



環境儀

NO. 21

JULY 2006

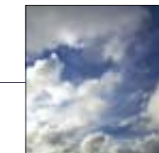
国立環境研究所の研究情報誌

中国の都市大気汚染と健康影響

独立行政法人

国立環境研究所

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



経済発展著しい中国。
日本の研究知見を活かした
日中共同の大気汚染調査研究によって、
環境問題の解決に取り組んでいます。



2006年3月に開催された中国の全国人民代表大会（全人代）は、2006年から2010年までの第11次5カ年計画において7.5%の経済成長目標を掲げました。中国はこの計画において1兆3,000億元（約18兆5,000億円）の環境保護投資を打ち出し、重点都市の汚染対策などの積極的な環境施策を推進しようとしています。

国立環境研究所は、中国医科大学の孫貴範教授らを客員研究員に迎えて『中国における都市大気汚染による健康影響と予防対策に関する国際共同研究』を実施しました。今回、調査対象とした中国東北地方の瀋陽市、撫順市、鉄嶺市の3都市では、暖房のための石炭燃焼による微粒子粉じんの汚染や近年急増してきた自動車の排気ガス、工場から排出されるばい煙などによる健康影響が問題視されています。

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。

本号ではそうした共同研究の成果をもとに、国立環境研究所で分析された中国都市部における大気汚染と健康影響の実態をお伝えします。

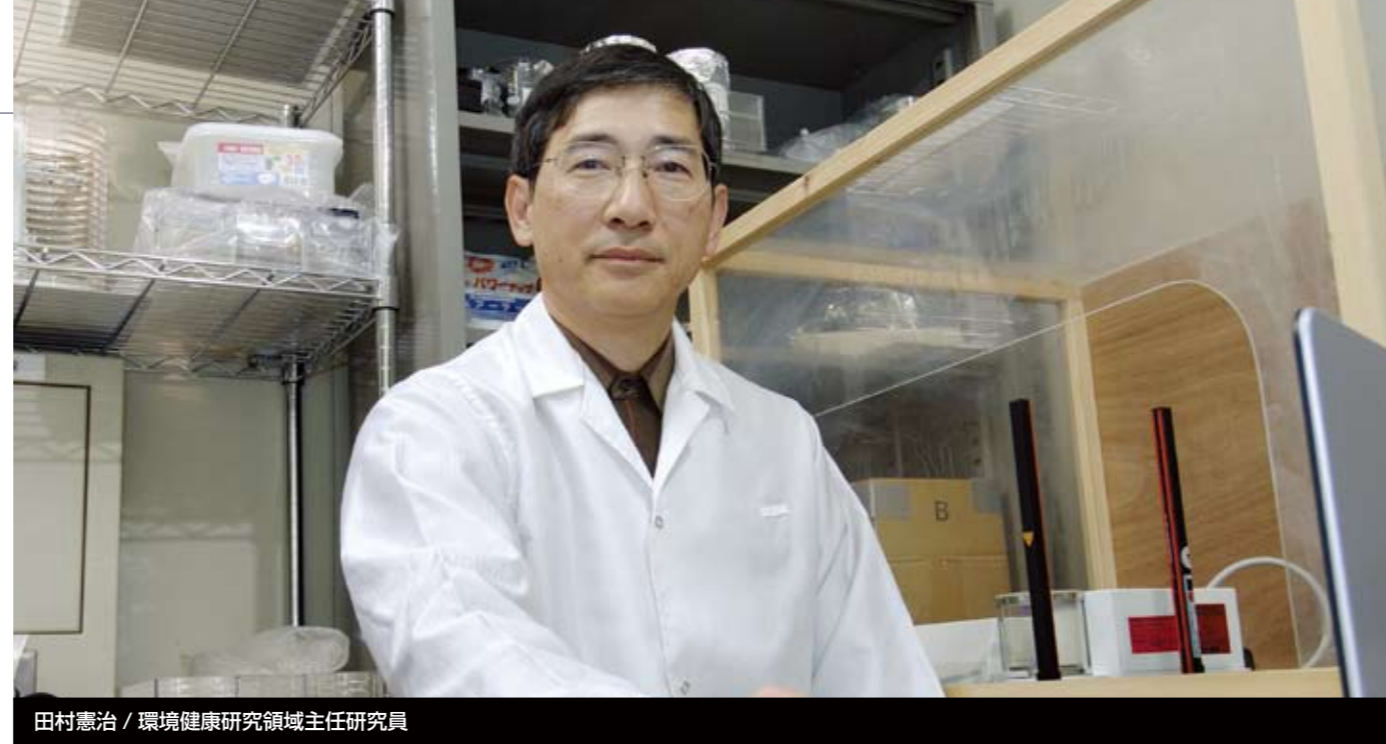
C O N T E N T S

中国の都市大気汚染と健康影響の調査

- Interview
研究者に聞く!! P4 ~ P9
- Summary
中国における都市大気汚染による健康影響と予防対策に関する国際共同研究プロジェクトの概要 P10 ~ P11
- 研究をめぐって
大気汚染の健康影響研究 P12 ~ P13
- 国立環境研究所における「大気汚染の健康影響」に関する研究の歩み P14

●本研究に関連する成果は、国立環境研究所のHPでご覧になれます。
<http://www.nies.go.jp/kanko/tokubetu/sr64/sr64.pdf>
●表紙写真：瀋陽市の朝の風景

中国はグローバル経済に多大な影響を持つような目覚ましい経済発展を遂げてきましたが、今、資源や環境保全にも考慮した発展を目指す「環境経済」システムの構築に取り組んでいます。『中国における都市大気汚染による健康影響と予防対策に関する国際共同研究』を推進した田村さんに、中国における大気汚染の状況や健康被害について、お聞きしました。



田村憲治 / 環境健康研究領域主任研究員

児童の肺機能への影響はどうなっているか 今なお深刻な中国の石炭燃料による大気汚染

1: 集中暖房が行われている地域を調査対象に

Q: まず最初に田村さんが環境の健康影響の研究に入られたきっかけをお聞かせください。

田村: そもそも人の健康に寄与できる仕事をしたいという思いがありました。また学生時代、実験は苦手だったけれど外に出てデータを集めるのが好きでしたので、工場の健康管理とか農作業に伴う皮膚アレルギーをテーマに、フィールド調査をしていました。それでこの研究を開始したわけですが、国立環境研究所に入所してもう20年以上経ってしまいました。これまでは農業による健康被害や沿道の大気汚染影響など、ずっとフィールド調査研究をしてきました。その途中で、3年半ほど熊本県の水俣市にある国立水俣病

総合研究センターに籍を置きましたが、そこでも患者さんや様々な立場の関係者の方々から聞き取り調査をずいぶん行いました。海外での調査ということでは、この研究の前に中国でのフッ素汚染調査と、タイのバンコクの大気汚染をテーマに、交通警察官の個人曝露調査の経験があります。

Q: この研究を始められた理由はなんですか。

田村: 国立環境研究所では国際共同研究を推進しており、中国でも様々なテーマで現在も研究が続けられています。私が以前に参加したフッ素中毒の共同研究は、高濃度のフッ素を含む石炭を室内で燃やしている四川省や貴州省の農山村がフィールドでした。中国には大気汚染が著しくて衛星写真に撮れない都市があるなど、都市の大気汚染レベルはひどいと聞いていましたので、研究者としてはその健康影響にはずっと関

心を持っていました。

それでこの研究を開始したわけですが、フッ素汚染調査の時とはフィールドも方法も全く違いますので、中国側の共同研究代表者も急いで探すことになりました。さいわい、筑波大学に留学のご経験があり、国立環境研究所での研究経験もある中国医科大学の孫貴範先生が瀋陽にいらしたので、その先生にお願いすることにしました。

Q: 一口に「中国の大気汚染」といっても、広大な国土で、地域によっても違いが大きいと思いますが、今回のテーマはどのような観点で取り組まれたのですか。

田村: 中国の都市の大気汚染といった場合、エリアによって経済発展の状況がかなり異なり、また沿海部と内陸部でも社会基盤の整備の状況が異なっています。近年は自動車排気ガスの影響も関心が出ていますが、同様に現在でも、国民生活に密着な冬場の集中暖房のボイラーから排出される粉じんが、問題になっています。この粉じんによる大気汚染を主な研究テーマにし、とくに大気中の微小粒子が都市生活者や子供の

健康にどのような影響を与えているのかを調査研究しました。冬場の寒気が厳しい中国の東北地方では、1年のうち5カ月ぐらいは暖房を使用する生活を強いられていますので、生活者の健康に与える影響も少なからずあるのではないかと考えました。

Q: 調査研究の対象地域はどのように選定されていたのですか。

田村: 中国の東北地方といっても広い面積がありますので、冬場に集中暖房を使用する瀋陽市、撫順市、鉄嶺市の3都市内に大気汚染の高濃度地域、中濃度地域、低濃度地域と想定される3地域を選定し、1年間に4期ほど粒子の大きさを分けた大気粉じん(PM₁₀、PM_{2.5}など。6～7ページの下欄参照)のサンプリングを1都市ずつ4年間実施しました。瀋陽市はかつての重工業都市ですが、現在は商業都市に生まれ変わっています。鉄嶺市はごく一般的な都市として選定しました。また、撫順市は広大な露天掘り炭坑で有名で、対象とした望花区には石油化学の工場などもあり、工場ばい煙による影響も考えられる都市として選定したものです。

Q: 中国の都市における集中暖房ってどんな様子なのですか。

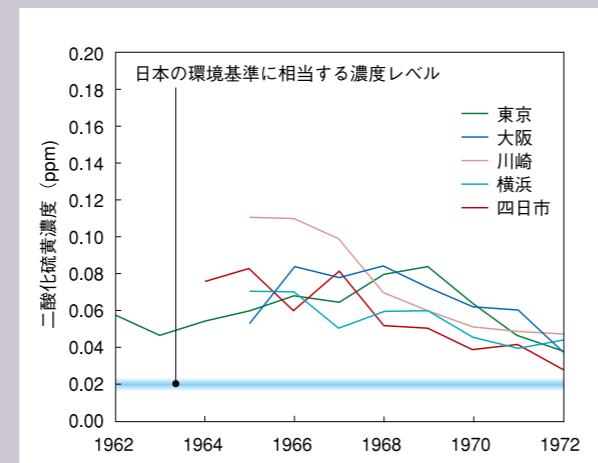
田村: 今回調査対象になった瀋陽市などは東北地方のなかでは南に位置しているのですが、それでも冬場の最低気温はマイナス25℃、最高気温でもマイナス10℃を下回る気象条件になります。一般の住宅では基本的に電気エネルギーの暖房はありませんから、石炭を使う集中暖房のボイラーが唯一の暖房手段ということになります。

ラフなイメージを持っていただくとしたら、6階から9階建ての大規模な団地群のなかに大きな煙突のボ

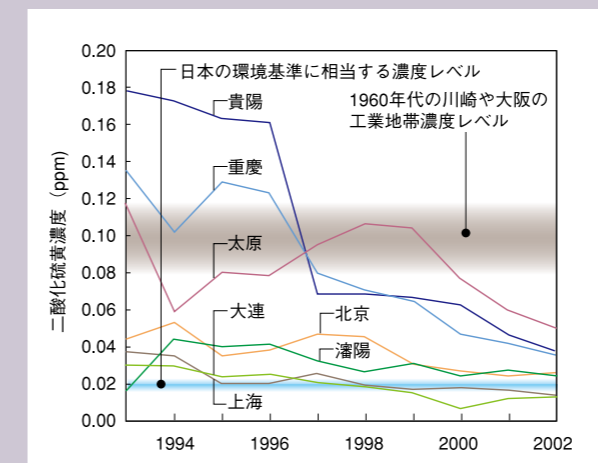
日本の大気汚染と中国 現代中国の大気汚染は60年代の日本に匹敵

日本の大気汚染は、戦後の急速な工業化が進められた1960年代が全国的なピークでした。大都市の上空はスモッグで覆われ、四日市の工業地帯など重化学コンビナートではばい煙や排ガスを避けるために、子供たちはマスクをして登校しました。現在、日本の二酸化硫黄の環境基準は日平均濃度で0.04ppm(年平均濃度で約0.02ppmに相当するとされる)と決められていますが、60年代の四日市や川崎市では最高で約0.08～0.12ppmに達し、当時の大気汚染が基準を大きく超えていたことがわかります。

日本の大気汚染は1970年代に入ってから、工場における脱硫装置の導入などが急速に進んだ結果、大幅に改善されていきましたが、その後、自動車の排気ガスなどを主



日本の大都市における大気汚染 (1970年前後の二酸化硫黄濃度)



中国の大都市における大気汚染 (最近10年間の二酸化硫黄濃度)

因とする窒素酸化物や粒子状物質による汚染が全国的に増え続け、今なお解決されない大きな問題となっています。

一方、中国で発表されている大都市における二酸化硫黄の年平均濃度を日本の基準と比較すると、ほとんどの都市が基準を上回り、とくに太原をはじめいくつかの都市では日本の工業都市の大気汚染が激しかった時代に匹敵する濃度であることが示されています。

また中国では、フッ素含有量が多い石炭を使っている地方が広く分布しています。こうした地域の農山村では、暖房や炊事などで使用する石炭のばいじんが室内で乾燥させているトウモロコシやトウガラシに付着し、これを食べることでフッ素が体内に吸入され、歯牙フッ素症や皮膚ガンのような健康被害を起していました。現在の中国における大気汚染は、工場のばい煙、石炭による都市暖房、自動車排気ガスなどの原因により、二酸化硫黄や二酸化窒素、粒子状物質などの問題が深刻化しているのです。

イラーが設置されていて、石炭をエネルギー源とする集中暖房が行われています。これによって、熱湯か蒸気を団地の各戸に供給して冬場の暖をとるのが、ごく一般的な中国の都市における暖房風景です。暖房に使う石炭には硫黄が多く、独特の臭いが漂っているような状況です。

Q: 日本の温泉街のような感じですか?

田村: 残念ながらずいぶん違います (笑)。

2: 室内、室外を問わず高濃度だった粉じん

Q: 具体的な調査方法を教えてください。

田村: まず室内外の粉じん濃度や個人曝露調査に関しては、瀋陽の中国医科大学の公共衛生学院と、日本の保健所に相当する疾病予防控制中心 (CDC) という機関の協力を得て、各都市で調査対象地域とした3地域でそれぞれ住民10人=10戸を選定しました。室内でタバコを吸う人がいると大気汚染どころの粉塵濃度ではなくてしまいますので、本人と同居家族に喫煙者がいないことが条件です。大気中の浮遊粒子は粒径によって有害となる成分が異なりますし、呼吸器への沈着部位や影響も異なります。

そこで、特注した粒径別捕集器を日本から持ち込み、各戸ごとに3台ずつ配置しました。室内の測定では寝室や居間などに測定器を設置し、屋外はベランダなどに測定器を置いて空気の吸引口を外に出します。3台目は、住民が実際に吸っている空気から出来るだけ近い空気を採取するために、携帯用のケースに入れました。この調査を個人曝露調査といいますが、外出時なども常に携行してもらって、粉じんの粒子を捕集してい



テレビ塔から見た降雪後の瀋陽市街地。遠方にうっすら大気汚染の層が確認できる (2006年2月撮影)。

たのです (8ページ写真1~5)。

調査は暖房期と非暖房期にそれぞれの家について7日間ずつ行いました。フィルターは基本的に24時間ごとに交換しなければなりませんので、毎日午前中にCDCのスタッフが、調査協力してくれた住戸を訪問して、フィルターを交換しました。フィルターは、捕集の前後に室温と湿度を一定に管理している天秤室に24時間以上放置し、秤量には最小表示単位が0.1μgの電子天秤を使用しました。このような計測施設は瀋陽にはありませんので、捕集したフィルターの計測や分析はすべて国立環境研究所で行いました。

Q: 捕集器はどのような機器なのですか?

田村: 小さな吸引ポンプの先に捕集ろ紙を入れたホルダーを付けたものですが、ポンプの音を小さくするために工具箱のようなケースに入れて使いました。重量は全部あわせて1.5kgぐらいでしょうか。室内と屋外の機器は家庭用電源で稼働させて、個人曝露用は家の中でもしょっちゅう移動させますので電池で稼働させます。個人で携帯する場合はケースごとでは重くなるので、捕集器だけ携帯ということを考えました

が、初回の瀋陽において騒音が原因で個人曝露調査を拒否されてしまったため、ウエストポーチのなかにウレタンフォームを詰めてポンプの音を小さくするようにしました。

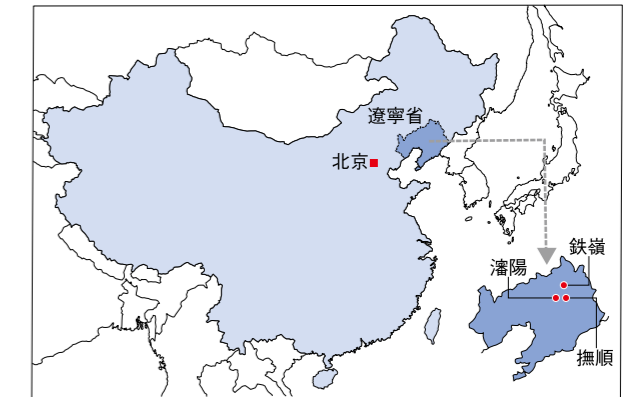
Q: 調査は順調に進行したのですか?

田村: 中国側の研究パートナーの協力で、おおむね順調に進行しましたが、ひとつだけ想定外の出来事が起こりました。中国はあまり電気事情がよくないと聞いていましたが、停電が頻繁にあったのです。捕集器には一応非常用の電池がセットされているので停電時にはすぐに電池に切り替わるのですが、電池寿命はわずか12時間、途中で運転が停止してしまうケースが続出して困ったこともありました。

Q: 捕集したフィルターの分析結果は、どのようなものだったのですか?

田村: 3都市の調査結果を見るかぎりでは、いずれの都市においても暖房期の屋外濃度は非常に高濃度になっていることが判明しました。現在、中国の環境保護総局が公表している高濃度大気汚染の実態が、このような石炭燃焼のボイラーに頼る都市住民の住宅内

調査対象の3都市



の環境でも実際に起きているんだということがわかりました。非常に厳しい寒さですから家の窓は閉め切っているのですが、それなのに屋外と室内の濃度にそれほど顕著な差がないのは意外でしたね。

Q: どうしてだとお考えですか?

田村: 外気は、窓を閉めていても小さな隙間があれば入ってきます。微細な粒子は長い時間たどっているためこのような結果になったのではないのでしょうか。

Q: このような高濃度の粉じんによる大気汚染は、実際、健康にどのような影響を与えているのでしょうか?

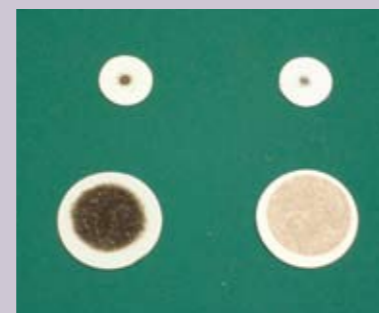
田村: 大気汚染による健康影響としては、喘息 (ぜんそく) や気管支炎がまずあげられます。四日市や川崎などの工場地帯でたいへん問題になりました。近年、肺ガンの死亡率が世界の主要国で増加傾向にありますが、その理由として喫煙とともに、粉じんによる大気汚染も重要な要因として考えられています。

Q: 中国の都市住民にも粉じんによる肺ガンの増加が心配されるわけですね。

粉じんの捕集法と濃度の計り方 粉じんは大きさで分離してフィルターを計量

粉じんは、大きさによってその成り立ちが違い、空気中での滞留時間も異なります。非常に小さな粒子は大気中に漂っている時間が長く、肺の奥まで入って付着し、有害性も高くなるため、大気粉じんを粒子の大きさに分けて捕集し、分析することが重要です。粒子は、実際には多様な形をしていますので、空気中での動きの特性による大きさ (空気動力学径) で表されます。日本ではその直径が10μm (0.01mm) 以上のものを完全に除いたものをとくに浮遊粒子状物質 (SPM) といい、環境基準が定められています。

浮遊粉じんの測定にはポンプなどで大気を吸引し、遠心力や慣性衝突 (空気の流れの方向を急に変わると、小さな粒子は気流と一緒に曲がっていくが、大きな粒子は曲が



個人曝露調査用の粉じん捕集フィルター。上が2.5μm以上10μm未満、下が2.5μm未満の捕集粒子。捕集量の違いは捕集面の濃淡でも区別がつかず。

りきれずにまっすぐ進んで壁に衝突する) の原理を利用してフィルターに一定以上の大きさの粒子を捕集し、計量して濃度を求める方法が多く用いられています。PM₁₀ やPM_{2.5} も、同様に10μm以上や2.5μm以上の粒子を除いた粒子のことをいいますが、10μmや2.5μmの



精密電子天秤による重量測定 (静電気除去装置を通してガラス風防のある秤量台に乗せる)

粒子を除く効率は50%とされています。この決め方をSPMにあてはめると、SPMはPM₁₀とPM_{2.5}の中間 (およそPM₇に相当) ということになります。

対象都市に設置した捕集装置は、ローボリュームエアサンプラー・アンダーセンタイプといい、これも慣性衝突の原理を使って8段階に分けてフィルター (衝突板) 上に粉じんを大きい粒子から捕集し、一番小さな粒子はろ過捕集する仕組みになっています。また、個人曝露用の捕集器も構造は簡単ですが、衝突板で10μm以上の粉塵を除き、次に2.5μm以上 (10μm未満) の粒子と2.5μm未満の粒子 (PM_{2.5}) に分けて捕集しました。

捕集した粉じん濃度を求めるためには、あらかじめ温度と湿度を一定に保った天秤室でフィルター重量を測っておき、捕集後にも全く同じ条件に1日以上置いてから計量してその差を出して計算します。1枚のフィルターで捕集される粉塵は、少ないもので10μg程度と非常に微量なため、μg単位で正確に計量する必要があります。安定した計量値が得られるまでくりかえし測定し、平均値で捕集量を求めます。

田村: 大気中には数万種類の化合物が存在しますが、そのなかには主に石炭や石油などの化石燃料の燃焼や有機物の熱分解などによって生じ、発ガン性物質と認められているものがいくつもあります。粉じんにはこのような物質が含まれていることが多いのです。

Q: 各戸別調査の他にはどのような調査が行われたのでしょうか。

田村: 大気汚染が児童の健康に与える影響を調べるために、同じ3都市の高濃度地域にある小学校、中濃度地域にある小学校、低濃度地域にある小学校の3校の協力を得て、同一児童を対象に冬の暖房期を含めて年間4回の肺機能検査を実施しました。対象生徒は7歳から13歳の男女でした。

Q: 児童への健康被害はどうだったのですか。

田村: 調査した3都市では、石炭暖房をすることで冬場の大气汚染濃度が高くなり、それに伴って児童の肺機能が低下していた実態が明らかになりました。また、粉じんの粒径が小さいほど肺機能に与える影響が大きいようです。

現状で観察された粉じんの影響はまだまだ小さいレベルですが、これらの影響が短期的な要因によるものなのか、それとも長期的な要因によるものなのかは、これから継続的な調査分析を経てみないと結論は出せません。深刻な影響が心配される児童の成長に与える健康被害は、さらに長期的にわたるフォローアップが必要だと考えています。

3: 地域の差よりも季節の違いが大きい 大気汚染濃度

Q: 一般環境大気の汚染の状況は、いかがだったの



肺機能検査は児童たちにとって初めての体験。真剣そのものです。

でしょうか。

田村: 都市における大気汚染は、都市ごとに先ほど申し上げた3地域内の小学校に粒径別に粉じんを捕集する測定器を設置して、季節ごとに2、3週間の測定を実施しました。

Q: 測定結果はどうだったのですか。

田村: 瀋陽市、鉄嶺市、撫順市の3市においては、いずれもの測定地点で比較的大きな粒子の濃度が高いという結果になりました(10ページ図1)。当初、各都市における濃度には差があると思われていましたが、特に暖房期ではどの地域においても粉じん濃度が増加するので、地域による差はなくなっていました。また、非暖房期であっても、瀋陽市や撫順市では粗大粒子濃度が特に高くなる日があり、これは黄砂の飛散が原因だと確認されました。黄砂については本誌No.8でもとりあげており、国立環境研究所のホーム

ページ (<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/index.html>) で参照できます。さらに撫順市では、工場から排出されるばい煙の影響も確認されました。

Q: 最後に中国における大気汚染の状況をまとめてください。

田村: 中国東北地方の3都市における調査結果は、いずれの都市においても高濃度の大气汚染が確認されました。この高濃度汚染は屋外環境だけではなく、地域住民の室内濃度と個人曝露に反映しており、とくに冬場の曝露が高くなっています。

児童においても、年間4回行った継続的な肺機能検査では、わずかではありますが、暖房期に肺呼吸機能の低下が観察されています。さらに今後は石炭燃焼の粉じんだけではなく、急増している自動車からの排気ガスの影響も心配されますので、大気環境の改善を推進する必要性は、年々高まっていると考えられます。

大気汚染の解決は大きな課題

孫 貴範 教授 (中国医科大学公衆衛生学院院長)



この大気汚染をテーマにした共同研究は5年前にスタートしましたが、大気汚染問題はますます大きな中国政府の課題になっています。調査対象都市となった瀋陽や撫順でも徐々に対策は立てられていますが、首都の北京では2008年のオリンピック開催を控えて、急ピッチで大気汚染の解決策が議論されています。たとえば、大気汚染の発生原因のひとつである工場は北京地区から移転させるとか、燃料資源を石炭から天然ガスに切り替えるといったものです。

中国でもマイカー需要が増大し、どの都市でも自動車交通量は急増していますので、自動車から排出される汚染物質の健康影響が心配ですが、科学的な研究は始まったばかりです。今後、中国でも排気ガスによる大気汚染の研究は最も重要になると思います。

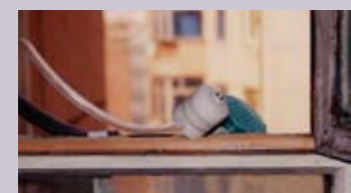
日本の環境研究や環境対応技術のレベルは非常に高く、この共同研究も中国側スタッフには大変良い経験でした。これからも両国が一緒になって共通の環境汚染の研究に取り組んでいけることを期待しています。



●写真1 個人曝露調査の協力者にサンプラーの取り付け



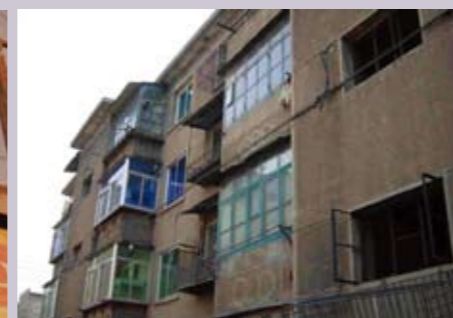
●写真2 窓際においた防音箱には吸引ポンプが入っており、チューブの先には捕集フィルターの入ったホルダーに繋がる



●写真3 窓の内側におかれたフィルター・ホルダー



●写真4 窓の隙間から外に垂らしたフィルター・ホルダー



●写真5 調査対象とした典型的な住宅団地(バルコニー部分をガラス窓で覆っている)

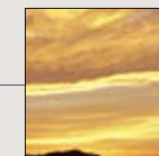


●写真6 中国側研究スタッフによる小学校に設置したサンプラーの交換作業



●写真7 肺機能検査前の児童へのオリエンテーション

中国における都市大気汚染による健康影響と予防対策に関する国際共同研究プロジェクトの概要



大気汚染による健康被害の研究は、住環境における人体への影響や小学生の健康被害などを対象にして展開されました。サマリーでは、そうした研究活動の取り組みと研究成果を報告します。

●都市大気中の粒子濃度の季節変動と粒径分布

石炭暖房と並んで深刻な産業活動の影響

大気中の浮遊粒子（粉じん）の有害性については、粒子径 $1\mu\text{m}$ 程度以下の小さいものは肺の奥深くまで到達して、沈着する可能性が高いことがわかっています。また、こうした小さな粉じんには、二次粒子など有害性の高い化学物質がより多く吸着しており、より小さな微粒子濃度を規制する方向に進んでいるのが現状です。

したがって、中国における大気粉じんを管理する環境基準も、かつては「総懸浮顆粒物」の濃度が基準になっていましたが、1996年からは PM_{10} 濃度の基準も導入されるなどして、より微小な粒子の管理が実践されるようになってきました。

中国における大気粉じん濃度の測定は、瀋陽市、鉄嶺市、撫順市の3都市（各3地域、計9地点）において実施しました。その粒子に含まれる有害成分である多環芳香族炭化水素（PAH）とニトロ多環芳香族炭化水素（NPAH）の粒径別の含有量を検討しました。

調査結果としては、瀋陽市では10月に入ると部分的に石炭暖房が始まり、7月よりも明らかに粉じん濃度が高まっていることがわかりました（図1）。鉄嶺市でも7月、10月の濃度レベルは瀋陽市と同レベルでしたが、暖房期には瀋陽とは違ってどの粒径の粉じん濃度も上昇していました。この理由としては石炭暖房以外にも沿道における調理用や加熱用の小規模な発生源の影響が考えられました。

さらに工場地帯でもある撫順市は、非暖房期においても粉じんが高濃度を示し、工場ばい煙の高い影響が示唆されました。

総じて中国の3都市における大気粉じん濃度の季節変動は、都市内の地域間ではあまり異なる傾向が見られないという調査結果でしたが、石炭をエネルギー源とする工業化の程度によって、粉じん汚染の実態が異なるという傾向も確認されました。

●住民の生活環境における粉じん曝露

暖房期は室内外にかかわらず高濃度の汚染

中国の東北地方の都市住宅では、中層の団地が一般的です。ベランダはガラス窓で囲われてサンルームのようになっており、冬場の厳しい冷え込みにも対処できるようになってきています。時には外気がマイナス30度にもなるため、窓を堅く閉め切って生活しています。

住民に対する粉じん曝露調査は、測定開始前に国立環境研究所の調査スタッフと中国各都市のCDCスタッフが説明会を開いて、協力依頼に同意を得られた10人を対象に実施しました。調査対象家庭には携帯用、室内測定用、屋外測定用の3台の測定器を設置し、暖房期と非暖房期に24時間ごとの測定を7日間連続で調査しました。

調査結果を分析すると、いずれの都市においても暖房期の屋外粉じん濃度はかなり高くなっており、高濃度汚染が一般住民の生活環境で起きていることが確認されました（図2）。かつて私たちが東京や大阪の沿道住宅で実施した屋内外の粉じん濃度調査では、室内の濃度が屋外に比べて低い傾向が見られましたが、中国の都市環境の場合は、室内濃度も屋外に匹敵する高濃度になっていました。調査対象地域では冬場はほとんど窓を閉め切っており、アルミサッシの普及で住宅の気密性が上がっていると思われます。屋外と室内の粉じん濃度レベルが近いことは、研究スタッフの予想に反した結果になりました。

中国の大気環境基準では1級から3級までの濃度制限が定められており、今回調査した3都市はいずれも2級基準に該当するエリアで、 PM_{10} の日平均濃度の環境基準は $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ となっています。今回調べた3都市の屋外粉じん濃度は7日間の平均でも環境基準を上回り、汚染が激しいことが確認されました。

●大気汚染が児童の肺機能に及ぼす影響

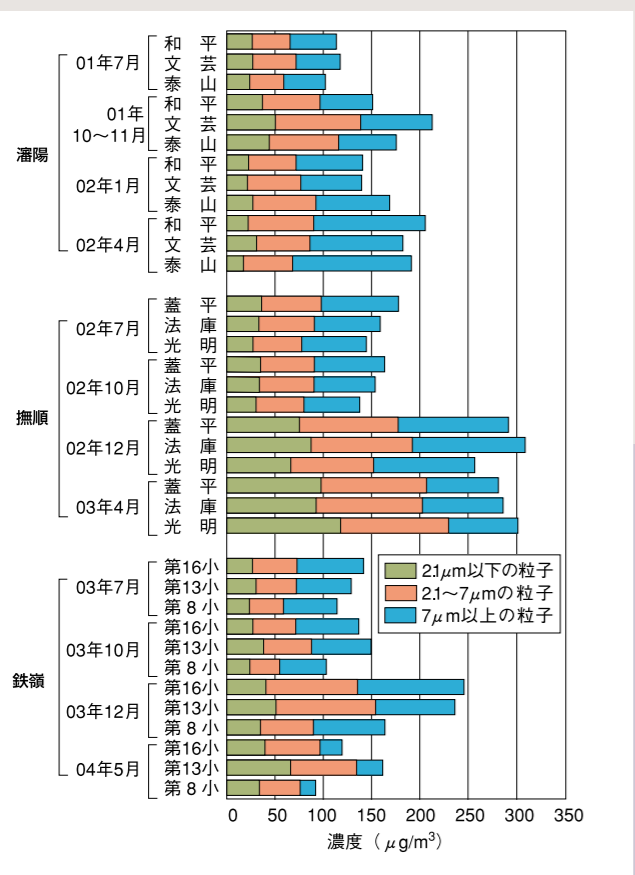
肺機能低下をおこす大気粉じん濃度の増加

中国では急速な経済発展に伴って、石炭、石油の消費量が急激に増加していますが、中国の主要エネルギーの約75%は、石炭に依存しているのが現実です。中国では、燃焼排ガスからの脱粒子や脱硫などの設備が十分でなく、さらに冬季の暖房で石炭ボイラーが多く使用されているため大気汚染が深刻化し、健康に対する影響が懸念されています。こうした大気汚染の影響を受けやすいのは児童ですので、児童を対象として肺機能への影響や、喘息（ぜんそく）有病率などの慢性的な影響の調査を実施しました。

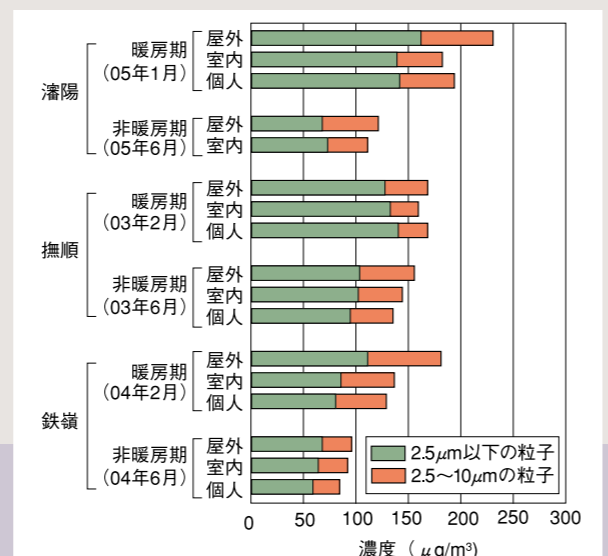
肺機能の調査は3都市各3地域の同一児童を対象に、年間4回の肺機能検査を実施して、大気粉じん濃度との関連を検討しました。肺機能検査には、全期間を通じて同一の電子スパイロメータ（肺機能測定装置）を使用し、検査対象児童には風邪の症状、咳、鼻水、発熱、痰、喘鳴（ぜんめい：ぜいぜいすること）などの症状の有無についての質問に答えてもらいました。

その結果、いずれの都市においても男女の児童ともに、大気粉じん濃度の増加に伴って、わずかではありますが複数の肺機能の指標が低下していることが明らかになりました（図3）。

慢性的な影響を調べる質問紙調査の結果からは、他の2都市に比べ撫順市の児童に呼吸器症状を訴える率が高くなっていましたが、喘息の割合は日本の児童よりも低くなっていました。この点については、今後の推移を注意深く見ていく必要があります。このように、大気汚染の健康影響を受けやすい児童の肺機能を継続的に監視することで、中国における粉じん物質の健康影響がより科学的に実証されることが期待されているのです。

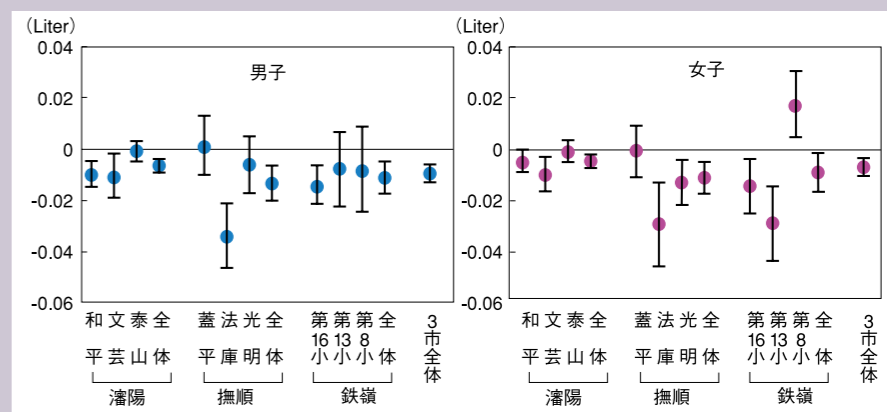


■ 図1 各都市3地域における $\text{PM}_{2.1}$ 、 PM_7 、TSP（総粉じん）濃度の季節変化
 ■ は $\text{PM}_{2.1}$ 濃度。■ を足したものが PM_7 濃度。さらに ■ を足したものが TSP となる



■ 図2 3都市における $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} の屋外、室内、個人曝露濃度の平均値
 ■ は、 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度。これに ■ を足したものが PM_{10} 濃度となる

■ 図3 都市別・地域別にみた $\text{PM}_{2.1}$ 濃度 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 当たりの1秒量（ $\text{FEV}_{1.0}$ ）の変化
 1秒量とは、できるだけ息を吸ってから勢よく吐き出したとき、最初の1秒間に吐き出した空気量。小学校単位ではばらつきが大きいですが、都市ごとにまとめると $\text{PM}_{2.1}$ 濃度の上昇で1秒量が有意に低下する傾向が見られた。



〈大気汚染の健康影響研究〉

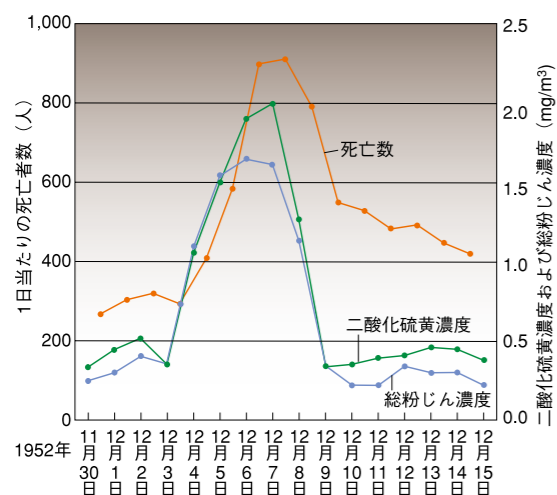
急成長する中国では、経済成長と環境問題を調和させる循環型社会の構築が模索されています。なかでもとくに環境問題の解決には、世界の工業先進国が取り組んできた多様な環境研究の成果が活かされています。そうした研究の知見は中国のみならず、21世紀の地球に共存する人類の生命と財産を守り、発展させる「生存のインフラストラクチャー」として注目を集めています。

■世界では

大気汚染が健康や生命に深刻な影響を与えることを示した事件に1952年12月の「ロンドンスモッグ」があります。ロンドンでは家庭の暖炉の燃料として石炭が用いられており、各住宅の煙突からのばい煙によるスモッグが激しく、そのときは特に酷いものでした。厳寒による暖房用石炭燃焼の増加に逆転層による大気のアスタートが重なって大気汚染はピークに達し、その数日間だけでロンドン市内の死者数は通常よりも4,000人増加しました。当時英国で測定していた大気汚染物質は二酸化硫黄(SO₂)と総粉じんですが、死者が急増した期間の年平均濃度はSO₂が0.7ppm(2.0mg/m³に相当)、総粉じんは1.6mg/m³に達していたのです。

さらに、大気汚染による健康影響は喘息などの閉塞性肺疾患の有症率を上げることが明らかになり、工場からの硫酸化物や窒素酸化物の規制が強化されました。そのほか現在、工場や発電所から大気中に排出される汚染物質としては、低濃度の水銀汚染が目立っており、健康影響について調査研究が進められています。

ロンドンの汚染濃度は、環境基準と比べると10倍



出典: Wilkins E.T. "Air pollution and the London fog of December, 1952." J.Royal. Sanitary Institute, 74(1):1-21(1954)

● 1952年のロンドンスモッグ事件当時の大気汚染濃度と死者数

以上の高濃度汚染でしたが、現在では日常的な濃度レベルの濃度に対する影響の疫学研究が進められています。有名な調査研究としては、米国ハーバード大学が中心になって進めた6都市の大規模な追跡調査があります。PM濃度とその日の死亡率との関係を解析した結果では、わずかながらPM₁₀濃度やPM_{2.5}濃度の上昇と死亡率、とくに呼吸器系疾患や循環器系疾患の死亡との関係があることが明らかにされました。特に自動車排気ガス由来のPM_{2.5}濃度に限った解析結果では、10μg/m³上昇した時に死亡率を3.4%増加させる(F. Ladenら2000年)というものでした。この増加は死亡に影響する様々な要因(気温、湿度など)の影響を除いた結果で、ロンドンスモッグのようにグラフで一目瞭然というものではなくてわずかな増加にすぎませんが、大きな人口では無視できない数となります。

大気汚染監視網の整備と人口動態統計(特に死亡原因の統計)の整備が進んだ結果、中国やアジア諸国でも同様な研究が始められ、上海などでも「PM濃度増加がその日の死亡率を上昇させる」という関係が報告されています。日本でも国立環境研究所などの研究者が国内13都市のデータを用いて実施した同様の研究の結果、これまでの海外での結果とほぼ同様の関係を確認しています。

■日本では

日本では、1960年代、四日市市の石油化学コンビナートから排出される硫酸化物により多数の喘息患者が発生し、死者が出るに至りました。三重大学の研究者を中心に、毎月の喘息など呼吸器系疾患受診件数を国民健康保険の受診記録を地区別に集計し、大気汚染の激しい地区は他地区に比べて、受診率が明らかに高いことが示されました。1968年大気汚染防止法が制定され、工場の排煙に脱硫装置を付けるなどの本格的な排出規制がはじまりました。

その後日本の工場地帯の大気汚染は改善しました

が、欧米同様自動車からの排気ガスによる大気汚染が大きな問題になっていきました。

日本では、1973年に「公害健康被害補償法」が制定され、慢性気管支炎など大気汚染と発症の関係がある疾患の罹患率の調査などを基に四日市市、横浜市などの工場地帯と、東京都などの沿道大気汚染を抱える地域が救済の対象として指定されました。

日本の大気汚染常時監視は1960年代後半から開始され、浮遊粉じんについては1972年に「粒径10μm以下の大気中に浮遊する粒子状物質」として浮遊粒子状物質(SPM)の環境基準濃度(1日平均0.1mg/m³、1時間値0.2mg/m³)が設定されました。

大気汚染の常時監視はまず工場地帯から始まり、幹線道路の沿道にも測定局が設置されるようになりました。2003年度の全国の大気汚染常時監視測定局数(有効測定局数)は測定項目により異なりますが、二酸化窒素濃度やSPMでは、一般環境大気測定局が約1,500、自動車排出ガス測定局が約400配置されています。それらの測定局におけるリアルタイムの測定値は「環境省大気汚染物質広域監視システム(そらまめ君)」としてインターネットで公開されています(国立環境研究所、下記参照)。

環境省(当時・環境庁)を中心に、1970年代か

ら沿道汚染を対象として健康調査票(中国の調査票もこの調査票を基にしています)を使った大規模な調査が、何度も実施されています。現在ではより詳細な汚染濃度分布地図や住民の個人曝露濃度の推定を基にした調査研究が進められています。

■国立環境研究所では

国立環境研究所では多くの研究者が、いくつかの研究プロジェクトにより(次ページ参照)、二酸化窒素の曝露実験によって低濃度でも肺機能障害を起こすことを、明らかにしました。その後、1996年度から所内に設置したディーゼルエンジンからの排気を実験動物に曝露する装置を稼働させ、ディーゼル排気粒子(DEP)の影響を中心として、多面的に影響を研究しています。

この研究は、2001年度から「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プロジェクト」に引き継がれ、2006年度からは、環境リスク研究プログラムの「環境中におけるナノ粒子等の体内動態と健康影響評価」と特別研究「都市大気環境中における微小粒子・二次生成物質の影響評価と予測」として、さらに研究を進展させています(次ページ参照)。



各国の環境関連機関HPで公表されている大気汚染速報

- ① 日本(環境省)「そらまめ君」 <http://w-soramame.nies.go.jp/>
- ② 中国(環境保護総局) <http://www.sepa.gov.cn/quality/air.php3>
- ③ タイ(PCD) <http://www.pcd.go.th/AirQuality/Bangkok/Default.cfm>
- ④ 英国(NETCENほか) <http://www.airquality.co.uk/archive/bulletin.php?type=Current>
- ⑤ 米国(EPA) <http://airnow.gov/index.cfm?action=airnow>

国立環境研究所における「大気汚染の健康影響」に関連する研究の歩み

「大気汚染の健康影響」特別研究・プロジェクト研究

- 課題名 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－局地的汚染に係る複合影響に関する実験的研究
(昭和60～62年度)
- 課題名 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
(昭和63～平成3年度)
- 課題名 粒子状物質を主体とした大気汚染物質の生体影響評価に関する実験的研究
(昭和63～平成4年度)
- 課題名 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
(平成4～7年度)
- 課題名 ディーゼル排気による慢性呼吸器疾患発症機序の解明とリスク評価に関する研究
(平成5～9年度)
- 課題名 石炭燃焼に伴う大気汚染による健康影響と疾病予防に関する研究（石炭燃焼に伴う屋内フッ素汚染による健康影響と予防医学的対応に関する研究）
(平成6～10年度)
- 課題名 空中浮遊微粒子（PM_{2.5}）の心肺循環器系に及ぼす障害作用機序の解明に関する実験的研究
(平成11～13年度)
- 課題名 中国における都市大気汚染による健康影響と予防対策に関する国際共同研究
(平成12～16年度)
- 課題名 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
(平成13～17年度)
- 課題名 中国北東地域で発生する黄砂の三次元的輸送機構と環境負荷に関する研究
(平成13～17年度)

特別研究「中国における都市大気汚染による健康影響と予防対策に関する国際共同研究」のスタッフ

< 研究担当者 >（所属は平成12年度から16年度当時のもの）

環境健康研究領域

領域長 高野 裕久

疫学・国際保健研究室 田村 憲治・新垣 たずさ・村上 義孝・小野 雅司

環境研究基盤技術ラボラトリー

環境分析化学研究室 西川 雅高・森 育子

PM_{2.5}・DEP 研究プロジェクト 松本 幸雄・山崎 新

< 研究協力者 >

島 正之（千葉大学、兵庫医科大学）、中井 里史（横浜国立大学）、早川 和一、唐 寧（金沢大学）、櫻井 四郎（大妻女子大学）
孫 貴範、鄭 全美（中国医科大学）、董 麗君、張 雪梅（瀋陽市 CDC）、苗 徳海、宋 立（撫順市 CDC）、喻 洪徳、趙 剣（鉄嶺市 CDC）

* 現地では、このほか多くの中国医科大学、CDC、小学校のスタッフ、市民の方に協力をいただきました。



世界を見渡すと、都市人口は途上国を中心に増加をづけ、2005年には65億に近づいた世界人口の47パーセントにあたる30億以上の人が都市に居住しています。さまざまな人間活動が活発に展開される都市は、環境への負荷が最も凝縮した空間でもあります。その典型的な影響は住民の健康にあらわれますが、最も懸念される原因は大気汚染でしょう。

都市は人口が密集していることでは共通していますが、発展の経緯も地理的な特徴もさまざまです。本号で紹介した調査がなされた中国東北部では、寒冷な気候のために長期間必要となる暖房を、硫黄化合物の含有量が多い石炭に依存してきました。その上、産業の発展や自動車の増加も著しく、大気汚染による住民への健康影響が最も危惧されている地域です。

人間の健康状態と生活環境について、現地調査で信頼性の高いデータを収集するには、それぞれの地域に適した調査方法の開発など多くの工夫が必要です。調査計画づくりは、調査の実施・データの解析と並んで、フィールドワーカーが細心の注意を払う事項です。本号で取り上げた中国における国際共同研究が、健康影響の発生メカニズムとともに、環境疫学の研究方法の理解にも役立つことを願っています。

2006年7月
理事長 大塚柳太郎

環境儀 No.21

－ 国立環境研究所の研究情報誌 －

2006年7月31日発行

編集 国立環境研究所編集委員会

（担当 WG: 原島省、田村憲治、伊藤智彦、西川雅高、植弘崇嗣、岸部和美）

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（出版物の入手）国立環境研究所情報企画室 029(850)2343

（出版物の内容） // 広報・国際室 029(850)2310

環境儀は国立環境研究所のホームページでもご覧になれます。

<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/index.html>

編集協力 社団法人 国際環境研究協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-1-13

無断転載を禁じます

「環境儀」既刊の紹介

NO.1	環境中の「ホルモン様化学物質」の生殖・発生影響に関する研究	2001年 7月
NO.2	地球温暖化の影響と対策—AIM:アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル	2001年 10月
NO.3	干潟・浅海域—生物による水質浄化に関する研究	2002年 1月
NO.4	熱帯林—持続可能な森林管理をめざして	2002年 4月
NO.5	VOC—揮発性有機化合物による都市大気汚染	2002年 7月
NO.6	海の呼吸—北太平洋海洋表層のCO ₂ 吸収に関する研究	2002年 10月
NO.7	バイオ・エコエンジニアリング—開発途上国の水環境改善をめざして	2003年 1月
NO.8	黄砂研究最前線—科学的観測手法で黄砂の流れを遡る	2003年 4月
NO.9	湖沼のエコシステム—持続可能な利用と保全をめざして	2003年 7月
NO.10	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	2003年 10月
NO.11	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	2004年 1月
NO.12	東アジアの広域大気汚染—国境を越える酸性雨	2004年 4月
NO.13	難分解性溶存有機物—湖沼環境研究の新展開	2004年 7月
NO.14	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	2004年 10月
NO.15	干潟の生態系—その機能評価と類似化	2005年 1月
NO.16	長江流域で検証する「流域圏環境管理」のあり方	2005年 4月
NO.17	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	2005年 7月
NO.18	外来生物による生物多様性への影響を探る	2005年 10月
NO.19	最先端の気候モデルで予測する「地球温暖化」	2006年 1月
NO.20	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	2006年 4月

「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)



本誌は再生紙を使用しております



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○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て左側に進むように動かし、研究所の躍動性・進歩・向上・発展を表現しています。