



環境復旧に向けた 原子力機構の取り組み

平成24年11月28日

独立行政法人日本原子力研究開発機構

福島技術本部 福島環境安全センター

センター長 石田 順一郎

本日の報告概要

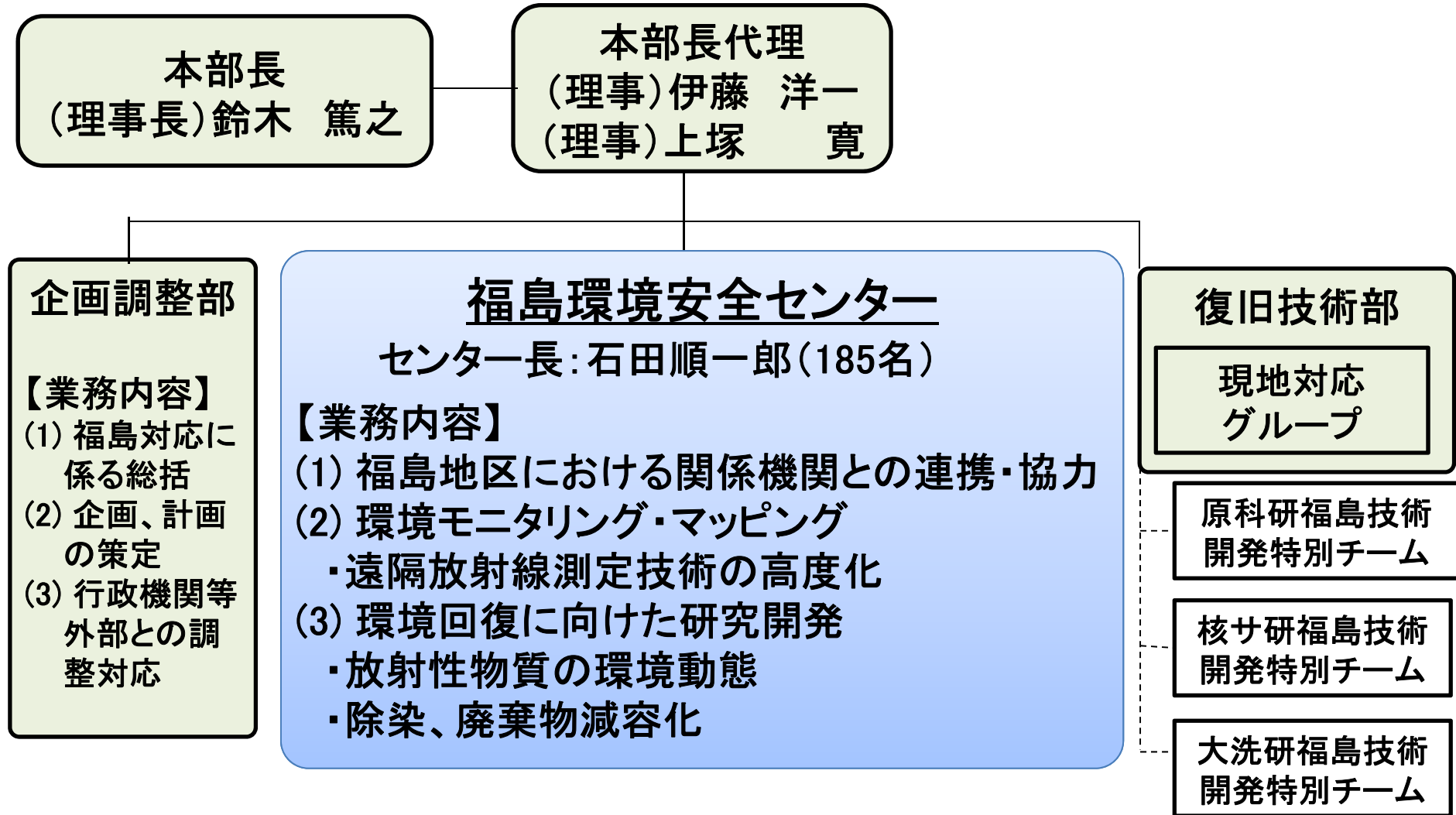
1. 福島環境安全センターについて
2. 環境における放射線状況の把握
3. 除染モデル実証事業の成果
4. 関係機関との連携・協力
5. 研究開発への取組の強化

1. 福島環境安全センターについて



日本原子力研究開発機構の 東京電力福島第一発電所事故への対応の体制

福島技術本部



注記)職員人数は、H24/11/1時点。兼務者、委託事業のための雇用者も含む。



福島環境安全センターの取組

1. 福島地区における関係機関との連携・協力

- 内閣府からの委託事業として除染モデル実証事業を実施（済）
- 国や市町村の除染活動に対し、専門家を派遣し、除染計画策定のための技術協力、除染に係る技術指導等の活動を展開
- 福島県民の内部被ばく測定（WBC）の実施
- 「放射線に関するご質問に答える会」等の活動を実施

2. 環境における放射線状況の把握 -環境モニタリング・マッピング-

- 事故直後から環境放射線及び土壌等の放射能測定の継続
- 文部科学省委託事業による詳細マップの作成
- 航空機による広域モニタリング

3. 環境回復に向けた研究開発

- 被ばく評価・低減化を目的とした、環境回復に向けた研究開発（生活環境の安全性評価研究、生活環境を戻す研究開発）を実施



環境回復へ向けた中期的取組構想

		H.23		H.24				H.25				H.26	H.27	H.28	
		1	4	7	10	1	4	7	10	1					
国の ロード マップ (H.24.1. 26)	国のロードマップ	内閣府モデル事業	環境省モデル事業 (50mSv/y以上)												
	先行除染	本格除染				<ul style="list-style-type: none"> <20 mSv/y区域:<1 mSv/yを目指す除染の除染 20~50 mSv/y区域:<20 mSv/yを目指す除染 				追加被ばく線1mSv/y以下を目指した除染					
		仮置場(測量・造成・搬入・管理)										中間貯蔵施設へ			
原子力 機構	国との協力	文部科学省委託事業(環境モニタリング・マッピング)													
		内閣府委託事業													
		環境省活動支援等(国直轄除染・市町村除染への協力)													
	福島県との協力	施設設計・整備		福島県と連携、笹木野分析所を設置、活動を展開											
		福島県の構想検討委員会での審議		施設設計				建設				福島県環境創造センター(仮称)			
	研究計画	遠隔放射線測定技術開発、除染廃棄物減容化技術開発、放射線物質の環境動態研究開発													

※国のロードマップは、環境省HPより引用。

2. 環境における放射線状況の把握 —環境モニタリング・マッピング—

環境モニタリング・マッピング

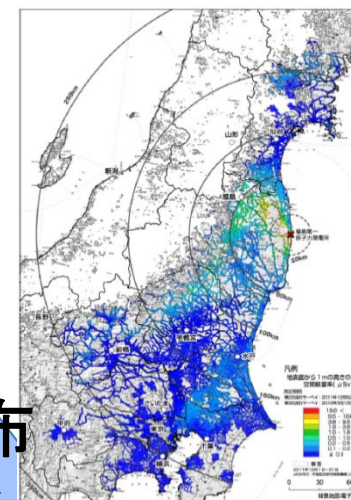


「サーベイメータ」による線量率の**定点観測**
「土壌採取等」による放射性核種**分布調査**



「シンチレーションファイバ(PSF)」による
面的線量率分布

「ガンマプロッタ」等による**集落単位**での
線量率分布



「走行サーベイ」による**東日本**の線量率分布

「無人ヘリ」による**地域単位**での線量率分布



「航空機」による**広域**の線量・
核種濃度分布



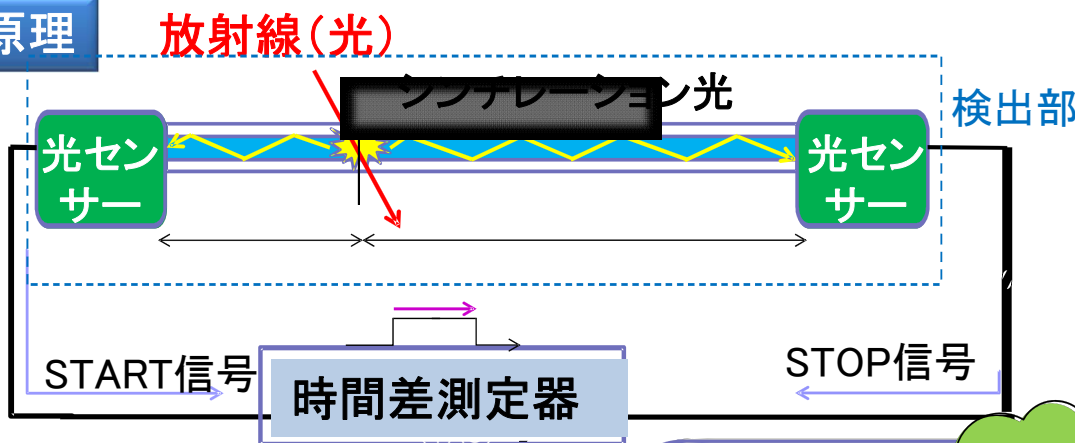


シンチレーションファイバ (PSF) による面的線量率測定

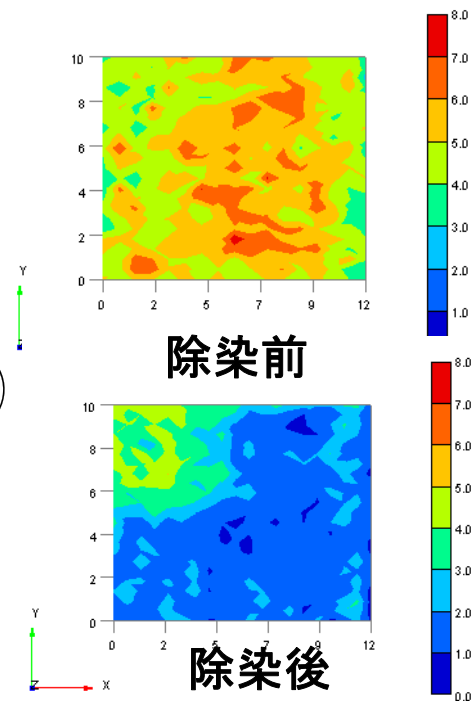
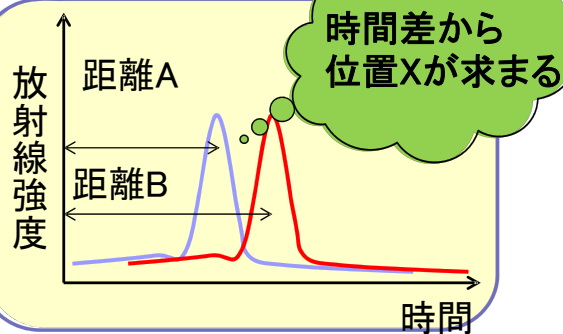
- 検出部の長さは最大20m。
- 検出部は湾曲性、耐水性あり。
- ”線”や”面”としての線量率の測定が可能。
- 測定した放射線量は、リアルタイムで、パソコンディスプレイ上で放射線量マップとして表示可能。



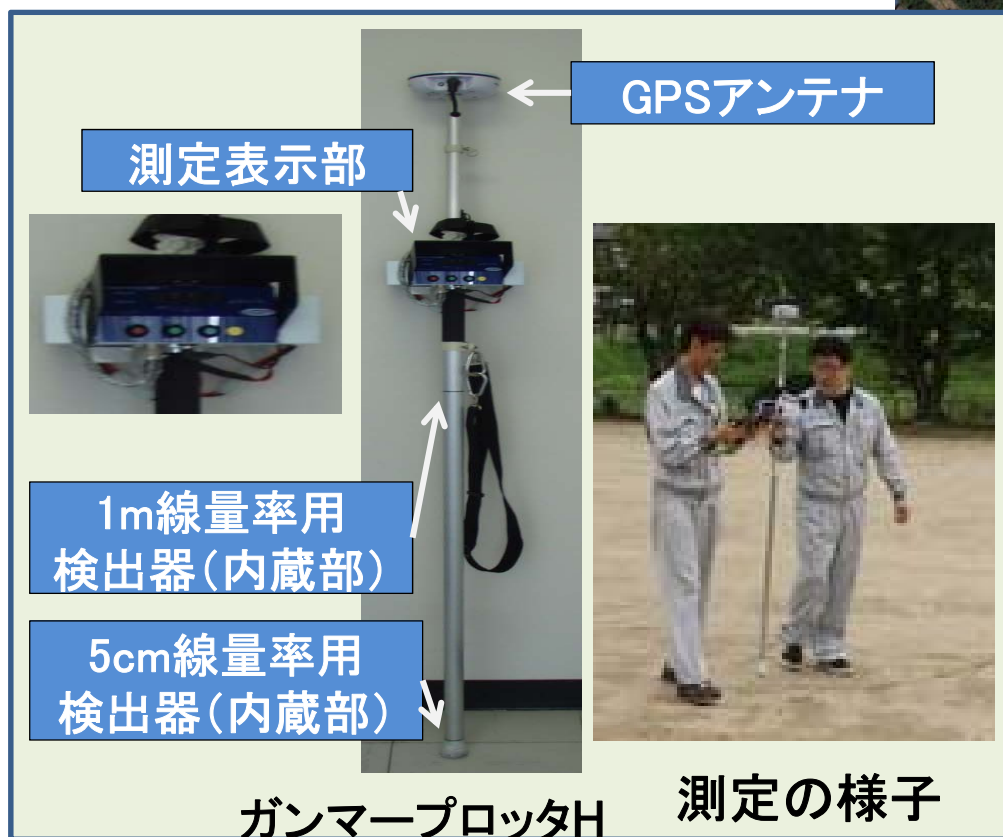
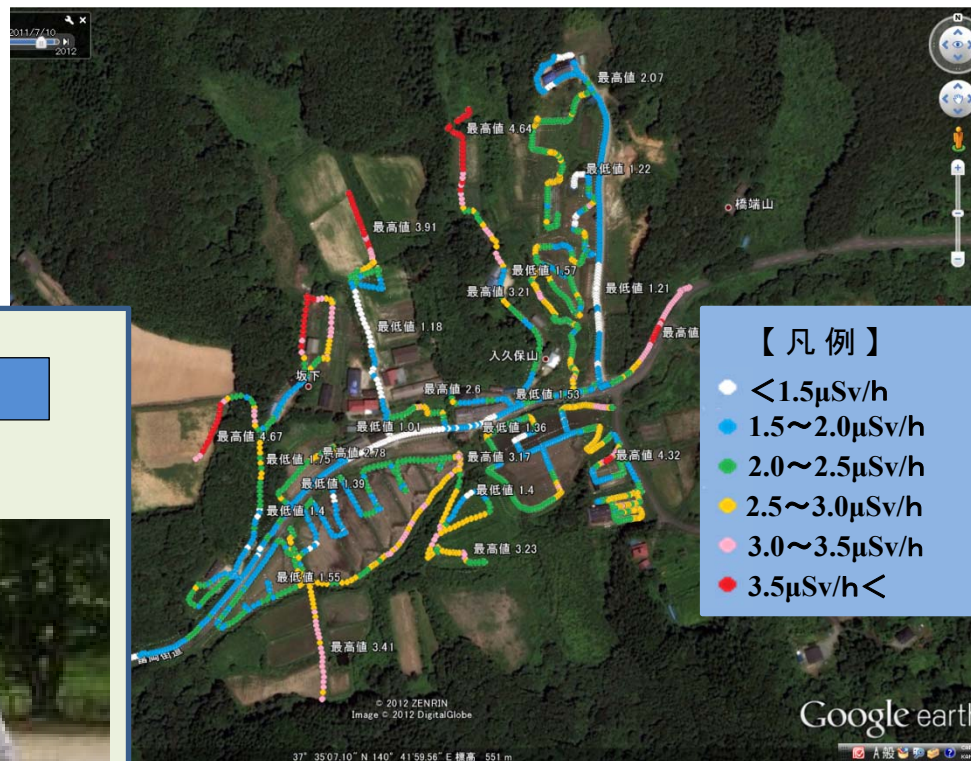
測定原理



長さ: 数m~20m程度
太さ: ϕ 1mm(10数本バンドル)



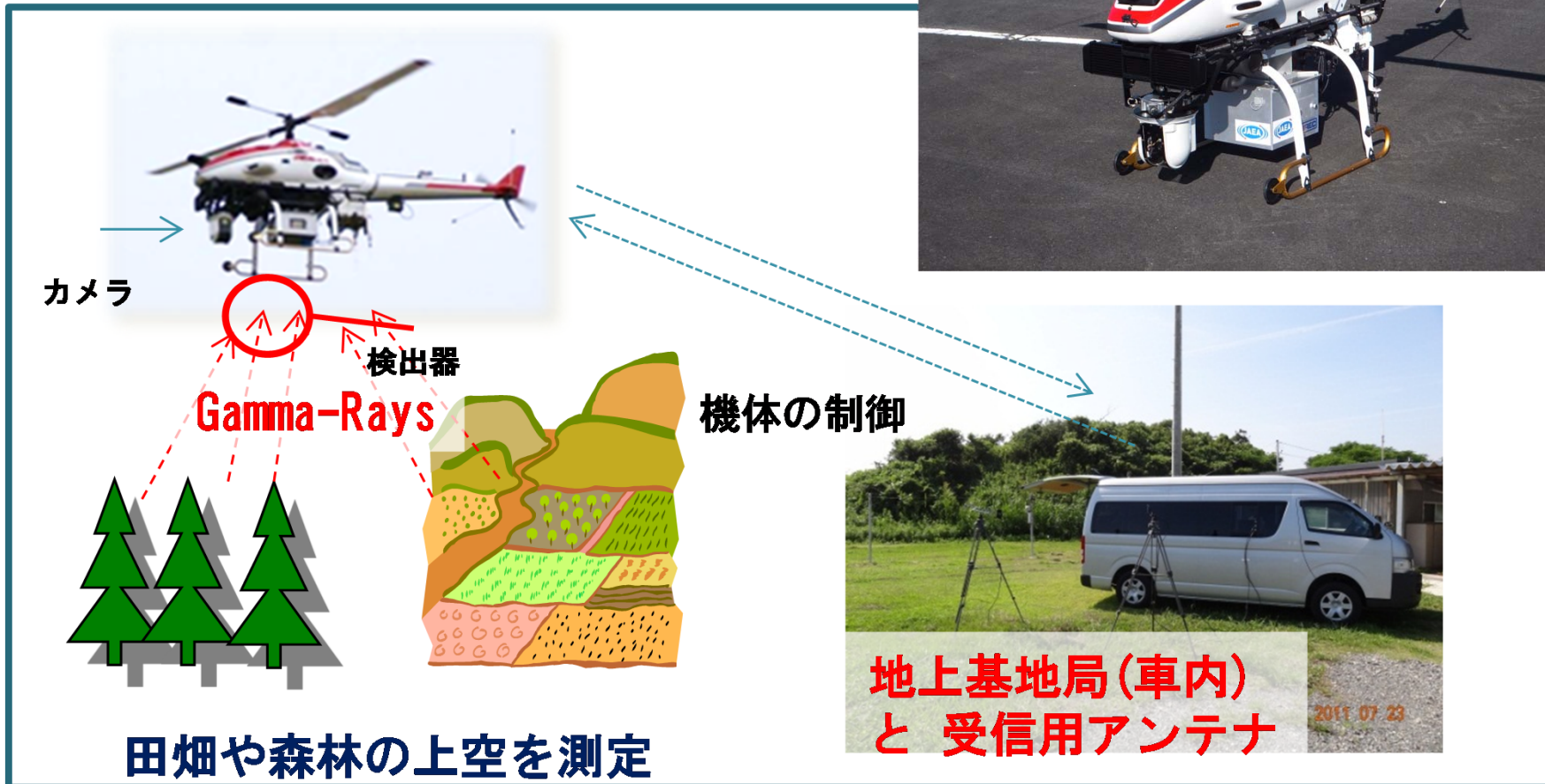
- 可搬型の平面ガンマ線分布計測装置(ガンマプロッタH)を開発、測定時間を短縮



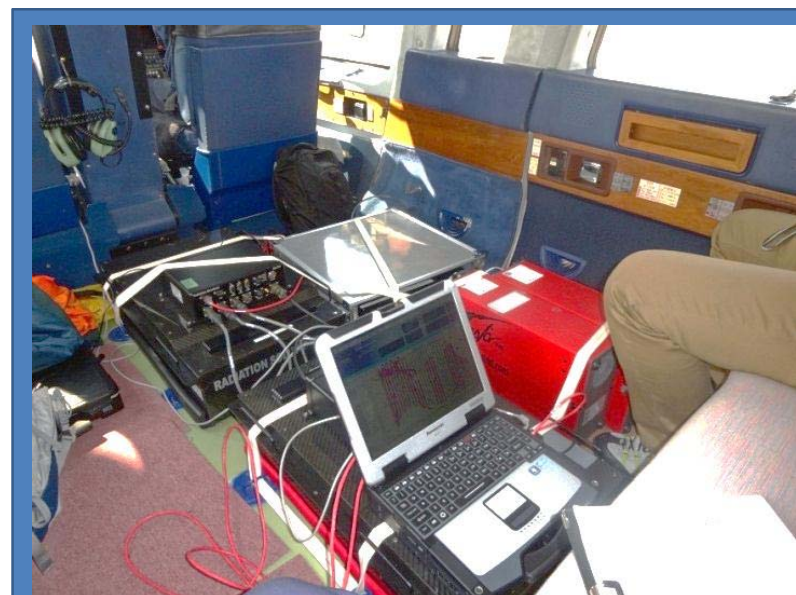
ガンマプロッタHによる測定結果の例
(2012年8月23日～24日測定)

無人ヘリによる地域単位での線量率測定

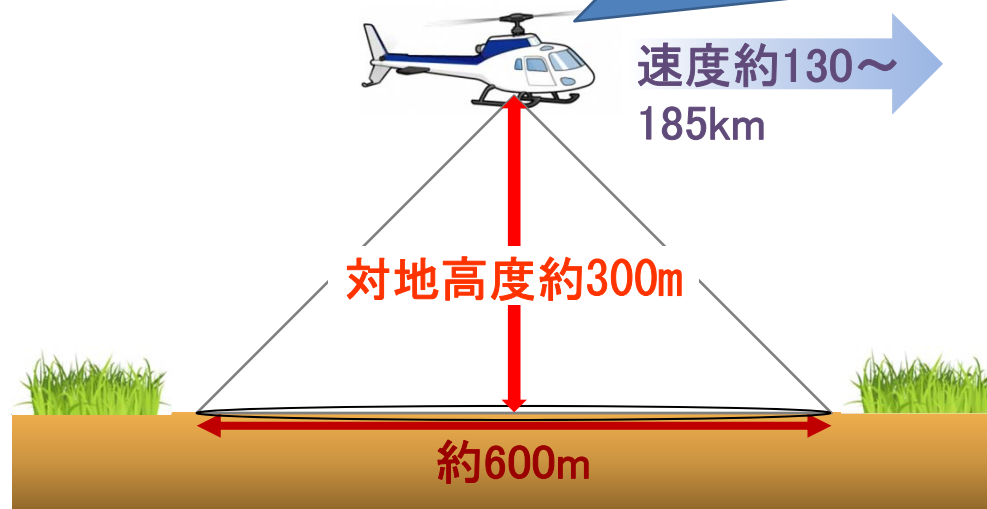
- 対地高度約30mの上空から、地表面から1mの空間線量率を算出
- 除染前後の線量率分布算出



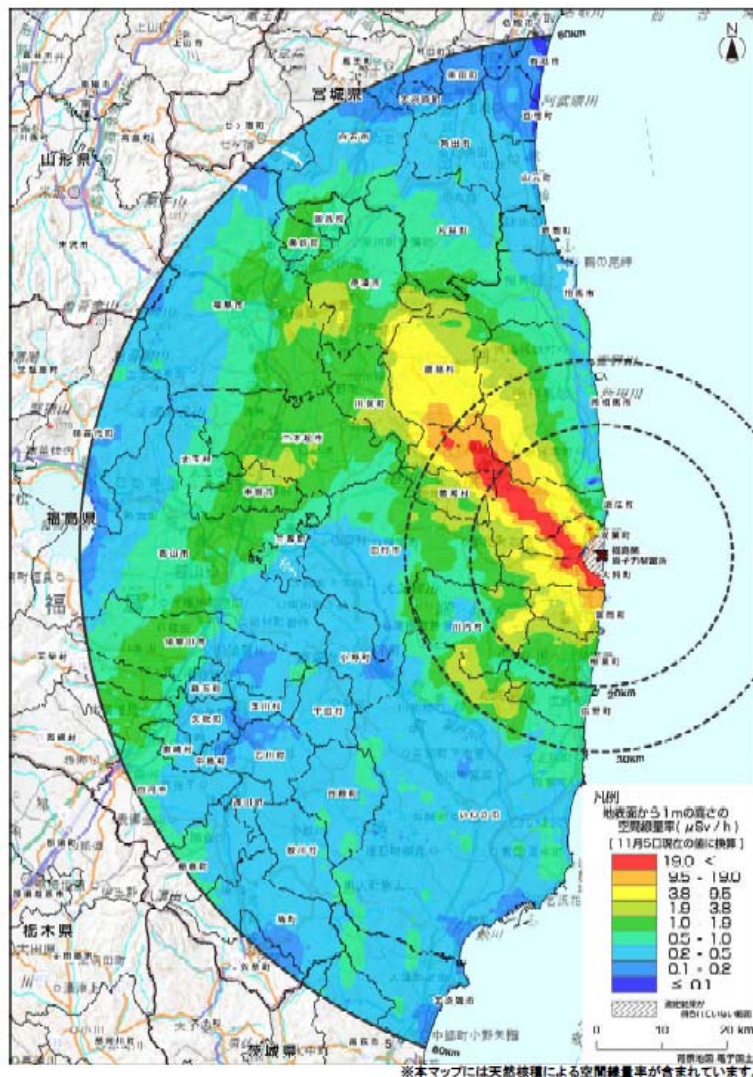
- 高感度放射線検出器 (NaIシンチレータ) 及びNaIスペクトロメータ搭載。
- 対地高度150mから300mの上空から、“地上からのガンマ線”の情報を測定。
- その後、地上にて、上空で測定した“地上からのガンマ線”の情報をもとに、高度による減衰を考慮して、地表から1mの高さの空間線量率及び地表における放射性物質の濃度を算出。



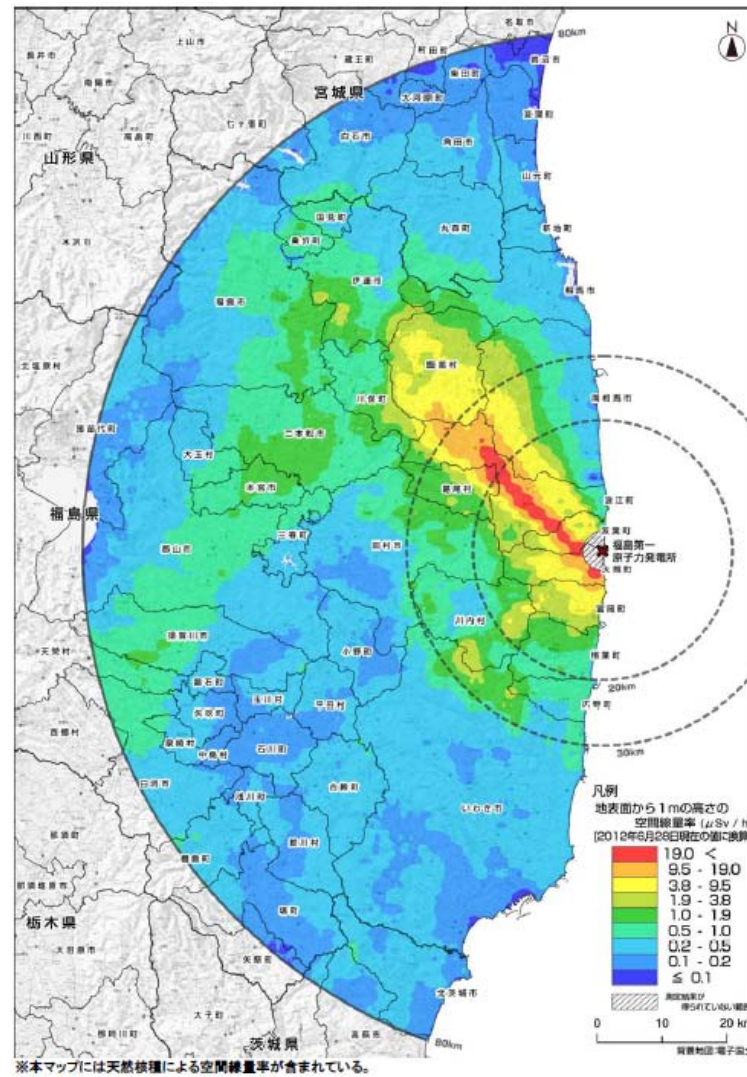
航空機に搭載した状態の検出器



第4次調査(平成23年11月)



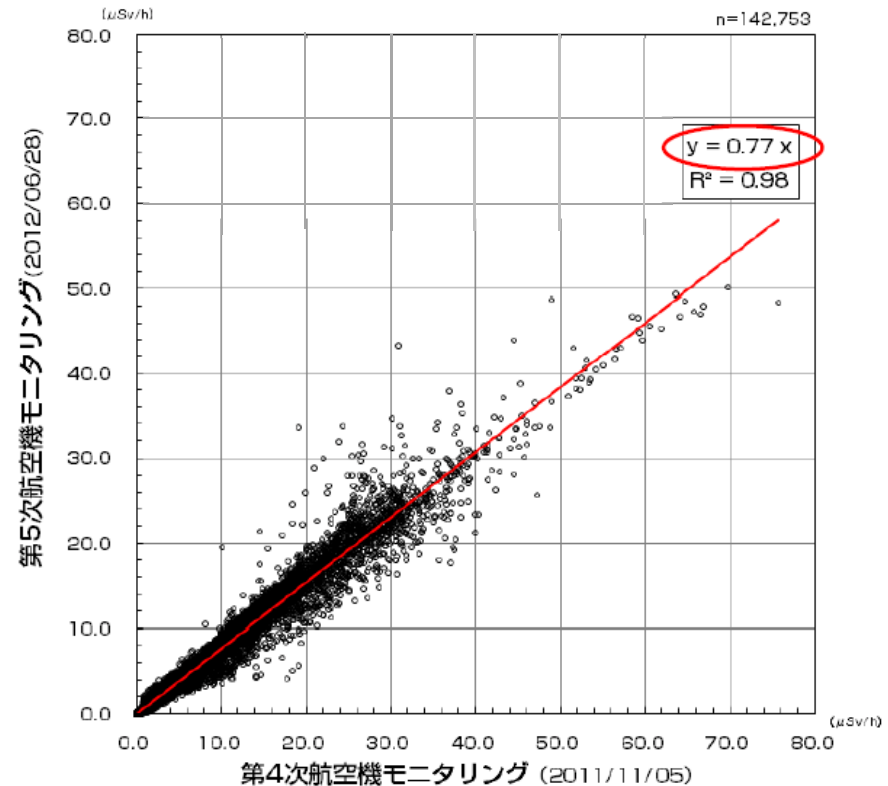
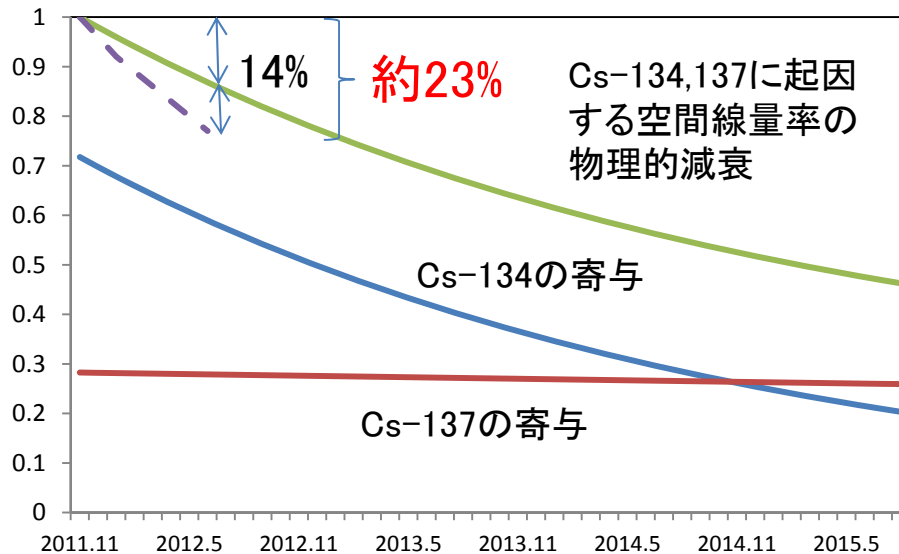
第5次調査(平成24年6月)



文部科学省HP「放射線モニタリング情報」より引用。

航空機モニタリングによる線量率の変化の確認

- 測定地域における空間線量率の変化状況の違いはあるが、福島第一原子力発電所から80km圏内については、第4次と第5次航空機モニタリングとの間の期間(8ヶ月弱)で空間線量率が約23%減少している傾向にあることを確認。



文部科学省HP「放射線モニタリング情報」より引用。

3. 除染モデル実証事業の成果

事業の背景と機構の役割

● 除染に関する緊急実施基本方針 ● 除染特別措置法

放射性物質による環境の汚染が人の健康又は生活環境に及ぼす影響を速やかに低減する

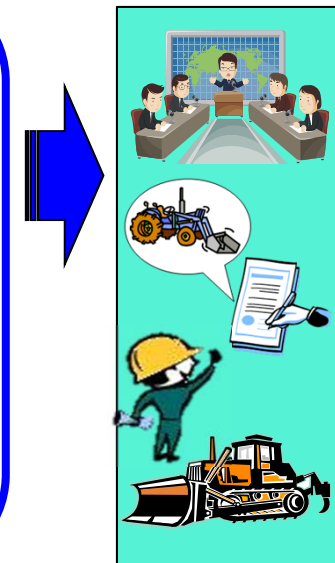
- 国は、除染等の措置等を実施することを踏まえ、基準等の設定を実施。 → 実証された除染方法を示す。

原子力機構

本格除染への準備

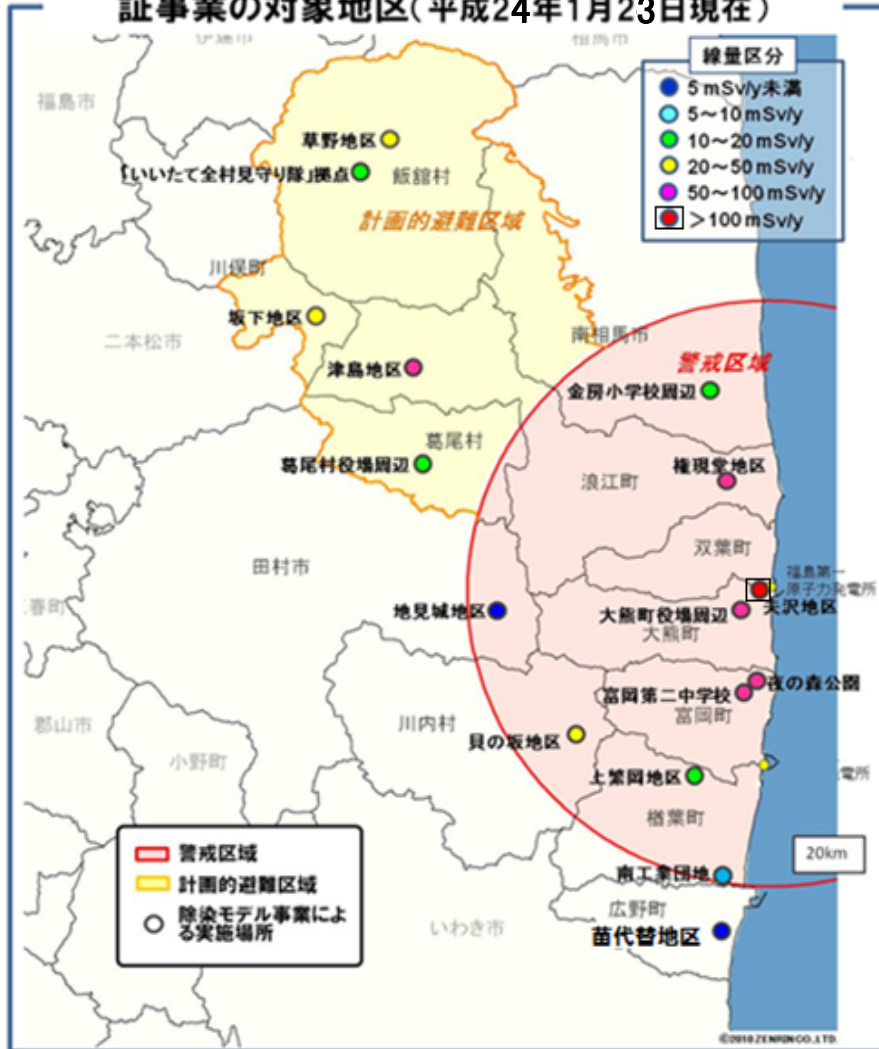
除染モデル実証事業(内閣府委託事業)

- 高線量域(約20mSv/年超)を対象として、
- 既存技術を用いた除染手法等の実データを基に、
- 限られた時間の中で、屋外における大規模な除染方法や作業員の放射線防護に係わる安全確保策等を提示



除染の対象地域と特徴

警戒区域、計画的避難区域における除染モデル実証事業の対象地区(平成24年1月23日現在)



双葉町については、町より除染モデル事業の実施は見送る旨、連絡あり

市町村	除染対象地域の主な特徴	広さ(ha)
南相馬市	農地、建造物(小学校)、道路、森林、宅地	約14
川俣町	森林、農地、道路、宅地	約11
浪江町	建造物(中学校等)、森林、宅地、道路 建造物(駅・軌道, 図書館等), 民家, 道路、農地	約18
飯館村	建造物(いいたてホーム等)、農地、民家、宅地、森林、道路	約17
田村市	農地、森林、宅地、道路	約12
葛尾村	森林、建造物(小学校、役場)、宅地、道路	約7
富岡町	建造物(中学校、グランド等)、宅地、森林、道路(桜並木)	約11
広野町	建造物(役場、小・中学校、グランド)、宅地、森林、道路	約33
大熊町	建造物(役場、公民館、公園)、宅地、道路 農地、森林、宅地、道路	約5 約17
楢葉町	農地、宅地、森林、道路 建造物(工場等)、道路	約4 約37
川内村	農地、森林、民家、道路	約23

除染計画の策定

1. 多面的視野による調査・検討

- 費用対効果を加味した除染技術の選定
- 除去物の減容や運搬・保管(仮置場)の検討
- 除染作業場所等での作業に必要なインフラの準備
- 除染作業場所へのアクセス方法の選定
- 除染作業員の被ばく管理(外部・内部)と作業安全(事故防止、休憩所)
- 作業時の気象(積雪／表土の凍結等)への対処
- 自治体・住民との意見交換 など

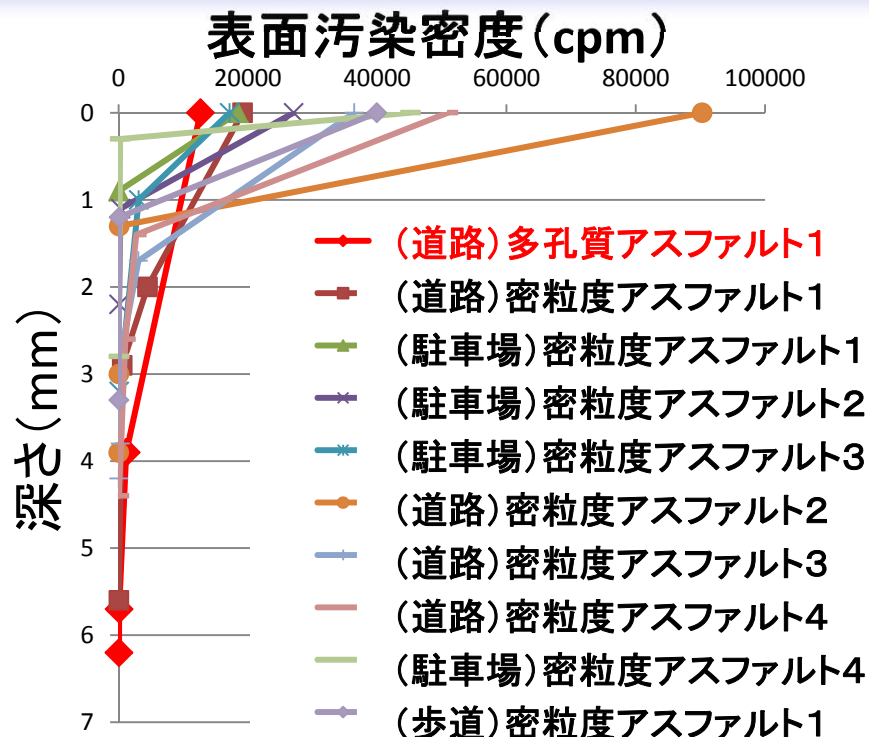
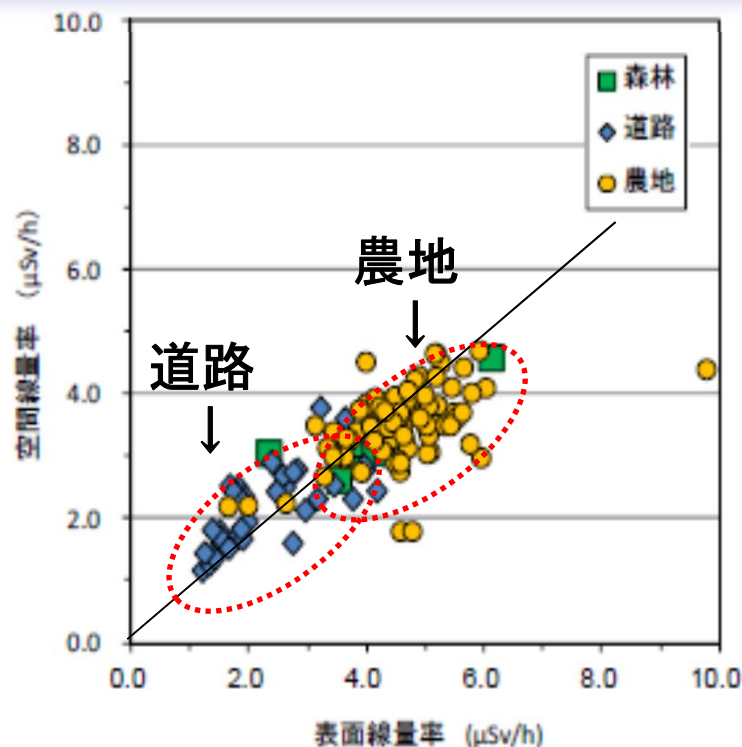
2. モニタリングによる事前調査

→除染の効果や除染に伴い発生する除去物の量を予測

3. 事前調査に基づいた除去物の仮置場や放射線管理を含む実施計画を策定し、除染事業を進める

道路(舗装面)の放射性Cs付着状況

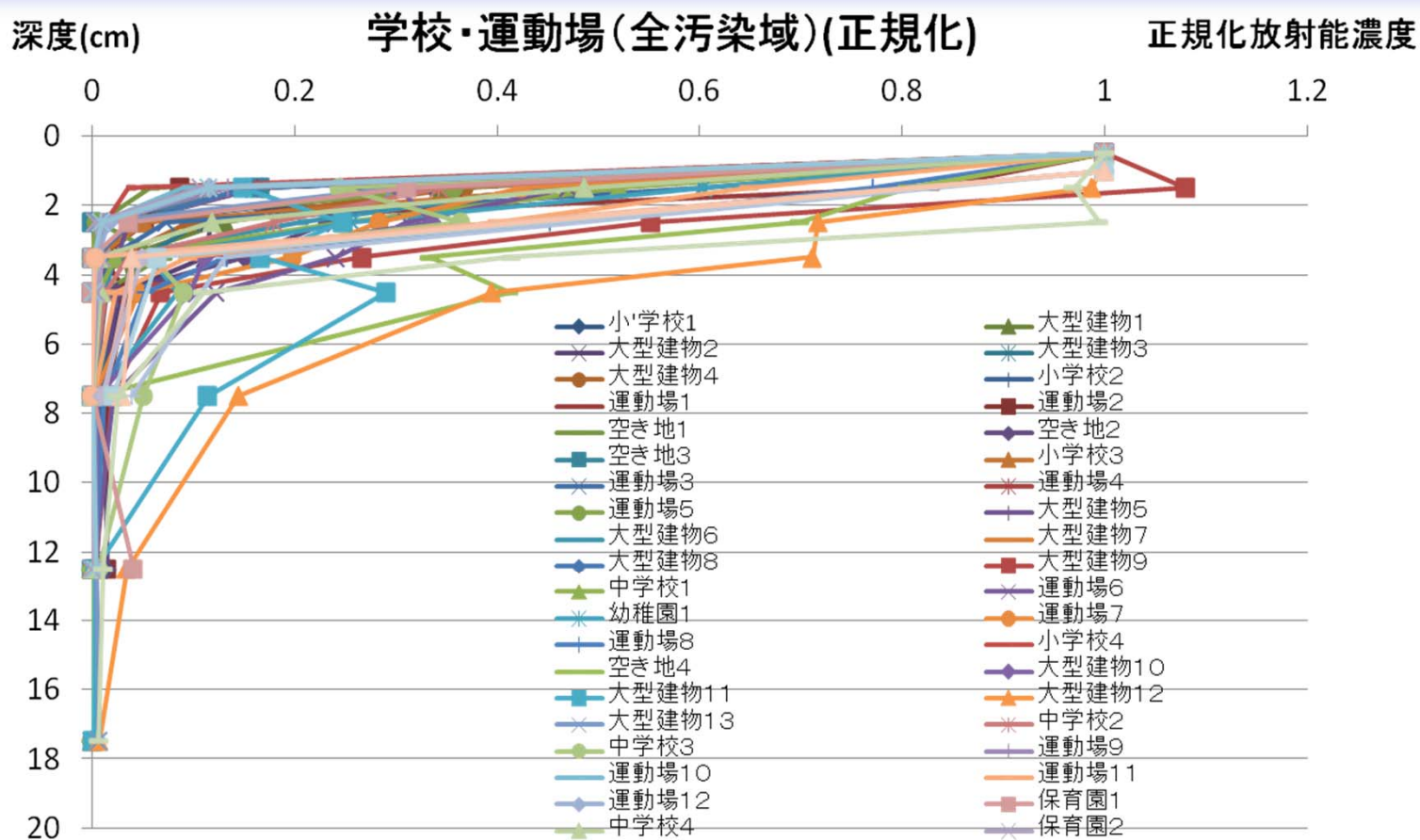
- 道路(舗装面)は周辺の農地やグラウンドと比べ空間線量率が低い
これは降雨等による洗浄効果によるもの
- アスファルト舗装における放射性Csの深度分布
 - ・密粒舗装 ⇒ 表面から2~3mm程度に留まる
 - ・透水性舗装(多孔質の舗装等) ⇒ 表面から5mm程度に留まる



グラウンドの放射性Cs付着状況

放射性Cs付着・残留の傾向の違い

○グラウンドにおいては、ほとんどの地点(37/40地点)において表面から深度3~5cm程度の範囲に放射性Csの90%以上が付着

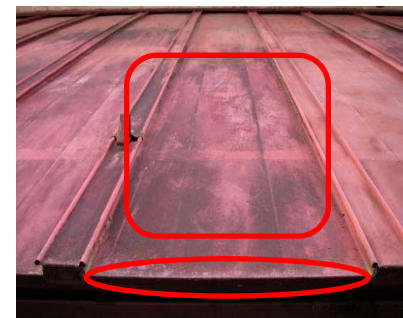


民家の除染

屋根：水洗浄、ブラシ洗浄



汚染している部位



除染方法の比較(民家)

		高圧水洗浄	ブラシ掛け	拭き取り	剥離剤塗布
低減率	焼付鉄板	—	10%	10%	10%
	塗装鉄板	—	30%	5%	15%
	粘土瓦	—	50%	70%	30%
	セメント瓦	30%	5%	0%	30%
	スレート	10%	0%	25%	35%

除去物発生量	ほとんどなし	ほとんどなし	多少 (ウエス)	多少 (剥離剤)
二次汚染	飛沫が土壤に浸透あり	流末で水回収ほとんどなし	なし	なし
施工スピード		120m ² /日	120m ² /日	10m ² /日
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・周辺土壤の剥ぎ取りが必要 ・瓦間浸水リスク 	<ul style="list-style-type: none"> ・洗浄水の回収 ・処理が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・ウエス洗浄水の処理が必要 	

道路の除染

湿式清掃車(機能回復車)



切削(超高圧水)



切削(ショットブラスト)



切削(TS切削機)



除染方法の比較(道路)

	機能回復車	高圧水洗 (10～ 20Mpa)	超高压水洗浄 (240Mpa)	ショットブラ スト	TS切削機
低減率	0～60%	2～50%	40～90%	60～95%	95%以上
除去物 発生量	ほとんど 無し	ほとんど 無し	ストレートアスファ ルト汚泥	切削屑 30袋/ha 程度	60袋/ha 程度
二次 汚染	洗浄水回収 ほとんど無 し	流末処理 多少あり	洗浄水回収 ほとんど無し	多少あり	多少あり
施工ス ピード	2500m ² /日	300m ² /日	300m ² /日	300-800m ² / 日	1000m ² /日
留意 事項	・歪曲・損傷 のない平滑 な道路	・損傷の ない道路 ・側溝蓋 も洗浄可	・損傷のない道路 ・側溝蓋も洗浄可	・乾燥した 道路 ・歪曲・損傷 のない道路	・乾燥した 道路 ・歪曲・損傷 のない道路

森林の除染(除染範囲)

- 生活圏に接する森林外縁から**10m奥まで除染**(落葉除去と腐植土層除去)すると、森林外縁部の空間線量率が**約40%低下**した。
- 他方、**10m以上の森林奥部に除染を進めても**、森林外縁部の空間線量率は**あまり低下せず**。
- 森林については、生活圏に隣接する箇所の**除草と落葉除去と腐植土層の除去が**、生活圏の線量率を下げる上で効果的。



除染方法の比較(森林)

	落葉・腐植土層除去	落葉・腐植土層・表土の除去	樹木	
			樹幹洗浄	枝打ち
放射性物質の存在比率(2011年8~9月)(常緑樹林+落葉樹林)	44~84%		樹皮: 1~3%	枝葉: 14~53%
低減率	5~90%	20~80%	30~85%	5~40%
除去物発生量 袋/ha	200~900	1000~2000	少量	2700 (減容なし)
二次汚染	なし	なし	飛沫による 土壌浸透 有	林床に枝 が落下
施工速度	510m ² /日	220m ² /日	32本/日	150 m ² /日

除染活動における効果

除染前の空間線量率 (年間積算線量)	除染による空間線量率の低減効果 (除染効果)	備考
20～30mSv/y	20mSv/y以下まで低減	-
40mSv/y～	空間線量率の低減率: 40%～60%	20mSv/y以下 には至らず
300mSv/y～ (農地、宅地)	空間線量率の低減率: 70%以上	

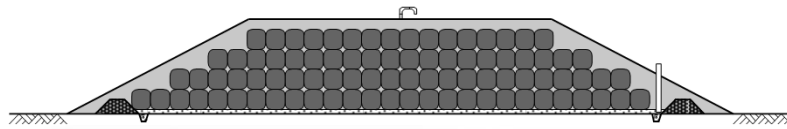
○除染効果に与える要因には、**除染前の空間線量率**、除染手法、除染対象、**汚染部位の材質**、汚染部位深さ方向のCs濃度分布、などがある。



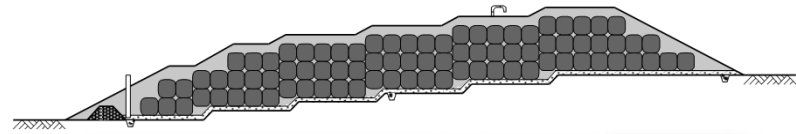
- 除染前の空間線量率が大きいエリアでは、未除染エリアからの線量率寄与が大きいいため、除染効果の正確な把握には、**線量率寄与の詳細な解析評価**が必要
- 同じ除染手法でも汚染部位の材質の違いにより除染効果が異なるため、除染の最適化には、**Cs吸着メカニズムの解明**が必要

除染除去物の仮置場

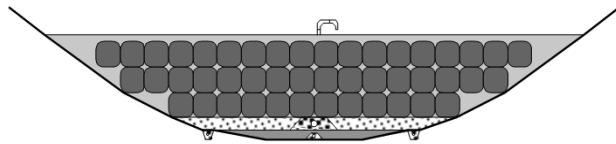
平地における地上式



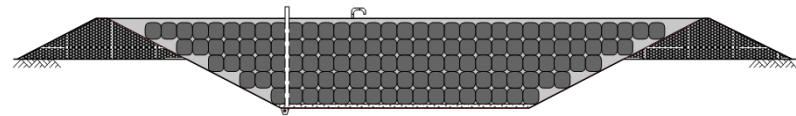
傾斜地を利用した地上式(階段状)



谷地形を利用した地上式



平地における半地下式



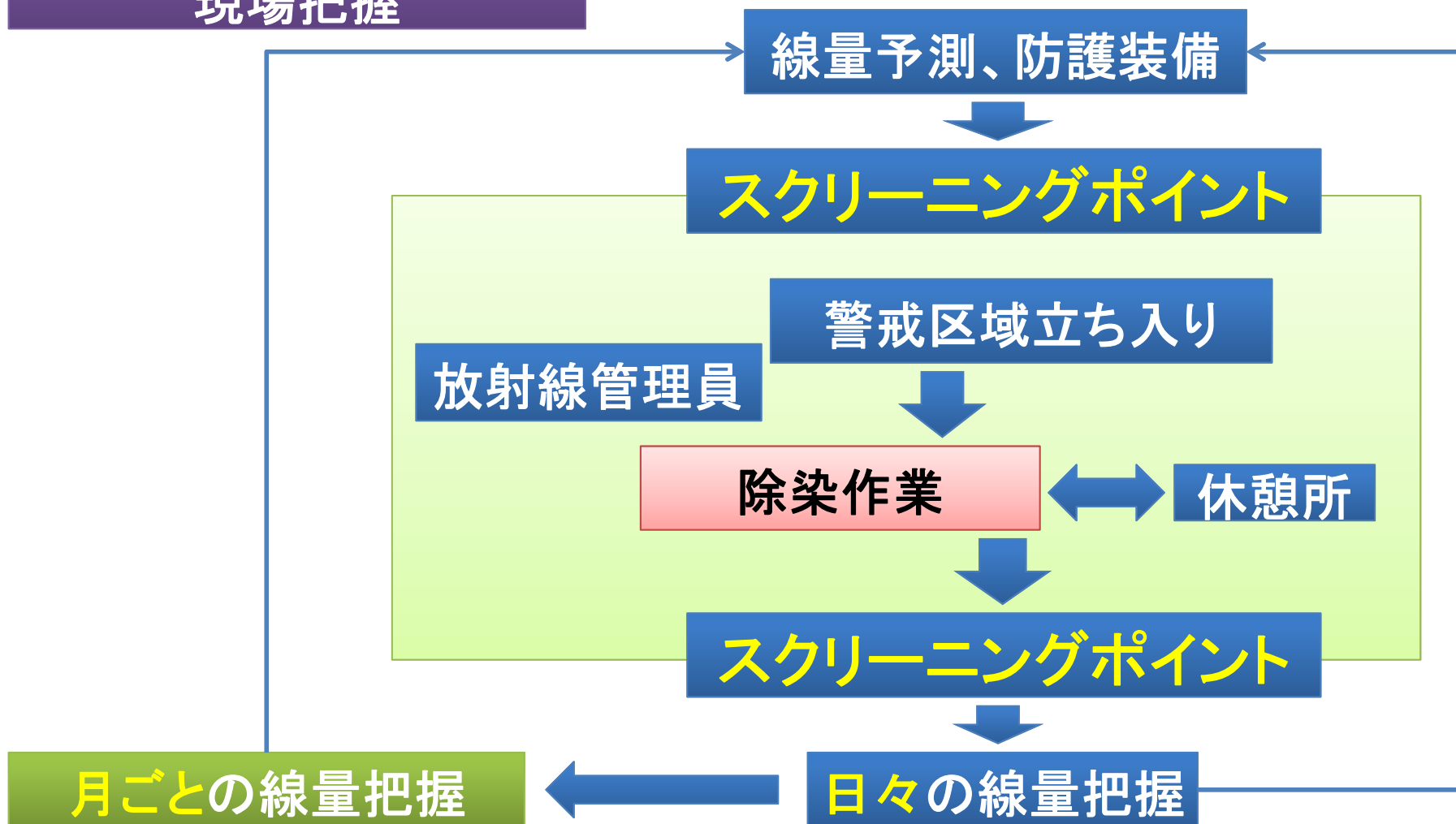
仮置場の比較

仮置場の形式	メリット	デメリット
地上保管型 (傾斜地型)	<ul style="list-style-type: none"> ・中間貯蔵施設への搬出作業が容易 ・斜面を利用した設置が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・遮へい用の土壌が必要 ・地盤が軟弱な場所は、地盤改良が必要
地下保管型	<ul style="list-style-type: none"> ・遮へい用の土壌を現場で確保することが可能 ・地盤が軟弱な場所でも地盤改良なしで設置 ・景観の維持が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・地下部分の掘削造成に時間を要する ・除去物取り出しの際に掘り出しが必要
半地下保管型	<ul style="list-style-type: none"> ・遮へい用の土壌を現場で確保することが可能 ・地上部分と地下部分を併せた段数で積めるため、小さい面積の場所でも定置できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・掘削造成に時間を要する ・地上部分と地下部分の境に雨水浸入対策が必要

放射線管理

事前モニタリングによる
現場把握

日々の放射線管理のフロー



除染作業者の被ばく管理

○外部被ばく

- 除染前の作業場所の**空間線量率が高いところで被ばく線量が高くなる傾向あり**。
- 適切な人員計画と放射線管理を行うことにより、**線量限度の範囲内に管理可能**。

○内部被ばく

- 作業内容に応じた保護具等を身に着けることで、**防止可能**。

除染対象地区	外部被ばく線量(mSv)	
	平均線量	個人最大線量
広野町	(0.16)	(0.77)
田村市	0.02	0.12
檜葉町(a)	0.11	0.83
南相馬市	0.12	0.36
葛尾村	0.05	0.25
檜葉町(b)	0.12	1.3
川俣町	0.21	0.99
飯舘村	0.33	1.24
川内村	0.39	1.8
浪江町(a)	0.41	1.15
富岡町(a)	0.33	1.56
富岡町(b)		
浪江町(b)	0.52	1.41
大熊町(a)	1.56	8.52
大熊町(b)	2.43	11.6

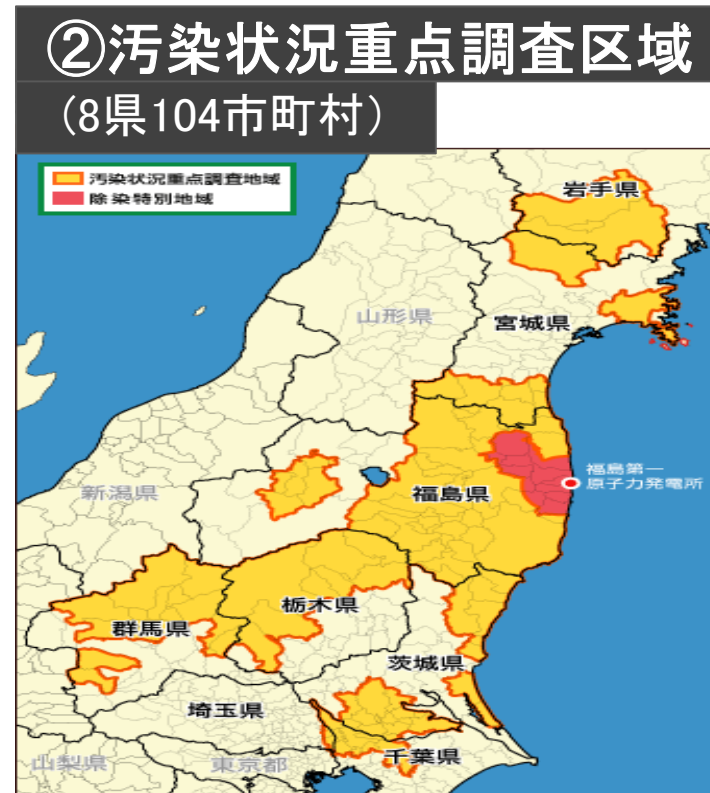
除染モデル実証事業の成果

- 国内初の除染モデル実証事業の実施を通じて得た**知見及び技術データの整備**、並びに除染から除去物の仮置きまでの**一連の作業手順を確立**。
- 作業員の放射線管理を通じて、屋外の除染作業であっても**放射線の適切な管理を実証**。
- 除染の実施計画の策定のための**事前調査の重要性**を指摘。
- **除染作業のベストプラクティス**を提示し、国による**本格除染のための工事共通仕様書に成果を反映**。
- 除染の推進・最適化に向けた、**今後の研究開発の方向性**を確認。

4. 関係機関との連携・協力

(1) 環境省、地方自治体等の活動への支援・協力

福島県を中心とした除染活動が円滑に推進できるように、環境省、地方自治体の活動に対して**技術的な支援・協力**を実施



現状	緊急対策を必要とする状況 (20mSv年を超える地域)	除染を必要とする状況 (1~20mSv年の地域)
除染主体	国	市町村



(1) 環境省、地方自治体等の活動への支援・協力

① 除染特別地域の活動

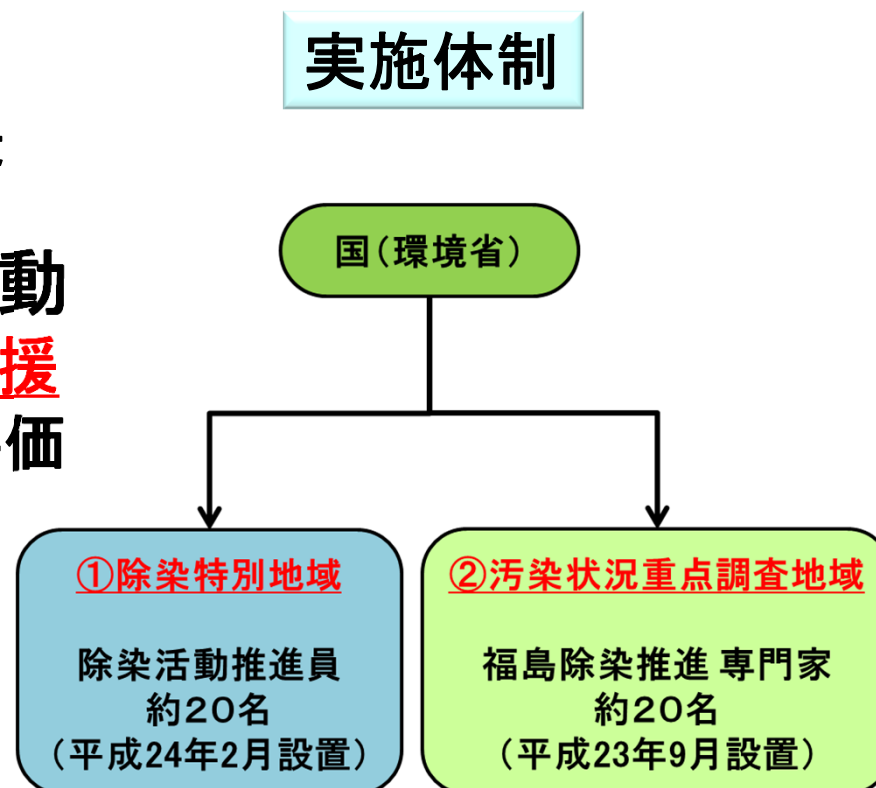
環境省の除染活動への支援として、
特に以下の活動を実施

- A. 除染作業の立会・技術指導
- B. 住民説明会における説明支援
- C. 同意書取得のための技術支援

② 汚染状況重点調査地域の活動

各市町村の除染活動への協力・支援

- A. 「除染計画」策定協力・技術評価
- B. 除染に係る技術指導・支援等





(1) 環境省、地方自治体等の活動への支援・協力 活動実績

① 除染特別地域の活動実績

A. 除染作業の立会・技術指導	226件
B. 住民説明会における説明支援	46件
C. 同意書取得のための技術支援	525件
D. その他(モニタリング、調査等)	194件

② 汚染状況重点調査地域の活動実績

A. 除染計画策定協力・技術評価	115件
B. 除染に係る技術指導・支援等	
a. 除染活動支援・協力、技術相談・指導	221件
b. 除染講習会開催、監督者等育成	31件
c. 仮置場設置に係る技術指導、現地調査	74件
d. 住民説明会における説明支援	81件
e. その他(電話相談等)	331件

(H.24.9末現在 : 合計 1,844件)



(1) 環境省、地方自治体等の活動への支援・協力



除染作業の立会・技術指導



住民説明会等の支援



(1) 環境省、地方自治体等の活動への支援・協力



「チルドレンファースト」活動



除染現場での技術指導



人材の育成

(2) コミュニケーション活動

福島県内の小中学校・幼稚園・保育園の保護者、教職員を対象に「放射線に関するご質問に答える会」を実施

子供への放射線の影響を心配する声の高まり

「コミュニケーション活動実施検討委員会」

機構が培った経験を基に、効果的なコミュニケーション活動方法について検討

○参加者の質問に丁寧に答えることに重点を置き、放射線に関する科学的な理解の涵養

○県内の小中学校・幼稚園・保育園の保護者、教職員、

一般市民(町内会等)も対象

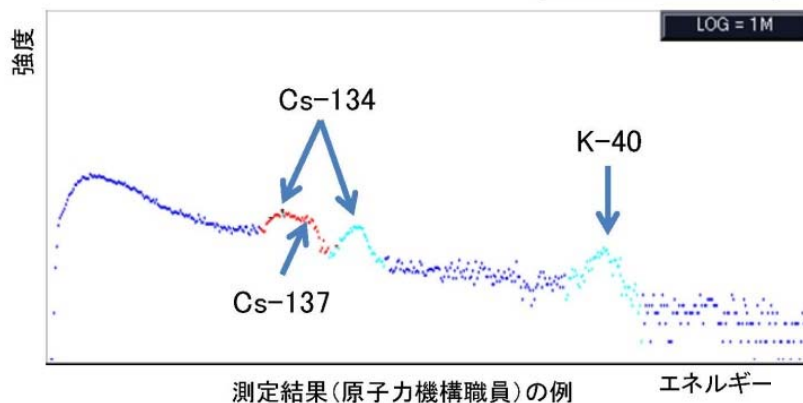
○機構内から放射線・被ばく管理等の専門知識を有する職員を派遣





(3) ホールボディカウンタによる福島県民の測定

- 福島県からの要請により、警戒区域及び計画的避難区域を含む県内の市町村の住民の方々を対象に、東海研究開発センターの**ホールボディカウンタ(WBC)**及び**移動式WBC車**を用い内部被ばく検査を実施。
 - 1日100名前後の測定を実施中
 - 平成23年7月11日～24年10月31日までに、31,149人(子供22,162人、大人8,987人)測定



5. 研究開発への取組の強化



福島環境安全センターの今後の活動

福島環境回復に貢献するため、今後も以下の活動を中心に展開する。

- (1)福島地区における関係機関との連携・協力
- (2)環境放射線の面的・経時的変動の把握
- (3)環境回復に向けた研究開発

ここでは、これまでの福島での活動を通じた経験を活かし、原子力研究開発機関として、**福島環境回復のために行う研究開発活動**について、紹介する。

a. 生活環境の安全性を評価するための研究

- モニタリング・マッピング技術の高度化
- Cs将来予測モデリングとCs移動抑制



b. 安心できる生活環境を取戻すための研究開発

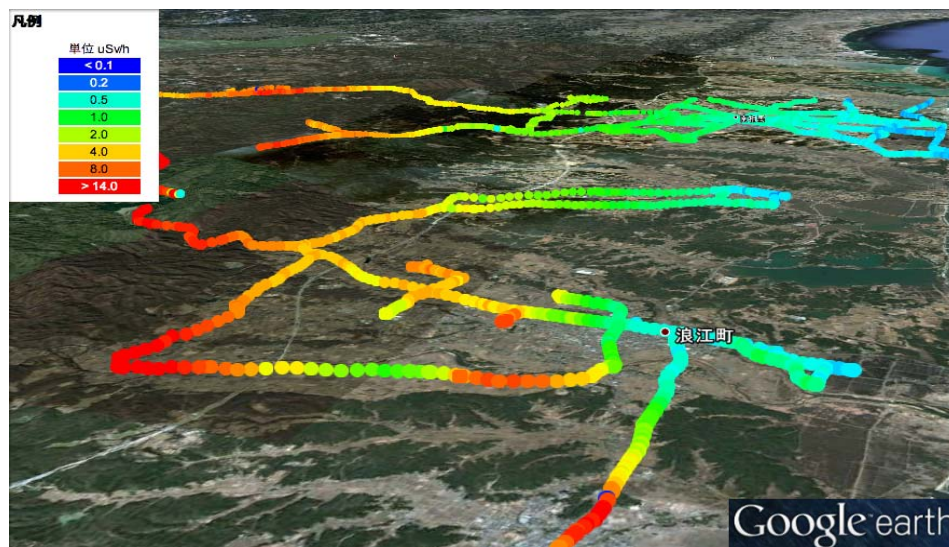
- Csの吸脱着過程の解明
- 除去物・災害廃棄物の減容方法の開発
- 除染技術の高度化



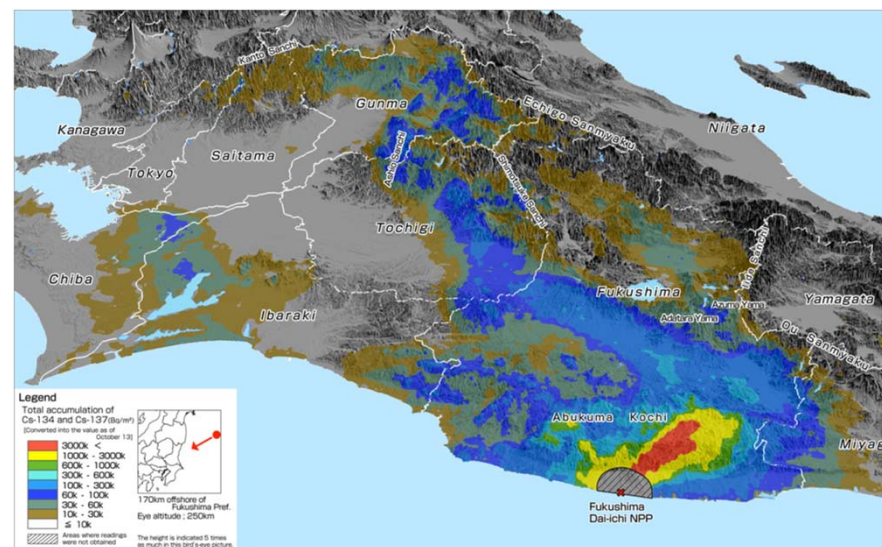
a. 生活環境の安全性を評価するための研究 モニタリング・マッピング技術の高度化

現在の環境下における放射線量の高精度・迅速測定のための技術の高度化

- マップ可視化技術
- 光ファイバによる二次元サーベイ
- 航空機による広域サーベイ
- 河川、湖沼等の水底サーベイ



マップ可視化技術の例



航空機による広域サーベイの例 43

a. 生活環境の安全性を評価するための研究 Cs将来予測モデリングとCs移動抑制

将来の放射線環境を予測しCs移動を抑制

- 放射線物質沈着状況の**詳細調査・マッピング**
- 放射線物質の**分布・移動予測モデル**の開発
- 被ばく**線量評価**・Csの**移動抑制等**の対策を提案
- 長期調査データ、移動予測、線量評価、抑制対策を包括したシステムの構築



b.安心できる生活環境を取戻す研究開発 Csの吸脱着過程の解明

科学の目から除染・減容技術を探る

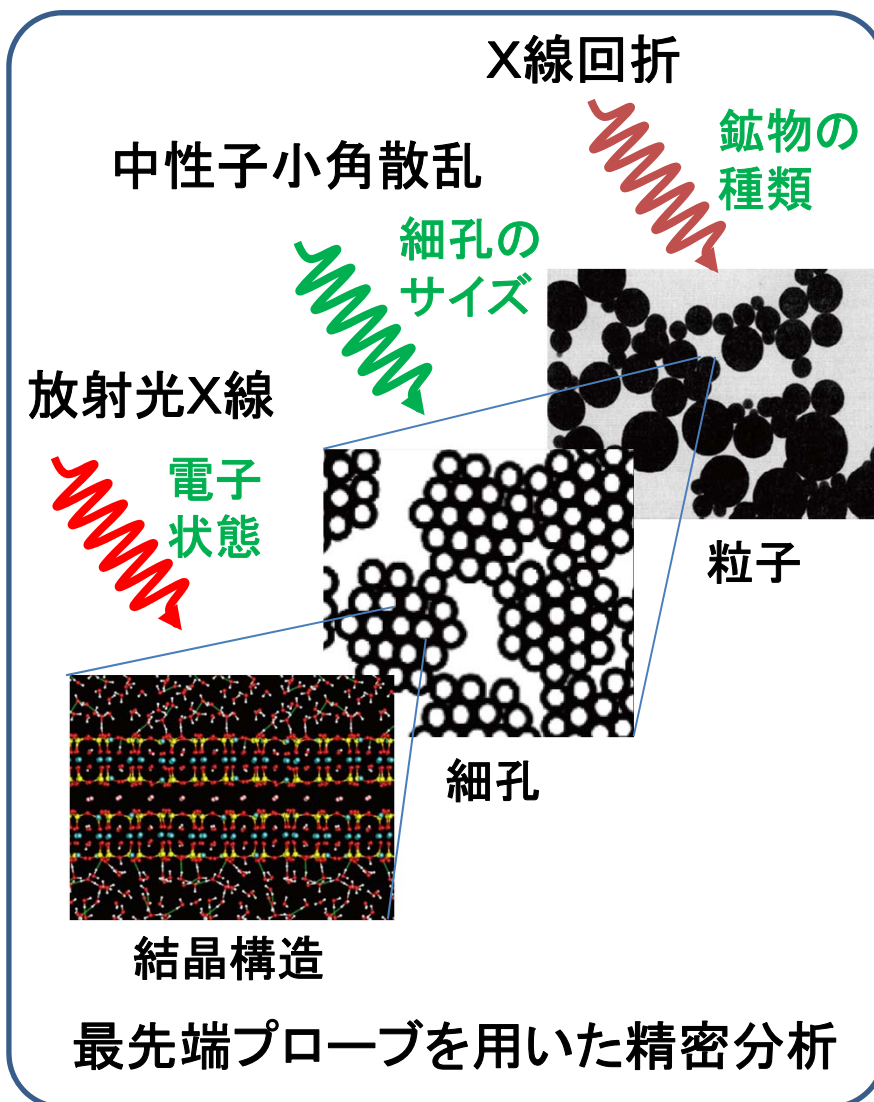
● Csの吸脱着特性の解明

最先端プローブを用いた、

- 福島土壌の鋳物組成の精密分析
- Cs吸着箇所同定・分析

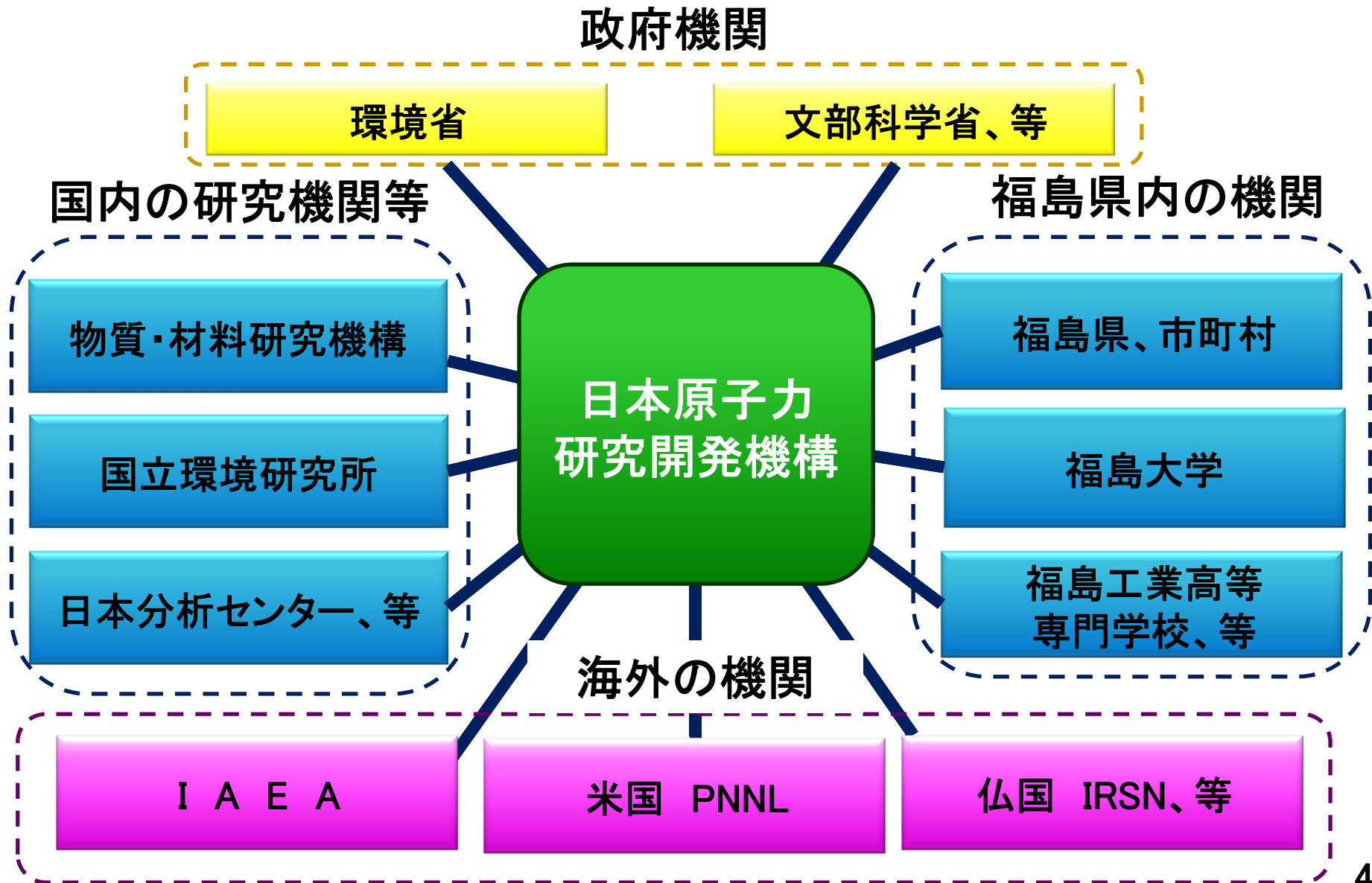
● Cs剥離法の開発

- Cs吸脱着反応シミュレーション
- 溶液化学実験による剥離法研究



関係機関との連携・協力

—組織横断的な英知を結集—



ま と め

○福島の子民の方々が安心して生活できるよう、以下の活動を展開します。

- ・国、地方自治体及び関連機関と協力して、今後とも**環境回復に向けた活動**を進めます。
- ・原子力の専門家集団として、**生活環境の回復に向けた研究開発**を主導的に実施します。
- ・国内外の専門家及び専門機関と連携して、**学術的専門性を結集した活動**を進めます。

○ここで得られた成果を国内外に積極的に発信します。