

遠隔放射線測定技術の高度化 の進捗と予定

独立行政法人日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門 福島環境安全センター
放射線計測技術グループ

放射線を面で捉える

広い範囲に拡散した放射性物質の分布状況を迅速に把握する

航空機モニタリング



飛行範囲: ~100 km

初期データを
生かせないか

初期ヨウ素の
分布解析

無人ヘリモニタリング



飛行範囲: 1~5 km

森林火災時など
緊急時に簡便に広域
測定できないか

無人機システム

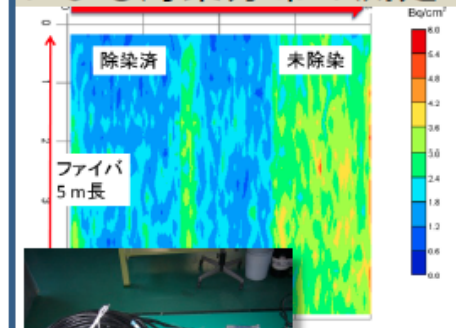


飛行範囲: 数10 km

より高精細な分布
が測定できないか

無人ヘリ搭載
コンプトンカメラ

ファイバー検出器 (PSF) による汚染分布の測定



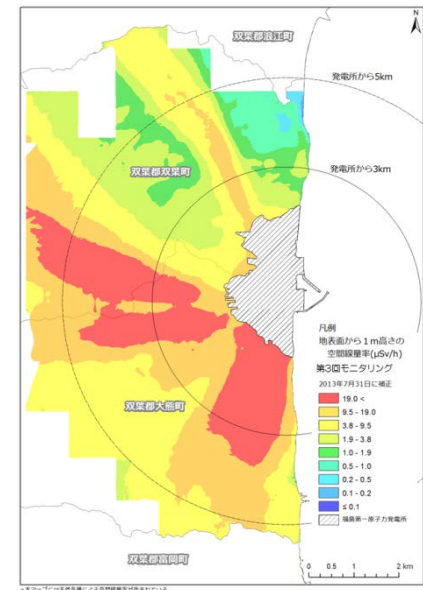
水底の放射能分布
が測定できないか

ため池等の放射
能分布の測定

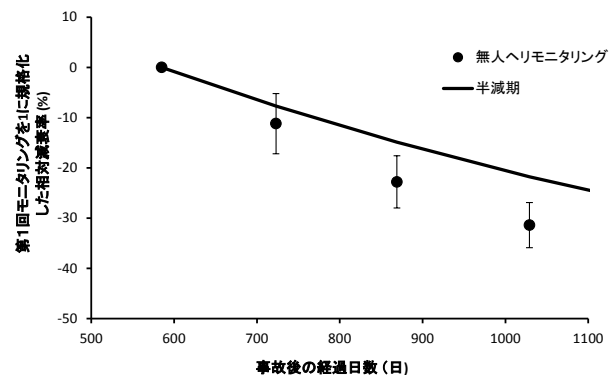
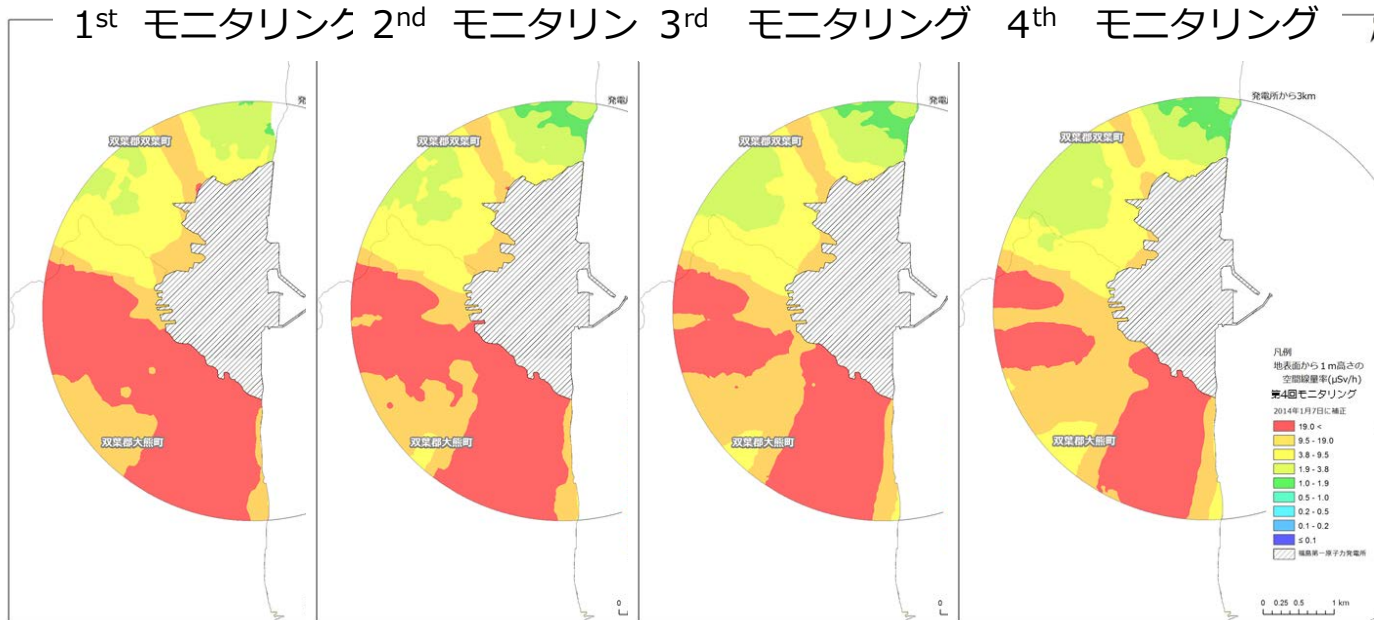
項目		平成25年度				平成26年度				関連自治体
		4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	
無人ヘリ	5km圏内モニタリング(規制庁事業)	↔		↔		↔		↔		双葉町 大熊町
	河川敷モニタリング(請戸・高瀬川)	◆		◆		◆	◆		◆	浪江町
	コンプトンカメラ試験			◆		◆	◆	◆		浪江町 双葉町 大熊町
	森林測定技術の開発				◆		◆	◆		川内村 飯舘村
水底モニタリング	農業用ため池の測定支援(福島県連携)	←→		→						南相馬市
	ダムへの適用(大柿ダムでの測定)		◆ 荻ダム			◆ 大柿ダム				川内村 浪江町
無人航空機の開発	警戒区域内でのモニタリング			◆			◆			浪江町 双葉町
有人ヘリによるモニタリング(規制庁委託事業)		東日本(4 th) ↔↔↔			東日本(5 th) ↔↔↔				—	
		80 km圏内(7 th)		80 km圏内(8 th)		80 km圏内(9 th)		80 km圏内(10 th)		

発電所から5 km圏内における無人ヘリモニタリングの成果について

年度	2012				2013				
	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	
項目		↔		↔	↔		↔		
		1st monitoring		2nd monitoring		3rd monitoring		4th monitoring	



3rd モニタリングの結果



H25年度「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立」の一環として実施

- 発電所から敷地外の5 km圏内について無人ヘリ測定を実施し、空間線量率と放射性Cs沈着量の分布を求めた。
- 過去のモニタリングと比較し、半減期による減衰率よりも多く減少していることが分かった。

【H26年度のスケジュール：2回のモニタリングを予定】

- ① 第1回：平成26年6月23日～7月26日
- ② 第2回：11月～12月頃

☆継続的なモニタリング

年度	2011				2012				2013			
	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3
項目				◆			◆	◆		◆		◆
				1st monitoring			2nd monitoring	3rd monitoring		4th monitoring		5th monitoring

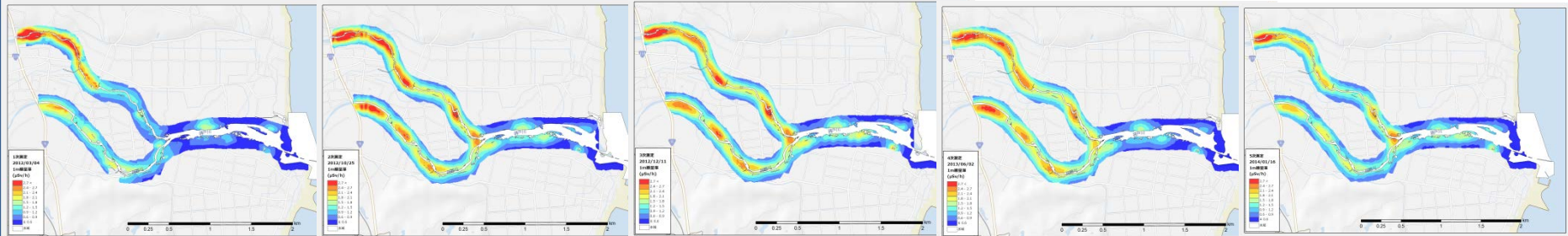
1st monitoring

2nd monitoring

3rd monitoring

4th monitoring

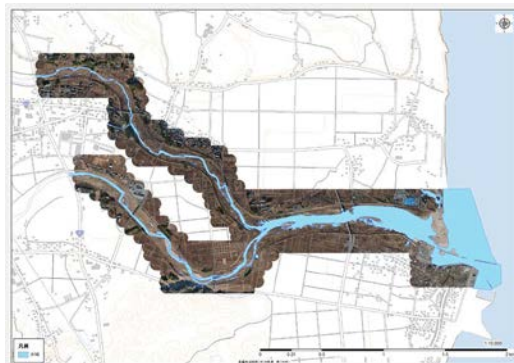
5th monitoring



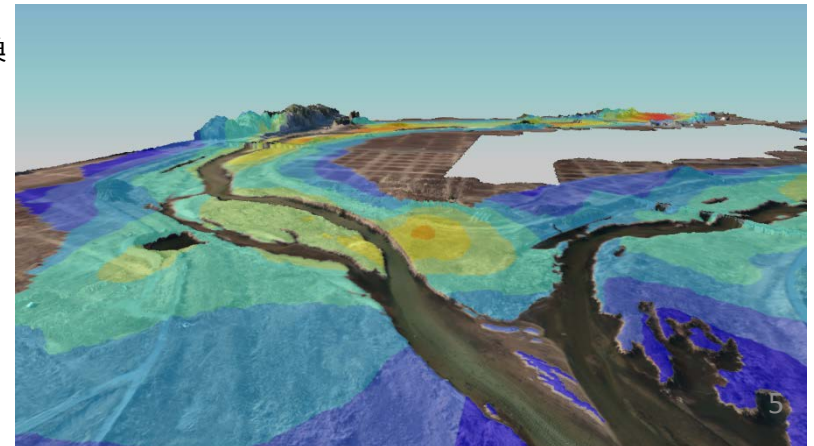
過去5回のモニタリングにより放射性物質の移行に関する知見を得る

☆モニタリングの高度化

- ・上空から定期的に写真を撮影し、視野の差から3Dの地形情報に変換



線量率データの
重ね合わせ



[目的] 請戸川・高瀬川の下流域について放射性物質の移行による河川敷の線量率の変化が懸念されている。本研究では、過去に5回の無人ヘリによるモニタリングを実施し、線量率の変化状況を確認してきた（前項の資料参照）。

今年度も、3回のモニタリングを実施し、線量率の変化について考察を行う。

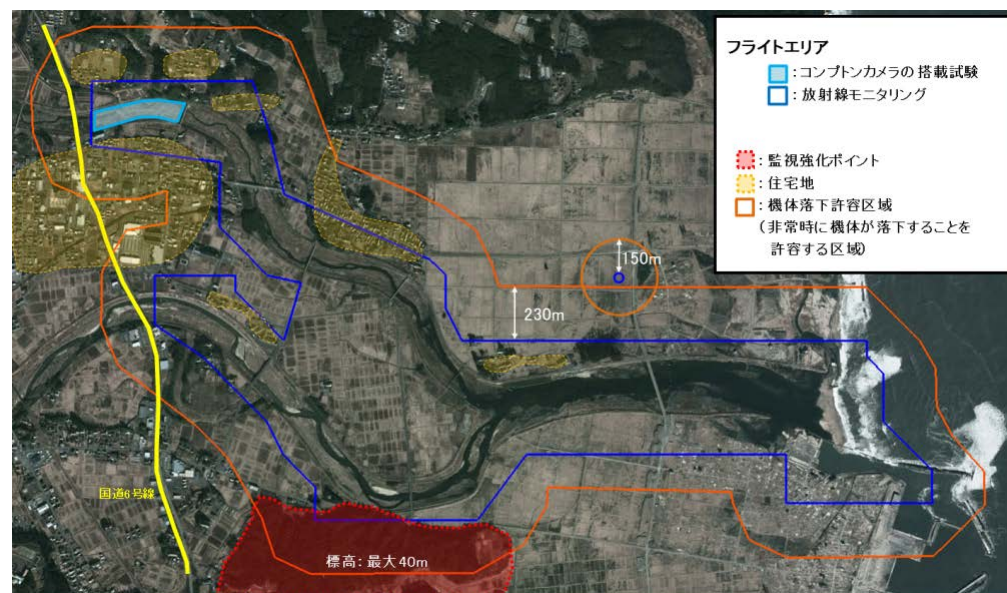
[場所] 請戸川・高瀬川の6号線より下流の河川敷（右図）

[年間スケジュール]

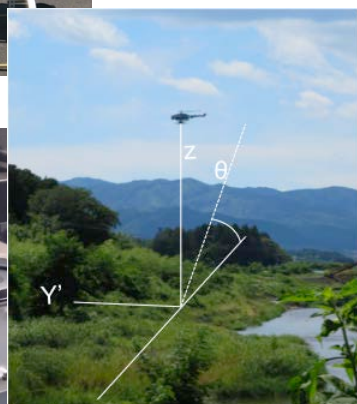
6th monitoring (H26年度第1回)
平成26年4月21日～25日（実施済み）
* 雪解けによる増水後の変化
* コンプトカメラによる試験（次項参照）

7th monitoring (H26年度第2回)
平成26年9月予定
* 梅雨期後の変化

8th monitoring (H26年度第3回)
平成27年1月予定
* 台風期後の変化

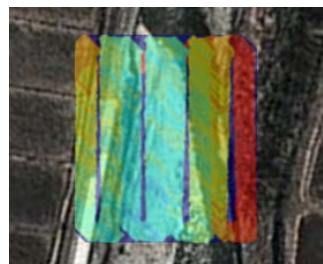


[達成目標] 国産シンチレータ (GAGG) を用いた高感度コンプトンカメラとオルソ画像 (3D画像) と組み合わせて、詳細なCs沈着状況を把握する。



開発したコンプトンカメラ
同時計数法を応用した位置分解能のよい検出器

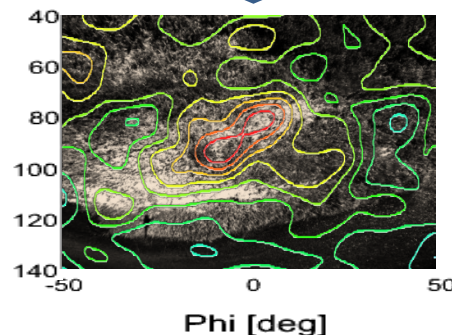
計数率マップ (測線飛行)



オルソ画像による3Dマップ



+



結果イメージ

[研究成果]

- ・ JST公募研究 (H24-26) として、古河機械金属、東大、東北大、JAEAの共同研究。
- ・ 浪江町内で飛行試験を実施し、感度分布を評価。米UCB/HEMI検出器と比較試験を行う。

マルチコプター(μUAV)の開発

「背景」

●カメラ搭載型のμUAVは、人や従来の航空機が立ち入れない未知の視点からの撮影が可能であることから、ラジコン撮影／火山の観測／室内監視／災害調査／防犯／ホビー等の分野への活用が期待されている。

●また、福島環境回復の分野では、狭い環境での簡便な飛行ツールとして有力なツールであり、福島第一原子力発電所周辺環境や森林内の放射線計測のニーズが高まっている。

「目的」

●市販μUAVを基に安全性能を付加した産業用μUAVを構築する

➡(国内μUAVメーカーへの発注)

●併行して、GPSが使えない環境での測定用にレーザ測量技術等を用いた森林内の放射線測定用μUAVを開発する

➡(千葉大学との共同研究)

[スケジュール]

H26年度: 安全性を高めた産業用μUAVの開発、森林測定のためのGPSを使用しないμUAVの開発

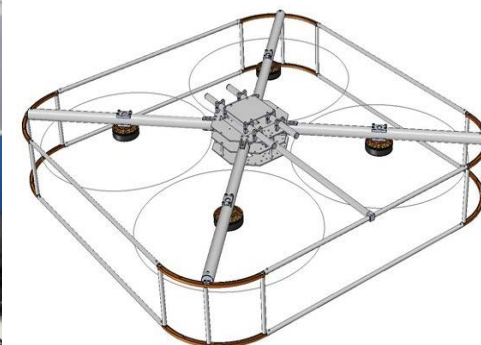
H27年度: 両技術の融合、運用試験開始

H28年度: 実運用の開始

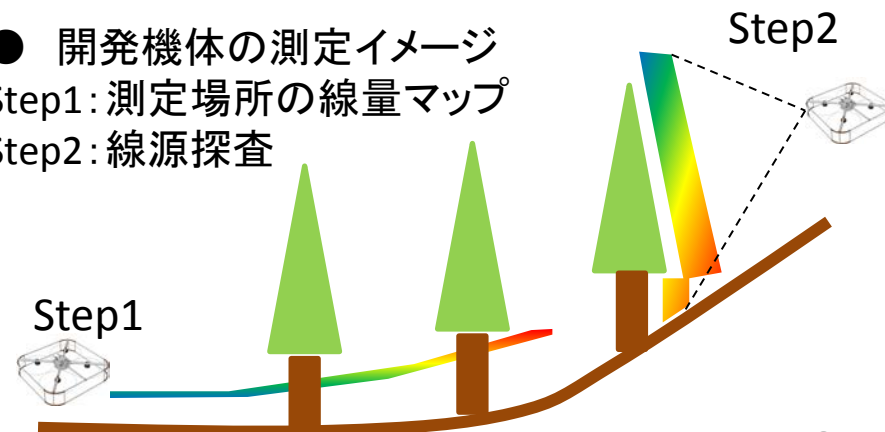
試作機(事故機体)



開発予定機体イメージ



- 開発機体の測定イメージ
- Step1: 測定場所の線量マップ
Step2: 線源探査



[事故概要]

平成26年2月19日に、福島環境安全センターの所有するμUAVが制御不能を経て墜落する事象が発生した。

●事故状況: 対地高度25 mでプログラム飛行を実施中に制御を失い、北方向に約150 m移動し、農薬散布無人ヘリ練習場(田んぼ)周辺に位置する民家の屋根に積もった雪に接触して墜落。

●事故機体の仕様

・機体: Cinestar6 (ドイツ, Freefly Systems社製) / ・制御: Wookong-M (香港, DJI社製)

[調査結果:ハード面(直接原因)]

・調査の結果、GPS/COMPASS (機体位置検知部) の異常の可能性がある。

・ただし、製造メーカーの調査では異常なし。

→ 詳細な原因の特定は困難(飛行時LOGがない、試験時の写真や動画がない等)

[調査結果:ソフト面(間接原因)]

[設計(発注)]

・事故後にHP等で情報を確認すると様々な事故報告が有り、機種を選定が不適切であった。

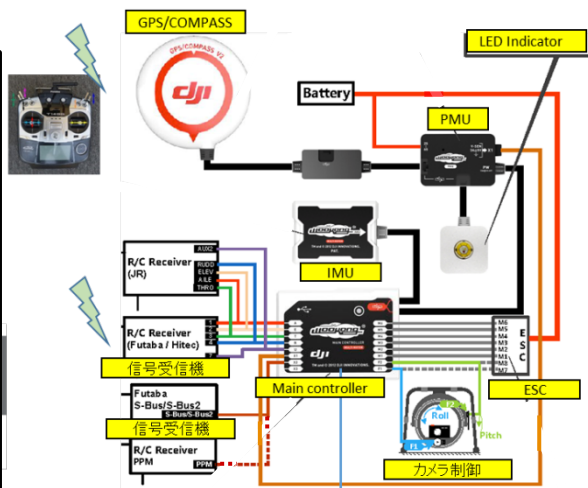
[運用]

・操作員の事故機体に対する知識・運用経験が不足。

[事故経験の反映]

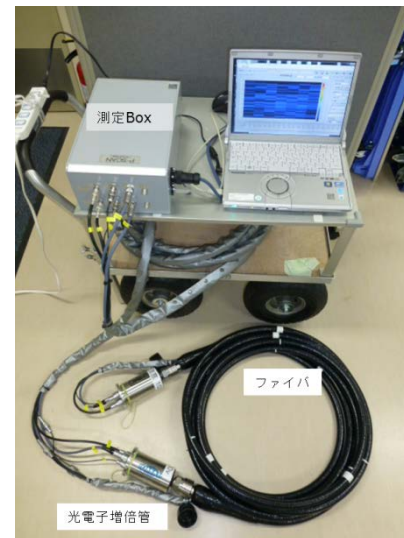
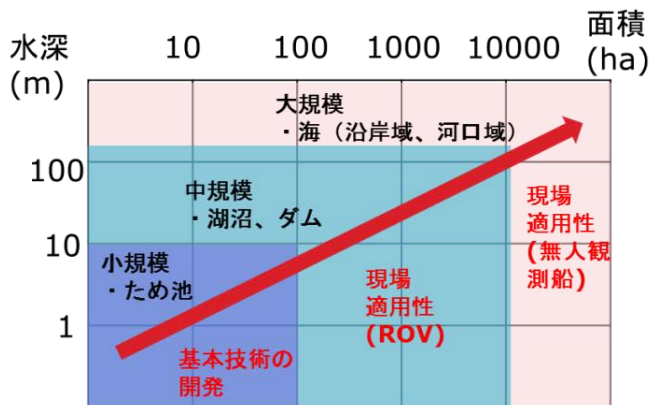
- ・独立した無線システムによる緊急停止
- ・落下緩和策(例:パラシュート・エアバック等)の付加
- ・人間工学的な安全を考慮した専用のコントローラ
- ・部品の選定(信頼性が確認できる機器)
- ・故障解析及び運用マニュアルの作成
- ・操縦者の教育訓練の実施(資格、認定)
- ・飛行安全手順書の策定

GPS/COMPASS: GPSによる位置情報受信と磁性コンパスによる方向を認識する装置
PMU: Power monitoring unit コントローラー用電圧、フライト用電圧を一つのバッテリーから供給させる装置
LED indicator: 電圧の供給(バッテリーの容量)をLEDで表示
IMU: Inertial Measurement Unit 慣性計測装置 機体の姿勢を計測する装置
Main controller: 機体の制御計算を行う装置
ESC: Electronics speed controller バッテリーから送られる電流量をコントロールし、モーターの回転数を決める装置



μUAVの制御機能図

【達成目標】 水底での広域な測定手法の開発と測定試験の実施。



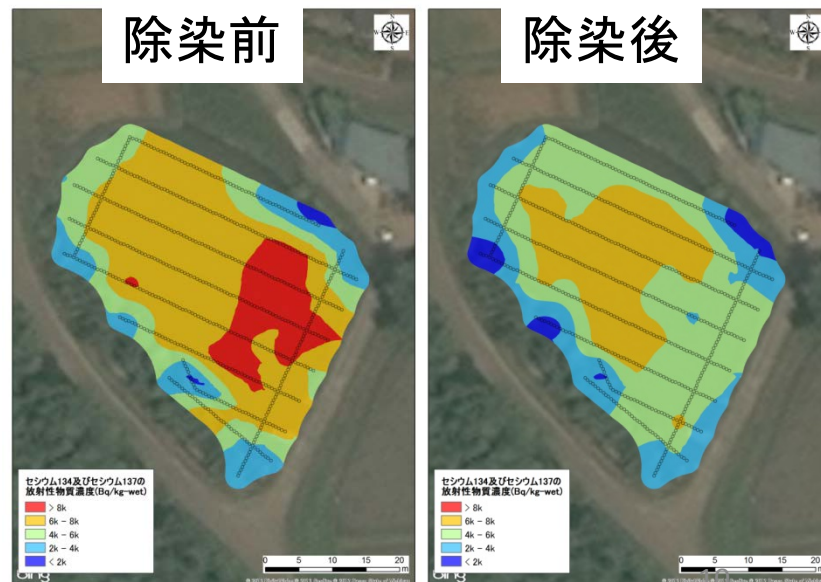
比較的浅い水域



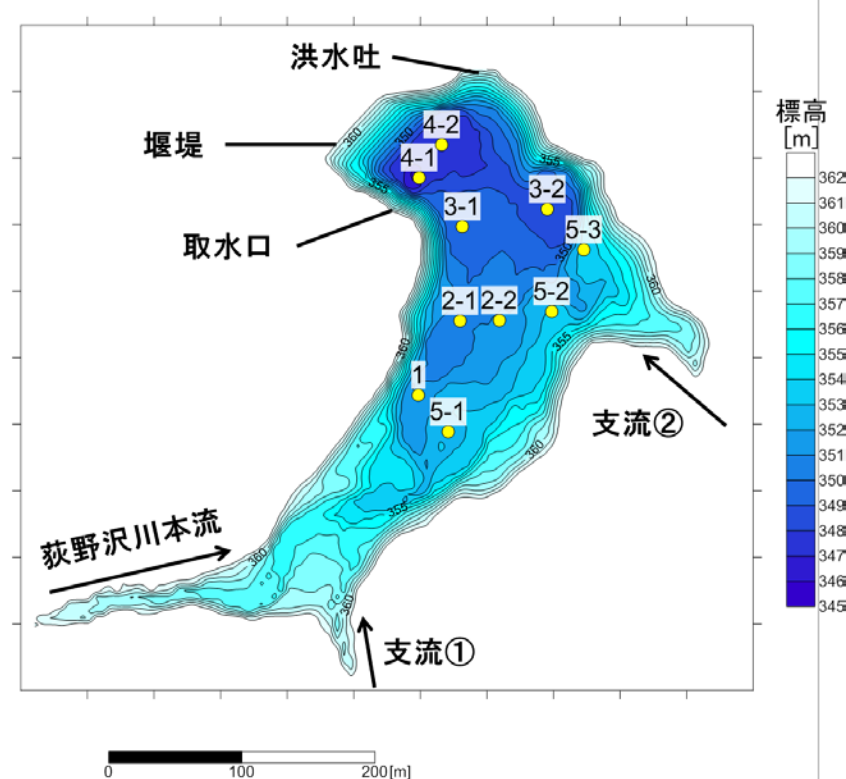
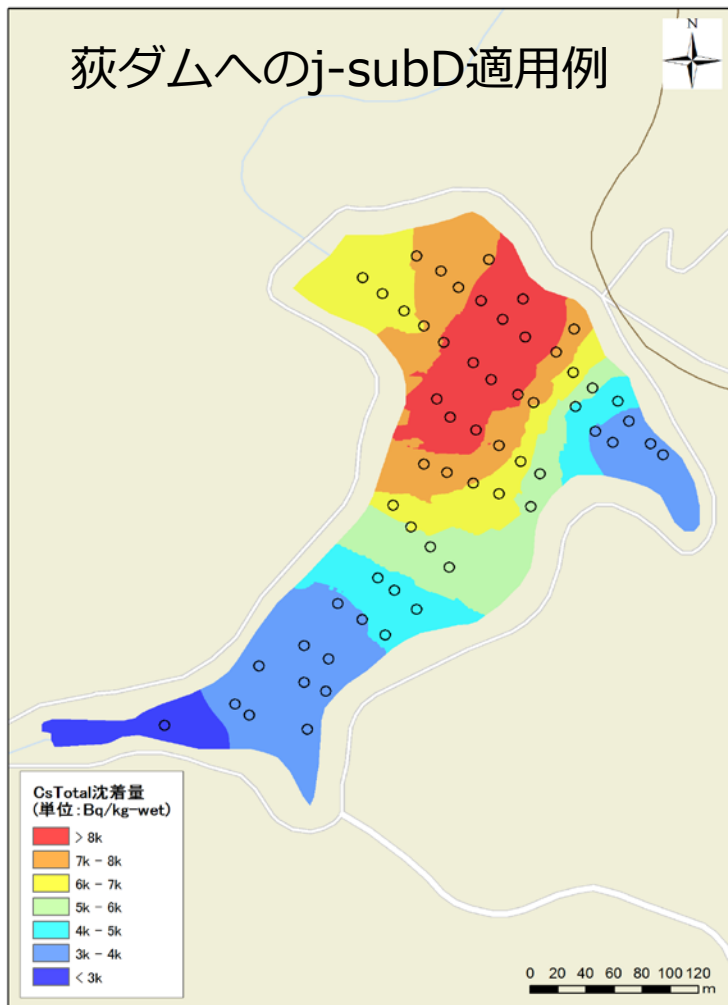
水深100メートルまで

【研究成果】

- 農業用ため池のin-situ放射線分布測定手法の標準化。
→ H25年12月より水土里ネット福島へ技術移転中。
(H26年度も技術指導契約手続き中。H26.5末時点)
- ・ 水底の放射線分布計測方法の現地指導
- ・ 放射線分布の解析およびマッピング方法の技術指導

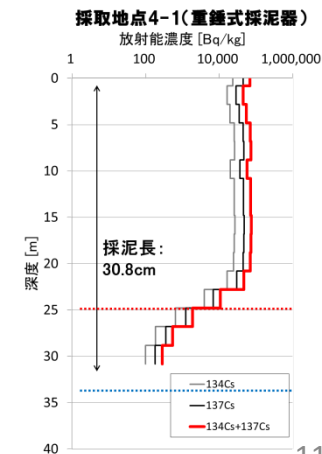
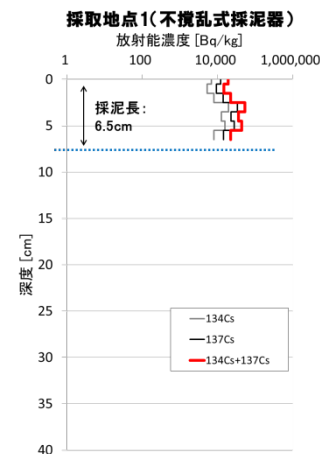


ため池 (東笹田) へのPSF適用例



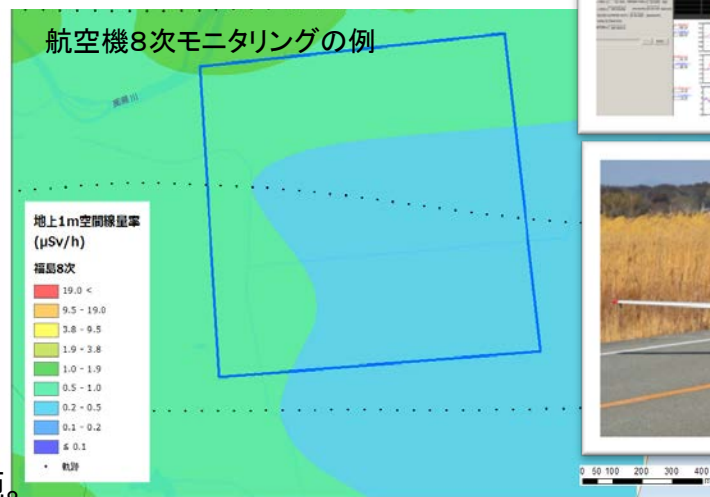
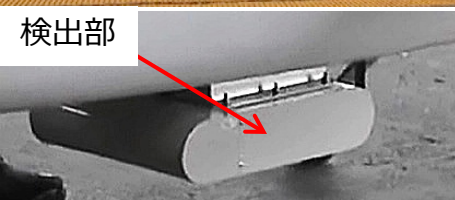
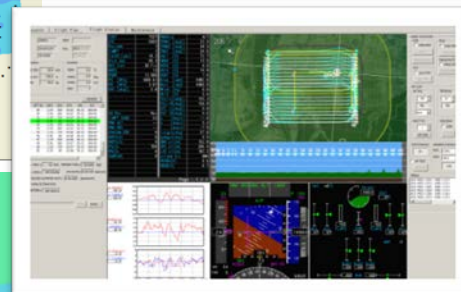
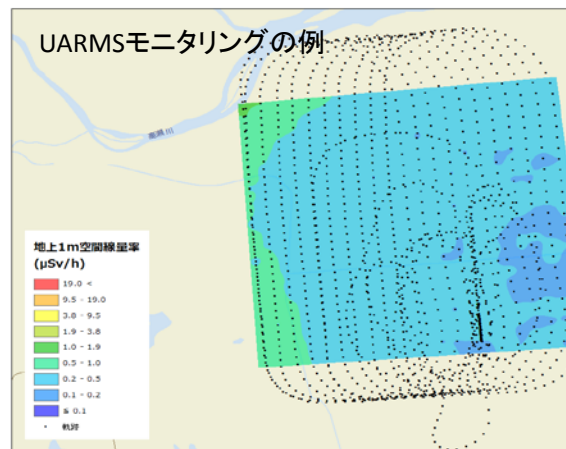
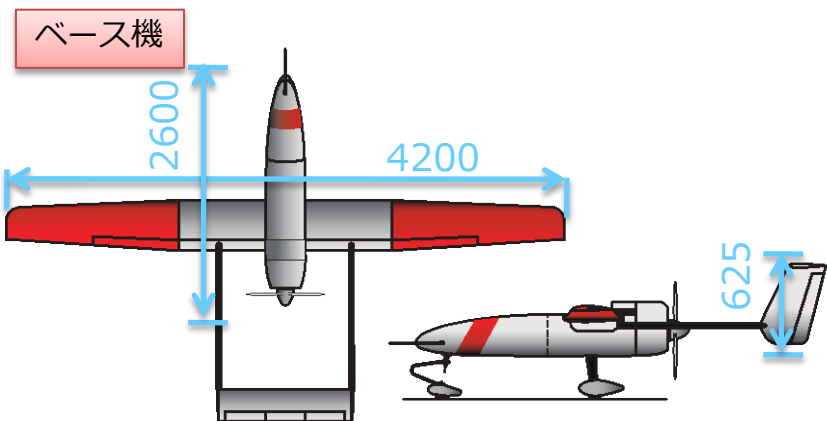
[H26年度 水底の測定手法開発]

- ため池のin-situ放射線分布測定手法の湖への適用確認
⇒ 5/12-16に大柿ダムで測定、j-subD（環境動態研究への活用）
- ROVシステムの開発 ⇒ 大柿ダムで秋頃



無人航空機放射線モニタリングシステム (UARMS) の開発

【達成目標】 放射線検出器を搭載し、国内の無人航空機では最長クラスの滞空性能を満足する。検出器の小型化および線量評価技術を開発し、観測精度を向上させる。機体の信頼性・安全性を向上する。

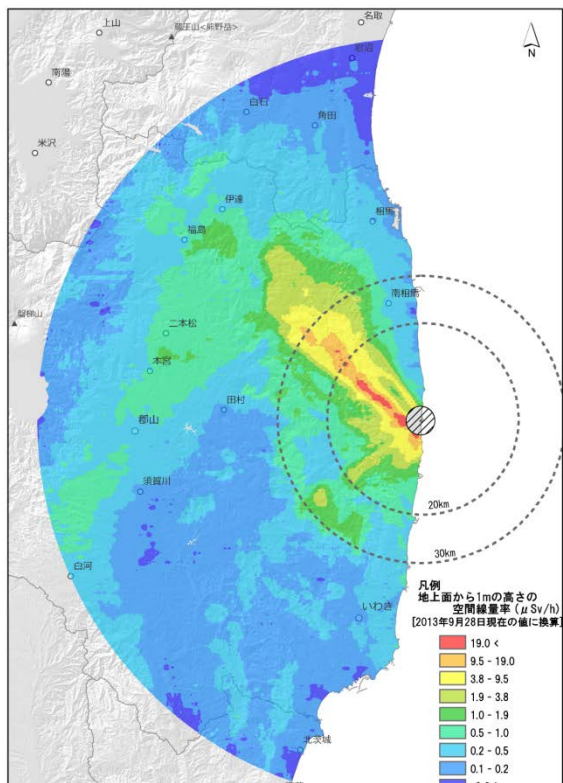


【研究成果】

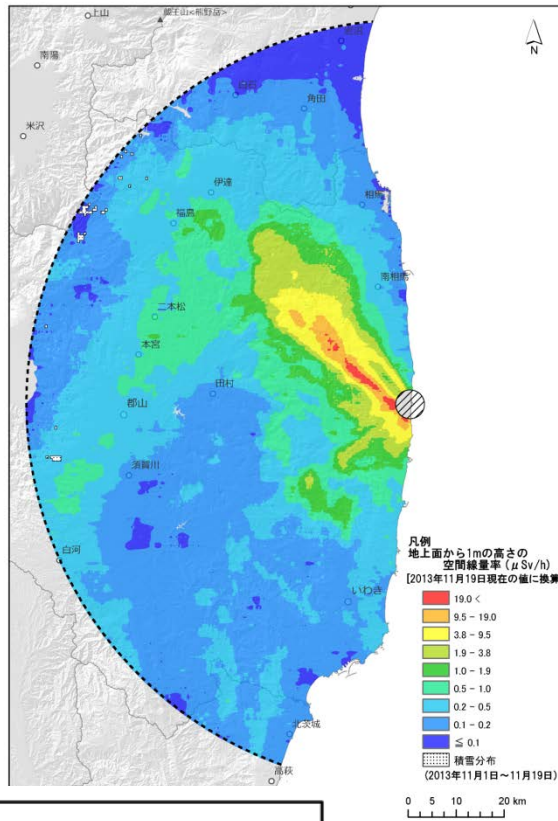
- 北海道・鹿部町、大樹町で6期にわたり飛行実施。
- 北海道では、天然核種のモニタリング試験を実施。
- 放射性セシウムの測定→H26.1に避難指示解除準備区域（浪江町）で飛行測定試験を実施。

【H26年度 UARMS開発】 機能向上機の試験を計画中

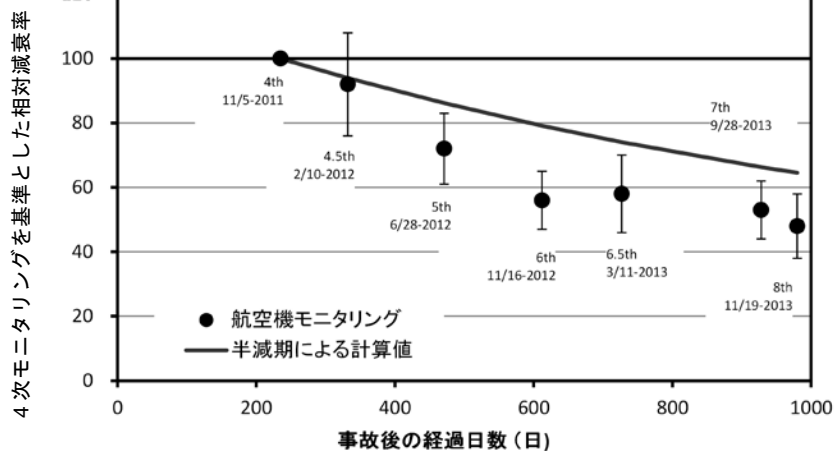
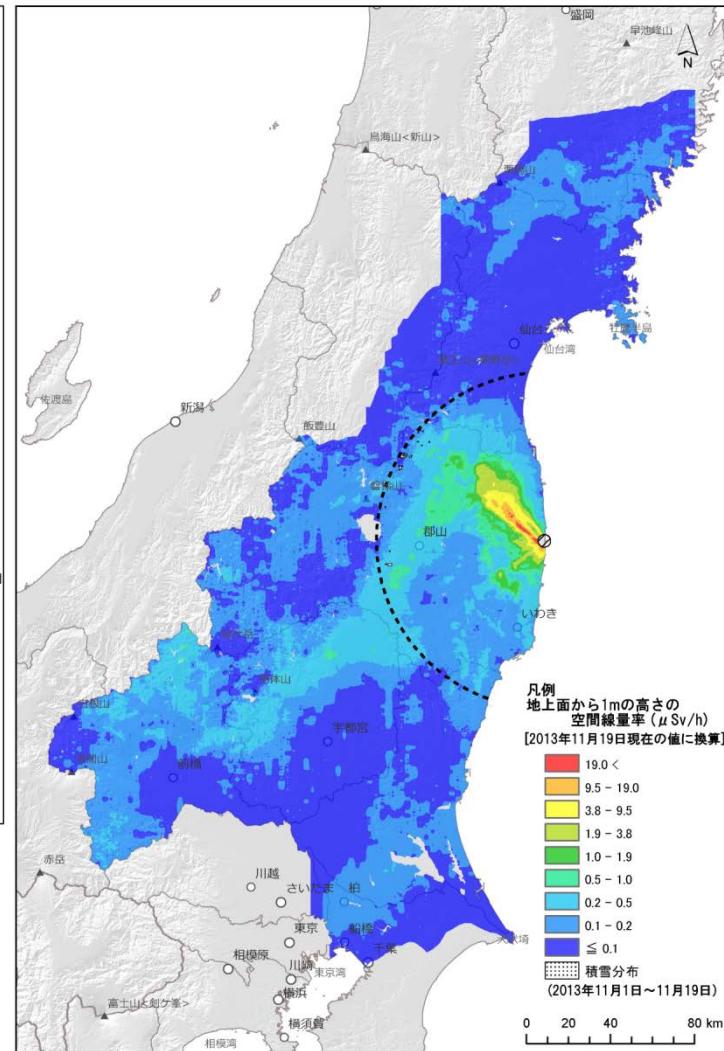
7次モニタリング



8次モニタリング



東日本4次モニタリング



・H25年度は、80 km圏内(2回)、80 km圏外(1回)のモニタリングを実施
 ・H26年度も同規模の調査を予定

1. 無人ヘリコプター

- ・5km圏内の無人ヘリモニタリング(規制庁委託)。
- ・無人ヘリによる河川敷の放射線量測定を継続し、河川によるセシウム移動を解析。
- ・無人ヘリ機能の最適化、無人ヘリ検出器の高度化。
- ・ヘリ搭載型コンプトンカメラ:より精度の高い解析法を開発 ((独)科学技術振興機構の公募事業)。
- ・ μ UAVの開発
 - 安全性を高めた産業用 μ UAVシステムの試作。
 - 森林測定のためのGPSを使用しない μ UAVの開発。(千葉大学との共同研究)

2. 水底測定技術の開発

- ・広域水底放射能測定システム(ROV)を開発し、これまで測定が難しい場所で測定。
- ・水底モニタ:水中ガンマ線スペクトロメータ(J-subD)の高度化、ファイバー検出器(PSF)の技術移転。

3. 無人飛行機の開発

- ・広域迅速モニタリングシステム(UARMS)の開発。(JAXAとの共同開発)
- ・北海道にてシステムの安全性・安定性確認試験。20km圏内にて実用化試験を実施。

4. 航空機モニタリング

- ・80km圏内外の航空機モニタリング及び解析(規制庁委託、JAEAが受託した場合)。