

災害環境研究の俯瞰

震災からの復興と環境創造のために

(2012年4月版)

はじめに

東日本大震災（2011年3月11日）からの復興は我が国の急務である。

地震、津波は甚大な人的被害、物的な損失と社会基盤の破壊をもたらし、サプライチェーンの停止は世界の製造業に混乱を引き起こした。さらに、原子力発電所の事故により広範囲の放射性物質による汚染が発生し、多数の住民が避難を余儀なくされるに至った。震災による大量の廃棄物の問題、過去に経験のない規模の放射性物質汚染の課題、産業や社会基盤の復興、被災と避難の中で失われた地域社会の再生など、多くの課題がなお未解決なまま残されている。日本全体を挙げて、世界の協力を得ながら、これらの課題に取り組まなければならない。

災害からの復興とは、社会と自然を健全な形に作り直すこと、すなわち、広い意味での地域環境の創造である。被災地の地域環境の正確な実態把握と災害の影響評価、さらに、安心・安全な社会の創造が求められることになる。震災による甚大で複合的な被害に対処するためには、広く諸分野の研究者が相互に連携し、また、社会のさまざまな活動主体と緊密な連携を図らなければならない。国立環境研究所は、人の健康への影響解明、生物生態系への影響評価、地域の汚染への対処、震災廃棄物の処理、環境保全に配慮した地域・社会の復興、環境リスクの管理など、震災後多くの研究を実施してきている。これら多様な研究は、被災した方々、政府や自治体、多くの市民団体などによる復興活動への研究面からの支援となることを目指している。国立環境研究所は、これら研究の全体像を広く世界に示し、復興と環境創造のための研究の理念を社会と共有しなければならないと考える。

本文書は、東日本大震災からの復興と環境創造のために、国立環境研究所で実施しているさまざまな研究課題を、災害環境研究として俯瞰的に整理したものである。現時点ですでに着手されている研究に今後必要な研究領域を加え、研究成果の相互関連や研究上の連携と展開の可能性を、多角的にまた客観的に把握できるように構成した。この文書が、それぞれの研究者にとっては、自らの研究の課題の位置づけを理解することにつながり、行政担当者や市民の方々には、研究から生み出される知識と技術が解決すべき課題とどのように関連しているかをご理解いただく機会になることを期待している。

国立環境研究所は、環境研究の中核的機関として環境研究分野全体を体系化する責務がある。本文書は研究所内の幅広い分野の専門家の参加によって作成した。国立環境研究所で実施中の研究を中心とした作業であるため、災害環境研究の網羅的な俯瞰としては初歩的な段階にある。日本と世界の他機関で行われている研究も網羅した俯瞰作業は将来の課題である。

この「災害環境研究の俯瞰」が、東日本大震災からの復興と被災地の環境創造のための一助となれば幸いである。今後、他の大学、研究機関の協力も得て、災害環境研究をより充実させたいと考えている。皆様のご協力とご支援をお願い申し上げる次第である。

2012年4月

独立行政法人国立環境研究所
理事長 大垣 眞一郎

目次

第1編

- 第1部 災害環境研究の俯瞰図
- 第2部 災害環境研究のこれからのために

第2編

第1部 環境の実態把握と影響評価

- 1 人の健康への影響
 - 1.1 曝露評価
 - 1.2 健康影響評価
 - 1.3 人の健康へのリスクの評価
- 2 生物・生態系への影響
 - 2.1 地震・津波の影響評価
 - 2.2 化学物質等の影響評価
 - 2.3 放射線物質の影響評価
 - 2.4 震災対策の影響評価
 - 2.5 生態リスクの推定
- 3 地域の汚染への対処
 - 3.1 実態解明
 - 3.2 計測技術の高度化

第2部 震災からの復興と安心・安全な社会の創造

- 4 震災廃棄物の処理
 - 4.1 災害廃棄物問題への対応
 - 4.2 放射性物質汚染廃棄物問題への対応
- 5 環境保全に配慮した地域・社会の復興
 - 5.1 科学・技術に対する信頼の維持・回復
 - 5.2 環境復興都市の計画
 - 5.3 エネルギーシナリオ
 - 5.4 将来の災害に対して強靱な社会の構築
- 6 環境リスクの管理
 - 6.1 災害から復興に至るリスク管理の戦略
 - 6.2 リスク管理技術の体系化
 - 6.3 リスク管理体系の再構築

第 1 編

第 1 編第 1 部では、解明・解決すべき環境の課題を分野ごとに整理することで、災害環境研究の俯瞰図を作成した。第 1 編第 2 部では、構造図に表現できない多面的な内容を、災害環境研究をこれから推進していくための教訓としてまとめた。

第 1 部 災害環境研究の俯瞰図

この「災害環境研究の俯瞰」(2012 年 4 月版)の作成に際しては、まず最初に全体構造を俯瞰できる構造図を示すことにした。できる限り包括的に整理するため、解明・解決すべき課題の観点から、図 1 に示す枠組みに沿って整理を行った。

図 2 に示す俯瞰図全体からもわかるように、多くの研究活動は極めて密接に連携している。それらを「環境の実態把握と影響評価」、「震災からの復興と安心・安全な社会の創造」というそれぞれ被災地が必要とする 2 つの大きな課題に分類し、個別の研究活動を位置付けた。「環境の実態把握と影響評価」は、人の健康への影響の解明、生物・生態系への影響の評価、地域の汚染への対処に関する課題群からなる。「震災からの復興と安心・安全な社会の創造」は、震災廃棄物の処理、環境保全に配慮した地域・社会の再生、環境リスクの管理に関する課題群からなる。その上で、図 3～8 に詳細を示すように、それぞれの課題群と研究課題をつなぐものとして、サブ課題群を整理した。

このような俯瞰により、研究の客観的な位置づけを明らかにでき、社会に広く研究を理解していただくことができると期待している。また、限られた研究資源を最も効果的・効率的に投入して最大の研究成果をあげ、それらが活用されやすくするためには、総合的な視野にたって全体構造を俯瞰して示すことが必要である。

※ ソフト FreeMind で作成したマップを国立環境研究所の web 等で公開予定である。
(<http://www.nies.go.jp/>)

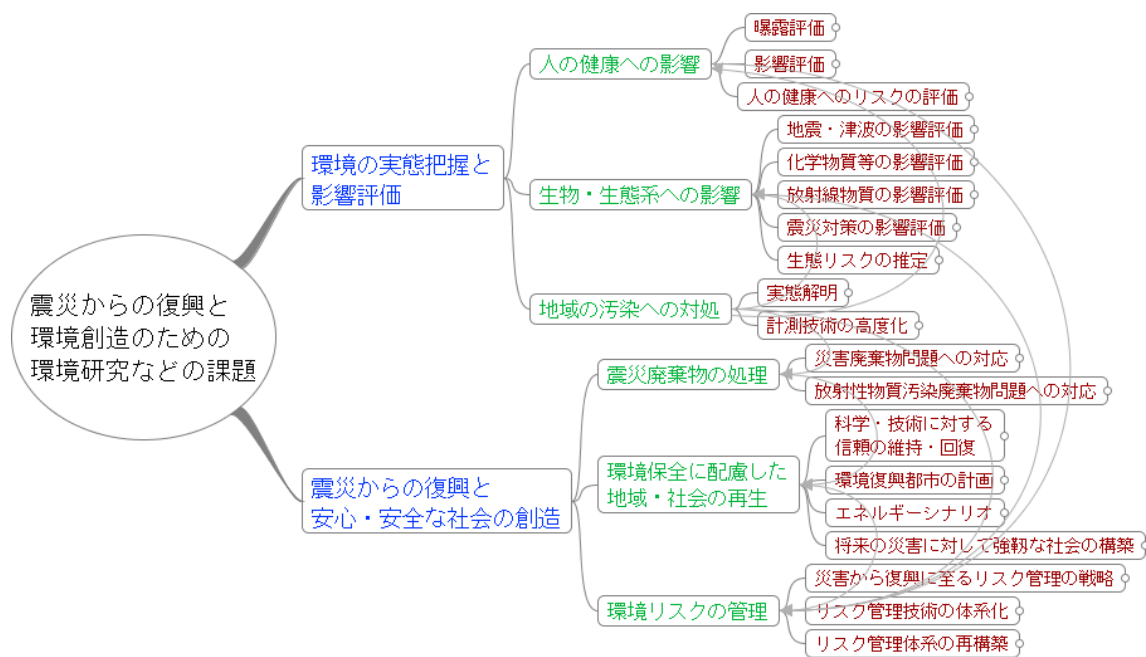


図1 災害環境研究俯瞰図（枠組み）

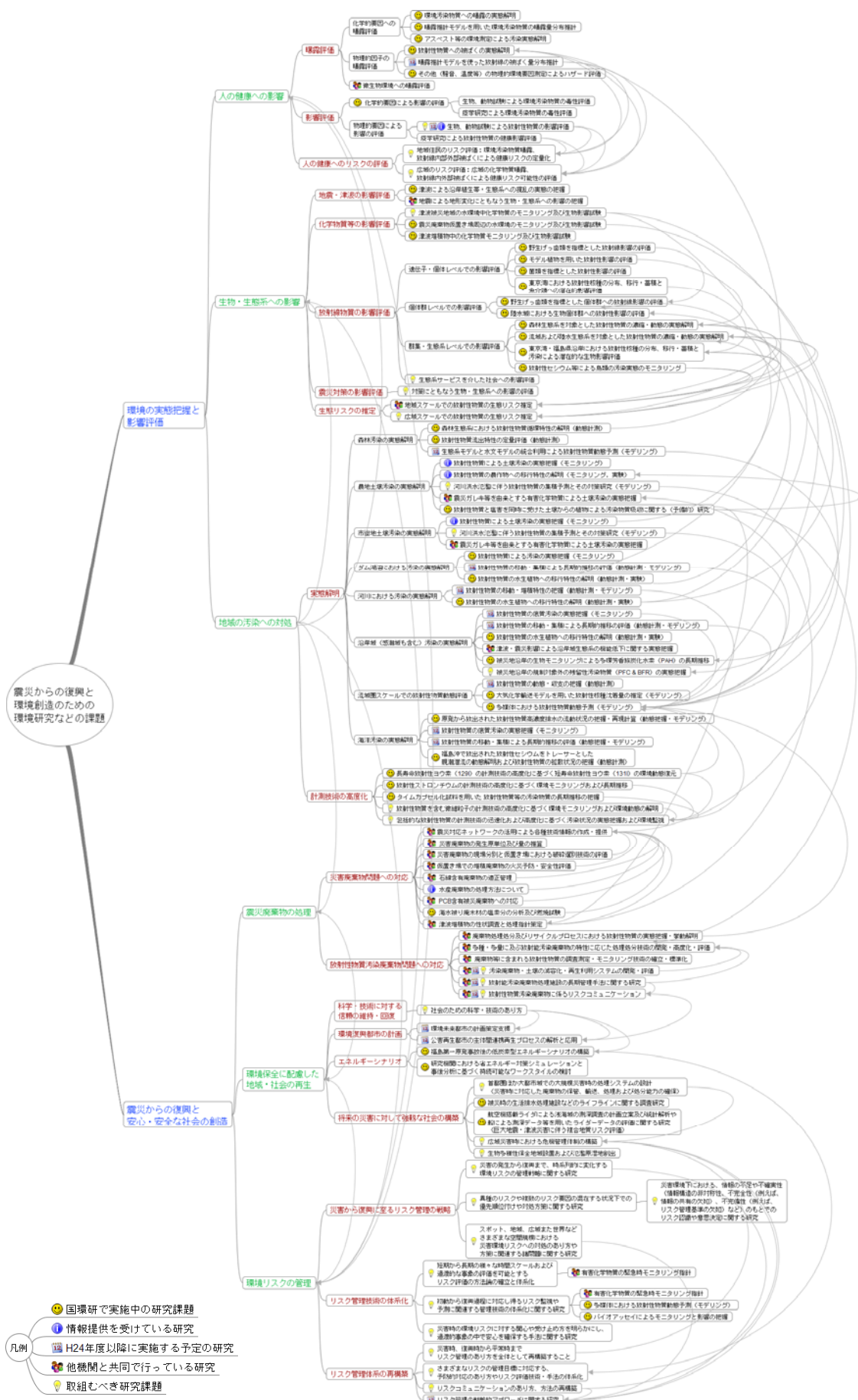


図2 災害環境研究俯瞰図 (全体)

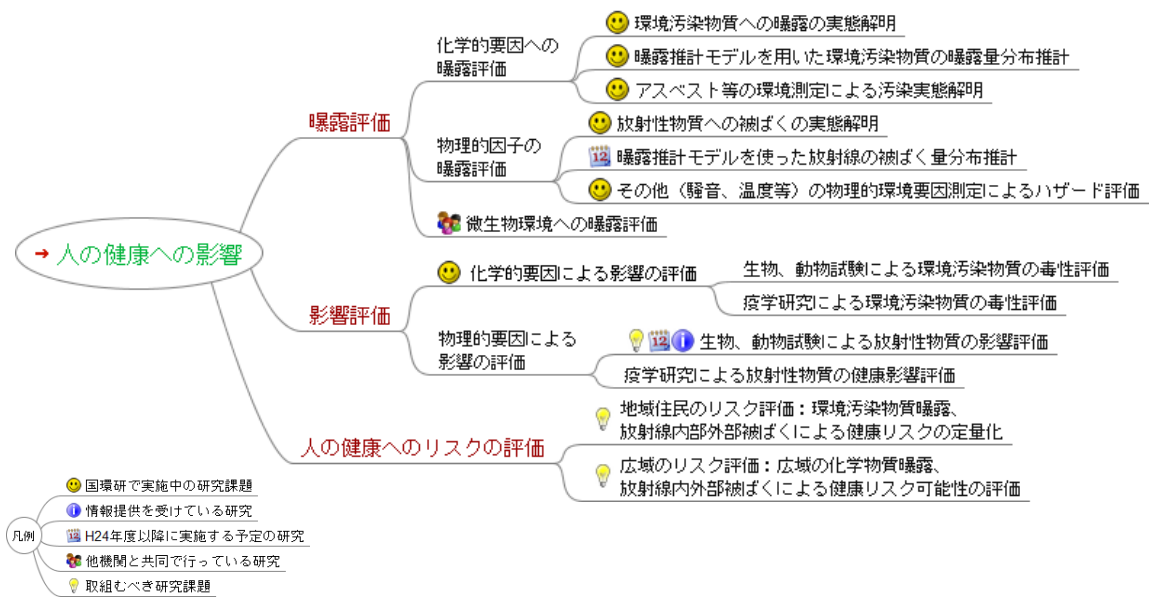


図3 災害環境研究（人の健康への影響）

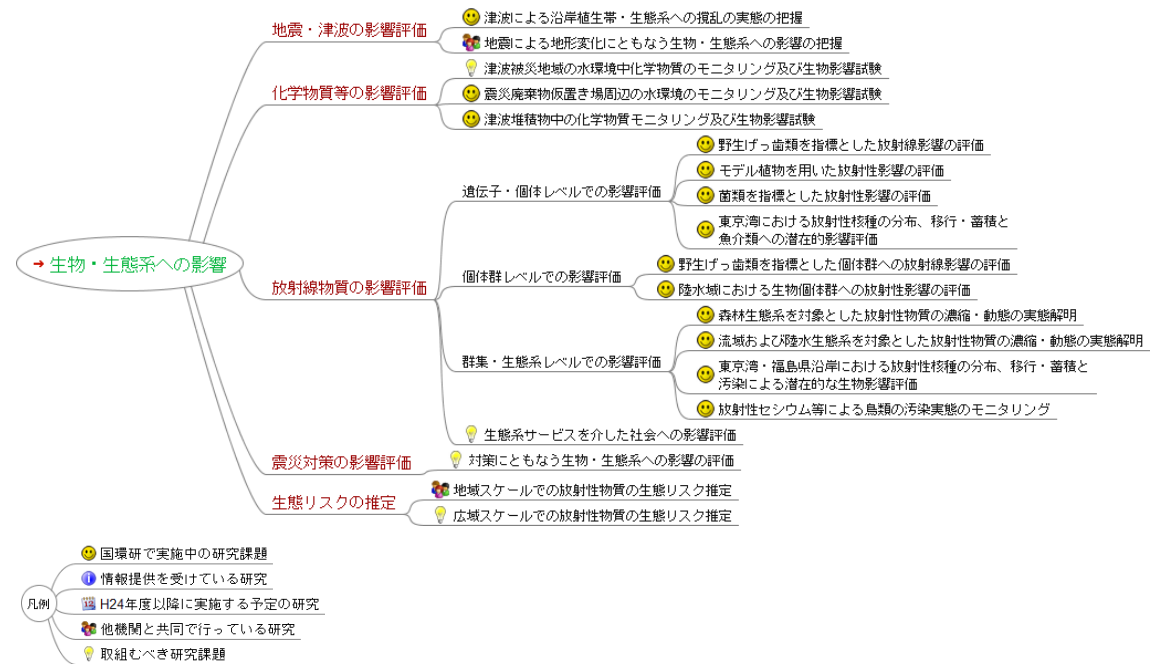


図4 災害環境研究（生物・生態系への影響）

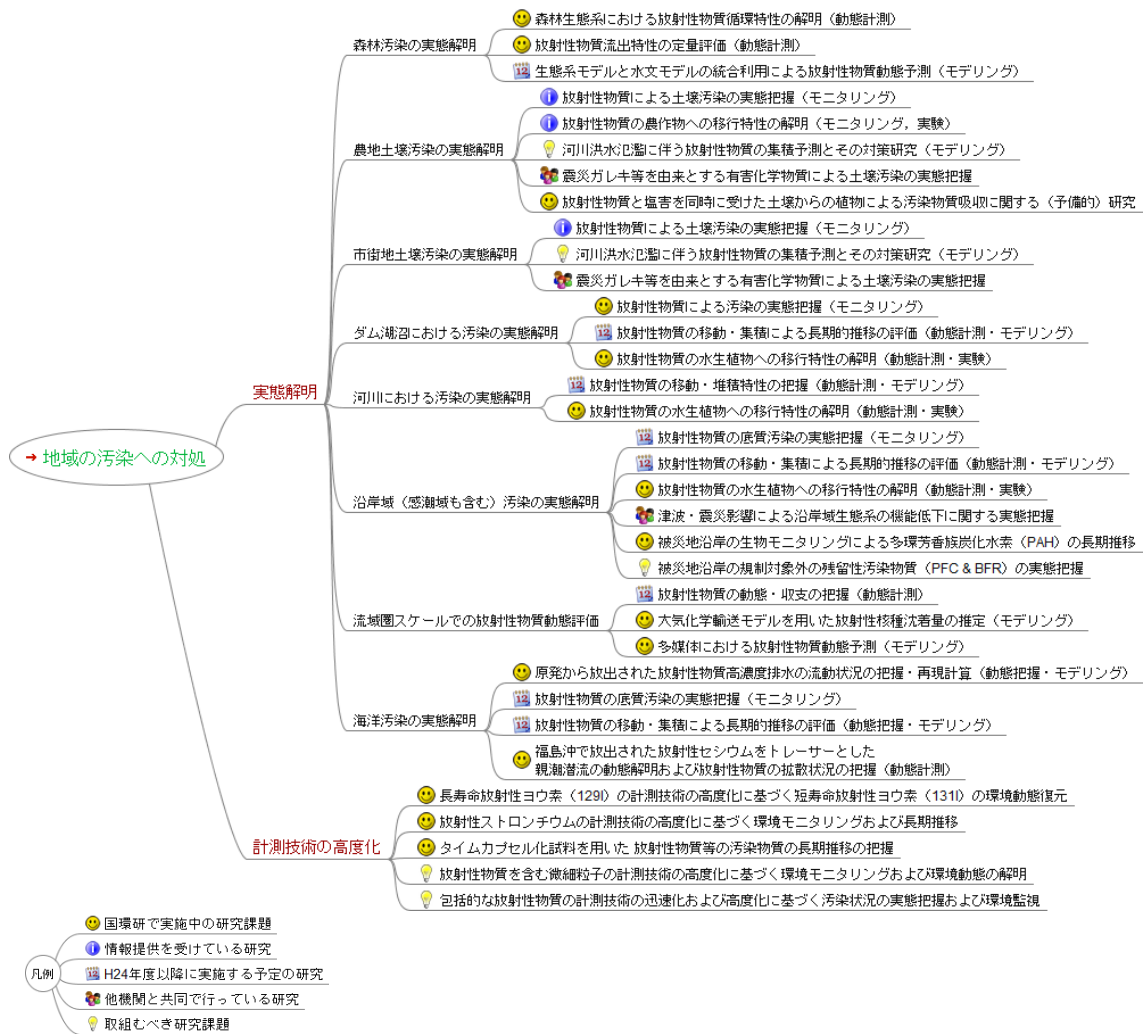


図5 災害環境研究 (地域の汚染への対処)



図6 災害環境研究（震災廃棄物の処理）

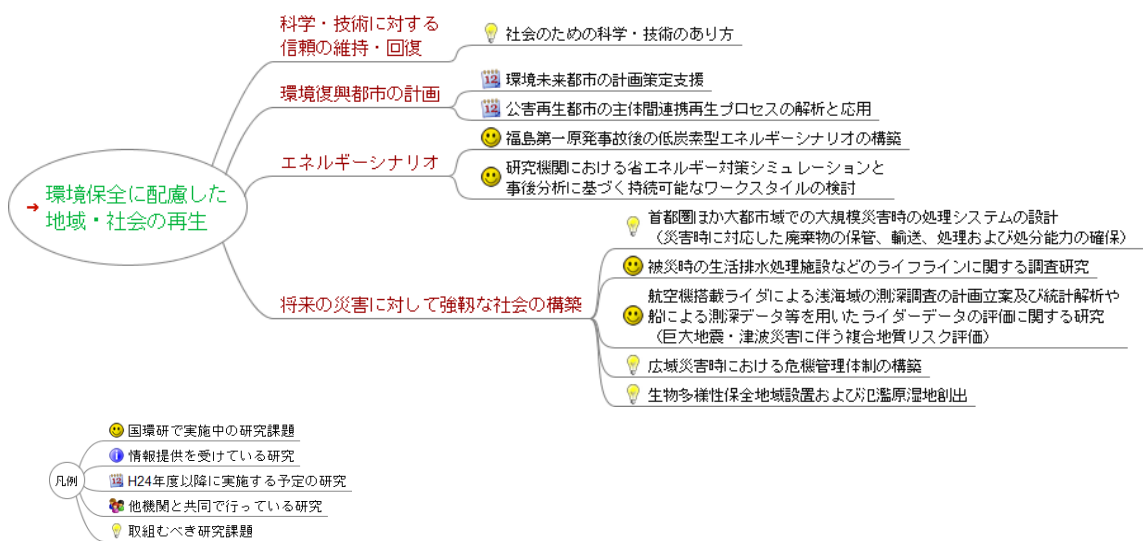


図7 災害環境研究（環境保全に配慮した地域・社会の再生）

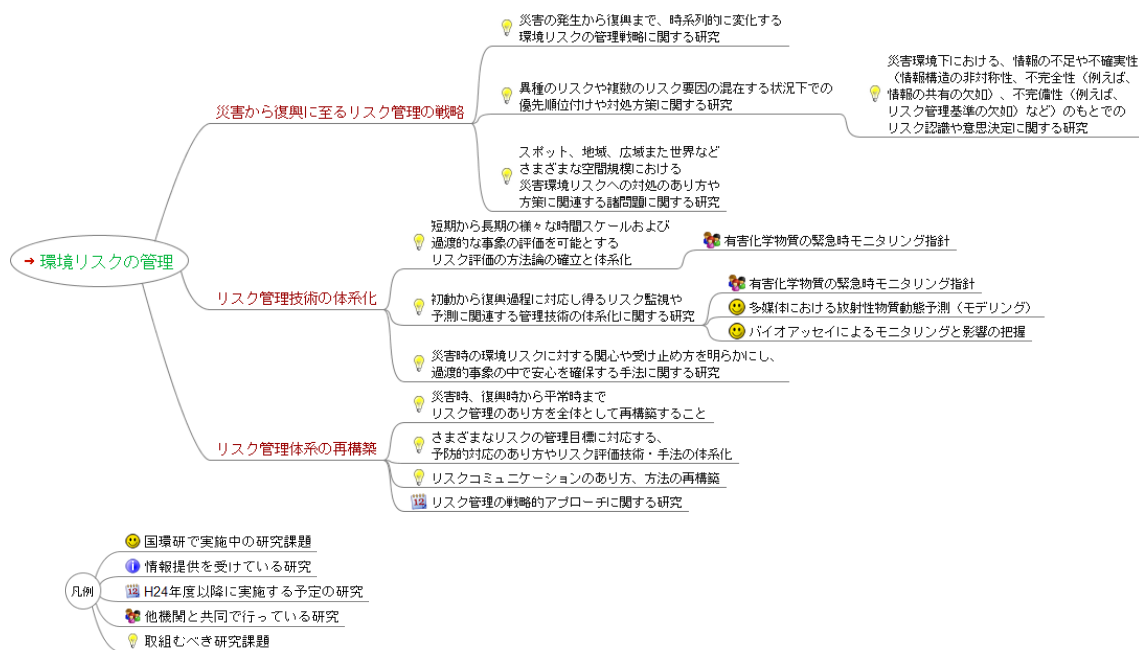


図8 災害環境研究（環境リスクの管理）

第2部 災害環境研究のこれからのために

東日本大震災により国立環境研究所も研究施設の一部が被災した。その復旧に取り組む傍ら、国立環境研究所は可能な限り迅速に、かつ多くの研究者を現地に送り、様々な復旧・復興活動を続けてきた。例えば膨大な量でかつ塩水を被った震災廃棄物処理に係る技術的問題、あるいは避難所内のダスト等による環境衛生問題、さらには放射性物質による環境汚染問題など、各所で早急に科学的な検討や取り組みを必要とする事態が生じていたためである。こうした震災直後の活動を通じて、被災地の状況を直接確認し、復旧・復興に欠かせない課題や、専門的知識を要する課題を整理すると同時に、緊急性の高い問題の解決や今後被害が出る恐れを軽減する活動を実施してきた。そして様々な学会や日本学術会議などを通じて提言を発出し、また必要に応じて国および現地自治体に助言を行ってきた。

それと同時に、国立環境研究所では、東北太平洋沖地震や東京電力福島第一原子力発電所の事故に由来して未だ顕在化していない環境問題の把握や、震災直後から被害の除去や軽減のために用いられている対処法や対策法の効果を検証する必要性も認識している。例えば除染活動による生態系サービスへの影響など、中長期的に地域の再生と密接な関わりのある課題や、復興のため急がれている震災廃棄物の処理に関する課題などが挙げられる。こうした課題に対しても、様々な環境分野の専門知識を備えた研究者が協力して、潜在的な環境問題の予見を図ることと同時に、懸念要因の把握と整理を図り、対処手法や対策方法の立案に取り組んでいる。

このように、東日本大震災という大規模な複合した災害の環境研究を通じて、我々は多くの教訓を得た。災害環境研究のこれからの展開のために、それらの教訓をここにまとめて示す。

1. 災害後の時系列的な研究展開の必要性

災害環境研究は時系列的状況変化に応じた研究展開を意識しながら進めていく必要がある。発災直後は災害と被災の大きさに応じて状況把握を開始して、監視する。次に、その問題の原因を究明し、懸念要因を整理しながら、問題化する可能性のある被害を予測する。そしてその問題が顕在化しないような予防策を立案すると同時に、すでに発生した問題への対処や対策方法を立案し、実行する。そのためには、モデル・シミュレーションの活用や、その結果に基づくモニタリング計画の策定、さらに、災害廃棄物対策、地域特有の環境汚染の予測、人の健康の保護対策研究、復旧・復興へとつながる対策技術研究、環境創造手法に関する研究などへと展開しなければならない。また実施した対処法や対策法の効果を定期的に検証して、最善な方法を模索する必要がある。

2. 平常時の観測の重要性

災害環境へ対応する研究を進める中で、平常時の観測も重要であると再認識した。災害

時の環境を評価する場合には、基準値が公的には設定されていない事柄を扱うことが少なくない。そのような場合、平常時の観測データとの比較は必須である。また、災害時には、災害発生・救命救助・ライフライン復旧・復興という様々なフェーズがあり、各過程でそれぞれ異なった環境問題が想定される。従って災害時の環境研究にはそれらの過程も含めた長期的な継続した調査が必要である。この様な地道な長期間にわたる調査研究は往々にして継続が困難である。国立環境研究所の一使命として、国・地方自治体・地方環境研究所等と協力し、平常時から観測データを収集すること、及び、復興過程の長期的な環境調査を行うことが重要であることを改めて認識した。

3. 迅速な対応のための備え

予測していない事態に対処するためには、普段からの備えが重要である。

今回の震災で震災廃棄物や放射能汚染問題について、ある程度は即応的に対応できているのは、これまで有害物質管理や適正処理技術開発、大気汚染シミュレーション等に関して地道に行ってきた研究の蓄積と方法論が役立っているためである。

一方、種々の災害（地震・津波、放射性物質汚染、大規模火災、化学物質や油の流出など）を想定した対応策を研究機関としてあらかじめ作成しておくことも重要である。国立環境研究所の場合、その基本的な使命の一つは災害による環境の悪化が人と生態系に及ぼす影響を明らかにしてその低減法を提案することにある。その基本理念に沿った研究活動を進め、平常時から利用可能な資源を把握し準備を整えておくことで、非常時には現場の状況に合わせて、柔軟に対処することができる。

4. 多様な連携の必要性

災害環境は実に複雑で複合した事象である。またすべての事象がつながっている。科学と技術のあらゆる分野に関係する。日頃から学術、科学の様々な分野を超えた連携関係を構築しておくことも必要である。また、研究面での成果が実地に迅速かつ効果的に活用されるためには、行政面での府省間の、また国と地方自治体との間での密接な連携と一体性、さらに、行政と民間企業、民間団体との連携が鍵となる。科学と技術の社会への実務的な適用の有効性が強く問われるのは災害時である。

5. 記録と発信

今回の東日本大震災に際し、改めてその記録の重要性が認識された。広くさまざまな災害に関して、その災害環境の状況と復旧・復興過程、環境創造の展開を記録し保存することが重要である（この文書もその記録の一つになると考えている）。現在行われている震災関連の研究や過去に行われた調査研究（例えば阪神大震災、ナホトカ号タンカー事故など）の記録は、今後の環境創造と将来への備えのための重要な記録となる。この種のデータベース化はその重要性にもかかわらず学術的に評価が低く扱われることがある。社会全体でデータベース化を正しく評価し支援する体制が必要である。

また、これらの記録は適切な時機に適切な形で公表されなければならない。今回の震災に関して、日本からの情報発信が十分でないという海外からの指摘もある。正確な情報の

時機をとらえた発信は、現在の国際化した社会では必須である。国立環境研究所は、その研究成果を世界に発信し、各国の研究者とも協働しながら、災害時の環境汚染調査や現実に地球規模となった放射性物質の拡散の研究などの災害環境研究を、今後も続けていく。

6. リーダーシップと人材養成

想定される様々な災害に対して、現時点での最善の知見・技術をもって備える努力が行われており、危機管理マニュアルの策定、周知、実践等を始め、これまでも種々の対策がとられている。しかし、予測していないことが起こるのが災害であり、そのときには既存のマニュアルや技術だけではなく、各専門分野、各階層でのリーダーシップが必要となる。たとえば、国立環境研究所は、現場を意識した最先端の環境研究を遂行していく中で、日本をそして世界をリードする環境研究者を育成し、それをもって将来の災害時の環境問題の解決に貢献できる。

第 2 編

第 2 編は、第 1 編第 1 部の災害環境研究の俯瞰図に整理した内容について説明を加え、文書化したものである。全体を大きく二分し、「第 2 編第 1 部 環境の実態把握と影響評価」と「第 2 編第 2 部 震災からの復興と安心・安全な社会の創造」で構成している。

なお、環境の実態把握および影響評価を踏まえた後に、震災からの復興や安心・安全な社会の創造に取り組む場合もありうるが、復興への取り組みを先行させ、環境の実態把握や影響評価を急ぐ場合もありうる。このような時系列的な展開方法について十分に示すことはできていない。こうした災害環境研究を進める際の考え方や今後の課題については、第 1 編第 2 部を参照されたい。

※ 本文中の見出し等に付したラベルの凡例

〈実施中〉：国立環境研究所で実施中の研究課題

〈情報提供を受けている〉：情報の提供を受けている研究課題

〈共同研究中〉：他機関と共同で行っている研究課題

〈H24 年度以降に実施予定〉：平成 24 年度以降に実施する予定の研究課題

〈取り組むべき研究課題〉：今後取り組むべきと考えられる研究課題

第 1 部 環境の実態把握と影響評価

震災からの復興と環境創造のためには、地域における環境汚染の状態とその変化を把握するとともに、人の健康への影響あるいは生物・生態系への影響を評価することが必要不可欠である。特に、福島第一原発事故による放射性物質の環境汚染については、その実態を詳らかとしたうえで、多様な媒体間での動態解明に基づく今後の推移を出来る限り精確に予測すること、さらにこれらに基づく、様々な曝露経路を考慮した人の健康への影響や生物・生態系への影響の評価を詳細かつ精確に行うことが、最重要課題となっている。これらの科学的知見を踏まえることで、効果的かつ効率的な除染活動の実施が促進され、その結果、震災からの復興と安心・安全な社会の創造を加速させることが期待される。

1 人の健康への影響

このたびの東日本大震災による地震・津波による化学物質等の環境汚染物質および福島第一原発事故による放射性物質の環境中への拡散による人の健康への影響を評価するためには、環境測定やシミュレーションモデルなどによる環境汚染状況の把握と、その結果を用いた曝露量推定が必要である。人は一般環境（大気、環境水、土壌など）や居住環境（室内空気、ほこりなど）に加え、食事（食物や飲料水など）あるいは職業などを通じて、環

境汚染物質や放射性物質に曝露する。また、震災などの災害時には、環境汚染物質以外にも、騒音、高温多湿、病原微生物など人の健康に影響する様々な要因が存在する。有害環境への曝露では、建物構造（木造、鉄筋、高層など）や行動パターン、年齢などが関係し、食事などからの曝露では、摂取パターン（流通、調理法なども含む）や年齢などが複雑に関与する。さらに、人の健康影響は、それぞれの物質や環境からの影響の単純な総和ではなく、様々な要因の相互作用の結果現れるものである。震災による心的ストレスや社会経済的環境の変化なども健康に影響する要因であり、公衆衛生上重要な問題である。このように、震災の人の健康への影響を評価することは、様々な分野の研究者が集まって取り組まなければならない、学際的分野であり、環境研究者はその一翼を担っていると考える。

国立環境研究所では、主に人の環境汚染物質や放射性物質への曝露評価のための環境測定および一部では食事を含めた居住環境測定に取り組んでいる。これらのデータと他機関が提供するデータや拡散シミュレーションモデルからのデータなどを総合して、環境汚染物質および放射性物質などへの曝露量の推計を行う曝露推計モデルを構築することを目指す。曝露推計モデルを用いることで、不足データ（データギャップ）を割り出し、更なる実測定戦略等を立てることや長期的、広域的な曝露シナリオを作成することなどが可能になる。また、それぞれの曝露（化学物質・放射線）に関連して、生物試験（バイオアッセイ）や動物実験による評価結果や既存の知見（モデル動物実験や人での疫学調査結果）などを総合して、人の健康リスク評価を行う必要がある。

1.1 曝露評価

曝露評価研究は、環境測定・モニタリングと曝露モデルを用いた研究で構成される。環境汚染物質などの化学的要因への曝露と放射線その他の物理的要因への曝露は、それぞれの要因の特性や曝露経路・媒体が異なるため、別に行う必要がある。また、それぞれの曝露評価は、上で述べた通り環境（一般、室内）、媒体（食事など）や職業などからの曝露や行動パターン、摂取パターン、居住環境などの様々な要因が絡みあう。曝露推計モデルはそれらの要因を系統的に評価するシステムである。また、横断的な評価のみでなく、時間軸に添った（復興過程を含めての）曝露評価を行うことが重要である。

1.1.1 化学的要因への曝露評価

地震・津波により拡散された種々の環境汚染物質（アスベスト等も含む）への曝露評価に関する研究である。

(1) 環境汚染物質への曝露の実態解明〈実施中〉

曝露の場となる一般環境や居住環境、その他の生活環境（学校、職場など）における環境汚染物質への曝露の実態解明を行うため、曝露の媒体となる大気、水、土壌、津波堆積物（一般環境）、室内空気、ハウスダスト（居住環境）および食物、飲料水（食事）中の環境汚染物質の測定を行っている。また、避難所内やその近傍での一般環境および室内環境（空気、ハウスダスト）の継続的測定を行っており、災害廃棄物処理などの復興過程に伴って想定される化学物質拡散の長期的モニタリング研究も

進行中である。次に述べる曝露推計に必要な食物や飲料水中の化学物質汚染の情報は、厚生労働省や自治体などで測定され、公表されているデータも活用する計画である。復興に関わる作業環境（災害廃棄物処理作業など）からの化学物質曝露は、曝露評価を行う上で重要であり、今後取り組むべき課題である。

(2) 曝露推計モデルを用いた環境汚染物質の曝露量分布推計〈実施中〉

人の環境汚染物質への曝露量を推計するために、曝露経路（経口、経気道、経皮など）ごとに、様々な媒体（空気、ダスト、土壌、食事など）を通しての曝露を計算し、それらを総計する必要がある。曝露推計モデルでは、各媒体の摂取量や各媒体からの汚染物質の体内への移行、年齢層ごとの行動パターン、生活環境（生活する建物の構造など）などをモデル化し、環境汚染物質への曝露量を推計する。また、曝露は個人間、個人内変動や地域での差が大きいため、点での推計（平均値など）ではなく、分布推計を行わなければならない。現在、モンテカルロシミュレーション曝露推計モデルを用いた曝露量分布推計を進めている。また、調査地区での時系列測定データなどを用いて、中・長期的な曝露シナリオの構築を目指す。さらに、曝露モデルからそれぞれの物質に特有の曝露経路を推定し、曝露の軽減につなげる予定である。

(3) アスベスト等の環境測定による汚染実態解明〈実施中〉

1.1.2 物理的因子の曝露評価

物理的環境による健康影響には、騒音・温度などによる影響（熱中症など）に加え、福島第一原発事故により放出された放射性物質による健康影響があげられる。これらは、化学物質とは異なった曝露特性を持っており、それぞれに特化した曝露評価が必要である。

(1) 放射線への被ばくの実態解明〈実施中〉

大気、土壌、津波堆積物中の放射性物質の測定を行っている。また、調査地域を選んだケーススタディ（食事、ハウスダスト、土壌、居住空間放射線量）による放射性セシウム曝露源の長期的推移の把握と除染活動の効果の検証を行っており、これらの研究から得られるデータは放射線被ばく量推計モデルの検証のために重要である。

(2) 曝露推計モデルを用いた放射線の被ばく量分布推計〈H24年度以降に実施予定〉

1.1.1 (2) で述べたのと同様の曝露推計モデルを用い、放射線被ばく線量推計を行う。化学物質などとは違い、放射線被ばくは外部被ばくと内部被ばくの両方を評価する必要がある。外部被ばくについては空間線量（各機関の測定データおよびシミュレーションモデル結果）を用い、居住区域、居住環境、行動パターンの違いを考慮した曝露推計モデルの構築を行う予定である。内部被ばくについては、測定データ（食物、飲料水、空気、土壌、ハウスダスト）を利用し、年齢や地域によって違うそれぞれの媒体の摂取パターン、さらに事故後の食物の摂取パターンの変化も考慮に入れた曝露推計モデルの構築が必要であると考えられる。放射性ヨウ素の甲状腺被ばく線量は、内部被ばくが重要となり、その結果としての健康被害が小児の甲状腺がんと特殊なため、全身被ばくとは別に単独で推計する。また、今後の放射性物質の環境中移行シミュ

ュレーションと組み合わせ、地域（福島県内市区町村ごと、その他の地域都道府県レベル）ごとの長期的被ばくシナリオの作成を行う予定である。

(3) その他（騒音、温度等）の物理的環境要因測定によるハザード評価〈実施中〉

電力供給不足による節電の影響で、夏期の熱中症増加が懸念され、温度湿度の実測により夏期節電中の実態把握を行う。

1.1.3 微生物要因への曝露評価〈共同研究中〉

現地調査で化学的、物理的要因による人の健康影響の可能性に加えて、震災直後や避難所などでの衛生環境の悪化による健康影響も懸念されることが明らかになった。それを受けて、避難所内外や災害廃棄物仮集積所周辺の病原微生物の実態調査を行った。

1.2 影響評価

環境汚染物質などの人への健康影響を評価する際には、疫学研究などの直接人の健康影響を調べる手法から微生物試験や動物試験など間接的に影響を評価する手法まで、さまざまなアプローチが取られる。人における曝露と影響との関係を定量的に評価するための究極的な研究手法は、分析疫学研究（前向きコホート研究など）であるが、本手法は多額の予算と長期間の追跡調査が必要となり、緊急時の影響評価手法としては用いにくい（ただし、調査対象サンプル数の決定、結果の統計的評価などの研究デザインには、疫学的手法の応用が有効である）。実験的に毒性影響を評価する手法としての、培養細胞などを用いたバイオアッセイやモデル動物を用いた研究手法は、比較的安価でかつ短期間で行えるため、緊急時の環境汚染物質等の影響評価にも応用できる。様々な要因による健康影響を総合的に評価するためには、環境試料そのものの毒性評価試験も有効な手法の一つである。

1.2.1 化学的要因による影響の評価〈実施中〉

(1) 生物、動物試験による環境汚染物質の毒性評価

環境試料（災害廃棄物仮集積場からの浸出水、津波堆積物など）を実験動物や微生物、培養細胞等に直接曝露させた場合の毒性評価（バイオアッセイ）は、環境汚染物質による人への影響を評価する上で重要である。当研究所では、急性影響を評価するためのバイオアッセイ（ヒト気道上皮細胞炎症反応試験等：〈実施中〉）、慢性影響を評価するためのバイオアッセイ（レセプターアッセイ、酵母試験、変異原性試験等：〈実施中〉）および次世代への影響を評価するためのバイオアッセイ（生殖・発達・甲状腺毒性等：〈共同研究中〉）を行っている。

(2) 疫学研究による環境汚染物質の毒性評価

上で述べたように健康影響評価のための疫学調査を新しくデザインし、実行することは困難であるが、現在継続中の大規模出生コホート研究（エコチル調査）では、被災地区での調査を継続して行っており、疫学的に検出可能な曝露と健康影響との関係

については、分析を行う予定である。

1.2.2 物理的要因による影響の評価

(1) 生物、動物試験による放射性物質の影響評価

モデル動物を使った低線量長期被ばく実験による胎児・幼児期の放射線被ばくの影響研究を参照しつつ、低線量長期放射線被ばくによる健康影響評価の観点から、1.1で述べた被ばく量推計と組み合わせて健康影響評価に関する研究を行う予定である。放射線被ばくによる発がんや遺伝的影響の研究は今後取り組むべき研究課題である。

(2) 疫学研究による放射性物質の健康影響評価

放射線被ばくによる健康影響は、広島・長崎の疫学研究などの緻密な研究からかなりの知見が蓄積されているが、今回の放射線被ばくはそれらの研究では取り扱ったことのない低いレベルの長期的被ばくで、その影響を評価する疫学研究を設計することは困難である。震災前に始まり、現在も継続中の大規模出生コホート研究（エコチル調査）は、被災地区も調査地区の一部としている。元来、化学物質の胎児期曝露の影響に関する調査としてデザインされているが、出生児の発育・発達や健康状態を多角的に把握するもので、適切な曝露指標が得られれば放射能等物理的要因への対応の可能性はある。

1.3 人の健康へのリスクの評価

以上の曝露評価および健康影響・毒性評価をふまえ、環境汚染物質や放射線被ばく等の人に対するリスク評価を総合的に行う必要がある。疫学的影響評価が確立しているものについてはその結果を用いてリスクを定量化し、そうでないものについては生物、動物試験の結果から外挿して人の健康リスクを評価する。

1.3.1 地域住民のリスク評価：環境汚染物質曝露、放射線内部外部被ばくによる健康リスクの定量化〈取り組むべき研究課題〉

化学的要因による健康への影響、また物理的要因による健康への影響ともに、それぞれ様々な異なる評価エンドポイントに対して、異なる程度や時空間の分布を持つ影響を与えると考えられる。地域における、これらの総体としてのリスクの程度や時空間分布を把握するため、評価エンドポイントごとの影響の定量化、化学的要因と物理的要因それぞれの曝露と影響の全体把握、室内外や地域などの場や空間におけるリスク分布の把握とそれらの時間的推移の把握などの研究を進める必要がある。

1.3.2 広域のリスク評価：広域の環境汚染物質曝露、放射線内部外部被ばくによる健康リスク可能性の評価〈取り組むべき研究課題〉

大震災の影響は地域におけるリスクにとどまらず、放射性物質や化学物質の広域への大気輸送や、さまざまな物資の流通や移動によって広域にわたる懸念がもたれている。広域のリスクの程度や広がりについて、科学的事実に基づいた確なリスクの可能性を検討し、合理的根拠に基づく安全と安心を確保する必要がある。このため、地域

住民のリスク評価に関する検討の手法を応用しつつ、科学的要因と物理的要因による広域の時空間の分布や動態を明らかにし、広域のリスクの可能性について研究を進める必要がある。

2 生物・生態系への影響

東日本大震災で生じた地震・津波とそれともなう有害物質の拡散、また福島第一原発事故による放射性物質の環境中への拡散と汚染が、生物・生態系に及ぼす影響を把握・評価するための研究を展開する必要がある。生物・生態系への影響には、津波による生態系への物理的な影響や、放射性物質等の汚染物質による生物個体の遺伝的・生理的なプロセスへの影響など、生物・生態系への直接的な影響が存在する。さらに一方では、食糧や飲用水の確保、観光やレクリエーションを通じた利用など、これまで社会が享受してきた生態系サービスが、放射性物質等の生態系中への蓄積等により低下することによって生じる影響も存在する。震災の生物・生態系への影響を適切に把握・評価するためには、これらの両方を視野にいたした研究を展開する必要がある。この視点にたち、当研究所においては、生物・生態系への地震・津波と放射性物質等の環境中への拡散の影響を総合的に評価するための研究を展開している。

2.1 地震・津波の影響評価

特に沿岸域において、津波と地震による地盤沈降のため、沿岸植生帯とそこに成立する生態系が大きな影響をうけた。当研究所では津波・地震による影響の大きさが、植生帯・生態系のタイプや沿岸地形などの環境諸条件とどのように関係するか、また、植生帯・生態系の回復過程の継続観測を主要な課題として研究を展開している。また、自然地形や生態系による津波に対する緩衝効果の有無や効果の定量化は今後取り組むべき研究課題である。

2.1.1 津波による沿岸植生帯・生態系への攪乱の実態の把握〈実施中〉

2.1.2 地震による地形変化にともなう生物・生態系への影響の把握〈共同研究中〉

2.2 化学物質等の影響評価

津波による化学物質の拡散や、下水処理場の被災に伴う未処理水の一般河川への放流などによる影響が懸念されており、その実態の把握と評価を行うための研究が必要である。

2.2.1 津波被災地域の水環境中化学物質のモニタリング及び生物影響試験〈取り組むべき研究課題〉

2.2.2 震災廃棄物仮置き場周辺の水環境のモニタリング及び生物影響試験 〈実施中〉

2.2.3 津波堆積物中の化学物質モニタリング及び生物影響試験 〈実施中〉

2.3 放射性物質の影響評価

原子力発電所事故による放射性物質の拡散と汚染の影響を、生物・生態系への直接的な影響と生態系サービスを介した社会への影響として両面から評価する必要がある。特に放射性物質の直接影響については、チェルノブイリ事故以降多くの知見が蓄積された。しかし、特に陸水・海洋域に生育・生息する生物に対する影響や、低線量下での長期にわたる生物個体への影響、個体群や群集、生態系レベルでの影響の究明は不十分であり重要な研究課題である。また、物質循環や生物の移動分散を通じて生態系中のどの部分に放射性物質が蓄積しやすいかを高い時空間解像度で明らかにすることは、生態系中への放射性物質蓄積による生態系サービスの低下を介した社会への影響の評価と適切な対策の提案のために必要不可欠な研究課題である。

2.3.1 遺伝子・個体レベルでの影響評価

放射線の野生生物個体・遺伝子レベルへの影響を定量化・評価するための研究が必要である。特に低線量下における遺伝的・生理的機能への影響は未解明な点が多い。そのため当研究所では、精度の高い影響評価を行うために、ゲノムの構造や自然突然変異発生率など、遺伝的なバックグラウンドに関する情報が豊富なモデル生物を主な対象として研究を実施している。

陸水域等を含む、より広範な生態系に生育・生息する生物に対する遺伝子・個体レベルでの放射線影響の評価は今後取り組むべき研究課題である。

(1) 野生げっ歯類を指標とした放射線影響の評価 〈実施中〉

げっ歯類は遺伝的・生理的な基礎情報が充実していること、ヒトを含めたほ乳類への影響の指標としても用いることができるなど指標生物として適している。当研究所では、野生げっ歯類に対する放射線の生理的・遺伝的影響評価のための研究を実施している。

(2) モデル植物を用いた放射線影響の評価 〈実施中〉

放射線による植物体細胞への変異率を見る為の高感受性遺伝子組換え植物を作出し、この植物を用いて土壌からの外部被曝と内部被曝の評価を行う。また、モデル植物を用いた生殖器官への放射線影響試験も実施する。

(3) 菌類を指標とした放射線影響の評価 〈実施中〉

菌類は菌糸を通じて放射性物質を高濃度に蓄積することが知られている。そのため、菌類の種類・生育段階・生態と放射性物質の蓄積との関係性を明らかにすることで、菌類を通じた森林生態系における放射性物質の動態把握指標の開発を行う。

(4) 東京湾における放射性核種の分布、移行・蓄積と魚介類への潜在的影響評価 〈実施中〉

2.3.2 個体群レベルでの影響評価

放射線の個体群（集団）レベルへの影響を評価するためには、大規模かつ長期的なモニタリングが必要となる。また、野外における影響評価のみでは野生生物の被ばく量と個体群動態との因果関係を明確にできないため、実験的アプローチおよび遺伝的な指標を用いた研究も合わせて実施する必要がある。当研究所では、個体群動態研究のモデル生物を対象とした研究や、研究所が保有する長期観測データを活用した研究を実施している。大型・長寿命な生物を含むより広範な生物個体群への影響評価は今後取り組むべき研究課題である。

(1) 野生げっ歯類を指標とした個体群への放射線影響の評価〈実施中〉

げっ歯類は遺伝的・生理的な基礎情報が充実していること、ヒトを含めたほ乳類への影響の指標としても用いることができるなど指標生物として適している。また、小型であり野外での捕獲調査にも適した対象として研究を実施している。

(2) 陸水域における生物個体群への放射線影響の評価〈実施中〉

当研究所が保有する震災前からの長期観測データ資産を活用し、流域からの放射性物質流入・集積にともなう魚類、底生生物、プランクトンを含む陸水生態系を構成する生物への影響評価のための基礎的データ採取を実施している。

2.3.3 群集・生態系レベルでの影響評価

土壌から植物への放射性物質の移行や、大型魚類や鳥類など生態系における高次の捕食者への放射性物質の濃縮の実態はいくつかの研究報告があるものの、生態系のタイプや生物種によってその度合いは大きく異なることが知られている。生物間の捕食-被食関係を通じた放射性物質の蓄積・動態の実態を条件依存性も含めて明らかにする必要がある。当研究所では、森林、陸域および沿岸・海洋生態系を対象とし、生物を介した放射性物質の蓄積・動態の実態を解明するための研究を実施している。また、長距離移動の可能性のある鳥類への放射性物質の汚染実態のモニタリングを実施している。都市・農業生態系を含めたより広範な評価は、今後取り組むべき研究課題である。

(1) 森林生態系を対象とした放射性物質の濃縮・動態の実態解明〈実施中〉

(2) 流域および陸水生態系を対象とした放射性物質の濃縮・動態の実態解明〈実施中〉

(3) 東京湾・福島県沿岸における放射性核種の分布、移行・蓄積と汚染による潜在的な生物影響評価〈実施中〉

(4) 放射性セシウム等による鳥類の汚染実態のモニタリング〈実施中〉

2.3.4 生態系サービスを介した社会への影響評価〈取り組むべき研究課題〉

放射性物質が生態系中に蓄積によって生じた、安全な食糧や飲用水の確保等、観光やレクリエーションを通じた利用等への影響など、各種の生態系サービスへの影響を定量的に把握・評価することは今後取り組むべき研究課題である。

2.4 震災対策の影響評価 <取り組むべき研究課題>

都市域の高台移転、盛土採取、防波・防潮堤建設、ならびに除染のための森林表土除去など、総合的な意思決定や合意形成をサポートするために、対策にともなって生じる可能性のある生物多様性および生態系サービスへの影響を定量的に評価するための研究は、今後取り組むべき研究課題である。

2.5 生態リスクの推定 <取り組むべき研究課題>

放出された放射性物質等が生態系に与えるリスクを管理するためには、放射線等による影響の評価と被ばく量の評価を統合し、生態系に対するリスクを定量的に評価した上で、優先順位を決定し対策を講じる必要がある。また、放射性物質による汚染では、住民の避難や耕作放棄などの土地利用の変化が生態系に与えるリスクも無視できない要因であり、そのリスク評価を行い費用対効果も含めた対策案を提供することは今後取り組むべき研究課題である。

2.5.1 地域スケールでの放射性物質の生態リスク推定 <共同研究中>

放射性物質による被ばく量がある程度均一と思われる地域スケールを念頭に、被ばく量に応じた生態リスクを推定する。まず、被ばく量と生態系への影響の定量的関係を、以上2.1-2.4項における研究および過去の放射線生物学からの知見をもとにまとめる。さらに、各地域における生物の被ばく量を外部・内部被ばくを含めて推定する。被ばく量に応じた影響の推定値と各地域における被ばく量の推定値に基づき、各地域における生態リスクの大きさの評価を行う。また、各地において除染などの対策を行った場合に、どの程度生態リスクを減らせる効果があるかについての費用対効果分析を行い、対策の優先順位付けに貢献する。

2.5.2 広域スケールでの放射性物質の生態リスク推定 <取り組むべき研究課題>

放射性物質の移行動態や生物の長距離移動分散を考慮した場合、放射性物質の影響は放射性物質による被ばく量がある程度均一と思われる地域スケールよりも大きなスケールであられる可能性もある。そのような広域スケールでの生態リスクを捉えるために、放射性物質による被ばく量に差がみられる複数の地域を含む広域スケールを念頭においた中長期的なリスク評価を行う必要がある。

3 地域の汚染への対処

地震とそれに伴った津波によって東京電力福島第一原子力発電所や沿岸地域を主とする工場や事業所から、本来厳密に管理されるべき放射性物質や化学物質が環境へ漏洩した。こうした汚染物質による人の健康へのリスクや、野生生物への影響を出来るだけ正確に把握し、効果的な除染対策を進めていく上で、原発事故に由来する放射性物質による汚染実態（蓄積と動態）と化学物質の環境漏洩の実態を出来るだけ早急にかつ正確に把握するこ

とが喫緊の課題となっている。このため、多様な空間スケールで幅広い汚染レベルに対応した詳細なモニタリング調査とそれを支える計測技術の高度化が、本課題の克服に不可欠である。さらに、調査結果を基にしたモデリング手法の適用によって、福島県内の主要河川や霞ヶ浦等を念頭に置いた流域圏スケールで、半減期が長いセシウム 137 を中心とした放射性物質の汚染状況の推移を、除染技術の適用効果も含め予測することで、安全安心な地域づくりに貢献していきたい。

3.1 実態解明

原発事故により放射性物質が大気ならびに海域へどれくらい放出されたのか、大気経由で地表面のどこにどの程度沈着（蓄積）したのか、さらには、放出、沈着したものが、自然生態系や農業生態系への移行と濃縮も含め今後どのような動態を示すのか、様々な場（土地利用）とそれらで構成される流域圏スケールを対象に、動態計測とモデリング、さらには実験的手法も用いつつ明らかにしていく必要がある。さらにモニタリング結果から、放射性物質等の分布や移行に関するシミュレーションモデルの精度評価を図る必要がある。

これらに加えて、今回の地震、津波によって沿岸部を中心に流出した有害化学物質による環境汚染も強く懸念され、土壌等の汚染の実態とその修復、生態系への影響評価が喫緊の課題である。

3.1.1 森林汚染の実態解明

(1) 森林生態系における放射性物質循環特性の解明（動態計測）〈実施中〉

筑波山において降水、生葉、リター、土壌等を対象とした汚染実態調査から、放射性セシウムの循環特性について解析している。

(2) 放射性物質流出特性の定量評価（動態計測）〈実施中〉

筑波山を対象に、水文自動連続観測と降雨出水時調査を基に、放射性セシウム流出量推定作業をしている。福島県においても同様の調査を計画している。

(3) 生態系モデルと水文モデルの統合利用による放射性物質動態予測（モデリング）〈H24年度以降に実施予定〉

森林生態系内での循環過程のモデル化による放射性セシウム土壌垂直分布シミュレーションと水・土砂流出シミュレーションを同期して実施することで、長期的な動態（流出）予測を行う予定である。

3.1.2 農地土壌汚染の実態解明

(1) 放射性物質による土壌汚染の実態把握（モニタリング）〈情報提供を受けている〉

農林水産省系の独法研究機関等と連携を図り、調査結果等の情報提供を受けることで、流域スケールでの汚染実態把握、動態解明研究へ反映する。

(2) 放射性物質の農作物への移行特性の解明（モニタリング，実験）〈情報提供を受けている〉

農林水産省系の独法研究機関等と連携を図り、調査結果等の情報提供を受けることで、流域スケールでの汚染実態把握、動態解明研究へ反映する。

(3) **河川洪水氾濫に伴う放射性物質の集積予測とその対策研究（モデリング）**
〈取り組むべき研究課題〉

大規模降雨による浸水被害が懸念される放射性物質汚染地域の河川周辺域について、影響予測と対策研究が早急に望まれる。

(4) **震災ガレキ等を由来とする有害化学物質による土壤汚染の実態把握** 〈共同研究中〉

流出油を対象とした環境影響評価に関する研究を実施している。

(5) **放射性物質と塩害を同時に受けた土壌からの植物による汚染物質吸収に関する（予備的）研究** 〈実施中〉

3.1.3 市街地土壤汚染の実態解明

(1) **放射性物質による土壤汚染の実態把握（モニタリング）** 〈情報提供を受けている〉

他機関（地方公共団体、大学、独法等）との連携を図り、調査結果等情報提供を受けることで、流域スケールでの汚染実態把握、動態解明研究へ反映する。

(2) **河川洪水氾濫に伴う放射性物質の集積予測とその対策研究（モデリング）**
〈取り組むべき研究課題〉

大規模降雨による浸水被害が懸念される放射性物質汚染地域の河川周辺域について、影響予測と対策研究が早急に望まれる。

(3) **震災ガレキ等を由来とする有害化学物質による土壤汚染の実態把握** 〈共同研究中〉

流出油を対象とした環境影響評価に関する研究を実施している。

3.1.4 ダム湖沼における汚染の実態解明

(1) **放射性物質による汚染の実態把握（モニタリング）** 〈実施中〉

霞ヶ浦を対象に、湖水や底泥における放射性セシウム含有量調査を定期モニタリングとして実施している。福島県においても浜通り地方のダム湖を対象に同様の調査を計画している。

(2) **放射性物質の移動・集積による長期的推移の評価（動態計測・モデリング）** 〈H24年度以降に実施予定〉

集中モニタリングによる底質における放射性セシウム濃度分布の把握、長期モニタリングによる堆積速度の評価、これらモニタリング結果に基づく流出入、沈降、巻き上げを考慮した数値シミュレーションによる汚染空間分布状況の長期的推移に関する研究を計画している。

(3) **放射性物質の水生植物への移行特性の解明（動態計測・実験）** 〈実施中〉

霞ヶ浦においてヨシ等を対象に汚染状況調査を実施している。

3.1.5 河川における汚染の実態解明

- (1) 放射性物質の移動・堆積特性の把握（動態計測・モデリング）〈H24年度以降に実施予定〉

霞ヶ浦流入河川や福島県浜通り地方の河川を対象に、河床堆積物の放射性セシウム汚染状況調査を計画している。流況に応じた集積特性を把握し、生態系への移行特性に関する研究との連携を計画している。

- (2) 放射性物質の水生植物への移行特性の解明（動態計測・実験）〈実施中〉

霞ヶ浦流入河川や福島県浜通り地方の河川を対象に、水生植物の放射性セシウム汚染状況調査を計画している。

3.1.6 沿岸域（感潮域も含む）汚染の実態解明

- (1) 放射性物質の底質汚染の実態把握（モニタリング）〈実施中〉

福島県沿岸域を対象に、放射性セシウムを主対象とした底質汚染の実態把握の実施を予定している。

- (2) 放射性物質の移動・集積による長期的推移の評価（動態計測・モデリング）〈H24年度以降に実施予定〉

福島県沿岸域を対象に、集中モニタリングによる底質における放射性セシウム濃度分布の把握、長期モニタリングによる堆積速度の評価、これらモニタリング結果に基づく流出入、沈降、巻き上げを考慮した数値シミュレーションによる汚染空間分布状況の長期的推移に関する研究を計画している。

- (3) 放射性物質の水生植物への移行特性の解明（動態計測・実験）〈実施中〉

- (4) 津波・震災影響による沿岸域生態系の機能低下に関する実態把握〈共同研究中〉

宮城県蒲生干潟を対象に、生態系のかく乱とその回復過程に関する調査研究を実施している。

- (5) 被災地沿岸の生物モニタリングによる多環芳香族炭化水素（PAH）の長期推移〈実施中〉

- (6) 被災地沿岸の規制対象外の残留性汚染物質（PFCs & BFRs）の実態把握〈取り組むべき研究課題〉

3.1.7 流域圏スケールでの放射性物質動態評価

- (1) 放射性物質の動態・収支の把握（動態計測）〈H24年度以降に実施予定〉

霞ヶ浦流域、福島県浜通り地方の河川流域を対象に土砂動態に着目した流域一貫での放射性セシウムモニタリングを計画している。

- (2) 大気化学輸送モデルを用いた放射性核種沈着量の推定（モデリング）〈実施中〉

大気科学輸送モデルによる数値シミュレーション結果に基づき、東日本全域を対象とした放射性核種沈着量マップを作成している。

- (3) 多媒体における放射性物質動態予測（モデリング）〈実施中〉

北関東ならびに南東北を対象とする広域スケールでの多媒体における放射性物質動態予測を可能とする数値モデルを開発している。

3.1.8 海洋汚染の実態解明

- (1) 原発から放出された放射性物質高濃度排水の流動状況の把握・再現計算（動態計測・モデリング）〈実施中〉
- (2) 放射性物質の底質汚染の実態把握（モニタリング）〈H24年度以降に実施予定〉
福島県沖の大陸棚における堆積物コア採取によって底質汚染の実態把握を計画している。
- (3) 放射性物質の移動・集積による長期的推移の評価（動態計測・モデリング）〈H24年度以降に実施予定〉
- (4) 福島沖で放出された放射性セシウムをトレーサーとした親潮潜流の動態解明および放射性物質の拡散状況の把握（動態計測）〈実施中〉

3.2 計測技術の高度化

放射性物質等による環境汚染問題を解決するためには、迅速かつ包括的に汚染状況の実態把握と、その存在状態と変化を把握できる計測技術の高度化が不可欠である。また環境放射能は文部科学省が定めた方法によって、前処理、分析・測定、そしてデータ評価を実施しているが、年々新しい前処理法及び分析装置が開発されており、それらを用いたモニタリング手法や計測技術の高度化およびデータの精度管理が不可欠となる。

- (1) 長寿命放射性ヨウ素（ ^{129}I ）の計測技術の高度化に基づく短寿命放射性ヨウ素（ ^{131}I ）の環境動態復元〈実施中〉
- (2) 放射性ストロンチウムの計測技術の高度化に基づく環境モニタリングおよび長期推移〈実施中〉
- (3) タイムカプセル化試料を用いた放射性物質等の汚染物質の長期推移の把握〈実施中〉
- (4) 放射性物質を含む微細粒子の計測技術の高度化に基づく環境モニタリングおよび環境動態の解明〈取り組むべき研究課題〉
- (5) 包括的な放射性物質の計測技術の迅速化および高度化に基づく汚染状況の実態把握および環境監視〈取り組むべき研究課題〉

第2部 震災からの復興と安心・安全な社会の創造

震災からの復興と安心・安全な社会の創造を同時に実現するためには、環境の実態把握と影響評価と同時にあるいは先行して、環境創造に向けた関係者の合意形成が不可欠である。具体的な環境研究の分野としては、震災廃棄物の処理、環境保全に配慮した地域・社会の復興、環境リスクの管理のための取り組みが鍵となる。

4 震災廃棄物の処理

膨大な災害廃棄物の処理は、被災地における早期の復旧・復興のために取り組まなければならない最大かつ喫緊の課題である。大津波がもたらした大量の災害廃棄物は、放射性物質に汚染されたおそれのある災害廃棄物も含め、過去の経験則が通用しない極めて困難な状況が存在しており、早期解決への行く手を阻んでいる。災害廃棄物処理においては、早期の居住地への帰還が叶うよう生活環境の保全・人の健康確保の防止を図ることに加えて、さらに安全・安心の観点からどのように環境リスクを低減し、同時に資源循環を図ればよいか、その方策を可及的速やかに提示することが、我が国の苦難を乗り越えるために必要である。

国立環境研究所における災害廃棄物に関する取り組みとしては、専門的知見を結集し技術的側面から支援するため、研究者・専門家ネットワークを立ち上げるとともに、研究者の現地への派遣を随時行い、災害廃棄物処理に関する環境省及び関係自治体等による要請に対して、現場状況や関係者のニーズを踏まえた技術情報の提供を進めてきた。また、関係機関と連携し、被災地における災害廃棄物処理に関する技術的支援を行ってきている。2011年3月の発災直後から、国立環境研究所が即時に取り組んできた災害廃棄物問題への対応と、放射性物質による汚染が徐々に明らかになるとともに取り組みを強化した放射性物質汚染廃棄物問題への対応について、分けて下記に記載するが、両問題は同時複合的に捉えて取り組みを進めなければならない。

4.1 災害廃棄物問題への対応

地震や津波により生じた災害廃棄物への対応としては、まずは様々な現場課題への解決策につながる技術情報の提供を行うネットワーク構築とその機能が重要である。得られた情報知見は、環境省が発する通知等に反映されるような即応性が求められる。科学的知見がない様々な課題が存在する中で、緊急的調査研究を実施し、データを収集し、科学的知見の獲得に取り組む必要がある。具体的な事項としては、海水被り木くず、津波堆積物、石綿等有害物質の適正処理、堆積廃棄物の火災防止モニタリング、広域処理計画等がある。2011年3月の発災直後から上記の取り組みについて積極的に進めており、下記の課題（一部を例示）に具体的な成果を挙げてきている。

(1) 震災対応ネットワークの活用による各種技術情報の作成・提供〈実施中、共同研究中〉

国内研究者・技術者で構成される震災対応ネットワークの活用や、廃棄物資源循環学会及び関係研究機関等との連携により、各種技術情報の策定・提供、現地調査及び助言指導等を実施し、国及び地方自治体における災害廃棄物及び放射性物質汚染廃棄物等の処理推進を支援してきた。さらに、各種の緊急調査研究等を実施し、国における災害・放射性物質汚染廃棄物に関する技術基準及び指針等策定への支援を行ってきている。災害廃棄物に関する自治体担当者・専門家向け技術情報等は、災害廃棄物に関する自治体担当者・専門家向け技術情報等として国立環境研究所のホームページに取りまとめている。

(東日本大震災 関連ページ参照 <http://www.nies.go.jp/shinsai/index.html>)

(2) 災害廃棄物の発生原単位及び量の推算〈実施中、共同研究中〉

災害廃棄物（解体廃棄物）の発生原単位について既存の文献（被災自治体が公開した現地調査結果に基づくデータ等）のレビューを行い、量的推算に役立てている。

(3) 災害廃棄物の現場分別と仮置き場における破碎選別技術の評価〈実施中、共同研究中〉

仮置き場に災害廃棄物が集積された後の二次災害や生活環境保全上の支障を防ぎ、再利用や焼却等の処理処分をスムーズに行うことを前提とした仮置き場設置の方法や有価物の選別技術について取りまとめや評価を実施している。

(4) 仮置き場での堆積廃棄物の火災予防・安全性評価〈実施中、共同研究中〉

仮置き場や集積場に集められた可燃性の災害廃棄物の保管時における火災の発生メカニズムと火災防止対策、モニタリング方法を提示している。

(5) 石綿含有廃棄物の適正管理〈実施中、共同研究中〉

災害廃棄物中のアスベストの含有の判別は容易ではなく、分別がなされないまま保管やその後の処理がされる懸念があるため、アスベスト含有状況の概要を把握し、望ましい分別・処理方法について考察、取りまとめを行っている。

(6) 水産廃棄物の処理方法について〈実施中、情報提供を受けている〉

腐敗性のある水産廃棄物への衛生的な初期対応策と、海洋投棄や陸上埋立の現実的な対応方策についてレビューを行って取りまとめている。

(7) PCB 含有災害廃棄物への対応〈実施中、共同研究中〉

被災を受けて高濃度 PCB 使用機器と微量 PCB 汚染機器からの PCB 漏出の可能性があるが、機器の判別や取り扱い上の留意事項について、環境省通知や PCB 廃棄物収集・運搬ガイドラインの緊急時対策等について要点の取りまとめを行っている。

(8) 海水被り廃木材の塩素分の分析及び燃焼試験〈実施中〉

津波を被った災害廃棄物の塩分を調べるとともに、廃棄物焼却試験を所内の熱処理プラントを用いて行い、ダイオキシン類や塩化水素といった有害物質の挙動を調査し、排ガス処理過程でそれらが制御可能であることを検証している。

(9) 津波堆積物の性状調査と処理指針策定〈実施中、共同研究中〉

津波堆積物の量、組成、化学性状に関する分析を進め、処理の基本的な流れから撤

去作業や収集運搬、保管、中間処理方法に関する指針（案）を廃棄物資源循環学会の検討会で取りまとめており、その内容は環境省から発出された東日本大震災津波堆積物処理指針にも反映されている。

4.2 放射性物質汚染廃棄物問題への対応

放射性物質汚染廃棄物については、もともと「廃棄物処理法」の対象外であり、これまでの廃棄物分野の範疇ではなかったが、国立環境研究所では原子力分野の専門機関等から知見を得て独自に対応を開始した経緯がある。環境省が平成23年5月以降、「災害廃棄物安全評価検討会」を設置し、責任をもって取り組んでゆく体制になってから、様々な調査・研究に本格的に取り組んでいる。

具体的には、多種多様な放射性物質汚染廃棄物及びこれらの処理に伴って発生する焼却灰や残渣及び土壌等について、関連施設を対象に現地調査を実施し、放射性物質汚染廃棄物等の処理処分等における放射性物質のプロセス挙動の実態や挙動メカニズムを把握する必要がある。その上で、処理処分等を安全、効果的かつ効率的に行う技術開発や評価に関する調査研究を行うことが特に重要である。これらの技術研究を支える基礎として、廃棄物、循環資源中の放射性物質等の調査測定・モニタリング技術の確立及び標準化を行う必要も生じている。

- (1) 廃棄物処理処分及びリサイクルプロセスにおける放射性物質の実態把握・挙動解明 <実施中、共同研究中>
- (2) 多種・多量に及ぶ放射性物質汚染廃棄物の特性に応じた処理処分技術の開発・高度化・評価 <実施中、共同研究中>

上記2項目については、焼却施設における安全性について、セシウムの物性、化学形に基づく熱力学的な挙動解析、排ガス処理プロセス（バグフィルター等）における除去効率等に関する調査・研究を行っている。また、焼却飛灰からの溶出性が高く、埋立時の溶出、水系汚染が懸念されたため、埋立処分場における土壌層等の設計や浸出水処理のあり方について技術的な検討を実施している。また、様々な廃棄物についての溶出性の検討も行っている。

- (3) 廃棄物等に含まれる放射性物質の調査測定・モニタリング技術の確立・標準化 <実施中、共同研究中>

環境分野で廃棄物に関する放射性物質の分析は行われておらず、知見に乏しかったため分析法に関する検討を開始し、平成23年11月に「廃棄物等の放射能調査・測定暫定マニュアル」を策定した。環境省令に基づく測定法のガイドラインはこれをベースにしているが、暫定マニュアルについては最新の調査知見を踏まえてアップデートを検討している。

- (4) 汚染廃棄物・土壌の減容化・再生利用システムの開発・評価 <H24年度以降実施予定、取り組むべき研究課題、共同研究>

汚染廃棄物・土壌等の発生量や循環資源・再生品等の発生量・流通量の解析（フロー及びストックの解析）を行い、放射性物質濃度等に関する推移及び特性分析を実施する。その上で、中間処理技術（焼却、熔融等の熱的処理技術や、破碎、分級、洗浄

等の物理的処理技術)や再生利用技術(中間処理後生成物の再生利用技術や施工技術)の開発・高度化・評価等を行う予定である。

(5) **放射能汚染廃棄物処理施設の長期管理手法に関する研究** <H24年度以降実施予定、取り組むべき研究課題、共同研究>

焼却などの中間処理や埋立(埋設)による最終処分、中間貯蔵の過程における放射性セシウムの長期的な挙動を把握、解明し、今後の焼却施設の維持管理や解体撤去に係る長期的な管理手法、並びに最終処分場の長期的な監視手法や廃止基準・方法を確立し提示する予定である。

(6) **放射性物質汚染廃棄物に係るリスクコミュニケーション** <H24年度以降実施予定、取り組むべき研究課題、共同研究>

国立環境研究所においても放射能問題に専門的に取り組んでいるスタッフは限られている。そこで、現場における指導や住民説明会に参加し、コミュニケーションを図れる専門家養成に向けた取り組みを開始している。例えば、自治体の研究機関の関係者、メーカー・ゼネコンの技術者、コンサルタント業界の技術者を集めた研修会を平成24年1月に開催している。今後、放射能問題に対する社会や地域住民の意識・行動に影響する要因を抽出して一般化し、一般的な放射能汚染廃棄物の問題に対する実践的な事例研究を通して、合意形成メカニズムを明らかにし、適切な合意形成手法を提示するとともに、実践を通じてその手法を検証、改善していくための研究が必要である。

上述の放射能に関連する廃棄物問題への対応について、これまでに得られている一定の成果については、技術資料「放射性物質の挙動からみた適正な廃棄物処理処分」としてまとめ、平成23年12月に開催された災害廃棄物安全評価検討会で公開している。(平成24年3月26日には情報知見の追加更新を踏まえた第二版を公表したhttp://www.nies.go.jp/shinsai/techrepo_r2_120326.pdf)

5 環境保全に配慮した地域・社会の復興

地域・社会の復興のためには、生活を支える社会基盤、産業基盤、自然資本および資本社会関係等における多面的な再生の取り組みが必要である。その再生において科学技術が貢献するためには、何よりも今回の震災以降に失われた科学技術に対する国民の信頼を回復することが重要である。環境研究の貢献としては、失われた都市基盤を環境都市として再生する計画立案に貢献する取り組み、不安定となった短期的および中長期的な電力供給へ対応する取り組み、将来の災害に対して強靱(レジリエント)な社会の構築に関する取り組みが必要である。

5.1 科学・技術に対する信頼の維持・回復

巨大な地震・津波による防潮堤の崩壊、原発事故への対応等は、人々が科学・技術へ寄せていた信頼を大きく揺るがし、低下させた。安心・安全な社会を実現するため

には、社会における科学のあり方を問い直し、社会の再生に貢献することを通じて、科学への信頼を回復する取り組みが必要である。

(1) 社会のための科学・技術のあり方〈取り組むべき研究課題〉

5.2 環境復興都市の計画

復興に際して、従前の都市・地域を復元するだけでなく、わが国の諸課題を克服する次世代型の都市・地域を実現することが課題である。そのため、低炭素・資源循環型の都市・地域の計画を支援する取り組みが必要である。また、地域・社会の再生のためには、安全の回復や都市基盤の復興だけでなく、社会的な信頼関係の回復が重要な課題である。

(1) 環境未来都市の計画策定支援〈H24年度以降に実施予定〉

低炭素・資源循環型の復興ビジョンの構築と効果算定ツールの開発などが環境未来都市の計画策定を支援するために必要である。具体的には、地盤沈降の影響や産業の再生を踏まえて、再生可能エネルギーの利用可能性評価を行う等に活用される。

(2) 公害再生都市の主体間連携再生プロセスの解析と応用〈H24年度以降に実施予定〉

5.3 エネルギーシナリオ

震災にともなう電力供給力不足への対応が課題となっている。再生エネルギーの導入可能性の再検討を含む低炭素型エネルギーシナリオを見直すことに加えて、ライフスタイル・ワークスタイルの見直しを含む大幅な省エネルギーの可能性の検討を行う必要がある。

(1) 福島第一原発事故後の低炭素型エネルギーシナリオの構築〈実施中〉

日本のエネルギーシナリオと地球温暖化対策に関する選択肢の作成と評価に関する検討に取り組んでいる。

(2) 研究機関における省エネルギー対策シミュレーションと事後分析に基づく持続可能なワークスタイルの検討〈実施中〉

5.4 将来の災害に対して強靱な社会の構築

今後、再び起こりうる大規模災害に対して、回復力の高い社会を構築することが必要である。「想定外」の事象に対して、ハード的な備えを向上させておくことに依存するのではなく、ソフト的な備えを十分に行っておくことの重要性が増している。たとえば、大規模災害時の廃棄物処理システムの設計あるいは生活排水処理等のライフラインに関する調査とともに、巨大地震・津波災害に伴う複合地質リスクの評価、さらには広域災害時における危機管理体制の構築が重要である。また、津波被害が発生する可能性の高い地域に、防潮林などを再生させることで、津波が発生した場合の人・社会への影響を最小化するとともに、平常時にも新たな生態系サービスを生み出す場として活用できる可能性があり、そのための評価の枠組みの構築に関する研究が課題となる。

- (1) 首都圏ほか大都市域での大規模災害時の廃棄物処理システムの設計（災害時に対応した廃棄物の保管、輸送、処理および処分能力の確保）〈取り組むべき研究課題〉
- (2) 被災時の生活排水処理施設などのライフラインに関する調査研究〈実施中〉
- (3) 航空機搭載ライダーによる浅海域の測深調査の計画立案及び統計解析や船による測深データ等を用いたライダーデータの評価に関する研究（巨大地震・津波災害に伴う複合地質リスク評価）〈実施中〉
- (4) 広域災害時における危機管理体制の構築〈取り組むべき研究課題〉
- (5) 生物多様性保全地域設置および氾濫原湿地創出〈取り組むべき研究課題〉
 低地帯について、生物多様性保全地域および氾濫原湿地再生適地を抽出し、氾濫原湿地創出による生態系間の物質・生物動態変化の把握と予測、創出される生態系サービス（供給サービス、調整サービス、文化的サービス）の価値の定量化、国立公園化などによって地元が得られる経済的便益の定量化を行う。

6 環境リスクの管理

人の健康への影響、生物・生態系への影響が個別に理解されたとしても、これらを環境リスクとして総合的に把握し、リスク管理の戦略(6.1)を明確にすることが復興過程のリスク管理には必要である。災害・復興から平常時にいたる時間経過とともに、環境と社会が新たに形成あるいは再構成されることにより、リスクに対する認識は大きく変化する。環境リスクに対する受け止め方は多様であり、特に災害環境では時間とともに推移し、場によって、また主体とそのおかれた状況により異なるものとなる。このため、環境リスクとして評価されるべき視点（懸念）は多様であり、リスク管理のあり方(6.3)を検討する中で人や生物・生態系への評価の方向が決定される。すなわち、リスク管理の戦略を明確にすることによりリスク評価の進め方を具体化し、さまざまな状況の変化に応じたリスク要因とその管理レベルとしての、例えば管理基準・指針、技術目標などに結びつけていく必要がある。しかしながら、このようなリスク管理の戦略を策定するための方法論は確立されておらず、また、復興過程でのリスク管理の諸技術の体系化(6.2)も不十分である。

そこで、特にこれらの課題(6.1, 6.2, 6.3)について重点的に研究内容を構築する必要がある。

6.1 災害から復興に至るリスク管理の戦略

これまで運用されてきた環境リスクの管理は平常時における、いわば静的なものであった。これに対し、災害から復興に至る過程では、時間とともに変化するリスクや、さまざまな状況下でのリスク認識の違い、情報の不足や不確実性などの現実の制約の中での速やかな意思決定が必要とされる。時間経過とともにさまざまに変化する環境リスクを総合的に管理し、社会合理的な意思決定に結び付けるリスク管理の戦略を構築する方法論が必要である。しかしながら、異種リスクの混在する状況の総合把握、

時系列的に変化を伴うリスクの管理、短期的に構造変化を伴う主体間の相互作用の中でのリスク管理、動的な管理の手法など、いずれも環境リスク研究の分野では方法論が確立されておらず、今後の展開が必要である。

(1) **災害の発生から復興まで、時系列的に変化する環境リスクの管理戦略に関する研究** <取り組むべき研究課題>

6.3(4) リスク管理の戦略的アプローチに関する研究に関連する。

(2) **異種リスクや複数のリスク要因の混在する状況下での対策の優先順位付けや対処方策に関する研究** <取り組むべき研究課題>

災害環境下における、情報の不足や不確実性（情報構造の非対称性、不完全性（例えば、情報の共有の欠如）、不完備性（例えば、リスク管理基準の欠如）など）のもとでのリスク認識や意思決定に関する研究が必要である。

(3) **スポット、地域、広域また世界などさまざまな空間規模における災害環境リスクへの対処のあり方や方策に関連する諸問題に関する研究** <取り組むべき研究課題>

6.3(4) リスク管理の戦略的アプローチに関する研究に関連する。

6.2 リスク管理技術の体系化

人の健康や生物・生態系への影響に対する現在のリスク評価手法の多くは、静的な管理戦略のニーズに応えることを前提としたものであるため、動的な管理ニーズに応える手法としては必ずしも十分でない。災害から復興に至る過程では、初動段階での情報の不足（不備）や不確実性を前提とした予防的な管理措置から、その後の時間経過の中で、情報の整備と精度を高めた評価による措置に進めていくことが必要であろう。このためには、既存のリスク評価の諸技術を災害環境に適用可能なリスク管理という視点で体系化し、既存のリスク評価技術等が利用できない場合には、新たな評価手法を準備する必要があると考えられ、今後の展開が求められる。

(1) **短期から長期の様々な時間スケールおよび過渡的な事象の評価を可能とするリスク評価の方法論の確立と体系化** <取り組むべき研究課題>

(2) **初動から復興過程に対応し得るリスク監視や予測に関連する管理技術の体系化に関する研究** <取り組むべき研究課題>

この管理技術は、学会との共同で行う有害化学物質の緊急時モニタリング指針の作成や、多媒体における放射性物質の動態を予測すること、バイオアッセイによるモニタリングと影響の把握が含まれる。

(3) **災害時の環境リスクに対する関心や受け止め方を明らかにし、過渡的な事象の中で安心を確保する手法に関する研究** <取り組むべき研究課題>

6.3 リスク管理体系の再構築

環境リスクの管理は、科学的な諸知見と市民・社会のリスクに対する考え方の相互作用の中で進められるべきものであり、広くはさまざまな事態に対応出来るリスク管理体系として考慮される必要がある。すなわち、災害から復興に至る過程のリスク管

理戦略もまた、将来に向けてはリスク管理体系全体の再構築の中でその要素として位置づけることが出来る。復興に至る諸過程での経験を活用し、今後のさまざまな災害から復興、さらに平常時に至るまで応用可能なリスク管理体系の構築が指向されるべきである。

- (1) 災害時、復興時から平常時までリスク管理のあり方を全体として再構築すること〈取り組むべき研究課題〉
- (2) さまざまなリスクの管理目標に対応する、予防的対応のあり方やリスク評価技術・手法の体系化〈取り組むべき研究課題〉
- (3) リスクコミュニケーションのあり方、方法の再構築〈取り組むべき研究課題〉
- (4) リスク管理の戦略的アプローチに関する研究〈H24年度以降に実施予定〉

なお、本文書は「2012年4月版」である。今後とも、復興の進展と研究の展開に応じた俯瞰を試みていく予定である。

2012年4月

独立行政法人国立環境研究所

災害環境研究俯瞰取りまとめ作業チーム

大垣 眞一郎（理事長）

佐藤 洋（理事）

鏑木 儀郎（理事）

江守 正多（地球環境研究センター）

滝上 英孝（資源循環・廃棄物研究センター）

鈴木 規之（環境リスク研究センター）

林 誠二（地域環境研究センター）

角谷 拓（生物・生態系環境研究センター）

中山 祥嗣（環境健康研究センター）

松橋 啓介（社会環境システム研究センター）

武内 章記（環境計測研究センター）

本文書に関する連絡先：独立行政法人国立環境研究所 理事室 小沼 博子

〒305-8506 つくば市小野川 16-2

TEL:029-850-2826 FAX:029-850-2834

Eメール：saigaikankyo@nies.go.jp