

# 分野別推進戦略（案）

平成13年9月12日

重点分野推進戦略専門調査会

# 取りまとめに当たって

## 1. 科学技術基本計画における分野別推進戦略の位置付け

平成13年3月30日に閣議決定された科学技術基本計画では、第1章「6. 科学技術振興のための基本的考え方」において、研究開発投資の効果を効果的に向上させるための重点的な資源配分を行うとされ、具体的には、「国家的・社会的課題に対応する研究開発については、明確な目標を設定し、資源を重点化して取り組む。」「急速に発展し得る科学技術の領域には、先見性と機動性をもった的確に対応する。」「新たな知に挑戦し、未来を切り拓くような質の高い基礎研究を一層重視する。」とされている。

さらに、第3章「2. 重点分野における研究開発の推進」において、「総合科学技術会議は、基本計画が定める重点化戦略に基づき、各重点分野において重点領域並びに当該領域における研究開発の目標及び推進方策の基本的事項を定めた推進戦略を作成し、内閣総理大臣及び関係大臣に意見を述べる。」こととされている。

## 2. 分野別推進戦略の作成

以上を踏まえて、総合科学技術会議では、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料、エネルギー、製造技術、社会基盤、フロンティアの8分野について、分野別推進戦略を作成することとした。

総合科学技術会議は、本年4月に、重点分野推進戦略専門調査会を設置し、各分野毎にプロジェクトを設け、産学官の有識者により、集中的な調査・検討を進めてきた。今般、重点分野推進戦略専門調査会は、各プロジェクトにおける調査・検討を踏まえ、この案をとりまとめた。

分野別推進戦略の内容は、今後5年間にわたる当該分野の現状、重点領域、当該領域における研究開発の目標及び推進方策を明確化したものである。

## 3. 今後の進め方

総合科学技術会議は、分野別推進戦略及びこれを踏まえた各年度の予算、人材等の資源配分の方針等を十分に反映した予算編成が行われるよう、必要に応じて予算編成過程で財政当局との連携を図る等の対応を行う。

また、総合科学技術会議は、この分野別推進戦略とともに、科学技術システム改革専門調査会と評価専門調査会の審議等を踏まえ、各省及び各機関の役割と分担、研究開発上の目標と手法、成果の社会への還元等の計画と実行の状況について把握し、総合的に調整することとする。

さらに、科学技術の進歩が激しく、社会も急速に変動する現在において、各分野の最新の動向を把握するとともに、急速に生じてきた科学技術に対するニーズへ対応する等のため、今後、毎年、柔軟かつ機動的に分野別推進戦略の見直しを行うこととする。

## < 目次 >

ライフサイエンス分野 .....	4
情報通信分野 .....	16
環境分野 .....	27
ナノテクノロジー・材料分野 .....	39
エネルギー分野 .....	50
製造技術分野 .....	59
社会基盤分野 .....	69
フロンティア分野 .....	81



# ライフサイエンス分野

# 1. ライフサイエンス分野の現状

## (1) 当該分野を取り巻く状況

ヒトゲノム配列の概要の公表や発生工学の進展に象徴されるように、21世紀は「生命の世紀」とも言われており、今後、ライフサイエンス分野は医学の飛躍的な発展や食料・環境問題の積極的な解決など人々の生活に直結した多様な領域での貢献が期待されている分野である。

ヒトゲノム概要配列の公表を契機に、ポストゲノム研究やその成果の産業への応用が加速されており、中でも創薬や再生医療等の医療への応用においては大きな利益を生むものとして研究開発競争が激しい。このような状況の中で、米国を初めとし（国立衛生院（NIH）だけで231億ドル（2002年予算））先進各国ともライフサイエンス分野を経済発展の牽引分野と位置付け、重点領域を定め取り組みを強化している。

我が国は、がん研究、脳科学に力を注ぐと共に、近年ではゲノム解析、タンパク質構造・機能解析などの分野で研究費を増加させてきたが、ゲノム科学全般としては欧米には出遅れている。現在、我が国はポストゲノム研究及び産業応用で巻き返しを図るため、SNPsやタンパク質構造などの研究に集中的に取り組みつつあり、研究成果を国民に還元するための取り組みを加速することが期待されている。

## (2) 当該分野の動向

ヒトゲノム解析に代表されるように、近年のライフサイエンス分野の研究はビッグサイエンス化してきており、中でも米国が研究の質、量ともに圧倒的な強さを示している。一方で、ヒトやイネのゲノム解読においては特定のベンチャー企業が機動力と豊富な資金を背景に国際的な共同チームをしのぐ速度で解析を実施し、研究成果が独占される危機も起こっている。

また、この分野の動向において留意する点は、シーケンサーやPCR法の開発によってゲノム配列の解読が現実的なものとなったり、ES細胞の樹立が発生工学を生み出したように、先端的な解析技術の開発や基礎研究の新たな展開が新規産業の創出に直結し、研究及び産業化の勝敗を決定的に左右する傾向が強いことである。

## (3) 当該分野の技術革新における課題

ライフサイエンス分野の研究成果は人の尊厳や健康に直接関連するものが多いため、その研究成果の実用化においては技術の波及効果・安全性に留意する必要がある。例えば、先端医療技術や遺伝子組換え体（GMO）などの先端研究成果を医療現場や食料生産などに応用するには、それらの意味や安全性が広く人々に理解され、受け入れられる必要がある。

一方、ゲノム関連研究の進展により、情報技術や工学技術との融合領域の研究が重要になってきている。我が国では、この分野の研究および技術を支える人材が不足しており、人材の育成・確保がポストゲノム時代の競争

力強化の課題となっている。

## 2. 重点領域

ライフサイエンス分野では基礎的研究での画期的な新発見や、新しい技術の開発等が、新しい研究領域の発展や新産業の展開に直結するという特徴がある。その点を考慮し、世界的にも独創的で、萌芽的な基礎研究や分野間の融合領域での研究開発を積極的に推進する必要がある。

### (1) 重点領域

#### 活力ある長寿社会実現のためのゲノム関連技術を活用した疾患の予防・治療技術の開発

高齢化が進展し、ライフスタイルが変化する中で、がん、脳卒中、高血圧、糖尿病などの「生活習慣病」や高齢化に伴う、「痴呆」や「寝たきり」が増加している。国民の健康寿命を引き上げるためには、これらの疾患の発症機構の研究や、予防および治療技術の高度化が必要であり、世界で最も高齢化の進んだ我が国が他国に先駆けて取り組む必要がある。

健康寿命の延伸のための研究開発を強力に推進するためには、近年急速に発展している研究の成果や新しい技術を総合的に活用することが必要である。そのための基盤技術として、SNPs、プロテオーム、タンパク質構造・機能、脳機能等の解析、バイオインフォマティクスなどを強化する必要がある。治療に関しては再生医療、遺伝子治療、免疫療法、ゲノム創薬などの新しい医療技術を活用すると同時に、予防的な観点から、ヒトの健康状態を科学的に研究し、機能性食品や新たな診断技術を開発することが必要である。さらに複雑な遺伝子発現制御、代謝反応、信号伝達などのネットワークを統合システムとして理解し、生命の高次機能を解明することが必要である。そのためにはデータベースの整備・拡充、疾患DNAサンプル、実験動物等の生物資源、特に変異動物等の開発、収集・管理及び供給する体制も必要となる。

#### 国民の健康を脅かす環境因子に対応した生体防御機構の解明と疾患の予防・治療技術の開発

国民の健康を脅かす感染症、免疫・アレルギー疾患、発がん物質、内分泌かく乱物質等環境中の有害物質、重大な人獣共通感染症等により引き起こされる諸問題の解決を図り、安心して安全な生活を実現する必要がある。

そのために、原因となる化学物質及び病原体を早期に明らかにし、根本的な対策を確立する。感染症については感染機構の解明及び治療方法の開発のみならず、発症を抑える技術を開発することが重要である。また、ゲノム研究を基にして生体防御機構について分子レベルの解明を進め、生物の生態防御のメカニズムを利用した副作用の少ない感染症、がん、免疫・アレルギー疾患の治療法を開発する。さらに、重大家畜伝染病については

診断方法の高度化を図る必要がある。

#### こころの健康と脳の基礎的研究推進とその予防・治療技術への応用

日常生活での不安やストレスと関係した精神性疾患と関連した犯罪や自殺等の増加が社会問題化している。これらの問題を解決するためには従来から行われている精神医療の推進に加えて、近年研究が進んでいる脳科学やゲノム科学の先端研究を活用し、ヒトの脳機能の理解に加え、ヒトの行動や精神活動を分子レベルで解明することを目指した研究を進めることが必要である。

#### 生物機能を高度に活用した物質生産・環境対応技術開発

バイオプロセスによる有用物質生産技術は我が国の強い領域である。この分野の競争力をさらに強化するためには、近年急速に蓄積されつつあるゲノム情報や目覚ましい進展を見せているバイオインフォマティクス等のゲノム関連技術を活用し、生物の持つ多様な機能を高度に活用することが必要である。さらに廃棄物や環境汚染物質を大幅に低減させる等、循環型の産業システムを実現するために生物による有用物質の生産技術や環境汚染物質の分解技術などを開発し産業競争力を強化することが必要である。

また、各生物固有の有用形質を効率的に利用し、これらの研究開発を加速するためには、極限環境微生物などの未開拓の生物の遺伝子資源やゲノム情報を収集し、知的基盤として整備することが必要である。

#### 食料供給力の向上と食生活の改善に貢献する食料科学・技術の開発

地球規模での環境の悪化や人口の増加に伴う食料不足に対応するために、持続的な生産を可能とする革新的な食料生産技術を開発する必要がある。さらに我が国の食料供給力の向上を図り、食生活の改善に貢献する技術を確立する必要がある。

そのために、有用動植物のゲノム研究を進め、それらの結果を基に、動植物の生理機能の解析を行う。有用な機能については、遺伝子組換え、クローン技術等の先端的技術を利用して、環境に対する負荷の少ない生産を可能とする革新的な作物及び家畜の開発を行う。さらに、動植物の生産管理技術の高度化を図り、生産の低コスト化を図るとともに安全な食料の生産技術を確立することが必要である。

#### 萌芽・融合領域の研究及び先端技術の開発

独創的な研究を行うためには、新しいテクノロジーや方法の研究開発が必要である。そのためには近年発展が著しく、我が国の貢献度合いも大きいナノテクノロジーやITの利用が不可欠である。例えばバイオインフォマティクス、システム生物学、ナノバイオロジー及びバイオイメージングなどを含めた異分野の融合による新しい分野の開拓と研究開発の推進及びこ



れらを支える計算機科学、データ処理能力の飛躍的向上が必要である。

これらの技術は、医療機器・診断機器への応用も期待される。非侵襲性の診断機器などの開発は予防・治療技術開発の観点からも必要である。

### 先端研究成果を社会に効率良く還元するための研究の推進と制度・体制の構築

研究成果を社会に還元するには、医療技術並びに、遺伝子組換え体(GMO)及びその利用に関する安全の確認と、国民社会の恒常的受容が不可欠である。新規な遺伝子組換え体を食品、環境修復、工業プロセスなどへの産業利用に結びつけたり、先端医療及び医薬品を実用化していくには、治験体制の整備、関連指針の整備等を含め、新しい技術に対して安全性および有効性を迅速かつ科学的・合理的に判断する体制作りが必要である。

また、生命倫理の観点からもライフサイエンス分野の先進的研究を推進する上で、国民の大多数の人の理解を得るための積極的な情報開示、教育、広報活動及び意見交換を増強することが必要である。

さらに、医療分野において研究成果を社会還元するためには先端研究をいち早く臨床応用へ結び付けるための拠点形成が必要である。

一方、研究成果を産業競争力の基盤とするには、大学などの研究機関で得られた研究成果から戦略性をもって知的財産権を確保し、産業に結びつけるための支援体制が必要である。

## (2) 当該領域を重点領域とする必要性・緊急性

### 健康寿命の延伸

世界諸国に先駆けて少子高齢社会に直面する我が国では、老人医療費の伸びの抑制や家族介護の低減を図り、健康で活力に満ちた安全で安心できる質の高い生活を確保するために、健康寿命を延伸する必要がある。

近年、我が国においては、がん、心臓病、脳卒中などの「生活習慣病」が増加すると同時に、「寝たきり」や「痴呆」等の高齢化に伴う障害が増加している。これらの疾病に対して、我が国が率先して予防および治療のための研究開発を行うことにより、自立できる活動的平均余命を伸ばすことが重要である。

### 安心、安全な生活の確保

近年、国民の生活を脅かす感染症や内分泌攪乱物質が重大な問題になっている。また、発達期に生じるこころの問題や成人、高齢者の日常生活でのストレスによるこころの病気や精神疾患も社会問題となっている。これらの国民の安心で安全な生活を脅かす諸因子により引き起こされる課題を解決することが社会的問題を解決することが必要である。

### 産業競争力からの視点

日本経済が長期的に低迷する中、科学技術による新規産業の振興に対する期待が高まっている。ライフサイエンス分野では医療、食料、環境保全等の応用分野があるが、産業競争においては、我が国として勝てる分野を正しく判断し、先見性を持って、重点化するという視点が不可欠である。

我が国は、微生物、植物等を用いたバイオプロセスによる物質生産技術は世界的にも競争力を持っている。また将来の地球環境問題に対応した食料や環境に関する諸課題に対しても、各種動植物や微生物ゲノム情報等を利用した研究を推進することにより、産業への展開を加速することができる。これらの研究開発について、我が国の特長を活かして重点化して進めていく。このような取り組みを通じ食料科学・技術の振興を図ることは、食料供給力の向上と豊かな食生活の確保にとっても必要である。

## 3. 重点領域における研究開発の目標

### (1) 活力ある長寿社会実現のためのゲノム解析技術を活用した疾患の予防・治療技術の開発

がん、脳卒中、高血圧、糖尿病などの「生活習慣病」や高齢化にともなう「痴呆」や「寝たきり」を減少させるために、これらの疾患の発症機構の研究や予防および治療技術の開発を行う。それにより、健康寿命を延伸し、活力ある長寿社会を実現する。

#### ゲノム解析

がん、脳卒中、高血圧、糖尿病などの生活習慣病や高齢化にともなう「痴呆」や「寝たきり」に関連する各疾患関連遺伝子群の同定を目指し、年間数千万SNPsのタイピング解析を行う。各疾患あたり、10個程度の疾患関連遺伝子を同定し、分子病因的分類を行う。また、薬剤の選択や副作用予防への応用を実現するための遺伝子多型を同定する。

#### タンパク質構造・機能解析

5年間で3000個程度のタンパク質の基本構造の決定を行うための技術開発及び体制整備を行うとともに、膜タンパク質や複合タンパク質などの構造決定困難なタンパク質の構造決定を可能にすることにより、有用なタンパク質の構造と機能を多数解明する。さらに、構造モデリング技術や機能予測技術を高度化し、DNA塩基配列情報からタンパク質の構造を予測する技術を高度化する。また、糖鎖付加など修飾を受けたタンパク質の構造と機能を解明し、新しいタイプの薬の開発を可能にする。

#### 細胞・組織・個体レベルの解析

生命反応をシステムとして統合的に理解するための研究・技術開発を進める。その成果を疾患の病因解明と診断・治療に応用し、薬剤の有効性・副作用の予測、迅速・効率的な医薬品開発手法を確立する。

#### バイオインフォマティクス

ITを駆使して、膨大かつ多様なデータの統合化・体系化、知識発見、シミ

ュレーションを行うことにより、上記の解析研究の格段の効率化・省力化を実現するとともに生命をシステムとして理解するための理論や方法論を開拓する。

#### 創薬（特にゲノム創薬）

ゲノム解析やタンパク質構造・機能解析の結果を活用し、臨床試験に至るまでの薬剤の開発期間を半減させることを目指す。

#### テイラーメイド医療

臨床応用可能なレベルで遺伝子多型や遺伝子発現を高速・正確・安価で解析できる技術を開発する。個人の体質に合った薬剤の効果的な処方を実現する。

#### 再生医療・遺伝子治療

様々な幹細胞の分化、増殖を人為的に調節する技術を開発し、組織や細胞欠失を伴う様々な疾患に対する安全な細胞治療を実現する。また、遺伝子治療のための国内発の基盤技術を開発する。

#### 機能性食品

高齢者に特有の抗酸化機能、脳機能等の低下を防いだり、生活習慣病を予防する機能性成分を含む食品を開発し、その機能を明らかにする。

#### 予防・診断・治療技術

遺伝子多型や遺伝子発現解析などの技術を応用した予防技術を開発し、生活習慣病の罹患率を下げる。非侵襲性の診断機器を開発する。

### (2) 国民の健康を脅かす環境因子に対応した生体防御機構の解明と疾患の予防・治療技術の開発

国民の安心で安全な生活を脅かす感染症、免疫・アレルギー性疾患、発がん物質、内分泌攪乱物質、等の解決を図るため、それらの原因となる病原体等の因子の環境中での挙動、感染経路及び病原性の発現と、それらの因子に対する生体防御機構の解明を進め、感染予防や新規の治療法を開発を行う。

#### 生体防御機構の解明

生体防御機構について分子レベルの解明を進め、統合的な理解を確立する。

#### 環境中の有害物質の原因解明

現在問題となっている生体に影響を及ぼす化学物質等の評価・原因究明と、根本的な解決方法を開発する。

#### 病原性の発現機構の解明

新規の重大感染症についての探索を行い、その原因について早期に解明する。さらにC型肝炎、O-157、狂牛病、インフルエンザ等の人獣共通感染症等の発症メカニズムを解明し、ワクチンの開発等による感染予防や発病を抑える技術の開発を行う。

#### 新規予防・治療技術の開発

生物の生態防御機構を利用して、感染症、がん、免疫・アレルギー性疾患の

予防・治療法を開発する。また、さらに、重大家畜伝染病の診断方法や新しい発想での薬剤耐性菌の予防・治療技術を確立する。

### (3) こころの健康と脳の基礎的研究推進とその治療技術への応用

近年社会問題となっている、脳の発達期に生じるこころの問題や神経疾患、日常生活や職場でのストレスによるこころの病気、働き盛りの成人に生じる様々な脳の障害等を克服し、脳とこころの健康を保つため、脳科学研究を推進するとともに、分子生物学や神経科学等の基礎医学、心理学、行動科学、疫学等の融合による多面的な取り組みにより、脳機能解明に向けた基礎研究を推進するとともに、疾患の病因解明や治療技術の開発を行う。

#### 脳機能の基礎・融合研究とその応用

単一細胞レベルから器官としての脳全体のレベルまでの神経機能分子の解明や脳の画像解析技術の開発を進め、システムとしての高次脳機能の解明を行う。脳の発達・成長の生物学をベースとしたヒトの認知・行動・思考の発達原理を解明する。

#### 行動科学、心理学等と脳科学との融合

刺激がこころと脳に与える影響の実態把握と生物学的視点からの解明とその解消法の開発を進める。精神・神経機能障害の発現機構の解明、新規診断・治療法を開発する。

#### 革新的な予防・診断・治療技術の開発

様々な刺激が脳に与える影響と実態を精神医学的に把握し、その病態の生物マーカーの開発など生物学的な視点から解明を進め、治療法の開発に着手する。アルツハイマー病やパーキンソン病等の神経疾患の発症機構を解明し、新規診断法および治療法の技術の開発につながる知見を得る。非侵襲性脳機能計測により、神経・精神疾患の早期診断法を開発する。

#### 研究基盤の強化

脳科学研究、精神・神経科学研究を行うための実験用サンプルの収集や、長期にわたるフォローアップスタディーなどの追跡調査データを収集し、研究の基盤を強化する。

### (4) 生物機能を高度に活用した物質生産・環境対応技術開発

近年急速に蓄積されつつあるゲノム情報や目覚ましい進展を見せているゲノム関連技術を活用し、生物の持つ多様な機能を高度に活用することによって、有用物質の生産や環境汚染物質の分解を行うなど環境対応型の産業技術を開発し、競争力を強化する。そのためには、有用な生物の遺伝資源やゲノム情報を収集し、知的基盤として整備する。

#### 生物遺伝資源

極限環境微生物等の多様な微生物、動植物の遺伝資源の収集、確保、管理、供給体制を整備する。また、難培養微生物等の遺伝資源のDNAを利用するための技術・体制を整備する。

#### 遺伝子・タンパク質レベルでの解析

多様な生物の遺伝子情報やタンパク質構造・機能解析データを蓄積し、バイオインフォマティクスの活用により、有用遺伝子の検出や、目的とするタンパク質の分子設計を高精度に可能にする。

#### 細胞・組織・個体レベルの解析

ゲノム情報が明らかとなったモデル生物を用い、代謝シミュレーションなど生体反応を統合的に理解し、細胞機能の再構成技術を確立する。また、解析のための細胞機能イメージング技術を開発する。

#### 生物機能の高度活用技術開発

遺伝子組換え技術やクローン技術等の生物機能を高度に活用するための技術開発を進め、生物を用いた有用物質の生産・修飾、環境浄化等を多数実用化段階にする。

### (5) 食料供給力の向上と食生活の改善に貢献する食料科学・技術の開発

地球規模での環境の悪化や人口の増加に伴う食料不足に対応するために、持続的な生産を可能とする革新的な食料生産技術を開発する。また、食生活の改善に貢献する食料を生産するための技術の開発を行い、我が国の食料供給力の向上を目指す。

#### 植物生理機能解析と遺伝子改変植物の開発

農業用植物のゲノム解読と遺伝子機能の解明を進める。また、その情報をもとに植物の形態や機能の制御とそれらに関する遺伝的要因を解析する。特に耐乾燥性、耐定温性、耐塩性等の環境ストレス耐性や生産性、病害虫抵抗性に関わる遺伝子とその発現機構を多数解明し、環境ストレス耐性や生産性について革新的な作物を開発する。

#### 高品質で健康の維持向上に資する食品の開発

遺伝子マーカー、クローン等の先端技術を利用して、安全で健康の維持向上に資する農作物及び食品の開発を行う。

#### 動植物生産管理技術の高度化

作物及び家畜等を安全で効率良く生産、飼育及び収穫するためのシステム、機器の開発を行う。

### (6) 萌芽・融合領域の研究及び先端技術の開発

近年発展が著しく、我が国の貢献度合いも大きい、情報技術やナノ技術とライフサイエンスとの融合領域の研究を促進すると同時に、新規の先端解析技術の実用化を図る。

#### 萌芽・融合領域

様々なレベルの生命情報の高効率な解析・収集・処理技術を確立するなど、バイオインフォマティクス、ナノバイオロジー、システム生物学などの工学・理学・医薬学等の異分野の融合により新しい分野を開拓し、融合領域の人材を増やす。これにより新しい生命科学の創造を目指す。

### 先端解析技術

細胞内分子反応の非侵襲イメージング装置の開発などのバイオイメージング技術等の生体因子・反応を解析する新しい解析技術を開発する。さらにその効率的な産業化を実現する。

### 基盤整備

融合領域の研究を推進するために、遺伝子、タンパク質等のデータベースの充実、データ処理能力の向上、計算機科学の推進を図る。複雑系である生命現象の理解のための理論構築を進める。

## (7) 先端研究成果を社会に効率良く還元するための研究の推進と制度・体制の構築

ライフサイエンス分野の研究成果を社会に還元するために、医療技術並びに、遺伝子組換え体(GMO)及びその利用に関する安全の検証と、生命倫理を含めた国民の恒常的需要推進する。また、研究成果を産業競争力の基盤とするために、研究成果を戦略的に知的財産として保護するための支援体制を整備する。

### 先端研究の臨床応用促進

基礎研究成果を臨床で試験するトランスレーショナルリサーチを効率的に推進するための拠点を国内に数箇所整備し、研究を促進すると同時に、有効性と安全性の科学的審査体制を整備する。

### 治験・EBM(根拠に基づく医療)のための臨床研究

国内の医療技術開発の空洞化を防ぐために、国内での企業主導型の臨床研究を促進する。これにより治験にかかる期間を短縮する。また研究者、医師主導型の予防・診療法の有効性に関して科学的な根拠を得るために行う臨床研究を促進する。これらを推進するために、統計学者、臨床疫学者、リサーチナースなどの支援体制を整備・拡充する。

### 遺伝子組換え体(GMO)の安全性

GMOの安全性を科学的に検証し、安全性を評価する。それらを通して、社会的受容性を高めるための広報等の活動を促進する。

### 生命倫理

ヒト受精卵の取り扱いの有り方など、ライフサイエンスの進展によって、生じる倫理的な諸問題に関して円卓会議等を行うなどして国民の合意を形成する。

### 研究成果を知的財産化する支援体制

大学等の研究成果から有効な発明を見出し、知的財産として確保するための体制を強化する。そのためにライフサイエンス分野の弁理士の増員や目利きの人材確保を進める。

## 4. 重点領域における研究開発の推進方策の基本的事項

### (1) 国家的取り組みの強化

ライフサイエンス分野の研究は研究投資が巨大化している。また、研究及び応用分野も多岐にわたり、研究を支援する各省庁が独自の視点から施策を進めていると言われている。米国に比べて資金の乏しい我が国としては、戦略的に取り組む領域を明確化した上で、各府省庁の施策を有機的に連携して実施することにより、効果的に研究を推進することが必要である。

ミレニアム・ゲノムプロジェクトの推進に加え、タンパク質構造・機能解析、トランスレーショナルリサーチの推進、生物遺伝資源への取り組み等については、各省の施策を総合的に評価・助言する推進体制を構築する必要である。

### (2) 産学官の効果的連携

ライフサイエンス分野では基礎的研究成果が、実用化に直結することが多いため、基礎研究を行う大学などと、実用化研究を行う企業などが研究開始の早い段階から連携し、基礎研究と応用研究を効率的に分担することにより貴重な研究成果を無駄なく産業に結びつけることが可能になる。

例えば、創薬を目指したタンパク質の構造・機能研究においては、実用化での成果を上げるためには有用なタンパク質の選定段階や研究成果である構造・機能に関する知見の創薬への応用において産業界との連携が重要である。また、タンパク質構造・機能研究をハイスループットに推進する拠点・体制を整備し、実験材料、研究設備、人材等、我が国の総力を結集することが可能な運営を行うことが重要である。そのためには、各省庁の施策を総合的に俯瞰し、タンパク質構造・機能解析研究全体の効果的推進体制構築が必要である。

また、ベンチャー企業の支援を強化する等の施策により、産学官での人材の流動化を高めることも重要である。

さらに、高品質な食料の作出には、地域の風土に即した、都道府県、民間、大学及び国の研究機関の有機的な連携による開発が重要である。

### (3) 研究成果を社会に還元する制度・体制の整備

重点領域7に記載した通り、ライフサイエンス研究の成果を社会還元するには、制度や体制を整備するとともに、先端技術の安全性を科学的に検証し、その結果を国民に判りやすく説明することにより、国民のライフサイエンス先端技術に対する受容を高める努力を続けていくことが必要である。

特に生命倫理の問題は、ゲノム解析やクローン技術等の目覚ましい技術の進展にともない、重要な課題となっている。研究の推進に対する社会の理解を得るために、社会への情報開示を積極的に進めることが、研究の進展、およびそれに続く、産業の発展において極めて重要である。

### (4) 生物遺伝資源等の共通基盤の整備拡充

ライフサイエンス分野の研究を推進するためには、遺伝子やタンパク質

に関する膨大なデータベースの整備や、多様な生物遺伝資源の確保といった共通基盤の整備が重要である。また、生物遺伝資源の確保、維持、管理、供給等の機能は長期間にわたり継続されることが必要であり、国家として対応することが必要な課題である。

(5) 融合領域の人材育成

バイオインフォマティクスや先端解析・治療機器開発での人材不足に象徴されるように、生物学、工学、医学、理学、IT等との融合領域の人材が不足している。ライフサイエンス分野の新たな展開を支えるこれらの人材を養成、確保することが必要である。そのためには教育・研究組織の拠点や寄付講座等を柔軟に整備することにより、大学等の研究機関において上記の異分野の融合による新しい分野の開拓を進め、人材を育成することが必須である。なお、高校の理科教育においても理工医系へ進学を希望する生徒にも生物履修を必修化するなど、生物学の教育課程の拡充を進めることが必要である。



# 情報通信分野

# 1. 情報通信分野の現状

## (1) 情報通信分野の動向とそれを取り巻く環境

『情報通信の影響力は、21世紀を形作る最強の力の一つ』～沖縄IT憲章～

情報通信は、電話と大型コンピュータの時代から、予想を大きく超える速度でインターネット、パソコン、携帯電話の時代に移った。その結果、情報通信産業は我が国の経済を牽引するまでに成長（平成11年の経済規模（付加価値）で約49兆円、全産業の9.4%と1割に近い。雇用は7.4%）し、また我が国の経済は米国と比べても情報通信産業への依存度が高くなっている（米国は経済規模で約8%、雇用で約5%）。したがって、情報通信産業における国際競争力の低下は、わが国の経済に大きな影響を及ぼすことになる。さらに情報通信は平成11～16年の5年間に86万人の雇用を創出し、電子商取引の市場規模を平成17年には約123兆円に拡大させ、個人生活のみならず社会・経済（ビジネス、公的サービス、科学技術等を含む）にも大きな変革をもたらすと期待されている。確かに一時期の過度な熱狂の時代は過ぎたものの、企業の情報通信利用は、生産性や消費者とのコミュニケーションを大きく改善し、ビジネスの機会を増やし国際競争力の向上をもたらすと期待されており、情報通信により世界の経済が新たな発展の原動力を得たことは事実である。

一方我が国は、高速インターネット接続、電子商取引、電子政府、セキュリティなどの利用面で欧米やアジアの一部にも遅れている。このため、IT戦略本部を中心として、5年後に世界最先端のIT国家となることを目指したe-Japan戦略に基づき、対応が進められている。その結果、2005年には安全で信頼性の高い高度情報通信ネットワークが形成され、インターネット利用、電子商取引等の企業活動、行政サービス等の電子化が急速に進展していくと期待され、個人生活や社会・経済活動は情報通信への依存度を一層高めていくものと思われる。

情報通信の技術と利用の変化は、益々速度を増している。固定電話から携帯電話の世界に急速に転換したように、今後はあらゆる人・組織が多様な情報機器とすみずみまで行き渡ったネットワークを通じ、場所の制約から解放されて世界的規模で様々な情報を交換することにより、知的創造性が高まると共に効率的な社会・経済活動が行われる社会に向かっていくと考えられる。（図表1）

## (2) 当該分野の技術革新における課題

上記のように重要な位置付けをもつ情報通信分野であるが、わが国の技術競争力は、欧米に比べて全体的に低下傾向にある。これまで大きな役割を果たしてきた民間の研究開発については、その投資額の日米格差が急速に拡大しており、内容的にも製品開発に重点を移しつつあるため、我が国の競争力強化に向け、リスクの高い研究開発等について国の役割が一層重要となっている。また研究開発成果を実用に結び付ける力も日米格差が拡大しており、基礎研究の成果が十分活かされていない。

さらに日本の研究開発は要素技術中心で、システム構想・構築力が劣位にあるといわれている。しかしながら、携帯電話インターネットでは、我が国が新たな利用形態を創造し世界的な市場を創出しようとしており、我が国においても、その特質や技術力を適切に活用し産学官連携を強化すれば、世界に先行したシステムを構想・構築し、新しい利用形態及び世界市場の創出への貢献とその中での競争力確保を実現できる可能性は十分あると考えられる。

また、欧米は包括的な研究開発プログラムを推進し、アジア諸国は大量の高度技術者を育成中である。これに対して我が国においては、情報通信分野の包括的な研究開発プログラムは策定されておらず、また、ソフトウェアやインターネットを始めとする情報通信分野の研究者・技術者、制度等に関する研究者も大幅に不足している。

### (3) 当該分野における施策の現状

これまで、総務省でネットワーク高度化、ヒューマンインターフェース等、経済省で高度コンピューティング、デバイス、ソフトウェア等、文部科学省で研究開発基盤、宇宙開発（通信）基礎研究等と一定の役割分担の下で研究開発が進められてきた。一方、基礎的な研究領域やバイオインフォマティクスなどの新しい領域を始めとしてある程度の競争の存在が望ましい面がある。ただ、各省の施策間で十分な連携を取った上での意識した競争が行われているとは必ずしも言えないが、研究開発の効率化の面では、関係省庁間で一層の連携をとりつつ意識した競争を促進することが必要と思われる。また、産学官連携についても一定の努力が行われているが、特に大学を中心とした本格的な産学官の集積地が育っていない。

## 2. 重点領域

### (1) 重点化の考え方

国際的水準の質の高い基礎研究を一層重視すると同時に、以下のように研究開発の重点化を図ることにより、科学技術基本計画の示す「知の創造と活用」、「国際競争力と持続的発展」、「安心・安全で快適な生活」の実現に貢献する。

我が国においては、米国と比べても情報通信産業への依存度が高いことから、研究開発とその成果の実用化を推進することにより、情報通信産業における「国際競争力」を強化する必要がある。一方、「企業における情報通信利用は、極めて重要な成長の原動力」となるなど、最新の情報通信技術の恩恵は、それが最初に実用化され社会に普及した国において、いち早く享受することが可能になる。したがって、我が国が「世界最先端のIT国家」となるには、情報通信分野における最新の研究開発成果をできるだけ早く実用化し社会・経済に取り入れていくことが重要である。このため、研究成果の実用化による社会・経済への迅速な還元が可能な領域の研究開

発を進める。なお、情報通信システムは、すべての国民、組織が利用できる「安心・安全で快適」なものでなければ、利用も進まず、問題が生じた場合の影響も大きくなることに留意する必要がある。

短期的な視点だけでなく、長期的にわが国の「国際競争力」を高めていくとともに、「知の創造と活用」を促進するためには、様々な技術の壁を越えるためのブレークスルーを目指した基礎的な研究開発を進める必要がある。さらに、情報通信は、様々な研究開発分野と融合して拡大し、またそれら広範な研究開発の基盤となるものであるため、他分野との融合領域の研究開発、広範な研究開発の基盤となる情報通信システムの開発・整備も重要である。

これらの点を考慮し、ネットワークがすみずみまで行き渡った社会の実現に向けて、研究成果の社会・産業への迅速な還元が可能な領域、次世代のブレークスルーをもたらす将来の新しい産業の種となる次世代情報通信技術及び情報通信と他の分野の融合領域、並びに、広範な研究開発の基盤として研究開発の情報化のための基盤技術の研究開発を推進する。

ネットワークがすみずみまで行き渡った社会に向けた研究開発領域

低落傾向にある情報通信分野の国際競争力を強化し経済の活性化を図るとともに、安心・安全で快適な生活を実現するためには、産学官連携と柔軟で制約の少ない研究開発体制の下、ネットワークがすみずみまで行き渡った社会に向けて我が国の市場として受け入れられやすい活用方法を念頭におきながら、我が国が優位性を持つ技術を核に研究開発を進めることが重要である。これにより、世界に先駆けて高速・高信頼な情報通信システムを構築し、新しい市場を創造することによって、技術・産業競争力におけるわが国のリーダーシップを確立することが期待される。ただしこの際、日本の独自性に閉じ籠ること無く、国際的な標準の確立も目指しながら世界の市場に受け入れられるよう展開していくことが必要である。

国際競争力強化の鍵は、超高速モバイルインターネットシステムを中心とする高速ネットワーク技術とこれを支えるデバイスなどの基盤的技術である。また、安心・安全で快適な生活の実現のためには、人命、財産、プライバシー等に関する重要な情報を取扱う経済・社会活動のインフラとして十分な安全性・信頼性などを確立することが不可欠であり、デジタルデバイス解消のために、民間のインセンティブの働き難い高齢者・障害者を含めた利便性向上、コンテンツ創生（制作・流通）の環境整備などが重要である。

次世代のブレークスルーをもたらす将来の新しい産業の種となる領域

技術変化の激しい情報通信分野においても、基礎的な研究開発が成果を生むには長い時間が必要となる。このため次世代のブレークスルーをもたらす基礎的、萌芽的な領域への先見的な投資となる研究開発を推進する。

また情報通信は、幅広い社会・経済活動に利用されており、その範囲は一層拡大しつつある。科学技術においても情報通信が大きな役割を果たす分野・領域が急速に拡大しており、これら融合領域の研究開発を推進する必要がある。

広範な研究開発分野の基盤技術（研究開発の情報化）等  
情報通信は広範な科学技術の重要なインフラであり、研究者の交流や研究スタイルの変革等にも大きな効果を及ぼすと期待されている。このため計算科学の共通的な要素技術等の研究開発を進めつつ、研究開発の情報化をさらに進めていく必要がある。また情報通信は、多様な発想の人材を多く必要とするため、人材育成の強化は極めて重要である。

## （２）重点領域

具体的な重点領域は以下のとおりとする。

### 「高速・高信頼情報通信システム」技術

ネットワークがすみずみまで行き渡った社会の実現に向けて、産業競争力強化を図るとともに質の高い生活を実現するため、日本が優位な技術（モバイル、光、デバイス技術等）を核に、産学官の強力な連携の下で世界に先行して、ハード技術とコンテンツを含むソフト技術を一体とした「高速・高信頼情報通信システム」を構築することにより、研究成果の社会・経済への迅速な還元を目指す。

このため、以下の研究開発を推進する。

#### ア．超高速モバイルインターネットシステムを実現する技術

家庭、オフィス、移動時など、いつでもどこでも大量の情報を無線及び光ネットワークを介して高品質に交換・活用でき、高度インターネットを支える超高速モバイルインターネットシステムを実現する技術

#### イ．高機能・低消費電力デバイス技術

高性能な携帯情報端末、高速のネットワーク等を実現する高機能・低消費電力デバイス技術（半導体プロセス技術、システムLSI技術、平面ディスプレイ技術等を含む）

（注）半導体・デバイス技術は、これまで我が国情報通信産業の競争力の重要な源泉の一つとなってきた。このため、次世代の情報通信産業を支える先端的な半導体プロセス技術や、高機能で低消費電力のデバイス・超LSI等の研究開発を進める。

#### ウ．利便性（注1）、安全性（セキュリティ）・信頼性・拡張性・継続性

（注2）の確立、ソフトウェアの信頼性・生産性及びコンテンツ制作・流通支援の技術の向上を図る。（注3）

（注1）必要な情報をネットワークから迅速に検索するデータベース高度化技術、大量の情報を蓄積する大容量ストレージ技術、デジタルデバイス消滅技術など

(注2)不正な接続の排除、情報の秘密の保持、障害発生時の迅速な復旧などの、安全性・信頼性の向上や、システムの拡張性・継続性の確立のための技術

(注3)現状では達成目標を明確に示すことが困難なものについては、可能な限り将来的な展望を示しつつも、当面は研究者の自由な発想を尊重する「領域設定型研究開発」として推進する。この「領域設定型研究開発」については、公募研究の積極的な活用・拡大も図る必要がある。

今後の5年間に於いて、ア・及びイ・については世界のリーダーシップを確立し、ウ・については世界最先端の水準を目指す。

なお、この領域においては、最終的にシステムを構築できることが重要であり、その目標に向けて産学官のそれぞれの力が最も効果的に発揮され、かつ、それらが有機的に連携し全体として最大の成果を生むよう、産学官が十分に議論しながら柔軟で最適な分担体制を構築する必要がある。

#### 次世代情報通信技術等

次世代ヒューマンインターフェース技術、量子工学技術など新しい原理・技術を用いた次世代情報通信技術の研究開発を推進する。この領域では、民間における自主的な研究開発も尊重する一方、国も主導性をもちつつ産学の力を十分に活用することが望まれる。

この他、ITS（高度道路交通システム）、宇宙開発（通信）、ナノ技術、バイオインフォマティクスなど、他分野との融合領域の研究開発も重要である。この領域については、研究課題に応じて産学官の柔軟で適切な役割分担を構築する必要がある。

#### 広範な研究開発分野のための基盤技術（研究開発の情報化）等

5年後までに、欧米に比べて遅れている科学技術データベースの整備、研究所・大学を高速ネットワークで結び遠隔地で共同研究が行えるスーパーコンピュータネットワークや仮想研究所等の技術開発及び整備を行い、分子構造など複雑な自然現象のシミュレーション等を行う計算科学技術に関する研究開発を推進する。また、各分野の需要を踏まえた上で、スーパーコンピュータの高速化を推進する。

#### 人材育成・確保

情報通信分野、特にソフトウェア、インターネット、融合領域等の新しい研究開発領域においては、研究者・高度技術者が大幅に不足しているため、早急に国際的レベルの人材を育成・確保できる体制を整備する必要がある。

### 3．重点領域における研究開発の目標

各重点領域における主な技術目標を、以下に示す。

### 主な技術目標

## 1. ネットワークがすみずみまで行渡った社会に向けた研究開発領域（5年後） 超高速モバイルインターネットシステム技術の例

メディアを問わないシームレスな高速ネットワークで家庭や携帯型機器への高品質インターネット動画配信が可能な技術水準

- ・無線通信；（低速移動時）数百 Mbps 級（実用レベル）  
（高速移動時）数十 Mbps 級（実用レベル）、100Mbps 級（デモレベル）  
ソフトウェア無線による複数の周波数帯、方式への対応
- ・光通信（注）；（1 芯当り）10Tbps（実用レベル）、1 Pbps 級（基礎技術）  
（光ルータ）10Tbps 級（実用レベル）、数百 Tbps 級（基礎技術）  
（注）有線アクセス系で 1 Gbps 級（事業所）、30～100Mbps 級（家庭）を想定
- ・次世代インターネット；IPv6 を備えた高品質リアルタイム伝送（実用レベル）

### 高機能・低消費電力デバイス技術の例

- ・小型軽量化（SoC）；1 チップで TV 符号化、音声認識・合成機能付システムの実現
- ・高速化（SoC、注）；1GHz 級（実用レベル）、3GHz 級（実験レベル）
- ・低消費電力化等（注）；高機能なモバイル端末で 1 週間充電不要  
（注）窒化膜ゲート・バランスド CMOS の場合

### 利便性、安全性・信頼性向上技術等の例

- ・音声認識；雑音環境で数万の単語・文節のリアルタイム認識（実用レベル）  
複数話者を識別し数百万の単語・文節のリアルタイム認識（実験レベル）
- ・データベース；5 万冊の電子図書館、10 万人規模のアクセスが可能
- ・安全性；不正アクセス対策技術、暗号・認証技術の高度化、攻撃追跡等（実用レベル）
- ・高信頼化；分単位復帰（実用レベル）秒単位復帰（実験レベル）  
ネットワーク信頼性管理（小規模；実用レベル、大規模；実験レベル）

## 2. 次世代のブレークスルーをもたらす研究開発領域

### （1）次世代情報通信技術（10 年後～）

#### 意味理解技術等の次世代ヒューマンインターフェース技術

状況を判断して利用者の意図理解ができるレベルの実現

#### 量子工学技術を用いた情報通信

比較的短距離（～数十 km）での量子暗号配布、量子通信のプロトタイプ等

### （2）融合領域（5 年後）

ITS；安全運転支援（危険警告、運転補助）、次世代インターネットを用いた ITS 等

宇宙開発（通信）；ギガビット級の高速インターネット通信等

バイオインフォマティクス；小中規模蛋白質の立体構造予測、高精度遺伝子発見、細胞内大規模代謝シミュレーション技術の確立

## 3. 研究開発の基盤技術（5 年後）

科学技術データベース；情報の電子化と検索システムの開発・整備

スーパーコンピュータネットワーク；研究所・大学のスーパーコンピュータの間を高速ネットワークで結び、遠隔地で共同研究が行えるネットワークを開発・整備

## 4. 研究開発の推進方策の基本的事項

### (1) 研究開発の役割分担と産学官連携の推進等

重点領域の研究開発にあたって、国は、この分野が多様性と技術革新の速さといった特性を持つことから、研究開発計画を変更する必要性が生じた場合に柔軟に対応できる体制としつつ、市場原理のみでは戦略的・効果的に達成し得ない基礎的・先導的な領域の研究開発に重点を置く。ここで、研究成果の社会・産業へのスピードある還元を図るため、研究開発においては常に実用化を強く意識し、マッチングファンド、大学等の受託研究収入や企業の寄付金に対する税制措置の検討など産学官の連携を強力に推進する体制の整備、共同研究等の窓口や支援体制の整備、研究者が研究成果を事業化することに十分なインセンティブが働く環境の整備を行うとともに、わが国独自の基礎研究の成果等を応用に繋げるための橋渡しとなる研究開発を産学官の強力な連携の下に、以下の体制で推進する。

なおこの際、国の資金を用いた研究開発においてその成果を最大限に得るため、目標から手法まで同一で競争の効果が上がらないとみられる研究開発のような不必要な重複を排除する一方、基礎的な研究開発を始めとして、異なる手法による研究が相互に競争できるような競争的な研究開発環境の整備も必要である。また、産学官連携の研究開発プロジェクトを進める場合には、産学側の事務負担軽減にも十分配慮する必要がある。

#### 「高速・高信頼情報通信システム」

研究開発成果の利用者となるべき民間の研究開発能力を十分に活用しつつ、産学官の密接な連携により推進する。特に、5年程度で実用化可能なものについては、民間の主導的な研究開発を尊重しつつ、国は産学との強力な連携の下に基礎から応用への橋渡しの研究開発を早急に実施する。また、各省庁の縦割りや施策の不必要な重複を排除しつつ、目標達成に向けて各省庁の施策が効果的に調整・結集される研究開発体制を構築する。

#### 次世代情報通信技術

民間における自主的な研究開発も尊重する一方、国も主導性をもちつつ産学の力を十分に活用して研究開発を推進する。この際、基礎的研究を始めとして適切な競争環境を確保する。

#### 融合領域

ITSや宇宙開発(通信)のような大規模プロジェクトは国が中心となり推進する。一方、バイオインフォマティクスのような新しい領域は、民間の研究開発動向を踏まえつつ国も主導的に推進する。ナノテクノロジーのうち、5~10年後の実用化・産業化を目指した技術については産学官連携による集中的な研究開発を実施し、10~20年後を展望した技術については競争的資金の活用を基本とする。

#### 研究開発基盤

国及び大学の研究開発基盤については、5年後を目標に必要な技術を開



発しつつ国が整備を進める。なお、スーパーコンピュータ・ネットワークについては、まず具体的な共同研究テーマ等を有する機関間を中心として構築・運用・評価を行うべきである。また、国の研究機関及び大学のネットワークを早急に統合し共通化するとともに、研究開発における産学官連携を促進するために適切な費用分担のもとに広く民間にも開放することが適当である。

## (2) 研究成果の実用化促進

### 標準化

情報通信分野の多くの領域では、研究成果が制度的あるいは実質的（デファクト）な国際的標準として認められて実際に活用され、産業競争力の強化にも繋がるのが重要である。このため、民間における積極的な取り組みを促進するとともに、必要に応じて、国も可能な限り標準化のための支援を行う必要がある。

### テストベッド

情報通信技術の実証や情報通信利用技術の研究開発を促進するため、研究内容に応じ、国際的な標準化、実用に繋がるテストベッドを構築する。テストベッドは情報通信技術の研究開発を迅速かつ柔軟に行えることが最も重要であり、特に技術実証や標準化のためには研究開発専用とすることが望ましいが、そのような条件を満たせる場合には、実利用のネットワークの一部を活用することも検討する必要がある。

### 技術実証や標準化のためのテストベッド

適切な官民の役割分担のもとで可能な限り実環境に近いシステムとすることが重要である。

### 一般利用者向けの利用方法を対象とするテストベッド

コンテンツを充実させ、利用者の意見を十分に反映するために、低コストの端末を活用しつつ、可能な限り多数の利用者（特に高齢者・障害者等を含む）が実証実験に積極的に参加できる機会と環境を作るなど連携を十分に図っていくこと、有料化した際の現実のニーズの確認を可能とすること、などが必要である。

### 新技術の先導的な利用

高度なセキュリティ技術を用いた電子政府など、政府が先導的に新技術を利用することが可能なものについては、汎用性のある技術の開発を促進しコスト意識を高めること、ベンチャーの立上げ支援・育成、誰でも容易に利用できるユニバーサルデザイン等に十分配慮して積極的に推進する必要がある。

## (3) 研究者の交流促進・流動化、人材育成等

大学や研究機関における研究の拠点化を徹底して研究者を重点的に配置するとともに、情報通信分野における高水準の教官及び学科数並びに研究

者数を大幅に増大させる必要がある。同時に、産官学の研究者交流を拡充し、任期制の活用など研究者の流動化を促進する。また研究開発費の中で研究者等（大学院生を含む）を雇用可能とするなど、学生等が研究開発の経験を得られる機会を増大させるとともに、工学教育のみならず、マーケティング、知的財産権などの幅広い教育を受ける機会を提供する。さらに大学や研究機関の評価についても、論文数に限らず分野の特徴を生かした評価を行うとともに、大学及び大学の教員については、研究面だけでなく教育面も十分評価することが必要である。

(4) 知的財産権の扱い

研究開発成果の知的所有権に加え、コンテンツ（情報内容）の利用・流通促進の観点から、著作権処理環境を整備する必要がある。

(5) 情報通信技術が社会に与える影響等の研究

情報通信技術と社会との関わりについての研究が重要であるが、その際、情報通信技術の積極的な側面（デジタルオポチュニティ等）を評価して利用を促進する姿勢が重要である。また、情報通信技術の恩恵を十分に享受するためには、社会自体も積極的に変化していく必要があり、インターネット時代における望ましい社会のあり方（インターネット型社会像）についても研究する必要がある。

(6) IT戦略本部との連携、アジア太平洋諸国等との国際連携の強化

IT戦略本部では、世界最先端のIT国家の実現を目指しているが、その実現のためには研究開発が重要であり、両者で密接な連携を図る必要がある。また研究開発テーマの性格に応じて、アジア太平洋諸国を始めとする国際連携の下、産学官が協力して研究開発の拠点や人材集積のシステムの構築、国際的な標準化を促進していく必要がある。

図表 1 情報通信による社会の変化

### インターネット社会（現在～）

企業、公的機関、家庭のパソコン、ワークステーション、メインコンピュータ等がインターネットを介して接続される。次第に家庭にも高速のインターネット接続が普及し、社会・経済活動に広く浸透する。

携帯電話インターネットが企業活動にも利用され始める。（参考1）

コンテンツは、文書、静止画中心から動画、音楽等の利用も増大する。（参考2）

### 日本の方向性

インターネット普及が遅れた一方、携帯電話インターネットが急速に普及

携帯インターネットで



ユビキタス化で世界をリードできる可能性

### すみずみまでネットワークの行き渡った（ユビキタスネットワーク）社会（2005～）

あらゆる人・組織が多様な情報機器とすみずみまで行き渡ったネットワークを通じ、場所の制約から解放されて世界的規模で様々な情報を交換することにより、知的創造性が高まると共に効率的な社会・経済活動が行われる

企業、公的機関も、高速の携帯型端末等により、職員や利用者にもどこでもサービスを提供できる。家電など様々な設備や装置にも、IPv6により固有のアドレスを与えられた情報機器やICチップが埋込まれ、これらをコントロールしたり情報を収集することができる。

安心して使える安全性・信頼性と、誰でも簡単に使える利便性をもつ情報通信システムが実現。

### 次世代情報通信社会（2010～）

身に付けた超小型のコンピュータの支援を得て、高度な社会・経済活動を行うことが普及する。

あらゆる設備や装置に情報機器やICチップが埋め込まれ、それらが自律的に通信し合いながら、人々の活動を支援することが可能となる。

コンピュータやロボットが人間の意図や要望を理解し、会話等を通して知的作業を委ねることが可能となる。

コンテンツについては、3次元動画像の利用も増大する。

# 環境分野

# 1. 環境分野の現状

## (1) 環境分野における研究の状況

環境の主要課題が個別公害問題から、環境への負荷の少ない「持続可能な社会の構築」を目指しての国内及び国際的社会経済のあり方にかかわるものへと変化してきたことで、環境分野の研究開発には、個別のプロセス研究から、現象解明、影響評価、対策技術の開発と社会への適用性についての評価に至るまでを総体的・俯瞰的にとらえる総合的な研究への展開がもとめられている。同時に社会科学と自然科学の融合、予見的・予防的な研究を可能とするシナリオ主導型の研究の構築が課題となっている。

## (2) 環境分野における研究開発で改善を要する問題点

環境分野における研究開発で改善を要する問題点のうち、主要なものは以下の通りである。

- ① 各省において縦割りの個別研究が実施される傾向が強く、政府としての取り組みが不明瞭。重点課題については、省際的に組織された統合的研究体制で実施するプログラムを創設し、推進していくことが必要。  
期継続的環境観測等基盤的研究の推進や知的研究基盤の整備が不十分。  
研究資源の計画的・継続的投資をおこなうことが必要である。
- ③ 環境政策学、環境経済学、環境倫理学等の社会科学・人文科学系の環境研究が不十分。社会科学・人文科学系研究を強化し、さらに自然科学系研究との連携を強化することが必要。
- ④ 時々の環境問題に対応した必要な人材のタイムリーな供給が不足。大学院等における専門的環境教育を強化するとともに人材の流動化を促進することが必要。
- ⑤ 国際的な取り組みに対するわが国の政策的対応が不十分。国際社会において政策的研究のリーダーシップをとれるような人材を養成することが必要。

# 2. 重点領域

## (1) 重点化の考え方

領域や課題の重点化においては、下記の点が考慮されるべきである。

- ① 緊急性・重大性の高い環境問題の解決に寄与するもの
- ② 持続的発展を可能とする社会の構築に資するもの
- ③ 国民生活の質的向上や産業経済の活性化に強いインパクトをもつもの

これらの視点から、第二期科学技術基本計画にも盛り込まれている「地球環境問題解決のための研究」、「化学物質の総合管理のための研究」、「循環型社会構築のための研究」に加えて、「自然共生型社会構築のための研究」を新たに含めることとし、これら四つを重点化の柱とした。

## (2) 各省及び産学官連携研究の推進

環境問題は事象相互の関連が複雑多様であることから、個別研究を断片的に実施しても解決への有効な成果が得られにくい。とりわけ最近の環境問題の広域化と深刻化は従来の枠組みを越えた新しい学際的・総合的研究体制をとることを要求している。したがって、環境分野における重点課題については、各省により取り組まれている個別研究を統合的に集成・再構築し、政府全体として同じ政策目標とその解決に至る道筋を設定したシナリオ主導型の「イニシアティブ」で推進すべきである。

## (3) 重点領域

上記の重点化の考え方にそって、以下の 5 課題が重点課題として選定された。そのうち、地球温暖化研究、ゴミゼロ型循環型技術研究、自然共生型流域圏・都市再生技術研究は 14 年度における特に重点的に取り組む課題とされた。

### ①. 地球温暖化研究

#### ア. 目的

地球温暖化に関する観測と予測、気温・海面上昇等の環境変動の自然や経済・社会への影響の評価、及び悪影響を回避あるいは最小化するための技術・手法の開発をおこなう。

#### イ. 重点化の必要性・緊急性

地球温暖化問題においては、気候変動枠組条約に示された目標の達成を目指した抜本的な国際的・国内的取組を持続的に進めていくことが求められており、特に 1997 年気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)において採択された京都議定書への対応や温暖化に関する最新の科学的知見がレビューされる IPCC 等国際的取組への貢献をすすめていくうえで、わが国の責任と任務がきわめて大きく、地球環境問題の中でも特にその必要性・緊急性の高い研究課題である。また、IPCC においては、2002 年から温室効果ガス安定化レベルの議論を含む第 4 次評価報告書作成(2006 年以降)にむけた作業が開始するため、それに向けた貢献が求められている。

温暖化の原因やその影響は社会・経済構造に深くかかわりを持っているため、幅広い分野を包含した総合的な取組が求められている。このような重要な課題に対して政府として主導的役割を果たす必要がある。特に、我が国の場合、排出する温室効果ガスの約 8 割がエネルギー起源の二酸化炭素であることから、地球温暖化関連技術開発政策の一環としてエネルギー技術開発を実施していくことが必要である。また、温暖化・気候変動、温暖化影響、対策は相互に関連していることから、これらを有機的に連携させて実施していくことが重要である。

#### ウ. 推進体制及び推進すべき研究

本イニシアティブに(i)温暖化総合モニタリングプログラム、(ii)温暖化将来予測・気候変化研究プログラム、(iii)温暖化影響・リスク評価研究プログラム、

(iv)温室効果ガス固定化・隔離技術開発プログラム、(v)エネルギー等人為起源温室効果ガス排出抑制技術開発プログラム(このプログラムはエネルギー分野の研究に殆ど含まれている)、(vi)温暖化抑制政策研究プログラムを設定し、各プログラムに各省の個別プロジェクトを統合し、産学官連携で推進する。

(i)では観測・モニタリング体制の充実及びデータベースの整備、(ii)では個別プロセス研究に基づく気候変動モデルの高度化、(iii)では地球温暖化影響の総合把握と将来予測、(iv)では温室効果ガスの吸収・分離・回収・固定化等の技術開発、(v)では温室効果ガス削減にむけての省エネルギー・新エネルギー関連技術開発、(vi)では対策技術の評価、温室効果ガス排出の将来シナリオの作成及びそれに基づく緩和策と適応策のベストミックス等の政策研究等が重要である。

## ②. ゴミゼロ型・資源循環型技術研究

### ア. 目的

資源消費とゴミ発生が少なく、しかも環境負荷を最小化するような物質循環・低環境負荷型の技術とシステムの開発を行う。

### イ. 重点化の必要性・緊急性

将来の我が国経済社会の持続的な発展のため、リデュース、リユース、リサイクル(3R)を実現し、かつ廃棄物が適正に処分されることにより、天然資源の消費が抑制され、環境負荷が可能な限り低減される循環型社会の構築を図ることが必要となってくる。3R 技術に関しては、技術力が環境負荷低減のためのコスト負担の削減や生産効率の向上並びに適正なエネルギー消費等を通じて産業や企業の競争力に寄与するウェイトが大きいと考えられることから、3R で新たな技術シーズを創出することは、我が国の循環型社会構築に貢献するのみならず、世界経済における我が国産業の競争力の強化にも貢献するものと期待される。又、発展途上国への3R 技術供与による国際貢献により、循環型世界経済社会システム構築に大きく寄与していくことができる。

循環型社会の構築のためには、個々の技術を相互に連携させるシステム技術が重要である。このため、地域スケールに応じた適切な資源循環の環が確立するよう、地域における産業構成及び生活様式への資源循環システムの適合性を高めていくことが必要である。また、製品の多くは海外で生産されていることから、国内だけの取組では不十分であり、海外との連携が必要とされる。なお、不適正処理や不法投棄の多発・悪質化は未だとどまらず、汚染土壌や不適正処分場など負の遺産の蓄積が起こっているが、より安全、より安心感を得るための適正処理技術の開発利用、処分場の延命化や再生、不法投棄現場環境の修復が急務となっている。

### ウ. 推進体制及び推進すべき研究

本イニシアティブに(i)循環型社会創造支援システム開発プログラム、(ii)リサイクル技術・システムプログラム、(iii)循環型設計・生産プログラム、(iv)適正処分技術・システムプログラムを設定し、各プログラムに各省の個別プロジ

ェクトを統合し、産学官連携で推進する。

(i)のプログラムではライフサイクルアセスメントや物質・エネルギーフロー解析等による評価、将来予測手法の整備、導入促進技術の開発、循環型社会実現への核となる市民生活等との接点を維持するシステムを確立する技術の開発、(ii)では自動車、建設系廃棄物、有機性廃棄物、衣類等のリサイクルに関する技術及びシステム、社会モデル実証等の地域循環促進に係るシステム等の研究開発、(iii)ではリデュースを可能とする設計・建設・生産技術、リサイクル・リユースが容易となる設計・建設・生産技術等の開発、(iv)では廃棄物の減量化・高度再生技術、有害物質に関連する廃棄物の分解処理技術、処分場再生・汚染環境修復技術、不適正処理監視技術等を開発等が重要である。

### ③. 自然共生型流域圏・都市再生技術研究

#### ア. 目的

自然共生型都市の形成を目指した、都市の環境状況や流域圏における生態系の観測・診断・評価技術及び流域圏管理モデルの開発を行うとともに、都市・流域圏の再生・修復を図るための技術・手法の開発を行う。

#### イ. 重点化の必要性・緊急性

日本では、河川流域を単位として自然の水循環を中心とした自然基盤により、河川にそって都市が成立し、発達してきた。しかし、戦後から高度成長期において、東京等沿岸大都市は人口・経済の集中により、一層巨大化され、水需要増大、汚濁物質の排出量増加等の多大な環境負荷を流域圏にもたらした。この結果、都市が成立するための流域圏自然基盤が崩壊しており、流域圏全体の自然環境保全・修復が求められている。また、巨大化した都市では、高環境負荷と自然環境システムの後退・劣化という環境状況を改善し、自然とのふれあいの機会を増進し、「健康」「安全・安心」かつ「快適」な都心の居住環境向上が必要とされている。

このような状況に対して、都市を流域圏の構成要素と認識し、流域圏における都市のスプロール化の節制と自立化を図り、他の流域圏との有機的関係を樹立していくことがもとめられている。特に、水循環は流域圏における都市や自然生態系が成立し、変貌する場合の主要因子となっていることから、人間が流域圏で自然の水循環の恩恵を最大限享受できるように都市・周辺地域間の秩序ある境界構築を図りながら、自然・社会環境基盤を再生・修復していく必要があり、そのための科学的知見の取得・体系化並びに技術・システムの開発を推進すべきである。したがって、流域圏・都市の環境状況に対する継続的な総合モニタリングの実施や情報整備、総合管理手法の開発や劣化した生態系等の修復技術の開発を推進しつつ、都市や流域の状況に応じた再生シナリオを設計・策定し、実践的再生技術開発プログラムを提示していくことが必要である。

#### ウ. 推進体制及び推進すべき研究

本イニシアティブに(i)都市・流域圏環境モニタリングプログラム、(ii)都



市・流域圏管理モデル開発プログラム、(iii)自然共生化技術開発プログラム、(iv)自然共生型社会創造シナリオ作成・実践プログラムの4プログラムを設定し、各プログラムに各省の個別プロジェクトを統合し、産学官連携で実施する。

(i)では流域圏における生態系と都市の現状について、自然環境基盤(水循環/物質循環、生物多様性等)及び社会環境基盤(都市河川・沿岸、等)の双方から観測・診断・評価する技術の開発、(ii)では水循環モデルや生態系モデル等各要素モデルの開発と各要素モデルを統合した流域圏管理モデルの構築、(iii)では水循環に焦点をあて、良好な自然環境の保全と劣化した森林・農地・河川・沿岸生態系及び生活空間の修復再生技術開発、(iv)ではそれらを総合的に推進するためのシナリオ構築とそれに基づく実践技術開発等が重要である。

#### ④化学物質リスク総合管理技術研究

##### ア. 目的

化学物質のリスクの総合的な評価及び管理のための手法並びに化学物質のリスク削減・極小化技術の開発を行う。

##### イ. 重点化の必要性・緊急性

化学物質のリスクに対する内外の関心は、近年ますます高まっている。現代の人々の化学物質に対する不安を払拭し、将来の世代が健やかな暮らしと豊かな環境を享受できる、いわゆる持続可能な社会を形成していくうえで、化学物質のリスクの評価及び管理に関する研究や技術開発に期待される役割は大きい。特に次世代への影響が懸念される内分泌かく乱化学物質、国際的な規制が強化された POPs や PRTR 法によりデータが届出される対象化学物質について、緊急の対応が必要である。さらに、欧米アジア諸国との国際的競争の中で、革新的な環境調和型生産技術体系を確立することが、持続可能な社会の形成に不可欠となってくる。

人間は大気・水・土壌といった環境媒体や農水産物、家庭用品、水道水、室内空気など様々な媒体を通して化学物質に暴露することから、化学物質の検出から、有害性・暴露評価、リスク評価－削減－コミュニケーションに関する技術開発を、各省の密接な連携により実施する必要がある。

##### ウ. 推進体制及び推進すべき研究

本イニシアティブに(i)リスク評価プログラム、(ii)リスク削減技術開発プログラム、(iii)リスク管理手法構築プログラム、(iv)知的基盤構築プログラムの4プログラムを設定し、各プログラムに各省の個別プロジェクトを統合して推進する。

(i)では、微量化学物質を検知するための革新的計測技術、新たな有害性評価手法、化学物質挙動を解明・予測するためのモデリング技術、これらに基づくリスク評価技術、(ii)では副生成物・廃棄物の発生を極小化する環境調和型生産技術体系確立、化学物質の無害化処理や大気・土壌・地下水汚染の修復、無害化処理、排出削減基盤技術開発、(iii)では化学物質管理情報システム、リス

クコミュニケーションの推進のための知識の体系化、(iv)ではスペシメンバンキング等の基盤整備、等が重要である。

#### ⑤地球規模水循環変動研究

##### ア. 目的

地球規模での水循環変動を予測し、その影響を最小化するための水資源管理手法の開発を行う。

##### イ. 重点化の必要性・緊急性

開発途上国を中心とする世界各地で水不足、水質汚染、洪水被害の増大などの水問題が発生しており、これに起因する食糧難、伝染病の発生など、その影響はますます拡大している。この原因には、急激な人口増加や都市開発、産業発展などがあり、すでに水を巡る国際紛争が各地で発生している。今後とも人口増加は進むと考えられ、さらに深刻な事態が予想されていることなどから、水問題は21世紀の最大の地球規模での環境問題となることが世界的にも指摘されている。黄河の断流にみられるように人間活動による水循環の変動は、すでに顕在化していることから、このような地域(特にアジア)において、経済的・技術的先進国である我が国の役割として、効率的な水の利用と可能とする持続可能な水資源管理が行われるために必要な科学的知見、技術的基盤を提供していかなければならない。

本イニシアティブは、自然条件・社会条件に関して日本との共通性の多いアジア地域への技術の適用性の拡大が見込まれるものであること、国際貢献に資する研究開発であり、諸外国における水問題の解決によって、日本に及ぼす負の影響の回避を重視したものであること、を最大の特徴としている。

##### ウ. 推進体制及び推進すべき研究

本イニシアティブは(i)全球水循環観測プログラム、(ii)水循環変動モデル開発プログラム、(iii)人間社会への影響評価プログラム、(iv)対策シナリオ・技術開発の総合的評価プログラムで構成し、各プログラムに各省の個別プロジェクトを統合し、産学官連携で推進する。

(i)のプログラムでは観測・モニタリング体制の充実及びデータベースの整備、(ii)ではエネルギー輸送・水循環自然変動機構の解明と水循環変動・環境変動予測モデルの開発、(iii)では水循環変動が食糧生産や社会・経済に及ぼす影響評価、(iv)では安定した水資源管理に関する手法・政策研究等が重要である。

上記の研究課題に加えて、環境研究の推進には以下の2課題が重要である。

#### ⑥環境分野の知的研究基盤

環境研究を円滑に推進するためには標準物質、環境資料、環境生物資源、環境モニタリング、環境データ統計・データベース、環境技術評価手法、環境研究・環境技術情報システム等環境科学技術の知的基盤・研究情報基盤の体系的整備が重要である。

#### ⑦先導的研究の推進

社会的に顕在化する前に環境問題の本質を発見探索的に認識し、通常援用

されない学問分野の方法をも含めて自由な視点に立ち、新たな研究方法を開発する。これによって環境問題の本質的理解あるいは解決を達成し、独創性を発揮することを重視した先導的研究が重要である。

### 3. 重点課題における研究開発の達成目標

#### (1)地球温暖化研究

##### ①全体目標

気候変動枠組条約の目標を見据え、人類や生態系に危機をもたらさないような大気中の温室効果ガス排出抑制の可能性を探求するため、科学的知見の取得・体系化と対策技術の開発・高度化を行うとともに、得られた知見をもとに温暖化抑制シナリオ策定を検討する。

##### ②個別プログラムの目標

###### ア. 温暖化総合モニタリングプログラム

二酸化炭素等の海洋・陸域吸収／放出推定量の不確実性を半減し、気候変動を感度よく検出することを目指したアジア太平洋地域を中心とするモニタリング体制を作るとともに、国際協力によりデータの蓄積と利用・提供ネットワークを確立する。さらに、国際協力による人工衛星からの地球環境常時モニター・システムの構築を目指してシステム設計。センサー開発など基礎を築く。

###### イ. 温暖化将来予測・気候変化研究プログラム

モデル開発に必要な地球環境変動機構の解明を進め、温室効果ガスの濃度予測と気候変動予測モデルの精緻化により、異常気象の発生傾向の変化を含む温暖化に伴う将来の気候変化の予測モデルの高度化を行う。

###### ウ. 温暖化影響・リスク評価研究プログラム

我が国を中心とし、アジア太平洋地域も視野にいれた総合的な温暖化影響評価を実施し、将来の影響・リスクを明確化し、リスク回避のための適応策を提示する。

###### エ. 温室効果ガス固定化・隔離技術開発プログラム

気候変動枠組条約の目標達成に向けて、森林等生態系による吸収の拡大、排ガス等からの分離・回収・固定化・隔離・再利用技術を開発する。

###### オ. エネルギー等人為起源温室効果ガス排出抑制技術開発プログラム

気候変動枠組条約の目標達成に向けて、省エネルギー、新エネルギー等による二酸化炭素の削減、その他温室効果ガスの排出削減技術を開発する。

###### カ. 温暖化抑制政策研究プログラム

社会経済動向、気候変動予測の不確実性、温暖化の影響・リスク、緩和技術開発の可能性を考慮した温暖化抑制シナリオを提示する。

#### (2)ゴミゼロ型・循環型技術研究

##### ①全体目標

廃棄物の減量化、再生利用率の向上並びに有害廃棄物による環境リスクの低

減資する技術及びシステムの開発を実現する。

## ②各プログラムの目標

### ア. 循環型社会創造支援システム開発プログラム

循環型社会への変革を進めるための技術あるいはシステム開発を、物質循環階層性原則及び低環境負荷原則に基づいて、適切に評価する LCA 手法の開発を行う。

### イ. リサイクル技術・システムプログラム

個別循環資源に関するリサイクル技術やシステムの高度化・実用化を進めるとともに、リサイクルシステムの基盤となる静脈物流の効率高度化・実用化を図る。

### ウ. 循環型設計・生産プログラム

設計・生産する段階で 3R 性を一体化させた工業製品や食品循環資源、建設物等を提供できるようにするための設計・建設・生産技術を開発する。

### エ. 適正処理処分技術・システムプログラム

最終処分場の逼迫と不適正処理の解消廃製品や汚染跡地等の負の遺産解消という緊要な課題に対処するための技術及びシステムを開発する。

## (3)自然共生型流域圏・都市再生技術研究

### ①全体目標

主要都市・流域圏の自然共生化のために必要な具体的プラン作成に資するために、流域圏・都市再生技術・システムを体系的に整備するとともに、流域圏における都市のスプロール化の節制と自立化を実現するためのシナリオを設計・策定する。

### ②各プログラムの目標

#### ア. 都市・流域圏環境モニタリングプログラム

モデル都市域内及び都市を含む流域圏の水・物質・生態系等環境状況を総合的に観測・診断するとともに、全国の過去-現在までの都市・流域圏の再生・管理に係るデータを収集し、これらの環境総合情報システムを構築する。

#### イ. 都市・流域圏管理モデル開発プログラム

都市を含む流域圏の水循環・物質循環・生態系の変動に係るプロセスの解明とこれらの地域での人間活動の分析をもとに、環境変動予測や影響評価モデル並びにそれらを統合した都市・流域圏環境管理モデルを開発する。

#### ウ. 自然共生化技術開発プログラム

都市及び流域圏の良好な自然環境の保全、劣化した生態系の修復や悪化した生活空間の改善のため、要素技術の開発及びシステム開発を行う。

#### エ. 自然共生型社会構築シナリオ作成・実践プログラム

都市・農山漁村を含む流域圏における自然共生型社会の構築に不可欠な人間活動-社会システムのあり方に関する基本的コンセプトの提示とその実現に必要な環境修復・再生に関する技術開発・政策シナリオの設計・策定を行う。

#### (4) 化学物質リスク総合管理技術研究

##### ①全体目標

PRTR 対象物質等リスク管理の必要性・緊急性が高いと予想される化学物質のうち対象物質を定めつつ、「安全・安心」を確保するための化学物質総合管理の技術基盤、知識体系並びに知的基盤を構築する。これらの基盤に基づき、10年後(2012年)までに対象化学物質について各主体間のリスクコミュニケーションができるような体系を構築する。

##### ②個別プログラムの目標

###### ア. リスク評価システム開発プログラム

暴露評価及び有害性評価に係る技術の高度化を実現するとともに、暴露評価及び有害性評価の知見をリスク削減の優先度判定が可能な形で体系化し、予防的かつ効率的なリスク評価を行う総合化技術を開発する。

###### イ. リスク削減技術開発プログラム

化学物質の排出削減技術や革新的な環境調和型生産技術体系の確立、並びに化学物質による土壌・地下水・底質等の環境汚染の修復・無害化処理のための基盤技術を確立する。

###### ウ. リスク管理手法構築プログラム

化学物質に係る科学的知見の体系化した化学物質総合管理支援情報システムを構築するとともに、環境リスク管理のための政策的手法やリスクコミュニケーションのための知識の体系化など社会的・政策的リスク管理手法を開発する。

###### エ. 知的基盤構築プログラム

情報資料の保存・管理システムを整備するとともに、取得した試料の保存体制を整備し、世界に発信しうるスペシメン・バンキングシステムを構築する。

#### (5) 地球規模水循環変動研究

##### ①全体目標

水循環変動が人間社会に及ぼす望ましくない影響を回避あるいは最小化するとともに、持続可能な発展を目指した水資源管理手法を確立するための科学的知見・技術的基盤を提供する。これらの知見・基盤に基づき、将来的にアジア地域における最適水資源管理法を提案する。

##### ②個別プログラムの目標

###### ア. 全球水循環観測プログラム

衛星観測、海洋観測、陸上調査・モニタリング等の組織的な観測を推進するとともに、観測データの相互利用を可能とする全球水循環観測システムを構築する。また、アジアモンスーン地域を中心としたデータの蓄積を推進する。

###### イ. 水循環変動モデル開発プログラム

気候の年変化等に伴う自然の水循環変動を予測するモデルを開発し、それをもとに自然の水循環に影響を及ぼす人間活動の動向の分析シナリオに基づく、水循環変化並びにそれに伴う環境変化の予測を可能とするモデルの基礎を築く。

#### ウ. 人間社会への影響評価プログラム

水循環変動及びそれに伴う環境変動予測に基づく食糧、水資源、生態系、人の健康、社会・経済等に及ぼす影響の定量的な評価を実現する。

#### エ. 対策シナリオ・技術開発の総合的評価プログラム

既存技術の適用性評価に係わる技術開発を進めるとともに、最適化された対策シナリオを提示する。

#### (6) 環境分野の知的研究基盤

環境研究の知的基盤の充実・高度化を図り、幅広い利用が可能なレベルに整備する。

#### (7) 先導的研究の推進

環境問題解決のために革新的な知見の開発及び新たな研究パラダイムの構築を目指す。

## 4. 研究開発の基本的事項

### (1) 研究開発の質の向上を図るための重要事項

#### ① イニシアティブの推進・評価体制

イニシアティブ、各プログラム及び各プロジェクトの効率的・効果的な推進を可能とするために、総合科学技術会議が強いリーダーシップを発揮して、各レベルで責任と権限を明確にした仕組みの構築を図るとともに、適切な評価と評価結果を資源配分等に反映できるような評価システムの確立を図るべきである。

#### ② 国際協力

環境の主要課題が国内及び国際的社会経済のあり方にかかわるものへと変化してきたことから、環境科学技術研究については、国際協力のもとで推進することが不可欠である。このため、重点課題に関しては、米国、欧州等との国際協力の可能性を追求し、効果的・効率的に研究を進めることが重要である。また、途上国との協力についても、人材育成、能力向上等の観点も含め推進すべきである。

#### ③ 研究開発の普及

重点課題は環境問題の解決に貢献するという明確な目的をもつことから、研究成果を環境政策に積極的に反映していくことが肝要であり、このためのシステムを整備していく必要がある。また一般国民には、安心できる未来を見えるように、そしてその未来にむけて国民が行動できるように、研究開発の必要性を国民が理解し、その連携が得られるようにする必要がある。

#### ④ 産学官の役割分担、連携

環境分野の科学技術は、社会ニーズに対応して各分野の科学的知見や技術を総合化していくところに特徴があるため、一主体が全体に取り組むことは極めて非効率でかつ有効な成果が得られにくい。市場原理になじまない課題、研究投資の高リスク・高負担を伴う課題、基礎的・基盤的課題等は学術研究機関が、実用化あるいは実用化を見据えた応用研究等は民間が主体となるべきである。

このような考えを基本としつつ、適切な産学官の役割分担と連携のもとで、研究開発を推進すべきである。

⑤地方公共団体や NGO 等による地域的取組との連携

環境問題は、地域の自然環境や社会経済の状況に応じて発生している。したがって、各イニシアティブに、各地域の環境問題に対応した研究や技術開発を行っている地方公共団体・大学等の研究機関や意欲的に取り組んでいる民間企業や NGO などを取り組み、連携を強化し、地域の特色に根ざした研究開発や全国に先駆けた研究開発を行うことが有効である。

(2) 研究開発に必要な資源に関する留意事項

①競争資金の充実・拡充

先導的研究や緊急事態に迅速に対応した調査・研究等環境分野における研究費の選択の幅と自由度を拡大し、競争的な研究開発環境の形成を実現するために、競争的資金の一層の充実・拡充を図る必要がある。

②人材の確保・育成

環境分野の研究の効果的効率的推進のために研究資金が拡充のみならず、人材の確保・育成が重要である。独立行政法人・大学や地方公共団体の環境関連研究機関、民間研究機関などを中核とする国内的・国際的な研究ネットワークを強化し、流動性のある研究制度やフェローシップ制度や外国人研究者の受け入れ体制の充実などが必要である。このほか、博物館や NGO など高い潜在能力をもった機関の有効活用とそのための支援や、近年新設・再編された環境研究を中心に掲げた大学、大学院研究科、学部、学科等に対する支援・連携及びそこから供給される人材の積極的活用を図ることが重要である。

③他分野との連携

環境分野は社会ニーズ・デマンドに対応して様々な分野の手法及び技術を総合化していくところに特徴があるため、他の分野での新しい手法・技術のシーズの動向を見据え、環境分野への積極的な活用を図ることにより、環境研究の新たなパラダイムを作り上げることが可能である。

④環境研究に固有で重要な大型施設・設備の整備

種々の環境条件を再現することができる大型実験施設、世界的にも最先端・最高水準の分析装置、長期継続的な観測を可能とする野外研究設備等を整備することが必要である。

# ナノテクノロジー・材料分野



# 1. ナノテクノロジー・材料分野の現状

## (1) 当分野の動向・特徴

ナノテクノロジーは、我が国においては従来より裾野広く取り組まれてきているが、このところ、諸外国の戦略的取組が旺盛。我が国は、基礎的・基盤的研究の比重が高い領域、融合的研究開発、システム化技術に遅れ、ポテンシャルを活かしきれていない。

次に、材料産業は、我が国において従来から多くの雇用を創出し経済の発展を支えてきており他の産業等に対する波及効果も大きい。こうした中、技術的にも、様々な技術分野の技術革新の生命線を担っている。我が国は、従来よりプロセス技術で強みを発揮してきたが、近年、日進月歩の技術革新を要する機能性材料技術において競争力を発揮。また、研究開発を進めるに当たって、目標達成に向けて、使用する材料、合成・加工法等に無数の可能性がある中で、特定の材料や手法に絞り込む過程において大きな技術的改良が実現されることが多いのも特徴。

基盤的な研究開発が最終製品としての実用に直結しやすい。また、計測・評価・加工技術の技術革新は分野全体に大きく影響を及ぼす。

また、分野全体に共通に、如何なるステージにおいても大発見・大発明の可能性が存在し、その発見等が社会での財・サービスに対する考え方までも大きく変更しうるのも特徴。

## (2) 当分野に対する国家的・社会的要請と技術革新課題

### 産業競争力の強化と経済社会の持続的発展

経済のグローバル化と国際競争の激化等に伴う産業競争力の低下、雇用創出力の停滞等の課題に対処するため、21世紀型の新しい基盤技術体系及び製造技術体系の構築を通して、我が国の産業競争力を強化し経済社会の発展の礎を着実に築くことが不可欠。

当分野では、新しいパラダイムへの転換、新機軸の発想の実現に対し急速に展望が開拓。現下の経済社会の課題を技術革新により克服していく上で、当分野での技術革新は様々な分野の命運を制するともいえる状況。現下の経済社会における課題への対症療法的対応にとどまらず、将来に向けた持続的な成長基盤の確立と飛躍のため、その基盤をなす当分野は将来に備え足腰を固めておくことが不可欠。

### 環境・エネルギー対応、少子高齢化への対応を通じた豊かな国民生活の実現

地球環境問題、資源・エネルギー等の不足など、物質文明がもたらしてきた諸問題の抜本的解決に向け、多量消費型社会システムからの抜本的変革が必要。事後的対応のみならず、初期段階からの環境配慮が必要であり、製品を構成する材料レベルからの実現が必須。

21世紀に本格的に直面する少子高齢社会で生き甲斐を持ち安心できる暮らしを実現するため、疾病の早期発見・治療・予防の水準を向上させ健康寿

命を高めることにより、自律した生活、自助的対応を可能とするための社会システムの構築が必要。このため、生命のメカニズムの解明の余地が大きく、そのためのブレークスルーに期待。同時に、解明された成果を我々の日常生活の中に人間及び社会に親和性の高い形で取り入れることも必要。そのためには、生体を構成する分子レベルで必要な観察を可能としたり、人間の体内の必要箇所に必要な量のものを運び、必要な範囲で処置を施したり、生体に適合した材料、システムの形で実現していくことが必要。

国民の安全・安心な生活の確保、戦略的技術の保有等安全保障的な観点からの国の健全な発展の実現

科学技術の発展を背景とした、生物機構、新規創製物質を使用したテロの脅威、有害化学物質によるリスク、海外からの感染症への対応等が必要。これに対処するため、事後的対応のみならず、生活の各局面で検知可能とし安心して管理・リスク軽減できることが必要。そのため、微量物質等のセンシング、革新的触媒技術等によるリスク削減・除去対策の実現、当該システムの実社会への適用等が不可欠。

また、昨今、国境を越えた合従連衡、研究開発等の連携等が日常的となる中、今後キーテクノロジーとなりうる領域で高度な技術を我が国に保有し、またそれを生み出しやすい環境を整備することにより、産業や社会全体への波及を他国に先駆けて容易に達成できる可能性を高め競争力として活かすことにより、国の優位性を保つことが必要。

## 2. 重点領域

### (1) 重点化の考え方

21世紀においては、単なる技術革新に伴う物質的・経済的豊さだけではなく文化的・精神的にも豊かな社会の実現も必要であり、根源的な原理・物質観の創成が不可欠。この点も含め、研究者の自由な発想による研究に一定の資源を配分するという科学技術基本計画に別掲されている点も前提とし、国家的・社会的課題の克服のため研究開発を重点化するという点にかんがみ、5～10年以内の実用化・産業化を目指した研究開発及び10～20年先を展望した当面確立すべき事項を明確にするとともに、これらの実現に不可欠な基盤技術、材料技術を重点的に対応。

## (2) 重点領域

次世代情報通信システム用ナノデバイス・材料

環境保全・エネルギー利用高度化材料

医療用極小システム・材料、生物のメカニズムを活用し制御するナノバイオロジ

計測・評価、加工、数値解析・シミュレーションなどの基盤技術

革新的な物性、機能を付与するための物質・材料技術

## 3. 重点領域における研究開発の目標

### (1) 次世代情報通信システム用ナノデバイス・材料

(達成目標)

- 世界最先端の情報通信社会を支える高速・高集積デバイス技術における国際競争力の確保

【技術目標例】

- 現在の6倍のビット数のDRAMを実現
- 現在の2倍のクロック速度のMPUを実現
- 現在の6倍の面密度の記録システムの実現
- 現在の30倍の速度の光伝送システムの実現

- 多様な新原理デバイスの競争的研究開発による次世代デファクトスタンダードの獲得

【技術目標例】

- ナノメートルサイズの種々の素子のデバイス動作を確認
- 量子コンピューティングを実現する基本素子の多様な手法による構築と複合化の実現

半導体技術、情報記録技術等は、5～10年以内の実用化・産業化を目指し、スピードと市場インパクトを重視した対応が不可欠。そのため、産学官が密接に連携した集中的な研究開発を実施。デバイス・材料、生産設計、生産技術を特に重視。

同時に、10～20年先を展望し、新原理を用いたデバイス技術の礎を確立。技術の実際の使い方、他の手法のロードマップとの関係等も十分意識した目標設定及び推進が必要。そのため、競争的資金の活用を基本とし、次世代のデファクトスタンダード獲得のための競争を促進。また、デバイスレベルにとどまらず、システム化を意識した研究開発が不可欠。

### (2) 環境保全・エネルギー利用高度化材料

(達成目標)

- COP3目標実現に必要な総合的な二酸化炭素排出量削減のための材料の実現と実社会への浸透
- 安全な生活を保障する化学物質リスク削減・除去技術の実現と実社会・

## 国民生活への組み込み

### 【技術目標例】

- 高光電変換効率・低コスト(モジュール製造コストが現行の2分の1)の太陽電池の実現
- 火力発電の単位電力あたりCO<sub>2</sub>の30%削減を実現する高温強度・耐食性を向上した金属材料の実現
- ppbレベルの物質を簡便に検出する技術の実現
- P R T R法対象物質を中心とした化学物質リスク削減技術の確立
- 既存材料の環境リスクに対するデータも取り込み計算機等を活用した予測先導型研究開発の定着

新材料開発に際しては、開発段階初期の段階において既存材料の環境リスクに対する基本的なデータも取り込んで計算機等を最大限活用した予測先導型研究開発を重視。また、研究開発評価においては、特に広い観点からの評価が必要。

さらに、新規創製物質を用いた国民の生命・身体を脅かす行為への対応のため、生活の各フェーズにおいてリスクを評価し、削減できるシステムを早期に実現し、国民が納得し管理できる体制の構築が不可欠。

## (3) 医療用極小システム・材料、生物のメカニズムを活用し制御するナノバイオロジー

- 健康寿命延伸のための生体機能再生材料・ピンポイント治療等技術の基本シーズ確立

### 【技術目標例】

- 低侵襲診断・治療を可能にする医療用極小システム・材料実用化のための安全性等の検証
- 生体分子の構造、動作原理を活用した高効率、超集積度システム構築のため基礎原理の解明

### 【技術目標例】

- たんぱく質一分子やたんぱく質複合体(超分子)一粒子の構造、動態、反応の時間的・空間的情報を取得し解析する技術の確立
- たんぱく質立体構造情報に基づき任意の官能基を必要箇所に配置する技術の確立
- 生物反応を応用した高効率エネルギー変換極小システムのための基盤技術の取得
- 超大容量インテリジェントメモリや超並列プロセッサのための基盤技術の取得

医療用極小システム、生体適合材料の研究開発に当たっては、医学と工学・理学の架け橋を作ることが不可欠。10～20年先の本格的な実用化を展望

し、当面はこれら連携が有機的にできるよう環境整備が必要。このため、人材の確保、実現に向けた産学官の早い段階からの連携、実用段階前の社会実証的研究開発を重視。

また、生体機能の発現に重大な役割を果たしているたんぱく質一分子やたんぱく質複合体（超分子）一粒子の構造、動態、反応の時間的・空間的情報を取得し解析する技術を確立するとともに、様々な工業プロセスへの応用や、医療・工業用極小システムの構築等を中期的に目指すために、たんぱく質の集積技術を確立し、たんぱく質の立体構造情報に基づき任意の官能基を必要な箇所に配置する技術の実現を目指す。将来のデバイス化・工業プロセスへの応用等を念頭におくため、初期段階からの産学官の有機的連携が必要。

#### (4) 計測・評価、加工、数値解析・シミュレーションなどの基盤技術

(達成目標)

- 上記(1)～(3)領域で要求される加工レベルに対して1桁以上高精度な計測・評価、加工技術の実現
- 新規材料開発におけるシミュレーション活用の定着

【技術目標例】

- 現在の10倍のビット数のDRAMに対応できる加工技術の実現
- 微視的シミュレーションと巨視的シミュレーションのシームレス化の実現と研究開発現場への浸透
- ナノテクノロジー研究開発に必要な微小・微量を対象とした計量標準を現状の2倍に整備

当分野においては、計測・加工等の限界への追求が必要とされ、かつ、ここでの成果が基礎から実用に至るまでのあらゆる段階において大きな波及効果を有することから、着実な資源配分が必要。

これら技術は、それぞれ実現すべき寸法に比べて1桁程度微細な系への適合が必要であり、計量標準や標準物質の開発が必要。また、加工技術については、ボトムアップ型構造形成のように、ナノレベル特有の加工技術の将来における応用を展望し基盤の確立が必要。

#### (5) 革新的な物性、機能を付与するための物質・材料技術

(達成目標)

- 従来の材料分野の垣根を越えたナノレベルでの研究開発による戦略的・俯瞰的視野に基づく多様な材料の確保
- 研究開発を加速し、成果を社会的な課題の迅速な解決につなげるための研究・生産手法の構築

【技術目標例】

- 実用従来材と比べ比強度及び寿命が2倍に向上した構造材料の実現
- 現行の2倍の外部量子効率を持つ電界発光デバイス用材料の実現

- 触媒開発へのコンビナトリアル手法の適用等により開発期間を十分の一に短縮
- 2010年に180万件の材料物性データベースを実現するためのデータベースの充実
- 計算機等支援ツールの活用の定着

ナノレベルでの構造・機能制御にとどまらず、材料創製から成形加工技術までの一体化を進めることにより、材料・素材の力を最大限活かした部材化・部品化技術の開発等についても精力的な対応が必要。

金属・無機・有機といった従来の材料分類の垣根を越えた対応により、従来にない機能を実現していく取組を重視。上記(4)にも関連して、経験知に頼る材料開発だけでなく計算機等様々な支援ツールの開発とその積極的活用を重視。

また、新材料の評価、物性等に関する知的基盤の整備についても計画的かつ着実に対応。

## 4．研究開発の推進方策の基本的事項

### (1) 研究開発現場の競争の活性化とそのための環境整備

#### 独創性発揮のための競争的資金の重視

研究開発資金としては、半導体関係の研究開発のように開発すべき手法等が確定的でそこに資源を集中させる必要がある場合を除き、基本的には競争的資金制度を活用し研究者の創造性を最大限に活かせる研究開発を重視。

#### 技術のユーザの評価への参画の徹底

研究開発評価において、サイエンスメリットの追求にとどまらず、ある目標の実現に手段の適切性を他の実現手法との関係も念頭におきつつ研究者を啓発できる場とすることが重要。このため、領域の専門家のみならず当該技術のユーザサイドの視点が評価に加味されるよう、こうした者の参画を徹底すべき。

#### 研究者の研究開発活動の底上げのための環境整備

##### ア．知的財産権の戦略的取得

公的研究機関における、知的財産権の戦略的取得が必要。また、研究開発機関における知的財産権の組織管理の徹底、法務・実務に長けた専門的人材の確保が必要。

##### イ．国際標準化への積極的対応

新材料開発や研究開発成果の円滑な市場化の促進、ユーザ側からの信頼性の確保のために国際標準化に対して積極的に対応。とりわけ、当分野としては、標準化を視野に入れた研究開発、試験方法・評価手法の国際標準化のための取組（試験研究・国際的な発言力を高めるための国際共同研究

等)を特に重点的に対応。

#### ウ．知的基盤の整備

知的基盤は、研究開発の重複投資の抑制、研究者の基礎体力の向上等のため、計画的整備とその広範な活用が必要。その際、ユーザの側に立って利用しやすい環境、メンテナンス手法・体制についても十分に留意し整備。

当分野としては、特に、素材となる物質・材料の特性に関するデータベース整備、ナノスケールレベルで材料等の特性・組織・構造を定量するための計量標準・標準物質の整備に力を入れる。

### (2) 異分野間や研究者間の融合の促進

#### 融合的・学際的取組の促進策の実施

具体的な研究開発課題の採択にあたって、手段、体制面で複数の学問領域の考え方を融合させるアプローチ、異分野間の研究者が共同して行う取組を促進。

#### 研究者・研究開発機関間のネットワーク構築等の融合促進のための基盤整備

ネットワークに関しては、まず、研究者個人が日常的レベルでそれぞれの周囲に人的ネットワークを一層積極的に構築することが必要。しかし、研究者・研究開発機関間のネットワーク構築は、研究者の取組を支援する体制の整備・充実が必要。

具体的推進に際しては、まず、研究情報交流的なネットワークについては、ネットワーク自体の公開性、情報提供側にとってのメリットの提供、パブリックインボルブメント等を踏まえるべき。また、コンテンツが最新のものであることを保つために、メンテナンスに関する体制・コスト、コンテンツを管理するための設備等有形資産を導入する場合の維持・更新に向けた対応についても留意すべき。

次に、原子・分子レベルでの構造・組織、動態解析等を行う場合、大型の施設・設備（放射光施設、スーパーコンピュータ等）の活用が不可欠。これらは、公的研究機関が組織の内外に対して開放（共同利用、遠隔利用等）していく体制を一層整備し、利用促進のための情報提供を積極的に行い利便性を向上すべき。公的研究機関が新規に整備するものについては、予め共用体制を前提として整備すべき。

#### 創造的な研究開発システム実現のための研究開発拠点の整備

当分野の研究開発は、一箇所に拠点を集中させ集約的対応を図ることにより成果の創出が促進されるものではなく、適当に拠点間に緊張関係、競争関係が必要。

したがって、新規の拠点整備というよりも、既存の機関が科学技術システム改革の実践とペアにする等により、効果的・効率的な研究開発システムを、他分野・他領域に先駆けて実施する拠点到発展していくことの方が現実的か

つ適切。その際、当分野が様々な要素技術、知見等の融合により成立するものであるという特質にかんがみ、こうした融合的アプローチが活かせる組織運営、研究開発管理が不可欠。また、異種の研究開発拠点を、研究開発目標に応じて検討して適切な形態でネットワーク化するためのコーディネート機能を強化することが必要。

#### 組織的な人事交流とその成果の人事考課等への反映

融合に対するインセンティブにより研究開発活動を誘導させるだけでなく、機関間の人事交流を組織的に実施し相互に新しい「知」の取り入れに尽力。同時に、人事交流により得られた知見等を研究開発に取り入れる研究者のアプローチ・成果に対し、研究開発機関における人事考課や研究開発費の配分等において積極的に反映。

### (3) 産業化に結びつけていく仕組みの構築、産学官の責任と役割の分担、連携

#### 産業化に結びつけていく仕組みの構築

##### ア．技術移転の加速化

当分野は萌芽的研究成果が直ちに産業化に直結する可能性を持つ特徴があることから、産業化指向研究開発のみならず、基礎的・萌芽的研究に対しても成果の技術移転が迅速かつ円滑に行える体制構築が不可欠。研究開発成果の技術移転の手法に多様なオプションを確保していくとともに、それぞれが柔軟に運用されることが必要。また、研究開発機関における知的財産権の組織的管理体制が不可欠。

さらに、大学等においては、例えば、経営学を専攻する者と連携することにより、研究者の起業家精神の醸成と経営学の学生の実践的手法の取得のシナジー効果を狙っていくことも効果的。

##### イ．社会的実証の活用

新規に創製された材料・デバイスの社会実験的取組の積極的活用により、ユーザの受容性の向上、社会からの反応の研究開発へのフィードバック(社会的要請の再認識)を行うことが重要。

##### ウ．政府・公的研究機関による調達の活用

社会実験的取組や公共サービスに近いところに提供される財の市場化初期の段階において積極的かつ効果的活用を図る。また、試験研究用の資材をはじめとして、研究開発型ベンチャー企業の参入インセンティブが高まるような調達基準等での対応なども検討。



## 産学官連携の促進

### ア．産学官が連携した取組に対する支援策の充実

当分野のような戦略的・先端的分野においては、産業界にとって「知」と「人材」の最大の供給源である大学等との連携の重要性が一層増大。特に、ブラックボックス化しがちな材料の機能 - 構造 - プロセスの関係の解明等に対する大学等への期待は大。他方、大学等においても、納税者に対するアカウンタビリティの確保の観点から、研究開発成果の社会への還元を十分に果たしていくため、双方にとって産学連携の必要性が増大。このため、前述のように融合的・学際的取組に対する支援の充実と同時に、学問に裏打ちされた生産技術等の開拓、実用化を目指した産学官連携の取組に対する支援策を充実させるべき。

### イ．人的流動を阻害する制度の改革

産学官連携を進める際にも、研究者個人の能力が遺憾なく発揮される環境が不可欠であり、研究人材をある箇所に時限的に移動させたり、兼業・休職等により対応したりすることで効率性が増すケースが多々存在。我が国で長年培われてきた社会構造・価値観が存在する中、社会の枠組み全体を変更し人的流動性を高めていくことは現実的には極めて困難。最低限、意欲的に活動する人間に疎外感のない制度面からの環境整備が必要。

### ウ．産学官連携に対するインセンティブの向上

大学等との共同研究等契約に際し、産業界からみた透明性・予測可能性を確保するため、契約手続等に対するガイドラインの整備が必要。また、大学等における研究者の主体的な産学官連携インセンティブを高めるようにするため、自由かつ迅速に外部資金が使用できるよう手続等の一層の弾力化が必要。

その他、機関間の制度上の不公平や阻害要因を取り除き、機関の性格を限りなく意識することなく産学官がイコールパートナーシップを構築できるようにしていくべき。

### エ．産学官連携の取組に対する研究者の業績評価

産学官連携の実績を研究者の業績評価の一つの基準として取り入れていくことを徹底すべき。

## (4) 人材の確保・養成

### 研究者の確保・養成

世界トップレベルでの研究開発を実現するための人材の確保、融合的領域に対応する人材の確保・養成、大学院学生、P D、若手研究者が質の高い研究開発活動に専念できるような支援を充実。

#### 研究支援者の充実

微小領域を取り扱う装置類の操作等については習熟的技能が必要であり、実際のノウハウの蓄積等を考えていく上では、こうした研究支援者をプールするなど、その確保に向けた対応の抜本的強化が必要。

#### 研究評価・マネジメント能力のある人材の養成

#### (5) 推進に当たっての配慮事項

状況の変化に対する柔軟かつ機動的な対応

研究者の確保や我が国の技術の補完、研究開発のスピード向上等のための国際協力の推進

研究者等の社会的責任、社会に対する説明責任

# エネルギー分野

# 1. エネルギー分野の現状

## (1) エネルギー問題の状況（3Eの同時達成が基本的政策目標）

エネルギーは国民生活や経済活動を支える基盤であるが、日本のエネルギー供給構造は依然として脆弱である。エネルギーの輸入依存度は先進国の中でも高く、主要なエネルギー源である石油の輸入先は中東地域に集中している。発展途上国を中心として世界的なエネルギー需要の増大が見られることから、日本が今後とも安定的にエネルギーを確保できるという見通しは不透明である。また、エネルギーは温室効果ガス排出源の大部分を占め、地球環境問題への対応が求められている。さらに、市場の自由化に伴い効率化によるエネルギーコストの低減圧力が強まっていること等エネルギーによる経済成長への貢献が求められている。すなわち、エネルギーの安定供給(Energy Security)、環境保全(Environmental Protection)、経済成長(Economic Growth)の3つのEを同時達成することが要請されている。

## (2) エネルギー問題における科学技術（エネルギー政策との連携と3つの視点が重要）

エネルギー問題は様々な政策や取組みの組み合わせを強力に推し進めないとは解決することはできない。その場合、制度的・経済的な政策だけでは3Eの同時達成は不可能である。科学技術におけるブレークスルーによって新たな技術オプションを提供することが必要であり、エネルギー分野においては科学技術の果たしうる役割は大きい。ただし、科学技術は万能ではなく、その効用と限界、問題点を十分踏まえた上で、新たな技術オプションと他の政策や取組みを組み合わせる効果的な解決を図る必要がある。その意味でエネルギー分野においては、科学技術とエネルギー政策との連携は不可欠である。

科学技術によるエネルギー問題への貢献を考える上では、上記の3Eを同時解決するというだけでは十分ではなく、さらに次の3つの視点からの配慮が不可欠である。1点目は、安全・安心の視点である。研究開発され適用されるエネルギー科学技術が安全なものでありかつ国民に安心を与えるものであることが必要である。国民への説明責任を果たし社会に安心して受け入れられる、あるいは社会に理解され受容される科学技術としなければ、真に問題を解決したことにはならない。2点目は、国際競争力の視点である。エネルギー分野においても十分に国際競争力を向上させ産業、雇用の創出を図ることが必要であり、科学技術の貢献が期待される。この点は国際競争力があり持続的発展ができる国の実現という観点から重要である。3点目は、国際協力・貢献の視点である。エネルギー問題は日本だけでは解決することはできない。例えば近隣のアジア諸国を含む地域全体でエネルギー問題を解決しなければ、日本にとっても真に問題を解決したことにはならない。国際的なエネルギー問題の深刻化とりわけ近隣諸国でのエネルギー問題の深刻化は、日本の安全保障にとって大きな脅威となる。また、国際的な共同研究開発への参加は日本にとって効率的な研究開発の実施というだけでなく、知の創造と

活用により世界に貢献する国の実現という観点から重要である。

## 2. 重点領域

### (1) 重点化の視点

エネルギー科学技術においては、長期的展望に立ちつつ次の4つの視点から見て研究開発の重点化を図ることが必要と考えられる。

#### 将来の社会経済に適合するエネルギー源の多様化

日本はエネルギー源の大部分を海外に依存しており、供給源を多様化することによって供給安定性を高めることが重要である。その意味で、化石エネルギーでは石油のみならず天然ガス、石炭等の有効な利用を推進するとともに、自然エネルギー、原子力エネルギー等非化石エネルギーの利用拡大に向けた研究開発に力点を置く必要がある。しかし、これらの研究開発においては単に選択肢を増やすというだけでなく、経済性、環境面のクリーン性、安全性など将来の社会経済に適合し国民に十分受け入れられるような条件を満たすことを目標としなくてはならない。

#### エネルギーシステムの脱炭素化

地球温暖化問題が差し迫った課題になっている。2010年に1990年比で6%の温室効果ガス排出削減が求められているが、さらにその後格段に厳しい排出削減が必要になる。しかも、温室効果ガスの約8割はエネルギー起源のCO<sub>2</sub>であることから、解決のためには更なる技術オプションの用意が必要な状況であり、エネルギー科学技術が担う役割は大きい。ア．社会に適合するエネルギー源の多様化、ウ．エネルギーシステム全体の効率化と併せて、地球温暖化問題への科学技術面からの対応としてエネルギーシステムの脱炭素化のための研究開発が必要である。この問題は環境分野でも重要であり、環境分野においても重点課題として研究開発を推進すべきである。

#### エネルギーシステム全体の効率化

これまで日本では各種の省エネルギー技術の開発・導入が進められてきており、世界の中でも省エネルギー化は進んでいるとの評価がなされている。今後はさらに社会全体を見通してシステムの観点から効率向上を図ることが必要である。エネルギーシステム全体の变革又は高度化をもたらすような研究開発、エネルギーシステムの基盤となるインフラを高度化するための研究開発、受け入れる社会全体のあり方の変革まで考慮した新しいエネルギーシステムの研究開発等について推進していく必要がある。

#### 基盤科学技術の充実

エネルギー科学技術は幅広い科学技術が集積し総合されたものであり、

その中でブレークスルーにより革新的な技術オプションを生み出しそれを社会に適用していくためには、基盤となる部分が充実していることが不可欠である。特に、広く産業全般、経済活動を支えるエネルギーに関しては、短・中期的に実現を期待される研究開発だけでなく、将来への投資としての長期的視点からの研究開発も必要である。また、エネルギーシステムが社会や人間に受容されるためには、エネルギーが社会や人間に与える影響に関する研究、エネルギーの研究開発や政策の評価等、社会科学や人文科学と連携した研究が必要である。

## (2) 重点領域

エネルギー科学技術としては、従来からエネルギー源多様化技術、省エネルギー及びエネルギー利用高度化技術、原子力エネルギー技術等の研究開発が行われている。こういった技術は重要であり今後とも研究開発を推進していかなければならない。まず、これらの研究開発について厳正な評価を行いその結果を踏まえた重点化を図った上で、今後とも効率的かつ着実に推進を図っていくことが必要である。

こうした従来からの研究開発の効率的かつ着実な推進を図るため、前述の～の重点化の視点を踏まえ、今後5年間を見通したエネルギー分野の重点領域については、以下のとおりとする。

### 供給、輸送、変換、消費のエネルギートータルシステムの変革をもたらす研究開発

3E達成という政策課題への抜本的、効率的な取組みとして、個別要素単位ではなく、エネルギーシステムとしての取組みに重点をおく。

具体的には、エネルギー管理システム(EMS)及び社会・都市・交通・住宅建造物のエネルギーシステムの研究、水素利用システム、バイオマス開発・利用技術、DME(ジ・メチル・エーテル)・GTL(ガス・トゥ・リキッド)製造・利用技術(天然ガスからの液体燃料製造・利用技術)、電力システムにおける超電導利用技術、核燃料サイクル等があげられる。また、長期的視点からは、エネルギー技術となるには更なるブレークスルーを要する核融合発電、宇宙太陽光発電、海洋エネルギー利用、メタンハイドレート(メタンと水の分子から成る氷状の固体物質)等があげられる。

### エネルギーインフラを高度化していくために必要な研究開発

エネルギーシステムを支えるエネルギーインフラに係る諸要素の研究開発。効率性、環境面等からの高度化に重点をおく。

具体的には、燃料電池、太陽光発電などの分散電源技術の開発、石油探査・利用技術、クリーン・コール・テクノロジー(石炭のクリーンな利用技術)、産業用コージェネレーション(熱電併給)技術、クリーンエネルギー自動車開発、各種材料開発等があげられる。また、長期的視点からは、アクチド燃焼、立地制約の小さいこと、非電力利用などに配慮した革新的

原子炉、バイオプロセス（生物機能を活用した生産工程）等革新的技術があげられる。

#### エネルギーの安全のための研究開発

エネルギーのあらゆる側面において安全を確保し国民の安心を得る研究開発に重点をおく。

具体的には、放射性廃棄物処分、原子力の安全向上技術、電力、ガス等エネルギー供給・利用に関わる保安対策向上技術、天然ガスパイプラインに係る安全評価研究等があげられる。

#### エネルギーを社会的・経済的に評価・分析する研究

エネルギーシステムは社会、経済、環境の諸面と密接に関連していることから、それら諸面の総合分析評価、エネルギーシステムの社会や人間への受容性、社会的理解を高める研究開発、産業創出の観点からの研究に重点をおく。

具体的には、エネルギーシステムの経済、環境面を含む総合分析評価に関する研究、原子力エネルギー利用の社会的理解に関する研究、新エネルギー導入・省エネルギー推進のためのインセンティブの研究等があげられる。

### 3．重点領域における研究開発の目標

重点領域における今後5年間で到達すべき研究開発の目標は以下のとおりである。

#### (1) 供給、輸送、変換、消費のエネルギー・トータルシステムの変革をもたらす研究開発

供給部分を中心とした新たなエネルギーシステムの研究開発については、それぞれの特性、進捗状況、コスト面に応じて、それぞれの研究開発目標を位置付ける。具体的には以下のとおりとなる。

##### ア．水素利用システム

およそ5年後を燃料電池システムの導入開始目途とし、導入段階への準備として、水素の製造・輸送・貯蔵・利用技術の開発、水素ステーションの実証、基準・標準化等水素エネルギー利用の制度面の基盤の整備を目指す。

##### イ．バイオマス開発・利用技術

未活用のバイオマスの汎用性の高い燃料形態への転換効率の向上、コスト削減技術の開発、システム技術の実証試験、モデル事業の開始等を目指す。

##### ウ．DME・GTL製造・利用技術

概ね5年後までの商業生産の開始を目指し、効率的・低コストな生産

技術の開発、実証試験による利用技術の確立、保安規制、規格類の整備を目指す。

#### エ．核燃料サイクル

原子力のエネルギー利用は核燃料サイクルによるエネルギーシステムとしての完成が不可欠であり、ウラン濃縮、再処理、MOX（混合酸化物）燃料加工及びFBR（高速増殖炉）サイクルの各分野において中長期的視野の下、着実な研究開発を推進するが、今後5年後の主な具体的目標としては、ウラン濃縮分野における新型遠心分離機の最終仕様決定、FBR導入に向けた核燃料サイクルの実用化概念に基づく研究テーマの特定等を目指す。

#### オ．長期的研究開発課題

将来へのエネルギー供給オプションに繋がるよう基盤技術の確立を目指す。

輸送・変換部分が中心となる新たなエネルギーシステムの研究開発としては、電力システムにおける超電導利用技術があげられる。およそ10年後からの導入開始を目途として、高効率な電力貯蔵装置、発電機、ケーブル、変圧器等に用いる要素技術の確立を目指す。

消費部分を中心とした新たなエネルギーシステムの研究開発としては、エネルギー管理システム(EMS)及びITインフラを高度活用した住宅・ビル・交通システムを含めての都市エネルギーシステムの研究があげられる。今後5年間で、最適制御技術、評価手法の開発、省エネルギー技術の体系的な開発等を目指す。

### (2) エネルギーインフラを高度化していくために必要な研究開発

#### エネルギー機器の効率向上

ア．燃料電池は、車載用プロトタイプの開発と併行して、小容量から発電用大容量タイプまでも含め基盤研究を行い、コスト削減を目指す。

(参考)

およそ10年後からの普及段階においては、5,000円/kw程度の自動車用燃料電池、30万円/基程度（家庭用）の定置用燃料電池システムの実現を目指す。

イ．太陽光発電については、パネル発電システムの普及拡大と共に材料などの基盤研究を平行して行い、変換効率の向上等コスト削減を目指す。

(参考)

普及拡大に向けて、発電コスト30円/kwh程度、システム設置価格37万円/kw程度の太陽光発電の商用化を目指し、10年後には25円/kwh程度、システム設置価格30万円/kw程度、20年後には10～15円/kwh程度、システム設置価格20万円/kw程度の商用化を目指す。

ウ．石油探査・利用技術については、石油資源の遠隔探知技術の開発と精製・利用技術の高度化を目指す。



エ. クリーン・コール・テクノロジーについては、IGCC(石炭ガス化複合発電) 実証試験の実施及び熱効率の向上等を目指す。

(参考)

現行約39%の熱効率(送電端)を46%~48%程度まで向上させることを目標とした燃焼システム等の技術の確立とともに、55%程度まで向上させることを目標とした基盤技術の開発等を目指す。

オ. コージェネレーションについては、更なる低コスト化、発電効率の向上等技術の高度化を目指す。

カ. ゼロエミッション、高効率等クリーンエネルギー自動車技術については、エンジンの改善、エネルギー回生装置の効率向上を目的とした要素技術の開発を目指す。

エネルギー機器・インフラ用各種材料開発

超低損失電力素子、超電導材料、高効率光電変換素子、耐熱単結晶調合金、耐熱性・信頼性に優れたセラミックス等新材料のエネルギー機器・インフラへの適用、実用化を目指した基盤研究を行う。

革新的原子炉、バイオプロセス等革新的技術の基盤研究を行う。

### (3) エネルギーの安全のための研究開発

放射性廃棄物処分に関しては、高レベル放射性廃棄物処分における地表からの調査による地質環境の把握研究、設計/安全評価データ・モデル等の整備を目指す。

原子力の安全向上技術については、実証試験等を通じて安全性を保障する技術の高度化を目指す。

電力、ガス等エネルギー供給・利用に関わる保安対策向上技術については、リスクアセスメント、寿命予測技術等それぞれの個別開発の達成を目指す。

天然ガスパイプラインの研究開発については、長距離海底用等パイプラインの安全評価の確立を目指す。

### (4) エネルギーを社会的・経済的に評価・分析する研究

エネルギー経済環境システムの総合評価分析については、エネルギーシステムが社会、経済、環境の諸面に与える影響を総合的に分析・評価する手法の構築を目指す。

原子力エネルギー利用の社会的理解に関する研究では、原子力に特有の障害要因を解析評価し、社会的受容性の向上に向けた評価手法の構築を目指す。

省エネルギー推進のためのインセンティブの研究としては、民生、運輸部門を中心とした、都市・建造物・交通といった社会システム単位での省エネ促進の研究、人間のエネルギー消費の行動モニタリングによる分析評価手法の構築等を目指す。

新エネルギー導入のためのインセンティブの研究としては、新エネルギーの導入・普及量の目標達成を目指した政策オプション等の研究、ライフ・サイクル・アセスメント(資源採取から廃棄に到るまでの生涯を総合した評価)手法による各種エネルギーシステムの環境影響評価手法の構築等を目指す。

## 4. 重点領域における研究開発の推進方策の基本的事項

### (1) 研究開発の質と効率の向上を図るための重要事項

#### 国際協力

国際的なエネルギー問題の深刻化は、日本の安全保障にとって大きな脅威となるため、日本としては、発展途上国を中心として、国際的に移転できうる研究開発成果の創出と積極的な移転への取組みが必要である。

また、大規模で高度な研究開発について日本だけで実施するのではなく、諸外国との共同による研究開発の推進が重要である。国際的な共同研究開発への参加は日本にとって国際貢献、効率的・効果的な研究開発の実施の観点から重要である。

#### 研究開発成果の普及

大規模なエネルギーシステムの開発成果については、その導入・普及には社会的理解、国民の理解が必要であり、研究開発の段階から、社会的理解に関する研究も併せて取り組む必要がある。

また、水素を用いる燃料電池や、原材料の調達・確保に課題のあるバイオマスエネルギー等クリーンエネルギー関連の開発成果は、市場原理だけでは十分な導入・普及が図られにくいものもある。したがって、研究開発の段階においても、開発成果の導入・普及のための社会的、政策・制度的状況を十分踏まえた上での取組みが必要である。

#### 産学官の役割分担、連携

エネルギーシステムの研究開発は、関連技術の集合体でもあり、1つの主体が全体に取り組むことは非効率的でもある。例えば、省エネ関連技術等市場原理との関連性が高い研究開発は民間を主体とすべきであり、逆に原理の究明等基礎的な分野は公的機関を主体とすべきである。こうした考え方を参考にしつつ、産学官の効率的な役割分担、推進が担保される体制の下で、研究開発を推進すべきである。

#### 省庁連携による効率的推進

バイオマス、省エネ等の技術開発は導入普及までを見越せば、複数の省庁横断的課題であり、こうした分野での研究開発においては、省庁間の連携による、無駄がなく、効率的な取組みが必要である。

### 短・中・長期的研究開発課題の組合せ

3 E 達成の観点から望ましいエネルギー技術体系の実現を目指して、コスト低減、効率向上等実用化を目指した短期的課題、革新的技術の実用化に向けた中期的課題及び基盤科学技術等長期的課題を適切に組み合わせ、全体として整合性のある取組みを行うべきである。

## (2) 研究開発に必要となる資源に関する留意事項

### 人材の確保・育成

原子力分野を始めとして近年人材の供給に対する懸念が高まっており、エネルギー分野に進むことが果たして若い人材にとって魅力的なのかどうかという社会全体の問題となっている。特に、長期的研究開発課題の重要性も考慮すれば、エネルギー分野での技術基盤を維持し研究開発を推進していくため、人材の確保・育成を図ることが必要である。このため、大学等高等教育のみならず、初等・中等教育においてもエネルギー問題の重要性、特にエネルギー有効利用やエネルギーの安全に係る教育の充実を図る必要がある。

# 製造技術分野

# 1. 製造技術分野の現状

## (1) 当該分野のおかれている状況

21世紀も、製造技術は、我が国の生命線であり、経済力の源泉産業構造のサービス化、IT革命が進展する現況においても、依然、我が国経済における製造業の位置付けは大きく、貿易立国日本のまぎれもない基幹産業。

製造業は、名目GDP及び全就業者中の25%の地位を占める。

全輸出入額に占める製造業の製品の割合は70%。貿易財収支について、他分野の入超を補って余りある外貨を稼ぎ出している。

製造業はGDP全中間投入額の約50%、広範な経済活動を支える製品供給。

21世紀も、我が国経済の持続的発展のためには、製造業の国際競争力強化は必須であることを認識し、製造技術におけるイノベーション誘発が不可欠。

製造業の国際競争力を高めることは、良質な雇用の提供の観点からも重要。

### 優位だった技術競争力、及び基礎研究の産業寄与が低下傾向

今後とも製造業の国際競争力を維持していくためには、製造技術における研究開発課題を明確にし、そのイノベーションの起点である大学等における基礎研究の質的・量的な向上を図ることが重要である。

日米技術競争力比較(99年産業競争力会議)では、米国側評価で米国優位。

製造技術分野のサイエンスリンケージ(特許出願1件当たりの科学論文の引用回数)が1995年以降急激に低下、従来同レベルだった米国との差が拡大。

### 科学技術だけでなく、製造技術を取り巻く周辺環境に留意が必要

「製造技術」の推進戦略の議論には、科学技術的な内容だけでなく、製造技術に関与し影響を与える周辺の要素をスコープに入れておくべきである。

- ・ 社会制度、法規制、産業政策との関係
- ・ 国のセキュリティ管理(エネルギー、食料問題等)
- ・ 企業活動(ビジネスモデル、グローバル化、市場要求、雇用問題等)
- ・ 高コスト構造(エネルギー、物流、租税、社会資本、労働)
- ・ 国際貢献の視点(グローバル化と現地雇用等)

本プロジェクトでは、これらの周辺環境に対して、製造技術に関する研究開発成果の進展・普及に課題となる事項を検討し対応方案を提言していく。

## (2) 当該分野に対する国家的・社会的要請と技術革新課題

### 産業競争力の強化と経済社会の持続的発展

また、必要なコストをかけても国際的に存立しうる、高付加価値を生み出す新たな製品、そのために必要な新製造技術を絶え間なく創出することが貿易立国たる我が国の経済が、21世紀も持続的発展をするために、製造業が国際競争力を維持することが必須であり、従来から我が国が得意としてきた生産性向上を図るプロセス技術革新を一層進め、特に、IT産業革命との融合により新たな変革を生み出すことが重要。(プロセスイノベーションの一層の推進)必要。(プロダクトイノベーションの強化)

さらに、優れた技術を最終目的たる企業競争力の強化に結びつけるため、これら技術を効率的かつ迅速にまとめ上げ、市場に製品として送り出せる、経営戦略まで含めた総合力を強化することが必要。(ビジネスモデル革新との一体化)

### 地球環境との調和、エネルギー利用高度化への対応

21世紀においては、製造業が資源・エネルギー制約を打破し、環境問題を克服することが、健全な経済活動を営み、暮らしやすい社会構築に貢献していく上で必須条件となる。これら課題に対処し、製造業が循環型社会の主要な役割を担っていくことで、持続可能な経済社会の実現を強く支えることが必要である。

地球環境との調和に関しては、製造技術は極めて密接な関係にあり、循環型社会形成に適合した生産システム、有害な化学物質のリスクを極小化する技術、地球温暖化対策技術を進める必要がある。

また、脆弱なエネルギー需給構造を持つ我が国においては、省エネルギー・エネルギー利用高度化技術を弛まなく推進せねばならず、当面は、地球温暖化対策としてCOP3京都議定書の2010年での温室効果ガスの排出削減目標に向けた取組を優先して進める必要がある。

### 高齢社会での質の高い生活への対応

今後ますます少子高齢化が進展する我が国にとって、就業環境と提供する製品の両面において、高齢者等に配慮した製造技術を実現することが必要である。

就業環境については、高齢者が保有する製造技術に関わる技術・技能伝承を行うとともに、高齢者にも安全で安心して対応できる環境を整えていくことが必要。

一方で、提供する製品の面では、高齢社会に対応した医療・福祉用機器の基盤技術を強化することが必要である。この分野は、従来から我が国にも基本技術が存在しながら、十分な競争力を発揮し得なかった分野であり、研究開発の推進とともに制度上の周辺環境についても対応策を

検討していく必要がある。

## 2. 重点領域

### (1) 重点領域設定の視点

製造技術分野に対する国家的・社会的要請に的確に応え成果を出していくためには、「選択と集中」といわれるように、重点領域を明確にした推進戦略を立てることが肝要であり、以下の3視点から設定する。

#### 製造技術イノベーションによる競争力強化

～ 貿易立国としての我が国の国際競争力を強化し、経済成長をリードする基盤となる領域

#### 製造技術の新たな領域開拓

～ 新たに中長期的な需要が見込まれる製造技術の領域

#### 環境負荷最小化のための製造技術

～ 今後の製造技術発展の基盤となる基本的事項

### (2) 重点領域の設定

#### 製造技術革新による競争力強化

##### ア. IT高度利用による生産性の飛躍的向上

IT産業革命と言われるように急速に進展する情報技術と製造技術との融合により、多方面で生産性の飛躍的向上に繋がる変革が期待できる。

- ( ) 製造現場におけるノウハウ、体系化されていない技術、過去の失敗経験等をデジタル化し有効活用することによって、生産性の向上を図る技術
- ( ) CAD、CAM、CAE等のコンピュータ指向の製造技術をより高度化することにより、飛躍的な生産性向上を図る技術 等

##### イ. ブレークスルー技術による製造プロセスの変革

製造技術には、機械、電気、金属、食品、化学等のそれぞれ固有の製造プロセスがあり、嘗々としてその効率化の取組がなされ今日の姿があるが、いずれのプロセスでも現在の形態を取らざるを得ない技術的根拠がベースに存在する。このような技術的なベースを新たな発想でブレークスルーすることにより、大幅な効率化、低コスト化を図れる新たな製造プロセスの開発が産業競争力強化のためには必須である。

推進に際しては、このような革新的なプロセス開発は、従来から産業界でもリスクが大きい等の理由により、国家プロジェクトとして推進されることが多かったが、研究開発開始時と終了時のフィービリティ・スタディの差異等の理由により実用化に至らなかったケースの

反省を踏まえ、テーマ選定、事前評価に工夫を行って進める必要がある。

### ウ．品質管理・安全・メンテナンス技術の高度化

我が国の製造業を支えてきたものづくり基盤技術に関して、品質管理を含むものづくり能力に対する懸念から、その施策を総合的かつ計画的に推進するため、国レベルでも「ものづくり懇談会」等の場で議論がなされてきた。この懇談会の報告書にもあるように、対応策は科学技術に関する事項にとどまらず、人づくり、経営モデル、技能伝承、規制緩和等の広範な要因を考える必要がある。ここでは、このような周辺環境を念頭におきつつ、研究開発として行うべきことを明確にして取組を行うことが必要である。

## 製造技術の新たな領域開拓

### ア．高付加価値製品技術

既存の製造技術分野は効率化し生産性をあげていく一方で、従来に無い、あるいはより高度な付加価値を付けることにより、製造技術の新たな領域を開拓していくことが必要である。従来から我が国は高機能部品・素材の製造には強みを有しており、マイクロ化（マイクロマシン、ナノテクノロジー-応用製造技術等）、複合高機能化（知能ロボティクス、オプトエレクトロニクス、ハイブリッドオプトエレクトロニクス等）等の先端技術による新たな付加価値創造が必要である。

### イ．新規需要対応技術

今後少子高齢化が進展する中で、高齢者が安心して安全に社会参加できるようにすべきというニーズから、人間生活に関わる広範な領域で新たな需要が喚起される。特に、医療・福祉用機器に対する期待は大きく、この分野の基盤技術をより強化する必要がある。

また、製造技術分野の基礎的な技術知見を共有化し、欧米並みの計量標準を整備していく必要性が指摘されているが、この知的基盤整備の一貫として、高精度評価機器等の強化が必要である。

## 環境負荷最小化のための製造技術

### ア．循環型社会形成に適応した生産システム

資源の投入、廃棄物等の排出を極小化する生産システムの導入により、資源の有効利用と廃棄物等の発生抑制を行いつつ、資源循環を図る循環型社会を実現する技術が必要とされており、所謂リデュース、リユース、リサイクル技術及びこれらの総合化技術への取組が必要。

推進に際しては、市場規模の大きな特定製品を例として総合的な取組を行う、あるいは特定製品に限らず共通する要素技術の研究開発を



行う等の方策を明確にして推進する必要がある。

#### イ．有害物質極小化技術

人の健康や生態系に有害な化学物質のリスクを極小化する技術及び評価・管理する技術が必要とされており、製造工程、製品からの有害物質（ダイオキシン類、オゾン層破壊物質等）を極小するとともに、有害化学物質リスクを削減する技術の研究開発が必要である。

推進に際しては、微量な物質の高度なセンシングや削減・除去技術が必要になるため、ナノテクノロジー等の応用を視野に入れて進めることが重要。

#### ウ．地球温暖化対策技術

温室効果ガスの排出最小化・回収などの地球温暖化対策技術が必要とされており、この地球温暖化対策については、COP3京都議定書の目標達成に向けて鋭意努力中である。製造技術分野では、エネルギー高効率生産技術、未利用エネルギーの有効利用技術、中低温排熱回収技術等の省エネルギーの高難度課題解決技術には更に積極的に取り組む必要がある。また、新エネルギー技術として太陽電池、H2貯蔵技術、燃料電池、風力発電等にも取り組む必要がある。

### 3．重点領域における研究開発の目標

製造技術革新による競争力強化		
重点領域	達成目標	具体的課題例
-ア. IT高度利用による生産性の飛躍的向上	IT高度利用により、グローバル展開の中での新時代の製造技術の競争力強化を図る。	・技能(ノウハウ)のデジタル化・体系化 ・CAD等のデジタルエンジニアリングの高度化等の技術の実用化
-イ. ブレックル-技術による製造プロセス変革	革新的な技術開発による世界的に競争力のある特徴ある製造プロセスの実現	・ナノテク応用、新規触媒、化学プロセスのマイクロジュール化・コンビナトリアル(組合せ)技術等の革新的シーズ技術の確立
-ウ. 品質管理・安全・メンテナンス技術の高度化	我が国が得意とする品質の高度化技術、安全技術で継続して優位性確保	・軟らかい制御技術等の自律制御、自己診断機能をもった生産システムの実現、人間の感覚的評価の定量化による検査工程無人化の実現
製造技術の新たな領域開拓		
-ア. 高付加価値製品化技術	マイクロ化、複合高機能化等による我が国でしかできない高付加価値製品の開拓	・マイクロマシン、マイクロファクトリーの実用化見極め、ナノマニュファクチャリング技術の基盤確立 ・生体・光機能等とエレクトロニクスとの複合機能技術の基盤確立

-イ.新規需要開拓技術	高齢社会に対応する医療・福祉用機器・ライフインフラ対応技術の製造技術基盤の確立および関連する知的基盤整備	・医療・福祉用機器、再生医療、機能性食品等の製造に関わる基盤技術確立 ・高精度評価機器の実用化、材料開発等のデータベース構築
環境負荷最小化技術		
-ア.循環型社会形成適応生産システム	廃棄物の減量化目標を達成するためのリデュース、リユース、リサイクル技術の実用化	・循環型生産システム、ミッションフリー製造技術、廃棄物・副産物のリサイクル技術の実用化および環境負荷評価、LCAシステムの基盤確立
	循環型社会に適応する社会インフラの構築	・疲労・腐食評価システムの実用化 ・最適な産業横断インフラのシミュレーションによる検討、課題抽出
-イ.有害物質極小化技術	製造工程、製品からの有害物質極小化、化学物質リスクミナム技術の実用化	・環境負荷物質のない機能材料・製造プロセス技術の実用化 ・微量有害物質分析技術の確立
-ウ.地球温暖化対策技術	COP3の目標を実現する総合的な省エネルギー、新エネルギー技術の確立と実社会への適用	・低温排熱回収、エネルギーカスケード利用技術等の省エネルギー技術及び太陽電池、燃料電池、水素利用等の新エネルギー技術の確立、実用化

### 国で行うべき研究開発について

製造技術分野は、成果実現の主体が産業界であるため、その競争力を維持しメリットを享受するために多くは産業界自らが研究開発を行うことになる。このような状況で、産業界では行い難く、国として行うべき研究開発を明確にしておく必要があり、以下にその要件を整理した。

- 国際競争力を持つ先端技術領域の開拓
- 先端技術を保障するための基礎研究の推進
- 日本で優位性を保てる生産技術・製品に繋がる基礎研究
- 製造技術に関わる知的基盤の整備
- (これらを推進するために必要なインフラ等の基盤・土壌整備)

## 4. 研究開発の推進方策に関する基本的事項

技術革新を産業競争力の強化に結実させるためには、研究開発と併せて以下の施策・推進方策が必要である。

### (1) 人材の育成、独創性を発揮しうる環境整備

- ・社会的ニーズや製造技術の基底を理解し、新たな発想でプロセス・製品を改革する能力のある人材の育成
- ・専門学校等の充実、社会人教育、先端技術への迅速な対応による高度

な製造技術者の育成

- ・ 外国人労働者等の海外人材の有効活用
- ・ 独創性のある人材を育成するための、研究開発施設・設備、予算制度、教育システム等の環境整備 等

## (2) 知識基盤、技術・ノウハウの蓄積

- ・ プロセス技術革新としての技術・ノウハウの蓄積、及びそれを支える人材の育成、また製造現場に散在し体系化されていないノウハウ・技能の科学的分析・体系化
- ・ 過去の失敗を科学的に分析し、知識を蓄積し、次回の作業に有効に活用できる環境を整備（失敗知識活用データベース）

## (3) 知的財産権に関する戦略

- ・ 知的財産権の取得に関するインセンティブについて
  - 特許出願、維持費用の国による支援システム  
国の研究助成制度を活用して研究開発を行った成果として、特許を取得する場合、出願費用、審査請求費用、登録費用などを国が全部、または一部負担し、特許取得に対する研究者のインセンティブを高める政策が必要。
  - 企業戦略上重要な発明を周辺技術も含め包括的、国際的に権利化を促す制度とすることが必要。
- ・ 当該特許による起業時の支援策
  - 上記の特許を使用して、ベンチャーなどの起業を行う場合に、資金融資制度として債務保証の一部を国が補償するなどの支援策を作る。
  - 実施機関として、民間企業、TL0などスピーディな対応が可能な方策。
  - ベンチャーの規模として、一定の基準（創業 年以内、資本金 円以下等）を設けて支援を行うようにする。
- ・ 発明者が正当に評価される社会と制度が必要  
発明者が正当に評価されないのでは、新しい発明も特許も生まれない。公的機関の研究者や国立大学の教官らが、画期的な発明をしてロイヤリティを得たり、起業家になっていくことを邪魔しない社会的価値観を築くべき。

## (4) 産学官連携のあり方

- ・ 研究初期段階からの、特に「産」と「学、官」の連携・役割分担の明確化が必要である。特に、製造技術分野の場合には研究開発のニーズ、狙いを共有化することが必須であり、研究開発テーマ採択時における連携義務化等の対策が必要である。

- ・ 「産」のニーズに対して、依頼された研究開発テーマを受けられる「学、官」の人材（資質、規模）の充実も課題であり、そのための材養成、研究開発テーマへの迅速な対応を図るために民間から学・官への人材流動化促進も必要である。
- ・ 一方で、大学の成果を産業界で実用化するための人材流動化施策として、平成12年4月に制定された「産業競争力強化法」によって、大学教官の民間企業役員兼業化も可能になっており、更なる活用、活用上の弊害緩和策が必要である。
- ・ 我が国の産学官が有する人材、研究資金、研究設備等の研究資源を最大限活用し、ものづくりに係る技術革新に結びつけるための、産学官の有機的な連携、マッチングファンド方式による推進も必要。
- ・ 産学官連携時の、特に「学、官」の成果の知的財産化に関して利益相反問題を認識し、あらかじめ共同研究契約にて成果の取り扱い等の権利関係を明確にするように留意が必要。
- ・ 製造技術の大きな技術的革新につながるような新たなシーズの発信は、大学サイドからの大きな潮流として提案されることが過去の事例として多い。大学からのこのような大潮流となる発信が期待される。

#### (5) 知的基盤の整備、標準化の推進

- ・ 計量・計測技術等のデータベース化の推進
- ・ 成形・加工の微細化・高精度化と一体となった計測・分析技術の開発
- ・ 医療・福祉機器の安全性に関する基盤データや標準物質、平衡状態図、基礎物性、触媒機能等の材料設計基礎データの整備
- ・ 安全性を追求する基盤研究の推進が必要。製造プロセスだけでなく、製品やサービスのライフサイクル全てにわたる安全性を研究する機関の設置等
- ・ 新たな成形・加工技術や計測・分析技術のシステム・部品等の標準化推進（マイクロ流体／チップシステム、マイクロバルブ、マイクロ熱交換器等）

#### (6) ベンチャービジネス化等の実用化への方策

- ・ 新たな製造技術領域ではベンチャービジネスによる市場参入が有効であり、そのための支援策が必要。企業内創業への支援策も要検討
  - その支援策の視点としては、ベンチャーのコアとなる技術が将来の製造技術の基盤となる高度な技術であること、新たな雇用創出機会が多く期待できること、理論的な裏付けの観点から大学と連携したものであること等の目利きが重要である。
  - また、支援方策としては、外国特許を含む特許取得を容易にする支援、ひとつのニーズに対して複数の選択肢を見極めることができるような支援、インフラ施設・設備等の提供等に対する資金的な支援

を重視すべきである。

- ・ 大学の研究成果の産業界へのスムーズな移転、を図るためにTLOの積極的活用による実用化は継続して必要。特に、新技術を企業のニーズとマッチングさせるためのTLOの積極的活用を図るべきであり、コンソーシアム方式TLOの導入等も検討すべき。
- ・ また、「中小企業創造活動促進法（平成7年）」等にて一定規模のベンチャーへの支援策が決まっており、このような実用化補助金制度の積極的利用を図っていくことも重要である。

#### **(7) 経営・ビジネスモデル・科学技術政策上の課題**

- ・ 新しいビジネスモデルへの転換促進、規制緩和
- ・ 製造技術の強みが発揮できるビジネスモデルの確立
- ・ イノベーションを効果的に経済成長に繋げる科学技術政策的検討

## 社会基盤分野

# 1. 社会基盤分野の現状

## (1) 文明と社会基盤

我が国は、明治以来、欧米の社会基盤をモデルとして研究開発と建設に全力を傾注して近代化を推し進めてきたが、災害や事故による被害は減少するどころか、社会の高度化、都市の巨大化・過密化につれて、むしろ深刻化しているとさえ言える。

我が国の都市は、政治中枢の周辺にいわば自然発生・膨張してきたものがほとんどで、ヨーロッパの都市のような市民の共同体としての理念に欠けている。そのため、都市は田園地帯を無秩序に侵食し続け、内部の社会基盤の整備も、そうした理念抜きの現実追隨的・弥縫策的なものに終始してきた結果、我が国の都市とその周辺地域は、極めて低劣な状態にある。それはまさにカオス的状態であり、美的でないという域を越えて、およそ効率的経済社会を支えるシステムティックな基盤に欠けているといっても過言ではない。

我が国の社会基盤に関する問題は、社会基盤の体系的・総合的構築に向けた政策や科学技術に関する研究開発への問題意識と投資が決定的に不足している点にあると考えられる。この状態が改善されない限り、科学技術振興の成果が経済の活性化と国際競争力の向上につながることはないし、21世紀の成熟社会にふさわしいQuality of Life (QOL) を求むべくもない。

その意味で、安全な社会を構築し、質の高い生活を支える美しい環境を整える問題意識に貫かれた、体系的かつ総合的な研究開発を重点的に推進しなければならない。

また、社会基盤分野における研究開発は、我が国土の再生に必要なばかりでなく、国際的な観点からも重要な意味を持っている。開発途上国も、多くの場合、程度の差こそあれ、我が国の轍を踏んでいるように見受けられるからである。

我が国の経験を活かして都市と国土の再生に向けて開発される技術、技法、コンセプトは、おそらく他のいかなる先進諸国のものよりも、開発途上国の社会基盤整備に馴染むものとなるであろう。

我が国はこの分野において世界が直面する多くの難問を解決し、持続的発展に貢献する観点から、多かれ少なかれ我が国と同じような状況にある開発途上国への技術協力を率先して行う立場にある。

## (2) 社会基盤分野の動向

我が国の社会基盤分野における科学技術は、大規模な施設であるトンネル、橋梁、ダム等や地盤改良技術、海岸沿岸利用技術、地下利用技術、高速鉄道などの輸送技術等が世界最高水準にあるほか、昔からの伝統技術も

比較的健在で、さまざまな技術やシステムを駆使して社会基盤を整備、維持管理している。

戦後の最初の大きな変革は、コンピューターの普及と品質管理の向上に起因する。これにより、非線形構造の解析手法が発達したことから、社会基盤の設計手法に大きな変革がもたらされるとともに、それを実現する施工法が確立された。日本列島改造計画や数次にわたる全国総合開発計画に則り、時代の要請に応じた国土・社会基盤整備を計画的に推進すべく、現在の科学技術体系を支える各種の技術基準が整えられていったのである。

次の大きな改革は、1990年代初期に起こる。アメリカとの構造協議に端を発して、社会基盤整備の構造も、国際化の影響を受けるとともに、「生活大国」を目指した社会基盤整備に傾注していく時期となったのである。地球サミット（1992年にリオデジャネイロで開催された環境と開発に関する国連会議）を契機に「持続可能な発展」という概念からも大きな影響を受けることとなった。こうした背景の下、景観デザイン技法や自然環境の調査研究などの新しい科学技術分野が創出され活発化した。

一方で、社会基盤整備政策として危機管理施策が登場し、1995年の阪神淡路大震災によってその必要性が広く認識され、高密度な経済社会体制と都市活動に対応した新しい社会基盤の危機管理施策の研究開発が行われるようになった。また、コスト縮減技術、環境緩和技術、住民参加手法などを重視する研究開発が行われ、最近では、ライフサイクルコストを念頭においた社会基盤整備や、環境再生・復元技術の研究開発が行われるようになってきている。

そして今、新しい変革の時期を迎えている。

まず、情報通信革命に対応して、社会基盤整備・管理の仕方に変革が起きつつある。情報通信技術の発展によって、これまでは困難であった高度な国土・社会基盤の管理制御システムの構築が現実性を帯びてきたのに伴い、その研究開発が進められている。

また、経済活動のグローバル化の波は、社会基盤のあり方にも大きな影響を与えている。交通システムを取ってみても、我が国が国際競争力の観点から相対的に地盤沈下を引き起こしていることから、その競争力向上に向けた研究開発が行われるようになった。

次に、世界に目を転じれば、多様な価値観が表出・衝突して、グローバル化からリージョナリゼーションかをめぐると対立が鮮明となり、時には大きな社会的・国際的問題を引き起こしている。

先進国の公的セクターの資金による開発援助だけでは、開発途上国の持続的な発展が危ぶまれており、世界全体で、新しい開発途上国の社会基盤の整備や管理のシステム構築の道を模索している段階にある。

加えて、世界各地で多発する異常自然災害に対して、災害救済の役割を



果たしてきた世界の再保険システムが破綻するなど、自然現象の猛威に備える社会システムの欠如が問題となっている。

こうした深刻な世界的諸問題の動向を見据えた社会基盤分野の研究開発が待たれるところである。

### (3) 社会基盤分野の技術革新における課題

#### 社会と社会基盤科学技術

社会基盤分野の技術革新は、その技術が行政に活かされ、社会に受け入れられてはじめて意味を持つものであり、社会的理念や価値観から遊離した研究開発は無意味である。

本分野においては今、近代西欧モデル後追い型の社会基盤整備手法から決別し、固有の文化・価値観やライフスタイルに根ざしつつ、国際性を持ち、且つ21世紀の成熟社会に相応しい、美しい国土再生の理念に裏付けられた整備手法へと転換するための科学技術体系の創造こそが求められている。これまでは、こうした理念に基づいて個々の技術を有機的に組み合わせ、トータルシステムとしての完成度を高める方法論と戦略が欠けており、それこそが現在の都市の劣悪な環境をもたらした原因に他なるまい。

ところで、この方法論と戦略は、いうまでもなく、計画から設計・施工・維持・管理・運用に至る、すべてのフェーズを一貫し、また個々の社会基盤相互間に統合性・有機的整合性を与えるものとして機能するものでなければならないが、そこには専門・行政・業種等の壁が立ちはだかっている。

さらに、公共事業、福祉、国際協力関係等、予算制度や行政組織の境界領域において重要な研究開発課題があるにもかかわらず、体系だった持続的な研究開発が行われていない。また、地方が自立し、多様な個性と創造性を十分に発揮し、互いに競争していくためには、国と地方自治体の境界領域となる広域地域についての研究を充実し、地方を支援しなければならないが、それはまことに不十分といわざるを得ない。

その意味で、こうした科学技術体系と整備手法の総合化への変革を誘発し、さまざまな提案が行なわれるようインセンティブを与えるとといった政策的配慮が強く望まれるところである。

一方、新しい科学技術体系に基づいた研究開発成果が社会に受け入れられるためには、住民・地域団体・NPO等の参画と協働の手法の研究、社会基盤の経済的・社会的評価手法の研究、及び土地所有権等の私権と公共との関係についての法的研究も、並行して行わなければならない。

これと関係して、土地所有問題の基礎である地籍調査は必要性が高いにもかかわらず遅々として進んでいない。衛星測位システムをはじめとする新たな技術を取り入れて積極的に促進するための研究開発に取り組みなけ

ればならない。

#### 社会基盤科学技術に関する行政の問題

総じて、社会基盤科学技術の研究開発においては、情報通信などの最新科学技術を駆使した情報基盤の高度化、とくに行政面におけるそれが極めて不十分である。

例えば、地理情報システム(GIS)については、関係府省や自治体においてデータベース構築等の施策の取り組みが行われているが、そのインテグレーションは不十分であり、種々のデータの有機的・体系的な活用に向けた取り組みを更に進める必要がある。

とくに自然環境に係わる基盤整備等を巡っては、正確なデータが共有されないまま論争と社会対立が果てしなく続いた例が少なくない。こうした面でも体系的データベース構築とその公開・共有が望まれるところである。

次に、国や自治体関係の社会基盤整備事業においては、確立した技術を前提にしたスペックに安住する傾向があるが、各種の新しい技術の実験的登用を積極的に行い、またそれによって優れた技術が発掘された場合には、躊躇することなく、それを用いた技術基準の改定を行う等、技術開発にインセンティブを与える仕組みが求められる。

## 2. 重点領域

### (1) 社会基盤分野の課題を踏まえた重点化の考え方

社会基盤分野の研究開発については、国の存立にとって基盤的であり、国として取り組むことが不可欠な領域を重視することが求められている。この点を踏まえ、かつ上述のような分野の現状に鑑みると、研究開発の重点化戦略を考える視点は、安全の構築、国土再生とQOLの向上、国際協力の三つとすべきである。

#### 安全の構築

災害や事故から国民の生命と財産を守ることは、国の最低限の義務である。また被害を最小限度に抑えることの経済的効果は測り知れない。

むろん従来から、この方面に巨額の資源が投入されてきた。しかし、その際の基本的なコンセプトは、自然と対峙し、コントロールするという近代西欧型思想に由来するものであって、我が国の置かれた自然条件の特性に最適であるか否かは再考の余地がある。

すなわち、我が国はアジアモンスーン地域で、しかも地震・火山噴火の多発地帯に属しており、脆弱な沖積平野の上に高密度な社会生活を展開するという宿命を負っている。この条件のもとでは、自然のコントロールよりも、それとの共存を基本とするコンセプトに立脚することの方が適切なのである。

具体的に言えば、異常な自然災害に対しては、一定の自然外力に対して

被害をゼロにするというより、どのような自然外力に見舞われても被害を最小化するという、いわば防災ではなく減災といった理念に立って、あらゆる社会基盤の計画、設計、製作・施工から管理・運用にいたるすべてのフェーズに危機管理思想を組み込んだ技術・システムの研究開発を一層強力に行わなければならない。

他方、事故や人為に起因する災害に関しては、その予防・抑止に万全の策が講じられなければならないが、それとともに、不幸にして発生した場合に備えて、やはり被害の最小化を念頭に置いた研究開発を行っていくことが適切であると思われる。

さらに、従来では考えられなかった事故や犯罪が社会不安をもたらしており、その解決のため、社会基盤におけるヒューマンファクターの重要性を考慮した総合的研究開発が求められている。

いずれにせよ、安全の構築については、国はそのための科学技術体系の樹立とそれを適用した施策に真剣に取り組まなければならない。

#### 国土再生とQOLの向上

21世紀の日本人は、安全という最低限の条件整備に加え、美しく且つ機能的な社会基盤の上で、だれもが個性を発揮し、心豊かな生活を送れるようにならねばならない。国民一人一人の価値観の多様性が保障される一方、社会全体は21世紀型社会・経済・文化生活の在り方にふさわしい機能と体系性を具えた社会基盤システムによって支えられなければならない。

ことに我が国は、人口増加と経済の急成長を前提とした時代を過ぎて、今やいわゆる成熟型社会の段階を迎えようとしているが、この大きな転換を受けとめ、これに対応した社会基盤の在り方を考えることは国民的課題であり、この分野の科学技術の振興は国に課せられた喫緊の課題である。

#### 国際協力

我が国は、伝統技術から世界最先端技術まで、ハード・ソフト両面にわたって多彩な社会基盤整備技術があり、自己の近代化の成功と失敗を踏まえて、西欧文明と異質の文明をもつ開発途上国、ことにアジアモンスーン地域や地震多発地帯の国々の近代化と開発に馴染みやすい技術を開発・移転する可能性をもった国である。

このような可能性を活かした国際協力活動によって、我が国の技術がこの分野における国際スタンダードの地位を取得し、それが産業の牽引力となることが期待されるだけでなく、上の二つの視点との関係においても新たな展望が開けてくるに違いない。

## (2) 重点領域

上記三つの視点に基づき、二つの重点領域と15の項目を以下の通り定める。

### 安全の構築

安全の構築の面では、人智を尽くした巨大災害被害軽減対策と、安心して日常生活を営める環境づくりに資するものを中心とした研究開発の領域とする。具体的には、以下の項目とする。

#### ア．異常自然現象発生メカニズム

大規模地震、大規模火山噴火、異常集中豪雨、異常渇水等の自然現象の発生機構解明と発生予測技術。

#### イ．発災時即応システム（防災IT、救急救命システム等）

災害及び事故発生時の迅速な対応により被害を最小化するためのシステム。

#### ウ．過密都市圏での巨大災害被害軽減対策

過密都市圏において、異常自然現象に見舞われた時の、被害軽減技術（火災対策を含む）や円滑で迅速な復旧復興対策及び自助や互助を支えるシステム。

#### エ．中枢機能及び文化財等の防護システム

社会・経済活動の中枢機能の耐災性の向上、並びに文化財、科学技術研究基盤等公共性の高い資産の防護システム。

#### オ．超高度防災支援システム

宇宙及び上空利用による高度観測・通信、モバイル機器、高機動性輸送機器、防災救命ロボット等の次世代防災支援システム。

#### カ．高度道路交通システム（ITS）

災害発生時・復興時の効率的な人流・物流を支援するシステム及び交通事故削減等に資するシステム。

#### キ．陸上、海上及び航空交通安全対策

陸海空の交通需要・特性の変化・増大に対応する安全対策。

#### ク．社会基盤の劣化対策

社会基盤施設の劣化による事故災害を防止するとともに長寿命化する対策。

#### ケ．有害危険物質・犯罪対応等安全対策

公害などの近代の負の遺産を解消する、或いは新しく科学技術の発展に伴って生まれる物質やシステムに対して安全を確保する、また公共的空間における犯罪に対して安全を確保する対策。

### 美しい日本の再生と質の高い生活の基盤創成

国土再生とQOLの向上の面では、美しい日本の再生と生活の質を高める

社会基盤の創成に資する研究開発の領域とする。具体的には、以下の項目とする。

ア．自然と共生した美しい生活空間の再構築

建物、街並み、公共施設等の生活領域の空間を、環境負荷が少なく、自然と共生し、そして美しさを備えた状態に改善する技術・システム。

心豊かな暮らしを可能とする質の高い生活空間を形成する技術・システム。

イ．広域地域課題

地方分権が進む中、複数の自治体にまたがる広域の地域（海域を含む）において解決すべき課題について研究開発を行い、地方自治体の自立的かつ持続的な発展を支えるための対策。

ウ．流域水循環系健全化・総合水管理

世界水管理への拡大を展望しつつ、自然系と人工系が持続可能な形でバランスのとれた流域水循環系を再構築する対策。

エ．新しい人と物の流れに対応する交通システム

新しい人と物の流れに伴った社会・経済活動を支える交通システム及び過密都市圏での高度な交通基盤整備技術。

オ．バリアフリーシステム・ユニバーサルデザイン化

高齢者・身障者・外国人をはじめ、誰にも不自由を感じさせない公共的空間・質の高い生活の構築のための技術・システム、及び社会性の高い生活情報のユニバーサル化の技術・システム。

カ．社会情報基盤技術・システム

地理情報システム（GIS）の高度利用システム、社会基盤技術移転に関する科学技術の国際化技術・システム、及び国際活動のコミュニケーションを支援する言語障壁軽減技術・システム。

以上の研究開発の推進にあたっては、社会基盤の体系的・総合的構築に関する我が国の科学技術が国際競争力を持つことが決定的に重要である。防災システム、広域地域開発、水利用、交通システムなど、開発途上国、特にアジアの国々においても極めて重要な問題については、日本国内のみならず、国際協力の場において国際競争力のある研究開発を推進し、国際貢献を行う姿勢が不可欠である。

ことに、総合水管理の研究開発は、我が国だけではなく、世界水危機の回避に貢献できる。世界水管理の面での我が国の主体的協力に資する研究開発が必要である。

### 3．重点領域における研究開発の目標

#### (1) 優先度

社会基盤分野の研究開発は、二つの重点領域のうち、「安全の構築」の領

域を優先する。また、この重点領域の下における各項目については、国民の生命・財産の保護及び社会の機能不全の迅速な回復の観点から優先度を判断する。

第二の領域については、国際性の高さと同国際貢献度の観点を重視して優先度を評価する。

(2) 研究開発目標

各研究開発項目の5年間(平成13~17年度)の主要目標を表1の通り定める。

表1 研究開発目標

安全の構築

項目	5年間の主要な研究開発目標
異常自然現象発生メカニズム	異常自然現象発生(強震動、局地豪雨、及び要監視火山を中心に)の予測信頼性向上 平成16年度までに、活断層や海溝型地震の長期評価、全国を概観した地震動予測地図の作製の終了
発災時即応システム(防災IT、救急救命システム等)	各省庁(内閣府、総務省、国土交通省他)データ流通のシームレス化と国民への情報提供システムの研究開発を完了 防災用光ファイバ通信システムの研究開発を実施
過密都市圏での巨大災害被害軽減対策	高度危険区域及び施設での要素技術研究完了、技術体系の樹立、社会システム研究を実施
中枢機能及び文化財等の防護システム	要素技術開発及びシステム構想立案
超高度防災支援システム	次世代防災支援システムの構想研究と要素技術研究開発
高度道路交通システム(ITS)	安全の向上に資する走行支援道路システム(AHS)、先進安全自動車(ASV)等、及びそれらを支える情報通信技術の研究開発を実施し、国際標準化研究を推進
陸上、海上及び航空交通安全対策	道路交通事故の年間の24時間死者数を 8,466 人* <sup>1</sup> 以下、海難及び船舶からの海中転落事故による死亡・行方不明者数を 200 人以下に低減、及び次世代航空保安システムの研究開発を実施
社会基盤の劣化対策	大規模構造物(ライフラインを含む)の劣化監視・倒崩損壊事故防止技術及び社会基盤の補修・長寿命化技術の確立
有害危険物質・犯罪対応等安全対策	交通公害、汚染物質、シックハウス、病原性微生物、放射性物質、水質汚染事故、社会的犯罪等の対策の確立

\*1 交通安全基本法施行以降の最低死者数(昭和54年)

表1 研究開発目標（続き）

美しい日本の再生と質の高い生活の基盤創成

項目	5年間の主要な研究開発目標
自然と共生した美しい生活空間の再構築	建物、街並み、公共施設等を有機的、或いは一体的に改善する技術・システム研究開発、社会システム研究を実施
広域地域課題	広域地域として一体的に問題解決にあたり、誇りにできるような美しく心豊かな地域づくりを行うため、10 地区、3 ベイエリア*1、5海域*2の研究を実施
流域水循環系健全化・総合水管理	山紫水明の国土に復元するため、重要な水系、主要中小都市数河川、地盤沈下指定地区*3、及び世界数河川の流域の水循環系の健全化の研究開発を実施
新しい人と物の流れに対応する交通システム	生活の質を向上する次世代の新しい人流・物流システムの構想研究と要素技術の開発及びシステム研究開発を実施するとともに、高度な交通基盤整備技術の研究開発を実施
バリアフリーシステム・ユニバーサルデザイン化	所管を越えた空間のバリアフリー化及びユニバーサルデザイン化の要素技術及びシステム研究を実施、社会性の高い生活情報のユニバーサル化の技術・システム研究開発を実施
社会情報基盤技術・システム	GISの高度利用技術システムの研究開発及び社会基盤技術システムの情報面における国際化の研究開発を実施

\*1:東京、大阪、名古屋、 \*2:東京湾、大阪湾、伊勢湾、有明海、瀬戸内海

\*3:首都圏、淀川流域、木曾川流域、新潟平野

## 4 . 研究開発の推進方策の基本的事項

### (1) 研究開発の推進計画

各研究開発項目において、必要に応じて各府省連携し、優先度に従って計画的かつ効率的に研究開発を推進する。

また、循環型経済社会の実現など、総合的かつ統合的観点から研究開発を行う必要があるものについては、各府省の一体的な研究開発の仕組みを構築し、推進する。

### (2) 研究開発の質の向上を図るための重要事項

社会基盤分野の研究開発は、その社会的・政策的側面が極めて重要である。その意味で、社会基盤整備の政策研究を充実すること及び各領域の研



究開発とともにそれらが社会に受け入れられるための研究を進めることが必要である。しかも、それはフィールドワーク的要素を強く持っている。こうした点で、歴史学、民俗学、社会学、法学、政治学、経済学などの人文社会系研究者と科学技術系研究者との協働が不可欠である。

行政の組織や制度の枠に対応する領域の研究は、それぞれ着実に進んでいるが、その横断領域における持続的な研究開発とその成果の行政への反映は不十分である。このため、行政間横断的領域の研究開発を充実する必要がある。

さらに、研究開発の質を高め、その成果が行政に受け入れられやすくするために、研究者と行政の交流を促進するとともに産学官の研究者の集う学協会を活性化させる必要がある。また、境界領域の研究を総合的に進めるために、研究者間並びに関係行政との交流を活性化することも忘れてはいけぬ。社会基盤分野の研究開発者の更なる資質向上のために、国際的に認知される顕彰制度や論文掲載誌を育成していくことも重要である。

一方、国際協力活動によって、我が国はこの分野における国際スタンダードを築くことができ、産業の牽引力となることが期待されるので、新しい国際協力に資する研究開発の取り組みを通じ、我が国に期待される役割を担っていくことも重要である。また、この分野においては、2.(1)に述べたように、非西欧諸国の国土と社会基盤づくりの道を我が国と開発途上国が手を携えて切り拓いていくという側面が極めて重要であり、その点で、国際政治、地域研究、民族学等、国際関係諸科学との連携が必要である。

# フロンティア分野

# 1. フロンティア分野の現状

## (1) 分野の本質

第2期科学技術基本計画に「重点化」の対象の一つにあげられた「宇宙、海洋等のフロンティア」分野は、《未知の空間への挑戦》を特徴とする。

この分野の科学研究は、知の探求という人類固有の属性に根源をもつ知的営為であり、まさにそれ故に青少年の好奇心をかきたて、科学技術の世界に誘うものである。

この未知の空間は文字通り極限世界であり、人類が馴れ親しんできた地上の常識が通用しない世界である。従ってこの分野の科学技術は、言葉の真の意味におけるブレークスルーを必要とする。地上の常識を前提とした在来の科学技術を極限世界で通用するものへと飛躍させるに当たっては、理論も、デザイン・設計も、材料も、工作・検査工程も、想像を絶する厳しい試練を受けるからである。

こうした試練を経て新たな地平に達した科学技術は、さまざまな分野の先駆けとして、それぞれのブレークスルーにつながり、活用・応用を通じて技術水準の飛躍的向上をもたらす。「フロンティア」研究開発推進の、こうした波及効果には計り知れないものがあることは、すでに数々の例に照らして実証済みといつてよい。

また、センシング、測位、情報通信の高度な技術や、その機器を正確に輸送する技術、或いは海域を含む国土の状況把握技術は、国と国民生活の安全にとって欠かせないものであり、産業・経済の活性化の問題はもとより、それ以前の生存権の問題として、極めて大きな重要性をもつと理解すべきものである。

## (2) 当該分野の動向

研究開発体制面では、研究者と産業界の間に密接な連携があり、近年では、宇宙関係3機関の統合の方針が決まるなど関係機関間の連携が進められている。

科学面では、ニュートリノやブラックホール、宇宙誕生の研究、太陽系と宇宙空間の探査、深海観測や地球内部と地球環境の解明などの領域で、世界最高水準の研究を行ってきた。

技術面では、宇宙輸送系の技術開発では欧米にキャッチアップを果たしたが、欧米だけでなく、中国、インドなども参入してきている現状を踏まえ、安定した開発運用・費用の面で国際競争力を磨く段階にある。また、

再使用型等将来輸送系について基盤技術を開発中であるとともに、衛星系でも高機能性・高信頼性の確保に向けた取り組みの段階にある。さらに、国際宇宙ステーション計画に参加し、特殊環境を利用した種々の知見の獲得を目指すとともに、有人宇宙技術等を吸収している。

宇宙利用では、気象観測・通信・放送方面で一部世界水準にあり、また上空利用で、先端航空機研究、成層圏プラットフォームなど新しい動きがある。

海洋開発では、世界最高の深海の探査能力を誇るとともに、深海底下の探査能力も世界をリードする技術開発が行われている。さらに、世界最高レベルのブイ、観測船や人工衛星などによる海洋観測を国際共同で実施している。

地球変動予測の面では、世界最速のコンピューターを開発するとともに、先端的な海洋・大気変動モデルの開発を推進している。

### (3) 当該分野の施策の現状とその成果

#### 主要な府省による成果の概要

内閣官房	情報収集衛星の開発
総務省	上空・宇宙を利用した高度情報通信ネットワークの先導的研究開発、宇宙空間の観測及び予測研究
文部科学省	宇宙・海洋などに関わる科学の面で、世界最高水準の知識と技術の集積および国際的進出 技術面では宇宙輸送系技術および衛星開発・運用技術の獲得、国際宇宙ステーション日本実験棟・深海ドリリング技術・海洋観測技術(ARGO計画(国土交通省と共同)など)・深海観測技術等の開発
農林水産省	農林水産資源の把握手法の開発
経済産業省	観測衛星による資源探査研究、高機能ロボットハンドの研究開発、海底鉱物資源の調査研究
国土交通省	地殻変動のリアルタイム監視・災害時の被害の把握・環境監視等の研究、運輸多目的衛星の開発、ARGO計画の構築(文部科学省と共同)、陸・海域GIS基盤情報の整備
環境省	オゾン層観測用センサーの開発

### (4) 我が国の現状と技術革新における課題

以上のように、我が国はこの分野の科学・技術両面で、世界に誇りうる数々の成果を上げてきている。

純粋科学の面では全体として世界水準を行っているだけでなく、世界をリードする地位にある領域も少なくない。

技術の面では、さまざまなハンディキャップを乗り越えつつ、世界に伍して鋭意開発が進められていることは周知のとおりである。

このうち、宇宙開発技術の面では、様々な分野ですでに欧米の水準に接近してきており、目下は国際競争力獲得を目指して全力投球が続けられている。

宇宙利用技術の面では、通信衛星等において国際競争力をもちつつあるとともに、次世代の宇宙利用に向けた開拓を行う段階にある。

海洋開発技術は、世界最深の探査能力を保持する等、世界最高水準にあり、今後は技術の更なる研究開発を行いつつその地位の維持と海洋利用の開拓を行っていく段階にある。

産業との関係でいえば、総じて、裾野が広いだけでなく、国際市場の急激な拡大が予想される宇宙産業が基幹産業になるか否かの分岐点に我が国は立っているという認識を持つことが必要である。

## 2. 重点領域

### (1) 重点領域

科学技術基本計画において、フロンティア分野は、国の存立にとって基盤的であり、国として取り組むことが不可欠な領域を重視することが求められている。この観点に立てば、国の安全保障、国土の領域境界の確定、大規模な災害対策、大規模な事故対策等に直接関わる科学技術の革新は、安心・安全な国の実現を図る意味で、最も重視すべき領域である。

フロンティア分野の研究開発は、裾野が広く波及効果も大きく、産業の国際競争力の源泉である。宇宙利用はすでに国民生活に不可欠な基盤となっており、今後は情報通信・地球観測等の宇宙利用の拡大と技術革新を進めることで、産業競争力を高め、宇宙産業の基幹産業への脱皮を促すことが重要である。海洋開発においては、これまで培った国際的水準の研究成果・先端技術を生かして、新たな有用資源の獲得・利用を目指す必要がある。

また当分野における科学技術研究プロジェクトは、人類の知の創造に大きく貢献するとともに、青少年に科学の魅力を感じさせるものであるから、新しい知の創造に向けた一層の取り組みが求められる。一方でプロジェクトの大規模化が進み、国の負担が大きくなるのに伴い、国際共同化が進んでいるが、政策的には国民、とくに次の世代が夢と希望と誇りを抱ける国

際プロジェクトを中心に推進することが妥当である。

特に環境分野の研究に資するフロンティアの研究開発は、人類が直面する多くの難問の解決に資するものであり、それによって得られた情報・成果を積極的に世界に発信する形で、国際貢献を果たすと共に、国際的地位を確保することが可能となる。

加えてライフサイエンス分野やナノテクノロジー・材料分野の研究開発にとってもフロンティアの研究開発は先導的役割を果たすことが期待されるので、これらの分野との連携を緊密にとりつつ、推進してゆく必要がある。

一方で当分野は、大きな資源と長い時間を要するプロジェクトが多いことに留意し、緊急性が認められるプロジェクトはこれを推進するとともに、将来的に必要となるものについては、計画的に継続して研究開発を着実に行うことが重要である。

以上を踏まえ、明確な目標と計画性を備えるプロジェクトに支えられた領域の中から、次の3つの観点に即して次の7つを選定する。

#### 安全（セキュリティ）の確保

衛星による情報収集技術(輸送能力を含む)  
高度な測位及び探査技術

#### 世界市場の開拓を目指せる技術革新

輸送系の低コスト・高信頼性化技術  
衛星系の次世代化技術  
海洋資源利用のための技術

#### 人類の知的創造への国際貢献と国際的地位の確保

国民、とくに次世代が夢と希望と誇りを抱ける国際プロジェクト  
地球環境情報の世界ネットワーク構築

### (2) 当該領域ないし項目を重点とする必要性・緊急性と意義

#### 安全の確保

ア．衛星による情報収集技術(輸送能力を含む)

国の安全保障と危機管理に不可欠である。

イ．高度な測位及び探査技術

国の安全保障、国土の領域境界の確定、大規模な災害対策、大規模な事故対策等社会的効果に不可欠。産業技術力の向上が見込まれる。

世界市場の開拓を目指せる技術革新

ウ．輸送系の低コスト・高信頼性化技術

宇宙利用のための基盤技術で、かつ国際競争力の激化への早急な対

応が必要。更なる低コスト化技術は長期的宇宙利用産業の拡大に必要。産業技術力の向上、新産業・雇用の創出が見込まれる。

#### エ．衛星系の次世代化技術

情報通信分野との融合による高度情報通信ネットワーク社会への貢献、交通・国土管理・環境監視・資源観測の高度化に寄与。産業技術力の向上、新産業・雇用の創出が見込まれる。

#### オ．海洋資源利用のための技術

海洋微生物等ライフサイエンス分野への貢献と、鉱物資源等新たな有用資源の利用によるエネルギー分野等への貢献等が期待でき、新産業・雇用の創出が見込まれる。

#### 人類の知的創造への国際貢献と国際的地位の確保

##### カ．国民、とくに次世代が夢と希望と誇りを抱ける国際プロジェクト

人類への貢献度が大きいこと、確たる国際協調のもと我が国が適切かつ主体的な取り組みをしていること、我が国の技術の発展に寄与できること等のプロジェクトは必要である。知識の増大、新産業・雇用の創出、国際貢献が見込まれる。

##### キ．地球環境情報の世界ネットワーク構築：

環境分野との融合領域として、開発途上国など国際社会が直面する多くの難題の解決に資することで国際貢献を果たすとともに、国際的地位を維持するために必要である。

### 3．重点領域における研究開発の目標

#### (1) 優先度

三つの観点のうち、「安全の確保」にかかるものは優先度が高い。

七つの領域ないし項目にかかるプロジェクト及び研究開発の中では、緊急性のあるものが優先されるのは勿論のこと、ライフサイエンス・情報通信・環境・ナノテクノロジー・材料分野との関係度の高いものが優先される。

加えて国際プロジェクトは、着実に推進されなければならないことを前提に、「国民の夢と希望と誇り」・「人類への貢献」・「国際協調」・「我が国の技術発展寄与」等の観点からその水準の高いものを優先して計画的に促進する。

(2) 各領域ないし項目での目標

観 点	領域ないし項目	研究開発の方向	5年間での研究開発目標
安全の確保	衛星による情報収集技術(輸送能力を含む)	輸送能力確保と情報収集技術の継続的高度化	衛星の開発・打上げと、運用・情報処理技術・利用システムの確立
	高度な測位及び探査技術	測位及び探査システム開発と利用研究の推進	高精度測位及び探査システム確立のためのシステム・要素技術の確立と技術応用の開拓
世界市場の開拓を目指せる技術革新	輸送系の低コスト・高信頼性化技術	速やかな国際競争力獲得と次世代宇宙市場を目指す革新的技術の研究開発	ロケットの欧米並のコストと信頼性の獲得 更なる低コスト・高信頼性化輸送システム実現のための基盤技術の確立
	衛星系の次世代化技術	革新的科学技術の実証とその活用のための技術システム研究	超高速通信技術の開発・実証 新たな利用系のニーズに対応するモバイル等の高機能通信・放送・観測・利活用技術の開発 長期運用等による高信頼性の実証
	海洋資源利用のための技術	新たな資源開拓	メタンハイドレート・海洋微生物等の新たな海洋資源の利用が可能であるかの見極め
人類の知的創造への国際貢献と国際的地位の確保	国民、とくに次世代が夢と希望と誇りを抱ける国際プロジェクト	プロジェクトの的確な推進	未来を切り拓く質の高い先進的な基礎研究で国際的地位と尊敬を獲得 国産技術の高度化
	地球環境情報の世界ネットワーク構築	東半球を中心とした地球環境情報のネットワーク構築	情報流通システムの確立とシームレスな観測情報の流通による国際貢献体制の確立



## 4. 研究開発の推進方策の基本的事項

### (1) 研究開発の推進計画

個別のプロジェクトについて、前述の優先度に従って計画的・効率的に推進する。

地球環境に関わる研究開発等環境分野においてシナリオ先導型のイニシアチブの下に推進されるものについては、いずれもフロンティア分野と密接な関係にあり、環境分野と連携を図り、そのシナリオを踏まえて関連する研究開発を推進する。

### (2) 研究開発の質の向上を図るための重要事項

宇宙開発利用の国家としての一体的な推進体制の強化

省庁再編前は、総理府におかれていた宇宙開発委員会が各省庁の宇宙政策の調整機能を果たしてきたが、省庁再編後、当該委員会は宇宙開発事業団に関する事業を審議することとなった。宇宙開発利用の研究開発は国策として極めて重要であるので、長期的な戦略の基に国として一体的な推進を行う体制の再構築を図り、強力に推進していかなければならない。

宇宙産業の基幹産業への成長

宇宙産業の基幹産業への成長に必要な官民の分担・協力システムを確立して、研究開発を推進していくことが必要である。

宇宙開発については、輸送系は打上サービスの安定供給やコストダウン等による国際競争力の獲得を急ぐ。また近年の事故により顕在化した技術基盤の未成熟さの解消と、これまでの開発体制についての十分な評価が必要である。さらに将来の革新的低コスト化・高信頼性化のための先導的基礎技術研究が必要である。

また宇宙利用については、今後のマーケットを官民ともに、全力で開拓する必要がある。公共側のマーケットとしては、国土保全や防災、新しい人や物の流れに対応する交通システム、土地利用のモニター、都市や自然の環境の観測・モニター、有用資源の研究、国際協力としての利用などが有力視されている。今後、こうした公共側マーケットに対し、ユーザー側との交流を緊密化する必要がある。さらに公共側においても宇宙利用を支えるため、技術革新に応じた観測センサー、地上、上空・宇宙系とのフィードバックシステムの研究等、環境分野等とも連携を図り研究開発を充実する必要がある。

民間側のマーケットとしては、通信・放送・測位利用等があるが、情報通信分野とも連携して、更なるサービスによる国民生活の質的向上に資する先導的研究開発を推進する必要がある。また宇宙環境を利用した先導的研究開発は、新しい知と産業創造の扉を開くものであるから、ラ

ライフサイエンス分野、ナノテクノロジー・材料分野とも連携を図り、充実する必要がある。

#### 海洋開発の利用研究の促進

海洋開発の研究開発については、内閣に設置された海洋開発関係省庁連絡会議と文部科学省の科学技術・学術審議会が連携し、各省の調整を行う仕組みとなっている。今後、海洋研究の国際的水準を保持していくとともに、その最先端技術を駆使し、社会のための利用研究を充実する必要がある。例えば、海洋微生物の研究やメタンハイドレートの研究など、ライフサイエンス分野やエネルギー分野とも密接に関係することから、体系的・組織的に研究開発を行う必要がある。

#### 地球環境変動の解明・予測と社会への還元

海洋は地球環境変動に重要な役割を果たしており、世界規模での観測体制の整備と、地球規模での環境変動を予測する高解像度のシミュレーション技術を研究開発することによって、地球環境変動を解明・予測するとともに、その成果を社会へ還元する必要がある。

#### 人材育成と保持

フロンティア分野の今後の急激な発展が予想される中で、科学・技術両面の人材育成・確保が急務であり、産学官の協力体制を構築してこれに取り組んでいかなければならない。特にプロジェクト単位の研究では、研究者の集合・離散を招き、継続的に知識水準を高めることが困難であることを念頭に置いて、人材育成と保持ができる研究開発環境を整える必要がある。

また研究開発従事者が海外での業務や活動に容易に参画できる条件を整備するなど、国際的な研究交流を充実させる必要がある。

#### データ流通のシームレス化

当分野の研究開発の成果として発信される情報は、他分野にとっても極めて有用なものが多く、かつ全世界に貢献できるものである。継続的かつシームレスな情報の獲得・処理・蓄積と、世界に発信できるシステムの確立が必要である。例えば地球環境情報については、これまで様々な組織で個別の形式で断片的に情報が蓄積されてきた。継続的な観測、データの継続的集約・処理・蓄積システムの確立、関係府省・機関でのデータ形式を統一し情報の流通・利用を促進することが必要である。

#### 高度情報化

信頼性向上、開発コストの低減・期間の短縮等を促進するためには、基盤技術研究を進めるとともに、最新の高度情報技術を取り入れた研究開発

手法・システムの確立が必要である。

#### 国際協力プロジェクトの円滑な推進

先進的な科学技術における国際協力は、激しい国際競争と表裏一体であることから、関係国間の協議で協力の具体的内容を明確に規定して、問題発生リスクを防止・軽減する措置を講ずることが重要である。

#### 国民の意識高揚

当分野は、科学技術の最先端であり、高度な専門知識に基づく研究開発であり、しかも極めて多額の予算を必要とするものが多いので、国民に分かりやすく説明できるインタープリターを育成していくことが必要である。また広報公聴活動の活性化などの国民の参画意識を喚起する取り組みが必要である。

#### プロジェクトの効率化

大きな研究開発・施設運営経費が累加している現状を踏まえ、研究開発の効率性を飛躍的に高めなければならない。具体的には研究機関の連携等による推進体制の強化、研究資源の共用化、重複プロジェクトの排除、高度情報化の推進等が挙げられる。また大きなプロジェクトを計画段階から厳正に評価し、適正な措置を講じることが重要である。