



高山帯における地球温暖化影響を観測するために山小屋に設置したカメラ  
(爺ヶ岳観測サイト。奥に見えるのは鹿島槍ヶ岳)

## 2016年7月号 [Vol.27 No.4] 通巻第307号

### 第4期中長期計画期間がスタートしました

地球環境研究センター長 向井人史

国立環境研究所は、2001年4月に独立行政法人としてスタートして、その後5年ごとの中期計画を3期終えました。2015年4月より「独立行政法人」から「国立研究開発法人」に変わり、研究所としての性格付けがなされたのを受け、この4月（2016年）には第4期の「中長期計画」（5年間）をスタート...

### 第4期中長期計画の「低炭素研究プログラム」始まる

低炭素研究プログラム総括 江守正多

国立環境研究所は2015年度で5年間の第3期中期計画を終了し、2016年度から新たに5年間の第4期中長期計画を開始しました。第4期では、5つの課題解決型研究プログラムを設置しました。5つのプログラムは、低炭素社会、循環型社会、自然共生社会、安全確保社会という、持続可能性の観点から...

### インタビュー「地球温暖化の事典」に書けなかったこと [14] デジカメの観測網で植物フェノロジーの長期変動を探る

地球環境研究センターニュース編集局

「地球温暖化の事典」（地球環境研究センター編著）の執筆者に、新たな知見や今後の展望などをインタビュー。第14回は、小熊宏之さんに、定点カメラを利用した高山帯における地球温暖化の影響観測についてお聞きしました。

### わが国の2014年度（平成26年度）の温室効果ガス排出量について ～総排出量13億6400万トン、2009年度以来、初めて減少に転じる～

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 伊藤洋  
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 連携研究グループ長 野尻幸宏

わが国は国連気候変動枠組条約（以下、UNFCCC）のもと、国際的な責務として日本国の温室効果ガスの排出吸収量の算定を行っています。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（Greenhouse Gas

## オピニオン UNEP Global Environmental Outlookの舞台裏 ～GEO-5日本語版(上)の勧め～

社会環境システム研究センター 地域環境影響評価研究室 主任研究員 一ノ瀬俊明

国連環境計画 (UNEP) は1992年の地球サミットにおける合意 (アジェンダ21) にもとづき、1995年に地球環境概況 (Global Environment Outlook: GEO) プロジェクトを開始した。これはいわば「地球版環境白書」編纂事業というべきものである。1997年の初版に始まり、1999年にGEO-2000、2002年に ...

## 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 交流推進係 (国立環境研究所 一般公開実行委員) 広兼克憲

2016年4月23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。昨年より約1割多い654名の方々に研究所にお越しいただきました。地球環境研究センターは、地球温暖化研究棟1階を公開し、「徹底討論ーバリ協定でどうなる? どうする? 地球温暖化ー」と ...

## 双方向のコミュニケーションで研究と社会をつなぐ 岩崎茜さん (研究事業連携部門社会対話・協働推進オフィス 科学コミュニケーター) に聞く

地球環境研究センターニュース編集局

第4期中長期計画を迎えた国立環境研究所は、社会対話・協働推進オフィス (以下、対話オフィス) を新たに設置し、4月から岩崎茜さんをオフィスの専属スタッフとしてお迎えしました。岩崎さんは日本科学未来館 (以下、未来館) で科学コミュニケーターとして多くの経験を積まれてきました。また ...

## 【最近の研究成果】 気候変動の影響を受ける可能性が高いモンスーンアジア陸域生態系はどこか? 複数モデルを用いた解析

地球環境研究センター 物質循環モデリング・解析研究室 主任研究員 伊藤昭彦ほか

モンスーンアジア地域は、東南アジアの熱帯多雨林からシベリアの亜寒帯林にまたがる特徴的な生態系から構成されており、産物供給や気候調節など様々な生態系サービスをもたらすことでこの地域に暮らす数十億人の生活を支えている。将来の気候変動に伴って、この地域の陸域生態系にどのような変化 ...

## 【最近の研究成果】 陸域生態系のCO<sub>2</sub>交換における季節振幅は拡大傾向にある 複数モデルのシミュレーション結果に基づく解析

地球環境研究センター 物質循環モデリング・解析研究室 主任研究員 伊藤昭彦

陸域生態系における光合成と呼吸には、特に中高緯度において明瞭な季節変化が見られ、それが大気中CO<sub>2</sub>濃度の季節変化に反映されている。最近の観測データより、大気中CO<sub>2</sub>濃度の1年間での最高値と最低値の差 (季節振幅) が過去約50年の間に拡大してきたことが示されており、その原因が注目され ...

## 酒井広平講師による「検定試験問題を解いてみよう」シリーズ [29] 低炭素社会と制度設計 ー 3R・低炭素社会検定よりー

地球環境研究センターニュース編集局

3R・低炭素社会検定は、持続可能な社会の実現のため、3Rや低炭素社会に関する知識を活かして、実践行動を行う人を育てることを目的としています。【3R・低炭素社会検定 低炭素社会分野試験問題解説集「はしがき」より】 検定試験問題から出題します。

## 第4期中長期計画期間がスタートしました

地球環境研究センター長 向井人史

### 1. はじめに

国立環境研究所は、2001年4月に独立行政法人としてスタートして、その後5年ごとの中期計画を3期終えました。2015年4月より「独立行政法人」から「国立研究開発法人」に変わり、研究所としての性格付けがなされたのを受け、この4月（2016年）には第4期の「中長期計画」（5年間）をスタートさせました。「中長期計画」とは、これまでの「中期計画」よりも長い（5～7年）計画の策定が可能なもので、国立研究開発法人では「研究成果の最大化」を目標として、長期的な視点から計画を立てることとなっています。

### 2. 第3期中期計画の成果概要

第3期中期計画において地球環境研究センターでは、(1) 地球温暖化研究プログラム (2) 環境研究の基盤整備としてのモニタリング、データベース、研究支援事業 (3) 地球環境分野における基礎研究を行ってきました。

地球環境研究プログラムでは、観測的研究、リスク研究、政策評価研究の3つのプロジェクトを構成し、社会環境システム研究センターと連携して総合的に研究を推進してきました。その結果はまもなく特別報告書（SRシリーズ）としてとりまとめられることになっています。

この間大気中の二酸化炭素濃度は各地で400ppmを超えてきており、この濃度増加によって地球上での炭素循環が少しずつ変わってきていることや、人為起源の排出量増加による広域濃度分布の変化も認められるようになってきました。これらは、各種の二酸化炭素の観測が地球規模で展開されたことにより、その解析が進みつつあることが基になっています。

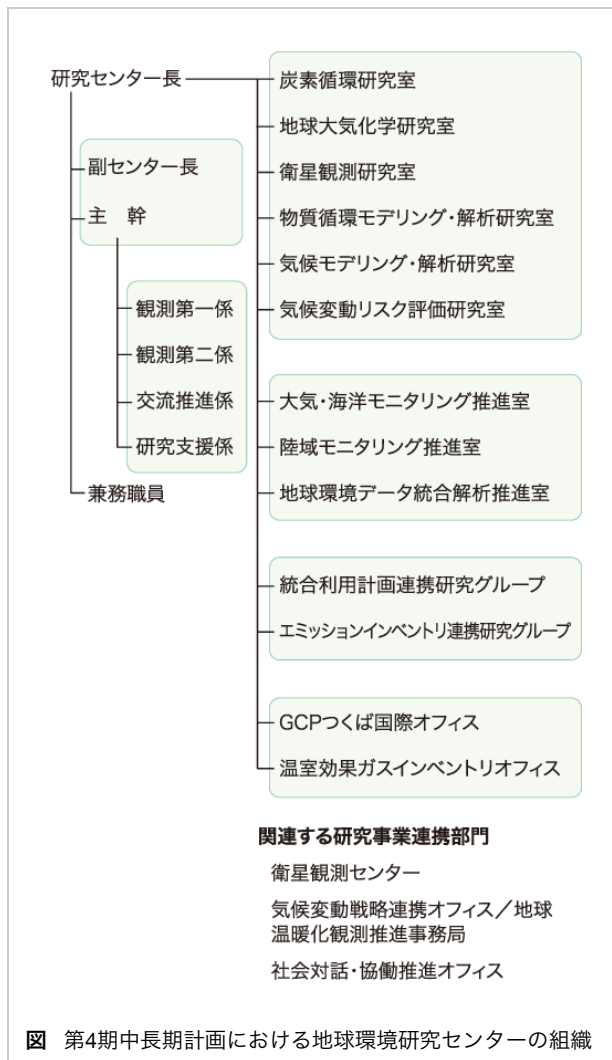
例えば、衛星による観測の展開もそれに大きく寄与しています。2009年に打ち上げられた温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」（GOSAT）による観測は、観測機械の設計寿命5年の経過後も継続して行われており、グローバルな二酸化炭素、メタンフラックス分布推定と合わさって様々な具体的成果をあげてきました。

一方、地球環境モニタリング事業としては、従来のアジア-太平洋地域での温室効果ガスモニタリングに加え、高山帯やサンゴを対象にした温暖化影響に関するモニタリングが開始されたことが重要なポイントになっています。継続的な研究でも、CONTRAILプロジェクト（航空機による大気観測プロジェクト）が複数の著名な顕彰を受けたり、太平洋の海洋モニタリングに関しても国際的に重要なモニタリングとしての賞をいただくなど、観測事業に対する社会からの評価も高まってきました。2016年5月に行われた伊勢志摩サミット及びG7環境大臣会合（富山市）、G7科学技術大臣会合（つくば市）では、いぶき、CONTRAILプロジェクトによる研究成果、そして新しく始めた高山帯モニタリングのこれまでの成果が世界で紹介されています。

また、今世紀末には温室効果ガスの実質的な排出量をゼロにする必要があるとの世界的な認識の下で、環境省環境研究総合推進費S-10「地球規模の気候変動リスク管理戦略の構築に関する総合的研究」によるICA-RUSレポート（<http://www.nies.go.jp/ica-rus/materials.html>）などに代表されるように、気候変動リスクに関してもこれまではない広い分野の研究が展開されたことを新しい成果の例として挙げるすることができます。

### 3. 第4期中長期計画の内容と展望

国立研究開発法人という新たな組織形態の下で迎えた第4期中長期計画は5年間の計画となり、スタートしました。地球環境研究センターが大きな実施責任を負うプログラムとして、低炭素研究プログラム（低炭素研究プログラムの詳細については、江守正多「第4期中長期計画の『低炭素研究プログラム』始まる」を参照）がこれまでの地球温暖化研究プログラムに変わって立ち上がりました。これは基本的に3期の地球温暖化研究プログラムを発展させ、現象解明のみならず温暖化への緩和、適応やそれらの評価も含む、より未来志向の内容としたものです。組織的には、新たに、データベース推進室を地球環境データ統合解析推進室と改名して、集めたデータの統合解析を進める計画となっています。一方で、財政状況は厳しく、これまでより切り詰めた予算で研究を進めなければならない状況にあります。従って、さらに効率的な研究や事業の方法を検討し、様々な工夫をしながら研究を継続していく予定です。



第4期中長期計画の具体的な内容はウェブサイトに掲載されていますが、一部を簡単に引用すると以下のようになります。

「グローバル、アジアおよび国内における低炭素かつ気候変動に適応した社会の実現に向けて、気候変動予測モデル、影響評価モデル、対策評価モデルをより密接に結びつけた包括的なモデル研究体制を構築し、社会経済シナリオと気候変動リスクを描出するとともに、実現可能な適応・緩和策を提示する。また、気候変動影響を考慮しつつグローバルから地域までのマルチなスケールにおける炭素観測管理技術を開発し、地域的な緩和策の効果検証を含む、温室効果ガスのリアルタイムな評価システムを構築する。」

また、研究の基盤整備としての地球環境モニタリングやデータベース等の取り組みの重要性が下記のように記載されました。

「各種プラットフォームによる温室効果ガス等地球環境モニタリング... (中略) ...環境に関わる各種データの取得及びデータベース化等を推進する。」

そして、基盤整備の中に「研究事業」というものを、新たなカテゴリーとして、次のように定義しました。

「国環研の研究と密接な関係を有し、組織的・継続的に実施することが必要・有効な業務であって、かつ国環研が国内外で中核的役割を担うべきものを「研究事業」と位置付け、主導的に実施する。」

これに対応する大規模な研究事業は下記のようなものです。

「具体的には、衛星による温室効果ガス等地球環境モニタリング、子どもの健康と環境に関する全国調査（エコチル調査）、レギュラトリーサイエンスに係る事業等を実施する。」

これによって、GOSATによる観測事業は、研究事業と位置付けられ、研究所として主導的に中核機能を発揮しつつ行うものとして、定義されています。

この他、地球環境研究センターがこれまで培ってきた様々な外部組織との連携、成果普及などの取り組みについて、「関連ステークホルダーとの連携」や「オープンサイエンスを推進するため、研究成果等を蓄積し、利用しやすい形で提供するシステムについての検討を行う。」という形で具体的に計画に位置づけられました。また、この地球環境研究センターニュースも含めた外部への情報発信の重要性も、次のように宣言されています。

「研究成果の発表会である公開シンポジウムや施設の一般公開においてインパクトのある研究成果を直接国民に発信する。また、視察者や見学者の希望を把握し、研究活動に支障がないよう留意しつつ、わかりやすい説明に努める。さらに研究所主催の各種イベントや講演会、研究者の講師派遣等のアウトリーチ活動を積極的に実施し、国民への環境研究等の成果の普及・還元を通じた社会貢献に努める。」

#### 4. おわりに

この第4期中長期計画制定直前の2015年12月、気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）が開催され、国際社会で議論されてきた「2°C目標」が具体的な世界の目標（パリ協定）として位置づけられました。このパリ協定は今世紀末までに世界の温室効果ガスの排出を実質「ゼロ」にすることを目指しており、気候変動枠組条約が規定した理念を具体的に達成するための長期的かつ壮大な取り組みを課すものとなっています。

ここでの目標は、第4期（5年）の研究所の中長期計画のみで対応できるものではありません。むしろ我々のターゲットは少なくとも30年、50年後の世界にあり、それを頭に描きながら研究を進め、毎年蓄積した英知を長期に結集してゆくことが必要と考えています。また、皆様との対話などを通して、研究の方向に対しても検討を行いつつ、成果を皆様にわかりやすくお伝えしていきますので、今後ともよろしく願いいたします。

## 第4期中長期計画の「低炭素研究プログラム」始まる

低炭素研究プログラム総括 江守正多

### 1. はじめに

国立環境研究所は2015年度で5年間の第3期中期計画を終了し、2016年度から新たに5年間の第4期中長期計画を開始しました。第4期では、5つの課題解決型研究プログラムを設置しました。5つのプログラムは、低炭素社会、循環型社会、自然共生社会、安全確保社会という、持続可能性の観点から実現すべき4つの社会像に対応したものの4つと、それらを統合するもの1つ（統合研究プログラム）からなります。このうち本稿では、地球環境研究センターが主導する低炭素研究プログラムについてご紹介します。

### 2. 背景となる現状認識

昨年末にパリで開かれた国連気候変動枠組条約のCOP21で「パリ協定」が採択され、低炭素社会の実現を目指すという方向性が国際社会において明確に共有されました。パリ協定では、その長期目標として、世界平均気温の上昇を、産業化以前を基準に2°Cよりも十分低く抑え、さらに1.5°C未満を目指して努力すること、そしてそのために世界の温室効果ガス排出量を今世紀後半に正味でゼロにすることが合意されています。

つまり、国際社会は温室効果ガスを出さない世界を今世紀中に実現するという壮大な目標に向けて大きく動き出しています。この実現に貢献するための、国立環境研究所の組織化された研究が、低炭素研究プログラムです。

### 3. プログラムの名称について

低炭素研究プログラムは第3期の地球温暖化研究プログラムから多くを引き継いだ、地球温暖化（気候変動）に関する包括的な研究プログラムです。しかし、プログラムの名称が「炭素」に特化した印象を与えるおそれがあるので、少し補足しておきます。「低炭素」の言葉自体は二酸化炭素の排出削減対策が進んだ状態を指しますが、もちろん二酸化炭素以外の温室効果ガスやエアロゾル等の関連物質も研究の対象に含みますし、緩和策（温室効果ガスの排出削減）だけでなく、気候変動への適応策も含みます。

ただし、今回のプログラム編成では、地球温暖化研究のうちで国から地域のスケールの緩和策や適応策に関する課題は社会環境システム研究センターが主導する統合研究プログラムの中に含まれ、低炭素研究プログラムは主として地球規模の観点からの研究を（観測研究については国、地域規模も）受け持つことになりました。

これらの点を反映した低炭素研究プログラムの「長めの名称」は「低炭素で気候レジリエントな社会の実現に向けた地球規模研究プログラム」です。「気候レジリエント」は、適応策が進んで気候変動への対応力が強まった社会の状態を意味します。

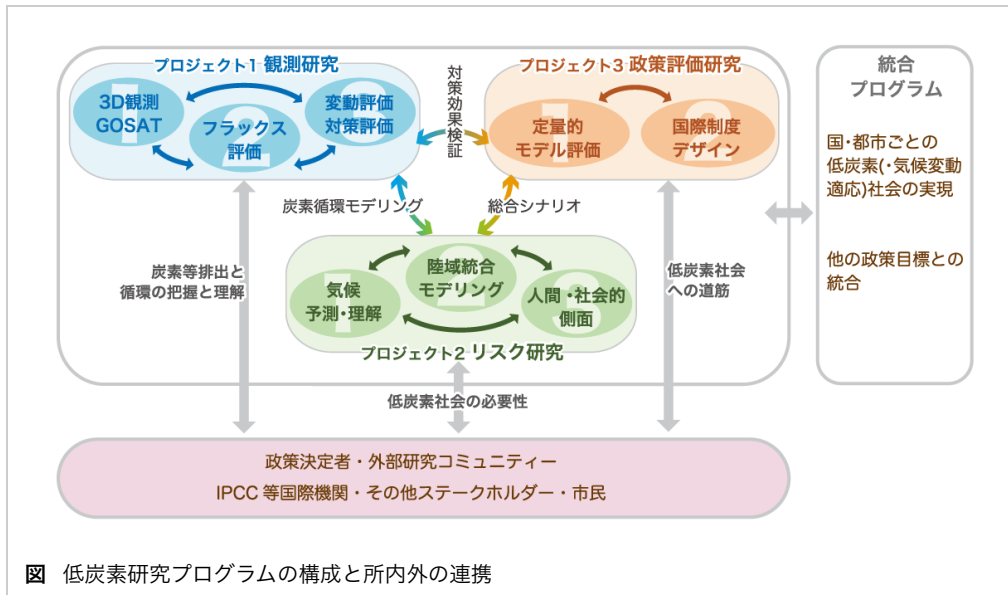
### 4. 3つの研究プロジェクト

第3期の地球温暖化研究プログラムと同様に、低炭素研究プログラムも観測的研究、リスク研究、政策評価研究の3つの研究プロジェクトで構成されます。低炭素社会との関連で3つのプロジェクトを位置づけなおすと、以下のようになります。

1つめの観測的研究（PJ1）、「マルチスケールGHG変動評価システム構築と緩和策評価に関する研究」（リーダー：向井人史 地球環境研究センター長）は、炭素等の物質の排出と循環の把握と理解を通じた、低炭素社会実現への自然科学的側面からの貢献を目指します。

2つめのリスク研究（PJ2）、「気候変動予測・影響・対策の統合評価を基にした地球規模の気候変動リスクに関する研究」（リーダー：江守正多 気候変動リスク評価研究室長・低炭素研究プログラム総括）は、低炭素社会が実現しなかった場合のリスクや、実現に向けて乗り越えるべきリスクは何かについての議論を深めることを目指します。

3つめの政策評価研究（PJ3）、「世界を対象とした低炭素社会実現に向けたロードマップ開発手法とその実証的研究」（リーダー：増井利彦 社会環境システム研究センター 統合環境経済研究室長）は、低炭素社会の実現に向けたロードマップを描き、その社会実装に貢献することを目指します。



プロジェクト間は、主にPJ1とPJ2が炭素循環等のモデリングを通じて、PJ2とPJ3が将来シナリオ研究を通じて、PJ3とPJ1が対策の効果検証に関わる研究を通じて、それぞれ連携します。特に、第3期と比べて新しいところは、PJ1が緩和策などの対策の効果を自然科学的に検証するサブテーマを新たに立ち上げたことにより、PJ1とPJ3が連携して、対策の効果検証を多面的に行える体制ができたことです。

メンバーは、PJ1が主に地球環境研究センターと環境計測研究センターの一部、PJ2が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、PJ3が主に社会環境システム研究センターから成り、領域横断的な研究体制となっています。

また、国から地域のスケールで低炭素社会の研究を行う統合研究プログラムと密接に協力するとともに、統合研究プログラムが進める複数の社会像の統合を目指す研究に地球規模の低炭素社会研究の観点から協力します。

## 5. おわりに

「課題解決型研究プログラム」と銘打ってはいますが、地球温暖化をはじめとする環境問題の課題は、科学技術的な研究が進めば「解決」する問題というわけではありません。そもそもどのような状態を「解決」とよぶか、どのような道筋でそこに向かっていくか、その途中で生じる様々な利害対立や価値対立にどのように向き合っていくか、といったことを、社会の中でよく議論していく必要があります。低炭素研究プログラムでは、科学技術的な研究を進める一方で、そのような議論にも積極的に貢献したいと考えています。

## インタビュー「地球温暖化の事典」に書けなかったこと

### 14 デジカメの観測網で植物フェノロジーの長期変動を探る

小熊宏之さん

環境計測研究センター 画像・スペクトル計測研究室 主任研究員

インタビュー：向井人史さん（地球環境研究センター長）

地球環境研究センターニュース編集部

インタビュー

## 「地球温暖化の事典」に書けなかったこと

[一覧ページへ▶](#)

国立環境研究所地球環境研究センター編著の「地球温暖化の事典」が平成26年3月に丸善出版から発行されました。その執筆者に、発行後新たに加わった知見や今後の展望について、さらに、自らの取り組んでいる、あるいは取り組もうとしている研究が今後どう活かされるのかなどを、地球環境研究センターニュース編集部または低炭素研究プログラム・地球環境研究センターなどの研究者がインタビューします。

第14回は、小熊宏之さんに、定点カメラを利用した高山帯における地球温暖化の影響観測についてお聞きしました。



### 「地球温暖化の事典」担当した章

#### 6.7 フェノロジー

#### 目次

1. デジタルカメラで広がる観測ネットワーク
2. デジカメと衛星画像データでフラックスの変動を推定
3. カメラの応用として広がる調査
4. 雪融け時期がフェノロジーに影響する？
5. 山小屋との協力関係

## デジタルカメラで広がる観測ネットワーク

**向井** 小熊さんは『地球温暖化の事典』のなかで、フェノロジー<sup>[注]</sup>について執筆されていますね。

**小熊** もともとフェノロジーが専門ではないので、執筆依頼された時にはちょっと戸惑いました。

**向井** では、小熊さんが専門としている分野は何ですか。

**小熊** 一言で表現するとリモートセンシングですが、人工衛星によるリモートセンシングではなく、観測対象に近づいて撮影した画像や映像などを使い、生態系などの変動を詳細に調べることを行っています。

地球環境研究センターとして高山帯モニタリングを行うことが決まったとき、調査地を選定し、現地で植生調査をするのでは場所が限定されたモニタリングになってしまいますし、担当は私一人ですから、そもそも精緻な植生調査はできないと考えました。衛星リモートセンシングを活用しようとも考えましたが、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の陸域観測技術衛星「だいち」の運用がモニタリング開始直後に停止してしまい、使える衛星データが少なくなってしまいました。そこで、デジタルカメラを高山帯に常設し、定点撮影することが、スケールのにもコスト的にも労力的にも現実的な方法だと考えました。さらに、最近はデジタルカメラやスマートフォンが広く普及しています。登山中の記録を撮影する人も増えたことから、そういう人たちに「センサー」の役をしていただき、いろいろなところで撮影した情報を集約することができるのではないかと考えています。この方法ですと、衛星よりも高頻度の観測と、高い解像度の画像による観測ネットワークができると考えています。



**向井** カメラ自体の進歩も大きいですね。

**小熊** フィルムカメラからデジカメになったときに飛躍的に進歩しました。今ではスマートフォンで撮影すると、位置情報付きの高解像度のデータをすぐにSNSなどネットに上げることができます。いろいろな画像・映像情報を使ってモニタリングする技術的な土台ができてきました。

**向井** カメラがすぐにネットワークに結びつくということですね。

フェノロジー研究のポイントはたくさんあると思いますが、『地球温暖化の事典』のなかでは、カラマツ植林地での森林の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）吸収量の季節変化と森林の投影画像でカラマツの展葉時期などを比較しています。こういうのには特殊なカメラを使うのでしょうか。

小熊 普通のデジカメです。特殊なものを使わなくても汎用品で観測できるところがメリットだと思います。

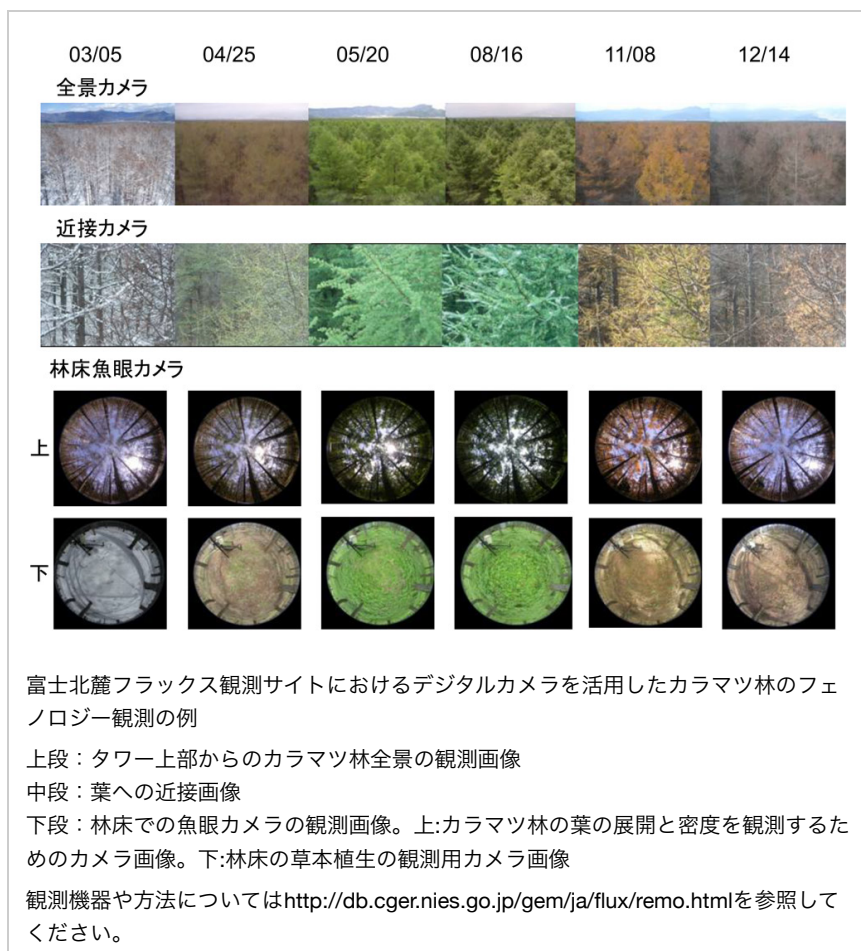
## デジカメと衛星画像データでフラックスの変動を推定

向井 現在の観測目的は植物の季節変化の長期変動を探ることですか。

小熊 そうです。植物の季節変化の長期的な変動については、実はかなり昔から行われています。世界的に見ると、イギリスでは1753年から約250年間、人がいろいろな場所で405種の植物の開花日をずっと記録し続けています。その結果、1760年頃に比べて最近の25年間の開花は2.2~12.7日早くなっていることが論文化されています。日本では気象庁が1953年からサクラの開花日をモニタリングしています。なお、植物に限らず、ウグイスやセミの初鳴きなど、生物の一年間の季節ごよみがフェノロジーです。最近の観測では、森林などのCO<sub>2</sub>フラックス観測サイトに森林のフェノロジーを観測するためのデジカメと人工衛星の観測を模擬できる分光放射計と一緒に設置し、人工衛星データの観測手法を研究するといった動きもあります。

向井 広域の植物活動を見るのでしょうか。

小熊 人工衛星は広域の観測ができますが、直接的に植物の活動を見るわけではありません。衛星観測では、地上の植物から反射された太陽光をその波長別に分け、反射の強弱から植物の状態を推定するので、観測される分光反射率と植物の状態とを対応づけることが必要となります。そこで、CO<sub>2</sub>フラックスの測定と同時にデジカメと分光放射計の両方で測定する動きが国内外で進められています。日本国内だけでも現在14か所くらいのサイトでこのような観測が行われています。地球環境研究センターの富士北麓フラックス観測サイトでも、同様の方法でカラマツのフェノロジーとCO<sub>2</sub>フラックスの対応を調べています。これにより、カラマツのフェノロジーがフラックスの季節変動に与える影響を評価できます。



向井 陸上植生の季節変動・長期変動に関する長期観測網（Phenological Eyes Network: PEN）での活動ですね。これは日本で始まったと聞いていますが、世界に展開してはいないのですか。

**小熊** PENは国内14か所、国外には15か所展開されていますが、他にもいろいろなところで地上と衛星観測のリンクをも視野に入れた同様の活動が広まっており、欧米ではそれぞれ大陸ごとにカメラネットワークがあります。一方で市民活動家による観測もあります。デジカメによる観測は誰でも始めることができるので、観測点数も多くなります。樹木や森林の場合、対象とする木を決めておけば、長期のモニタリングにつながります。開花などわかりやすいものに関しては個人のバイアス（先入観）はそんなに入らないと思いますが、色の評価については、個人の判断では難しいところがありますので、デジカメを使って色の比率を評価することで多地点での比較ができます。

**向井** 3月に終了した地球温暖化研究プログラムのまとめに、小熊さんは、日本での温室効果ガスの増加によると思われるフェノロジーの変化はまだそれほど明確ではないというようなことを書かれていました。観測期間があまり長くないので、長期トレンドはまだ見えていないということでしょうか。

**小熊** 観測を開始してまだ5年ですから、その間に検出可能な変化があったらむしろ大変です。

**向井** どれくらいの観測期間が必要でしょうか。先ほどイギリスでは250年とおっしゃっていましたが。

**小熊** 可能な限り長期間としかお答えできません。イギリスの例では何世代にもわたる人的な観測により、長期的な変化をとらえていましたが、一方でデジカメをはじめとした最新の機材によって得られる色の変化や空間変動を定量的に評価することによって、モニタリングの精度が上がってくると思います。

**向井** 短い期間でも変化がわかるようになるということですね。

#### カメラの応用として広がる調査

**向井** カメラを応用した観測について、何か最近の話題があれば紹介してください。

**小熊** 高山に限らず、カメラ技術を利用したサンゴのモニタリングも行っています。ロボット船に水中カメラを取り付けて、サンゴの三次元データをとり、分布や白化の状況を把握します。地球環境研究センターニュースでも紹介しました（「浅海底自動観測システムの紹介」地球環境研究センターニュース2015年7月号）。

**向井** 深海性のサンゴの監視にも使えるのでしょうか。

**小熊** ターゲットにしているのはごく浅い水深5mくらいのところですが。これは一般にいわれている珊瑚礁の水深で、逆に浅すぎて今までは船が入っていけなかったのが、ダイバーがコドラートと呼ばれる枠を置いて、ダイビングしてスケッチしていました。そういうところをロボット船に取り付けたカメラで捉え、地理座標をつけ、三次元的な大きさもわかるような画像処理をしました。残念ながら、予算の関係でサンゴの調査は2014年度で終わってしまいましたが、コンクリート護岸などの国土インフラ調査用として活路が見いだされました。

#### 雪融け時期がフェノロジーに影響する？

**向井** 今年2月に長野県と国立環境研究所は、高山帯モニタリングに関する相互協力となる「生物多様性の推進に関する基本協定」を取り交わしました。小熊さんは長野県でも活動を進めていますね。現在何か所にカメラを設置しているのでしょうか。

**小熊** 長野県中心に15か所、北海道が4か所です。

**向井** 高山帯でフェノロジー観測をするためにカメラを設置したのでしょうか。

**小熊** フェノロジー観測も大事ですが、フェノロジーを決める要因として、雪がいつ融けたかということが多雪で

ある日本の高山帯では特に重要です。しかし、その情報も探してみるとなかなかなくて、いつ・どこから雪が融け始めて、地表面が露出するかというのを観測し続けています。それに加えて現地機関や大学などの協力を得て現場での植生調査をしていきます。雪が融けるタイミングが早くなっていくと、そこに生える植物の種類が変わってきたり、何らかの変化が起きるかもしれません。例えば、地面を這うように生えるハイマツがあります。雪が降っている間も緑の葉をつけて雪の中で耐えています。雪が少なく冬の間も露出したままになってしまうと季節風に吹き付けられ緑葉は枯れてしまいます。要するに雪がハイマツを守っているわけです。ところが、逆に雪が多すぎると今度は物理的な圧力で折れてしまいますから、微妙なバランスで成り立っているといえます。



**向井** 見かけ上何か変化している、例えば雪の量が変化していることに対して、実際の生態系がどのように応答しているのかというデータを集積して、わかりやすく発信するのは重要です。しかし、生態系がどう応答しているのかというのは写真を見ただけでわかるのでしょうか。

**小熊** 植物が葉を開き始める時期や生育期間の変化をはじめ、一年間の降雪期間が変わっているというのを、山全体、または標高別に細かく見ることはできると思います。

**向井** ある種の情報はカメラ画像による詳細な観測によって把握することができるということですね。

**小熊** 高山植物の種類が変わったというところまでは、カメラ観測ではなかなかわからないと思いますが、群落全体が標高の高い方に移動したとか、ある植物が枯れてしまって違うものが入ってきたという変化はわかってきます。変わってくるまでのプロセスとして、雪が融けるのが早くなったとかそういうことが関連づけられます。

**向井** カメラの解像度によるのですが、ハイマツが一年間でこれくらい伸びたというような情報は得られるのでしょうか。

**小熊** カメラの設置の仕方にもよりますが、得られると思います。例えば今、非常に理想的な環境に近いところで

は、ギガパン（全方位・高解像度 [ギガピクセル] パノラマ撮影用）を使用して、細かい画像を撮ろうと試みています。もちろん、一か所を詳細に観測するのがいいのか、安いカメラでいいから数多く設置して場所的な偏差をなるべくならしていく方がいいのか、という選択はあると思いますが。

## 山小屋との協力関係

**向井** ローカルな現象を広域的に捉えるよう、広いところを視野に入れてカメラを設置しているのでしょうか。

**小熊** 両方です。今回長野県と協定を結びましたが、長野県などが植生調査を行っているようなところでは、もう少し植生の個体が識別できるくらいの解像度で観測しています。もっと広域的に5~6kmスケールの雪融けを見ていくところもあります。高山帯の多くが国有林かつ国立公園であることから、新しい工作物を作るのは望ましくありません。そこでカメラの設置は山小屋にお願いすることが最も相応しいと考えました。幸い日本の山小屋は眺望のいいところに建っていますから、そこにカメラを置かせていただければ、全体を観測することができます。



山小屋に設置したカメラの例（爺ヶ岳観測サイト。奥に見えるのは鹿島槍ヶ岳）

**向井** 山小屋は民間の運営ですか。

**小熊** 一部町営のものもありますが、ほとんどは民間です。

**向井** 民間の場合、どんな協力体制になるのでしょうか。

**小熊** 例えば、オリジナルの静止画像はこちらで回収しますが、高頻度で更新するような画像は山小屋のウェブサイトに使ってもらうようにしています。

**向井** 山小屋にとってもメリットがありますね。登山者にも何か利点があるのでしょうか。

**小熊** 山の天気などの国内数十か所の高山帯の最新画像を、スマホやタブレットで見られるようになってきました（<http://db.cger.nies.go.jp/gem/ja/mountain-mobile/index.html>）。

## 長期のデータ蓄積から得られる情報

**向井** 山小屋に設置したカメラではどれくらいの頻度で画像を撮っているのですか。また、送られてくる膨大な画像データをどう処理しているのでしょうか。

**小熊** 大半のサイトでは5時から17時まで、1時間に一回撮影しています。しかし山は霧や雲に覆われることも多いので、1日のなかで使える画像が数枚あるかないかです。北アルプスでは、長距離無線LANのネットワークができていますから、画像が撮れたらすぐにインターネットを介して研究所に送られてきます。また、携帯キャリアの電波を使って送信している場所もあります。こういうことができるようになって、モニタリングが可能になりました。



**向井** 長野県と協力しつつ、今後さらに観測を広げるのでしょうか。融雪時期の変化がライチョウへ及ぼす影響などもテーマになりますか。

**小熊** ライチョウの生息域となっているハイマツ帯がいつ雪から出てくるかということもライチョウの食料の供給という観点からみれば重要な要素です。最近北アルプスでニホンザルが3000m級の山に上がってきて、ライチョウのヒナを捕食しています。それも温暖化影響といえるかもしれません。

**向井** そういうことも含めて長期的にモニタリングしていくんですね。

**小熊** そのあたりは、むしろ向井センター長にご相談したいところです。

**向井** 長期間のデータを蓄積することでより貴重な情報が得られると思いますので、地球環境研究センターとしても推進していこうと考えています。今後ともよろしく願いいたします。

---

#### 脚注

- フェノロジー (phenology) は生物季節 (学) と訳され、季節の移り変わりに伴う動植物の行動の状態の変化と、気候あるいは気象との関連を研究する学問。

\*このインタビューは2016年4月21日に行われました。

# わが国の2014年度（平成26年度）の温室効果ガス排出量について

## ～総排出量13億6400万トン、2009年度以来、初めて減少に転じる～

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 伊藤洋  
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 連携研究グループ長 野尻幸宏

### 1. はじめに

わが国は国連気候変動枠組条約（以下、UNFCCC）のもと、国際的な責務として日本国の温室効果ガスの排出吸収量の算定を行っています。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（Greenhouse Gas Inventory Office of Japan 以下、GIO）では、環境省の委託を受け、わが国の温室効果ガス排出吸収量を算定し、それをとりまとめた目録（インベントリ）を作成しています。GIOと環境省は2016年4月15日に、京都議定書の第二約束期間（2013～2020年）の2年目である2014年度の排出量を「2014年度（平成26年度）わが国の温室効果ガス排出量」として公表しました。その概要を簡単に紹介します。

### 2. 温室効果ガスの総排出量

1990年度から2014年度までのわが国の温室効果ガスの排出量の推移を表に示しました。2014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<sup>[1]</sup>を乗じ、CO<sub>2</sub>換算したものを合算した量）は13億6,400万トン（CO<sub>2</sub>換算、以下省略）となりました。これは2005年度排出量<sup>[2]</sup>と比べて2.4%減少しました。その要因としては、オゾン層破壊物質からの代替に伴い冷媒分野からのハイドロフルオロカーボン類（HFCs）の排出量が増加した一方で、産業部門や運輸部門におけるエネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量が減少したことなどが挙げられます。前年度比では3.1%（4,400万トン）減となります。その要因は、電力消費量の減少や電力の排出原単位の改善に伴い電力由来のCO<sub>2</sub>排出量が減ったことにより、エネルギー起源CO<sub>2</sub>の排出量が減少したことなどが挙げられます。

表 各温室効果ガス排出量の推移（1990～2014年度、単位：百万トン）

温室効果ガス	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2005年度比 (2014年度)	前年度比 (2014年度)
二酸化炭素(CO <sub>2</sub> )	1,156.0	1,242.5	1,274.3	1,305.9	1,285.2	1,319.8	1,235.5	1,162.6	1,213.0	1,261.9	1,296.2	1,311.5	1,265.5	-3.1%	-3.5%
エネルギー起源	1,066.8	1,146.7	1,182.1	1,219.0	1,199.9	1,234.6	1,153.2	1,090.0	1,138.8	1,188.4	1,220.7	1,235.0	1,189.3	-2.4%	-3.7%
産業部門	501.9	477.8	465.9	456.9	471.8	472.0	417.0	382.1	413.5	429.0	432.2	431.9	425.9	-6.8%	-1.4%
運輸部門	206.2	246.5	254.8	239.7	236.1	234.0	225.3	221.4	222.1	220.5	226.1	224.7	217.0	-9.5%	-3.4%
業務その他部門	137.0	170.2	210.3	238.9	235.7	237.3	231.5	219.9	218.8	235.9	253.6	278.3	260.9	9.2%	-6.2%
家庭部門	130.6	151.8	161.3	179.9	168.3	183.7	173.7	163.4	174.1	191.8	204.2	201.3	191.8	6.0%	-4.8%
エネルギー転換部門	91.1	100.3	89.8	103.7	88.0	107.6	105.8	103.2	110.2	111.3	104.6	98.9	93.7	-9.6%	-5.3%
非エネルギー起源	89.1	95.8	92.2	86.9	85.3	85.2	82.2	72.6	74.2	73.5	75.4	76.5	76.2	-12.3%	-0.4%
工業プロセス及び製品の使用分野	64.0	65.5	57.9	54.0	54.1	53.3	49.2	43.5	44.7	44.5	44.7	46.4	46.1	-14.5%	-0.6%
廃棄物分野	24.0	29.1	32.8	31.6	29.8	30.4	31.6	27.8	28.3	27.8	29.4	28.8	28.8	-8.8%	0.0%
その他	1.2	1.3	1.5	1.4	1.4	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	-8.4%	-2.0%
メタン(CH <sub>4</sub> )	48.6	45.8	41.5	38.9	38.2	38.5	38.2	37.2	38.3	37.3	36.5	36.1	35.5	-8.9%	-1.6%
一酸化二窒素(N <sub>2</sub> O)	30.8	32.2	29.0	24.5	24.5	24.0	23.1	22.6	22.3	21.8	21.4	21.5	20.8	-15.0%	-2.9%
代替フロン等4ガス	35.4	59.5	41.9	27.7	29.9	30.6	30.4	28.6	31.3	33.6	36.3	38.8	42.0	51.7%	8.3%
ハイドロフルオロカーボン類(HFCs)	15.9	25.2	22.9	12.8	14.6	16.7	19.3	20.9	23.3	26.1	29.3	32.1	35.8	180.0%	11.5%
パーフルオロカーボン類(PFCs)	6.5	17.6	11.9	8.6	9.0	7.9	5.7	4.0	4.2	3.8	3.4	3.3	3.4	-61.0%	2.5%
六フッ化硫黄(SF <sub>6</sub> )	12.9	16.4	7.0	5.1	5.2	4.7	4.2	2.4	2.4	2.2	2.2	2.1	2.1	-59.1%	-1.8%
三フッ化窒素(NF <sub>3</sub> )	0.03	0.2	0.2	1.2	1.1	1.2	1.2	1.2	1.4	1.6	1.3	1.4	0.8	-33.5%	-39.0%
計	1,270.7	1,379.9	1,386.7	1,397.1	1,377.9	1,412.8	1,327.2	1,251.0	1,304.9	1,354.6	1,390.3	1,407.9	1,363.9	-2.4%	-3.1%

\*土地利用、土地利用変化及び林業（Land Use, Land-Use Change and Forestry: LULUCF）分野の排出・吸収量は除く。

### 3. 2014年度の各温室効果ガスの排出量

次にガスの種類別に2005年度及び前年度と比較した排出量増減の詳細を紹介します。

#### (1) 二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）

2014年度のCO<sub>2</sub>排出量は12億,650万トンであり、2005年度と比べて3.1%（4,040万トン）、前年度と比べて3.5%（4,600万トン）減少となりました。

部門別（電気・熱配分後）<sup>[3]</sup>に見ていきます。

産業部門からの排出量<sup>[4]</sup>は、2005年度比で6.8%、前年度比で1.4%の減少となりました（図1）。2005年度からの排出量の減少は、製造業（主に化学工業）において排出量が減ったためです。前年度からの減少は、製造業（主に化学工業や窯業・土石製品製造業）における排出量が減少（前年度比1.2%減、520万トン減少）したこと等によります。

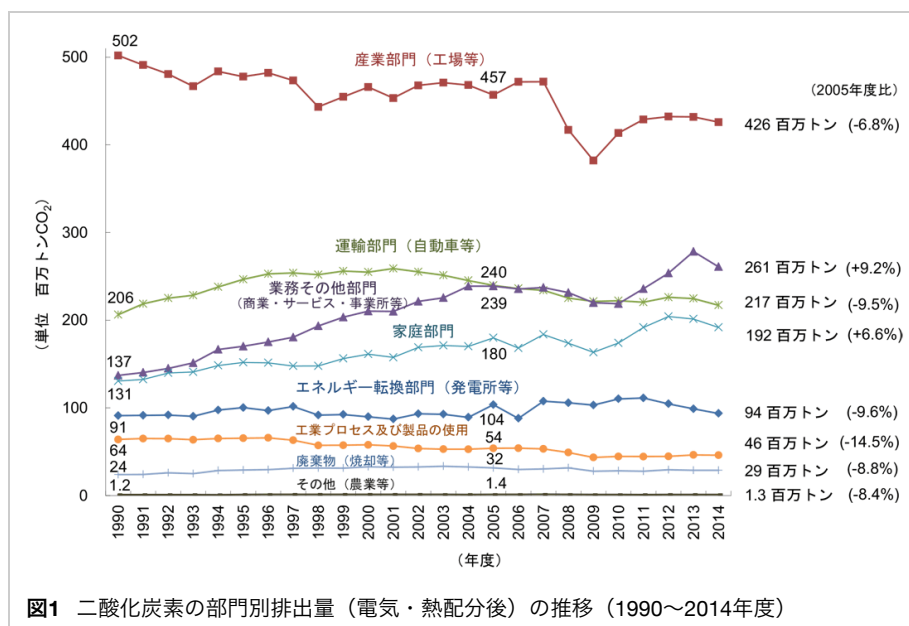


図1 二酸化炭素の部門別排出量（電気・熱配分後）の推移（1990～2014年度）

運輸部門からの排出量は2005年度比で9.5%、前年度比で3.4%の減少となりました。2005年度からの排出量の減少は、旅客輸送（乗用車等）における自動車の燃費改善と貨物輸送（貨物自動車／トラック等）における輸送量の減少等により、排出量が減ったためです。前年度からの減少は、旅客輸送において排出量が減少したことによります。

業務その他部門<sup>[5]</sup>からの排出量は2005年度比で9.2%増加、前年度比で6.2%の減少となりました。2005年度からの排出量の増加は、火力発電の増加により電力の排出原単位が悪化したことや、事務所や商業施設などの延床面積が増加したためです。前年度からの減少は、電力消費量が減ったことと電力の排出原単位の回復により電力消費に伴う排出量が減少したこと等によります。

家庭部門からの排出量は2005年度比で6.6%増加、前年度比で4.8%の減少となりました。2005年度からの排出量の増加は、火力発電が増えて電力の排出原単位が悪化したことや、単身・二人世帯の増加に伴う世帯数の増加によって、エネルギー効率が低下したためです。前年度からの減少は、電力消費量が減ったことと電力の排出原単位の回復により電力消費に伴う排出量が減少したこと等によります。

非エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量<sup>[6]</sup>は、2005年度比で12.3%、前年度比で0.4%の減少となりました。2005年度からの排出量の減少は、セメント生産量の減少等により工業プロセス及び製品の使用分野からの排出量の減少等のためです。

## (2) メタン（CH<sub>4</sub>）、一酸化二窒素（N<sub>2</sub>O）、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（SF<sub>6</sub>）、三ふっ化窒素（NF<sub>3</sub>）

2014年度のCH<sub>4</sub>排出量は3,550万トンで、2005年度比で8.9%、前年度比で1.6%の減少となりました。2005年度からの減少は、廃棄物埋立量が減り廃棄物分野からの排出量が減少（2005年度比32.5%減）したこと、家畜頭数の減少等により農業分野において排出量が減少（2005年度比2.9%減）したこと等によるものです。

2014年度のN<sub>2</sub>O排出量は2,080万トンで、2005年度比で15.0%、前年度比で2.9%の減少となりました。2005年度からの減少は、化学工業製品の生産量の減少等により工業プロセス及び製品の使用分野における排出量が減り（2005年度比53.2%減）、同時に、ガソリン自動車に対する排出ガス規制に伴い燃料の燃焼・漏出分野において排出量が減少（2005年度比16.6%減）したことによります。

2014年のHFCs、PFCs、SF<sub>6</sub>、NF<sub>3</sub>のそれぞれの排出量は3,580万トン、340万トン、210万トン、80万トンとなりま

した。2005年比でそれぞれ180%の増加、61.0%の減少、59.1%の減少、33.5%の減少、前年比でそれぞれ11.5%の増加、2.5%の増加、1.8%の減少、39.0%の減少となりました。2005年からのHFCsの増加は、オゾン層破壊物質であるハイドロクロロフルオロカーボン（HCFC）からHFCsへの代替に伴い冷媒からの排出量が増えたことによるものです。また、2005年からのPFCs、SF<sub>6</sub>及びNF<sub>3</sub>の減少は、それぞれ半導体製造時のPFCs使用量の減少等による排出量の減少、マグネシウム溶解量の減少等に伴い防燃ガス用途のSF<sub>6</sub>使用量が減少したため金属生産分野における排出量の減少等、燃焼分解設備等を活用して排出削減に取り組む等によるNF<sub>3</sub>製造時の漏出分野における排出量の減少によります。

#### 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UNFCCC事務局に提出しています。第二約束期間（2013～2020年）においては、京都議定書で規定されるすべての吸収源活動（「新規植林」「再植林」「森林減少」「森林経営」「農地管理」「牧草地管理」及び「植生回復」）について報告しており、「新規植林」「再植林」「森林減少」及び「森林経営」における吸収源活動を「森林吸収源対策」と、「植生回復」における吸収源活動を「都市緑化活動」と呼称しています。

2014年度の吸収源活動の排出・吸収量は5,790万トンの吸収（森林吸収源対策による吸収量4,990万トン、農地管理・牧草地管理・都市緑化活動による吸収量800万トン）となっており、2005年度総排出量の4.1%に相当します（うち森林吸収源対策による吸収量は3.6%に相当）。

#### 5. おわりに

2015年末パリで開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）では、2020年以降の地球温暖化防止の国際枠組みである「パリ協定」が採択され、途上国を含めたすべての国が国内で決定する国別約束（Nationally Determined Contribution: NDC）を国連に提出し、5年ごとにそれをブラッシュアップしていくことが決まりました。産業革命以降の平均気温上昇を2°C未満に抑えるという目標を達成するため、各国の排出量や削減策の評価などの透明性のさらなる向上が求められており、温室効果ガスインベントリ報告書の重要性が増しています。

わが国は、2030年における削減目標を2013年度比-26%（2005年度比-25.4%）として国連に提出しました。この度の算定によると、2014年度の温室効果ガス排出量は2009年度以来、初めて減少に転じ、2005年度比では2.4%、前年（2013年度）比では3.1%、下回りました（図2）。これは、省エネや再生可能エネルギーの導入拡大、火力発電内の燃料転換・高効率化等の効果も見られますが、暖冬冷夏に伴い空調用途のエネルギー消費が抑えられるなど気象の要因も含まれていると考えられます。そのほか、排出量はさまざまな社会的・経済的要因によって増減します。今後より正確な温室効果ガス排出量の推計を目指し、算定方法は継続的に改善されることとなっています。

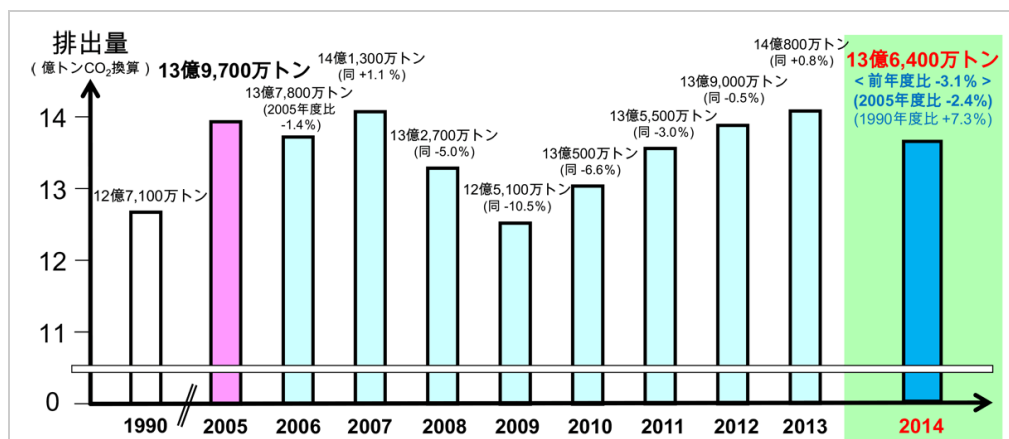


図2 わが国の温室効果ガス排出量（2014年度確報値）

本稿に使用した2014年度の温室効果ガス排出吸収量に関する情報をGIOのウェブサイト（<http://www-gio.nies.go.jp/index-j.html>）にて公開しております。GIOでは、今後もウェブサイトや報告書において、より情報を利用しやすくす

るなどの公開情報の改善を図っていく予定です。

## 参考文献

- 日本国温室効果ガスインベントリ報告書（2016年提出版）
- GIO「日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2014年度確報値）」〈<http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html>〉
- 国立環境研究所「2014年度（平成26年度）の温室効果ガス排出量（確報値）について」〈<http://www.nies.go.jp/whatsnew/2016/20160415/20160415.html>〉

---

## 脚注

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。京都議定書第二約束期間ではIPCC第四次評価報告書（2007）での値を用いる。CO<sub>2</sub> = 1、CH<sub>4</sub> = 25、N<sub>2</sub>O = 298、HFC-134a = 1,430、PFC-14 = 7,390、SF<sub>6</sub> = 22,800、NF<sub>3</sub> = 17,200などである。
2. ここでは日本が2020年における自主的な削減目標の基準としている2005年を比較対象としている。
3. 発電および熱発生に伴うエネルギー起源のCO<sub>2</sub>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も廃棄物分野で計上している。わが国が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」では、2006年IPCCガイドラインに従い、これらの排出量をエネルギー転換部門などに計上している。
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、製造業の企業であっても、本社ビル等の部分は業務その他部門（オフィスビル等）に計上されている。特殊自動車（ブルドーザー、トラクターなど）は運輸部門ではなく産業部門に含まれる。
5. 業務その他部門（オフィスビル等）には、事務所、商業施設等が含まれる。
6. ここでいう非エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量は、エネルギー分野における燃料の漏出、工業プロセス及び製品の使用分野、農業分野及び廃棄物分野の排出量を合わせた値である。

2008年度以降の温室効果ガス排出量に関する記事は以下からご覧いただけます。

- 酒井広平・野尻幸宏「わが国の2008年度（平成20年度）の温室効果ガス排出量について～総排出量12億8,200万トン、前年度から6.4%の大幅減少～」2010年5月号
- 赤木純子・野尻幸宏「わが国の2009年度（平成21年度）の温室効果ガス排出量について～総排出量12億900万トン、1995年度以降初めて基準年排出量を下回る～」2011年6月号
- 畠中エルザ・野尻幸宏「わが国の2010年度（平成22年度）の温室効果ガス排出量について～総排出量12億5,800万トン、前年度から増加に転じる～」2012年6月号
- 酒井広平・野尻幸宏「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～」2013年6月号
- 小坂尚史・野尻幸宏「わが国の2012年度（平成24年度）の温室効果ガス排出量について～第一約束期間の排出吸収量出揃う。マイナス6%の目標を達成～」2014年6月号
- 尾田武文・野尻幸宏「わが国の2013年度（平成25年度）の温室効果ガス排出量について～京都議定書の第二約束期間における最初の排出量の報告～」2015年6月号



GEO-4までは、UNEPからの資金的サポートがほとんど期待できない中で、資料収集、分析、執筆を手弁当で行ってきたが、執筆内容の正確性などの質を一定レベル以上に維持するのは容易ではなかった。国連の出版物として、日本が韓国や北朝鮮（朝鮮大学の先生にご指導いただいた）の環境について記述するのであり、いうまでもなく細心の注意を必要とする類の執筆であった。加えて実際の執筆においては、UNEPの執筆方針がぎりぎり（重要行事に対し半月前に会議が召集されるため）に決まることなど、様々な局面で後手後手の対応を強いられた。90年代からアジア地域を対象として、GEOに類似した活動を地道に積み上げてきておられる「アジア環境白書」編集委員会の皆様には、国際会合出席やドラフト作成に関して様々なご苦勞をいただいたほか、筆者個人が学生アルバイトを組織して力任せに進めざるを得ないタスクもあり、正直なところ提出物の質に対する懸念も残ってしまった。

また、広範なアジア関連環境研究者の協力を得てレビューコメントを提出しているが、都合の悪いと思われる指摘が意図的に無視されたと思われる事例や、発行後に日本国内で記述の問題性が指摘された個所もあったりと、その看板とはかけ離れた危うさも否定できない状況であった。

しかしながら、シリーズを通じ、内容は少しずつ深化してきた。GEO-2000では、アフリカ、アジア・太平洋といった地域ごとの環境現況解説（State of Environment: SoE）が中心であった。またGEO-3では、過去30年間のSoEと政策対応を、土地、森林、生物多様性、淡水問題、沿岸地域及び海洋地域、大気、都市地域、災害といったテーマ別に整理したほか、2032年までの長期展望を、1) 市場優先、2) 政策優先、3) 安全優先、4) 持続可能性優先の4つのシナリオのもとで提示した。さらにGEO-4では、今日の地球上の大気、土地、水、生物多様性の現状とその経済・社会・政治的背景について、1987年からの変化を記載するとともに、問題解決に向けた対策の優先度や、2050年までのシナリオを提示した。

一方GEO-5では、国際合意を得た環境分野の主要90目標の進捗状況を評価し、3部構成でまとめている。第1部では、世界レベルで見た地球環境の現状と傾向を、環境変化の要因、大気・陸・生物多様性・水・化学物質と廃棄物の現状と傾向、地球をシステムとして捉えた視点、データの必要性について再検討した章にわけて説明している。第2部では、地域別に優先的に取り組むべき環境課題を取り上げ、優先課題に対して現在実施されている政策オプションや、成功事例、関連する環境目標について、地域別（アフリカ、アジア・太平洋、ヨーロッパ、中南米・カリブ諸国、北米、および西アジア）に分析し解説している。第3部では世界規模の対応をテーマに、「シナリオと持続可能性への転換」および「地球の対応」の章にわけ、転換的变化とそれを実現する長期政策オプションの可能性を検討し、国際環境目標を達成させ、世界全体が持続可能な発展に向かうための具体的な提言を示している。このような包括的な政策分析が行われたのは、以前のGEOシリーズにはない新たな試みでもあった。

またアジア・太平洋地域についても、重点的な分析が必要な5つの優先課題として、1) 気候変動、2) 生物多様性、3) 淡水、4) 化学物質と廃棄物、5) 環境ガバナンスが選択され、これら5分野において最も重要と考えられ、かつ国際的に合意された環境目標を設定し、分野ごとに政策分析を行っているほか、域内における優先政策を選択し、成功している政策事例、およびその汎用性についての紹介を行っている。

2010年3月下旬にナイロビのUNEPでGEO-5のキックオフ会合が行われ、筆者もこれに参加した。ほぼすべての国連加盟国が代表を派遣しており、従前と違って参加者に手とり足とり細かな説明がなされていた。GEO-4までは段取りが悪く、半年かけるべき作業を2週間でやらされたりと、勝手にわからぬままずいぶん振り回された。地球版の環境白書を作るこの作業にも、IPCCレポートのやり方をきちんと踏襲しようということらしい。アメリカ政府の代表は一人で全体の3割ほど発言時間を占めていた。彼らは、この問題にはとても敏感のようだ。

ここでは、著者選定・執筆・査読プロセスの決定が行われた。4月以降日本国内に幅広く推薦を依頼し、執筆候補者として合計十数名を各章に推薦したが、ふたを開けてみると、人選結果には誰もが納得する著名な方がいる一方で、大丈夫だろうかと思うようなバックグラウンドの方も選ばれており、IPCCと相似な形で進めることの難しさを思い知らされることとなった。3年の歳月と、約600人の寄与を得て2012年に出版されたGEO-5ではあるが、シリーズに深い関わりを持ってきた筆者は、巻末に評価プロセス寄与者として名前が載っているのみであり、尽力のさなか知らぬ間に梯子を外された印象をぬぐえないが、かつて思い描いた理想により近づいたスタイルで本レポートが世に出たことは、大きな一歩といえるだろう。

2015年秋に環境報告研からGEO-5第1部の日本語訳が出版された。本書は、訳者の並々ならぬご尽力による、同シリーズ初の日本語版である。いつもながら、英語の書物を忠実に訳す場合、その表現には日本人読者の欲するところとの距離感が生じてしまう気がする。その意味では、日本国内向けの噛み砕いた解説書も欲しいところである。なお国連公用語である中国語版、ロシア語版、スペイン語版は、UNEPにより直接翻訳、出版されており、GEO-3については以上のほか、フランス語版とアラビア語版を入手している（UNEPに在庫があれば現在も購入可能）。シリーズの

作成過程を垣間見てきた者として、相変わらず「広く浅く」の感は否めないが、地球環境に関する最前線の見解が平易な表現で網羅されているので、資格試験や大学院入試の出題ソースに利用してみるのもよいと思う。

## 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 交流推進係（国立環境研究所 一般公開実行委員） 広兼克憲

### 1. 概要

2016年4月23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。昨年より約1割多い654名の方々に研究所にお越しいただきました。地球環境研究センターは、地球温暖化研究棟1階を公開し、「徹底討論ーパリ協定でどうなる？どうする？地球温暖化ー」と題し、地元茗溪学園の高校生を交えたパネルディスカッションを行うとともに、地球環境観測の展示、発電量表示システムを備えた自転車発電体験を行いました。さらに、地球温暖化研究棟のグリーンカーテンから株分けしたパッションフルーツの苗を来場者にプレゼントしました（写真1）。



写真1 パッションフルーツの苗を配布

研究所一般公開では、私たちの研究成果を来場者の方々にわかりやすくお伝えし、貴重なご意見・ご質問等をいただくとともに、いろいろな問題について一緒に考えることができました。以下ではこのうち、地球温暖化研究棟での公開内容についてご報告します。

### 2. 最新の研究内容紹介

研究内容の紹介として、民間航空機や人工衛星「いぶぎ」を使った全世界の温室効果ガス濃度観測の方法を模型や実際の測器をお見せしながら担当研究者が直接来場者にご説明し、得られたデータについてもわかりやすくグラフ化するなど工夫して解説を行いました（写真2、3）。これらの機器はその後、5月のG7伊勢志摩サミットや富山・つくばのG7大臣会合でも紹介されました。



写真2 日本航空の協力により国際線旅客機を利用した画期的な温室効果ガス観測について解説しました



写真3 温室効果ガスの観測を主目的とする世界初の人工衛星「いぶき」に関する説明を行う研究者。宇宙から地球を電磁波の「目」で見ることによってメタンとCO<sub>2</sub>の濃度を測定できます。その測定結果を地球の形をしたスクリーンに投影しています

特に、「いぶき」の説明エリアでは、従来よりスペースを拡大し、「いぶき」が描かれた大型バナーが出迎える、新しいイメージの展示をご披露しました。例年好評の球面ディスプレイを用いた観測データやシミュレーション結果の投影やポスターでの説明に加え、「GOSAT QUEST」というiPadを使用した体験型クイズを実施し、遊びを通じて「いぶき」の目的と役割を自然と学べるアトラクションとして、子ども達の人気を集めました。またアプリのダウンロードキャンペーンも行い、広く一般の方々に向けて「いぶき」の成果を身近に感じていただく機会となりました。

### 3. 体験型イベント

#### (1) 自転車de発電

すでにおなじみのこの企画は、自転車をこぐ力を電気エネルギーに変え、いろいろな電化製品を動かしてみようというものです。大人用と子供用の自転車を用意し、消費電力の異なる白熱電球・LED電球をつけた場合に必要な力が違うことを体験していただきました。特に、液晶テレビを見るためには「安定した自転車こぎ」が必要なことも実感して

いただき、エネルギーの大切さを「体感」できたことと思います。なお、大人用自転車では発電量をW（ワット）単位で表示し、その発電能力を証明して認定書をプリントすることもでき、エネルギーを生み出すには大変な力が必要であることを理解していただく一端になればと考えています（写真4）。



写真4 奥の白い自転車では発電によっていろいろな電化製品を点けて、消費電力の違いと足にかかる力の関係を体験してもらっています。手前の黒い自転車では自らの発電力の限界に挑戦してもらい、発電量の認定書を発行しています

## (2) 観測体験ツアー：地球温暖化を想定した土壌CO<sub>2</sub>排出実験／太陽の光でCO<sub>2</sub>濃度を知る装置紹介

地球温暖化研究棟の北にある森林内で土壌からの二酸化炭素の排出に関する実験を行っている場所があります。普段は一般の方々が入れない場所ですが、一般公開にあわせて森の中に大型ディスプレイを持ち込んで解説を行いました。また、「いぶき」後継機からの観測データ質を明らかにするために使用する大きなコンテナに収納されたFTSという温室効果ガス観測装置をあわせて紹介しました。少人数参加型のツアーでしたが、参加された方々は非常に満足され、説明した研究者からいろいろな質問を通じて得るものがあったということです。



写真5 森の中に大型ディスプレイを持ち込んで解説

## 4. パネルディスカッション

「徹底討論ーパリ協定でどうなる？どうする？地球温暖化ー」（第1部：一般パネルディスカッション、第2部：高校生を交えてのディスカッション）と題してこれからの低炭素社会について世代を超えて考えるイベントを行いました。詳細は、別途報告します。

7月23日（土）には国立環境研究所「夏の大公開」が予定されています。子どもから大人まで楽しんでいただける企画を多数ご用意させていただき、また、来場者参加型パネルディスカッションも新たなテーマを設定して準備しています。多くの方々のご来所を職員一同お待ちしております。

## 双方向のコミュニケーションで研究と社会をつなぐ

岩崎茜さん（研究事業連携部門社会対話・協働推進オフィス 科学コミュニケーター）に聞く

地球環境研究センターニュース編集部



第4期中長期計画を迎えた国立環境研究所は、社会対話・協働推進オフィス（以下、対話オフィス）を新たに設置し、4月から岩崎茜さんをオフィスの専属スタッフとしてお迎えしました。岩崎さんは日本科学未来館（以下、未来館）で科学コミュニケーターとして多くの経験を積まれてきました。またご自身の専門分野が環境倫理学であり、環境問題にかかわる様々なステークホルダーの価値観の衝突、あるいは新たな価値観の創造、といったことに興味をもって活動されてきました。

国立環境研究所はこれまで、研究内容を如何に市民に伝えるかについて努力を重ねてきました。対話オフィスは、一方向的な情報発信のみならず、環境問題・環境研究の様々なステークホルダーおよび市民との間で、双方向的な対話や協働を推進することを目的としています。これに伴い、専門的な研鑽を積んだスタッフとともにお仕事をしていく体制ができました。

地球環境研究センターニュースでは、岩崎さんにインタビューを行い、今後の研究成果の発信等を通じて、さらなる研究の発展、市民の環境問題への関心を高める方法について考えることとしました。

### 科学コミュニケーターとして

**編集部** 岩崎さんはサイエンス・コミュニケーションの本丸である未来館で仕事をされたことがあるとお聞きしました。

具体的にはどのようなお仕事をされていたのですか。また、そのお仕事の中で、印象的なイベントがあればご紹介下さい。

**岩崎** 未来館に勤務していた時には「科学コミュニケーター」という職種名で活動していましたので、国立環境研究所でもその肩書で仕事をやらせていただくことになりました。

未来館では科学コミュニケーターを任期付きで養成し、その後それぞれの分野に羽ばたいて、科学コミュニ

ケーションを展開してもらうことが期待されています。常に50人ぐらいのコミュニケーターが活動しています。

**編集局** どんな方が科学コミュニケーターになっているのでしょうか。

**岩崎** 科学の分野で修士か博士を修了した人が採用されています。自然科学系でも社会科学系でもOKです。学芸員の資格は特に必要とはされておらず、特定の専門分野で研究してきた経験が求められます。国際化社会に向け語学力も重視されていて、英語はもとよりそれ以外の言語もできるなど、語学に堪能な人も多いです。

**編集局** なるほど、コミュニケーション力が重要というのは納得です。

**岩崎** 未来館に採用された科学コミュニケーターとしては、専門家と市民など様々なステークホルダーの間に入って双方向のコミュニケーションを促進し、相互理解や、社会としての新たな方向性を見出すための対話を担っていました。科学と科学ではない、若しくは自然科学と社会科学をまたぐ分野の「媒介者」的な役割です。

**編集局** 少し意地の悪い質問かもしれませんが、未来館の毛利衛館長のように科学者として、あるいは宇宙飛行士として経験を積まれた方が科学コミュニケーターをするというのは、可能かなと思います。でも、研究して修士号、博士号を取られているとはいえ、社会の様々な立場とかかわっていく、そのような難しいお仕事ができるのでしょうか。

**岩崎** まずは未来館の展示場で来館者といろいろな話を積み重ねていく中で、それぞれの考え方や立場を理解することができるようになってきます。日々、いわゆるオンザジョブトレーニングです。

## 未来館での経験

**岩崎** これは館内で来館者に向けてレクチャーをしているところの写真です。その場にいる方々に話しかけて人を集め、科学の話題に興味をもってもらいコミュニケーションにつなげます。



**編集局** オーディエンス、つまり聞く人が誰か、ということで、コミュニケーションのやり方が変わってくると思います。男性と女性とか、理系と文系とか。たとえば、年齢によって気をつけたほうがいいことなどはありますか。

**岩崎** シニアになればなるほど、こちらが「聞く側」に回るが多くなります。長く生きてきた方は、それなり

の価値観を培われていますので。まず、その人たちのお話をよく聞いて、相手の立場に立ち、何をどんなふうに言えば響くかを考えて話すほうがいいように思います。未来館の科学コミュニケーターは話すよりも「聞く」ほうが上手といわれます。対話って、聞いて相手に共感したり、相手の価値観を理解したりする、ということがベースとして特に大切なんですね。

**編集局** 手ごわい対話相手もいるのではないですか。

**岩崎** スーパーサイエンスハイスクール（SSH）の認定を受けた高校の生徒が来館して、私の知らないことを質問してきたときは恐怖でした（笑）。素粒子と反粒子について、とか。専門分野ではないと質問に対する回答をその場ではなかなかできません。でも、「私にはわからない」と言ってしまうとコミュニケーションはそこで終わりです。その質問をする意図は何か、その分野と関係する新たな知識でこんなことは伝えられる、など、質問してくれた人とコミュニケーションを続けることで、興味関心を深めたり、視野を広げてもらうような努力をします。それがコミュニケーションの腕の見せ所だと思います。

**編集局** 環境問題についてのコミュニケーションはいかがでしたか。

**岩崎** もともと興味を持っていた生物多様性や気候変動をテーマに、トークイベントや大がかりな市民会議を実施したりしました。また、難しい課題として高レベル放射性廃棄物に関する仕事にも取り組みました。処分場をどうするか日本全体で考えなければいけないのですが、それについて一般の方々に関心をもってもらうのは難しいなと感じていました。

核のゴミの処分については、科学の話よりもむしろ、10万年近くという長期間にわたり放射線という見えない恐怖とどう付き合っていくか、という社会の問題でもありますので、専門家だけではなく社会全体で対話を重ねながら政策を進めていく必要があると強く感じています。

**編集局** 放射性物質への関心は2011年の東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故以来、非常に高まっていますが、基礎的な理解が進んでいない（学校でも詳しくは教えてこられなかった）こともあって、解決の方向性が見えにくい難しい問題になっていますね。

## 国立環境研究所での初仕事

**編集局** 岩崎さんは、研究所着任後一か月足らずの4月23日の春の一般公開において、パネルディスカッション「徹底討論ーパリ協定でどうなる？どうする？地球温暖化ー」の午後の部で、日頃は研究者である江守正多さんが務めるモデレーターの代わりとしてファシリテーションを行いました。こういう役割を躊躇する人は少なくないと思われそうですが、なぜ、あのように見事にこなせたのか、その理由は何だとお考えですか。

**岩崎** でも、私は反省ばかりで、役割を果たせたとは思っていません。江守さんは科学者なので、専門家の側面ももちながら、他のパネラーの話をきちんと理解して、うまくまとめの言葉を付け足したり、補足したり、かみくだいたり。そのおかげで会場の人たちがより話を聞きやすく、理解しやすくなっていったのではないかと感じています。

私は議論の交通整理とか、司会のような形で場をまわすことはできるんですけども、科学者ではないので、内容について深めたり、わかりやすくするという、もうワンクッション置くとこがなかなかうまくできません。テーマについてもっと勉強して臨むべきだったんですけど。江守さんみたいに、司会役も見事にこなせる専門家がいると、科学コミュニケーターは、そのうち用がなくなるかもしれません（笑）。

**編集局** でも、実際に司会をする岩崎さんを見て、みなさんの考えを整理したりまとめたりする引き出しをたくさんお持ちなんだと感心していました。



## 環境をめぐる科学コミュニケーション

**編集局** 環境問題に関して科学コミュニケーターの役割はどのようなものであるべきとお考えですか。

**岩崎** 専門的な知見を伝えることについては、専門家ではない私自身には努力しても越えられないハードルがあります。でも、コミュニケーションの意義はただ伝えるだけではなく双方向ということにあると思います。環境問題は生きているみんなが等しくステークホルダーである問題です。科学者のいうことが、単にわかりやすく伝えられてみんなが理解するだけではなく、社会の一人ひとりが、専門家の知見も採り入れつつ、みんな考えていくようにするのが本当の科学コミュニケーションの目的だと思っています。

専門家はデータなどの素材もっているので、自分で声を上げることができますが、一般の人たちの考えていることは、なかなか表には出てきません。そういう見えない「声」をうまく引き出して、すべての人が参加できる議論の土台を作っていくようなことが、私の考えているコミュニケーターの役割です。「うまく伝えていく」ことばかりが仕事ではないのです。専門家で「うまく伝える」ことのできる人もいますので、それよりも、社会や一般の人の側の声のインタープリテーションのほうが科学コミュニケーションにおいてはむしろ大事なのではないかと考えています。

**編集局** 環境省や国立環境研究所の活動は、コミュニケーターの目から見て、一般の人も興味をもつもの、あるいは、理解しやすいものですか。

**岩崎** 環境省や国立環境研究所が発表する第一線での研究成果や動きなどに直接アクセスすることは、一般の人にとってはかなりハードルが高いと思います。そういう一次情報に、ある程度知識のある人たちがアクセスしてブログなどでブレイクダウンして紹介する。一般の人はまずそこにアクセスするのではないのでしょうか。ですので、環境省や国立環境研究所の活動そのものについては、多くの人はあまり身近に感じていないかもしれないですね。

**編集局** 環境省など行政機関は、みなさんにわかりやすい制度を作り、説明できるようにしなければならないのですが、岩崎さんのようなコミュニケーターの方から見て、今の環境省や国立環境研究所の役割についてどう思われるかお聞きしたいです。たとえば宇宙航空研究開発機構（JAXA）は、宇宙研究のおもしろさについて、「はやぶさ」をはじめとして、子どもの興味を引くなど、かなり上手に広報活動をやっているように見えます。環境問題は宇宙よりもずっと日常的で身近ですが、関心をもってもらえるように伝えることはずっと難しかったです。

**岩崎** 未来館に来る子どもたちには、宇宙好き、深海好きがたくさんいます。それに比べると、環境問題に関心のある子どもも一定数いますが、やはり数は少ないと感じました。宇宙や深海などだと、これからまだまだい

るいろいろなことがわかる可能性を秘めていて、研究にロマンがあるというか、ポジティブなんですよ。

**編集局** 宇宙はまだまだ簡単には経験できない夢やあこがれのようなところがありますが、環境問題は、誰もが経験する現実問題なので、そのあたりは異なる方法論があるのかもしれないですね。

ところで岩崎さんから見て、地球温暖化問題の中で、今、最も気がかりなことは何ですか。

**岩崎** 「今世紀末までの平均気温上昇を産業革命前と比較して2°C未満に抑える」という目標は達成できるかということです。私は科学者ではないので、二酸化炭素の回収・貯留（CCS）などの新しい技術がどのくらい進んでいて、本当に早い段階で実用化され、役に立つのか、そのあたりの研究動向がわからないのです。

**編集局** そういうことを把握している科学者は意外と少ないかもしれませんね。

**岩崎** 科学コミュニケーターとしては、科学者がどのくらいまでわかっているか、またはわかっているのかを知りたいということがあります。「不確かさ」をうまく伝えることが一番難しいからです。未来館でいろいろな専門家と接していて感じたのですが、「ここまではわかるけれども、これ以上はわかりません」とはっきり言える人と言えない人がいます。これは私たち自身にも難しいことなのですが、「わからない」ということをはっきりと言えない人のほうが信用できると感じました。でも、研究者だからこそ「わからない」とは言えないと考える人もいるでしょう。

**編集局** 科学は仮説の上に基づいているので、「ここまでは言えるけれども、ここからは言えない」というのは、ある意味あたりまえのことですよ。

**岩崎** でも、たぶん、そういうところは一般の人にはわからないので、そういうところをコミュニケーターが媒介してあげられればと思っています。

**編集局** 岩崎さんのような経験を持つ方と研究所の科学者やスタッフがうまく協力できると、これまでにない双方向コミュニケーションが図れるような気がしてきました。今後が楽しみです。今日はありがとうございました。

## 【最近の研究成果】

# 気候変動の影響を受ける可能性が高いモンスーンアジア陸域生態系はどこか？

複数モデルを用いた解析

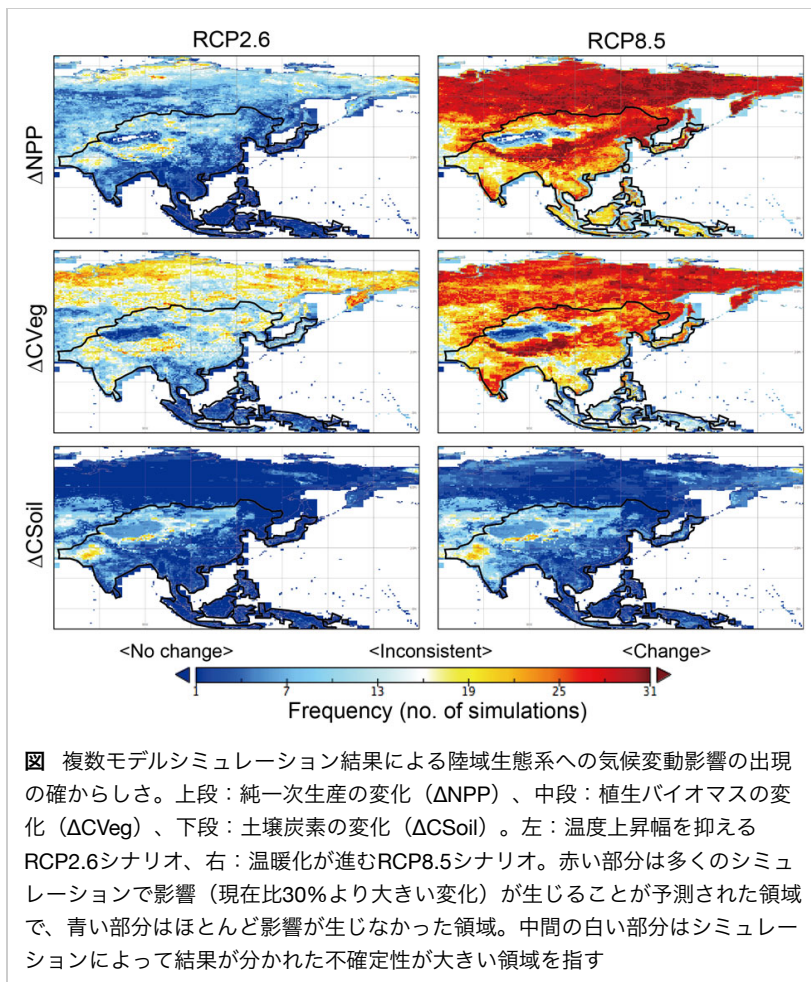
地球環境研究センター 物質循環モデリング・解析研究室 主任研究員 伊藤昭彦

国立環境研究所 野田響、仁科一哉

モンスーンアジア地域は、東南アジアの熱帯多雨林からシベリアの亜寒帯林にまたがる特徴的な生態系から構成されており、産物供給や気候調節など様々な生態系サービスをもたらすことでこの地域に暮らす数十億人の生活を支えている。将来の気候変動に伴って、この地域の陸域生態系にどのような変化が生じるかは、温暖化への緩和策や適応策を考える上で極めて重要な問題である。

本論文では、気候変動の影響評価に関する国際的なモデル相互比較プロジェクトであるISI-MIP<sup>[1]</sup>で行われた、複数の生態系モデルによる将来予測データを用いて、モンスーンアジア地域の陸域生態系における気候変動影響を調べた。ここでは、生態系の植生バイオマスや土壌有機物のストック、生態系が人間社会にもたらすサービスに関係が深い光合成生産（純一次生産と呼ばれる）に着目したが、生態系モデルではそれらを炭素の動態としてシミュレートしている。ISI-MIPでは、将来の大気中の温室効果ガス濃度や、それに伴う気候変動について複数のシナリオを用意しており、それを用いて影響モデルによる評価を行っている。2種類の大気中温室効果ガス濃度シナリオ（低位と高位の濃度パスを表すRCP2.6とRCP8.5<sup>[2]</sup>）と5種類の気候モデルによる予測を用い、それぞれ7種類の生態系モデル（国立環境研究所で開発されているVISITモデルを含む）で推定された影響評価の結果を解析した。

その結果、二酸化炭素濃度上昇による施肥効果等により植生の生産力は現在と比較して9～45%増加し、それに伴うバイオマスの増加が生じる可能性が示された。土壌炭素も少数の結果では減少が見られたが多くは増加しており、シミュレーション間のばらつきはなお大きいものの、生態系全体として正味の炭素吸収が生じていた。多数の結果を横断的に解析し、全体を通して共通性の高いパターンを抽出したところ、チベット高原や南アジアの一部には温度上昇幅を小さく抑える低位のシナリオであるRCP2.6条件下でも生産力や土壌炭素量に相当の影響が生じる可能性が高い地域が見られた。一方、温暖化がより進行するRCP8.5の場合では、東アジアや南アジアの多くの地域で強い影響が見られる可能性が高いことが分かった。また、本論文では気候変動による生産力や炭素ストックの極端な増加・減少が出現する頻度や、観測からの影響検知への示唆に関する議論も行った。これらの結果は、気候とその影響の予測、対策立案に有用な示唆をもたらすと期待される。



## 脚注

1. ISI-MIP (Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project)：ドイツのポツダム気候影響研究所などが主導する温暖化影響モデルの相互比較プロジェクト。国立環境研究所からは水資源モデルH08、陸域生態系モデルVISITなどが参加している。参考：花崎直太ほか「温暖化影響の全体像に迫る：米国科学アカデミー紀要に特集されたISI-MIPの紹介」地球環境研究センターニュース2014年2月号
2. RCP2.6およびRCP8.5：気候変動研究で用いられる大気中の温室効果ガス濃度に関するシナリオ。Representative Concentration Pathway。2.6と8.5は21世紀末に目標とする放射強制力の変化幅（単位  $W m^{-2}$ ）。

## 本研究の論文情報

Evaluation of global warming impacts on the carbon budget of terrestrial ecosystems in monsoon Asia: a multi-model analysis.

著者： Ito A., Nishina K., Noda H. M.

掲載誌： Ecol. Res. (2016) 31, 459–474, doi:10.1007/s11284-016-1354-y.

## 【最近の研究成果】

陸域生態系のCO<sub>2</sub>交換における季節振幅は拡大傾向にある

複数モデルのシミュレーション結果に基づく解析

地球環境研究センター 物質循環モデリング・解析研究室 主任研究員 伊藤昭彦

陸域生態系における光合成と呼吸には、特に中高緯度において明瞭な季節変化が見られ、それが大気中CO<sub>2</sub>濃度の季節変化に反映されている。最近の観測データより、大気中CO<sub>2</sub>濃度の1年間での最高値と最低値の差（季節振幅）が過去約50年の間に拡大してきたことが示されており、その原因が注目されている。

本論文では、複数の生態系モデルによるシミュレーション結果に基づいて、陸域CO<sub>2</sub>交換の季節振幅を詳細に調べた。マルチスケールのモデル相互比較プロジェクト（MsTMIP [注]）に参加した15モデルの結果を用い、1901年から2010年の期間について光合成（GPP）・呼吸（RE）・正味交換（NEP）の月別データを解析した。その結果、大多数のモデルは20世紀後半に正味交換において季節振幅が拡大する傾向を再現していることがわかった（図）。光合成と呼吸の季節振幅はそれぞれ拡大していたが、北半球の夏季における光合成増加傾向がより大きいことが正味交換の季節的な振幅拡大につながっていた。このような陸域生態系の挙動は、大気中のCO<sub>2</sub>濃度に見られる季節振幅の拡大傾向の原因になりうると考えられる。モデルの感度実験の結果から、このような陸域の季節振幅拡大には、気候条件の変化や土地利用変化だけでなく、大気CO<sub>2</sub>濃度の長期的な上昇に伴う植生の光合成への施肥効果が強く影響していることが分かった。本研究の成果は、グローバルなCO<sub>2</sub>循環の理解を精緻化させ、陸域モデルの信頼性の検証に役立つと期待される。

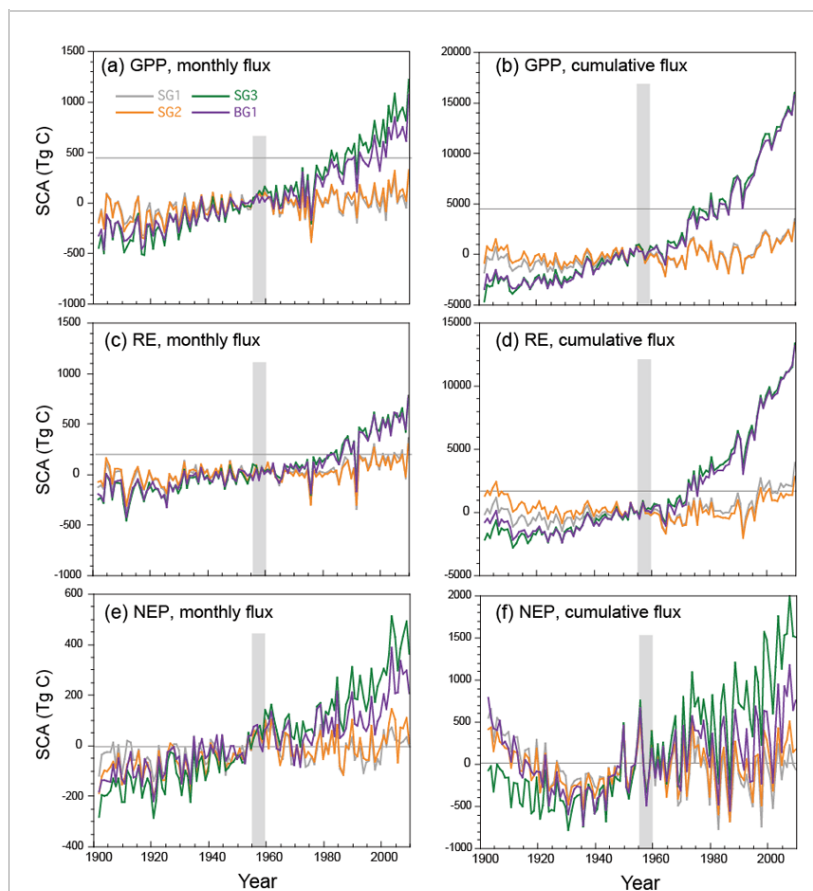


図 陸域生態系のCO<sub>2</sub>交換における季節振幅（Seasonal-Cycle Amplitude: SCA）の変化。MsTMIPに参加した15モデルの平均（灰色の帯で示された期間の平均をゼロとした相対値）。左(a, c, e)月別CO<sub>2</sub>フラックスに基づく解析、右(b, d, f)年間の積算フラックスに基づく解析。(a, b) 植生の光合成を示す総一次生産（GPP）、(c, d) 生態系からのCO<sub>2</sub>放出を示す生態系呼吸（RE）、(e, f) 正味の

CO<sub>2</sub>交換を示す純生態系生産（NEP）。異なる色の線は感度実験のため設定条件を変えた場合の結果を示す。SG1：気候条件のみ変化させた場合、SG2：気候 + 土地利用条件を変化させた場合、SG3：気候 + 土地利用 + CO<sub>2</sub>条件を変化させた場合、BG1：気候 + 土地利用 + CO<sub>2</sub> + 窒素沈着条件を変化させた場合

---

## 脚注

- MsTMIP (Multi-scale Terrestrial Model Intercomparison Project) は、米国が主導する陸域生態系の炭素循環モデルに関する相互比較プロジェクトであり、世界の主要なモデル研究グループが多数参加している。共通の設定条件でモデル計算を行い、陸域の炭素収支におけるシミュレーション結果を様々な側面から解析している。

## 本研究の論文情報

Decadal trends in the seasonal-cycle amplitude of terrestrial CO<sub>2</sub> exchange resulting from the ensemble of terrestrial biosphere models

著者： Ito A., Inatomi M., Huntzinger D. N., Schwalm C., Michalak A. M., Cook R., King A. W., Mao J., Wei Y., Post W. M., Wang W., Arain M. A., Huang M., Lei H., Tian H., Lu C., Yang J., Tao B., Jain A., Poulter B., Peng S., Ciais P., Fisher J. B., Parazoo N., Schaefer K., Peng C., Zeng N., Zhao F.

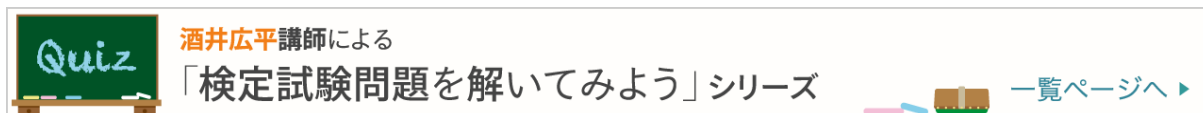
掲載誌： Tellus B 2016, 68: 28968. DOI:10.3402/tellusb.v68.28968.

## 酒井広平講師による「検定試験問題を解いてみよう」シリーズ

### 29 低炭素社会と制度設計

－3R・低炭素社会検定より－

地球環境研究センターニュース編集局



3R・低炭素社会検定は、持続可能な社会の実現のため、3Rや低炭素社会に関する知識を活かして、実践行動を行う人を育てることを目的としています。【3R・低炭素社会検定 低炭素社会分野試験問題解説集「はしがき」より】  
検定試験問題から出題します。

**問85** 低炭素都市に関する記述として、最も不適切なものはどれか？

中級レベル

正答率 67%

- ① 環境モデル都市は、持続可能な低炭素社会の実現にむけて先駆的な取り組みをおこなうモデル都市として、政府によって選定された自治体である
- ② 環境モデル都市の選定基準では、長期的な温室効果ガス排出の大幅削減（2050年に半減以上の削減）の考え方に沿った取り組みであることが奨励されている
- ③ コンパクトシティは、施設や住宅を集積させ移動距離を短くすることにより、運輸部門からのCO<sub>2</sub>排出量が低減することが期待される
- ④ バイオマスタウンとは、バイオテクノロジーの活用により、地域において食料の地産地消、旬産旬消を目指す都市である

#### ヒント

バイオマスタウンはバイオマスの総合的な利活用を行う地域です。

#### 答えと解説

答え：④

環境モデル都市は、持続可能な低炭素社会の実現にむけて先駆的な取り組みをおこなうモデル都市として、政府によって選定された自治体です。2013年度までに、千代田区、横浜市、下川町（北海道）、西粟倉村（岡山県）など大都市から小規模自治体まで23自治体が選定されています。

環境モデル都市の選定基準では、長期的な温室効果ガス排出の大幅削減（2050年に半減以上の削減）の考え方に沿った取り組みであることが奨励されています。

コンパクトシティは、施設や住宅を集積させ移動距離を短くすることにより、運輸部門からのCO<sub>2</sub>排出量が低減することが期待されています。

バイオマスタウンは、バイオテクノロジーの活用により、地域において食料の地産地消、旬産旬消を目指す都市ではなく、「域内において、バイオマスの総合的利活用システムが安定的・適正に構築される地域」を

指します。バイオマスとは生物由来資源のことで、例えば廃棄される紙や製材木くず、下水汚泥などです。

\*正答率は第7回3R・低炭素社会検定受験者のものです

問86

「EU-ETS」の意味として、最も適切なものはどれか？

上級レベル

正答率 56%

- ① 欧州エコツアーリズム規格
- ② 欧州環境配慮型交通システム
- ③ 欧州排出量取引制度
- ④ 欧州経済貿易戦略

ヒント

ETSはEmission Trading System（エミッション・トレーディング・システム）の略です。

答えと解説

答え：③

EU-ETSは欧州排出量取引制度（The European Union Greenhouse Gas Emission Trading System）の略になります。EU-ETSは2005年に開始され、2005年～2007年の第1フェーズ、2008年～2012年の第2フェーズ、2013年～2020年の第3フェーズの三つにわけ、改良を加えながら制度を運用しています。第1フェーズの排出削減目標は2005年比+8.3%と甘いものでしたが、実際の排出量は+0.98%に収まりました。第2フェーズでは2005年比-5.6%、第3フェーズでは2005年比-21%と厳しい目標が設定されています。

\*正答率は第7回3R・低炭素社会検定受験者のものです

問87

2012年7月1日にスタートした再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度に関する以下の記述のうち、最も適切なものはどれか？

中級レベル

正答率 80%

- ① 太陽光発電で発電された電力のみを買い取りの対象としている
- ② 自然エネルギーで発電した電力を政府が買い取る
- ③ 電力の買い取り価格は発電方法によらず一律である
- ④ 買い取り価格は、発電・送電設備のコスト等の変化を考慮し、毎年見直される

ヒント

太陽光だけではなく風力発電なども対象であり、電気事業者が買い取る制度で、買い取り価格は発電方法により異なります。

答えと解説

答え：④

電力固定価格買取制度（Feed-in Tariff、FIT）は、太陽光、風力、バイオマスなど再生可能エネルギーの普及促進のため、それらで得られた電力を政府が定めた価格で電気事業者が買い取る制度です。

日本では2009年に、太陽光発電の買い取り制度が導入されました。その後、2012年には、太陽光発電以外の再生可能エネルギー（風力発電、バイオマス発電など）に対する電力固定価格買取制度も導入されました。買い取り価格は、発電方式ごとに異なり、発電設備の建設コスト等の変化を考慮し、毎年見直されています。例えば、平成25年度の買取価格は太陽光発電（10kW以上）で36円/kWh（税含まず、以下省略）、風

力発電（20kW以上）で22円/kWh、平成26年度の買取価格は太陽光発電（10kW以上）で32円/kWh、風力発電（20kW以上）で22円/kWhとなっていました。

なお、ドイツやスペインではこの制度により、再生可能エネルギーの導入が促進されました。

＊正答率は第7回3R・低炭素社会検定受験者のものです

問88

東京都の「温室効果ガス総量排出削減義務と排出量取引制度」に関する次の説明のうち、最も不適切なものはどれか？

上級レベル

正答率 24%

- ① 2008年に東京都環境保護条例の改正に伴って導入された
- ② ベースライン・アンド・クレジット方式と呼ばれる制度を用いている
- ③ 燃料、熱、及び電気の使用量が3カ年度連続して1,500kL以上の事業所は、温室効果ガス総量削減義務の対象となる
- ④ 総量削減義務対象の温室効果ガスは、燃料、熱及び電気の使用に伴い排出されるCO<sub>2</sub>が対象である

#### ヒント

東京都のこの制度は「キャップ・アンド・トレード」という方式で、上限設定（キャップ）と取引（トレード）からなる制度です。

#### 答えと解説

答え：②

東京都の「温室効果ガス総量排出削減義務と排出量取引制度」は欧州排出量取引制度（EU-ETS）などと同じ、「キャップ・アンド・トレード」という方式の制度を用いています。この方式は総量規制がある制度で、対象者（対象事業者）に対して排出量の総量削減義務を課す（キャップ）とともに、排出枠の取引（トレード）を認める方式です。

ベースライン・アンド・クレジット制度は同じく排出量取引制度の一つですが、総量規制のない制度です。対策がない場合に想定される排出量（ベースライン）から対策で削減した量をクレジットとして発行する仕組みで、CDM（クリーン開発メカニズム）などが該当します。

＊正答率は第7回3R・低炭素社会検定受験者のものです

出典：3R・低炭素社会検定（<http://www.3r-teitanso.jp>）低炭素社会分野試験問題解説集