

福島第一原子力発電所事故由来放射性物質調査研究  
分野横断ワークショップ  
2014年3月16日 於:筑波大学総合研究棟A

## グループ1

# 放出、拡散、線量評価、測定手法

森口 祐一

東京大学大学院・工学系研究科・都市工学専攻

## グループ1 参加メンバーと主な関連学会・機関

### メンバー

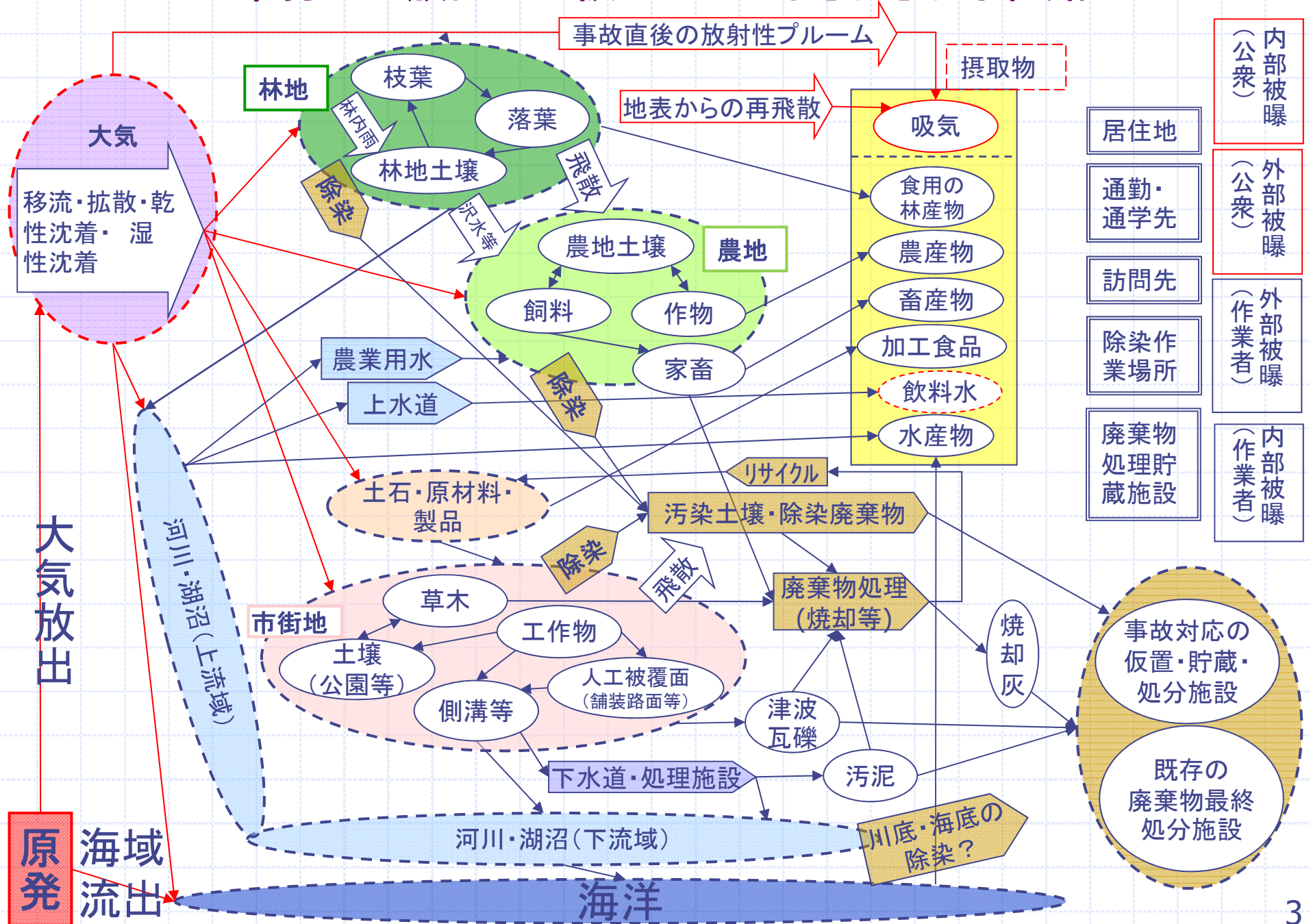
森口祐一(東京大学・工学系研究科・都市工学)・中嶋英雄(日本学術会議／(公財)若狭湾エネルギー研究センター)・青山道夫(福島大学・環境放射能研究所)・百瀬琢磨(日本原子力研究開発機構・核燃料サイクル工学研究所)・山澤弘実(名古屋大学・エネルギー環境工学)・高橋知之(京都大学・原子炉実験所)・鶴田治雄(東京大学・大気海洋研究所)・大原利真(国立環境研究所・地域環境研究センター)・渡邊 明(福島大学・共生システム理工学類)・五十嵐康人(気象研究所・環境応用気象研究部)・栗原 治(放射線医学総合研究所・緊急被ばく医療研究センター)・榎本和義・岩瀬広(高エネルギー加速器研究機構・放射線科学センター)・上菟義朋(理化学研究所・仁科加速器研究センター)・小豆川勝見(東京大学大学院・総合文化研究科)・内藤 航(産業技術総合研究所・安全科学)

### 主な関連学会、関係機関

日本原子力学会、日本保健物理学会、日本放射線安全管理学会、大気環境学会、日本気象学会、日本地球惑星科学連合


気象研究所、放射線医学総合研究所、産業技術総合研究所、国立環境研究所、日本原子力研究開発機構

# 環境への放出から被ばくに至るさまざまな経路



# 領域間の放射性物質移行研究(現在までの主な研究主体) IRSNの枠組みをもとに作成

時計回りに  
関りを記述

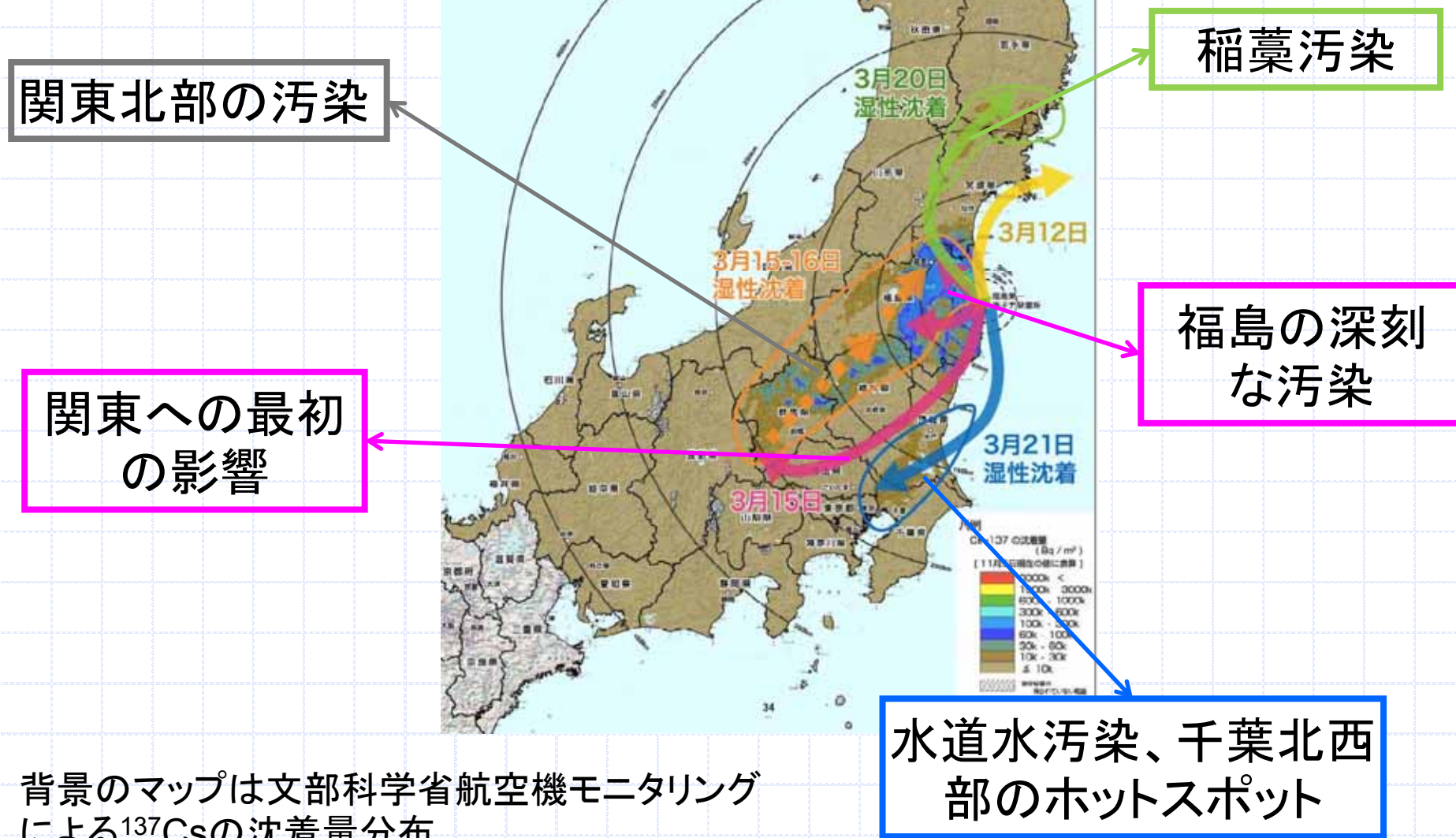
<b>発生源</b> 	<b>放出・拡散</b> 原子力機構 国環研、気象研、電中研、JAMSTEC、大学	<b>汚染水の浸透</b> 原子力機構	<b>放出・拡散</b> 原子力機構 JAMSTEC 気象研、電中研	not important	not important	not important	not important	<b>作業員の被曝</b> 放医研
not important	<b>大気</b> 	<b>沈着</b> 国環研	<b>沈着</b> 原子力機構 JAMSTEC 気象研、電中研	<b>沈着</b> 文科省(規制庁) 農研機構、農環研 原子力機構 大学、福島県	<b>沈着</b> 文科省(規制庁) 農研機構、農環研 森林総研 大学(筑波大他) 福島県	<b>沈着</b> 文科省(規制庁) JAEA	<b>沈着</b> 農環研 農研機構 福島県	<b>呼吸・外被ばく</b> 放医研 国環研
not important	<b>再浮遊(飛散)</b>	<b>河川・湖沼・地下水</b> 	<b>漏洩・移行・蓄積</b> <b>地下水漏洩</b> 東京電力 原子力機構 大学(筑波大他) 環境省	<b>灌漑</b> 農研機構 農環研 大学(筑波大他)	not important	not important	<b>移行・蓄積</b> 福島県 放医研 国立保健医療科学院 大学(筑波大他)	<b>飲用・外被ばく</b> (含レジャー&作業環境) 福島県、文科省(規制庁) 放医研
not important	<b>再浮遊(飛散)</b> <b>特にトリチウム</b>	<b>汽水・海水混入</b> 文科省(規制庁) 環境省	<b>海洋</b> 	not important	not important	not important	<b>移行・蓄積</b> 水産研 福島県 放医研 大学(海洋大他)	<b>呼吸・外被ばく・飲用</b> (含レジャー&作業環境) 放医研
not important	<b>再浮遊</b> (飛散、燃焼、花粉) 原子力機構 文科省(規制庁) 気象研、大学 農研機構・農環研	<b>侵食・流出</b> 文科省(規制庁) 大学(筑波大他) 環境省、 原子力機構 国環研、農環研	not important	<b>陸上環境</b> (動・植物・農地・牧草地) 	not important	<b>除染・廃棄</b> 環境省 国環研	<b>移行・蓄積</b> 農研機構、農環研 福島県 大学(筑波大他) 放医研	<b>呼吸・外被ばく</b> (含レジャー&作業環境) 放医研 国環研
not important	<b>再浮遊</b> (飛散、燃焼、花粉) 文科省(規制庁) 大学(茨城大・東工大等)・森林総研	<b>侵食・流出</b> 文科省(規制庁) 大学(筑波大他)、 森林総研・国環研・ 原子力機構	not important	<b>流出・落葉・林内雨</b> 農環研 農研機構 森林総研	<b>陸上環境</b> (森林) 	<b>除染・廃棄</b> 国環研 環境省 原子力機構	<b>移行・蓄積</b> 大学(筑波大他) 森林総研、福島県 放医研	<b>呼吸・外被ばく</b> (レジャー、作業環境) 放医研 国環研
not important	<b>再浮遊</b> (飛散、燃焼) 国環研	<b>流出</b> 国環研 原子力機構 大学(東大他)	<b>流出</b> 環境省	not important	not important	<b>陸上環境</b> (市街地、処理施設) 	not important	<b>呼吸・外被ばく</b> (含通勤・通学先)
not important	<b>再浮遊(燃焼)</b> 国環研	not important	not important	<b>給餌・廃棄</b> 農環研 福島県 国環研	not important	<b>廃棄</b> 国環研	<b>食品・餌・飲料水</b> 	<b>食事</b> 放医研 国環研 国立保健医療科学院 国立医薬品食品衛生 研究所
not important	not important	not important	not important	not important	not important	not important	not important	<b>人の被ばく</b> 



## グループ1 重要課題リストと要約作成の分担メンバー

1. 放出総量(大気、海) 青山、大原
2. 大気放出(+海洋漏出)経由の放射性核種その他媒体への移行 大原、青山
3. 放出量の時間変化、到来時期、到来地域による核種構成、形態の違いと炉内事象の関係 山澤、鶴田
4. 初期被ばくの線量再構築とくに3/14以前および3/20以降のプルーム 栗原、山澤、百瀬
5. 初期被ばくにおけるI-131/Cs-137比、I-131の存在形態、I-131以外の短寿命核種、吸入以外の摂取経路(経口など)の可能性 栗原、高橋、鶴田
6. 大気中における放射性核種の物理化学的性状(例:セシウムボール(仮称))五十嵐、榎本
7. 事故後3年間の大気中濃度変化、再飛散、モニタリング 渡邊、森口
8. 大気モデリングの課題、相互比較、検証 大原、山澤
9. 放射線防護に用いられる線量概念と放射線計測手法との関係 百瀬、上蓑、内藤
10. 内部被ばくと外部被ばくのモニタリング(WBC, 甲状腺スクリーニング、個人線量の実測と推計モデル)と将来予測 内藤、百瀬、栗原
11. 放射線・放射能測定データの収集、発掘、保全、蓄積、利用環境整備 高橋、鶴田

陸上に大きな影響を与えた時の大気中の放射性物質のルート  
(イメージ図)

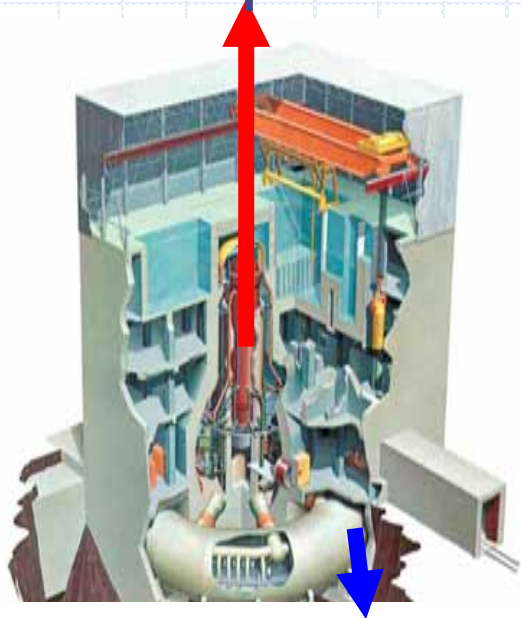


背景のマップは文部科学省航空機モニタリングによる $^{137}\text{Cs}$ の沈着量分布

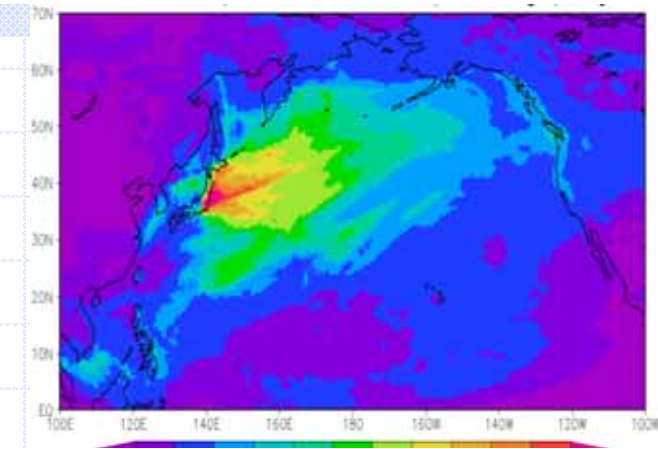
# 1 放出総量(大気、海)

## $^{137}\text{Cs}$ mass balance

14–17 PBq to the atmosphere

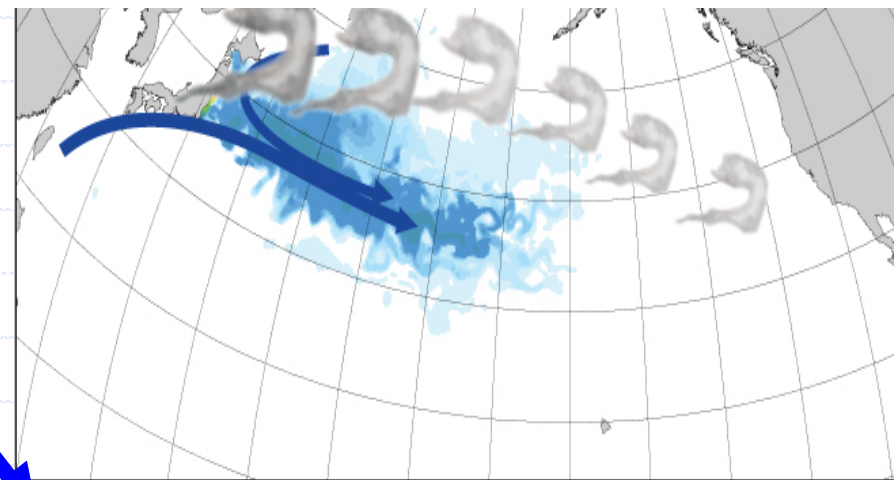


12 - 15 PBq to the ocean



140 PBq in stagnant water  
(Nishihara et al., 2011)

Boiling Water Reactor Systems "Nuclear  
Reactor Concepts" Workshop Manual, U.S.  
NRC



$3.6 \pm 0.7$  PBq to the ocean  
(Tsumune et al., 2013)

700 PBq was in the three core (Nishihara et al., 2011)

注:PBq(ペタベクレル  $10^{15}\text{Bq}$ )



## 2 大気放出(+海洋漏出)経由の放射性核種他媒体への移行

### これまでのコンセンサス

- ・大気経由の陸域沈着量(2.7PBq; 航空機モニタリング)、海洋沈着量(12-15PBq; 課題1参照) → 大気放出量(14-17PBq;)
- ・陸域への大気沈着割合は放出量の時間変動に依存。10~25%程度。
- ・大気中のCsの多媒体への移行は主に湿性沈着。しかし、セシウムボール(課題6)の影響が大きければ沈着過程が大きく変化する。
- ・I-131の乾性・湿性沈着量比には大きな不確実性

### 今後の課題 (グループ2)

- ・沿岸海域の大気沈着(→河川経由)、海洋漏出の負荷量評価
- ・I-131の沈着量と飲料水・農産物等への移行に関する理解
- ・大気中での放射性核種の物理化学的性状は陸域での移動特性に影響するか？
- ・Cs, I-131以外の核種の放出・大気輸送と多媒体への移行状況



## Cs-137の収支 (PBq)

期間		放出量	陸上への 沈着量 <sup>1)</sup>	海上への 沈着量 <sup>1)</sup>	モデル領 域外への 流出
3/11- 4/30	Terada et al.	8.8	2.2 (25.0%)	1.8 (20.5%)	4.8 (54.5%)
	Stohl et al.	36.6	5.0 (13.7%)	3.5 (9.5%)	28.1 (76.7%)
	東京電力	10.0	1.0 (9.5%)	1.6 (16.2%)	7.5 (74.3%)
-	航空機 に付着	—	2.7	—	—

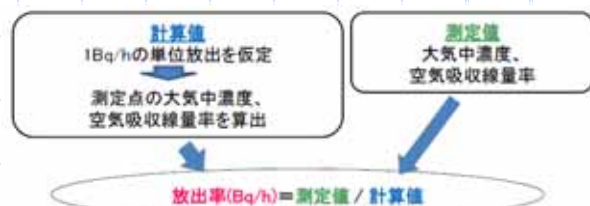
1) 沈着量はモデル領域内の値、2) %は放出量に対する割合

Morino et al., EST (2013)

### 3 放出量の時間変化、到来時期、到来地域による核種構成、形態の違いと炉内事象の関係

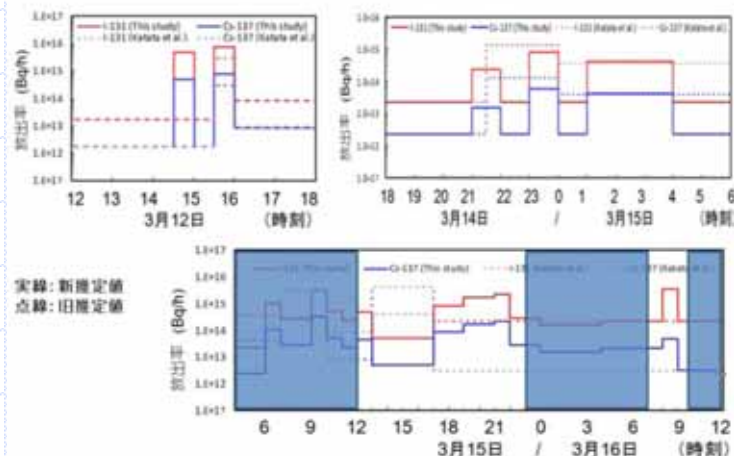
- Cs-137、I-131については環境データに基づく放出率時間変化の推定がなされており、複数の独立した推定及び拡散再現計算(検証)で概ね一致(課題: 炉内事象との対応関係の精査)
- 後年に明らかになったデータによる更新(海洋インベントリ、県MP線量率等)により、総量で数割、時間毎には数倍～1桁の変化(課題: データ発掘により今後も更新の可能性)
- 3月21日-23日の放出(主に南に向かう)でヨウ素が相対的に多い等の大枠は推定値で再現されている(課題: 詳細な核種組成)

#### 放出率推定の基本原理



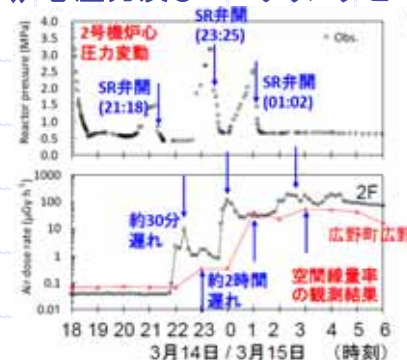
緊急時モニタリング  
モニタリングポスト  
固定点大気中濃度  
海洋モニタリング

#### 代表的な推定結果(JAEA)



福島第一原子力発電所事故に係る大気・海洋環境動態研究の現状について  
(独立行政法人日本原子力研究開発機構)2013年第18回原子力委員会資料

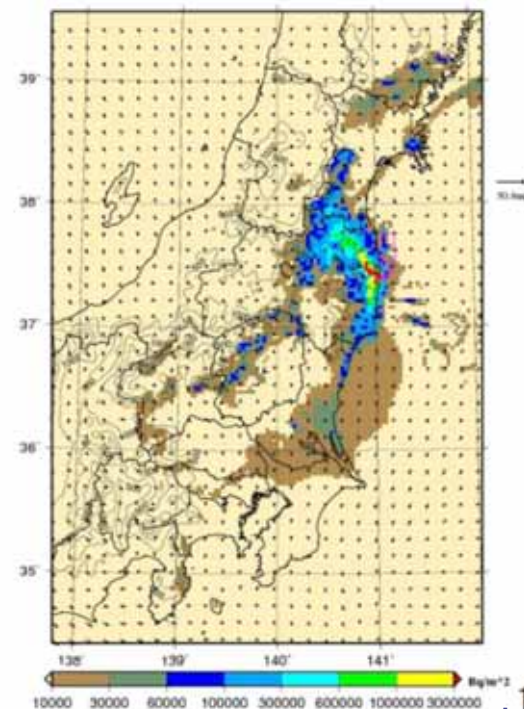
#### 炉心圧力及びモニタリングとの対応



14日夜から15日未明の炉内事象  
(3回の炉心圧力低下)を反映した  
放出率推定

放出率推定値に基づく沈着領  
の再現計算結果例

#### 放出率推定値を用いた 沈着量のシミュレーション結果



## 4. 初期(内部)被ばくの線量再構築, 特に3/14以前および3/20以降のプルーム

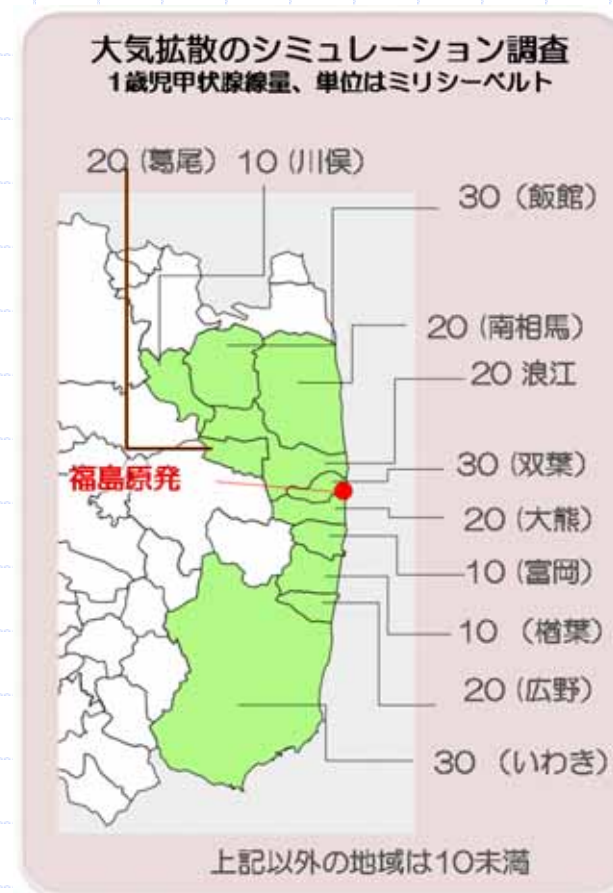
### 初期内部被ばく線量の再構築の方法



### 3月12日の放射性プルーム予測



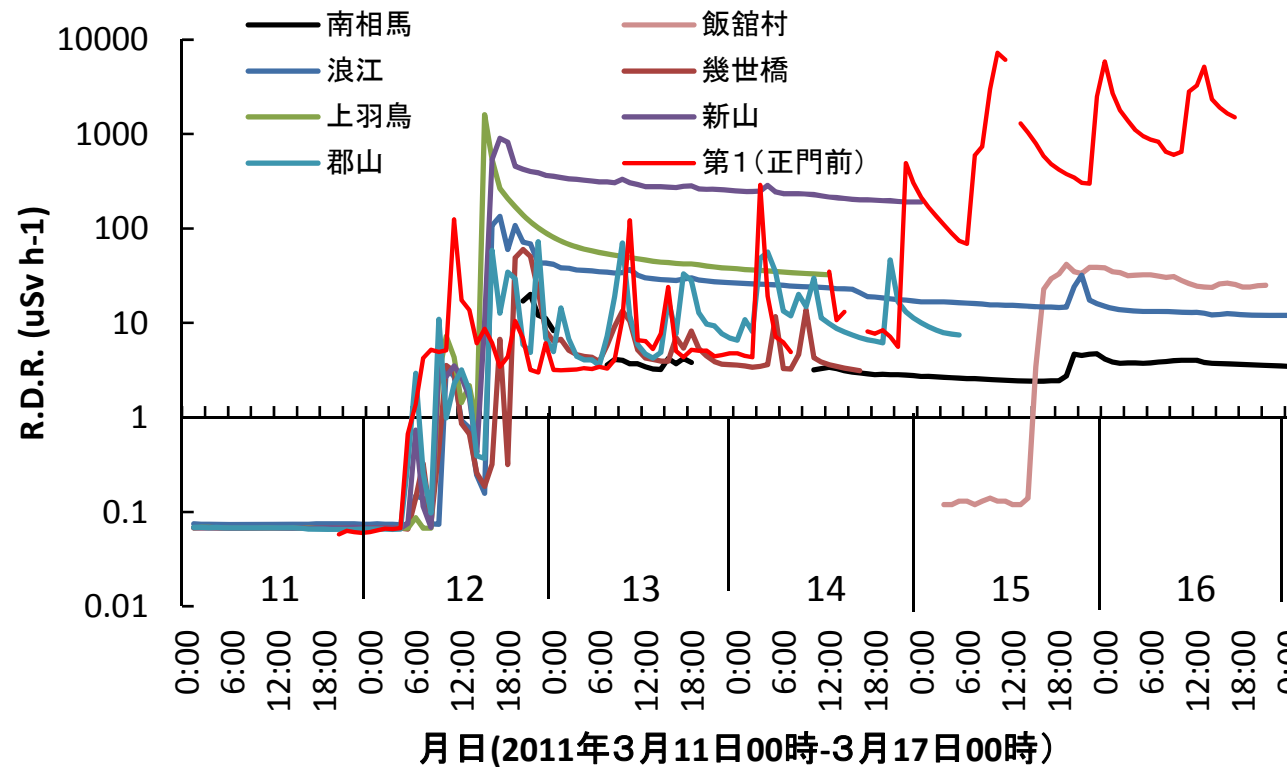
### 初期内部被ばく線量の推計結果



推計精度の更なる精度向上  
が必要!!

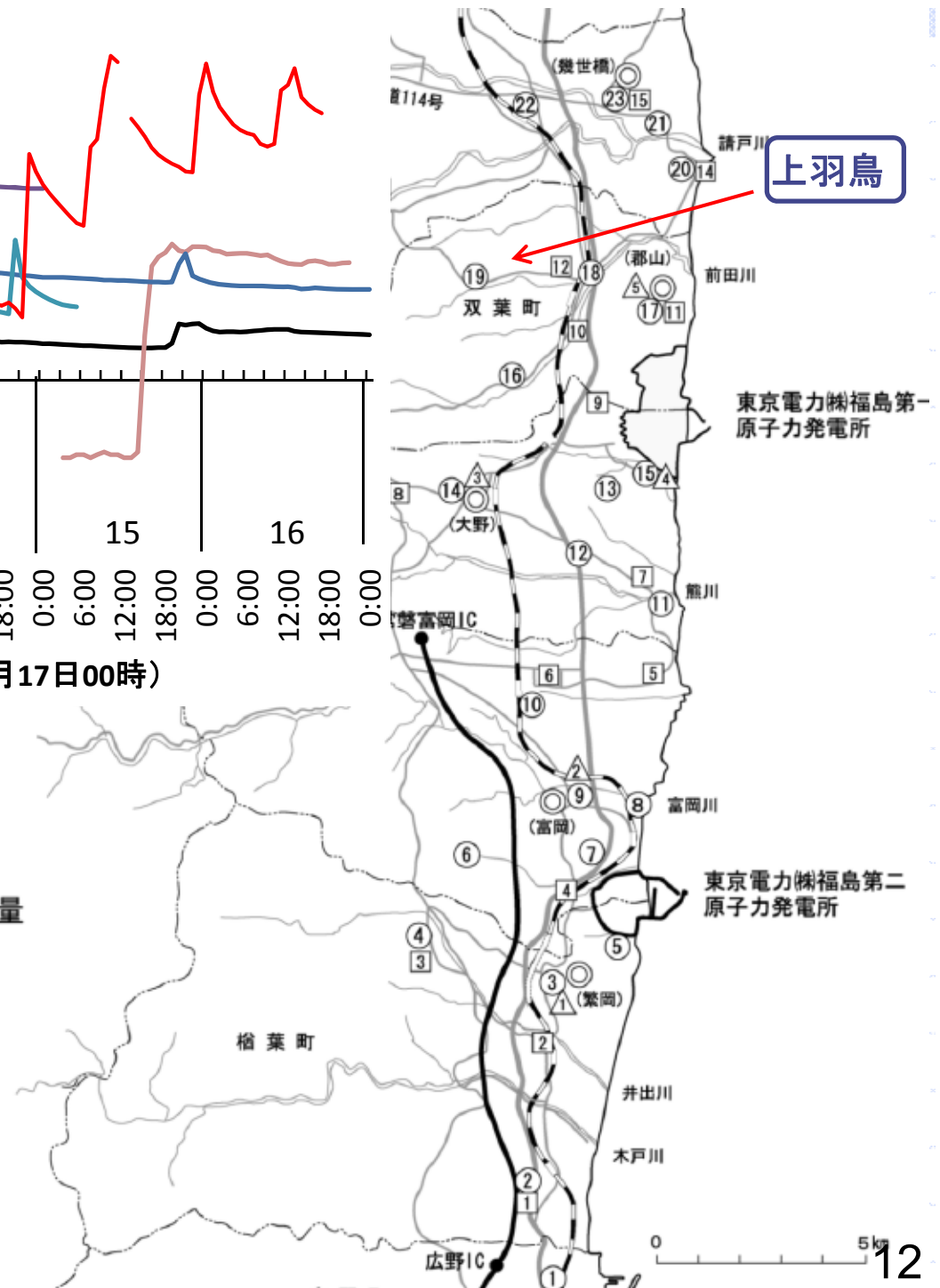
1. O.Kurihara, K. Akahane, N. Sugiura, Radiation Monitoring and Dose Estimation of the Fukushima Nuclear Accident, Springer (ed. S. Takahashi), ISBN 978-4-431-54582-8
2. 栗原ら, 東京電力福島第一原子力発電所事故における福島県住民の初期内部被ばく線量推計, KEK Proceedings of the 14th Workshop on Environmental Radioactivity (2013).
3. 栗原治, 日本原子力学会誌アトムス, 被ばく線量評価のための大気拡散シミュレーション 東京電力福島第一原子力発電所事故における周辺住民の初期内部被ばく線量再構築 (2013).





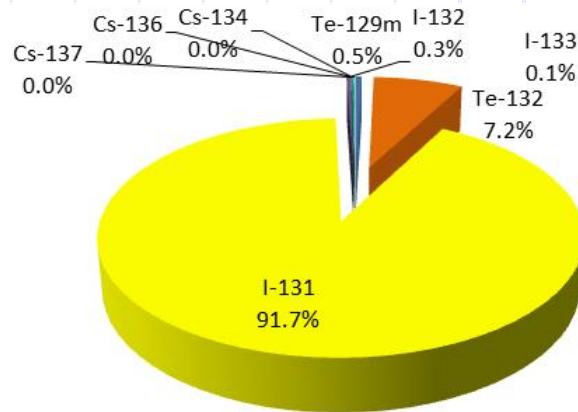
福島県のモニタリングポストで  
測定された空間線量率  
(福島県、2012年9月公表)  
(なお、福島第一原子力  
発電所の正門前での  
データも含む)

- 空間線量率
- 空間積算線量
- △ 大気
- ◎ 気象

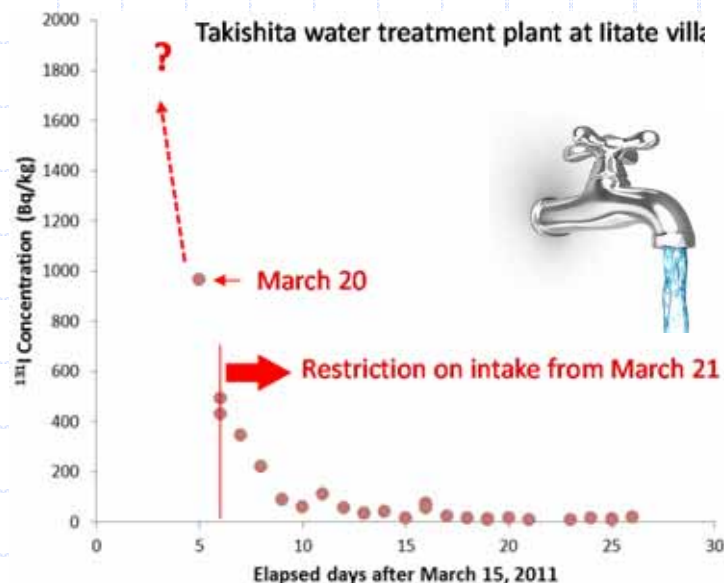




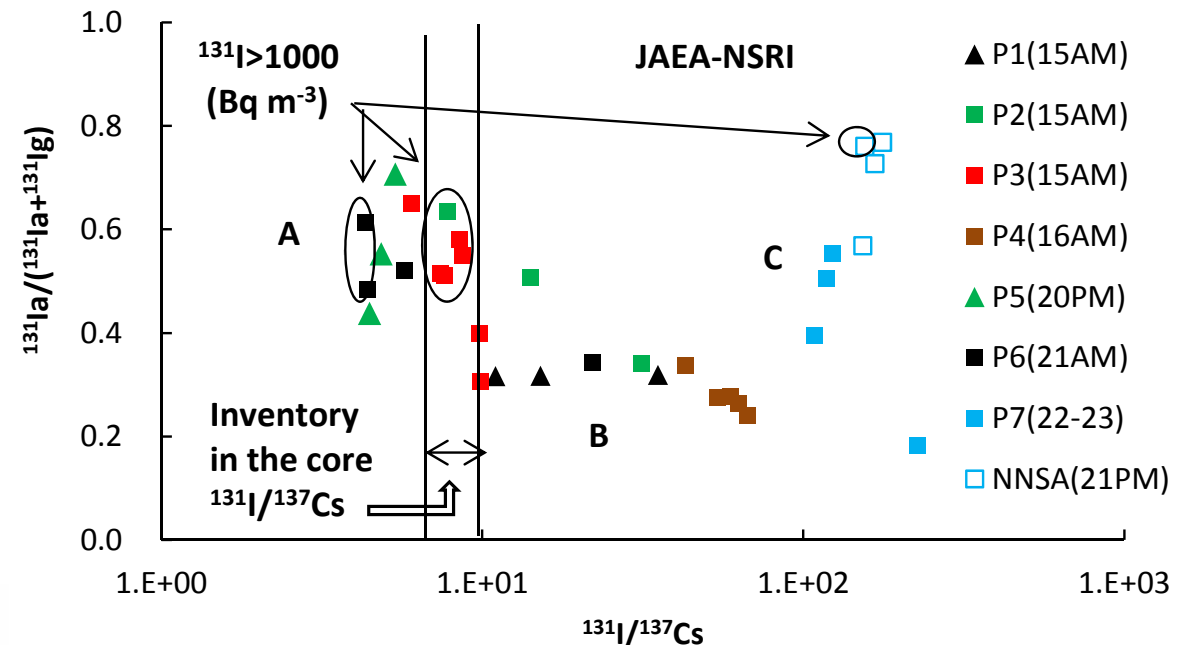
## 5. 初期被ばくにおける $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 比, $^{131}\text{I}$ の存在形態, $^{131}\text{I}$ 以外の短寿命核種, 吸入以外の摂取経路 (経口など)の可能性



茨城県東海村でのプルーム中に含まれた核種に基づく甲状腺線量寄与比



飯舘村滝下浄水場におけるモニタリング結果

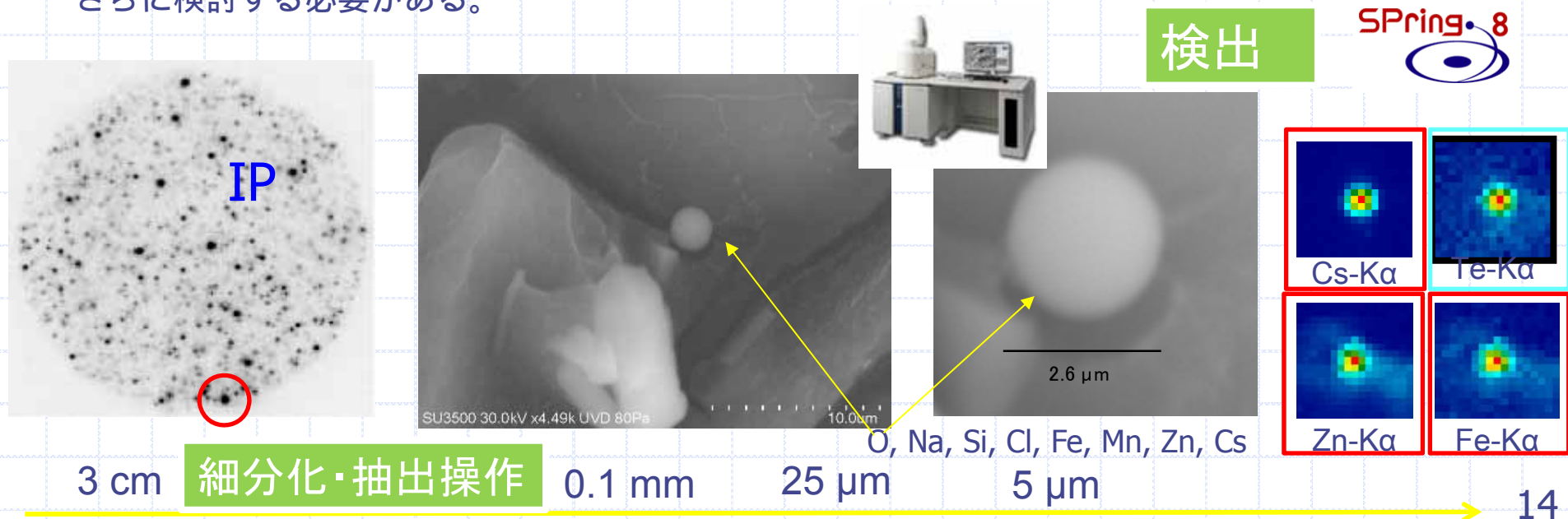


茨城県東海村でのプルーム中のヨウ素/セシウム( $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ )比とヨウ素の物理化学的性状(ガス状: $^{131}\text{I}_\text{g}$ , 粒子状: $^{131}\text{I}_\text{a}$ ) (鶴田ら, 2013)

- $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 比,  $^{131}\text{I}$ 物理化学的性状 時間空間的に変化
- $^{131}\text{I}$ 以外の短寿命核種 実測データ少ない
- 経口摂取の可能性 聞き取り調査, 飲食物の濃度プロフィールの構築

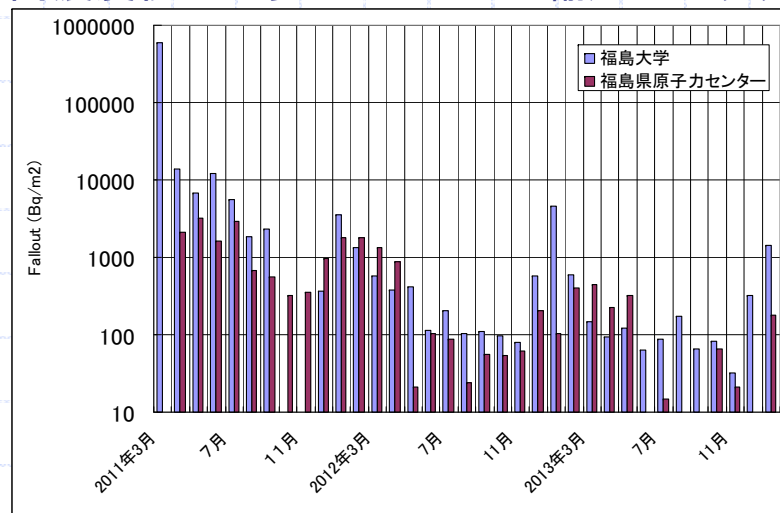
## 6 大気中における放射性核種の物理化学的性状 球状セシウム粒子の例

- 放射性核種の物理化学形状は、輸送、沈着、生体影響、環境影響を決定する因子として重要。
- 2011年3月14,15日のHVフィルターのIP黒点から、球状のCsを含む粒子（仮称：Csボール）を発見。
  - PM2.5に相当する粒径
  - Fe, Zn, Mn, OやFP起源と思われる元素、数wt%の放射性Csを含む。
  - 一個の放射能は数Bq、サブTBq/gの高い比放射能をもつ。
  - 不溶性で、熱濃硝酸による抽出でも溶けない（熱濃硝酸抽出後のフィルター残渣からもCsボールを発見）。非晶質酸化物と考えられる。
- 3月20,21日の試料では見いだされず。
- 水抽出実験の結果、最初の放射能雲輸送時、HVフィルターに捕集されたCsは大部分が不溶性。したがって、初期に環境中へ放出されたCsの主要な形態はCsボールと推定される。
- エアロゾル輸送モデルに組み入れると、輸送・沈着のパターンが大きく変わる。
- 環境中や生体中で長期にわたり変化しないと推定。
- 事象の推移、除染に関し重要な示唆を与えるとともに、その環境および生体影響が不明なため、さらに検討する必要がある。

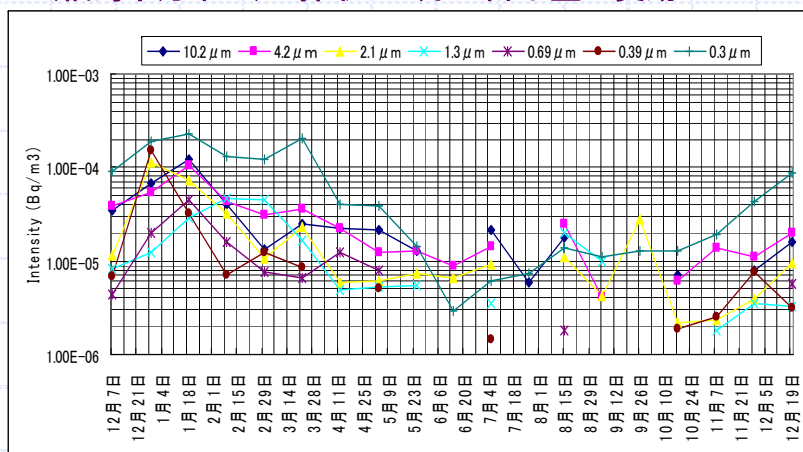


# 7 事故後3年間の大気中濃度変化、再飛散、モニタリング

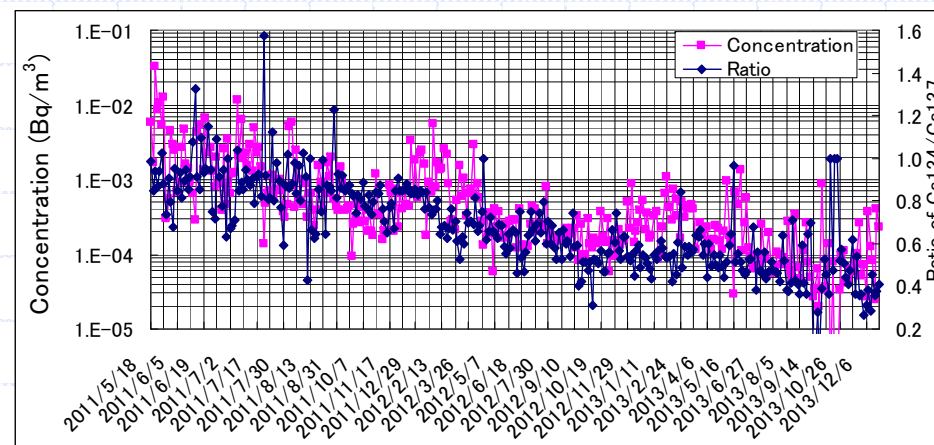
沈着量には顕著な季節変動があり、それを支配する大気中濃度も顕著な季節変動をしている。高濃度検出の多くはF1からの輸送と一致する。高濃度は $0.3\mu\text{m}$ 以下の粒子で支配されている。



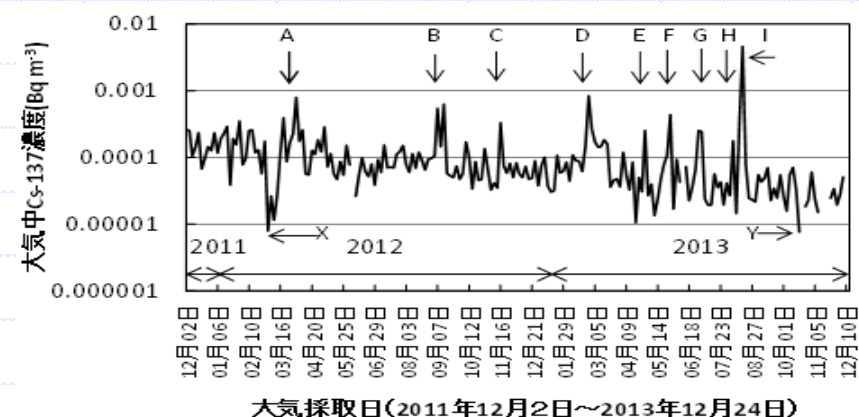
福島大学屋上(地所24m)と福島県原子力センター(福島市方木田)で採取した月Cs降下量の変動



2011年12月7日から2012年12月31日までの粒度別放射線強度の変化



福島大学で測定したCsの大気中濃度とCs134/Cs137の比の変動



大気採取日(2011年12月2日～2013年12月24日)

宮城県丸森町における大気エアロゾル中のCs-137濃度の長期変化  
前方流跡線解析結果から、B, C, F, G, H, Iの高濃度の空気塊は、福島第一原子力発電所から到達したと推測される(鶴田ら, 2014)

大気中濃度の異常値検出(丸森)

課題 再飛散の過程の理解と量の評価・予測、廃炉過程の安全管理と異常値検出



## 8 大気モデリングの課題・相互比較・検証

### これまでのコンセンサス

モデル相互比較(JAEAワークショップ、学術会議等)や実測データによる検証によって、

- ・陸域への影響が大きかった時の大気輸送・沈着状況がわかった
- ・Cs-137沈着量分布は比較的良く再現できるようになってきた
- ・モデル間の違いが生じる主因はモデル構造、沈着モデル、気象場
- ・個々の地点・時刻における大気濃度の不確実性は大きい

### 主要な課題

### 各論

モデル解析	✓ 大気濃度の変動要因の解析・評価
モデルの検証・改良	✓ 放出量や湿性沈着モデル等における不確実性評価、改良 ✓ 新たに発掘された観測データによる総合的検証(空間線量、大気濃度、大気沈着量などにおける整合性)
放出量の逆推計	✓ 既存データ(空間線量、大気濃度、沈着量)や新たに発掘された観測データによる逆推計(マルチスケールの視点)
再飛散	✓ フラックス測定、室内実験等によるメカニズムの解明 ✓ 再飛散モデルの組み込み、陸域モデルとのリンケージ



## 9 放射線防護に用いられる線量概念と放射線計測手法との関係

### 背景

1. 個人線量を指標とする防護対策の最適化を実践していく段階
2. 地表面に広く放射性物質が分布する状況では、外部被ばくに係る放射線の方向分布は回転照射ジオメトリが主となるが、このような放射線場におけるモニタリング量と実用量及び実効線量の関係について基礎情報が必要

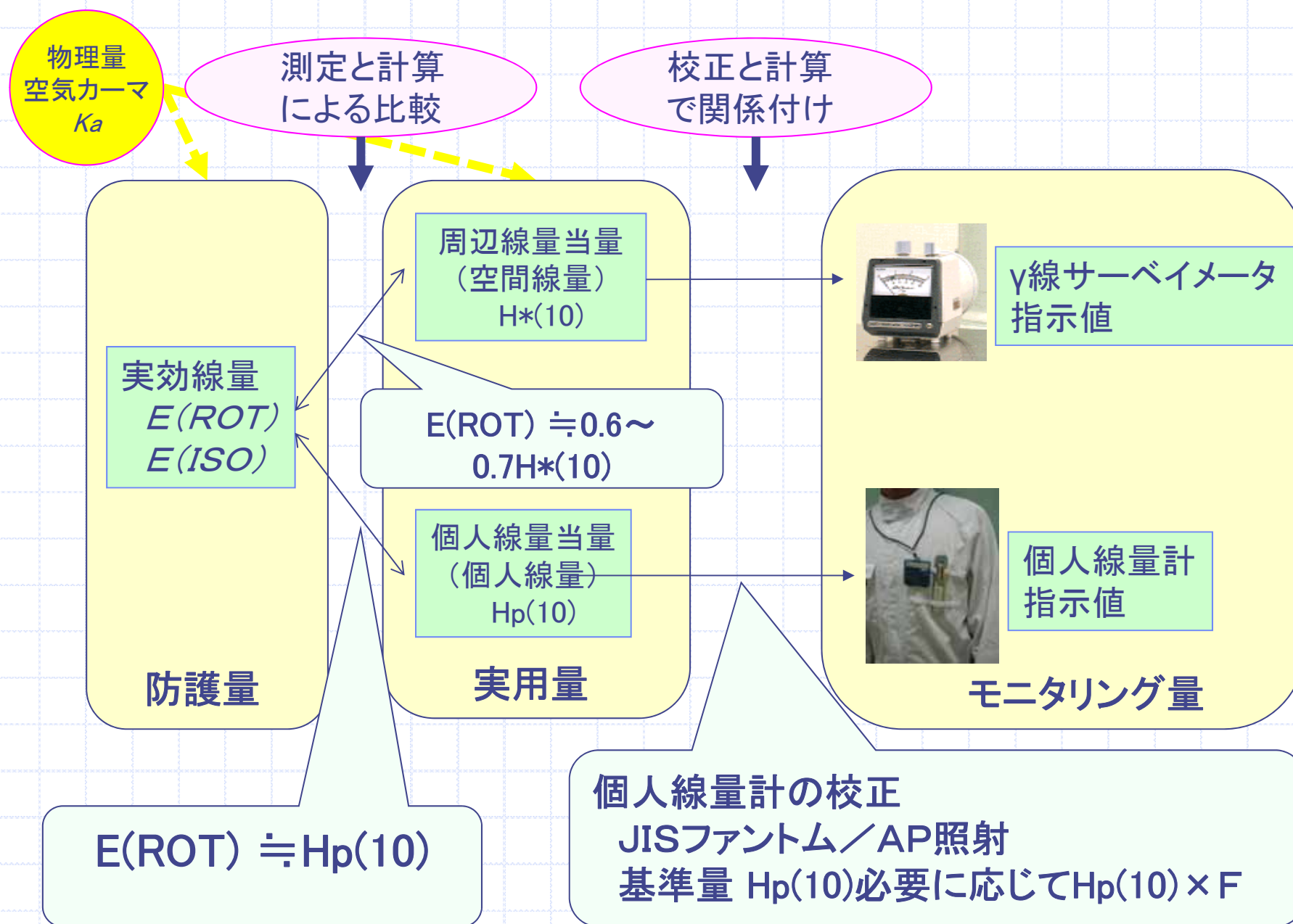
### 現状

1. 実用量( $H^*(10)$ 、 $H_p(10)$ )と実効線量の計算による関係評価(ICRP74、平山等)

### 課題

1. 種々の線量計に関する実フィールドでの検証
2. 外部被ばくに係る線量の概念について共通理解
3. 住民を対象とした様々な線量計に関する校正方法の標準化  
個人線量計の読取值と実効線量の関係は、体格と個人線量計の放射線的な特性(エネルギー特性、方向特性)によって決定されるため、校正の段階で適切な補正を行うなど品質管理統一的な考え方の策定

## 外部被ばくに係る諸量の関係



## 10 内部被ばくと外部被ばくのモニタリング (WBC, 甲状腺スクリーニング、個人線量の実測)と推定

現状:

内部被ばく

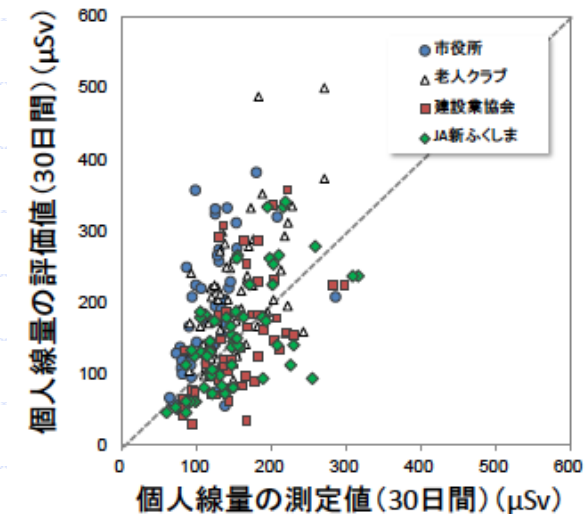
- ✓ 住民を対象とした内部被ばく検査の実施
- ✓ 原子力防災時における甲状腺スクリーニング検査の実施
- ✓ 小児用を含む測定器の開発

外部被ばく

- ✓ 個人被ばくの実測 < 特措法推定式
- ✓ 個人線量による被ばく管理と個人線量計の配布
- ✓ 新しい個人線量計の開発

今後の課題:

- ✓ 内部被ばく検査の品質管理と標準化(校正方法含む) 一部実施中
- ✓ 個別の線量評価シナリオと住民への適切なフィードバック(帰還住民など)
- ✓ 個人モニタリングデータの活用
- ✓ 小児甲状腺スクリーニングに係る測定器の校正
- ✓ 生活環境における空間線量(周辺線量)と個人線量のデータ蓄積、関係解析
- ✓ 遮蔽係数など日本の実態に合う補正係数の整備と標準化(バックグラウンドの補正など)



JAEA (2012)



## 11 放射線・放射能測定データの収集、発掘、保全、蓄積、利用環境整備

- ・これまで、国や自治体等が実施した測定データはデータベースとしてとりまとめられており(例えば<http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/>)、放射性物質の動態評価や被ばく線量評価は、主としてこれらのデータを用いて実施されている
- ・様々な個人や団体が測定したデータや未公開データの中には、動態評価や線量評価に有用なデータが存在している可能性がある(収集、発掘)  
例えば<http://www.yomiuri.co.jp/feature/20110316-866921/news/20130829-OYT1T00690.htm>
- ・今回の事故において、様々な機関や個人が、それぞれの目的を持ってデータを測定したという事実を消失させずに記録として留め、後世に残す(保全、蓄積)
- ・国や自治体等以外に、どこにどのような情報(データ、論文等)があるかを検索することが現状では困難(利用環境整備)

日本学術会議総合工学委員会 原子力事故対応分科会 原発事故による環境汚染調査に関する検討小委員会「東京電力福島第一原子力発電所事故に関連する放射線・放射能測定データアーカイブズWG」において検討を進めている

### 主な検討課題

- ・情報収集管理方法の整備(情報に関するメタデータの収集管理、検索機能整備)
- ・情報の取扱い(公開・非公開、個人情報管理、著作権、風評被害)
- ・情報管理主体(永続的な管理が必要)
- ・データの精度、品質(付帯情報も含めて残すことが必要)



# 重要課題ごとの参考文献リスト (整理中、暫定公開)

## 課題1&2 参考文献(1/8)

1. Adachi, K., Kajino, M., Zaizen, Y., and Igarashi, Y.: Emission of spherical cesium-bearing particles from an early stage of the Fukushima nuclear accident, Scientific reports, 3, 10.1038/srep02554, 2013.
2. Aoyama, M., Tsumune, D., and Hamajima, Y.: Distribution of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{134}\text{Cs}$  in the North Pacific Ocean: impacts of the TEPCO Fukushima-Daiichi NPP accident, J. Radioanal. Nucl. Chem., 296, 535-539, 10.1007/s10967-012-2033-2, 2012.
3. Aoyama, M., Uematsu, M., Tsumune, D., and Hamajima, Y.: Surface pathway of radioactive plume of TEPCO Fukushima NPP1 released  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$ , Biogeosciences, 10, 3067-3078, 10.5194/bg-10-3067-2013, 2013.
4. Bailly du Bois, P., Laguionie, P., Boust, D., Korsakissok, I., Didier, D., and Fievet, B.: Estimation of marine source-term following Fukushima Dai-ichi accident, J. Environ. Radioact., 114, 2-9, 10.1016/j.jenvrad.2011.11.015, 2012.
5. Behrens, E., et al. (2012). "Model simulations on the long-term dispersal of  $^{137}\text{Cs}$  released into the Pacific Ocean off Fukushima." Environmental Research Letters 7(3): 034004.
6. Braun, M., and Volkholz, P.: Analysis of the Severe Accident Progression in Units 1, 2 and 3 at Fukushima Daiichi, Revue generale nucleaire, 35-44, 2012.
7. Buesseler, K. O., et al. (2012). "Fukushima-derived radionuclides in the ocean and biota off Japan." Proceedings of the National Academy of Sciences 109(16): 5984-5988.
8. Buesseler, K. O., Jayne, S. R., Fisher, N. S., Rypina, II, Baumann, H., Baumann, Z., Breier, C. F., Douglass, E. M., George, J., Macdonald, A. M., Miyamoto, H., Nishikawa, J., Pike, S. M., and Yoshida, S.: Fukushima-derived radionuclides in the ocean and biota off Japan, Proceedings of the National Academy of Sciences U S A, 109, 5984-5988, 10.1073/pnas.1120794109, 2012.
9. Buesseler, K., M. Aoyama, and M. Fukasawa, Impacts of the Fukushima nuclear power plants on marine radioactivity. Environmental science & technology, 2011. 45(23): p. 9931-5. 10.1021/es202816c
10. Casacuberta, N., Masqué, P., Garcia-Orellana, J., Garcia-Tenorio, R., and Buesseler, K. O.:  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{89}\text{Sr}$  in seawater off Japan as a consequence of the Fukushima Dai-ichi nuclear accident, Biogeosciences Discussions, 10, 2039-2067, 10.5194/bgd-10-2039-2013, 2013.
11. Cervone, G., and Franzese, P.: Source Term Estimation for the 2011 Fukushima Nuclear Accident, in: Data Mining for Geoinformatics, Springer, 49-64, 2014.
12. Champion, D., Korsakissok, I., Didier, D., Mathieu, A., Quélo, D., Groell, J., Quentric, E., Tombette, M., Benoit, J. P., Saunier, O., Parache, V., Simon-Cornu, M., Gonze, M. A., Renaud, P. H., Cessac, B., Navarro, E., and Servant-Perrier, A. C.: The IRSN's earliest assessments of the Fukushima accident's consequences for the terrestrial environment in Japan, Radioprotection, 48, 11-37, 10.1051/radiopro/2012052, 2013.

## 課題1&2 参考文献(2/8)

13. Charette, M.A., et al., Radium-based estimates of cesium isotope transport and total direct ocean discharges from the Fukushima Nuclear Power Plant accident. *Biogeosciences Discussions*, 2012. 9(11): p. 16139-16160. 10.5194/bgd-9-16139-2012
14. Chino, M., Nakayama, H., Nagai, H., Terada, H., Katata, G., and Yamazawa, H.: Preliminary Estimation of Release Amounts of  $^{131}\text{I}$  and  $^{137}\text{Cs}$  Accidentally Discharged from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant into the Atmosphere, *Journal of Nuclear Science and Technology*, 48, 1129-1134, 10.1080/18811248.2011.9711799, 2011.
15. Christoudias, T. and J. Lelieveld (2012). "Modelling the global atmospheric transport and deposition of radionuclides from the Fukushima Dai-ichi nuclear accident." *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 12(9): 24531-24555.
16. Estournel, C., et al., Assessment of the amount of cesium-137 released into the Pacific Ocean after the Fukushima accident and analysis of its dispersion in Japanese coastal waters. *Journal of Geophysical Research*, 2012. 117(C11): p. C11014. 10.1029/2012JC007933
17. Fisher, N. S., Beaugelin-Seiller, K., Hinton, T. G., Baumann, Z., Madigan, D. J., and Garnier-Laplace, J.: Evaluation of radiation doses and associated risk from the Fukushima nuclear accident to marine biota and human consumers of seafood, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013.
18. Garnier-Laplace, J., Beaugelin-Seiller, K., and Hinton, T. G.: Fukushima wildlife dose reconstruction signals ecological consequences, *Environ. Sci. Technol.*, 45, 5077-5078, 10.1021/es201637c, 2011.
19. Gonzalez, A. J., Akashi, M., Boice Jr, J. D., Chino, M., Homma, T., Ishigure, N., Kai, M., Kusumi, S., Lee, J. K., Menzel, H. G., Niwa, O., Sakai, K., Weiss, W., Yamashita, S., and Yonekura, Y.: Radiological protection issues arising during and after the Fukushima nuclear reactor accident, *J Radiol Prot*, 33, 497-571, 10.1088/0952-4746/33/3/497, 2013.
20. Grambow, B., and Poinssot, C.: Interactions between Nuclear Fuel and Water at the Fukushima Daiichi Reactors, *Elements*, 8, 213-219, 10.2113/gselements.8.3.213, 2012.
21. Ioannidou, A., Giannakaki, E., Manolopoulou, M., Stoulos, S., Vagena, E., Papastefanou, C., Gini, L., Manenti, S., and Groppi, F.: An air-mass trajectory study of the transport of radioactivity from Fukushima to Thessaloniki, Greece and Milan, Italy, *Atmos. Environ.*, 75, 163-170, 10.1016/j.atmosenv.2013.04.008, 2013.
22. Ioannidou, A., Manolopoulou, E. M., Stoulos, S., Vagena, E., Papastefanou, C., Bonardi, M. L., Gini, L., Manenti, S., and Groppi, F.: Radionuclides from Fukushima accident in Thessaloniki, Greece ( $40^\circ \text{ N}$ ) and Milano, Italy ( $45^\circ$  ), *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 1-6, 10.1007/s10967-013-2709-2, 2013.
23. Jakobs, H.: Potential dispersion of the radioactive cloud after a nuclear accident in Fukushima, *Rhenish Institute for Environmental Research*, 17, 2011.
24. Kanda, J.: Continuing  $^{137}\text{Cs}$  release to the sea from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant through 2012, *Biogeosciences Discussions*, 10, 3577-3595, 10.5194/bgd-10-3577-2013, 2013.

## 課題1&2 参考文献(3/8)

25. Charette, M.A., et al., Radium-based estimates of cesium isotope transport and total direct ocean discharges from the Fukushima Nuclear Power Plant accident. *Biogeosciences Discussions*, 2012. 9(11): p. 16139-16160. 10.5194/bgd-9-16139-2012
26. Chino, M., Nakayama, H., Nagai, H., Terada, H., Katata, G., and Yamazawa, H.: Preliminary Estimation of Release Amounts of  $^{131}\text{I}$  and  $^{137}\text{Cs}$  Accidentally Discharged from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant into the Atmosphere, *Journal of Nuclear Science and Technology*, 48, 1129-1134, 10.1080/18811248.2011.9711799, 2011.
27. Christoudias, T. and J. Lelieveld (2012). "Modelling the global atmospheric transport and deposition of radionuclides from the Fukushima Dai-ichi nuclear accident." *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 12(9): 24531-24555.
28. Estournel, C., et al., Assessment of the amount of cesium-137 released into the Pacific Ocean after the Fukushima accident and analysis of its dispersion in Japanese coastal waters. *Journal of Geophysical Research*, 2012. 117(C11): p. C11014. 10.1029/2012JC007933
29. Fisher, N. S., Beaugelin-Seiller, K., Hinton, T. G., Baumann, Z., Madigan, D. J., and Garnier-Laplace, J.: Evaluation of radiation doses and associated risk from the Fukushima nuclear accident to marine biota and human consumers of seafood, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013.
30. Garnier-Laplace, J., Beaugelin-Seiller, K., and Hinton, T. G.: Fukushima wildlife dose reconstruction signals ecological consequences, *Environ. Sci. Technol.*, 45, 5077-5078, 10.1021/es201637c, 2011.
31. Gonzalez, A. J., Akashi, M., Boice Jr, J. D., Chino, M., Homma, T., Ishigure, N., Kai, M., Kusumi, S., Lee, J. K., Menzel, H. G., Niwa, O., Sakai, K., Weiss, W., Yamashita, S., and Yonekura, Y.: Radiological protection issues arising during and after the Fukushima nuclear reactor accident, *J Radiol Prot*, 33, 497-571, 10.1088/0952-4746/33/3/497, 2013.
32. Grambow, B., and Poinssot, C.: Interactions between Nuclear Fuel and Water at the Fukushima Daiichi Reactors, *Elements*, 8, 213-219, 10.2113/gselements.8.3.213, 2012.
33. Ioannidou, A., Giannakaki, E., Manolopoulou, M., Stoulos, S., Vagena, E., Papastefanou, C., Gini, L., Manenti, S., and Groppi, F.: An air-mass trajectory study of the transport of radioactivity from Fukushima to Thessaloniki, Greece and Milan, Italy, *Atmos. Environ.*, 75, 163-170, 10.1016/j.atmosenv.2013.04.008, 2013.
34. Ioannidou, A., Manolopoulou, E. M., Stoulos, S., Vagena, E., Papastefanou, C., Bonardi, M. L., Gini, L., Manenti, S., and Groppi, F.: Radionuclides from Fukushima accident in Thessaloniki, Greece ( $40^\circ \text{ N}$ ) and Milano, Italy ( $45^\circ$  ), *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 1-6, 10.1007/s10967-013-2709-2, 2013.
35. Jakobs, H.: Potential dispersion of the radioactive cloud after a nuclear accident in Fukushima, *Rhenish Institute for Environmental Research*, 17, 2011.
36. Kanda, J.: Continuing  $^{137}\text{Cs}$  release to the sea from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant through 2012, *Biogeosciences Discussions*, 10, 3577-3595, 10.5194/bgd-10-3577-2013, 2013.



## 課題1&2 参考文献(4/8)

37. Min, B. I., Perianez, R., and Suh, K.-S.: NUMERICAL ANALYSIS FOR  $^{137}\text{Cs}$  ON SEABED SEDIMENT INCLUDING ATMOSPHERIC DEPOSITION NEAR THE FUKUSHIMA COASTAL AREA,
38. Min, B.-I., Perianez, R., Kim, I.-G., and Suh, K.-S.: Marine dispersion assessment of  $^{137}\text{Cs}$  released from the Fukushima nuclear accident, *Marine Pollution Bulletin*, 2013.
39. Miyazawa, Y., Masumoto, Y., Varlamov, S. M., and Miyama, T.: Transport simulation of the radionuclide from the shelf to open ocean around Fukushima, *Continental Shelf Research*, 50-51, 16-29, 10.1016/j.csr.2012.09.002, 2012.
40. Momoshima, N., Ozawa, R., Sugihara, S., Ichikawa, R., Maekawa, A., and Nakama, A.: Radioactivity in vegetation at the Fukushima area: a study on contamination by radionuclides released from TEPCO's Fukushima Daiichi nuclear power plants, *Proceedings of the International Symposium on Environmental monitoring and dose estimation of residents after accident of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Stations*, 2012.
41. Morino, Y., Ohara, T., and Nishizawa, M.: Atmospheric behavior, deposition, and budget of radioactive materials from the Fukushima Daiichi nuclear power plant in March 2011, *Geophysical Research Letters*, 38, 10.1029/2011gl048689, 2011.
42. Morino, Y., T. Ohara, and M. Nishizawa, Atmospheric behavior, deposition, and budget of radioactive materials from the Fukushima Daiichi nuclear power plant in March 2011. *Geophysical Research Letters*, 2011. 38: p. L00G11. 10.1029/2011gl048689
43. Munro, A.: The economics of nuclear decontamination: assessing policy options for the management of land around Fukushima dai-ichi, *Environmental Science & Policy*, 33, 63-75, 2013.
44. Nagao, S., Kanamori, M., Ochiai, S., Tomihara, S., Fukushi, K., and Yamamoto, M.: Export of  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in the Fukushima river systems at heavy rains by Typhoon Roke in September 2011, *Biogeosciences Discussions*, 10, 2767-2790, 10.5194/bgd-10-2767-2013, 2013.
45. Nair, R. N., Sunny, F., Chopra, M., Sharma, L. K., Puranik, V. D., and Ghosh, A. K.: Estimation of radioactive leakages into the Pacific Ocean due to Fukushima nuclear accident, *Environmental Earth Sciences*, 10.1007/s12665-013-2501-1, 2013.
46. Nakano, H., et al., Analysis of  $^{137}\text{Cs}$  concentration in the Pacific using a Lagrangian approach. *J. Geophys. Res.*, 2010. 115(C6): p. C06015. 10.1029/2009JC005640
47. Nishihara, K., et al., Radionuclide Release to Stagnant Water in Fukushima-1 Nuclear Power Plant. *Transactions of the Atomic Energy Society of Japan*, 2012. 11(1): p. 13-19. 10.3327/taesj.J11.040
48. Perianez, R., Suh, K. S., and Min, B. I.: Local scale marine modelling of Fukushima releases. Assessment of water and sediment contamination and sensitivity to water circulation description, *Mar. Pollut. Bull.*, 64, 2333-2339, 10.1016/j.marpolbul.2012.08.030, 2012.

## 課題1&2 参考文献(5/8)

49. Periañez, R., Suh, K.-S., Byung-Il, M., Casacuberta, N., and Masque, P.: Numerical modelling of the releases of <sup>90</sup>Sr from Fukushima to the ocean: an evaluation of the source term, *Environmental science & technology*, 10.1021/es4031408, 2013.
50. Povinec, P. P., Aoyama, M., Biddulph, D., Breier, R., Buesseler, K., Chang, C. C., Golser, R., Hou, X. L., Jeřkovský, M., Jull, A. J. T., Kaizer, J., Nakano, M., Nies, H., Palcsu, L., Papp, L., Pham, M. K., Steier, P., and Zhang, L. Y.: Cesium, iodine and tritium in NW Pacific waters &ndash; a comparison of the Fukushima impact with global fallout, *Biogeosciences*, 10, 5481-5496, 10.5194/bg-10-5481-2013, 2013.
51. Povinec, P. P., et al. (2012). "Radiostrontium in the Western north pacific: characteristics, behavior, and the fukushima impact." *Environmental science & technology* 46(18): 10356-10363.
52. Povinec, P. P., Gera, M., Holy, K., Hirose, K., Lujaniene, G., Nakano, M., Plastino, W., Sykora, I., Bartok, J., and Gazak, M.: Dispersion of Fukushima radionuclides in the global atmosphere and the ocean, *Appl. Radiat. Isot.*, 81, 383-392, 10.1016/j.apradiso.2013.03.058, 2013.
53. Povinec, P. P., Hirose, K., and Aoyama, M.: Fukushima Accident: Radioactivity Impact on the Environment, Elsevier, 2013.
54. Povinec, P. P., Hirose, K., and Aoyama, M.: Radiostrontium in the western North Pacific: characteristics, behavior, and the Fukushima impact, *Environ. Sci. Technol.*, 46, 10356-10363, 10.1021/es301997c, 2012.
55. Povinec, P. P., Sýkora, I., Gera, M., Holý, K., Brest'áková, L., and Kováčík, A.: Fukushima-derived radionuclides in ground-level air of Central Europe: a comparison with simulated forward and backward trajectories, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 295, 1171-1176, 10.1007/s10967-012-1943-3, 2012.
56. Povinec, P. P., Sykora, I., Holy, K., Gera, M., Kovacik, A., and Brest'akova, L.: Aerosol radioactivity record in Bratislava/Slovakia following the Fukushima accident - A comparison with global fallout and the Chernobyl accident, *Journal of environmental radioactivity*, 114, 81-88, 10.1016/j.jenvrad.2012.05.008, 2012.
57. Povinec, P., et al., Fukushima-derived radionuclides in ground-level air of Central Europe: a comparison with simulated forward and backward trajectories. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2012: p. 1-6. 10.1007/s10967-012-1943-3
58. Povinec, P., et al., Fukushima-derived radionuclides in ground-level air of Central Europe: a comparison with simulated forward and backward trajectories. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2012: p. 1-6. 10.1007/s10967-012-1943-3
59. Povinec, P.P., K. Hirose, and M. Aoyama, Radiostrontium in the Western north pacific: characteristics, behavior, and the fukushima impact. *Environmental Science & Technology*, 2012. 46(18): p. 10356-63. 10.1021/es301997c
60. Rossi, V., Van Seville, E., Sen Gupta, A., Garcon, V., and England, M. H.: Multi-decadal projections of surface and interior pathways of the Fukushima Cesium-137 radioactive plume, *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 2013.

## 課題1&2 参考文献(6/8)

61. Rubinshtein, K. G., Nabokova, E. M., Ignatov, R. Y., Smirnova, M. M., Arutyunyan, R. V., Semenov, V. N., Sorokovikova, O. S., Fokin, A. V., Pripachkin, D. A., and Dzama, D. V.: Software package of atmospheric radionuclide distribution models and its use for assessing the radiation conditions after the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident, *Russian Meteorology and Hydrology*, 37, 586-597, 10.3103/s1068373912090026, 2012.
62. Rypina, I. I., Jayne, S. R., Yoshida, S., Macdonald, A. M., Douglass, E., and Buesseler, K.: Short-term dispersal of Fukushima-derived radionuclides off Japan: modeling efforts and model-data intercomparison, *Biogeosciences Discussions*, 10, 1517-1550, 10.5194/bgd-10-1517-2013, 2013.
63. Saegusa, J., Kikuta, Y., and Akino, H.: Observation of gamma-rays from fallout collected at Ibaraki, Japan during the Fukushima nuclear accident, *Appl. Radiat. Isot.*, 77, 56-60, 10.1016/j.apradiso.2013.02.018, 2013.
64. Saey, L., Pourcelot, L., Parache, V., Roussel-Debet, S., Gurriaran, R., Orjollet, D., Leblanc, F., and Renaud, P.: Facteurs de transfert du césium au lait et à la viande déterminés à partir de mesures faites en France en 2011 à la suite de l'accident de Fukushima-Daichi, *Radioprotection*, 10.1051/radiopro/2013059 2013.
65. Sagara, H., Tomikawa, H., Watahiki, M., and Kuno, Y.: Feasibility study of passive gamma spectrometry of molten core material from Fukushima Daiichi Nuclear Power Station unit 1, 2, and 3 cores for special nuclear material accountancy—low-volatile FP and special nuclear material inventory analysis and fundamental characteristics of gamma-rays from fuel debris: Fukushima NPP Accident Related, *J. Nucl. Sci. Technol.*, 1-23, 10.1080/00223131.2014.852994, 2013.
66. Sakama, M., Nagano, Y., Saze, T., Higaki, S., Kitade, T., Izawa, N., Shikino, O., and Nakayama, S.: Application of ICP-DRC-MS to screening test of strontium and plutonium in environmental samples at Fukushima, *Appl. Radiat. Isot.*, 81, 201-207, 10.1016/j.apradiso.2013.03.056, 2013.
67. Samuels, W. B., Bahadur, R., and Ziemniak, C.: Waterborne Transport Modeling of Radioactivity from the Fukushima Nuclear Power Plant Incident, in: *Securing Water and Wastewater Systems*, Springer, 135-148, 2014.
68. Schoppner, M., Plastino, W., Povinec, P., Nikkinen, M., Ruggieri, F., and Bella, F.: Estimation of the radioactive source dispersion from Fukushima nuclear power plant accident, *Applied radiation and isotopes : including data, instrumentation and methods for use in agriculture, industry and medicine*, 10.1016/j.apradiso.2013.03.070, 2013.
69. Schwantes, J. M., Orton, C. R., and Clark, R. A.: Analysis of a nuclear accident: fission and activation product releases from the Fukushima Daiichi nuclear facility as remote indicators of source identification, extent of release, and state of damaged spent nuclear fuel, *Environ. Sci. Technol.*, 46, 8621-8627, 10.1021/es300556m, 2012.
70. Seki, A., Takemiya, H., Takahashi, F., Saito, K., Tanaka, K., Takahashi, Y., Takemura, K., and Tsuzawa, M.: Development of Radioactive Contamination Map of Fukushima Nuclear Accident, *Sustained Simulation Performance 2012*, 93-104, 10.1007/978-3-642-32454-3\_8, 2013.

## 課題1&2 参考文献(7/8)

71. Sharma, L., Ghosh, A., Nair, R., Chopra, M., Sunny, F., and Puranik, V.: Inverse Modeling for Aquatic Source and Transport Parameters Identification and its Application to Fukushima Nuclear Accident, Environmental Modeling & Assessment, 1-14, 10.1007/s10666-013-9391-1, 2013.
72. Stohl, A. (2011). "Interactive comment on gXenon-133 and caesium-137 releases into the atmosphere from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant: determination of the source term, atmospheric dispersion, and depositionh by A. Stohl et al." Atmos. Chem. Phys. Discuss 11: C12298-C12304.
73. Stohl, A., et al. (2012). "Xenon-133 and caesium-137 releases into the atmosphere from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant: determination of the source term, atmospheric dispersion, and deposition." Atmospheric Chemistry and Physics 12(5): 2313-2343.
74. Stohl, A., Seibert, P., and Wotawa, G.: The total release of xenon-133 from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident, J. Environ. Radioact., 112, 155-159, 10.1016/j.jenvrad.2012.06.001, 2012.
75. Takemura, T., Nakamura, H., Takigawa, M., Kondo, H., Satomura, T., Miyasaka, T., and Nakajima, T.: A Numerical Simulation of Global Transport of Atmospheric Particles Emitted from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Sola, 7, 101-104, 10.2151/sola.2011-026, 2011.
76. Tateda, Y., Tsumune, D., and Tsubono, T.: Simulation of radioactive cesium transfer in the southern Fukushima coastal biota using a dynamic food chain transfer model, Journal of environmental radioactivity, 124C, 1-12, 10.1016/j.jenvrad.2013.03.007, 2013.
77. Ten Hoeve, J. E., and Jacobson, M. Z.: Worldwide health effects of the Fukushima Daiichi nuclear accident, Energy & Environmental Science, 5, 8743, 10.1039/c2ee22019a, 2012.
78. Terada, H., Katata, G., Chino, M., and Nagai, H.: Atmospheric discharge and dispersion of radionuclides during the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. Part II: verification of the source term and analysis of regional-scale atmospheric dispersion, Journal of environmental radioactivity, 112, 141-154, 10.1016/j.jenvrad.2012.05.023, 2012.
79. Terada, H., Katata, G., Chino, M., and Nagai, H.: Atmospheric discharge and dispersion of radionuclides during the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. Part II: verification of the source term and analysis of regional-scale atmospheric dispersion, J. Environ. Radioact., 112, 141-154, 10.1016/j.jenvrad.2012.05.023, 2012.
80. Torii, T., Sugita, T., Okada, C. E., Reed, M. S., and Blumenthal, D. J.: Enhanced Analysis Methods to Derive the Spatial Distribution of <sup>131</sup>I Deposition on the Ground by Airborne Surveys at an Early Stage after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident, Health physics, 105, 192-200, 2013.



## 課題1&2 参考文献(8/8)

81. Tsumune, D., et al. (2012). "Distribution of oceanic  $^{137}\text{Cs}$  from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant simulated numerically by a regional ocean model." J Environ Radioact 111: 100-108.
82. Tsumune, D., Tsubono, T., Aoyama, M., and Hirose, K.: Distribution of oceanic  $^{137}\text{Cs}$  from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant simulated numerically by a regional ocean model, J. Environ. Radioact., 111, 100-108, 10.1016/j.jenvrad.2011.10.007, 2012.
83. Tsumune, D., Tsubono, T., Aoyama, M., Uematsu, M., Misumi, K., Maeda, Y., Yoshida, Y., and Hayami, H.: One-year, regional-scale simulation of  $^{137}\text{Cs}$  radioactivity in the ocean following the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, Biogeosciences, 10, 5601-5617, 10.5194/bg-10-5601-2013, 2013.
84. Tumey, S. J., Guilderson, T. P., Brown, T. A., Broek, T., and Buesseler, K. O.: Input of  $^{129}\text{I}$  into the western Pacific Ocean resulting from the Fukushima nuclear event, J. Radioanal. Nucl. Chem., 296, 957-962, 10.1007/s10967-012-2217-9, 2013.
85. Wu, D.: Radiation exposure following Fukushima incident, The Lancet Oncology, 13, e413, 10.1016/s1470-2045(12)70394-7, 2012.
86. Yamashita, S., and Suzuki, S.: Risk of thyroid cancer after the Fukushima nuclear power plant accident, Respiratory Investigation, 10.1016/j.resinv.2013.05.007, 2013.
87. 何晏春, et al., Transport of nuclear leakage from Fukushima Nuclear Power Plant in the North Pacific. 海洋学报, 2012. 34(4).
88. 西原健司、岩本大樹、須山賢也: 福島第一原子力発電所の燃料組成評価, JAEA-Data/Code, 18, 1-190, 2012.

## 課題2 参考文献

- Stohl, A.; Seibert, P.; Wotawa, G.; Arnold, D.; Burkhardt, J. F.; Eckhardt, S.; Tapia, C.; Vargas, A.; Yasunari, T. J., Xenon-133 and caesium-137 releases into the atmosphere from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant: determination of the source term, atmospheric dispersion, and deposition. *Atmos Chem Phys* **2012**, *12*, (5), 2313-2343.
- Morino, Y.; Ohara, T.; Nishizawa, M., Atmospheric behavior, deposition, and budget of radioactive materials from the Fukushima Daiichi nuclear power plant in March 2011. *Geophys Res Lett* **2011**, *38*.
- Yasunari, T. J.; Stohl, A.; Hayano, R. S.; Burkhardt, J. F.; Eckhardt, S.; Yasunari, T., Cesium-137 deposition and contamination of Japanese soils due to the Fukushima nuclear accident. *P Natl Acad Sci USA* **2011**, *108*, (49), 19530-19534.
- 森野悠, 大原利眞, 西澤匡人 (2012) 大気シミュレーションで明らかとなった, 放射性物質の沈着メカニズム. 「化学」4月号別冊, 12-17
- 大原利眞, 森野悠, 西澤匡人 (2011) 福島原発から大気中に放出された放射性物質はどこに, どのように落ちたか?. 科学, 81, 1254-1258
- Morino Y., Ohara T., Watanabe M., Hayashi S., Nishizawa M. (2013) Episode analysis of deposition of radiocesium from the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident. *Environmental Science and Technology*, *47*, 2314-2322

## 課題3 参考文献

- M. Chino, H. Nakayama, H. Nagai, H. Terada, G. Katata, H. Yamazawa, Preliminary Estimation of Release Amount of  $^{131}\text{I}$  and  $^{137}\text{Cs}$  Accidentally Discharged from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant into the Atmosphere, Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.48, No.7, pp.1129-1134(2011)
- 山澤・平尾、「事故放出放射性物質の広域影響に関する検討結果」日本原子力学会「原子力安全」調査専門委員会、放射線影響分科会、2011年8月11日 [http://www.aesj.or.jp/information/fnpp201103/chousacom/he/hecom\\_kouikieikyo20110811.pdf](http://www.aesj.or.jp/information/fnpp201103/chousacom/he/hecom_kouikieikyo20110811.pdf)
- JAEA主催公開ワークショップ「福島第一原子力発電所事故による環境放出と拡散プロセスの再構築」2012年3月6日、<http://nsed.jaea.go.jp/ers/environment/envs/FukushimaWS/index.htm>
- G. Katata, M. Ota, H. Terada, M. Chino, H. Nagai, Atmospheric discharge and dispersion of radionuclides during the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. Part I: Source term estimation and local-scale atmospheric dispersion in early phase of the accident, Journal of Environmental Radioactivity, Vol.109, pp.103-113 (2012)
- G. Katata, H. Terada, H. Nagai, M. Chino, Numerical reconstruction of high dose rate zones due to the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, Journal of Environmental Radioactivity, Vol.111, pp.2-12 (2012)
- H. Terada, G. Katata, M. Chino, H. Nagai, Atmospheric discharge and dispersion of radionuclides during the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. Part II: verification of the source term and analysis of regional-scale atmospheric dispersion, Journal of Environmental Radioactivity, Vol.112, pp.141-154 (2012)
- S. Hirao, H. Yamazawa and T. Nagae, Estimation of Release Rate of Iodine-131 and Cesium-137 from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, Journal of Nuclear Science and Technology 50(2), 139-147: 2013
- Takuya Kobayashia, Haruyasu Nagaia, Masamichi Chinoa & Hideyuki Kawamura, Source term estimation of atmospheric release due to the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident by atmospheric and oceanic dispersion simulations, Journal of Nuclear Science and Technology Volume 50, Issue 3, 255-264, 2013.
- 茅野、「福島第一原子力発電所事故に係る大気・海洋環境動態研究の現状について（独立行政法人日本原子力研究開発機構）」2013年第18回原子力委員会資料, <http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2013/siryo18/index.htm>
- S. Hirao, H. Hibino, T. Nagae, J. Moriizumi and H. Yamazawa, Chapter 14 Source Term Estimation Using Environmental Monitoring Data Radiation Monitoring and Dose Estimation of the Fukushima Nuclear Accident, Springer, ISBN 978-4-431-54582-8, 2014

## 課題5 参考文献(1)

### 初期の環境モニタリング

- 古田ら, 福島第一原子力発電所事故に係る特別環境放射線モニタリング結果-中間報告(空間線量率, 空气中放射性物質濃度, 降下じん中放射性物質濃度. 日本原子力研究開発機構, JAEA-Review 2011-035(2011).
- T. Ohkura et al., Emergency monitoring of environmental radiation and atmospheric radionuclides at Nuclear Science Research Institute, JAEA following the accident of Fukushima Daiichi nuclear power plant, Japan Atomic Energy Agency, JAEA-Data/Code 2012-010 (2012).
- M. Takeyasu, M. Nakano, H. Fujita, A. Nakada, H. Watanabe, S. Sumiya, S. Furuta. Results of environmental radiation monitoring at the nuclear fuel cycle engineering laboratories, JAEA, following the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident, J. Nucl. Sci. Technol., 49, 281-286 (2012).
- H. Amano, M. Akiyama, B. Chunlei, T. Kawamura, T. Kishimoto, T. Kuroda, T. Muroi, T. Odaira, Y. Ohta, K. Takeda, Y. Watanabe, T. Morimoto. Radiation measurements in the Chiba metropolitan area and radiological aspects of fallout from the Fukushima Daiichi nuclear power plants accident, J. Environ. Radioact., 111, 42-52 (2012).
- 高エネルギー加速器研究機構(KEK). つくば市で観測された空气中放射性物質の種類と濃度の測定結果について, <http://legacy.kek.jp/quake/radmonitor/GeMonitor3.html>
- 永川栄泰, 鈴木隆司, 金城康人, 宮崎則幸, 関口正之, 櫻井昇, 伊瀬洋昭. 福島第一原子力発電所事故による放射性物質漏えいに係る都内環境放射能測定及び被ばく線量測定. Radioisotopes, 60, 467-472 (2011).
- 大原利眞, 森野悠, 田中敦. 福島第一原子力発電所から放出された放射性物質の大気中の挙動, 保健医療科学, 60, 292-299 (2011).
- H. Tsuruta, M. Takigawa, T. Nakajima. Summary of atmospheric measurements and transport pathways of radioactive materials released by the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident, NIRS-M-252 The 1st NIRS symposium on reconstruction of early internal dose in the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident, 101-111, Chiba, Japan (2012).



## 課題5 参考文献(2)

## 個人モニタリング(1)

No	Category	Reference	Note
1	Public/WB(Cs)	Homepage of Fukushima Pref. <a href="http://www.pref.fukushima.jp/imu/wbc/20130603wbc_joukyou.pdf">http://www.pref.fukushima.jp/imu/wbc/20130603wbc_joukyou.pdf</a>	Residents of Fukushima pref. (N=127,137) (only dose estimate results available)
2	Public/WB(Cs)	R. Hayano et al., Proc. Jpn. Acad., Ser. B 89(2013)	Residents in Miharu-town (N=32,817)
3	Public/Thyroid(I)	S. Tokonami et al., Sci. Rep. 2 (2012)	Residents of Namie-town (N=62)
4	Public/Thyroid(I&Cs)	M. Hosoda et al., Environ. Inter., 61(2013) 73-76	Namie-town Residents (N=2393)
5	Public/Urinalysis (I&Cs)	N. Kumada et al., J. Environ. Radioact. 110 (2012)	Residents of Kawamata and Iitate (N=15),
6	Responder/WB(I&Cs)	N. Matsuda et al., Radiation Research 179 (2013)	Responders and evacuees (the public) (N=173)
7	Public/Responder (Thyroid&WB, I&Cs)	N. Morita et al., Radiation Research 180 (2013) 299-306	Responders and evacuees (N=196)
8	Public (WB, Cs)	Tsubokura et al., JAMA, Aug 15, Vol. 308, No. 7 (2012) <a href="http://www.city.minamisoma.lg.jp/index.cfm/10,2023,61,344,html">http://www.city.minamisoma.lg.jp/index.cfm/10,2023,61,344,html</a> (in japaness)	Minami-soma Residents (N=9,498)
9	Worker/Thyroid(I)	O. Kurihara et al., J. Nucl. Sci. and Technol. Vol. 50, No. 2, 122-129 (2013)	TEPCO employees (N=37)

## 課題5 参考文献(3)

## 個人モニタリング(2)

No	Category	Reference	Note
10	Worker(I&Cs)	O. Kurihara et al., NIRS-M-252 (2012)	TEPCO employees (N=37)
11	Worker/Responder(I&Cs)	T. Nakano et al., NIRS-M-252 (2012)	TEPCO employees (N=7), NIRS employees (N=8)
12	Public/WB(Cs)	T. Momose et al., NIRS-M-252 (2012)	Residents of Fukushima pref. (N=9,927)
13	Responder/WB(I&Cs)	C. Takada et al., NIRS-M-252 (2012)	JAEA employees (N=50)
14	Public/Thyroid(I)	E. Kim et al., NIRS-M-252 (2012)	Children of Kawamata, Iitate and Iwaki (N=1,080)
15	Public, Responder (Thyroid, WB, Atmospheric dispersion)	Home page in NIRS, Proceedings, <a href="http://www.nirs.go.jp/publication/irregular/pdf/nirs_m_252.pdf">http://www.nirs.go.jp/publication/irregular/pdf/nirs_m_252.pdf</a>	Reconstruction of Early Internal dose in the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident
16	Public/Internal dose(Thyroid, WB, Atmospheric dispersion)	O. Kurihara et al., Proceedings of the 14 <sup>th</sup> Workshop on Environmental Radioactivity, KEK Proceedings 2013-7 (2013)	Reconstruction of Early Internal dose in the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident (in Japanese)
17	Public/Internal dose(Thyroid, WB, Atmospheric dispersion)	O. Kurihara et al., Radiation Monitoring and Dose estimation of the Fukushima Nuclear Accident (to be printed)	NIRS's project for the reconstruction of Early Internal dose to inhabitants in Fukushima after the nuclear disaster

## 課題6 参考文献

- Adachi et al., Emission of spherical cesium-bearing particles from an early stage of the Fukushima nuclear accident, Sci. Rep., 2013; doi: 10.1038/srep02554
- Igarashi et al., Characteristics of Spherical Cs-Bearing Particles Collected during the Early Stage of FDNPP Accident, International Experts' Meeting on Radiation Protection after the Fukushima Daiichi Accident: Promoting Confidence and Understanding, Vienna, Austria, 17 – 21 February 2014
- Abe et al., Microscale vitreous radioactive aerosol particles generated by Fukushima nuclear accident (in preparation)

以下の論文はCsボールそのものは示していないが、不溶性Csが福島事故で放出されたことを論証

- Niimura, et al., Physical properties, structure, and shape of radioactive Cs from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident derived from soil, bamboo and shiitake mushroom measurements, J. Environ. Radioact., In Press, Corrected Proof, Available online 17 January 2014

## 課題8 参考文献

- Morino Y., Ohara T., Watanabe M., Hayashi S., Nishizawa M. (2013) Episode analysis of deposition of radiocesium from the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident. Environmental Science and Technology, 47, 2314-2322
- 公開ワークショップ（平成24年3月6日）「福島第一原子力発電所事故による環境放出と拡散プロセスの再構築」  
<http://nsed.jaea.go.jp/ers/environment/envs/FukushimaWS/>
- 滝川雅之ほか(2013)放射性物質拡散シミュレーションの国際相互比較、大気環境学会年会特別集会
- 森野悠、大原利真、弓本桂也(2014) 大気シミュレーションモデルは放射性物質の沈着量をどこまで再現できるか？、シンポジウム「福島第一原子力発電所事故による環境放射能汚染の現状と課題」－今、大気環境から考える放射能汚染－  
<http://www.jsae-net.org/event/2014/fukushima-symp/index.pdf>



## 課題9 参考文献

- ICRP publication 74
- 平山英夫他 放射線防護に用いられる線量概念, KEK preprint 2012-44(2013), 日本原子力学会誌55(2) (2013) p83-96
- 平山英夫他 地表に広く分布した $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ を対象とする個人線量計の評価, KEK preprint 2012-43(2013), Radioisotopes vol. 62 No.6 (2013)
- 壽藤紀道 今こそ復習主任者の基礎知識 第11回 「様々な線量」 Isotope News No.708(2013) p90-93

など