

放射性物質による環境汚染と クリーンアップ分科会の活動

平成24年6月16日

福島特別プロジェクト(新設)
日本原子力学会クリーンアップ分科会
井上 正

原子力学会クリーンアップ分科会の活動

- **環境モニタリングセンター、環境修復センターの設置の提言**
(モニタリングセンター：文科省が一元的に実施、
修復センター：福島環境再生事務所（H 24.1.1.より）、除染情報プラザ）
- **環境修復戦略、シナリオ並びに修復技術の分析**
EURANOS: チェルノブイリ発電所事故の事例をもとにした環境修復技術の分析と修復技術の特徴の記載
(EUファンドで実施)
- **環境修復技術カタログの作成、同説明資料の作成**
適用可能修復技術リストの作成
国内外の修復技術に関する知見の評価と技術カタログへの取り込み
環境修復を担当する国、県、地方自治体等への紹介
- **環境修復技術カタログの作成、同説明資料の作成**
仮置き場Q&A – 除去土壌の仮置き場についての疑問にお答えします–
- **修復技術の実証（水田の除染：JAそうま）**
実施例；水田での代かき技術のベンチスケール試験（H.24年に実施）
ゼオライトの効果確認試験（実施中）
- **地域住民の方々との対話**
修復計画の作成や修復技術の選定を行う際の基本
(専門家集団として)学会は中央政府と地方自治体、地域住民との橋渡し)
専門家を地域の除染活動、対話集会に専門家を派遣
安全・安心フォーラム（福島県との共催）：福島市、郡山市、南相馬市、いわき市、・・・
除染情報プラザ（環境省、福島県）への協力
- **除染技術評価**

EURANOS環境修復データシートの紹介

- **EURANOS** ; チェルノブイリ発電所事故後、欧州で同様に緊急事態に備えるため2002年から2006年に欧州連合(EU)が実施したプロジェクト
成果の一部が、緊急時に対応するための4つのハンドブックが作成
 - **ハンドブックの題目** ;
 - ① 欧州における放射能事故で汚染された居住エリア管理のための包括的ハンドブック
 - ② 欧州における放射能事故で汚染された食糧生産システム管理のための包括的ハンドブック
 - ③ 欧州における放射能事故で汚染された飲料水管理のための包括的ハンドブック
 - ④ 欧州における放射能事故後、緊急時対策の解除を支援するための助言
- 上記、①から③についてはクリーンアップ分科会資料集として印刷、配布中

EURANOS居住エリア管理のためのハンドブック

ーデータシートの内容例ー

ID : 1	屋内退避.....	1
ID : 2	避難.....	5
ID : 3	安定ヨウ素剤	8
ID : 4	呼吸保護のための簡易マスク着用.....	11
ID : 5	窓、ドア、通気口の閉鎖と換気の制限.....	13
ID : 6	掃除機を利用した空気の浄化	14
ID : 7	個人物品／貴重品のカバー、保管、密閉	17
ID : 8	居住地からの一時的退避	19
ID : 9	居住地からの永久退去	21
ID : 10	非居住区域への公衆の立入り制限.....	23
ID : 11	非居住区域への従事者の(時間、職種による)立入り管理	25
ID : 12	建物の取り壊し.....	27
ID : 13	水洗浄	30
ID : 14	屋根のブラシかけ	34
ID : 15	サンドブラスト.....	37
ID : 16	高圧水洗浄	41
ID : 17	高圧温水による屋根の洗浄.....	45
ID : 18	屋根の取替え	49
ID : 19	硝酸アンモニウムによる壁処理.....	52
ID : 20	木質壁の機械的研磨.....	55
ID : 21	固定化（表面への汚染物の固定）	58
ID : 22	吸引清掃.....	61
ID : 23	洗浄.....	64
ID : 24	その他のクリーニング法	67
ID : 25	表面除去.....	70

環境修復技術カタログの技術リスト

- ご説明用資料 -

1	屋根 葺き替え	20	水耕田 荒かき
2	屋根 放水洗浄	21	水耕田 土壌洗浄
3	屋根 ブラッシング	22	水耕田 ファイトレメディエーション
4	壁 放水洗浄(漆喰、土壁は不可)	23	水耕田 施肥
5	壁 硝酸アンモニウム洗浄	24	畑地 表土の剥ぎ取り
6	壁 閉じ込め	25	畑地 土地掘り起し
7	壁 ポリマーコーティング&ペインティング	26	畑地 ブラウによる表土剥ぎ取りと埋設
8	壁 削り取り	27	畑地 低セシウム吸収作物の栽培
9	敷地 削り取り	28	畑地 土壌洗浄
10	敷地 表面被覆	29	畑地 土壌の希酸洗浄とCsの吸着除去
11	敷地 天地返し	30	畑地 ファイトレメディエーション
12	敷地 芝刈り	31	畑地 施肥
13	敷地 草や灌木の撤去	32	果樹園 モニタリング
14	敷地 汚染物の表面固定	33	果樹園 落葉と表土の回収
15	家屋 取り壊し	34	果樹園 表面水の回収と処理
16	屋内 表面除去	35	牧草地 牧草播種、刈取り
17	屋内 表面洗浄	36	牧草地 表土の剥ぎ取り
18	水耕田 鋤き込み	37	森林 落葉の回収
19	水耕田 表土の剥ぎ取り	38	森林 樹木および灌木の剪定

39	森林 集水域での水処理	52	公共施設 道路 吸引洗浄
40	森林 地下水・表面水のモニタリング	53	公共施設 道路 高圧洗浄
41	水域 井戸水のモニタリング	54	公共施設 道路 表面除去と置換
42	水域 河川水のモニタリング	55	公共施設 道路 舗装板の裏返し
43	水域 水源のモニタリング	56	公共施設 道路 汚染物の固定
44	水域 水道水の浄化	57	特殊建物 化学除染と超音波処理
45	生活用品 拭きとり	58	特殊建物 汚染換気システムの浄化
46	生活用品 吸引清掃	59	特殊建物 化学的除染
47	生活用品 洗浄	60	特殊建物 ポリマーペースト
48	生活用品 その他のクリーニング法	61	特殊建物 電気化学的除染
49	生活用品 汚染物の撤去	62	可燃瓦礫
50	公共施設 運動場 表土替え	63	不燃瓦礫
51	公共施設 道路 散水洗浄	64	動物の死骸



建物（屋根・屋上）の除染技術 とその特徴①



屋根に対しては、放水洗浄、ブラシ洗浄、拭き取り、閉じ込め、屋根の葺き替え、の5種を取り上げた。

屋根の汚染物質は、既に雨で多くが流されていると考えられ、劇的に線量を低減するとは考えにくい、多くの時間を過ごす生活空間に近い、地道に進めることが肝要である。

1. 放水洗浄：水洗浄や高圧洗浄によって、汚染物質を除去する
 - ※ 高圧水洗浄(チェルノブイリの例)：沈着後早期に実施すれば、除去率約30%を達成。繰り返しの効果は小さい。温水(約65°Cの高圧水)を利用した場合、除去率約50~85%を達成
 - ※ 高圧洗浄(内閣府発表資料)：コンクリート屋上(2.4 → 1.6 μ Sv/時)、スレート屋根(2.4 → 2.0 μ Sv/時)、瓦屋根(1.2 → 1.1 μ Sv/時)
 - ※ 現在では、既に降雨により多くの汚染物質が洗い流されている
 - ※ 液体廃棄物の発生、汚染水の庭の土壌等への飛散対策、飛散した土壌の除去が必要となる
2. ブラシ洗浄：建物の屋根の汚染を回転ブラシなどにより洗浄する。(茅葺屋根には適用不可)
 - ※ 除去率は50~85%程度を期待(表面の平滑度により変化)できるが、繰り返しの効果は低い(チェルノブイリの例)
 - ※ 除染効果は、沈着後10年まで有効(チェルノブイリの例)
 - ※ 薬剤等を用いると多少除染効果は向上する(汚染水処理が難しくなる)

除染効果の例： 雨どい(落ち葉除去、高圧洗浄)：38 → 5.9 μ Sv/時
(内閣府発表資料) 芝剥ぎ：3.7 → 0.94 μ Sv/時





建物（屋根・屋上）の除染技術 とその特徴②



3. 拭き取り：建物の屋根の汚染を拭き取りにより洗浄（茅葺屋根については拭き取りは使えない）

※ 汚染水が飛散しない

※ 薬剤等を用いると多少除染効果は向上するが、汚染水処理が課題



4. 閉じ込め（汚染物質の固定化）：表面に固定化塗料を吹き付け、汚染物質を固定化する

※ 除染するわけではないため線量の低減は見込めない(汚染物質はそのまま残る)

※ 粒子の再浮遊防止による吸入防止は期待できる(EURANOSデータ集)

※ 固定化は、沈着後でも効果がある(ID21)

※ 屋根を葺き替えする場合、作業時の作業員被ばくの低減に利用できる

5. 屋根の葺き替え(上記除染方法で効果が得られず、屋内に居ても屋根からの被ばくが相当量予想されるような高濃度の汚染除去に適用)

※ 放射性物質をほとんど取り除くことが可能である

※ 屋根の葺き替え費に加え、屋根の処分費が加算される

※ 多量の廃棄物が発生する

廃棄物は、タイルやスレートが20~50kg/m²発生(EURANOSデータ集)





水田の除染技術 とその特徴①



水田の除染については、耕起、表土の剥ぎ取り、代かき、土壌洗浄、植物栽培による土壌浄化、施肥の6種を取り上げた。

これらの対象については、土壌自身が稲作のための機能を有するため、その機能を勘案した除染方法を選定しなければならない。

また、汚染のレベルや土壌の性質に応じた対応が必要であると考えられるため、自治体、農家、農業や放射能の専門家の間で、良く議論して進めることが重要である。

- 1. 耕起**：水田あたりの放射エネルギーに変化はないため、低減効果は限られる(深さによって、効果は変化)
 - ※ 除草後15cm耕起 $0.6\sim 0.9\mu\text{Sv}(1\text{cm高}) \rightarrow 0.4\sim 0.6\mu\text{Sv}$ ；約30%低下(原子力学会)
 - ※ 25~30cm耕起 γ 線の線量率は1/2~1/5に減少(チェルノブイリの例)
 - ※ 廃棄物は発生しない(汚染物質は除去しない)
- 2. 代かき**：放射性セシウムは微粒子(粘土)に吸着、代かきによって濁水を強制排水し汚染物質を除去
 - ※ 15cm荒かき2回 $13,500 \rightarrow 3,700\text{Bq/kg}$ (原子力学会後述)
 - ※ $15,254 \rightarrow 9,639\text{Bq/kg}$ (農研機構試験結果より)
 - ※ 汚染水による用水路下流域への汚染拡大対策
- 3. 表土の剥ぎ取り**
 - ※ 表面4cmの削土 $10,370 \rightarrow 2,599\text{Bq/kg}$ 約75%低減(農研機構試験より)
 - ※ 固化剤を散布による効率的な削土(3.5cm) $9,090 \rightarrow 1,671\text{Bq/kg}$ 約82%低減(同上)
 - ※ 多量の汚染土壌が発生、土壌の貧土化





水田の除染技術 とその特徴②



4. 施肥

- ※ カリウム、アンモニウムおよび石灰などの施肥により、作物への放射性セシウムの移行率を抑制（カリウム：吸収を低減、アンモニウム：吸収を促進、石灰：吸収を低減）
- ※ 施肥により米、野菜等への移行率の低下が期待（施肥の実証試験中（農水省））
- ※ 安価と考えられる
- ※ 新たな廃棄物の発生なし、実現性は高い(各自治体でも実施を計画)
- ※ 福島県では農地に散布するためゼオライトを広範に頒布



5. 土壌洗浄（物理的および化学的洗浄処理）；削土した土壌を洗浄(物理的、化学的)

- ※ 物理的洗浄：放射性セシウムが微細粘土鉱物粒子に保持されやすいことを利用して、汚染土壌を選別
- ※ 化学的洗浄：土壌に強く保持されている放射性セシウムを洗浄溶液で剥ぎ取る方法
- ※ 適切な洗浄処理方法が未確立、高い除染効果の達成が鍵（可動式洗浄機等の開発中；農林水産省、研究機関、ゼネコン等）

6. 植物栽培による土壌浄化（ファイトレメディエーション）

- ※ 放射性セシウムを経根吸収しやすい植物や作物を栽培、刈り取りにより、汚染土壌から汚染物質を除去
（7,715Bqの土壌で 茎に52Bq、根に148Bq；農研機構験結果より）





建物(屋内)及び生活用品の 除染技術とその特徴①



1. 表面除去

- ◇室内表面を機械的に剥離し、汚染物質を除去する

※注意深く実施することで、全て除去可能である。

但し、壁紙、塗装、壁土の除去に発生する埃を介して、他表面への汚染拡大の可能性はある(ID25)

- ◇室内表面の素材によって、除去方法は異なる

※塗装: サンダー、壁土の場合空圧式チゼル、板張りの床の場合のこぎり等(ID25)

- ◇削り取り作業に伴う再浮遊粒子に対する対策が必要である

- ◇廃棄物が発生するため、廃棄物の処理方策や受け入れ環境の整備が必要である

※廃棄物は、種類によって以下の通り(ID25)

壁紙: 壁紙が $1\text{kg}/\text{m}^2$ 発生、塗装: 塗料や壁土の粉塵が $1\text{kg}/\text{m}^2$ 発生

カーペット: カーペットが $0.4\text{kg}/\text{m}^2$ 発生、板張り床: 木材が $7\text{kg}/\text{m}^2$ 発生

- ◆日本の内装は、一般に施工ボードなどを下地に塗装もしくは貼り付けの場合が多く、表面除去による弊害の方が多いと考えられる



2. 吸引清掃

- ◇屋内表面や家具などの汚染物質を掃除機で吸い取り、除去する

※除染係数はバラツキがあるが、概ね5~10程度である。但し、沈着後2~3週間以内で、前洗浄などされていない場合。

繰り返しの効果は低い(ID22)

- ◇再浮遊を防ぐため、HEPAフィルタ付属(?)のものが望ましい

- ◇掃除機等で誰でもできる

- ◇吸引ごみは、一般廃棄物として処分される(?)

※廃棄物は、固体廃棄物(ダスト)が $0.005\text{kg}/\text{m}^2$ 発生(ID22)

- ◆何れも生活用品に対する除染マニュアルの整備が必要



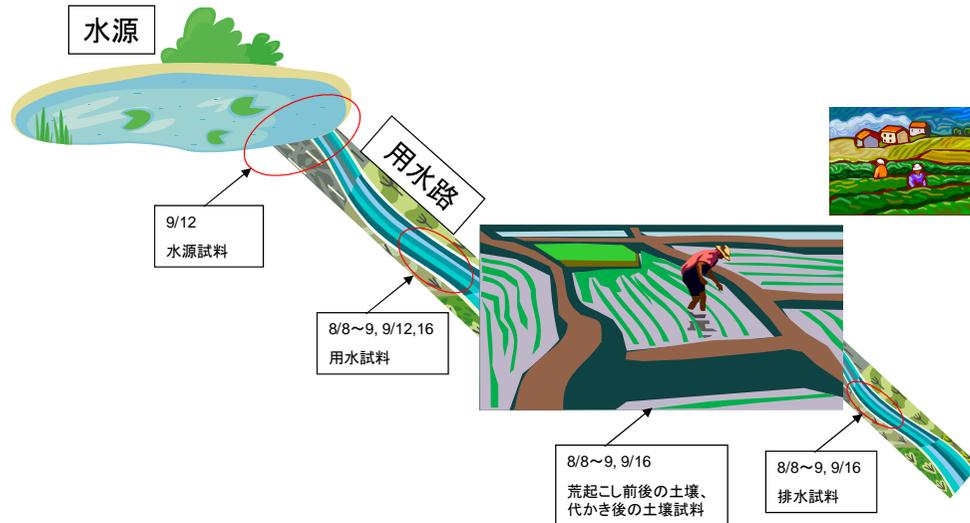
除染技術の選定について

- 地域の特性、住民の生活環境、生産活動様式を基本として除染地域、対象物に優先度をつけて実施することが必要である
- 地域を区画化して、その区画ごと除染をする必要がある
 - ✓ きめ細かな汚染物質による汚染マップの充実が必要
 - ✓ 隣接物からの二次汚染の排除
- 実現可能な技術からその得失を理解した上で、住民主体になって除染技術を選定することが必要である
- 除染技術の選定では、発生する汚染物の処理、保管方策を考えること不可欠である

クリーンアップ分科会による実証試験

水田における代かき実証試験例 (1)

(平成23年に実施)



雑草除去後の耕起



耕起後



荒かき(代掻)

水田における代かき実証試験例 (2)

(クリーンアップ分科会)



第一段階は雑草の除去, 雑草の根元はCs濃度が高い
雑草除去後、表面土壌を雑草の根とともに耕起

[放射線量率(暫定値) 1cm高]

耕起前; 0.6 - 0.9 micro Sv

耕起後; 0.4 - 0.6

荒かき後; 0.2 - 0.3 , NaI 検出器(3.5cm鉛遮蔽つき)

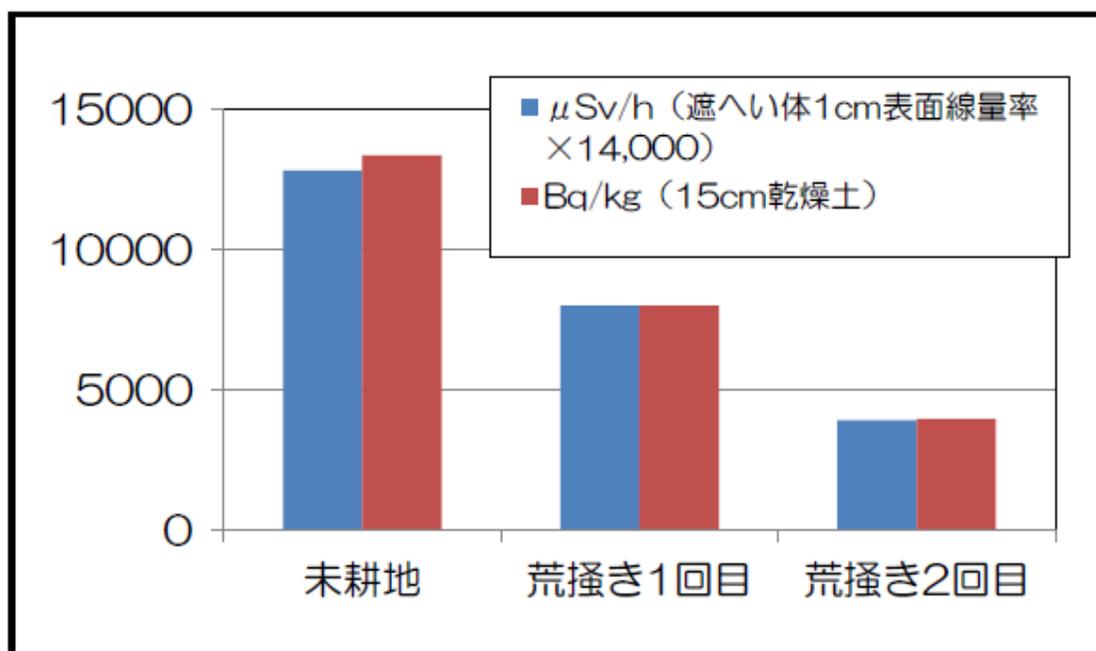
水田における代かき実証試験例 (3)

(クリーンアップ分科会)



4. 荒搔き試験の結果

⑮ 表面線量率と土壌セシウム濃度



1cm表面線量で土壌濃度を推測できることを確認

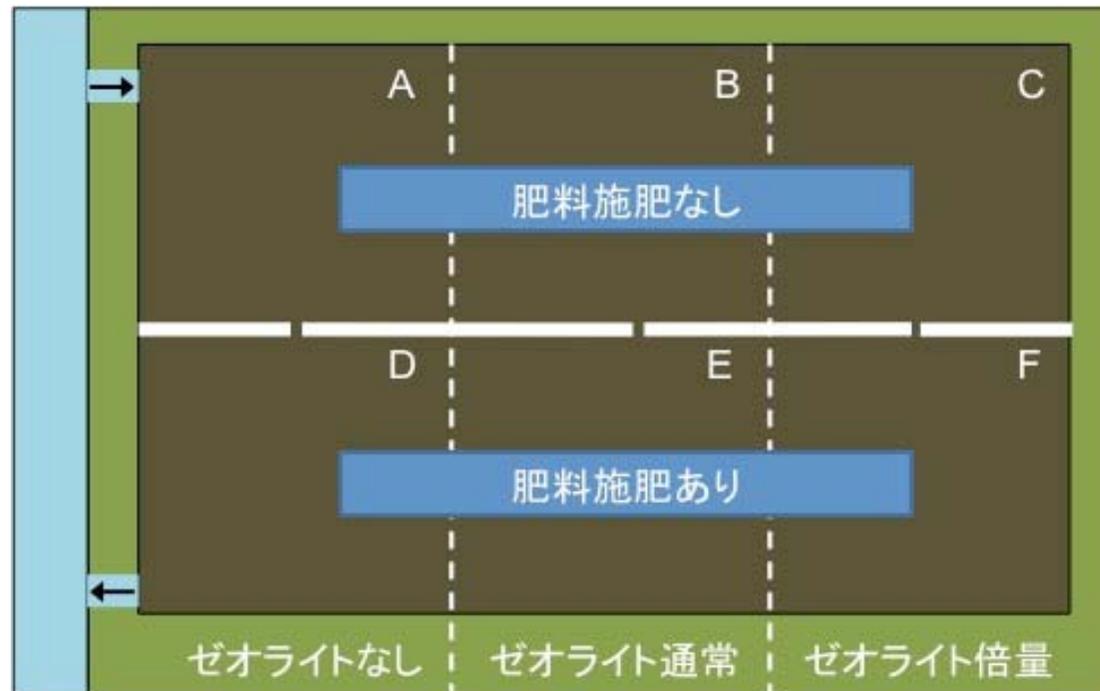


ゼオライト散布による吸収効果の評価試験(1)

(平成24年実施中)

目的:ゼオライト散布による稲への吸収効果の影響を評価する

- ①セシウム吸着剤(ゼオライト)の水田への吸着剤散布量を変化させてイネの栽培
- ②肥料施肥について、散布量を変化させてイネを栽培



ゼオライト散布による吸収効果の評価試験(2)

(平成24年実施中)



住民の方々との対話

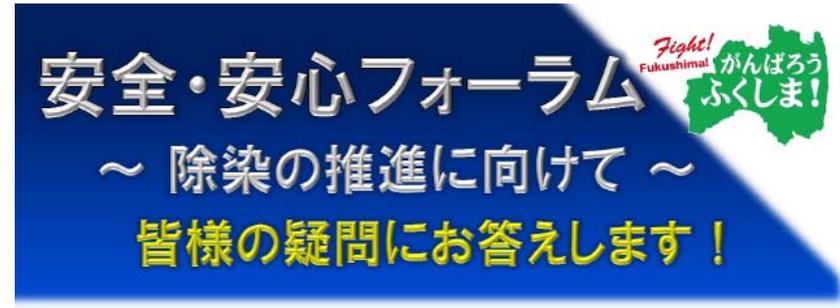
地域との対話 –クリーンアップ分科会–

1. 安全・安心フォーラム(福島県との共催)

- 地域住民との対話
- 放射線影響、環境修復技術に関する説明
- 参加者との質疑応答
 - 除染技術、放射線影響に関する疑問
 - 除染に対する県、市等の計画、規制上の疑問(県の担当者が回答)

2. 地域での除染技術の説明

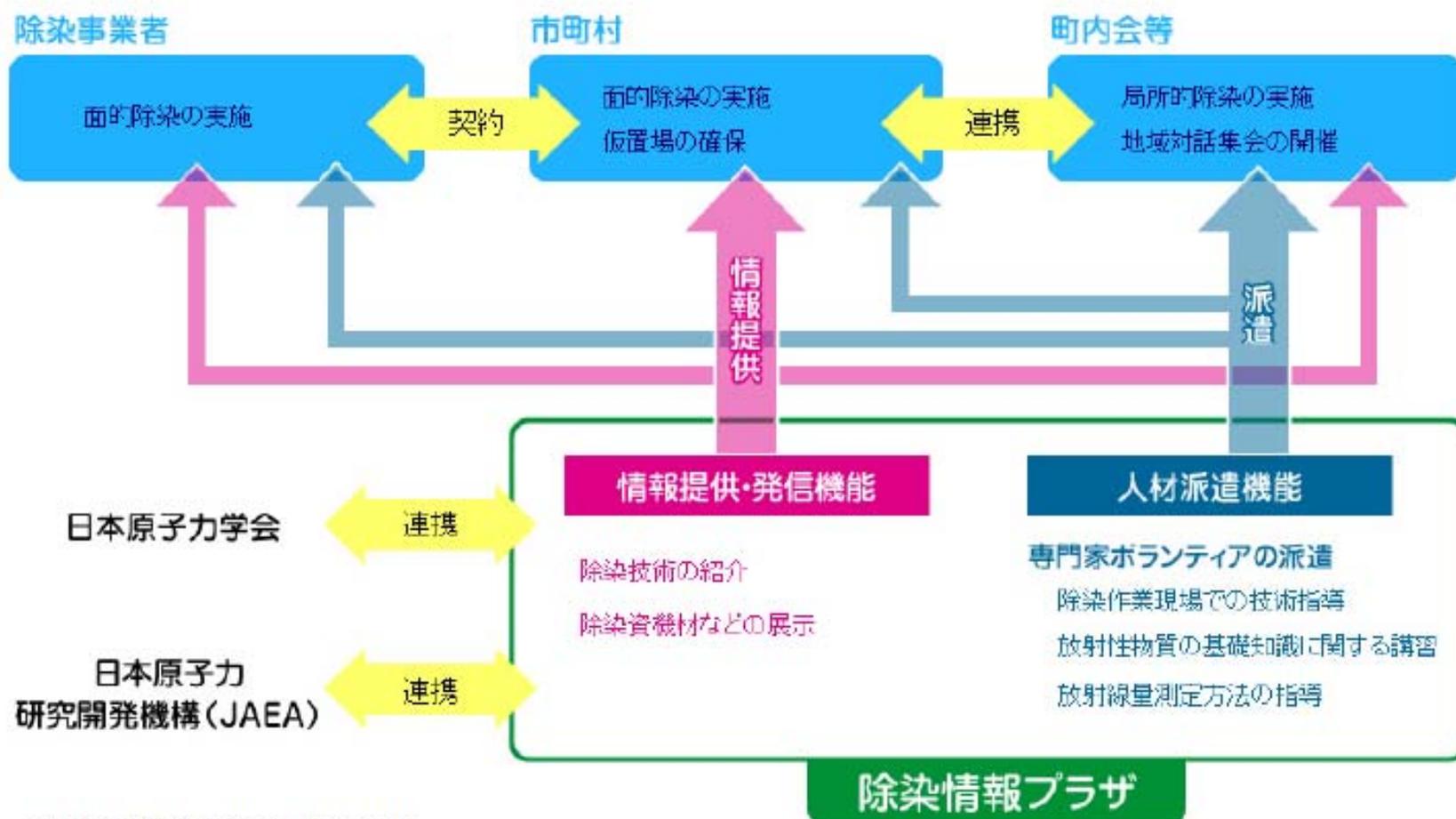
- 地域集会での対話
 - 詳細な汚染マップの必要性
 - 除染技術の紹介
 - 汚染の特徴
 - 放射性物質の濃度に応じた効果的な除染



安全・安心フォーラム
 ~ 除染の推進に向けて ~
皆様の疑問にお答えします!

開 会	福島県知事 佐藤 雄平 日本原子力学会会長 田中 知	
基調講演	除染を進める福島県の挑戦 : 福島県生活環境部長 荒竹 宏之	
講 演	放射線モニタリングと健康影響 : 日本原子力学会 服部 隆利 環境修復に向けて ~放射能除染の必要性と課題~ : 日本原子力学会 井上 正 生活圏の除染を進める上での課題と対策 : 福島市政策推進部長 富田 光	
対話集会	専門家との対話により、皆様の日頃の疑問にお答えします。	
	①健康影響分科会 ファシリテーター: 日本原子力学会 占部 逸正 ②除染推進分科会 ファシリテーター: 日本原子力学会 大場 恭子	
日 程	平成23年11月27日(日) 13:00~16:00 (開場12:30)	
会 場	バルセイいざか 〒960-0201 福島市飯坂町字筑前27番地の1 TEL.024-542-2121	
対 象 者	どなたでも参加できます	参加費 無 料
申 込 方 法	裏面の参加申込書を郵送、FAX又はEメールにてお送りください。 (申込みをされなくても入場できますが、事前に申込みされた方を優先させていただきます。)	

除染情報プラザへの協力



環境省除染情報プラザHPより

除染のポイント

汚染状況 ー着目すべきポイントー

1. 住居とその敷地：空間線量率の低減

- 多くの放射性物質は屋根から流されている(固着した汚染が残留)
- 家屋周囲の側溝の汚泥、コケ類、雑草に比較的高い汚染



2. 水田、畑地等農業・牧畜用地 (放射性物質の濃度の減少、5,000Bq/kgが境界)

- 比較的容易な修復方法; 耕起、代掻きなど(5,000Bq/Kg達成可能な場合)
- 強力な修復方法(濃度が高い場合); 表面層剥離、クリーン土壌への入れ替え等

3. 道路等：空間線量率の低減

- 多くの放射性物質は舗装面から流されている(固着した汚染が残留)
- のり面の雑草、コケや側溝の汚泥に比較的高い汚染



環境修復上のポイント

- 空間線量率は環境に強く依存
- 汚染分布はまばらになっている。1地点でも幾つかのホットスポットが存在する

汚染廃棄物の処理 — 重要な課題 —

1. 多種類の汚染廃棄物

- 種類が多い; 固形物(金属、木材、瓦等の陶磁器、土壌、草木類)、水
- 放射能濃度が広範囲(8000Bq/kg以下 ~ 100,000Bq/kg超まで)
- 体積の減容(草木類等); 焼却減容 ⇒ 飛散防止、排ガス監視等の注意
- 除染のタイミングも考慮(植生のサイクル)

2. 保管施設の確保 (場所の確保、想定保管期間)

- 管理処分の3要件
 - ① 放射性物質の飛散防止
 - ② 遮蔽による周囲空間線量の低減
 - ② 雨水等の浸入、流出の防止
- モニタリングによる監視、管理

3. 本格処分場の確保



フレコンパックへの収納
(仮置き)



仮置き場



中間貯蔵施設



長期処分施設

除染は速やかに！ 放射性廃棄物の保管場所の確保

除去土壌の仮置き場Q&A集の作成 (クリーンアップ分科会)

目的：

- 除染によって発生する除去土壌を一時的に保管する仮置き場について、市町村の担当者やその周辺住民が抱いている疑問や不安に答える
- 仮置き場を適切に設置、運営すれば、**地域全体の放射線被ばくを早期に低減させる効果がある**ことを理解していただく(円滑な除染作業の進展の一助とする)

Q&Aの例

Q: 仮置き場とはどんな場所に造ればよいのか。

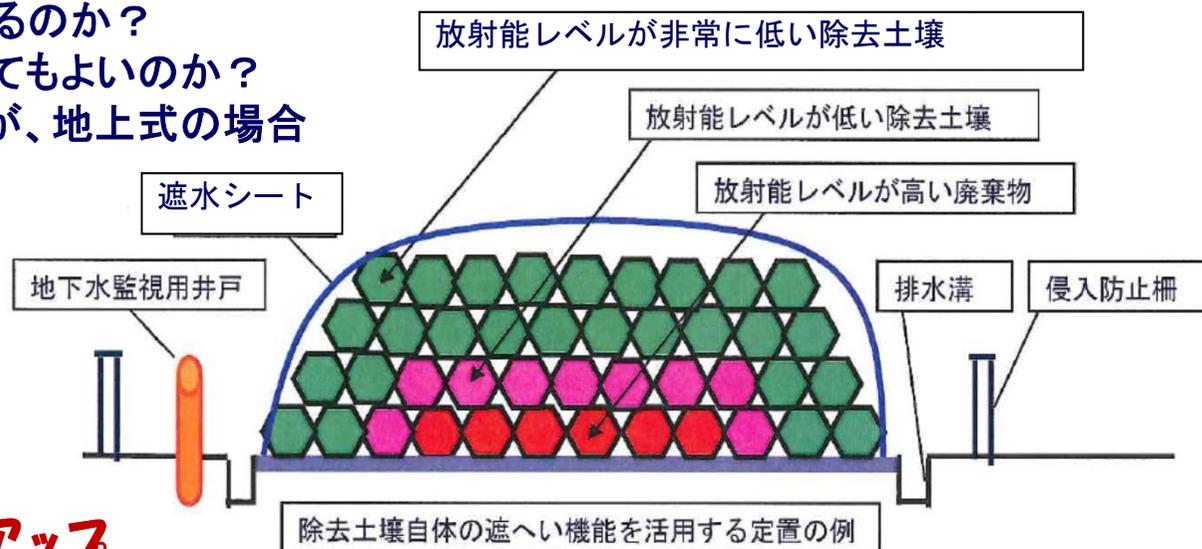
仮置き場の立地に関して国の基準などはあるのか。

Q: 除去土壌を搬入する際は、バラ土のままでもよいのか? 飛散防止のために何か容器の必要はあるのか?

また、バラ土のまま仮置きしてもよいのか?

Q: 仮置き場は野外に設置されるが、地上式の場合
はどのようにして遮蔽機能を持たせるのか。

地下式の場合、定置作業中にはどのような遮蔽方法を採用するのか?



原子力学会ホームページにアップ

住民の方々の帰還に向けた工程とそのポイント

1. 詳細汚染マップの作成

- 200～500mメッシュ程度のマップ
- その中でのホットスポットの探索

2. 目標線量の設定

- 5～10mSvの間が現実的な目標 例:5mSv
- 住民の皆さんとの対話を経て決める

3. 地域ごとの仮置き場の確保

- 川内村内に確保(住民の皆さんとの対話、合意が不可欠)
- 仮置き場が決まらないと除染が進まない

4. 除染計画、実施計画の策定

- 除染計画(含む予算):既述 → 国、県への提出(予算の確保)
- 実施計画:汚染マップ、生活様式、生産活動に沿った除染優先、人が出入りする公共施設(学校等)
- 専門家の協力、助言が不可欠

5. 除染の実施

- 住民で実施、業者が実施
- 除染マニュアルの参照
- 専門家の立会

6. 避難されている地域においては帰還

原子力学会は本工程達成のために積極的に協力

**速やかに
効果的除染が進む
ことを願って**

**Fight!
Fukushima!**

**がんばろう
ふくしま!**

ご清聴ありがとうございました