

地球環境研究センターニュース

独立行政法人 国立環境研究所

Center for Global Environmental Research

Vol. 24 No.

3

2013年(平成25年)6月号(通巻第271号)



【講演会「地球温暖化研究の最先端を見に行こう」には、多くの方々に参加していただきました。(11 ページ参照)】

Contents

- アジアにおける持続可能な低炭素都市開発の実現に向けた知見の共有
 ー 東アジア首脳会議環境大臣会合
 第4回「環境的に持続可能な都市ハイレベルセミナー」の参加報告ー 2
- わが国の2011年度(平成23年度)の温室効果ガス排出量について
 ～総排出量13億800万トン。前年度比で増加するも、第一約束期間の目標達成へ近づく～ 5
- Global Carbon Budget 2012
 ー 広がり続ける2°C目標へ向けた排出経路とのギャップー 9
- 最近の研究成果 10
- 国立環境研究所一般公開「春の環境講座」を開催しました 11
- 「地球温暖化研究の最先端を見に行こう」春の一般公開における講演会概要(1)
 - 最近の世界の二酸化炭素排出と地球規模炭素循環 13
 - 地球温暖化の現状と最新の将来気候予測 16
 - 温暖化の影響と適応に関する研究 18
- アクセスランキング 21



アジアにおける持続可能な低炭素都市開発の実現に向けた 知見の共有

－東アジア首脳会議環境大臣会合 第4回「環境的に 持続可能な都市ハイレベルセミナー」の参加報告－

社会環境システム研究センター持続可能社会システム研究室 特別研究員 朝山 由美子

1. はじめに

先進国や国際開発援助機関では気候変動に関する議題が喫緊の問題として上位にあるが、アジア途上国の都市で気候変動戦略を策定しているのは、2012年の調査によれば865都市のうち、29の都市（全体の3%）に限られている（注1）。アジア地域においては、持続可能な都市開発に向けた支援や、気候変動対策実施のための能力開発が推進される一方で、都市部のスプロール現象が進み、無制御な都市の拡大が農地や天然水源の喪失を招いているにもかかわらず、経済開発の需要の高まりに伴う投資主導の開発が先行しエコシステム保全よりも商業的便益を促進するプロジェクトが進んでいると報告されている（注2）。このような現状においては、環境的に持続可能な低炭素社会を目指す開発戦略を策定し、その実施に向けて資源の有効活用を促しうる知見を構築し、いち早く普及するために必要な対策の検討が急務である。

こうした問題を検討するため、筆者は昨年度に引き続き、2013年3月21日～22日、ベトナム・ハノイにおいて開催された東アジア首脳会議環境大臣会合（East Asia Summit Environment Ministers Meeting: EAS EMM）第4回「環境的に持続可能な都市（Environmentally Sustainable Cities: ESC）ハイレベルセミナー（High Level Seminar: HLS）」に、社会環境システム研究センターの藤野純一主任研究員と共に参加し、会合の分科会の一つである「低炭素社会」セッションのとりまとめを行った。以下に、第4回ESC HLSの概要、および、「低炭素社会」セッションにおける議論の概要を紹介する。

2. 第4回「環境的に持続可能な都市ハイレベルセミナー（ESC HLS）」の概要

第4回ESC HLS（注3）は、ベトナム、日本、インドネシア、オーストラリアが共同議長を務め、15か国の政府、21の地方自治体、29の国際機関、民間企業、NGO、大学・研究機関等から、約200名が参加した。

第4回HLSの開催目的は、第1に、日・ASEAN統合基金（JAIF）の下で実施しているASEANモデル都市プログラムの成果をASEAN各国が報告することであった。第2に、廃棄物管理、都市部における水と衛生、大気環境の改善によるコベネフィット、政策と法改正、都市部における気候変動適応策、低炭素社会という六つのテーマの下、国や自治体、各種機関のESCに向けた取り組みの進捗報告、将来に向けて必要な活動や協力体制に関する意見交換を行い、国や組織の壁を越えたネットワーク化を促進しながら、ESC実現に向けた都市間協力を拡大・強化していくことであった。過去3回の会合と同様、今回のHLSにおいても参加者間で議論し、合意を得た五つのポイントをEAS環境大臣に進言することを柱とする議長サマリーを取りまとめ、採択した（注4）。

3. 「低炭素社会」セッション

テーマ別セッション「低炭素社会」は、藤野主任研究員と、（公財）地球環境戦略研究機関（IGES）の小塚一久研究員が共同議長を務め、マレーシア・ジョホール州イスカンダル特別開発区、東京都、フィリップス エレクトロニクス（Philips Electronics Singapore Pte Ltd）、経済協力開



発機構 (Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD)、中国科学院広州能源研究所、世界資源研究所 (World Resources Institute: WRI)、イクレイ - 持続可能性をめざす自治体協議会日本事務所からの代表7名の発表者が、アジア各都市の温室効果ガス (Greenhouse Gas: GHG) 削減に向けたプロジェクト概要を紹介し、他の都市、および国レベルでのプロジェクト普及のために必要な取り組みについて、セッション参加者と知見の共有や議論が行われた。

イスカンダル地域開発庁 (Iskandar Regional Development Authority: IRDA) の Boyd Dionysius Jouman 氏は、2025年までのマレーシア・イスカンダルスマートシティ構想について発表し、他分野との政策調整や関連機関との連携、適切な情報通信技術の利用によるコスト削減、人材育成、民間企業主導による継続的かつ一貫した取り組みに必要とされる官民連携などの課題について述べた。東京都の鈴木研二氏は、ESC 実現に向け経済的・規制的手法を採り入れた、大規模排出事業者に対する排出総量削減義務と排出取引制度 (東京キャップアンドトレード制度、2010年度導入) と建築物環境計画諸制度について発表し、これらをアジアの諸都市に普及する方法を検討していると言及した。Philips の Edmund Hui 氏は、路上や歩道で状況に応じて明るさを自動制御できる LED 電球を開発し、コストを抑えつつ、市民の安全を守り、かつ CO₂ 排出を 50 ~ 70% 削減可能なパイロットプロジェクトを世界中の都市部で展開していることを紹介した。OECD の松本忠氏は、OECD が、急成長を

遂げているアジアの都市を対象に、共通の手法で都市の経済・環境パフォーマンスを分析・比較し、都市のグリーン成長政策の評価を目的としたプロジェクトを展開すると発表した。中国科学院広州能源研究所の Wang Peng 氏は、中国の工業団地における低炭素発展について研究を行い、新たな工業団地の低炭素開発計画を紹介した。Peng 氏は、低炭素技術の普及が工業団地発展のカギを握るが、環境規制を行うなかで低炭素経済を形成するには、進捗状況を評価する指標の策定と分析、関係者の説明責任能力を高めることなどが必要であると強調した。WRI の Wee Kean Fong 氏は、低炭素都市計画の策定、実施評価、進捗管理を適切に行うためには、GHG 排出量の継続的な測定が不可欠であると述べた。また、Fong 氏は途上国における現行の GHG の算定方法に一貫性がなく、直接排出量と間接排出量の区別があいまいで、ダブルカウンティングを導いていることから、国際基準の構築の必要性を強調した。さらに、自治体レベルの GHG 削減に向けた測定・報告・検証 (Measurable, Reportable, Verifiable: MRV) を推進するために、アジアの数十都市におけるパイロットプロジェクトの開始を発表した。イクレイ日本事務所の岸上みち枝氏も、WRI 同様、アジアそして世界全体の GHG 削減のために、各自治体が主体的に都市の MRV に取り組むことの重要性を述べ、一例として、世界の自治体の GHG 削減対策データを世界共通の様式でオンライン公表する都市気候レジストリプロジェクトについて紹介した。また岸上氏は、都市間ネットワークを強化し、各都市が課題克服に向けた知見や経験を共有できる場を提供すると共



写真1 「低炭素社会セッション」で共同議長を務める社会環境システム研究センター藤野主任研究員とIGES 小环一久研究員



写真2 「低炭素社会」セッションの発表者たち



に、これらの知見を国内外に発信し、自治体による自主的な気候変動対策や説明責任を促しながら地球全体の GHG 削減を推進していく重要性について指摘した。

今回の「低炭素社会」セッションは、藤野主任研究員の工夫により、上記発表者による発表後、各発表者を中心としたグループ分けを行い、本セッションに出席したすべての出席者が、議論を深めたいと思う発表者に質問し、それぞれが知る事例を紹介し、情報を共有し合った。最後に、各発表者が各グループで話題に上ったことや議論した内容を取りまとめ、セッション出席者全員に報告した。これによりセッションの出席者全員が発言可能となり、それぞれの関心事に沿ったネットワーク形成の機会を得た。

本セッションの全体議論においては、ESC の実現に向け、各都市にはそれぞれ異なる優先順位やノウハウ、課題があること、各都市がその社会経済状況に応じて、世界全体の GHG 削減にも寄与する環境的に持続可能な低炭素都市開発戦略を策定し、その対策評価を実施するには、各自治体共通の GHG インベントリ算定方法や MRV 手法を構築する必要があるという共通見解が得られた。また、そのような共通の手法の策定は、各自治体による、科学的知見に基づいた、実行可能な低炭素開発戦略やグリーン成長戦略や、都市開発の一部としての MRV の推進にもつながるという認識も共有された。これらの取り組みを具体的に推進するには各都市の実情に応じたさらなる研究が必要となる。本セッションの最後には、本セッションの共同議長が、低炭素アジア研究ネットワーク (Low Carbon Asia Research Network: LoCARNet) を紹介し、各国に根拠いた研究能力と科学的知見の醸成には、研究者間の協働、研究者と各国、各自治体の政策決定者との対話の促進が重要であることを強調した。

4. おわりに

今回の ESC HLS においても、アジア地域の小都市から大都市、各国政府、国際機関、民間企業、NGO/NPO、研究機関の参加者から、低炭素社会実現にかかる課題克服に向けて多様な知見や経験、事例が報告され、活発な意見交換がなされた。ア

ジアの都市の経済発展とともに、環境的に持続可能な低炭素社会を構築するには、エネルギー、廃棄物、交通等の対策と、雇用の促進や経済開発などの目的と都市の将来ビジョンがうまくリンクしている必要がある。GHG インベントリに関して言えば、2014 年からは途上国も隔年で国家 GHG インベントリを UNFCCC に対して報告することが義務付けられたことに対応して、各国政府機関の関係職員に加え、自治体の関係職員に対するインベントリ作成能力の向上を支援する仕組みが必要であろう。特にアジア途上国に対しては、地域唯一の付属書 I 国として毎年インベントリ報告を行っている日本が主導して支援を推進していくことが重要である。筆者は、アジアにおける持続可能な低炭素都市開発の実現に向け、科学的知見に基づきながらセクター横断的で学際的な知見を構築・共有していくためのスキームについて、トップダウン・ボトムアップ的手法それぞれの特徴を整理しながら検討していきたい。

(注1) Clean Air Initiative for Asian Cities Center (CAI-Asia) and Cities Development Initiative for Asia (CDIA), 2012 "Climate Change Plans and Infrastructure in Asian Cities"

http://cleanairinitiative.org/portal/sites/default/files/documents/Climate_Change_Plans_and_Infrastructure_in_Asian_Cities_-_Low_Res.pdf を参考。

(注2) 第4回 ESC HLS ラオス政府からの出席者の発表 <http://www.hls-esc.org/documents/4hlsesc/4th%20HLS%20ESC%20APPENDIX%20D.pdf> を参考。

(注3) ESC HLS の開催背景、および、第1回～第3回までの ESC HLS の概要については、朝山由美子「アジアの都市による環境的に持続可能で低炭素社会実現に向けた取り組み—東アジア首脳会議環境大臣会合 第3回『環境的に持続可能な都市ハイレベルセミナー』の参加報告—」地球環境研究センターニュース 2012年6月号を参考にされたい。

(注4) 第4回 HLS の議長サマリーの詳細は、<http://www.hls-esc.org/documents/4hlsesc/4th%20HLS%20ESC%20Chair's%20Summary.pdf> を参照されたい。また、プログラム、各発表資料は、<http://hls-esc.org/node/7> を参照されたい。



わが国の2011年度(平成23年度)の温室効果ガス排出量について ～総排出量 13 億 800 万トン。

前年度比で増加するも、第一約束期間の目標達成へ近づく～

地球環境研究センター温室効果ガスインベントリオフィス 高度技能専門員 酒井 広平
地球環境研究センター温室効果ガスインベントリオフィス マネージャー 野尻 幸宏

1. はじめに

国立環境研究所 地球環境研究センター 温室効果ガスインベントリオフィス(以下、GIO)は、環境省の委託を受け、わが国の温室効果ガスインベントリの作成を行っています。2013年4月12日に、GIOと環境省は「2011年度(平成23年度)わが国の温室効果ガス排出量」を公表しました。その概要を簡単に紹介します。

なお、本年の算定および報告書では、2012年度に実施された「温室効果ガス排出量算定方法検討会」(環境省主催)で決定した新規算定方法等の反映、インベントリ審査における指摘等を踏まえた改善が図られています。

2. 温室効果ガスの総排出量

1990年度から2011年度までのわが国の温室効果ガスの排出量の推移を表1に示しました。2011年度の温室効果ガス総排出量(各温室効果ガスの排出量に地球温暖化係数(注1)を乗じ、CO₂換算したものを合算した量)は13億800万トン(CO₂換算、

以下省略)であり、京都議定書の規定による基準年排出量(注2)を3.7%上回りました。このように基準年排出量を上回ったのは2008年度以来、3年ぶりです。前年度比4.0%(5,030万トン)の増加で、2年連続の増加となりました。前年度からの排出量増加の要因としては、東日本大震災の影響等により製造業の生産量が減少する一方、火力発電の増加によって化石燃料消費量が増えたことなどが挙げられます。

3. 各温室効果ガスの排出量

(1) 二酸化炭素(CO₂)

2011年度のCO₂排出量は12億4,100万トンであり、基準年比で8.4%の増加、前年度比で4.2%の増加となりました。

部門別(電気・熱配分後)(注3)では、産業部門からの排出量(注4)が基準年比で13.1%の減少、前年度比で0.5%の減少となりました(図1)。前年度からの減少は、東日本大震災などによる生産量の減少に伴い、製造業からの排出量が減少したこ

表1 各温室効果ガス排出量の推移(1990～2011年度、単位:百万トン)

温室効果ガス	京都議定書の基準年	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	基準年比(2011年度)	前年度比(2011年度)
二酸化炭素(CO ₂)	1,144	1,141	1,224	1,251	1,282	1,263	1,296	1,214	1,141	1,191	1,241	8.4%	4.2%
エネルギー起源	1,059	1,059	1,135	1,167	1,203	1,185	1,218	1,138	1,075	1,123	1,173	10.8%	4.4%
非エネルギー起源	85.1	82.0	88.5	84.6	79.6	77.9	77.7	75.4	66.3	67.6	67.6	-20.5%	0.02%
メタン(CH ₄)	33.4	32.1	29.9	26.1	23.0	22.7	22.3	21.8	21.2	20.7	20.3	-39.2%	-2.1%
一酸化二窒素(N ₂ O)	32.6	31.6	32.6	28.9	23.9	23.9	22.7	22.7	22.5	22.0	21.6	-33.7%	-1.7%
ハイドロフルオロカーボン類(HFCs)	20.2		20.3	18.8	10.5	11.7	13.3	15.3	16.6	18.3	20.5	1.3%	11.8%
パーフルオロカーボン類(PFCs)	14.0		14.3	9.6	7.0	7.3	6.4	4.6	3.3	3.4	3.0	-78.5%	-11.5%
六ふっ化硫黄(SF ₆)	16.9		17.0	7.2	4.8	4.9	4.4	3.8	1.9	1.9	1.6	-90.3%	-12.1%
合計	1,261	1,205	1,338	1,342	1,351	1,333	1,365	1,282	1,207	1,257	1,308	3.7%	4.0%

※土地利用、土地利用変化及び林業(LULUCF)分野の排出・吸収量は除く。

と等によります。

運輸部門からの排出量は基準年比で5.9%増加、前年度比で1.0%の減少となりました。基準年からの増加は貨物からの排出量が減少した一方で、旅客（主に自家用乗用車）からの排出量が増加したことによります。なお、運輸部門からの排出量は1990年度から2001年度までは増加傾向にありましたが、その後は減少傾向が続いています。主な原因としては、自動車の燃費の改善、自動車の小型化（軽・小型自動車の比率増加）、輸送量の頭打ちが挙げられます。

家庭部門、業務その他部門(注5)からの排出量は、それぞれ基準年比で48.1%、50.9%の増加、前年度比で9.8%、14.3%の増加となりました。前年度からの増加は、いずれの部門も火力発電の増加により電力排出原単位が悪化し、その影響を受けて電力消費に伴う排出量が増大したためです。また、家庭部門の基準年比排出量の大幅な増加は、家庭用機器の大型化・多様化、世帯数増加などによる電力等のエネルギー消費の急激な伸びが原因です。同様に、業務その他の部門の排出量増加は、事務所や小売等の延床面積の拡大、それに伴う空調・照明設備の増加、オフィスのOA化の進展等による電力等のエネルギー消費の急増によるものです。

非エネルギー起源CO₂排出量(注6)は、基準年比で20.5%の減少、前年度比でほぼ横ばい(0.02%増)となりました。基準年からの減少は工業プロセス分野(セメント製造等)からの排出量が減ったことによります。

(2)メタン(CH₄)、一酸化二窒素(N₂O)、ハイドロフルオロカーボン類(HFCs)、パーフルオロカーボン類(PFCs)、六ふっ化硫黄(SF₆)

2011年度のCH₄排出量は2,030万トンであり、基準年比で39.2%、前年度比で2.1%の減少となりました。基準年からの排出量の減少は廃棄物埋立量が減り、廃棄物分野からの排出量が減少したこと等によるものです。

2011年度のN₂O排出量は2,160万トンであり、基準年比で33.7%、前年度比で1.7%の減少となりました。基準年からの減少は、6,6-ナイロンの原料となるアジピン酸の生産に伴うN₂O排出量が分解装置の導入で削減され、家畜排せつ物、農用地の土壌などからの排出量が減ったことによります。

2011年のHFCs、PFCs、SF₆のそれぞれの排出量は2,050万トン、300万トン、160万トンであり、基準年(1995年)比でそれぞれ1.3%の増加、78.5%の減少、90.3%の減少、前年比でそれぞれ

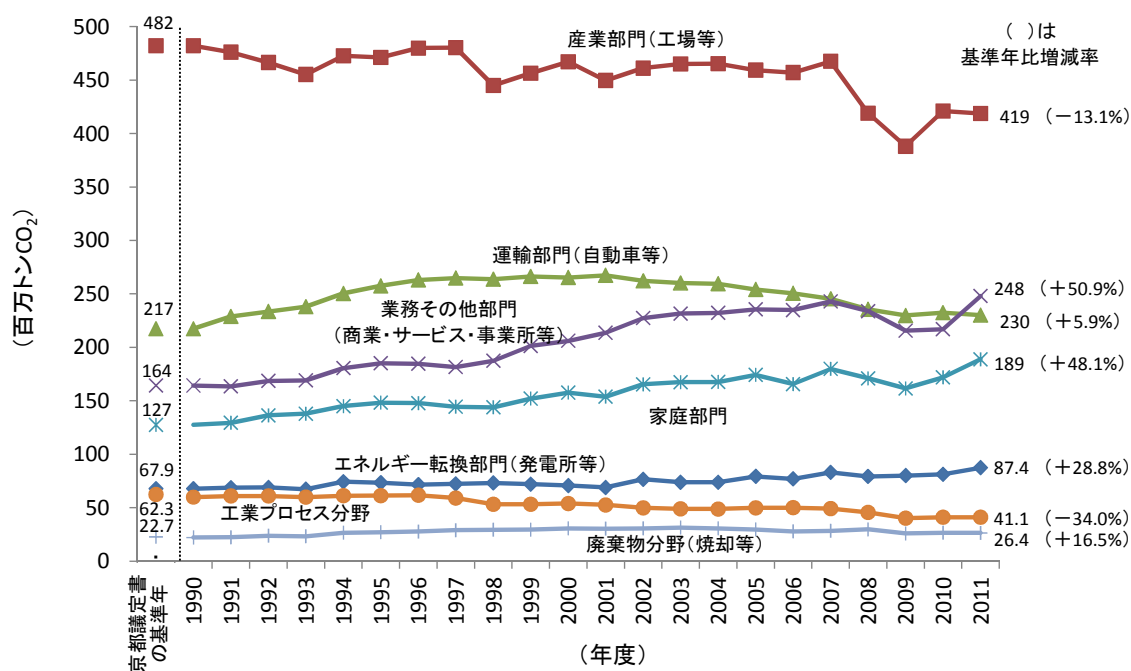


図1 二酸化炭素の部門別排出量(電気・熱配分後)の推移

11.8%の増加、11.5%の減少、12.1%の減少となりました。基準年からのHFCsの増加は、HCFC-22製造時におけるHFC-23排出量の減少等の一方で、オゾン層破壊物質であるHCFCからHFCへの代替に伴い冷媒からの排出量が増加したことによるものです。また、基準年からのPFCs、SF₆の減少は、それぞれ洗浄剤・溶剤等からのPFCs排出量の減少等、変圧器等電気絶縁ガス使用機器からのガス回収といった管理強化等によります。

4. 吸収源活動の排出・吸収量

わが国は京都議定書に基づく吸収源活動の排出・吸収量についても算定を行い、インベントリの補足情報として国連気候変動枠組条約（UNFCCC）事務局に提出しています。その量は、2011年度は5,210万トンの吸収（森林吸収源対策5,100万トン、都市緑化等110万トン）となっており、基準年排出量の4.1%に相当します（うち森林吸収源対策による吸収量は4.0%に相当）。

5. 京都議定書第一約束期間の目標達成状況

森林吸収量の目標（注7）と京都メカニズムクレジット（注8）を加味すると、京都議定書第一約束期間の4年平均（2008～2011年度）は基準年比－9.2%となります（図2）。2008～2012年度の5年

の平均値がわが国の目標値である－6%を下回ってれば目標達成となります。上記の－9.2%という数値は確定したのではなく、具体的な2012年度の排出量（注9）は現時点では不明ですが、これまでの結果を考慮すると、京都議定書第一約束期間の目標はおおよそ達成できる見通しとなっています。

6. おわりに

GIOでは、今後もウェブサイトや報告書の改善を図っていく予定です。なお、本稿に使用した2011年度の温室効果ガス排出吸収量に関する情報はGIOのウェブサイト〈<http://www-gio.nies.go.jp/index-j.html>〉にて公表しておりますので、ご利用ください。

【参考文献】

- ・日本国温室効果ガスインベントリ報告書（2013年提出版）
- ・GIO「日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2011年度確定値）」
〈<http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html>〉
- ・国立環境研究所「2011年度（平成23年度）の温室効果ガス排出量（確定値）について」
〈<http://www.nies.go.jp/whatsnew/2013/20130412/20130412.html>〉

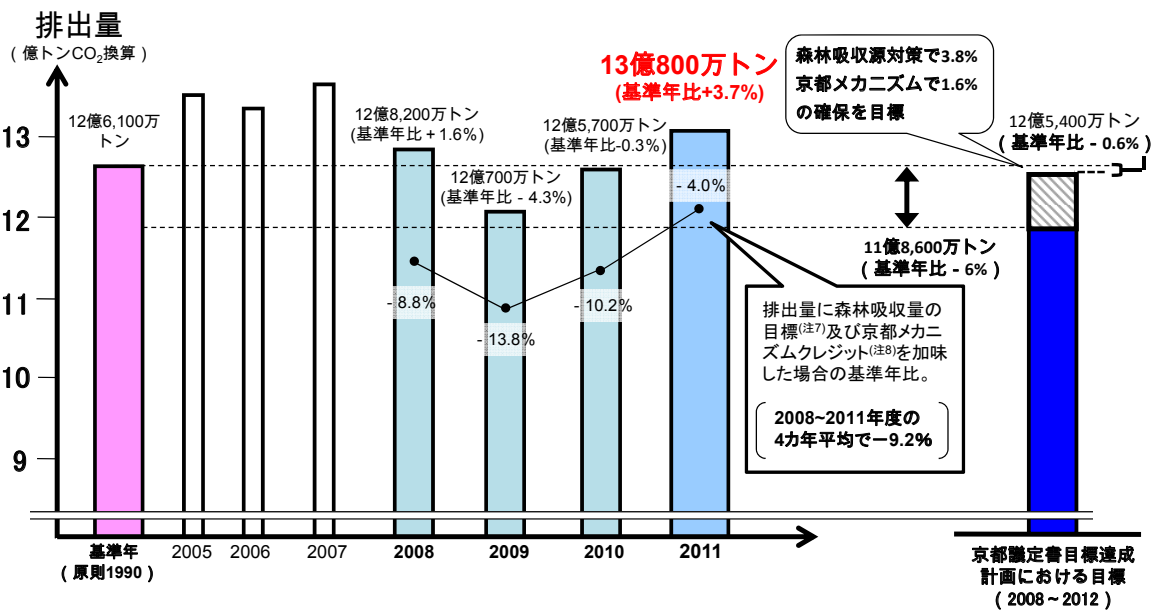


図2 京都議定書第一約束期間の目標達成状況



- (注1) 地球温暖化係数 (Global Warming Potentials: GWP) : 温室効果ガスが一定時間内に地球の温暖化をもたらす程度を、二酸化炭素の当該程度に対する比で示した係数。京都議定書第一約束期間は、IPCC 第二次評価報告書 (1995) に示された 100 年値を用いる。CO₂ = 1、CH₄ = 21、N₂O = 310、HFCs = 1,300 など、PFCs = 6,500 など、SF₆ = 23,900 である。
- (注2) 京都議定書の基準年の値(12億6,100万トン)は、「割当量報告書」(2006年8月提出、2007年3月改訂)で報告された1990年のCO₂、CH₄、N₂Oの排出量および1995年のHFCs、PFCs、SF₆の排出量であり、変更されることはない。一方、毎年報告される1990年値、1995年値は算定方法の変更等により変更されうる。
- (注3) 発電および熱発生に伴うエネルギー起源のCO₂排出量は、電力・熱消費量に応じて各最終消費部門に配分されている。また、廃棄物のうち、エネルギー利用分の排出量については廃棄物部門で計上しているため、わが国としてUNFCCC事務局に提出している「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」で示されている数値とは異なる。
- (注4) 産業部門(工場等。工業プロセスを除く)からの排出量は、製造業(工場)、農林水産業、鉱業および建設業におけるエネルギー消費に伴う排出量を表し、第三次産業における排出量は含んでいない。また、統計の制約上、中小製造業(工場)の一部は業務その他部門(オフィスビル等)に計上されている。
- (注5) 業務その他部門(オフィスビル等)には、事務所、商業施設等、通常概念でいう業務に加え、中小製造業(工場)の一部や、一部の移動発生源が含まれる。
- (注6) ここでいう非エネルギー起源CO₂排出量は、工業プロセス分野と廃棄物分野からの排出量を合わせた値である。
- (注7) 森林吸収量の目標値は、京都議定書目標達成計画に掲げる基準年総排出量比約3.8%(4770万トン/年)である。2008～2011年度までの4年平均の結果では、おおよそこの目標レベルにある。
- (注8) 京都メカニズムクレジットには、わが国の政府が2012年度までにクレジット取得事業により取得したクレジットの総契約量(約9,750万トン)を5か年で割った値(基準年比約1.5%/年に相当)と民間事業者が取得した京都メカニズムクレジット量(ここでは電気事業連合会が取得したクレジット量)が含まれている。
- (注9) 2012年度の排出量に関して、原子力発電所の利用率は2011年度よりも低下するため、化石燃料消費量が増加し、CO₂排出量は増加すると予測されている。



Global Carbon Budget 2012

— 広がり続ける 2°C 目標へ向けた排出経路とのギャップ —

地球環境研究センター 特別研究員 加藤 悦史

1. はじめに

グローバルカーボンプロジェクト (Global Carbon Project: GCP) は、地球の持続可能性において極めて重要である炭素循環の科学的解明に向けて、2001年に設立された国際研究プログラムであり、豪州キャンベラオフィスとともに、ここ国立環境研究所にも国際プロジェクトオフィスが設置されています。GCPでは、近年も引き続き増加傾向にある人為的な二酸化炭素排出、および炭素循環による大気・陸域・海洋での収支について毎年レポートを作成しています。昨年末のレポートの元となるデータセット論文 (The Global Carbon Budget 1959-2011) の執筆に、筆者も共著者として参加しました。ここでは、そのレポートの概略を紹介したいと思います。

2. The Global Carbon Budget 1959-2011

現在の二酸化炭素収支を考慮すると、気温上昇を産業化以前と比べて2°Cに抑えるための排出削減目標を達成することが難しくなってきたことを、GCPは2012年末にNature Climate Change誌 (<http://www.nature.com/nclimate/journal/v3/n1/full/nclimate1783.html>) に発表しました。この論文の解析の元となった新たなデータセットに関する成果は、Earth System Science Data誌 (<http://www.earth-syst-sci-data.net/5/165/2013/essd-5-165-2013.html>) に発表されています。

豪州連邦科学産業研究機構 (CSIRO) GCP キャンベラ国際オフィス事務局長のペップ・カナデル (Pep Canadell) 博士は、「2°C目標への経路に移行するためには、全世界での迅速・大規模かつ継続的な緩和努力が必要である」と強調しています。Earth System Science Data誌に掲載されたレポートにおいて、世界の化石燃料起源の二酸化炭素排出量は、前年比で2011年では3%増、2012年では2.6%増となり、2012年の排出量は1990年比で58%の

増加となっていることを報告しています。2012年における最新値は、GDPの増加率と経済活動による炭素強度の改善からの推定です。ペップ・カナデル博士はまた、「近年の二酸化炭素排出は、いろいろと考慮されている排出シナリオのうち、最も高い排出シナリオの経路をたどり続けており、2°C目標を達成するための経路との差が広がっている」と説明しています。さらに、「現在進行中の気候変動に関する国際交渉において、現時点での温室効果ガスの排出経路と、産業化以前からの気温上昇を2°C以下に抑えうる可能性との間にギャップが広がっていることについて認識し、行動する必要がある」とも述べています。

Nature Climate Change誌に掲載された研究において、近年の化石燃料の燃焼、セメント製造、ガスフレアによる二酸化炭素排出と、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) による気候変動予測に用いられる排出シナリオの比較を行っています。この研究を率いたノルウェー国際気候環境研究センター (CICERO) のグレン・ピーターズ (Glen Petes) 博士によると、「2020年までに世界的な排出量のピークを迎え、2°C以下の気温上昇を抑える経路に従うためには、かなり大きな二酸化炭素排出削減率が必要となる」とのことです。博士は、「削減には、大量排出国である、中国、アメリカ合衆国、EU、そしてインドにおけるエネルギー転換が必要である」と述べています。さらに、「産業化以前と比べた全球平均の年平均気温の上昇を2°C以内に抑えるためには、技術的、社会的、政治的な革新の遂行が必要であり、また、将来においては、正味に負となる二酸化炭素排出に頼る必要性が大きくなっている」と述べています。

3. まとめ

産業化以前からの気温上昇を2°Cに抑えるための排出削減の観点から、GCPでの研究活動の一端を

紹介しました。GCP ではこのように、気候変動に対する適応、緩和、それに伴うコストに関する政策決定プロセスに貢献するために、毎年の二酸化炭素排出および収支に関する推計を出しています。2012年レポートからは、推計に関するデータセットを科学的に透明な形で提供するために、Earth System Science Data 誌に継続的に論文発表していくことになりました。詳細については、[http://www.](http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/index.htm)

[globalcarbonproject.org/carbonbudget/index.htm](http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/index.htm) を参照していただければと思います。また GCP では、グレン・ピーターズ博士が最後に述べている、気温上昇を2℃などの低いレベルに抑えるための負の排出の必要性、すなわち大気中の二酸化炭素を何らかの技術等で取り除く必要性についても、現在科学的な検討を行っているところです。



最近の研究成果

地球環境研究センター職員および地球温暖化研究プログラムメンバーによる最近の研究成果を紹介します。



2010年南アマゾン早魃に関するイベント・アトリビューション研究

地球環境研究センター気候変動リスク評価研究室 研究員 塩竈 秀夫

極端な気象現象が発生した際、「これは地球温暖化のせいでは生じたのか？」という疑問がわく。しかし、気象現象は温暖化がなくても発生するものなので、個別のイベントが温暖化に起因するかどうかを断定することは、原理的にできない。一方で、同じようなイベントが発生する確率や、発生した場合の強さに対する人間活動の影響に関しては、気候モデルを用いて推定することが可能である。このような研究は、イベント・アトリビューション [気象イベントの要因推定] と呼ばれ、気候変動研究の新しい分野として注目され始めている。

われわれは、気候モデル MIROC5 を用いて、「人為起源 (温室効果ガスや大気汚染物質の変化など) および自然起源 (太陽活動と火山噴火) 外部強制力を与えた実験」と「自然起源外部強制力のみ与えた実験」をそれぞれ 100 メンバーずつ計算し、2010年に発生した南アマゾン早魃の発生確率が、人間活動によってどの程度変化していたかを推定した。解析の結果、その年の海面水温の内部変動と人為起源外部強制力の両者が、早魃の発生確率を高めていたことが示唆された。ただし、この要因推定の結果は、モデルの誤差補正手法に敏感で

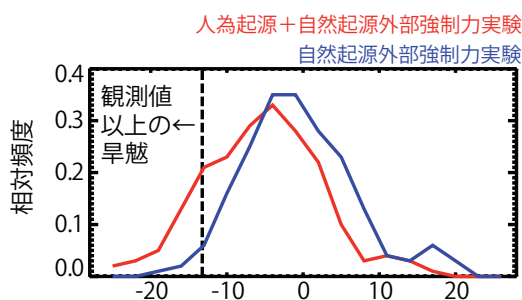
あり、さらなる検討が必要であることもわかった。

【本研究の論文情報】

タイトル：An event attribution of the 2010 drought in the South Amazon region using the MIROC5 model.

著者：Shiogama H., Watanabe M., Imada Y., Mori M., Ishii M., Kimoto M.

掲載誌：Atmos. Sci. Let., (2013) DOI:10.1002/asl2.435.



2010年7-10月平均降水量の1979-2010年平均値からの偏差 (%)

図 人為起源+自然起源外部強制力実験 (赤線) と自然起源外部強制力実験 (青線) における 2010年7月～10月平均南アマゾン降水量偏差 (1979年～2010年平均値からの偏差 (%)) の頻度分布。黒破線の左側が、観測値よりも強い早魃。



国立環境研究所一般公開「春の環境講座」を開催しました

地球環境研究センター気候変動リスク評価研究室 研究員

(国立環境研究所 一般公開実行委員) 横畠 徳太

2013年4月20日(土)に、科学技術週間に伴う国立環境研究所一般公開として「春の環境講座」を開催しました。当日は4月にしては肌寒い天候となりましたが、425名の方々にお越しいただきました。地球温暖化研究棟では、地球温暖化に関する講演会、地球環境にかかわる観測モニタリングや低炭素社会に関する研究の展示、自転車をつかった発電体験を行いました。日頃の私たちの研究成果をお伝えするとともに、皆様からのご質問や貴重なご意見をいただくことができました。内容は以下の通りです。

講演会「地球温暖化研究の最前線を見に行こう」

今年は地球温暖化に関する講演を充実させ、地球環境研究センターと社会環境システム研究センターの6名の研究者から、最新の研究成果や世界の動向について講演しました。人間活動によって排出される二酸化炭素のゆくえ、温室効果ガスの増加による気候変化の予測と現状、気候変化が人間社会や生態系などに及ぼす影響、温暖化を抑えるための「低炭素社会」のあり方と、低炭素社会

に向かう道筋、それを実現するための国際交渉について、興味をもって聴いていただき、貴重なご質問やご意見をいただきました。詳細は13ページと7月号で紹介します。

地球環境モニタリング「海で測る」「空から測る」「宇宙から測る」

日々変化する地球環境の現状を把握するため、国立環境研究所ではさまざまな「モニタリング」活動を行っています。観測された結果は、過去の変化傾向を明らかにする材料となるとともに、将来予測の基礎となる、貴重なデータベースになっています(<http://db.cger.nies.go.jp/>)。私たちは、船舶を使って海から(http://db.cger.nies.go.jp/gem/warm/N_Pacific/jc.html)、航空機を使って空から(<http://www.cger.nies.go.jp/contrail/>)、また人工衛星を使って宇宙から(<http://www.gosat.nies.go.jp/>)、温室効果ガス濃度などの測定を行っています。実際に測定に使う機器や得られたデータを紹介することで、現在の地球環境の姿を実感していただけたのではないかと思います。



写真1 講演会「地球温暖化研究の最先端を見に行こう」の風景。多くの方々に参加していただき、貴重なご質問やご意見をいただくことで、研究者にとっても有意義な時間となりました。

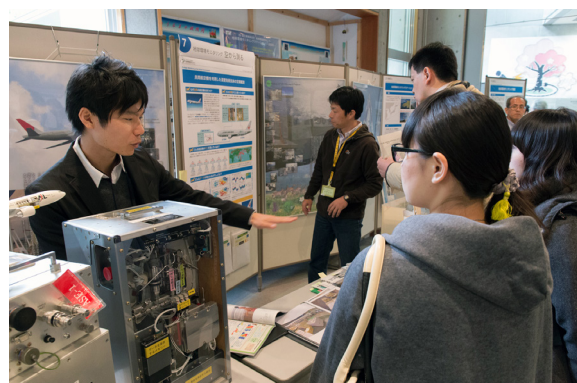


写真2 地球環境モニタリングの展示風景。実際に観測で用いる機器の紹介と、得られたデータなどによって、地球環境の現状を実感していただけたのではないのでしょうか。

温暖化影響モニタリング「高山帯から見えてくる温暖化」「サンゴが知らせる海の温暖化」

温室効果ガス濃度に加え、私たちは地球温暖化が生態系に及ぼす影響のモニタリングも行っています。冬季は雪に覆われ、さまざまな希少動植物のいる高山帯は、特に温暖化影響が現れやすい場所のひとつです (<http://db.cger.nies.go.jp/gem/mountain/>)。また海洋では、二酸化炭素が溶けこむことや水温上昇により、生態系に変化が生じることが考えられます (<http://db.cger.nies.go.jp/gem/coral/>)。普段は見る機会が少ない高山の姿や、観測の難しい海の中をどのように調べるのかなど、モニタリングされた地球環境の現状を実感していただけただけではないでしょうか。

日本とアジアの CO₂「排出量はどれくらい?」「低炭素社会を作ろう」

私たちは、普段の生活や企業の経済活動など、日本全体から排出される温室効果ガスを推計しています (<http://www-gio.nies.go.jp/index-j.html>)。また、温暖化を抑制する社会の実現可能性や実現のための方策についての研究 (http://2050.nies.go.jp/index_j.html) も行っています。世界の国々や日本で排出される二酸化炭素排出量を、わかりやすいように立体的に表現しました。また、例えば家族4人で九州まで旅行するとき、車・電車・飛行機で行くとどれくらい二酸化炭素を排出するのか、排出を減らすことはどこまでできるのかなど、私たちの生活と温室効果ガスのかかわりとこれからの社会について、いろいろな形で展示をしました。

自転車 de 発電

毎年好評のこの企画は、自転車をこぐエネルギーを電気のエネルギーに変えて、いろいろな電化製品を動かしてみる、というものです。大人用と子供用の自転車を用意して、多くの方々に楽しんでいただきました。電球ひとつをつけるのにもかなりの苦労が必要なこと、液晶テレビなどを見るためには本当に精いっぱい自転車をこがなくてはならないことを、実感していただけたことと思います。

今年の一般公開にご来場いただいた皆様に、この場を借りてお礼を申し上げます。ありがとうございました。次は、2013年7月20日(土)に国立環境研究所全体を紹介する「夏の大公開」で、子どもから大人まで楽しんでいただける企画をご用意させていただく予定です。たくさんの方々のご来所をお待ちしております。



写真3 自転車 de 発電の風景。液晶テレビをつけるためには、力いっぱい自転車をこがなくてはなりません。子ども用と大人用の自転車を用意し、いろいろな方々に楽しんでいただきました。



「地球温暖化研究の最先端を見に行こう」 春の一般公開における講演会概要 (1)

地球環境研究センター交流推進係 高度技能専門員 今井 敦子

4月20日(土)に行われた科学技術週間に伴う国立環境研究所一般公開「春の環境講座」において、地球環境研究センターは、社会環境システム研究センターとの共催による講演会「地球温暖化研究の最先端を見に行こう」を行いました。講演内容(概要)を2回に分けてご紹介します。なお、「春の環境講座」の報告は11ページに掲載しています。



最近の世界の二酸化炭素排出と地球規模炭素循環

地球環境研究センター 上級主席研究員 野尻 幸宏

今日は、世界の二酸化炭素(CO₂)排出の急激な増加、ちょっと複雑ですがCO₂の地球規模循環(大気・陸・海洋)についてお話いたします。また炭素循環を考慮した温暖化対策についてもご説明します。

CO₂排出量は急速に増えている

CO₂排出量はPgC(ペタ [10¹⁵] グラム炭素) = GtC(ギガ [10⁹] トン炭素)、または、CO₂億t(CO₂換算)で表現します。2011年の化石燃料燃焼(セメント生産)起源のCO₂排出量は9.5PgCです。1Pgは1km x 1km x 1kmの水の重さなので、9.5PgCは立方km 9.5杯に相当します。CO₂はドライアイスにすると凝縮します。9.5PgCは海底に1km x 1km x 10kmのくぼ地があったら入ってしまうので、地球全体の大きさから見たらそれ程巨大量ではありません。しかしこれが大気に出ていくと温暖化という現象が起こります。

CO₂の排出量と経済活動とは密接に関連しています。オイルショックやリーマンショックなどの経済危機でCO₂排出は鈍化しましたが、経済的理由でエネルギー利用効率が進んでいますが、効率化を上回る勢いで人間活動が活発化していますから

結果的にCO₂排出は増加しています。気候変動の将来予測には将来のCO₂排出を推定したシナリオを用いなければなりません。前提になるCO₂の排出ルート(シナリオ)と照らし合わせてみると、2000年からは年間3%程度増加し、排出推移は排出シナリオの上限値近くをたどっています。つまり、強い削減シナリオに世界を向けるには、既にハンディがあります。

先進国の対策だけでは減らない世界の排出量

CO₂排出は先進国だけの問題ではなくなってきました。2007年に公表されたIPCC第4次評価報告書(AR4)にある2004年の地域別に見た世界の温室効果ガス排出量によると、先進国(京都議定書付属書I国)の温室効果ガス排出量は世界全体の46%ですが、途上国は54%です。2011年の予測では途上国が60%になります。

途上国は生活水準が高くないと考えられるので、一人あたりの排出量も低いのでしょうか。2009年の一人あたりのCO₂排出量を見ると、世界平均は4.3t、日本は8.6tです。アメリカ、オーストラリア、カナダは先進国のなかで飛び抜けて高い排出量です。しかしそれよりはるかに高いのが、カタール

とアラブ首長国連邦です。世界でもっとも人口の多い中国は世界平均を超えて、5.1tです。また、気候変動枠組条約（UNFCCC）で削減義務のない韓国も日本より2割程度多い10.6tです。

主要国のエネルギー起源CO₂排出量では、中国は現在アメリカを抜いて世界一の排出国になっています。先進国のフランスよりCO₂排出量が多い途上国が9か国あります。一人あたりの排出量が少なくても人口が多いと、国全体として排出量が多くなります。これからの温暖化対策は先進国、途上国の両方で取り組まなくてはならないということです。

日本の排出量：京都議定書第一約束期間の削減義務達成可能か

日本の排出量についてお話しします。国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス（GIO）はわが国の温室効果ガス排出量（CO₂以外の温室効果ガスを含む）を取りまとめ、毎年、UNFCCC事務局に提出しています。2011年度の排出量は13億800万t、基準年比+3.7%です。2011年度は原子力発電所停止の影響が大きく、排出量は増大しました。京都議定書は、2008年から2012年の5年間の平均値で、日本は基準年に対して6%の削減義務があります。排出量だけを見るとマイナス6%に足りないのですが、京都メカニズム（共同実施、クリーン開発メカニズム、排出量取引）や森林吸収源をカウントできますから、達成できる見通しです。部門別に見ると、もっとも多い産業部門は省エネルギーが進んで低下傾向にあります。運輸部門は2000年頃がピークでしたが、自動車の燃費向上などで今は下がっています。一方、業務部門（商店、学校、病院など）と家庭部門は、床面積や機器数（活動量）の増加が省エネルギー効果を上回っていますから、排出量は伸びています（詳細は5ページを参照）。

排出量増加は化石燃料燃焼と土地利用変化（森林破壊）が主な原因

化石燃料燃焼による大気中のCO₂濃度は、1960年代には2.5PgC、立方km升2.5杯だったのが、現在は9.5杯になっています。土地利用変化（森林破

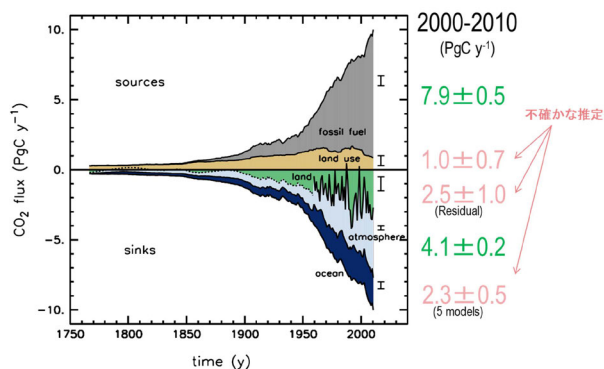
壊）による排出量はかつて1.5PgCでしたが、現在は減少し、約1.0PgCになっています。この二つの要因で大気中のCO₂濃度が上昇してきました。

大気濃度増加は、ハワイのマウナロアをはじめ、国立環境研究所など多機関で観測が続けられ、正確に求められています。CO₂濃度は1980年代に340ppmだったのが、現在は390を超え、400ppmに近づいています（注1）。また、増加率は1980年代、1990年代に比べ、2000年から2010年にかけて上がっています。化石燃料排出量は燃料統計から計算できます。土地利用変化による排出、大変重要な陸と海の吸収量は正確にはわかっていません。これを解明するのが炭素循環研究です。人為起源CO₂排出量に比べて、大気濃度増加が少ない理由は何でしょう。大気残留量は下の式で求めることができます。2000年から2010年の平均の化石燃料排出量は7.9PgCで、大気残留量は4.1PgCです。

$$\text{大気残留量 [4.1PgC]} = \text{人為起源排出量 [7.9PgC]} + \text{1.0PgC} - (\text{陸の吸収量 [2.5PgC]} + \text{海の吸収量 [2.3PgC]})$$

陸と海の吸収量を理解することがなぜ重要かというと、自然吸収源が今後も続くかどうか、必要な温暖化対策の程度を決めるからです。最近の私たちの研究から、海の吸収量2.3PgCについては、手法の異なる複数の研究が一致することにより、かなり正確であることがわかってきました。したがって、差引残差として陸の吸収量は2.5PgCとなります。

どのようにして大気残留量や土地利用変化、海の吸収量を確定してきたのかご紹介します。国立





環境研究所では、地上観測局や航空機、民間船舶を利用してCO₂を測定しています。また、CO₂の炭素同位体比、大気中の酸素／窒素比(O₂/N₂比)の観測、海がどのくらいCO₂を交換しているかを観測しています。陸上の植物はCO₂を吸収するとO₂を放出しますが、海洋はCO₂を吸収してもO₂を放出しません。ですから、大気中のO₂量を測定すると陸と海のCO₂吸収量が理解できます。化石燃料排出量は1980年代から着実に増えています。一方、大気濃度は1980年代、90年代はあまり変化がありませんが、2000年以降は増加率が大きくなっています。なぜこういうことが起こったかという、海のCO₂吸収がわずかに増えているからです。大気中のCO₂濃度が増えると海による吸収が強くなります。



炭素循環とさまざまな温暖化対策

IPCC AR4では、研究から明らかになった炭素循環をまとめています。1990年代の炭素収支(PgC/年)をもとに、研究者としての意見を含んでお話しいたします。

人為起源排出量は6.4PgCですが、森林吸収量(120PgC)と海洋吸収量(90PgC)を合わせると210PgCにもなるので、人為起源排出量は心配しなくても大丈夫でしょうか。産業革命以前の大気中CO₂量(600PgC)と、最近の年間増加量(4PgC)を考慮すると、排出量は150年で2倍になります。これでは間違いなく気候が変わってしまいます。ですから、化石燃料の燃焼によるCO₂排出を減らすことが、第一に考えるべき温暖化対策です。

木はCO₂を吸収するので森を増やせば温暖化対策は十分でしょうか。森林の有機炭素量(土壌を含む)を10%増やしても年間増加量(4PgC)の60年分にしかありません。しかも、10%増やすの

は大変難しいのです。森林は水と光が成立条件ですから、砂漠やツンドラなど適さないところを森林にするのは無理です。森林を増やすより森を守ることが大切です。森林破壊を止めると大気中のCO₂増加は半減します。

バイオマス燃料を使うことは意味のある温暖化

対策でしょうか。陸上植物が作った有機物は放っておいても分解します。その分解過程を横取りして燃料にするのがバイオマス利用です。これは年間の光合成量(120PgC)のたった2%を有効利用するだけで大気中のCO₂濃度増加を半減できます。森林が減ってしまうのではと思われるかもしれませんが、伐採したところに植林すれば将来また使える

ようになります。

コンブやワカメはCO₂を固定するので、増やして燃料に使うのはよい方法でしょうか。海のバイオマスは3PgCしかありませんし、もしその10%が利用できても、温暖化対策としてはわずかです。海洋生物は生成・分解が早いことから適切に漁獲を管理すれば資源は枯渇しません。沿岸保全はバイオマス利用より環境保全にとって意義があり、適切な漁業を支えることにもなります。

CO₂の地層貯留はよい対策でしょうか。CO₂の地層貯留に批判的な意見の人もいますが、化石燃料を燃やしてもCO₂を地下に閉じ込めれば気候に影響しません。CO₂の回収や輸送のために余分にかかるエネルギーが大きくなければ、よい対策になると思います。しかし、あくまで化石燃料を使用するので、ゼロエミッション社会に至るまでのつなぎの技術と考えるのが適当です。

(注1) アメリカ海洋大気局(NOAA)が5月にハワイ・マウナロア観測所で大気中のCO₂濃度の月平均が400ppmを超えたことを発表。



地球温暖化の現状と最新の将来気候予測

地球環境研究センター気候変動リスク評価研究室 研究員 横島 徳太

野尻さんから大気中の二酸化炭素 (CO₂) が増えている、というお話がありました。私の講演では、CO₂が増えた場合に気温や雨などがどう変わっていくかという気候予測の研究についてご紹介したいと思います。

大気中の CO₂ が増えている

ここ 200 年くらいのデータをみると、大気中の CO₂ 濃度は徐々に増えていることがわかります。もっと長い期間、1 万年くらいのデータをみると、この 200 年の間の増加は、それ以前の期間に比べて非常に大きいことがわかります。これは、産業革命があり、私たちが化石燃料をたくさん使うようになったことが原因です。

CO₂が増えると気候がどう変化するかを知るためには、「地球から逃げる熱」について理解することが大切です。太陽によって地球は温められ、同時に、地球から宇宙に熱が逃げています。不思議なことに、大気中の CO₂ は地球から逃げる熱を吸収し、吸収した熱を発するという「温室効果」の役割をもちます。このため、大気中の CO₂ が増加すると、地球が温まることになるのです。

本当に世界中の気温は上がっているのでしょうか。気象庁の気象統計情報によれば、日本周辺において温度計で測った 100 年くらいのデータを見ても、暑い年とそうではない年がありますが、全体として、徐々に気温が上がってきていることがわかります。また過去 100 年で、年間平均気温や夏の平均気温が高い年を順番に並べてみると、2000 年以降の年が数多く上位に入ってきます。世界平均のデータも同様の傾向を示しています。

気候モデルの「性能」と「不確実性」

将来の気候を予測するには、いま説明した CO₂ だけでなく、大気中の水蒸気や雲の振る舞いなど、地球上で起こるさまざまな複雑な現象をきちんと考えなければいけません。このため研究の最前線では、地球環境をコンピュータの中に再現することにより、将来の気候予測を行っております。コンピュータの中に再現された地球は「気候モデル」などと呼ばれています。この研究の方法についてご説明したいと思います。



地球の表面は、陸の部分と海の部分があり、その周りには大気があります。また、地球は 1 日 1 回自転しています。そして、地球には太陽の光があたっていて、太陽から地球までの距離や自転軸の傾きなどの情報から、各場所での光の強さを知ることができます。こういった情報をコンピュータに与えて、地球で起こる現象を、物理で習ったような方

程式で表現すると、海から水蒸気が蒸発して雲ができて、雲から雨が降る、雲が風に流される、といったことを計算することができるのです。

これをもう少し具体的に説明します。実際の計算では、大気と海洋を 3 次元の格子 (数 10 ~ 数 100km) に分割し、各格子で「物理方程式」を解きます。この物理方程式とは、例えば「物体に力が働くと加速度が生じる」といった現象を表現するものです。この場合、物体の重さや力の強さがわかれば、物体に働く加速度の大きさを知ることができます。このように、地球上で成り立つ物理法則を使うことにより、いろいろな現象を再現したり予測したりすることができるのです。ここで注意していただきたいのは、一つの格子では、一つの



温度、降水量しか計算できない、ということです。このため、格子より小さい現象を表現するためには、何らかの仮定をおこななければなりません。例えば、気候モデルで雲を表現する場合、格子点の内部の水蒸気の分布を仮定します。水蒸気の多いところで雲ができると仮定して、計算を行います。ですから、どのような仮定をおくかによって、得られる結果は変わってきます。つまり、モデルには不確実性があるということです。

気象モデルによる過去の再現と将来予測

次に、気候モデルを使って過去を再現し、将来を予測する研究についてご紹介します。過去については、観測されたCO₂の濃度などを与え、実際の気温と比較してモデルの検証を行います。また将来については、例えば、このままのペースでCO₂が増えていった場合などを想定し、気候変化の計算を行います。注意していただきたいのは、モデルによる予測は、将来を「予言」するものではないということです。今後、CO₂の排出量がどう変わるかは、人間社会がどう変化するかによっても変わってきます。また、先ほどお話ししたとおり、そもそもモデルには不確実性があります。これを踏まえて頂いたうえで、1950年から計算を

開始し、2100年までにどのように気温が上がるのかについての、気候モデルの計算結果のアニメーションをお見せします(図1参照)。20世紀の中盤の最初のうちは、暖かい年があったり寒い年があったりで、気温が上がったり下がったりですが、徐々に気温が上がっていきます。特に高緯度の地域ほど気温が上がります。海上の氷や陸上の雪は光をよく反射するので、雪氷があると気温は低く抑えられますが、温暖化すると雪氷が融けていきますから、気温がより上がりやすくなるのです。また、海よりも陸の方が温まりやすいです。このようにいろいろと複雑な原因がからみあって気温が変化し、その変化の仕方は、場所によって違いがあることがわかります。

温暖化の小休止の原因は？

最後に、地球温暖化の現状についてお話しします。世界の平均温度の観測結果から、2000年以降、気温上昇のスピードが鈍っているように見えます(図2参照)。この原因として、さまざまな説が提案されました。その一つとして挙げられたのが、「太陽の活動停滞説」です。太陽活動は10年程度の周期で、微妙に強くなったり弱くなったりしています。最近、太陽活動が弱いところで安定して

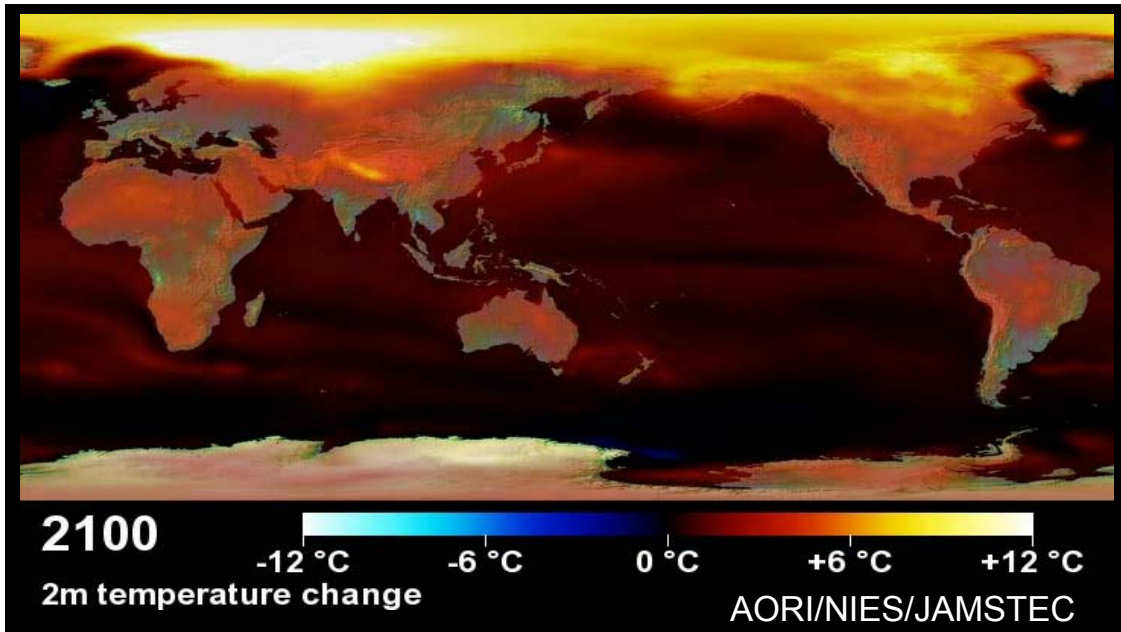


図1 このまま二酸化炭素が増加しつづけることを仮定した場合の、2100年頃の気温の予測結果。東京大学大気海洋研究所 / 国立環境研究所 / 海洋研究開発機構の最新の気候モデル(MIROC5)による将来予測シナリオ(RCP8.5)の結果。20世紀後半と比較した場合の地表気温変化。予測結果の解釈の仕方については本文参照。

いることが観測され、今後もその状態が続くのでは、と推測されました。太陽活動が弱いと、地球を温める強さも弱くなります。さらにこの説では、太陽活動が弱まると、宇宙線の量が増加し、雲の量が増える、というメカニズムが考えられました。地球には宇宙からたくさんの粒子が飛んできており、これは「宇宙線」と呼ばれています。太陽は磁力が強いので、宇宙線を跳ね返す役割をもっています。太陽の活動が弱まると、地球に入ってくる宇宙線の量が増加し、大気の中かでチリがたくさんできるため、雲の量が増えるのでは、という考えです。

しかし現在では、この「太陽活動が停滞する」という効果は、気候変化に対して大きな影響は及ぼさないのではないかと、多くの研究者は考えています。まず、過去の太陽活動の変化から類推すると、今後活動が弱まったとしても、気候を変えるほどではないだろう、と考えられることです。

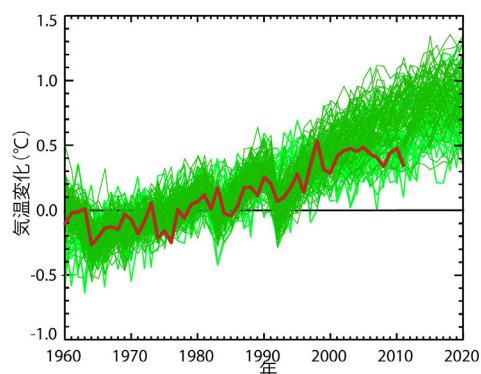


図2 観測された地表気温変化の世界平均値(赤)と、世界の気候モデルによる予測結果(緑)。Watanabe et al. 2013 (GEOPHYS. RES. LETT., 40, 1-5, doi:10.1002/grl.50541) を改変

さらに、1990年代前半までは、雲の量と宇宙線量にはいい相関があるように見えたが、その後観測を継続すると、雲の量と宇宙線量の間には、関係がないことがわかってきました。雲の量は、大気中の水蒸気や、大気的不安定さなど、非常に複雑な過程によって決まってくる。宇宙線の変化量だけで雲の変化量が決まる、と考えることには無理がありそうです。

ではどうして2000年以降、気温上昇が停滞しているように見えるのでしょうか。実は、詳しい原因はわかっていません。一つの有力な説は、海洋によって吸収される熱の量が多くなっている、というものです。海洋が吸収した熱が深層に運ばれると、地表付近の気温の上昇は抑えられます。そして、海洋が吸収する熱の量は、十年程度の時間スケールで大きく変動しています。この変動のせいで、2000年以降、海洋が吸収して深層に運ばれる熱の量が大きくなったため、その間の気温上昇は抑えられたのだろう、という考えです。今後、海洋が吸収する熱の量が変動し、ここ数年のよりも熱の吸収量が小さくなれば、また気温は上がっていくこととなります。実際にこの説が正しいかどうかは、今後の気温の変化が教えてくれることでしょう。

このように地球温暖化が進むと、人間社会や生態系にとって何が問題になるのでしょうか。そして問題がとても深刻な場合、温暖化を止めことはできるのでしょうか。そもそも温暖化を止めるという目標を、世界でどう決めていけばいいのでしょうか。こういった問題については、この後の講演でご紹介します。



温暖化の影響と適応に関する研究

社会環境システム研究センター統合評価モデリング研究室 主任研究員 高橋 潔

気候システムの変化とすでに現れている影響

過去100年くらいの観測データを見ると、気候システムの変化には疑う余地がありません。その影響は自然生態系や人間生活に現れつつあります。

しかし、どんな変化が起きているかを見るためには長期にわたる継続的な観測が必要になります。

観測された雪氷圏への影響としては、氷河湖の拡大や数の増加、永久凍土地域での地盤の不安定



化、山岳での岩雪崩があります。陸上動植物の生息域も変わってきています。一部の動植物は、すべにより高緯度や高地に移動しています。

日本では、植物の開花などについても季節のズレが生じ始めています。今年も早かったですが、ソメイヨシノ（サクラ）の開花日はこの50年間に5日早まっていると言われています。植物だけではなく、昆虫や動物などにも影響が現れています。例えば、チョウ・ガ・トンボ・セミの分布域の北上、マガン越冬地の北海道への拡大があげられます。

温暖化の影響が顕在化しつつあるという科学的知見は、私たちが今行動を起こさなければならぬということの重要な根拠になります。この100年間で世界平均地上気温は約0.7℃上がっています。今後の100年は将来の温室効果ガスの排出量の程度によって違ってきますが、2～4℃の気温上昇が心配されています。これまでに0.7℃上昇で見られた影響に比べて、より大規模な影響、地域によっては非常に深刻な影響が心配されます。問題点を把握して対策を進めていかなければなりません。

将来懸念される影響

将来懸念される影響についてご説明します。生態系では、種の絶滅リスクの増加（現在に比べて1.5～2.5℃の気温上昇で最大30%絶滅）があります。国立環境研究所・北海道大学等の研究成果としても発表され、報道でもよく取り上げられるサンゴの広範な白化・死滅は比較的小さい気温上昇（1～3℃）で起こることが心配されています。

農業では作物の生産性、収量に変化が起こります。低緯度地域では、1～2℃の上昇で農作物の生産性が減少します。中高緯度地域は若干の気温上昇（1～3℃）では生産性は増加しますが、それを超えると生産性は減少します。

水資源は、中緯度地域と半乾燥低緯度地域で水利用可能性が減少したり干ばつが増加したりします。

人間の健康への影響は、熱波、洪水や暴風雨、火災および干ばつによる死亡、疾病等の増加が考えられます。また、感染症媒介生物の空間的分布の変化により、間接的に人間の健康に影響を及ぼすことが心配されています。農業生産性が減少する地域の人が栄養失調を起こすなど、生産性減少とは違った形での心配もあります。

特に影響を受けやすい地域

影響を地域別に見ることもできます。温暖化の影響を受けやすいのは、横畠さんの講演にあったように、気候モデルの予測で気候の変化が大きい地域です。しかしそれだけではなく、現状の生活水準や経済水準、適応力や対応力が関係してきます。

北極は気候変化の速度の大きい高緯度地域なので、早期に温暖化による自然系への影響が懸念されています。アフリカ・特にサハラ以南の地域は、貧困等により、急激な気候変化に対応する経済的な能力、技術的な能力、教育の水準が低い状況にあります。小島嶼国は海面水位の上昇や暴風雨での高波、河川の洪水により、住民とインフラが高いリスクにさらされています。アジアのメガデルタでは、巨大な人口と、海面水位上昇や暴風雨による高波、河川の洪水によるリスクが高くなります。影響を考える場合、どんな気候変化（洪水、気温）が大きくかわるのを見るだけではなく、変化が起きたときに社会・経済的な側面から見て悪影響が起きやすい状況にあるのかについても考慮する必要があります。

影響予測の不確実性

温暖化の影響を考える際にもう一つ重要なことは、気候変化の予測と同様に影響の予測にもさまざまな不確実性があるということです。コンピュータで行われる予測の方法は、まだ完全なものではありません。今後の気候変化を大きく左右する温室効果ガスの排出量の増減も現時点ではわから

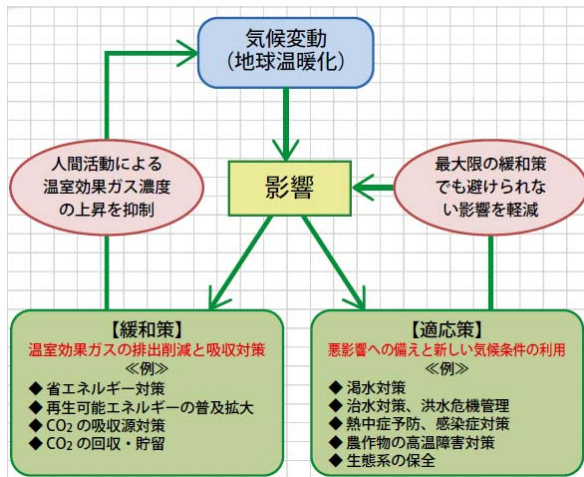


ない、今後私たちが選んで決めていくという要素があるからです。ですから今後50年、100年後にどこでどんな影響が起きるのかについては、大きな不確実性があります。将来の三つの異なる温室効果ガスの排出の見込み（低排出、中～高排出、高排出）それぞれについて、どのケースになったらどのような影響が起きるのかの予測を行いました。例えば高排出の場合、気候の変化が大きいという予測になりますが、予測のモデルの選び方によってさらに予測に幅が出てきます。こういった予測の不確実性の幅も考慮したうえで影響評価も行い、伝えていくことが大切だという思いで研究を進めています。

二つの温暖化対策

温暖化には二つの対策があります。一つは緩和策です。これは、温室効果ガスの排出削減、もしくは吸収量増加を通じて、気候変化の大きさ・速さを小さくするものです。もう一つは、適応策です。気候変化による悪影響を軽減するように影響の受け手側が講じる対策です。気候変化をうまく利用して好影響を助長する対策も含まれます。

適応策の例としてよく紹介されるのが堤防のか



出典：気候変動の観測・予測・影響評価に関する統合レポート「日本の気候変動とその影響（2012年度版）」

さ上げです。温暖化すると平均的な海面も高くなり、高波が堤防を越えてしまうかもしれません。それに備えて、海面上昇のスピードを理解しながら堤防をかさ上げすることで、高波の影響を防ぐことができます。こういった対策は他の影響についても検討することができます。どれが一番効果的か、効率的か、実施することで悪影響が生じないか、などを考慮しながら選択していくことが求められています。

温暖化対策というとこれまでは排出削減が重視されてきましたが、今まさに気候の変化が起きつつある状況ですから、適応策も講じていく方向で社会が動きつつあります。

比較的安価にできる対策の一つをご紹介します。環境省のウェブサイト (<http://www.wbgt.env.go.jp/>) から提供されている熱中症予防情報は、天気予報と連動して、明日、明後日の各地域、各時間帯での熱中症の起きやすさを示しています。それによって水分補給するなど対策を考えることができ、被害を軽減する取り組みです。こういったものは建物を建設したり大きな装置を設置したりする必要はありませんから、安価にできる対策と言えます。こういう対策を他の影響についても検討していかなければならないと思っています。

最後に私たちの研究成果をまとめたものをご紹介します。私たちは、全球規模の温暖化影響研究として、平成24年3月に「気候シナリオ『実感』プロジェクト成果報告書」を発行しました（平成24年4月16日公表）。これは国内の影響分野の専門家と協力しながら各部門について何が注目すべき重要な問題かをまとめたものです (<http://www-iam.nies.go.jp/s5/materials/materials/S5report.pdf>)。また、温暖化影響の全体像を把握し、対策を考えていかなければなりません。そういう目的で関連の研究者でまとめた書籍「地球温暖化はどれくらい『怖い』か？」が技術評論社から昨年発行されました。



アクセスランキング

2012年12月～2013年5月累計

順位	タイトル	執筆者等	掲載号
1	長期観測を支える主人公―測器と観測法の紹介―(2): 透明人間!であるガスを測定する方法―NDIR:二酸化炭素の場合―その1	地球環境研究センター 副センター長 向井人史	2012年7月号
2	全国環境研協議会・酸性雨広域大気汚染調査研究部会	北海道立総合研究機構 環境 科学研究センター(酸性雨広 域大気汚染調査研究部会委 員) 野口泉	2012年6月号
3	「地球温暖化は進行しているのか?」研究者とメディア関係者の対話	岡山大学大学院自然科学研究 科 教授 野沢徹・地球環境研 究センター 気候変動リスク 評価研究室 研究員 横島徳太	2013年4月号
4	長期観測を支える主人公―測器と観測法の紹介―(2): 透明人間!であるガスを測定する方法―NDIR:二酸化炭素の場合―その2	地球環境研究センター 副センター長 向井人史	2012年8月号
5	2013年以降の対策・施策に関する報告書(1) エネルギーの選択肢づくりに関する私見―中央環境審議会地球環境部会2013年以降の対策・施策に関する検討小委員会の議論に参加して―	社会環境システム研究セン ター 持続可能社会システム 研究室 主任研究員 藤野純一	2012年7月号
6	Planet Under Pressure 会議報告―地球環境研究の新しい枠組み Future Earth に向けて―	地球環境研究センター 陸域 モニタリング推進室長 三枝 信子・地球環境研究センター 気候変動リスク評価研究室長 江守正多	2012年6月号
7	平成24年度国立環境研究所夏の大公開「ココが知りたい地球温暖化」講演会概要(1)地球温暖化はどれくらい「怖い」か?(講師:江守正多)	文責:編集局	2012年9月号
8	気候変動と食料生産の将来予測に向けて	地球環境研究センター 気候 変動リスク評価研究室 研究 員 横島徳太	2012年4月号
9	長期観測を支える主人公―測器と観測法の紹介―(1) 渦関連法	地球環境研究センター 陸域 モニタリング推進室 主任研 究員 高橋善幸	2012年4月号
10	四季折々―波照間―時間の波の中で	(財)地球・人間環境フォー ラム 調査研究主任 織田伸和	2013年3月号

地球環境研究センターニュースは、当センターウェブサイトからご覧いただけます。

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

また、国立環境研究所の到着情報メール配信サービスにご登録いただきますと、国立環境研究所ウェブサイトの到着情報をお知らせすると同時に、「地球環境研究センターニュース」発行の際も随時ご連絡させていただきます。国立環境研究所ウェブサイト <http://www.nies.go.jp> のトップページ右下の登録用アイコンをご利用ください。

さらに、RSS をご利用いただくと、RSS フィードによって、「地球環境研究センターニュース」の記事タイトルや URL などの更新情報を自動的に受け取ることができます。当センターウェブサイトの「RSS について」<http://www.cger.nies.go.jp/cgernews/rss/> からフィードを購読し、ご利用ください。

2013 年（平成 25 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

〒 305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2
FAX：029-858-2645
E-mail：www-cger@nies.go.jp
<http://www.cger.nies.go.jp/>