



Japan Atomic Energy Agency

未来へげんき
To the Future / JAEA

令和3年度
原子力規制庁技術基盤グループ-原子力機構安全研究・防災支援部門
合同研究成果報告会

航空機モニタリンググループの研究概要及び 有人ヘリコプターによる放射線モニタリング

令和3年11月2日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
安全研究・防災支援部門 原子力緊急時支援・研修センター
防災研究開発ディビジョン 航空機モニタリンググループ
普天間 章

本発表は、原子力規制委員会原子力規制庁からの受託事業
「原子力施設等防災対策等委託費及び放射性物質測定調査委託費(80 km圏内外における航空機モニタリング)事業」
「原子力施設等防災対策等委託費及び放射性物質測定調査委託費(九州電力川内原子力発電所80 km圏内における航空機モニタリング等)事業」
「原子力施設等防災対策等委託費(航空機モニタリング運用技術の確立等)事業」
の成果の一部を含む。

目次

1. 航空機モニタリンググループの研究概要

- 背景
- 有人ヘリコプターによるモニタリングの流れ
- 福島第一原子力発電所周辺のモニタリング
- 原子力防災への適用に向けた取り組み

2. 有人ヘリコプターによる放射線モニタリング

- 12箇所の原子力施設周辺におけるモニタリング
→空間線量率分布マップの作成、マップの妥当性の確認について

背景



中日本航空株式会社 所有 Bell 430 JA05TV

特徴

- 迅速かつ広範囲に放射線の計測が可能
- 人の立ち入り困難なエリアにおいても計測が可能

福島第一原子力発電所事故後から有人ヘリコプターによるモニタリングを活用し、

- 空間線量率の分布状況
- 周辺環境中における放射性物質の拡散状況について計測・評価を継続的に実施

有人ヘリコプターによるモニタリングの流れ

データ取得

モニタリングエリアを飛行し、データを取得する

有人ヘリコプター: 機底部に燃料タンクが無い機種

基準対地高度
300 m

基準速度
約160 km/h

地表面からのガンマ線を計測

計測システム

概観

検出部: NaI(Tl)検出器
※NaI(Tl)結晶サイズ: 2" × 4" × 16" (6個)

1秒毎にガンマ線計数率とGPS測位データを記録

換算パラメータ取得

上空で取得したガンマ線計数率を地表面から1 mの高さの空間線量率に換算するためのパラメータを取得

テスト・ラインフライト

ガンマ線の空気減弱を補正するための係数を取得

指数関数近似 $y = ae^{-bx}$

指数関数の傾き(b)を空気減弱係数とする

対地高度を変化させてフライト

テスト・ポイントフライト

ガンマ線計数率を空間線量率に換算するための係数を取得

ホバリング
対地高度 300 m

1 m

NaI(Tl)検出器による地上測定

空間線量率分布マップ

地理情報ソフトウェアを用いて空間線量率分布をマッピング

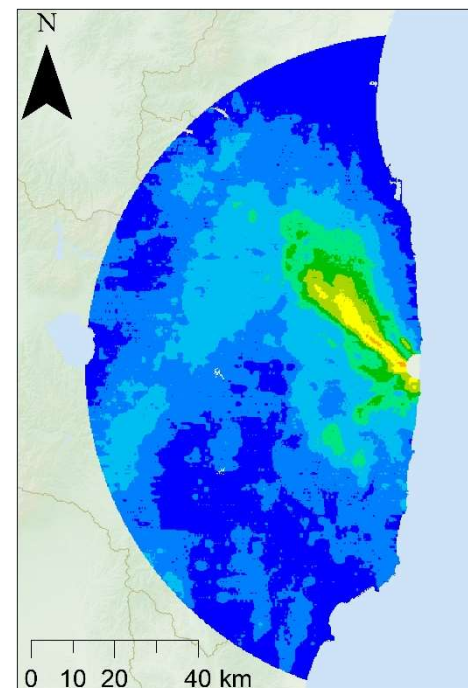
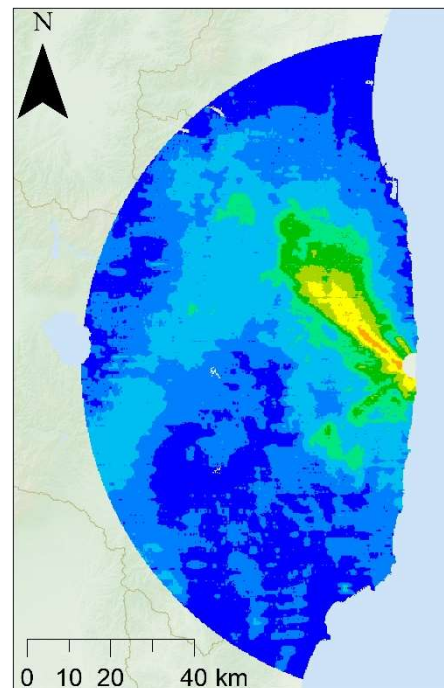
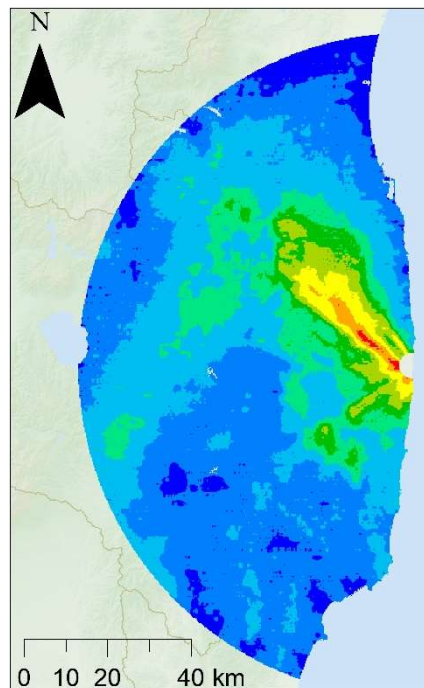
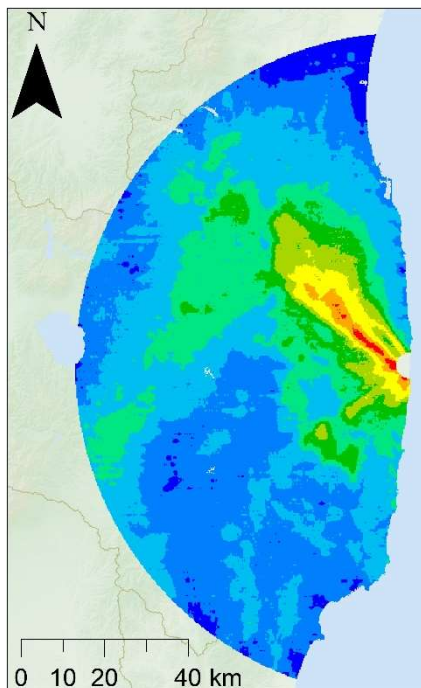
福島第一原子力発電所周辺のモニタリング

2013年9月28日時点

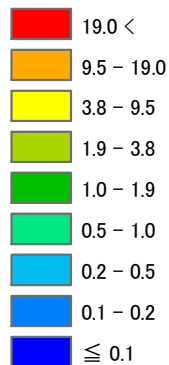
2014年9月20日時点

2017年9月25日時点

2020年10月2日時点



地表面から1 mの高さの
空間線量率($\mu\text{Sv/h}$)

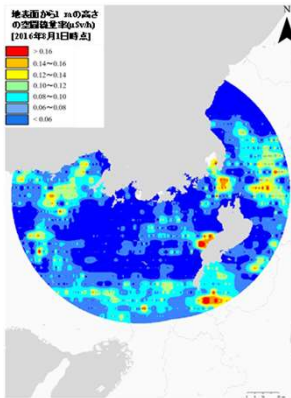


背景地図は©ESRI ジャパンデータコンテンツを使用

時間の経過に伴い、比較的高線量率なエリアの面積が減少していくことを視覚化
→空間線量率の分布状況の把握に貢献

原子力防災への適用に向けた取り組み

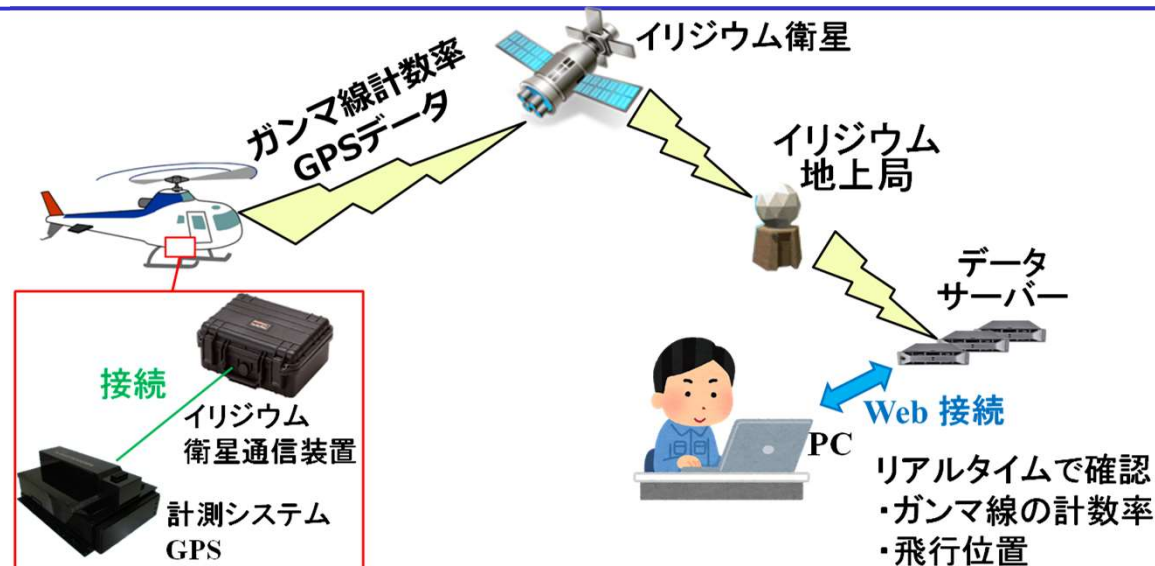
緊急時モニタリングに備えた事前の情報整備



原子力施設周辺のモニタリング

- 各エリアの空間線量率分布の特徴を整備
→後半パートで報告
- フライトを行う上での注意点等を整理
- 技術維持・継承

リアルタイムに計測データを確認できる通信システムの構築



目次

1. 航空機モニタリンググループの研究概要

- 背景
- 有人ヘリコプターによるモニタリングの流れ
- 福島第一原子力発電所周辺のモニタリング
- 原子力防災への適用に向けた取り組み

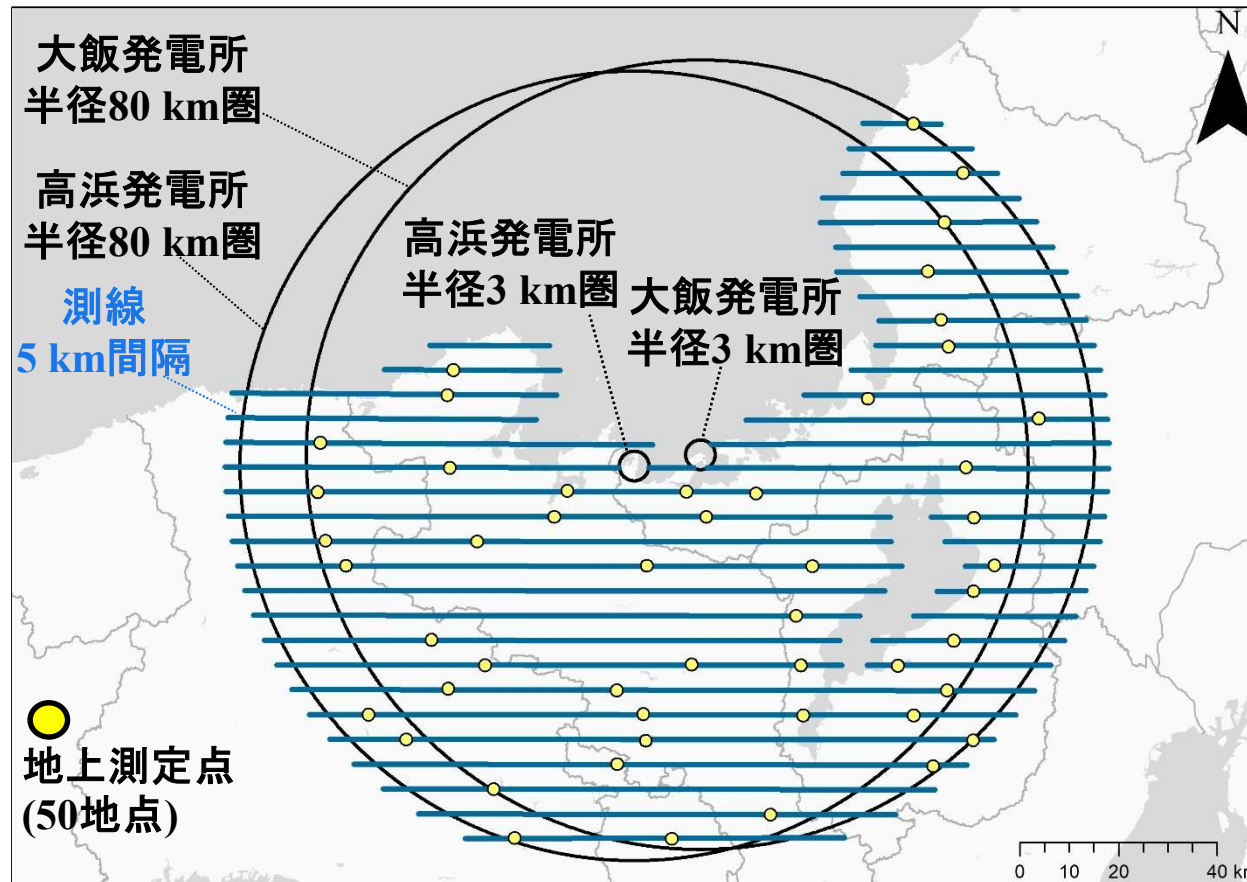
2. 有人ヘリコプターによる放射線モニタリング

- 12箇所の原子力施設周辺におけるモニタリング
→空間線量率分布マップの作成、マップの妥当性の確認について

モニタリングエリアと実施時期

No.	モニタリングエリア	実施年月日
1	川内	2016年2月1日～2月7日
2	大飯・高浜	2016年7月20日～8月1日
3	伊方	2016年11月29日～12月11日
4	泊	2017年7月24日～8月2日
5	柏崎刈羽	2017年7月26日～8月10日(台風により中断) 2017年9月30日～10月1日
6	玄海	2017年11月28日～12月5日
7	島根	2018年7月20日～7月27日
8	浜岡	2018年11月27日～12月9日
9	東通・六ヶ所	2019年6月26日～7月10日
10	志賀	2019年11月21日～11月29日
11	美浜・敦賀 (大飯・高浜と重複する範囲を除く)	2020年8月1日～8月10日
12	近大炉・京大炉 (大飯・高浜と重複する範囲を除く)	2020年11月12日～11月19日

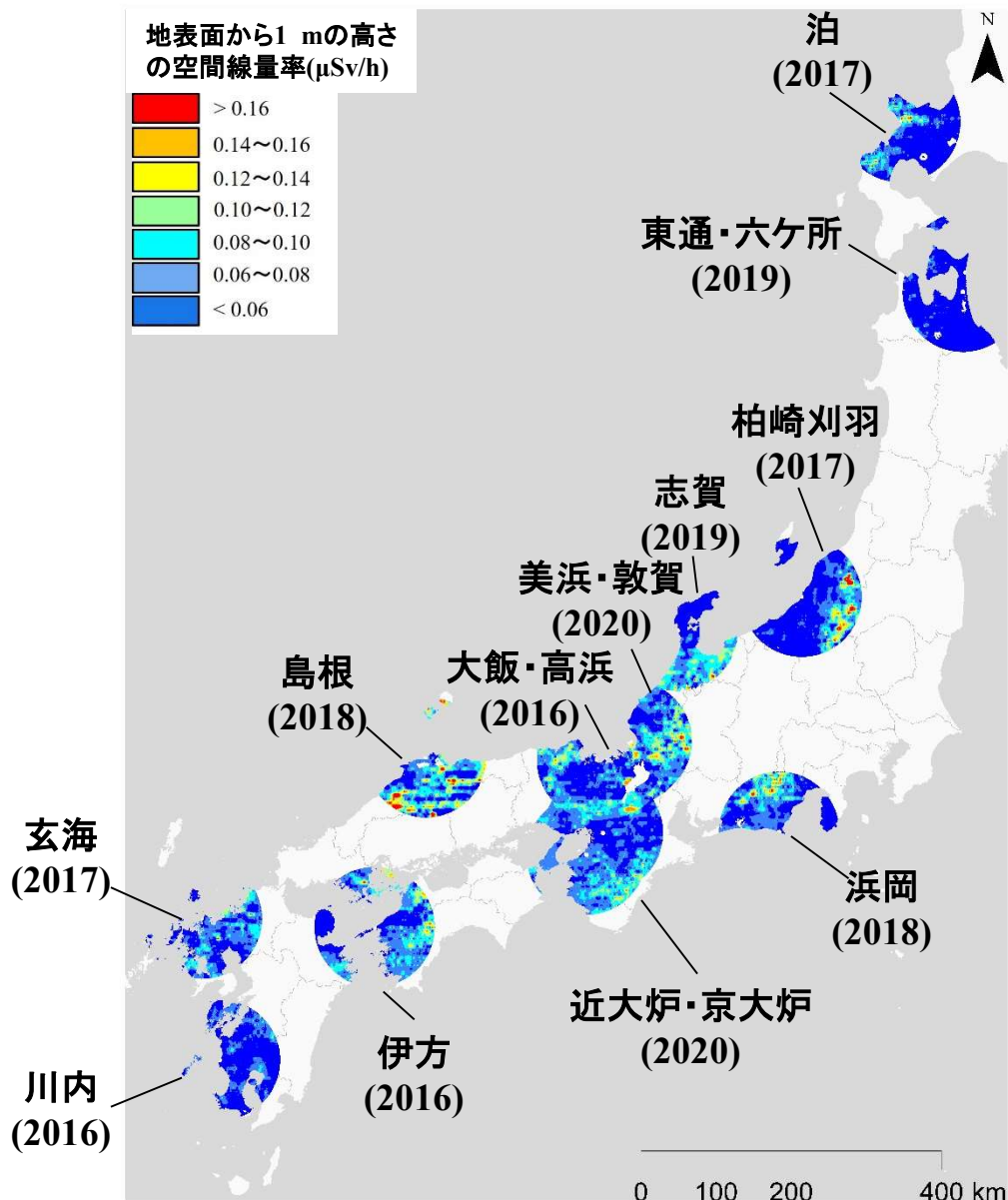
モニタリング範囲(大飯・高浜の例)



背景地図は©ESRI ジャパンデータコンテンツを使用

- 原子力施設を中心とする半径3 km～80 km圏内(水上は除く)
- 測線は東西方向、間隔は5 kmに設定
- 一般的なNaI(Tl)検出器を用いた地上測定値と有人ヘリモニタリングによる空間線量率分布マップの値を比較し、マップの妥当性の確認を実施

原子力施設周辺の空間線量率分布マップ



関西・中国地方で比較的高線量率なエリアの面積が大きい。
→花崗岩の分布地帯が比較的多いため。

空間線量率の分布範囲は約 $0.01 \mu\text{Sv/h}$ ～約 $0.40 \mu\text{Sv/h}$ であった。
→柏崎刈羽エリアの蒲原山地(新潟県)で空間線量率の最大値が記録された。

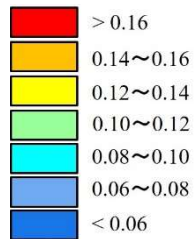
背景地図は©ESRI ジャパンデータコンテンツを使用

空間線量率の上昇に寄与する要因(大飯・高浜の一例)

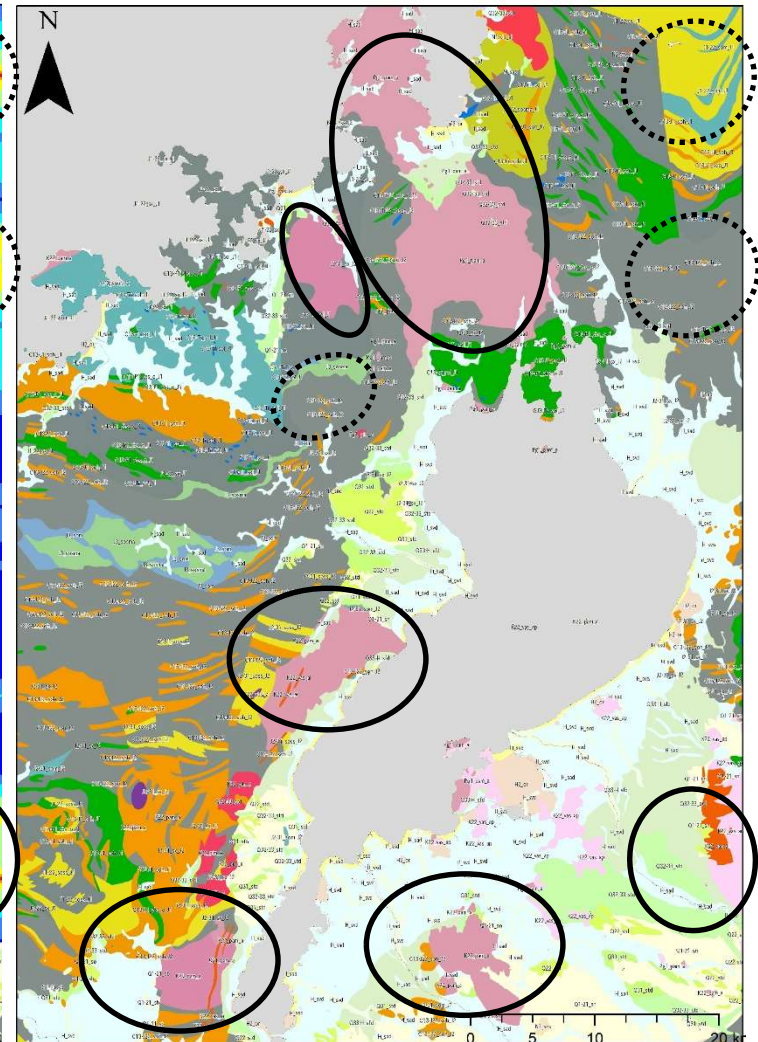
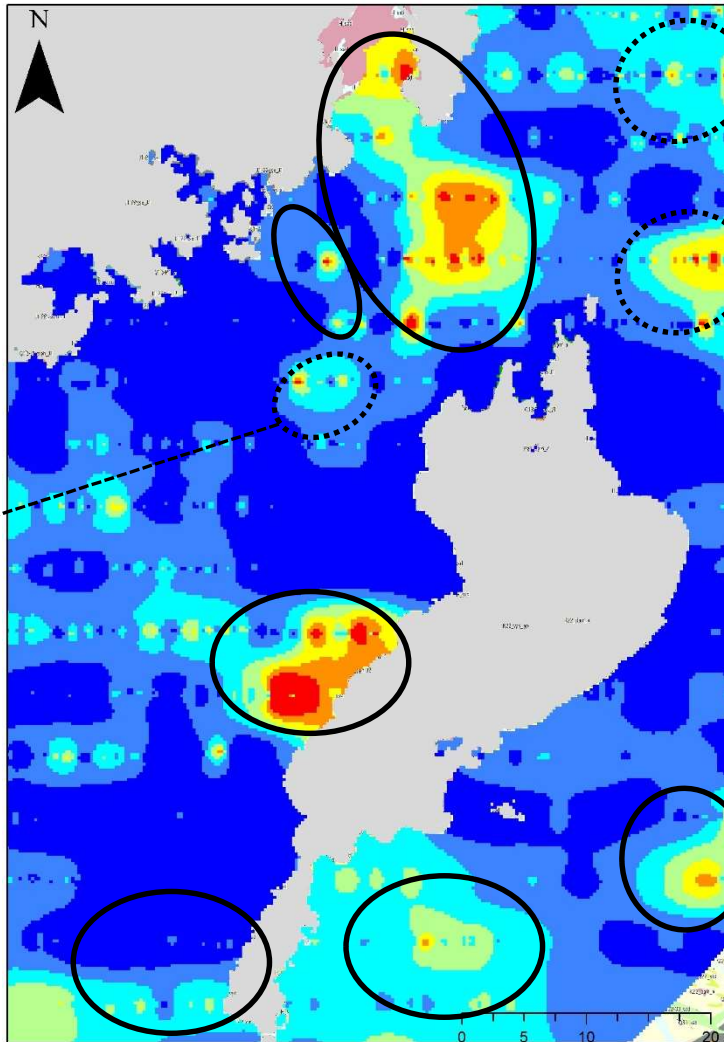
○ **花崗岩の分布地帯**

⊙ への周囲を地物が取り囲むエリア の周辺において比較的高線量率

地表面から1 mの高さの空間線量率($\mu\text{Sv/h}$)
[2016年8月1日時点]

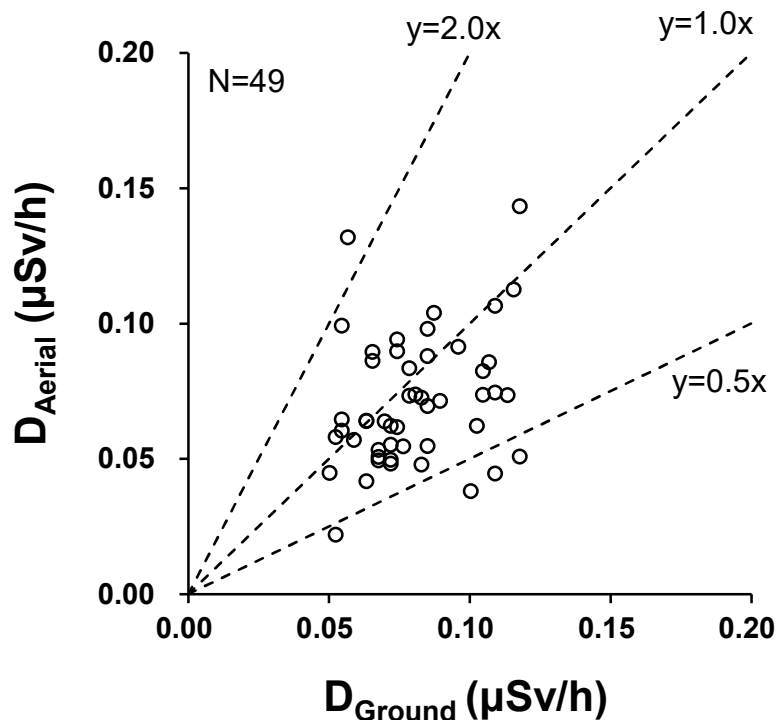


ガンマ線計数率が増大する傾向



空間線量率分布マップの妥当性の確認(大飯・高浜の例)

空間線量率分布マップの値と地上測定値との比較



空間線量率分布マップの値: D_{Aerial}
 地上測定による空間線量率: D_{Ground}

- ✓ D_{Aerial} が D_{Ground} の0.5倍~2.0倍に収まる割合は約90%(44地点/49地点)であった。
- ✓ D_{Aerial} と D_{Ground} の平方根平均二乗誤差(RMSE)は約0.027 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (D_{Aerial,i} - D_{Ground,i})^2}$$

RMSEが0に近いほど、
 地上測定値と良く合っている

※地上測定は50地点で実施したが、内1地点は有人ヘリによる測定範囲外であったため、比較対象から除外した。

マップの妥当性の確認

No.	モニタリングエリア	0.5倍～2.0倍に 収まる割合	RMSE(μ Sv/h)
1	川内	100% (30地点/30地点)	0.014
2	大飯・高浜	90% (44地点/49地点)	0.027
3	伊方	100% (50地点/50地点)	0.019
4	泊	93% (28地点/30地点)	0.018
5	柏崎刈羽	87% (26地点/30地点)	0.026
6	玄海	100% (30地点/30地点)	0.024
7	島根	80% (24地点/30地点)	0.046
8	浜岡	97% (29地点/30地点)	0.020
9	東通・六ヶ所	90% (45地点/50地点)	0.014
10	志賀	93% (28地点/30地点)	0.026
11	美浜・敦賀 (大飯・高浜と重複する範囲を除く)	93% (28地点/30地点)	0.024
12	近大炉・京大炉 (大飯・高浜と重複する範囲を除く)	93% (37地点/40地点)	0.024

結論

12箇所の原子力施設を中心とする3 km～80 km圏内において、有人ヘリによるモニタリングを実施し、空間線量率分布マップを作成した。

- ✓ 空間線量率の範囲: 約0.01 $\mu\text{Sv/h}$ ～約0.40 $\mu\text{Sv/h}$
- ✓ 空間線量率の比較的高い場所:
 - 花崗岩の分布地帯
 - 地形の起伏が激しく、ヘリ周囲が地物に取り囲まれるような場所

空間線量率分布マップの値と地上測定値とを比較し、空間線量率分布マップの妥当性の確認を行った。

- ✓ 地上測定値の0.5倍～2.0倍に収まる割合: 約90%
- ✓ 平方根平均二乗誤差(RMSE): 約0.02 $\mu\text{Sv/h}$

地上測定を実施した地点周辺において、概ね妥当性のよい空間線量率マップの値が得られることが確認された。

【参考文献】

眞田他, 平成27年度原子力発電所周辺における航空機モニタリング(受託研究), JAEA-Research 2016-016, 2016.

眞田他, 平成28年度緊急時対応技術適用のためのバックグラウンド航空機モニタリング(受託研究), JAEA-Technology 2017-035, 2018.

普天間他, 平成29年度緊急時対応技術適用のためのバックグラウンド航空機モニタリング(受託研究), JAEA-Technology 2018-016, 2019.

普天間他, 平成30年度緊急時対応技術適用のためのバックグラウンド航空機モニタリング(受託研究), JAEA-Technology 2019-017, 2019.

普天間他, 令和元年度緊急時対応技術適用のためのバックグラウンド航空機モニタリング(受託研究), JAEA-Technology 2020-019, 2021.

原子力規制庁, 令和2年度原子力施設等防災対策等委託費(航空機モニタリング運用技術の確立等)事業 報告書

(<https://www.nsr.go.jp/data/000360270.pdf>).