双葉町復興まちづくり委員会・ふるさと再建部会

日時　平成24年12月17日（月）
　午後1時30分～午後3時30分　（うち 90分）
場所　埼玉県立旧騎西高校　4階家庭科室

除染技術の現状について

福島大学
共生システム理工学類
難波謙二

主な放出イベント

（東京電力福島第一原子力発電所プレスリリース資料より）

3月12日
1号機 爆発音 at 15:36.

3月14日
3号機 爆発 at 11:01.

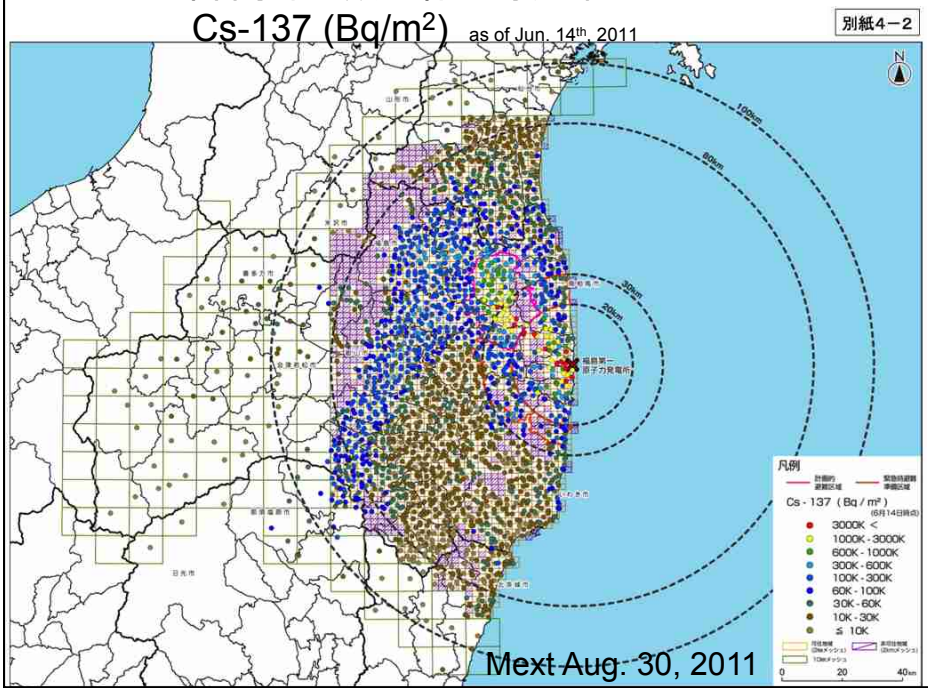
3月15日
2号機 爆発音 at 6:10.
4号機 火災発生 at 9:38

3月16日
3号機 水蒸気のような白煙 at 8:30

3月21日
2号機 白煙 at 18:22　22日 7:11 に収まる
3号機 灰色の煙 at 15:55　22日　7:11 に白煙に変化

文部科学省　放射線量等分布マップ

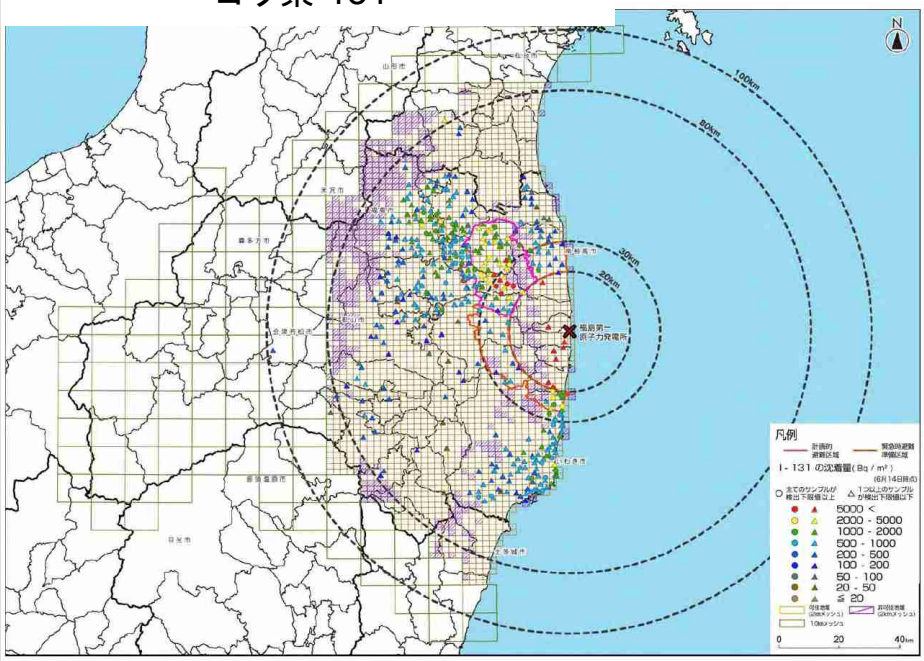
Cs-137 (Bq/m^2) as of Jun. 14th, 2011



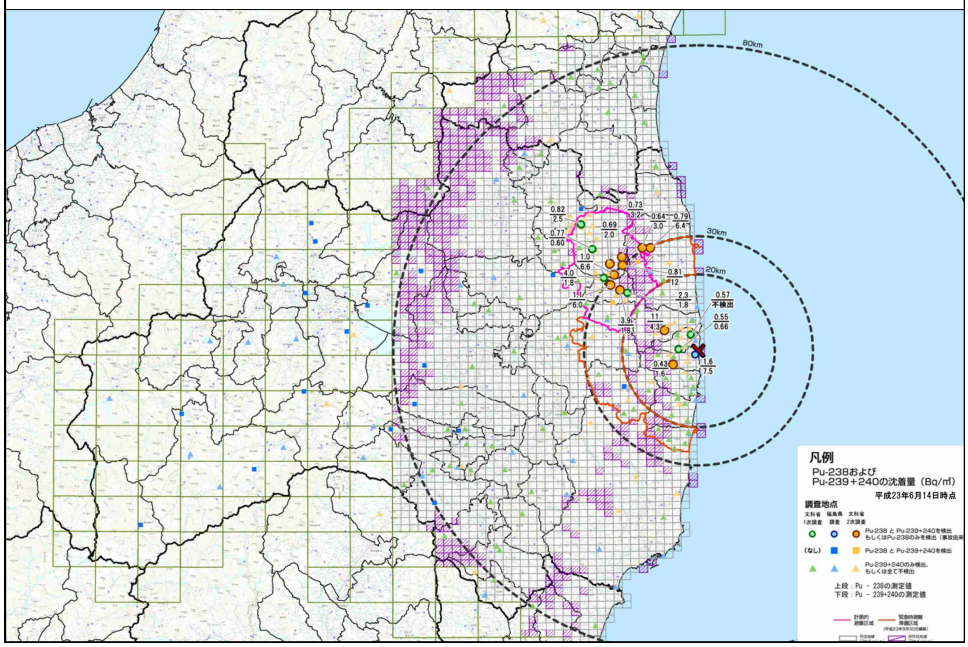
Mext Aug. 30, 2011

ヨウ素 131

（文科省放射線量等分布マップ，11.9.21）



Pu-238, Pu-239+240 二次調査 (mext 120821)



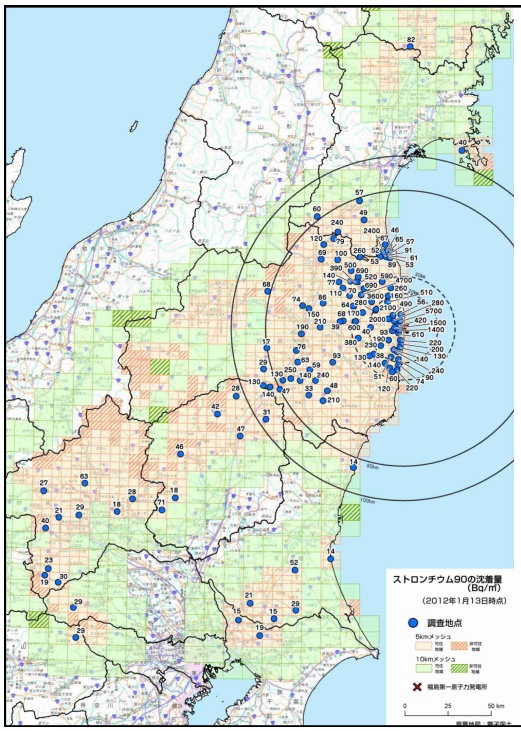
福島第一原発事故由来
プルトニウムの解析
原子力学会 2012年9月

- 川元 侑治[1], 岩田 孟[1], 金子 誠[1], 塩津 弘之[1], 難波 謙二[2], 大貫 敏彦[3], 宇都宮 聡[1]

表層土中のPu定量結果

	^{238}Pu (Bq/kg)	$^{239+240}$Pu (Bq/kg)	^{238}Pu/$^{239+240}$Pu	FDNPPの寄与(%) *
① 小入野雨どい	1.99×10^{-1}	8.50×10^{-2}	2.34	77.9
② 小入野畑	5.65×10^{-2}	1.75×10^{-1}	3.22×10^{-1}	16.4
③ 夫沢	1.85×10^{-2}	3.60×10^{-2}	5.13×10^{-1}	10.0
④ 津島小学校	ND	9.91×10^{-3}	ND	ND
⑤ 長泥	7.46×10^{-3}	8.70×10^{-2}	8.59×10^{-2}	2.01

- ①～③はグローバルフォールアウト ^{238}Pu/$^{239+240}$Pu ＝0.0261よりも高い値
  ⇨ 福島第一原発由来のPu
- グローバルフォールアウトレベルのPu放射能
  2008年福島県における土壌のPu放射能
  ^{238}Pu=0.011～0.22 Bq/kg
  $^{239+240}$Pu= 0.029～4.3 Bq/kg　出典：文部科学省「環境放射能データベース」

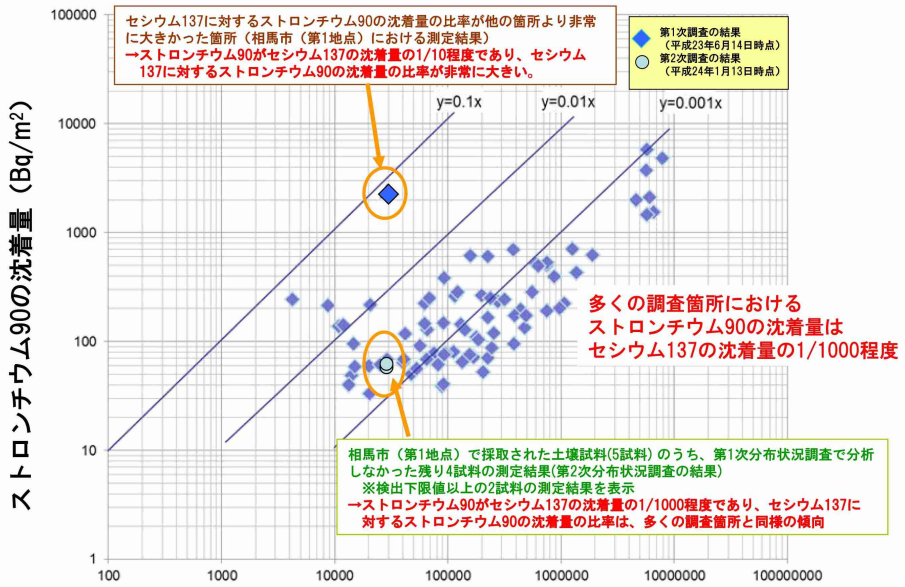


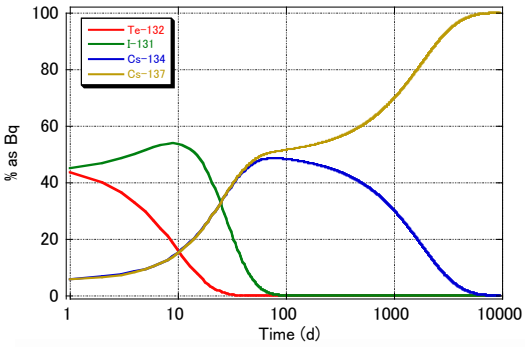
ストロンチウム 90 の測定結果（一次調査+二次調査）文科省 2012.9.14

（文科省，2012.9.14）

別紙9

第1次分布状況調査におけるセシウム137に対するストロンチウム90の沈着量の比率

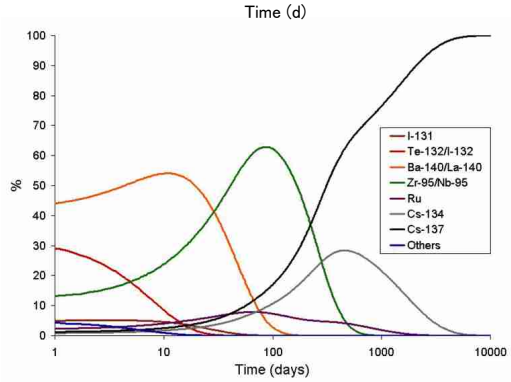




γ線放出核種比率の変化

福島第一原発

福島大学内キャンパスの測定値から物理的半減期に基づいて計算



チェルノブイリ原発事故

放射線防護

- 外部被曝を避ける
  - … 放射線量を下げる（除染）
  - … 放射線量が高いところを避ける（避難）
- 内部被曝（吸入・摂取）を避ける
  - … 放射能を含んだものを食べない

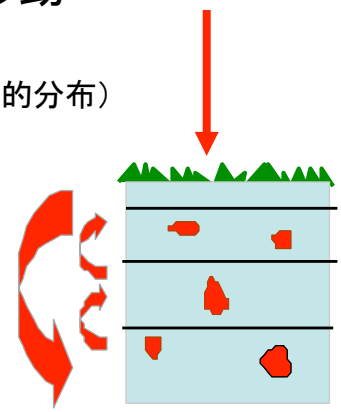
ガンマ線は遠くから飛んでくる

	厚み(cm)通過後のガンマ線		
	半分	10分の1	100分の1
空気	7,000	23,000	46,000
水	8	27	54
土	6	20	40

ガンマ線が90%遮蔽されて10%残る厚みが,
空気では 230 m, 水では 27 cm, 土では 20 cm。

–放射性物質の移動

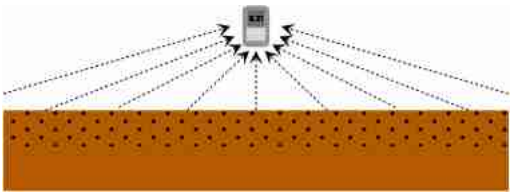
- 初期沈着した放射性物質の移動 （二次的分布）
  - 表層の沈着物は風や雨で移動。
    側溝-河川・下水へ。土壌以外の場所からも。
    土壌中を鉛直的に移動



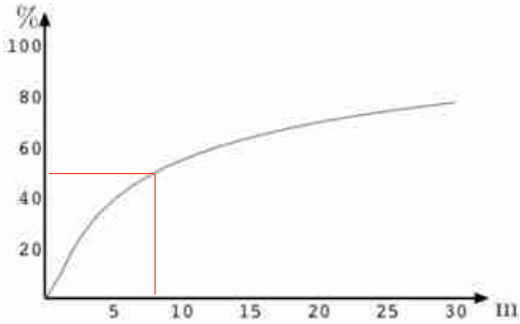
  - 交通や風による放射性物質の移動はほとんどない。

1 m 高さの空間放射線量率

（田崎清明　学習院大学 http://www.gakushuin.ac.jp/~881791/housha/details/CsonGround.html）

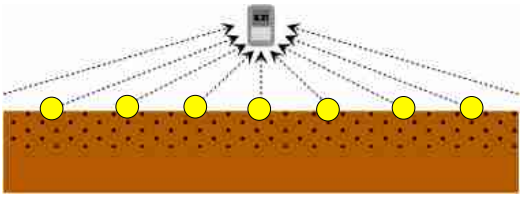


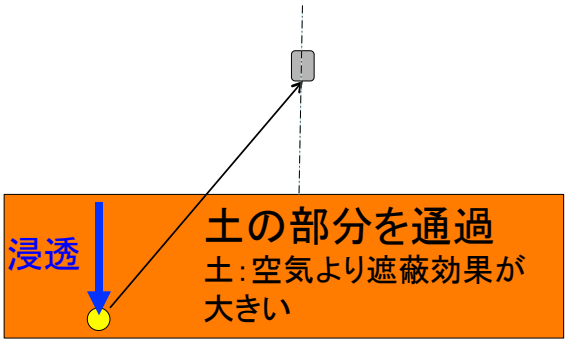
←
ガンマ線は空気ではあまり遮蔽されない。
1 m高さの空間線量率は
半径 数十メートルの範囲を反映している。



←
1 m 高さの空間線量が真下の点を中心とした半径何メートルの円からのガンマ線を反映しているかを示した図。
半径 8 m の範囲で 50%,
半径 30 m で 80 %

地表から浸透すると。。

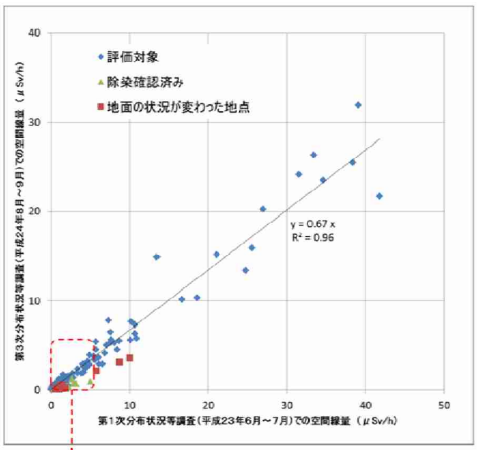




14ヶ月後の線量の変化

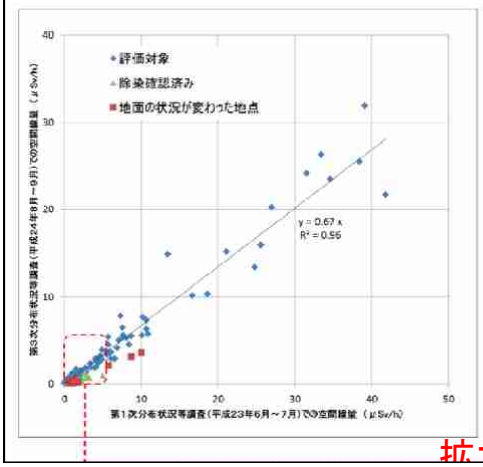
「33%の減衰 （物理的壊変だけで25%減衰）
8% は除染や降雨による影響。」

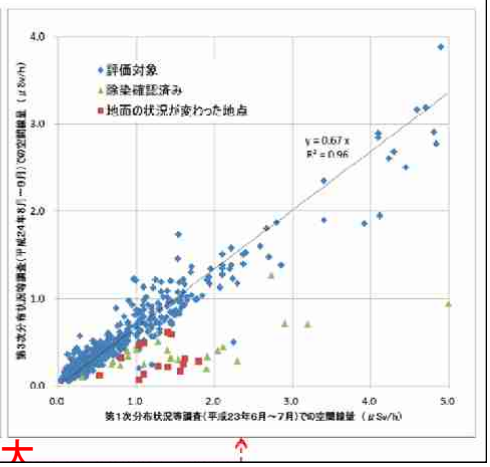
2012年12月10日
福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立に向けた検討会（第5回）
資料5-1-1（原子力機構）より



14ヶ月後の線量の変化

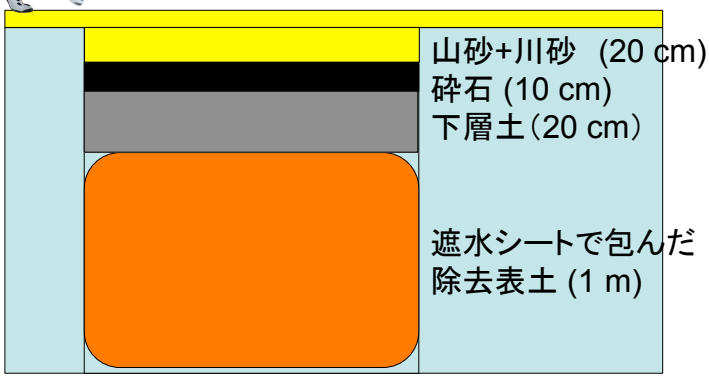
「大幅に低下した測定ポイントは除染が行われたか，
地面の状況が変わってたところがほとんど」





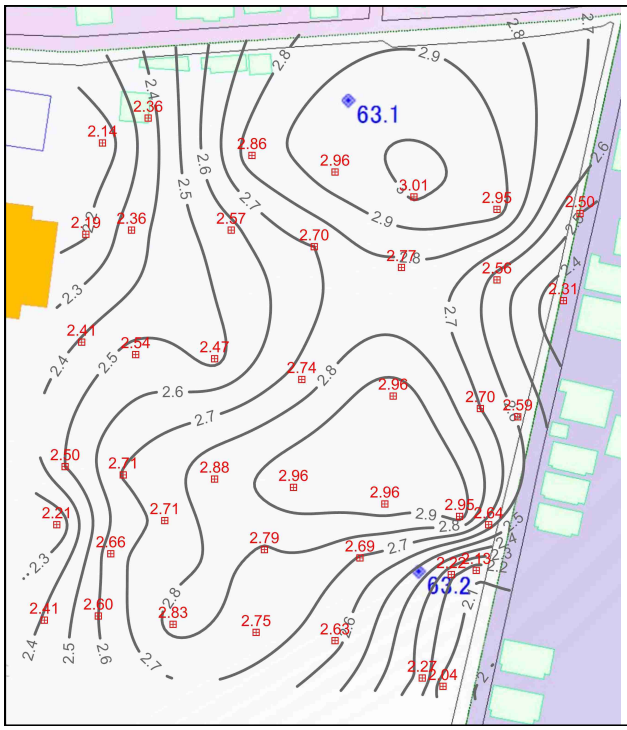
拡大

中学校のグランドの一部に除去した表土を埋設



汚染表土を埋設するための「ピット」

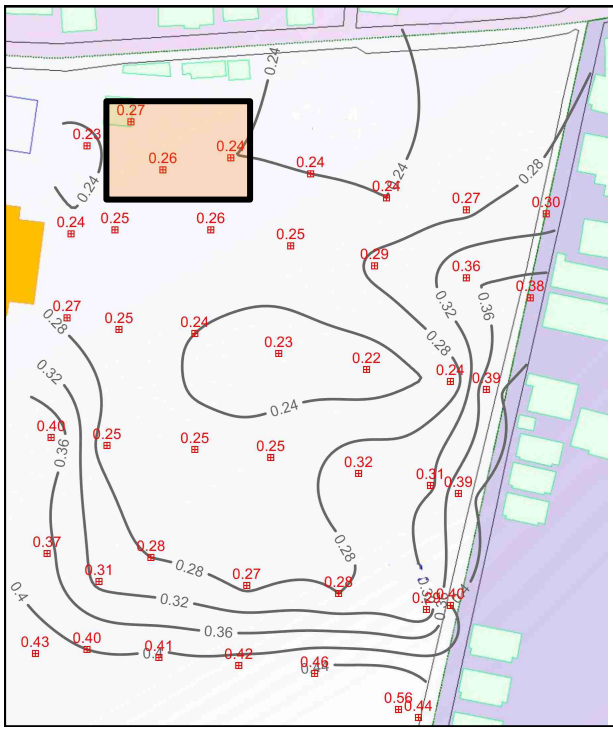
汚染表土は6面を遮水シートで覆う (2011/May/27)



Before the removal

equivalent dose rate:<h= 1 m> (μSv/h)

Center: High
Boundaries: Low



After
the treatment

Dose rate
(μSv/h)

Buried surface
clay

除染技術実証試験事業等

- 原子力機構（平成24年8月10日公表）
http://www.jaea.go.jp/fukushima/kankyoanzen/d-model_report.html

- 環境省・原子力機構（平成23年度評価結果）
<http://www.jaea.go.jp/fukushima/techdemo/h23/h23_techdemo_report.html>

- 2012年版「環境再生に向けて」原子力機構（平成24年12月6日）
<http://www.jaea.go.jp/fukushima/pdf/20121206-01.pdf>

- 福島県除染技術実証事業
<http://wwwcms.pref.fukushima.jp/pcp_portal/PortalServlet?DISPLAY_ID=DIRECT&NEXT_DISPLAY_ID=U000004&CONTENTS_ID=28413>

除染の技術

除去 … 局在部分からまたは部分ごと剥離

隔離（保管） … 放射線遮蔽，生態系の循環に入れない

回収 … 下流に洗い流さない

減容 … 汚染物の体積を減らす=放射性物質の濃縮

水 … 沈殿回収，濾過回収

土壌 … 分級，昇華

可燃物（落葉，草） … 焼却，分解

除染の対象，目標，方法

多様な除染対象ケース

住環境 (家,学校，事業所，商店，…)
　都市・農山漁村

農地

自然環境
　河川 (河床，ダムの堆積物)
　山地，森林 (落ち葉，木，菌類，土壌)

計画
除染ガイドラインで記述（日本） vs
ステークホルダーの参画（EU）

目標
個人の被ばくを最小にする（EU） vs
現状復帰+範囲を絞った（縦割）除染（日本）
追加被ばく
（除染 ≠ 復興）

方法・範囲
一定の範囲（賠償の範囲と連動）
対象毎に一定の方法群
家の建替え・盛土は除染対策に含まれない
新しい方法は採用しにくい（見た目の平等性）

業者が何回もやらざるを得ない状況も出現

「生活空間における放射線量低減化対策に係る手引き」（福島県災害対策本部，H23.7.15）
「除染推進に向けた基本的考え方」（原子力対策本部，H23.8.26）
「除染ガイドライン」（環境省，H23.12.14）
「Euranos」(EU<http://www.euranos.fzk.de/>)

追加被ばく（事故のために余分に被ばくする）線量 5 mSv/年 → 1 mSv/年 （H23.10.10）

汚染地域の実情を反映した効果的な除染に関する アクション・リサーチ

生活、商業活動の再開に向けた様々な事情から、除染現場では混乱が見られる

放射性物質に汚染された地域の実情を理解し、欧州の知見や経験を生かしつつ、
効果的な除染活動への寄与

ガバナンス・除染計画・住民コミュニケーション
の3側面からの総合的アプローチ

各サブテーマ

（1） 除染に関する効果的ガバナンス
・ステークホルダー（関係省庁、県、市町村、地域住民、NGO）間の連携
・キャパシティービルディング等

（2）地域条件を反映した除染計画の策定
・子供/妊婦への配慮
・地域経済構造への配慮等

（3）協働を促進する地域住民との
コミュニケーション
・双方向のコミュニケーションを通じた合意形成
・希望者の域外移転を含めたオプションの提示等

All Rights Reserved. Copyright © 2012, IGES.

自然界での放射能の動きを見極める

- 放出 … 事故・爆発・ベント + 気象
- 沈着 … 雨に伴う沈着、伴わない沈着
  →土壌調査で沈着量を明らかにする
- 移動 … 水による運搬（洗脱・溶脱）
  … 土壌浸食、河川による運搬、下流側で堆積
  … 風による再浮遊と沈着
- 移行 … 土壌・水・植物体表面から植物が吸収
  植物を食べる動物に植物から移行
  汚染した動物を食べる捕食者に移行

不かく乱土壌（左）と氾濫原（右）の Cs-137 の深度分布

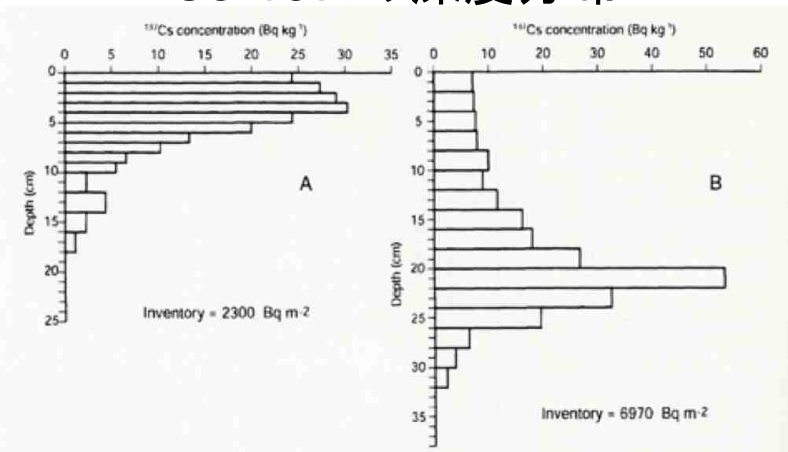


Figure 7.7. Comparison of ^{137}Cs profiles associated with soil cores collected from undisturbed pasture (A) and from an adjacent undisturbed site on the floodplain of the River Stour, Dorset, United Kingdom (B).

(Walling et al. 2010

作物への放射性セシウムの移行を小さくする

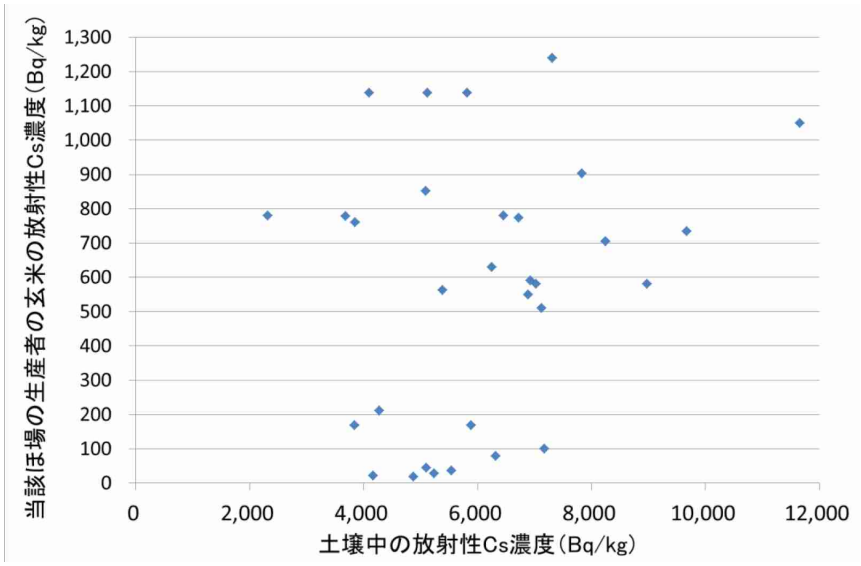
- 土壌改良
  - ◯ 粘土鉱物（雲母・バーミキュライト），ゼオライト
  - △ 微生物…*Rhodococcus* sp., *Streptomyces* sp.
    （いずれも 放線菌-コリネバクテリア）

- 施肥
  - ◯ カリウム欠乏を起こさない
    酸性土壌では石灰中和
    窒素をアンモニウム（NH_4^+）でなく，硝酸（NO_3^-）で。

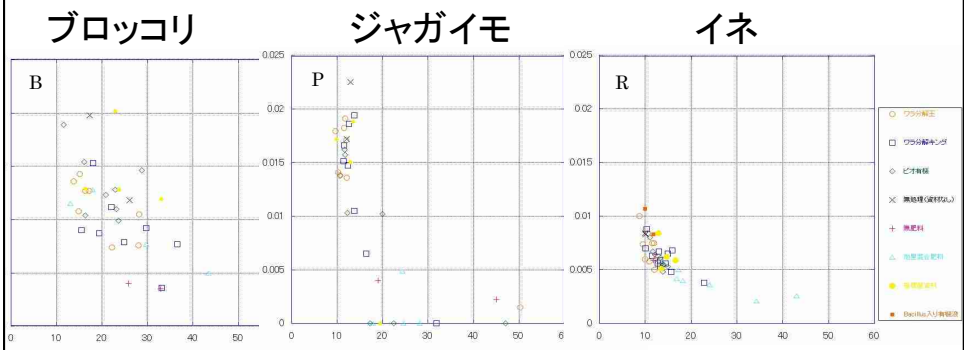
・その他
汚染した落葉，干し藁を入れない，灌漑水の対策

土壌と玄米の放射性セシウム濃度

（福島県・MAFF，2011.12.25）



土壌中の交換性カリウム濃度(mg K_2O/100g DW)と作物可食部への移行係数（粂井・難波・池頭ほか, 2012）



土壌の負電荷へのCsの保持（塚田ほか，2011）

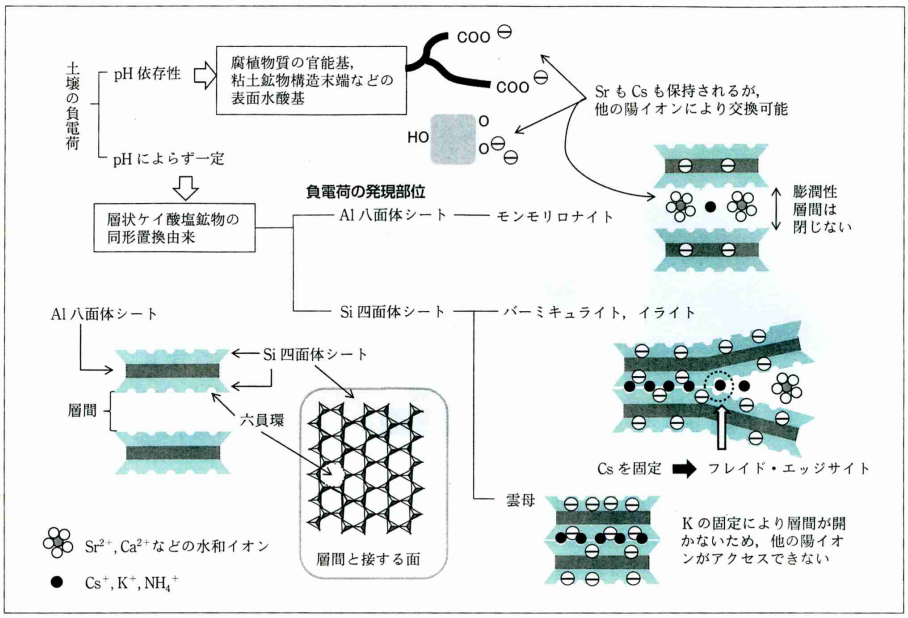


図 3 ■ 土壌の負電荷への Cs, Sr 保持メカニズム

自然放射線による被ばく 国連科学委員会 2008

線　源		年実効線量〔mSv〕平均値
宇宙線	電離性成分	0.28
	中性子成分	0.1
	宇宙線生成放射線核種	0.01
	小　計	0.39
外部大地放射線	屋外	0.07
	屋内	0.41
	小　計	0.48
内部被ばく（吸入摂取）	^{238}U と ^{232}Th の系列	0.006
	Radon (^{222}Ra)	1.15
	Thoron (^{220}Rn)	0.1
	小　計	1.26
内部被ばく（経口摂取）	^{40}K	0.17
	^{238}U と ^{232}Th の系列	0.12
	小　計	0.29
合　計		2.4

Designation of evacuation area will be rearranged by the end of Mar. 2012 according to annual dose.

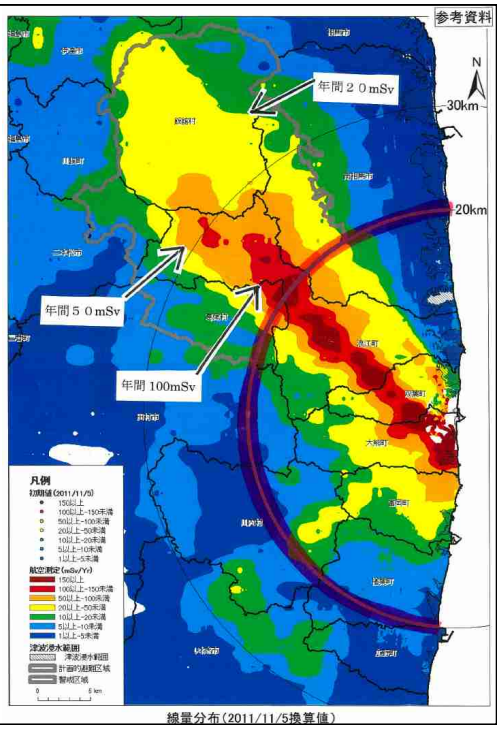
Nuclear Emergency Response Headquarters, National Government

Dec. 26, 2011

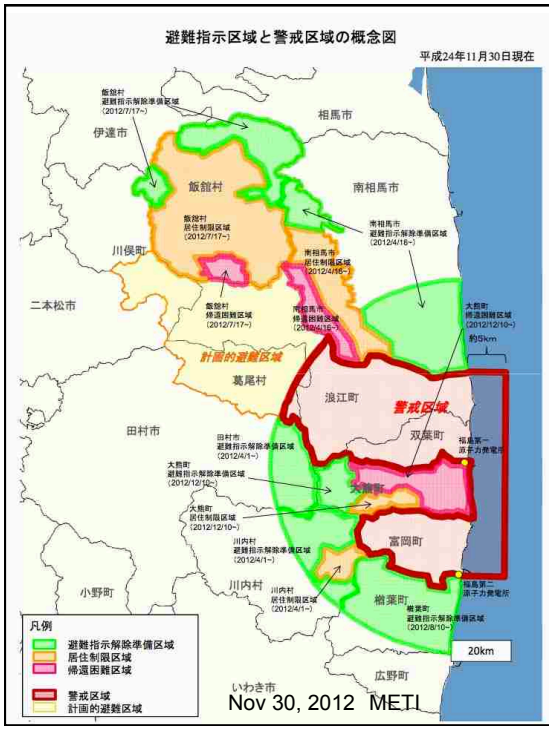
- < 20 mSv/year
避難指示解除準備区域
(Area preparing for cancellation of evacuation directive)

- < 50 mSv/year
居住制限区域
（Restricted residential area）

- > 50 mSv/year
帰還困難区域
（Area that return is not feasible）



線量分布（2011/11/5換算値）



帰還に向けた努力
- 住環境（都市計画+除染）
- 産業の復興（農地の対策）

そのための
- 現状の把握
  - （汚染・自然・人）
- 将来予測

知見の国際的共有
- 共同研究
- 成果公表・情報発信

環境モニタリング，自然のプロセス理解
安全・危険を判断

「文科省放射線モニタリング情報」
http://radioactivity.mext.go.jp/ja/

「福島県（モニタリング情報・全袋検査・放射能測定マップ）」
http://wwwcms.pref.fukushima.jp/

「農業環境技術研究所　農業環境と」放射能汚染
http://aerap.dc.affrc.go.jp/

「環境省　（放射性物質対策・除染情報サイト）」
http://www.env.go.jp/

「経済産業省（事故の収束・原子力被災者支援）」
http://www.meti.go.jp/earthquake/index.html#eq_nuclear

放射線影響
1. 健康影響
2. 社会的影響
3. 心理的影響

選択…リスク←→ベネフィット

科学リテラシー
- 必要な情報を集め正しく判断できる
- 怪しい技術や情報に惑わされない

政策決定への関与（お任せにしない）