

地球環境研究センターニュース

独立行政法人 国立環境研究所

Center for Global Environmental Research

Vol. 24 No. 4

2013年(平成25年)7月号(通巻第272号)



【マレーシア国半島中央部のパン低地熱帯林に設置されている微気象タワー(左)とキャンピー・ウォークウェイ(右)(10ページ参照)】

Contents

- 第9回二酸化炭素国際会議参加報告(1)
 - 二酸化炭素の最前線 2
- 温室効果ガスを測るひとびとの集い:GGMT-2013参加報告 5
- Negative Emissions workshop 報告
 - 負の二酸化炭素排出の可能性をさぐる— 8
- 国立環境研究所における熱帯林研究の新しい取り組み 10
- 長期観測を支える主人公—測器と観測法の紹介— No.6
 - 地球温暖化と土と二酸化炭素—土壌からのCO₂フラックス観測を支える箱— 13
- 地球科学の最近の動向:EGU2013年総会に参加して 16
- アクセスランキング 18
- 「地球温暖化研究の最先端を見に行こう」春の一般公開における講演会概要(2)
 - 実現可能な低炭素社会像の提案に向けて:
 - 統合評価モデルによる日本低炭素社会デザイン 19
 - 低炭素社会に向けたロードマップ:研究から社会実装に向けて 21
 - 世界が低炭素社会に向かうために:
 - 望ましい国際制度の姿と主要国の巻き込みのための仕掛け 24



第9回二酸化炭素国際会議参加報告(1) 二酸化炭素の最前線

地球環境研究センター 特別研究員 安中 さやか

1. はじめに

第9回二酸化炭素国際会議 (International Carbon Dioxide Conference: ICDC) が、6月3～7日に中国北京市で開催された(写真1)。筆者は本会議に出席し、国立環境研究所(以下、国環研)で実施している海洋表層二酸化炭素(CO₂)分圧観測をもとにした全炭酸推定に関するポスター発表を行った(写真2)。以下、本会議の概略および本会議で報告された海洋炭素循環に関する最新の研究成果を紹介する。



写真1 第9回二酸化炭素国際会議、会場入り口

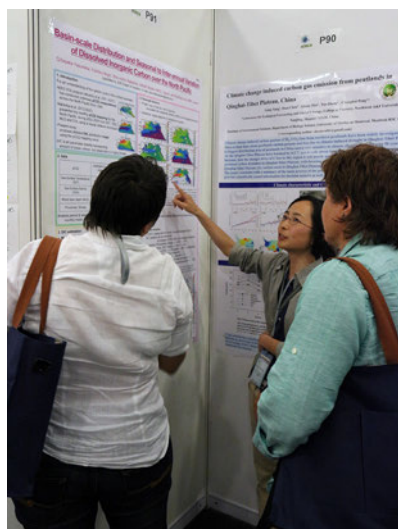


写真2 ポスター発表する筆者(右から二人目)

懸念されたPM2.5や鳥インフルエンザ問題をものともせず、400名以上の研究者が参加し、口頭発表が128件、ポスター発表が322件あり、活発な議論が行われた。ドイツ・マックスプランク研究所のHeimannが紹介したICDCの歴史によると、第1回ICDCは、大気CO₂濃度の増加が認識され始めた1981年、40名の参加のもと、スイス・ベルンで開催されたが、その後、参加者が増えているとのことで、関心の高さがうかがえる。また、発表も、大気、陸上、海洋におけるCO₂研究から、CO₂排出を抑えるための政策にも言及する社会学的な研究まで、広範囲に及んでいた。

参加者リストから参加者の所属国を数えてみたところ(図1)、開催国の中国からの参加者が130名と最も多く、北京市のみならず、中国各地から集まっていた。次に多かったのは米国から(73名)で、日本からの参加者は55名で3位だった。ちなみに、国環研からの参加者は、17名だった。

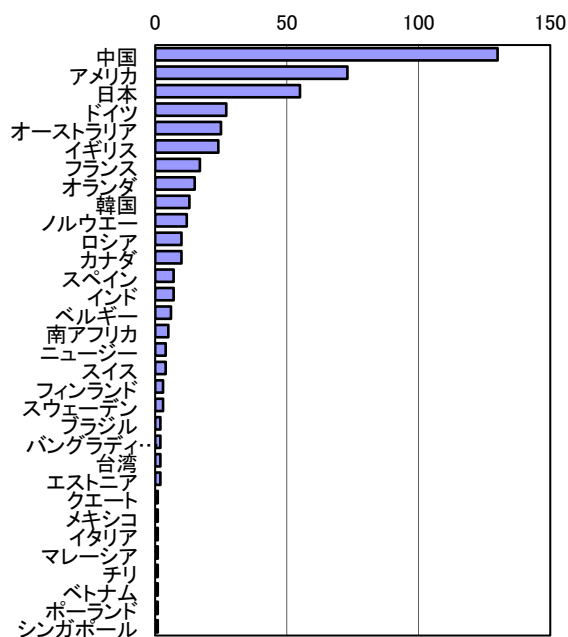


図1 所属国別のICDC参加者数



2. CO₂ 排出量と大気中の CO₂ 濃度上昇 —近年の動向—

イギリス・イーストアングリア大学の Le Quéré は、CO₂ 排出量の年々変化を国別に示した。ヨーロッパ連合 (EU) やアメリカの排出量は頭打ちから減少へと転じる一方、中国やインドの排出量は増加している。特に 2000 年以降の中国の排出量の増加は凄まじく、2006 年以降、世界最大の排出国となるとともに、世界全体の排出量が、IPCC 第 4 次評価報告書の予測シナリオよりも速いスピードで増えている原因になっていることを報告した。それに対して、中国からは、これまでは政府のコントロールが効いていなかったことを認め、2030 年前後を目安に、対策を取る予定であるとの発表があった (中国・精華大学・Qi)。Le Quéré の一連の研究は、他の多くの発表の中でも紹介されていた。

また、近年、CO₂ 排出量に対して、大気中の CO₂ 濃度の増加が少ないとの指摘が多くなされた (イギリス・イーストアングリア大学・Le Quéré、アメリカ・NOAA・Wanninkhof、フランス・LSCE・Ciais、スイス・ETH・Gruber、オーストラリア・メルボルン大学・Rayner など)。新たなミッシングシンク (missing sink) とも言われ、その原因を探る研究報告がいくつかあったが、まだ、結論は出ていないようである。

3. 海洋の CO₂ 吸収とその時空間変化

海洋は、陸上生態系と並んで、人為起源 CO₂ の二大吸収源であると考えられている。海洋全体では、2GtC 前後の CO₂ を吸収していると見積もられており、吸収域の地理的分布や時間変化の詳細が、徐々に明らかになっている。

大気海洋間の CO₂ 交換を推定する主な手法は、次の二つである。ひとつは、海洋 CO₂ の観測値と、水温や塩分など物理場との関係を統計的に導出する方法 (イギリス・イーストアングリア大学・Landschützer、国環研・中岡、オーストラリア・ニューサウスウェールズ大学・Sasse など)、もうひとつは、モデルに観測値を組み込んで計算する方法 (オランダ・SRON・Houweling、国環研・Maksyutov など) である。しかしながら、両者とも、特に観

測数の少ない領域での不確実性が大きく (フランス・LSCE・Peylin、アメリカ・ウイスコンシン大学・McKinley、イギリス・イーストアングリア大学・Watson など)、今後の研究の進展が待たれる。

海洋内部での CO₂ 変動を、海洋の流れ (循環場) や気候変動に結びつけた研究がいくつかあり、興味深かった。全球規模で見た海洋表層から内部への炭素の輸送は、生物活動によるものよりも、海洋循環場に伴うものが卓越しており (フランス・LOCEAN・Levy)、海面から水塊が効率的に運ばれる海域で人為起源 CO₂ の蓄積が見られた (気象研・Ishii)。熱帯太平洋域におけるエルニーニョと CO₂ フラックス変化の関係 (イギリス・イーストアングリア大学・Landschützer、国環研・中岡) や、インド洋南部での風の変化と海洋内部の CO₂ 変動の関係 (インド・熱帯気象研究所・Valsala) が報告された。

海面で吸収された CO₂ は、全炭酸として海洋の炭素循環に組み込まれる。そこで、筆者は、国環研で実施している海洋表層 CO₂ 分圧観測をもとに、2002～2008 年北太平洋域における全炭酸のマッピングを行い、これまでにない精度で推定ができたことを報告した (図 2)。そして、全炭酸の季節変動は各領域での生物生産をよくあらわしており、その経年変動は、北太平洋域における卓越した気候変動である北太平洋 10 年規模変動 (Pacific decadal oscillation: PDO) と密接にかかわっていることを示した。

筆者らの研究室も参加しているプロジェクトの一つである SOCAT は、会議期間中に 2011 年末までの観測データを対象とした ver2 が web 公開され、世界中の誰もがデータを取得できるようになった。また、ver3 に向けたスケジュールも決まった (イギリス・イーストアングリア大学・Bakker)。

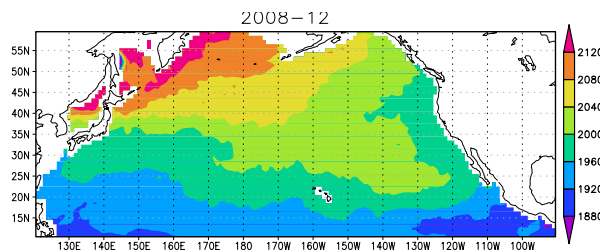


図 2 全炭酸のマッピング結果の一例 (2008 年 12 月; 単位は $\mu\text{mol/kg}$)。

4. おわりに

筆者は、ICDC に初めて参加し、CO₂ 研究に関する世界の最新動向を幅広く知ることができ、近接分野の研究者の間での情報交換が行えたことは、今後の研究を進めるうえで、非常に有用であった。なお、次回の ICDC は、4 年後、第 1 回の開催都市であるスイス・ベルンで、第 10 回記念大会として開催される。

【略語一覧】

気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC)

アメリカ海洋大気局 (National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA)

気候環境科学研究所 (Laboratoire des Sciences du Climat et de l' Environnement: LSCE)

チューリッヒ工科大学 (Eidgenössische Technische Hochschule Zürich: ETH)

オランダ宇宙研究所 (Netherlands Institute for Space Research: SRON)

海洋気候研究所 (Laboratoire D' océanographie et du Climat: LOCEAN)

海洋表層 CO₂ 統合データベース (Surface Ocean CO₂ Atlas: SOCAT)



震める北京



ホテルの部屋から見たホテル群

第 9 回二酸化炭素国際会議の会場は、オリンピックのメインスタジアム「鳥の巣」のすぐ隣で、周囲は高層のホテル群に囲まれていた。1980 年代には 60% の人が自転車を使っていたのに対し、現在では、35% の人、つまり 600 万人の人が車を使っているとの発表があった (ドイツ・ハンブルグ大学・Jiang) が、まさにその通り、道路には車があふれており、道を渡るには、車に轢かれる様に、何度も何度も左右を確認せざるを得なかった。そして、晴れているけど空気が淀んでいるのか、単に曇り空でもやがやかかっているのかわからないが、少し離れた建物はぼんやりとたたずんで見えた。活気に満ち溢れた会場との対称的な風景が印象的だった。

(安中 さやか)



温室効果ガスを測るひとびとの集い：GGMT-2013 参加報告

地球環境研究センター炭素循環研究室 主任研究員 寺尾 有希夫

第 17 回 WMO/IAEA Meeting on Carbon Dioxide, Other Greenhouse Gases, and Related Measurement Technique (世界気象機関・国際原子力機関 二酸化炭素その他の温室効果ガスと関連物質の測定技術に関する会議、以下 GGMT-2013) が、2013 年 6 月 10 日から 14 日に中国・北京で開催された。地球環境研究センター(以下、CGER)からは、向井センター長が Advisory Committee、町田室長が Steering Committee のメンバーとして、運営に携わった。本会議は 2 年に一度開催されており、毎回 CGER の研究者が参加しているが、CGER ニュースの記事に取り上げるのは今回が初めてである。2011 年の第 16 回(ニュージーランド・ウェリントンで開催)より GGMT と呼ばれるようになったこの会議は、2009 年の第 15 回(ドイツ・イェナで開催)までは WMO/IAEA Meeting “of Experts” on Carbon Dioxide, Other Greenhouse Gases, and Related Tracer Measurement Techniques との名称で、通称 “Experts Meeting” と呼ばれていた。第 1 回の会議は 1975 年に米国・スクリプス海洋研究所において C.D. Keeling が主催して、ごく数人の Experts が二酸化炭素(CO₂)の測定技術について話し合いを行うものであった。その後、温室効果ガス観測の社会的必要性が向上したことや、会議で取り上げられる話題が多様化してきたこともあって参加者は増え続け、昨今ではごく数人の Experts が話し合うような場ではなくなっていたことから、第 16 回より会議名から “Experts” を取ることとし、略称も GGMT となった。

GGMT-2013 は、中国気象局が主催し、20 か国 45 機関から約 140 名の参加者があった。第 9 回 CO₂ 国際会議(ICDC9)の翌週に同じ北京市内で開催されたため、大多数の人が ICDC9 から連続で参加すると思われたが、今回は GGMT のみに参加した人がかなりいたように見受けられた。CO₂ 以

外を専門とする研究者が GGMT のみに参加するのはわかるが、大気 CO₂ 観測をリードする著名な研究者が ICDC を欠席し GGMT のみに参加している例も見られた。ICDC は数百人規模で「CO₂ 観測結果やモデリングから何がわかったか？」を発表する場なのに対し、GGMT はより小規模な人数で「いかに精緻な大気観測を行うか」を深く議論する場であり、後者のマニアックな感じを好む人が多いのかもしれない。

GGMT-2013 は、①スケール・標準・比較、②観測の統合・データプロダクトとポリシー、③CO₂ および CO₂ 以外の測定技術と校正、④同位体観測と校正、⑤温室効果ガス観測ネットワークとサイトの最新情報、のセッションで構成され、42 件の口頭発表と 43 件のポスター発表が行われた。GGMT では、それぞれの測定の現状や研究成果を報告するだけでなく、温室効果ガスの測定技術についての推奨(通称 WMO recommendation)の改訂が行なわれる。WMO recommendation は、GAW ネットワークの基準を満たすために、各ラボ間の差異の目標値(CO₂ 濃度は±0.1 ppm、など。測定誤差でないことに注意)や校正手法の指針などを示すものである。4 件ほどの口頭発表が終わるたびに、WMO recommendation の各章のリーダーのもと、ドラフトを全員で確認しながら、改訂の議論が行なわれた(写真 1)。

今回一番盛り上がったのは、初日の午後・後半に行なわれた「観測データ提供」に関する議論であった。まず、口頭発表では、オランダ・SRON の S. Houweling が、モデル研究者からのフィードバックとして、観測エラー情報の重要性、使いやすいデータ提供センターのあり方、データ提供者を共著者に入れるべきか(データ利用に関する謝辞と共著者になるかは別で、特に多数の観測データを利用する時には共著者ルールは適応できない、と

の見解)などを示した。続いて、米国・NOAAのK. MasarieがGlobalviewの後継としてのObsPackプロダクトの現状と将来、ならびに公正利用に関する声明(Fair Use Statement)について発表し、日本・気象庁の小出がWMOのWDCGG、フランス・LSCEのL. HazanがEUのICOS、ドイツ連邦環境庁のL. RiesがGAW、それぞれの現状と今後の計画について発表した。その後のrecommendationの議論で、データ提供者と利用者の関係、ポリシー、などについて、かんかんがくがくの議論があった(某ご意見番からは、そんな論文はリジェクトしたらいい、などの本音も)。ここまで腹を割って議論ができたのは良かったのではないかと思う。

WMOのO. TarasovaとNOAAのJ. Butlerは、今年GAWステーションの多くで月平均CO₂濃度が400ppmを超え、世界中でニュースになったことを伝えた。標準ガスや比較実験に関しては、以下のような発表があった。NOAAのB. Hallは、WMO基準であるNOAAのCO₂標準ガスを長年管理していた担当者が2010年に交替した影響(検定装置の体積比が変わったが、大きな影響は無し)や、一次標準の一つがドリフトしていることなどを報告した。スクリプス海洋研究所のR. Keelingは、スクリプスのCO₂標準にドリフトがあり、その一因が圧力測定器のガラス容積の経年変化であることなどを報告した。NOAAのP. Tansは、NOAA CO₂標準における¹³Cと¹⁸Oの同位体置換体について議論した。米国・NCARのB. Stephensとオーストラリア・CSIROのP. Krummelは、それぞれの観測サ



写真1 GGMT-2013におけるWMO recommendationの議論の様子。NOAAのK. Masarieと気象庁の小出寛氏がリードして、観測データ提供について活発な議論が行なわれた。

イトにおける比較実験の結果を発表した。NOAAのE. Dlugokenckyは、高濃度メタンの一次標準を重量法で作成したこと、新しい二次標準を作成したことを報告した。

前回のGGMT-2011では、キャビティリングダウン分光計(CRDS)を用いた温室効果ガスの濃度や同位体の計測の特性や精度に関する話題が多かったが、今回のGGMT-2013では、CRDSをさまざまな観測プラットフォームに設置し観測を始めました、という発表が多かった。CRDSがこの分野の計測ですでに主流になりつつあることの現れであろう。しかし、同位体分析に関しては、CSIROのC. Allisonが¹³CO₂値にメタン濃度が影響を与えていることを示したように、未だ改善点が多く残されていると感じた。CGERの勝又と奈良の発表は、それぞれ、波照間・落石地上ステーションと民間定期船舶にCRDSを設置して観測を行なった結果で、参加者が高い関心を示していた(写真2)。

WMO recommendationの議論に関して、筆者は、6月12日の午後に行われた放射性炭素(¹⁴C)測定の分科会に出席した(出席者は十数人、まとめ役はJ. Turnbull)。前回までのGGMTと大きく異なり、初参加の中国のラボからの参加者が過半数を占めた。¹⁴C分科会では、①Δ¹⁴C値のラボ間の差異の目標値を1‰から0.5‰にすること(異論が多かった)、②Δ¹⁴C値の計算の際にはδ¹³C補正と放射壊変補正を行うことにしているが、δ¹³CはAMS(加速器質量分析計、¹⁴Cの分析ができるが¹³Cの精度は低い)とIRMS(安定同位体比質量分析計、¹³Cを高精度に分析できるが、分析を行っていない

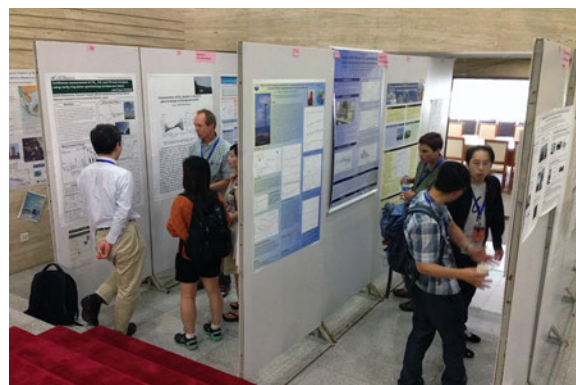


写真2 GGMT-2013におけるポスター発表会場の様子。CGERの勝又高度技能専門員(左端)と奈良高度技能専門員(右端)が参加者と議論している。



いラボも多い)のどちらを使うか、放射壊変補正は分析日と試料採取日のどちらで行うか、そもそも $\Delta^{14}\text{C}$ 値と誤差の計算の仕方が研究者によって異なるので計算式で明記すべきであること(いまさらですか?と思われるかもしれないが、実際にはこれが ^{14}C 分析研究の現状である)、③国際比較実験の進め方について、全大気(whole air)でなく CO_2 で行えないか、中国ではフラスコに詰めた大気の輸入が制限されているので中国気象局がシリリダーを用意して比較実験の中心になれないか、④AMS法と放射能計数管法の比較の推進、などが議論された。今回不参加だった研究者の意見の集約を行い、これから時間をかけて改訂作業を進めるため、これら全てが最終報告書に反映されるかはわからない。

高精度の大気中温室効果ガス観測の意義は、初日の基調講演でNOAAのJ. Butlerから出た言葉“*We cannot manage what we cannot measure.*”がよく表していると思う。大気モデル研究者のみならず、温暖化の緩和・適応研究者の方々にも、このような国際的な活動を通して温室効果ガスの高精度分析が実施・維持されていることを理解していただければ幸いです。

【略語一覧】

世界気象機関 (World Meteorological Organization: WMO)

国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency: IAEA)

二酸化炭素国際会議 (International Carbon Dioxide Conference: ICDC)

全球大気監視 (Global Atmosphere Watch: GAW)

オランダ宇宙研究機関 (Netherlands Institute for Space Research: SRON)

米国海洋大気局 (National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA)

温室効果ガス世界データセンター (World Data Centre for Greenhouse Gases: WDCGG)

気候環境科学研究所 (Laboratoire des Sciences du Climat et de l' Environnement: LSCE)

統合炭素観測システム (Integrated Carbon Observation System: ICOS)

米国大気研究センター (National Center for Atmospheric Research: NCAR)

オーストラリア連邦科学産業研究機構 (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation: CSIRO)

キャビティリングダウン分光 (Cavity Ring-Down Spectroscopy: CRDS)

加速器質量分析 (Accelerator Mass Spectrometry: AMS)

安定同位体比質量分析計 (Isotope Ratio Mass Spectrometer: IRMS)



Negative Emissions workshop 報告 —負の二酸化炭素排出の可能性をさぐる—

地球環境研究センター 特別研究員 加藤 悦史
地球環境研究センター 主席研究員 山形 与志樹

1. はじめに

近年の化石燃料利用による人為的二酸化炭素排出量は、IPCC 第5次評価報告書に用いられるシナリオのうち、最も排出が多くなるシナリオで描かれた2005年から2012年の排出量に沿う形になっていると、グローバルカーボンプロジェクト(GCP、注1)による最新の研究が明らかにしています。このような状況下で産業化以前からの平均気温上昇を2℃などの安全なレベルに抑えるためには、2020年までに排出のピークを抑え、21世紀の終わりまでには化石燃料による二酸化炭素排出を正味で負にする、すなわち大気中の二酸化炭素を何らかの技術等で取り除く必要性が指摘されています。この「負の排出」の可能性についての科学的・政策的関心が高まっているなか、今年4月15～17日に「負の排出と炭素循環(Negative Emissions and the Carbon Cycle)」と題されたワークショップが、GCPと国際応用システム分析研究所(IIASA)の共催でオーストリアのIIASAにおいて開かれました。

2. ワークショップの目的

2℃目標を達成するための解析に用いられる社会経済シナリオの多くにおいて、大規模なバイオマス燃料の利用とそれに伴う炭素回収貯留(Bioenergy with Carbon Capture and Storage: BECCS, 以下ではバイオマスCCS)が必要不可欠な形で仮定されています。バイオマスCCSは、植物が光合成によって生産した炭水化物を元にしたバイオマス燃料を利用しつつ、利用時に発生する二酸化炭素を回収・貯留することによって、結果的に二酸化炭素収支を負とするエネルギー利用の技術です。他にも、現時点ではバイオマスCCSに比べてコスト的に

見合わないと思われていますが、21世紀末には大気中から化学的に直接二酸化炭素を回収するといった方法も、シナリオによっては採用されています。しかしながら、これら負の排出技術とその帰結に関して、自然システムにおける炭素循環の観点から科学的に持続可能性の検討を行う、つまり、以下のような疑問点に答えることが必要です。①人為的な排出の増加と減少に対して地球の炭素循環は時間に対して対称的に応答するのだろうか？ ②削減目標達成のために必要な負の排出量には生物物理的な限界が存在するのではないだろうか？ ③シナリオで仮定されている事柄にまだ抜けている点があるのではないだろうか？ ④負の排出を行うことによる、食料、水、エネルギーの連関はどうなるのか？

3. ワークショップの詳細

今回のワークショップでは、負の排出と炭素循環という大きなテーマのもと、まずは以下の四つのセッションに分かれ各研究者の発表が行われました。



写真1 ワークショップ参加者の全体集合写真



- 1) 2℃などの安定化目標を達成するためにはどれだけの負の排出が必要であるか。
- 2) 負の排出が、気候変化と関わりつつ炭素循環へどういった影響を及ぼすのか。またその長期的な応答はどうなるのか。
- 3) 土地利用、水資源、生態系などさまざまな自然制約や潜在的な可能性を考慮した中で、どれだけ負の排出が可能なのか。
- 4) 負の排出の持続可能性、炭素回収貯留 (Carbon Capture and Storage: CCS) に伴う問題点は何か。

筆者らはセッション3と4において、生物物理的な制約を考慮したバイオマス燃料作物の生育可能性、バイオマスの運搬利用にかかわる社会経済的制約などを空間詳細に検討を行った場合での、バイオマス CCS による負の排出のポテンシャルについて発表を行いました。これらすべてのセッションにおいて、分野横断的な発表、議論が繰り返されました。実際、負の排出という比較的新しい概念には、こうした分野横断的な議論が非常に重要であると感じます。個々の発表に対する議論としては、①社会経済シナリオ内でのエネルギー利用、②負の排出技術利用のコストなどの前提についての疑問点や妥当性、③必要な削減量とその方法論、④バイオマス燃料のエネルギー利用方法におけるオプションと効率、⑤大気中の二酸化炭素を削減した場合の長期的な地球システムの応答、⑥陸域生態系を利用した場合の潜在的削減ポテンシャル、⑦ CCS における漏洩の問題、など多岐にわたりました。

全体的な議論として、負の排出技術の利用がビ



写真2 コーヒーブレイク中の議論 (手前右が加藤)

ジネスモデルとして成り立つのか、つまり経済的なインセンティブをどうするのか、炭素税の役割など、政策的・社会的な議論も繰り返されました。これらの全体議論の中の興味深い観点として、今後の排出削減率とバイオマス CCS などの負の排出技術の利用可能性との関係が挙げられます。つまり、もし負の排出技術が長期的に実現可能であれば近い将来の削減が後回しにされてしまうのではないのか、しかし削減が後回しになった場合、気温上昇目標を超えるオーバーシュートからの負の排出技術を利用した回復に、炭素循環の観点から非常に時間がかかる可能性があるのではないかといった点 (非対称性) です。また長期的に平均気温の回復が得られたとしても、空間的には以前の気候に必ず戻るわけではないという問題点もあります。これらに関して、気候変動のリスク管理研究を進める上で不確実性を含めた検討を注意深く行う必要性を感じました。

会議の終盤では、前半になされた発表、議論に基づきグループによる議論が進められ、文書化する方向でワークショップの閉会となりました。

4. おわりに

今回紹介した負の排出技術の議論では、単に大気中二酸化炭素削減にとどまらず、エネルギー利用や他のコベネフィット、相乗効果といった面を前向きに捉えるべきとの指摘がありました。しかし、例えばバイオマス CCS については、バイオマス燃料の利用、CCS の利用ともこれまで利用に伴うコストやリスクについて多く論争がなされてき



写真3 グループディスカッション後の各ワーキンググループ代表者による説明の様子

たトピックと関連し、慎重な議論が必要であるように感じます。さらに負の排出の実現には、政策的、社会的認識とそれを支える経済的枠組みも重要となります。今回のワークショップでの多面的な議論は、環境省環境研究総合推進費戦略的研究開発プロジェクト S-10「地球規模の気候変動リスク管理戦略の構築に関する総合的研究」の研究を進める上で、非常に意義深く、示唆をもたらすものであったと言えます。

 (注1) グローバルカーボンプロジェクト (GCP) は、

地球環境変動にかかわる国際研究計画 (IGBP, IHDP, WCRP, DIVERSITAS) の連携による「地球システム科学パートナーシップ (ESSP)」がスポンサーとなり 2001 年に発足した国際研究計画です。グローバルな炭素循環にかかわる自然と人間の両方の側面とその相互作用について、自然科学と社会科学を融合した分析を実施し、国際的な炭素循環管理政策の策定に役立つ科学的理解を深めることを目的として国際共同研究を推進しています。現在、(独) 国立環境研究所と豪州連邦科学産業研究機構 (CSIRO) に国際オフィスが設置されています。



国立環境研究所における熱帯林研究の新しい取り組み

地球環境研究センター炭素循環研究室 主任研究員 梁 乃申

熱帯林は全陸域面積のわずか 7% を覆うにすぎないが、高い生産性機能をもつため、全陸域の総一次生産量 (植物の光合成による大気中の CO₂ の吸収量 [Gross Primary Production: GPP]) の約 35% に寄与する。また炭素ストックとしては、全球の植物バイオマスの約 57% を占めている。そのため、地球規模の炭素循環という点では最も重要な役割を担っている生態系であるといえる (注1)。世界森林資源評価 2010 (Global Forest Resources Assessment 2010: FRA 2010) によれば、熱帯林は、世界のなかでも非常に大きい陸上の炭素吸収源の一つであり、年間約 16 億 t の炭素を吸収している。そのうち東南アジアの熱帯林の面積は、全熱帯林の面積の 15 ~ 16% にすぎないが、1970 年代における国際生物学事業計画 (International Biological Program: IBP) の報告書によれば、この地域における熱帯林の炭素ストックや純一次生産量 (植物の正味の光合成生産量、すなわち総一次生産量から植物の呼吸による炭素放出量を差し引いたもの [Net Primary Production: NPP]) は、南アメリカやアフリカなどの熱帯林に比べてはるかに大きいとされている。したがって、多様な生物の生息地で

ある東南アジアの熱帯林は、アジア太平洋地域の気候変動の緩和および適応において、重要な役割を担うものと期待される。

1. 東南アジア熱帯林の炭素循環

1970 年代以降、東南アジア地域において、約 35% の熱帯天然林が無秩序な商業伐採、オイルパームやゴムなどのプランテーション開発、伝統的慣行に従わない略奪的な焼畑などによって失われた。近年、熱帯林保全へ向けた持続的管理の手法がこの地域で模索されているにもかかわらず、森林の減少・劣化の速度に歯止めはかかっていない。最近 Nature 誌に掲載された論文によれば、大気中 CO₂ 濃度の上昇に伴って熱帯林の GPP が高まる反面、地球温暖化やエルニーニョ現象の頻発によって植物呼吸および土壌呼吸が促進されるため、熱帯林の炭素吸収源としての機能が失われる可能性が示唆されている (Cox et al., 2013)。また、近年 Science 誌に発表された論文によれば、特に東南アジア熱帯林において観測データが圧倒的に不足していることから、全熱帯林炭素循環に関する推定値の誤差が大きいことも指摘されている (Pan et

al., 2011)。一方、IBPをはじめとする国際プロジェクトでは、日本の研究者を中心として、東南アジアのさまざまな熱帯林において長期プロットを設置し、細緻なバイオマス調査（森林センサス）を行ってきた。そのうち、マレーシア国半島部ネグリセンピラン州のパソ低地熱帯林は、高いNPP（約 $15.4 \text{ tC ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ ）をもつことが世界に知られている（図1）。しかしながら、これまで土壌呼吸に関する細緻な調査が行われなかったため、この熱帯林の純生態系生産量（純一次生産量から土壌微生物呼吸量を差し引いたもの [Net Ecosystem Production: NEP]) はまだ報告されていない。一方、1990年代後半から、環境省地球環境研究総合推進費（推進費）によって、微気象学的手法を用いてパソ低地熱帯林における純生態系 CO_2 交換量（生態系-大気間における単位時間、単位土地面積あたりの CO_2 交換量 [Net Ecosystem CO_2 Exchange: NEE (=

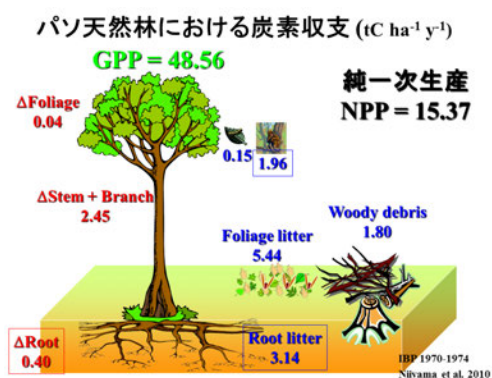


図1 パソ低地熱帯林における炭素収支。Δ Foliage: 葉群の増減量、Δ Stem+Branch: 地上木部の増減量、Δ Root: 根の増減量、Δ Foliage litter: 落葉量、Δ Root litter: 根の枯死量、Δ Woody debris: 倒木および落枝。



-NEP)]) を継続的に観測してきた (Yasuda et al., 2003; Hirata et al., 2008)。しかしながら、赤道地域にあるパソ低地熱帯林は多雨かつ無風であるため、夜間を中心に有効な観測データが少なく、推定されたNEEの誤差が大きいと指摘されている。

2. 国立環境研究所における熱帯林研究新体制

国立環境研究所(NIES)では、平成2年度にマレーシア森林研究所 (Forest Research Institute Malaysia: FRIM)、マレーシアプトラ大学 (University Putra Malaysia: UPM) との間でNIES-FRIM-UPM協定を結んでいる。その協定を基に、推進費を活用することで、パソ低地熱帯林に高さ52mのアルミタワー（表紙写真左）などのプラットフォームを設置し、熱帯林生物多様性や気象条件、炭素循環の研究を行ってきた。平成16年度NIES研究基板整備として、アルミタワーを繋ぐ長さ540mの林冠回廊(キャノピー・ウォークウェイ)（表紙写真右）を追加設置し、熱帯林の林冠構造や野生生物、樹木のフェノロジー（開花や落葉といった生物の季節による変化）などの長期観測も行ってきた。また、平成22年度NIES奨励研究として「熱帯林における土壌呼吸を中心とした炭素循環モニタリング」課題を立ち上げ、パソ低地熱帯林および周辺地域の二次林やオイルパーム、ゴムプランテーションなどの熱帯生態系における土壌呼吸の長期観測を開始した（図2）。熱帯林は、高温、多湿であるために、微生物等の活発な分解作用による CO_2 の放出量が多い。連続測定した土壌呼吸速度から、天然性の低地熱帯林における土壌からの炭素放出量を、約 $38 \text{ tC ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ と推定した。これまでの報告と比較す

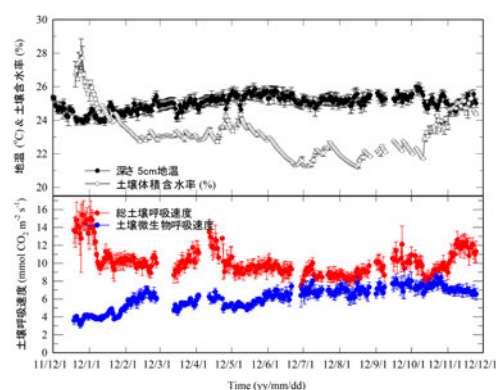


図2 パソ低地熱帯林に設置されている土壌呼吸チャンバー（左）と、観測データ（右）

ると、本結果は熱帯林生態系における最大級の土壌呼吸速度となっている。その原因の一つとして、本研究で長期連続観測のために用いた自動開閉チャンバーシステム（長期観測を支える主人公—測器と観測法の紹介—(6) 参照)により、従来の不定期観測ではとらえることができなかった、雨季、特に降雨の最中における、高い土壌呼吸速度をとらえることが可能であったためと考えられる。同様の調査を伐採跡地や二次林、ゴム、オイルパームプランテーションにおいて実施した結果、土地利用変化がバイオマスおよび土壌有機炭素を減少させ、熱帯生態系を劣化させていることが示唆された。

さらに、平成23年度のNIESアジア等国際環境研究事業戦略調整費により、「熱帯林における生態学的研究等のためのパソの観測研究拠点化の推進」を研究テーマとし、現在NIESにおける新たな熱帯林研究体制を構築している。今後はNIES-FRIM-UPM協定を基に、マレーシア国内の諸研究機関と連携し、あらゆる角度からフィールド観測データを蓄積する予定である。これらの課題を完遂することで、熱帯林における生物多様性や物質循環の維持機構、気候変動による熱帯林生態系への影響とそのフィードバック効果を解明する基礎的研究等を継続的に推進することが可能となる。研究活動としては、ローカルな生物間コミュニケーションから、地球環境研究の一環としての、熱帯林炭素循環に及ぼす気候変動の影響評価に関する研究まで、幅広い視野で研究を実施し、熱帯林地域の

生態学的意義の解明につなげたい。

3. さらなる研究の展開—熱帯泥炭林の開発に伴うCO₂の排出

東南アジアには25万km²の泥炭地が広がり、Pageら(2011)の報告によれば、世界の泥炭炭素の11～14%に相当する685億tの土壌炭素が存在する。熱帯泥炭地には、低平地で湿地林(熱帯泥炭林)が成立しているが、1970年代以降、急速に森林伐採が進んだ。特に、過去10年間で約20%の熱帯泥炭林が伐採され、その大部分で排水が行われて、オイルパームプランテーションに転換された(写真1左)。このような攪乱が進むと可燃性の森林残渣が大量に発生するため、大規模な泥炭火災を起こす危険性が高まる(平野,2008)。また、排水によって土地を乾燥させることにより、泥炭の分解速度が促進され、CO₂の吸収源であった泥炭林が大きな放出源に転換するものと考えられる。そこで、平成24年によりマレーシアオイルパーム研究所(Malaysian Palm Oil Board: MPOB)との共同研究で、半島部の泥炭オイルパームプランテーションにおいてCO₂フラックスの観測を開始した(写真1右)。予備実験の結果、5年生の泥炭オイルパームプランテーションは60 tC ha⁻¹ y⁻¹の炭素放出源として機能していることが明らかになった。

(注1) 梁乃申「気候変動対策における熱帯林炭素循環研究の役割」地球環境研究センターニュース 2012年12月号を参考。



写真1 炭オイルパームプランテーションにおけるCO₂フラックスの観測

No.6

地球温暖化と土と
二酸化炭素— 土壌からの二酸化炭素
フラックス観測を支える箱 —

地球環境研究センター炭素循環研究室 高度技能専門員 寺本 宗正

1. はじめに

下の写真(写真1)で、地面に設置された透明な箱は、何をするためのものかと思われるでしょう。これは、土壌から発生する二酸化炭素(CO₂)を測定している装置です。そういわれても、なぜ、何のためにそのようなことをするのかという疑問が起こるかも知れません。本稿では、まずその理由から述べたいと思います。

近年、地球温暖化という単語を見たり、聞いたりすることが多くなっています。そしてその原因が、大気中のCO₂濃度の上昇であるということ、多くの人が認識しています。しかしながら、土壌が非常に大きなCO₂の放出源であることは、一般的にはあまり意識されていません。

なぜ土壌からCO₂が放出されるのでしょうか。一つには、土壌中に存在する植物の根が、新陳代謝によって酸素を吸収し、CO₂を放出するためです(根呼吸)。また、地面および土壌中に生息しているモグラ、アリ、ダニ、ミミズなどの小動物による呼吸、さらにはカビおよびバクテリアによる呼吸も、土壌呼吸に大きく寄与するものです(総じて微生物呼吸)。そして土壌呼吸とは、根呼吸と微生物呼吸を合わせた、土壌由来のCO₂放出(土壌CO₂フラックス)として定義されます。実際に、地球上の全陸域における土壌CO₂フラックスは、2008年時点

写真1 森林跡地に設置されたCO₂測定用のチャンバー

において、炭素換算で年間約980億t(tC)と推定されています。人為活動に由来する年間CO₂排出量が72億tCですから、土壌は途方もない量のCO₂放出源であることがわかります。ここでポイントとなるのが、土壌呼吸の半分以上を占める微生物呼吸です。微生物呼吸は温度上昇の影響を敏感に受けるため、地球温暖化によるわずかな温度上昇でも、土壌からのCO₂フラックスは大幅に増加します。そして、それによって大気中に放出されたCO₂は、さらに地球温暖化を助長するということになりかねません。そのため、土壌CO₂フラックスに注目することは、温暖化という問題を抱える地球環境を考える上でも、重要な意味をもちます。

では、どうやって土壌CO₂フラックスをとらえるのでしょうか。土壌は大気とは異なり、観測対象としては著しく不均一で、透過性が低く、遠隔からのアクセスが難しい対象です。そのため現状では、広域の土壌CO₂フラックスを一度に観測することはできません。しかし、ある程度限定的な面積の土壌CO₂フラックスを測定して、広域のフラックスを見積もることは可能です。そこで利用されるのが、最初に述べた箱(チャンバー)であり、チャンバーを利用して土壌から放出されるCO₂の量を測る方法をチャンバー法とよびます。いうなれば、チャンバーはCO₂フラックスを観測する上での基本単位となるものです。

2. 観測の概要

国立環境研究所では、1990年代から独自に開発したチャンバーシステムを用いて、土壌CO₂フラックスの長期観測を行っています(図1)。その基本的な構造は、24個のチャンバーと、それを制御するコントロールボックス(写真2)からなります。このシステムでは、チャンバーの蓋は圧縮空気で自動的に開閉し、一つのチャンバーは2.5分間だけ

密閉されます。そしてその間に、真空ポンプによって、チャンバー内の空気が接続されたチューブを経由してコントロールボックス内の分析計に送られ、CO₂の濃度変化がデータロガーに記録されます。24個のチャンバーのうち、閉じているのは1個のみで、他の23個は開放されています。一つのチャンバーで測定が終了すると、次のチャンバーの蓋が閉じ、1時間で24個全てのチャンバー内で測定が行われます。この繰り返しによって、1時間ごとのCO₂フラックスが連続的に測定されていきます。また、チャンバー内の気温、地温、土壤含水率といった環境データに関しても、各センサーを取り付け、CO₂の濃度変化と同時に収集しています(図2)。

3. チャンバー法と本システムの特徴

初期のチャンバー法では、密閉したチャンバーの内部に一定時間静置したアルカリ溶液を回収し、実験室内において塩酸で滴定して、CO₂吸収量を算出することからフラックスを推定していました。しかし、この方法はアルカリ溶液の濃度や量により、測定誤差が大きくなってしまいます。ポータ

ブルCO₂分析計が開発されてからは、それをシステムに組み込んだチャンバー法が主流となっており、本システムも高精度なCO₂分析計(LI-820もしくはLI-840、Li-Cor社)を内蔵しています。これによって、高い精度でCO₂フラックスの測定を行うことが可能となっています。

チャンバーの構造に関しては、チャンバーの開閉、サンプリングする空気の流路構造などから、通気型と密閉型タイプとに分けられます。そこで重要なのは、測定期間を通して、チャンバー内部の環境が、外部の環境と比して変化しないということです。自動開閉型である本システムでは、チャンバーは測定時2.5分間密閉されますが、それ以外では開放されています。そのため、チャンバー内部の環境は、降水量、土壤含水率、気温、地温、日射量、さらに落葉量に至るまで、外部の環境とほぼ差がありません。そして自動開閉型ゆえに、電力さえ確保できれば、年単位での長期連続観測が可能です。本チャンバーシステムの総消費電力は約15Wであり、120Wのソーラパネル3枚と蓄電池を組み合わせた電源で、10年程度におよぶ連

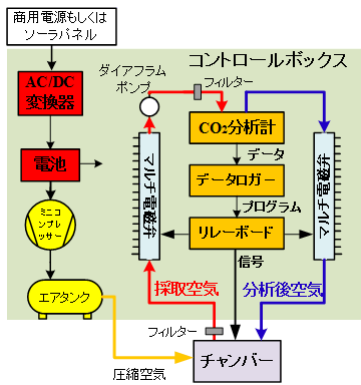


図1 チャンバーシステムの概要図

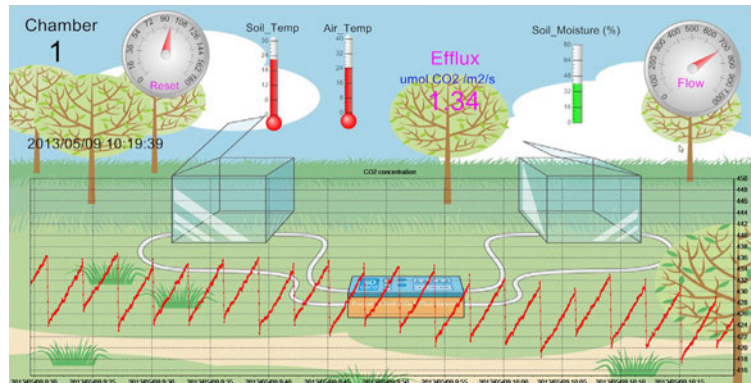


図2 各チャンバーにおける測定時(2.5分間)の二酸化炭素濃度の変化(下部の赤い点線)と、地温やチャンバー内の気温、土壤含水率などの環境要因(上部のメーター類)



写真2 チャンバーを制御するコントロールボックスの操作パネル(左)と、配線・配管口(右)

続観測が可能です。

4. 観測の障害

本システムでは土壤 CO₂ フラックスを自動的に観測可能ですが、定期的なメンテナンスは必要となります。森林内にシステムを設置してあるため、落枝や倒木でシステムが破損することもしばしばです(写真3)。小さな破損ならば現場で補修可能ですが、大破してしまった場合は、修復されるまで、そのチャンバーのデータは用いることができません。しかしながら、本システムは多チャンネルであるため、少数のチャンバーが故障しても、観測結果に与える影響は小さくて済みます。途上国で観測を行う場合には、猟銃の流れ弾による損傷など、人的要因も故障の原因となり得ます(写真4)。その場合、フェンスを設置することでチャンバーシステムを保護することも必要です。

5. チャンバーネットワークと温暖化影響の把握

われわれのプロジェクトでは、現在本システムを用いて、国内10拠点(北海道大学天塩研究林にある針広混交林、苫小牧国有林の台風跡地、白神山ミズナラ林、苗場山ブナ林、つくばアカマツ林、富士山北麓カラマツ林、広島アラカシ林、宮崎スダジイ林など)に加え、東アジアと東南アジアを中心とする海外サイト(内モンゴル乾燥草原、青海チベット高山湿地、雲南亜熱帯林、マレーシア熱帯林など)でも土壤 CO₂ フラックスの長期観測を展開しています。特に国内拠点では、測定チャンバーの上に赤外線ヒーターを設置し、土壤の表面付近の温度を人工的に約 2.5°C 上昇させた上で、



写真3 倒木により破損したチャンバー

土壤 CO₂ フラックスを2~7年にわたって観測しています(写真5)。このようなチャンバーネットワークによる観測から、地球温暖化の土壤呼吸に対する影響が、徐々に明らかになってきています。

6. まとめ

冒頭で述べた通り、現状では土壤の特性から、地球規模での土壤 CO₂ フラックス観測は難しいものとなっています。そのため、各気候区分、植生におけるサイト単位での観測データから、広域における推定値を算出するといった手法(ボトムアップの手法)が現実的です。だからこそ、本稿で述べたチャンバーネットワークのような観測網を設け、より多くのサイトで、連続的かつ集中的なデータ収集・蓄積を行うことが重要となってきます。その意味で、本稿で紹介したチャンバーから得られたデータは、将来の地球環境を考える上で、決して疎かにできない基本データであるということができるといえるでしょう。



写真4 マレーシアの熱帯林において密猟の散弾銃で破壊されたチャンバーの様子



写真5 上部にヒーターを設置した温暖化操作実験

*長期観測を支える主人公ー測器と観測法の紹介ーはウェブサイト (<http://www.cger.nies.go.jp/cgernews/monitoring/>) にまとめて掲載しています。



地球科学の最近の動向：EGU2013年総会に参加して

地球環境研究センター 物質循環モデリング・解析研究室長
MAKSYUTOV Shamil (マクシュートフ シャミル)

2013年4月7日から12日にかけて欧州地球科学連合(European Geosciences Union: EGU)2013年総会(General Assembly 2013)がオーストリアのウィーンで開催された。この会合は欧州を中心に、地球科学・惑星科学・宇宙科学分野の世界中の研究者が集まり、年1回開催されている。2013年総会には95か国から11,167名の参加があり、4,684件の口頭発表と8,207件のポスター発表が行われた。今回初めて行われたPICO(Presenting Interactive COntent)は、短い口頭発表で研究概要を紹介した後、会場に設置されたタッチスクリーンでスライドを見ながら発表者と参加者が議論できるもので、452件あった。以下、本会合での温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)プロジェクトからの発表と気候変動の観点から興味深い研究成果を紹介する。

1. GOSAT プロジェクトの成果—全球のメタン濃度の空間分布

GOSAT プロジェクトからは数名がこの会議に参加した。筆者は「大気中の二酸化炭素とメタンに関するリモートセンシング」セッションで、GOSATによる衛星からの観測と地上観測データを利用した、地表面でのメタン放出の全球の空間分布の研究成果について口頭発表を行った。われわれのチームでは、メタンの輸送や大気中のメタンの酸化過程を推定する大気トレーサー輸送モデルを利用している。このモデルからの出力濃度が、温室効果ガス世界データセンターの地上観測データとGOSATプロジェクトのレベル2プロダクトであるメタンのカラム平均濃度とに整合するように地表面のメタン放出分布を最適化した。大気中のメタン濃度の全球分布とフラックスの推定結果については、GOSATレベル4の研究プロダクトとして提供の準備が進められている。GOSAT プロジェ

クトでは、GFED(Global Fire Emissions Database)、陸域生態系モデルVISIT、人為的なメタン放出に関するEDGARデータベースから得られるメタン放出量の年々変動データを利用して研究を行った。陸域を42に分割した地域ごとの各月のメタン放出量の各最適解を得るための逆推定問題は、カルマンスムーザ法を用いて解いている。地上観測データのみを用いたインバースモデルによるフラックスの推定結果は、観測データが少ない熱帯地域、南アメリカ、温帯アジアでは、より大きな不確実性をもって推定された。地上観測データにGOSATから得られる多くの観測データをインバースモデルに用いることで、温帯アジア、南米北部、熱帯アジア、ヨーロッパなどの地域におけるフラックスの推定結果における不確実性を小さくすることができる。このようにして得られたメタンフラックスの推定結果は、GOSATの研究プロダクトとして、GOSATプロジェクトの研究公募で採択された研究者達にGOSATデータ提供システム(GUIG)から提供されている。

発表後の質疑応答では、メタン濃度のフラックス推定に関するわれわれの研究に高い関心が寄せられた。たとえばメタンの大きな発生源と見込まれている永久凍土や北極海の海底からの漏出量とフラックス推定結果とがどれくらい整合するかという比較についても研究を行ってみたいなどの興味を示された。しかし、課題もある。北極圏については、GOSATは真夏の限られた期間しかデータを取得できないことと、フラックス推定をさらに正確なものにするためには、衛星からの濃度データ処理アルゴリズムの精度とインバースモデルの解法手法との両方を改良していく必要がある。



2. 放射線測定データを気候変動分野に応用

次に気候変動研究の観点から筆者が興味をもった発表を紹介する。

2011年3月11日の東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故の後、土壌および大気中放射線の測定データに、日本だけではなく世界中の人が関心をもっている。放射線測定データの利用方法によっては、環境問題や気候変動問題の解決にも役立つ。アリゾナ大学のMarek G. Zredaが進めているCOSMOS (Cosmic Evolution Survey) プロジェクトは、地上で測定した低エネルギー宇宙線中性子データを利用し、広い範囲の土壌水分に関する最近の観測結果を紹介した。土壌水分は天候や気候、生態系、水循環に重要な役割を果たすが、測定については、限られた地点の観測結果と、植物で覆われた地域を含む広いエリア (10 ~ 50km) のリモートセンシング観測結果との間に不整合があるため非常に困難である。COSMOS プロジェクトが提案した手法では、土壌水分量や陸上のあらゆる相の水の量が、低エネルギー宇宙線中性子の強度と逆相関することを利用する。装置は「cosmic-ray moisture probe」とよばれ、既存の技術を応用して開発された。「cosmic-ray moisture probe」は全米に500のネットワークをもち (<http://cosmos.hwr.arizona.edu/Probes/probemap.php>)、土壌水分量、積雪水、植物の含水量を測定できる。各サイトでさ



写真1 EGU General Assembly 2013の会場となったウィーン・Austria Centerの前で

まざまなデータが収集されている。二つのエネルギーバンド (加速 [fast]: 1 キロ電子ボルト以上、熱 [thermal]: 0.5 電子ボルト以下) で測定した中性子、土壌水分量、積雪水当量 (および植物の水当量)、気温、気圧、相対湿度など、取得されたデータは、現場観測 (in-situ) データとかなり良く合っている。大陸規模のネットワークから送付される連続測定データは、水文気象学、陸域-大気間の相互作用、表層水と地下水のモデリング、農業科学、土壌水分と農作物生産量との関係を解明し予測する分野、土壌水分と雪、ひょう、あられなどの固形降水の影響に注目した生態学的研究、土壌水分の校正や検証のためのリモートセンシングなど広い研究分野のコミュニティにとって興味深いものとなっている。

3. 優れた業績を表彰

2013年総会では、陸域と宇宙の分野で炭素循環研究の発展に貢献した人にメダルが授与された。

今年のV. I. Vernadsky賞は二酸化炭素のフラックスタワー観測やその他の微量ガスのフラックスの研究で指導的役割を果たしたことで知られているAlbertus J. Dolman氏 (Han Dolman氏) (アムステルダム自由大学・オランダ) に贈られた。詳細は、www.egu.eu/awards-medals/vladimir-ivanovich-vernadsky/2013/albertus-j-dolman を参照されたい。

Vilhelm Bjerknes賞に選ばれたJohn Burrows氏 (ブレーメン大学・ドイツ) は、大気的光化学や分光学、動力学、また衛星リモートセンシングや地上で測定した大気組成観測の分野における業績が認められた。Burrows氏はEnvisat衛星に搭載されたSCHIAMACHY (Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Cartography) の開発を提案した。SCHIAMACHYセンサのスペクトル観測からメタンや二酸化炭素濃度を導出する際の問題を解決する科学コミュニティができ、GOSATの観測データの解析にも寄与している。詳細は、<http://www.egu.eu/awards-medals/vilhelm-bjerknes/2013/john-burrows> を参照されたい。

*本稿は、MAKSYUTOV Shamilさんの原稿を編集局で和訳し、加筆したものです。原文(英語)も掲載しています。



アクセスランキング

2013年1月～2013年6月累計

順位	タイトル	執筆者等	掲載号
1	長期観測を支える主人公—測器と観測法の紹介—(2): 透明人間!であるガスを測定する方法—NDIR:二酸化炭素の場合—その1	地球環境研究センター 副センター長 向井人史	2012年7月号
2	「地球温暖化は進行しているのか?」研究者とメディア関係者の対話	岡山大学大学院自然科学研究科 教授 野沢徹・地球環境研究センター 気候変動リスク評価研究室 研究員 横畠徳太	2013年4月号
3	Planet Under Pressure 会議報告—地球環境研究の新しい枠組み Future Earth に向けて—	地球環境研究センター 陸域モニタリング推進室長 三枝信子・地球環境研究センター 気候変動リスク評価研究室長 江守正多	2012年6月号
4	長期観測を支える主人公—測器と観測法の紹介—(2): 透明人間!であるガスを測定する方法—NDIR:二酸化炭素の場合—その2	地球環境研究センター 副センター長 向井人史	2012年8月号
5	平成24年度国立環境研究所夏の公開「ココが知りたい地球温暖化」講演会概要(1)地球温暖化はどれくらい「怖い」か?(講師:江守正多)	文責:編集局	2012年9月号
6	2013年以降の対策・施策に関する報告書(1)エネルギーの選択肢づくりに関する私見—中央環境審議会地球環境部会2013年以降の対策・施策に関する検討小委員会の議論に参加して—	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 主任研究員 藤野純一	2012年7月号
7	全国環境研協議会・酸性雨広域大気汚染調査研究部会	北海道立総合研究機構 環境科学研究センター(酸性雨広域大気汚染調査研究部会委員) 野口泉	2012年6月号
8	気候変動と食料生産の将来予測に向けて	地球環境研究センター 気候変動リスク評価研究室 研究員 横畠徳太	2012年4月号
9	長期観測を支える主人公—測器と観測法の紹介—(1)渦相関法	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	2012年4月号
10	環境研究総合推進費の研究紹介(11): 植生変化とエアロゾル増加がアジアモンスーン気候を変えている? 環境研究総合推進費 A-0902「植生変化・エアロゾル複合効果がアジアの気候に及ぼす影響」	名古屋大学地球水循環研究センター 特任教授 安成哲三	2012年7月号



「地球温暖化研究の最先端を見に行こう」 春の一般公開における講演会概要 (2)

地球環境研究センター交流推進係 高度技能専門員 今井 敦子

4月20日(土)に行われた科学技術週間に伴う国立環境研究所一般公開「春の環境講座」において、地球環境研究センターは、社会環境システム研究センターとの共催による講演会「地球温暖化研究の最先端を見に行こう」を行いました。増井利彦さん、甲斐沼美紀子さん、久保田泉さんの講演内容(概要)をご紹介します。なお、野尻幸宏さん、横島徳太さん、高橋潔さんの講演内容(概要)は地球環境研究センターニュース2013年6月号に掲載しています。



実現可能な低炭素社会像の提案に向けて： 統合評価モデルによる日本低炭素社会デザイン

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長 増井 利彦

私の講演タイトルは「日本低炭素社会デザイン」となっていますが、どういうふうデザインするかというより、低炭素社会の実現をみなさん自身の問題として考えていただくための話題提供をしたいと思っています。

国際的な動きと日本の取り組み

世界の平均気温の上昇を、産業革命以前と比較して2℃以下に抑えることが一つの国際的な合意事項になっています。そのためには2050年までに世界全体の温室効果ガス排出量を1990年と比べて半分に減らす必要があります。その場合、一人あたりの温室効果ガスを等しい量だけ排出していいと仮定すると、世界中のすべての人が一人あたり年間2トンに抑えなければなりません。日本は現在平均10トンの温室効果ガスを排出していますから1/5に減らさなければなりません。

温室効果ガス排出量を一人あたり2トンに抑えなければならないというのは、2010年の気候変動



枠組条約第16回締約国会議(COP16)におけるカンクン合意(注1)による長期的な共有ビジョンに基づいて計算される値です。日本は国際的な取り決めである京都議定書第二約束期間(2013年1月1日～2020年12月31日)に不参加を表明しています。温暖化の進行は日本で震災や原発事故があったからといって止まってくれるわけではありません。また、世界の温暖化交渉は、日本を待ってはくれません。日本は、2020年以降に向けて、大幅な温室効果ガス排出削減が要求される可能性もあります。京都議定書第二約束期間に参加しませんが、地道に国内外の温暖化対策に取り組み、温室効果ガス削減に貢献することが必要です。

これまでの取り組みについて簡単にご説明します。1997年に京都で開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)で京都議定書が採択され、第一約束期間(2008年～2012年)における日本の温室効果ガス排出量は1990年比6%減と決まりました。2008年からは



第一約束期間後の削減目標に関する国内の議論が延々と行われています。

日本は不幸なことに2011年3月11日に東日本大震災があり、それに伴って福島第一原子力発電所の事故が起きました。こうした状況を受けて2020年の温室効果ガスの削減目標の見直しが求められています。2013年4月現在、原発の稼働率ゼロを見直すことが政府の方針です。しかし具体的な数字はほとんど決まっていません。今回紹介する内容は、2012年6月に出された革新的エネルギー・環境戦略（エネルギー・環境会議）による試算をもとにしていますのでご注意ください。

2030年の家庭の電気代が、原発ゼロのケースでは2倍になる？

革新的エネルギー・環境戦略では、2050年までに削減する温室効果ガスの排出量は第四次環境基本計画と変わらず80%となっています。2020年では、1990年比5～9%削減、2030年では、1990年比概ね2割削減という数字が出されました。安倍内閣になって見直すことになっていますから、この数字は変わってくるようになります。しかしこの試算が発表されたときに報道で大きく取り上げられたのは、2030年の家庭の電気代が、原発ゼロのケースでは2倍になるというものでした。

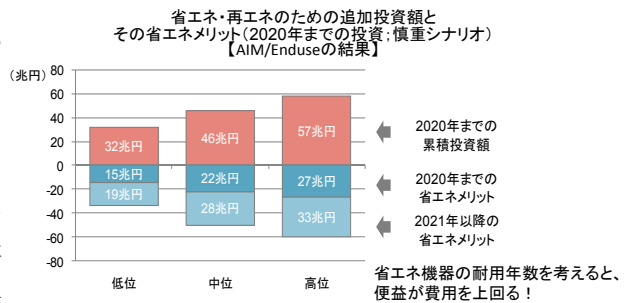
試算するときに、私たちはモデルを使っています。モデルは過去の実績を踏まえてコンピュータ上で計算します。私たちは、いろいろな経済活動、人々がどれくらい物を買っているのか、どのような物を使って生活しているのかなどを計算するモデルを作っています。そのモデルを用いて、2020年、2030年、2050年に社会経済活動やそれに伴って排出される温室効果ガスがどういう状況になっているのか、さらには温室効果ガスがどれくらい削減できるのかを推計していきます。将来予測について計算する際にいろいろな前提を置きますが、その前提となる数字は過去の延長線上にあるのか、あるいは将来こう変化しなければならないという考えに基づいて設定するのかによって大きく答えが変わります。つまり、結果の裏側にある前提をきちんと把握、理解することが必要です。

2030年の家庭の電気代が原発ゼロのケースでは

2倍になるという結果も、計算したそれぞれの機関ごとに前提が異なります。国立環境研究所の試算では、省エネが進むことを前提としてモデルに組み込むと、原発ゼロのケースで電気代は1.4倍くらいになるという結果が出ました。これに対して2倍になるという計算結果を出している機関では、電力価格が上昇しても省エネが現状以上には進まないという前提で計算しているようです。新聞記事では省エネがどれくらい進んで電気代が2倍になるという情報までは示されていませんから、2倍というところだけがクローズアップされてしまいました。

温暖化対策による省エネメリット

国立環境研究所の試算によると、いろいろな温暖化対策を加えていくとGDPは下がりますが、太陽光パネルの設置やハイブリッド車導入などの投資が増えるようになります。温暖化対策にお金はかかりますが、省エネメリットがあります。省エネのための追加投資額（省エネを実現するために追加で支払う金額）とその省エネメリットについて推計したところ、いろいろな機器の耐用年数を考慮すると、温暖化対策をすることによるコストよりも省エネによるエネルギー費用の軽減の方が大きくなり、むしろ「お得」だということがわかりました。短期的に温室効果ガスを大幅に削減するような対策は困難ですが、耐用年数を考えて高効率の機械を導入すれば、省エネによる大幅な温室効果ガスの削減につながります。これから機械を買い替えるという方はより高効率のものを選択していただければと思います。



- ・追加投資：省エネを実現するために追加で支払う金額。たとえば、ハイブリッド車導入における追加投資額は、ハイブリッド車導入に必要な金額から従来車の導入に必要な金額を差し引いたものと定義している。
- ・割引率は、コスト等検証委員会代表値として用いられている年率3%とした。



温暖化対策をどう進めるか

産業革命以前の水準から世界の平均気温上昇を2℃以下に抑えるという長期的な目標については、温暖化防止の観点から変更はありません。対策にかけられる時間が長いほど、時間を有効に活用し、効果的な対策を実施することができます。

短期的には無理のない、賢い対策が重要です。あまりに節電をやりすぎて病気になってしまったら本末転倒です。ご自身で楽しい対策を見つけて、長く取り組んでいただけるようにして下さい。最初の野尻さんの講演で、日本の温室効果ガスの排出量は家庭および業務部門で増えているとお話がありました。これは発電からのCO₂排出量が増えているからです。特にここ1、2年の排出量の増加は福島第一発電所の事故の影響が大きいといえます。

では、震災後に取り組んできた節電は無駄だったのでしょうか。震災前と震災後の発電電力量を比較すると、夏のピークで10%くらい削減できています。みなさんの節電がなかったらもっとCO₂排出量は増加していました。ですから、自分一人が節電してもあまり効果がないと思わずに是非と

も取り組んでいただきたいのです。そのためにも自分がどれくらいエネルギーを消費して生活しているのか、どのような機器にエネルギーを多く使用しているかを把握していただければと思います。私自身の生活でのエネルギーの消費量について調べてみました。研究所の制度を利用してアメリカに滞在していた9か月間は、日本にいたときよりも電力の消費量が多くなりました。アメリカでは部屋の広さやオール電化など日本での生活と違うために単純な比較はできませんが、電力の消費量がまったく違うことを実感しました。生活のどこでエネルギーを使っているかが把握できると、対策がとりやすいと思います。地道な一つひとつの対策が今後の温暖化防止につながりますので、是非ご協力をお願いいたします。

(注1) 2011年11月末から12月にかけてカンクン(メキシコ)において国連気候変動枠組条約第16回締約国会議(COP16)が開催され、産業化以前の水準から世界平均気温の上昇が2℃以下に抑える観点から、温室効果ガス排出量の大幅削減が必要であることを認識した。



低炭素社会に向けたロードマップ：研究から社会実装に向けて

社会環境システム研究センター フェロー 甲斐沼 美紀子

途上国全体の温室効果ガス排出量が増えている現在、世界全体の温室効果ガス排出量を削減するために、草の根からの対策を実際に行うことも重要ですが、全体的にどのくらいの削減が必要か、目標達成のためにはどういうことに注意して進めたいかというロードマップを作成することも有効です。

アジア低炭素社会への取り組みの必要性

2010年のOECD以外の国の一人あたりの温室効果ガス排出量の平均はOECD諸国の約0.3倍ですが、今後アジアやアフリカなどは急速に発展する

可能性があります。途上国の排出量が増えると地球全体に大きな影響を及ぼします。日本も含め、先進国のなかには2050年に1990年と比べて温室効果ガス排出量を半減するための対策を進めている国があります。中国やインドなどアジアの国々は先進国のように温室効果ガスを増加させないで、経済発展がとげられるかどうかを検討しています。

2007年に公表された気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第4次評価報告書(AR4)によると、1990年の世界平均気温を基準として見ると、最近の50年間は急激に気温が上昇しています。AR4では2100年までの気温変化を予測していますが、



1990年との比較で1.1～6.4℃まで上昇するという報告になっています。世界の人口は、1000年のときには3億人程度でしたが、産業革命時には8億人になり、2010年には69億人まで増えました。産業革命以降、人口増加に伴い石炭や石油の消費も急激に進んでいますから、二酸化炭素(CO₂)の排出量は2009年で320億トン(CO₂換算)となっています。

高まるアジアにおける対策の重要性

私たちは特にアジアに焦点を当てて研究を進めています。なぜアジアに注目しているかといいますと、日本がアジアのメンバーですし、はじめにお話ししたとおり、今後アジアの温室効果ガスは急速に増加する可能性が大きいからです。1980年と比較して2050年に、世界全体に占めるアジアの人口比率は減少しますが、世界人口は45億人から93億人と2倍になっており、人口は増加しています。GDPについては、アジアは1980年に世界の21%でしたが、2050年には39%に増えると予想されます。CO₂については、1980年には世界に占める割合は18%でしたが、2010年には42%になっています。今後どうなるでしょう。私たちの研究結果をご紹介します。



温室効果ガス排出量は1990年には383億トン(CO₂換算)でしたが、2050年には900億トンまで上昇すると予想されます。2050年に世界の温室効果ガス排出量を半減するという長期目標があります。そのためには、191億トンに削減しなければなりません。2050年には世界の温室効果ガスの約半分がアジアで排出されると予想されますから、削減するためにはどのような技術が有効かを検討しています。

各国の異なる政策目標

2009年の気候変動枠組条約第15回締約国会議(COP15)で、途上国による適切な緩和行動(Nationally Appropriate Mitigation Action: NAMA、地

球環境豆知識(17)参照)にそって各国が気候変動枠組条約に削減目標を提出することになりました。中国、インド、ベトナム、マレーシアなどは提出しています。それぞれの国で特徴のある対策をとっています。中国とインドはGDPあたりの排出量削減を目標にしています。ベトナムはモダリティフト(貨物や人の輸送を環境にやさしく大量輸送可能な輸送手段に転換すること)や機器高効率化など需要側対策を大きく見込んでいます。まだ気候変動枠組条約に目標を提出していないタイでは、発電部門における低炭素化や燃料転換などによる大幅削減を目標としています。

削減目標を達成し、低炭素で快適な社会を実現するには、マスタープランが必要です。マスタープランの作成にあたっては、低炭素社会シナリオを描き、削減のためのロードマップを作成することが有効であると考えて、ロードマップ作成には、データの整備や手法の開発を進めています。

イスカンダールでの低炭素社会シナリオの開発とその実現に向けて

シナリオ作成を進めるだけでなく、どういふうに実行していくかということも現在検討しています。その一例をご紹介します。マレーシアの最も南にあるイスカンダール開発地域を対象に、マレーシア工科大学や、実際に政策を担当しているイスカンダール開発庁の方と一緒に低炭素社会シナリオを進めています。マレーシアは急速な都市化や産業化でエネルギー需要とCO₂排出が増えました。そこで、経済成長と化石燃料からの温室効果ガス排出削減を進めるシナリオ作りを私たちがお手伝いし、グリーン経済、グリーンコミュニティ、グリーン環境をテーマに検討しています。

イスカンダールにおける低炭素社会実現のために、交通部門、環境部門、ガバナンス部門で12の方策を考えました。①統合的グリーン交通、②グリーン産業、③低炭素都市ガバナンス、④グリー



ンビルディング、⑤グリーンエネルギーシステムと再生可能エネルギー、⑥低炭素ライフスタイル、⑦コミュニティ参加と合意形成、⑧歩きやすく安全で住みよいまちづくり、⑨スマートな都市成長、⑩グリーン & ブルーインフラと地方資源、⑪持続可能な廃棄物管理、⑫クリーンな大気環境。方策の下にサブ方策、施策、プログラムを作成し、具体的にどう実装していくかを検討しています。

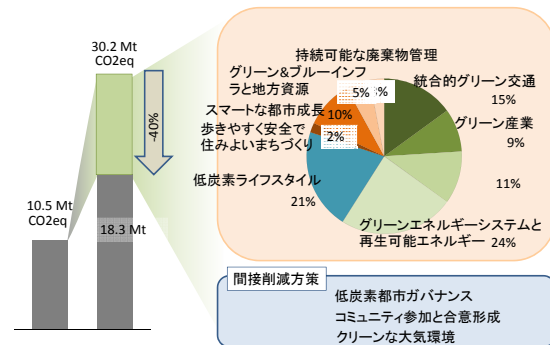
12の方策を実施することによって、実施しなかった場合と比較して、イスカンダル開発地域が2025年にどの程度温室効果ガスを削減できるのかも調べてみました。私たちの研究ではグリーンエネルギーシステムと再生可能エネルギーによって24%、低炭素ライフスタイルによって21%の削減ができるという結果が出ました。

地域ごとのロードマップの構築へ

環境省環境研究総合推進費 S-6 により取り組んでいる「アジア低炭素社会研究プロジェクト」では「低炭素アジアに向けた10の方策」(右表)を作成しました。例えば、低炭素エネルギーシステムを対象とした対策では、アジアではまず非電化地域における電化の促進・電化エリアの拡大が必要となります。電化エリアを拡大しながらCO₂排出量を増やさないようにするにはどうしたらいいかというのは、重要なテーマです。私たちがモデルツールを開発してアジア各国の研究者や政府関

係者と協働でアジア低炭素社会シナリオを開発しています。今後は、地域に根ざした方策を追加し、地域ごとのロードマップを構築する予定です。

イスカンダル開発地域を対象とした方策を実施するによって、どの程度の温室効果ガスが削減されると見込まれるのか？



- 方策 1 都市内交通：階層的に連結されたコンパクトシティ
- 方策 2 地域間交通：地域間鉄道・水運の主流化
- 方策 3 資源利用：資源の価値を最大限に引き出すモノ使い
- 方策 4 建築物：光と風を活かす省エネ涼空間
- 方策 5 バイオマス：バイオマス資源の地産地消
- 方策 6 エネルギーシステム：地域資源を余さず使う低炭素エネルギーシステム
- 方策 7 農業・畜産：低排出な農業技術の普及
- 方策 8 森林・土地利用：持続可能な森林・土地利用管理
- 方策 9 技術・資金：低炭素社会を実現する技術と資金
- 方策 10 ガバナンス：透明で公正な低炭素アジアを支えるガバナンス



世界が低炭素社会に向かうために： 望ましい国際制度の姿と主要国の巻き込みのための仕掛け

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 久保田 泉

本日は、地球温暖化に関する国際制度の議論がどのように進んでいるのかについてお話ししたいと思います。

地球温暖化問題に関する国際的取り組みの経緯

地球温暖化問題に関する国際的な取り組みは1990年、国連総会で気候変動枠組条約（以下、条約）の作成が決議されたことから始まります。1992年に採択された条約は、ほぼすべての国連加盟国が締約国になっており、現在でも地球温暖化対処のための国際制度の基盤となっています。条約締約国会議（The Conference of the Parties: COP）が最高意思決定機関で、毎年開催され、国際制度についての議論が行われています。条約において、先進国と経済移行国（ロシアと旧東欧諸国）は、温室効果ガスの排出を2000年までに1990年レベルに戻すことを約束しました。この約束は、守れなかったときに罰されるというものではありません。条約は1994年に発効し、1995年に第1回のCOPが開催されました。先進国はこれまで温室効果ガスを大量に発生してきましたが、2000年に1990年レベルの排出量に戻すという約束は守れそうにないということがわかりました。そこで1997年京都で開催されたCOP3では京都議定書（以下、議定書）を採択し、先進国だけに排出削減義務を課しました。第一約束期間（2008年～2012年）に、先進国と経済移行国が温室効果ガスの排出を少なくとも5%削減することを義務づけました。これは厳しい約束で、守れなかったときには、国際的に不都合が生じます。その後京都議定書は2005年に発効しました。



毎年開かれる地球温暖化問題のCOPでは、これまでに国際社会が約束し実施してきた温暖化対策が効果を上げてきているかをチェックしています。私は2002年に国立環境研究所に入所し、その年のCOP8から毎年参加しています。近年のCOPでは、2020年以降国際社会がどのように温暖化対策に取り組んでいくかを2015年のCOPまでに決めることになっており、その話し合いが行われています。

「温室効果ガス濃度を安定化させる」とは

そもそも地球温暖化に関する国際枠組みとは何を指しているのでしょうか。条約には、地球温暖化が、人間や自然に対してひどい影響を及ぼさないような水準で止まるように、ある期間内に、大気中の温室効果ガス濃度を安定化させること、という内容が書かれています。“温室効果ガス濃度を安定化させる”とはどういうことかご説明します。人間の活動から出てくる二酸化炭素（CO₂）の量は年間7.2Gt（1Gt [ギガトン] = 10億トン）あります。自然の吸収量は3.1Gtですから、人為的排出量はその倍以上なので、大気中の温室効果ガス濃度はどんどん上がっていきます。安定化というのは排出量と吸収量のバランスをとる（イコールにする）ことです。それを目指すには、人為的排出量を長期的に半減しなければなりません。

危険なレベルに達しないように温暖化対策をとっていかねばなりません。そのスピードも重要になります。排出量と吸収量のバランスをとるのは、生態系が気候変動に自然に適応し、食料生産が脅かされず、経済開発が持続可能に進行できる期間内で達成されるべきです。

地球温暖化の国際制度で検討すべきは

地球温暖化の国際制度を考えるうえで検討すべき五つのポイントがあります。温室効果ガス排出削減としてのポイントは以下です。①共有ビジョン：長期的（2050年／2100年まで）に地球全体でどれくらい温室効果ガスを減らすかというものです。これについては、温室効果ガスの削減量ではなく、産業化以前の水準から世界の平均気温上昇が2℃を超えないことが重要という、温度で目標を決めました。②中期目標：短期・中期的（2020年～2030年）に、地球全体あるいは各国で温室効果ガスをどれくらい減らすかというものです。③適応：国際社会は温暖化による影響を被る国・地域にどのような支援をしていくか、④技術移転：温暖化対策に貢献する技術の開発や途上国への移転をどのように促進するか。これは難しい問題です。COPは政府が主体となって話し合う会議です。一方、技術をもっているのは企業ですから、途上国に無料で技術提供するのは簡単ではありません。⑤資金：温暖化対策に必要な資金をどのように世界全体で調達し、その資金をどういった基準、優先順位で配分するかを考えていかなければなりません。

COPでの話し合いにはなぜ時間がかかるのか

COPでの話し合いは非常に時間がかかります。その理由は、三つあります。

まず、世界全体で減らすべき量と各国が2020年までに減らそうとしている量の合計がかけ離れています。2010年のCOP16の「カンクン合意」において、長期的な共有ビジョンとして、産業化以前の水準から世界の平均気温上昇を2℃以下に抑える観点から、温室効果ガス排出量の大幅削減が必要であることを認識しました。条約に提出しているすべての国の2020年の排出削減目標を足し合わせても、2℃目標達成に必要な排出削減量と比べると、まったく足りません。

現在世界一の二酸化炭素排出国は中国です。2位がアメリカ、3位がインドです。一人あたりの排出量で見ると中国は5.6tですが、インドは1.4tです。国別の排出量を見るのも重要ですが、発展度合いを示す指標の一つとなる一人あたりの排出量の違いも考えなければなりません。

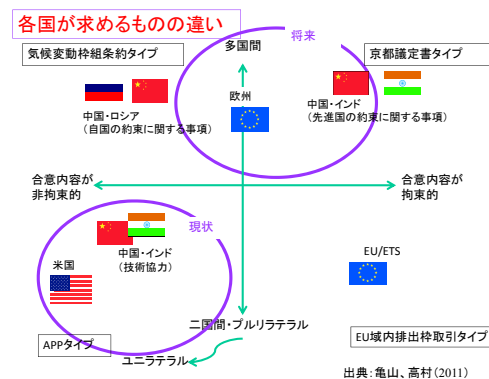
また、何が得で、何か損かが国によって異なっていますから、一つの制度をつくるのがとても難しいのです。各国が温暖化の国際制度に求めているものはまったく違います。大きく二つの軸があります。一つは、交渉について、国連のような多国間での話し合いか、あるいは、二国間で決めていくかというものです。もう一つは、合意内容が拘束的、つまり約束を守れなかったときに厳しく対処するか、あるいは、合意内容は非拘束的でもとにかく進めてゆくというものです。

地球温暖化対策に必要なお金が不足しています。将来、発展途上国において地球温暖化対策に追加的に必要となる資金額は1,122億米ドルと考えられています。しかし条約と議定書の下にある資金ではとても足りませんから、先進国が拠出していくことになっています。必要な資金に近づけるよう合意がなされていて、運用について議論が進んでいます。

さらに、国際条約は、合意しない国に対しては無効です。国際社会には、世界政府や強制執行機関がありません。各国家は主権をもっていて、独立かつ平等な関係ですから、強制されることも罰されることもありません。ご存知のとおり、国際条約は、入る、入らないという選択ができます。目標を緩く設定すると参加国の数は増えますが、環境上の効果が小さくなります。逆に目標を厳しく設定したり目標を守れなかった場合の罰則を厳しくしたりすると参加国が少なくなりますから、そのバランスをとるのが非常に難しいのです。

国際制度を評価する四つのものさし

望ましい国際制度とはどのようなものでしょう。



地球温暖化に関する国際制度を評価するものさしとして四つあります。①環境保全性：地球全体でたくさんの排出量を減らせること、②費用効果性：なるべく低い費用で、多くの温室効果ガスの排出量を減らせること、③配分の衡平性：排出削減や資金拠出の負担をできるだけ国家間で衡平に分担

すること、つまり、諸事情を勘案することでバランスのとれた分担にすること、④実現可能性：できるだけ簡単に関係者の合意を得られること、です。とかく特定のテーマに焦点が当てられがちですが、これら四つの観点から、国際制度を総合的に評価する必要があります。

地球環境研究センターニュースは、当センターウェブサイトからご覧いただけます。

<http://www.cger.nies.go.jp/cgernews/>

また、国立環境研究所の新着情報メール配信サービスにご登録いただきますと、国立環境研究所ウェブサイトの新着情報をお知らせすると同時に、「地球環境研究センターニュース」発行の際も随時ご連絡させていただきます。国立環境研究所ウェブサイト <http://www.nies.go.jp> のトップページ右下の登録用アイコンをご利用ください。

さらに、RSS をご利用いただくと、RSS フィードによって、「地球環境研究センターニュース」の記事タイトルや URL などの更新情報を自動的に受け取ることができます。当センターウェブサイトの「RSS について」<http://www.cger.nies.go.jp/cgernews/rss/> からフィードを購読し、ご利用ください。

2013 年（平成 25 年）7 月発行

編集・発行 独立行政法人 国立環境研究所
地球環境研究センター
ニュース編集局

〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2
FAX：029-858-2645
E-mail：www-cger@nies.go.jp
<http://www.cger.nies.go.jp/>



Impressions: 2013 European Geophysical Union general assembly in Vienna

MAKSYUTOV Shamil

Head, Biogeochemical Cycle Modeling and Analysis Section
Center for Global Environmental Research

Our presentation

Several GOSAT project members made presentations at the 2013 European Geophysical Union assembly in Vienna. My presentation was made at the section named “Remote-Sensing of Atmospheric Carbon Dioxide and Methane” and outlined the work on reconstructing the spatial distribution of the surface methane emissions around the world using observations by GOSAT satellite and measurements on the ground.

We used an atmospheric tracer transport model to simulate the transport and atmospheric oxidation of methane and to optimize surface methane emission distributions so that they fit best to the data made available by ground based observation community via World data center for greenhouse gases in Tokyo, and methane column average concentration retrieved and provided by NIES GOSAT project as Level 2 product.

The flux estimates and global distribution of methane concentrations in the atmosphere are prepared for a distribution as the GOSAT Level 4 research product. We used interannually varying CH₄ emissions by the GFED (Global Fire Emissions Database) and VISIT ecosystem model and the EDGAR database of the anthropogenic CH₄ emissions. The inverse problem of optimizing the CH₄ emissions separately for 42 land regions and each month was solved with a Kalman smoother. The inverse model estimate using ground-based data only estimated larger uncertainty of fluxes over tropical regions, South

America and Temperate Asia where the data are sparse. Adding large number of the GOSAT data to the inversion leads to decreasing the flux uncertainty in Temperate Asia, northern South America, Tropical Asia, Europe and other regions. The methane emission estimates are available from GOSAT data distribution system as GOSAT research product to researchers participating in projects adopted in GOSAT Research Announcement

framework. Questions and discussions after the presentation showed that there is an interest in looking into our flux estimates and comparing those with projections of large emissions from permafrost soils or methane seepage from arctic sea floor. However, GOSAT has only limited coverage in mid summer season over arctic, and our estimates require further refinements by improving both the

accuracy of the satellite retrieval algorithm and inverse modeling procedures.

Notable events

In 2013 EGU medals are awarded to our colleagues for outstanding contribution to the development of the carbon cycle research on land (flux tower observations) and from space (SCHIAMACHY).

The 2013 V. I. Vernadsky Medal is awarded to our colleague Han Dolman (Albertus J. Dolman) who is well known for leadership in flux tower observations of the CO₂ and other trace gases fluxes. Albertus J. Dolman is





the Professor of Ecohydrology at the Vrije Universiteit of Amsterdam. From 1989 and until 1992 he worked at the Institute of Hydrology, UK. He published a paper on modeling rainfall interception in climate models and developed the land-surface scheme that is the basis of the Hadley Centre model. From 1993 to 2001 he was senior researcher in Alterra-Wageningen, The Netherlands, and worked on the use of the eddy-covariance technique for continuous measurements of water and carbon fluxes. He made large contribution to establishment of the EuroFlux project. Also, Han Dolman took part in international field experiments, including the Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia, and he led the validation effort of the Global Soil Wetness Project. Dolman was elected chair of the FP6 CarboEurope Cluster. He is currently taking a leading role in CarboEurope-GHG and Integrated Carbon Observation System infrastructures and is coordinating the European programme to harmonise global carbon observations. He and his colleagues like Prof. J. van Huissteden have long term interest in CO₂ flux observation in larch forest of Sakha in Central/East Siberia.

(see also: <http://www.egu.eu/awards-medals/vladimir-ivanovich-vernadsky/2013/albertus-j-dolman>)

John Burrows of the Univ of Bremen, Germany, received the 2013 Vilhelm Bjerknes Medal in recognition of his outstanding scientific contributions and leadership in atmospheric photochemistry, spectroscopy and kinetics, and in satellite remote sensing and in situ measurement of atmospheric composition. John Burrows developed a team in the Institute of Remote Sensing/Environmental Physics at the University of Bremen in Germany that made an outstanding impact, especially in remote sensing of the atmospheric greenhouse gases, both from space and on the ground. He inspired a generation of European scientists in his field along with making important contributions to knowledge of atmospheric chemistry and to the implementation and application of space-based measurement of atmospheric composition. His contributions to the space-based measurements have covered all stages of the program, from initial proposals

and designs though obtaining support to retrieval of information on species and interpretation of the data to provide new view of key tropospheric and stratospheric processes. Most noteworthy was his pioneering work on the Global Ozone Monitoring Experiment (GOME) on ESA's Remote Sensing (ERS-2) satellite, an instrument that has provided invaluable information on many atmospheric constituents in addition to ozone. Importantly, John Burrows proposed the development of the SCIAMACHY (Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Chartography) instrument on ESA's subsequent Envisat mission, which provided data for some ten years until April 2012. Strong science community was developed around a problem of SCIAMACHY observations of methane and carbon dioxide, and is actively contributing now to the analysis of the GOSAT observations.

(more details at <http://www.egu.eu/awards-medals/vilhelm-bjerknes/2013/john-burrows>)

Topic of interest

Interesting topic came to my attention for the first time at EGU 2013. After Fukushima nuclear power plant accident in 2011 many people in Japan and around the world got interested in observation data on background radioactivity, originating both from soil/rocks and from space. There are some innovative uses of the radioactivity measurements that help solve environmental and climate system problems too. A COSMOS project led by Marek G. Zreda of the University of Arizona presented recent results of soil moisture observations in large scale using the measurements of the low-energy cosmic-ray neutrons above the ground. The background: Soil water is important for weather, climate, ecosystem, and water cycle. A serious difficulty in soil moisture measurements is the mismatch between limited point measurements and remote sensing estimates over large areas (10 - 50 km) with vegetation cover. A method: The proposed technique involves measuring low-energy cosmic-ray neutrons above the ground, whose intensity is inversely correlated with soil water content and with water in



any form above ground level. The instrument, called a "cosmic-ray moisture probe," is built on existing technologies.

The proposal targeted measuring soil moisture content (and snow/vegetation water) in a network of 500 cosmic ray water probes installed across the USA. (Current site map is at <http://cosmos.hwr.arizona.edu/Probes/probemap.php>). The data collected on each site include: neutron counts in two energy bands (fast, >1 keV, and thermal, <0.5 eV), soil water content, snow pack water equivalent (and possibly also vegetation water

equivalent), temperature, pressure and relative humidity. Reported results show very good match with in-situ data. The continuous data streams from the continental-scale network is interesting for broad community including: hydrometeorology, land-atmosphere interactions, surface-water and groundwater modeling, agricultural science, understanding and predicting the relationship between soil moisture and crop yield, ecological research focused on the impact of soil water and frozen precipitation on ecological status and evolution, remote sensing for soil moisture calibration and validation.