

地球環境科学技術に関する
研究開発の推進方策について

平成20年8月

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会

目次

はじめに	1
第1章 地球環境問題への対応とそのための科学技術の推進状況	
1. 1 地球環境問題への対応のための政策的枠組に関する国内外の動向	2
1. 2 地球環境科学技術の方向性とこれまでの文部科学省の施策の概要	6
第2章 地球環境科学技術推進の基本的な考え方	
2. 1 地球環境科学技術の推進に関する基本姿勢	9
2. 2 地球環境科学技術の特性と展開の方向性	10
2. 3 文部科学省の役割	11
第3章 文部科学省が推進すべき研究開発課題	
3. 1 気候変動研究領域	14
3. 2 水・物質循環と流域圏研究領域	18
3. 3 生態系管理研究領域	20
3. 4 化学物質リスク・安全管理技術研究領域	21
3. 5 3R技術研究領域	22
3. 6 バイオマス利活用研究領域	23
3. 7 自然科学と人文社会科学の融合領域	24
第4章 研究開発を推進するにあたっての重要事項	
4. 1 分野間の協力による新たな科学的、社会的価値の創造	26
4. 2 科学技術と環境政策との交流機能の強化	26
4. 3 課題解決型研究と基礎研究の適切なバランス	26
4. 4 研究資金の効率的な重点化	27
4. 5 地球環境科学技術の特性を踏まえた研究成果・推進体制の評価	27
4. 6 地球環境科学技術を支える人材の育成・確保	28
4. 7 国際的な取組の推進	28
4. 8 地域に根ざした環境科学技術の展開	29
4. 9 研究成果の社会、国民への還元	30
4. 10 産学連携及び関係機関間の連携	30
(参考資料)	
研究計画・評価分科会 委員名簿	32
研究計画・評価分科会 地球環境科学技術委員会 委員名簿	33
研究計画・評価分科会審議過程	34
地球環境科学技術委員会審議過程	36
用語集	38

はじめに

総合科学技術会議は、第3期科学技術基本計画（平成18年3月：閣議決定）において示された戦略的重点化の方針に基づき、個別分野内の重点化の考え方を示す分野別推進戦略を平成18年3月に取りまとめた。環境分野の推進戦略（以下「環境分野推進戦略」という）においては、当該分野における研究開発に関する今後の課題として、第2期基本計画中に「イニシヤティブ体制」が構築され、研究連携が促進されてきている一方、社会科学・人文科学系と自然科学系との連携強化、環境分野の研究人材不足の解消の問題が解決されたとはいえ、より一層の国際的研究連携、基盤的研究の推進や研究基盤の整備、国際的なルール形成を先導することを促進することも必要であることが指摘されている。

地球環境分野の研究開発に関する文部科学省の取組については、海洋観測や人工衛星による観測、南極観測等の地球観測、世界最高水準のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」の活用などによる高精度の地球環境変動の解析・予測及び社会的被害のリスク評価など自然災害への影響評価、さらには、持続型経済社会システムの設計やその実現に必要な技術に関する研究開発を推進している。また、すべての国民が環境を守るための行動が取れるような態度の育成を図るため、初等中等教育段階から社会人教育に至るまでの環境教育を推進している。

「地球環境科学技術に関する研究開発の推進方策について」は、平成18年7月にその当時の国内外の状況や文部科学省の研究開発に対する取組の現状を踏まえ、総合科学技術会議の推進戦略に示された課題に関して、文部科学省として今後推進すべき具体的な研究開発課題及び研究開発の推進にあたっての重要事項について、地球環境科学技術委員会で検討・取りまとめを行い、研究計画・評価分科会において推進方策として定めたものである。文部科学省においては、本方策に沿って、環境技術分野の研究開発を推進してきたところである。

しかしながら、平成19年に策定された気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第4次評価報告書において地球温暖化が科学的根拠を持って明確に示されたことや、平成20年7月のG8北海道洞爺湖サミットにおける首脳宣言において「2050年までに世界全体の排出の少なくとも50%削減を達成する目標というビジョンを、気候変動枠組条約（UNFCCC）の全締約国と共有し、これら諸国と共に検討し、採択することを求める」等の合意がなされたこと等から、気候の人為的变化とそれに伴う気候変動への科学技術面からの適応策及び緩和策に関する研究開発がより求められるようになってきた。このような状況を踏まえ、研究計画・評価分科会において本方策の一部を見直した。

第1章 地球環境問題への対応とそのための科学技術の推進状況

1. 1 地球環境問題への対応のための政策的枠組に関する国内外の動向

地球環境問題は、人口爆発、貧困、水や食料の汚染拡大、食料・資源・エネルギーの需給逼迫・価格高騰などの問題と直結した、人類の生存基盤を揺るがしかねない21世紀の最重要課題である。

地球環境問題は、様々な政府間交渉等の場において、優先度の高い課題として取り上げられており、その対策のための国際的な枠組作りへの合意形成が進みつつある。これに対応して、国内においても、地球環境問題への対策のための計画作りや施策の強化が進められている。

(1) 国際的動向

まず、国際的な動向を概観すれば、気候変動の分野においては、大洪水や干ばつ、暖冬といった気候変動に関する国際的課題がますます増大するにつれ、気候変動に関する科学的情報を包括的に提供する必要性が高まり、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)が昭和63年に設立された。平成6年には、気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととしない水準において、大気中の温室効果ガス濃度を安定化させることを目的とした気候変動枠組条約(UNFCCC)が発効し、平成9年に開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)において、市場経済移行国を含む先進国における温室効果ガスの排出量について法的拘束力のある数値目標を盛り込んだ「京都議定書」が採択されるとともに、目標達成のための手段の一つとして京都メカニズムの導入が合意された。

その後、平成19年のノーベル平和賞を受賞したIPCCの第4次評価報告書では、「気候システムの温暖化には疑う余地がない。」「20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは、人為起源の温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性がかなり高い」との評価が科学的根拠とともに示された。平成20年4月に開催された第28回IPCC総会において、2014年を目途に、温暖化適応方策及び経済的側面に対してこれまで以上に重点を置いたIPCC第5次評価報告書を策定することが合意された。

また、平成19年6月のG8ハイリゲンダムサミットにおける首脳宣言において、「2050年までに温室効果ガスの地球規模での排出を少なくとも半減させることを含む決定を真剣に検討する」等の合意がなされ、同年12月の気候変動枠組条約第13回締約国会議(COP13)においても、地球温暖化対策のための行程表「バリ・ロードマップ」が採択され、2013年(平成25年)以降の次期枠組の交渉の場が立ち上がった。

平成20年5月に開催された第4回アフリカ開発会議(TICAD IV)においても、環境・気候変動問題への対処として「クールアース・パートナーシップ」を構築することが確認された。また、平成20年6月に開催されたG8科学大臣会合において、低炭素社会の実現に向け環境・エネルギー分野の革新的技術開発におけるG8各国間での協力の強化や、地球観測・予測及びデータ共有の重要性が指摘されるとともに、開発途上国のニーズに応じた先進国と

開発途上国との間の科学技術協力の必要性について再認識された。さらに、平成 20 年 7 月に開催された G8 北海道洞爺湖サミットにおいても環境・気候変動問題を主要テーマとして議論が行われ、2050 年までに温室効果ガス排出量を少なくとも半減させるという長期目標について重要性が認識され、UNFCCC 全締約国と共有し、採択を求めることが合意された。

地球観測については、平成 14 年 9 月、ヨハネスブルグで開催された持続可能な開発に関する世界首脳会議（WSSD）において、地球観測の差し迫った必要性が強調された。その後、平成 15 年 6 月の G8 エビアンサミットでの合意に基づき、平成 17 年 2 月にブリュッセルで開催された第 3 回地球観測サミットにおいて、全球地球観測システム（GEOSS）に関する 10 年実施計画が策定された。また、平成 19 年 11 月にケープタウンで開催された第 4 回地球観測サミットでは、環境や持続可能な開発の健全な意思決定には、地上、海洋、航空機及び宇宙からの地球観測並びに科学的モデリングが必要であることなど、GEOSS という国際的な枠組が今後とも強力に推進されるべきであることを盛り込んだケープタウン宣言が採択され、各国の取組が本格化している。さらに、G8 北海道洞爺湖サミットの首脳宣言において、地球観測データに対する需要の増大に 대응するため、気候変動及び水資源管理に関し、観測、予測及びデータ共有を強化することにより、国連専門機関の事業を基礎とした GEOSS の枠内の努力を加速化するとされた。

水資源の分野においては、国際的に連携・協調することによって、砂漠化の深刻な影響を受けている国々の砂漠化を防止するとともに、干ばつの影響を緩和することを目的とした砂漠化対処条約が平成 8 年に発効した。これらの条約等の中で、平成 13 年 4 月に国連環境計画（UNEP）を中心に 4 年間の国際共同評価のプロセスとして「ミレニアム生態系評価」が開始され、国際的な政策決定のための情報提供等が行われた。

また、水資源の確保に関しては、平成 12 年に採択された国連ミレニアム宣言において、2015 年までに安全な飲料水が供給されない人口比率を半減することが目標として掲げられ、この目標はヨハネスブルグサミットの実施計画にも盛り込まれた。これを受けて、平成 15 年 3 月の第 3 回世界水フォーラム閣僚級会合では、世界の水問題解決に向けた各国の水行動集（Portfolio of Water Action）が取りまとめられ、国連で設定された目標の達成や問題の解決へ向けた具体的な取組が国際公約として発表された。平成 18 年 3 月に開催された第 4 回世界水フォーラムでは、「地球規模の課題のための地域行動」のテーマの下、持続可能な開発に向けた水問題の重要性、国際合意や約束のさらなる推進のための貢献等について謳った閣僚宣言が採択された。

生物多様性の分野においては、地球上のあらゆる生物の多様さをそれらの生息環境とともに最大限に保全し、その持続的な利用の実現、さらに生物の持つ遺伝情報から得られる利益の公正かつ衡平な分配を目的とした生物多様性条約が平成 5 年に発効した。我が国は、この条約に基づき、地球環境保全に関する関係閣僚会議において、平成 7 年に「生物多様性国家

戦略」を決定した。平成 19 年 11 月には、①生物多様性を社会に浸透させる、②地域における人と自然の関係を再構築する、③森・里・川・海のつながりを確保する、④地球規模の視野を持って行動する、という 4 つの基本戦略を柱とした「第三次生物多様性国家戦略」を策定した。また、生物多様性条約第 10 回締約国会議（COP10）が平成 22 年に名古屋で開催されることが決定した。

残留性有機汚染物質（Persistent Organic Pollutants : POPs）に関するストックホルム条約（POPs 条約）は、環境中での残留性が高い PCB、DDT、ダイオキシン等について、国際的に協調して廃絶、削減等を行うため、平成 16 年 5 月に発効した。平成 17 年 6 月には、地球環境保全に関する関係閣僚会議において、本条約に基づく国内実施計画が了承され、関係府省一体となって、POPs の排出削減、適正処理、環境監視、国際協力などに取り組むこととなった。

資源利用や廃棄物管理に係わる 3R (Reduce, Reuse and Recycle) アプローチについては、平成 16 年の G8 エビアンサミットで 3R イニシアティブの推進に合意し、世界共通の取組を展開している。平成 20 年の G8 環境大臣会合では「神戸 3R 行動計画」が採択され、3R 関連政策の優先的実行や資源生産性の向上、国際的な循環型社会の構築を目指すこととされている。経済協力開発機構（OECD）では持続可能な資源管理に向けた物質フローや資源生産性指標に関する検討が重ねられ、また資源管理に係わる環境／経済影響の分析を行う国際的な連携が、UNEP で持続可能な資源管理に関する国際パネルとして平成 19 年より始まっている。

（2）国内動向

地球環境問題への対策に関する国内の動向を概観すれば、持続的発展が可能な社会の実現に向けた取組が強化されてきており、平成 18 年 4 月には、「第三次環境基本計画」が閣議決定された。本基本計画では「環境・経済・社会の統合的向上」をテーマに、2050 年を見据えた長期ビジョン策定の提示、可能な限り定量的な目標・指標による進行管理及び市民、企業など各主体へのメッセージの明確化が図られている。政府としては、本計画を踏まえ、各種の環境保全施策の推進を図ることとしている。

気候変動の分野においては、気候変動枠組条約に係わる国際的な枠組作りと並行して、「地球温暖化対策に関する基本方針」（平成 11 年 4 月：閣議決定）、「地球温暖化対策推進大綱」（平成 14 年 3 月：地球温暖化対策推進本部決定）、「京都議定書目標達成計画」（平成 17 年 4 月：閣議決定）の下に、国内における地球温暖化対策の強化を図っている。

平成 19 年 6 月に閣議決定された「21 世紀環境立国戦略」においては、世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して半減するために「革新的技術の開発」とそれを中核とする「低炭素社会づくり」という長期のビジョンを提示する政策パッケージ「美しい星 50」が提案さ

れた。その提案が、同月に開催された G8 ハイリゲンダムサミットにおいて「2050 年までに温室効果ガスの地球規模での排出を少なくとも半減させることを含む決定を真剣に検討する」等を合意した首脳宣言に結実した。

さらに、平成 20 年 5 月には総合科学技術会議において、我が国の技術革新を加速し革新的技術のブレークスルーによりエネルギー問題、地球温暖化問題の根本的解決を目指す「環境エネルギー技術革新計画」及び地球温暖化問題をはじめとした地球規模の課題の解決に向けて科学技術と外交の相乗効果を発揮することや、開発途上国との科学技術協力の強化等の基本的方針を示した「科学技術外交の強化に向けて」が策定された。

また、温室効果ガス排出量の大幅削減のための革新的な技術開発や経済的手法をはじめとした国全体を低炭素化へ動かす仕組みの必要性などが盛り込まれた「低炭素社会づくり行動計画」が平成 20 年 7 月に策定された。

地球観測に関して、我が国は平成 16 年に東京で開催された第 2 回地球観測サミットにおいて、その基本姿勢について我が国が地理的にアジアモンスーン地域、地震多発地域に位置し、これに起因する水循環変動や自然災害対策のための観測に多くの実績と経験を有していることを踏まえ、地球温暖化・炭素循環変化への対応、気候変動・水循環変動への対応及び災害防止・軽減の 3 分野を中心に、先端的な科学技術を駆使してより高度で有益な観測情報の取得と提供、開発途上国の能力開発に貢献していく旨を表明した。

また、総合科学技術会議は、平成 16 年 12 月に取りまとめた「地球観測の推進戦略」において、地球観測に関して先導的な立場にある我が国の役割を踏まえ、我が国の基本戦略として、「利用ニーズ主導の統合された地球観測システムの構築」、「国際的な地球観測システムの統合化における我が国の独自性の確保とリーダーシップの発揮」、「アジア・オセアニア地域との連携強化による地球観測体制の確立」の 3 つを示すとともに、統合された地球観測システムの構築を通じた我が国の地球観測能力の向上は GEOSS 10 年実施計画の実施を強力に押し進めるものであり、地球観測の先進国としての我が国の国際社会への責任を果たすものであると指摘した。

さらに、「地球観測の推進戦略」に基づく具体的な実施方針を策定するための統合的な推進組織として、平成 19 年 3 月に文部科学省の科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会の下に地球観測推進部会が設置され、所要の調査審議を行っている。

平成 12 年には「循環型経済社会形成推進基本法」が成立し、循環型社会の形成に関する基本方針や総合的・計画的な施策推進のあり方等を定めた「循環型社会形成推進基本計画」が平成 15 年 3 月に閣議決定された。この基本計画では、20 世紀の活動様式を非持続的と認識し、天然資源の消費抑制と環境負荷が低減された、循環を基調とした社会経済システムの実現が課題であり、先進的な研究開発の推進とその成果の活用によって、持続可能な社会を実現するとの考え方が示されている。平成 20 年 3 月には、循環型社会の形成を一層推進するとの第 2 次循環型社会形成推進基本計画が閣議決定され、物質循環の状態と取組に関する指標の充

実が図られ、地域循環圏構想やアジア域の国際資源循環のあり方が示されている。

動植物、微生物や有機性廃棄物からエネルギーや工業材料を得るバイオマスの利活用に関して「バイオマス・ニッポン総合戦略」が平成 14 年 12 月に閣議決定された。平成 15 年 2 月には関係府省によるバイオマス・ニッポン総合戦略推進会議等が設置され、バイオマス利活用推進に向けた取組が進められている。また、平成 17 年 2 月の京都議定書の発効に伴い、輸送用燃料などへのバイオマスエネルギーの導入促進が必要となっている最近の状況を踏まえ、「バイオマス・ニッポン総合戦略」の改定が平成 18 年 3 月に閣議決定された。

1. 2 地球環境科学技術の方向性とこれまでの文部科学省の施策の概要

地球環境科学技術は、真理探究型の一般的な科学と異なり、人類が直面する地球規模の課題に対し、人類の英知を結集して解決することが期待される目的指向型の科学技術であり、国が主体的に継続して推進する必要がある。

第 3 期科学技術基本計画においては、「地球規模で深刻化する人口問題、環境問題、食料問題、エネルギー問題、資源問題や、我が国で急速に進展する少子高齢化に対しても、科学技術が貢献を強める。」という基本的方向性が示されており、環境分野は特に重点的に研究開発を推進する 4 分野の一つに位置付けられている。

環境分野推進戦略においては、研究開発のあり方として、

- ・ 環境と経済の両立－環境と経済を両立し持続可能な発展を実現
地球温暖化・エネルギー問題の克服
環境と調和する循環型社会の実現

という政策目標の達成のために、関係府省の連携の下に研究を推進する枠組の必要性が述べられるとともに、国民の暮らしを守る観点から、短期的な問題解決型研究と中長期的で予見的な環境問題への対応研究にわたる広い範囲の研究を視野に入れつつ、選択と集中が必要であることが指摘されている。さらに、環境分野を俯瞰したデルファイ調査結果と第 2 期基本計画中の研究推進状況などを踏まえ、第 3 期基本計画の政策目標に対応して実現すべき個別政策目標として、

- ・ 「世界で地球観測に取り組み、正確な気候変動予測及び影響評価を実現する。」
- ・ 「健全な水循環と持続可能な水利用を実現する。」
- ・ 「持続可能な生態系の保全と利用を実現する。」
- ・ 「環境と経済の好循環に貢献する化学物質のリスク・安全管理を実現する。」
- ・ 「3R（発生抑制・再利用・リサイクル）や希少資源代替技術により資源の有効利用や廃棄物の削減を実現する。」
- ・ 「我が国発のバイオマス利活用技術により生物資源の有効利用を実現する。」

が掲げられるとともに、これに対応して、次の 6 つの研究領域が設定された。

- ・ 気候変動研究領域
- ・ 水・物質循環と流域圏研究領域

- ・生態系管理研究領域
- ・化学物質リスク・安全管理研究領域
- ・3R 技術研究領域
- ・バイオマス利活用研究領域

文部科学省における地球環境科学技術に関する主要な施策としては、まず、地球規模の環境問題や大規模自然災害等の脅威に自律的に対応するために、「海洋地球観測探査システム」が総合科学技術会議において、国家基幹技術の一つとして位置付けられ、その推進を図っている。

「海洋地球観測探査システム」においては、宇宙からの人工衛星による地球環境の観測や自然災害の監視、及び既存のプラットフォームである降雨レーダーや観測ステーションによる陸域観測、観測船やブイ、フロート等を用いた海洋観測等により、温室効果ガスの全球濃度の分析・把握や異常気象や極端現象等をもたらす気候変動の解明、予測や災害監視が進められているほか、地球深部探査船「ちきゅう」や次世代型深海探査技術等による海溝型巨大地震の解明研究や海底・深海底下の資源探査が行われるとともに、こうした観測や探査によって得られた観測データを統合し、データを利用するユーザーのニーズに沿って、温暖化・気候変動、水循環、生態系システムや農業に有用な統合化された社会的・科学的情報に転換して提供するデータ統合・解析システムの開発等が進められている。

地球観測については、「海洋地球観測探査システム」による観測に加え、南極地域観測事業を、文部科学省に設置した「南極地域観測統合推進本部」の下に関係府省・機関の協力を得て実施している。この極地観測においては、昭和基地を中心に、気象・オゾン等の定常的な観測や地球規模の環境変動の解明を目的とするモニタリング研究観測のみならず、極域における宇宙・大気・海洋の相互作用から捉える地球環境システムの研究を実施している。

総合的な地球観測システム構築のための取組としては、平成 17 年度に「地球観測システム構築推進プラン」を創設し、地球温暖化・炭素循環及びアジア・モンスーン地域の水循環・気候変動の分野を中心に、特に先駆的に実施すべき観測研究プロジェクトを開始し、研究開発を推進している。さらに、平成 18 年度からは対流圏大気変化観測研究プロジェクトを実施している。

また、平成 14 年度に、国家的・社会的課題に対応するために創設された新世紀重点研究創生プラン（RR2002）」において、「人・自然・地球共生プロジェクト」を開始し、「地球シミュレータ等を用いて、精度の高い地球温暖化予測を目指した「日本モデル」に関する研究開発を行ってきた。これらの成果は平成 19 年策定の IPCC 第 4 次評価報告書に重要な貢献を果たしたが、さらに今後予定されている第 5 次評価報告書策定においても我が国の気候変動予測研究の寄与が期待されており、平成 19 年度からはこのプロジェクトの研究成果を踏まえつつ、地球シミュレータの活用により高精度・高解像度の気候変動予測を行い、社会への具体的な影響を評価するための「21 世紀気候変動予測革新プログラム」を開始した。

さらに、平成 15 年度から 19 年度まで、「一般・産業廃棄物・バイオマスの複合処理・再資

源化プロジェクト」を実施し、都市・地域から排出される廃棄物の無害化処理と再資源化を図るための要素技術開発を進め、その実用化と普及を促進するためのプロトタイプを開発した。

科学技術政策や社会的・経済的ニーズを踏まえ、基礎研究を推進する科学技術振興機構（JST）の「戦略的創造研究推進事業」においては、「マルチスケール・マルチフィジックス現象の統合シミュレーション」領域の中において、地球シミュレータをはじめとする、世界最先端レベルの計算機環境を用いて地球環境変動、異常気象及びそれに起因する災害予測等に関する次世代高精度・高分解能シミュレーション技術の研究開発を推進するとともに、「環境保全のためのナノ構造制御触媒と新材料の創製」領域では、環境改善・環境保全に寄与する「化学プロセス」「触媒」「新材料」などに関する研究開発を、「エネルギーの高度利用に向けたナノ構造材料・システムの創製」領域では、ナノテクノロジーを活用した高効率のエネルギー変換・貯蔵技術、環境調和型の省エネルギー・新エネルギー技術に関する研究開発を推進している。

また、平成 20 年度から、2050 年までに世界の温室効果ガスの排出を半減させるという目標に向け、新概念・新原理に立脚した二酸化炭素削減技術を創出することで低炭素社会の実現を目指す「二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出」領域が発足した。これに加え、自然科学と人文社会科学の知識を活用した研究開発を推進し、社会の具体的な問題解決を通じた社会的・公共的価値の創出を目指す、JST の「社会技術研究開発事業」において、脱温暖化に関する課題を技術だけでなく自然環境や社会制度、地域再生を含む統合的な問題として科学的に整理・分析し解決していくことを目指した「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会」領域が発足した。

また、平成 20 年度から、開発途上国等のニーズを基に、将来的な社会実装の構想を有する国際共同研究を ODA と連携して推進し、地球規模課題の解決及び科学技術水準の向上につながる新たな知見を獲得することを目的とした「地球規模課題対応国際科学技術協力事業」が発足し、環境・エネルギー分野として「気候変動の適応又は緩和に資する研究」、「地球規模の環境課題の解決に資する研究」の研究領域が設けられた。

大学においては、平成 19 年度に開始した国際的に卓越した教育研究拠点の形成を支援するグローバル COE プログラムの「学際、複合、新領域」分野において、平成 20 年度までに 7 件の地球環境を含めた様々な環境に関する大学院博士課程の学生を対象とした教育研究の取組が採択されており、環境分野に関する学術研究や人材育成を通じた地球環境科学技術の基盤形成が着実に進められるとともに、地域の産学官が連携し、地域の環境保全、改善に取り組む研究活動も進展している。

第2章 地球環境科学技術推進の基本的な考え方

2. 1 地球環境科学技術の推進に関する基本姿勢

戦後の急速な経済成長により、公害が社会問題化したことを背景として、我が国の環境政策の主眼は当初国内の公害対策に置かれたが、その後、地球環境問題が顕在化してきたことに伴い、環境政策の視野は国境を越えて地球規模へと広がってきており、環境問題に取り組む科学技術についても、地域レベルからグローバルな視点を持つようになってきている。また、環境分野の科学技術が扱う課題は、環境影響評価とその対策から、発生メカニズムの解明と影響の予測、さらには防止を含むようになってきており、環境保全・環境創造を目指す科学技術へと進化してきている。同時に、環境問題の広域化、グローバル化を受けて、地球環境科学技術が果たすべき社会的役割が益々大きくなっている。

地球環境問題は国際政治の主要議題となっており、京都議定書による温室効果ガス削減目標の設定が各国の経済成長に与える影響の議論に見られるように、国際的な議論、活動の方向が我が国の将来に与える影響は大きい。このような認識の下、我が国としては、地球環境科学技術に関する強みを最大限に活かし、地球環境問題の解決に向けた国際社会の取組に積極的に参画し、これらを先導していくことが重要である。特に、地球環境科学技術の分野では、国境を越えた事象が多いことから、国を越えた観測やモデル化、対策が不可欠である。

このため、観測・予測やデータの共有の促進を積極的に図るとともに、より正確な地球環境の状況を把握するための観測体制の整備や精度の高い地球環境変動予測、環境対策技術の開発促進などを円滑に進めるための、関連する国との間における交渉（外交）が重要である。科学技術外交においては、“科学技術力を外交に使う”視点と“外交を科学技術に使う”視点の双方が必要である。“科学技術力を外交に使う”視点では、日本の有する先端的な観測技術やモデル化技術を活用して、アジア・アフリカの国々との連携の道を拓くことなどが挙げられる。我が国の優れた科学技術による観測・予測研究の成果をアジア・太平洋地域やアフリカ等の開発途上国に提供することにより、温暖化防止のための合理的な意思決定の基礎の形成に貢献することは科学技術力を外交に使うという観点から有効である。特に、これらの国々は気候変動の厳しい影響を受けると予測されており、気候変動問題は、これらの国の貧困からの脱却、さらには持続可能な開発を左右する課題となっていることから、地球観測・モニタリング、影響予測、適応策の策定、開発経路の低炭素化を支える技術開発など科学技術面でのキャパシティ・ディベロップメントを支援することも重要である。また“外交を科学技術に使う”視点では、これらの国々において観測ネットワークを構築し観測データを収集するに際して外交力を利用することなどが挙げられる。今日、複数の国で観測データの収集や観測システムそのものの展開が困難となっていることから、国境を越えたデータの収集を図る上で、各国との交渉によって事態を改善するための外交力は不可欠である。全球地球観測システム（GEOSS）はその有効な手段の一つであるといえる。

さらに、環境対策技術の創出は、産業界の国際競争力の源泉ともなるものであり、地球環境問題の解決のみならず我が国の経済発展にも大きく寄与しうるものである。

温室効果ガスの増加をもたらす大きな要因は、石油をはじめとした化石燃料の消費による二酸化炭素排出を伴う我々のライフスタイルに起因することが考えられるが、化石燃料の地球全体の賦存量が議論される中、人類の持続的な発展のためにもこうしたエネルギー供給の将来的な状況を見据えつつ、世界全体として、低炭素社会への転換に向けた意識改革、ライフスタイルの転換を早急に図る必要がある。我が国はかつて石油価格が急激に上昇した石油危機の時代を乗り越え、様々な革新的技術を創造・活用し、世界で最も省エネルギーの進んだ国となったが、この経験を活かし、気候変動・温暖化問題の解決のため、世界において主導的な役割を果たすことが求められている。

このような地球環境問題への対応において、我が国が先導的役割を果たすためには、我が国自身が将来のあるべき社会についてのビジョンを確立し、そこからのバックキャストिंगにより問題解決のためのロードマップを策定する必要がある。我が国の地球環境科学技術に係わる取組は、このロードマップの中に明確に位置付けられなければならない。

2. 2 地球環境科学技術の特性と展開の方向性

地球環境科学技術は、地球環境の保全あるいは改善に直接結びつくものであり、地球環境における変化のメカニズムについての深い理解と同時に、他の分野に比べて問題解決を目指す視点からの取組が特に必要とされている。言い換えれば、目的志向性の強い科学技術という性格を持つ。その一方で、基礎科学もその中で極めて重要な役割を果たしており、目的志向性との間の適切なバランスが必要とされている。例えば、地球環境の変化に関する長期にわたる研究観測や、変化や変動の予測のためのプロセスに関する基礎的研究は、地球環境の変化をもたらすリスクの特定やそれが顕在化するメカニズムの解明のために不可欠なものである。また、対策の面でも、環境改良技術にはブレークスルーをもたらす基礎研究が必要とされる。

ますます深刻化、複雑化する地球環境問題への解決に向けた研究を、応用研究とそれを支える基礎研究の両面から発展させるためには、地球環境変動の予測など異なる学問分野の解析手法の統合を必要とする新しいタイプの科学の振興から、問題に直接アプローチすることを試みる各種プロジェクト研究、さらには研究に必要なデータを取得する観測とそれを活用する予測実験、それらのデータを整理し、意味のある情報に変換するデータシステムの構築、人材交流といった基盤的活動の強化まで、多種多様な取組を同時に推進することが求められ、そのための適切な資源配分が必要となる。

地球温暖化問題の解決に向けて低炭素社会のビジョン作りとその実現の方策が探求されている事に典型的に現れているように、地球環境問題の解決には、社会システムの根本的転換が必要である。こうした社会システムの根本的転換には、問題を解明する科学技術、社会システムの転換を可能とする科学技術の開発・応用に加えて、これらの科学技術を促進し、社会システムの転換を可能とする政策に焦点を置いた研究を促進・強化することもまた必要である。

したがって、地球環境科学技術の推進にあたっては、地球全体を見渡した俯瞰的思考・調

整と個別の地域、分野の事情に焦点を置いた分散的認識対処の統合が要求される。この統合に向けては、次の3つの異なる視点からの統合的アプローチが必要となる。

第一は、学問分野的融合と新しい基礎学問分野の創出である。地球環境問題は、自然と人間の相互干渉から起こることから、その解決には、自然を記述する自然科学、人間の活動を解析し、社会制度・文化を構築する人文社会科学、人間から自然へと働きかける技術のすべてを融合する必要がある。したがって、地球環境科学技術については、従来型の個別学問分野からの限られた視野を持つアプローチでは不十分であり、分野横断的な取組が要求されるとともに、地球環境科学技術を支えるために必要な、これまでの学問領域には分類されない新しい学術的視点からのアプローチを積極的に育成していくことである。特に、問題解決のための理念から、理工学、人文社会学、個別技術の活用方法までを総合した戦略と、世界における主導的な責務を果たすに資する新たな科学技術の創出、またそれらを提案できる人材の存在が重要となる。

第二は、具体的な環境問題への対応としての手法的統合である。手法的統合には、問題の構造理解や対策効果の予測及び評価などに対する学術的アプローチ手法の統合と、その解決に向けた社会的行動手法の統合の両者を考えねばならない。学問分野的統合によって現象の観測から挙動のモデル化、対策の効果予測と評価などの学術的アプローチの統合を図ることができる。解決に向けた社会的行動手法には、技術的対応から規制政策的手法や経済的誘導手法など様々な手法を統合したアプローチが必須となりつつある。さらに、学術的アプローチと社会行動手法を直接的に結び付けることを可能とする、科学技術情報や社会的データの提供や共有を図るための有効な手段や効率的な手法を構築することが重要である。

第三には地域的な最適性への取組と、全体の枠組での最適性からの調整が必要となる。地球環境問題については、問題発生の当初はその所在は地域的で、その中で少しずつ形を変えて起こる事象の積み重ねによって顕在化する。問題が地球規模に広がると、国際社会のレベルでの思考・分析、解決に向けた調整と協力枠組の構築が必要となり、最終的な解決策としては、国際的に合意された枠組の下で地域的な行動を積み重ねていく必要がある。言い換えれば、地域に分散し、自立して、自律的に活動する主体が、多岐にわたる手段を駆使して共同で問題にあたり、その結果を地球規模で共有することが求められる。このような手法的・地域的統合を図る具体的局面においては、我が国の地政学的立場を十分に踏まえることが重要である。

2. 3 文部科学省の役割

地球環境問題の解決への貢献は、我が国の科学技術政策の柱の一つである。科学技術に関する基礎的、基盤的な研究開発を総合的に推進する文部科学省は、第3期科学技術基本計画に則り、地球環境科学技術の発展に向けて積極的に取り組む必要がある。

文部科学省は、科学研究費補助金、科学技術振興調整費、科学技術振興機構による戦略的創造研究推進事業といった各種の研究推進・支援制度や、宇宙科学技術、海洋科学技術など地球観測をはじめ幅広い分野のインフラを提供する大型プロジェクトを所管するとともに、

我が国の研究人材の多くを抱え、学術研究と人材養成を行う大学の振興を担当している。このように、我が国の研究基盤の多くを支える文部科学省は、2. 2節に示された地球環境科学技術の特性と展開の方向性を踏まえ、それが有する政策手段を総合して地球環境科学技術に関する研究開発及び人材育成を進める必要がある。

文部科学省は、これまで人工衛星や船舶、海洋及び陸上のモニタリング施設等による地球観測ネットワークの整備を進めることを通じて全地球観測に取り組むとともに、地球シミュレータ等を活用した気候変動予測研究を強力に推進してきた。また、これらの成果の共有・普及を図ることにより、適応策や緩和策の企画立案に貢献してきた。これらの取組については、引き続き、地球環境科学技術の中核的課題として推進していくことが重要である。さらに、前述した内外の情勢の変化を踏まえ、文部科学省が有するポテンシャルを十全に活かして環境対策技術の開発や科学技術外交の視点に立脚した取り組みを強化していく必要がある。

環境対策技術開発については、世界全体の温室効果ガスの排出を2050年までに半減するため、「環境エネルギー技術革新計画」において示されているように、燃料電池自動車、バイオマス利活用、太陽光発電等の既存技術の向上・普及といった短中期的な対策のみならず、中長期的には革新的な技術の開発が重要である。このため、現在は基礎研究段階にあるものの、その実現により大きな削減効果が期待される材料や触媒の開発や、革新的な省エネルギー・新エネルギー技術などの基礎・基盤研究を、大学や公的研究機関等における研究開発力を総動員して推進し、技術のブレークスルーを図ることが必要である。

また、基礎・基盤研究の成果の社会への実装のため、人文社会科学との連携を通じた、ユーザーニーズ・社会への普及までを見越した研究開発を実施する必要がある。

さらに、関係府省との連携を進め、実用化・産業化の芽が出てきた革新的技術を具体的政策や関係府省の施策に展開するとともにイノベーションにつなぎ、日本における持続可能な社会の実現を目指す。

科学技術外交の強化については、世界の環境問題は我が国の環境問題であるとの認識に立ち、欧米先進国との国際協力・共同研究を引き続き推進するとともに、途上国との科学技術協力・共同研究の取組を強化していく必要がある。「科学技術外交の強化に向けて」（平成20年5月）においても、科学技術と外交との連携を図り、相互に発展させるという観点から途上国との科学技術協力の強化が謳われているところである。

こうしたことから、従来の途上国への技術協力の枠組を超え、途上国における科学技術力の向上とともに、我が国の地球環境の改善技術の進展にも資する国際共同事業を推進する。途上国との共同研究を積極的に進め、持続可能な社会の実現に向けた諸課題に積極的かつ継続的に取り組み、我が国の環境問題の解決にも大きく貢献するとともに、途上国の持続的な発展と繁栄に貢献していくことで、国際的なリーダーシップを発揮することを目指す。

一方、途上国の発展段階に応じたきめ細かい、地域に適した技術協力のメニューの提供・共同研究の提案も我が国には期待されている。具体的には国際協力機構（JICA）における政

府開発援助（ODA）事業と連携し、地球規模の環境問題の解決に貢献する技術の開発・応用や新しい知見の獲得のための共同研究と、途上国のキャパシティ・ビルディングを実施する必要がある。

なお、研究開発の推進にあたっては、財政的措置を含め、研究開発を行う機関間の連携による横断的な研究推進体制や、多面的かつ継続的に地球環境科学技術を支える体制が重要であることに留意すべきである。

第3章 文部科学省が推進すべき研究開発課題

本章では、第2章に示された基本的な考え方にに基づき、平成23年にかけて文部科学省が実施すべき地球環境科学技術の研究開発課題を、研究領域ごとに述べる。

3.1 気候変動研究領域

地球温暖化への対応については、気候変動枠組条約の下、国際的・国内的取組を継続的に進めていくことが求められているが、特に温暖化に関する最新の科学的知見がレビューされる気候変動に関する政府間パネル（IPCC）等の国際的取組において、我が国が果たすべき役割は大きく、地球温暖化問題は地球環境分野の中でも特に緊急性の高い課題である。また、IPCCにおいては、すでに平成18年から第5次評価報告書の新シナリオ作成方針の提案のための作業が開始され、平成20年4月のIPCC第28回総会において、第5次評価報告書を策定することが合意され、それに向けた貢献が求められている。

IPCCの第4次評価報告書の政策決定者向け要約においては、大陸規模より小さなスケールの気温変化についての観測結果を再現することや、変化の要因を特定するのは未だ困難であるとの指摘がなされるなど、今後も地球環境の詳細な把握と情報提供を積極的に図る必要がある。

特に、地球温暖化の原因の大きな部分を占める二酸化炭素等の全球的な分布やその時間変動に関する観測は、現在まで必ずしも十分に行われていないことから、今後、温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT）や小型・高性能化した二酸化炭素センサーを搭載したアルゴフロートの展開等によってこれを実現するとともに、継続的にデータを取得し様々な観測データの相互利用を図る必要がある。

また、地球シミュレータを活用した気候変動予測研究における予測手法の高度化などにより、世界の地域レベルの気候変動予測の実現を図るなど、我が国の最先端の科学技術力による成果を示し、積極的に指導的な役割を果たすことが必要である。

さらに気候変動に関する地球観測については、「地球観測の推進戦略」に基づき関係府省・機関の連携体制を強化して進める必要があることから、平成17年度より毎年、我が国における地球観測の実施方針を取りまとめ、各府省・機関による地球観測の推進を図ってきたところであるが、引き続きこの取組を強化して進めていくことが重要である。

このような認識の下、本研究領域では、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の基礎的・基盤的取組として地球温暖化の現象解明及び影響の予測・評価に係わる研究開発を推進するとともに、地域的な自然及び人文・社会的条件の下での変化や影響を予測・評価する研究開発を推進する必要がある。また、気候変動は、地球規模の水循環の変動をもたらすことにより、世界各地において、水資源、自然災害、生態系、食料生産、人の健康等、様々な社会問題をもたらすことから、気候変動に伴って起こる地球規模の水循環変動を把握し、リスク評価を行うことが求められる。さらに、化石エネルギー消費等に伴う温室効果ガスの排出

を大幅に削減し、世界全体の排出量を自然界の吸収量と同等のレベルとしていくことにより、気候に悪影響を及ぼさない水準で大気中温室効果ガス濃度を安定化させるための取組が必要である。地球温暖化抑制に係わる政策と持続可能な発展の政策との目標を整合させ、脱温暖化社会のビジョンを提示することを目指し、技術革新と経済社会システム変革の相互関係、途上国先進国間協力、抑制政策の経済影響など、社会の複雑な問題に対して政策科学的にアプローチする研究を推進するべきである。

さらに、「環境エネルギー技術革新計画」に基づき、今後温室効果ガス排出削減に向けた対策技術の研究開発への取組が進展すると考えられる。しかしながら、既存の技術の改良や実用化、あるいはそれらの社会への普及を図るだけでは、2050年に温室効果ガスの排出を半減するという目標の達成には限界があり、従来の発想の延長線上にはない極めて革新的な温室効果ガス排出削減に資する対策技術が必要であることから、大学や独立行政法人などが有する基礎研究や基盤技術開発のポテンシャルを総動員し、環境対策技術の開発を積極的に推進すべきである。

【今後取り組むべき研究開発課題】

● 統合された地球観測システムの構築への貢献

地球環境問題の解決に不可欠な各種データを収集するため、衛星等による地球観測、海洋観測、極域観測を推進するとともに、「統合された地球観測システム」の構築に貢献する。すなわち、衛星、地上観測センサーの開発、国際的な観測ネットワークの構築を推進するとともに、観測手法、観測データの標準化等を推進する。

● 地球温暖化予測モデルの高度化による 21 世紀の気候変動予測

人・自然・地球共生プロジェクトで開発された温暖化予測「日本モデル」ミッションの更なる拡充・精緻化を図るため、全球雲解像モデル開発、諸物理過程のパラメタリゼーション開発、各種観測データの同化技術開発等を促進し、それらを「日本モデル」(発展型)へ組み込むためのシステム構築を推進する。「日本モデル」(発展型)により 100 年オーダーでの温暖化予測実験を行い、IPCC 第 5 次評価報告書策定に貢献する。さらに、地域スケール程度までの詳細で信頼性の高い予測技術を開発し、国家安全保障、エネルギー施策、水・物質循環変動予測、生態系変動予測等への温暖化予測の利用・応用を推進する。また、今後 25 年程度の身近な未来におけるアジア・モンスーン、エルニーニョ等の大規模大気・海洋現象が台風、熱波、集中豪雨、高潮、豪雪等の極端現象と呼ばれる中・小規模大気現象の頻度や強度に及ぼす影響を解明し、予測するため、詳細な物理過程を含んだ高精度領域数値予測モデルを開発する。また、必要に応じて観測データによるモデルの検証及び改良を行う。

● 陸域・海洋の気候変動応答プロセス解明

温室効果ガス濃度増加による地球温暖化の直接影響は地表気温、雪氷融解、表層海水温、海面上昇等に現れる。これらは陸域や海洋の炭素・水・物質循環に影響を及ぼし、陸域・海洋の生態系に変化をもたらす。生態系の変化はまた、温室効果ガスの自然吸収源の消長を引き起こし、温室効果ガス濃度の変化速度に影響する。このような気候変動フィードバック

は、モデルによる気候変動予測の不確実性の大きな要因の一つとなっている。そこで、地球温暖化予測の大きな不確実性要因である、エアロゾル・雲、海洋中の渦、海氷等についてのパラメタリゼーションを厳密かつ詳細に行うため、各種の観測・モニタリング、室内実験等による現象の解明を進めるとともに、モデルの精度向上・改良を行う。また、地球温暖化による陸・海生態系への影響、及び森林伐採や植林等の植生改変による温室効果ガス収支への影響等を明らかにするため、生態系における観測、モニタリング、室内実験等を進め、パラメタリゼーション、モデルの改良・精度向上を行う。

● シナリオに基づく長期の気候変動予測

気候安定化のような様々なシナリオに対して、高度化した気候モデルを適用し、100年を超え数世紀から千年程度にわたる長期予測実験を行う。これにより、地上気温や海面水位に加え、海洋循環、極域氷床、陸域植生、炭素循環等、地球環境の諸要素の長期的な変化を研究する。各シナリオの下での気候システムの変化を明らかにし、長期の温暖化抑制策に資する。

● 現況及び温暖化時における季節から年々変動に着目した気候変動予測

長期的な気候変動に対する予測と並行して、社会活動に直結する季節から年々変化に着目した気候変動予測は、特に IPCC 第4次評価報告書にも指摘されるような全地球的気候変動と地域的な気候変動とを総合して扱うべき研究である。季節から年々変化に着目した気候変動予測を高精度化し、国内の気候変動対策における施策だけでなく、発展途上国における対策へ貢献する。

● 温暖化及び地域的、局所的な気候変動に関与する観測・予測データの統合化

地球の状態についての監視の改善、地球プロセスの理解の増進、その振る舞いの予測精度の向上を目指し、包括的で調整された持続的な複数システムからなる地球観測システムである全球地球観測システム (GEOSS) の取組に寄与するため、高度な計算機シミュレーションと双方向に密接に連携しつつ、情報理工学における最先端の技術を活用することによって多種多様かつ大量のデータの統合処理及び利用者ニーズに対応したデータの高度処理ができるシステムの開発及び運用を進める。また、統合化・高度化されたデータセットを国際的に共有できる体制の構築を目指す。

● 過去の地球環境の変遷解明

地球温暖化等の解決に資するため、過去の地球環境の変遷解明に向け、地球深部探査船による調査を引き続き推進する。深海底掘削や南極の氷床深層掘削によって得られたコアサンプル等を用いた古気候や古環境の解明等を進めるとともに、これらのデータによる地球温暖化予測モデルの検証を行う。

● 観測とモデルを統合した地球規模水循環変動把握と水災害リスク予測

地球規模の水循環変動は、水資源管理、自然災害、生態系、食料生産、人の健康等に横断的に係わり、地球温暖化に伴う気候変動の社会的影響として深刻な問題となる懸念がある。そこで、衛星観測、気象・海洋観測、陸上調査等によるモニタリングデータと、数値モデルによる推定値とを統合・解析して地域レベルから地球規模の水循環の変動を把握するとともに

に、さらに社会科学データを統合・解析したデータと融合し、水災害予測手法の開発・連動により災害ポテンシャル将来予測を行い、的確なリスクアセスメントを可能とする技術の開発を目指す。

● 脆弱な地域等での温暖化等による気候変動の影響の観測

雪氷域、高山域、半乾燥地域、沿岸域等気候変動とそれに伴う環境変動の影響が現れやすい脆弱な地域の環境及び生態系変化の継続的モニタリングや、過去の観測データの解析等を行い、温暖化影響の早期検出を可能とする体制を構築するとともにこれらのデータの統合・解析を通して、これらの地域の環境及び生態系の変動を把握する。自然環境、社会経済に及ぼす気候変動リスクを評価するために、温暖化に対する脆弱性指標、温暖化影響が不可逆となる閾値等を明らかにする。また、雨に対して脆弱な都市域において、最新のレーダネットワークシステムを活用した降雨観測予測技術の開発とそれを用いた局所的擾乱の発生機構を把握する。

● 大規模都市域、その周辺陸海域における気候変動影響の観測と気候変動予測

人口の集中が極めて高い都市域における気候変動の影響の研究は、温暖化対策におけるエネルギー施策においても重要性が高い。都市域やその周辺陸海域における温暖化の現況を総合的に把握する観測と、都市に特有な気候変動メカニズムの解明及びその予測の高精度化を行う。

● 気候変動予測を高精度化するための観測及びそのデータの利用技術開発

気候変動予測の精度を向上するために異種多様な観測データをどのように利用するか、また予測精度を向上させるために有効な観測はどのようなデータが必要であるかについて、実問題に対する系統的な知見が蓄積している統計数理学、制御工学、情報工学等からの新たなアプローチを導入し、効率的な観測と予測精度向上の統合のための研究を促進する。

● 気候変動現象とそのリスクの解明

確率推計理論であるアンサンブル予測手法等を開発し、10年オーダーでの短期的な気候予測を精緻化することにより、複数の気候変動予測モデル・同化システムでの差異・不確実性を低減し、実用的な予測プロダクトの社会への応用に関する研究を行う。数年から25年程度の季節変動予測により、地域における防災、社会経済、農業、水循環、生態系等に及ぼす気候変動リスクの解明を進め、国民の安全のための施策、社会経済システムの研究等への利用・応用を図る。

● 気候変動への対応策及び脱温暖化社会のビジョン研究

長期排出シナリオ、高精度全球気候予測、高度影響評価、適応策、(安定化排出経路)、緩和策、削減策に関する研究を推進する。その成果を統合し、人文・社会科学と融合した総合的研究を行うことにより、地球社会に対する気候変動のリスクの予測とその低減の道筋を明らかにする。さらに、温暖化抑制に係わる政策と持続可能な発展の政策との目標を整合させた脱温暖化社会のビジョンを提示することを目標に、エネルギーの供給及び利用をはじめとする技術革新と経済社会システム変革の相互関係、途上国先進国間協力、政策の相互利益性、抑制政策の正負経済影響、第一約束期間後の気候政策等に関する研究を行う。

● 中長期的対策（2030年以降）に必要な革新的環境対策技術の開発

2030年以降の中長期的な対策の期間を見据え、環境対策技術の最も基礎的・基盤的な部分となり、対策技術全般に対する潜在的な影響力が大きいと考えられる新たな材料や触媒の開発や、ナノテクノロジーを活用した高効率のエネルギー変換・貯蔵技術、環境調和型の省エネルギー・新エネルギー技術に関する研究開発などを積極的に推進する。

3. 2 水・物質循環と流域圏研究領域

20世紀における急速な都市への人口の集中、市街化の進展により、長い農耕社会が培ってきた水・物質循環は、その根底から変貌をとげ、河川平常時流量の減少、森林・農地などにおける水源涵養機能の減退、湧水の枯渇、都市型水害の多発、生物多様性の脆弱化が進展している。日本においては、人口減少に伴う市街地縮退の時代となり、今後の都市及び流域圏の動向の予測シナリオに基づき、持続的な環境を如何に回復し、創り出していくかが、大きな課題である。一方、開発途上国を中心とする地域では、依然として続く急激な人口増加や都市開発、産業発展、土地利用の改変などを背景として、水不足、水質汚染、洪水被害の増大などの水問題が深刻化しており、食料難、伝染病の蔓延などが拡大している。

これらの現在気候下での水問題に加え、IPCC第4次評価報告書において、より現実的な地球温暖化の影響が示された。我が国においては、国土交通省社会資本整備審議会の下で、水害や渇水被害、土砂災害、高潮災害等の激化による国土・社会への影響を考え、壊滅的な被害を回避し、水災害に適応した強靱な社会を構築するための適応策の基本的方向が「水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について」(答申)として取りまとめられた(平成20年6月)。諸外国では、欧州連合(EU)の「洪水リスクの評価・管理に関する指令」(平成19年10月公布)をはじめ、イギリスでの「Thames Estuary 2100」、オランダでの「Room for the River」など気候変動への具体の適応策が示されるとともに、バングラデシュ、ブータン、カンボジアなどでは、地球環境ファシリティ(GEF)の助成により国連環境計画(UNEP)や世界銀行の協力の下、国別適応計画が策定されている。

このように水問題は、気候変動とともに国際的な緊張を高める大きな要因になるという認識が広く共有され、取組が進められるようになった。このような問題は流域の自然的、社会的個性に応じて発現するが、その原因として地域規模、地球規模の水循環変動の影響があることを考慮しなければならない。したがって、個々の流域での対策が必要であることはいうまでもないが、地域規模、地球規模の観測データや予測情報を流域規模の問題に積極的に利用し、現象を解明し、予測精度を向上し、影響を適切に評価して、意思決定に反映するデータや情報の提供の研究の推進が不可欠である。

アジア地域は、モンスーン気候と造山帯、水稻栽培を中心とした農業など、我が国と共通の水循環やそれに伴う物質輸送、社会的特徴を有する。地球温暖化による変化の影響も含めた地球規模の水循環変動とアジア地域の変動、アジア地域の変動と流域の変動をそれぞれ関連付けて理解し、変動の予測精度を向上し、その結果を流域規模の問題に適用して問題を解決に導くことは、我が国にも影響が及ぶことを未然に防ぐとともに、当該地域における自立

的な経済発展につながる。アフリカ地域においては、増加する人口とともに、絶対的に水資源量が不足している北アフリカと、水に係わる社会基盤整備の遅れが著しいサブサハラにおいて、問題が深刻となっており、地球温暖化がこれらの問題を一層悪化させることが懸念されている。アジア地域においては、我が国の先端的な科学技術に基づいた各国の水問題への取組が始まった。これを一層推進するとともに、アフリカ地域にも拡大し、科学技術による国際貢献を果たしていくことが望ましい。

また、このような認識の下、本研究領域においては、地球規模水循環変動により水資源供給に過不足が生じて人間社会が被る悪影響を回避、あるいは最小化するとともに、持続性のある社会を構築するために不可欠な水源の確保、浄水・排水処理等の安全な水を確保するための水資源管理手法を確立するための基礎的・基盤的研究開発として、流域規模から地球規模の水循環変動の先進的な観測技術の開発、体系的な観測網の整備、現象解明、予測及び水資源管理に係わる研究開発を推進する必要がある。

【今後取り組むべき研究開発課題】

● 地球・地域規模の流域圏観測と環境情報基盤

国際協力によるアジア地域での地上観測網の整備、地球観測衛星データの効果的な利用、同化を含めた観測データと数値予測モデルとの結合による高度な情報の創出と、これらのデータや情報の統合的な利用により、水循環・気候変動メカニズムの理解を深め、健全な水循環の保全・再生等、実利用及び政策判断、とりわけ地球温暖化の影響の適応策の策定に有用な情報を提供し、地域規模の流域圏における気象予測技術や水循環予測技術の向上を図る。

さらにこれらの取組をアフリカ地域にも展開する。

● 水・物質循環の長期変動と水災害リスク予測

地球温暖化の影響を含めた豪雨や洪水といった極端な水文・気象現象を含む水・物質循環シミュレーションモデルの開発、複数のシミュレーションの実施により不確実性をも推定する予測手法の開発、データ同化など観測値の適切な利用によりモデル初期値の精度を向上させる手法の開発などにより、水・物質循環シミュレーションの高精度化を行い、水・物質循環の長期変動や水災害リスクの定量的な推定を行う。

● 健全な水・物質循環マネジメントシステム

地球規模から流域規模に至る水・物質循環の自然的、社会的変動と、その相互作用のメカニズムを考慮し、利害関係者の合意形成を含めた流域圏のマネジメントシステムを開発し、問題解決型・実践型研究を行う。

また、アジア地域において国際河川・海域の広域汚染が顕在化していることを受けて、そのモニタリング・予測・リスク評価を行い、国際河川・海域の環境管理システムの構築に向けたアジア各国との共同研究に取り組む。

● 自然共生型流域圏・都市実現社会シナリオの設計

地球規模の環境の保全と、経済発展を両立させる社会モデルとその移行シナリオを構築し、流域圏・都市における健全な水循環回復のための保全・再生・創出のシナリオ設計を行う。

これを踏まえて、流域圏の特性に応じた実証的研究を行い、持続的・循環型社会の目標像としての自然共生型流域圏の実現に向けた研究を人文社会科学と共同して行う。

特に、アジア地域においては、急速な勢いで巨大都市の拡大が進展しており、都市の成長管理政策と自然共生型流域圏形成の研究を連動させ、具体的アクション・プログラムを踏まえた共同研究を行う。また、巨大災害発生時の復興が緊急に必要とされる場合には、自然共生型流域圏・都市再生手法の即地適用を、速やかに実施し、国際貢献に寄与する必要がある。

3. 3 生態系管理研究領域

生態系・生物多様性を保全し利用することは、持続可能な発展のために必須である。生態系は、食料、工業材料、医薬品、エネルギー源や、炭素固定・環境浄化機能、さらには観光資源など、多様な財、サービスを提供しうる。これらの財、サービスを有効、かつ持続的に利用していくためには、革新的な利用技術の研究開発とともに、地球規模から遺伝子レベルにわたる生態系のマルチスケール観測、環境変化と生態系の相互作用評価、変動予測に基づく順応的な管理技術の構築が必要である。

このような認識の下、本研究領域においては、陸域－海域－大気複合現象、短期－長期的な時空間変動をはじめ、水・土地・資源利用などの社会経済活動の影響を考慮し、特に、地球規模での生態系の観測・解析から共生や寄生などの生物間の相互作用や食物連鎖を含む生物地球化学的メカニズムをマルチスケールで解明するための研究開発を推進する必要がある。また、生態系がもたらす財、サービスは、持続可能な発展と安全・安心なものづくりの手段として 21 世紀におけるイノベーションの中核であり、これらの利用を高度化するための研究開発も行うべきである。

【今後取り組むべき研究開発課題】

● 生物多様性観測・解析・評価

衛星、調査船等により陸域及び海洋の生態系と生態系の生産機能に係わる物質循環の高精度観測を実施し、それらのデータをデータベース化し統合的に解析するとともに、人間活動が及ぼす影響のパターンを抽出し評価する。また、複数の生態系の生物多様性に関するデータを併せて解析することにより、地域及び地球全域の生態系管理の基盤情報システムを構築する。この基盤情報システムにより、生態系の構造・機能解析技術や生物多様性の脆弱性評価手法を高度化する。

● 水・土地・資源利用、気候変動、生態系の相互影響評価

陸域及び海洋の生態系・炭素循環モデル、個体レベルに基づく植生変動モデル等を開発し、人間活動による水・土地・資源利用及び気候変動に伴う生態系への影響と、生態系の水・土地・資源利用及び気候変動への相互影響を評価・予測する。さらに、大規模閉鎖系プラットフォーム等を用いて、評価・予測の妥当性も検討する。さらに、前述の 3.1 気候変動研究領域とも関連して、生物過程観測の自動化・効率化のための技術開発とその普及が望まれ、アルゴ計画を凌駕するような海洋生物観測法の確立が期待される。

● 生態系機能研究

生態系のマクロスケールの物質循環と、生物群集のエコゲノム解析から得られる遺伝子発現・生理生態データ並びにミクロスケールでの物質循環データを統合し、マルチ・ミクロ生物学の知見を得るために複雑系情報処理技術を駆使して、マルチスケールでの生態系機能を解明する。

● 生態系の高度利用技術の研究

未だ十分に機能解明されていない微生物等、生物の環境適応性、効率性、安定性について解析し、生態系保全技術への応用として、魚介類の養殖をはじめとする生物生産の高度化研究や新たな有用遺伝子群の探索に結び付ける。また、様々な環境耐性を有する生物の育種や共生・寄生などの生物間相互作用のメカニズムを把握し、生態系機能を使った新たな環境修復技術を開発する。

3. 4 化学物質リスク・安全管理技術研究領域

人間は大気・水・土壌といった環境媒体や農林水産物、家庭用品、水道水、室内空気などの様々な媒体を通して化学物質にさらされていることに加え、ナノテクノロジーなどの新技術によって生成される物質などによる新たなリスクの発生が危惧されており、有害化学物質の環境中への拡散による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。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、いわゆる健全な循環型社会を形成していく上で、化学物質のリスクの評価及び管理に関する研究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 法によりデータの届出が義務化された対象化学物質については、環境における蓄積の実態・曝露量の評価、その除去方法の開発、無害化への技術開発等、緊急の対応が必要である。

また、国際的な物流による移動、環境媒体による地球規模移動、急速な経済発展に伴うリスクの増大などの問題から、リスクの受容レベル、規制対効果、費用対効果などのリスク管理、あるいは一般市民とのリスクコミュニケーションに係わる人文社会科学的アプローチの強化も必要である。

このような認識の下、本研究領域では、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を認識しつつ、「安全・安心」を確保するため、化学物質総合管理の技術基盤、知識体系並びに知的基盤の構築に資する基礎的・基盤的研究開発を推進する必要がある。

【今後取り組むべき研究開発課題】

● 有害性・曝露評価と環境アーカイブ・モニタリングシステム研究

有害性・曝露評価の対象となる化学物質の種類、組み合わせは膨大であるため、その有害性・曝露評価を着実に進展させることが望まれている。そのために生命科学や環境科学の知見を生かした迅速な評価システムを検討する。加えて、将来、新たな事実が判明した際に参照可能とする環境アーカイブシステム（環境試資料を経時的に保存するシステム）と環境動

態モニタリング研究を推進する。

● 化学物質のリスク評価管理・対策技術

化学物質の安全な管理のためには、着実なリスク評価に基づくリスク管理を行う必要がある。すなわち、多様な産業などからの有害化学物質の排出削減と化学物質管理、環境リスク低減のための手法の策定や規準の設定等に対して、化学物質のリスク評価と管理、無害化に関する技術を開発するとともに、リスク管理に関して価値観の共有につながるようなリスクコミュニケーション手法を含む合意形成のあり方などの問題に対して、広く人文社会科学的な見地から問題の解決に取り組む。

3. 5 3R技術研究領域

人口の増大や経済社会活動の拡大に伴い、世界的に資源需要が急増し、それに伴って廃棄物の排出量が増加するとともに、種類も多様化しつつある。さらに、資源循環に係わる製品や技術などの国際流通も活発化しており、この面での国家間の相互依存性が高まっている。今後は省資源化、廃棄物の抑制、製品の再利用及び再資源化、未利用資源の効率的利用など、将来にわたる生存基盤となる環境の保全と、経済・社会の成長との両立を実現する持続型経済社会システムへの転換のための取組が必要である。

持続型経済社会の構築のためには、部分的なシステム・プロセスを統合し、全体システムとして機能させるシステム設計技術が重要である。このため、特定の規模・課題を切り口にして、全体システムを持続可能にするための基礎技術を見出すとともに、見出された個々の技術を構造化・体系化していくことが必要である。加えて、基盤となる個別要素技術の開発と評価、全体システムの構成と持続性を指標とした評価が不可欠である。

このような認識の下、本研究領域では、3Rに係わる設計・建設・生産技術等をはじめ、環境負荷・エネルギー・コスト等の削減を推進するための基盤となる要素技術の開発、効率的な資源利用や適正な廃棄を促し、3R技術・システムの導入促進につながる指標や評価手法に関する研究、3Rアプローチによる持続型経済社会システムの構築に資する基礎的・基盤的研究開発を推進する必要がある。

【今後取り組むべき研究開発課題】

● 資源循環型の生産・消費・回収利用システムの設計・評価・支援技術と社会システム開発

地域特性に適合した廃棄物処理・3Rを可能とする社会システム、技術の具体的な将来像の設計・提案とともに、資源生産性の高い持続的経済社会の実現に向けた研究開発を行う。特に地域ごとの生成量、物流、リサイクル品需要等を考慮した循環システム、それに最適な製品の設計・生産など、経済活動の上流段階で3Rをあらかじめ生産システムに組み入れるため、製品等の環境配慮設計技術、リユース性向上のための設計・生産技術等の開発を行う。

● 資源循環関連指標と国際資源循環システム研究

資源サイクルの最適化のための取組を進めるにあたって、資源生産性をはじめとする資源循環関連指標や持続性関連指標の開発と分析を進める。そして、循環資源が国際移動してい

る現状を踏まえ、3R 推進を通じた資源生産性の向上や 3R と温室効果ガス削減とのコベネフィット追求に資する国際資源循環システムの実証的分析を行う。

● 有用性・有害性から見た循環資源のライフサイクル管理技術

有用性と有害性の両側面の視野において、再生品を含む製品についての総合的な含有成分の試験法やその情報管理技術に関する研究を行い、規格策定を支援する研究を推進する。この取組は、製品のライフサイクル全体を視野に入れる必要があり、再生資源の国境を越えた移動の現状を念頭に置けば、アジア地域との協働作業とすることで、有用性と有害性についての共通の判断軸の認知に繋げることが可能となる。

● リサイクル・廃棄物適正処理処分技術の開発

地球温暖化をはじめとする他の重要施策への対策と両立可能な循環資源の有効利用、廃棄物の適正処理・処分のための要素技術の開発を行う。特にカーボンニュートラルな再生利用資源であるにもかかわらず、現状では未利用となっている資源の活用技術として、発酵技術、ガス化技術、油化技術などの要素技術を、カスケード性を意識して高度化する。得られた再生資源の利用を地域特性に応じて社会システム設計し、その過程で発生する残渣の管理技術を開発する。

3. 6 バイオマス利活用研究領域

人類は、経済的な豊かさと便利さを手に入れ、発展する過程において、その生活基盤の大部分を将来の枯渇が予想される石炭や石油などの化石資源に依存するようになってきた。

これまでの大量生産、大量消費、大量廃棄の社会システムは、自然の浄化能力を超え、地球温暖化、廃棄物・有害物質の発生等の様々な問題を深刻化させている。バイオマスは、地球に降り注ぐ太陽のエネルギーを使って、無機物である水と二酸化炭素から、生物が光合成によって生成した有機物であり、量が豊富で持続的に供給可能な資源である。バイオマスエネルギーは大気中の二酸化炭素濃度を増加させずかつ再生可能であることから、エネルギー起源二酸化炭素の排出量を削減するために非常に有効であり、これらを積極的に利用していくことが重要である。

このような認識の下、本研究領域では、バイオマスをエネルギーとして、また素材として利用するための基礎的・基盤的研究開発を行う必要がある。

【今後取り組むべき研究開発課題】

● バイオマス利活用システム研究

地域に根ざしたバイオマス利活用のさらなる推進のために、ライフサイクルを意識した物質循環、地域特性等を踏まえた原料確保から残渣の処理までのトータルシステムコストの低減、社会科学的な検討など、社会システム的な研究開発を行い、経済的に成立するための要件を研究するとともに、地域の活性化に貢献することを検討する。また、バイオマス利活用にあたり、地域環境に対する影響・安全性の評価を行う手法を構築する。

● バイオマス高度利用基盤技術

大気中の二酸化炭素濃度を増加させず、かつ豊富で再生可能エネルギー・資源としてのバイオマスの大規模利用を目指すために、多様な組成のバイオマスを、低コスト、低環境負荷で燃料や高付加価値な化学物質に変換する技術や電力へ高効率に転換する技術等の開発を行う。

3. 7 自然科学と人文・社会科学の融合領域

地球環境問題の解決のためには、単に各現象を解決する技術の確立のみならず、社会構造、すなわち、都市構造、経済活動等を包含する、より大きな社会・経済的な観点からの取組が必須である。具体的には、持続型経済社会の構築とはどのようなものであるのか、ライフスタイルや環境に対する国民の価値観をどう取り扱うのか、といった問題であり、加えて、経済政策、外交政策あるいは安全保障への対応など、様々な要因が絡み合う問題であり、これらをいかに俯瞰的に把握するかが大きな課題である。その上で、個々の科学技術はどのようなタイミングでどのような貢献が可能であるのかの戦略を立てることが求められる。すなわち、地球環境科学技術に関する政策の全体像を明確にすることがまず求められる。往々にして個別の科学あるいは技術にズームインされがちな科学技術を、環境に関する政策としてはズームアウトしていくことが求められる。このため、自然科学と経済社会システム変革の相互関係、抑制政策の経済影響・社会的受容性・リスクコミュニケーション、科学技術面からの外交政策など、社会の複雑な問題に対して、人文・社会科学領域との連携・融合が図られる必要がある。

自然科学と人文社会科学の連携・融合については、科学技術基本計画においても、従前からその重要性が謳われており、例えば総合地球環境学研究所においてすでに循環・多様性・資源からなる人間と自然との相互作用環の領域を軸として、文明環境史及び地球地域学を土台とした地球環境学の研究が進められている。地球環境問題の解決という具体的な目標に向けて、より広範に我が国の人材、知識、技術力を総動員し、特に産学官市民等の多様な関係者の連携・協力が必要な課題については、社会の問題解決を目指す社会技術の取組を図ることにより、真の融合の事例が積み重ねられていくことが期待される。

ただし、融合といってもこれまで確立した自然科学、社会科学、人文学といった各学問分野が解体されてまったく新しい分野が作られるわけではなく、各研究者の問題意識が相互に啓発され拡張されて重なり合うことが重要である。このような複眼的・俯瞰的な視点を持つ研究者が自然科学、社会科学、人文学の各分野で増えることによって自然科学と人文・社会科学の融合領域の形成を進めることができる。

【今後取り組むべき研究開発課題】

● 環境科学技術政策研究

大学における政策研究をはじめとした人文社会科学の学問的厚みを活用し、環境科学技術として、どのような技術が必要であるか、また、それをどのように普及させるか、社会全体

における環境の状況を俯瞰した上で検討する。具体的には、経済発展に伴う環境負荷の評価と持続可能な社会実現に向けた政策研究や脱温暖化社会、低炭素社会のビジョン研究などの課題が重要である。

● 地域特性を考慮した地球環境への実践的対応策の検討

低炭素社会実現のためには、自然・歴史・文化といった地域の個性を踏まえた実践的対応が重要であり、多様性のある取組の集積が鍵となる。環境科学技術研究の役割は、共有のプラットフォームとしての、科学的情報基盤の創造と提供、「意味ある参加」を可能とする新しい合意形成システムの構築、これらを実装した社会実験などにある。我が国においてもモデル都市計画などへの取組も始まっているが、地域コミュニティを形成する主体である市民、企業、地方自治体等と研究者との協働により、グローバルな環境問題を俯瞰しつつ地域に根ざした持続可能な社会の実現に向けた実践的社会技術の研究開発を行うことが重要である。

● 環境技術開発における PDCA サイクルの構築研究

よりよい環境対策技術を社会に導入し活用するため、すでに導入されている環境技術を適切に評価する目的で研究を行う。

● 気候変動への対応策及び脱温暖化社会のビジョン研究（再掲）

● 健全な水・物質循環マネジメントシステム（再掲）

● 自然共生型流域圏・都市実現社会シナリオの設計（再掲）

● 化学物質のリスク評価管理・対策技術（再掲）

● 資源循環型の生産・消費・回収利用システムの設計・評価・支援技術と社会システム開発（再掲）

第4章 研究開発を推進するにあたっての重要事項

本章では、第3章に述べた課題に関して研究開発を推進するにあたり、制度面・体制面において取り組むべき重要事項を述べる。

4.1 分野間の協力による新たな科学的、社会的価値の創造

20世紀までの科学技術は専門分野を深化させてイノベーションに挑戦し、科学的価値とともに、社会的価値を生み出してきた。地球環境の分野でも、地球規模の観測能力やシミュレーション能力の向上に伴い、地球の各サブシステムにおける理解が進み、予測性能も向上した。しかし、分野を統合して知の創造や社会的価値を生み出すことには疎く、地球の各サブシステム間の相互依存性、地球規模と局所的な関連性、異なる時間スケールの相互作用など、地球及び環境の統合的、包括的な見方をサポートする科学技術や、これらの自然科学的アプローチと社会科学的方法の融合の推進は十分ではなかった。

これら分野を超えた協働の推進には、それをサポートする具体的な場の設定がまず必要である。具体的課題を設定して、専門的な用語や論理の展開の特殊性を超えたデータの統合、情報の融合を通して、分野間で協力して問題を解決し、その結果生まれるメリットを共有することの積み重ねによって、科学的、社会的価値の創生に結び付けるデモンストレーションプロジェクトの計画、実行が必要である。

4.2 科学技術と環境政策との交流機能の強化

環境政策の遂行は、科学観測によるリスクの認識、プロセス研究に基づくリスクの将来予測、リスク回避のための技術的、制度的手段の適用に基盤を置いており、さらには社会・市民の行動が鍵を握っている。環境分野の科学技術は、社会の要請に応えるものであり、研究成果が政策に反映されることにより評価されるべきである。しかしながら、これまでは、政策決定における研究成果の活用が十分に行われていないのではないかと指摘がなされている。今後は、研究成果が政策に適切に反映されるよう、政策側は科学技術に何を求めているかを明確化すること（意思決定に必要な知見や政策形成に重要な研究課題の提示等）、また、研究機関側も政策の判断を助ける客観的な科学的知見や方法論を積極的に提供することが不可欠である。そのためにも、政策及び社会的ニーズを研究活動に反映させるとともに、研究者の知見や研究成果を政策に的確にフィードバックさせるための相互情報交換システムとなる場の形成と活用を進める必要がある。また、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の活動への参画やミレニアム・生態系評価等の各国政府にアドバイスを提供することを目的とした国際評価活動に積極的に参加すべきである。

4.3 課題解決型研究と基礎研究の適切なバランス

環境研究の特質は、政策支援や政策立案過程への科学的情報の提供、技術開発など課題解決型研究の比重が大きいところにある。第2期基本計画期間において、戦略的に研究課題が

設定され、目的基礎研究や気候モデル開発、地球観測などの体制が整えられてきたことは、世界をリードする成果の発信とともに、地球環境問題の解決という観点で評価されるべきことである。一方、環境問題は相互に関連する極めて多くの要素で構成されるため、多様な環境現象の理解のための、観測、メカニズム解明、モデル化などの基礎研究も重視すべきである。特に、環境問題のように多くの要因が複合化することにより生じた問題を解決するためには、これまでにない新たな発想による取組や新たな学問分野の創出等も必要とされることから、萌芽的な研究や異分野との連携を推進させる体制の整備・充実を図ることが必要である。そのためには、大学等における研究基盤及び体制の整備・充実のほか、基盤的研究資金を適切に確保することが求められる。以上の視点から、環境問題の解決のためには、地域から地球レベルまでの課題解決型研究と基礎研究とを、バランスよく展開することが重要である。そのため、文部科学省をはじめ、我が国の環境研究推進に責任を持つ機関と研究コミュニティとの間で意見交換を行い、環境研究の進展を常にモニタリングし、評価する仕組みを確立することが必要である。

4. 4 研究資金の効果的な重点化

創造的な研究開発を展開していくためには、競争的な研究開発環境を整備する必要があり、今後とも研究者の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に貢献する競争的資金のより一層の拡充が望まれている。

戦略的な競争的資金の拡充は、科学技術基本計画によって大きく進展し、個人のアイデアに基づく大規模で組織的な研究が可能となり、我が国の科学技術面での国際的プレゼンスは大きく高まった。一方、依然として欠けているのは、長期的・持続的な研究資金である。その不備は、すでに述べた研究活動の手法的、あるいは学問分野的統合への誘導や長期観測体制の確立、国際プロジェクトの推進、さらにはデータシステムの開発・維持においても、深刻な問題となる。長期的・持続的な研究資金の整備が進まない理由の一つは、長期・持続的研究の価値の評価の難しさにある。「選択と集中」の中では、必ずしも時間的な『集中』が求められているわけでないことから、まず長期的・持続的取組を必要とする課題の重要性について広く社会に理解を求めるとともに、しっかりした評価体制の下に研究開発を着実に進め、その成果をタイムリーに社会に示すことが肝要である。

4. 5 地球環境科学技術の特性を踏まえた研究成果・推進体制の評価

公的資金が投入された研究開発活動について、第三者で構成された評価者による厳正な評価を適時実施し、その成果を判断するとともに、評価の結果を適切に研究開発資源の配分に反映することにより、研究開発活動の効率化・活性化を図り、より優れた成果を上げていくことが必要である。

地球環境科学技術については、個々の研究活動により直接もたらされる成果よりも、個々の活動がシステムとして統合されることにより生み出される成果が重要視されることから、研究評価の基準もこれに合ったものではない。総合的アプローチに伴う困難をどのよう

に克服し、実在する課題の解決にどれだけ貢献したか、などの面が研究評価に反映されねばならない。また、第3期科学技術基本計画においては、科学技術の社会への還元が強調されていることを踏まえ、地球環境問題の解決に研究成果が結びつく道筋が節目ごとに明らかにされるよう評価体制のレビューとその実施が必要である。

4. 6 地球環境科学技術を支える人材の育成・確保

地球を各サブシステムの相互作用の上に成り立つ一つのシステムとして捉える見方は1980年代半ばに確立された。地球規模の観測能力やシミュレーション能力は向上してきたが、サブシステム間の相互依存性、地球規模と局所的な関連性、異なる時間スケールの相互作用など、地球及び環境の統合的、包括的な見方をサポートする科学技術の発展と、それを担う人材の育成が現在特に求められている。そのためには、自然科学のみならず、人文・社会科学との連携や、マネジメント科学としての体系確立、さらには国際的取組の強化等が要請される。このような課題への対応能力を有する人材の育成には、多面的な環境に関する知識と問題解決能力を培う教育カリキュラム、若手研究者の活躍の場の確保など、多方面からの長期的な視野に立った取組が必要である。また、様々な分野間の融合が必要な今日の社会システムの設計を議論できる場を広げることも大切である。

また、地域レベルでの環境の総合的な管理のためには、地域における環境管理の担い手の一端を担う地域住民とのリスクコミュニケーション能力も含めて、計画段階からアセスメント、環境保全、修復、管理に至るまでを実行に移すことのできる人材の確保が研究体制とともに重要な課題である。このためには、大学の教育機能も活用した短期・長期の再教育や、産業界、行政等の関連部署での仕事をしながらのトレーニングを通じて、高度なマネジメント能力と市民への説明能力を兼ね備えた環境管理の専門家を育成することが必要である。

また、安全・安心な社会形成のための重要な課題として、廃棄物や環境媒体に存在する化学物質の分析、調査、モニタリング、リスク解析のできる人材、いわば化学物質専門職を、全国に配するため人材育成の必要性も高まっている。加えて、市民、消費者等への知識の普及や啓発を行うための各種団体やNPO等の人材育成も求められている。

4. 7 国際的な取組の推進

我が国の研究開発の国際的な取組のうち、全球的なレベルでは国連などの国際機関や国際的学術団体などの傘の下で、米国をはじめとする先進国並びにアジア諸国と連携して主に研究活動が行われてきた。

世界の国々において急速に進む環境悪化の影響は、温室効果ガス増大、汚染物質の飛来や輸入食品の品質劣化など様々な形で我が国も共有せざるを得ない状況にあることから、環境の保全、改善に関する途上国をはじめとした海外との協力活動において我が国がリーダーシップを発揮し、共同研究や技術移転を積極的に進めるとともに、我が国発の優れた環境保全技術の移転、人材の交流、能力開発への支援などの取組を強化すべきである。

具体的には、地球変動研究アジア・太平洋ネットワーク（APN）や地球システム科学パー

トナーシップ (ESSP)、地球変動に関する分析・研究・研修システム (START) 等の国際プログラムとの連携を図りつつ、途上国における科学技術の研究能力向上に貢献することが、科学技術外交推進の観点から重要である。加えて、気候変動に対して脆弱であるアフリカ大陸において、日本の「クールアース・パートナーシップ」等のイニシアティブを通じた取組や、安全な水へのアクセスの改善に向けて、アジア諸国との国際協力の経験を踏まえて展開していくべきである。

また、地球環境研究・技術開発関係の国際会議や、IPCC などへの我が国の研究者のリーダー的立場での関与を強化するとともに、人材育成など多面的な方策の構築を進めることが必要である。

我が国は全球地球観測システム (GEOSS) 10 年実施計画を推進してきているが、G8 ハイリゲンダムサミット (平成 19 年) においては各国が GEOSS の構築において指導力を発揮する旨、G8 北海道洞爺湖サミット (平成 20 年) においても各国が GEOSS の枠内の努力を加速化する旨合意されている。GEOSS の枠組の下で、地球観測衛星など宇宙技術を使って得た災害関連情報を用いて、アジア太平洋域の自然災害の監視と被害軽減を目的とした「センチネルアジア」プロジェクトを強化させ、また地球観測データと各河川データとを効果的に組み合わせて国際協力で統合水資源管理を推進する「アジア水循環イニシアティブ」などを発足させ、これらは GEOSS の早期達成結果と高く評価されている。これらの取組において我が国が先導的な役割を担ってきた背景には、地球観測衛星委員会 (CEOS) や統合地球観測戦略 (IGOS) などの議長国を務め、また統合地球水循環強化観測期間 (CEOP) などの全世界規模の新たな科学計画のリーダーシップを担い、国際的な取組を主導してきたことが挙げられる。それらをなしたのは、長年にわたって CEOS 事務局を引き受け、その活性化に努め、また、CEOP 計画の立案に向けた国際的な調整について努力を積み重ね、その結果国際的な信頼を築いてきたからである。このように、我が国が国際的なリーダーとしてその真価を発揮するには、核となる国際的な拠点形成に努力するグループを長期にわたって支援する体制作りが必要である。

4. 8 地域に根ざした環境科学技術の展開

地域環境に係わる科学技術は、地域に根ざしてこそその成果が環境対策における有効な手段となりうる。特に、個人のエコライフと自治体・地域コミュニティにおける政策立案・決定に資する研究開発を行うことが重要であり、各地域における市民生活が直面する環境分野の課題をこれまで以上に研究対象に取り入れていくことが必要である。つまり、地域自体が研究対象として成果を描くべきキャンパスであることを強く認識し、そこで第一級の学術成果を目指すこと、特定の地域に貢献できる成果に加えて普遍性・一般性のある政策に展開できる成果を目指すことが求められる。特に、これまでの温暖化対応は、全般的かつ全地球レベルの課題が取り上げられていたが、今後は特定地域の課題についても取り上げる必要がある。このため、大学をはじめとした地域組織が、これまで以上に地域環境にコミットすることを促す必要がある。

地域環境研究においては、個人レベルのエコライフ研究や都市レベルのエコタウン研究が中心となるが、これらの空間を入れ子構造化することで各スケールをつなぎ、我が国、アジア地域、さらには地球規模での持続性に貢献できる課題を視野に置くべきである。地域や嗜好の多様性を念頭においた研究展開を行いつつ、加えて、一般化や統一的な指標提案のできる課題を重視することが望ましく、これにより個人レベルから地球レベルまでの環境研究の統合化が可能となる。

地域環境研究の推進に向けては、その基盤である人材や設備等を有する大学が中核となり、各地域の研究機関、地元自治体、地元企業等との相互交流を進め、またその成果を広く地域住民に公開する等関係者が一体となった取組が求められ、場合によっては社会実験的な取組を進める必要がある。

4. 9 研究成果の社会、国民への還元

地球環境問題の解決においては、地球環境科学技術の発展を図ると同時に、社会・国民の果たす役割が大きいことからその積極的な参加を広く求めていくことが必要である。そのためには、地球環境科学技術に関する研究活動が広く社会・国民に支持されること、環境情報や研究成果が分かりやすく伝達され、理解されることが必須である。こうした観点から、各種観測データや研究成果等については、国民の生活・行動、企業活動、環境行政等に適切に反映されるよう、分かりやすい形への加工や、種々の媒体の活用など情報発信のシステムを整え社会・国民に対して積極的に還元を図るべきである。この際、双方向の情報交流を促進し、社会・国民のニーズを研究者等が共有することが重要である。

4. 10 産学連携及び関係機関間の連携

地球環境分野の研究開発は、気候、物質循環、生態系などの対象面、観測、評価・分析、理解、予測、対策・利用などの研究開発内容面、さらには成果の活用面でも多岐にわたり、その推進には、産学官の連携、府省間の連携が不可欠である。例えば、センシング・モニタリングツール、環境保全・修復技術、環境低負荷産業技術、利用技術の研究開発には、研究開発者であると同時に成果の利用者でもある農林水産などの一次産業、電子・情報・電機・バイオなどの二次産業、サービスなどの三次産業の関係者の積極的参画が不可欠である。また、気象・海象や生態系の研究開発の成果は、農林水産をはじめとして、化学工業、薬品産業、運輸業、商業などの多様な産業に活用される必要がある。

このような連携関係の構築のために、基礎研究を担当する文部科学省と、具体的政策・科学技術を担当する多くの府省とが、分担・連携し、研究開発とその成果の活用が円滑に推進されることが重要である。

(參考資料)

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 委員名簿

	氏名	所属・役職
分科会長	澤岡 昭	大同工業大学長
分科会長代理	土居 範久	中央大学理工学部教授
	青木 節子	慶應義塾大学総合政策学部教授
	青野 由利	毎日新聞社論説委員、科学環境部編集委員
	石田 寛人	金沢学院大学長
	板生 清	東京理科大学総合科学技術経営研究科教授、 東京大学名誉教授
	井上 孝美	財団法人放送大学教育振興会理事長
	片山 恒雄	東京電機大学未来科学部特別専任教授
	唐木 幸子	オリンパス株式会社研究開発センター研究開発本部 基礎技術部長
	北澤 宏一	独立行政法人科学技術振興機構理事長
	國井 秀子	リコーソフトウェア株式会社取締役会長
	小池 勲夫	琉球大学監事
	笹月 健彦	国立国際医療センター名誉総長
	笹之内 雅幸	トヨタ自動車株式会社理事
	杉山 武彦	一橋大学長
	田中 知	東京大学大学院工学系研究科教授
	谷口 郁子	イムノエイト株式会社代表取締役社長
	土岐 憲三	立命館大学教授、歴史都市防災研究センター長
	中西 重忠	財団法人大阪バイオサイエンス研究所長
	中西 友子	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	西岡 秀三	独立行政法人国立環境研究所特別客員研究員
	西山 徹	味の素株式会社技術特別顧問
	原 早苗	埼玉大学経済学部非常勤講師
	平野 眞一	名古屋大学総長
	深見 希代子	東京薬科大学生命科学部教授

計（25名）（敬称略）

平成20年8月現在

研究計画・評価分科会 地球環境科学技術委員会 委員名簿

氏名	所属・役職
石川 幹子	東京大学大学院工学系研究科 教授
井上 元	大学共同利用機関法人人間文化研究機構 総合地球環境学研究所研究部 教授
井上 孝太郎	科学技術振興機構 上席フェロー (地球規模課題対応国際科学技術協力事業担当)
小池 勲夫 (主査)	琉球大学 監事
小池 俊雄	東京大学大学院工学系研究科 教授
酒井 伸一	京都大学環境保全センター 教授
笹野 泰弘	国立環境研究所 地球環境研究センター センター長
住 明正	東京大学サステナビリティ学連携研究機構 TIGS統括ディレクター
高橋 桂子	海洋研究開発機構地球シミュレータセンター 複雑性シミュレーション研究グループ グループリーダー
高村 ゆかり	龍谷大学法学部法律学科 教授
西岡 秀三	国立環境研究所 特別客員研究員
三村 信男	茨城大学広域水圏環境科学教育研究センター 教授
安井 至	科学技術振興機構研究開発戦略センター 上席フェロー
安岡 善文	国立環境研究所 理事
山口 耕二	株式会社シンシア 上席執行役員
若林 明子	淑徳大学国際コミュニケーション学部 人間環境学科 教授

計 (16名) (五十音順、敬称略)

平成20年8月現在

研究計画・評価分科会における審議の過程

(第3期推進方策以降)

第21回(平成18年8月31日)

・議題

1. 平成19年度概算要求における重点課題等の評価結果の概要について
2. 研究及び開発に関する中間評価結果の概要について
3. 地球観測の年次実施方針について

第22回(平成19年2月6日)

・議題

1. 分科会長の選任及び分科会長代理の指名について
2. 研究計画・評価分科会の議事運営について
3. 研究計画・評価分科会における部会・委員会の設置について
4. 研究計画・評価分科会における評価の進め方について
5. 戦略的創造研究推進事業の平成19年度の戦略目標について
6. 平成18年度科学技術振興調整費の評価について
7. 平成19年度予算案について
8. 高速増殖炉サイクルの研究開発方針について
9. RI・研究所等廃棄物(浅地中処分相当)処分の実現に向けた取り組みについて

第23回(平成19年7月3日)

・議題

1. 平成20年度の科学技術分野の重点事項について
2. 大型放射光施設(SPring-8)に関する中間評価について
3. 静粛超音速機技術の研究開発の推進について
4. 次世代スーパーコンピュータ概念設計評価について
5. 科学技術の振興に関する年次報告について

第24回(平成19年8月28日)

・議題

1. 重点課題等の評価結果について
2. 平成18年度で終了した研究開発課題の事後評価結果について
3. 平成20年度の我が国における地球観測の在り方及び実施方針について
4. 科学技術振興調整費成果報告

第25回(平成19年10月18日)

・議題

1. 脳科学研究について

第 26 回（平成 20 年 2 月 5 日）

・議題

1. 平成 18 年度で終了した研究開発課題の事後評価結果について
2. 研究計画・評価分科会における評価の進め方について
3. 平成 20 年度予算案について
4. iPS 細胞研究等の加速に向けた取組について
5. 戦略的創造研究推進事業の平成 20 年度の戦略目標について
6. 平成 19 年度科学技術振興調整費の評価について

第 27 回（平成 20 年 6 月 24 日）

・議題

1. 平成 21 年度の各研究開発分野の重点事項について
2. 科学技術の振興に関する年次報告について

地球環境科学技術委員会審議過程

(第3期推進方策以降)

【第3期】

地球環境科学技術委員会（第11回） 平成18年7月27日

・議題

1. データ統合・解析システムの研究開発計画及び推進体制について
2. 「人・自然・地球共生プロジェクト」後継事業に関する今後の進め方について
3. 平成19年度概算要求における重要課題について

地球環境科学技術委員会（第12回） 平成18年12月22日

・議題

1. 「21世紀気候変動予測革新プログラム」公募選定プロセスについて
2. 実施主体選定のためのPT設置の決定

【第4期】

地球環境科学技術委員会（第1回） 平成19年3月2日

・議題

1. 地球環境科学技術委員会主査代理の指名について
2. 「地球観測システム構築推進プラン」と「一般・産業廃棄物・バイオマス複合処理・再資源化プロジェクト」の資源配分方針について
3. 地球環境科学技術委員会の議事運営について
4. 平成19年度の「21世紀気候変動予測革新プログラム」の課題選定結果について
5. 「人・自然・地球共生プロジェクト」の事後評価について
6. 「地球観測システム構築推進プラン」の中間評価について
7. 「一般・産業廃棄物・バイオマス複合処理・再資源化プロジェクト」の評価について

地球環境科学技術委員会（第2回） 平成19年4月25日

・議題

1. 文部科学省地球環境科学技術委員会及び環境省地球環境研究企画委員会合同会議の設置について
2. 「地球観測システム構築推進プラン」の中間及び事後評価実施方法について
3. 「地球観測システム構築推進プラン」の中間及び事後評価作業部会の設置について
4. 「人・自然・地球共生プロジェクト」の事後評価実施方法について
5. 「人・自然・地球共生プロジェクト」の事後評価作業部会の設置について

地球環境科学技術委員会（第3回） 平成19年5月16日

・議題

1. 21世紀気候変動予測革新プログラムの運営計画について
2. 生物多様性観測・解析・評価に関する研究開発のあり方について

地球環境科学技術委員会（第4回） 平成19年7月20日

・議題

1. 「人・自然・地球共生プロジェクト」事後評価結果報告
2. 「地球観測システム構築推進プラン」中間及び事後評価結果報告

地球環境科学技術委員会（第5回） 平成20年2月28日

・議題

1. 平成20年度予算案について
2. 研究開発課題の評価の進め方について
3. 「一般・産業廃棄物・バイオマスの複合処理・再資源化プロジェクト」事後評価作業部会の設置について
4. 「地球環境科学技術に関する研究開発の推進方策について」の見直しについて

地球環境科学技術委員会（第6回） 平成20年5月14日

・議題

1. 「データ統合・解析システム」中間評価作業部会の設置について
2. 「地球環境科学技術に関する研究開発の推進方策について」の見直しについて

地球環境科学技術委員会（第7回） 平成20年8月7日

・議題

1. 「一般・産業廃棄物・バイオマスの複合処理・再資源化プロジェクト」及び「地球観測システム構築推進プラン」事後評価について
2. 「地球観測システム構築推進プラン」及び「データ統合・解析システム」中間評価について

用語集

・ DDT

《dichlorodiphenyltrichloroethane》の略。殺虫剤の一種。有機塩素系で、神経毒として強い殺虫効果を示すが、残留性が高く、環境汚染や生物濃縮をもたらす。現在は使用禁止。

・ PCB

《polychlorinated biphenyl》の略。二つのフェニル基が結合したビフェニルに塩素が多く付加している化合物の総称。化学的に安定で、絶縁油・熱媒体・可塑剤・潤滑油などに広く使われたが、生体に蓄積され有害なので、現在は使用禁止。

・ PRTR

有害性のある多種多様な化学物質が、どのような発生源から、どれくらい環境中に排出されたか、あるいは廃棄物に含まれて事業所の外に運び出されたかというデータを把握し、集計し、公表する仕組み。

・ アンサンブル予測

不確実性の範囲を示すために、ほぼ同じ条件で何度か計算を繰り返し、その平均と幅を見ることにより予測する手法。

・ エコタウン

エコタウン事業は、「ゼロ・エミッション構想」（ある産業から出るすべての廃棄物を新たに他の分野の原料として活用し、あらゆる廃棄物をゼロにすることを 目指す構想）を地域の環境調和型経済社会形成のための基本構想として位置付け、併せて、地域振興の基軸として推進することにより、先進的な環境調和型のまちづくりを推進することを目的として、平成9年度に創設。

・ カーボンニュートラル

木、草等の植物は、空気中の炭酸ガス（CO₂）を取り入れて成長する（光合成）。燃焼時に炭酸ガスを空气中に放出するが、植物の一生（ライフサイクル）で見ると炭酸ガスの増減はなく、これをカーボンニュートラルという。バイオマス（生物資源）には多くの有機物質が含まれていてそれが燃焼すれば現在の化石燃料と同じように二酸化炭素を発生する。しかし、バイオマスは成長段階で二酸化炭素を光合成にて吸収しているため、最終的に見れば二酸化炭素が増加していることにはならない。

・ カスケード性

使用することによってその形状や性質のレベルが下がる物質やエネルギーをすぐに廃棄す

るのではなく、多段的（カスケード的）に利用することによって資源として最大限有効に活用すること。

- ・生物多様性

生物多様性とは、基本的にはあらゆる生物種(動物、植物、微生物)と、それによって成り立っている生態系、さらに生物が過去から未来へと伝える遺伝子とを合わせた概念。

- ・地球シミュレータ

宇宙開発事業団、日本原子力研究所、海洋科学技術センター（名称、すべて開発当時）が開発したスーパーコンピュータ。開発後 2 年半にわたり世界最速（LINPACK ベンチマークテストによる）を誇ったベクトル型並列スーパーコンピュータ。コンピュータ内に仮想地球を作り、大気や海水、地殻の状態を高速かつ高精度にシミュレーションでき、中長期的な環境変動や災害などの予測、解明を目的に開発、使用されている。また、バイオ、ナノ分野など先進分野でも利用されている。

- ・デルファイ調査

科学技術の中長期発展に関する専門家の見解を把握するためのアンケート調査。

- ・日本モデル

我が国の大学を含む各研究機関の英知を結集し、また、各種観測データを集約することにより、「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」における第 4 次評価報告書（AR4）に寄与できる精度の高い地球温暖化予測を目指したモデル。

- ・バックキャストイング

現在の状況から将来を予測するのではなく、将来のあるべき姿を設定し、それを実現するために必要なプロセスを考える手法。

- ・パラメタリゼーション

大規模現象から小規模現象の構造を推定・決定し、その小規模現象の存在の大規模現象への効果を一意的に関連付けること。

- ・ミレニアム生態系評価

ミレニアム生態系評価（MA）は国際的なプロセスであり、生態系の変化が人間生活や環境に与える影響について、また、生態系の変化に対応する選択肢について、政策決定者や一般の人々が必要とする科学的情報を提供するプロジェクトである。4つの国際条約、5つの国連機関、国際的科学組織の代表者、民間セクター、NGO、原住民の指導者の監督のもと、100以上を超える国々の主要な科学者達によって評価が行われる。MA は、民間セクターや市民

社会のニーズはもちろんのこと、生物多様性条約（CBD）、砂漠化防止条約（CCD）、国際湿地条約（ラムサール条約）の評価ニーズを満たすように計画されている。MAは2001年6月に、国連のコフィ・アナン事務総長によって着手することが発表された。成果の一部はまず2003年に公開され、2004年に成果の主要部分が発表される。MAのプロセスは5ないしは10年単位で繰り返されることが期待されている。