

4．文部科学省において今後取り組むべき研究課題

総合科学技術会議では、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「分野別推進戦略(平成13年9月：総合科学技術会議)」を示した。これによると、環境分野における研究領域や研究課題の重点化においては、緊急性・重大性の高い環境問題の解決に寄与するもの、持続的発展を可能とする社会の構築に資するもの、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持つものといった視点から、

地球温暖化研究

地球規模水循環変動研究

ゴミゼロ型・資源循環型技術研究

自然共生型流域圏・都市再生技術研究

化学物質リスク総合管理技術研究

の5つの研究領域について、特に重点を置いて、優先的に研究開発資源を配分することとしている。そのため、本委員会においても上記の研究領域を基本とし、文部科学省として推進すべき研究課題を検討した。特に、各研究領域における環境対策としての要素技術の中で、文部科学省として取り組むべき研究課題としては、現象予測モデルの開発、物質・エネルギー収支あるいは環境リスクの評価手法の開発などの基礎・基盤的な研究開発、環境負荷の低減や環境変動を緩和するための技術開発、環境変動に人間社会が適応するための方策、人間活動と自然現象を統合したシミュレーション手法、社会システムの経済性・環境評価手法、システム設計に関する技術に主眼を置く。その際、計測分野のためのナノ・バイオ・情報技術、循環型の素材開発のためのバイオ技術、データ配信・評価・シミュレーションの分野のための情報技術等他の三分野との融合技術開発が、今後ますます重要となる。このような基盤となる研究および開発を持続・発展させるには人材の育成が重要な課題であり、大学等の教育研究機関において、先導的研究を推進しながら、教育研究分野を創生することが求められる。

さらに、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、これまで援用されなかった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とや、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研究が重要である。そのため、環境問題解決のために、既存の学問分野や領域にとらわれない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必要がある。

加えて、産学官の多様な主体が相互に連携協力して、研究開発を推進する必要がある。

4.1 地球温暖化研究

地球温暖化については、気候変動枠組条約に示された目標（大気中の温室効果ガスの濃度を気候系に対する危険な人為的影響を防止する水準で安定化させることを究極的な目的とすること）の達成を目指した抜本的な国際的・国内的取り組みを持続的に進めていくことが求められている。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気候変動に関する政府間パネル(IPCC)等の国際的取り組みへの貢献を進めていく上で、我が国の責任と任務は大きく、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)に向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。

したがって、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・基盤研究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必要がある。また、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・評価する研究開発も推進する必要がある。

なお、温暖化の原因やその影響は社会・経済構造に深く係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り組みが求められている。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、温暖化対策技術開発に係わる政策の一環として、原子力研究開発、自然エネルギーの利用に関する研究開発やエネルギーの供給及び利用効率の向上に資する材料開発等を実施していくことが重要である。さらに森林等のバイオマスを利用した大気中の

二酸化炭素の削減技術も各種の森林の生理・生態的な解析も含めて重要である。

【今後取り組むべき研究課題】

全球総合観測システムの構築

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、これらを統合した地球規模の観測システムを構築する。すなわち、衛星、航空機、地上観測センサの開発、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

全球大気海洋結合モデルの水平方向及び鉛直方向の高解像度化を行う。また、全球大気海洋結合モデルをベースに、海洋炭素循環モデル、陸上植生モデル、人為排出モデル等を組み込んだ統合モデルを開発するとともに、大気中の二酸化炭素等の濃度変動及び気候変動の予測を行うための数値実験を実施する。

諸物理過程のパラメタリゼーションの高度化

地球温暖化予測の大きな不確定要因となっている、エアロゾル・雲、海洋中の渦、海水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、生態系についてのパラメタリゼーション、モデルの精度向上・改良を行う。

高精度気候モデルの開発

アジア・モンスーン、エルニーニョ等の大規模大気現象が台風、集中豪雨、豪雪等の中・小規模大気現象に及ぼす影響を解明するため、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。

四次元同化システムの高度化及びデータセットの整備

大気、海洋、陸域における観測データの収集及びデータベース化を進めるとともに、観測データの四次元同化システムの高度化を図り、地球温暖化予測や水循環変動予測等の精度向上並びにその検証に必要な高品質の初期値化データセットと再解析統合データセットを作成する。

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過去の地球環境の変遷解明に向け、地球深部探査船の建造を引き続き推進するとともに、深海底掘削や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。

生態系による温室効果ガス固定技術の開発

陸域生態系による温室効果ガス吸収機能の評価が重要な課題となっていることに鑑み、植物の光合成機能の解明を含む、植物・土壌における温室効果ガス固定技術の開発を行う。

4.2 地球規模水循環変動研究

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深刻化しており、これらに関連して食糧難、伝染病の蔓延など、その影響はますます拡大している。この背景には、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があり、すでに水問題は国際的な緊張を高める大きな要因になっていると懸念されている。こうした事態は、少なくとも21世紀の半ばまでは悪化の一途をたどると予想されており、水問題は21世紀の最も主要な地球規模での環境問題となることが世界的に指摘されている。

特に、中国の黄河やアメリカのコロラド川で表面化している断流、あるいは長江やミシシッピ川での洪水被害等に見られるように、地球規模の水循環変動は地域社会のみならずグローバルな環境問題として認識されるようになってきている。それは、グローバル経済下において、水不足や洪水による一国の経済的損失がすぐに他国に波及する、という実利的な面と、たとえ他国であっても、環境変動による人間社会や生態系への悪影響を減らすために貢献せねばならないという地球環境倫理的側面から

くるものである。こうした世界情勢において、アジアにおける経済的・技術的先進国である我が国の役割として、効率的で安全な水の利用を可能とする水管理が行われるために必要な科学的知見、技術的基盤の提供が求められている。

本研究領域では、自然条件・社会条件に関して我が国との共通性の多いアジア地域への技術の適用の拡大が見込まれ、国際貢献が期待できる研究開発であることが望ましい。これはこれらの国における水問題の解決によって、我が国に間接的に悪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を促し、双方にとって波及効果があることを念頭に置いているからである。そのため、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管理手法を確立するための基礎・基盤研究として、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課題】

広域水循環予測技術の高度化

アジア・モンスーン地域等を対象に気象モデルと河川モデル、土地被覆モデル等を組み合わせた統合モデルを開発するとともに、観測データによるモデルの検証及び改良を行う。

河川・地下水予測モデルの開発

モデル流域を対象に、気象、河川・地下水モニタリング・システムを構築するとともに、河川流量や地下水位等の変動を予測するための河川・地下水予測モデルを開発する。

水資源管理システムの開発

河川取水、揚水や土地改変等の人為的な要因が水資源の変動に及ぼす影響を解明するとともに、これらを踏まえた水資源の変化を予測するモデルの開発を行う。また、持続的な農業活動、産業活動等を実現するため、気候モデル、人間活動を折り込んだ社会経済モデル等を組み込んだ水資源管理システムを構築する。特に、発展過程にある東アジア諸国においては、増大する水利用に対応するため、効率的な水利用技術が求め

られている。このため、都市における上水道の効率的かつ適正な節水、浄水技術と併せ、下水処理水の無害化処理、再利用技術開発、有用資源の回収技術による水利用の効率化など、持続的水利用を進める研究を進める。

水循環変動基礎資料データのネットワーク化

地上観測網、衛星観測データと数値モデルを組み合わせ、水質を含む水循環に関わる人間社会データと重ね合わせることにより、地球規模水循環変動に関する基礎資料データのネットワーク化を進める。

4.3 ゴミゼロ型・資源循環型技術研究

21世紀を迎え、地球規模の環境保全の在り方について、国際的な対応が求められている今日、我が国においても、経済社会システムと市民の生活様式を、物を大量に生産・消費し、環境への多大な負荷を容認してきたものから転換させることが必要である。今後は省資源、リサイクル、汚染・有害物質の排出を抑制するだけでなく、廃棄物系バイオマスの再資源化、エネルギー利用、未利用バイオマスの生分解性プラスチックへの変換など、多様な廃棄物や未利用資源を効率的に利用し、将来にわたる生存基盤となる環境の保全を図ると同時に、経済・社会の成長・発展との両立がより近づいた経済社会システムへの転換、すなわち持続型経済社会の早期実現が喫緊の課題とされている。

持続型経済社会の構築のためには、部分的なシステム・プロセスを統合して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。

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、コスト・エネルギー・環境負荷等の削減を推進するための基盤となる要素技術の開発、評価手法や導入促進技術・システムの開発等といった持続型経済社会システムの構築に資する基礎・基盤研究を推進する。

また、ここでの成果は、人間活動の恒常性を維持できる未来の産業社会のあるべき姿を提示することになり、新たな経済社会に対する潜在的

なニーズを顕在化させ、新たな産業・市場の創出と産業構造の高度化に寄与することにもなる。

【今後取り組むべき研究課題】

物質・エネルギー収支と環境負荷の定量的解析評価手法の開発

持続可能な経済社会を実現するためには、資源から製品・使用・循環・廃棄の過程で資源・エネルギー消費削減と有害化学物質排出等の環境負荷低減が不可欠である。その実現には、空間的・地域的・階層・局面で異なる物質循環を把握し、資源や廃棄物のフローやストックを体系的・定量的に把握するマテリアルフロー分析やシステムにおける物質・エネルギー収支等の定量化手法の開発等が必要であり、持続型経済社会システムの設計と最適化を図るために、大規模・広範なデータを処理し、共有化を図るための情報科学技術の構築も求められている。

持続型経済社会システムの設計技術の開発

持続的経済社会を構成する主要素は、省資源・低環境負荷型の生産技術・システムの導入、有害物質の排出抑制、バイオマス等未利用資源や廃棄物の効率的な有価物への変換と階層的利用等である。再生可能資源の供給ポテンシャル評価、人間活動による環境負荷と環境容量との関係についての定量的評価等を行いながら、人間活動を支える多様な機能を、できるだけ少ない資源・エネルギーの消費と環境負荷で提供できる持続型経済社会システムを設計する技術を開発する。

社会経済システムの持続性評価手法の開発

持続型経済社会を実現するためには、環境の保全と経済・社会の発展とが両立する必要がある。多くの要素技術をシステム化した持続型経済社会システムについて資源採取から製造・消費・循環そして最終処分に至る過程における環境負荷を適正に評価するため、ライフサイクルアセスメント(LCA)等による評価手法を開発し、評価基準等を併せて提示する。併せて、社会科学からのアプローチによる意志決定問題の解決手法についての開発も並行して行い、持続型経済社会の実現に資する。

物質循環と適正処理処分を推進する要素技術の開発

未利用資源や廃棄物を少ないエネルギー消費で有価物に転換し階層的

に利用する要素技術の開発、生産プロセスからのエミッション低減を推進する技術、少ない環境負荷で生産、使用、消費、リサイクル等が可能な素材や製品の開発等を推進する。加えて、生産から消費までの各過程で不可避免的に発生する廃棄物の問題にも対応するための要素技術の開発を推進する。環境中に排出された化学物質の挙動、生態系への影響、焼却・最終処分技術等日常生活を取り巻く諸問題解決のための研究技術開発を積極的に進める必要がある。

4.4 自然共生型流域圏・都市再生技術研究

我が国では、自然の水循環を中心とした河川流域を単位として都市が成立し、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、大気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自然基盤が崩壊しており、その背景となる農村も含めた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抑制と自律化を図りながら、自然共生型都市の形成を目指し、他の流域圏との有機的関係を樹立していくことが求められている。特に、流域圏における物質循環は、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。

本研究領域では、人間が流域圏で自然環境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等を図りつつ、自然・社会環境基盤を再生・修復していく必要があり、そのための基礎・基盤研究を推進する。また、そのための人文・社会科学的アプローチによる合意形成の手法を検討する。

【今後取り組むべき研究課題】

都市・流域圏環境モニタリング・システムの構築

モデル都市・流域圏において水・大気・生態系等の環境情報を収集するため、衛星観測、陸上調査・モニタリング等の組織的な観測体制を構築するとともに、過去から現在までの環境情報に関するデータベースの

整備を行う。

流域圏環境と都市形成に関する総合的分析

都市形成に伴う過去から現在までの流域圏環境の変遷を地球科学的・人為的要因を識別しつつ解明する。また、人文・社会科学的手法を用いて流域圏環境の価値観や合意形成の方式の変遷を明らかにする。また、この枠組みの中で都市における人間活動のモデル化を行う。

生態系多様性を維持するための管理システムの開発

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、経済・社会との両立に近づいたシステムを実現するためには、都市及びその背景となる農村に至るまでの流域圏全体の生物種、遺伝子、生態系を保護し、生物多様性を将来にわたって維持していくことが重要である。そのため、ある流域を例にし、流域圏全体の生態系データベース、人間活動も考慮した生態系総合評価システム、及び個体数変動予測モデル等の開発を行うとともに、それらからなる生態系管理システムを構築し、生態系多様性を維持するための管理方策に資する。特に、復元を含め生態系の人為的管理は、生態系の変化をモニタリングしながらそれに順応させた管理手法を必要としている。

また、都市・流域圏の環境の保全を図りつつ河川・地下水系から沿岸域までの都市・流域圏を視野に入れた水管理システムを構築するとともに、水資源やエネルギー等の効率化と環境負荷の低減を目指した総合水利用システムの開発を推進する。

都市・流域圏における生態系影響評価手法の開発

都市を含む流域圏の生態系の変動に係わるプロセスを解明するとともに、人間活動や都市構造による生息・生息場所の分断化や外来種の侵入等が生物多様性の減少や生態系機能に及ぼす影響を予測・評価するためのモデルを開発する。また、生態系機能の低下が人間の生存環境や社会経済に及ぼす影響を解明する。このため、人間活動をモデル化し、管理システムに組み込む。

4.5 化学物質リスク総合管理技術研究

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。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、いわゆる循環型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 条約による 12 の有害化学物質、なかんずく農薬・除草剤（バイオサイド）と、ダイオキシン類のような非意図的生成物質の環境における蓄積の実態、暴露量評価、その除去方法の開発は緊急の対応を求められる。また、PRTR 法の制定によりデータの届出が義務化された対象化学物質は、総排出量が年間 90 万トン（平成 13 年度）と推計され、その経年的な環境中への蓄積と、安全性の評価、無害化への技術開発についても迅速な対応が必要である。欧米では人間のみならず、生態系保全のための化学物質対策に十分な研究投資を施し、それが国際的規制に直接つながっていくシステムがあるが、我が国ではこの点では欧米に大きく遅れている。

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推進することが重要である。さらに、物質により優先度の高い暴露媒体の管理の系統化が必要とされる。特に土壌・家庭用品等暴露評価が不十分な媒体、また次世代を担う子供の暴露に関する基礎・基盤研究は重要である。

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・基盤研究を推進する。

【今後取り組むべき研究課題】

有害化学物質の排出削減と総合リスク管理技術

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・基盤研究を推進する。すなわち、多様な産業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・排出削減等に対する基本的な考え方と拠り所を提供する。

微量化学物質の高感度・高速計測技術の開発

大気、水、土壌等に存在する極微量の有害化学物質の計測技術の構築に資するため、有機及び無機の極微量の化学物質を高感度かつ高速で計測するための基盤技術を開発する。また、環境計測の信頼性を保証するための機器校正用標準物質の調製・測定法の評価技術を開発する。この場合、ナノテクノロジー、バイオテクノロジー、情報技術等との融合技術開発を推進する。

有害化学物質の人の健康や生態系影響・リスク評価手法の開発

ダイオキシン、環境ホルモン等の人工の化学物質による生態系影響や健康リスクを解明するための閉鎖型生態系での実験・野外での実証等の研究、人体の応答シミュレーション等の研究、及び暴露評価を行う。また、植物の機能やバイオ技術の利用も含め、大気・水・土壌等の環境媒体の有害性を評価するための手法の開発を推進する。更に、化学物質自体が有する生態毒性とその化学物質の暴露量を組み合わせた総合的リスク評価手法を、化学物質のサブスタンス・フロー等の情報を活用しながら開発する。

グリーンケミストリーに係わる研究開発

持続型の経済社会を実現するためには、化学品の人間の健康と環境への害を防止あるいは削減する必要がある。そのためには原料、反応試薬、反応、溶媒、製品をより安全で、環境に影響を与えないものに換えることが重要であり、変換収率、回収率、選択制の高い触媒やプロセス及びシステムを設計するためのコンピュータ・ケミストリー等の手法を活用した基盤技術を開発する。

有害化学物質の環境影響評価と予防原則の経済的分析

有害化学物質が環境中に放出される要因と機構を分析し、その毒性の影響評価に基づいて汚染物質の削減と被害未然防止の最適戦略（予防原則、費用便益分析、経済的手段、事後責任ルール等）を検討し、いかなる意思決定ルールと政策手段が選択されるべきかを解明する。

4.6 環境分野の知的研究基盤の拡充

環境分野の研究開発を円滑に推進し、これらの技術の適正な振興・普及を図るためには、標準物質、環境資料、環境生物資源、環境モニタリング、環境関係の統計データ・データベース、環境技術評価手法、情報システム、システム設計技術、人文・社会科学的アプローチによる社会合意形成すなわちリスクコミュニケーション手法等、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。そのため、知識の構造化、要素技術やデータの共有化システムとしての知識基盤・技術情報基盤の構築を行い、技術開発の進捗・国際的取り決め等、様々な状況変化に対応できる機能を持った「持続型経済社会推進のための情報ヘッドクォーター」の創設が望まれる。こうした知識・情報基盤の充実・高度化を図りつつ、学界・産業界の研究者・技術者のみならず、一般市民も含めた社会全体における幅広い利用が可能なレベルに整備する必要がある。一方市民との接点になり、研究者と連携する行政、企業の中にも環境に関わる知識や情報に精通した専門職の存在が望まれる。また、従前の対策技術の再評価、政策が社会経済活動に及ぼす影響、対策技術を普及する社会の受容性やその社会と他のシステムとの整合性等、政策に密接に関係している領域の研究開発を推進することも重要である。