

# 災害環境研究サマリー2014

被災地の環境回復と創生のために

平成 26 年 12 月



独立行政法人  
国立環境研究所





## はじめに

国立環境研究所は、東日本大震災（2011年3月11日）の直後から、大震災による環境汚染と環境の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参りました。2011年度後半からは、研究所の研究活動が本格化し、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、ヒトへの被ばく量解析及び生物・生態系に対する影響評価に関する「多媒体環境研究」と、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「廃棄物・資源循環研究」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、研究を鋭意推進しています。さらに、被災地の復興を通して21世紀の日本の姿を実現することを目的とした「環境創生研究プログラム」と、将来の災害に備え、安全で安心な地域社会をつく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」を開始しております。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・技術面で支援するとともに、将来起こりうる災害にも備えた環境にやさしい日本の姿を実現してゆくことに貢献していく所存です。



国立環境研究所は、これまでの災害環境研究の目標や成果をわかりやすく伝えることを目的に、2012年4月に「災害環境研究の俯瞰」、2013年3月に「東日本大震災後の災害環境研究の成果」を刊行しました。今回、特に、行政担当者や研究者にとって役立つ情報・方法・提案などを一目で把握できるように構成した「災害環境研究サマリー」を刊行することになりました。今後は、国立環境研究所が行う災害環境研究の最新の成果を共有し、いち早く被災地の復興・再生に還元できるよう、年1回の発刊を予定しております。本冊子「災害環境研究サマリー」が、東日本大震災からの被災地の復興と環境創造のための一助となれば幸いです。

また、被災地の住民の皆様の生の声を聞き、地元のニーズに可能な限り応えることも災害環境研究を進めていく上で必要不可欠です。国立環境研究所は、福島県が現在三春町に整備をすすめている環境創造センター内に2016年から福島支部を開設し、より一層地元根差した研究活動に取り組んで参ります。今後もこれまでと変わらぬ皆様のご協力とご支援をお願い申し上げます。

2014年12月  
独立行政法人国立環境研究所  
理事長 住 明正



# 災害環境研究サマリー2014 被災地の環境回復と創生のために

## 目次

災害環境研究の概要	1
主要な研究成果	2
<b>18のトピック</b>	
1 焼却過程における放射性セシウムの挙動把握とモデリング	6
2 焼却過程における放射性セシウムの炉内耐火物への蓄積挙動と解体・維持管理上の留意点	8
3 放射性セシウムの溶出・吸着挙動	10
4 都市ごみ焼却・下水処理等への放射性物質流入と廃棄物の汚染傾向	12
5 放射性物質汚染廃棄物の放射能分析に関する取り組みについて	14
6 森林域における放射性セシウムの挙動	16
7 湖沼や干潟等流入水域への放射性セシウムの蓄積実態	18
8 流域スケールでの放射性セシウムの移動と集積	20
9 大気・陸域・海域における放射性物質の環境動態シミュレーション	22
10 福島県における震災・原発事故後の水辺の生き物	26
11 低線量放射線による生物影響評価植物の開発	28
12 東日本地域の長期的追加被ばく線量を推計する	30
13 福島県新地町のくらしアシスタタブレットによる復興支援システム	32
14 統合評価モデルを用いた復興・地域発展シナリオづくり	34
15 地域エネルギーを活かした復興まちづくりのシミュレーション	38
16 災害環境マネジメントと災害廃棄物発生量推計	42
17 災害廃棄物処理に係る制度対応・計画策定・業務マネジメント	46
18 災害廃棄物情報プラットフォーム	50
<b>これからの展望</b>	<b>52</b>

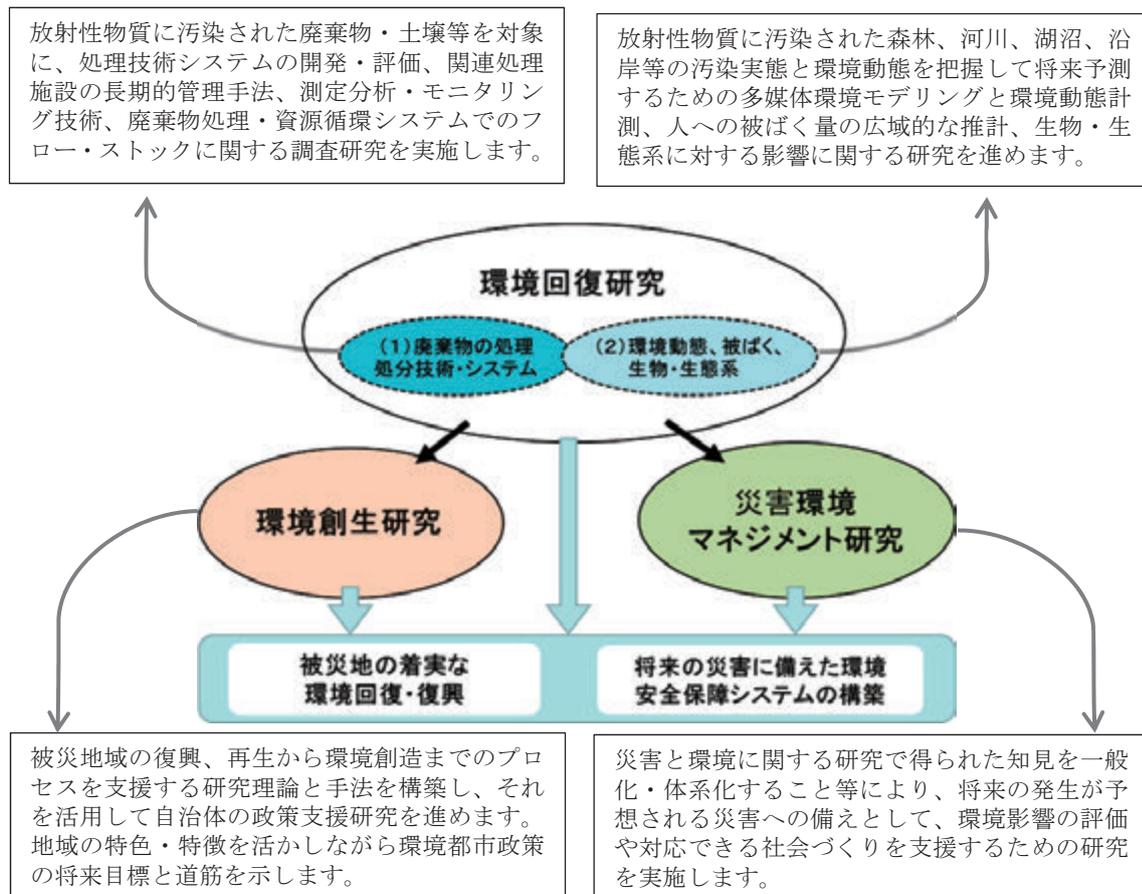


## 災害環境研究の概要

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、汚染の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かつ緊急性も高い課題です。国立環境研究所では、以下の4つの課題を設定して災害環境研究を進めています。

- 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【環境回復研究 (1)】
- 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【環境回復研究 (2)】
- ③災害後の地域環境の再生・創造等に関する調査・研究の推進【環境創生研究】
- ④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・研究の推進【災害環境マネジメント研究】

これらの研究に総合的に取り組み、東日本大震災の被災地の復興と環境創造に対して環境研究の面から貢献するとともに、その研究成果により大地震等が生じた際の人や環境への被害の回復や環境汚染対策等の環境政策に貢献することを目指しています。また、このような幅広い分野における、多面的で、相互に関連した研究を、総合的、効果的、効率的に推進するため、環境省、福島県等の被災自治体、他の研究機関等と連携して進めています。



災害環境研究の全体構成図

## 主要な研究成果

本サマリーは震災直後から現在までの研究成果の中から、主要な成果を 18 のトピックにまとめたものです。以下、これらのトピックのキーポイントを Q&A 形式に整理しました。詳細につきましては、後出の各トピックをご覧ください。

(注) ●主に実務担当者に役立つ知見、■主に研究者に役立つ知見

### 1.放射性物質に汚染された廃棄物等の処理処分に関するキーポイント

#### Q1:焼却施設において放射性セシウムはどのように挙動するか？ P6

- 焼却もしくは熔融処理している施設内の主灰や飛灰への放射性セシウムの移行率は、処理もしくは炉の形式によって異なり、熔融炉や流動床炉はストーカ炉より飛灰への移行率が高い傾向があります。
- 都市ごみ焼却施設の焼却シミュレータを開発しました。その計算結果から、飛灰中の放射性セシウムの主な化合物は塩化セシウムと予想されます。

#### Q2:放射性セシウムは焼却施設の炉内耐火物にどのように蓄積しているか？ 施設の解体・維持管理において何に注意する必要があるか？ P8

- 放射能汚染廃棄物の焼却施設で使用されている炉内耐火物に放射性セシウムが蓄積しています。
- 耐火物からの放射性セシウムの溶出性には、ケイ素の含有量が大きな影響を与えます。

#### Q3:焼却灰の放射性セシウムはどのように溶出・吸着するか？それを踏まえて、埋立処分において何に注意する必要があるか？ P10

- 都市ごみを焼却した主灰と下水汚泥の焼却灰からの放射性セシウムの溶出は比較的少なく、溶出率は 3%程度です。
- 埋立処分場では、土壌による放射性セシウムの吸着を、一般環境ほどには期待できません。
- 飛灰のような溶出性の高い廃棄物を埋立処分する場合には、雨水浸透を防ぐ隔離層が有効です。

#### Q4:放射性セシウムは都市ごみ焼却・下水処理等にどの程度流入し、その汚染レベルはどのように推移しているか？ P12

- 放射性セシウム濃度は、都市ごみ焼却残さでは 1 年間に 40%程度低下していますが、下水汚泥中では初期に半減以上した後は低下率が小さくなっています。
- 都市ごみ焼却残さの放射性セシウム濃度は、ごみの汚染レベルが同じでも焼却方式によって異なります。
- 都市ごみ焼却や下水処理への放射性セシウム流入量は各々、1 年間で土壌沈着量の 0.03%~0.05%、0.5%~3%程度です。

#### Q5: 汚染廃棄物の放射能分析の精度はどの程度か？

→ P14

- 廃棄物関連試料は、焼却灰では 4 以上、コンクリートがらでは 10 以上のインクリメントを採取すると、ばらつきが 10%を下回ります。
- ■ 焼却灰や土壌の放射性セシウムは、同一機関内では数%程度、異なる機関間でも 10%以下のばらつきで精度よく分析できています。

## 2. 放射性物質の環境動態、被ばく量、生物・生態系影響に関するキーポイント

#### Q6: 森林域において放射性セシウムはどのように移動しているか？

→ P16

- 森林に沈着したセシウム 137 は、土壌や樹木に付着または吸収されました。樹木に捕捉されたものは、雨による洗浄や落葉によって事故後 1 年以内で土壌に移行しました。
- ■ 土壌に含まれるセシウム 137 は事故後 2 年以上経過してもほぼ地表面に留まっています。
- ■ 森林域外へ溪流を通じて流出したセシウム 137 は、年間で沈着量の 0.3%以下と極めて少なく、大部分は森林内に留まり、今後もこの状態が続くと予測されます。

#### Q7: 湖沼や干潟などに放射性セシウムはどのように蓄積しているか？

→ P18

- 調査した霞ヶ浦（茨城県）と松川浦（福島県）はともに底質への放射性セシウムの蓄積分布が不均一で、初期の直接沈着や河川流入、水域内の流動が大きく影響していると考えられます。
- 霞ヶ浦の底質への放射性セシウムの蓄積量の経年変化は小さく、また、降雨時の土砂流入に伴う増加傾向は見られません。

#### Q8: 河川流域において放射性セシウムはどのように移動、集積しているか？

→ P20

- 霞ヶ浦の流入河川や福島県の宇多川では、放射性セシウムの沈着量が多い流域ほど、河川水中の懸濁物質に含まれる放射性セシウム濃度が高くなる傾向があります。
- ■ 霞ヶ浦と宇多川の両流域では、放射性セシウムは大規模な降雨時に流出しますが、年間の総流出量は流域への総沈着量に比べ非常に少ない状況です。

#### Q9: 放射性物質は広域環境でどのように移動しているか？

→ P22

- セシウム等の放射性核種について、事故直後の大気拡散の再現や、陸域・海域での広域的な挙動を予測するための大気・陸域・海域の環境動態モデルを開発しました。
- 大気中に放出されたセシウム 137 のうち 2~3 割が 2011 年 3 月 15~16 日、20~23 日に日本の陸域に湿性沈着したと推計されます。
- ■ 陸域に沈着したセシウム 137 の約 7 割は森林域に沈着し、その大部分は地表面に長期間留まると予測されます。
- 海底土のセシウム 137 の多くは 2011 年 5 月末に通過した低気圧の強風で海底より巻き上がって再堆積したものであり、堆積後の移動は非常に少ないと推計されます。

#### Q10: 震災後、福島県における水辺の生き物に変化はあるか？

➔ P26

■ 東日本大震災後、福島県における潮間帯の無脊椎動物と沿岸の底棲魚介類について、棲息量の減少や種組成の変化が起きた可能性があります。今後、この原因を調べる必要があります。

#### Q11: 福島県において放射線による植物影響はあるか？

➔ P28

■ 土壌からの放射線により引き起こされる植物の DNA 損傷からの修復を、視覚的・定量的に検出できる遺伝子組換え植物を作製しました。この植物を使った実験によって次のことがわかりました。

- ・ 植物の DNA 修復量は土壌放射線量に依存して増加します。また、植物の DNA 損傷は主に外部被曝により生じています。
- ・ 福島県土壌由来の放射線による DNA 損傷は植物の持つ修復能力により速やかに修復され、現状の放射線量では DNA の変異が蓄積していないと考えられます。

#### Q12: 東日本広域での追加被ばくの主要な経路は何か？

➔ P30

- つくば市周辺における追加被ばく線量の大部分は外部被ばくであり、内部被ばくについては、室内ダスト、土壌、食事の寄与が同程度と考えられます。
- ■ 東日本における事故後 1 年間の追加被ばく線量の 90% 以上は外部被ばくによると推計されます。

### 3. 災害後の地域環境の再生・創造に関するキーポイント

#### Q13: 被災地の復興支援を進めるために必要な地域情報をどのように得るか？

➔ P32

- ■ 福島県新地町において、地域の様々な情報を集約し、タブレット端末を通じて「見える化」する地域情報システム（くらしアシストタブレット）を開発しました。50 世帯をモニターとした実証試験が開始され、そのフィードバックをもとにシステムの改良を進めています。
- ■ 実証研究の一環として、省エネルギー行動を促すキャンペーン形式の実験を実施し、本システムが一定の効果を持つ可能性が示されました。

#### Q14: 復興・地域発展のためのシナリオづくりは進んでいるか？

➔ P34

- 長期の復興・地域発展シナリオを作るために、複雑な社会や経済の仕組みをシミュレーションできる統合評価モデルを被災地に適用する研究を進めています。
- ■ 福島県新地町を対象として、2050 年までのシナリオを創り、新地町の人口を維持しながら復興・地域発展を続けていくために必要な産業のあり方や雇用の状況、再生可能エネルギーや LNG などの新たなエネルギー供給システムの姿を具体的・定量的に示しました。

#### Q15: 地域エネルギーを活かして復興まちづくりを進めるにはどうしたら良いか？

➔ P38

- 復興まちづくりの計画に対して地域エネルギーシステムの分野から貢献するため、地理情報を活用した計画支援フレームワークを構築しました。
- 福島県の浜通り北部には、LNG 基地立地に関連する豊富な地域エネルギー資源が存在します。
- 拠点地区の整備事業において地域エネルギー源を活用したエネルギーシステムを実現するためには、現行計画では需要規模が小さく、より集約的な復興拠点の計画が必要です。
- 地域エネルギーを効率的に利用するために、産業と都市と農業が連携した発展が必要です。

### 4. 将来の災害に備えた環境マネジメントシステムの構築に関するキーポイント

#### Q16: 災害廃棄物の発生量をどのように推計するか？

➔ P42

- 災害廃棄物の発生量を、住家の被害区分別の災害廃棄物発生量原単位、災害による住家被害棟数や被害世帯数を用いて、実務的に活用しやすく、しかも精度よく推定できます。
- 津波堆積物の発生量を津波浸水面積から推定することや災害廃棄物の発生量をがれきの種別に推定することができます。
- 災害の時間軸から災害廃棄物の発生量推計に必要な情報を整理し、災害廃棄物量の推定値と実績値との関連を災害廃棄物発生量推計フローとして示しました。

#### Q17: 災害廃棄物の処理を円滑に進めるにはどうすれば良いか？

➔ P46

- 撤去から最終処分までの処理フロー以外にも、人、モノ、資金、情報のマネジメントに影響することを考慮し、発災後の制度対応を行うことが必要です。
- 災害廃棄物処理に求められる業務を、「事案処理」、「指揮調整」、「資源管理」、「庶務財務」、「情報作戦」という基本機能の体系で理解し、事前準備を進めるべきです。
- 災害廃棄物処理計画を策定する際には、計画づくりを通じた対応力の向上が重要であり「計画づくりの6原則」を提唱します。

#### Q18: 災害廃棄物処理に必要な人や情報をどのように整えておくか？

➔ P50

- 大規模災害時に発生する大量の災害廃棄物を迅速かつ適切に処理するために、自治体では平常時から災害発生を想定した廃棄物の処理計画を定め、関係機関との連携協力体制の構築や職員の訓練研修等に努めておく必要があります。
- こうした取組を支援するため、過去の災害廃棄物処理関連の様々な実績データ、現在各方面で進められている取組等を集約整理し、災害廃棄物を処理する上で有用な情報を発信するWeb サイト「災害廃棄物情報プラットフォーム」を構築・公開しました。

以下「東京電力福島第一原子力発電所の事故」を「福島第一原発事故」と略します。

## 焼却過程における放射性セシウムの挙動把握とモデリング

1. 焼却もしくは溶融処理している施設内の放射性セシウムの挙動を調査し、灰等として排出される残渣(例えば、主灰や飛灰)への放射性セシウムの移行率を明らかにしました。処理もしくは炉の形式によって移行率は異なり、ばいじんとして排出される飛灰への移行率の大きさは形式で比較すると、溶融炉、流動床炉 >> ストーカ炉となりました。
2. マルチゾーン平衡計算という手法を都市ごみ焼却施設に適用し、焼却シミュレータを開発しました。シミュレータによる計算結果と実測値を比較し、排ガスの主要成分の濃度については妥当な計算結果が得られていることがわかりました。
3. 放射性セシウムの主灰と飛灰への移行率についてもシミュレータは実測値に近い結果を再現しました。飛灰中の放射性セシウムの主な化合物は塩化セシウムと予想されました。

放射性物質に汚染された都市ごみを焼却処理(溶融も含む)している処理施設を調査し、焼却処理における放射性セシウムの挙動を整理しました。また、その挙動を理解し、予測・制御するため、放射性セシウムの化合物とその生成量を計算する焼却シミュレータの開発を行っています。

### 1. 焼却施設における放射性セシウムの挙動

東日本にある3つの焼却処理施設(付帯溶融炉も含む)に対して、ごみの投入量と灰の発生量を調査し、採取した灰等に含まれる放射性セシウムの濃度を測定しました。その結果を基に、各種灰等への放射性セシウムの移行率を算出し、**図1**に示します。全体的には、ばいじんとして排出される飛灰(溶融の場合には溶融飛灰)への移行率は、炉底から排出される主灰や不燃物(溶融の場合にはスラグ)への移行率よりも高いことがわかりました。しかし、飛灰の移行率の大きさは形式で異なり、流動床炉、溶融炉 >> ストーカ炉となりました。溶融炉の場合には、焼却よりもかなり高温で処理されるため、放射性セシウム化合物がガスとしてより多く発生し、飛灰への移行率が高くなったと考えられます。一方、流動床炉の場合には、原理的に主灰も飛灰となることから、固体の放射性セシウム化合物も飛灰となり、飛灰への移行率が高くなったと考えられます。

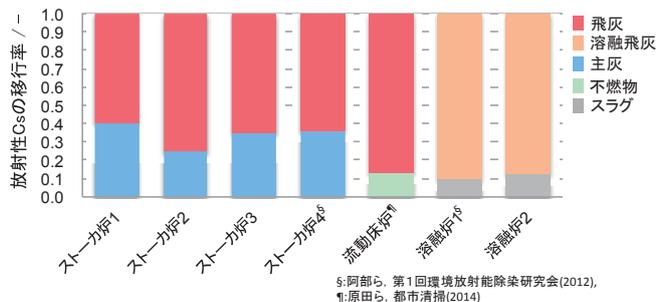


図1 処理施設の形式と各種灰への放射性セシウム(Cs)の移行率

### 2. 焼却シミュレータの開発

焼却施設の調査結果より、放射性セシウムは飛灰へ移行し易いことがわかりましたが、どんな化合物として存在しているのでしょうか?そこで、我々は、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、Ginsbergらが提案したマルチゾーン平衡計算を用いて焼却シミュレータの開発に着手しました。マルチゾーン平衡計算とは、**図2**のように焼却施設内を機能

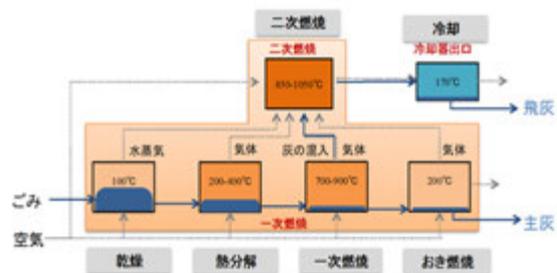


図2 焼却施設に対するマルチゾーン平衡計算

ごとにゾーンに分け（乾燥、熱分解、燃焼等）、ゾーンごとに平衡計算を行う方法です。これまでの計算により、排ガスの主要成分の濃度については妥当な値が得られることを確認しています。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ています（図3）。図4に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等）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かもしれません。また、耐火物との反応を組み込むことで放射性セシウムの耐火物への蓄積メカニズムも解明可能ではないかと期待しています。

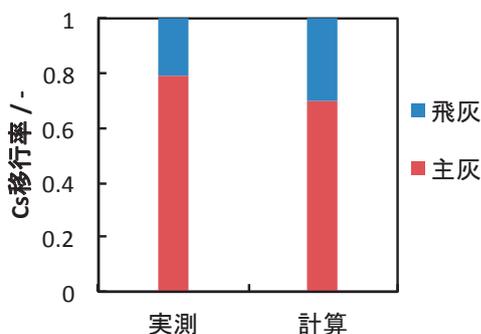


図3 マルチゾーン平衡計算によるセシウム(Cs)の各種灰への移行率と実測値との比較

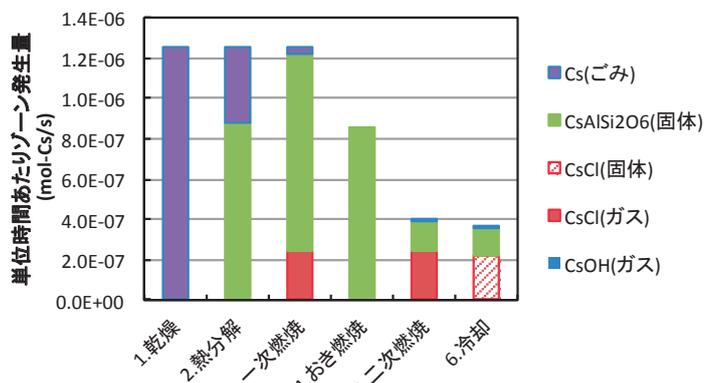


図4 マルチゾーン平衡計算による各ゾーンにおけるセシウム(Cs)化合物とその生成量

### 今後の課題

- 福島県内の対策地域内の除染廃棄物の焼却処理が本格的に開始されることから、処理施設内の放射性セシウムの挙動を調査し、都市ごみ焼却との違いを明らかにします。
- 焼却シミュレータの開発では、主灰の溶融現象も考慮して計算を行い、主灰中の主要元素の鉱物組成を再現できるように、計算法を改良します。
- 計算対象施設の数を増やしてシミュレータの調整を行うとともに、セシウムが耐火物へ蓄積する計算を組み込みます。また、他の処理形式の焼却シミュレータを開発します。

### ① 詳しくは

・倉持秀敏 事故由来放射性物質汚染廃棄物の熱処理に関するこれまでの研究成果（2014）環境放射能除染学会誌, 2（2）, 71-84

・由井和子, 倉持秀敏, 大迫政浩 焼却過程の放射性セシウムの挙動を再現するためのマルチゾーン平衡計算の提供と評価, 環境放射能除染学会第3回研究発表会要旨集, 133

### 📖 文献

・阿部清一, 上林史朗, 佐藤淳, 釜田陽介, 西村和基（2012）回転表面溶融炉における放射性セシウムの挙動調査, 第1回環境放射能除染学会研究発表会要旨集, 48

・原田健一, 倉持秀敏, 八巻徹（2014）放射性物質に汚染された牧草の焼却実証事業について（事例報告）, 都市清掃, 67, 270-276

・Ginsberg T, Liebig D, Modigell M, Sundermann B.（2012）Multizonal thermochemical modelling of heavy metal transfer in incineration plants. Process Safety and Environmental Protection 90(1), 38-44

### ✍️ 執筆担当者

倉持 秀敏、由井 和子 資源循環・廃棄物研究センター・循環資源基盤技術研究室

## 焼却過程における放射性セシウムの炉内耐火物への蓄積挙動と解体・維持管理上の留意点

1. 放射能汚染廃棄物の焼却過程により、焼却施設で使用されている炉内耐火物に放射性セシウムが蓄積していることが明らかとなりました。
2. 炉内耐火物への蓄積要因として処理対象物の放射性セシウム濃度、暴露時間及び雰囲気温度の影響が明らかとなり、炉内の状況により一部の耐火物に放射性セシウムが高濃度に蓄積される可能性が考えられます。
3. 耐火物からの放射性セシウムの溶出性はケイ素の含有量が大きく影響を与えることが明らかとなりました。また、耐火物の表層と下層で溶出性が異なり、耐火物内に生成しているセシウム化合物形態が深さ方向の層毎に異なる可能性が考えられます。

現在稼働中の焼却施設を対象にした放射能汚染廃棄物の焼却過程における放射性セシウムの炉内耐火物への蓄積実態を調査するとともに、耐火物廃材の処分・安全性に係わる放射性セシウムの諸挙動を調査しました。

### 1. 焼却施設における蓄積実態

現在稼働中の焼却施設を対象に、補修工事時に出された耐火物廃材を採取し、耐火物廃材への放射性セシウムの浸透・蓄積状況を調査しました。その結果、複数の焼却施設で表層から下層まで放射性セシウムが検出され、耐火物への放射性セシウムの浸透・蓄積を確認しました（図1）。いずれの施設も焼却炉内内側方向にある表層の濃度が最も高く、下層、つまり、炉外に向かって放射性セシウム濃度が減少していることから、表層部分の除去により、空間線量率を効果的に減少させることが可能と考えられました。

耐火物が使用されている温度別の蓄積状況を調査した結果より、雰囲気温度が最も低い地点が最も放射性セシウム濃度が高く、逆に温度が高くなるにつれ放射性セシウム濃度の低下が認められました（図2）。これより、温度の影響で施設内にホットスポットが形成される可能性が考えられました。

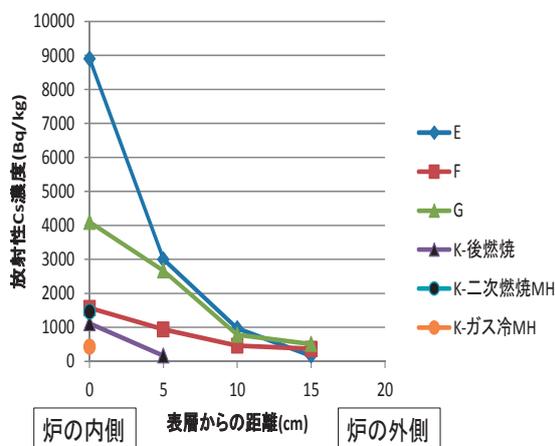


図1 調査施設ごとの炉内耐火物への放射性セシウム(Cs)の蓄積状況

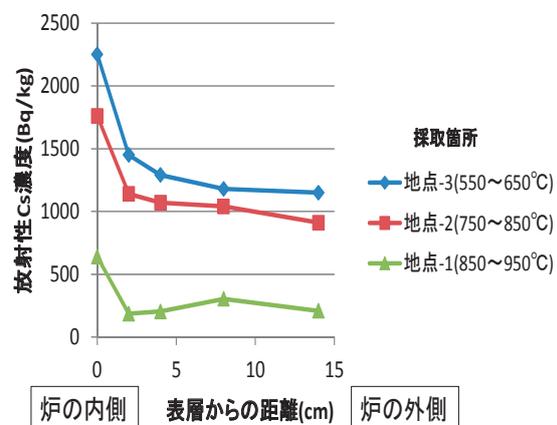


図2 雰囲気温度別の炉内耐火物への放射性セシウム(Cs)の蓄積状況

## 2. 耐火物廃材における放射性セシウムの諸挙動

耐火物廃材の適正処理を考える上で耐火物廃材からの放射性セシウムの溶出性を把握することは重要であり、蓄積実態調査で採取した耐火物廃材を用いて、環境庁告示第13号による溶出試験を行いました。その結果、耐火物廃材のケイ素含有量が10%以下の場合には溶出率にバラつきが見られるのに対して、ケイ素含有量が20%程度ではほとんど溶出しなことが確認され、ケイ素含有量によって放射性セシウムの溶出性が異なることが示唆されました(図3)。

耐火物廃材を層状に切り出し、各層毎の放射性セシウム溶出性を調査した結果、炉内に面する表層ではほとんど溶出せず、耐火物廃材の奥、つまり、炉外に接する方向にいくにつれ、溶出率が増加することが明らかとなり、同じ材質の耐火物でも、廃材の深さ方向の層毎に蓄積しているセシウム化合物の形態が異なり、温度分布が影響している可能性が考えられました(図4)。

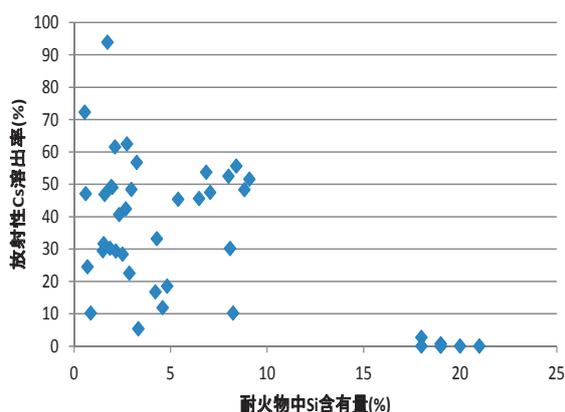


図3 炉内耐火物廃材中ケイ素(Si)含有量と放射性セシウム(Cs)溶出率の関係

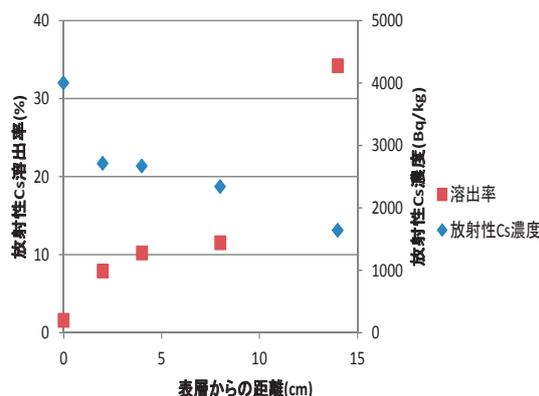


図4 炉内耐火物廃材の各層毎における放射性セシウム(Cs)の溶出率変化

### 今後の課題

- 蓄積実態調査では、福島県内の災害廃棄物および除染廃棄物の仮設焼却炉における耐火物中の放射性セシウム等の浸透実態データを蓄積し、浸透・蓄積メカニズムを考察します。被焼却物の組成、炉内温度条件等にもとづくセシウム等の蓄積特性を類型化しデータベース化に取り組みます。
- 耐火物廃材からの諸挙動では、放射性セシウムの長期的溶出特性把握や耐火物および耐火物廃材のクリーニング方法の検討などの知見集約を行い、施設の維持管理や解体撤去を含む長期的管理の具体的な手法の提示に取り組みます。

### ① 詳しくは

・水原詞治, 川本克也, 倉持秀敏, 大迫政浩, 環境放射能除染学会第3回研究発表会 JAEA-NIES ジョイントセッション, 「焼却過程における放射性セシウムの炉内耐火物への蓄積挙動と解体・維持管理上の留意点」

### ✍ 執筆担当者

水原 詞治 資源循環・廃棄物研究センター (客員研究員)  
倉持 秀敏 資源循環・廃棄物研究センター・循環資源基盤技術研究室  
大迫 政浩 資源循環・廃棄物研究センター

## 放射性セシウムの溶出・吸着挙動

1. 都市ごみ(一般廃棄物)を焼却した主灰と下水汚泥の焼却灰からの放射性セシウムの溶出率は比較的小さく、約半年間にわたって浸漬試験を行った結果 3%以下であることがわかりました。一方、一般廃棄物焼却炉の飛灰はキレート固化処理をしても放射性セシウムの溶出性は著しく高く、含有されている放射性セシウムのほとんどが長期的には溶出すると考えられます。
2. 埋立処分場内に敷設される土壤吸着層に対して、放射性セシウムの吸着のしやすさを表す分配係数は、塩分濃度が高い飛灰からの溶出液(電気伝導率 8,000mS/m)では数 mL/g と小さくなることわかりました。これは塩分として共存するイオンによる吸着阻害が生じるため、埋立処分場では、土壤による放射性セシウムの吸着を、一般環境ほどには期待できません。
3. 飛灰のような溶出性の高い廃棄物を埋立処分する場合には、水に触れさせないため、雨水浸透を防ぐ隔離層が重要です。雨水の浸透を抑制し、放射性セシウムを埋立処分場内により長く保持することで、放射性セシウムは埋立地内で自己崩壊して減少してゆきます。

福島第一原発事故により放射性セシウムに汚染された都市ごみ(一般廃棄物)の焼却灰を安全に埋立処分するために、焼却灰からの放射性セシウムの溶出特性や土壤層の吸着特性を調べ、これらの実験結果を考慮した放射性セシウムの挙動予測シミュレーションを行うことで、埋立地からの排水(浸出水)中の放射性セシウム濃度を十分に低減させるための埋立処分の方法を検討しました。

### 1. 一般廃棄物焼却灰からの放射性セシウムの溶出特性

一般廃棄物焼却灰からの放射性セシウムの溶出量を調べるために、東日本において採取した一般廃棄物焼却施設における燃え殻である主灰、排ガスに含まれるばいじんである飛灰をキレート固化処理したもの、および下水汚泥の焼却灰を用いて溶出試験を行いました。図1に示すように、焼却灰の種類によって水へのセシウムの溶出率が大きく異なることがわかりました。主灰と下水汚泥焼却灰は水に約半年間水没(浸漬)させた状態で溶出率は高い場合で3%程度でした。飛灰キレート固化物は浸漬させた6時間後に溶出率は80%、さらに続けて半年間浸漬すると溶出率はほぼ100%となり、放射性セシウムの溶出性が著しく高いことがわかりました。

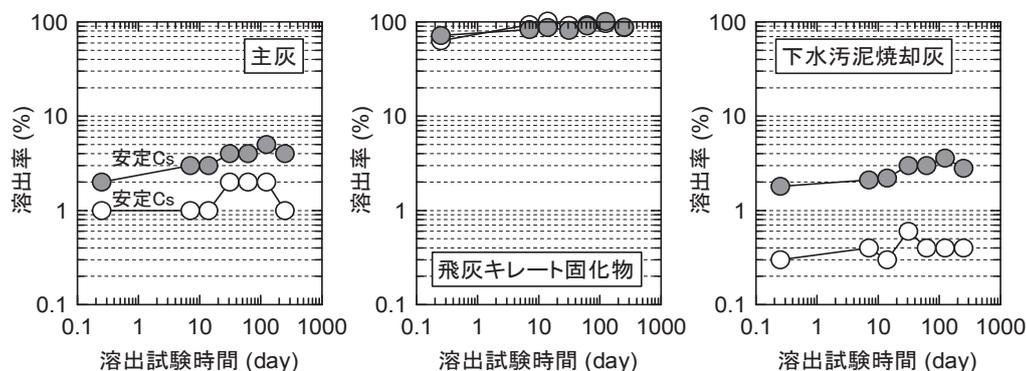


図1 浸漬試験における主灰の安定セシウムの溶出率および飛灰キレート固化物、下水汚泥焼却灰からの放射性セシウムの溶出率(白丸は純水を溶媒、黒丸は海水を溶媒とした溶出試験結果を表わす)

### 2. 埋立地における放射性セシウムに対する土壤等の吸着特性

土壤等のもつ放射性セシウムの吸着特性を調べるために、放射性セシウムに汚染された飛灰の溶出

液を用いて吸着試験を行いました。飛灰溶出液は塩分が多く、電気伝導率 8,000mS/m 程度です（海水は約 5,000mS/m）。そこに含まれる放射性セシウムの土壌等への吸着のしやすさを表す分配係数は、ゼオライトが数百 mL/g と最も高く、一般的な土壌や廃棄物等では数 mL/g 程度であることがわかりました（図 2）。一般環境中での放射性セシウムは土壌等に非常に強固に吸着し、分配係数は数千～数万 mL/g といわれていますが、埋立処分場では保有水に含まれる共存イオンが放射性セシウムの吸着を阻害するので土壌吸着による移動防止効果を一般環境中ほどには期待できません。

### 3. 埋立処分場内での放射性セシウムの挙動予測

既に使用している廃棄物埋立処分場内に、土壌吸着層を敷設しその上に放射性セシウムが 8,000Bq/kg で含まれる飛灰を埋め立てたときに、埋立処分場の浸出水中の放射性セシウムの濃度を、これまでに得た放射性セシウムの溶出特性と吸着特性を考慮して数値シミュレーションにより予測しました。浸出水中の放射性セシウム濃度は、埋立開始から約 100 年後にピークとなります（図 3）。ピーク時の濃度を低減するためには放射性セシウムに汚染された飛灰層への雨水浸透を抑制することが有効であることがわかりました。これは、放射性セシウムを水になるべく溶かさないうことで埋立処分場内に長く保持できるので、その間に放射性セシウムの自己崩壊による濃度低下が期待できるためです。そのためには放射性セシウム汚染飛灰の上部に雨水浸透を抑制するための隔離層を設ける必要があります。

#### 今後の課題

- 溶出性の高い飛灰をより安全に処分するため、セメント固型化等の処理を行ったものについて溶出特性を調べ埋立処分時の浸出水濃度を評価することで、それらの技術の有効性を明らかにします。
- 数値計算による埋立処分場内の放射性セシウムの挙動評価の妥当性を、埋立処分場を模した大型土槽実験により確かめます。

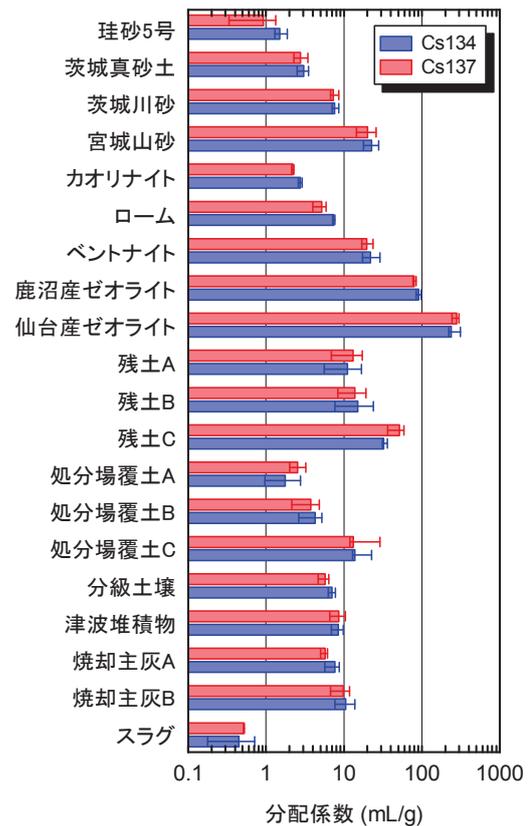


図 2 放射性セシウムに対する土壌や吸着材、廃棄物等の分配係数(電気伝導率が約 8,000 mS/m の飛灰溶出液を用いた場合)

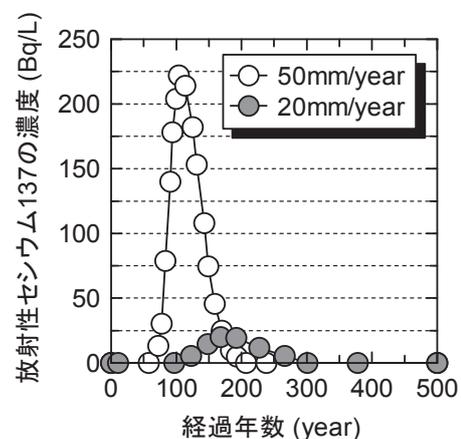


図 3 放射性セシウム混じりの焼却飛灰を埋立処分した場合の、浸出水中の放射性セシウム濃度に及ぼす雨水浸透量(涵養量)の影響

#### ① 詳しくは

・ [http://www.nies.go.jp/shinsai/techrepo\\_r4\\_140414\\_4-5.pdf](http://www.nies.go.jp/shinsai/techrepo_r4_140414_4-5.pdf) (最終確認日：平成 26 年 11 月 27 日)  
 (国立環境研究所 HP 内「災害環境研究への取り組み」 > 研究の成果 > 環境回復研究プログラム (PG 1) 廃棄物)

#### ✍ 執筆担当者

遠藤 和人、山田 正人 資源循環・廃棄物研究センター・廃棄物適正処理処分研究室  
 石森 洋行 資源循環・廃棄物研究センター (客員研究員)

## 都市ごみ焼却・下水処理等への放射性物質流入と廃棄物の汚染傾向

1. 都市ごみ焼却残渣の放射性セシウム濃度は季節変動を繰り返しながら全体としては1年間に40%程度の割合で低下していることがわかりました。下水汚泥の放射性セシウム濃度は初期に半減以上と大きく低下し、その後は大きな低下はしていないことがわかりました。
2. 都市ごみ焼却残渣の放射性セシウム濃度は、焼却ごみの汚染レベルが同じでも焼却方式によって異なり、飛灰発生率や放射性セシウムの飛灰分配率の違いで説明できることを示しました。
3. 都市ごみ焼却と下水処理への放射性セシウム流入量は、それぞれ1年間で土壌沈着量の0.03%~0.05%、0.5%~3%程度と推定されました。都市ごみ焼却へ流入した放射性セシウムの大部分は保管または最終処分に移動しており、1割程度が資源化に移動したと試算されました。

福島第一原発事故に起因して生じている放射性物質に汚染された都市ごみ（一般廃棄物）焼却残渣や下水汚泥の廃棄物について、汚染の推移や地域・施設による特徴を分析し、都市ごみ焼却や下水処理への放射性セシウム流入量の推計を行いました。

### 1. 都市ごみ焼却残渣・下水汚泥の放射性セシウム汚染の経時変化

東日本16都県の施設で生じた都市ごみ焼却残渣、下水汚泥について2011年7月以降の放射性セシウム濃度測定データを収集整理し、汚染レベル推移の傾向を明らかにしました。都市ごみ焼却残渣の放射性セシウム濃度（セシウム134と137の合計濃度）は、4~6月に上昇、1~3月に低下する季節変動を繰り返しながら全体としては1年間に40%程度の割合で低下していることがわかりました（**図1左**）。季節変動のパターンは年によらず同様でした。一方、下水汚泥の放射性セシウム濃度は最初の半年間程度で半減以上と大きく低下し、その後は大きな低下はしていないことがわかりました（**図1右**）。また、都市ごみ焼却残渣のような明確な季節変動は見られませんでした。

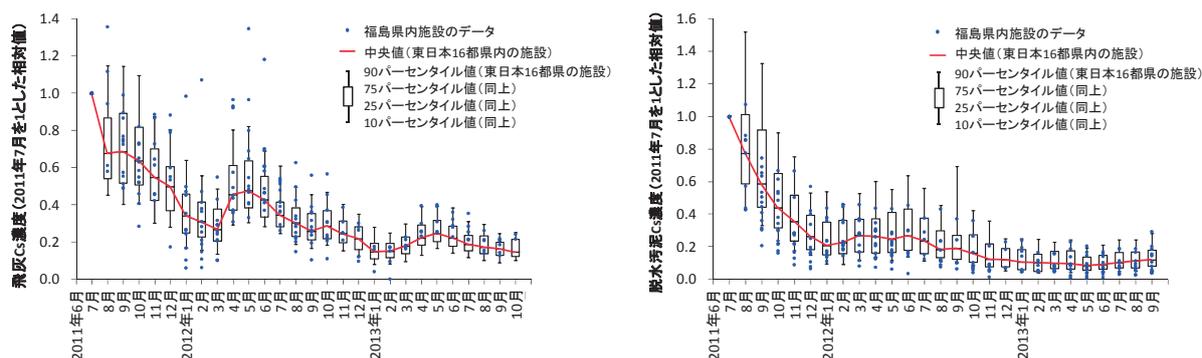


図1 都市ごみ焼却残渣(左)、下水脱水汚泥(右)の放射性セシウム濃度の推移(セシウム134と137の合計、2011年7月の測定値を1とした相対値)

### 2. 都市ごみ焼却残渣の放射性セシウム汚染の施設による特徴

都市ごみ焼却残渣について、施設の処理方式などの違いによる放射性セシウム濃度の特徴を分析しました。例えば、都市ごみの焼却・溶融飛灰の放射性セシウム濃度は、焼却ごみの放射性セシウム濃度が同じでも焼却方式によって異なることがわかりました（**図2**）。これは焼却量に対する飛灰発生量

の割合（飛灰発生率）や放射性セシウムの飛灰への分配率の違いで説明できることを示しました（図3）。

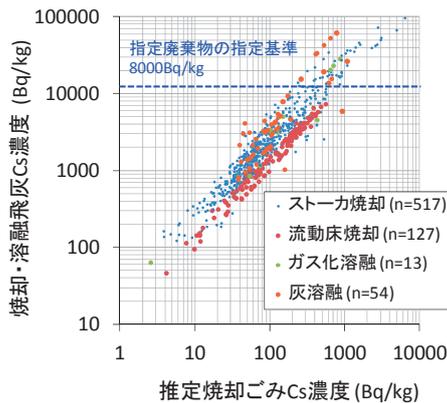


図2 都市ごみ焼却・溶融飛灰と焼却ごみの放射性セシウム濃度(セシウム 134 と 137 の合計)

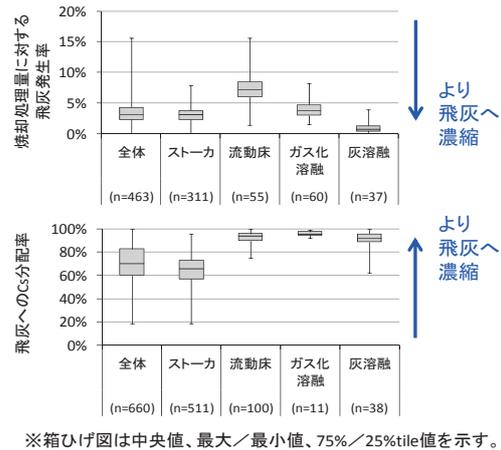


図3 都市ごみ焼却処理における飛灰発生率(上)と放射性セシウムの飛灰分配率(下)の分布

### 3. 都市ごみ焼却・下水処理を介した人工圏への放射性セシウムの流入

都市ごみ焼却残渣や下水汚泥の発生量と放射性セシウム濃度、放射性セシウムの土壌沈着量データをもとに都市ごみ焼却や下水処理への放射性セシウム流入量を推計しました。東日本 16 都県全体で見ると、各処理への放射性セシウム流入量は、都市ごみ焼却へは 1 年あたり土壌沈着量の 0.03%~0.05%程度、下水処理へは 0.5%~3%程度と推定されました。また、都市ごみ焼却を例として上記のデータや焼却残渣の処理処分、資源化割合をもとに、巨視的な放射性セシウムのフローを試算しました（図4）。都市ごみ焼却へ流入した放射性セシウムの大部分は指定廃棄物相当物としての保管または最終処分へ移動しており、1 割程度は資源化に移動したと試算されました。

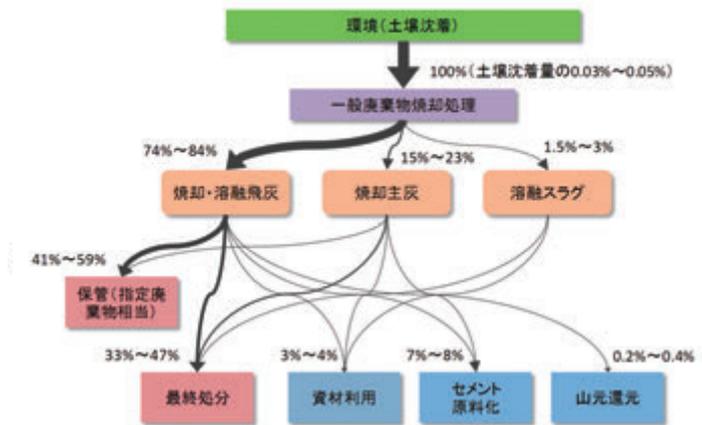


図4 都市ごみ焼却処理に伴う放射性セシウムフローの試算

#### 今後の課題

- 廃棄物の放射性セシウム濃度レベルや処理処分、資源化割合について実態を反映しつつ地域ごとに値の設定を行うなど、より詳細な放射性セシウムのフロー・ストック推計に取り組みます
- 都市ごみ焼却残渣や下水汚泥以外の廃棄物・副産物も含め、廃棄物・副産物の発生から処理処分、有効利用を介した放射性セシウムのフロー・ストックの巨視的な分析モデル作成に取り組みます。

#### ① 詳しくは

・ [http://www.nies.go.jp/shinsai/hokoku\\_flow.pdf](http://www.nies.go.jp/shinsai/hokoku_flow.pdf) (最終確認日：平成 26 年 11 月 27 日)  
 (国立環境研究所 HP 内「災害環境研究への取り組み」 > 研究の成果 > 環境回復研究プログラム (PG1) 廃棄物)

#### ✍ 執筆担当者

小口 正弘 資源循環・廃棄物研究センター・ライフサイクル物質管理研究室  
 山田 正人 資源循環・廃棄物研究センター・廃棄物適正処理処分研究室

## 放射性物質汚染廃棄物の放射能分析に関する取り組みについて

1. 廃棄物関連試料の採取方法について検討し、焼却灰では4以上、コンクリートがらでは10以上のインクリメントを採取すると、ばらつきが10%を下回ることを確認しました。
2. 焼却灰や土壌の放射性セシウム分析に関する相互検定を行い、同一機関内でのばらつきは数%程度、異なる機関間でのばらつきは10%以下と精度よく分析できることを確認しました。
3. 災害廃棄物を対象としてフレコンバッグ放射能測定装置の現場実証試験を行い、測定結果は従来法の測定結果と概ね一致しました。

放射性物質汚染廃棄物の安全・安心な処理を進める上で、放射能濃度や放射線量を正確に分析・把握し、そのレベルに応じて適切な対応をとることが重要です。しかし、廃棄物関連試料の放射能分析に関する知見は十分でなく、調査計画や試料採取方法、分析精度管理等多くの課題があります。そこで私たちは、①廃棄物関連試料に適切な試料採取、前処理、検出の方法、分析値の取扱い、精度管理等の検討、②廃棄物処理・リサイクルの各局面での放射能濃度や空間線量率測定等の取り組み事例の調査・整理、及び仮置場や焼却施設等の現場調査業務を合わせて目的に応じた最適な測定手法(精密測定法、簡易測定法)の検討と体系化、の2つの目標を掲げ、研究に取り組んできました。

### 1. 廃棄物関連試料の採取方法に関する検討

廃棄物関連試料は一般に組成が不均一であり、正しい分析値を得るためには、代表性に配慮した試料の採取が重要です。本研究では、焼却灰とコンクリートがらについて、1つのロットから採取するインクリメント数と分析値のばらつき(相対標準偏差)の関係について検討しました。その結果、インクリメント数を増やすほど分析値は平均値付近に収れんし、排出過程が管理された焼却灰では4以上、コンクリートがらでは10以上のインクリメントを採取すると、相対標準偏差が10%以下となることが分かりました(図1)。

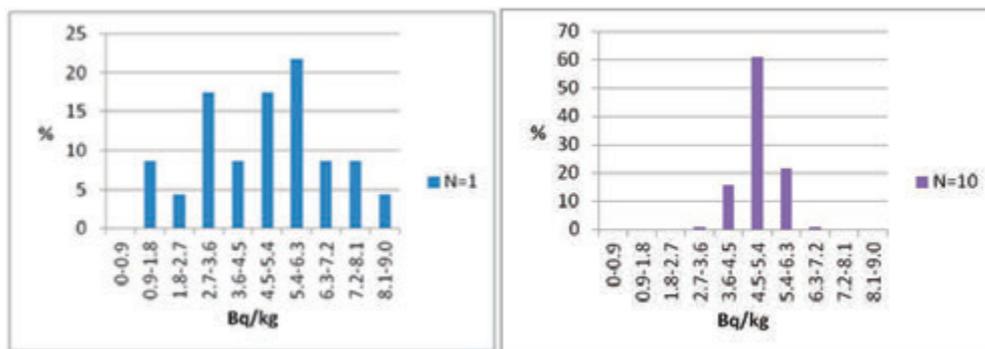


図1 インクリメント数1の場合(左)と10の場合(右)のコンクリートがらの分析値のばらつき

### 2. 放射性セシウム濃度の分析精度に関する相互検定

放射性セシウム濃度はガンマ線スペクトロメトリーにより分析しますが、試料の性状や分析機関等の違いにより分析値はばらつきます。本研究では、分析値のばらつきの程度や要因を検討するため、同一の焼却灰や土壌を6機関で分析する相互検定を行いました。焼却灰、土壌ともに濃度・性状の異なる物を3種、それぞれ測定容器に充填したもの(回付試料)と充填前のもの(有姿試料)を回覧しました。その結果、同一機関内での試料性状に起因するばらつきは数%程度、異なる機関間のばらつきは充填操作が加わる有姿試料でも10%以下と、精度良く分析できることを確認しました(図2)。

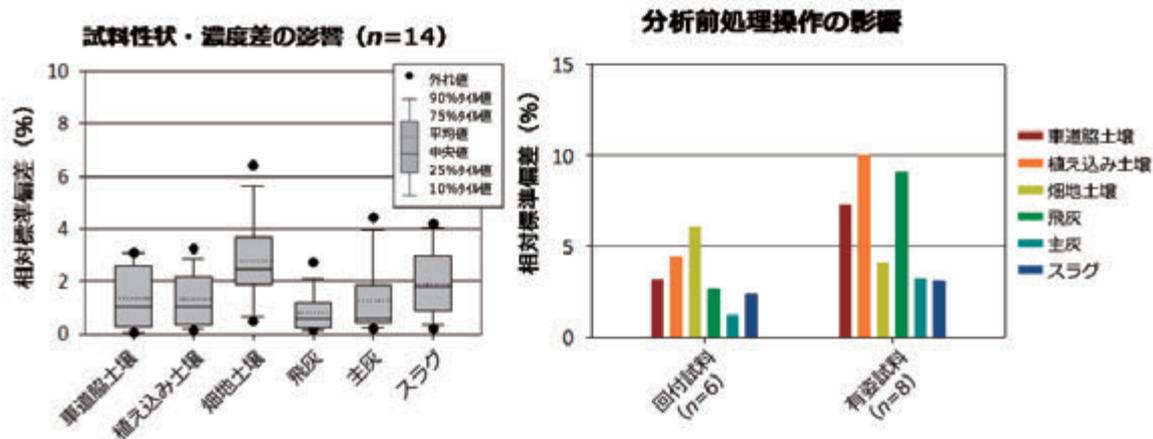


図2 同一機関内での試料の違いによる分析値のばらつき(左)と異なる機関間の分析値のばらつき(右)

### 3. 大容量試料の放射能濃度測定方法に関する検討

災害廃棄物や除染土壌等、大容量試料の放射能濃度の短時間でのスクリーニングについて、複数の企業で測定装置の開発が進められています。本研究では、1 m<sup>3</sup>容量のフレコンバッグに充填した試料の放射能濃度を測定できる装置（フレコンバッグ放射能測定装置）の現場実証試験を、開発元の日立造船（株）と共同で実施しました。災害廃棄物を充填したフレコンバッグの放射能濃度を同装置で測定した後、フレコンバッグを破袋して内容物から7～9インクリメントを採取して個々に放射能濃度を測定し、その平均値をフレコンバッグの放射能濃度としました（従来法）。フレコンバッグ測定装置では300～20,000 Bq/kgの範囲で測定可能であり、従来法との比較では、一部の試料を除いて概ね一致することを確認しました。

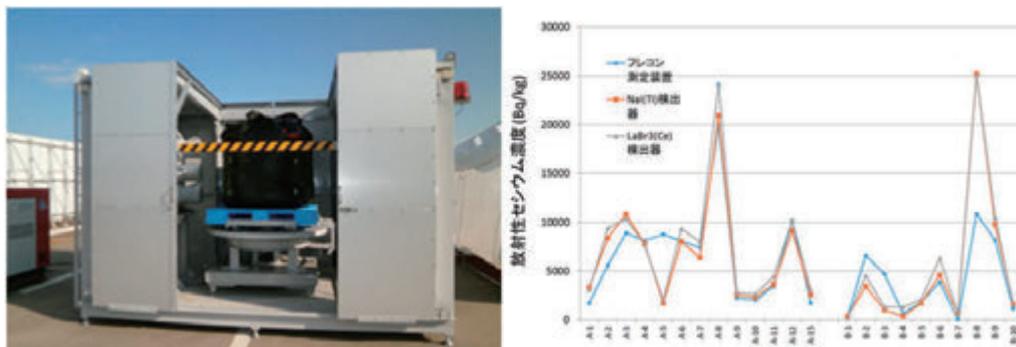


図3 フレコンバッグ放射能測定装置(左)によるフレコンバッグの測定結果(右)

### 今後の課題

- 測定が困難な製品系廃棄物（家電、自動車等）の放射能濃度測定方法、表面線量率から放射能濃度の推定方法、他核種の分析方法についての検討を進めていきます。

### ① 詳しくは

- ・ [http://www.nies.go.jp/shinsai/hokoku\\_sokutei.pdf](http://www.nies.go.jp/shinsai/hokoku_sokutei.pdf)（最終確認日：平成26年11月27日）  
（国立環境研究所 HP 内「災害環境研究への取り組み」 > 研究の成果 > 環境回復研究プログラム（PG1）廃棄物）
- ・ 上田浩三, 田窪芳久, 山本常平, 山田紘義, 滝上英孝, 山本貴士, 高田光康, 竹内幸生, 田野崎隆雄, 金松雅俊, 前背戸智晴, 福澤明：フレコンバッグ用放射能測定装置の開発と適用，第3回環境放射能除染研究発表会要旨集，34（2014）

### ✍ 執筆担当者

山本 貴士 資源循環・廃棄物研究センター・循環資源基盤技術研究室  
滝上 英孝 資源循環・廃棄物研究センター・ライフサイクル物質管理研究室

## 森林域における放射性セシウムの挙動

1. 福島第一原発から大気へと放出され、森林に沈着したセシウム 137 は、土壌や樹木に付着または吸収されました。このうち樹木に捕捉されたセシウム 137 は、雨による洗浄や落葉によって土壌へと移行しました。しかし、目立った移行は事故後 1 年のうちに終息しました。
2. 土壌に含まれるセシウム 137 は事故後 2 年以上経過しても深度 6 cm までに全量の 70%以上が存在しており、ほぼ地表面に留まっていることが明らかとなりました。
3. 森林域外へ溪流を通じて流出したセシウム 137 量は、年間で沈着量の 0.3%以下と極めて少なかったことから、森林に沈着したセシウム 137 の大部分はそのまま森林内に留まると予測されました。

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。そこで、半減期が長いセシウム 137 (約 30 年) に焦点を絞り、その森林への沈着から樹木や土壌への移行、そして河川への流出までを事故直後から調査し、森林域におけるセシウム 137 の挙動を明らかにしました。

### 1. 森林への沈着

セシウム 137 の森林への沈着と、沈着後の樹木から土壌への移行を把握するため、茨城県筑波山林にて、雨・落葉・土壌に含まれるセシウム 137 量を原発事故直後から経時的に調査しました。沈着したセシウム 137 の一部は樹木に付着または吸収され、その後、雨による洗浄や落葉落枝により土壌へと移行しました (図 1)。その結果、事故 1 年後の土壌のセシウム 137 蓄積量は、最大で事故直後の 3 倍まで増加しました (図 2)。しかし、事故 2 年後の土壌のセシウム 137 蓄積量は前年とほぼ変わらなかったことから (図 2)、樹木から土壌への目立った移行は事故後 1 年以内に終息したと考えられます。

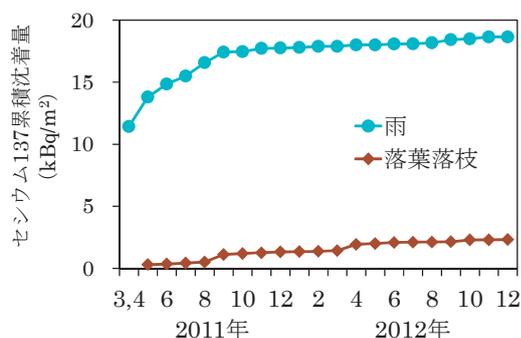


図 1 茨城県筑波山スギ林における雨と落葉落枝による土壌へのセシウム 137 累積沈着量の経月変化

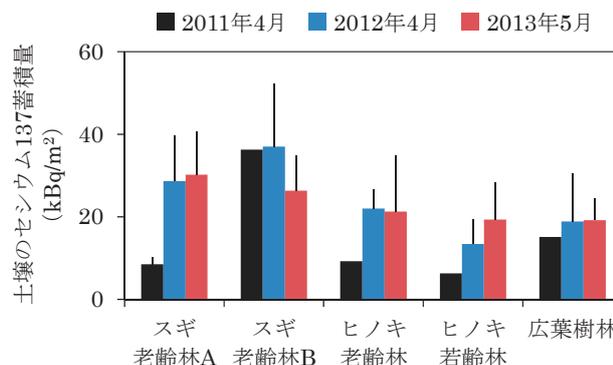


図 2 茨城県筑波山林の土壌深度 10 cm までのセシウム 137 蓄積量の経年変化。エラーバーはバラツキ(標準偏差)を示します

### 2. 土壌下方への移動

土壌に沈着したセシウム 137 の鉛直方向への移動を把握するため、茨城県筑波山林および福島県宇多川上流域の森林にて、土壌中セシウム 137 の深度別分布の経年変化を調査しました。その結果、茨城県筑波山林では、事故から 2 年以上経過しても、土壌中セシウム 137 の 70%以上が落葉層(落葉落枝からなる有機物層)を含む表層 6 cm に分布していました (図 3)。同様に福島県宇多川上流域の森

林でも、事故2年半後の土壤中セシウム137は、その大部分が落葉層に分布していました。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（金子ら、2014）、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。したがって、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うえで行うことが肝要と言えます。

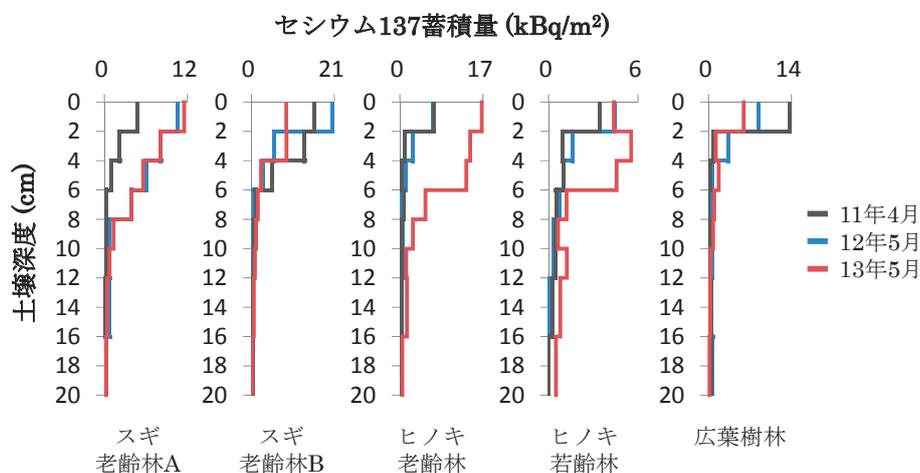


図3 茨城県筑波山林における土壤中セシウム137の深度別分布の経年変化

### 3. 森林域からの流出

森林土壌中のセシウム137の下方へ移動量は極めて小さく、地下水とともに流出し難い状況ですが、降雨時の土壌流亡に伴い河川へ流出することで森林の外へ移動する可能性があります。そこで、茨城県筑波山林の溪流と福島県宇多川上流を対象に、森林域におけるセシウム137の河川への流出量を調査しました。その結果、セシウム137の年間の流出量は流域に沈着した量の多くても0.3%以下と見積もられ、森林からの流出が極めて限定されていることが明らかとなりました。したがって、除染や伐採などにより、土壌表面の攪乱や裸地化が生じない限り、沈着したセシウム137の大部分はそのまま森林内に留まると予測されます。

#### 今後の課題

- 森林のセシウム137は、伐採による土壌攪乱に伴って一時的に流出しやすい状況になると予測されるため、皆伐後の流出量の変化を調査します。

#### ① 詳しくは

・ [http://www.nies.go.jp/shinsai/jqjm1000000dmuu-att/PG1PJ1\\_H23-H25.pdf](http://www.nies.go.jp/shinsai/jqjm1000000dmuu-att/PG1PJ1_H23-H25.pdf)（最終確認日：平成26年11月27日）

（国立環境研究所 HP 内「災害環境研究への取り組み」 > 研究の成果 > 環境回復研究プログラム（PG1）多媒体）

#### 📖 文献

・ 金子真司, 高橋正通, 池田重人, 赤間亮夫 (2014) 福島原発事故による森林生態系における放射性セシウム汚染とその動態, 日本土壌肥科学雑誌, 85, 86-89

#### ✍️ 執筆担当者

林 誠二、錦織 達啓 地域環境研究センター・土壌環境研究室

## 湖沼や干潟等流入水域への放射性セシウムの蓄積実態

1. 霞ヶ浦、松川浦ともに底質への放射性セシウムの蓄積分布は不均一で、直接沈着や河川流入、水域内の流動が大きく影響していることが示唆されました。
2. 霞ヶ浦の底質への放射性セシウムの蓄積量の年変化は小さく、降雨時の土砂流入に伴う増加傾向は確認できませんでした。
3. 松川浦でも明確な蓄積傾向は確認できませんでしたが、正確な推移の把握には、流出入過程を含めたさらなる動態調査・解析が必要となっています。

東京電力福島第一原子力発電所の事故により放出され、河川流域へ大量に沈着した放射性セシウムが、流入水域である湖沼や沿岸干潟へどのように流入し、底質へ蓄積しているか、その実態を調査し、今後の推移を検討しました。

### 1. 霞ヶ浦への蓄積実態

霞ヶ浦の底質における放射性セシウムの蓄積状況とその推移を把握するため、2012年の12月と2013年の10月に、霞ヶ浦（西浦）の底泥コア試料を、全域にわたり68地点で採取し、底泥に含まれている放射性セシウム濃度を測定しました。

図1は、測定結果を基に作成したセシウム137蓄積分布図(250mメッシュ)を2012年と2013年、それぞれについて示しています。湖の西側の蓄積量が他と比べ高いのは、周辺の陸域における蓄積分布から判断すると、事故時の湖面への直接沈着の影響を反映していると考えられます。また、桜川や恋瀬川等の河口付近でも蓄積量が高く、陸域からの流入の影響が確認されました。湖底への総蓄積量は、単位面積当たりで2012年の時点で18kBq/m<sup>2</sup>(15cm深さまで)と推定されたのに対して、2013年には15kBq/m<sup>2</sup>(15cm深さまで)、19kBq/m<sup>2</sup>(25cm深さまで)となり、ほとんど増加していないこと、また、水深が浅く風による巻き上げ等の影響を受けて鉛直方向の混合が生じていることが確認されました。

以上から、現在、霞ヶ浦湖底に蓄積している放射性セシウムの多くは、事故時の湖面への直接降下と、事故後初期の降雨によって周辺市街地から流入したものに由来しており、降雨時に陸域から土砂とともに流入することによる影響は小さいと考えられました。

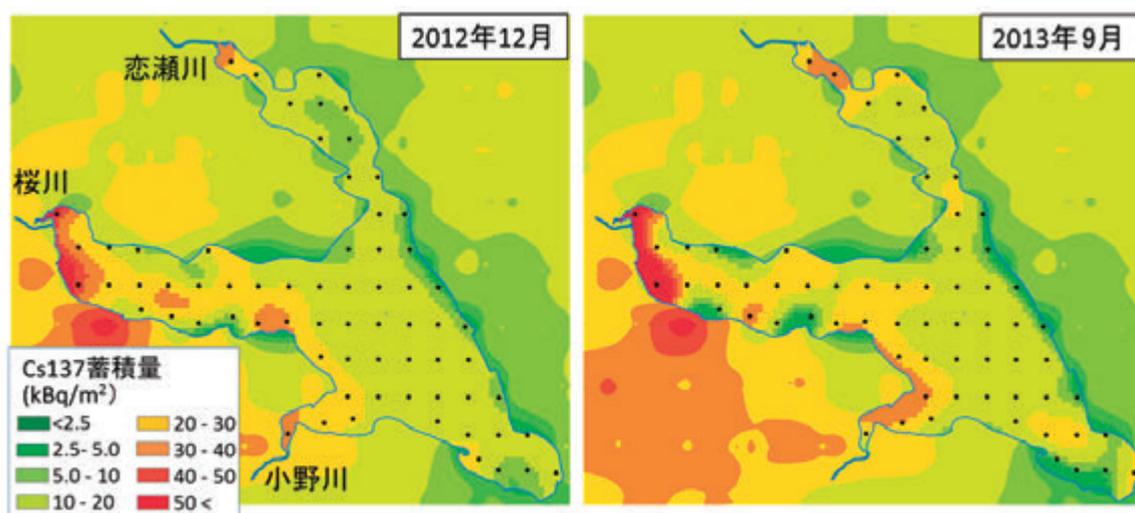


図1 霞ヶ浦底質へのセシウム137蓄積量分布推定結果(図中の●印は採泥地点を示す。陸域への沈着量は、文部科学省による航空機モニタリングデータ(文部科学省, 2011)を使用)

## 2. 沿岸干潟への蓄積実態

福島県相馬市の松川浦は、上流域により多くの放射性セシウムが沈着している状況にあるため、浦内への降雨時の土砂流入によって底質への蓄積量の増加が懸念されます。そこで、放射性セシウムの蓄積状況を把握するため、2013年7月と11月に、浦内全域にわたる計36地点での底質柱状試料を採取しました。

各地点の測定結果を基に、セシウム137蓄積分布図(100mメッシュ)を作成しました(図2)。これにより、底質中の放射性セシウムは全域に均一に分布しておらず、西側や南側に局所的に蓄積していることがわかりました。これについては、宇多川や小泉川等、河川経由での流域からの流入土砂の影響とともに、閉鎖的な環境の西奥部や、浦口までの距離が長く海水交換が少ない南部では、事故の際に水面へ直接降下した放射性セシウムの寄与が推察されました。

松川浦底質へのセシウム137蓄積量(20cmの深さまで)は、単位面積当たり $34\text{kBq/m}^2$ と推定され、その80%以上が15cmの深さまでに存在していました。また、事故時の水面へのセシウム137の直接沈着量( $35\text{kBq/m}^2$ : 周縁陸地へのセシウム137平均沈着量から推定)との比較から、流域からの流入による底質への明確な蓄積量の増加傾向は、現時点で確認できませんでした。しかし、水面への直接降下も含め浦内へ流入した放射性セシウムは、潮汐による海水交換等で浦口を介して太平洋へ相当量流出した、あるいは、現在もしている可能性があります。上述の河川流入土砂の影響も含め、これら流出入の定量評価を中心とした今後の調査・解析によって、松川浦への放射性セシウム蓄積量の推移を明らかにしていく必要があります。

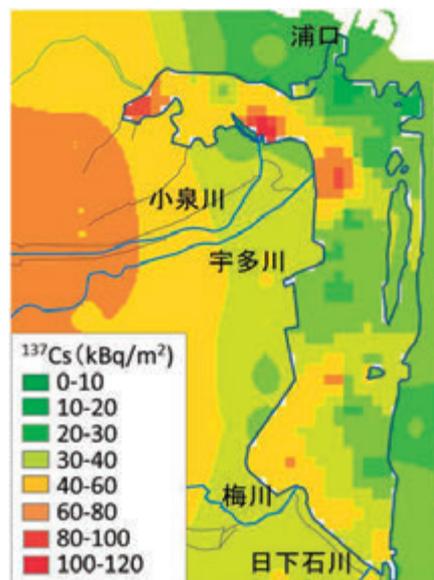


図2 松川浦のセシウム137蓄積量分布推定結果(陸域への沈着量は、文部科学省による航空機モニタリングデータ(文部科学省, 2011)を使用)

### 今後の課題

- 継続調査と数値シミュレーションにより霞ヶ浦における放射性セシウムの蓄積推移を予測します。
- 松川浦における放射性セシウムの流出入や動きを調べるとともに、由来を推定して今後の推移を予測します。
- 蓄積特性と水生生物への放射性セシウム移行状況との関係性を明らかにします。

### ① 詳しくは

・ [http://www.nies.go.jp/shinsai/jqjm10000000dmuu-att/PG1PJ1\\_H23-H25.pdf](http://www.nies.go.jp/shinsai/jqjm10000000dmuu-att/PG1PJ1_H23-H25.pdf) (最終確認日:平成26年11月27日)

(国立環境研究所 HP 内「災害環境研究への取り組み」 > 研究の成果 > 環境回復研究プログラム (PG1) 多媒体)

・ 有田康一, 矢部徹, 林誠二 (2014) 福島県松川浦における底質の放射性セシウム濃度と蓄積量の実態把握, 土木学会論文集 G (環境), 70, 印刷中

### 📖 文献

・ 文部科学省 (2011) 文部科学省 (米国エネルギー省との共同を含む) による航空機モニタリング結果 [http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/5000/4901/24/1910\\_1216.pdf](http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/5000/4901/24/1910_1216.pdf) (最終確認日:平成26年11月27日)

### ✍️ 執筆担当者

林 誠二	地域環境研究センター・土壌環境研究室
田中 敦	環境計測研究センター・同位体・無機計測研究室
矢部 徹、有田 康一	生物・生態系環境研究センター・生態遺伝情報解析研究室



## 2. 福島県宇多川における放射性セシウムの動態

福島県浜通りの宇多川を対象として、下流の水位観測点（図3）において河川水中のSSに含まれるセシウム137濃度を測定しました。霞ヶ浦流域の河川と同様にSS単位重量あたりのセシウム137濃度を求めた結果、平均濃度は9.0 Bq/gとなり、霞ヶ浦流域河川と比べて数倍程度高い値となりました。また同地点での濁度自動連続観測をもとに推定したSS濃度時系列データに、河川流量（データは福島県相双建設事務所より提供）を乗じてSSの流出量を求めたところ（図4）、濁度計測期間（2012年7月～2014年1月）の宇多川流域からのSS総流出量は3,790トンとなり、特に大規模な降雨イベント時にSSがまとまって流出することが確認されました。

以上の結果から、2012年7月～2014年1月におけるSSのセシウム137総流出量は34 GBq程度と推定され、原発事故を由来とする宇多川流域へのセシウム137総沈着量に対する、この期間中のセシウム137の流出率は0.17%と算定されました。この値は、霞ヶ浦流入河川の結果とかなり近い値であったことから、陸域からの土砂流出に伴う放射性セシウムの流出は、流域の汚染の程度に関わらず限定的であることがわかりました。また、宇多川は上流の比較的高濃度な汚染地域内にダムを有しているため、ダム上流域から流れてきた放射性セシウムを含むSSが、ダム湖内に貯留・沈殿することによって、下流水域への放射性セシウムの流下が抑えられていることが示唆されました。

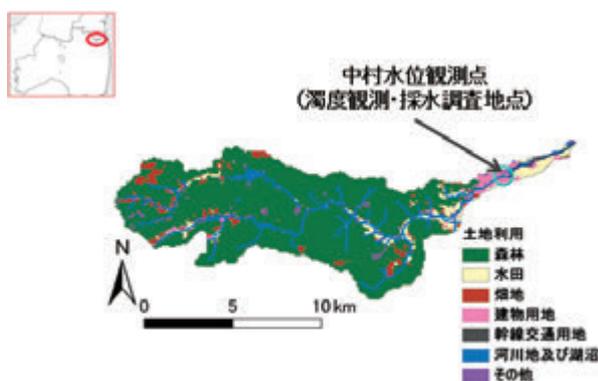


図3 宇多川流域の土地利用と調査地点

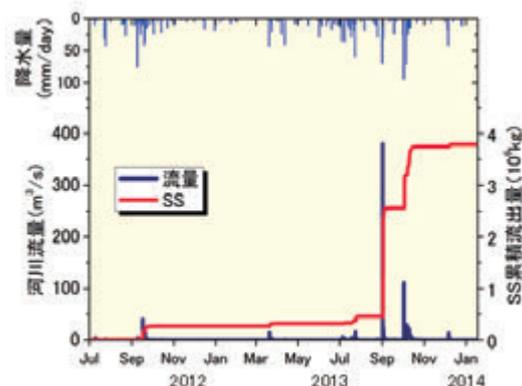


図4 宇多川下流観測点における河川流量とSS流出量算定値の累積変化

### 今後の課題

- 福島県内のほかの流域でも放射性セシウムの移動と集積の実態について明らかにします。
- 引き続き河川水中の放射性セシウムを測定し、季節変動などの時間変化を確認します。
- 溶存態の放射性セシウムの動態を明らかにし、存在形態（溶存態・懸濁態）ごとの放射性セシウムの集積と流出の実態について算定します。

### ① 詳しくは

・ [http://www.nies.go.jp/shinsai/jqjm10000000dmuu-att/PG1PJ1\\_H23-H25.pdf](http://www.nies.go.jp/shinsai/jqjm10000000dmuu-att/PG1PJ1_H23-H25.pdf)（最終確認日：平成26年11月27日）

（国立環境研究所 HP 内「災害環境研究への取り組み」 > 研究の成果 > 環境回復研究プログラム（PG1）多媒体）

### 📖 文献

・ 文部科学省（2011）文部科学省による第4次航空機モニタリングの測定結果について [http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/5000/4901/24/1910\\_1216.pdf](http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/5000/4901/24/1910_1216.pdf)（最終確認日：平成26年11月27日）

### ✍️ 執筆担当者

林 誠二、辻 英樹 地域環境研究センター・土壌環境研究室

## 大気・陸域・海域における放射性物質の環境動態シミュレーション

1. 大気・陸域・海域の環境動態モデリング研究により、放射性セシウム等について、事故直後の大気拡散の再現や、陸域・海域での挙動の予測を進めました。
2. 大気モデルにより、福島第一原発から大気中に放出されたセシウム 137 の 2～3 割が 2011 年 3 月 15～16 日と 3 月 20～23 日に、降水とともに日本の陸域に湿性沈着したと推定されました。また、シミュレーション結果は、実測された高線量地域(ホットスポット)を良く再現していました。
3. 陸域モデルにより、陸域に沈着したセシウム 137 の約7割は森林域に沈着し、その大部分は地表面に長期間留まることが推定されました。土壌からの流出諸過程の影響で、長期的な減少傾向は物理崩壊のみよりやや早い程度で減少することが推定されました。
4. 海域モデルにより、海底土のセシウム 137 の大部分が 2011 年 5 月末に通過した温帯低気圧の強風によって海底より巻き上がった濁質に吸着して沈降・堆積したものであること、堆積後の移動・拡散速度は海水中のものとは比べて非常に遅いことが明らかになりました。

福島第一原発から放出された放射性物質の多媒体環境での動態を明らかにするために、大気・陸域・海域の環境中動態に関するモデリング研究を進めています。

### 1. 3つのモデリング研究

福島第一原発事故により放出された放射性物質が関わる 3 つの場（大気、陸域、海域）に関して、今までのモデリング研究の蓄積を活かして、相互に結合することにより中長期的な放射性物質の推移を解明しようとしています。

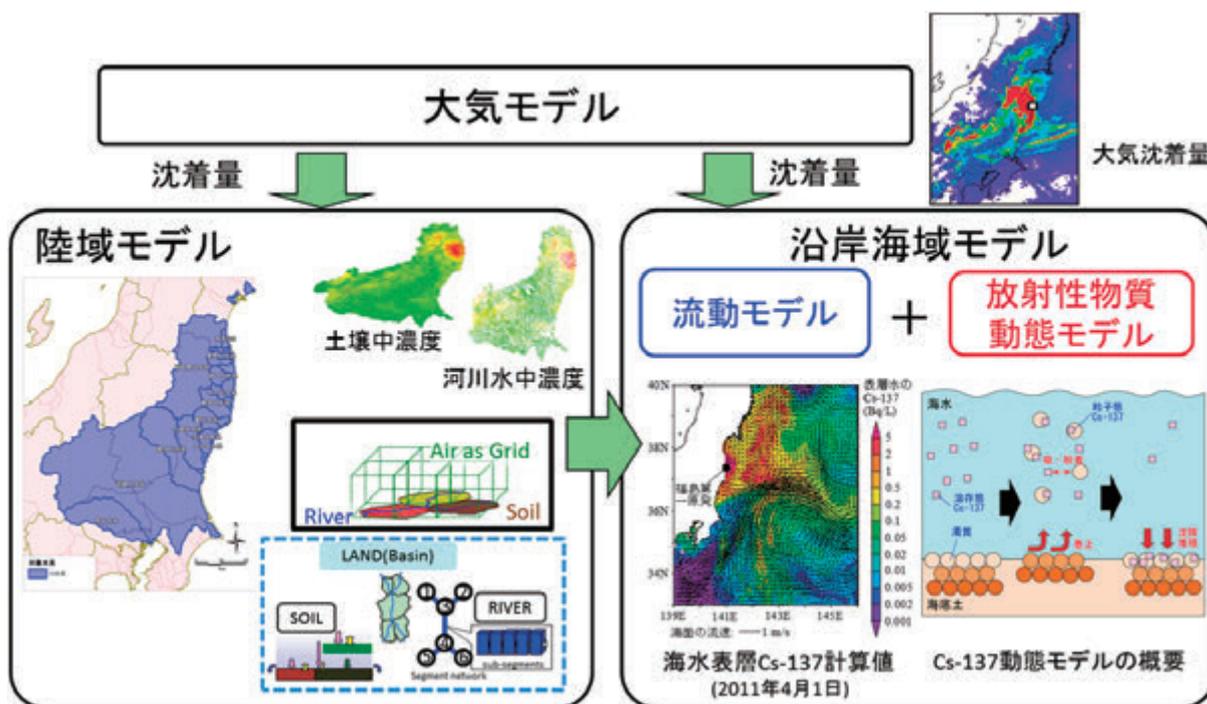


図1 大気・陸域・海域モデリング研究の概念図

## 大気モデル

大気シミュレーションモデルを用いて、東日本域におけるヨウ素 131・セシウム 137 の輸送・沈着過程などを計算し、その環境動態を解析しました。大気モデルで計算された日本の陸域へのセシウム 137 の総沈着量 (2.2PBq) は実測値 (2.4PBq) とよく一致しており、また福島第一原発の北西方向・福島県中通り・関東北部や西部・宮城県南部など、セシウム 137 の沈着量が多かった地域を概ね再現しました (図 2)。モデル計算結果より、福島第一原発から大気中に放出されたセシウム 137 の 2~3 割が 2011 年 3 月 15~16 日と 3 月 20~23 日に、降水にともなって日本の陸域に湿性沈着 (雨や雲による沈着) したと推定されました。なお、これらの計算結果は、陸域・海域での放射性物質の環境動態評価や人への健康影響評価にも活用されています。

また、航空機観測データを基にした大気モデルの不確実性評価を実施しました。その結果、東日本域の沈着量分布をモデル計算するにあたっては、全球規模やローカル規模の大気モデルではなく領域規模の大気モデルを基に推計した放出量データが最適であることを明らかにしました。また、セシウム 137 の湿性沈着を計算する上では、これまでに広く使われている経験的パラメータに基づく計算手法ではなくプロセスベースの計算が望ましいことを示しました。

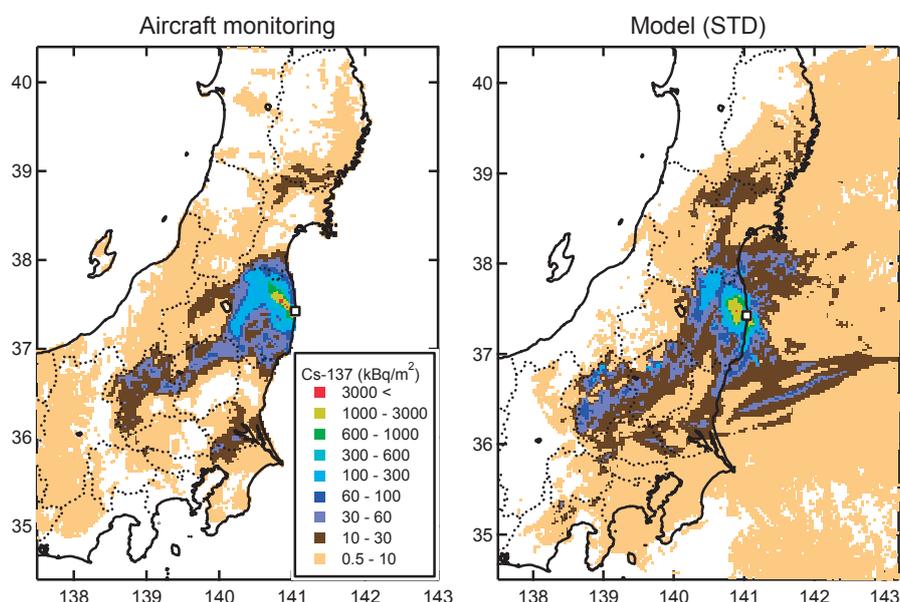


図 2 航空機モニタリング(左)とシミュレーション(右)で推計されたセシウム 137 の積算沈着量 (Bq/m<sup>2</sup>)

## 2. 陸域モデル

陸域モデルとして、これまで有機汚染物質を対象として開発を進めてきた多媒体環境動態モデル (G-CIEMS) を基礎として、放射性セシウムの予測が可能になるようにモデルを拡張しました。G-CIEMS モデルでは、大気や地表面、表流水 (河川・湖沼)、表流水の底質の各媒体中の化学物質の挙動を予測します。さらに地表面は 7 種類の土地利用ごとに濃度の推移を計算できます。本研究では、阿武隈川水系や利根川水系、さらに太平洋側の中小流域など約 15 水系を計算対象としました。上述の大気シミュレーションモデルから算出されたセシウム 137 の地表面への沈着量を G-CIEMS モデルの入力条件として活用し、経年的な推移を予測することを目標としてシミュレーションを実施しました。

モデル計算の結果、計算対象地域に沈着したセシウム 137 の約 7 割が森林に沈着し、その多くは土壌表層に長く留まる傾向にあることを推定しました。また、土壌からの流出諸過程の影響で、長期的な減少傾向は物理崩壊のみよりやや早い程度で減少することを推定しました。福島県内の河川底質について、観測濃度の幾何平均値とモデル予測濃度を比較した結果、濃度分布の範囲全体としておおむね一致する結果が得られました (図 3)。さらに感度解析より、セシウム 137 の土壌との吸着性や、地

表面からの土壌粒子の流出速度がセシウム 137 の環境中挙動に大きな影響を及ぼすことが推定されました。

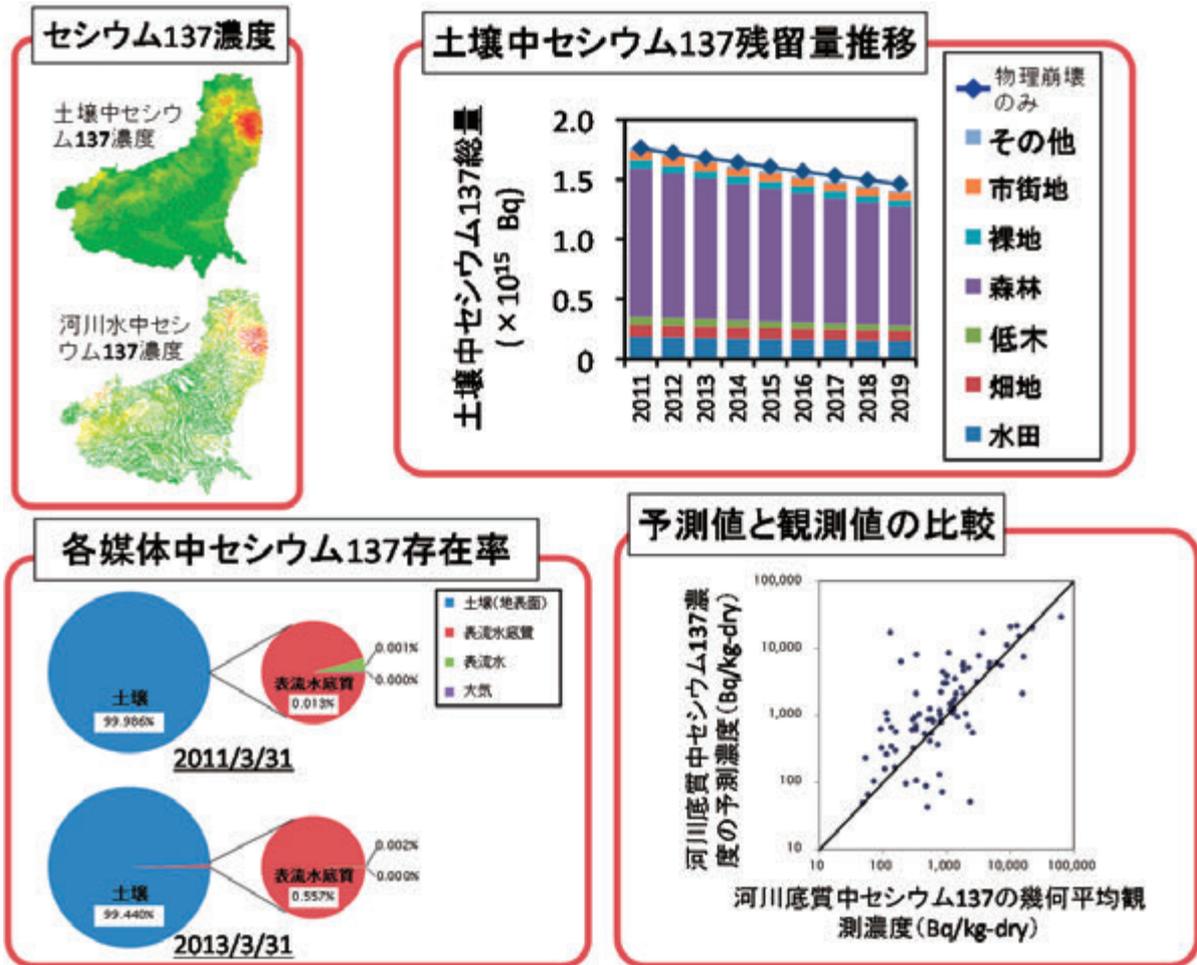


図3 福島第一原発事故で放出されたセシウム 137 の陸域シミュレーション結果

### 3. 海域モデル

現在も比較的高濃度で検出される海底土のセシウム 137 の動態を明らかにするため、海底堆積・巻上げを考慮したセシウム 137 の海洋拡散モデルを開発し、東北・北関東地方の太平洋沿岸域を対象に 2011 年 3～12 月の再現シミュレーションを実施しました。本モデルで算定された海底土表層セシウム 137 濃度は、文部科学省が実施した海洋モニタリングで得られた 30 地点・162 個の観測値のうち 8 割程度が同一オーダー (1/10 から 10 倍の範囲) 内で一致しており、原子力規制庁 (2014) に見られる福島県沖の南南西から北北東に伸びる帯状のホットスポットをうまく再現しました (図 4a・b)。

モデルの計算結果より、セシウム 137 の海底への堆積は主に 2011 年 5 月末の温帯低気圧の通過時に生じたことが分かりました (図 4b)。強風に伴い、水深 50m 以浅の海域 (例えば図 4 の J1 地点) では強い底層流が発生 (図 4c) し、海底より巻き上げられた濁質に海水中のセシウム 137 が吸着して沈降・堆積した (図 4d 右) ためと考えられました。水深 50m より深い海域 (例えば図 4 の E1 地点) では、海底地形が急変している場所を除き、強い底層流の発生や濁質の巻上はほとんど見られません (図 4c・d 左) でしたが、福島県沖の海域では西側の浅い海域からセシウム 137 を吸着した濁質が大量に水平輸送されて堆積していることが分かりました。このような海域に堆積したセシウム 137 はほとんど動かないため、現在でもホットスポットになっていると考えられました。

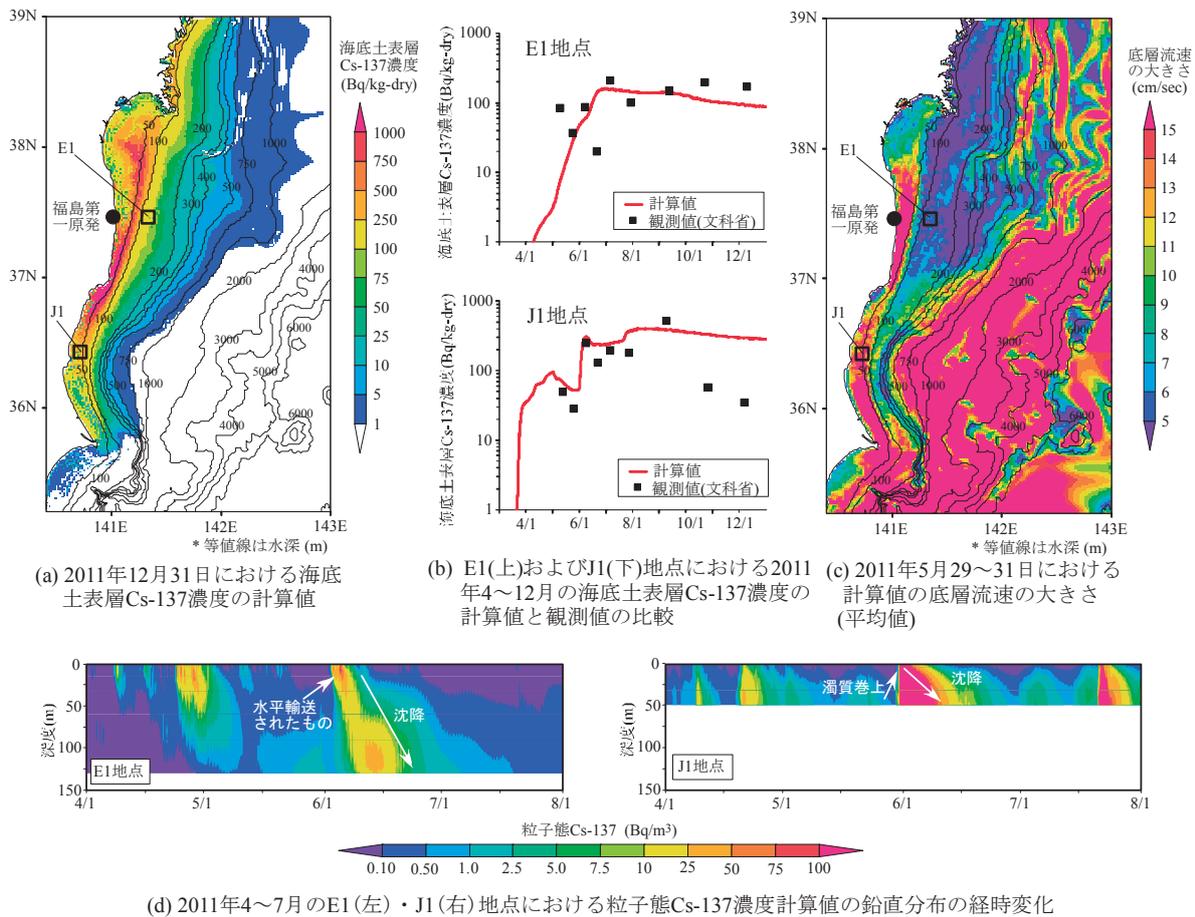


図4 福島第一原発事故で放出されたセシウム137の海洋拡散・海底堆積シミュレーション結果

### 今後の課題

- 最近、2011年3月の東日本域におけるセシウム137の大気濃度の観測データが新たに得られました。そこで、大気モデルを用いてセシウム137の大気濃度の時空間変動を解析して、事故後初期の大気動態を明らかにします。また、2011年から2013年にかけての通年シミュレーションを実施して、その間にセシウム137の大気濃度が増大した要因を調査します。
- セシウム137は土壌粒子に吸着するため、台風などの強い降雨の時に地表面から河川に流出してくる性質を持つことがわかってきました。現在、特に降雨時などに流出してくるセシウムの量を高精度に評価できるようにモデルを改良しています。
- 海域モデルでは、福島第一原発の北東沖の砂礫地帯において海底土のセシウム137を過大評価する問題が残されています。今後もモデルの改良を引き続き進めるとともに、底生生物によるセシウム137の取込・蓄積も考慮した沿岸域のセシウム137の長期動態予測に取り組みます。

### ① 詳しくは

・ [http://www.nies.go.jp/shinsai/jqjm10000000dmu-att/PG1PJ1-2\\_H23.pdf](http://www.nies.go.jp/shinsai/jqjm10000000dmu-att/PG1PJ1-2_H23.pdf) (最終確認日：平成26年11月27日)  
 (国立環境研究所 HP 内「災害環境研究への取り組み」 > 研究の成果 > 環境回復研究プログラム (PG1) 多媒体)

### 📖 文献

・ 原子力規制庁 (2014) 原子力規制庁委託事業「平成25年度放射性物質測定調査委託費(海域における放射性物質の分布状況の把握等に関する調査研究事業)」成果報告書  
 ([http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/10000/9423/24/report\\_20140613.pdf](http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/10000/9423/24/report_20140613.pdf)) (最終確認日：平成26年11月27日)

### ✍️ 執筆担当者

今泉 圭隆 環境リスク研究センター・リスク管理戦略研究室  
 森野 悠 地域環境研究センター・大気環境モデリング研究室  
 東 博紀 地域環境研究センター・海洋環境研究室

## 福島県における震災・原発事故後の水辺の生き物

1. 震災・原発事故後、福島県の水辺の環境と生き物(カエル類や魚介類)を調べています。私たちの調査は、放射能汚染(放射性物質の生き物への蓄積)だけでなく、生き物が何らかの悪影響を受けていないかを明らかにする目的で、進めています。
2. 現在までに、潮間帯の無脊椎動物と沿岸の底棲魚介類について、棲息量の減少や種組成の変化が起きたとみられています。
3. その原因が何であるか(津波、放射性物質、その他の要因も含めて)、現地調査とともに室内実験を行い、明らかにする予定です。

2011年3月の東日本大震災と福島第一原発事故の後、潮間帯の無脊椎動物(2011年12月～)、陸水域のカエル類(2012年8月～)、松川浦及び沿岸の底棲魚介類(2012年10月～)を対象に、放射能汚染(放射性物質の蓄積)とともに潜在的な影響(例えば、棲息量の減少など)を調べてきました。その結果、福島県の水辺の生きもののいくつかに関して、棲息量の減少や種組成の変化が起きたとみられます。その原因が何であるか(津波か、放射性物質か、それ以外の要因か)、さらに調査研究を進めています。

### 1. 福島県の水辺の環境と生き物の調査

- ・震災・原発事故後、さまざまな調査が国・地方自治体や大学研究者等によって進められてきました。
- ・原発事故に関するものとして、魚介類をはじめとする野生生物の放射能汚染(放射性物質の蓄積)の実態が精力的に調べられてきました。
- ・しかしながら、野生生物に何らかの悪影響が生じていないかを明らかにする調査は、きわめて少ない状況にあります。
- ・そこで、私たちは、福島県の水辺の生き物(カエル類や魚介類)を対象に、放射能汚染(放射性物質の生き物への蓄積)だけでなく、生き物に何らかの悪影響が生じていないかを明らかにする目的で、調査を進めています。



図1 調査風景(左上:カエル調査、右上:潮間帯調査、下4枚:底棲魚介類等の調査)

## 2. これまでにわかったこと：潮間帯の無脊椎動物と沿岸の底棲魚介類の棲息量減少や種組成の変化

- ・2011年12月以降、警戒区域（当時）を含めて、福島県各地において調査を進めてきました。
- ・調査対象は、潮間帯の無脊椎動物（2011年12月～）、陸水域のカエル類（2012年8月～）、松川浦及び沿岸の底棲魚介類（2012年10月～）です。
- ・水質や底質・土壌、生物体内の放射性物質濃度の分析・測定とともに、種別の個体数や重量、種組成などを調査・解析しています。
- ・これまでに、東京電力が1995年に福島県沿岸20地点で実施した調査結果などと比べて、潮間帯の無脊椎動物と沿岸の底棲魚介類の棲息量の減少や種組成の変化が観察されています。引き続き、調査を進め、その経年的な推移を追跡し、明らかにします。



図2 福島第一原発の南側約1kmの大熊町の調査地点(2012年4月)。消波ブロックにフジツボ類(黄色の円内)とカサガイ類(紫色の円内)が棲息していましたが、小型且つ少数でした(右上は白い軍手)。

## 3. 原因の追究：津波？放射性物質？それ以外の要因？

- ・これまでに観察された上述の現象は、一般に観察される現象と異なり、異常なものと考えられます。
- ・しかし、その原因が何であるか…津波であるのか、放射性物質であるのか、あるいは、そのいずれでもない、その他の要因によるものか…は、現時点では不明です。
- ・今後、引き続き、現地調査を行うとともに、室内実験も実施して、その原因究明を進めます。

### 今後の課題

- 福島県の水辺の生き物が、震災・原発事故の後、どのように変化し、今後それがどのように推移するかを明らかにすること。
- 福島県における水辺の生き物の変化が、なぜ、どのように引き起こされたかを明らかにすること。

### ① 詳しくは

・堀口敏宏, 吉井裕, 水野哲, 白石寛明, 大原利真 (2013) 東日本大震災後の潮間帯における生物相とイボニシの生息状況, 平成25年度日本水産学会春季大会, 同講演要旨集, 167

・堀口敏宏, 児玉圭太, 田中敦, 大原利真, 白石寛明 (2014) 震災・原発事故後の福島県沿岸における環境・生物調査, 平成26年度日本水産学会秋季大会, 同講演要旨集, 32

・[http://www.nies.go.jp/shinsai/jqjm10000000dmuu-att/PG1PJ1\\_H23-H25.pdf](http://www.nies.go.jp/shinsai/jqjm10000000dmuu-att/PG1PJ1_H23-H25.pdf) (最終確認日:平成26年11月27日)

・[http://www.nies.go.jp/shinsai/jqjm10000000dmuu-att/PG1PJ2\\_H25.pdf](http://www.nies.go.jp/shinsai/jqjm10000000dmuu-att/PG1PJ2_H25.pdf) (最終確認日:平成26年11月27日)  
(国立環境研究所 HP 内「災害環境研究への取り組み」 > 研究の成果 > 環境回復研究プログラム (PG1) 多媒体)

### ✍ 執筆担当者

堀口 敏宏 環境リスク研究センター・生態系影響評価研究室

## 低線量放射線による生物影響評価植物の開発

1. 土壌からの放射線により引き起こされる植物の DNA 損傷からの修復を視覚的・定量的に検出することができる遺伝子組換え植物を作製しました。
2. 植物の DNA 修復量は土壌放射線量に依存して増加していました。また、植物の DNA 損傷は主に外部被ばくにより生じている事が明らかになりました。
3. 福島県土壌由来の放射線による DNA 損傷は植物の持つ修復能力により速やかに修復されており、現状の放射線量では DNA の変異が蓄積していないことが示唆されました。

福島第一原発事故により汚染された土壌からの放射線により生物の DNA 損傷からの修復を検出することができる遺伝子組換え植物を作製し、現在の福島県の土壌からの放射線による DNA の損傷が、植物の持つ修復能力を超え、DNA への変異が蓄積しているか否かについて調べました。

### 1. DNA の損傷と修復を検出できる植物の作製

生物の DNA は環境からのストレスにより常に損傷を受けています。一方で、生物は DNA の損傷を速やかに修復する事が出来ます。しかし、このバランスが崩れ環境ストレスによる DNA の損傷が修復を上回ると、DNA の損傷が蓄積し、低確率ですが突然変異が起こり私達の目にとまるような変異体が出現する事があります（図 1）。福島第一原発事故により環境中に拡散した放射性物質に由来する放射線も同様な作用を持っています。それでは、福島県の土壌からの放射線による DNA 損傷量は生物の持つ修復能力を上回っているのでしょうか？

私達は福島県に繁茂する植物での DNA 損傷生成と修復能力とのバランスを調べるために、シロイヌナズナへの遺伝子導入により遺伝子組換え植物を作製しました。この遺伝子組換え植物では放射線による DNA 損傷のうち約 1%を占める二本鎖損傷の修復経路である相同組換えを検出できるように工夫した遺伝子（GU-US）を導入しています（図 2 左）。この植物では放射線により損傷した DNA が相同組換えにより修復されると、導入した遺伝子 GU-US が GUS に改変され、この変化により葉に緑色の斑点が現れます（図 2 右）。この斑点の数が植物一個体あたりどのくらい出現したのかを数える事により、相同組換え修復が何回起こったのかを定量的に知る事が出来ます。

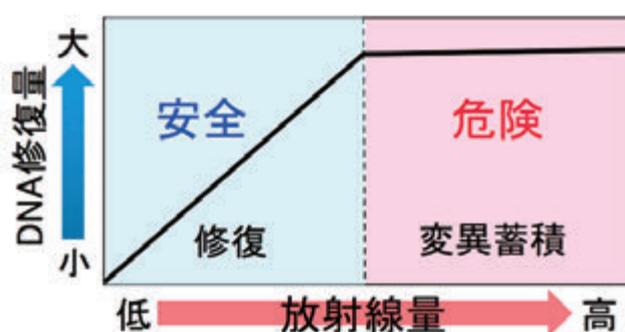


図 1 放射線量と DNA 修復との関係

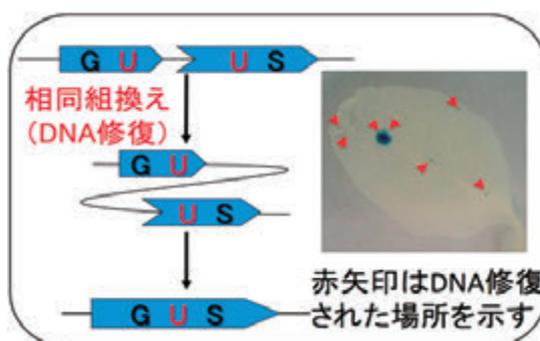


図 2 相同組換えの検出(左)とその検出例(右)

## 2. 汚染土壌での栽培による評価

福島県内の異なる空間線量率を示す 4 地点より採取した汚染土壌を用いて、作製した遺伝子組換え植物を栽培する事により DNA 損傷生成と修復能力との間のバランスについて評価しました。汚染土壌での植物の栽培は 30 日間行い、その間に植物が浴びた積算放射線量は低い順にそれぞれ、2.64, 261, 1340, 2840  $\mu\text{Sv}$  になりました。これらの植物一個体当たりの修復量を観察したところ、浴びた放射線量に応じて修復量が増加していました（図 3）。さらに積算放射線量と修復頻度との間に高い正の相関関係が見られた事から、現状の福島県土壌に由来する放射線による DNA 損傷は植物の修復能力により速やかに修復されている事が示されました。

汚染土壌で栽培した植物では根から吸収した放射性物質による内部被ばくと汚染土壌からの外部被ばくを受けています。これらの影響を分けて考えるため、汚染土壌を放射線源とし、清浄な土壌において植物を 30 日間育てて外部被ばくの影響を観察しました。その結果、汚染土壌で育てた植物と汚染土壌を線源として育てた植物との間に修復頻度に違いは見られませんでした（図 4）。このことから植物の DNA 損傷は主に外部被ばくにより生じている事が明らかになりました。

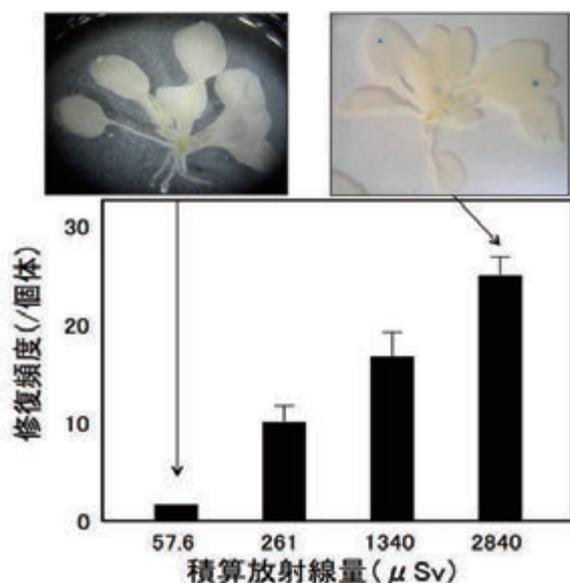


図 3 汚染土での栽培による DNA 修復への影響

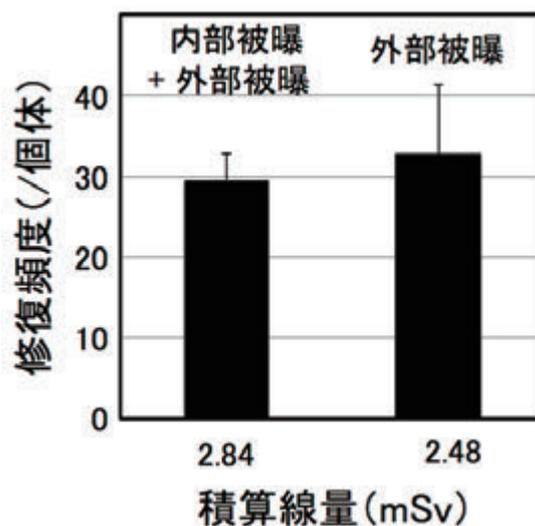


図 4 外部被ばくと内部被ばくの影響

### 今後の課題

- 遺伝子組換え植物を管理区域外で栽培する事は困難であることから、この植物を培養細胞化します。これにより福島の現地において土壌放射線による DNA 修復頻度の定量ができる実験系の構築に取り組みます。
- 長期間かつ経時的な DNA 修復頻度の評価を行うため、植物を生かしたまま DNA 修復を検出する事が出来る遺伝子組換え植物の開発を行います。

### 詳しくは

・[http://www.nies.go.jp/shinsai/jqjm10000000dmuu-att/PG1PJ2\\_H25.pdf](http://www.nies.go.jp/shinsai/jqjm10000000dmuu-att/PG1PJ2_H25.pdf) (最終確認日:平成 26 年 11 月 27 日)  
(国立環境研究所 HP 内「災害環境研究への取り組み」 > 研究の成果 > 環境回復研究プログラム (PG1) 多媒体)

### 文献

・Kovalchuk, I., Kovalchuk, O., Arkhipov, A. and Hohn, B. (1998) Transgenic plants are sensitive bioindicators of nuclear pollution caused by the Chernobyl accident. Nature Biotech., 16: 1054-1059.

### 執筆担当者

玉置 雅紀 生物・生態系環境研究センター・生態遺伝情報解析研究室

## 東日本地域の長期的追加被ばく線量を推計する～モデリングとモニタリングの連携～

1. 住民の被ばく線量の推定、被ばく源の解析のため、大気、室内ダスト、土壌、食事の放射性セシウムをモニタリングしました。つくば市周辺における追加被ばく線量の大部分は外部被ばくであり、内部被ばくについては、室内ダスト、土壌、食事の寄与は同程度であると推定されました。
2. 既存のデータやモニタリングデータを基に、追加被ばく線量モデルを設計し、東日本における事故後1年間の追加被ばく線量をモデルで推計しました。モニタリングによる結果同様、外部被ばくが90%以上の寄与と推定されました。

私たちは、モニタリングとモデリングを連携させながら、福島第一原発から放出された放射性物質によって、人々がどれだけ追加被ばくしたのか、そして今後どの程度追加被ばくする可能性があるのか、被ばく経路ごとに推計し、被ばく線量の把握、被ばく線量低減に貢献することを目指して研究を行っています。被ばく経路としては図1に示す経路を想定しています。

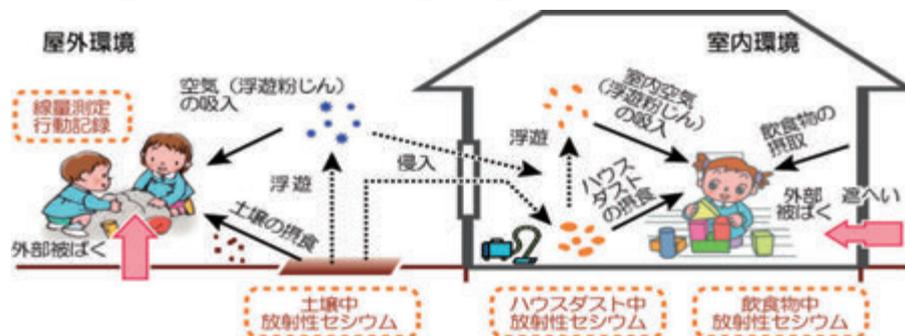


図1 放射性セシウムによる主な被ばく経路

### 1. モニタリング

私たちは、福島県飯舘村や茨城県つくば市周辺を含む関東のホットスポットと呼ばれる地域において、外部被ばく線量、人の被ばく経路である土壌、室内ダスト、食事、大気中の放射性セシウムのモニタリングを実施し、被ばく線量の推定、被ばく源の解析を行いました。常総地域（茨城県南部、千葉県北西部を含む地域）の数軒の家庭を対象に、事故直後から、室内ダスト（掃除機ごみ）中の放射性セシウムを継続して測定しています（図2(a)）。室内ダストは掃除のくりかえしや物理的減衰などにより減少傾向にありますが、2014年1月時点でも数百 Bq/kg の放射性セシウムが検出されています。飯舘村では、2012年3月より大気粉塵中の放射性セシウムを継続してモニターしています（図2(b)）。ところどころピーク（前後の時期と比べて高いところ）が確認できますが、それ以外は  $1 \text{ mBq/m}^3$  以下で推移しています。大気経由の放射性セシウムによる追加内部被ばく線量は、仮にピーク時程度（ $5 \text{ mBq/m}^3$ ）の濃度の空気をずっと吸っていると仮定して計算しても、年間  $0.001 \text{ mSv}$  以下となります。そのほか、被ばく線量推定モデルのパラメータにかかわる実測、およびモデル推定結果の妥当性を検証するための実測を行っています。

### 2. モデルによる被ばく線量推計

私たちは既存のデータや私たちが得たモニタリングデータに基づき、被ばく線量モデルを構築し、東日本の広範囲な被ばく線量推計に取り組んでいます。外部被ばく線量は、放射性セシウムの土壌沈着量をベースに、屋内外滞在時間、建物による遮蔽係数、建物の種類を考慮した被ばく線量推定モデルを設計しました。内部被ばく経路は、図1に示すように、屋外における土壌の摂取、大気粉塵の吸

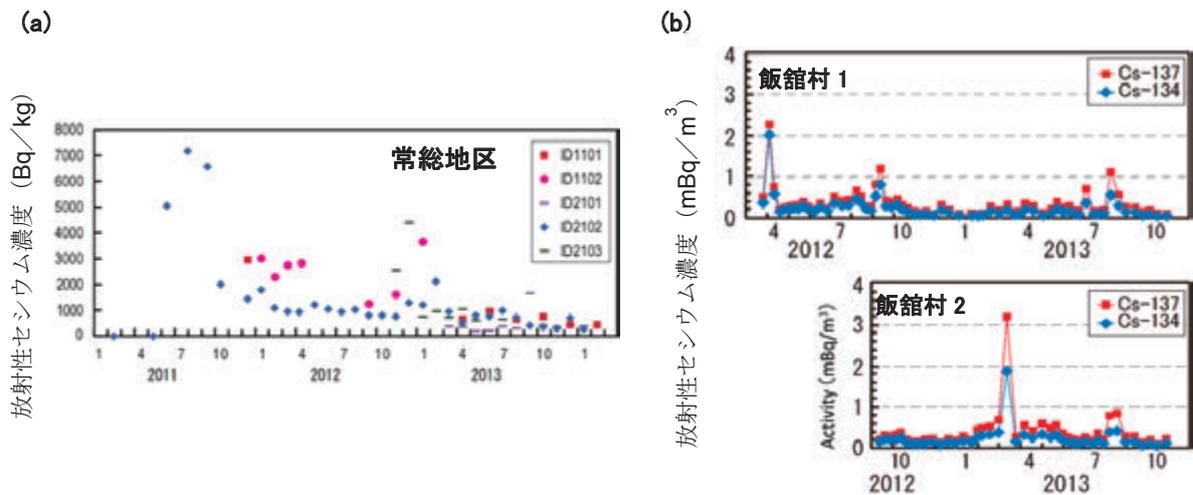


図 2 環境中の放射性セシウム濃度の経時変化 (a)常総地区で採取した室内ダスト試料、(b) 飯館村の 2 箇所で採取した大気粉塵試料

引、屋内では、室内ダストの摂食、室内空気の吸引を想定し、外部被ばく同様に、放射性セシウムの土壌沈着量をベースにモデルを設計しました。第 4 次航空機モニタリングデータ（文部科学省,2011）をもとに、このモデルを用いて最初の 1 年（初期の放射性雲による被ばくを除く）の被ばく線量を、

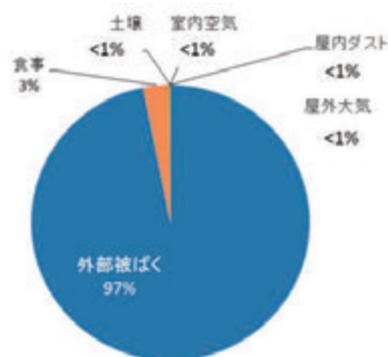


図 3 福島県のある市町村における追加被ばく線量の内訳

福島県と汚染状況重点調査地域は市町村ごと、福島県以外は都道府県ごと、0 歳、1-6 歳、7-15 歳、16 歳以上（成人）の年齢区分ごとに推計しました。食事経路は、厚生労働省が 2011 年 3 月から収集している食品のスクリーニングデータ（厚生労働省）に基づいて推計を行いました。食品の大部分が検出下限値以下であり、私たちは検出下限値の半分の値を計算に用いているため、食事経路の見積もりが過大評価となっている可能性が高いですが、全被ばく線量の 90%以上は外部被ばくと推定されました（図 3）。

### 今後の課題

モニタリングの継続とともに、帰還に向けた効果的な室内除染のためのデータの収集を行います。モデリングでは、現在の推計値と実測値との差の検証と各パラメータの精査、使用データの精査を行うとともに、環境動態のグループと連携し、より長期の追加被ばく線量の推計につなげたいと考えています。

### ① 詳しくは

・ [http://www.nies.go.jp/shinsai/jqjm10000000dmu-att/PG1PJ4\\_H23-H25.pdf](http://www.nies.go.jp/shinsai/jqjm10000000dmu-att/PG1PJ4_H23-H25.pdf)（最終確認日：平成 26 年 11 月 27 日）（国立環境研究所 HP 内「災害環境研究への取り組み」 > 研究の成果 > 環境回復研究プログラム（PG1）多媒体）

### 📖 文献

- ・ 文部科学省, 2011, 第4次航空機モニタリング測定結果, [http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/5000/4901/24/1910\\_1216.pdf](http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/5000/4901/24/1910_1216.pdf)（最終確認日：平成26年11月27日）
- ・ 厚生労働省, 食品中の放射性物質の検査, <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001m9tl.html>（最終確認日：平成26年11月18日）

### ✍️ 執筆担当者

中山 祥嗣、高木 麻衣 環境健康研究センター・総合影響評価研究室  
田中 敦 環境計測研究センター・同位体・無機計測研究室

## 福島県新地町のくらしアシスタタブレットによる復興支援システム

1. 効果的な復興まちづくりを実施していくためには、地域の様々な情報や住民の方々のニーズを的確かつ効率よく把握することが重要です。
2. 福島県新地町において、地域の様々な情報を集約し、タブレット端末を通じて「見える化」させる地域情報システム(くらしアシスタタブレット)を開発しました。モニター50世帯を対象とした実証試験が開始され、フィードバックをもとにシステムのブラッシュアップが続けられています。
3. 実証研究の一環として、省エネルギー行動を促すキャンペーン形式の実験が開始され、本システムが一定の効果を持つ可能性が示唆されました。

### 1. くらしアシスタタブレットについて

くらしアシスタタブレットは、行政と住民が双方向かつ即時的な情報のやりとりができるネットワーク機能を持ち、タブレット端末を通じて地域コミュニティでの生活や環境行動を支援するための技術です。くらしアシスタタブレットには以下の3つのアシスト機能があります。

#### (1)地域エネルギーアシスト

タブレット端末を通じて各家庭のエネルギーの利用状況を「見える化」することで、省エネルギー行動を促します(図1)。エネルギーの利用パターンは世帯構成などの様々な特性によって異なるため、データの蓄積を通じて各特性を踏まえた省エネ処方箋を提供し、地域全体のエネルギー需給効率を高めるシステム構築を目指します。



図1 地域エネルギーアシスト機能による家庭消費電力の見える化

#### (2)生活アシスト

地域の生活に欠かせない復興まちづくり情報や災害情報、イベント情報といった自治体からの情報を集約するとともに、それら情報に対して住民がフィードバックできる機能を設けることで、効果的な情報提供の実現を目指します。地域の公共交通や住民の健康福祉に関する機能も検討しています。

#### (3)情報共有アシスト

掲示板機能やアンケート機能、住民自身が地図上で地域の情報を共有できる書き込める地域情報マップ機能により、自治体が住民のニーズをきめ細かに把握できるとともに、住民同士のコミュニケーションを通じた地域コミュニティのきずなづくりに寄与します。

## 2. 省エネルギー行動の促進に関する実証実験

くらしアシストタブレットを活用し、省エネルギー行動を促進するシステムの開発を目的とした実証実験を行っています。本実験では、2週間のキャンペーン期間を設定し、キャンペーン期間前の1週間の平均消費電力量に対して期間中にどの程度節電できたのかを節電率として指標化します。指標をもとにランキングが算出され、節電率と合わせてタブレット端末で随時確認することができます(図2)。

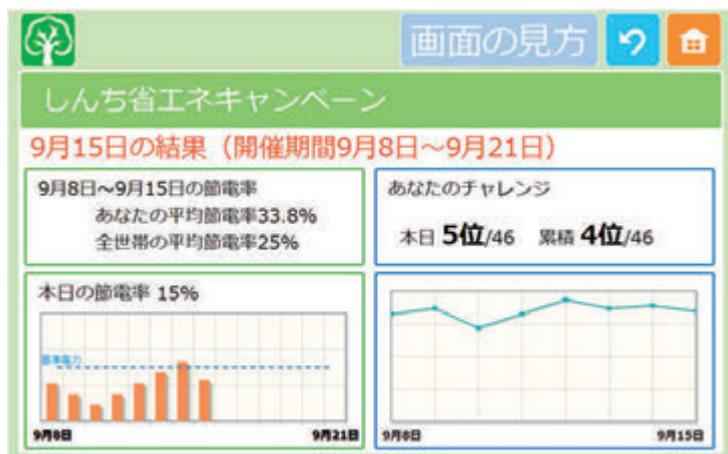


図2 省エネキャンペーンの経過表示画面の例

第1回の実証実験ではモニター50世帯中22世帯が参加し、全体平均で5% (1位の世帯は28%)の節電を達成したことから、本システムが一定の効果を持つ可能性が示唆されました。実験は今後も予定しており、より望ましい評価手法の検討を進めます。

### 今後の課題

- 現在、50世帯を対象としてモニタリングを行っていますが、今後モニター数を拡大することでさらなるデータの蓄積を図る予定です。
- 町内公共施設(学校など)と連携することで、各施設の太陽光パネル発電量や利用実態を把握し、地域の包括的なエネルギー行動を支援するシステムを目指します。
- 地域内の工場や農業(野菜工場など)のモニタリングを実施・情報を集積することで、民生と産業が調和したエネルギーの需給を検討する基礎データを提供します。
- 3つのアシスト機能は、現在は独立的に運用されていますが、相互の関係性に着目した分析(例えばデータマイニング手法など)への展開を検討します。

#### 執筆担当者

中村 省吾 社会環境システム研究センター・環境経済・政策研究室  
大場 真 社会環境システム研究センター・統合評価モデリング研究室  
平野 勇二郎 社会環境システム研究センター・環境都市システム研究室

## 統合評価モデルを用いた復興・地域発展シナリオづくり

1. 地域社会が復興し、さらに発展を続けていくためには、将来の望ましい姿を明らかにして、そこにいたるシナリオと実現のための道筋を描くことが重要です。
2. 長期の復興・地域発展シナリオづくりには、それぞれの地域の特徴や個性を生かすことが望ましく、複雑な社会や経済の仕組みをコンピューター・モデルによってシミュレーションできる統合評価モデルを用いた地域の社会・経済状況の見通し分析や、制度・政策の影響の評価によって有用な知見を得ることができます。
3. これまでに、福島県新地町を対象として、2050年までのシナリオづくりを実施し、新地町の人口を維持しながら復興・地域発展を続けていくために必要な産業のあり方や雇用の状況、再生可能エネルギーやLNGなどの新たなエネルギー供給システムの姿を具体的・定量的に示してきました。

### 1. 復興・地域発展シナリオ作りと統合評価モデル

地域が復興し、さらに発展を続けていくためには、現在直面している課題に対しての解決策（短期的な施策）だけでなく、将来の望ましい地域社会のあり方を見据え、そこに到達するために必要な対策（長期的な施策）もあわせて講じていくことが重要です。

地域社会の復興・発展には、産業誘致、住宅地開発、新たなエネルギー供給システムの導入など、様々な手段が考えられますが、どのような施策が適しているかは地域ごとに異なります。より効果が高く、かつ、地域の住民、行政、首長など様々な関係者が受入れやすい施策を立案、実施していくためには、可能性のある施策それぞれに対して地域の社会システム、経済システム、土地利用やライフスタイルなどに及ぼす影響を定量的に評価し、選択していくことが必要となります。また、選択された施策を組み合わせた統合的なシナリオとして提示して、実施に向けた仕組み作りをしていくことも肝要です。統合評価モデルは、複雑な社会や経済の仕組みを模倣して、新しい技術導入の影響や制度・政策の影響など、対策導入による影響を定量的に評価するもので、モデルを用いることで復興・地域発展のためのシナリオ作りにも有用な知見を提供することができます。

### 2. 市町村を対象とした復興・地域発展シナリオづくりへの取り組み：新地町の経験から

これまでに福島県新地町を対象に統合評価モデルを用いた2050年までのシナリオづくりに取り組んできました。福島県新地町は、福島県浜通り最北部に位置する人口1万人程度の町で、町の西と北は宮城県、南は福島県相馬市、東は太平洋に面しています。東日本大震災により、地震とともに津波による被害を受けました。また、東京電力福島第一原子力発電所が100キロほど南にあり、飯舘村や南相馬市ほどではないものの、放射性物質拡散による被害と除染が大きな課題の一つとなっています。

新地町は、2012年3月に環境未来都市に選定されています。環境未来都市立候補の際には、「自然と共生する海のあるまち」と「人とKIZUNA（絆）を育むまち」と「命と暮らし最優先のまち」の三つの構想を掲げ、震災からの復興だけではなく、地域資源を活かした環境共生型のまちづくり（環境産業共生型の復興町作り）を目指しています。また、2013年3月に国立環境研究所と「福島県新地町と独立行政法人国立環境研究所との連携・協力に関する基本協定」を締結し、新地町における環境と経済が調和する復興を支援する研究に関する連携と協力を推進するとともにその成果の活用を図ってきました。

地域で社会経済シナリオを策定する際には、重要なポイントが2点あります。ひとつはどのような種類の産業を地域発展の基幹とするのか、もうひとつはどれくらいの人口の地域を目指すのかです。

新地町での分析では、将来の新地町の姿として「なりゆき」シナリオと「環境産業共生シナリオ」の二つを想定しました。「なりゆき」シナリオでは、2011年までの傾向が今後も続くと想定し、「環境産業共生」シナリオでは、既にある産業に加えて、エネルギーを効率的に融通し合う製造業や野菜工場を戦略的に誘致し、省エネ・省資源な産業共生型のまちづくりを推進すると想定しました（表1）。統合評価モデルのひとつであるスナップショットモデルを用いて分析した結果、「なりゆき」シナリオでは、たとえば人口については少子化・高齢化の進展に加えて若年層の町からの流出が続くことで、減少傾向が続き、2010年に約8千人だった人口が2050年には約5千人まで減少することが見込まれました。また、町内の産業の総生産額も20%以上減少すると推計されています。「環境産業共生」シナリオでは、戦略的な産業振興により地域経済は発展し、定住促進策によって人口現在と同程度の水準に維持できることが分析の結果明らかになりました。具体的には、人口はやや増えて2050年に約9千人、総生産額は50%近く増加すると推計されました（図1）。このように、統合評価モデルを用いることで、地域が復興し、さらに発展していくためにはどのような対策や努力が必要か、それによる経済や人口に対する影響の定量的な評価を提供することが可能となります。

表1 新地町の二つの社会経済シナリオ

	なりゆきシナリオ	環境産業共生シナリオ
人口	震災以前の傾向が続き人口が流出	産業振興と定住促進によってやや増加する
産業		
農林水産業	担い手減少とともに減少	耕作放棄地活用・高付加価値型農業への転換によって成長、野菜工場も立地
製造業	人口減少とともに全体的に縮小	工場の誘致により生産増加、特にエネルギーを融通し有効活用する「産業共生」に基づいた戦略的な立地
建設業	復興需要が一段落したあとは以前の水準に	復興需要がひと段落した後は落ち着くものの、他の産業立地と人口増加によりなりゆきよりは高水準に
エネルギー産業	現状を維持	LNG基地が計画通り建設・操業、LNGを活用したコージェネレーションなども行われる
商業・サービス業	人口減少とともに全体的に縮小	駅前再開発等と人口増加により成長、エネルギーを地域で高度活用するための情報センター等も立地
定住、域外との通勤	現状の構成が継続	定住促進策により地元雇用の割合が増え、新地町から町外に通勤する人も増加

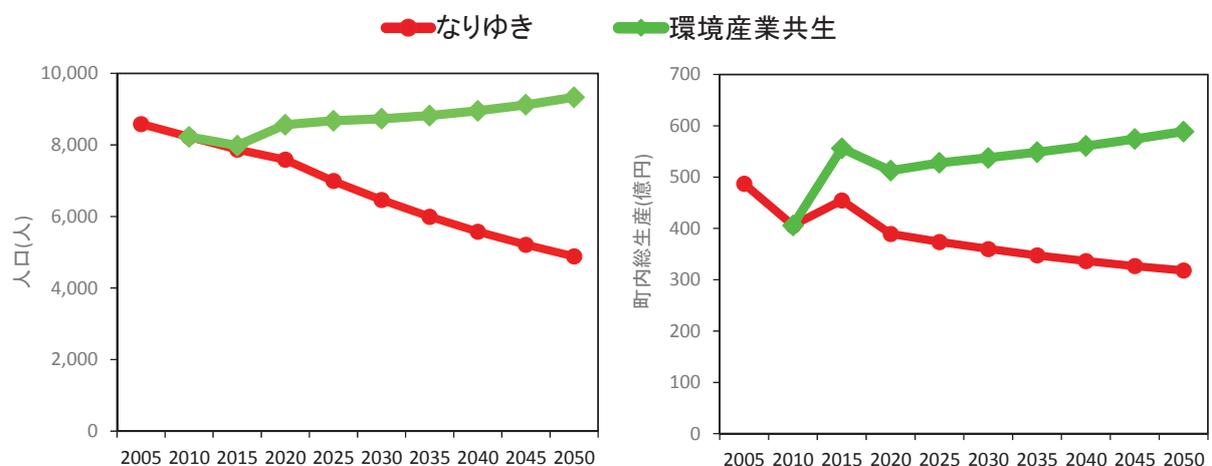


図1 新地町の二つの社会経済シナリオでの人口(左)と総生産額(右)の将来推移:2015年の総生産額は復興需要によるもので、なりゆきシナリオでは従前のトレンドに収束していく。

また、復興・地域発展シナリオづくりには、人口、産業振興などと共に、温室効果ガス排出量の低減（低炭素社会づくり）も考慮すべき要素の一つです。特に、日本の温室効果ガス排出量の約9割がエネルギー起源であることから、将来のエネルギーシステムの姿を定量的に描き出すことが重要となります。このような将来のエネルギーシステムの分析にも、統合評価モデルを用いることができます。エネルギーシステムを分析する統合評価モデルであるエンドユースモデルは、エアコンやガス給湯器、ガスボイラーなどの個別のエネルギー利用技術に着目して、将来の地域における技術導入量やエネルギー資源消費量、温室効果ガス排出量を定量的に推計できます。

前述の2つの社会経済シナリオのうち、環境産業共生シナリオにおいてCO<sub>2</sub>排出量削減も同時に目指すと想定し、将来のエネルギーシステム像を検討しました（図2、図3）。なお、なりゆきシナリオでも2050年のCO<sub>2</sub>排出量は2005年比で76%減となりますが（図2(a)）、これは人口減少や産業活動の衰退によるもので、低炭素ではありませんが復興・地域発展とはいえません。

環境産業共生シナリオで低炭素も目指す場合（図2(b)）には、図1に示すように人口増加や産業活動の活発化によりサービス需要は増加しますが、エネルギー効率の高い技術の導入、都市ガスを用いた地域熱電併給（コージェネレーション）の実施などによるエネルギー効率の向上と、累計34MWの太陽光発電の導入により（図3(b)）、CO<sub>2</sub>排出量は2005年比で70%減まで到達できることが示されました。新地町には石炭火力発電所（相馬共同火力発電所）が立地しているほか、2018年度を目指してLNG基地が建設されているなど、多様なエネルギー資源を抱えています。省エネ技術の導入に加えて、新地町が持つこれらの地域固有のエネルギー資源をうまく利用していくことが、復興・地域発展かつ低炭素なシナリオづくりには重要といえます。

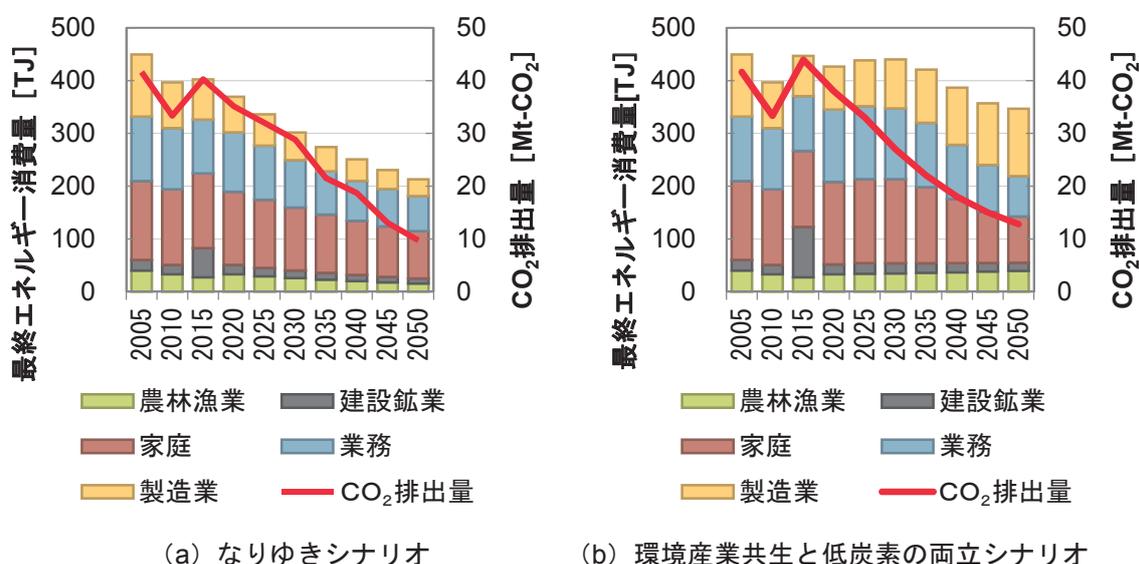


図2 社会経済シナリオ別の部門別最終エネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量

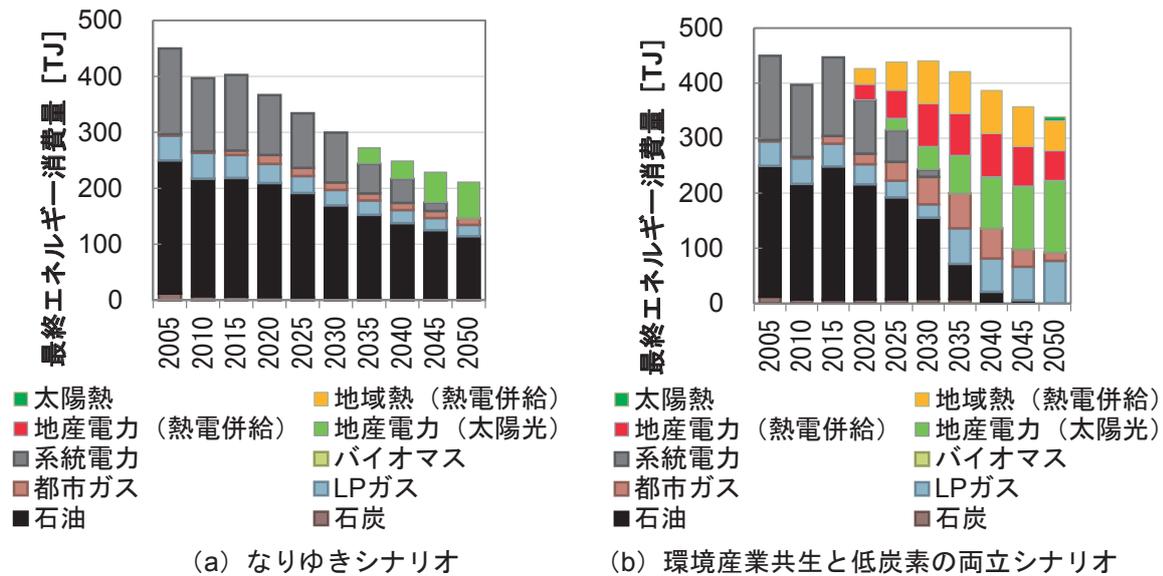


図3 社会経済シナリオ別のエネルギー種別最終エネルギー消費量

### 今後の課題

地域の復興・発展シナリオを描きそれを実行していくためには、可能性のある施策の中から地域の特性などを勘案した上で有効な施策を選定することが重要です。スナップショットモデルやエンドユースモデルのような統合評価モデルを用いることで、地域にとって望ましい復興・発展シナリオの実現のためにどのような施策が効果的かを定量的な情報も加味して検討することができます。また、予算や人員、エネルギー資源などの地域固有の状況を制約として与えることで、実現に向けて動いたときにいつまでに実施しなければならないかや、施策の実施が予定通りに進まなかったとしたらどのような施策を追加的に講じなければならないかなども示すことができます。

もちろん、モデル分析が終わりではなく、分析結果を参考情報として地域の住民、行政、首長などが主体的に、自分の地域の問題として捉え、考え、議論していくようにつなげていくことが肝要です。福島県新地町では、くらしアシストタブレットによる復興支援システムや、地域エネルギー事業を活かした復興都市づくりのシミュレーションも実施しています。これらと組み合わせて、その地域に住む方々にとってもっとも望ましく、しかも復興・地域発展につながるシナリオと、実現のための制度・政策も含めた道筋を提示することができるものと考えています。

### 執筆担当者

芦名 秀一、五味 馨、白木 裕斗 社会環境システム研究センター・持続可能社会システム研究室

## 地域エネルギーを活かした復興まちづくりのシミュレーション

1. 復興まちづくりの計画に対して地域エネルギーシステムの分野から貢献するため、地理情報を活用した計画支援のフレームワークを構築しました。
2. 福島県の浜通り北部地域等を対象として、地域エネルギーの賦存状況についてバランス評価を行った結果、産業プロセスからの未利用熱のポテンシャルが明らかになると同時に、LNG 基地の立地に関連する豊富な地域エネルギー資源が存在することが明らかとなりました。
3. 拠点地区の整備事業を対象とし、エネルギー需要を評価した結果、地域エネルギー源を活用したエネルギーシステムを実現するためには、現行計画では需要規模が小さく、より集約的な復興拠点の計画が必要であることが分かりました。
4. 地域エネルギーを効率的に利用するため、産業と都市と農業が連携した都市の発展パターンの一例について、そのイメージを示しました。

復旧の段階から、復興・創生の段階へと移行しつつある東日本大震災の被災地域を対象とした復興まちづくりの支援システムを開発しました。地域や地区レベルでのエネルギーポテンシャルを視覚化するとともに、そのポテンシャルに基づいて、エネルギー需給のバランスから復興計画を支援するモデルを開発しました。その結果、福島県浜通り北部地区における、産業系の未利用熱エネルギーのポテンシャルの高さが明らかになりました。さらに、拠点地区におけるエネルギー利用性に基づいた地区デザインの検討状況について紹介し、将来的な産業と都市と農業が連携した復興イメージについて提示します。

### 1. はじめに

東日本大震災の被災地では、住宅移転や土地利用を含む計画の検討とその実施も進み、復旧段階から復興・創生段階に入りつつあります。今後は、これまでの成果を踏まえつつ、地域内での自律的な再生プロセスへ移行していくことが求められています。したがって、ベースラインである震災前の状態に戻すことに加えて、新たな成長の種を内包した計画立案が必要です。そのための一つの方向性として、福島県において進められているイノベーションコースト構想等の大型プロジェクトの実施効果を最大限に活用し、震災前から進んでいた地域の課題（人口、経済）が進展する事態を回避し、地域資源を活用し高い生活の質を持続的に提供できる都市基盤の整備が必要と考えられます。

本研究では、地域のエネルギー特性に応じた復興まちづくりの計画支援を目的としています。特に浜通り北部における LNG 基地立地計画に着目し、エネルギー需給バランスの観点から、その立地効果を評価するためのシミュレーションツールを開発しています。それらを実地域に適用することで、拠点地区の空間デザインやそのエネルギーシステム設計がエネルギーコストや環境負荷の増減を通じて、中長期の生活・環境・経済へ与える影響を評価し、住民が地域の将来像を選択できる基盤を提供します。これにより、復興・再生に関するこれまでの取り組みを踏まえ、その効果を持続化させるために、地域のエネルギー産業集積を活用した持続的な復興・再生シナリオの設計を支援します。

### 2. 地域スケールでのエネルギー需給バランス評価

福島県浜通りの復興に向けて進められるイノベーションコースト構想の一環として、相馬港 LNG 受け入れ基地と新潟・仙台間のガスパイプラインに接続するためのパイプライン約 40km の整備を核とした、エネルギー産業の拠点形成プロジェクトが位置づけられています。そこでは、天然ガスを利

用した火力発電所の建設計画も同時に進められています。LNG 基地の年間受入量は 1,200 万トンであり、それより得られる総エネルギー量は 65,400(TJ/年)程度となります。その 5%程度に相当する 3,000TJ/年のボイルオフガス発生が想定されます。さらに LNG の気化プロセスより発生する冷熱の利用が考えられます。このようなエネルギー集積のアドバンテージを活用した地域の復興プロセスを具体化することが求められています。

LNG プロジェクト関連地域における、マクロレベルでのエネルギー需給の状況を把握することを目的として、パイプライン沿線の市区町村のエネルギーバランスの評価を行った結果を図 1 に示します(藤田ら, 2013)。ここでは、エネルギー供給源として、バイオマス、太陽光、産業廃熱を対象として、民生部門のエネルギー需要との比較を熱と電力のそれぞれについて行っています。電力については太陽光エネルギーのポテンシャルが高く、その普及に一定の効果があることが確認されました。一方、沿岸の自治体は産業未利用熱エネルギーが需要と比較して豊富に存在し、その活用を推進することが重要となると考えられます。また、LNG 基地の規模やボイルオフガスのエネルギー量もパイプライン沿線自治体の需要規模と比較して十分大きいため、地域での利用促進が期待されることが分かります。現状では、熱エネルギー需給の構造が比較的類似していること等から、パイプライン沿線の拠点地区へ需要を集約し、ガス供給によるコージェネ事業の実施は対象地域で有効である可能性があることが分かります。

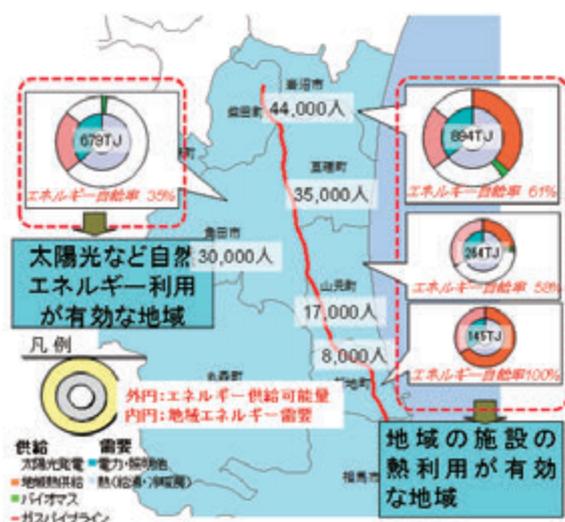


図 1 地域エネルギーポテンシャルの解析例

### 3. 拠点地区における再整備事業計画の検討

地区レベルでの地域エネルギー事業の実施効果を検討するため、福島県・新地町の JR 常磐線新地駅周辺を対象としたケーススタディを行いました。対象地区は、新地町の中央部に位置する 18.4ha の区画で、東日本大震災により壊滅的な被害を受けました。現在、地盤のかさ上げに加えて、建物・インフラの整備が行われています。新駅は 2017 年の営業開始が予定されており、それに向けた段階的な整備が進められています。なお、東日本大震災では、同町の津波による浸水面積は 11km<sup>2</sup> であり、地域全体の 24%の土地が浸水したことになります。相馬港より天然ガスを輸送するパイプラインが近隣を通ることから、コージェネレーションシステム等を活用し低炭素・低コストエネルギーを供給可能とする、先進的な地区開発が期待されています。ここでは、当該地区においてエネルギーの利用性を最大限に生かす集約拠点の計画検討例について紹介します。



図2 地域エネルギー事業を活かした新地駅周辺の計画例

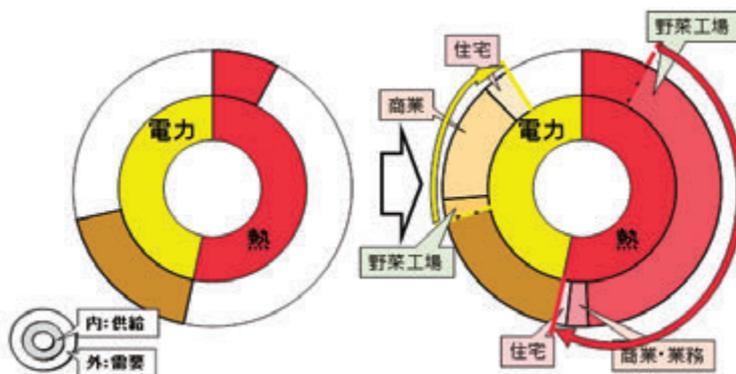


図3 新地駅周辺地区におけるエネルギー需給バランスの評価結果

図2に空間計画の検討ケースを示します。現行計画ケースに加えて、将来的発展を考慮して計画を拡張したパターンについて示しています。図3は各ケースについてのエネルギー需要の推計値と、既存の地域エネルギー供給事業の比較結果です。既存の地域エネルギー供給事業の実施規模の平均値に基づいています（一般社団法人地域熱供給事業協会（2014））。これより、現行計画ケースでは、地域熱供給事業の実例と比較した場合、熱エネルギー需要が大きく不足しています。そのため、地域エネルギー事業の事業採算性を確保するためには、追加的な需要の誘致が必要であることが分かります。区画整理事業拡大ケースでは、エネルギー需給バランスが大幅に改善しますが、安定した熱消費を実現する産業、例えば、野菜工場が計画のキーフaktorとなることが分かります。また、野菜工場の熱利用特性を考慮すると、一般的な民生系用途でエネルギー負荷が小さくなる夜間のエネルギー負荷が大きいため、需給の安定性に対しても寄与することが期待されます。

#### 4. まちづくりへの展開可能性

中長期的には、新地駅周辺市街地整備事業を核として、工業団地を含む町内全体の計画へと展開していくことも選択肢の一つです。図4にその一例のイメージを示します。LNG基地から得られるボイルオフガスや冷熱を有効利用できる産業立地（食品関連産業・データセンター等）を推進するとともに、海外においては既に事例が見られる産業廃熱を活用したより広いスケールでの熱供給システムの実現が期待されます。熱エネルギーは距離に応じて低減し、熱導管の敷設が必要となるため空間特性を考慮した土地利用計画が重要となります。このような観点に基づき、Togawa et al. (2014)では、エネルギーコストとCO<sub>2</sub>の観点から産業廃熱の輸送限界を評価しました。その結果、比較的小規模の野菜工場を対象とした場合でも、2km程度エネルギーの輸送が可能となることが分かりました。また、インフラ敷設コストが搬送可能距離を決定する重要要因であることから、産業部門、民生部門、農業部門の順序で、高温から低温へと熱のカスケード利用を実現するなど、空間利用を適切に誘導することが重要であると考えられます。以上のように、エネルギーの低炭素化・低コスト化を実現し、野菜工場を含む関連産業を誘致することで地域の雇用を安定化すると同時に、快適で効率的な都市を実現することが、復興まちづくりを支援する重要な要因になってくると考えられます。



図4 地域エネルギー事業を活かした復興都市づくりのイメージ

## 今後の課題

- 本研究では、エネルギー需給の総量比較に基づいた施策実施効果の評価を行っていますが、再生エネルギーを大幅に導入した場合、天候等の影響によりエネルギー供給の安定性が損なわれることが懸念されます。現在、新地町において社会実装している地域 ICT システム「新地くらしアシストタブレット」の情報等に基づき、より詳細な時間解像度を設定し、エネルギー需給の安定性についても検討することで、より実現可能で正確な予測が可能となります。
- 本研究では、対象とする都市・地区全体のエネルギー消費量や CO<sub>2</sub> 排出量の観点からシナリオ評価を実施していますが、ステークホルダーごとに損益を算定し、実現可能性を考慮した事業計画に落とし込んでいくことで、シミュレーションにより導出された都市・地域の長期的ビジョンを実社会において実装していくことが可能となります。

## ① 詳しくは

- ・藤田壮, 戸川卓哉, 大西悟, 大場真, 平野勇二郎, 谷口知史 (2013) 復興まちづくりを支援する地域エネルギー計画評価システム, 環境放射能除染学会誌, 1 (1), 45-54
- ・戸川卓哉, 藤田壮, 谷口知史, 藤井実, 平野勇二郎 (2013) 長期的な土地利用シナリオを考慮した地域エネルギー資源活用策の評価手法, 土木学会論文集 G (環境), 69(6), (環境システム研究論文集第 41 巻), II\_401-II\_412
- ・Togawa T., Fujita T., Dong L., Fujii M., Ooba M. (2014) Feasibility Assessment of Power Plant Source Waste Heat to Plant Factory Considering Spatial Configuration, Journal of Cleaner Production, 81, 60-69.

## 📖 文献

- ・一般社団法人地域熱供給事業協会 (2014) 熱供給事業便覧 平成 25 年版

## ✍️ 執筆担当者

戸川 卓哉、藤井 実、大西 悟 社会環境研究センター・環境都市システム研究室

## 災害環境マネジメントと災害廃棄物発生量推計

1. 住家の被害区分別での災害廃棄物発生量原単位、つまり、全壊 116.9 トン/棟、その他半壊 23.4 トン/棟、床上浸水 4.6 トン/世帯、床下浸水 0.62 トン/世帯と災害による住家被害棟数や被害世帯数を用いることで、災害廃棄物の発生量を実務的に活用しやすかつ精度よく推定することができます。
2. 津波浸水面積から、津波により発生する津波堆積物の発生量を推定することができます。
3. 災害廃棄物の発生量をがれきの種別に推定することができます。
4. 災害の時間軸から災害廃棄物の発生量推計に必要な情報を整理し、災害廃棄物量の推定値と実績値との関連を災害廃棄物発生量推計フローとして示しています。
5. 環境マネジメントと災害マネジメントとの概念を融合させることで、災害環境マネジメントの考え方を示しています。

被災地域の迅速な復興のためには、災害廃棄物処理を適正かつ円滑に実施することが東日本大震災において再認識されました。適正かつ円滑な災害廃棄物処理を実現するためには、災害による被害様相を把握し、災害対応に活かしていくことが求められます。そのためには、災害廃棄物の発生量、処理量を、過去の経験を活かしながら精度よく推定することが必要となります。本研究では、東日本大震災の経験に基づき、災害廃棄物発生量の推計手法を示します。また、災害の時間軸と災害廃棄物発生量の推計に必要な情報を整理し、災害廃棄物発生量推計フローを示すとともに、災害環境マネジメントの考え方を述べます。

### 1. 災害廃棄物の発生量推計手法について

災害廃棄物の発生量は、地震や津波などの災害情報、その災害に伴う被害要因により生じる被害情報、災害廃棄物の発生量原単位を用いて推定することができます。災害情報については、計画段階においては、内閣府等において計測深度分布や津波浸水深データなどが公表されています。災害発生後においては、気象庁の地震情報などの防災気象情報が発表されます。また、災害に伴う被害要因により生じる被害情報については、計画段階においては、定量的な被害量として建物被害が想定されています。災害が発生した直後においては、災害対策基本法第 53 条において被害状況等の報告が定められており、当該災害の状況に関する報告事項のひとつに被害区分別の建物被害があります。

本研究では災害廃棄物の発生量の推計方法として、精度が高く、かつ、できる限り簡易で、計画段階あるいは災害の直後においても実務的に使いやすい手法を導出することを目的としています。したがって、ここでは、被害区分別の建物被害棟数から災害廃棄物の発生量を推定することとし、東日本大震災における実績値より住家の被害区分別の発生量原単位を推定し、災害廃棄物の発生量の推計方法を示すこととします。

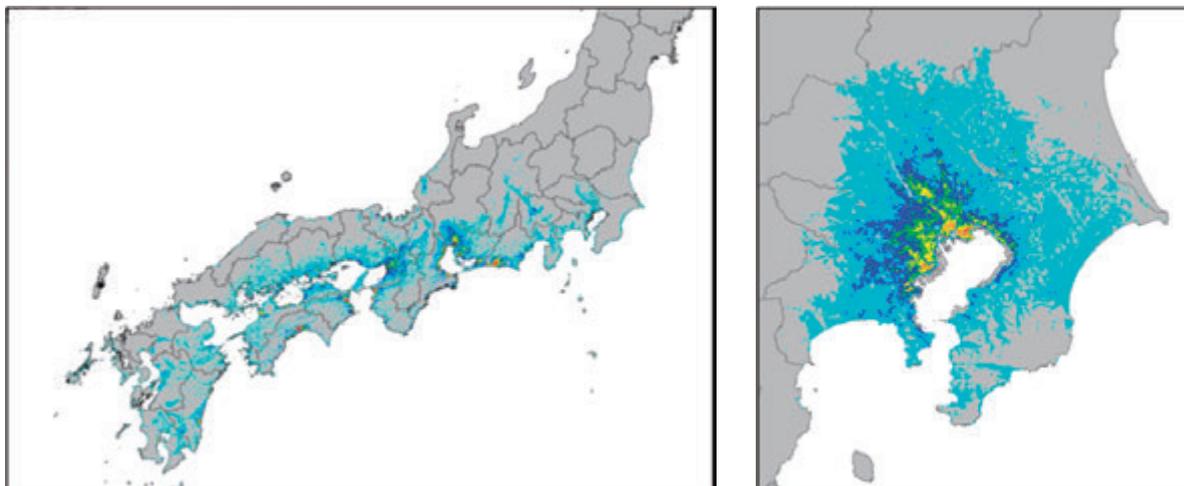
東日本大震災の実績を用いた災害廃棄物発生量原単位は、全壊 116.9 トン/棟、その他半壊 23.4 トン/棟と推定されました。また、豪雨災害や台風災害に伴う水害により生じる災害廃棄物発生量原単位は、床上浸水 4.6 トン/世帯、床下浸水 0.62 トン/世帯と推定されています（平山ら、2005）。したがって、さまざまな災害を対象として、住家被害棟数から全壊 116.9 トン/棟、その他半壊 23.4 トン/棟、床上浸水 4.6 トン/世帯、床下浸水 0.62 トン/世帯を用いることで災害廃棄物発生量を推定することが可能となります。

以上のことから、住家の被害区分別での災害廃棄物発生量原単位を用いることで、災害前の災害廃棄物対策計画策定段階においては、計測震度分布や洪水ハザードマップ、津波浸水深データなどの災

害情報より、被害区分別の建物被害棟数を算出し、地域別に災害廃棄物の発生量を推定することができます。また、災害が発生した直後においては、総務省消防庁や消防・防災部局からの被害報を用いることで、災害廃棄物の発生量を簡易に推定することができます。

例えば、住家の被害棟数が全壊 100 棟、半壊 500 棟、床上浸水 100 世帯、床下浸水 1000 世帯であれば、災害廃棄物発生量は、

100 棟×116.9 トン/棟+500 棟×23.4 トン/棟+100 世帯×4.6 トン/世帯+1000 世帯×0.62 トン/世帯より、24,470 トンと推定することができます。ここで示した推計手法を用いて、南海トラフ巨大地震、首都直下地震における災害廃棄物発生量を地域メッシュ（500m×500m）別に推定しました。



南海トラフ巨大地震（陸側・東海地方が大きく被災するケース）

首都直下地震（都心南部地震）

図 1 巨大地震発生時における災害廃棄物発生量の推計結果

## 2. 津波堆積物の発生量推計手法について

東日本大震災における津波堆積物の発生量推計手法として、津波の浸水面積、堆積厚および体積換算係数から津波堆積物の発生量を推計しています。

津波堆積物の発生量（トン）＝津波浸水面積（ $m^2$ ）×堆積厚（ $m$ ）×体積換算係数（ $トン/m^3$ ）

なお、堆積厚は  $2.5 \times 10^{-2} \sim 4.0 \times 10^{-2} m$ ，体積換算係数は  $1.10 \sim 1.46 トン/m^3$  としています。

東日本大震災の津波堆積物の処理量と津波浸水面積の実績値から、津波浸水面積当たりの発生量を推定しました。その結果、津波堆積物の発生量原単位は、 $0.024 トン/m^2$ と推計されました。以上のことから、津波浸水面積（ $m^2$ ）×津波堆積物発生量原単位  $0.024 トン/m^2$ により、津波堆積物発生量を推定することができます。

## 3. 種類別の災害廃棄物発生量の推計法について

廃棄物としての処理方法の違いを考慮して、可燃物、不燃物、コンクリートがら、金属くず、柱角材の種類別に災害廃棄物量を算出します。東日本大震災の実績（宮城県，2013，岩手県，2013）をもとに、種類別割合（表 1）を算出しました。これにより、種類別の災害廃棄物発生量を推定することができます。

表 1 災害廃棄物の種類別割合

種類	種類別割合
可燃物	18%
不燃物	18%
コンクリートがら	52%
金属くず	6.6%
柱角材	5.4%





図3 災害マネジメントと環境マネジメント

### 今後の課題

- 災害廃棄物の発生メカニズムは、災害の種類、被害の様相、地域の特性などにより異なることから、災害の経験を蓄積し、災害廃棄物発生量原単位の精度向上と高度化を行うことが必要となります。
- 既存の環境学や防災学を基本としつつ、新たな災害環境マネジメント分野を確立することで、災害と環境の文化を創造し、強靱な社会環境システムを構築する取り組みが重要であります。

### ① 詳しくは

- ・平山修久, 大迫政浩 (2014) 東日本大震災の経験を踏まえた災害廃棄物の発生量原単位の推定, 環境衛生工学研究, 28(3), 139-142
- ・平山修久, 大迫政浩 (2013) 災害環境学の視点からみた災害廃棄物量的管理システムに関する検討, 環境衛生工学研究, 27(3), 192-195

### 📖 文献

- ・宮城県 (2013) 災害廃棄物処理実行計画 (最終版)
- ・岩手県 (2013) 災害廃棄物処理詳細計画 (第二次改訂版)
- ・平山修久, 島岡隆行, 藤原健史, 岡山朋子, 河田恵昭 (2010) 首都圏大規模水害における水害廃棄物発生量の推定手法, 第21回廃棄物資源循環学会研究発表会, 83-84
- ・Nagahisa Hirayama, Takayuki Shimaoka, Takeshi Fujiwara, Tomoko Okayama, and Yoshiaki Kawata (2010) Establishment of Disaster Debris Management Based on Quantitative Estimation Using Natural Hazard Maps, *Waste Management and the Environment V*, WIT Transactions on Ecology and the Environment, 140, 167-178
- ・平山修久, 河田恵昭 (2007) 広域災害時における災害廃棄物処理の広域連携方策に関する研究, 土木学会論文集 G, 63(2), 112-119
- ・平山修久, 河田恵昭 (2005) 水害時における行政の初動対応からみた災害廃棄物発生量の推定手法に関する研究, 環境システム研究論文集, 33, 29-36

### ✍️ 執筆担当者

平山 修久 資源循環・廃棄物研究センター・研究開発連携推進室

## 災害廃棄物処理に係る制度対応・計画策定・業務マネジメント

1. 円滑・適正に災害廃棄物処理を進める上で、撤去から最終処分までの処理フローの設計の他に、人、モノ、資金、情報のマネジメントや、発災後の制度対応が影響すると考えられました。
2. 災害廃棄物処理に求められる業務は、「事案処理」、「指揮調整」、「資源管理」、「庶務財務」、「情報作戦」という災害対応に係る基本機能の体系で整理できました。
3. 災害廃棄物処理計画を策定する際には、計画文書そのものではなく、計画づくりを通じた対応力の向上が重要であり、そのための計画づくりの原則が6点で整理できました。

災害廃棄物を円滑かつ適正に処理するために求められるマネジメントについて、制度の側面、具体業務の実施に求められる機能の側面、計画論の側面から検討を行いました。

### 1. 災害廃棄物処理進捗に対する制度・マネジメントの影響

災害廃棄物処理の進捗には、技術的に検討される処理プロセス以外にも、制度やマネジメントが影響するとの仮説に基づき、東日本大震災で被災した3自治体の事例研究を通してその具体的なメカニズムを検討しました。具体的には、戦略・資源配分・外部主体との連携を含む「行政マネジメント」が「処理プロセス」の前提であり、制度と制約条件に影響を受けながら、処理進捗等の効果が得られると考えました（図1）。そのうえで、実際に発災後に行われた制度的な対応（法令改正、通知・通達等の発出）を整理し、各自治体における処理進捗にどのように影響したか、聞き取り調査と文献調査に基づき分析しました。

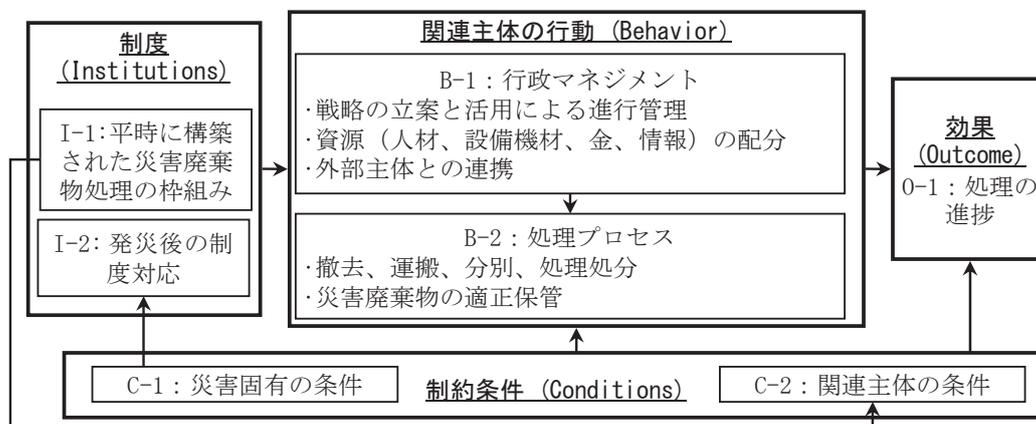


図1 災害廃棄物処理に関する様々な要素の関係

結果、当初想定したモデルの通り、制度はマネジメントと処理プロセスの両者を制約・誘導することに加え、制度に影響を受けたマネジメントが処理プロセスに影響を与えることで、災害廃棄物処理の進捗が左右されるというメカニズムが確認されました。具体的には、施設の設置・利用に関する許可・届出や、個別の廃棄物品目の処理方法に関する規定を平時よりも緩和することが、処理の進捗を早める一方で、国庫補助負担の詳細枠組みの提示が遅れることが、自治体における処理進捗を妨げていました。また、補助金申請・査定や再(々)委託禁止に係る事務負担が大きいことにより、処理の進捗を妨げないものの、処理の質に影響する可能性があると考えられました。

## 2. 災害廃棄物の処理に求められる機能の体系

災害廃棄物に係る事前準備を進める上で、具体的な処理プロセスとマネジメントの側面の両者を含む業務の全体像を把握するために、具体業務を抽象化した「組織の機能（組織が有すべき働き）」を体系化しました。米国における標準的危機対応システムである ICS（Incident Command System）を参考にしつつ、機能体系の仮説を設定しました。そのうえで、東日本大震災における実際の災害廃棄物処理業務を抽出し、仮設モデルの検証と精緻化を行いました。

結果、災害廃棄物の処理には、撤去から最終処分に至る廃棄物の処理プロセスに係る「事案処理」以外にも、目標の設定、広報、国や住民等との渉外、内部調整に係る「指揮調整」、人材、資機材、施設、情報システムや制度を含むシステムの調達・設置・運営・管理に係る「資源管理」、事業者や住民との契約、支払と業務実施に係る資金の獲得（補助金等）に係る「庶務財務」と、計画作成と、処理や環境保全に関連する情報の収集・分析・共有と専門的助言を行う技術支援に係る「情報作戦」の4つの機能が求められると整理されました（表1）。実際、東日本大震災で被災したある自治体における災害廃棄物処理業務を分類すると、事案処理以外の業務が多く実施されていたことが分かりました。（図2）

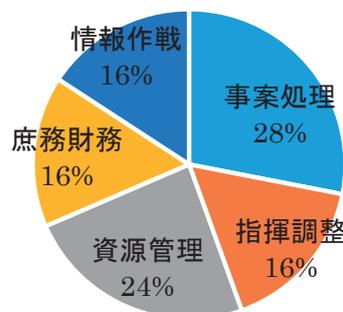


図2 各基本機能に分類された具体業務の割合 (n=146)

表1 災害廃棄物処理に求められる機能の体系

機能	定義	
指揮調整	目標設定	災害廃棄物処理の目標（処理の目標期間など）を設定すること
	広報	災害廃棄物処理に関する情報を市民、メディアに対して発信すること
	渉外	交渉・要請・対応など、組織外の主体とやり取りすること
	内部調整	組織内で、業務に関連する調整を行うこと
情報作戦	計画作成	目標達成に向けた行動計画を作成することと、関連文書を管理すること
	情報収集	被害情報、利用可能資源の情報を含む、他の機能を支援する情報を集めること
	情報分析	集めた情報を分析すること
	情報共有	集めた情報や情報分析の結果等を、災害廃棄物対応関係者に共有すること
資源管理	技術支援	災害廃棄物処理について技術的な支援・助言を行うこと
	人材	人材の調達と管理（安全面や健康面の管理を含む）を行うこと
	資機材	車両、重機、資機材（コミュニケーションに係る装備も含む）の調達と配分を行うこと
	施設	施設（仮置場を含む）の設置、運営管理、撤去（原状復旧を含む）を行うこと
庶務財務	システム	条例等により規定される社会システムや、情報システムを導入、改変、調整すること
	資金調達	組織の内外から災害廃棄物処理業務に充てる資金を確保すること（補助金の獲得を含む）
	契約	積算、発注、締結を含む一連の契約関連行為を実施すること
事案処理	支払	契約の内容に沿って、費用を支払うこと（支払いの根拠となる労働時間管理を含む）
	撤去	災害廃棄物を発生現場から取り除き、集積場所まで運搬すること
	保管	撤去された災害廃棄物を中間処理または最終処分されるまでの間、保管すること
	移送	仮置きされた災害廃棄物を、別の仮置場や処理処分施設に運搬すること
	分別	災害廃棄物を性状や処理方法に応じて分けること
	中間処理	分別された災害廃棄物を、処分可能な形に処理すること
最終処分	中間処理された災害廃棄物を、最終処分先や利用先に引き渡すこと	

### 3. 災害廃棄物処理に向けた事前計画づくりの要点

我が国における過去の災害経験と既存の防災理論をレビューし、災害廃棄物処理計画づくりの要点を表2に示す6点で整理しました。

表2 災害廃棄物処理計画策定の要点

(1)	計画文書そのものよりも、計画づくりの過程を通じた学習を重視する
(2)	計画づくりを通して、関連主体との調整・関係向上を図る
(3)	災害と、災害に対応する人間社会に関する正しい知識に基づいて策定する
(4)	発災後の柔軟な対応を可能とするよう、対応の細部よりも、原則を重視する
(5)	「持続可能な」災害対応を考慮する
(6)	災害マネジメントサイクルを通じた計画とする

(1) まず、計画文書の作成自体が目的ではなく、計画を作ることによる対応力の向上が目的であるとの認識が重要と考えられます。すなわち、計画策定の過程で実施する発生量の推計、処理フローの想定、仮置場や人員のリストアップ等に、災害廃棄物処理担当職員が主体的に参画することにより、これら事項についてのノウハウや知識を身に着けることが、災害廃棄物処理計画の重要な機能であるという整理です。また、策定から発災までの間に起きる庁内外の関連主体、施設や技術の状況変化に対応するために、計画の見直しや訓練により、継続的に学習することが望ましいと考えられます。

(2) 発災後は市町村の廃棄物担当部局が、通常業務において関係しないような主体と連携することが求められます。例えば、東日本大震災では、土木部局とは道路啓開と災害廃棄物撤去の役割分担や、復旧工事における（災害廃棄物から得た）再生資材の活用基準の調整等でやり取りが行われました。また、空地を仮設住宅のために使うか、仮置場とするかといった、共通リソースに関する調整も必要となります。このような調整は、事前の計画づくりを通し、可能であれば相互に協議する場を設置、運営するなどの積極的なコミュニケーションを通して行うことが望ましいと考えられます。

(3) 災害廃棄物の発生メカニズムや発生量推計の考え方、災害廃棄物の保管や処理を通して発生しうる環境リスク等、災害及び災害廃棄物そのものに関する最新知識に加え、災害に対応する社会システムや個人の振る舞いに関する知識に基づき計画を作ることが重要です。例えば、災害廃棄物の処理に係る各種法制度の知識や、災害時における住民の分別行動に関する研究結果などは、発災後の対応方法を検討する上で重要な示唆を与えると考えられます。

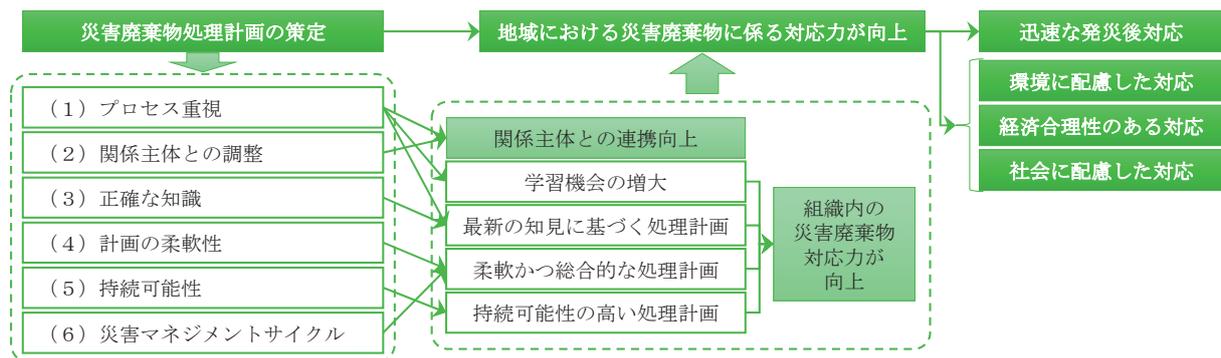
(4) 「想定外は必ず起きる」、「過度に詳細な計画は、優先順位が不明確になりがちである」等の指摘（Perry and Lindell, 2003）をふまえると、ある被害想定にのみ立脚した詳細行動計画を策定するより、災害に依らず適用可能な事項を中心に整理することが重要と考えられます。例えば、必要となる仮置場の面積は被害想定に依存しますが、仮置場の候補地、現状復旧を視野に入れた土壌調査の方法、重機・機材を所有する民間事業者との連携方法等は、仮置場が必要となる限りにおいては、災害の種類や規模に依らず必要であり、災害廃棄物処理計画の中で一定の整理が必要・可能と考えられます。

(5) 発災後は「早期復旧・復興」に対する圧力から、環境配慮は軽視されがちになると指摘されています（Gore and Fischer, 2014）。短期的な観点からは、重金属、石油化合物、廃石綿による汚染、仮置場からの硫化水素ガスの発生、火災残渣へのダイオキシン類の含有など、不適切に管理された仮置場や放置物に起因する環境リスクが懸念されます（八村ら、2007）。長期的な観点では、例えば、災害からの復旧・復興が完了した後の地域の持続可能性を考慮し、災害時であっても3R原則を守ることが重要です。また、環境的側面のみならず、地域の復興プラン実施における再生資材の活用による天然資源の節約等、社会経済的側面との関係性を考慮することも重要と考えられます。

(6) 発災後の初動対応と復旧・復興、平時の被害抑止と被害軽減措置を、一連のサイクルとして考慮することが重要と考えられます。災害廃棄物の処理については、例えば、被害抑止措置として実施する耐震化は、災害廃棄物発生量の減少に寄与するため、初動対応や復旧・復興における処理実施負

担を軽減し得ます(Hirayama et al., 2013)。他にも、復旧復興時に利用される再生資材の品質基準が、初動対応における処理戦略の立案に影響する可能性などが考えられます。

これら計画づくりに要点の妥当性を検討するため、**図3**に示すモデルを想定し、2011年の紀伊半島大水害の事例研究を行いました。結果、モデルが概ね当てはまることが確認され、整理した要点には一定の妥当性があると考えられました。事例では、内容的に大きな問題のない(要点(3)～(6)を概ね満たす)災害廃棄物処理計画が事前に策定されていましたが、発災後に計画が活用されておらず、関係主体との連携向上にも寄与しませんでした。これは、県が準備したひな形を基に市町村の担当者が基本的に一人で計画を策定しており、策定されてからも計画が見直されなかった(要点(1)と(2)が満たされなかった)ことが要因と考えられました。



**図3 災害廃棄物処理計画策定の要点と対応力向上の関係**

## 今後の課題

- 自治体の規模や災害種類等の条件を変更し、理論の妥当性を継続的に検証します。
- 実際の災害廃棄物処理計画策定と連携し、本枠組みの有用性の検証を進めます。

## ① 詳しくは

- ・多島良, 大迫政浩, 田崎智宏 (2014) 東日本大震災における災害廃棄物処理に対する制度の影響, 廃棄物資源循環学会論文誌, 25 (1), 1-15
- ・Tajima R., Hirayama N., Osako M. (2013) Theory and practice of pre-disaster planning for disaster waste management. Journal of Society for Social Management Systems, SMS13-4304.
- ・多島良, 平山修久, 大迫政浩 (2014) 災害廃棄物処理に求められる自治体機能に関する研究—東日本大震災における業務の体系化を通じて—, 自然災害科学, 33 (特別号), 153-163

## 📖 文献

- ・Perry R. W., Lindell M. K. (2003) Preparedness for Emergency Response: Guidelines for the Emergency Planning Process. Disasters, 27 (4), 339-350
- ・Gore T., Fischer T. B. (2014) Uncovering the factor that can support and impede post-disaster EIA practice in developing countries: The case of Aceh Province, Indonesia, EIA Review, 44, 67-75.
- ・八村智明, 宮原哲也, 大野博之 (2007) 災害廃棄物による地下水・土壌汚染の可能性, 応用地質, 47(6), 360-368
- ・Hirayama N., Yamada M., Ishigaki T., Kawata Y. (2013) Effective reduction of disaster debris impact on landfill system. Proceedings Sardinia 2013, 12p.

## ✍️ 執筆担当者

多島 良 資源循環・廃棄物研究センター・循環型社会システム研究室

## 災害廃棄物情報プラットフォーム

1. 東日本大震災では、およそ 2000 万トンの災害廃棄物(がれき)と 1000 万トンの津波堆積物が発生し、その処理が大きな課題となりました。
2. 大規模災害時に発生する大量の災害廃棄物を迅速かつ適切に処理することは、被災地の復興のために極めて重要で、そのために自治体では平常時から災害発生を想定した廃棄物の処理計画を定め、関係機関との連携協力体制の構築や職員の訓練研修等に努めておく必要があります。
3. こうした課題への取組を支援するため、過去の災害廃棄物処理関連の様々な実績データ、現在各方面で進められている取組等を集約整理し、災害廃棄物の処理にあたるうえで有用な情報を発信する Web サイト「災害廃棄物情報プラットフォーム」を構築し公開しました。

我が国では近い将来、南海トラフ地震や首都直下地震の発生が懸念されており、また、竜巻災害や豪雨による土砂災害は毎年のように発生しています。今後の災害発生に備えて、自治体等では災害廃棄物を迅速かつ適切に処理できる態勢を整えておくことが重要です。国立環境研究所では、そのための処理計画策定に必要な情報(過去の災害廃棄物処理に関する実績データ、各方面との連携事例など)を集約整理し、実際に災害が発生した時に廃棄物の処理にあたる担当者が、手間をかけず必要な情報を入手できる仕組みづくりに取り組んでいます。

### 1. 災害廃棄物の処理に必要な情報

災害発生時には物資、人手、情報が不足します。このうち情報は、限られた物資や人手をどこへ投入するか判断材料にもなる最も重要な要素です。

災害廃棄物処理では、まず、災害廃棄物の発生状況(量や種別、発生範囲等)を把握することが必要になります。加えて、災害廃棄物は自治体が平常時に扱っている廃棄物とは性状や分別レベルが大きく異なるため、その集積場や選別処理のための施設や最終処分先も含めた特別な処理戦略の立案が必要となります。

このようなとき、過去の災害時に行われた処理の実績に関する情報(実績データや、技術面、手続き面を含めた留意事項等)や、実際に処理に携わった経験者による業務の実態や課題、及び課題を乗り越えるために採用した戦略等に関するノウハウは、実践的な計画を立案するために非常に貴重なものです。これらの災害廃棄物処理に関する諸情報を Web 上で集約し整理しておけば、災害発生直後の厳しい状況下でも効率的に入手することができます。また、これら集約・整理された情報は、平常時に災害廃棄物の処理計画を考える際にも大いに参考になるでしょう。

### 2. 災害廃棄物情報プラットフォームの公開

国立環境研究所ではこのような着想から、災害廃棄物処理に関する過去の情報、自治体で策定している処理計画等の内容、公・民諸団体の災害廃棄物に関する取組内容等を Web ページ上で見やすく整理した「災害廃棄物情報プラットフォーム」を公開しています。

(<http://dwasteinfo.nies.go.jp>)

この Web ページは、既存情報の集約整理だけにとどまらず、災害廃棄物処理実務経験者のインタビュー記事や最近発生した災害の廃棄物処理現場での取材記事など、災害廃棄物処理に関する情報を積極的に入手して発信するように努めています。

また、会員登録したサイト利用者に新着ニュースをメール配信するとともに、災害廃棄物に関

する問い合わせも受け付けています。

この情報プラットフォームが、全国の自治体職員をはじめとする災害廃棄物処理に関わる人たちの貴重な情報源となるとともに、災害廃棄物処理に関わる人材の育成や相互のネットワークづくりにも活かされ、災害対応力の強化に役立つことを願っています。



図1 災害廃棄物情報プラットフォームのトップページ(<http://dwasteinfo.nies.go.jp>)

## 今後の課題

- この情報プラットフォームを通じて、災害廃棄物処理に携わる人材の育成に資する機能（例：学習コンテンツの開発・公開等）や、地域間、関係者間のネットワークづくりに活かせる機能（例：書き込み型の掲示板、メーリングリスト等）の追加に取組みたいと考えています。
- また、大規模災害発生（メインサーバの被災）時でも活用できる、サイト基盤や情報収集・発信の仕組みの構築も必要と考えられます。
- 常に価値のある情報を提供できるよう、NIES 内部だけでなく、情報収集や編集手法について継続的に外部の意見を取り入れることができる運営体制の構築が必要だと考えています。

## ① 詳しくは

- ・森朋子, 田中勝, 夏目吉行, 大迫政浩, 平山修久, 高田光康, 多島良, 松崎裕司, 大塚康治 (2014) 災害廃棄物処理に関する知見の共有と今後に向けた人材育成, 都市清掃, 67 (318), 187-192
- ・高田光康, 平山修久, 大迫政浩, 森朋子, 夏目吉行 (2014) 災害廃棄物情報プラットフォームの構築と運営, 第25回廃棄物資源循環学会研究発表会, 同要旨集, A9-6
- ・森朋子, 八木美雄, 東幸毅, 大迫政浩, 平山修久, 高田光康, 多島良, 松崎裕司, 大塚康治 (2014) 災害廃棄物処理に関する情報プラットフォームの構築と災害時マネジメント力向上に向けた取組, 第35回全国都市清掃研究・事例発表会, 同要旨集, VI-126
- ・高田光康, 森朋子, 平山修久, 多島良, 大迫政浩 (2014) 災害廃棄物処理に関する発災前後の情報ニーズの整理と情報プラットフォームの構築, 第16回日本災害情報学会大会, D-2-3

## ✍ 執筆担当者

高田 光康 資源循環・廃棄物研究センター・研究開発連携推進室  
森 朋子 資源循環・廃棄物研究センター・客員研究員

## これからの展望

### (1) 短中期的な展望 – 福島県環境創造センターで進める研究 –

国立環境研究所では、東日本大震災以降、被災地の復興支援と環境創造に向けて、災害と環境に関する研究を鋭意推進してきました。平成28年度からは、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（図1）内に、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。

国立環境研究所で今後取り組んでいく総合的な災害環境研究は、単に福島支部における研究にとどまらず、つくば本構でも連携して実施します。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つのプログラムを中心に展開し、福島等被災地の着実な環境回復と復興に貢献するとともに、将来の災害に備えた環境マネジメントシステムを構築することを目的とします（p1の図参照）。

#### 1) 環境回復研究プログラム

福島県などの放射能被災地の環境回復を推し進めるため、日本原子力研究開発機構を始めとする国内外の研究機関と連携して、以下の研究を実施します。

- 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します。
- 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します。
- 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・システムを確立します。

#### 2) 環境創生研究プログラム

復興からの自律的な地域環境の再生と創造のために、地方自治体や企業、住民さらに国内外の研究機関と連携して、以下の研究を実施します。

- ①復興と再生・創造のニーズに応える地域情報の体系化やその地域情報を活用して、復興地域の生活を支援する双方向のコミュニティ情報システムを作ります。
- ②被災自治体における中長期の地域回復や復興、再生のターゲット策定を可能にする地域統合解析モデルを開発します。
- ③地域モデルにより策定された中長期シナリオとの整合性を考慮した事業計画のロードマップをステークホルダー参加型で描く「社会行動研究」を推進します。



図1 福島県環境創造センターのイメージパース

### 3) 災害環境マネジメント研究プログラム

東日本大震災などの検証研究を通して得られた知見を系統化、一般化することにより、将来の災害が起こった場合の備えとして、環境に対する影響を評価し、それに適切に対応できる社会づくりを支援するために、以下の研究を実施します。

- ①地域における災害廃棄物の処理技術やマネジメントを確立する研究を進めます。
- ②災害に伴う環境・健康影響を評価し、リスクを低減するための技術・社会システムを設計・評価します。
- ③災害環境研究に関する情報プラットフォーム・人材育成プログラムや人的ネットワークを作ります。

## (2) 中長期的な展望

災害環境研究は、中長期的にも「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つの柱を中心に展開する予定です。これらの3つの研究の中で、短中期においては、放射能被災地の環境回復を推進することに貢献するための「環境回復研究」が最も重要です。一方、中長期では、被災地の着実な復興と新たな環境まちづくりを進めるための「環境創生研究」、並びに、東日本大震災とその後の原子力発電所事故の教訓を活かして、将来の災害に備えた環境安全保障システムを再構築する「災害環境マネジメント研究」の重要性が増すと考えられます。このような考え方のもとに作成した災害環境研究の中長期ロードマップを図2に示します。

国立環境研究所は、このような中長期展望のもとで災害環境研究を実施し、東日本大震災の被災地の環境回復と復興に貢献するのは勿論のこと、日本全国及び世界を対象として、今後発生する大規模災害に備えた環境研究に取り組んでいきます。

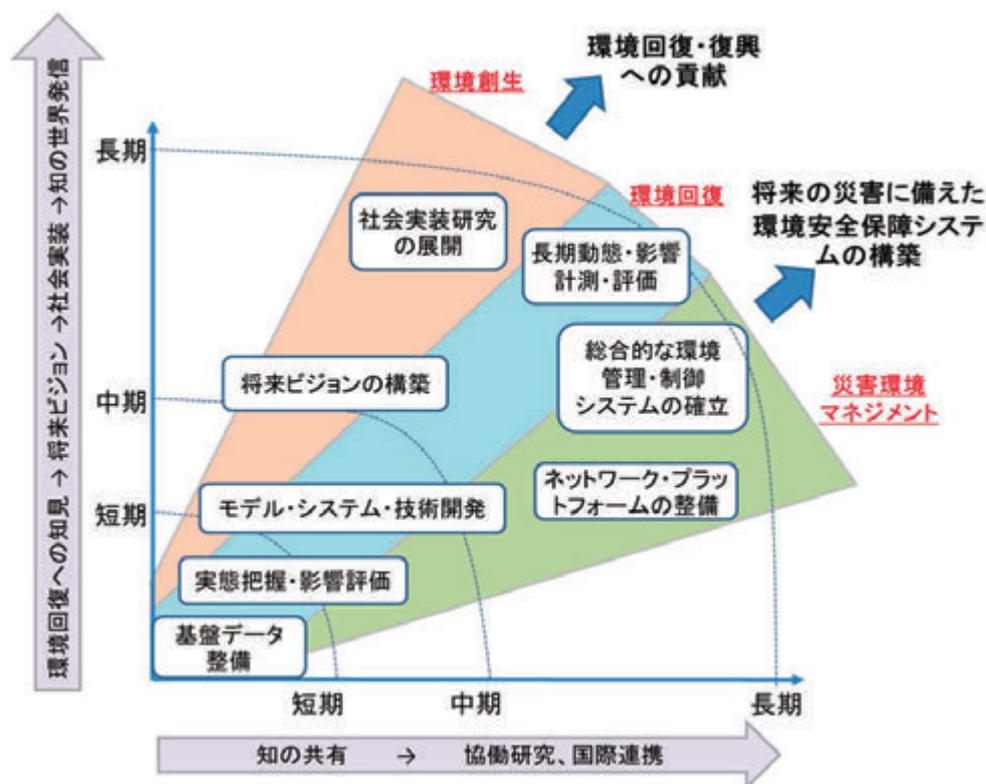


図2 国立環境研究所で進める災害環境研究の中長期ロードマップ

なお、本文書は「2014年12月版」です。今後も、災害環境研究を推進し、被災地の復興と環境創造のために貢献していきます。

2014年12月  
独立行政法人国立環境研究所

本文書に関する連絡先：独立行政法人国立環境研究所 福島支部準備室  
〒305-8506 つくば市小野川 16-2  
TEL：029-850-2276 FAX：029-850-2130  
Eメール：fukushima-po@nies.go.jp





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



出版バルブ配合率100%再生紙を使用

リサイクル適性<sup>Ⓐ</sup>

この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。