

2011年8月23日 原子力委員会
田中 俊一

福島県での放射能除染の必要性と課題

環境に放出された放射性物質と汚染状況

除染の経験

1. 伊達市富成小学校・幼稚園の放射能除染
2. 飯舘村長泥地区での放射能除染試験
3. 特定避難勧奨地点の放射能除染

放射能に汚染された土壌、瓦礫等の処分について

結言

環境に放出された放射性物質 と汚染の状況

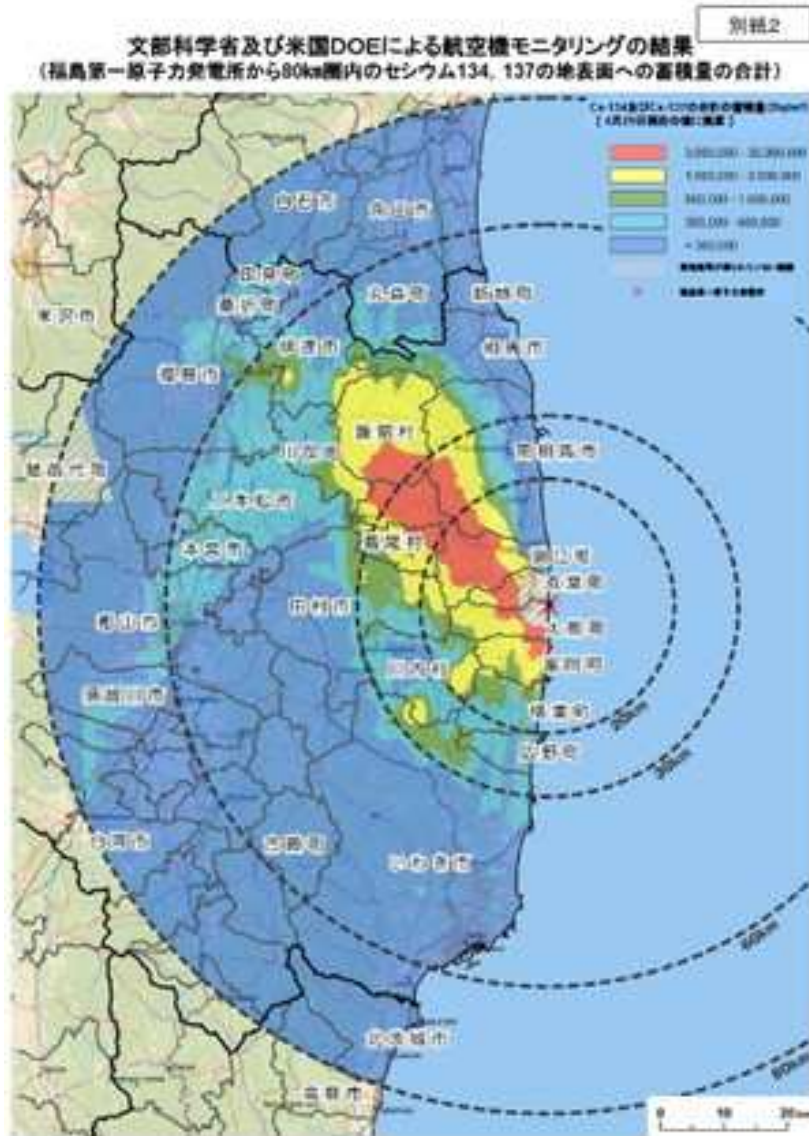
環境を汚染している放射能

・3月15日の朝に福島第一原発の2号機の格納容器が水素爆発し、揮発性の放射性ヨウ素(^{131}I)、放射性セシウム(^{137}Cs , ^{134}Cs)、希ガス(^{133}Xe , ^{85}Kr)が環境に放出されました。現在、福島県を汚染している放射能の大部分は、3月15日に放出されたものです。特に、3月15日の夜半から16日の未明にかけて空気中の放射能は西北方向に流れ、その時に雪や雨が降ったため、空気中の放射能(塵)は雪や雨とともに地上に降り積もり、浪江町、飯舘村方向で高い放射能が測定されています。その後も、3月中は環境への放射能の放出があり、3月20日頃に郡山市方面の線量率が増加しましたが、以後は環境の放射能濃度を大きく増加させる放出はありません。

・放射性ヨウ素(^{131}I)は半減期が8日ですので、初めは放射線量の大部分を占めていましたが、現在までに約2万分の1位にまで減っています。一方、放射性セシウム： ^{137}Cs 、 ^{134}Cs は、それぞれ半減期が30年、2年と長いので、4月半ばからはセシウムによる放射線量がヨウ素より大きくなり、現在の放射線量はこれら2種類の放射性セシウムによるものになっています。なお、希ガスは、空気と同じで降り積もることなく風とともに通りぬけています。

・放射性セシウムの半減期は長いので、放っておけば、30年経っても放射能は現在の1/4にしかならず、千分の一になるには270年もかかります。また、一旦、土壌等についたセシウムはしっかりと固着しているので、人手を掛けて取り除くしかありません。従って、これから行わなければならない除染は、土壌などに降り積もっている放射性セシウムを除去することです。

原発事故により環境へ放出された放射能



福島県の放射線量の状況

○ 緊急時被ばく状況

ICRPは、今回の事故のように大量の放射性物質が環境に放出された場合は、被ばく量が年間20～100mSv/年の範囲に収まるようにする目安(参考レベル)を提案している。

一方、我が国の原子力防災指針では、50mSv以上の被ばくの可能性がある場合は避難、10～50mSvの被ばくの可能性がある場合は、屋内待機とされており、20km圏内の避難、30km圏内の待機はこの指針に基づいている。

また、飯舘村などの計画的避難区域、伊達市の特定避難勧奨地点は、来年3月11日まで現在の地に留まって生活を続けた場合、積算線量が20mSvを越えることになるという予測に基づいて避難の判断がなされている。

○ 現存被ばく状況

ICRPは、緊急避難区域から外側にありながらも、放射能に汚染された環境で生活する場合には、被ばく量が年間1～20mSv/年の範囲に収まるようにする目安(参考レベル)を提案し、長期的には1mSvを目指すべきとしている。

避難区域以外の福島県の多くは、平常時より高い放射線量が観測されているので、現存被ばく状況にある。

○ 計画的被ばく状況

平常時に放射性物質の管理ができている場合で、公衆の被ばく量は1mSv以下にすること。

計画的避難区域等を解除するための除染

国は年間20mSvを基準として、来年3月まで留まると20mSvを越える可能性があるとして避難を勧奨。

住民が復帰し、生活できる条件

- ・ 年間の被ばく線量が1～20mSv範囲であること。
- ・ 耕作、牧畜等を行うためには、セシウムによる土壤汚染を5000ベクレル/kg以下にすること。

住民が復帰し、生活するために成すべきこと

- ・ 住民が村に復帰し、あるいは避難せずに生活できる条件を達成するためには、住居、田畑、山林等の放射能を除去し、放射能濃度を下げ、年間の被ばく線量を20 mSv以下にすること。
- ・ 子供等のことを考慮すれば、被ばく線量は20 mSvから出来るだけ下げることも必要。
当面は、実被ばく線量として、成人や従事者の3分の1程度、5mSvを目指すのが現実的。
- ・ 土壤等の放射能汚染は、Cs-137(半減期30年)、Cs-134(半減期2年)によるものであり、自然の減少はほとんど期待できない。
- ・ 従って、放射線量率や土壤等の放射能濃度を下げて、住民が村に復帰し、生活できるようにするためには、セシウムを積極的に除去する必要がある。

除染の経験

1. 伊達市富成小学校・幼稚園の放射能除染

○ 目標

子供・幼児の学校、幼稚園での年間積算線量1mSv(放射線量率:0.1~0.2 μ Sv/h)以下。
(文部科学省の目標値)

○ 人員

7月2日、3日:除染準備(約50名)
7月9日-15日:除染実施(約20~30名/日)
7月16日、17日:除染実施(地域住民、ボランティアを含む)

○ 除染の方法

- ・土壌、草地については剥取り(刈払いは父兄の協力)
土手、校舎周囲の剥ぎ取りは、地域住民およびボランティアの協力
- ・窓などのルーズな汚染はふき上げ(父兄の協力)
- ・コンクリート、アスファルト、レンガ等については、セシウムが表面の孔などに吸着されているので、サンドブラスト法や電気カンナ等を利用して表面を薄く剥離(約1ミリ厚)
- ・排水溝等については、土壌、コケを除去し、高圧水洗浄。
- ・プールの除染は、溜まっている水、アオコなどのセシウムを除去処理して排水。その後、プール内、周囲の除染
- ・幼稚園については、屋根、雨樋、プール、プール周囲、玄関先(化粧レンガ)の除染

○ 廃棄物

- ・廃棄物は、学校の裏手(体育館)にまとめて保管。表面線量を測定して適宜遮蔽をした上で近接防止のロープを設置。

学校での被ばく線量を下げ ためには広範囲の除染が必要！



校庭の除染
(既に実施済みで今回の対象外)



埋設地
表面: $0.25 \mu\text{Sv/h}$
1m: $0.5 \mu\text{Sv/h}$

土手(法面)の除染

土手: $3-5 \mu\text{Sv/h} \rightarrow 1-1.5 \mu\text{Sv/h}$



校舎の除染

窓やサッシの除染

アスファルトの除染

表面: $2-3 \mu\text{Sv/h} \rightarrow 0.7-1 \mu\text{Sv/h}$



割れ目: $6-8 \mu\text{Sv/h}$



校舎裏、周囲の除染

$5 \mu\text{Sv/h} \rightarrow 1 \mu\text{Sv/h}$

放射能除染の方法



コンクリート等(ブラスト法による剥離)



父兄による刈払い



ボランティアによる草(根)の剥取り



真空吸引法による放射能除去



中央階段(電気カンナによる剥離)

プールの除染

- ・ プール水: 650Bq/kgを50Bq/kg以下まで浄化排水
- ・ プール周囲、脱衣所屋根(コンクリート)、排水溝の除染



プール水は検出限界以下(<7Bq/kg)
周囲の空間線量率 0.7-0.8 μ Sv/h

7月19日プール開き実施!



プール側溝: 6-8 μ Sv/h \rightarrow 1 μ Sv/h以下



富成小・幼稚園の除染廃棄物
(手前の土嚢は放射線遮蔽用)



或る小学校の校庭の除染廃棄物(約50mx20mx2m深さ)

重機による除染は、除染廃棄物が多量に発生し、
かつ除染効果が小さい

2. 飯舘村長泥地区での放射能除染試験

○ 家屋、屋敷の除染

雨樋、屋根の除染

- ・ ポリイオン溶液を注ぎ、Csの飛散防止をしてから土、枯葉を除去
- ・ 屋根は全体を高圧水洗浄
- ・ 雨樋は屋根の洗浄後、高圧水洗浄

屋敷表

- ・ 砂利(碎石)の土壤にポリイオン溶液を散布(Csの飛散防止)
- ・ 雨水ピットの土壤を除去
- ・ スポット状の汚染土壤を剥離
- ・ 花壇の土、石苔は移植ベラで簡単に除去、また常緑樹については一部剪定

屋敷裏

- ・ ポリイオン溶液を散布後、土壤を剥離(雨樋下近傍:3~4cm程度)
- ・ 裏手、横の草地は、1cm程度の厚さで杉林の境界まで剥離
- ・ 屋敷近傍の杉の枝、枯葉を林の奥に移動
- ・ スポット状の汚染土壤を剥離
- ・ 家近傍の杉、もみの木を伐採、枝打ち

○ ビニールハウス(ビニール無し)、水田、牧草地の除染

- ・ 一定の試験面積に複数の成分をもつポリイオン溶液を散布(5月20日)
- ・ 併せて、コアサンプリングによる分析用サンプルを採取
- ・ 剥離し、除染効果を確認(5月26日)

民家周囲の線源



屋敷杉

草地

母屋(屋根、雨樋)

車庫

物置・牛舎(屋根、雨樋)



前庭・花壇、畑



杉の枝

もみの木(葉)



杉の落葉

雨樋

地面

屋敷表・横側

屋敷裏側

空間線量率: 13~15 μ Sv/h
表面線量率: 20~170 μ Sv/h

屋根、雨樋の除染



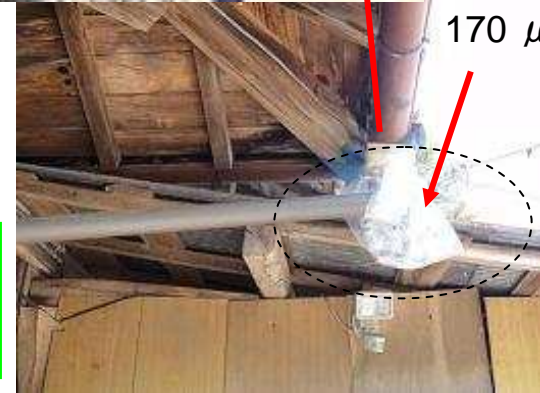
屋根の除染(高圧水洗)



除染準備
(ポリイオン水注入)

①

②



170 μ Sv/h



雨樋(裏):最後に高圧水洗
除染前 40-50kcpm
除染後 10kcpm以下

雨樋(表)	線量率(μ Sv/h)	
	除染前	除染後
落口①近傍	45 ~ 65	14
落口②近傍	50 ~ 170	
全体	10 ~ 35	

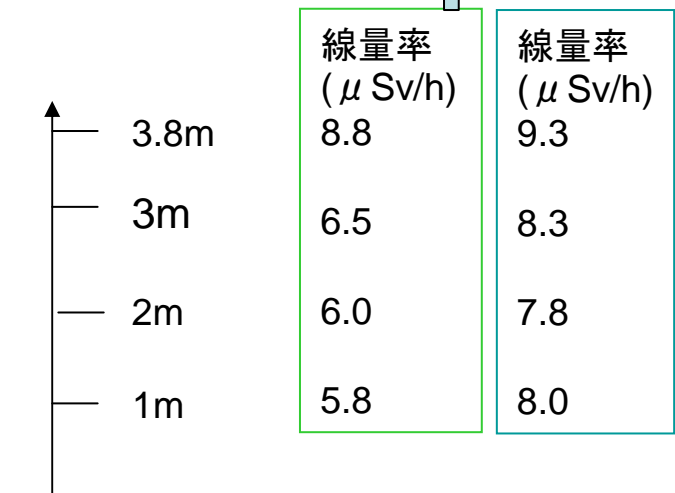
屋敷裏の除染



草地(スコップで漉取り)
 除去前: 全面15kcpm~30kcpm
 除去後: 全面 <6kcpm



屋敷の裏側は、土壤、草地を剥離除去



高さ方向の線量率変化

雨樋下の土壤 (cpm)
 除染前 10k ~ 41k
 剥離後 < 8.0k

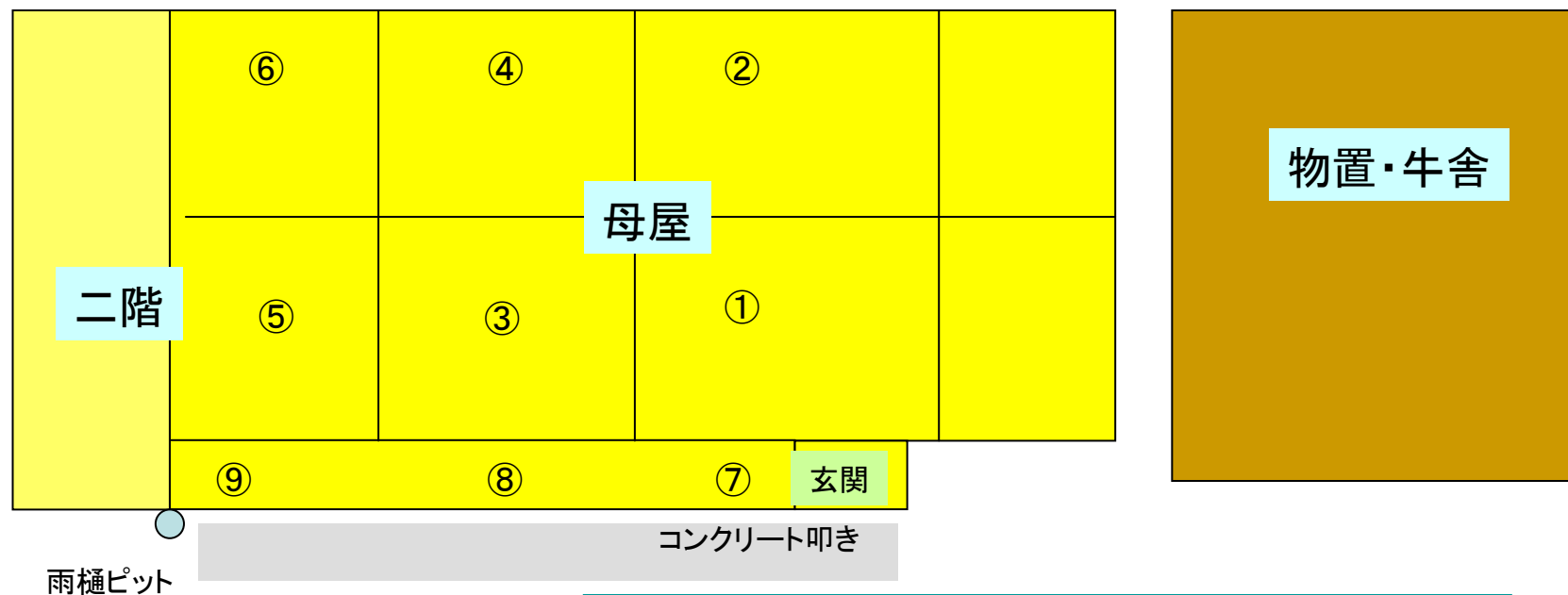


屋内線量率を下げるためには、屋敷周囲の木々の伐採、剪定が必要



周囲の樹木からの放射線の寄与が大きく、屋内の線量率は床より天井が20%から50%高い

除染による屋内線量率の変化



100cm(床面)高さでの線量率(μ Sv/h)

	除染前 5月19日	除染後(床面) 5月20日	除染後(床面) 5月26日
①	3.9	3.7(3.2)	3.1(2.8)
②	9.6	4.7(3.3)	3.9(3.2)
③	4.2	4.1(3.6)	3.2(3.0)
④	8.6	4.8(4.4)	4.3(3.9)
⑤	4.2	4.2(3.0)	3.0(2.7)
⑥	6.5	4.6(3.3)	3.6(3.0)
⑦	4.8	4.7(3.7)	3.3(2.8)
⑧	5.2	4.7(4.5)	3.1(2.8)
⑨	7.1	6.6(5.3)	3.7(3.5)

ビニールハウス(畑)の除染

- ・10mx4mにポリイオン溶液を散布(5月20日)
- ・乾燥後剥離(5月26日)



ポリイオン溶液の散布
(10mx4m)
天然ポリイオンと合成ポリイオン
を散布



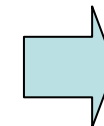
草刈鎌で剥取り



ポリイオンで固化した土壌

GM測定値

	剥取り前	剥取り後(3~4cm厚)
鉛コリメータ無し	15k ~ 23k cpm	1.6k ~ 1.7kcpm
固化土壌のみ剥取り(0.5~1cm厚)		
鉛コリメータ付き	13.5k ~ 17.5kcpm	3k ~ 4.7kcpm

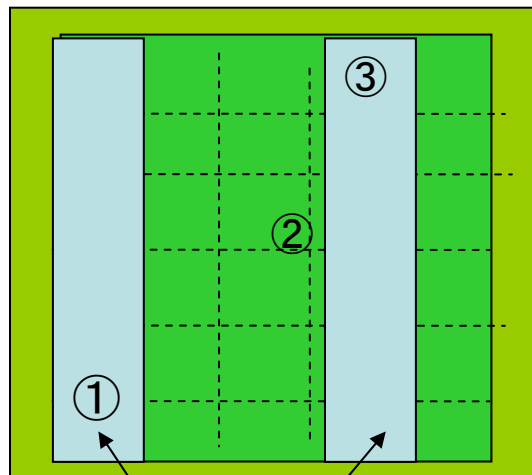


除去率: 89% ~ 93%

牧草地の除染

除染前

牧草地(5mx5m)



ポロイオン散布

	GM (cpm)	NaI (μ Sv/h)	
		表面	100cm
①	37k	20.0	11.8
		9.3	5.5
②	42k	20.0	12.6
		10.0	5.8
③	49k	21.1	12.8
		9.7	5.8

下段;鉛コリメータ付き

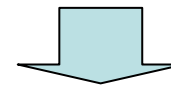
除染後



剥取り後のGM測定値(鉛コリメータ無し)

2.6kcpm ~ 2.7kcpm

ポロイオン溶液で草の根まで固定化されており、剥取りが容易(3cm~4cm厚)

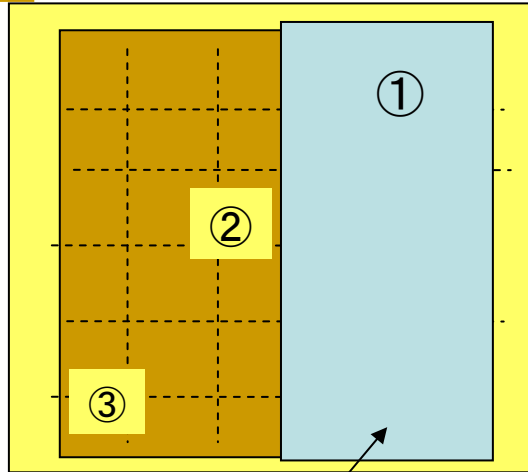


$$\text{除去率} = (43 - 2.65) \text{kcpm} / 43 \text{kcpm} = 94\%$$

水田の除染

除染前

水田 (5m x 5m)



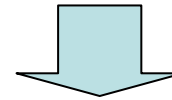
ポリイオン散布

除染後

剥取り後のGM測定値(鉛コリメータ無し)

2.5kcpm ~ 5kcpm

稲株は藁にはセシウムが多量に付着しており、
土壌の除去は稲株も一緒に除去すること。



	GM (cpm)	NaI (μ Sv/h)	
		表面	100cm
①	17k	15.1	10.3
		6.8	4.5
②	14k	14.8	9.8
		6.9	4.6
③	17k	15.4	10.3
		7.0	4.7

下段;鉛コリメータ付き

$$\begin{aligned} \text{除去率} &= (16-2.5)\text{kcpm}/16 \text{ kcpm} = 85\% \\ &= (16-5)\text{kcpm}/16 \text{ kcpm} = 69\% \end{aligned}$$

飯舘村長泥地区での試験結果のまとめ

- ☆ 屋内線量率は、 $3.9\sim 8.6\ \mu\text{Sv/h}$ が $3.1\sim 4.3\ \mu\text{Sv/h}$ に低下。さらなる低下のためには、家屋の周囲50m～100mの範囲の除染が必要。
- ☆ ビニールハウス(畑)、牧草地、水田の放射能(セシウム)の濃度は、耕作制限値の5分の1～2分の1に低下。

ビニールハウス(畑):	89%～93%(暫定値)
牧草地:	93%～95%(暫定値)
水田:	69%～85%(暫定値)

この値は、測定器のBG補正をすれば、さらに除去率は5%から10%良くなると推測。

根気良く適切な努力すれば、放射能の除去（除染）は可能である。

3. 特定避難勧奨地点を解除するための除染試験

特定避難勧奨地点

- ・伊達市の特定避難勧奨地点は、霊山町下小国地区約100世帯(全体約420世帯)、月舘6世帯(全体10世帯)
- ・今回の試験は、下小国地区の3軒を対象に実施

目標

- ・年間の被ばく線量が20mSvを十分に下まわり、子供の被ばく線量が5mSv程度であること。
→ (空間線量率:約1~1.5 μ Sv/h)

放射性物質の除去(除染)

- ・放射能汚染は、Cs-137(半減期30年)、Cs-134(半減期2年)によるものであり、自然の減少はほとんど期待できないので、セシウムを物理的に除去。

除染の方法

- ・屋根は高圧水による洗浄し、雨樋は樋の中の土、枯葉を洗浄除去。
- ・畑や庭などの土壌は、表面から1-2cmを除去。
- ・畑、道路脇などの草地については長く伸びた草を刈払いしたあと、地面から1cm深さ程度を目処に根を切り取るように剥取り。
- ・住居周囲のコンクリート、アスファルト、レンガ等については、ブラスト法や電気カナ等を利用して表面を薄く剥離(約1ミリ厚)
- ・排水溝等については、土壌、コケを除去し、高圧水洗浄。道路については、縁石や端の草や土を除去し、洗浄。
- ・常緑樹はできるだけ深く剪定、枯葉は腐葉土まで除去。
- ・周囲50mぐらいまの範囲を除染することが望ましい。

実施体制

- ・伊達市除染プロジェクトチーム、民間専門会社、(独)原子力機構、地元建設業者、住民、ボランティア

除去廃棄物(放射性廃棄物)

- ・除染により排出される様々な種類廃棄物は、一般廃棄物として処理できないセシウム濃度であり、当面は町内の空き地等に仮置。

農家等の除染作業



土壌の入替え



アスファルトの剥離



庭・植込みの土、コケ等の剥離



雨樋・屋根の掃除



土壌の剥離(手作業)



側溝の清掃

下小国の除染試験の結果



全て避難基準以下を達成

玄関前 $1 \sim 2 \mu\text{Sv/h}$ 、
室内(1階) $0.5 \sim 0.9 \mu\text{Sv/h}$ 、(2階) $0.7 \sim 1.1 \mu\text{Sv/h}$
庭(アスファルト) $2 \sim 3 \mu\text{Sv/h}$ 、雨水の流れている庭部分は
 $30 \mu\text{Sv/h} \sim 97 \mu\text{Sv/h}$

玄関前 $0.7 \sim 1.3 \mu\text{Sv/h}$
室内(1階) $0.3 \sim 0.5 \mu\text{Sv/h}$
(2階) $0.6 \sim 1.0 \mu\text{Sv/h}$



玄関前: $\sim 2 \mu\text{Sv/h}$
室内(1階) $0.5 \sim 0.9 \mu\text{Sv/h}$ 、(2階) $0.6 \sim 0.9 \mu\text{Sv/h}$
庭(アスファルト) $2 \sim 3 \mu\text{Sv/h}$ 、
雨水の流れている部分、側溝: $10 \sim 40 \mu\text{Sv/h}$
垣根(つげ): $3.5 \mu\text{Sv/h}$

玄関前 $0.8 \sim 1.2 \mu\text{Sv/h}$
室内(1階) $0.5 \sim 0.8 \mu\text{Sv/h}$
(2階) $0.6 \sim 0.7 \mu\text{Sv/h}$



玄関前: $3.7 \mu\text{Sv/h}$
室内(1階) $0.6 \sim 0.7 \mu\text{Sv/h}$ 、(2階) $1.0 \sim 1.6 \mu\text{Sv/h}$
雨水の出口: $8 \sim 60 \mu\text{Sv/h}$ 、
家屋の裏: $3 \mu\text{Sv/h}$
垣根(伽羅): $3.5 \mu\text{Sv/h}$

玄関前 $0.6 \sim 1.2 \mu\text{Sv/h}$
室内(1階) $0.4 \sim 0.5 \mu\text{Sv/h}$
(2階) $0.5 \sim 0.8 \mu\text{Sv/h}$

放射能に汚染された土壌、瓦礫 等の処分について

除染をすれば廃棄物が発生する！



最終処分に係る課題

○ 廃棄物処理処分に関する安全確保の当面の考え方 原子力安全委員会(6月3日)

処理

- ・ 処理施設の周辺住民の被ばくは1mSv/y以下にすること。 → 周辺以外は1mSv以上
- ・ 処理作業者は1mSv/y以下、電離則を遵守して被ばく管理をすること。 → 不可能
- ・ 排気・排水濃度限度以下であることを確認すること。 → 校庭に埋めた場合は管理していない

処分

- ・ 処分した後(管理期間終了後)のめやすは、 $10 \mu \text{Sv/y}$ 。
→ 校庭に埋めた土壌は管理していないので管理期間終了？

○ 福島県内の災害廃棄物の処理方針 環境省(6月23日)

焼却灰、不燃物

- ・ 8000Bq/kg以下である主灰は、一般廃棄物採集処分場(管理型最終処分場)で埋設可能。
- ・ 10万Bq/kgを越える場合は、放射線を遮へいできる施設で保管。国によって処分の安全性が確認されるまでの間、一次保管。 → 大量の廃棄物を保管できる場所はなく、保管期間も？

その他

- ・ 作業員には電離則を適用 1mSv/y以下。 → 処理は不可能。一般住民は子供も含めて1mSv/y以上？

既存の規制・基準では、福島県の廃棄物の処理・処分は不可能である



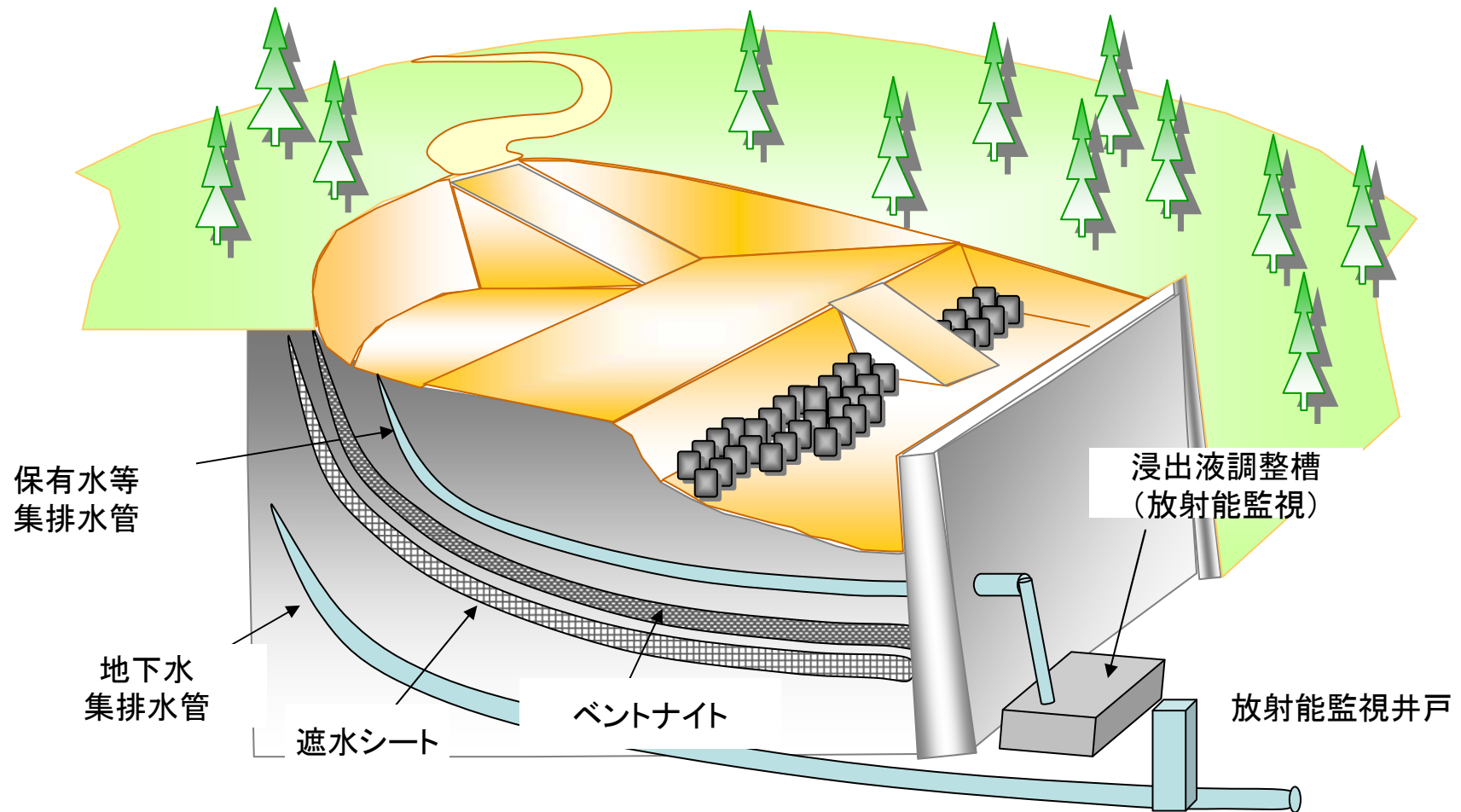
国は最終処分(仮処分場)に関する安全基準、設計基準を速やかに整備すべき。

管理型放射性廃棄物処分場

- ☆ 土壌、草、樹木、コンクリート屑、汚泥など、セシウムに汚染された様々な放射性廃棄物がでるので、これを集積して安全に処分できる場所の確保が必要である。
- ☆ その量は膨大であり、各自治体で数10万トンから数100万トン、福島県全体では数千万トンに達すると予測される。
- ☆ 廃棄物のセシウム濃度は、ほとんどがキログラム当たり数万ベクレル～数10万ベクレルである。

- ・ 放射性廃棄物は、放射能が減って安全が確認できるまで管理するのが原則である。
- ・ 校庭に埋めるのは無管理状態になり、その後の安全が担保できない。
- ・ 管理型処分場で放射能の監視を続ければ安全は担保できる。特に、セシウムはベントナイトやゼオライトに吸着されると動かないので管理が容易である。

管理型放射性廃棄物処分場(イメージ)



- ・ベントナイト中でのセシウムの300年間の移動距離は0.1mm
⇒ 数mmのベントナイト層を設ける事でセシウムの閉じ込めが可能。
- ・排水中のCs-137濃度を連続モニターで監視
- ・排水中のCs-137濃度が基準を上回った時には、ゼオライト吸着塔などを用いて排水を処理
- ・覆土を100cmすれば、放射線量は $0.001 \mu\text{Sv/h}$ 以下(自然放射線量の数10分の1)

結 言

- ・事故当初において、適切な避難誘導がなされなかったことで、20km以内の避難指示を受けた多くの住民は飯舘村などに避難した。このため、警戒区域の住民を含めて計画的避難区域の住民は無用の被ばくを受けてしまい、特に子供達が同じように被ばくをしたということに極めて強い怒りと不安がある。
- ・避難を余儀なくされた住民の心は、本当に戻れるか、いつ戻れるかということで、絶望感と望みの中で揺れ動いており、国は具体的に除染の取組みを始め、こうした不安に応えることが急がれる。
- ・福島県民は、緊急時被ばく状況あるいは現存被ばく状況下において、放射線被ばくに対する不安とストレスに日々悩んでおり、特に、子供達の被ばくについての母親の心配は深刻である。
- ・緊急時被ばく状況、現存被ばく状況のいずれの地域においても、放射能の除染は極めて重要な課題である。しかし、これまでの除染の実績を踏まえれば、これを短期間で計画的被ばく状況にまで除染するのは不可能である。
- ・従って、福島県民は長期間にわたって通常と比べて高い放射線環境下で生活することを余儀なくされることになる。こうした状況では、放射能の除染と合わせて、不安や精神的ストレスを軽減する知恵を身につけることが極めて大事である。
- ・生涯の集積被ばく量を100mSvに制限すれば、福島県の広範な地域での生活が成り立たなくなるなど、国の基準は福島県の実態を踏まえていないものが多い。
- ・年間5mSv～10mSv程度の低線量長期被ばくに係る継続的な健康管理と健康影響調査が重要である。

国(政治)が取り組むべき緊急課題

① 国の責任で放射能除染に早急に着手すること

- ・ 国が責任をもち、除染の実施は各自治体に委ねることとし、そのために必要な予算を確保すること。
- ・ 除染活動を効果的に進めるためには地元住民の協力が不可欠であり、また、当面の労働(雇用)の機会とすること。
- ・ 避難住民の復帰は2年程度を目処に取り組むこと(復帰への希望がもてること)。

② 放射能除染に伴う廃棄物の最終処分方法を早急に提示すること

- ・ 放射能汚染を除去するためには最終処分場が不可欠であることを、県、自治体と協力して住民(国民)に納得してもらうこと。
- ・ 広域除染、数千万トンに及ぶ廃棄物の処分場は、各自治体、または県が責任をもって用意し、安全の担保と必要な費用は国が責任をもつこと。
- ・ 緊急事態であることを認識した現実的な規制等を早急に制定すること。

③ 住民に対する健康管理

- ・ 福島県民の放射線に対する健康管理の基本に除染があるという認識をもつべき。
- ・ 小児・子供、女性(妊娠可能)に対するセシウムの健康影響についての住民の不安を軽減するためには、被ばく線量を下げる努力が不可欠。
- ・ 個々の住民の被ばく量の推定と長期的な健康管理体制を構築すること。