



原子力機構における海洋シミュレーション

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

原子力基礎工学研究センター

環境・放射線科学ディビジョン

環境動態研究グループ

川村 英之

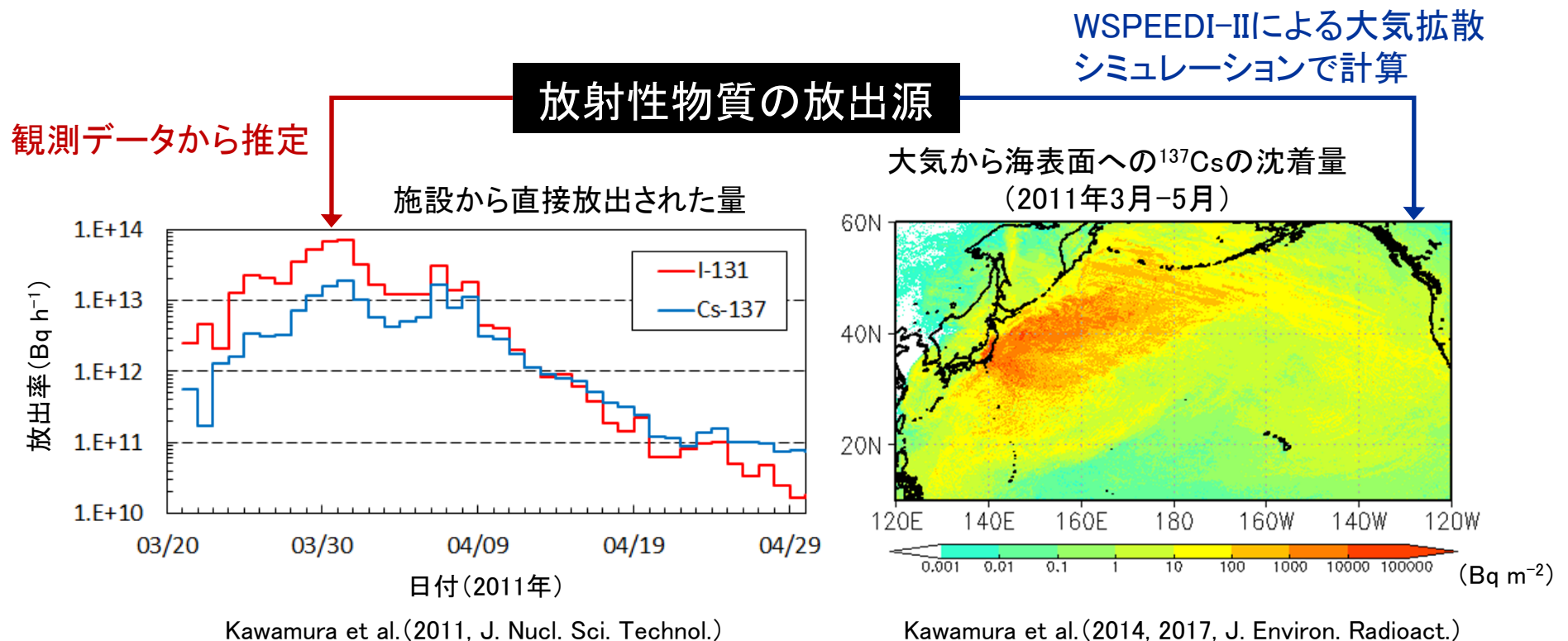
発表内容

- 福島第一原発事故起因の放射性物質の海洋拡散シミュレーション
- 東日本大震災により流出した洋上漂流物の漂流シミュレーション
- 緊急時海洋環境放射能評価システム (STEAMER)

【背景】2011年3月の福島第一原発事故により、放射性物質
(^{131}I ・ ^{134}Cs ・ ^{137}Cs 等)が環境中へ放出

【目的】海洋拡散シミュレーションにより、**海洋へ流出した放射性物質の量・海洋中放射性物質の濃度・移行経路**を解析

・ 協力機関: 気象庁気象研究所・海洋研究開発機構・日本海洋科学振興財団



福島第一原発事故

	期間	放出量(PBq)
施設からの放出量	2011年3月26日–6月30日	3.53 ^a
大気からの沈着量	2011年3月11日–5月31日	9.89 ^a
海洋への総放出量	2011年3月11日–6月30日	13.42 ^a

^a Kawamura et al.(2017, J. Environ. Radioact.)

過去の放出例

	海域	放出量(PBq)
大気中核実験	北太平洋	290 (in 1970) ^b
大気中核実験	北太平洋	150 (in 2003) ^c
セラフィールド核燃料再処理工場	アイリッシュ海	41 (1952–1998) ^d

^b Aoyama et al.(2006, J. Environ. Monit.)

^c Tsumune et al.(2011, Prog. Oceanogr.)

^d Smith et al.(2003, J. Environ. Radioact.)

海洋循環モデル

- **MOVE/MRI.COM**
 - ・ 気象庁気象研究所が開発
 - ・ 水平解像度: 10 km (北西太平洋)
- **領域海洋モデリングシステム (ROMS)**
 - ・ 水平解像度: 3 km (L1) 1 km (L2)

海況データ(海流等)

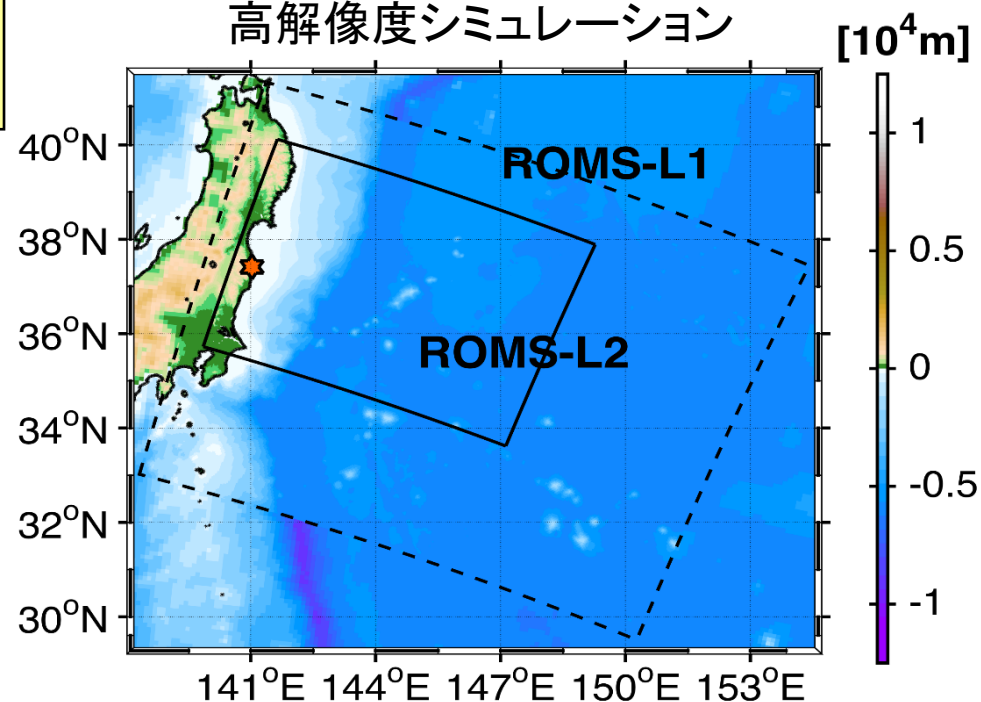
放出源情報

海洋拡散モデル (原子力機構が開発)

- **SEA-GEARN**
 - ・ ラグランジュ型粒子モデル
- **SEA-GEARN-FDM**
 - ・ オイラー型差分モデル

海洋中放射性物質の濃度等

ダウンスケーリングによる
高解像度シミュレーション



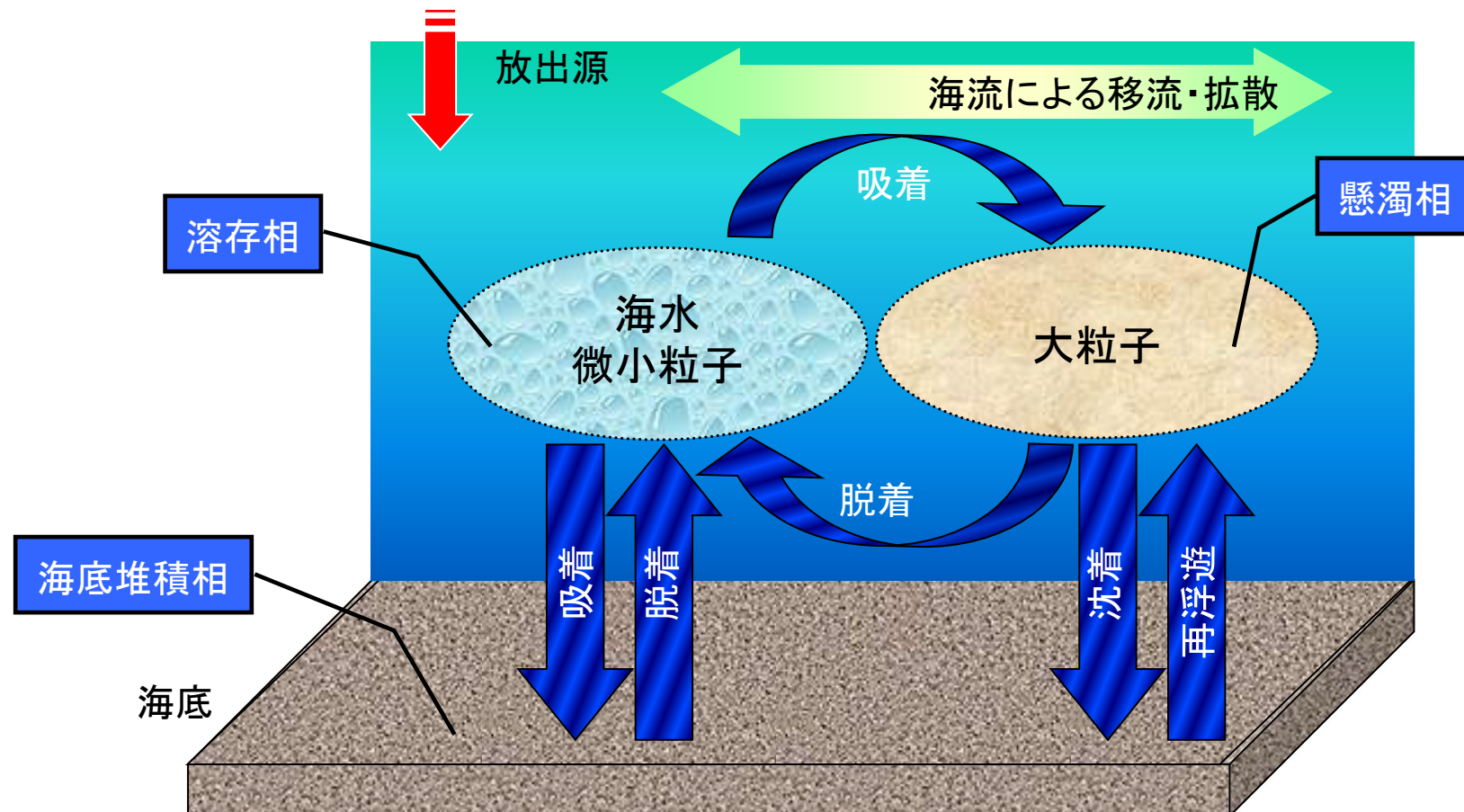
MOVE/MRI.COM
10 km

ROMS-L1
3 km

ROMS-L2
1 km

【特徴】

- 海流による移流・拡散・放射性崩壊等を考慮
- 溶存相・懸濁相・海底堆積相の3相交換過程を考慮
- SEA-GEARN: 物質の軌跡等の計算が可能
- SEA-GEARN-FDM: 計算効率が良く、大気沈着を考慮した長期計算等に適用

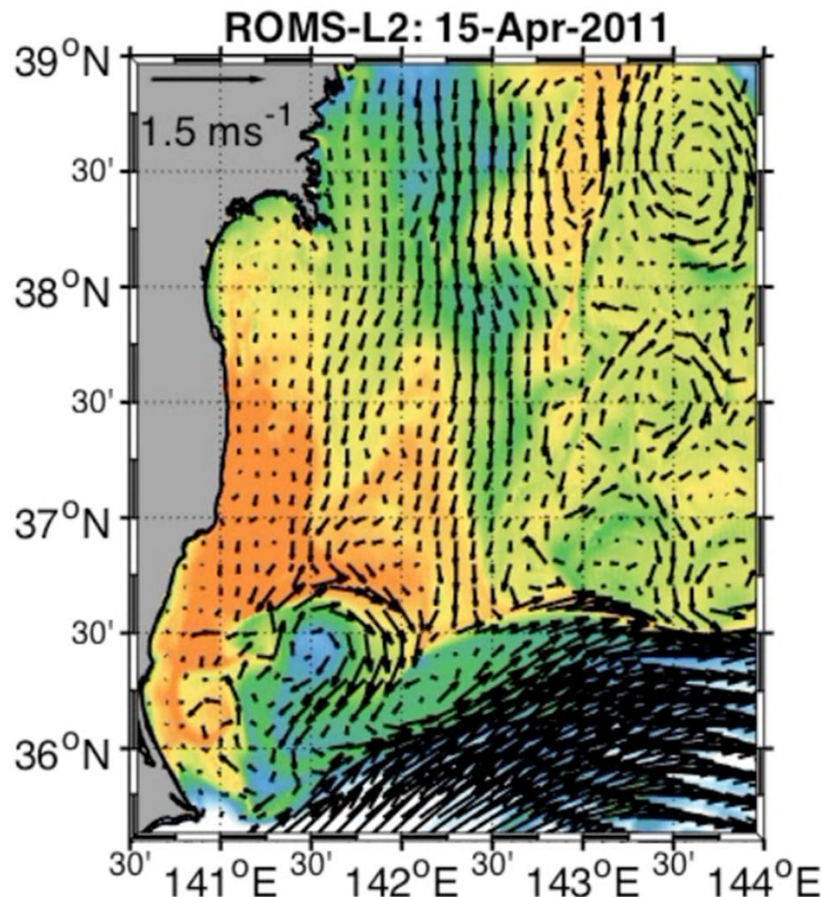


海表面 ^{137}Cs 濃度のシミュレーション(沿岸域)

6

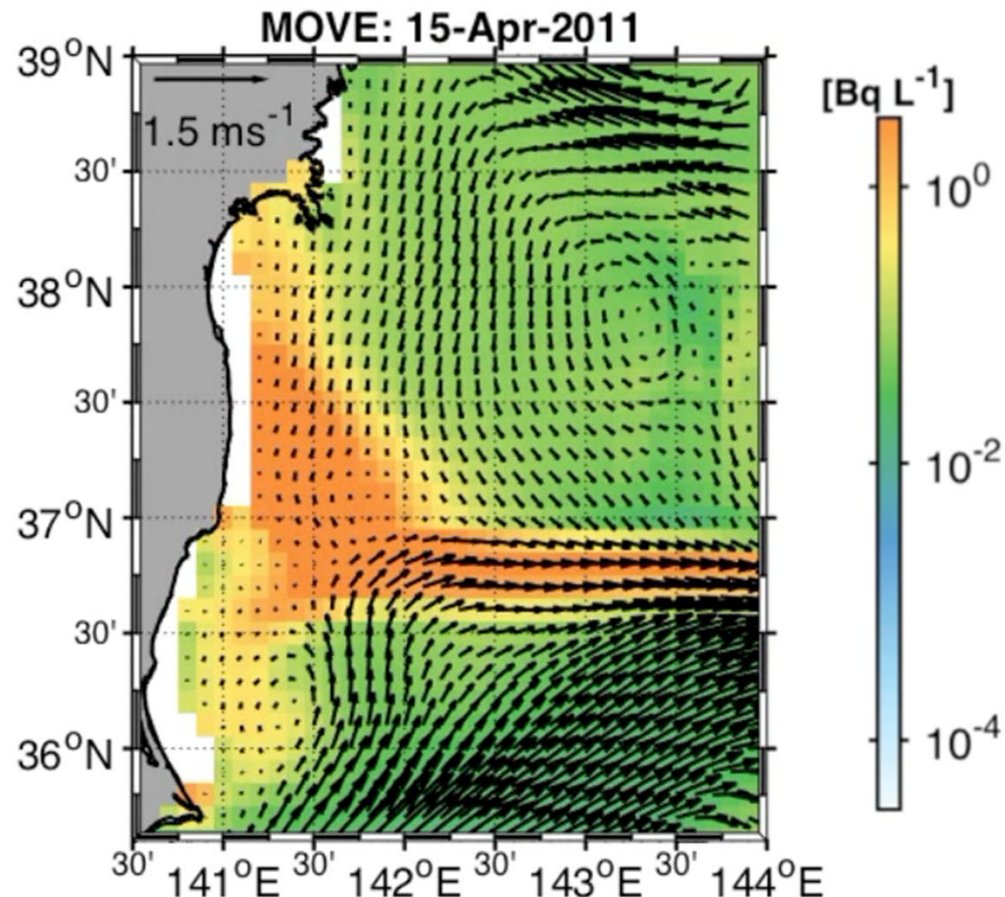
海況データ: ROMS

水平解像度: 1 km



海況データ: MOVE/MRI.COM

水平解像度: 10 km

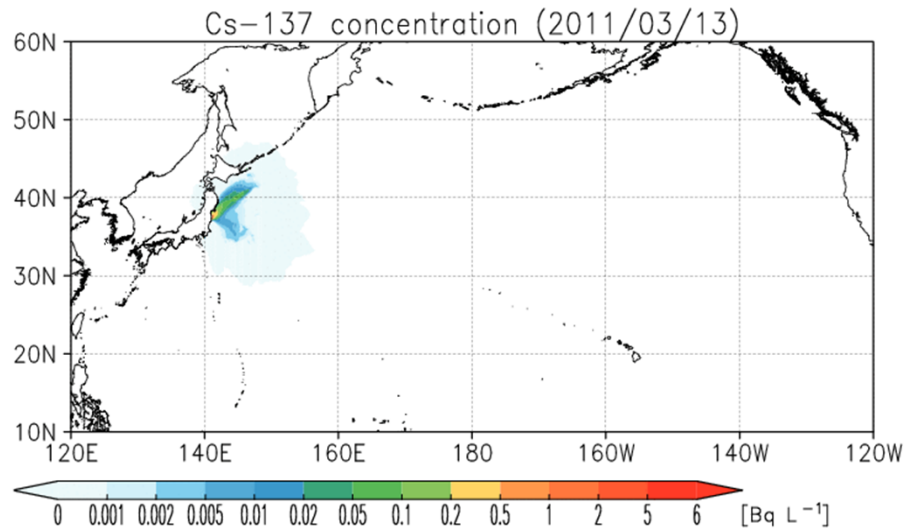


- 観測データとの比較により、高解像度化による再現性の向上を確認
- 黒潮続流による ^{137}Cs の東方向への輸送(中規模渦による ^{137}Cs の希釈)

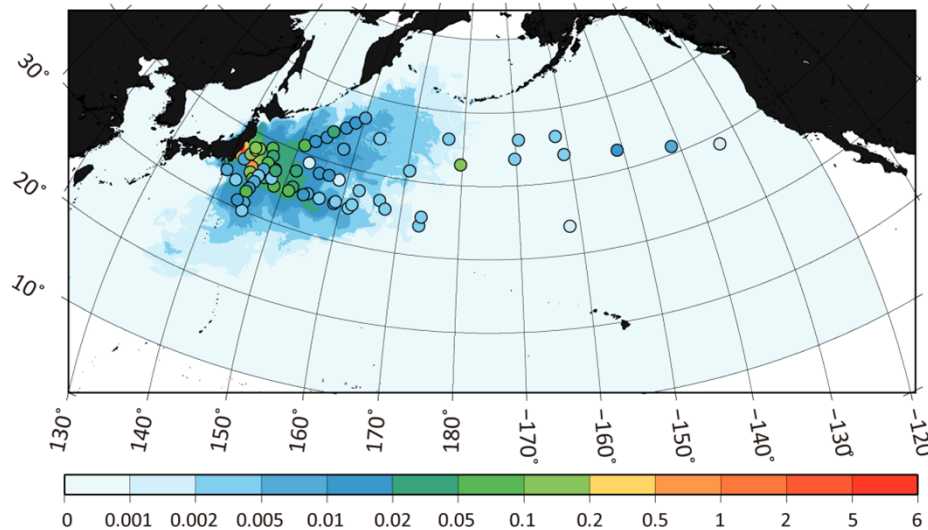
海表面放射性Cs濃度のシミュレーション(北太平洋)

7

海表面¹³⁷Cs濃度

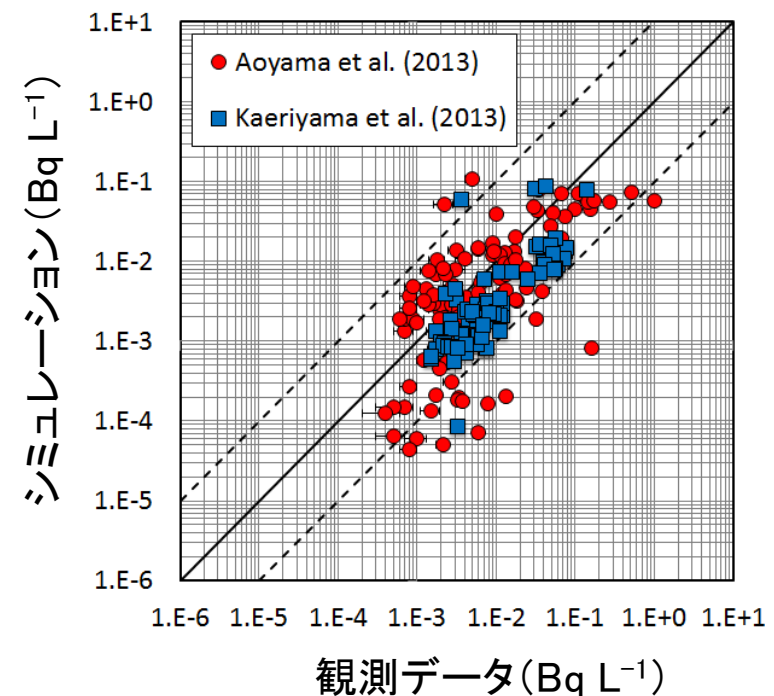


海表面¹³⁴Cs濃度(2011年3月-5月)



丸内の色は、Aoyama et al.(2013)による観測データ

¹³⁴Cs濃度の精度検証 (2011年3月-2012年8月)



Aoyama et al.(2013, Biogeosciences)
Kaeriyama et al.(2013, Biogeosciences)
Kawamura et al.(2014, 2017, J. Environ. Radioact.)

【背景】

東日本大震災により流出した洋上漂流物（推定量：150万トン、環境省）

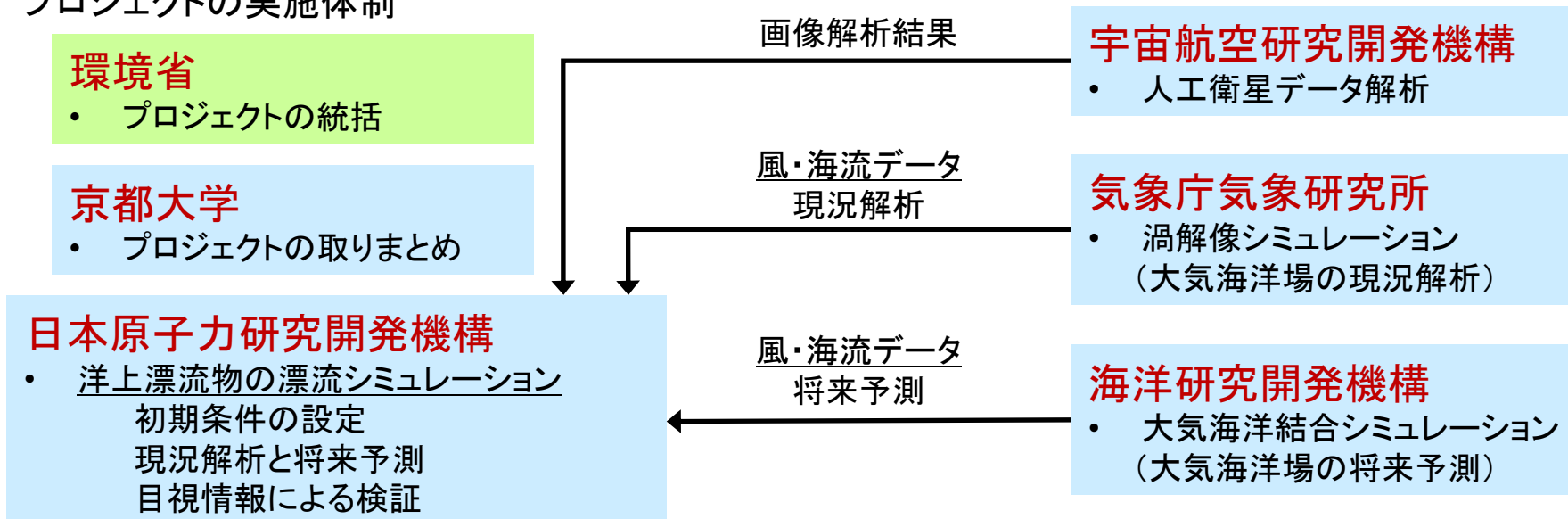
- ・ 漂着した海岸の環境を悪化
- ・ 付着した生物が現地の生態系を変化
- ・ 航行船舶への被害

【目的】

太平洋での洋上漂流物の分布や漂着の可能性を把握するため、シミュレーションによる現況解析と将来予測を実施

- ・ プロジェクトの中で、原子力機構は外部研究機関と協力し、漂流シミュレーションを実施

プロジェクトの実施体制



洋上漂流物の分類

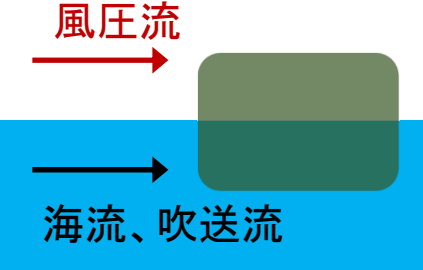
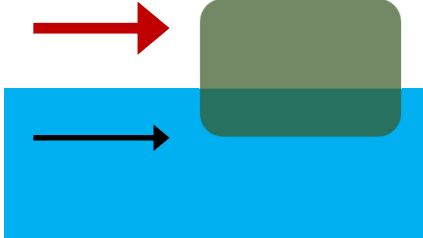
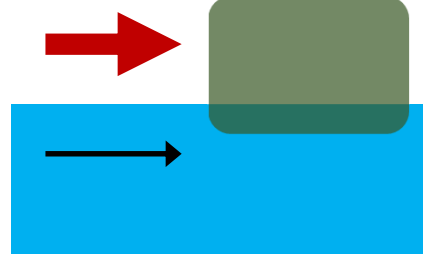
9

- 洋上漂流物は、海流、吹送流、風圧流により移動すると仮定
- 吹送流: 風により海表面に形成される変動が大きい流れ
- 風圧流: 海面上に浮かんだ洋上漂流物が受ける風により直接押される流れ

$$\vec{V}_{\text{press}} = k \sqrt{\frac{A}{B}} \times \vec{V}_{\text{wind}}$$

$\vec{V}_{\text{press}}$: 風圧流
 $\vec{V}_{\text{wind}}$: 風
 k : 風圧係数 (海上保安庁より提供)
 A : 洋上漂流物の海面上体積
 B : 洋上漂流物の海面下体積

洋上漂流物を4種類に区分し、各洋上漂流物毎にパラメータを独自に設定することで、様々な物質を含む漂流シミュレーションが可能

海面下漂流物	標準漂流物	海面上漂流物①	海面上漂流物②
- 完全に水没 - 漁業用の網等	- 体積比 1:1 - 家屋から生じた板、水船等	- 体積比 2:1 - 浮き桟橋等	- 体積比 4:1 - 養殖用のフロート、ブイ、漁船等
	風圧流  海流、吹送流		

漂流シミュレーションの結果

10

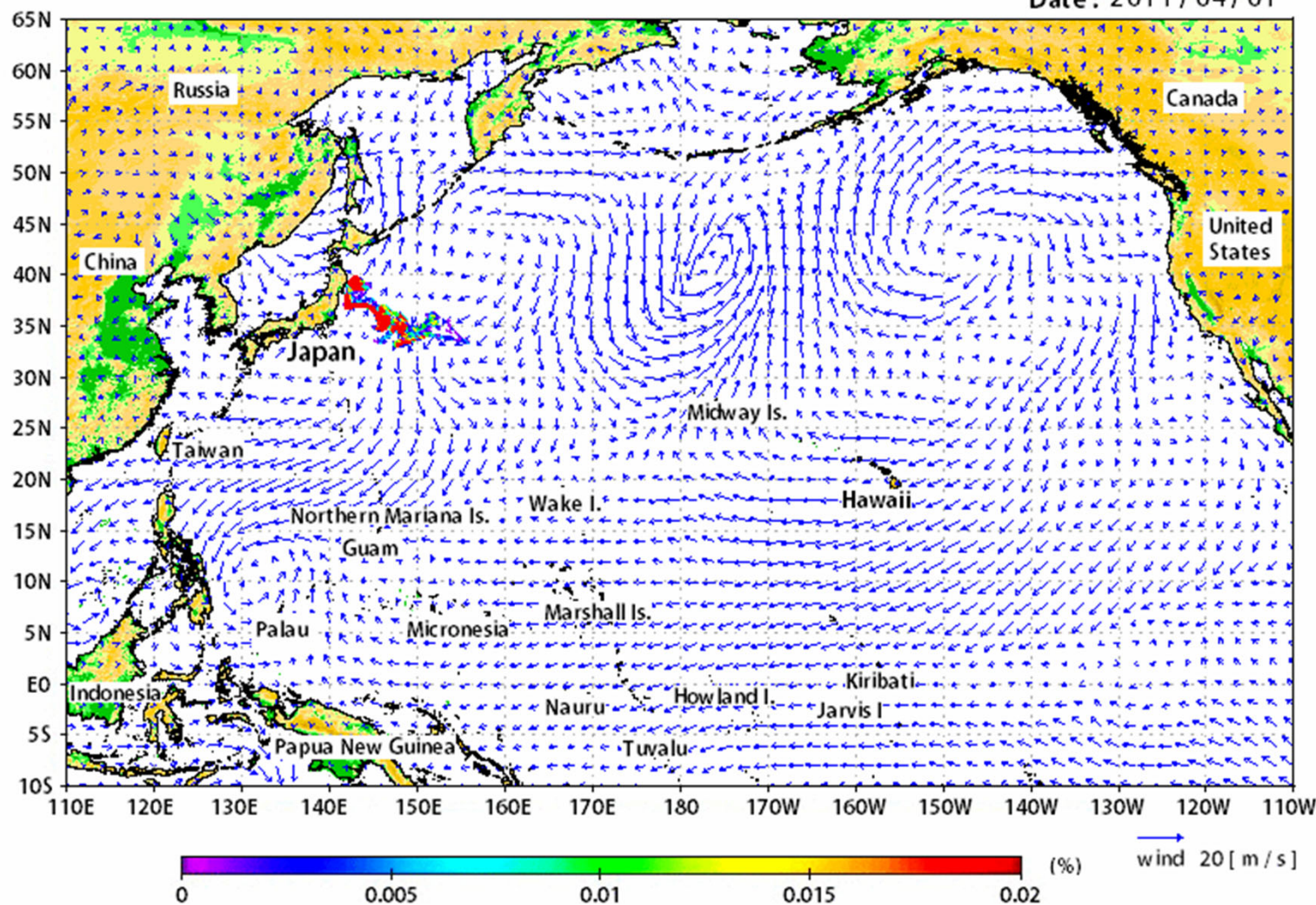
現況解析

粒子の色: 計算格子内の粒子数 / 総粒子数 (%)

Model Hindcast Tsunami Marine Debris



Date: 2011/04/01



【背景】

- 日本を含む東アジア諸国の沿岸域に位置する原子力施設
- 2011年3月に発生した福島第一原発事故

【目的】

原子力施設等から放出される放射性物質の海洋拡散を予測するシステムの開発

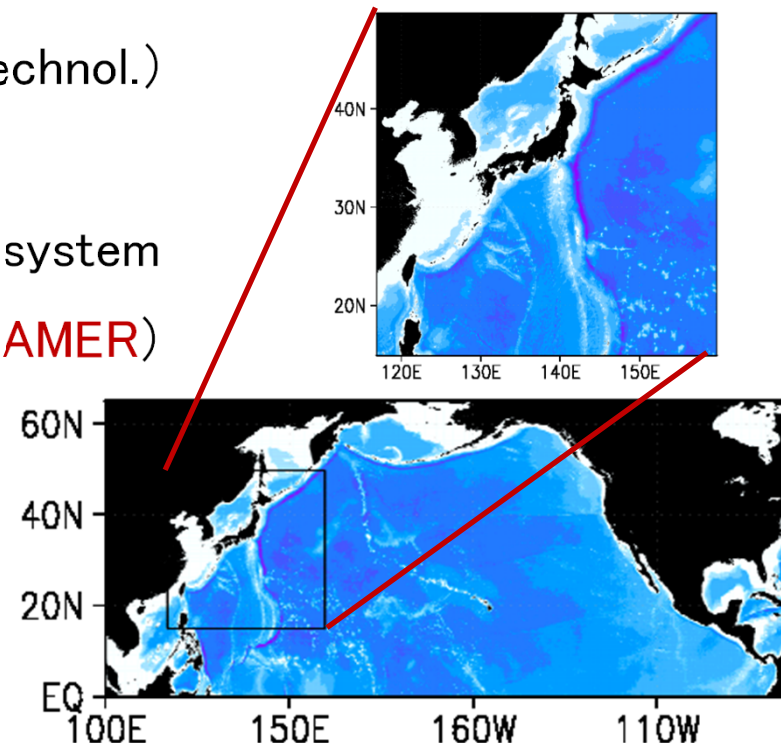
→ Ver. 1の開発完了(原子力機構内で仮運用)

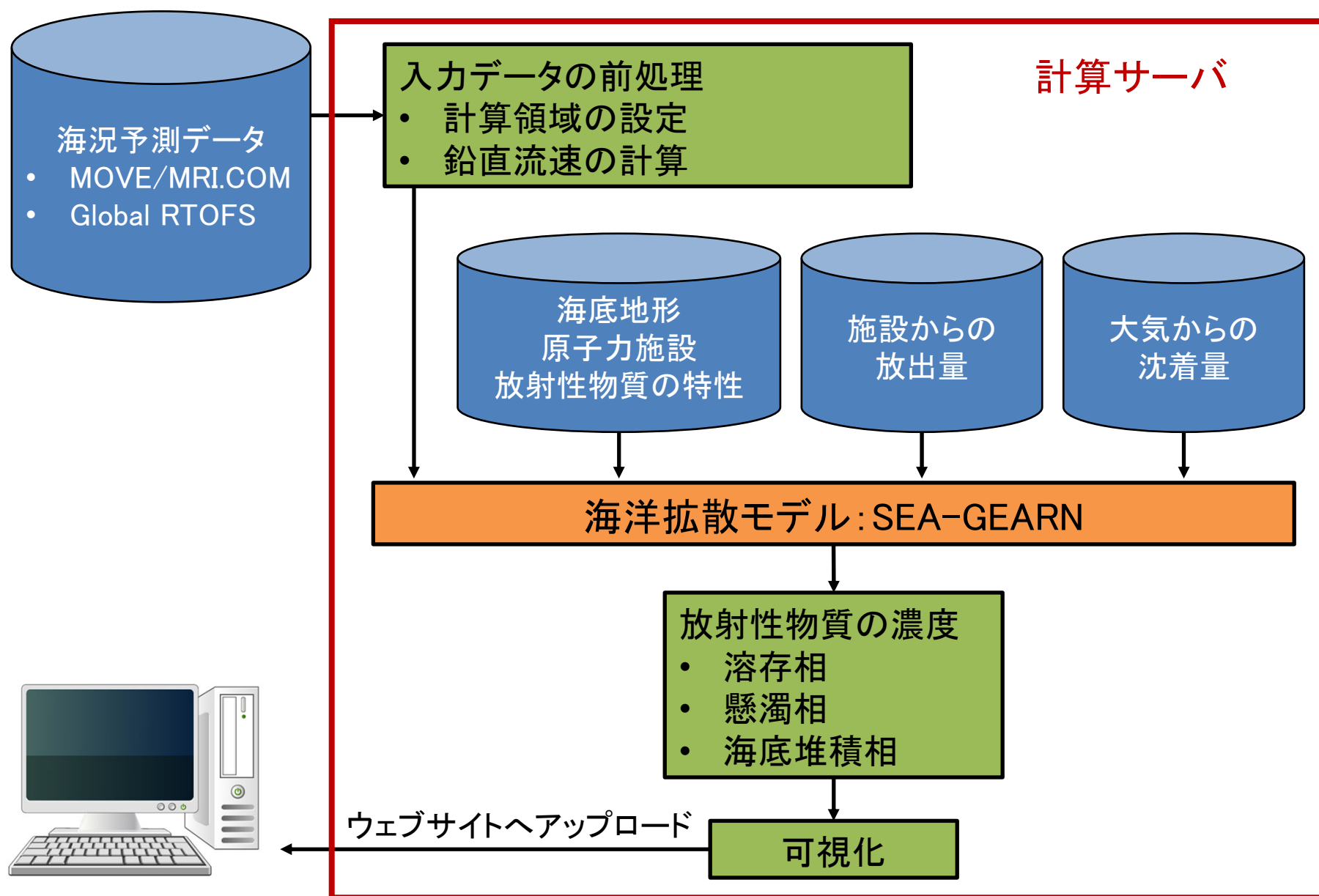
(Kobayashi et al., 2017, J. Nucl. Sci. Technol.)

【システムの概要】

(英語名) Short-Term Emergency Assessment system
of Marine Environmental Radioactivity (STEAMER)

- 放射性物質の海洋拡散予測
(北西太平洋) 水平解像度1/10°、30日予報
(北太平洋) 水平解像度1/2°、30日予報
(全球) 水平解像度1/12°、8日予報



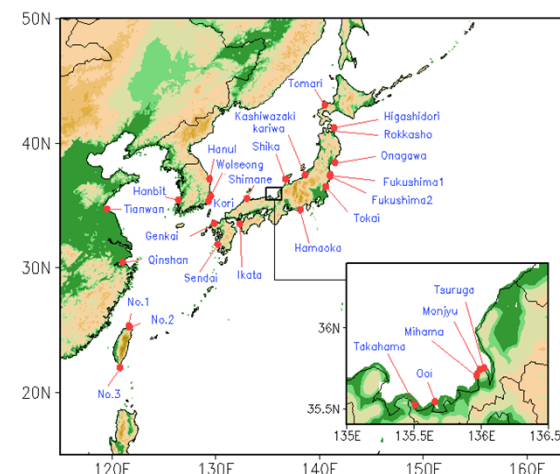


海況予測データ

海況予測システム	MOVE/MRI.COM (気象庁)	Global RTOFS (NOAA)
海洋循環モデル	MRI.COM	HYCOM
データ同化	3DVAR	3DVAR
領域	北西太平洋・北太平洋	全球
水平解像度	1/10°(北西太平洋) 1/2°(北太平洋)	1/12°(全球)
鉛直レベル数	54層	32層
予測期間	30日	8日
予測変数	東西流速・南北流速・水温・塩分・海面高度	

海洋拡散シミュレーション

原子力施設	福島第一原発
対象核種	^{137}Cs (溶存相のみを考慮)
放出率(仮想のシナリオ)	1 Bq h^{-1} (1日放出・30日放出)
予測期間	8日(入力:Global RTOFS) 30日(入力:MOVE/MRI.COM)



FUKUSHIMA

× CLOSE

MOVE - / [NP](#) / [WNP](#) / [WNP\(One shot\)](#) / / [RTOFS](#) /
 View - / [WIDE](#) / [ZOOM](#) /
 Forecast - [1](#) / [2](#) / [3](#) / [4](#) / [5](#) / [6](#) / [7](#) / [8](#) / [9](#) / [10](#) / [11](#) / [12](#) / [13](#) / [14](#) / [15](#) / [16](#) / [17](#) / [18](#) / [19](#) / [20](#) / [21](#) / [22](#) / [23](#) / [24](#) / [25](#) / [26](#) / [27](#) / [28](#) / [29](#) / [30](#) /

海況予測
データ

Release point

----- Japan -----

「泊」

Tomari

「東通」

Higashidori

「六ヶ所」

Rokkasyo

「女川」

Onagawa

「福島第一」

Fukushima1

「福島第二」

Fukushima2

「柏崎刈羽」

Kashiwazakariwa

「東海」

Tokai

「浜岡」

Hamaoka

「志賀」

Shika

「美浜」

Mihama

「大飯」

Ooi

「高浜」

Takahama

「敦賀」

Tsuruga

「もんじゅ」

Monju

「島根」

Shimane

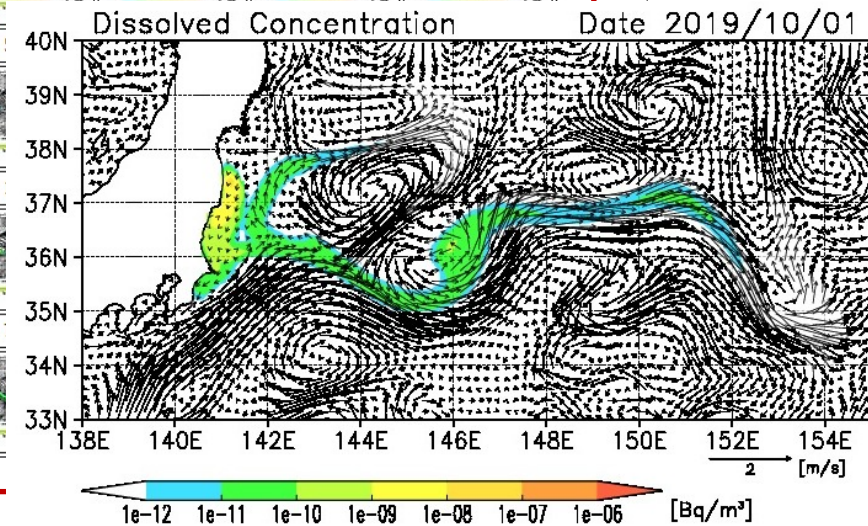
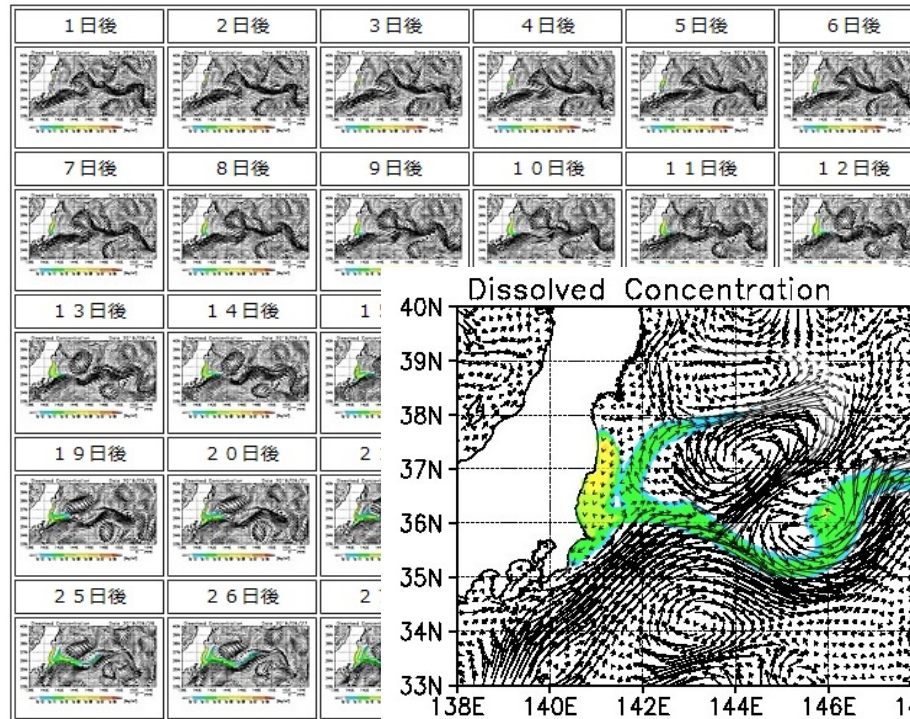
Release point map

「原子力サイト」

site map

Release start time : 2019/09/01 09:00(JST)
 Release stop time : 2019/10/01 09:00(JST)
 Radionuclide : Cs137
 Release mode : Unit release [1Bq/h]
 Release point : 141.2° E, 37.4° N
 Current data : MOVE/MRI.COM-WNP
 Forecast period : 30days

30日予測結果



原子力施設

× CLOSE

■ 福島第一原発事故起因の放射性物質の海洋拡散シミュレーション

- 海洋への放出量を推定
- 海洋中放射性物質移行の事後解析
- 黒潮続流による東方向への輸送、中規模渦による希釈

■ 東日本大震災により流出した洋上漂流物の漂流シミュレーション

- 各国への漂着時期や場所を良好に再現
- 黒潮続流による東方向への輸送、北太平洋高気圧による時計回りの輸送

■ 緊急時海洋環境放射能評価システム (STEAMER)

- Ver. 1を開発し、原子力機構内で仮運用

(今後の課題) 沿岸域を対象とした高解像度予測手法の導入
アンサンブル予測による予測精度の向上