



夏の大公開の「環境サイエンスカフェ」では、  
研究者と市民が環境について気軽に語り合いました

## 2016年10月号 [Vol.27 No.7] 通巻第310号

研究者と気軽に語ろう –夏の大公開で「環境サイエンスカフェ」を開催しました–

岩崎茜

よりよい政策決定のために –グローバルな都市炭素マッピングに関するGCP-WUDAPT国際ワークショップ：Future EarthのKnowledge Action Networksへの貢献に向けて–

Ayyoob Sharifi・山形与志樹

インタビュー「地球温暖化の事典」に書けなかったこと [16] 気候モデルの不確実性の低減が開くさまざまな可能性 –気候モデル研究で温暖化対策に貢献する–

編集局

夏の大公開「環境博士が君を待っている！」を開催しました

広兼克憲

温室効果ガス、どうやって減らしていきますか？ 夏の大公開「低炭素社会を目指す」パネルディスカッション実施報告

岩崎茜

【最近の研究成果】 観測データとの比較による気候感度不確実性の低減

釜江陽一・塩竈秀夫

【最近の研究成果】 衛星「いぶき」(GOSAT) から得られた温室効果ガス濃度の高精度化に向けたバイアス補正手法の開発

井上誠ほか

---

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 [32] CO<sub>2</sub>削減技術 -3R・低炭素社会検定より-

編集局

## 研究者と気軽に語ろう

—夏の大会で「環境サイエンスカフェ」を開催しました—

社会対話・協働推進オフィス 科学コミュニケーター 岩崎茜

最近よく耳にするようになった「サイエンスカフェ」。皆さんはこれまでに参加したことはありますか？字のごとくカフェのようにコーヒーなどを飲みながらリラックスして科学について語り合うイベントのことです。

「研究者と市民が環境問題や研究について気軽に語れる場があれば」。その思いから、国立環境研究所（以下、国環研）の社会対話・協働推進オフィス（以下、対話オフィス）は、夏の大会（7/23（土））の一企画として「**環境サイエンスカフェ —環境問題が解決された未来はどんな社会？—**」を開催しました（写真1）。大会は5,000人規模の参加者を集める研究所にとっての一大イベント。多くの方々に研究者と気軽に対話を楽しんでもらえる、またとない機会になりました。



写真1 研究者（右奥）を取り囲むように参加者が座り、両者が近い距離で意見を交わしました

### 1. 環境サイエンスカフェの概要

大会では30分間のカフェを4回開きました。各回のテーマは、国環研で今年度から始まった新しい研究プログラムの内容から設定しました。

現在、国環研では課題解決型プログラムが展開されており、その内容は、「低炭素研究」「資源循環研究」「自然共生研究」「安全確保研究」という領域に分かれています。各回のテーマとなったこれらに加えて、持続可能な社会を実現するための、全領域をまたいだ「統合研究プログラム」も含め、5つの研究プログラムが進められています。

カフェでは各プログラムの内容を知ってもらったうえで、課題解決に向けてさらにどのような研究を進めていくべきなのか、参加者の皆さんから声を頂いて参考にしたい、というのが主催した対話オフィスのねらいでした。

考えを深めるために、カフェの進行にちょっとした工夫をしました。

“つっこみ”を入れる

とはいっても、漫才のようにボケに対してつっこんで笑いを取るわけではありません。各回で登壇する研究者を2人にして、話題提供者がテーマにかかわる話しをする、それに対して別のテーマを研究している2人目の登壇者がコメントする、という構成にしました。つっこみコメントが入ることで、違った視点から研究を考えることができる上に、参加者からの意見を引き出す呼び水にもなりました（写真2）。

また各回に、司会進行や、研究者と参加者をつなぐ役割として、対話オフィスのメンバーがファシリテーターとして加わりました。



写真2 研究者同士がつっこみ合うことで、複数の視点から研究内容について考える機会に

## 2. 各回のダイジェスト

以下に、4回の内容を簡単にご紹介します。



# 地球温暖化の防止

自然の恵みをどう使う  
— エネルギー？ それとも？

話題提供者



芦名秀一  
(低炭素の研究)



山野博哉  
(自然共生の研究)

ファシリテーター：枚本友里 (対話オフィス)

「低炭素研究」からは、参加者に一番関心を持っていただけるだろう「地球温暖化の防止」がテーマでした。

温暖化対策として2050年までに温室効果ガスを80%削減する。国のこの目標を達成するためのカギとなるのが、再生可能エネルギー（以下、再エネ）の導入拡大です。

CO<sub>2</sub>ゼロ排出の「自然の恵み」を生かした再エネを日本ではこれからどのくらい増やせるのか、芦名秀一主任研究員

(社会環境システム研究センター)が、自然からエネルギーとして取り出せる量(ポテンシャル)をデータに基づいて紹介しました。数値だけで見れば、地熱発電のポテンシャルは14,200メガワット(最新鋭の火力発電所は1基あたりの出力が1,000メガワット程度だと考えると、大型発電所14基分)、太陽光発電に至っては800万メガワット(大型発電所8,000基分!)と、日本の電力を十分賅える量です。

しかし、つっこみ役の山野博哉センター長(生物・生態系研究センター)が指摘するように、再生可能エネルギーといえども、森林を切り開いて設置するような太陽光パネルは自然破壊を招き、生き物への大きな影響を生みます。

CO<sub>2</sub>を減らすことと、自然を守ること。どこまでなら自然への介入が許されるのか、市民にとってはどの場所なら介入を許せる場所なのか、そのバランスを探りながら再エネの導入を進める必要があります。まさに社会と対話すること、そして他分野のプログラムが連携することが、こうした課題解決に求められることが分かりました。

参加者からは、再エネのほかの発電方法のポテンシャルについての質問や、そもそも80%削減という目標の実行可能性がどのくらいなのかといった疑問が示され、地球温暖化の防止をめぐるさまざまな課題を会場全体で考えました。



## リサイクル

### 日本とアジアの電子ごみ — あなたのパソコンが 汚染を引き起こす？

話題提供者



寺園 淳  
(資源循環の研究)



林 岳彦  
(環境リスクの研究)

ファシリテーター：佐野和美(対話オフィス)

「資源循環研究」からは、多くの人にも馴染みのある言葉である「リサイクル」をテーマに選びました。

今や私たちの生活を取り囲んでいるパソコンやテレビ、冷蔵庫などの電気電子機器。リサイクルされるものもありますが、再利用もできない「電子ごみ」は最終的にどうなっているのでしょうか？日本国内ではリサイクル制度が整備されていますが、問題なのは、規制の緩い国外に電子ごみが輸出される場合です。

まず、寺園淳副センター長(資源循環・廃棄物研究センター)が、つくば市内で撮影された家電の不法投棄の現場写真をいくつか紹介。沢に無造作に捨てられた家電の様子に参加者も驚いた表情を見せていました。続いて、アジアで撮影してきた写真を見せながら、リサイクルの実情を説明します。フィリピンでは有害物質を含む電子ごみの部品を素手で扱う危険な作業が行われていたり、ベトナムではケーブルの野焼きにより環境汚染を引き起こされていたりと、不適切な処理が行われている現状が見えてきました。しかし、それらは決して他人事ではありません。日本の不用品回収業者が引き取った電子ごみが、そうした国々に輸出されている可能性があるからです。つまり、アジアの環境汚染の一因が日本で出された電子ごみにあるということなのです。

林岳彦主任研究員(環境リスク・健康研究センター)は、「化学物質の汚染という研究分野でも同じ課題がある」と、つっこみではなく共感のコメント。「工場などから出る環境中の重金属濃度の基準を厳しくすると、企業は製造の拠点を規制の緩い国外に移し、結局はその地で汚染を招いてしまう。国内だけの基準強化だけでは課題解決に限界があるかもしれない」、という悩みを伝えました。

研究者からは国を越えた環境汚染の問題提起がありましたが、参加者の関心の多くは国内の法や規制のあり方に向きました。日本では法が整備されているとはいっても、その内容はとても複雑です。リサイクル料金がどのように付加されるのか(たとえば、購入時の値段にリサイクル料金が含まれるのか、引き取ってもらうときに払うのか、など)、どのように引き取ってもらうのか、品目ごとに細分化されていて一般市民には分かりにくいという課題が、交わされた意見から浮き彫りになりました。



## 自然との共生

生き物を守るために  
－暮らしの中の生物多様性を  
考える



山野博哉  
(自然共生の研究)



南齋規介  
(資源循環の研究)

話題提供者

ファシリテーター：岩崎茜（対話オフィス）

「自然共生研究」のテーマは、現代社会を維持していく中でどう生き物を守って「自然との共生」を実現するのからです。

生き物の豊かさをあらわす生物多様性は、いま劣化しつつあります。最初に山野博哉センター長が、森林伐採や耕作放棄、外来種の流入など多様性を脅かす原因とその影響について写真を使いながら紹介しました。

私たちの暮らしの中で生物多様性と大きくかかわるといえば、まず食べ物が挙げられます。それだけではなく、スプーンや電池など「自然のもの」ではない金属もかかわりがあります。金属を採掘することは環境破壊を招きます。たとえばニッケルは地表面に多くあるため、地表をそくような採掘をすることで生物多様性への深刻な影響を生み出します。それにもかかわらず、ニッケルが採掘される場所は、ニューカレドニアなどともと生物多様性の豊かな場所が多いといいます。日ごろ使っているさまざまな物の元をたどると、資源の出所である別の地域の生物多様性を大きく損ねているかもしれません。これゆえに、生き物を守るには資源循環の研究とも連携することが重要だということが分かります。

この説明を受けて南齋規介室長（資源循環・廃棄物研究センター）は、「さかのぼると国外の自然破壊を招いていることは分かるが、国外で生物多様性が失われることが日本にはどのように影響を与えるのか、そこが分からないと私たちの行動には結びつかない」、と指摘しました。

分かりやすい例では、国外の自然資源が枯渇すると日本でも食料不足が起こることがあります。さらに、生き物には現時点ではどんな役に立つのか分からないものも多く、今後、製薬などに利用できることが分かれば、それは人類全体にとっての利益とも言えます。大きなスケールで見ると生物資源は共有財産として守らなければならない、と考えることが大切です。

では、結局のところ自然を守るために私たちが暮らしの中でできることは何か。参加者からのこの質問に対して山野センター長は、「身近なところでできることは多い」と述べ、「今回紹介したような自然資源の輸入プロセスを長く複雑にしないように地産地消の物を選ぶ他、外来種を野に放たないなど生物多様性の劣化を招く行動をしないこと、あるいは農業従事者などは仕事を通して自然に積極的に働きかけること」、などを挙げていました（写真3）。



写真3 この回では訳あって話題提供者の子供たちがそろって登壇!? 結果として、研究者の人柄も垣間見えました



## リスクとつきあう

### 環境汚染と安全

— どうすれば安全なのか、  
どうなれば安全なのか、  
あなたはどのように考えますか？



鈴木規之  
(環境リスクの研究)



脇岡靖明  
(地球温暖化の研究)

話題提供者

ファシリテーター：林岳彦 (対話オフィス)

安全。これぞ科学だけでは答えの出せない、社会との対話が必要なテーマです。「安全確保研究」の中で、最も重要で、かつ伝えるのが難しい、「リスクとつきあう」ことについて参加者と一緒に考えました。

どのような方法で安全を表現し、一般の人々に伝えていくのか。たとえば研究の世界でよく使われる、影響の深刻さや程度を表す“重篤度”という用語。鈴木規之センター長（環境リスク・健康研究センター）は、PM<sub>2.5</sub>やナノマテリアルなど環境汚染が引き起こす人体への影響を調べた実験データの例をいくつか示し、害のあり得る物質の例は多いものの、その影響の重篤度がどの程度なのか、単純に答えることが難しいことを説明しました。その背景には、生き物がもともと複雑なメカニズムを持っており簡単には安全かどうか答えられないこと、物質とその影響には無限の組み合わせがありそもそも単純な答えを求めることができない、などがあります。だからこそ、そのリスクに対して社会全体としてどのように安全管理をするのか、コミュニケーションを通して市民の理解を得ながら方向性を決める必要があります。

脇岡靖明室長（社会環境システム研究センター）は、「地球温暖化の影響について、たとえリスクが1.02倍だと言われても、その数値をどう受け止め対策すればよいのか、同様の課題がある」とコメント。科学的な情報をどのように伝えるかという発信者側の問題だけでなく、受け取った情報からどのように判断したらよいのかという受け手側の課題についても、改めて示されました。

参加者からは、「リスクという言葉が広く使われるようになったものの、その意味は非常にあいまいであり、専門家がその言葉を使っているとごまかしているようにも感じる」という意見がありました。また、「リスクが〇%というように数字で示されても、どうしたらそのリスクを避けて安全な方に自分が入れるのかまで教えてもらえるわけではなく、結局最後には自分で考えなければならないのか」、という懸念の声も聞かれました。

### 3. カフェ形式での対話の意義

4回の開催を通して、講演やシンポジウムとは違い少人数で話し合うカフェ形式だからこそ、研究者と参加者が近い距離で本音の意見を交わし合うことができました（写真4）。終了後に、もっと話したいという方々が研究者と直接コミュニケーションをとる姿も各回見られました。研究について知ってもらうだけでなく、市民の考えや興味のあるところを知り研究に活かしていきたいというのが、対話をする目的の一つでもあります。その意味で、研究者にとっても、市民の率直な感想や考え方に触れるよい機会になりました。



写真4 参加者と意見を交わす寺園副センター長（右）

カフェ形式のもう一つの利点は、参加者同士の考えを聞く機会にもなったことです。市民といっても価値観は千差万別。研究に対してほかの人はどう考えるのか、自分では気づかなかった視点はあるのか、参加者同士がさまざまな考え方を知り、自分の考えを深めることにつながったのではないのでしょうか。アンケート結果を見ても、研究者の話題提供に対する評価のほか、他の参加者の意見が聞けたことへの好意的な意見が複数見られました。

アンケートをみると、「もっと長く話したかった」「研究者の方と直に話すことができるイベントを今後も続けてほしい」といったリクエストもありました。国環研に新しく対話オフィスができたことを機に、こうした要望を受け止め、研究者コミュニティを越えた対話の機会を創出していきます。

## よりよい政策決定のために

ーグローバルな都市炭素マッピングに関するGCP-WUDAPT国際ワークショップ：Future EarthのKnowledge Action Networksへの貢献に向けてー

GCPつくば国際オフィス 事務局長 **Ayyoob Sharifi**

GCPつくば国際オフィス 代表（地球環境研究センター 気候変動リスク評価研究室 主席研究員） **山形与志樹**

### 1. ワークショップの背景と目的

2016年6月29日～7月1日、スイスのトゥーンで標記国際ワークショップを開催しました。このワークショップは、グローバルカーボンプロジェクト（Global Carbon Project: GCP）、Future Earthコアプロジェクト、及びWUDAPT（World Urban Database and Access Portal Tools）が主催したものです。ワークショップ会期中、Future Earthの科学委員会および、関係者から構成される関与委員会も開催されました。

ワークショップの目的は、さまざまな都市のスケール（個々の建築物から地域レベル、市町村まで）における、定量的・定性的なデータ収集の枠組みを構築するための戦略について議論することで、とくに大域的に観測された炭素排出量をダウンスケールすることで、都市・地域レベルの排出量を明らかとしようという都市炭素マッピングが中心的なテーマでした。炭素排出のパターンの理解を深めることは、都市の低炭素な発展やその実現に向けた行動計画の作成にとって重要です。また、炭素排出のデータは、アセスメントを行う際や将来シナリオを開発するのにも不可欠なものです。ここ数年、さまざまなボトムアップ的アプローチ・トップダウン的アプローチにより、都市の炭素排出のマッピングが進められてきました。しかし、これまでのものは、断片的で透明性に欠け、相互比較が困難な異なるプロトコルを補足したものでした。また、資金的にも人材的にも大きな投資が必要となり、そしてなんといっても、炭素排出データが、社会経済的側面や制度的要素、環境に関するデータと統合されていませんでした<sup>[注]</sup>。

このような背景のもと、本ワークショップは開催されました。以下では、ワークショップの概要を紹介します。

### 2. 議論の概要

ワークショップでは、トップダウン的アプローチとボトムアップ的アプローチの課題にどう対処するかということと、全球の都市のデータベースを構築するための協力体制について議論しました。トップダウン/ボトムアップの両アプローチを行う上での課題の一つに「精度良く計算を行うために必要となる空間分布情報をどのように収集するか」があります。これについて、地域レベルの排出量データを取得するために、トップダウン的アプローチは主にリモートセンシング技術を応用するのに対し、ボトムアップ的アプローチではクラウドソーシング（不特定多数の人々に仕事を依頼する）やインターネットを利用して進められます。GCPとWUDAPTの協力のもとに取り組みが開始されますが、ほかの研究グループや、このテーマに興味があるグループが活動に参加してくれることを期待しています。都市計画の担当者、地方自治体、市民や地域コミュニティ、エネルギー・土地利用・気候モデルの研究者といったステークホルダーも参加が見込まれています。

WUDAPTは都市の形態による特徴や気候変動の研究に貢献する情報収集に取り組みます。空間的な情報収集には、ボトムアップ的アプローチや地域密着型のアプローチを用い、使いやすくアクセス可能な公開データベースを構築するためには、クラウドソーシングを利用します。これは、一貫したアプローチにより世界中の都市のデータベースの開発を進めている局地気候帯（Local Climate Zones: LCZ）アプローチに基づいています。データベースは2016年末に公開される予定です。このデータベースは、何よりも都市のさまざまな要素（建物、道路、建設資材等）と都市の気候との相互作用を解析するための基盤となります。

都市の炭素排出のデータベースは、WUDAPTのデータベースとリンクすることになっています。これにより、カー

ボンフットプリントとエネルギー消費量について、それぞれのLCZにどんな特徴があるかという研究が可能になるでしょう。こうした分析により、人口分布と建物密度や望ましい地域形成、効率のよい街路の配置に関する理解をさらに深めることができます。

都市の炭素排出に関するデータベースは、毎年、国ごとの炭素排出量を更新し、国際基準となっているGlobal Carbon Atlasとも統合されます。Global Carbon Atlasは、世界中の研究機関や研究者の協力で活動しているGCPの傘下にあるコミュニティの取り組みで、人為・自然起源の炭素フラックスに関する全球および地域データを検証し、可視化してオンラインで配信しています。また、Global Carbon Atlasは、都市排出量データを一般の方に幅広く利用してもらうことを目的として設計・開発されたプラットフォームです。炭素フラックスの主要データはWUDAPTプロジェクトの一環として整備した全球の都市炭素排出データベースから入手できます。同データベースは、炭素関連のデータベース作成やマッピングにこれまでも用いられてきた一般的かつ平易なフレームワークに基づいて作成されたものです。

都市の炭素排出のコンポーネントをGlobal Carbon Atlasに加えるのは困難な作業になると思われませんが、やる価値はあるということがわかっています。目標達成には、異なる分野の研究者と地方自治体との連携、具体的には地方自治体が取得した排出データを定期的に報告するための連携や、共同での研究活動の資金調達のための連携、研究者と政策決定者の双方向のフィードバックを推進するための連携、が必要不可欠となるでしょう。二酸化炭素の直接排出と間接排出を定量化することが重要との共通認識が参加者の間で得られていますが、まず、直接排出量のデータを収集し、次に間接排出量を加えることが合理的でしょう。完成したら、このデータベースは、都市の境界領域内だけではなく境界を越えたさまざまなセクターのカーボンフットプリントに関する情報を提供することができます。さらにこのデータは、今後、WUDAPTプロジェクト（LCZに関連する物理的、空間的、社会経済的データ。WUDAPTでレベル0、1、2を公開）から得られた情報と統合され、低炭素で気候に対してレジリエントな都市開発を実現するために利用されます。

### 3. 今後の取り組みと期待される成果

今後2年間で、世界の大都市のなかからいくつかを選び、それらの都市のデータベースを構築することが主要な取り組みになります。都市の選定に関しては、(1) データ数が多いこと、(2) 炭素排出の信頼できるデータがあること、(3) 気候（気象）条件が異なること、という3つの基準があります。そして、東京、パリ、ニューヨーク、ロンドン、上海、メキシコシティ、バンコク、ヨハネスブルグ、メルボルン、サンパウロ、バンクーバー、ミラノ、コロンボ、モスクワ、シカゴ、ロサンゼルスなどの16都市が選ばれました。東京とパリのデータベースの構築に関する取り組みはすでに始まっています。また、上記のいくつかの都市に関連した取り組みが、気候変動対策に取り組む都市のネットワークである世界大都市気候先導グループ（C40）のような先導的な組織のもとですでに進められており、それらが私たちの計画目標の達成を容易にすることが期待されます。

WUDAPTグループは、これら選択された都市に関する基本となるマップを提供するため、主として土地被覆分析に取り組むことになっています。WUDAPTのレベル1と2のデータから、社会経済に関する情報、輸送のデータ、建物の分類などが加わると、データベースが拡充していきます。また、人工衛星Landsat-8の画像やALOS-2（だいち2号）搭載のPALSAR-2センサを利用して、土地被覆マップの解析のための代替方法を開発することも計画されています。

炭素排出データ、土地利用データ、そして上述の手法で推計するその他のさまざまなデータ（たとえば米国エネルギー省二酸化炭素情報分析センター（Carbon Dioxide Information Analysis Center: CDIAIC）のようなグローバルな炭素排出データをダウンスケールして推計されるローカルなグリッド毎の炭素排出データ）を、ポートフォリオを用いて関連付けます。

都市や地域レベルの炭素排出量を明らかにするという、この取り組みの最終的な成果は、持続可能な都市や社会の実現に向けて、情報に基づくよりよい政策決定を進めるために大いに役立つと思われます。計画の達成については、人的・資金的な課題を解決できるかどうかにかかっています。このテーマに興味をもっているほかのステークホルダーと協力して、プロジェクトを開発し実現する体制を築き、今後の課題に取り組めます。ネットワークを強化する第一段階として、新しく設立されたFuture Earth Cities Knowledge Action Network (CKAN)に私たちの取り組みを提案しました。この情報アクションネットワーク（KAN）の事業は、今もなお進展中です。都市の情報アクションネットワークは、持続可能な都市化に関する知見を提供するなかで、さまざまな研究分野やステークホルダーのグループが関

与するための基盤作りをすることになっています。計画は都市の情報アクションネットワークの目的に沿って進められます。とくに、持続可能な都市の将来像を描いて、その実現に向けて努力する研究者や政策決定者が利用できるような貴重な情報を提供することが目的です。低炭素な都市化や都市の開発に影響を与えることになる今後20～30年が極めて重大だということは、研究面でも政策においても十分理解が得られています。全球の排出量分布の作成については、複数の都市シナリオの影響が大きいでしょう。都市の炭素排出量に関するデータベースの構築は、都市化への異なる道筋の影響を分析したり、それに対応する都市の類型を解析したりするために必要不可欠なものでしょう。都市の排出データ分析から得られた知見により、研究者や政策決定者は、都市化の過程で可能性がある緩和策の違いについて理解できます。こういったデータベースがあることで、持続可能で気候に対してレジリエントなコミュニティを構築するための斬新な計画を開発し実行することが容易になるでしょう。



写真1 Future Earth CKANへの貢献の可能性に関するセッションで

この活動の成果が、全球の炭素排出を管理するために都市ができることとして、どんな都市化のシナリオを選択すべきかを明らかにし、活動の成果として、都市の気候に関する研究者やエネルギーモデルの研究者、都市計画に携わる人、市民グループなどのステークホルダーの活動を支える人材を育成することが期待されています。

アクセス可能な公開データベースの開発や興味をもっているほかのグループとの協力体制を築くことだけでなく、今後2年間で著名な雑誌に論文や解説を掲載し、プロジェクトに関する情報発信をするつもりです。

なお、本ワークショップの参加者リストや講演スライド等、ワークショップに関する情報はGCPつくば国際オフィスのウェブサイト (<http://www.cger.nies.go.jp/gcp/gcp-wudapt-workshop-on-global-urban-carbon-mapping.html>) からダウンロードできます。



写真2 ワークショップの参加者たち

---

#### 脚注

- Gurney K.R., et al. (2015) Track urban emissions on a human scale. Nature 525, 179-181.

\*本稿はAyyoob Sharifiさん、山形与志樹さんの原稿を編集局で和訳したものです。原文（英語）も掲載しています。

# Workshop on Global Urban Carbon Mapping: For Contribution to Future Earth Knowledge Action Networks

Brief report

**Ayyoob Sharifi**

Executive Director, Global Carbon Project, Tsukuba International Office

**Yoshiki Yamagata**

Head, GCP Tsukuba International Office

Principal Researcher, Climate Risk Assessment Section, Center for Global Environmental Research

## Background and objectives

This report summarizes the main issues discussed during the “Workshop on Global Urban Carbon Mapping: For Contribution to Future Earth Knowledge Action Networks” that was held from June 29–July 1, 2016 at Hotel Freienhof Thun, in Thun, Switzerland. The workshop was organized by a group comprising the Global Carbon Project (GCP), a Future Earth core project, and The World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT) project. It was organized back to back with the Future Earth Scientific Committee/Engagement Committee meeting.

The main objective of the workshop was to discuss strategies for creating a platform for gathering quantitative and qualitative data at various urban scales, ranging from individual buildings, to neighborhoods, and municipalities. Special focus was on mapping carbon emissions, which intends to downscale emissions to the level of cities and neighborhoods. Better understanding of emission patterns is essential for developing action plans for low carbon development and tracking their achievement. Such data are also essential for assessment purposes and for developing future scenarios. Over the past few years several bottom-up and top-down approaches have been undertaken to map carbon emissions of cities. However, these activities are often fragmented, lack transparency, follow different protocols that undermine their comparability, require high investment in terms of finance and personnel, and more importantly fail to integrate emission data with data on other socio-economic, institutional, and environmental factors (Gurney et al., 2015)\*.

---

\* Gurney, K.R., Romero-Lankao, P., Seto, K.C., Hutyra, L.R., Duren, R., Kennedy, C., Grimm, N.B., Ehleringer, J.R., Marcotullio, P., Hughes, S., Pincetl, S., Chester, M.V., Runfola, D.M., Feddema, J.J., Sperling, J. (2015) Track urban emissions on a human scale. *Nature* 525, 179-181.

## Main issues discussed during the workshop

During the workshop participants discussed various top-down and bottom-up strategies for addressing these challenges and developing a collaborative framework for creating a global database on cities. While top-down strategies are mainly revolving around remote sensing techniques, bottom-up techniques are aimed at using crowdsourcing and wiki-based tools for obtaining emission data at the local level. The activity will initiate as a collaboration between GCP and WUDAPT and it is hoped that other research groups and interested parties will join us during the process. Possible stakeholders of this activity include city planners, local governments, citizens and communities, and energy, land use, and climate modelers.

WUDAPT is an initiative that aims at collecting information on different aspects of urban form and function related to climate studies. It follows a bottom-up and community-based approach for gathering spatial information and utilizes crowdsourcing for creating a database that is user friendly and publicly accessible. It is based on a Local Climate

Zone (LCZ) approach that facilitates developing a world database of cities according to a consistent approach. The database is expected to be available at the end of 2016. Among other things, the database provides a platform that can be used for analyzing the interactions between different elements of urban form (buildings, streets, construction material, etc.) and urban climate.

The database on cities' carbon emissions is intended to be linked with the WUDAPT database. This will make it possible to study the characteristics of each LCZ in terms of carbon footprint and energy consumption. Such analyses can provide further insights on the optimal population and building density, desired neighborhood typologies, and efficient street layouts.

The database on cities' carbon emissions will also be integrated with the Global Carbon Atlas, which is today an international reference that provides annual updates on country-based carbon emissions. The Global Carbon Atlas ([globalcarbonatlas.org](http://globalcarbonatlas.org)) is an online platform to explore and visualize global and regional data on carbon fluxes resulted from human activities and natural processes. It is a community effort under the umbrella of the GCP based on the contributions of many research institutions and individual scientists around the world. The Atlas has an intention to work on design and development of a non-profit platform that facilitates public access to city emission data. A core set of carbon fluxes can be obtained through global urban GHG emission database developed at WUDAPT platform within a commonly understandable framework of the methodology used to generate the emission datasets and implied map-based products.

It was acknowledged that adding the cities' carbon emission component to the atlas would be a challenging, but worthwhile endeavour. It is understood that fulfilling such an ambitious target requires collaboration between various researchers and local authorities. Among other things, such a collaboration should promote regular reporting of emission data by local authorities, raise funding for conducting research activities, and facilitate establishing two-way feedback loops between researchers and policy makers. There was consensus among the participants that quantifying both direct and indirect CO<sub>2</sub> emissions is essential. However, given our resources, it would be reasonable to initiate with collecting direct emissions and add indirect emissions during next stages. When completed, the database would provide information on carbon footprint of different sectors within and across city boundaries. This data will later be integrated with information obtained from the WUDAPT project (various physical, spatial and socio-economic data related to different LCZs, available for levels 0, 1, and 2 of WUDAPT) to be used for a better-informed decision making conducive to low-carbon and resilient urban development.

#### Action items and potential outputs

The main actions to be taken over the next two years will be focused on creating a database for a selected number of large cities around the globe. Three major criteria were considered for selecting these cities. They should be data-rich, have a certain level of data on carbon emissions, and be representative of different climatic conditions.

Accordingly, the following cities were shortlisted: Tokyo, Paris, New York, London, Shanghai, Mexico City, Bangkok, Johannesburg, Melbourne, Sao Paolo, Vancouver, Milan, Colombo, Moscow, Chicago, and Los Angeles. Work on building the database for Tokyo and Paris has already been initiated by the group. Related activities on some of these cities are already undertaken by other initiatives such as the C40 Cities which will hopefully make it easier to achieve our goals.

The work of the WUDAPT group will be mainly concentrated on land cover analysis to provide the base maps for the selected cities. During the process, the platform will also be enriched by adding further elements such as socio-economic information, transportation data, building typology, etc. through levels 1 and 2 of WUDAPT. It is also intended to work on alternative methods for land cover map analysis using Landsat 8 images and PALSAR-2.

A portfolio of different methods will be used to associate the carbon emission data to the land use categories and different classes that will be obtained using the above-mentioned methods. These include, but are not limited to, calculations using emission factors as well as using global emission data sets such as CDIAC to downscale emissions and associate them to local grids.

The final output of this ambitious activity, which provides information on emissions at the scale of cities and neighborhoods, will be of tremendous value for facilitating better-informed decision making towards sustainable cities and society. Fulfilling the aims of this activity depends on our ability to overcome challenges in terms of human and financial resources. We believe that potential challenges could be addressed through building partnerships for co-design and co-implementation of the project in collaboration with other interested stakeholders. The first step to strengthen the collaborative network has been taken by proposing our work to the newly established Future Earth Cities Knowledge Action Network (CKAN). The work on this KAN is still in progress. The Cities KAN intends to create a platform for engagement of a variety of research and stakeholder groups in providing knowledge on sustainable urbanization. The proposed activity is in alignment with the objectives of the Cities KAN. In particular, it aims to provide a key source of knowledge that can be used by researchers and decision makers in their efforts toward transition to sustainable urban futures. There is now enough understanding in the research and policy circles that next 2-3 decades are crucial to influence low carbon urbanization and city development. The implications of multiple urban scenarios for global emission profile will be enormous. Building a database on cities' carbon emissions will be essential for analyzing the implications of different urbanization trajectories and urban typologies vis-à-vis key drivers. Insights provided by analyzing cities' emission data help the researchers and policy makers understand potential mitigation wedges of urbanization. Availability of such a database will also make it easier to develop and implement transformative plans towards building sustainable and resilient communities.



Session on the potential contribution of the activity to the Future Earth CKAN.

Overall, it is hoped that outputs of this activity shed more light on what alternative urbanization scenarios mean for the ability of urban areas to manage global carbon and build capacity to support activities of various stakeholders including urban climate scientists, energy modelers, urban planners, and citizen groups.

In addition to developing the publicly accessible database and establishing partnerships with other interested parties, our group will make efforts to disseminate information on the project through publishing several articles and commentaries in respected journals over the next 2 years.

Further information about the workshop, including the list of participants and the presentation slides, is available at: <http://www.cger.nies.go.jp/gcp/gcp-wudapt-workshop-on-global-urban-carbon-mapping.html>



Group photo of the workshop participants.

## インタビュー「地球温暖化の事典」に書けなかったこと

### 16 気候モデルの不確実性の低減が開くさまざまな可能性－気候モデル研究で温暖化対策に貢献する－

塩竈秀夫さん

地球環境研究センター 気候モデリング・解析研究室 主任研究員

インタビュー：永島達也さん（地域環境研究センター 大気環境モデリング研究室 主任研究員）

地球環境研究センターニュース編集局

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局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16回は、塩竈秀夫さんに、気候モデルの不確実性の低減の方法や低減の難しさについてお聞きしました。



### 「地球温暖化の事典」担当した章

4.6 不確実性の評価と低減 / 5.4 極端現象

### 次回「地球温暖化の事典」に書きたいこと

event attributionの詳しい解説

### 目次

1. 得意な分野とニーズがうまく合って
2. モデル結果のバラツキから気候モデルの不確実性の低減を研究
3. 不確実性の低減に関する議論の進展

4. 国際的な研究コミュニティでのとりまとめの難しさと楽しさ
5. 不確実性低減の情報が緩和策オプションの選択へつながる
6. ほかの分野の人と話をするとき心がけていること
7. 不確実性の評価研究の情報を伝えるために
8. event attributionの詳細を書きたい

### 得意な分野とニーズがうまく合って

**永島** 塩竈さんは『地球温暖化の事典』のなかで、気候変化予測の不確実性について執筆されていますが、この研究に取り組みられたきっかけを教えてください。

**塩竈** 10年前に国立環境研究所に入所してから始めたのですが、きっかけについては忘れてしまいました。研究していて面白いと思うのは、不確実性を少しでも低減できたら政策貢献につながるということです。というのは、気候変化予測の不確実性があると、世界平均気温上昇を1.5°Cや2°C以下に抑えようとする場合に、どれだけ二酸化炭素の排出量を減らしたらいいかという正確な値がわからないからです。また、温暖化対策として、高潮を防ぐ堤防の高さをどのくらいにしたら良いかを考える場合にも、気候変化予測の不確実性が問題になります。

**永島** 私も塩竈さんと一緒に不確実性の研究に取り組みましたが、途中でリタイアしてしまいました。こういう研究は、数学が好きな人に向いていると思います。昔から統計等を利用して議論をするのが好きだったのでしょうか。

**塩竈** 数学が割と得意だったのと、日本では、たとえば気象学の研究分野などで、実はあまりそういうことを好きな人がいなかったので、逆に自分がやるべき分野なのかなと思いました。

**永島** 自分の好きな分野とニーズがうまく合ったのですね。

**塩竈** しかもそれが分野的に隙間になっているので、進めてみようと思いました。



### モデル結果のバラツキから気候モデルの不確実性の低減を研究

**永島** “不確実性の評価と低減”では、3種類の不確実性（排出シナリオ（社会経済）の不確実性、気候モデルの不確実性、内部変動の不確実性）を挙げられていますが、塩竈さんにとって最も興味がある、あるいは重要だと思われるのは、どの要素でしょうか。

**塩竈** 重要性でいうとどれも同じくらいです。たとえば10～20年の短い期間では内部変動の不確実性が一番重要ですが、100年の長期スケールですと、気候モデルの不確実性や排出シナリオの不確実性が重要になります。そのなかで、私が研究として貢献できるのは気候モデルの不確実性です。

**永島** 気候モデルの不確実性にはいろいろな要因があります。モデルのなかで経験式（たとえば雲の中を氷粒がどのような速度で落下し、周りの大気にどのような影響を与えるか、といった式）を使っているところはもちろん不確実ですし、経験式を使っていなくても解像度の違いによって不確実性は変わってきます。気候モデルの不確実性で、どういう観点が一番重要だと思っていますか。また、塩竈さん自身が研究しているのはどんな分野ですか。

**塩竈** モデルを改良して不確実性を減らしていく、または、今までなかったコンポーネントをモデルに入れていくことで、想定されていなかった不確実性を考えていくのも大事です。私は、モデルの結果のバラツキから、その理由や不確実性の低減方法を研究しています。

**永島** 私は、大学院生になった当初、モデルではそもそもわかっていることを定式化しているので、そこから新しいことを出すのは難しいし、新しいことが出てくるはずがないとさえ思っていました。今はそうは思いませんが、モデル自体を主な研究対象とするモデルの不確実性研究を進めていくなかで、どういうところに面白みを感じているのでしょうか。

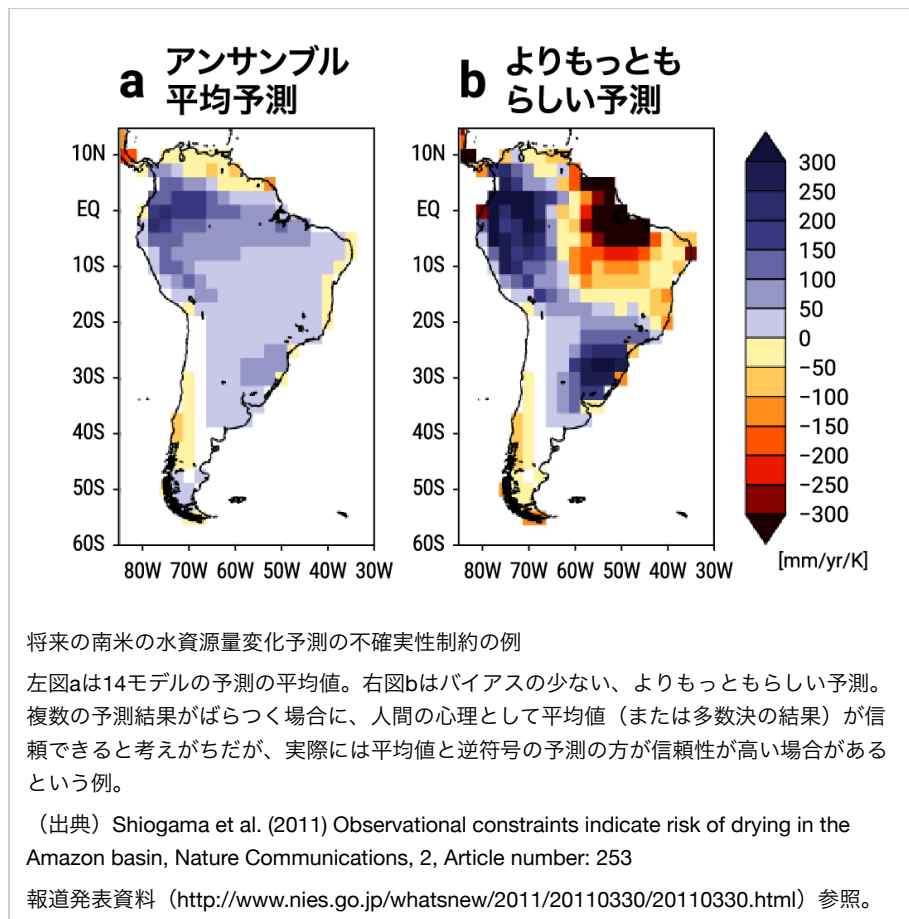
**塩竈** たしかに、知っていることしかモデル化できませんが、それを詳しく見ていくと、実はわかっているつもりでもきちんと理解してなくて、その事象の一部分しか表現できていないことが明らかになってきます。また、それならどうすればいいのだろうと考えるきっかけになったりします。

## 不確実性の低減に関する議論の進展

**永島** 『地球温暖化の事典』のなかでも不確実性の低減の今後の見通しについて触れられていますが、発行後の研究の進展について教えてください。

**塩竈** 『地球温暖化の事典』が発行された頃は、日本の現在の雨の降り方を正しく再現できていれば、将来の雨の降り方も予測できるのではないかと考えられていました。しかし、実はそんなに単純ではありません。たとえば日本の将来予測は、ペルー沖の海の温度をうまく再現していないと出せないことがわかってきたのです。つまり、遠隔応答があるので、特定の現象に関する将来予測の信頼性を考えるとき、どの領域・物理量のバイアスを見ればいいのかというのが単純ではないということです。もう一つわかってきたのは、将来予測の見るべきポイントです。日本の気温変化予測やアメリカの降水量変化予測など複数の予測の信頼性を考えるには、それぞれ別のバイアスを見なければいけないということ、予測のすべての側面の信頼性を評価できる単一の指標は存在しないということです。簡単にこのモデルが一番いいとはいえないということが理解され、議論がより精密になってきました。それが進展であり、進展した結果、不確実性の低減はさらに難しいということがわかってきました。

もう一つ大きい話題があります。気候感度の不確実性の幅がIPCC第5次評価報告書（AR5）でAR4より広がってしまいました。AR4では2～4.5°Cだったのが、AR5では1.5～4°Cと下限が下がってしまったのです。その原因となった有名な論文に関していろいろな議論が激しく行われ、どうやらその内容に問題があったのではないということになりました。IPCC AR6では下限をもう一度上げることになるかもしれません。



## 国際的な研究コミュニティでのとりまとめの難しさ楽しさ

**永島** 塩竈さんは、“極端現象”の変化に関して執筆されています。極端現象自体は、人間の生活の質（Quality of Life: QOL）にも直結する興味深いテーマですが、一方で、その数値モデルでの再現は、平均値などに比べて一段と難しくなり、さらにその不確実性の評価ともなると取り組むのが一層困難で、とすれば研究をしたとしても確たることが何もいえないことすら懸念される、ある種、誰もが尻込みしてしまうようなテーマではないかと、個人的には思っています。そうしたなかで、塩竈さんはこういった部分に一番の興味や面白さを感じているのでしょうか。

**塩竈** どんな科学の分野でも最初はみな楽天的な夢を見ますが、実際進めていくと難しいということがわかってきて、内容が精密になっていくということは共通しています。それ自体は自然なことで、むしろ科学的に進歩していることの証拠だと思えますから、ストレスには感じません。極端現象は政策決定の際に必要な情報であるのに、そういう重要な部分に大きな不確実性の幅があるのは問題ですから、少しでもその幅を縮めたいと考えています。

**永島** 今、世界中でもものすごい数の人が気候変動の研究をしています。たくさんの方が研究するというのは、逆にフォローしなければならないことが数多く出てくるということでもあります。塩竈さんはDetection and Attribution Model Intercomparison Project (DAMIP) の共同議長をされていますね。国際的なコミュニティの中でまとめ役を担うのは大変だと思います。今後に向けてどうしたいか、どういう思いで共同議長を務めているかなどお聞きしたいと思います。

**塩竈** DAMIPは、過去の気候変動の要因を分析して、そこに人間活動の影響があるかどうかを調べる、国際モデル相互比較プロジェクトです。その取り組みは、次期IPCC報告書にも重要な貢献になると考えています。共同議長として大変なのは、科学者はみな、自分が興味のあるテーマを最も重要視していて、いろいろなことを要求してくることです。ところが、DAMIPの第一の役割は、まったく新しい取り組みではなく、IPCC第3次評価報告書から継続しているdetection and attribution（観測データから気候変動を同定し、それに対

する人間活動の影響を評価すること)の研究グループのモデル比較なので、いわば今までの知見のアップデートです。そのため、周囲からは、以前と同じ実験をしているだけではないかと見られてしまいます。しかし、新しい発見はあくまで今までの積み重ねの上にあるので、伝統ある研究領域のプロジェクトを進めることは絶対必要なのだということを説得するのが一番大変です。その上でこれまでなかった新しいことを足していくと、研究的には次のチャレンジになります。そのあたりが個人的には面白いです。さらに、ほかの研究コミュニティと話をする機会が多くなり、相互作用から、今までできなかった研究が可能になったりするのも興味深い点です。

**永島** 不確実性の研究分野で、塩竈さんは現在、世界の最先端にいます。私も最初に少し一緒に研究したという話をしましたが、そこから見るとずいぶん遠くまで到達したなあと感じます。塩竈さんがDAMIPの共同議長をされていることは、私にとっても誇りですし、日本の気候研究コミュニティにとってもとてもよいことだと思います。

**塩竈** 裏話を明かすと、私は英語があまり得意ではないので、議長の押し付け合いをしたときにうまく断れなかったのです。みんな上手に逃げるんですよ(笑)。

### 不確実性低減の情報が緩和策オプションの選択へつながる

**永島** 塩竈さんは、過去の気候変化の要因推定に関しても研究を手がけておられますが、過去の要因推定と将来の気候変化予測の不確実性評価の間には、どのようなつながりがあるのでしょうか。

**塩竈** 温室効果ガスが増えたことが過去の気候変動にどれくらい影響しているかを分離するのが過去の要因についての研究ですが、それができると、どのモデルが温室効果ガスに対して感度が高いかというようなことがわかってきます。それは将来予測の不確実性の制約としても使えます。また、観測データと過去の気候変動の再現実験を比較することで将来予測の不確実性を減らすことができます。この方法を応用し、観測データが今後増えていくと、いつまでにどれだけ不確実性を減らせるかというのが調べられるのではないかと思います。やってみたところ、2050年までに地上気温の観測データが蓄積されると、2090年代の全球平均気温変動予測の不確実性を6割以上低減できるということがわかりました(塩竈秀夫ほか「予測の予測：世界平均気温変化に関して、いつまでにどれだけ確実にわかるのか？」地球環境研究センターニュース2016年2・3月号)。



**永島** どういうデータが増えると、不確実性の幅がより狭くなるということもわかってくるのでしょうか。

**塩竈** どの観測データが増えたら一番効果的に不確実性を減らせるかということもたぶん可能だろうと思います。全球平均気温変動予測の不確実性が減るということは、緩和策のコストの不確実性も低減できるという

ことです。いつまでに不確実性がこれだけ減るといふ情報と経済理論から、何年まではこういう緩和策をとり、その後、新しい情報を使って緩和策の政策を変更するという政策オプションを、経済学者の方と一緒に研究しています。

**永島** 不確実性の低減という研究の軸がありつつ、その情報をどのように有効に使っていくかという発想は、どういふところからでてくるのでしょうか。

**塩竈** 幸い研究所にはさまざまな分野のプロがいるので、そういう人たちと話をすることが大きいです。また、地道に行っているのはIPCC総会の議事録をできるだけ毎回読むことです。

**永島** どんなことが参考になりますか。

**塩竈** 一流の人たちがわからないとか、大事だと言っていることは、次に重要となるテーマです。そういう知識を入れるようにしています。

#### ほかの分野の人と話をするとき心がけていること

**永島** ほかの分野の人と話をするといわゆる専門用語が通じないことが多々あり、途中でコミュニケーションが途絶えてしまうこともあると思いますが、塩竈さんはほかの分野の人の話を聞くのは苦ではないし、そういう人に自分の話を理解してもらおうのもうまくできていますね。

**塩竈** うまくできているかどうかはわかりませんが、できるだけやるようにしています。そのとき心がけているのは、自分の分野の作法ややり方がすべての分野にとって最適であるとは限らないということです。ほかの分野はそれぞれ最適なやり方を進化させてきているので、それを尊重すべきだということを自分に言い聞かせています。たとえば、経験的なモデルを使っているところと物理モデルを使っている人たちでは、モデルといっても頭に浮かぶものが違ってきます。そうした違いを前提に話をするのは当たり前と思うのですが、それを忘れてしまう人が割と多いようです。

#### 不確実性の評価研究の情報を伝えるために

**永島** 不確実性についての評価結果が意味するところを、正しく理解して判断に結びつけることは、一般の方々はもちろん、われわれ専門家と呼ばれる人間にとっても簡単なことではないと思います。たとえば、降水確率が80%と40%では、80%の方が“強い”雨が降ると思ってしまう人もいます。不確実性の評価研究の先には、情報発信のしかたという問題も控えていると思います。塩竈さんは、そういった方面（の研究）にも興味はありますか。

**塩竈** 情報発信については、ずっと試行錯誤しています。情報発信自体が大きな研究分野になりますから、そういう人たちの話を聞く機会があれば、勉強させてもらいながらやっていきたいです。また、確率についてですが、5年くらい前は、確率の知識は一般の人には伝わらないと思っていました。最近event attributionという、極端な気象現象が実際に起きたときに人間の寄与が何%あるかというのを定量化する研究をしていますが、一般の人に話すときに、何%の寄与という確率の話がかなり通じるようになってきました。今まで、通じないものと思っていたのですが、実は、頑張って話をすれば通じるのではないかという気がしてきました。

**永島** 何かきっかけがあったのでしょうか。

**塩竈** 気象庁が天気予報の信頼度をA、B、Cの3段階で出しています。あれが出てからみなさん確率や信頼度になじみが出てきたみたいです。気象庁としては前から情報としてあったわけなので、マスメディアとか伝える側にもノウハウが蓄積されてきたのかなと思います。

永島 確率そのものを出しておしまいではなく、そのとらえ方もきちんと合わせて紹介するということですね。

塩竈 私たちは伝えるプロと話をして勉強していくのと、経験を積むしかないのでしょうね。



event attributionの詳細を書きたい

永島 次回『地球温暖化の事典』を執筆するとしたら、書きたい内容はありますか。

塩竈 event attributionについて書きたいです。極端現象の要因推定は注目度が高いですし、新しい研究分野なので、詳しく解説する機会があるといいと思います。短い説明はすでにあちこちで行っています。NHKではevent attributionだけで数分間の特集を組んでくれましたし、科学雑誌のNewtonも数ページ割いて掲載してくれましたが、詳細をきちんと解説しなければいけないと思っています。

永島 人間の影響といい切ってしまうといけませんし、人間の影響が何%と説明するときもわかりやすい形で伝えていかなければなりませんから、内容だけではなく、どうとらえればいいのかというのも含めて、是非塩竈さんに書いていただきたいですね。

\*このインタビューは2016年7月29日に行われました。

\*次回は増井利彦さん（社会環境システム研究センター 統合環境経済研究室長）に高橋潔さん（社会環境システム研究センター 広域影響・対策モデル研究室 主任研究員）がインタビューします。

## 夏の大公開「環境博士が君を待っている！」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7月23日（土）、夏休み最初の土曜日に、恒例の国立環境研究所「夏の大公開」を開催しました。例年と違い、まだ梅雨明けしていなかったため雨も心配されましたが、見学にはちょうど良い涼しく雨のない1日に恵まれ、研究所全体の入場者は過去最高の5,250名を記録しました。地球環境研究センターがある地球温暖化研究棟にも多くの方々が賑わいました。

地球環境研究センターは地球温暖化対策に関するパネルディスカッション、宇宙（人工衛星）・空（航空機）・海（船舶）・地上（ステーション、フラックス）観測、スーパーコンピュータによる計算、温室効果ガス排出インベントリ、2種類の研究現場を体験する実験フィールドツアー、海洋酸性化を模した実験体験、さらには環境サイエンスカフェ、3種類の自転車発電、ぱらぱらマンガ・ぱたぱたえほんコーナーと11種類の企画を用意し、53名のスタッフを動員して対応しました。

主な出展内容は以下の通りです。

### 1. パネルディスカッション「徹底討論 地球温暖化対策－低炭素社会を目指す－」

国立環境研究所 夏の大公開 2016  
来場者参加型パネルディスカッション

「低炭素社会」という言葉は耳にするけど具体的には何なのか？  
環境行政担当者・新聞記者・高校生をパネリストとしてお招きし  
研究者との意見交換を通じてわかりやすく解説していきます。

モデレーター：国立環境研究所 江守 正多  
パネリスト：毎日新聞社 大場あい、東洋大学(高2) 高木 彩、環境省 関谷 毅史、環境省 藤野 純一、国立環境研究所 広兼 克憲

CO<sub>2</sub>の排出をできるだけなくしたい RCP2.6

## 徹底討論 地球温暖化対策 －低炭素社会を目指す－

日時：7月23日(土)  
13:45～15:00

場所：国立環境研究所  
地球温暖化研究棟  
交流会議室

事前  
申込不要

\*フリードリンク有り\*

※ペーパークラフトで1冊を作ってみよう

RCP8.5 ①② ③④ ⑤⑥ ⑦⑧ ⑨⑩ ⑪⑫ ⑬⑭ ⑮⑯ ⑰⑱ ⑲⑳ ㉑㉒ ㉓㉔ ㉕㉖ ㉗㉘ ㉙㉚ ㉛㉜ ㉝㉞ ㉟㊱ ㊲㊳ ㊴㊵ ㊶㊷ ㊸㊹ ㊺㊻ ㊼㊽ ㊾㊿

シリーズ7回目を迎えた、来場者の皆さんと意見交換しつつ進めるパネルディスカッション、今回は、今年策定された政府の地球温暖化対策計画をテーマとしました。環境省からその担当者、毎日新聞からその報道に携わった記者の方を、さらに前回同様、茗溪学園から高校2年生をゲストパネリストとしてお招きしました（写真1）。詳細は、「温室効果ガス、どうやって減らしていきますか？－夏の大公開『低炭素社会を目指す』パネルディスカッション実施報告－」をご参照ください。



写真1 この問題の第一人者であるパネリストが集結、江守モデレータが会場に問いかけます

## 2. 潜入！ 実験フィールドツアー「森林と太陽—様々な二酸化炭素観測方法」

地球温暖化研究棟では、公開エリア以外の施設（実験室・データ処理室等）を当日申し込み制で特別に公開するラボツアーを毎年行っています。今年は、太陽光を使って二酸化炭素を観測する屋外の大型コンテナ内に設置した高分解能FTSとポータブルFTSの大小2種類の観測装置、森林の中に設置した土壌からの二酸化炭素の放出を測定するための自動開閉式チャンバーをそれぞれ説明しました。午前と午後で計4回行いましたが、全回満員の人気イベントとなりました。屋外の大型コンテナは今年中にフィリピンに移設して観測が開始されますので日本では今回のツアーが見納めとなります。普段見られない研究装置を間近に見ることができたことは、参加者にとって貴重な経験になったのではないのでしょうか（写真2,3）。





写真2, 3 森林内に設置された土壌からの二酸化炭素放出を測る装置（写真内の透明なボックス）の前で説明する研究者（上）、屋外コンテナ内で太陽の光から温室効果ガスを測定する原理について話す研究者（下）

### 3. 地球環境モニタリング「空から測る」「海で測る」「宇宙から測る」

地球温暖化の現象解明には、環境中の温室効果ガスの観測が不可欠です。限られた研究者と予算の中で地球全体の温室効果ガスの状況を把握することは非常に困難なのが現実です。そこで研究者たちは様々な工夫によって研究を効率的かつ効果的に進めています。その一つが民間航空機による大気観測プロジェクト「CONTRAIL」です。民間航空機に搭載している測定機器の実物を展示し、どのような仕組みで世界各地での大気観測を実現しているのかをわかりやすく説明しました（写真4）。



写真4 どのようにして航空機で空気を採取するのか、協力していただいている航空会社の赤いハッピを着て説明する研究者

また、海が二酸化炭素を吸収したり放出したりすることや、二酸化炭素が海に吸収されると海水が酸性化することを楽しく知っていただくために、体験型の実験を行いました。実験は、液体の酸性・アルカリ性を調べる溶液（BTB溶液）を混ぜた海水入りの小瓶に呼気や外の空気を入れて振り混ぜた時の色の変化を観察するというものです。海水が自分の息の中に含まれる二酸化炭素を吸収して青色（アルカリ性）から黄色（酸性）に変わったり、部屋の空気を入れて振り混ぜるとまた青色に戻ったりする様子に、皆さん驚かれていました（写真5）。この実験セットは実演後希

望する方に配布しており、持ち帰って何度でも繰り返し実験できますので、ご自宅で皆さんを驚かすこともできます。



写真5 二酸化炭素が海水に吸収されることで溶液の色が変化するように子供から大人まで多くの来場者が関心を寄せていました

石炭や石油を使うと、地球温暖化の原因のひとつであるCO<sub>2</sub>(二酸化炭素)が出ます。  
出て来たCO<sub>2</sub>の半分はそのまま空気中にとどまり、残りの半分は“陸上の植物”と“海の水”に吸収されます。  
本当に海がCO<sub>2</sub>を吸収するのか実験してみましょう。

国立環境研究所 地球環境研究センター

**実験のやり方**

BTB溶液 海水  
海水とBTB溶液を入れた小ビンを用意する

CO<sub>2</sub>  
含んでいる自分の息を小ビンに吹き込む

ふたをしっかりと閉めよく振り混ぜる

**実験の結果**

BTB溶液は、酸性・中性・アルカリ性を調べることができます。  
酸性 (黄色) 中性 (緑色) アルカリ性 (青色)

CO<sub>2</sub>が水に溶けると酸性になります。海水はCO<sub>2</sub>を吸収したでしょうか?

**わかったこと**

- 海水は余分に出したCO<sub>2</sub>を吸っていている →地球温暖化を遅くしてくれている
- 海水がCO<sub>2</sub>を吸うと酸性に近づく (海の中には酸性化の影響を受けやすい生き物がいる)

図 海水実験の説明書

「宇宙から測る」では、今年で観測開始から7年目を迎えた温室効果ガス観測衛星「いぶぎ」の展示を行い、新たな展示も加えて多くの来場者をお迎えしました。例年人気の直径約80cmの球面ディスプレイの他、今回はその2.5倍の直径約200cmの球面スクリーンに衛星観測データを投影する「ダジックアース」上映タイムを設け、「いぶぎ」が観測したデータを観客にわかりやすく伝えました（写真6）。また、クイズラリー「GOSATクエスト」も実施し、二酸化炭素分子やメタン分子の模型が隠された箱に手を入れてどの分子かを当てるクイズでは、おそろおそろ箱に手を入れる来場者が印象的でした。また、「いぶぎ」に親しみを持っていただくため、スタッフは人工衛星に取り付けられた太陽電池パドルを模したカチューシャを付けていました。来場者の中にはこのカチューシャを借りて記念撮影される方もいらっしゃいました。



**写真6** 球面スクリーンに「いぶき」が観測した2009年から2012年の二酸化炭素濃度の推移を投影するダジックアース。研究者が詳しく解説しました

植物や土壌の影響による二酸化炭素濃度の変化を見る実験に関する展示もありました。実際に観測に用いる自動開閉チャンバーシステムを運転し、土壌から発生した二酸化炭素がチャンバー内にたまっていく際の濃度変化を、大画面スクリーンで見させていただきました。一方で、植物苗を入れたチャンバーに植物が好むピンク色のLEDランプを照射して、光合成によってチャンバー内の二酸化炭素が減少していく様子も観察していただきました（写真7）。また、実際の観測に用いられるロボットアームのような3次元超音波風向風速計と二酸化炭素分析計を展示し、森林の上空の空気と二酸化炭素の動きを詳細に測り、森林の二酸化炭素のやりとりを詳しく観測することを説明しました。



**写真7** 植物が光合成しやすいピンク色の光を当てた植物による実験の内容を説明しています。美しい色の光に大人も子どもも興味津々

#### 4. 地球温暖化とオゾン層破壊の解説

数値シミュレーションによる気候変動予測チームでは、Flashを使ったオゾン層クイズと温暖化クイズ、「5分で解説します。温暖化編」「5分で解説します。オゾン層編」の展示を行いました。

このクイズはネコのイラストがかわいい「おこさま編」とひねりのきいた問題が並んだ「おとな編」があり、順番待ちができるほどの人気でした。「5分で解説します」は温暖化とオゾン層の最新の科学的知見に関して、パワーポイ

ントを使って、5分で解説しました（写真8）。自由研究で温暖化問題の解決をテーマに選んだという神奈川県の高  
校生2人組も、知りたかったことが理解できたと大満足でした。



写真8 オゾン層について、最新の科学的知見を研究者が5分でわかりやすく解説しました

## 5. ぱらぱらマンガとぱたぱたえほん

小さなお子さんでも楽しめる「ぱらぱらマンガ」と「ぱたぱたえほん」を作る部屋を設けました（写真9）。両面印刷で2度楽しめる新作の「ぱらぱらマンガ（気温編、降水編、海氷編）」は、地球温暖化を防ぐ努力をした場合（表面）とあまり対策をしなかった場合（裏面）に、将来、気温や降水、海氷がどう変化するかを比較することができます。

また、新企画の「ぱたぱたえほん」は、日差しが強くて暑い日にお出かけするときに、どんな服装やもちものが熱中症予防や紫外線対策として効果的かを考えながらコーディネートできます。

当日は、親子で会話しながら工作している光景も見られ、楽しみながら環境問題について考えるきっかけになったのではないかと思います。

今回の企画は大変好評だったようで、用意した約30席が常時ほとんど埋まるほどの盛況でした。



写真9 スタッフがぱらぱらマンガとぱたぱたえほんの作り方について丁寧に説明しました

## 6. 自転車de発電

自転車をこぐエネルギーを電気のエネルギーに変えて、家電製品を動かすことで、エネルギー消費量について体感してもらうこの企画は、年齢（小・中・高・一般）と性別でクラス分けした参加者の発電量ランキングを出せるようにリニューアルするなど、毎年強化されています。そして、今年は、せっかく発電した電気のエネルギーを形を変えて体内に取り入れてみようということで、ブレンダーを使って冷たいスムージーをつくる新企画を導入しました。ジューススタンドのような新感覚の自転車発電は超人気で、皆オリジナルのスムージーを家族で美味しくシェアし、絵日記の宿題のページを飾ることができる体験をしてもらえました（写真9）。電気は自宅ではスイッチ一つでつけられるので実感がありませんが、発電器と同じことを自分でするとなると、電気を作り出すのが如何に大変か身にします。



写真9 家族にもスムージーを飲んでもらえるよう、がんばって自転車をこぐ参加者

今回初企画の環境サイエンスカフェの報告は、「研究者と気軽に語ろうー夏の大公開で『環境サイエンスカフェ』を開きましたー」をご覧ください。

夏の大公開では、職員総出で皆様を楽しくお迎えできるよう、毎年工夫を凝らした企画を用意しています。TXつくば駅より、産業技術総合研究所と共同無料循環バスも運行される（今年は10分間隔）等、アクセスも良くなっていますので、是非一度足をお運びください。

## 温室効果ガス、どうやって減らしていきますか？

### 夏の大会「低炭素社会を目指す」パネルディスカッション実施報告

社会対話・協働推進オフィス 科学コミュニケーター 岩崎茜

国立環境研究所の夏の大会（7/23（土））の企画として、地球環境研究センターは「徹底討論 地球温暖化対策－低炭素社会を目指す－」と題したパネルディスカッションを実施しました。研究所の春・夏の一般公開でこれまで実施を重ね、今回で7回目を迎える恒例イベントです。パネリストに環境行政担当官や新聞記者を迎え、一般代表として参加した高校生の視点も交えながら、目指すべき低炭素社会に向けて具体的な道のりを会場全体で考えました（写真1）。

パネリストは以下の方々です。

- 関谷毅史氏 環境省地球環境局国際連携課長（前・地球環境局総務課低炭素社会推進室長）
- 大場あい氏 毎日新聞社つくば支局兼科学部記者
- 高木彩さん 茗溪学園高等学校2年
- 藤野純一 地球環境戦略研究機関／国立環境研究所社会環境システム研究センター主任研究員

また、江守正多・気候変動リスク評価研究室長が議論のモデレータを務めました。



写真1 お馴染みとなったoxの札も配られ、聴衆の参加を意識したイベントとなりました

## 1. はじめに

イベントからさかのぼること2か月、今年の5月に国の地球温暖化対策計画が決まったことをご存知でしょうか。

昨年12月に採択されたパリ協定を受けて、二酸化炭素の排出量を大幅に減らして今世紀末には実質ゼロにする社会を、世界全体で目指すことになりました。各国は自国で決めた目標に沿って動き出します。日本は、温室効果ガスを2030年までに2013年比で26%削減するという中期目標を立てており、この目標に向けて国の施策や各主体が取り組むべき対策を取りまとめたのが先の計画です。また長期目標として2050年までに80%削減を目指すことも記されています。

あと14年で本当に26%も減らせるの？ 将来的にゼロ炭素社会は可能なの？

そんな声も聞こえてきそうです。そこで今回のパネルディスカッションはテーマを「低炭素社会を目指す」とし、ゼロ炭素社会に向けた第一段階である国の中期計画について理解するとともに、将来的な目標達成のために具体的に何をすべきか、会場で議論することを目的としました。

パネリストには、この対策計画を取りまとめた環境省の関谷氏をお招きして、計画を詳しく解説してもらいました。毎日新聞社の大場氏には、政策を分かりやすく市民に伝える立場から、記者の目で見えた計画のポイントを指摘してもらいました。研究所と同じつくば市にある茗溪学園高等学校の高木さんには、計画に対する素朴な疑問や感想を忌憚なく述べてもらいました。研究所からは藤野主任研究員が登壇し、2050年の80%削減に向けて考えるべき対策を可視化したオリジナルのツールを使って、長期目標への道のりを示しました。

## 2. 対策計画の概要

本題に入る前に、そもそも国の対策計画について知っているかどうかを会場に問いかけたところ、知っているという人はわずかでした。その様子に関谷氏は「宣伝がまだまだ足りない」と苦笑い。

2030年に26%削減をどのように達成するのか、低炭素化の道筋を具体的に示したのがこの対策計画です。産業やエネルギー部門では徹底した省エネや、再生可能エネルギー導入の最大化などが挙げられていますが、注目したいのは家庭部門などで大きな削減が必要とされていることです。家庭部門だけでも約4割削減を目指すとされており、計画でもこの部門の取り組みが大きな柱になっていると関谷氏は言います。



写真2 グラフや図を示しながら排出削減の道のりを解説する関谷氏（左）

具体的な対策としては、LED照明の普及率100%、省エネ基準に合った新築住宅の建設、スマートメーターなどを利用したエネルギー管理の徹底、ハイブリッドや電気など次世代自動車の大規模普及などが挙げられています。また「国民運動」と称して、クールビズに代表されるような低炭素なライフスタイルへの転換も打ち出されています（写真2）。

対策計画について詳しくはこちらをご参照ください。 <http://www.env.go.jp/press/102512.html>

## 3. 計画をどう思う？

国の計画案が今年3月に発表された際に新聞で報じた記者の大場氏は、地球温暖化対策に関して国の行き先を初めて明確に示した重要な計画だと評価する一方で、策定プロセスの中で果たして十分な議論があったのか疑問を感じたと

言います。特に、日本全体で取り組むべき課題であるのに、計画策定をめぐって、環境省と、エネルギー関連を管轄する経産省との思惑がずれ、2つの省庁の間で綱引きが生まれてしまったのではないかと懸念を示していました。

会場スクリーンには大場氏が3月に計画案を報じた新聞紙面が映し出され、記事に至るまでの背景が紹介されました。注目したいのは、この記事に「『家庭4割減』道険し」の見出しがつけられていることです。読者の多くが一般の人であることから「家庭4割減」の文字はよいとしても、これから取り組んでいこうというときに最初から「道険し」としてよかったのか、社内でも議論があったと話していました（写真3）。



写真3 記者の立場から計画のポイントを指摘する大場氏

これまでの話を聞いていた高校生の高木さんは、やや遠慮がちなながらも「率直に言うと現実味を帯びていない」と、対策計画をチクリ。26%削減という目標を一般の人の多くは知らないであろうし、当然、その目標に向けて人々が努力をすることも期待できないだろうと話しました（写真4）。



写真4 多くの一般市民の素朴な感覚を代弁してくれた高木さん

そこで、国のこの計画を実現できると思うか会場の参加者に○×の札を使って答えてもらったところ、「できそう」の○を挙げた人はわずかという結果になりました。取り組んでいくべき対策が具体的に国によって示されてもなお、実現への道のりを想像するのは難しく、多くの人々は26%達成を“道険し”と感じていることが分かりました。

#### 4. 2050年までの道のりを様々な選択肢から考える

ここからは視点をさらに先に向けて、2050年に80%削減という長期目標を考えていくことにしました。国の計画でも長期目標に言及はされていますが、具体的にどのようにして達成するのかの議論は、今年の夏から始められるとのこと。そこで一足先に、会場の参加者と一緒に80%削減に向けた道のりを検討するために、オリジナルのツールを使ったシミュレーションを行いました。

このツールは「2050低炭素ナビ」というもので、どんな対策をどのくらいすると温室効果ガスが何%削減できるのか、数値として示すことができます。簡易版には10の項目があり、「次世代自動車の普及率」や「再生可能エネルギーの普及率」といった技術の普及割合や、「資源自立型社会や分かち合い社会、どんな社会を望むのか」という理想の社会像まで、10の項目についてそれぞれ選択肢が用意されています。一つひとつの回答を会場の参加者に求めながら、藤野主任研究員がシミュレーションを進めていきました（写真5）。

低炭素ナビについてはこちらをご覧ください。 <http://www.2050-low-carbon-navi.jp/web/jp/>



写真5 会場を回って項目を参加者に一つずつ回答してもらった藤野主任研究員

この日、10項目の回答を終えて導き出された結果は、ちょうど80%削減という数値になりました。これは、「原子力発電を利用するか」の項目に対して、「再稼働 + 新設を急速に進める」の選択肢を選んだ参加者がいたことが大きく影響しました。

排出削減のために家庭部門等での大幅な省エネ政策が進む計画である一方で、エネルギー関連部門に目を向けると、原発の稼働を今後どうするかが二酸化炭素の排出量にも大きな影響を与うることも、ここで浮き彫りになりました。

## 5. 排出削減に影響する原発について

奇しくも長期目標を達成した今回のシミュレーション結果に「待った」をかけたのは、福島出身という会場の参加者でした。

「福島県人として非常に複雑な思いで聞いていた。80%達成見込みの数字が、原子力発電が前提条件だということは、非常に不愉快で、困った問題だ。」

この参加者の意見に対し、江守室長は「80%削減の目標を達成するために原子力が必要だというのは政府の立場では決してありません。国民がこれから議論して選び取っていく未来でしょう。」と強調しました。また、藤野主任研究員が慎重に答えました。

「必要なことは、選択できる未来があることではないかと思います。1億2000万人のなかには原子力を選ぶ人もいる

し、選びたくない人もいるでしょう。それぞれの未来を考えたときに、こういったツールも使いながらメリット・デメリットを踏まえて議論していくプロセスが大事ですが、今はそこが足りていない。」

対策を可視化できるツールを使うことで、たとえば原子力発電に頼らない社会でも80%削減が達成できるのかどうか、多様な選択肢を求めて考えていくことができます。

関谷氏も、「80%削減は原発が前提条件となっているわけではない。」と改めて示したうえで、どのように目標を達成するのかという議論と並行して、原発をどうするのかという議論もこれから深めていく必要があると指摘していました。

## 6. 低炭素社会に向けたメッセージ

最後に、パネルディスカッションでは恒例となった「パネリストからのメッセージ」を聞きました。

中期目標、そして長期目標を経て最終的にはゼロ炭素社会を達成するために、私たちは今、何をすべきなのでしょう。以下に4人のパネリストのメッセージとその意図を紹介します。



関谷氏

### 「Yes, we can! と言えるように」

“we”つまり“みんな”が認識を深められるよう、早く議論を成熟させていく必要がある。



大場氏

### 「直感と勉強」

目標をもっていけばやれるのではないかという直感があるが、直感は外れることがある。それが正しいかどうかは勉強を繰り返していきたい。



高木さん

### 「関心を持ちつづける」

国レベルのことなので、一人ひとりが考えを持って、どうすればいいのか自分たちで少しでも考えなければ。



藤野研究員

### 「Think Locally, Act Globally」

通常の“Think Globally, Act Locally”とは逆。現場でよく考えて、それを世界全体に広げて活動していく。

締めくくりは、モデレータを務めた江守室長からのメッセージです。スマートフォンがこの数年であっという間に普及したことを引き合いに、イノベーションというキーワードを使って次のように話しました。

「新しい技術の普及は十分に期待できますが、技術の開発に期待しているだけでいいのかといえば、そうではないでしょう。イノベーションのためには、技術が普及するための社会の変化も必要であり、私たちがどんな社会を望むかということに基づいて選択をする意義が大きくなります。」

エネルギーを例にすると、排出削減のために発電の仕組みが大きく変わることが期待されますが、技術革新だけではなく、送配電のあり方も変わり、私たちのエネルギー選択のあり方も変わるかもしれません。

単に新しい技術の普及が社会を変えるのではなく、社会が変わることで我々の望みも変わり、社会が進む方向自体もそれに応じて大きく変わる。その先に、80%削減を達成する新しい常識が生まれているかもしれません。そんな未来への思いと覚悟を会場で共有して、イベントは締めくくられました。

## 【最近の研究成果】

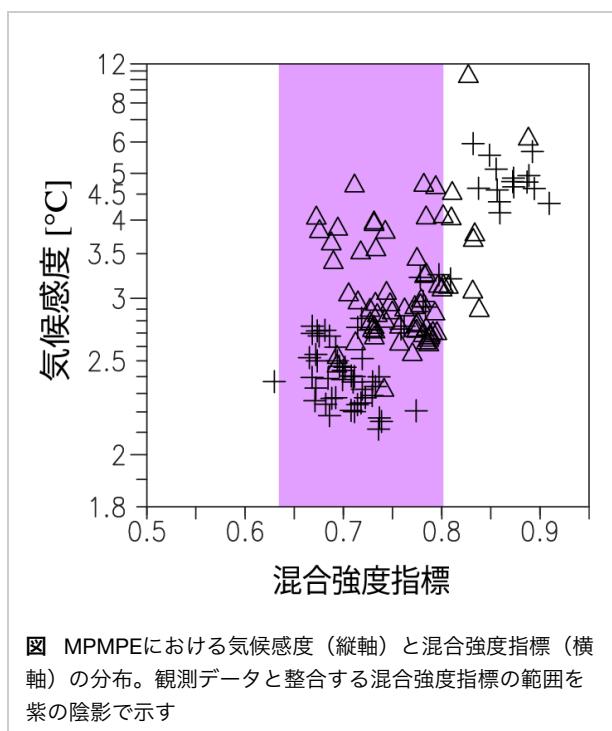
## 観測データとの比較による気候感度不確実性の低減

筑波大学生命環境系 助教 釜江陽一

地球環境研究センター 気候モデリング・解析研究室 主任研究員 塩竈秀夫

CO<sub>2</sub>濃度が産業革命前の2倍になった場合の世界平均気温変化（気候感度）には、気候モデル間で大きなばらつきがある。モデル間の気候感度の差は、モデルの格子（50～300km）よりも小さいスケールの現象を近似する物理スキームの違い（構造不確実性）と、物理スキーム内のパラメータ値の違い（パラメータ不確実性）によってもたらされる。以前の研究で、我々は構造不確実性とパラメータ不確実性の影響を同時に調査するために、2つのモデルの雲・積雲対流・境界層乱流スキームを取り替えた上でパラメータを走査することで、136バージョンのモデルを用意し、気候感度を調べる実験を実施した<sup>[1]</sup>。このマルチパラメータ・マルチ物理アンサンブル（MPMPE）の気候感度は、2°C～10°Cと非常に広い幅をもった。

先行研究<sup>[2]</sup>によって、モデル間の気候感度のばらつきは、混合強度指標<sup>[3]</sup>との間により相関をもつことが指摘されている。図にMPMPEにおける気候感度と混合強度指標の関係を示す。観測データと比較して、現実的な混合強度指標をもつモデルバージョンは気候感度が5°C以下であり、逆にいうと5°Cより大きい気候感度は非現実的であることが分かった。これにより、MPMPEの気候感度のばらつきのうち、信頼できる範囲が2°C～5°Cであることがわかった。



## 脚注

- Shiogama, H., M. Watanabe, T. Ogura, T. Yokohata, and M. Kimoto (2014) Multi-parameter multi-physics ensemble (MPMPE): a new approach exploring the uncertainties of climate sensitivity, *Atmos. Sci. Let.*, 15: 97–102.  
詳しくは、塩竈秀夫「マルチパラメータ・マルチ物理アンサンブル：気候感度の不確実性を調べる新アプローチ」地球環境研究センターニュース2013年11月号 参照
- Sherwood, S. C., Bony, S. & Dufresne, J.-L. (2014) Spread in model climate sensitivity traced to atmospheric convective mixing. *Nature* 505, 37-42.

3. 対流圏下部で空気が鉛直方向に混ざる強さを表す指標で、気候感度にとって重要な低い雲の分布に関係する。

#### 本研究の論文情報

Lower-tropospheric mixing as a constraint on cloud feedback in a multiparameter multiphysics ensemble

著者： Kamae Y., Shiogama H., Watanabe M., Ogura T., Yokohata T., Kimoto M.

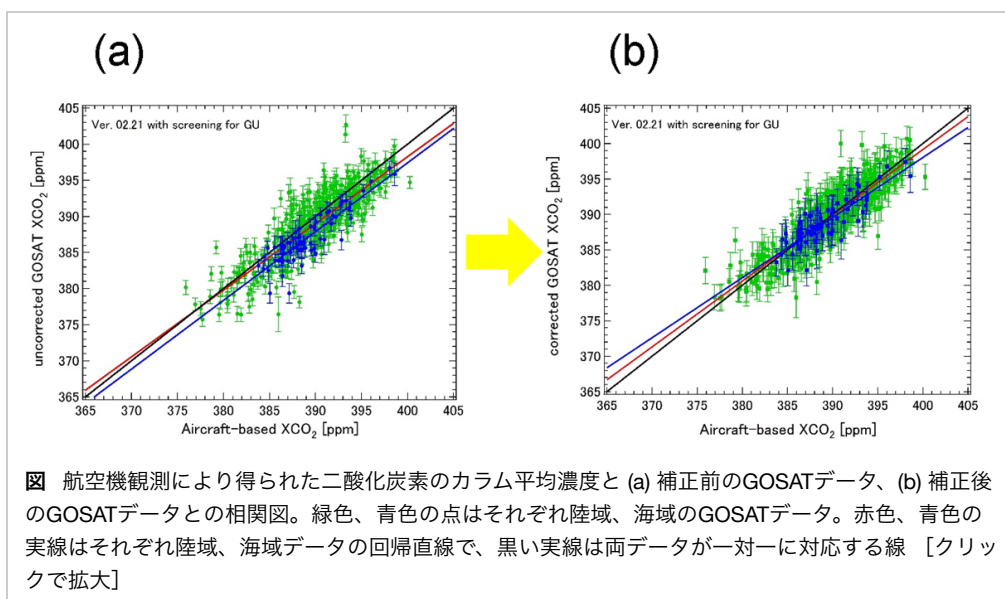
掲載誌： J. Climate, 29, 6259-6275, DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0042.1.

## 【最近の研究成果】

## 衛星「いぶぎ」(GOSAT) から得られた温室効果ガス濃度の高精度化に向けたバイアス補正手法の開発

地球環境研究センター 衛星観測研究室(現所属 秋田県立大学生物資源科学部) 井上誠  
地球環境研究センター 森野勇、内野修、中津留高広、吉田幸生、横田達也、町田敏暢ほか

国立環境研究所では、2009年に種子島宇宙センターから打ち上げられた温室効果ガス観測技術衛星「いぶぎ」(GOSAT) に搭載されている温室効果ガス観測センサ(TANSO-FTS<sup>[1]</sup>)の短波長赤外域の反射光スペクトルを用いた二酸化炭素とメタンのカラム平均濃度の推定とその検証を行ってきた。その結果、航空機観測データと比べてGOSATの二酸化炭素には1~2ppm、メタンには1~7ppb程度の違い(バイアス)があることがわかった<sup>[2][3]</sup>。本研究ではそれらのバイアス低減を目的とし、重回帰分析(あるデータを他の2つ以上のデータによって説明するための関係式を作る分析法)と地上設置フーリエ変換分光計観測網(TCCON<sup>[4]</sup>)の濃度データを用いることによってGOSATデータのバイアスを補正する手法を確立した。補正前後のGOSATデータと航空機観測データの相関図(図、二酸化炭素の例)を比較すると補正後の回帰直線(青線と赤線)が明らかに黒い実線に近づいていることがわかり、バイアスが低減されることが確かめられた。この成果がGOSAT利用者への有用な情報提供と幅広いデータ利用につながり、国内外での温室効果ガス研究がさらに進展していくことが期待される。



## 脚注

1. 吉田幸生「長期観測を支える主人公―測器と観測法の紹介― [4] 避けては通れない雲とエアロゾル：宇宙から温室効果ガス濃度を推定するTANSO-FTS」地球環境研究センターニュース2012年12月号
2. 井上誠・森野勇・内野修・吉田幸生・横田達也・町田敏暢ほか「衛星『いぶぎ』(GOSAT) から得られた二酸化炭素濃度の検証―世界47か所の航空機観測データを用いて―」地球環境研究センターニュース2013年12月号
3. 井上誠・森野勇・内野修・吉田幸生・横田達也・町田敏暢ほか「衛星『いぶぎ』(GOSAT) から得られたメタン濃度の検証―世界28か所の航空機観測データを用いて―」地球環境研究センターニュース2014年10月号
4. 森野勇「長期観測を支える主人公―測器と観測法の紹介― [9] 空を見上げて温室効果ガス濃度を測る組織―TCCON―」地球環境研究センターニュース2015年3月号

## 本研究の論文情報

Bias corrections of GOSAT SWIR XCO<sub>2</sub> and XCH<sub>4</sub> with TCCON data and their evaluation using aircraft

measurement data

著者 : Inoue M., Morino I., Uchino O., Nakatsuru T., Yoshida Y., Yokota T., Wunch D., Wennberg P. O., Roehl C. M., Griffith D. W. T., Velazco V. A., Deutscher N. M., Warneke T., Notholt J., Robinson J., Sherlock V., Hase F., Blumenstock T., Rettinger M., Sussmann R., Kyrö E., Kivi R., Shiomi K., Kawakami S., De Mazière M., Arnold S. G., Dietrich G. Feist D. G., Barrow E. A, Barney J., Dubey M., Schneider M., Iraci L. T., Podolske J. R., Hillyard P. W., Machida T., Sawa Y., Tsuboi K., Matsueda H., Sweeney C., Tans P. P., Andrews A. E., Biraud S. C., Fukuyama Y., Pittman J. V., Kort E. A., Tanaka T.

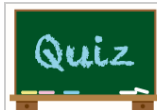
掲載誌 : Atmospheric Measurement Techniques (2016) 3491–3512, doi:10.5194/amt-9-3491-2016.

## 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

### 32 CO<sub>2</sub>削減技術

—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



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



[一覧ページへ▶](#)

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95

次世代自動車に関して、最も不適切なものはどれか？

中級レベル

正答率 76%

- ① 電気自動車の走行時のCO<sub>2</sub>排出量はゼロである
- ② 電気自動車はモーターで走行し、電気の9割を走行に使用できるが、減速時のエネルギーを使うことはできない
- ③ 燃料電池自動車は水素と酸素から電気を作り、走行する自動車である
- ④ 非常時には、電気自動車や燃料電池自動車から電気を取り出して使うことが想定されている

#### ヒント

電気自動車はブレーキをかけた際のエネルギーを電力として回収することができます。

#### 答えと解説

答え：②

電気自動車は、電気を蓄電池に蓄え、その電気でモーターを回して動きます。そのため、走行時のCO<sub>2</sub>排出量はゼロです（電気を作る際のCO<sub>2</sub>をカウントしない場合）。電気の9割を走行に使用でき、ブレーキをかけた際の制動時のエネルギーは動力を得たときとは逆にモーターを発電機として電気エネルギーに変換し、蓄電池に蓄える（回生機能）ことができます（したがって②が不適切）。

蓄電池は、内燃機関に比べ、貯めることができるエネルギー密度が低く、そのため、電気自動車の走行距離は、ガソリン車よりも短めでした。しかし近年、エネルギー密度の高いリチウムイオンバッテリーを採用する車種が現れ、改善されてきました。

燃料電池自動車は水素と酸素から電気を作り、モーターを回して走行する自動車です。

また、電気自動車や燃料電池自動車は大容量の蓄電池を搭載していることから、東日本大震災以降、非常用電源としての側面も重要視されています。

問96 燃料電池の説明として、最も適切なものはどれか？

中級レベル

正答率 65%

- ① 燃料電池は二次電池のうちのひとつであり、繰り返し充放電することができる
- ② 燃料電池は水素と酸素の反応のため、反応後の生成物質は水（ $H_2O$ ）だけである
- ③ 燃料電池は現段階で実用化されている技術ではない
- ④ 燃料電池の技術は自動車で使われることはない

#### ヒント

燃料電池は家庭用や産業用、自動車などで既に実用化されており、水素と酸素の反応により電気を発生する装置です。なお、二次電池とは異なります。

#### 答えと解説

答え：②

燃料電池は、水素を燃料として、空気中の酸素と反応させることで電気を発生する発電装置です。したがって、水素と酸素の反応のため、反応後の生成物質は水だけとなります（ $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$ ）。既に実用化されている技術であり、例えば、近年よく耳にする「エネファーム」とは家庭用燃料電池コージェネレーションシステムの商標です。また、自動車でも使われている技術で、既に実用化されています。なお、二次電池（蓄電池）の一種ではありません。

燃料となる水素は、風力発電などの電気を使って水の電気分解で取り出したり、天然ガス、灯油、メタノールなどを改質することで取り出します。家庭用・産業用の燃料電池は、熱も活用できるためコージェネレーションとなります。

\*正答率は第7回3R・低炭素社会検定受験者のものです

問97  $CO_2$ 回収貯留技術（CCS）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 61%

- ① CCSとは、火力発電などで発生する $CO_2$ を分離・回収して地中や海洋に貯留・隔離する技術である
- ② CCSをバイオマス発電に導入することで、正味の排出量をマイナスにする（大気中の $CO_2$ を減らす）効果が期待されている
- ③ CCSを導入することによりエネルギー効率が上がり、エネルギー消費量は減少する
- ④ 日本ではCCSの実証実験が行われている

#### ヒント

CCSは $CO_2$ を分離・回収して貯留・隔離する技術で、日本では現在実証実験が行われています。CCSの導入により、分離回収・貯留に使用されるエネルギー分は増加します。

#### 答えと解説

答え：③

CO<sub>2</sub>回収貯留（Carbon capture and storage、CCS）は、火力発電所や製鉄所など大規模排出源から排出されるCO<sub>2</sub>を分離・回収して地下や海底下に貯留する技術です。CCSをバイオマス発電に導入することで、正味の排出量をマイナスにする（大気中のCO<sub>2</sub>を減らす）効果が期待されています。

2003～2005年に新潟県長岡市で地中の帯水層に貯留する実証試験が行われ、その後はモニタリングが続けられています。また、2016年以降に苫小牧沖（海底下貯留）で年間10万トン以上のCO<sub>2</sub>を圧入する大規模実証試験が計画されています。

なお、CCSはエネルギー効率を高めたりエネルギー消費量を減少させるものではありません。逆にCO<sub>2</sub>を分離・回収する際に大きなエネルギーを必要とするため、このエネルギー消費削減も重要な課題となります。

＊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

---

CO<sub>2</sub>削減技術については、「温室効果ガス、どうやって減らしていきますか？夏の公開「低炭素社会を目指す」パネルディスカッション実施報告」でも紹介しています。