

# 領域化学輸送モデルWRF/Chemを用いた 放射性ヨウ素・セシウムの沈着量分布推定

独立行政法人 海洋研究開発機構 滝川雅之

## 本シミュレーションの目的

東日本大震災に伴い発生した福島第一原発の障害に由来すると思われる放射線量の増大が東日本の各地域で観測されている。放出された放射性物質の組成や総量が明らかではない現状では線量の推定は困難であるものの、放出された物質が「**どのように大気中で輸送・拡散されるのか**」および「**どの程度の時空間スケールで東日本の各地域に輸送・拡散されたのか**」については、気象学的な観点からある程度は推定可能であると考えられる。このため本研究では領域気象モデルにパッシブトレーサを導入し、福島第一原発付近を始点とした汚染気塊の輸送・拡散シミュレーションを行い、沈着量分布推定などを行った。

# モデル設定概要 (気象場関連)

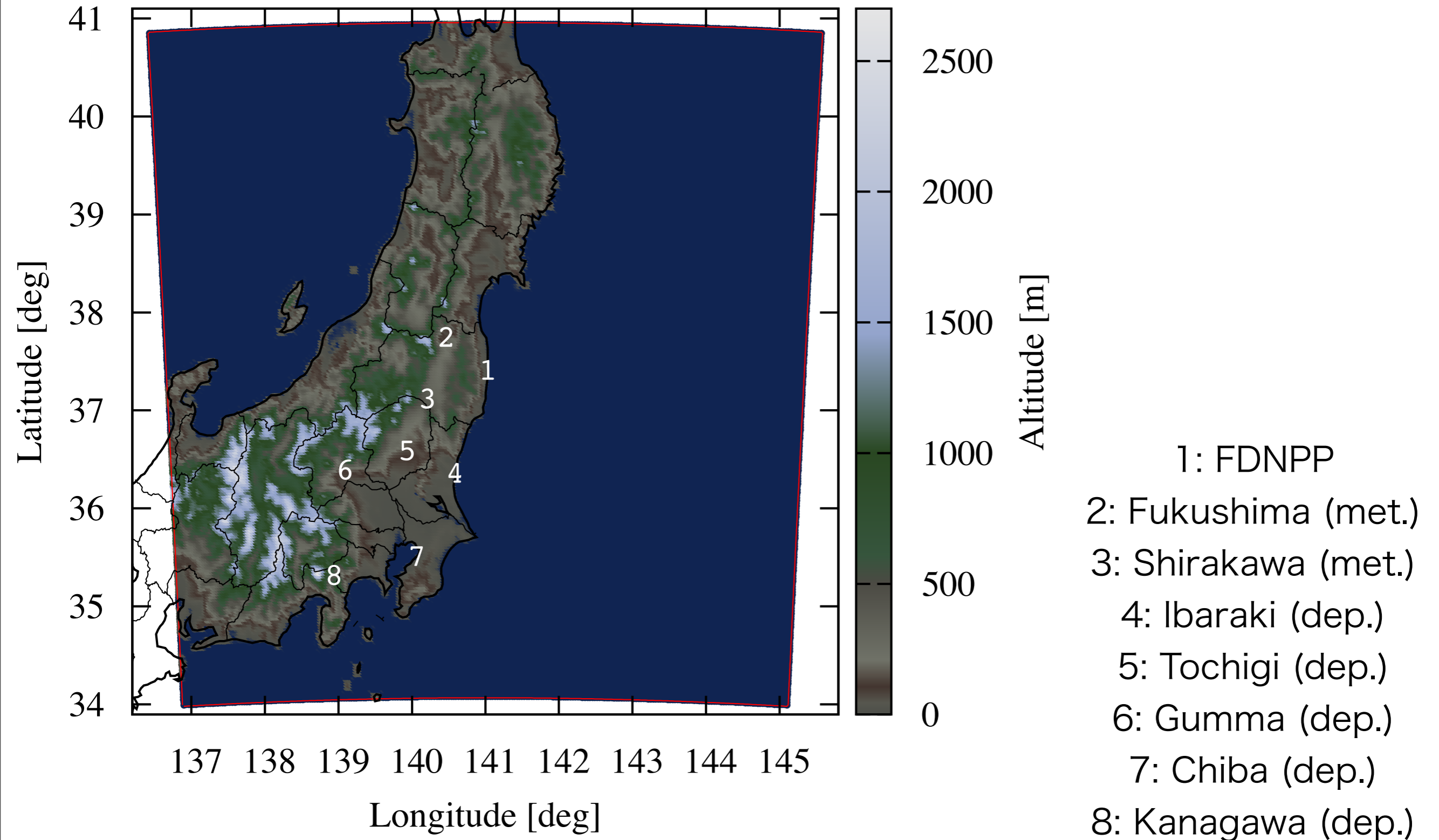
- ・**使用モデル**：非静力学領域大気数値モデル WRF-ARW バージョン 3.1.1
- ・**標高**：国土地理院50mメッシュデータ
- ・**土地利用**：IGBP-MODIS 30秒メッシュデータ
- ・**計算期間**：2011年3月11日00時から 2011年5月1日0時(日本時間)
- ・**水平解像度**：3km格子 (福島第1原発を中心とした250x250グリッド)
- ・**鉛直層数**：34層 (大気上端：100hPa; 高度2kmまでに16層程度)
- ・**気象場の初期値、境界値**：気象庁GPV メソスケールモデル (3時間ごとの初期値)
- ・**気象場同化**： GPVデータ(自由対流圏)  
気象庁地表観測10分値、大野MP(気温、風向・風速、比湿、地表面気圧)  
AMeDAS10分値(気温、風向・風速)、福島第一原発
- ・**移流過程**：非負の水平5次、鉛直3次
- ・**雲微物理過程**：WDM6
- ・**積雲対流過程**：Kain-Fritsch
- ・**境界層過程**： Mellor-Yamada Nakanishi-Niino レベル2.5
- ・**地表面過程**：4層 Unified Noah

# モデル設定概要 (放射性物質関連)

- **計算手法** : 領域気象モデル内でオンライン計算 (オイラー型モデル)  
(WRF/Chemのパッシブトレーサモードを拡張)
- **計算領域・タイムステップ・物質移流** : 気象モデルと同一  
(3km格子、 $\Delta t=12$ 秒、非負5次/3次)
- **側面境界条件** : 同一の放出源、沈着過程の全球モデル(約1.1度、34層)の結果を利用
- **放出源分布** : 原子力研究開発機構による
- **取り扱い核種** : ヨウ素131、セシウム137
- **放射性壊変** : ヨウ素131 (8.1日) のみ考慮
- **湿性沈着** : 洗浄率による  $A=A \times P^B$  [Maryon et al., 1992]  
A, Bは積雲・非積雲、雨・雪によって異なるパラメータ。  
Pは降水・降雪強度で、モデル内で各タイムステップで診断される3次元量  
雹、あられ等は雪として分類
- **乾性沈着** : ヨウ素131 : 0.5 cm/s [Maryon et al. 1992]  
セシウム137 : 0.1 cm/s [Krug et al. 1992]

# 計算対象領域と地表面高度

Location of monitoring stations and model domains



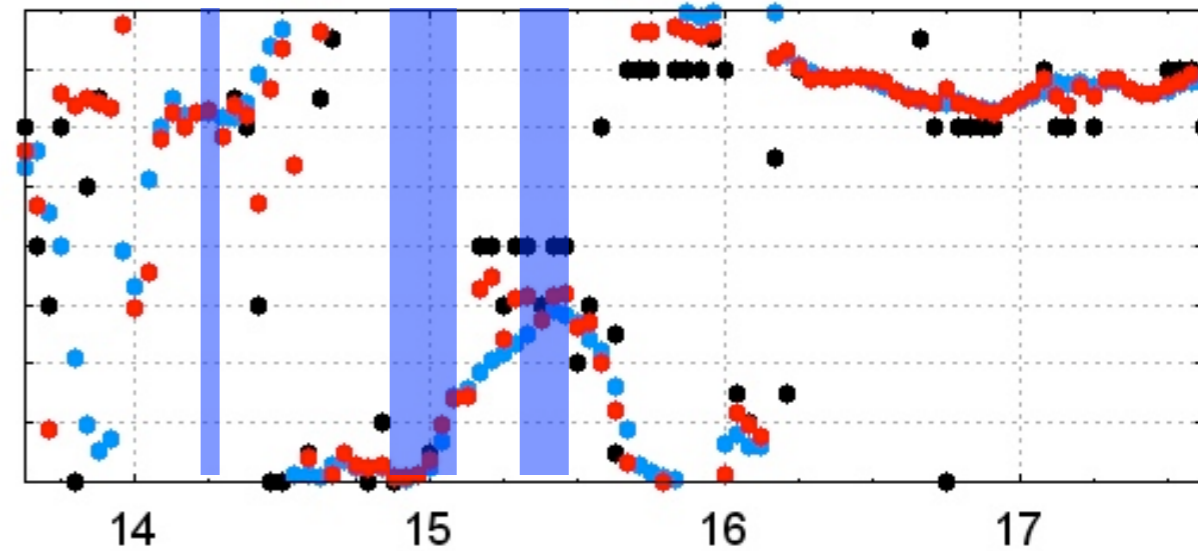
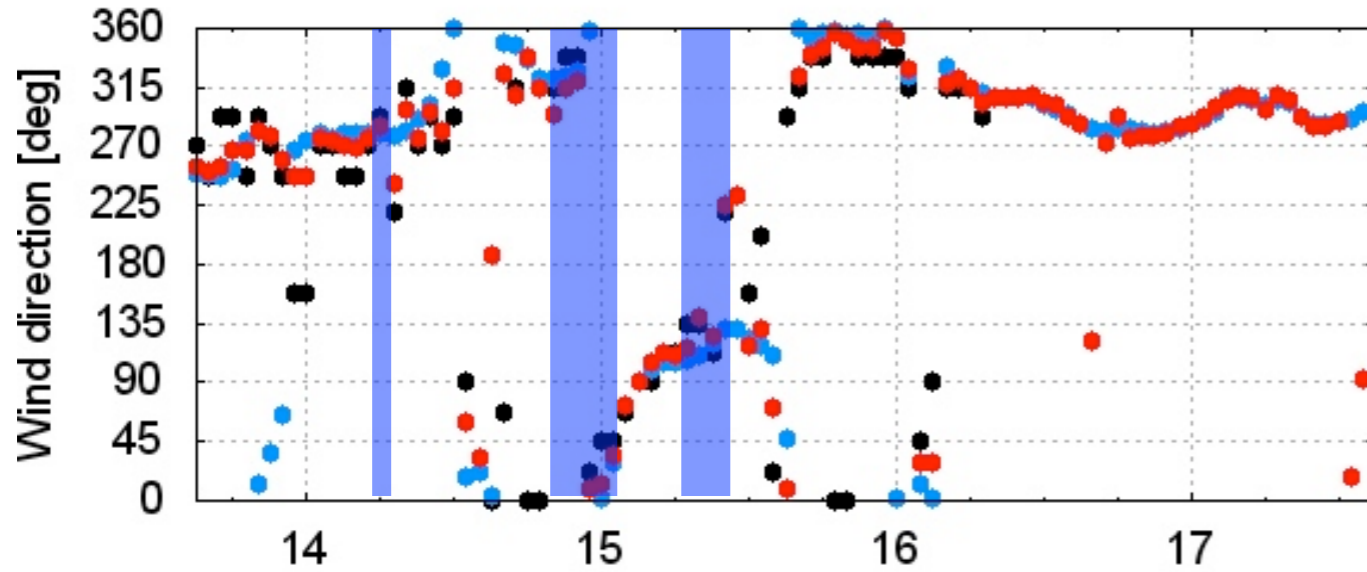
発生源近傍での比較 (観測、モデル(気象同化あり)、モデル(気象同化なし))

大野MP

福島第一原発

Wind direction at Oono (37.407N,140.980E)

Wind direction at FDNPP (37.407N,140.980E)



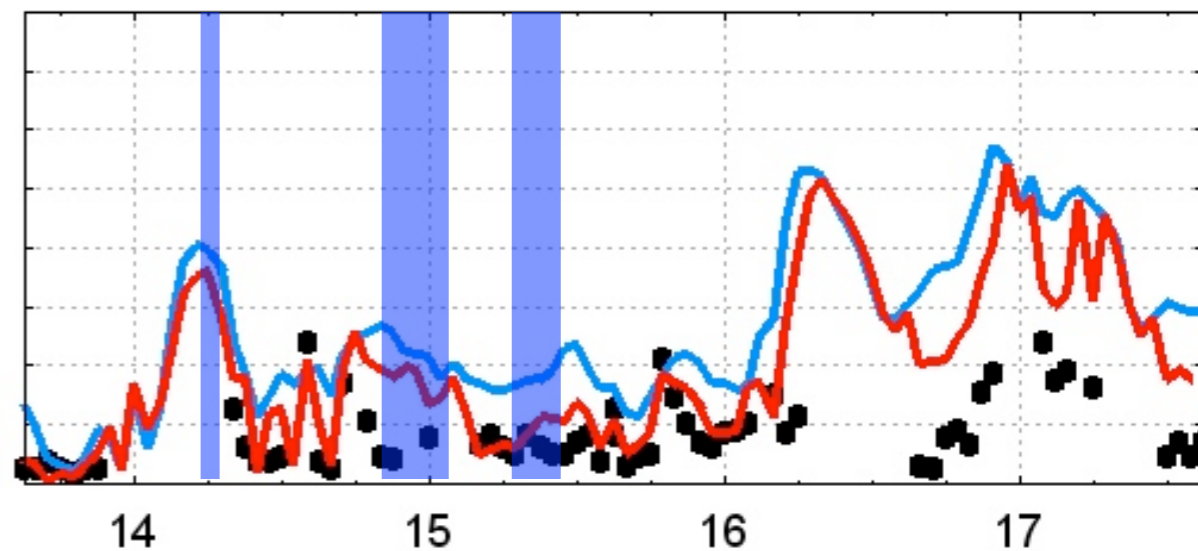
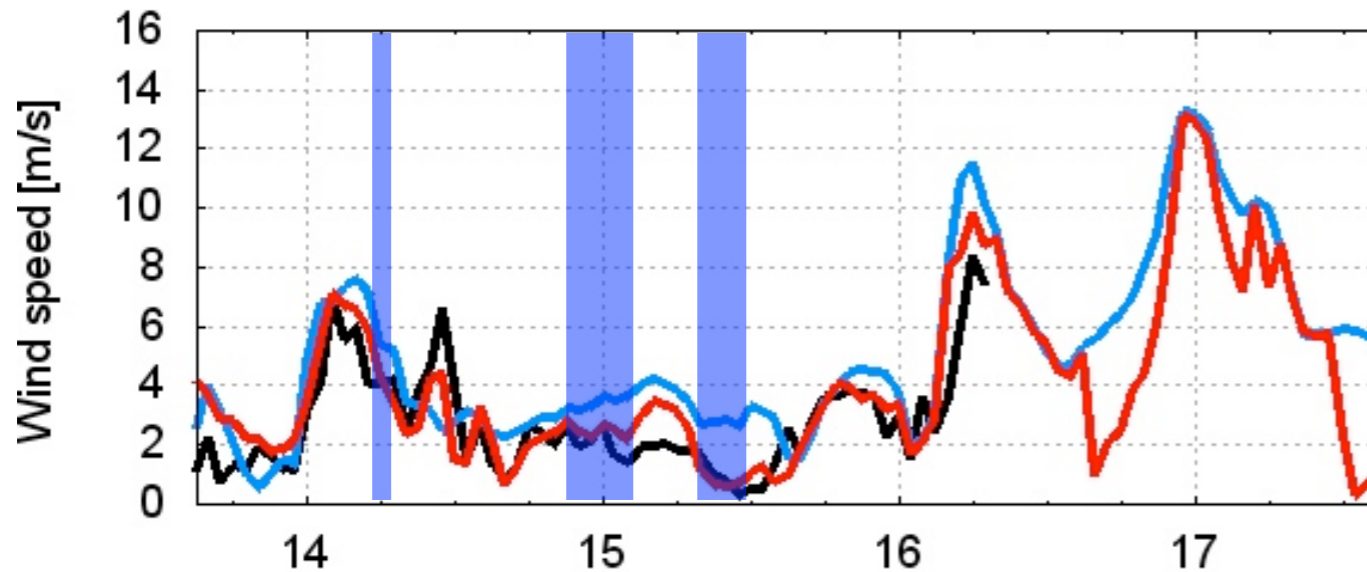
風向

2011 March

2011 March

Wind speed at Oono (37.407N,140.980E)

Wind speed at FNPP1 (37.407N,140.980E)



風速

2011 March

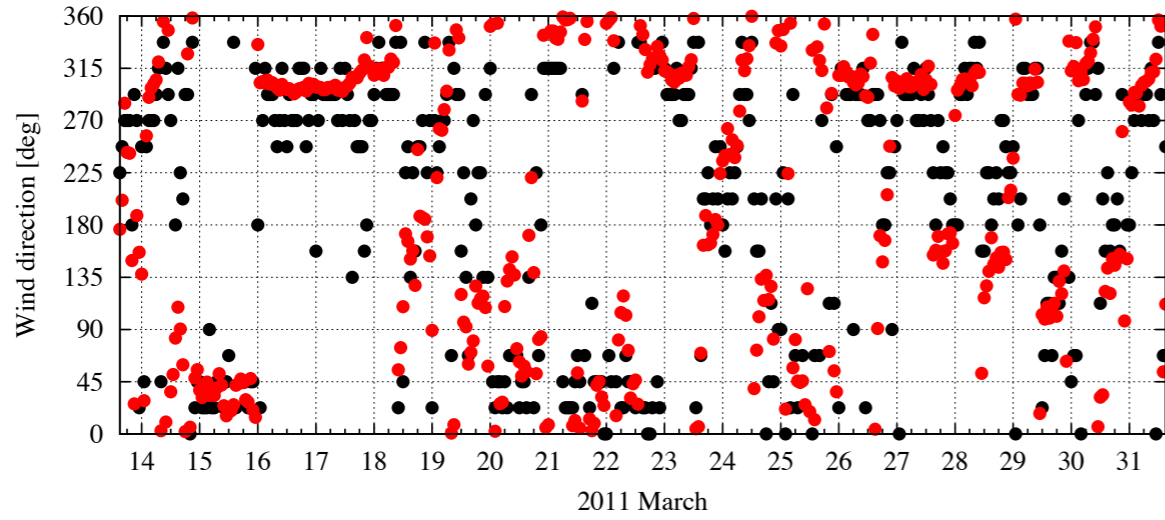
2011 March

同化しないと風速を過小評価。風向の変化への追従性が同化により向上。

# 気象庁地表観測との比較 (観測、モデル)

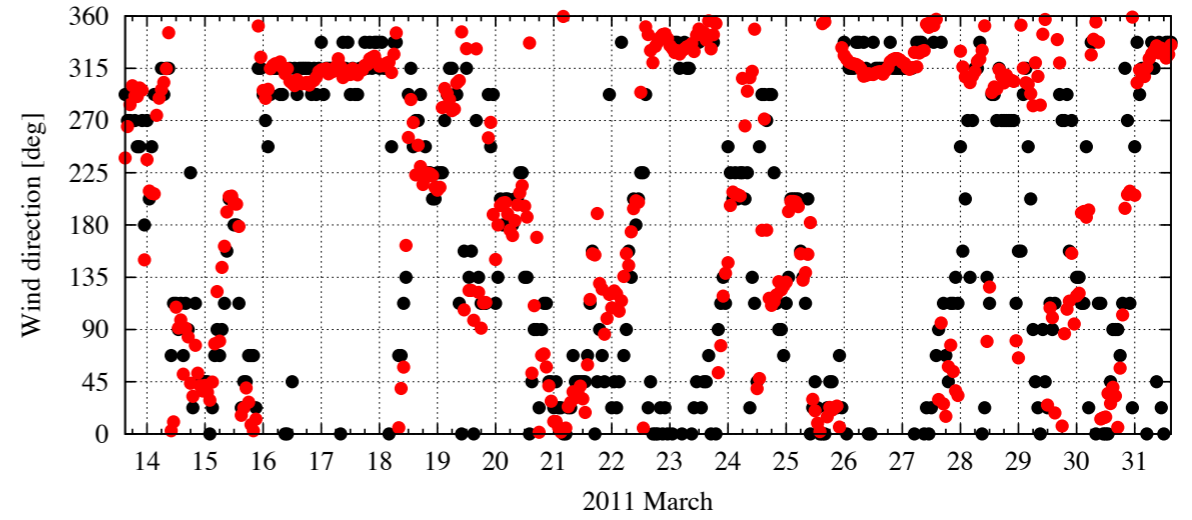
## 福島市

Wind direction at Fukushima (37.684N,140.456E)

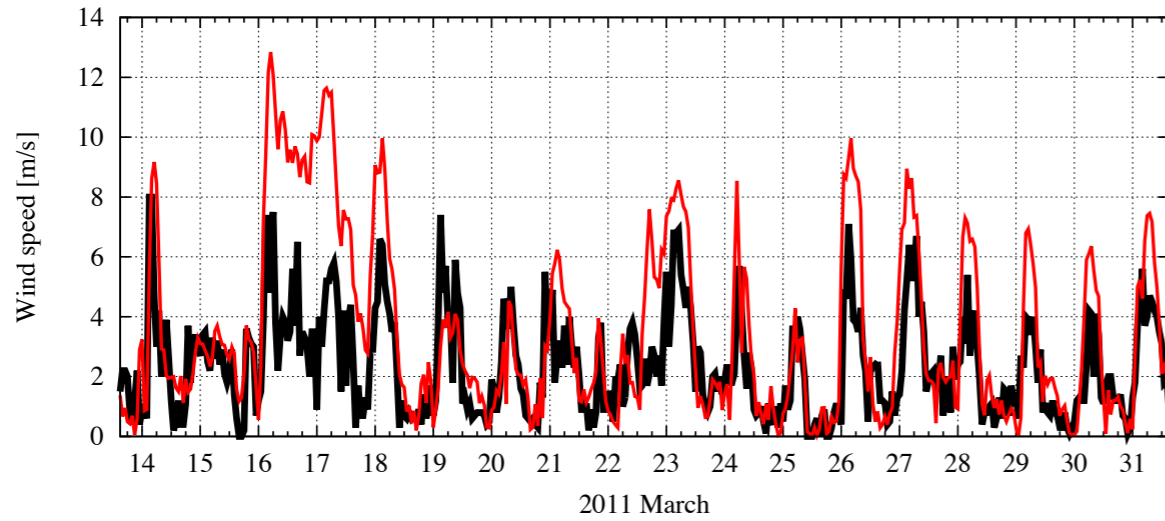


## 白河市

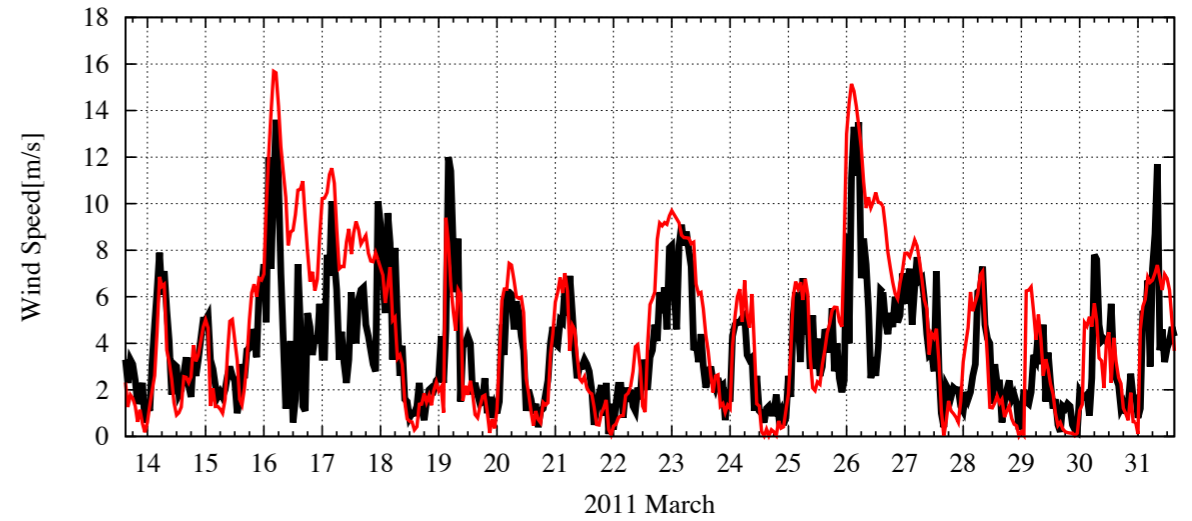
Wind direction at Shirakawa (37.407N,140.215E)



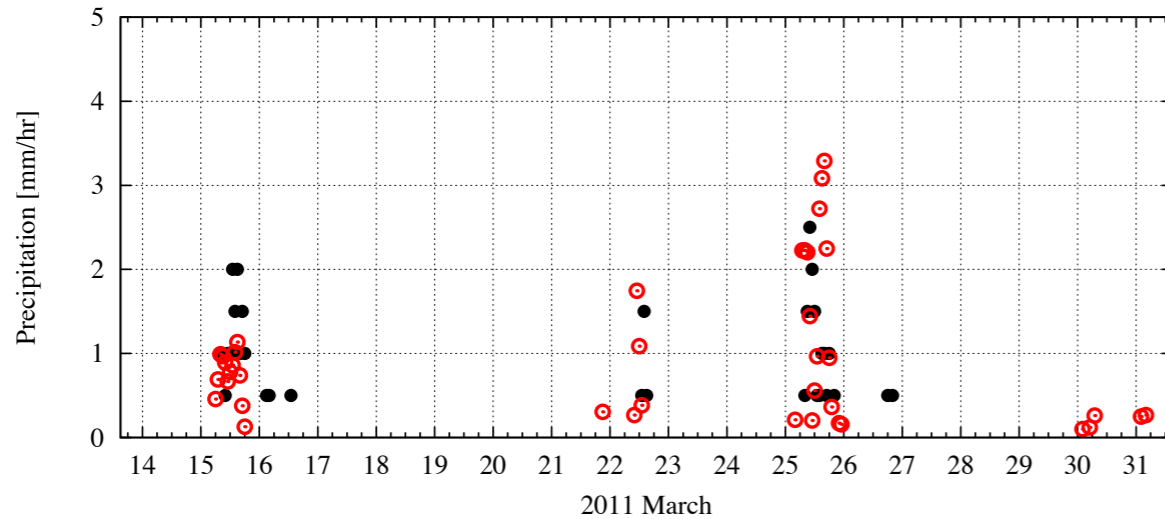
Wind speed at Fukushima (37.684N,140.456E)



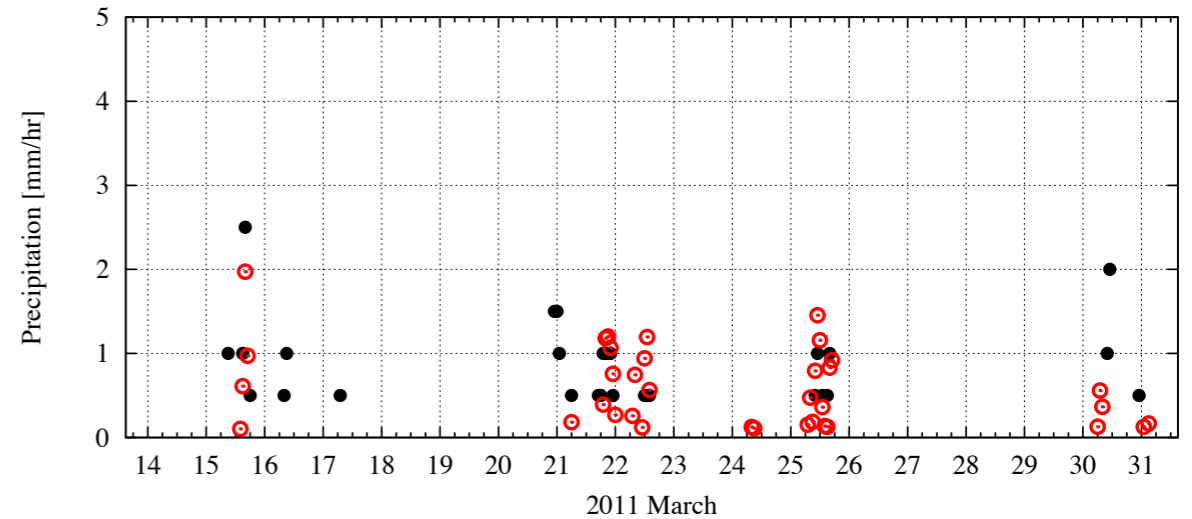
Wind speed at Shirakawa (37.132N,140.215E)



precipitation at Fukushima (37.684N,140.456E)



Wind direction at Shirakawa (37.407N,140.215E)



風向

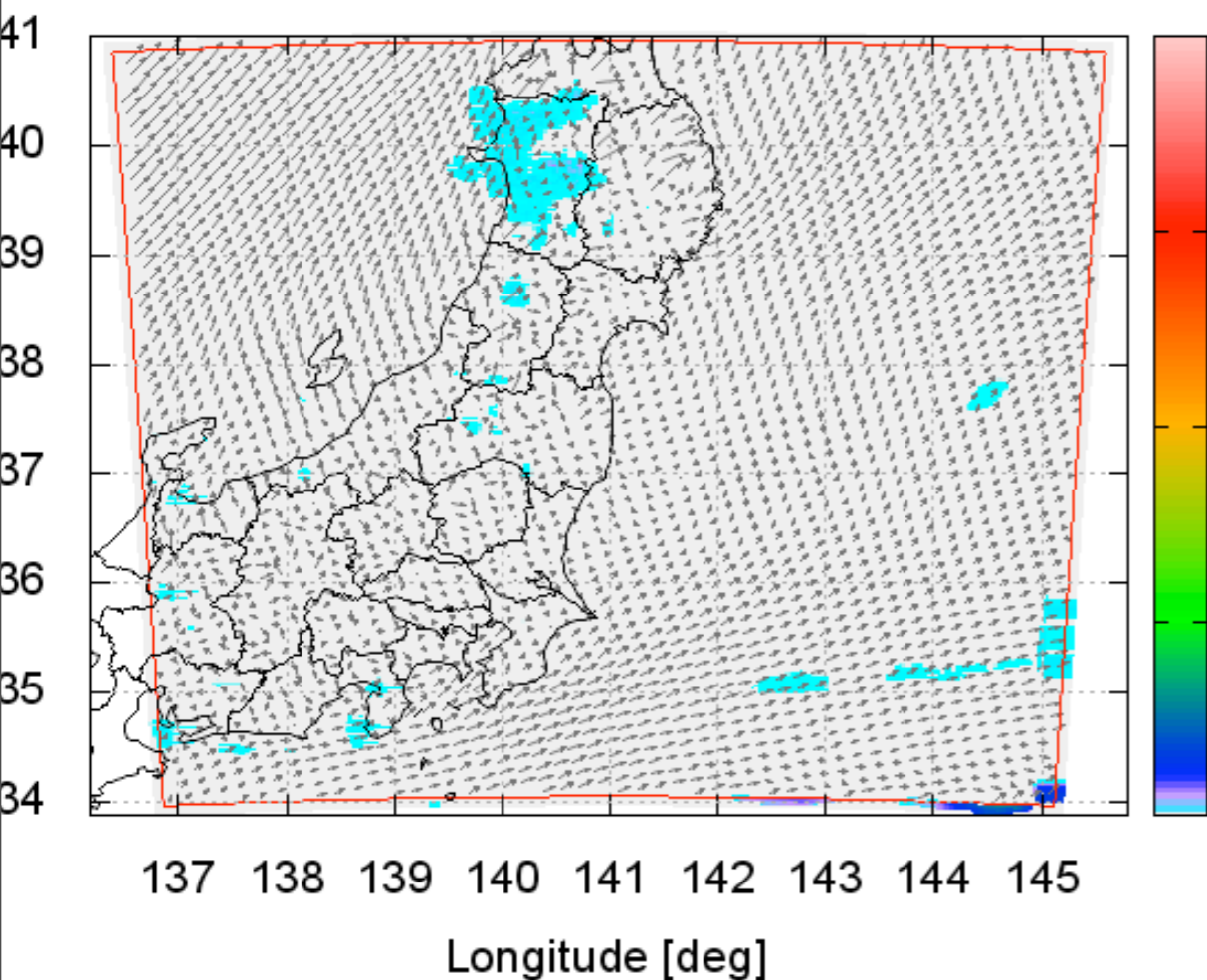
風速

降水

風向・風速は同化対象との比較であることに注意。降雨の再現性は概ね妥当

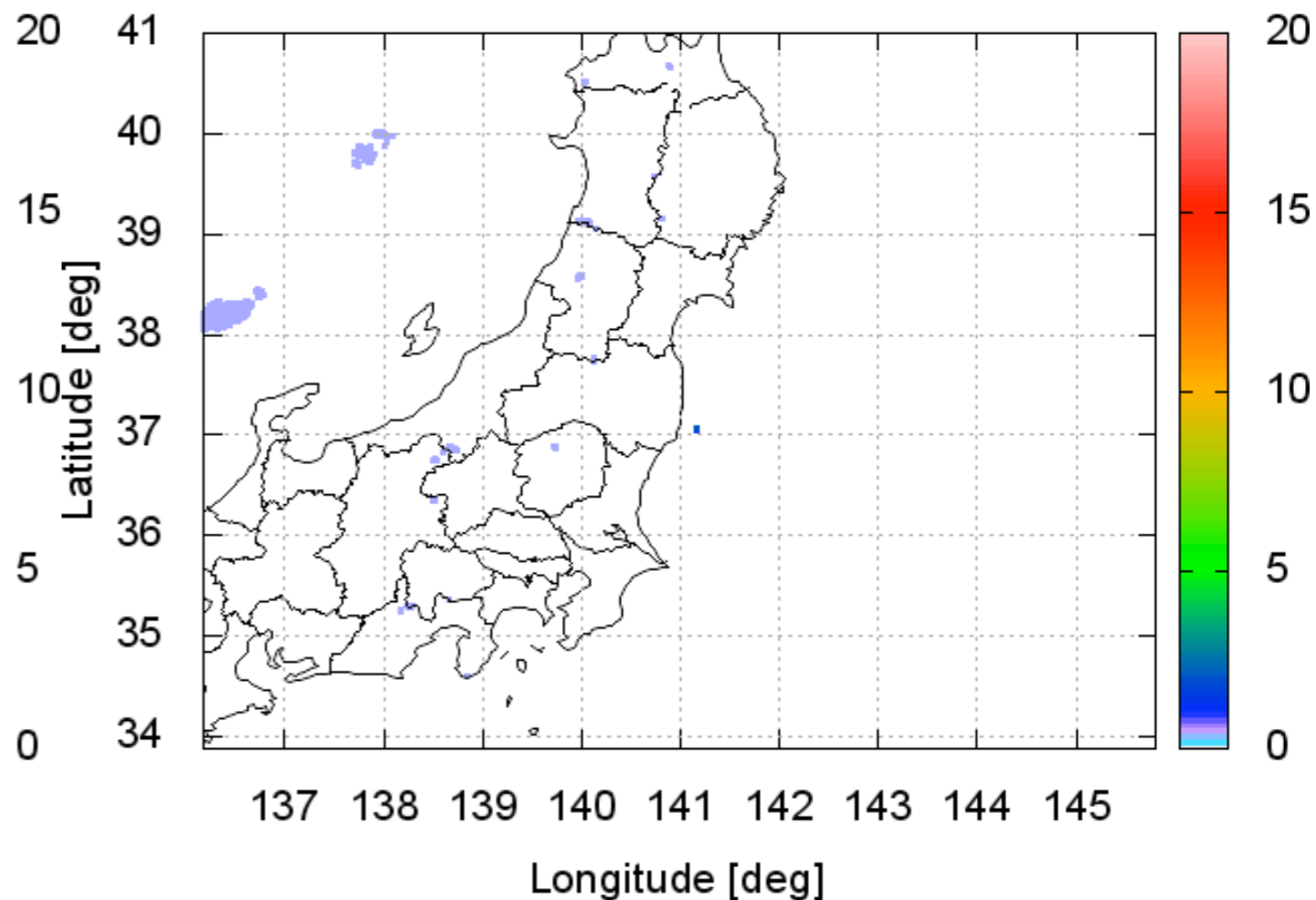
# 2011年3月の降雨

Precipitation at 00:00JST 14/Mar./2011 [mm/hr]



本モデル

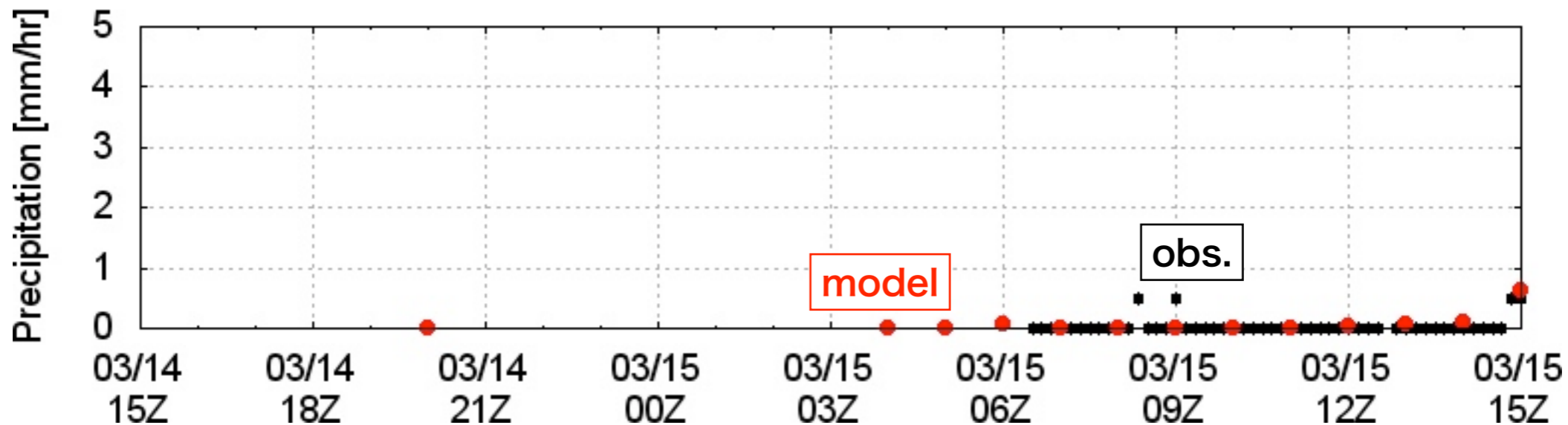
Precipitation at 00:00JST 14/Mar./2011 [mm/hr]



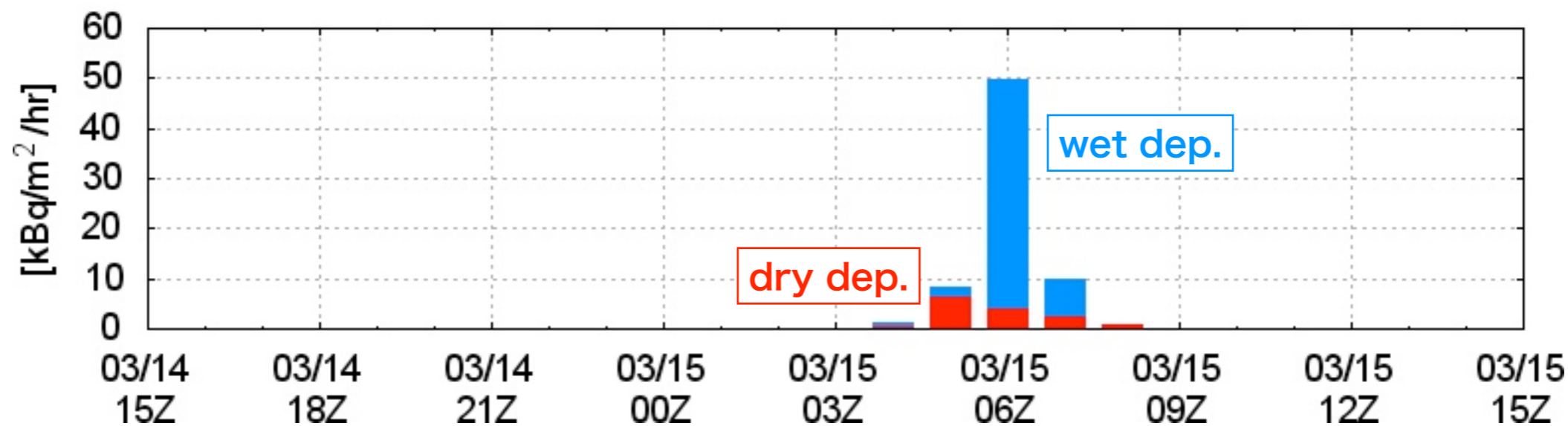
レーダーアメダス

Precipitation at Shirakawa (37.407N,140.215E)

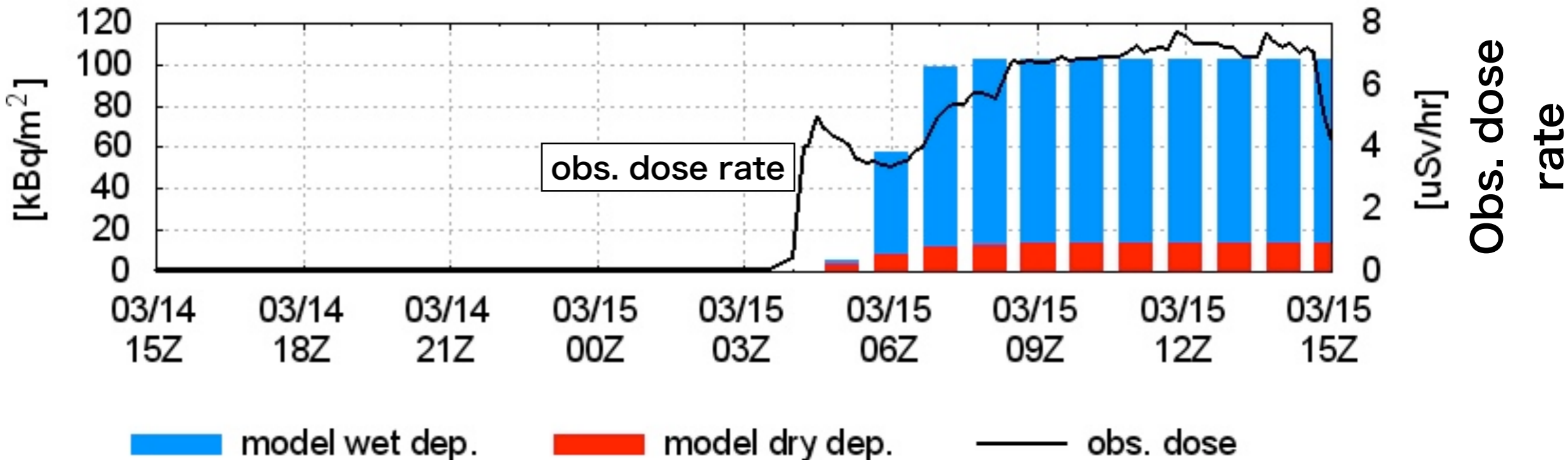
Precipitation



Deposition rate



Accumulated deposition

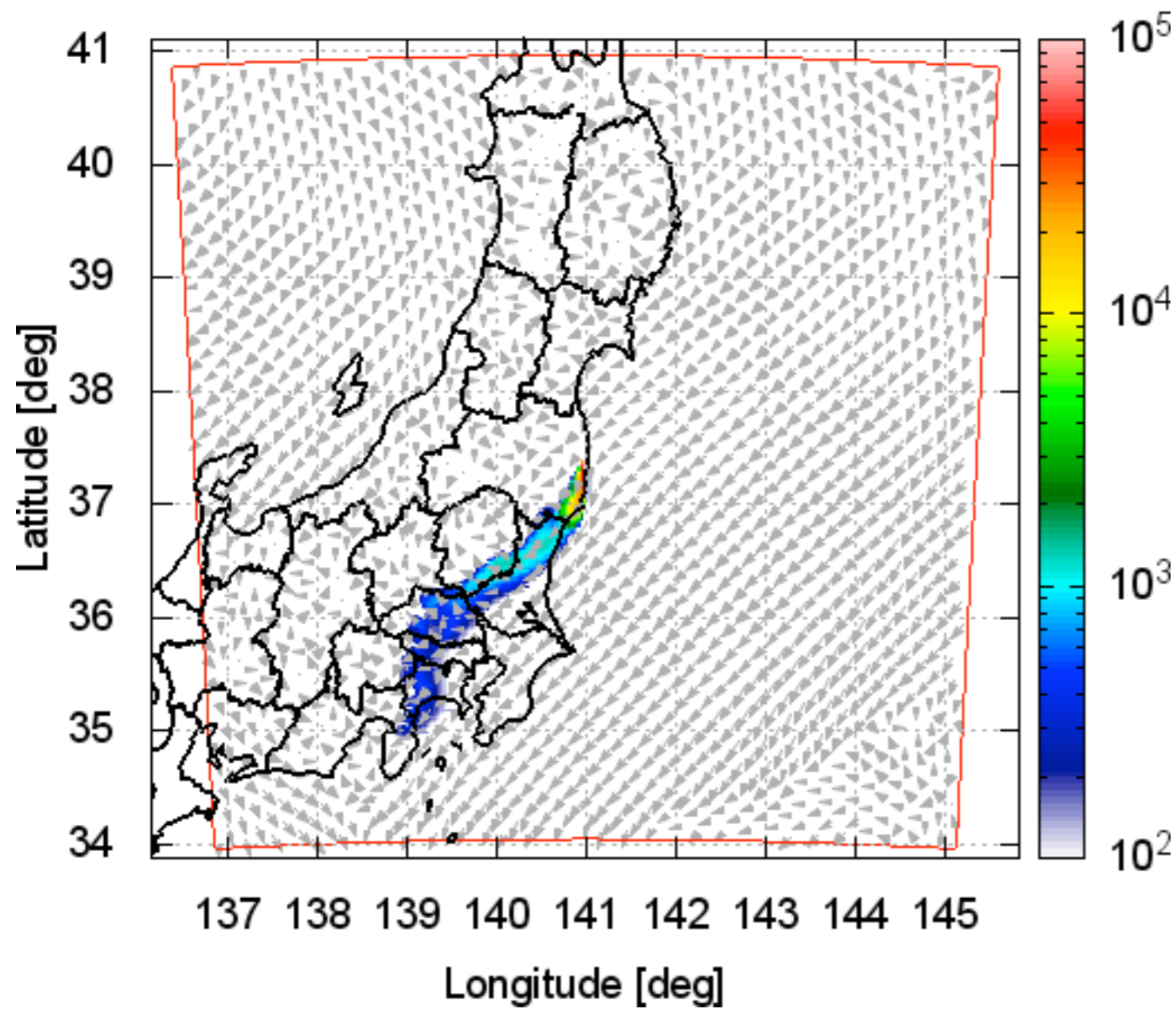




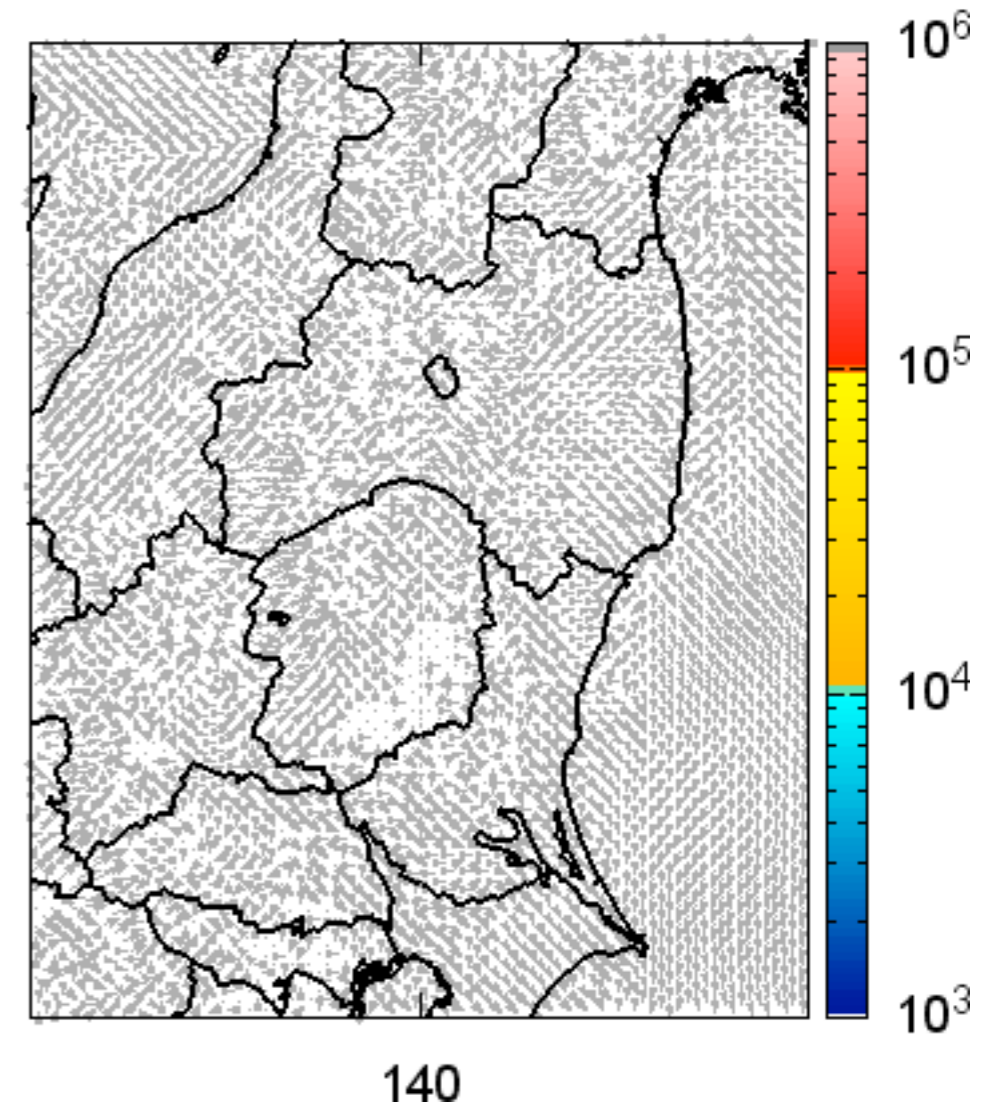
# 大気最下層でのヨウ素131濃度

## 近傍域の拡大図

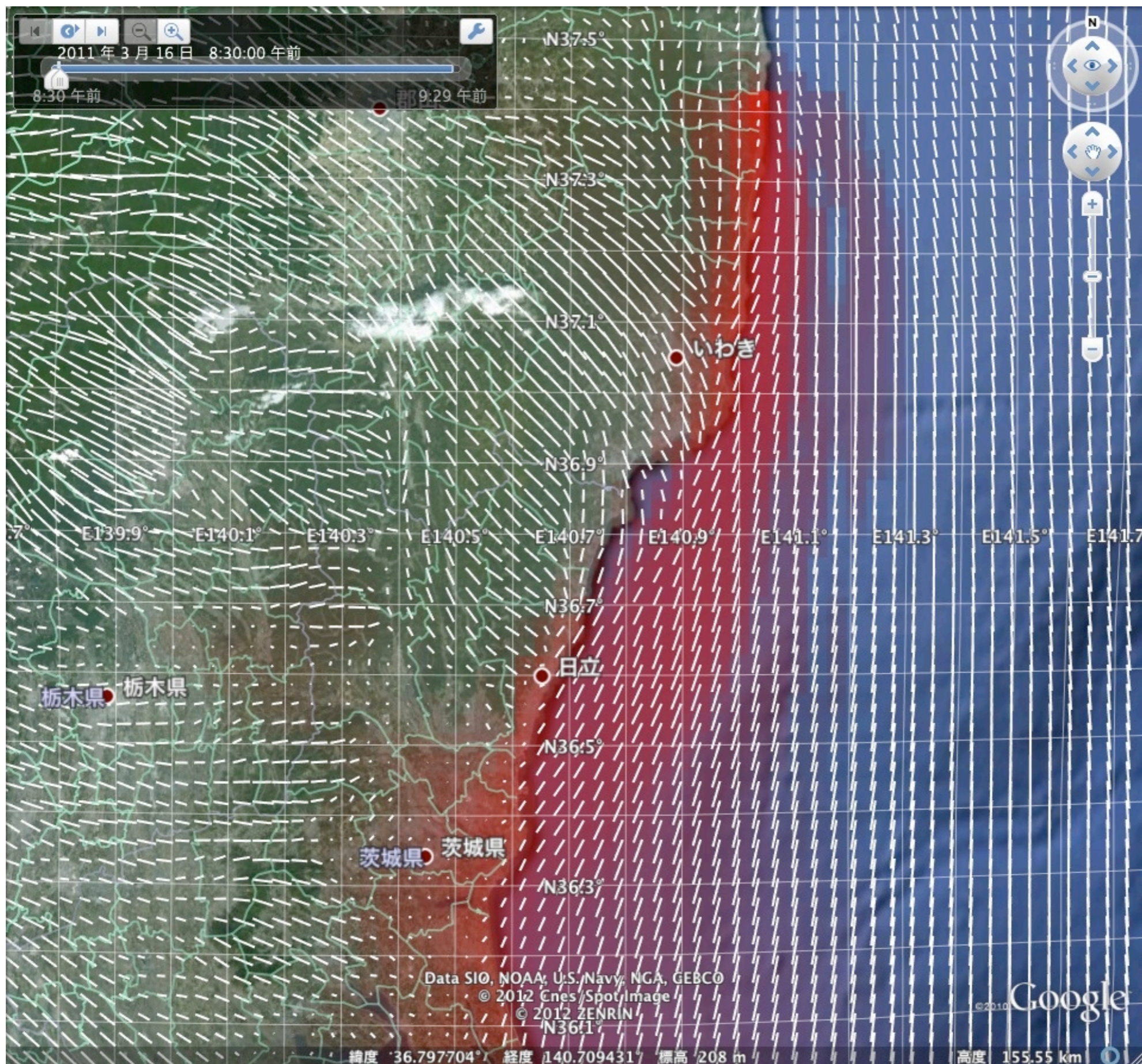
$^{131}\text{I}$  at 09:00 JST 15/03/2011 [ $\text{Bq}/\text{m}^3$ ]



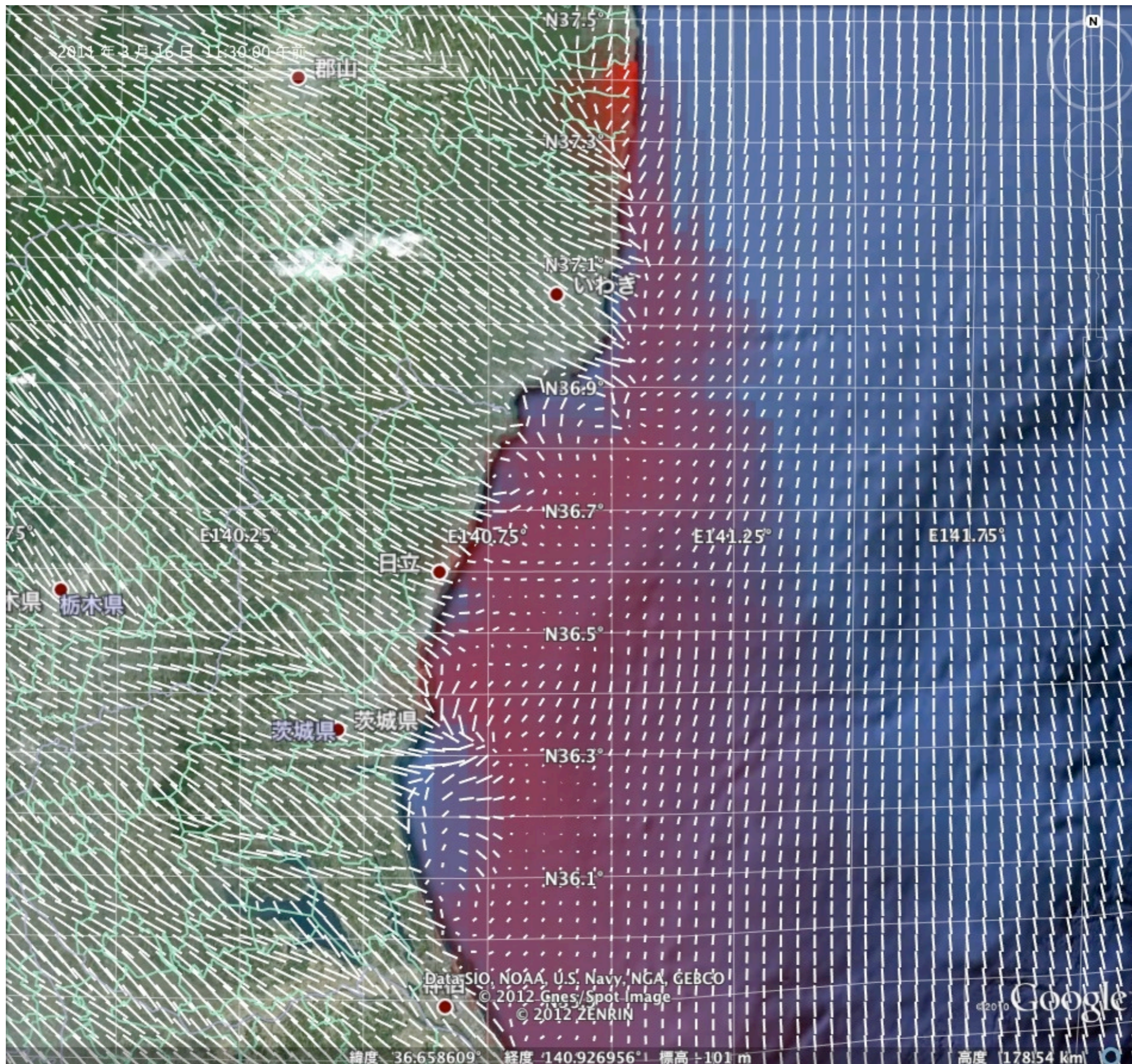
$^{131}\text{I}$  at 09:00 JST 11/03/2011 [ $\text{Bq}/\text{m}^3$ ]



# 大気最下層でのヨウ素131濃度と風向・風速 (2011年3月16日9時)

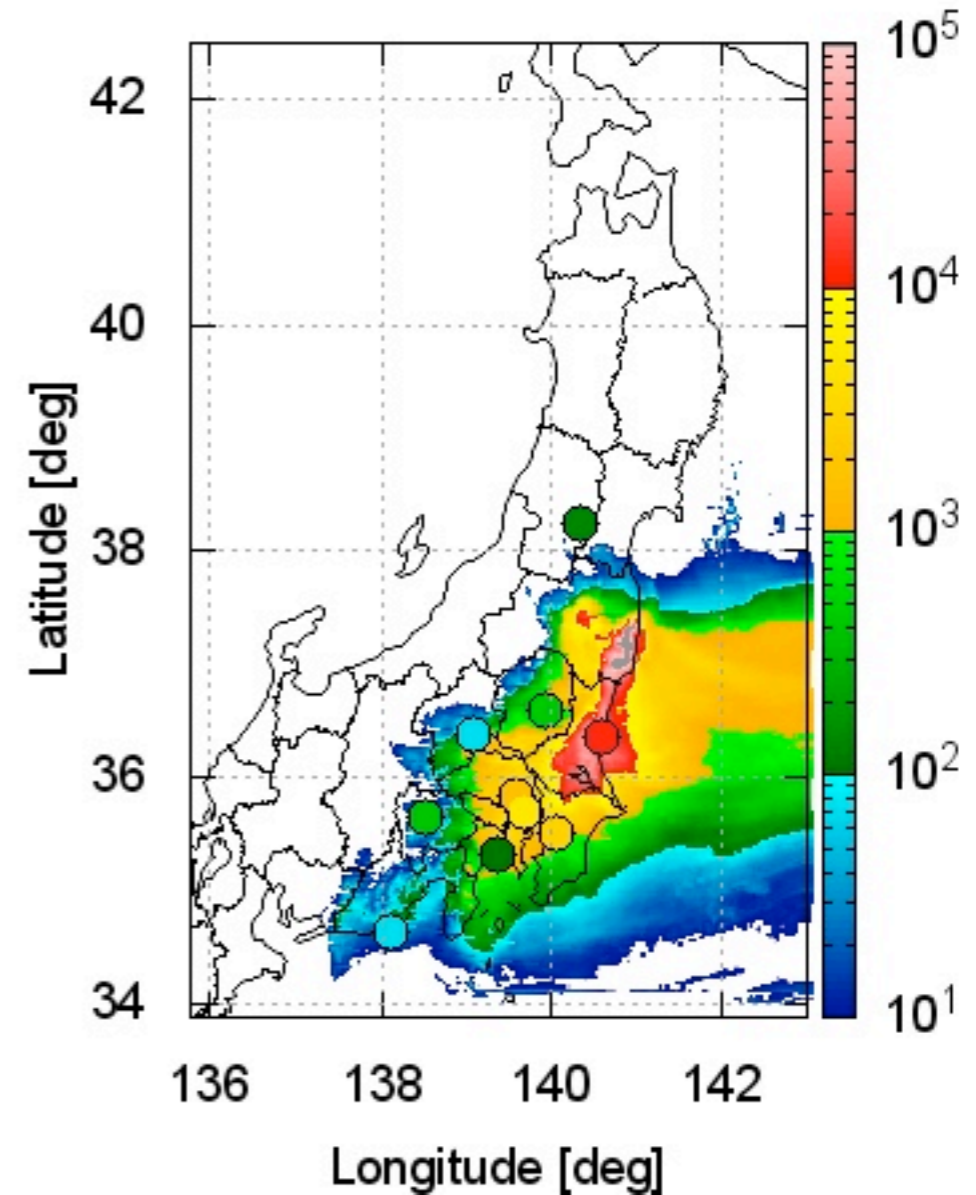
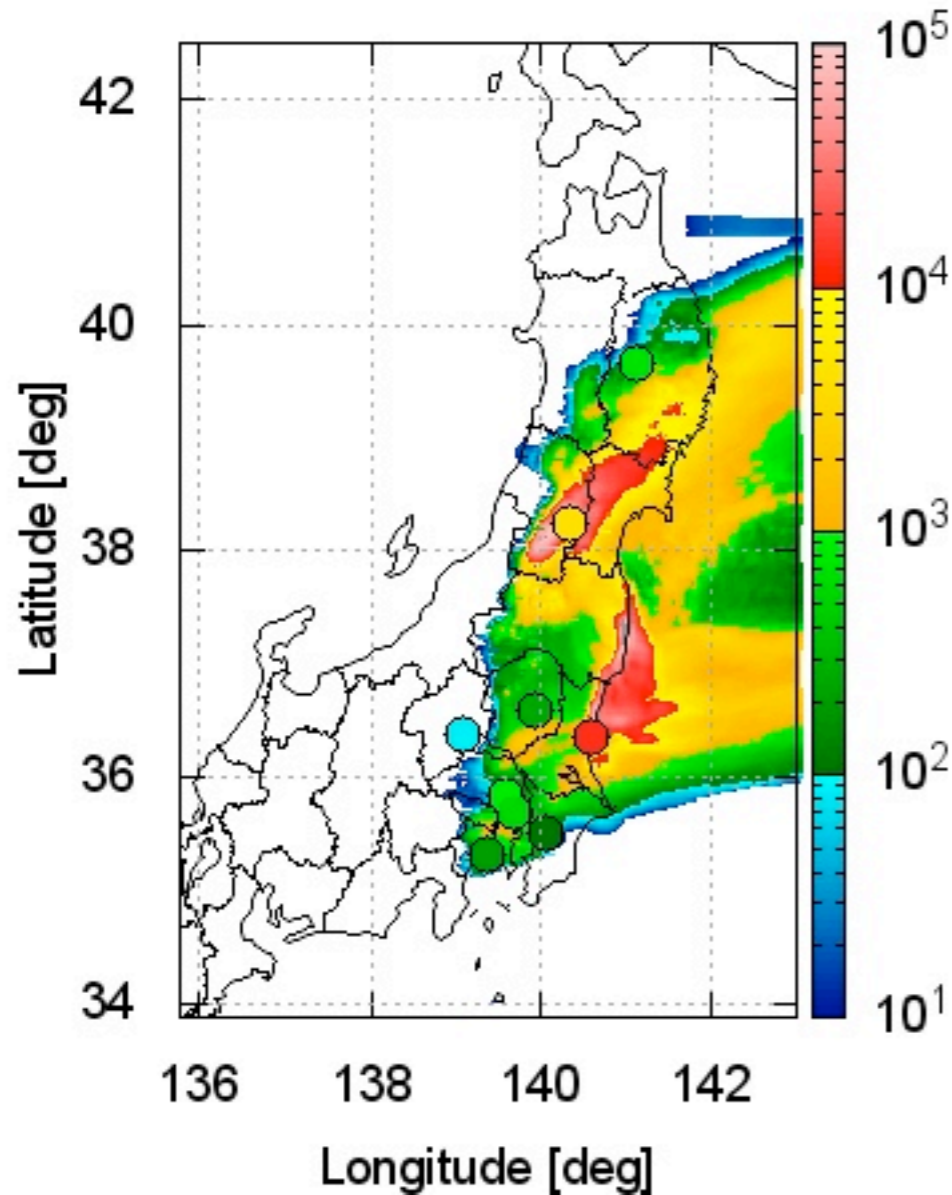


# 大気最下層でのヨウ素131濃度と風向・風速 (2011年3月16日12時)



## セシウム137の24時間積算沈着量 (モデル+観測○)

24-hour accumulated deposition of  $^{137}\text{Cs}$  on 20/03/2011 [ $\text{Bq}/\text{m}^2$ ] 24-hour accumulated deposition of  $^{137}\text{Cs}$  on 21/03/2011 [ $\text{Bq}/\text{m}^2$ ]



概ね妥当な分布だが、山形県での沈着を過大評価傾向。

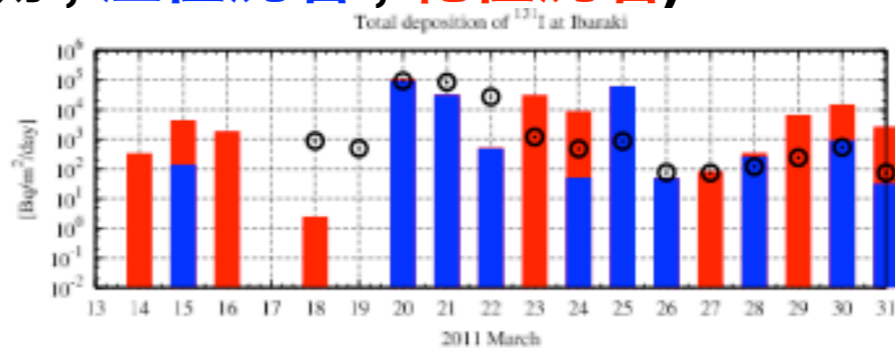
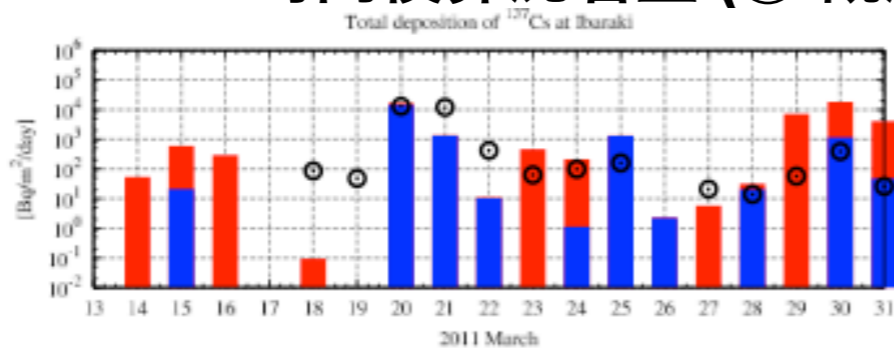
モデルは茨城県南部から千葉県北西部にかけて高い沈着量を示しているが、

局所的なホットスポットを形成するまでには至っていない。

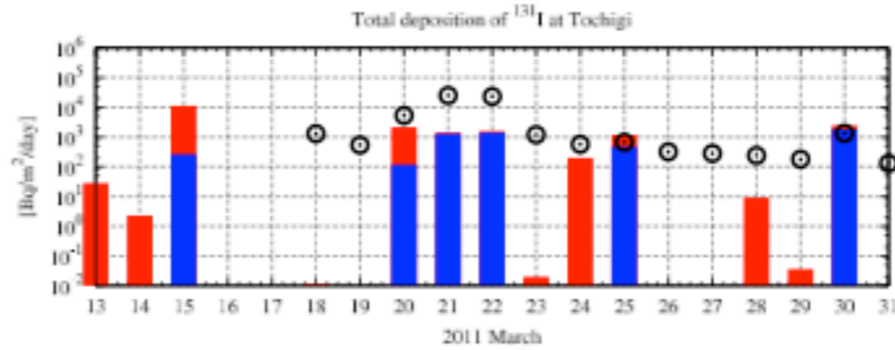
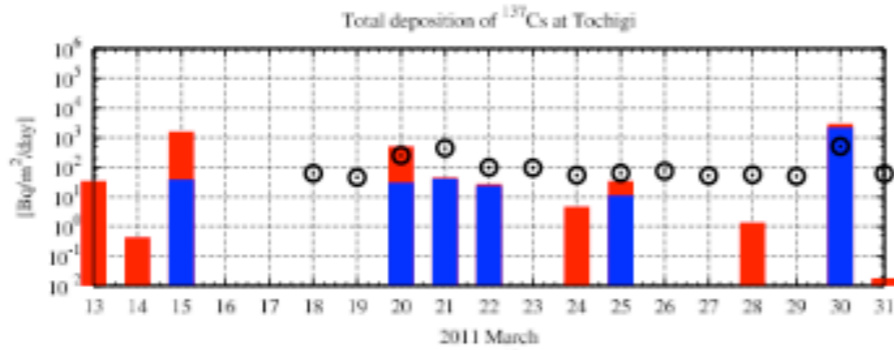
→解像度が不足？

# 24時間積算沈着量 (○:観測., 湿性沈着, 乾性沈着)

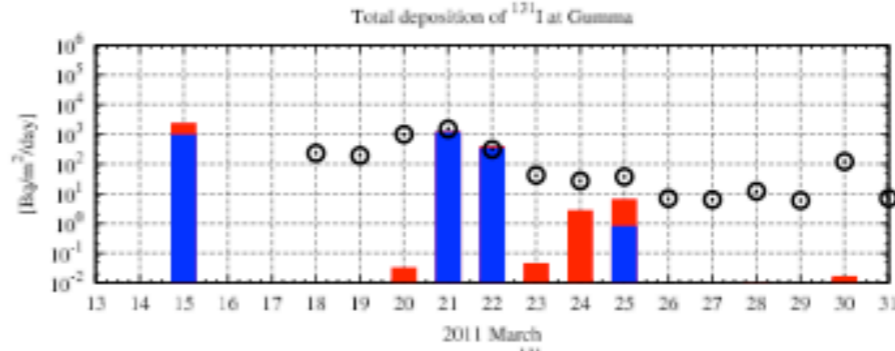
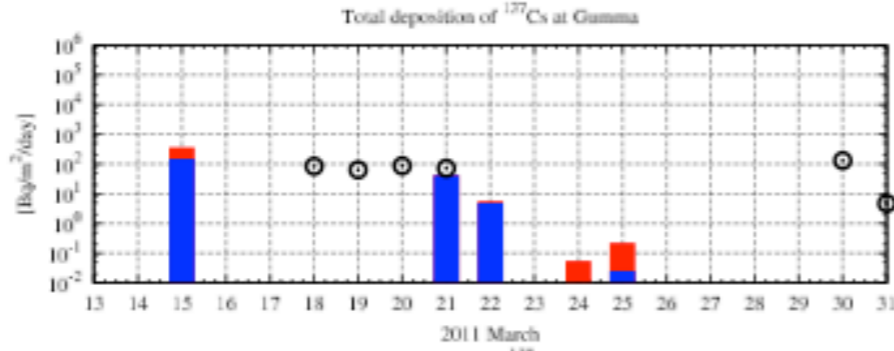
茨城



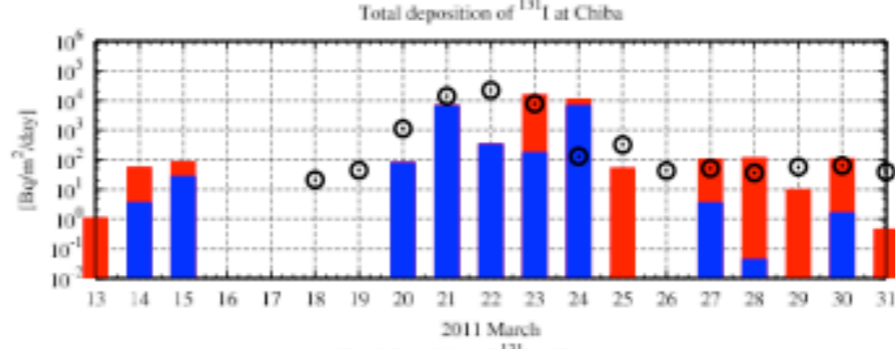
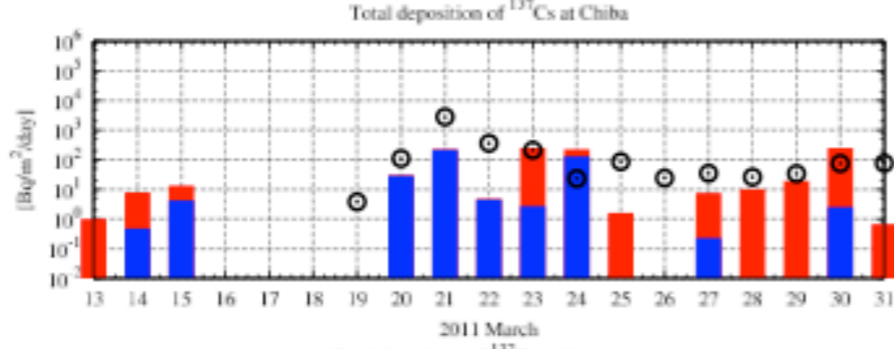
栃木



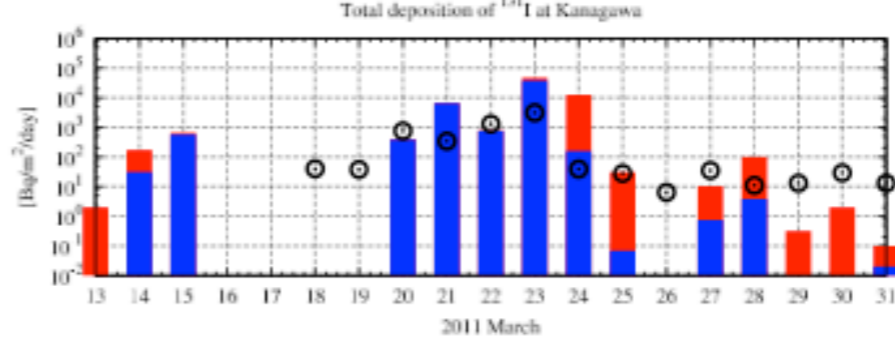
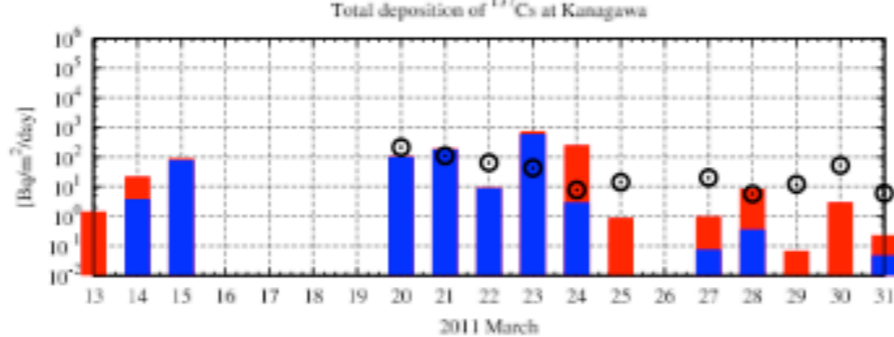
群馬



千葉



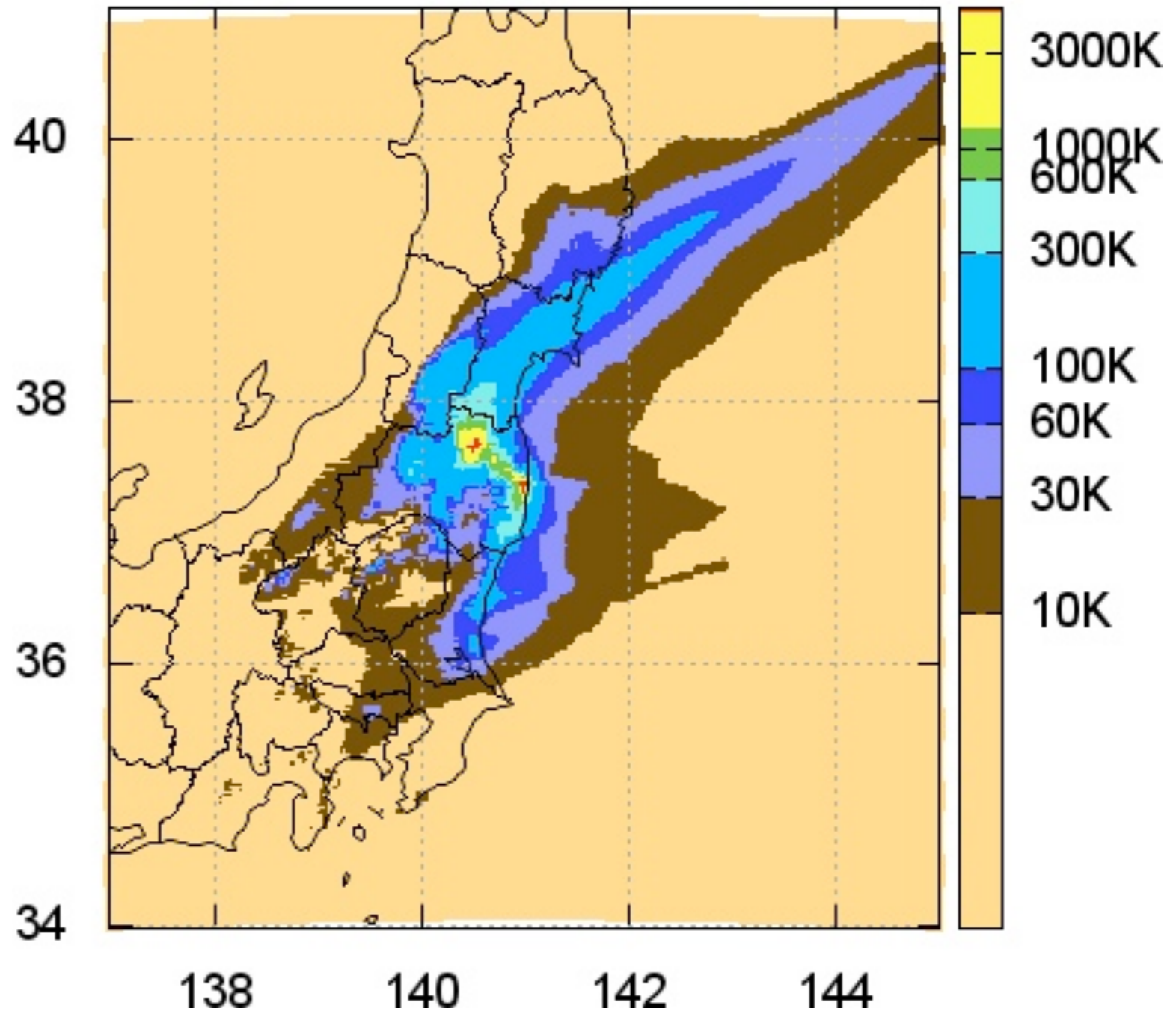
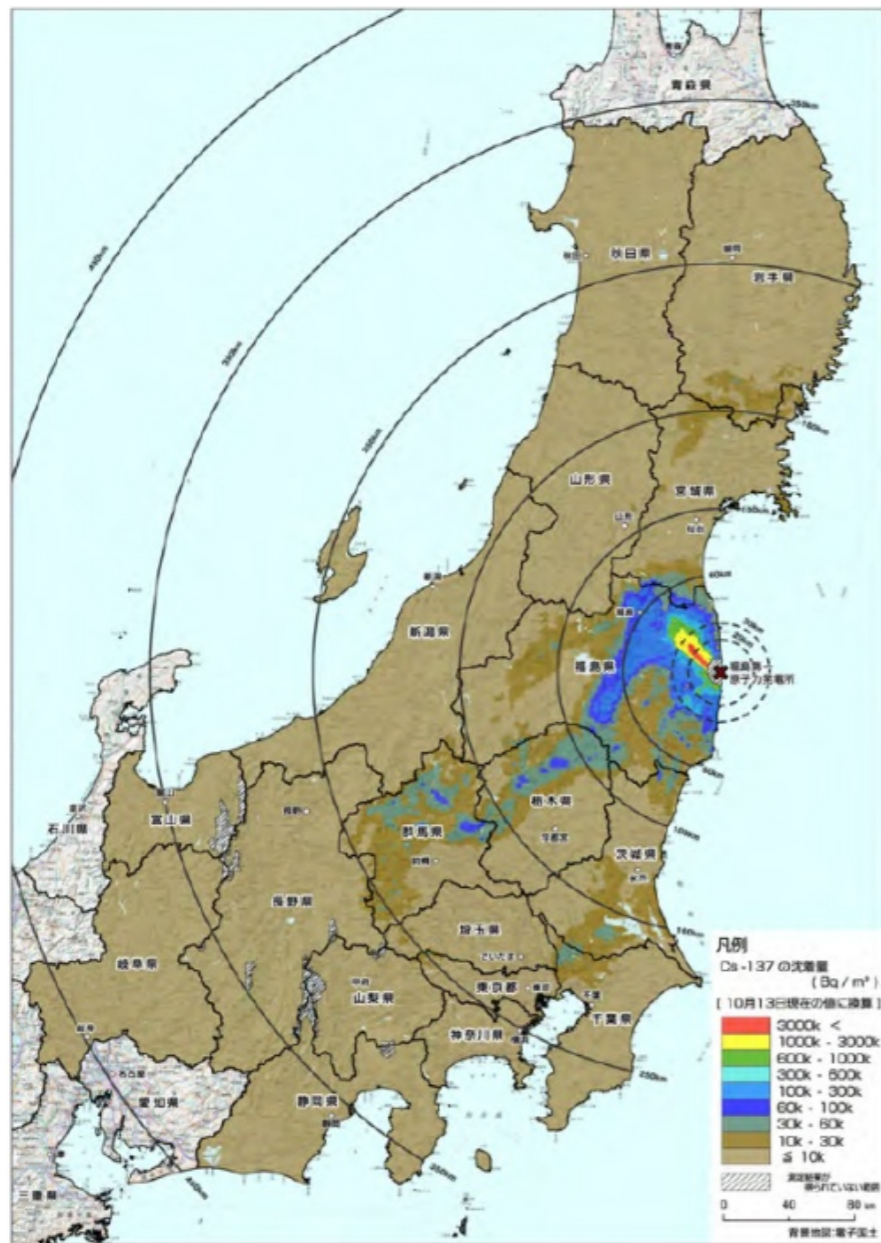
神奈川



モデル計算結果では、3/20-24の沈着量はほぼ湿性沈着

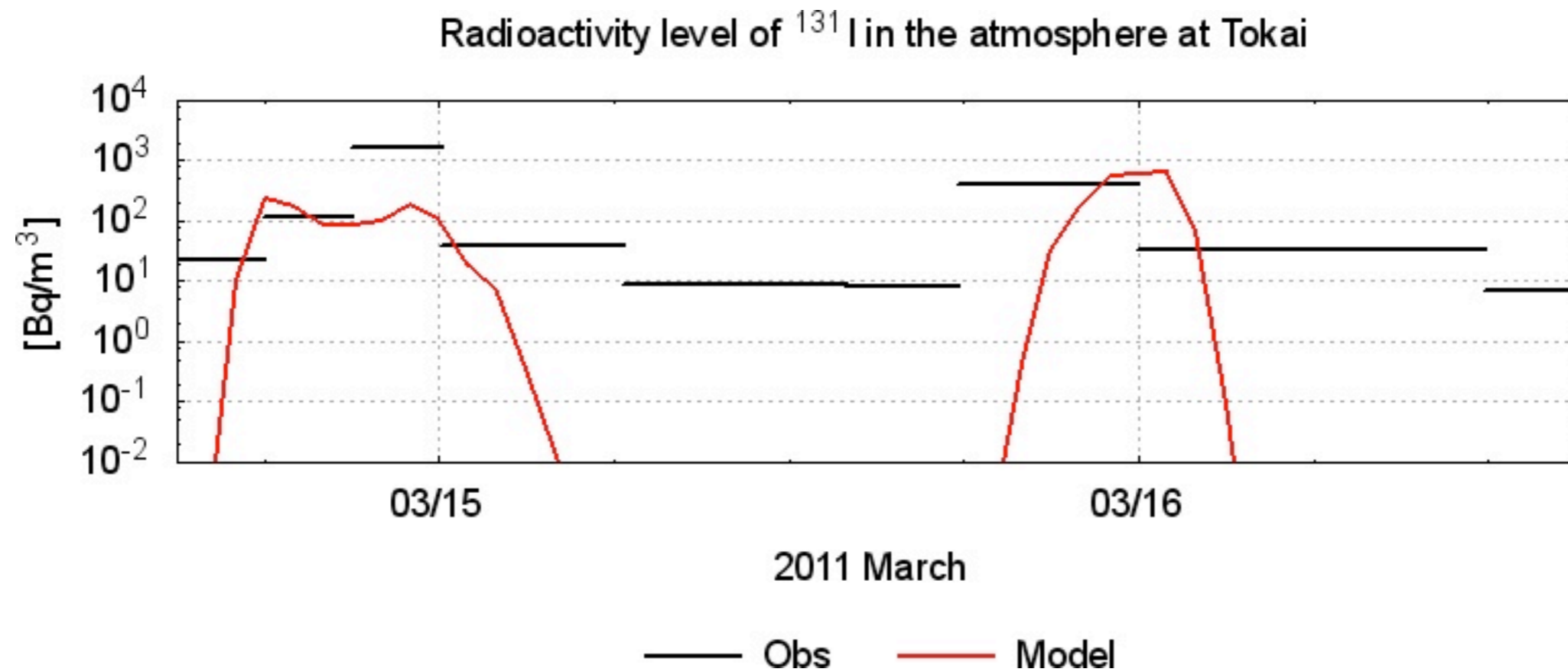
# セシウム137の3月末までの積算沈着量

Total deposition of  $^{137}\text{Cs}$  in March, 2011 [ $\text{Bq}/\text{m}^2$ ]



南東北での沈着量が過大評価傾向。  
降雪による積算沈着過程が不適切？

# 東海村におけるヨウ素131濃度比較

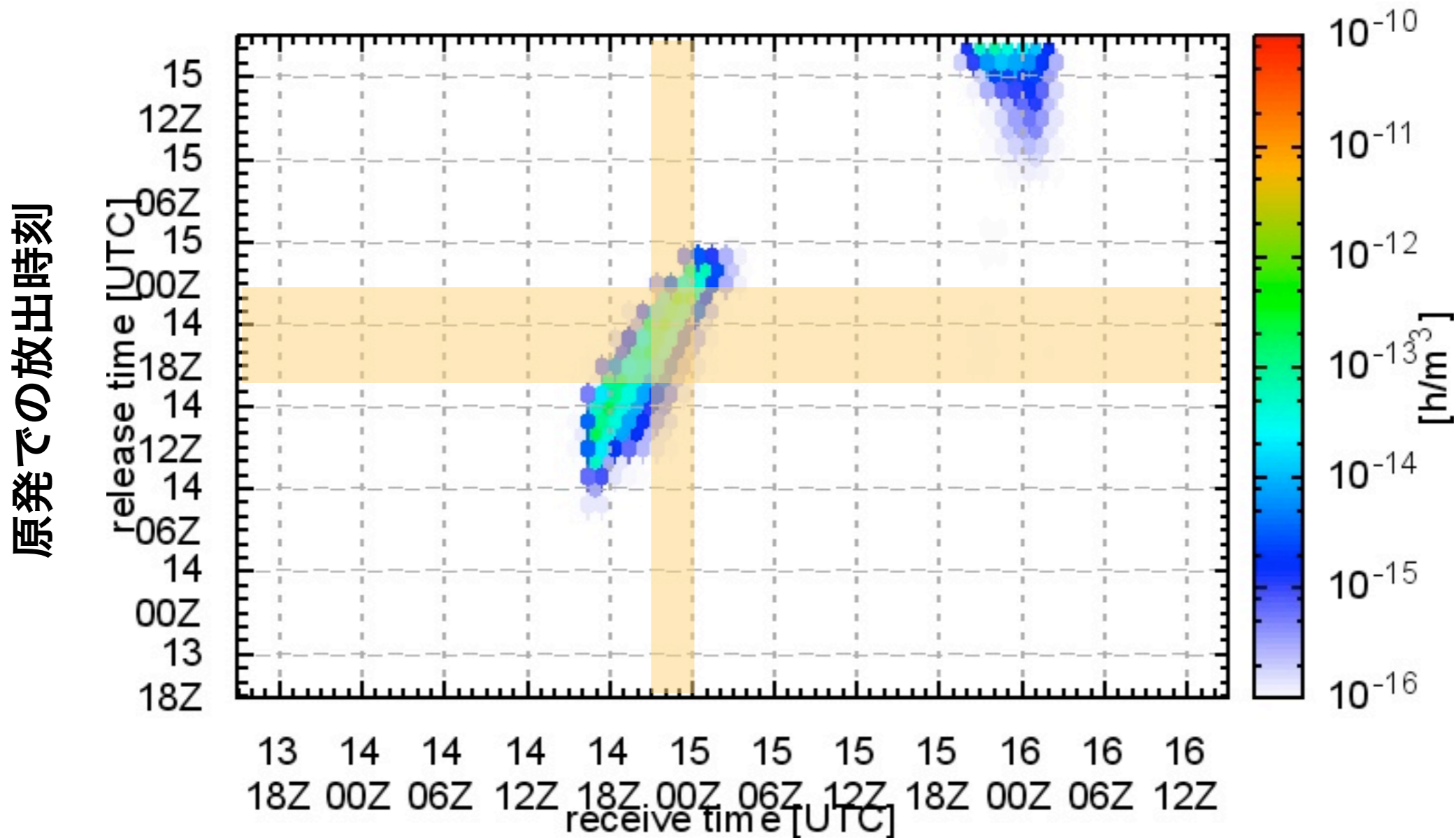


モデルは3/15明け方の濃度を1/10程度に過小評価

# 定常放出実験

3/14~3/15 の間、2時間ごとに定常放出計算

東海村での濃度 (~希釈率)  
dilution factor [h/m<sup>3</sup>]



東海村での時刻

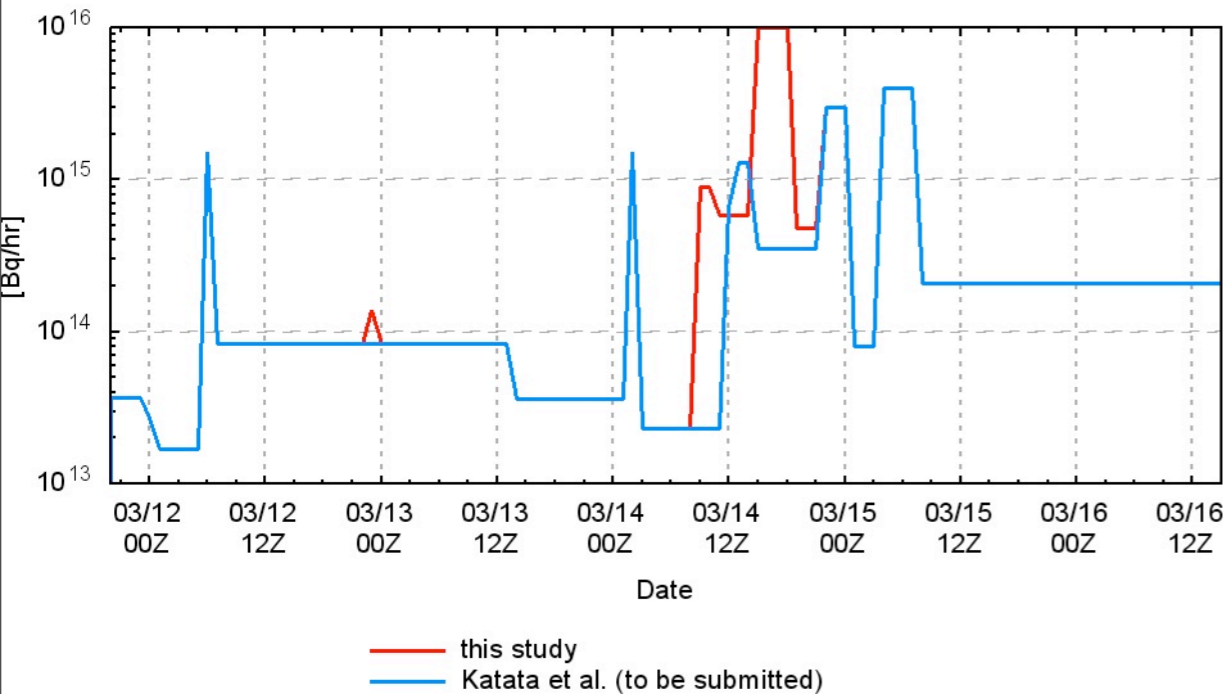
東海村に到達するのにおよそ6時間程度かかっている



# 東海村におけるヨウ素131濃度比較

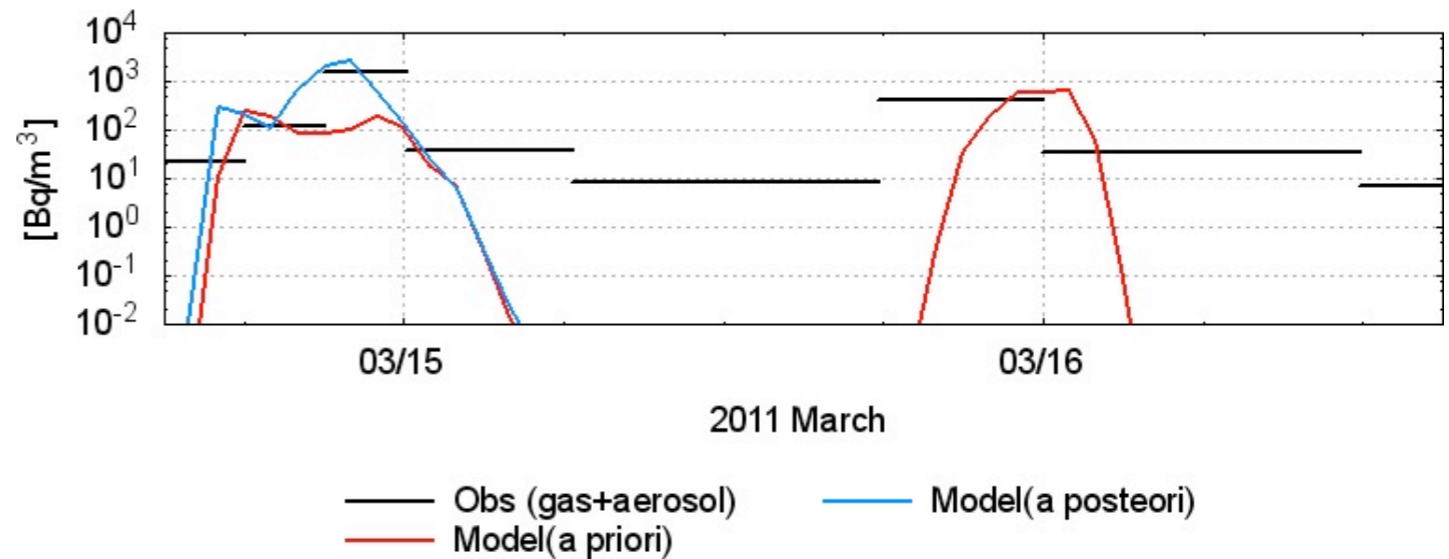
## ヨウ素放出量

Estimated  $^{131}\text{I}$  emission



## 東海村での濃度(粒子+ガスと比較)

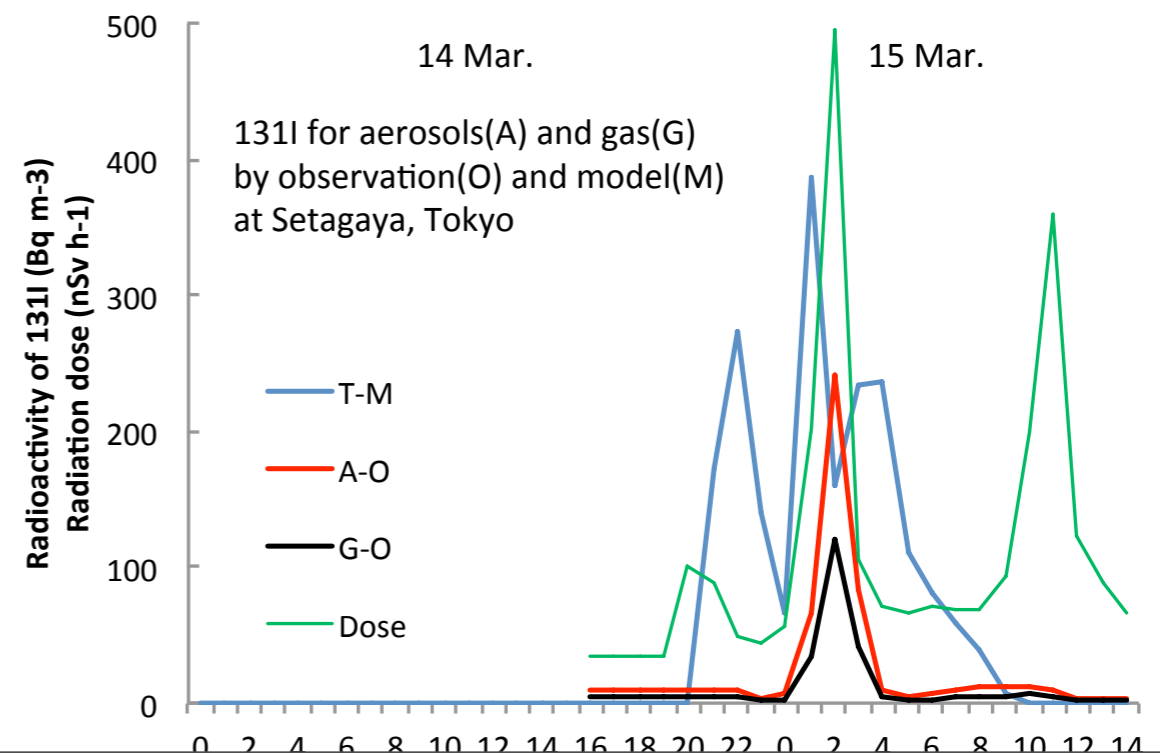
Radioactivity level of  $^{131}\text{I}$  in the atmosphere at Tokai



本モデルではピーク位置、放出量を修正する必要がありそう  
プルームの位置がSPEEDIより西寄り？

## 東京都世田谷区での比較

ガス:粒子比を東海村および  
つくばKEKでの観測から推定



## まとめと課題

- 気象モデルと同一のフレームワークの大気中における放射性物質の移流・拡散および沈着過程を考慮した化学輸送モデルを構築した。
- 気象場、沈着量、大気中濃度の観測との比較を行った。パラメータの値は若干異なるものの湿性沈着過程などはWSPEEDIなどと比較的近く、ラグランジュ型モデルとオイラーモデルで広域分布には顕著な差は見られていないようである。
- 福島県中通りで線量が増加した時間帯には感雪雨は反応あるものの降雨量としてはごく弱い。またモデルでは当該時間帯では0.5mm/時以下の降水量であったが沈着はほぼ湿性沈着によるものであった。
- モデルは山形および宮城、岩手での沈着量を過大評価している。感度実験では当該領域での除去はほぼ雪によるものであった(図示せず)。雨・雪による除去過程について更に解析等を進める必要がある。
- 3/15明け方の北関東域におけるセシウム137濃度をモデルは過小評価していた。簡単な放出量推定を行うことによりピーク量は比較的再現できるようになったが、タイムウインドウをもう少し狭く取るなどさらに改良が必要。
- 16方位 (or 32方位) の風向を同化してプルームの位置が正しいか？
- 沈着量より気象場(風向・風速+降雨・降雪)、濃度場の検証を先にする必要があるかもしれない。