感を生み出しており、科学・技術の発展と人材育成を阻害する状況となっている。

これらの状況の変化は、「研究」と「教育」は社会の基盤形成の原動力であるというテーマに疑問をなげかけ、さらに科学・技術の急速な発展そのものへの不安を生み出している。すなわち、社会状況の変化の中で、「研究」と「教育」は、変化への対応策として

個別に推進された結果、「研究」の急速な発展とそれによる科学・技術分野の高度化・細分化に対して「教育」は十分に対応できない等の問題が生じ、両者が相互に影響を与え合いながら進歩・発展するという全体像が見失われてしまったと言える。この状況は特に、若手人材の育成・強化に対して大きな問題を生じさせている。

「研究」と「教育」にとって、これから必要なことは、原点に戻り、両者の発展の全体像が見えるような調和の取れた方策を推進することによって、激しく変化する社会の中で価値ある答えを出していくことであると考えられる。

(2) 「研究」と「教育」の一体的な推進

そのためには、現在、分離された状況にある「研究」と「教育」の推進を体制面および予算面でより一体化した総合的な施策として行い、その評価についても、より一体化したものとする必要がある。具体的には次の課題がある。

① 初等から高等教育における一貫した「教育」の推進について

社会に科学・技術の重要性を理解してもらい、科学・技術の素養を修得した人材を育成していくには、初等から高等教育、さらに生涯教育も視野に入れた一貫した「教育」の推進について検討し、評価していくことが必要である。また、優秀な教員の育成は、長期的な展望に立った場合、社会基盤の形成の中で最も重要な課題の一つである。これについては、日本学術会議から要望「これからの教師の科学的教養と教員養成の在り方について」が出されている[2]。さらに博物館などを用いたアウトリーチなど生涯教育、生涯参加の仕組みについても同時に検討していく必要がある。

② 大学における「研究」と「教育」のあり方について

国公立大学は、法人化によって様々な影響を受け、競争の中での存続と、社会との関わりなどにおいて新しい方向性を目指し、模索している状況にある。それ自体は多くの利点もあるが、問題は、それが大学間の格差を生じ、大学内部における疲弊を招いていることである。また、私立大学は大学生の70%以上を引き受けており、その内容の向上は、社会基盤としての「研究」や「教育」にとって重要な課題の一つである。しかし、私立大学も含めた我が国の大学全体のあり方について、総合的な検討と施策の実施が十分行われていない。今後、大学のあり方や、「研究」と「教育」の質、内容については、大学自身が、学長等のリーダーシップの下で、学内外の関係者と協力して十分な検討を行い、改善していくことが不可欠である。

③ 大学、研究開発機関、産業界の連携のあり方と仕組みについて

大学における「研究」および「教育」は、その中で閉じてできるものではなく、他の研究機関（例えば大学共同利用機関や研究開発独立行政法人）や産業界と密接な連携の下に行って初めて、社会とのつながりを持った形で実施が可能となる。例えば、博士課程修了者が広く社会で活躍するには、その教育課程において社会を意識した育

成の仕組みが必要であるし、また、社会に対しても有能な人材として認識してもらう努力が不可欠である。また、国策型の研究開発ミッションにおいても、大学研究者や学生の参加を積極的に促す制度の整備が必要であるし、さらに、多大な予算を必要とする大型装置計画や大規模研究計画の企画立案段階から、大学、大学共同利用機関、研究開発機関、産業界の連携の仕組みと人材育成計画を取り入れることが大切である。

現在、これらの施策の企画、立案、評価は、行政機関の個別の審議会等を通じて行われている。しかし、長期的には「研究」と「教育」全体を俯瞰的な視点から検討することが必要であり、中立的立場にあるとともに種々の分野の専門家を擁する日本学術会議が、その役割を果たすべきであると考えられる。

3 理学・工学分野にまたがる主要な課題と展望

第2章では、科学・技術に関する研究および教育の全体的な問題を俯瞰してきた。その結果を踏まえて、本章では、科学・技術の基盤と発展を支える学術分野として不可欠な理学分野（物理学、化学等）、工学分野（機械工学、電気工学等、本章では学際的な環境学や情報学もここに含むことにする）、理学・工学から人文社会系まで広がった巨大複雑系分野を対象に、これらの分野全体にまたがる研究上の主要な課題(1)～(3)および教育・人材育成上の主要な課題(4)、(5)を選び、その現状と展望をまとめた。

(1) 持続可能な社会に向けた科学・技術創成

第1章および2章で述べたように、これまでの科学・技術の飛躍的発展は、人間生活を非常に豊かにしてきた。この科学・技術の人類への貢献が極めて大きいことは論を待たないが、同時に負の側面として環境破壊やエネルギー・資源の枯渇などの問題を引き起こしてきた。また、科学・技術が発展し、人間生活に浸透するにしたがって、我々が関わる社会経済システム全体が極めて複雑化・巨大化し、その制御は困難になってきた[3]。代表的な例がインターネットシステムであり、利便さの一方で我々の生活を脅かす側面も持っている。

21世紀においても、人間がより豊かで安全・安心な生活を保っていくには、持続可能な社会に向けた新たな科学・技術を創成していくことが必要である。

持続可能な社会の概念は「日本の展望—学術からの提言2010」の第2章に準拠するが[4]、理学・工学分野では、主として、自然と人間生活の両立及び世代間の衡平性に配慮しつつ、環境、エネルギー・資源、各種先端分野等の科学・技術の創成を目指す。人間の安全保障に関する課題のなかでは、特に、災害、水・食料、環境保全等に関する科学・技術の創成を目指す。

そのためには、理学・工学分野における次の主要課題を確実に推進していくことが不可欠である。

① 理学分野

理学分野では、新しい自然現象や法則の発見とその解明および方法論の開拓に関する研究を国際的視点に立って推進し、発展させることが第一義的な重要課題である。しかし、それとともに現在では、新たな手法を開発して、地球、環境、宇宙等に関する観測を継続的に行い、それらの基礎的データを集積して、持続可能性に関する現状や今後の見通しを明らかにしていくことも、国際的に求められる重要な課題となっている。

これらの国際的広がりを持つ基礎的な研究は、主として大学および公的研究機関によって推進される。したがって、基礎的な理学分野で独創的で優れた研究成果を挙げていくためには、大学や公的研究機関における安定的な研究体制と継続的な研究費の保障が非常に重要である。また、研究者の国際交流をより活発化し、国際的な連携

の下に研究を推進する必要性がますます高まっている。しかし、国立大学の法人化や国公立研究機関の独立行政法人化、その後の経常的交付金の削減、競争的資金への依存度の高まり、研究支援者の大幅な減少等の流れの中で、基礎的な分野の研究の持続的な発展は以前より困難な状況になっている。この状況は、特に、大規模な設備やシミュレーション的技法を用いて研究を推進する必要がある、前出の地球、環境、宇宙等の分野の大型研究においてより顕著になっていると思われる。また、多くの基礎研究に貢献してきた中規模設備の整備においても深刻な状況が生じていると思われる。

それゆえ、学術の基礎となる理学分野において、大学等の安定的な研究体制を構築する施策と継続的な研究費の国による支援は必要不可欠である。また、現在の国による競争的資金も定常的な研究費による基礎的研究の成果を更に発展させていくために必要なものである。

② 工学分野

人類にとって必要な人工物を創出する工学技術は、蒸気機関を生み出した産業革命以来大きな発展を遂げてきた。特に、20世紀後半には、量子力学に基礎をおく、半導体や超伝導等の画期的な新材料、LSIやレーザー等の革新的デバイス、現在の情報化社会への道を切り開いたコンピュータが開発され、それらの応用分野も急速に拡大してきた。

これらの要素的な新技術を基盤とする高度情報通信、ナノテクノロジー、自動車を含む機械制御システム、各種光応用システム、エネルギー等の現在の工学分野では、まず大学の研究者が中心となって、持続可能性という視点を重視しつつ、独創的なシーズの開発を行うべきである。それとともに、産学官の研究者、技術者、コーディネーター等が今まで以上に緊密な連携協力関係を保って、エネルギー・資源の浪費や環境の汚染を引き起こさないような環境調和型の技術や製品を開発していくべきである。日本が先導する太陽エネルギー利用等の技術はその代表的な例であり、我が国の国際競争力を今後更に高めていくことが望まれる。

上記のような持続可能な社会のための新しい技術開発を行う応用的・実用的分野においても、長期的な視点に立った独創的なシーズの開発を行っていくには、基礎科学分野と同様、大学等の安定的な研究体制を構築する施策と継続的な研究費の支援を国が行っていくことが不可欠である。また、産学官連携による大学発シーズの実用化を推進するには、一般的に大きな開発費が必要であり、一定期間は国および企業による支援が必要である。さらに、競争的資金の応用分野への投入は、ある程度方向性が見えた技術の開発を進めるには有効であり、今後も必要である。

③ 巨大複雑系社会システム分野

現在のインターネットシステム、巨大電力システム、交通制御システム、ヒューマンサイエンス等に代表される巨大複雑系社会システムは、もともと理学・工学分野で生み出されたものであるが、今や我々の生活に深く浸透し、理学・工学分野を超えて

広く社会全体に関わる分野となっている。この巨大複雑系社会システムに関してもまた、人間生活を便利で豊かにするとともに、情報の漏洩や意図的な操作、様々な人的・物的事故の発生が人間生活に影響を与えるなど、我々の安全・安心を脅かす多くの問題が生じており、今後、安全・安心を保障するための技術を創成していかなければならない状況にある。

上記の社会的要請に応えるためには、システムの構成要素を正確に分析する専門能力とシステム全体を俯瞰する総合的な能力が必要であり、行政、科学者コミュニティ、大学、社会（産業界）の各セクターがそれぞれの役割を果たしながら連携協調して、そのような能力を有する人材を育成していくことがより重要となっている。

具体的には、巨大複雑系社会システムを対象とした、自然等の「あるもの」や「存在」を探求する認識科学と人工物等の「あるべきもの」を探求する設計科学[5]との連携を可能とするコミュニティの構築、産学官連携による俯瞰型人材や巨大複雑系社会システムの創成力強化を主眼とする人材の育成と積極的活用を進める必要がある。

(2) 社会のための科学と知の統合

21 世紀の幕開けにあたって、日本学術会議も加盟している国際科学会議（ICSU: International Council for Science）は、「科学と科学的知識の利用に関する世界宣言」、いわゆるブダペスト宣言で、科学の四つのあり方の一つとして「**社会のための科学**」の重要性を謳っている[6]。また、科学の目標は「固定価値の解明」から「変化過程の解明・問題解決」へパラダイムシフトしたとのメッセージも発している。これらの考え方や動きは、必然的に以下の「知の統合」の概念に結びつく。

① 「知の統合」の必要性

これまでの科学の目標が「固定価値の解明」であった時代は、領域型あるいは縦型の科学・技術分野を細分化し、それぞれの分野を深く探求することによって多くの成果が得られてきた。それを反映して、大学や研究機関や学会等の多くが、組織的にも細分化された形態となり、研究手法的にも比較的閉じた形の実験や理論研究が中心となってきた。このような手法は、20 世紀までの科学・技術の急速な発展をもたらし、大きな成功を収めてきた。

しかし近年は、科学・技術分野が細分化されすぎたことによって、科学・技術全体のあり方を考えることや、現在の社会が抱える持続可能性、グローバルな環境問題、食糧問題、エネルギー問題、新型疾患、グローバル経済問題等の課題に従来の手法のみで対応することは困難になってきた。これらの問題はいずれも、理学・工学系分野と人文・社会・生命系分野やステークホルダーが相互に複雑に関わるため、単一の科学分野や国だけでは解決できない学際的・地球的課題であり、かつ新しい研究方法論が必要な課題である。そこで近年、従来の理学・工学、人文・社会、生命系の色々な領域型分野を横断した新しい価値観や科学・技術を生み出す「知の統合」が必要であるとの認識が強くなってきた[5]。

この「知の統合」では、上記の認識科学と設計科学との間の連携の促進が重要である。なぜなら、認識科学によって導出された知が、設計科学による人工物や制度・方策等の創出につながり、社会化されることに加えて、このような連携が新たな知を生む場合が少なくないからである。

ICSU の「変化過程の解明・問題解決」の目標も上記の認識に対応するものであり、社会のための科学を目指した「知の統合」とそのための新しい研究方法論の開拓が必要となっている。この課題は、インターネット技術等の進展や国際的な広がりとも相まって、研究・開発の現場でも国際的にも強く認識されるようになっている。

上記のような科学・技術研究の新たなパラダイムシフトに対応するために、以下の「知の統合」の促進体制の構築と、「知の統合」を実現するための新たな学術研究の方法論の一つとしての「E-サイエンス」の推進を提案する。

② 知の統合システムの構築

細分化された分野の「知の統合」や研究組織の再統合を行っていくことは、それほど簡単ではない。例えば、ある分野、あるいはある組織の横断的な分野の新たな知見は、まだ固定したディシプリンの中から生まれることが多い。また、統合的視点を要する課題そのものの内容が時間とともに大きく変化し、それに伴って関連分野やステークホルダーも変化する。さらに、大学や公的研究機関の組織等の大幅な変更に伴う研究や教育へのマイナスも極めて大きい等の問題も付随する。

それらを克服するための一つの方策として、他の研究機関にはない特徴のある研究やリソースを、オープンな環境で、互いに幅広く共有するという「共生型の理念」による仮想的な連携の推進がある。このために、日本学術会議内にボトムアップ的な「知の再統合」調整組織としての分科会や学協会との連携組織を設置し、その中で目標となる課題を設定して、ステークホルダー組織や個人により密接な連携、役割分担を調整し、明確にすることを考える必要がある。

③ 「E-サイエンス」の推進

「E-サイエンス」は、かつての実験、理論科学、第3の方法論と言われる計算科学、さらにはデータ中心科学を統合する「知の統合」を実現するための新たな研究方法論の一つである。単純化して言えば、研究成果の理論や観測・実験、モデル化とシミュレーション結果、その他各種のデータベース等を知として共有し、よりオープンな環境で、研究を行う方法論であり、すでに現在、高エネルギー物理、環境、天文等の分野で、多くの成功例がある。欧米を中心に急速に体制整備と運用が図られており、我が国としてもその推進を図るために次のような方策を進める必要がある。

(3) 大型装置計画・大規模研究の推進および基盤的研究との調和

我が国では、大学や全国共同利用機関が設置する大型装置を用いた共同利用研究は、国際的に最先端の研究を進めつつ、研究の広い基盤を支え、特に基礎科学の研究の発展

に大きな貢献をしてきた。しかし、省庁再編や国立大学等の法人化以降、大型装置や共同利用施設の計画推進に困難な状況が生じている。このままでは日本の基礎科学が諸外国に大きな遅れをとりかねないことから、第20期日本学術会議では6つの分野別委員会の合同による分科会を組織して改善方策を検討し、対外報告「基礎科学の大型計画のあり方と推進について」を公表した[7]。それを踏まえ、今後は以下の事項を検討し、明確な方向性を打ち出していく必要がある。

1) 大型研究計画に関しては、まず上記の対外報告にまとめられている二つの提言を具体化することが重要である。

第1の提言である「基礎科学の大型研究計画にかかわる長期的マスタープラン・推進体制の確立」については、第一歩として大型装置計画の評価体制の具体化を急ぐべきである。優れた専門家による透明性の高い第三者評価が重要であり、それを踏まえた国としての政策評価を経て推進することが望ましい。第三者科学評価では科学者コミュニティの公的代表機関としての日本学術会議が中心的役割を果たすのが適切である。長期的マスタープランの検討体制および、第二点目の提言である「ボトムアップ型と国策的大型研究計画のかかわり・協力と将来のあり方の検討」については、関係機関による適切な検討の場を設けることから始めるべきであろう。

2) 基礎科学の推進は、国際水準の大型施設や多数の研究者を長期にわたって組織する大規模研究によってフロンティアを大きく切り開くとともに、それを支え、かつ常に萌芽的研究を育成する研究基盤を広く強化することなしには成り立たない。したがって、上記①と並行して、大型装置計画や大規模研究(大型装置を中心とはしないが、多くの研究者を組織し長期にわたって進める大きな目的を有する研究計画)と基盤的研究(個々の研究者や小規模研究グループによる独自の発想と方法論に基づく研究)との適切な資源配分バランスをどのように実現・維持するかについて、国際的視点も重視しつつ、国の長期的科学政策として本格的な検討を始めることが望まれる。さらに、今後様々な分野で必要とされる大規模研究の考え方についても、整理・具体化していく必要がある。

3) 差し迫った課題として、いわゆる大型装置計画の範疇に入らない、数億円～数十億円規模の中小規模の基盤的機器に関しては、その恒常的必要性にかんがみ、内容・規模・利用形態に対応してランクづけし、建設・設置を計画的に進める基本方針を確立すべきである。また、継続的な保守・改良によって既存機器が十分使用できる場合でも、予算の隘路のため活用方策が立たず老朽化が進んでいる現状は、極めて非効率的である。まず既存施設の修繕・改良費枠を設定し、併せて柔軟な運用・共同利用の拡大を図る必要がある。

(4) 理学・工学分野の発展を支える若手・人材育成

第2期および第3期の科学技術基本計画において、人材育成は重要な課題として推進されてきた。しかし、平成21年9月のOECD報告書によれば[8]、我が国の人材育成のた

めの政府予算はGDP比で見ても依然として低く、OECD内で最も低い値となっている。それを補うために、我が国では特に高等教育への私的負担の割合が多くなっている。このような状況の中で、理学・工学分野では、初等中等教育における理科教育の弱体化、それに伴う次代の自然科学や技術を担う若年層の理科離れ、大学院教育と企業のニーズとの不整合、急速な国際化の流れ等の問題があり、幼児期の育成環境や小中高校の理数系教育の改善および大学・大学院における専門教育の改革は緊急の課題である。

なお、ここでは、幼児期の育成環境や小中高校の理科教育の改善等の重要性を踏まえつつ、高等教育に重点をおいて考えることとする。

① 現状の課題と対応

人材育成の多くの部分は教育機関が担う。中でも大学・大学院は日本の科学技術を中核的に支える人材の育成機関としての役割を期待されてきた。しかし近年、大学は全入に近づいており、また「ゆとり教育」世代が入学し始めたこともあり、入学生の学力の低下が著しい。一方、大学だけでなく高等学校以下でも、理科離れや理科嫌いという現象が顕著になっている。こうした問題の背景には、小中高校の教員自体に理科を得意とする人が多くないこと、高校において理科の必修科目が減ったこと、大学が一時入試科目を削減したことなどの原因が絡み合っている。これらの問題の根本的な解決は容易ではないが、それぞれの原因をよく検討し対応していく必要がある。

大学院は、大学の研究者だけでなく、社会に出て産業界等で国際的にも活躍できる高度技術者を育成することが求められている。しかし現在、工学系の一部の分野や理学系分野では、大学院において学問の継承者を育成することに重点を置いた教育・研究がなされており、特に博士号取得者が産業界に受け入れられるための大きな障害となっている。ポストク問題の発生にはこうした要因も大きく関わっている。従来の企業では、学部卒や修士卒の社員を必要とする技術者に自前で育て上げるという考え方が主流であった。しかし、グローバル化に伴う競争の激化によって、多くの企業においてそのような余裕が失われてきている。博士課程の大学院生の育て方については、大学院自体が社会の求める人材を供給するように意識改革をすることが必要である。また、産業界や政府機関と連携した改革への取り組み、国際化への対応も重要である。

これらの努力を重ねることによって、現在減少傾向にある大学院進学者を増やし、21世紀の高度な科学・技術を支え、発展させることができる人材を育成していくことが必要である。この大学院振興の重要性は、第20期に提言「理工系大学院の新しい制度設計に向けて－科学技術を担うべき若い世代のために－」において謳われている[9]。

さらに、高等教育の中での留学生教育の位置づけや今後の方向性を明確化し、留学生教育を推進することによって、人材育成面で国際貢献をしていくことも重要である。留学生が卒業した後の社会の受入体制を整備し、国際的な人材の活用も積極的に進めていく必要がある。

また、理学・工学分野では、女子学生や女性研究者が非常に少ない状況にあり、今

後はこの分野への女性の進出を積極的に推進して、男女共同参画による科学・技術の発展を目指すことが重要である。

以上のような改革や対応がなされても、必ずしも満足できる状態が実現できるとは限らない。それは、少子化に伴って次代を担うべき若手の絶対数が著しく減少しつつあるためである。こうした点を解決するためには、科学・技術の中核的な担い手をさらに拡大していくことを考える必要があり、そのためには各種の社会的インフラストラクチャーを整備することが前提条件となる。

また関連して、労働者のスキルアップによる科学・技術への貢献についても考えるべきであろう。現在問題になっているような、派遣や請負などの雇用形態で働く人たちについては、労働中でのスキルアップ等の配慮が全くなされていないために、本人が安定した職の確保や昇給などの機会を失って不利益を被っているだけでなく、企業側でも技術が積み上げられずノウハウが蓄積されたりすることがないのは、社会的な損失である。

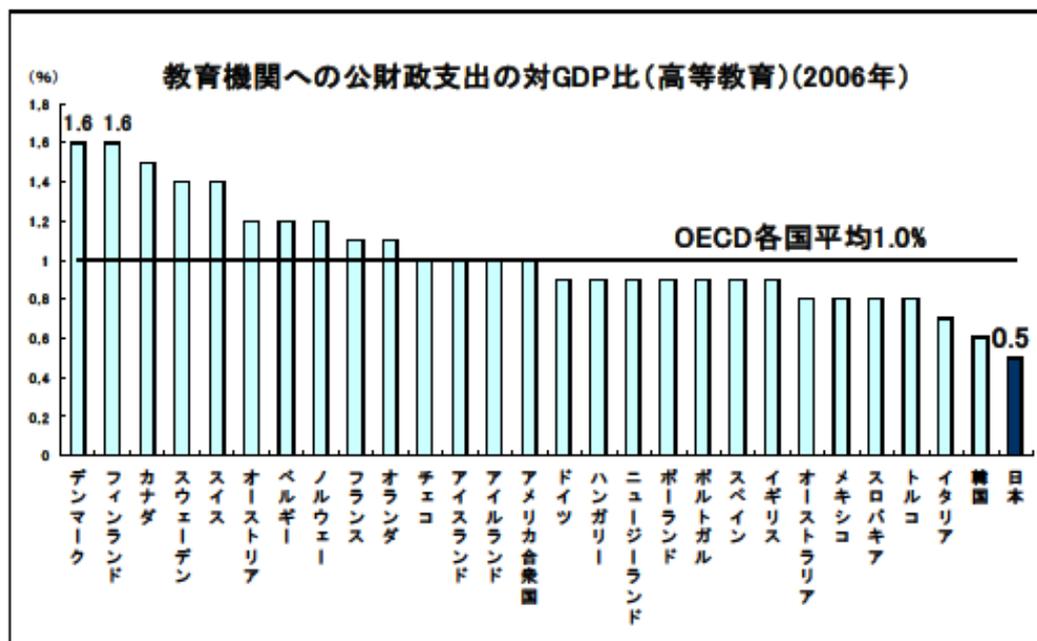
② 基本的な問題点

現在実施中の第3期科学技術基本計画においても、人材の育成は極めて重要であると位置づけられており、そのための施策として「グローバルCOEプログラム」や「女性研究者支援システム改革プログラム」、その他多くのプロジェクトが文部科学省などを始めとする省庁によって実施されている。その中には「理科離れ」の解消を目指すものや、高校生以下の若い世代で特に理科に優れている者が、さらに能力を高めることを補助する目的のものもある。つまり、人材育成に関する問題があることは広く認識されており、それらに対して具体的に問題解決に向けた政策が実施されている。

しかし、これらの対応の基本的な問題点は、人材育成あるいは教育は100年を単位として考えるべき問題であり、短期的な対応のみで根本的な解決は望み得ないということである。特に現在の文教予算が、例えば大学の運営費交付金等の経常的経費を削減することで上に例をあげたようなプロジェクトの予算を作り出しているのは、憂慮すべき事態である。経常的経費の削減によって多くの大学が疲弊して、長期的な視点に立った人材育成が非常に困難になっており、日本全体として人材育成のレベルが下がりつつあるのではないかと思われる。「世界でトップクラスの研究教育拠点」などをを目指す機関も、そういう拠点を支える様々なレベルの教育研究機関が健全に活動していることで実現できるのであって、単独では拠点形成は困難である。

日本の人材育成に対する政府予算が十分でないことは以下のデータからも推測される。平成21年に出されたOECDのEducation at a Glanceによれば[8]、平成18年(2006年)の日本の教育に対する政府予算は、全教育段階に対してGDP比で3.3%と、OECD全体の平均4.9%を下まわっている。特に、高等教育に対しては、GDP比で0.5%と低く、OECD全体の平均1.0%の半分となっている(下図参照)。そのため、逆に、高等教育費に占める私的負担(家計負担が主体)の割合は、日本は67.8%とOECD中で最も高く、OECD平均は27.4%となっている。

少ない予算の中で成果を上げようとする努力は必要であるが、その結果として人材育成を担う機関の大半が疲弊し、状況が悪化するのでは意味がない。国家百年の計を考えるなら、日本は教育機関への公的支出を人材育成のために大幅に増やすことを考えなければならない時期に来ていると思われる。



http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/21/09/1284648.htm

上記の①および②で述べてきたことから、第4期科学技術基本計画においても引き続き人材育成のために我が国の教育機関への公的支出を増やすことが必要不可欠である。

(5) 科学・技術リテラシーの涵養と新リベラルアーツ教育の構築

我が国は、20世紀後半の科学・技術の大きな発展によって世界第2位の経済大国となった。そして現在、科学・技術的な知の創造の成果は、学術面にとどまらず、社会に深く浸透し、経済的価値だけでなく市民の心と生活を支える社会システムにまで及んでいる。しかしその反面、科学・技術の発展による繁栄は、環境汚染を初めとする様々な問題も生じさせてきた。

科学・技術をいかに活かすか、また科学・技術の問題点をいかに抑えるかは、それらに精通している科学者・技術者が担うべき重要な責務である。しかし、科学・技術の成果の受益者である社会もまた、それらの課題を理解し、科学者・技術者と連携協力していくことが求められる。

したがって、科学者・技術者は、社会に対して積極的に科学・技術の問題点を明示し、解決策や新しい方向を見出していくうえで第一義的な責任を負っている。しかし、社会を構成する市民もまた、大きな発展を遂げた科学・技術の光と影の部分に対する正しい

理解と適切な判断をすることができる力としての教養「科学・技術リテラシー」を持つことが必要である。日本学術会議から出された声明「社会との対話に向けて」（平成16年4月）の中でも以下のように述べられている[10]。「我々日本学術会議は科学者と社会が互いに共感と信頼をもって協同することなくして、いかなる科学研究も生命感の漲る世界を持続させることができないことを認識する。さらに、我々は、科学研究は、社会が享受すべき成果をもたらす反面、社会に対する弊害を引き起こす恐れがあるという正負両面があることを、科学者も社会も明確に理解すべきであると認識する。このような認識に立ち、我々は、科学者が社会と対話をする事、特に人類の将来を担う子どもたちとの対話を通して、子どもたちの科学への夢を育てることが重要であると考える」。

一方で、現代社会において、科学・技術リテラシーの修得を妨げる大きな問題として、初等中等教育における理科・数学に対する生徒たちの興味の低下、理数教育と社会を支える技術との連関教育の希薄化、理工学系学部への進学意欲の低下がある。さらに、全入時代を迎えつつある大学の学部教育においては、ますます細分化する専門教育に対する学生の理解度の低下が顕在化している。その背景には、21世紀に求められる新たな科学・技術リベラルアーツ教育（21世紀市民が自らの意思で考え、行動するために具備すべき科学・技術理解力を育てる教育）の導入が十分行われていないこと、細分化する専門教育の内容および社会との関連に係る「教員の教育力」が不足していることが考えられる。また、博士課程修了者の持つ資質と社会ニーズとのミスマッチ、さらには社会人の科学・技術リテラシーの低下等を挙げることが出来る。

したがって、学部教育における一般教養教育と専門教育との間に広がりつつある溝を埋める「21世紀型科学・技術リベラルアーツ教育」の構築や、この素養を具備した教員の初等中等教育現場への配置による問題の解決は急務である。

上記のことから、以下の対策が必要であると考ええる。

① 長期対策

小中高校の理数教育が科学・技術リテラシーの基礎であることは言うまでもない。生徒に対しては、科学への好感を持ち、さらには学業終了後も自主的に情報を収集し、知識を広め、かつそれらの知識に基づいて科学的に物事を判断する能力を身に付けるように導いていくことが重要である。

科学・技術リテラシーの向上を図るためには、大学および博物館の活用が極めて重要であるが、それに加えて長期的には下記のような既存の対策をさらに推進することが必要である。

- 1) 長年、試験のための知識修得に重きを置いてきた我が国の理数教育は、科学的能力の低下、理科や数学の学習の意欲衰退、理数嫌いの増加などによって危機的な状況にある[11]¹。この背景には、教師が持つべき科学・技術リテラシーの弱体化が

¹ 注1：内閣府の調査[11]によれば、「科学に関心がある」と答えた者は全体の52.7%であったが、18-29歳の若者のあいだでは40.6%となり、平均を下回っている。

ある。生徒の卒業後の勉学や社会生活に活かされるような教育を行うには、高度で複合的な科学的教養を生徒に授与できる教員の育成と採用、資質と能力の一層の向上を目指す現職教員向け研修等に関して、十分な制度を構築すべきである。すでに、日本学術会議は、科学教育に関わる教員養成および現職研修に関する政策提言を喫緊の課題として認識している[2]。

- 2) 小中高校の理数教育においては、生徒が科学の面白さを実感できる教育を目指す必要がある。さらに、全ての学生を均一的に教えるのではなく、特に興味を持つ学生に対してはその知的好奇心を最大限に伸ばす教育が与えられるような教育方法の構築が必要である。

② 中期対策

上記の方策と並行して、比較的早期に効果が期待できる以下のような対策を進めるべきである。

- 1) 将来、我が国を先導する市民の一員となるべき文系・理系の全ての大学生が、科学的教養を持つことは極めて重要である。そのためには、次のような学部教育カリキュラムの改革が必要である。
 - ・ 人文社会系および自然科学系の学部教育共通の 21 世紀科学・技術リベラルアーツ教育カリキュラム改革（例：知識基盤社会と技術）
 - ・ 理学・工学系の学部における専門教育の導入部においてなされるべき科学・技術リベラルアーツ教育カリキュラム改革（視点：全入時代の工学部教育のあり方等）
- 2) 近年、科学・技術分野での細分化が顕著であり、科学者・技術者の間でも自らの専門外では科学・技術リテラシーが極めて低い。大学院研究科の学生や教員にも幅広い科学・技術リテラシーの重要性を説く必要がある。

③ 短期対策

さらに、科学・技術リテラシーに関連する事柄を一般市民に理解してもらう際に短期的な効果が期待でき、かつ重要と思われる課題を述べる。

- 1) 科学・技術がもたらす成果を国民に向けて効率的に発信していくため、マスメディアとの連携を強める必要がある[11]²。しかし、科学者・技術者は一方でマスメディアに対する不信感を持ち、他方でマスメディアへの対応方法を十分理解していない。マスメディア側でも報道における正確さの欠如といった改善すべき問題を抱えている。この両者が信頼関係を深める努力を重ねること、マスメディアが科学・

² 注2：内閣府の調査[11]によれば、科学・技術に対する情報源はマスメディア「テレビ(87%)、新聞(60%)、インターネット(11%)」であった。「科学技術に関する知識はわかりやすく説明されれば大抵の人は理解できる」という意見について、「そう思う」とする者の割合が52.5%であった。

技術への理解を深めるように科学者・技術者がリードすることが重要であり、また即効性が期待できよう。

- 2) 国民は科学・技術のわかりやすい説明を要求している[11]³。科学者・技術者は、この事実を重く受けとめ、国民に対して量的に十分であるとともに、質的にわかりやすい情報を発信するスキルを学ぶべきである。
- 3) 科学・技術リテラシーの向上には企業の協力が不可欠である。企業が、長期的視点にたって、社員を様々な社外企画に参加させることや科学者を幹部として社内に取り込むことは、非常に有効である。

³ 注3： 内閣府の調査 [11]によれば、「科学・技術について知りたいことを知る機会や情報を提供してくれるところは十分にある」という見解について、「そう思う」とする者の割合は17.6%であった。「機会があれば科学者や技術者の話を聞いてみたいと思うか」と聞いたところ、「聞いてみたい」とする者の割合は50.7%であった。

4 理学・工学分野にまたがる主要な課題に対する提言

本章では、第3章で述べた理学・工学分野にまたがる主要な課題の各々について、以下の提言を行う。

- 1) 地球や資源の有限性という制約の中で、人間がより豊かで安全・安心な生活を保っていくには、持続可能な社会に向けた科学・技術を創成していくことが不可欠である。そのためには、理学分野では、基礎的・独創的研究の推進母体となる大学や公的研究機関における安定的な研究体制と継続的な研究費の保障が必要不可欠であり、国はそれを支援すべきである。工学分野では、大学が中心となって独創的なシーズの開発を行うとともに、産学官連携によって環境調和型のイノベーション的技術の開発を行っていくべきであり、国は大学等の安定的な研究体制を構築する施策と継続的な研究費の支援を行っていくべきである。巨大複雑系社会システム分野では、システムの構成要素を正確に分析する専門能力とシステム全体を俯瞰する総合的な能力が必要であり、行政、科学者コミュニティ、大学、産業界の各セクターがそれぞれの役割を果たしながら連携協調して、新技術の開発をしていくべきである。これらによって、次代のノーベル賞につながる独創的な基礎的成果と持続可能な社会を支える革新的な新技術が生み出される。
- 2) 従来の領域型分野を横断した、新しい価値観や科学・技術を生み出す「知の統合」は、理学・工学分野の研究者が人文・社会科学や生命科学分野の研究者とも連携して推進していくべき課題である。日本学術会議も「知の統合」を促進するために分科会や学協会との連携組織を作って今後の方向を探索し、「社会のための科学」の推進に貢献すべきである。また、「知の統合」のための新たな研究方法論の一例として、研究成果の理論や観測・実験、シミュレーション結果等を共有し、オープンな環境で、研究を行う「E-サイエンス」と呼ばれる方法が提唱されている。この方法は多くの分野で有用であり、その研究や体制整備を積極的に推進していくべきである。その中から、既存の領域分野全体にまたがる地球規模的課題や大きな学際的課題を克服できる新しい概念や研究手法、技術等が生まれる可能性がある。
- 3) 大型装置計画・大規模研究の推進に関しては、対外報告「基礎科学の大型計画のあり方と推進について」の二つの提言を具体化するために、大型装置計画の評価体制を確立し、長期プラン推進体制と国策的大型研究のあり方について適切な検討の場を設けるべきである。それと並行して、大型研究等と基盤的研究の適切な調和の仕組みの実現について、国際的な視点も重視しつつ、国の長期的な科学政策の中で方策を打ち出すべきである。また、中小規模の基盤的機器の建設・設置を計画的に進める基本方針を確立し、さらに既存設備の維持費枠の設定も検討すべきである。これによって我が国の大型研究は次の発展の段階に入り、世界をリードする立場に立つことができる。
- 4) 理学・工学分野では、幼児期の育成環境や小中高校の理科教育の弱体化が問題であり、その改善が急務である。さらに、次代の科学・技術を担う若年層の理科離れや大学院教育と企業のニーズとの不整合、国際化への対応等の問題があり、大学における専門

教育の改革および大学院の振興、国際的人材の育成、女性研究者・技術者育成による男女共同参画の推進も緊急の課題である。また、若年人口の減少に伴い、科学・技術の担い手をさらに広げていくことも重要な課題であり、そのための環境施設整備が急務である。これらの問題に対応するには、質の高い若手・人材の育成が不可欠であり、第4期科学技術基本計画においても引き続き我が国の教育機関への公的支出を増やすことが必要である。この人材育成策によって、停滞傾向にある我が国の科学・技術および産業が再構築され、次の持続可能な発展につなぐことが可能となる。

- 5) 科学・技術リテラシーと新リベラルアーツ教育に関しては、高度な科学・技術リテラシーを有する教員の育成、小中高校の理科教育の見直し、大学生・大学院生に幅広い科学・技術リテラシーの素養を修得させる教育等を推進する必要がある。特に、大学における21世紀型科学・技術リベラルアーツ教育は重要である。また、科学・技術の成果を効率的に社会に発信するために、マスコミとの連携、研究者側の情報発信意識とスキルの向上、企業との連携等が必要である。これによって、市民および社会全体の理解と支持の下に科学・技術を発展させ、調和のとれた平和な社会を実現することが可能となる。

5 分野別の展望と提言

従来、日本学術会議では理学と工学は別の部を構成していたが、2005年にスタートした20期から理学と工学は一緒になり、第三部理学・工学となった。この改革は、複雑かつ増大している科学・技術の諸課題に十分に対応するには、理学と工学の統合を目指して新しい体制で取り組む必要があるとの認識による。また、20期の日本学術会議では、これまでの「科学のための科学」という視点に加えて、「社会のための科学」という視点が導入された。つまり「学術はそれ自身の発展のためのみならず、社会を意識した学術の発展が重要である」との認識が導入されたのである。この考えに基づいて、新しい分野別委員会として環境学、地球惑星科学、総合工学、情報学、などの横断的委員会が設置されるとともに、分野の大括り化も実施された。例えば、土木工学と建築学は別個の委員会であったが、土木工学・建築学委員会となり、電気工学と電子工学は合同して電気電子工学委員会となった。このようにして、以下に示す11の分野別委員会体制が構築された。

本章は、これらの各分野別委員会から出される「報告」を基に、理学・工学関係の11の各分野の展望と提言を要約したものである。なお、11の全ての分野から人材育成に関する提言が出されたが、重なる部分も多いので各分野に共通的人材育成や国民の科学・技術リテラシーの向上に関する提言については、本章の最後にまとめて記述した。

各分野に関する詳細な内容については、各分野別委員会から出される「報告」を参照していただきたい。

(1) 環境学

環境学委員会は、持続可能な社会に向けた国土・地域環境の形成のための基本的方向と方策を提言する。2050年までに温室効果ガス排出量を半減すべきである、という世界的目標に対して、環境学研究の観点から「持続性」の概念を「環境の持続性」、「社会の持続性」、「文化の持続性」の三つの視点から捉え、地球公共財を次世代に手渡していくために、持続可能な国土・地域環境の形成の基盤となる「自然共生流域圏」の形成を日本の展望としたい。以上の観点から、以下を提言する。

- 1) 地球公共財の「環境の持続性」を実現するために、地球環境科学の一層の推進が必要である。地球の変化を正確に知るために、モデル予測から対策までを視野に入れた地球観測システム構築を行わなければならない。また、この成果を社会が共有するために、科学的情報基盤の整備が必須である。科学的情報基盤は、変動する自然災害、食料問題、水資源問題等、地球規模で拡大しているリスク管理において、重要な役割を果たすものである。
- 2) 地球公共財の「社会の持続性」を実現するために、資源・エネルギー・生態系・技術の連携に基づく、「地域多様性環境マネジメント」の創出を提案する。資源についてはカスケード型資源利用への転換、エネルギーについては新エネルギー・バイオマス活用、生態系については生物多様性の維持・向上、技術については先端科学を活

用したグリーンテクノロジーの展開が重要である。

- 3) 地球公共財の「文化的持続性」を実現するために、世界各地で地域固有の条件を踏まえて形成されてきた「文化的景観」の再評価を行い、環境計画・政策に反映させる。また、環境教育プログラムの開発と展開により、「意味ある参加」を実現して地域文化の担い手を育てていくべきである。
- 4) 以上を踏まえて、持続可能な社会の実現に向けた国土・地球環境再生の基盤として、「自然共生流域圏」の形成を提言する。「自然共生流域圏」は、水・物質循環の基盤となる流域圏の上に展開されてきた社会的枠組みと文化的景観を統合する概念であり、地域環境の基本的構造として位置づけることができる。これは、身近な生活環境から広域レベルまで多様に変化する階層性を有しており、地域固有の課題に対応した環境計画・政策・マネジメントを展開することができる。

持続可能な社会を実現させるため、以上の「環境の持続性」、「社会の持続性」、「文化の持続性」に基づく目標と手法を「自然共生流域圏」をベースとして重層的に構築することで、2050年における温室効果ガス排出量半減の社会に向けて強靱で柔軟な国土・地域環境を形成することが可能になると考えている。

(2) 数理科学

「数学」という言葉はしばしば狭い範囲の学術と解釈されるため、日本学術会議では20期から統計数学、数理工学等を含む広い意味での数学を意味する分野名として「数理科学」という名称を用いてきた。数理科学においては知的好奇心・探求心が研究の原動力であり、研究の発展のためには研究の多様性が確保されることが重要である。そのために、若手研究者の層を厚くすること、および女性研究者の割合を増やすことが必要である。科学研究予算を重点的に少数のグループのみに配分することや業績を短期的な指標で評価するなどは、研究の発展をむしろ阻害する可能性がある。数理科学においては自由に思索を巡らせることができる時間は重要であり、研究以外の業務が大きいことも問題である。初等・中等教育における算数・数学教育については、特に論理力の育成が十分にできていない。また、情報化の進展にともない、様々なデータが容易に入手することができるようになっているが、初等・中等・高等教育における統計教育は十分ではない。このような現状認識の下に、以下の提言を行う。

- 1) 諸科学や産業技術分野の研究への数理科学研究者の積極的参加を図るため、数理科学の研究者が他分野の研究者と協力しやすい体制をつくることが望ましい。
- 2) 特別な予算措置により、研究を行うと同時に大学基礎教育に従事するという教員を、短期ではなく5年以上の任期付きで大学で雇い入れるということが可能であれば、大学基礎教育の維持と若手研究者育成に大きな助けになる。
- 3) 大学院における統計科学教育を充実させるとともに、数理統計学の専門家の養成を、数学専攻と密接に連絡がとれる場所で、より拡充して行うことが必要である。
- 4) 女性が数理科学を積極的に専攻することができる環境を、学校の進学指導を含

めて改善すること、および研究者の育児等からの復帰の支援（例えば、日本学術振興会の Restart Postdoctoral Fellowship 等）を現在以上に強化する。

- 5) 数理科学分野においては多くの研究者に、そして多種多様な研究分野の研究者に、少額でも恒常的に使える予算を配分することも重要である。
- 6) 研究計画や研究成果の評価において、長期的な観点で研究を評価すること、研究計画の持つ可能性を評価すること、また、「論文被引用数」や「インパクトファクター」などの指標を安易に用いないことが重要であり、それが可能となる制度設計が必要である。
- 7) 数理科学を学習する目的の一つは論理力の育成である。結果（解答）を知ることよりも、結果に至る過程を重視し、物事を考え抜く人材を育成することが重要であり、現行の入試制度の再検討が必要である。
- 8) 統計教育においては、コンピュータを利用した教育が必要であり、学校教育の現場においても情報機器の活用をさらに図るべきである。

(3) 物理学

我が国の物理学研究は、戦後の復興から経済大国としての地位を築いた時期と呼応して大学等における研究インフラが徐々に充実し、科学研究費予算も伸びた。大学院拡充によって研究者人口も増え、我が国は基礎科学においてもトップグループで鎬を削る立場に至った。その現れとして、超新星ニュートリノの観測、分子性導体や高温超伝導体の研究など、日本の研究者が世界をリードする場面も多くなった。日本の物理学が世界的にリーダーシップを発揮していることは、日本の国際的指導力の証であり源である。しかしながら一方で、初等・中等教育における理科離れ、次代を担う若手研究者の育成問題、大学制度改革に伴う研究現場の疲弊など、我が国の基礎科学の将来を揺るがす問題も顕在化している。これらの認識を基礎として以下の提言を行う。

① 基礎学術研究の高揚

基礎学術研究によって新たな知を獲得し、人類の知の領域の拡大への貢献を通して我が国の国際的存在感を増進するとともに、それらの知を社会に普及させることを通じて、多くの国民が高い科学リテラシーを共有する成熟した社会を築き、「文化としての科学」を醸成する。

② 研究基盤および科学研究費の充実

各種法人化などの最近の施策によって生じた問題点を是正し、科学技術基本計画に基づく科学・技術関連予算の増強を生かすための環境造りを行なう。基盤的経費と競争的資金のバランスのとれた「デュアルサポート」を基本とした上で、科学研究費をはじめとする基礎学術研究への支援充実による研究振興を図る。

③ 大型計画の計画的推進

巨大施設を用いた研究など物理学分野における大型計画について、大学等における

ボトムアップ型研究と独立行政法人等における国策的大型研究との調和を図る。この検討においては、日本学術会議が積極的な役割を果たすべきである。

④ 研究成果の国際的発信

研究成果発信の第一義的プラットフォームである学術専門誌の強化を図る。

⑤ 研究現場における多様性の涵養

研究現場における多様な発想を涵養するために、男女共同参画および国際的人材登用を積極的に推進する。

(4) 地球惑星科学

地球惑星科学は、地球惑星システムの進化とダイナミクスを理解し、その将来予測を目指す総合的な学問領域であり、同時に生命の存在可能性について本質的な理解を与えることのできる学問である。地球惑星科学の振興と普及のためには、大型探査研究計画や継続的な観測調査とモデル研究の推進、それらと有機的に連携した研究と教育のネットワーク、さらに地球の理解と人間社会のあり方を考える力を養う教育システムの構築が不可欠である。全体を俯瞰し、必要な施策について、総合的かつ戦略的な企画・立案・評価を行う必要がある。この認識に基づいて以下の提言を行う。

① 基礎科学としての地球惑星科学の発展

地球惑星科学では、従来の様々な分野を統合し、地球史から人間生活の時間スケール、太陽系から分子レベルでの空間スケール、微生物から人間まで生物活動スケールを俯瞰した総合的な学問が誕生しつつあり、人間の将来のあり方への指針確立のために、地球惑星科学の新しいパラダイムを創出すべきである。

② 持続的観測の重要性

人間活動の影響が著しい現在では、複雑な現象が地球惑星システムに新たに発生している。それを把握するには、持続的な観測以外に手法は存在しない。例えば、大気CO₂濃度、エアロゾル等の継続的な観測が、現在の地球環境変動を考察する上で最も基礎的かつ重要なデータをもたらしてきた。これらの観測の維持・継続を強調するのみならず、新たなる手法の開発にも取り組み、持続的観測の重要性を強力に働きかけていくべきである。

③ 大型研究計画の推進

大型計画は、フロンティアの開拓にとって非常に重要である。それには、国策型とボトムアップ型があるが、今後は、その両者が協調した体制を築く必要がある。大学と共同利用研究機関、研究開発独立法人さらに民間企業などが一体となって推進できるような制度の整備が重要であり、大型計画全体について俯瞰し、戦略的に取り組む体制を日本学術会議などに設置することも重要である。

④ 社会的課題への挑戦

現在ほど、地球環境、生態系、エネルギー、自然災害など、地球と人間の関係について多くの問題が指摘されている時代はない。人文・社会科学を包含した新しいパラダイムを構築して、これらの解決に貢献することが不可欠である。

(5) 情報学

情報学は、情報が対象に含まれる諸研究や知見などを取り扱い、自然科学・工学的な分野のみならず、社会科学や人文学も包有する分野であり、総合科学として認知されている。この分野の最も重要なポイントは、情報学が他の多くの学問分野にとっての「礎の学」としての視点において、礎として今後何を具現すべきか、という面である。各分野においての情報処理は、分野価値を十分に引き出しているとは必ずしも言えない状況にあり、情報学分野として他分野における課題に明確に対応できる新たな普遍性の高い方法論を開発する責務を持つ。また一方、より広い視野での情報学の展開を戦略的に図っていくことも重要である。以上に基づいて以下の提言を行う。

① 「礎」の学問としての情報学

ア 超大規模、ダイナミックなシステムな問題解決の新たな手段の開発

新たな超大規模システム解析法や無限・開放型の新たなシステムの分析方法などや巨大で、柔軟なシステムである生体に学ぶ情報学の可能性を追求する。

イ サイバー物理システム実現の為の情報学

価値創成のための研究開発手法の提示や、実時間・実世界を対象にした巨大ソフトウェアの安全、高能率なシステム開発の手法や制度が重要である。

ウ データセントリック価値創出のための情報学

空間からの価値創出のための挑戦手法の開発と、社会・経済的に有意なデータの戦略的収集、アーカイブ、活用の体制などがある。

エ その他の新たな研究課題

人間の行動や心理、認知の解明や、高齢者や障害者等を含む人々の生活の質の向上、現在ネットワーク技術の限界を超える将来ネットワークの研究、統計科学・情報学融合によるモデリング研究などがある。

② 次世代の学術研究推進の「基盤（礎）」としての情報学

モデル化／シミュレーション／スーパーコンピュータ活用による第3の研究方法論、データ統合や既存の「知」の高度活用による第4の方法論（E-Science）の確立と、より幅広い研究分野への普及が不可欠である。

③ 課題解決のための情報学展開

ア グローバルリスク

CO₂削減、エネルギー問題、新型疾患リスク、食糧問題、安全社会の実現など、

ICTの利活用によるグローバル課題の解決などである

イ 新たな文化や社会の実現

新しい情報技術の活用による新たな文化形成や、出版／図書館／美術館・資料館等の将来展望、クリエイティブコモンズ等の共生型社会の追求と、ネットワークが招く危ない社会の側面との調和などである。

ウ 安心・安全で活力ある社会の基盤形成

情報システムのセキュリティ・ディペンダビリティ対策や、実世界空間での空間情報基盤等などである。

(6) 化学

化学は「もの（物質）を創る」「物質を分析する」「物質の変化を知る」「物質の物性を観測する」「物質の機能を生かす」ことを中心とし、原子や分子に視点を置いた物質を基盤とする明確な科学であり、「創造する」唯一の基盤科学として独自に学術資産を構築するとともに、様々な技術の基本となって社会に貢献している。化学はまた、物理学、生物学、医学、工学などと学際領域を共有しており、様々な分野の発展を先導している。これらの観点に立って、化学分野からは主に次の5点について展望し、提言する。

① 科学技術を先導する物質創製研究

新しい機能性物質創製研究は国家の持続的発展の基盤をなし、物質創製研究には新反応開発、新機能解析、新計測技術開発などが含まれる。この希少元素を有効利用し、機能を代替する元素を基に材料を開発する総合的な「元素戦略」研究の推進と、それに続く持続・再生可能な資源を活用する「サステイナブル資源・物質戦略」の2つの研究が重要である。人類社会の持続的発展のために必要な機能・物性を提供する新物質創製の革新的展開を研究すべきである。

② 環境・資源・エネルギー問題

地球温暖化を引き起こすCO₂削減への貢献として、人工光合成や炭素固定の技術の研究を推進する。環境問題として、特定物質の量と流れを正確に「測定する」技術の開発が必要であり、再生可能な自然エネルギー、太陽エネルギーやセルロースなどの非食用バイオマスの利用を中心に研究を積極的に推進すべきである。

③ 深化・拡大する化学

分子生物学、ゲノムの解読、一分子計測技術、ケミカルバイオロジーやポストゲノム創薬研究など、全て化学が主役であったが、高齢化社会を迎えて介護用ロボットの開発と関連する人工筋肉や人工関節などにつながるソフトマテリアルの開発も重要である。今後はシリコンデバイスを補完する分子エレクトロニクスへの期待も大きく、物質創製化学に加えて表面・界面の化学の進展が課題となっており、この方面の研究も積極的に行うべきである。

④ 科学技術創造立国を担う男女共同参画の改革と老練人材の活用

女性研究者の積極的採用と活用に加え、特に、科学技術立国に貢献する分野での活躍を促進するために、教育・研究環境の格段の施設整備が必要である。また、経験が豊富な老練かつ活動的な科学者・技術者が活躍できる仕組みを作ることが必要である。

(7) 総合工学

総合工学は、工学基礎、応用物理、宇宙航空、海洋船舶、資源、エネルギー等の学際的・複合的分野と安全・安心・リスク学や経営工学などの工学と科学・技術全体にまたがる課題とを含んでいると定義される。すなわち、総合工学は、既存の領域分野と異なり、これまで別々の分野として発展してきた学際・複合的な分野を包含し、さらに環境問題など工学全体、科学・技術さらには社会全体にまたがる課題をも対象としている。以上のように、総合工学は極めて広い概念を持っており、既存の領域型分野とは自ずと異なった内容を包含し、かつ、工学と科学・技術や社会全体にまたがる課題を扱うという特徴を持っている。以上を踏まえて、以下の提言を行う。

① 知の統合

「学際」や「融合」は学問の発展のプロセスであるため、ある意味で自然に生み出されるが、異分野の学問の接触が新しい知を創発する「知の統合」は難しい課題である。しかし、総合工学委員会では、現代の学問における知の統合の必要性について文理双方の視点から詳細に検討し、また知の統合の基本的なあり方を議論している。総合工学の主な役割の一つは、ここに述べた「知の統合」を具現化することである。特に、工学基礎と応用物理は、その成り立ちから「知の統合」を学問の規範そのものの中に含むような分野であるので、具現化のイニシャティブを取る可能性を有している。

② 社会のための科学・技術

総合工学は、広い分野間の学問の連携・融合を促すことにより、新しい領域の創成や社会で求められる技術、価値あるいは概念を創り出すという重要な役割を持っている。総合的視野に立って、21世紀の科学・技術革新を真の社会的・経済的価値の創造に結実する視点が、いまこそ必要とされている。工学・科学・技術全体を課題としている総合工学の学術的な役割は、包含する分野の深化を図ると同時に、これらの要求に応えるために、既存の分野と融合してイノベーションの創出を図るなど、社会に求められる技術や価値を創造するための科学・技術の強化を図ることである。例えば、地球規模の課題の克服においては、「世界全体の持続可能性」に貢献するマクロかつ定量的視点を重視し、融合的な将来ビジョンの下に、実現に貢献するプログラムづくりと安心・安全な社会の構築に向けて、総合工学分野が役割を果たす必要がある。さらに、社会のための科学技術についての国民的認識を深化させる活動を行うと共に、創成力を構成する要素のうち「俯瞰力、シンセシス力、共創力」に関連する研究および人材育成プログラムの評価基準を確立し、妥当な評価のために行政、科学者コミュニティ、大学、社会・産業界がそれを共有すべきである。

(8) 機械工学

機械工学が、人類の文明・文化の均衡ある発展に、そして機械と人間・自然環境との調和的關係の構築に貢献していくには、それ自身の拡充と、他分野との統合が不可欠である。機械工学は、力学を中心としたアナリシスと、設計と生産を中心としたシンセシスの学術コアから成るディシプリンに、多彩な応用技術（人工物の科学）に関わる工学知を組み上げた立体構造を有する。今後、それぞれの深化と拡張と共に、先端・統合フロンティア領域の開拓や機械の創造・利用と、人間・自然環境の調和を可能とするハーモナイゼーションの学術の構築が目標となる。

21世紀の機械工学のミッションは、「人と社会を支える機械工学」の達成であり、特に、環境制約、資源制約の下で、安全・安心で豊かさの感じられる持続的な社会を構築する具体的な方策を呈示することである。そのために、社会に求められる技術や価値を創造するための知の体系を築く学術的な役割と共に、多様なものづくりの技術と産業を地球社会に相応しい姿に先導する社会的な役割を果たすことも求められる。以上のことから、学部・大学院の教育プログラムを通じたイノベーション創出と産業競争力の強化に貢献する独創的な人材の育成が必須である。これに加えて以下を提言する。

① 機械工学のミッションの共有と協働

機械工学コミュニティは、還元論的および全体論的方法論の強化に取り組むことによって、機械工学の学術的な発展と科学技術駆動型イノベーションを先導し、機械工学を次世代の人材にとって有力な行動原理とする必要がある。教育・研究機関、産業界の意識改革と対話を通じた長期的なビジョンとミッションの共有と協働、そして社会への発信と具体的な実践が必要である。

② 学術としての機械工学の課題

力学を基盤とした認識科学、価値創造に帰する設計科学のディシプリンを堅持して研究開発を先導し、加えてハーモナイゼーションとしての学術の構築、先端・統合による機械工学フロンティアの開拓を目指すべきである。このために、大学・国研あるいは関連学協会内部に留まらない、組織を越えた多彩な学術交流活動を強化し、さらに社会への知の還元を実現すべきである。

③ 研究開発と研究資金制度

研究開発におけるオープンイノベーションを目指し、産学の多彩な、息の長い戦略的共同研究体制を築くべきである。新分野・統合分野や目的指向型の基盤研究への資金供給を可能とし、基盤技術に長期的に取り組めるよう制度改善が望まれる。さらに、研究費配分においては、研究も研究者も大きく育てる制度の導入が強く望まれる。

④ 知の統合へ向けた工学の再編

学術を深化発展させると同時に、社会が直面する複雑な問題を解決し、さらには巨

大複雑化する社会経済システムを創成するためには、「社会のための科学に向けた知の統合」が必要である。「知の統合」を先導するディシプリンを構築するために、工学全体の再編のような大胆な吟味も必要である。これに対しては日本学術会議が関連学協会と共に、継続的取り組みを始める必要がある。

(9) 電気電子工学

地球環境、資源の有限性が明白となると同時に、我が国は少子高齢化社会へと急速に変容しつつある。新興経済地域の勃興とともに、産業の空洞化が進み、我が国の誇るものづくりの伝統を喪失するのではないかと危惧され始めている。国際競争力を維持向上し、安心・安全で、物質的・精神的により豊かな社会へと持続的発展を果たすには、我が国の社会、経済、産業イノベーションを継続的に先導推進する必要がある。電気電子工学は、工学技術の基幹を成す学術分野であり、研究開発成果の、他学術分野、産業界、社会生活への波及効果は極めて大きい。幸せな21世紀社会を開拓する上で、電気電子工学分野の、さらなる技術革新が不可欠であり、一層の振興を図り、実りある学術分野とすることが社会的責務である。以上の認識を踏まえて以下の提言を行う。

① 新価値の創造

研究開発環境の整備を進め、社会ニーズに応え、大きな付加価値を生み出すことの出来る、新価値の創造を目指す必要がある。

② 産学官パートナーシップの確立

産官学が、知財・人材の両面で連携を深め、長期的視野に立って将来技術開発に取り組むことのできる、研究拠点を構築する必要がある。

③ 推進すべき技術課題

ア 制御・パワー工学関連技術

グリーンICT、スマートグリッド、蓄電技術など、再生可能で環境に優しいエネルギー活用が不可欠である。人に優しいインターフェース技術、エージェント技術、遠隔地からの高信頼制御技術などの実現が極めて重要となる。

イ デバイス・電子機器工学関連技術

情報化社会へと急速に変容する中で、超高速度・超低消費電力なデバイス、システム技術、さらにはそれらの集積化技術が不可欠である。誰もが安心して利用できる社会システム実現のための技術基盤を提供する責務がある。

ウ 通信電子システム関連技術

便利で確実、セキュアな通信電子システムを実現するシステムアーキテクチャ技術、超高速・超大容量情報処理を実現するシステム技術、高臨場感環境を提供することが出来る情報メディア技術、信頼性が高く安心して利用することの出来る情報通信技術など、これからの電気電子工学は、極めて高い目標を設定する必要がある。

④ 新しい電気電子工学の構築

工学の基幹分野である電気電子工学を復興し、新しい電気電子工学の構築を目指す必要がある。そのために、電気電子工学の21世紀における方向性を明示することを目的として、電気電子工学のあり方を検討する。

(10) 土木工学・建築学

土木工学・建築学委員会では、「国土の安全の確保：安全と安心」、「健やかに生きるための社会基盤」、「自然との共生、自然の再生」、「国土と地域の再生」、「エネルギーと環境」の5課題を中心に検討を進め、「教育の改革：人材は国の根幹」についても課題として検討し、以下のように提言している。

① 国土の安全の確保：安全と安心

地球規模の温暖化現象、都市域のヒートアイランド現象、森林と耕地の喪失、砂漠化の進行および河川・海岸の浸食等、自然環境が大きく変化しており、少子・高齢化、都市圏の過密化、中山間地域の過疎化、社会基盤施設の劣化等、社会構造と国土構造の変化が災害に対する脆弱性を増大させている。共助意識の衰退と災害経験伝承の不足、生活等のライフスタイルの変化も、災害に対して脆弱な社会を作り出している。加えて、財政の悪化による防災社会基盤整備の遅れも懸念されている。これらの問題を解決するための方向性の策定と、具体的施策の実施が重要である。

② 健やかに生きるための社会基盤

我が国の子どもは、近年、学力や体力・運動能力の低下、生活習慣病の増加、コミュニケーション能力の低下、意欲や向上心の低下、不登校や引きこもりの増加、孤独感、いじめ、自殺など、危機的な状況にあり、それに対しては総合的・行動的・組織的な戦略の提言が行われている。これに基づいて、子どもが群れて遊ぶ公園・広場、住環境、遊び道の復活、自然体験の場、健康を守る環境（医療環境）、生活のための環境基準、地域コミュニティの拠点としての教育保育環境、活発な運動を喚起する施設・都市空間の整備を行うべきである。

③ 自然との共生・再生と国土・地域の再生

低炭素社会の受け皿としての自然共生流域圏の構築が必要である。その実現のためには、地方中都市と農村地域の再生、行政領域をまたがる広域的ガバナンスの向上、市民参加、流域圏マネジメントモデルや都市再開発技術の構築が求められる。

④ 環境とエネルギー

日本全体のエネルギー消費量の約40%を建築分野が占めている。この40%という数値は世界各国ではほぼ同様である。この問題の重要性を認識し、建築・都市における抜本的な省エネに向けて社会基盤や制度基盤を整備することが必要性である。これら

の解決のために、新たな分科会を立ち上げるとともに、国家レベルでの低炭素化に向けた活動を積極的に展開すべきである。

(11) 材料工学

人口の爆発的増加とエネルギーの大量消費により、資源の枯渇、人類社会の成長の限界があらわになった。この状況下で、材料工学が寄与できるのは何か、どのような変革が求められているかを注視し、その将来展望について下記の提言を行っている。

① 材料科学の学術と教育の整備

我が国の基幹産業を支え、新しい産業を生み出すのは材料であり、材料工学の重要性を社会に認識させるとともに、膨大な知識の自重で押しつぶされる材料科学を新たな学問として魅力ある分野に整備するため、伝統的な知識体系に加え、現代基礎科学の導入による新たな体系化と異分野との連携を強化する必要がある。

② 地球環境保全、循環社会実現と材料工学の果すべき役割

地球温暖化への対処は、喫緊の課題であり、素材・製造工程のみならず、材料工学の広い枠組みの中で、ものづくりの在り方について再構築する必要がある。自然を克服するのではなく、自然条件に適合することで環境負荷の低減を図り良好な環境を創出するとの立場から材料研究を重視する施策が重要である。

③ 健康社会（難病克服）実現のための材料工学

対症療法から根本治療に向かう時代の要請の中で、20世紀に発展した低分子医薬品やバイオ医薬品から、遺伝子、幹細胞、再生組織で治療される時代に移行しつつある。先端治療にブレークスルーをもたらすバイオマテリアル開発、材料工学を中心とする医工薬連携、融合教育環境整備、産学官連携研究の国家レベルの推進が必要である。

④ 豊かな社会実現、貧困問題解決に向けて材料工学の果すべき役割

豊かさの重視から環境調和型の価値観へと移行する必要がある。砂漠化の進行を阻止し、農地拡大を図るためには、脱塩処理技術・逆浸透膜開発等の期待は大きい。エネルギー問題では、地域・国力に依存してその対応策は異なる。貧困国においては、大規模発電設備の建設は容易でなく、太陽光発電等の分散型エネルギー源開発のための材料工学に対する支援体制を強化すべきである。

⑤ 国際競争力の基幹をなす材料工学と材料構造化技術の展望

構造化を基盤とするものづくり産業の将来には、不安要因がある。ものづくり科学とものづくり技術との間には乖離があり、基盤となる科学・技術の重要性の再認識と、材料構造化コンバージング・テクノロジーの導入が必要である。人材育成を含めたものづくり科学基盤分野の強化策を早急に実施する必要がある。

⑥ 現代社会・科学的動向の中での材料工学の将来展望

世界の材料研究を俯瞰し、今後の材料研究体制として総合的な材料科学戦略を構築し、過去に行われた研究成果を十分に生かせる体制を確認し、長期的な学術の活性化と産業界との交流による真のイノベーション体制の構築が急務である。

(12) 各分野別委員会共通の人材育成等

人材育成等に関しては、初等・中等教育の充実、理工系人材の育成、国民の科学・技術リテラシーの向上、などについて全ての分野別委員会からの提言があったので、共通的な課題について以下にまとめて提言を行う。この内容は、第3章(4)節および(5)節で述べた理学・工学分野の共通的な課題と重複している点もあるが、改めて分野別の立場から記すこととする。

① 教育体制の改革と人材の活用

理工系を志望する優秀な人材を国内で育成することが最優先課題であり、初等・中等教育での理科・数学・技術に関する学習の充実、大学での基礎教育の徹底などが急務である。そのために初等・中等教育の教師に優秀な人材を配置し、理工系出身者や修士・博士の学位を持った人が、そのような職に就けるシステムを考えるべきである。また、研究活動を経験した人材が社会の多様な場面で活躍できるよう、高等教育の改善充実を図るとともに、キャリアパスの設計と社会の環境造りを進めるべきである。

② イノベーション人材育成と国際競争力の強化

イノベーション創出と産業競争力の強化に貢献する独創的な人材の育成が必須である。そのためには、「個」として考え、計画し、決断し、行動する、多様な価値観と能力を持った科学・技術を担う研究者、技術者の質・量両面での確保と育成のためのシステムを築く必要がある。教育関係者は、多様な人材を登用するとともに、学部・大学院の教育プログラムを国際的に競争力のある内容に充実・強化するために、女性や外国人教員の増員、行政や実務畑の社会人教員の受け入れ、などを行う必要がある。教育行政は、十分に継続的な投資と、国家的な人材戦略を描くための人材動向に関わる公的なデータベースを整備すべきであり、産業界は、技術系人材の処遇の飛躍的改善の具体策を提示すべきである。

6 おわりに

以上、理学・工学分野にまたがる主要な研究・教育上の5つの課題の現状と展望について概観し、それに対する提言を述べてきた。また、理学・工学分野に含まれる11の分野別の展望と提言についてとりまとめた。

この展望と提言は、比較的長期的な視点に立ってまとめたものであるが、20世紀以降の科学・技術及び社会の変化は非常に早く、また予想外の展開や不連続的な変化を見せることも多い。従って、本提言の内容は今後も定期的に検証し、時代の流れに合った適切な提言としての位置を保つ努力を続けていく必要がある。

最後に、科学・技術の重要性及び役割について、再度述べておきたい。

「1. はじめに」で述べたように、「21世紀においても、新しい科学・技術の創成によって初めて人類の存続・発展が可能になり、精神的・物質的に調和のとれた幸福な人間社会を実現することが可能となる。科学者・技術者は、このような地球環境と人類社会の調和ある平和的な発展に貢献することを社会から負託されている。」即ち、科学・技術なくして現在の環境、資源・エネルギー、医療・健康、食料等の地球規模の諸課題を克服していくことは不可能である。

従って、国及び社会は、科学・技術の重要性・必要性を十分認識して、その発展を今まで以上に支えていくべきである。一方で科学者・技術者は、社会からの負託を銘記して、今後も人類の明るい未来を切り開いていく先導的な役割を果たしていくべきである。

<参考文献>

- [1] 日本学術会議、声明「日本学術会議憲章」平成20年4月8日.
- [2] 日本学術会議、要望「これからの教師の科学的教養と教員養成の在り方について」平成19年6月22日.
- [3] 日本学術会議、総合工学委員会 巨大複雑系社会経済システムの創成力を考える分科会、提言「巨大複雑系社会経済システムの創成力強化に向けて」、平成20年6月26日.
- [4] 日本学術会議 日本の展望委員会「日本の展望—学術からの提言2010」(案)、第2章、平成21年10月19日.
- [5] 日本学術会議 科学者コミュニティと知の統合委員会、対外報告「提言：知の統合—社会のための科学に向けて」、平成19年3月22日.
- [6] 国際科学会議、「科学と科学的知識の利用に関する世界宣言」、平成11年7月.
- [7] 日本学術会議、物理学委員会 基礎生物学委員会 応用生物学委員会 地球惑星科学委員会 化学委員会 総合工学委員会合同 基礎科学の大型計画のあり方と推進方策検討分科会、対外報告「基礎科学の大型計画のあり方と推進について」、平成19年4月10日.
- [8] OECD、「図表でみる教育 OECD インディケータ(2009年版)」(Education at a Glance) 、平成21年9月.
- [9] 日本学術会議、環境学委員会 数理科学委員会 物理学委員会 地球惑星科学委員会 情報学委員会 化学委員会 総合工学委員会 機械工学委員会 電気電子工学委員会 土木工学・建築学委員会 材料工学委員会合同 若手・人材育成問題検討分科会、提言「理工系大学院の新しい制度設計に向けて—科学技術を担うべき若い世代のために—」、平成20年8月28日.
- [10] 日本学術会議、声明「社会との対話に向けて」、平成16年4月20日.
- [11] 内閣府、「科学技術と社会に関する世論調査」、平成16年2月.

<参考資料> 理学・工学作業分科会審議経過

平成 20 年

- 9月17日 理学・工学作業分科会（第1回）
委員長（海部）を選出、副委員長（大垣）および幹事（河野）を指名、分科会委員を確認
「日本の展望」の概要、スケジュール、報告書の作成について
- 10月27日 理学・工学作業分科会（第2回）
第21期の委員長（岩澤）を選出、副委員長（後藤）および幹事（海部、池田）を指名、分科会委員を確認
日本の展望の取りまとめの基本的な目標と方向性について
各分野別委員会からの報告と今後の進め方について
- 12月26日 理学・工学作業分科会（第3回）
各分野別委員会での検討状況の報告と取りまとめについて
成果物の4段階構成について（分野別課題、理工学の共通的な課題、理工学を超えた広い課題、日本の展望）

平成 21 年

- 2月6日 理学・工学作業分科会（第4回）
各分野別委員会での取りまとめの進捗状況および共通課題の進捗状況の報告について
- 3月12日 第三部役員会（第4回）
提出された各分野別委員会、共通課題、緊急提言の取りまとめについて
- 4月6日 第三部会（第2回）
提出された理学・工学分野の共通課題、各分野別委員会、緊急提言の取りまとめについて
- 4月17日 第三部役員会（第5回）
理学・工学分野の共通課題の内容について
- 5月29日 第三部拡大役員会（第4回）
第三部の分野別の取りまとめ状況について
- 6月26日 第三部役員会（第6回）
日本の展望関係の諸事項の確認と報告書の取りまとめ方法について
- 7月24日 理学・工学作業分科会（第5回）
「日本の展望—理学・工学からの提言 2010」の第1次案について
- 8月11日 第三部夏季部会
「日本の展望—理学・工学からの提言 2010」の第1次案に対する第三部会員の意見集約
- 8月25日 第三部役員会（第7回）
「日本の展望—理学・工学からの提言 2010」の第1次案の改訂方針について

て

- 9月25日 第三部拡大役員会（第6回）
「日本の展望—理学・工学からの提言2010」の改訂案について
- 10月19日 第三部会（第3回）
「日本の展望—理学・工学からの提言2010」の改訂案に対する第三部会員の意見集約
- 11月27日 第三部役員会（第11回）
「日本の展望—理学・工学からの提言2010」の改訂案に対する会員・連携会員からの意見に対する改訂方針について
- 12月25日 第三部拡大役員会（第7回）
「日本の展望—理学・工学からの提言2010」の提出案について
- 平成22年
- 1月29日 第三部役員会（第14回）
「日本の展望—理学・工学からの提言2010」の査読結果への対応について
- 2月26日 第三部拡大役員会（第8回）
「日本の展望—理学・工学からの提言2010」の最終版の提出報告
- 2月26日 日本の展望委員会（第10回）において理学・工学作業分科会提言「日本の展望—理学・工学からの提言」を承認