

福島県における放射性汚染物質の除染活動

吉田善行
日本原子力研究開発機構 客員研究員
東京大学原子力国際専攻 特任教授

飯舘村は？

面積: **230 km²** [ほぼ15 km x 15 km]

人口: **6,152人** (2011.2.1)

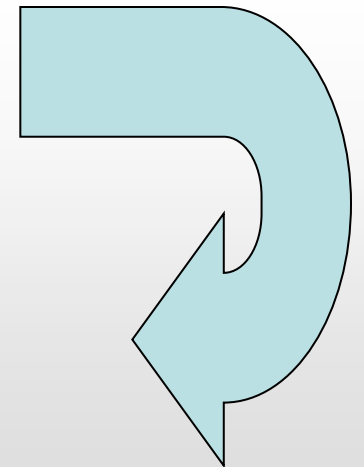
福島県相馬郡飯舘村



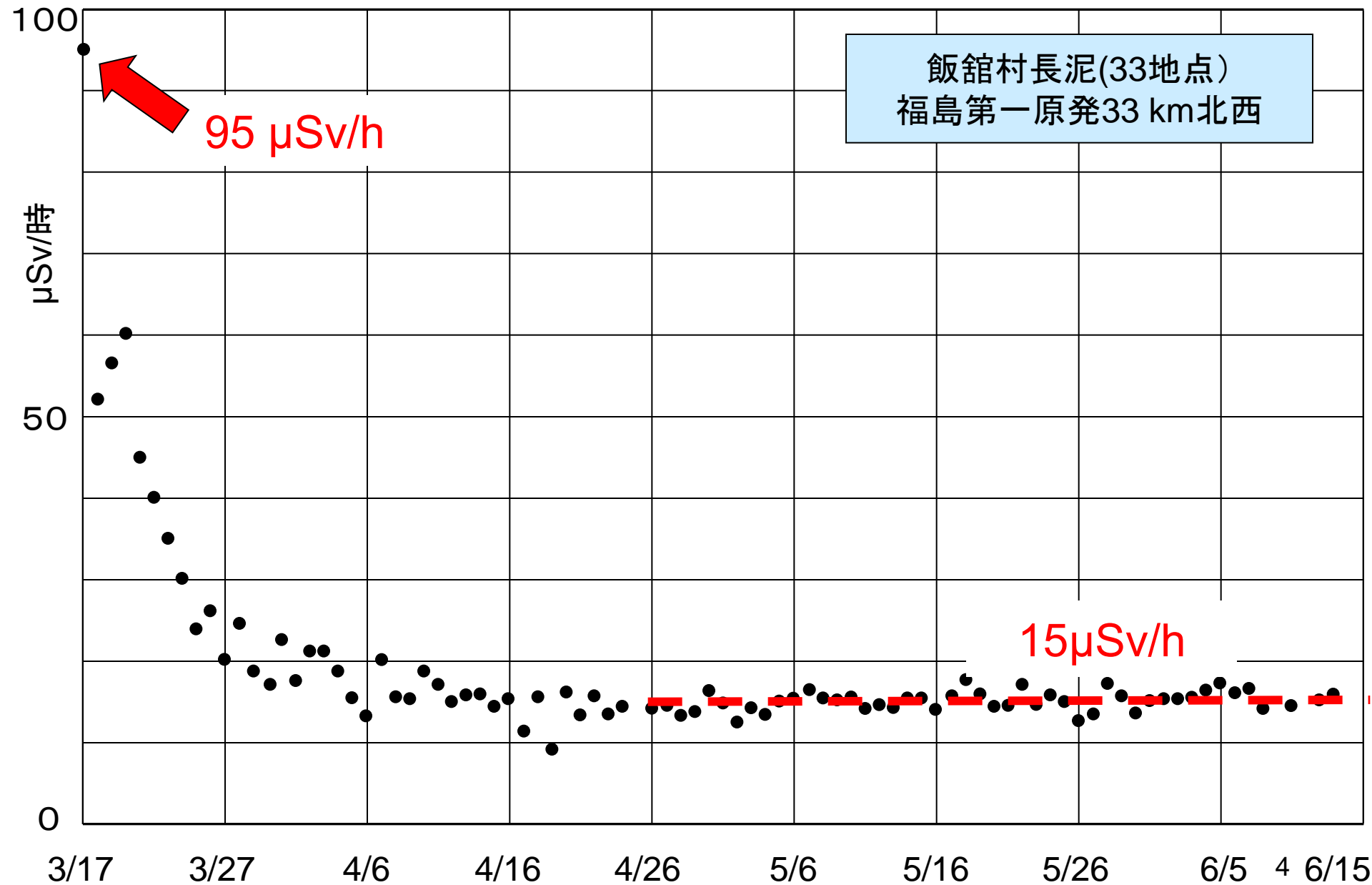
福島第一原子力発電所で何が起きた？

[2011年]

- ・ 3月11日 東日本大震災(2:46 pm)
全電源喪失。原子力緊急事態宣言(4:36 pm)
- ・ 3月12日 1号機水素爆発、建屋損傷 (3:36 pm)。
- ・ 3月14日 3号機水素爆発、建屋損傷 (11:01 am)
- ・ 3月15日 2号機水素爆発(6:10 am)
圧力抑制室破損、高濃度放射能放出
- ・ 3月15日 4号機水素爆発、建屋損傷(6:14 am)
- ・ 3月15日 飯舘村の放射能汚染



現在の空間線量率(文部科学省HP)



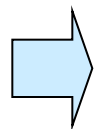
Aさんの被ばく線量は？（外部からの被ばくのみ）

Aさんの行動パターン（1年間を通しての平均的な行動）

1日当たりの被ばく線量

①居間で滞在、作業：8時間	$4 \mu\text{Sv/h} \times 8 = 32 \mu\text{Sv}$
②ビニールハウス内作業：3時間	$12 \mu\text{Sv/h} \times 3 = 36 \mu\text{Sv}$
③水田で作業：3時間	$10 \mu\text{Sv/h} \times 3 = 30 \mu\text{Sv}$
④表庭で作業：2時間	$12 \mu\text{Sv/h} \times 2 = 24 \mu\text{Sv}$
⑤裏庭で作業：1時間	$12 \mu\text{Sv/h} \times 1 = 12 \mu\text{Sv}$
⑥睡眠(寝室)：7時間	$9 \mu\text{Sv/h} \times 8 = 72 \mu\text{Sv}$

合計 206 μSv



年間の被ばく線量 $206 \times 365 (\mu\text{Sv})$
 $= 75 \text{ mSv}$

自然から受ける放射線と被ばく線量の限度(1)

自然放射線による被ばく線量(日本)

[1年間の積算]

宇宙線	0.3 mSv
大地からの放射線	0.4 mSv
食品(主にカリウム-40から)	0.4 mSv
空気中のラドンから	0.4 mSv
合 計	1.5 mSv

註)他の国ではラドンからの放射線が高いため
合計値は**2.4 mSv**

自然から受ける放射線と被ばく線量の限度(2)

自然放射線による被ばく線量(日本) **年間1.5 mSv**

- ・ **一般公衆**の線量限度は**年間1 mSv** (医療を除く)
- ・ 放射線業務従事者、防災に係る警備、消防従事者の
線量限度は**年間50 mSv**
- ・ 緊急作業従事の場合の線量限度は**年間100 mSv**
⇒250 mSvに引き上げ

何を除去(除染)するか？

半減期

放射性セシウム-137 (Cs-137)

30年

放射性セシウム-134 (Cs-134)

2年

放射性ヨウ素-131 (I-131)

8日

半減期が長い ⇒ 寿命が長い
⇒ いつまでも放射線を出し続ける

半減期が短い ⇒ 寿命が短い
⇒ 速やかに放射線を出さなくなる

民家、農地の除染

飯舘村長泥地区での放射能除染試験

- 対象：民家（農家）、ビニールハウス、牧草地、水田
- 第1回 平成23年5月19日、20日
- 第2回 平成23年5月26日、27日

- 実施主体：NPO放射線安全フォーラム
日本原子力研究開発機構、(株)千代田テクノル、
(株)アトックス
- 作業者 5月19日 23名
- 5月20日 20名
- 5月26日 15名
- 5月27日 4名

避難区域の放射能除染の目標値

飯舘村の放射能汚染の状況

- ・ 飯舘村では**20mSv**を越える可能性があるとして計画的避難区域に指定し、住民に避難を求めている。
- ・ 飯舘村の土壌の汚染は、大部分の地域で国が定めた耕作制限の限度**5,000ベクレル/kg**以上。

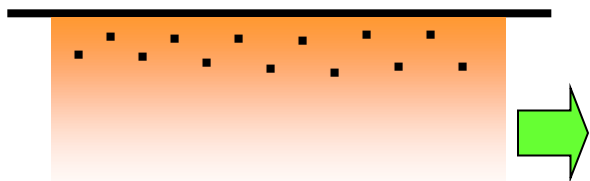
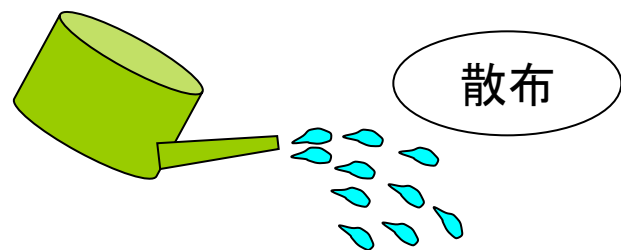
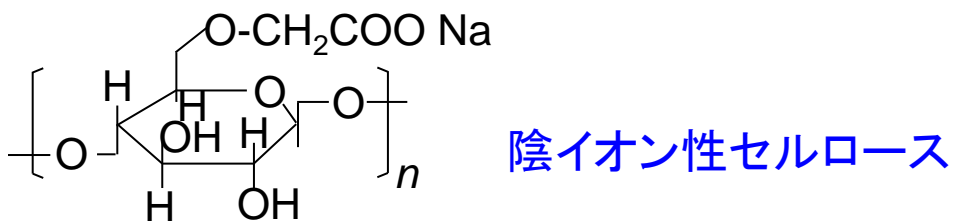
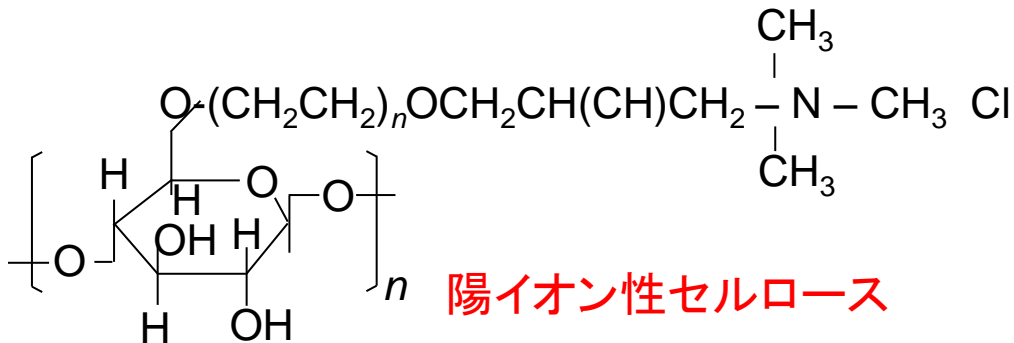
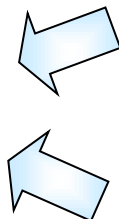
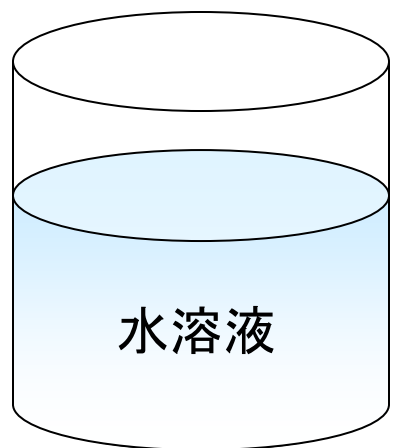
住民が村に復帰し、生活できる条件

- ・ 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土壌汚染は**5,000ベクレル/kg**以下。

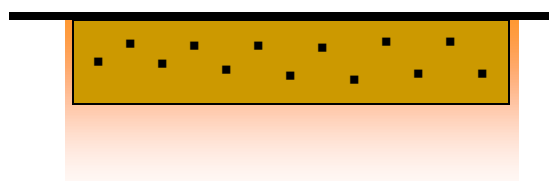
住民が村に復帰し、生活するために成すべきこと

- ・ **住居、田畑、山林等の放射能を除去し、放射能濃度を下げる。**
(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、自然の減少はほとんどなし。)

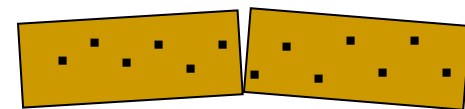
ポリオンコンプレックス(PIC)による土壌表層の剥離法とは？



乾燥・固体化



剥離



民家周囲の線源



屋敷杉

物置・牛舎(屋根、雨樋)

母屋(屋根、雨樋)

草地

車庫

屋敷表・横側

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



前庭・花壇、畑



杉の枝

もみの木(葉)



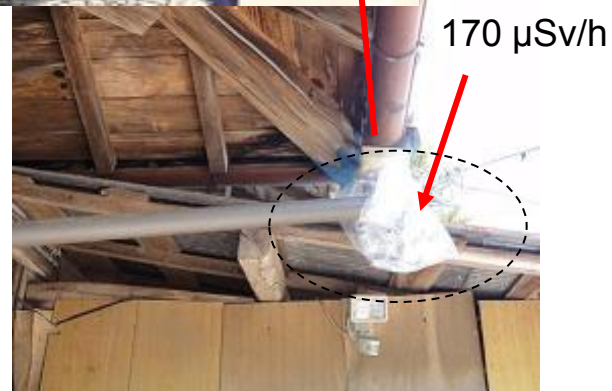
杉の落葉

雨樋

地面

屋敷裏側

屋根、雨樋の除染



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	
落口②近傍	50 ~ 170	14
全体	10 ~ 35	

屋敷前庭の除染



ポリオン溶液を散布

コンクリート叩きとの境界が汚染レベルが高い
(雨水が樋から落下するため)



雨水ピット: 65kcpm
土壌を剥離除去



剥離作業

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

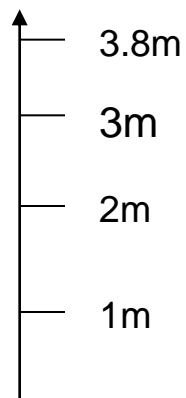


もみの木: 伐採



屋敷の裏側は、土壌、草地を剥離除去

上方向が高い



高さ (m)	線量率 (μSv/h)	線量率 (μSv/h)
3.8m	8.8	9.3
3m	6.5	8.3
2m	6.0	7.8
1m	5.8	8.0

高さ方向の線量率変化

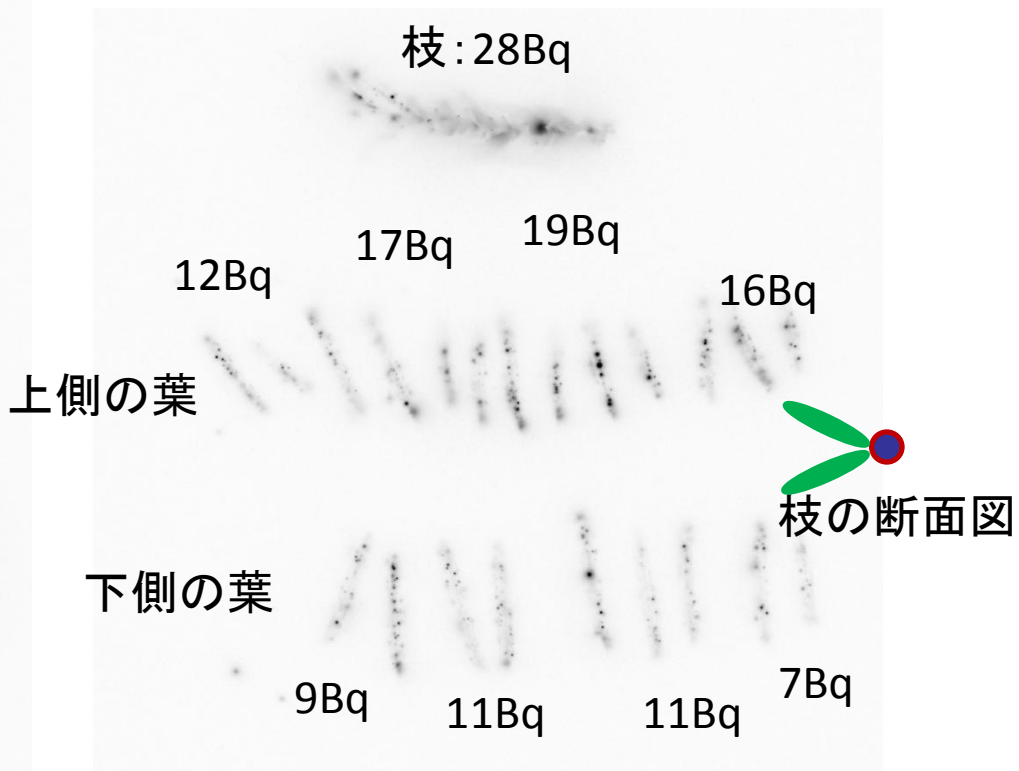
雨樋下の土壌

除染前 10k ~ 41k

剥離後 < 8.0k



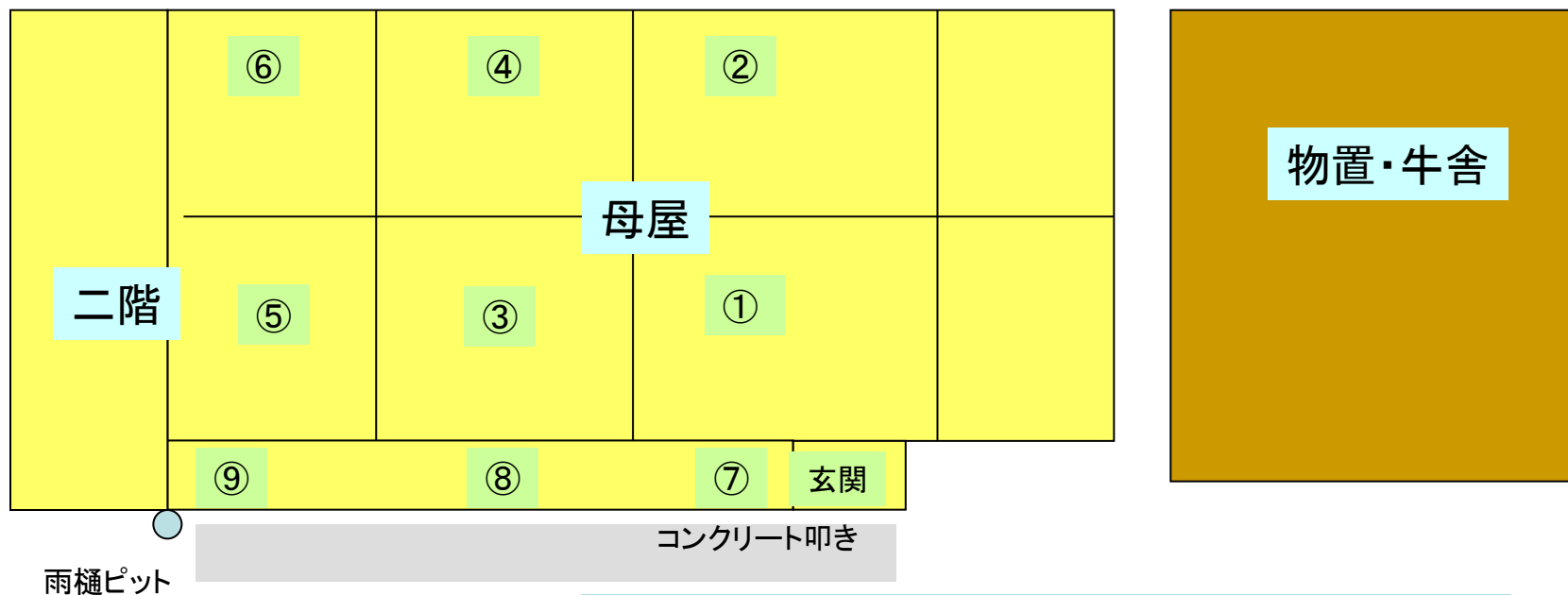
モミの木の葉のオートラジオグラフィー解析結果



赤○で囲った部分を測定した結果

枝の部分の放射能が高いことから、また一様に分布していることから植物の内部に取り込まれている可能性がある。(JAEA 大貫敏彦氏提供)

除染による屋内の空間線量率の変化



100cm(床面)高さでの線量率($\mu\text{Sv/h}$)

	除染前	除染後(床面)	除染後(床面)
	5月19日	5月20日	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)

ビニールハウスの除染

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



ポリオン溶液の散布
(10mx4m)

天然ポリオンと合成ポリオン
を散布



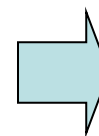
草刈鎌で剥取り



ポリ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

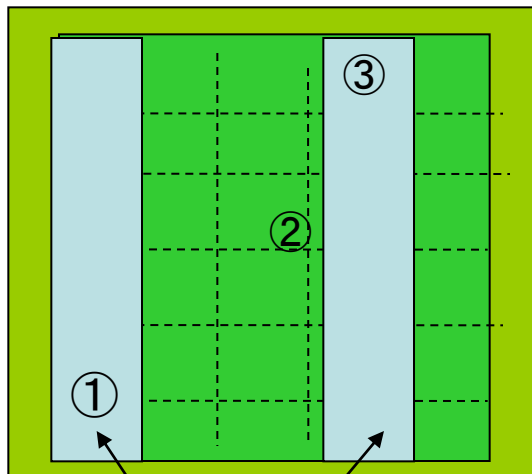


除去率: 89% ~ 93%

牧草地の除染

除染前

牧草地 (5m x 5m)



ポリイオン散布

	GM (cpm)	NaI (μSv/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

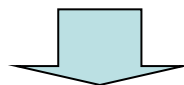
除染後



剥取り後のGM測定値(鉛コリメータ無し)

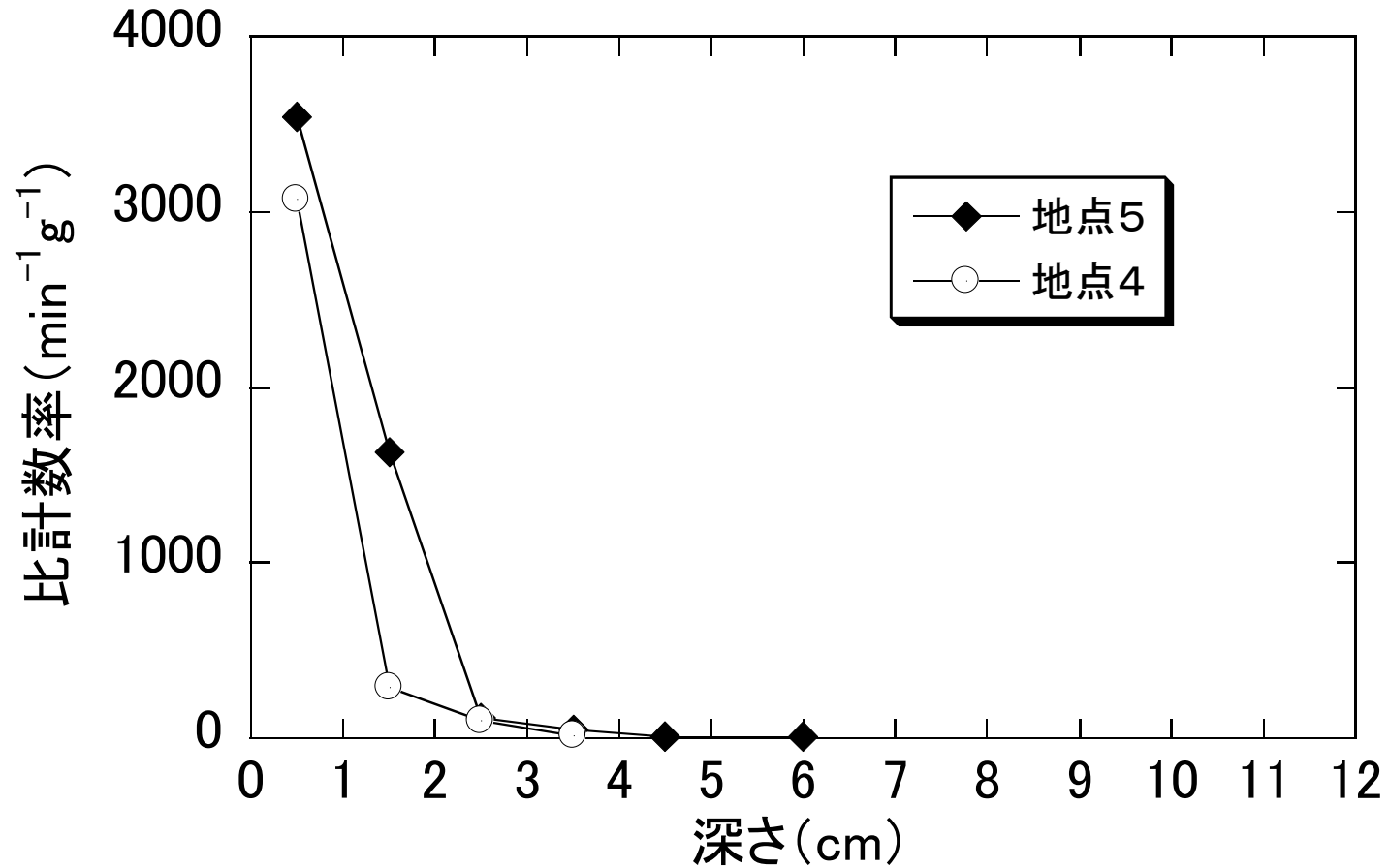
2.6kcpm ~ 2.7kcpm

ポリ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)



除去率: 93% ~ 95%

牧草地での放射性セシウムの土壌表面からの 深さ方向分布



学校の除染

伊達市小学校・幼稚園での放射能除染試験

- 対象：校舎、プール、表・裏庭、通学路、（校庭）
- 第1回（準備） 平成23年7月2、3日
- 第2回 平成23年7月9日～15日
- 第3回 平成23年7月16、17日

- 実施主体：
伊達市、伊達市教育委員会・富成小・同PTA・
NPO法人放射線安全フォーラム
日本原子力研究開発機構、

- 作業者 7月2、3日 約50名
- 7月9～15日 約20～30名/日
- 7月16、17日 地域住民、ボランティア多数

学校の除染



校庭の除染



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



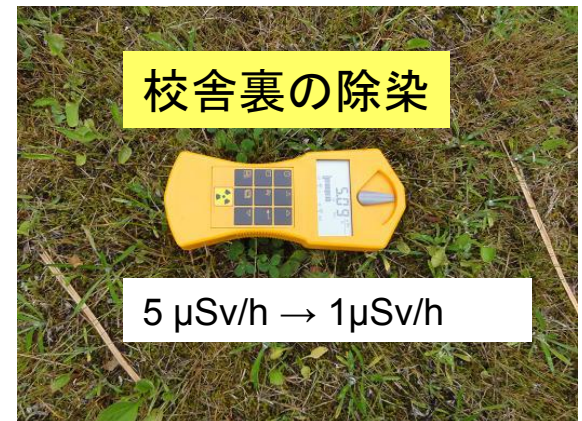
校舎の除染

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

アスファルトの除染



$6-8\mu\text{Sv/h}$



校舎裏の除染

$5\mu\text{Sv/h}$ → $1\mu\text{Sv/h}$

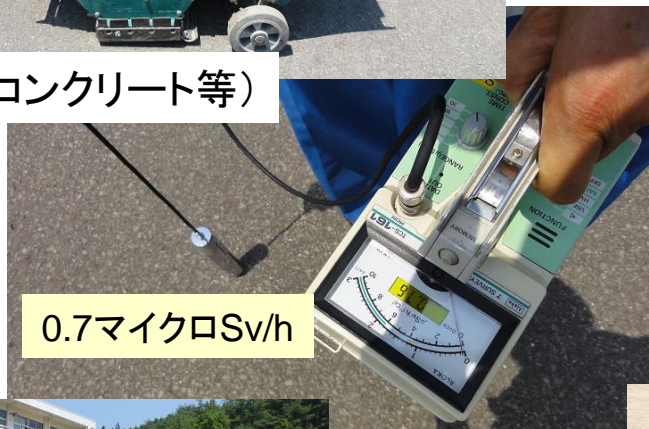
学校の除染(2)



ブラスト(コンクリート等)



父兄による刈払い



0.7マイクロSv/h



ボランティアによる剥取り



真空吸引法



中央階段(電気カンナ)

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



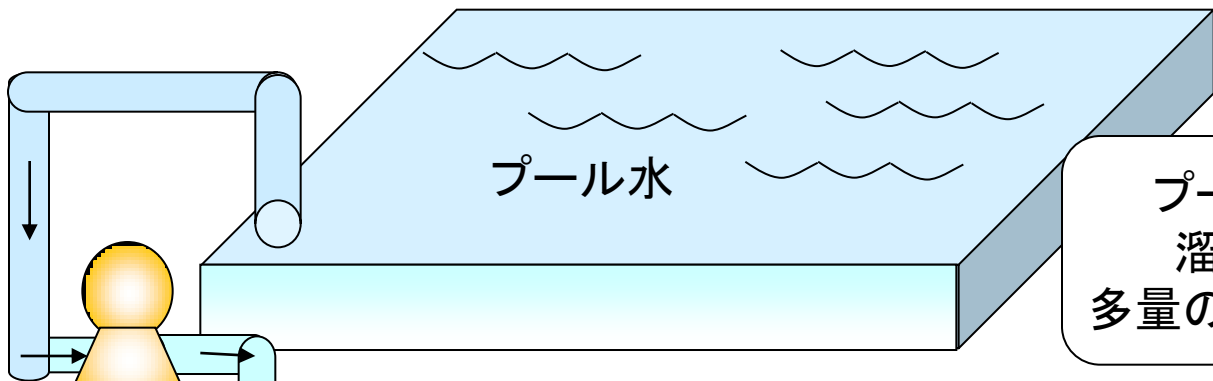
プール水は検出限界以下 (<7Bq/kg)
周囲の空間線量率 0.7-0.8 $\mu\text{Sv/h}$



プール側溝 : 6-8 $\mu\text{Sv/h}$ → 1 $\mu\text{Sv/h}$ 以下

プール水の浄化方法

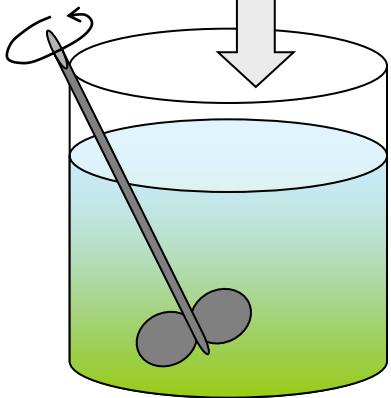
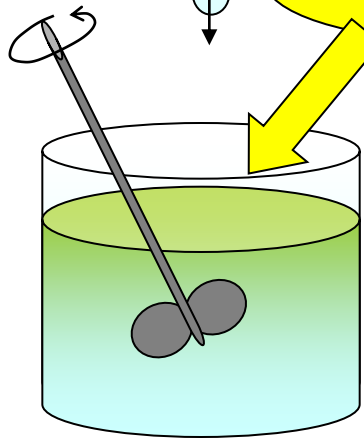
3グループ編成
(2名/グループ)



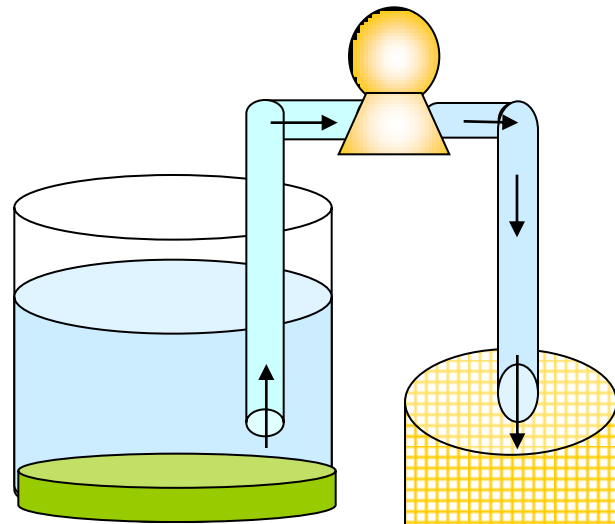
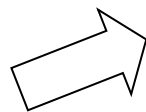
プール水は長期間溜まったままで、多量の青藻が生えている

ゼオライト粉末

凝集剤



攪拌・静置
(15~20分間)



上澄み液
放流

放流

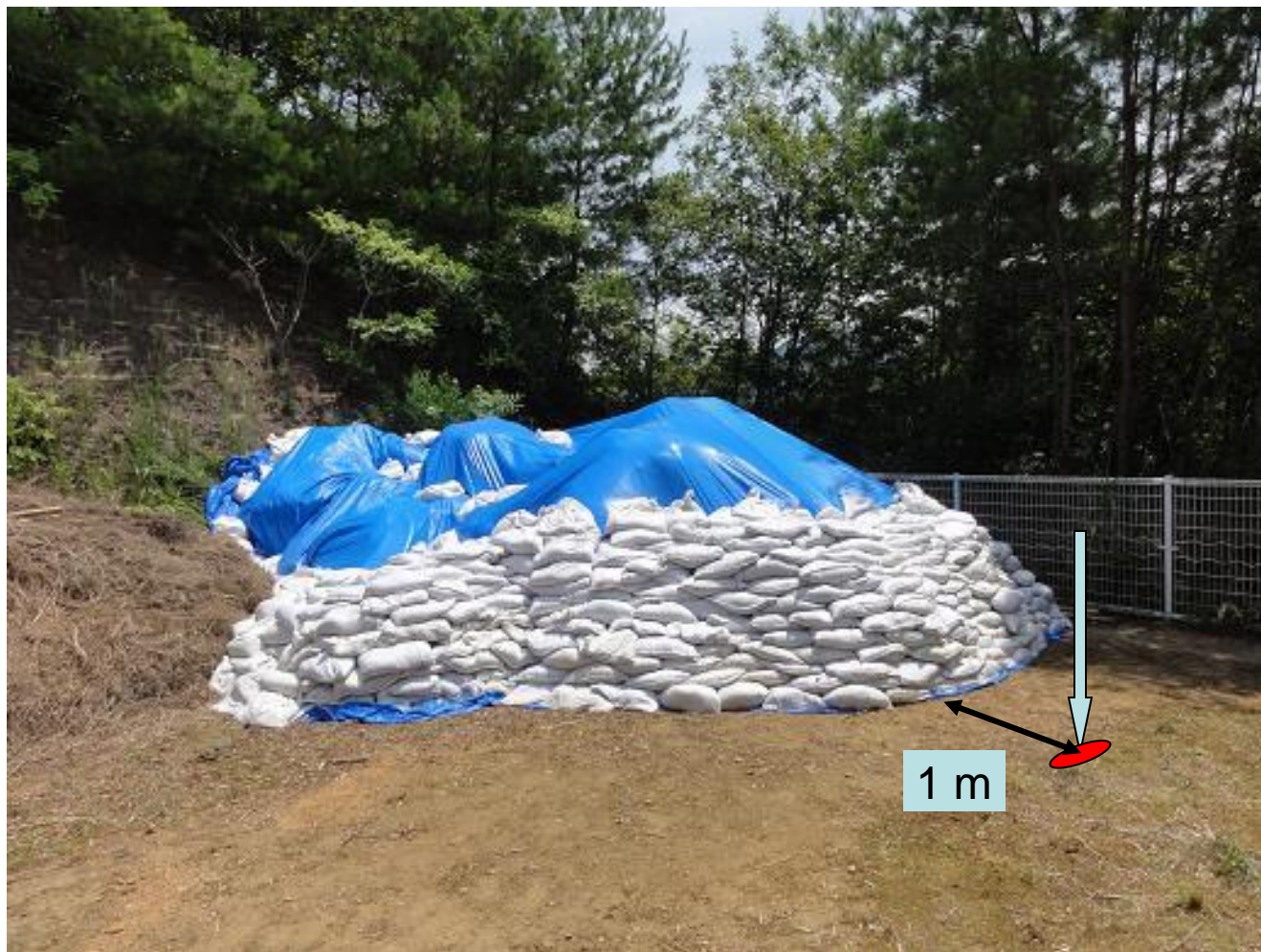
1トン
ポリタンク(6個)

プール水浄化の風景



バッグフィルター
(住友3M)

管理型廃棄物処分場の必要性



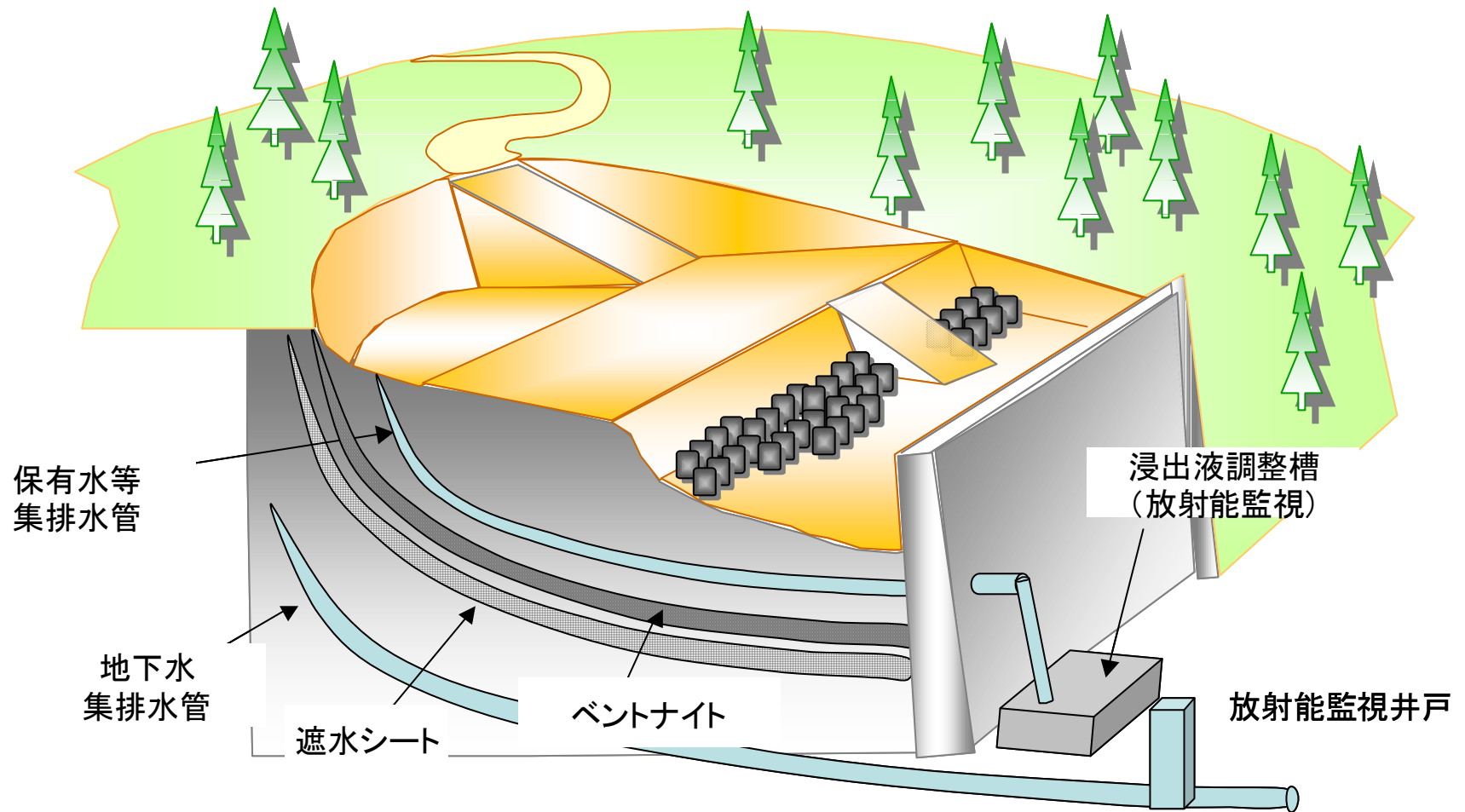
富成小学校の除染出発生した廃棄物

- ・高濃度($>10\mu\text{Sv/h}$)の廃棄物は中心部へ
- ・低濃度($<10\mu\text{Sv/h}$)の廃棄物は外側へ
- ・周囲は土嚢で囲う



1 m 離れた地点
での線量
1~2 $\mu\text{Sv/h}$

廃棄土壌管理処分場(全体イメージ)



- ・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0.0001 μ Sv/h以下

放射性汚染物質の除染(まとめ)

○汚染した地域に人が帰還できるようにするには
環境から放射性セシウムの除去が不可欠

- ・技術、知恵を総動員し、
- ・マンパワーを結集して除染活動に当たることが必要

放射能除染ボランティア参加者募集中です！

福島生協ホームページ:

<http://www.fukushima.coop/>

○除去した放射性セシウムを含む廃棄物は
特定の管理処分場に処分することが必要