

# ミル・シル・マモル

～命はぐくむ環境を目指して～



## 要旨集

**6/18** 東京会場 よみうりホール  
12:00～17:30

**6/25** 京都会場 京都産業会館シルクホール  
12:00～17:30

Date                   •                   •

Name                   •                   •

No. \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_\_  
**ごあいさつ**

独立行政法人 国立環境研究所  
理事長 大垣 眞一郎



2011年3月11日に起きた東日本大震災は、激しい震動とそれに伴う大津波により、多くの命を奪い、未曾有の被害をもたらしました。亡くなられた方々に謹んで哀悼の意を表しますとともに、被災された皆様には心よりお見舞い申し上げます。

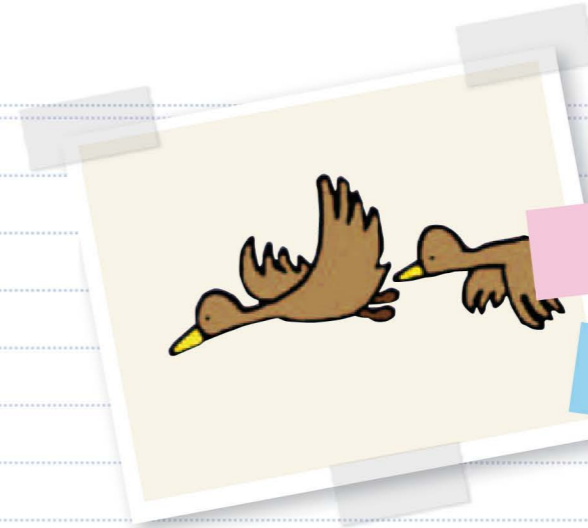
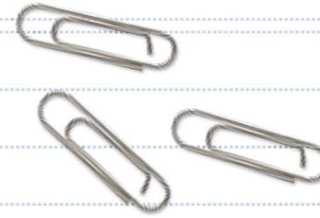
国立環境研究所も施設、実験設備などに多くの被害を被りましたが、他方、甚大な震災被害を被られた皆様の復旧、復興に貢献したいと考え、東日本大震災復旧・復興貢献本部を設置し、被災地で大量に発生した災害廃棄物への対応などを関係機関と協力して実施するとともに、ホームページに「東日本大震災 関連ページ」を設け、皆様へ環境に関連する震災情報をとりまとめ、提供してまいりました。

この「国立環境研究所公開シンポジウム2011」は、毎年6月に東京と京都で行ってきている最新の環境研究成果を紹介するための例年の公開シンポジウムですが、本年は特に東日本大震災後の復旧復興に向けた取組みについてご紹介すべきであると考え、メインテーマの講演・ポスターによる発表に加え、緊急報告を行うこととしました。多数の皆様のご参加を心よりお待ちしております。



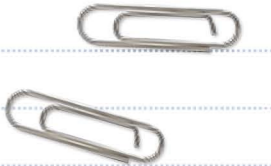
No. \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_\_



公開シンポジウム  
2011

6/18(土) 東京  
6/25(土) 京都



## プログラム

- 12:00~13:00 ● ポスターセッションI
- 13:00~ ● 開会挨拶 . . . . . (独) 国立環境研究所理事長 大垣眞一郎
- 13:10~14:40 ● 第一部 緊急報告：大震災後の復旧復興に向けた取組み
- 13:10~ ● 報告1「国立環境研究所の取組み」 . . . . . 資源循環・廃棄物研究センター 大迫 政浩
- 13:25~ ● 報告2「災害廃棄物処理の現状と今後」 . . . . . 資源循環・廃棄物研究センター 滝上 英孝
- 13:50~ ● 報告3「被災時の生活排水処理と今後の課題」 . . . . . 資源循環・廃棄物研究センター 蛭江 美孝
- 14:15~ ● 報告4「地域の環境力を活かす復興まちづくりにむけて」  
. . . . . 社会環境システム研究センター 藤田 壮
- 14:55~16:40 ● 第二部 環境研究の最前線
- 14:55~ ● 講演1「大気シミュレーションで解明する広域大気汚染の実態」  
. . . . . 地域環境研究センター 大原 利真
- 15:30~ ● 講演2「海洋酸性化ー地球温暖化と同時に進行するCO<sub>2</sub>問題」  
. . . . . 地球環境研究センター 野尻 幸宏
- 16:05~ ● 講演3「化学物質による健康影響を受けやすい性質とは？～感受性に関わる要因について～」  
. . . . . 環境リスク研究センター 藤巻 秀和
- 16:40~ ● 閉会挨拶 . . . . . (独) 国立環境研究所理事 佐藤 洋
- 16:50~17:30 ● ポスターセッションII

## No. 大気シミュレーションで解明する広域大気汚染の実態

Date

地域環境研究センター 大原 利真

オゾン（オキシダント）と微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）による大気汚染が、日本の広い範囲で発生しています。オゾンは全国的に増加し、また、2009年9月に環境基準が制定されたPM<sub>2.5</sub>についても、多くの地域で環境基準を超える濃度レベルになっています。このような汚染の要因として、国外からの越境汚染の影響が考えられます。本講演では、東アジアの広域越境大気汚染の実態を、大気シミュレーションによって解明する研究について紹介します。

### オゾンとPM<sub>2.5</sub>

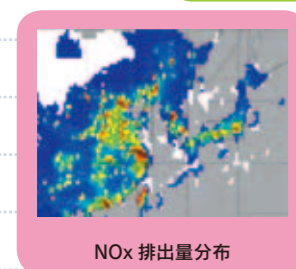
火力発電所、工場、自動車などの発生源から、窒素酸化物（NOx）、揮発性有機化合物（VOC）、二酸化硫黄（SO<sub>2</sub>）などの様々な汚染物質が大気中に放出されます。大気中のNOxとVOCは、太陽からの紫外線を受けて光化学反応を起こし、オゾンを生成します。一方、PM<sub>2.5</sub>は、様々な発生源から直接排出されたり、NOx、VOC、SO<sub>2</sub>などの排出ガスが大気中で反応することによって生成されたりします。オゾンとPM<sub>2.5</sub>は、人の健康や農作物、自然植生、気候などに対する影響を引き起こします。

日本では、地表付近のオゾンの年平均濃度が1980年代後半から1年間に約1%の割合で上昇し続けています。また、離島や山岳などの清浄地域でも、オゾンの上昇が観測されています。一方、オゾンの原因物質であるNOxとVOCは発生源対策によって国内では減少しています。即ち、原因物質が減少しているのに、オゾンが増加しているという奇妙な現象が起っています。この原因として、大気汚染物質の排出量が急増しているアジア大陸からの越境汚染の影響が増加していることがあげられます。PM<sub>2.5</sub>についても、九州の離島で環境基準を超える濃度が観測され、越境汚染の影響を受けていると考えられます。

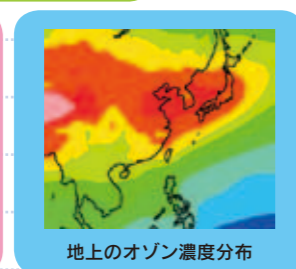
### 観測



### 排出量



### シミュレーション



### アジアにおける大気汚染物質の増加と日本への越境汚染

中国やインドでは、急速な経済成長に伴ってエネルギー消費量が増加し、様々な大気汚染物質の排出量が急増しています。例えば、NOx排出量は、1980年から2005年の間に、アジア全体で約3.5倍、中国では約5倍に増加しました。更に、中国における2020年のNOx排出量は、2000年に比べて、最大で2.3倍に増加すると予測されます。中国の沿岸地域には、北京・上海などの巨大都市や大規模な石炭火力発電所・工場が存在し、大量の大気汚染物質が大気中に放出されています。これらの汚染物質によって生成されたオゾンやPM<sub>2.5</sub>は、大陸からの西風によって東シナ海や黄海などの海上を通過して日本上空に運ばれ、越境汚染を引き起こします。大気汚染のシミュレーション結果によると、西日本における春季のオゾンに対する中国の影響は、平均すると10-20%程度ですが、九州などで光化学スモッグが発生した時には50%程度にまで達することがあります。そして、このような大陸からの越境汚染が最近増大しているために、日本のオゾン濃度が上昇していると考えられています。また、東アジアの大気汚染を将来予測した結果、2020年頃までオゾンが増加し続ける可能性があることもわかりました。

### おわりに

このように、シミュレーションなどによって、日本の大気質が、アジア大陸からのオゾンやPM<sub>2.5</sub>、硫酸化物、窒素酸化物などによる越境汚染の影響を強く受けていることが明らかになりました。しかし、未知の問題・課題も残されています。例えば、我が国のオゾンは、成層圏からの流入、ヨーロッパ・北米からの大陸間輸送、及び国内での生成などの様々な影響を受けているため、これらの影響を定量的に把握する必要がありますが、まだ十分に解明されていません。今後、シミュレーション、排出量算定、観測を組み合わせ、東アジアの広域大気汚染を科学的に解明する研究を更に進めて、大気環境問題の解決に貢献したいと考えています。

なお、当日の講演では、福島第一原子力発電所の事故によって放出された放射性物質の広域的な大気シミュレーションについても紹介する予定です。

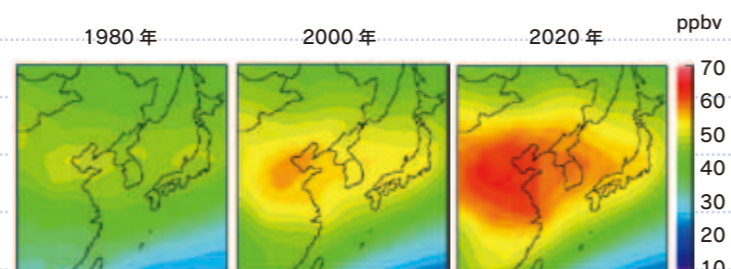
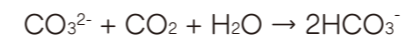


図2 地上近くのオゾン濃度分布の変化（シミュレーション結果）

## No. 海洋酸性化 - 地球温暖化と同時に進行するCO<sub>2</sub>問題

地域環境研究センター 野尻 幸宏

海には炭酸カルシウム（CaCO<sub>3</sub>）の殻や骨格をからだの構造に利用する生物（石灰化生物）が多く生息しています。貝は固い貝殻で軟らかいからだを保護し砂浜や磯での生活を可能にしています。サンゴはCaCO<sub>3</sub>を骨格として積み上げてゆきその上で軟らかいからだの部分が生活する仕組みです。どうして海の生き物がCaCO<sub>3</sub>の殻や骨格を利用するように進化したのかといえば、海水が炭酸イオン（CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>）とカルシウムイオン（Ca<sup>2+</sup>）に対して飽和濃度を越えていることが理由と考えられます。両イオンの濃度が十分に高くCaCO<sub>3</sub>という固体物質が海水中で溶解せず生成する状態にあるのが、石灰化生物にとって大事な条件になっています。少なくとも大気中の二酸化炭素濃度は過去100万年間に氷河期/間氷期の変動はあったものの、産業革命以前の濃度（280ppm）がそれより低い濃度を保ってきました。海の表層がCaCO<sub>3</sub>について飽和を保ってきたことは間違いなく、海洋生物はその環境に適応して進化しました。ここで、疑問を持たれる方がいるかもしれませんね。大気二酸化炭素濃度は280ppmから400ppm近くまで増えました。二酸化炭素が増えるとCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>が増えるのか？減るのか？海水中で起こる化学式で理解しましょう。



大気中で増えた二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）が海水に溶けると海水中のCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>を中和して濃度を減らし炭酸水素イオン（HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>）濃度を増やします。二酸化炭素が酸として作用するのです。一方でCa<sup>2+</sup>の濃度は変化しませんから、CaCO<sub>3</sub>が生成しにくくなります。このような変化を「海洋酸性化」と呼ぶようになったのは最近ですが、海水が酸性になるのではなく二酸化炭素が増えることで酸-アルカリのバランスがより酸性の方向にシフトすることを意味します。特に石灰化生物にとってはCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>濃度が下がってCaCO<sub>3</sub>形成が阻害されることが問題です。

従来から海水中のCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>濃度変化に対する石灰化生物



図1 海洋生物飼育実験のために海水二酸化炭素濃度を精密に調整する装置

の応答現象は海の生物の生理学研究として行われてきましたが、大気中の二酸化炭素濃度が目に見えて高くなってきた今日、地球温暖化と関連する影響評価研究の意義合いがはっきりしてきました。国立環境研究所でも臨海実験施設を持つ機関と協力して現在とは異なる二酸化炭素濃度の海水で石灰化生物を飼育する実験を行い（図1、図2）、興味深い現象を見出してきました。例えば、多くのサンゴは今のレベルよりずっと高い二酸化炭素濃度の海水で飼育すると生長（CaCO<sub>3</sub>を作る速度がサンゴ生長の指標）ははっきり低下しますが、ある種のサンゴでは産業革命以前の濃度で現在より生長が促進されました。この種のサンゴに既に酸性化影響が現れている可能性を示唆するものですが、野外で証明されてはいません。

海が地球の炭素循環に果たしている働きを考えると、「海の二酸化炭素吸収」と「海洋酸性化」は同じ現象を表と裏から見たものとわかります。海が二酸化炭素を吸収しないと大気中の二酸化炭素濃度増加速度が倍増します。海の二酸化炭素吸収は気候の急激な変化を抑制する「便益」を与えると同時に、自らは酸性化を被るので生物・生態系影響という「損失」を生じますが、自然生態系の損失は経済的尺度での評価が困難です。これまで海洋酸性化の問題を考えに入れていないと、海の二酸化炭素吸収は自然の恵みといえましたが、裏から見た「海の二酸化炭素吸収＝海洋酸性化」は自然からの警告といえるでしょう。

人類は、温暖化対策で大気二酸化炭素濃度にピークを打たせ、安定化あるいは低下させなくてはなりません。その場合でも、今より温度（気温、海水温）が上昇し、海洋酸性化もある程度進むことが避けられません。その時点までに海がどの程度の「損失」を受けているか、大きな問題となる可能性があります。少なくとも、特定の生物群や生態系、特定の地域では有意な海洋酸性化影響が起こると考えられるので、起こり得る影響を予測することが重要です。また、その時は温度上昇と酸性化が合わさって影響を起こすので複合影響評価も必要です。

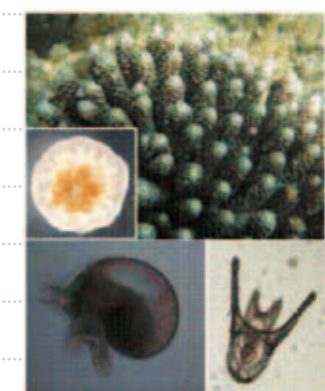


図2 飼育実験対象生物（上：コユビドリイシ（サンゴ）とその幼生ポリプ、下左：エゾアワビの幼生、下右：ムラサキウニの幼生）

図1 東アジアを対象とした大気汚染研究の構成

# 化学物質による健康影響を受けやすい性質とは？

— 感受性に関わる要因について —

No. \_\_\_\_\_  
Date \_\_\_\_\_

環境中に存在する化学物質による健康影響を評価するときには、その濃度と毒性を把握することが重要なポイントですが、その影響を受ける側の感受性も考慮する必要があります。子供は、成人に比べ感受性が高いといわれています。その要因についてはいくつかあげられていますが、はっきりと決まってはいません。われわれは、アレルギー疾患の増加やインフルエンザの流行にかかわるからだの防御系への影響に着目しています。これまでに、化学物質に対する感受性の違いを生じる要因として、遺伝的背景、化学物質の濃度と曝露時期、性差、既往疾患の有無などについて検討し、その影響メカニズムの解明を通して、それを評価する手法をみつける研究を行っています。

本講演では、揮発性有機化合物（VOCs）の生体防御系における健康影響を探る研究の中から、遺伝要因、神経要因、発達時期の要因について紹介します。

(1) 低濃度のトルエン曝露と免疫機能に関する研究：  
細菌などへの感染しやすさと感染しにくさの違いには免疫反応を促進したり、抑制したりしてその反応を調節する遺伝子群がかかわっており、その中でも主要組織適合遺伝子複合体（MHC）は、重要な役割を担っています。マウスのMHCの異なる系統を用いてVOCsの曝露実験を行ったところ、リンパ球分化因子産生について化学物質の影響を受けやすい系統と受けにくい系統の存在が明らかとなりました。さらにMHCのみ異なり他の遺伝子はすべて同じというコンジェニックマウスを用いた実験で、MHC遺伝子群の違いが、化学物質に対する影響の強さにかかわっていることがわかりました。細菌毒素を感知する受容体の活性の有無においても化学物質に対する反応の違いがみられることが明らかになり、遺伝的背景と化学物質の影響との関連を明らかにする糸口になると考えております。

環境リスク研究センター 藤巻 秀和

(2) 低濃度化学物質と神経成長因子に関する研究：  
神経細胞の栄養因子としてだけでなく、免疫系において炎症やアレルギー反応の増悪にも働く因子として神経成長因子（NGF）があります。低濃度VOCs曝露は、免疫系のみならず神経系における悪影響にかかわることが示唆されていますので、低濃度のトルエンを曝露して記憶・学習機能に大切な領域である海馬におけるこのNGF産生の変化について検討しました。その結果、トルエン曝露により海馬でのNGF産生は増加することが明らかになり（図1）、また、化学物質とアレルギーのような生物因子との複合の曝露により、より低濃度の化学物質に反応するようになることが明らかになりました。このことは、アレルギーなどの既往歴があることにより、より低い濃度の化学物質の曝露でも脳の領域での影響が助長される可能性を示しています。

(3) 発達期における化学物質曝露の影響に関する研究：  
マウス等のげっ歯類では、ヒトと同様の動きをする免疫系がより短期間で発達します（図2）。低濃度トルエンを発達期に曝露することによる免疫機能への影響について、マウスの妊娠後期から出生期の期間に曝露を行い検討しました。その結果、リンパ球の一種であるT細胞の分化にかかわる転写因子などの抑制が認められました。そこで、発達期を胎仔期、新生仔期、乳仔期に細分化してそれぞれ5日間のトルエンの曝露の1週後に免疫機能を調べると、胎仔期や新生仔期に比べ、乳仔期でより顕著なその抑制がみられました。さらに、この影響は青年期に相当する時期でも認められました。このように、免疫応答系の発達時期において、低濃度トルエン曝露に対して高い感受性を示す時期が存在することが明らかになり、その影響は曝露を終了した成長後も悪影響として認められることがわかりました。成長後の悪影響が、ヒトでのどのような疾患にどのように繋がるのか、今後の解明が待たれます。

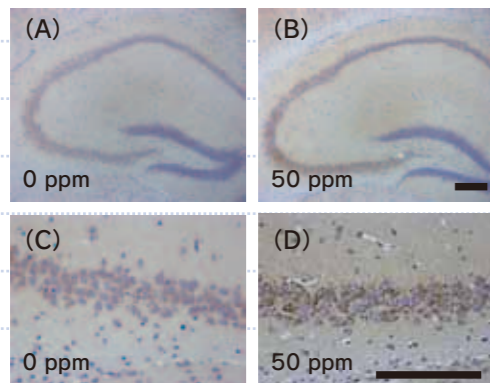


図1 トルエンの曝露によるマウスの海馬における神経成長因子の産生の増強  
A,C: 0 ppm 清浄空気、B,D: 50 ppm トルエン 黒いバーは50 μmを示す

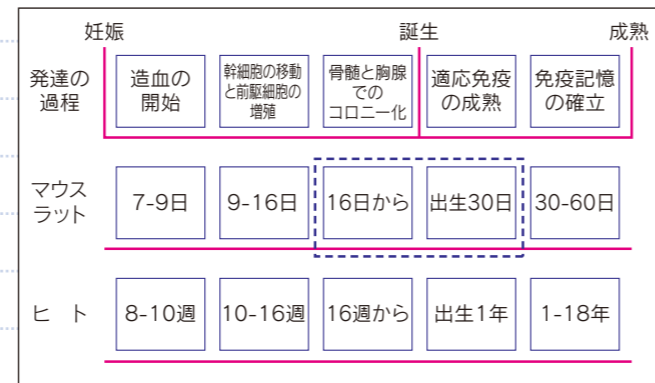


図2 ヒトとげっ歯類の免疫系発達の比較  
Dietert R.R. et al., 2000 より

## ポスターセッション

- 東日本大震災の関連情報
- 衛星「いぶき（GOSAT）」による温室効果ガスの観測
- 地球温暖化への適応と緩和に向けた将来環境予測
- 温暖化が進んだとき世界の人々は必要な時に必要な量の水を得られるのか？
- 空を飛んでくる微粒子 - 東アジアの大気環境
- 大気汚染予測システムVENUSの開発と検証
- 北関東における夏季の高濃度粒子（PM<sub>2.5</sub>）汚染のメカニズム
- 森林土壌に留まるモノと動くモノ - アンチモンを指標に硝酸性窒素の累積負荷量を探る -
- 新しい環境問題グリーンタイド - 極端に増殖した浮遊アオサの堆積 -
- 全国を対象とした水田除草剤の河川中濃度予測モデルの開発と検証
- 貧酸素水塊：東京湾の底棲魚介類の生存と繁殖を妨げる“容疑者”
- 廃棄物系バイオマス等の資源化技術を組み合わせる効率的なシステムを作る
- ベトナムの都市部におけるごみ処理システムの実態
- アジア低炭素社会への道筋を考える
- 環境都市に向けた施策・技術システムの設計と評価 - 川崎・瀋陽の都市連携研究 -
- 環境ナノ粒子の慢性吸入毒性試験
- 子どもの健康と環境に関する全国調査（エコチル調査）の概要
- エコチル調査における環境曝露評価 - 化学物質などの曝露をどうやって調べるのか -

### 1 東日本大震災の関連情報

No. 発表者 東日本大震災復旧・復興貢献本部

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により、東北及び関東地方では大きな災害にみまわれました。国立環境研究所の施設・設備等も被害を受け、現在もその復旧作業を進めているところです。激甚な震災を被った地域の復旧・復興に向けて、環境研究の面から協力し貢献するために、3月29日には研究所内に理事長を本部長とする「復旧・復興貢献本部」を設置しました。

国立環境研究所は、環境問題に関する中核的研究機関として、研究者ネットワークを活用した取り組みや震災に関する情報源情報の提供など、様々な形で復旧・復興に貢献していきたいと考えています。国や被災地自治体、学協会と協力して津波堆積物を現地で現状を把握しながら処理するなど廃棄物処理・処分に協力するとともに、活動状況や関連する情報を提供するためのホームページ「東日本大震災の関連ページ」<http://www.nies.go.jp/shinsai/index.html> を開設しました。公開シンポジウムの機会に、これまでの国立環境研究所の取り組みについて紹介いたします。



図1 東日本大震災の関連ページ：災害廃棄物に関する情報ネットワーク、つくば市の環境大気中放射性物質測定・解説、国立環境研究所の研究者による関連成果等の情報を提供中



図2 国立環境研究所敷地内に設置されたハイボリュームエアサンプラ

### 3 地球温暖化への適応と緩和に向けた将来環境予測

No. 発表者 地球環境研究センター 横畠 徳太

近年の研究によって、20世紀半ば以降の全球的な地表気温の上昇は、人間による温室効果ガスの排出が原因であること、今後も人間活動によって地球温暖化が進行する可能性が高いことが、明らかにされています。しかしながら、将来人間活動によってどの程度温室効果ガスが排出されるのか、それによっていかなる気候変化が生じ、生態系や人間社会にどのような影響が及ぶのかは、非常に不確実性の大きな問題です。このため、将来起こりえる事柄を幅広く明らかにし、そのリスクを考慮した上で、地球温暖化への適応・緩和策を考える必要があります。国立環境研究所では、社会経済・気候・生態系・水資源・農業などに関する専門家が連携し、国内外の研究機関とも協力しながら、この問題に取り組んでいます。図は最新の気候モデルで計算した地表気温変化を示しており、過去については観測された温室効果ガス濃度を、将来については社会経済モデルによって作られた4通りの温室効果ガス濃度をそれぞれモデルに境界条件として与えたものです。将来の温室効果ガス濃度の上限と下限は、これまでの研究によって得られた将来シナリオ（起こりえる社会的・経済的な変化）をカバーするように決められています。最新の気候モデルは、観測された気候変化を再現するとともに、将来温暖化が進むことを予測しています。また、このような気候変化の影響として、例えば、植物や微生物の呼吸による二酸化炭素放出が温暖化をさらに促進する可能性があること、降水量が減る地域では水不足の影響が深刻化する可能性があること、気温上昇によって農業生産性が大きく低下する可能性があることなどが、明らかになりました。発表では、最新の研究によって予測された将来の地球環境と、今後とりくむべき課題についてお伝えします。

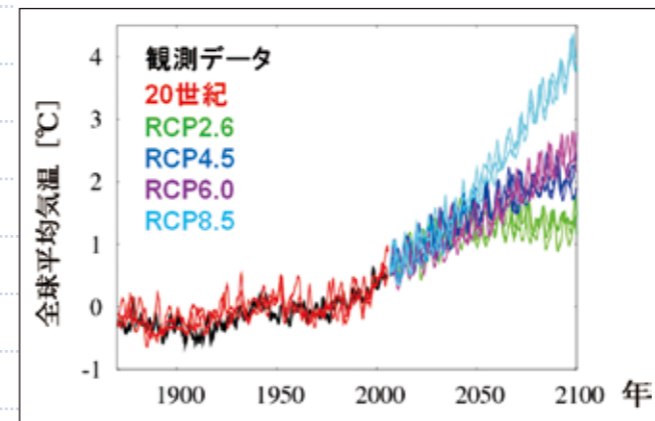


図 最新の気候モデルで計算した地表気温変化。過去については観測された温室効果ガス濃度を（赤線）、将来については社会経済モデルによって計算した4通りの温室効果ガス濃度を与えた。すべての実験において、異なる3つの初期値を与えて計算した。観測された地表気温変化（黒）も同時に示す。

### 2 衛星『いぶき (GOSAT)』による温室効果ガスの観測

No. 発表者 地球環境研究センター 井上 誠・佐伯 田鶴・高木 宏志・菊地 信行  
吉田 幸生・森野 勇・内野 修・渡辺 宏  
Shamil Maksyutov・横田 達也

主要な温室効果ガスである二酸化炭素とメタンの濃度を観測するために、温室効果ガス観測技術衛星『いぶき (GOSAT)』が2009年1月に宇宙航空研究開発機構種子島宇宙センターから打ち上げられました。『いぶき』に搭載されているセンサを用いて地表面により反射された太陽光を観測し、観測されたスペクトルを解析することで、二酸化炭素やメタンの気柱量（単位面積における地表面から大気上端までの総量）を求めることができます。地上では観測を行うことが困難な地域であっても衛星では観測が可能となるため、これまでに比べて観測点が飛躍的に増加しました。打ち上げ以来順調に観測を続けており、現時点で2年ほどのデータが蓄積されています。その結果、これまで観測データが得られなかった地域においても二酸化炭素やメタンの濃度分布と季節変動・年々変動の実態を知ることができるようになりました。

図1は、2010年7月における晴天域の二酸化炭素とメタンの気柱平均濃度（乾燥空気の気柱量に含まれる二酸化炭素・メタンの気柱量の割合）の分布を示しています。二酸化炭素の濃度が北半球で低い傾向にあるのは、シベリアなどの森林による吸収が夏季に活発になるためです。一方でメタンは、北半球の低緯度域を中心に高濃度、南半球で低濃度となっています。各物質の濃度分布の時間変化を解析すると、同じ半球内でも植生分布の違いによって、季節変動の特徴が異なることが明らかになりました。『いぶき』で観測された濃度データをさらに解析することで、亜大陸規模における二酸化炭素の吸収排出量を求めることもできます。

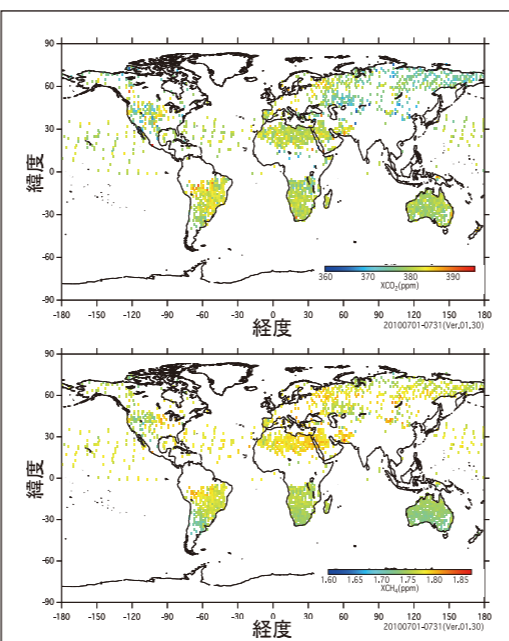


図 『いぶき』により得られた2010年7月における晴天域の(上)二酸化炭素と(下)メタンの気柱平均濃度の分布図

### 4 温暖化が進んだとき世界の人々は必要な時に必要な量の水を得られるのか？

No. 発表者 地球環境研究センター 花崎 直太

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。気温や降水の変化は、地域の水資源にも深刻な影響を与えると懸念されています。水は人と社会にとって、なくてはならないものですが、このまま温暖化が進んでしまったとき、世界の人々は必要な時に必要な量の水を得られるのでしょうか。地球環境研究センターの研究者は、こうしたことをコンピュータシミュレーションで明らかにするため、全球水資源モデルという、大規模なソフトウェアの開発に取り組んでいます（図1）。

私達はまず、温暖化が進むと予想される21世紀後期に、地球の流出量（降水のうち、蒸発せずに川や湖に流れ込む水の量）がどう変化するかを、気候学や水循環学などの知識を総動員して、シミュレーションしました（図2）。この結果によると、流出量の変化は世界で一様ではなく、増える地域と減る地域に分かれることが予測されました。次に、1年の中で水を何月頃に多く使うのかということも考慮して、世界各地で、必要な時に必要な量の水を得られるのかもシミュレーションしました（図3）。この結果によると、世界の多くの地域で、現在よりも水が得られにくくなっていくことが予測されました。

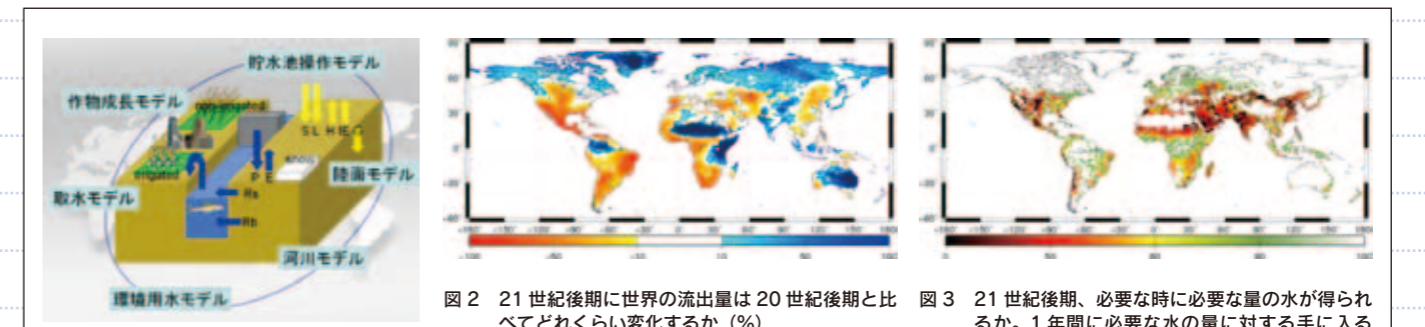


図1 開発している全球水資源モデルの模式図

図2 21世紀後期に世界の流出量は20世紀後期と比べてどれくらい変化するか (%)

図3 21世紀後期、必要な時に必要な量の水が得られるか。1年間に必要な水の量に対する手に入る水の量の割合 (%)。特に赤や黒で示されている地域で深刻な水不足が心配される。

### 5 空を飛んでくる微粒子 - 東アジアの大気環境

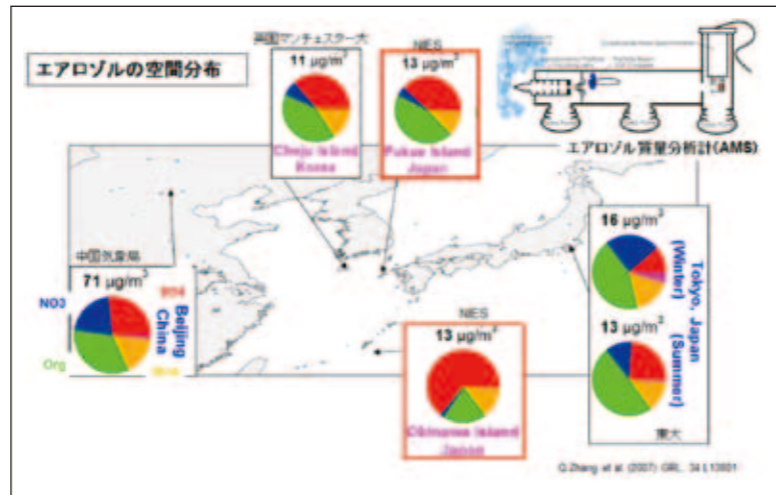
発表者 地域環境研究センター 高見 昭憲

No. 1990年代以降、東アジア地域の経済が急速に発展したため、人間活動に伴って大気中に放出される汚染物質（硫黄酸化物、窒素酸化物、揮発性有機化合物など）の量が東アジア全体で増加しています。日本は大陸の東側に位置し、冬から春にかけては季節風の風下にあたるため、アジア大陸で排出された物質が運ばれてきます。大気汚染物質は大気中で化学反応を起こし、微粒子（エアロゾル）を生成します。微粒子は人間の健康や植物の生態、地球の気候などに影響を及ぼします。

沖縄は周りを海に囲まれており、日本の西端に位置するため、東アジア地域から日本に運ばれてくるいろいろな物質を監視するのにとても適した場所です。国立環境研究所では「沖縄辺戸岬 大気・エアロゾル観測ステーション」を設置し大気中の微粒子を継続的に観測してきました。

沖縄で観測された微粒子の重量濃度は、たとえば、黄砂がくると高くなり、主な成分は硫酸塩と有機物でした。健康影響が懸念される多環芳香族炭化水素（PAH）も観測されました。天気図や空気の流れを計算するプログラムなどを用いて観測結果を解析すると、低気圧や高気圧が西から東へ移動するときに、アジア大陸から沖縄に空気が輸送されていることがわかりました。このことは、大気中の微粒子も空を飛んで日本まで運ばれていることを示しています。

大気は国境を越えてつながっており、大気中の微粒子は国を越えて運ばれます。東アジア全体で大気環境を適切に改善していくことが重要です。



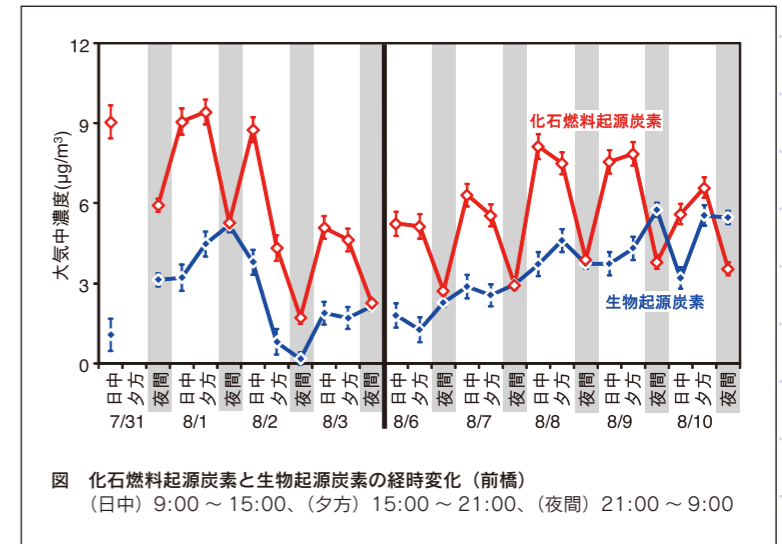
### 7 北関東における夏季の高濃度粒子（PM<sub>2.5</sub>）汚染のメカニズム

発表者 環境計測研究センター 伏見 暁洋

大気中の微小粒子（PM<sub>2.5</sub>）は人の健康に悪影響を及ぼすと考えられており、日本では2009年9月にPM<sub>2.5</sub>に対する環境基準が定められました。工場や自動車等への各種対策によって、微小粒子の大気への排出量は低下してきましたが、PM<sub>2.5</sub>濃度は基準を超過しているところが多く、その実態把握が急がれています。PM<sub>2.5</sub>は様々な起源をもつ複雑な混合物であり、燃焼で生成する一次粒子のほか、大気中での反応で生成される二次生成粒子が大きな割合を占めます。しかし、二次生成粒子の起源や生成メカニズムは特に有機物に関して複雑であり、いまだに解明されていません。

我々は、北関東における夏季の日中の高濃度粒子汚染のメカニズム解明を目指し、種々の研究機関と共同で、総合的な観測と起源推定法の一つであるケミカルマスバランス法による解析を行いました。観測では、都心と郊外で6時間ごとに粒子中の主要成分（元素炭素、有機炭素、イオン、元素など）を測定したほか、炭素成分の起源（化石燃料、生物）を把握するため、放射性炭素（<sup>14</sup>C）を測定しました。

その結果、北関東において、微小粒子中の全炭素成分の約7割を有機炭素が占め、有機炭素の約7割を二次生成成分が占めると推定されました。また、全炭素のうち化石燃料起源の濃度が大半の時間帯で生物起源の濃度を上回り、日中に増える顕著な変動を示すことが明らかになりました（図）。化石燃料起源の二次有機炭素も日中に増加すると推定されました。以上のことなどから、日中には、都心で排出された粒子が輸送されてくることに加え、ガス状成分が輸送中に粒子化するため、高濃度の粒子汚染がもたらされたと考えられます。



### 6 大気汚染予測システム VENUS の開発と検証

発表者 地域環境研究センター 菅田 誠治

大気中に存在する物質のうち、光化学オキシダントや微小粒子状物質などの幾種類かの物質は、健康に影響があると考えられ、環境基準が定められています。これらの物質の濃度は、大陸からの長距離輸送の影響を受けやすい春季に高くなることが多いのですが、今年2月上旬には冬季にも関わらず西日本全域で煙霧による視程低下が一週間余り続き、微小粒子状物質が長距離輸送によって運ばれて来た影響ではないかと話題になりました。こういった場合も含めて、一般には、住んでいる地域の気象条件や原因物質の発生量に着目するだけでは濃度の傾向は予測できません。高濃度現象を予測するためには、数値シミュレーションによる大気汚染予測が有効であるため、われわれは、大気汚染予測システム VENUS (Visual atmospheric ENvironment Utility System) を開発しました。

VENUS は、気象庁の天気予報のデータを基に、まず数値シミュレーションでより詳細な気象場を計算します。続いて、大気汚染の原因物質の発生量のデータを与え、風による輸送や化学反応による変化を計算して、対象物質の濃度を求めます。計算された物質濃度を可視化して、当日および翌日の日本全国における光化学オキシダントと二酸化窒素の地上濃度分布をインターネット上で公開しています。

2009年5月と8月について、VENUSの予測結果と観測（図）の間で、光化学オキシダント濃度を比べて、VENUSの予測性能を評価しました。関東・中部・関西・九州の各都府県ごとに日中の最高濃度の相関係数と呼ばれる指標（1だと両者の変化は一致、0だと対応なし）は、概ね0.6-0.8程度であり、当日の高濃度を予測するには十分な性能を備えていることがわかりました。今後も計算法の改良等により精度向上の努力を続けていきます。

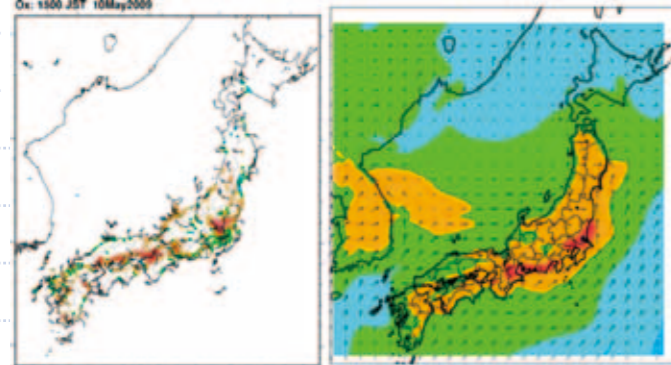


図 地上での光化学オキシダント濃度。観測（左）とVENUSによる予測（右）  
暖色系ほど濃度が高く、赤は100ppb超

### 8 森林土壌に留まるモノと動くモノ - アンチモンを指標に硝酸性窒素の累積負荷量を探る -

発表者 水圏環境研究領域 渡邊 未来・越川 昌美

大都市周辺の森林では、一見きれいに見える溪流でも、高濃度の硝酸性窒素が検出されるという不思議な現象がしばしば見られます。これは「窒素飽和」という環境問題が原因と考えられます。窒素飽和とは、人間活動により放出された窒素化合物が、大気経由で森林に蓄積し、長年かけて生態系が窒素過剰な状態に陥ることです。このような森林では、生態系の持つ水質浄化能力を超えた窒素化合物が、硝酸性窒素として溪流に流れ出てしまいます。その結果、水源水質の劣化や湖沼の富栄養化が引き起こされる危険性があります。窒素飽和を理解するには、大気から森林に窒素化合物がどれくらい負荷されてきたか、過去から現在までの総量（累積負荷量）を調べるのが有効と考えられます。しかし窒素化合物は、大気、土壌、植物、水の間を移動しており、森林土壌に留まらないため、これまで累積負荷量を調べる術はありませんでした。

そこで私たちは、主な窒素化合物である硝酸性窒素について、その累積負荷量を間接的に推定する方法を考案しました。ここで着目したのがアンチモンという元素です。アンチモンは、大気中では発生、輸送、沈着の過程が硝酸性窒素に似ていますが、土壌中ではほとんど動かず、森林土壌の表層に留まるという特徴があります。そのため、大気から負荷されるアンチモン濃度と硝酸性窒素濃度が正比例関係にあれば、大気経由で森林土壌に蓄積したアンチモン量から、過去から現在に至るまでの硝酸性窒素の累積負荷量を推定できると考えられます（図1と図2を参照）。本発表では、このアイデアを検証するために、関東地域のスギ林で土壌と雨水の観測を行った結果をご紹介します。

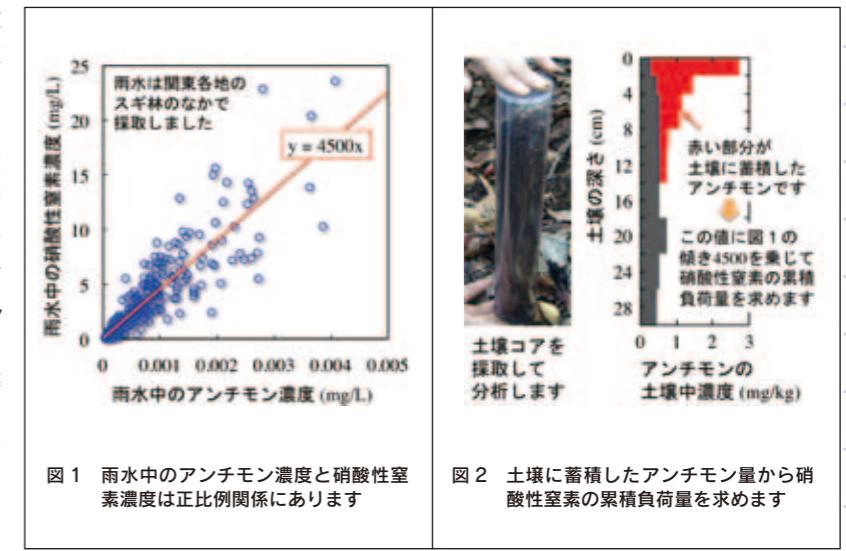


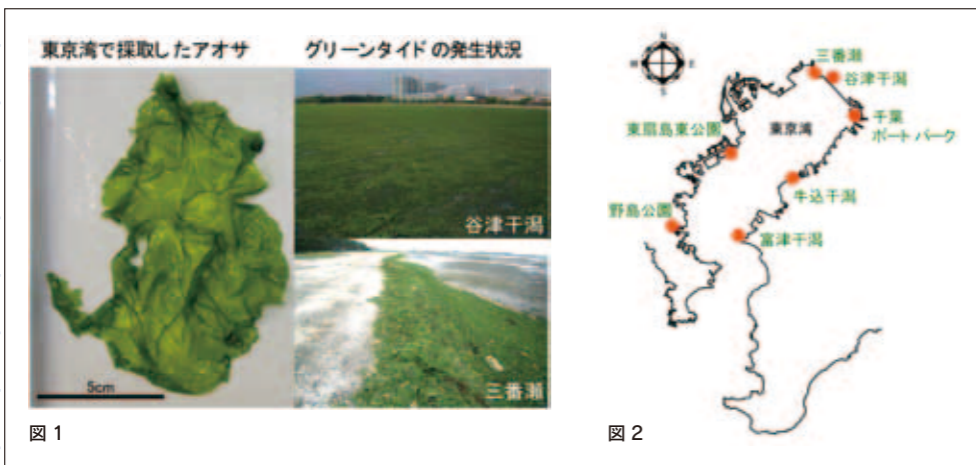
図1 雨水中のアンチモン濃度と硝酸性窒素濃度は正比例関係にあります

図2 土壌に蓄積したアンチモン量から硝酸性窒素の累積負荷量を求めます

### 9 新しい環境問題グリーントイド - 極端に増殖した浮遊アオサの堆積 -

No. 発表者 生物・生態系環境研究センター 玉置 雅紀・矢部 徹・石井 裕一・中嶋 信美

東京湾や瀬戸内海などの閉鎖性海域では、海藻アオサ属が異常増殖し海岸線に堆積する現象が近年、環境問題として取り上げられています。このグリーントイドの発生によって、景観の悪化、悪臭の発生、水産資源の死滅などが懸念されています(図1)。グリーントイドの発生原因として海域の富栄養化が指摘されていますが、その因果関係はまだ解明されていません。国内では在来種のアナアオサやリボンアオサがグリーントイド形成種とされていますが、最近になって、南方系の新種ミナミアオサの生息も確認されました。私達の研究グループでは、東京湾で発生するグリーントイドの特徴を捉えるため、湾内の7ヶ所の浅海域(野島公園、東扇島東公園、三番瀬、谷津干潟、千葉ポートパーク、牛込干潟、富津干潟)で海藻アオサ属の現存量と構成種の季節変動を2009年の秋から翌年の夏にかけて調査しました(図2)。その結果、秋には全調査地点でアオサが高密度に堆積し、グリーントイドが発生していることが確認されました。その後、多くの調査地点ではグリーントイドは消失し現存量も少なくなり、冬、春、夏はアオサの小さな断片が点在しているだけでしたが、谷津干潟ではグリーントイドが通年発生していました。さらに全調査地点で、アオサの現存量が多くなりグリーントイドが形成される場合には、ミナミアオサが最優占種となっていました。現在のところ、このミナミアオサは東京湾では他水域からの侵入種と考えられています。したがって少なくとも東京湾でのグリーントイドに関しては、一般的に指摘されている海域の富栄養化ではなく、従来生息していなかったミナミアオサの侵入が発生の原因となっている可能性が示されました。



東京湾で採取したアオサ グリーントイドの発生状況

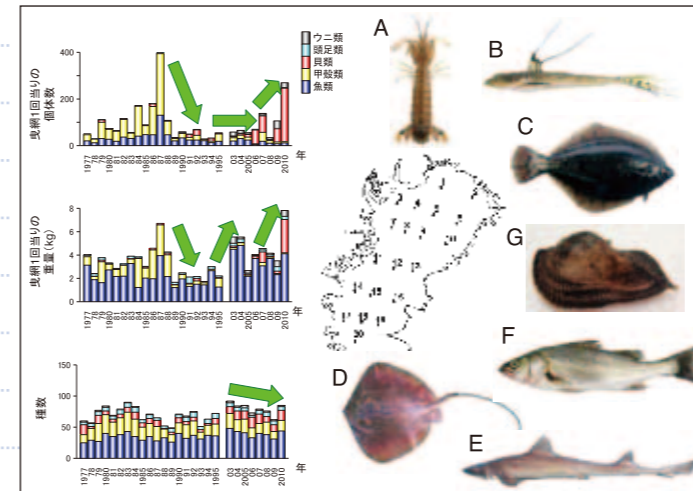
### 11 貧酸素水塊：東京湾の底棲魚介類の生存と繁殖を妨げる“容疑者”

No. 発表者 環境リスク研究センター 堀口 敏宏・児玉 圭太・李 政勲・白石 寛明

1908年に作成された漁場図にあるように、かつての東京湾は、広大な干潟と藻場を抱え、さまざまな魚介類の獲れる豊かな海でした。しかし、首都圏が後背地に形成され、人口と産業が周辺に集中、さらに高度経済成長期以降の埋め立てや工業地帯の建設の結果、その姿は大きく変貌しました。そして、昭和30年代に10万トン以上あった漁獲量は、近年では約2万トンにまで減少したのです。

東京大学農学部水産学第一講座と国立環境研究所による1977～1995年及び2003～2010年の調査結果によって、東京湾の底棲魚介類に著しい“変化”が過去に2回起きたことがわかりました。それは、1980年代末の魚介類の激減と、2000年代における大型魚類の増加と特定の種の増加です。現在の東京湾の底棲魚介類は、種数そのものの減少に加えて、特定の種ばかりが優占する傾向があり、“貧相”な生物群集になりつつあります。

私たちは、そうした“変化”がなぜ、また、どのように起きたのかを調べています。その結果、“貧酸素水塊”が、近年の底棲魚介類の生存と繁殖を阻害している“容疑者”であることがわかりました。貧酸素水塊は、溶存酸素濃度(DO)が2 ml/L未満の海水のことで、主に富栄養化した海域で初夏から秋に発生し、ほとんどの魚介類を窒息に追い込みます。近年、水質が改善したと言われる東京湾ですが、千葉県調査結果では、貧酸素水塊の発生期間が徐々に長期化し、その面積も拡大しつつあります。貧酸素水塊を封じ込めなければ、底棲魚介類の生息環境は改善されず、その種数や個体数の回復もほとんど期待できません。的確な底層DOの環境基準の設定と遵守、藻場や干潟の造成などを通して、貧酸素水塊の発生を抑えることが、多様な魚介類を東京湾に取り戻すためには欠かせないのです。



東京湾20地点(中央)における試験底曳き調査(1977～1995年:東京大学農学部水産学第一講座、及び2003～2010年:国立環境研究所)の結果(左)と、代表的な減少種(A. シヤコ、B. ハタタテメリ、C. マコガレイ)及び増加種(D. アカエイ、E. ホシサメ、F. スズキ、G. コベルトフネガイ)

図1 東京湾20地点(中央)における試験底曳き調査(1977～1995年:東京大学農学部水産学第一講座、及び2003～2010年:国立環境研究所)の結果(左)と、代表的な減少種(A. シヤコ、B. ハタタテメリ、C. マコガレイ)及び増加種(D. アカエイ、E. ホシサメ、F. スズキ、G. コベルトフネガイ)

### 10 全国を対象とした水田除草剤の河川中濃度予測モデルの開発と検証

No. 発表者 環境リスク研究センター 今泉 圭隆・鈴木 規之

化学物質の環境中濃度は、場所や時間、媒体(大気や水、土壌など)によって異なります。例えば、化学物質が河川中の魚介類に与える影響を評価する際には、その化学物質が高濃度になる時期や場所を考慮して、さらに魚介類の餌となる生物への影響などを含めて総合的に評価する必要があります。多くの化学物質の濃度分布を把握するためには、実測調査だけでは人的・費用的な限界があり、環境中での物質の移行動態を表す数理モデル(環境動態モデル)などを利用して予測する必要があります。

我々は、日本全国で多種多様に使われている水田除草剤に着目して、河川へ排出される水田除草剤の排出推定モデルを開発しました。そして、環境中での化学物質の挙動を予測する環境多媒体モデル(G-CIEMS:国環研HPにて無料公開)を利用して、日本全国での河川中農薬濃度の変動の計算機シミュレーションを行いました。その結果、それぞれの河道(河川をさらに細かく分割したもの)における最大濃度を計算し、日本全国での最大濃度マップを作成することが可能になりました(図1)。

さらに我々は、モデルの予測結果の信頼性を検証するために、26種類の水田除草剤に対して、複数の地点における河川中の除草剤の定期的な実測調査を行いました。その結果、我々のモデルによる予測濃度は実測濃度と比較的よく整合しており、モデルが高い再現性を有することを確認しました(図2)。

今後は、対象農薬を増やし、実測調査を進めることなどにより、モデルの予測精度を上げることが課題です。最終的には予測結果を利用して生物多様性リスクの評価に結び付けたいと考えております。

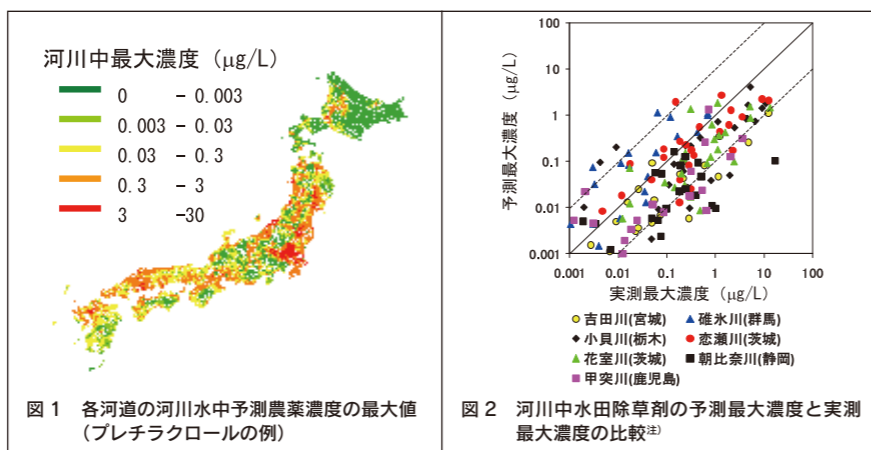


図1 各河道の河川水中予測農薬濃度の最大値(プレチラクロールの例) 図2 河川中水田除草剤の予測最大濃度と実測最大濃度の比較

注) 図中の斜めの実線に近いほど予測精度が高いことを意味します。二つの点線の間の領域は“同じ桁”程度の精度を意味します。複数の除草剤の結果をまとめたため、同じ河川でも複数の点があります。

### 12 廃棄物系バイオマス等の資源化技術を組み合わせる効率的なシステムを作る

No. 発表者 資源循環・廃棄物研究センター 稲葉 陸太・佐野 彰・倉持 秀敏・蛭江 美孝・川本 克也

生物由来の資源であるバイオマスは再生可能な資源であり、石油などの枯渇性資源に置き換わることが期待されています。また、バイオマスを燃焼してCO2が発生しても、元々植物が大気中から吸収・炭素固定したCO2の量と釣り合う限り大気中で増えないので、地球温暖化の抑制も期待できます。日本では、生ごみなどの廃棄物系バイオマスの存在量が大きく、その有効利用が期待されています。私たちは、地域における廃棄物系バイオマスの性質や発生特性に応じた資源化技術システムについて研究を行ってきました。

様々な廃棄物系バイオマスの発生比率は地域によって異なります。そこで、まず、関東圏での事例研究を想定して、各都県における廃棄物系バイオマス等(林地残材等も含む)の発生比率にもとづいて「農村型」「中間型」「都市型」の3つに類型化しました。

つぎに、これまで資源循環・廃棄物研究センターで研究開発してきた3つの資源化技術(熱分解ガス化、水素-メタン二段発酵、BDF製造)を組み合わせる統合システムを提案しました。これは、各技術で発生した副産物や余剰エネルギーを別の技術で有効利用することによって効率向上を目指すものです。

さらに、前述の地域類型を踏まえて、それぞれに対応する統合システムを設計しました。また、プロセスシミュレーターを用いてこのシステムの物質・エネルギー収支や構築・運用コストを推定しました。一例として、「都市型」地域向けの統合システムと個別システム(技術の組み合わせが無い)とのエネルギー収支の比較結果を紹介します。同じ量の原料から燃料の形で産出できるエネルギーは統合システムと個別システムとで同じになりますが、前者は自己消費エネルギーが少なく発電などに利用できるエネルギーがより大きくなることがわかりました。

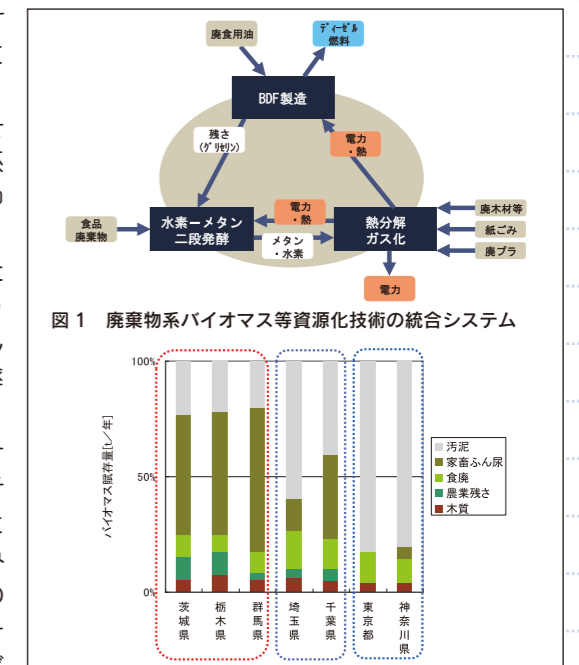


図1 廃棄物系バイオマス等資源化技術の統合システム

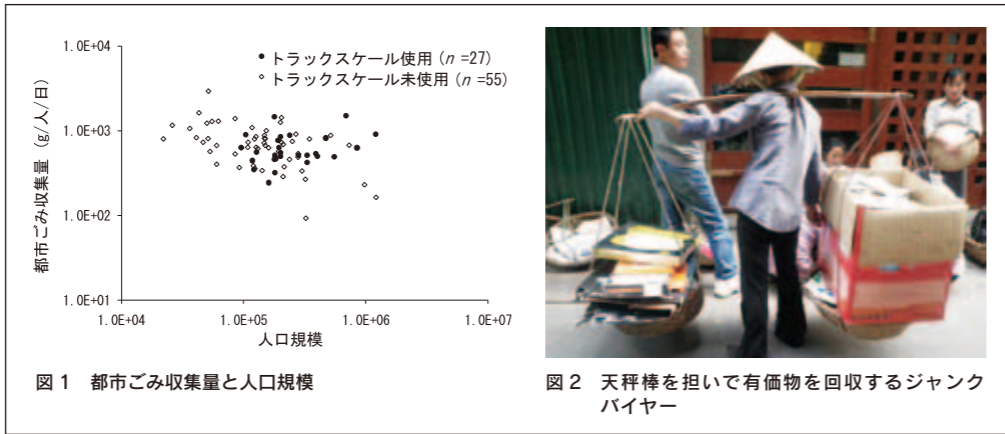
図2 バイオマス発生割合による地域類型(関東地方の場合)

### 13 ベトナムの都市部におけるごみ処理システムの実態

発表者 資源循環・廃棄物研究センター 河井 紘輔

発展途上国では、急激な経済発展や人口の集中により、都市部での経済活動や生活活動に伴って発生するごみの処理が問題になっています。また発展途上国ではごみに関するデータが不足しており、なおかつ信頼性が低いと言われてい

ます。ここでは、ベトナムの行政系機関や現地コンサルタントとともに実施したアンケート調査及びヒアリング調査をもとに、ベトナム都市部における都市ごみ、有価物、事業系厨芥類の処理・回収の実態を明らかにしたいと思います。ベトナムの主要都市で収集された都市ごみの大部分(96%)は直接埋立処分場へ運搬されていました。都市ごみ収集量と人口規模のデータの信頼性が高ければ、1人1日当たりの都市ごみ収集量は一定値に収束すると仮定すると、トラックスケール(トラックの重量を計量するためのはかり)を使用していない施設搬入量のデータにはばらつきがあり、信頼性は劣ると考えられます(図1)。



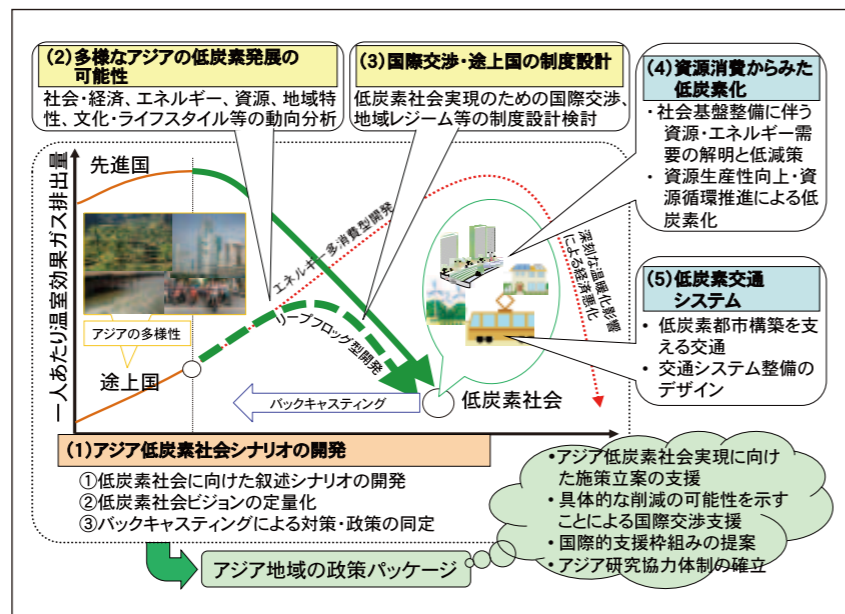
また、ジャンクバイヤーによって回収された有価物の多くは家庭から回収されたことがわかりました。さらに、飲食店や宿泊施設で発生する調理くずや食べ残し(厨芥類)は飼料化を目的として畜産農家によって定期的に回収されていることがわかりました。

### 14 アジア低炭素社会への道筋を考える

発表者 社会環境システム研究センター 芦名 秀一・藤野 純一

地球温暖化による深刻な影響を回避するための目標として、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)などの温室効果ガスの排出量を、2050年までに世界全体で半減させ、一人あたり2t-CO<sub>2</sub>とすることが提案されています。この目標が実現できるかどうかは、2050年に世界人口の半分以上、温室効果ガス排出量の半分以上のシェアを占めると言われているアジア地域で、生活水準やサービス需要は向上させつつも温室効果ガス、特にCO<sub>2</sub>を大幅に削減した社会(低炭素社会)が実現できるかが鍵を握っています。特に、中国やインドなど今後大きな経済発展を遂げる国々においては、先進国が歩んできたエネルギー・資源浪費型の発展を繰り返すのではなく、経済発展により生活レベルを向上させながらも、低炭素社会に移行する道を探し、実現させていく必要があります。

アジア地域において低炭素社会への道筋を考えるためには、エアコンやボイラーなどのエネルギー技術だけでなく、街作りのようなインフラや、制度、政策、ライフスタイルなど多くの要素について、多様性に富む地域固有な特性を適切に考慮した、資源・エネルギー確保、貧困解消、環境改善などのアジア各国の抱える諸問題の解決と両立できる低炭素社会シナリオが求められています。本研究では、あらかじめ望ましい将来を描き、そこから現在までの道筋を考えるバックカスティング手法を用いて将来のアジア低炭素社会実現に向けた道筋を検討しています。



### 15 環境都市に向けた施策・技術システムの設計と評価 -川崎・瀋陽の都市連携研究-

発表者 環境都市研究プログラム 藤田 壮・藤井 実

アジアの諸都市では急速な産業化とともに、産業廃棄物と都市廃棄物が急増し、深刻な環境汚染をもたらしています。環境改善の取り組みへの関心は急速に高まっており、公害対策や資源循環に関する日本の環境技術についての期待は大きなものがあります。しかし循環型の社会制度や基盤の整備を含めた地域システムの設計が存在しない状況では、国内の技術をそのままアジアの都市に適用しようとしても技術導入が円滑に進捗しない例も多くみられます。

たとえば中国では2009年に循環経済促進法が施行され、2011年からの第12次国家5カ年計画が制定、運用されていく中で、低炭素を実現する資源循環システムの形成を志向することが明らかとなってきています。日本で実践されてきた高水準の循環技術と環境社会の知見を活かして中国の実情と将来に応じた統合的なシステムを設計し、日本と中国の産官学のセクターが連携して、その実現を図る大きな機会を迎えています。

国立環境研究所は2009年より神奈川県にある川崎市と包括的な協定を結んで環境都市研究を協働で進めてきました。川崎市ではその公害体験の克服から都市と産業の共生をめざして、様々な技術や事業と社会の仕組みが形成されています。国立環境研究所はこの川崎における技術や政策を解析して、環境まちづくりへの提言を行ってきました。こうした国内での都市研究の蓄積を礎として、中国の拠点的な産業都市である瀋陽市と、その広域都市圏を対象にして研究を始めました。中国科学院応用生態研究所と連携して、循環資源ごとに地区スケールから都市、圏域、国土、国際スケールまで、異なる循環圏を科学的な知見をもとに同定し、その形成支援の技術・政策システムを設計し、評価するシステムを構築しています。また、本システムを用いて、日中環境都市連携を支援する日本発の技術・施策システムの計画評価に役立てています。さらに、持続可能な都市形成にむけて、製造と廃棄物処理の産業システムと都市の循環政策とを連携するガイドラインシステムの提供とともに、中国のほかの都市およびアジアの都市への一般化を進める科学的手法の提供をめざしています。

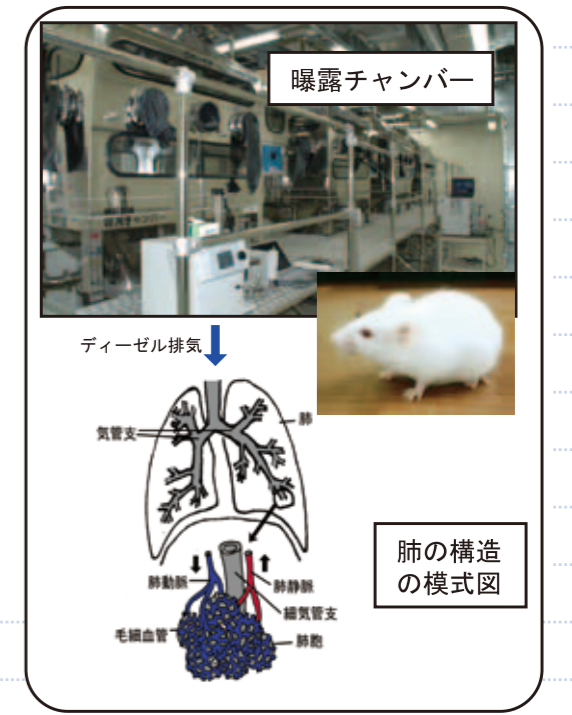


### 16 環境ナノ粒子の慢性吸入毒性試験

発表者 環境リスク研究センター 古山 昭子

大気中には私たちの健康に影響を及ぼす様々な化学物質が存在します。なかでも、ディーゼル排気粒子は、肺ガンを発症させ気道アレルギーを悪化させる可能性が指摘されたことから、ディーゼル車に対する排出ガス規制が強化されました。近年、都市大気中の粒子量は大きく減少しましたが、交通量の多い道路沿道では粒径50nm(ナノは10億分の1の意味です)以下の極めて小さいナノ粒子が個数濃度ではまだ多く観測されます。効率よく呼吸(酸素を吸収して二酸化炭素を排出する)できるように、肺の末端はブドウの房状の肺胞という構造を取ることで広い表面積を持っており、肺胞に接して毛細血管が張りめぐらされています。ナノ粒子は呼吸の時に肺の奥まで入って沈着しやすく、粒子そのものや溶けた成分が毛細血管を介して全身に行き、呼吸器以外にも心臓疾患や動脈硬化などの病気に関係する可能性があると考えられています。そのため、ナノ粒子は大きな粒子より健康への影響が大きいのではないかと危惧されています。

そこで、大気環境中のナノ粒子の曝露が健康に与える影響について明らかにするために、長期規制対応ディーゼルエンジンを用いてナノ粒子が多く排出される運転条件を検討し、実験動物への環境ナノ粒子慢性吸入毒性試験を行いました。現在では、新しいディーゼル車はさらに厳しいポスト新長期排出ガス規制に適合しているため、ナノ粒子の排出量も少なくなっています。私たちは、このような試験を通じて、安全安心な生活環境を確保するために必要な知見を提供しています。





### 17 子どもの健康と環境に関する全国調査（エコチル調査）の概要

発表者 環境健康研究センター 佐藤 ゆき

No.

子どもは成長段階にあり、大人よりも化学物質の影響を防ぐ体の働きも十分でないことから、化学物質をはじめとする環境要因の影響を受けやすいのではと考えられています。子どもたちが健全に発育できる社会をつくるためには、環境要因が子どもたちの健康に与える影響を明らかにし、適切な取り組みを進めることが重要です。

そこで、子どもの健康と環境に関する全国調査（エコチル調査）では、胎児期から小児期にかけての化学物質曝露が子どもの発育や発達にどのような影響を与えるのかを明らかにすることを目的に、環境省が企画し国立環境研究所が中心となって調査地区の拠点となる大学と共同で実施しています。調査は2011年1月からスタートしており、2013年までの約3年間で約10万人のボランティアの妊婦の方を募集し、その子どもが13歳になるまで継続して行われます。

現在、調査拠点は全国15か所、100以上の市区町村が調査協力地区となっています。本調査では、化学物質等の曝露情報は血液や尿などの生体試料の分析結果と質問票から収集します。また生活習慣など化学物質以外の健康に関連しそうな情報も主に質問票で集めます。妊娠中や産まれてからの子どもの健康状態（アウトカム情報）は診療記録や母子健康手帳、質問票をもとに集められ、また、6歳、12歳頃には面接調査が行われる予定です。

調査の最終成果としては、子どもの健康に関連する有害環境へのリスク管理（化学物質の製造・輸入・使用に対する規制的措置・自主的取組の促進や環境基準の改定・設定）の構築につながり、次世代への疾病の予防対策にも貢献できることが期待されています。

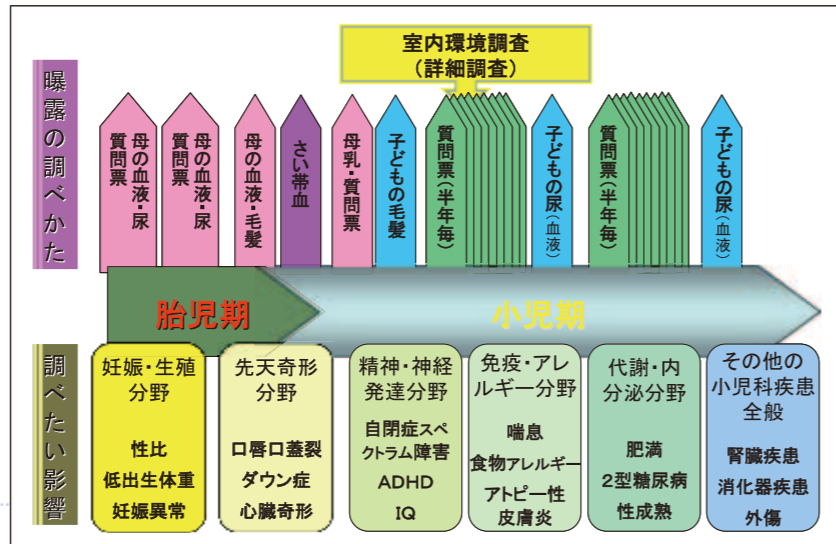


### 18 エコチル調査における環境曝露評価 -化学物質などの曝露をどうやって調べるのか-

発表者 環境健康研究センター 田村 憲治

「子どもの健康と環境に関する全国調査（エコチル調査）」では、子どもの健康に影響する可能性がある生活環境や食事などによる化学物質曝露などについて、胎児期から出生後の成長に応じて調査していきます。参加いただいた母親には、妊娠前期、後期、出産時の3回採血などを行い、血液や尿、毛髪に含まれる化学物質やその代謝物を測定することで、胎児への曝露を評価します。出産時にはさい帯血を採取し、出産後は母乳中の化学物質の測定も行います。子どもからは1ヶ月で毛髪を採取し、6歳と12歳では採尿が予定されています。血液や尿などに、一般の母親より高い濃度の化学物質などが見つかったとき、その物質についてどのように曝露する機会があったのかは、質問票によって調べます。全国で約5,000人を無作為に選んで実施する詳細調査では、子どもが1歳半のときに詳細な発達調査と訪問して行う面接調査を予定していますが、その時期に各家庭の室内環境測定も予定しています。室内環境の測定項目としては、血液や尿などの生体試料からでは曝露を評価できない揮発性有機化合物（VOC）やアルデヒド類の測定、生活環境とアレルギーの関係性を調べるためのハウスダストの捕集などを予定しています。

室内の生活環境を正確に調査するためには、実際に訪問して測定する必要があります。現在、エコチル調査に先行して実施している予備的調査において、米国などの調査手法も参考にしながら、その方法を検討しています。また、訪問による調査ができない場合に備えて、掃除機や測定器材を郵送して参加者に捕集してもらうための方法についても検討の結果を紹介いたします。



MEMO

No.

Date

## MEMO

No. \_\_\_\_\_

Date . . . . .

No. \_\_\_\_\_

Date . . . . .



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23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：2011年度セミナー委員会

青野 光子	吾妻 洋	安西 正浩	一ノ瀬俊明
伊藤 昭彦	川嶋 貴治	(木村京子)	久保 恒男
斉藤 拓也	肴倉 宏史	佐藤 ゆき	杉田 考史
永島 達也	成島 克子	原澤 英夫*	牧 秀明
横溝 裕行	(注)あいうえお順、*印は委員長、かつこ書きは、途中交代した委員		

## 国立環境研究所研究報告 第206号 R-206-2011

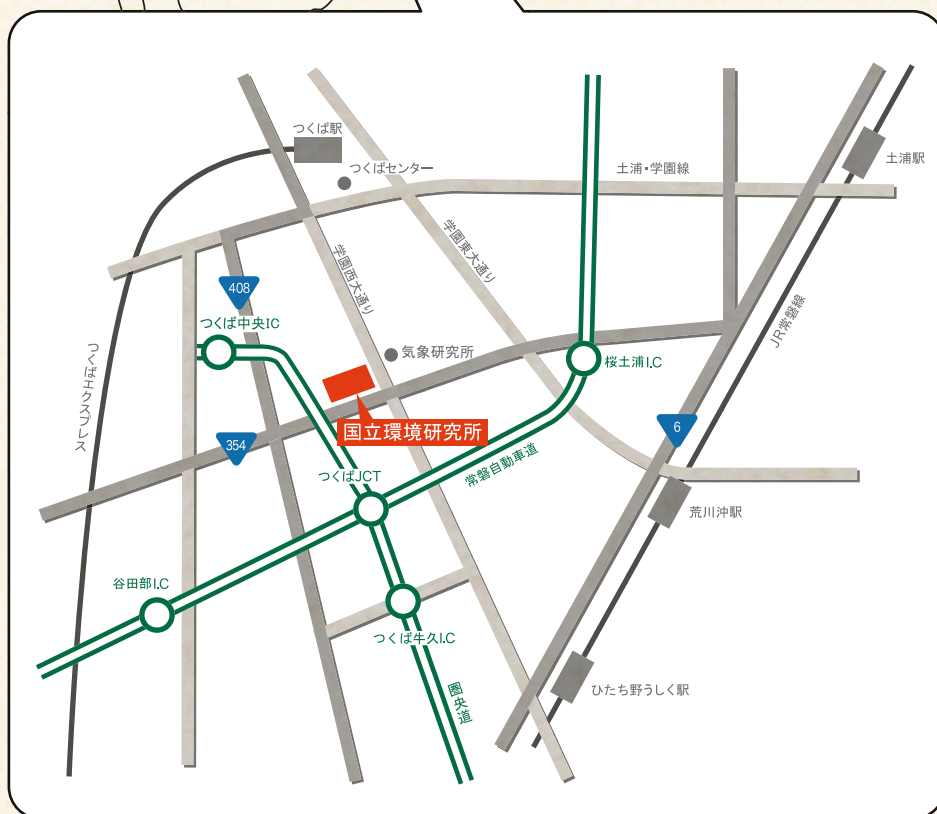
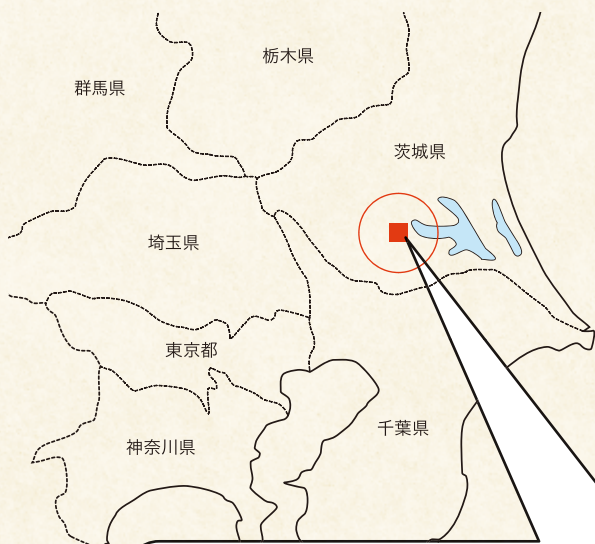
RESEARCH REPORT FROM THE NATIONAL INSTITUTE  
 FOR ENVIRONMENTAL STUDIES, JAPAN, No.206, 2011

2011年5月20日編集委員会受理

2011年6月18日発行

発行：独立行政法人国立環境研究所

印刷：株式会社アンカー



## 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13分

：つくばエクスプレス「つくば駅」よりバス10分

：または、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

公式ホームページ：<http://www.nies.go.jp/>

E-mail：[kouhou@nies.go.jp](mailto:kouhou@nies.go.jp)

お問い合わせ：企画部広報室 TEL.029-850-2309

東日本大震災の復旧・復興に向けた国立環境研究所の取組 ～災害廃棄物処理を中心にして～

資源循環・廃棄物研究センター 大迫政浩

「3.11」、未曾有の大震災は多くの犠牲者を出し、また、青森県から千葉県にかけての広大な地域の社会インフラに、甚大な被害をもたらしました。加えて、様々な環境問題も同時にもたらしています。津波をもたらした膨大な災害廃棄物の処理、福島県原発事故による放射能の問題、化学物質などの流出による環境汚染への懸念など、実態を把握して早急に対応していかなければなりません。

国立環境研究所では、震災後の3/29に「東日本大震災復旧・復興貢献本部」を設置し、①災害廃棄物対策、②地元の環境研究所等との協働、③適時適切な情報提供、を三本柱とした貢献活動を展開しています。これまでの主な具体的活動ですが、

- (1) 災害廃棄物に関する知のネットワークづくりと調査研究による知見の提供
- (2) 被災地における大気粉塵等の緊急的な環境調査
- (3) つくば市環境大気中の放射性物質の測定
- (4) 環境情報メディア「環境展望台」における環境関連の震災情報の検索サービス

さて、震災によってもたらされた災害廃棄物(瓦礫)を片付けることは、早期の復旧に向けて最初の大きな仕事になります。しかし、今回の大震災は過去の経験や教訓を踏まえた対策がほとんど通用しない未曾有の災害であり、災害廃棄物問題においても、経験したことがないような次のような特徴があります。

まず、膨大かつ広域であるということです。津波による災害廃棄物は約2500万トンに上り、津波によって陸上に上がってきた海底のヘドロや土砂の量も数千万トンに達すると推測されています。

災害廃棄物自体の性状も特徴的です。津波の威力により建物が破壊され生じた瓦礫は、その場で混合状態(ミンチ状態)になっており、また撤去された瓦礫も仮置き場に混合状態のまま山となっています。このような混合状態が、適切な処理・リサイクルに向けた分別処理を困難にしています。

瓦礫は海水を被っており、その塩分の含有によって、焼却処理時にダイオキシン類棟の有害物質が生成しないか注意が必要です。また、海底から津波とともに上がったヘドロや土砂による悪臭や飛散粉塵などが問題になっており、有害物質の混入も懸念されま





す。広域的な火災地域では、ダイオキシン類などを含む焼却灰が残置されており、土壌汚染なども心配されています。

さらに、仮置き場を設置するスペースが確保できない、地域内に処理の受け皿が十分でない、処理に関わる人材やノウハウがない、重機・ダンプなどの機材が十分でないというように、適切な処理を進めていく上で多くの制約がある点も対応を難しくしています。

以上のような過去に経験したことのない災害廃棄物問題に直面しているのですが、私たち資源循環・廃棄物研究センターでは、これまで以下のような活動を行ってきました。①.震災対応ネットワーク(廃棄物・し尿等分野)等による知の結集と環境省・自治体への技術情報提供、②.現地調査隊の継続的派遣による実態把握と課題発掘、③.課題解決に向けた緊急的調査研究と成果発信、④.産学連携によるモデル地域での緊急的な実証プロジェクト

特に、震災対応ネットワークについては、環境省や自治体からの問い合わせに対して、全国の100名を超える専門家から知見を集め、国環研の責任の元に情報を集約し、これまで多くのレポートをまとめて環境省や被災した自治体等に提供しています。技術的課題に対する対策方法をわかりやすく解説しており、現場で活用されています。

表：今回の震災における災害廃棄物の特徴。処理・リサイクルを行う上で、環境保全に配慮した対応が必要である。

災害廃棄物の特徴	環境保全上の課題	状況
混合(ミンチ)状態	分別困難	
海水被り木屑	焼却時の有害物質発生	
津波堆積物(土砂・ヘドロ)	悪臭や飛散粉塵	
広域火災地域	有害物質を含む灰の残置・土壌汚染	

## 災害廃棄物の処理と今後

東日本大震災で生じた廃棄物(がれき)の推計量は、岩手、宮城、福島で約2,500万トンになると推計されています。これは、わが国の一般廃棄物年間発生量の半分以上に達し、また、阪神大震災で生じた廃棄物推計量の約1.7倍に相当します。津波をかぶった種々のものが混在する状態が今回の災害廃棄物の特徴です。あわせて、津波とともに海から持ち込まれた数百万から数千万トンといわれる堆積物(ヘドロ、汚泥、土砂とも呼ばれます)の存在も問題となっています。また、放射性物質の付着した廃棄物についてはそのレベルを確認しつつ、拡散のないように適正な処理方法を慎重に検討しなければなりません。

災害廃棄物の処理は、まず被災場所からの廃棄物の撤去、排出に始まり、仮置き場(被災地域において仮に集積する場所)での保管を行い、続いて廃棄物の分別を進めるためのスペース(集積所と呼びます)を確保しながら、その間にリユース、リサイクルするもの、適正に処理するものを仕分ける流れが基本となります。家電、自動車といった資源有価性の高いものについてはリユースやリサイクルに回ります。コンクリートがらについても再利用可能です。廃木材もその品質に応じて多くの利用用途があります。一方で、分別や処理を急ぐ必要のある有害廃棄物、例えば可燃性の高い廃棄物(廃油、ガスボンベ等)や有害廃棄物(医療廃棄物、アスベスト、PCB等)については留意が必要です。種々の廃棄物が混在した中身の不明な状態は、資源回収と環境汚染・事故防止の双方の観点から最も望ましくない状態と言えます。廃棄物の性状や量的な情報をにらみながら、廃棄物の撤去、運搬、処理、リサイクルに携わる自治体や事業者が協調し見通しを持って、この途方もない量の災害廃棄物の処理を進めてゆく必要があります。迅速な処理が望まれますが、被災地における生活環境の保全と両立させながら、要所要所を丁寧に行うべきと思います。

現在、災害廃棄物への対応として研究所が取り組んでいる課題のうち、2つ具体例を挙げます。

今回の災害廃棄物についても焼却処理は、廃棄物の減容化や熱回収の点で、また、無臭化、無害化等の衛生面で重要な役割を担います。津波をかぶった、また、海に沈んでいた塩分の高い(塩素を多く含む)

資源循環・廃棄物研究センター 滝上英孝

木材等の廃棄物を焼却する場合に、塩素に由来する有害物質である塩化水素やダイオキシン類の発生はどのようであるか、また、排ガスの処理工程において、それらはきちんと処理できるかという検証が重要であり、そのための基礎的な試験を所内の燃焼プラントを活用して実施しています。

また、津波の浸水被災地域に広範囲にわたって堆積し、撤去が進められている堆積物を広く採取し、その化学的な性状を分析により把握しています。化学分析の結果は、津波被災地域の土地利用、立地している産業施設等の位置や業種、取り扱っている化学物質の情報と組み合わせながら、相互の関連性について考察しています。これは、広範囲、被災地の堆積物の性状(面的な広がりの中での性状の分布)について合理的に判断し、今後の堆積物の処理対策や利用を進める上での基礎資料とするものです。

このように、国立環境研究所では、災害廃棄物処理を進めるための支援調査、研究を引き続き進めてまいりますのでご理解とご支援を宜しく願います。



写真：津波を受けた廃木材(上)と燃焼プラントを用いた廃木材燃焼試験のようす(中)、仙台市における津波堆積物の採取のようす(下)

## 被災時の生活排水処理と今後の課題

資源循環・廃棄物研究センター 蛭江美孝

### 生活排水処理施設の被災時における問題

私たちの生活から排出される汚水(生活排水)は、下水道、浄化槽などの生活排水処理施設によって適切に処理されることによって、生活環境の保全、公衆衛生の向上、公共用水域の水質の保全が確保されています。

生活排水処理施設が被災した場合、どのような問題が起ころうでしょうか。第一に避けなければならない問題は、未処理の生活排水が溢れてしまうことです。特にし尿を含むトイレ排水は病気の原因となる微生物等が存在するため、人との接触による水系感染症のリスクや井戸水の汚染等、人の健康への影響が懸念されます。また、生活排水は栄養塩類を多く含むため、未処理で河川、湖沼、海域等に放流されると、公共用水域の富栄養化を引き起こし、地下水や飲用水源の汚染の他、漁業や観光業等への影響も懸念されます。

### 生活排水処理施設の被災状況と対応

今回の震災では、大きく分けて3つの影響が見られました。一つ目は、地震自体によるもので、建築物の倒壊や配管の破損、地盤沈下による配管勾配の変化等が挙げられます。二つ目は、津波による機器類の故障・遺失で、建築物自体が冠水、破壊されてしまうという状況もありました。三つ目は、液状化による構造物の浮上で、これは東北3県に限らず、千葉県や東京都などでも見られた現象です。

国土交通省の報告によると、被災当初、沿岸部を中心に46の下水処理施設が稼働停止を余儀なくされ、63の施設で損傷が見られています。また、汚水を下水処理施設に導くポンプ場についても多くの場所で損傷を受けています。下水道は非常に広大な地域から下水管で汚水を集めているため、施設の稼働停止や処理量低下により、市内で未処理の汚水が溢れるという問題がありました。これについては、仮設ポンプ等を用いて下水管から直接揚水し、消毒・放流が

なされた他、下水道地域の住民に対して節水を呼びかける等、迅速な緊急措置がとられました。その後、国土交通省より、公衆衛生の確保を最優先として、緊急措置、応急復旧、本復旧と段階的な移行を行うとする技術的緊急提言が発出され、関係機関による復旧が進められています。

浄化槽については、災害時の浄化槽被害等対策マニュアル(H22年3月、環境省)を基に状況把握、確認が進められています。また、宮城県の指定検査機関では、国土地理院の津波範囲概況図と浄化槽設置場所の地理情報から、約22%の浄化槽が浸水したと推定されています。これにより、津波被災地域の浄化槽汚泥をどのように処理すべきかといった課題が抽出され、関係機関や研究者ネットワーク等により、知見を提供する等の対応が進められています。汲み取り便槽のし尿や浄化槽汚泥を処理するし尿処理施設も一部被害を受けており、中継基地を介し、県境を越えた広域での支援もなされています。

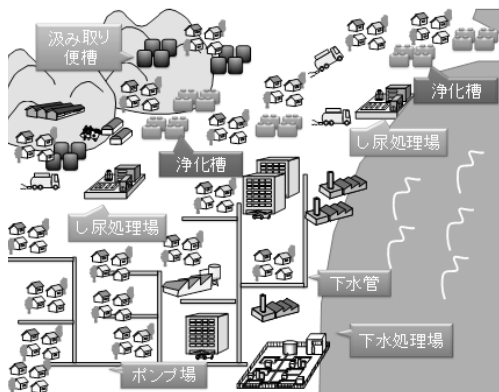
### 今後の生活排水処理施設の復旧・復興に向けて

震災後の復旧において、電気、ガス、水道のライフラインと生活排水処理施設とで復旧のタイミングがずれる場合は、仮設トイレの整備や節水機器の導入等の対応を連携して検討していくことが効果的です。また、中長期的には、施設を元通りにすることを目指すのではなく、大規模施設の復旧状況や人口の変化等、中長期的な地域社会の復興計画と連動し、地域の状況に応じて機能を復旧していくことが重要であると思います。

また今後、被災地はもとより、全国的に耐震化や津波対策が急速に進められることと思われませんが、今回の被災状況やその対応を十分に解析し、堅牢な施設建設に注力するばかりでなく、緊急対応の仕組みやその際の注意事項を整理し、活かしていくことが重要であると考えています。



写真：浄化槽の被災状況。左上から時計回りに、スラブの破損、浄化槽の浮上、土砂・がれきの流入、配管のズレ。



図：下水処理場は主に沿岸部にあり、広い地域から汚水を収集・処理する。浄化槽は主に5～10人用の小さな処理施設で、1家庭に1施設が設置される。

地域の環境力を活かす復興まちづくりにむけて —環境復興計画・評価の支援ツールの提案—

社会環境システム研究センター 藤田 壮

緊急の復旧から持続的な復興へ

東日本大震災では迅速なライフラインや住宅の復旧とともに、地域の雇用や経済の再生が重要な課題として浮かびあがっています。今回の大震災はその規模が過去の災害をはるかに上回る深刻さと影響の広さをもたらします。これは、個別の復旧だけではなく地域の面的な復興が必要となると同時に、日本全体がすでに直面している超高齢化や地域産業の転換等の課題を、復興を通じて解決する方策を計画することが求められます。都市や地域の緊急の復旧活動と連動しつつ、中長期的な地域の活性化につなげるという、「地域の復興力」を上乗せする復興のシナリオづくりが、重要な課題となっています(図1)。

地域の震災被害と環境資源の空間分析システム

地域の研究機関や自治体、企業と連携して環境資源分布や地域特性の空間情報データベースを構築して、被災した地域や都市の復興の課題を浮き彫りにすることに加えて、低炭素と資源循環を活力として還元する地域再生メカニズムを研究します。そのなかで東北地方の被災前の人口、土地利用やインフラ施設、環境施設の立地分布とともに、津波などの被災状況のシミュレーションデータを重ねる空間解析を進めることで、復興に向けての地域拠点の形成には、それぞれの空間特性を生かした将来ビジョン作りが有効であると考えています。たとえば、自然エネルギー賦存の空間分布やバイオマス資源の分布、およびガレキ分別による再生利用可能資源のストックの空間分布を重ね合わせて解析することにより、自然エネルギーによる地域再生や、循環型産業の拠点再生などの「環境地域型」の復興モデル地区事業を地域の特性に応じて設計することができます。

具体的には、すでに形成されつつある震災廃棄物ストックヤードについて、廃プラや金属、廃木材を効率的に分別、ストックする拠点としての「地域資源循環センター」を整備することで、復旧拠点を復興、発展の循環型産業の拠点として活用することができます。これらの拠点が鉄鋼や製紙、セメントなどの素材型と連携することで、低炭素型の「産業共生」拠点を形成することができます。また、津波被害地などの暫定利用としての風力、太陽光の拠点を形成して「地域自然エネルギー拠点」を形成することによって、復旧時のエネルギー供給を補完するとともに将来的に自立分散型エネルギーシステムを備える低炭素型の地区としての活用が可能になります。こうした復興モデル事業について、その立地ポテンシャルの分析、適地選定から、事業の環境効果、社会経済効果を算定するプロセスを構築しています。これらの復興モデル地区事業について、地域の環境資源の分布をもとに広域、都市スケールの空間分析を行い、地域の特性に応じた復興モデル事業を設計して、地域の環境資源を活用する復興効果を算定するシステムを提供する研究を進めます(図2)。

持続可能な復旧・復興への「環境地域」の形成に

国立環境研究所ではこれまでも地域の人口や産業の空間分布をもとに低炭素、資源循環の空間構造を描き、そこへ到達する都市と地域のロードマップ設計の研究を進めてきました。震災後に環境省や研究機関、企業等と進めている研究会を発展して、地域連携を通じて復興計画支援の理論と方法論を提供して、地域の方々とともに将来の復興シナリオづくりをお手伝いすることができればと願っています。

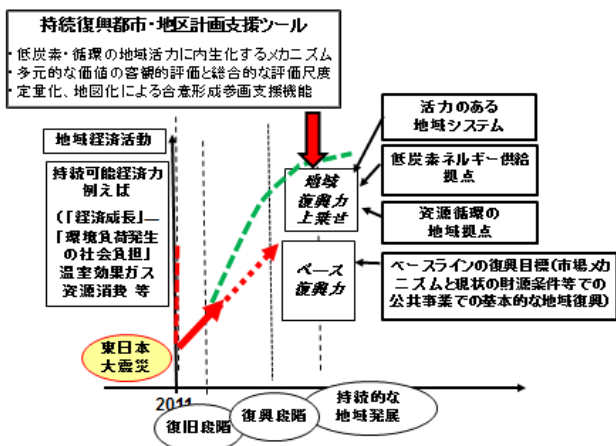


図1：地域の環境力を活かす復興のターゲット

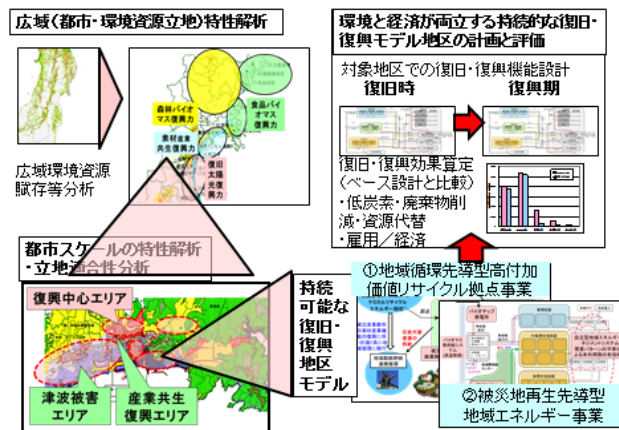


図2：復興に向けた環境地域・都市の計画・評価支援システムの構成