地球環境研究センターニュース

富士北麓フラックス観測サイトの樹齢約60年のカラマツ人工林

2018年5月号 ［Vol.29 No.2］ 通巻第329号

炭素中立世界を先駆けるブータン

（公財）地球環境戦略研究機関 参与 西岡秀三

風は西からー全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会に参加してー

福岡県保健環境研究所（酸性雨広域大気汚染調査研究部会委員） 濱村研吾

陸域生態系の観測研究はどこへ向かうのか？ JapanFlux10周年記念集会開催報告

地球環境研究センター 陸域モニタリング推進室 主任研究員 高橋善幸

2017年度市民向け講演会「日本海で進みつつある環境の変化～その驚くべき実態に迫る～」開催報告

地球環境研究センター 炭素循環研究室 主任研究員 荒巻能史

研究者と広報担当者の歩み寄りから生まれる相乗効果ー小司晶子さんに聞きましたー

地球環境研究センターニュース編集局

【最近の研究成果】 冬季東アジアモンスーンに伴うジェット気流の変動に対する対流加熱と季節内大気擾乱の役割

地球環境研究センター 気候モデリング・解析研究室 特別研究員 廣田渚郎

【最近の研究成果】 マッデン・ジュリアン振動の東方伝播に対する浅い対流の役割

地球環境研究センター 気候モデリング・解析研究室 特別研究員 廣田渚郎

2018年5月号 ［Vol.29 No.2］ 通巻第329号 201805_329001

炭素中立世界を先駆けるブータン

（公財）地球環境戦略研究機関 参与 **西岡秀三**

プロローグ：先代の第4代国王ジグミ・シンゲ・ワンチュクは問う。財政赤字を補うには我が国の豊富な森林を伐採して売ってはどうか。環境顧問ベンジー・ドルジは進言する。それはなりません。もう少ししたら、我が国の切らないままの森林に金を出すと、世界の国が言ってきます。2008年の新憲法には森林面積を国土の60%以下にはしないと書き込まれた。

写真1 森林・水・伝統と文化、そして人が発展の基盤

そろそろ山のあなたに幸せを見つけたくなったのかね、などと冷やかされながら、ブータンに出かけている。国立環境研究所・東京工業大学・地球環境戦略研究機関がブータン研究機関といっしょに、来るべき正味ゼロエミッション（炭素中立）世界の有り様をさぐる共同研究の場をつくった。「雲竜（Dragon）プラットフォーム」と名付けている。と話すと、なぜブータンか、人口80万人、九州程の面積の一小山岳国が出す二酸化炭素は大した量ではない、いくら肩入れしても地球温暖化は止まらないのでは、と問われる。確かにそうである。しかし温暖化問題が突き付けた世界的「転換」のためには、それぞれの国の発展のあり方を変える発想の転換が不可欠であり、その点で「幸せの国」ブータンから学ぶことは極めて大きい。

1. 炭素中立社会からの出発

パリ協定は世界の全ての国が今世紀後半には炭素中立国に変わらねばならないとした。ブータンはいまだ基本的に農業国である。ヒマラヤ氷河から豊富に流れ出る水力による発電が97%の家庭に送られ、余剰分をインドへ売電し国家収入の多くを賄う、電化社会が実現している。学校教育は英語だから、TVから世界情報が飛び込んでくる。購買力平価では国内総生産（GDP）一人9000ドル近くと日本の1980年なみである。今後懸念される自動車からの二酸化炭素排出に対しては電気自動車導入が検討されている。水力に加え豊かな森林からのバイオマスも利用したゼロエミッションエネルギーで生活を営んでいる。その点に関しては、21世紀が目指す炭素中立をすでに実現している国であるだけでなく、他国が排出する二酸化炭素を吸収している国であり、パリ協定の合意に際し今後とも炭素中立を貫く、と首相演説で宣言している。先進国も途上国も今後は自然エネルギー利用の電化社会に向かうことは必至であり、自然資源国ブータンはその先駆である。

2. 懸念される気候変動の自然資源への影響

そうはいっても、その重要な自然資源は気候変動にさらされる。雲竜プラットフォーム第一の仕事は、この水力・森林機能が気候変動下で維持できるかを水文・炭素吸収モデルで確かめることにある。2018年2月の一週間、ブータンの適応策担当者12名が来日し、国立環境研究所の気候変動適応情報プラットフォーム（A-Plat）の協力のもと、肱岡室長、高橋室長、花崎主任研究員、東工大鼎（かなえ）教授、などから影響と適応策の講義をうける研修合宿を行った。そこではやはり降雨・水文変化による水力発電への影響や急峻な山に植えられた森林や土壌の二酸化炭素吸収能力劣化への懸念、なかんずく氷河湖決壊で瞬時に流れ降りる増水が沿岸農地・住宅を襲うことの危惧が熱心に議論された。

ブータンメンバーは研修への「意気込み」が違うし「効率が良く」、「実践的」である。今回の来日では、まず、多くがブータン政府費用での自前研修である。メンバー構成は、環境委員会（環境省相当）の女性リーダーを筆頭に、水文・気象観測センター・森林農業省水文部門・UNDP担当・二つの地方自治体・国家幸福委員会（全政策統括部署）といったすべての関連省庁の気候政策担当者であり、その全員が合宿する集団研修である。聞いてみるとこういう研修の間に各省庁が話し合って、適応計画や削減策を作り上げるというのである。だから真剣度が違うし、講師への質問も具体的で詳細にわたる。

写真2　国立環境研究所2018年2月ブータン各省庁適応策政策担当者研修の参加メンバー

3. 炭素中立維持のシナリオは書けるか？

長期に見れば、ブータンも今後のグローバル化の波に乗って多くの新興途上国が辿った資源多消費型経済発展の道を進み、温室効果ガスの排出量が急増するかもしれない。先述の適応研修では、五味主任研究員などシナリオモデル研究者から、もしこのまま何も手を打たなければ2050年には排出国になるが、対策をとれば当分炭素吸収国のままでいられるとする初期的検討結果が示された。するとただちにブータン参加者リーダーから、4月の全省庁気候政策合同会合で発表してくれないかとブータン政府の費用もちでの招聘が五味氏になされた。ブータンの役人はいいと思えば自分の責任で迅速かつ小気味よく物事を決めてくれる。

4. ブータンに学ぶ

こういう科学的政策のために不可欠の共同研究や研修を進める一方で、むしろブータン側から学んでいることがあ

る。

パリ協定の合意が成立した背景には、人類活動が「惑星地球の限界」を越えつつあり、このままだと人類生存は持続可能でなくなるとの見極めがある。「限界」には窒素過剰循環や水資源不足等たくさんあるが、それが明確に定量的に検証されたのが気候変動である。「気候」は全人類が生存を依存し共有する代替物のない最重要の自然資源である。30年にわたる科学の追求で、遅まきながら人為的温室効果ガス（GHG）を出している限り気候変動が続くことが明らかになった。その当然の帰結として人為的GHG排出を今後は一切なしにするしかないし、それはどの国も欠けることなくやらねばならない。危険と目される産業革命以前からの平均気温上昇が2°Cにならないうちにゼロエミッション（炭素中立）世界にしようと諸国が膵（ほぞ）を固めたことを文書にしたのがパリ協定である。今の排出量推移のままだと今後30年のうちに2°Cを超える。転換への時間は一世代分しかない。研究者は転換に向けてシナリオを描き、技術を駆使して何とかGHG排出量を減らし、持続可能な社会を維持しようと策を練っている。しかし、そのフレームにはGDPで示される経済成長を中核に据えた発展パターンへの執着がある。炭素中立社会への大転換にはどうもそのパターンだけでは限界があるように思いながら、もがいているのが現状である。

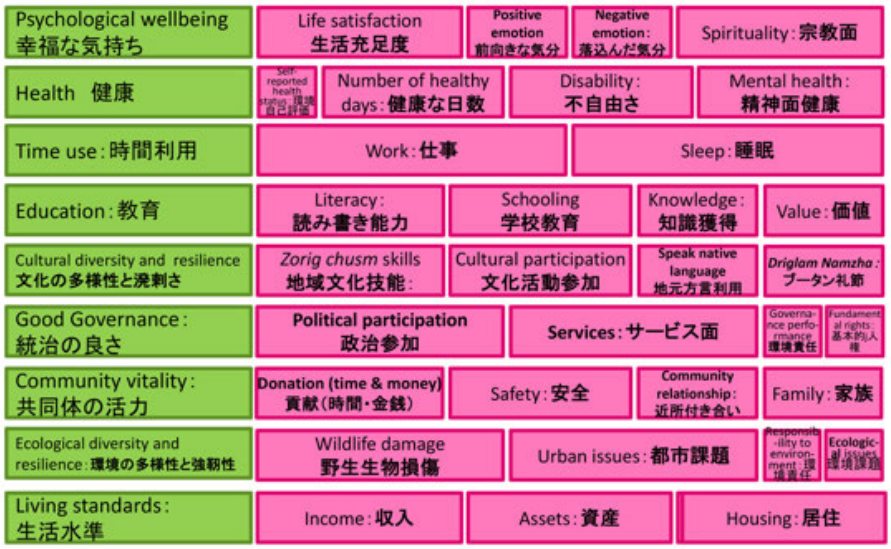
その点ではブータンに学ぶところが大きい。ブータンでも経済成長を無視しているわけではないが、この山岳国は大量消費型成長ができる基盤もないし、そうなりたいとも思っていないようである。四つの国是の一つは、「持続可能で公平な社会経済発展」である。充足・満足に立脚した安定な社会をつくるための経済であるべきとしている。二つ目が「文化の維持と振興」である。経済的発展は伝統的価値を犠牲にするものであってはならず、国民は生活の中での自国の伝統と文化に誇りをもてと言う。三つ目は「環境の保全と持続的利用」であり、自然があっての国であり生活であるとする。四つ目が「良き統治の推進」であり、民衆参加型の責任ある良い政治が不可欠とする。

5. 目標は国民の幸せ

そしてこれらを政策に落とし込むための評価指標として「国民幸福指標（GNH）」がある。これは実際に予算配分基準として使われているだけでなく、5年に一度の8000人への数時間にわたるDeep Interviewで項目ごとに評価され、施策にフィードバックされている。表に見るように、等価に重み付けされる9大項目は全て上記の四つの国是を踏まえての良き国民の生活と生活環境（Well-being）に関する項目である。どこにも経済成長の項目はない。経済成長はこれらを満足させるための手段にすぎないからである。

表　ブータン国民総幸福指標の体系

左欄：9指標（等価）　右欄：細項目（幅で重みを示す）



各指標は、さらにいくつかのサブ項目に分かれる。指標3の国民の時間利用（Time Use）では「仕事・睡眠」バランスをあげ、日本での「Work-Lifeバランス」論議を先取りしているし、生活水準（Living Standard）は収入、資産、住居で評価し、公平性を保つ政策に使われる。ちなみに、2015年の国民評価調査では、Sleepは74%、Workは44%

の人が充足としている。

2015年に国連で決められたSDGs（持続可能な開発目標）の魁とでもいうべき持続可能社会のあるべき姿を示す多規準指標である。SDGsはいまだ開発段階にあり、またその実施もそれぞれのステークホルダーの任意選択で行われているため、全体としての整合性に懸念がある。それに比べブータンが1970年代から練り上げているGNH体系はすでに一国家の政策決定に統合的に実際に組み込まれ使われている。

先の研修で、五味氏からの長期炭素中立シナリオモデルにGNHをどのように反映するかの問いに、それは任してくれと昼休み中に自主的グループワークが始まり、指標とモデル変数のマトリクスを埋め尽くす施策が午後一番にかえってきた。経済的成長をあえて追わないこの国が、炭素中立社会の姿を最初に示してくれるのではないだろうか。

6. それで「幸せ」って何だろう

『ブータンに魅せられて』（今枝由郎氏：岩波新書）にGNHを発案した第4代国王の言葉が書かれている。やや略して引用すれば、「国として経済発展は必須であるが、それが究極目標ではないのは自明。そこで仏教国としての究極目標として『国民総幸福』を掲げたが、『幸福』は主観的で個人差があるから国の方針とはなりえない。意図したのはむしろ『充足（Contentedness）』である。目的に向かって努力するとき、そしてそれが達成されたときに誰もが感じる充足感をもてることが人間にとって最も大切なこと。私が目標とするところは、国民一人ひとりが、ブータン人として生きることを誇りに思い、自分の人生に充足感をもつことである」となる。タイでも先代のプミポン国王は「充足経済（Sufficiency Economy）」を唱えられていた。そういえば老子の「知足者富（足るを知る者は富む）」もある。アジアの「充足」が炭素中立世界のキーワードなのだろうか。

エピローグ：国立環境研究所が国立公害研究所だった時代の伝説。第3代所長近藤次郎先生が若い研究員たちとの飲み会で、がんばって公害をなくしたら私たちは仕事がなくなりますがどうするのですかと聞かれ、次は環境研究所になるんだよ。それで環境が良くなったらどうしましょうか。言下に、それはきみ、福禄寿研究所になるのさ。

写真3　電気は来てるし床に座りこむとくれば、寒い冬にはこれが一番

雲竜プラットフォーム適正技術移転第一号は「炬燵」。ミカンがあれば懐かしい日本の団欒。

2018年5月号 ［Vol.29 No.2］ 通巻第329号 201805_329002

風は西から

ー全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会に参加してー

福岡県保健環境研究所（酸性雨広域大気汚染調査研究部会委員） **濱村研吾**

1. はじめに

2018年は、スウェーデンの土壌学者であるオーデンが国連人間環境会議（ストックホルム会議）において酸性雨問題に関する国際的な議論を呼び起こすきっかけとなる報告書をスウェーデン政府へ提出してから50年、という区切りの年です。

日本においては1973～1975年に関東地方で酸性度の強い雨が降り、たくさんの人が健康被害を訴えたことをきっかけに、多くの自治体で酸性雨の観測が始まりました。私が福岡県に入庁した1987年当時、福岡県衛生公害センター（現福岡県保健環境研究所）においても、林内･林外雨調査、樹幹流調査、雲水･霧水調査等、酸性雨に関する様々な調査を行っていました。環境庁（現環境省）も1983年度から第一次酸性雨対策調査として全国的な酸性雨対策調査を開始し、現在も越境大気汚染･酸性雨長期モニタリングとして湿性沈着（降水成分）、乾性沈着（大気中ガス・粒子状成分）、土壌・植生、陸水の各モニタリングを継続して行っています。

写真1 新採の頃の酸性雨調査

かつて、酸性雨問題は欧米における深刻な森林被害や湖沼の酸性化を伝える写真とともに地球環境問題の一つとして注目されていましたが、今日、日本国内において酸性雨による直接的な被害は顕在化していないとされています。しかし、酸性雨（湿性沈着･乾性沈着）は大気化学の重要なピースであり、酸性雨調査でこれまで蓄積されたデータは、多くの分野で役立っています。

2. 全国環境研酸性雨広域大気汚染調査研究部会の紹介

去る1月29～30日につくば市にある国立環境研究所において、平成29（2017）年度第2回全国環境研（以下全環研）協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会が開催されました。部会では、部会長、理事委員、各支部委員、解析委員、

有識者及び部会事務局の総勢26名が平成28（2016）年度酸性雨全国調査報告書のとりまとめを中心に議論しました。2016年度はフィルターパック法（詳細は、 多田敬子「第6次酸性雨全国調査に向けて」地球環境研究センターニュース2016年5月号 参照）において微小粒子と粗大粒子を分別採取するインパクタの装着等を推奨した第六次調査の初年度であり、第六次調査として初めての報告書になります。

写真2 部会会議の様子

写真3 平成29年度部会メンバー

全環研による酸性雨調査は1991年度の第一次酸性雨全国調査から始まり、その時々で目標を設定して調査を実施し、今日に至っています。全環研調査の特徴として、環境省の調査地点は遠隔地が多いのに対して、全環研は都市部の調査地点が多いことが挙げられます。

全環研の酸性雨全国調査は、四半世紀以上の長きにわたって、貴重なデータを蓄積してきました。しかし、調査主体である地方環境研究所の人員削減や予算削減のあおりを受けて、調査地点数は減少し続けています。大気汚染の状況やその原因を解析するためには、全国を面的にカバーすることが重要であり、調査地点数の減少は大きな問題です。

なお、これまでの全環研酸性雨全国調査結果は、国立環境研究所地球環境研究センターの地球環境データベースで公開されています（http://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/index.html）。

3. 「太宰府」の紹介

福岡県保健環境研究所は、太宰府天満宮で有名な太宰府市内にあります。太宰府市は観光都市であるとともに、福岡都市圏のベッドタウンであり、研究所の周囲には住宅地と田んぼが広がっています。

「太宰府」（調査地点名）は研究所の敷地内にあり、1991年度の第一次調査から継続して調査を行っている地点の一つです。湿性沈着は研究所の屋上で、乾性沈着（フィルターパック法）は敷地内にある太宰府一般環境大気測定所でそれぞれサンプリングしています。「太宰府」は乾性沈着（フィルターパック法）の調査地点として、現在、中国に最も近い地点であり、粒子状の硫酸イオンの年平均濃度が全国最高値になることがあります。

写真4　福岡県保健環境研究所周辺の風景

研究所の建物は1973年に建てられたもので、すでに45年が経過していますが、数年前に耐震補強工事を行ったため、しばらく建て替えや移転の計画もないそうです。したがって、まだまだ継続調査地点として残りそうです…。

4. おわりに

PM2.5問題で一息ついた感はあるものの、地方環境研究所の冬の時代は続いています。地方環境研究所が国・大学や民間の研究所よりも優位なところは、業務が住民の生活と直結しているところだと思います。また、そこが仕事のやりがいにつながるところでもあります。冬来たりなば春遠からじ。この詩句の原典はイギリスの詩人シェリーの長詩「西風に寄せる歌」だそうです。風は西から。太宰府の春は越境大気汚染の季節でもあります。

＊全環研・酸性雨広域大気汚染調査研究部会の過去の記事は以下からご覧いただけます。

- 山神真紀子「全環研・酸性雨広域大気汚染調査研究部会 平成21年度第2回会議報告」2010年4月号
- 村野健太郎「酸性雨問題の現状と全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会の活動」2011年4月号
- 野口泉「全国環境研協議会・酸性雨広域大気汚染調査研究部会」2012年6月号
- 岩崎綾「南の島、絶景ポイントで酸性雨調査～全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会に参加して～」2013年4月号
- 遠藤朋美「雪にも負けず、酸性雨調査ー全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会に参加してー」2014年5月号
- 松倉祐介「これからの酸性雨調査の話をしようー全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会事務局を務めてー」2015年4月号
- 多田敬子「第6次酸性雨全国調査に向けて」2016年5月号
- 濱野晃「全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会事務局の任を終えて」2017年6月号

2018年5月号 ［Vol.29 No.2］ 通巻第329号 201805_329003

陸域生態系の観測研究はどこへ向かうのか？

JapanFlux10周年記念集会開催報告

地球環境研究センター 陸域モニタリング推進室 主任研究員 **高橋善幸**

1. はじめに

1990年代以降、地球規模での炭素循環に及ぼす陸域生態系の機能評価を進めるため、CO_2フラックスに重点を置いた長期にわたるタワー観測研究が世界中で展開されてきた。1990年代後半には欧州と米国でそれぞれフラックス観測ネットワークとしてEUROFLUXとAmeriFluxが活動を開始した。アジアにおいては、1999年に国立環境研究所（以下、国環研）が開始した地球環境モニタリング事業「北方林における温室効果ガスフラックスモニタリング」を機に、日本の研究者を中心にAsiaFluxが設立された。その後、日本のネットワークとしてJapanFluxが2006年に発足し、AsiaFlux及びJapanFluxの事務局は国環研・地球環境研究センターに置かれている。

地球環境研究センター陸域モニタリング推進室では毎年、国環研の森林炭素収支モニタリング事業に関係する研究者を中心として広く陸域生態系での研究を扱う「森林モニタリング研究集会」を開催してきたが、2017年度はJapanFluxが2006年11月に活動を開始してから11年強が経過したことを記念した「JapanFlux10周年記念集会（兼陸域生態系モニタリング研究集会）」を2018年2月20―21日に開催した。

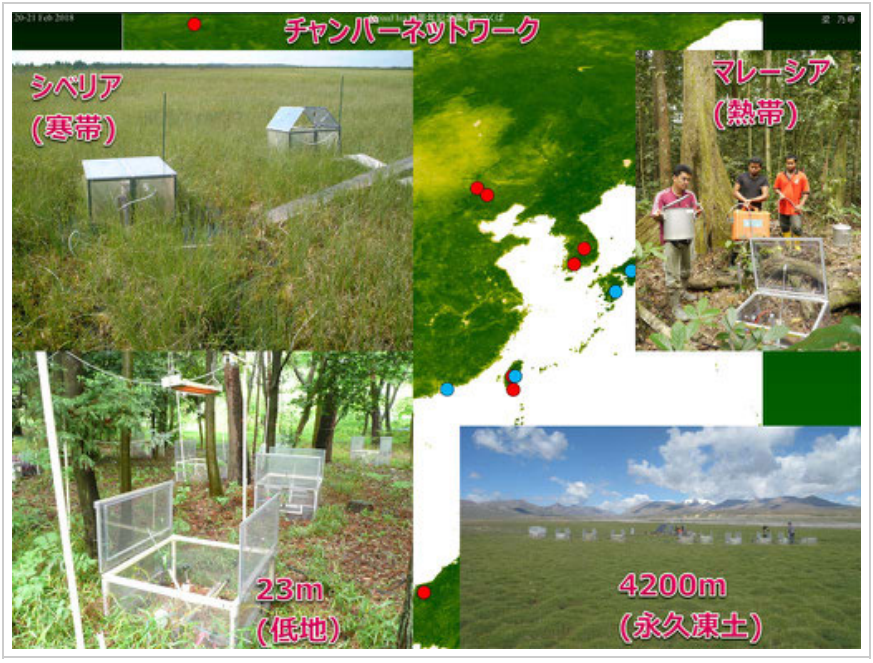
写真1 会場となった地球温暖化研究棟交流会議室は満席となった

2. セッション1「サイト観測とそのネットワーク化1」

1日目の最初に、JapanFlux委員である三枝（地球環境研究センター副センター長、現センター長）と新しく委員長に就任した市井（千葉大学）の挨拶のあと、セッション1「サイト観測とそのネットワーク化1」と題して、長期にわたり陸域生態系の観測を実施してきた研究者達による発表が行われた。山野井（森林総合研究所）は渦相関観測が普及する以前から現在までのフラックス観測関連研究の経緯について紹介した。元々は熱収支の評価などが研究の主

な対象であり、扱うタイムスケールも日々変動といったものだったことや、機材の進展により季節変化が観察できるようになり、研究対象としてCO_2収支の比率が高くなっている現在においても、理論上は本来ならつり合うはずの熱収支が実際の観測ではつり合わない場合が多いなど、既存の技術的な課題は解決されていないといったことが紹介された。扱いやすく省力化された観測システムの普及により観測データの集積は飛躍的に進んだが、その一方で観測技術や理論に関する研究の進展が滞っていることが懸念された。データ利用研究の推進とともに、情報としての信頼性についての検証研究はこれからも重要である。

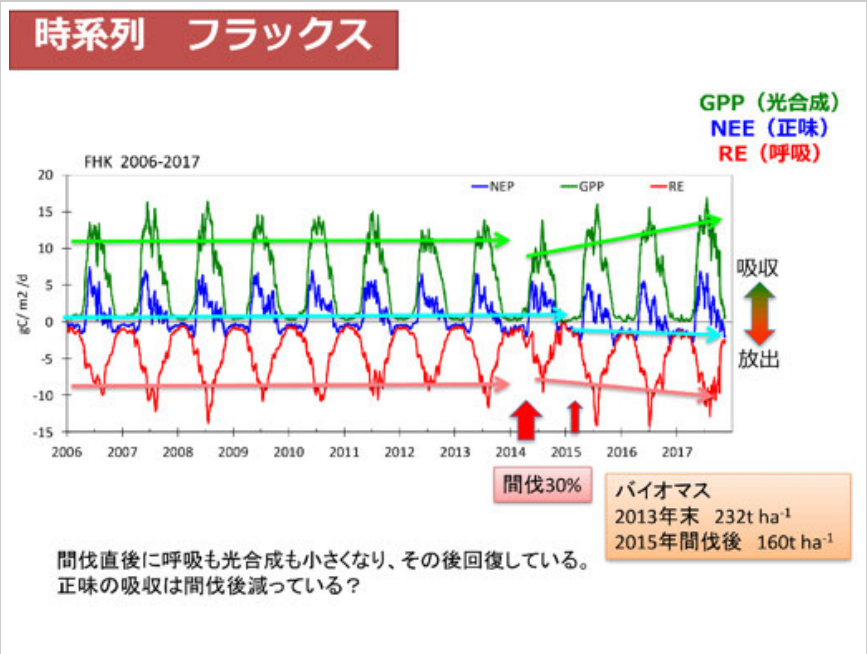
梁（国環研）は温暖化の正のフィードバック効果により温暖化をさらに促進する懸念のある土壌からのCO_2放出量の観測のネットワーク化について紹介した。これまでの観測結果から、土壌有機物の分解などにより放出されるCO_2量の温度依存性は、観測場所により、大きく異なっていることが示された。地上植物の炭素交換にくらべると土壌有機物の分解についてはプロセスモデルでの表現や検証は大きく遅れている。これは、土壌を構成する複雑な成分の特性や相互作用などを個別に観察評価することが事実上不可能であるという技術的制約によるものである。近年は機械学習技術の発展により経験値の集積から未知の情報を予測するアプローチが炭素循環の分野でも取り入れられているが、こうしたアプローチは複雑性が高くプロセスモデルをベースとした予測が困難な土壌有機物の分解の予測には極めて有効なものとなるだろう。多様な生態系で長期にわたって集積されたデータは、今後土壌有機物分解の温暖化に対するフィードバックを解析するために極めて重要な資産である。



加藤（北海道大学）は近年、高い注目を集めている人工衛星によるクロロフィル蛍光観測を用いた地上植生の光合成生産量推定に関連した観測のネットワーク化やモデルの利用、技術的課題について発表した。衛星観測技術の高度化による大きな空間スケールでの物質交換プロセスを進める上で、地上での検証は必須であり、地上観測ネットワークもこうした新しい観測の動向に対応した体制の整備を進めることが重要である。

平野（北海道大学）は東南アジアでの熱帯泥炭林の炭素動態に関するこれまでの研究結果と現地での観測推進体制の動向の報告を行うとともに、現時点での課題について紹介した。土地利用変化により熱帯泥炭林からは大量のCO_2が大気に放出されていると推定されており、CO_2放出のホットスポットとされている。こうした地域の研究コミュニティの連携強化は今後の重要な課題である。日本のフラックス観測コミュニティはアジアの若手研究者を対象としたAsiaFluxトレーニングコースを長期にわたって継続しており、これにより育った研究者がこれから各地で観測研究のリーダーとなれば、AsiaFlux/JapanFluxの活動の成果が現れてくるものと期待している。

筆者（高橋・国環研）は富士北麓フラックス観測サイトでの12年間におよぶ長期観測データから、2014年に行われた間伐が炭素収支に与えた影響についての考察を紹介した。間伐の直後に大きく減少した光合成生産量と生態系呼吸量は、その後、年々増加しているが生態系呼吸量の増加の伸びの方が光合成生産量に比べて卓越しているため、現時点での正味のCO_2の吸収量は間伐前に比べて小さくなっている。バイオマス調査から得られたデータから樹木の生長率は間伐後に顕著に増加しており、正味吸収量が伸びない原因は、間伐後に林床に残置された粗大有機物（木材として利用できない枝や幹など）の分解が続いていることにあると推測した。



太田（名古屋大学）は温暖化の影響が大きいと考えられる東シベリアの永久凍土帯のスパスカヤパッドでの観測の結果について紹介した。その他、アジア域の重要な生態系である水田での観測（小野：農研機構・農業環境変動研究センター）、水田での窒素収支に係わる物質のモニタリング（林：農研機構・農業環境変動研究センター）、植物が交換する生物起源揮発性有機化合物の観測とその意義（谷：静岡県立大学）、温暖化に関係するものの理解が十分に進んでいないとされる大気有機エアロゾルの観測（宮崎：北海道大学）、国内タワーフラックスサイトにおけるメタンフラックスの統合的な解析（植山：大阪府立大学）など、陸域生態系の物質交換に関わる多面的な機能を理解するための取り組みが紹介された。

3. セッション2「社会貢献（パリ協定、Future Earthなど）」

セッション2「社会貢献（パリ協定、Future Earthなど）」　では、基調講演として安岡（千葉大学）が温暖化に関する観測研究を社会に結びつけるための、観測から対策までのサイクルを考えたマクロな思考体系の重要性を述べた。「環境を知る（動態の把握）」「環境を良くする（改善技術）」といった要素だけでなく「環境のあり方を考える（環境哲学）」ということが今後の環境研究には求められていくという観点は非常に強く印象に残った。

檜山（名古屋大学）は観測研究を社会に結びつける気候変動適応農法の提案を目指した学際・超学際研究の事例として、SATREPSナミビアプロジェクトでの極端な洪水・干ばつが頻発する環境での農法提案の成果を紹介した。町村（大阪大学）は、観測研究が社会貢献に繋がるには、研究計画の策定から実施・発表・IPCCなど国際的取り組みへの貢献を経ることが必要で、非常に長い時間が必要となるため、フラックス観測研究を円滑に社会貢献へ結びつけるためには政策反映の時間・空間スケールを想定した研究デザインが重要であることを述べた。市井（千葉大学）はフラックス観測データがサイトネットワークによるデータ共有の迅速化とモデルによる空間補間技術の進展により広域での迅速な炭素収支監視や将来予測に繋がることを示し、観測データの利用研究の推進にはデータ共有の迅速化が重要であることを印象づけた。

その後、ポスターセッションが行われ、19件の発表ポスターが並んだ会場で活発な議論が行われた。

4. セッション3「サイト観測とそのネットワーク化2」

2日目はセッション3「サイト観測とそのネットワーク化2」から始まった。市井（千葉大学）はフラックス観測ネットワークのデータと衛星データを利用した広域化研究の進捗について紹介した。機械学習技術の高度化により、広域評価研究も進展してきているが、熱帯域などでは衛星データが重要であるにもかかわらず雲の影響などで有効なデー

タの集積がなかなか進まないなどの技術的困難さがあり、広域評価研究と観測展開との相互のフィードバックをより強く意識しつつ技術的な課題を克服していく必要があると感じられた。新井（東京大学）は地上フラックス・衛星データを融合したメコンデルタを中心とした水稲栽培由来のメタン発生量の推定研究を紹介した。古田（日本大学）は航空機LIDARを用いた森林炭素固定量の観測から、低層木が抽出できないケースがあることや、樹木の頂点を抽出する際に誤差が生じやすいなどの課題を技術的に検討した。

このセッションでは、日本学術振興会賞を受賞した伊藤（国環研）によるパリ協定に向けた生態系モデルによる温室効果ガス収支評価についての招待講演を行った。

5. セッション4「コミュニティ連携」

セッション4では「コミュニティ連携」をテーマとした発表が行われた。奈佐原（筑波大学）は衛星や地上でのリモートセンシングを利用したフラックス関連研究についてのこれまでの経緯や研究動向について紹介した。この中で、衛星センサーや機械学習は発展しているが、これらの検証に必要な地上データが圧倒的に不足していることが強くアピールされていた。

小林（JAMSTEC）はアラスカ・ポーカーフラットでの観測研究を紹介し、その中でデータをできるだけ迅速に提供するなど、データを多く利用して貰うための努力の重要性を述べた。斎藤（岐阜大学）は日本長期生態学研究ネットワーク（JaLTER）の活動について述べた。複数の研究ネットワークが乗り入れるサイトの利用の高度化は重要であり、JaLTERでは新たな研究提案に対して科学委員会が橋渡しをするプログラムを行っていることが紹介された。

檜山（名古屋大学）はiLEAPS（統合陸域生態ー大気プロセス研究計画）、 Future Earth、SDGs（持続可能な開発目標）といった国際的に大きな計画と環境研究との関係性において、直面する環境問題に対応するうえで、どうしても不利益を被る人々が発生する。こうした状況の中で対策に対するコンセンサスを得るために、施策者は多くの人間に対して痛みを共有する姿勢を示すことが重要になる。そのために確固たる科学的知見に基づいた将来予測研究が必要であることを訴えた。熊谷（東京大学）は気候変動と生態系の変遷の関係性について最近の文献で取り上げられた話題を紹介しつつ、未解明のさまざまな課題に取り組む上で「知りたいことがある」という知的好奇心が大切であることを訴えた。JapanFluxも、一人ひとりが大きな視野で全体を見回しながら、自分一人ではできないことを支えてくれる仲間が結び付く「知を愛する人々」のコミュニティであってほしいと要望した。

6. JapanFluxの今後（議論）

最後に行われた総合討論においては、データ共有や研究コミュニティ間の連携の促進、データの利用促進などについてさまざまな意見交換が行われた。特に印象に残ったのは、技術的な課題や未解明の問題に立ち向かう若手研究者を育てていくことの重要性が多くの研究者から訴えられたことである。大気と陸域生態系間の物質収支に関連するそれぞれの学会においても、理論や技術に関する議論をする場がなくなってきているという認識が多くの参加者で共有された。この議論を聞きながら、以前、大気ー海洋のCO_2交換の世界的な第一人者であるTaro Takahashi（コロンビア大学ラモントドハティ地球観測所）が国環研で小さなセミナーを行ってくれたときに、「ニュートンの時代はリンゴが落ちるのを見ただけでもScienceになった。そのあと、簡単なことはみんな片付いてしまって、簡単に解決できない難しい問題ばかりが残っていくのがScienceの世界。今の若い研究者は大変だね。」と話していたことを思い出した。JapanFluxが立ち上がって11年が経過した。陸域生態系の物質循環・収支研究にも多くの進展があった一方で、まだまだ「十分に理解できていない」ことがたくさん残されていることもわかってきた。10年後のJapanFlux 20周年記念大会があるとしたら、中心メンバーの多くは入れ替わっていることだろう。そのときはどんな話題が取り上げられているだろうか？

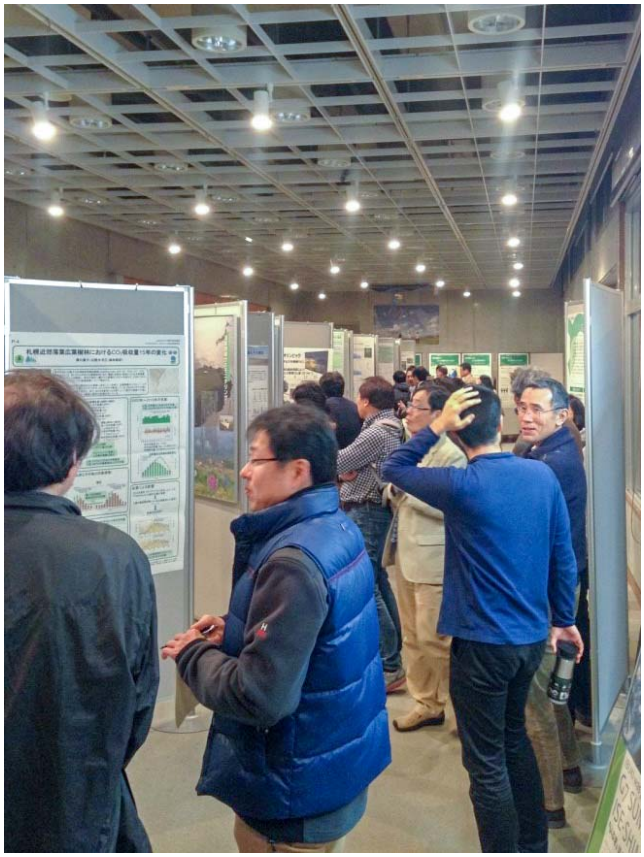


写真2　ポスターセッションでも活発な議論が続いた

2018年5月号 ［Vol.29 No.2］ 通巻第329号 201805_329004

2017年度市民向け講演会「日本海で進みつつある環境の変化～その驚くべき実態に迫る～」開催報告

地球環境研究センター 炭素循環研究室 主任研究員 **荒巻能史**

1. はじめに

私たちは、環境研究総合推進費（以下、推進費）「温暖化に対して脆弱な日本海の循環システム変化がもたらす海洋環境への影響の検出（2-1604）」の一環として、日本海をモデルケースにした海洋環境への温暖化影響に関する観測研究を実施しています。推進費による研究では、国民の皆様に研究活動の内容や成果を十分にご理解頂き、ご意見・ご要望を環境研究に反映できるよう「国民との科学・技術対話」を推進する講演会等のイベントの開催が推奨されています。そこで私たちは、日本海を取り巻く環境の変化に関する最新の研究成果をご紹介し、日本海の過去・現在・未来の姿について市民の皆様と共にじっくりと考え、また様々なご意見を伺える機会をもつことを目的に、環日本海地域の中核都市で市民向けの講演会を実施しています。2016年度の金沢市（詳細は、地球環境研究センターニュース2017年4月号を参照）に引き続き、2017年度は2018年1月21日（日）に新潟大学理学部との共催で「日本海で進みつつある環境の変化～その驚くべき実態に迫る～」を新潟大学駅南キャンパス「ときめいと」にて開催しました（写真1）。

写真1 告知用ポスター

2. 講演会の概要

講演会は推進費2-1604課題代表・荒巻の趣旨説明に引き続き、本課題分担研究者から荒巻と海洋研究開発機構の松本和彦氏、共催の新潟大学理学部から則末和宏准教授、ゲスト・スピーカーとしてイカ研究の第一人者で北海道大学名誉教授、現在は函館市国際水産・海洋総合研究センター・函館頭足類科学研究所長の桜井泰憲氏にご講演して頂きました（写真2、3）。以下に、当日の講演の内容や参加者からの質問・意見などをご紹介したいと思います。

「ミニ大洋・日本海～忍び寄る温暖化の影を追う～」荒巻能史（国立環境研究所）

日本海は小さいながらも大洋で見られる様々な海洋現象が存在していることから「ミニ大洋」とも呼ばれています。例えば、北西部海域では、冬季の大陸からの季節風によって海面が結氷するほどに冷やされて、表層水が海洋内部に沈み込む独自の深層循環システムが存在します。これは北極周辺の北大西洋で深海に沈み込んだ表層水が南極を経由してインド洋や太平洋の深海を巡る「海洋大循環」と同じ構造です。大循環が2000年のタイムスケールであるのに対して、日本海ではそれが約100年と推定されているので、近年の温暖化の影響が大洋よりも早く現れる可能性があります。つまり、日本海をモニタリングすることで、将来的に地球規模で起こる海洋環境の変化を、あたかもDVDの倍速再生のように観察できるかもしれないということになります。荒巻は、この日本海の海洋構造について丁寧に解説をするとともに、過去50年以上に渡って深海（深度2000m以深）で水温が上昇、海水中の酸素量は減少を続けていること、これが温暖化の進行と極めて密接な関係があることを説明しました。

写真2　日本海の温暖化影響について講演を行う筆者

「日本海の温暖化～植物プランクトンから始まる海洋生態系への影響～」松本和彦氏（海洋研究開発機構）

植物プランクトンは光合成によって生成する有機物（基礎生産）が海洋食物連鎖の起点となるエネルギー源を担っています。食物連鎖の上位に位置する大型魚類も、もとをたどれば光合成に依存しています。春の訪れを知らせる桜の開花のように、海中でも春に植物プランクトンの大増殖（ブルーム）が起こります。冬の日本海は荒れることで有名ですが、これによって上下の海水がかき混ぜられて表層に下層の豊富な栄養塩（硝酸塩やリン酸塩など）が輸送されます。春になって表層水が暖められると下層に比べて密度が格段に小さくなり、海水が上下に混ざりにくくなるので、植物プランクトンは表層で豊富な光と栄養塩を得てブルームを起こすことになります。ところが夏は、光は強いものの、春のブルームで表層の栄養塩を消費してしまうためにブルームが起こることはありません。松本氏は、この植物プランクトンの発生のメカニズムについて丁寧に図解して下さいました。日本海の海面水温の上昇率は世界平均よりも高く、外洋と比べても急速に海の温暖化が進行していることが確認されています。表層水温が上昇すると、より一層上下に海水が混ざりにくくなるので、表層の栄養塩の枯渇が進みます。すると植物プランクトンは栄養塩を求めてより深い層に分布するようになりますが、深い層では届く光は弱くなるので基礎生産量は相対的に減少することが予想されます。松本氏は最近の日本海の観測結果を示しながら、その兆候が見られないか注意深く確認しているとのことでした。

「海洋化学研究のフロンティア～一千億分の1の痕跡元素から海を探る～」則末和宏氏（新潟大学）

則末先生は、海洋環境を化学の視点から明らかにするために海水中で一千億分の1程度と非常に低濃度で存在してい

る「痕跡元素（微量元素とも呼ぶ）」を対象とした研究に取り組んでいらっしゃいます。痕跡元素は海洋での物質循環過程を鋭敏に反映したユニークな時空間変動を示し、それゆえ、それらの物質循環過程を調べる研究対象としての新しい可能性を秘めています。元素には重さの異なる「同位体」があり、個々の同位体の存在度も有用な情報を与えてくれます。則末先生らの研究グループは、GEOTRACES計画と呼ばれる国際共同研究に参加され、研究船を使って長期にわたって外洋域（特に太平洋など）を観測し、様々な痕跡元素とその同位体の精密分析法を開発してはその海洋における分布状況を解明する研究を推進されています。講演では、太平洋の鉛の同位体などの海面から海底直上までの鉛直的な濃度分布を示して、これらの元素がどこから排出され、どのような経路をたどって移動しているのかを知ることで、海水循環の指標として利用できることなどを丁寧に解説して下さいました。

「減り続けるスルメイカ資源〜その要因と今後の動向〜」桜井泰憲氏（函館頭足類科学研究所）

寿命1年のスルメイカは日本列島に沿って回遊する「季節の旅人」です。10〜12月に能登半島から対馬海峡で産卵して主に日本海を回遊する秋生まれ群と、1〜3月に東シナ海の大陸棚域を産卵場として太平洋を北上して北日本の海に回遊し、12月頃までに宗谷海峡と津軽海峡を通過して日本海を南下する冬生まれ群が漁獲対象となっています。海洋中の物質循環の視点から見れば、毎年、北の海で栄養物質を大量に貯えて南の海で産卵して死亡することから、水平的な物質輸送（Squid Pump）の役割を果たしています。しかし、2016年は過去50年間で最低の7万トン以下にまで漁獲が減少しました。水産学界では、気温や風などの気候要素が数十年間隔で急激に変化、これに呼応して水産資源が変化する、レジームシフトと呼ばれる理論が提唱されています。桜井先生は、過去30数年間のスルメイカの飼育実験とフィールド研究から「レジームシフトの寒冷期には時空間的に再生産海域が縮小して資源減少が生じ、逆に温暖期には拡大することによって資源増加が起きる」という自らが提案した仮説を解説して下さいました。日本海はスルメイカの主な回遊・生息域であり、温暖化傾向が極めて顕著な海です。温暖化に伴う右肩上がりの海水温の上昇というレジームシフトだけでは説明できない “不可逆的な時空間変化の流れ” に対して、スルメイカ資源はどのように変動するのか、海の物質輸送を担う健全性の担保と持続型漁業の存続に向けてスルメイカ資源の将来予測は喫緊の課題だと力説されました。

写真3 スルメイカ資源の減少傾向について講演する桜井氏

講演会の前週には北陸地方を襲った大雪で、新潟地方も市民生活に影響が出るほどの大混乱でした。開催当日も街のあちこちに雪の塊が残り、朝からみぞれ混じりの小雨が降り続くあいにくの空模様でしたが、新潟大学・則末准教授のご尽力や、前日に地元新聞社・新潟日報社が開催案内の記事を掲載してくれたこともあって、高校生・大学生からご高齢の方まで、およそ80名の一般市民の皆さまのご参加があり盛会となりました。各登壇者も一般向けということで難しい言葉を避けてユーモアたっぷりに解説したからか、市民の皆さまから多数のご質問やご意見・ご感想を伺うことができました（写真4）。特に日本海の温暖化影響に関する関心は非常に高く、荒巻と松本氏の講演については海洋構造を詳しく質問する方、魚種や漁獲量の変化を心配する方など、たくさんのご質問・ご意見を頂戴しました。その中でも、講演中に数字で具体的に示された日本海の環境悪化を危惧する感想が数多く寄せられましたが、荒巻は「日本海が危険な海なのではなく、世界中の海で近い将来に起こるかもしれない環境変化を、いち早く示してくれているだけである」「こうした環境変化を正確に理解することによって、いち早くこれに適応する施策を講じるこ

とが可能になるので、そうした意味では日本海は日本人にとって誇るべき海である」と述べました。また、日頃からメディアに登場する機会が多いため、桜井氏の講演は、皆さんの関心も高かったようです。氏はスルメイカの減少傾向の話だけに留まらず、荒巻の講演を受けて温暖化に伴う日本海の環境変動と漁獲量の変化を関連づけた “特別講義” まで、時間を延長してお話しして下さいました。

写真4 参加者から多くの質問が寄せられました

当日は石川県のテレビ局・北陸朝日放送が取材に訪れ、荒巻と桜井氏の講演内容をもとにしたニュース番組（HAB スーパーJチャンネル）の特集「日本海の温暖化を追う」が後日放映されました。一方、開催案内の記事を掲載した新潟日報は、当日の聴講のほかに個別取材を行って、推進費2-1604課題が実施している日本海をモデルケースにした海洋環境への温暖化影響に関する観測研究の特集記事を掲載しました。

3. おわりに

講演会後、参加者の皆さんから「大変おもしろかった」「日本海は凄い海なんだね、これからも私たちにいろいろ教えて下さい」など、たくさんの声をかけてもらいました（わざわざお礼の手紙を下さった方までいらっしゃいました）。2018年度は推進費2-1604課題の最終年度に当たり市民講演会ではなく都内で研究成果報告会を実施する計画でしたが、今回の盛況を受けて2018年度も環日本海地域のどこかの街で市民向け講演会を企画したいと方針転換をしたところです。

2018年5月号 ［Vol.29 No.2］ 通巻第329号 201805_329005

研究者と広報担当者の歩み寄りから生まれる相乗効果

ー小司晶子さんに聞きましたー

地球環境研究センターニュース編集局

小司晶子（しょうじ あきこ）さんプロフィール

大学時代に行った父島に惹かれ、気象庁父島気象観測所勤務を志す
1987年 静岡地方気象台採用（地上気象観測など）
1989年 東京管区気象台（調査業務）
1990年 海洋気象部 海洋課（海況業務）
1998年 同部 海上気象課（海上気象統計（神戸コレクションのデジタル化等））
2005年 衛星センターで衛星画像の解析（台風の中心位置や強度の解析等）
2008年 地球環境・海洋部 海洋気象課 海洋気象情報室（海洋の健康診断表）
2010年 札幌管区気象台（地球温暖化）
2012年 国立環境研究所出向（温暖化研究の広報活動）
2013年 地球環境・海洋部 海洋気象課 海洋気象情報室（海況業務に久しぶりに携わる）

個々の研究者の専門分野を知ることから始める

編集局　小司さんは地球環境研究センター（以下、CGER）の主幹として、2012年4月から2013年3月までの1年間、CGERの広報活動を支えてくれました。

小司　1年間という短い任期でしたが、非常に楽しく仕事をすることができました。最初は、国立環境研究所（以下、国環研）の研究者がどういう研究をしているかというのを知るところから始まりました。そのときに、温暖化に関するQ&Aシリーズの「ココが知りたい地球温暖化」（http://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/qa_index-j.html）は役に立ちました。誰がどんな研究をしているのかが、よくわかりました。ああいったバイブル的なものが一つあるのはとてもいいことだと思います。

編集局　「ココが知りたい地球温暖化」は小司さんの提案でウェブサイトとリーフレットを更新しました。

小司　CGERに着任する前、札幌管区気象台で2年間、地球温暖化情報官として勤務しました。「ココが知りたい地球温暖化」は、そのときからたびたび拝見し、参考にしていました。地球温暖化の研究や国際情勢は年々新しくなっているので、情報の更新は重要です。

編集局　地球温暖化情報官は広報的な仕事なのでしょうか。

小司　北海道にある気象庁の地上気象観測所で100年以上継続している観測の結果をもとに気象がどのように変化してきたかをとりまとめて発表したり、温室効果の仕組みなどを含めた地球温暖化の基礎的な知識を伝える仕事でした。広報的な仕事も多かったです。

研究者と広報担当のより良い関係は？

編集局　小司さんは、研究と広報担当のどちらのお仕事も経験なさっています。研究者と広報担当者の関係についてはなかなか理想の形が見出せないのですが、小司さんはどういう関係になると相乗効果を生むと思われますか。

小司　双方の歩み寄りが必須だと思います。説明に専門用語を使われる研究者が多いので、広報担当の人が勉強するのも重要ですし、研究者も一般の人から質問を受けた場合には、かみくだいて説明していただけるといいと思います。

編集局　研究者のなかにはかみくだいて説明するのが不得手な人がいます。

小司　そういうときに、一般の人と研究者との結びつけをするのが広報の役割だと思います。

編集局　その役割をうまく進めていくコツのようなものはありますか。

小司　コツといえるかどうかわかりませんが、私は、地球温暖化情報官を務めた2年間を含めて、温暖化に関する一般書を読みました。一部をご紹介します。

- 温暖化の発見とは何か（みすず書房）スペンサー・R・ワート
- 異常気象学入門（日刊工業新聞社）増田善信
- 地球温暖化の科学（北海道大学出版会）北海道大学大学院環境科学院編
- 地球温暖化の予測は正しいか？（DOJIN 選書）江守正多
- 地球の海と生命（海鳴社）西村三郎

編集局　温暖化について懐疑的な意見の人の書籍についても、バランスを考慮して読まれたのでしょうか。

小司　そちらはインターネットで調べることもありました。それでも一般の方から質問を受けて答えられなかったことも多かったです。その場では答えられなくても、もう一度同じような質問を受けたら答えられるように、研究者に尋ねたりさらに本を読んだりして勉強しました。一般の方からいただく質問内容は、温暖化と今年の天候との関係など比較的似たようなものが多いような気がします。

編集局　一度答えられなかった質問を次の機会には答えられるようにするというアプローチは、とても役に立ちます。また、温暖化していると言っているのに、今年の冬はこんなに寒いのはどうしてかなど、ある程度予想できる質問については事前に勉強しているのでしょうか。

小司　そういうことができる人もいますが、私は予測するのは苦手なほうです。しかし、相手が何を聞きたいのかが把握できれば、答えは半分わかったようなものです。

チームワークの進め方を参考に

編集局　気象庁に移られてから、どんなお仕事をされていますか。今のお仕事のなかで、CGERでの業務は活かされていますか。

小司　気象庁では海面水温や海流の情報を作成して提供する仕事をしています（2018年2月現在）。たとえば、2017年は黒潮が大蛇行し、そのことについてテレビなどで解説しました。今の職場では、日本近海の海面水温の長期変化といった地球温暖化の関連は私が担当することが多いので、CGERやその前の地球温暖化情報官での仕事が活かされていると思います。また、CGERでのチームとしての仕事のやり方を思い出すようにしています。

編集局　チームワークについては、何がよかったと思われますか。

小司　自分はこの業務はできないということを認めて、他のスタッフに仕事を割り振っていたのかなと思います。土俵が違うところに行ったので、そう思いやすかったのでしょう。現在の職場では長く勤務するようになり、仕事をひとりで抱え過ぎてしまう傾向があるので、そういうときは思い出しています。

温暖化の見えにくい影響をうまく伝える工夫が必要

編集局　強い台風や洪水、干ばつなど、異常気象に関連した事象が世界中で発生していますが、それをひとごとのように感じていて、対策について立ち上がる人はあまりいないと、加藤三郎さんはインタビューしたときにおっしゃっていました。小司さんはどう考えますか。また、地球温暖化について人々にさらに関心をもってもらうために、研究者やその成果を伝える広報関係者は何をすべきでしょうか。

小司　近年、関東でも異常気象が多くなり、ひとごとではないという実感をもっている人は増えていると思います。それは、気象庁、CGER、江守正多さん（CGER副センター長）らが、しつこいようですが淡々と言い続けていることが効果として現れているのではないでしょうか。

編集局　加藤さんは、過去の公害に比べて、温暖化は影響がじわじわと起こってくるので、気づいたらもう手遅れということになってしまったら大変だという感覚が、うまく伝わっていないことを懸念されていました。

小司　被害が見えにくいということでしょう。このくらい温度が上がり、その結果こういう影響が出ますというこ

とを量的に示せるともう少しピンとくるかもしれませんが、「誤差を含んでいる」とぼやかした言い方しかできないので、難しいところです。

編集局　科学者はとにかく、そのような「正確さ」を重視しますが、正確に説明すればわかりやすくなるかというとそうでもありません。

小司　幸いCGERにはインパクトを与えるデザインを考える能力のある人がいるので、伝え方を工夫するといいです。言葉で誤差を伝えつつ、やさしいキャラクターなどで説明するとわかりやすくなるのではないでしょうか。

気象庁のデータの有効な利用を

編集局　私は学生時代、土木工学専攻でした。たとえば、土地を開発し団地を建てると保水力が落ちるのでため池を造ります。その際に、雨が降って流れ出しても大丈夫なようにバッファー（防災調整池）を作るのですが、私が学生だった30年前は、1時間に50ミリ以上の雨が降るのは50年に一度という前提で設計しました。でも本当に50年に一度しか起きないものでしょうか。

小司　温暖化が進んで大雨の頻度が高くなるということですか。IPCCの特別報告書（SREX）に、極端現象の発生頻度についての報告がありますが、特定の地域での短時間降雨の変化の評価は難しいのではないかと思います。

編集局　それだけではありません。昔は気象観測所やアメダスというピンポイントでしかわからなかった情報が今ではレーダーなどを用いて面的に測れるので、100ミリ雨が降ったという情報が定点観測地以外でも起きたことが報道されます。しかし、実は昔も100ミリ降ったことはあったのに、レーダーがなかったからわからなかっただけなのかもしれないと思うこともあります。

小司　そういう側面もあるかと思いますが、気象庁の統計資料には昔から同じところで測っているものがありますから、説得力があります。長年の観測データから、日降水量100ミリ以上の回数を見ると、大雨の頻度は増えています。逆にちょっとでも降った日というのは減っています。アメダスですと1975年からの観測なので少し短期間になりますが、もっと細かい、1時間50ミリ以上の降雨データがあります。気象庁はこうしたデータの宝庫ですから、観測データをもっと使っていただければ、これほどありがたいことはないです。

編集局　今年の冬はとても寒いです。ところが、気象庁のウェブサイトに掲載されている世界の月平均気温の平年との比較を見ると、12月は、日本やアメリカはいつもより寒いのですが、オーストラリアやアフリカは暑

く、世界平均すると気温は高いそうです。一つの事例だけを見て判断してはいけないというデータを気象庁は出しています。さまざまなデータをとっている気象庁と、国環研はもっと広報部門で連携したほうがいいと思いますか。

小司　広報部門に限る必要はないかもしれません。気象庁も地球環境問題にもっと力を入れていくべきだと思っていますし、環境問題を昔からずっと扱ってきたのは国環研なので、連携した方が、国民全体にとってもいいことになるのではないかと思います。気象庁のデータと国環研がもっている研究材料を連携していけばよりよいものになります。

編集局　国環研は落石岬（北海道）や波照間島（沖縄県）の地球環境モニタリングステーションで二酸化炭素（CO_2）などを測っています。気象庁は綾里（岩手県）と与那国島（沖縄県）と南鳥島（東京都）で国環研よりも早くから温室効果ガスの観測を始めています。国環研の研究者が、2011年3月の東日本大震災のときに倒壊した建物の製品中に含まれていたフロンガスが大量に大気中に放出されたという観測結果を発表しました（斉藤拓也「東日本大震災に伴うフロン等の大量排出」地球環境研究センターニュース2015年4月号）。その解析には、ハロカーボン類の大気連続観測を実施している国内3地点（波照間島、落石岬、綾里）のデータを用いました。こういったことはほかの研究分野でも可能ではないでしょうか。

小司　一地点だと、その地点の誤差ととられかねませんが、近い場所で同じような傾向のデータがとれたということであれば、説得力があります。

研究を広報面からさらにサポートしてほしい

編集局　国環研、またはCGERに、先輩職員としてどんなことを期待しますか。

小司　研究者のなかでも、若い人は短期間の雇用契約の方が多かったですね。短期間で成果がでない研究もあると思いますので、正規の職員を増やしていただけるといいです。CGERで広報の仕事をしているときに感じたのは、研究者と広報担当というか研究を支援する人とがいい関係にあるのがCGER、国環研だということです。国環研のなかにはヨガや囲碁などの同好会があり、垣根を越えた活動がありますね。そういったものが仕事の上で役に立ってくることもあると思います。こういういい面は続けていってほしいです。

編集局　こんな分野の研究、こういう観測を進めたらいいというのはありますか。

小司　研究内容についてのアドバイスはできませんが、CGERでは研究者がそれぞれの得意分野を強みにして研究を進めているというのがいいです。みなさんご自分の研究を愛してらっしゃいますよね。自分の得意分野の研究を進めていくうちに、ほかの分野にも興味が広がり、異分野の研究コミュニティとの連携が進んでいく、というのが理想ではないでしょうか。温暖化の発見にもさまざまな分野の研究者や技術者が関わっていたそうです。研究をわかりやすく伝えるべく広報面からさらにサポートできるといいです。また、研究者の魅力を若い世代に伝えられるといいですね。

＊このインタビューは2018年2月2日に行われました。

2018年5月号 ［Vol.29 No.2］ 通巻第329号 201805_329006

最近の研究成果

冬季東アジアモンスーンに伴うジェット気流の変動に対する対流加熱と季節内大気擾乱の役割

地球環境研究センター 気候モデリング・解析研究室 特別研究員 **廣田渚郎**

冬季東アジアモンスーンは、比較的に冷たい大陸上のシベリア高気圧と暖かい海上のアリューシャン低気圧によって特徴づけられる。これらの西高東低の気圧配置と地衡風[1]バランスするモンスーン北風は、日本付近を冷却して、大気上層の西風ジェット気流を強化する。すなわちアジアモンスーンが強（弱）い[2]と、日本上空のジェット気流が強（弱）く[3]なる（図）。一方、ジェット気流の強弱は、低気圧活動などの季節内大気擾乱[4]の振る舞いに影響する。その大気擾乱は、対流活動の凝結加熱や運動量輸送を通して、ジェット気流の強弱にフィードバックする。これらの相互作用プロセスのうち、ジェット気流の変動に対する対流加熱と運動量輸送の役割を数値実験によって定量化した。実験結果では、ジェット気流の変動には、対流加熱の役割が支配的であり、運動量輸送の効果は比較的小さかった。例えば、温暖化による海水温の上昇で日本付近の対流がより活発になった場合、ジェット気流は弱くなると考えられる。

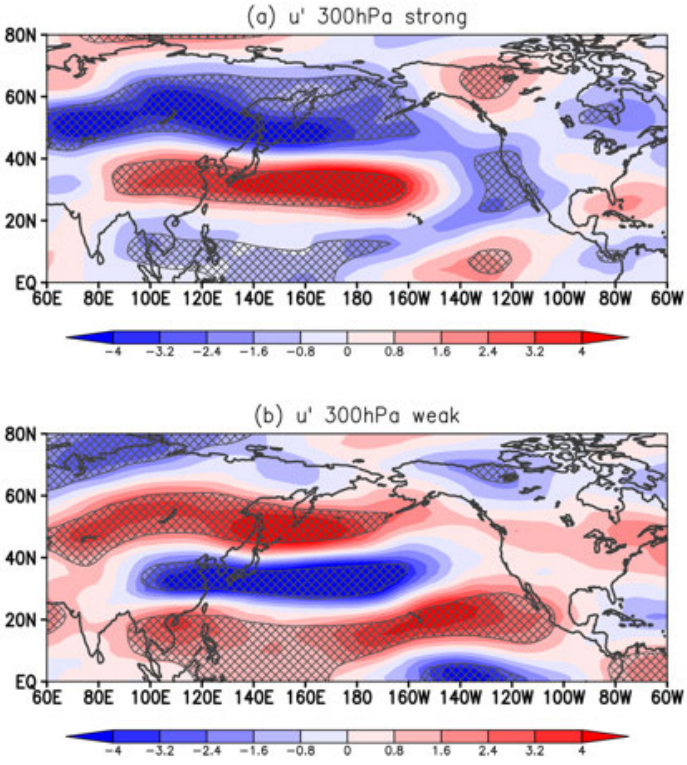


図 大気上層（300hPa）の東西風の冬季アジアモンスーンが (a) 強い年と (b) 弱い年の合成図。平年値（1958–2015年平均で定義）からの偏差を表示。ハッチは90%の信頼限界で有意な偏差

脚注

1. 地衡風: 気圧傾度と地球の自転によるコリオリ力がバランスする様に吹く風。
2. 冬季アジアモンスーンの強弱: 日本の寒冬／暖冬に関わる大気下層の北風の強さで表せられる。
3. ジェット気流の強弱: ジェット気流の位置する中緯度大気上層の西風の強さで表せられる。
4. 季節内大気擾乱: 1日〜90日程度（季節内スケール）の周期で変動する大気の乱れ。例えば、数日の時間スケールの低気

圧活動。

本研究の論文情報

Roles of Intraseasonal Disturbances and Diabatic Heating in the East Asian Jet Stream Variabilities Associated with the East Asian Winter Monsoon

著者： Hirota N., Ohta M., Yamashita Y., Takahashi M.

掲載誌： J. Climate, 31, 2871–2887, DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0390.1.

2018年5月号 ［Vol.29 No.2］ 通巻第329号 201805_329007

最近の研究成果

マッデン・ジュリアン振動の東方伝播に対する浅い対流の役割

地球環境研究センター 気候モデリング・解析研究室 特別研究員 **廣田渚郎**

マッデン・ジュリアン振動（Madden Julian Oscillation: MJO）とは、数千kmスケールの巨大雲群が5m/s程度の速度で熱帯のインド洋から太平洋を東進する大気変動である。熱帯では、雲群が通過している対流活発期と雲群が存在しない不活発期が繰り返され、その影響は日本の天候にも及ぶ。しかし、その発達・東進メカニズムの理解は十分ではないため、気候モデル [1] によるMJO再現はとても難しいことが知られている。本研究は、新しく開発された気候モデルMIROC6において、MJOの東進再現が改善されたことを示した。図は対流シグナルを表す外向き長波放射 [2] の赤道付近における経度位相 [3] 断面図で、時間は上から下に進んでいる。観測データにおいて、MJO雲群（青色）がインド洋（60°E）から太平洋を東進する様子が見られる。この東進が、旧バージョンMIROC5では180°E付近で途切れているが、MIROC6では東太平洋まで伝播する。この改善における重要なポイントは、新たに導入した浅い対流による水蒸気プロセスが、MJO対流に水蒸気を供給したことである。

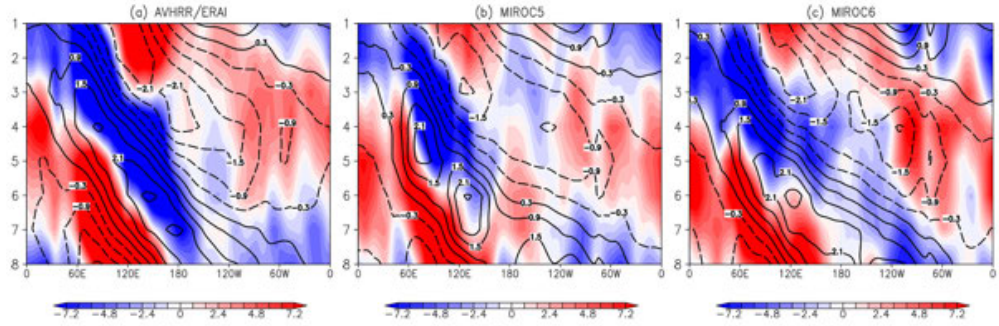


図 MJOに伴う外向き長波放射（色; W/m^2）と高度3000m付近の東西風（m/s）の経度－位相合成図（15°S–15°N）。(a) 観測、(b) MIROC5、(c) MIROC6

脚注

1. 気候モデル： 大気海洋などの気候を物理法則に従ってコンピューターでシミュレーションするための仮想的な地球。
2. 外向き長波放射： 地球から宇宙に射出される長波放射。対流が活発で雲が多い場合、宇宙への長波放射は雲から射出されるので、雲がない地表からの射出される場合に比べて小さくなる。
3. 位相： 東進するMJO対流が存在する位置で定義される。位相1から8で、MJO対流はインド洋から、太平洋、大西洋へと地球を一周する。

本研究の論文情報

Roles of shallow convective moistening in the eastward propagation of the Madden-Julian Oscillation

著者： Hirota N., Ogura T., Tatebe H., Shiogama H., Kimoto M., Watanabe M.

掲載誌： J. Climate, 31, 3033–3047, DOI: 10.1175/JCLI-D-17-0246.1.