

戦略的創造研究推進事業 CREST  
研究領域「持続可能な水利用を実現する革新的な  
技術とシステム」  
研究課題「安全で持続可能な水利用のための放射  
性物質移流拡散シミュレータの開発」

## 研究終了報告書

研究期間 平成23年10月～平成29年3月

研究代表者：沖大幹  
(東京大学生産技術研究所、教授)

## 目次

### § 1. 研究実施の概要

1. 実施概要
2. 顕著な成果
  - (1) 優れた基礎研究としての成果
  - (2) 科学技術イノベーションに大きく寄与する成果

### § 2. 研究実施体制

1. 研究チームの体制について
2. 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

### § 3. 研究実施内容及び成果

1. 流域水質シミュレータの開発（沖グループ） 【研究項目 1】
2. メソスケールトレーサーモデルの開発（東京大学 芳村グループ） 【研究項目 2】
3. 環境分析（筑波大学 末木グループ） 【研究項目 3】
4. 発生源解析及び曝露量評価（福島県立医科大学 村上グループ） 【研究項目 4】

### § 4. 成果発表等

1. 原著論文発表
2. その他の著作物（総説、書籍など）
3. 国際学会発表及び主要な国内学会発表
  - (1) 招待講演
  - (2) 口頭発表
  - (3) ポスター発表
4. 知財出願
  - (1) 国内出願
  - (2) 海外出願
  - (3) プログラムの著作物
  - (4) データベースの著作物
5. 受賞・報道等
  - (1) 受賞
  - (2) マスコミ（新聞・TV等）報道
  - (3) その他
6. 成果展開事例
  - (1) 実用化に向けての展開
  - (2) 社会還元的な展開活動
  - (3) 他分野への波及効果

### § 5. 研究期間中の活動

1. 主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

### § 6. 最後に

## § 1. 研究実施の概要

### 1. 実施概要

本研究課題は、2011 年 3 月の東北地方太平洋沖地震による津波で東京電力福島第一原子力発電所事故が生じ、放出された放射性物質によって東京をはじめとして広範囲で水道水が汚染された事態を受け、そうした事故時の放射性物質の動態を的確に把握し、水道水への放射性物質の混入を未然に防いで持続可能な水利用の実現に貢献しようとするものであった。

事故時に放出された放射性物質の環境内での動態のモニタリング、大気中での動態のモデル化とシミュレーション、流域での動態のモデル化とシミュレーション、そしてそれらに基づいた暴露リスク評価の 4 つのグループで研究に取り組んだ。

事故現場に近い福島県請戸川などに加えて、首都圏における放射性物質沈着のホットスポットとなった千葉県大堀川において環境動態チームを中心としつつ、4 つのグループ全体が共同して河川水および河川水に含まれる懸濁体のサンプリング観測を継続し、放射性物質の濃度モニタリングを行った。さらに、大堀川が流れ込む手賀沼や、東京湾に至る河川の底泥のコアサンプリングの情報も統合して、水と土砂の移動に伴う放射性物質の流域全体における動態を明らかにした。また、微量ながら長半減期の同位体であるヨウ素 129 の分析から、事故当初の主要な被ばく要因であったヨウ素 131 の分布を推定し、初期の被ばくリスク推計の基礎資料とした。

大気中での移流拡散過程に関しては、領域モデル IsoRSM を改良して放射性ヨウ素及びセシウム首都圏への輸送および沈着メカニズムの解明を進めた。物質輸送過程のよりの確な数値的表現のためセミラグラジアン・スキームを導入し、気象庁の解析値を初期値ならびに境界値として与えた再現実験では、沈着量分布がおおむね航空機観測による推計値と対応するのみならず、各都道府県で実施されている日積算沈着量の時系列変化を的確にとらえられるようになった。さらに、実際に生じた沈着量分布の形成には、季節風と低気圧の通過といった大規模場に加えて、海陸風など局所的な気象条件が強く関わっていることも明らかとなった。

沈着した放射性セシウムの動態に関しては、以前より河川水中に溶け込んだ溶存態よりも河川水中に含まれる土砂に吸着した懸濁態の濃度の方が高いと報告されていた通りの分配係数が観測されたが、流下フラックスとしては懸濁態よりも河川水の方がはるかに大きいため、溶存態・懸濁態両方が同じオーダーであることが明らかとなった。これらの知見に基づき、主要な粒径の土砂の輸送を考慮した流域シミュレータを構築し、貯水池への流入部における放射性物質濃度の算定を行った。また、放射性ヨウ素に関しては水溶性を仮定し、大気移流拡散モデルからの沈着量を入力として再現実験を行った。金町・朝霞・小作浄水場における放射性物質濃度のポリユートグラフの時系列変化が的確に再現され、人為的な影響を受けやすい流量を実測値で置き換えると定量的にも精度よく推計できることが明らかとなった。

被ばくリスク評価に関しては、福島市、東京、大阪の市民を対象に、公表された飲食物中放射性物質濃度と出荷データを用いて、飲食物由来の放射性ヨウ素と放射性セシウムの曝露量(被ばく量)を推計する手法を開発し、実際の家庭での食事をサンプリング調査した結果などと比較し妥当な結果が得られた。さらに、出荷制限や摂取制限による発がんリスクの削減効果の推定も行い、迅速な対応が曝露量の軽減に寄与したことが明らかとなった。さらに、仮想的な原発事故状況下における飲食物由来の被ばく量の推定手法や、規制による削減効果の評価方法を確立した。

このように、環境動態観測測定、大気ならびに水圏における動態シミュレーション、リスク評価の各チームが連携し、事故時の放射性物質の移流拡散沈着過程と、曝露の実態が明らかとなった。こうした事態への対応として、放出量や大気水圏環境場の不確実性、情報伝達の即時性や正確性確保の難しさを考えると、実時間シミュレーションによる早期警戒警報だけではなく、季節、場所を想定したうえで事前にリスク評価を行い、情報共有しておくことも有効なのではないか、ということが明らかとなり、その試行的取り組みも行って有効性を確認した。

## 2. 顕著な成果

### (1) 優れた基礎研究としての成果

① Satou, Y., K. Sueki, K. Sasa, K. Adachi, Y. Igarashi First successful isolation of radioactive particles from soil near the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Anthropocene, doi:10.1016/j.ancene.2016.05.001.

概要：

東電福島第1原子力発電所から北西に20 kmの地点の表層土壌から4個の放射性粒子を取り出すことに成功した。これらの放射性粒子のうち最大のものは直径6.4  $\mu\text{m}$  で<sup>137</sup>Csの放射能として $67.5 \pm 0.1 \text{ Bq/particle}$ であった。これは原発から170 km離れたつくばにおいてエアロゾル試料から見出された放射性微粒子と類似しているが、大きさが大きい特徴を持っていた。これらの粒子は原子炉周辺で作られたと考えられるが、チェルノブリ事故で見出された放射性微粒子とは明らかに異なる特徴を有していることが分かった。人体への影響など長期にわたっての影響等に関しても考えていく必要がある。

② Murakami, M., N. Shibayama, K. Sueki, G. Mouri, O. Haechong, M. Nomura, Y. Koibuchi, T. Oki, (2016) Occurrence and partition ratios of radiocesium in an urban river during dry and wet weather after the 2011 nuclear accident in Fukushima, Water Research, 92, 87–93.

概要：

本研究では、研究事例の限られていた市街地を対象に、雨天時および晴天時の大堀川のサンプルを長期連続的に採取した。2012年5月から2013年3月までに指数関数的に急速に濃度が低下した後、濃度の低下がおさまっていたこと、雨天時の方が晴天時よりもSS重量あたりのCs濃度が高いこと、分配係数の違いの一因として試料間の粒径分布の違いによることが示唆された。

③ Yoshikane, T., K. Yoshimura, E. C. Chang, A. Saya, T. Oki (2016) Long-distance transport of radioactive plume by nocturnal local winds, Scientific Reports, 10.1038/srep36584.

概要：

本研究では、首都圏への放射性物質の輸送に深く関わる夜間局地風系のメカニズムを、観測データ解析とコンピュータシミュレーションにより解明した。2011年3月の原発事故で生じた、首都圏東部の比較的高濃度の汚染地域（ホットスポット）は、大気のカオス性に伴う偶発的な現象ではなく、日変化する気象現象によって必然的に発生しうるものであることが分かった。本論文の知見は、被曝を避けるための屋内退避の時間を検討する際に役立つ。

### (2) 科学技術イノベーションに大きく寄与する成果

① Murakami, M. and T. Oki (2014) Estimated Dietary Intake of Radionuclides and Health Risks for the Citizens of Fukushima City, Tokyo, and Osaka after the 2011 Nuclear Accident, PLOS ONE, 9(11), e112791, DOI: 10.1371/journal.pone.0112791.

概要：

福島市、東京、大阪の住民への放射性ヨウ素および放射性セシウムの被ばく量を国内外の出荷トレードを精緻に加味しながら評価し、また、モンテカルロシミュレーションを用いて被ばく量の分布を算出した。推定された被ばく量は陰膳調査やマーケットバスケット法による測定値とよく一致した。さらに、対策による削減効果を示したうえで、一生涯の被ばく量に基づいて発がんリスクを定量的に示した。

② Chang, E.-C. and K. Yoshimura (2015) A semi-Lagrangian advection scheme for radioactive tracers in the NCEP Regional Spectral Model (RSM), Geosci. Model Dev., 8, 3247–3255, doi:10.5194/gmd-8-3247-2015.

概要:

本研究では、領域大気モデル RSM に非反復次元分割セミラグランジュ法 (NDSL) 法を適用することで、大気中における物質の輸送過程の精度を大幅に改善した。この手法は、特に放射性物質輸送過程の改良に寄与したほか、水蒸気の輸送過程における負値などの非現実的な表現を取り除くことに成功し、気象現象そのものの再現性改良に寄与することが示された。

③ Matsunaka, T., K. Sasa, K. Sueki, T. Takahashi, M. Matsumura, Y. Satou, J. Kitagawa, N. Kinoshita, and H. Matsuzaki, (2015) Post-accident response of near-surface  $^{129}\text{I}$  levels and  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  ratios in areas close to the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant, Japan, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, **B361**, 569–573, doi: 10.1016/j.nimb.2015.03.056.

概要:

本研究は、2011 年 3 月に起きた福島第一原子力発電所事故で高濃度汚染した地域における  $^{129}\text{I}$  の沈着量と表層での挙動を調べた研究である。10km 圏内で3カ所について沈着量を求めた結果それぞれ  $2.17 \text{ Bq m}^{-2}$ ,  $0.80 \text{ Bq m}^{-2}$ ,  $1.41 \text{ Bq m}^{-2}$  が得られ事故以前の沈着量の 60 から 160 倍高くなっていることを明らかにした。また深度分布から 3 cm の上部深さで 90% が存在することを明らかにした。 $^{129}\text{I}$  は 8 日の半減期でその実態が明らかになっていない  $^{131}\text{I}$  について再現することを可能にする長寿命放射性核種であり、その土壤中での挙動を明らかにすることは  $^{131}\text{I}$  による初期被ばくなどへの正確な概算につながる成果である。

## § 2. 研究実施体制

### 1. 研究チームの体制について

#### (1) 沖グループ

研究参加者

氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間			
			開始		終了	
			年	月	年	月
沖大幹	東京大学生産技術研究所	教授	23	10	29	3
沖一雄	東京大学生産技術研究所	准教授	23	10	29	3
瀬戸心太	東京大学生産技術研究所	特任准教授	23	10	24	9
守利悟朗	東京大学生産技術研究所	特任准教授	23	10	28	3
小森大輔	東京大学生産技術研究所	特任准教授	24	4	25	3
中村晋一郎	東京大学生産技術研究所	特任助教	23	10	26	9
内海信幸	東京大学生産技術研究所	特任研究員	24	4	29	3
木口雅司	東京大学生産技術研究所	特任講師	24	4	29	3
乃田 啓吾	東京大学生産技術研究所	特任助教	28	4	29	3
小池雅洋	東京大学生産技術研究所	技術職員	23	10	25	3
黒澤綾子	東京大学生産技術研究所	特任研究員	24	4	29	3
塚田由紀	東京大学生産技術研究所	特任研究員	23	10	29	3
戸井真理	東京大学生産技術研究所	特任研究員	25	4	28	3
Amelia, Lee Zhi Yi	東京大学生産技術研究所	M2	26	4	27	7

研究項目

- ・モデルチューニング・再現実験
- ・水・土砂・放射性物質の移動過程の導入
- ・ポリユートグラフの再現計算
- ・モデル統合／シミュレータの社会提供

## (2) 芳村グループ

## 研究参加者

氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間			
			開始		終了	
			年	月	年	月
芳村圭	東京大学生産技術研究所	准教授	23	10	29	3
吉兼 隆生	東京大学生産技術研究所	研究員	26	7	29	3
新田友子	東京大学生産技術研究所	PD(元 CREST RA)	23	10	29	3
佐藤雄亮	国際応用システム分析研究所 (IIASA)	PD(元 CREST RA)	23	10	26	12
劉忠方	天津師範大学	准教授	24	4	25	12
Chang, Eun-Chul	Kongju National University	准教授(元 CREST 研究員)	24	7	26	2
Ham, Suryun	APEC Climate Center	研究員	27	4	29	3
小池雅洋	東京大学生産技術研究所	協力研究員	27	4	29	3
Ramzan, Mehwish	東京大学生産技術研究所	協力研究員	25	4	29	3
BHATTARAI, Rajan	ネパール灌漑省	主任	25	4	27	3
岡崎淳史	理化学研究所	研究員(元 CREST RA)	24	4	29	3
魏忠旺	Yale University	研究員(元 CREST RA)	25	4	29	3
佐谷茜	東京大学生産技術研究所	D2	25	4	29	3
鳩野美佐子	東京大学生産技術研究所	D2	25	4	29	3
向田清峻	国土交通省	協力研究員	26	4	29	3
藪 優太郎	東京大学生産技術研究所	M2	26	10	29	3
石塚悠太	東京大学生産技術研究所	M1	27	12	29	3
Lee, Amelia	国際原子力機関	研究員	27	8	29	3
森山文晶	東京大学生産技術研究所	D1	28	3	29	3

## 研究項目

- ・仮想的トレーサー実験
- ・放射性物理メカニズムの導入・再現実験
- ・乾性・湿性沈着量計算の高精度化

## (3) 末木グループ

## 研究参加者

氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間			
			開始		終了	
			年	月	年	月
末木啓介	筑波大学数理物質系	教授	23	10	29	3
恩田裕一	筑波大学生命環境系	教授	23	10	29	3
笹公和	筑波大学数理物質系	准教授	23	10	29	3
太田朋子	北海道大学工学研究院	助教	25	4	29	3
佐藤志彦	筑波大学数理物質科学研究科	D3	24	4	28	3
柴山尚大	筑波大学数理物質科学研究科	M2	25	4	27	3
本多真紀	筑波大学数理物質科学研究科	D3	26	4	29	3
富田涼平	筑波大学理工学群化学類	M2	27	4	29	3

#### 研究項目

- ・環境モニタリング

#### (4) 村上グループ

##### 研究参加者

氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間			
			開始		終了	
			年	月	年	月
村上道夫	福島県立医科大学医学部健康リスクコミュニケーション学講座	准教授	23	10	29	3
横尾善之	福島大学 環境システムマネジメント専攻	准教授	23	10	29	3
高田秀重	東京農工大学農学部環境資源科学科	教授	23	10	25	3
鯉渕幸生	東京大学新領域 社会文化環境学専攻	准教授	24	4	29	3
呉海鍾	東京大学新領域 社会文化環境学専攻	特任研究員	26	4	27	3
鹿野雄大	福島大学 共生システム理工学類	学生(学類 4年生)	26	4	29	3
原田茂樹	宮城大学食産業学部	教授	26	10	29	3
菰澤貴夫	福島県立医科大学医学部健康リスクコミュニケーション学講座	講座等研究員	27	7	29	3
中谷隼	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻	助教	27	7	29	3

#### 研究項目

- ・環境モニタリング・インベントリ作成
- ・発生源ごとの寄与率算定・モデル検証
- ・地域別の飲食品由来の総曝露量分布

## 2. 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

- 研究チーム全体として、特に村上道夫と鯉渕幸生が、手賀沼の放射能汚染に関する研究会合等を通じて、国内の研究者や環境省、千葉県、柏・我孫子両市などの行政担当者とネットワークを形成している。
- 村上グループが、水中の放射性 Cs モニタリング技術の標準化に関する検討委員会委員として、国内の放射性セシウムモニタリングに関する研究者らとネットワークを形成している。
- 村上グループの横尾善之が、福島県の下水处理場における放射性セシウムのフラックスおよびストック量の評価の観点から、下水処理場の実務者と連携を進めている。また、ブレーメン大学（ドイツ）の Fishcher 教授と、福島県の下水处理場の脱水汚泥に含まれる放射性セシウムのデータ解析とモデリングに関する共同研究を始めており、その最初の成果が Energy Procedia に受理された。
- 末木グループは、科学研究費補助金（新学術領域研究：研究領域提案型）に参加して、福島県の新田川における放射性物質の移流に関する総合研究で、河川水溶存態中のヨウ素 129 の動態を中心に調査している。

### § 3. 研究実施内容及び成果

本章では、4つの研究項目ごとに実施した研究の内容と成果について述べる。なお、原著論文として発表した図表については翻訳せず英文で掲載した。

#### 1. 流域水質シミュレータの開発（沖グループ） 【研究項目 1】

##### (1) 研究のねらい

本研究グループでは研究全体を統括すると同時に、放射性セシウム及び放射性ヨウ素の起源と動態を解明し、実測に即した流出プロセスに基づく流域水質シミュレータを開発する。流域水質シミュレータにより推計される、土壌に吸着されている放射性セシウムなどの流出量や河川水中の放射性ヨウ素濃度の推計用に算出される土砂流出・流量は、取水地点での濁度の推計にも利用可能であり、濁度の増加に伴う取水停止に対して事前に準備するなどの対策立案などに資すると考えられる。また、懸濁態負荷量を発生源別に推定できることから、発生源別負荷量削減といった効果的な対策の立案が可能である。さらには、イオン交換樹脂などによる放射性物質除去技術との連携を図ることにより革新的な水資源管理システムを構築し、原発事故に対しても安全で安心な水利用を低コスト・低エネルギーで持続可能にできることが期待できる。

##### (2) 研究実施方法

流域水質シミュレータの開発では、流域スケールでの水量・水質・土砂動態モデルを放射性物質の挙動が表現できるように拡張し、土砂および放射性セシウムなどのポリユートグラフの推定を行う。具体的には、山地および都市流域、河川、河口沿岸部といった領域で個別の問題として取り扱われることの多かった河川流域における水質土砂・放射性セシウムに関連した問題に対して、一貫した土砂の運動領域を流砂系という概念でとらえ、斜面における表面流と中間流を統合的に解析する表面流・中間流統合型 kinematic wave 法、河川における不等流に基づく理論的アプローチによる数値モデルの開発と現地観測に基づく再現実験及び予測計算等を行う。山地部や都市部で生産された土砂はその後の降雨イベントなどにより長期間にわたって下流に運搬されるという特徴がある。本研究では河道における土砂の移動形態を掃流砂・浮遊砂・ウォッシュロードとし、土砂移動に関連する現象をほぼ網羅したモデルを構築している。ここで、河道における解析は、大きく分けて「流れの計算」および「河床変動量、流砂量、粒度分布の計算」の 2 つの内容が含まれている。とくに、掃流砂、浮遊砂およびウォッシュロードが混在する移動形態が存在する河床変動機構のモデル化では、幅広い粒度分布を考慮する必要がある。したがって、実現象に則した河床変動機構を再現可能なモデル化を行うため、Kalinske 型の混合砂礫モデルに基づく粒度分布解析手法を採用した。また、不等流の式はエネルギーの保存形で記述されるため、ダムや構造物付近のエネルギー損失を取り入れやすいという利点がある。更に、新たな微細土砂生産理論を提案してきた。

バルク型物質輸送モデルの開発においては、Pratama et al., 2015 等を参照し、都市域のコンポーネントを含めたフレームワークを設計開発し、パラメータの同定を行う際の最適化アルゴリズムを導入した。パラメータの最適化は、河川水中の放射性セシウム濃度を観測値(村上ら, 2014)と比較し、観測値との誤差が最小になるようにパラメータを最適化しており、都市部での水中セシウム濃度の観測値との RMSE(平均二乗誤差)が最小になるように計算されている。最適化を行った変数としては、流域からの流出率、深層部への移動率、降雨に加えて、流出までの時間遅れなどが考慮されている。河川流量は、水位データと断面データを用いて推定しており、流出率の他に、降水から流出までのタイムラグが考慮されている。パラメータの最適化のための観測値は、村上グループとの協働により取得された千葉県の実測したセシウム濃度データに加え、国土交通省水文水質データベースの呼塚橋観測所の水位データを用いている。また、東京湾と流入河川における放射性セシウムの動態の解明については、河川管理者との協議により取得した河川測量・ダム運用ルール・ダム諸元などを用いて村上グループとの協働により進めている。

最後に、統合放射性物質移流拡散シミュレータを開発する。これは後述の芳村グループが開発したメソスケールトレーサーモデルから得られる放射性降下物(沈着量)を、地表面・河川放射性物



質移流拡散モデルに与えることで、利根川・荒川水系での放射性物質の動態をシミュレートする放射性物質移流拡散シミュレータのプロトタイプである。これにより、首都圏の上水施設の水源に含まれる放射性物質の変動、すなわち当初構想したポリユートグラフがシミュレート可能となった。

### (3) 研究成果

#### ① 流域水質シミュレータの開発

まず、流域水質シミュレータの開発に関する研究成果を述べる。貯水池流域の土砂および放射性セシウム動態を精度よく予測するためには、上流河道の断面特性や土砂粒子の粒度特性を適切に反映した土砂水理条件(モデル上の河道断面、粒度分布)、さらに、流域規模での水・土砂動態を考える際には、流域の地形をコンピュータ上で精度良く表現することが重要となる。そこで、グリッド型標高データをもとに流域地形をノードとエッジの集合体として表現する方法を採用するとともに、複数の雨水流下方向を考慮できるように処理を行うことで、流出現象の解析において重要な発散型地形をも含んだ地形モデルを構築している。流域内外より生産された土砂は、河道に到達すると、河道の勾配、土砂の粒度分布、水理条件によって掃流砂、浮遊砂、ウォッシュロードといった形態をとりつつ、長期間にわたって下流河道へ流送される。本研究では、河道内での流れの状態の算出に、山腹斜面流出量を境界条件とする不等流モデルを採用するとともに、混合砂礫モデルに基づく河床変動計算を行うことで、水・土砂・放射性セシウムの移動現象を時間的・空間的に追跡できるモデルを構築した。河床変動計算では、掃流砂、浮遊砂、ウォッシュロードの3種類の移動形態を考慮した土砂の連続式を採用している。掃流砂量の計算では混合砂礫層を対象とした方法を、浮遊砂量の算定には粒径別に濃度分布に関する一次元非定常拡散方程式を用いている。また、ウォッシュロード量については、その侵食速度と堆積速度の差に基づいて算定している。実際の河床では侵食と堆積が同時に繰り返される。そこで、河床の最上層を交換層、その直下を遷移層、その他を堆積層とする3層表現を用いることにより、数値計算上、侵食、堆積の生起する場を限定することで、土砂の河床への堆積と侵食という相反する現象の繰り返しを一括して計算する方法を採用し、より現実に即した河床変動および土砂濃度・放射性セシウム動態のシミュレーションを可能にしている。

そして、再現実験にあたり、対象河道、土砂成分の粒度分布のモデル化(図1)、及び給砂条件のモデル化を行った(図2)。一般的に、貯水池に流入してきた土砂は顕著な分級作用を受ける為、堆積土砂の粒径はダムサイト付近では細かく貯水池上流端に向うにつれ大きくなり、堆砂デルタを形成するがモデルによる解析結果においてもその状況が確認された(図3)。図4は各区間における堆砂量と放射性セシウムの計算値を縦断的に連ねたものであり、ダムサイト付近では分級作用による微細土砂成分の堆積および放射性セシウム濃度が高くなっていることが確認された。

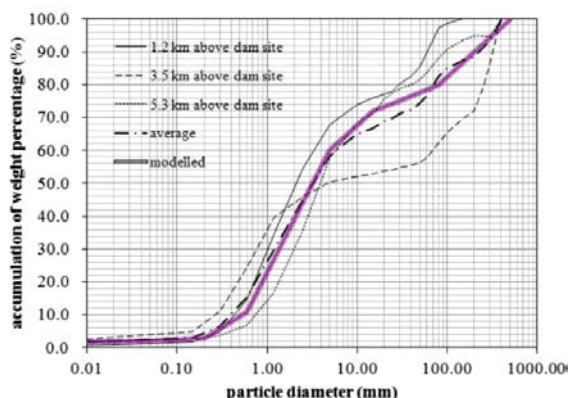


図1 土砂粒子成分のモデル化

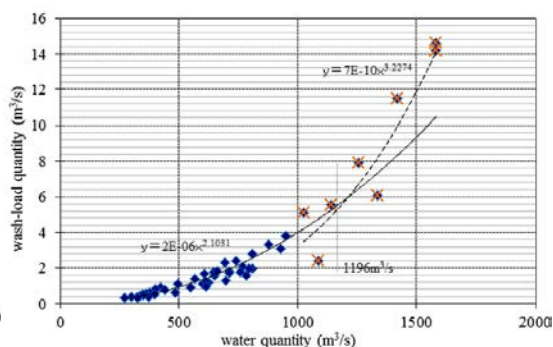


図2 給砂条件のモデル化

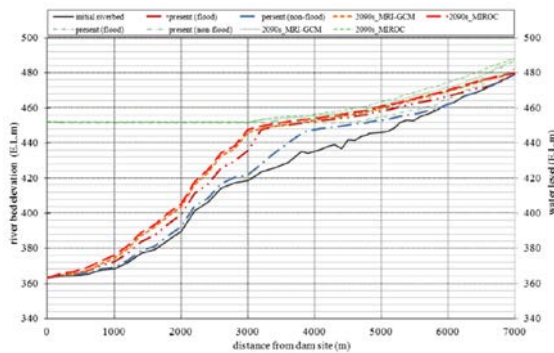


図3 河床形状の縦断的变化

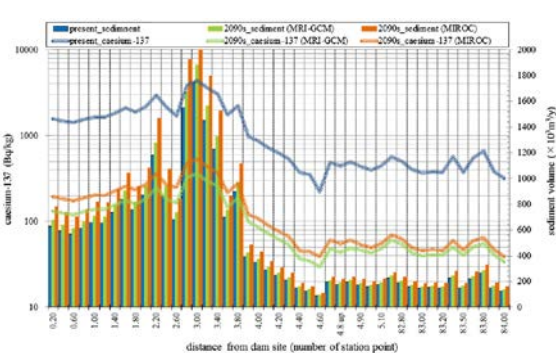


図4 堆砂量及び放射性物質濃度の縦断的变化

## ②バルク型物質輸送モデル開発

バルク型輸送モデルの開発においては、都市域のフレームワーク設計開発(図5)とともにパラメータの最適化アルゴリズムが導入され、実務的にはトライアル的に行われていたパラメータ同定を自動計算により可能にすることができた。これにより、パラメータの同定に要する時間の短縮とともに高精度化に向けた改善が大きく前進した。

手賀沼における時系列解析結果によれば、特に雨天時における再現精度の向上が確認されている(図6)。一方、放射性セシウム流出量の推計は、降水量に流出水量が依存するモデルであるため、流出量が発生するのは降水による出水時となっている(図7)。一方、都市河川の効果が強い大堀川においては、人工的な流量調整が行われているため、前述の通り、降雨起源に基づくモデルの特性上、低流量時における変数の導入が再現率の向上において有効であることが理解された。

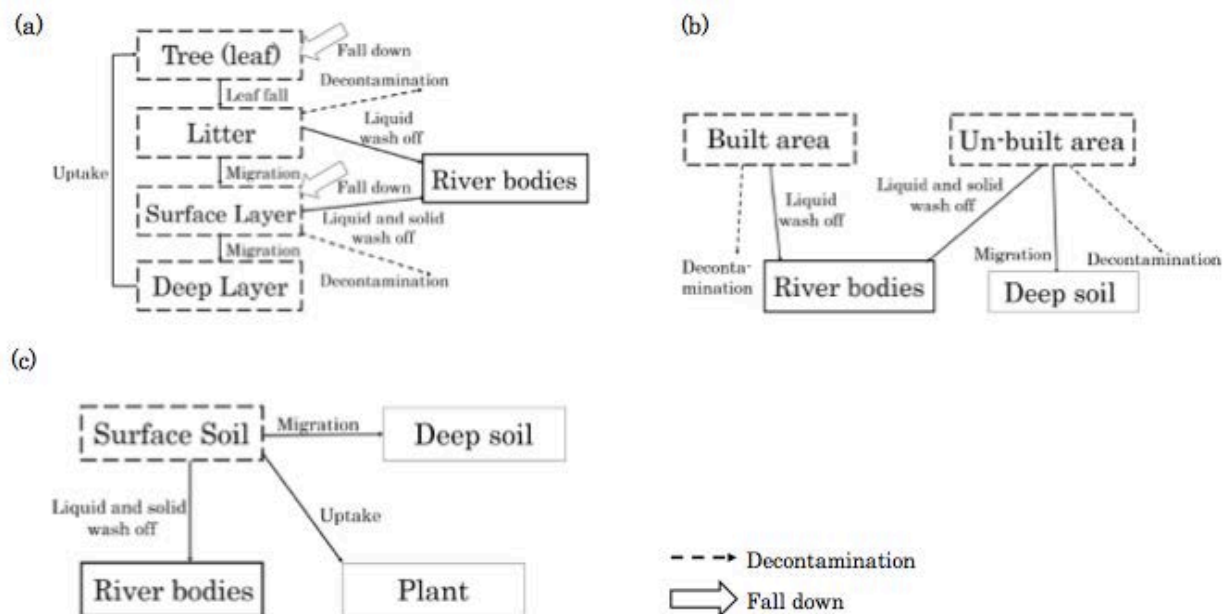


図5 (a)森林(b)都市(c)農地における流域の放射性物質流出モデルのイメージ図(瀧内・守利, 2016)

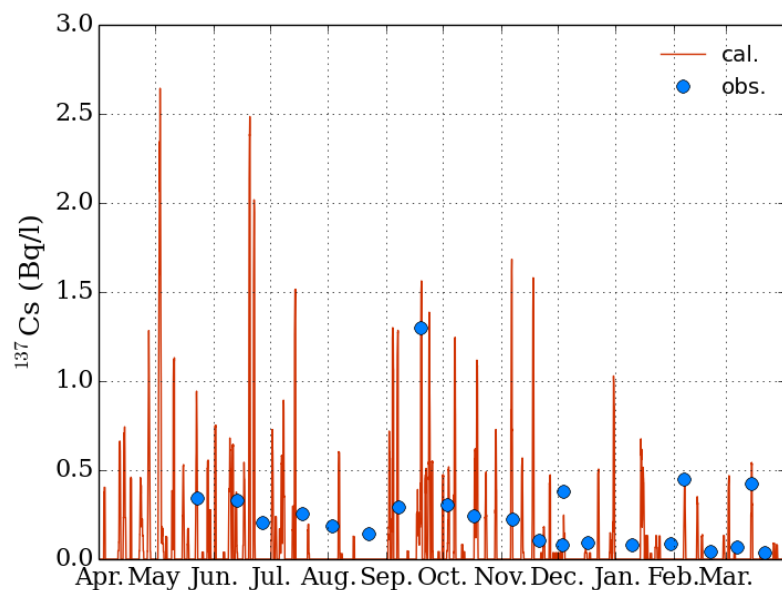


図6 本モデルによる Cs-137 の水中濃度の計算値(赤線)と観測値(青丸)の比較(瀧内・守利, 2016)

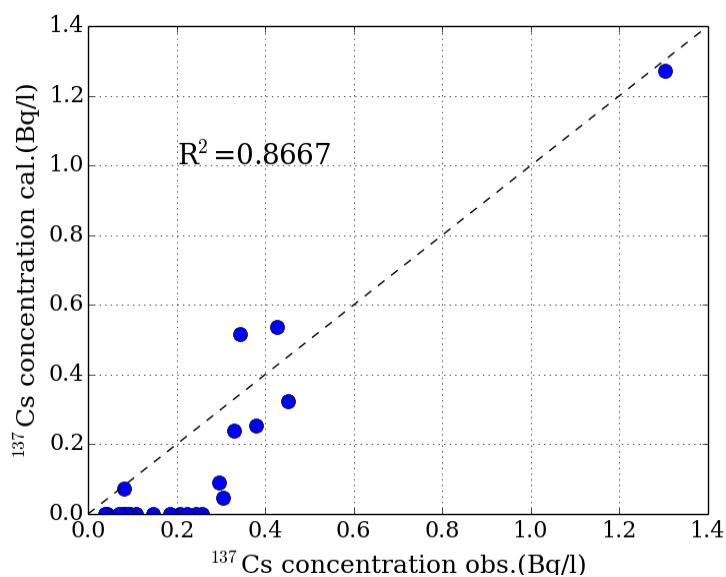


図7 本モデルによる Cs-137 の計算値および観測値の相関関係(瀧内・守利, 2016)

### ③統合放射性物質移流拡散シミュレータの開発及び利根川・荒川水系での放射性物質動態のシミュレーション

福島第一から放出された 150PBq ものヨウ素 131 は、一部は河川、特に首都圏の水源に降下し 15 都県で水道水の飲用制限が行われた。本研究項目では、なぜそのような事態に至ったのかを理解し、どうすればそのような事態を防げるのかを検討するため、大気-地表面-河川結合放射性物質輸送モデルを構築した(図8)。ヨウ素 131 のように半減期の短い放射性物質については、検証データが極めて少ないという特性により、大気過程から地表面・河川過程の挙動をシミュレートするモデル及びそれを用いた研究はこれまでにあまり例がない。今回開発した同位体地表面モデル IsoMAT 及び同位体河川モデル IsoTRIP(合わせて IsoMATTRIPと呼ぶ)を用いた研究は、そのための貴重な初めての取り組みの一つとなる。

芳村グループが開発したメソスケールトレーサーモデル IsoRSM からシミュレートされ、検証を経た湿性降下物に含まれるヨウ素 131 は、放射性物質地表面河川過程モデル IsoMATTRIP にて、地表における流出及び浸透過程、土中における鉛直移送過程、及び蒸散に伴う根からの水分吸い上げによる植生への移行過程等を経て、流域内の河川に集められる。そうして得られた河川水中のヨウ素 131 濃度と、対応したグリッドに存在する各浄水場水源において観測されたヨウ素 131 濃度とを比較した。その結果、開発バージョンによるシミュレーションでは、金町・朝霞・小作それぞれの浄水場水源において、流量で平均  $55\text{m}^3/\text{s}$  の過小評価、水分中のヨウ素濃度で約  $300\text{Bq/kg}$  の過大評価が確認されたが、ヨウ素 131 の時間単位での時系列変化についてはまずまずの結果が得られた(図9)。そこで、入力降水量・沈着量や河川流下スピードを変化させる感度実験により、流量及びヨウ素濃度がどのように変化するか確認した。さらに河川流量を観測されたものに置き換えることで、ヨウ素濃度がより正確に表されることが確認できた(図10;小作浄水場地点について示す)。

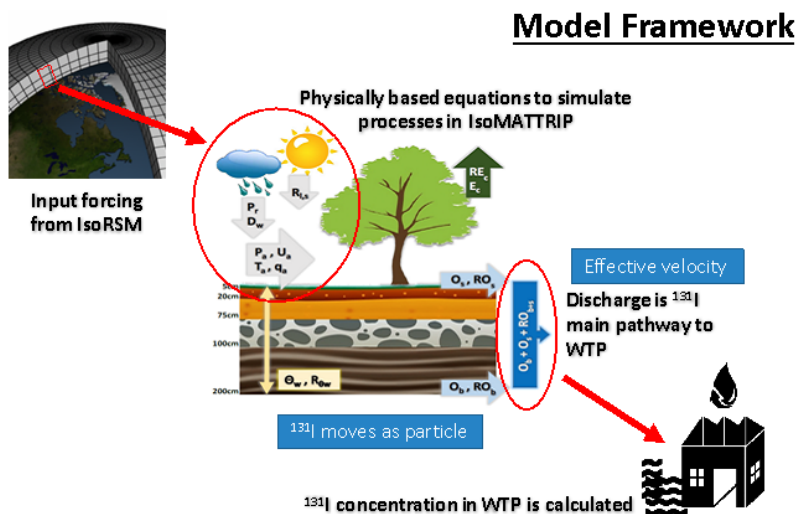


図8 大気-地表面-河川統合放射性物質移流拡散シミュレータの概要

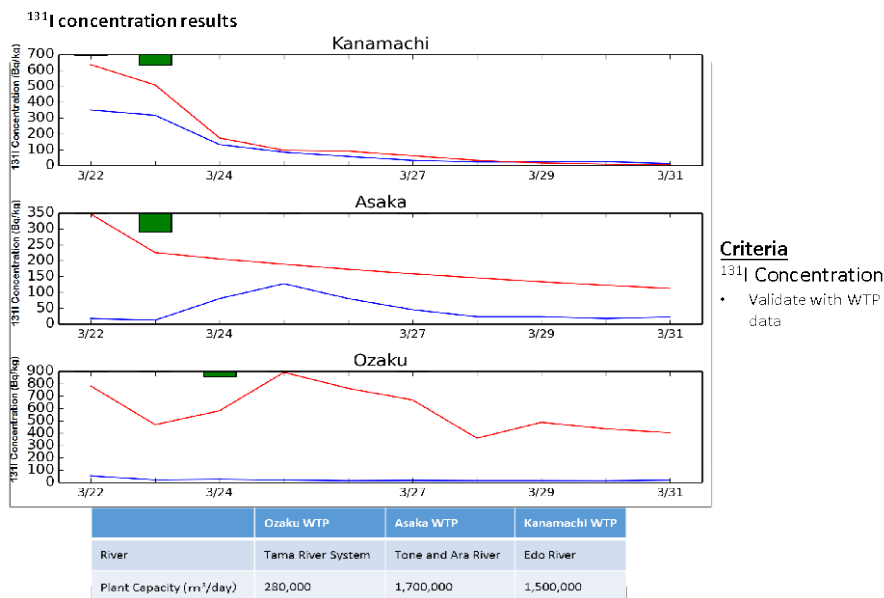


図9 金町・朝霞・小作浄水場における 2011 年 3 月 22 日から 31 日にかけてシミュレートされたヨウ素 131 濃度のポリュートグラフ(赤線)及び観測値(青線)。バーはその時間帯の降水量。

Calibrate simulated  $^{131}\text{I}$  using observed discharge data

$$I_{\text{cal}} (\text{Bq/kg}) = \frac{\text{Simulated } ^{131}\text{I flow rate in water (Bq/s)}}{\text{Observed River Discharge (kg/s)}}$$

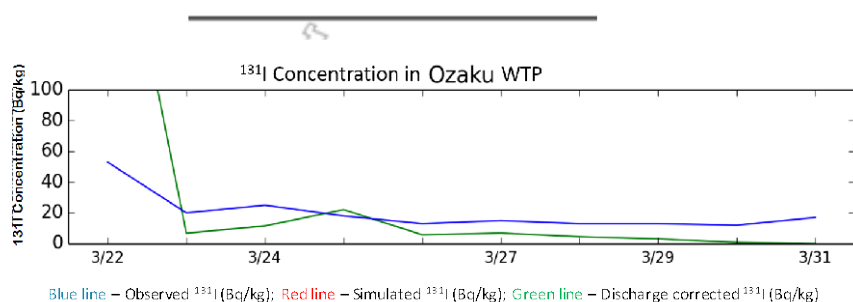


図10 河川流量を観測値に置き換えた時の小作地点でのヨウ素131濃度。緑がシミュレーション、青が観測値。

## 2. メソスケールトレーサーモデルの開発（東京大学 芳村グループ） 【研究項目2】

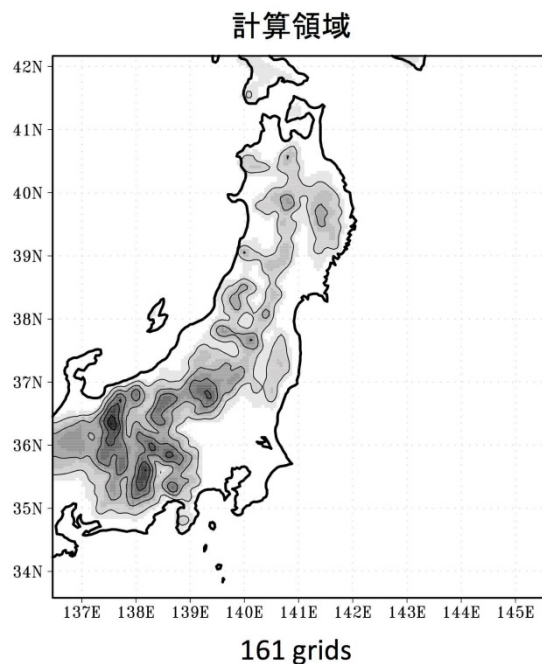
### (1) 研究のねらい

本研究グループでは、放射性物質の輸送・沈着過程の改良のためのモデル開発を進めると同時に、領域モデル IsoRSM を用いて放射性ヨウ素及びセシウム首都圏への輸送および沈着メカニズムの解明を進めた。また、メカニズムに関する仮説を実証するために、簡単な感度実験を用いた首都圏への放射性物質輸送をもたらす現象の形成要因を解明した。本課題では、緊急時であっても混乱なく迅速に対応できるように、季節毎、気象現象毎の放射性物質の輸送沈着分布のリスクマップを作成した。各自治体関係者や水道局管理者によるリスクマネジメントへの活用が期待される。一方、沖グループと連携して進めている流域水質シミュレータの開発を進め、上水施設の水源における放射性物質汚染のシミュレーションの精度を向上させた。

### (2) 研究実施方法

芳村グループでは、放射性ヨウ素及びセシウムの移流・拡散過程、及び乾性・湿性沈着過程等を導入したメソスケールトレーサーモデルを開発し、福島第一原子力発電所事故によって大気中に放出された放射性物質のシミュレーションとその検証を行った。図11に計算領域とモデルの仕様を示す。福島原発事故では、首都圏でも高い空間線量がしばしば観測されたが、放射性物質がどのように輸送されるのか、詳細は不明だった。メカニズム解明のために領域モデルを用いた感度実験を実施した。流域水質シミュレータの開発では、上水施設の水源における放射性物質汚染の再現精度の向上のための手法の改良を実施した。放射性物質の輸送について、気象現象との関係性を調査する目的で、定量放出を仮定したモデル計算の有用性を調査するために、1、3、4、7、10月の各月について2009年から2013年までの5年間の長期実験を実施した。





- モデル  
領域モデル (IsoRSM)
- 大気境界条件:  
メソ数値予報GPV (10km)
- 領域および解像度
  - 161x192/5kmメルカトル
  - 経度: 136.5E to 145.5E
  - 緯度: 33.5N to 42.2N
- 実験期間:
  - 2011/3/11 0UTC – 31 21UTC
- 物理過程:
  - RAS対流降雨過程
  - Non-Local K境界層過程 等
- 放出量 ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ):
  - Kobayashi et al., 2013
- 導入過程等:
  - 湿性沈着・乾性沈着・放射性崩壊

湿性沈着

$$\frac{dC}{dt} = -\alpha \frac{P}{q} C$$

大気中の水蒸気量:  $q$   
大気中の凝結量(水):  $P$   
湿性係数:  $\alpha$

乾性沈着

$$F_{\text{dry}} = V_d C_{(z=1)}$$

$F_{\text{dry}}$ =沈着量( $\text{Bq}/\text{m}^2/\text{s}$ )  
 $V_d$ =沈着速度( $\text{m}/\text{s}$ )  
 $C(z=1)$ =最下層の濃度( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )  
 $^{137}\text{Cs}$ :  $V_d=1\text{e-}3$ (海上),  $5\text{e-}3$ (陸上)  
 $^{131}\text{I}$ :  $V_d=5\text{e-}3$ (海上),  $25\text{e-}3$ (陸上)

図11 計算領域とモデルの仕様

### (3) 研究成果

#### ①メソトレーサーモデルの検証

本研究では、放射性物質の拡散にセミラグランジアンモデルを適用した。セミラグランジアンモデルは物質輸送にラグランジュ法を適用しつつ固定格子点で評価するため、オイラー法よりも再現精度が高く、ラグランジュ法のような空間精度のばらつきを生じない。図12はセミラグランジアンモデル適用前と後のパフォーマンスの違いを示す。以前はRSM(領域スペクトルモデル)でのギブス現象によるノイズが大きな問題であったが、セミラグランジアンモデル適用後は大きく改善された。セミラグランジアンモデルの開発によりシミュレータのパフォーマンスが大きく向上した。

RSM による放射性物質の輸送沈着分布の精度を検証するために、福島原発事故ケースでの再現実験を実施した。放出条件は Kobayashi et al. (2013)による推定値を用い、大気の初期及び境界条件として、気象庁メソ数値予報 GPV (MSM-GPV)を用いた。積算期間は 2011 年 3 月 11 日 0UTC から 31 日 21UTC とした。

図13は  $^{137}\text{Cs}$  の観測値(左)とモデル値(右)の分布を示す。福島第一原発から北西方向、関東東部、関東北部山岳地域の沈着特性はよく一致しているが、福島中通りで過小評価、東北地域で過大評価となっている。図11は観測地点での  $^{137}\text{Cs}$  沈着量の観測値とモデル値の関係を示す。計算値のほとんどが観測値の 0.1~10 倍の範囲にあり、定量的にも大きな違いは見られない。図15・図16はそれぞれ各地点で得られた  $^{131}\text{I}$ と  $^{137}\text{Cs}$  の日降下量とモデルによる日沈着量の時間変化を示している。量的には必ずしも一致していないが、ピーク時など特性はよく再現している。以上から、モデルは放射性物質の輸送沈着分布の特性をよく再現しており、期間内に出現した気象現象に伴って首都圏など遠方に輸送されたことが確認された。

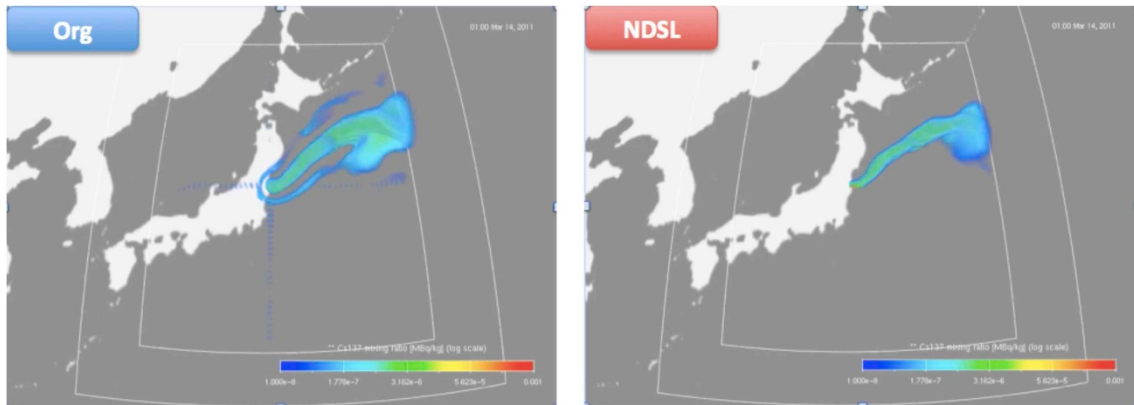


図12 セミラグランジアンモデルの適用。適用前(左図)および適用後(右図)

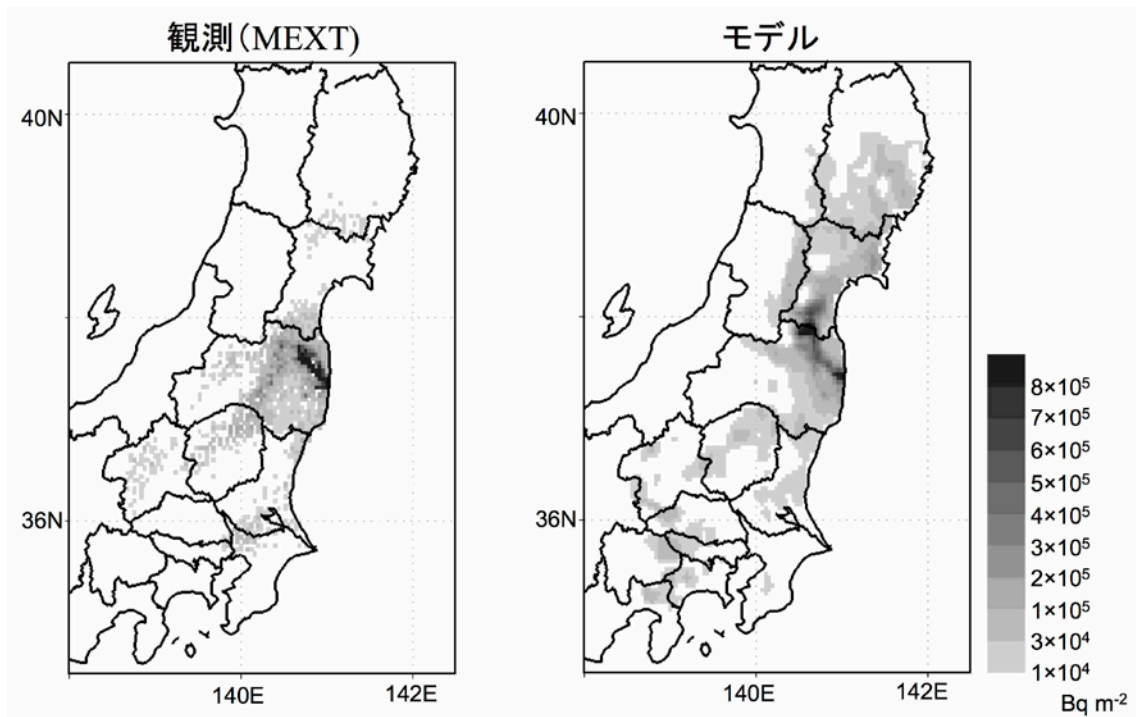


図13  $^{137}\text{Cs}$  の沈着量分布。観測は第1回および第2回の土壌サンプリング結果、モデルは3月11日00UTCから31日21UTCまでの積算値を示す。

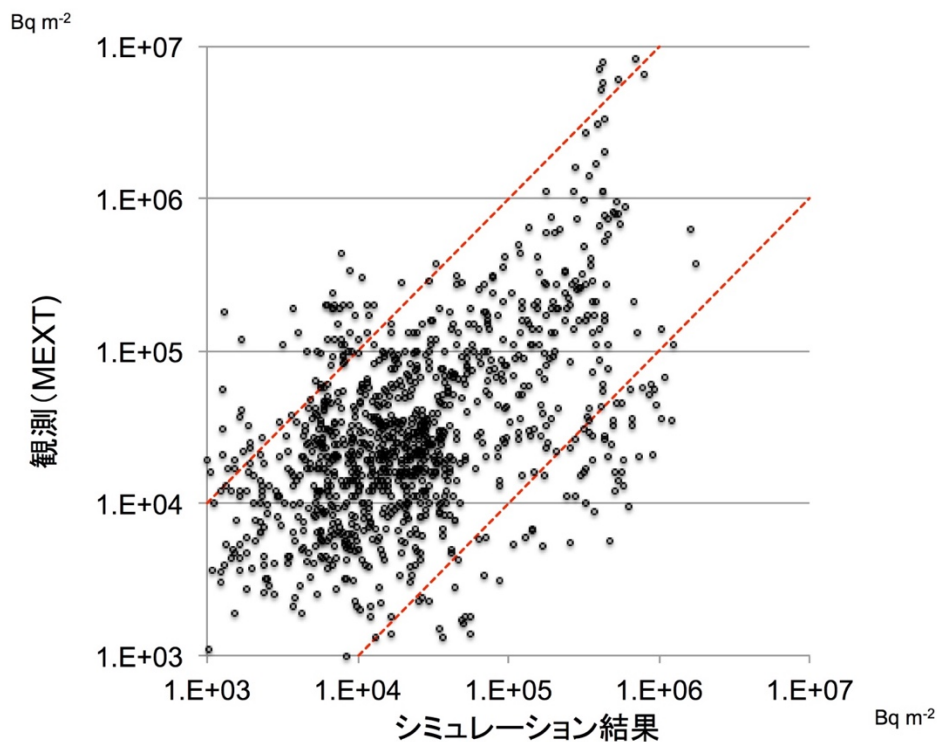


図14 MEXT による観測値と観測地点近傍でのモデル値との比較

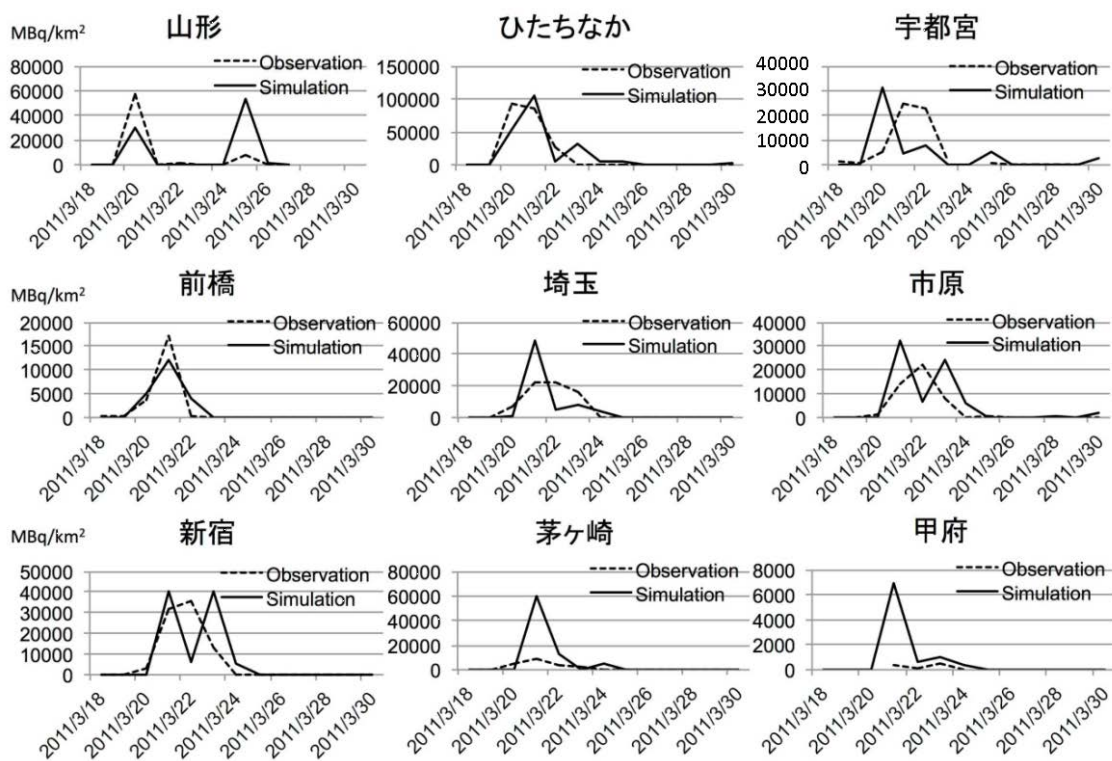


図15  $^{131}\text{I}$  の日積算沈着量(降下量)の時間変化。観測(点線)、モデル(実線)



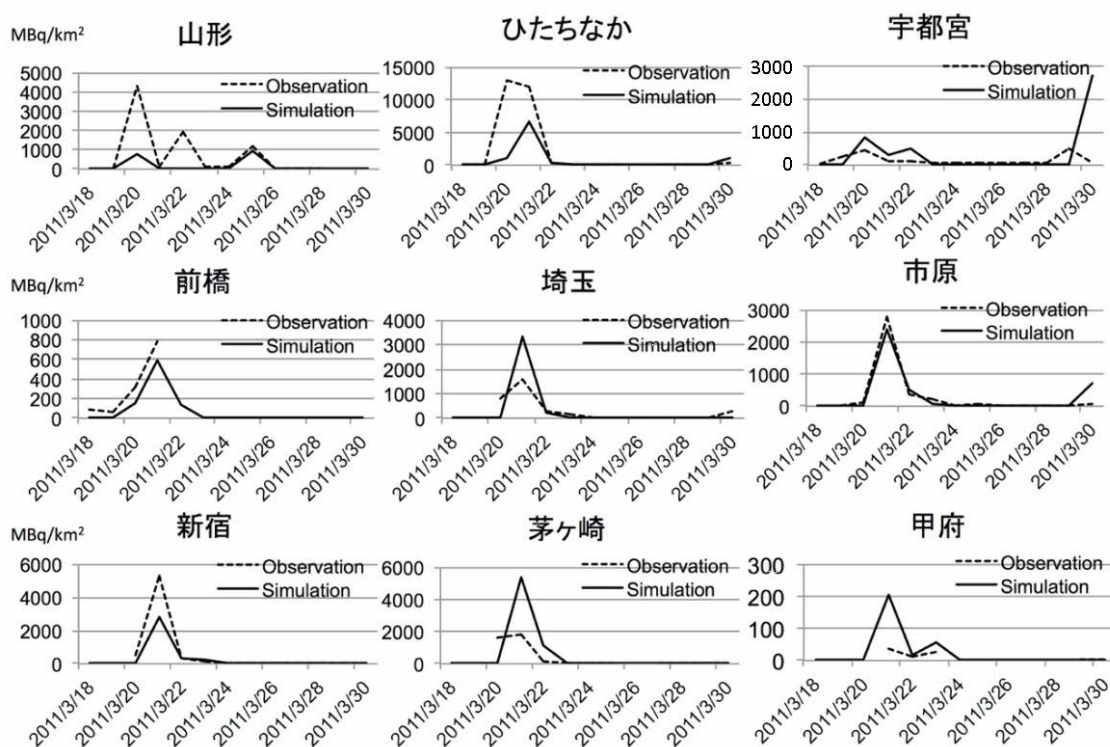


図16  $^{137}\text{Cs}$  の日積算沈着量(降下量)の時間変化。観測(点線)、モデル(実線)

## ②福島原発事故での首都圏への輸送メカニズムの解明

首都圏への輸送・沈着は、低気圧など大規模擾乱の影響が小さいにも関わらず、頻繁に起こっていた。この原因を調査するために、日変化プロセスに着目して、気象庁客観解析データを用いた気候値の評価を実施した。その結果、福島から首都圏に流れ込む気流が夜間に顕著になることが分かった。また、気流の形成には首都圏で夜間発生するメソ低気圧が重要であることや、気流が早朝まで維持するのに南北温度傾度が重要であることを、感度実験により示した(図17)。輸送メカニズムの概要を図18に示す。日変化過程により、福島から首都圏を経由して関東北西部の山岳地域まで放射性プルームが到達している様子が確認された。また、放射性物質の定量放出による長期実験の結果から、朝方と夕方の沈着分布に違いが生じることが確認された(図19)。この結果は、図15で示した放射性物質輸送の日変化メカニズムと整合する。気候的にみても日変化プロセスが重要であることが分かった。これらの成果については、Scientific Reports 誌にて論文として掲載された(Yoshikane et al., 2016)。また、モデル開発に関する複数の論文が国際誌に受理された。その他、モデル開発に関連した研究について、国内外で複数の学会発表を行った。

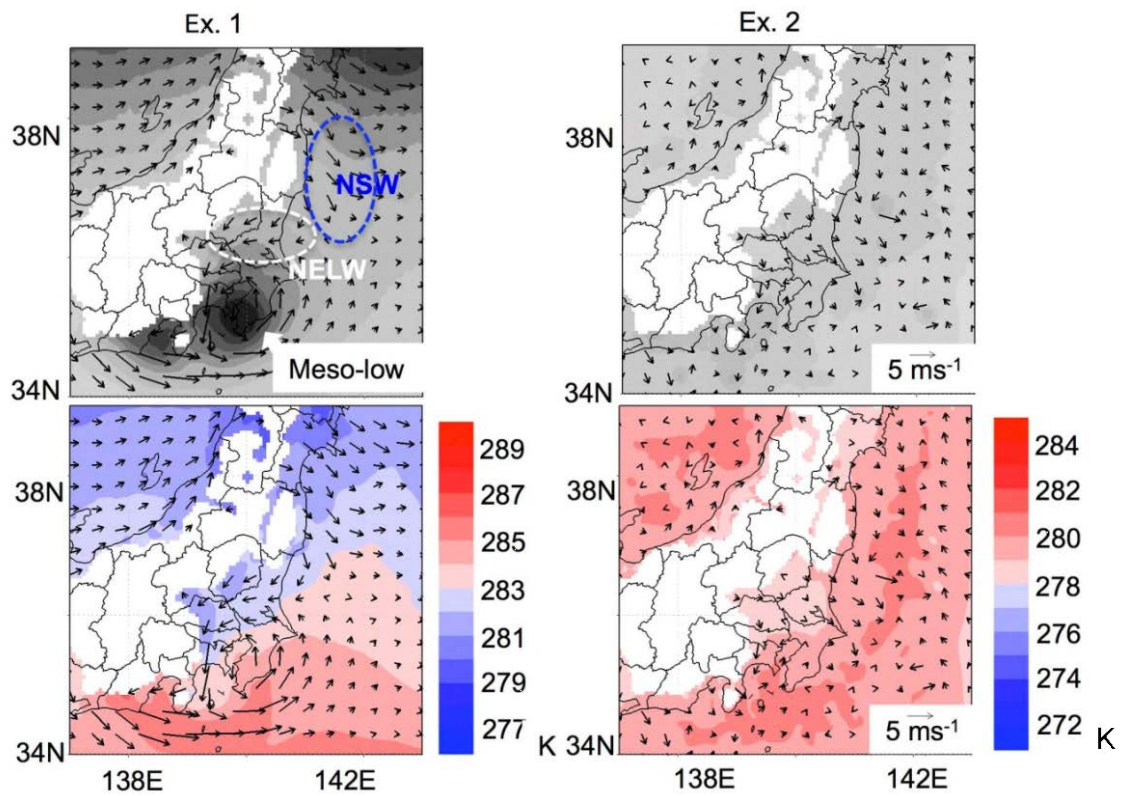


図17 数値モデルによる感度実験結果。南北温度傾度を考慮した実験 (Ex.1) と一様場から計算開始した実験 (Ex.2)。シェードは 975hPa 面におけるジオポテンシャル高度 (グレースケール; 上の 2 図)、気温 (赤から青; 下の 2 図) を示す。

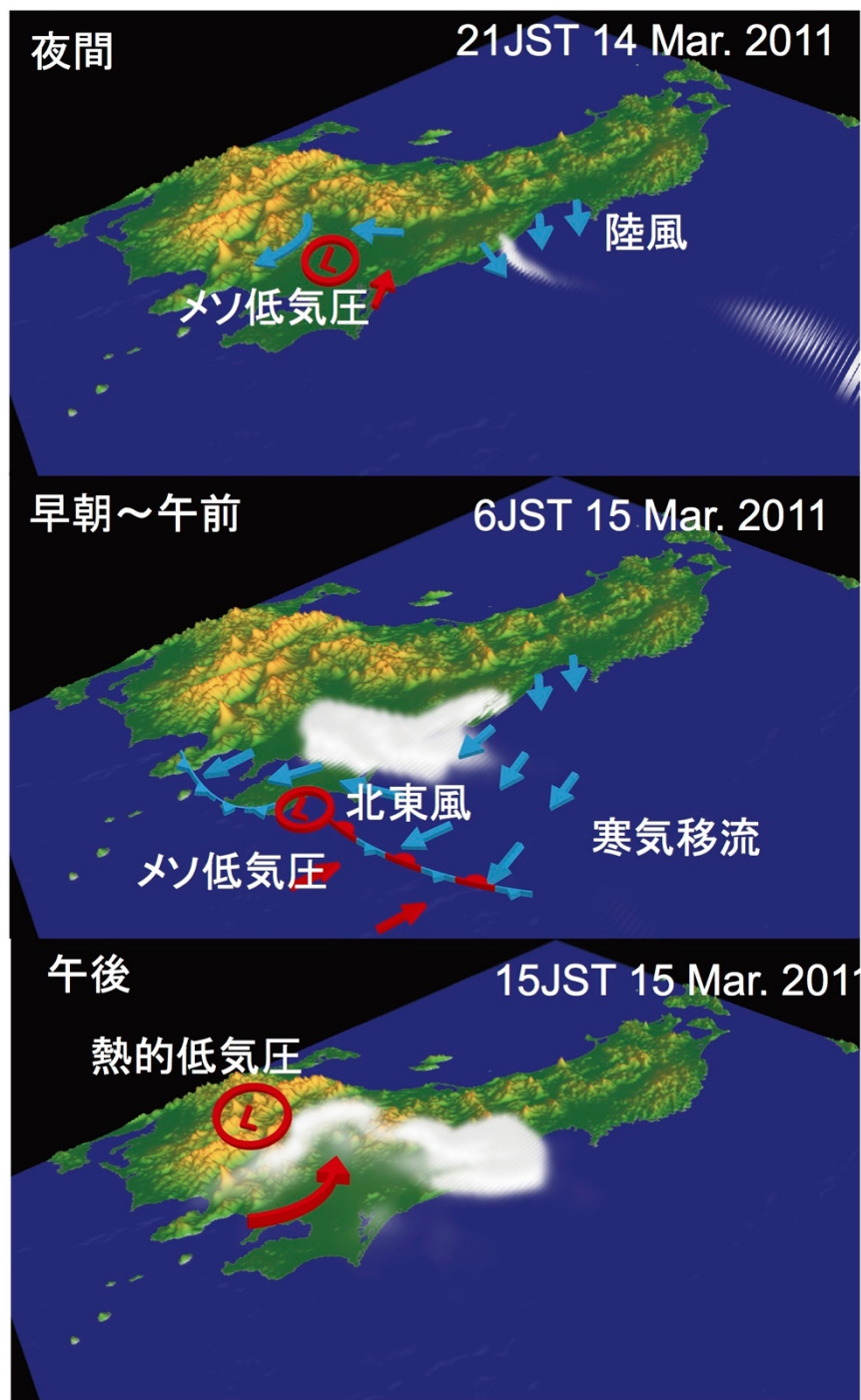


図18 輸送メカニズムの概要。図中の白い部分が放射性物質 ( $^{131}\text{I}$ ) を示す。



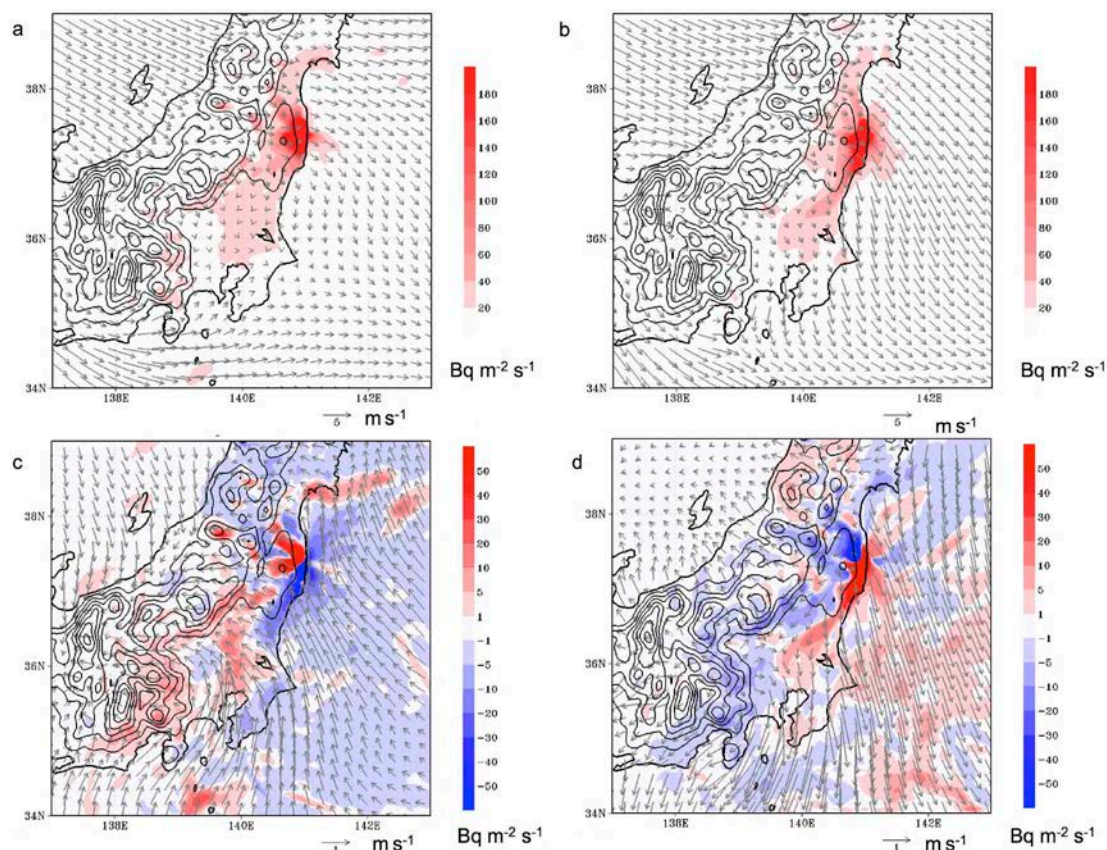


図19 放射性物質の沈着量分布。夕方(18JST:左図)と朝方(6JST:右図)。絶対値(上図)と日平均値からの偏差(下図)。定量放出による長期実験結果。

### ③仮想実験の実施

様々な条件でのシミュレータ運用に向けた最初のステップとして、季節による違いや福島第一原子力発電所以外での事故を想定した仮想実験を実施した。放射性物質を計算期間中一定の割合で放出し、2009年から2013年までの1,3,4,7,10月について1ヶ月ごとの長期実験を実施した。放出条件は不確実性が極めて大きいため、定量的評価が困難である。仮想実験では放出条件の不確実性を除外し、各月の気象現象の影響のみを考慮した放射性物質の輸送・沈着分布を評価した。

図20に福島第一原発において季節の違いによる輸送・沈着分布への影響を示す。北西季節風の影響の大きい1月は内陸への沈着が比較的小さいが、他の季節では内陸での沈着が明瞭に確認できる。3月は主に首都圏への沈着がみられ、実際に観測された沈着分布と特徴が良く一致した。実際の事例では、放出条件や期間が異なるため量的に相違があるが、首都圏に輸送されやすい気象条件であったのかもしれない。4月は北西季節風の影響がみられず、原発よりも高緯度域で沈着量が多くなった。東北以北を通過する低気圧が多くなり、放射性物質が北方に輸送されたためと推測される。7月は太平洋高気圧(あるいは夏季モンスーン)に伴う南西季節風が顕著になる。その影響で東北地方での輸送・沈着が4月よりもさらに顕著になったと想定される。10月は7月とは逆に北東季節風が顕著となる。南シナ海～フィリピン海にかけて形成されるITCZ(熱帯収束帯)の影響を強く受けた風系が東北地方南部まで確認できる。北東風により福島原発の風下に当たる関東地域で大きな沈着がみられた。

図21は敦賀原発での事故を想定した季節の違いによる輸送・沈着分布の特徴を示す。季節風との関係から、原発に対して風下側の地域で大きな輸送・沈着が起こる点は、図20に示した福島第一原発の結果と同じである。ただし、南西風が卓越する7月以外でも北陸地域での沈着が多い。詳細は後の段落で示すが、日本海以北を通過する総観規模の低気圧や冬季に山陰沖で形成す

るメソ低気圧が北陸地域への放射性物質の輸送を担っていることが実験により分かった。また、すべての月で、滋賀県東部や東海地域において大きな沈着がみられた。冬季の西高東低気圧配置時だけでなく、日本付近を通過する低気圧に伴う寒冷前線の南下により、若狭湾から伊勢湾にかけて北西風が顕著になる。低気圧の通過事例の数にも依存するが、寒冷前線による北西風に伴う放射性物質の南東方向への輸送が実験結果から確認された。滋賀県東部や東海地域は北西風の通過地域にあたり、沈着量が多くなったと推測される。

図 22 に、NCEP 再解析による風系の気候特性 (1951 年から 2014 年までの各月の地上風の平均値) を示す。実験では 5 年間のみ実施したが、各月の月平均値の風系は、大規模循環場の風系の気候的特徴と一致している。日本付近において、1 月は西高東低の気圧配置に伴う北西風が顕著であり、3 月にはやや弱まるものの気候的特性としての北西季節風がみられる。4 月は西風の傾向がみられ、7 月は太平洋高気圧に伴う南西風が顕著になる。10 月は特に九州から関東にかけての太平洋沿岸地域で北東風が顕著になるが、中国東部に出現する高気圧と南シナ海で顕著となる低圧域 (熱帯収束帯) による影響が示唆される。実験での各月の 5 年間平均としてみられる風系は、このような気候的特性を反映しており、輸送・沈着分布についても 2009 年から 2013 年だけにみられるものではなく、気候的特性として形成すると判断できる。

図 23 は、敦賀市と敦賀原発から 30～40km の距離に位置する福井市と小浜市の 2009 年から 2013 年までの 5 年間の各月の 131I と 137Cs の沈着量を示す。誤差範囲は 5 年間の最大値から最小値の範囲を示す。敦賀市においては、敦賀原発から 10km 程度の距離にあるため、福井市や小浜市と比較して極めて大きな沈着量がみられる。131I と比較して、137Cs の沈着量が 1 月に多くなるのは、冬季の降雪が大きく関係していると考えられる。福井市と小浜市の沈着量の特性は、どちらも敦賀原発から同程度の距離にあるにも関わらず、大きく異なる。小浜市と比較して福井市は沈着量が多く、後に示すように、7 月の南西季節風や日本海以北を通過する低気圧の影響が大きいと考えられる。各月の特性では、福井市では特に 7 月に沈着量が多くなるが、小浜市では最小となる。福井市は敦賀原発に対して南西風の風下側、小浜市は風上側に位置しており、季節風が沈着量の違いを形成する主要因と推測される。また、小浜市では 5 年間平均値に対する年々変動の違いが大きい。敦賀原発から小浜市方向に輸送される事例が少なく、輸送に関わる気象現象の有無や回数によって年ごとの月間沈着量に違いを生じるためと推測される。

図 24 は敦賀原発を中心に計算領域を北東域、北西域、南西域、南東域の 4 つの領域に分けて、2009 年から 2013 年までの 5 年間の各月の 131I の沈着量について全域に対する各領域での割合を示す。誤差範囲は 5 年間の最大値から最小値の範囲を示す。月毎の特性は各領域でそれぞれ異なり、7 月は北東域において他の月よりも割合が大きい、南西域では最も割合が小さくなった。逆に 10 月は北東域で割合が最も小さくなり、南西域では最も多くなる。違いが対照的になるのは、季節風の風向が大きく影響したためと考えられる。南東域では冬季に割合が大きく、夏季に小さくなる傾向がみられた。冬季は北西季節風の影響が強いためと想定される。図 25 に各領域への輸送を担う主要な気象現象を示す。北東域へは、夏季は太平洋高気圧による南西風、夏季以外は 35～36N 以北の高緯度域を通過する低気圧に依存して輸送された。南東域へは、冬季の西高東低気圧配置時、低気圧の寒冷前線通過時、南岸低気圧通過後に強化された北西風に伴い輸送された。冬季は、西高東低気圧配置が一定期間持続するため、南東域への輸送沈着量が多くなった。春季や秋季は傾圧不安定による低気圧の通過が輸送の主要因となる。逆に夏季は偏西風が弱まり、太平洋高気圧に覆われて南風が支配的になるため、輸送沈着量が相対的に小さくなると推測される。南西域へは、北東風の強まる 10 月に輸送量が大きくなった。また、南岸低気圧が四国沖で発生、発達する時も一時的に大きくなった。北西方向へは台風や原発付近を通過する低気圧により輸送されるが、頻度や出現期間が少なく結果的に沈着量の割合が最も小さくなると想定される。図 26 と図 27 に北東域への放射性物質 (131I) の輸送の 2 事例を示す。図 26 は北海道付近を移動する低気圧による事例で、温暖前線に向かって吹き込む南西風によりプルームが北東方向へ輸送され、低気圧の東進とともにプルームも全体的に東に移動し、陸域に輸送した。図 27 は停滞前線上で形成されたメソ低気圧による事例で、プルームの輸送範囲は大規模低気圧の事例より小さいものの短期間で分布が大きく変化した。冬季においてメソ低気圧は山陰沖で形成されることが多く、天気図では描かれなため、プルームの輸送方向が突然変化して対応が困難になる事態も



考えられ得る。

以上の結果から、放射性物質は、各月の風系(季節風など)の影響により、月毎の輸送沈着分布に大きな違いが生じることが分かった。

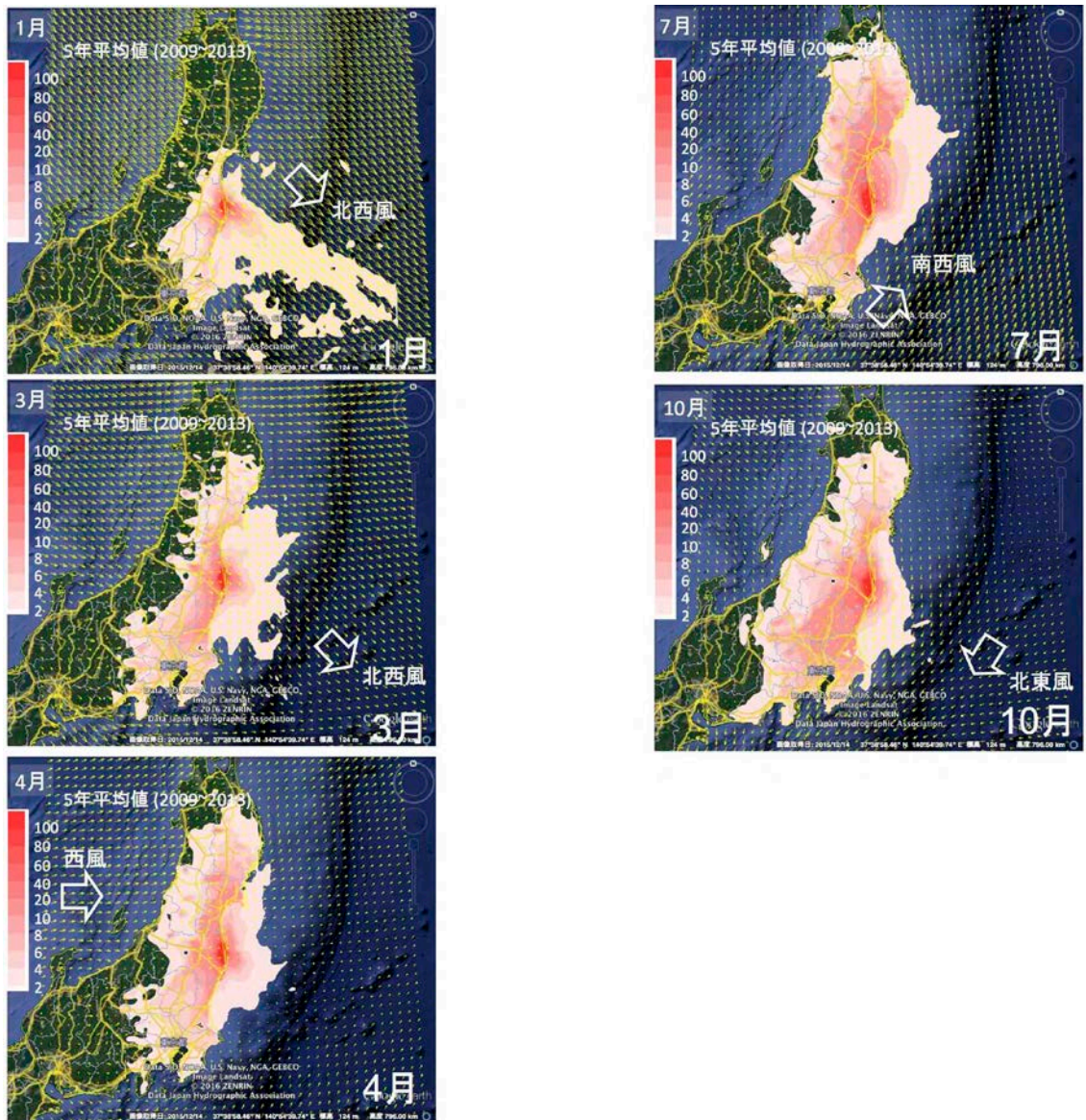


図 20 福島第一原発事故を想定した 5 年間(2009~2013) の各月(1,3,4,7,10 月)の仮想実験。暖色域は  $^{131}\text{I}$  の月沈着量分布、ベクトルは月平均地上風を示す。

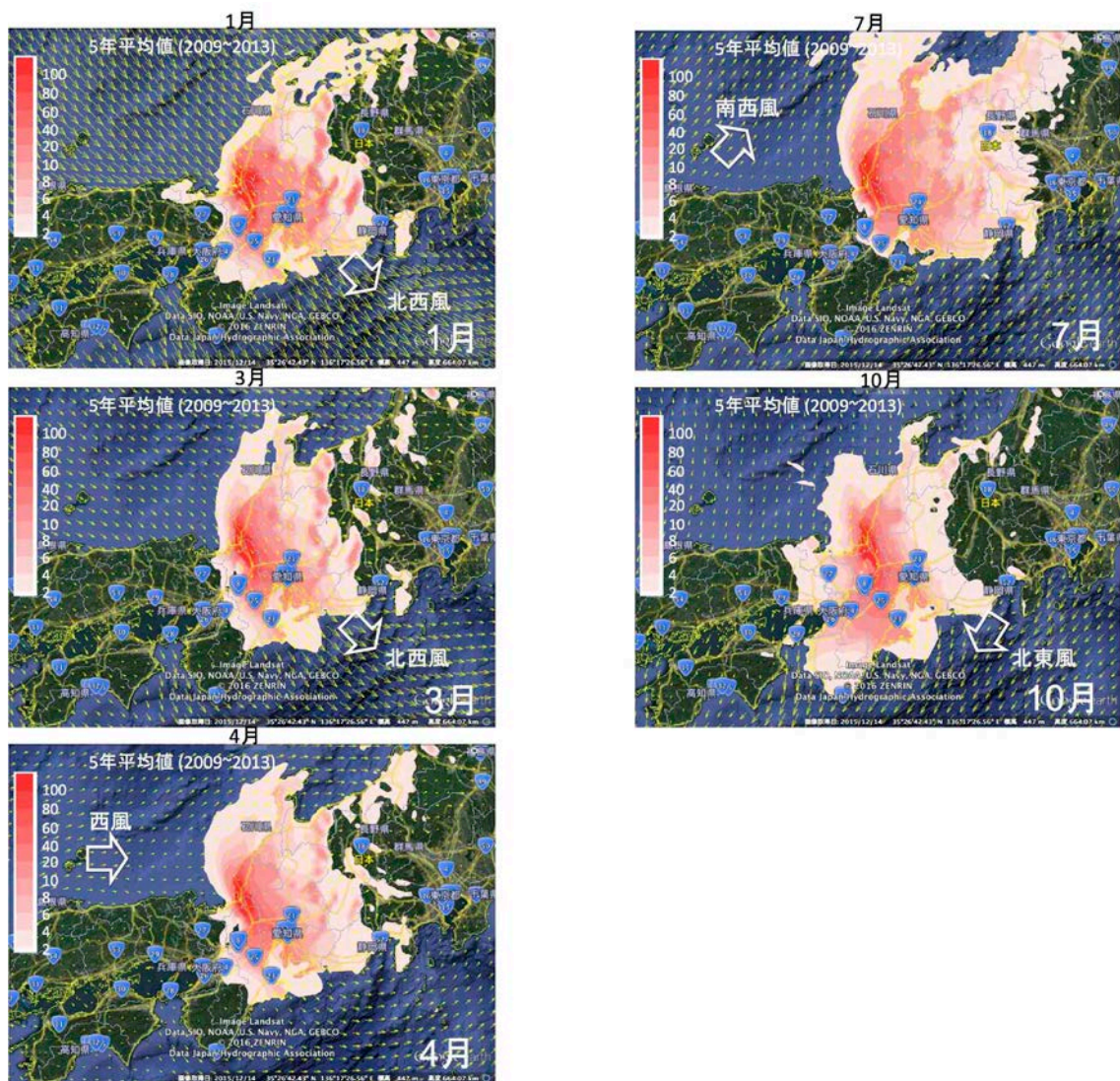


図21 敦賀原発事故を想定した5年間(2009~2013)の各月(1,3,4,7,10月)の仮想実験。



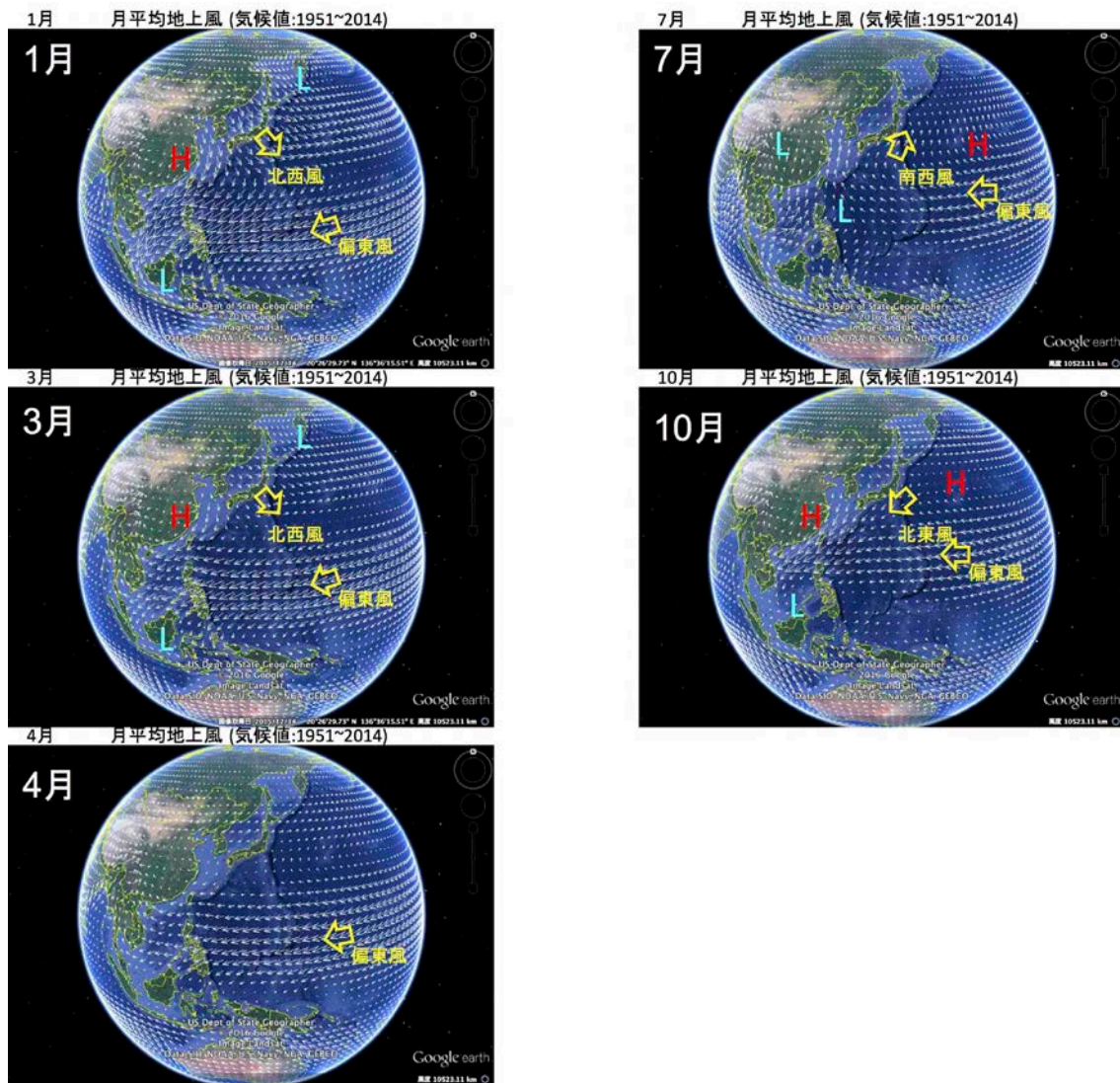


図22 月平均地上風の気候値。NCEP1 再解析値(995) の 1951 年～2014 年までの平均値。H は高気圧、L は低気圧を示す。



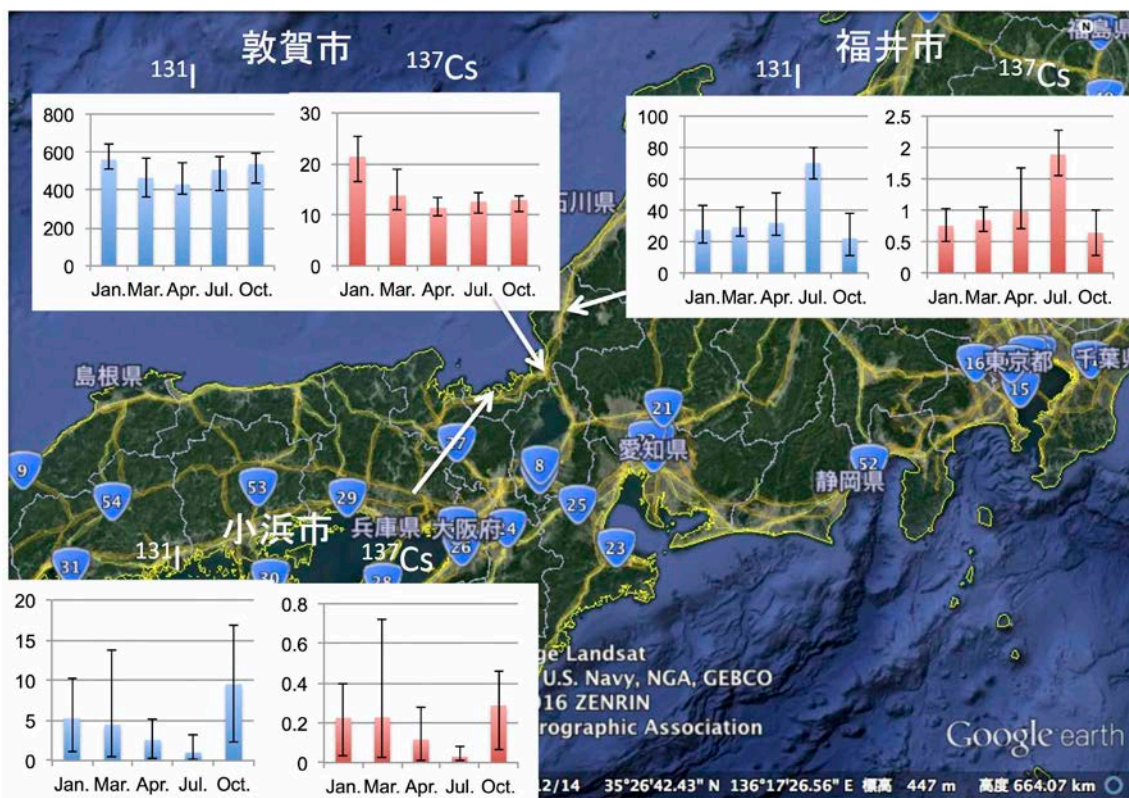


図23 敦賀原発ケースでの仮想実験による敦賀市、福井市、小浜市での  $^{131}\text{I}$  と  $^{137}\text{Cs}$  の各月沈着量。エラーバーは5年間の最大値から最小値の範囲を示す。

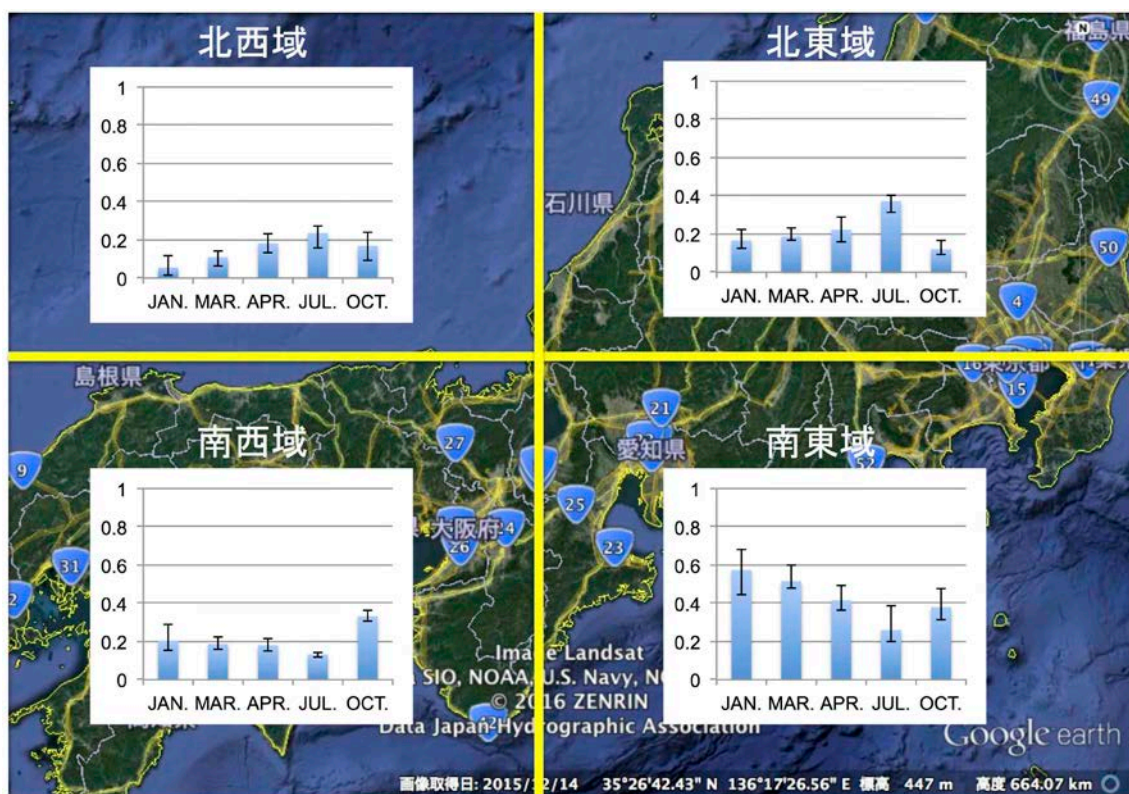


図24 2009年から2013年までの5年間の各月の  $^{131}\text{I}$  の沈着量について全域に対する各領域での割合(敦賀原発ケースでの仮想実験)

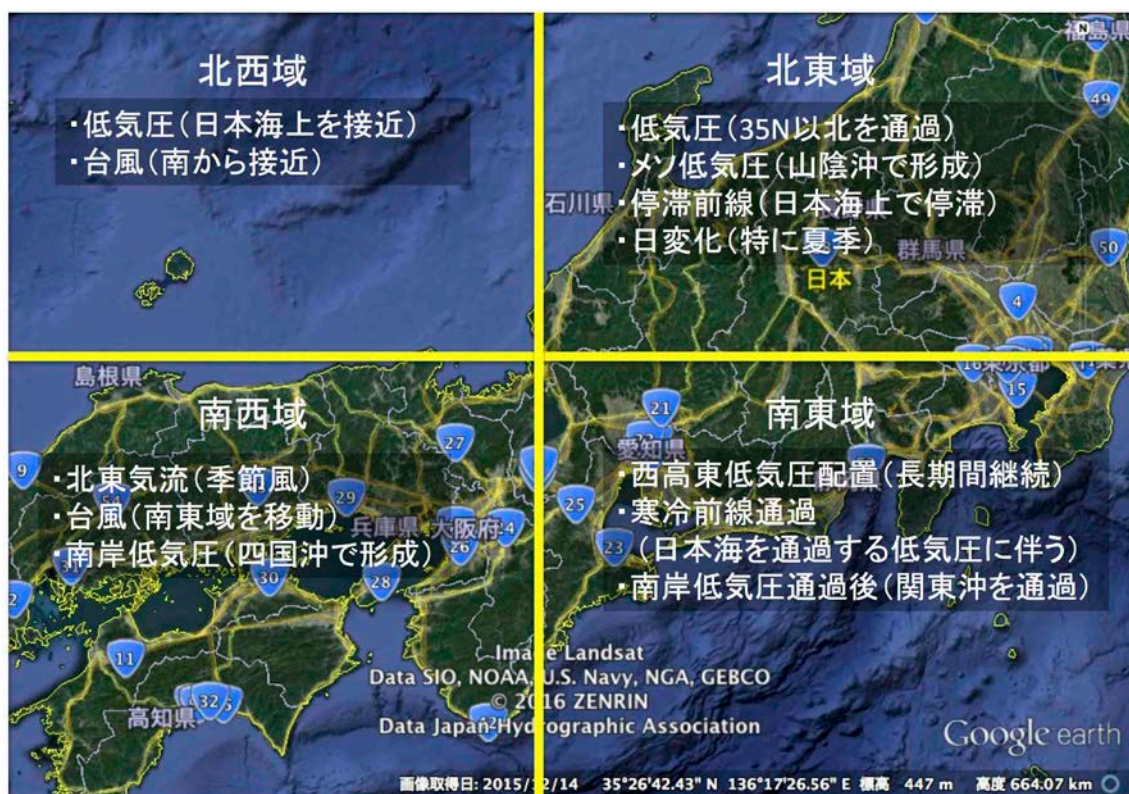


図25 各領域へ放射性物質を輸送する主な気象現象



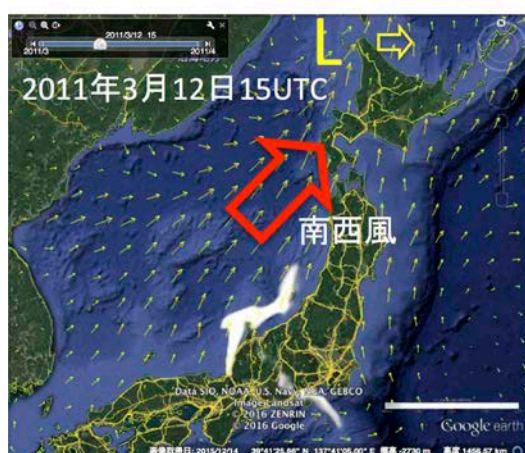
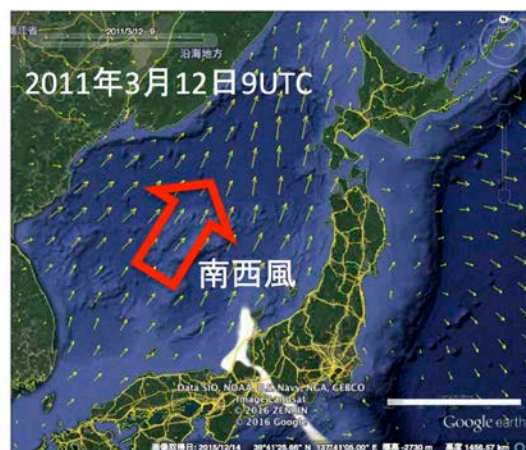


図26 低気圧に伴い北東域への放射性物質輸送する事例。白色域は地上付近の放射性プルーム( $^{131}\text{I}$ )の分布を示す。

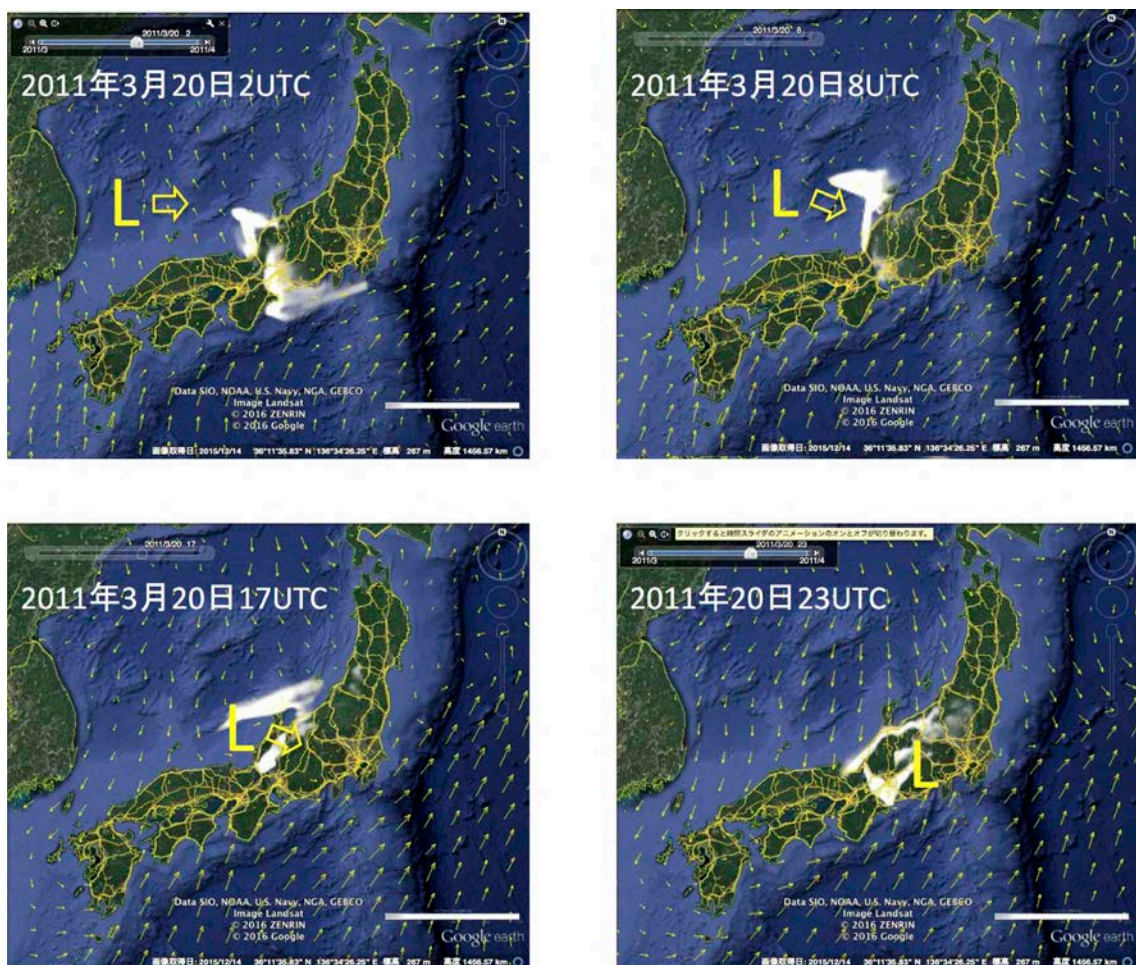


図27 メソ低気圧に伴い北東域への放射性物質輸送する事例。

#### ④リスクマップの作成

放射性物質拡散の定量的な予測には大きな不確実性が伴う。まず放出量の不確実性だが、人為的に放出が制御できる場合を除き、いつ、どのくらいの放出があるのか正確に予測することは極めて困難である。次に、大気のカオス性によるモデルの不確実性がある。チェルノブイリや福島第一原発事故では、降水により局所的に高い沈着が生じてホットスポットを形成した。一方、降水プロセスは非線形性が大きく、モデルによる降水量分布の正確な再現は困難である。従って、放射性物質の大気拡散の不確実性も考慮すると、降水による沈着(湿性沈着)には大きな不確実性がある。これらの事実を踏まえて、本課題では、放出量の不確実性を除外して放射性物質の輸送沈着分布と気象現象との関係性を重視し、地域ごと、季節ごとに沈着しやすい場所を推定するためのリスクマップの作成に着手した。リスクマップは、本課題「安全で持続可能な水利用のための放射性物質移流拡散シミュレータの開発」におけるプロダクトの1つである。リスクマップを避難計画などリスクマネジメント強化のための補足資料として活用し、地方自治体には避難・屋内退避のタイミングなどの判断、水道局へは管理計画および緊急時の対策に役立たせることを想定している。リスクマップは、ユーザーが利用しやすいように避難経路や道路状況、河川流量状況など、様々な情報と関連させることを想定しており、Google MapなどのGIS(地理情報システム)等を用いた可視化手法を採用した。Google Earthを用いて作成した図20～27はリスクマップの一部である。

実際の事故時には、原子力災害対策指針に従って避難や防護措置が実施される。リスクマップ



の作成・改良に際しては、指針との不整合により混乱を生じないように十分に注意している。リスクマップの目的は、緊急時においても冷静かつ迅速に対応できるように支援することである。シミュレーション結果のみを提示するのではなく、その原因を気象・気候学の観点から分かりやすく説明し、的確に状況を理解できるように、逐次改善を行う。

成果の社会実装に向けた取り組みでは、本プロジェクト終了後も様々な要望に対応できるように、リスクマップ作成の細かい手順(モデル設定を含む)をマニュアル化した。各ユーザーが必要な時に必要な情報を手に入れることができるようにリスクマップ自動作成システムを構築するための手法を開発したが、現状では計算機資源が不足しており実施困難である。当面はニーズがあれば個別に対応する。

### 3. 環境分析（筑波大学 末木グループ） 【研究項目3】

#### (1) 研究のねらい

本研究グループでは、シミュレーションを構築するモデル環境に関して、モデル地域に基づき実試料を採取して放射性核種の定量を行い、放射性セシウムおよび放射性ヨウ素の移流拡散に関する基礎データを得ることを目的として行っている。

#### (2) 研究実施方法

河川に対するデータが構築されている蓬萊ダム周辺の周辺土壌等の放射性セシウムの定量を行った。千葉県大堀川における定点観測および流域調査による河川中の懸濁物質及び溶存態の放射性セシウムの定量と溶存態中のヨウ素 129 の定量などを行い、放射性物質の4年間にわたり経時変化を追跡した。これらの結果は村上グループにおいて発生源解析などに用いられた。また、放射性核種の溶出機構の解明のために河川水中の溶存イオンの定量を開始した。より高濃度汚染地域の福島県請戸川および新田川の流域調査を2013年から行った。

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所からの放射性物質の多量の放出事故による陸域での汚染状況について、本グループで行った4月の土壌調査(原著論文2)および6月に福島県内で行われた文部科学省のモニタリング調査に基づいた汚染状況の把握を行う中で、原発から北西方向の大規模汚染に関して試料数が足りないことと、ヨウ素131の汚染状況が20km圏内で詳細なデータを提供できていないことに注目した。福島県浪江町を中心に2013年から請戸川の河川水調査に合わせて、詳細な土壌調査を行った。表層土壌の放射性セシウム濃度および $^{110m}\text{Ag}$ の放射能濃度を決定し、その土壌試料中のヨウ素129を調べた。

$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ と $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$ との放射能比から汚染ルートや時期に関する分析を行った。また、土壌試料中の放射性物質の化学形態などの研究のための逐次化学分析とラジオオートグラフなどを組み合わせた研究において、存在が知られていなかった放射性粒子を取り出し、SEM、EDS 観察を行うことに成功した。

放射性ヨウ素については、事故直後に採取した土壌試料から求めた放射エネルギーと長寿命核種であるヨウ素129を加速器質量分析法AMSの放射エネルギーを求めて今回の事故における $^{131}\text{I}/^{129}\text{I}$ 比を算出し、この結果に基づき文科省のモニタリング事業で得られた福島県内およびグループ独自で採取した土壌試料の $^{129}\text{I}$ の値から $^{131}\text{I}$ の降下量を算定した。

#### (3) 研究成果

##### ①河川水中の放射性物質

沖グループ、芳村グループと連携しながら、放射性物質の発生源解析や流出モデルを検討するための対象サイトとして、継続して行っている大堀川の定点調査及び流域調査を行った。福島県請戸川における流域調査も継続して進めている。河川水、泥中および周辺土壌のセシウム-134、137およびヨウ素-129の分析を行い起源解析のための基礎データを出した。大堀川については昭和橋の定点観測と上流から下流へ流域観測も行なった。定点観測したSSサンプラーの懸濁態の $^{137}\text{Cs}$ と $^{134}\text{Cs}$ の放射能濃度変化の結果を図25に示す。

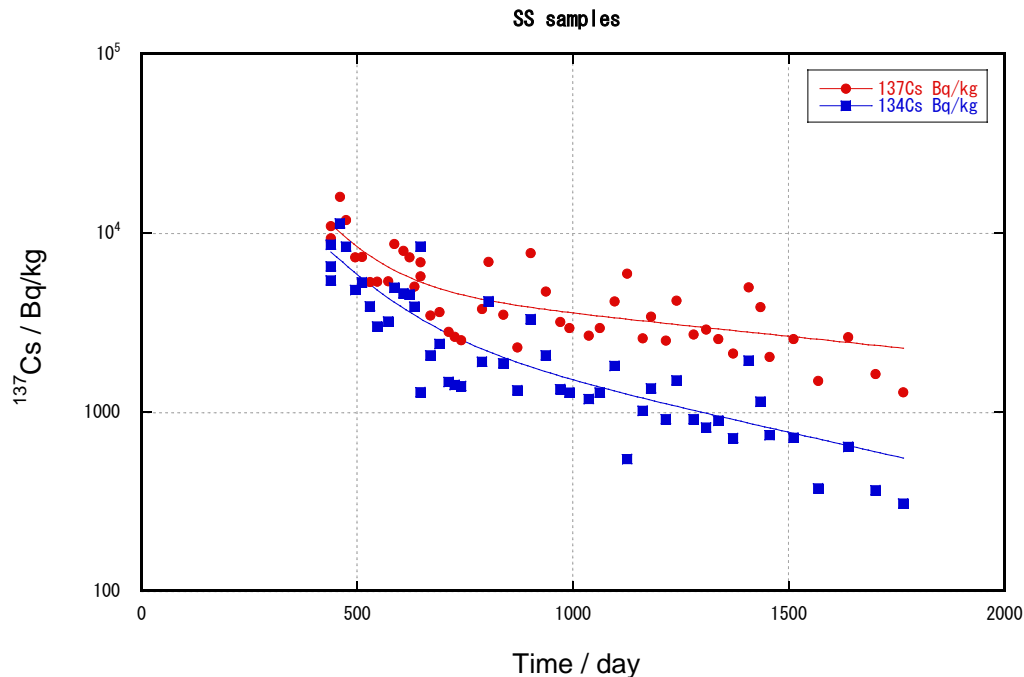


図28 2011年3月11日を原点としたSSサンプラーで回収された懸濁態の $^{137}\text{Cs}$ と $^{134}\text{Cs}$ の放射能濃度の経時変化

この変化を2重指数関数の形で定式化したところ $^{137}\text{Cs}$ において、

$$C(t) = 3.25 \times 10^5 \exp(-3.26 t) + 6.31 \times 10^3 \exp(-0.211 t)$$

ここで、 $t$ は経過時間で単位は年である式が得られた。この結果を恩田らが福島県内の河川で報告している値と比較すると、今回の結果は短成分も長成分もどちらも阿武隈川水系より小さく時間変化として遅いことが示された。この違いは、河川の周辺が市街地であることの特徴を示している可能性もある。

大堀川、請戸川において上流域から下流域まで数か所での河川水サンプリングを行い溶存態 $^{137}\text{Cs}$ および $^{129}\text{I}$ 濃度をガンマ線測定およびAMS測定で調べている。同様に溶存している安定同位体についてもICP-MSを用いて調べている。これら下流域での濃度変化及び同位体比変化を検討した。大堀川においては、新駒木橋下流の北千葉導水路からの晴天時 $1 \text{ m}^3/\text{s}$ の注水の影響を大きく受けて変化していることが分かった。これらの結果を今まで得られている分配係数と合わせて考察する必要がある。溶存態の放射性セシウムは底質土や懸濁態の影響をかなり早く受けると考えられる結果が得られた。請戸川において、その放射性セシウムの濃度変化が上流、中流、下流で大きく変化し、これはすぐ周辺の状況を反映しているものと考えられる。

ヨウ素は河川水の溶存態においていくつかの化学形態が考えられる。 $\text{I}^-$ 、 $\text{IO}_3^-$ の様なイオン性と有機物に結合した大きく分けて2種類の化学形態に分けることができる。これらについてはサイズ排除型のカラムを用いたHPLCとICP-MSを結合させた分析方法が開発され、報告されている。対象河川である大堀川、請戸川についても応用するために既存の装置を組み合わせる方法の検討を行ってみた。その結果有機物質の分子量と安定ヨウ素の存在を調べる方法を確認することができた。図26は、大堀川の河川溶存態中の有機物の分子量分布とヨウ素の存在割合を示している。溶存している有機物の分子量の小さいものに集中的にヨウ素がついていることが示された。

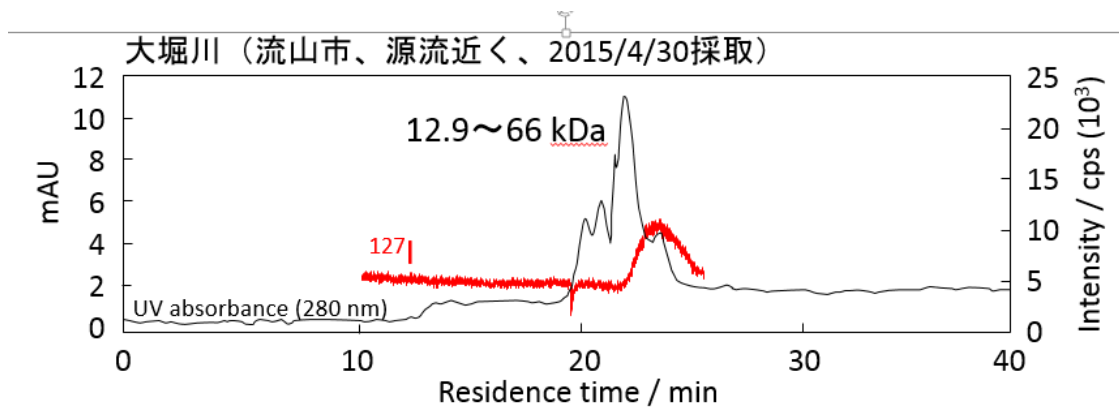


図29 SEC-HPLC による有機物質の溶出挙動とそれに結合した ICP-MS による安定ヨウ素の存在量。

## ②原発周辺から北西地域の放射性物質汚染調査

### i) 帰還困難区域を汚染した放出源の推定

福島第一原発から北西方向に広がる帰還困難区域を既に行われていた文科省調査の隙間を埋める地上調査を敢行し、北西地域の汚染を形成した原因を解明した。

調査方法は1地点5個の土壌を採取し、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  と  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  を定量した。データの解析には本研究独自のデータに文科省の調査結果を加え、2011年3月11日に壊変補正を実施し比較した。沈着量が  $10 \text{ MBq/m}^2$  以上と極めて大きな試料を基準に、 $^{110\text{m}}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$  放射能比 0.018、0.0048 と 0.0019 の3つの独立したグループを得た。 $^{110\text{m}}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$  放射能比別に地図上に図示するとそれぞれを帯状に示すことができた(図30)。これらのグループは原発から離れても存在することから、それぞれが独立した汚染によるものと考えられる。 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  放射能比についても併せて汚染原因を検討した。

$^{110\text{m}}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$  放射能比 0.018 グループは最初に北西地域において空間線量が上昇した3月12日の1号機水素爆発時に由来する汚染と断定した。 $^{110\text{m}}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$  放射能比 0.0048 グループは一般的に指摘されていた北西方向の主たる汚染であり、2号機に由来する汚染であると考えられる。 $^{110\text{m}}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$  放射能比 0.0019 グループの存在はこれまで指摘した研究はなかった。15日23時に3号機圧力容器のウェットウェル(W/W)ベントが実施されている。また福島市で採取したフィルターの結果およびシミュレーションによる北西方向へ向かうプルームが再現されていることから、このグループは3号機から放出されたW/Wベントによるプルームと考えられる。以上より帰還困難区域の大規模汚染は、 $^{110\text{m}}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$  比を用いることで少なくとも3回に分けることが可能で、さらに  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  の放出率は緊急停止してからの炉内状況を反映している可能性が示唆された。

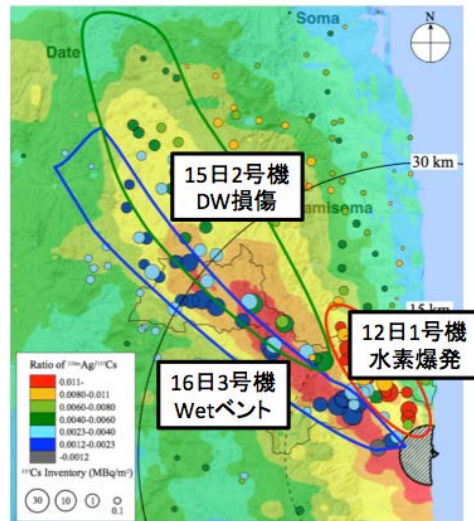


図30 福島第一原子力発電所から北西方向の表層土壌中の  $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$  放射能比を地図上に示した。

#### ii) 放射性粒子と放出炉の関係

放射性 Cs を高濃度に含む球状の放射性粒子の存在が確認されている。しかし、最初に見つかったつくば市以外で粒子発見の報告はまだなく、さらに同一日に汚染した北西地域を対象に粒子の探索は行われてこなかった。本グループでは放射性粒子の分布と放出源を特定するため、1、2、3号機に由来する環境試料から粒子を探索し、それらの分析を実施した。

図28に示すように走査型電子顕微鏡（SEM）観察により粒子の形状は、先行研究で報告された球体に加え、不定形の粒子も複数見られた。また粒子に含まれる  $\gamma$  線核種は、ほとんどの粒子で  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  のみが検出された粒子中の  $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  比は2つのグループに集約され、それぞれが1号機と2号機由来の Cs 同位体比に一致した。3号機由来の粒子はどの試料からも見つからず、3号機からの汚染があったと推定される箇所の試料からは2号機由来の放射性粒子が見つかった。また1号機粒子は12日に放出されており、事故から比較的早い段階でこれらの粒子が生成することが判明した。エネルギー分散型X線分析（EDS）の結果から、すべての放射性粒子に共通する元素は Si、O、および Ca であり、特に Si と O はすべての粒子において全質量の 80% を占めていた。2号機粒子の特徴は、つくば市で見つかった粒子と元素組成と比放射能ともによく一致し、Zn、Fe、Cs が共通して検出された（原著論文 69）。一方、1号機粒子は1粒子あたりの放射能は強いものの、体積も大きく、比放射能は2桁程度2号機粒子よりも小さかった。そのため EDS で Cs が検出できない粒子が大多数であり、それらの粒子の Cs は  $\mu$  ビーム分光分析で検出することができた。2号機由来の粒子では Si、O、Fe、Zn そして Cs が均一に分布しているが、1号機粒子では Si、O 以外の元素分布には濃淡があり、Fe が少ない例も見つかった。2号機粒子について  $^{135}\text{Cs}$  の検出を SIMS で行い、概算で得られた  $^{135}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  比は 0.055 となり、Nishihara et al. の理論計算 0.045 と類似していた。この結果から概算された Cs 同位体の原子数から、EDS で見られる Cs の蛍光 X 線が原発で生成した放射性 Cs であることを示した。一方、2号機粒子の一部から 0.5wt% 未満の U が検出されたが、粒子の主たる組成でない。また1号機粒子からは U が認められなかった。ゆえに福島事故で放出した放射性粒子は、Cs の放射性同位体を高濃度に濃縮した、ケイ酸であることが本研究によって新たに判明し、チェルノブイリ事故で観測された核燃料の断片とは明らかに異なっていた。



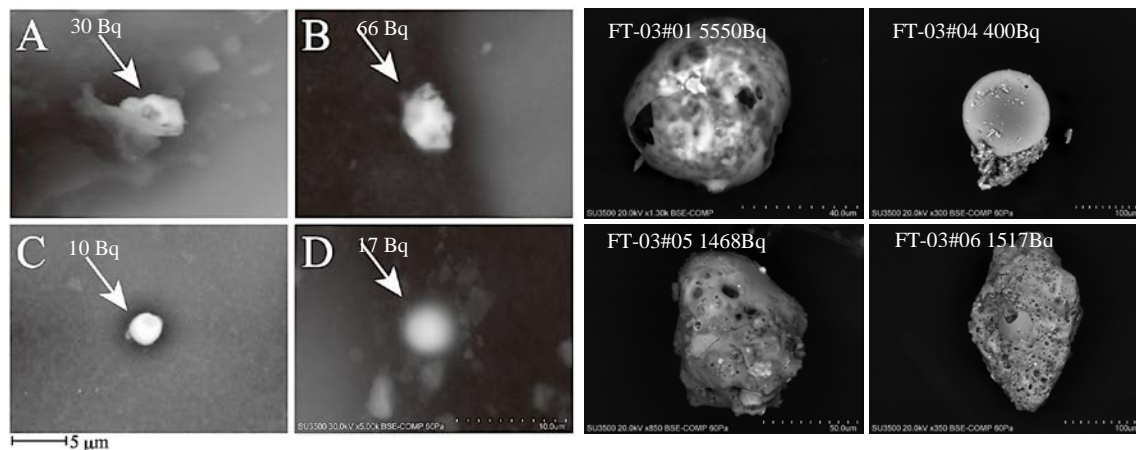


図31 A, B, C, D は原発から北西に 20 km、FT-03 シリーズは原発から北西に 5 km で採取した土壌試料から取り出した放射性粒子の SEM 像。記載されている放射能は 1 個当たりの  $^{137}\text{Cs}$  放射能 (Bq/particle)。

### iii) ヨウ素 129 の土壌中での挙動

2011 年 3 月に起きた福島第一原子力発電所事故で高濃度汚染した地域における  $^{129}\text{I}$  の沈着量と表層での挙動を調べた研究である。10km 圏内で 3カ所について沈着量を求めた結果それぞれ  $2.17 \text{ Bq m}^{-2}$ ,  $0.80 \text{ Bq m}^{-2}$ ,  $1.41 \text{ Bq m}^{-2}$  が得られ事故以前の沈着量の 60 から 160 倍高くなっていることを明らかにした。また深度分布から 3 cm の上部深さで 90% が存在することを明らかにした。 $^{129}\text{I}$  は 8 日の半減期でその実態が明らかになっていない  $^{131}\text{I}$  について再現することを可能にする長寿命放射性核種であり、その土壌中での挙動を明らかにすることは  $^{131}\text{I}$  による初期被ばくなどへの正確な概算につながる成果である(原著論文 60、68)。

## 4. 発生源解析及び曝露量評価 (福島県立医科大学 村上グループ) 【研究項目 4】

### (1) 研究のねらい

本グループでは、流域内の放射性セシウムの動態、ストック量やフロー量、発生源、下水処理場の汚泥の経時変化やその特性を明らかにした。これらの成果は、今後の放射性セシウムの負荷の予測や発生源別負荷量削減といった効果的な対策の立案に資するものであった。森林のうち、特に、森林エッジは、森林から居住地や農地などへと土地利用が変化し人間活動と密接な関係があるうえ、水文現象によって森林外への流出が起こる場所であるので、除染計画立案のために定点での空間線量率変化の挙動を明らかにし、同時に空間線量率に影響を与えるバイオマスの湿式酸化法による減容化とセシウム濃度低下の可能性を明らかにした。

また、飲食物由来の放射性物質の被曝量と発がんリスクの推定も行った。原発事故による被ばく量の評価だけでなく、芳村グループ、末木グループと連携することで、仮に事故が生じた際の被ばく量の推定も行った。事前の準備として、基準値算定や出荷制限などの効果的な対策立案に資する成果をあげることができるとともに、リスク認知や被ばく対策などに関するアンケート調査から、リスクコミュニケーションに資する適切な方策立案に関する成果を得た。

### (2) 研究実施方法

末木グループと連携することで、主に大堀川を対象に、主に柏市を流れる大堀川を対象に、浮遊砂サンプラーや自動採水器を用いた調査・解析を行った。晴天時および雨天時の放射性セシウム濃度の経時変化と分配係数の変動、ストック量とフロー量の経時変化、トレーサー物質を用いた起源解析を行った。フラックス量やストック量の評価の解析のために、堆積物についても定期的に採取した。

東京湾内や荒川・江戸川・隅田川での Cs の時間変化を検討するため、底泥サンプリングをおおよそ 3 ヶ月おきに実施した。また SS および SS 中の Cs 濃度の観測結果と流量、モニタリング結果

から、Cs 流入フラックスの時間変化を算定し、河川毎の動態について検討した。

異なる土地利用における Cs の動態とその管理策の解析のために、宮城県の南端に位置し、福島県相馬市と接する丸森町の特に筆甫地区の森林エッジにおいて、空間線量率の時空間変化の追跡、溪流に流出するバイオマス態セシウムの濃度変化、採取したバイオマスの次亜塩素酸ナトリウムを用いた減容化とセシウム低濃度化実験を行った。

下水処理場の集水域内の Cs の動態を探るため、下水処理場の汚泥に含まれる Cs の経時変化に基づいて通減特性の異なる複数の成分を特定するとともに、Cs の貯留・流出機構を推定した。

福島市、東京、大阪の市民を対象に、公表された飲食物中放射性物質濃度と出荷データを用いて、飲食物由来の放射性ヨウ素と放射性セシウムの曝露量(被ばく量)と発がんリスクの推定を行った。さらに、芳村グループ、末木グループとの連携のもと、仮想的な原発事故状況下における飲食物由来の被ばく量の推定手法や、規制による削減効果の評価方法を確立した。

### (3) 研究成果

#### ①大堀川における放射性セシウムの動態および起源解析

流域水質シミュレータの開発には、特に雨天時における流出プロセスに関する解明が重要である。チェルノブイリ事故、福島第一原発事故においても、市街地を対象とした調査は限定的であり、河川中の放射性物質の動態に関する知見はほとんど知られていない。そこで、本研究では、雨天時および晴天時の大堀川のサンプルを長期連続的に採取し、懸濁態および溶存態放射性セシウムのイベント内変動、長期変動を調査した上で、分配係数の変動に寄与する因子の解明を試みた。

大堀川中の放射性セシウム濃度の経時変化を図32に示す。2012年5月から2013年3月までに指数関数的に急速に濃度が低下した後、濃度の低下がおさまっていたことが明らかになった。また、河川水中の Cs 濃度(SS重量あたり)は雨天時の方が晴天時より高かった。2012年度における河川水(懸濁態)、SS サンプラー試料、河川堆積物、道路塵埃、道路排水の  $^{137}\text{Cs}$  濃度を比較したところ、河川水(懸濁態)の  $^{137}\text{Cs}$  濃度は堆積物より高く、道路塵埃や道路排水よりも低い傾向にあった。疎水性医薬品類およびステロールをトレーサーとして用いた起源解析の結果、SS サンプラー試料の  $^{137}\text{Cs}$  は主に、道路塵埃と河川堆積物に由来すると推察された。雨天時における河川水の懸濁態の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の上昇は、道路塵埃などの地表面堆積物が河川へと流出したことが主要因と考えられた。事故から2年経過時点において、放射性セシウムは地表面堆積物に沈着しており、徐々に雨天時に河川へと流出していたと考えられた。

流域内の平均沈着量と懸濁態  $^{137}\text{Cs}$  濃度には、強い相関関係があることが報告されている。そこで、大堀川と阿武隈川水系とで、平均沈着量に対する懸濁態  $^{137}\text{Cs}$  濃度の比を比較すると、晴天時の河川水試料、SS サンプラー試料のいずれについても、大堀川の平均沈着量に対する懸濁態  $^{137}\text{Cs}$  濃度の比の方が阿武隈川水系よりも高かった。阿武隈川水系内でも市街地付近の小河川では平均沈着量に対する懸濁態  $^{137}\text{Cs}$  濃度の比が高いことが報告されている。平均沈着量が同じ場合、都市河川の懸濁態  $^{137}\text{Cs}$  濃度の方が高いことが示唆された。この一因として、都市河川では道路塵埃などの地表面堆積物からの寄与が高いために、懸濁態  $^{137}\text{Cs}$  濃度が相対的に高くなったことが考えられた。

分配係数を調査したところ、同一イベント内で2.5倍程度の変動を示した。 $^{137}\text{Cs}$  の流出モデルでは、モデル上、一定の分配係数を与えることが多いが、本結果は、分配係数の変動が無視できない可能性があることを示唆している。そこで、雨天時における分配係数の変動の要因を調査した。電気伝導度と分配係数の間には有意な相関関係は見られなかったが( $P > 0.10$ )、SS 濃度と有意な負の相関関係が見られた(図33; $P < 0.05$ ,  $r = -0.51$ )。このことは、SS 濃度から分配係数を推定することができる可能性を示唆している。分配係数の変動を補正する方法として、SS 濃度を変数とした回帰式の適用が有効だと考えられた。SS 濃度と分配係数に相関がみられた理由として、各試料間で粒径分布が異なる可能性が考えられる。そこで、懸濁態  $^{137}\text{Cs}$  濃度を参照地点との比表面積比(試料の比表面積/参照地点の比表面積)に基づいて補正を行うことで、分配係数が一定に近づくかどうかを調査したところ、比表面積補正を行うことで、溶存—懸濁態濃度の直線性が向

上した。以上より、分配係数の違いは試料間の粒径分布の違いによることが示唆された。

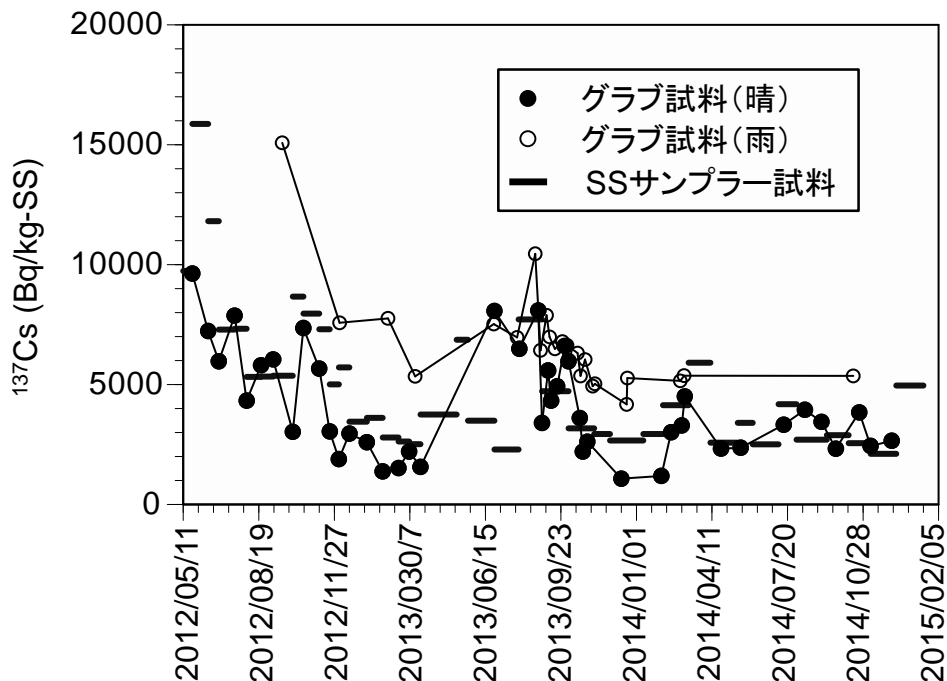


図32 大堀川における放射性セシウム濃度変動  
(Yamashita et al. 2015, J Water Environ Technol; Murakami et al. 2016, Water Res)

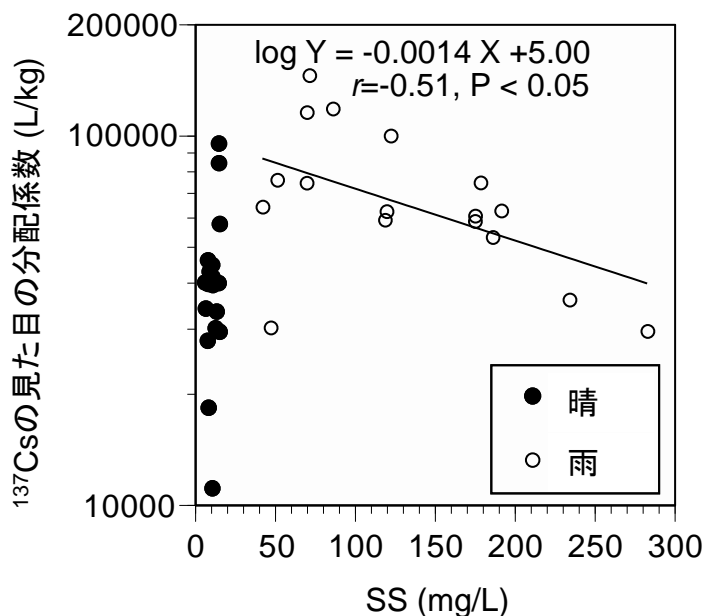


図33 SS濃度と放射性セシウムの分配係数の関係 (Murakami et al. 2016, Water Res)

次に大堀川と手賀沼における放射性物質のフラックス量やストック量の時間変化を解明するために、3ヶ月に1回程度の頻度で堆積物コアのセシウム濃度を測定した。セシウム濃度の時間変動は、中流域のStn. 4を除く全ての地点において短期的な変動がみられた。例えば上流のStn. 2で

は2011年に高濃度であったものが、その後大きく減少し、2013年の3月には再び急増して、その後急減少していた。一方、2012年の9月にピークが表れた地点もあった。これはその時の降雨量によってセシウム付きの土砂が貯まる場所が変化しているためと推測される。またそれ以外の地点においては、2013年の3月にピークが表れており、2011年10月より高濃度であった。これはセシウム付きの土砂の輸送が短期的であるために、観測直近の降雨の影響を示しており、たとえば2011年8月の台風時に作られたピークなどは既に輸送されているものと考えられる。手賀沼におけるセシウム濃度の鉛直分布の時系列を見ると、2011年においては、河口部より出口部分の地点において10000Bq/kgを超える高濃度のセシウムが、湖底の表層より深いところで見られた。続く2012年には河口部の地点で高く、その傾向は2013年も同様であった。しかし2013年12月の観測時には、河口部地点における濃度が減少し、逆に手賀沼の出口付近で高濃度化していることから、放射性物質が手賀沼内でも流下していることがわかった。また、この分布を見るかぎり放射性セシウムの一部は手賀沼から流出し利根川に流入したものと考えられる。最終的に大堀川と手賀沼における放射性セシウムのストック量と輸送フラックス量を算出した。大堀川における放射性セシウムのフラックスは、2012年には3,800 MBq/year、2013年には6.7 MBq/yearであった。年間3桁の減少は、半減期よりも大きく、細粒土砂中のセシウム濃度の減少が急速に進んだことがわかった。また、手賀沼の湖底に堆積した放射性セシウムは2012年で740,000 MBq、2013年には610,000 MBqとなっており、同様に土砂重量は2012年で440,000 ton、2013年350,000 tonと両方共に減少していることから、放射性セシウムに汚染された土砂が、手賀沼から利根川に流出しているとみられる。上記のフラックスとストックから、手賀沼流域で発生した放射性セシウムの輸送は、2011年に圧倒的に多くが輸送したとみられ、降下したセシウムの10%が2011年に輸送され、残りの90%はその後も流域に残存したと見られる。同様の検討を阿武隈川で行った結果では降下総量の1%だけが水系に輸送されたとみられている。したがって大堀川流域では、阿武隈川のおよそ10倍のセシウム輸送が発生したとみられ、この原因は、手賀沼流域が阿武隈川流域と比較して都市化しているためと考えられる。

市街地を対象とした放射性セシウムの動態解明に関する研究はチェルノブイリ事故、2011 年事故においても非常に限られており、本成果によって極めて貴重な知見を提供できた。とりわけ、都市河川を対象に、雨天時に高頻度で放射性セシウムについて調査を重ねた研究事例はなく、新規性の高く、重要な知見を提示することができた。

### ③森林地域における放射性セシウムの動態解析およびその管理

福島第一原発後 2 年半を経過した 2013 年 9 月から宮城県丸森町筆甫地区の森林エッジで空間線量率の定点計測を約 3 年実施した。定点付近には直径 70m 程度の牧草地、それを囲む樹林帯、その周囲には広葉樹落葉が存在し、それらが空間線量率の変動を形成するうえで、樹林そのものや牧草地内土壌のセシウムの 3 次元分布がどのような影響を与えるかが未解明であった。しかし、「表層が一様に汚染された平面における物理崩壊のみによる空間線量率の低減計算値」と比べると、2015 年 6 月 24 日ごろまでは実測値の低減がはやく、バイオマス態セシウムなどの定点付近から下流への流出が原因であると考えられた。実際に定点付近にある溪流にはコンスタントに1300Bq/kgを超えるバイオマス態セシウムが観察され、その考えを裏付けていた。しかし、2015年9月初旬に全国的に記録された大降雨ののち、9月30日の一瞬の上昇をのぞいて、線量率は6月24日レベルのまま低減は起こらなくなった。9月初旬の大降雨以後、現場では6月24日時点で観察されたバイオマスが洗われ、流出するソースとなるバイオマスが存在しなくなったためと考えられる。これらのことから、森林エッジでの空間線量率に大きな影響を与えるのは水文流出現象であり、樹林そのものや土壌内に蓄積されているセシウムが空間線量率変化に与える影響は小さいことがわかった。

バイオマスの流出・流下が森林エッジの空間線量率に大きな影響を与えるとすると、流出・流下するバイオマスの下流域の二次汚染を防ぐことが必要になる。そこで、広葉樹落葉を次亜塩素酸ナトリウムによって減容化・低濃度化することを測った。この方法は、完全混合系を形成すれば、次亜塩素酸ナトリウム濃度と反応温度・時間のみが制御変数となる、簡易な方法であるため実用性が高い。そこで、232Bq/kgの処理前落葉50gを4Lの5000ppm次亜塩素酸ナトリウム溶液内で70℃で2時間反応させた後の残渣1と、それをさらに10000ppmの次亜塩素酸ナトリウム溶液内で85℃

で1時間反応させた後の残渣2の成分変化を比較した。処理前落葉に対し残渣2は19gであり、62%分の減容が起こり38%の存在量となったことがわかった。セシウム濃度も232Bq/kgから90Bq/kgへと低減していた。このとき、①上澄み液中のセシウム存在量を考慮すると、ミッシングなセシウムの全く存在しない安全な処理方法であり、②成分のうち、有効利用の難しいリグニンが大きく減っており、セルロースの割合が増えることから、残渣の有効利用が可能と考えられる。この2点より、もっとも簡易な減容化方法が焼却であるとしても、高濃度焼却灰を算出するという問題があることから、先にここで示した湿式酸化により低濃度化したうえで焼却する、さらに有用成分を利用するなどの代替案が提案できる。今後、安全性が確認されたこの方法をより濃度の高いバイオマスに適用し、減容化率と低濃度化率を確かめるとともに、最適な制御条件を追求していくことにより実用化が可能になる。

#### ④下水処理場の汚泥中の放射性セシウムの経時変化とその特性

下水処理場の集水域内における放射性セシウム( $^{137}\text{Cs}$ )の動態に関するシミュレーションを行うモデルは開発されているものの、それらのモデル構造は観測データに基づいて決定されたものではなく、モデル構造の妥当性に関して十分に検討されているとは言い難い。そこで本研究は、まず福島県内の下水処理場で測定された毎日の $^{137}\text{Cs}$ の濃度(Bq/kg)および汚泥発生量データ(kg/d)から、下水処理場に流入する $^{137}\text{Cs}$ の総量(Bq/d)を推定し、その通減特性を Kobayashi and Yokoo (2014)の手法を用いて解析した。その結果、下水処理場に流入する $^{137}\text{Cs}$ の総量(Bq/d)の時系列データには通減係数の異なる複数の成分が混在していることが明らかになった。

次に、下水処理場に流入する $^{137}\text{Cs}$ の総量(Bq/d)の時系列データに含まれていた通減係数の異なる複数の成分を特定するため、Kobayashi & Yokoo (2014)にならってフィルター分離法を用いて $^{137}\text{Cs}$ の総量(Bq/d)の時系列データを通減特性が異なる4成分に成分分離した。この成分数は、通減特性の違いを区別する程度によって異なるが、“底を3とした際の通減時定数の対数を整数値化した値が異なる場合には成分が異なる”と仮定すると、効率的に成分分離できることが分かった。

さらに、成分分離した $^{137}\text{Cs}$ の総量(Bq/d)の時系列データの各成分を用いて、Kobayashi and Yokoo (2014)の手法にならって $^{137}\text{Cs}$ の貯留・流出関係を成分別に推定し、下水処理場集水域内の $^{137}\text{Cs}$ の貯留量の経時変化を推定した。その結果、集水域内の $^{137}\text{Cs}$ の貯留量は、短期的な増減はあるもの、その変動の大きさはむしろ小さく、長期的な変動が支配的であることがわかった。この長期的な変動を見ると、集水域内の $^{137}\text{Cs}$ の貯留量は明確な減少傾向にあることがわかった。ただ、この減少傾向は単調現象ではなく、8月から11月に増加する傾向があることも判明した。この原因を降水量や $^{137}\text{Cs}$ の降下物量データと照らし合わせて検討した結果、毎年2〜3月に増加する $^{137}\text{Cs}$ の降下物が地表面に到達し、8月から11月の降水量の増加によって下水処理場まで $^{137}\text{Cs}$ がゆっくりと輸送されることで、8月から11月に増加する長期的な変動が発生しているのではないかと推測された。

本研究のまとめとして、下水処理場の集水域内の $^{137}\text{Cs}$ の貯留量の推定値を利用して、集水域内の $^{137}\text{Cs}$ の収支を計算した。その結果、 $^{137}\text{Cs}$ については貯留量や下水処理場への流入量に比べて、降下物量がかかなり大きいと推定された。本研究で $^{137}\text{Cs}$ の収支を計算しようとして推定した $^{137}\text{Cs}$ の「貯留量」は下水処理場への $^{137}\text{Cs}$ の流入量データから推定したものであり、流域内に降下した $^{137}\text{Cs}$ のすべての貯留量を指している訳ではない点に注意が必要である。つまり、 $^{137}\text{Cs}$ の降下物のうちほとんどは、都市河川流域での他の調査のとおり、流出率は限定的であり、下水処理場に到達するのは沈着量の一部であったと考えられた。

#### ⑤飲食物由来の放射性セシウムの被ばく量および発がんリスク評価

事故から1年間の飲食物由来の放射性物質の曝露量を、福島市、東京、大阪を対象に推定した(図34)。ヨウ素とセシウムの合計被ばく量(実効線量)の算術平均値は、福島62 $\mu\text{Sv}$ 、東京25 $\mu\text{Sv}$ 、大阪2.7 $\mu\text{Sv}$ であり、自然放射性物質である $^{40}\text{K}$ の180 $\mu\text{Sv}/\text{年}$ 、 $^{210}\text{Po}$ の730 $\mu\text{Sv}/\text{年}$ よりも低かった。また、福島市や東京ではセシウムよりもヨウ素の曝露量の方が高かったのに対し、大阪では逆であった。これは、福島市や東京では、飲料水や野菜などの近郊の食品からの被曝量が

高かったために、ローカルな汚染を反映していたのに対し、大阪は、食品のトレードを介して被ばくを受けたためと推察された。福島市における放射性物質の摂取について事故からの経時変化をみると、放射性ヨウ素は、最初の2週間で総量の80%以上を摂取していた。このことは、迅速な対応が曝露量削減において重要なことを示唆している。一方で、放射性セシウムでは、野菜や魚介類からの摂取が継続していた。飲食物由来の放射性ヨウ素およびセシウムによる発がんリスクを算出した。ここでは、事故から1年間だけではなく、放射性崩壊による減衰のみを考慮して、一生涯の曝露量をもとに算出した。福島市における甲状腺がん発症リスクは、 $2.3\text{--}39 \times 10^{-6}$ であった。一方、平時から摂取している飲食物中の自然放射性物質、無機ヒ素、アクリルアミドの発がんリスクと比べると、1桁から2桁も低かった。

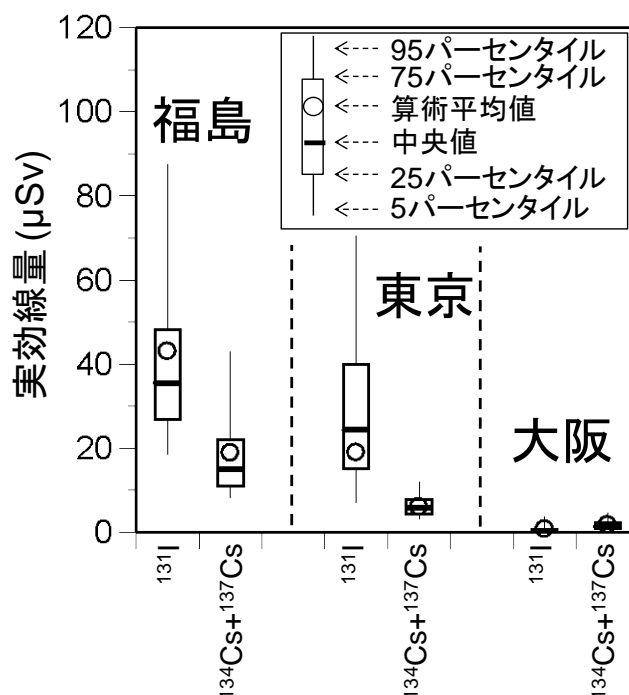


図34 福島市、東京、大阪における事故から1年間での飲食物由来の放射性物質の曝露量推定結果(19歳以上、男) (Murakami and Oki, 2014, Plos One)

#### ⑥放射性物質へのリスク認知と人々の意志決定の支援

放射性物質へのリスク認知が、避難後の帰還や除染対策への考え方、ならびに飲食物購入回避など様々な意思決定に対し関係性が高いことが考えられる。そこで、まず、避難先から故郷への帰還意志と放射性物質のリスク認知との関係をオンラインアンケートによって調査した。さらに、発がんリスク情報と被ばく量情報という提示方法によって帰還意志が異なるかどうかを調べ、その違いに影響を及ぼす因子を特定した。その結果、発がんリスクや被ばく量が減少するとともに、帰還率(帰還すると回答した人の割合)が上昇した。特に、放射性物質に対して直感的に恐ろしいと思うグループの方が有意に低い帰還率を示した。一方、放射性物質のリスクに未知性があると考えるかどうかについては、帰還率に有意な差が見られなかった。被ばく量の大小よりも、放射性物質を直感的に恐ろしいと感じるかどうかというリスク認知の方が帰還意志に強い影響を及ぼしていた。また、被ばく量情報よりも、それに相当する発がんリスク情報を提示した時の帰還率の方が有意に高く、放射性物質に対して直感的な恐ろしさを感じる人の一部が、発がんリスク情報を提示された場合においてリスクが小さいと感じることが明らかとなった。

丸森町を対象にした調査の結果、除染などの被ばく対策による放射線リスクへの不安感低減と、自然環境やコミュニティでの交流が主観的幸福度の向上に寄与することが分かった。今後の除染計画・被ばく対策と並行して、地域活性化を目指す施策立案に資する成果を上げることができ

た。

このほかに、飲食物中の放射性セシウムの被ばくに対するリスク認知と情報提示の関係に関する解析では、被ばく線を他の放射線被ばく量と比較した提示方法は、発がんリスクなどの情報を併記した方法よりも、リスクの受容度が低く、リスクが高く受け止められることが明らかとなった。基準値算定や出荷制限の設定、放射線被ばくに関するリスクコミュニケーションを進める上で、適切な方策立案に資する成果をあげることができた。

さらに、基準値の根拠についての紹介がリスクコミュニケーションの上で重要と考え、「基準値のからくり—安全はこうして数字になった—(講談社ブルーバックス)」を約 2 万部出版し(電子版含む)、広く社会に知の普及を果たした。

## § 4. 成果発表等

### 1. 原著論文発表 (国内(和文)誌 12 件、国際(欧文)誌 68 件)

1. Yoshimura, K., C. Frankenberg, J. Lee, M. Kanamitsu, J. Worden, T. Röckmann (2011) Comparison of an isotopic AGCM with new quasi global satellite measurements of water vapor isotopologues, *J. Geophys. Res.*, 116, D19118, doi:10.1029/2011JD016035.
2. Kinoshita, N. K. Sueki, K. Sasa, J. Kitagawa, S. Ikarashi, T. Nishimura, Y.-S. Wong, Y. Satou, K. Handa, T. Takahashi, M. Sato, T. Yamagata (2011) Assessment of individual radionuclide distributions from the Fukushima nuclear accident covering central-east Japan, *PNAS*, 108(49), 19526–19529, Doi: 10.1073/pnas.1111724108.
3. Murakami, M. and T. Oki (2012) Estimation of thyroid doses and health risks resulting from the intake of radioactive iodine in foods and drinking water by the citizens of Tokyo after the Fukushima nuclear accident, *Chemosphere*, Doi:10.1016/j.chemosphere.2012.02.028.
4. 新田友子, 芳村圭, 高田久美子, 大石龍太, 鼎信次郎, 沖大幹 (2012) 陸面モデルにおけるサブグリッドスケールの積雪被覆率と積雪深の変化の表現, 土木学会論文集 B1(水工学), 第 68 巻 4 号, ppI\_325-I\_335.
5. Mouri, G., S. Shinoda, and T. Oki (2012) Assessing environmental improvement options from a water quality perspective for an urban-rural catchment. *Environmental Modelling & Software*, 32, 16–26. Doi:10.1016/j.envsoft.2011.1.018.
6. Liu, Z., G. J. Bowen, J. M. Welker, and K. Yoshimura (2012) Winter precipitation isotope ( $\delta 180$ ) slopes of the contiguous USA and their relationship to the Pacific/North American (PNA) pattern, *Climate Dynamics*, 39. (DOI:10.1007/s00382-012-1548-0)
7. Ishizaki, Y., K. Yoshimura, S. Kanae, M. Kimoto, N. Kurita, and T. Oki (2012) Interannual variability of H2180 in precipitation over the Asian monsoon region, *J. Geophys. Res.*, 117, D16308. (DOI:10.1029/2011JD015890)
8. Okazaki, A. P. J. -F. Yeh, K. Yoshimura, M. Watanabe, M. Kimoto, T. Oki (2012) Changes in flood risk under global warming estimated using MIROC5 and the discharge probability index, *J. Meteorol. Soc. Japan*, 90, 509–524. (DOI:10.2151/jmsj.2012-405)
9. 佐谷茜・芳村圭・沖大幹 (2013) IsoRSM を用いた放射性物質移流シミュレーション及び不確実性の分析、土木学会論文集 B1(水工学)、69、1765–1770.
10. 新田友子・芳村圭・J. D. Annan・J. C. Hargreaves・鼎信次郎・沖大幹 (2013) アンサンブル実験による全球陸域積雪シミュレーションの不確実性評価、土木学会論文集 B1(水工学)、69、439–444.

11. 芳村圭・三好建正・金光正郎 (2013) アンサンブルカルマンフィルタを用いた水同位体比データ同化に向けた理想化実験、土木学会論文集 B1(水工学)、69、1795-1800.
12. Mouri, G., Shinoda, S., Oki, T. (2012). Assessing environmental improvement options from a water quality perspective for an urban-rural catchment. *Environmental Modelling & Software*, 32C, 16-26.
13. Mouri, G., Shinoda, S., Golosov, V., Shiiba, M., Hori, H., Kanae, S., Takizawa, S., Oki, T. (2012) Ecological and hydrological responses to climate change in an urban - forested catchment, Nagara River basin, Japan. *Urban Climate*, 1C, 40-54.
14. Mouri, G., Golosov, V., Chalov, S., Vladimir, B., Shiiba, M., Hori, T., Shinoda, S., Oki, T. (2013) Assessing the effects of consecutive sediment-control dams using a numerical hydraulic experiment modelling river-bed variation. *CATENA*, 104C, 174-185.
15. Mouri, G., Minoshima, D., Golosov, V., Chalov, S., Seto, S., Yoshimura, K., Nakamura, S., Oki, T. (2013) Probability assessment of flood and sediment disasters in Japan using the Total Runoff-Integrating Pathways model. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 3C, 31-43.
16. Mouri, G., Golosov, V., Chalov, S., Takizawa, S., Oguma, K., Yoshimura, K., Shiiba, M., Hori, T., Oki, T. (2013) Assessment of potential suspended sediment yield in Japan in the 21st century with reference to the general circulation model climate change scenarios. *Global and Planetary Change*, 102C, 1-9.
17. Wei, Z., A. Okazaki, H. Maeda, Y. Satoh, M. Kiguchi, K. Noda, M. Koike, W. Kim, Z. Liu, and K. Yoshimura (2014) Investigating vegetation-atmosphere water exchange by using high frequency spectroscopy vapor isotope observations, 土木学会論文集 B1(水工学), 70(4), I\_181-I\_186.
18. 鳩野美佐子・芳村圭・山崎大・沖大幹 (2014) 陸面・河川氾濫モデルによる洪水影響人口の全球実時間算定システムの構築, 土木学会論文集 B1(水工学), 70(4), I\_1519-I\_1524.
19. 小林秀平・横尾善之 (2014) 土壌雨量指数と流域スケールの雨水貯留量の推定値との関係, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 70, No. 4, I\_349-I\_354.
20. Liu, Z., K. Yoshimura, N. H. Buening and X. He (2014) Solar cycle modulation of the Pacific-North American teleconnection influence on North American winter climate, *Environ. Res. Lett.* 9 (DOI:10.1088/1748-9326/9/2/024004)
21. Hatono, M., K. Noda, H.-J. Kim, S. Baimoung, K. Yoshimura, K. Oki, and T. Oki (2014) Analysis of the relation between surface water coverage and water volume using satellite data, *Hydrological Research Letters* (DOI: 10.3178/hrl.8.15)
22. Liu, Z., K. Yoshimura, C. D. Kennedy, X. Wang, S. Pang (2013) Water vapor  $\delta D$  over eastern Asia derived from SCIAMACHY satellite measurements, *Science China Earth Sciences* (DOI: 10.1007/s11430-013-4687-1).
23. Liu, G., K. Kojima, K. Yoshimura, T. Okai, A. Suzuki, T. Oki, F. Siringan, M. Yoneda, H. Kawahata (2013) A model-based test of accuracy of seawater oxygen isotope ratio record derived from a coral dual proxy method at southeastern Luzon Island, the Philippines, *Journal of Geophysical Research - Biogeosciences*, 2012JG002266. (DOI: 10.1002/jgrg.20074)
24. Yoshimura, K. and M. Kanamitsu (2013) Incremental correction for the dynamical downscaling of ensemble mean atmospheric fields, *Monthly Weather Review*, 141, 3087-3101 (doi:10.1175/MWR-D-12-00271.1).
25. Mouri, G., Shinoda, S., Oki, T., 2013. Assessment of the historical environmental changes from a survey of local residents in an urban-rural catchment, *Ecological Complexity*, 15, 83-96, DOI: 10.1016/j.ecocom.2013.04.001.



26. Mouri, G., Shinoda, S., Golosov, V., Chalov, S., Shiiba, M., Hori, T., Oki, T. (2014) Estimating the collapse of aggregated fine soil structure in a mountainous forested catchment, *Journal of Environmental Management*, 138, 24-31, DOI: 10.1016/j.jenvman.2013.08.014.
27. Mouri, G., Takizawa, S., Fukushi, K., Oki, T. (2013) Estimation of the effects of chemically-enhanced treatment of urban sewage system based on life-cycle management. *Sustainable Cities and Society*, 9C, 23-31, DOI: 10.1016/j.scs.2013.02.003.
28. Mouri, G., Golosov, V., Shiiba, M., T., Hori (2014) Assessment of the caesium-137 flux adsorbed to suspended sediment in a reservoir in the contaminated Fukushima region in Japan, *Environmental Pollution*, 187, 31-41, DOI: 10.1016/j.envpol.2013.12.018.
29. Mouri, G., Ros, F. C., Chalov, S., 2014. Characteristics of suspended sediment and river discharge during the beginning of snowmelt in volcanically-active mountainous environments, *Geomorphology*, 213, 266-276, DOI: 10.1016/j.geomorph.2014.02.001.
30. Yokoo, Y., Wattanakarn, C., Wattanakarn, S., Semcharoen, V., Promasakha na Sakolnakhon, K. and Soralump, S. (2014) Storage under the 2011 Chao Phraya river flood: An interpretation of watershed-scale storage changes at two neighboring mountainous watersheds in northern Thailand, *Hydrological Research Letters*, 8, 1-8, (DOI: 10.3178/hr1.8.1)
31. Kobayashi, S. and Yokoo, Y. (2013) Estimating watershed-scale storage changes from hourly discharge data in mountainous humid watersheds: toward a new way of dominant process modeling, *Hydrological Research Letters*, 7, 97-103. (DOI: 10.3178/hr1.7.97)
32. Koibuchi, Y. (2013) Tracing fine-grained sediment transport around Tokyo Bay using cesium-134 and cesium-137 originating from Fukushima Daiichi Power Plant, *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 169, 191-201. (DOI: 10.2495/CP130171)
33. Tagami, K., Nagata, I., Sueki, K. (2014) Estimated environmental radionuclide transfer and deposition into outdoor swimming pools, *J. Environmental Radioactivity*, **136**, 30-35. (DOI: 10.1016/j.jenvrad.2014.04.014)
34. Nitta, T, K. Yoshimura, K. Takata, R. O'ishi, T. Sueyoshi, S. Kanae, T. Oki, A. Abe-Ouchi, and G. E. Liston, (2014) Representing variability in subgrid snow cover and snow depth in a global land model: Offline validation, *J. Clim.*, 27, 3318-3330.
35. Chang, E.-C., S.-W. Yeh, S.-Y. Hong, J.-E. Kim, R. Wu, K. Yoshimura, (2014) Study on the changes in the East Asian precipitation in the mid-1990s using a high-resolution global downscaled atmospheric dataset, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, doi:10.1002/2013JD020903.
36. Liu, Z., K. Yoshimura, G. J. Bowen, N. H. Buenning, C. Risi, J. M. Welker, F. Yuan, (2014) Paired oxygen isotope records reveal modern North American atmospheric dynamics during the Holocene, *Nature Communications*, doi:10.1038/ncomms4701.
37. Yoshimura, K., T. Miyoshi, M. Kanamitsu, (2014) Observation system simulation experiments using water vapor isotope information, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, doi:10.1002/2014JD021662.
38. 千葉宇彦, 横尾善之(2015), 流域スケールの雨水貯留量推定法の理論的修正とその効果, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.71, No.4, (水工学論文集 第 59 巻), 1289-1294.

39. Murakami, M. and Oki, T. (2014) Estimated Dietary Intake of Radionuclides and Health Risks for the Citizens of Fukushima City, Tokyo, and Osaka after the 2011 Nuclear Accident, PLOS ONE, 9(11), e112791, DOI: 10.1371/journal.pone.0112791.
40. Fischer, H.W. and Yokoo, Y. (2014), Preliminary comparison of radioisotope concentration in sewage sludge after the Fukushima and Chernobyl accidents, Energy Procedia, 59, 256–262, DOI:10.1016/j.egypro.2014.10.375..
41. Yukihiko Satou, Keisuke Sueki, Kimikazu Sasa, Jun-ichi Kitagawa, Satoshi Ikarashi, Norikazu Kinoshita, “Vertical distribution and formation analysis of the  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{129\text{m}}\text{Te}$ , and  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant in the beach soil” *J Radioanal. Nucl. Chem.* (2014) DOI 10.1007/s10967-014-3562-7.
42. Saya, A., K. Yoshimura, T. Oki, Simulation of radioactive tracer transport using IsoRSM and uncertainty analyses, Journal of JSCE 3, 60–66. (DOI:10.2208/journalofjsce.3.1.60, 2015)
43. Okazaki, A., Y. Satoh, G. Tremoy, F. Viemux, R. A. Scheepmaker, and K. Yoshimura, Interannual variability of isotopic composition in water vapor over West Africa and its relation to ENSO, Atmos. Chem. Phys., 15, 3193–3204. (DOI:10.5194/acp-15-3193-2015, 2015)
44. Liu, G., K. Kojima, K. Yoshimura, A. Oka, Proxy interpretation of coral-recorded seawater  $\delta 18\text{O}$  using 1D model forced by isotope-incorporated GCM in tropical oceanic regions, J. Geophys. Res. Atmos., 119. (DOI:10.1002/2014JD021583)
45. Minamide, M. and K. Yoshimura, Orographic Effect on the Precipitation with Typhoon Washi in the Mindanao Island of the Philippines, SOLA, 10, 67–71, 2014.
46. Liu, Z., K. Yoshimura, G.J. Bowen, J.M. Welker, Pacific-North American Teleconnection Controls on Precipitation Isotopes ( $\delta 18\text{O}$ ) across the Contiguous United States and Adjacent Regions: A GCM-Based Analysis, J. Climate, 27, 1046–1061, 2014.
47. 芳村 圭, 中村晋一郎, 鳩野美佐子, 向田清峻, 石塚悠太, 内海信幸, 木口雅司, 金炯俊, 乃田啓吾, 牧野達哉, 鼎信次郎, 沖大幹 (2016) 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による茨城県常総市における鬼怒川洪水に関する調査及び考察. 土木学会論文集 B1(水工学), 72.
48. Chang, E.-C. and K. Yoshimura, (2015) A semi-Lagrangian advection scheme for radioactive tracers in the NCEP Regional Spectral Model (RSM), Geosci. Model Dev., 8, 3247–3255
49. Liu, Z., Z. Jian, K. Yoshimura, N. H. Buenning, C. J. Poulsen, and G. J. Bowen, (2015) Recent contrasting winter temperature changes over North America linked to enhanced positive Pacific North American pattern, Geophys. Res. Lett.
50. Wei, Z., K. Yoshimura, A. Okazaki, W. Kim, Z. Liu, M. Yokoi, (2015) Partitioning of evapotranspiration using high frequency water vapor isotopic measurement over a rice paddy field, Water Resour. Res.
51. Saya, A., K. Yoshimura, T. Oki (2015) Simulation of radioactive tracer transport using IsoRSM and uncertainty analyses, Journal of JSCE 3, 60–66
52. Okazaki, A., Y. Satoh, G. Tremoy, F. Viemux, R. A. Scheepmaker, and K. Yoshimura (2015) Interannual variability of isotopic composition in water vapor over West Africa and its relation to ENSO, Atmos. Chem. Phys., 15, 3193–3204
53. He, X., H. Kim, P.-E. Kirstetter, K. Yoshimura, E.-C. Chang, C. R. Ferguson, J. M. Erlingis, Y. Hong, T. Oki (2015) The Diurnal Cycle of Precipitation in Regional Spectral Model Simulations over West Africa: Sensitivities to Resolution and Cumulus Schemes. Wea. Forecasting, 30, 424–445.
54. Michio Murakami, Nao Shibayama, Keisuke Sueki, Goro Mouri, Haechong O, Mihiro Nomura, Yukio Koibuchi, Taikan Oki (2016) Occurrence and partition ratios of radiocesium in an urban river during dry and wet weather after the 2011 nuclear accident in Fukushima, Water Research, 92, 87–93.

55. Michio Murakami, Kyoko Ono, Masaharu Tsubokura, Shuhei Nomura, Tomoyoshi Oikawa, Toshihiro Oka, Masahiro Kami, Taikan Oki (2015) Was the risk from nursing-home evacuation after the Fukushima accident higher than the radiation risk?, PLOS ONE, 10(9): e0137906.
56. Michio Murakami, Kyoko Ono, Jun Nakatani (2015) Perception of Radiation Risk and Willingness to Return Home Following Decontamination, Environmental Science(環境科学会誌), 28(3), pp.193-210, 2015.
57. Yukio Koibuchi, Michio Murakami, Keisuke Sueki, Yuichi Onda (2015) Sediment-associated radiocesium originated from Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant flowing from Ohori River to Lake Teganuma, Journal of Water and Environment Technology, 13(3), pp.249-261.
58. Rei Yamashita, Michio Murakami, Yuichi Iwasaki, Nao Shibayama, Keisuke Sueki, Mahua Saha, Goro Mouri, Soulichan Lamxay, Haechong O, Yukio Koibuchi, Hideshige Takada (2015) Temporal variation and source analysis of radiocesium in an urban river after the 2011 nuclear accident in Fukushima, Japan, Journal of Water and Environment Technology, 13(2), pp.179-194.
59. Sasa, K., Takahashi, T., Matsumura, M., Matsunaka, T., Satou, Y., Izumi, D. and Sueki, K. (2015) The new 6 MV multi-nuclide AMS facility at the University of Tsukuba. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B, 361, 124-128.
60. Matsunaka, T., Sasa, K., Sueki, K., Takahashi, T., Matsumura, M., Satou, Y., Kitagawa, J., Kinoshita, N. and Matsuzaki, H. (2015) Post-accident response of near-surface <sup>129</sup>I levels and <sup>129</sup>I/<sup>127</sup>I ratios in areas close to the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant, Japan. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B361, 569-573.
61. Satou, Y., Sueki, K., Sasa, K., Matsunaka, T., Takahashi, T., Shibayama, N., Izumi, D., Kinoshita, N. and Matsuzaki, H. (2015): Technological developments for strontium-90 determination using AMS. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B, 361, 233-236.
62. Wei, Z., K. Yoshimura, A. Okazaki, K. Ono, W. Kim, M. Yokoi, C.-T. Lai, (2016) Understanding the variability of water isotopologues in near-surface atmospheric moisture over a humid subtropical rice paddy in Tsukuba, Japan, J. Hydrol., 533, 91-102
63. Ham, S., J.-W. Lee, K. Yoshimura, Assessing future climate changes in the East Asian summer and winter monsoon using Regional Spectral Model (2016), J. Meteor. Soc. Japan, 94
64. Ham, S., K. Yoshimura, H. Li, (2016) Historical dynamical downscaling for East Asia with the atmosphere and ocean coupled regional model, J. Meteor. Soc. Japan, 94
65. Mouri, G Assessment of land cover relocation incorporating the effects of human activity in typical urban and rural catchments for the design of management policies, Environmental Science&Policy, DOI: 10.1016/j.envsci.2015.02.004.
66. Michio Murakami (2016): Risk analysis as regulatory science: Toward the establishment of standards, Radiation Protection Dosimetry
67. Shinya Yamasaki, Junpei Imoto, Genki Furuki, Asumi Ochiai, Toshihiko Ohnuki, Keisuke Sueki, Kenji Nanba, Rodney C. Ewing, Satoshi Utsunomiya: Radioactive Cs in the estuary sediments near Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Science of the Total Environment, 551-552 (2016) 155-162.
68. Matsunaka, T., Sasa, K., Sueki, K., Takahashi, T., Satou, Y., Matsumura, M.,

- Kinoshita, N., Kitagawa, J. and Matsuzaki, H. (2016): Pre- and post-accident <sup>129</sup>I and <sup>137</sup>Cs levels, and <sup>129</sup>I/<sup>137</sup>Cs ratios in soil near the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant, Japan. *Journal of Environmental Radioactivity*, 151, 209-217
69. Yukihiro Satou, Keisuke Sueki, Kimikazu Sasa, Kouji Adachi, Yasuhito Igarashi, First successful isolation of radioactive particles from soil near the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, *Anthropocene*, doi:10.1016/j.ancene.2016.05.001.
  70. Bhattarai, R., K. Yoshimura, S. Seto, S. Nakamura, T. Oki (2016) Statistical model for economic damage from flood inundation in Japan using rainfall data and socio-economic parameters, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16, 1063-1077, doi:10.5194/nhess-16-1063-2016.
  71. Liu, Z., K. Yoshimura, N. Buenning, Z. Jian The response of winter Pacific North American pattern to the largest volcanic eruptions, *Clim. Dyn.*, doi:10.1007/s00382-016-3287-0, 2016.
  72. 芳村圭、水同位体比情報を用いたデータ同化、*水文科学会誌*, 46, 87-99, 2016.
  73. Shigeki Harada, Mitsunori Yanagisawa (2017) Evaluation of a Method for Removing Cesium and Reducing the Volume of Leaf Litter from Broad-leaved Trees Contaminated by the Fukushima Daiichi Nuclear Accident During the Great East Japan Earthquake, *Chemosphere*, 172, 516-524, doi:10.1016/j.chemosphere.2016.11.139
  74. Michio Murakami, Shigeki Harada, Taikan Oki (2017) Decontamination reduces radiation anxiety and improves subjective well-being after the Fukushima accident, *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 241(2), 103-116, doi: 10.1620/tjem.241.103.
  75. Michio Murakami, Jun Nakatani, Taikan Oki (2016): Evaluation of risk perception and risk-comparison information regarding dietary radionuclides after the 2011 Fukushima nuclear power plant accident, *PLoS ONE*, 11(11): e0165594, doi: 10.1371/journal.pone.0172248.
  76. Maki Honda, Hiroyuki Matsuzaki, Hisao Nagai, Keisuke Sueki (2017): Depth profiles and mobility of <sup>129</sup>I originating from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant disaster under different land uses, *Applied Geochem.*, doi:10.1016/j.adgeochem.2017.01.023
  77. Wei, Z., K. Yoshimura, L. Wang, D. Miralles, S. Jasechko, X. Lee (2017): Revisiting the contribution of transpiration to global terrestrial evapotranspiration, *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1002/2016GL072235.
  78. Okazaki, A. and K. Yoshimura, (2016): Development and evaluation of a system of proxy data assimilation for paleoclimate reconstruction, *Clim. Past Discuss.*, doi:10.5194/cp-2016-121.
  79. Ramzan, M., S. Ham, M. Amjad, E.-C. Chang and K. Yoshimura (2017): Sensitivity evaluation of spectral nudging schemes in historical dynamical downscaling for South Asia, *Advances in Meteorology*.
  80. Yoshikane, T., K. Yoshimura, E.-C. Chang, A. Saya, and T. Oki (2016): Long-distance transport of radioactive plume by nocturnal local winds, *Scientific Reports*, 6, doi:10.1038/srep36584.

## 2. その他の著作物(総説、書籍など)

1. 筆保弘徳・芳村圭(編), 天気と気象についてわかっていること知らないこと, ベレ出版, ISBN 978-4-86064-351-5, 280p, 2013 年 4 月.
2. 村上道夫, 永井孝志 (2013) 微量化学物質の発がんリスクとその受容レベル, *水環境学会誌*, 36A(9), 322-326.

3. 村上道夫, 小野恭子, 保高徹生 (2013) 除染後の被曝量と帰還意志, 環境と公害, 42(4), 42-48.
4. 村上道夫, 永井孝志, 小野恭子, 岸本充生 (著) (2014) 基準値のからくり—安全はこうして数字になった—, 講談社ブルーバックス.
5. 芳賀健大朗・小林秀平・横尾善之 (2014) 河川流量の成分分離を利用した降雨流出モデルの構造およびパラメータの推定, 東北地域災害研究, 第 50 巻, 103-108.
6. 三浦尚也・横尾善之 (2014) 脱水汚泥中の Cs-137 の変動特性モデリング, 東北地域災害研究, 第 50 巻, 217-222.
7. 鹿野雄大, 横尾善之 (2015), 下水処理場の集水域における Cs-137 の流出過程の推定, 東北地域災害科学研究, 第 51 巻, 189-194.
8. 村上道夫 (2017) リスクコミュニケーションにおいて専門家に求められる 7 のエッセンス, イルシー, 130, 3-10.

### 3. 国際学会発表及び主要な国内学会発表

#### (1) 招待講演 (国内会議 5 件、国際会議 5 件)

1. 芳村圭、水同位体を使った気候モデル及びデータ同化の進展、第 2 回同位体環境学シンポジウム、総合地球環境学研究所、2013 年 2 月 18 日
2. 芳村圭、局所アンサンブル変換カルマンフィルタを用いた同位体比データ同化に向けた理想化実験、京都大学地球惑星科学専攻地球科学輻合部特別講演会、京都、2012 年 9 月 7 日
3. 鯉淵幸生、東京湾の水環境と放射性物質の現状、産業の水資源管理と閉鎖性海域環境に関するシンポジウム(東京会場)、pp. 5-15、2012 年 11 月 16 日
4. K. Yoshimura, Idealized experiments for data assimilation of vapor isotope ( $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^2\text{H}$ ) with isotopic AGCM and ensemble Kalman filter, KIAPS seminar, Seoul, 2012/8/16.
5. \*Kei Yoshimura, Isotope data assimilations: Possibility and problems to be solved, First International Workshop on Advances in Observations, Models and Measurement Techniques of Atmospheric Water Vapor Isotopes, Paris, 2013/10/18.
6. Kei Yoshimura, Water isotope modeling and observations toward reconstruction for Asian hydroclimatology, JpGU2013 A-HW02, Makuhari, 2013/5/21.
7. 芳村圭、陸域生態系—水文—大気プロセス研究における水の安定同位体比情報利用の最前線、JpGU2014、横浜、2014/5/1.
8. 原田茂樹、森林域からのバックグラウンド流出負荷量算定の意義や手法を考える、第 19 回公益社団法人日本水環境学会シンポジウム、秋田、2016/9/14 (発表予定)
9. Michio Murakami: Utility of Risk Comparison Regarding Radiation as Individual and Social Decision-Making, The 1st International Symposium of the network-type Joint Usage/Research Center for Radiation Disaster Medical Science. (Hiroshima, 21, Feb. 2017)
10. Kei Yoshimura, Data assimilation with stable water isotope information, EGU Leonardo conference 2016, Ourense, Spain, 25-27 Oct 2016.

#### (2) 口頭発表 (国内会議 79 件、国際会議 31 件)

##### 1. 発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日

1. 村上道夫, 沖大幹, 飲食物由来の放射性物質による東京都民への曝露量および発がんリスクの推定, 2-D-10-4, p. 249, 第 46 回水環境学会年会, 東京, 2012 年 3 月 15 日
2. 笹公和, 末木啓介, 北川潤一, 高橋努, 沈洪涛, 松村万寿美, 木下哲一, 山形武靖, 松崎浩之, 福島原発事故由来の放射性ヨウ素 129 の加速器質量分析と放射性ヨウ素 131 評価法への適用, 日本原子力学会 2012 年春の年会, 福井, 2012 年 3 月 20 日

3. K. Yoshimura, A tracer simulation with IsoRSM on the issue of Fukushima nuclear accident, 11th International RSM Workshop, Jhongli, Taiwan, August 15-19, 2011.
4. K. Yoshimura, Validating an isotopic AGCM with new satellite measurements of water vapor isotopologues, The 32nd Asian Conference on Remote Sensing, Taipei, Taiwan, October 3-7, 2011.
5. K. Yoshimura, C. Frankenberg, J. Lee, M. Kanamitsu, J. Worden, T. Roeckmann, Comparison of an isotopic AGCM with new quasi global satellite measurements of water vapor isotopologues, AGU Fall meeting 2011, San Francisco, USA, December 4-10, 2011.
6. K. Sueki, J. Kitagawa, T. Amano, M. Tamari, K. Sasa, T. Takahashi, N. Kinoshita, H. Shen, Y. Tosaki, Y. Matsushi, H. Matsuzaki, Distributions of radionuclides  $^{36}\text{Cl}$  and  $^{129}\text{I}$  in surface soils, EA-AMS4, Tokyo, December 15-17, 2011.
7. 佐藤雄亮、沖大幹、芳村圭、人間活動を考慮した温暖化の渇水流量に対する影響評価、水文・水資源学会 2012 年研究発表会、広島、2012 年 9 月 27 日
8. 笹公和、末木啓介、高橋努、松村万寿美、佐藤志彦、安倍聡美、木下哲一、北川潤一、山形武靖、松崎浩之、福島県東部地域における福島第一原発事故由来のヨウ素129の表層土壌分布、2012年日本放射化学学会年会、東京、2012年10月3日
9. 笹公和、末木啓介、高橋努、松村万寿美、安倍聡美、佐藤志彦、柴山尚大、木下哲一、松四雄騎、北川潤一、山形武靖、西原健司、松崎浩之、福島第1原発事故により放出されてヨウ素129の陸域環境における輸送と沈着、第15回AMSシンポジウム、名古屋、2013年3月10日
10. 末木啓介、笹公和、柴山尚大、佐藤志彦、高橋努、松村万寿美、松崎浩之、村上道夫、山下麗、Mahua Saha、高田秀重、鯉淵幸生、Soulichan Lamxay、沖大幹、千葉県東葛地域大堀川流域における $^{137}\text{Cs}$ 及び $^{129}\text{I}$ の放射能濃度の経時変動、第15回AMSシンポジウム、名古屋、2013年3月10日
11. 笹公和、末木啓介、高橋努、松村万寿美、佐藤志彦、安倍聡美、木下哲一、北川潤一、山形武靖、西原健司、松崎浩之、福島第一原発事故により放出されたヨウ素129の環境中での分布：ヨウ素131との相関と炉内の放射能比との比較、日本原子力学会2013年春の年会、東大阪、2013年3月26日
12. 山下麗、村上道夫、末木啓介、Mahua Saha、守利悟朗、Soulichan Lamxay、鯉淵幸生、高田秀重：大堀川における放射性セシウム濃度の長期変動、第47回日本水環境学会年会講演集、2-B-11-1, p. 239. (大阪, 2013. 3)
13. 鯉淵幸生：東京湾の汽水域における放射性物質の動態、日本水環境学会年会講演集、pp. 242、2013.
14. 鯉淵幸生：東京湾周辺の底質における放射性物質の空間分布特性、日本プランクトン学会・日本ベントス学会講演要旨集、S07, 2012.
15. E.-C. Chang, Semi-Lagrangian scheme for regional spectral model, The 3rd GRIMs Workshop and Tutorial, Jeju, Korea, 2013/3/6-8.
16. K. Yoshimura, T. Miyoshi, and M. Kanamitsu, Idealized Experiments for Data Assimilation of Vapor Isotopes ( $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta\text{D}$ ) with Isotopic AGCM and Ensemble Kalman Filter, 12th International Regional Spectral Model Workshop, La Jolla, USA, 2012/11/8.
17. E.-C. Chang, S.-W. Yeh, S.-Y. Hong, R. Wu, and K. Yoshimura, Effects of the local sea surface temperature on the change of the summer precipitation components in mid-1990s over Northeast Asia, 12th International Regional Spectral Model Workshop, La Jolla, USA, 2012/11/8.
18. K. Yoshimura, Reproduction of isotopic signals in climate proxies with Isotope Reanalysis for 20th century, ACG36-01, JpGU2012, Makuhari, 2012/5/21.
19. K. Yoshimura, 20th Century Isotope Reanalysis, 4th WCRP International Conference on Reanalyses, Silver Spring, USA, 2012/5/9.

20. K. Yoshimura, Isotope Reanalysis for 20th century: Reproduction of isotopic time series in corals, tree-rings, and tropical ice cores, EGU2012-6364, Vienna, 2012/4/24.
21. 南出将志、芳村圭、台風 Washi に伴う降水現象に対する地形の影響、2013 年気象学会秋季大会、仙台、2013/11/19.
22. 前田英俊、魏忠旺、岡崎淳史、乃田啓吾、木口雅司、小池雅洋、金元植、芳村圭、レーザー分光計を用いた水田状の連続高頻度水蒸気同位体比測定、2013 年気象学会秋季大会、仙台、2013/11/21.
23. 芳村圭、水蒸気同位体比を用いた観測システムシミュレーション実験、2013 年気象学会秋季大会、仙台、2013/11/21.
24. Rajan Bhattarai, Kei Yoshimura, Shinta Seto, Taikan Oki, Vulnerability and damage functions for economical damage by flood inundation in Japan using exceedance probability index of rainfall and macro-scale economic parameters, 水文水資源学会年次講演会、神戸、2013/9/26.
25. 鳩野美佐子、芳村圭、沖大幹、陸面・河川氾濫モデルを用いた全球洪水リスク実時間算定システムの構築、水文水資源学会年次講演会、神戸、2013/9/26.
26. Mehwish Ramzan, Kei Yoshimura, Muhammad Amjad, Eun-Chul Chang, Comparative study of 2010-2011 floods in Pakistan using regional spectral model (IsoRSM), 水文水資源学会年次講演会、神戸、2013/9/26.
27. 新田友子、芳村圭、高田久美子、大石龍太、鼎信次郎、沖大幹、Glen E. Liston、陸面モデルにおけるサブグリッドスケールの積雪被覆率と積雪深の変化の表現、2013JpGU、幕張、2013/5/20.
28. 芳村圭、局所アンサンブル変換カルマンフィルタを用いた同位体比データ同化に向けた理想化実験、2013JpGU、幕張、2013/5/21.
29. 芳村圭、LETKF と IsoGSM を用いた水同位体比データ同化実験、2013 年気象学会春季大会、東京、2013/5/16.
30. 笹公和、末木啓介、高橋努、松村万寿美、松中哲也、佐藤志彦、柴山尚大、木下哲一、西原健司、松崎浩之、福島第一原発事故により放出された  $^{129}\text{I}$  の陸域環境での分布状況と  $^{131}\text{I}$  降下量の復元、2013 年度日本地球化学学会年会、つくば、2013/9/13.
31. 末木啓介、半田晃志、佐藤志彦、足立光司、五十嵐康人、福島原発事故で輸送された放射性物質の化学状態、2013 年度日本地球化学学会年会、つくば、2013/9/13.
32. 末木啓介、半田晃士、佐藤志彦、足立光司、五十嵐康人、筑波大学へ飛来した放射性セシウムの化学状態、日本放射線管理学会第12回学術大会、札幌、2013/11/28.
33. 佐藤志彦、末木啓介、笹公和、大竹良徳、国分宏城、連続化学抽出による土壤中放射性セシウムの存在状態評価、日本放射線管理学会第12回学術大会、札幌、2013/11/28.
34. 佐藤志彦、末木啓介、笹公和、大竹良徳、国分宏城、連続化学抽出や重力沈降法を用いた土壤に含まれる粒子状放射性セシウムの探索、第15回環境放射能研究会、つくば、2014/3/7.
35. 末木啓介、柴山尚大、佐藤志彦、笹公和、高橋努、松中哲也、松村万寿美、松崎浩之、村上道夫、山下麗、Mahua Saha、高田秀重、鯉淵幸生、Soulichan Lamxay、呉海鍾、守利悟朗、沖大幹、河川中のヨウ素 129 と放射性セシウムの挙動、第 16 回AMSシンポジウム、柏、2014/3/20.
36. Ros F. C., Mouri, G., 2014. Hydrologic system, suspended sediment and river discharge in extreme volcanic environment, 第 61 回日本生態学会大会、広島、2014/3/16
37. 芳賀健大朗・小林秀平・横尾善之、河川流量の成分分離を利用した降雨流出モデルの構造およびパラメータの推定、平成 25 年度 東北地域災害科学研究集会、秋田、2014/1/8.
38. 三浦尚也・横尾善之、脱水汚泥中の Cs-137 の変動特性モデリング、平成 25 年度 東北地域災害科学研究集会、秋田、2014/1/8.



39. 三浦淳・渡辺泰世・横尾善之・藪崎志穂, 裏磐梯毘沙門沼の融雪期における流入表水の水量と水質の関係, 平成 25 年度 東北地域災害科学研究集会, 秋田, 2014/1/8.
40. 小林秀平・横尾善之, 土壌雨量指数と流域スケールの雨水貯留量の推定値との関係, 第 58 回 土木学会水工学講演会, 神戸, 2014/3/5.
41. 村上道夫, 柴山尚大, 末木啓介, 守利悟朗, 呉海鍾, 野村実広, 鯉渕幸生, 沖大幹: 雨天時における大堀川の放射性セシウムの実態調査, 第 48 回日本水環境学会年会講演集, 仙台, 2014. 3. 17-19.
42. 村上道夫: 原発事故における避難と除染の基準の根拠, 日本リスク研究学会第 26 回年次大会, 東京, 2013. 11. 15-17.
43. 村上道夫, 小野恭子, 中谷隼: 放射性物質のリスク認知と除染後のふるさとへの帰還意志の関係, 日本リスク研究学会第 26 回年次大会, 東京, 2013. 11. 15-17.
44. 山下麗, 村上道夫, 柴山尚大, 末木啓介, Mahua Saha, 守利悟朗, Soulichan Lamxay, 呉海鍾, 鯉渕幸生, 高田秀重: 大堀川における放射性セシウムの固液分配と長期変動, 第 16 回日本水環境学会シンポジウム講演集, 沖縄, 2013. 11. 9-10.
45. 村上道夫, 小野恭子, 中谷隼: 放射性物質のリスク認知と帰還意志の関係, 社団法人環境科学会 2013 年会, 静岡, 2013. 9. 3-4.
46. 山下麗, 村上道夫, 末木啓介, Mahua Saha, 守利悟朗, Soulichan Lamxay, 呉海鍾, 鯉渕幸生, 高田秀重: 大堀川における放射性セシウムの長期変動と起源解析, 第 22 回環境化学討論会, 東京, 2013. 7. 31-8. 2.
47. Kei Yoshimura, Incremental Interpolation in the Dynamical Downscaling, International Workshop on Downscaling 2013, Tsukuba, 2013/10/3.
48. Eun-Chul Chang, Semi-Lagrangian advection scheme for radioactive tracers in a regional spectral model, International Workshop on Downscaling 2013, Tsukuba, 2013/10/3.
49. Liu, Z., K. Yoshimura, G.J. Bowen, L. Tian, Modern monsoon extent and moisture dynamics over eastern Asian: evidence from precipitation and water vapor isotopes, EGU2013, Vienna, 2013/4/7.
50. Y. Satou, K. Sueki, K. Sasa, J. Kitagawa, S. Ikarashi, States of existence of the cesium and silver radionuclides at the sandy beach in Iwaki city, Fukushima, 5th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry, Kanazawa, 2013/9/23.
51. Rei Yamashita, Michio Murakami, Keisuke Sueki, Mahua Saha, Goro Mouri, Soulichan Lamxay, Haechong O, Yukio Koibuchi, Hideshige Takada: Long-term variation and source analysis of radioactive cesium in the Ohorigawa River, Joint Conference of 11th AsiaFlux International Workshop, 3rd HESSS (Hydrology delivers Earth System Science to Society), and 14th Annual Meeting of Korean Society of Agricultural Forest Meteorology, Seoul, 21-24 Aug., 2013.
52. Yukio Koibuchi, Tracing fine-grained sediment transport around Tokyo Bay using cesium-134 and cesium-137 originating from Fukushima Daiichi Power Plant, Coastal Processes, Gran Canaria Spain, April/10/2013
53. 村上道夫, 小野恭子, 中谷隼, 沖大幹: 主観的幸福度を用いた原発事故後における避難、帰還および被曝のトレードオフ評価, 環境科学会 2014 年会, p. 14. (つくば, 2014. 9. 18-19)
54. 村上道夫, 山下麗, 柴山尚大, 末木啓介, Mahua Saha, 守利悟朗, Soulichan Lamxay, 呉海鍾, 鯉渕幸生, 高田秀重: 大堀川における放射性セシウムの起源、固液分配および長期変動, 第 17 回日本水環境学会シンポジウム, pp. 110-111. (彦根, 2014. 9. 8-10)
55. Mahua Saha, 村上道夫, 吉村和也, 山下麗, 末木啓介, 鯉渕幸生, 高田秀重, 恩田裕一: 道路塵埃のトレーサー物質を用いた蓬莱ダム堆積物中放射性セシウムの起源解析, 第 23 回環境化学討論会, 2D-03. (京都, 2014. 5. 14-16)
56. Yukio Koibuchi, Michio Murakami, Keisuke Sueki, Yuichi Onda: Sediment-associated

- radiocesium from Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant flowing from Ohori river to Lake Teganuma, Water and Environment Technology Conference 2014. (Tokyo, 28-29 Jun. 2014) [hybrid presentation]
57. Michio Murakami, Taikan Oki: Estimated Dietary Intake of Radionuclides and Cancer Risks for the Citizens of Fukushima City, Tokyo, and Osaka after the 2011 Nuclear Accident, 2014 Society for Risk Analysis Asia Conference, (Taipei, 20-23 Aug., 2014)
  58. Matsunaka Tetsuya, Sasa Kimikazu, Sueki Keisuke, Takahashi Tsutomu, Matsumura Masumi, Satou Yukihiro, Shibayama Nao, Kitagawa Jun-Ichi, Kinoshita Norikazu, Matsuzaki Hiroyuki: Depth profiles of  $^{129}\text{I}$  and  $^{129}\text{I} / ^{127}\text{I}$  ratio in soil at the near-field site of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant., The Thirteenth International Conference on Accelerator Mass Spectrometry (AMS-13). (Aix en Provence, 24-29 Aug., 2014)
  59. Kei Yoshimura, Water Isotope Modeling - Bridging data and physics -, PAGES-Asia2K Workshop, Beijing, 2014/5/26.
  60. 芳村圭、色水解析と水同位体比からみたアジアモンスーン、2014 年度春季気象学会、横浜、2014/5/21.
  61. 芳村圭、陸域生態系－水文－大気プロセス研究における水の安定同位体比情報利用の最前線、JpGU2014, ACG34、横浜、2014/5/1.
  62. 鹿野雄大、横尾善之:下水処理場の集水域における Cs -137 の流出過程の推定、平成 26 年度東北地域災害科学研究集会、山形大学、2015. 1. 9.
  63. 末木啓介、柴山尚大、佐藤志彦、笹公和、高橋務、松中哲也、松村万寿美、松崎浩之、村上道夫、山下 麗、Mahua Saha、高田秀重、鯉淵幸生、Soulichan Lamxay、呉 海鍾、守利悟朗、沖 大幹、河川中のセシウム 134、137 とヨウ素 129 の挙動、2014 年日本放射化学学会年会、名古屋大学、2014/9/11-13.
  64. 佐藤志彦、末木啓介、笹 公和、松中哲也、柴山尚大、高橋 努、木下哲一、福島第一原発北西部における  $^{110m}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$  比を用いた汚染地域の分類、2014 年日本放射化学学会年会、名古屋大学、2014/9/11-13.
  65. 佐藤 志彦、末木 啓介、笹 公和、足立 光司、五十嵐 康人、土壌中のセシウム含有粒子の分析、日本放射線安全管理学会第 14 回学術大会、徳島大学、2014/12/4.
  66. 渡邊雅也、末木啓介、笹公和、松村万寿美、松中哲也、本多真紀、高橋 努、松崎浩之、つくば地域における  $^{129}\text{I}$  降下量の変動、第 17 回 AMS シンポジウム、筑波大学、2015/3/2.
  67. 富田涼平、末木啓介、笹公和、松中哲也、本多真紀、佐藤志彦、松村万寿美、高橋努、坂口綾、松崎浩之、原発事故以降の河川における放射性核種と溶存イオンの挙動、第 17 回 AM S シンポジウム、筑波大学、2015/3/2.
  68. 松中哲也、笹公和、末木啓介、恩田裕一、石丸隆、谷口圭輔、脇山義史、本多真紀、高橋努、松村万寿美、佐藤志彦、松崎浩之、福島原発事故起源ヨウ素 129 の陸域から海洋環境への移行研究、第 16 回環境放射能研究会、KEK、2015/3/9.
  69. 守利悟朗、村上道夫、末木啓介、鯉淵幸生 : 大堀川における浮遊砂および放射性セシウムの動態解析、第 49 回日本水環境学会年会、1D-11-2. (金沢、2015. 3. 16-18)
  70. 向田清峻、守利悟朗 : 全国の河川流域における L-Q 式を用いた浮遊土砂量の推定、第 62 回日本生態学会大会、B1-18. (鹿児島、2015. 3. 18-22)
  71. Ros, F. C., Mouri, G. : Suspended Sediment and River Discharge in Extreme Volcanic Environment Catchment, 水文・水資源学会 2014 年度研究発表会、27. (宮崎、2014. 9. 25-28)
  72. 取出欣也・芳村圭、データ同化を用いた歴史天候復元に向けてー理想実験による実現可能性の検討、日本地理学会 2014 年秋季学術大会、富山、2014/9/21
  73. 芳村圭、アンサンブルカルマンフィルタを用いた水同位体比データ同化システムの構築、日本地理学会 2014 年秋季学術大会、富山、2014/9/21

74. 岡崎淳史・芳村圭、同位体大循環モデルの開発とその同位体境界条件への応答、水文水資源学会 2014 年度研究発表会、宮崎、2014/9/24
75. Kei Yoshimura, PP34B-04, Can we analyze the past climate using the isotopic proxy information with data assimilation?, AGU Fall Meeting 2014, San Francisco, 2014/12/17. <https://agu.confex.com/agu/fm14/meetingapp.cgi#Paper/20993>
76. Kinya Toride, Kei Yoshimura, Toward Reconstruction of Historical Weather with Data assimilation: Present Day Experiments using Reanalysis Data, 13th RSM workshop, Yokohama, 2014/11/26.
77. Din Amad Ud, Kei Yoshimura, 1986 Snow Storm Simulation Using Regional Isotope Spectrum Model (IsoRSM) and Its Comparison with Cosmosiso Model, 13th RSM workshop, Yokohama, 2014/11/26.
78. Nikolaus H. Buenning, Lowell Sott, Kei Yoshimura, Water isotope projections of the 21st century and how they relate to simulated changes in wind and precipitation patterns, 13th RSM workshop, Yokohama, 2014/11/26.
79. Kei Yoshimura, Suryun Ham, Haiqin Li, Atmosphere-ocean Coupled Regional Modeling for Dynamical Downscaling of Current and Future Climates, AOGS2014, AS36-D5-PM1-ED-018, Sapporo, 2014/8/1.
80. 野本大輔, 目黒区で観測れた高 d-excess 降水イベントの解析, 日本水文学会, つくば, 2015/10/10
81. 芳村圭, 水同位体情報データ同化による気候再解析の可能性, 日本水文学会, つくば, 2015/10/10
82. 藪優太郎, 日本域における超高解像度水文シミュレーションフレームワークの構築, 水文・水資源学会, 東京, 2015/9/11
83. 佐谷茜, 放射性物質大気移流拡散計算における簡易的同化手法の適用とホットスポット形成過程の分析, 水文・水資源学会, 東京, 2015/9/11
84. 高野雄紀, 水道漏水の減少が新宿区おとめ山公園湧水に与える影響, JpGU, 幕張, 2015/5/27
85. 吉兼隆生, 地域気候特性が放射性物質の輸送に与える影響, JpGU, 幕張, 2015/5/27
86. 吉兼隆生, 地域気候が放射性物質の輸送に与える影響, 大気環境学会, 東京, 2015/9/15
87. Akane Saya, Simplified data assimilation for simulating wet deposition distribution of radioactive materials in FDNPP accident, AGU, USA
88. Wei, Z, Factors controlling isotopic composition of water vapor over a paddy field, Mase, Japan: using a high frequency in-situ isotope observation and isotope enabled GCM, International Symposium on Isotope Hydrology, Austria, 2015/5/11
89. 村上道夫、葦澤貴夫、吉兼隆生、末木啓介、笹公和、芳村圭, 放射性物質沈着量からの飲食物由来の被ばく量の推定, 第 50 回日本水環境学会年会, 2-J-11-3, p. 289(徳島, 2016. 3. 16-18), アスティとくしま, 2016. 3. 17
90. 鯉渕幸生、守利悟朗、村上道夫, 東京湾と流入河川における放射性セシウムの動態に関する現地観測, 第 50 回日本水環境学会年会, 1-J-15-4, p. 176(徳島, 2016. 3. 16-18), アスティとくしま, 2016. 3. 16
91. 村上道夫、原田茂樹、沖大幹, 主観的幸福度の適用による被ばく対策がもたらす安心感の評価, 日本リスク研究学会 2015 年度第 28 回年次大会講演論文集, B-4-2, pp. 77-78. (名古屋, 2015. 11. 20-22), 名古屋キャンパス, 鶴舞キャンパス, 2015. 11. 22
92. 原田茂樹、清水美和、大野菜穂子, 眞・善・美の価値観によるまちづくり指標作成の試み, 環境科学会 2015 年会, 大阪大学吹田キャンパス, 2015/9/8
93. 原田茂樹、柳澤満則, 宮城県南丸森町の森林エッジからのセシウム含有懸濁物質の流出抑制と処理, 農業農村工学会東北支部, 第 58 回研究発表会, コラッセ福島, 2015/10/26
94. 原田茂樹、大野菜穂子、沖大幹, 宮城県丸森町における町への愛着を構成する指標について

- ての考察, 第 50 回日本水環境学会年会, アスティ徳島, 2016/3/16
95. 瀧内拓磨、守利悟朗, 手賀沼流域を対象とした放射性セシウムの動態解析及びパラメータ最適化手法の構築, 第 50 回日本水環境学会年会, 徳島, 2016/3/17
  96. Yukihiro Satou, Physicochemical characterizations of radioactive particles emitted at the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, PACIFICHEM 2015 Honolulu, 2015/12/17
  97. 佐藤志彦, 福島第一原発周辺で見つかった放射性粒子の特徴, 日本放射線安全管理学会第 14 会学術大会, つくば, 2015/12/3
  98. 佐藤志彦, 福島第一原発事故で放出した放射性粒子の放出源による違い, 日本放射化学学会年会・第 59 回放射化学討論会, 仙台, 2015/9/25
  99. 佐藤志彦, 福島第一原発事故で放出した放射性粒子の特徴, 2015 年度 日本地球化学学会年会, 横浜, 2015/9/1
  100. 佐藤志彦, 福島第一原発周辺で採取した土壌から分離した放射性微粒子の同定, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 幕張, 2015/5/1
  101. 原田茂樹、柳澤満則, 森林バイオマスの湿式酸化による減容化・低濃度化と成分変化について, 第 5 回環境放射能除染学会研究発表会, 福島, 2016/7/8
  102. 原田茂樹, 東日本大震災に伴う福島第一原発の宮城県内における除染に関する研究, 京都大学衛生工学研究会第 38 回シンポジウム, 京都, 2016/7/29
  103. Shigeki Harada, The temporal and spatial variations in air dose rate at a forestry edge considering the effect of biomass existence and loss by hydrological runoff - a case study y at South Miyagi Prefecture -, WET 2016, Tokyo, 2016/8/27
  104. 原田茂樹, 宮城県南の森林エッジでの空間線量率からみたバイオマスと流出の影響, 水文水資源学会 2016 年度研究発表会, 福島, 2016/9/16
  105. 村上道夫, 荏澤貴夫, 吉兼隆生, 末木啓介, 笹公和, 芳村圭: 仮想的な原子力発電所事故における飲食物由来の被ばく量と希釈率の推定, 第 29 回日本リスク研究学会年次大会. (大分, 2016 年 11 月 27 日)
  106. 末木啓介、松尾一樹、太田裕貴、本多真紀、坂口 綾、笹 公和、松中哲也、高橋 努、細谷青児、松村万寿美、佐藤志彦: 福島事故由来の放射性核種における長寿命核種の AMS 測定, 第 19 回 AMS 研究会(佐倉, 2016/12/17-19)
  107. Kei Yoshimura, Development of Regional Earth System Model with RSM, 14th International Regional Spectral Model (RSM) Workshop, in Rio de Janeiro, 2016
  108. Akane Saya, Takao Yoshikane, Eun-Chul Chang and Kei Yoshimura, Sensitivity tests of boundary condition and the correction method of precipitation for IsoRSM tracer transport simulations of radioactive materials in FDNPP accident, 14th International Regional Spectral Model (RSM) Workshop, in Rio de Janeiro, 2016
  109. 佐谷茜, 吉兼隆生、Eun-Chul Chang, 芳村圭, 放射性物質沈着量分布再現のための大気移流拡散シミュレーション計算改善手法の評価, 水文・水資源学会 2016 年度研究発表会, 福島, 2016/9/15
  110. 村上道夫: 主観的幸福度を用いたリスク分析手法の開発, 環境科学学会 2016 年会. (横浜, 2016 年 9 月 9 日)

(3)ポスター発表 (国内会議 21 件、国際会議 26 件)

1.発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日

1. 小池央朗, 高田秀重, 道路排水由来の水溶性有機汚染物質のマーカールとしての Benzothiazole 類の評価, P-A18, p. 532, 第 46 回水環境学会年会, 東京, 2012 年 3 月 14-15 日
2. E.-C. Chang, S.-W. Yeh, S.-Y. Hong, R. Wu, K. Yoshimura, Sensitivity of the summer precipitation to tropical sea surface temperature over East Asia, AGU 2012 Fall



- Meeting, San Francisco, 2012/12/3.
3. H.J. Kim, K. Yoshimura, E.-C. Chang, J.S. Famiglietti, T. Oki, Century long observation constrained global dynamic downscaling and hydrologic implication, AGU 2012 Fall Meeting, San Francisco, 2012/12/5.
  4. Z. Liu, K. Yoshimura, G. J. Bowen, J. M. Welker, GCM-based analysis of Pacific/North American (PNA) teleconnection controls on precipitation isotopes across the contiguous USA, AGU 2012 Fall Meeting, San Francisco, 2012/12/5.
  5. T. Nitta, K. Yoshimura, S. Kanae, T. Oki, Uncertainty of global snow simulation: ensemble experiments of land surface model MATSIRO, AGU 2012 Fall Meeting, San Francisco, 2012/12/5.
  6. Y. Satoh, K. Yoshimura, Y. N. Pokhrel, S. Koirala, A. Okazaki, H. Kim, T. Oki, Impact of Climate Change on drought with terrestrial hydrologic simulation considering anthropogenic factors, AGU 2012 Fall Meeting, San Francisco, 2012/12/6.
  7. K. Yoshimura, T. Miyoshi, Idealized Experiments for Data Assimilation of Vapor Isotopes with Isotopic AGCM and Ensemble Kalman Filter, AGU 2012 Fall Meeting, San Francisco, 2012/12/7.
  8. A. Okazaki, K. Yoshimura, N. Takeuchi, K. Fujita, V. Aizen, and T. Oki, Simulation of vertical profiles of stable water isotopes in a snow pit using a new offline isotopic snow-icecore model, EGU2012-8220, Vienna, 2012/4/24.
  9. Koibuchi, Y. : Tracing cohesive sediment transportation at river mouths around Tokyo, Japan by Cesium originated from Fukushima Daiichi Power Plant, 2012 AGU Fall Meeting, San Francisco, page OS21C-1769, 2012/12/5.
  10. 田上雅浩、一柳錦平、芳村圭、嶋田純、冬季日本にもたらされる水蒸気起源の推定、2013 年気象学会秋季大会、仙台、2013/11/19.
  11. 吉田奈津妃、芳村圭、JRA55 における地表面気象要素の季節平均偏差の長期傾向、2013 年気象学会秋季大会、仙台、2013/11/19.
  12. 田上雅浩・一柳錦平・芳村圭・嶋田純、同位体領域気候モデルを用いた冬季日本における水蒸気起源の解析、2013 年気象学会春季大会、東京、2013/5/16.
  13. 柴山尚大、末木啓介、笹公和、佐藤志彦、高橋努、松村万寿美、松中哲也、松崎浩之、村上道夫、沖大幹、山下麗、Mahua Saha、高田秀重、鯉渕幸生、Soulichan Lamxay、千葉県大堀川における  $^{137}\text{Cs}$  及び  $^{129}\text{I}$  の濃度の経時変化、2013 年度日本地球化学学会年会、つくば、2013/9/13.
  14. 佐藤志彦、末木啓介、笹公和、大竹良徳、国分宏城、化学抽出による土壤中放射性セシウムの吸着状態の検証、2013 年度日本地球化学学会年会、つくば、2013/9/13.
  15. 渡辺泰世・横尾善之、過去 30 年間の裏磐梯桧原湖の表流水量データの解析、水文・水資源学会 2013 年度研究発表会、神戸、2013/9/25.
  16. Atsushi Okazaki, Yusuke Satoh, Guillaume Tremoy, Francoise Vimeux, Kei Yoshimura, Interannual variability of vapor isotope in West Africa and its relation to ENSO, A11G-0135, AGU Fall meeting 2013, San Francisco, 2013/12/9.
  17. Zhongwang Wei, Hidetoshi Maeda, Atsushi Okazaki, Keigo Noda, Masashi Kiguchi, Masahiro Koike, Wonsik Kim, Masaharu Yokoi, Kei Yoshimura, High-frequency water vapor isotope measurements with a laser spectrometer in a paddy field during growing season and application for evapotranspiration partitioning, B21A-0456, AGU Fall meeting 2013, San Francisco, 2013/12/10.
  18. Akane Saya, Eun-Chul Chang, Kei Yoshimura, Taikan Oki, Simulation of radioactive tracer transport using IsoRSM and uncertainty analysis, H21C-1059, AGU Fall meeting 2013, San Francisco, 2013/12/10.
  19. Kei Yoshimura, Observation System Simulation Experiment (OSSE) using water vapor

- isotopes, H51I-1321, AGU Fall meeting 2013, San Francisco, 2013/12/13.
20. N. Shibayama, K. Sueki, K. Sasa, Y. Satou, T. Takahashi, M. Matsumura, H. Matsuzaki, M. Murakami, R. Yamashita, M. Saha, H. Takada, Y. Koibuchi, S. Lamxay, T. Oki, Time variation of concentrations of radioactive cesium-134, 137 and iodine-129 in the Ohori River, Chiba Prefecture, Japan, 5th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry, Kanazawa, 2013/9/23.
  21. Koibuchi, Y., Tracing Sediment Transport at River Mouths in Tokyo Bay using Cesium Originated from Fukushima Daiichi Power Plant, AGU Fall Meeting, San Francisco, Dec/10/2013.
  22. Sueki Keisuke, Kitagawa Jun-Ichi, Sasa Kimikazu, Takahashi Tsutomu, Matsumura Masumi, Nagashima Yasuo, Kinoshita Norikazu, Tosaki Yuki, Matsushi Yuki, Matsuzaki Hiroyuki.: Background levels of radionuclides <sup>36</sup>Cl and <sup>129</sup>I in surface soils at East Japan before Fukushima accident, The Thirteenth International Conference on Accelerator Mass Spectrometry (AMS-13). (Aix en Provence, 24-29 Aug. 2014)
  23. Sasa Kimikazu, Sueki Keisuke, Takahashi Tsutomu, Matsumura Masumi, Matsunaka Tetsuya, Satou Yukihiro, Shibayama Nao, Kinoshita Norikazu, Kitagawa Jun-Ichi, Nishihara Kenji, Matsuzaki Hiroyuki.: Distribution of <sup>129</sup>I in terrestrial environment released from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, The Thirteenth International Conference on Accelerator Mass Spectrometry (AMS-13). (Aix en Provence, 24-29 Aug. 2014)
  24. Sueki Keisuke, Shibayama Nao, Satou Yukihiro, Sasa Kimikazu, Takahashi Tsutomu, Matsunaka Tetsuya, Matsumura Masumi, Matsuzaki Hiroyuki, Murakami Michio, Yamashita Rei, Mahua Saha, Takada Hideshige, Koibuchi Yukio, Soulichan Lamxay, Haecong O, Mouri Goro, Oki Taikan.: Behavior of iodine-129 and radioactive cesium in Japanese river water. The Thirteenth International Conference on Accelerator Mass Spectrometry (AMS-13). (Aix en Provence, 24-29 Aug. 2014)
  25. Yokoo, Y, Estimating Watershed-scale Storage Only from Observed Discharge Data, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 11th Annual Meeting, Sapporo, Japan, 2014/7/29.
  26. Eun-Chul Chang, Sang-Wook Yeh, and Kei Yoshimura, Impact of local sea surface temperature on changes of summer precipitation components over Northeast Asia in mid-1990s, EGU2014-9919, Vienna, 2014/4/29.
  27. 本多真紀、松崎浩之、斉藤拓巳、永井尚生、末木啓介、逐次抽出法を利用した土壌中の I-127 と I-129 のエージング効果の調査、2014 年日本放射化学会年会、名古屋大学、2014 年 9 月 11-13 日
  28. 末木 啓介、笹 公和、松中 哲也、松村 万寿美、高橋 努、佐藤 志彦、木下 哲一、松崎 浩之、福島第一原発事故起源の I-129 の分布と陸域での I-131 の汚染影響推定、日本放射線安全管理学会第 14 回学術大会、徳島大学、2014/12/4.
  29. 山崎信哉、宇都宮聡、末木 啓介、河口域で採取した堆積物中の放射性セシウムの存在状態、第 16 回環境放射能研究会、KEK、2015/3/10-11.
  30. Zhongwang Wei, Atsushi Okazaki, Masaharu Yokoi, Wonsik Kim, Zhongfang Liu, Kei Yoshimura, PP31D-1158, Partitioning of evapotranspiration through high frequency water vapor isotopic measurement over a paddy field, AGU Fall Meeting 2014, San Francisco, 2014/12/17.
  31. Atsushi Okazaki, Kei Yoshimura, PP31D-1179, Time slice simulation for LIA and MCA with stable water isotopes and comparison with modern situation, AGU Fall Meeting 2014, San Francisco, 2014/12/17.
  32. Amelia Lee, Simulating <sup>131</sup>I pathways from Fukushima to Kanto: a case study for

March 2011, AGU, USA

33. Zhongwang Wei, Understanding the variability of water isotopologues in near-surface atmospheric moisture observed over a rice paddy in Tsukuba, Japan, AGU, USA
34. 原田茂樹、北辻政文、高橋信人、宮城県南丸森町における除染のための調査研究:森林を主な対象として、第4回環境放射能除染学会研究発表会、タワーホール船堀、2015/7/9
35. Yukihiro Satou, Sample preparation for strontium-90 AMS using solid phase extraction, 6th EA-AMS, Taipei, Taiwan, 2015/10/3
36. Maki Honda, Development of new extraction method for  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{129}\text{I}$  and  $^{99}\text{Tc}$  in soil samples, 6th EA-AMS, Taipei, Taiwan, 2015/10/3
37. 本多真紀, 難測定核種である塩素 36, ヨウ素 129, テクネチウム 99 の土壌からの抽出方法の検討, 日本放射化学学会年会・第 59 回放射化学討論会, 仙台, 2015/9/26
38. 富田涼平, 原発事故以降の都市部河川における放射性核種と溶存イオンの挙動, 日本放射化学学会年会・第 59 回放射化学討論会, 仙台, 2015/9/26
39. 本多真紀, 福島第一原子力発電所から放出されたヨウ素 129 を対象とした土壌中の挙動調査, 日本放射線安全管理学会第 14 会学術大会, つくば, 2015/12/3
40. Ryohei Tomita, Environmental dynamics of dissolved radionuclides and ions in riverine water after the FDNPP accident, PACIFICHEM 2015, Honolulu, 2015/12/19
41. Keisuke Sueki, Time variation of iodine-129 and radioactive cesium in river water at Ohori River., PACIFICHEM 2015, Honolulu, 2015/12/19
42. 原田茂樹、進藤秀、市川健、山口秀平、宮城県菜丸森町での森林エッジでの線量率の変動を議論するための土壌コア計測法について、第 5 回環境放射能除染学会研究発表会、福島、2016/7/8
43. 鹿野雄大、横尾善之、下水処理場の集水域における Cs-137 の動態、水文・水資源学会 2016 年度研究発表会、福島、2016/9/16
44. 村上道夫, Mahua Saha, 岩崎雄一, 山下麗, 鯉渕幸生, 塚田祥文, 高田秀重, 末木啓介, 保高徹生: 道路塵埃のトレーサー物質を用いた河川水中放射性セシウムの起源解析, 第 3 回 iER 成果報告会. (福島, 2017. 3. 14)
45. 富田涼平、松中哲也、本多真紀、佐藤志彦、松村万寿美、高橋努、坂口綾、松崎浩之、笹公和、末木啓介: 福島原発事故以降の河川における溶存態と底質土のセシウム同位体比変化, 2016 日本放射化学学会年会・第 60 回放射化学討論会 (新潟大学五十嵐キャンパス, 2016/9/10-12)
46. 富田涼平、本多真紀、山崎信哉、坂口綾、末木啓介、佐藤志彦: 河川底質土壌中及び溶存態中のセシウム同位体比分析, 第 18 回「環境放射能」研究会 (つくば, 2017/3/14-16)
47. Eun-Chul Chang, Kei Yoshimura, Improvement of the simulated precipitation by applying a Semi-Lagrangian advection scheme in the ECPC Regional Spectral Model, A51I-0190, AGU Fall Meeting 2016, San Francisco, 2016/12/12.

#### 4. 知財出願

- (1) 国内出願 (0件)
- (2) 海外出願 (0件)
- (3) プログラムの著作物  
特になし
- (4) データベースの著作物  
特になし

## 5. 受賞・報道等

### (1) 受賞

1. 平成 24 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞、芳村圭、2012 年 4 月 17 日
2. 平成 25 年度(第 16 回)土木学会水工学論文賞、芳村圭、2014 年 3 月 4 日
3. 平成 25 年度(第 22 回)土木学会水工学論文奨励賞、佐谷茜、2014 年 3 月 4 日
4. The WET Excellent Research Award, 鯉渕幸生、村上道夫、末木啓介、恩田裕一、2014 年 6 月
5. 2014 年度 優秀研究企画賞(富士電機賞)、村上道夫、2014 年 9 月 25 日
6. 平成 26 年度水文・水資源学会論文奨励賞、小林秀平、2014 年 9 月 26 日
7. 平成 26 年度水文・水資源学会優秀ポスター賞、新田友子、2014 年 9 月 27 日
8. 2014 年度サイエンス・インカレ研究発表会独立行政法人科学技術振興機構理事長賞、高野雄紀、2015 年 3 月 22 日
9. 2015 年度日本水文科学会学術大会、野本大輔、2015 年 10 月 22 日
10. \*2016 年環境科学会奨励賞、村上道夫、2016 年 5 月

### (2) マスコミ(新聞・TV等)報道

1. プレス発表「飲食物由来の放射性ヨウ素およびセシウムによる東京都民への曝露量と発がんリスクの推定」2012 年 3 月 12 日(概要: 沖大幹および村上道夫が、地域別・日別、飲食物グループ別の放射性物質濃度、各地域から東京への飲食物の入荷量、各飲食物の平均摂取量から、都民への飲食物由来の放射性ヨウ素および放射性セシウムの曝露量を算出した。本研究により、東京都民への放射性物質の曝露量を飲食物の種類別に経時的に定量化することができた。その上で、出荷制限および東京都による乳児へのボトル飲料水配布といった対策による曝露量の削減効果を推定した。さらに、飲食物由来の放射性物質の摂取に伴う発がんリスクの推定を行い、その他の環境汚染物質、自然由来の放射性物質の曝露に伴うリスクや事故や病気による年間死亡者数と比較することで、リスクを分かりやすく提示した。)
2. 東京新聞 2012 年 3 月 13 日 2 面
3. 産経新聞 2012 年 3 月 13 日 2 面
4. 朝日新聞 2012 年 3 月 13 日 38 面
5. 日経産業新聞 2012 年 3 月 13 日 10 面
6. 毎日新聞 2012 年 3 月 13 日 29 面
7. 日本経済新聞 2012 年 3 月 13 日 38 面
8. 日本水道新聞、JST-CREST 革新的水利用の創出へ、2012 年 11 月 15 日
9. 水道産業新聞、持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム、2013 年 1 月 3 日
10. 日本下水道新聞、安全で持続可能な水利用のための放射性物質移流拡散シミュレータの開発、2013 年 1 月 23 日
11. 日本水道新聞、「水の未来 50 年後の姿」 持続可能な水利用を実現する革新的な技術創出へ、2013 年 1 月 24 日
12. 日刊現代、放射性物質の現状と輸送特性、9 面、2013 年 10 月 17 日
13. 朝日新聞、江戸前の魚セシウムは、2013 年 5 月 26 日
14. 日刊水産経済新聞、東京湾における放射性物質の移動特性、6 面、2013 年 4 月 11 日
15. 読売新聞夕刊、「世界を旅する雨」、2014 年 6 月
16. 日刊工業新聞電子版、「北米の過去 8000 年の大気温度、太陽活動周期と関連—東大が発見」、2014 年 4 月 14 日
17. 福島民報 (2015 年 9 月 12 日 2 面)
18. 福島民友 (2015 年 9 月 12 日 2 面)
19. Japan Times (2015 年 9 月 13 日 3 面)
20. 朝日新聞 (2015 年 9 月 17 日 7 面)
21. 日本経済新聞朝刊 (2015/9/21)



22. 産経新聞（オンライン版、2015 年 10 月 16 日究極の原発話）
23. NHK ニュース 7（2015/10/1）
24. 日経アーキテクチュア（2015/10/10）
25. 公明新聞（2015/10/14）
26. 日経ホームビルダー（2015/10/21）
27. Japan Times（2015/12/21）
28. 朝日新聞（2016 年 10 月 6 日福島全県・2 地方）

(3) その他  
特になし

## 6. 成果展開事例

### (1) 実用化に向けての展開

- ・ 「水中の放射性 Cs モニタリング技術の標準化に関する検討委員会」において、Cs モニタリング技術の一つとして、本研究で進めてきた手法を紹介するべく検討を進めている。
- ・ 大気中の移流拡散および流域中の放射性物質のシミュレータの開発を進め、仮に事故が起きた際の予測や回避のための早期警戒に資する統合的なシステムの社会実装を進める。

### (2) 社会還元的な展開活動

- ・ 得られた成果（原著発表論文 3 番）は、UNSCEAR（国連科学委員会）の報告書 2013 Report: "Sources, effects and risks of ionizing radiation". に引用された。
- ・ 書籍（その他著作物 4 番）が約 20000 部出版され、広く社会に知の普及を果たした。
- ・ 手賀沼の放射能汚染に関する研究会合などにおいて、国内の研究者や環境省、千葉県、柏・我孫子両市などの行政担当者とネットワークを形成し、今後の対策立案に寄与している。
- ・ 市民向けのサイエンスカフェや市川市での講演を行っている。
- ・ 本研究成果をプレスリリースし、その概要をインターネット（URL: <http://www.jst.go.jp/pr/announce/20120312/index.html>）で公開し、一般に情報提供している。

### (3) 他分野への波及効果

- ・ 本研究で開発・改良したメソトレーサーモデルは古気候分野でのデータ同化技術を用いた古気候復元のためのベースモデルとしても利用され始めている。
- ・ 流域水質シミュレータ開発で得られた知見・技術は、全球スケールでの土砂輸送モデル構築に使われており、生物地球化学分野における物質循環過程のモデリングに貢献している。
- ・ 本研究での放射性物質の曝露量評価研究を通じて、環境分野、医療分野、放射線防護分野といった分野の垣根を越えたリスク評価の新たな発展につながった。

## § 5. 研究期間中の活動

### 1. 主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2011 年 9 月 18 日	サイエンスカフェ WEcafe	千駄木の cafe&bar さん さき坂	約 20 人	市民向けのサイエンス カフェ
2012 年 3 月 12 日	プレスリリース	東大生産技術 研究所	約 50 人	原著論文 3 番に関する プレスリリース
2012 年 7 月 8 日	市民講座「飲食物の安全とリ スクを考える～放射性物質の 基準値の決め方と被曝量の 実際～」	市川市市民会 館大ホール	175 人	市民向けの講演
2014 年 3 月 10 日、 11 日	CREST 水循環モデリング合同 国際シンポジウム 「持続可能な水利用の実現 に資する水循環モデリング」	東大生産技術 研究所 An 棟コ ンベンションホ ール	101 人	学術交流 (古米チーム、鼎チーム との合同シンポジウム)

- UTolyo Research に研究成果を掲載  
「福島から首都圏へ放射性物質を運んだ風」(放射性物質の輸送と夜間の局地風  
の関係)2017/1/13  
[http://www.u-tokyo.ac.jp/ja/utokyo-research/research-news/winds-carried-  
radioactive-materials-from-fukushima-to-tokyo.html](http://www.u-tokyo.ac.jp/ja/utokyo-research/research-news/winds-carried-radioactive-materials-from-fukushima-to-tokyo.html)

## § 6. 最後に



プロジェクト開始間もない頃 2011 年 11 月の手賀沼現地調査の様子。好天に恵まれました。



2013 年 6 月の大堀川昭和橋近辺での浮遊砂および河川水採取の様子。設置した浮遊砂サンプラーは、図31をはじめ、本プロジェクトで大活躍しました。



本プロジェクトで購入したクラスタ計算機 isotope2。こちらは研究項目2で大いに活躍しました。



本研究で導入したゲルマニウム半導体測定装置(中央が鉛シールド、右が検出器)。この装置を用いて大量のサンプルが分析され、「2.顕著な成果」に記載されたものを含む多数の成果を生み出しました。