

独立行政法人 国立環境研究所

所在地：〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2  
 交通アクセス：JR常磐線「ひたち野うしく駅」よりバス約20分  
 ：つくばエクスプレス「つくば駅」よりバス10分  
 ：東京駅より高速バスで65分「つくばセンター」よりバス10分  
 ：※いずれも「環境研究所」バス停で下車  
 公式ホームページ：http://www.nies.go.jp/  
 E-mail：kouhou@nies.go.jp/  
 お問い合わせ：企画部広報室 TEL.029-850-2309

**リサイクル適性** この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準に従い、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料「Aランク」のみを用いて作製しています。

# 国境のない 地球環境

～移動する大気・生物・水・資源～

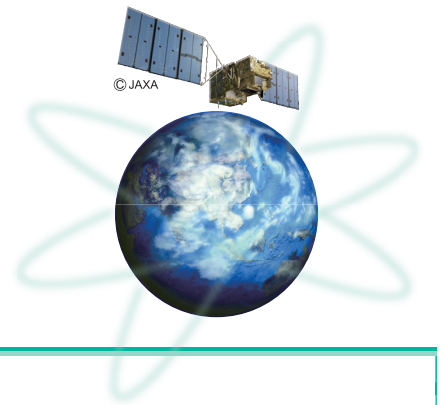


## 要旨集

6/14 金 東京会場 12:00～17:30 マルパルクホール

6/21 金 京都会場 12:00～17:30 シルクホール(京都産業会館8階)





ごあいさつ

独立行政法人 国立環境研究所 理事長 住 明正



人間社会には国境という境界線がありますが、地球環境に国境はありません。風が吹き、水が流れ、鳥が空を渡る、といった自然界の流れに加えて、航空機や船舶の航行などの人間活動によって、ありとあらゆる物質が地球規模で移動しています。こうした物質の移動は、一方で国境を越えた環境問題を引き起こしています。国立環境研究所は、こうした地球規模の環境問題を解決すべく、観測、モデル化、予測・評価など、対策に資する調査研究を進めてきました。

国立環境研究所の公開シンポジウムは、毎年6月の環境月間に東京と京都で開催し、環境研究の最新成果を報告する恒例の公開シンポジウムです。当研究所が実施している調査・研究を通じて得られた経験や知見を広く皆様にご報告する機会として公開シンポジウム2013「国境のない地球環境～移動する大気・生物・水・資源～」を企画いたしました。国境のない地球環境の問題について、皆さまとともに考える機会にしたいと願っています。



プログラム

- 12:00～13:00 **ポスターセッションI**
- 13:00～13:10 **開会挨拶** ..... (独)国立環境研究所理事長 **住 明正**
- 13:10～13:50 **① 人工衛星『いぶぎ』(GOSAT)から見た地球大気の大気二酸化炭素とメタンの変動とその要因の推定**  
 ..... 地球環境研究センター **横田 達也**
- 13:50～14:30 **② 地球をめぐる大気中物質 ～風に乗って大気汚染や気候影響をもたらすもの～**  
 ..... 地域環境研究センター **菅田 誠治**
- 14:30～15:10 **③ 世界を渡るアリ ～グローバル化と外来種問題～**  
 ..... 生物・生態系環境研究センター **五箇 公一**
- 15:10～15:25 **休憩**
- 15:25～16:05 **④ 水でつながる日本と世界 ～私たちの暮らしと世界の水問題～**  
 ..... 地球環境研究センター **花崎 直太**
- 16:05～16:45 **⑤ 国際サプライチェーンを通じた環境負荷の発生と資源消費**  
 ..... 資源循環・廃棄物研究センター **南齋 規介**
- 16:45～16:50 **閉会挨拶** ..... (独)国立環境研究所理事 **原澤 英夫**
- 16:50～17:30 **ポスターセッションII**

ポスターセッションの要旨は7ページより



# ① 人工衛星『いぶき』(GOSAT)から見た地球大気中の二酸化炭素とメタンの変動とその要因の推定

横田 達也

大気中の温室効果ガス濃度が年々増加していることが、地球温暖化の要因の一つとされています。増加の実態は、これまでハワイのマウナロアや日本をはじめ世界の各所に配置された二百数十局ほどの温室効果ガスの測定局のデータから把握されていますが、それらは先進諸国に集中しているため、これまで地球全体の温室効果ガス濃度分布とその変動の様子を、場所の偏りなく把握することができませんでした。地球温暖化が世界の課題となり始めた1900年代から、欧米諸国では人工衛星を用いた温室効果ガス観測の実現性を検討してきました。人工衛星を利用すれば、地球全体を何度も繰り返して観測することができます。しかし、人間が生活している大気(対流圏)中の温室効果ガスを、温室効果ガス変動の理解に利用できるような高い精度で遠い宇宙から測ることはとても難しく、2000年までは精度の高い温室効果ガスの衛星観測は実現しませんでした。なぜならば、雲や大気中の塵などによるデータ解析に誤差を生む要因が数多くあり、それを解決するセンサ技術とデータ解析技術がなかったからです。

そのような状況の中、温室効果ガスの観測を主目的とした人工衛星の打ち上げに世界で初めて成功したのは日本です。2009年1月に温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT、愛称『いぶき』)が打ち上げられました。機器の機能確認と調整の後、2009年6月から約4年間にわたって『いぶき』はほぼ連続的に観測を続けています。『いぶき』のデータは国内外の研究者に利用されています。

『いぶき』は、主要な温室効果ガスである二酸化炭素とメタンのカラム平均濃度を測定します。「カラム平均濃度」とは、地表面から大気上端までの鉛直の柱(カラム)の中にある乾燥空気全

量に対する対象気体量の比率を示す平均濃度のことです。観測には太陽光が地球表面(陸や海)で反射して衛星に到達した光を利用しますので、雲の下は測れません。また、観測視野(測定している範囲)に少しでもちぎれ雲や高層の薄い(巻雲)がある場合には大きな誤差を生むため、データ処理の対象から除外しています。つまり、濃度測定ができるのは雲のない晴天の場所で、しかも反射した光の信号が適度に強い場所に限定されます。図1は、2009年7月と2010年1月の二酸化炭素カラム平均濃度(月平均値)の全球マップです。季節や地域(緯度帯)によって測定される場所が変わり、二酸化炭素濃度も変動します。

二酸化炭素とメタンの大気中の濃度変化は、原因となる大気-陸域-水域の、それぞれの間での気体の出入り(発生や吸収)と風による大気輸送によって生じた「結果」です。それには、人為起源の温室効果ガスの排出や、森林火災などによる炭素の放出も含まれます。『いぶき』観測データからのカラム平均濃度と地上測定局や船舶などによって測定された濃度データとを用いて、地球の各地域(たとえば64に分割した地域)でその月に最終的にどの程度の量の二酸化炭素が吸収または排出されているのかを、大気輸送モデルを用いて推定する研究が世界で進められています。地上測定データに『いぶき』による観測データを加えることによって、推定された数値のあいまいさが従来よりも6割ほど小さくなる月や場所があることがわかりました。図2は図1に示した月の地域ごとの二酸化炭素の正味の吸収排出量と、そのあいまいさの程度を表しています。

GOSATプロジェクトでは、これらの結果を研究者や一般の方々に公開しています。

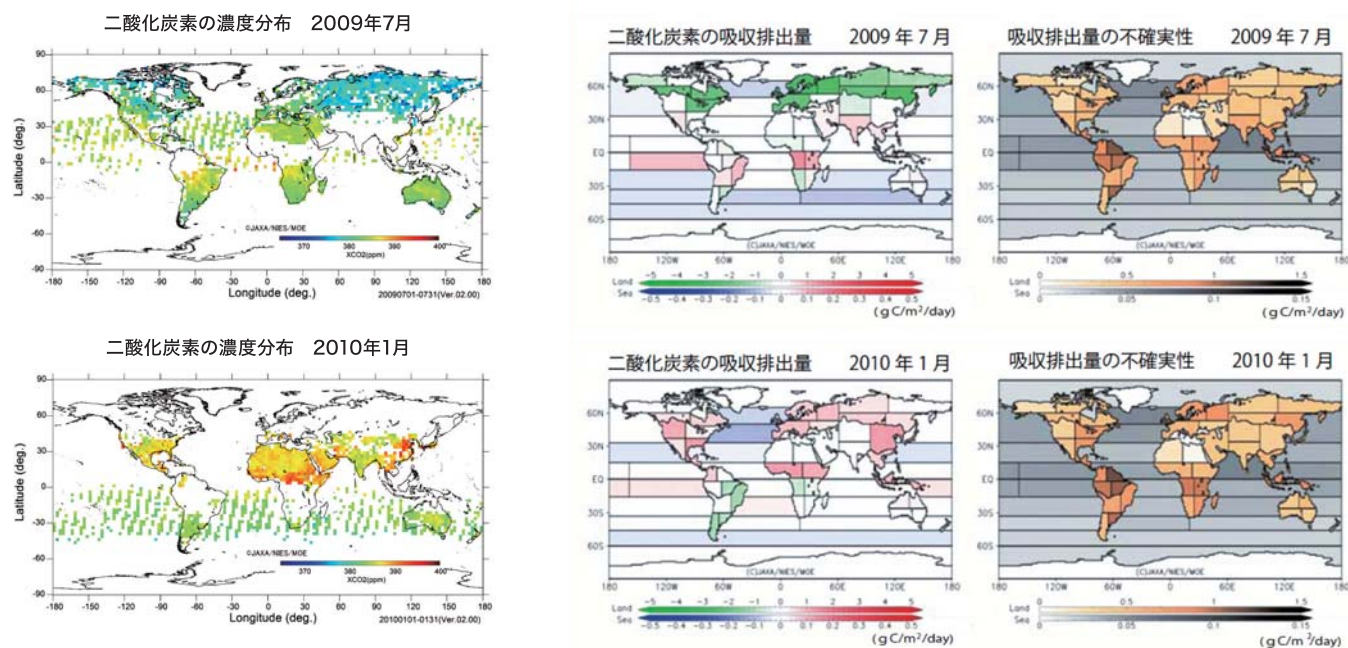


図1 二酸化炭素カラム平均濃度の7月と1月における月平均値マップ  
濃度の単位の「ppm」とは体積で百万分の1の割合の量のこと

図2 地域ごとの二酸化炭素の吸収排出量とその不確実性(あいまいさの程度)の例  
吸収排出量の「gC/m<sup>2</sup>/day」は、炭素の質量に換算して1日・1m<sup>2</sup>あたり何グラムに相当するかを示す

# ② 地球をめぐる大気中物質 ～風に乗って大気汚染や気候影響をもたらすもの～

菅田 誠治

今年の1月以降、中国の影響を受けたと思われるPM2.5(日本語では「微小粒子状物質」)高濃度(図1)がニュース等で大きな話題になりました。PM2.5は大気中に浮遊する粒径が2.5μm以下の様々な微粒子の総称ですが、PM2.5に限らず大気中には様々な物質が存在しており、人体に影響を与えたり、気候に影響を与えたりするものがあります。大気中にはどのような物質があるのか、それらはどのように挙動し、その結果、大気中濃度はどう決まるのか、日本における状況はどうかといったことを、大気汚染と気候影響の観点からお話しします。

## 【大気汚染に係る環境基準】

日本では1970年代に、二酸化硫黄、一酸化炭素、浮遊粒子状物質(SPM)、二酸化窒素、光化学オキシダントの環境基準が設けられました。PM2.5については2009年と比較的最近になってからでした。環境省により日本全国でのこれらの環境基準達成状況が毎年公表されているのですが、環境基準が概ね達成されている物質と、そうではない物質があります。達成状況が良くない物質は、光化学オキシダント(主成分はオゾン)とPM2.5です。前者は、長年対策が行われているのに達成状況が改善されません。後者は、観測体制が整いつつあり、これから原因を探り対策を考えようとしている段階です。

## 【大気中の物質濃度はどのように決まるのか】

ある地域での大気汚染物質の濃度は、単純化すると、風上から流れ込んでくる物質の濃度と、その地域で生成(消滅)した濃度の足し合わせで決まると考えることができます。

もう少し詳細に見ると、物質濃度は「発生」「輸送」「変質」「沈着」の四つの過程で決まっています。「発生」とは物質そのものやその原因物質が大気に放出される過程です。「輸送」は、風の流れにより水平・鉛直方向に拡散しつつ運ばれる過程で、物質の寿命等にも拠りますが風に乗って地球を一周して影響を与

ることもあります。「変質」は化学反応や相変化、凝集といった様々な変化の過程です。「沈着」は地表面に物質が付着し、大気中から除去される過程で、降水や地表面の性状、地表付近の気象条件の影響を受けます。

## 【高濃度の原因を探る】

大気中物質が高濃度となり問題を引き起こす場合には、大気中濃度を調べ、その原因を探ることになります。そのためには、まず多くの地点で濃度を測定して水平分布や時間変化を把握する必要があります。地上観測だけでなく、衛星観測によって得られる濃度データも近年では貴重な情報です。発生源が限定される物質を手掛かりに原因が特定できる場合もありますが、通常は観測データ以外の助けも借りる必要があります。例えば、化学輸送モデルを用いた数値シミュレーション、レセプターモデルと呼ばれる観測データから発生源を推定するための手法などが有力な助けになります。

PM2.5の場合、その成分ごとに発生源や大気中での変質過程が異なるため、成分ごとの濃度データが有力な情報となります。成分データは人体影響を評価する際にも貴重な情報になります。

## 【大気汚染と温暖化】

地表面付近のオゾン(対流圏オゾン)やススといった物質は、大気汚染の観点だけでなく、気候影響の観点からも最近注目されています。これらの物質は大気を温暖化する性質があり、短寿命気候汚染物質(SLCP)と呼ばれています。二酸化炭素の排出削減について各国が歩調を合わせ難い状況において、大気汚染物質でもあるこれらの物質の削減を目指す方向性を打ち出す方が、各国の歩調を合わせやすく、地球温暖化対策の進展に繋がるのではと注目されています。

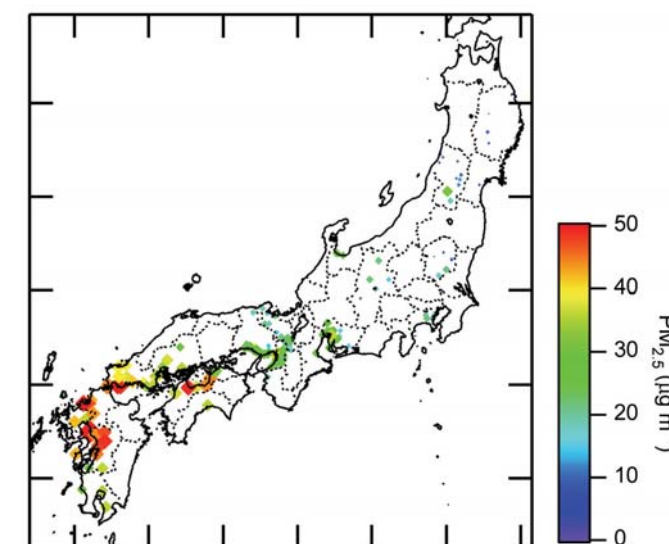


図1 2013年1月31日の日平均PM2.5(微小粒子状物質)濃度の分布



③ 世界を渡るアリ ～グローバルゼーションと外来種問題～

五箇 公一

外来種Alien Speciesとは、本来の生息地から、異なる地域に人為的に移送された生物を指します。古くより人間という生物種が地球上で移動を繰り返す中で、様々な生物が人間に伴って、新天地への移動を果たしてきました。例えば我が国で馴染みのあるモンシロチョウという昆虫は、人間によるアブラナ科作物の伝播によって世界中に広まったとされ、日本にも奈良時代に栽培植物とともに持ち込まれたと考えられています。

こうして人間によって移動させられてきた外来種には、新天地で生態系の一部として定着を果たし、在来生物との共存に至ったものもあれば、在来生物を絶滅させて、生態系を改変してしまう侵略的なものもありました。近代以降、人間社会の急速な発展に伴い、人間とモノの移動は高速・長距離化の時代へと移行しました。その結果、侵略的な外来種は、その数を増し、生物史上あり得ない速度で広がりを見せています。現在、外来種問題は生態系のみならず人間社会にとっても大きな脅威となりつつあります。

例えば、極めて刺傷毒性の高い南米原産のヒアリは、21世紀に入ってからわずか数年で環太平洋諸国に分布を拡大しました。その背景には経済発展が著しいこれらの地域の国間での物流が活発化していること、特に、中国や東南アジアなどが資源産出国から資源消費国へと転じ、一方で中南米諸国が資源輸出拠点へと転じることにより、天然資源の移送ルートが大きく変化していること、そして、土地利用の拡大により、外来種が侵入定着しやすい環境が広がっていることが挙げられます。ヒアリは、アジアではすでに中国南部にまで分布を拡大しており、日本に侵入してくるのは時間の問題とされています。

増え続ける外来種に対して、我が国では、環境省の外来生物

法や農水省の植物防疫法などの規制法が存在し、リスクの高い外来種の侵入を検疫によって阻止しています。しかし、これら検疫に係る国内法は、日本も加盟する世界貿易機構WTOによって、大きな縛りを受けます。WTOは自由貿易の達成を目標とした機関であり、貿易に関する国際紛争の裁判所の役割を果たしています。この機関のルールとして、加盟国は輸入検疫に関する国内法を発動しようとした場合、必ず事前にWTOに通知し、他の加盟国すべてから承認を得なくてはなりません。もし日本政府がある輸入物品や生物を検疫対象としようとした場合、輸入相手国に検疫措置が拒否され、WTOに自由貿易協定違反として提訴されて敗訴すれば、日本はそれらの物品や生物を検疫なしで自由に輸入しなくてはなりません。実際に、植物防疫法では、2000年以降、WTOに敗訴する、もしくは加盟国から指摘を受けるなどして、様々な植物病虫害の検疫対象リストからの解除が進められています。また、外来生物法でも、ミシシippアカミミガメなど、影響が大きい外来種でありながら、輸入相手国の経済に関わる種の場合には、WTOの協定が足かせとなり、規制に踏み出せないという現状があります。現在議論されている環太平洋戦略的経済連携協定TPPについても、日本が参加国となれば、自由貿易のための規制撤廃が必然的に加速することとなり、外来種の検疫もいっそう困難となる恐れがあります。

世界経済の画一化を目指すグローバルゼーションの潮流は、生物・生態系の地域固有性に対しても大きな脅威となります。我々研究者に課せられた課題は、この世界的潮流から、固有の生態系を保全するためのシステムを構築すること、そしてそれを支えるための科学的根拠を提示することです。



図1 ヒアリ  
体長2.5～6ミリメートル。南米原産。強い毒針をもつ。

④ 水でつながる日本と世界 ～私たちの暮らしと世界の水問題～

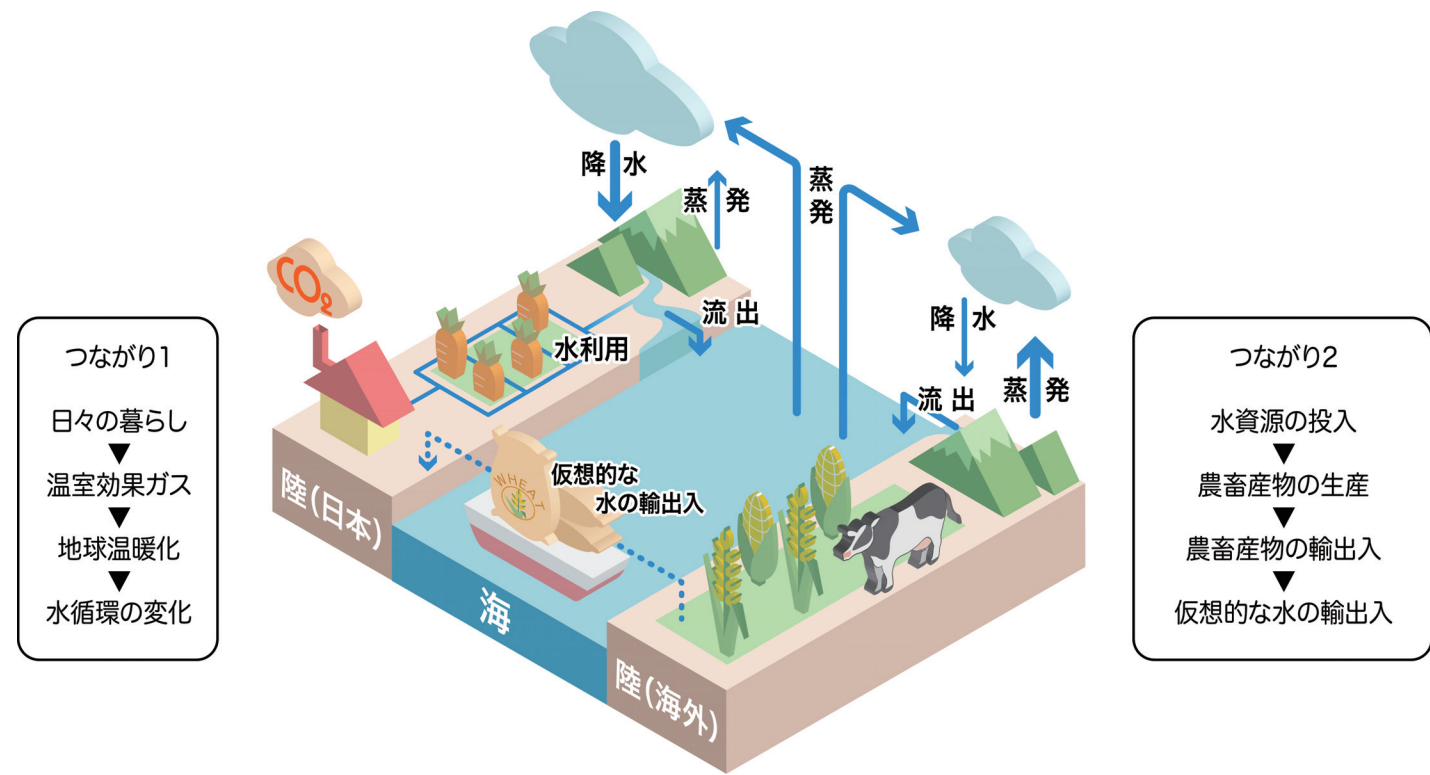
花崎 直太

日本は水資源の豊かな国だと考えられています。一方で、世界には水資源の乏しい国や地域があり、水資源の不足や汚染は深刻な問題になっています。さて、島国である日本と世界の水資源には意外なつながりがあります。今日は私たちの暮らしとも深く関わっている2つのつながりについて、皆様と一緒に考えてみたいと思います。

発表ではまず、世界の水資源と水利用の状況をお伝えします。水は地球を循環しており、水資源が石油や石炭のようになくなってしまうことは基本的にありません。ただし、水資源は時間的・空間的に偏って存在しており、そのことが水問題の原因となっています。水は農業・工業・発電・生活などに利用されていますが、世界的にみると、最も多いのは農業用途です。途上国では今後も人口増加や経済発展が見込まれており、水利用も増える予想されています。このように、世界の水問題を分析するためには、時間的にも空間的にも詳細に、自然の水循環と水利用を捉えることが必要です。私たちは全球水資源モデルというソフトウェアを開発し、条件をさまざまに変えたコンピュータシミュレーションをすることによって世界の水資源を分析しています。

最初に紹介するつながりは、私たちの温室効果ガス排出と世界の水不足です。車や工場、家庭などから出される二酸化炭素などの温室効果ガスにより、地球は少しずつ温暖化し、世界各地の気温や降水が変わりつつあります。温暖化によって、現在乾燥している地域の降水量がさらに少なくなることや、世界的に降水量のばらつきが増えて洪水や干ばつの規模が大きくなることが見通されています。このまま温室効果ガスの排出を続けたとき、どのように地球の水循環は変わっていくのでしょうか。世界の人は必要なときに必要な量の水を得られるのでしょうか。全球水資源モデルの結果を交えながら解説します。

次に紹介するつながりは、私たちの食料の輸入と世界の水不足です。日本は多くの農畜産物を海外から輸入していますが、それらを生産するには多くの水が必要です。このため、海外から農畜産物を輸入することは、仮想的に、海外から水を輸入することとみなすことができます。このことを仮想水(バーチャルウォーター)の輸入と言います。日本と世界がどれくらい仮想水の輸出入を行っているか、それが国や地域の水資源の不足とどう関わっているかをお伝えします。



つながり1  
日々の暮らし  
↓  
温室効果ガス  
↓  
地球温暖化  
↓  
水循環の変化

つながり2  
水資源の投入  
↓  
農畜産物の生産  
↓  
農畜産物の輸出入  
↓  
仮想的な水の輸出入

図1 講演内容の模式図



## ⑤ 国際サプライチェーンを通じた環境負荷の発生と資源消費

南齋 規介

2012年末をもって京都議定書の第一約束期間が終了しました。1990年には12.61億トンであった日本の温室効果ガス排出量は2007年の13.65億トンまで伸び続けましたが、その後は経済的不況を背景に減少し、2009年には12.06億トンまで排出量が減りました。最近発表された2011年の値では、東日本大震災の影響もあって13.08億トンにやや増加しています。ところで、「日本の温室効果ガス排出量」と言えば、京都議定書に基づくこの排出量を指すのが一般的です。しかし本講演では、別の視点に立った「日本の温室効果ガス排出量」について考えてみたいと思います。

京都議定書では、日本国内で発生した温室効果ガスのみを日本の排出量とします。日本は自動車や家電製品を始め、多くの工業製品を海外に輸出しています。こうした輸出品の生産に伴って国内で温室効果ガスが発生します。輸出品を使うのは外国ですが、輸出品の生産に要した排出量はその生産者である日本が削減の責任を負います。また一方で、日本は石油を始め多くの資源や製品を外国から輸入しています。日本はこれら輸入品の消費者ですが、その生産過程で排出された外国での排出量は日本が排出したことになるはず、輸入品を生産した外国の排出量となります。これが京都議定書に基づく輸出入品に関わる排出量の取り扱いであり、生産に要した排出量は生産者の排出とする原則であるため、学術的には「生産者基準」排出量と呼びます。この「生産者基準」排出量に対して削減義務がかかる場合、極端に言えば消費する財を国産品から輸入品に切り替えることで日本の排出量を下げることができます。しかし、実際には排出される場所が日本から外国へ移転しただけに過ぎず、国産品より輸入品の方が排出量が多ければ、逆に世界の排出量を増加させることになります。そのため、近年では「生産者基準」に対して「消費者基準」という別の排出量の考え方についての研究が国内外で行われています。「消費者基準」では、製品の

生産に要した排出量はその製品の最終的な消費者となる国が排出したことになります。つまり、日本が輸出品の生産のために排出した温室効果ガスは、それを最終的に使用した外国の排出量とみなします。したがって、この分だけ「生産者基準」よりも日本の排出量は少なくなります。その反面、輸入品の生産に伴う外国での排出は日本の排出となり「生産者基準」よりも日本の排出量は増えることになります。

発表者の2005年を対象とした計算では、「消費者基準」の方が「生産者基準」排出量よりも2.56億トン大きくなりました。これは、京都議定書で日本に削減義務があった排出量以上の排出を世界に促したということです。「消費者基準」で見ると、日本の排出量が多くなりますが、日本以外の排出も含まれるため排出量を削減するチャンスは広がります。図1は日本の「消費者基準」排出量の世界分布を示しています。この図から日本は中国、アメリカ、オーストラリア、サウジアラビア、ロシア等へ多くの排出を誘発していることが分かります。省エネの進んだ日本国内だけを対象とするよりも効率的な排出削減を実施できる可能性の高さが伺えます。

上述のような国内だけでなく貿易を通じて形成される製品供給のつながり、すなわち国際サプライチェーンを通じて発生する環境負荷や資源消費も含めて管理していくことの重要性は製品レベルや企業レベルでも高まっています。製品の生産や使用によって国内外で発生する温室効果ガスの量をラベルに表示するカーボンフットプリントラベルの普及や組織のカーボンフットプリントの国際規格の策定はその具体例です。これからは日本が国際サプライチェーンを通じて世界で引き起こす環境負荷や資源消費の実態を定量的に捉え、その低減に向け日本が果たすべき国際的責務や役割について考える研究を進めたいと思います。

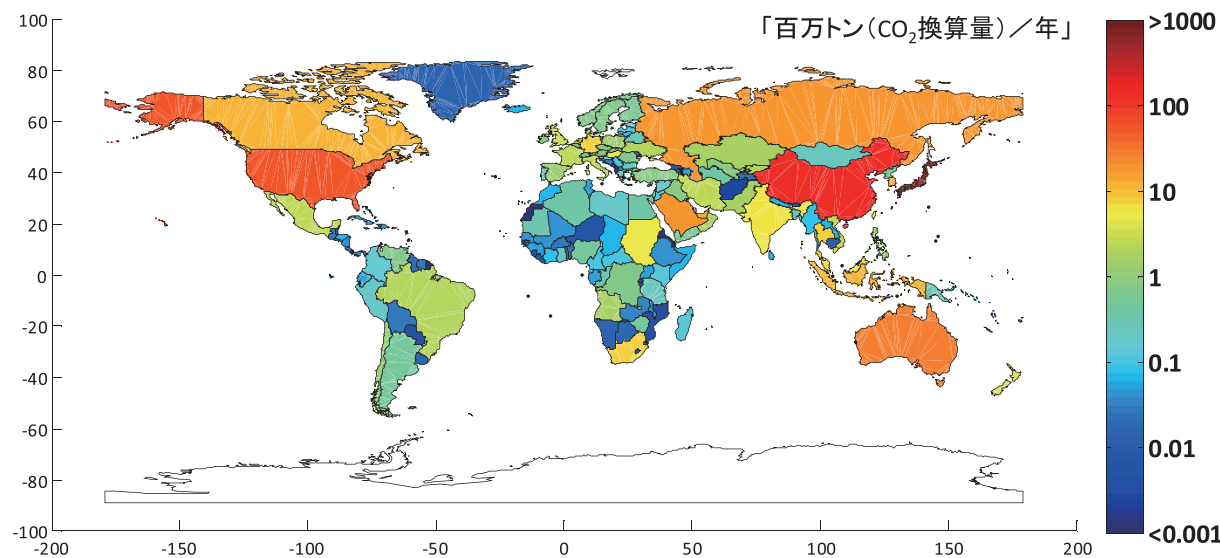


図1 日本の消費によって引き起こされる温室効果ガス排出量の世界分布(2005年値)

## ポスターセッション

1. 東日本大震災からの復旧・復興への取り組み ～国立環境研究所による災害と環境に関する研究～
2. 福島における災害廃棄物・放射性物質汚染廃棄物への対応活動
3. 震災復興まちづくりを支援する環境エネルギー技術・政策評価ツール
4. 子どもの健康と環境に関する全国調査(エコチル調査)の進捗状況と国際連携
5. 海を越えてやって来る黄砂や越境大気汚染の健康影響をさぐる
6. 浮遊粒子状物質の培養細胞を用いた毒性評価手法の検討
7. ガソリン車からの粒子状物質の排出 ～燃費改善と大気汚染物質排出のジレンマ?～
8. 上空の二酸化炭素濃度の短周期変動 ～航空機による大気観測プロジェクトCONTRAIL～
9. 太平洋における大気中および海洋中の二酸化炭素濃度の観測
10. 日本海の温暖化影響 ～過去50年で激変した海洋環境～
11. 国際河川メコン川の淡水魚トレイリエルの回遊生態
12. 全国の沿岸域における残留性有機汚染物質(POPs)の長期トレンド ～二枚貝を用いたモニタリング～
13. 遺伝子組換えナタネのモニタリング調査
14. 無機ヒ素による発がんメカニズムを探る
15. アジア地域における有機性廃棄物の家庭用メタン化装置の改善
16. 環境保全と資源循環に寄与するコベネフィット型の廃水処理技術 ～糖蜜系廃水の適切処理～
17. 生物応答を用いた新しい排水管理手法の検討 ～いきものが水を診断する～
18. アジア低炭素社会実現への道しるべ ～低炭素アジアに向けた10の方策～
19. アジア大都市の低炭素戦略の研究 ～マレーシア・イスカンダル開発地域の事例～



① 東日本大震災からの復旧・復興への取り組み  
～国立環境研究所による災害と環境に関する研究～

発表者 広兼 克憲

東日本大震災後、国立環境研究所は、環境省や関係自治体等と連携し、災害廃棄物対策に関して、被災地における津波堆積物等の災害廃棄物処理に関する技術的支援や放射性物質に汚染された廃棄物の処理・処分に関する調査研究を行い、科学的知見を提供しています。また、福島第一原子力発電所から放出された放射性物質の環境中(大気・水・土壌・生物・生態系等)の実態把握と動態解明のための研究を進めています。さらに、震災に起因する様々な環境変化とその影響の調査・予測について、被災地の環境研究所、研究機関との協力により、様々な調査研究を行い、全国の自治体の環境研究所や国内の環境研究機関と情報共有を行うなどの取り組みを実施しています。これらは「東日本大震災後の災害環境研究の成果」として報告書にまとめられ、研究所ホームページ(<http://www.nies.go.jp/saigaikenkyu/index.html>)から情報提供されています。

ポスターでは国立環境研究所の研究者が実施してきた調査や観測の様子を報告するとともに、主な研究の成果をご紹介します。



写真1 宮城県沿岸部一次仮置場 火災現場で温度、CO濃度測定



写真2 津波による東北地方太平洋沿岸海底石油等汚染調査

② 福島における災害廃棄物・放射性物質汚染廃棄物への対応活動

発表者 高田 光康

先の東日本大震災の被災地域では、平常時の一般廃棄物処理量の数十年分に相当する大量の災害廃棄物が発生しました。また、福島第一原子力発電所の事故により放射性物質が環境中に放出される深刻な事態が起きました。

地震と津波により生じた災害廃棄物も、我々の日常生活で使われ廃棄物となったものも、循環資源として利用可能なものは再利用され、残ったものは極力環境負荷を生じないよう安全に処理する、ということが廃棄物処理の基本となります。ところが震災後は、放射性物質がこれらの循環プロセスに入り込んで問題を起ささないように配慮する必要があります。加えて、環境中の放射線量を下げることによる除染作業により、放射性物質の付着した大量の土や草木などを安全に処分することも必要となっています。

このような状況の中で資源循環・廃棄物研究センターでは、福島県内を中心に、災害廃棄物、一般廃棄物、産業廃棄物、除染廃棄物等の処理過程の様々な場面での放射性物質の挙動、実態について現場の課題・要望に科学的・工学的見地から応える形での調査研究を実施しています。得られた知見と成果をもとに、実際の処理にあたって留意すべき点、対処の方法を示し、最適な処理システムを確立していくことを目指し取り組んでいます。

表1 2012年度 福島県内で実施した主な調査

時期	調査実施内容	場所
2012年7月	廃FRP船のリサイクル推進のための放射線量測定・評価	相馬市
9月	福島県内指定廃棄物の保管状況調査	福島市ほか6自治体
12月	コンクリートコア採取によるCsの浸透深さ調査	飯館村
2013年1月	産業廃棄物中間処理施設における流通実態調査	南相馬市、郡山市
2月	堆肥化施設における保管物の放射線量測定・評価	二本松市

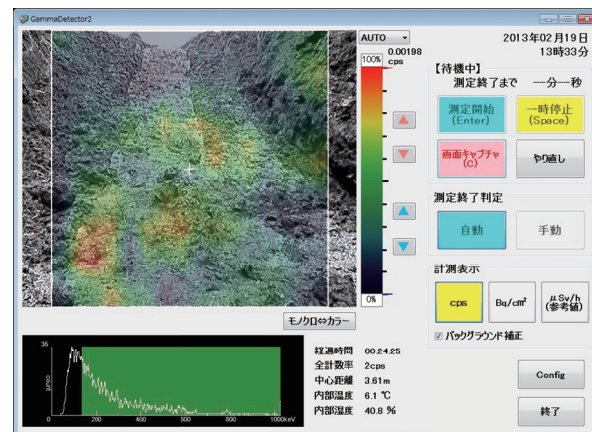


写真1 保管堆肥のガンマカメラ映像

③ 震災復興まちづくりを支援する環境エネルギー技術・政策評価ツール

発表者 戸川 卓哉

東日本大震災後の2年がたち、地域の基幹的なライフラインや住宅の復興整備が急速に進められています。本研究では、地域に存在する環境・エネルギー資源の立地分布に基づいてその有効活用を実現する復興のターゲットを設計するために、代替的なエネルギー関連技術や土地利用整備を含む将来ロードマップを計画して評価するモデルを構築しました。具体的には、環境都市研究の一環として開発してきた地理情報システムを活用したエネルギー計画評価システムを被災地都市に適用することで、環境資源を活用した実現可能性の高い施策を、自治体特性に応じて選定して提案することを目的としています。得られた結果の概要は以下の通りです。

- ① 震災復興まちづくりの計画を地域エネルギーシステム分野から支援するための地理情報システムを活用した計画評価ツールを構築しました。
- ② 福島県北部および宮城県南部の沿岸域9市町を対象としてケーススタディを行い、この地域の民生の需要と賦存エネルギー量の立地比較の結果、十分な資源が存在しており、循環・再生可能エネルギーの活用により効率の高い都市再生が可能になることが分かりました。以上より、地域に存在する環境・エネルギー資源の有効活用が、復興のためのキーファクターの一つとなり得ることが分かりました。

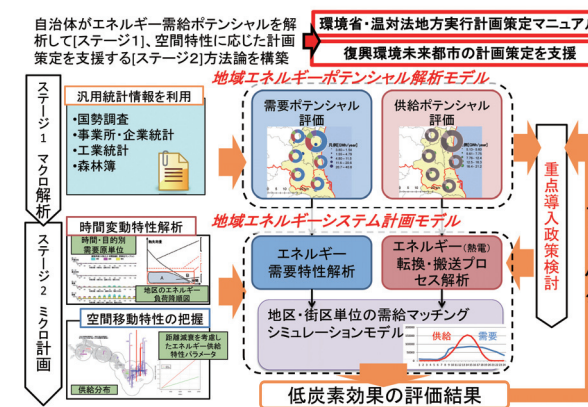


図1 地理情報システムを活用した環境エネルギー技術・政策評価ツール

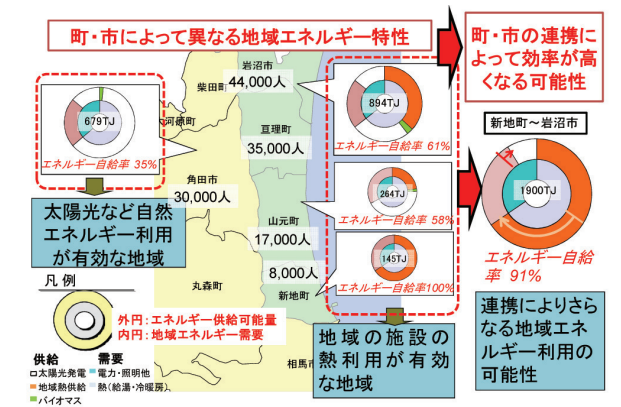


図2 復興都市での地域エネルギーポテンシャル解析例

④ 子どもの健康と環境に関する全国調査(エコチル調査)の進捗状況と国際連携

発表者 道川 武紘

「子どもの健康と環境に関する全国調査(エコチル調査)」は、子どもがお母さんのお腹にいる時から生まれて成長していく過程で化学物質にさらされる事(ばく露)が、子どもの健康に与える影響を明らかにしていく事を目的とした環境省主導の研究事業です。国立環境研究所は、研究実施機関として、全国15カ所に設置された調査拠点(大学医学部など)および国立成育医療研究センターと協働して調査を進めています。

エコチル調査は、およそ10万人の登録を目標に、2011年1月から妊婦さんの参加募集を開始しました。宮城県、福島県等の対象地域では震災を乗り越えて調査を継続し、2013年3月29日時点で、全対象地域合わせて64,572名の妊婦さん(図1)、29,803名のお父さんに参加頂いています。また、すでに4万人を超えるお父さんも誕生し、開始当初に登録頂いた妊婦さんから生まれたお子さんはまもなく2歳になります。

子どもの健康と環境に関する問題は国際的な関心事項であり、2009年には先進8カ国環境大臣会合(イタリア・シラクサ)において、小児疫学調査等に関する国際協力が合意されました(疫学調査とは、人を対象として、ある病気の頻度や分布、その病気の原因を明らかにしていくもの)。これを受けて、エコチル調査では積極的に国際連携を進めており、アメリカ、ドイツ、フランスなどとともに、子どもの健康と環境に関する疫学調査国際作業グループをつくり、核となる調査項目(環境測定、健康指標)の共通化、標準化に向けた調整(ハーモナイゼーション)を図っているところです(図2)。エコチル調査の成果は、将来の日本の子ども達はもちろん、世界の子ども達が健やかに成長できる環境の実現につながると考えています。

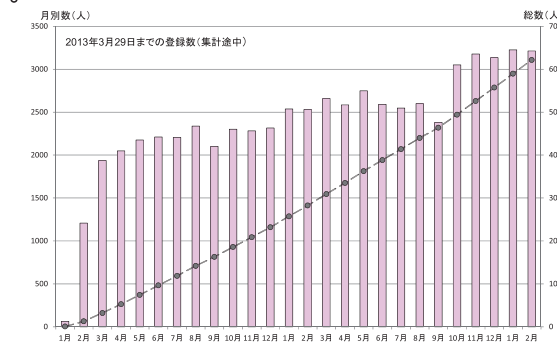


図1 参加者(妊婦さん)登録数の推移

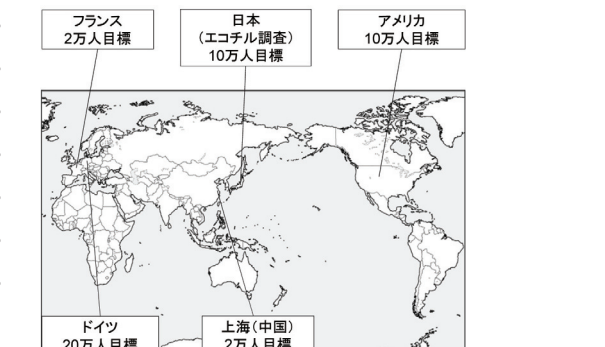


図2 国際作業グループ参加国とリクルート目標

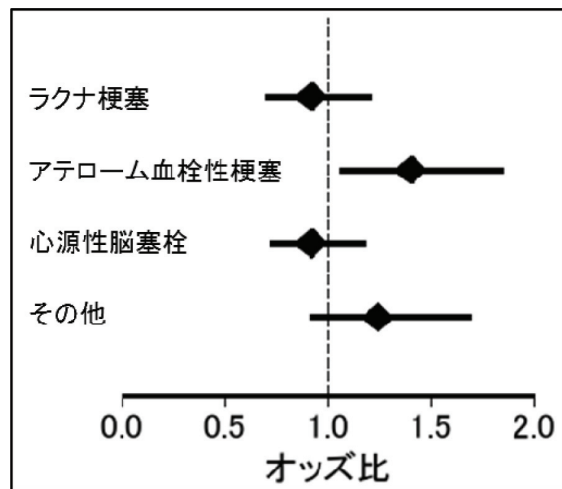


## ⑤ 海を越えてやってくる黄砂や越境大気汚染の健康影響をさぐる

発表者 上田 佳代

黄砂や越境大気汚染など、海を越えてわたってくる粒子による健康影響に対する懸念が高まっています。国内では、全国環境大気測定局で観測されている浮遊粒子状物質(SPM)や粒径が $2.5\mu\text{m}$ 以下の粒子(PM<sub>2.5</sub>)のデータを用いて、粒子状物質の健康影響を明らかにする疫学研究が実施されてきました。しかし、粒子状物質は、多様な発生源からの様々な粒径や成分から構成される混合物であり、地域由来の大気汚染と黄砂粒子・越境大気汚染の両方を反映しているため、これらの「越境粒子」による健康影響だけを取り出すには、工夫が必要です。黄砂や越境大気汚染物質の健康影響を明らかにするための疫学研究の取組について説明します。

呼吸により口や鼻から吸い込まれた微小粒子は肺の奥深くまで到達し、様々な身体の機能変化を引き起こし、呼吸器疾患や循環器疾患を引き起こす可能性が示されています。黄砂粒子や越境大気汚染粒子など、特定の粒子による健康影響を明らかにするために、様々な曝露指標を用いた研究が進められています。



黄砂曝露の指標としては、目視観測やライダー(レーザー光を用いたレーザー)による黄砂粒子の観測結果が用いられます。福岡県内で行った疫学研究では、目視観測による黄砂情報から、黄砂飛来によりアテローム血栓性脳梗塞が増える可能性が示されました(図1)。一方、ライダー観測が行われている長崎では、黄砂飛来量が多かった後は数日にわたり、救急搬送数が増加する可能性が示されました。今後は、粒子状物質の化学組成分析や、シミュレーションモデルの結果を用いることにより、越境大気汚染が健康に及ぼす影響について明らかにすることが期待されます。

図1 前日から当日の黄砂飛来と脳梗塞(病型別)の関係  
オッズ比は、疾患とある要因との関連の強さを示す指標です。  
オッズ比が1より大きいと、黄砂飛来により、脳梗塞の危険が増えると考えられます。

## ⑥ 浮遊粒子状物質の培養細胞を用いた毒性評価手法の検討

発表者 藤谷 雄二

空気中には多くのPM<sub>2.5</sub>等の粒子状物質(PM: Particulate Matter)が含まれています。PMは吸気とともに体内に取り込まれて、その一部が体内に沈着し、健康への影響をもたらすことが懸念されています。PMの毒性を評価する方法の一つとして、空気と培養細胞の境目における気液境界において細胞にPMを曝露し、細胞への影響を評価する気液界面細胞曝露(ALICE: Air Liquid Cell Exposure)手法が開発されています。ところが細胞へのPMの沈着効率が定量的に明らかになっていないため、曝露量と影響との関係が不明でした。そこでコンピュータシミュレーションと実測によって、PMの細胞への沈着効率を明らかにしました。図1にALICE装置の曝露部を示します。PMを含んだ空気はノズル内を通り上部から噴出され、膜上に培養された細胞をかすめて脇から抜けていくように設計されています。図2は曝露部の中心から半分領域(図1中点線枠内)を対象としたシミュレーションの結果です。PMは平均的には流線に沿って移動しますが、PM自体にも様々な力が働きますので、ランダムに動きながら移動し(拡大図)、最終的には流線から外れた半径が4mm

付近でこのPMは膜に沈着すると予測されます。様々な粒径、初期位置のPMについて同様に軌跡を予測し、膜に到達するかどうかを評価し、沈着効率を算出します。一方、実測からの沈着効率の算出は、気相中に飛散させた既知の粒径のPMを曝露部に導入し、膜上に沈着したPMの個数を透過型電子顕微鏡を用いて数えて行います。両者の結果はおおむね一致し、信頼性の高い結果が得られました。これでALICE手法によりPMの曝露量と影響との関係が評価できることになります。

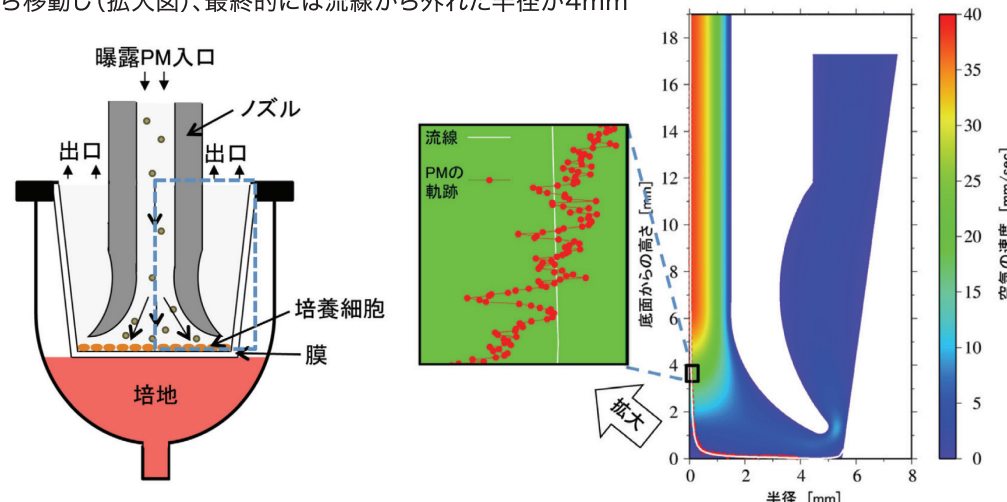


図1 気液界面細胞曝露(ALICE)装置の曝露部 図2 空気流速分布、流線(白線)およびPMの軌跡(赤線)の一例

## ⑦ ガソリン車からの粒子状物質の排出 ～燃費改善と大気汚染物質排出のジレンマ?～

発表者 近藤 美則

地球温暖化への対応として、温室効果ガスの排出削減は急務です。日本ではハイブリッド車の開発が進められ、1997年12月に世界初の量産型ハイブリッド乗用車が市販されて以降、多くの車種にハイブリッド技術が投入されてきました。一方、欧州では、ディーゼル乗用車の開発が先行していました。いずれも通常ガソリン車よりもコストが高いため、低価格帯の車両への展開が進みにくく、大量普及の障害となっていました。

そのような背景のもと、低コストでハイブリッド車と同等の低燃費を目指したエンジン開発が進められ、代表的な成果として燃料をエンジン筒内に直接噴射する直噴ガソリンエンジンが日本でも2-3年前から市場に投入されました。市場の反応もよく、大量普及が見込まれ、近い将来、ハイブリッド車のエンジンとしても期待されています。一方、通常エンジン車も軽量化や空気抵抗の低減等の改良により、燃費が向上してきました。

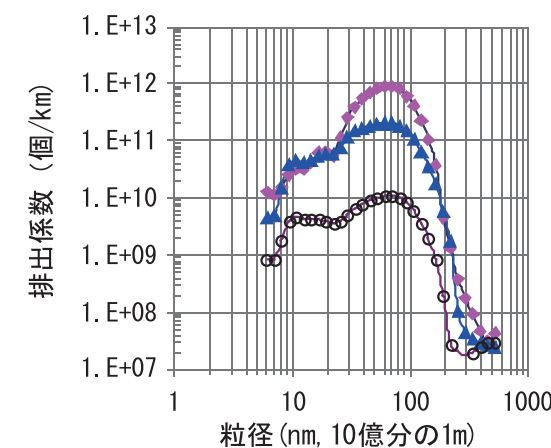


図1 ガソリン車からの粒子状物質の排出状況  
直噴ガソリン車の粒径分布のピークは70-80nm

しかしながら、日本より直噴ガソリン車の市場投入が先行した欧州では、粒子状物質の排出が指摘され、個数濃度に規制値が設定される状況になっています。燃費向上に適した車両であるけれど大気汚染物質はより多く排出するという、地球温暖化対策と大気環境保全の両立においてジレンマの状態に陥りました。

そこで、直噴ガソリン車の大気環境に及ぼす影響の把握を目標として、まず排出の状況を明らかにするために、国産の自然給気式と海外産のターボ過給式の2種類の直噴ガソリン車、そして比較のため通常エンジンのガソリン車を対象として、粒子状物質の排出を調査しました。その結果を図1に示します。排出される粒子の粒径の中心はいずれも70~80ナノメートル(1ナノメートルは10億分の1メートル)で、直噴ガソリン車は通常ガソリン車より個数が1~2桁多く、また最新型のディーゼル車に課せられている欧州の排出粒子の規制値( $6.0 \times 10^{11}$ 個/km)より多いことが明らかになりました。

さらに、大気環境への影響及び健康影響の面からは、この粒子が何から構成されているかが重要になってきます。この排気粒子をフィルタ上に捕集し、炭素成分を分析したところ、約9割が元素炭素(いわゆるスス)であることもわかってきました。

## ⑧ 上空の二酸化炭素濃度の短周期変動 ～航空機による大気観測プロジェクトCONTRAIL～

発表者 白井 知子

大気中の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)濃度は、地球上の放出・吸収源の大きさや分布に応じて経年変化、季節変化を示します。それに加え、高・低気圧や前線の通過など、気象現象の変化に伴って、数日～一週間程度の時間スケールでも変動しています。「総観規模の変動」と呼ばれる、このような短周期の変動は、観測地点近傍のCO<sub>2</sub>の放出・吸収源の分布や放出量・吸収量の情報を含んでおり、また、衛星観測等の時空間的な代表性を検証する上でも重要です。

民間航空機による大気観測プロジェクトCONTRAILでは、日本航空が運航する6機の航空機に観測装置を搭載して、上空の大気中の温室効果ガス等の観測を行っています。これまで、同一地点の上空でCO<sub>2</sub>濃度の高頻度観測値を得ることは難しかったのですが、このプロジェクトにより得られた2005年～2009年にかけてのCO<sub>2</sub>濃度の高頻度観測値から、成田上空の対流圏(地表付近から高度約10kmまで)におけるCO<sub>2</sub>濃度の総観規模の変動の季節ごとの特徴や高度変化を明らかにすることができました(図1)。大気中のCO<sub>2</sub>濃度が上空においても総観規模の変動をしていること、また、その変動は季節・高度により異なることを複数年にわたる高頻度観測値から明確に示したのは世界で初めてのことで、さらに大気輸送モデルを用いた解析も行い、上空におけるCO<sub>2</sub>濃度の総観規模の変動は、高低気圧の通過と連動していること、また、大気境界層(高度約2km以下)内では日本のCO<sub>2</sub>放出・吸収の影響が大きいものの、その上の自由対流圏では一年を通じて、東アジアに由来するCO<sub>2</sub>の放出や吸収に最も影響を受けていることがわかりました。

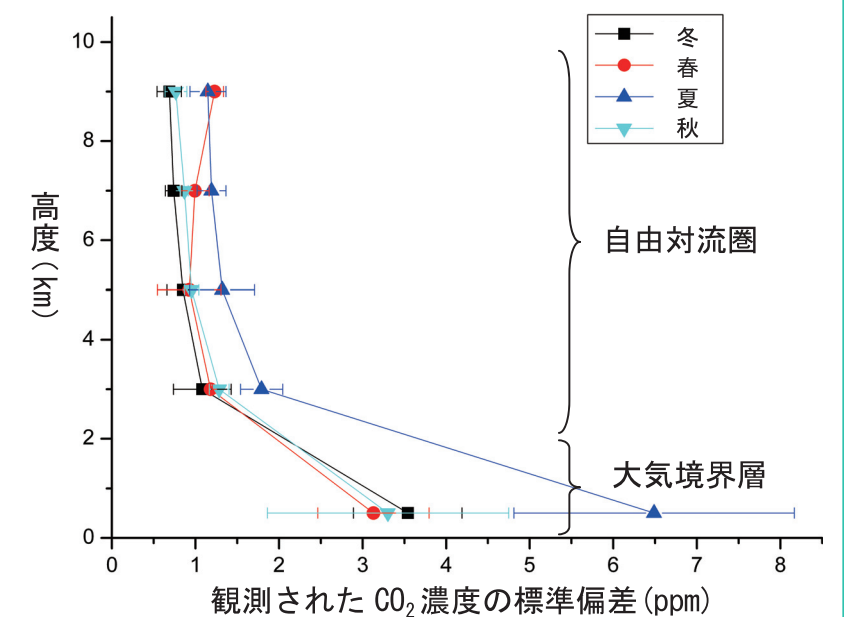


図1 成田上空におけるCO<sub>2</sub>濃度の総観規模の変動の大きさ



## ⑨ 太平洋における大気中および海洋中の二酸化炭素濃度の観測

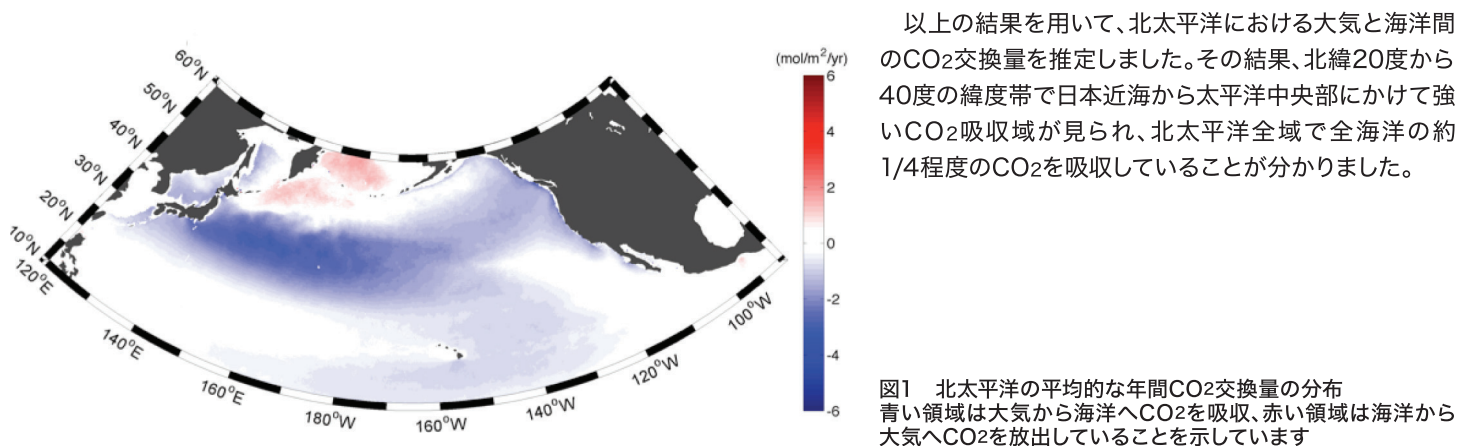
発表者 中岡 慎一郎

海洋は、地球規模の炭素循環において大きな二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の吸収源としての役割を果たしており、全海洋では年間約70億トンのCO<sub>2</sub>を吸収していると考えられています。しかし、吸収の強さは海域や季節によって大きく変動しており、海洋から大気にCO<sub>2</sub>を放出する海域も存在します。ある海域がCO<sub>2</sub>を吸収するか/放出するかは、大気中、海洋中のCO<sub>2</sub>濃度のどちらの濃度が高いか/低いかによります。

国立環境研究所では、貨物船舶のご協力の下、1995年から北太平洋域で、さらに2006年から南北太平洋西部海域で、大気中と海洋中のCO<sub>2</sub>濃度を観測してきました。そして、時間的にも空間的にも密な地球規模観測を行うことで、大気と海洋の間のCO<sub>2</sub>交換量(吸収・放出量)の推定を行うことが可能となりました。

大気中CO<sub>2</sub>濃度の観測結果から、北半球では高緯度域でCO<sub>2</sub>濃度の季節振幅が大きく、南半球に向かうにつれてその振幅が小さくなることが確認されました。また経年的には観測海域によらず単調な増加傾向を示しました。

海洋中のCO<sub>2</sub>観測データを用いて、北太平洋全域の海洋中CO<sub>2</sub>濃度の分布再現を試みました。その結果得られた分布は、冬季の高緯度域の高いCO<sub>2</sub>濃度や中緯度の低いCO<sub>2</sub>濃度、また夏季の中緯度から低緯度の東部海域に見られる高いCO<sub>2</sub>濃度を再現できました。



以上の結果を用いて、北太平洋における大気と海洋間のCO<sub>2</sub>交換量を推定しました。その結果、北緯20度から40度の緯度帯で日本近海から太平洋中央部にかけて強いCO<sub>2</sub>吸収域が見られ、北太平洋全域で全海洋の約1/4程度のCO<sub>2</sub>を吸収していることが分かりました。

## ⑩ 日本海の温暖化影響 ～過去50年で激変した海洋環境～

発表者 荒巻 能史

日本海は小さいながらも外洋で見られる様々な海洋現象が存在していることからミニチュア大洋とも呼ばれ、私たちに海洋研究のための格好の実験場を提供しています。大洋における深層水の循環にはおよそ2000年を要するのに対して日本海の場合はおよそ100年と推測されていますから、日本海をモニタリングすることで地球規模の海洋環境の変化をあたかもDVDの早送り再生のように観察することができます。

継続的なモニタリングによると、深海の水温は徐々に上昇し、逆に溶存酸素濃度は減少傾向にあることが示されています。これは、近年の地球温暖化によって冬季の季節風による表層の冷却が弱まり低温で豊富な酸素を含む表層水が深層へ運ばれにくくなったためではないかと考えられています。

私たちは、人工的に合成され大気中に放出されたクロロフルオロカーボン類(通称フロン類)が海水に溶けた量を高精度に測定することで、表層水が深層水(水深1000～2000m)と底層水(水深2000m以深)にそれぞれ取り込まれる割合の変化を調べました。その結果、海域によって変化の様相は異なりますが、少なくとも1975年以降は以前の15～40%程度にまで取り込まれる割合が激減していることが明らかになり、化学的にも海洋循環が停滞していることを証明することができました。地球の温暖化は確実に海洋環境を変化させています。

表1 日本海における1年あたりの表層水の深層への寄与率

	深層水		底層水	
	1975年以前 (%/年)	1975年以降 (%/年)	1975年以前 (%/年)	1975年以降 (%/年)
日本海盆	1.10	0.33	0.31	0.13
大和海盆北部域	1.21	0.27	0.47	0.14
大和海盆南部域	1.68	0.35	1.04	0.16

## ⑪ 国際河川メコン川の淡水魚トレイリエルの回遊生態

発表者 福島 路生

インドシナ半島6か国を流れるアジアの大河川メコン川の、日本の国土面積の2倍にあたる80万km<sup>2</sup>の流域には、7,000万を超す人々が暮らしています。人々の食糧や生計はメコン川の与える生態系サービス、なかでも年間の水揚げが260万トンともいわれる世界最大規模の内水面漁業に大きく依存しています。この地域の開発に、日本は古くから多額の政府開発援助などを通じて深く関与してきました。インフラ整備、エネルギー開発を通して人々の暮らしが豊かになった反面、自然環境の悪化、生物多様性の損失も進みました。この地域で急速に進められているダム開発は、内水面漁業とそれを支える豊かな生物多様性をともに脅かしています。

発表者はこの川の重要な水産資源であるコイ科魚類トレイリエル2種の回遊生態を、耳石という骨組織の分析を通じて明らかにする研究を進めてきました。耳石には周囲の河水からカルシウムだけでなく、ストロンチウムやバリウムといった微量元素も取り込まれます。回遊を行い成長する魚は、その間に様々な濃度の様々な元素に曝されるので、耳石に蓄積されたそれら元素の濃度変化を詳しく調べることで、過去の回遊経路に関する貴重な情報を得ることができます。

メコン川流域の6つの地域から約200個体のトレイリエルを採集し、その耳石を分析しました。その結果、1)同じ地域で採集したトレイリエルは、ほぼ同じ経路を回遊し漁獲されていること、2)トレイリエル2種の間で回遊経路に大きな違いがないこと、また3)ダムで著しく分断された支流では、トレイリエルの回遊範囲が極端に狭められていることが分かりました。



写真1 水揚げされたコイ科の魚を並べるラオスの市場(撮影 大東正巳)

## ⑫ 全国の沿岸域における残留性有機汚染物質(POPs)の長期トレンド ～二枚貝を用いたモニタリング～

発表者 高澤 嘉一

化学物質による地球環境汚染、特にジクロロジフェニルトリクロロエタン(DDT)やクロルデン類に代表される残留性有機汚染物質(POPs)の問題は、一国のみの対策では防止できないことから、国際的に取り組むべき課題であるといえます。化学物質のモニタリングは、現状把握に加えて汚染拡大の抑制、さらには長距離移動の確認などの観点から大きな意義があります。環境中では特に海洋は化学物質の溜まり場となる傾向があることから、本研究では全国の沿岸域から採取保存した二枚貝を用いて1980年代から2000年代に至るまでのPOPs濃度を調べてみました。分析に用いた二枚貝の多くはムラサキガイになりますが、生物モニタリングに二枚貝を利用する際の主な長所としては、化学物質の濃縮性が高く、世界各地に分布していることが挙げられます。分析結果をみると、例えば1980年代に金華山や佐渡で採取された二枚貝は、2000年代以降に採取されたものに比べてより多くのヘキサクロロシクロヘキサン類を蓄積していることがわかりました。国内においてPOPsが農薬等の用途で大量に使用された時期は1950年代からの約20年間ではありますが、高残留性と長距離移動性を反映して現在でも実際に海洋に生息する二枚貝を分析するとPOPsはほぼすべての試料から検出されています。



写真1 採取したムラサキガイ



13 遺伝子組換えナタネのモニタリング調査

発表者 中嶋 信美

遺伝子組換え(GM)農作物の栽培面積は過去16年間で80倍以上に拡大しています。2010年において、世界で生産されているダイズの81%、トウモロコシの29%、セイヨウアブラナ(ナタネ)の23%、ワタの64%がGMです。日本は食料の多くを輸入に頼っているため、輸入したGM植物の種子が国内の輸送途中にこぼれ落ちて発芽し、一般環境中で生育しています。今後、海外でのGM農作物栽培面積の拡大にともない、国内でのGM植物の分布も拡大することが推測されます。しかし、その長期的な生育の状況は不明であり、GM植物と在来種との雑種形成が起こり、在来種に悪影響を与えることが懸念されています。現在、GM植物の生育実態について農水省、環境省、国立環境研究所で協力して調査を実施しています。

国立環境研究所ではGMセイヨウアブラナを対象として、国道51号線を2005年から、国道23号線について2009年から、それぞれ継続的にモニタリングを行っています。調査地区におけるナタネの全個体数とGMの割合、そしてそれらの長期的な変動と場所による生育状況の違いを調べています。

国道51号線では2005年度の調査開始以降、急激にGMセイヨウアブラナの個体数が減少し、2011年度、2012年度は2年続けてゼロでした。非GMセイヨウアブラナも含めた個体数も、2005年の2,162個体から2012年の28個体へ減少傾向にあります。

国道23号線では2010年度から2012年度に確認されたセイヨウアブラナの個体数は650~1,100個体の間で推移していました。GMの割合は70%以上と高く、年による大きな変化は見られませんでした。以上の調査結果から国道51号線ではGMセイヨウアブラナは消滅していくと考えられます。それに対して国道23号線では、GMセイヨウアブラナの分布が拡大する可能性があり、今後も注視していく必要があります。



写真1 雲出川河川敷に侵入した除草剤耐性セイヨウアブラナ この付近では在来アブラナとの交雑も起こっている(2012年5月撮影)

14 無機ヒ素による発がんメカニズムを探る

発表者 鈴木 武博

東南アジアをはじめ世界各国で、地質由来の無機ヒ素が井戸水に混入し、それを飲み水としている住民に大きな健康被害を与えています。無機ヒ素による深刻な健康影響としては発がんがあり、無機ヒ素が混入した水の長期摂取により、皮膚、肺、膀胱、肝臓がんなどが発症することが報告されています。しかし、無機ヒ素がどのように発がんに関わっているかは、十分には明らかになっていません。細胞内では、DNAから遺伝情報がRNAへと転写された後、タンパク質への翻訳が行われています。このように、遺伝情報に基づいてタンパク質が合成されることを遺伝子発現と呼びますが、がん細胞では正常な細胞に比べ、増殖にブレーキをかける“がん抑制遺伝子”の発現が減少しています。我々は、がん抑制遺伝子と、エピジェネティック作用という遺伝子発現を調節するスイッチのオンオフに着目して、無機ヒ素がどのようなメカニズムによりがん発症に関わるのかを調べています。オスマウスに無機ヒ素を含んだ水を6か月間飲ませ、無機ヒ素による発がん事例がある肝臓を調べました。その結果、*p16<sup>INK4a</sup>*というがん抑制遺伝子の発現が、無機ヒ素曝露により有意に減少することがわかりました(図1)。

さらに、*p16<sup>INK4a</sup>*の発現の減少に対応するエピジェネティック作用のスイッチがオンになっていることもわかりました(図2)。これらの結果から、無機ヒ素による発がんの出発点は、エピジェネティック作用の変化である可能性が示されました。つまり、エピジェネティック作用の変化によって、がん抑制遺伝子の働きが阻害されることが、無機ヒ素による発がんに関与しているのではないかと考えられます。

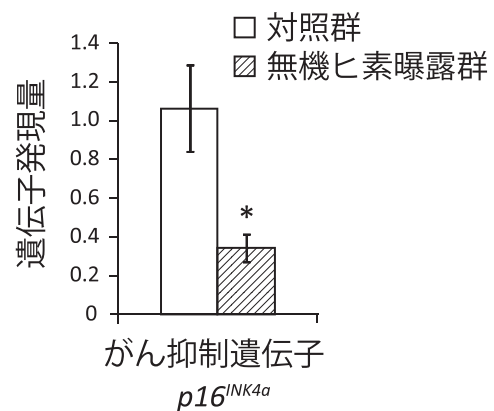


図1 無機ヒ素曝露によるp16<sup>INK4a</sup>の発現減少

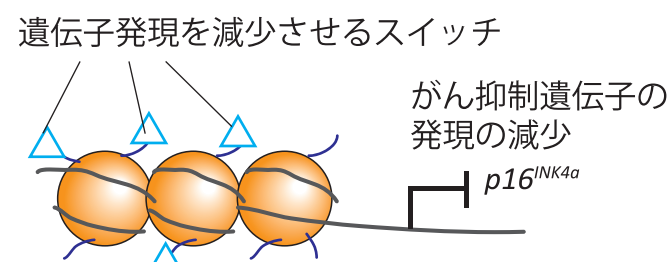


図2 無機ヒ素によるp16<sup>INK4a</sup>遺伝子の発現減少に関わるエピジェネティック変化の模式図

15 アジア地域における有機性廃棄物の家庭用メタン化装置の改善

発表者 小林 拓朗

家庭用の廃棄物メタン化施設は、家庭から排出される生ごみや、人・家畜の排泄物等の有機性廃棄物を原料として、小規模のタンクで微生物発酵を行うもので、発生したメタンを含むガスは家庭で使用することができます(図1)。タンクは8~12m<sup>3</sup>の容量と、簡単な構造をもち、動作に電気・燃料等を必要としません(写真1)。一日あたりに発生するガス量は、例えば牛一頭の排泄物からは約1.3m<sup>3</sup>です。アジア農村部の平均的な5人世帯において、一日あたりに必要なガス量は2.0m<sup>3</sup>ですので、牛2頭でガスを自給することが可能です。このような施設が、アジアを中心として世界中で広く使用されています。

これまでの調査等で、現行施設には2つの問題点があることを確認しました。まず投入される廃棄物が一時的に増えたときに、発酵液が酸性化してしまい、ガス生成が停止している施設がありました。2つ目に、装置内に沈殿が生じており、有効に機能する実容積の減少や目詰まりが引き起こされることが危惧されました。このような問題は、発酵液がよく混合されていないために引き起こされます。本研究では、このメタン化装置の技術改善を目的として、発生するガスを利用して無動力で発酵液を攪拌できる装置(サイフォン式攪拌装置)を開発し、その性能を評価しました。長期間の実験の結果、サイフォン式攪拌装置は、従来技術と比較して、(1)投入される廃棄物が急に増えても処理が可能で、(2)装置内に固形物が沈殿することを回避でき、(3)廃棄物からメタンへの変換率をより高めることができることがわかりました。以上のことから、外部からのエネルギーを使用することなく、上に述べた2つの問題点の改善が期待できることが示されました。

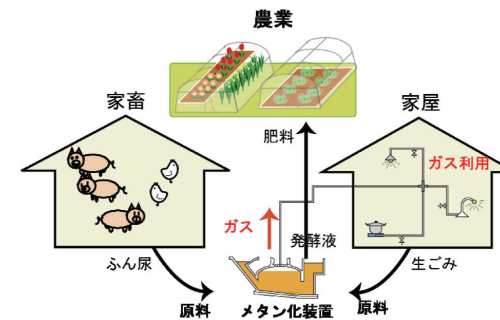


図1 アジアに適した家庭用有機性廃棄物メタン化施設を核とした資源循環システム



写真1 家庭用廃棄物メタン化施設

16 環境保全と資源循環に寄与するコベネフィット型の廃水処理技術  
～糖蜜系廃水の適切処理～

発表者 珠坪 一晃

気候が温暖な東南アジアには、資源作物(サトウキビ、パームヤシ等)の産地が集中しています。近年、バイオエタノール(石油代替燃料)の生産の活発化に伴い、蒸留廃水(糖蜜系廃水)の排出量が増大しています。その廃水の大部分は開放型の池(安定化池)により処理されていますが、有機物濃度が高いため、処理性能は不十分で、水環境汚染と有機物の嫌気分解に伴う温室効果ガス(メタン)放出の要因となっています。

そこで本研究では、有機性廃水の適切処理技術の開発による水環境保全、温室効果ガス発生抑制、資源循環を目指して、(1)高濃度廃水の適切メタン発酵処理技術の開発、(2)処理水の循環利用に関する検討をタイの研究機関(コンケン大学など)との連携により遂行してきました(図1)。

その成果として、(1)高負荷対応型のメタン発酵処理システムの開発と運転条件の最適化により、有機物濃度が高く(40~120gCOD/L)、メタン発酵阻害物質(硫酸塩、カリウム等)を多量に含む糖蜜系廃水の安定的な処理を達成しました。また、開発した廃水処理技術を導入した場合、優れたエネルギー回収と大幅な温室効果ガスの発生抑制が図られる可能性が示されました。(2)提案システム処理水の畑地への散布は、サトウキビの生育に対して一定の効果を示し、また畑地からの温室効果ガス発生に大きな影響を及ぼさない事が明らかになりました。

今後、本研究の成果を、有機性廃水の適切処理と資源循環およびそれに伴う温室効果ガスの削減、開発途上国における技術普及などの施策に結びつけ、水環境および地球環境の保全に役立てていきたいと考えています。



図1 糖蜜系廃水の適切処理技術の開発に関する研究概要図



17 生物応答を用いた新しい排水管理手法の検討  
～いきものが水を診断する～

発表者 渡部 春奈

現在、工場や下水処理場から放流される排水は、ヒト健康保護のための28項目、生活環境保全のための15項目からなる排水基準によって規制されています。しかし、年々増加する新規化学物質を含めた、様々な化学物質による生態系への影響が懸念されています。さらに、複数の物質による複合影響は、個別物質の生物影響や化学分析だけでは評価することはできません。そこで魚類、ミジンコ、藻類などの水生生物を

排水に直接ばく露し、生死や繁殖、生長といった生物応答によって排水の総合的な影響を評価・管理するシステムが、欧米では1990年代から導入されています。例えば米国ではWhole effluent toxicity (WET:全排水毒性)と呼ばれており、生物影響があった場合は、その要因を推定して低減対策をとるよう規制されています。国内でも生物応答を用いた排水管理手法の導入が検討されており、平成24年度には国内版の生物応答を用いた排水試験法(図1)の検討案が作成されました。この試験法を用いて、延べ78サンプルの事業場排水を試験し、排水を無影響にするために必要な希釈率であるToxic unit(TU:毒性単位)を求めました。排水基準は、排水が環境中で10倍希釈されると想定して設定されていますが、排水を10倍希釈しても、魚類、ミジンコ、藻類のいずれかの生物に影響がみられたサンプルは、全体の42%(33サンプル)に上ることが分かりました。つまり現行の排水基準を遵守していても、生物への影響が懸念される排水が存在するという事です。国立環境研究所では生物応答を用いた排水管理制度の導入を目指して、生物応答を用いた排水試験法の普及や試験機関への技術的な支援、事業場排水の実態調査や生物影響要因を推定、低減するための手法の検討などに取り組んでいきます。

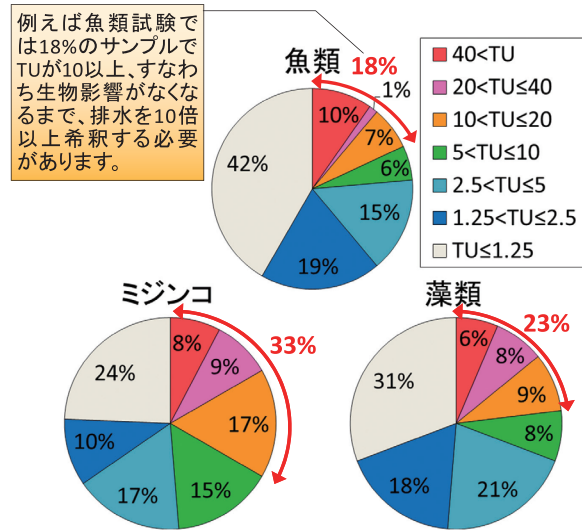


図1 事業所排水78サンプルの試験結果  
TU(毒性単位、100/排水の無影響濃度で算出)は、排水を無影響にするために必要な希釈率を表します

18 アジア低炭素社会実現への道しるべ  
～低炭素アジアに向けた10の方策～

発表者 芦名 秀一

本研究では、将来ビジョンを描き、現在からその目標に至るシナリオおよび道筋を描き出すバックキャスト手法を用いて、2050年のアジア低炭素社会実現への道筋を検討してきました(図1)。検討にあたっては、特にアジア地域の低炭素発展の可能性とその評価、中長期国際・国内制度の検討、経済発展に伴う資源増大に起因するGHG排出の抑制、アジアにおける低炭素交通システム実現といった視点からの研究も組み合わせ、総合的な視点からアジア低炭素社会実現ロードマップの立案とその実社会への還元(社会実装)を目指しています。

2050年までにアジアが低炭素社会に移行するのは容易ではありません。実現のためには、技術的対策や制度、政策をどのように組み合わせるのが望ましいのか、その手順をまとめた道しるべを明確に示し、それに沿って中央・地方政府や、民間企業、NGO・NPO、市民など社会を構成するそれぞれが、長期的な視点から目指す社会の姿をしっかりと見据えて協力して取り組むとともに、低炭素社会実現に向けた活動を、国際的な場でも後押ししていくことが不可欠です。

低炭素アジアに向けた10の方策は、アジアが低炭素社会に向かうためには、いつまでに誰が、どのような行動を起こすべきかを10個の方策としてとりまとめたものです(図2)。方策1から方策6までは主に資源やエネルギー利用に伴う二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の削減を目的とした方策です。方策7は農業からのメタン(CH<sub>4</sub>)や亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)の排出抑制を目指したもので、方策8では土地利用起源のCO<sub>2</sub>排出・吸収源対策をとりまとめています。方策9、10は直接排出削減に貢献するわけではありませんが、方策1～8を実施するための基盤となる横断的な方策で、全体を下支えする役割を担っています。

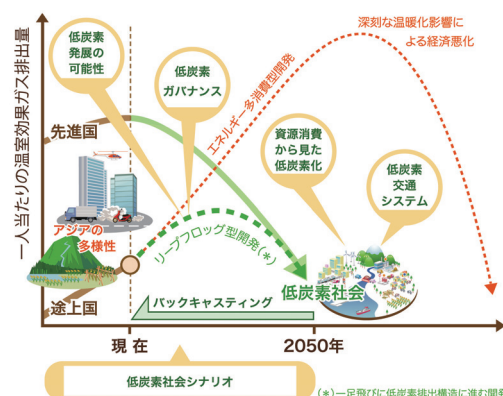


図1 アジア低炭素社会研究のアプローチ

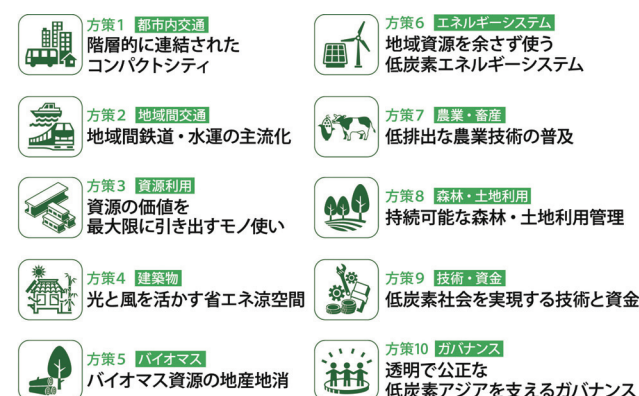


図2 低炭素アジアに向けた10の方策

19 アジア大都市の低炭素戦略の研究  
～マレーシア・イスカンダル開発地域の事例～

発表者 須田 真依子

これまで京都大学や国立環境研究所などの日本の研究機関は、中長期の低炭素都市シナリオ手法を開発してきました。「アジア地域の低炭素社会シナリオの開発」研究プロジェクトでは、その手法を応用して、将来経済発展が予想されるアジアの大都市を対象に、低炭素都市実現のための叙述シナリオの記述、低炭素社会ビジョンの定量化、施策ロードマップの策定を行っています。

更に、大気汚染や廃棄物管理等の地域が抱える問題の同時解決に向けた統合的環境計画手法の開発と、政策立案への貢献を目的とした低炭素戦略の確立を目指しています。

マレーシア・イスカンダル開発地域は、2025年までに2005年BaU(なりゆきシナリオ)比で約40%の温室効果ガス削減を目標に掲げ、マレーシアでグリーン成長を目指す経済特区です。2012年11月、同地域は、低炭素都市へ向けた将来シナリオを想定・考慮した低炭素社会計画を策定し、交通システム、建築(グリーンビルディング)、エネルギーシステム、廃棄物管理、産業プロセス、ガバナンス、大気汚染、都市構造、教育等に関する12の方策を提案しました。

国立環境研究所は、地球規模課題としての温室効果ガス削減を実現するための実装研究として、多様なステークホルダーを巻き込みながら分野横断的に12の方策を検討する国際研究協力を実施しています。具体的には、マレーシア工科大学やイスカンダル地域開発庁と協力し、再生可能エネルギーの分布データを用いた利用可能量(ポテンシャル)の推計、グリーンビルディングの組織構造とプログラム開発、低炭素教育プログラムの開発等の研究を行っています。本研究の最新の成果は、気候変動枠組条約締約国会議(COP)等で公表し、気候変動に係る国際政策やアジア地域での低炭素社会政策策定にも貢献しています。

グリーン経済	59%
方策1 統合的グリーン交通	15%
方策2 グリーン産業	9%
方策3 低炭素都市ガバナンス	-
方策4 グリーンビルディング	11%
方策5 グリーンエネルギーシステムと再生可能エネルギー	24%
グリーンコミュニティ	21%
方策6 低炭素ライフスタイル	21%
方策7 コミュニティ参加と合意形成	-
グリーン環境	20%
方策8 歩きやすく安全で住みやすいまちづくり	2%
方策9 スマートな都市成長	10%
方策10 グリーンとブルーインフラと地域資源	5%
方策11 持続可能な廃棄物管理	3%
方策12 クリーンな大気環境	-

表1 イスカンダル開発地域における12の方策の内容と温室効果ガス排出削減ポテンシャル  
「マレーシア・イスカンダル開発地域における2025年に向けた低炭素社会ブループリント政策担当者向け要約(Summary for Policy Makers: SPM)」より



図1 イスカンダルにおける5つの開発重点区域(フラッグシップ)



No. ....

Date . . .

Lined writing area for page 18.

No. ....

Date . . .

Lined writing area for page 19.



No. ....

Date . . . . .

## お知らせ

国立環境研究所では、毎年6月の環境月間にあわせて公開シンポジウムを開催しています。また、4月と7月には、つくばキャンパスで一般公開を行い、講演、パネル展示、体験型イベントなどにより、環境問題についてわかりやすく説明します。

今年の「夏の大公開」は7月20日(土)の予定です。「夏の大公開」の情報は、国立環境研究所のホームページ(<http://www.nies.go.jp/>)で随時お知らせします。

### 編集:2013年度セミナー委員会

吾妻 洋	井上 智美	(久保 恒男)	笹川 基樹
佐藤 圭	杉山 徹	高澤 嘉一	田崎 智宏
種瀬 治良	原澤 英夫*	平野 勇二郎	藤谷 雄二
(伏見 暁洋)	前川 文彦	松井 文子	

(注)あいうえお順、\*印は委員長、かっこ書きは、途中交代した委員

### 国立環境研究所研究報告 第209号 R-209-2013

RESEARCH REPORT FROM THE NATIONAL INSTITUTE  
FOR ENVIRONMENTAL STUDIES, JAPAN, No.209, 2013

2013年5月14日編集委員会受理

2013年6月14日発行

発行:独立行政法人国立環境研究所

印刷:株式会社ステージ