

## 地球温暖化問題に対する サステナビリティサイエンスの研究動向 — IPCC 第四次評価報告書に対する日本の貢献度から見た課題—

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）が2007年2月から5月にかけて公表した第四次評価報告書では、人為的起源の温室効果ガスによって地球温暖化が生じていると結論付け、地球温暖化問題における主要な命題は「解明」から「対応」へと新たな局面を迎えている。

近年、欧米を中心に、新しい学際・融合的な学術分野である「サステナビリティサイエンス（Sustainability science）」を創成しようとする取り組みが活発化している。サステナビリティサイエンスとは、地球温暖化問題を始めとする人類の生存に関わる様々な課題に対し、「持続可能性（サステナビリティ）」という観点で解決を目指す。地球温暖化問題のように人類の生存基盤全体を含む地球規模のスケールで発現する諸問題を研究対象とし、自然科学と人文社会科学などの分野境界を超えた融合的アプローチが不可欠である。

サステナビリティサイエンスの概念を提唱した米国では、連邦政府、州政府、民間など、多様な主体が資金を拠出し、大学を中心とする研究プログラムが多数進行している。欧州では、英国、スウェーデン、オランダを中心に同様の研究プログラムが多数進行している。一方、我が国では、2005年に東京大学を始めとする国内5大学が中心となり、サステナビリティ学連携研究機構（IR3S）を発足させ協力6機関とともに、サステナビリティサイエンスに関わる連携フラッグシッププロジェクトを推進している。しかし IPCC 評価報告書における日本人研究者の貢献や日本論文の全体比率を他国と比較すると、第2作業部会が対象とする影響・適応・脆弱性といった課題解決志向の融合分野のプレゼンスが十分でない。「第3期科学技術基本計画」では、環境分野が重点推進4分野とされ、分野別推進戦略の中で「地球温暖化・エネルギー問題の克服」が重要課題とされているものの、現時点でイニシアティブのような統合的な推進体制は開始されていない。

地球温暖化問題は、個別の事象や地域、技術の部分最適化では課題解決にはつながらず、より広範な対象に対して、包括的な知識や統合的なアプローチを目指すサステナビリティサイエンスの発展が不可欠である。今後、日本において、サステナビリティサイエンスを発展させるためには、①大学を中心とする課題解決型研究の推進と知の集積化②民間活力の活用と多様なキャリアパスの確保③新たな研究イニシアティブを通じた国際研究コミュニティでのプレゼンスの向上④国際世論をリードする途上国のベンチマークと国際共同研究ネットワーク構築⑤環境分野の国際協力事業に関する関連省庁の連携強化、を提言する。

# 地球温暖化問題に対する サステナビリティサイエンスの 研究動向

— IPCC 第四次評価報告書に対する日本の貢献度から見た課題 —

前田 征児  
環境・エネルギーユニット

日引 聡  
客員研究官

## 1 はじめに

世界各地で集中豪雨やハリケーンなどの異常気象が多発し、北極海の氷の減少など、地球温暖化の影響が予想以上のスピードで顕在化し、温室効果ガス削減という課題に向けていよいよ差し迫った状況を迎えている。

地球温暖化の科学的検証プロセスには多くの知見の集積が必要で、これまで科学者の警告は慎重であったが、2007年2月から5月にかけて、気候変動に関する政府間パネル(英文正式名称: IPCC)が公表した第四次評価報告書では、20世紀半ば以降に観測された地球温暖化は、人間活動により排出された温室効果ガスの影響であると考えて問題はないと示すと同時に、地球規模での悪影響が加速的に拡大しており、危険なレベルを超えないよう、直ちに温室効果ガス排出削減に取り組む必要性を強く警告した<sup>1~4)</sup>。このように、地球温暖化問題における主要な命題は、気候変動の現象そ

のものの『解明』から、「気候変動に対して如何に『対応』するか」へと新たな局面を迎えている<sup>5)</sup>。

一方、地球温暖化問題は、地球規模で生じている社会問題であることから、これまでの環境問題のように、個別の事象や地域、技術の部分的な最適化や、単一の学問領域の知識のみでは課題解決に対応できなくなってきた。どのような将来を望むのか、より幅広い視点で社会のあり方を問い直すとともに、課題解決志向のアプローチが根源的に重要となる。

地球環境と人間社会が調和した望ましい社会の発展のあり方として、「持続可能性(サステナビリティ)」という概念が示されている。「環境の世紀」とも呼ばれる21世紀の科学技術および経済システムを語る上で、この概念が最重要キーワードの一つとなっており、官民セクターあるいは国境を越えた様々な場面で議論が展開されている。近年、欧米を中心

に、特に大学において、これまでのように細分化した単独の学問領域の中だけに留まらず、地球規模での喫緊の諸問題に対して、課題解決志向のアプローチで、新しい学際・融合的な学術体系である「サステナビリティサイエンス(Sustainability science)」を創成しようとする取り組みが盛んとなっている。

本論文では、サステナビリティサイエンスの急速に発展しつつある状況と、その背景となっている、近年の地球温暖化問題および気候変動政策のトレンドを概説する。各国の主要なサステナビリティサイエンスの研究動向をまとめるとともに、IPCC第四次評価報告書における国別貢献度を比較することで、日本の位置付けや日本人研究者の国際的なプレゼンスについての定量的把握を試みる。それらを踏まえ、今後の日本のサステナビリティサイエンス研究に対する提言をまとめる。

## 2 サステナビリティサイエンスとその背景

2 - 1

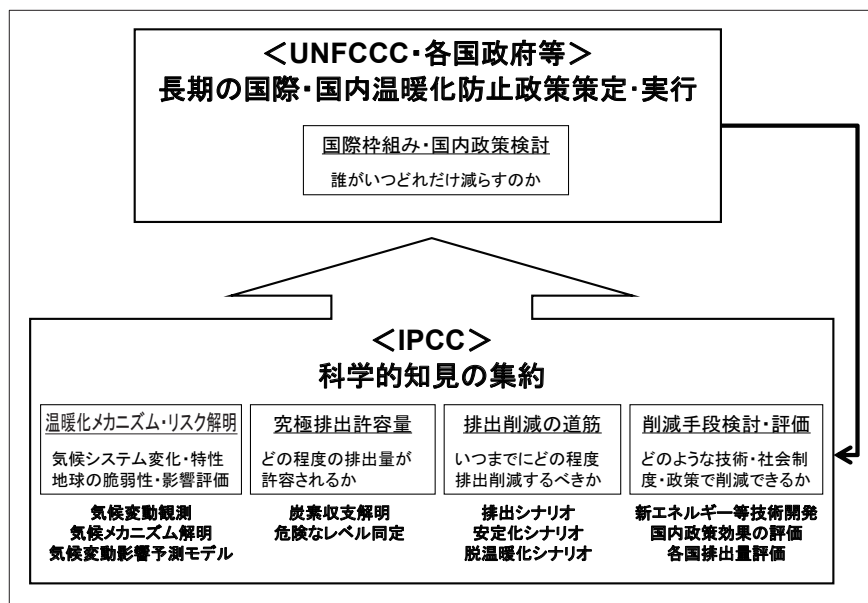
### 地球温暖化問題の特質と科学の果たす役割

人類の抱える様々な社会問題の中でも、地球温暖化問題の際立った特徴点として、政策決定者が対策に取り組む際に、自然科学の知見が極めて重要な役割を果たす点が挙げられる。温暖化リスク、必要な温室効果ガス排出削減量、およびその具体策や道筋など、政策決定プロセスに必要な様々な情報を提供すべく、これまで多くの研究資源が投入され、科学的知見が集積されてきた。

これら科学的知見を整理して全体像を示すことを目指し、1988年に各国政府の合意の下、IPCCが設立され、気候変動政策へ科学的知見を反映するプロセスが確立された(図表1)。気候変動の影響や予測は100年単位の長期間を対象としており、大きな不確実性を考慮する必要がある。そこで、つねに最新の知見を取り入れ、政策の枠組み等を逐次改善できるよう、IPCCでは数年毎に評価報告書を公表してきた。政策反映のプロセス毎に、第1作業部会(自然科学的根拠)、第2作業部会(影響・適応・脆弱性)、第3作業部会(気候変動の緩和)の3つの作業部会が構成され、作業部会毎に評価報告書を公表してきた<sup>1~4)</sup>。

直近の第四次評価報告書で、地球温暖化に与える人為的活動の影響が確認されたことを受け、地球温暖化問題に対する科学の果たす役割については、自然現象の「説明」も引き続き重要であるものの、今後は、「適応」「緩和」に軸足を移すことがより強く求められている<sup>1)</sup>。我が国でも環境省の「地球温暖化影響適応研究委員会」にお

図表1 地球温暖化問題に関する科学的知見の政策への反映プロセス



参考文献<sup>6)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

いて、適応策戦略策定のための議論が開始されている<sup>5)</sup>。

2 - 2

### 気候変動政策の動向と課題

気候変動対策のための最も基本的な国際的枠組みは、1992年に採択され、1994年に発効した国連気候変動枠組条約(UNFCCC)である。現時点で188カ国と欧州共同体を含む、世界のほぼ全ての国が加入する普遍的な条約となっている。この条約の下、1997年に採択された京都議定書に基づき、日本を含む付属書I国の該当国に対しては、2008～2012年の第一約束期間において、温室効果ガスの排出削減義務が課せられる。国際社会として本格的な地球温暖化対策の第一歩を踏み出したという点において、京都議定書には大きな意義があった。

一方、採択から10年余り経過した現在、京都議定書に対して様々な問題点も指摘されており、第一約束期間終了後の2013年以降には見直しが予定されている。

これに合わせて、関係各国からは様々な制度設計のアプローチおよび、新規の枠組みが提案されている(図表2)。

2007年12月のCOP13およびCOP/MOP3では、国際的枠組み見直しに関する議論を開始するためにバリ行動計画が示され、これまで大きな懸案事項だった米国および途上国までを含む、新たな枠組み検討の場が立ち上げられた。今後、2009年COP15(コペンハーゲン開催予定)までに、緩和措置拡大の包括的なプロセスと枠組構築の作業を終了することが合意されている。

新たな枠組み検討に参加する各国のおかれている政治・経済状況は多様で、温室効果ガス排出削減に対する国内利害も複雑に衝突している(図表3)。新たな国際制度・枠組構築作業や合意形成のプロセスは、これまで以上に難航が予想される。科学者に対しても、より複雑化した問題が課せられると同時に、適切なタイミングで適切な科学的知見を提供することが求められる。関連する社会制度等を踏



図表2 様々な制度設計アプローチの比較

提案	制度アプローチ	概要	主な課題
排出量目標値の決め方についての提案	マルチステージアプローチ	京都議定書型の削減義務国を追加的に拡大する。途上国は所得水準に応じて炭素集約度改善目標を課し、一定の経済発展水準に達すると削減義務国に追加する。	米国・途上国の参加インセンティブが乏しい。
	排出基準・燃費基準提案（セクター別アプローチ）	個々の技術や製品に排出量・エネルギー効率基準を設定し、セクターごとに排出量削減を目指す。	消費者の削減インセンティブが乏しい。温暖化防止に対する有効性。
	ブラジル提案	各国の過去の排出量積算に基づき、排出量削減負担を配分する。	過去データ入手の困難性・信頼性。
	トリプティックアプローチ	排出量を民生・産業・発電の3部門に分け、経済構造の違い等を勘案した上で、多国間交渉で削減目標値を分担する。より多部門に分けるのが「多部門収斂アプローチ」。	データ取得の一貫性・信頼性。合意形成の均衡性。
	収縮・収束提案	一人当たりの温室効果ガス排出量を中長期的に世界一律となるよう、各国に排出許容量を配分する。	人口増加インセンティブを生じる。地域性への配慮不足。
	炭素集約度目標提案	各国の経済発展状況を考慮し、GDP 当りの排出量（炭素集約度）目標を課す。	温暖化防止に対する有効性。国際排出量取引制度との連結。制度設計の均衡性。
削減対策手法に関する提案	セイフティバルブ提案	排出権取引価格にあらかじめ上限（セイフティバルブ）を設定し、削減義務国の費用負担の不確実性を低減する。	人口変動に対する均衡性。
	国際炭素税提案	国際的に共通な炭素税に合意し、各国毎に課税することで、均衡性を確保し、費用負担の不確実性を低減する。	資源産出・消費国間の国際合意の困難性。
	地域ごとの対応提案	地域ごとに異なる取り決めを早期に合意形成し、多国間合意を補完・代替する。	手続きの均衡性。温暖化防止に対する有効性。
	2トラックアプローチ	一つの制度に2種の義務メニュー（排出量目標 or 政策措置）を設け、各国の意思で選択できるようにする。	途上国への削減目標設定の実現性。途上国政府の人的・財政的能力の確保。制度の複雑性による行政コスト増。
その他の提案	セクター別 CDM	京都議定書制度を活用し、途上国に対して、セクター別に決められた量のクリーン開発メカニズム（CDM）事業の受入れ義務を課す。	途上国政府の人的・財政的能力の確保。
	持続可能な発展政策措置（SD-PAM）	途上国に対して、国の経済計画の中に何らかの温室効果ガス排出抑制政策を盛り込む義務を課す。	途上国の自主性に依存。国際排出量取引制度との連結。
	技術基金提案	温暖化防止技術の研究開発に資金供与するための国際的な基金を創設する。	各国の負担義務分担。温暖化防止に対する有効性。

参考文献<sup>7)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

2 - 3

## サステナビリティサイエンスとは

まえた上で、技術的解決手段の有効性や排出削減シナリオ評価等を行い、対策・制度の充実に貢献することも期待される。また、合意形成結果は、多国間交渉における適応策の制度設計アプローチのあり方に大きく影響され、各国の削減負担を大きく左右しうる。したがって科学者に対しては、これまで以上に重要な「社会的役割」を果たすことが求められる。科学的知見の政策反映プロセスが進展するとともに、関連する学問領域を融合・統合し、課題解決型のアプローチで、新たな知識体系を創出する必要性が高まっている。

サステナビリティサイエンスは、地球温暖化問題を始めとする人類の生存に関わる様々な課題に対し、「持続可能性（サステナビリティ）」という観点から課題解決を目指すもので、近年、欧米を中心に急速に発展しつつある学問領域である。

サステナビリティと言う概念が議論されるきっかけは、1987年に日本の提案で発足した「環境と開発に関する世界委員会」であったと言える<sup>12)</sup>。ノルウェーのブルントラント首相を委員長とした本委員会は、その報告書の中

で「持続可能な発展(Sustainable Development)」の概念を、「将来の世代がそのニーズを充足する能力を損なうことなく、現在のニーズを満たす開発のこと」と記している。

その後、1992年にリオデジャネイロで開催された「国連環境開発会議(地球サミット)」や、「持続可能な発展に関する世界経済人会議」などにおいて、持続可能な発展を実現する上での様々な議論が活発化したことを契機として、従来の学問領域を超えた領域を対象とする超領域的な研究体系の必要性が認識されるようになった。

このような背景の中、2000年代初頭に米国ハーバード大学のR.W.Katesらによってサスティ

図表 3 各国気候変動政策のポジショニングと温室効果ガス排出量の動向

	ポジショニング・政策動向	温室効果ガス排出量の状況		
		基準年比 ／議定書目標	一人あたり 換算	対 GDP (2000 年)
米国	2001 年に京都議定書から離脱したが、その後も州政府・民間企業レベルでは継続して排出権取引制度の議論が進展。2007 年中間選挙以降、連邦政府レベルでも活発化。COP13 バリ行動計画に参加し、国際的な緩和措置拡大 (= 全ての先進国による削減の約束または行動) の枠組み検討の議論に関与を表明。 ・東海岸 9 つの州で地域温室効果ガスイニシアティブ (RIGGI) ⇒ 2009 年に排出権取引制度開始予定で、2018 年までに現状比 10% 減が目標 ・連邦議会でも排出権取引制度に関する法案が多数提出 (6 種の温室効果ガス全てを対象とし、2050 年に 50% 以上の大幅削減を目標とするものが主流)	13.8% (2000 年) ／▲ 7%	5.5t-C/ 人	151t-C/ Million US\$
欧州	一貫して気候変動国際交渉を主導。バーデンシェリングにより、EU 全体の排出削減目標を各国に再配分。ポスト京都の枠組みについても、EU-ETS の実績を軸に、国際的な排出削減数値目標を設定する京都議定書型制度構築を目指す。 ・2005 年 1 月: 世界に先駆けて EU 排出権取引制度 (EU-ETS) を運用開始。 ・欧州気候変動計画 (2006 年) により、京都議定書目標達成のために EU 共通の政策フレームワークを提示。	▲ 2.9% (2002 年) ／▲ 8%	2.1t-C/ 人	124t-C/ Million US\$
ロシア	旧ソ連崩壊後の経済停滞により、現行の排出量取引制度における最大の排出枠供給者。京都議定書発効にあたり、ロシアの批准が重要な役割を果たしたが、気候変動問題よりは経済・社会問題に関心と重点がある。	▲ 33.8% (2000 年) ／0%	2.7t-C/ 人	1423t-C/ Million US\$
途上国	一つのグループ (G77+ 中国) にまとまり、先進国に対する交渉力を保持。内部は様々に異なる利害関係。COP13 バリ行動計画では、国際的な緩和措置拡大 (= 途上国による計測・報告・検証可能な方法での削減の行動) の枠組み検討の議論に関与を表明。 ・大排出国 (中国・インド・南米): 途上国の議論をリード。先進国への義務と途上国への支援措置を要求。 ・産油国 (中東諸国): 温暖化対策進展による石油収入減を懸念 ・小島嶼国連合: 先進国・途上国の区別なく、厳しい排出削減措置を求める ・後発途上国: 小島嶼国同様、被害者としての立場を強調	※中国 33.3% (2000 年) ／なし	0.6t-C/ 人	※中国 820t-C/ Million US\$
日本	排出削減義務を負うが、排出量は増加。超過分を海外から購入した場合、1 ～ 2 兆円 / 年の国費負担が生じると予測される。一方、議定書の衡平性に論点が集まり、環境税・排出権取引制度等の経済的措置に関する議論・導入は進んでいない。	6.4% (2006 年) ／▲ 6%	2.5t-C/ 人	68.9t-C/ Million US\$

参考文献<sup>7～11)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

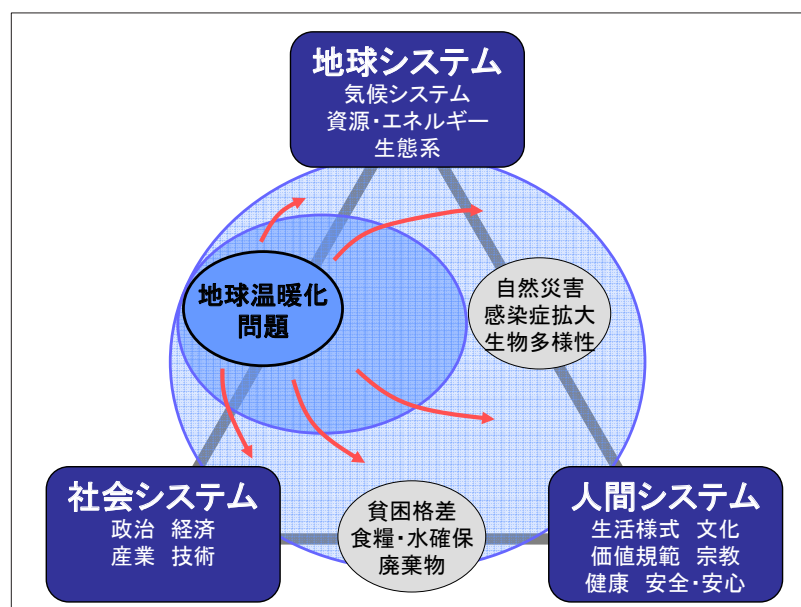
ナビリティサイエンスの概念が提唱された<sup>13)</sup>。サステナビリティサイエンスは、人類の生存基盤全体を含む地球規模のスケールで発現する諸問題を研究対象とする。地球温暖化問題だけでなく、貧困対策、福祉と健康維持、平和と安全保障など、非常に幅広い課題の解決を目標とするもので、細分化した学問領域を課題解決のために統合化し、自然科学や人文社会科学などの従来の分野境界を超えた、融合的アプローチが求められる。近年、欧米を中心に急速かつ多様な発展を遂げつつある一方で、必ずしもまだ有効な方法論が確立されているとは言い難い状況にある。

当初、地球温暖化問題は、南北問題や貧困問題などとともに、サステナビリティサイエンスが対

象とする課題の一つでしかなかったが、その後、地球温暖化問題の影響が拡大して深刻さを増すと

もに、今や中心的な課題へと変化してきている (図表 4)。

図表 4 サステナビリティサイエンスの対象課題と地球温暖化問題の位置付けの変化

参考文献<sup>14)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

### 3 地球温暖化問題に対するサステナビリティサイエンスの研究動向・・・

3 - 1

#### 基本命題と研究課題

地球温暖化問題に関するサステナビリティサイエンスの最終目的は、大気中の温室効果ガス濃度を安定化し、人類の生存基盤を持続可能にすることである。そのような最終目的に至る道筋は、図表5に示す①～⑦の段階に分けて考えられる。それぞれの段階の基本命題に対応して、様々な研究課題設定がなされているが、いずれも、自然科学と人文社会科学の境界を超えた学術融合が必要な研究課題である。これまでも環境分野では比較的融合志向をもった取り組みがなされてきたが、サステナビリティサイエンスの扱う課題は、従来よりも広範な対象や複雑

な相互利害関係を含み、より包括的な知識や、複数の学問的アプローチの統合化・体系化を求められている点が特徴である。

これは、地球温暖化問題の有する、以下に示す特質を反映している。第一に、温暖化により生じる悪影響は、甚大で不可逆的であると予想され、完全な確実性をもって証明されるまで何も行動しないと、回復不能となる恐れがある。第二に、温暖化問題の各対策について、費用負担の配分を困難にしている複雑な要因と構造がある。その結果、オゾン層破壊物質や大気・水質汚染物質のように、単独の原因行為と悪影響の因果関係を明確に立証することが困難となる。第三に、経済発展段階や生活水準が国によって異なり、原因への寄与、影響を被る程度および対

処能力について、特に先進国と途上国間の格差を踏まえての問題解決が必要である。第四に、温室効果ガスの排出は、製造・サービス・運輸・農業など全ての経済活動と人間生活に関わるエネルギーの活用のあり方に起因しており、現代の経済・社会の根本的なあり方の転換なしには問題が解決し得ない。

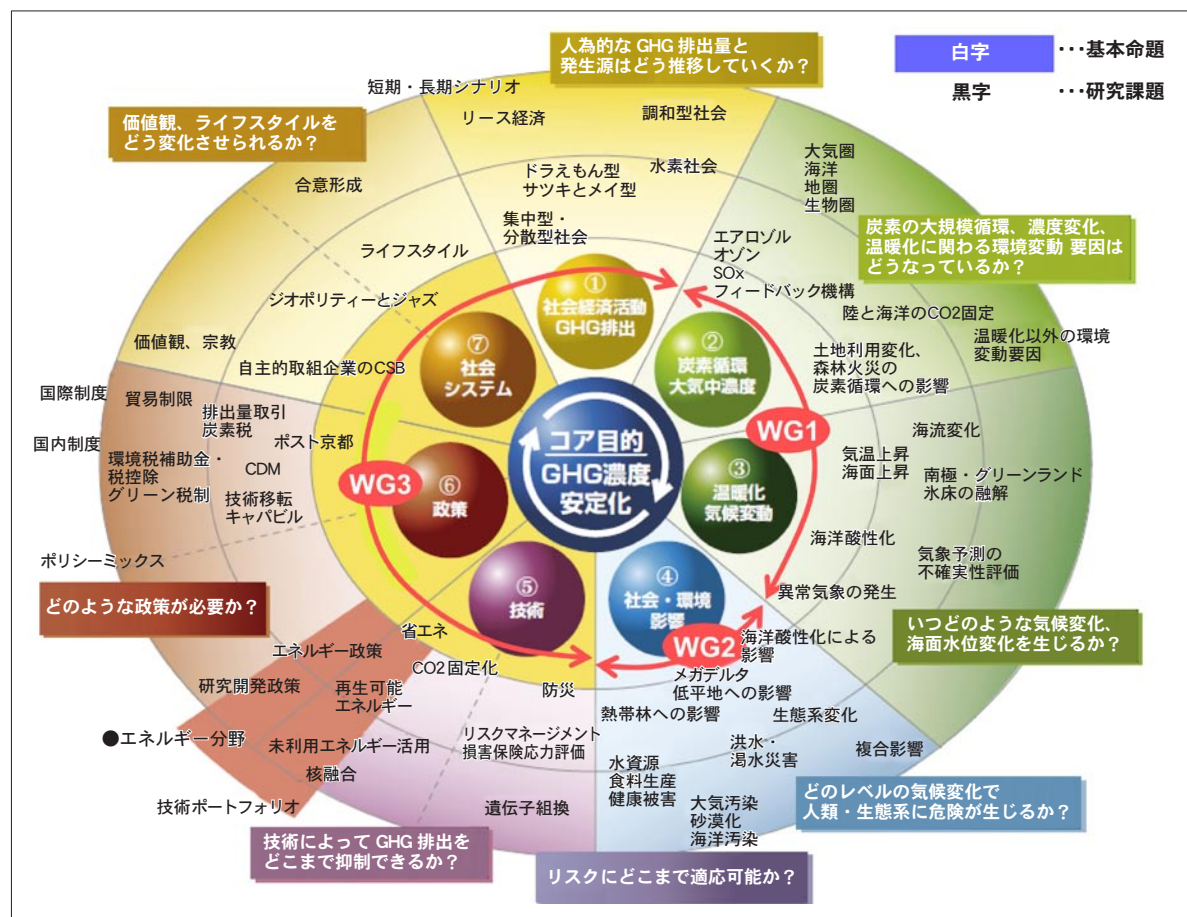
3 - 2

#### 研究の動向

##### (1) 欧米の動向

サステナビリティサイエンスの概念が最も早く提唱された米国では、米国国立科学財団(NSF)の資金提供により、2000～2003年にハーバード大学ケネディスクールが中心となって「サステナビリティサイエンスプロジェクト

図表5 地球温暖化問題に対するサステナビリティサイエンスの基本命題と研究課題



参考文献 15, 28) を基に科学技術動向研究センターにて作成



図表 6 北米の大学におけるサステナビリティサイエンスの研究動向

大学 拠点・プログラム名	主な目的・研究テーマ	参加学科 (下線がホスト)	種別
コロンビア大学 地球科学情報ネットワーク国際センター (CIESIN・米) http://www.ciesin.columbia.edu	社会・自然・情報科学の融合。人間・環境の相互作用。持続可能な環境、幸福、貧困撲滅。国連ミレニアムプロジェクトにて空間マッピングデータと ESI (環境サステナビリティ指標) を提案。	CIESIN	研究
オハイオ州立大学 レジリエンスセンター (米) http://www.resilience.osu.edu	ものづくり、移動、エネルギー、建築、農業ビジネス、小売業などの産業システムのレジリエンス (適応力) モデル構築。短期リスクマネジメントと長期持続可能性獲得。	統合システム工学 建築、公共政策、ビジネス (環境・資源)	研究 /GP
ウィスコンシン・マジソン大学 サステナビリティ・地球環境センター (SAGE・米) http://sage.wisc.edu	天然資源・健康・安全・地球環境の相互作用。博士課程プログラムおよびポストドク養成。	SAGE	研究 /GP
テキサス大学オーステン校 持続可能な開発センター (米) http://utcs.org	持続可能な設計・企画・開発。研究・教育・コミュニティ参加の相補的プログラム。	建築、建築工学、公共、ビジネス	研究、教育、サービス融合 /GP
ミシガン州立大学 システム融合・サステナビリティセンター (CSIS・米) http://csis.msu.edu	人文社会科学と自然科学の枠を超えた、創造的システム・分野融合 (環境学・社会経済学・人口統計学等)。地域・国・世界レベルの持続可能に関する COE 構築と研究者養成。	CSIS, 環境科学, 政策, 植物生態学, 教育心理学, 森林	研究 /PG
カンザス州立大学 環境管理・サステナビリティコンソーシアム (米) http://engg.ksu.edu/CHSR	サステナビリティサイエンス、持続可能な開発。コミュニティ参加。	化学工学, 農学	研究、教育、サービス融合 /GP
デラウェア大学 エネルギー・環境政策センター (CEEP・米) エネルギー環境政策プログラム http://ceep.udel.edu/academics/phd/enep.htm	政治・経済・環境間の相互作用と政策研究。4 つの融合的教育プログラム (環境エネルギー政策修士 / 博士, 技術・環境・社会修士 / 博士)。	CEEP, 農業天然資源, 人文科学, 工学, 海洋, 教育学, 公共政策	研究、教育、サービス融合 /GP
クラーク大学 環境科学プログラム (米) http://www.clarku.edu/departments/ES	社会科学・物理学・生物科学の融合。地球システム科学・環境保護生物学・環境科学政策コースからなる学部教育プログラム。	環境科学, 経済学, 政治学, 化学, 哲学, 物理, 管理	教育 /UP
環境科学政策プログラム (米) http://www.clarku.edu/departments/idce/academicsGradESP.cfm	環境・技術・社会・開発の統合。環境問題の理解力・創造的課題解決力・リテラシー・多分野協業能力の獲得。環境と健康、気候とエネルギーの持続可能性、環境管理政策。修士教育プログラム。	環境科学・政策, 地学, 生物学, 数学, 計算科学	研究、教育、サービス融合 /GP
カリフォルニア大学 環境科学プログラム (米) http://oie.ucla.edu/major.htm	持続可能な開発。人と環境の相互作用。人口急増と経済発展が及ぼす地球環境への影響。	環境, 大気・海洋科学, 土木・環境工学, 地球科学, 生態学, 進化生物学, 環境衛生学	教育 /UP
ミシガン州立大学 環境科学政策プログラム (米) http://www.environment.msu.edu	環境科学政策に関する融合プログラム。複雑な環境問題解決のための、T 型能力、多様な融合分野での研究マネジメント力獲得。博士課程副専攻および修士課程プログラム。	環境科学・政策, 農業経済学, 動物科学, 生物化学, 材料化学, 他多数	研究、教育、サービス融合 /GP
アリゾナ州立大学 国際サステナビリティ研究所 (GIOS・米) http://sustainable.asu.edu	異分野協業・統合。諸課題 (都市化、持続可能なエネルギー・資源、水資源・食糧難、生物多様性喪失、経済開発と社会変革、社会経済的適応力) に対応する次世代リーダー育成。	GIOS, 建築, 景観, 土木・環境工学, 経済, 地理科学, 法律, 公共政策	研究、教育、サービス融合
ノートルダム大学 生物学・環境・社会国際連関プログラム (GLOBES・米) http://globes.nd.edu	生物学・環境・社会の国際連関。自然科学・人文科学・法学の分野融合。課題解決型リーダー育成。博士課程プログラム (NSF 資金)。	生物科学, 数学, 物理, 化学, 生化学, 経済, 計量経済, 哲学, 歴史	研究、教育、サービス融合 /GP
アイオワ州立大学 持続可能な農業プログラム (GPSA・米) http://www.sust.ag.iastate.edu/gpsa	社会経済・環境面で持続可能な次世代農業構築。天然資源多目的管理。システム思考、問題の構造化。異分野協業・リーダーシップ能力獲得。	農業・生物システム工学, 農業教育, 動物科学, 人類学, 生態学, 経済, 食品科学, 他多数	研究 /GP
ヨーク大学 サステナビリティ・イノベーション研究所 (IRIS・カナダ) http://www.iris.yorku.ca	全学からサステナビリティ関連の 11 名の教授が参画する異分野融合研究組織。カナダ政府等への地域密着型研究サービス提供 (持続可能なトロンク構築。モンゴルの持続可能な水利用等)。	IRIS	研究、教育、サービス /UP・GP
フロリダ国際大学 ラテンアメリカカリビアンセンター サステナビリティサイエンス研究所 (ISSLAC・米) http://lacc.fiu.edu/centers_institutes	ラテンアメリカ地域の環境・社会の相互作用に関する課題解決型融合研究。自然科学と社会科学の融合。持続可能な開発促進、適応管理のための統合システム、社会教育プログラム。メキシコの森林コミュニティ管理。統合型地域密着型研究。	環境	研究 /GP
カリフォルニア大学 LA 校 サステナビリティ・リーダープログラム (米) http://www.anderson.ucla.edu/leadersinsustainability.xml	持続可能性に関する異分野融合型思考のリーダー育成。	経営, 法学, 公共政策, 公衆衛生, 応用科学, 工学, 地質, 経済, 環境	研究、教育、サービス /GP
ピッツバーグ大学 Mascaro サステナビリティイニシアティブ (MSI・米) http://www.engr.pitt.edu/msi	持続可能なコミュニティインフラ構築のための融合研究を通じ、工学系学生を対象とした育成を目指す。(NSF・教育省資金)	化学工学, 他大学 (ペンシルバニア州立大, カーネギーメロン大)	研究、教育、サービス /GP
アラスカフェアバンクス大学 レジリエンスプログラム (米) http://www.rap.uaf.edu	生態学・経済学・政策科学・コミュニティ・地域開発のアプローチを統合し、地域システム機能を理解し、環境・経済・文化的持続可能性の獲得を目指す。学者・政策決定者・経営者向けに、地域の持続可能性課題について、解決能力を育成する。	北極生物学, 人類学, 生物学, 経済, 地質, 地理, 天然資源管理, 政策	研究、教育、サービス /GP
ロマリダ大学 社会政策・社会研究プログラム (米) http://www.llu.edu/llu/grad/socialwork/phdmain.html	持続可能な開発政策分野に必要な統合的手法の獲得。健康・知識マネジメント・農業・天然資源管理・貧困撲滅がアジェンダ。社会科学・社会倫理・研究手法・統計・情報技術・専門社会政策分野の博士課程向け融合カリキュラム。	社会環境, 地球・生物科学, 公衆衛生, 情報地質	研究、教育、サービス /GP
ハーバード大学 国際開発センター サステナビリティサイエンスプログラム (米) http://www.cid.harvard.edu/sustsci	人間・環境システムの相互作用理解。研究開発とイノベーション政策とコミュニティ管理の関係改善。グローバル化と持続可能な開発。国際協力ネットワーク構築による能力開発。農業、生物多様性、都市、エネルギー・資源、健康、水の持続可能性。ポストドク・産官からの特別研究員が、最短 5 年間プロジェクトに参画。	国際開発センター, ケネディスクール, 公衆衛生, 医療, 教育, 法学, ビジネス	研究、教育、サービス /PP
ペンシルバニアクラリオン大学 持続可能性・政策科学プログラム (米) http://www.clarionedu/departments/phys/sustainability	科学分野の分析スキルと政策策定スキルを融合し、環境課題解決力を養成する。グリーンビジネスや州政府、NPO 向けの幅広い人材育成。	物理, 生物, 化学, 数学, コミュニケーション, 人類, 地質, 地球科学, 経済, 哲学	研究、教育、サービス /UP
カリフォルニア大学 サンディエゴ校 環境・持続可能性イニシアティブ (米) http://esi.ucsd.edu	持続可能な課題解決のための教育・研究能力開発。国内外・産学とのイノベティブな協業。地域・国家・グローバルの課題解決。	海洋学	研究、教育、サービス

注) 種別の略号: UP (Undergraduate Program)、GP(Graduate Program)、PP(Post-graduate Program)

参考文献<sup>18)</sup> を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表7 欧州の大学におけるサステナビリティサイエンスの研究動向

大学 拠点・プログラム名	主な目的・研究テーマ	参加学科 (下線がホスト)	種別
ザラゴザ大学 環境クオリティと持続可能な開発 (スペイン) http://wzar.unizar.es/servicios/epropios/oferta/194.html	持続可能な開発、システム思考、持続可能性指標、天然資源・エネルギー利用の環境効率、水管理、社会経済組織、貧困の要因・因果関係・解決。融合分野の教育ギャップを補完。企業、国際NPO (Lead)をはじめ、学内外から講師を招聘。技術者、科学者、経営者、教育者、政府関係者等、人文科学系を対象。持続可能な開発を創造する人材育成を目指した大学院プログラム。	機械工学、化学工学、環境技術、応用物理、公共法、環境、環境教育	研究、教育、サービス融合 /PP
サセックス大学 社会・技術・環境の統合持続可能性センター (STEPS・英) http://www.steps-centre.org	2006年10月設立した国際研究ハブ。英国政府の経済社会研究カウンシル (ESRC) が支援。国内外の科学者・政府関係者・市民・産業界が参加。ESRC が競争的研究資金提供し 5-10 年プロジェクトを実施。持続可能でレジリエンス (適応力) のある社会を実現するための、技術・生態系・社会システムの統合アプローチ構築を目指す。「食糧と農業」「健康と病気」「水と衛生」の領域で、ダイナミクス、統治、不確実性な状況下での交渉力、等をテーマ設定。現実の課題に有効な計量・解析ツールを駆使できる次世代社会科学研究者の育成。エビデンスベースの政策研究と新たな方法論構築。	開発	教育
ユトレヒト大学 持続可能な開発 (蘭) http://www.geo.uu.nl/mastersd	持続可能な開発に関する専門知識・スキルの習得。産学官の研究・経営・政策マネジメント層を対象。自然科学および社会科学の複眼的視野での持続可能性解析、研究企画・実行力、コミュニケーション能力の獲得。欧米・カナダ大学との連携構築。カリキュラムは「エネルギー・資源」、「土地利用・環境・生物多様性」、「環境政策・管理」の三分野。	コペルニクス研究所	研究、教育
マーストリヒト大学 統合評価・持続可能な開発国際センター (ICIS・蘭) http://www.icis.unimaas.nl	持続可能な開発概念について、倫理学・法学・社会経済学・政治学・環境学の基礎の把握。統合評価手法を用いた持続可能な開発の定量評価。多様な視点からの統治手法・経営アプローチの実践的理解。政府・産業のグループメンバーとして、持続可能な開発戦略・統治を実践する能力構築。	ICIS	研究、教育、サービス融合 /GP
ルンド大学 環境学・サステナビリティサイエンスについての国際修士プログラム (LUMES・スウェーデン) http://www.lumes.lu.se	持続可能な開発に向けた適切な課題設定、相互関係体系化を通じ、多様な視点から、解決策を導く能力構築。コミュニケーション能力。複雑な課題の解析・対策立案能力。多文化・異分野環境下への適応力。	持続可能性学センター (LUCSUS)、政策科学、経済学、環境、エネルギーシステム、建築、設計、化学工学、地理、法社会学	研究、教育、サービス融合 /GP
持続可能な開発 (スウェーデン) http://www.uu.nl/internationalmasters	持続可能なエネルギー・資源・土地利用、生物多様性、環境政策・管理。人文社会と自然科学の学際融合的視点での持続可能性解析。修士向けプログラム。	イノベーション・環境科学、化学	研究 /GP
プレーキング工科大学 持続可能への戦略リーダープログラム (MSLS・スウェーデン) http://www.bth.se/msls	持続可能な開発の戦略能力を有する指導者育成と国際的ネットワーク構築を目指す。持続可能な製品開発イノベーション研究イニシアティブ (SPIRIT)、環境 NPO「ナチュラリステップス」、中国昆明大学等の他大学、国内研究機関等との協力関係がある。	工学、経営	研究、教育、サービス融合 /PP
イーストアングリア大学 ティンドール気候変動研究センター (英) http://www.tyndall.ac.uk	中長期的な英国および世界の気候変動政策をリードすべく、国内外の科学者・経済学者・技術者・社会科学研究者が一同に参画し、産業界・政府関係者・マスコミ・一般市民とともに、持続可能な社会実現に向けた分野融合研究・対話を行う。実際の政策や行動に寄与する、持続可能に関する知見の集積を目指す。統合評価・エネルギー・適応に加え、国際政策・国際開発・都市をプログラムに加える。	ティンドール気候変動研究センター、他大学 (ケンブリッジ大、オックスフォード大、サウザンプトン大、ニューキャッスル大、サセックス大) 等	研究 /PP

注) 種別の略号: UP (Undergraduate Program)、GP(Graduate Program)、PP(Post-graduate Program)

参考文献<sup>18)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表8 欧米の大学におけるサステナビリティサイエンスの実態

(a) 主な研究トピック

トピック	プログラム数
人類と環境の相互作用	12
政策意思決定の妥当性	11
コミュニティ関与・意思疎通	10
システム思考	8
持続可能性	8
変革推進者としての学生	5

(b) 学問領域の融合形成状況

融合タイプ	プログラム数
Inter-disciplinary	18
Multi-disciplinary	9
Trans-disciplinary	4
Cross-disciplinary	2

(c) サステナビリティサイエンスへの参加学科

学科名	参画数	学科名	参画数	学科名	参画数
工学	14	環境科学	6	地質学	3
経済学	12	人文科学	6	公共政策	3
政策科学	11	法学	6	教育学	3
生物学	10	人類学	5	医学・薬学	3
経営学	10	化学	5	国際開発	2
総合科学	8	地理学	4	数学	2
建築学	7	物理学	4	社会学	2
農学	6	都市計画	4		

(d) プログラムへの資金提供者

資金提供者	プログラム数
大学	16
契約研究	12
NSF (米国国立科学財団)	8
寄付	8
政府 (米)	7
民間基金	5
学費	5
政府 (欧州)	5
企業	4
政府 (欧米以外)	3

注) プログラム数: 参考文献<sup>18)</sup>の調査対象 49 プログラムの中で、該当するプログラム数

出典: 参考文献<sup>18)</sup>



ト」が推進された<sup>16)</sup>。本プロジェクトを通じて創設されたフォーラムの活動が、現在は米国科学振興協会(AAAS)内の Innovation on Science and Technology for Sustainability (ISTS) フォーラムへとつながり、幅広いリンケージを構築しながら発展している<sup>17)</sup>。連邦政府、州政府、民間など、多様な主体が資金を拠出し、大学を中心とする研究プログラムが多数進行している(図表 6)。欧州においても、英国、スウェーデン、オランダを中心に、同様の研究プログラムが多数進行している(図表 7)。

研究課題として取り上げられているテーマとしては、「レジリエンス(適応力)」等のモデル化や技術・生態系・社会システムの統合化アプローチを重視するものから、科学分野の分析スキルと政策策定・実行スキルの融合を通じ、政府機関の関連施策を担う政策立案者や国際機関・企業における課題解決型リーダーの人材育成を主眼とするものまで、非常に多様である(図表 8(a))。対象とする社会システムのスケールも、地域社会のコミュニティから、国レベル・国際社会と、様々である(図表 6、図表 7)。

サステナビリティサイエンスに取り組む研究者は、工学・経営学・政策科学・生物学が中心であるが、人文社会科学と自然科学の境界を超えた様々な学問領域からの参画があり(図表 8 (C))、様々な課題解決志向のアプローチが取り組まれている(図表 8 (b))。

このように、必ずしも方法論として十分に確立しているわけではないが、大学が拠点となって産学官のネットワークを構築し、多くの研究プロジェクトを統合的に実施することを通じ、カリキュラム設計、参画研究者のキャリアパス、必要なパートナーシップなど、次の発展段階に向けた施策も明確にされつつある(図表 9)。

図表 9 欧米の大学でのサステナビリティサイエンス研究プログラム進展を通じた抽出課題

(a) プログラムの主な課題

今後対応の必要な課題	プログラム数
自然科学・社会科学融合研究／異分野協力	18
資金面(研究費人件費・奨学金)	15
カリキュラム設計	9
学問的厳格性(基礎と応用のバランス)	7
産学パートナーシップ構築	4
融合分野の業績評価	4
学生への魅力アップ	4
学問的方法論確立	3
制度組織設計(学位プログラム、選択科目)	2
研究者の質と数	2
キャリアパス	1
学生向けプロジェクト創出	1
規模(グローバル、ローカル)	1
教育環境の多様性確保	1
学生維持	1

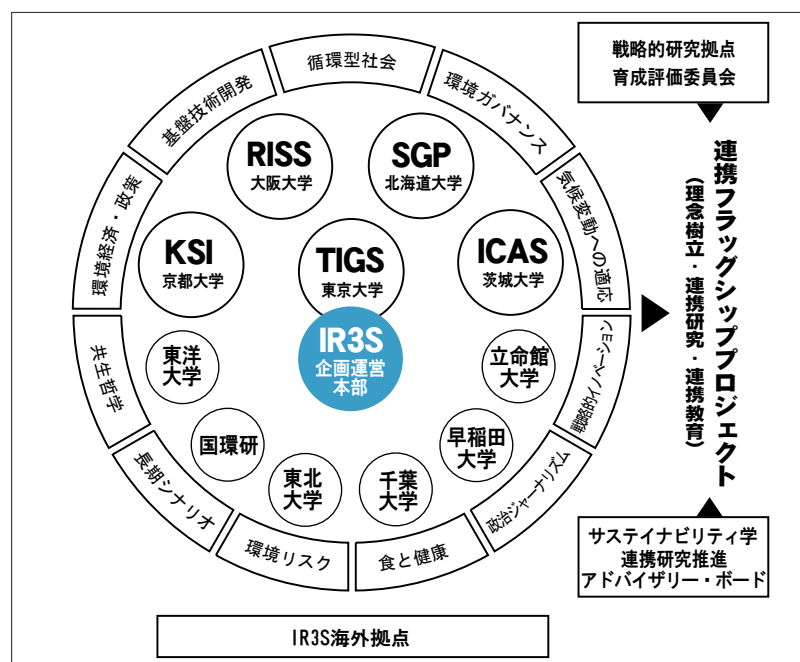
(b) 必要とされているパートナー

パートナー種別	プログラム数
学内他学部	25
他大学(国内)	19
地方・州・連邦政府	14
他大学(国外)	12
国内一般	12
国外一般	12
産業界	6

注) プログラム数：参考文献<sup>18)</sup>の調査対象 49 プログラムの中で、該当するプログラム数

出典：参考文献<sup>18)</sup>

図表 10 サステナビリティ学連携研究機構(IR3S)の体制



出典：参考文献<sup>20)</sup>

## (2) 日本の状況

2001～2005年の「第2期科学技術基本計画」に基づいて、我が国の気候変動関連研究の統合的推進を目的に、総合科学技術会議は、「地球温暖化研究イニシアティブ」と呼ばれる府省連携の研究体制を、2002～2006年に設置した<sup>19)</sup>。本イニシアティブは、①第一約束期間に我が国の温室効果ガス排出量を1990年比6%減とする技術の実現、②排出削減シナ

リオの提示、③気候変動枠組み条約での意思決定に資する科学的知見を国際協力の元に提供する基盤の構築、という3つの目標を掲げ、気候変動分野で「温暖化総合モニタリング」、「将来予測・気候変動研究」、「影響・リスク評価」、「対応政策研究」という4つのプログラムを設定し、多様な研究を統合的に推進した。その後、2006年からの「第3期科学技術基本計画」においても、引き続き環境分野が

重点推進4分野とされ、分野別推進戦略の中で「地球温暖化・エネルギー問題の克服」が重要課題とされた。しかし、前述のイニシアティブに相当する新たな活動は現時点までは開始されていない。

この間、東京大学を始めとする国内5大学が中心となり、2005年にサステナビリティ学連携研究機構(IR3S)が発足した。IR3Sは、企画運営本部、参加5大学の研究拠点、および協力6機関から構成されており(図表10)、それぞれの得意とする学術領域を中心に、サステナビリティサイエンスに関わる連携フラッグシッププロジェクトを推進している。

IR3Sでは、地球規模の諸問題の発現メカニズムを解明し、「持続可能性(サステナビリティ)」という観点から、人類の生存基盤となっているシステムを再構築する方策やビジョン・基準・指標の提示を最終的な目標としている。また、サステナビリティサイエンスの方法論確立を目指して、社会に対するアウトリーチ活動、研究教育人材の育成、国際学術論文誌の発行、国際連携など、幅広い活動を統合的に実施し、サステナビリティサイエンスにおける世界トップクラスの拠点およびネットワーク構築を目指している。

### 3 - 3

## IPCC 第四次評価報告書に対する日本の貢献度から見た課題と要因

サステナビリティサイエンスは新たな融合学術領域であり、発展状況を定量的に捉えることが難しい。しかし、地球温暖化問題に対する課題解決という点においては、IPCC 評価報告書は、現時点で最も厳選された科学的知見の集積であると言ってよいだろう。そこで、ここではIPCC 評価報告書における国別の貢献度を比較する

図表 11 IPCC 第四次評価報告書における CLA/LA の国別比率と順位

順位	第1作業部会 (自然科学的根拠)		第2作業部会 (影響・適応・脆弱性)		第3作業部会 (気候変動の緩和)	
1	米国	22.5%	米国	10.0%	米国	18.3%
2	英国	10.4%	豪州	6.3%	日本	7.9%
3	豪州	8.1%	英国	5.9%	中国	6.8%
4	フランス	7.5%	カナダ	5.9%	オランダ	6.3%
5	中国	5.2%	インド	5.0%	ドイツ	5.2%
6	日本	5.2%	ドイツ	4.5%	英国	4.7%
7	カナダ	5.2%	ロシア	3.6%	カナダ	4.2%
8	ドイツ	5.2%	メキシコ	3.2%	インド	4.2%
9	インド	4.6%	中国	2.7%	豪州	2.6%
10	ノルウェー	3.5%	日本	2.7%	ロシア	2.6%

参考文献<sup>2~4)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表 12 IPCC 第四次評価報告書における CA の国別比率と順位

順位	第1作業部会 (自然科学的根拠)		第2作業部会 (影響・適応・脆弱性)		第3作業部会 (気候変動の緩和)	
1	米国	34.0%	米国	17.8%	米国	13.3%
2	英国	12.4%	英国	12.6%	オランダ	5.8%
3	ドイツ	8.1%	カナダ	6.6%	日本	4.7%
4	フランス	6.2%	豪州	5.9%	英国	3.7%
5	カナダ	5.3%	ドイツ	3.5%	中国	3.7%
6	豪州	4.9%	フランス	3.3%	カナダ	3.3%
7	日本	4.0%	ニュージーランド	3.0%	フランス	3.3%
8	スイス	3.5%	インド	3.0%	ドイツ	3.0%
9	中国	3.4%	中国	2.8%	オーストリア	2.8%
10	ノルウェー	1.9%	オランダ	2.8%	インド	2.6%
			14. 日本	1.9%		

参考文献<sup>2~4)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

ことで、地球温暖化問題に対するサステナビリティサイエンス分野の研究活動について、日本の位置付けの定量的把握を試みる。

IPCC は 第 一 次 評 価 報 告 書(1990 年)以来、ほぼ5年ごとに評価報告書を公表している。評価報告書の基本構成はほぼ一貫しており<sup>21)</sup>、第1作業部会(自然科学的根拠：以下「WG1」)、第2作業部会(影響・適応・脆弱性：以下「WG2」)、第3作業部会(気候変動の緩和：以下「WG3」)の3つの作業部会の報告書と、総合的に取りまとめた統合報告書(SYR)からなり、地球温暖化問題に対するサステナビリティサイエンスの対象とする研究課題を全て網羅している(図表5)。

IPCC 評価報告書の執筆者の選定にあたっては、科学的事実を純粹に総合評価するために、一切の政治的圧力を排し、厳格なルールに基づいて、客観性を維持するよう努められている<sup>22)</sup>。執筆者は、役割に応じて以下の4種類に分類されている。

- ① Coordinating Lead Authors (CLA)：担当する章全体の執筆者、編集方針の決定者
- ② Lead Authors (LA)：担当する章の執筆者
- ③ Review Editors (RE)：レビュープロセスの監視・助言者
- ④ Contributing Authors (CA)：執筆の協力・必要な情報(データ・文献)提供者

CLA および LA は、各国政府や国際機関が推薦した、各研究領域におけるトップレベルの専門家の中から選定される<sup>23)</sup>。出身地域・性別・年齢等の偏りが無いよう配慮はされるものの、CLA および LA 選出数の国別分布(図表 11)は、ある研究領域において、影響力のある中心的な研究者の分布を反映していると考えられる。また、CLA および LA は、担当する研究分野における最新の科学的知見について、原則として学術雑誌に公表済みの査読論文を引用して執筆する。したがって、IPCC 評価報告書の引用論文における日本論文のシェア(図表 13)は、日本の研究活動の多寡を反映していると考えられる。一方、CA は、LA だけではカバーしきれない部分の執筆の協力や、必要な情報提供を行う。CA の選出は基本的には LA が行うが、影響力のある国際論文を定常的に発表するとともに、国際会議などにも頻繁に参加・発表し、国際的な研究コミュニティで存在感のある研究者が選出されている。したがって、CA 選出数の国別分布(図表 12)は、ある研究領域に関して、国際的な存在感のある研究者の分布を反映していると考えられる。

このように、IPCC 評価報告書について、研究領域ごとの執筆者や引用論文数を国別に比較することで、各国における研究活動や、研究者の国際的なプレゼンスについて、定量的に把握することができると考えられる。2007 年に公表された IPCC 第四次評価報告書の各 WG の評価報告書<sup>2～4)</sup>を参照し、CLA、LA および CA それぞれの人数を、所属機関の国ごとに集計し、全体に占める比率を図表 11、図表 12 に示した。また、各 WG の評価報告書の引用論文を参照し、日本人が筆頭著者である論文を日本論文として数え上げ、全引用論文数に占めるシェア

図表 13 IPCC 評価報告書における全引用論文に占める日本論文の比率推移

	第1作業部会 (自然科学的根拠)	第2作業部会 (影響・適応・脆弱性)	第3作業部会 (気候変動の緩和)
第一次評価報告書 (1990 年)	0.7%	1.8%	引用文献記載なし
第二次評価報告書 (1995 年)	1.1%	2.2%	1.3%
第三次評価報告書 (2001 年)	2.2%	1.8%	2.4%
第四次評価報告書 (2007 年)	3.4% ★特に日本論文比率の高い分野 ・海洋気候変動観測：8.0% ・気候モデル評価：6.0% ・世界気候予測：7.2% ・地域気候予測：4.4%	1.7%	2.9%
環境分野全体の日本論文シェア／被引用回数シェア	7.7% / 7.1%		

参考文献<sup>2～4, 24, 25)</sup>を基に科学技術動向研究センターにて作成

を WG ごとに比較して図表 13 に示した。

執筆者全体に占める日本人の比率の傾向を、WG1～3 の 3 分野ごとに比較してみると、第 1 作業部会については、CLA/LA が参加国中第 6 位、CA が第 7 位で、全体比率は 4～5% である。第 2 作業部会は他の作業部会に比べると日本の位置付けが相対的に低く、CLA/LA が参加国中第 10 位、CA は第 14 位で、全体比率は 2～3% の水準にとどまっている。第 3 作業部会は他と比較して日本の位置付けが相対的に高く、CLA/LA が参加国中第 2 位、CA が第 3 位で、全体比率は 5～8% を占めている。これらの数値を日本の環境分野全体の論文被引用回数シェア 7%<sup>24)</sup>と比較して見ると、第 1 および第 3 作業部会の対象分野においては、日本の環境分野全体での平均並みかそれ以上に日本の貢献があると言える。一方、第 2 作業部会の対象分野については、世界的なレベルで見たときの貢献が低いだけでなく、日本の環境分野全体の平均と比較しても、低い水準にとどまっているといえる。

また、IPCC 評価報告書における全引用論文に占める日本論文の比率(図表 13)は、第一次評価報告書と比較すると、いずれの作業部会でも、改訂の回を重ねる毎に

レベルが向上している。しかし、第四次評価報告書の CLA/LA あるいは CA に占める日本人の比率と、全引用論文に占める日本論文の比率を比較すると、各作業部会とも日本人論文の比率のほう下回っている。これは、いずれの研究領域でも、トップレベルの日本人研究者の国際的なプレゼンスが年々向上した結果、CA 等に選出されて貢献を示しているものの、質の高い研究全体の広がりや層の厚みの面で、トップレベルの欧米諸国と比較して、依然として差があることを示している。特に、第 1 作業部会の中で、気候予測や海洋気候の領域における日本論文のシェアは、相対的に水準が拡大している。これは地球シミュレータやアルゴ計画などの大規模プロジェクトが実施された成果と考えられることができる。

一方、他国の状況を見ると、米国・英国・カナダはいずれの作業部会においても、安定して上位のプレゼンスを示している。特に、京都議定書を離脱した米国でも、研究自体は継続して高いパフォーマンスを示している点は注目される。これらトップレベルの諸国では、自国地域を対象とする研究以外に、周辺諸国地域や脆弱な地域を対象とする国際的な研究が十分なされている。日本の研究は国際



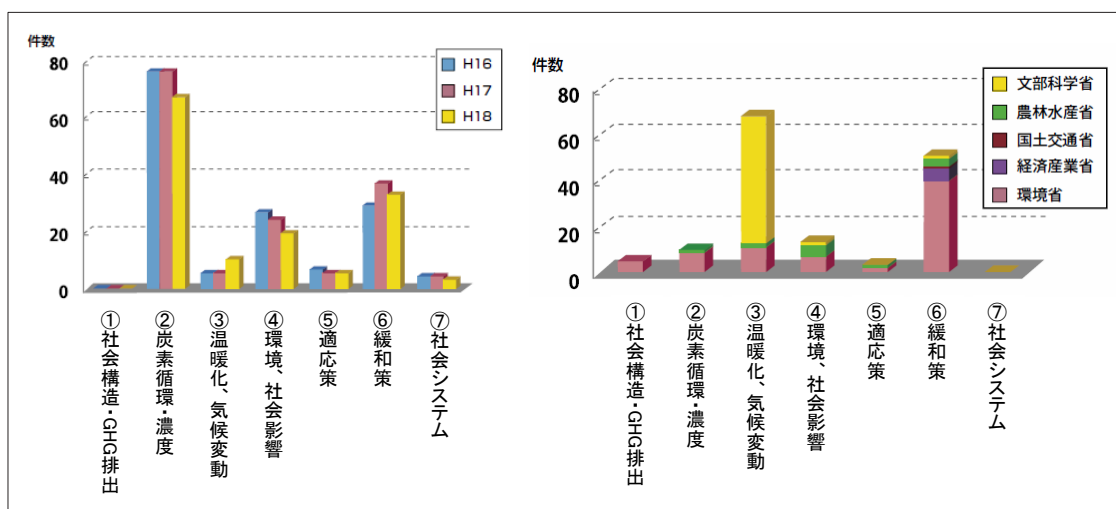
協力という面で、まだ貢献が足りていないようにも思われる。

それ以外の国について見ると、京都議定書では温室効果ガス排出削減義務のない中国やインドにおいても、プレゼンスは日本に近い水準にあると言える。特に第2作業部会がカバーする適応策に関わる研究分野では、中国やインドは日本を上回り、欧米に迫るプレゼンスを示している点が注目される。今後バリ行動計画に沿って2009年COP15（コペンハーゲン開催予定）に向けて適応策の枠組構築を進める上で、途上国の議論をリードする役割を果たしている中国・インドにおける研究動向には注視が必要である。

特に近隣の中国との関係については、我が国のサステナビリティ研究拠点に中国人研究者を積極的に招聘し、両国政府関係者や産業界とも共同で、適応策研究やフラッグシッププロジェクト推進を通じた、国際共同研究ネットワークの構築を進める必要があるだろう。それには、政府の国際協力研究に対する支援体制についても見直しが望まれる。環境分野に限らず、これまで科学技術に関する国際協力については、研究～開発～実用化～技術移転の段階ごとに、関係省庁の多様な主体がそれぞれの政策目的に沿って個別に実施してきた。近年、科学技術外交全般のあり方を、課題解決志向で

見直す動きが始まっている。科学技術協力を通じた途上国の問題解決能力向上を図るべく、文部科学省と外務省で議論し、(独)国際協力機構(JICA)・(独)科学技術振興機構(JST)とで連携した国際共同研究や、政府開発援助(ODA)による人材派遣が検討され始めている。この他、経済産業省では、(財)国際環境技術移転研究センター(ICETT)、(財)省エネルギーセンター、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)などを通じて、また農林水産省では(独)国際農林水産研究センター(JIRCAS)を通じて、個別に国際協力事業を実施している。これらの省庁の連携を強化する必要がある。

図表 14 日本の研究課題ごとのプロジェクト関連採択件数（左：科研費／右：各省プロジェクト）



出典：参考文献<sup>26)</sup>

図表 15 環境分野で人文社会科学と自然科学との連携研究を進める上での課題

課題	解決の方向性
<b>1. 自然科学系研究者を中心とした研究プロジェクト運営</b> 環境分野の問題解決型のプロジェクト研究は、自然科学系研究者を中心として立上げ、後から人文社会系研究者の協力を求めるケースが多く、問題意識の共有が図られず、人文社会系研究者の関与と成果が十分得られない。	<b>1. 文理連携による政策研究の振興</b> 持続可能な社会を目指した環境イノベーション実現には、課題解決型の研究振興が不可欠で、成果を現実の問題に結びつける政策研究を拡張・強化するべきである。
<b>2. 人文社会科学の課題</b> 日本の人文社会科学分野の研究コミュニティでは、問題解決型の研究が必ずしも高く評価されず、積極的に参画しようとするインセンティブが働いていない。	<b>2. 政策研究ネットワークの構築・強化</b> 自然科学や人文社会科学の研究シーズを活用し、政策に反映できる成果をあげるには、問題解決を図ろうとする、政策担当者やNGO等と、研究者のネットワーク構築が必要である。
<b>3. 共通理解の不足</b> 自然科学系と人文社会科学系の相互に固有な述語と研究論理に対する理解が不足している。	<b>3. 人材交流の活発化</b> 研究現場と行政・政策現場との人材交流を促進し、政策ニーズを研究現場に持ち込み、研究成果の政策実施に活用を容易にする。
<b>4. 現場との情報交換不足</b> 現実の環境問題に直接関与する政策担当者やNGO等との情報交換が不足している。	<b>4. 人材育成の強化</b> 文系・理科系を分けた教育システムの弊害を打破すべく、文理を跨ぐ副専攻制導入やカリキュラム強化を図り、若手研究者を育成する必要がある。
<b>5. 若手研究者の育成</b> 課題解決型の環境研究に必要なスキル（幅広い知識と深い専門性）を若手研究者に指導できる教員が不足している。新しい研究分野で若手研究者が将来のキャリアパスを描きにくい。	

出典：参考文献<sup>27)</sup>

次に、サステナビリティサイエンスに関わる我が国政府の研究投資の状況を見てみる。図表 14 は、近年の科研費や各省庁における支援プロジェクト採択数の状況を、サステナビリティサイエンスの対象研究課題ごとに比較して見たものである<sup>26)</sup>。第 1 作業部会に関わる②炭素循環・濃度、③温暖化・気候変動や、第 3 作業部会に関わる⑥緩和策の分野の研究課題での採択数が大部分を占めており、第 2 作業部会に関わる①社会構造・GHG 排出、④環境・社会影響、⑤適応策、⑦社会システムの分野の採択数が極めて少ない状況が明らかである。IPCC 評価報告書で第 2 作業部会が対象とする、影響・適応・脆弱性といった

研究分野における日本の貢献度が低い要因としては、このように政府の研究投資が相対的に少ない、あるいは、そもそもこのような領域に研究者がいないことが一因として考えられる。

一方、第 2 作業部会が対象とする、影響・適応・脆弱性といった研究分野は、サステナビリティサイエンスの中では最も課題解決志向なアプローチを必要とし、自然科学と人文社会科学の境界・融合領域にあたる。この分野に政府の研究投資が相対的に少ない要因として、自然科学と人文社会科学の境界・融合領域の連携推進を阻害する日本特有の課題があると考えられている。図表 15 は、総合科学技術会議で出された課題であ

り<sup>27)</sup>、あわせて解決の方向性が議論されている。今後は、さらに議論を一步進めて、関係者で具体的方策をより一層、強化・推進していく必要がある。

すでに見てきたとおり、欧米では大学を中心に、いち早く、サステナビリティサイエンスに関するプロジェクト研究やカリキュラム化が、国や地方政府等により振興された。自然科学と人文社会科学や産学官の境界を超えて課題解決志向の幅広い連携研究が柔軟かつ体系的に発展しつつある。これら欧米の優れた事例をベンチマーキングした上で、連携研究推進の具体的方策を策定することが望まれる。

## 4 まとめと提言

地球温暖化問題の関係する領域の拡大と複雑化を背景に、これまでの学問領域を超えた課題解決型のアプローチとして、サステナビリティサイエンスが世界的に進展してきている。このような背景を踏まえて、今後我が国においてサステナビリティサイエンスを発展させる上で、想定される課題をまとめ、以下の提言を行う。

### (1) 大学を中心とする課題解決型研究の推進と知の集積化

欧米同様、日本でもまずは大学が中心となり、サステナビリティサイエンスとしての知識の体系化を進めるべきである。一部では東大を中心とする連携研究機構のような取り組みが始まっているが、政策現場のニーズに根ざした課題解決型連携研究を、より多様なアプローチで推進することで、関連する研究者層の厚みと集積を増やすことが先決である。その際、IPCC の WG2 に対してより大きな貢献を果たす等の、具体的な目標設定することが必要である。

### (2) 民間活力の活用と多様なキャリアパスの確保

我が国の大学や公的研究機関において、課題解決型の方策を導くサステナビリティサイエンス研究を一層進めるためには、政策決定者との交流を通じて、日本として推進していくべきテーマ設定をすることが前提である。それだけではなく、大学と産業界の間でも、より緊密な関係を構築し、日本の強みである環境分野の技術力や民間活力を、大学におけるサステナビリティサイエンスの研究推進に生かすことが重要である。大学が産業界に対し、実践的な学習機会や幅広い人脈形成の場を提供することができれば、多様な人材集積を一層進めることができる。大学における課題解決型研究の実践を通じて、産業界のニーズにあった人材育成が行われるならば、企画・経営部門などを中心とした民間企業への採用も期待でき、この分野の若手研究者の将来ポストや多様なキャリアパスを確保することにもつながる。

### (3) 新たな研究イニシアティブを通じた国際研究コミュニティでのプレゼンス向上

IPCC では、次の第五次評価報告書 (AR5) に向けた活動がすでに始まっており、2013 年頃に公表が予想されている。AR5 に向けて日本が研究面でより大きく貢献するためには、個々の研究者がサステナビリティサイエンスの研究成果を英文論文として公表し、国際会議等への積極的な参加を通じ、国際的な研究コミュニティでのプレゼンスを向上させる必要があるのは言うまでも無い。それだけではなく、第 2 期科学技術基本計画期間中に総合科学技術会議内に設置された「地球温暖化研究イニシアティブ」のように、我が国全体の関連研究を課題解決志向で統合的に推進する組織が不可欠である。イニシアティブを通じた情報発信によって、日本の関連研究論文を国際研究コミュニティに強力に押し込む仕組みを構築し、日本の研究成果の存在感を組織的に高めることが重要であ

る。その結果、国境を越えた人的ネットワークが拡大し、国際社会のニーズをとらえた研究課題設定につながり、さらに大きなインパクトのある研究成果を蓄積する好循環を生むことが期待できる。

#### (4) 国際世論をリードする途上国のベンチマークと国際共同研究ネットワーク構築

これまで日本が十分取り組んでこなかった自国以外の地域を対象とするサステナビリティサイエンスの国際共同研究についても、今後力を入れる必要がある。そのためには、大学および公的研究機関が自ら国際共同研究を増やす努力をすることに加え、政府や産業界もそれらに積極的に関与していく必要がある。

今後、特に中国・インドからは、我が国のサステナビリティ研究

拠点に、研究者を積極的に招聘し、両国政府関係者や産業界とも共同で、適応策研究やフラッグシッププロジェクト推進を通じた、国際共同研究ネットワークの構築を進める必要があるだろう。このようなネットワーク構築は、環境分野に強みを持つ我が国の民間企業にとっても、将来の有望市場として中国をはじめとする途上国における新たなビジネスモデル構築を図る上で有効である。質の高い現地情報の収集や人脈形成を通じ、戦略的に研究開発課題を設定できるとともに、新たな技術を初期の段階から関係諸国の適応策と融合化させることで、いち早く実用化を促進できる可能性もある。自国以外の地域の政策ニーズを的確につかんだ国際協力研究の厚みを増すことは、IPCC 評価報告書における日本の貢献度の一層の拡大につ

ながるものと考えられる。

#### (5) 環境分野の国際協力事業に関する関連省庁の連携強化

上記のような、課題解決型のサステナビリティサイエンスに関する国際協力を推進する上で、政府の国際協力研究に対する支援の体制についても、現状からの見直しが望まれる。これまで環境分野に限らず、科学技術の国際協力については、研究～開発～実用化～技術移転の段階ごとに、関係省庁の多様な主体が個別に実施してきた。総合科学技術会議内のイニシアティブ等が主体となって、これらの省庁間の連携を強化することで、環境分野の国際協力事業の中で、課題解決型のサステナビリティサイエンスを実践的に推進することが重要である。

## 5 おわりに

2008年7月に洞爺湖で開催されるG8サミットでは、日本が議長国を務め、地球温暖化問題を主要議題とする予定である。日本にとっては、地球温暖化問題への対応は待ったなしの状況にある。2008年1月のダボス会議にて、福田総理は「クールアース推進構想」を示す中で、21世紀の挑戦に立ち向かうためのキーワードは「全員参加型の協力」であり、政府、経済界、市民社会、学術界の連携を実現していく必要性を述べている<sup>28)</sup>。関係する日本の科学者全てが、地球温暖化問題に対しどのような貢献をできるのかを協同で問い直し、日本のサステナビリティサイエンスを発信する良い機会である。

#### 謝 辞

本稿の執筆にあたり、(独)国立環境研究所 西岡秀三参与、社会環境システム研究領域 原沢英夫

領域長、東京大学サステナビリティ学連携研究機構 住明正教授、大学院新領域創成科学研究科 鎗目雅准教授には、全般にわたって貴重なご助言、ご意見ならびに資料をご提供いただきました。また、京都大学経済研究所 一方井誠治教授、茨城大学地球変動適応科学研究機関 三村信男教授、東京工業大学資源化学研究所 仲勇治教授、大学院社会理工学研究科 蟹江憲史准教授、(独)国立環境研究所 地球環境研究センター 亀山康子主任研究員には、貴重なご意見ならびに資料をご提供いただきました。関係の皆様には厚く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) IPCC Fourth Assessment Report, Synthesis Report (2007年) <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.htm>
- 2) IPCC Fourth Assessment

Report, Working Group I Report "The Physical Science Basis", (2007年) <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>

- 3) IPCC Fourth Assessment Report, Working Group II Report "Impacts, Adaptation and Vulnerability", (2007年) <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>
- 4) IPCC Fourth Assessment Report, Working Group III Report "Mitigation of Climate Change", (2007年) <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg3.htm>
- 5) 環境省 地球温暖化影響・適応研究委員会 2007年10月19日プレスリリース <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=8933>
- 6) 西岡秀三・原沢秀夫編「地球温暖化と日本—自然・人への影響予測」、古今書院(2001年)



- 7) 高村ゆかり・亀山康子編「地球温暖化交渉の行方」、大学図書 (2005 年)
- 8) 澤昭裕・関総一郎編「地球温暖化問題の再検証」、東洋経済新報社 (2004 年)
- 9) 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット編「エネルギー・経済統計要覧'07」、(財)省エネルギーセンター (2007 年)
- 10) GISPRI・IGES、「COP13 及び COP/MOP3 報告セミナー」資料、(2008 年 1 月 11 日)
- 11) 第 3 回バイオマス科学会議資料、一方井誠治「ポスト京都議定書の国際枠組」、(2008 年 1 月 15 日)
- 12) 原沢英夫「長期シナリオ作りからサステナビリティ学の発展へ」、サステナ第 6 号 (2008 年 1 月)
- 13) R.W. Kates et al., "Environment and Development: Sustainability Science", Science 27 April 2001, vol.292, No.5517, pp.641-642
- 14) 文部科学省科学技術振興調整費戦略的研究拠点育成プロジェクト「サステナビリティ学連携研究機構 (IR3S)」ホームページ [http://www.ir3s.u-tokyo.ac.jp/outline/howto\\_sus.html](http://www.ir3s.u-tokyo.ac.jp/outline/howto_sus.html)
- 15) 東京大学サステナビリティ学連携研究機構 TIGS-NEWS 第 1 号, p7 (2007 年 4 月 30 日)
- 16) Research and Assessment Systems for Sustainability Program. 2003. "Science and Technology for Sustainable Development", Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 100(14), p8059-8091 (2003 年 7 月 8 日) <http://www.pnas.org/misc/archive062303.shtml#HL4>
- 17) AAAS Initiative on Science and Technology for Sustainability (ISTS) フォーラムホームページ <http://sustsci.aaas.org/>
- 18) AAAS 2007 Annual Meeting, Forum for Sustainability Science Programs Roundtable, "A Survey of University-based Sustainability Science Programs", (2007 年 2 月 17 日) <http://sustsci.aaas.org/files/University%20Survey%20V2.pdf>
- 19) 小池勲夫編「地球温暖化はどこまで解明されたか - 日本の科学者の貢献と今後の展望 2006」、丸善 (2006 年)
- 20) 文部科学省科学技術振興調整費戦略的研究拠点育成プロジェクト「サステナビリティ学連携研究機構 (IR3S)」ホームページ <http://www.ir3s.u-tokyo.ac.jp/outline/org/index.html>
- 21) 国立環境研究所編「IPCC 第 4 次評価報告書のポイントを読む」(2007 年 12 月) [http://www-cger.nies.go.jp/cger-j/pub/pamph/ipcc/ipcc\\_ar4.pdf](http://www-cger.nies.go.jp/cger-j/pub/pamph/ipcc/ipcc_ar4.pdf)
- 22) 国立環境研究所ホームページ「ココが知りたい温暖化(28)」  
[http://www-cger.nies.go.jp/qa/14/14-2/qa\\_14-2-j.html](http://www-cger.nies.go.jp/qa/14/14-2/qa_14-2-j.html)
- 23) 東京大学気候システム研究センターホームページ  
<http://www.ccsr.u-tokyo.ac.jp/~sumi/ipcc4thhoukokusyo.doc>
- 24) 科学技術政策研究所, NISTEP REPORT No.88 「科学技術研究のアウトプットの定量的及び定性的評価」, (2005 年 3 月) <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep088j/pdf/rep088j.pdf>
- 25) 東京大学サステナビリティ学連携研究機構 季刊誌サステナ第 6 号, p29 (2008 年 1 月 20 日)
- 26) 東京大学サステナビリティ学連携研究機構 TIGS-NEWS 第 2 号, p8 (2008 年 1 月 30 日)
- 27) 総合科学技術会議基本政策推進専門調査会分野別推進総合 P T 環境 P T 会合 (第 2 回) 資料 6 「環境イノベーションの創出に向けた環境研究の推進～文理融合による政策研究の振興 (中間とりまとめ案)」  
<http://www8.cao.go.jp/cstp/project/bunyabetu2006/envpt/pt2/2-6.pdf>
- 28) 外務省ホームページ「ダボス会議における福田総理大臣特別講演」  
[http://www.mofa.go.jp/mofaj/press/enzetsu/20/efuk\\_0126b.html](http://www.mofa.go.jp/mofaj/press/enzetsu/20/efuk_0126b.html)

## 執筆者



環境・エネルギーユニット  
**前田 征児**

科学技術動向研究センター  
特別研究員

<http://www.nistep.go.jp/index-j.html>



工学博士。エネルギー関連の貯蔵・変換システムの研究開発に従事。専門は電気化学、材料工学。現在、エネルギー・環境分野の科学技術政策およびイノベーションマネジメントに興味を持つ。



客員研究官  
**日引 聡**

(独) 国立環境研究所  
社会環境システム研究領域  
環境経済政策研究室  
室長

<http://www.nistep.go.jp/index-j.html>



専門は環境経済学 (経済学博士)。主に、地球温暖化、廃棄物問題、環境マネジメントシステム、貿易と環境の関係などを対象に、計量経済学的手法を用いて環境政策の有効性などを分析している。主著に『入門 環境経済学—環境問題解決へのアプローチ』(中公新書、有村俊秀氏と共著)