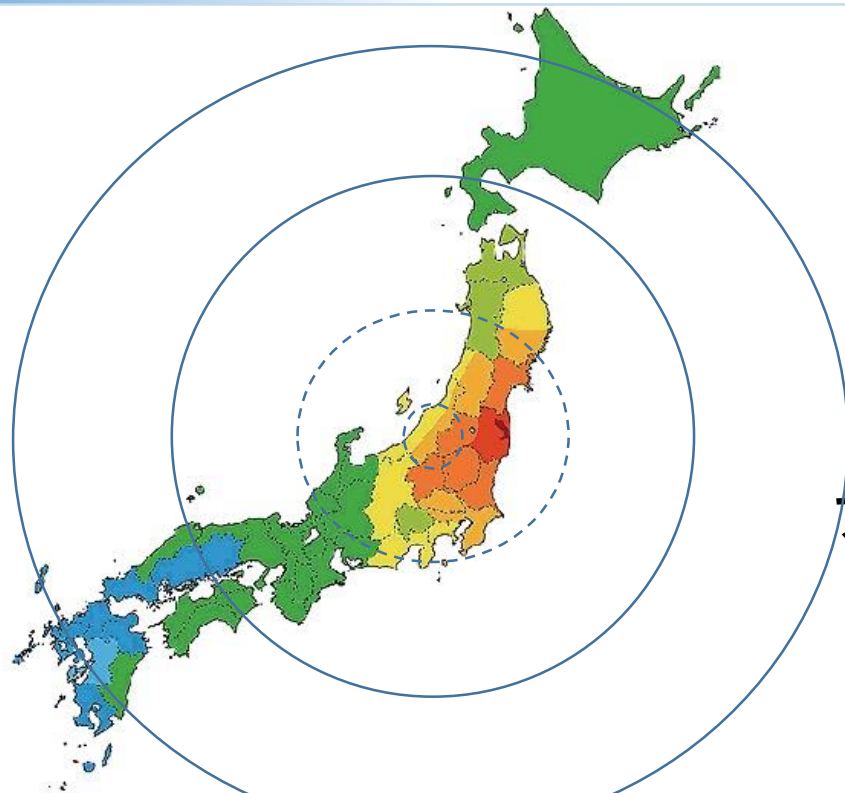


福島事故・第1次航空機モニタリング による放射線量データの修正



2班
會澤 拓也
角屋 貴則
齋藤 愛美
佐野 亨

アドバイザー教員 羽田野 祐子

放射線の影響予測の必要性

東日本大震災
福島第一原子力発電所事故



大量の**放射性物質発生**



画像出典:<http://jp.ibtimes.com/>

原発事故後・・・

放射線の悪影響

人体、土地、食品、農作物、経済・・・影響は多方面に



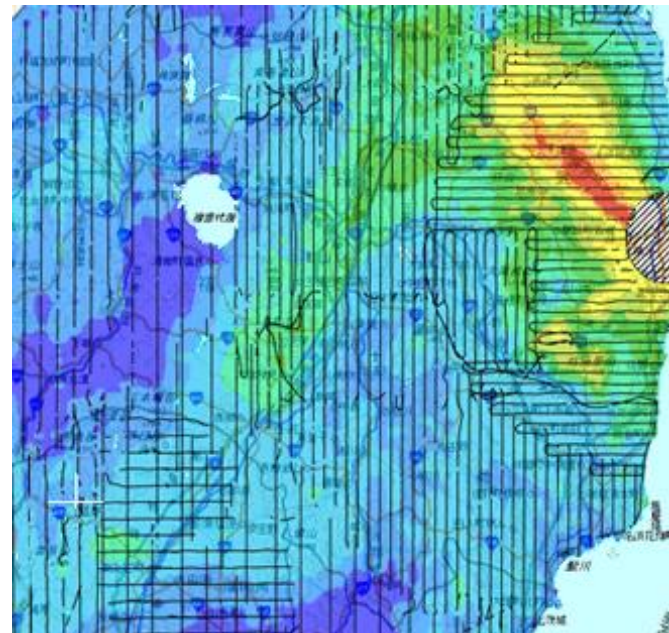
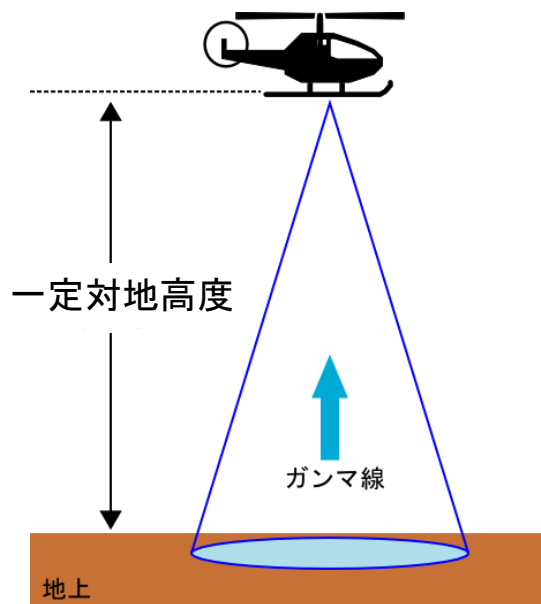
今後の放射性物質の影響を予測することが重要
広域測定可能かつ**高精度**で扱いやすいデータが必要

航空機モニタリングとは

航空機に放射線検出器を搭載、地上に蓄積した放射性物質からのガンマ線を広範囲かつ面的に測定する手法



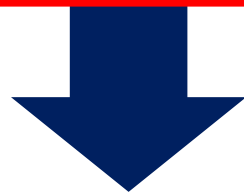
- 等間隔飛行、地上のガンマ線を1秒間隔で測定
- 計測したガンマ線情報と高度による減弱を考慮
- 得られたデータを「地上1mの高さの空間線量率」に換算



第1次～第3次モニタリングデータの欠陥

- 福島県原発周辺航空機モニタリング
 - 第1次:平成23年4月6日～4月29日
 - 第2次:平成23年5月18日～5月26日
 - 第3次:平成23年5月31日～7月2日

- 線量の概算値の把握は可能
- 測定方法(地形と高度に関する計算)が
確立されていない状態



第4次モニタリング以降のデータとの間で差が出てしまう

目的

課題

第1次航空機モニタリングにおいて高度データや地形の考慮不足による線量率の**正確性に疑問**がある



目的

第1次航空機モニタリングデータの
高度データに関する修正



修正の必要性の検討

修正を行うにあたって

JAEA施設訪問

- 目的: データ修正方法を学ぶ
- 日程: 8月7日
- 場所: 福島大学
- 内容: モニタリング機器説明
モニタリング方法
修正手順について

提供データ

- 第1次航空機モニタリングデータ
- 解析に利用するツール

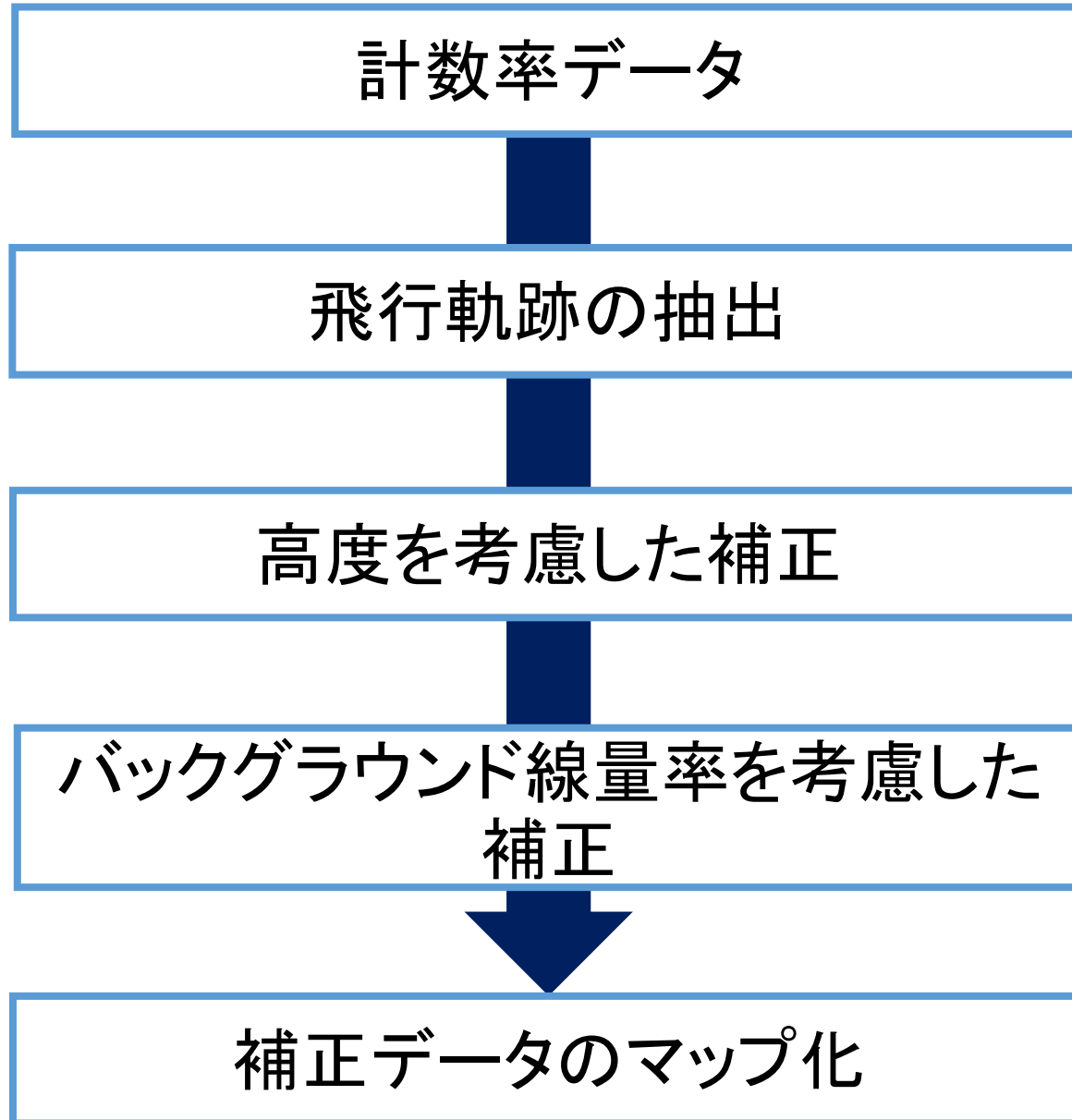
修正方法の説明



測定に使う検出器



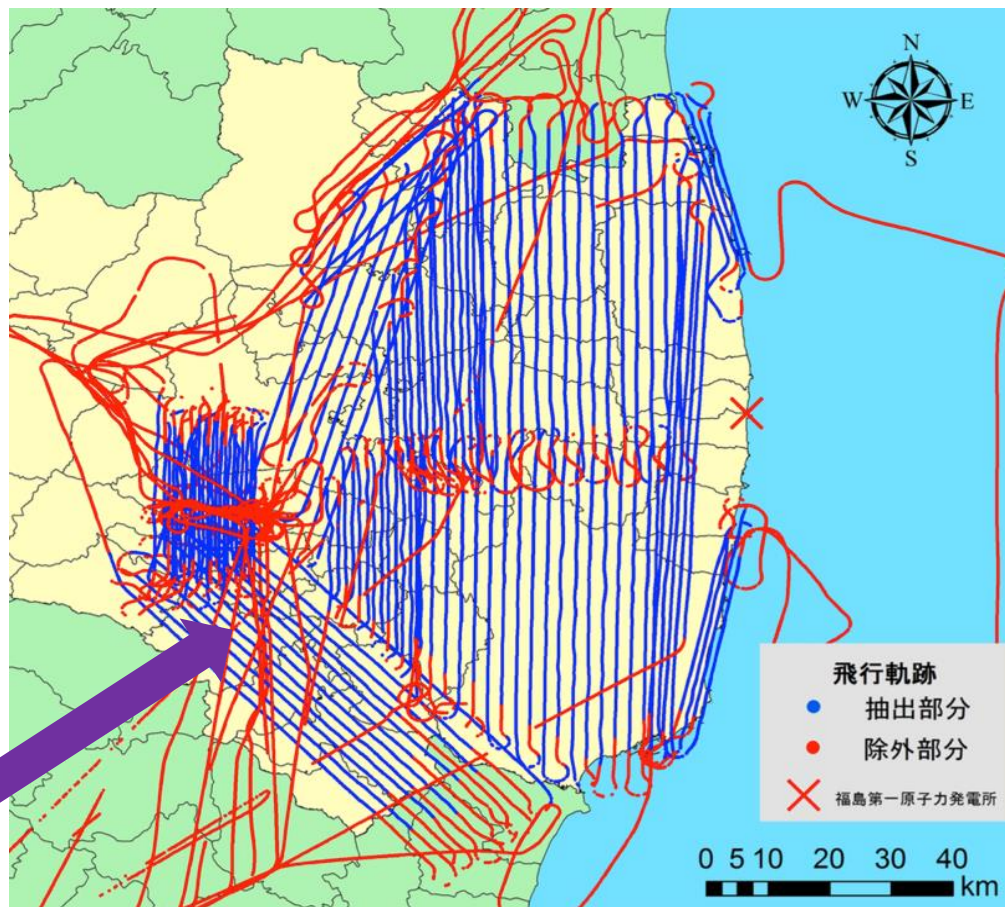
修正作業の流れ



飛行軌跡の抽出

等間隔の
直線データが必要

出発地からの移動
周回時の飛行軌跡を除外
(赤部分)



直線的な飛行時のデータのみ解析に使用

高度を考慮した補正

求めたいデータ: **地表面**における放射線量[Sv/h]



航空機モニタリングデータ: **上空**における核種量[Bq]



上空での核種量を**地表面での放射線量に変換**

変換式

$$D = C e^{-\mu H} / Cd$$

D :地表面での放射線量

C :上空での核種量

μ :空気減弱定数

H :地表に対する航空機の**高度**

Cd :線量率換算係数

バックグラウンド線量率の補正

バックグラウンド線量率

- ・地表面に潜在的に存在する放射線量率
- ・宇宙線や天然核種から放出される

代表核種: ラドン(Rn)

計測された放射線量率 = 事故で放出された放射線量率
+ **バックグラウンド線量率**



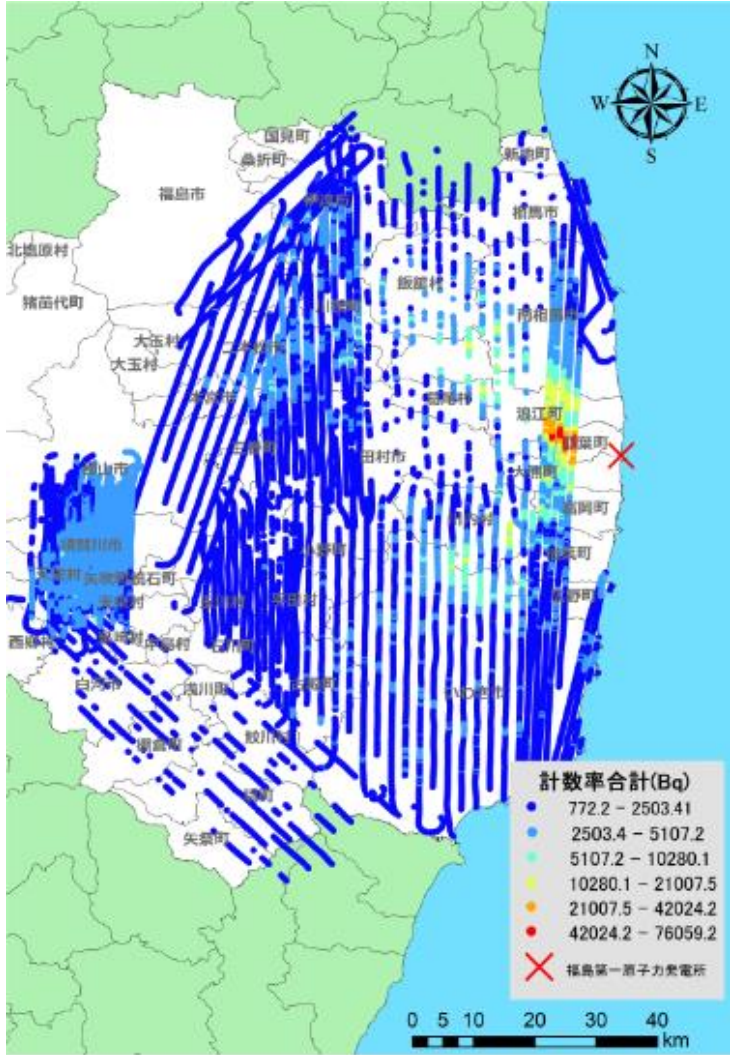
事故で放出された放射線量率(マップ化するデータ)
= 計測された放射線量率 - **バックグラウンド線量率**

結果① 全計数率プロット (Bq試算)

ベクレルでも被害状況を把握することは可能

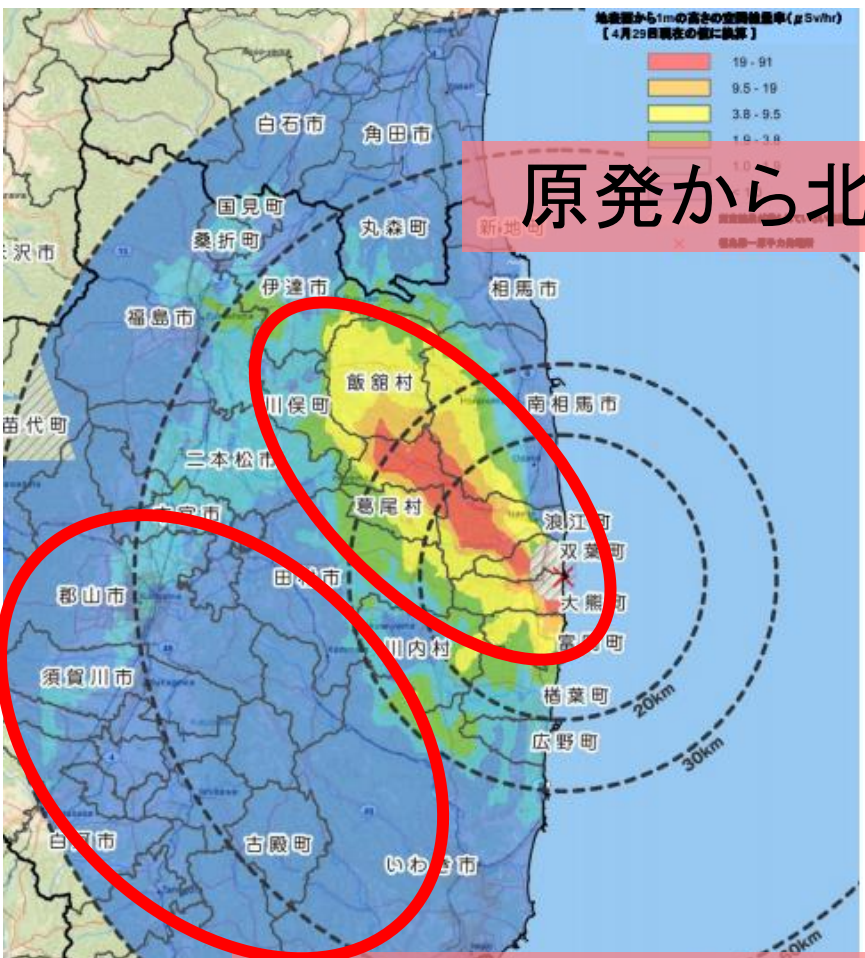
人体へのリスクは不明...

シーベルトへ変換
人体へのリスクを見る必要

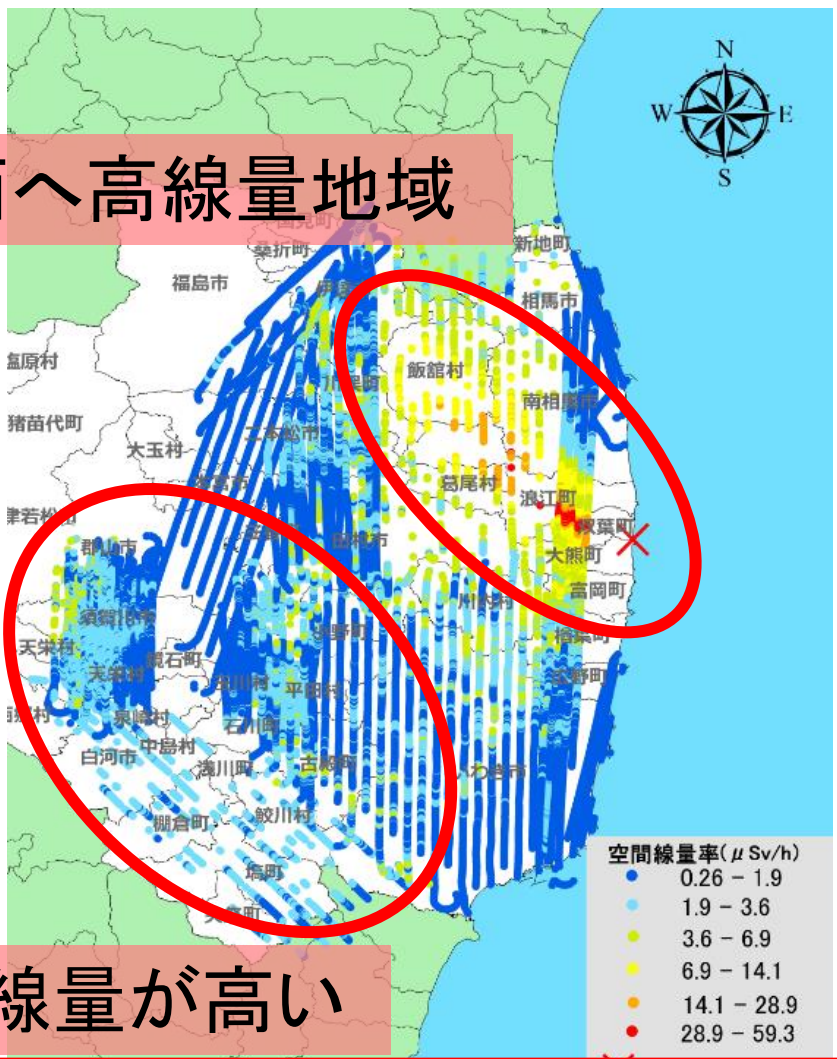


人体への影響が最も大きいセシウムのみで検討

結果② セシウムでの修正・比較



原発から北西へ高線量地域



原発西部は既存より線量が高い

線量が低い地域でもつくば市 (0.1μSv/h) の**約40倍**

結果② 考察

原発北西部の高線量地域

事故直後の降雨のタイミングで
プルーム(煙流)の向き決定

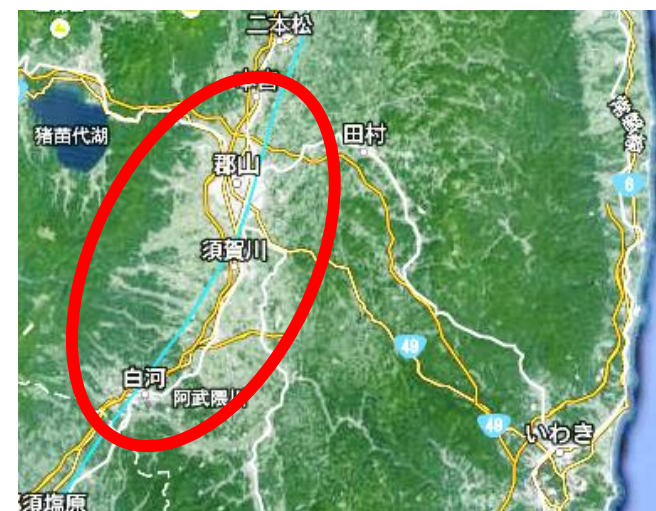
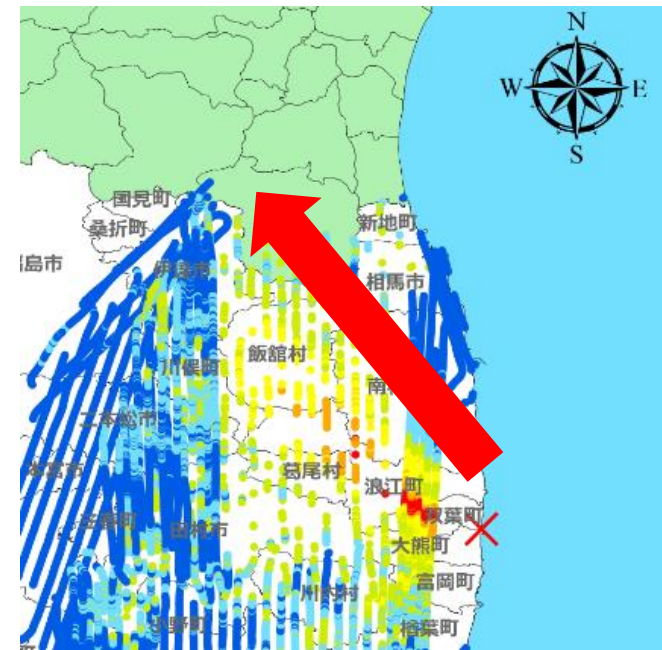
プルーム中のセシウムが地表に…



蓄積されて線量が高い地域が形成
西部(須賀川付近)の線量地域
山に囲まれた谷地形

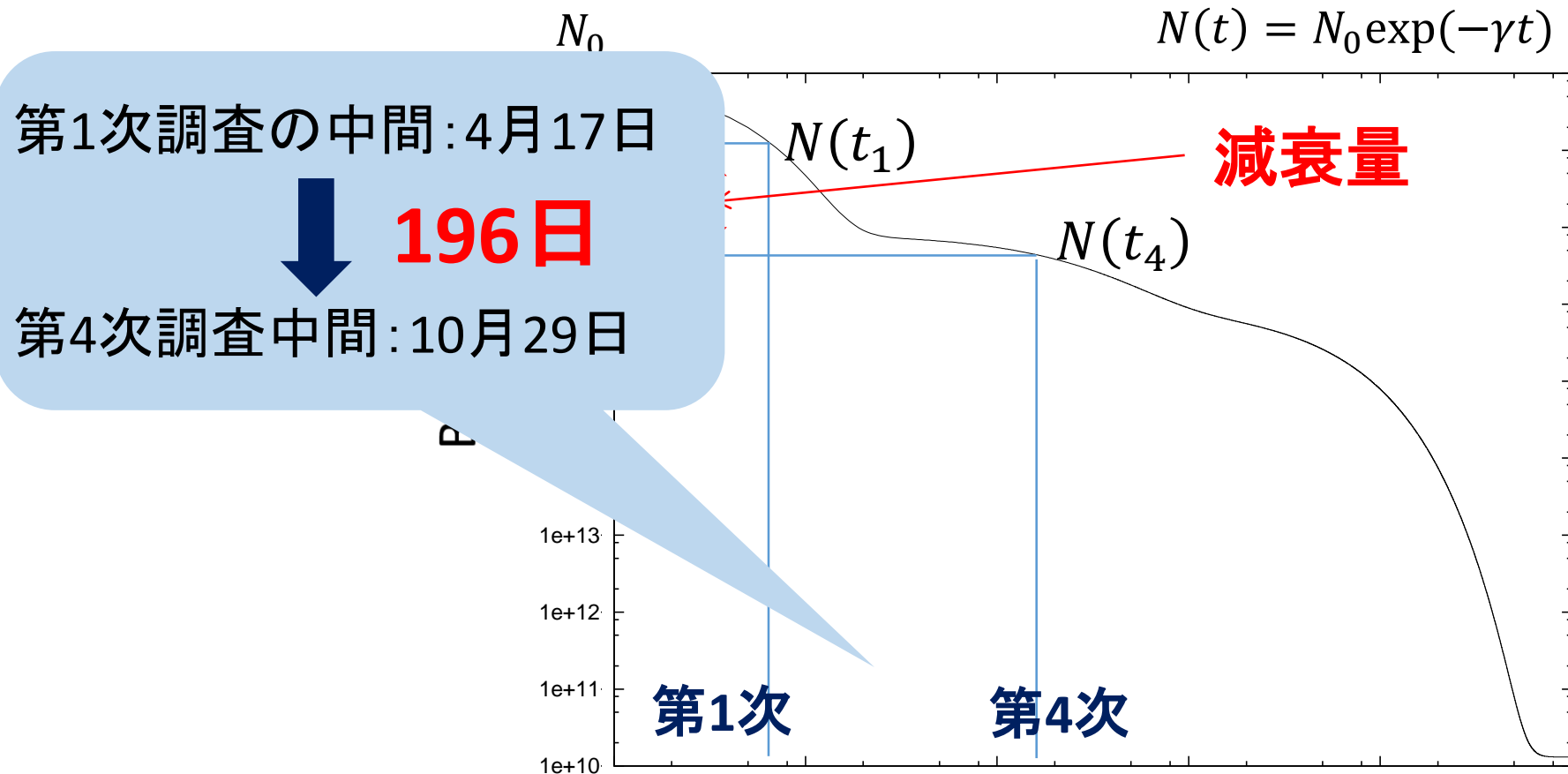


地形の影響を受けて蓄積



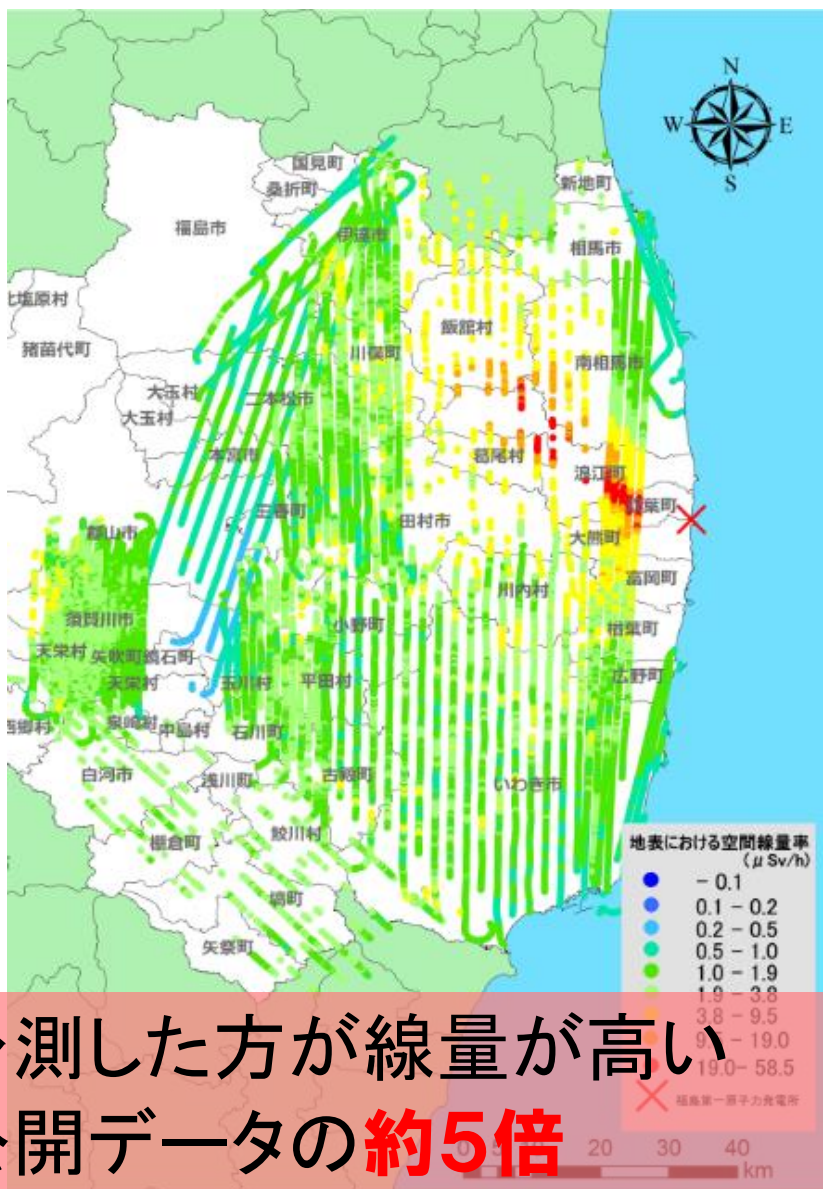
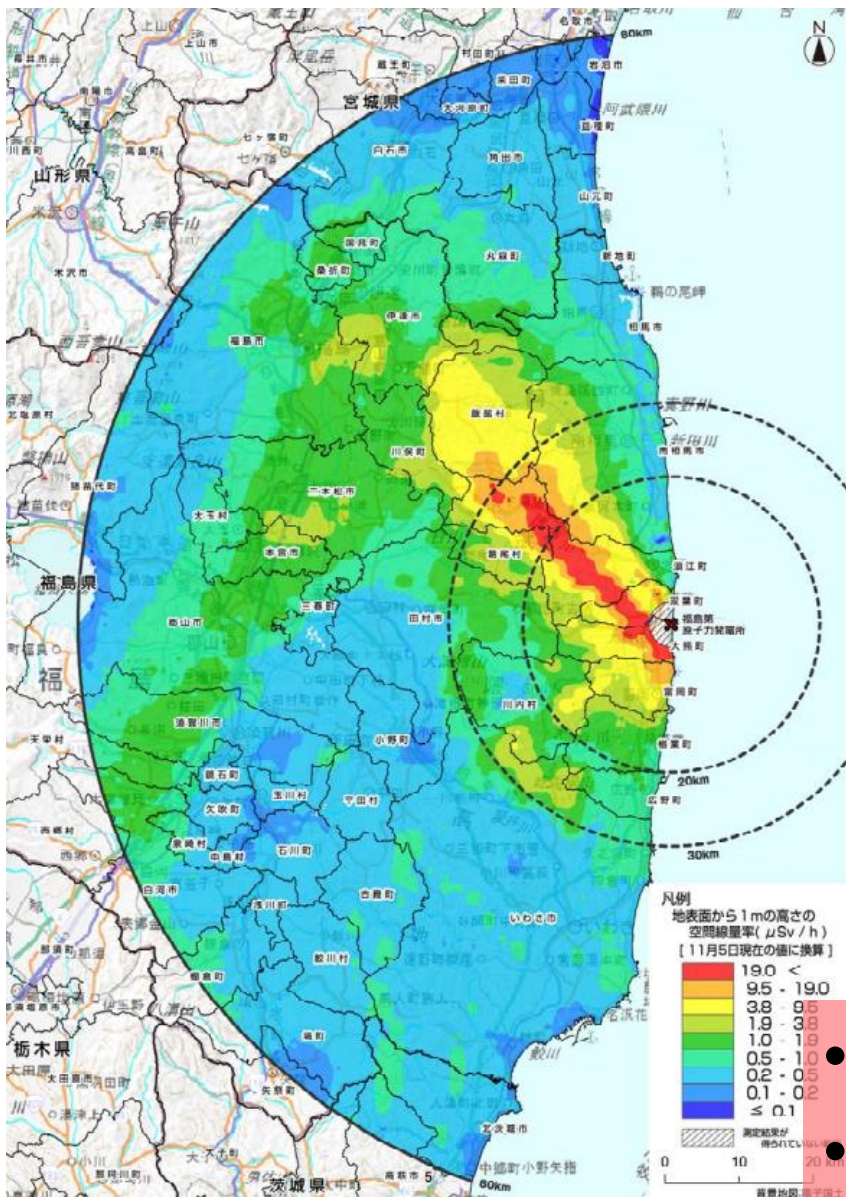
修正データから第4次モニタリング時の線量予測

修正した1次調査のセシウム量 ➡ 4次調査時のセシウム量を予測



公開されている第4次データと予測の第4次データとの比較

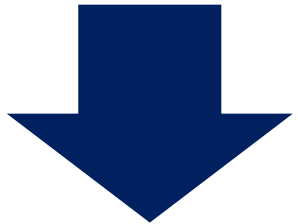
結果③ 修正データを用いた第4次線量予測



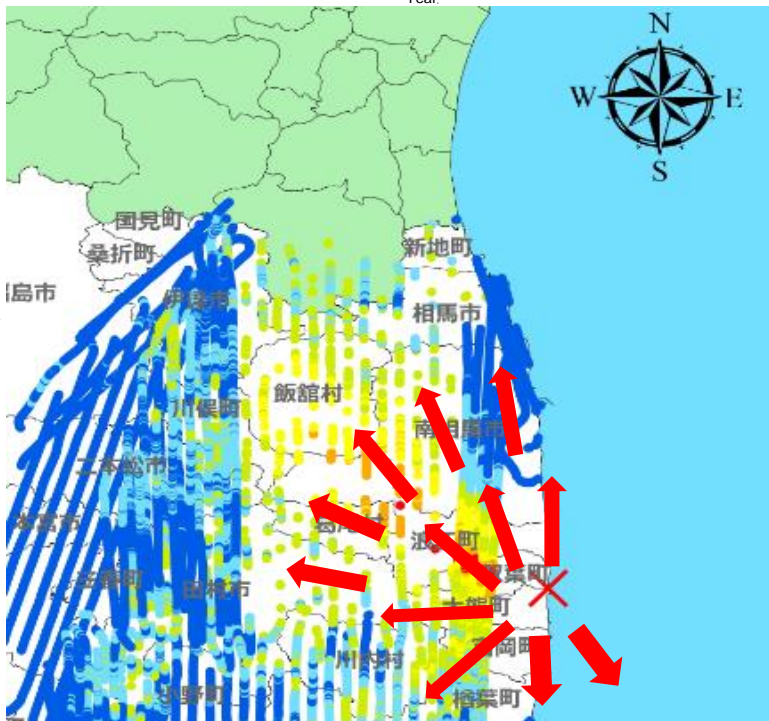
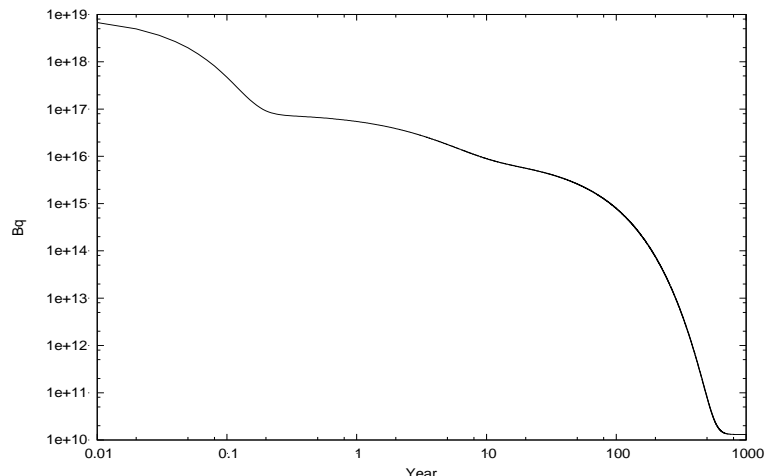
● 予測した方が線量が高い
 ● 公開データの**約5倍**

結果③ 考察

線量率変化の要因の欠如
半減期以外の要因(拡散等)による線量率変化が考慮なし



拡散・地中浸透・除染作業
などの影響



まとめ

福島事故における第1次航空機モニタリングのデータ修正を実施



マップ化したものを既存データと比較

第1次データの比較

- 既存のデータには見られなかった傾向が得られた

第4次の推測データ

- 範囲外に拡散した放射性物質の概算値が得られた

⇒ 既存データとの違いがあることから
修正の必要性あり

今後の課題

山や谷の影響の考慮

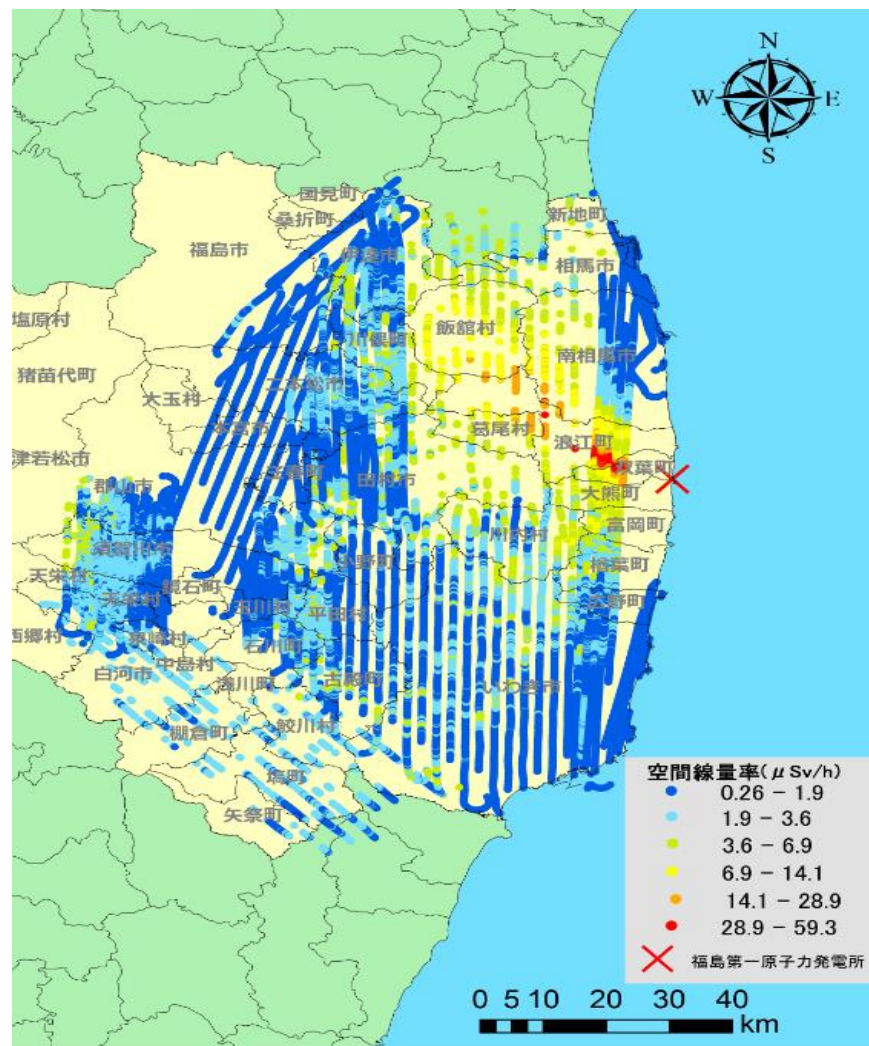
算出された線量率は地形に応じた補正が必要

データ欠陥への対処

マップ上で表示できない部分(データ欠陥)を埋める

減少要因の考慮

拡散・地中浸透・除染作業等の考慮により、正確な値に近づける



参考文献

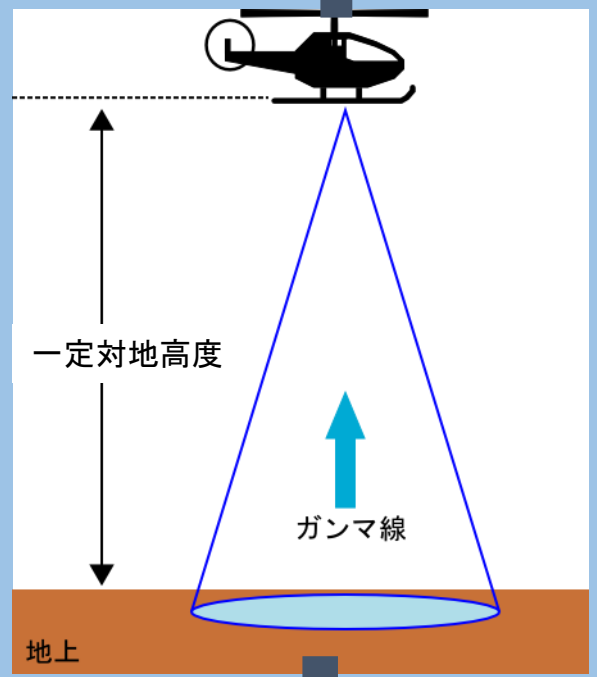
- 原子力規制委員会HP、<http://www.nsr.go.jp/>、最終閲覧日2014年5月29日
- 原子力規制委員会原子力ネットワーク環境防災Nネット、<http://www.bousai.ne.jp/vis/index.php>、最終閲覧日2014年5月29日
- 原子力規制委員会HP、放射線モニタリング情報、<http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/index.html>、最終閲覧日2014年6月26日
- 日本原子力研究開発機構：“広域環境モニタリングのための航空機を用いた放射性物質拡散状況調査報告書”、日本原子力研究開発機構報告、2012年6月
- 鳥居健男、眞田幸尚、杉田武志、田中圭：“航空機モニタリングによる東日本全域の空間線量率と放射性物質の沈着量調査”、日本原子力学会誌、Vol.54、No.3、2012年
- 原子力規制委員会：“文部科学省及び米国エネルギー省航空機による航空機モニタリングの測定結果について”、原子力規制委員会報告、2011年5月
- 大原利眞、森野悠、田中敦：“福島第一原子力発電所から放出された放射性物質の大気中の挙動”、保険医療科学、Vol.60、No.4、p.292-299、2011年
- 鳥居健男、眞田幸尚、杉田武志、近藤敦哉、志風義明、高橋昌樹、石田睦司、西澤幸康、ト部嘉：“広域モニタリングのための航空機を用いた放射性物質拡散調査”、原子力規制委員会報告、2012年
- 眞田幸尚、西澤幸康、山田勉、池田和隆、松井雅士、土田清文、佐藤義治、平山弘克、高村善英、西原克哉、伊村光生、石田睦司、ト部嘉、志風義明、杉田武志、近藤敦哉、鳥居健男：“原子力発電所事故後の無人ヘリコプターを用いた放射線測定”、原子力規制委員会報告、2013年
- 経済産業省原子力安全・保安院：“東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に係る1号機、2号機および3号機の炉心の状態に関する評価について”、経済産業省原子力安全・保安院報告、2011年6月
- 経済産業省原子力安全・保安院：“東北地方太平洋沖地震による福島第一原子力発電所の事故・トラブルに対するINES(国際原子力・放射線事象評価尺度)の適用について”、経済産業省原子力安全・保安院報告、2011年4月

ご清聴ありがとうございました

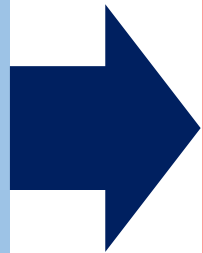
航空機モニタリングとは

算出された線量率を飛行軌跡とデータを基にして
計算で補間しマップ化

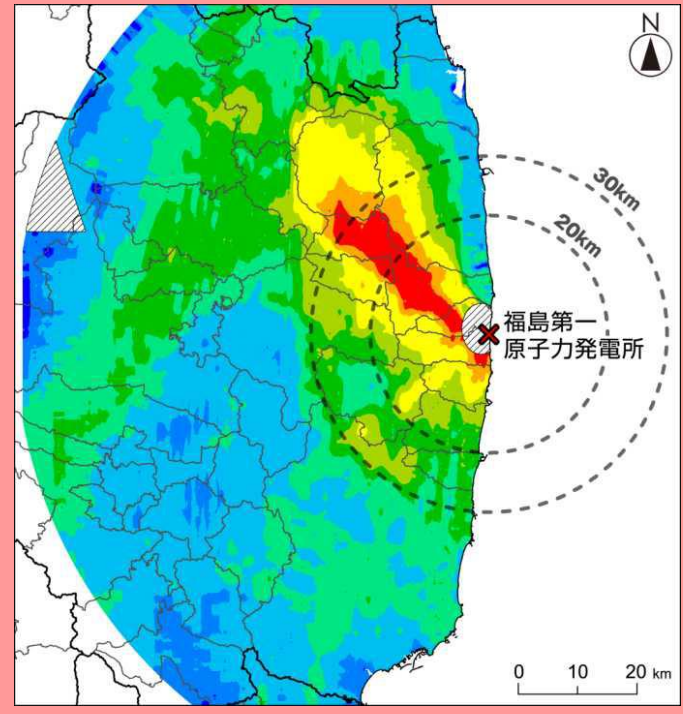
航空機での測定 + データの補間



線量率・飛行情報



空間線量率マップ化



事故において放射性物質の試算値 [Bq] *

核種	半減期	1号機	2号機	3号機	合計
Xe-133	5.2 d	3.4×10^{18}	3.5×10^{18}	4.4×10^{18}	1.1×10^{19}
Cs-134	2.1 y	7.1×10^{14}	1.6×10^{16}	8.2×10^{14}	1.8×10^{16}
Cs-137	30.0 y	5.9×10^{14}	1.4×10^{16}	7.1×10^{14}	1.5×10^{16}
Sr-89	50.5 d	8.2×10^{13}	6.8×10^{14}	1.2×10^{15}	2.0×10^{15}
Sr-90	29.1 y	6.1×10^{12}	4.8×10^{13}	8.5×10^{13}	1.4×10^{14}
Ba-140	12.7 d	1.3×10^{14}	1.1×10^{15}	1.9×10^{15}	3.2×10^{15}
Te-127m	109.0 d	2.5×10^{14}	7.7×10^{14}	6.9×10^{13}	1.1×10^{15}
Te-129m	33.6 d	7.2×10^{14}	2.4×10^{15}	2.1×10^{14}	3.3×10^{15}
Te-131m	30.0 h	<u>2.2×10^{15}</u>	<u>2.3×10^{15}</u>	<u>4.5×10^{14}</u>	<u>5.0×10^{15}</u>
Te-132	78.2 h	<u>2.5×10^{16}</u>	<u>5.7×10^{16}</u>	<u>6.4×10^{15}</u>	<u>8.8×10^{16}</u>
Ru-103	39.3 d	2.5×10^{09}	1.8×10^{09}	3.2×10^{09}	7.5×10^{09}
Ru-106	368.2 d	7.4×10^{08}	5.1×10^{08}	8.9×10^{08}	2.1×10^{09}
Zr-95	64.0 d	4.6×10^{11}	1.6×10^{13}	2.2×10^{11}	1.7×10^{13}
Ce-141	32.5 d	4.6×10^{11}	1.7×10^{13}	2.2×10^{11}	1.8×10^{13}
Ce-144	284.3 d	3.1×10^{11}	1.1×10^{13}	1.4×10^{11}	1.1×10^{13}
Np-239	2.4 d	3.7×10^{12}	7.1×10^{13}	1.4×10^{12}	7.6×10^{13}
Pu-238	87.7 y	5.8×10^{08}	1.8×10^{10}	2.5×10^{08}	1.9×10^{10}
Pu-239	24065 y	8.6×10^{07}	3.1×10^{09}	4.0×10^{07}	3.2×10^{09}
Pu-240	6537 y	8.8×10^{07}	3.0×10^{09}	4.0×10^{07}	3.2×10^{09}
Pu-241	14.4 y	3.5×10^{10}	1.2×10^{12}	1.6×10^{10}	1.2×10^{12}
Y-91	58.5 d	3.1×10^{11}	2.7×10^{12}	4.4×10^{11}	3.4×10^{12}
Pr-143	13.6 d	3.6×10^{11}	3.2×10^{12}	5.2×10^{11}	4.1×10^{12}
Nd-147	11.0 d	1.5×10^{11}	1.3×10^{12}	2.2×10^{11}	1.6×10^{12}
Gm-242	162.8 d	1.1×10^{10}	7.7×10^{10}	1.4×10^{10}	1.0×10^{11}
I-131	8.0 d	1.2×10^{16}	1.4×10^{17}	7.0×10^{15}	1.6×10^{17}
I-132	2.3 h	<u>1.3×10^{13}</u>	<u>6.7×10^{06}</u>	<u>3.7×10^{10}</u>	<u>1.3×10^{13}</u>
I-133	20.8 h	<u>1.2×10^{16}</u>	<u>2.6×10^{16}</u>	<u>4.2×10^{15}</u>	<u>4.2×10^{16}</u>
I-135	6.6 h	<u>2.0×10^{15}</u>	<u>7.4×10^{13}</u>	<u>1.9×10^{14}</u>	<u>2.3×10^{15}</u>
Sb-127	3.9 d	1.7×10^{15}	4.2×10^{15}	4.5×10^{14}	6.4×10^{15}
Sb-129	4.3 h	<u>1.4×10^{14}</u>	<u>5.6×10^{10}</u>	<u>2.3×10^{12}</u>	<u>1.4×10^{14}</u>



*平成23年6月6日
 原子力安全・保安院報告
 「東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に係る1号機、2号機および3号機の炉心の状態に関する評価について」より。