

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
平成24年3月6日 アキバプラザ

WRF/CAMxによる放射性物質の 濃度・沈着量シミュレーション

速水 洋
(電力中央研究所)

内容

◆ 背景・目的

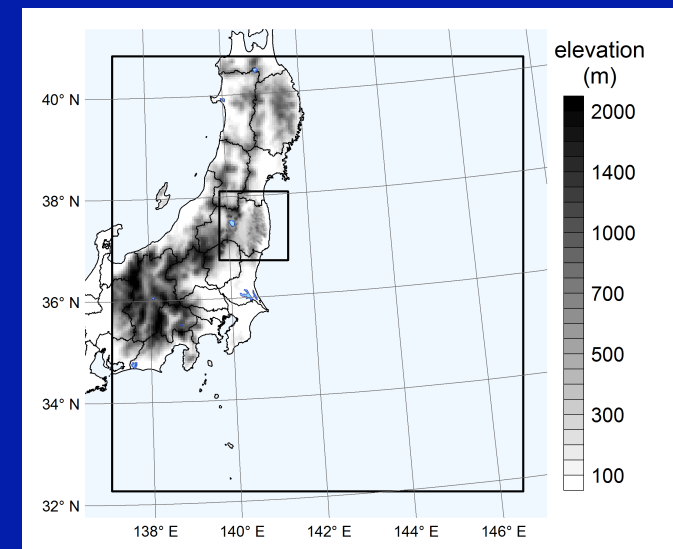
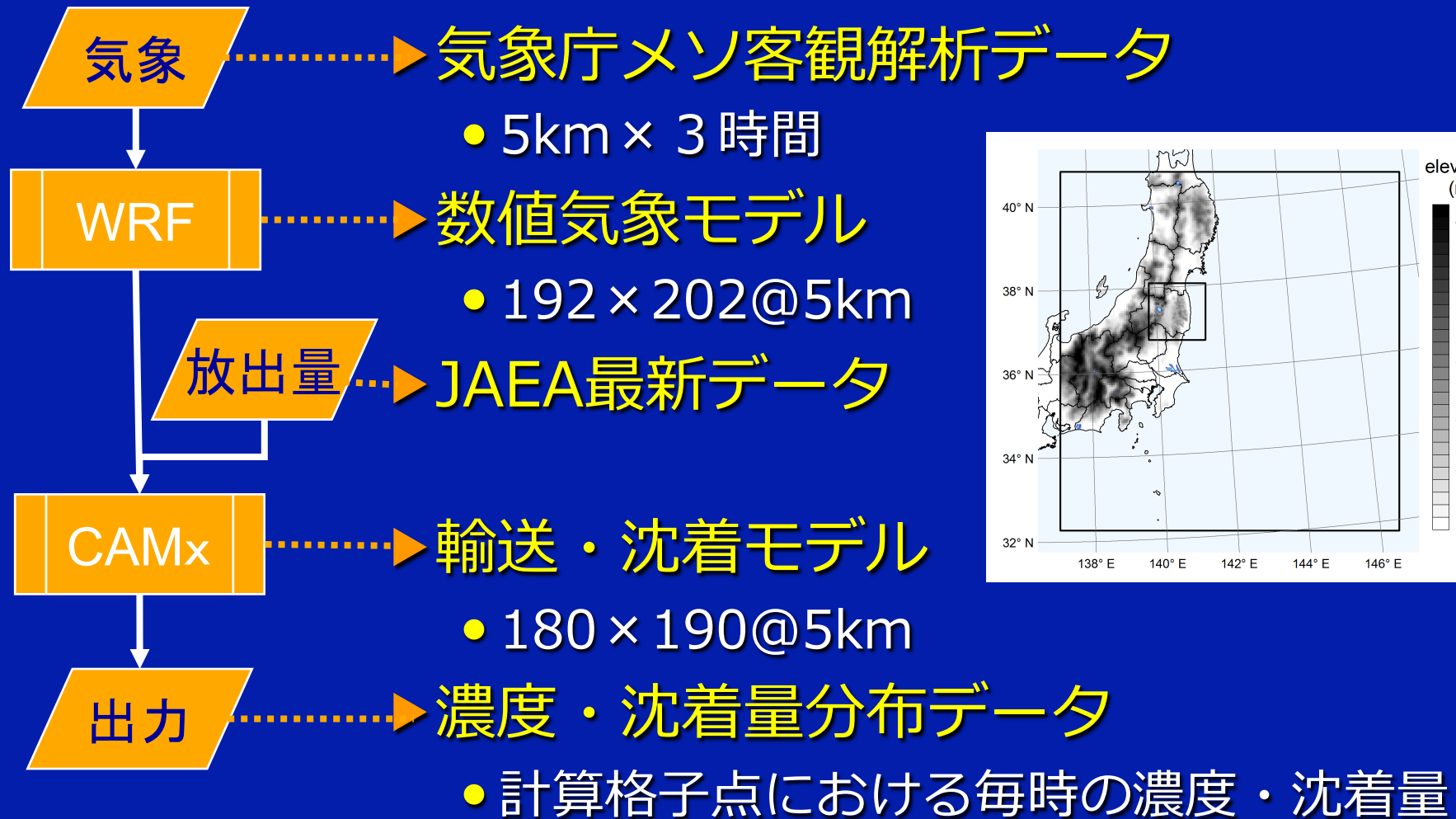
◆ 方法

- ▶ モデル, 計算条件, 入力データ

◆ 結果・考察

- ▶ 計算結果の検証
- ▶ 沈着量分布
- ▶ 物質収支・輸送解析

方法：計算の流れ



計算条件 (気象)

項目	設定
計算コード	WRF-ARW v3.2.1
計算期間	2011/03/04/00UTC~04/04/00UTC
計算領域	192×202@5km, 鉛直30層 (地表面~100hPa)
地形・土地利用	USGS (30s)
解析値 温湿度/風	メソ客観解析値 (風速を全層・全期間ナッシング)
海面温度	NCEP/NOAA RTG_SST_HR (1/12deg, daily)
その他	NCEP FNL
積雲対流	なし (解像)
雲微物理	WRF Single-Moment 6-class
短波/長波放射	Dudhia/Rapid Radiative Transfer Model
大気境界層	Mellor-Yamada-Janjic TKE
接地層	Monin-Obukhov (Janjic)
地表面	Noah LSM (No UCM)

計算条件（濃度・沈着量）

項目	設定
計算コード	CAMx v5.20.1
計算期間	2011/03/11/00UTC~04/01/00UTC
計算領域	180×190@5km, 鉛直14層（地表面~100hPa）
土地利用	USGS (30s)
輸送物質	^{131}I （ガス, 粒子）, ^{134}Cs （粒子）, ^{137}Cs （粒子） ; 壊変あり * ガスは I_2 , 粒子は $\text{PM}_{2.5}$ （平均径 $0.3\mu\text{m}$ ）を仮定
水平移流	Piecewise Parabolic Method (PPM)
鉛直拡散	Asymmetric Convective Model (ACM2)
乾性沈着	沈着抵抗モデル（気象, 地表面, 物性に依存） ・ ガス Wesely(1989) ・ 粒子 Slinn&Slinn(1980)
湿性沈着	洗浄係数（物性, 降水の形態（雨雪霰）と量に依存） ・ Seinfeld&Pandis(1998)

入力条件（放出量）

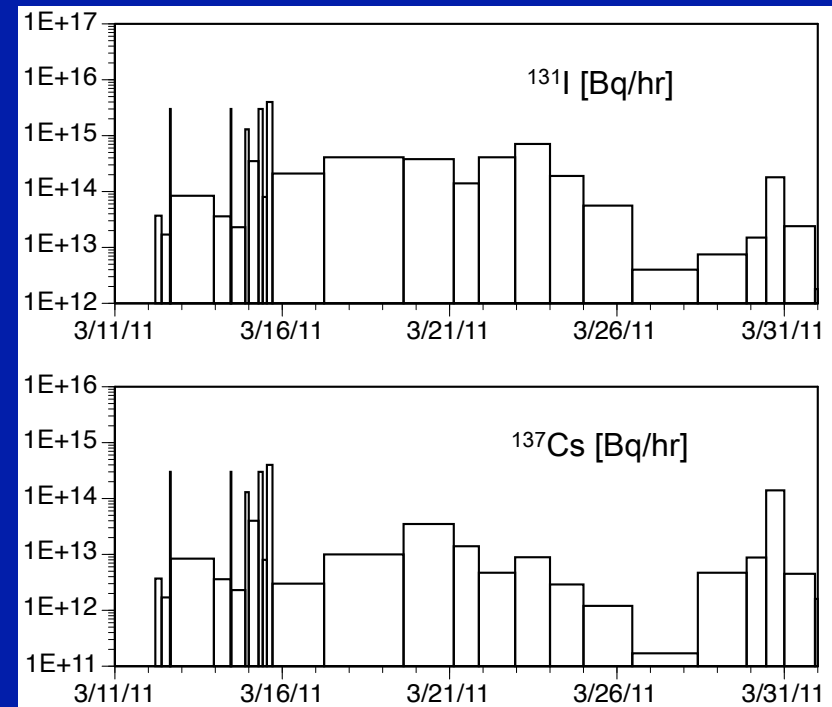
◆ JAEA最新版

▶ 総放出量（～2011/4末）

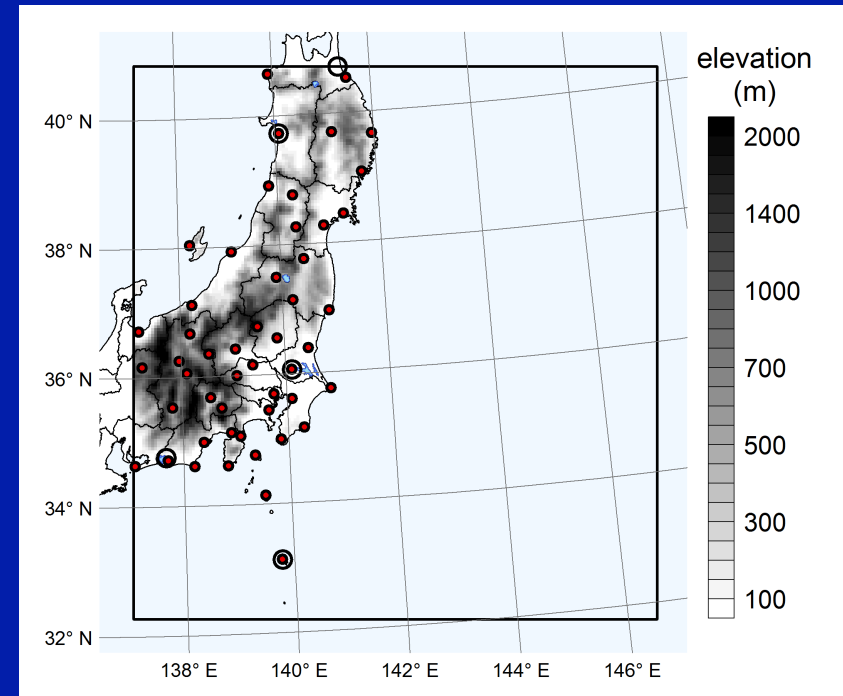
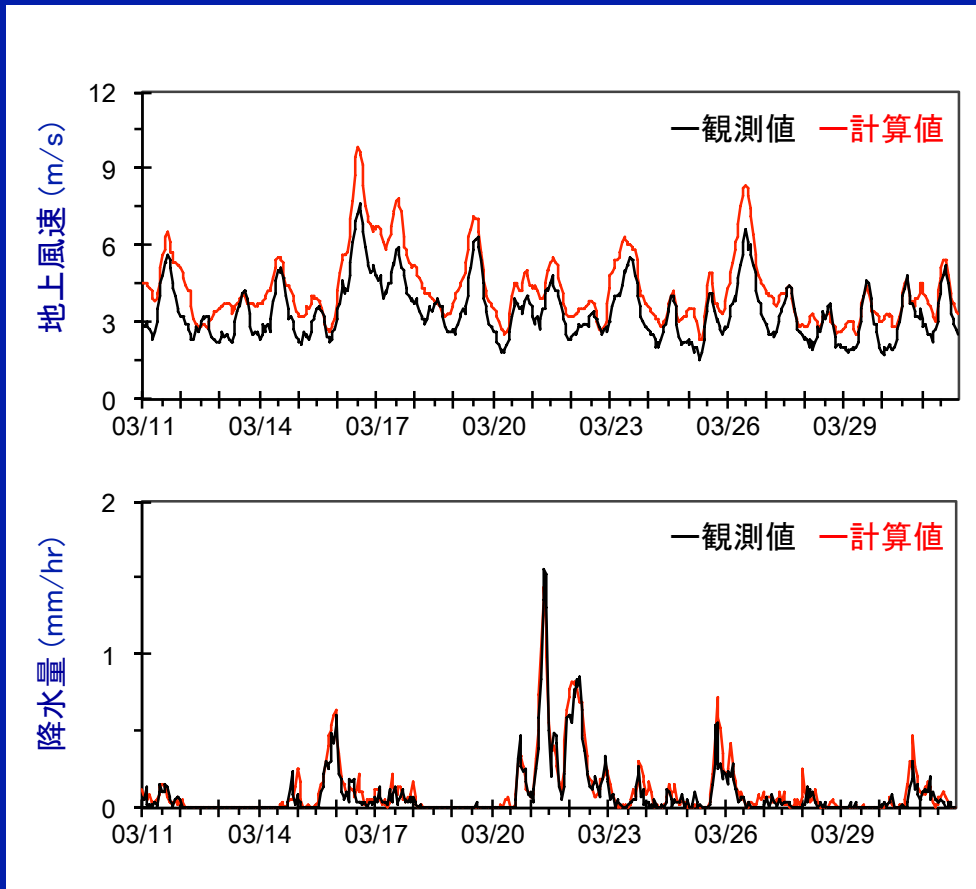
- ^{131}I : 124 PBq
- ^{137}Cs : 8.8 PBq

◆ 放出時の仮定

- ▶ 継続時間：30分単位
- ▶ $^{134}\text{Cs} = ^{137}\text{Cs}$
- ▶ ^{131}I のガス：粒子 = 4:1
 - Morino et al.(2011)と同じ

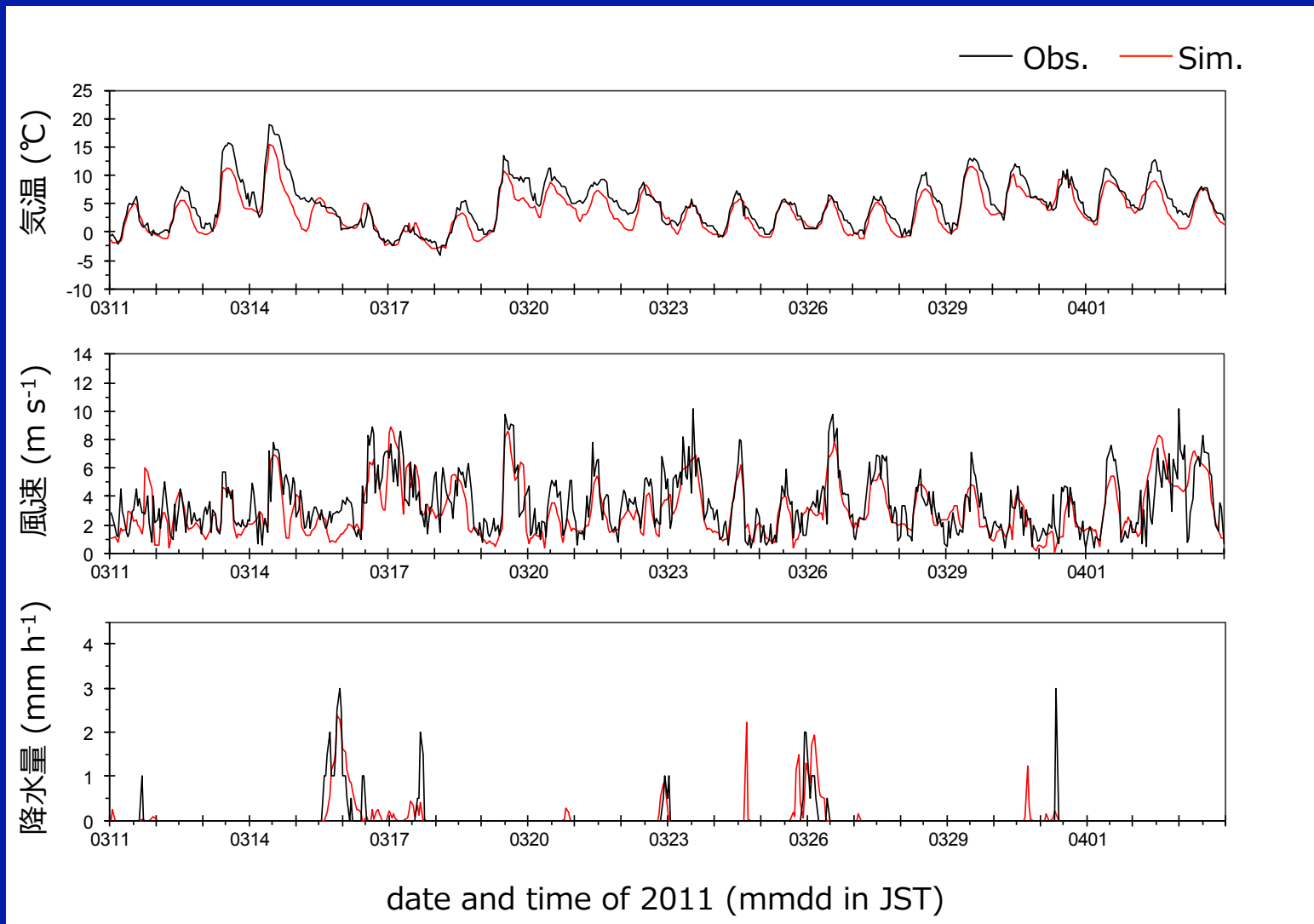


検証：気象（気象官署平均）

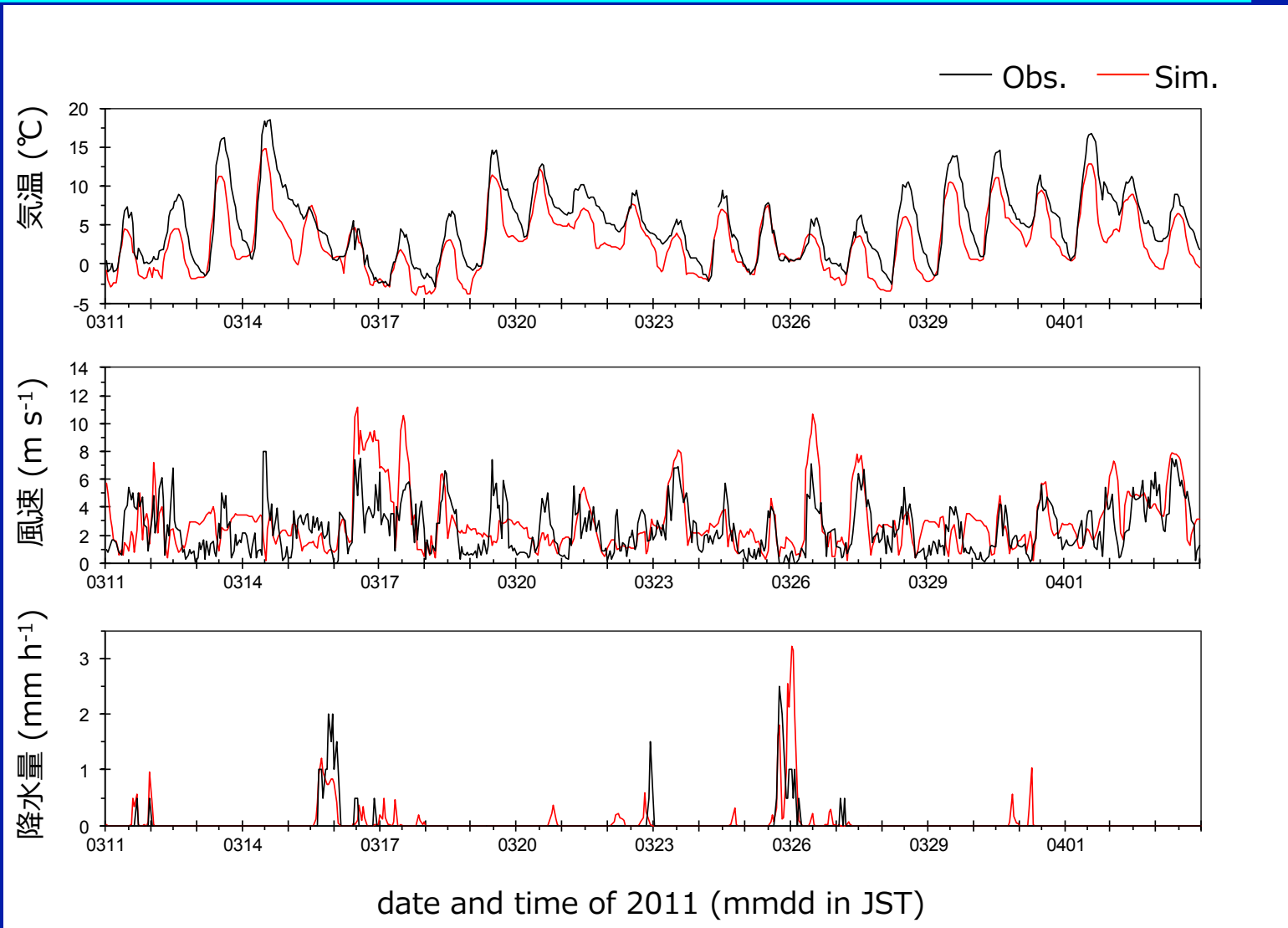


- ▶ 風速：やや強
- ▶ 降水：良好

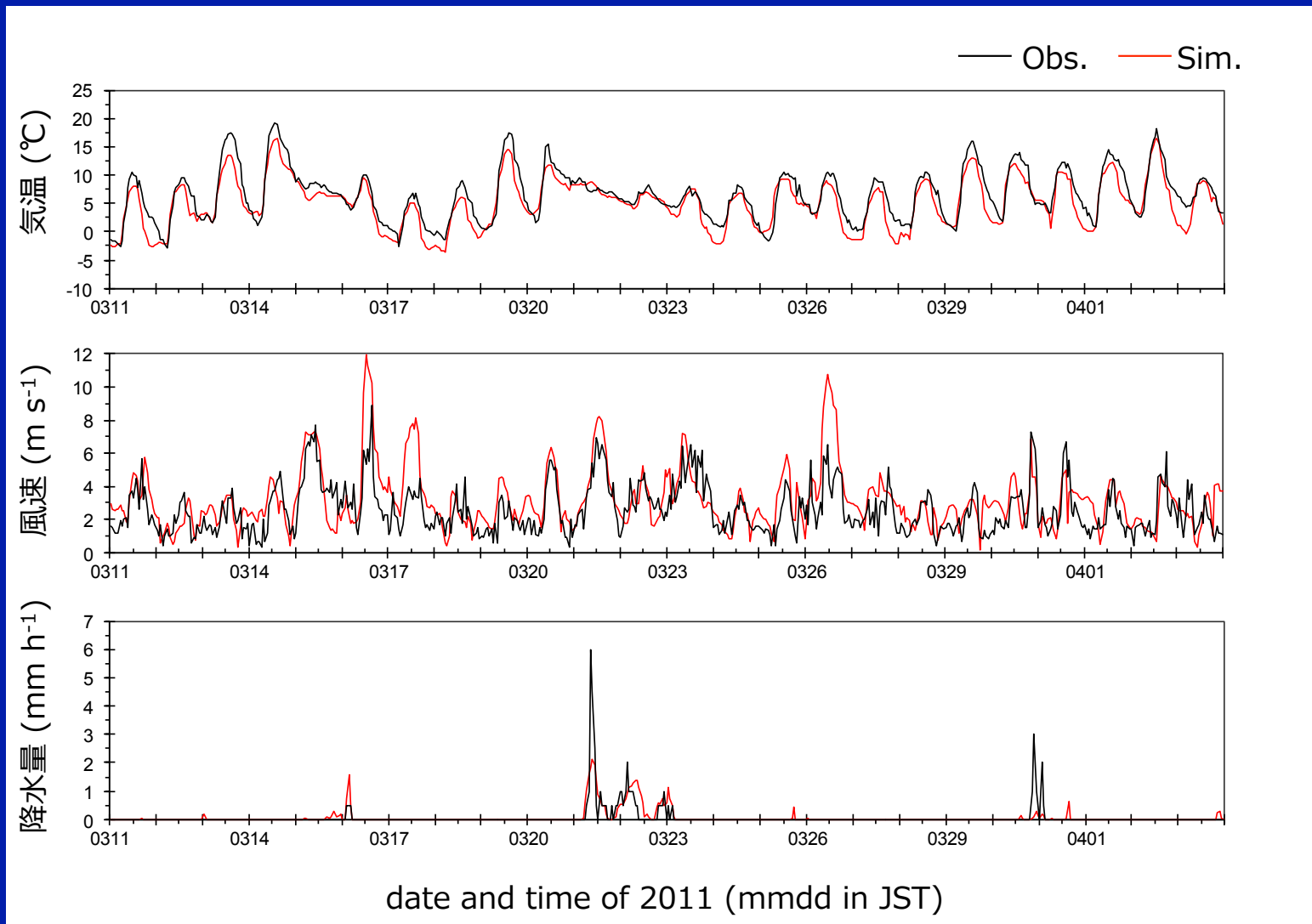
検証：気象（仙台）



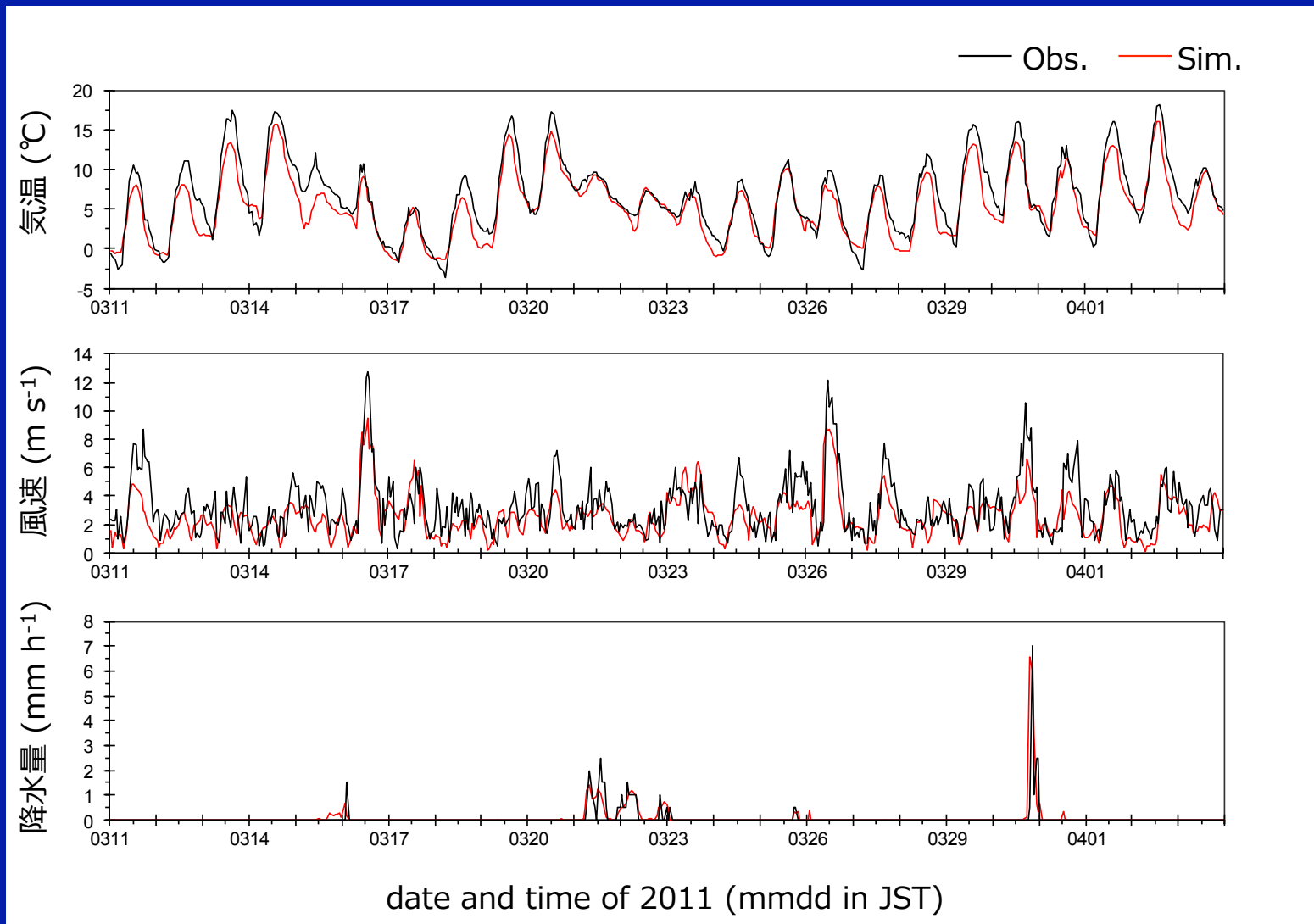
検証：気象（福島）



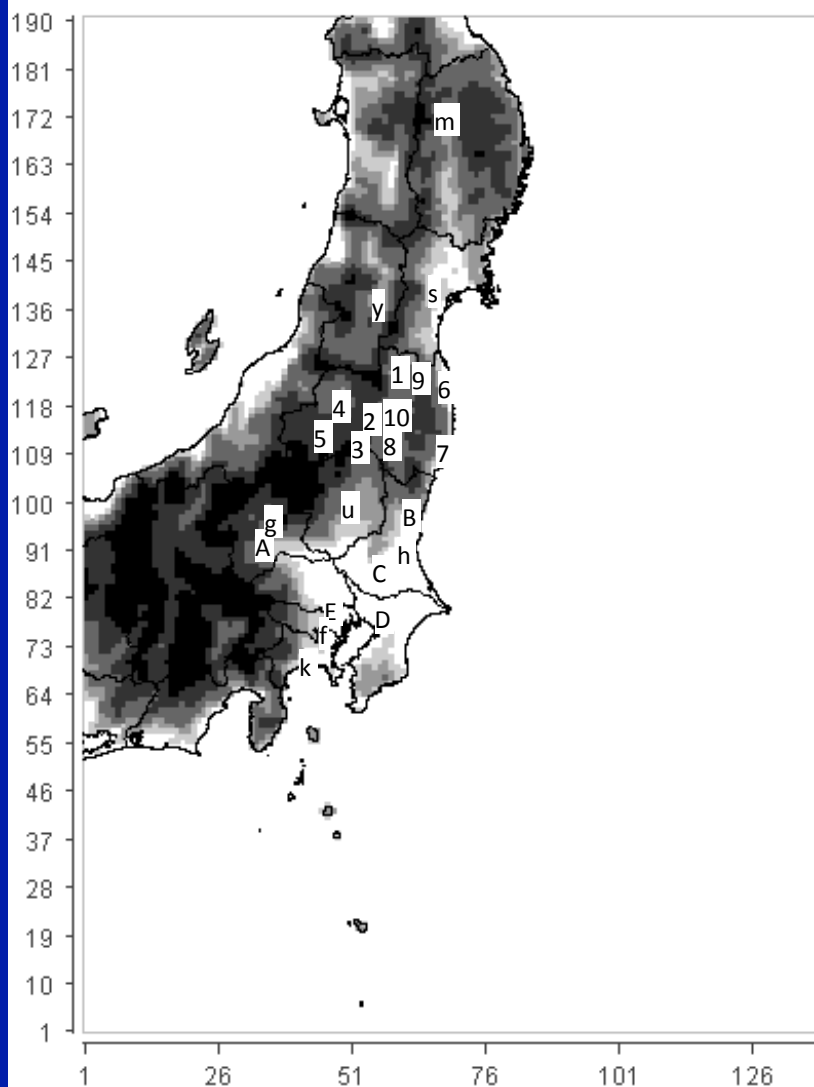
検証：気象（水戸）



検証：気象（宇都宮）

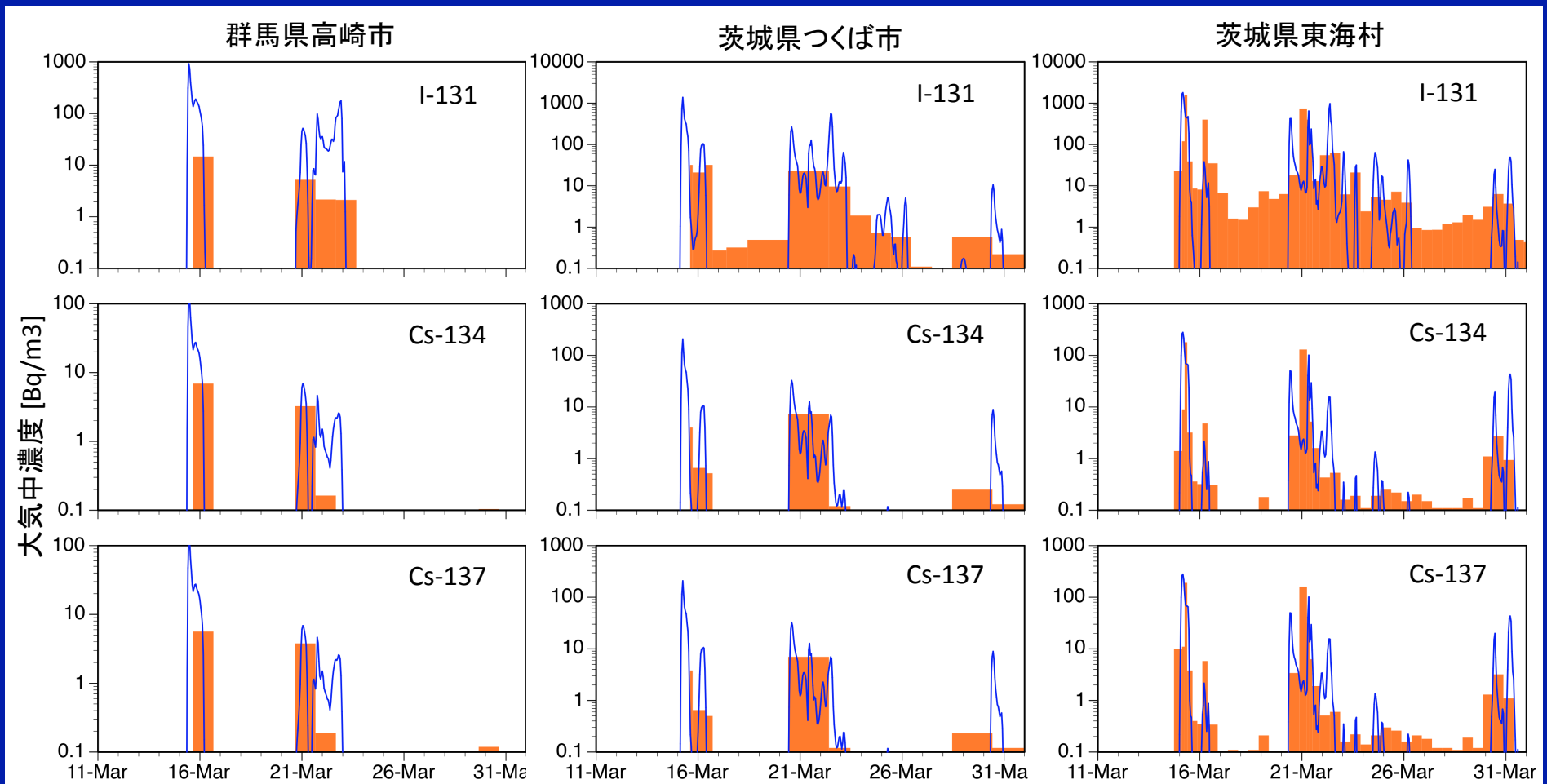


検証：地点



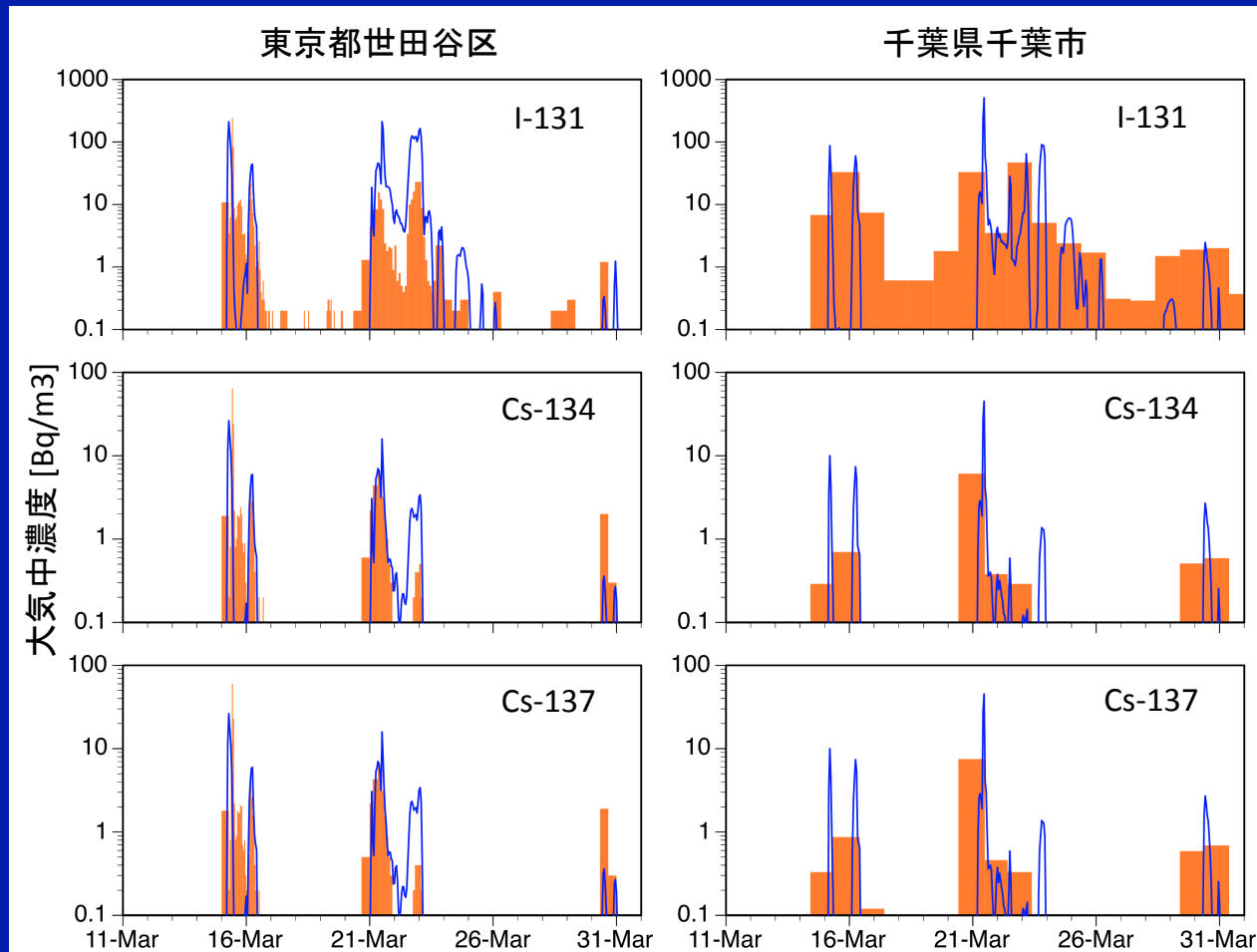
#	地点名	サンプリング場所
A	群馬県高崎市	CTBT放射性核種探知観測所
B	茨城県東海村	核燃料サイクル工学研究所安全管理棟前
C	茨城県つくば市	国立環境研究所
D	千葉県千葉市	日本分析センター
E	東京都世田谷区	都産業技術研究センター駒沢支所
1	福島県福島市	県北保健福祉事務所東側駐車場
2	福島県郡山市	県中合同庁舎3階
3	福島県白河市	県南合同庁舎駐車場
4	福島県会津若松市	会津合同庁舎新館2階
5	福島県南会津町	南会津合同庁舎2階
6	福島県南相馬市	南相馬合同庁舎駐車場
7	福島県いわき市	いわき合同庁舎駐車場
8	福島県玉川村	福島空港
9	福島県飯舘村	飯舘村役場
10	福島県田村市	常葉行政局駐車場
m	岩手県盛岡市	県環境保健研究センター
s	宮城県仙台市	東北電力本店ビル駐車場
y	山形県山形市	県衛生研究所
g	群馬県前橋市	県衛生環境研究所
u	栃木県宇都宮市	県保健環境センター
k	神奈川県茅ヶ崎市	県衛生研究所
t	東京都新宿区	都健康安全研究センター
h	茨城県鉾田市	旭南小学校付近

検証：大気中濃度（関東北部）



■ 観測値 — 計算値

検証：大気中濃度（関東南部）



■ 観測値 — 計算値

▶ おおむね一致

- タイミング
- 濃度値

▶ 100km以遠

▶ 広範な輸送は妥当

検証：空間線量率（算出方法）

◆ 放射性物質

- ▶ ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs のみ
 - ^{133}Xe , ^{132}I などは考慮していない

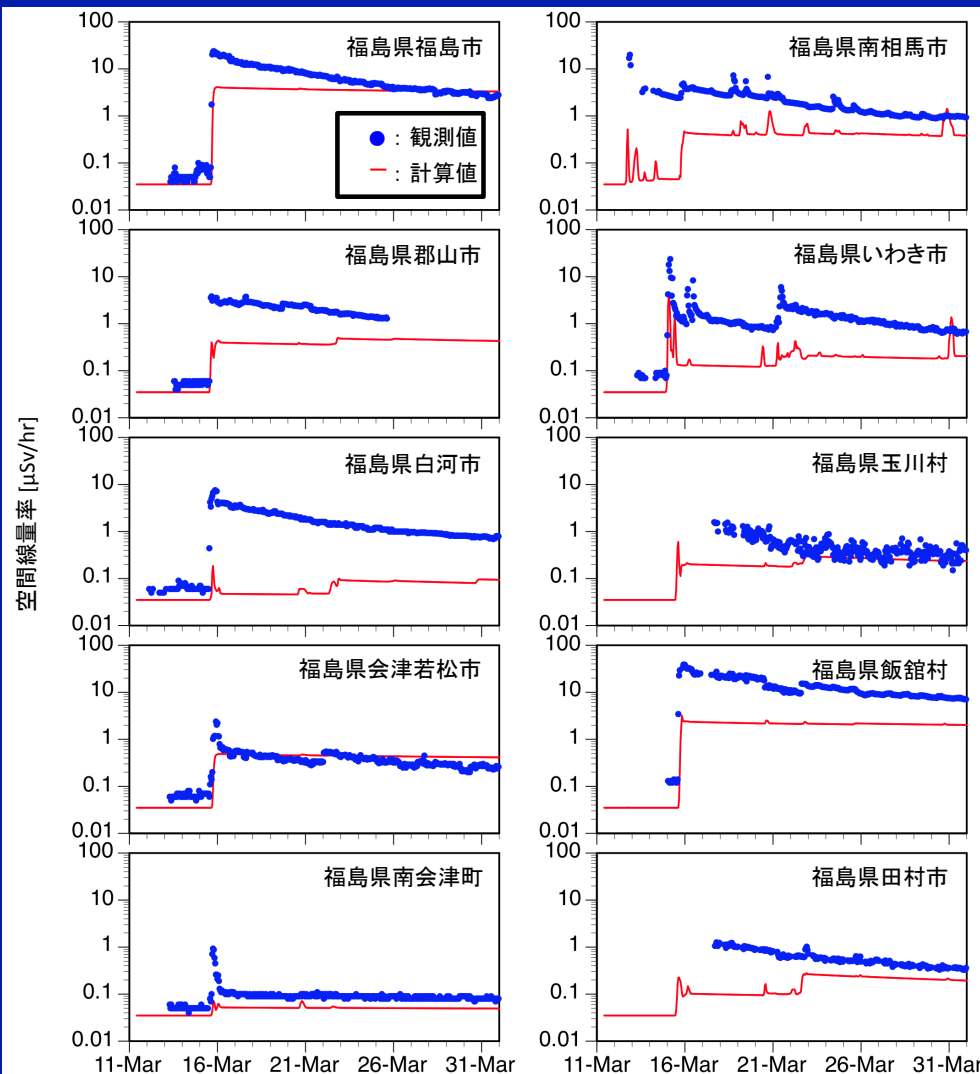
◆ クラウド・シャイン

- ▶ 当該メッシュの大気中濃度のみ
 - 隣接メッシュからの線量は考慮していない

◆ グラウンド・シャイン

- ▶ 当該メッシュの積算沈着量のみ（崩壊あり）
 - 隣接メッシュからの線量は考慮していない
 - 沈着後の移動は考慮していない

検証：空間線量率（福島県内）



▶ 良好

- 福島市, 会津若松市など

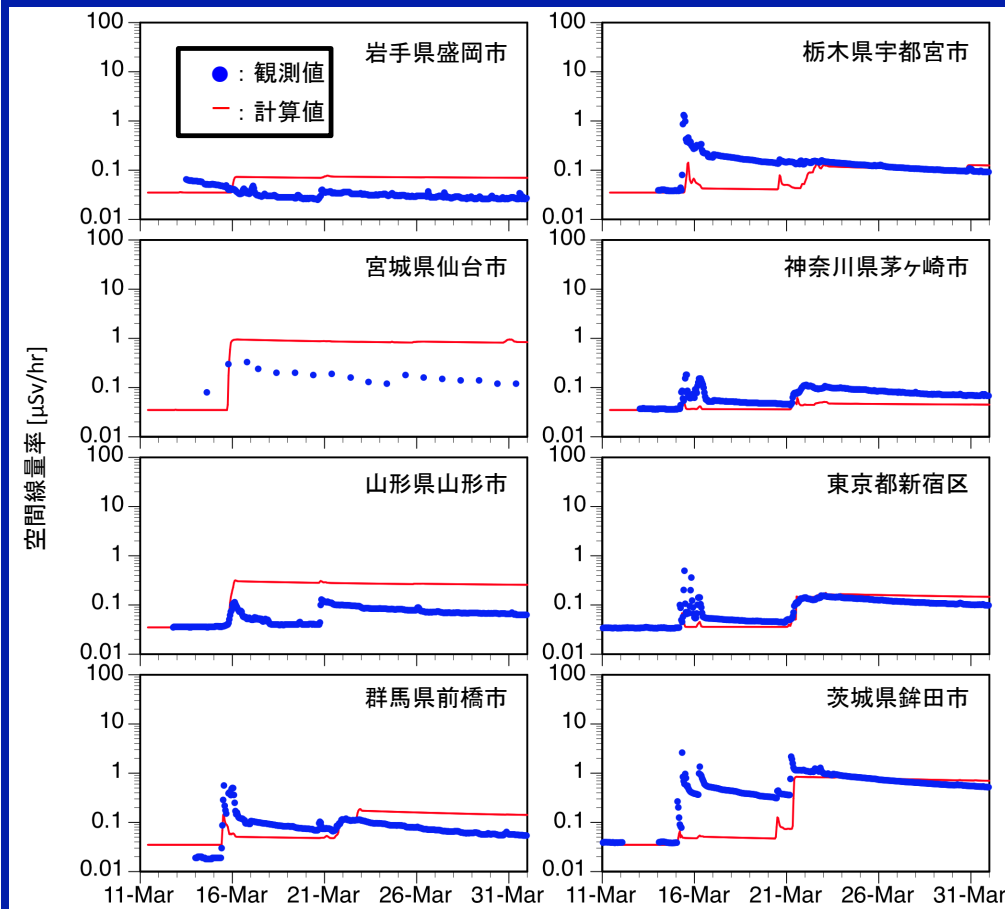
▶ 著しく過小

- 白河市（15日の沈着）
- いわき市（15,21日の沈着）
- 南相馬市（12～15日）

▶ 地点・期間で異なる

- プルームの軸
- 気塊の通過と降水の時期

検証：空間線量率（福島県外）



▶ 福島県内よりは良好

- 距離が遠いから？
- 二度の大量沈着を再現

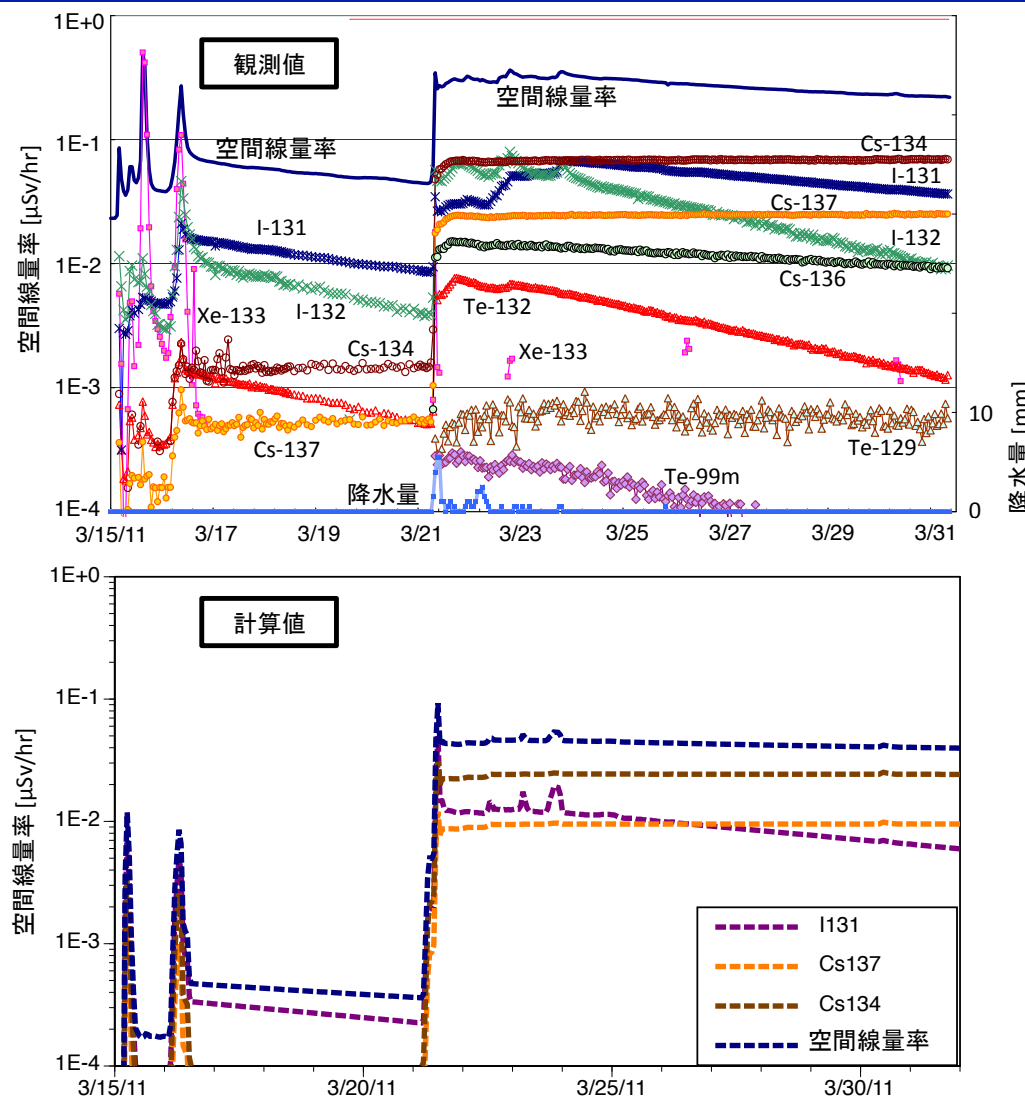
▶ やや過大：北側

- 盛岡, 仙台, 山形

▶ 著しい過小：鉾田

- 15～16日に沈着しない
- 白河市などと同じ？

検証：千葉市(日本分析センター)



▶ 気塊の通過は良好

- 値は低め

▶ 15～16日の沈着過小

- 降水なし
- 乾性沈着不足か

【謝辞】

日本分析センター殿に使用許可をいただきました

沈着量過小の原因（千葉市）

◆ 粒子の沈着速度の過小が原因か？

▶ Amano et al.(2011)

- 3/14-17の観測結果から推計：0.2 - 0.3 cm/s

▶ Sportisse(2007)

- 過去の文献をレビュー：0.04 - 0.31 cm/s

▶ 本モデルの推計値（当該メッシュ）

- 平均すると, 0.015 cm/s

◆ ガスの沈着速度は妥当

- 0.03~1.4 cm/s（平均0.5 cm/s）

粒子の沈着速度過小の要因

◆ 設定粒径

- ▶ 沈着速度が極小となる粒径：0.1～1 μm
 - ▶ 今回設定した平均粒径：0.3 μm
- より大きい／小さい粒径で計算

◆ 沈着速度モデル

- ▶ CAMxの速度沈着モデル：Slinn&Slinn(1980)
 - ▶ 最近よく使われるモデル：Zhang et al.(2001)
 - ▶ 概して、ZhangはS&Sよりひと桁大きく推計
- Zhangモデルで計算

まとめ：モデルの妥当性と課題

◆ 本モデルの妥当性

- ▶ 大きなスケールでの気象と輸送はおおむね良
 - 放出量推計精度検証に資する前に課題あり

◆ 本モデルの課題

▶ 湿性沈着過程

- 原因：気塊と降水の微妙なずれ，洗浄係数（霧，雪）
- 対応：より正確な気象予測，洗浄係数の感度解析

▶ 乾性沈着過程

- 原因：粒子の沈着速度が小さい
- 対応：粒径の影響，沈着モデルの置換

まとめ：輸送・沈着解析

- ◆ ^{137}Cs の総沈着量（陸域＝東日本）
 - ▶ 2.45 PBq（2011年3月末まで）
 - Morinoら(2011)に近い値