

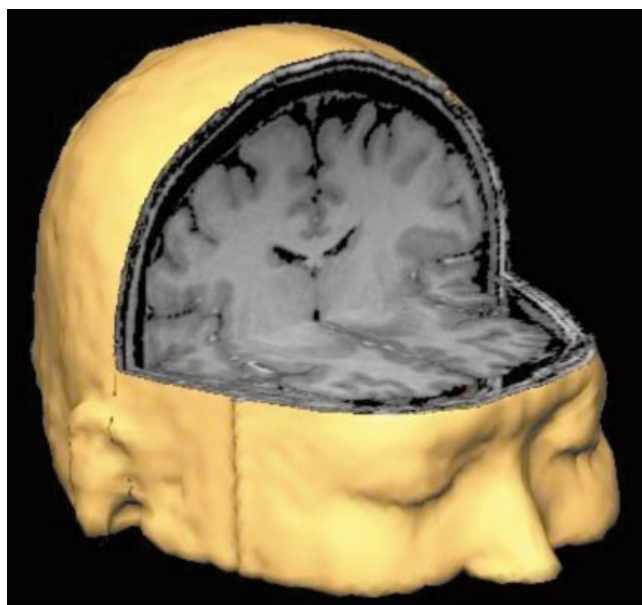


# 国立環境研究所

## 二一ノ二

Vol. 23 No. 2

平成16年(2004)6月



MRI装置の中核である4.7T超伝導磁石(左、本文8頁からの記事参照)と、この装置で測定したヒト頭部の3次元再構成画像(右、本文4頁からの記事参照)

### [ 目次 ]

温暖化：ヨシの髄から科学技術の次を妄想する .....	2
「MRIを用いる環境ホルモンの脳・神経系への影響の研究」 .....	4
地球温暖化問題に関する国際交渉 .....	6
磁気共鳴断層撮像法 (MRI) .....	8
外から見た環境研 .....	10

【巻頭言】

## 温暖化：ヨシの髓から科学技術の次を妄想する

理事 西岡 秀三

### 来るか、炭素半減社会

日本ではあまり知られてないが、英、仏、独など欧州諸国では、半世紀後2050年に温室効果ガス排出を今から50～80%も削減する、という計画を打ち出している。京都議定書での日本の約束は、2010年までの20年間に6%削減、それも一時的な吸収分やよその国へ頼る分を差し引けば、ほぼ現状維持である。これですら先送りしようとして、一部には目標設定反対の大合唱もある。欧州のいっていることも、どうせどこかの政府の計画と同じで、打ち上げだけは派手だね、今の半分のエネルギーで楽しい生活なんかできっこない、そんな手品みたいな技術がどこにある。とても本気とは思えない。

そこで英国大使館へ乗り込んで話を聞いてきた。曰く、トニーはその気である。2003年白書で打ち出した2050年60%削減計画は、貿易産業省が先導し、環境・食料・国土省など関係省庁がまったく意見を一致させ臨んでいる政策である。その証拠に、すでに2千8百万ポンド（55億円程度）で、長期の政策を進めるための省庁横断研究組織を4月に新設した。あんなに不確実といわれている温暖化説をトニーはまともに信じているのか？イエス。この政策は英国科学者の示すところにすっかり基盤を置いている。何たる科学への信頼。

フランスの政策は、大気中二酸化炭素濃度450ppm\*以下での安定化を念頭に2050年までに二酸化炭素排出75%削減である。一人あたりの排出量を将来は世界各国等しくし、途上国の発展を助けつつ世界が生き延びるために、自由平等博愛のフランス国民は、率先して今の年間一人あたり排出量1.8トン\*\*を0.5トンに下げる。これは大統領と首相の指令である。もちろん得意の原子力がベースにあり、熱利用を進めるが、今の情勢では増設は困難。それより自然エネルギーを徹底的に利用するための技術、蓄積のための電池が重要。移動すなわち交通増加が最大の問題である。IT化を徹底的に進めて、人や物が動かないですむ社会ができないか？省エネ、リサイクルは言うまでもない。

ドイツも450ppmを前提に、2050年45～60%削減を政府科学専門家チームが提案。中間目標は目の前の2020年20%削減である。スウェーデンなど北欧諸国がこれらに歩調を合わせる。

意地悪な質問を大使館員にする。何かほかに国際政治的意図はないのか？勿論ある。英国は来るべき低炭素社会を先取りし、政治・技術でのリーダーシップをとるのだ。科学の知見と、技術の方向付けがこれからの国の勝敗の分け目だ。

### 次期科学技術基本計画に織り込むこと

大使館を出て八重桜の千鳥ヶ淵を歩きながら、科学技術の面からこれはいったい何なのだと、目先の京都議定書論議から視点をずうっと引いて考える。好きものの世界、科学の知見の集積が、国の将来を方向付けている。科学者には金をやって好きなことをさせておけば、なにかいいこと見つけてくれる、政策はそのアガリをいただければいいや、ではすまなくなっている。政策決定者は、科学者に一体何がわかっていて何がまだわからないのか、国を左右する決定に対して厳しく問いかけねばならない。当然そのことを確実にするための資源（人と金）を用意しなければならないが。一方科学者も、私の研究からこんな結果が出ました、そのほかのことは分かりませんと淡々としているだけではすまなくなると、謹厳実直な科学者の枠を踏み出し、その結果こんなリスクがあるかも知れませんがと予想屋への危うい一線を越えねばならない。

今の半分の温室効果ガス排出生活を国民に押し付けるのなら、どうやってそれを納得させるのか？政策担当者はきっと、それは彼らが言ってることで、彼らに聞いてください、と科学者を世間の矢面に立たせるだろう。覚悟はできているものの、後からしっかり支えてくださいね、パブリックアクセプタンス（社会的受容性）やリスクコミュニケーション（リスク情報伝達）をやる研究者の仕事をちゃんと大切な職能と認めてくださり、体制を作ってくださいね、というお願いがある。社会を動かしているのは技術の需要者であり、市民、市場、経済なの

だから、自然科学者や技術者だけに責任をおっかぶせないで、社会科学の人たちもがんばってもらわなくては。

技術の舵取りが重要になる。今の技術体系は本当に社会をよくしようという旗印の下に進められてきただろうか。目先のアイデアを積み重ね積み重ね、気がついてみたら人々を技術中毒の自縄自縛に陥れて、社会の柔軟性を失わせてしまったのではなからうか？大陸ベースのガソリンがぶ飲みアメリカ大陸型ローカル技術でグローバル化するのではなく、日本の狭い国土から生まれる環境型ローカル技術の出番ではないのか？一人あたり排出量0.5トンをめざすフランスに倣って、もし半世紀あとの世界と日本が今の5分の1排出の社会ならば、今こそ技術と社会の体系全体を持続可能な社会実現に向けて総動員するときではないのか？バブル型技術奨励に使われてきた資源を、思い切って持続型社会への貢献へ選択投資すべきではないのか。いったいその旗を掲げる日本の司令塔はだれなのだ？

もちろん温室効果ガス削減だけがすべてではない。われわれの上位の目標は、世界の人々が安心して暮らせる社会を作るところにある。この温暖化論議で科学技術の将来が見えてきた。対策は、急ぎすぎでは今の人たち、遅れすぎでは後の世代、いろいろ迷惑がかかる。しかし今が思い切り時か。世界の、国の、政策の中核となった科学。それ行けドンドン

を過去にして、熟慮した舵取りが求められる技術。環境立国でリーダーシップをとるのなら、よくよく先を見た政策を自ら率先実行し、アジア諸国を納得させる。社会を変えるエンジンとしての役目を担い、科学者は書を持って街にでなければならぬし、技術者は宇宙船地球号の建造に挑戦しなければならぬ。次期科学技術基本計画はその宣言となるのだろうか。

(にしおか しゅうぞう)

- \* 産業化以前280ppm、現在380ppm。このところ年1.5ppm、昨年は3ppm増加。おおむね450 - 550ppmあたりまでが危険でないレベルとの相場感があるが、さらに論議がいる。
- \* \* 二酸化炭素排出量の炭素換算値。 おおむね、世界平均1トン、日本2.7トン、米国6.0トン。

執筆者プロフィール：

独法化からの中期計画、そろそろ第3コーナーに差し掛かり、正面を駆け抜けるときになりました。うしろを振り返る暇はないのですが、これまでの温暖化研究の経験から前方の馬場を予想してみました。「われわれはあくまで理性に従うほどの力を持っていない」けれども、何かしたいものです。





シリーズ重点特別研究プロジェクト：「内分泌かく乱物質の総合的対策に関する研究」から

## 「MRIを用いる環境ホルモンの脳・神経系への影響の研究」

三 森 文 行

### なぜ脳か

内分泌かく乱化学物質（環境ホルモン）とはホルモン受容体を介して、また、この受容体が関与する代謝系を介して生体反応に影響を及ぼし得る化学物質と定義されており、環境省のホームページでは65の化学物質がリストアップされている。これまで、環境ホルモンの健康影響に関しては精子数の減少、精巣がんや子宮がんの増加等、生殖系臓器への影響が主として研究されてきた。しかし、化学物質受容体が最も多く存在しているのは脳であり、私たちがものを考えたり、記憶したり、目や耳を通して外界を認識したりという脳の機能は神経伝達にかかわる受容体機能そのものであるといっても過言ではない。ちなみに、脳内で神経細胞同士が連絡をしている神経接合部（シナプス）の数は100兆個にものぼると言われる。

脳は化学受容体の巨大な集積体であるわけだが、本来これらの受容体に結合する神経伝達物質としてグルタミン酸や アミノ酸をはじめとして100以上の物質が知られている。また、これらの化学受容経路に影響を及ぼし得る物質も、向精神薬や麻酔剤をはじめとしてぼう大な数にのぼる。このように見ていくと、脳に影響を及ぼし得る化学物質はこれまで環境ホルモンと呼ばれた物質の範囲を超えてはるかに多種多様であることがわかる。幸いにして、体の他の部分から脳への化学物質の移動は血液脳関門と呼ばれるバリアにより厳しく制限されている。しかし、胎児や幼児ではこのバリアの働きは十分でなく、成人でも人によってはバリアが弱まっている場合がある。このような状況で、脳内で活性を示すような化学物質が脳に侵入すると何らかの影響が起きることが懸念される。ましてや、脳の形成期にある子供では、取り返しのつかない影響が及ぶことも考えられる。

実際に、疫学的研究では米国五大湖地方でPCBの含まれる魚を多く摂取した母親から生まれた子供ではその知能発達が有意に遅れるという研究報告もされている。要するに、脳に影響を及ぼし得る化学物

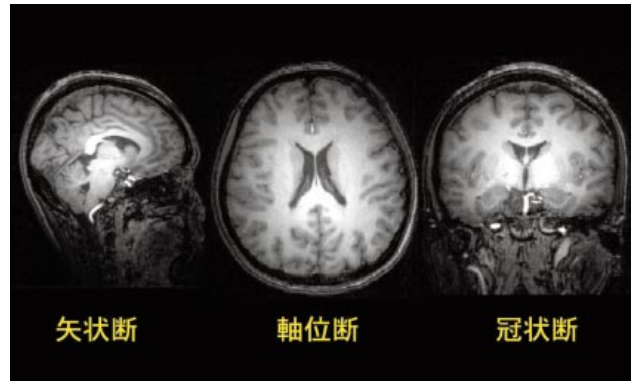


図1 脳の3次元形態画像から切り出した、3方向の断面  
横顔の断面を矢状断、体軸に直交する断面を軸位断、顔面に並行な断面を冠状断と呼ぶ。

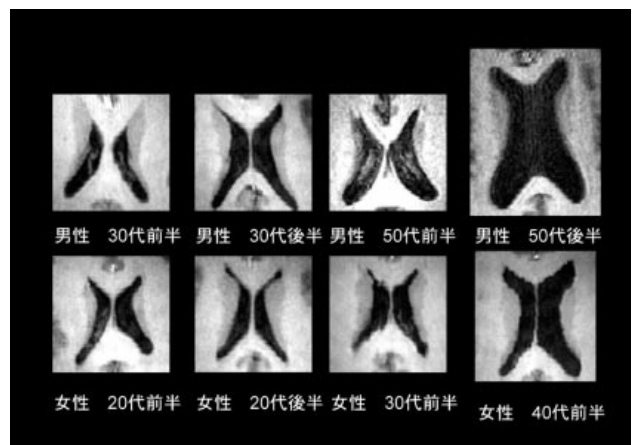


図2 軸位断で見た側脳室の形の加齢に伴う変化  
上段が男性、下段が女性。左から右に向かって年齢が大きくなる順に並べた。

質（神経かく乱物質と呼ぶ人もいる）はきわめて多種にのぼり、我々の知らないうちに人間の脳の劣化や、人間性の変質が起りかねないことが憂慮されるのである。

### MRIで脳をみる

さて、前置きが長くなったが、我々の脳は化学物質によって不測の影響を受けていないだろうかということが、当研究の出発点であった。このような疑問に答えるためには私たちの脳を何らかの方法でモニターする手段が必要である。近年、X線CT、PET、MRI（8頁からの記事参照）、脳磁計等の画像診断法のめざましい進展により、生きて活動している脳

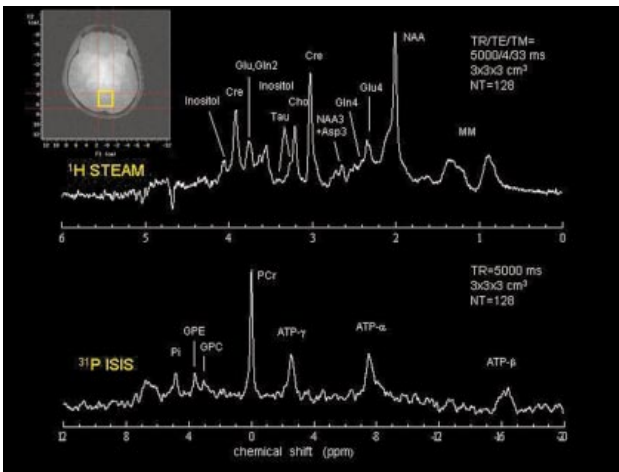


図3 後頭葉の3×3×3 cm<sup>3</sup>の領域で同時測定した<sup>1</sup>Hスペクトル(上段)と<sup>31</sup>Pスペクトル(測定時間は10分)

<sup>1</sup>Hスペクトルでは神経細胞マーカーであるN-アセチルアスパラギン酸(NAA)や神経伝達に関わるグルタミン酸(Glu)などが、<sup>31</sup>Pスペクトルではエネルギー代謝の中心的役割を果たすクレアチンリン酸(PCr)、アデノシン3リン酸(ATP)などが観測できる。

を観察することができるようになってきた。なかでも、MRI法は放射線の被曝が一切なく、脳の詳細な解剖学的構造や、機能が発現している部位の特定(これを脳機能マッピングと呼ぶ)、さらには脳局所における神経伝達物質の代謝等の生化学的知見も得ることができるうってつけの方法である。私たちは、研究の開始とともに国内で最も高感度の人体用MRIを設置し、ヒト脳の形態や代謝機能の測定法の開発を進めてきた。これまで、高感度の信号検出器の開発や、3次元高精細画像法の研究、脳局所の代謝の多面的測定法の研究を進め、昨年より一般ボランティアの測定を開始した。当面の目標は、測定法の改善や、ヒトの脳でどのような生体指標を測定できるかという探索的研究が中心であるが、将来は多数の被験者データの集積へと進む予定である。

これまでに得られたいくつかの画像を紹介したい。図1は3次元形態画像から脳の3方向の断面を抽出した結果である。神経細胞が集積する灰白質(画像でも灰色に見える)、神経細胞同士の間を結ぶ神経線維の束である白質(画像でも白っぽい)が明瞭に識別できる。この違いを用いて、両者を定量する方法も検討中である。また、図2では脳のほぼ中央両側に存在する側脳室と呼ばれる部位を抽出した(画像ではX字状の暗い部分)。上段が男性、下段が女性で左から右に年齢順に並べた。まだ、わずかな測定例ではあるが、年齢とともに脳室が拡大して

いく様子が明瞭に認められる。高精細の形態画像では、このほか男性と女性で性差があるといわれる脳梁の形態や厚さ、脳内のホルモン分泌器官である脳下垂体の形状にも注目している。図3は主に視覚に関与することが知られている脳の後ろの部分(後頭葉)に存在する代謝物を測定したスペクトルを示す。上段は陽子(<sup>1</sup>H)のスペクトルで、神経細胞のマーカーであるN-アセチルアスパラギン酸や、代表的な興奮性神経伝達物質であるグルタミン酸等の代謝物が認められる。下段はリン(<sup>31</sup>P)のスペクトルで、脳内のエネルギー代謝を司る高エネルギーのクレアチンリン酸やATPが明瞭に観測できる。これらのスペクトルは10分間の測定で得られ、世界で初めて両スペクトルを同時に得られるようになった。これらのスペクトルから脳の生理学的状態を表す情報が得られると期待している。

平成16年度にはさらに、脳機能マッピング法を指標化するための研究を進め、脳の形態、代謝、機能局在の3方向から脳の観察手段を確立することをめざしている。

#### ヒト集団における脳画像データの集積

ここまで、研究の目的と進行状況を紹介したが、観察手法の確立を待って、当研究はヒト集団の脳画像データ集積に向かう予定である。プラスチック可塑剤等の環境ホルモンが多用されるようになる前と後の世代間で何らかの相違が見られるのか、また、有機溶媒や農薬等の高暴露集団では差があるのか、環境ホルモンがヒト脳に影響を与えている可能性の有無についてアプローチして行きたいと考えている。化学物質の入りやすさと脳の発達過程を考えると、子供の成長に合わせた長期的観測といった研究も必要と思われる。いずれにせよ短期決戦で結果が出るというものではないが、現在の日本人の脳を記録に留めておくということは、将来起こるかもしれない脳を標的とする健康被害に対しても重要なベースラインデータを提供すると考える。

(みつもり ふみゆき、環境ホルモン・ダイオキシン研究プロジェクト総合研究官)

#### 執筆者プロフィール:

専門は磁気共鳴。卒業研究以来30年余り磁場の中にはいたり出たりして仕事をしている。重度の活字中毒。最近のおすすめは、丸谷オーの「輝く日の宮」、西原理恵子。

【研究ノート】

# 地球温暖化問題に関する国際交渉

久保田 泉

## 1. はじめに

2003年12月11日、京都議定書は6歳の誕生日を迎えた。ちょうど、気候変動枠組条約第9回締約国会議（COP9、写真参照）の会期中にあっており、NGO主催の「誕生日パーティー」が開かれた。しかし、手放しでお祝いしてはもらえなかった。同議定書がまだ発効していないからである。2001年3月にはブッシュ大統領が同議定書離脱を表明し、また、本稿執筆段階では、鍵を握っているロシアの動向が不明確なため、発効の見通しが立っていない（発効要件については後述）。

本稿では、地球温暖化問題に関する国際交渉のこれまでとこれからを簡単に紹介することとしたい。

## 2. 地球温暖化問題への国際的取組みの経緯

国際政治の場において地球温暖化問題が地球規模

で取り組むべき重要な課題として認識され始めたのは、1980年代後半のことであった。その後、政策決定者や科学者による議論を経て、1992年、気候変動枠組条約が採択された。

気候変動枠組条約は、主に4つの内容を含んでいる。条約の究極目標（「気候系に対して危険な人為的な影響を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガス濃度を安定化させること」）および原則（衡平、予防原則、持続可能な発展等）、

発展の度合いに応じて締約国が負う義務（(i)すべての締約国が負うもの＝目録作成、実施に関する情報の送付等；(ii)附属書国（西側先進諸国と旧ソ連・東欧諸国）が負うもの＝温室効果ガスの排出を2000年までに1990年レベルに戻すべく気候変動を緩和するための政策措置を実施すること等；(iii)附属書国（附属書国のうちOECD加盟国）が負うもの＝資金供与、技術移転）、条約機構の設置（COP、COP等に助言を行う補助機関（SB））、その他手続事項（紛争解決、改正手続等）である。

この条約は1994年3月に発効したものの、各国の温室効果ガスの排出量が減る気配はなかった。翌年のCOP1では、条約は気候変動問題の解決に不十分であるとされ、COP3までに2000年以降の附属書国の数量化された排出削減目標を盛り込んだ新たな議定書に合意するよう決議された。これが、いわゆるベルリン・マンデートである。

1997年12月、COP3において京都議定書が採択された。この議定書では、2008年から2012年の間に、温室効果ガス（CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、HFC、PFC、SF<sub>6</sub>）の排出量を、先進国全体で基準年から5%削減することを目標に、附属書国各国の法的拘束力のある数値目標が定められた。対象ガス、数値自体やその算定方法、その前提となる条件が提示され、交渉の結果、日本6%、米国7%、EU8%となった。なお、これは、達成すれば地球温暖化問題が解決するというものではなく、長い道のりの「第一歩」と位置づけられていることに留意する必要がある。その他にも、吸収源による除去（森林によるCO<sub>2</sub>などの吸



写真 COP9全体会合の様子（2003年12月、ミラノ）

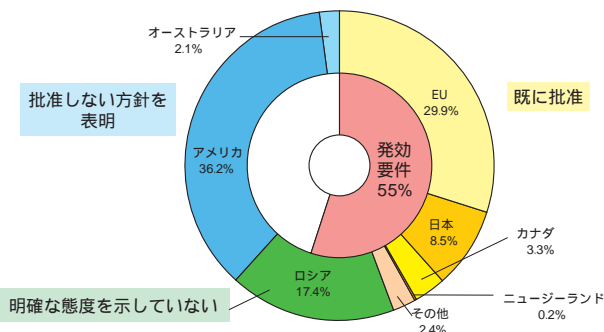


図 京都議定書批准状況と1990年時点の附属書国のCO<sub>2</sub>排出割合（条約事務局資料をもとに筆者作成）



収・排出量の算入)や、京都メカニズム(国内対策だけでは目標を達成できない場合に、他国と協調して削減目標を達成できる制度。共同実施(JI)、排出量取引、クリーン開発メカニズム(CDM)を指す)、締約国が削減目標を守ることを確保するためのしくみ(遵守手続)、排出量と吸収量のモニタリング・報告・審査、資金供与メカニズムにつき定められた。

ところで、京都議定書が効力を発生するには、(1)55カ国以上が批准し、(2)同議定書を批准した附属書国の1990年のCO<sub>2</sub>排出量が全附属書国の排出量の55%以上になる、という2つの条件を満たさなければならない。(1)は既に満たしているが(2004年4月時点で122カ国が批准)、(2)が満たされていない。現在、議定書発効の鍵を握っているのはロシアである(図参照)。ロシアは、排出量取引やJIのルールが自らに有利になるよう批准を引き伸ばしているといわれ、世界貿易機関(WTO)加盟交渉との絡みも取り沙汰されている。

なお、京都議定書の運用細則については、その後も交渉が続けられ、2001年のCOP7においてマラケシュ合意が成立した。

### 3. 温暖化交渉の今後 ポスト2012年問題

前述の通り、京都議定書では、附属書国の第1約束期間の排出削減約束を置いているが、それ以降の取組みについては、附属書国の削減約束の具体的な数値を記した附属書Bの改正というかたちで決定されることとなっており、その交渉は2005年末までに開始することとされている(ただし、議定書が発効していることが必要)。現在、「第1約束期間後、国際社会の地球温暖化問題への取組みをどうするか?」という問題に世界中の関心が集まっている。これを「ポスト2012年問題」とか「ポスト京都」などという。この論点は様々であり、たとえば、京都議定書第1約束期間との連続性をどのように考えるか、数値目標を置くべきか、京都メカニズムはどうか、議定書を離脱した米国や第1約束期間では排出削減約束をしていない途上国の参加をどうするか、衡平性をどのように考えるか、適応(起こっている気候変動への対処を指す。たとえば、洪水対策、防波堤構築等)をどのように位置づけるか、技術の発展をどのように推進していくか、等が挙げられる。

現時点では、COP等の公式な場ではこの問題につ

いて議論されていないが、サイドイベント(公式会合の休憩時間を利用した、各種団体によるプレゼンテーションおよび議論の場)において、“前哨戦”が繰り広げられている。COP9でも、このテーマに関するサイドイベントが多数開催され、到底「これがいい」と決められる段階ではないが、「京都議定書の枠組を維持すべき」、「全体の枠組を作るのではなく、分野ごとに少数の国でやっていくべき」など、いろいろな問題について多様な意見を聞くことができた。

ポスト2012年研究の一例として、当方の地球環境戦略研究機関(IGES)との共同研究を紹介したい(詳細は、<http://www.nies.go.jp/social/post2012/>(英文ページ)を参照)。本研究のキーワードは、「インセンティブ」である。アメリカの京都議定書離脱の例を見るまでもなく、国家間の合意を基盤とする国際法は、合意しない者に対しては無力である。2013年以降の国際制度がすべての国の参加を目指すのであれば、国家の“善意”に頼るだけではなく、合意しない者なるべく出さないよう、参加のインセンティブを高める方策が必要となる。本共同研究は、以下の手順で進められる。(1)2013年以降の国際制度に参加するインセンティブは何かを洗い出す、(2)(1)のインセンティブを増す制度と手法を設計する、(3)2013年以降の国際的取組みのあり方のオプションを提示する、(4)(3)のオプションを評価する(評価軸:環境上の効果、衡平性、経済効率性、京都議定書第1約束期間との連続性)。

### 4. おわりに

繰り返しになるが、京都議定書第1約束期間は、あくまでも、地球温暖化防止のための国際的な取組みの第一歩である。今後、大幅な排出削減が必要になることを忘れてはならない。一日も早く、この議定書が本当の意味で国際社会に「誕生」することを願いながら、将来枠組構築に資する研究に励んでいきたい。

(くぼた いずみ、社会環境システム研究領域)

#### 執筆者プロフィール:

1975年生まれ。牡羊座・A型(猪突猛進型らしい)。学習院大学大学院法学研究科博士後期課程単位取得退学。博士(法学)。専門は国際環境法。最近好きなことはサッカー観戦。自分でも体を動かさなければと思う今日この頃。

## 磁気共鳴断層撮像法 (MRI)

三 森 文 行

磁気共鳴断層撮像法 (以下, MRIと略する) は, ご案内のとおり, 医療診断の現場において体内の疾患や傷害の診断に威力を発揮している。我々は, 環境ホルモンのヒトの健康への影響解明にこの手法を利用すべく手法の開発を進めている (4頁からの記事参照)。ここでは, この方法の概要を紹介し, なぜ, 環境科学の研究において本法が使えるのか, また, しばしば聞かれる質問, 「なんでNMRで画像が得られるのか」に対してお答えしたいと思う。

第一点目のMRIの方法について, その装置構成から紹介したい。装置の中心をなすのは, 人が横になって入れる口径92.5cm, 長さ2m余の空間に均一な磁場を発生する超伝導磁石である (表紙写真参照)。これは, 小学校の理科の時間に誰もがやったエナメル線を空心に巻いて電磁石を作るのとまったく同じ原理で作られている。ただ, エナメル線の代わりに -269 (4K) で電気抵抗がゼロになる超伝導線が巻かれている。超伝導状態を維持するため, コイルは液体ヘリウムを満たした魔法瓶の中に沈められている。この磁石の中心の直径50cmの球状の領域では磁場は4.7Teslaを中心として  $\pm 0.00001$  Teslaの範囲に納まるようきわめて均一な強度に保たれている。Tesla (テスラと読み, Tと略する) とは磁場の大きさを表す単位で, つくば近辺での地磁気の大きさはおよそ0.00005Teslaといわれる。さて, この均一な磁場の中に横たわって体内の画像やスペクトルを測定するわけであるが, MRIは体内を透視するために, X線などの放射線は一切用いていない。そのかわりに, 体内に存在している水分子の2つの陽子が磁場の中で分極し, 磁気共鳴を起こす現象を利用する。分極のエネルギーは非常に弱いので, 分光分析やリモコンなどで用いられる赤外線に比べてもおよそ100万分の1の量子エネルギーしか持たない高周波ラジオ波磁場を用いる。これは有機分子やたんぱく質の分析に用いるNMRそのものであるが, ここに, 昨年のノーベル医学生理学賞の受賞者であるLauterbur博士の考案による磁場勾配という仕掛けを用いると体内の画像が得られることになる。

画像化の原理は次の3つに要約できる。(1) スライス選択: 磁気共鳴が起きる周波数は磁場の強度と比例関係にあり (共鳴周波数 =  $\gamma \cdot$  磁場強度), その比例定数はおよそ42.58MHz/Teslaである。磁石の中に頭をいれ, 体軸方向 (z方向とする) に直線磁場勾配をかけて置くと, 体軸に沿って共鳴周波数は直線的に変化する。このときある一部の共鳴周波数成分だけを有するラジオ波磁場をかけると, ちょ

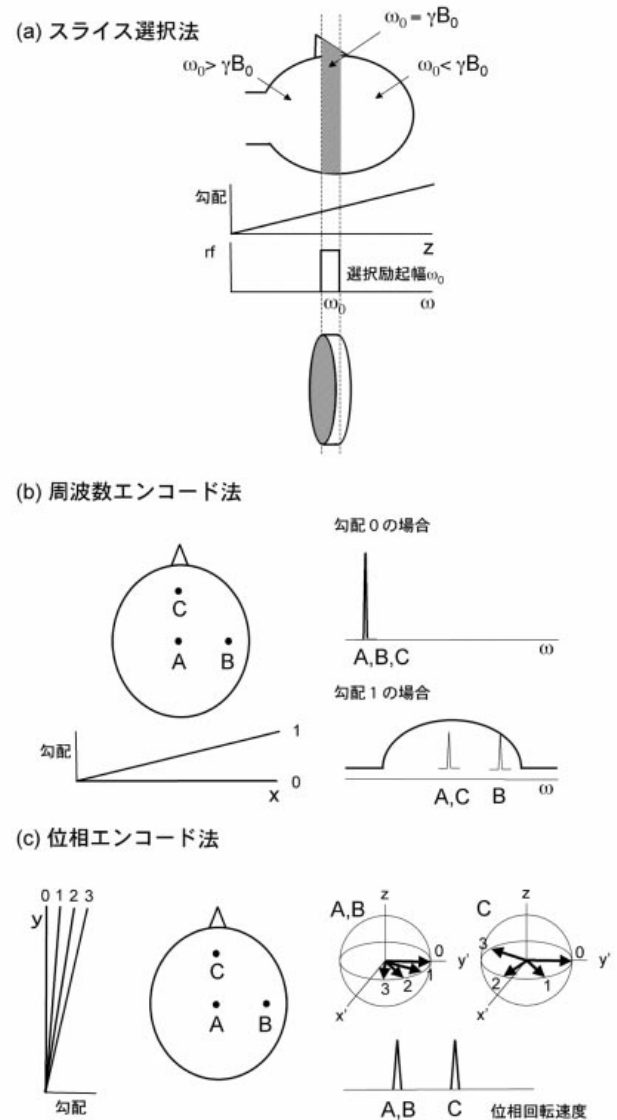


図1 MRIで画像が得られる原理の3要素を示す。(a) スライス選択法, (b) 周波数エンコード法, (c) 位相エンコード法。 $\omega_0$ は共鳴周波数,  $B_0$ はその部位のトータルな磁場強度。いずれも本文の説明と対照してご覧いただきたい。



うど共鳴条件が満たされる磁場強度にある部分のみが選択され、この部分からだけ信号が得られる(図1 a)。これで頭の輪切り状の部分、スライスが選択される。

(2) 周波数エンコード: 次に、選択されたスライス面内の一方向の位置の識別を考える。今度は信号を取り込む際にスライス面内のある方向(x方向とする)に勾配磁場をかけると、この磁場に沿った方向で異なる位置にある陽子A、Bは異なる共鳴周波数を示す(図1 b)。頭のスライス面ではこの方向の信号が重ねあわされて投影図のように一次元の位置識別ができることになる。

(3) 位相エンコード: この項を説明する前に、MRIでは波長が数メートルのラジオ波を観測に使うのになぜ1 mm以下の位置が識別できるのかという良く聞かれる質問に答えておきたい。その理由を一言で言えば、MRI(NMR)が位相のそろったラジオ波を用いる分光法だからということが出来る。通常、光はその波の位相がそろっていないのに対し、レーザー光はすべての光子の位相がそろっている。MRIで観測するラジオ波信号もレーザー光と同じように位相がそろっており、位相が乱れると信号も消滅する。この位相の違いを利用することで、波長よりはるかに短い距離を識別できるのである。ついでながら、このように位相がそろっている状態を英語ではコヒーレント(coherent)であると称する。この信号の位相は周波数と同様に磁場の強さに比例して変化する。

さて、位相エンコードに話を戻そう。測定中、信号が生成しているある時期に(2)の周波数エンコードと直交する方向(y方向とする)に勾配磁場をかけてやる。図1 cの勾配磁場がゼロの点では元の磁場のままなので、勾配を加えないときと比べて位相の変化はない。A、C点ではある程度の勾配磁場が付け加えられるので位相変化をする(C点の位相変化はA点より大きい)。位相変化用の勾配の大きさを順次、段階的に増やしながら測定を繰り返すと、先の投影図の位相が順次、段階的に変化した2次元のデータセットが得られることになる。このデータセットの位相エンコードの方向(ここではy方向)の位相の変化をしてみる。勾配磁場の原点では勾配がゼロなので位相変化はない。少し離れた位置では小さな勾配がかかるので小さな位相変化、遠く離れた位置では大きな勾配に応じた大きな位相変化が起

きる。このように場所ごとに位相変化した信号はy方向にすべて重ね合わせられたものとなっていることがわかる。y方向(繰り返しになるが、位相エンコードのために勾配磁場を段階的に変えた方向である)にフーリエ変換を行うとこの位相変化の大きさが周波数ごとに弁別される。これはA、C点由来の信号がその存在部位に対応して識別されることを意味する。これで周波数エンコード法と合わせて、スライス面内の任意のA、B、C点は識別可能となるので、2次元画像が再構成されることとなる。なぜ、NMR信号で画像が得られるのか明解になったであろうか。

最後に、環境科学、特に環境因子がヒトの健康に及ぼす影響の研究における本法の利点について述べておきたい。まずなんといっても、生きて活動している状態で体内の構造や、代謝にかかわる情報が得られるという点があげられよう。これまで記してきたとおり、測定にかかるエネルギーがきわめて小さく、生体反応を乱す恐れが小さいというのが、その理由である。これは、測定の安全性に深く寄与する問題でもある。これまで、磁場や高周波磁場が健康に何らかの影響を与えるという知見は得られていない。MRIが実用化されて以来2億回を超える測定が行われているそうであるが、磁場や高周波磁場に起因する悪影響は一例も報告されていない。高周波磁場というと、不安を感じる向きもあると思われるが、私たちが昨年来開始したボランティアでの測定で試算してみると、1時間半程度の測定で実際に高周波磁場が用いられている時間は総計で13秒程度に過ぎない。他のほとんどの時間は信号の取り込みや、系が熱平衡状態に戻るのを待つ待ち時間となっている。

本法の第2の利点は、得られる情報が分子レベルに根ざすもので、多彩だという点があげられよう。「疲れ」や「活きの良さ」といったこれまで定量化が困難であった概念をエネルギー代謝や乳酸生成等の物質レベルで評価することもできる。また、これまで、緩衝溶液の中でしか測ることのできなかつた酵素や信号伝達系活性の*in vivo*での評価も可能である。難点といえば、測定感度の低さであるが、これも、測定エネルギーが小さいという安全性と表裏一体の関係にあるのであまり文句を言うことはできない。

(みつもり ふみゆき、環境ホルモン・ダイオキシン研究プロジェクト総合研究官)

## 外から見た環境研

中 杉 修 身

標記の課題で執筆依頼を受けたが、3月一杯で定年退官してから20日あまりしか経過しておらず、後始末に追われる毎日以外から環境研を眺める余裕がほとんどない状態である。このような状況であるので、環境研で30年間過ごしてきた中で感じたことを、私の反省も含めて述べさせていただくことでお許し願いたい。

30年前に開所と同時に環境研に入所したが、当時と今のギャップの大きさに信じられない思いがする。年を取るに従い、立場が変わったことにあるが、世の中の生活自体が大きく変化したことを改めて感じさせられる。最も大きく変化したと感ずるのはスピードである。特に、情報伝達のスピードアップが世の中の動きを一変させる要因となったと考えられる。この30年間で環境問題は複雑化、多様化しており、1つの問題が片づかないうちに、新たな問題が発生するため、国環研がカバーすべき問題領域も大幅に拡大している。霞ヶ浦の富栄養化は環境研が設立当初からプロジェクト研究として取り組んできた課題であるが、いまだに問題の根本的な解決ができていない。その一方で、地球環境問題や化学物質汚染など、新たにプロジェクト研究が必要な課題が次々と生まれてきている。

このような状況の中で国環研は30年間にわたり、社会に対してどのような貢献ができたかを振り返ってみると、印象に残るような出来事を思い出すことができない。確かに、学術的には評価される論文は数多く出され、新聞記事をにぎわした話題もないわけではない。しかし、この環境問題の解決には環境研の成果が中心的な役割を果たしたと社会的に認められるものは、故森田恒幸領域長が中心になって開発したAIMモデル（23巻1号参照）など、限られているように思われる。研究者が属人的に環境問題の解決に貢献している点では、私もいくらかお手伝いはできたと思うし、それなりの評価を得られているものとは思うが、国環研の研究成果として社会に貢献できているのは少ないように思われる。

独立行政法人化によって、環境研も今後はその存

在価値を社会に認められることがこれまで以上に重要になってくると考えられる。社会に存在価値を認められるには、様々なやり方があると考えられる。学問的な研究成果で社会に認められるのが、研究機関としては最も望ましい姿であると考えられる。しかし、限られた研究スタッフで多くの研究課題に取り組まざるを得ない現状からは、なかなか難しいと思われる。研究機関としてこの方向での努力を放棄することは許されないが、これ以外にも社会に存在意義を認めてもらう方策を検討する必要があると考えられる。住民意識調査の結果を見ると、社会は環境問題に対する安心を得るのに研究者のお墨付きを求めているように思われる。

環境研はこれまで所としてこのようなお墨付きを出したことはほとんど記憶にない。明確な判断を求められる場面では沈黙を守るのが研究者の習性であり、ましてや明確な結論が出せない問題に対して所としての見解を出すことにためらいが残ることは十分に理解できる。しかし、明確な結論を出すには時間がかかり、その時期には社会も環境研に見解を求めることもないと考えられる。現在まで判明していることから類推すればこうであり、ここが未解明で分からず、そこが仮にこうであればこうなるというような解説を出すことが、社会的に環境研の存在を認めさせる上で、一つの方法になると考えられる。

所としての考えを出すには、当然、関係者が議論して見解をまとめていく必要がある。このような作業が加わることで研究の推進を妨げる懸念がないわけではない。しかし、このような議論が、個人的な興味から発した研究課題が独りよがりのものに陥るのを防ぎ、社会的に意味のある研究課題の設定に大きな働きを示すと期待される。

環境研を離れて間もなく、まだ半分は研究所に身を置いているような気分の中で、また自分が在籍中にどのように努力していたかには触れずに、手前勝手な議論を展開したが、お許しいただきたい。環境研が今後も発展し続けて欲しいと願っているのは創設メンバーである私自身の強い願いである。独立行

政法人化にあたり，名称に「国立」の文字を残して欲しいと要望したが，「国立」という名前がなくとも，社会から存在を強く意識してもらえる研究所として，残った皆さんで環境研を盛り上げていきたい。

(なかすぎ おさみ，  
横浜国立大学共同研究推進センター 客員教授)

執筆者プロフィール：

研究所を3月に退職してから，横浜国立大学を始めとして，いくつかの非常勤の職を兼任しながら，国や地方自治体の環境行政のお手伝いに精を出しています。少しはひまができ，好きなスポーツ観戦や旅行に時間がとれるかと期待をしていたのですが，以前とほとんど変わらぬ，毎日を送っています。

リスクセンターを中心として環境研とも様々な場面でおつきあひする機会も多くなると予想され，いやがられない範囲でお手伝いできればと考えています。





## 新刊紹介

国立環境研究所研究報告 R-183-2004 (平成16年3月発行)

「ため池の評価と保全への取り組み」

生物多様性の減少を引き起こしている要因のひとつに、人間の生活・生産様式や社会経済の変化に伴い、自然に対する人為の働きかけが縮小したことによる環境の質の変化が挙げられています。ため池は、まさに、そうした水域です。しかし、池の研究は大変少なく、学問分野別に散在しているのが現状です。国立環境研究所では平成13～17年の重点特別研究プロジェクト「生物多様性の減少機構の解明と保全」の一環で、ため池を一つの研究フィールドとして生物多様性の減少機構の解明と保全手法の開発を行っています。本報告書は、平成15年12月5日に開催したシンポジウム「ため池の評価と保全への取り組み」のプロシーディングです。ため池をどのように保全していくのがよいかについて、本来の灌漑施設としての機能、防災、農業利用、水質浄化、生物多様性、環境教育、市民参加型の環境保全など、さまざまな角度から現状と展望を報告しました。  
(生物多様性研究プロジェクト 高村典子)

国立環境研究所研究報告 R-184-2004 (平成16年3月発行)

「西日本及び日本海側を中心とした地域における光化学オキシダント濃度等の経年変動に関する研究 - 国立環境研究所と地方環境研究所とのC型共同研究報告 平成12～15年度」

本研究報告書は、西日本及び日本海側を中心とした地域における光化学オキシダント濃度等の経年変動に関する国立環境研究所と地方環境研究所とのC型共同研究成果をとりまとめたものである。C型共同研究は国立環境研究所が全国環境研究協議会を窓口として、複数の地方環境研究所と共同研究を行う制度であるが、今回が、その初めての実施ケースである。

光化学オキシダント対策は未解決の大気汚染問題として残されている。日本全国の多くの測定地点において、平均的な濃度の上昇や、汚染地域の広域化が進んでいる。光化学オキシダントの挙動には、国外からの移流を含めて日本全体に影響を及ぼす要因と、地形や気象条件など地域独自の要因、並びに発生源条件の変化が複合して影響を及ぼしており、総合的な理解が必要である。

本報告書では、西日本を中心とした地域におけるオキシダント濃度の気象常時監視時間値データを用いて経年変化や季節変動が解析されており、全国20の地域における個別解析結果と、日本全国を視野に入れた総合解析結果がとりまとめられている。

(PM2.5・DEP研究プロジェクト 若松伸司)

## 表彰

受賞者氏名：亀山 哲・福島 路生・島崎 彦人

受賞年月日：平成15年10月5日

賞の名称：応用生態工学会 第7回研究発表会発表賞（口頭発表）

受賞対象：河川ネットワークデータを用いた河川構造物による流域分断化と魚類への影響

受賞者からひとこと：

本研究は、2003年度以降継続している地方研究所との共同研究「流域生態系の再生プラン支援を目的とした河川ネットワーク解析技術の開発」(相手先：北海道・山形県・長野県・神奈川県)の成果の一部です。研究の内容は大きく三つに分けられます。第一に流域生態系に関する環境データベースを整備すること、二番目にそのデータベースを活用した空間解析ツールを開発すること、そして最後はデータベースや解析ツールを効率よく活用し、河川構造物による流域分断化が生態系に与える影響を解析することです。本研究では、研究の過程において、GISとダムデータベースを組み合わせ、日本で最初に全国のダムによる流域分断化マップを作成し、魚類種数との関係を議論しました。また今後は、他の研究グループと情報を共有化し、成果を公開できるシステムを構築する予定です。これらの一連の取り組みを通じ、流域生態系の研究や自然再生事業を支援することを目指しています。

本研究内容は昨年アメリカで開催された2003 ESRI International User Conference, [San Diego, California]においてポスター発表を行ったところ、主催者であるESRI (Environmental Systems Research Institute) より評価され、2004年度版のESRI's Map Book, Vol.19に掲載が決定しました。

## 編集後記

ニュースの編集に携わって3年目になった。文学的素質はないが日本語表現の推敲は嫌いではない。そこを見透かされ今回から責任者を務めることになった。しかし、巻頭言のタイトルが、見識の狭いことをいう「ヨシの髓から天井のぞく」をもじったものであるも分からなかったのが、先が思いやられる。

今号のMRIに関する2つの記事も、著者には随分わかりやすく書いて頂いたが、ニュースとしては難解に過ぎたかもしれない。MRIについてもっと知りたい方は、研究所公開などの機会を利用して実物も見てください。こういう研究分野もあることを理解して頂けたら幸いです。  
(K.T.)

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