



国立環境研究所

二一入

Vol. 28 No. 4

平成 21 年 (2009) 10 月



石垣島のサンゴ礁。島に隣接したサンゴ礁は、島での人間活動と密接につながっている。
(詳しくは10ページからの記事参照)

【目次】

地球が有限であることを実感する時代	2
越境大気汚染の実態を探る	3
熱帯林から大気へ放出される塩化メチル	5
微粒子に付着した多環芳香族炭化水素と越境大気汚染	8
海・陸・空・人～サンゴ礁研究の広がり	10
「サマー・サイエンスキャンプ」開催報告	12
「理数博士教室」開催報告	13

【巻頭言】

地球が有限であることを実感する時代

中 根 英 昭

およそ46億年前に地球が誕生し、酸素分子とオゾン層が作られて有害紫外線が遮蔽され、森や草原が広がって、動物が棲めるようになり、約500万年という時間を経て人類が生存するようになりました。そして、人類は何度も自らの生活範囲が有限であることを経験し、有限の世界の中で生きる知恵を発達させてきました。その有限性は、海、山、河など自然の境界によるものでした。人類が地球そのものの有限性を実感し始めたのは、つい最近のことです。

自然と人間の関係について言えば、人間と無関係に自然が存在した時間が圧倒的に長いことは厳然たる事実です。従って、「自然共生」という言葉を使う時も、実際には、人間が自然と共に生きさせていただけだということだと思います。さすがに「自然を征服・支配してコントロールすべきだ」と声高に主張されることは少なくなってきましたが、人工環境を創造しそれに守られながらここまで繁栄してきた人間は、自然を忘れ、あるいは自然の機能のみに注目しがちです。しかし、私達は自然を知り尽くしてはいません。今、私達が知っている限られた自然の機能のみを前提として自然改変に突き進むのではなく、人間が自然を破壊あるいは改変する前の自然を地球上で保全することの大切さを強調したいと思います。同時に、人工環境が人間の生存に不可欠であることは事実であり、既に改変された自然がたくさんある現状から再出発するしかありません。十分に狭くなった地球の上で、これらの共存を実現することが「自然共生」の基盤になる、そして持続可能な社会の基盤になると思います。

地球が有限であることの社会的な側面について考えて見たいと思います。私達が社会生活を営む上で大切にしてきた伝統や知恵、規範、社会制度などは有限な世界の中のもので、今後も大切です。と同時に、これらは、その社会の外部が無限の世界であるという暗黙の仮定を伴ったものでした。このような狭い社会で作られた、地球の有限性を知らない考え方や社会制度が、人間の実感できる範囲を越えて拡張しました。地球が有限な大きさの球体であることを人間が頭で理解するようになった後も、それを知

らないかのように拡張していきました。無限の自然、無限の「自然の恵み」、尽きないフロンティアを持った地球を前提とした考え方や社会制度が広がったのです。今、私達は、資源、食料や経済を通して地球の有限性を否応なく感じさせられています。昨年の夏、原油価格は1年前の2倍近くにまで急騰し、農産物価格も急騰しました。投資すべき新たなフロンティアを見失った「マネー」は意図的に作った投資先になだれ込んでいきました。そして、然るべくして経済危機が現実のものとなりました。私達は、社会・経済的な意味での地球の有限性に伴う病理を実感したと言えます。

最近、科学技術の力で地球の有限性を感じることができるようになりました。数値シミュレーションです。気候変動については、私達がCO₂の排出を減らさなければ気温がどの地域でどれだけ上がりどこで雨が多くなるかなどを、地球シミュレータを使った計算結果が実感させてくれています。アジア自然共生研究プログラムでも、東アジアスケールや北半球スケールの大気汚染物質や黄砂の流れなど、より詳しいシミュレーションを精力的に行ってきました。シミュレーションは様々な環境問題の全体像や将来の姿を実感させてくれます。シミュレーションを通して地球が有限であることを実感しながら、持続可能な社会の建設を目指して私達は決断しつつ前に進む時代になってきています。それだけに、モデルの妥当性の検証、シミュレーションモデルの適用範囲や結果の不確実性について明らかにすることが必要です。それを担う研究者の役割がますます重要になってきていること、このことも実感させられます。(なかね ひであき、アジア自然共生研究グループ長)

執筆者プロフィール：

昨年4月より、武蔵野市から研究所まで電車とバスで通勤しています。あと1年半の中期計画、2年半の研究所での勤務という限られた時間内に何が出来るか、砂時計を横目で見ながら仕事をしています。趣味は卓球。



【シリーズ重点研究プログラム：「アジア自然共生研究プログラム」から】

越境大気汚染の実態を探る

高見 昭 憲

はじめに

近年、アジア地域では経済的な発展がすすみ、エネルギー消費が増え、大気中への物質の排出が増加しています。「アジア自然共生研究プログラム」における「アジアの大気環境評価手法の開発」プロジェクト（国環研ニュース25巻6号参照）では、サブテーマとして「アジアの広域越境大気汚染の実態解明（観測研究）」という課題をもうけ、地上観測や航空機観測などを行い大気汚染物質の濃度変動、輸送される物質の化学変化、空間的分布や立体的構造の解明を行っています。これまでの観測的研究でわかってきたことを紹介します。

越境輸送のパターン

沖縄県にある国立環境研究所辺戸岬大気・エアロゾル観測ステーション（以下辺戸ステーション）での観測をもとに春季の越境輸送のパターンについてわかったことを紹介します。なお、地上観測の拠点である辺戸ステーションや、以下の文章で出てくる

エアロゾル（微粒子）の測定法については国環研ニュース24巻4号と6号を参照してください。

越境大気汚染を考える上で、その輸送過程を基本的に支配しているのはアジア地域に典型的な気圧配置です。日本は、夏は太平洋高気圧に覆われ、冬は大陸性の高気圧に支配されます。春は移動性の高気圧が中国大陸から日本へ移動し、前線を伴う低気圧と高気圧が交互に日本を通過します。春季、前線通過後に二酸化硫黄（SO₂）や一酸化炭素（CO）などのガス状大気汚染物質や粒子状物質濃度が上昇するケースが見られます。多くの場合、前線が東シナ海を通過した後、中国大陸沿岸部に高気圧が進入し、山東半島から九州沖縄地区にかけて、すなわち、東シナ海を北西から南東方向にむけて風の間が形成されます。この風の間によって物質が輸送されると考えられます。

越境大気汚染の典型的な例を以下に示します。図1は2005年辺戸ステーションで観測した、SO₂、オゾン、粒子に含まれるサルフェート（SO₄²⁻）の濃

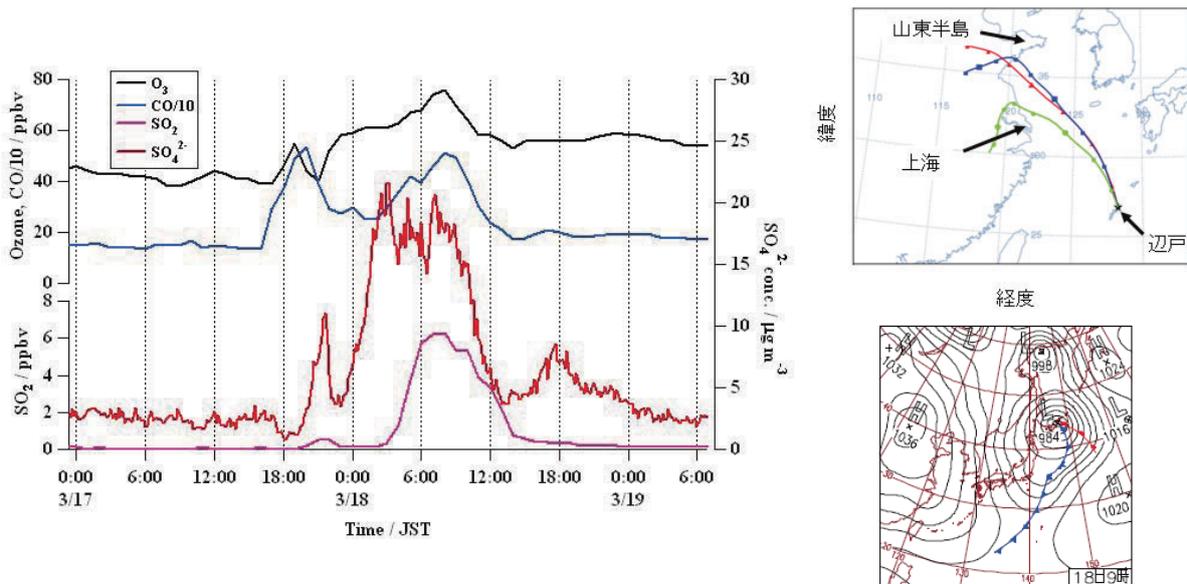


図1 2005年辺戸ステーションで観測した物質の濃度変動（左）と3月18日の後方流跡線図（右上）および天気図（右下）
 左図の横軸のTime/JSTとは日本時間であらわした時刻を表す。縦軸の各物質はO₃：オゾン，CO：一酸化炭素，SO₂：二酸化硫黄，SO₄²⁻：サルフェートをあらわす。なおCOは10分の1にしている。縦軸のppbvとは体積基準での大気中の各成分の割合を表し，ppbとはparts per billion すなわち10億分の1（1×10⁹）のことである。重量濃度のμgm³は1立方メートルあたりの重量をグラム単位で表したもので，μ（マイクロ）は100万分の1（1×10⁶）のことである。右上の後方流跡線解析図は、日本時間の2005年3月18日午前0時（緑）、3時（青）、6時（赤）に辺戸ステーションに到達した空気の塊がそれ以前にどこを経由して来たのかを計算で求め、結果を表した図である。

度変動を示したものです。2005年3月18日の深夜から朝方にかけてSO₂、SO₄²⁻とも急激に濃度が上昇しました。天気図では、3月18日午前中に前線が沖縄付近を通過して太平洋に移動し、高気圧が北京の南方に移動してきました。流跡線解析によると上海から山東半島にかけての中国の沿岸地域から空気塊が輸送されてきていました。空気塊が大陸方面から移流しやすい状況になっており、辺戸ステーションで観測された濃度上昇は中国起源の空気塊の輸送によってもたらされたと推測できました。

輸送中の物質の変化の解明

排出源近くではSO₂、一酸化窒素（NO）、揮発性有機化合物などとして放出される物質も、大気中では光化学反応などを経てさまざまな物質に変化します。SO₂は大気中や雲粒などの液滴中で酸化されSO₄²⁻に変換されます。SO₂は輸送中の天候により物質の反応速度が変わり、輸送後の物質の組成が変化します。窒素化合物はもう少し複雑であり、発生源ではNO、二酸化窒素（NO₂）としてオゾンの反応サイクルに寄与します。一方で、NO₂は反応によりガス状硝酸（HNO₃）となり、乾性あるいは湿性沈着で消失します。ただし、アンモニア（NH₃）があると硝酸アンモニウム（NH₄NO₃）となり微粒子を生成します。さらに粒子状のNH₄NO₃は輸送中に黄砂など粗大粒子に取り込まれ輸送されることもあります。このように窒素酸化物は化学反応を起こすと共にガス、粒子とその形態（相）変化を起こしつつ輸送されるため、気相と凝縮相（粒子）の両方に含まれる窒素酸化物を測定する必要があります。

2006年から2007年にかけて辺戸ステーションにおいて窒素化合物の長期観測を行いました。中国での観測は中国環境科学研究院の王博士のグループと、また反応性窒素化合物（NO_y）やHNO₃の観測は大阪府立大の坂東教授のグループと共同で観測しました。図2に粒子とガスに含まれる窒素酸化物の割合、および、微小粒子と粗大粒子に含まれる窒素酸化物の割合を時間に対して示します。時間ゼロの点は中国での観測結果を用いたものです。この結果から、輸送される間に粒子中の窒素酸化物が増加し、粒子の中では粗大粒子に含まれる窒素酸化物の割合が増加していることがわかります。中国でNOとして放出された窒素酸化物も輸送される間に、HNO₃や微小粒子のNH₄NO₃を経て、辺戸ステーションに到達する時には粗大粒子に多く含まれていることを観測から明らかにしました。

モデルでは取り扱いの難しい粒子中の窒素化合物や有機化合物については、地道で丁寧な観測を行うことによって輸送中の物質の変化を明らかにすることができます。有機物の変化についても検討しており、その例として、健康影響が指摘されている多環芳香族炭化水素（Polycyclic Aromatic Hydrocarbon：PAH）の輸送と変質について本号の「環境問題基礎知識」で取り上げていますので参照してください。

長期観測からわかること

1992年から国環研の村野らにより沖縄辺戸岬でフィルターサンプリングによる粒子状成分の組成が観測されています。当時、粒子中に含まれるSO₄²⁻濃度は大体3 μg/m³でした。我々は2003年10月から連続

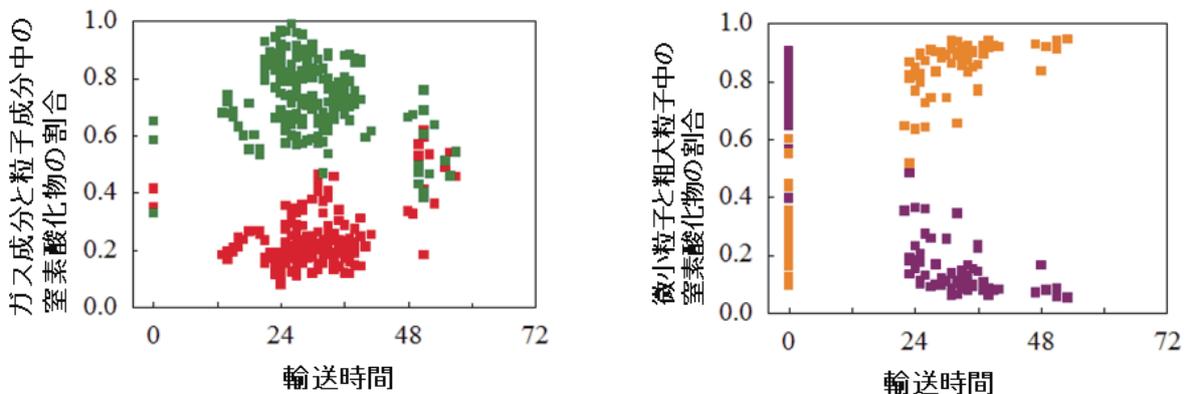


図2 2006年4月5日から4月24日の観測データを解析して得られた、輸送中の窒素酸化物の動態
 左) ガス成分(緑)と粒子成分中(赤)の窒素酸化物の割合。赤い点で示した粒子成分中の窒素酸化物が輸送時間とともに増加した。右) 微小粒子中(紫)と粗大粒子中(橙)に含まれる窒素酸化物の割合。橙色の点で示した粗大粒子中の窒素酸化物が輸送時間とともに増加した。両図とも輸送時間ゼロの点は中国での観測結果である。また輸送時間は辺戸ステーションを基点とした後方流跡線解析から求めた。

してエアロゾル質量分析計(Q-AMS)を用いて微粒子中の組成分析を行っています。ここ数年のSO₄²⁻の値は5~6 μg/m³程度で推移しており、当時と比較すると濃度が増加している傾向にあります。このように長期観測をすることによって、硫黄酸化物だけでなく、窒素酸化物や有機物についても大気中の濃度が増加傾向にあるかがわかってきます。その結果を考慮してモデル計算を行うことにより、排出量推計の精度向上につながります。

汚染物質の空間分布や立体構造の解明

辺戸ステーションでの地上観測だけでは大気汚染物質の空間分布はわかりません。空間分布については、長崎県福江島や中国国内で集中観測を行い、観測地点や観測データを増やすようにしています。また、鉛直分布についてはライダーを用いて微粒子の鉛直分布観測を行っています(ライダーについては国環研ニュース25巻6号参照)。さらに、越境大気汚染の典型的なパターンを示す時期を狙って航空機

観測を行うことにより、大気汚染の立体的な構造を理解することができます。

2008年春には国環研主導のもと、東シナ海域で航空機観測を行いました。春季の越境大気汚染が観測される気象パターンの時期を予測し観測を行った結果、上空では大気汚染物質の分布は一様ではなく、福江島と辺戸岬の中間点付近で高濃度のオゾンやSO₂が観測され、また、辺戸ステーション上空2000m付近には地上より高濃度のオゾンが観測されるなど新たな知見が獲得されました。

このようにいろいろな手法を用いた観測を通して、今後も広域大気汚染の実態解明を進めていきます。

(たかみ あきのり、アジア自然共生研究グループ
アジア広域大気研究室長)

執筆者プロフィール:

沖縄で観測を開始して約6年です。ポストクの研究者や学生さんが就職や卒業のため交代していく中で、装置の維持管理とともに、データの質を維持することが大変だと感じています。

【研究ノート】

熱帯林から大気へ放出される塩化メチル

齊藤 拓也

「ハロカーボン」という化合物群をご存知でしょうか？ 大気中には様々な有機ガス成分が極わずかに存在していますが、ハロカーボンはその中でも分子内に塩素や臭素などのハロゲン元素を持つグループです。よく知られているハロカーボンにフロン類があります。ジクロロフルオロカーボン(CFC-12)などの特定フロン類は、熱的・化学的に安定で工業的に扱いやすい性質のため、エアコンや冷蔵庫の冷媒や溶剤などとして広く使用されてきました。しかし、これらが成層圏オゾンの破壊を引き起こす原因物質であることが判明すると、代わって成層圏オゾンを破壊しにくい代替フロン類が利用され始めました。しかし今度はこれらが地球温暖化の原因物質となるということで規制対象となっています。

このように様々なハロカーボンが人間によって作り出されてきましたが、ハロカーボンの中には自然に発生するものも多く存在します。塩化メチルはそ

うした自然起源のハロカーボンで、特に主要な成分です。塩化メチルが地表の発生源から大気へ放出されると、地表から高度約11kmまでの対流圏では比較的安定に存在できるため、その大部分は成層圏まで輸送され、そこで紫外線によって分解されます。この分解過程で生成した活性な塩素原子が、触媒的なオゾンの破壊を引き起こしているのです。成層圏オゾン破壊物質のほとんどはフロン類のように人為的に生成されたハロカーボンですが、それに対し、塩化メチルはほとんど唯一の自然起源の塩素系オゾン破壊物質として塩素によるオゾン破壊全体の約15%に寄与しています。この塩化メチルの寄与率は、前述のように人為起源のオゾン破壊物質の製造が禁止されたことで、今後より高くなると予想されています。

大気へ塩化メチルを供給する自然発生源については、長い間、海洋によるものが主だと考えられてき

ました。しかしその後、海洋からの塩化メチル放出量が過大に見積もられていることがわかり、現在は熱帯林が最大の発生源だろうと考えられています。私たちは、これまでに多くの熱帯植物や亜熱帯植物が大量に塩化メチルを放出することを明らかにしてきました。この熱帯植物による塩化メチルの生成は、S-アデノシルメチオニンをメチル基供与体とする塩化物イオンとの酵素反応によると考えられています。一方、近年になって、このメカニズムと異なる非酵素反応（植物の細胞壁を構成するペクチンのメトキシ基と塩化物イオンとの化学反応）により、熱帯林の枯葉や落ち葉から大量に塩化メチルが生成・放出されていることが新たに提起されました。更に、この非酵素反応による枯葉・落ち葉からの塩化メチルの放出は、安定同位体比を指標として用いた解析により、熱帯植物を凌ぐ最大の発生源であると報告されました。ここで用いられた安定同位体比解析法は、塩化メチルを構成する炭素が質量数12と13の異なる安定同位体からなり、その比（炭素安定同位体比； $\delta^{13}\text{C}$ ）が塩化メチルの発生源ごとにわずかに異なることを利用した解析法です。大気中の塩化メチルの平均的な $\delta^{13}\text{C}$ は、各発生源から放出された塩化メチルの平均的な $\delta^{13}\text{C}$ と、大気から塩化メチルが除去される際の平均的な同位体分別効果のバランスによって成り立っていますので、各発生源および消失源のフラックス（放出量あるいは消失量）と同位体比を加味した同位体収支バランス式を解くことで、収支がバランスするために必要な発生源あるいは消失源のフラックスを推定することができます。この報告では、塩化メチルの主要な消失過程である大気中のOHラジカルとの反応が非常に大きな正の同位体分別効果を伴うため、それとバランスする最大の発生源は、極めて軽い $\delta^{13}\text{C}$ を持つ枯葉・落ち葉であろうと推測しています。しかし、この解析では、特に熱帯植物起源の塩化メチルに関する同位体情報がかなり限られていることによる大きな不確実性がありました。

そこで、私たちは、真空ラインを用いた大気濃縮装置とガス

クロマトグラフ／燃焼炉／同位体比質量分析計からなる同位体比測定システムを新たに開発し、温室内のフタバガキ科樹木や木生シダなどの熱帯植物から放出される塩化メチルの $\delta^{13}\text{C}$ を測定しました。その結果、熱帯植物起源の塩化メチルは、約-85%の比較的軽い同位体比を持つことが明らかとなりました（なお、同位体比の変動は非常に小さいため、試料の同位体比は標準物質の同位体比からの差の千分率（‰）で表記します）。これは、枯葉起源の塩化メチルの $\delta^{13}\text{C}$ より高いものの、森林火災などその他の発生源よりも有意に低いものでした（図参照）。得られた平均的な同位体比とこれまでに報告されている塩化メチルの各種発生源の同位体比、および消失過程の同位体分別効果を用いて、グローバルな塩化メチルの収支を計算したところ、熱帯植物からの塩化メチル発生量は年間約150～300万トンに上ることがわかりました。これは、塩化メチルの全発生量の3～5割に相当するもので、熱帯植物が塩化メチルの最大発生源であることを示唆しています。

安定同位体比解析法はグローバルな収支の検証や未知の発生源の探索などに有効な手法ですが、その解析結果は他の発生源や消失源に関する知見（フラックスや $\delta^{13}\text{C}$ ）に左右されます。このため、熱帯林からの塩化メチル放出量について、より信頼できる推定を行っていくためには、実際のフィールドにおける発生源調査を平行して実施する必要があります。実は、熱帯林生態系を細かく見ると、前述の熱帯植物や枯葉・落ち葉の他に、木材腐朽菌、外生菌

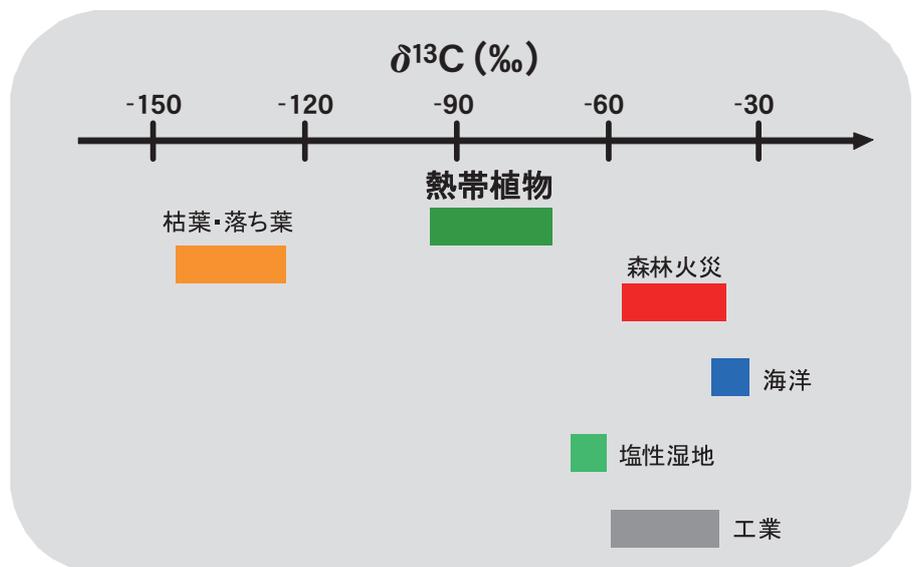


図 各発生源を起源とする塩化メチルの炭素安定同位体比の特徴
(熱帯植物以外の発生源については文献から引用した)

根菌、ハキリアリなど様々なものが塩化メチルを放出しています。一方、土壌中のある種の細菌は、大気中の塩化メチルを取り込む消失源として作用します。このような発生源・消失源の多様性のため、個々の発生源・消失源の積算から熱帯林生態系全体からの塩化メチル放出量を推定することは容易ではありません。そこで、私たちは、熱帯植物の個々の葉からの塩化メチル放出量の調査に加えて、森林樹冠レベルにおける塩化メチルのフラックス観測を初めて熱帯林で実施しました。

マレーシアの低地熱帯雨林であるパソ森林保護区(写真)において採取した117種の熱帯植物について塩化メチルのフラックス測定を行ったところ、その約2割に相当する24種が塩化メチルを大量に放出していることがわかりました。また、この割合は、非フタバガキ科樹木(6%)よりフタバガキ科樹木(68%)において非常に高かったことから、フタバガキ科樹木がパソ熱帯林における主要な塩化メチル放出植物であることが示されました。一方、タワーを使って採取した森林樹冠上の大気試料の分析からは、塩化メチルの濃度が高さとともにわずかに減少する



写真 高さ52mの観測タワーから望むマレーシア熱帯林

傾向が見出されました。この濃度勾配を微気象学的手法によって解析することで、パソ熱帯林全体からの平均的な塩化メチルフラックスを約 $14\mu\text{gm}^{-2}\text{h}^{-1}$ と推定しました。更にこの樹冠レベルのフラックスを全球の熱帯林に外挿すると、全発生量の約3割に相当する約130万トンもの塩化メチルが、熱帯林から放出されていることとなります。

このように、2つの異なる手法で同様な結果が得られたことから、熱帯林が塩化メチル全発生源の3~5割程度を占めていることが明らかとなってきました。このことは、熱帯林から放出される塩化メチルが、塩素のグローバルな循環という観点においても重要であることを示しています。今後、気候変動や熱帯域の土地利用の変化によって、塩化メチルを介した大気-自然生態系の相互作用はどのように変化していくのでしょうか。また、そもそも、なぜある種の熱帯植物だけが貴重なエネルギーを使って塩化メチルを大気に放出しているのでしょうか。こうした問いに答えるための研究に今後も取り組んでいきたいと考えています。

(さいとう たくや, 化学環境研究領域
動態化学研究室)

執筆者プロフィール:

もうすぐ4才になる長男が、私が昼間どのような仕事をしているのか興味を持ち始めました。私が専門とする大気化学を説明しようと、「君の周りには空気なるものがあり、その主成分は窒素と酸素であるが、その中には・・・」と言ってみましたが、目に見えない空気の存在を信じてもらえず。そんな息子も、ここで紹介した植物の葉を使って話をすると、何かわかった様子。目に見えるものは強いことを実感しました。



【環境問題基礎知識】

微粒子に付着した多環芳香族炭化水素と越境大気汚染

佐藤 圭

はじめに

多環芳香族炭化水素（Polycyclic Aromatic Hydrocarbon: PAH）は、二つ以上のベンゼン環を持つ化合物の総称です。PAHは、主に有機物の不完全燃焼によって発生し、スス等の微粒子に付着して有機エアロゾル粒子として大気に排出されます。日常用いる工業製品（精油、潤滑油、殺虫剤、接着剤及び塗料等）にも揮発性のPAHが含まれていますが、これらがガスとして大気に排出されることもあります。

PAHやその酸化で生成する派生物の多くは毒性を持ちます（図）。たとえば、国際がん研究機関（IARC）は、2009年現在、15種のPAHが発がん性を持つ可能性があるとして報告しています。PAHは、都市大気汚染に関わる汚染物質のひとつです。東アジアの経済発展が続く中で、PAHによる大気汚染は、越境大気汚染の観点からも議論されるようになっていきます。本稿では、PAHの越境大気汚染に関する最近の議論をご紹介します。

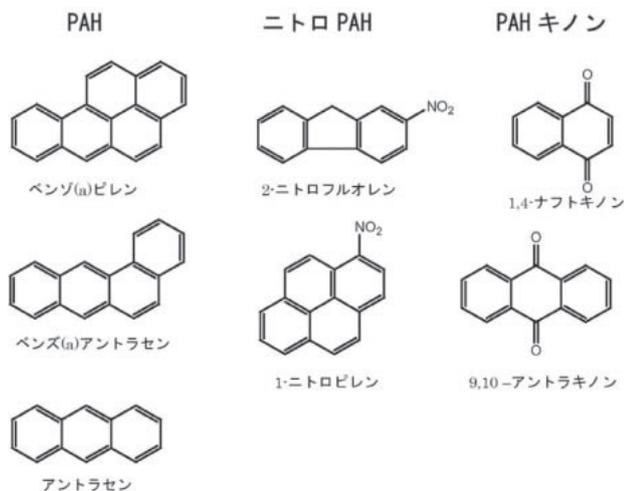


図 毒性が指摘されているPAHやその派生物

多環芳香族炭化水素の排出源

PAHの排出源は、エネルギー利用や産業の違いによって国ごとに異なります。どこからどれだけの大気汚染物質が排出されているかを示す一覧を排出インベントリーと呼びます。北京大のチャンとタオが

今年発表した排出インベントリーによると、我が国をはじめとする先進国では、工業製品の使用、運輸用オイルの燃焼及び廃棄物の焼却等によってPAHが排出されるとあります（ただし、放射性炭素を観測した東京薬科大の熊田らは、2006年の論文で東京近郊の大気中に観測されるPAHの2～4割がバイオマス燃焼に由来するとしており、上記インベントリーとの食い違いが問題になっています）。

一方、中国では、バイオマス燃焼、コークス製造及び家庭での石炭燃焼等がPAHの排出源です。中国は世界最大の排出国です。北海道大のワンらが書いた2006年の論文によれば、暖房期における華北や大陸内部の都市では、日本の都市の約100倍に及ぶPAHが観測されることもあります。

越境大気汚染

冬から春には、季節風の影響で大陸から我が国への空気の流れ込みが増えます（本号の「重点研究プログラム等の紹介」を参照してください）。特に暖房期である12月から3月までの期間には、大陸で大気に排出された高濃度のPAHが我が国まで運ばれると予想されます。私たちの研究グループは、アジア自然共生研究プログラムの一環として、2005年から沖縄県辺戸岬で粒子状のPAHを観測しています。

これまでの観測から、越境大気汚染の兆候があるときには、辺戸岬で観測されるPAHのレベルが国内の都市並みに上昇することが分かってきました。仮にこの結果を国内全域にあてはめることができるとすれば、定常的な大気汚染がある国内の都市部でも、越境大気汚染の影響によって有意なPAH濃度の上昇があるかもしれません。

輸送中の組成変性

PAHの大気中における反応性は高く、数時間から数日の寿命で酸化されていきます。カリフォルニア工科大のチャンらは、今年発表した論文で、PAHが大気中で酸化されるとその大部分が二次有機エアロゾルと呼ばれる酸化した有機物の粒子になることを

実験によって示しました。カリフォルニア大リバーサイド校のアレイとアトキンソンが書いた2007年の報告書によると、PAHの大気酸化の生成物は、やはり毒性を持つとされるニトロPAHやPAHキノン等です。

汚染物質が大陸で排出されて国内へ運ばれるまでには1～2日かかります。上記の室内実験の予想が正しければ、大陸から我が国への輸送の際にはPAHのみならずその派生物であるニトロ化合物やキノンも共に運ばれて来ることになります。

微粒子の健康影響

辺戸岬における観測結果によれば、大陸から辺戸岬への越境大気汚染は、主に冬から春に週に1回ほどの頻度でしか起こりません。1回の継続期間は平均で半日程度と決して長くありません。微粒子の健康影響についてこれまでによく言われてきたのは、長期暴露による呼吸器への影響でした。もし長期影響が重要なら、頻度が低い越境大気汚染による影響は、国内で排出される汚染物質に比べてさほど大きくないかもしれません。

一方、環境省は、2007年の微小粒子状物質暴露影響調査研究報告書の中で、長期暴露ではなく短期の暴露に対する急性の影響を報じました。それによれば、微粒子濃度の1日平均値が上昇すると（事故によるものを除く）1日の死亡者数が有意に増加すると報告されています。もしそうだとすれば、国内都市部における慢性的な微粒子の排出と、越境大気汚染による短期的な濃度の上昇とが、複合的に都市生活者の健康に影響を及ぼす可能性もあります。

今後の当研究所での取組

これまでの理解にもとづいて、今後は辺戸岬だけでなく長崎県福江島や福岡市にも観測点を拡張することにしています。大陸から運ばれる微粒子を我が国上流の福江島とすぐ下流の福岡市で同時に観測

し、国内の大都市における越境大気汚染の寄与率を把握しようと考えています。また、PAHだけでなく、ニトロ化合物、キノン、元素状炭素、全有機エアロゾル、遷移金属及び全微粒子についても観測したいと思っています。

このような目標のもと、私たちは、昨年度から始まった文科省の新学術領域研究「東アジアにおけるエアロゾルの植物・人間系へのインパクト」に計画班として参加しています。同研究プロジェクトでは、環境健康研究領域の高野領域長や筑波大の本田教授のグループと共同で、PAHやその派生物の粒子の毒性並びに短期影響も明らかにしようとしています。

東アジアの各都市におけるPAH及びニトロ化合物の粒子の暴露量は、これまでも金沢大の早川教授らによる2008年の論文等で報告されています。私たちは、暴露量を評価するだけでなく、国内都市の暴露量に占める越境大気汚染の割合を評価することや毒性や健康影響を研究するグループと直接連携することを特徴として、研究を進めて行くつもりです。

(さとう けい, アジア自然共生研究グループ
アジア広域大気研究室主任研究員)

執筆者プロフィール:

現在、所の研究員派遣研修制度で、カリフォルニア大リバーサイド校に滞在しています。こちらで運転免許を取りなおし、余暇のドライブを楽しんでいます。ちょっと出かけるだけでも高速道路で片道1～2時間は当たり前です。ドライブとしては楽しめますが、エネルギー効率から言えば日本のように国土が狭いのも良いかもしれません。



【調査研究日誌】

海・陸・空・人～サンゴ礁研究の広がり

山野博哉

サンゴやサンゴ礁と聞かれると、南の澄んだ海、リゾート、という印象をもたれる方が多いのではないのでしょうか。熱帯のサンゴ礁は確かに美しいのですが、それを見ているだけでは、サンゴ礁の持つ魅力の半分、いやそれ以下しか味わえていないと言っても過言ではないでしょう。サンゴ礁をとりまく環境や、サンゴ礁の歴史まで考えると、サンゴ礁の世界はぐっと広がります。

サンゴ礁は、地球規模と地域規模両方の環境変化に敏感に応答する指標生態系です。最近では、地球温暖化にともなう水温上昇によって、サンゴから共生藻が抜け出し、サンゴ骨格が白く透けて見える「白化現象」が起きていることが報告されています。また、サンゴ礁は、陸域からの土砂や栄養塩流入などさまざまなストレスにさらされています。本稿では、こうした環境変化とサンゴ礁の変化の関係を明らかにするために現在行っている調査の一端をご紹介します。

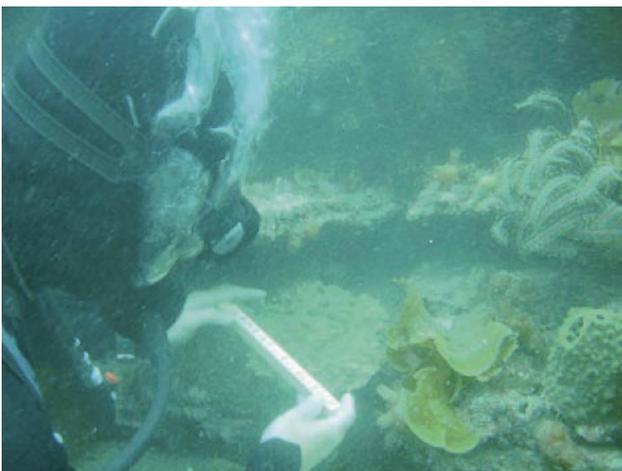


写真1 海：泳ぐ，潜る

サンゴ礁の研究は、現場でサンゴ礁を観察することから始まります。歩いたり、泳いだり、潜ったりして、地形、サンゴの種とその分布・大きさなどを明らかにし、特徴をつかみます。同時に、環境変化を復元するために、塊状のサンゴを探します。



写真2 海：掘る

塊状のサンゴは年輪を形成し、掘削を行って骨格中の同位体や微量元素を分析することにより、過去からの水温・降水量、陸域からの栄養塩流入などの歴史を週～月の単位で復元することができます。エンジン付きのコアラーでサンゴを掘削してサンプルを採取・分析して、長期間の環境変化を復元します。



写真3 陸：測る

陸域からは土壌や栄養塩が流入し、サンゴ礁に影響を与えています。GPSを用いて標高を精密に計測し、空中写真測量技術を用いて過去と現在の詳細な地形図を作成します。同時に、土地利用やサンゴ礁の変化を空中写真から明らかにし、サンゴ年輪の解析結果とも統合し、陸域からの流入負荷の変化とサンゴ礁の変化の関係を解析します。



写真4 空：登る，乗る

過去からの変化を解析するとともに、今後の変化のモニタリングを行います。タワーにカメラを設置したり、航空機にセンサーを積み込んだりして観測を行います。こうした空からの観測によって、サンゴ礁と陸域の変化を広域で連続的あるいは定期的にモニタリングすることができます。



写真5 人：踊る

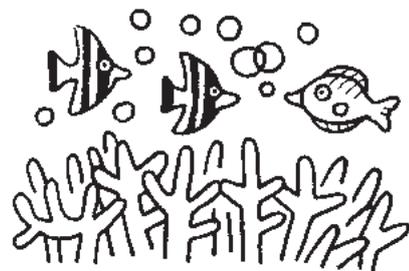
地元との対話・交流は、現地調査を円滑に進めるだけでなく、サンゴ礁の保全において、自然だけでなく社会的な面からも対策の実現可能性を検討するために非常に重要です。地元で研究発表会・意見交換会・交流会を行い、地元の方々と意見交換をしながら研究を進めます。

海と陸のつながりを理解し、空からの観測やモニタリングを行うことによって環境変化とサンゴ礁の変化の関係の多面的な解析を進めています。得られた知見を地元のサンゴ礁を利用している人々と共有し、対策へとつなげます。サンゴ礁研究は、海だけではなく、陸・空・人へと広がっています。

(やまの ひろや，地球環境研究センター
衛星観測研究室主任研究員)

執筆者プロフィール：

サンゴ礁の研究を始めて16年，入所して10年がたちました。白化現象によって最近サンゴ礁と地球環境との関わりについて認知度が上がったように感じています。一方でこうした異変でサンゴ礁が有名になることに複雑な思いも感じています。



【研究所行事紹介】

「サマー・サイエンスキャンプ」開催報告

企画部 広報・国際室

国立環境研究所では、7月28日(火)～30日(木)および8月18日(火)～20日(木)の各3日間、サマー・サイエンスキャンプ2009を実施しました。このキャンプは、文部科学省の後援の下、(独)科学技術振興機構が高校生を対象として夏休み期間中に開催する先進的科学技術の体験型合宿です。当研究所では1999年から毎年本プログラムに参画してきました。今年は3つのコースを開催し、多数の応募者の中から選ばれた20名の高校生がプログラムに参加しました。

『生物と環境』(開催地：つくば本所)では、Aコース「植物(大気汚染の影響を観察しよう)」、Bコース「微生物(微生物の多様性を覗いてみよう)」の2つに分かれて合宿学習を行いました。Aコースでは大気汚染が植物に与える影響を学びました。実際に光化学オキシダントをタバコの葉に暴露させて生じる障害を観察し、植物が環境から受けるストレスの防御法にはさまざまなものがあることを学びました。高校のカリキュラムで実験をほとんど行う機会がない参加者もあり、研究者の指導の下、手探りで細かく根気のいる実験作業を進めていました。Bコースでは、つくば市内の洞峰公園で採取した土壌中の微生物から抽出した特定の遺伝子を遺伝子増幅装置(PCR装置)、電気泳動装置(DGGE装置)を使って増幅・分離し、多様な微生物遺伝子を確認する実習を行いました。期待どおりの実験結果が出た人もいれば、出なかった人もいましたが、このことは、実験過程の「何」が「どのように」実験結果に影響を及ぼすのかを考えるきっかけになりました。



実験室で



マイクロピペット、うまくできるかな？

『東京湾の魚介類と環境を調べてみよう～東京湾の本当の姿を実体験！～』(開催地：神奈川県柴漁港、東京湾、つくば本所)では、東京湾の貧酸素水塊の発生水域と発生していない水域の2つのポイントで採集した魚介類の種類、種別の個体数と重量、および水質(水深別の水温や溶存酸素濃度)を比較分析し、現在の東京湾の生態系を構成する魚介類を実際に観察し、貧酸素水塊が魚介類の分布や生態に与える影響について学習しました。東京湾での採集作業は、天候にも恵まれ、漁業組合の皆さんの協力を得て、無事に船上での作業を終了することが出来ました。



図鑑に載ってる？

サイエンスキャンプに参加した生徒は、研究室に展示されているパネルや、研究室での学習で示されるデータが、研究者の日頃の地道な作業と長期に及ぶデータの積み重ねに基づくものであることを知りました。生徒の中には、今回の実習体験を将来の進路を考える際の参考にしたいと思っている人もおり、研究者の仕事を実際に体験するという貴重な機会を提供できたと考えています。高校の授業で実験を経験する機会が減っているという状況の中、研究所としては、本プログラムへの参画をとおしてより多くの高校生に科学に対する興味を持ってもらう機会を引き続き提供していきたいと考えています。

【研究所行事紹介】

「理数博士教室」開催報告

企画部 広報・国際室

8月5日(水)から7日(金)までの3日間、茨城県教育委員会主催の平成21年度未来の科学者育成プロジェクト事業「理数博士教室」(一昨年度まで「ミニ博士コース」)が実施されました。同事業は茨城県内の研究機関での学習を通して、科学への興味・関心を高め、未来を担う児童生徒の育成を図ることを目的としています。国立環境研究所は全面的にこれに協力し、環境リスク研究センターの山元昭二主任研究員の指導下で、「適切な手の洗い方とうがいの仕方」コースを実施し、県内の中学生5名が参加しました。

コースの目的は、疾病予防のため、手を洗うこととうがいの効果を科学的な方法で知り、適切な方法を考えることです。乳酸菌の増殖を指標として、手を洗うことの効果を知るため、手を水、石鹼、消毒液で洗い、その前後の手のひらを特別な寒天培地にスタンプしました。また、適切なうがいの時間を知るため、1回あたりのうがい時間を変えてうがいを行い、そのうがい水を希釈して特別な寒天培地に塗り、36時間培養し、乳酸菌数を測定しました。

新型インフルエンザの感染の脅威が高まる中で、「手洗い」と「うがい」は個人で出来る感染防止の方法として推奨されていますが、その具体的な方法については明確ではありません。そのため、生徒たちは意欲的にこの実験に取り組み、1日目のうがいなどの実験では、実験ごとに、乳酸菌飲料を飲み、希釈と、乳酸菌が育ちやすく調整した寒天培地へのスタンプを繰り返して行いました。どの子の目にも真剣さが表れていました。2日目には、サンプル用寒天培地の24時間目の細菌数を数え、計算の仕方や図表の作り方を学びました。3日目には、各自の寒天培地(1人あたり42枚)の細菌数を数え、表を作って無事終わりました。12月にはこの実験をまとめてポスターにして発表する機会があります。どのようにまとめるのか楽しみです。

生徒の感想文の中に、「研究は楽しいこと、大変なことがあって、結果が出てくるのがわかりました」とか「博士の気分を味わえたこと、一生忘れないと思います」という言葉を見て、国環研での3日間で彼らにとって貴重な体験になり、科学実験の面白さや楽しさを感じてもらえたと思いました。



うがいをしている時の様子。時間が長くなると苦しくなりますが、我慢しています。



慣れないマイクロピペットを使っての希釈です。1万倍の希釈に挑戦しました。



特別な寒天培地に希釈液を慎重に滴下しています。緊張する瞬間です。

表彰

受賞者氏名：伏見暁洋，長谷川就一，藤谷雄二，田邊潔，小林伸治

受賞年月日：2009年8月20日

賞の名称：日本エアロゾル学会2009年度論文賞(日本エアロゾル学会)

受賞対象：加熱脱着GC/MSによるディーゼル排気及び大気中ナノ粒子の有機成分分析(エアロゾル研究, 23(3), 163-171, 2008)

受賞者からひとこと：本論文では、加熱脱着GC/MS法(試料を直接加熱し、揮発した成分をGC/MSで分析する方法)による高感度な有機成分測定法を開発し、大気中やディーゼル排気中のナノ粒子に適用しました。装置の変更や測定条件の最適化によって、従来より二桁程度感度を高め、世界最高レベルの高感度法を確立しました。また、極微量(約20µg)の粒子標準試料での定量精度の検証にも成功しました。同法によって、粒径30nm以下のナノ粒子の有機組成が初めて明らかになり、ディーゼル排気中や沿道大気中のナノ粒子の組成がエンジンオイルに似ていることや、成分の揮発が大気中でのナノ粒子の速やかな消失に寄与している可能性を示しました。この成果は、ナノ粒子という超微量で素性が分からないものの正体を知りたい一心で、高感度化を追究した結果、辿り着いたものです。今回の受賞を励みに、今後もさらなる発展を目指していきたくと思います。最後に、共著者である高橋克行氏(日本環境衛生センター)と斉藤勝美氏(秋田県健康環境センター環境部, 当時)に謝意を表します。(http://www.jstage.jst.go.jp/article/jar/23/3/163/_pdf-char/ja/)

受賞者氏名：藤巻秀和

受賞年月日：2009年9月16日

賞の名称：学術賞（社団法人 大気環境学会）

受賞対象：大気中の粒子状物質、揮発性有機化合物の健康影響に関する研究と分科会活動による学会への貢献

受賞者からひとこと：大気環境学会より、大気環境分野における学術上、ならびに社会的に顕著な業績をあげた人におくられる学術賞を受賞しました。受賞対象となった研究業績は、1) 粒子状物質による免疫増強効果の機序解明および環境とアレルギー疾患との関連を解析する研究基盤の確立、2) 低濃度VOC曝露とシックハウス症候群との関連、3) 有害化学物質曝露による神経-免疫軸のかく乱モデルの開発に関する研究です。低濃度VOC曝露による健康影響の解明は、特に神経-免疫間での変動を理解し、過敏状態の誘導に関わる感受性の要因を明らかにする上で必須な課題です。残念ながら、低濃度曝露の影響研究はなかなか重要性を理解されてこなかった分野ですので、今回の評価を大変うれしく思っております。また、少しでも多くの若い研究者が興味をいだき健康影響研究に参入するきっかけになれば幸いです。なお、本研究の成果は、これまでの先輩、同僚、及び所外の多くの共同研究者による指導・協力・支援の賜物であり、皆様に心より感謝の意を表したいと思います。

受賞者氏名：寺尾有希夫

受賞年月日：2009年9月18日

賞の名称：Poster Award（8th International Carbon Dioxide Conference）

受賞対象：Seasonal cycle and interannual variability of atmospheric radiocarbon (^{14}C) over the western Pacific (8th International Carbon Dioxide Conference, Abstracts, T1-011, 2009)

受賞者からひとこと：第8回国際二酸化炭素会議でPoster Awardを授与されました。対象となった研究は、北川浩之（名古屋大学）・向井人史・野尻幸宏・内田昌男・柴田康行・荒巻能史・Shamil Maksyutov・Vinu K. Valsala（国環研）各氏との共著です。本会議は四年に一度開催されるもので、約500件のポスター発表が行われました。その中で優秀な研究と認められたことを著者一同大変光栄に存じます。研究内容は、西太平洋における大気二酸化炭素中の放射性炭素同位体比 (^{14}C) の季節変動と年々変動を調べたものです。 ^{14}C は炭素循環の理解を進める上で注目されているトレーサですが、その測定は世界的に見ても非常に限られています。国環研・地球環境研究センターでは、1994年より定期船舶を用いて西太平洋上の大気採取し、 ^{14}C の測定を行っています。今回の発表では、観測データを報告するとともに、大気輸送モデルを用いて ^{14}C の季節変動を調べました。その結果、北半球では、 ^{14}C の季節変動が化石燃料起源の CO_2 の大気輸送に起因することが新たにわかりました。一方で、 ^{14}C の年々変動にはわからない点が多く、精緻な観測とモデリングを行うことで追究していきたいと考えています。

受賞者氏名：山田正人，遠藤和人

受賞年月日：2009年9月18日

賞の名称：Award for Excellent Poster Presentation（Korean Society of Waste Management）

受賞対象：Development of industrial waste stream database in Japan（13th Korea-Japan Jt.Int.Sess., Abstracts, 133-135, 2009）

受賞者からひとこと：韓国の廃棄物学会は日本の廃棄物（資源循環）学会よりも先に設立され、25年の歴史がある学会です。今回の受賞は今年の春に発表した、ここ10年来取り組んでいる産業廃棄物フローのデータベース作りに関する研究に対するものです。今年インフルエンザ禍もあって日本からの参加者が例年よりも少なく、「よく来た」という功労賞的なところもあるかと思いますが、由緒ある学会から賞をいただき光栄です。

編集後記

今回の編集作業の間に政権が代わりました。温室効果ガスの新たな削減目標、大型ダムの建設中止、高速道路の無料化など、つぎつぎと国の大方針がメディアにより報じられています。上に挙げた3つのマニフェストは、国環研に勤務する私どもも注視する「環境」に深く関係したものでありながら、必ずしもそのような論点では議論されていません。

ダムの建設中止によって、流域の自然破壊と生物多様性への深刻な影響を免れたとほっとする一方、そもそもこの方針が環

境への配慮ではなく、税金の無駄をなくすことだけに焦点が当てられてきたことへのもどかしさを感じます。高速道路の無料化もガスの排出量を増やしかねないことが指摘されていますが、これも事の発端が環境とは違う所にあったことによる矛盾です。これからも最新の研究成果を分かりやすい文章で多くの読者に発信し、誤った舵をとられない、またとらせないための一助になればと願います。

(M.F.)

編集 国立環境研究所 ニュース編集小委員会

発行 独立行政法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16番2

連絡先：環境情報センター情報企画室

☎ 029 (850) 2343 e-mail pub@nies.go.jp