

独立行政法人 国立環境研究所

## 地球環境研究センターニュース

Center for Global Environmental Research



【2006年6月からオセアニア航路で温室効果ガスの大気と海洋間での交換を観測している  
Trans Future 5号（写真提供：トヨフジ海運㈱）（20ページ参照）】

2007年(平成19年)6月号(通巻第199号) Vol. 18 No. 3

## ◇目次◇

- IPCC 第4次評価報告書第3作業部会報告書の概要  
地球環境研究センター 温暖化対策評価研究室長 甲斐沼 美紀子
- システムアプローチによるアジア陸域生態系における炭素動態の解明  
地球環境研究センター 主席研究員 山形 与志樹
- 環境省地球環境研究総合推進費 戦略研究開発プロジェクトS-5  
「地球温暖化に係る政策支援と普及啓発のための気候変動シナリオに関する総合的研究」始まる  
地球環境研究センター 温暖化リスク評価研究室長 江守 正多
- 国内研究機関における地球環境関連の研究計画紹介(3):(独)宇宙航空研究開発機構  
○宇宙航空研究開発機構の地球環境関連中期計画について  
(独)宇宙航空研究開発機構宇宙利用推進本部 GOSAT プロジェクトマネージャ 浜崎 敬
- 「都市化・都市発展の道筋と炭素の関係」に関する国際会議報告  
GCP つくば国際オフィス 事務局長 Shobhakar Dhakal
- ココが知りたい温暖化(8)
- お知らせ  
○国立環境研究所夏の大公開
- 観測現場から－ Trans Future 5 －
- 最近の発表論文から
- 地球環境研究センター活動報告(5月)



独立行政法人 国立環境研究所 地球環境研究センター  
<http://www.cger.nies.go.jp/index-j.html>

## IPCC 第4次評価報告書第3作業部会報告書の概要

地球環境研究センター 温暖化対策評価研究室長 甲斐沼 美紀子

### 1. はじめに

IPCC (気候変動に関する政府間パネル) 第4次評価報告書第3作業部会報告書 (緩和) の政策決定者向け要約 (SPM: Summary for Policymakers) が、バンコクで開かれた同作業部会第9回会合において、2007年5月3日に承認・公表された。本年2月に公表された第1作業部会報告書 (自然科学的根拠) SPM は、人為起源の顕著な温暖化が起こっており、このままの状況が続けば、21世紀の気温上昇は20世紀を上回る可能性が高いことを示した。また、4月に公表された第2作業部会報告書 (影響・適応・脆弱性) SPM では、既に温暖化の深刻な影響が各地で現れていることを明確にした。第3作業部会では、温暖化防止のコストと具体策を示し、政策支援が必要であることを指摘した。

表1のように第3作業部会の報告書は13章からなり、筆者は代表執筆者 (LA: Lead Author) として、第3章 (長期的な緩和状況に関する論点) の執筆作業に参加した。第4章から第11章は2030年までの緩和策に関して書かれている。部門ごとに2030年の削減ポテンシャルとコストを詳細に比較・検討しているのが特徴である。また、京都議定書が発効し、排出権取引制度、クリーン開発メカニズム (CDM: Clean Development Mechanism) や自主協定などの具体的な対策が実施されている中でのレビューであり、今後、温室効果ガスの排出削減を促すインセンティブを与えるために、現状の制度の長所・欠点も含めて、各国政府がとりうる多種多様な国内政策及び手法を示した。

以下に、第3作業部会報告書のポイントを紹介する。

### 2. 報告書のポイント

#### (1) 長期的な気候安定化について

大気中の温室効果ガス濃度を安定化させるためには、排出量はどこかでピークを迎え、その後減少していかなければならない。より低いレベルの濃度で安定化を実現するためには、今後20～30年間の緩和努力が大きな意味を持つ。

では、どの程度温室効果ガス排出量を削減する必要があるのか。報告書では、第3次評価報告書以降に発表されたシナリオについてレビューを行

表1 第3作業部会報告書の章構成

政策決定者向け要約 (SPM)
技術要約 (TS)
第1章 序
第2章 枠組み
第3章 長期的な緩和状況に関する論点
第4章 エネルギー供給
第5章 輸送と輸送インフラ
第6章 住居/商業用建築
第7章 産業
第8章 農業
第9章 林業
第10章 廃棄物管理
第11章 分野横断的な緩和措置の展望
第12章 持続的成長と緩和
第13章 政策、手法および協力のアレンジメント

い、大気中の温室効果ガスの濃度、予想される気温上昇、CO<sub>2</sub>排出量がピークを迎える年、2050年におけるCO<sub>2</sub>排出量 (2000年比) などについて、6つのカテゴリに分類して検討した (表2)。第1カテゴリの産業革命以前からの気温上昇を2℃から2.4℃以内に抑えるためには、2050年におけるCO<sub>2</sub>排出量は、2000年と比べて50～85%も削減しなくてはならない。今後、新興国、途上国からの温室効果ガス排出量が大幅に増加すると予想されるので、非常に厳しい数値である。

報告書では、気候安定化は、現在利用可能な、もしくは、今後数十年のうちに実用化されると予測される技術の組み合わせによって達成できるとしている。しかし、現状のままでの達成は難しく、革新技术の開発投資、完成、実用化や普及、及びそれらに関連した障壁に取り組むことに対して、適切で効果的なインセンティブが与えられることを前提としている。また、種々の対策を組み合わせることで初めて安定化目標の達成が可能である。

2050年におけるマクロ経済の損失は、温室効果ガスの大気中の濃度をカテゴリIとIIの範囲である445～535ppmv (二酸化炭素換算) に安定化させ、産業革命以前からの気温上昇幅が2.0℃から2.8℃相当と予測するシナリオでは、緩和策を講じない場合と比較して、世界平均で最大5.5%である。また、カテゴリIV (濃度レベルが590～710ppmv (二酸化炭素換算)、気温上昇幅が3.2℃から4.0℃) では、

表2 安定化シナリオにおける気温上昇と排出量との関係

カテゴリ	放射強制力	CO <sub>2</sub> 濃度	温室効果ガス濃度 (CO <sub>2</sub> 換算)	産業革命前からの 気温上昇	CO <sub>2</sub> 排出量が ピークとなる年	2050年の CO <sub>2</sub> 排出量 (2000年比)	シナリオの数
	W/m <sup>2</sup>	ppm	ppm	°C	年	%	
I	2.5 - 3.0	350 - 400	445 - 490	2.0 - 2.4	2000 - 2015	-85 to -50	6
II	3.0 - 3.5	400 - 440	490 - 535	2.4 - 2.8	2000 - 2020	-60 to -30	18
III	3.5 - 4.0	440 - 485	535 - 590	2.8 - 3.2	2010 - 2030	-30 to +5	21
IV	4.0 - 5.0	485 - 570	590 - 710	3.2 - 4.0	2020 - 2060	+10 to +60	118
V	5.0 - 6.0	570 - 660	710 - 855	4.0 - 4.9	2050 - 2080	+25 to +85	9
VI	6.0 - 7.5	660 - 790	855 - 1130	4.9 - 6.1	2060 - 2090	+90 to +140	5
合計							177

出典:IPCC第4次評価報告書第3作業部会報告書SPM

世界平均のマクロ経済影響は2%の損失から1%の増加に相当する。プラスの影響を示している論文では、温室効果ガス排出量についての厳しい制約が課せられると、技術革新が進み、結果的にGDPが増加するとしている。ただし、国あるいは部門によって、経済影響は大きく異なる。

国立環境研究所では地球環境研究センターが1990年に設立されて以来、温暖化研究を行っており、筆者らはアジア太平洋統合評価モデル（通称AIMモデル）を開発してきたが、当報告書に本モデルの推計結果が引用されている。また、地球環境研究センターの地球環境データベース事業の一環として整備している温室効果ガス排出シナリオデータベースは、当報告書のシナリオ分類のための基礎データを提供した（排出シナリオデータベースについては<http://www-cger.nies.go.jp/scenario>を参照）。

## (2) 中短期の削減ポテンシャルとコスト(2030年まで)

本報告書では、エネルギー供給、運輸、建築、産業、農業、森林、廃棄物の7部門について、詳細に削減ポテンシャルを示した。非常に難しい作業であり、執筆者会合では、夜遅くまで議論を重ね、各章の執筆者は最終報告書のドラフトを作成するぎりぎりまで作業に追われた。

推計にはエネルギー消費や生産活動、そこで使われる技術を積み上げて温室効果ガス排出量の推移を予測するボトムアップ方式と、経済的需要と供給の関係を組み入れて表現するトップダウン方式の両方の結果が用いられた。2030年を見通した削減ポテンシャルは、予測される世界の排出量の伸び率を相殺し、さらに現在の排出量以下にできる可能性があることが示された（意見の一致度が高く、証拠も多い）。しかし、この可能性を現実のものとするかどうかは、政府のイニシアティブも含めて、我々の努力にかかっている。

2030年における削減ポテンシャルは、ボトムアップ方式の研究によると、炭素価格が二酸化炭素換算で1トンあたり20米ドルの場合は、年90～170億トン（二酸化炭素換算）であり、炭素価格が同様に100米ドルの場合

は、年160～310億トン（二酸化炭素換算）である。また、トップダウン方式の研究では、炭素価格が二酸化炭素換算で1トンあたり20米ドルの場合は、年90～180億トン（二酸化炭素換算）であり、炭素価格が同様に100米ドルの場合は、年170～260億トン（二酸化炭素換算）である。一般にボトムアップ方式での見積りは、経済的なリバウンド（注1）効果などを加味していないために高めに見積もられるといわれているが、今回の評価結果では両方式の推計結果は非常に近い。炭素価格と削減量の関係を明らかにすることで、政策を実行する際の目安をつくったといえる。

部門別に見ると、建築部門の削減ポテンシャルが一番多く、炭素価格が二酸化炭素換算で1トンあたり100米ドルの場合は、年53～67億トン（二酸化炭素換算）である。新規及び既存のビルにおける省エネ対策は、コストの削減あるいは経済便益を生み、大幅に温室効果ガス排出量を削減できる可能性があり、市場経済のもとでは、2030年までに予測される温室効果ガス排出量の約30%を削減可能であることを示した。

次に多いのが農業部門であり（炭素価格が二酸化炭素換算で1トンあたり100米ドルの場合）、年23～64億トン（二酸化炭素換算）の削減ポテンシャルがある。低コストでも全体として大きな貢献が可能である。土壌内炭素吸収量の増加や、バイオエネルギーとして温室効果ガスの排出削減に貢献できる可能性がある。土壌炭素吸収の管理による効果は大きい。

エネルギー供給部門や産業部門にも大きな削減ポテンシャルがある。エネルギー供給部門では、途上国へのエネルギー供給に関する新規投資、先進国におけるエネルギーインフラの改修、エネルギー安全保障関連政策などによって、温室効果ガス排

出削減の機会があるとしている。将来のエネルギーインフラへの投資に対する意志決定は、温室効果ガスの排出量に長期的な影響を及ぼす。また、エネルギーサービス需要を満たすために、エネルギー供給量を増加させるよりも、需要側でのエネルギー機器の効率を改善した方が費用対効果が大きいことがしばしばあると指摘している。再生可能エネルギーによる電力は、炭素価格が二酸化炭素換算で1トンあたり50米ドルの場合、2030年の合計電力量の30～35%のシェアを占める可能性がある。

産業部門では、削減ポテンシャルはエネルギー集約型産業に集中している。報告書では、先進国、途上国ともに、利用可能な緩和オプションが十分利用されていないことを指摘している。

2030年におけるマクロ経済の損失は、温室効果ガスの大気中濃度をカテゴリIとIIの範囲である445～535ppm（二酸化炭素換算）で安定化させるための排出経路をとる場合、世界平均で最大3%である。また、濃度レベルが590～710ppmv（二酸化炭素換算）のカテゴリIVでは、世界平均のマクロ経済影響は1.2%の損失から0.6%の増加に相当する。ただし、地域的な影響はこの世界平均の結果とは大きく異なる場合がある。また、人々のライフスタイルや行動パターンを変えることは、すべての部門にわたって、温室効果ガス削減に役立つと指摘している。

### (3) 気候変動緩和のための政策・措置・手段について

温室効果ガスの緩和を促すインセンティブを与えるために、各国政府がとりうる国内政策及び手法は多種多様である。適用できるかどうかは、国の事情や政策間の関係によって違ってくる。本報告書では、規制措置、税金・課徴金、排出権取引制度、自主協定、情報的手法、技術開発などについて、利点と欠点を詳しくレビューしている。また、環境効果につれて、部門ごとに、少なくとも数カ国の事例で証明されているものに関してまとめているのも特徴である。

報告書は、国際レベルでの協力を通じて、世界の温室効果ガスの排出量を削減する多くの方策があることを示している。また、文献によれば、成功す

る協定は、環境の面で効果があり、費用効果が高く、配分に関する配慮と衡平性を組み込んだものであり、そして、制度的にも実現可能なものである。

より協調的に排出削減に取り組むことによって、一定の緩和レベルを達成するための世界の対策コストの削減が促進されるか、あるいは、環境の改善が進展するだろうと当報告書では見ている。市場メカニズム（排出量取引、共同実施、CDMなど）の改良と、その範囲の拡大は、全体の緩和コストを削減しうる。

### (4) 持続可能な開発と気候変動の緩和

2004年時点で先進国の人口は世界全体の20%を、温室効果ガス排出量は世界の排出量の46%を占めていた。IPCCのSRESシナリオでは（今後対策が講じられない場合のシナリオ）、2000年から2030年までに世界の温室効果ガス排出量は25～90%増加すると予想している。化石燃料は2030年以降もエネルギー源の主要な位置を占めると予想されるので、エネルギー利用からのCO<sub>2</sub>排出量は、この期間に40～110%増加。そのうち3分の2から4分の3は途上国地域からの増加だと指摘する。今後は途上国における対策をどのように進めていくかが非常に重要になってくる。持続的開発と気候変動の緩和を結びつけて、両方の問題を解決するのが今後の課題である。

持続可能な開発と温室効果ガス削減の関係については、第3次評価報告書では一部触れられていただけだったが、今回は一つの章として取り上げ、その重要性を指摘している。開発の方向をより持続可能なものにすることは、気候変動の緩和に役立つとしている。

これまで、マクロ経済政策、農業政策、多国間の開発銀行貸付、保険業務、電力市場改革、エネルギー安全保障や森林保全などに関する決定は、気候政策とは別と考えられてきたが、排出量を大幅に削減できる可能性があることがわかってきた。

(注1) 経済的なリバウンド：将来の技術開発の進展により価格の安い技術が導入された場合に、当初の想定以上に普及が進み、結果として排出量が増加すること。

\* IPCC 第4次評価報告書 (AR4) の経緯と概要及び AR4 の第1作業部会報告書、第2作業部会報告書の概要は、本誌に以下のように掲載しています。

IPCC 第4次評価報告書 (AR4) の経緯と概要	2007年3月号
IPCC 第4次評価報告書第1作業部会報告書の概要	2007年3月号
IPCC 第4次評価報告書第2作業部会報告書の概要	2007年5月号

# システムアプローチによるアジア陸域生態系における 炭素動態の解明

地球環境研究センター 主席研究員 山形 与志樹

## 1. はじめに

平成14～18年にわたって実施された「21世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究 (Integrated Research on Carbon Budget Management in Terrestrial Ecosystem of Asia in the 21st Century)」がこの3月をもって5年間の研究を終了した。本プロジェクト(通称S-1)は環境省地球環境研究総合推進費による初の戦略研究プロジェクトである。近年議論が本格化しつつある京都議定書の第2約束期間以降における吸収源の取り扱いに関して、その抜本的なカウントルールの変更を含めて議論が必要であり、陸域生態系の炭素動態の科学的な知見に基づいた検討が重要な課題となっている。本プロジェクトは、これまで十分な解明がなされていなかった、東アジアにおける陸域生態系の炭素吸収源機能の変動を把握し、今後の炭素管理へのポテンシャルを明らかにすることを目的として、表1の課題構成で研究がなされてきた。

陸域生態系における炭素動態の研究としては、これまで世界的に地上観測やモデルによる分析アプローチが進められているが、特にアジア域に着目すると、多様な生態系を有する地域であるにもかかわらず、組織的な観測ネットワークに基づく分析がなされておらず、陸域生態系モデルの構築やその妥当性の検証といった点においても、研究の余地が多く残されていた。そこで、われわれは下記のメンバーからなる統合解析チームを本プロジェクトに発足させ、モニタリングとモデリング手法を統合したシステムアプローチを開発し、アジア域における多様な陸域生態系における炭素動態の解明にチャレンジした。炭素動態を広域かつ高精度で把握するシステムアプローチの開発は、アジアで初めて、かつ世界的に見ても新しい試みと言える。本報告では、このS-1プロジェクトの統合解析チームが得た成果の概要について紹介する。

表1 S-1プロジェクトのテーマ構成と担当者

プロジェクトリーダー	及川 武久 (筑波大学生命環境科学研究科)
テーマ1 ボトムアップ(微気象・生態学的)アプローチによる陸域生態系の炭素収支解析に関する研究	リーダー: 山本晋(岡山大学大学院環境学研究科)
テーマ2 トップダウン(大気観測)アプローチによるメソスケールの陸域炭素収支解析	リーダー: 町田敏暢(国立環境研究所)
テーマ3 アジア陸域生態系の炭素収支変動予測と21世紀の炭素管理手法の検討	リーダー: 甲山隆司(北海道大学大学院地球環境科学研究科)
テーマ4 プロジェクトの統合的推進と情報共有	リーダー: 及川 武久(筑波大学生命環境科学研究科)

統合解析チームリーダー: 山形与志樹

(国立環境研究所)

メンバー: 町田敏暢・伊藤昭彦・岩男弘毅・木下嗣基(国立環境研究所)、三枝信子(産業技術総合研究所)、松浦陽次郎(森林総合研究所)、小泉博(岐阜大学)、西田顕郎・清野達之・加藤悦史(筑波大学大学院)

## 2. システムアプローチの構築

統合解析チームでは、S-1プロジェクトで実施された下記の研究テーマに関する研究を統合して、東アジア地域における炭素動態を解明することを目的とした。

- 地上フラックス観測の各サイトにおける炭素動態(テーマ1)
- 森林生態・土壌圏調査による多様な生態系タイプごとの炭素動態のプロセス解明(テーマ1)
- 衛星リモートセンシングによる土地被覆、気象・植生量の広域分布の把握(テーマ3)
- 陸域生態系モデルによる2000～2005年の広域炭素収支マップの作成(テーマ3)
- 大気観測から推定した炭素収支による広域炭素収支の検証(テーマ2)

これらの多様な研究アプローチが有機的に連携

するシステムアプローチにより、陸域生態系モデルの高度化と検証を実施し、広域のCO<sub>2</sub>フラックスの定量的把握とその変動の解明を行った(図1)。とくに、各種陸域生態系炭素動態の精密な地上観測を元に、陸域生態系モデルを用いて、地域規模でのCO<sub>2</sub>フラックス推定へと広域化するボトムアップアプローチによる炭素動態の把握結果に対して、大気中のCO<sub>2</sub>の観測より得られたCO<sub>2</sub>濃度をもとに、インバースモデルを用いて地域規模でのCO<sub>2</sub>フラックスを推定するトップダウンアプローチによる検証を実施した。

### 3. システムアプローチによる分析

システムアプローチによる統合解析の主要課題は、テーマ1および2で得られた観測データ、テーマ3で得られた衛星観測およびモデルシミュレーションのデータを集積し、東アジア地域全体の炭素収支の定量化に向けた統合的な解析を行うことである。本プロジェクトの成果からポスト京都議定書などの温暖化政策に貢献を行うには、個別の研究成果をシステムアプローチとして陸域生態系モデルの高度化と検証として総括し、政策シナリオの検討に貢献することが極めて重要である。フラックス観測や森林・土壌調査といった地点観測のデータは生態系モデルの高度化と検証に利用され、衛星観測からは信頼性の高い土地被覆などのモデル入力データが提供された。日本周辺を含む東アジア地域を対象にして、空間分解能1kmのモ

デルシステムを開発し、2000～2005年の炭素収支マッピングを実施した。また、テーマ間でのデータ共有を円滑に行うことを目的に、データベース構築を行った。

#### (1) 地上観測による炭素動態の解明

ロシア・中央シベリアから北海道にかけてのカラマツ林生態系を比較すると、年平均気温が高くなるにつれて純生態系生産(NEP)が正となる期間が長くなり、NEPの最大値が高くなる結果が示された。また、落葉樹林と常緑樹林との違いを比較すると、落葉樹林には明瞭な季節変化があり、NEP>0となる生育期間と、NEP<0となる非生育期間の区別がある。一方で、常緑樹林のNEPの季節変化振幅は小さく、生育期間・非生育期間の区別は不明瞭であることがわかった。以上のようなアジアにおける各種生態系のNEPの季節変化パターンを亜寒帯から熱帯に至る広い緯度帯をカバーし、多点でとりまとめた結果は、本研究課題による報告が最初である。

本研究課題および他の研究課題によってアジア各地で観測されたNEPの年間値を収集してまとめた結果、亜寒帯で年間1tC ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>未満、温帯から熱帯で最大5～6tC ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>の炭素吸収が観測されていることがわかった。また、温帯の生態系で比較すると、生育期間の長い常緑林の方が落葉林に比べて年間吸収量が多いことがわかった。

#### (2) 衛星リモートセンシングによるモデルへの入力データ作成

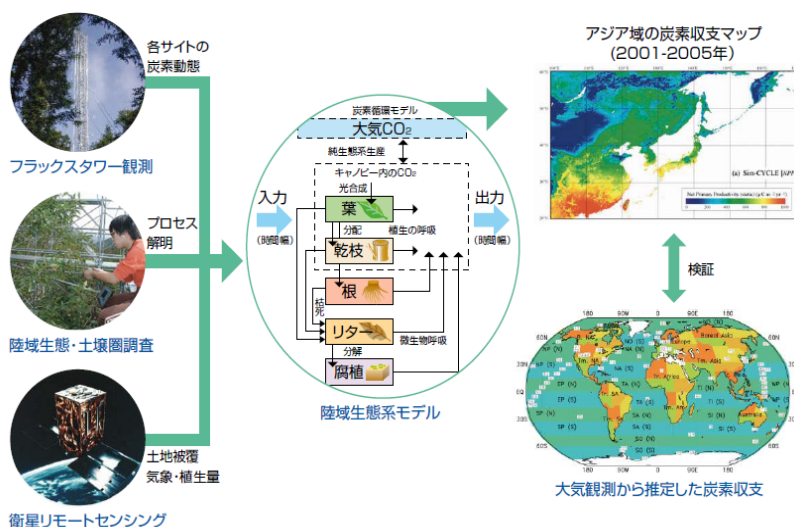


図1 炭素動態を把握するシステムアプローチ

### ①光合成有効放射 (PAR) の高頻度・高分解能データ作成

2つの人工衛星に搭載されたセンサー (Terra/MODIS、Aqua/MODIS) の観測データを用いて、地上に到達する光合成有効放射 (PAR) を、これまで以上の高頻度 (毎日)・高分解能 (500m) で定量的に推定することが可能となった。

### ②高精度土地被覆図の作成

既存の土地被覆図のうち、Global Land Cover 2000、MODIS Land Cover (MOD12)、UMD の3プロダクトを統合する手法を新たに提案し、精度の高い新たな土地被覆図を作成し、陸域生態モデルに提供した。

### (3) 生態系モデルの高度化

観測データに基づいてモデルの構造や炭素フロー推定式を高度化することにより、炭素収支の推定精度が向上した。例えば、岐阜高山サイトでは、従来の日ステップの光合成モデルを使用した時に比べて、新たに導入した30分ステップの2層モデルを使用した時の方が、観測されたフラックス観測を精度よく再現できた。また、温帯落葉広葉樹林における個葉光合成の観測データに基づくパラメータの改良により、季節変化の特徴が上手く表現できるようになった。土壌モデルの高度化により、アジア地域に特徴的な火山灰土壌などへの適用が可能になり、観測された土壌呼吸の季節変化も適切に推定された。

### (4) 相互検証

#### ①生態学的炭素収支観測との検証

生態系モデルによる純一次生産 (NPP) 推計値と生態調査による計測結果との関係を調べたところ、

0.5度 (約50km 分解能) のモデルによる結果では、非常にばらつきのある傾向を示した。しかし、1km 分解能の生態系モデルではNPP 推計値と生態調査による観測値との相関が高いことが示された。さらに一致度を高めるためには標高や降雨量などの環境条件、攪乱の影響を考慮する必要性が示唆された。

#### ②トップダウンアプローチと生態系モデルのクロスチェック

インバース解析における年間を通じたフラックスの年々変動および季節変動を考慮に入れた比較を行うために、Sim-CYCLE モデルから求められたシベリアのテストサイトにおけるCO<sub>2</sub> フラックスとの比較を行った。夏から秋にかけてのCO<sub>2</sub> 吸収の変動については、その相対的な違いだけではなく、各月の絶対量もきわめてよく一致している。しかし1~2月には、両者のフラックスに不一致が見られ、インバース解析の結果が「吸収」を示唆している。冬季のシベリア域は、大気鉛直混合が抑制されることによって、時として広い空間を代表しないCO<sub>2</sub> 濃度が観測される可能性が示唆された。

#### (5) 生態系モデルによる東アジアの炭素動態把握

本研究によって市町村スケールあるいは小河川流域スケールまで解像できるモデルが開発され、そのモデルをアジア地域に適用し、1km メッシュという高空間分解能で炭素収支のマッピングを行った。入力データとして米国国立環境予報センター/米国国立大気研究センター (NCEP/NCAR) 再解析データを用いて2000~2005年の東アジア地域における炭素動態のシミュレーションを実施したところ、

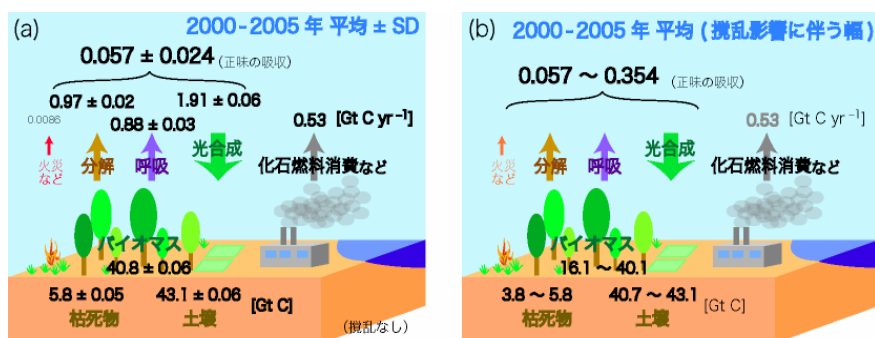


図2 陸域生態系モデルによって推定された2000~2005年の東アジア陸域の炭素収支。(a)攪乱の影響を含まない平均値。(b)攪乱の影響を最大限に考慮した場合に生じる不確定性の幅を加えたもの。

東アジア陸域の純一次生産は年間 1.91 Gt C であり、正味で年間 0.057 Gt C の吸収が生じていることが示唆された。解析期間 6 年間で炭素収支には顕著な経年変動が見られた。例えば、日本周辺で平年より高温で日照が多かった 2002 年には多くの地域で平均値以上の炭素吸収が生じており、これは実測による傾向と整合していた (図 2)。

#### 4. おわりに

S-1 プロジェクト研究により、5 年間のプロジェクトで集積したデータをデータベース化し、テーマを越えた研究者間で情報を共有するシステムを用い、システムアプローチによる東アジア地域の炭素動態の把握を行った。これによって、地点観測の情報と、そのサイト間比較により得られた知見を陸域生態系モデルに反映し、モデル自体の高精度化が実現された。加えて、リモートセンシンググループによって新たに作成された土地被覆、PAR の高精度な情報を入力することで、過去に類例を見ない時空間精度での炭素動態の把握が可能となった。その結果、東アジア地域の生態系による CO<sub>2</sub> の吸収は、化石燃料起源の CO<sub>2</sub> 排出の 11% に上ることがわかった。今後は、伐採や火災等の攪乱に関する過去の発生状況の情報や、その発生頻度の予測が重要となってくると同時に、攪乱を受けた生態系の応答に関する知見を集積することが重要と考えられる。

さらに、最近、S-1 プロジェクトにも関連して、グローバルカーボンプロジェクトが実施したグローバルな炭素循環に関する最新の統合的な知見の集約 (Raupach et al. 2007) により、下記の知見が明らかになった。

- 2000 ~ 2005 年は、1990 年代と比較すると、排出は 1 ~ 3% 増加し、大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の増加率は 1.5 ~ 3% になる。
- 大気中の CO<sub>2</sub> 濃度の増加の内 8% は陸域生態系の

吸収機能の低下による。

- 土地利用変化による排出は、1959 ~ 2005 年は平均 1.5 Gt C yr<sup>-1</sup> であった。2000 年以降はアジアと南米の熱帯林からの排出が大半を占め、アジア、南米共に 0.6 Gt C yr<sup>-1</sup> の排出となっている。

これまでのグローバルな炭素循環の中でも地域的な研究が遅れていたアジア地域において、統合的な炭素動態に関する解明が本プロジェクトで進展したことは大きな成果である。さらに今後は、炭素動態の現状における解明に加えて、将来の温暖化の進行に伴う陸域生態系のフィードバックに関する不確実性の解明が重要な課題となっている。

なお、5 年間にわたる S-1 プロジェクトを統合的に締めくくるために、統合解析チームが中心となって企画したワークショップ「システムアプローチで見えてきた東アジア陸域生態系の炭素動態」を 2006 年 10 月に早稲田大学・国際会議場で開催した。このワークショップには 300 名近い参加者があり、大きな成果を上げることができた。また、統合解析の主な成果について ESSP (Earth Science Systems Partnership) 会合 (2006 年 11 月北京) で発表したところ、地球圏-生物圏国際協同研究計画 (IGBP) のニューズレターに取り上げられたことが、本プロジェクトの成果を国際的に紹介する機会となった。(Yamagata 2006)

#### 引用文献

- Raupach, MR., Marland, G., Ciais, P., Le Quere, C., Canadell, JG., Klepper, G., Field, CB. (2007) Global and regional drivers of accelerating CO<sub>2</sub> emissions. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. In Press
- Yamagata, Y. (2006) Terrestrial carbon budget and ecosystem modelling in Asia, Global Change Newsletter, IGBP, vol. 67, 6-7.

## 環境省地球環境研究総合推進費 戦略研究開発プロジェクト S-5

「地球温暖化に係る政策支援と普及啓発のための  
気候変動シナリオに関する総合的研究」 始まる

地球環境研究センター 温暖化リスク評価研究室長 江守 正多

## 1. はじめに

最悪のシナリオの場合で100年後に気温が6.4℃上昇する可能性があるなどとしたIPCC第4次評価報告書(AR4)の温暖化将来予測は、国内の報道でも大きく取り上げられ、多くの国民の知るところとなった。ゴア元米副大統領の映画「不都合な真実」や折しもの記録的な暖冬の効果もあり、地球温暖化に対する危機意識はわが国でも次第に高まりつつある。国内の温暖化将来予測研究も、「地球シミュレータ」の利用を契機に過去5年間で著しい進展があった。

しかしながら、国民に利用可能な温暖化の将来予測情報は、現時点では未だに断片的な数値や抽象的なイメージに留まっている。その背景には、予測の信頼性が明らかでないこと、予測の具体的な帰結が明らかでないこと、予測の空間的な詳細性が不十分であること、予測の社会経済情報との統合が不十分であることといった、いくつかの克服すべき課題の存在があると考えられる。

そのような状況認識の下に、今年度より5年間の計画で、環境省地球環境研究総合推進費の新しい戦略研究開発プロジェクトとして、S-5「地球温暖化に係る政策支援と普及啓発のための気候変動シナリオに関する総合的研究」(以下、推進費S-5と略す)が開始されることになった。戦略研究開発プロジェクトは、環境省が研究テーマの素案を作成し、そこに参加するテーマレベルの研究者や研究計画を公募するという、トップダウン方式の制度である。公募に先立って、研究プロジェクトリーダーには、東京大学サステナビリティ学連携研究機構統括ディレクターの住明正教授が指名された。

課題選定の結果、筆者は総括班のテーマリーダーを務めることになった。本稿執筆時点ではまだ本格的な活動がスタートしておらず、プロジェクトの方向性等には参画研究者間でコンセンサスがなない部分も多いが、総括班からの期待として筆者の私見を含めた形で、ここにプロジェクトの概要をご紹介させていただきたい。

## 2. 文科省系の予測研究とはどこが違うのか？

まず、これから何度も聞かれそうな質問に先回りして答えておきたい。推進費S-5と同じく今年度から5年間の計画で、文部科学省の「21世紀気候変動予測革新プログラム」(以下、革新プログラム)が開始された。これは、過去5年間に地球シミュレータを用いた地球温暖化予測で実績を上げた「人・自然・地球共生プロジェクト」の後継である。推進費S-5と革新プログラムは、どちらも温暖化の将来予測に関するオールジャパンプロジェクトである。では、両者はどのように異なり、どのような相互関係にあるのだろうか。

住プロジェクトリーダーの言を借りれば、この区別は天気予報に置き換えて考えるとわかりやすい。気象庁には「数値予報課」と「予報課」があり、数値予報課がコンピュータによる天気予報の計算を行う一方で、予報課は計算された結果をもとに、国民にわかりやすい天気予報に翻訳したり、警報を出したり、国民のニーズに応じた天気相談に乗ったりする。数値予報の計算がいかに正確になったとしても、予報課の仕事は変わらず重要である(近年、この一部は民間気象会社が担っているかもしれない)。同様に、社会に利用可能な温暖化将来予測情報の質と有効性を向上させるためには、予測そのものの改良・高度化を図ることと、予測結果を利用しやすい情報に翻訳することの両方が重要と考えられる。文科省の革新プログラムが目指すのは主に前者であり、これを仮に「気候変動(注1)予測研究」とよぶ。一方、推進費S-5が目指すのは主に後者であり、これを仮に「気候変動シナリオ(注2)研究」とよぶ。具体的には、推進費S-5では、モデル開発や予測実験そのものは原則として行わず、既存もしくは他プロジェクトの予測計算結果を利用して、主にその「翻訳」に関わる研究を行う。このようにして推進費S-5は革新プログラムと明確に区別されると同時に、両者は緊密な相互補完関係にある。実際に両研究制度は連携を図りながら進められることが環境省と文科省の間で確認されている。

表1 推進費 S-5 の構成テーマと実施体制

プロジェクトリーダー：住明正（東京大学）	
テーマ1 総合的気候変動シナリオの構築と伝達に関する研究	リーダー：江守正多（国立環境研究所） サブリーダー（人文社会的部分担当）：松本安生（神奈川大学） 実施機関：国立環境研究所、海洋研究開発機構、東京大学、北海道大学、農業環境技術研究所、野村総合研究所、神奈川大学、東邦大学
テーマ2 マルチ気候モデルにおける諸現象の再現性比較とその将来変化に関する研究	リーダー：高菰緑（東京大学気候システム研究センター） 実施機関：東京大学、気象研究所、北海道大学、筑波大学、海洋研究開発機構、名古屋大学
テーマ3 温暖化影響評価のためのマルチモデルアンサンブルとダウンスケーリングの研究	リーダー：高菰出（気象研究所） 実施機関：気象研究所、防災科学技術研究所、筑波大学、京都大学、農業環境技術研究所、東京大学
テーマ4 統合システム解析による空間詳細な排出・土地利用変化シナリオの開発	リーダー：山形与志樹（国立環境研究所） 実施機関：国立環境研究所、海洋研究開発機構

S-5 地球温暖化に係る政策支援と普及啓発のための気候変動シナリオに関する総合的研究

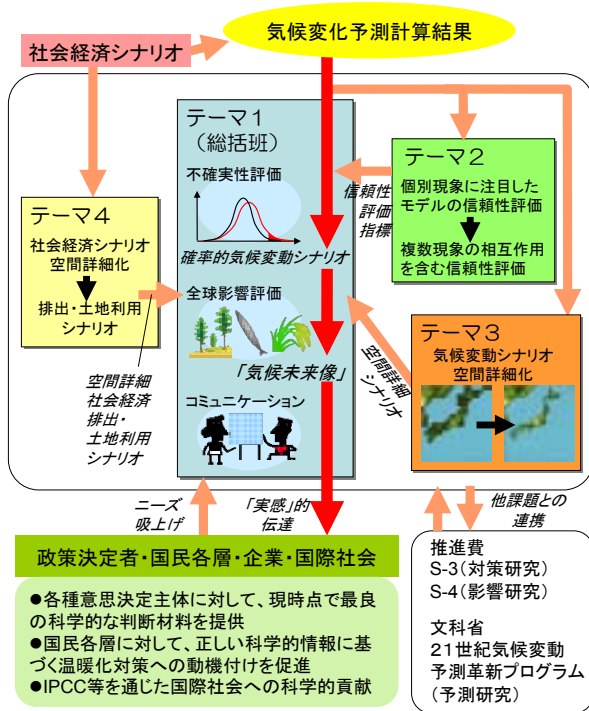


図1 推進費 S-5 のテーマ間およびプロジェクト外部との関係図

### 3. 研究テーマの概観

推進費 S-5 では、最初に述べたような現状でのいくつかの課題を克服し、気候変動シナリオ研究を推進するために、4つの研究テーマが設けられている。表1に各テーマのタイトルおよび実施体制を示したのでご覧いただきたい。また、図1にはテーマ間およびプロジェクト外部との間の関係図を示した。以下に、各テーマの概要および位置付けについて、筆者の理解する範囲で紹介させていただく。

テーマ1は総括班であり、予測計算結果と社会のニーズの間に横たわるギャップを3つのステップで埋めるようにデザインされている。すなわち、予測計算結果から(1)不確実性研究を経て予測の信頼性(将来予測の確からしさ)を定量的に示し、次に(2)影響評価研究を経て予測の具体的な帰結を描出し(これを仮に「気候未来像」とよんでいる)、最後に(3)コミュニケーション研究を経て、これを「実感」可能な情報として効果的に社会へ伝達する方法論を確立する。この流れは、推進費 S-5の背骨を形づくる。(1)、(2)により、不確実性を含めた影響評価(例えば影響評価の確率的表現)を目指すのが、これは温暖化影響評価の「リスク評価」への脱皮を意味している。また、(3)のコミュニケーション研究には、教育心理学などの人文社会的アプローチを取り入れ、方法論の研究と併せてコミュニケーションの実践を試みる。

テーマ2はモデルの信頼性評価研究である。複数の気候モデル(例えばIPCC AR4で用いられた世界の気候モデル)の性能を、様々な現象について観測データをもとに検証する。その結果に基づいて、モデルの性能(現在の気候、過去の気候変動の再現性)と予測の信頼性を結びつける「信頼性評価指標」を提示し、テーマ1の不確実性評価研究にインプットする。このテーマには、従来は温暖化のモデルよりも主に観測データの解析を行っていた「現象解析の達人」に多数参加してもらえたことになった。このことは、国内の温暖化研究コミュニティ拡大の観点から意義深いと同時に、現象解析の研究者から見ても温暖化という現象が重要な学問的対象として認識されつつあることの現れかもしれない。

テーマ3は日本および周辺域を対象とした気候変動シナリオの高解像度化研究である。ここでは、計算領域を日本周辺に限定して解像度を高めた気候モデルである「地域気候モデル」を主要な道具

として、推進費 S-5 としては例外的にモデル計算そのものも行われる。温暖化予測に対する国民のニーズとして、わが国は、わが地域は、わが県はどうなるのか？といった地域的予測情報を求める声は強い。そういったニーズに対応する必要があることは明らかだが、一方で、細かい格子で計算したからといって、本当にそのスケールで信頼性の高い予測ができていようかどうかは別問題である。ニーズが大きいテーマであるだけに、地域的予測情報のどの部分は信頼性が高く、どの部分は低いのかを吟味し、ユーザーに伝えていくことが求められる。

テーマ4は気候変動シナリオと社会経済シナリオとの融合を担当する。具体的な温暖化影響評価のためには、世界の各点における気候変化だけでなく、人口やGDPといった社会経済要素の変化シナリオが必要である。気候モデル実験の前提条件となる二酸化炭素などの排出シナリオは、通常、世界を数地域に分割して表現する経済モデルにより計算された、社会経済シナリオに基づく。これを、ある合理的な仮定のもとに、気候モデルの格子以下のスケールにマッピングし、将来シナリオにおける人口、GDPなどの分布データを作成する。さらにそれを基に、空間的に詳細な将来の排出シナリオ、土地利用変化シナリオを作成し、次世代の気候モデル実験の前提条件としてインプットすることも視野に入れる。

#### 4. おわりに

推進費 S-5 は、ある側面においてはきわめて実践的な研究である。社会のニーズに即した温暖化予測情報の構築、発信に努めることにより、各種意思決定主体が温暖化を考慮に入れた合理的な判断を行うための材料を提供するとともに、正しい科学に基づく正しい危機意識を一般市民に普及させ、市民レベルの温暖化対策の動機づけに貢献するのが重要な使命である。一方で、これを下支える最先端の科学のテーマが、やはり推進費 S-5 の計画に組み込まれていることにも注目してほしい。例えば、気候モデルの信頼性評価手法の開発、影響評価の確率的表現といったテーマは、次の IPCC 報告書に向けて世界第一線の研究コミュニ

ティーが取り組み始めた内容にほかならない。

最後に、若干言いわけがましくなることを承知で、他プロジェクトとの役割分担についてもうひとこと触れたい。それは温暖化影響評価研究についてである。近年、温暖化適応施策に対する関心などを背景に、影響評価研究に対する注目が高まり、各省庁における研究予算配分にも影響を及ぼしている気配がある。文科省の革新プログラムにも、主として近未来の自然災害を中心とした影響評価研究が組み込まれており、環境省推進費の S-4 「温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合的評価に関する研究」でも、日本域を対象とした影響評価研究が2年前から組織的に展開されている。推進費 S-5 では、これらのプロジェクトでカバーされていない時間・空間スケールを中心に、これらのプロジェクトと連携をとりながら、気候変動シナリオ研究の一部としての影響評価研究を進めていきたい。革新プログラムとの連携については前にも述べたが、S-5 が推進費戦略研究開発プロジェクトの先行課題である対策研究の S-3 「脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案手法の確立に関する総合研究プロジェクト」および影響研究の S-4 と密接な連携をとって進められることはいうまでもない。

ちなみに、推進費 S-3 が「脱温暖化 2050」という愛称で親しまれているのを参考に、S-5 では「気候シナリオ『実感』プロジェクト」という愛称の使用を検討している。ぜひこの愛称で親しんでいただくとともに、今後の S-5 の科学的、実践的な活動にご期待いただきたい。

-----  
(注1)「気候変動」はここでは Climate Change のことで、「気候変化」としたいところだが、日本政府の訳語にならったものである。年々の自然変動のことではなく、(それを含んでもよいが)温暖化のトレンドに力点が置かれていることに注意されたい。本稿中の「気候変動」は全てこの意味である。

(注2)「気候変動シナリオ」は、影響評価研究の前提条件を指すことがあるが、ここではより広い意味で、予測結果を解析し、より実用的な情報に変換されたものを呼ぶ。

## 国内研究機関における地球環境関連の研究計画紹介(3):(独)宇宙航空研究開発機構

### 宇宙航空研究開発機構の地球環境関連中期計画について

(独)宇宙航空研究開発機構宇宙利用推進本部 GOSAT プロジェクトマネージャ 浜崎 敬

#### 1. はじめに

独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (Japan Aerospace Exploration Agency、以下 JAXA という)は、わが国の宇宙航空関連の研究開発機関である、航空宇宙技術研究所、宇宙科学研究所、宇宙開発事業団の3機関を統合し2003年10月1日に発足しました。

JAXAは、文部科学大臣の定める「宇宙開発に関する長期的な計画」と「JAXAの中期目標」に基づき、平成15年から5年間の第1期中期計画を定め業務を推進しています。第1期中期計画では、(1)自律的宇宙開発利用活動のための技術基盤維持・強化、(2)宇宙開発利用による社会経済への貢献、(3)国際宇宙ステーション事業の推進による国際的地位の確保と持続的発展、(4)宇宙科学研究などの主要13分野の活動を規定しています。

地球環境関連の事業としては、「宇宙開発利用による社会経済への貢献」の中で、地球環境問題に関する貢献を規定しており、温室効果ガス把握への貢献、水循環変動把握への貢献、気候変動予測への貢献、データ利用の拡大に重点的に取り組んでいます。以下、項目毎に中期計画の概要をご紹介します。

#### 2. 地球環境関連事業

##### (1) 温室効果ガス把握への貢献

京都議定書第1約束期間(2008年～2012年)に



図1 温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)軌道上外観

おける温室効果ガス削減状況の検証等の行政への貢献を目的として、温室効果ガス(二酸化炭素及びメタン)の全球の濃度分布を相対精度1%(二酸化炭素)や2%(メタン)(各3カ月平均)で観測するため、温室効果ガス観測センサ(TANSO)及び、温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)の開発(図1)を行っています。GOSATは環境省、国立環境研究所とJAXAの共同プロジェクトで、2008年の打上げを予定しています。JAXAはTANSO及びGOSATの開発、打上げ、運用、観測データの受信処理、校正を行い、データを国立環境研究所に提供します。国立環境研究所は、GOSAT観測データに、地上観測データ、放射伝達モデルなどを組み合わせて温室効果ガスの濃度分布の算出と検証、ネット吸収排出量の推定などを行い、ユーザに配布します。これらの成果が世界の科学者に利用され、国際交渉の場などでGOSATが話題になれば環境省の環境行政に貢献することになります。現在、TANSO及びGOSAT衛星本体の開発は、技術開発段階(写真1)をほぼ終了し、フライト実機の製造を実施中です。その他、打上げ用のH-IIAロケット、追跡管制設備、ミッションデータ受信・記録設備、



写真1 温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)熱構造モデルと筆者

データ処理設備などの開発を進めています。

国立環境研究所のGOSAT 関連研究計画については、地球観測研究センターニュース Vol.17, No.4 (2006年7月号) に地球環境研究センター衛星観測研究室の横田達也室長が、その詳細を報告されているのでご参照下さい。

### (2) 水循環変動把握への貢献

水循環のメカニズム解明に貢献するデータを取得するとともに気象予報精度の向上に資することを目的として、1997年11月に打ち上げた熱帯降雨観測衛星 (TRMM) を運用し、降雨観測データ取得とデータ利用研究を行うとともに、利用者へのデータ提供を行っています。TRMM は熱帯域を中心とする衛星観測システムで、JAXA が主要センサのひとつである降雨レーダの開発と打上げ、NASA が衛星本体とマイクロ波放射計などの開発を担当し、両者で利用するという国際共同プロジェクトです。さらに、多国間の国際協力による全球規模の降水観測計画 (GPM) の実現に備え、降水推定精度の向上をめざし、降水の3次元構造及び粒径分布等を5km四方の空間分解能で、0.2mm/hの降水を観測できる二周波降水レーダ (DPR) を独立行政法人情報通信研究機構 (NICT) と共同で開発しています。DPR は GPM 主衛星に搭載され、2013年度に打ち上げる予定です。また、地球規模での気候変動・水循環メカニズムを解明する上で有効な物理量の観測を、全球規模で10～15年程度の長期間継続的に行えるシステムを構築し、利用実証することを目指して、地球環境変動観測ミッション (GCOM) を推進し、その一部として、水循環変動観測衛星 (GCOM-W) の開発研究を実施しています。

### (3) 気候変動予測への貢献

地球環境メカニズムの把握など世界的な気候変動研究、地球温暖化等のグローバルな環境変動メカニズムの把握及び気象・漁業等の実利用の面への貢献を目的として、JAXA が開発し NASA のAQUA (2002年5月打上げ) に搭載した改良型高性能マイクロ波放射計 (AMSR-E) による全球規模の観測データ取得、水蒸気量・降水量・海面水温・海水分布等に関する研究及び利用者へのデータ提供を行っています。また、地球環境変動観測ミッション (GCOM) の一部として気候変動観測衛星 (GCOM-C) の研究を進めています。

### (4) データ利用の拡大

地球観測データの利用拡大を図ることを目的として、地球観測データ取得・提供に係る施設・設備及び情報システムの整備・運用を行っています。国内外の行政機関等との連携・協力により、観測データの利用促進に係る共同事業を実施しています。

また、国内外の関係機関、国際組織 (CEOS、IGOS-P 等) との協力による観測、データ相互利用、データ解析・利用研究を推進するとともに、アジア諸国のデータ利用者を対象に教育トレーニングやパイロットプロジェクトを実施しています。

## **3. 第2期中期計画への展望**

平成19年度は第1期中期計画の最終年度に当たり、現在成果のまとめと、第2期中期計画の策定作業を実施しています。筆者の見るところ、地球環境関連の中期計画の最大の課題は、厳しい予算事情の中で、長期的・継続的な観測の実現を実現しながら、いかに新規事業を織り込むことができるかであり、二つ目の課題は、国内外の研究機関、宇宙機関、国際組織等との協力を進め、いかに効率的にデータ利用の促進を図ることができるかにあると感じています。第2期中期計画では、温室効果ガス把握についてはGOSATの打上げ・運用とGOSAT後継機の開発着手が重要な事業として取り上げられると予想しています。水循環変動把握についてはDPRの開発とGCOM-Wの打上げ、気候変動予測ではGCOM-Cの開発が盛り込まれるものと考えています。

## **4. まとめ**

以上、JAXAの地球環境関連の中期計画の概要と展望をご紹介しました。JAXAは研究開発機関ですが、宇宙利用部門は、これまでの宇宙開発の成果を社会に還元することを最大の目標としており、ご紹介したように、地球環境関連の事業を「宇宙開発利用による社会経済への貢献」の一部と位置づけています。地球環境問題は複雑多岐にわたるため、JAXA単独の事業では成果の達成が困難であり、国立環境研究所・東京大学をはじめとする内外の研究機関、環境省などの行政機関、NASA・ESAなどの宇宙機関、CEOSなどの国際組織など多くの機関や研究者との共同作業が不可欠と考えています。GOSATで確立した国内外の協力体制は、我々にとって大きな財産であり、将来のプロジェクトにも活用されると確信しています。

【問い合わせ先】

宇宙航空研究開発機構宇宙利用推進本部  
GOSAT プロジェクトチーム  
〒305-8505 茨城県つくば市千現2の1の1  
TEL: 029-851-5173 FAX: 029-868-5972  
E-mail: hamazaki.takashi@jaxa.jp

略語一覧 (事務局註)

AMSR-E: 改良型高性能マイクロ波放射計  
AQUA: 米国地球観測衛星  
CEOS: 地球観測衛星委員会  
DPR: 二周波降水レーダ

ESA: 欧州宇宙機関  
GCOM: 地球環境変動観測ミッション  
GCOM-C: 気候変動観測衛星  
GCOM-W: 水循環変動観測衛星  
GOSAT: 温室効果ガス観測技術衛星  
GPM: 全球降水観測計画  
IGOS-P: 統合地球観測戦略パートナーシップ  
JAXA: 独立行政法人宇宙航空研究開発機構  
NASA: 米国航空宇宙局  
NICT: 独立行政法人情報通信研究機構  
TANSO: 温室効果ガス観測センサ  
TRMM: 熱帯降雨観測衛星

## 「都市化・都市発展の道筋と炭素の関係」に関する国際会議報告

GCP つくば国際オフィス 事務局長 Shobhakar Dhakal (ソバカル・ダカール)

大気中の温室効果ガス濃度の安定化に関しては、今後数十年の都市化の進展が考慮すべき非常に大きな要素となる。温室効果ガスに関する科学的理解及び統計的報告、過去・現在・将来における全球、国別、生態系別の温室効果ガス排出についてはかなり理解が進んでいるが、都市やその周辺地域、都市と都市の間の地域における、社会経済システムレベルでの温室効果ガス排出に関する理解は不十分である。持続可能な都市発展を計画するためには、都市化と都市発展のダイナミクスを科学的にも政策の面からも把握する必要がある。

全球炭素循環と炭素管理に関して都市化がどう影響し、いかに駆動要因となるかという知識は、空間スケール（全球、地域、都市）においても時間スケール（過去、現在、未来）においても十分とはいえない。同様に、エネルギー、物質、製品、サービスが地域の間で密接に関係し合っていることについても、あまり理解されていない。さらに、原因とその影響が異なる行政領域で起こり、温室効果ガスが排出されてから影響が現れるのに時間がかかり、政治的に多様化している世界中の国々において炭素管理の問題はますます複雑化していくので、都市と地域における炭素管理は新しい問題となっている。（相互に関連しあう）都市システムの統合分析枠組みの設定や、ミクロからメソスケールの社会的・経済的・政治的プロセスから作られるマクロの

発展パターンのモデル化（たとえば、ランク・サイズ分布）に関し、科学的課題はますます困難なものとなっている。上記のさまざまな関連性を理解し、従来の学問体系で分けられていた、都市化の研究やモデル化の分野における方法論的制約や情報の限界という壁を取り除くことは重要である。グローバル・カーボン・プロジェクト（GCP）が提案する一連のワークショップは、これらの諸問題に関する議論のたたき台を用意し、今後さらに必要となる科学的対話と情報交換を進めるものである。

第1回目の国際会議として、GCPは、国立環境研究所（NIES）及び国際応用システム分析研究所（IIASA、オーストリア）との共催で、2007年3月

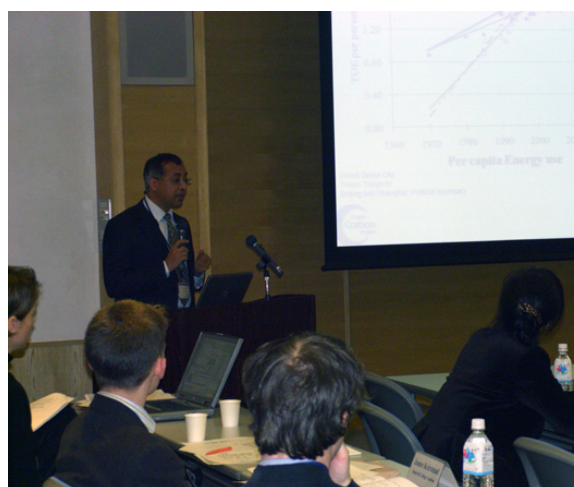


写真1 講演風景 (筆者)

表1 主な講演者と演題

西岡 秀三	開会の挨拶
Shobhakar Dhakal	GCP の最近の動向：都市における炭素管理研究
Arnulf Gruebler	都市化：過去 1000 年の経験は今後 100 年のモデルにどう役立つか
Shobhakar Dhakal, David Satterthwaite	世界の都市化の変化 (1950 ~ 2005 年)
Mike Raupach	都市化と炭素循環：関連性、駆動要因、影響
Thomas Buettner	国連人口局の都市データベース
Marc Levy	都市と人口の特徴との関連性
城 謙	世界の都市の現状
Paul Lucas	IMAGE 2.4 フレームワークで世界の環境変化の駆動要因を探る
甲斐沼 美紀子	AIM：全球統合評価モデルで予測した都市化
黒沢 厚志	GRAPE モデルによる都市化と土地利用
Arnulf Gruebler	人口問題と GDP、エネルギー消費を考慮した IASA 統合評価
Hugh Pitcher	人口統計と一致するシナリオ：進めるべきか否か
山形 与志樹	「空間詳細な排出・土地利用シナリオの開発」プロジェクトについて
花木 啓祐	日本の都市及び地方における低炭素社会シナリオの統合分析
Niels Schulz, James Keirstead	都市のエネルギーの変化
金子 慎治	東アジアの都市のエネルギー消費と炭素排出の関係
Gui-Ying Cao	中国における都市化の傾向と持続可能性への課題
Krishnan Sundara Rajan	AGENT-LUC モデルによる土地利用変化のシミュレーション
笹野 泰弘	閉会の挨拶

28 ~ 30 日に国立環境研究所において、国際会議「都市化・都市発展の道筋と炭素の関係」を開催した。本会議の目的は都市化現象の全球規模での分析であり、都市化とその影響を全球スケールでモデル化し分析している統合評価のコミュニティや、都市のエネルギーとダイナミクスを分析するコミュニティが参加した。会議の共催者である GCP、NIES 及び IASA をはじめ、国連人口局、コロンビア大学、パシフィックノースウェスト研究所 (Pacific Northwest Research Laboratory)、オランダ環境省環境評価局 (Netherlands Environmental Assessment)、国連 HABITAT、東京大学、広島大学、インペリアル・カレッジ・ロンドン (ロンドン大学)、国際情報テクノロジー研究所 (International Institute for Information Technology)、エネルギー総合工学研究所 (Institute for Applied Energy) などの研究者が発表を行った。


会議では、炭素管理との関連において、都市化の現状と都市化が炭素管理に及ぼす影響を明らかにし、この分野で入手できる情報とデータを評価

した。前述の要因による方法論的な課題、統合分析枠組み設定の難しさ、都市化の過程で特徴づけられる体系的なマクロ発展パターンのモデル化についても議論した。また、都市化が統合評価モデルでどのように扱われているかを検討し、さまざまなアプローチから得られる知見について評価した。さらに、エネルギーと都市ダイナミクスに関する都市スケールの分析例について議論した。これらの事例研究では産業連関分析や都市システムの分析、エージェントベースモデル (agent-based models)、人口統計学モデルの手法などが利用されている。今回の会議で、都市と地域の発展の過程やシナリオ及びその炭素管理に関する分析とモデリングに関心のある研究者間のネットワークを構築できたことも大きな成果だった。

なお、本国際会議のアジェンダと発表資料は、GCP プロジェクト「都市と地域の炭素管理 (URCM)」のウェブサイト ([www.gcp-urcm.org](http://www.gcp-urcm.org)) で閲覧できる。

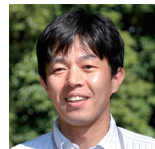
\*本稿は Shobhakar Dhakal 氏の原稿を事務局で和訳したのですが、原文 (英語) は最後のページに掲載しています。

# ココが知りたい 温暖化 8-1.....

**Q** 過去数十万年に渡る南極の氷のサンプルを分析して得られたデータでは、気温上昇が先にあって、それに追隨して二酸化炭素などの温室効果ガス濃度が上昇していると聞きました。二酸化炭素が増えて温暖化するのではなかったのですか？ 

**A** IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の第4次評価報告書(注1)では、人為起源の温室効果ガスの増加が原因で地球が温暖化しているとほぼ断定しています。過去にはこれと逆に、気温の変動をきっかけとして大気中の温室効果ガス濃度が大きく変化していた自然現象があったのです。

地球環境研究センター  
大気・海洋モニタリング推進室長 町田 敏暢



私が答えます

## 氷期—間氷期サイクル

大気中の二酸化炭素濃度は人類が化石燃料を燃焼させること以外にも、自然のしくみ（陸上植物や海洋のはたらきなど）によって大きく変動するものです。例えば、過去数十万年の間に起こった氷期—間氷期（かんぴょうき）サイクルと同期するように二酸化炭素などの温室効果ガスの濃度が大きく変化していたという証拠が、南極やグリーンランドの氷床を掘削した氷のサンプル（氷床コア）から得られています。例として図1に一番最近の氷期（最終氷期）から現在の間氷期に移行する間の南極の気温（の指標）と二酸化炭素濃度およびメタン濃度の詳細な変動を示します（注2）。この図を見ると、最終氷期からの気温と温室効果ガスの上昇はほぼ同時か、気温の方がやや早いということがわかります。この現象は、まず気温上昇などの気候変動で温室効果ガスの濃度が変化し、温室効果ガスの変化がさらに気温変動を増幅させたものであると説明されています。この気温の変化と温室効果ガスの変化について、以下でもう少し詳しく説明していきます。

## 変動のきっかけ

およそ10万年の周期で起こった氷期—間氷期サイクルは北半球の高緯度地方に降り注ぐ日射量が変わったことが“きっかけ”になっています。これは地球の自転軸や公転軌道の周期的な変化に対応しており、ミランコヴィッチサイクルと呼ばれて

います。図1の最終氷期の終わりを例にとると、この日射量変化をきっかけとして、北アメリカやヨーロッパを覆っていた氷床面積の減少、海水面の上昇とそれに伴う大気中の塵の減少、さらには陸上植物の分布が変化したことなどが現在の間氷期への移行に寄与したとされていますが、最近の研究によれば、これらの変動に加えて二酸化炭素など

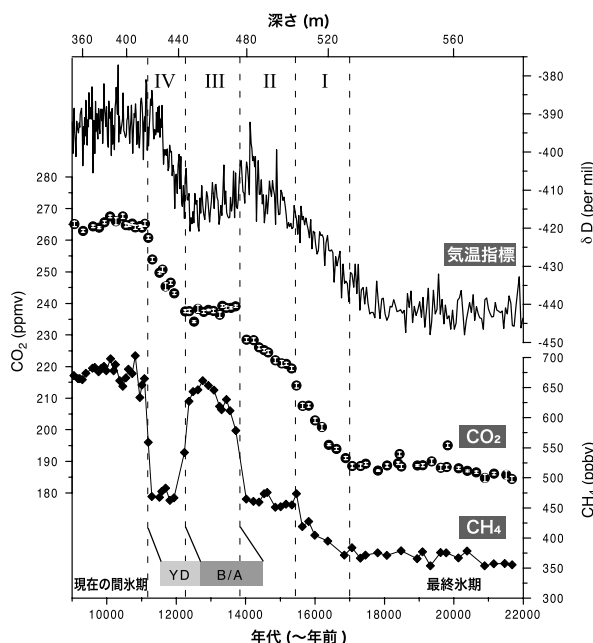


図1 南極ドームCで掘削された氷床コアを解析して得られた22,000年前から9,000年前にかけての、南極の気温の指標である水を形成している水分子の水素同位体比(δD)、二酸化炭素濃度およびメタン濃度の変遷。(Monnin et al., Science, 291, 112-114, 2001) (American Association for the Advancement of Science より許可を得て転載) <www.sciencemag.org>

の温室効果ガスの影響を考慮に入れないと、氷期—間氷期の気温差を半分程度しか説明できません。すなわち、過去に大気中の温室効果ガスの変動が地球の気候を実際に変えていたことがわかってきたのです。

### 温室効果ガスが変化するしくみ

次に、温室効果ガスの濃度が変化したメカニズムですが、そう簡単ではありませんし未だに「定説」があるとは言い切れません。ごく大まかには、氷期—間氷期サイクルにおける二酸化炭素の変動には、南極周辺の海洋が重要な役割を担っていたと考えられています。一方メタンは陸上の湿地が主たる放出源ですので、熱帯から北半球にかけての気温や降水量の変動に濃度が影響されます。図1では最終氷期から現在の間氷期にかけての気候変動が、IからIVの4つのステージに分けられています。二酸化炭素とメタンの変動がそれぞれのステージで違ったふるまいをしているのは、上記のような発生・吸収メカニズムの違いがあるからです。

実は上記のような気温上昇のタイミングや温室効果ガスの変動要因の解明は、今非常にホットな研究分野で、次々と新しい事実が明らかになっていくところです。日本でも南極ドームふじ基地で掘削した氷床コアなど良質の試料が得られていますので、今後さらに知見が広がることでしょう。

### 過去の事実が語ること

氷床コア解析のような過去の知見の蓄積は、将来の気候変動を予測する上で非常に貴重な情報となります。さらに別な視点からいうと、図1の“急激”に見える二酸化炭素の増加が1000年で20ppm程度であるのに対して、現在では“たった10年”で同程度の濃度上昇が観測されているのですから、氷床コア解析のデータは我々人類が大気に対していかに大きなインパクトを与えているかを考えさせられる貴重な情報であるともいえます。

(本回答の作成にあたり、国立極地研究所の川村賢二博士に有用な助言をいただきました。)

(注1) 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第4次評価報告書第1作業部会報告書 政策決定者向け要約 (日本語訳 <http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/index.html>)

(注2) 南極やグリーンランドの内陸に降り積もった雪は夏になっても溶けないので、その重みで圧密されて氷へと変わる際に隙間の空気を気泡として閉じこめます。氷床コアからこの気泡中の空気を汚染することなく取り出すと、現代にしながら過去の空気を調べることが可能になります。図1の二酸化炭素とメタンの濃度はこうして測ったものです。

→さらによく知りたい人のために

氷期—間氷期サイクルと炭素循環について知りたいなら：野崎義行・地球温暖化と海・東京大学出版会

氷期—間氷期の気候変動について詳しく知りたいなら：ジョン・D・コックス・異常気象の正体・河出書房出版

最も新しい情報：IPCC 第4次評価報告書 第1作業部会報告書 第6章「古気候」

<http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>

地球温暖化のことは、見聞きする機会が多いのでよく知っているようでいて、では腑に落ちているかというところでもないというのが実際のところのような気がします。地球温暖化にまつわるよくある質問、素朴な疑問に、国立環境研究所の第一線の研究者にズバリ答えてもらいます。 毎号シリーズで掲載中。

## ココが知りたい 温暖化 8-2.....

**Q** 最新の IPCC 報告書では、100 年後の気温上昇は 1.1~6.4℃と予測されています。これだけ幅があると、何も予測していないのと同じではないですか。逆に、複数のモデルが同じ結果を出したからといって、モデルが正しいともいえませんよね。



**A** 1.1~6.4℃という幅は、「今後我々人類がどんな社会経済を築き、どのくらい二酸化炭素などを排出するかという想定(シナリオ)に幅があること」と「モデルの不確実性」の二つの要因によってもたらされています。シナリオの違いは、気温予測に大きな幅をもたらしています。一方、モデルの不確実性によって、同じシナリオでも予測はばらつきますが、予測の確率分布として有益な情報を引き出すことができます。この時、「複数のモデルが同じ結果を出したからその予測が正しい」と単純には判断せず、モデルの信頼性を考慮して不確実性の幅を求めています。これによって、それぞれのシナリオでの危険なレベルの気温上昇の発生確率を知ることができ、今後私たちがどんな社会経済を築いて行くべきかの判断に役立てることができます。

地球環境研究センター

温暖化リスク評価研究室 NIES ポスドクフェロー 塩竈 秀夫



→ 私が答えます

どのように予測しているか

人間活動による二酸化炭素などの排出に伴い、気候がどのように変わっていくかを調べるために、気候モデルを用いた温暖化予測研究が世界中で活発に行われています。ここでいう気候モデルとは、大気や海の動きを計算する複雑なものから、全世界平均の気温などを予測する単純なものまで、いろいろな複雑さのモデルを含みます。これらのモデルに、将来の二酸化炭素などの排出量に関する何らかの想定(シナリオ)を与えて、将来の気候変動は予測されます。世界中で行われているこのような予測を総合して、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の第4次評価報告書(注1)では、1980~1999年平均と比較した21世紀末(2090~2099年平均)の気温上昇を1.1~6.4℃と予測しています。

予測の幅の要因

この予測の大きな幅は主に次の二つの要因によって、もたらされています。

- (1) 我々人類が今後どのような社会経済を築いていくかによって、シナリオが大きく異なる。
- (2) 気候変動に関係する物理プロセスの中で、現在の科学において理解が十分でない部分が存在するために生じる不確実性。例えば、気温が上昇した時に陸地や海洋がどの程度二酸化炭素を吸収また

は排出するか、雲がどのように変化するかなどに関して不確実な部分がある。

例えば「化石エネルギーを多く使って高度経済成長を推し進めていく社会」では2.4~6.4℃(注2)(最もあり得る見積もりは4.0℃)、「経済、社会及び環境の持続可能性のための世界的な対策に重点が置かれる社会」では1.1~2.9℃(注2)(1.8℃)の気温上昇が予測されています。これらの異なるシナリオにおける気温変化予測の上限と下限が前述した1.1~6.4℃になります。このようにシナリオによって予測がばらつきますが、「これは我々がどのような社会を築いていくかによって将来の気温上昇が変わる」という選択肢の幅とも捉えることができます。

特定のシナリオにおいても、上記の様に気温上昇予測に幅があるのは、(2)のモデルの不確実性によるものです(注3)。これは同じシナリオでも、炭素循環や雲のふるまいなどに不確実な部分があるために、気候モデルが予測する気温上昇がばらつくことを示します。では、ばらつきのあるモデル予測結果からは、何も情報が得られないのでしょうか? 実は、ばらつきのある結果からも、気温上昇の確率分布という形で情報を得ることができます。確率分布を求めるもっとも単純な方法は、多くのモデルが予測している値の確率は高いと考え、

モデルのばらつきの上限下限を不確実性の幅と考えることでしょう。しかし、IPCC 報告書では、より複雑な方法をとっています。例えば過去の気候変動をよりよく再現できるモデルの予測を重視する工夫をしています(注4)。つまり多くのモデルが予測している値が正しいと単純には考えず、過去の観測との比較で予測の信頼性を担保しています。また、複雑なモデルによる予測は数十ほどしか有りませんが、単純なモデルで不確実なパラメータを動かして沢山の実験をすることで、気温上昇予測の不確実性幅を過小評価することがないようにしています。

### 確率的予測の有用性

では、気温上昇予測の確率分布が得られた場合は、どのような有益な情報を引き出すことができるのでしょうか。例として、図1に「化石エネルギー

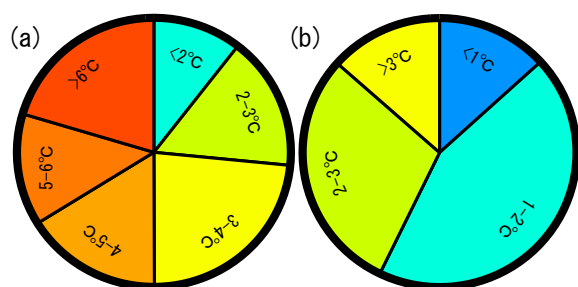


図1 「化石エネルギーを多く使って高度経済成長を推し進めていく社会」(a)と「経済、社会及び環境の持続可能性のための世界的な対策に重点が置かれる社会」(b)での1980～1999年平均に対する2090～2099年平均での気温上昇の確率分布を示す「ルーレット」。MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change (<http://web.mit.edu/globalchange/www/>)を参考にして作成。正規分布をもとに、50%値が前述の「もっともあり得る見積もり」になり、17%値と83%値の幅が「不確実性の幅」に一致するように変形させて確率分布を求めた。

を多く使って高度経済成長を推し進めていく社会」(a)と、「経済、社会及び環境の持続可能性のための世界的な対策に重点が置かれる社会」(b)での気温上昇予測の確率分布を円グラフにしたものを示します。この円グラフがルーレットの様に回っているところを想像してみてください。ルーレットが止まった枠が、本当の将来での気温変化です。しかし、モデルの不確実性のために、ルーレットがどの枠に止まるかは、現在の我々にはわかりません。それでも何もわからないわけではなくて、どの枠に止まりやすいかは、それぞれの枠の大きさを見ればわかります。また仮に、2℃以上の気温上昇で、ある穀物の生産量が急激に減少するとわかったとしましょう。図1bでは2℃以上になる確率は半分以下ですが、図1aでは2℃以上になる確率が非常に高いことがわかります。このように不確実性のあるモデル予測からも、それぞれのシナリオでの危険な気候変化の起きるリスクを見積もることができ、我々がどのような社会経済を築いていき、どのような温暖化対策を取るべきかという判断材料に用いることができます。

(注1) 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第4次評価報告書第1作業部会報告書 政策決定者向け要約 (日本語訳 <http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/index.html>)

(注2) 気温上昇がこの範囲に収まる確率が66%である不確実性幅。

(注3) 気候システムの自然の揺らぎによる不確実性もこの幅に含まれますが、主な不確実性の要因は(2)のモデルの不確実性です。

(注4) 観測された過去の気候変動には、温暖化の影響だけではなく、気候システムの自然の揺らぎや太陽・火山活動などによる影響も含まれるため、この点も

\* 「ココが知りたい温暖化」は地球環境研究センターウェブサイト ([http://www-cger.nies.go.jp/qa/qa\\_index-j.html](http://www-cger.nies.go.jp/qa/qa_index-j.html)) にまとめて掲載しています。また、各Q&Aを1枚ずつにまとめたリーフレットも作成しています。上記ウェブサイトからダウンロードできます。

「ココが知りたい温暖化」で取り上げてほしい素朴な疑問・質問をお寄せ下さい。疑問・質問は、氏名と連絡先を記入し、ニュース編集局宛にご連絡下さい(勝手ながら電話での質問はご遠慮ください)。

\*なお、掲載する場合、事務局で加筆修正させていただくことがあります。

お送りいただいた個人情報は「ココが知りたい温暖化」業務以外には使用いたしません。

また、個人情報を掲載することはありません。

留意してモデルと比較されています。また過去の気候変動との比較で、個々のモデルが温暖化を過大評価または過小評価するといった性質を調べて、予測を補正する手法も取られています。モデルによる気候変動予測の信頼性を評価する上で、どのような観測結果との比較が効果的か、また比較方法はどのようなほうがよいかなどは非常に大事な問題だと認識されており、現在活発に研究が行われています。

→さらによく知りたい人のために

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第4次評価報告書第1作業部会報告書 政策決定者向け要約 (日本語訳 <http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/index.html>)

近藤洋輝 (2004) 地球温暖化予測がわかる本 スーパーコンピュータの挑戦 (特に8章「21世紀の気候変化予測」) . 成山堂書店 .

## Information

### 国立環境研究所夏の大会

日時：7月21日(土) 9:30～16:00

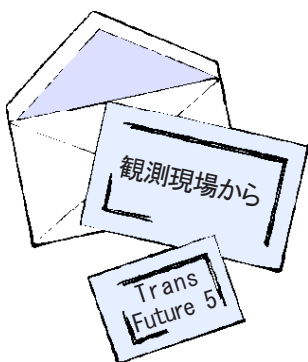
開催場所：国立環境研究所 (つくば市小野川16-2)

夏休み最初の土曜日である7月21日(土)に、恒例の「夏の大会」を開催します。これは研究所内の施設を一挙に公開して、皆様をお迎えする年に一度の大イベントです。今年も研究者をはじめ、スタッフ総動員で、地球温暖化、身近な生き物の環境問題、光化学スモッグなどの大気汚染、水質汚濁、化学物質、アジアの環境問題などについてわかりやすく解説し、最新の研究成果を紹介します。今年のメインテーマは、「エコ博士をさがせ!」。皆さんも環境のふしぎについて、エコ博士に気軽に聞いてみませんか?

会場にはサメのタッチプール、おいしい水を飲み当てる「利き水挑戦」、癒し系の藻類観察、自分のDNAを顕微鏡で見る体験、クワガタに関する環境問題解説など楽しく学べるイベントが盛り沢山です。さらに、今年は南極昭和基地と研究所とのテレビ中継など、なかなか体験できない企画も準備しています。地球環境研究センターでは「IPCC第4次評価報告書講演会(仮称)」、ポスターやモニターによる研究成果および観測機器の展示・説明、自転車発電、クイズ、ぱらぱらマンガなどを出展する予定です。

当日はつくば駅から10分おきに無料循環バスが運行されます。皆さん、国立環境研究所にエコな公共交通でぜひ来てくださいね!!!

## おしらせ



### 命をかけられるか

Joey, Rio, Elly, Mel, Buddy, Willy...

人の名前? いったい誰? と思われるでしょうが、この人達が CGER の観測協力貨物船 Alligator Hope 号、Pyxis 号、Trans Future5 号などによる太平洋の温室効果ガスモニタリングを陰 (本当は主役?) で支えてきてくれたフィリピン人の船員さん達です。彼らが観測担当員として乗船してくれているので、航海中の観測状況の連絡通信をはじめ、自動観測装置の動作チェックや海水サンプルの採取等が滞りなく継続されています。もちろん最初は一緒に乗船して作業内容を指導するのですが、もともと船の通信士や電気技師として働いていた彼らはすぐに観測機器にも親しんでくれました。驚いたのは、この仕事に対する彼らの責任感で、装置が不調なときは寝る暇も惜しんで対応をしてくれます。Skaubryn 号のインド人船長 Shing さんは、ある観測装置のトラブルを解消してくれた後に、真顔でこう言いました。「僕はこの大事な仕事のためなら命もかける」。私もいつかそこまで到達できるでしょうか...



(財)地球・人間環境フォーラムつくば研究所  
調査研究主任 刈谷 滋

Trans Future 5号で海水のろ過作業をする Willy さん

最近の発表論文から



\* 地球環境研究センター職員及び地球温暖化研究プログラムメンバーの最近の発表論文を紹介します。



**気候変動と土地利用変化が土壌流亡への脆弱性に与える影響に関する 1901 ~ 2100 年のシミュレーションと炭素循環への示唆**

(伊藤昭彦、Geophys. Res. Lett., 34, L09403, doi:10.1029/2007GL029342, 2007.)

気候変動による降水量の変化や人為的な土地利用変化は土壌流亡（エロージョン）を深刻化させ、土壌中の炭素の流出のためにグローバルな炭素収支に影響を与える可能性がある。本研究は陸域生態系モデルと表土流亡モデルを用い、1901年から2099年までの気候変動シナリオに基づいた数値実験を行った。その結果、将来の降水増加や土地利用転換によって土壌炭素の流出量が大幅に増加する可能性がはじめて示された。



**大気 - 海洋モデルの結合の有無が CO<sub>2</sub> 増加に伴う熱帯低気圧の活動の強化の評価に与える影響**

(長谷川聡ほか、Geophys. Res. Lett., 34, 5, L0570110.1029/2006GL028275, 2007.)

観測では、熱帯低気圧の接近に伴って海面が攪拌され、下層の冷たい水が上昇することで海面水温が低下し、熱帯低気圧を弱めることが知られている。本研究では、大気-海洋結合モデルではこの効果が再現される一方、海洋モデルを結合しない場合ではこの効果が含まれないために、大気-海洋結合モデルよりも熱帯低気圧を強めに表現してしまうことを示した。そのため、この大気-海洋の結合の有無による差は、温暖化が進行した条件化でより顕著となるので、大気モデルのみを用いた予測では温暖化に伴う熱帯低気圧の強化を過大評価する傾向にあることが明らかになった。



**土地利用と社会経済状況に関する歴史の再構築により明らかとなったツヴァル国フナフチ環礁フォンガファレ島の洪水・浸水に対する脆弱性**

(山野博哉ほか、Global and Planetary Change, 2007.)

最近、ツヴァルにおいて、高潮位時に島の中央部に洪水が起り、環礁州島の海面上昇に対する脆弱性が顕在化していることが指摘されている。本研究では、108年間に渡る土地利用、地形、人口、建物の分布の変化を解析し、現在の脆弱性をもたらしている原因が、島中央部がもともと浸水しやすい湿地であったことと、人口の増大により元湿地へ居住地が拡大したことにあることを明らかにした。この結果は、地球規模の環境問題が地域規模の問題と深く関わっていることを示し、脆弱性を理解するために地域の土地利用と社会経済状況に関する歴史の再構築が必要であることを示すものである。



**異なる二つのスケールの大気変動による不安定条件下における低群落上の熱・水蒸気輸送**

(齊藤誠ほか、Water Resour. Res., 43, W05413, doi:10.1029/2006WR005136, 2007.)

大気-地表面間での熱や水蒸気の輸送は乱流変動によって生じていると考えられてきた。近年になって、乱流変動よりさらに大きな大気変動も輸送に影響しているのではないかと指摘がされてきたが、その詳細は不明なままであった。本研究では、野外観測とそのデータ解析から、乱流変動よりも大きなスケールであるメソスケール変動も大気-地表面間での熱や水蒸気の輸送に寄与していること、また、観測したメソスケール変動は風上側の地表面状態に強く影響を受けることを示した。



論文の詳しい情報は、地球環境研究センターのウェブサイト (<http://www.cger.nies.go.jp/index-j.html>) をご参照下さい。この他の論文情報も掲載されています。

## 地球環境研究センター (CGER) 活動報告 (2007 年 5 月)

### 地球環境研究センター主催・共催による会議・活動等

2007. 5.30 ~ 31 Asia Energy Environment Modeling Forum 3rd Annual Workshop (中国)  
北京大学において、GCP が Asia Energy Environment Modeling Forum との共催により標記ワークショップを開催した。7カ国より 21 名が参加し、アジアにおける脱炭素経済システムのモデル構築について議論した。また、地球環境研究センターの藤野主任研究員は、日本低炭素社会シナリオについて講演した。

### 所外活動 (会議出席) 等

2007. 4.30 ~ 5.3 CSD-15(持続可能な発展委員会第 15 会期) サイドイベントで発表(甲斐沼室長 / アメリカ)  
CDS-15 の Learning Center (学習センター) において、AIM モデルを紹介し、展示会場では APEIS (アジア太平洋環境イノベーション戦略プロジェクト) を紹介した。また、IGES サイドイベントで次期気候変動国際枠組みについて発表した。詳細は、本誌に掲載予定。
5. 6 ~ 18 気候変動枠組条約第 26 回補助機関会合出席(相沢 NIES フェロー・早淵 NIES ポスドクフェロー / ドイツ)  
気候変動枠組条約第 26 回補助機関会合 (SB26) における京都議定書の下での附属書 I 国のさらなる約束に関するアドホック・ワーキンググループ (AWG3)、気候変動に対応するための長期的協力の行動に関する対話 (第 3 回長期対話) に日本政府代表団として出席し関連議論を行った。詳細は、本誌に掲載予定。
- 23 ~ 24 GTSP Annual Meeting で発表 (甲斐沼室長 / アメリカ)  
Global Energy Technology Strategy Program (GTSP: 世界エネルギー技術戦略プロジェクト) の技術レビュー会議においてアジアの安定化シナリオについて発表した。

### 見学等

2007. 5. 8 ソニー(株)一行 (5 名)  
10 上田市自治会連合会 (丸子地域の自治会 (区) 長) 一行 (28 名)  
18 横浜雙葉高等学校 3 年生一行 (46 名)  
28 カリフォルニア州立大学大学院生一行 (3 名)  
31 東京農工大学農学部環境資源科学科 3 年次一行

2007 年 (平成 19 年) 6 月発行

編集・発行 独立行政法人 国立環境研究所  
地球環境研究センター  
ニュース編集局

発行部数: 2800 部

〒 305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2

TEL: 029-850-2347

FAX: 029-858-2645

E-mail: [cgercomm@nies.go.jp](mailto:cgercomm@nies.go.jp)

Homepage: <http://www.nies.go.jp>

<http://www-cger.nies.go.jp>

★送付先等の変更がございましたらご連絡願います

このニュースは、再生紙を利用しています。

発行者の許可なく本ニュースの内容等を転載することを禁じます。

## Urbanization, urban development and carbon management: Addressing scientific complexities and information constraints

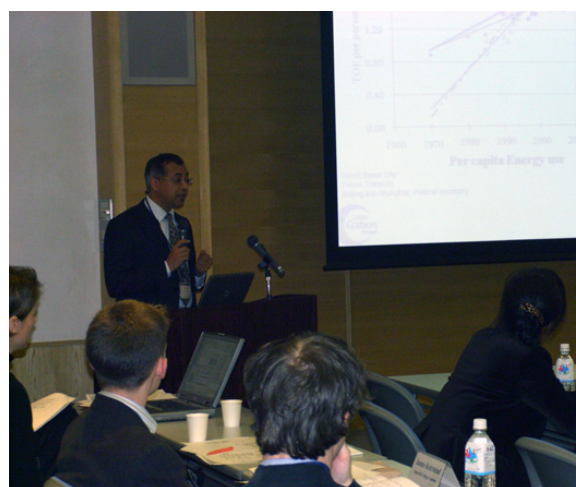
Shobhakar Dhakal

Executive Director, Global Carbon Project, Tsukuba International Office

How urbanization unfolds in the next few decades is potentially critical to efforts at stabilizing carbon dioxide emissions. Whereas our scientific understanding, statistical reporting, and modeling of historical, current, as well as future GHG emissions are well developed at the global, national, or ecosystem levels, our understanding of GHG emissions at the level of functional socio-economic systems, such as cities, urban agglomerations, and their surrounding and interconnected regions is still in its infancy. A thorough understanding of these development dynamics is both a scientific as well as a policy pre-requisite to charting sustainable urban development.

Our current knowledge of urbanization and its drivers in relation to the global carbon cycle and its management remains poor at different spatial (global, regional and urban) and temporal scales (past, present and future). Similarly, the cross-scale linkages of urban areas over regions in terms of energy, materials, and other goods and services with other areas are, while immense, nonetheless poorly understood. At the same time, management of carbon at urban and regional scales brings a new set of cross-scale governance issues since the sources and impacts often fall into different political boundaries, exhibit temporal delays between emissions and impacts, and add to the already existing complexity of urban governability which is highly diverse around the world. These scale-issues add to the already daunting scientific challenges in relation to developing integrated analytical frameworks of (inter-connected) urban systems and modeling of macro evolutionary patterns (such as rank size distributions) arising from micro- and meso-scale social, economic, and political processes. It is essential to develop an understanding of the nature of these linkages and overcome methodological and information limitations that persist in the fields of urbanization studies and modeling that have traditionally been highly fragmented along disciplinary boundaries. Therefore, a series of workshops is being proposed by the Global Carbon Project. The proposed workshop series aims at both providing an initial platform to discuss these issues as well as to initiate a process in which much needed scientific dialogue and information exchange can continue.

Towards this direction, the first workshop was organized in Tsukuba in March 2007. It was largely targeted at global scale analyses of the urbanization phenomenon involving both the integrated assessment community, which has been carrying out global scale modeling and analyses of urbanization and its implications, and the urban energy and urban dynamics analyses community. The speakers in the workshop came from key institutions such as the Global Carbon Project (GCP), the International Institute for Applied Systems Analyses (IIASA), the National Institute for Environmental Studies (NIES), the United Nations Population Division, Columbia University, Pacific Northwest Research Laboratory, Netherlands Environmental Assessment, United Nations HABITAT, the University of Tokyo, Hiroshima University, Imperial College London, the International Institute for Information Technology, and the



Key speakers and presentations

Shuzo Nishioka: *Welcome Remarks*

Shobhakar Dhakal: *Global Carbon Project Updates: Urban Carbon Research Agenda*

Arnulf Gruebler: *Urbanization: What can the experience of the last 1000 years tell us for modeling the next 100?*

Shobhakar Dhakal and David Satterthwaite: *The Scale of Urban Change Worldwide: 1950-2005*

Mike Raupach: *Urbanization and Global Carbon Cycle: Links, Drivers, and Implications*

Thomas Buettner: *UN Population Division Urban Database*

Marc Levy: *Delineating Urban Extents and Linking them to Population Characteristics*

Yuzuru Tachi: *State of the World's Cities*

Paul Lucas: *Downscaling Drivers of Global Environmental Change within the IMAGE 2.4 Framework*

Mikiko Kainuma: *Asia Pacific Integrated Model (AIM):*

*Urbanization in the context of global integrated assessment models*

Atsushi Kurosawa: *Urbanization and Landuse Modeling in GRAPE Model*

Arnulf Gruebler: *IIASA Integration Assessment via Downscaling of Population, GDP, and Energy Use*

Hugh Pitcher: *Scenario Consistent Demographics: To Boldly Go or Fools Rush In?*

Yoshiki Yamagata: *Spatially Explicit Emission and Land-Use Change Scenarios through Integrated System Analysis (SEE-LUCS project)*

Keisuke Hanaki: *Integrated Analysis of Low Carbon Scenarios of Japanese Urban and Rural Areas*

Niels Schulz and James Keirstead: *Urban Energy Transitions*

Shinji Kaneko: *Cross-scale Linkages Exhibited by Urban Energy Use and Carbon Emissions in East Asia*

Gui-Ying Cao: *Urbanization Urbanization Trends and Its Challenges for Sustainability in China*

Krishnan Sundara Rajan: *Simulations of Land Use Changes: AGENT-LUC Model*

Yasuhiro Sasano: *Closing remarks*

Institute for Applied Energy.

This workshop helped to clarify the status quo of urbanization phenomena and their drivers in relation to carbon management and assessed the availability of information and data in this area. It also discussed the methodological challenges imposed due to cross-scale linkages, difficulties in developing integrated analytical frameworks, and in modeling of systemic macro evolutionary patterns that characterize urbanization phenomena. The workshop assessed how urbanization is treated in integrated assessment models and discussed the insights that can be gained from different approaches. Some of the urban scale analyses related to energy and urban dynamics were discussed in the workshop with examples of case studies using various tools such as input-out analyses, systems analyses of urban systems and agent-based models and demographic modelling perspectives. The workshop was successful in developing a preliminary network of scholars interested in the analysis and modeling of urban and regional development pathways and scenarios and their carbon consequences.

The workshop agenda and presentations are available on the Urban and Regional Carbon Management (URCM) website of Global Carbon Project at [www.gcp-urcm.org](http://www.gcp-urcm.org).