



つくば市内の小学校で「温室効果体験教室」を開催しました

2016年4月号 [Vol.27 No.1] 通巻第304号

CONTRAIL観測が10周年を迎えました

地球環境研究センター 大気・海洋モニタリング推進室長 町田敏暢

日本航空の旅客機を用いた温室効果ガスの観測プロジェクト（CONTRAILプロジェクト）は、2005年11月にCME（二酸化炭素濃度連続測定装置）を使った観測が、同年12月にASE（自動大気サンプリング装置）を使った観測が始まりましたので、2015年末でちょうど10年経過したことになります。 ...

COP21座談会：京都議定書から18年、「パリ協定」は新たなスタート

地球環境研究センターニュース編集局

広兼：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」が採択されました。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 ...

インタビュー「地球温暖化の事典」に書けなかったこと [11] 異なる問題のつながりを捉えるー幅広い視野からのバランスの取れた影響研究をー

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11回は、高橋潔さんに、地球温暖化の影響研究、また温暖化対策としての「緩和策」と「適応策」についてお聞きしました。

将来の地球温暖化に対する都市の適応力を測るー都市レジリエンス評価のための指標とツールに関する国際ワークショップー

気候変動バスク・センター Marta Olazabal

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 主席研究員） 山形与志樹

2015年12月7～10日、東京大学伊藤国際学術研究センターにおいて標記ワークショップを開催しました。このワークショップはアジア太平洋地球変動研究ネットワーク、国立環境研究所、都市化と地球環境変化プロジェクト、WUDAPT、東京大学サステイナビリティ学連携研究機構の協力を得て ...

バングラデシュの温室効果ガス濃度を長期モニタリングするために

地球環境研究センター 炭素循環研究室 特別研究員 野村渉平

私たちは海洋研究開発機構（JAMSTEC）のPrabir Patraさんと協力し、2012年6月からバングラデシュのComilla（コミラ）にあるコミラ観測所（バングラデシュ気象局）において毎週1回、ガラスボトルに空気を採取しています。ボトルは国立環境研究所内の分析室に送られ、温室効果ガス等 ...

データ処理運用システム（G2DPS）の開発が進むGOSAT-2プロジェクト

松永恒雄さん

環境計測研究センター 環境情報解析研究室長

地球環境研究センター GOSAT-2プロジェクトチームリーダー

本日は、主にこの1年間の国環研GOSAT-2プロジェクトの進捗をご紹介します。国立環境研究所では2013年にGOSAT-2プロジェクトが開始されました。GOSAT-2の打ち上げは、5年程の準備期間の後の2018年1月に予定されています。GOSAT-2プロジェクトにおける国環研の最大のミッションは ...

温暖化と人工衛星を身近に学ぶ第一歩！－小学校で「温室効果体験教室」を開催－

地球環境研究センター 国環研GOSATプロジェクトオフィス 高度技能専門員 相川茂信

2016年2月8日（月）、国際会議場近くのつくば市立竹園西小学校において「温室効果体験教室」を開催しました。GOSATプロジェクト・アウトリーチ活動強化の一つとして、小学2年生約140人を対象に、7歳になった人工衛星「いぶき」（GOSAT）、宇宙からの観測の意義、地球温暖化の ...

【最近の研究成果】 Twitterを活用した都市熱波リスクの分析

地球環境研究センター 特別研究員 村上大輔

地球温暖化が進行する中、熱波への対策はその重要性を増している。都市熱波のリスクへの対策を効果的に行うには、都市気候の状況を把握するとともに各人の熱波に対する脆弱性を把握する必要がある。人々のつぶやき（tweet）をリアルタイムで収集・公開するツールであるTwitterは ...

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 番外編

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。

CONTRAIL観測が10周年を迎えました

地球環境研究センター 大気・海洋モニタリング推進室長 町田敏暢

日本航空の旅客機を用いた温室効果ガスの観測プロジェクト（CONTRAILプロジェクト）は、2005年11月にCME（二酸化炭素（CO₂）濃度連続測定装置）を使った観測が、同年12月にASE（自動大気サンプリング装置）を使った観測が始まりましたので、2015年末でちょうど10年経過したことになります。この間、開始時には予想もしなかった出来事がたくさんありました。そのうちいくつかのトピックスを挙げてこの10年を振り返りたいと思います。

1. 観測装置を搭載する航空機

2005年から2006年にかけて2機のボーイング747-400型機にCMEとASEを搭載するための改修を行って以降、CONTRAILプロジェクトとしての観測が始まりました。747-400型機は通称ジャンボジェットと呼ばれていますが、747型機の中でも「-400」がついた型はハイテクジャンボとも呼ばれ、当時最新鋭の主力機でした。しかしエンジンを4つ持つジャンボ機は燃料高の時代を迎えるとその燃費の悪さから需要が少なくなっていき、2010年には全ての機材が退役になってしまいました。それでもCONTRAIL観測装置の開発段階で、日本航空技術部の担当者から「将来を見据えてこれから主力になるであろう777型機も改修しておきましょう」との提案があり、2006年に3機の777-200ER型機に観測装置を搭載するための改修を行っておきました。機体の改修はまとまった予算が確保できるチャンスにしか実施できませんので、結果的にはこの当時の判断が2010年のジャンボ機退役に伴う危機を救いました。

2012～2013年にはさらに5機の777-200ER型機を改修することができましたが、短胴型の777-200ERは時代とともに比較的近距离のアジアやハワイ路線で使用されることが多くなり、CONTRAILの「売り」の1つであるグローバル規模での観測ができなくなっていきました。日本航空では欧州便や北米便などの長距離路線には長胴型の777-300ER型機を使っています。観測装置の777-300ER型機への搭載は、実はCONTRAIL開始直後からの悲願だったのですが、2015年2月について1機目の777-300ER型機にCMEを搭載する改修が実現しました。また、つい先日の2016年3月には2機目の777-300ER型機の改修を実施しました（写真1）。2機の777-300ERで欧州便も北米便もカバーできる見込みですので、再び“グローバル”規模での観測が実施できることになります。

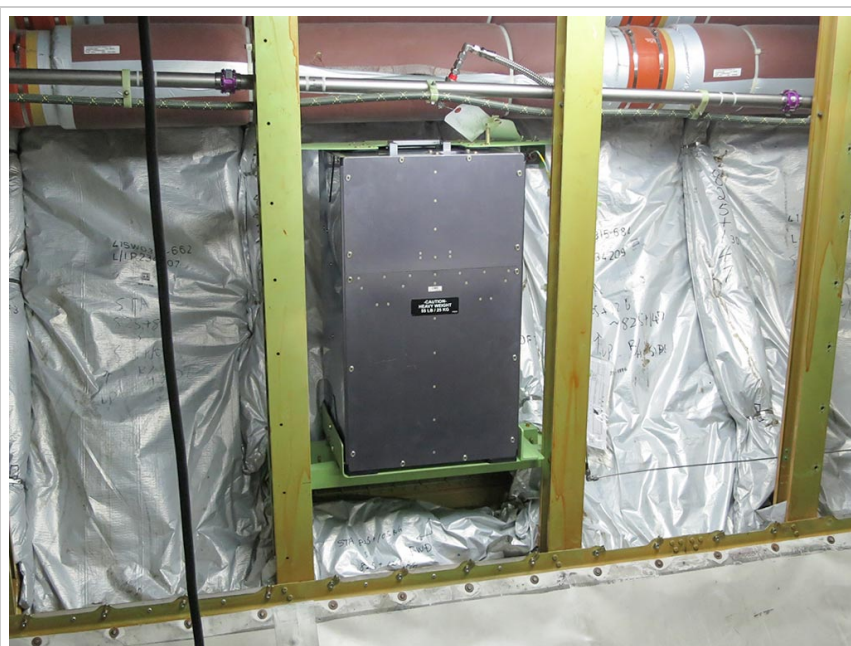


写真1 2機目のボーイング777-300ER型機に搭載されたCME（機体改修作業中に撮

2. 追いかけてくるヨーロッパ勢

2005年当時、民間航空機で毎日のようにCO₂濃度を観測するプロジェクトは世界でCONTRAILだけでした。意外なことに10年たった現在でもこのような観測はCONTRAILだけです。ヨーロッパではEUの予算を使った民間航空機の大気観測計画であるIAGOSが2006年に始まり、対流圏オゾン、一酸化炭素、窒素酸化物といった反応性の高いガス成分に加え、CO₂、メタンといった温室効果ガスを航空機上で測定する装置の開発が進められました。IAGOSによる反応性ガスの観測は2011年に始まり、欧州を中心とする路線に台湾と香港を発着する路線も加わって、極めて広域での観測ネットワークが構築されました。しかし残念ながら温室効果ガスの測定装置はまだ完成に至っていません。IAGOSのメンバーからは「なんでCONTRAILは次々と進むのか」と聞かれることがあります。CONTRAILは研究者の数も予算の規模もIAGOSに比べて明らかに小さいですが、小規模であるがゆえに調整が少なくすみ、決断が速いというメリットがあると感じています。もちろん共同で推進している気象研究所の実行力と、参画している日本航空、ジャムコ、JAL財団の理解の深さのおかげでもあります。間もなくIAGOSの温室効果ガス観測も始まると思われまます。CONTRAILでは観測結果の比較やデータの共同利用の体制を整えてIAGOS観測の開始を待っているところです。

3. 手動大気サンプリング装置 (MSE)

ASEは、大気をサンプリングして実験室で分析を行うので、観測頻度を高くすることはできませんが、CO₂以外のメタンなどの成分濃度や同位体比を知ることができる有力な観測手段です。現在ASEが搭載できる機材は777-200ER型機だけですので、この観測が可能な範囲は限られています。そこで、電源を必要としない手動ポンプを航空機に持ち込んでエアコン出口から供給される新鮮な外気をサンプリングするMSEによってASE観測を補う取り組みを始めました。当初MSE観測のオペレータは日本航空の社員の方をお願いしていましたが、観測を担当できる社員の数も限られることから、2014年より一部の観測オペレータを国環研と気象研の職員が分担することになりました。研究所職員が担当する観測飛行はパリ路線で、日本時間の午前10時頃に羽田空港を発つ便の操縦室に搭乗させていただき、パリまでの約12時間の間に12本の容器に大気をサンプリングします(写真2)。帰路ではサンプリングは行いませんがMSEの装置を同じ機材で持ち帰る必要があるので、パリの空港で4時間ほど休憩した後に、今度は客席に座って帰ってきます。この出張ではフランスの入国手続きはしません。0泊2日のパリ出張です。

MSE観測では装置の安全性を何重にも確認することはもちろんですが、日本航空や空港関係の様々な部門の担当と調整をいただくなど多くの方の苦勞の末に実施が可能になりました。実際に観測に行き感じることは、日本航空のパイロットや客室乗務員の方だけでなく、地上職員や整備の方など皆さんが観測に非常に協力的であることです。この場を借りてあらためて感謝いたします。MSEという観測手段を手に入れることによって、観測の応用範囲が広がり、短い準備期間でも新たな観測を展開することが可能になりました。



写真2 操縦室内でのMSE観測の様子。後席でポンプを回すのは地球環境研究センターの勝又さん（この写真は日本航空の許可のもと、運航の安全を確保した上で撮影しています）

4. 次世代の観測に向けて

777-300ER型機の観測投入によって現在の観測域は広がっていますが、777型機もジャンボ機のようにいつかは退役する 때가やってくるので、次世代航空機への観測装置の搭載準備をしておかなければなりません。日本の航空会社が国際線で使用する機材で今後確実に増えていくのはボーイング787型機です。日本航空でも2012年に導入され、長距離から短距離まで幅広い路線で利用されています。しかしながら最新鋭の機材ですので日本航空でも観測に必要な改修をするための技術的な資料や手法を新たに必要とします。そこで、CONTRAILチームは航空機の製造会社であるボーイング社と協力関係を持つことにしました。まず、2014年にボーイング社が実施した環境負荷軽減航空技術の実証実験（ecoDemonstrator Program）に参加し、CMEとASEをボーイング社の787型機に搭載してシアトル周辺においてテスト飛行を行いました。ここではCMEとASEが787型機の機上でも飛行を妨げることなく正常に稼働することが証明できました。次のステップとして2015年には日本航空が運航する787型機にCMEとASEを搭載するための予備的な設計をボーイング社が実施しました。空気取入口の確保などは、製造メーカーだからこそできる検討事項です。787型機への正式な搭載承認の取得はまだ先になると思われませんが、今後も着実に開発を進めていく予定です。

5. いくつかの受賞

CONTRAILプロジェクトは国の予算で実施されていますが、日本航空、ジャムコ、JAL財団といった民間企業ならびに団体の協力なくしては成り立たない事業です。これが官民協力の良い例として、2013年に日立環境財団と日刊工業新聞が主催する第40回環境賞の「環境大臣賞・優秀賞」を受賞しました。また同じ2013年に毎日新聞社と朝鮮日報社が主催する「第19回日韓国際環境賞」にも選ばれました。さらに2015年にはフジサンケイグループが主催する第24回地球環境大賞の「特別賞」をいただきました。これらはCONTRAILの活動が学問分野だけではなく社会的にも意義を認めていただいたということですので、それだけの責任を感じながらしっかりした観測を続けて行かねばならないと思っています。

*CONTRAILプロジェクトに関する過去の記事は以下からご覧いただけます。

- 町田敏暢「CONTRAILプロジェクトが始まって5年経ちました」2010年12月号
- 白井知子「成田上空の二酸化炭素濃度の短周期変動－民間航空機を利用した大気観測結果の解析－」2013年3月号

- 町田敏暢「長期観測を支える主人公―測器と観測法の紹介― [5] 旅客機でCO₂を測る：民間航空機搭載型の自動CO₂測定装置」2013年3月号
- 広兼克憲「『空飛ぶ実験室』コントレイルプロジェクト、環境大臣賞を受賞！」2013年9月号
- 地球環境研究センターニュース編集局「インタビュー『空飛ぶ実験室』が上空の二酸化炭素濃度観測を変える―CONTRAILプロジェクト―」2013年12月号
- 広兼克憲・町田敏暢「CONTRAILプロジェクトがボーイング社のecoDemonstrator787フライトに参加！」2015年1月号
- 町田敏暢「秋篠宮ご夫妻からも激励 CONTRAILプロジェクトが地球環境大賞特別賞を受賞」2015年5月号

2003年 9月

文部科学省「科学技術振興調整費」を獲得、観測装置の開発開始

3月

開発した2つの装置が米国連邦航空局 (FAA) の環境試験 (地上試験) に合格

10月

初号機である747-400型機 (機番JA8917) の機体改修を実施、両装置を搭載

10~11月

FAAと日本の航空局から追加型式承認 (STC) 取得、装置を搭載した航空機の運航が可能になる

11月

CMEの初観測飛行実施 (初フライトはバンコック)

12月

ASEの初観測実施 (シドニー路線)

2月

2機目の747-400型機 (機番JA8921) の機体改修実施

3月

777-200ER型機の初号機であるJA705Jの機体改修実施

4月

環境省地球環境保全試験研究費の補助を受け本格的観測開始

10~11月

777-200ER型機の2号機にあたるJA703Jと3号機のJA707Jの機体改修を実施、5機体制での観測開始

10月

747-400型機によるブリスベン路線でのASE観測開始

3~4月

オーストラリア路線でのASE観測中止・手動サンプリング (MSE) 観測開始

4月

グアム路線でのASE観測開始

3~4月

グアム路線でのASE観測中止・ホノルル線でのASE観測開始

5月

CMEが5000回目の観測飛行実施

9月

ホノルル線でのASE観測中止

10月

ボーイング747-400型機での観測が全て中止、
ボーイング777-200ER型機3機での観測体制になる

4月

ボーイング777-200ER型機によるシドニー路線でのASE観測開始

4月

ボーイング777-200ER型機による欧州路線でのASE観測開始

6~9月

777-200ER型機のJA708JとJA709Jの機体改修を実施

7月

1機目のCONTRAILロゴを塗装した機材 (JA707J) が運航を開始

3~8月

777-200ER型機のJA702J、JA710J、JA711Jの機体改修を実施
8機体制での観測開始

6月

CONTRAILチームが第40回環境賞の環境大臣賞/優秀賞を受賞

10月

CONTRAILチームが第19回日韓国際環境賞を受賞

11月

2機目のCONTRAILロゴを塗装した機材 (JA705J) が運航を開始
CMEが10000回目の観測飛行実施

4月

研究所職員による欧州路線でのMSE観測開始

11~12月

ボーイング社のecoDemonstrator計画に参加

2月

1機目の777-300ER型機 (JA734J) にCMEを搭載するための改修を実施

4月

CONTRAILチームが第24回地球環境大賞の「特別賞」を受賞

3月

2機目の777-300ER型機 (JA733J) を改修



退役

JA8917 JA8921
747-400型機

JA705J JA703J JA707J JA708J JA709J JA702J JA710J JA711J
777-200ER型機

JA734J JA733J
777-300ER型機

COP21座談会：京都議定書から18年、「パリ協定」は新たなスタート

出席者（五十音順）：

亀山康子さん（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長）

久保田泉さん（社会環境システム研究センター 環境経済・政策研究室 主任研究員）

松永恒雄さん（環境計測研究センター 環境情報解析研究室長）

向井人史さん（地球環境研究センター長）

司会：

広兼克憲（地球環境研究センター 交流推進係）

地球環境研究センターニュース編集部

京都議定書以来の気候変動に関する国際条約：「パリ協定」

広兼 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」が採択されました。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も決まりました。これにより、地球環境、温室効果ガスに関するさまざまな研究や、地球温暖化防止の具体的な取り組みをさらに進めなければなりません。地球温暖化防止にとって歴史的なイベントとなったCOP21をきっかけに、地球環境研究センターとしても一層地球温暖化問題に関心をもっていただけるよう、努力していきたいと思えます。

最初にCOP21とその結果について、ポイントと思う点を挙げてください。

久保田 ポイントは、「パリ協定」という法的拘束力のある国際条約のなかで、産業革命以降の平均気温上昇を2°C未満に抑える目標、さらに努力目標として1.5°C未満について触れたこと、それから今世紀後半に温室効果ガス的人為的排出と吸収をバランスさせるという長期的な方向付けがされたことです。

亀山 「パリ協定」は1997年の京都議定書以降18年ぶりに成立した国際制度です。採択された瞬間は“画期的な合意”と喜んだのですが、1か月たって冷静になってみると、やはりこの程度のことしか国際社会は合意できないのだなという、現実に戻った気持ちが、私のなかにはあります。もちろん合意できたのは素晴らしいことですが、ようやくスタート地点に立ったということだと思っています。



左から：広兼、亀山、向井、久保田、松永

松永 私は2012年にドーハ（カタール）で開催されたCOP18から参加するようになりました。実際の交渉ではなく、展示やプレゼンテーションでの参加です。COP21でもいろいろな国がパビリオンを構えて、展示だけではなく、各国の意図を十分に含んだサイドイベントやプレゼンテーションを行っていたことが、印象に残りました。そういう意味では「パリ協定」が結ばれる前に、各国は予想されるCOP21の合意内容に対する自国のスタンスをパビリオンで打ち出す方針でこの会議に臨んでいたのだと思います。

向井 私はCOP21には参加していませんが、「パリ協定」が1.5°C未満という厳しい目標にも言及しているのは評価できます。一方、二酸化炭素（CO₂）の人為的排出を今世紀末には実質ゼロにすることについては、気になっていることがあります。世界の温室効果ガスの排出と生態系による吸収をバランスさせると、どこかで濃度は増えなくなりますが、排出量ゼロということではありません。排出し続けながら吸収させるという地球の循環にうまく合わせることで、科学的には検討する必要があります。もう一点、気になっているのは、排出削減目標をたてていますが、削減基準が各国違ってきますし、本当に削減されているのかをどうやって検証していくのかということです。また、2°C目標に向けて取り組んでいるときに地球の炭素循環の仕組みが変わり、さらに削減が必要になるという事態が生じた際にどう対応するかという議論についても今後考える必要があると思います。

長期目標達成に向けた進捗状況の確認：グローバル・ストックテイキング

広兼 各国が2025/2030年までにこれくらい削減するという目標は集まってきているようですが、2°C目標、1.5°C目標の達成目処は立っているのでしょうか。

久保田 今回、グローバル・ストックテイキングという仕組みが作られました。ストックテイキングとは、「棚卸し」を意味する英語ですが、外交交渉の文脈では、いろいろと行われていることをまとめ、進捗状況を評価することを意味します。「パリ協定」では、緩和に関する長期目標（2°C未満目標や今世紀後半に人為起源の排出と吸収とをバランスさせること）と適応に関する世界目標の達成に向けて、国際社会はどれくらい温暖化対策を進めてきたのかなどを5年ごとに評価するものです。その結果を受けて、2°C未満目標というゴールに向かってどのように進んでいくかを考えることが重要なわけですが、「パリ協定」には、この結果を各国がそれぞれ役立てる、といったことが書いてあるだけです。

向井 自分の国はこれくらい削減したほうがいいのかというのはコンセンサスは、会議場で生まれるものなのでしょうか。あるいは、中国がチャレンジングな数字を出したから、アメリカも対抗しなければというような、対抗意識のようなものはないのでしょうか。



久保田 COPの場では難しいでしょう。今回のCOPでは、各国があらかじめ目標を提出していますので、そういう議論はありませんでした。各国の削減目標値を200か国近くが集まる場で話し合うことは難しく、今後もたぶんないと思います。しかし、各国は、どの国がどのような国別約束を出すかを注視しています。

中国、インドとの協力関係

広兼 世界最大の排出国になった中国、今後の排出増加が予測されるインドと、どう協力していくことが必要か、ご意見があればお聞かせ下さい。

亀山 中国とインドについては、研究者が初期の段階で入っていかなければならないと思います。どういう意味かというと、交渉担当者がCOPに行った後で、研究者がサポートできる部分は限られています。研究者はまだ国の意思決定が定まっていない初期の段階で、政府にいろいろな情報を提供していかなければなりません。中国には10年程前から欧米や日本の研究者が入り、中国の研究者と共同研究を5年くらい行い、それでようやく彼らからデータを提供してもらえるようになりました。また、欧米や日本の研究成果を中国の研究者や政府関係者に活用いただけるようになりました。それが、中国の省エネや最終的に約束草案につながっていくわけです。同じことがインドでも起きていて、欧米の研究者はインドでインドの削減ポテンシャルの研究を進めています。インドは中国と比べると、政府関係者だけでなく議会の支持がより重要となりますので、幅広い層を巻き込んでいく必要があるように思われます。

向井 観測では、国立環境研究所（以下、国環研）はインドと研究協力していますが、政策のほうではどうですか。

亀山 アジア太平洋統合評価モデル（Asia-Pacific Integrated Model: AIM）チームが研究を開始した直後、1995年頃からインドの研究機関と研究を進めています。

向井 AIMがうまく機能して、インドの排出量の計算にも反映されているのでしょうか。

亀山 AIMのモデルしかないという状態ではありません。インドにはインドエネルギー資源研究所（TERI）があり、いろいろな計算ができています。温室効果ガスを削減するべきと思っている人たちが、自分たちのモデルをもっているということは重要です。

ほかの国際条約との連携の重要性

広兼 久保田さん、ほかの国際的問題、水問題（資源問題）、食糧（農業）問題、人口（生物多様性）問題と気候変動問題の関係について今後、どのような議論が進むと思われますか。

久保田 2015年は持続可能な発展にとっては非常に重要な年でした。9月25～27日にニューヨークで開催された国連サミットで、持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals: SDGs）が採択されました。SDGsの目標のなかで、温暖化については、国連気候変動枠組条約で話し合った結果を組み込むということになっています。SDGsや「パリ協定」という目標ができたのですから、今後どのように実現させていくかという議論をしなくてはなりません。生物多様性条約、気候変動枠組条約、オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書など、基本的には条約ごとの役割分担がありますが、条約を政策的に連携させていく必要性はますます高まるのではないかと思います。

展示ブースで国としてのPRを

広兼 先ほど、松永さんから、各国が国として強調したいことを展示ブースやサイドイベントに反映させているというお話がありました。国環研がCOPで今後もいろいろなインプットをしていく際に、いいアイデアがあったら聞かせてください。できるなら実現したいと思います。

松永 私が参加してからのCOPでは、各国のパビリオン、展示を含めて、入場制限があり、非常に限られた客層に対する活動が主でしたが、今回、開催国のフランスは、COPの会場外など比較的アクセス制限がゆるいところにいるいろいろな場（COP21の会場に隣接したClimate Generations areaなど）をつくりました。その結果今まで限られた人たち向けのプレゼンテーションだったものが少し変わった感があります。



広兼 パリは11月にテロ事件があり、COP21の開催が危ぶまれていた状況ですから、むしろ閉鎖的なのかなと思っていましたが、それは意外です。

松永 一般の観光客は減少しているという話でしたが、もともとCOPに参加しようとした方の数はそんなに減らなかったのではないのでしょうか。

向井 COPのサイトイベントや展示ブースで、国の交渉が具体的に進むというケースはありましたか。

松永 各国のパビリオンでは少しあるのかもしれませんが、国環研を含むNGOの展示ブースで交渉が行われることはまずありません。ブースでは交渉に疲れた人たちが立ち寄ってくれたときに、雑談したり、会議の雰囲気や話を聞いたりすることはあります。今回の展示では、私たちが研究成果を説明した後で、自分の国の学生を受け入れてくれるのかとか、国環研に行くとか学位がとれるのか、という質問を毎日のように受けました。

亀山 途上国の方からそういう質問がたくさんありましたね。

久保田 学位授与権限があるところかどうかということですね。

向井 それとCOPとは、関係があるのでしょうか。

松永 とにかくどの国も温暖化問題を科学的に理解している人を増やしたいのだと思います。そのためには教育をしなければいけない。それもたぶん大学院、できれば研究機関とつながりがあるところがいいと思うでしょう。国環研がどこかの大学の付属機関でこの分野で学位が取れたら良いのかも知れません。

向井 既存の大学の枠組みにとらわれなくて、たとえばこの研究所が教育機関となることができるようにするとか、そういった大きな仕組みをつくるのも日本の貢献になるかもしれないということですね。

松永 そうということですね。

「パリ協定」での適応策の目標は？

広兼 これまでCOPでは緩和策中心の国際枠組みが議論されてきましたが、適応についてはどのような国際的協力が進んでいくと考えられますか。

久保田 京都議定書にはほぼ緩和策のことしか書かれていませんでした。一方、「パリ協定」には、緩和策だけではなく、適応策、資金、技術、キャパシティ・ビルディング、透明性（温暖化に関する各国の情報の提出とレビューなど）が含まれていることがポイントです。なかでも、適応は、緩和と同程度の扱いにしてほしいという途上国からの強い要望がありましたから、適応のパーツなしでは「パリ協定」は合意できなかったでしょう。「パリ協定」のなかの適応については、温暖化影響に対する適応能力を強化する、レジリエンスを高める、温暖化影響への脆弱性を低くするという目標が立てられています。先ほどお話ししたグローバル・ストックテイキングでは、途上国の適応に向けた努力や先進国から途上国への適応支援に関する評価をすることになっています。ただ、今お話ししたように、非常に漠然とした内容です。



広兼 緩和策は何パーセント削減とか数字とともに示されるのに対して、適応策は定性的な目標にしかっていないのじゃないでしょうか。

向井 資金は緩和策だけではなく、適応策にも使われるのでしょうか。

久保田 はい。内容については、一部決まったところもありますが、具体的にはこれから議論します。

向井 実際被害が起きたとき、たとえば、海面上昇が起きて住民が移住したときの損害賠償の議論がされましたね。それは資金支援に含まれるのでしょうか。

久保田 損失と損害（ロス&ダメージ）という議論ですが、資金支援には含まれていないと思います。

向井 その損害が本当に温暖化の影響によるものなのかということも含めて、難しいです。

久保田 アフリカ諸国や小島嶼国は、「パリ協定」の重要な柱として、損失と損害を合意に含めることを求めています。他方、先進国は、損失と損害を「パリ協定」に盛り込むと、それらについての法的責任追及や損害賠償請求といった道を開いてしまうため、強く反対していました。結局、損失と損害は「パリ協定」に盛り込まれましたが、具体的な取り組みは今後検討することになっています。そして、COP21決定では、先進国の懸念に応じて、損失と損害に関する「パリ協定」の規定は、損害賠償請求等の基礎とはならないと書いてあります。おそらく先進国は、国の責任につながらない形の支援にしたいと思っています。何かひどい気象災害が起こったとき、たとえば台風の襲来による被害に対する支援はあるかもしれませんが、気候変動枠組条約や「パリ協定」のもとでの温暖化による損失と損害に苦しむ人々への継続的な支援というのは難しいだろうと思います。

松永 「パリ協定」での資金はそういう事態が起こる前に手を打つためのものですね。

「パリ協定」の目標達成に向けて、国環研ができること

広兼 環境省はじめ、行政機関と国環研はそれぞれの立場で「パリ協定」の目標達成に向けて努力していかねばなりません。これから行政と研究所、国民がどんなふうに協力していったらいいでしょう。

向井 これは結構壮大な話で、明確な答えはないのですが、以前亀山さんが、日本の個人の意識は高いので、国の政策より個人ベースの草の根的な対策の方がむしろ機能していくのではないかとおっしゃっていました。確かにそうかもしれません。われわれ研究者は国の政策貢献だけではなく、市民や自治体とともに対策や影響適応などを検討したりすることで状況が開けるのかもしれない。

亀山 地球温暖化については、国環研では、百貨店のようにいろいろな分野の研究を行っていますから、それぞれの研究者がその分野でのリーダーになって、研究成果を発信し続けることが重要だと思います。なかでも社会環境システム研究センター職員は、行政に対してだけでなく、一般市民向けにわかりやすく情報発信する必要があります。COP21で久しぶりに世の中が地球温暖化問題について盛り上がったかなと思ったのですが、年を越すと忘れられそうな気がします。この地球環境研究センターニュースやウェブサイトなどで、みなさんの関心を引きつけられるような工夫ができるといいです。



久保田 2030年度の温室効果ガス排出量を2013年度比で26%削減するという日本の約束草案について、ある新聞記事に、“26%”という数字を知っていた人の割合がたったの6%という調査結果が出ていました。また、約束草案が出た直後の2015年7月の国環研の夏の大公開で、来場者の約2割が約束草案やエネルギーミックスについて知らなかったことに、担当の研究者も驚いていました。

広兼 研究所にいらした方のうち8割近くが知っていたのですから、それは高いような気がしますが。

久保田 約束草案が出た直後でしたし、国環研のイベントに来るのは温暖化問題に非常に関心が高い方々なので、それでも2割近くの方が知らないということに研究者は危機感を表していました。こうすればうまくいくという方法はないのですが、私たちはいろいろなチャンネルを使って情報発信していかなければいけないと改めて感じています。もう一つは、今後、自治体が適応計画を作っていくことになるので、自治体が必要としている温暖化に関する情報、特に影響に関する情報を提供し、自治体とのつながりをつくり、自治体が進める新たな街づくりをとらえて温暖化問題にもっと関心をもってもらえるようにしたいと思います。

松永 一方、観測やモデリングなどの科学研究の成果をIPCC等に反映させて、そのアウトプットをCOPにつなげていくということをきちんと継続していく必要があります。さらにそれと並行して、先ほどお話したように、キャパシティ・ビルディングや教育に関するニーズにどう応えるのかを考えることでしょう。

*この座談会は1月21日に行われました。

インタビュー「地球温暖化の事典」に書けなかったこと

11 異なる問題のつながりを捉えるー幅広い視野からのバランスの取れた影響研究をー

高橋潔さん

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

インタビューア：横島徳太さん（地球環境研究センター 気候変動リスク評価研究室 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地球温暖化研究プログラム・地球環境研究センターの研究者がインタビューします。

第11回は、高橋潔さんに、地球温暖化の影響研究、また温暖化対策としての「緩和策」と「適応策」についてお聞きしました。



「地球温暖化の事典」担当した章

1.8 気候変動の影響・脆弱性 / 1.9 緩和策と適応策 / 7.2 農業

次回「地球温暖化の事典」に書きたいこと

適応策の具体的な解説と社会経済の将来変化を考慮した影響予測

目次

1. IPCC第5次評価報告書の新視点
2. 研究の進展と確信度の関係

3. 気候変動による影響が連鎖して紛争につながる可能性
4. 「確信度」の決め方は？
5. 温暖化の日本への影響についての最新知見
6. 卒論からスタートした温暖化影響評価研究
7. 温暖化と社会問題を同時に解決する研究成果を
8. 適応策の具体的な解説と社会経済的な将来変化を考慮した影響予測

IPCC第5次評価報告書の新視点

横畠 高橋さんは2007年に公表されたIPCC第4次評価報告書（AR4）に基づいて『地球温暖化の事典』を執筆されていましたが、2013～2014年に第5次評価報告書（AR5）が発行されました。高橋さんはAR5第2作業部会（WG2）で代表執筆者としてかかわられましたが、地球温暖化の影響と適応について、最新のAR5では、新たにどんなことがわかったのでしょうか。

高橋 『地球温暖化の事典』では、AR4だけでなく、それ以前の評価報告書も参考にしながら記事の執筆を行いました。IPCCが設立されたのが1988年ですから、既にAR4公表の時点で、20年以上の研究の蓄積があり、温暖化影響に関する科学的理解もかなり包括的なものになっていたといえます。AR4公表の頃は、21世紀末に向けて、産業革命前と比べた全球の年平均気温の上昇を何°Cに抑えるかという、長期の安定化目標を世界的に共有するための議論が盛んに行われていました。既にAR4よりも以前から、特にEU諸国を中心に、2°C未満安定化の必要性を訴える強い動きがあり、2°Cを超えてしまったら何が起きるのか、2°C未満安定化を達成するにはどのような排出削減経路が必要なのか、という問いに取り組む研究が、AR4の前後に多くの研究機関で行われました。AR4についても、各時点で利用可能な科学的知見を基に国際交渉・対策検討を科学的側面から支援するのがIPCCの役割なので、当時の重要論点であった長期安定化目標の検討への寄与を十分に意識したまとめ方がなされたといえます。AR5では問いの幅をさらに広げて、より具体的かつ頑健な意思決定を支えるべく、2°C目標を達成しても起きてしまう影響、その影響に備えるための適応策、あるいは、排出削減の取り組みが失敗して全球平均気温が4°Cまで上昇してしまった状況下で懸念される影響、といった視点からも知見がまとめられています。また、現在までの観測に基づく評価に関しては、AR4からAR5まで7年の観測期間の継続・追加があり、研究論文も増えたことから、広い分野、広い地域にわたりより高い確信度で温暖化の影響がすでに顕在化しつつあることをキーメッセージとして示しています。



横畠 2°C安定化を目指すというのは、AR4の後くらいから具体的にになっていったのですね。

高橋 長期の安定化目標の検討を支えるべくAR4は整理されていますし、それが国際交渉のなかで判断の共通の前提となり、2009年のコペンハーゲンでのCOP15以後、いわゆる2°C目標への合意につながっていったわけです。さらに2015年12月にCOP21で合意されたパリ協定では、世界共通の長期目標としての2°C目標の設定に加え、1.5°Cに抑える努力を追及することへの言及もありました。

横畠 2°Cの目標が、どのような経緯で、世界で共有されていったかというのは、あまり知られていないことかもしれないですね。

研究の進展と確信度の関係

横畠 最新のIPCC報告書では、いろいろな分野での将来の温暖化影響についての知見が、より確かなものになった、確信度が高まった、といえるのでしょうか。

高橋 研究の進展に伴って、メッセージの確信度が高まるものもあれば、必ずしもそうではないものもあります。温暖化の影響の顕在化については、現実には温暖化が進行している状況なので、時間が進めば進むほど影響の観測事例が増え、確信度の高いメッセージが出せます。一方、50年後、100年後の影響予測については、表現が難しいです。というのは、研究が進むと、同じ分野の影響を調べるにもさまざまな方法が開発・提案されます。通常、影響予測のためには、影響発生メカニズムを表現するモデルを開発し、将来の気候条件等の変化を想定したうえで、影響予測のコンピュータシミュレーションを行います。モデルの種類が増えても、どれも類似した結果を示すのであれば、将来の予測として確信度が高くなります。しかし、従来は研究コミュニティの規模が小さく、取り組んでいる人や手法が限られていたために、意見の一致が得られているように見えたけれども、より多くの人々がさまざまな手法で予測研究に取り組むようになった結果、不確実性の大きさが初めて認識され、結果的に確信度が下方修正される場合もあるでしょう。

横畠 どんな影響に関しても、確信度が高まった、というわけではないのですね。研究が進むにつれて、逆に予測の幅が広がってしまった、ということもあるわけですね。

高橋 全般的な結論としては、AR5でも気候変化が大きくなればなるほど、どの分野においても悪影響が顕著になるという評価は変わりません。しかし、その影響の大きさの見積もりについては複数の評価方法を用いると幅が大きくなることがあります。断定的に予測結果が出せなくなることで、意思決定や協議する際の材料として使いづらいものになっているように見えますが、間違いの少ない有用な意思決定をしていくためには、こうした幅も含めて正しい情報を伝えるのは大事なことです。

横畠 研究の進展と蓄積によって、不確実性も含めて、いろいろなことが幅広く明らかになっていったわけですね。「政策決定者向け要約 (Summary for Policy Makers)」の表が、広く人々に伝えたいことの、まとめになると思うのですが、これは、特に確信度の高い影響が選ばれたのでしょうか。

高橋 この表の内容については複数の地域で知見が確認されたりしたことで確信度が高まったといえますが、研究の蓄積で逆に確信度が低くなることもあり得ます。先ほども説明したように、研究の数が増えてもその評価の結果、見解が一致しないということが明らかになった場合には、確信度を低く抑える要素になります。また、確信度の高さもメッセージの書きぶり、命題の置き方によって変わってきます。たとえば「地球の平均気温は今後100年間上昇の傾向を示すだろう」ということでしたら確信度を高く言えるわけですが、「2100年の気温上昇は3~3.5°Cの間だろう」というメッセージだと、確信度という観点では、そんなに高くありません。この表は、世界中の脆弱な地域において深刻になる影響リスクを示しています。その点では確信度が高いメッセージです。確信度が高く、かつそのリスクに関して政策決定者、国際交渉に携わる人たちに見落としてほしくないの、取り上げてまとめられました。

表 確信度の高い複数の分野や地域に及ぶ主要なリスク

海面上昇、沿岸での高潮被害などによるリスク	高潮、沿岸洪水、海面上昇により、沿岸の低地や小島嶼国において死亡、負傷、健康被害、または生計崩壊が起きるリスクがある。
大都市部への洪水による被害のリスク	いくつかの地域において、洪水によって、大都市部の人々が深刻な健康被害や生計崩壊にあうリスクがある。
極端な気象現象によるインフラ等の機能停止のリスク	極端な気象現象が、電気、水供給、医療・緊急サービスなどの、インフラネットワークと重要なサービスの機能停止をもたらすといった、社会システム全体に影響を及ぼすリスクがある。
熱波による、特に都市部の脆弱な層における死亡や疾病のリスク	極端に暑い期間においては、特に脆弱な都市住民や屋外労働者に対する、死亡や健康障害のリスクがある。
気温上昇、干ばつ等による食料安全保障が脅かされるリスク	気温上昇、干ばつ、洪水、降水量の変動や極端な降水により、特に貧しい人々の食料安全保障が脅かされるとともに、食料システムが崩壊するリスクがある。
水資源不足と農業生産減少による農村部の生計及び所得損失のリスク	飲料水や灌漑用水への不十分なアクセスと農業の生産性の低下により、半乾燥地域において、特に最小限の資本しか持たない農民や牧畜民の生計や収入が失われる可能性がある。
沿岸海域における生計に重要な海洋生態系の損失リスク	特に熱帯と北極圏の漁業コミュニティにおいて、沿岸部の人々の生計を支える海洋・沿岸の生態系と生物多様性、生態系便益・機能・サービスが失われる可能性がある。
陸域及び内水生態系がもたらすサービスの損失リスク	人々の生計を支える陸域及び内水の生態系と生物多様性、生態系便益・機能・サービスが失われる可能性がある。

出典：IPCC第5次評価報告書第2作業部会政策決定者向け要約に基づき作成

横畠 政策決定者向けの表は、確信度が高いだけでなく、影響が大きく、いろいろな人に見落としてほしくないという要素もあるんですね。

高橋 空間的な広がり大きな影響は確かに重要性が大きいです。一方で、一部の地域・人々にのみ深刻な影響が集中する、というものも、公平性の観点からは、見落としてほしくないです。また、確信度は低い起きるかもしれないというリスクをどう扱うか、という問題もあります。そういったリスクは、きちんと整理されないと、確信度は低いかもしれないが起きたら深刻な影響だから、注目を引くからと、メディア等に過度に強調されてしまうことがあります。それに引きずられて行われる意思決定はアンバランスなものになる可能性があります。だからといってそれを完全に人目につかないところにしまっておき、良くわかるようになるまで待ちましょうというのもアンバランスな考え方です。IPCCの評価報告書は、以前から確信度をつけることで、確信度が低くても専門家が心配している要素があるということを伝えています。

気候変動による影響が連鎖して紛争につながる可能性

横畠 確信度が低くても、専門家が心配している要素、というのは、たとえばどのような影響でしょうか。

高橋 AR5で新たに評価されたリスクの一つは、気候変化の影響として食料や水の競合が起きると資源が不足し、それが原因で紛争につながるのではないかというものです。過去の紛争と気候・気象との関連について統計分析し、研究の結果として示されています。ただし、研究の数がまだ限定的なので、確信度が高いとは現時点ではいえません。

横畠 気候変動の影響の結果として紛争が発生した、というのは、どうやって示されたのでしょうか。

高橋 AR5で評価対象となった研究は、最近の気候変動の結果として紛争が実際に増えつつあるかを調べたものではなく、かなり昔まで遡って、極端な気象現象と社会的な混乱との関連について分析したものでした。さまざまな社会的条件が違うので、過去の異常気象の際に発生したことがそのまま現在や将来にも起きるというメカニズムについて強い裏付けをもった主張はできませんが、今後、研究が増えていくことが期待されています。



横畠 確信度が低い、ということに関連して、最新のIPCC報告書でも扱いきれなかった問題もあるのでしょうか。

高橋 最新の報告書でも、不確実性を明示的に示すようになってきていますが、依然として評価の中で扱いきれないのが将来の社会経済の想定です。かつては社会経済が変化しないという前提で影響予測を行うケースが多かったのです。AR5で調査された研究では、社会経済変化も考慮した影響予測が増えましたが、将来の社会経済発展の多様性についてはまだ考慮が不十分です。次のAR6に向けた今後の研究課題として残っています。

「確信度」の決め方は？

横畠 前から気になっていたのですが、IPCC報告書では、確信度が高いとか低いといった言葉が出てきます。そもそも報告書を書いている人は、影響の「確信度」をどうやって決めているのでしょうか。

高橋 エビデンス（証拠・根拠）の数とエビデンス間の見解の一致度、その2軸で評価して、両方が高ければもちろん確信度が高いという評価になります。中間のところについては執筆にかかわった専門家の判断で決めていきます。

横畠 エビデンスの数など、基準はあるのでしょうか。

高橋 はっきりとしたものはないですね。研究の対象地域のスケールや、どういう雑誌に掲載された論文かなども関係します。また、研究者が長く研究して、それに対する反論も跳ね返してきた、かなり洗練された研究知見もあれば、新しいアイデアで現時点では評価の定まらないものもあるので、数だけで評価を付けるのは難しいです。一方、温暖化影響の観測の見解については、観測点の数や観測期間をもとにして、より定量的な確信度の評価が可能です。

温暖化の日本への影響についての最新知見

横畠 日本への影響についても研究されていますね。

高橋 環境省環境研究総合推進費S-4「温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合的評価に関する研究」が5年間（2005～2009年）行われ、『地球温暖化の事典』にはS-4プロジェクトの成果やそのころ考えられていたことはある程度含めています。その後継として2010～2014年まで5年

間行われたS-8「温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究」の成果は、『地球温暖化の事典』の執筆時には利用可能ではなかったのも、もし次の機会があれば参考にできる材料です。われわれのもっている日本の温暖化影響に関する、あるいは日本の適応に関する研究は、まとまった科学的知見としては非常に重要な情報源かなと思います。

横島 このような研究成果は書籍などになっているのでしょうか。

高橋 S-8では、その成果報告書（地球温暖化「日本への影響」—新たなシナリオに基づく総合的影響予測と適応策—）を2014年3月に発行しました（<http://www.nies.go.jp/whatsnew/2014/20140317/20140317-3.pdf>）。報告書には、以前は取り組めなかった金銭換算への評価にも踏み込んだ研究結果も示されています。

卒論からスタートした温暖化影響評価研究

横島 高橋さんは、今のように地球温暖化研究が盛んになる前から、この問題に取り組み始めていましたよね。いつごろ、どのようなモチベーションで取り組み始めたのでしょうか。また、農業、水資源といった自然環境の問題から、健康、社会へ影響まで、非常に幅広く温暖化影響評価の研究をされています。幅広いテーマにバランスよく取り組み、いい成果を出すために、研究の哲学というか、何か心がけていることなどありますか。

高橋 温暖化研究に取り組むようになったきっかけは、極めて素直なもので、大学の卒論のときに指導教官から提示されたテーマの一つだったからです。気候変化が起きたときに農業（作物の収量）にどんな影響が生じるのかを調べてみないかという提案をいただき、面白そうだなと思いました。大学の専攻は衛生工学で、水質、廃棄物、大気汚染といった環境問題全般を扱っていました。1990年代半ばのことなので、地球環境問題はすでに社会的に認められていましたが、研究の規模は小さく、マイナーであったというのが私の認識です。私自身も温暖化に興味がありよく知っていたというわけではありません。ほとんど知らないに近かったのですが、だからこそ勉強してみたいと思いました。そのときに現在もかかわっている国立環境研究所（以下、国環研）のアジア太平洋統合評価モデル（Asia-Pacific Integrated Model: AIM）の研究チームに加わり、モデル開発の一環として、温暖化の影響研究をすることになりました。日本で温暖化影響研究の専門家というと、もともとは農業や水資源など個別の研究分野が専門で、温暖化問題の深刻さが次第に認識される中で、自身の専門性を活かして影響評価に取り組むようになった人が多いと思います。私の場合は、AIMという複数分野の影響研究と対策評価を同時に行う枠組みの下、方向性を一にするに方々と共に研究に取り組むこととなりました。その環境の中で、複数の影響分野について広く理解したいという欲求が内側からも高まりましたし、あるいは、複数分野の影響を見てほしいという周囲からの期待も感じたという背景があります。それが分野としてあまり偏らず広く研究する結果に至った一番大きな理由です。

別の説明の仕方をすると、農業、水資源、土地利用の問題は、それぞれ分かれた問題のように見えて、実は相互に関連しています。たとえば農業に深刻な影響が出て対策を考える場合、灌漑をどうするかがとても大事になるので、水資源のことも把握しなければいけなくなります。あるいは農地を増やすことが求められるかもしれません。専門分野としては分かれていても、互いにつなげて考えていく必要があります。その点からも、複数分野の影響をみなければというモチベーションはあったのかなと思います。



横畠 大学院の修士課程で温暖化の農業への影響を研究して、国環研にきて、AIMを使った研究に取り組んだことで、幅が広がったんですね。

高橋 初めの頃は、複数分野の影響について広く研究したいとか、それを周囲から期待されているという意識はありませんでした。とにかく農業・作物収量モデルに没頭していて、全く現実の収量データに合わないモデルを少しでも合うようにしなければと思い、データを集めて取り組んでいました。大学院修士2年の時に国環研で研究員として職を得て、それ以降さまざまな研究プロジェクトに参加させて頂くなかで、広い範囲のことをおさえていくニーズを理解しました。もともとAIMは社会・経済系の研究者が中心になって開発を進めていましたが、温暖化の影響研究は、気候予測との関係が大事だと途中で考えるようになり、当時の大気環境研究部の人たちとも連携するようになりました。

温暖化と社会問題を同時に解決する研究成果を

横畠 これから、どのような研究をしたいですか。

高橋 温暖化以外の世の中の諸問題の解決も同時に考慮した対策や、温暖化以外の問題に波及的に及ぼす悪影響についてモデルを使って定量的に評価できるような取り組みを、4月からの新しい中長期計画の研究課題として推進しようという動きが国環研のなかに出てきています。温暖化でのこれまでの蓄積を活かしつつ、その課題にうまく貢献できるよう自分の研究の照準を合わせていきたいと思っています。社会経済発展の将来想定については、温暖化以外の問題に関しても整合性をもって扱っていくことが求められます。その点からも、多様な社会経済想定をきちんと考慮した影響研究ができると、温暖化問題とほかの社会問題との同時解決につながる、比較的間違いのない主張、研究成果を出すことができるのではないかと考えています。

横畠 温暖化以外の問題というのは、たとえばどういうものですか。

高橋 国環研のなかで協力を得て取り組めたら良いと特に考えているのは、生態系・生物多様性への影響です。温暖化対策を大規模にとることによる生態系・生物多様性への影響については、研究がまだ不足していると思います。



適応策の具体的な解説と社会経済的な将来変化を考慮した影響予測

横畠 次回、『地球温暖化の事典』を書くとしたらどんな内容を書きたいですか。

高橋 今回は、温暖化影響の評価については、評価手法や入力条件などの説明を含めることができましたが、適応策については、具体例をあげた説明を十分に書けませんでした。適応策は緩和策との対比でその性質などを記述しているだけで、適応策を実際にとろうとしたときに阻害する因子があるのか、どういった条件が整わないと実際に対策をうつことができないのか、対策をうつとどんな波及効果があり得るのか、そういった点について具体的に解説することができませんでした。実は対策をうつかうたないかというのを現場で判断するときには、こういうことが大きく作用する可能性があるので、充実させたいと思います。さらに、社会経済的な将来変化を考慮した研究をきちんと位置づけて新しい『地球温暖化の事典』のなかでも伝えることができたらいいと思います。

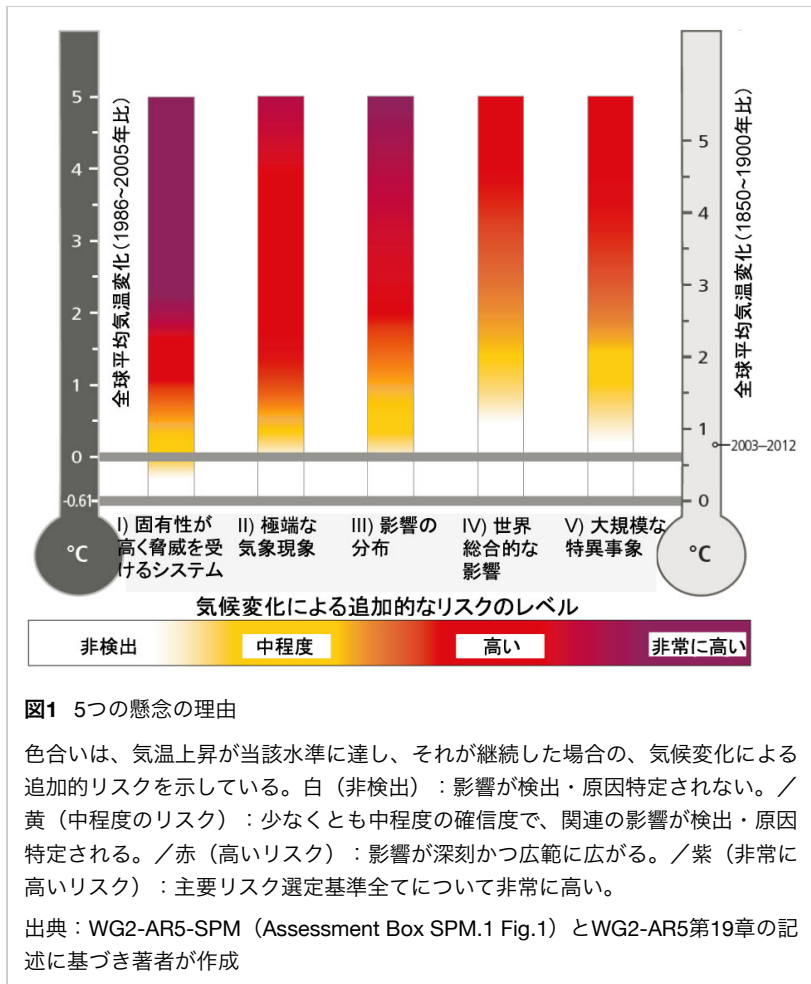
横畠 将来、社会がどう変わるかといった問題までを幅広く考えて、地球温暖化の影響を評価するということですね。

高橋 温暖化問題をより幅広い文脈に位置づけて捉える視点と、その視点における影響予測のあり方について、まとめたいです。

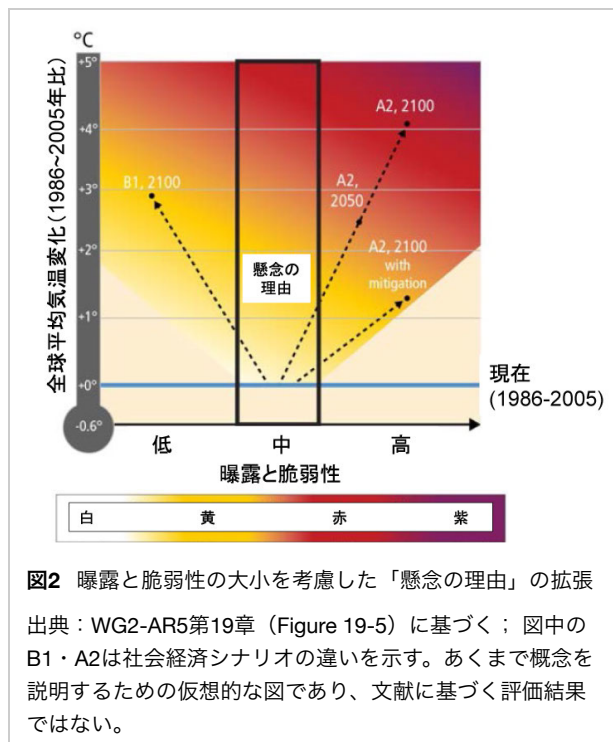
Fig. 曝露と脆弱性の大小を考慮した「懸念の理由」の拡張

高橋潔

全球気温変化の目標検討に関する議論を科学的側面から支援する目的で、IPCCは「懸念の理由」と呼ばれる図を用いて、研究知見の総合化を行ってきた(図1)。「懸念の理由」は全球平均気温に応じて、5つの観点についてリスク水準がどのように高まるかについて、(多数の定量的な研究知見をふまえた)専門家らの評価を表現したものである。



従来の「懸念の理由」については、その表現方法の限界として、人口や経済規模といった社会経済因子の将来変化の効果（曝露や脆弱性の大小）を明示的に表現出来ないことが挙げられてきた。この限界については、AR5作成作業の初期より課題として認識されており、評価対象の文献が多く利用可能な場合には、従来の「懸念の理由」を拡張し、図2の形式でリスク水準の評価がなされる可能性があった。しかし実際には、AR5の執筆期間までに公表された新規研究の不足から、その概念説明図を本文に収録するにとどめられている。今後、社会経済の多様な発展を考慮した影響予測研究の充実が求められている。



*このインタビューは2016年2月1日に行われました。

将来の地球温暖化に対する都市の適応力を測る

—都市レジリエンス評価のための指標とツールに関する国際ワークショップ—

気候変動バスク・センター **Marta Olazabal**

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 主席研究員) **山形与志樹**

1. ワークショップの背景

2015年12月7～10日、東京大学伊藤国際学術研究センターにおいて標記ワークショップを開催しました。このワークショップはアジア太平洋地球変動研究ネットワーク (APN)、国立環境研究所、都市化と地球環境変化プロジェクト (UGEC)、WUDAPT (World Urban Database and Access Portal Tools <http://www.wudapt.org/wudapt/>)、東京大学サステナビリティ学連携研究機構の協力を得て、GCPつくば国際オフィスが主催したものです。ワークショップには、ヨーロッパ、アメリカ、アジア、オセアニアなどから、さまざまな機関 (都市計画担当、NGO、研究機関、学会) の異なる学問分野 (工学、都市計画、環境科学、社会科学など) の専門家が参加しました。ワークショップの目的は、最近増えている異常気象の影響を軽減するために重要となる都市レジリエンス (回復力・強靭さ) の概念について検討すること、つまり、(1) レジリエンスを管理するツール、特に評価のための指針が適切か、また実行可能かを検討すること、(2) レジリエントな都市計画にはオープンソース (自由に利用できる) の地域ベースのインフラの整備が必要となるので、都市に関する情報や知識のネットワークを構築するための協力体制を進めることでした。2日半にわたる参加者からのプレゼンテーションの後、1日半は少人数のグループに分かれた発表と、議論が行われました。



写真1 会場の東京大学伊藤国際学術研究センター前での参加者の集合写真

2. 参加者による発表

ワークショップでは、参加者が都市のレジリエンスに関する見解を紹介し、都市計画担当者や政策決定者が方針を決定する際に貢献できるような提案をするには、どんなアプローチをとれば良いかについてそれぞれの考えを発表しました。

まず、Ayyoob Sharifi (GCPつくば国際オフィス) が「都市レジリエンスを評価するための従来のツール」について講演しました。Sharifiは、現在の評価ツールはどうやってできたのか、またその長所と短所は何かという非常に興味深い分析を行いました。

続いて、アジアでの都市レジリエンスについて、注目に値する発表がありました。発表者と講演タイトルは以下のとおりです。

Rajib Shaw (京都大学)	アジアの都市における気候災害のレジリエンス指標：行動型アプローチ
Pakamas Thinphanga (ISET-International/タイ)	気候変動による都市レジリエンスの構築—タイとメコン地域から得た知識
Vu Kim Chi (ベトナム国立大学)	ベトナム・クイニョンにおける気候変動による沿岸域の都市レジリエンス計画
福士謙介 (東京大学)	気候変動と都市化がもたらす健康リスクに関する途上国の都市の脆弱性とレジリエンス

福士謙介氏の発表に関連し、Jamal Namu氏 (ソロモン諸島・ディベロップメント・トラスト) がソロモン諸島でのNGOの体験を紹介しました。

地域社会的な問題 (障害や順調に進行しているツール) については、3人から発表がありました。

Lilia Yumagulova (ブリティッシュコロンビア大学/カナダ)	レジリエントな人たちとは脆弱な人たちか？ ロシアで社会から取り残されたコミュニティにおける洪水管理機関の長期にわたる事例研究
Stephen Sheppard (ブリティッシュコロンビア大学/カナダ)	コミュニティの強化：気候変動への意識と気候変動に対するレジリエンスを向上させるための可視化ツール
Christian Dimmer (東京大学)	知識を行動につなげる—都市レジリエンス、社会革新、地域エネルギー

災害リスク管理の観点から実際の事例として2件の報告がありました。

Cate Fox-Lent (米国陸軍工兵隊/アメリカ)	都市レジリエンス：方法論的基礎とレジリエンスのマトリクスアプローチ
Judd Schechtman (ラトガース大学/アメリカ)	災害復帰プロジェクトのレジリエンス評価システム：ニューヨークを襲ったハリケーンサンディとアイリーの事例

都市計画や都市化の影響、都市のレジリエンス評価における空間パラメーターの影響に関して、6人から発表がありました。

Paul Stangl (ウェスタンワシントン大学/アメリカ)	都市の形態：レジリエンス評価の適用、論点、可能性
村山顕人 (東京大学)	都市のレジリエンスを評価するためのウェブサイト上の地理情報システムの開発と活用：名古屋地域における土地利用とインフラ計画
Peter Marcotullio (ニューヨーク州立大学ハンター校/アメリカ)	将来の都市化と都市の高温によるリスクの管理
山形与志樹 (国立環境研究所)	都市のレジリエンス評価のための土地利用シナリオ

山形与志樹の発表に関連して、Linda See氏 (国際応用システム分析研究所/オーストリア) とJohannes Feddema氏 (ビクトリア大学/カナダ) から、それぞれ「WUDAPTの取り組み：これまでの総括、データ収集および、データの向上」と「WUDAPTの有効性」と題する講演がありました。さらに、レジリエンスの評価や都市の比較のために局地気候帯 (LCZ) を利用することや、LCZの将来の活用に関する議論が行われました。

都市のレジリエンスを持続可能性の課題とどう調和させるか、変革の概念をどう取り入れるか、不確実なシナリオにどう対応するかというテーマについては、3人から発表がありました。

Lorenzo Chelleri (グランサッソ研究所/イタリア)	都市のレジリエンスを統括するもとの何が進行しているのか。レジリエンスの調整と2030年都市計画
Marta Olazabal (気候変動バスク・センター/スペイン)	都市のレジリエンスと変革：評価指標
Minal Pathak (環境計画技術センター大学/インド)	気候変動によるレジリエンスを都市計画や都市開発に組み込むためのアプローチ：アーメダバート (インド) の事例

このほか、Md. Humayun Kabir氏 (ダッカ大学/バングラデシュ) による「ダッカ市内の住宅におけるエネルギー効率の測定をとおした都市のレジリエンスの強化」と、Perry P. J. Yang氏 (ジョージア工科大学/アメリカ) による「エネルギーについてレジリエントな都市システム：設計の観点から」の発表は、都市のエネルギーのレジリエンスに十分注意を払う必要があることを強調していました。

都市計画と気候変動のモニタリングに関する課題や、それをレジリエンス計画にまとめることについて興味深い2つの発表がありました。

Ashish Shrestha (アジア工科大学院/タイ)	気候変動に対応できる都市開発のための枠組みと指標
Susie Moloney (ロイヤルメルボルン工科大学/オーストラリア)	より適応可能でレジリエントな地域を目指したモニタリングと評価の向上：メルボルンの事例

レジリエンス評価の枠組みに関して、革新的で都市開発において実践的な (practitioner-oriented) 次のようなアプローチが紹介されました。

Stelios Grafakos (エラスムス・ロッテルダム大学/オランダ)	都市が関連する統合された持続可能でレジリエントな評価の枠組みの開発を目指して
Fanni Harliani (アジア都市気候変動レジリエンスネットワーク/インドネシア)	気候変動に対するレジリエンス評価における人と経済のレジリエンス指標の特定
丸山宏 (統計数理研究所)	レジリエンスのシステム：分類と総合的戦略

3. セッションにおける主な議論

最初の2日間の発表を受け、参加者は、少人数に分かれてよりよい政策決定につながるレジリエンス評価の枠組みを開発する可能性について議論しました。

最も重要な議論としては、レジリエンスには2つのアプローチ (成果と過程) があることと、使えるレジリエンスは地域によって異なるので、アプローチが違ってくることが挙がりました。つまり、都市のレジリエンスについて理解しレジリエンスを管理するためのユニークなアプローチを、さまざまな事情 (例えば、途上国の都市ではなく、先進国の都市で見られるようなもの) に活かすトレードオフについて議論を深めました。

評価を実施する際には、レジリエンスは一つの過程として見なされるべきであることが参加者の間で確認されました。しかし、実際にどうやって評価するかの問題は残されています。一方、レジリエンスの基準が同じでも都市によってそれぞれ事情が異なることをどのように評価できるかについては、興味深い意見が多く出ました。少人数のグループセッションで適切な都市形態の指針の選択について議論され、実例が取り上げられました。議論されてきたように、いくつかの指針は、まだ他の基本的な問題が山積している居住地には適さないかもしれません。こういう場合、都市形態のレジリエンスは社会的・制度的な課題を考慮しないで評価できるのでしょうか。どういう状況なら、特別な社会的・制度的課題を十分に考慮しないでレジリエンスを評価できるのでしょうか。これについては次のような議論へと続けました。都市はそれぞれ特徴があり成果について解釈も異なるが、都市のレジリエンスの評価の枠組みを開発する際に、先進地域においても途上国の都市においても同じことが課題 (予算など) になっているということです。

すべての参加者から、以下のトピックが議論と重要なテーマとして挙げられました。(1) 変化と知識の“蓄積”を見守るコミュニティの重要性、(2) 意識の向上や協力、組織の再構築、自律適応性、問題解決のための協働の過程を通じ

た、災害からの復興と確実に緩やかな変化に適応するための資金とインフラ（より広範な意味での）を提供する組織の重要な役割。

評価の理念における実質的な問題点として、明らかになったものがいくつかありました。

- どういう状態や過程を評価していくか。
- 望ましいシナリオとは何か。それは持続可能でレジリエントな都市なのか。都市計画と関連性があるのか。しっかりとしたデータベースをつくっているか。
- いつ評価するのか。レジリエンス評価の目的は何か。

まず、指針として社会生態学的なレジリエンスの理論を使うことで、「何のための何のレジリエンスか」という従来からのテーマに答えられるかもしれません。これは、われわれが行っている評価プロセスに限界を設定することを意味します。空間スケール（地区、市、地域レベル）という観点だけではなく、時間スケール（過去、現在、未来のレジリエンス）および、分野（水、エネルギー、都市の形態など、またそれらの組み合わせ）も含まれます。他方、考慮すべき衝撃的な出来事や緩やかな変化（資源不足、多雨期または海面上昇による洪水、地震など、またそれらの組み合わせ）を規定することも重要です。

次に、評価プロセスを都市計画や政策決定プロセスに結びつける必要があります。例えば、都市が現在いかにレジリエントかを診断するのにこの評価を利用しているでしょうか。また、特別な戦略の進捗状況を把握し、この戦略によってどのくらい都市がよりレジリエントになるかという評価をしているでしょうか。

科学的見解および都市開発担当者の見地から関心が集まった議論から、2つの重要なテーマが注目されました。(1) 都市のレジリエンス計画を実施する際の障壁（硬直的な制度、汚職、貧困、環境劣化、文化的側面など）、(2) こうした計画がもたらす変化への応答やコミュニティの関わり、気候変動への適応、資源効率をもたらす可能性のある機会などの状況。



写真2 SIMテクニックを使ったグループセッションにおいて議論する参加者たち

4. ワークショップの成果と今後の計画

今回のワークショップを通じて得られた貴重な意見は、GCPの研究計画の今後の展開に活かされます。WUDAPTとの協力においては、炭素排出を抑制しつつも生活の質を上げながらよりレジリエントな都市を開発するインフラの提供を目的とする枠組みができました。特に今後の目標として、近隣地区を同一視したり特徴付けたりするためデータ量を増やすこと、個々の都市をマッピングすること、シナリオを開発し評価枠組みを展開するためのデータの活用を進めること、都市間で情報交換できるような能力を構築することが挙げられます。また、このワークショップで展開された見解に基づき、論文を準備することも視野に入れています。

本ワークショップ開催にあたり、ご協力をいただきました共催団体のみなさま、特に、資金的なご支援をいただいたAPNと国立環境研究所に厚く御礼申し上げます。

なお、本ワークショップのプログラムと発表スライドはGCPつくば国際オフィスのウェブサイト（<http://www.cgernies.go.jp/gcp/>）からダウンロードできます。

略語一覧

- グローバルカーボンプロジェクト (Global Carbon Project: GCP)
- アジア太平洋地球変動研究ネットワーク (Asia-Pacific Network for Global Change Research: APN)
- 都市化と地球環境変化プロジェクト (Urbanization and Global Environmental Change: UGEC)
- 局地気候帯 (Local Climate Zones: LCZ)

*本稿はOLAZABAL Martaさん、SHARIFI Ayyoob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 Tools and Indicators for Assessing Urban Resilience Workshop Report

Marta Olazabal

Basque Centre for Climate Change

Ayyoob Sharifi

Executive Director, Global Carbon Project, Tsukuba International Office

Yoshiki Yamagata

Head, GCP Tsukuba International Office

Principal Researcher, Center for Global Environmental Research

Context of the workshop

The Workshop on Tools and Indicators for Assessing Urban Resilience was held on 7–10 December 2015 at The University of Tokyo. It was organized by the Global Carbon Project-Tsukuba International Office in collaboration with APN, NIES, UGEC, WUDAPT (<http://www.wudapt.org/wudapt/>) and IR3S. The event brought together a group of experts from different disciplines (engineering, planning, environmental sciences, social sciences...), with different interests and backgrounds (practitioners, NGOs, research and academia) and from different developed and developing parts of the world (Europe, USA, Asia and Oceania). Main objectives were to reflect on the concept of urban resilience; examine the adequacy and feasibility of resilience management tools, particularly, indicator assessment; and develop a collaborative framework for building a global urban information and knowledge network supporting an open source, community based infrastructure for planning resilient cities. The workshop consisted of 2 and half days of presentations by participants and 1 and half days of activities (practical hands-on sessions) and discussion.



Photo 1 Group photo of the participants in front of the venue

Expertise brought by participants: multidisciplinary background

The format of the workshop allowed participants to conveniently present their views on urban resilience and describe the approach they propose to enhance decision making by planners and policy makers.

Opening the workshop **Ayyoob Sharifi** offered “an overview of existing tools for assessing urban resilience”. His analyses gave a quite interesting perception on how the current assessment tools are built on and the main advantages and disadvantages of them.

We had interesting presentations from the Asian experience on urban resilience practice from **Rajib Shaw** (Climate Disaster Resilience Indexing of Asian Cities: An Action Based Approach), **Pakamas Thinphanga** (Building urban climate resilience — lessons learned from Thailand and the Mekong region), **Vu Kim Chi** (Coastal urban climate resilience planning in Quy Nhon, Vietnam), and **Kensuke Fukushi** (Vulnerability and resilience of cities in developing countries on health risk caused by climate change and urbanization). This was enriched by **Jamal Namu's** presentation on NGO-based experiences in The Solomon Islands

Social and community issues (barriers and engagement tools) were specially brought by **Lilia Yumagulova** (Resilient institutions = vulnerable people? A longitudinal case study of flood management institutions in marginalized settlements in Russia), **Stephen Sheppard** “Empowering Communities: Visualization Tools for Building Climate Change Awareness and Resilience” and **Christian Dimmer** (Linking Knowledge to Action — Urban Resilience, Social Innovations, and Community Energy).

Experiences from the disaster risk management community were highlighted in cases described by **Cate Fox-Lent** (Urban Resilience: Methodological Foundations and Resilience Matrix Approach) and **Judd Schechtman** (A System for Evaluating the Resilience Value of Disaster Recovery Projects: The Case of Hurricane Sandy and Irene in New York).

Insights on the influence of urban design, urbanization and spatial parameters in urban resilience assessments were put on the table by **Paul Stangl** (Urban Morphology: Applications, Issues and Prospects for Resiliency Assessment), **Akito Murayama** (Development and Application of Web-based Geographical Information System to Assess Urban Resilience: Land Use and Infrastructure Planning for the Greater Nagoya Region, Japan), **Peter Marcotullio** (Future Urbanization and the Management of Urban Heat Risk) and **Yoshiki Yamagata** (Land Use Scenarios for Assessing Urban Resilience). Linked to this, **Linda See** and **Johannes Feddema** presented the “WUDAPT initiative: overview, data collection and progress to date” and “Applications of WUDAPT” allowing discussion on the use of Local Climate Zones (LCZ) for the assessment of resilience and for the comparability of cities and about the future applications of this tool in this domain.

Issues such as how to fit with the sustainability agenda, how to include the concept of transformation and how to deal with uncertain scenarios were discussed by **Lorenzo Chelleri** (What's under the city resilience umbrella? Aligning Resilience and the Urban 2030 Agenda), **Marta Olazabal** (Urban Resilience and Transformation: Implications for assessment indicators) and **Minal Pathak** (Approach to mainstreaming climate change resilience in urban planning and development: Case of Ahmedabad, India).

Presentations by **Md. Humayun Kabir** (Enhancing urban resilience through energy efficiency measures in the residential buildings of Dhaka city) and **Perry P. J. Yang** (Energy Resilient Urban Systems: A Design Perspective) highlighted the need for paying due attention to urban energy resilience.

On the challenges related to planning and monitoring climate change and on integrating this with the resilience agenda, we had interesting presentations from **Ashish Shrestha** (Framework and indicators for climate compatible urban development) and **Susie Moloney** (Monitoring and evaluating progress towards becoming a more adaptive and resilient region: lessons from Melbourne).

Eventually, interesting innovative and practitioner-oriented approaches on resilience assessment frameworks were discussed by **Stelios Grafakos** (Towards the development of an integrated Sustainability and Resilience Benefits Assessment (SRBA) framework of urban interventions), **Fanni Harliani** (Identification of Human & Economic Resilience Indicators in Climate Resilience Review) and **Hiroshi Maruyama** (Systems Resilience: Taxonomy and General Strategies).

Main issues discussed and a preliminary analysis of lessons learned

The presentations of the first two days facilitated engagement of participants in discussions about the feasibility of developing resilience assessment frameworks that can lead to better-informed decision making.

The most profound discussions emerge around the question of resilience being an outcome or a process and around the trade-offs in applying a unique approach to the understanding and management of urban resilience in different contexts such as those found in developed in contrast to those in developing urban regions.

Participants seemed convinced that resilience is a process and that this must be taken into account when implementing an assessment exercise; however, the question on how to reflect this idea into real practice was not accordingly resolved. On the other hand, many interesting thoughts and ideas were exposed when discussing about the feasibility of considering distinct urban contexts under the same resilience criteria. The most illustrative case was raised in a hands-on exercise when participants discussed the adequacy of a selection of urban form indicators. As argued, some indicators might not be so adequate in the context of informal settlements, where many other basic problems prevail. Can in a context like this, resilience of the urban form be assessed without consideration of social and institutional contexts? Can in any context resilience be assessed without adequate consideration of the specific social and institutional issues? This leads to argue that although contextual particularities in urban areas might be different and thus interpretation of results may vary, challenges in the development of urban resilience assessment frameworks are the same in developed and developing urban environments.

Regardless of the academic and professional background of the participants, conversations and key issues relied on expectedly similar topics: (i) the importance of communities as beholders, key agents of change and knowledge “reservoirs” and (ii) the critical role of institutions in providing resources and infrastructures (in its wider understanding) to recover from and adapt to punctual and gradual changes, through processes of awareness raising, collaboration, reorganisation, autonomous adaptation and coproduction of solutions.

Regarding the practical questions around the pure idea of assessing, some questions emerged:

- Which state or process do we intend to assess?
- Which is our desirable scenario? Is it a sustainable and resilient city? Are the agendas connected? Are we building silos?
- When do we intend to measure? What is the purpose of measuring resilience?

Firstly, using socio-ecological resilience theory as a guiding principle, this could be responded by questioning the well-established argument of “resilience of what to what”. This means on one hand, setting boundaries to our assessment process. Not only in terms of spatial scale (district, city or regional level), but also in terms of time scale (past, current or future resilience) and in terms of sectoral focus (water, energy, urban form.... etc. or a combination of them). On the other hand, establishing which shocks or gradual changes we do consider is critical (resource scarcity, pluvial or sea-level rise floods, earthquakes or a combination of them).

Secondly, it would be necessary to link the assessment process with the planning and policy making process. That is, for example, are we using this assessment to diagnose how resilient a city is right now? Or, do we intend to track/monitor the progress of a particular strategy or measure and assess how much is this strategy helping to make a city more resilient?

In summary, we highlight two main important themes around which discussions were focused both from a scientific and from a practitioner point of view: (i) barriers to the implementation of a urban resilience agenda (rigid institutions, corruption, poverty and environmental degradation, cultural issues...) and (ii) the opportunities that it may bring (build response to change, community engagement, adaptation to climate change, resource efficiency...).



Photo 2 Engagement of the participants in the activity developed based on the SIM technique

Expected workshop products and future plans

Valuable ideas collected during the workshop will be used for further development of the research agenda of GCP. As for collaboration with WUDAPT, a framework was designed that aims to provide infrastructure for developing more resilient cities with reduced carbon footprints and enhanced quality of life. Specific goals would be to build data capacity to identify and characterize neighborhoods and map individual cities, build application capacity on how to use the data to develop scenarios and assessment frameworks, and build capacity by enabling cities to exchange information. We are also aiming for several papers based on ideas developed at the workshop.

Acknowledgements

We would like to appreciate the support of all the co-organizers. In particular, we are grateful for the financial support provided by APN and NIES.

The workshop agenda and presentation files are available from the GCP Tsukuba International Office (<http://www.cger.nies.go.jp/gcp/>).

バングラデシュの温室効果ガス濃度を長期モニタリングするために

地球環境研究センター 炭素循環研究室 特別研究員 野村渉平

私たちは海洋研究開発機構（JAMSTEC）のPrabir Patraさんと協力し、2012年6月からバングラデシュのComilla（コミラ）にあるコミラ観測所（バングラデシュ気象局）において毎週1回、ガラスボトルに空気を採取しています。ボトルは国立環境研究所内の分析室に送られ、温室効果ガス等（CO₂、CH₄、CO、H₂、N₂O、SF₆）の濃度、さらに二酸化炭素（CO₂）分子内の炭素と酸素の同位体比の測定を行っています。

今回2016年1月に、2015年度から始まった環境省環境研究総合推進費課題2-1502「GOSAT等を応用した南アジア域におけるメタンの放出量推定の精緻化と削減手法の評価」において私たちが担当している「南アジアを中心とした大気メタン濃度計測」を滞りなく行うために、コミラ観測所を訪れ、大気採取装置のメンテナンスと、新たにCO₂連続計（CO₂濃度を連続的に計測する機器）の設置を行いました。

出張初日、バングラデシュの玄関口であるDhaka（ダッカ）の空港を出ると、多くの車から様々なクラクションの音が鳴り響き、もうもうと埃が舞う中でたくさんの人が出入りする喧騒の空間を目の当たりにしました。空港から初日の宿舎へ向かう車窓から見たダッカの街は、混沌の中にも一定のリズムで駆動する1つの生き物のように見えました。

翌朝、コミラ観測所での空気採取に協力いただいているUniversity of Dhaka（ダッカ大学）のKawser教授グループと合流し、まずバングラデシュ気象局の本部を訪問し局長と面会しました（写真1）。20分程度の面会でしたが、局長は私たちの研究活動内容と今回の大気採取装置の修繕ならびに新機器の設置に理解をいただき、これからも全面的に協力するとのお言葉をいただきました。その後、Kawser教授と共にまだ建設途中の高速道路にのり、逆走する車やリキシャたちや突然横断する歩行者を軽快にかわしながら、コミラまでの道のり約100kmを3時間かけて移動しました。途中、大小さまざまな無数の川に架かる頼りない橋を渡りながら、情報としてのみ知っていた河口国バングラデシュというものを体感できました。



写真1 Kawser教授（左）と共にバングラデシュ気象局長（中央）と面会

コミラ観測所は市街地の外れに位置し、周囲には水田が広がっていました（写真2）。CO₂連続計を設置する場所には、電源となるコンセントの数が足りない状態でした。そのことを現地のスタッフに伝えたところ、別の壁のコンセ

ントの電線を、ブレーカーを落とさない状態でいきなり引き抜き、ばちばちと音をさせながら慣れた手つきで電線を二股に分け新たなコンセントを作ってくれました。現地のスタッフは「大丈夫、こういうことは慣れているから」みたいなことをベンガル語で話しながら爽やかに笑っていました（写真3）。屋上に設置された6mの鉄塔の先端に空気の取り口（インレット）を取り付ける際、風の音に混じって鳥の声も耳に入ってきました。その時、これまでバンングラデシュを訪れてから数日間、車のクラクションや大音量の音楽に慣れてしまったため、その他の音が聞こえていなかったことに気づきました。この観測所周辺の道路に車はほとんど走っておらず、一帯は昔ながらの生活を営む農家の方たちが作るゆったりとした雰囲気に包まれています。



写真2 コミラ観測所屋上から見たコミラの水田地帯の風景



写真3 コミラ観測所に新たに設置したCO₂連続計

Kawser教授は日本に数年滞在していたことから、とても日本語が上手です。設置し終えたCO₂連続計の使用方法を私が日本語と英語を交えてKawser教授に説明すると、Kawser教授が現地のスタッフの方にベンガル語で説明してくれました（写真4）。



写真4 装置の使用方法を現地スタッフに説明する

コミラ観測所での仕事を終え、ダッカに戻り帰国する日、Kawser教授はダッカ大学のAAMS Arefin Siddique学長との面会機会を用意していただきました。大きな庭園の中にある西洋風の白い学長棟に伺い、学長にこれまでのコミラ観測所での活動と今回新たにCO₂連続計を設置したことを説明しました（写真5）。学長からは、温室効果ガスのモニタリングはとても重要な仕事であり、今後とも長く続けられることを願うとのことのお言葉をいただきました。



写真5 Kawser教授と共にダッカ大学学長（中央）と面会

ダッカ大学から空港に向かう帰路では、ひどい渋滞に巻き込まれ、目的の飛行機の出発時刻1時間前にかろうじて空港に到着し、慌ただしく手続きの後、なんとか飛行機に搭乗しました。今回の出張で最も印象に残ったことは、活字で得た情報をもとに私の中で抱いていたバングラデシュと、今回滞在して体感したバングラデシュは大きく異なっていたことです。街のすみずみから「勢い」を感じ、街を走る車はどれも日本車で、住む人々は皆穏やかな表情で良く笑い、現地で食べた食事はどれもおいしかったです。1時間ほど予定より遅れて離陸した飛行機の窓から見えたダッカの夜景を見ながら、またいつかこの国を訪れたいと思いました。

データ処理運用システム（G2DPS）の開発が進むGOSAT-2プロジェクト

松永恒雄さん

環境計測研究センター 環境情報解析研究室長

地球環境研究センター GOSAT-2プロジェクトチームリーダー

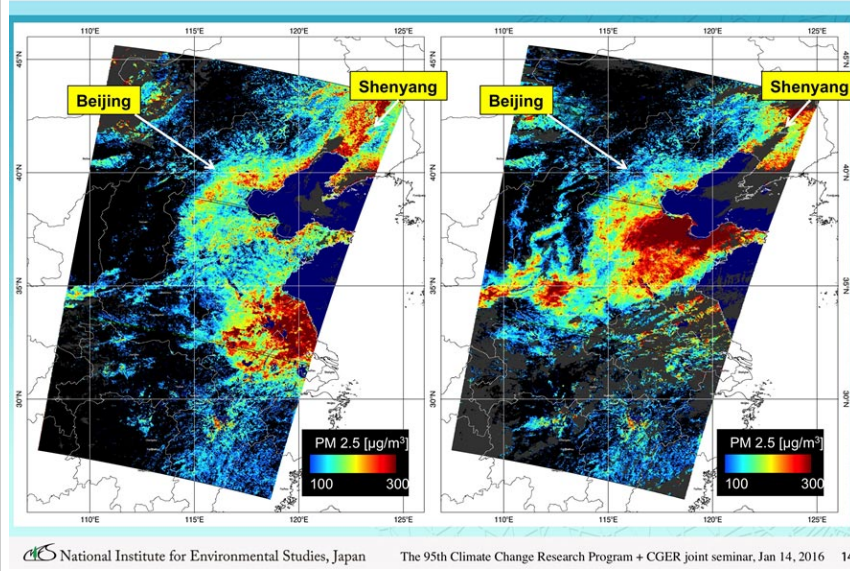
地球環境研究センターニュース編集部

本日は、主にこの1年間の国環研GOSAT-2プロジェクトの進捗をご紹介します（2015年1月までのGOSAT-2プロジェクトについては、「2018年1月の打ち上げを目指すGOSAT-2」地球環境研究センターニュース2015年3月号をご参照下さい）。

国立環境研究所（以下、国環研）では2013年にGOSAT-2プロジェクトが開始されました。GOSAT-2の打ち上げは、5年程の準備期間の後の2018年1月に予定されています。GOSAT-2プロジェクトにおける国環研の最大のミッションは、GOSAT-2データのレベル2以上の高次プロダクト（二酸化炭素やメタンの濃度や吸収排出量等）の定常処理です。G2DPSはそのために必要なデータ処理運用システムで、国環研はG2DPSのシステム開発（システム上で動作するソフトウェアの設計、製作、試験）、整備（ソフトウェアを動かすための専用の計算機の調達やソフトウェアの組込）、運用を行います。同時にG2DPSを設置するための建屋の建築も行います。建屋については昨年末に竣工しました。また環境省と協力して、GOSAT-2データを用いた研究を進めるためのスーパーコンピュータの選定も行いました。このスーパーコンピュータは3月末には地球温暖化研究棟に設置される予定です。さらにデータの検証に関して、フィリピンに新たにGOSAT-2用検証観測サイトを設置するための準備を進めています。フィリピンに設置する観測装置は、現在、国環研で調整中ですが、2016年度には現地へ運んで観測を開始したいと思っています。

GOSAT-2のデータ処理を行うシステムであるG2DPSは、データの受信・管理・公開等を行う基幹部と受信した個々のデータを処理して高次プロダクトを作成する処理部があり、現在、その設計が進められています。GOSAT-2運用開始後はJAXAから送られてくるデータを次々と処理して研究者や一般の皆様へ公開していくのですが、その入力から出力までを半自動でつなぐデータ処理運用システムがG2DPSです。GOSAT-2プロジェクトメンバーのかなりの労力はこれに割かれています。

なおGOSAT-2ではカメラ系を強化して、より正確な大気汚染の状況やエアロゾルの分布の把握に取り組む予定であり、現在そのためのアルゴリズムやシステムの開発も進めています。その一例をご紹介します。2015年10月16日と19日の北京を含む中国東側の様子を捉えたGOSAT画像に対し、雲を隠す処理をすると大気汚染がひどい場所が浮び上がります。さらにこの結果に対し、東京大学で作られたアルゴリズムを適用することにより、エアロゾルの光学的厚さ（エアロゾル粒子によって大気がどの程度濁っているかを示す量）のマップやエアロゾルの光学的厚さをPM_{2.5}濃度に変換したマップを作成することも行っています。PM_{2.5}濃度に換算するときには地上観測データが必要となりますが、われわれだけでは必要なデータを集められないので、学会等の場で共同研究パートナーを募っています。現在、フィリピン、シンガポール、ベトナム、インドネシアと交渉を進めています。



2016年度には、国環研内に研究事業連携部門ができ、GOSATを含む衛星事業もその一部になる予定です。本部門における衛星事業の目的は、(1) 全球炭素循環に関する科学的理解を深め、将来の予測の高精度化に対応すること、(2) 衛星を用いた排出インベントリや排出削減活動の検証に関する技術を開発し、環境省の地球温暖化関連施策に貢献することです。具体的には、先ほど説明したG2DPS関連業務に加え、2009年に打ち上げられ、現在後期運用期間に入っているGOSATの運用とそのデータの最終処理、GOSAT-3以降の衛星観測に関する検討を行うことも含まれています。

GOSAT・GOSAT-2は環境省、JAXA、国環研の共同プロジェクトですが、そのほかに、気象庁、検証に関する協力機関、国内の大学等の有識者やプロジェクト関係者で構成されるサイエンスチーム、研究公募の研究者、アメリカのOCO-2チームと連携しながらプロジェクトが進められています。また、環境省が推進するJCMプロジェクト^[注]の対象国とも事業実施の効果の検証に関する共同研究を進める予定です。

GOSAT-2の開発、運用、さらにGOSAT-3の準備については、衛星関係の「憲法」ともいえる「宇宙基本計画」のなかにも書かれていますので、われわれも身の引き締まる思いです。

脚注

- 民間企業等による優れた低炭素設備等の導入を促進し、途上国における温室効果ガスを削減するとともに、二国間クレジット制度（JCM）を通してわが国の温室効果ガス削減目標の達成に資することを目的として、環境省が実施する事業。

略語一覧

- 温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」（Greenhouse gases Observing SATellite: GOSAT）
- GOSAT-2データ処理運用システム（GOSAT-2 Data Processing System: G2DPS）
- 宇宙航空研究開発機構（Japan Aerospace Exploration Agency: JAXA）
- 二国間クレジット制度（Joint Crediting Mechanism: JCM）

*第95回地球温暖化プログラム・地球環境研究センター合同セミナー（2016年1月14日）より

温暖化と人工衛星を身近に学ぶ第一歩！

—小学校で「温室効果体験教室」を開催—

地球環境研究センター 国環研GOSATプロジェクトオフィス 高度技能専門員 相川茂信

2016年2月8日（月）、国際会議場近くのつくば市立竹園西小学校において「温室効果体験教室」を開催しました。GOSATプロジェクト・アウトリーチ活動強化の一つとして、小学2年生約140人を対象に、7歳になった人工衛星「いぶき」（GOSAT）、宇宙からの観測の意義、地球温暖化のメカニズム等を、横田達也・衛星観測研究室長と千田昌子・高度技能専門員が「いぶき博士」となって易しく解説しました。

午前10時半、全員が会場の「なかよしルーム」に揃うと、司会の合図で児童たちが「はかせー!!!」と元気に呼びかけます。その声に応えて、白衣も凛々しく2人が登場、スライドを使ってロケットと人工衛星の違い、2009年の打上げとその後地球を周回する「いぶき」の様子、地球を包む大気という毛布が地表面で反射した太陽光の熱を溜めること、その影響と考えられる環境変化が北極の白熊にまで及んでいること、さらに人間の住む場所でも旱魃や洪水が増えていると思われること、生物の棲息域にも変化が観察されていること、等を説明しました。そして、「だからこそ、『いぶき』がその原因となるガスの濃さをはかり続けています」と締めくくりました。低学年ではありましたが、児童たちは熱心に衛星観測や地球温暖化の話に聞き入り、博士たちの問いかけにも元気に手があがりました（写真1）。



写真1 「ロケットと衛星の違いを知っている人は？」 「ハ〜イ！」たくさんの手があがります

「いぶき」の解説を聞いたら、次はペーパークラフトに挑戦です。教室に戻り、厚紙に印刷された「いぶき」（本体および太陽電池パドル2枚）をハサミで切りぬいた後、折り・のりづけ・差込み・ストローの装着という、沢山の工程を踏んで完成させるものです（写真2）。小学2年生にとっては大変な作業です。糊がない、ハサミを忘れました、ストローが通りません……どのクラスでも先生は大忙しです。完成後、作品を先生に見ていただき、合格したらGOSATイベント認定書（図1）としろくま君ハンカチが貰えるという約束もあって、みな熱心に取り組んでいました。



写真2 「いぶき」のペーパークラフトに真剣に取り組む児童たち

認定書

つくば竹園学園つくば市立竹園西小学校
2年生のみなさま

あなたは「いぶき」のクラフト作成において人工衛星という難しい形にとりくみ あきらめることなくがんばって作ってくれました
地球温暖化のお話も最後まで聞いてくれました
その努力をここに認定いたします

平成二十八年 二月八日
国立環境研究所
GOSATプロジェクトリーダー
横田達也

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

☒ 児童たちに贈った認定書

児童たちがペーパークラフトに取り組んでいる間、並行して博士たちはメイン・イベントの準備を進めます。30人程が入れる大きなポリ袋を「大気」、袋の中に入る児童たちを「地球」（太陽光を反射し、自らも熱を発するもの）にそれぞれ見立てて、「温室効果」を実感してもらおうという大掛かりな実験です。この実験は「平成18年度 科学的な思考に沿った環境実験プログラムの開発業務事業報告書」中の「温室効果体験」に基づいています。

ペーパークラフトを作りおえて集まってきた児童たちを、博士たちが袋の中に誘導します。児童たちは「大気」の中で温室効果メカニズムのおさらいをしますが、興奮した児童たちの熱気と体温で少しずつ内部の温度が上がっていきます。冬のことで耐えられない程暑くはなりません、元気な児童たちは外に出たくてウズウズし始めます。

「さあ、カウントダウンするから、ゼロになったら温室効果ガスの毛布を突き破って外に出よう！」児童たちの興奮はピークに達し、みんなが一斉に「大気」であるポリ袋を破き始めます。袋の外の空気のなんとすがすがしいこと！（写真3）



写真3 ポリ袋に入って温室効果を体験。今まさに外に出ようとしているところです

当初2回の予定だった実験は、希望者が多かったため3回実施され、ほとんどの児童に温室効果メカニズムを体験してもらうことができました。体験を終えた児童たちにはCGERの力作「ばたばた着せ替え絵本」も見てもらいました。こちらも人気を集め、入手の問合せが相次ぎました。頭にパドル・カチューシャ（写真4）を着けての「人工衛星なりきり記念撮影」も大変好評でした。

人工衛星「いぶき」の名前や役割を知ってもらい、温暖化などの地球環境問題に興味を持ってもらうことを目的とした今回の体験教室。最後に、児童から博士たちへのお礼の時間を主任先生が作って下さいました。先生が「みんな、この人工衛星の名前は？」と問いかけると、驚くほど大きな声で「いぶき！」と答えてくれた児童たち。その笑顔に、次の体験教室につながる確かな手応えを感じました。

今回のイベントで使用したペーパークラフトについては、今後GOSATの子ども向けサイト「GOSAT KIDS」(<http://www.gosat.nies.go.jp/jp/kids/>)に掲載する予定です。



写真4 頭にパドル、手に「いぶき」。みんな上手にできました！

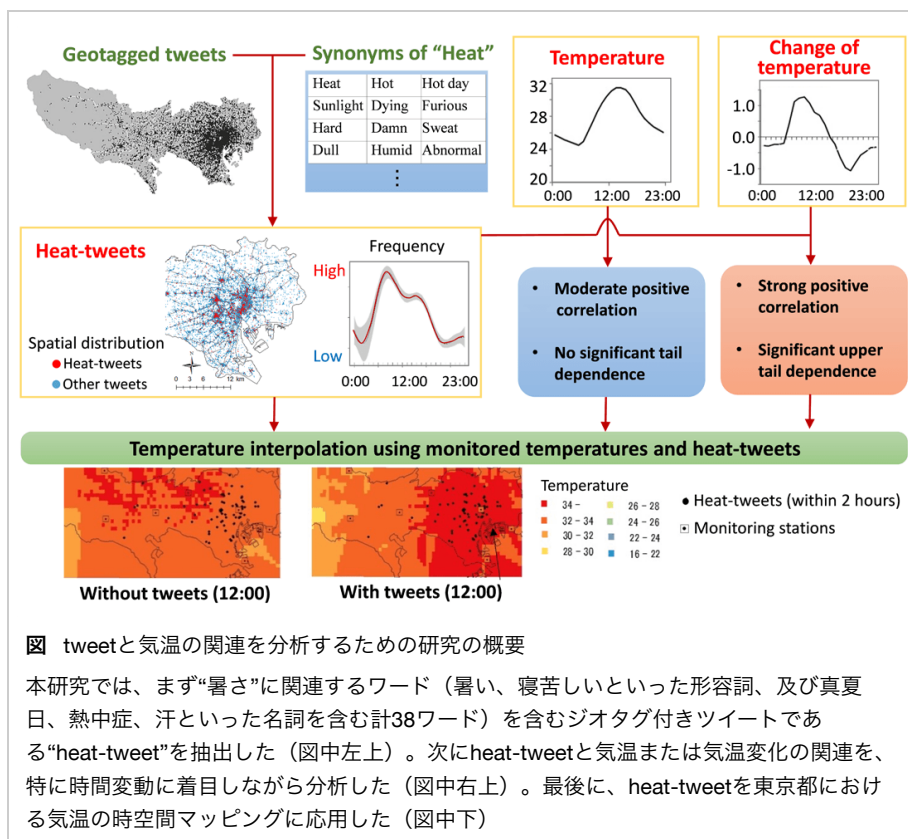
【最近の研究成果】

Twitterを活用した都市熱波リスクの分析

地球環境研究センター 特別研究員 村上大輔

地球温暖化が進行する中、熱波への対策はその重要性を増している。都市熱波のリスクへの対策を効果的に行うには、都市気候の状況を把握するとともに各人の熱波に対する脆弱性を把握する必要がある。人々のつぶやき (tweet) をリアルタイムで収集・公開するツールであるTwitterは、個々人の健康状態や心理状態を押し量る上で役立つ可能性がある。しかしながら、Twitterの熱波リスク対策への応用はおろか、tweetと都市気候との関連を分析した研究ですら筆者らの知る限り存在しない。

そこで本研究では、Twitter (本分析では株式会社ナイトレイ提供のデータを活用) を活用した熱波リスク対策への第一歩として、「暑い」の類語を含むtweet (heat-tweetと呼ぶ) と気温の関係を分析した。その結果、例えば2012年8月の場合であれば、8月10日前後の気温が低下した期間にheat-tweetの頻度が減るなど、気温とheat-tweet頻度に一定の関連がみられた。また、heat-tweetは、気温自体よりも気温上昇により強く影響されているとの結果も得られた。次に、以上の結果を応用することで、heat-tweetを気温の空間補間 (マッピング) に応用した。それにより従来の観測データに加えてheat-tweetも考慮することで東京都心における昼間の急激な気温上昇が精度よく捉えられるとの示唆を得た。



本研究の論文情報

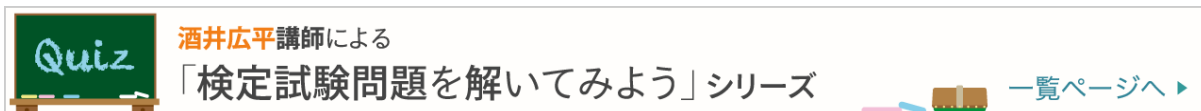
Participatory sensing data “tweets” for micro-urban real-time resiliency monitoring and risk management

著者： Murakami D., Peters Gareth W., Yamagata Y., Matsui T.

掲載誌： Access, IEEE, PP(99), DOI 10.1109/ACCESS.2016.2516918.

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 番外編

地球環境研究センターニュース編集部



今回は検定問題ではありませんが、シリーズのスピンオフとして、地球環境研究センターのプロジェクトを問題にしてみました。

番外編
1

国立環境研究所が気象庁気象研究所、日本航空、ジャムコ、JAL財団とともに実施しているCONTRAILプロジェクトとはどのようなプロジェクトか？

- ① 航空機を使った上空におけるCO₂濃度などの温室効果ガス観測プロジェクト
- ② 航空機のCO₂排出削減プロジェクト
- ③ 航空機で硫酸エアロゾルを散布し、地球を冷やす実験プロジェクト
- ④ 航空機で雲にドライアイスなどの物質を散布し、雨を人工的に降らせる実験プロジェクト



ヒント

「CONTRAIL観測が10周年を迎えました」を参照ください。

答えと解説

答え：①

CONTRAILプロジェクトは民間航空機を使った上空におけるCO₂濃度などの温室効果ガス観測プロジェクトです。これで得られたデータは地球上の炭素循環を解明する研究に活かされています。

CONTRAILは英語で「飛行機雲」という意味です。

日本航空の国際線では、このCONTRAILプロジェクトのロゴマークが特別塗装されている機体も運航されて

います。



番外編
2

国立環境研究所が環境省などと実施しているGOSATプロジェクトとはどのようなプロジェクトか？

- ① 里山に行ってみようプロジェクト
- ② 幽霊（ゴースト）探索プロジェクト
- ③ いけいけ衛星プロジェクト
- ④ 温室効果（グリーンハウス）ガスの衛星観測プロジェクト



ヒント

GOSATプロジェクトは宇宙航空研究開発機構（JAXA）も参画しています。ロゴの形が地球から打ち上げる何かの形に見えてきませんか？

答えと解説

答え：④

温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」（GOSAT（ゴーサット））は主要な温室効果ガスである二酸化炭素・メタンを測定する日本の人工衛星で、2009年に打ち上げられました。国立環境研究所は宇宙航空研究開発機構（JAXA）、環境省と共同でGOSATプロジェクトを推進しています。なお、ロゴは人工衛星の形をモチーフに作成されています。

また、2017年度には、「いぶき」のミッションを引き継ぎ、より高性能な観測センサを搭載して、温室効果ガス観測精度のさらなる向上を目指したGOSAT-2の打ち上げが計画されています。

