



早稲田大学と北京大学の学生が地球環境研究センターを見学しました

2017年4月号 [Vol.28 No.1] 通巻第316号

持続可能な開発目標（SDGs）の実現に向けた地球観測の推進—第9回GEOSSアジア太平洋シンポジウム報告—

気候変動戦略連携オフィス 地球温暖化観測推進事務局 高度技能専門員 水沼登志恵
地球環境研究センター 副センター長 三枝信子

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

AGU (American Geophysical Union) Fall Meeting 2016参加報告 [3] 2基の人工衛星による温室効果ガスの全球観測が導くこれからの温暖化研究

地球環境研究センター 物質循環モデリング・解析研究室 特別研究員 高木宏志

インタビュー「地球温暖化の事典」に書けなかったこと [21] 気候変動の複雑な仕組みが見えてきた—より詳細な温暖化の解明に挑む—

地球環境研究センターニュース編集局

謝辞！ 気候変化的科研工作者—日中の学生がセンター訪問で学んだもの—

早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科 吉田徳久・納富信

地球環境研究センターの活動に期待することを住明正理事長に聞きました

地球環境研究センターニュース編集局

富士北麓カラマツ林サイトにおける林床部炭素フラックスの長期観測—10年の観測結果から—

【最近の研究成果】 ライダーによる北東アジアからの高濃度オゾン・エアロゾルの同時観測

地球環境研究センター 衛星観測研究室 高度技能専門員 内野修

地球環境研究センター 衛星観測研究室 主任研究員 森野勇

持続可能な開発目標（SDGs）の実現に向けた地球観測の推進

—第9回GEOSSアジア太平洋シンポジウム報告—

気候変動戦略連携オフィス 地球温暖化観測推進事務局 高度技能専門員 水沼登志恵
地球環境研究センター 副センター長 三枝信子

1. はじめに

2015年9月の国連サミットにおいて、15年後の2030年に向けた「持続可能な開発目標（SDGs）」が採択されました。SDGsは、2000年に採択されたミレニアム開発目標（MDGs）の成果をさらに一歩進めた「世界を変えるための17の目標」で、すべての国々に対して、豊かさを追求しながら、地球を守ることを呼びかけています（図1）。



図1 2030年に向けて世界が合意した17の「持続可能な開発目標（SDGs）」（出典：国際連合広報局）。シンポジウムの最終日に採択された「東京宣言2017^[2]」では地球観測によってアジア太平洋における目標1、2、6、11、13、14、15の達成を支援していくことが確認されました

地球観測に関する政府間会合（GEO）は、全球地球観測システム（GEOSS）の実現に向けて、現在のところ103カ国の政府および106の国際機関が任意に参加している組織です。2007年以降、日本政府との共催で、アジア太平洋での意見交換を行うGEOSSアジア太平洋シンポジウムを年一回程度の頻度で開催しています。2017年1月11日～13日の3日間、GEOと文部科学省の主催により、今後3カ年の優先的な取り組みの一つに掲げられているSDGsへの貢献をテーマの中心として「アジア太平洋における持続可能な開発目標の実施を支援する地球観測」と題する第9回のシンポジウムが東京国際交流館で開催され、27の国と地域、ならびに10の国際機関から243名が参加しました。地球環境研究センターからは、「炭素・温室効果ガスイニシアチブ」分科会の共同議長を三枝が務めたほか、この分科会で町田、中岡、松永が講演を行い、交流推進係とGOSAT広報担当が観測機器や結果を紹介する展示を行いました。なお、当日の講演スライドはシンポジウムのウェブサイト^[1]にて閲覧可能です。

2. シンポジウムの概要（全体会合）

シンポジウムのプログラムは、1日目は基調講演を含む全体会合、2日目は分野ごとに分かれて詳しい議論を行う分

科会、3日目は再び全体会合で分科会での議論の結果を取りまとめるという構成でした。

1日目の全体会合では、まず、SDGsへの取り組みについての2つの基調講演がありました。世界水パートナーシップ（GWP）の議長を務めるSanjaasuren Oyun氏は国連による将来の人口予測や経済予測の統計情報を示しながら、地球上の生態系サービスが過去50年間に60%劣化していることなど環境に過剰な負荷がかかっており、持続可能な開発が喫緊の課題であることを説明しました。そして、生産から消費までのプロセスで生じる食品廃棄物による温室効果ガスの排出量は、国別の人為起源排出量と並べると中国、アメリカに次ぐ第3位に匹敵するほどの量であることを示し、食品廃棄物を減らす取り組みはこれまで見落とされがちであったが、大きな変化をもたらすバネになるのだと訴えました。また、2015年9月に日本で初の外務大臣科学技術顧問に任命された岸輝雄氏は「SDGsを可能にする力としての科学技術イノベーション」と題した講演で日本政府がSDGs実施方針として掲げる8つの優先課題を説明し、科学・技術とイノベーションによる根拠に基づいた政策決定が不可欠であると強調しました。

次に、GEO事務局の落合治氏が2016年11月にロシア・サンクトペテルブルグで開催された第13回地球観測に関する政府間会合（GEO-XIII）について報告し、2017～2019年の優先的な取り組みとしてSDGsへの貢献、温室効果ガスの監視、災害リスクの削減などがあげられていること、また、GEOの各分野の取り組みとSDGsとの関係性などが述べられました。その後、アジア太平洋でのGEOSSに関連する最近の活動状況が、日本、オーストラリア、カンボジア、中国、インド、インドネシア、イスラエル、マレーシア、ネパール、パキスタン、フィリピン、ベトナムの各国と、アジア太平洋地球変動研究ネットワーク（APN）、アジア・太平洋地域宇宙機関会議（APRSF）、アジア太平洋宇宙協力機構（APSCO）、国連アジア太平洋経済社会委員会（ESCAP）から報告されました。また、アジア・オセアニア（AO）におけるGEOSS活動を推進する取り組みとして新たに提案された「AO GEOSSイニシアチブ」について、中国の代表から紹介がありました。

続くスペシャルセッションでは、2日目に行われる5つの分科会、すなわち、水問題について話し合う「アジア水循環イニシアチブ（AWCI）」、生物多様性のモニタリングに取り組む「アジア太平洋生物多様性観測ネットワーク（AP-BON）」、地球規模の温室効果ガス循環の把握と排出量削減の効果を監視する「炭素・温室効果ガスイニシアチブ」、海洋と社会の関わりをテーマとする「ブループラネットイニシアチブ（BPI）」、農業と食料安全保障を考える「世界農業地理モニタリングイニシアチブ（GLAM）」の代表が登壇し、それぞれの分野の地球観測がSDGsを含む地球規模の課題とどのように関連しているか述べ、期待される分科会からのアウトプットについて議論が行われました。また、国連のSDGs指標に関する機関間専門家グループ（IAEG-SDGs）の地理空間情報ワーキンググループ（WGGI）と連携した取り組みである「持続可能な開発のための2030アジェンダに役立つ地球観測」イニシアチブ^[3]について、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の石田中氏から説明があり、衛星観測によるマングローブ林のデータをSDGsの森林管理目標に対する指標として活用する事例などが紹介されました。

3日目の全体会合では、2日目に分科会ごとに分かれて行った課題解決のための具体的な議論の報告が行われました。そして、科学技術振興機構（JST）の大竹暁氏をモデレータとし、各分科会を代表するパネリストにGEO事務局長のBarbara J. Ryan氏、国際協力機構（JICA）の宍戸健一氏を加えたスペシャルセッションが行われ、「分科会を横断する共通の課題は何か」「GEO、参加各国、協力機関の果たす役割は何か」、また、「グローバルな課題を解決し、SDGsを達成するために国連とどのように協力していくか」などについて議論が行われました。ここでは、農業と食料安全保障の分科会の代表が1日目夜に行われたレセプション終了時にテーブルに残っていた料理の写真を見せ、1日目の基調講演でOyun氏が食品廃棄物による膨大な温室効果ガスの排出量を指摘したにもかかわらず、この食品ロスの量はどうかと問いかけたことが印象的でした。



最後に、アジア太平洋でのGEOSSの取り組みとして、SDGsのうち、「目標1：貧困の撲滅」「目標2：飢餓撲滅、食料安全保障」「目標6：水・衛生の持続可能な管理」「目標11：持続可能な都市」「目標13：気候変動への対処」「目標14：海洋と海洋資源の保全・持続可能な利用」「目標15：陸域生態系、森林管理、砂漠化への対処、生物多様性」の達成に貢献していくこと、また、これらの目標を実現するためには実践的なデータ共有ができる環境下での、分野間の調整、キャパシティ・ビルディング、長期現地観測、高解像度の広域観測技術が重要であること、さらに、国連や開発機構などを含む関連するステークホルダーと共同して、地球観測データを提供・普及していくことなどが確認され、「東京宣言2017^[2]」として採択されました。

3. 炭素・温室効果ガスイニシアチブ分科会

炭素・温室効果ガスイニシアチブ^[4]は、GEO-XIIIで承認された気候問題の解決に向けた新しい取り組みで、日本からは現在のところ岐阜大学、海洋開発機構（JAMSTEC）、JAXA、気象庁、国立環境研究所（NIES）が参加しています。冒頭で、中心メンバーである欧州地中海気候変動センター（CMCC）のAntonio Bombelli氏は、パリ協定の発効を受け各国の削減目標実現に向けた政策の立案には、温室効果ガスに関する信頼性の高い情報の提供が不可欠であるとし、この取り組みが、大気、陸、海洋における衛星、航空機、船舶、地上観測などの多様なプラットフォームの観測に基づき、炭素及び温室効果ガスの循環と吸排出量の変化を監視・評価し、信頼できる情報の政策決定者へのタイムリーな提供を目指して連携を推進することであると述べました。そして、2017～2019年に取り組む課題として、1) 利用者ニーズと政策への応用、2) データアクセスと利用可能性、3) 観測ネットワークの最適化、4) 温室効果ガスの収支計算という4つの分野の具体的な活動と評価レポートなどの成果物を列挙して説明しました。これを受け、GEOプログラム委員会の代理委員を務める岐阜大学の村岡裕由氏は、2017～2019年のGEO作業計画と本イニシアチブの位置付けを説明し、観測ネットワークのスケールおよびプラットフォームの横断による最適化を実現するための考え方として、スーパーサイトにおけるマルチスケール観測の事例を紹介しました。

次に話題は各種プラットフォームでの地球観測の取り組みへと移り、まず衛星観測について、中国科学院大気物理研究所（IAP/CAS）のYi Liu氏が2015年12月2日に二酸化炭素（CO₂）観測衛星TanSatの打ち上げに成功したことを報告するとともに、CO₂とメタン（CH₄）を観測するGF-5/GMIの計画を紹介しました。TanSat打ち上げ成功に対しては会場から祝意が示され、今後も関係機関が協力を継続することが表明されました。また、インド宇宙研究機関（ISRO）のChandra Shekhar Jha氏は国家炭素プロジェクト（NCP）により地上および衛星からの包括的な観測がインド国内で目覚ましい進展を見せていることを報告しました。

さらに、当センターの町田敏暢は民間航空機を利用した大気中の温室効果ガスの観測プロジェクトCONTRAILの成果を報告し、同じく当センターの中岡慎一郎は、海洋のCO₂吸収について海水中の海洋表層CO₂分圧（pCO₂）の世界

規模の観測データベース「SOCAT」のデータを基にした研究を説明しました。政策決定者へのわかりやすい情報提供例として、JAMSTECのPrabir K. Patra氏は気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第5次評価報告書（AR5）でも重要な情報源として利用されたグローバル・カーボン・プロジェクト（GCP）の地域炭素循環評価プロセス（RECCAP）の活動について説明し、アジア地域において推定された炭素収支の最新の情報と課題を示しました。



写真2 炭素・温室効果ガスイニシアチブ分科会で当センターの町田敏暢は民間航空機による温室効果ガスの観測を紹介しました

午後のセッションでは、地球観測から全球温室効果ガス循環の把握、そしてその知見を各国排出インベントリ策定の向上に結びつけようとする方向性と現状の課題について集中的に議論を行いました。衛星観測センターの松永恒雄は、環境省、NIES、JAXAが共同開発した、世界初の温室効果ガス観測専用の衛星GOSATが、2009年1月の打ち上げ以降、現在も観測を続けていること、また、後継機のGOSAT-2、GOSAT-3が計画中であることを述べ、さらにこうした衛星観測による大気中濃度の観測データから、地域ごとの人為起源排出量の情報を引き出す手法について紹介しました。また、北海道大学の平野高司氏は、大規模開発が進む熱帯雨林の中で特に生態学的に脆弱で炭素貯留量が多い熱帯泥炭林を取り上げ、森林火災や土地利用変化による温暖化効果ガス排出量の精緻な評価が今後の重要な課題であることを述べました。続いて地球環境戦略研究機関（IGES）の田辺清人氏は、国家温室効果ガス排出インベントリ算定の指針を詳しく解説し、特にインベントリ算定のガイドラインの改訂が2019年の発行をめざして始まっていることを説明しました。現在、各国は国連気候変動枠組条約の規定に基づき国家温室効果ガスインベントリを作成・提出しており、日本国のインベントリは当センターに設置された温室効果ガスインベントリオフィス（GIO）において毎年、取りまとめが行われています。これまで、各国エネルギー消費量などの統計データに基づき排出インベントリが詳細に算定されてきましたが、今後は、衛星観測をはじめとする各種地球観測の取り組みや地表での温室効果ガス収支評価の結果などを参照して、各国インベントリデータの確からしさを裏付ける手法を確立することが重要であるといった議論が行われました。

分科会最後のセッションでは、炭素・温室効果ガスイニシアチブと協力することで相乗効果が生まれると予想される、世界のさまざまな国際機関やイニシアチブの活動が紹介されました。世界気象機関（WMO）の全球大気監視計画（GAW）では、世界の気象機関が協力して温室効果ガスを含む大気成分の観測を担当していますが、排出削減の政策や対策のためのより信頼性の高い情報を提供する「統合全球温室効果ガス情報システム（IG³IS）」の構築に2016年に着手したことがニュージーランド国立水・大気圏研究所（NIWA）のGordon Brailsford氏から紹介されました^[5]。また、東京電機大学の島田政信氏は全球森林観測イニシアチブ（GFOI）の進捗状況について述べ、森林減少や森林劣化に関係する温室効果ガス排出量の算定・報告・検証（MRV）に役立つ手法とガイダンスをまとめた新しいウェブサイトREDDcompass^[6]と衛星データが入手できるポータルサイト^[7]を紹介しました。

最後に炭素・温室効果ガスイニシアチブの今後の計画について討論が行われ、観測データを提供する利用者の対象範囲やパリ協定の関連する項目への貢献などについて、話し合いが行われました。また、温室効果ガスに加え、放射強制力変化の不確実性が大きいエアロゾルなどの短寿命気候汚染物質（SLCP）を観測する必要性が指摘されるなど、活発な意見が交換されました。

4. おわりに

今回のGEOSSアジア太平洋シンポジウムは、GEOSS新10年実施計画策定を受け、それを実行に移すためのフラグシップ、イニシアチブ、コミュニティ活動といった基盤活動を含むワークプログラム2017-2019がGEOプログラム委員会により承認されたタイミングで実施される、アジア太平洋での初めての総合的な国際会議でした。シンポジウム全体をとおして、これから展開される新たな活動を地球観測関係者内外に周知するよい機会となりました。また、全体会合や分科会での議論に加え、当センターからはGOSATのデータを示す電子パネルやCONTRAILで実際に航空機に搭載する観測機器をわかりやすく展示・解説する取り組みを行い、特に海外からの数多くの参加者の関心を集めました。

本シンポジウムを通じ、SDGsやパリ協定の目標達成に向けて、地球観測の貢献することの重要性を改めて認識しました。また、食品ロスを減らす取り組みをはじめ個人の行動の変化が温暖化を防ぐバネになることを意識しながら、一市民としての日々の生活を見直す必要を感じました。なお、次の第10回GEOSSアジア太平洋シンポジウムは2017年度後半にベトナムで開催される予定です。

略語一覧

- 持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals: SDGs)
- ミレニアム開発目標 (Millennium Development Goals: MDGs)
- 全球地球観測システム (Global Earth Observation System of Systems: GEOSS)
- 地球観測に関する政府間会合 (Group on Earth Observations: GEO)
- 世界水パートナーシップ (Global Water Partnership: GWP)
- 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)
- アジア・太平洋地域宇宙機関会議 (Asia-Pacific Regional Space Agency Forum: APRSAF)
- アジア太平洋宇宙協力機構 (Asia-Pacific Space Cooperation Organization: APSCO)
- 国連アジア太平洋経済社会委員会 (United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific: ESCAP)
- アジア水循環イニシアチブ (Asian Water Cycle Initiative: AWCI)
- アジア太平洋生物多様性観測ネットワーク (Asia-Pacific Biodiversity Observation Network: AP-BON)
- ブループラネットイニシアチブ (Blue Planet Initiative: BPI)
- 世界農業地理モニタリングイニシアチブ (GEO Global Agricultural Monitoring: GEO GLAM)
- SDGs指標に関する機関間専門家グループ (Inter-agency and Expert Group on SDGs Indicators: IAEG-SDGs)
- 地理空間情報ワーキンググループ (WG on Geospatial Information: WGGI)
- 宇宙航空研究開発機構 (Japan Aerospace eXploration Agency: JAXA)
- 科学技術振興機構 (Japan Science and Technology Agency: JST)
- 国際協力機構 (Japan International Cooperation Agency: JICA)
- 海洋研究開発機構 (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology: JAMSTEC)
- 国立環境研究所 (National Institute for Environmental Studies: NIES)
- 欧州地中海気候変動センター (Euro-Mediterranean Center on Climate Change: CMCC)
- 中国科学院大気物理研究所 (Institute of Atmospheric Physics Chinese Academy of Sciences: IAP/CAS)
- インド宇宙研究機関 (Indian Space Research Organization: ISRO)
- 国家炭素プロジェクト (National Carbon Project: NCP)
- 国連気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC)
- IPCC第5次評価報告書 (Fifth Assessment Report: AR5)
- グローバル・カーボン・プロジェクト (Global Carbon Project: GCP)
- 地域炭素循環評価プロセス (Regional Carbon Cycle Assessment and Processes: RECCAP)
- 温室効果ガスインベントリオフィス (Greenhouse Gas Inventory Office of Japan: GIO)
- 地球環境戦略研究機関 (Institute for Global Environmental Strategies: IGES)
- 世界気象機関 (World Meteorological Organization: WMO)
- 全球大気監視計画 (Global Atmosphere Watch: GAW)
- 統合全球温室効果ガス情報システム (Integrated Global Greenhouse Gas Information System: IG³IS)
- ニュージーランド国立水・大気圏研究所 (National Institute of Water and Atmospheric Research: NIWA)

- 全球森林観測イニシアチブ(Global Forest Observation Initiative: GFOI)
- 途上国における森林減少・森林劣化に由来する温室効果ガスの排出削減 (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in developing countries: REDD)
- (温室効果ガス排出量の) 算定・報告・検証 (Monitoring, Reporting and Verification: MRV)
- 短寿命気候汚染物質 (Short Lived Climate Pollutants: SLCP)

GEOSSアジア太平洋シンポジウム第1回～第7回の報告は以下からご覧いただけます。

- 梁乃申・宮崎真「GEOSS APシンポジウム報告」2007年4月号
- 宮崎真・藤田直子・新明雄・レオン愛「『第2回GEOSSアジア太平洋シンポジウム－気候変動への取組における地球観測の役割－ (“The Second GEOSS Asia-Pacific Symposium—The role of Earth observations in tackling climate change—”)』報告」2008年7月号
- 宮崎真・新明雄・内田エミ「『第3回GEOSSアジア太平洋シンポジウム－分野横断のためのデータ共有－』報告」2009年4月号
- 伊藤玲子・山形与志樹・三枝信子「複数システムからなる地球観測システムの構築に向けて：第4回GEOSSアジア太平洋シンポジウム参加報告」2010年6月号
- 林真智・三枝信子・山形与志樹「第5回GEOSSアジア太平洋シンポジウム参加報告」2012年5月号
- 田中佐和子・三枝信子「第6回GEOSSアジア太平洋シンポジウム参加報告－アジア太平洋地域における地球観測、さらなる連携を目指して－」2013年5月号
- 水沼登志恵・三枝信子・山形与志樹「持続可能な開発目標のためにますます高まる地球観測の意義－第7回GEOSSアジア太平洋シンポジウム参加報告－」2014年7月号

脚注

1. 第9回GEOSSアジア太平洋シンポジウム <http://geoss-ap-symposium9.org/>
2. 東京宣言2017 http://geoss-ap-symposium9.org/_public/Tokyo_Statement_2017_Final.pdf
3. 持続可能な開発のための2030アジェンダに役立つ地球観測 Earth Observations in Service of the 2030 Agenda for Sustainable Development <http://www.earthobservations.org/activity.php?id=52>
4. 炭素・温室効果ガスイニシアチブ GEO Carbon and GHG Initiative <http://www.earthobservations.org/activity.php?id=113>
5. WMO温室効果ガス年報 第12号 (2016年10月24日) pp. 4-5 統合全球温室効果ガス情報システム (IG³IS) http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/info/wdcgg/GHG_Bulletin-12_j.pdf
6. REDDcompass <http://www.gfoi.org/REDDcompass>
7. GFOI Space Data Portal <http://www.gfoi.org/space-data/space-data-portal>

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

日本海では、最近、地球温暖化や東アジア地域の環境汚染の影響が確実に現れています。私たち、国立環境研究所の研究グループは、長年にわたり温暖化に伴う日本海への環境影響について研究して参りました。地球環境研究センターニュース2016年11月号（環境研究総合推進費の研究紹介 [18] 日本海を詳細に調べて海洋環境への温暖化影響を早期に把握する 環境研究総合推進費2-1604「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」）で紹介したように、2016年度には日本海の温暖化影響を調査する新たな課題がスタートしました。環境研究総合推進費では、研究活動の内容や成果を国民の皆様十分にご理解いただき、また、そのご意見・ご要望を環境研究に反映できるように、「科学・技術対話」を推進するためのイベントを開催することが強く推奨されています。そこで、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ます、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、東アジア地域から日本海へと輸送される有機汚染物質の研究を推進している金沢大学環日本海域環境研究センターとの共催で、2017年1月22日（日）に環日本海地域の中核都市である金沢市にて市民向け講演会「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～」を開催しました（ポスター、写真）。講演会の概要について以下にご報告します。

環境省環境研究総合推進費 2-1604「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」

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～

2017年1月22日（日） 参加費 **無料**（定員 100名）

開演：13:30（開場：13:00）
金沢市文化ホール 大集会室
石川県金沢市高岡町15番1号

主催 国立研究開発法人国立環境研究所
共催 金沢大学 環日本海域環境研究センター

日本海では、地球温暖化や東アジア地域の環境汚染の影響が確実に現れています。私たち、国立環境研究所の研究グループは、長年にわたり温暖化に伴う日本海への環境影響について研究して参りました。また、金沢大学環日本海域環境研究センターでは、東アジア地域から日本海へと輸送される有機汚染物質の研究を推進しています。本講演会では、日本海を取り巻くこれらの環境の変化に関する最新の研究成果をご紹介します、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となることを願っています。

13:30～13:40 開会挨拶・趣旨説明 国立環境研究所 荒巻能史	15:10～15:30 日本海の水の流れと 有害物質の輸送 金沢大学 長尾誠也
13:40～14:10 小さな大洋 ～日本海のふしぎ 九州大学 千手智晴	15:30～15:50 東アジア地域における 大気中有害物質の実態 金沢大学 唐草
14:10～14:40 低酸化が進む 日本海の深層海水 海洋研究開発機構 照本雄一郎	15:50～16:00 まとめ・閉会挨拶 金沢大学 長尾誠也
14:40～15:10 二酸化炭素を吸収する日本海 国立環境研究所 中岡慎一郎	

お問い合わせ
国立研究開発法人国立環境研究所 地球環境研究センター 炭素循環研究室 TEL 029-850-2124（担当：荒巻）



写真 市民向け講演会の趣旨について説明する筆者

2. 講演会の概要

講演会は環境研究総合推進費2-1604課題代表の荒巻（国立環境研究所）の趣旨説明に引き続き、推進費課題分担研究者3名と金沢大学研究者2名が順にそれぞれの研究成果について解説し、来場者からの質疑やコメントに丁寧に回答しました。以下に、各講演者の講演内容をまとめました。

「小さな大洋～日本海のふしぎ」千手智晴氏（九州大学）

日本海は日本列島によって北太平洋から隔離された縁海、太平洋の面積のわずか1%にも満たない小さな海ですが、今、「ミニチュア・オーシャン」として世界中から注目されています。日本海が「ミニチュア・オーシャン」と呼ばれるゆえんである海洋構造について水温や塩分のデータをもとに詳細に解説し、日本海固有水と呼ばれる水深500m以深の海水における最近50年ほどの水温の上昇傾向、溶存酸素濃度の減少傾向が近年の地球温暖化と密接に関係していることを紹介しました。

「低酸素化が進む日本海の深層海水」熊本雄一郎氏（海洋研究開発機構）

千手氏が解説した最近50年にわたる溶存酸素濃度の減少に関する詳細データを紹介するとともに、その解析から「日本海深層の酸素は、ロシア沿岸地域が厳冬期のときのみ（間欠的）に「新」深層水形成によって供給される。新たな酸素の供給がない期間は、深層水中の酸素は有機物の分解によって消費され減少する一方である」とする仮説が成り立つことを解説しました。この仮説が正しいならば、今後、地球温暖化の進行により暖冬化し、「新」深層水形成が完全に停止してしまうと、100年以内に日本海の深層が無酸素化することになると警鐘を鳴らしました。

「二酸化炭素を吸収する日本海」中岡慎一郎氏（国立環境研究所）

温暖化効果ガスの代表格である二酸化炭素と海洋との関係について解説しました。海洋は、海域によって二酸化炭素の吸収源、放出源のいずれの役割も果たしていること、海洋の二酸化炭素蓄積量が年々増加しており海水のpHが中性あるいは酸性に近づく海洋酸性化が起こっていることを紹介しました。ところが、日本海については温暖化の影響を受けやすいとの報告がありながら、データの集積がないことを指摘し、2016年度から詳細な観測を開始したことを説明して、速報的なデータ解析から日本海は二酸化炭素の吸収源としての役割があるようだと言及しました。

「日本海の水の流れと有害物質の輸送」長尾誠也氏（金沢大学）

環日本海域におけるPAHs（多環芳香族炭化水素）やPOPs（残留性有機汚染物質）と呼ばれる化学物質の越境汚染の状況について、主に海水によって日本へ輸送される汚染物質の分布や輸送過程について解説しました。日本海の海水中のPAHsについては近年減少傾向にあること、さらに、現在進行中の研究課題として、放射性物質の同位体比を用いた日本海の表層海流による汚染物質の輸送過程の解析方法を紹介しました。

「東アジア地域における大気中有害物質の実態」唐寧氏（金沢大学）

東アジア地域の大气中PAHs濃度分布について詳細に解説しました。そのなかで、冬季に中国北部都市の暖房施設に由来するPAHsの一部は日本海を越え、日本に長距離輸送されていること、一方で近年の中国政府による厳しい環境規制のおかげでPAHsの日本までの輸送量が年々減少傾向にあることも明らかにしました。

3. おわりに

本講演会開催に当たり、金沢市教育委員会生涯学習課のご協力により市内すべての公民館や図書館に告知用ポスターを掲示していただき、たくさんの来場者を見込んでおりましたが、当日の強風と大雪という悪天候も響いたのか来場者数はわずかでした。少々残念ではありましたが、これにめげずに、2017年度も環日本海地域最大の都市である新潟市での開催（場所・時期は未定）を予定しています。たくさんの市民の皆様のご来場をお待ちしております。私たちと一緒に日本海の過去・現在・未来の姿について熱く語り合いましょう。

AGU (American Geophysical Union) Fall Meeting 2016参加報告

3 2基の人工衛星による温室効果ガスの全球観測が導くこれからの温暖化研究

地球環境研究センター 物質循環モデリング・解析研究室 特別研究員 高木宏志

アメリカ地球物理学連合 (American Geophysical Union: AGU) Fall Meetingは毎年12月に開催され、地球・宇宙科学の広範な分野の研究者、教育者、学生など24,000人以上が参加し、1,700以上のセッションで、最新の研究成果に関する口頭発表とポスター発表 (合計20,000件以上) が行われる。



会場のモスコーンコンベンションセンターの様子

2016年12月12日から16日まで、サンフランシスコ (アメリカ) のモスコーンコンベンションセンターにおいて、第49回AGU Fall Meetingが開催された。地球環境研究センターの参加者のなかから3名が、先月号と今月号にわたり、それぞれの研究分野に関する動向を紹介する。

人為的な温室効果ガスの排出によって、地球の炭素循環にどのような変化が起きているのか、その変化がどのような影響をもたらすのか、さらにその影響をどのように緩和することができるのか、これらを正しく見定めるためには、過去から現在にわたっての炭素の貯蔵・フローについて、観測とモデリングを通して詳細に理解する必要がある。これまでこの目的のために、陸上の定点観測や船舶・航空機により長期にわたり蓄積された二酸化炭素 (CO₂) やメタンの観測データからこれらの気体の吸収排出量の全球分布を推定する試みがなされてきた。そして、宇宙からの観測によって観測範囲を拡大し、より精度の高い吸収排出量の推定を行うことを目指し、日本から温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」 (GOSAT) が2009年に打ち上げられ、以降8年にわたり観測が続けられている。さらに、2014年には米国のCO₂観測衛星OCO-2が打ち上がり、現在この2基の人工衛星から得られるデータの解析研究が活発に進められている。今回のAGU大会では、Remote Sensing of CH₄ and CO₂ from Space: Moving toward an Observing System (宇宙からのメタン・CO₂の観測— (組織的な) 観測システムの構築へ向けて) とのタイトルのもと、計4つのセッションにおいてGOSATやOCO-2関連の最新研究結果や将来の衛星観測ミッションなどについて60件近くの口頭・ポスター発表が行われた。発表の内容は、(1) 衛星が観測した地表面反射光のデータからCO₂・メタンの濃度を導出するためのアルゴリズムの研究 (2) 導出されたCO₂・メタンの濃度を検証する研究 (3) 導出された濃度データを用いたCO₂・メタンの地表面吸収排出量分布の推定やその他の応用研究 (4) 現在の衛星ミッションと計画中のミッシ

ョンについての4つに大きく分類される。このうち、2つの分野でのGOSATに関する研究のハイライトを以下にまとめる。

1. 濃度導出アルゴリズム研究

米国コロラド州立大のC. O'Dellらは、これまで開発を進めてきたCO₂導出アルゴリズムをGOSAT・OCO-2両方の観測データに適用し、単一のアルゴリズムから2通りのCO₂濃度を導出した。両衛星の軌道・観測パターンの違いにより、得られる濃度データの地理的分布は大きく異なるが、時間的・地理的に観測地点が近いCO₂濃度データ（±2時間、±緯度2度、±経度3度の範囲内で2014～2016年の期間）を比較したところ、非常に良く一致することを確認した（差の標準偏差は約1.4ppm）。ただし、海洋の高緯度地域や熱帯地域、先進国地域の一部では濃度の差が開くところも見られたため、得られた結果について今後さらに精査し、OCO-2によるCO₂濃度のバイアスの補正方法について検討を進めるとのことであった。GOSAT-OCO-2間の濃度差がさらに縮まるようになると、両衛星によるCO₂データを全球吸収排出量推定に併用できるようになると期待される。

2. 導出濃度データの応用研究

国立環境研究所のR. Janardananらは、CO₂排出量削減の将来計画を立てる上で重要となる人為的CO₂排出量のインベントリデータを、インベントリとは独立したGOSATによるCO₂濃度データを使用して検証する手法を確立し、今回、2009～2012年の期間のCO₂排出量インベントリ（0.1度格子での人為的CO₂排出量）について調査を行った。この手法では、まずこのインベントリデータを使ってCO₂濃度のシミュレーションを行い、GOSATの各観測地点において、人為的CO₂排出がその地点のCO₂濃度の上昇にどの程度寄与するかを調べる（値①）。そして、GOSATによるCO₂観測濃度から森林による呼吸・放出や森林火災によるCO₂濃度上昇への寄与分（シミュレーションにより算出）とCO₂背景濃度を差し引くことでGOSATが捉えた「人為的CO₂排出によるCO₂濃度上昇」（値②）を求める。値①と値②を地域ごとに比べると、インベントリの不確実性が比較的大きな中国・インドを含む東アジア地域で顕著な違いが見られた。この地域では、値②/値① > 1で、インベントリによるCO₂排出の推計が低めであることを示唆した（その他の地域では≒1）。この研究によって、GOSATの観測データが吸収排出量の推定のみならず、人為的CO₂排出量インベントリの調査にも役立てられる可能性が示唆された。

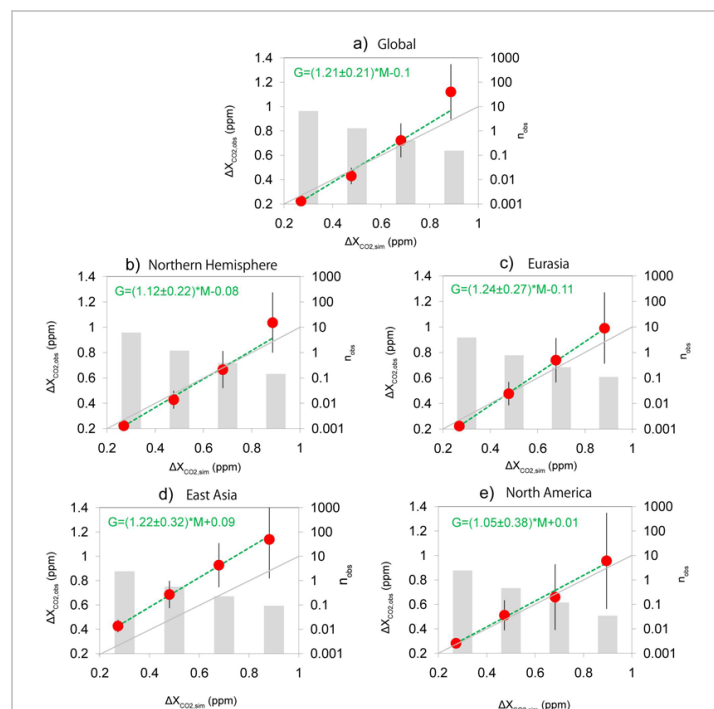


図 インベントリデータを使ったCO₂濃度シミュレーションによる「人為的CO₂排出によるCO₂濃度上昇」（横軸、本文中の値①）と、GOSATが捉えた「人為的CO₂排出によるCO₂濃度上昇」（縦軸、本文中の値②）の対比（赤丸）。東アジア地域（左下：East Asia）では、

値②/値①>1 (赤丸が1対1を示す灰実線より上)となっており、インベントリによるCO₂排出の推計が低めであることを示唆している
(図提供：R. Janardanan氏)



写真 AGUポスター発表会場の午前中のセッション終了後の様子。セッション開催中は、この広大な会場（会場全体はこの写真の3倍程の広さ）が参加者で埋め尽くされ、各ポスターの前では発表者と参加者との間で活発な質疑応答が繰り返された。

*AGU (American Geophysical Union) Fall Meeting 2016参加報告 [1] および [2] は地球環境研究センターニュース3月号に掲載しています。

AGU Fall Meetingに関するこれまでの記事は以下からご覧いただけます。

- 平野高司「AGU2001年度秋季大会報告－炭素循環と陸上生態系に関する研究の動向について－」2002年2月号
- AGU (American Geophysical Union) Fall Meeting 2005参加報告
 - 梁乃申「陸域炭素循環に関する発表と研究の動向」2006年2月号
 - 江口菜穂・吉田幸生「GOSATプロジェクト研究発表」2006年2月号
 - 勝本正之・森範勝「ブース展示報告」2006年2月号
- 井上誠「AGU Fall Meeting 2011参加報告－航空機と衛星リモートセンシングによる大気観測の動向－」2012年2月号
- 大森裕子・工藤慎治「さまざまな分野の垣根を越えた研究者同士の交流を体験して」2013年2月号
- 野田響「陸域生態系リモートセンシングの動向－AGU Fall Meeting参加報告」2015年3月号

インタビュー「地球温暖化の事典」に書けなかったこと

21 気候変動の複雑な仕組みが見えてきたーより詳細な温暖化の解明に挑むー

向井人史さん

地球環境研究センター長

インタビュー：広兼克憲（地球環境研究センターニュース編集部）

地球環境研究センターニュース編集部

インタビュー

「地球温暖化の事典」に書けなかったこと

[一覧ページへ▶](#)

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

第21回は、向井人史さんに、地球温暖化と気候変動の研究についてお聞きしました。



「地球温暖化の事典」担当した章

1.1 地球温暖化と気候変動 / 1.2 温室効果ガス

次回「地球温暖化の事典」に書きたいこと

より確定的で重要な科学的理解

目次

1. 二酸化炭素が地球温暖化にもっとも影響を与えている温室効果ガスなのは...
2. 気候変動の将来予測を複雑にするエアロゾル
3. ローカルな変化からグローバルな変化を捉える難しさ
4. IPCCと国環研は科学的に未解明な部分を明らかにしていく

5. CO₂の大気中の寿命
6. 前提となっている数値等に関する知識も重要
7. 次の『事典』では科学的な内容が一掃する

二酸化炭素が地球温暖化にもっとも影響を与えている温室効果ガスなのは...

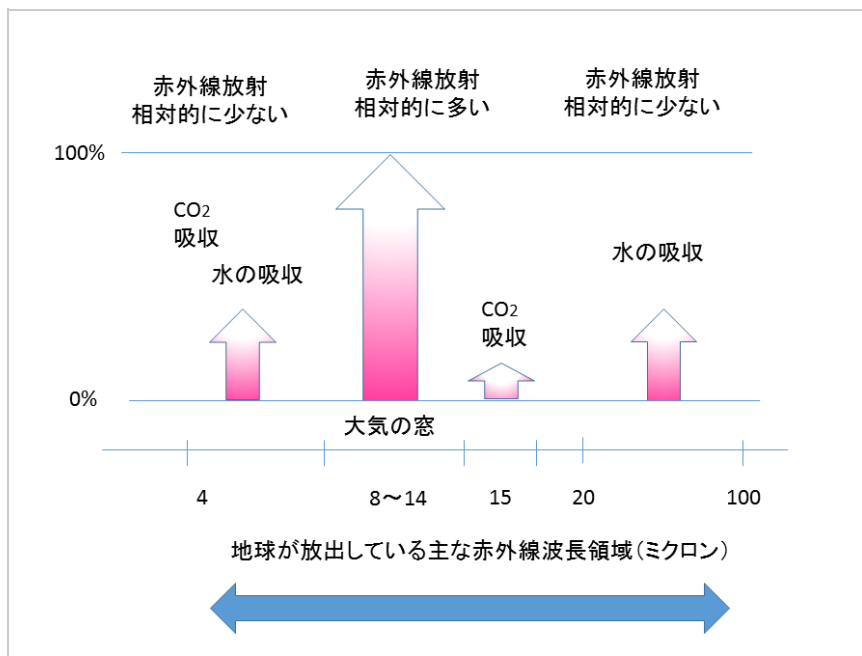
広兼 『地球温暖化の事典』（以下、『事典』）では、向井さんには“地球温暖化と気候変動”“温室効果ガス”をご執筆いただきました。特に“地球温暖化と気候変動”で書かれている、過去の気候変動とその解釈、地球温暖化・地球の気候変動、温室効果ガスの赤外吸収については、地球温暖化を考える前提になる知識ですが、内容が難しいこともあり、あまり一般向けには解説されていないと思います。このあたりの情報をもっとわかりやすく伝えるべきではないでしょうか。

向井 同感ですが、そのしくみは専門家でない人からは捉えにくい事柄を含んでいます。地球は太陽からエネルギーを受け取り、それとほぼ同じだけのエネルギーを主に赤外線の放射という形で宇宙に放出しています。これは、宇宙から遠巻きに地球を見た場合のことをイメージしているものです。しかし、われわれが理解すべき温室効果は、大気が存在する地表付近の温度との関係で考えるのが前提です。大気がなければ、地表は宇宙からそのまま見えるので、遠くから見ても両者のイメージに差はなく、その場合地表は平均的に-18°C程度の温度になり（注：実際は地球の反射率によって温度は異なる）、その温度での地表からの赤外線が宇宙から見えるはずですが、「はずです」と言っているのは、エネルギーのバランス計算上ではそうなると考えられるという意味です。しかし、大気があると大気成分（温室効果ガス）の赤外吸収と放射により、地表付近の温度に関しては結構ややこしいことが起こります。しかも、赤外吸収が物質によって異なる波長で起こることと、温室効果ガス等は高さ方向に濃度差があることが関係します。

たとえば二酸化炭素（CO₂）はすべての波長の赤外線を吸収するのではなく、特定の範囲の波長（15ミクロン程度）の赤外線を強く吸収します。水（水蒸気）は、8ミクロンよりも短い波長や20ミクロン以上の長い波長帯に吸収領域があります。もし地表面が-18°Cならば、このCO₂や水の吸収する赤外線の波長帯を宇宙から見ると、想定される-18°Cより低い少ない量の赤外放射しか出ていかないこととなります。その際、水は対流圏の下部に高い濃度で存在し、上部にはあまり存在しないので、対流圏下部の赤外線量が宇宙に放出されると考えていいこととなります。他方、CO₂は対流圏上層部まで濃度がそれほど変わらないので、上層部でも吸収放射が起こり、宇宙に対しての放射量はさらに減ってしまうこととなります。いずれにせよ、この波長領域の赤外線放射は宇宙に対してあまり出ていかない領域となります。

一方で、温室効果ガスの赤外吸収があまりない波長も存在します。水とCO₂の吸収のない8~14ミクロン程度の領域は、赤外線における大気の窓ともよばれています。この領域では、温室効果があまり効いていないこととなります。つまり、大づかみでいえば大気の窓以外の領域で宇宙に出るのを制限された赤外線放射エネルギーは地表にとどまり地表面を温めることが全体では起こることとなります。それによって、地表温度が上がります。地表が-18°Cでは宇宙に出るエネルギーが少なすぎるのですが、地表温度が15°Cまで上がってくると、大気の窓やそれ以外の領域全体を通して出ていくエネルギー量が宇宙からやってくる太陽エネルギーと釣り合うという状態となります。それが、現在の地球の姿になるとイメージしてもらいたいのです。

その際、どこに赤外線の吸収帯があるかが重要で、CO₂は地球の放出する赤外エネルギーの大きな波長領域にありますので大きな影響を示します。フロンなどは、濃度は低いものの大気の窓領域に吸収帯があり、濃度の割に寄与が大きい。一酸化炭素（CO）はCO₂と近い物質ですが、強い吸収帯はそこからはずれています。それぞれ、物質により濃度変化に対して温室効果の寄与量も異なります。エアロゾルや雲があると放射エネルギーの出入りに関してはさらに複雑なことが起こります。



広兼 ちょっと確認ですが、COは一般的には温室効果ガスといわれていませんね。地表からの赤外放射は水蒸気やCO₂など温室効果ガスの種類や吸収波長、再放射、存在位置によってその振る舞いが複雑になることはよくわかりました。

向井 COはそのままでは温室効果ガスとはあまり考えられていないのですが、酸化するとCO₂になります。そこで、最終的にCO₂になる物質として温暖化に何%寄与しているのかを気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は計算しています。COはわりと濃度が高くて100ppb（大気中0.1ppm）くらいあります。それが速いスピードでCO₂になっていくので数%の寄与になります。このように間接的に温暖化に寄与するものもあります。

気候変動の将来予測を複雑にするエアロゾル

広兼 温室効果ガスの波長ごとや高さ方向の赤外放射については、一般の人にはちょっと理解しにくいかと思いますが。

向井 どの高度でどの温室効果ガスがどれくらい放射をしているのかというのを細かく計算して説明できたらいいのでしょうか。地球温暖化問題に携わる科学者も全体を理解しようとすると、そういうところを見なければなりません。IPCCは対流圏界面（対流圏と成層圏の境界）でのエネルギーバランスを放射強制力という形で示しています。CO₂が増えると対流圏は暖まりますが、下からくる赤外がCO₂によって吸収されるので成層圏は冷えます。それを定性的に解説しようとすると、IPCC第5次評価報告書（AR5）を読み込まなければなりません。AR5の技術要約には、成層圏と対流圏の関係について以下のような記述があります。「ハロカーボン類がオゾン層を壊すと、成層圏が冷える。成層圏が冷えるので対流圏から出ていく量が増え、対流圏も冷える」。このように、さまざまな物質が対流圏や成層圏のいろいろな位置にあって、それぞれがオゾン（これも温室効果ガス）などさまざまな成分を作り出しながら非常に複雑なメカニズムで地球表面の温度が決まってきます。これに冷却効果を伴うエアロゾルを考慮すると、さらに複雑です。



広兼 放射平衡に関しては、いろいろな場所（高度）にあるさまざまな物質が多様な役割をしていて、それについてすべてがわかっているわけではないということでしょうか。

向井 大雑把にいうと、温室効果ガスをすべて足したものの半分くらいの量が実際の温暖化に寄与しています。半分が寄与しない理由は、エアロゾルによる冷却効果と考えていいです。

広兼 今のお話は、炭素循環を考えるとときに人為的に大気中に排出されたCO₂の半分くらいは海洋・陸域が吸収しているのと似たような話でしょうか。だとするともっと力をいれて研究すべきではないですか。

向井 そのとおりです。温室効果ガスのインベントリにおいてもエアロゾルは考慮されてなく、温室効果ガスの放出量だけで計算しています。実際にはエアロゾルが半分くらいを相殺しているので、その分がどうなるかによってまったく予想が違ってきます。

広兼 火山の噴火が起きると火山性エアロゾルの冷却効果で地球表面の温度が下がるといいます。気候モデルの研究者にお聞きしたところ、気候変動の将来予測で、過去の火山噴火についてはスーパーコンピュータで再現できても、将来どのくらいの火山が噴火するかということは組み込まれていないそうです。今後火山噴火が起きれば起きるほど、将来の気温変化は下方修正されるということですか。

向井 代表的濃度パス（RCP^[1]）では火山の噴火は想定されていませんが、化石燃料の燃焼によって発生する煤など人間活動から排出されるエアロゾルが時間とともにどれくらい減っていくかというのは想定されていません。

広兼 想定されていない火山の噴火によってそうした値は変わるかもしれませんね。それは誤差の範囲内に入っていないわけですね。

向井 ただし、火山噴火による冷却効果の有効期間は数年です。

ローカルな変化からグローバルな変化を捉える難しさ

広兼 “地球温暖化と気候変動”については、ローカルに起こる気候変化や温度変化と、グローバルに起こる地球温暖化の関係についてより深い解説が必要ではないかと感じました。よく強めの寒波が襲来したりすると、温暖化しているのに寒冷化がきたといわれますが、本当に温暖化しているなら、放射平衡的にどこかで辻褁が合っているのではないのでしょうか。それを確認する方法はありますか。

向井 放射平衡がずれてエネルギーがたまっていくフェーズならば、エネルギーとしては保存しているはずなの

で、温度は不均一でもいいですが、全体の温度は少し上がるはずで、仮にですが、そういう関係するすべての温度が正確に測れば、辻褄はあっていることが証明できるはずですが、まあ、そう簡単ではないですね。一方で、よくある話は、気圧配置は年によって違うのですが、この年はヨーロッパが暑かったけど、この年はアメリカが寒かったとか。そういう内部の構造があるパターンをもっているといわれています。しかし、全体が暑くなったり寒くなったりするのを捉えるのは結構難しいのです。データがあるのはある特定点ですから、ヨーロッパのある年の冬が寒かったからといって、世界全体が寒いとは限らないのです。

広兼 私もそれが言いたかったのです。

向井 よく問題になるのは過去の地球の温度です。過去1000年間の気温上昇を見積もるのは結構難しいのです。

広兼 過去の気温上昇は、よく木の年輪の幅で見積もられています。

向井 木の年輪は、その木が立っている地域性の影響を受けます。1、2本だけ測っているわけではありませんが、そんなにたくさんではないです。また、必ず暑くなる地域とそんなに暑くならない地域があります。暑くならない地域ではあまり関係が見えないのですが、暑い地域で見ると非常に大きな相関があり、過剰な応答が見えるかもしれません。現在の気温が異常かどうか判定するときに過去の気温を知りたいわけですが、南極の氷床コア、木の年輪などがあるにせよ、地球全体の平均を見積もるのは結構困難です。それに過去に遡ろうとすればするほどデータが少ないのです。



IPCCと国環研は科学的に未解明な部分を明らかにしていく

広兼 地球温暖化のなかでまだわかっていないことは、わからないときちんと説明するのも国立環境研究所（以下、国環研）の役割のような気がします。また、これらのわかっていないことを明らかにしていかなければならないと思います。

向井 そうですね。IPCCは細かく検討しています。さまざまな研究によって新しい説がどんどん出てきますから、IPCCも国環研も科学的に相関が認められそうなことは検討しなければなりません。たとえば、宇宙空間から飛来する宇宙線による雲の形成への影響が温暖化を左右する主原因とする説については、IPCCによると、その可能性はまだゼロとはいえないが低いとされています。一方でそれに対する研究も進んでいますので、今後、今までわれわれが気づけなかったような現象が見つかる可能性もあります。

広兼 『事典』のなかで、水蒸気と温暖化とのかわりについては、成層圏での飛行機雲の影響が未解明な点としてあげられています。どの程度の影響を及ぼしうるかも未解明なのでしょうか。

向井 成層圏下部を飛んでいる航空機の燃料の燃焼により成層圏の水蒸気の生成が増加すると成層圏が暖まります。上が暖まると対流圏も暖まるという有意な相関があることをIPCCは紹介しています。

もう一つIPCCは、温暖化が進むと対流圏から成層圏に移動する水蒸気が増えるだろうと報告しています。熱帯の対流圏は高いところまでであるので、もち上がった大気は南北に輸送され、成層圏に水蒸気を少しですが供給しています。実は成層圏の水蒸気は少しずつ増えているという観測結果があります。

広兼 それは温暖化とどのような関係があるのでしょうか。

向井 温暖化すると対流が強くなります。その分、成層圏に水蒸気が入りやすくなるという説もあります。

広兼 IPCCの報告書以外にはあまり目にしませんので、もっと成層圏の研究が必要ということですか。オゾン層は修復されつつあるということで、地球環境研究センターでも重要な研究テーマにならなくなってきそうですが。

向井 研究の継続は必要です。温暖化が進むと成層圏のオゾンがこれまで以上に増えるともいわれています。成層圏と対流圏の間には熱の交換があり、これがかなりの寄与をしている可能性があります。

CO₂の大気中の寿命

広兼 CO₂は長寿命温室効果ガスですが、光合成で吸収されてしまう場合は寿命を終えたことになりませんか。大気中の寿命について明確には定義されていませんね。CO₂は缶詰にしておけばずっとCO₂のまま変質しないのでしょうか。

向井 缶詰にすればCO₂のままです。大気中の寿命については結構難しいです。CO₂の除去は光合成によるものと海洋による吸収とがあります。光合成で除去されても呼吸で戻されます。同様に海洋にも吸収と放出があります。数字でいうと700GtくらいのCO₂が大気中にあり、それに対して光合成量は年間100Gt程度で、呼吸で100Gtを戻しています。海洋のことを考慮しなくても、700Gtのうち100Gtは入ったり出たりして入れ替わっています。しかし、陸域生態系や海洋が最終的に吸収するのは、年間1~4Gt炭素くらいでしょうか、700Gtの炭素はなかなかなくなるということになりますね。



前提となっている数値等に関する知識も重要

広兼 地球温暖化を考える上で非常に基礎的な物理・化学定数、たとえば温室効果ガスの放射吸収強度の数値や、地球のアルベド（約30%）の値についてですが、時代とともに変化するものとあまり変わらないものがあります。これらはどのように定められ、合意されるのでしょうか。IPCCのメタンの地球温暖化係数^[1]は、21から25に変わりましたね。これはどういうことなのでしょう。

向井 まわりの状況によって計算し直しているからです。相対的に変化しています。

広兼 単体としての係数が変化するという事は、物理的な性質をきちんと把握していないということですか。

向井 そういうことではありません。CO₂の温暖化への寄与率はCO₂濃度によって変わりますから、CO₂による影響に対するメタンの係数も変わってきます。それはリニア（直線）的な変化ではありません。

広兼 放射強制力は波長みたいに一義的に決まるものですか。

向井 放射強制力は産業革命以前と比べています。2015年のCO₂濃度と産業革命以前の濃度と比べてどれだけワット数が変化したかを比べているので、これは動きません。

広兼 分子量や原子量は正確に測られていることになっていますが、前提にしているものはよもや間違っていたりしないでしょうね。

向井 地球温暖化係数は100年で計算されて、排出量を決めるときにCO₂換算にして使われていますが、100年だからいいとかそういったものでなく、ある意味決めごとであり、物理的にかっちりと決まるものではないと思います。

広兼 実は、先日、一般の人から、CO₂濃度をNDIR（Non-dispersive infrared absorption method）法で同定できる根拠がどこかに説明されているかと質問されました。たぶん彼はその原理を知りたいのだと思いました。前提にしている部分についてもきちんと説明できるようにならないといけないと思いました。

向井 検出の原理があっても、妨害とかも含めて検討して分析化学が成り立っているんで、最後は標準ガスのようなもので校正することにはなりません。気候の科学は巨大な情報のかたまりで、すべてを把握している人はあまりいないかもしれません。いろいろな人の協力のもとに成り立っている総合科学みたいなものです。またこれが気候の科学の大きな特徴でもあります。

次の『事典』では科学的な内容が一新する

広兼 次回、『事典』を執筆するとしたら、書きたい内容はありますか。

向井 科学的知見がどんどん増えて、もう少しリアルにこれがこうなっていたというのがわかってくるといいますから、それを書きたいです。

広兼 どんな点がリアルになりそうでしょうか。

向井 まだわからないですが、研究者は誰も一つの研究テーマみたいなものを追求していますが、関連する研究が進めば互いのつながりがよく見えてくるので、切磋琢磨みたいにとんども研究が展開していくと思われまます。ですから、次に『事典』を作るとしたら、科学的な内容が一新する可能性があります。本筋はそんなに変わらないとしても、もっと確定的なことや、重要なことがわかるのではないのでしょうか。とくにエアロゾルに関しては、まだあまり理解が進んでいませんから新しい研究成果が書けるといいです。



広兼 そのためにはどういう研究を進めていけばいいのでしょうか。

向井 モデルの研究も必要ですが、エアロゾルなどの観測が大きく遅れをとっています。

広兼 どんな観測ですか。

向井 エアロゾルの量的なものもそうですが、エアロゾルの中身を見なければなりません。煤など黒色のものは熱を吸収するので、エアロゾルのなかでも温暖化物質ですが、硫酸塩は白色なので寒冷化物質ということになります。そういうふうに分けながら、どのようなエアロゾルが世界のどのあたりにどれくらいあるかという分布までわかるようにならないといけません。それが、雲の核としてどの程度どの地域で効いているのかなど、あまりよくわかっていないと思います。

広兼 お話を聞いていて、まだまだ明らかにしなければいけないことがたくさんあると思いました。

脚注

1. 代表的濃度パス（Representative Concentration Pathways: RCP）はIPCC第5次評価報告書で取りまとめられた気候変動予測シナリオで、2100年における1750年に対するおおよその合計放射強制力の変化によって区別される。2100年以降も放射強制力の上昇が続く「高位参照シナリオ（RCP8.5）」、放射強制力が2100年以前に約 3W/m^2 でピークアウトし、その後減少して2100年ごろには 2.6W/m^2 に低下する「低位安定化シナリオ（RCP2.6）」、これらの間に位置して2100年以降に安定化する「高位安定化シナリオ（RCP6.0）」と2100年までに 4.5W/m^2 に安定化する「中位安定化シナリオ（RCP4.5）」の4シナリオがある。RCPシナリオは、「排出シナリオに関する特別報告書（SRES）」のシナリオと比べて、21世紀の気候政策の範囲を表現できるものとなっている。
2. ある一定期間におよぼす地球温暖化の影響について、 CO_2 の影響を1としたときの係数。京都議定書の第一約束期間は、IPCC第2次評価報告書（1995）の100年間の影響値を用いていたが、2015年提出インベントリ以降（いわゆる京都議定書の第二約束期間）は、IPCC第4次評価報告書（2007）の100年間の影響値（例、 CH_4 : 25、 N_2O : 298）を用いている。

*このインタビューは2017年1月23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」は地球環境研究センターウェブサイトにもとめて掲載しています。また、第1回からとりまとめたものをCGERレポートとして発行する予定です。

謝辞！ 気候変化的科研工作者

— 日中の学生がセンター訪問で学んだもの —

早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科 吉田徳久・納富信^{のうとみ}

1. はじめに

2017年1月12日に、早稲田大学と北京大学の学生を率いて、地球環境研究センター（以下、センター）を視察しました。早稲田大学環境・エネルギー研究科と北京大学環境科学与工程学院は、2009年度から修士学生を対象に「日中環境実践研究」と称する授業を共同で実施しています。両大学の学生が交流しながら、双方の国の環境・エネルギー政策や経済・社会動向への理解を深めるのがねらいです。授業は10月から両大学でそれぞれ進め、TV会議を通じて交流もします。最後は、正月休み明けに北京大生と教員が1週間来日し、早稲田の学生と一緒に日本の環境政策や研究事情を視察します。これを“東京ラウンド”と呼んでいます。

2. センター訪問まで

この授業では毎年の“お題”を決めます。今年のお題は『パリ協定採択後の日中両国の気候変動政策』ですから、東京ラウンドにセンターの訪問は欠かせません。昨年の秋から視察の受け入れをお願いし、センターの広兼克憲氏を中心に4時間という長丁場の視察行程の調整を進めてきました。中国側の学生の湖沼汚濁への関心も高かると、茨城県霞ヶ浦環境科学センターと国立環境研究所の水環境保全再生研究ステーション（霞ヶ浦臨湖実験施設）も見学コースに含めました。

2016年度の東京ラウンドの参加者は早稲田大7人、北京大5人の学生と、両大学の教員3人、助手・TA各1人の計17人でした。センター訪問の前日11日には国環研主席研究員の徐開欽（Joe Kai-Qin）氏を水環境保全再生研究ステーションにお訪ねしました。徐氏が浄化槽研究に注ぐ熱い想いと、連発するジョークに学生たちは大いに惹かれました。水質改善が喫緊の課題である中国で浄化槽が有用なことも理解しました。翌12日の午前に産業技術総合研究所で二酸化炭素回収貯留（CCS）関連研究施設を見学し、午後いよいよセンターの訪問となりました。

3. センター訪問の当日

前半では気候変動リスク評価研究室長の江守正多氏にICA-RUSプロジェクトのご紹介をいただきました。気候変動に伴う広範な分野のリスクを学術統合的に評価し、人類がとりうる選択肢を整理することを目的とする、最先端の温暖化研究です。科学知見の不確実性と気候変動に伴う事象の不連続性（ティッピング・エレメント）が多々存在する中で、“人類はどこまで気候変動リスクを甘受しうるのか？ リスク管理にどこまで高い費用便益と社会合理性を求めうるのか？”という政策決定の根幹に係わる重い研究です。また、江守氏は社会にトランスフォーメーションを起こす必要性を、淡々としかしこだわりを持って語ってくださいました。わが国の温暖化対策論が、確たる見込みのない技術革新に下駄を預け、国民の省エネ意識高揚に問題を矮小化し、環境ビジネス論に流れることが多い中で、江守氏の講演は目から鱗が落ちる思いでした。現在も続くICA-RUSプロジェクトの成果が、温暖化議論の惰性を排して、トランスフォーメーションを呼び込む強い駆動力になることを期待しています。



写真1 江守室長から気候変動リスク研究についてうかがう

次いで、炭素循環研究室主任研究員の梁乃申（Liang Naishen）氏から、温暖化に伴う土壌からの二酸化炭素（CO₂）放出量増加に関する研究についてうかがいました。参加学生に中国人が多いことを慮って梁氏の説明は大部分が中国語でした。通訳を務めた中国留学生のTA女史は、いつもとは逆向きの翻訳に一瞬は戸惑いながらも流暢にこなしました。その後、野外に出て見学した土壌CO₂排出実験装置に、学生から熱心な質問が相次ぎました。



写真2 梁主任研究員の案内で土壌CO₂排出実験装置を見学

さらにパネル展示場で、地上・洋上はもとより衛星・航空機観測を加えた全球三次元のCO₂モニタリング・システムなどについて広兼氏からご説明をいただき、4時間はあっという間に過ぎました。



写真3 最後にセンター正面玄関で記念撮影

4. おわりに

後日学生から提出されたレポートには、日本の環境研究のレベルの高さへの驚嘆とともに、日本の優れた研究機関で活躍する中国出身の研究者への畏敬の念が多く綴られていました。センター訪問は、日中の架け橋を目指すこの授業にとって絶好の学びの機会になりました。お世話になった皆様方に心から感謝を申し上げ、今後の益々のご発展をお祈りいたします。

承蒙关照，非常感谢！北京大学师生一同（大変お世話になり、ありがとうございました。）

地球環境研究センターの活動に期待することを住明正理事長に聞きました

地球環境研究センターニュース編集局

国立環境研究所住明正理事長（理事（2012年10月から）および現職（2013年4月から））に、これからの地球環境研究センターの活動に期待することなどを、地球環境研究センターニュース編集局がうかがいました。



*このインタビューは2017年2月15日に行われました。

編集局 地球環境研究センター（以下、CGER）のこれまで活動について、印象に残っていること、感じていることなどをお聞かせください。

住 CGERの性質が1990年の設立当初と変わってきているので、そのあたりをよく考えた方がよいでしょう。CGER設立時の目的は、基盤的な研究と離れて、地球環境データベースや地球環境モニタリングなど事業的なものを進めることでした。それが第3期中期計画（2011～2015年度）で研究が入ってきたために、事業的なものと研究的なものとの間でうまく整理がなされていないという印象があります。手を広げるときは新しく始めればいいので比較的簡単ですが、これらを維持していくにはそれに伴う体力が必要です。2016年度に始まった第4期中長期計画では研究事業連携部門をつくりましたが、その一つである衛星観測は相当数の人が仕事をしないと回っていきません。衛星観測で得たデータを利用する研究者がたくさんいますから、中核となって衛星システムを維持していく人たちを育てていく必要があります。モニタリングも同様で、始めたときは研究目的でよいのですが、維持しようとするだけではだめなんです。その仕組みをどうするかというのがカギだと思います。個人的な意見としては、CGERだけでなく、国立環境研究所（以下、国環研）は事業的な側面を強化していくほうがよいと思います。さらに、現在いわれている具体的なアプリケーション、政策的な対応も大事です。大学の研究者は政策に影響力なんてなかなか及ぼせませんが、国環研は環境省と連携しているので、影響力を及ぼしやすい立ち位置にあります。ですから、現実的なことを進めるというのがこれからの課題だと思います。現在は、知識がいくらあっても具体的な行動が伴わなければ意味がないという風潮になっています。それは結構正しいのです。しかし、製品開発などと違い、社会的なアクションは評価が難しく、しかも評価が分かれることが多いです。人の価値判断は多様ですから。そういうなかでどの程度評価するかというのはこれからのカギだと思います。低炭素研究プログラムは、CGERと社会環境システム研究センターが共同で進めるようになっていきます。基礎的な観測から社会への応用までを含めた大きなプログラムで、組織的にどうまとめていくのが課題だと思います。

編集局 地球温暖化だけで世の中の気候が変わっているかのように報道されますが、多くの人が暮らす都市では、ヒートアイランドなど廃熱の問題も地球温暖化と相乗的に影響していますね。しかし、ヒートアイランドの研究は国環研ではあまり行われていません。

住 全部をカバーできませんから、適宜やるということだと思います。結局、研究所としての管理・運営が一番問題です。国環研はエコチル調査コアセンター（子どもの健康と環境に関する全国調査）など多様な分野を含んでいますから、組織の運営が非常に難しいです。CGERはCGERのアイデンティティは何かというのをよく考えた方がいいと思います。



編集局 以前、とある大学進学の子供が出した大学のガイドのなかに面白い記述がありました。環境問題を勉強したい人はこういう大学に進学するのがお薦めのようなことが書かれてあったのですが、東京大学はコンピュータシミュレーションに力を入れていて、国環研と協力している。京都大学は社会的な側面をモデル化して国環研と協力している。国環研は分野をうまくわけて、大学と協力している研究所という表現でした。先ほどCGERのアイデンティティとおっしゃいましたが、大学との戦略的連携というのはあり得るでしょうか。

住 CGERができた頃、スーパーコンピュータを導入してグローバルな気候モデルを作り、温暖化対策を進めることになりました。しかし、国環研にはそのための研究者が少なかったため、東京大学に丸投げする形で一緒に研究するという判断を経営陣がしたところが立派でした。国環研の研究者を自由に使っていて、いっさい口を出さないというのは、なかなかの大英断だったと思います。今よりCGERを設立したときのほうがはるかに戦略的でした。

編集局 CGERではビデオでの解説シリーズ（ココが知りたいパリ協定 <http://www.cger.nies.go.jp/ja/cop21/>）のYouTubeからの配信、フェイスブック（<https://www.facebook.com/niescger>）でのCGERニュース記事メイキングビデオアップロードなど、研究者が直接語りかけるコンテンツを導入しています。理事長からのアドバイスも踏まえて取り組んでいるつもりですが、さらなるアドバイスがあれば是非お聞かせください。

住 YouTubeで見ると、アメリカのレクチャーみたいなものはものすごくできがいいです。日本のものはもうちょっと魅力的なデザインにならないかなと思います。CGERのコンテンツをYouTube化したのは、記事を読んで下さいというのではなく、短いスポット的に見られるので、非常にいいと思います。

編集局 最近はヘッドギアをして音や画像を体験できるものが流行っています。そういうものも取り入れてみたいのですが、最終的にはアメリカのレクチャーみたいなものを目指したいと思います。

住 マスメディアのなかにはビジュアル的に高いスキルをもっているところがありますから、そういうところと一緒に番組作りをやって、その画像を使わせていただくのもいい方法だと思いますね。



編集局 春と夏の研究所の一般公開のパネルディスカッションでは、パネリストとして毎日新聞の記者にも出ていただいています。ビジュアル的に強みをもっているマスメディアにもアプローチしていきたいと思います。

ところで、若い研究者がいい研究をするというのは昔から言われていますが、若い世代と上手にコミュニケーションをとり、若い人の力を引き出す秘訣のようなものがあれば教えてください。

住 今の若い人は優秀だと私は思いますから、何でも好きにやっただけのほうがいいでしょう。そして、私たちは愛される年寄りになればいいのではないのでしょうか。

編集局 具体的にはどういうふうにすればいいのですか。

住 甘やかすのではなく、若い人の可能性を広げるような方向に私たちは働いた方がいいです。そして若い人にポジションを提供して、チャンスを与えるべきです。

編集局 最後に、これからの地球環境研究について、CGERへの期待も含めてアドバイスをお願いします。CGERは地球温暖化以外にもUVのデータを提供する業務などを行っています。

住 地球観測で難しいのは、必要とされるものがその時々で限られていることです。たとえば長期間の気候データが必要ですが、測っている途中では全部必要だとは誰も言いません。必要になったときに昔のデータはありませんかと言ってくるのです。世間というのは非常に勝手ですが、それを言っても仕方がないので、きちんとするのが仕事です。たとえば、オゾン観測は利用先を考えながら業務化した方がいいと思います。問題は気象庁の観測と何が違うのかというところです。

編集局 CGERの役割としては、仕分けを期待されているのでしょうか。

住 どんな事業でも同じですが、立ち上げのときに小規模で始めるのですが、ある程度軌道にのると必ず危機がきます。事業的に展開していかなければなりませんから。CGERもある程度成熟し、事業フェーズに入ってきています。そういう段階に合っている人がいるはずですが。立ち上げにかかわった人は次の立ち上げに回すべきです。ものごとを始めるということと続けていくということはまったく違う才能が求められるということを確認に意識したほうがいいです。



富士北麓カラマツ林サイトにおける林床部炭素フラックスの長期観測

—10年の観測結果から—

地球環境研究センター 炭素循環研究室 特別研究員 寺本宗正

*第103回低炭素研究プログラム・地球環境研究センター合同セミナー（2017年1月13日）より

全球規模では、年間約98Gt（1Gt [ギガトン] = 10億トン、炭素換算）の二酸化炭素（CO₂）が土壌から放出されています（土壌呼吸）。土壌呼吸は植物根の呼吸と、微生物による土壌有機炭素の分解（微生物呼吸）に起因します。微生物呼吸は土壌呼吸の半分以上を占めており、温度上昇に対して指数関数的に増加する性質があります。そのため、地球温暖化によって土壌有機炭素の分解が促進され、地球温暖化に拍車をかけるという正のフィードバックが懸念されています。2010年にNatureに掲載された論文（参考論文1）によると、1990年以降、土壌呼吸は年間0.1Gtのペースで増加していると報告されています。しかし、一つの観測点で、長期的な温暖化が土壌呼吸にどのように影響するかを示した検証例は非常に限られています。そこで、私たちは独自に開発したチャンバーシステムによって、さまざまな観測拠点において土壌呼吸を含む林床部の炭素フラックスの観測を長期的に行い、温暖化や攪乱が森林の炭素循環にどのように影響するかを明らかにするため、研究を行っています。

私たちのチャンバーシステムは、日本、中国、マレーシア、台湾など、アジアモンスーン地域を中心に、世界各地に展開されています。日本には観測拠点が特に多く設けられており、天塩（北海道）から宮崎までの10拠点の森林で、継続的な長期連続観測を行っています。この中には、地球温暖化を想定した温暖化操作実験を行っている拠点や、タワー観測も含めた統合的な炭素フラックス観測と連携したサイトもあります。宮崎で6年間行った温暖化操作実験の結果は、2016年10月Scientific Reportsに掲載され、大きな反響がありました（観測結果の詳細は、寺本宗正ほか「地球温暖化によって土から排出される二酸化炭素の量は増えるのか？—6年間の検証実験から—」地球環境研究センターニュース2017年1月号を参照）。今回は、日本の中央部にある富士北麓フラックス観測サイト（以下、富士北麓サイト）のカラマツ林における観測結果を紹介します。

1. 富士北麓サイトの概要

富士北麓サイトは北緯35度26分、東経138度45分に位置し、標高1050～1150m、年平均気温8.8°C（2006～2010年平均）、年間降水量1715mm（2006～2010年平均）です。私たちの観測では、チャンバーシステムを自ら組み立て、観測現場に運んでセッティングします。セッティングしてしまえば自動的にデータが得られるわけですが、実際には置いておきさえすればいいというわけではありません。積雪で壊れたり強風で倒れたりすることもあり、定期的なメンテナンスが必要になってきます。長期的に良質なデータを得るということは、多大な時間と労力、経費がかかるということを実感しています。

富士北麓サイトには、縦横90cm、高さ50cmと1mのチャンバーを合計24台設置しています。これらは、土壌呼吸を観測するための土壌チャンバー、微生物呼吸だけを測る根切りチャンバー、林床植生も含めた交換量を測定する高さ1mの植物チャンバーの3種類から構成されています。チャンバーはすべて制御装置につながれ、扉を自動開閉して観測を行っています。



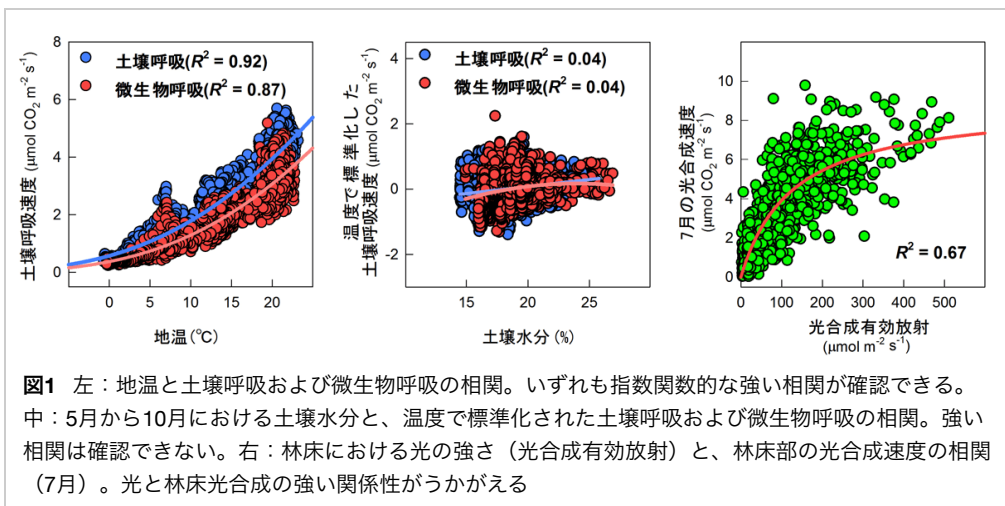
2. 観測：①さまざまな環境因子が炭素フラックスに与える影響、②間伐後の炭素フラックスの変化

富士北麓サイトでは2006年に観測を開始し、これまで10年間連続観測を行ってきました。この10年間のデータから、さまざまな環境因子が林床部の炭素フラックスにどのように影響しているのか、変動の因子を抽出しました。この解析では、2006年から2013年のデータを使っています。一方、2014年5月、2015年3月にカラマツの間伐（森林において樹木の健全な発育を助けるために一部の木を切ること）が行われ、最終的にサイトのカラマツ林の1/3が伐採されました。そのため、林床部の環境が大きく変化しました。2014年以降は、間伐が林床部の炭素フラックスにどのような影響を与えるのを見ていくことができると考えています。

3. 呼吸と温度、光合成と光の強さの有意な相関

2006年から2013年において、土壌呼吸は炭素換算量として平均年間約8トン、林床部の呼吸は、植物の呼吸も含めて、平均年間約10トン程度が放出されていました。林床部の植生による光合成量は、年間約3トンなので、差し引きの交換量としては、林床部は年間約7トンの炭素放出源となっていました。

林床部炭素フラックスに影響を与える環境因子について考えてみます。陸域生態系の炭素収支に影響を与える代表的な環境因子として、温度・水分・光があります。観測結果から、土壌呼吸、微生物呼吸とも温度との間に強い指数関数的相関が見られ、温度が非常に顕著な影響を与えていることがわかります。一方で土壌水分については、5月から10月の植物の成長期における、土壌呼吸、微生物呼吸と水分の相関はあまり高くありません。つまり、富士北麓サイトでの土壌呼吸に対しては温度が強く影響していますが、水分の影響は弱いということです。光環境についてはどうでしょう。林床部の光合成に関しては、光環境が非常に強く働いています。成長期における林床部の光の強さ（光合成有効放射）と、林床部総生産量の年別積算値の間には、有意な正の相関が認められています。



地球環境研究センターの研究者が進めている、タワー観測による森林生態系の炭素フラックスとの比較も行っています。富士北麓サイト内に設置している、約32mの高さのタワーによる観測データでは、富士北麓サイトにおけるカラマツ林全体（間伐前）の光合成は年間約20トン、呼吸は年間約15トンという結果が得られています。われわれのチャンバースystemによる観測では、林床部の光合成が約3トン、呼吸は約10トンですから、それぞれ生態系の合計値に対して15%、65%程度に相当します。そういう規模から見ますと、林床部は森林生態系の炭素収支に対して、大きな割合を占めていることがわかります。

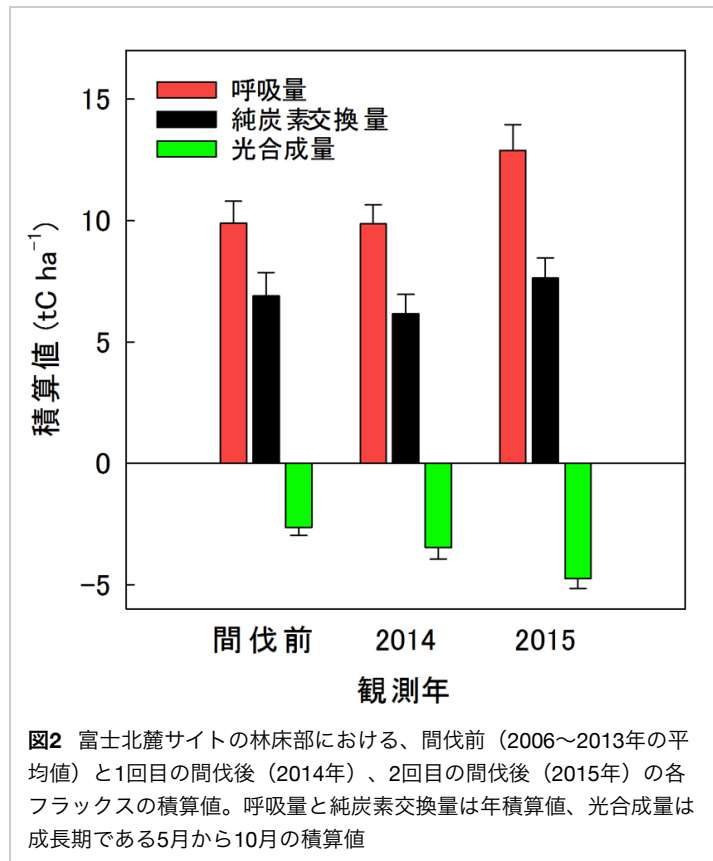


写真2 富士北麓サイトの観測タワー

4. カラマツ林伐採による呼吸量と光合成量の増加

2014年5月、2015年3月と段階的に行った間伐後、林床部の炭素フラックスはどう変化したのでしょうか。30%のカラマツを伐採することで、成長期の林床部において、光合成に有効な波長の光の強さが約65%上昇しました。それによって林床部の光合成量（炭素の吸収量）は約80%増加しました。また、間伐によって直達光が増えて、林床部

の地温が上がり、林床部の呼吸（炭素の放出量）も約30%増えています。差し引きますと、林床部の純炭素交換量は10%の放出量増加となり、それほど大きな数字ではありません。呼吸も光合成量も増えたので、結果として打ち消し合うことで、正味の交換量にあまり変動が見られなかったものと考えられます。



私たちは、今後も継続的にこのサイトで観測を続けていくことが重要であると考えています。

参考論文

1. Bond-Lamberty, B. & Thomson, A. Temperature-associated increases in the global soil respiration record. Nature 464, 579-U132, doi:10.1038/nature08930 (2010).

最近の研究成果

ライダーによる北東アジアからの高濃度オゾン・エアロゾルの同時観測

地球環境研究センター 衛星観測研究室 高度技能専門員 内野修

地球環境研究センター 衛星観測研究室 主任研究員 森野勇

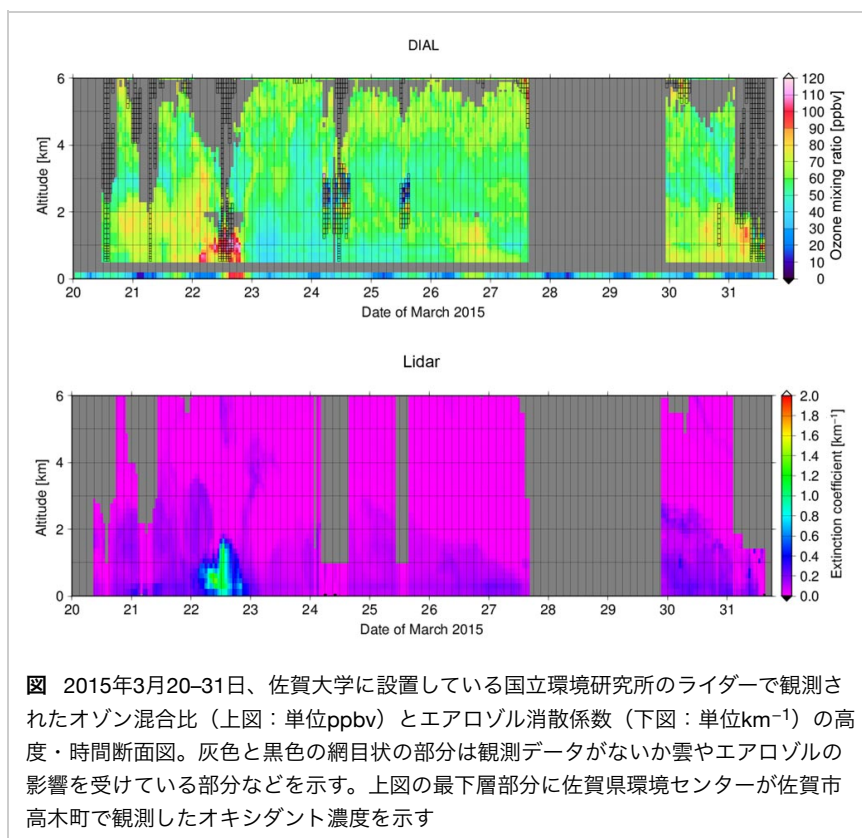
温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT）の検証のために2011年3月から佐賀大学でライダー観測を行っている。

2015年3月20日から31日まで天気の悪い時間を除いてライダーによる連続観測を行ったところ、22日午前3時から午後20時にかけて高度0.5～1.5kmに高濃度のオゾンとエアロゾルが観測された（図）。オゾン濃度の最大値は110ppbv、また、波長532nmにおけるエアロゾルの消散係数と光学的厚さ^[1]の最大値は 1.2km^{-1} と2.1であった。

これらの高濃度エアロゾルとオゾンは、後方流跡線解析^[2]や数値シミュレーションの結果から、ゴビ砂漠で発生した大きな粒径（ $>1000\text{nm}$ ）のダストと華北平原における高濃度の小さな粒径（ $<1000\text{nm}$ ）の硫酸粒子やオゾンであり、2日程度で佐賀に輸送されたことが分かった。

また、佐賀県が行っている地上観測データも合わせると、日中地面に陽が当たり混合層が発達した時に、これら高濃度のオゾンとエアロゾルが鉛直混合することにより地表に達したため、環境基準を大きく上回るオキシダント（ほぼオゾン濃度と考えてよい）とPM_{2.5}の濃度が観測されたものと推察される。

ライダーと地上観測および数値シミュレーションを用いたこのような研究は、高濃度汚染物質がどこで発生して日本に輸送され、地上の大気質を悪化させるかを明らかにする上で重要である。



ppbv = parts per billion by volume = 体積混合比で10億分の1

nm = 10^{-9} m

脚注

1. 光の透過の程度を表す量で、光学的厚さが2.1の場合は $\exp(-2.1) = 0.12$ だけ通す
2. 大気塊を質点とみなして、その移動軌跡を気象データを用いて計算すること

本研究の論文情報

Lidar detection of high concentrations of ozone and aerosols transported from North Asia over Saga, Japan

著者： Uchino O., Sakai T., Izumi T., Nagai T., Morino I., Yamazaki A., Deushi M., Yumimoto K., Maki T., Tanaka T. Y., Akaho T., Okumura H., Arai K., Nakatsuru T., Matsunaga T., Yokota T.

掲載誌： Atmospheric Chemistry and Physics, 17, 1865-1879, doi:10.5194/acp-17-1865-2017, 2017.