



NIES RESEARCH BOOKLET

環境儀

NO. 58

SEPTEMBER 2015

国立環境研究所の研究情報誌

被災地の 環境再生をめざして

放射性物質による環境汚染からの回復研究



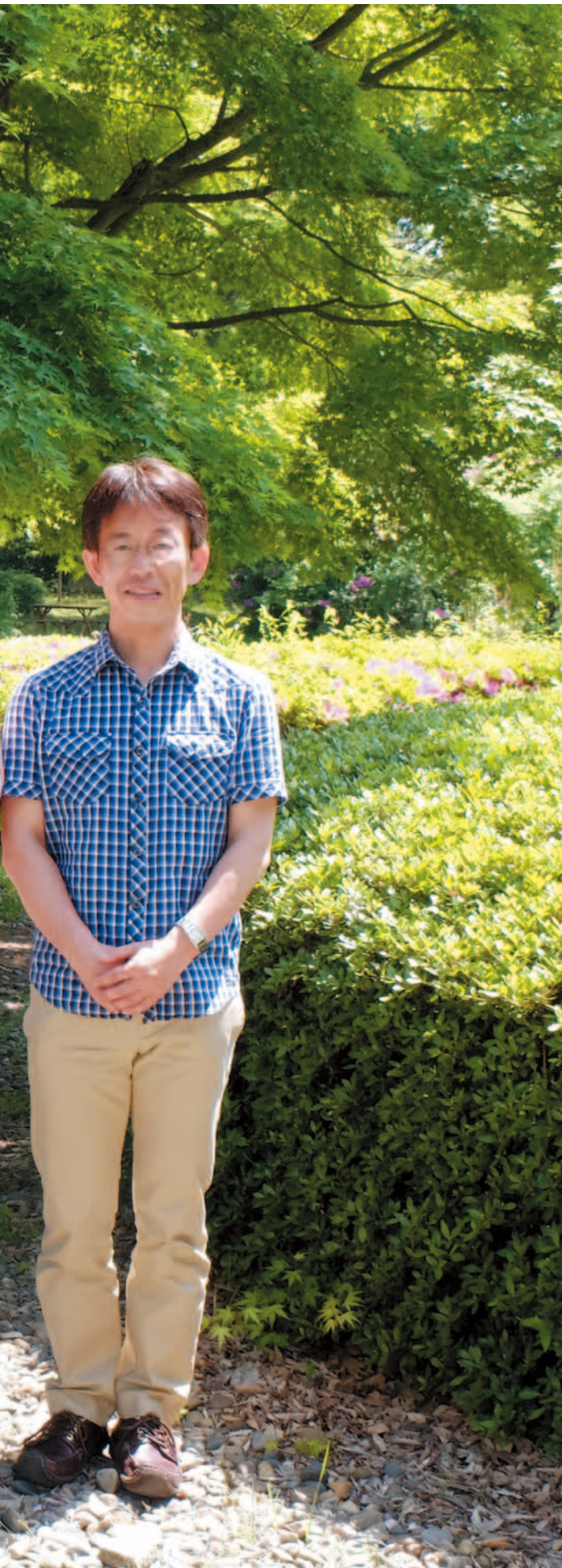
国立研究開発法人

国立環境研究所

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



国立環境研究所では、東日本大震災直後から、分野を超えた研究者が連携しながら様々な被災地支援の研究活動を行ってきました。その取り組みは、長年培ってきた環境研究の知識と経験を基にした「災害環境研究」という新たな分野となり、被災地の環境回復をめざして進み始めています。



2011年3月11日に発生した東日本大震災から4年半が過ぎました。福島県をはじめとする被災地では徐々に環境回復・復興が進みつつありますが、いまだに、地震、津波、そして放射性物質による環境汚染によって引き起こされた大きな問題・課題を抱えています。

国立環境研究所では、長年にわたり培ってきた環境研究の蓄積をもとに、発災直後から、がれきなどの災害廃棄物や放射性物質に汚染された廃棄物などの処理・処分、放射性物質の環境動態や生物・生態系への影響、地震や津波による環境変化と影響、被災地の復興まちづくりと地域環境創生などの災害環境研究に取り組んできました。そして2016年度からは、福島県三春町に設置される環境創造センターに国立環境研究所の支部を開設し、被災地に根ざした調査研究を力強く継続的に進めます。さらには、東日本大震災の経験と教訓を踏まえて、将来の災害に備えた環境創りを追求する研究に取り組む予定です。

本号では、東日本大震災後に進めてきた災害環境研究の中でも、特に力を注いできた放射性物質による環境汚染からの回復について、これまでと今後の研究を紹介します。

CONTENTS

被災地の環境再生をめざして

放射性物質による環境汚染からの回復研究

- Interview 研究者に聞く
災害環境研究
これまでとこれから p4 ~ 9
- Summary
放射性物質による
環境汚染からの回復研究 p10 ~ 11
- 研究をめぐって
環境回復研究の現状と国立環境研究所で
進める災害環境研究 p12 ~ 13
- 国立環境研究所の災害環境研究
(環境回復研究) のあゆみ p14

Interview 研究者に聞く



大原 利真（おおはら としまさ）／企画部
フェロー／福島支部準備室研究総括



大迫 政浩（おおさこ まさひろ）／資源循環・廃棄物研究センター長／福島支部準備室プログラムリーダー

災害環境研究 これまでとこれから

国立環境研究所では、震災後、放射性物質に汚染された環境の回復をはじめとして、被災地の復興や再生に向けて、災害と環境に関する調査や研究（災害環境研究）を行ってきました。より地元に根ざした調査や研究を進めるために、2016年には福島県三春町に整備される環境創造センターの研究棟に国立環境研究所福島支部が開設される予定です。そこで、本号では放射性物質による環境汚染からの回復研究を取り上げ、福島支部準備室で研究を総括する大原利真さん、放射能汚染廃棄物研究プロジェクトの大迫政浩さんと山田正人さん、動態解明研究プロジェクトの林誠二さん、生物・生態系影響研究プロジェクトの玉置雅紀さんに、これまでの取り組みを振り返ってもらうとともに福島支部開設に向けての展望をうかがいました。

3つのプログラムでとりくむ 災害環境研究

Q：どのように研究を進めているのですか。

大原：災害環境研究は、環境回復研究、環境創生研究、災害環境マネジメント研究の3つのプログラムで進めており、私は災害環境研究全体の研究マネジメントを

しています。今日は環境回復研究プログラムを牽引する研究者が集まっています。

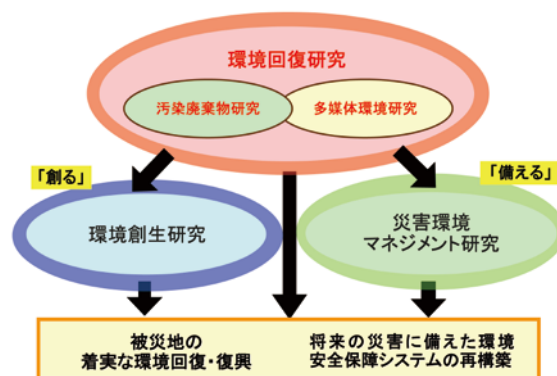
大迫、山田：私たちは、放射性物質に汚染された廃棄物の処理処分に関する調査研究を行っています。

林：東京電力福島第一原子力発電所の事故で放出され、陸域に沈着した放射性物質の移動と再集積の実態を、河川流域スケールで明らかにする調査や研究を

コラム① 国立環境研究所が進める災害環境研究

東日本大震災によって生じた環境被害、環境中に放出された放射性物質による環境汚染、その汚染が生物や人の健康に与える影響、汚染除去のための技術や汚染廃棄物の処理技術、復興による環境創造など、災害に関する環境研究の分野は幅広く、課題を含みます。

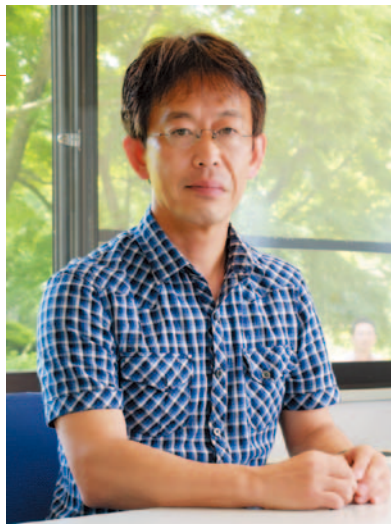
国立環境研究所では、これらの課題に対処するために、3つの研究プログラムを設定して災害環境研究を進めています。環境回復研究は、①放射性物質に汚染された廃棄物等の処理処分技術・システムの確立（汚染廃棄物研究）、②放射性物質の環境動態解明、被ばく量の評価、生物・生態系への影響評価（多媒体環境研究）で構成されています。また、環境創生研究は災害後の地域環境の再生・創造等に関する調査・研究を推進しています。さらに、災害環境マネジメント研究は、将来の災害に備えた環境マネジメントシステム構築に関する調査・研究を進めています。



■ 図1：災害環境研究の概要



山田 正人（やまだ まさと）／資源循環・廃棄物研究センター室長／福島支部準備室プロジェクトリーダー



林 誠二（はやし せいじ）／地域環境研究センター室長／福島支部準備室プロジェクトリーダー



玉置 雅紀（たまおき まさのり）／生物・生態系環境研究センター主任研究員／福島支部準備室プロジェクトリーダー

行っています。

玉置：私たちの生物・生態系影響研究では低線量放射線などの生物や生態系への影響を調べています。また、放射性物質の生物への蓄積過程についての調査や研究も行っています。

Q：これまでの研究を振り返るといかがですか。

大原：紆余曲折の連続だったというのが実感です。通常の研究に加え、新たに災害環境研究を進めなければならない状況になったわけですが、初めは十分な予算も体制もありませんでした。放射性物質による環境汚染問題に取り組むのも初めての経験ですから、模索しながら進めてきました。

放射能汚染廃棄物にチャレンジ

Q：放射能汚染廃棄物の研究に取り組んでみてどうでしたか。

大迫：以前の廃棄物処理の法律では、放射性物質を含む廃棄物は想定されていませんでした。ところが、原発事故によって、それにチャレンジせざるを得なくなりました。

大原：このチャレンジ、国や社会への貢献は大きかったですね。

山田：今まで積み重ねてきた廃棄物処理研究をベースに進めたので、新しいことを始めた意識はあまりありませんでした。でも、とにかくやるのが多すぎて大変だったんですね。

大迫：初めは、放射性物質の影響やリスクがわからず、所内でも不安や緊張がありました。科学的ことがわかってくるにつれて、これまでの技術で解決できるという確信に変わりました。そうになると、とてもやりがいがありました。今回、災害という大きなテーマを突き付けられましたが、そのおかげで所内では、難題に立ち向かうという意識が高まり、災害環境研究が

コラム② 放射性物質・放射能・放射線、放射性セシウムについて

①放射性物質・放射能・放射線

- ・放射能：原子核が崩壊して放射線を出す能力。
- ・放射性物質：放射能を持つ物質の総称。
- ・放射線（電離放射線）：原子核の崩壊によって放出される粒子（光子を含む）のつくるビーム。 α 線、 β 線、 γ 線などがあります。

放射能の量はベクレル(Bq)、人への影響の大きさを考慮した放射線の1人あたりの被ばく量はシーベルト(Sv)で表します。



■図2：放射性物質・放射能・放射線とベクレル・シーベルト

②放射性セシウム

原発事故によって環境中に放出され、人への影響が最も懸念されるのは放射性セシウム（セシウム134とセシウム137）です。放射性物質は崩壊し、時間とともに減少しますが、半減する時間（半減期）は、セシウム134が約2年、セシウム137が約30年です。セシウム134とセシウム137は、ほぼ同量が原子力発電所から環境中に放出され、事故直後の両者の環境中での比率（セシウム137／セシウム134）はほぼ1と考えられます。しかし、事故から4年後の2015年3月では、それぞれの半減期が異なるため両者の比率は3.5（セシウム137がセシウム134の3.5倍）となり、今後も、時間とともに、この比率が増大することになります。

メジャーな研究になりました。

Q：どんなことを行っているのですか。

大迫：災害廃棄物や放射能汚染廃棄物が保管や処理されている現場などの現地調査を行うとともに、廃棄物を適正に処理する技術を開発しています。また、廃棄物処理施設の安全性を確保し、長期的に管理するための研究をしています。

山田：行政が、2011年の6月下旬に放射性セシウムが1kgあたり8,000ベクレル以下の飛灰(ごみなどを燃やして処理する時に発生する灰で、焼却廃ガス中に浮遊するくらいの細かなもの)は埋めていいと事務連絡を出しました。その後、台風のシーズンになり、その最中に処分場を見に行ったことがありました。

大迫：飛灰中の放射性セシウムは水にとけやすいので、そのまま埋めると土中の飛灰から放射性物質が雨水に漏れ出す危険があり、対策が必要だと考えていたところでした。そこで、あわてて山田さんに現場に行ってもらったのです。幸いにも、排水中の放射性セシウムの濃度は少なく、大事にはなりませんでしたが。

山田：豪雨の中、現地の様子を見て、一刻も早く飛灰を雨水に接触させないような対策をとらなければと強く感じました。現場から行政に関連する科学的な情報を提供して、結局そのことが法律上の基準に取り入れられました。

大迫：私たちが信念を持って働きかけることの重要さを感じました。

Q：震災では津波によるがれきなど大量の廃棄物が発生しましたね。

大迫：ええ、震災後2カ月間くらいは、24時間ずっ



除染特別地域の調査状況



除染仮置場の整備状況

と対応に追われました。災害廃棄物の量はとにかく膨大で、処理施設が圧倒的に不足していました。そこで、新たに処理施設をつくとともに、処理しきれない廃棄物の保管をどこか別の都道府県にお願いしなければなりません、住民のみなさんの同意を得るのは大変です。

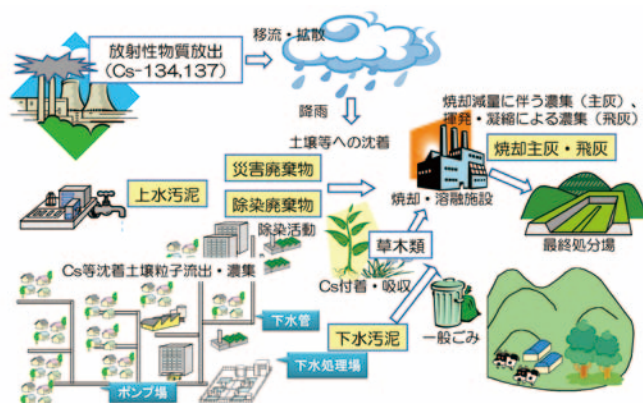
情報化社会だったことが余計に苦勞を生みました。というのは、ネット上であまりにもさまざまな情報が流れていたんで、かえって廃棄物処理の正しい理解を難しくしたようです。行政への信頼も失われ、「環境回復のために廃棄物の処理施設をつくります」と住民説明会で話してもなかなか通じませんでした。今では、無事に処理施設がつくられ、安全に処理を終えたり、現在も新たな施設建設が進んでいるので、施設や廃棄物に対する理解が少しずつ深まっていると感じていま

コラム③ 放射性物質によって汚染された廃棄物の問題

原発事故で放出された放射性物質は、東日本の広範な地域に沈着しました。これらの地域では、放射性セシウムを含む一般廃棄物が焼却施設で処理され、放射能濃度の高い焼却灰が発生しました。また、下水道や上水道では、放射性セシウムが付着した土壌が下水処理や浄水過程に流入し、汚泥の放射能濃度が上昇しました。農村部では、放射性セシウムを含む稲わらや堆肥が発生し、さらに、除染による、多量の除去土壌や除染廃棄物も発生しています。

このように、東日本の各地では、多種多様かつ多量の汚染廃棄物が発生しており、今後も発生し続けることが予想されます。廃棄物の処理は、発生～分別・保管～収集運搬～中間処理(焼却・破碎・洗浄等による減容化・濃集・分離)～再生利用～最終処分と様々なプロセスが必要ですが、

各プロセスでは、前例のない様々な課題に直面しています。これらの廃棄物の処理が滞ると、除染活動や復興、通常の生活や産業活動に大きな支障をきたします。



■ 図3：放射性物質に汚染された様々な廃棄物と処理処分過程での放射性セシウム(Cs)の移行(模式図)



指定廃棄物（飛灰）のセメント固型化実証試験



アスファルトコンクリート工場における
排ガス中セシウム測定状況

す。

Q：今後の課題は？

大迫：廃棄物処理施設の立地問題の難しさを改めて突き付けられました。放射能汚染廃棄物の問題だけでなく、通常の廃棄物処理施設も含めて、社会として合理的な意思決定ができるような仕組みを作っていく必要があると考えています。技術的観点からは、今回行ってきた現場対応技術の調査や研究によって、これまでの通常の廃棄物処理技術への理解も大きく深化したと思います。そのことを、新たな廃棄物処理での前向きなチャレンジに活かしたいと思います。

山田：保管されている放射性物質に汚染された廃棄物を今後どうするかが大きな課題です。廃棄物を処理する施設の立地の問題は、今回、始まったことではありません。昔から廃棄物を処理・処分する施設はやっか

いもので、風評被害もたくさんありました。相当の時間をかけて場所を決めてきました。ですから今回も、短期間で汚染廃棄物の処分の問題をすべて解決するのは無理でしょう。今後は、この問題をどうやって、できるだけ速やかに解決するかを考えていかなくてはなりません。そのためには、技術だけではなく、立場の違う人と人の対峙のあり方を考える必要があります。

研究者としての使命感

Q：環境影響の研究を振り返ってみていかがですか。

玉置：事故直後は環境中の放射性物質をなんとかしなければと強く感じました。そのころ、ヒマワリを植えれば土地の除染ができると話題になっていたのですがこれについて検証したところ、放射性セシウムは植物中で濃縮されないため、除染には向かないことがわかりました。次に気になったのは生物への影響です。環境からの放射線によって動物や植物に変異が生じているという写真が出まわり、またヤマトシジミというチョウに突然変異がみられたという論文が話題になりました。しかし、本当に放射線による突然変異なら遺伝子にも影響が出ているはずなので、野生生物に対する放射線の影響を遺伝子レベルで調べているところです。

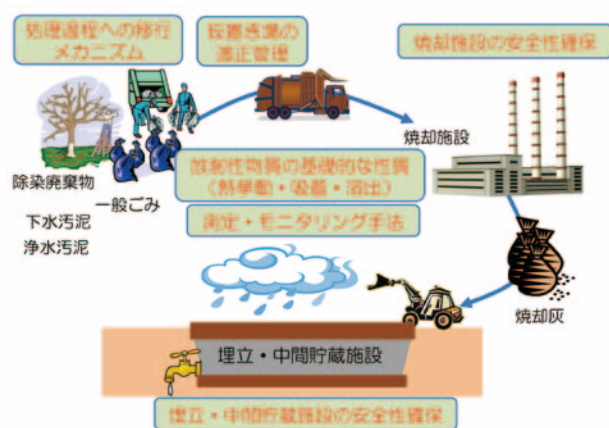
林：国立環境研究所に所属する研究者としての使命感から、元々、森林における窒素の動態を把握することを目的として設置していた観測システムで筑波山を調査したのをきっかけに、河川流域における放射性物質の動態研究に本腰をいれることになりました。

大原：筑波山のフィールド調査のデータは、森林除染

コラム④ 放射性物質によって汚染された廃棄物の処理・処分に関する研究

多種多量の放射能汚染廃棄物が広範囲に発生する事態への対処は、だれも経験したことがなく、当初は科学的知見が不足していました。このような問題には、汚染源の放射性物質（その大部分が放射性セシウム）に関する知識が必要です。しかし、最も重要なのは廃棄物処理処分にに関するさまざまな知識や経験です。今回は地震や津波で大量に発生した災害廃棄物その多くが放射能汚染されたことから、災害廃棄物の特性・特徴を適切に把握する必要があります。さらに、これら廃棄物を取り巻く環境は現場によって千差万別であり、現場感を持って対処しなければなりません。

国立環境研究所は、ダイオキシンや最終処分場対策など廃棄物に関する困難な問題に対して現場重視の研究活動を積み重ねてきました。放射能汚染廃棄物問題においても、これまで培ってきた知見や経験、また専門家のネットワークなどをフル活用して、課題の解決に取り組んでいます。



■ 図 4：放射性物質で汚染された廃棄物の処理・処分研究

放射性物質で汚染された廃棄物や土壌などを廃棄物処理プロセスで安全にコントロールするための研究をしています。（参考）「熱挙動」とは熱処理過程での放射性セシウムの存在形態などの物理的・化学的变化のこと。

対策の根拠になっています。

林：森林や河川等における放射性物質の動態の解明を目的とした研究は多くの人が行っていますから、ある種の競争関係も生じます。また、住民にとっても切実な問題ですから、しっかりとした調査を行い、着実にかつ速やかに成果を公表していくことに対する責任の重さを感じています。

Q：他の研究機関と共同研究は行っていますか。

大原：放射性物質の環境動態研究は、大学や日本原子力研究開発機構などの研究機関と連携したり、関連する研究機関が集まって会議をしったりして進めています。

玉置：生態系への影響研究はそうはいきませんね。研究者によって対象生物がばらばらなので。特定の生物だけ調べても生態系への影響は言えません。今後、当所が中心になって、哺乳類・鳥類・昆虫類などを網羅的に調べることで、放射性物質の生態系への影響を調べていこうと思っています。

大原：放射性物質による汚染の問題は、いろいろな研究分野が関わっており、分野連携が必要です。オールジャパン体制で進めることが大事でしょうね。

Q：今後どのように研究を進めたいですか。

玉置：生物に対する放射線の影響を調べるのに、いちばん困ったのは事故前の生物データが少ないことです。残念ながら福島県のデータは特に少なく、これでは事故前と事故後を比べられないので、放射線の影響があったのかどうかは検証できません。そこで、今後、同様なケースが起きることを想定し、将来にわたる遺伝子への影響をみるために、例えば県ごとに指標動植



福島県浜通り地方河川を対象とした定期河川水質調査



福島県真野川上流のはやま湖における船上からの底泥コアサンプラーを用いた湖底泥の採取

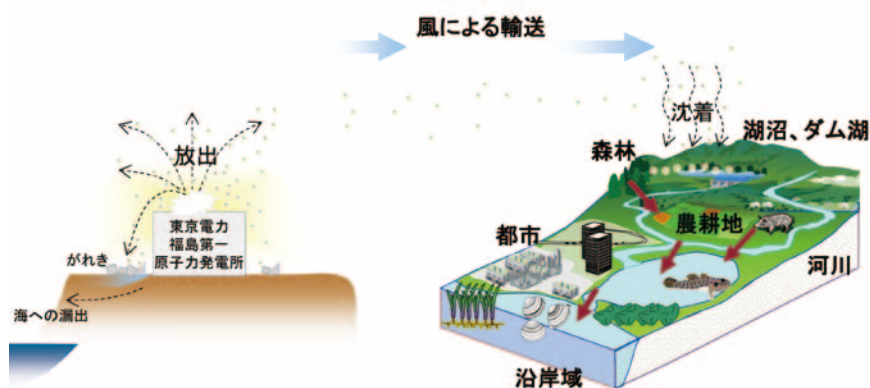
物を決めて、対象となる試料をストックしようと計画しています。

林：今後、汚染された場所の除染が進み、安全と判断されて帰還が認められたとき、住民の方達が安心して帰れるかどうかを懸念しています。安全と安心は別もので、安全だといわれても不安を抱えている人がたくさんいます。安心を担保するためにも、まずは帰還して生活することのリスクを評価するしくみをつくる必要があります。

環境中の放射性物質の動きについてはたくさん研究されてきましたが、特に事故直後の動きを中心として、いまだに不明な点があります。もしもまた同じような事故が起こった時に、できるだけ汚染の拡大や長期化、放射性廃棄物の増大などを防げるように、今回の経験を活かせるよう整理しておく必要があります。

コラム⑥ 放射性物質の環境中での動き

原発事故によって、大量の放射性物質が環境中に放出されました。大気中に放出された放射性物質は、風によって移流・拡散し、福島県のみならず、その近隣県や南関東などの広い範囲の森林、農地、市街地などに沈着し、河川水、土壌、生態系、農林水産物、さらには上下水処理汚泥や廃棄物焼却灰(コラム③)など、様々な環境媒体に移行しました。このような放射性物質は、物理的に崩壊することによって時間的に減少(コラム②)しつつありますが、まだ自然環境中に残存しているものは、媒体内を少しずつ動いたり、他の媒体に移行したりしています。放射性物質によって汚染された被災地の環境回復を



■ 図5：原子力発電所から放出された放射性物質の自然環境中での動き（模式図）



帰還困難区域内の中学校に実験用に植えたアサガオへの被ばく線量の測定



福島県宇多川上流の森林溪流における流量観測装置作業

信頼される研究所に

Q：福島支部ではどのように研究を進めていきたいですか。

大原：来年2016年に福島県三春町にできる環境創造センターに国立環境研究所福島支部を作り（コラム⑦参照）、環境回復研究、環境創生研究、災害環境マネジメント研究の3つのプログラムからなる災害環境研究を進める予定で、現在、その準備に取り組んでいるところです（コラム①参照）。

玉置：実際に福島県に行けば、研究所のあるつくばではわからなかった状況も明らかになり、研究に対する考えが変わるかもしれません。できるだけ地元の人の要望に応えながら、放射線の生物・生態系への影響を

明らかにしていきたいです。

林：科学的な研究を進めるのはもちろんのこと、地元の人と腹を割って話ができる、信頼される研究者になりたいです。私たちがいくら情報を発信しても、信頼がなければ話を聞いてもらえないですから。これまでのネットワークを活用し、さらに広げていきたいです。そのためにも、一致団結して研究を進められるよう、所内のチームワークもより強めていきたいですね。

山田：まずやらなくてはならないのは、仮置場にある除染土壌・廃棄物の中間貯蔵施設での保管に関する研究です。その中では、中間貯蔵施設の安全な管理も重要です。また、この経験を世界に伝えることに力を入れ、福島支部を災害廃棄物や災害対応の世界の中心施設にしたいです。

大迫：災害や事故の処理に必要な緊急の仕事は一段落し、残りは、長く付き合わなければならない課題です。山田さんが言ったように、今回学んだ知識や経験を外部に発信してこそ、私たちの役割を果たせます。また、地元の人からも信頼される研究所にしたいです。

大原：福島県の地域の方々に信頼される研究所にしたいです。福島でのキーワードは生業（生活の営み）と生活環境です。生活環境は、実際に自分たちが住んでみないとわかりません。現地に根を下ろして研究し、地元の人々の将来的な生業が見通せるところまで考えたいです。そのためにも、今日話題となっている環境回復研究と新たな地域環境を創る環境創生研究をうまくつなげていきたいですね。それから、福島支部に勤務する研究者が、環境問題の最前線で、環境研究者として成長できるような組織にしたいです。

コラム⑥ 環境中の放射性物質の動きと影響に関する研究

国立環境研究所では、環境中の放射性物質の動きと影響に関する研究を複数の課題について進めています。その1つは、流域圏を対象とした環境計測と広域環境シミュレーションによって、放射性物質に汚染された土壌、森林、河川、湖沼、沿岸等の汚染実態と環境動態を把握し、将来動向を予測する研究です。また、人への被ばく量の広域的な推計手法を開発して被ばく実態を把握する研究にも取り組んでいます。さらに、放射性物質による生物・生

態系に対する影響を明らかにする研究を進めるとともに、無人化や除染によって生じる生態系変化や生態系管理に関する研究も開始しました。これらの研究成果は、国や自治体が実施する環境回復の施策に活用されています。

■ 図6：環境中の放射性物質の動きと影響に関する研究の概要

環境中の放射性物質の動きを把握するための環境計測と環境シミュレーション、人の被ばく量や生物・生態系への影響の調査や研究を行っています。



放射性物質による 環境汚染からの回復研究

東日本大震災に起因する原子力発電所事故によって環境中に放出された放射性物質による環境汚染、その汚染が生物や人の健康に与える影響、汚染された廃棄物の処理処分技術など、被災地の環境回復に関する環境研究は幅広くかつ緊急性も高い課題です。国立環境研究所は、発災直後からこれらの研究に取り組んできました。

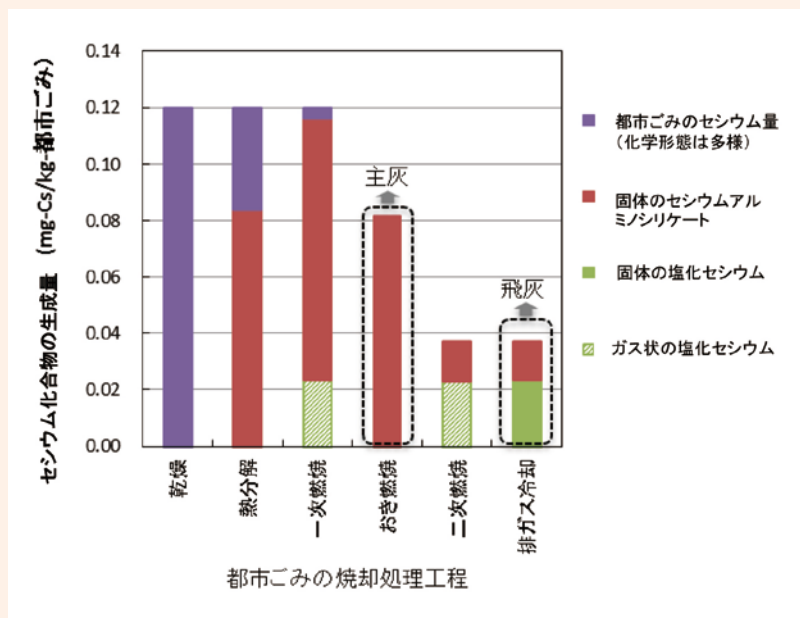
廃棄物の処理処分技術・システムの構築

東京電力福島第一原子力発電所の事故は、1986年のチェルノブイリの事故と比較して、人口密集地の近くで起こりました。そのため、私たちの生活活動に伴って生じた廃棄物にも放射性物質が混入し、焼却施設から発生した焼却灰に濃縮されて、その一部は処分が困難になり、今もなお処分できずに保管されている状況です。また、汚染が生じた場所の除染によっても大量の除染廃棄物や汚染土壌が発生し、その適正処理が課題になっています。

私たちは、それらの汚染廃棄物等の適正処理技術に関する研究開発を精力的に行ってきました。まず、放射性物質を含む廃棄物が焼却施設内で安全に処理されているかを確認する必要がありました。ダイオキシン類対策のために、排ガス処理にはバグフィルターなどの高度な処理システムが適用されていますが、放射性セシウムにも極めて効果的であることを多くの施設調査により確認しました。そのメカニズム解明にも精力的に取り組みました。化学平衡理論を用いて、焼却炉内で放射性セシウムがどのような化学形態や性状に

なっているかを推定する方法を確立し(図7)、実験的な観察なども行いながら推定精度を高める研究を継続しています。

焼却施設から発生する焼却灰には、焼却炉の底に残る残灰(主灰)と、排ガス中に揮発した金属等が冷やされて凝縮したばいじん(飛灰)が存在します。私たちの研究により、主灰や飛灰の放射性セシウムの化学形態が明確になり、水への溶けやすさなども推定可能になりました。フィルターにより捕集された飛灰中の放射性セシウムは、塩化セシウムの形になっています。水に極めて溶けやすい物質です。したがって、汚染された飛灰を埋め立て処分する際には、周辺の水環境を汚染しないように厳重な管理が必要になります。降雨と接触をさせないように、隔離層で覆う方法や、飛灰をセメント固化する方法などについても検討しました。また、土壌中の粘土鉱物が放射性セシウムを極めて強固に吸着することが知られていますが、飛灰を埋め立て処分する際に生じる塩類濃度の高い浸出水の中ではその吸着能力が低下することが懸念されました。そこで、異なる塩類濃度での土壌の吸着能力を測定し、適切な土壌吸着層厚さの考え方を提案しました。

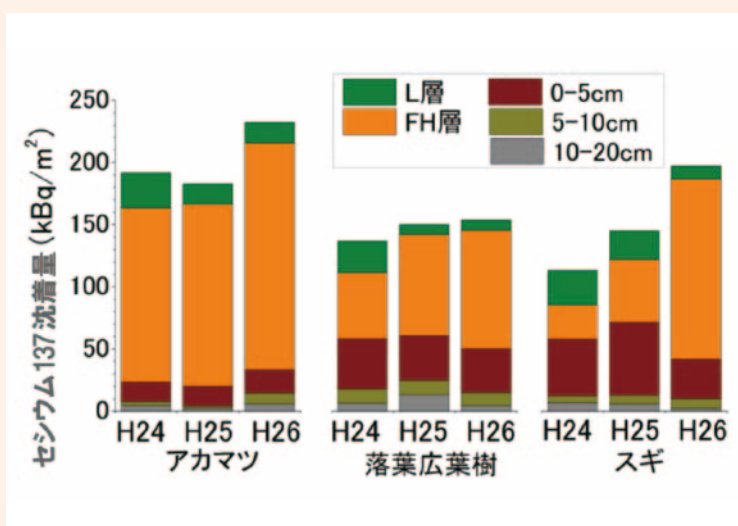


■ 図7: マルチゾーン平衡計算による各ゾーンにおけるセシウム化合物とその生成量

焼却施設内において放射性セシウムの化合物とその生成量を計算するために、マルチゾーン平衡計算を用いた焼却シミュレータを開発しました。マルチゾーン平衡計算とは、焼却施設内を機能ごとにゾーンに分け(乾燥、熱分解、燃焼など)、ゾーンごとに平衡計算を行う方法です。これまでに、排ガスの主要成分の濃度は妥当な値が得られていることを確認しました。また、放射性セシウムの各種灰への移行率も比較的良好に再現できます。図は施設内のセシウムの化学形態と生成量を示します。飛灰中の放射性セシウムは主に塩化セシウムとして存在していることが示唆されました。化学形態が明らかになると、灰の性状(例えば、放射性セシウムの溶出性など)も予想でき、焼却条件によって性状の制御もある程度可能になると考えられます。

■ 図8：福島県宇多川上流森林域における土壤中セシウム137の深度別分布の経年変化

森林土壌に沈着したセシウム137の垂直方向への移動を把握するため、茨城県筑波山および福島県宇多川上流域の森林にて、土壤中セシウム137の深度別分布の経年変化を調査しました。その結果、茨城県筑波山の常緑針葉樹林では、事故時に樹木の葉や枝に沈着したセシウム137が、その後の雨の洗い出しや落葉によって土へ移行することで、事故直後より1年後のほうが土中の蓄積量が増加したことを確認しました。特に宇多川上流域では、未だに落葉落枝からなる有機物層（図中のL層とFH層）に相当量のセシウム137が貯留されていることが分かりました。一方、落葉層に分布していたセシウム137の多くが下層の鉱質土壌へ移動した事例も報告されていることから、セシウム137の下方への移動の速さは、地点によって異なると考えられます。落葉層除去による除染は、セシウム137の深度別分布を踏まえた上で行うことが重要と言えます。



そのほかにも、測定モニタリング技術やコンクリートを用いた処分技術の研究など様々な研究を行い、多くの成果を提供してきました。それらの成果は、国の法律における技術基準やガイドラインに反映され、また産業界が技術開発を行う上での科学的基盤となっています。

環境動態、生物・生態系影響の把握

放射性物質に汚染された森林、河川、湖沼、沿岸等の汚染実態と環境動態を把握して将来予測するための環境動態計測と環境モデリング、生物・生態系に対する影響などの研究を進めてきました。

福島第一原発事故によって放射性セシウムに汚染された地域の大部分は森林です。森林における放射性セシウムの動態を明らかにし、除染の在り方を検討することを目的として、半減期が約30年と長いセシウム137に焦点を絞り、森林への沈着から樹木や土への移行、そして河川への流出までを、茨城県筑波山や福島県北東部の宇多川上流域を対象として調査しました。

事故直後から調査を開始した筑波山では、事故時に樹木の葉や枝に沈着したセシウム137が、その後の雨の洗い出しや落葉によって土へ移行することで、事故直後より1年後のほうが土中の蓄積量が増加することがわかりました。さらに、土中のセシウム137の深度別分布の経年変化を調べたところ、いずれの調査地でも事故由来のセシウム137の90%以上が、事故から3年以上経過しても土壌表層5cm深さまでに留まっていました。特に宇多川上流域では、いまだに有機物層に相当量のセシウム137が貯留されていることが分かりました（図8）。また、セシウム137の森林流域から河川への年間あたりの流出量は、流域への総沈着量と比べてごくわずかで、筑波山、宇多川上流域

のいずれも年間当たりの流出率で0.3%以下と見積もられました。

福島県では、福島第一原発事故に由来する放射線による野生生物への影響が懸念されました。放射線は生物のDNAに損傷を与え突然変異を誘発することが知られています。一方で、生物にはこのようなDNA損傷を速やかに修復する力があります。しかし、このバランスが崩れると、DNAの損傷が蓄積し、低確率ですが突然変異を誘発することがあります。

福島県の土壌に由来する放射線によるDNA損傷が生物の修復能力を超えているかどうかを評価するために、DNA損傷からの修復を定量的かつ視覚的に見ることができる遺伝子を組換えたシロイヌナズナを、福島県内で採取した汚染土壌を用いて栽培しました。30日間の栽培期間に植物が浴びた積算放射線量とDNA修復量の関係を見た結果、放射線量に応じて修復量は増加しており、突然変異が蓄積している傾向は確認されませんでした。

被災地の課題解決のために

福島県などの被災地の環境回復に関わる課題は山積しています。そのため、国内外の研究機関と連携して、①長期モニタリングやモデルによって、環境中の放射性物質の汚染実態や移動・蓄積を解明し、長期的な推移を把握するとともに、除染などによる対策効果を予測すること、②無人化や除染によりかく乱された生態系の変化を評価・予測するとともに、放射線などによる野生生物への影響を評価すること、③放射性物質に汚染された廃棄物や土壌を安全・効率的に処理・処分する技術・システムを確立することなどを進めています。

環境回復研究の現状と国立環境研究所で進める災害環境研究



日本では

東京電力福島第一原子力発電所事故に由来する環境中の放射性物質を対象とした調査研究は、様々な研究機関、行政機関、研究者によって実施されてきました。その対象は、放射性物質の計測手法、環境中での動態と影響、除染、廃棄物の処理・処分など多様であり、従事する専門家の学術分野也多岐に及んでいます。その全容を正確に把握するのは困難ですが、日本学術会議が2014年9月10日に発表した提言「復興に向けた長期的な放射能対策のために－学術専門家を交えた省庁横断的な放射能対策の必要性－」¹⁾における俯瞰的まとめが参考になります。その中の「放射性物質の領域間の移行と主な研究主体」の図には、環境省、文科

省（現在は原子力規制庁）、福島県、国立環境研究所や日本原子力研究開発機構など12の研究機関²⁾、大学（筑波大、東大、東京海洋大、茨城大、東工大ほか）、東京電力がリストアップされています。また、文科省科学研究費補助金による新学術領域研究「福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態に関する学際的研究」などの大型の分野横断研究プロジェクトも実施されています。

国立環境研究所では

国立環境研究所は、長年にわたり培ってきた環境研究の蓄積をもとに、東日本大震災（2011年3月11日）の直後から、地震、津波、さらには原子力発電所事故

コラム① 福島県にできる環境創造センターと国立環境研究所福島支部

環境創造センターは、放射性物質により汚染された環境を早急に回復し、将来にわたって安心して暮らせる環境を創造することを目的として福島県が設置する施設であり、2015年度に南相馬市施設、2016年度に三春町施設が整備されます。この三春町施設の研究棟には、国立環境研究所と日本原子力研究開発機構が入居し、福島県と三位一体となって環境回復・創造研究を実施します。

国立環境研究所は、2015年4月に福島県、日本原子力研究開発機構と「環境創造センターにおける連携協力に関する基本協定」を締結しました。2016年度初めに、研究棟の半分程度のスペース（黄色の破線部）に福島支部（職員70～80名程度の予定）を開設し、福島県と日本原子力研究開発機構はもとより、関連する多くの産官学民機関と連携して災害環境研究を推進する予定です。



■ 図9：福島県三春町に整備される環境創造センターの完成予想図

放射性物質による環境汚染からの回復は被災地にとって喫緊の課題です。国立環境研究所は、環境研究を総合的に推進する中核機関として、多くの産官学民機関と連携して、被災地の環境回復に貢献する研究に多面的に取り組んできました。今後は、環境回復研究をさらに進めるとともに、災害後の地域環境の創生や将来の災害に備える災害環境マネジメントと統合した災害環境研究を実施します。



によって引き起こされた環境汚染とその環境回復に関する研究を災害環境研究と位置づけ活動を続けてきました(環境儀No.49)。

2011年度後半からは、研究所の研究活動が本格化し、災害廃棄物や放射能物質に汚染された廃棄物の適切な管理、処理・処分方法などに関する「放射性物質に汚染された廃棄物等の処理処分技術・システムの確立(以下、汚染廃棄物研究)」と、環境中における放射性物質の計測・シミュレーションを通じた動態解明・将来予測、人の被ばく量解析および生物・生態系に対する影響評価に関する「放射性物質の環境動態解明、被ばく量の評価、生物・生態系への影響評価(以下、多媒体環境研究)」を中心に研究を進めてきました。現在は、これら2つの研究を、放射性物質により汚染された被災地の環境をできるだけ速やかに回復することを目的とした「環境回復研究プログラム」に統合し、研究を推進しています。

「汚染廃棄物研究」では、放射性物質に汚染された廃棄物・土壌等について、現地調査、基礎実験、フィールド実証試験およびシステム分析等により、放射性物質の基礎物性・挙動特性等を踏まえた、各処理プロセス(保管、焼却などによる減容化、再生利用、貯蔵、最終処分等)における制御技術・システムの開発・高度化・評価、関連処理施設の長期的管理および解体・廃止等手法に関する調査研究を行っています。また、測定分析・モニタリング技術、廃棄物処理・資源循環システム全体でのフロー・ストックおよび放射性物質管理方策、リスクコミュニケーション手法等に関する調査研究も実施しています。これらの科学的知見を環境省などに提供することにより、汚染廃棄物等の適正かつ円滑な処理の推進に貢献しています。

「多媒体環境研究」では、放射性物質に汚染された

土壌、森林、河川、湖沼、沿岸等の汚染実態と環境動態を把握し、将来動向を予測するために、汚染程度の異なる流域圏を対象として、多媒体環境モデリング、環境動態計測、環境データ解析を統合した研究を実施しています。これらの研究成果は、国や自治体が実施する除染等の推進を科学的側面から支援しています。また、人の被ばく量の広域的な推計手法を開発して、被ばく実態を把握する研究や放射性物質による生物・生態系に対する影響に関する研究を進めるとともに、無人化や除染による生態系変化を把握する研究も始めています。

このような「環境回復研究プログラム」に加え、被災地の復興と持続可能な地域づくりを支援することを目的とした「環境創生研究プログラム」と、東日本大震災の経験・教訓を活かして将来の災害に環境面から備えることを目的とした「災害環境マネジメント研究プログラム」にも取り組んでいます(コラム①参照)。

国立環境研究所は、これら3つの災害環境研究プログラムを柱とし、被災地の復興と環境回復を研究面・技術面から支援するとともに、将来起こりうる災害に備えた環境にやさしい技術システム・社会システムづくりに貢献していきます。そのため、福島県が現在、三春町に整備を進めている環境創造センター内に、2016年度から、新たに国立環境研究所の現地研究拠点として福島支部を開設して、さらなる研究展開を図る予定です(コラム⑦参照)。

1) <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t140919.pdf>
2) 日本原子力研究開発機構、国立環境研究所、気象庁気象研究所、電力中央研究所、放射線医学総合研究所、海洋研究開発機構、農業・食品産業技術総合研究機構、農業環境技術研究所、森林総合研究所、水産総合研究センター、国立保健医療科学院、国立医薬品食品衛生研究所

国立環境研究所の 災害環境研究（環境回復研究）のあゆみ

国立環境研究所では、東日本大震災の直後から災害環境研究に取り組んできました。
その中から、環境放射能汚染からの環境回復に関する研究のあゆみを紹介します。

年月	トピック
2011年 4月	● 所内公募型研究「震災対応型研究」において環境回復研究に着手
12月	● 「放射性物質・災害環境研究チーム」（廃棄物関係グループ、多媒体での環境動態解明グループ）を設置し全所的な研究推進体制を整備 ● 平成23年度受託研究「放射性物質・災害と環境に関する研究」により本格的に研究開始
2012年 2月	● 福島県の環境創造戦略拠点基本構想検討委員会に参画、福島県環境創造センター（仮称）構想の検討に協力
5月	● 環境放射能除染学会第1回研究発表会（飯坂町）で復旧・復興ワークショップ共催
7月	● 第1回環境放射線研究連絡会議を開催（その後、2回開催）
11月	● 南相馬市にフィールド調査用実験室を設置
2013年 4月	● ジョイントセミナー「生活環境から放射能汚染を考える」（つくば市）開催
10月	● 福島支部準備室を設置
2014年 3月	● 郡山市で「災害環境研究」報告交流会開催 ● 国立環境研究所福島出張所を開設
7月	● 環境放射能除染学会第3回研究発表会（郡山市）でNIES-JAEA ジョイントセッションを日本原子力研究開発機構と共催
11月	● 三春町で三春出前講座開催
2015年 2月	● 南相馬市で南相馬出前講座開催 ● 環境創造センター運営戦略会議において「環境創造センター中長期取組方針」策定
3月	● 仙台市で開催された第3回国連防災世界会議のパブリックフォーラムとして「災害環境研究シンポジウム - 東日本大震災の経験に基づく災害環境学の確立 -」開催
4月	● 福島県、日本原子力研究開発機構と「環境創造センターにおける連携協力に関する基本協定」締結
5月	● 中間貯蔵・環境安全事業株式会社との連携・協力に関する協定を締結

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：大原利真、大迫政浩、林誠二、玉置雅紀、山田正人、中山祥嗣、青野光子、荒巻能史、石井弓美子、石垣智基、今井章雄、今泉圭隆、上野隆平、蛭江美孝、遠藤和人、大塚康治、大沼学、小口正弘、小熊宏之、角谷拓、川本克也、倉持秀敏、黒田啓介、高津文人、越川昌美、児玉圭太、五藤大輔、小松一弘、肴倉宏史、佐竹潔、柴田康行、鈴木剛、鈴木規之、高木麻衣、高田光康、高村典子、滝上英孝、竹内文乃、田崎智宏、多島良、田中敦、辻英樹、中嶋信美、仁科一哉、新田裕史、野原精一、東博紀、深澤圭太、堀口敏宏、松崎慎一郎、水落元之、森野悠、矢部徹、山田一夫、山野博哉、山本貴士、吉岡明良、吉田勝彦、渡邊未来

〈その他の共同研究機関〉

日本原子力研究開発機構、産業技術総合研究所、農業生物資源研究所、国立科学博物館、レスブリック大学、北海道大学、酪農学園大学、秋田県立大学、福島大学、東京大学、首都大学東京、京都大学、福岡大学、九州大学、福島県環境センター、福島県水産試験場、埼玉県環境科学国際センター、地方独立行政法人東京都産業技術研究センター、神奈川県環境科学センター、千葉県環境研究センター、静岡県環境衛生科学研究所、名古屋市環境科学調査センター、鳥取県生活環境部衛生環境研究所、福岡県保健環境研究所ほか

これまでに公開した 災害環境研究（環境回復研究）関連の文書

国立環境研究所が、これまでに公開した災害環境研究全体および環境放射能汚染からの環境回復研究に関連する報告書などの資料をご紹介します。

(注) 環境儀 49 号にすでに掲載された資料を除きます。

災害環境研究全体

資料のタイトル	刊行年月	紹介文
環境儀 49 号「東日本大震災—環境研究者はいかに取り組むか—」	2013 年 7 月	東日本大震災後の国立環境研究所の災害と環境に関する研究を中心とした活動について、紹介しています。 http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/49/02-03.html
国立環境研究所「災害環境研究」報告交流会—福島復興支援と環境創造に向けた国立環境研究所の取り組み—予稿集	2014 年 3 月	国立環境研究所の災害環境研究の成果の報告と、今後の研究の方向性について福島県の皆様や専門家の方々と意見交換するため、報告交流会を開催しました。そこでの発表資料を予稿集として公表しました。 https://www.nies.go.jp/event/yoko2014.pdf
災害環境研究サマリー被災地の環境回復と創生のために	2014 年 12 月	国立環境研究所で行っている災害環境研究について、特に、行政担当者や研究者に役立つ情報・方法・提案などを一目で把握できるように構成しています。 http://www.nies.go.jp/shinsai/summary2014-2.pdf
被災地の環境回復と創生のための災害環境研究 Q&A 2015	2015 年 4 月	災害環境研究の最新の成果を、一般の方々にも分かりやすいよう、Q&A 方式でまとめました。 http://www.nies.go.jp/shinsai/Q&A2015/index.html

環境回復研究

資料のタイトル	刊行年月	紹介文
放射性物質の挙動からみた適正な廃棄物処理処分（技術資料：第 4 版）	2014 年 4 月	放射性物質に汚染された廃棄物に関する調査研究を通じて得られた知見・成果などを技術資料としてとりまとめて公開しました。国や関係自治体、関係事業者など各方面で活用されています。 http://www.nies.go.jp/shinsai/techrepo_r4_140414_all.pdf
飛灰洗浄技術に関する技術資料（施設性能・設計に係る指針）	2014 年 6 月	指定廃棄物に指定されている放射性セシウムに汚染された 8,000Bq/kg 超の焼却飛灰の洗浄技術について取りまとめました。 http://www.nies.go.jp/shinsai/flyashwash_2014.6.pdf
廃棄物等の放射能調査・測定マニュアル（第 2 版）	2014 年 7 月	2011 年 4 月に刊行された廃棄物等の放射能調査・測定法暫定マニュアルの改訂版として、その後に制定された環境省のガイドラインと整合を取りつつ、精度管理項目等の記載の充実を図り、第 2 版として公表しました。 http://jsmcwm.or.jp/wp-content/uploads/2014/07/26a73ad7a8f42aba210a427b9437888a.pdf （（一社）廃棄物資源循環学会 HP）
汚染焼却飛灰廃棄物等の最終処分場（遮断型構造）に用いるコンクリートに関する技術資料（第 2 報）	2015 年 2 月	福島県外の指定廃棄物の処分が検討されている鉄筋コンクリート製の遮断型構造の最終処分場について、安全・安心な最終処分場建設に関する検討を行った結果を技術資料として取りまとめました。 http://www.nies.go.jp/whatsnew/2014/20141203/20141203.html

環 境 儀 No.58

—国立環境研究所の研究情報誌—

2015 年 9 月 30 日発行

編 集 国立環境研究所編集委員会

（担当 WG：三枝信子、大原利真、大迫政浩、山田正人、林誠二、玉置雅紀、小島恭子、石垣智基、内田昌男、青野光子、滝村 朗）

発 行 国立研究開発法人 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

「環境儀」既刊の紹介

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	環境スペシメンバノケンギ—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ソ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
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.54 2014年 9月	環境と人々の健康との関わりを探る—環境疫学
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.55 2014年 12月	未来につながる都市であるために—資源とエネルギーを有効利用するしくみ
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.56 2015年 3月	大気環境中の化学物質の健康リスク評価—実験研究を環境行政につなげる
No.34 2010年 3月	セー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.57 2015年 6月	使用済み電気製品の国際資源循環—日本とアジアで目指す E-waste の適正管理

●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○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する動きは、研究所の運動性・進歩・向上・発展を表現しています。

リサイクル適性 (A)

この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。