



環境儀

NO. 54

SEPTEMBER 2014

国立環境研究所の研究情報誌

環境と人々の健康との 関わりを探る

環境疫学



独立行政法人

国立環境研究所

<http://www.nies.go.jp/>



環境疫学って何？

それは人々の健康状態と
環境との関わりを探る研究です。
人の集団における健康問題に対する
予防や対策に役立てることができます。



国立環境研究所では、環境と健康との関わりについて、実験研究と疫学研究という二つの異なる手法を用いた研究に取り組んでいます。

人々の健康状態と環境との関わりを探ることによって、健康を悪化させ、病気の発生に関与する環境要因を見いだすことができれば、その環境要因を取り除いたり、減らすことによって、健康悪化や病気の発生の予防につながることが期待されます。

環境要因は、時代時代で注目すべきものが移り変わってきました。例えば、環境汚染の典型である大気汚染の歴史は長いものですが、この50年ぐらいの間にも、石炭の燃焼から、石油の燃焼によって発生する大気汚染の時代に変わりました。それとともなって大気汚染防止対策も進み、大気汚染の質と量も大きく変化しました。また、私たちのライフスタイルも多様化し、さまざまな変化をしました。

本号では、研究所が長年取り組んできた大気汚染の健康影響に関する疫学研究と近年取り組んでいる子どもの健康と環境に関する全国調査（エコチル調査）について紹介するとともに、これらの研究の基盤となる「環境疫学」という研究分野について紹介します。

C O N T E N T S



環境と人々の健康との 関わりを探る 環境疫学

- Interview 研究者に聞く
環境疫学で大気汚染物質が
健康に与える影響を明らかに p4～9
- Summary
PM2.5 等による
大気汚染の健康影響を調べる p10～11
- 研究をめぐって
子どもの健康と環境に関する
疫学研究の動向 p12～13
- 国立環境研究所における
「大気汚染疫学研究」のあゆみ p14

Interview 研究者に聞く

近年、中国の深刻な大気汚染とともに日本でも大気中でPM2.5（微小粒子状物質）濃度の上昇が観測されるなどで、大気汚染についての関心が高まっています。環境健康研究センター・センター長の新田裕史さんは、環境疫学という分野で大気汚染物質と健康の関わりについて研究をしてきました。また、子どもの健康と環境の関わりを調べる「エコチル調査」にも取り組んでいます。



新田 裕史 / 環境健康研究センター・センター長

環境疫学で大気汚染物質が健康に与える影響を明らかに

大気汚染に取り組む

Q：環境疫学の研究を始めたきっかけは何ですか。

新田：私が大学に入学したのは1973年で、入学前の中学生から高校生の頃は公害問題への社会的関心が非常に高まっていました。その頃、漠然とした考えでしたが、公害問題に関わる勉強ができないかと思っていました。中でも、人に関わることに興味があったので大学では保健学を専攻することにしました。そこで、環境疫学に出会いました。

Q：日本が高度経済成長期の時代ですね。

新田：そうです。経済成長の陰で環境破壊が起こり、

「水俣病」や「四日市ぜんそく」などの公害病が問題となりました。ちょうどその頃、公害問題に対応するために環境庁が設立（1971年7月）され、その付置研究所として国立環境研究所の前身である国立公害研究所が発足（1974年3月）したんですよ。

Q：大学では何を研究されましたか。

新田：当時、大気汚染の原因として注目されていた自動車排ガスの成分である二酸化窒素（NO₂）に関する研究をしました。NO₂の環境基準は1973年に設定されていましたが、世界的にみて非常に厳しい基準であったこともあり、その科学的根拠に対する批判が産業界を中心に高まっていました。1977年にNO₂の環

環境疫学を知ろう！

①環境疫学とは

疫学は、人の集団における健康に関わる事象の頻度と分布、およびそれらに影響を与える要因を調べて、両者の関連性を検討して、人の集団における健康問題に対する予防や対策に役立てるための学問です（図1）。

それらの要因には、遺伝要因とさまざまな生活習慣などの「人」に関わる要因と社会的環境、生物学的環境（ウイルス、細菌など）、物理化学的環境（温熱、空気、水、光、音、放射線など）があります。疫学では、遺伝要因以外の要因をすべて「環境要因」と呼ぶ場合があり、その場合には、喫煙、食事などの生活習慣も「環境要因」の一種になります。環境疫学でターゲットとする「環境要因」は、個人ではその要因への曝露を制御できなかったり、制御

することが非常に困難な要因です。

例えば、喫煙は多くの疾病の発症に関与するなど最も重大な要因です。個人の判断で行う喫煙の健康影響に関する疫学研究は基本的に環境疫学の範疇には入りませんが、他人の喫煙による受動喫煙や間接喫煙など、環境中のタバコ煙への曝露による健康影響に関する疫学研究は、まさに環境疫学の領域です。

大気汚染物質への曝露を避けるために、マスクをする、外出を控えるなどの行動をとることはできますが、個人が大気汚染物質の発生源を直接制御することはできませんし、光化学オキシダントの生成を止めることもできません。

環境疫学の対象は、個人が制御できない環境要因にるので、もしその要因によって健康が損なわれたり、疾病が発生したりする場合の対策は、個人に委ねられるものではなく、公的な取り組みが必要です。大気汚染物質への曝露による健康影響に関する疫学研究は、環境疫学



エコチル調査運営委員会（第1回会議風景）

境基準が改定されることになり、私の指導教官が当時の中央公害審議会のNO₂の環境基準に関する専門委員になりました。このような環境基準改定の動きは一方では改悪という批判もあり、社会問題化しました。とはいっても当時はNO₂の健康影響についての疫学データが不十分でしたから、研究室の研究テーマになりました。そのため、私もNO₂の健康影響を調べることになったのです。

Q：具体的に印象に残るエピソードはありましたか。

新田：東京都衛生局（当時）が都内環七通りと甲州街道沿道の住民を対象として呼吸器症状に関する調査をすることになり、研究室で参加することになりました。私が大学院生だったころで、沿道のご家庭を訪問して、調査票の回収に歩き回りました。当時の環七沿道の大気汚染はひどく、1日の仕事が終わるころには、ディーゼル車などから排出されるすすのために、鼻や耳の中が黒くなりました。

また、この調査と並行して、NO₂バッジという個



人モニターを用いて、人々が実際にどれくらいの量の二酸化窒素を吸っているかを調べる研究をしました。これが私の環境疫学研究者としてのスタートです。

Q：研究所（当時は国立公害研究所）に移られてからも大気汚染の研究を続けたのですか。

新田：ええ、大きくテーマを変えることもなく大気汚染の原因となる物質と健康との関わりについて研究を続けていました。研究所に来れば、より社会に役立つ研究ができるのではないかと期待して入所しましたが、後でお話するエコチル調査に関わるまでは、大気汚染以外の研究テーマはほとんど手がけたことがありません。研究の幅が狭かったという見方もあるかもしれませんが、自分では幸運だったと思っています。

最初に取り組んだ自動車排ガスの健康影響に関する疫学研究というテーマは、研究所が実施した疫学調査に参加するとともに、東京都がその後も実施した調査に協力する形で続きました。最終的には、環境省が2005～2011年まで実施した「そらプロジェクト」という調査につながりました。

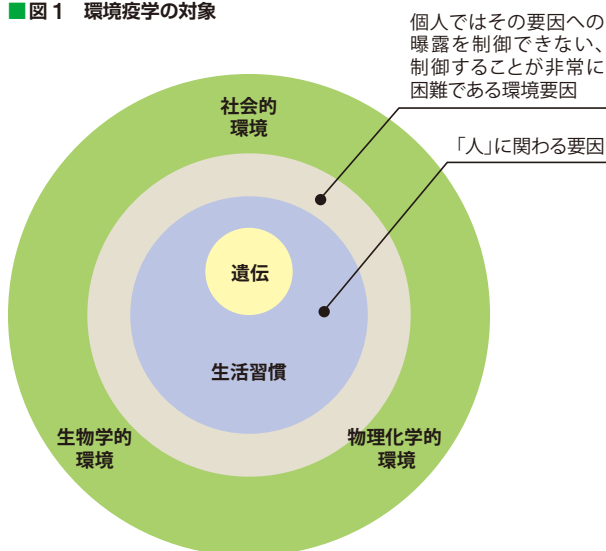
Q：ニュースなどで話題になったPM2.5の研究はどうですか。

新田：PM2.5（微小粒子状物質）とは、大気中に浮遊する小さな粒子のうち、粒子の大きさが2.5μm（1μmは1mmの千分の1）以下の非常に小さな粒子のことです。実際、大気中にはPM2.5を含めてさまざまな粒子状物質が含まれています。これらは、物が燃えてできたすすや粉じん、自動車の排ガスなどいろいろなものがあります。室内でも、たばこの煙や暖房など何かを燃やせば粒子状物質は発生します。話題になった

研究の典型例です。疫学研究によって、大気汚染物質の健康影響が明らかとなり、公衆衛生上大きな問題であると判断されれば、その曝露を低減するために、環境基準の設定など公的な取り組みが必要となります。

一方、環境汚染に対する対策がある程度進んだ先進国では、環境疫学の対象となり得る環境要因は数多く存在するものの、人々の健康に対する一つ一つの環境要因の影響はそれほど大きくないと推測されます。そのため、環境疫学では、小さな健康リスクを扱うことになり、その評価を行うために、多くの対象者について、さまざまな要因を測定するような大規模調査の必要性が高まることとなります。

■ 図1 環境疫学の対象



ように最近では海外から日本に飛んでくる越境汚染の影響も大きいのです。

Q：PM2.5などさまざまな粒子の健康影響をどのように研究されているのですか。

新田：PM2.5やディーゼル排気粒子などの大気中の粒子状物質の動態をモデル化したり、観測によって得られる大気汚染物質への曝露の程度やその成分に基づいて、地域住民の健康影響を評価します。大気にはいろいろな物質が含まれていますから、PM2.5の影響のみを取り出して見るのはとてもむずかしいのです。そこで、環境疫学という考え方が有効になってきます。(コラム①②参照)

Q：高度経済成長の時代から日本の大気汚染の解決に尽力されてきたわけですね。

新田：大気汚染の健康影響に関する疫学研究が停滞した時期や疫学研究の成果が環境政策になかなか活かされないような時期もありました。2009年にPM2.5の環境基準が定められましたが、私も専門委員として、基準をつくるのに携わりました。私の研究は、指導教官の先生がNO₂の環境基準をつくることから始まりましたが、今度は自分がPM2.5の環境基準の設定に関わることになり、研究にひとくぎりついたなと感慨深かったです。

Q：今後は研究をどのように進めていきたいですか。

新田：日本では、環境疫学の研究者は少ないのですが、海外ではたくさんの研究者がいて、研究の成果が環境基準の設定などいろいろなところに活用されています。最近では、社会疫学という言葉も生まれ、社会と病気の関わりについての議論も頻繁に行われていま



す。疫学のテーマや手法も広がりを見せており、これから環境疫学はますます重要になってくるでしょう。若手研究者を育て、日本でも環境疫学をもっとさかんにしたいと思っています。

環境と健康をつなぐ

Q：環境疫学とは、病気などの疫学とどう違うのですか。

新田：どちらも地域や集団の中で、人の健康に対する影響を明らかにするという点で共通です。疫学はもと、伝染病の研究から始まったものです。病気の発生病数が少なければなかなか原因などはみつきませんが、大きな集団として調べればデータが集まり、原

環境疫学を知ろう！

②環境疫学における曝露評価

疫学では、ある要因を持っていることや取り込むことを総称して「曝露」と呼びます。環境汚染物質への曝露とは、それぞれの人が汚染物質と接触することです。大気汚染物質の場合には、ふつう呼吸によって体内に取り込まれますので、大気汚染物質を吸入することが「曝露」になります。吸入する空気中の汚染物質濃度を「曝露濃度」ということもあります。

環境疫学が対象とする環境要因の特性である、個人が制御できないということは、裏を返せば、個人がその環境要因への曝露濃度を知ることが困難であるということになります。そのため、環境要因への曝露状況について調べるのが環境疫学では大きな課題となります。

病気の発生に関連する生活習慣は、調査対象者に尋ね

れば調べることができます。もちろん、この場合でも人の記憶に頼ることになりますので、100%正しいことにはなりません。

喫煙の例で言えば、喫煙している人がどのような汚染物質をどれぐらいの量を吸入しているかを正確に測ることは困難なので、喫煙本数がそれらの有効な代替指標となります。しかし、受動喫煙や間接喫煙による環境中タバコ煙への曝露については、「家族や職場などで喫煙する人と一緒に部屋にいますか」などの質問から間接的に探りますが、不確実性が大きいといえます。

また、大気汚染物質への曝露量を疫学調査の対象者に尋ねても普通は誰も答えられません。そこで環境疫学を実施する側が曝露量を評価しなければなりません。

環境疫学では環境汚染物質への曝露を直接モニタリングする方法やモデルを構築し、推計する方法など、さまざまな方法を検討しています(図2)。



因にたどりつきやすいのです。1952年に起こったロンドンスモッグ事件では、大気汚染の発生と引き続き生じた死亡数の増加との因果関係を疫学的な手法を用いて明らかにしようとしていました。ロンドンスモッグ事件は、数千人以上が死亡した、史上最悪規模の大気汚染です。この事件はその後の公害や環境問題の社会運動に大きな影響を与えました。また、これをきっかけとして、大気汚染の問題では、疫学がことさら重要視されるようになりました。

Q：それはなぜですか。

新田：大気汚染の問題では、人が大気汚染物質にどれくらい曝露したのかを測定したり、曝露する大気汚染物質をコントロールしたりすることは容易ではありません。たとえば、食べ物に有害物質がはいっていたと

したら、食べなければコントロールできますが、空気を吸わないわけにはいきませんよね。また、人がどれくらい大気汚染物質に曝露したかなんて、曝露した本人でさえわかりません。ですから、健康被害の原因を見つけることはとても困難です。でも、たとえ原因が分からなくても、地域や集団の中で健康に関する事象が明らかになれば健康影響が生じないように対策をたてられることもあります。また環境基準を定めるために必要なデータを集めることができます。環境疫学は、環境と健康をつなぐことのできる学問なのです。

Q：環境疫学の研究はどのように進めるのですか。

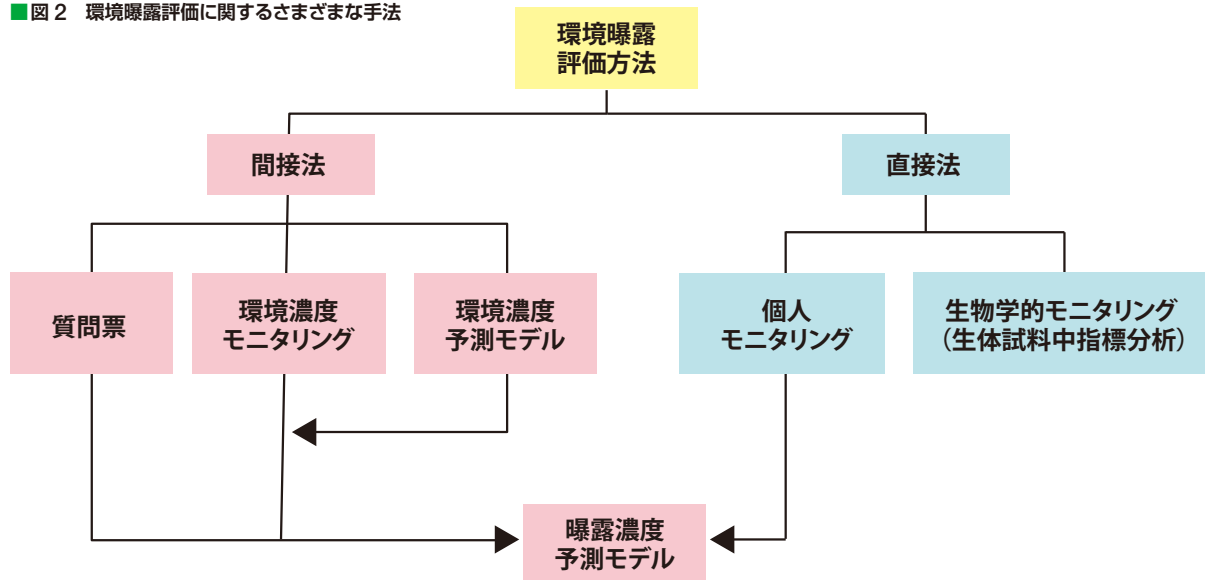
新田：集団を対象として、大気汚染物質などへの曝露、疾病それぞれの分布、状況を調べ、それらの関係を調べます。また、個人レベルで長期にわたり観察をすることもあります。

先ほども述べましたが、人がどれくらい大気汚染物質に曝露されたかという曝露評価は本当にむずかしいのです。そこで、環境中の化学物質のモニタリングやモデリングのデータを使って曝露評価を行っています。この精度を高めていくことが課題となっています。

Q：研究するのはどんなところが大変ですか。

新田：何より研究を計画から実現までこぎつけるところですね。疫学研究では、まず研究をどのようにデザインするかが大切です。次に、デザインした計画を実行することです。コホート研究は長期間にわたって多数の人々を対象としますので、一度始めたらなかなか計画の修正は困難ですし、予算の獲得、関係者との調整、調査対象者に対する調査説明や参加への同意をいただくことなど、研究開始までにはたくさんの高い

■ 図2 環境曝露評価に関するさまざまな手法



ハードルを越えなければなりません。多くの調査対象者に理解してもらわなければ計画は現実のものとなりません。最終的には、得られた多数の複雑なデータを処理するために高度な統計手法を必要とします。計画を誤ると調査しても何の因果関係もつかめませんし、何万人分ものデータが無駄になってしまいます。

疫学研究は多くの研究者が共同して実施することが必要です。若いころは、いろいろな研究に参加し、データの解析などを手伝いました。ひとりではできないことはたかが知れていますから、いろいろな分野の人と共同で行わなければなりません。コミュニケーションをうまくとることも大切です。自分で計画した疫学研究を実施できるようになったのは40代後半になってからです。

Q：人を対象にした研究はとても大変そうですが、苦勞する点は何ですか。

新田：たとえば、大気汚染の調査をするときには、環境のよいところや悪いところを含めていろいろな場所で行い、比較することが必要です。決して環境の悪いところだけを調査するわけではないのですが、大気汚染調査というだけで、「私たちの住んでいるところは環境の悪い場所なのか」と誤解されたり、あるいは「環境の悪い場所と世間に誤解されるから」といって調査を断られたりする場合があります。

Q：調査を円滑に進めるためにはどのような点を工夫されていますか。

新田：調査に協力してもらうためにまず大事なのは、きちんと説明することです。そこで、調査対象の人々に対して、丁寧に説明するようにしています。ときに



生体試料の検体整理作業（上）と保管（下）

は、世間話などでもして相手の心をほぐしながら、この調査で何がわかるのかをきちんと理解してもらうまで話します。

また、実際に調査を行うときは、調査対象者に迷惑がかからないようにプライバシー保護など多くのことに気をつけなければなりませんし、調査結果を発表するときも、調査が社会に与える影響をよく考えなければなりません。

子どもたちがすこやかに育つ環境とは

Q：今行っているエコチル調査はかなり大規模なものですか。

新田：はい、日本全国の多くの人に協力をお願いした

環境疫学を知ろう！

③コホート研究

コホートという言葉は元々、古代ローマの軍隊の数千人程度の兵員単位を表すもので、転じて、ある共通の性格を持つ集団の意味で使われています。疫学におけるコホート研究は、同じ地域に住んでいる、同じ職業を持っている、同じ年に生まれたなど、共通の特性を持つ集団を追跡して、その集団からどのような疾病が発生し、また健康状態が変化したかなどを観察して、各種要因との関連を明らかにしようとする研究です（図3）。

ある時期にある地域で生まれた子どもを対象としたコホート研究を「出生コホート研究」と呼ぶことがあり、エコチル調査もその一種といえます。

コホート研究の長所は、要因と健康状態の変化・帰結の関連性を検討する上でバイアスが入りにくいことや、複

数の健康状態の変化・帰結（病気の発生など）との関連性を評価できることなどが挙げられます。コホート研究の基本は前向き調査で、さまざまな要因を調査開始時に把握し、時間の流れに沿って、健康状態の変化などを追跡して調べることです。こうすると健康状態の変化や疾病が発生してから後ろ向きに遡って調べる際に生じやすい思い出しバイアスなどを防げるというメリットがあります。

一方、短所は、研究にかかる労力や費用が膨大であること、稀な健康事象の場合には研究実施が困難となる場合や、実施する場合にも非常に多くの対象者が必要なことです。

さらに、前向き調査は、長い調査期間が必要なために、結果が得られるまで10年以上もかかることは稀ではありません。ただ、長期大規模コホート研究によって、人々の健康に関わる要因が明らかとなり、生活習慣病をはじめとして、疾病予防に効果を上げている例はたくさんあります。



エコチル調査関係者の研修（上）、シンポジウム風景（下左）、コアセンター指定式風景（下右）

ところ、参加者数が10万人をこえました。

Q：それはすごいと大勢ですね。どんな調査なのですか。

新田：「エコチル」はエコロジーとチルドレンをくみあわせた造語で、正式には「子どもの健康と環境に関する全国調査」といいます。2011年にスタートした全国的な調査で、環境要因が子どもたちの成長や発達にもたらす影響を探ろうとしています。環境省が計画、立案し、国立環境研究所で運営を行っています。また、国立成育医療研究センターが医学面でサポートをしています。調査では、赤ちゃんがお母さんのおなかにいる時から13歳になるまで、定期的に健康状態を確認します。参加者には、血液や尿などの試料も採取させていただくとともに、定期的に質問票に回答してもら



います。

Q：コホート調査とはどんな意味ですか。

新田：疫学研究の手法の一つで、特定の地域や集団に属する人々を対象に、長期間にわたってその人々の健康状態と生活習慣や環境の状態などさまざまな要因との関係を調査する研究のことです。エコチル調査は、日本ではかつてないほどの大規模で長期間の調査です。生まれた時からある集団を調査していくので、このような調査を出生コホート調査と呼ぶこともあります（コラム③参照）。

Q：国立環境研究所や国立成育医療研究センターのほかにどんなところが研究に参加しているのですか。

新田：全国15の地域に拠点をおき、ユニットセンターとしてその地域の大学などが実際の調査を担当しています。ユニットセンターでは、参加者をリクルートし、さらに赤ちゃんが13歳になるまで追跡調査してもらいます。地方自治体や地域の医療機関にもサポートしてもらっています。

Q：研究の成果は出ているのですか。

新田：研究は始まったばかりですから、成果が出るのはこれからです。エコチル調査は2032年まで続きますが、徐々にいろいろなことが分かってくるでしょう。できるだけ早く成果を出したいと思っています。調査の結果がまとまったら、その結果を子どもの成長や健康に影響を与える原因となる物質の規制や対策に通じるものとしたいです。将来、エコチル調査が子どもがすこやかに育つ環境の実現に必ず役に立つと信じています。

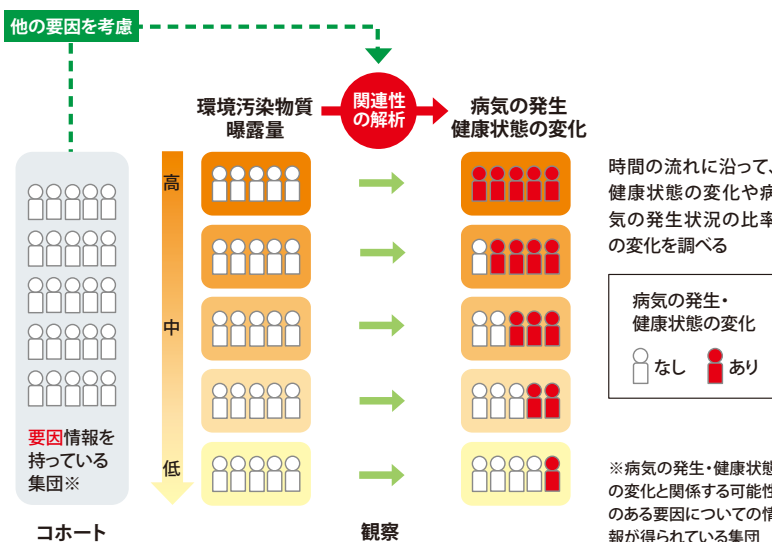
■図3 コホート研究のイメージ図 —環境汚染物質の健康影響に関する疫学研究の場合—

コホート研究とは

ある共通の性格（要因）を持つ集団を追跡、病気の発生や健康状態の変化などを観察して、さまざまな要因との関連を明らかにしようとする研究

コホートの例

- 同じ年齢の人々
- 同じ地域の人々
- 同じ職業の人々



PM2.5 等による 大気汚染の健康影響を調べる 国民の健康を守るために環境疫学が活躍する

環境疫学が活躍してきた分野のひとつに、大気汚染の健康影響に関する研究があります。近年、PM2.5 の健康影響に関する関心が高まっていますが、PM2.5 だけではなく、光化学オキシダントや窒素酸化物などさまざまな大気汚染物質があり、それらの健康影響については、人間集団における大気汚染物質への曝露量と疾患の発症や健康状態の変化などとの関係を疫学研究によって調べることで明らかにされてきました。

健康影響を調べる二つの研究方法

大気汚染物質の健康影響を調べるためには、疫学研究と実験研究という二つの研究方法があります。国立環境研究所ではディーゼル排ガスの吸入曝露実験など、大気汚染物質の健康影響に関する実験研究を行って大きな成果を挙げてきました。疫学研究についても、環境省などが計画した疫学研究の調査デザインの設計・実施・解析を担当するとともに、主体的な疫学研究も実施してきました。

PM2.5 環境基準設定の経緯

環境省は米国における PM2.5 環境基準設定などの状況を見て、日本での調査研究の必要性を判断して、1999 年度から 8 年間にわたる微小粒子状物質曝露影響調査を実施しました。この調査は曝露評価、毒理学、疫学の三分野からなっており、国立環境研究所のメンバーは各分野で活躍しました。その中の疫学では、調査立案やデータ解析にあたって、大学などの研究者と

ともに重要な役割を担いました。この調査は全国 20 地域で日死亡、特定地域での毎日の急病患者数、ぜん息児や小学生における呼吸機能と PM2.5 の日平均濃度の関連性解析などの短期的な大気汚染物質への曝露による影響に関する検討、全国 7 地域における小児とその保護者の呼吸器症状と PM2.5 への長期的な曝露との関連性に関する検討など、多岐にわたるものです。

PM2.5 の環境基準の設定にあたっては、まず世界中の疫学知見を収集してそれらを評価するとともに、環境省が実施した日本における疫学研究の結果をはじめとする国内の知見に関する評価を行いました。その結果、さまざまな不確実性はあるものの、総合的に評価すると、PM2.5 が人々の健康に一定の影響を与えていると判断して、環境基準設定が必要であるということになりました。そこで、まず具体的にどのような手順で環境基準値を決めるかという考え方を整理して、信頼できる疫学知見の選び方や環境基準値の目安を疫学的知見からどのようにして導くべきかなどが検討されました。この検討の中で、環境疫学に基づく判断が重要な役割を果たしたと考えています。

■ 図 4 短期曝露影響（死亡）に関する
疫学知見の取りまとめイメージ

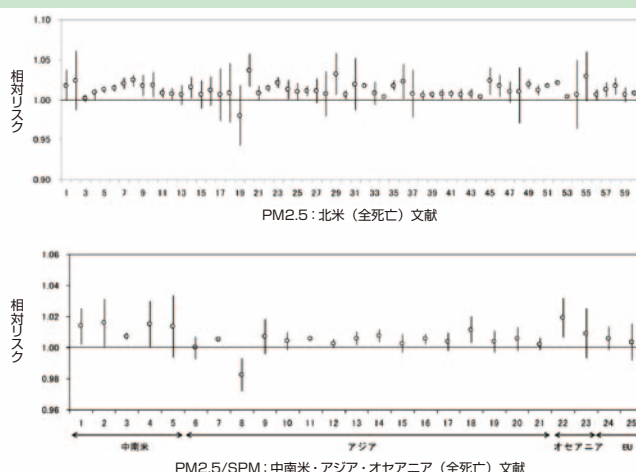
これまでの疫学研究から得られた PM2.5 濃度上昇と日死亡数との関連性に関する知見を整理した図です。

上の図は、北米地域を対象とした研究を、下の図は、中南米・オセアニア地域を対象とした疫学研究を整理したものです。

○は PM2.5（もしくは SPM）濃度の日平均値の $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 上昇に対する相対リスクを示し、バーはその 95%信頼区間を示します。横軸は各研究の番号を示します。

相対リスクが 1 を超えているということは、PM2.5（もしくは SPM）濃度の日平均値の上昇と日死亡数の増加の間に正の関連性の傾向があることを示します。

（中央環境審議会大気環境部会微小粒子状物質環境基準専門委員会報告（H21）引用）





PM2.5に関する疫学知見のとりまとめ

PM2.5の環境基準設定のさまざまな準備を経て、2008年に中央環境審議会大気環境部会微小粒子状物質環境基準専門委員会が設置され、具体的な検討がすすめられました。

大気汚染物質の健康影響には、曝露と健康影響が現れるまでの時間経過の長さから、短期曝露影響と長期曝露影響の二つがあります。前者は大気汚染物質に曝露されてから、数時間から数日の間に健康影響が現れるものを示します。後者は1年から数年にわたる曝露の後に健康影響が現れるものを示します。

PM2.5の短期曝露影響として取り上げられている指標には、死亡(全死亡、死因別死亡)、医療機関への入院・受診、循環器系機能・症状(不整脈、心拍変動など)、呼吸器系機能・症状などがあります。これらの指標とPM2.5の短期的な濃度変動との関連性を解析したたくさんの疫学研究が世界中で実施されて、その成果が蓄積されてきました。最も多くの疫学知見があるのは、地域の日平均PM2.5濃度とその地域の日死亡数との関連性を統計的に解析したものです。日死亡に関連する気温など、他の短期変動要因も解析の際に考慮されます。また、PM2.5に曝露された数日後に影響が現れる可能性もあるので、時間的な遅れについても検討されます。世界中の知見を整理したものの例が図4です。相対リスクが1を超えていることは、PM2.5濃度上昇と死亡増加との間に正の関連性の傾向があることになります。

疫学は基本的に観察研究であり、PM2.5濃度上昇と死亡増加とに関連する多くの要因を統計解析によって制御して、PM2.5に起因する変化をみているものです。そのため、個々の研究の不確実性は実験研究に

比べて大きいといえます。そのため、いろいろな集団における疫学研究の結果が一貫性を持っているかということを重視します。このように、たくさんの疫学研究の結果を並べて、総合的な評価を行います。

PM2.5の長期曝露影響を検討したコホート研究は実施上多くの困難があるために、短期曝露影響に関する疫学研究に比べて、その数は非常に少なくなっています。図5はそのとりまとめの例です。大気汚染物質の健康影響に関する疫学研究では、大気汚染の程度の異なる複数の地域において、調査を長期間実施して、死亡や疾患の発症などを調べます。このような疫学知見の評価では、曝露評価の精度や対象者の偏りなど、結論をゆがめる可能性のある注意点について、環境疫学の視点から詳しく検討し、環境基準の目標値として妥当なものを見いだす作業を行います。

今後の課題

PM2.5健康影響の中では、循環器疾患への影響が国際的に注目されてきました。しかし日本国内の知見では、PM2.5との関連が必ずしも明確ではありません。そのため、循環器疾患患者や循環器疾患に対するリスクの高い者も対象とした疫学研究や、微小粒子状物質の成分濃度の異なるさまざまな地域を対象とした成分組成の相違に着目した疫学研究を推進することが、環境基準を定めた中央環境審議会で今後の課題として示されました。

日本ではPM2.5の長期曝露影響に関する疫学研究は少なく、結果は必ずしも一貫していません。一方で、このような疫学研究を実施することは容易ではありません。コホート調査は10年以上の期間が必要であることは珍しくなく、結果を得るまでには多大な労力と参加者の協力が必要となります。

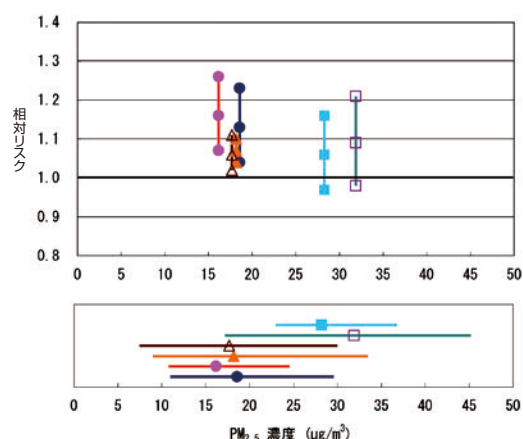
■ 図5 長期曝露影響(死亡)に関する疫学知見の取りまとめイメージ

長期間にわたる疫学研究から得られたPM2.5濃度上昇と死亡増加との関連性に対する知見を整理した図です。

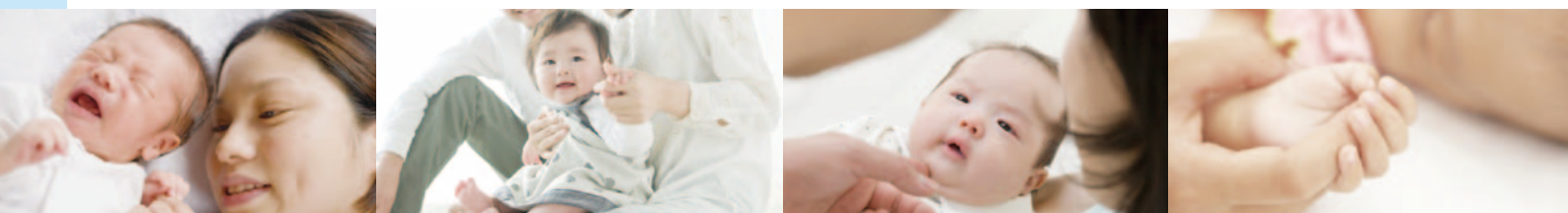
上の図は、研究対象地域のPM2.5濃度範囲の中央値(もしくは平均値)に対する相対リスク(PM2.5濃度10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 当たり)を示した図です。横軸は、各研究の対象地域のPM2.5濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)範囲の中央値(もしくは平均値)、縦軸は相対リスクを示しています。中央のシンボルは中央値(もしくは平均値)を、バーはその95%信頼区間を示しています。

下の図は、各研究の対象地域のPM2.5濃度範囲とその中央値(もしくは平均値)を示しています。シンボルは中央値(もしくは平均値)を、バーはその95%信頼区間を示しています。

(中央環境審議会大気環境部会微小粒子状物質環境基準専門委員会報告(H21)引用)



子どもの健康と環境に関する疫学研究の動向



環境汚染による健康被害の問題が生じた際に、胎児や小児が同じ環境にいた大人よりも深刻な被害を受けたと考えられるいくつかの事例があり、環境の変化に対する子どもの脆弱性への関心が世界的に高まっています。そこで、世界各国で、環境と子どもの健康との関連性を解明し、子どもの健康を守るための方策を見出して、予防・治療に役立てようとする疫学調査が開始されています。

世界では

1997年の子どもの環境保健に関する8カ国環境大臣会合では、子どもの環境保健は環境問題の最優先事項であり、子どもの健康と環境との関連性に関する研究を推進し、子どもに注目したリスク評価の実施や基準設定等にその結果を反映させることなどが示されました(マイアミ宣言)。

現在、計画中ないし進行中の調査研究の中で、世界で最も大規模なものは全米子ども調査(National Children's Study)です。2000年からパイロット調査の実施、調査計画立案、調査地域、調査実施機関の選定作業などの準備を進めており、2009年1月から本格調査が開始することになっていました。しかし残念ながら、現在は調査対象者の登録方法など計画の再検討を迫られています。

全米子ども調査は、当初の計画では、人々の生活と環境に関わる全ての要因と胎児・子どもの成長・健康・安全との関連性を明らかにしようとするものでした。これらの仮説には、子どもの健康・発達に対する家族の影響、地域コミュニティの影響、メディア(テレビ、インターネット、ゲームなど)の影響も含まれています。環境汚染物質の健康影響だけではなく、遺伝要因、社会経済要因、ライフスタイルなど、幅広く調査するもので、エコチル調査の設計に大きな影響を与えました。

欧州では1999年の「第3回環境と健康に関する大臣会合」において、欧州における小児の健康保護に関する環境政策の方針が定められました。2004年に開催された第4回大臣会合では、欧州の小児環境・健康アクションプランが採択され、関係各国が2007年までに自国の小児環境・健康アクションプランを策定することになりました。このような検討を踏まえて、デンマークやノルウェーでは国家プロジェクトとして、子どもの健康に関する疫学研究が実施されています。

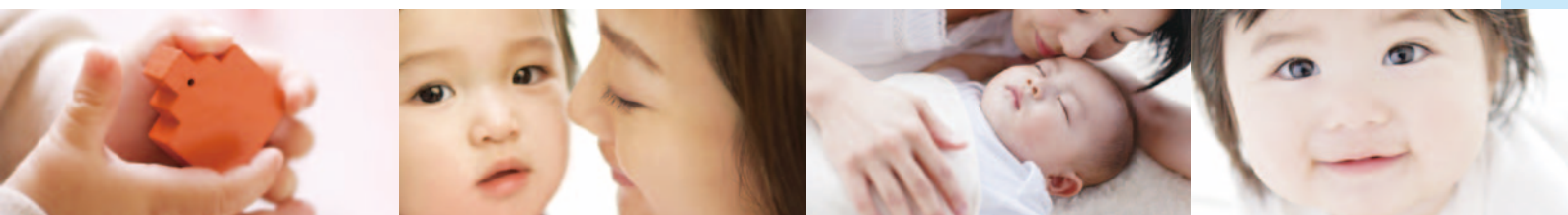
子どもの健康に影響を与えると疑われている環境汚染物質は多数ありますが、環境中の濃度は比較的低いものが大部分と考えられるため、健康影響を疫学研究で解明するには、大規模な調査が必要です。子どもの成長発達に及ぼす影響を評価するためには、実験研究による知見では限界があり、疫学研究によって成長発達に関する指標について、長期間、繰り返して調べることが必要です。

日本では

子どもの環境保健に関する今後の取組について、「小児の環境保健に関する懇談会」において、子どもの脆弱性、環境保健に関する課題を中心に議論が進められ、今後推進すべき施策の方向性について提言が取りまとめられました(「小児の環境保健に関する懇談会報告書」(2006年8月))。その中で、環境要因(化学物質の曝露、生活環境等)が子どもの成長・発達に与える影響を明らかにするために、「小児を取り巻く環境と健康との関連性に関する疫学調査」の推進を図るよう提言されました。

2008年3月には、環境中の化学物質の影響を検出できる大規模な新規出生コホート調査の立ち上げが提言されると(「小児環境保健疫学調査に関する検討会報告書」)、2008年4月に「小児環境保健疫学調査に関するワーキンググループ」が設置され、新たな疫学

環境省は 2011 年から、日本ではかつてないほどの規模の疫学調査を開始しました。それは、全国で 10 万人の妊婦に調査に参加していただき、子どもが生まれてから 13 歳に達するまでの間、健康と環境との関連性を調べるという大規模で長期間にわたる壮大な疫学調査です。国立環境研究所はその調査実施の管理運営のまとめ役をするようになりました。



調査の基本設計について検討が進められました。その結果、2011 年から疫学調査が開始されることになり、「子どもの健康と環境に関する全国調査」と名付けられ、「エコチル調査」という愛称で呼ばれています。

国立環境研究所では

国立環境研究所は、エコチル調査全体を統括する役割を担うことになりました。2010 年 4 月に、そのためにコアセンターを設置しました。また、国立成育医療研究センターに、臨床医学面からコアセンターを支援するメディカルサポートセンターが設置されました。全国各地で調査を担当する大学等の 15 の研究機関を公募により決定し、各地域のリクルートおよび追跡調査を担当するこれらの研究機関をユニットセンターと呼んでいます。

調査対象者から採取された血液・尿などの生体試料

は、検査会社が全国の協力医療機関から回収し、生化学検査を実施します。また、いくつかの保存容器に分注し、化学物質等測定用試料と長期保存用に分けて、それぞれ異なる施設で保管されています。国立環境研究所では環境試料タイムカプセル棟の一部に液化窒素タンクを置いて、長期の保存をしています（図 6・左上）。これらの生体試料中の化学物質等の測定は、リクルート期間終了後に、順次実施される予定です。

調査対象者の ID 発行、同意書及び個人情報の登録、生体試料の検査結果の管理、同意書・質問票・診察記録票等の入力・管理、調査進行状況の管理、謝礼の管理等を行うためのデータ管理システムを構築して、収集されたデータはデータセンターで一元的に管理されています。コアセンター及び各ユニットセンターでは生体認証によってログインができる専用端末からデータセンターにあるサーバーにアクセスすることにより、個人情報の管理をしっかりと行いながら、日常のデータ管理を行っています（図 6・左下）。



■ 図 6

左上：生体試料の保管

左下：データ管理システムの操作端末

右上：全国のユニットセンターとの定例 Web 会議風景

右下：エコチル調査コアセンターのメンバー

国立環境研究所における 「大気汚染疫学研究」のあゆみ

国立環境研究所では、人々の健康と環境との関連性を解明するために、疫学研究を行ってきました。ここでは、大気汚染に関わる疫学研究のあゆみを紹介します。紹介する研究の中には、研究所のメンバーが環境省や東京都などが実施した調査研究に参加したものも含まれています。大気環境行政のあゆみもあわせて紹介します。

大気環境行政のあゆみ	国立環境研究所の研究課題 (研究期間)	環境省・東京都等の主な調査研究 (研究期間)
(1978) 二酸化窒素の環境基準改定		(1978～1984) 複合大気汚染に係る健康影響調査：東京都
1980	(1979～1981) 環境中の有害物質による人の慢性影響に関する基礎的研究	(1980～1984) 大気汚染健康影響調査：環境庁
(1987) 公害健康被害補償法の大気汚染に係る指定地域の解除	(1985～1987) 複合大気汚染が及ぼす呼吸器系健康影響に関する総合的研究	(1987～1989) 大気汚染保健対策に係る健康影響調査：東京都
1990	(1988～1991) 大都市圏における環境ストレスと健康に係わる環境保健モニタリング手法の開発に関する研究	(1987～1995) 大気汚染保健対策健康監視モニタリング事業：東京都
	(1992～1995) 都市型環境騒音・大気汚染による環境ストレスと健康影響に関する環境保健研究	(1992～1995) 窒素酸化物等健康影響継続観察調査：環境庁
2000	(1994～1998) 地域住民の健康に関する1次情報収集のための調査研究の試み	
	(2001～2005) 大気中微小粒子状物質（PM2.5）・ディーゼル排気粒子（DEP）等の大気中粒子状物質の動態解明と影響評価プロジェクト	(2001～2006) 微小粒子状物質曝露影響調査：環境省
2010	PM2.5 環境基準設定（2009）	(2005～2011) 局地的な大気汚染の健康影響に関する疫学調査—そらプロジェクト—：環境省
	(2012～2014) 越境大気汚染に含まれる粒子成分が循環器疾患発症に及ぼす影響：文部科学省科学研究費助成金	(2011～) 微小粒子状物質等大気汚染物質に係る疫学調査：環境省

本号で紹介した研究は、以下の機関、スタッフにより実施されました（所属は当時、敬称略、順不同）。

<研究担当者>

国立環境研究所：安達史朗（故人）、小野雅司、新田裕史、田村憲治、兜真徳（故人）、黒河佳香、影山隆之、今井秀樹、山崎新、豊柴博義、村上義孝、上田佳代、竹内文乃、道川武紘

横浜国立大学：中井里史

宮崎医科大学：常俊義三（故人）

京都大学：大森崇

滋賀医科大学：上島弘嗣

群馬大学：林邦彦

九州大学：北園孝成、鴨打正浩

● 過 去 の 環 境 儀 か ら ●

これまでの環境儀から、大気汚染や環境疫学に関するものを紹介します。

NO.33 越境大気汚染の日本への影響

国内の大気汚染物質の発生源対策が進み、窒素酸化物（NO_x）と揮発性有機化合物（VOC）は減少しているのに、光化学オキシダント（O₃）は増加しています。なぜ原因物質が減少しているのに光化学 O₃ が増加しているのか。なぜ発生源が近くにない地域でも光化学 O₃ が上昇し、汚染が広がっているのか。本号では、これらの原因の一つとして考えられるアジア大陸からの越境汚染の影響を紹介しています。

NO.32 熱中症の原因を探る

地球温暖化やヒートアイランド現象に伴う健康影響として熱中症の増加が心配されています。研究所では、温暖化と熱中症の関連性を研究するため、東京都と 17 政令指定都市の消防局の協力を得て、熱中症患者情報を収集し分析しています。本号では、熱中症患者情報の分析結果から得られた熱中症の実態と熱中症リスクを避けるための対応策について紹介しています。

NO.22 微小粒子の健康影響

研究所では、1990 年代からディーゼル排気に関する研究を始め、2001 年度からは大気中微小粒子状物質（PM_{2.5}）・ディーゼル排気粒子（DEP）等の大気中粒子状物質の動態解明と影響評価の研究を行っています。本号では、DEP などの微小粒子のアレルギーや免疫機構に及ぼす影響や循環機能に関する研究の成果を紹介しています。

NO.21 中国の都市大気汚染と健康影響

研究所では、経済発展著しい中国において、日中共同の大気汚染調査研究を行い、環境問題の解決に取り組んでいます。日中の共同研究プロジェクトチームは、中国一般家庭における室内外の空気を採取・分析し、大気汚染の状況を明らかにするとともに、近隣小学校の協力を得て小学生への健康影響調査を実施しました。本号では、このような共同研究の成果をもとに、中国都市部における大気汚染と健康影響の実態を紹介しています。

NO.5 VOC ―揮発性有機化合物による都市大気汚染

光化学大気汚染の主要原因物質でもある揮発性有機化合物（VOC）への関心が高まっています。本号では、研究所が取り組んできた、都市域における VOC の動態解明と大気質に及ぼす影響評価に関する研究の中から、VOC の発生源と自動車の寄与およびトンネル調査の結果を中心に紹介しています。

環 境 儀 No.54

—国立環境研究所の研究情報誌—

2014 年 9 月 30 日発行

編 集 国立環境研究所編集委員会

（担当 WG: 小林弥生、新田裕史、田中嘉成、亀山康子、近藤美則、滝村 朗）

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 16-2

問合せ先 国立環境研究所情報企画室 pub@nies.go.jp

編集協力 有限会社サイテック・コミュニケーションズ

無断転載を禁じます

リサイクル適性の表示：紙へリサイクル可

本冊子は、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したがい、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。

「環境儀」既刊の紹介

No.8 2003 年 4 月	黄砂研究最前線—科学的観測手法で黄砂の流れを遡る	No.31 2009 年 1 月	有害廃棄物の処理—アスベスト、PCB 処理の一翼を担う分析研究
No.9 2003 年 7 月	湖沼のエコシステム—持続可能な利用と保全をめざして	No.32 2009 年 4 月	熱中症の原因を探る—救急搬送データから見るその実態と将来予測
No.10 2003 年 10 月	オゾン層変動の機構解明—宇宙から探る 地球の大気を探る	No.33 2009 年 7 月	越境大気汚染の日本への影響—光化学オキシダント増加の謎
No.11 2004 年 1 月	持続可能な交通への道—環境負荷の少ない乗り物の普及をめざして	No.34 2010 年 3 月	セイリング型洋上風力発電システム構想—海を旅するウィンドファーム
No.12 2004 年 4 月	東アジアの広域大気汚染—国境を越える酸性雨	No.35 2010 年 1 月	環境負荷を低減する産業・生活排水の処理システム—低濃度有機性排水処理の「省」「創」エネ化～
No.13 2004 年 7 月	難分解性溶存有機物—湖沼環境研究の新展開	No.36 2010 年 4 月	日本低炭素社会シナリオ研究—2050 年温室効果ガス 70%削減への道筋
No.14 2004 年 10 月	マテリアルフロー分析—モノの流れから循環型社会・経済を考える	No.37 2010 年 7 月	科学の目で見える生物多様性—空の目とミクロの目
No.15 2005 年 1 月	干潟の生態系—その機能評価と類型化	No.38 2010 年 10 月	バイオアッセイによって環境をはかる—持続可能な生態系を目指して
No.16 2005 年 4 月	長江流域で検証する「流域圏環境管理」のあり方	No.39 2011 年 1 月	「シリカ欠損仮説」と海域生態系の変質—フェリーを利用してそれらの因果関係を探る
No.17 2005 年 7 月	有機スズと生殖異常—海産巻貝に及ぼす内分泌かく乱化学物質の影響	No.40 2011 年 3 月	VOC と地球環境—大気中揮発性有機化合物の実態解明を目指して
No.18 2005 年 10 月	外来生物による生物多様性への影響を探る	No.41 2011 年 7 月	宇宙から地球の息吹を探る—炭素循環の解明を目指して
No.19 2006 年 1 月	最先端の気候モデルで予測する「地球温暖化」	No.42 2011 年 10 月	環境研究 for Asia/in Asia/with Asia—持続可能なアジアに向けて
No.20 2006 年 4 月	地球環境保全に向けた国際合意をめざして—温暖化対策における社会科学的アプローチ	No.43 2012 年 1 月	藻類の系統保存—微細藻類と絶滅が危惧される藻類
No.21 2006 年 7 月	中国の都市大気汚染と健康影響	No.44 2012 年 4 月	試験管内生命で環境汚染を視る—環境毒性の <i>in vitro</i> バイオアッセイ
No.22 2006 年 10 月	微小粒子の健康影響—アレルギーと循環機能	No.45 2012 年 7 月	干潟の生き物のはたらきを探る—浅海域の環境変動が生物に及ぼす影響
No.23 2007 年 1 月	地球規模の海洋汚染—観測と実態	No.46 2012 年 10 月	ナノ粒子・ナノマテリアルの生体への影響—分子サイズにまで小さくなった超微小粒子と生体との反応
No.24 2007 年 4 月	21 世紀の廃棄物最終処分場—高規格最終処分システムの研究	No.47 2013 年 1 月	化学物質の形から毒性を予測する—計算化学によるアプローチ
No.25 2007 年 7 月	環境知覚研究の勧め—好ましい環境をめざして	No.48 2013 年 4 月	環境スペシメンバンキング—環境の今を封じ込め未来に伝えるバトンリレー
No.26 2007 年 10 月	成層圏オゾン層の行方—3 次元化学モデルで見るオゾン層回復予測	No.49 2013 年 7 月	東日本大震災—環境研究者はいかに取り組むか
No.27 2008 年 1 月	アレルギー性疾患への環境化学物質の影響	No.50 2013 年 10 月	環境多媒体モデル—大気・水・土壌をめぐる有害化学物質の可視化
No.28 2008 年 4 月	森の息づかいを測る—森林生態系の CO ₂ フラックス観測研究	No.51 2014 年 1 月	旅客機を使って大気を測る—国際線で世界をカバー
No.29 2008 年 7 月	ライダーネットワークの展開—東アジア地域のエアロゾルの挙動解明を目指して	No.52 2014 年 4 月	アオコの有毒物質を探る—構造解析と分析法の開発
No.30 2008 年 10 月	河川生態系への人為的影響に関する評価—よりよい流域環境を未来に残す	No.53 2014 年 6 月	サンゴ礁の過去・現在・未来—環境変化との関わりから保全へ

●環境儀のバックナンバーは、国立環境研究所のホームページでご覧になれます。
<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/index.html>

「環境儀」



地球儀が地球上の自分の位置を知るための道具であるように、『環境儀』という命名には、われわれを取り巻く多様な環境問題の中で、われわれは今どこに位置するのか、どこに向かおうとしているのか、それを明確に指し示すべしという意図が込められています。『環境儀』に正確な地図・行路を書き込んでいくことが、環境研究に携わる者の任務であると考えています。

2001 年 7 月 合志 陽一
 (環境儀第 1 号「発刊に当たって」より抜粋)



このロゴマークは国立環境研究所の英語文字 N.I.E.S で構成されています。N= 波(大気と水)、I= 木(生命)、E= S で構成される O で地球(世界)を表現しています。ロゴマーク全体が風を切ったように左側に進むような動きは、研究所の躍動性・進歩・向上・発展を表現しています。