



2012年3月6日

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」

放射性物質の大気輸送・沈着 シミュレーションの現状と課題

大原利眞、森野 悠

(協力)西澤匡人

(独立行政法人 国立環境研究所)

ホットスポットの生成メカニズム

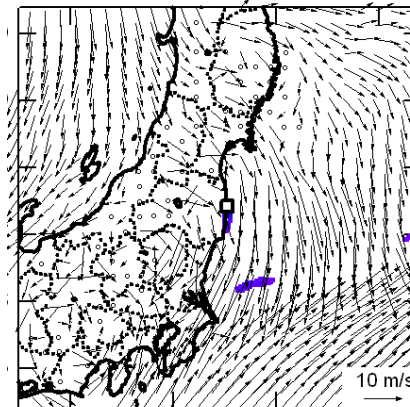
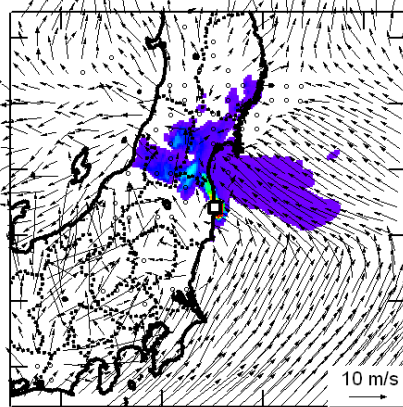
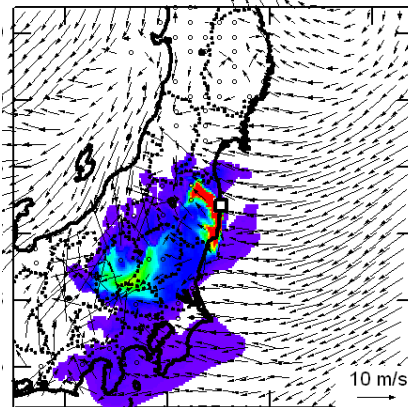
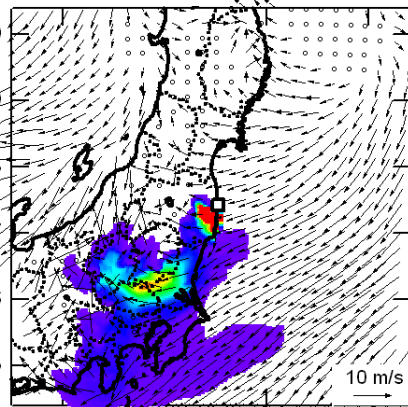
3/15の15時

3/15の19時

3/20の18時

3/21の8時

大気濃度

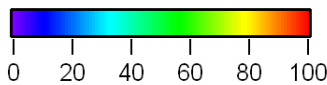


138 140 142 144

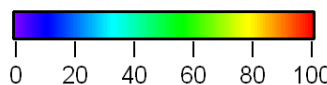
138 140 142 144

138 140 142 144

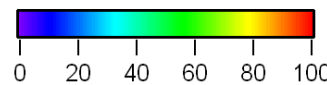
138 140 142 144



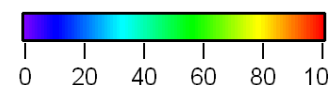
Conc [Bq m⁻³]



Conc [Bq m⁻³]

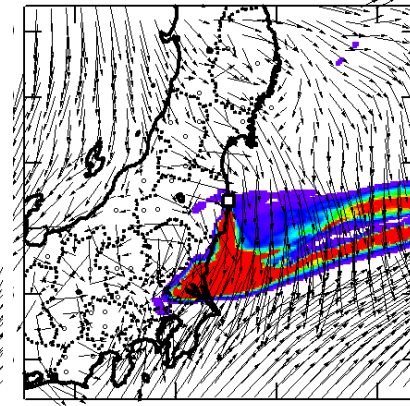
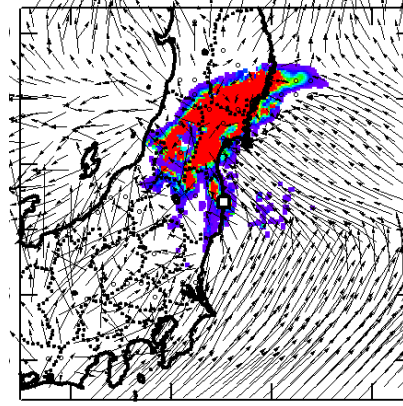
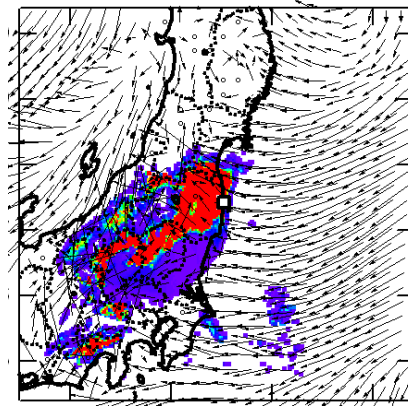
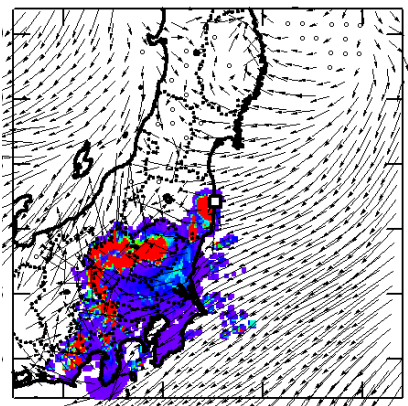


Conc [Bq m⁻³]



Conc [Bq m⁻³]

降下量

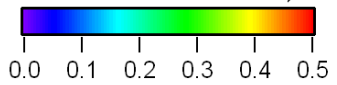


138 140 142 144

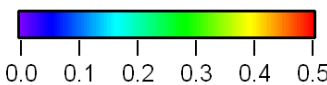
138 140 142 144

138 140 142 144

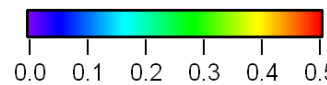
138 140 142 144



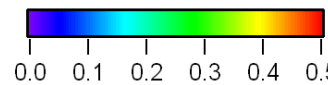
Dep [kBq m⁻² hr⁻¹]



Dep [kBq m⁻² hr⁻¹]



Dep [kBq m⁻² hr⁻¹]



Dep [kBq m⁻² hr⁻¹]

関東への最初の影響

福島 of 深刻な汚染、
北関東の汚染

宮城県北部の稲藁汚染

水道水汚染、千葉北西部
のホットスポット

問題意識

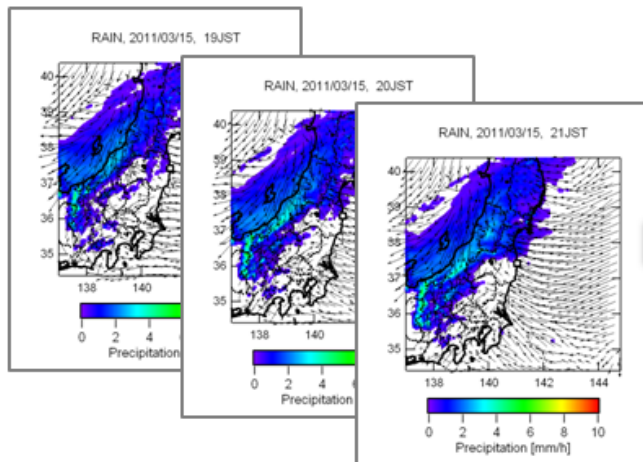
- モデルの不確実性はどの程度か？
- 放出量の違いによる沈着量の感度は？
- 解決すべきモデルの課題は何か？

1. シミュレーションモデルと計算条件
2. モデルの再現性
3. 沈着量分布と放出量による感度
4. 今後の課題

大気シミュレーションモデル

気象モデル(WRF)

3次元の風、降水量などの
気象要素を時間ごとに計算



化学輸送モデル(CMAQ)

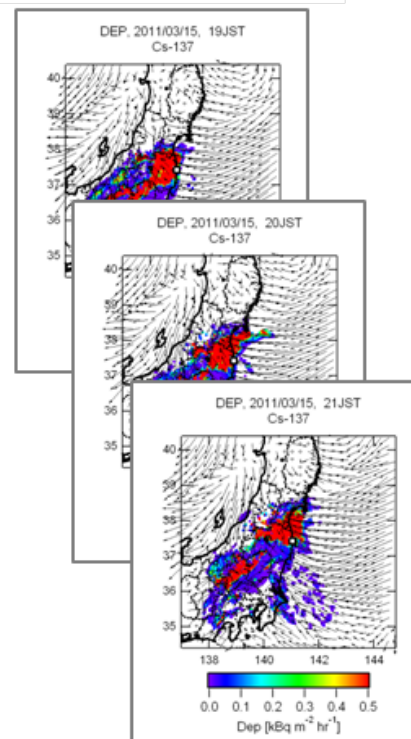
3次元の放射性物質濃度を時間ごとに計算

計算するプロセス

- ✓ 放出
- ✓ 輸送(移流/拡散)
- ✓ 沈着(乾性/湿性)
- ✓ 放射性壊変

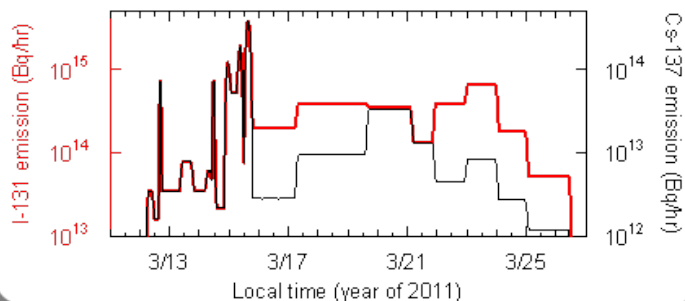
計算結果

I-131, Cs-137の
濃度・沈着量

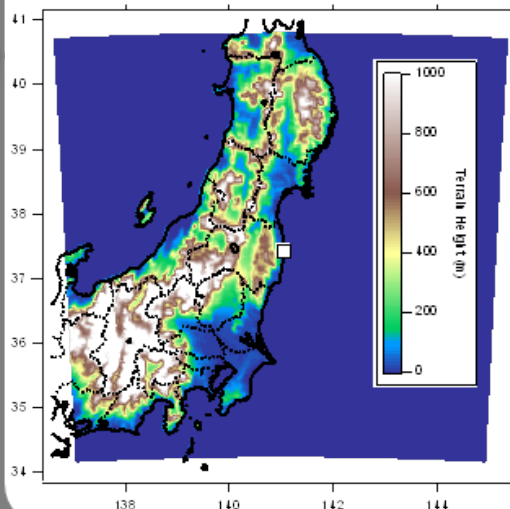


発生源データ(JAEA)

I-131, Cs-137放出量(時間値)

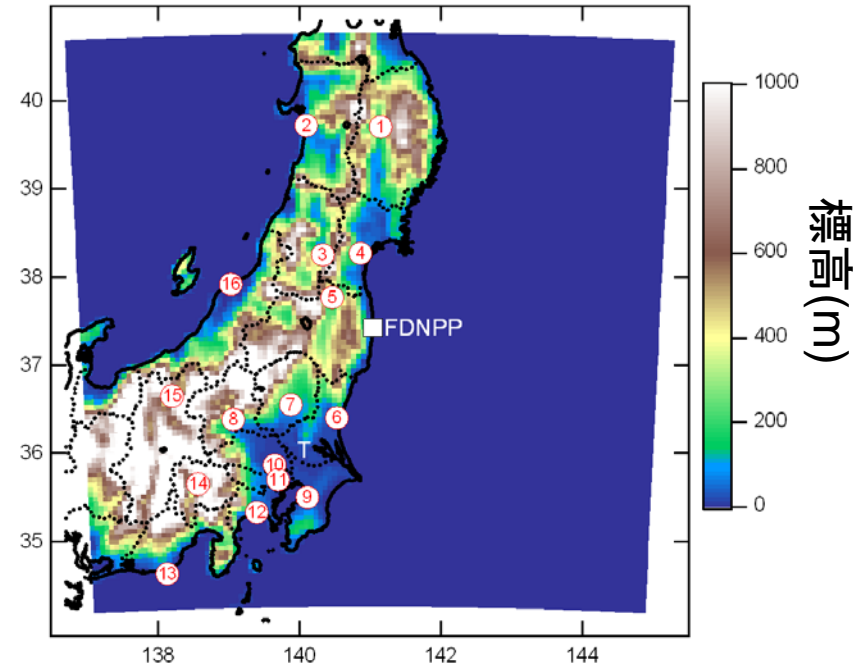


計算領域



計算条件

計算領域



モデル
気象モデル WRF 3.1
化学輸送モデル CMAQ 4.6

物質
セシウム137、ヨウ素131

期間
2011年3月10日～4月30日

メッシュ
3 km

気象
気象庁GPV (MSM)

放出量
3種類

沈着
セシウム: 粒径 $1\mu\text{m}$ の粒子
ヨウ素: ガス80%、粒子20%
(SO_2 と同様)

JAEA (2011/ 8/18)

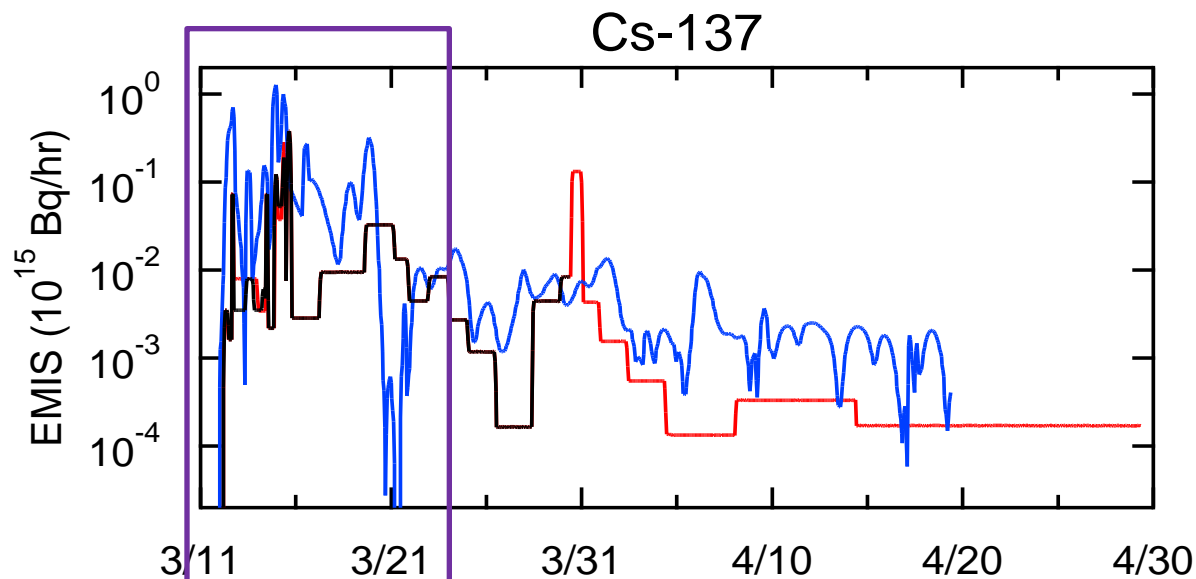
JAEA (2011/12/15)

Stohl et al. (2011) ACPD

放出量の比較

	方法	期間	^{131}I (PBq)	^{137}Cs (PBq)	^{133}Xe (EBq)
Chino et al. (JNST, 2011)	逆推計 (福島周辺)	3/12-4/6	150	13	---
JAEA (August, 2011)	逆推計 (福島周辺)	3/11-4/6	120	7	---
原子力安全・ 保安院 (June, 2011)	炉内解析	3/11-3/15	160	15	11
JAEA (Dec., 2011)	逆推計 (福島周辺)	3/11-4/30	124	9	---
Stohl et al. (ACPD, 2011) (ACP, 2012)	逆推計 (グローバル)	3/12-4/19	---	36 37	17 15

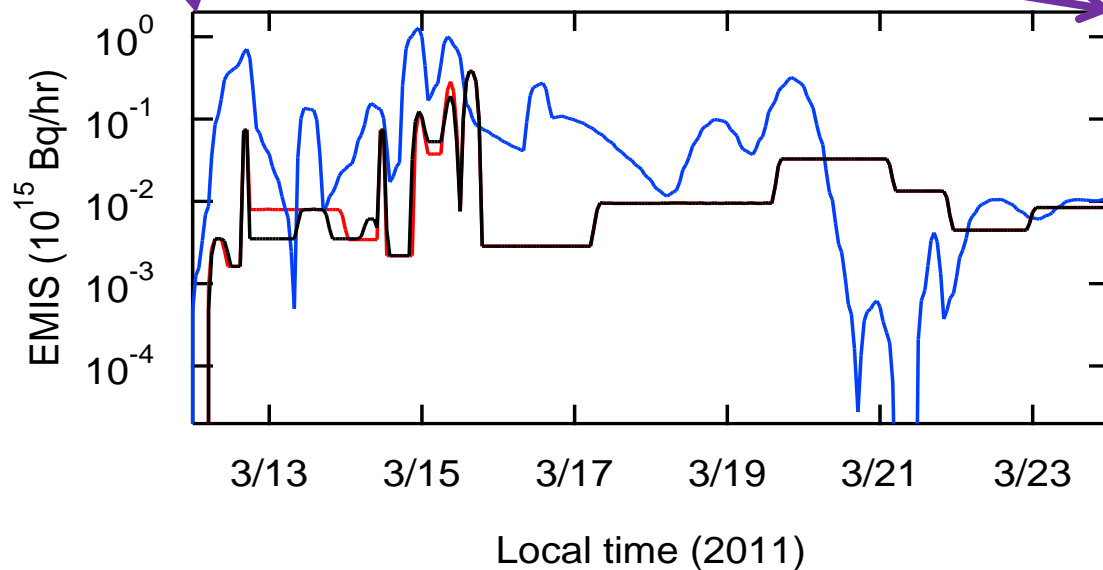
放出条件 (Cs-137)



黒線:
JAEA(8/18)

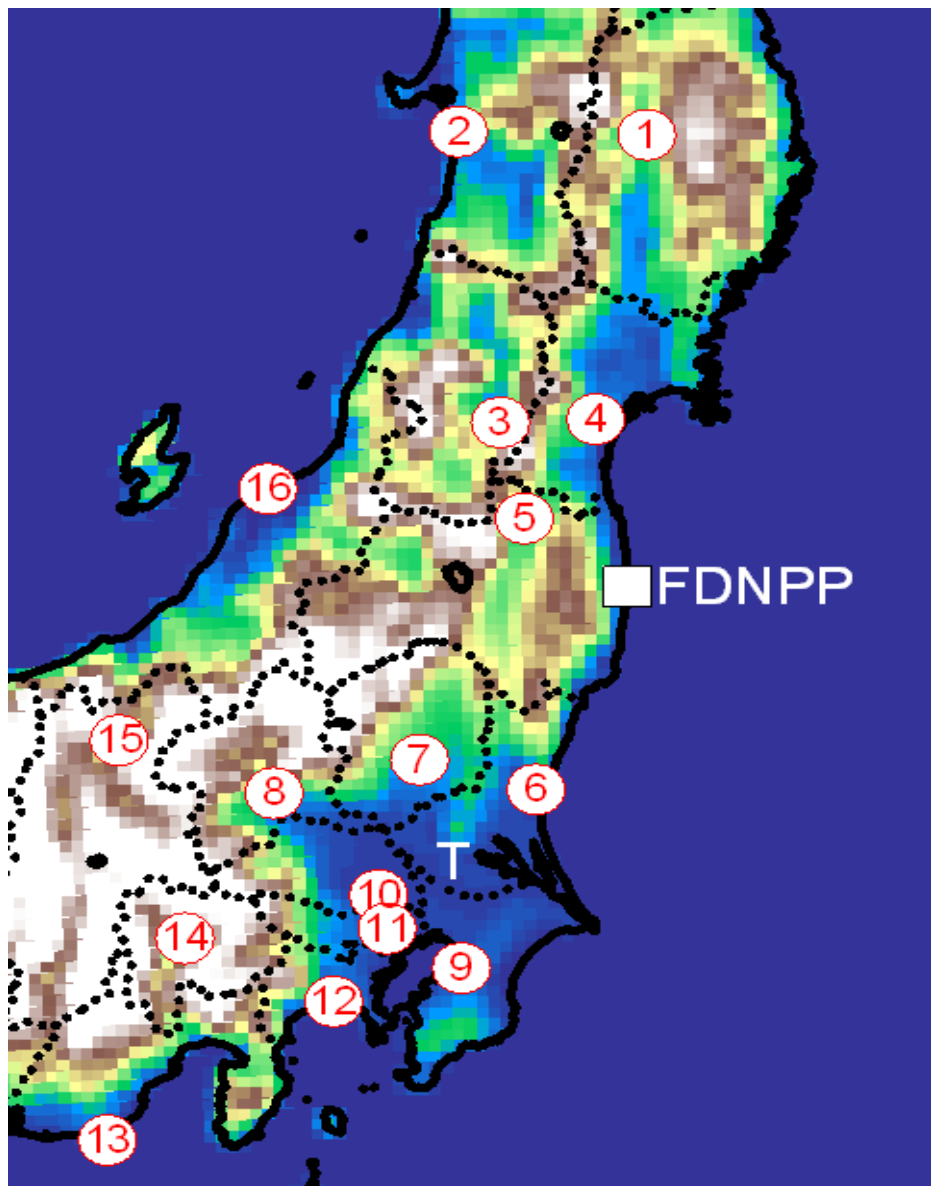
赤線:
JAEA(12/15)

青線:
Stohl et al.

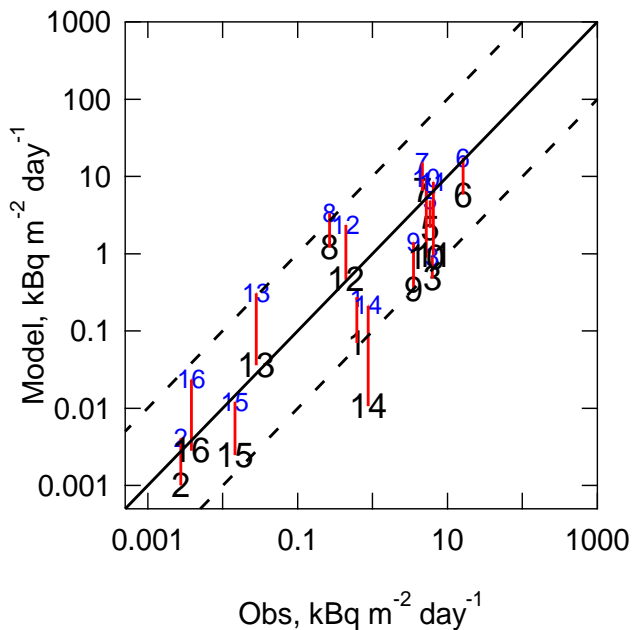


1. シミュレーションモデルと計算条件
2. モデルの再現性
3. 沈着量分布と放出量による感度
4. 今後の課題

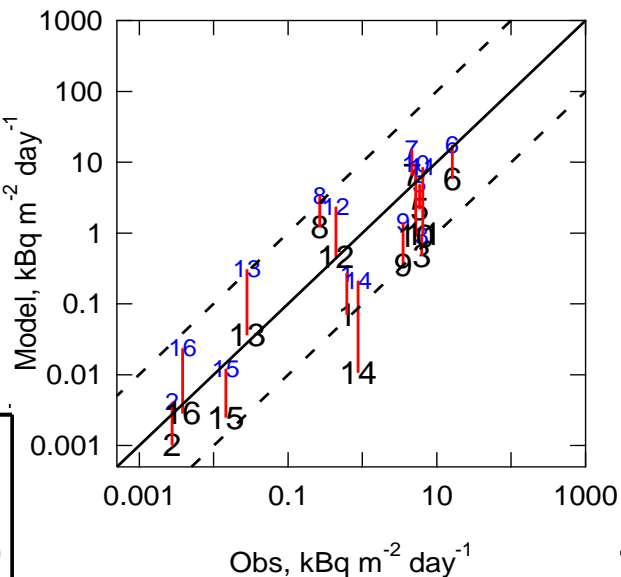
観測された降水量との比較(I-131)



JAEA
(8/18)



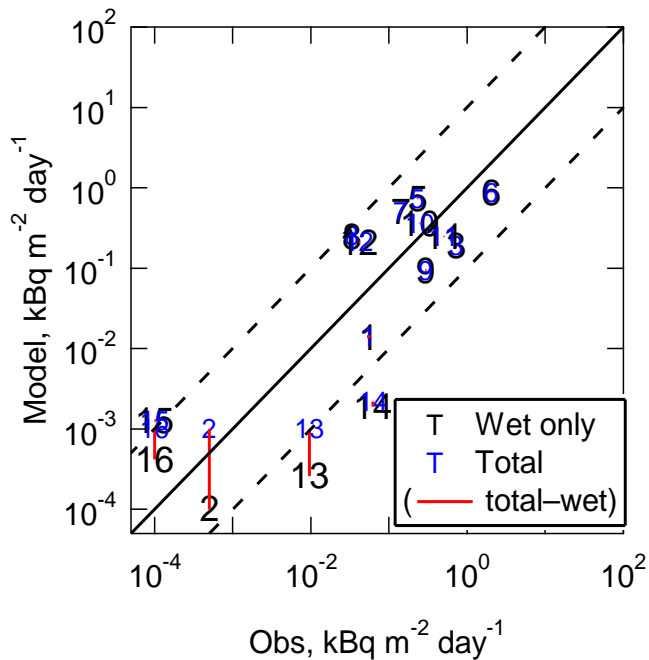
JAEA
(12/15)



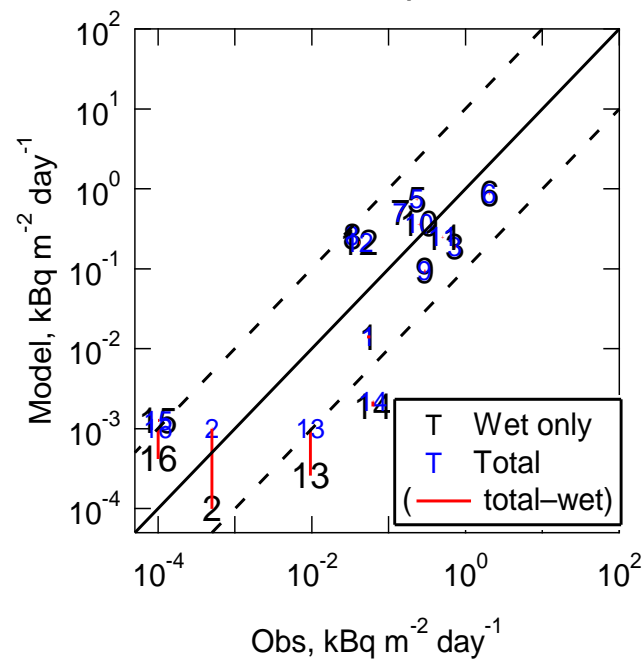
T Wet only
 T Total
 (— total-wet)

観測された降水量との比較(Cs-137)

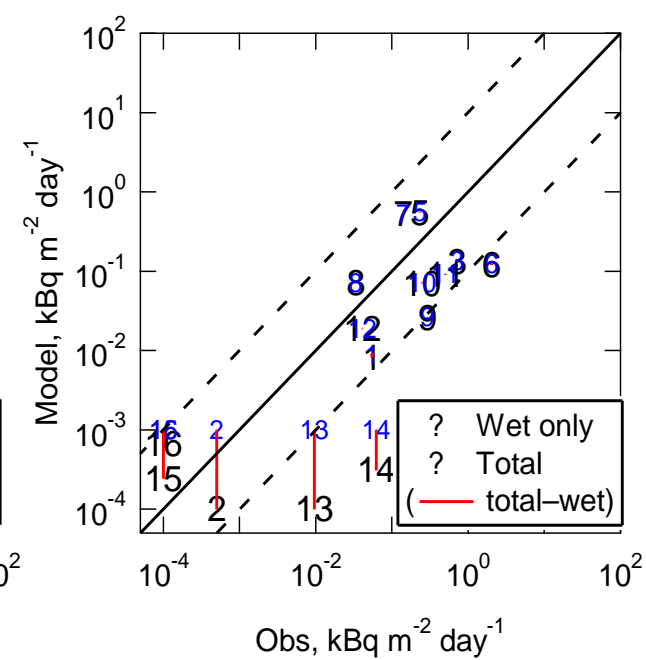
JAEA(8/18)



JAEA(12/15)

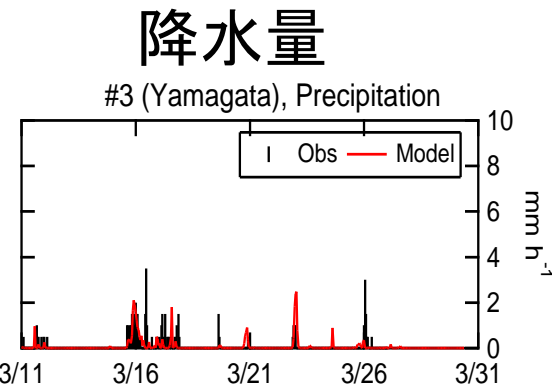
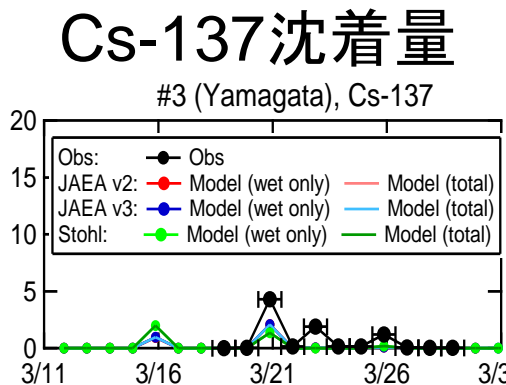
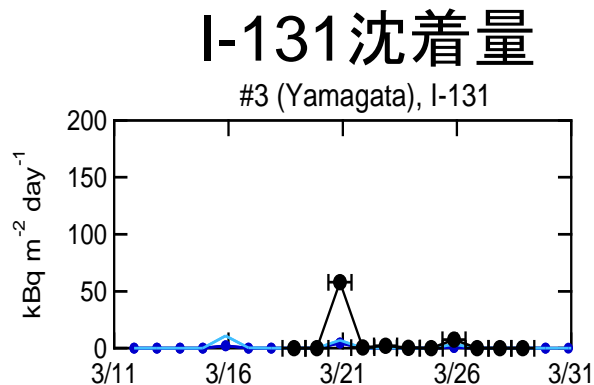


Stohl et al.

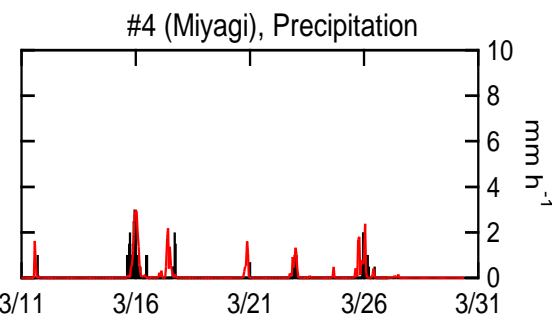
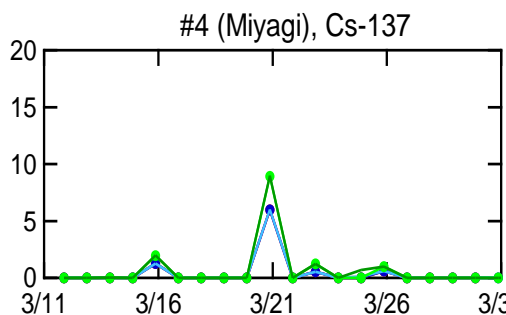
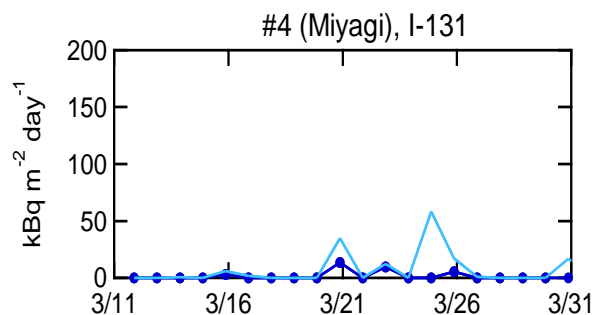


県別の沈着量と降水量の時間変化(1:南東北)

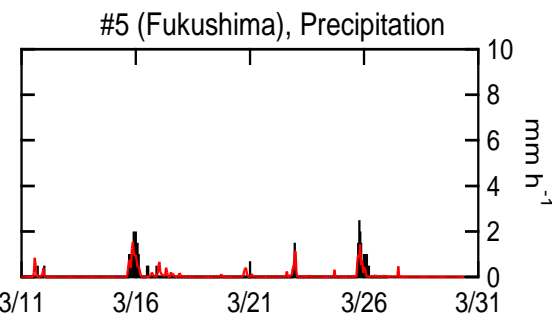
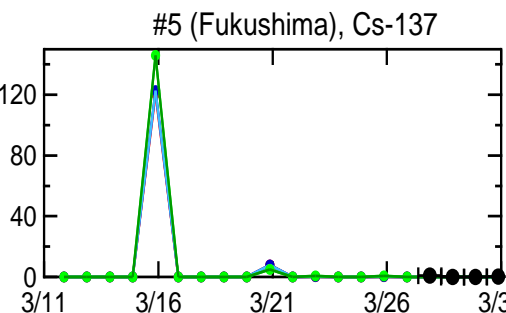
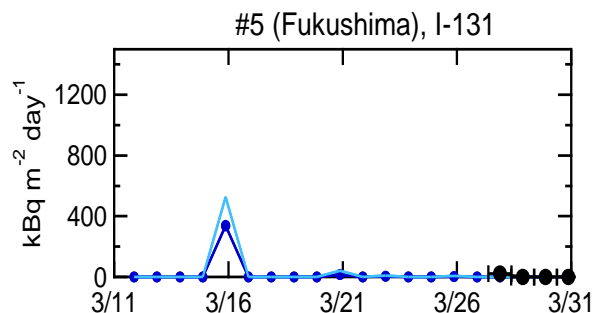
山形県



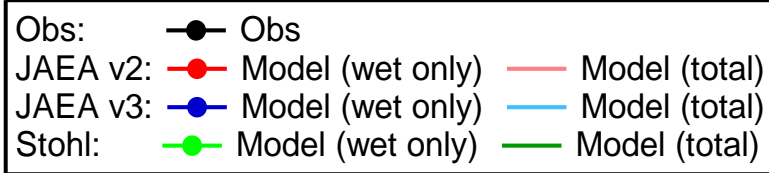
宮城県



福島県

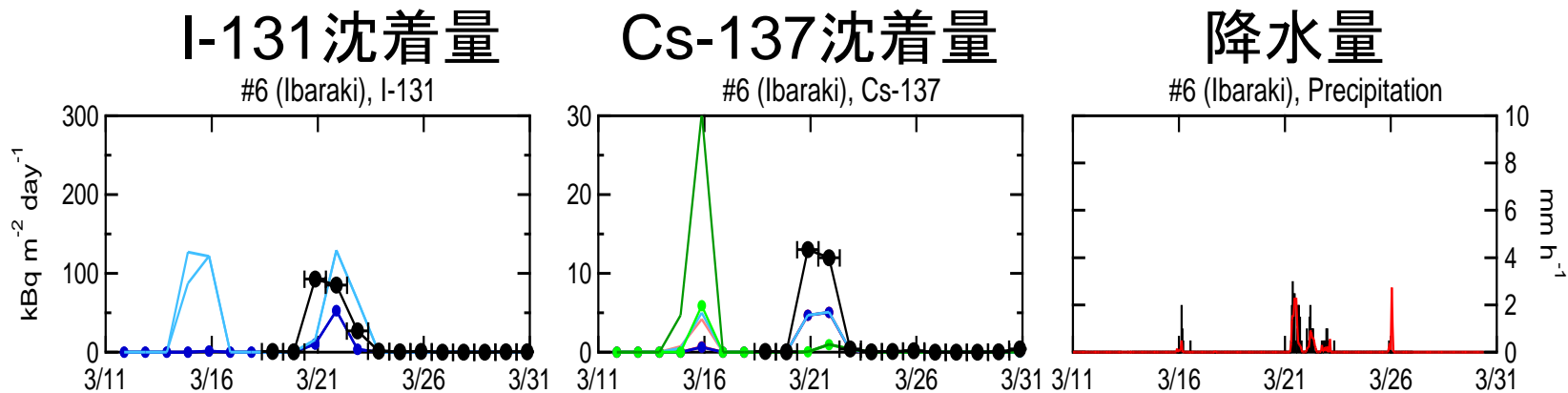


(注) 福島県の沈着量の
スケールは他県の7.5倍

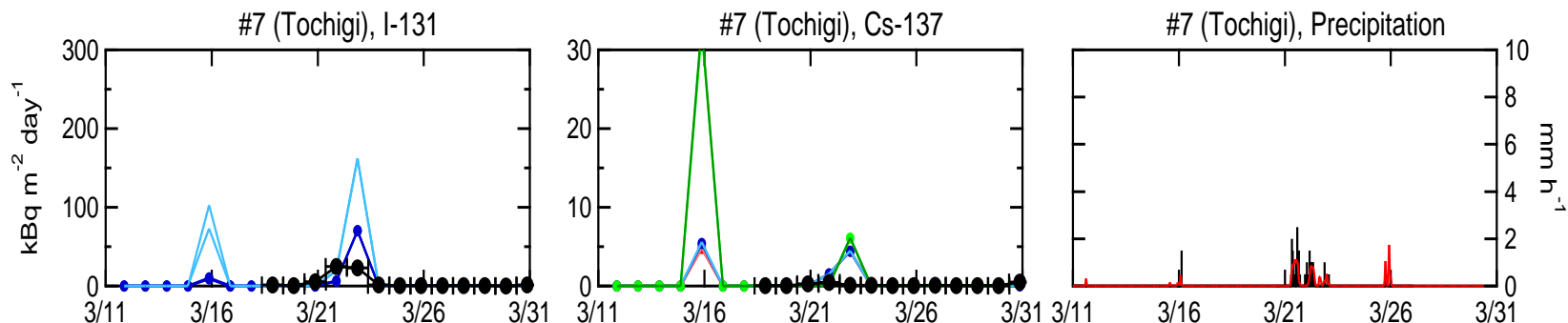


県別の沈着量と降水量の時間変化(2:北関東)

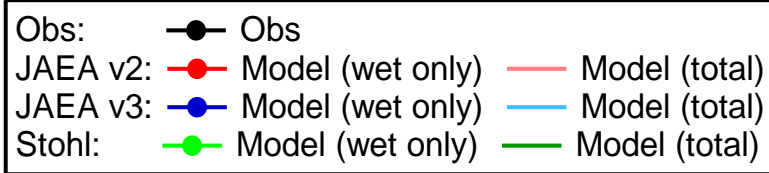
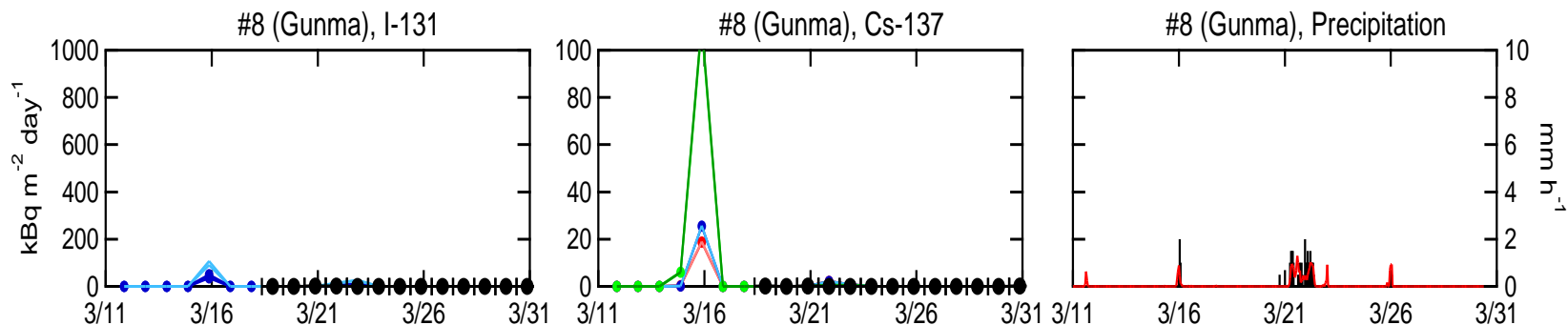
茨城県



栃木県

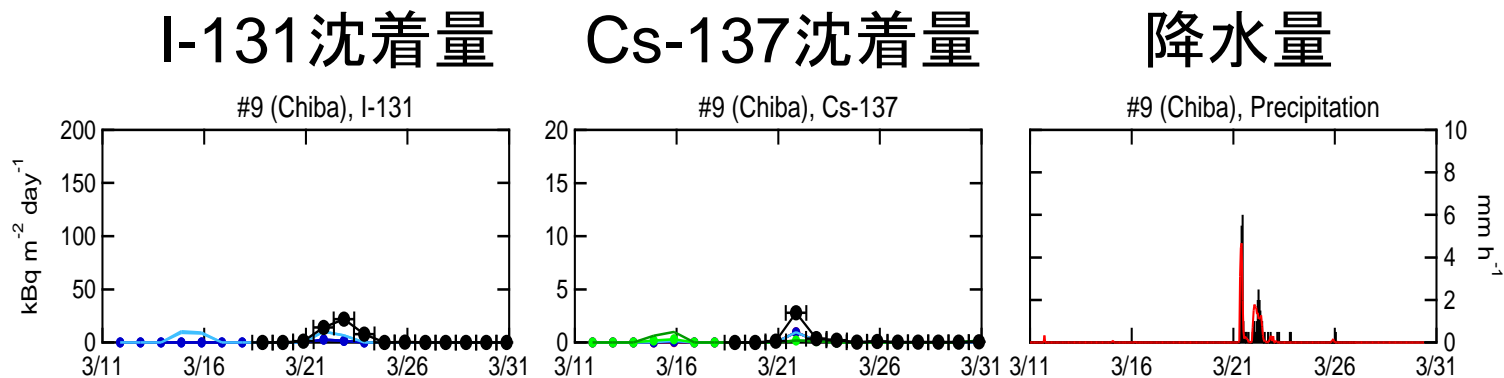


群馬県

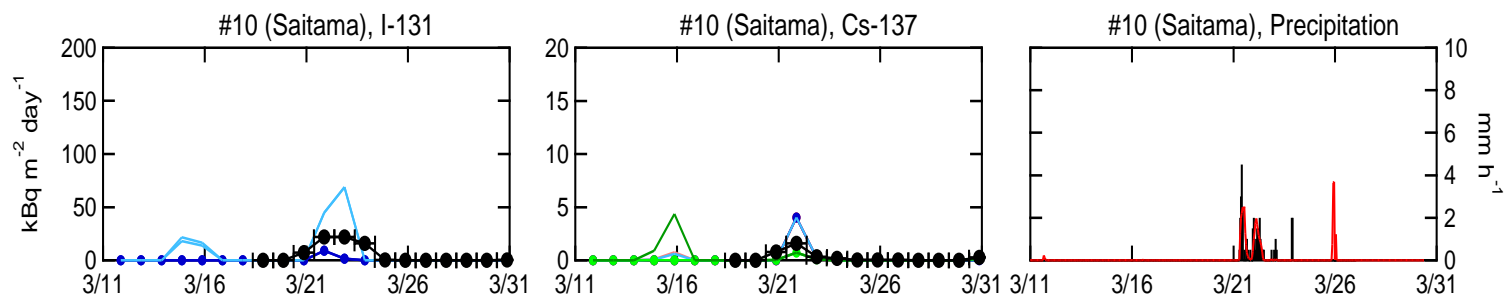


都県別の沈着量と降水量の時間変化(3:南関東)

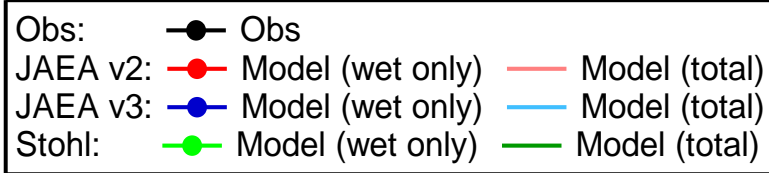
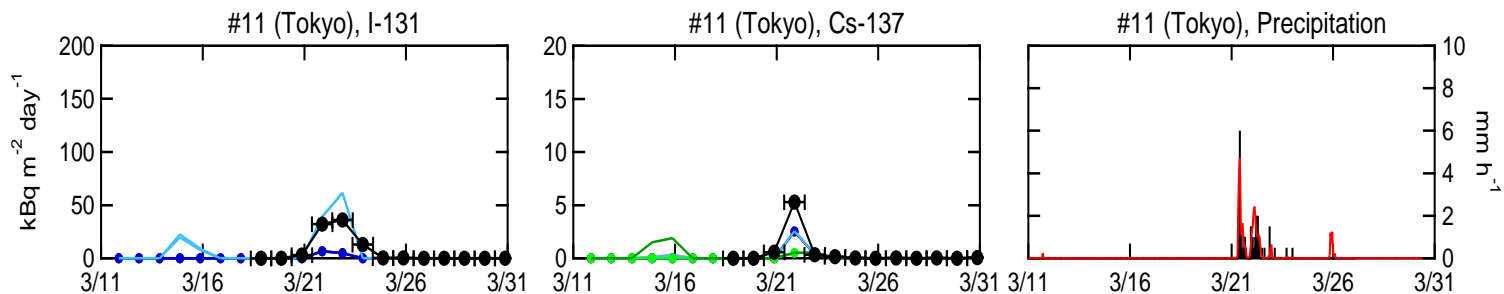
千葉県



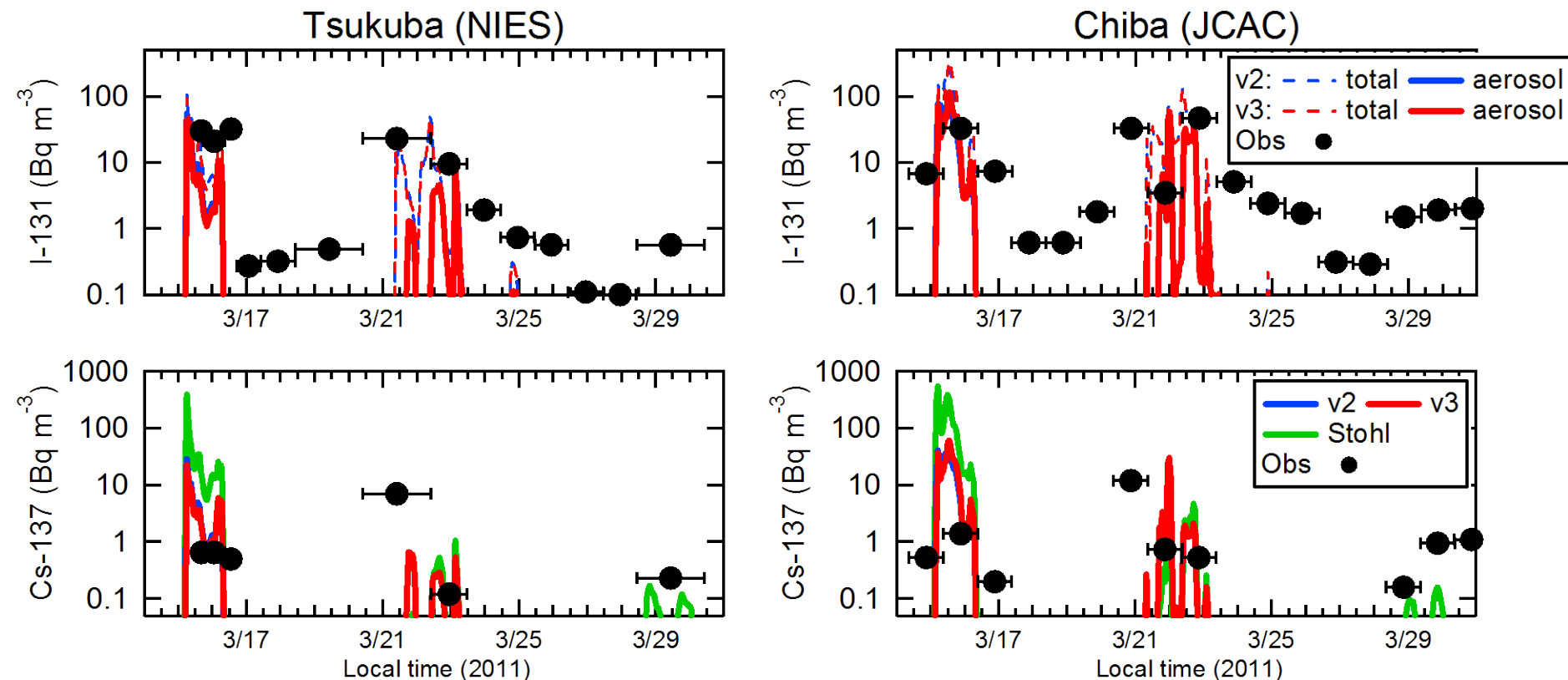
埼玉県



東京都



地上濃度の比較(筑波と千葉)



筑波: 高エネルギー加速器研究機構と国立環境研究所との共同研究

<http://www.kek.jp/quake/radmonitor/>

千葉: 日本分析センターの測定結果

http://www.jcac.or.jp/lib/senryo_lib/taiki_kouka_back.pdf.

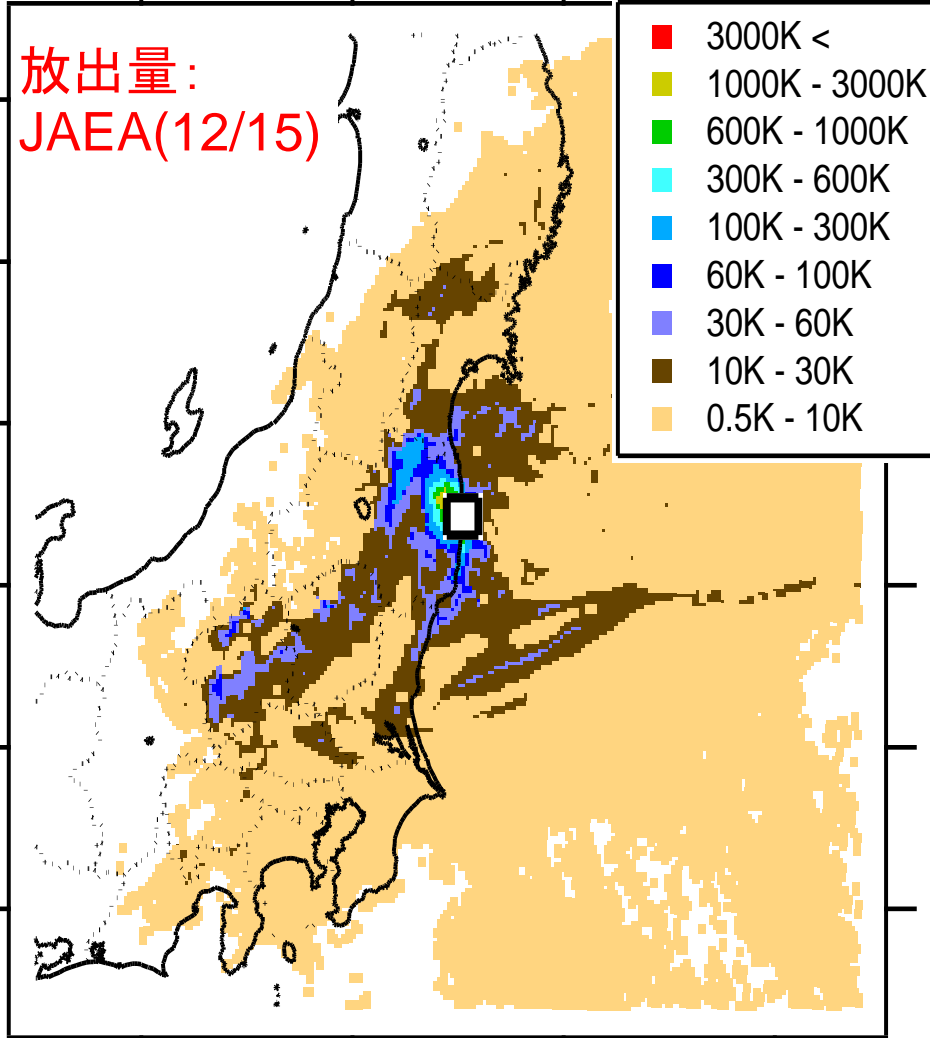
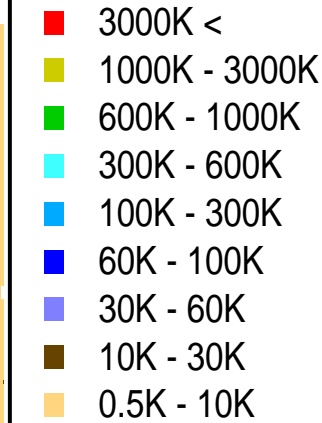
1. シミュレーションモデルと計算条件
2. モデルの再現性
3. 沈着量分布と放出量による感度
4. 今後の課題

Cs-137の積算沈着量分布の比較

モデル

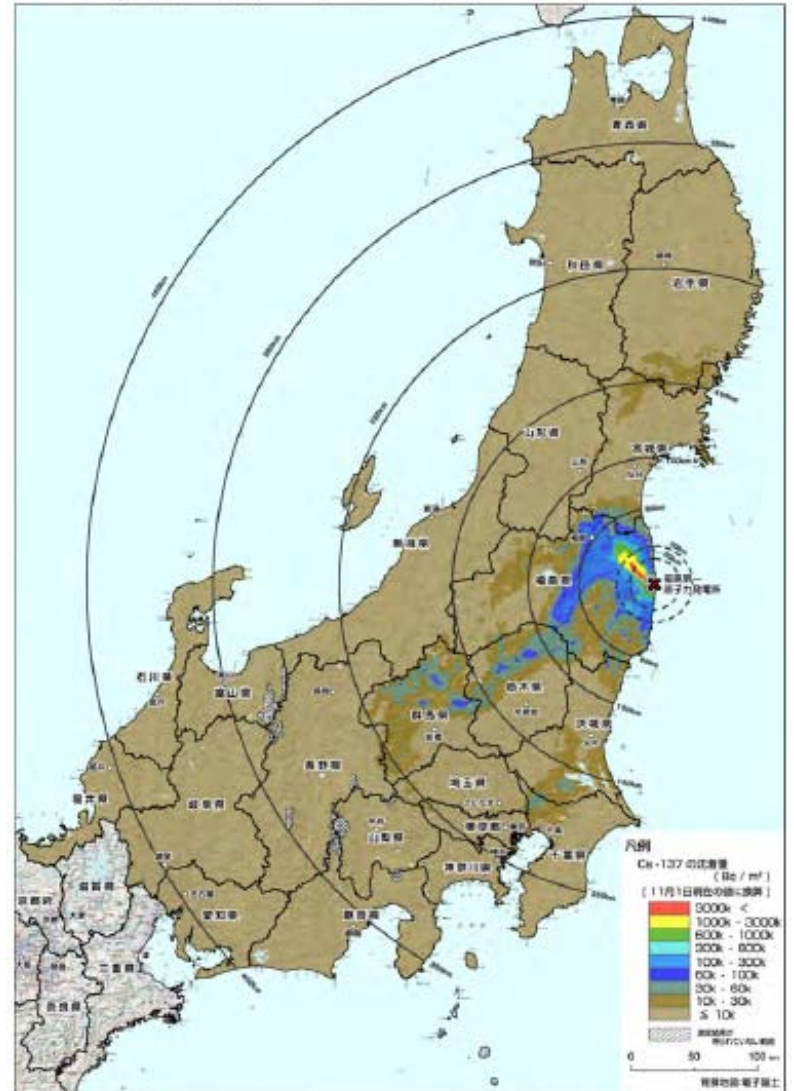
Cs-137 (11 March - 30 April)

放出量:
JAEA(12/15)

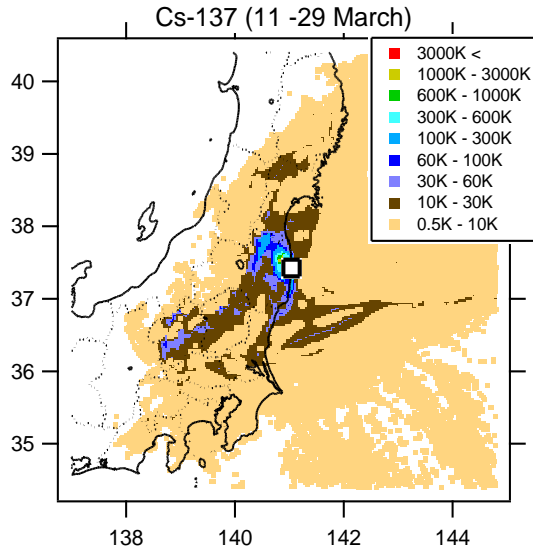


Bq/m²

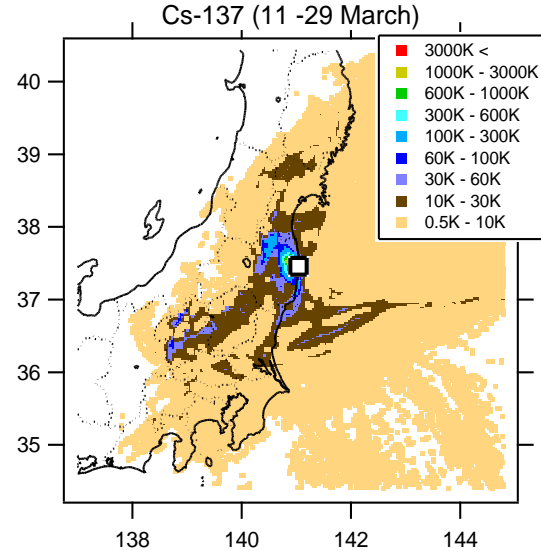
航空機モニタリング(文部科学省)



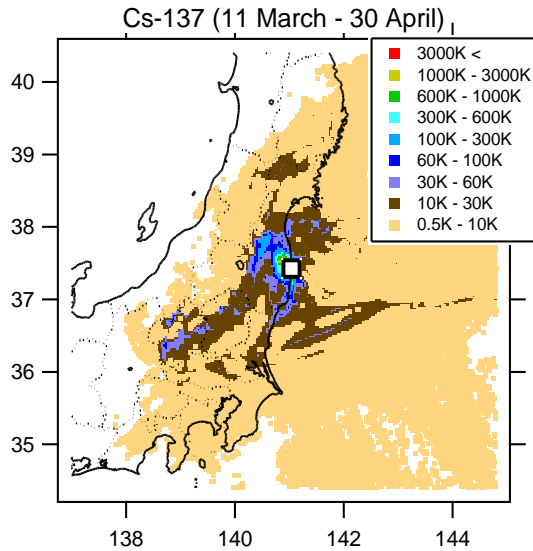
Cs-137の積算沈着量分布の比較



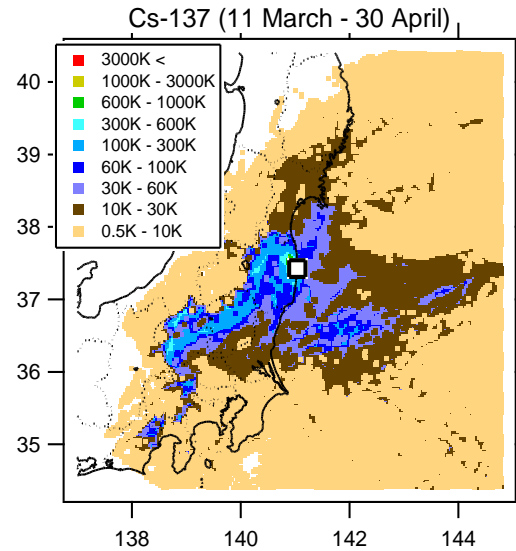
3月
JAEA(12/15)



3月
JAEA(8/18)

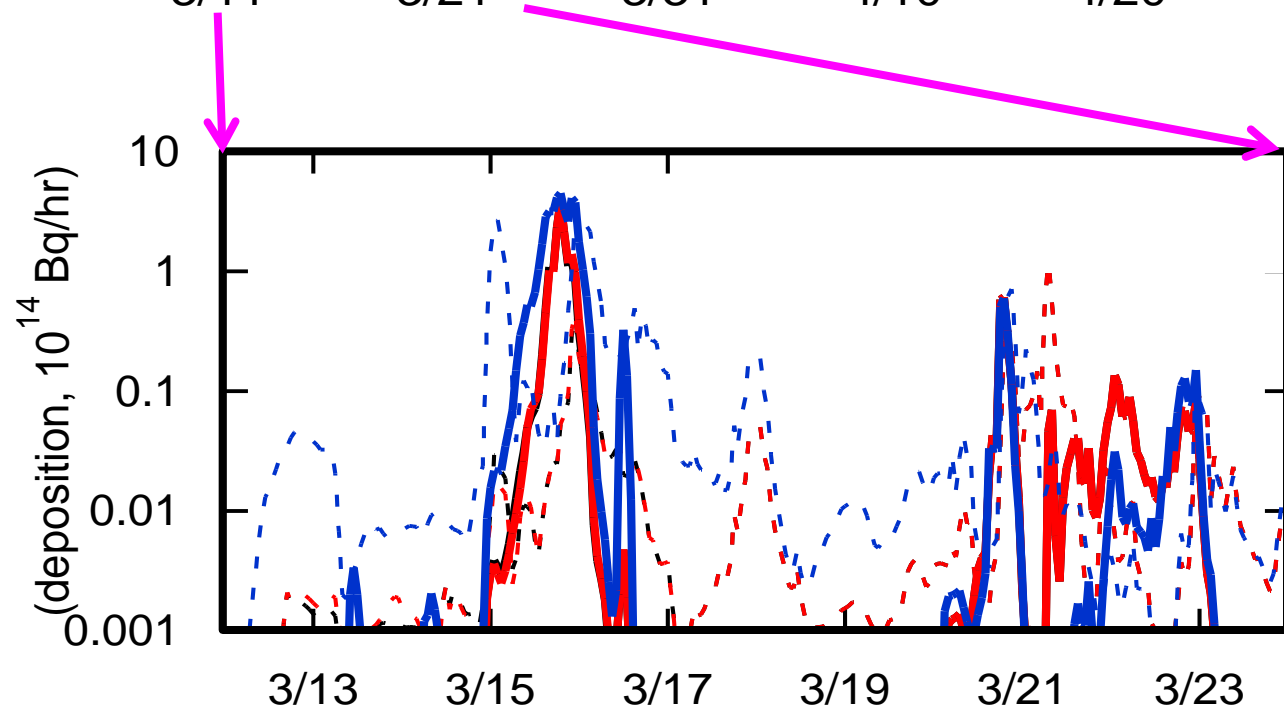
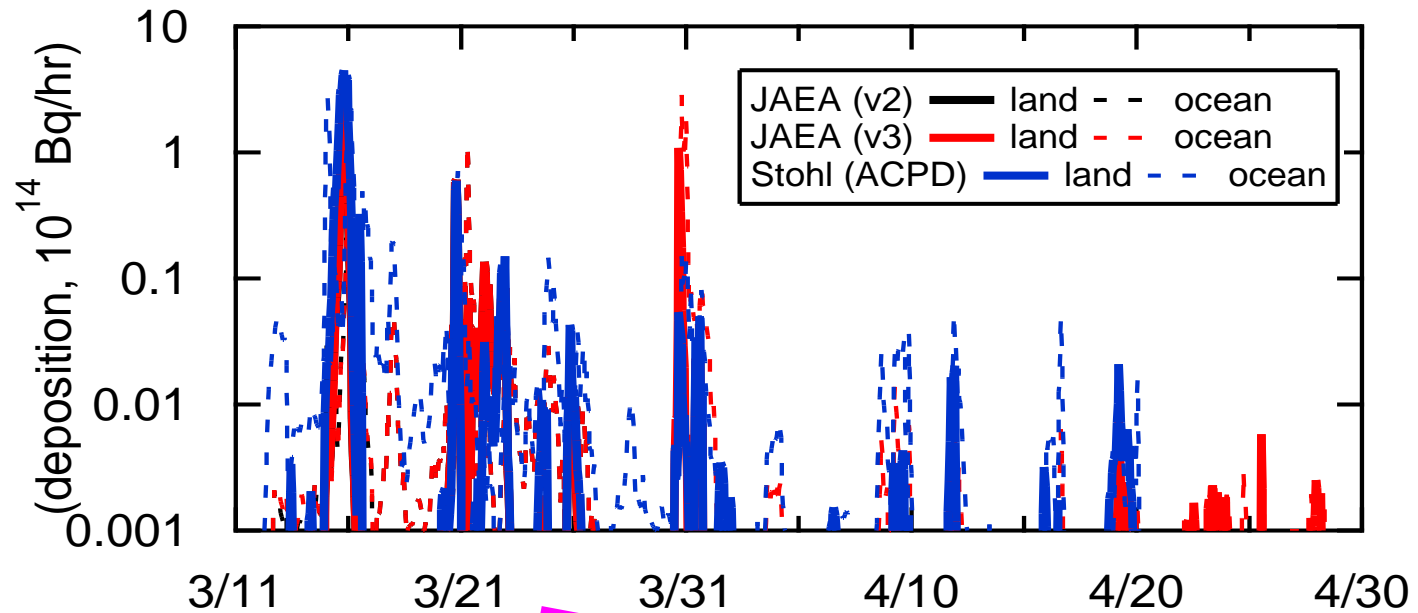


3~4月
JAEA(12/15)



3~4月
Stohl et al.

Cs-137沈着量の時間変化



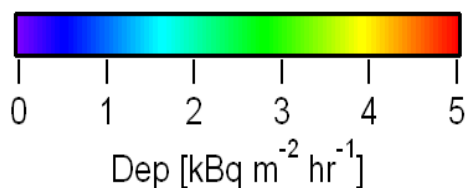
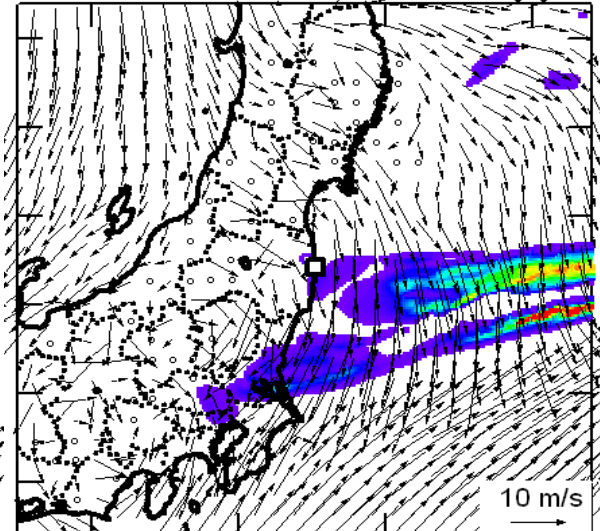
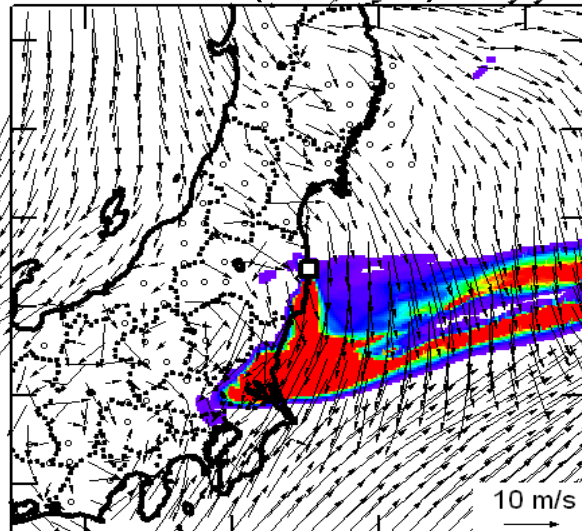
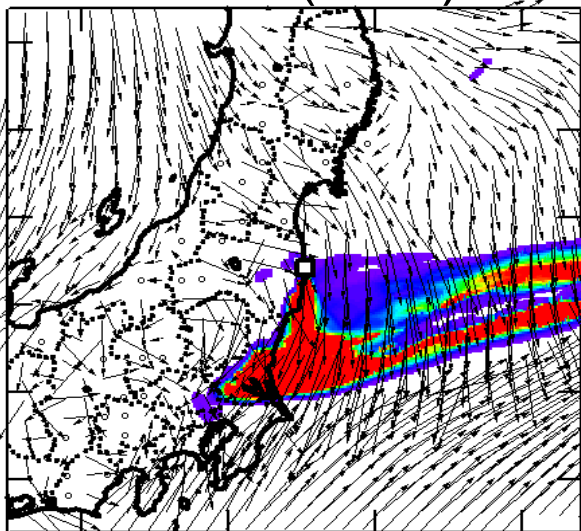
関東南部のホットスポット (3/21の8時)

セシウム137の沈着量

JAEA(8/18)

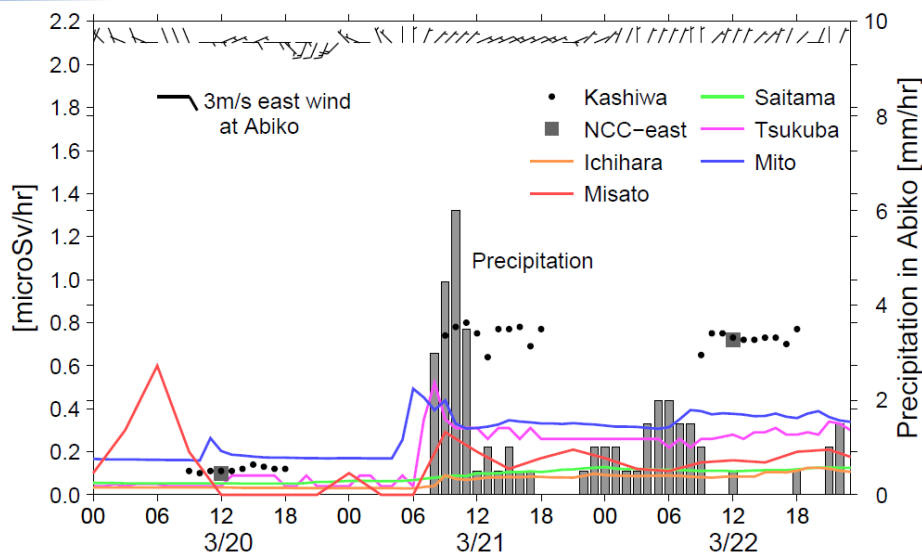
JAEA(12/15)

Stohl et al.



柏付近の 実測結果

空間線量、 降水量、 風



Cs-137の収支 (PBq)

期間		放出量	陸上への 沈着量 ¹⁾	海上への 沈着量 ¹⁾	領域外への 流出
3/11- 3/30	JAEA (August)	6.5	1.9 (28.9%) ²⁾	0.9 (13.5%)	3.7 (57.6%)
	JAEA (Dec.)	6.7	1.9 (28.6%)	0.9 (13.0%)	3.9 (58.4%)
	Stohl et al.	34.5	4.4 (12.9%)	4.0 (11.6%)	26.1 (75.5%)
3/11- 4/30	JAEA (Dec.)	8.8	2.2 (24.8%)	2.2 (24.7%)	4.4 (50.5%)
	Stohl et al.	35.8	4.5 (12.6%)	4.3 (12.0%)	27.0 (75.4%)

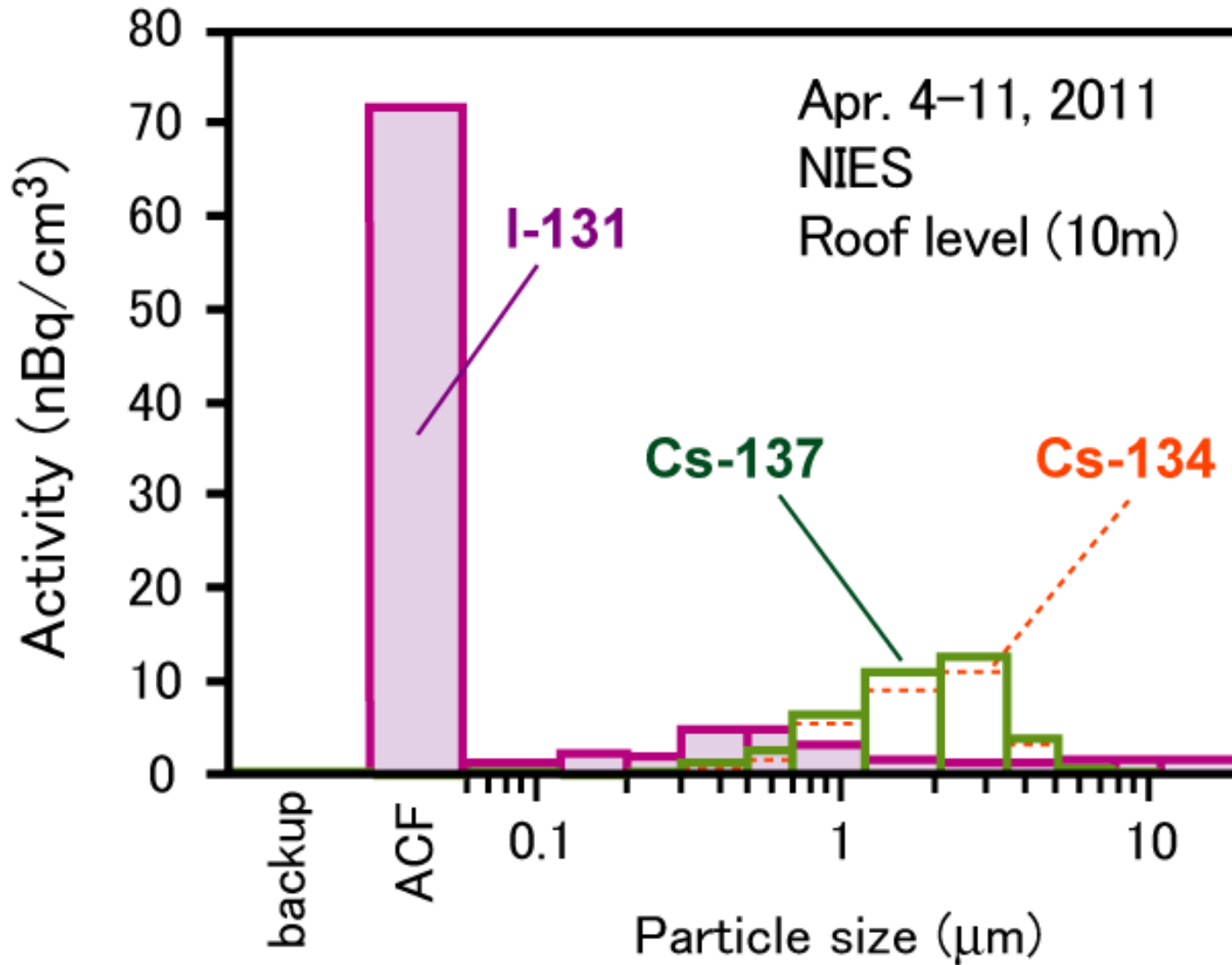
1) 沈着量はモデル領域内の値、2) %は放出量に対する割合、

1. シミュレーションモデルと計算条件
2. モデルの再現性
3. 沈着量分布と放出量による感度
4. 今後の課題

モデルの不確実性

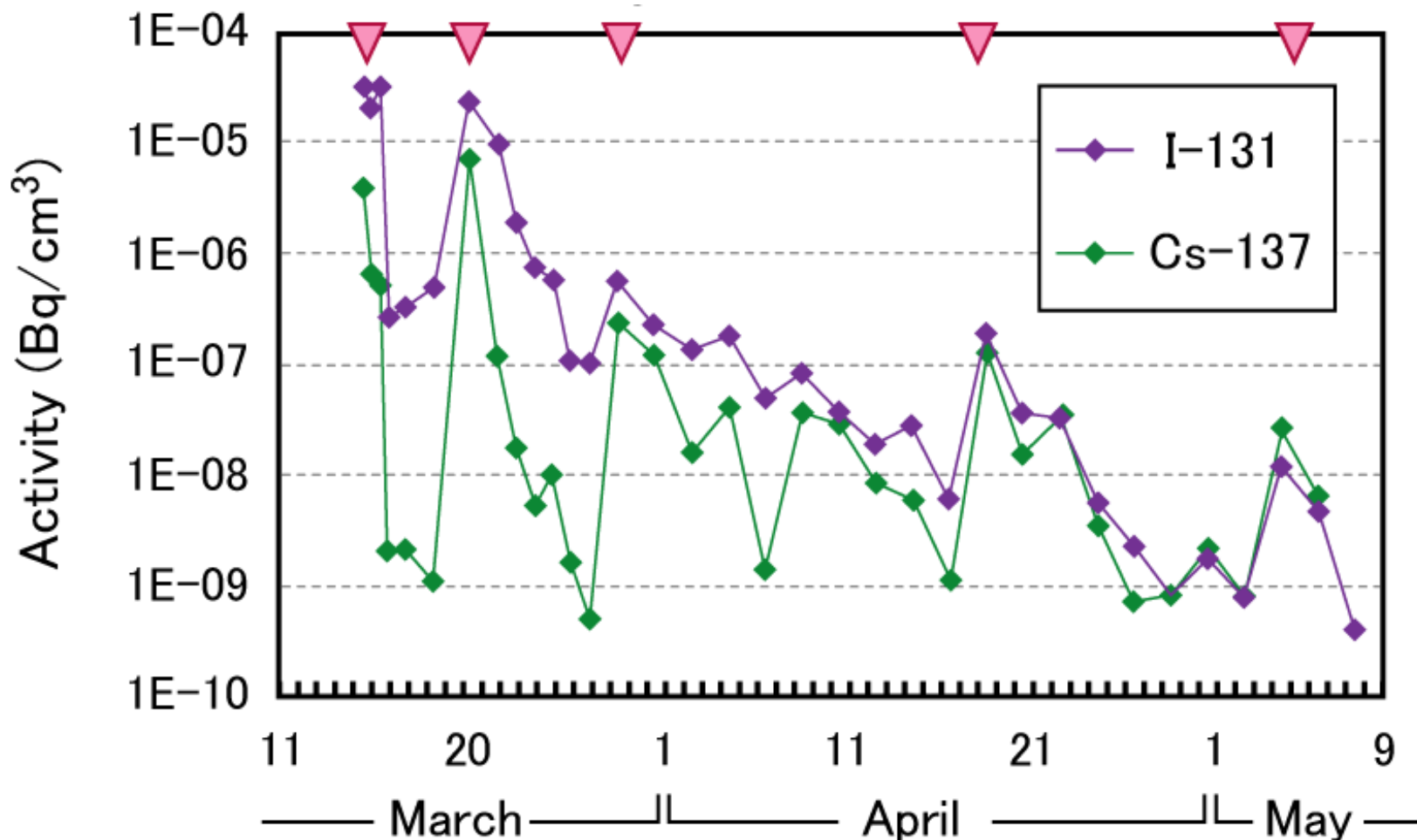
- 放出条件（量、時間変動、高さ）
- 気流や降雨の再現性
- モデルの構造
- 沈着パラメータの設定

大気中の放射性核種の粒径分布



筑波での測定結果

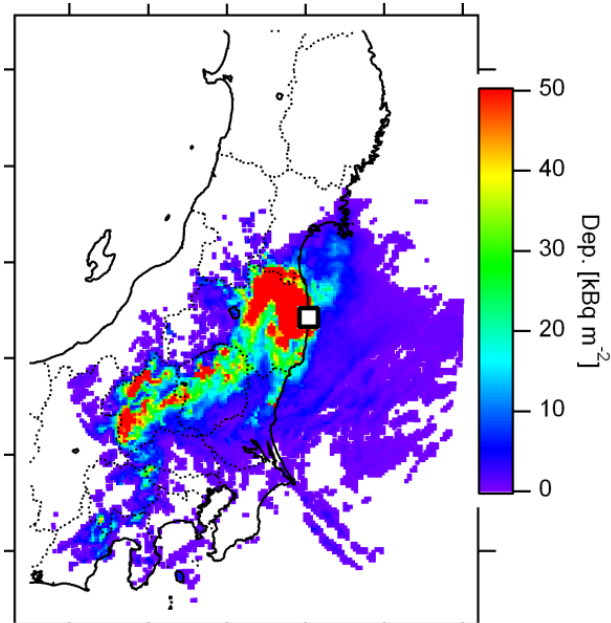
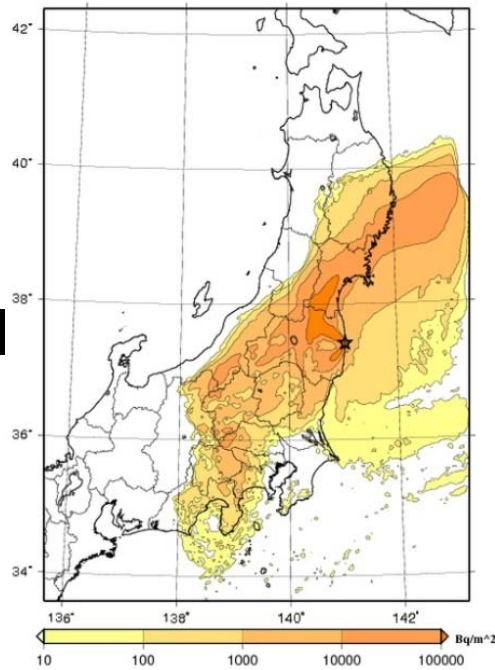
大気中の濃度



<http://www.kek.jp/quake/radmonitor/> より作成

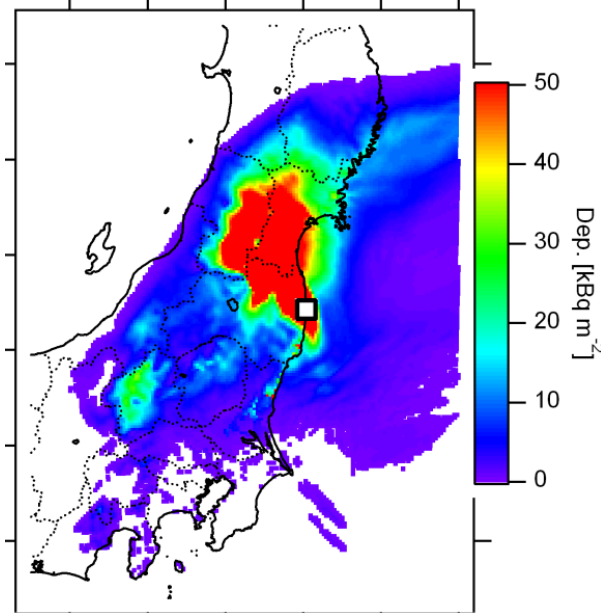
湿性沈着モデルによる感度 (3/15 9時 - 3/16 9時)

W-SPEEDI

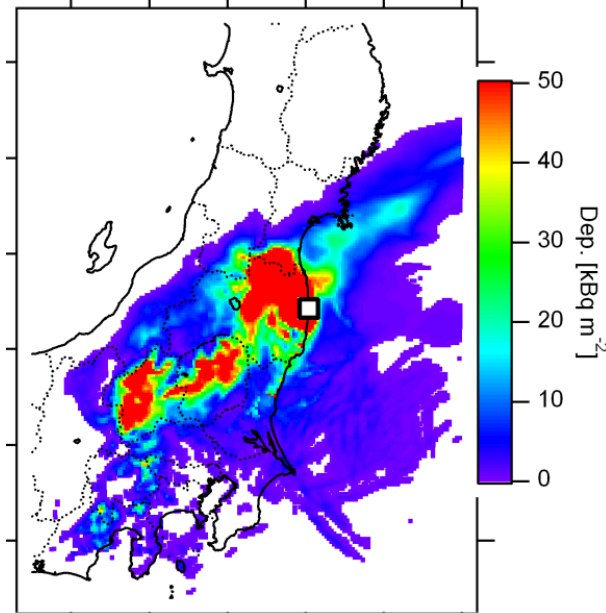


CMAQ
(default)

CMAQ
(SPEEDI-wet)



CMAQ
(SPEEDI-wet
X 10)



まとめ

- シミュレーションは、実測された降水量、大気濃度、空間放射線量マップの基本的特徴を概ね再現する。しかし、沈着量には**1桁程度の誤差**がある。
- Cs137の陸上沈着量について、シミュレーション結果と航空機モニタリング結果(概算)を比較すると、放出総量は**7(~14)PBq程度**と推計される。
- 放出条件や気象の再現不足、沈着パラメータなどに起因する**不確実性は大きい**。
- 実測データによる**検証やモデル相互比較**が必要。特に航空機観測データに期待。