

# 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

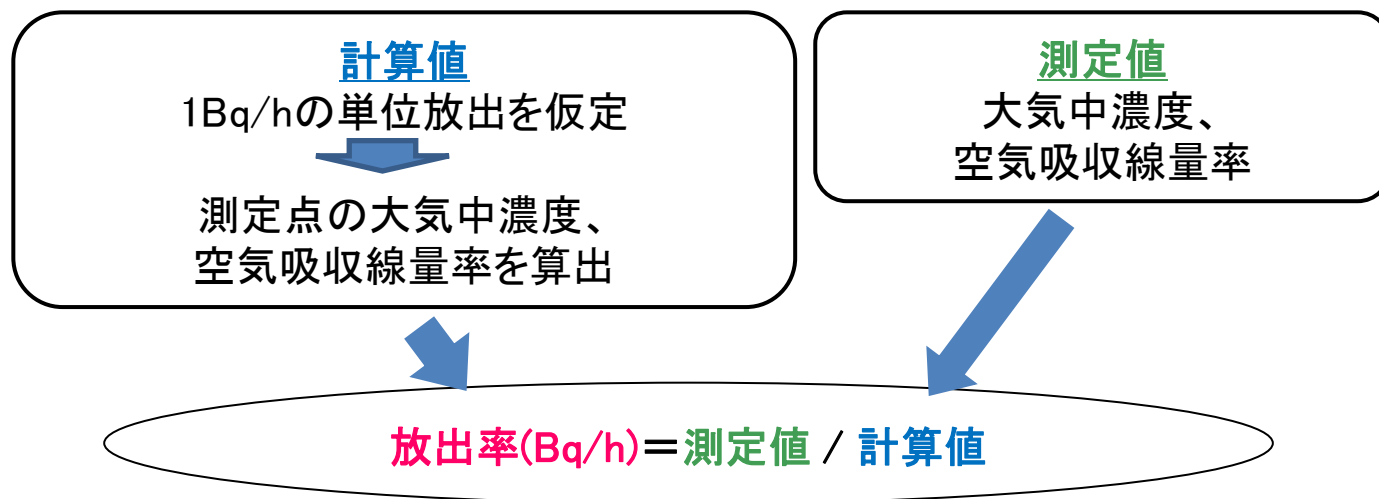
(独)日本原子力研究開発機構

茅野 政道

## 説明内容

1. 大気放出量の推定
2. 大気拡散・地表沈着プロセスのシミュレーション
3. 海洋放出と海洋拡散状況シミュレーション
4. 現在および今後の課題

# 1. 大気放出量の推定 —推定手法の概念—

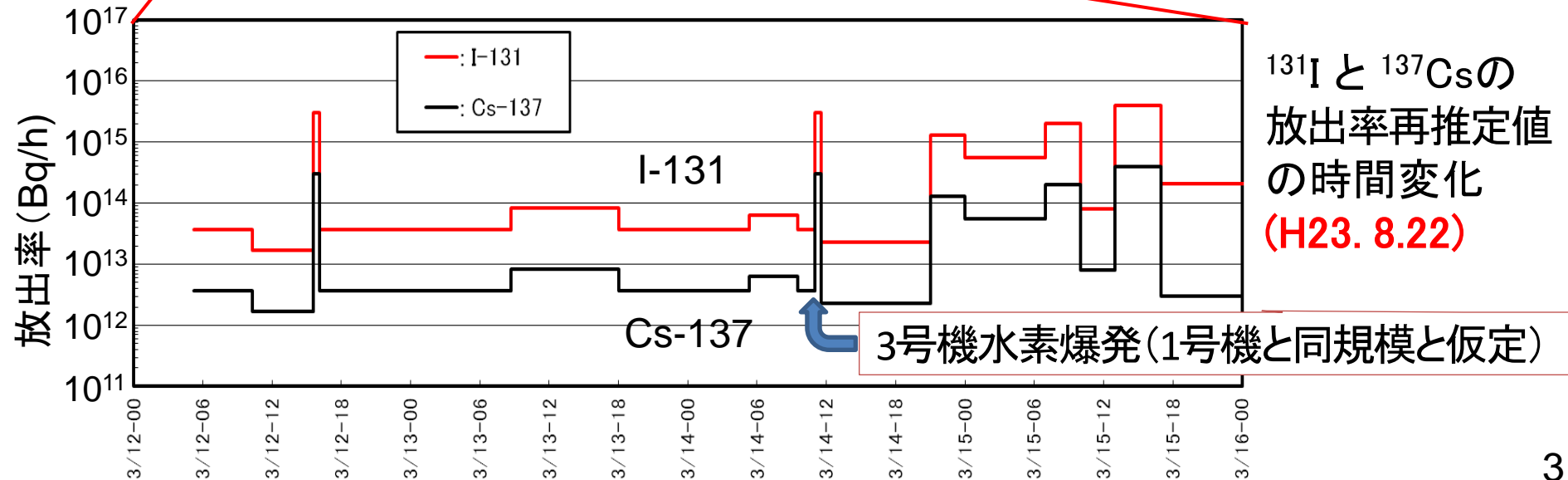
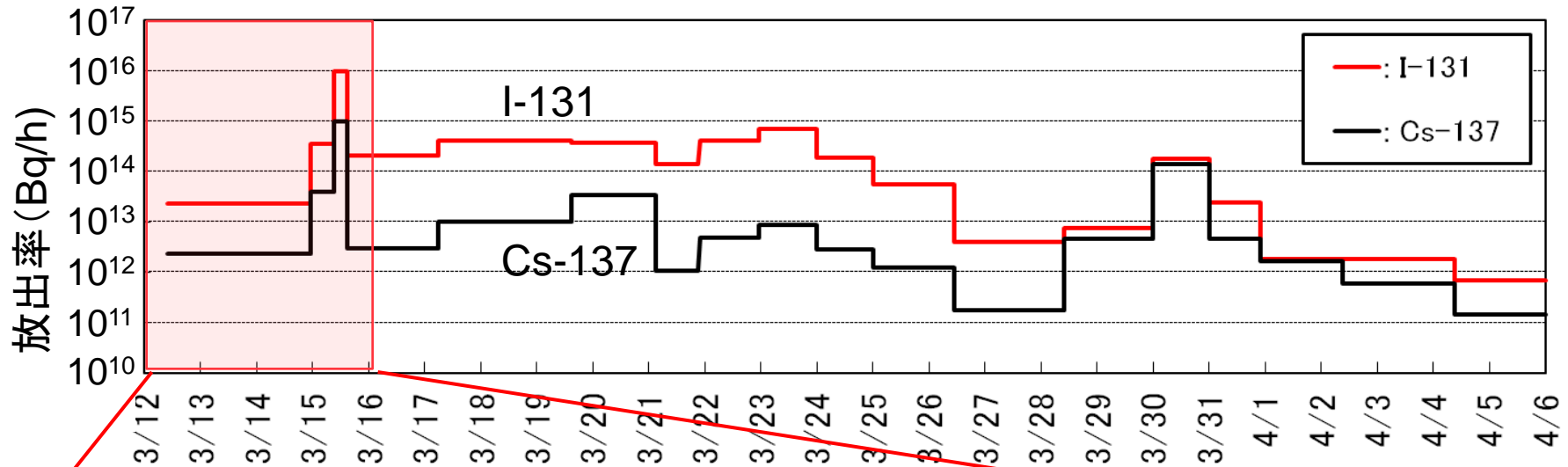


## これまでの主要発表

- H23. 4. 12 JAEAの大気放出推定値を原子力安全委員会が発表  
(Chino, et al.: J. Nucl. Sci. Technol. 48 (2011) 1129-1134)
- H23. 8. 22 JAEAの大気放出改定値を原子力安全委員会に報告  
(Katata, et al.: J. Environ. Radioactivity 109 (2012) 103-113)
- H24. 1 最新推定値を論文発表  
(Terada, et al., J. Environ. Radioactivity 112 (2012) 141-154)
- H24. 3. 6 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」
- H25. 3 太平洋側に大気放出された放射性物質の放出量推定を発表  
(Kobayashi, et al.: J. Nucl. Sci. Technol. 50 (2013) 255-264)
- H25. 3 平成24年度日本原子力学会年会で、福島県の環境モニタリングデータを用いた再推定を口頭発表

# 大気放出量推移の推定結果

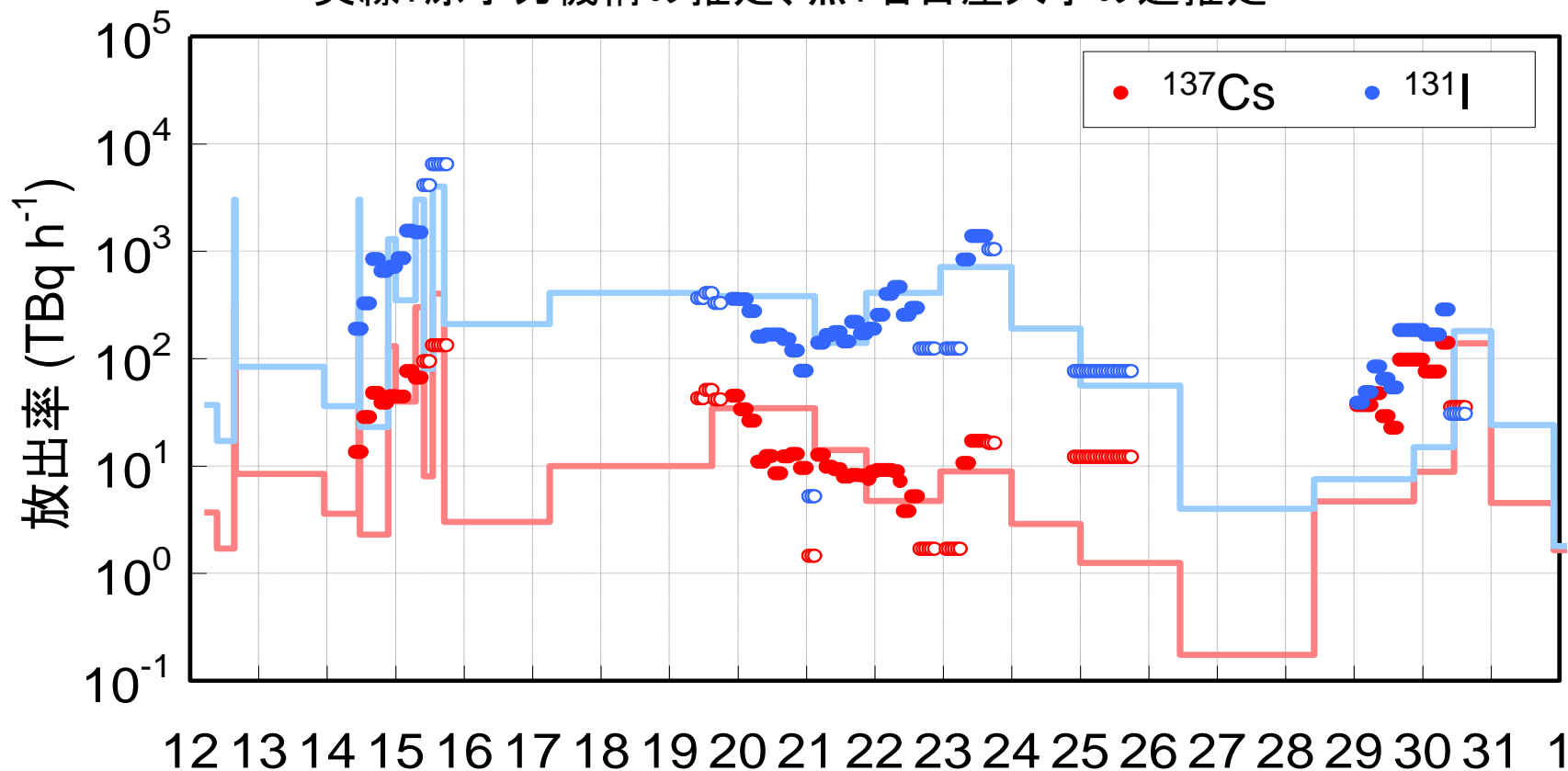
$^{131}\text{I}$  と  $^{137}\text{Cs}$  の暫定放出率推定値の時間変化 (H23. 4.12)



# JAEA主催公開ワークショップ\*での検証(1)

(H23. 3. 6)

実線: 原子力機構の推定、点: 名古屋大学の逆推定



2011年3月

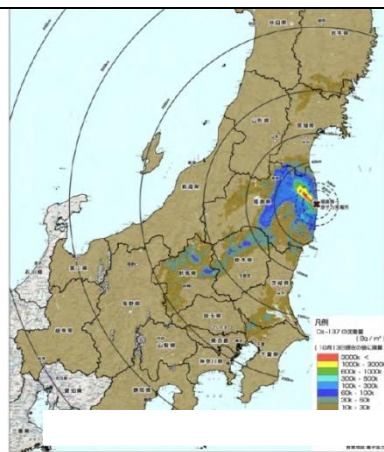
\*JAEA主催公開ワークショップ「福島第一原子力発電所事故による環境放出と拡散プロセスの再構築」(後援: 文部科学省、原子力安全委員会) 2012年3月6日

# JAEA主催公開ワークショップでの検証(2)

- 国立環境研(NIES)がJAEAの放出推定値を入力したシミュレーション結果を実測と比較-

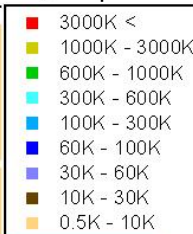
Cs137沈着量

航空機モニタリング



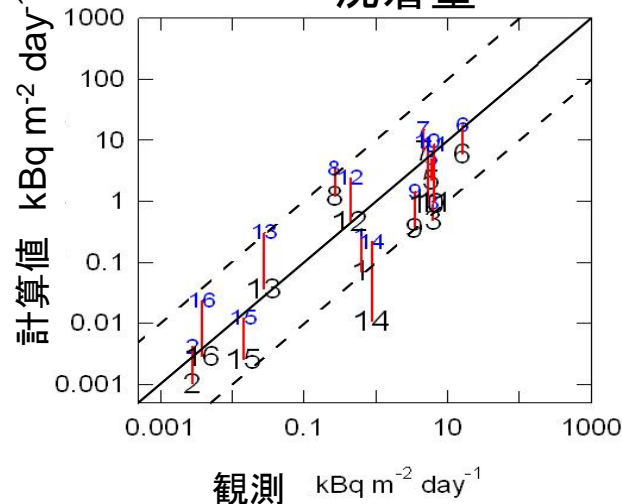
Cs-137 (11 -29 March)

NIESの予測

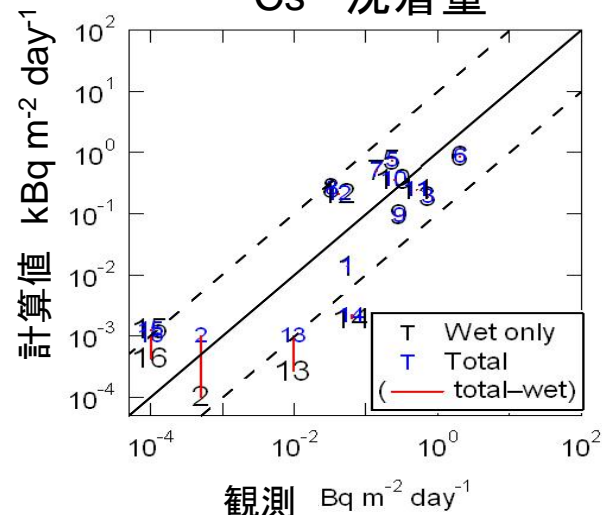


NIES

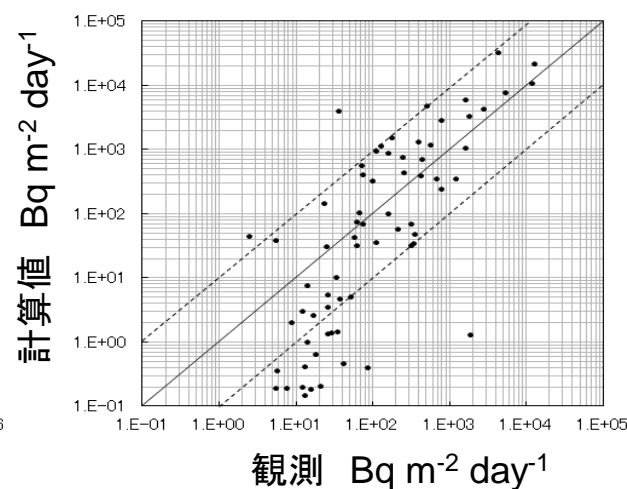
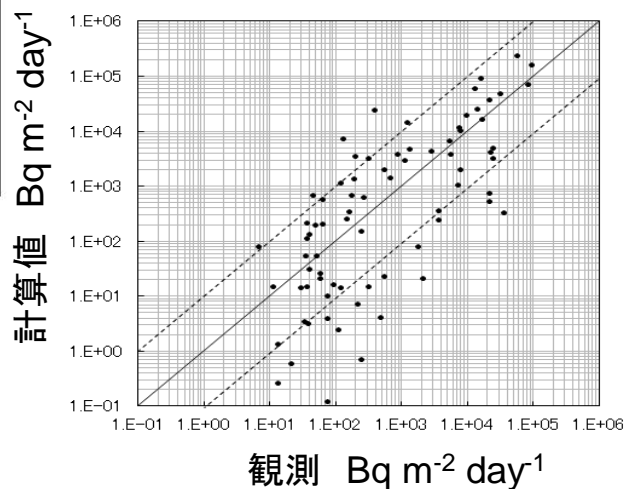
$^{131}\text{I}$  沈着量



$^{137}\text{Cs}$  沈着量



JAEA



観測は3/18~3/31の関東、東北地方での降下量

# JAEA主催公開ワークショップでの検証(3)

- 大気放出総量の比較 -

|                      | $^{131}\text{I}$ (Bq)             | $^{137}\text{Cs}$ (Bq)            |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| JAEA                 |                                   |                                   |
| Chino, et al. 2011   | $1.5 \times 10^{17}$              | $1.3 \times 10^{16}$              |
| Katata, et. al. 2012 | $1.3 \times 10^{17}$              | $1.1 \times 10^{16}$              |
| Terada, et. al. 2012 | $1.2 \times 10^{17}$              | $0.9 \times 10^{16}$              |
| Aoyama, et al. 2012  | —                                 | $1.5\text{--}2.0 \times 10^{16}$  |
| NISA                 |                                   |                                   |
| Apr. 12, 2011        | $1.3 \times 10^{17}$ (3/11–3/17)  | $0.6 \times 10^{16}$ (3/11–3/17)  |
| Jun. 6, 2011         | $1.6 \times 10^{17}$ (3/11–3/17)  | $1.5 \times 10^{16}$ (3/11–3/17)  |
| Sept. 17, 2012       | $2.5\sim 3.4 \times 10^{17}$ (同上) | $0.7\sim 1.3 \times 10^{16}$ (同上) |
| Stohl, et. al. 2011  | —                                 | $3.7 \times 10^{16}$              |
| IRSN 2011            | $0.9 \times 10^{17}$ (3/11–3/22)  | $1.0 \times 10^{16}$ (3/11–3/22)  |
| TEPCO 2012           | $5.0 \times 10^{17}$              | $1.0 \times 10^{16}$              |

海洋側放出時の放出量推定値が過少の可能性が指摘された。

> 海側への放出時の放出量予測について、大気拡散モデルと海洋拡散モデルの結合により、海洋中セシウム濃度から逆推定。

# 大気拡散モデルと海洋拡散モデルの結合による推定

- H25. 3 太平洋側に大気放出された放射性物質の放出量推定を発表  
(Kobayashi, et al.: J. Nucl. Sci. Technol. 50 (2013) 255-264)
- H25. 3 平成24年度日本原子力学会年会で、再推定を口頭発表

1

- 大気と海洋の $^{134}\text{Cs}$ 拡散計算を分離して実行し、大気沈着のみによって海洋中濃度が形成されたと推定される海洋観測点を推定に使用

2

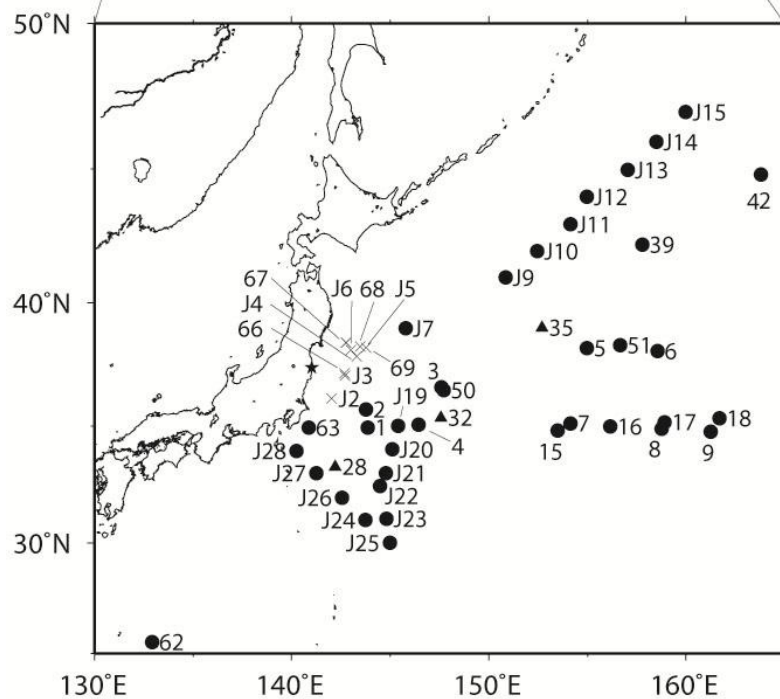
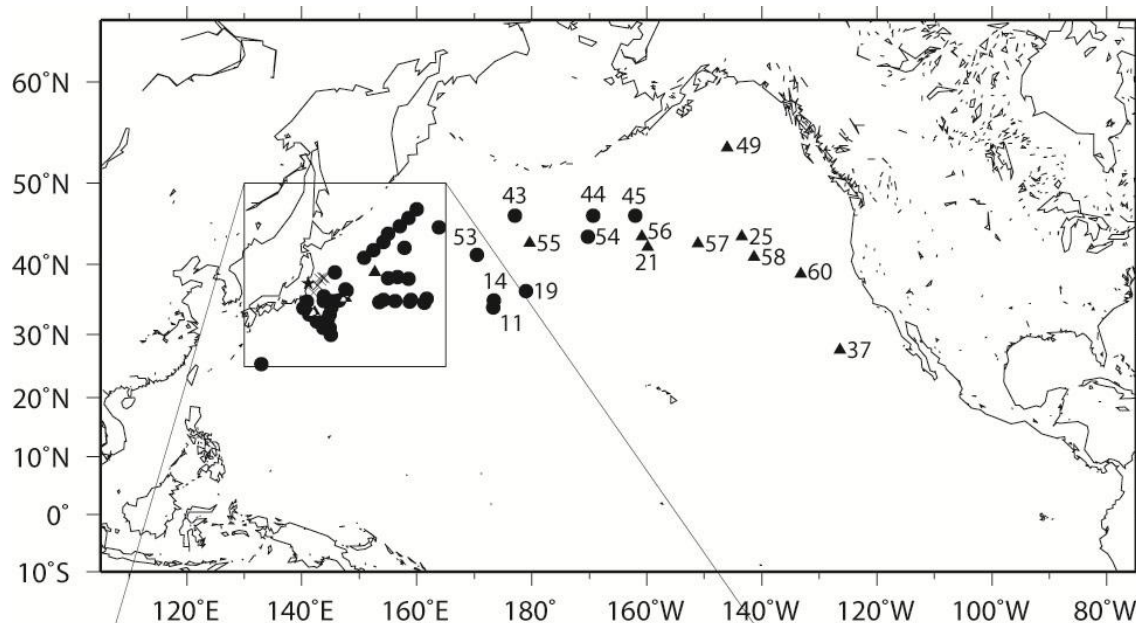
- 推定期間を18分割し、それぞれの期間における大気放出量を用いた大気-海洋拡散シミュレーションを実行し、分割した期間の放出と各海洋観測点における表層 $^{134}\text{Cs}$ 濃度に対する大気放出量が影響する割合を計算

3

- $^{134}\text{Cs}$ の海洋観測値とシミュレーション結果が一致するように、上述した割合を基に初期放出量の調節

4

- $^{134}\text{Cs}$ と $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ との放射能比から $^{137}\text{Cs}$ と $^{131}\text{I}$ の放出量を推定



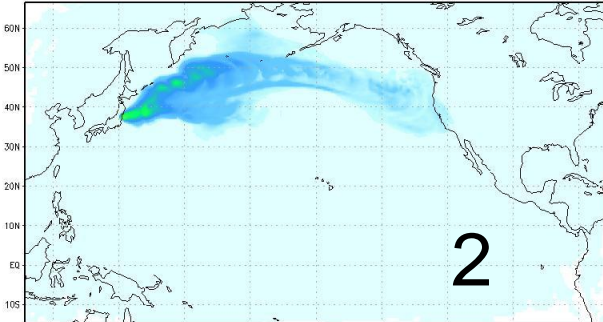
## 計算領域と大気放出量の再推定 に用いた海洋観測点。

×は予備計算によって海洋への直接放出の  
影響が考えられる測点。  
頭文字に“J”が付く測点はHonda et al.  
(2012)、他は気象研の観測点を示す。

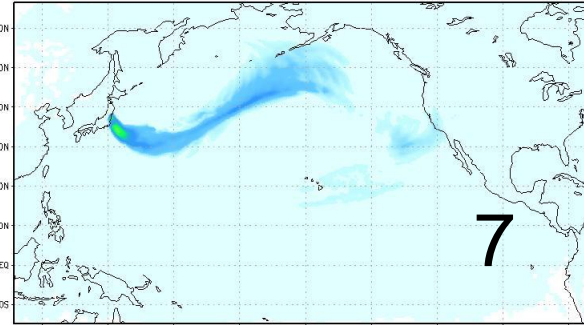


# 放出期間を分割した計算の積算沈着量

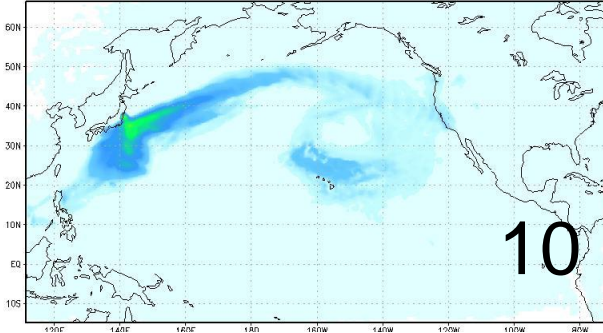
Total Atmospheric Deposition [ $\text{Bq/m}^2$ ] r02



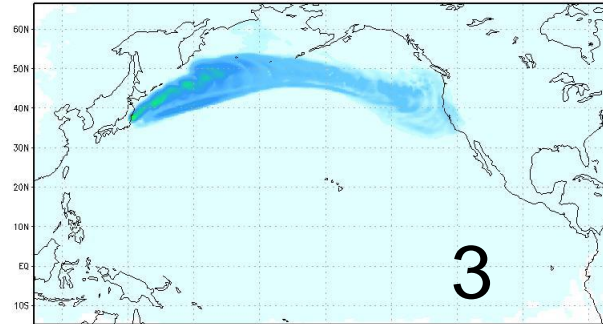
Total Atmospheric Deposition [ $\text{Bq/m}^2$ ] r07



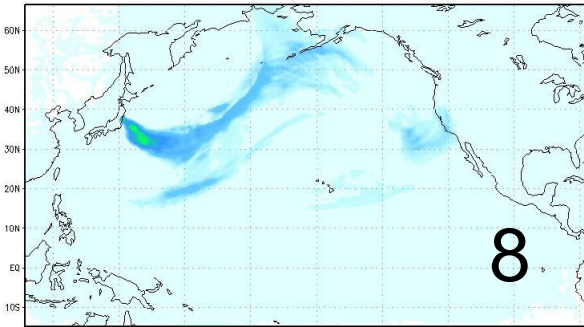
Total Atmospheric Deposition [ $\text{Bq/m}^2$ ] r10



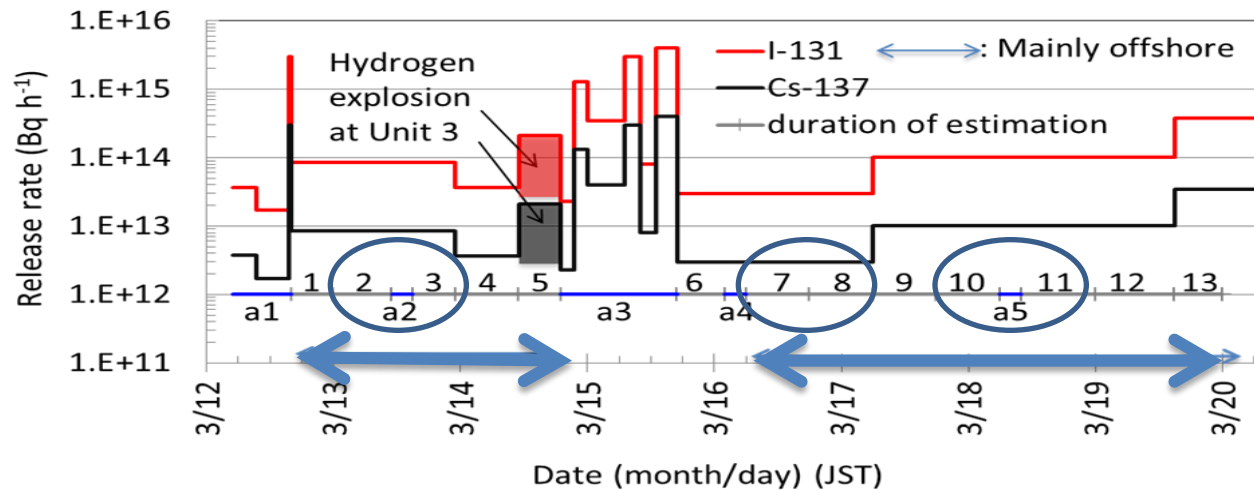
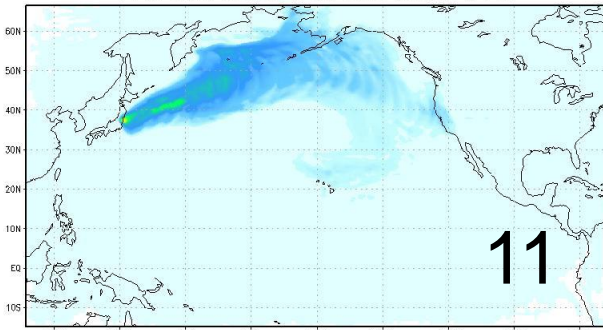
Total Atmospheric Deposition [ $\text{Bq/m}^2$ ] r03



Total Atmospheric Deposition [ $\text{Bq/m}^2$ ] r08

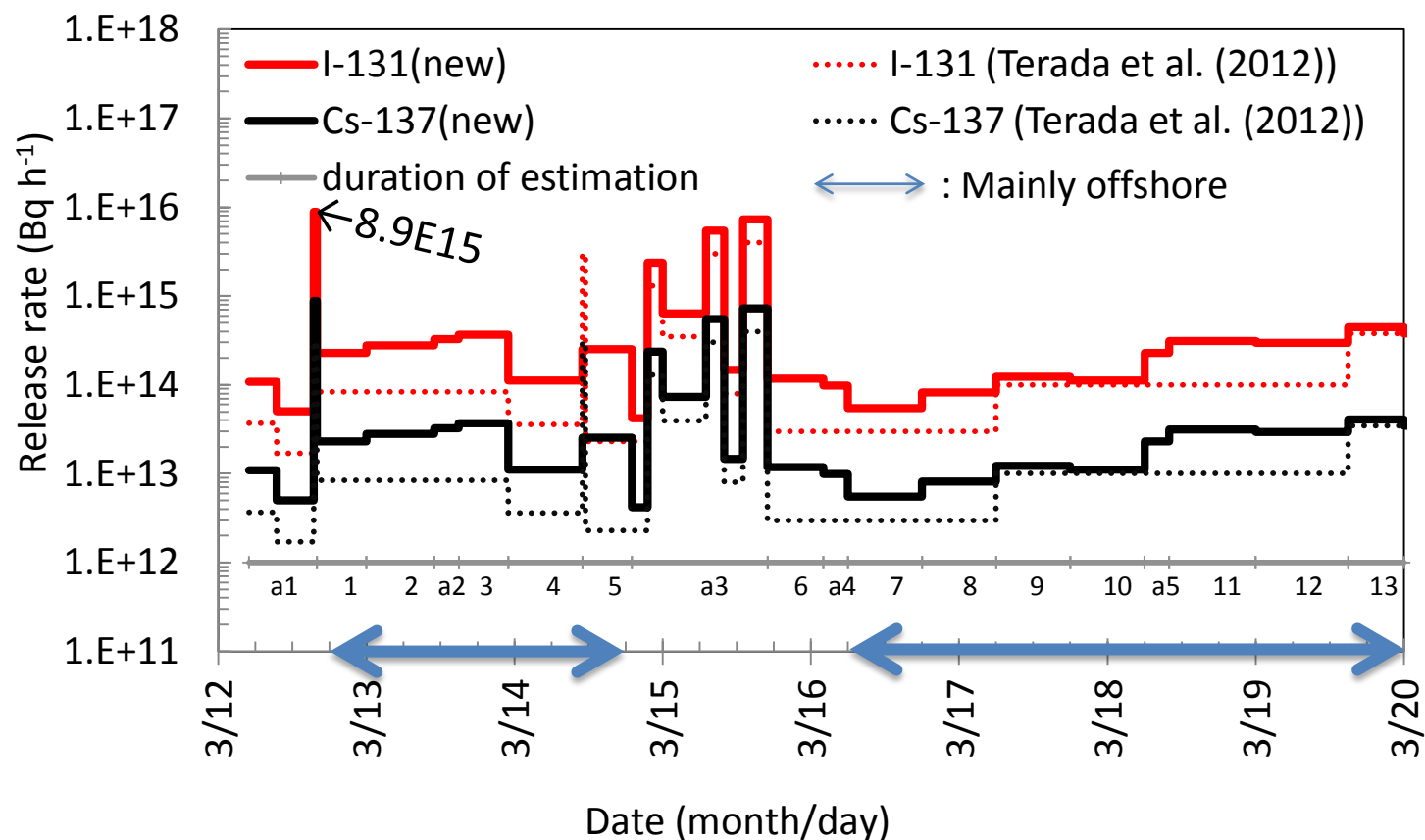


Total Atmospheric Deposition [ $\text{Bq/m}^2$ ] r11



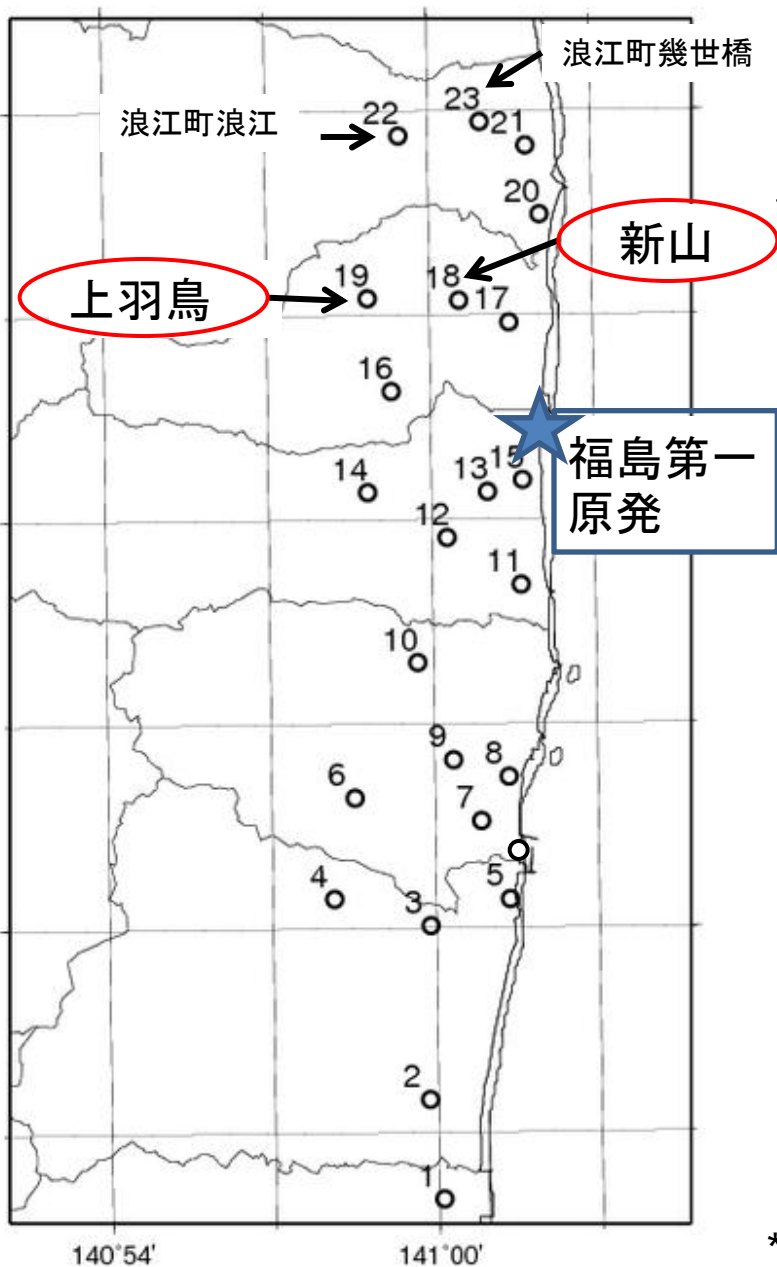
主に海側に  
流れた期間

# 表層海水<sup>134</sup>Cs濃度から推定した大気放出量

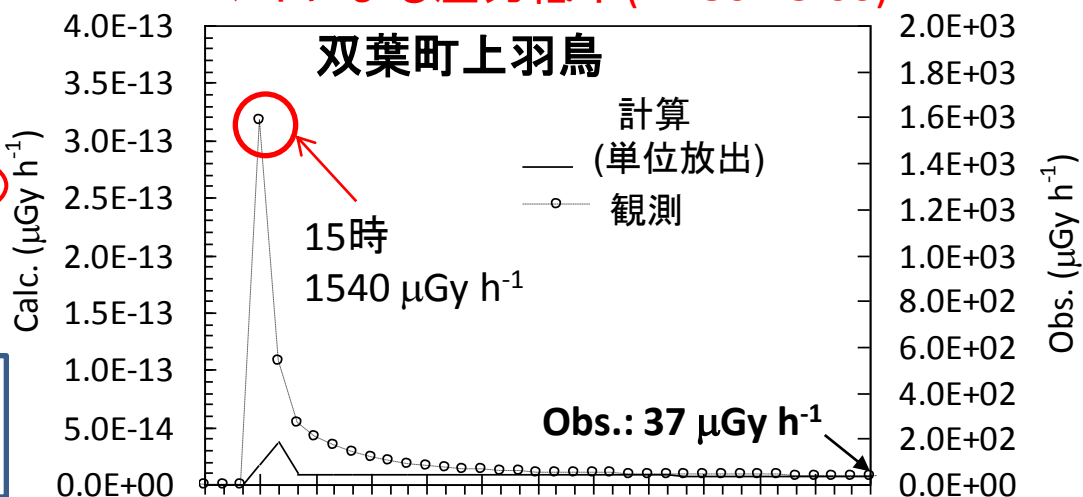


海洋側放出時の従来の放出量推定値が過少の可能性  
本推定による総放出量: I-131: 200 PBq, Cs-137: 13 PBq

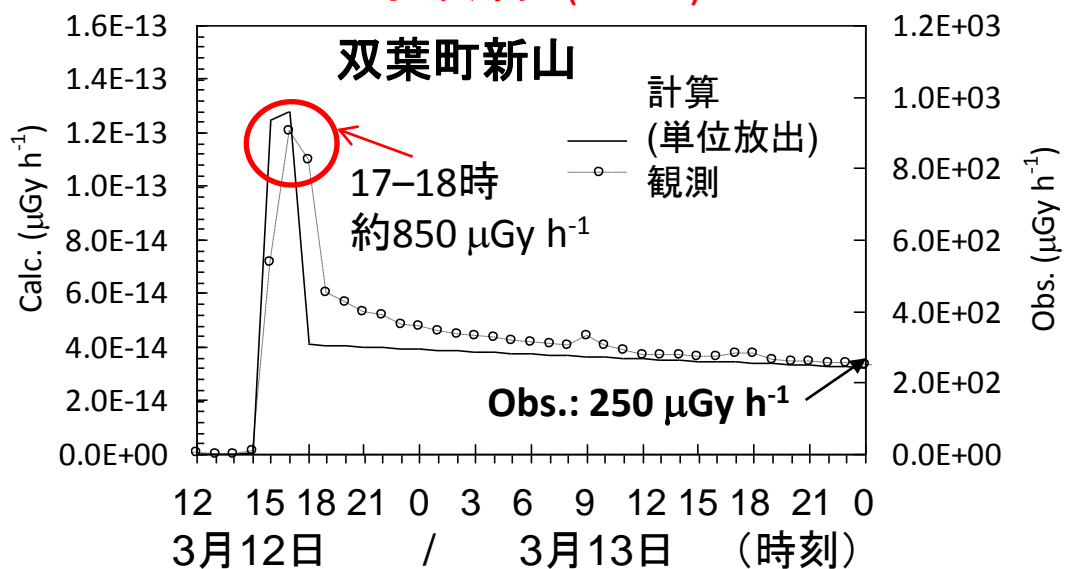
# 福島県モニタリングデータによる再推定\* (3月12日午後)



ベントによる圧力低下(14:30-15:00)



ベントや水素爆発(15:36)

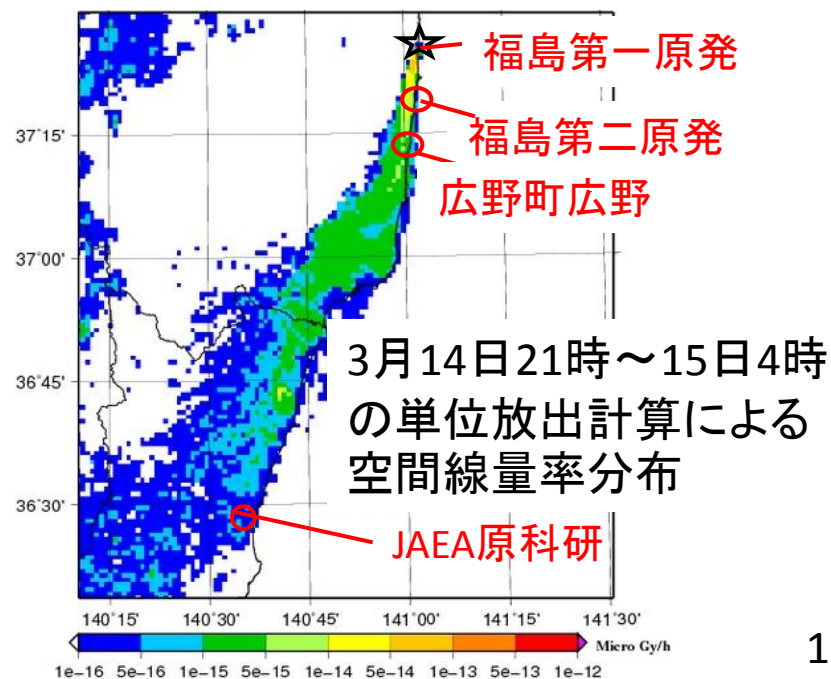
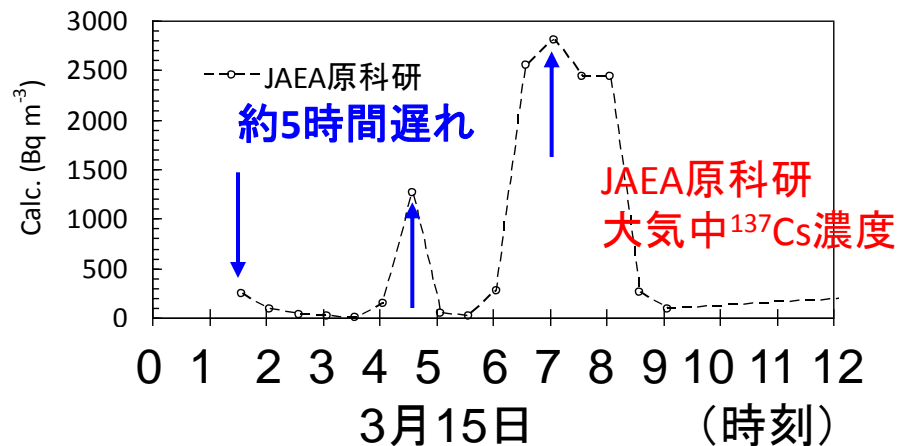
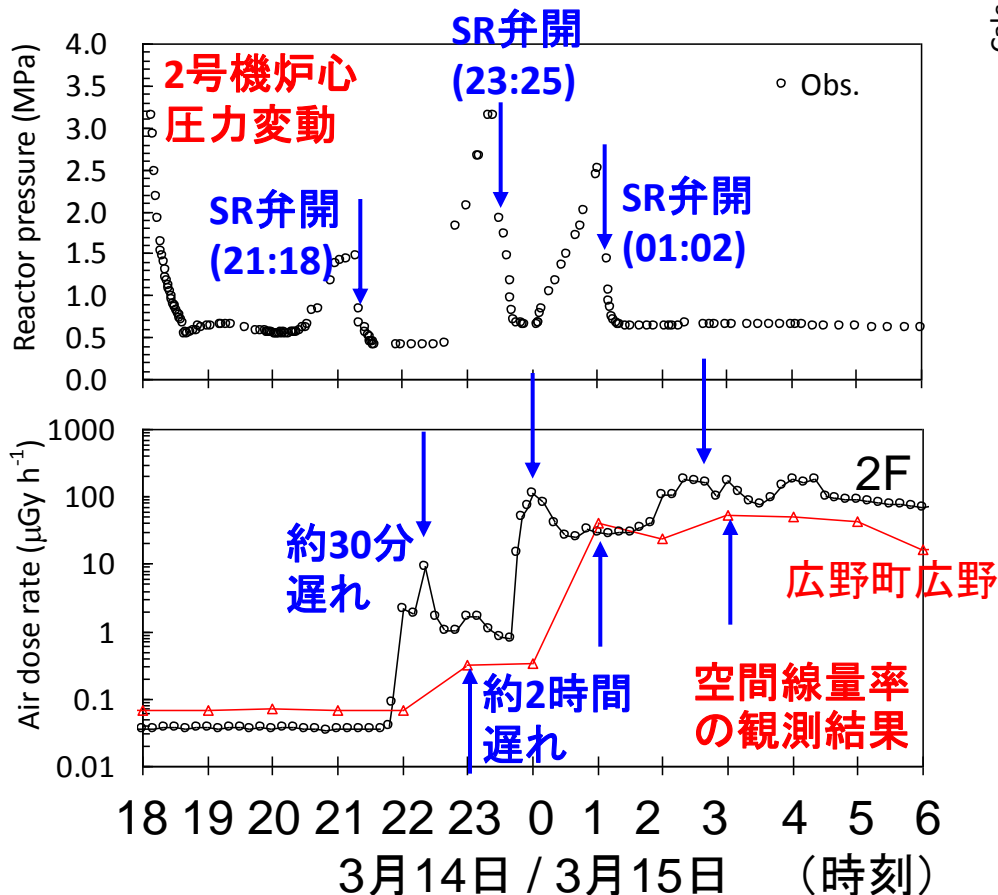


# 福島県モニタリングデータによる再推定

(3月14日夜間から15日未明)

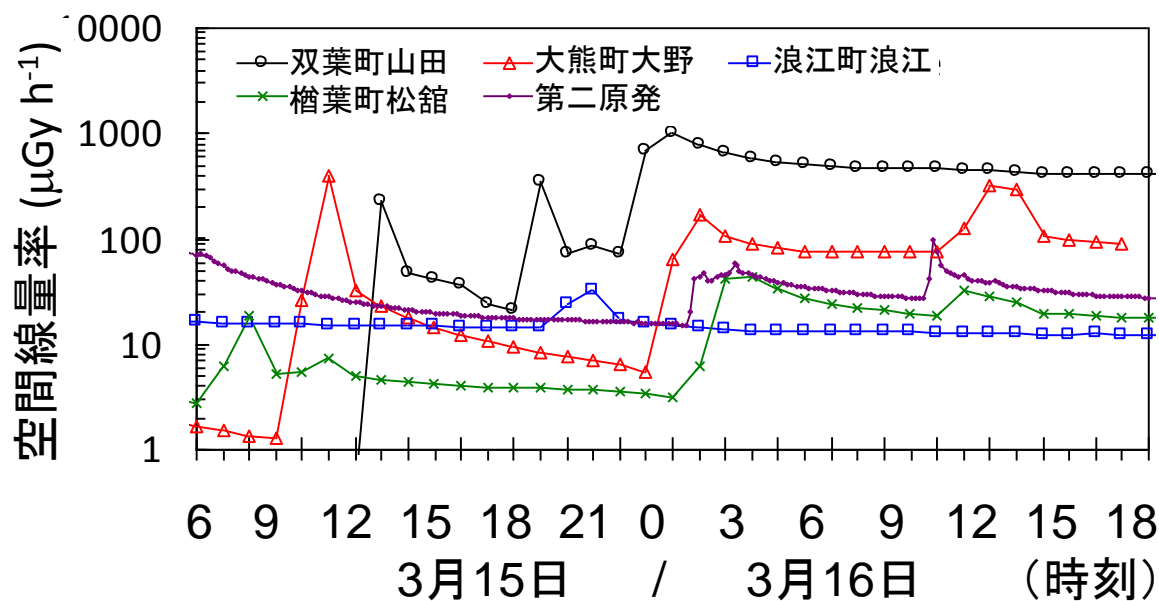
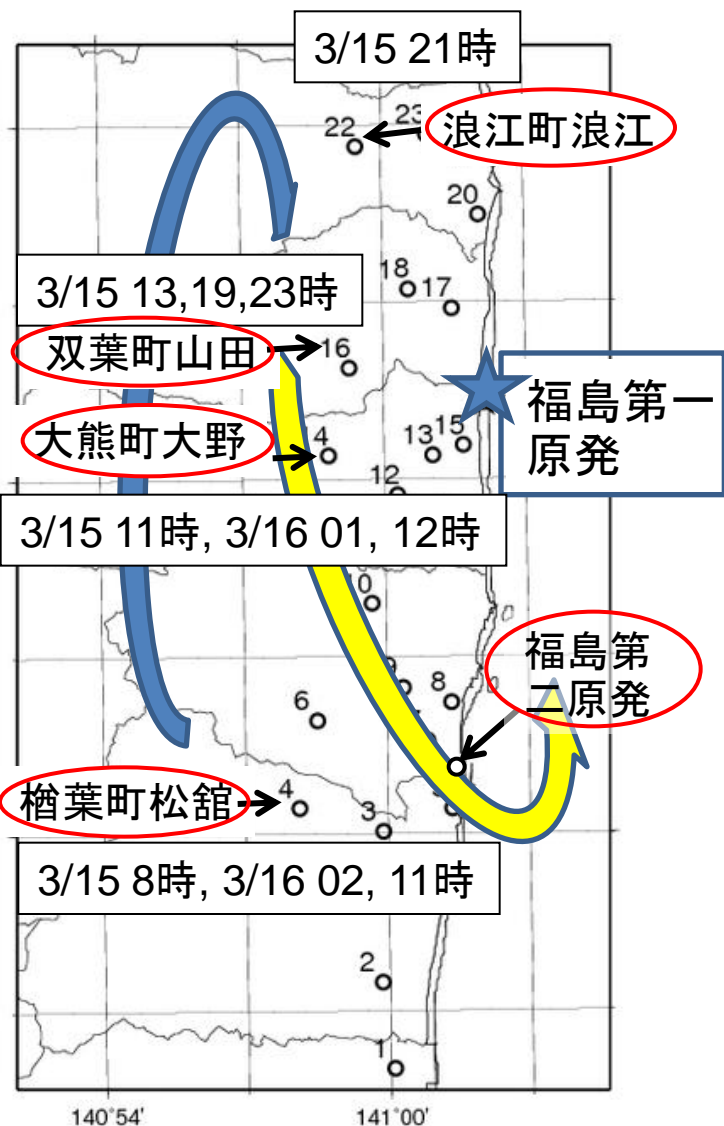
## 新たな放出原因の可能性の指摘

(門信一郎(当時東大、現京大)私信、  
2012年7月24日 NHK放映)



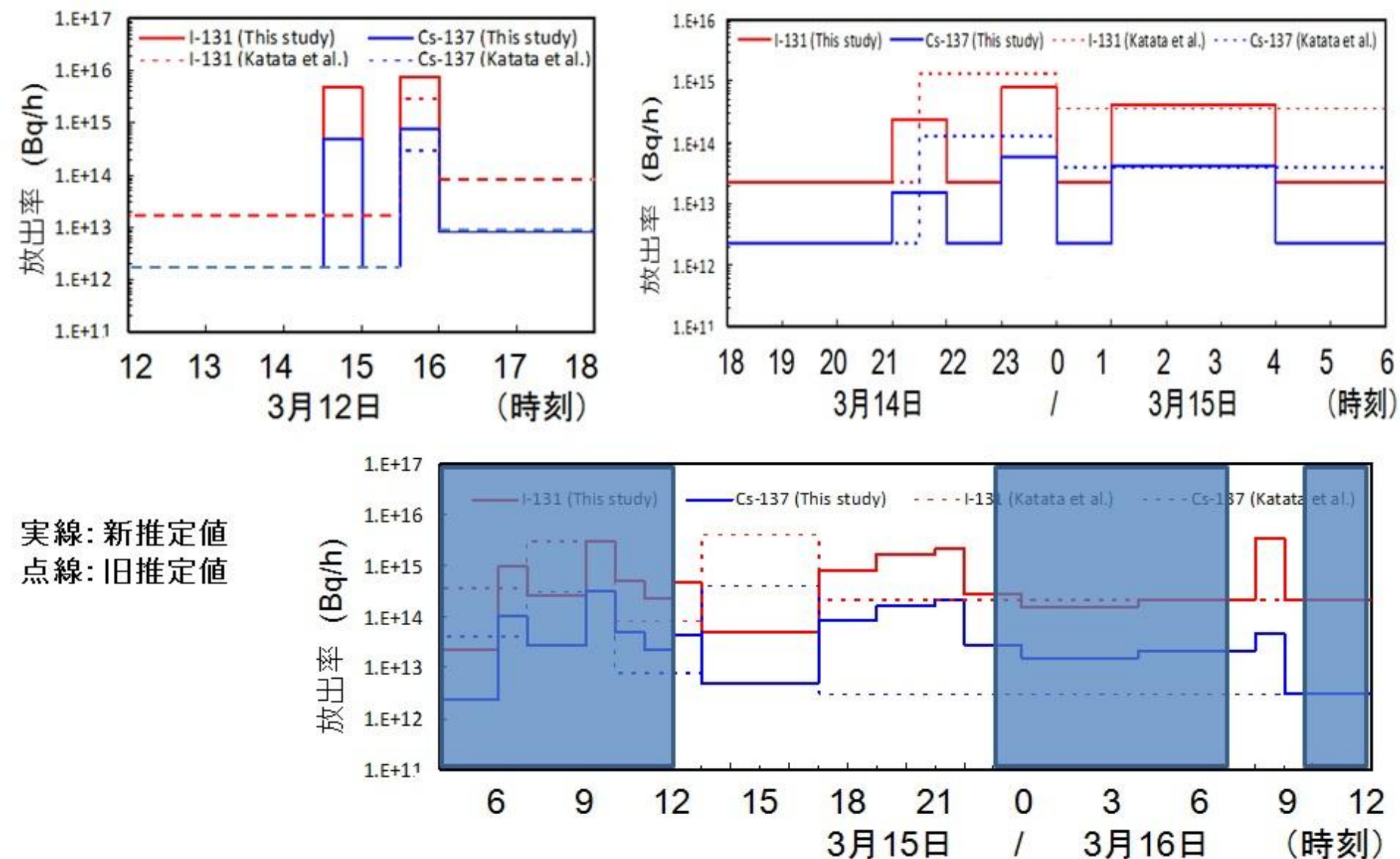
# 福島県モニタリングデータによる再推定

( 3月15日午前から16日午後 )





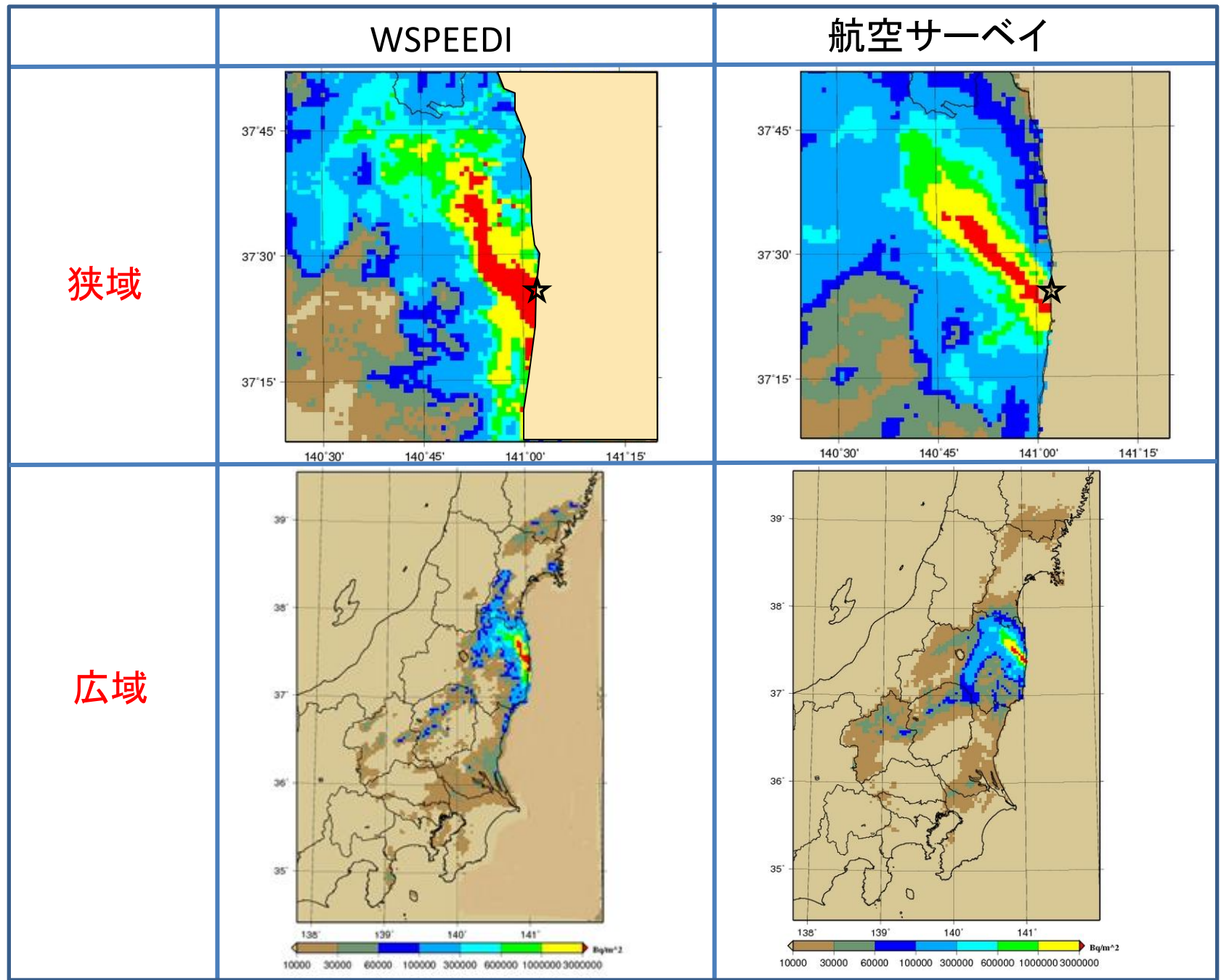
# 福島県モニタリングデータによる再推定(結果)



## 2. 大気拡散、地表沈着プロセス - WSPEEDI降雨・沈着スキームの改良-

- 降雨スキームの変更: 雲物理過程を厳密に計算する手法を採用
- 放射性ヨウ素のガス・粒子比の設定
- 乾性沈着速度の風速、大気安定度、化学形態(ガス・粒子態)への依存性の考慮
- 降水の洗浄係数のガス・粒子態、rainoutの考慮
- 雪氷の洗浄係数とその形状依存性の考慮
- 霧水・霧雨沈着の考慮

# 広域および狭域の積算Cs-137沈着量の再現性





# 3月15日午前から16日午後の降水量と鉛直積算濃度分布

3月15日06～15時

3月15日15～21時

面塗り: 積算降水量の計算値  
コンター: 各時間帯のプルーム  
存在範囲(WSPEDI)

3月15日06～15時

- ・時計回りに移動。中通りで降雨帯と重なるが、ほとんど降雨沈着なし。

3月15日15～21時

- ・時計回りにゆっくり移動。主に北西方向で降雨帯と重なる。

3月15日21時～16日06時

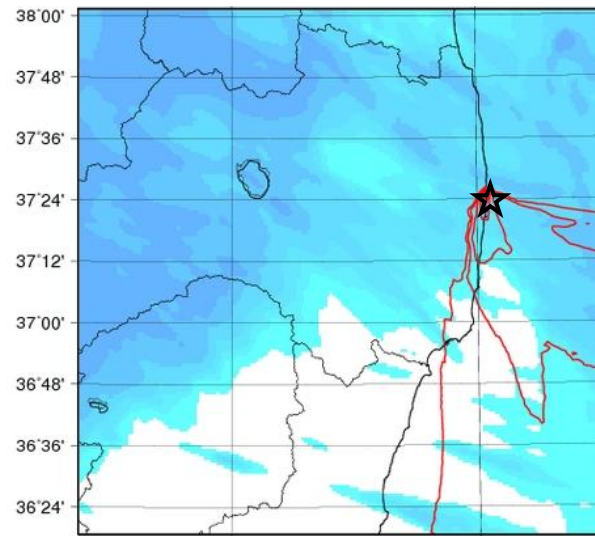
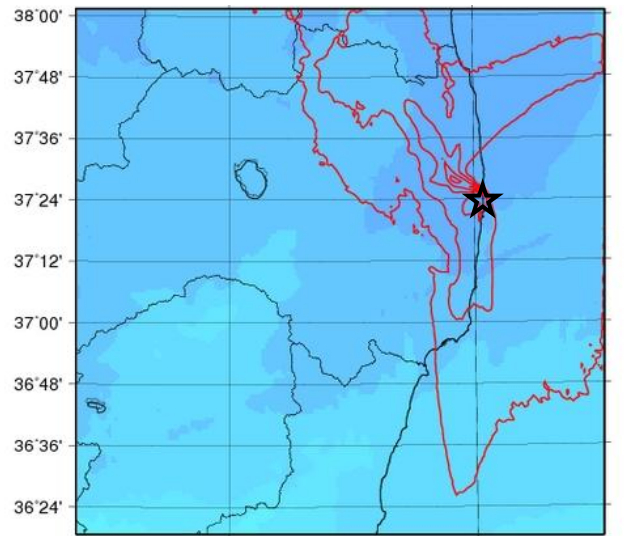
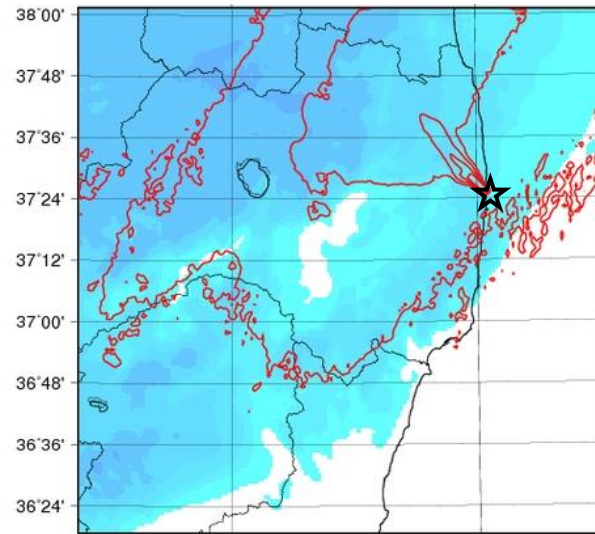
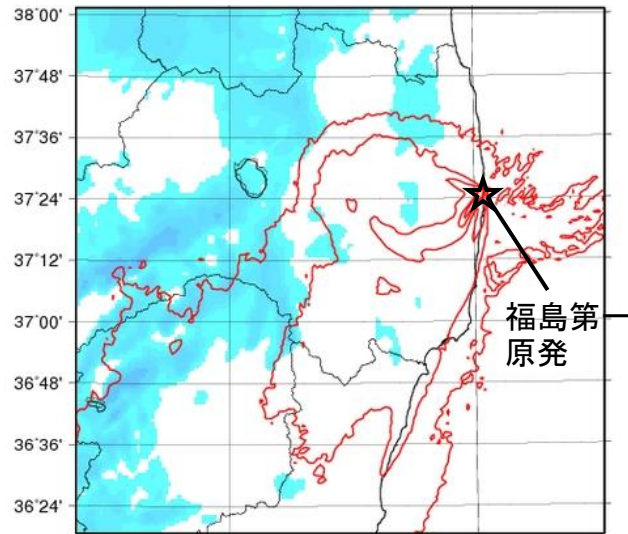
- ・降雨地域内を急速に反時計まわりに移動。

3月16日06～18時

- ・ほぼ海上だが、一時的に海岸沿いでも濃度上昇。

3月15日21時～16日06時

3月16日06～18時

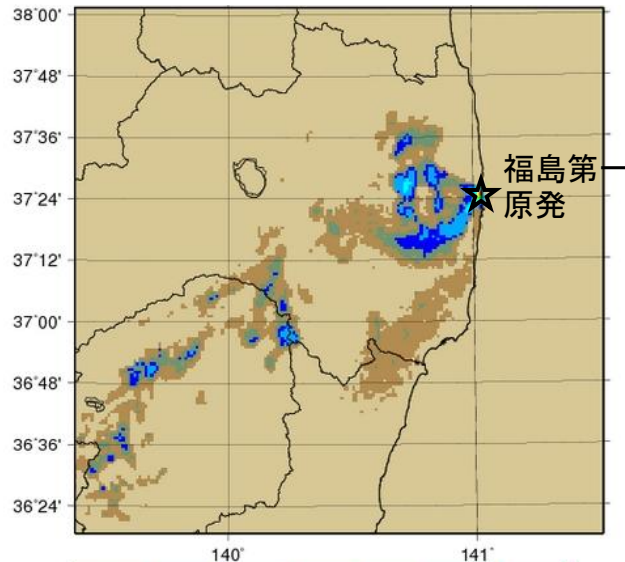


0.1 0.5 1.0 2.0 5.0 10.0 mm

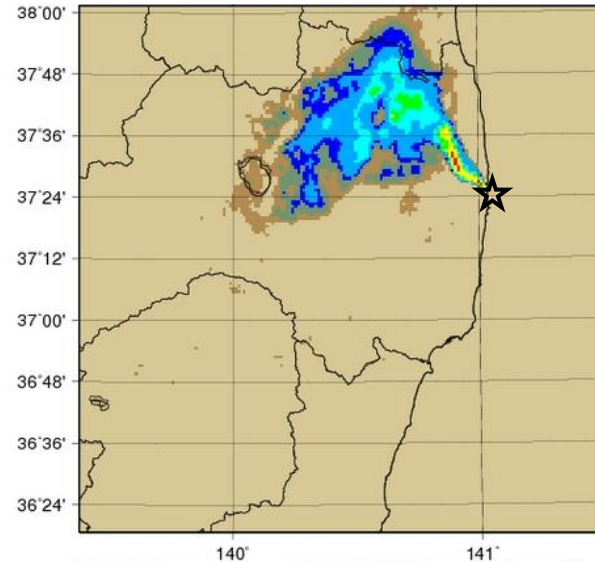
0.1 0.5 1.0 2.0 5.0 10.0 mm

# 3月15日午前から16日午後の汚染地域の形成

3月15日06～15時



3月15日15～21時



面塗り: 期間中の積算Cs-137  
沈着量の計算値

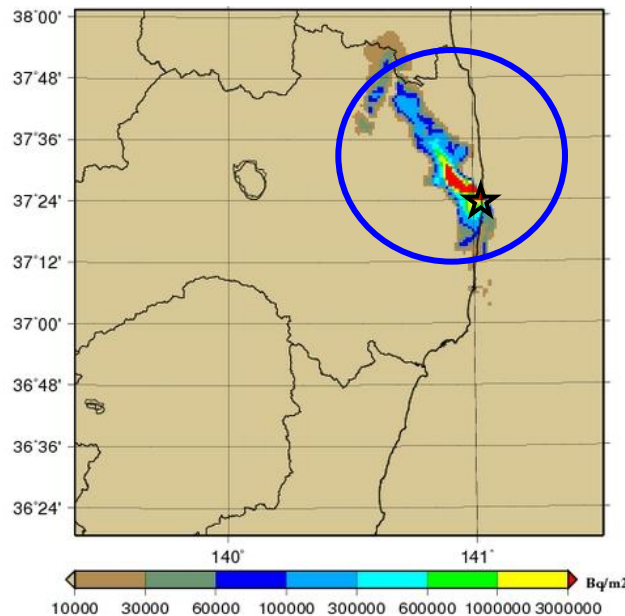
3月15日06～15時

・南南西への乾性沈着と栃木から中通り南部、サイト西部に湿性沈着を形成。

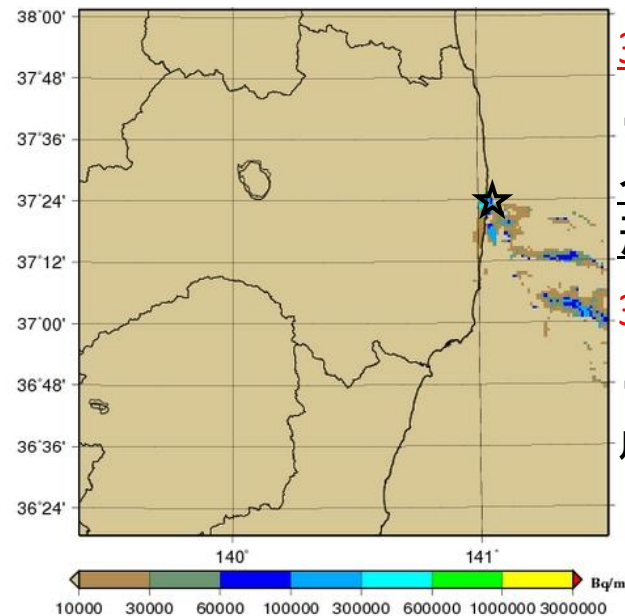
3月15日15～21時

・福島市から飯舘村、浪江方向に湿性沈着を形成。

3月15日21時～16日06時



3月16日06～18時



3月15日21時～16日06時

・反時計まわりの移動中にサイト近傍北西部に湿性沈着を形成。

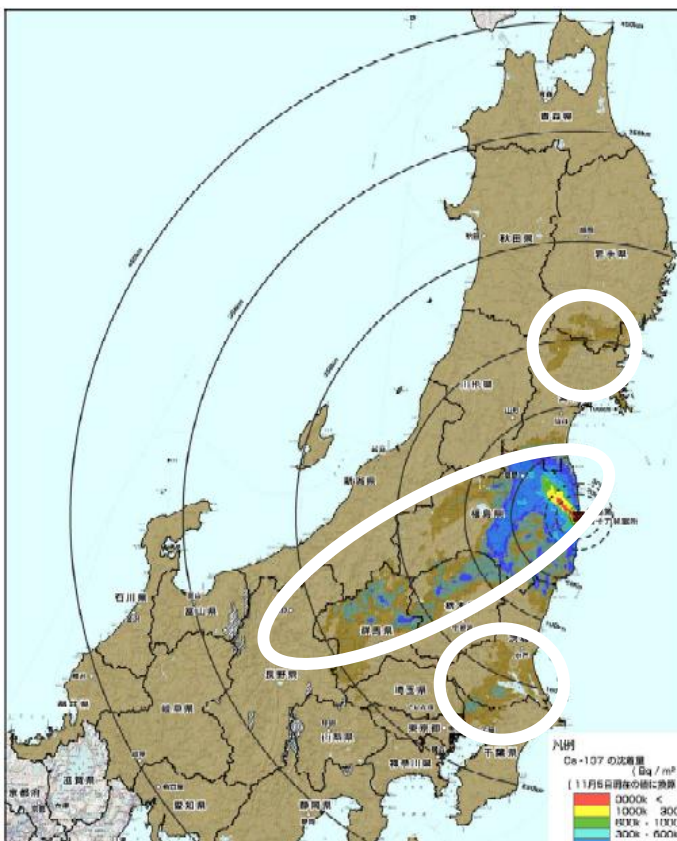
3月16日06～18時

・ほぼ海上だが、一時的に海岸沿いでも沈着を形成。



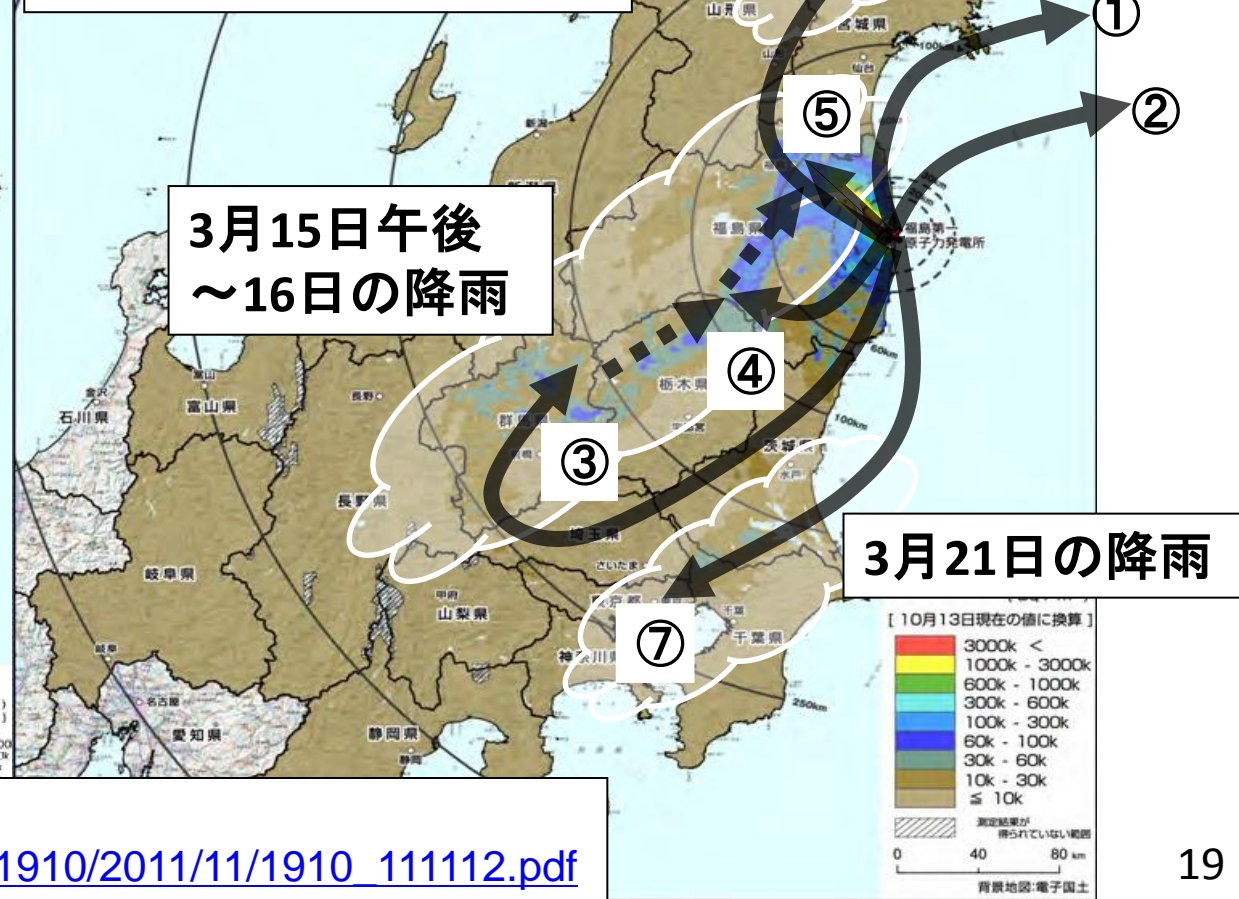
# 拡散計算から推定される広域の地表汚染形成プロセス

航空機サーベイの結果



## プルームの動き

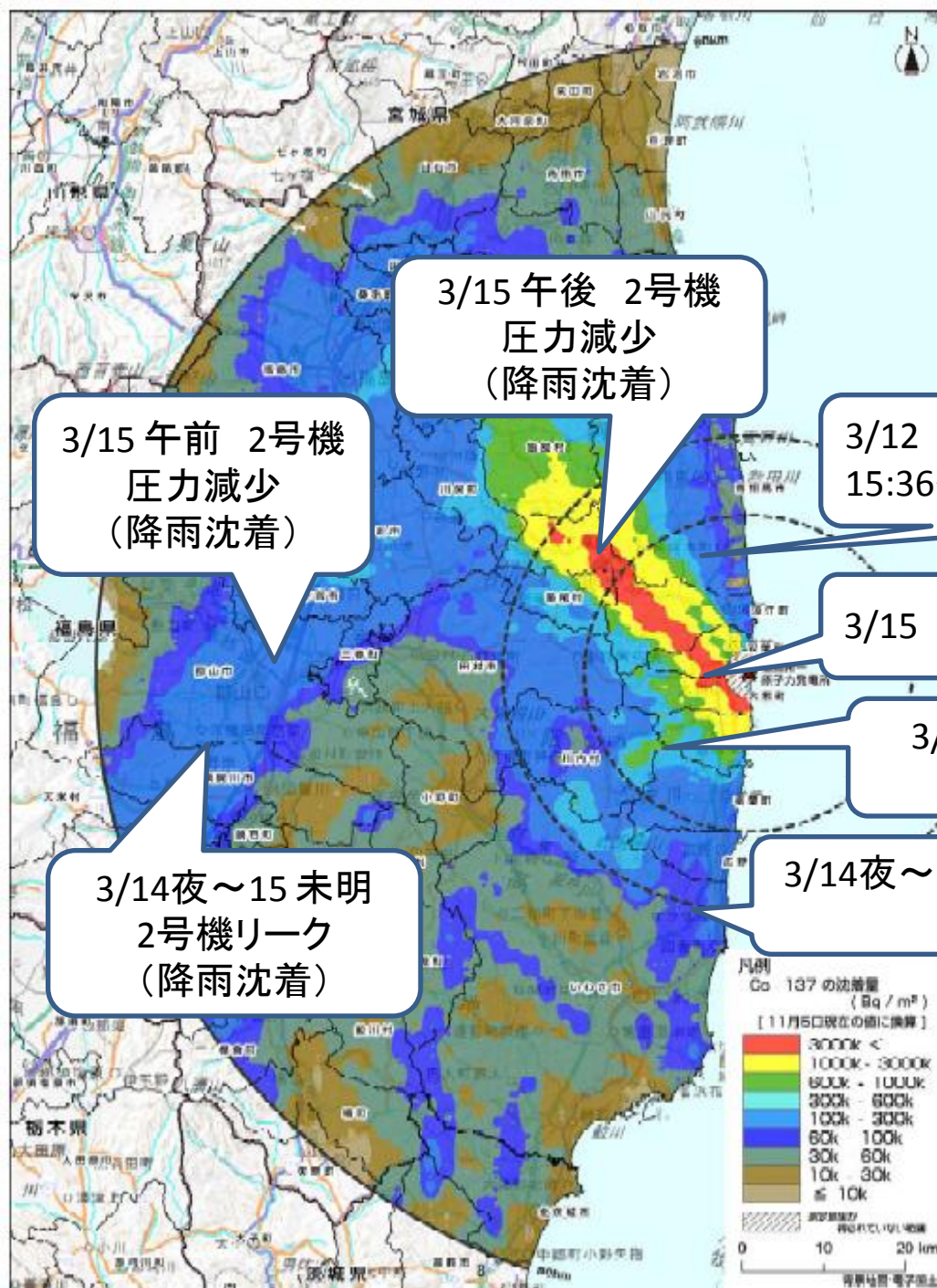
- ①3月12日
- ②3月13日
- ③3月14日夜～15日
- ④3月15日朝～夕方
- ⑤3月15日午後～16日
- ⑥3月20日
- ⑦3月21日



下図引用:

[http://radioactivity.mext.go.jp/ja/1910/2011/11/1910\\_111112.pdf](http://radioactivity.mext.go.jp/ja/1910/2011/11/1910_111112.pdf)

# 局地域の地表汚染 形成プロセス (主な寄与)



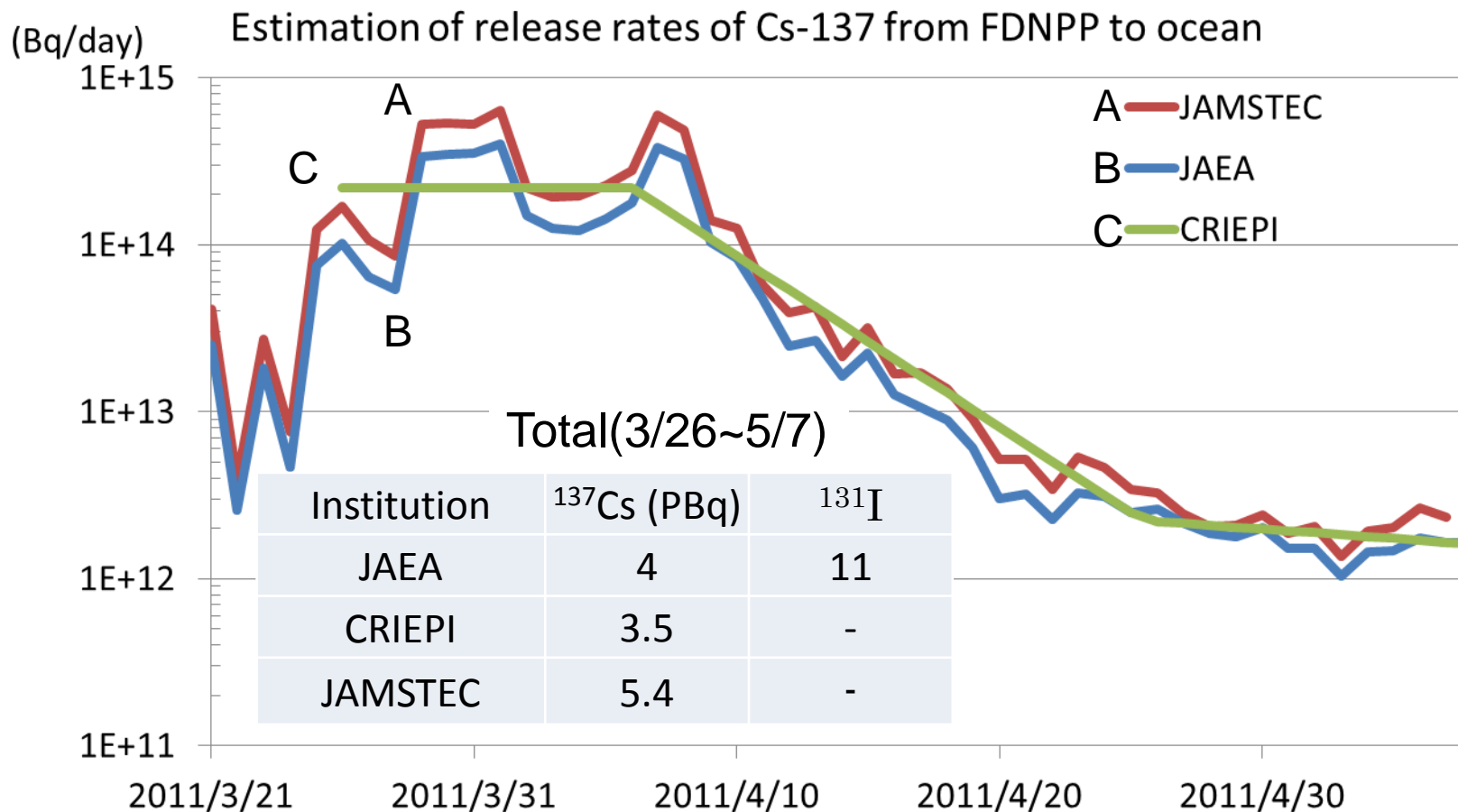
下図引用:

[http://radioactivity.mext.go.jp/ja/1910/2011/12/1910\\_1216.pdf](http://radioactivity.mext.go.jp/ja/1910/2011/12/1910_1216.pdf)



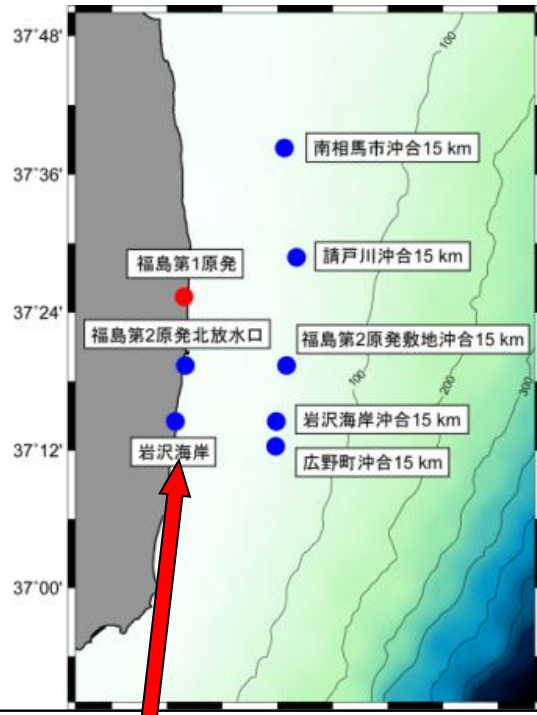
# 3. 海洋放出と海洋拡散状況

- 海洋への推定放出量 -

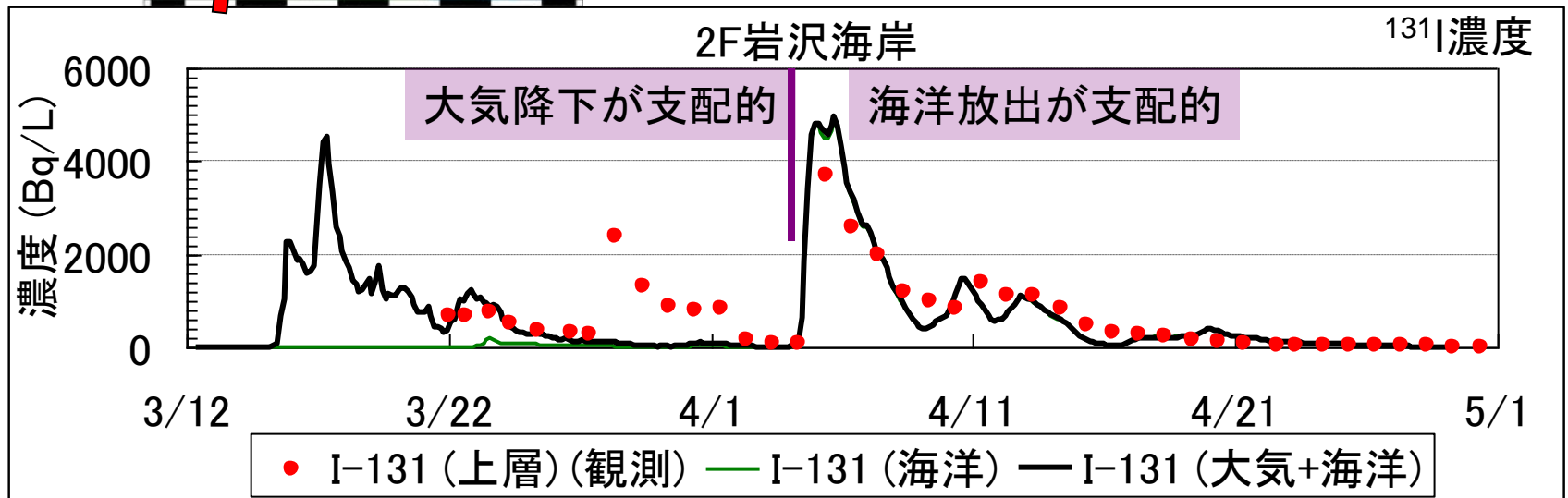
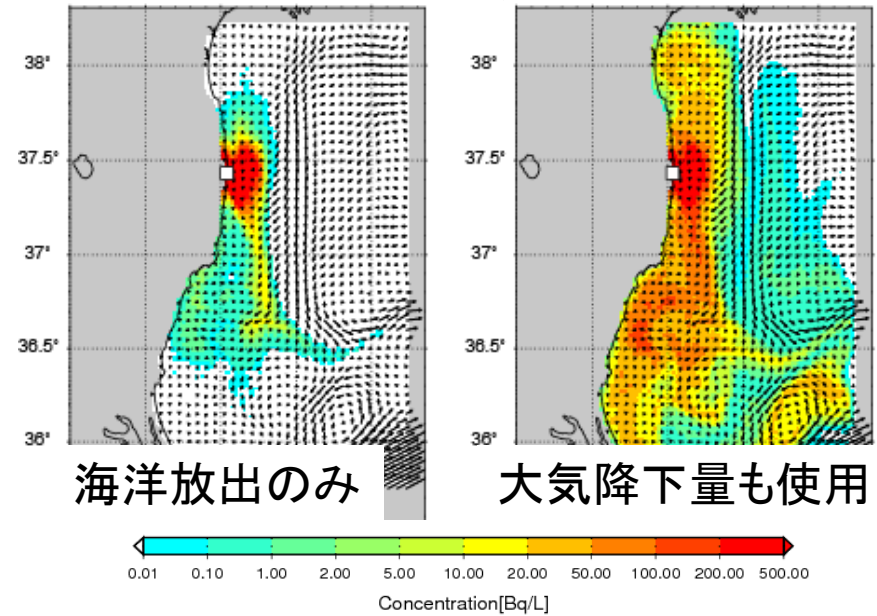


H23. 海洋放出量推定値を論文発表  
(Kawamura et al., J. Nucl. Sci. and Technol. 48 (2011) 1349–1356)

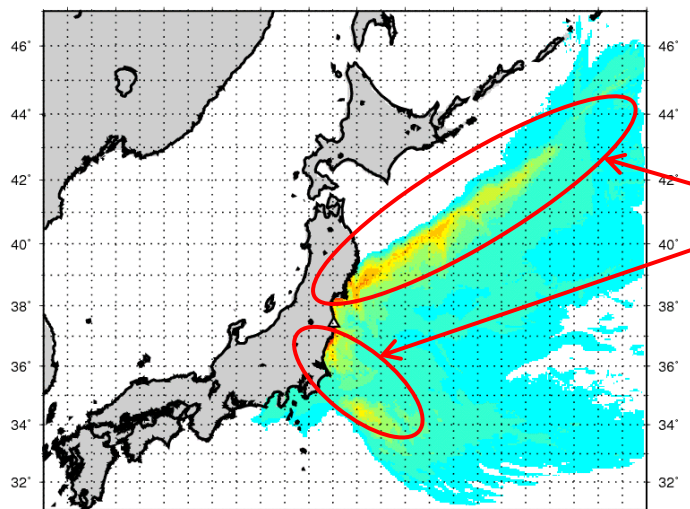
# 福島沖計算とモニタリングの比較



4月3日の $^{131}\text{I}$ 濃度分布



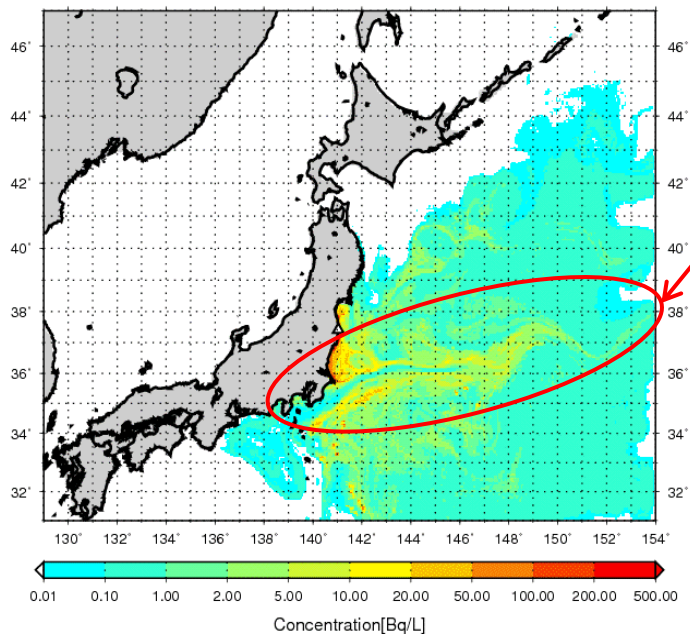
# 日本近海の海洋拡散解析例



3月17日  
大気沈着のみ

3月12-16日の降雨沈着  
3月16日の降雨沈着

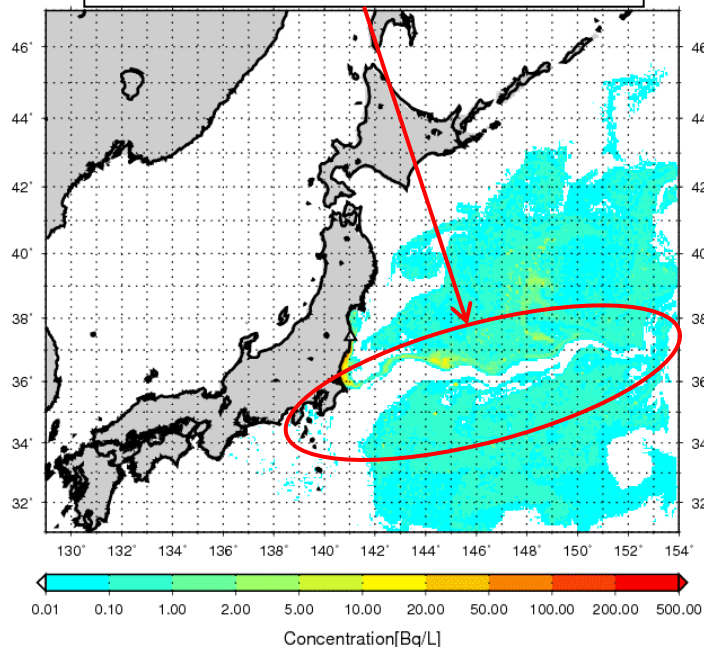
$^{131}\text{I}$  表層濃度分布



4月1日  
黒潮続流により  
東方へ輸送

4月30日

黒潮続流による速やかな希釈効果が顕著



# がれきの太平洋拡散の長期予測

2013年4月の標準漂流物(海面上:海面下=1:1, 木材を想定)の分布予測  
環境省報道発表 H24.11.9

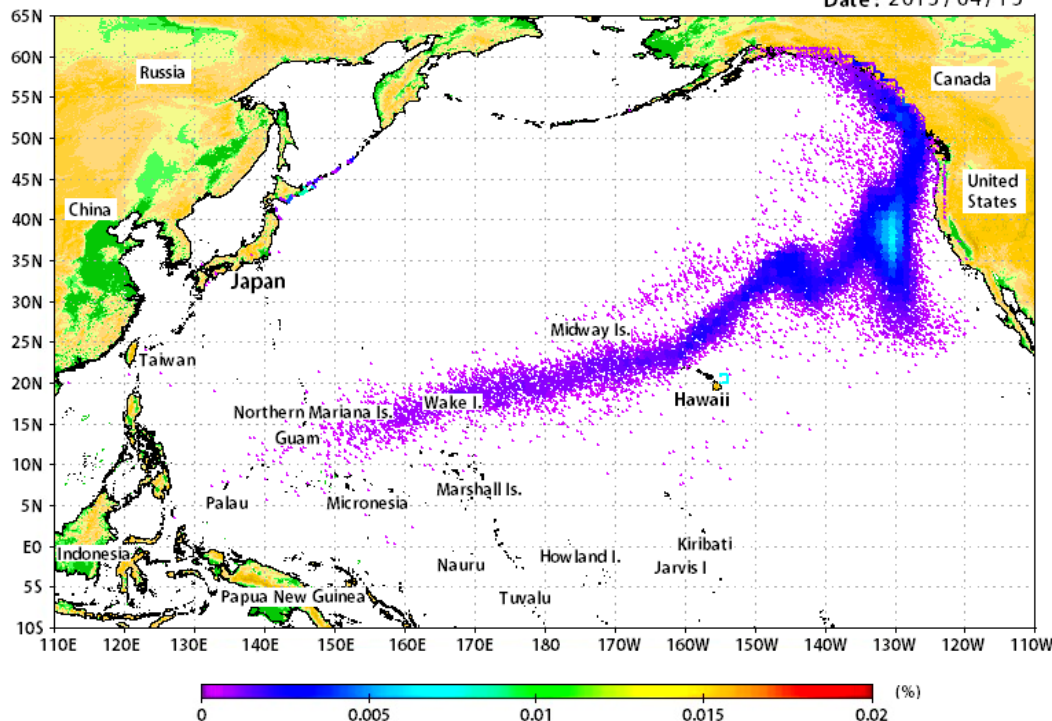
[http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=20978&hou\\_id=15926](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=20978&hou_id=15926)

独立行政法人海洋研究開発機構(JAMSTEC) 研究協力機関: 独立行政法人日本原子力研究開発機構(JAEA), 独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA), 独立行政法人港湾空港技術研究所(PARI), 気象庁気象研究所, 国立大学法人京都大学, 財団法人日本海洋科学振興財団

Model Forecast  
Tsunami Marine Debris



Date: 2013/04/15



## 海洋場

- ・2012年6月まで気象庁気象研究所の再解析データを使用
- ・2012年7月以降は海洋研究開発機構の予測データを使用

## 拡散解析

- ・JAEAの海洋拡散モデルを使用
- ・色は、計算格子内の粒子数の総粒子数に対する割合(%)を示す



## 4. 現在及び今後の課題

### (1) 世界版SPEEDI(WSPEEDI)

国外事故時における

- ・広域拡散シミュレーションによる日本への影響予測。緊急時モニタリング計画への情報提供。
- ・国内ポストで線量上昇があり、事故報告が無い場合の、国外事故の可能性検討(放出点推定)。
- ・狭域拡散シミュレーションによる事故国の在留邦人への情報提供。

### (2) SPEEDIの海洋版の開発

- ・原子力施設から海洋に放出される放射性核種の移行・拡散予測。緊急時海洋モニタリング計画への情報提供。
- ・ソースターム推定・線量評価

### (3) 海底土壌での放射性物質の移行挙動解明

- ・茨城県沖の海底堆積物中の核種移行調査を実施。

プレス発表：海底堆積物中の放射性セシウム濃度の変動要因を解明 (2012.11.16)

### (4) 建屋内の線量推定に用いるデータの整備

- ・実生活で滞在時間の長い建物内での線量推定に必要なデータを3次元モデルを用いた計算により整備。
  - － 住宅、学校、庁舎等の代表的な27種類の建物を選定
  - － 地表(土壌)、屋根、壁等に付着した放射性核種に対し、建物内の線量分布、建物の遮へい効果等を解析

### (5) 環境中核種に対する線量評価用データ整備

- ・土壌中放射性核種濃度から外部被ばく実効線量を評価するための線量換算係数を年齢ごとに整備
  - － 土壌中の様々な分布パターンを考慮した換算係数を整備
  - － 空気、水汚染も含めたデータの整備、ICRPと連携して標準化

**END**