



富士北麓フラックス観測サイトの32m観測タワー（左）と植生からの反射光測定（右）

2016年6月号 [Vol.27 No.3] 通巻第306号

雷雨とともに幕を開けたインドネシアでの温室効果ガス観測

地球環境研究センター 炭素循環研究室 特別研究員 西橋政秀

地球環境研究センター（CGER）炭素循環研究室では、二国間クレジット制度（Joint Crediting Mechanism: JCM）事業に基づく温室効果ガスの排出削減効果を、大気連続観測から精度よく推定するための技術開発を目的として、温室効果ガスの地上観測システムの開発および運用を行って ...

インタビュー「地球温暖化の事典」に書けなかったこと [13] 温暖化問題への関心をどのように行動に結びつけるか

地球環境研究センターニュース編集局

「地球温暖化の事典」（地球環境研究センター編著）の執筆者に、新たな知見や今後の展望などをインタビュー。第13回は、金森有子さんに、家庭における温暖化対策についてお聞きしました。

長期観測を支える主人公－測器と観測法の紹介－ [13] 大気中の酸素が減っているって本当？ 安心してください、ちゃんと測っています！

環境計測研究センター 動態化学研究室長 遠嶋康徳

大気に含まれる二酸化炭素（CO₂）の量が徐々に増加し、地球が温暖化しつつあるということをご存知のことと思います。CO₂増加の主な原因は人類が化石燃料を大量に消費していることにあります。化石燃料を燃焼させて電気などのエネルギーを取り出したり、車や飛行機の動力源として利用したり ...

観測現場発季節のたより [9] 年間季節変動が小さい島での温室効果ガス観測－日本最南端、波照間島の春－

地球環境研究センター 交流推進係 広兼克憲

2016年3月中旬の沖縄県八重山郡竹富町波照間島にある地球環境モニタリングステーション近辺の様子を報告します。この島は人が住んでいる日本最南端の地で、人口は500人余りです。波照間とは「果てのうるま（うるまはサンゴの意）」の当て字だそうです。まさに、波光きらめく海とサトウキビ畑 ...

【最近の研究成果】 フラックスタワーにおける高精度分光観測のためのタワー遮蔽装置の開発

地球環境研究センター 陸域モニタリング推進室 高度技能専門員 井手玲子ほか

人工衛星から植生の分光反射率を観測することにより、世界各地で測定されているCO₂フラックス値からCO₂吸収量

を広域推定することが期待されている。そのため、CO₂フラックス観測サイトでは、衛星と同じような分光放射計を観測タワーに設置し、フラックス観測と同時に植生の分光反射率を測定 ...

酒井広平講師による「検定試験問題を解いてみよう」シリーズ [28] 家庭でできる温暖化対策 – 3R・低炭素社会検定より –

地球環境研究センターニュース編集部

3R・低炭素社会検定は、持続可能な社会の実現のため、3Rや低炭素社会に関する知識を活かして、実践行動を行う人を育てることを目的としています。【3R・低炭素社会検定 低炭素社会分野試験問題解説集「はしがき」より】検定試験問題から出題します。

雷雨とともに幕を開けたインドネシアでの温室効果ガス観測

地球環境研究センター 炭素循環研究室 特別研究員 西橋政秀

地球環境研究センター（CGER）炭素循環研究室では、二国間クレジット制度（Joint Crediting Mechanism: JCM）事業に基づく温室効果ガスの排出削減効果を、大気連続観測から精度よく推定するための技術開発を目的として、温室効果ガスの地上観測システムの開発および運用を行っています。JCMとは我が国が途上国に対して優れた低炭素技術や製品、システム、サービス、インフラ等を普及させ、それによって実現された温室効果ガスの排出削減・吸収への日本の貢献を定量的に評価し、日本の削減目標の達成に活用するための制度です。またこの制度により、地球規模での温室効果ガスの排出削減・吸収行動の促進が期待されています。2016年4月現在、日本はインドネシア、モンゴル、バングラデシュ、ベトナム、ラオス、カンボジア、ミャンマーなど16か国とJCMを構築しています。特にインドネシアは急速な経済成長による人為起源汚染物質の増加が問題となっており、JCMに対する関心度も高く、JCM実施国の中で最も多い5件のプロジェクト（例えば、工場内空調設備を二酸化炭素排出量の少ない省エネ型に転換するなど）が登録されています。

我々はそのインドネシアにおいて、温室効果ガスおよびそれに関連する大気汚染物質の濃度変動を長期間連続的に観測するため、観測地点選定を目的とした現地調査および現地研究機関との調整を2014年度末から進めてきました。特に都市部における人為起源の排出にターゲットを絞り、首都ジャカルタ近郊のスルボンとボゴールの都市域、およびボゴール近郊チブルムの山岳地域の計3か所（図）に観測システムを設置することを計画し、そのうちの1か所であるボゴール農科大学（Institut Pertanian Bogor: IPB）東南アジア太平洋気候変動リスク管理センター（Center for Climate Risk and Opportunity Management in Southeast Asia Pacific: CCROM）と観測実施のための共同研究協定を2015年11月13日に締結しました（<http://www.cger.nies.go.jp/ja/news/2015/151118.html>）。国立環境研究所（NIES）とIPBの間には2014年6月に包括的な研究協力協定（Memorandum of Understanding: MoU）が取り交わされているため、正確にはIPB/CCROMとの大気観測およびそのデータ解析を主軸とした共同研究の実施協議書（Project Agreement）に署名する形となりました。この署名は第21回アジア太平洋統合評価モデル（AIM）国際ワークショップへの出席のためにNIESを訪問されていたIPB/CCROMのリザルディ・ボアー所長と、当研究室の室長でもある向井人史センター長により、NIESの地球温暖化研究棟で行われました（写真1）。



写真1 共同研究の実施協議書に署名したリザルディ・ボアー IPB/CCROM所長（右）と向井人史 NIES/CGERセンター長（左）



図 観測システム設置場所（ボゴールは今回設置、他の2か所は今後設置予定）

またインドネシアに設置する大気観測システムの開発およびNIESでの動作試験、データ監視・リモートコントロール方法などの検討を急ピッチで進めました。現地での観測システム稼働時と同様の動作環境をNIESに構築し、通信・制御プログラム等の開発を行いながら動作確認を進め、システム全体がエラーなく動作するように調整を重ねました。本システムは主要観測機器だけでなく、システムを構成するポンプやバルブなどの周辺機器もトータルで制御・状態監視をリモートでできるように設計した点が大きな特徴です。特に日本と比べて電源や通信回線が不安定なインドネシアでも正常に動作するように、停電対策や通信制御手法の選択には最大限の注意を払いました。また各機器に不具合が発生した場合でも観測が長期間停止しないように、可能な限り機器の冗長化を図るとともに、異常発生時には電子メールで関係者に通知される機能を実装しました。

上記のシステム開発と並行して、観測機器のインドネシアへの輸送手続きを進めました。インドネシアは海外からの輸入に対する規制が大変厳しいのですが、なんとか2016年3月上旬に現地へ輸送することができたため、すぐに向井センター長、寺尾主任研究員、勝又高度技能専門員、西橋、および観測システムの制御機器を開発している紀本電子工業株式会社の技術者（村田氏）の計5名が現地に向かい、設置作業を行いました。インドネシアへの観測システムの輸送・設置は今回が初めてなので、温室効果ガス観測の中核をなす二酸化炭素/メタン/水分アナライザー

（PICARRO社製G2301）とそれを動作させるために必要な除湿装置等の機器、および観測システム全体の基盤的な機器（観測システム制御装置、電源装置、通信機器）とそれらを機能的に設置するためのラック等、必要最小限の機器を輸送、設置しました。設置場所はIPBキャンパス内の給水施設（写真2）で、観測システムを構成する主要機器類をその中の1室に（写真3）、また大気採取口（インレット）（写真4, 5）を給水施設屋上の通信アンテナ用タワーの上部（地上約35m）に、現地の工事業者に依頼して取り付けました（写真6, 7, 8, 9, 10, 11）。他に、気象センサーおよび高精度時刻データ取得用のGPSアンテナを給水施設屋上に設置しました。



写真2 観測システムを設置したIPBキャンパス内の給水施設



写真3 給水施設内に設置した観測システム機器の外観

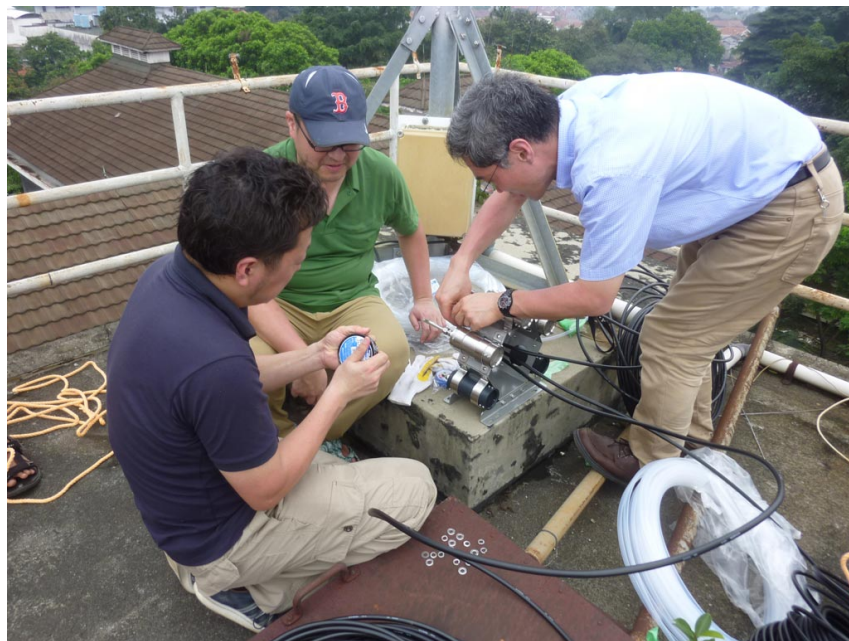


写真4,5 大気採取口（インレット）の外観（上）およびインレットへの配管作業（下）

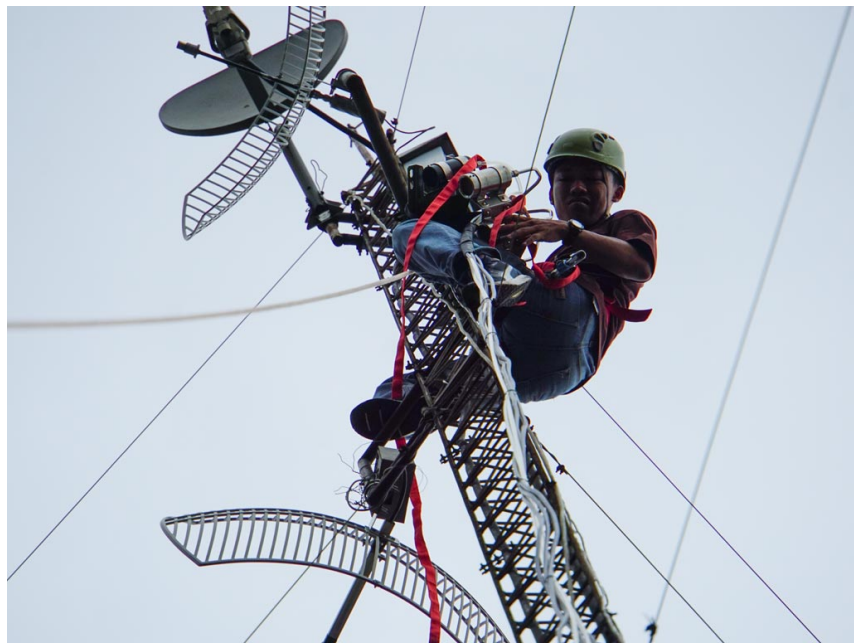


写真6,7 給水施設屋上の通信アンテナ用タワーへのインレット設置作業







写真8, 9, 10, 11 タワーへ設置されたインレット

観測機器の設置作業と同時に、NIESからリモートコントロールおよびデータ転送が可能となるように通信ネットワークの構築作業を行いました（写真12）。海外との通信ということもあり、両拠点間の通信路のセキュリティ確保が重要であるため、IPsec（Security Architecture for Internet Protocol）を用いた仮想プライベートネットワーク（Virtual Private Network: VPN）を構築しました。IPsecはVPNを構築する上で広く利用されている、インターネット上で暗号通信を行うための手順の一つです。現地のインターネット接続には、IPB/CCROMに最近導入された光回線を利用することができたため、通信速度および安定性は全く問題ないレベルであることが確認できました。



写真12 IPB/CCROMのスタッフによる通信回線の配線作業

設置作業を行った5日間は毎日午後になると熱帯特有の激しい雷雨に見舞われ、屋外作業を一時中断せざるを得ないこともありました。IPB/CCROMのリザルディ・ボアー所長をはじめとしたスタッフの方々のご協力のおかげで、3月14日に初期観測を無事にスタートさせることができました（写真13, 14, 15, 16）。現在、NIESから通信遅延のストレスなくリアルタイムで現地の観測状況を監視することができています。

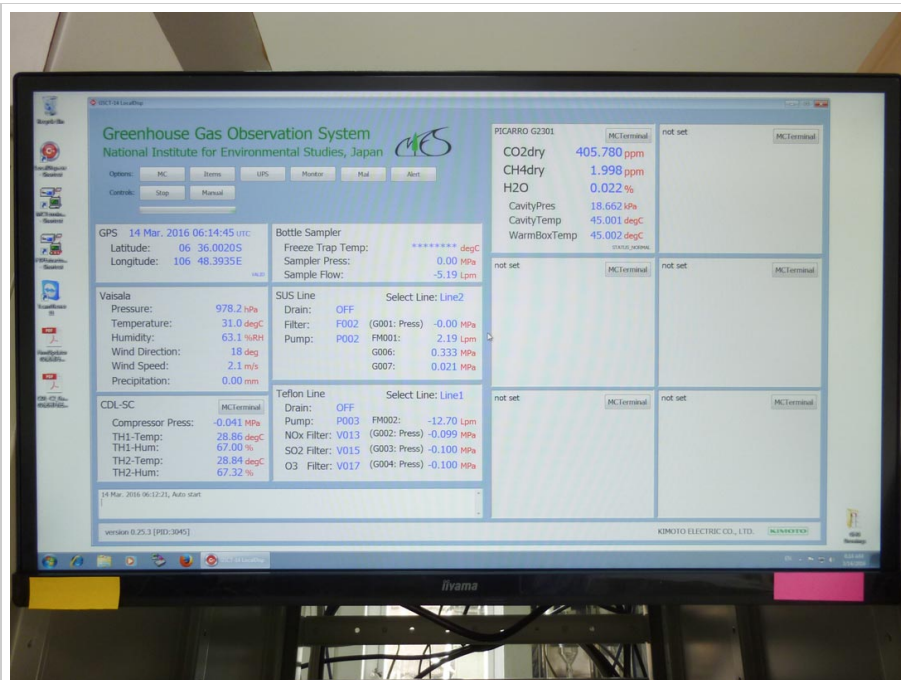


写真13, 14 観測システム制御用モニター（上）および観測データモニター（下）（CGERに設置したリモートコントロール用PCにおいて、これと同じ画面を表示、操作することができます）



写真15, 16 IPB/CCROMのスタッフの方々とともに

今後、輸送の準備が整い次第、他の観測機器も輸送し、現在の二酸化炭素、メタンに加えて、一酸化炭素、オゾン、窒素酸化物、二酸化硫黄、エアロゾルの連続観測および大気の定期的なボトルサンプリングを行うシステムを構築し、大気観測システムを完成させる予定です。またIPB/CCROMだけでなく、他の2か所でも同様の設置作業を進め、インドネシア3か所での長期にわたる連続観測を実施することにより、インドネシアでの温室効果ガスおよびそれに関連する大気汚染物質の実態を明らかにしていきたいと考えています。

インタビュー「地球温暖化の事典」に書けなかったこと

13 温暖化問題への関心をどのように行動に結びつけるか

金森有子さん

社会環境システム研究センター 環境政策研究室 主任研究員

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13回は、金森有子さんに、家庭における温暖化対策についてお聞きしました。



「地球温暖化の事典」担当した章

8.4 需要側対策（民生部門）

次回「地球温暖化の事典」に書きたいこと

幅広い分野をターゲットにした家庭での温暖化対策

目次

1. エンドユースモデルの専門家「需要側対策」を執筆
2. さまざまなデータをもとに将来を設定
3. 家庭でできる温暖化対策 (1)：最新の知見を取り入れ、できることを見直す
4. 家庭でできる温暖化対策 (2)：適切な買い替えを実施する

5. 得意なこと、好きなことが対策につながれば...
6. 太陽光発電と太陽熱温水器のメリットを活かした普及
7. 家電機器の消費電力の違いを伝えたい
8. 幅広い分野をターゲットにした家庭部門の温暖化対策

エンドユースモデルの専門家「需要側対策」を執筆

広兼 金森さんは『地球温暖化の事典』では「8.4 需要側対策」という非常に幅広いテーマを主担当されました。どのような経緯で担当することになったのでしょうか。また、このなかで、金森さんが専門としているのはどの分野でしょうか。

金森 「8.4 需要側対策」は5人で担当しています。そのうち国立環境研究所（以下、国環研）の職員は私だけなので、主担当ということになりました。5人のうち3人は、私たちのアジア太平洋統合評価モデル（Asia-Pacific Integrated Model: AIM）グループと一緒に研究を進めているみずほ情報総研の方々、もう一人は国環研の特別研究員（当時）です。「8.4 需要側対策（民生部門）」には家庭部門と業務部門があり、私は、みずほ情報総研の方と一緒に家庭部門を執筆しました。

広兼 家庭部門からの温室効果ガス排出といっても、家電製品の節電だけではなく、ガスや灯油の使用、消費財の流通まで含めれば、かなり広い範囲について専門的に研究する必要があると思います。自動車使用は分野が運輸部門になるかもしれませんが、家庭部門にも係わってくるでしょう。どうしたらこのように幅広い分野について書けるのでしょうか。

金森 AIMには、温室効果ガスの排出量を推計するためのモデルが何種類かあります。その一つがエンドユースモデルです。これは、産業、民生（家庭・業務）、運輸という主要な最終エネルギー消費4部門に関して、どれくらい需要があるのかを設定し、その需要を満たしかつ費用を最小化するような機器選択を行うものです。例えば、家庭部門ですと、将来何世帯になるから照明や暖房はこれくらい必要であるという需要を設定します。そしてその需要を満たすための機器選択をモデルで計算します。つまりモデルを使うためには、家庭のどこで、どのような理由で需要が発生し、何で供給しているのかといったエネルギーシステムを理解することが必要になります。また、それに関わる最新の情報にアンテナを張り巡らせるため、家庭部門におけるエネルギー使用について横断的な知識が得られるのかもしれません。



さまざまなデータをもとに将来を設定

広兼 『地球温暖化の事典』に書かれているような研究成果をあげるには、執筆者のみなさんは普段、どんな研究、作業、調査などをされているのでしょうか。機械工学的、熱学的なことから、都市計画、社会行動などさまざまな知識が必要ではないかと思います。

金森 エンドユースモデルについていえば、それぞれの部門担当者はモデルに必要な情報について勉強をして知識を得ています。私は家庭部門を担当したので、将来の人口、世帯数の推計から照明や冷暖房需要を推計するために必要な情報を収集し、モデル化し、シミュレーションします。さらに、家庭で使用する機器についても調べます。暖房を例にとると、エアコン、灯油ストーブ、ガスストーブなどさまざまな機器が使用されています。それらについて機器の購入金額、エネルギー効率、普及状況等をいろいろな統計等から入手し、モデル用に設定します。さらに将来はもっと機器の効率がよくなるはずですから、その高効率化がどこまで進むのかについても調査し、モデルに設定します。エンドユースモデルに関してはこういった流れの作業ですが、私個人でいうと、人々の家計消費や時間の使用からどのような生活を送っているのかを推計し、家庭ごみやエネルギー消費量、水消費量等を推計するためのモデル開発が中心的な作業になります。所属している社会環境システム研究センター（以下、社会センター）には社会学や都市計画の専門家もいますので、一緒に研究し、それらの分野からのアプローチも取り入れて、人々のライフスタイルと環境負荷発生量に関する研究を進めています。

広兼 金森さんは衛生工学がご専門でしたね。衛生工学のなかで家庭に関する分野はありますか。

金森 衛生工学の古くからの分野である上下水道、廃棄物、大気汚染、騒音、振動は人々の生活と深く関係する分野で、出身大学でも研究されていました。大学時代の私の指導教官はもともと上水道が専門でしたが、1980年代、国環研の森田恒幸先生（故人）らと、次のテーマは地球温暖化問題になるだろう、これは面白そうだということで、統合評価モデルを開発し、地球温暖化問題にアプローチする研究を始めたそうです。私はその統合評価モデルの一部として家庭部門に特化したモデルの開発を学生時代から行っていました。

家庭でできる温暖化対策 (1)：最新の知見を取り入れ、できることを見直す

広兼 金森さんは、2014年の国環研の春の一般公開のパネルディスカッションにパネリストとして参加された時、会場の方からの「一般市民には温暖化防止で何ができるでしょうか？」という質問に的確に答えられていました。当時はまだ、IPCC第5次評価報告書（AR5）もすべてのワーキンググループについて公表はされていませんし、2°C目標は具体化していませんでした。IPCC AR5と、2015年末の気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）で採択されたパリ協定の2°C目標という高い目標が出ている現在、あらためてその質問を受けたとしたら、どうお答えされますか。

金森 一般市民に何ができるのかというのはよく聞かれます。けれども、この2年間に市民ならではの特別な対策が新しく出てきたとは、残念ながら思いません。当時と同じ答えになってしまっていますが、自分の生活や行動の中でできることを改めて見直してほしいということです。すでにいろいろなことを実行しているでしょうが、できる限りのことはすべてやっていると思い込んでいないか、まだ他に工夫してできることはないのか考えてほしいです。あとは、適切な機器の買い替えです。この2点は以前と同じなのですが、私が「ココが知りたい地球温暖化」で「家庭でできる温暖化対策」（http://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/26/26-2/qa_26-2-j.html）を執筆したときと今とでちょっと変わってきていることがあります。

広兼 どういったことでしょうか。

金森 家庭でできる温暖化対策というと、以前は、こまめな対策が何でもよし！という風潮があったように感じます。例えば、エアコンについても、部屋を使用しない場合は普通スイッチを切りますよね。でも、最近では、夏などにスイッチを切ったことでまた部屋が温まり、再度冷やすとエネルギーを多く使うそうです。30分や1時間程度の不在では、いちいちエアコンのスイッチを切らずつけっぱなしにしておいた方がトータルでは電気消費量が少なくてすみます。他にも、機器の性能が変わっていますから、いろいろな対策の効果も変わっています。対策の効果は時間と共に変わるということを知って頂き、なるべく最新の知見を取り入

れて欲しいです。また、地球温暖化問題にもっと関心をもってほしいと思います。そうすると、考え方や行動が変わるでしょう。関心をもっていないわけではないけれど、今すぐ行動を起こさない人には、あまり後回しにしないで下さいと伝えたいです。国が2030年に向けた温室効果ガスの削減目標を決めました。その中でも家庭部門は40%減を期待されており、非常に多く温室効果ガスを削減する必要があります。削減に向け、のんびりしている暇はありません。



広兼 エネルギーを節約するということでは、エレベーターや車をなるべく使わないということがあります。しかし国環研のなかでも実行できていない人が多いです。このことについて何かよい知恵はないでしょうか。

金森 以前、自動車通勤の人に公共交通で通勤しない理由を聞いたことがあります。公共交通機関を利用すると時間のロスが大きい、周辺に街灯が少なくて、自転車通勤するには夜はちょっと危険だなどと言われました。無理をして事件や事故につながるようなことになってしまうと困るので、難しいですよ。ただ、社会センターでは車以外で通勤する人が増えてきているように思います。

広兼 何が効果をあげたのでしょうか。

金森 単純に意識が高い人が増えたのか、周りを見てなんとなくそういう人が増えたのか。理由は正直なところよくわかりません。ただ、私は「それは無駄じゃないかな」と思った時は、一応指摘してみるようにはしています。

広兼 2011年3月の東日本大震災のとき、福島第一原子力発電所が止まり、計画停電などありましたが、そのこと自体にあまり文句を言う人はいませんでした。きちんと説明すればわかってくれるのでしょうか。

家庭でできる温暖化対策 (2)：適切な買い替えを実施する

広兼 需要側対策の一つとして家電や自動車など、エネルギー高効率のものへの切り替えが推奨されることがよくあります。私はかつて環境庁（現環境省）で勤務していたとき、自動車の買い替えを進める自動車NOx法（「自動車から排出される窒素酸化物の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法」）を担当していました。これは古くて排出ガス規制の厳しくない車を早く廃車にして新しい車に買い替えて、環境を改善するというのを主たる対策にしていたのですが、よく考えると、まだ使えるものをゴミにしてしまうことにもつながります。つまり、「もったいない」という観点も出てきてしまいます。ライフサイクルアセスメント（LCA）等しっかり研究されていると考えたいですが、それを自分が納得するほど確認できていたわけではなく、一抹の罪悪感がぬげません。このことに対して何かアドバイスやご意見はありませんか。

金森 LCAの視点から、私の研究の中で定量的に結果を示したことはありません。今より効率のいい機器が、来年

あるいは近いうちに出てくるでしょう。だからといって1年で買い替えるというのはおかしいと思います。家電機器でしたら、3～4年でも早い気がします。とはいえ、20年はちょっと長いという感覚です。もし、そういう研究結果があれば参考にしたいですね。今のところ、家電機器の買い替えの適切な時期を聞かれたら、10年くらいを目処に考えてみたらいかがですかとお答えしています。これは、LCAの研究をしている人とお話をしていて、そのようにお答えしても大丈夫ではないかと言われたことがあるからです。10年で機器の効率は相当よくなりますし、壊れ始める機器が増えてきますので。

得意なこと、好きなことが対策につながれば...

広兼 例えば、男性が得意な需要側対策、女性が得意な需要側対策、というのはありますか。

金森 これはとても難しいです。

広兼 例えば、ダイエットに関心がある人は多いです。一般的に女性のほうがより関心が高いように思われます。それならば、駅でやたらにエスカレーターに乗らずに「階段を使うとダイエットにいいよ」と呼びかければ効果的な節電になるのではないかと思います。これはダイエットしている男性にもいえますが、万人ウケはしないでしょうね。

金森 そうですね。たぶん「ウケない」と思います。第3期中期計画（2011～2015年度）のときに社会センターで行った持続可能社会転換方策研究プログラムのなかで、4つのシナリオを作成しました。その一つ、健康を意識している社会においては、ボタンひとつ押すだけで何でもできるような家電ではなく、逆に身体を動かしながら家事をするような家電を使う生活に変えたらどうかというアイデアがありました。一般の人にご意見をお聞きしたところ、「冗談は止めて!」というような反応が多かったようでした。

広兼 非常に興味深い反応ですね。例えば、食器洗浄機ができ、自分で食器を洗う必要がなくなって、私たちはその分身体を使わなくなりました。ところが今度は、その時間を利用してフィットネスクラブで運動し、身体を動かそうとしたりするのです。最近の車には、走行中にメータの横にリッター何kmという燃費の表示が出ます。そうすると、多くの人が、できるだけ低燃費に運転しようとする工夫を無意識のうちに始めます。もちろん、安全に影響があってはいけません。こうした意識と行動の関係をうまく作り上げられればと思います。ダイエットも、ある意味、体重計との闘いです。好きなことに結びつけて何か工夫できないかなと思います。

金森 ある程度の年齢の女性は家計簿をつけている人が多いです。どれくらい電気を使っているのか、そして、節約によってどのくらい家計が変わるかということが、家計簿からわかるとがんばれるので、削減につながるかもしれません。最近、家電好きな人がテレビとかで取り上げられますが、是非性能だけでなくエネルギー消費量についても発信して欲しいなと思いますね。



太陽光発電と太陽熱温水器のメリットを活かした普及

広兼 家庭用の太陽光発電と太陽熱温水器がありますね。熱効率的には温水器が優れていると聞いたことがあります。このことと、どちらが普及する方がよいのかをお聞きしたいと思います。総合的に見るといろいろ難しいというのが専門家の今までの意見のようですが、結論は出ているのでしょうか。

金森 用途や生み出すエネルギーの種類が違います。熱でできることはたくさんあります。お湯を作れますし、暖房にも利用できます。その用途なら太陽熱温水器の方がたぶん安価だし、いいと思います。寒い地域では電気で暖房というのはかなり厳しいので、温水がうまく使えるかもしれません。一方、太陽光発電は人気で、どんどん開発が進んできました。太陽光で発電し電気から熱にすると、太陽熱温水器に比べて効率がよくないのですが、もともとのエネルギーが無尽蔵にあるので、家庭がオール電化になったりすればさらに普及するでしょう。

広兼 私は一軒家に住んでいるのでオール電化を含めているいろいろなことを試せますが、マンションや団地で太陽熱温水器の設置は難しいでしょうし、太陽光発電も単位面積あたりの発電量はそれほど大きくはないですね。

金森 太陽熱温水器も結構スマートなものが出てきていますが、現在は、太陽光発電の方が普及しているようです。電気を使う機器が家庭内でどんどん増えていますから。

家電機器の消費電力の違いを伝えたい

広兼 研究所の一般公開などのイベントでは、自転車で発電する企画を行っています。自転車発電では絶対に無理というか、人間のパワーで稼働させるのが難しいのはドライヤーや電子レンジなどの熱系の機器です。あれだけの熱量を人力で作り出すのは容易ではありません。

金森 たしかに、炊飯器や電子レンジなど、熱を使う家電機器はエネルギー効率が悪いです。しかし、そういうことはあまり意識されていないので、もっと一般の人に伝えていきたいです。

広兼 自転車発電をやってみると実感できるかもしれません。ときどき冗談で言うのですが、朝出かける前にドライヤーを使うのに自転車発電でまかなうとしたら、何人で自転車をこがなければならないかということをよく考えてほしいと。

金森 昔、電子レンジとドライヤーを同時に使ったりすると、よくブレーカーが落ちました。最近はそのようなことは少ないと思いますから、どういう機器の熱や電気の消費が多いのか、よく知らない人が多いのかもしれませんが。こうしたことを、きちんと伝えて知ってもらうことはとても大切だと思いますので、イベントで市民の方と直接お話しできる機会があるときには、そういうことがわかるような資料を作るように意識しています。

幅広い分野をターゲットにした家庭部門の温暖化対策

広兼 次に『地球温暖化の事典』を執筆するとしたら、同じテーマで書きたいですか。自由に書いていいと言われていたら、何か違うテーマやタイトルで書きたいと思われませんか。

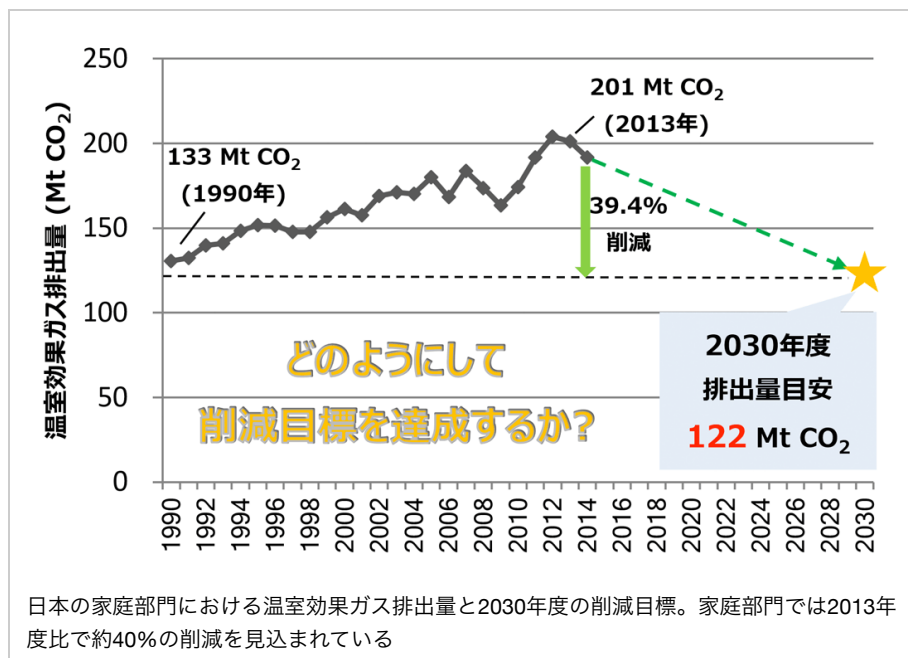
金森 もしチャンスをいただけるなら、私はずっと家庭での温暖化対策を研究しているので、その関連で書きたいと思います。

広兼 家庭での対策といっても、キッチン、乗用車、電気製品などいろいろあります。

金森 家庭はすべてターゲットにしています。ただし、車はエネルギー統計の分類上、マイカーでも運輸に分類されてしまいます。車以外で家庭に関係しているところは幅広くカバーしています。家庭部門からの二酸化炭素排出量は依然として増えています（2013年度は2005年度比16.7%増^[1]）。さらに研究を進める必要があると思います。

広兼 2030年度の温室効果ガス排出量を2013年度比で26%削減するという日本の約束草案^[2]で、部門別にみると家庭部門は約40%削減ですよね。

金森 この10～20年間で家電機器の効率は劇的に向上しました。どの家庭にもある冷蔵庫の最新のモデルの消費電力は、10年前の機種のみ1/3程度です。20年後にはいろいろな機器の買い替えがすべて終わり、それが数字にきちんと現れると私は思っています。



脚注

1. 尾田武文・野尻幸宏「わが国の2013年度（平成25年度）の温室効果ガス排出量について～京都議定書の第二約束期間における最初の排出量の報告～」地球環境研究センターニュース2015年6月号
2. 2015年末パリで開催されたCOP21に先立ち、各国が表明した2020年以降の温室効果ガス削減目標

*このインタビューは2016年4月11日に行われました。

今回は小熊宏之さん（環境計測研究センター 画像・スペクトル計測研究室 主任研究員）に向井人史さん（地球環境研究センター長）がインタビューします。

長期観測を支える主人公—測器と観測法の紹介—

13 大気中の酸素が減っているって本当？ 安心してください、ちゃんと測っています！

環境計測研究センター 動態化学研究室長 遠嶋康徳



長期観測を支える主人公—測器と観測法の紹介—

[一覧ページへ▶](#)

1. CO₂が増えると……酸素が減る！

大気に含まれる二酸化炭素（CO₂）の量が徐々に増加し、地球が温暖化しつつあるということをご存知のことと思います。CO₂増加の主な原因は人類が化石燃料を大量に消費していることにあります。化石燃料を燃焼させて電気などのエネルギーを取り出したり、車や飛行機の動力源として利用したりすることで私たちは豊かな生活を送っています。しかし、一方で燃焼により放出されたCO₂は大気に蓄積し地球の気候を変えつつあるのです。

ところで、化石燃料の燃焼の際にはCO₂の生成と同時に大気中の酸素が消費されているはずですが、そうすると、大気中の酸素濃度は減少している可能性があります。それではどのくらいの酸素が消費されているのでしょうか？

米国エネルギー省の二酸化炭素情報分析センター（CDIAC）によると、2010年に全世界で消費された化石燃料の総量は炭素量換算で91.4億トンと推定されています。これだけの量の化石燃料が完全に燃焼してCO₂になったとすると、大気中のCO₂を4.3ppm（ppmは濃度の単位で、1ppmは空気分子100万個あたり1個の割合という意味です。詳しくは5節を参照ください）押し上げることとなります。一方、化石燃料の燃焼でCO₂が1分子生成するのに対してどれだけの酸素が消費されるかは化石燃料の種類によって異なるのですが、すべての化石燃料を平均すると約1.4倍の酸素が消費されます。したがって、約6ppm（ $\approx 4.3\text{ppm} \times 1.4$ ）分の大気中の酸素が消費されることとなります。

現実の大気中の酸素やCO₂の濃度変化は化石燃料の燃焼だけで決まるわけではなく、海洋や陸上生物圏からの放出・吸収も影響します。しかし、その影響は限定的で、いずれにせよ大気中の酸素濃度はppmレベル減少していると考えられます。

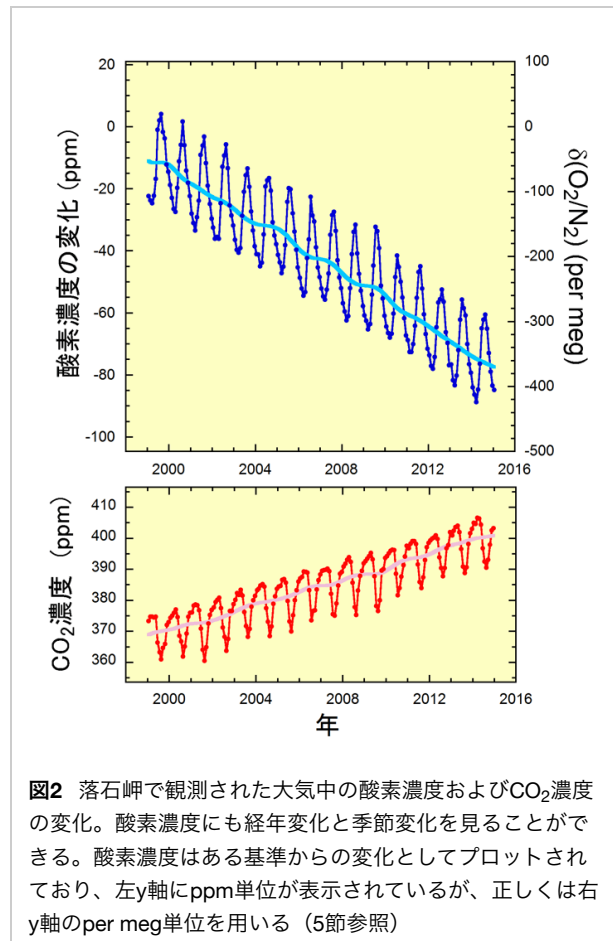
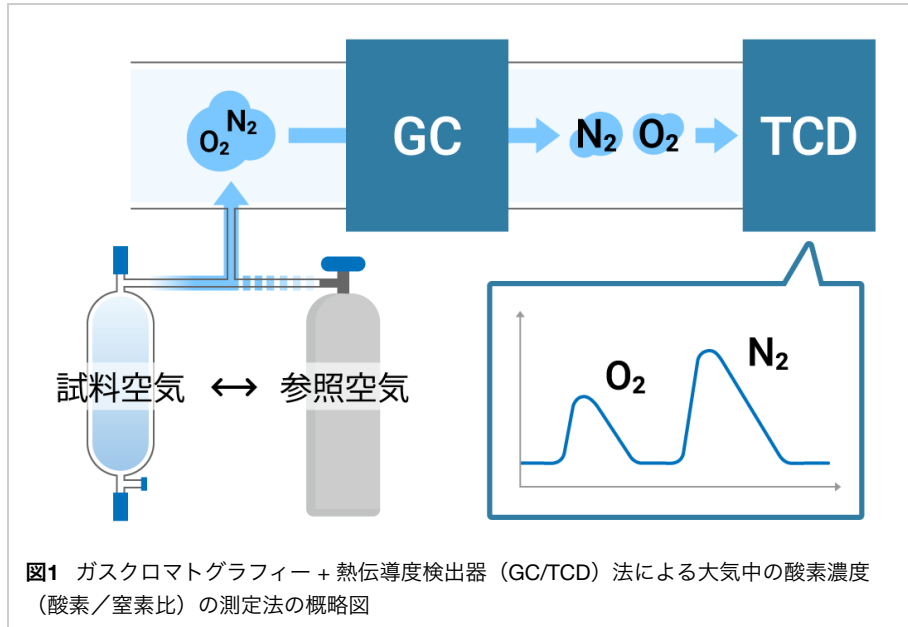
2. どうやって測定するか？

ところで、大気に含まれる酸素の濃度は約21%です。これはppmという単位で表すと210000ppmとなります。前節で議論したように大気中の酸素濃度の減少量を正確に測定するためには1ppm程度の精度が要求されるので、0.0005%（ $= 1 \div 210000 \times 100$ ）の精度が必要となります。大気中の酸素が減少している可能性については1970年代にも議論され、実際に観測が試みられたことがありました。しかし、当時は濃度変化を検出することはできませんでした。

この状況を打破したのが、米国のラルフ・キーリングです。余談ですが彼の父親は、ハワイのマウナロアにおいて世界で最初に大気中のCO₂濃度の増加を観測したチャールズ・キーリングです。彼はハーバード大学の博士課程で大気中の酸素濃度の変動を検出する方法の開発に挑戦し、それを実現しました。その方法はかなりユニークなもので、酸素濃度の違いが空気中の光の屈折率に影響することに着目し、参照空気と試料空気の屈折率の違いを干渉計によって測定し、参照空気からの濃度の違いを高精度で求めるというものでした。そして、実際に大気中酸素濃度が減少していることを観測から世界で初めて明らかにしたのです。

キーリング氏の成功の後、その他の測定原理に基づく大気酸素測定方法がいくつか開発され、大気観測に応用されて

きました。いずれの方法でも試料空気と参照空気を同時、または交互に測定することで両者の酸素濃度の違いを精密に測定しています。国立環境研究所（以下、国環研）でもガスクロマトグラフィー（GC）の原理を用いて空気中の酸素と窒素を分離し、それぞれを熱伝導度検出器（TCD）で検出し、酸素／窒素比の違いとして酸素濃度の変動を測定する方法（GC/TCD法）を独自に開発しました（図1）。この方法では、高精度の分析を実現するため、温度や圧力変化の影響をできるだけ受けないように工夫がされています。図2に国環研の落石モニタリングステーションにおいてフラスコサンプリングされた大気試料のCO₂と酸素濃度の分析結果を示します（なお、酸素については濃度変化量をppm単位でプロットしていますが（左y軸）、右y軸のper megという単位で表すのが正しい表示です。詳しくは5節を参照して下さい）。一見してわかるとおり、CO₂が増加しているのに対し酸素は減少しています。図に示した期間で平均すると、CO₂は年間2.1ppmの割合で増加し、酸素濃度は年間4.2ppmの割合で減少していることがわかりました。



ところで、CO₂と酸素濃度には経年変化だけではなく季節変化も見られますが、CO₂が冬に高く夏に低くなるのに対し、酸素は逆に冬に低く夏に高くなる季節変動を示します。これは陸上の生物圏（森林など）が秋から冬にかけて呼吸が光合成を上回るためCO₂を放出（酸素を吸収）し、春から夏にかけて光合成が呼吸を上回るためCO₂を吸収（酸素を放出）することを反映したものです。

3. 酸素濃度の低下は問題か？

大気中の酸素濃度は減少しているのですが、それは問題ではないのでしょうか？ 仮に現在の減少率が続くとすると、およそ5万年後には大気中の酸素濃度がゼロになってしまいます！？ もちろん、その前に人間は生きてゆけなくなるのですが、例えば息苦しさを感ずる18%まで減少するにもおよそ5000年程度かかります。ですから、当分は問題ありません。

昨年末にパリで開催されたCOP21では産業革命以前からの地球の平均気温の上昇を2°C未満に抑えようという「パリ協定」が採択されました。この目標を達成するために、今世紀後半には温室効果ガスの排出量をゼロにする必要があるとされています。気候モデル研究によると、2100年のCO₂濃度が600ppmに達するとすると、気温上昇を2°C未満に抑えることがかなりの確率で難しくなるとされています（ここでは説明を簡略化するために、温室効果ガスはすべてCO₂であると考え、CO₂の回収・貯蔵などは考えないとして）。現時点での大気中のCO₂濃度は約400ppmですから、600ppmまで、残り200ppmの余裕しかありません。化石燃料起源のCO₂の半分を海洋や陸上生物圏が吸収してくれるとしても、排出できる量は400ppm分です。このとき、CO₂排出量と酸素消費量の関係を検討すると酸素消費量は（化石燃料の種類に依存するCO₂と酸素の比が1.4よりやや大きくなったとしても）せいぜい600ppmです。しかし、600ppm減少しても現在の21%の酸素濃度が20.9%になるだけで、おそらく気づく人はほとんどいないでしょう。酸素減少の影響よりも、温暖化の問題の方が喫緊の課題といえます。

4. 酸素の変化を測定することに何の意味があるのか？

大気中の酸素が実際に減っていること、また、減ってはいるが当分は問題ないことがわかったところで、それでは酸素濃度を測定することにどのような意味があるのでしょうか？ 実は、大気中のCO₂と同時に酸素を観測することでグローバルなCO₂の収支を推定することができるのです。酸素濃度の減少速度は化石燃料の燃焼による消費量と陸上生物圏からの酸素放出量で決まります（正確には、海洋から放出される酸素量も考慮する必要がありますが、ここでは簡単のため省略します）。一方、化石燃料の燃焼による酸素の消費量はエネルギー統計から計算することができます。そこで、大気中の酸素濃度の減少量を観測から正確に求めることができれば、陸上生物圏からの酸素放出量、つまり陸域生物圏の正味のCO₂吸収量を求めることができるのです。詳しくは、国環研ニュース25巻の記事「大気中の酸素濃度の変動から二酸化炭素の行方を探る」 (<http://www.nies.go.jp/kanko/news/25/25-3/25-3-04.html>) をご覧下さい。

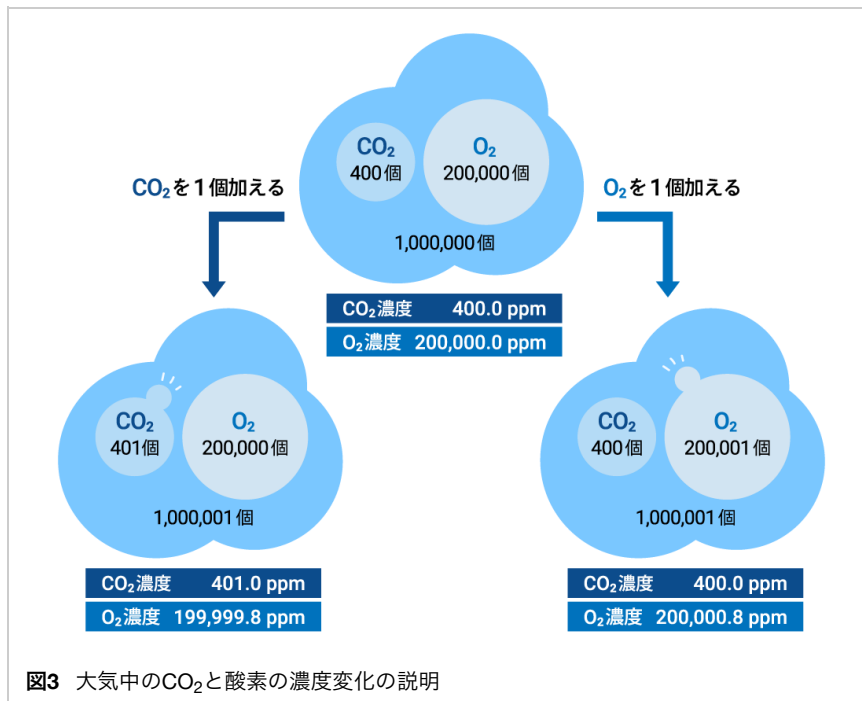
5. 酸素濃度の変化をどのように表すか？

さて、これまではあまり深く考えずに酸素濃度を%やppmという単位を使って表してきました。しかし、厳密にいうと、酸素という大気中の「主成分」の濃度変化を表す場合には、かなり厄介な問題があります。

一般に、大気成分の濃度を表すには空気を構成する全分子に対する混合比が用いられます。CO₂の場合であれば、空気を構成する全分子数に対するCO₂の分子数の割合（CO₂分子数 ÷ 空気の全分子数）のことです。仮に、容器の中に空気分子が100万個ありそのうち400個がCO₂とすると、CO₂の混合比は $400 \div 1000000 = 0.0004$ となります。でも、これでは値が小さすぎて不便なので、100万倍して400ppmと表記します。ppmはparts per millionを省略したもので百万分の一であることを表します。さて酸素ですが、先ほどの百万個の空気分子のうちきっちり20万個が空気分子とすると、その混合比は200000ppmとなります。ここまでは何の問題もありません。

それでは、この百万個の空気分子にCO₂を1分子加えた場合と、酸素を1分子加えた場合のそれぞれについて濃度変化を比べてみましょう（図3）。まずCO₂の場合ですが、CO₂は401個、空気の全分子数は1000001個になるので、

CO₂濃度は $401 \div 1000001 \times 1000000 \approx 401.0\text{ppm}$ となり、予想通り1ppm増加しています。ところが、酸素の場合を計算すると、 $200001 \div 1000001 \times 1000000 \approx 200000.8\text{ppm}$ となり、0.8ppmしか増加していないことになりま
す！ 0.2ppmはどこに消えたのでしょうか？ さらに、CO₂を1分子加えた場合の酸素濃度も0.2ppm減少しています
($200000 \div 1000001 \times 1000000 \approx 199999.8\text{ppm}$)。この減少分は空気分子の総分子数が変化したため、つまり割り算の分母の数がわずかに増えたために生じた濃度減少で、希釈効果とも呼ばれます。



このように、大気主成分である酸素の濃度変化を混合比で表示するとかなり混乱を招く結果になります。そこで考え出されたのが酸素と窒素の比の変化として酸素濃度の変動を表す方法です。大気中の窒素はほとんど変化しないことに着目し、次の式で表されるように、試料空気と参照空気の酸素/窒素比の偏差の百万分率として酸素濃度の変化を表すのです。

$$\delta(O_2/N_2) = \left\{ \frac{(O_2/N_2)_{\text{試料空気}}}{(O_2/N_2)_{\text{参照空気}}} - 1 \right\} \times 1000000$$

これをper meg（パーメグ）という単位で表し、4.8per megが微量成分の1ppm、もしくは空気分子の総数を一定にした場合の濃度1ppmに相当することになります。なお、本稿ではこれまで酸素濃度をppmで表示してきましたが、混乱を避けるためにいずれも空気総数を一定にした場合の濃度変化として示してきました。

6. 山積する問題

306001.html酸素濃度の変化を観測するという事は、大気の主成分である酸素濃度のわずかな変化を正確に測定するという事で、微量気体の測定の場合とは違った難しさがあります。例えば、参照空気には高圧ボンベに充填された乾燥空気を用いますが、高圧ボンベの温度・圧力が均一でないとボンベ内部の酸素濃度の分布も不均一となり、ボンベから取り出す空気の酸素濃度が変化してしまうという問題があります。ボンベは通常床に縦置きにして使うのですが、ボンベ内の空気自体の重さの影響や、室内温度より床の温度の方が低いことで、ボンベの底ほど圧力が高く、温度が低くなります。空気中の酸素は高圧・低温部に濃集する傾向があるのでボンベの底の酸素濃度が高くなり、ボンベから取り出す空気の酸素濃度は低くなるという問題が生じます。こうした問題を避けるために、高圧ボンベは断熱された棚に横置きにして使う必要があるとされています（写真）。



写真 国環研で酸素濃度測定に用いられている参照空気が充填されたボンベ。ボンベは断熱された棚に横置きされている

ボンベの設置方法以外にも、大気試料を採取してから分析するまでのプロセスに酸素濃度測定に影響する様々な可能性があり、それらに対処しながら精密な観測を実施しています。しかし、酸素観測を実施するうえでの最大の問題は、濃度変化を正確に測定するための絶対的な基準が存在しないということです。CO₂の場合は、絶対濃度測定や、質量測定に基づく標準ガスの調製が可能で、ppm以下の精度で濃度を決定することができます。

ところが、酸素の場合はppmレベルで絶対濃度を測定する方法や標準ガスを作る方法は現時点では確立されていません。大気酸素を測定している各研究機関は乾燥させた実空気をボンベに充填し、それを基準としてそれからの濃度変化を測定しているのが現状です。そして、酸素濃度が変化していないことを確認するために、乾燥空気を充填したボンベを複数用意し、それぞれの酸素濃度の値が変化しないかを調べることで長期的な濃度基準を保っています。問題は、酸素はCO₂等と比べて反応性が高く、例えば高圧ガスボンベの内面の酸化反応で減少する可能性を否定できないことです。したがって、絶対的な基準をどのように作り出すかが今後の大きな課題となっています。

観測現場発季節のたより

9 年間季節変動が小さい島での温室効果ガス観測

—日本最南端、波照間島の春—

地球環境研究センター 交流推進係 広兼克憲



観測現場 発 季節のたより

[一覧ページへ▶](#)

2016年3月中旬の沖縄県八重山郡竹富町波照間島にある地球環境モニタリングステーション近辺の様子を報告します。この島は人が住んでいる日本最南端の地で、人口は500人余りです。波照間とは「果てのうるま（うるまはサンゴの意）」の当て字だそうです。まさに、波光きらめく海とサトウキビ畑を見渡すことのできる果ての小島です。地球環境研究センターは、人為的発生源がほとんどないこの地で温室効果ガス濃度の観測を1993年から継続してきました。

この島の施設を示す看板にはたいてい「日本最南端」の枕詞がつきます（写真1）。



写真1 ステーションから約2kmのところにある星空観測タワーの駐車場。12月前半～6月末、ここからは南十字星が良く見えるそうです

今冬の沖縄は肌寒い日もあって、本島では数十年ぶりにみぞれが観測されたりしました。波照間は沖縄南部の石垣島からさらに南へ約40kmの位置にあるので、さすがに雪やみぞれが降ったという記録はありません。夏は台風の通り道になり、直撃時には風速70m/sを記録したこともあります。

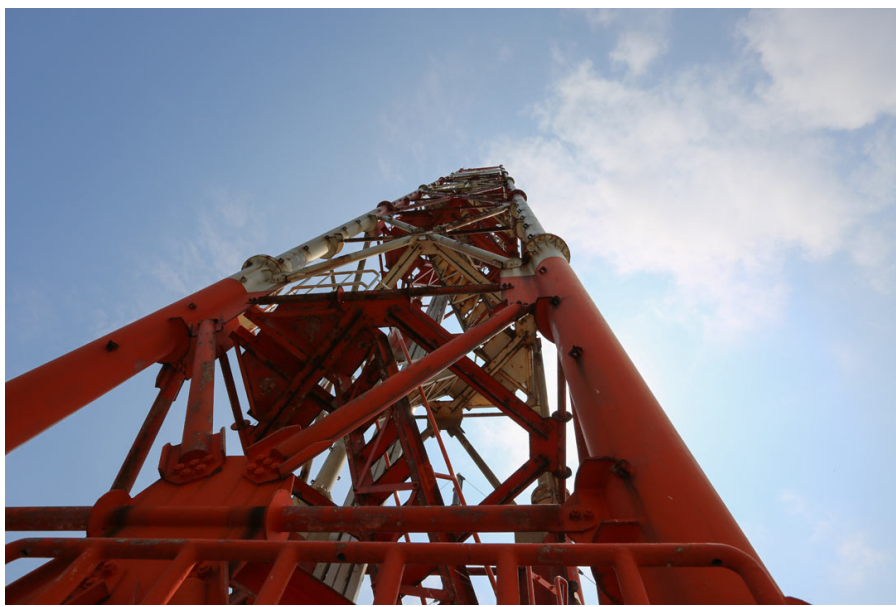


写真2 3月の波照間モニタリングステーション観測タワー（高さ約40m）を見上げる。太陽の高さが春とは思えません

春なのに、太陽がじりじりと照りつける波照間の3月、この日（3月17日）の外気温は26°C、作業したら半袖でも汗をかいてしまいました。実は太陽紫外線の量も本州よりかなり多くなっていますのでUV防護のクリームを塗るなどのケアも重要です。

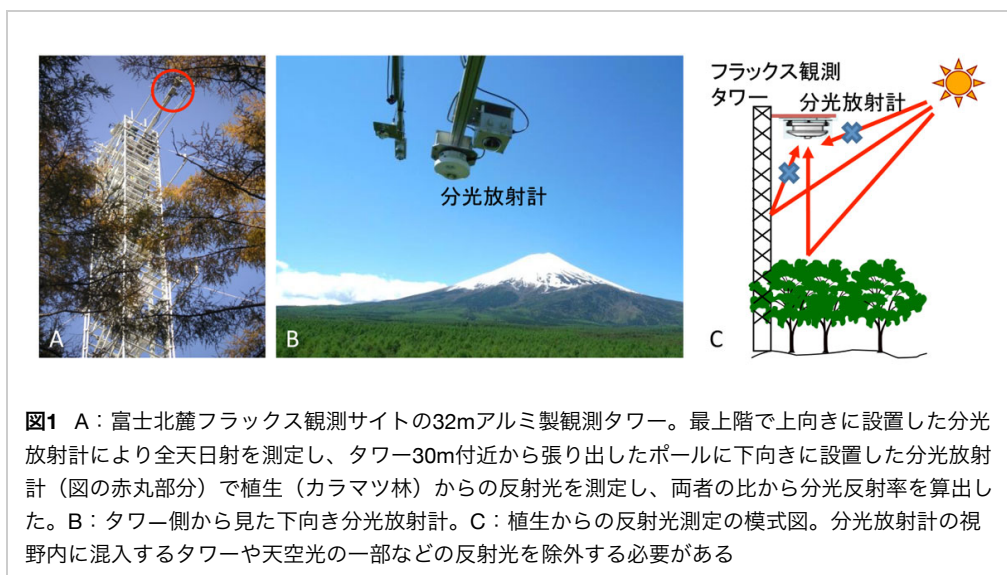
国立環境研究所では北海道根室市の落石岬でも温室効果ガスの観測を行っていますが、2つの観測所の二酸化炭素濃度の変動のしかたを比べると、落石岬の方が波照間より年間の濃度変動が大きいことがわかります。

【最近の研究成果】

フラックスタワーにおける高精度分光観測のためのタワー遮蔽装置の開発

地球環境研究センター 陸域モニタリング推進室 高度技能専門員 井手玲子
国立環境研究所 廣瀬保雄、小熊宏之、三枝信子

人工衛星から植生の分光反射率を観測することにより、世界各地で測定されているCO₂フラックス値からCO₂吸収量を広域推定することが期待されている。そのため、CO₂フラックス観測サイトでは、衛星と同じような分光放射計を観測タワーに設置し、フラックス観測と同時に植生の分光反射率を測定することで衛星観測手法の開発を行ってきた。しかしながら、このようなタワー観測の問題として、視野角の広い分光放射計を用いた場合、タワーなどの構造物や天空光の一部が分光計の視野内に混入することによって植生の反射率が正確に測定されないことが懸念されている(図1)。そこで、本研究では植生からの分光反射光を正確に測定するため、視野内のタワーおよび天空を効率よく除外するタワー遮蔽装置を開発した。遮蔽板を分光放射計に装着し自動回転させることにより、遮蔽/非遮蔽の2モードでの測定を可能にした(図2)。この装置を山梨県富士北麓のフラックスタワーに設置して2014年4月から11月までカラマツ林の連続分光反射率を測定し、タワーなどの反射光混入の影響評価を行った。その結果、反射光混入による影響は波長、天候や時刻、季節により大きく変動することが明らかになった。混入の影響は近赤外域(約700-900nm)では小さいが、クロロフィルの主要な吸収帯である可視域(約400-700nm)で大きく、非遮蔽時の反射率は遮蔽時の最大約3倍になり、NDVI^[注]が8-22%過小評価されるなど植生指数の値にも大きな影響が認められた。今後はこのようなタワー遮蔽装置の普及により、植生反射率の測定精度の向上が期待できる。



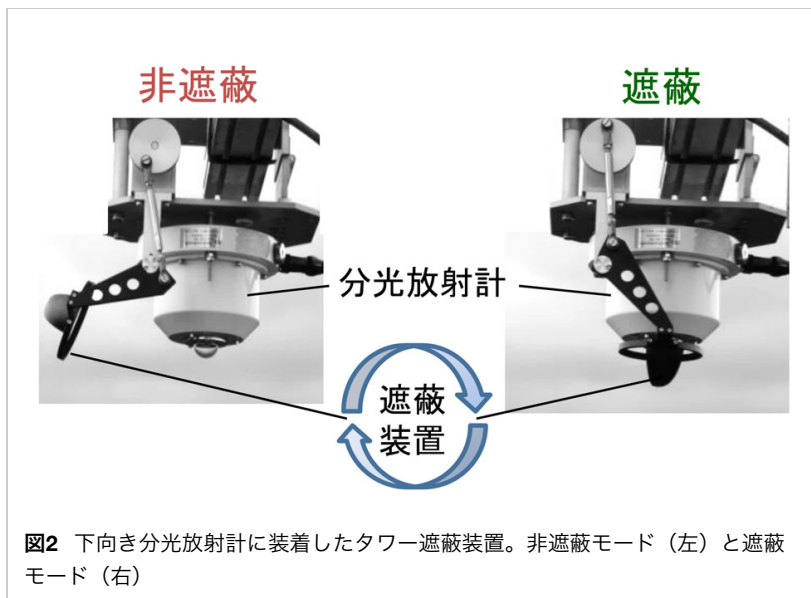


図2 下向き分光放射計に装着したタワー遮蔽装置。非遮蔽モード（左）と遮蔽モード（右）

脚注

- NDVI: Normalized Difference Vegetation Index. 正規化差分植生指数。可視域の赤と近赤外域の反射率の差を正規化した指数で、植生の被覆率や活性度を示す指数として使われる。

本研究の論文情報

Development of a masking device to exclude contaminated reflection during tower-based measurements of spectral reflectance from a vegetation canopy.

著者： Ide R., Hirose Y., Oguma H., Saigusa N.

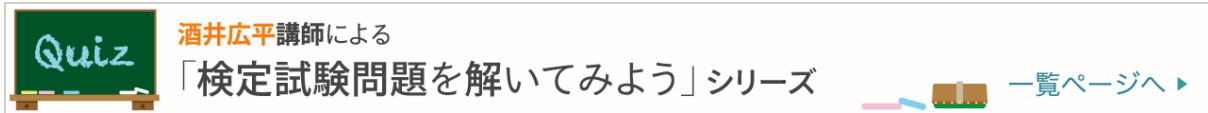
掲載誌： Agricultural and Forest Meteorology, 223 (2016), 141-150, DOI: 10.1016/j.agrformet.2016.03.010.

酒井広平講師による「検定試験問題を解いてみよう」シリーズ

28 家庭でできる温暖化対策

—3R・低炭素社会検定より—

地球環境研究センターニュース編集局



3R・低炭素社会検定は、持続可能な社会の実現のため、3Rや低炭素社会に関する知識を活かして、実践行動を行う人を育てることを目的としています。【3R・低炭素社会検定 低炭素社会分野試験問題解説集「はしがき」より】
検定試験問題から出題します。

問81

家庭の電気使用量が1ヶ月当たり350kWhの際に排出されるCO₂の量として、最も近いものはどれか？ なお、電気の1kWh当たりのCO₂排出量（排出係数）は0.55kgとする。

初級レベル

正答率 86%

- ① 20 kg
- ② 200 kg
- ③ 400 kg
- ④ 600 kg

ヒント

この計算において、電力の排出原単位は0.55 kg-CO₂/kWhです。

答えと解説

答え：②

このような計算は環境家計簿をつける（CO₂排出量を算出する）際に出てきます。計算方法は以下のようになります。

$$350 [\text{kWh}] \times 0.55 [\text{kg-CO}_2/\text{kWh}] = 192.5 [\text{kg-CO}_2] \approx 200 [\text{kg-CO}_2]$$

なお、ここでは電力の排出係数を0.55kgCO₂/kWhとしています。一般的に計算する場合は各電力会社が公表している値を使って計算します。

*正答率は第7回3R・低炭素社会検定受験者のものです

問82

家庭における機器別年間消費電力量の内訳（2009年）の上位4種類をあげたものとして、最も適切なものはどれか？

中級レベル

正答率 65%

- ① 冷蔵庫、照明機器、エアコン、電気便座
- ② 冷蔵庫、エアコン、テレビ、パソコン

- ③ 冷蔵庫、照明機器、テレビ、電気便座
- ④ 冷蔵庫、照明機器、テレビ、エアコン

ヒント

家庭のさまざまな場所で使用する照明機器も、上位4種類に入ってきます。

答えと解説

答え：④

冷蔵庫、エアコン、テレビに照明機器を加えた4種類の電化製品が、家庭における年間消費電力の半分近くを占めています（公式テキスト図16-1-3参照）。節電や電気によるCO₂排出量の削減を実施するには、まずこの4種類について考えてみるのが重要になります。

*正答率は第7回3R・低炭素社会検定受験者のものです

問83

冷蔵庫は使い方の工夫で1～2割の節電が可能である。そのための対策として、最も不適切なものはどれか？

初級レベル

正答率 95%

- ① 冷蔵庫の開け閉めの回数を減らす
- ② 冷蔵庫の運転の強弱を適切に設定する
- ③ 建物部材を放熱先として利用するために、壁との距離を2cm以内とする
- ④ 冷蔵庫に食品等のものを詰めすぎない

ヒント

冷蔵庫の周りは熱を逃がしやすくしておく和省エネになります。

答えと解説

答え：③

冷蔵庫は、一般的にどの家庭にもあり、365日24時間稼働しているため、家庭の中では年間消費電力量が大きい電化製品のひとつです。

冷蔵庫の開け閉め回数を減らすことにより、冷気の拡散が抑えられるため、節電につながります。

例えば、夏場に比べて冬場に冷蔵庫の運転を弱めておいても影響はなく、省エネにつながります。また、冷蔵庫に食品等のものを詰め込み過ぎると、運転頻度が上昇し、消費電力量が大きくなります。

冷蔵庫は庫内の熱をくみ上げて庫外へ放出しています。そのため、壁からの距離を適切に開けておかないと、周囲から熱が逃げにくくなり、効率が落ちます。

*正答率は第6回3R・低炭素社会検定受験者のものです

問84

地域別・用途別世帯あたりのエネルギー消費量の特徴の説明として、最も適切なものはどれか？

中級レベル

正答率 72%

- ① 関東では他の地域に比べて照明・家電用のエネルギー消費量が大きく、電気による

エネルギー消費量が大きい

- ② 照明・家電用のエネルギー消費量は、地域による違いが大きく、地域間で2倍以上の開きがみられる
- ③ 九州では冷房用のエネルギー消費が大きく、他の地域に比べてエネルギー消費量大きい
- ④ 北海道、東北、北陸では暖房用のエネルギー消費が多く、他の地域に比べてエネルギー消費量大きい

ヒント

照明・家電用のエネルギー消費量は地域差が小さいです。

答えと解説

答え：④

北海道、東北、北陸といった寒冷な地域では、暖房期間も長く、外気温と室温との差が大きいことから、他の地域に比べ、暖房に多くのエネルギーを消費する傾向があります。

また、冬は暖房、夏は冷房でエネルギーを消費するため、冷暖房を使用しない中間季の春や秋に比べエネルギー消費量が大きくなる傾向にあります。ただし、冷房は年間で見るとそれほど大きな割合を占めず、（東北や北海道を除くと）地域差もそれほど大きくありません（九州の消費が大きいというわけではない）。

また、照明・家電用のエネルギー消費の地域差はそれほど大きくありません。

*正答率は第7回3R・低炭素社会検定受験者のものです

出典：3R・低炭素社会検定 (<http://www.3r-teitanso.jp>) 低炭素社会分野試験問題解説集