

放射性物質が環境に及ぼす影響とその対応 ～放射性物質から生活を守る～

仙台市戦災復興記念館

平成23年9月15日 14:00～16:00

東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター

東北大学大学院工学研究科 教授

石井慶造

話の内容

- 1) 福島原発事故による広域放射性汚染
- 2) 発電所から飛来し検出された放射性核種
- 3) 放射能、放射線、ベクレル、シーベルトとは何？
- 4) 放射性セシウムはどのくらい危険？
- 5) 食べ物は安全か？
- 6) 粘土が福島・宮城を救った！
- 7) 汚染土壌を除染

1. 福島原発事故による広域放射性汚染



平成23年3月11日以前



平成23年12日午後15時ごろ、1号機 水素爆発



平成23年14日午前11時ごろ、3号機 水素爆発



平成23年15日午前8時ごろ、2号機 水素爆発

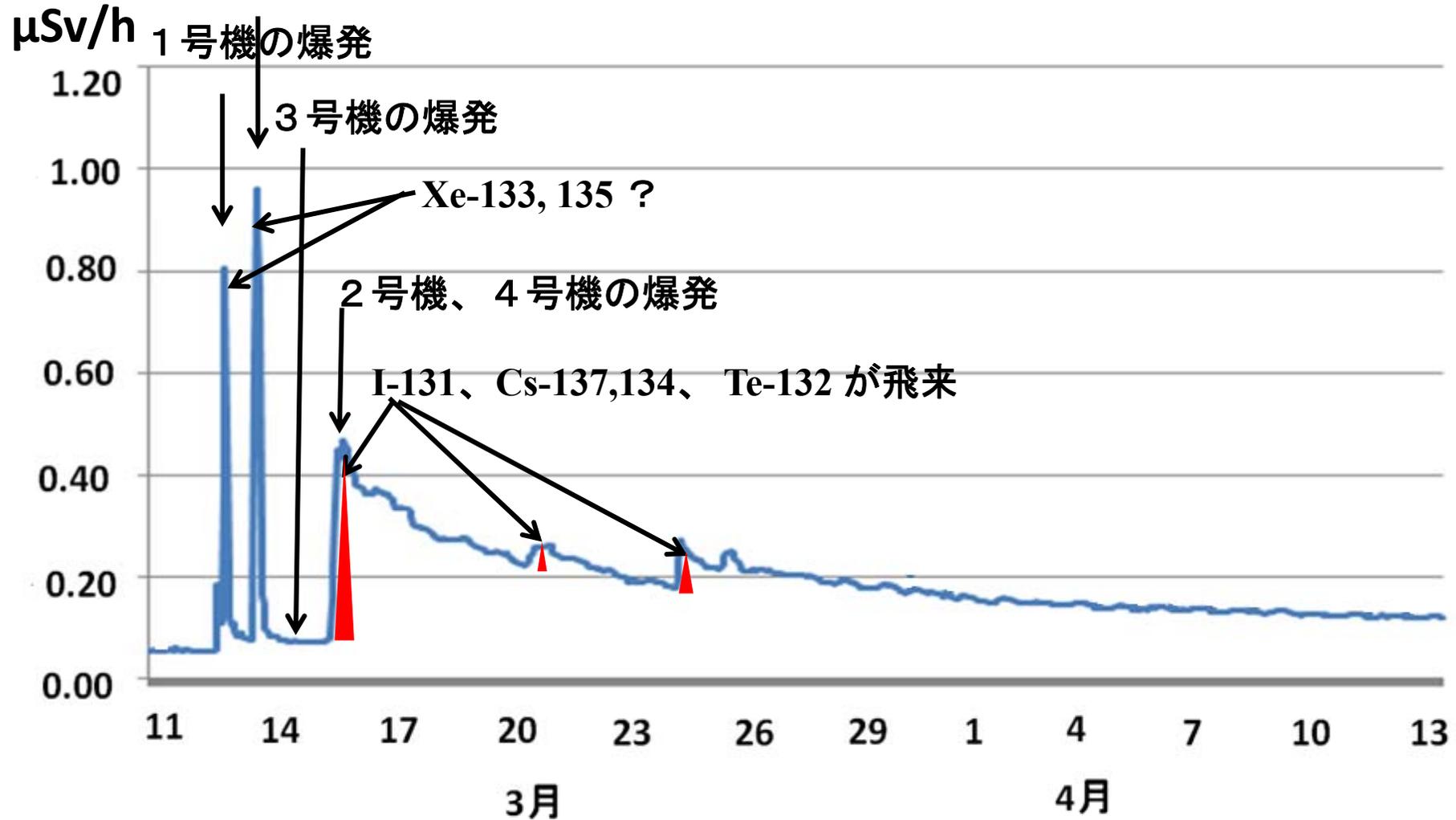


平成23年15日午前9時ごろ、16日午前5時ごろ、4号機 水素爆発

福島中央テレビより

東北大学病院モニタリングポストによる時系列空間線量率

2、3号機のベント



東北大学病院での医療用サイクロトロンは除いてある。

2. 発電所から飛来し検出された放射性核種

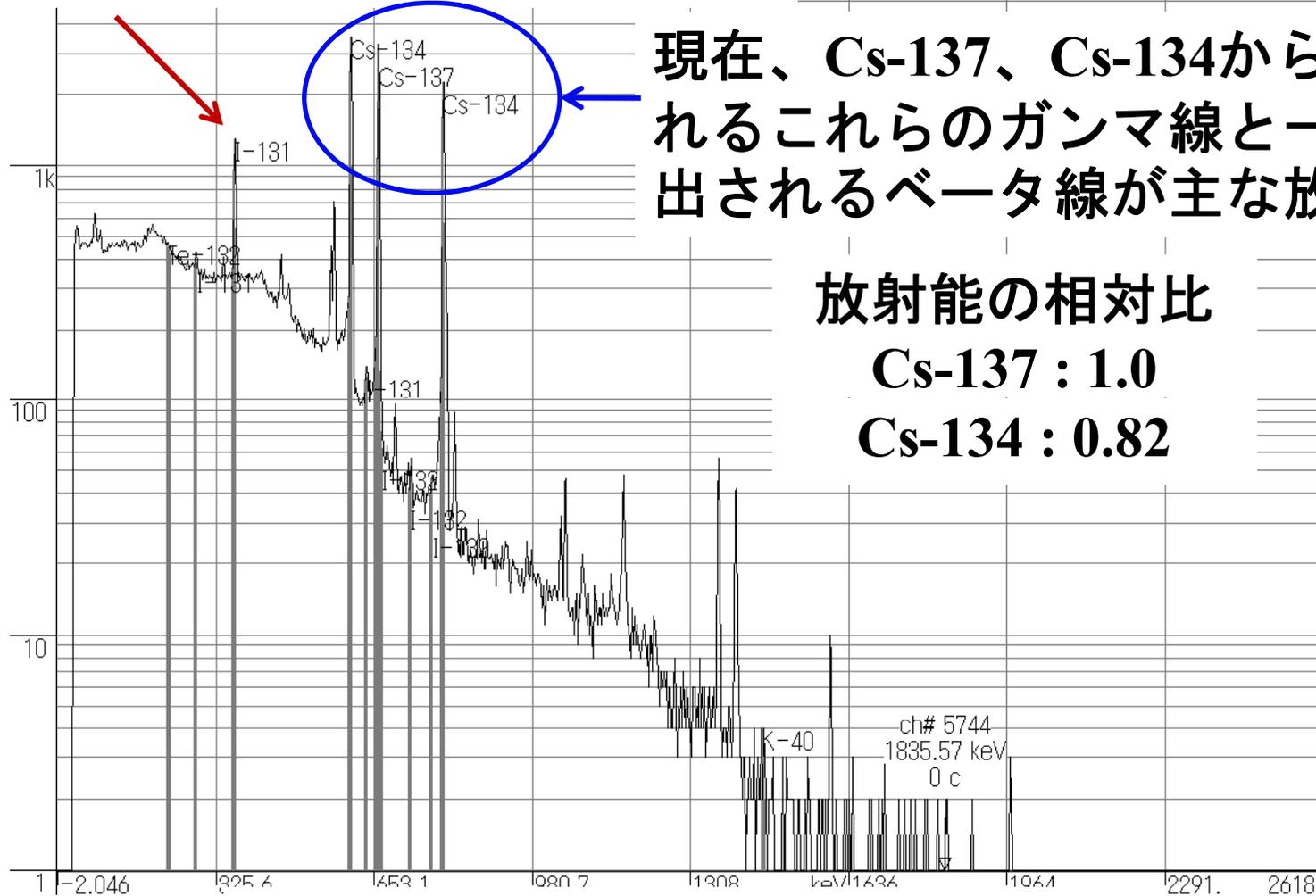
1. Cs - 137	半減期	30年	ベータ線、ガンマ線
2. Cs - 134	半減期	2年	ベータ線、ガンマ線
3. Te - 132	半減期	77時間	ベータ線、ガンマ線
4. I - 131	半減期	8日	ベータ線、ガンマ線

当初は、寿命の短いI-131が空間線量の主な成分であったが、現在はCsが主である。

一方、ガンマ線測定では同定できないSr-90などの放射性核種も原子炉で生成されているが、これらの元素は、蒸発点が高いため、多く飛来して来なかったと思われる。

地表面から主に出ている放射能

I-131は現在かなり減っている
8日で半分の割合で減少している



現在、Cs-137、Cs-134から放出されるこれらのガンマ線と一緒に放出されるベータ線が主な放射線

放射能の相対比

Cs-137 : 1.0

Cs-134 : 0.82

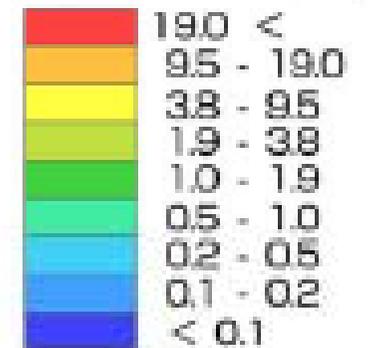
福島県土壌のガンマ線スペクトル

平成23年4月8日

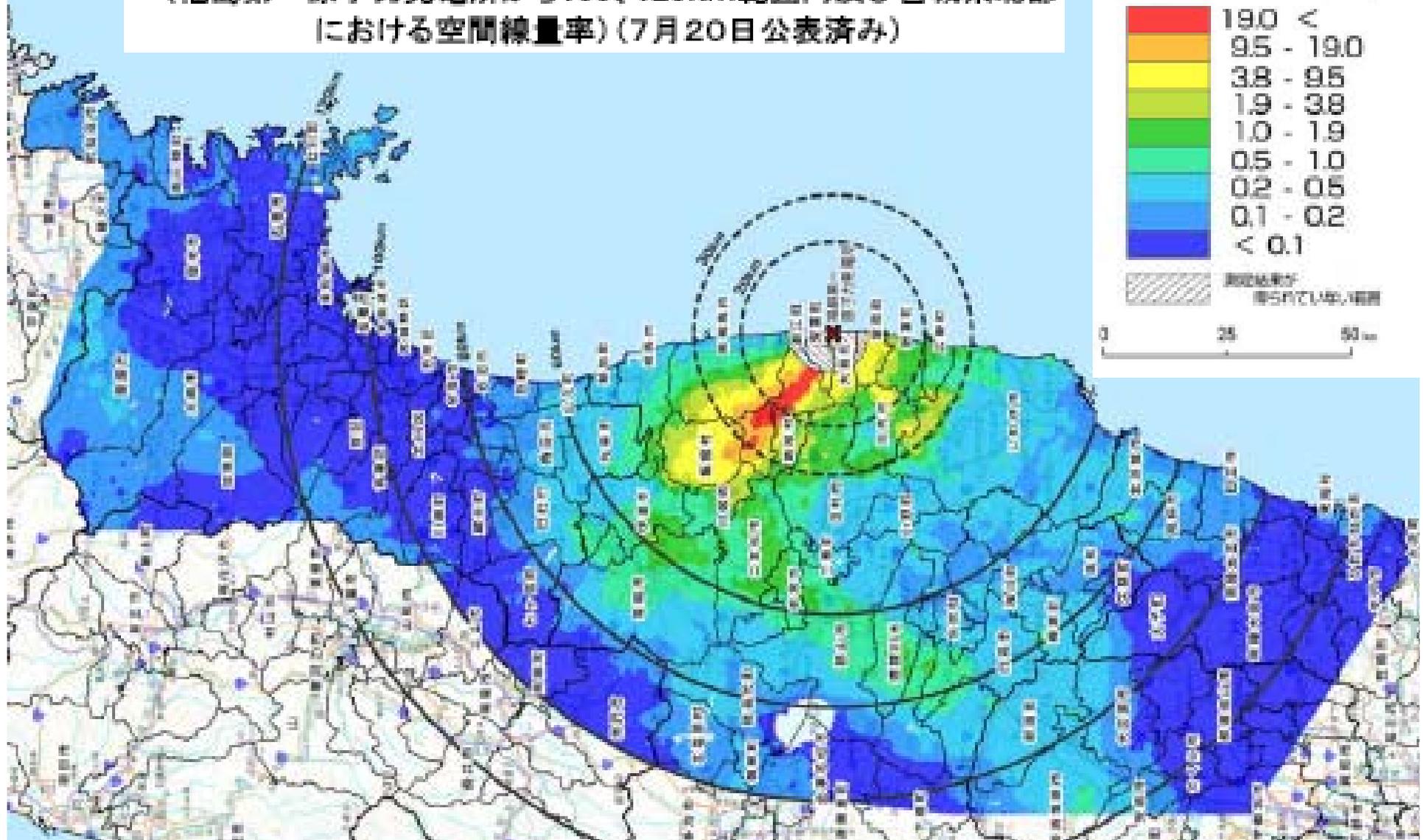


文部科学省及び宮城県による航空機モニタリングの結果
(福島第一原子力発電所から100、120km範囲内及び宮城県北部
における空間線量率)(7月20日公表済み)

地表面から1 mの高さの
空間線量率($\mu\text{Sv/hr}$)
〔7月2日現在の値に換算〕



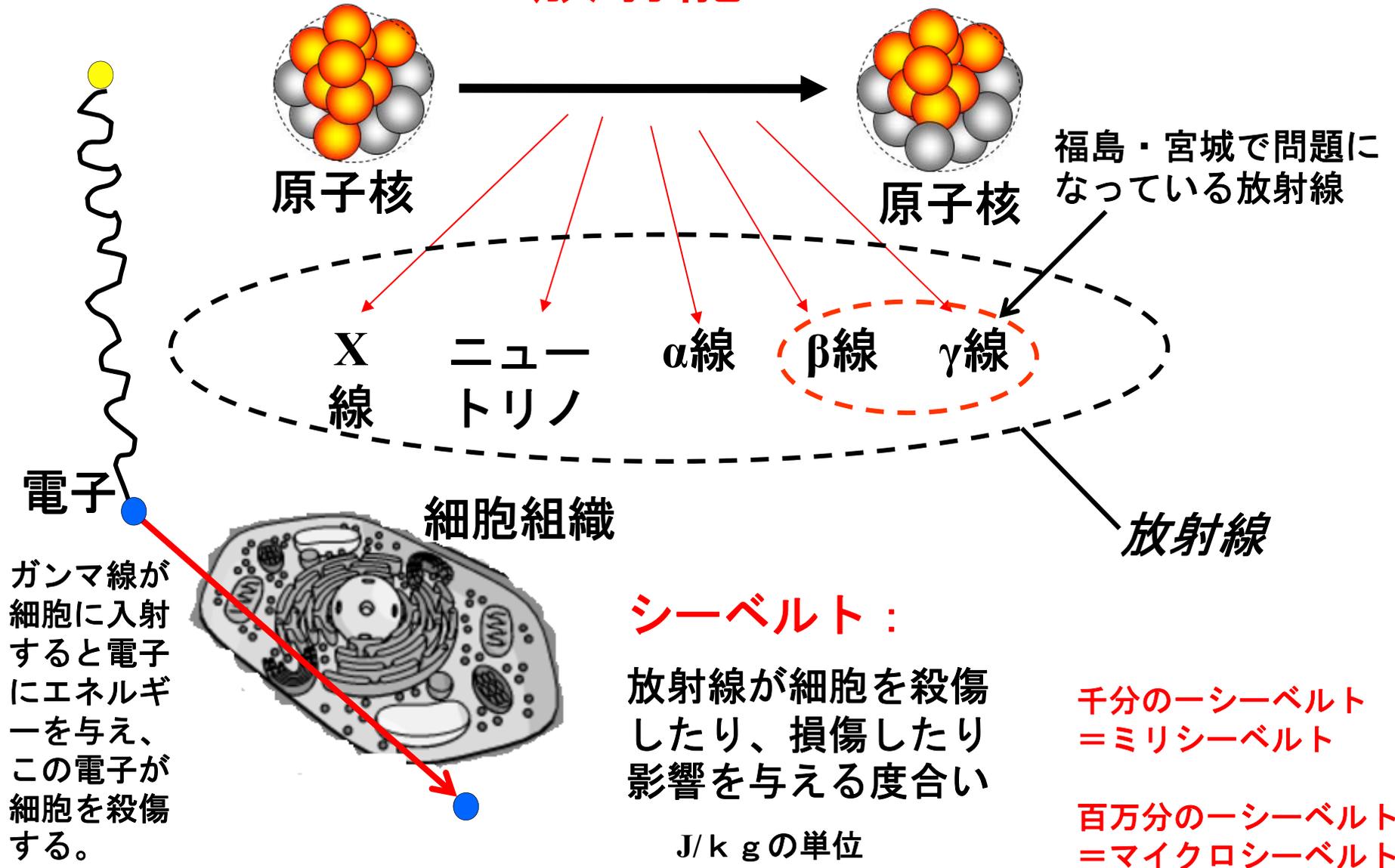
測定地点が
表示されていない地域



これをどう元にもどすか。

3. 放射能、放射線、ベクレル、シーベルトとは何？

放射能：ベクレル (1秒につき1崩壊)



シーベルト：

放射線が細胞を殺傷したり、損傷したり影響を与える度合い

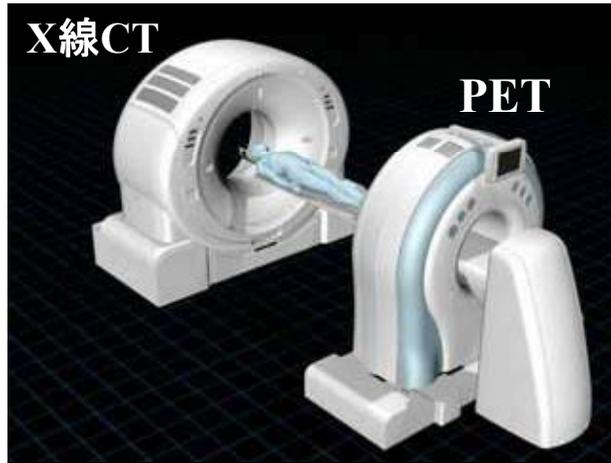
J/kg の単位

千分のーシーベルト
＝ミリシーベルト

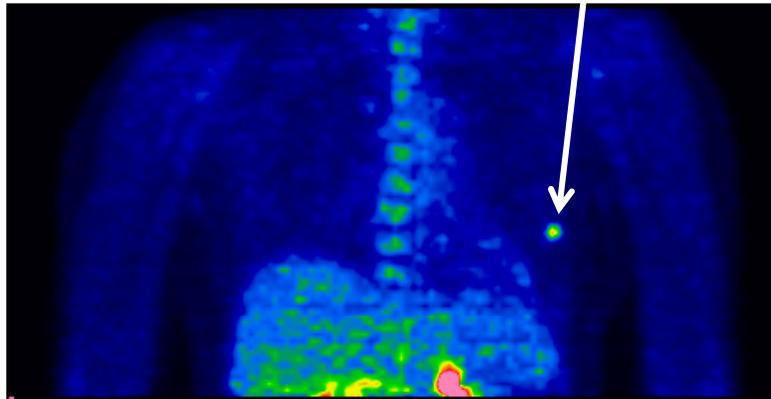
百万分のーシーベルト
＝マイクロシーベルト

放射線は、その透過力と殺傷力が高いので、診断・治療に用いられている。

例：放射性同位元素で体の器官の機能を診察
—PET—



5mmの微小乳癌を検出



厚地記念クリニック



サイクロトロン



4. 放射性セシウムはどのくらい危険？

- 生体への放射線影響には3つある。
 1. 細胞を死に至らす。 がん治療に利用
(これがほとんどの効果)
 2. 遺伝子に変化を与える。 品種改良に利用
(1. に比べて非常に小さい。)
 3. 細胞をがん化させる。 甲状腺がんの発症
(1. に比べて非常に小さい。)
- 一方、細胞の修復能力は非常に高い。

どのくらい浴びると病気になるのか？

表1 日常生活における自然放射線と人工放射線

放射線の量 (ミリシーベルト)	影響等
7000～10000	全身被ばく:100%の人が死亡
1000	全身被ばく:10%の人が悪心、嘔吐
500	全身被ばく:末梢血中のリンパ球の減少
200	全身被ばく:これより低い線量では臨床症状が確認されていない
10	ガラパゴス地方(ブラジル)の自然放射線(年間)
6.9	CTスキャン(1回)
2.4	一人当たりの自然放射線の世界平均(年間) (宇宙から0.39/大地から0.48/食物から0.29/空気中のラドンから1.26)
1	一般公衆の線量限度(年間)(医療は除く)
0.6	胃のX線集団検診(1回)
0.2	東京-ニューヨーク航空機旅行による宇宙線の増加(往復)
0.05	胸のX線集団検診(1回) 原子力発電所(軽水炉)周辺の線量目標値(年間)

参考: [資源エネルギー庁 > 経済産業省、エネルギー白書 2007年版\(2007年\)](#)

原子力災害に伴う放射線被ばくに関する基本的考え方

2011-6-2 21:36:23

* 低線量の放射線影響

放射線はそのイオン化作用でDNAに損傷を与えるので、放射線量の増加に伴い、がんなどの確率的影響が発生する危険性も増加する。しかし100mSv以下の低線量での増加は、広島・長崎の原爆被爆者の長期の追跡調査を持ってしても、影響を確認できない程度である（ICRP Publ. 103, 105）。原爆被爆では、線量を一度に受けたものであるが、今回は、線量を慢性的に受ける状況であり、リスクはさらに低くなる(ICRP Publ.82, 103)。そのため今回の福島で予測される線量率では、今後100万人規模の前向き研究を実施したとしても、疫学上影響を検出することは難しいと考えられている。日本人のがん死が30%に及ぶ現代においては100mSv以下の低線量の影響は実証困難な小さな影響であるといえる。

* 学校生活や住民生活の制限

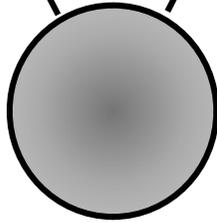
ICRP（国際放射線防護委員会）は、災害時の公衆の線量管理について、緊急時は20～100mSv、緊急事故後の復旧時は1～20mSvとしている（ICRP Publ. 103）。また、残留した放射性残渣によって生じる長期被ばくに関して、10mSvを下回る被ばく線量の場合に、これをさらに低減するために実施する行為は、正当化されにくいと勧告している（ICRP Publ. 82）。いずれにしろ、長期的には1 mSv以下が目標であり（ICRP Publ. 111）、できる限り早く平時の状態に戻す必要がある。学校生活や市民生活の制限に際しては、市民の感情、学校教育の実施、線量低減のための費用、生活の制限に伴う苦痛などを総合的に考慮した判断がなされることを望む。

被曝線量は気になるが、過敏になる必要も無いらしい。

放射性セシウムからの放射線

512keV
ベータ線

661.7keV
ガンマ線



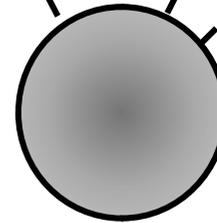
Cs-137

半減期 30年

658keV
ベータ線

605keV
ガンマ線

796keV
ガンマ線



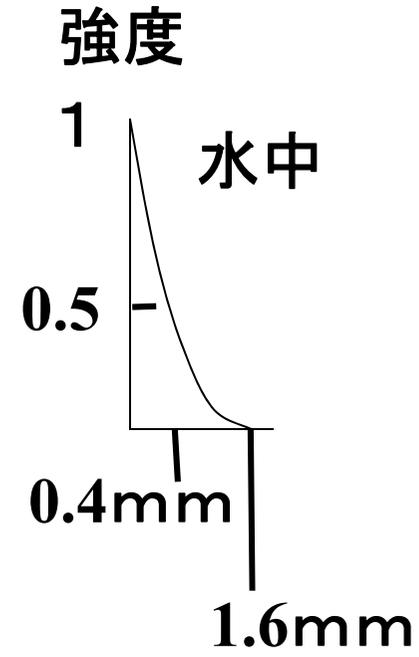
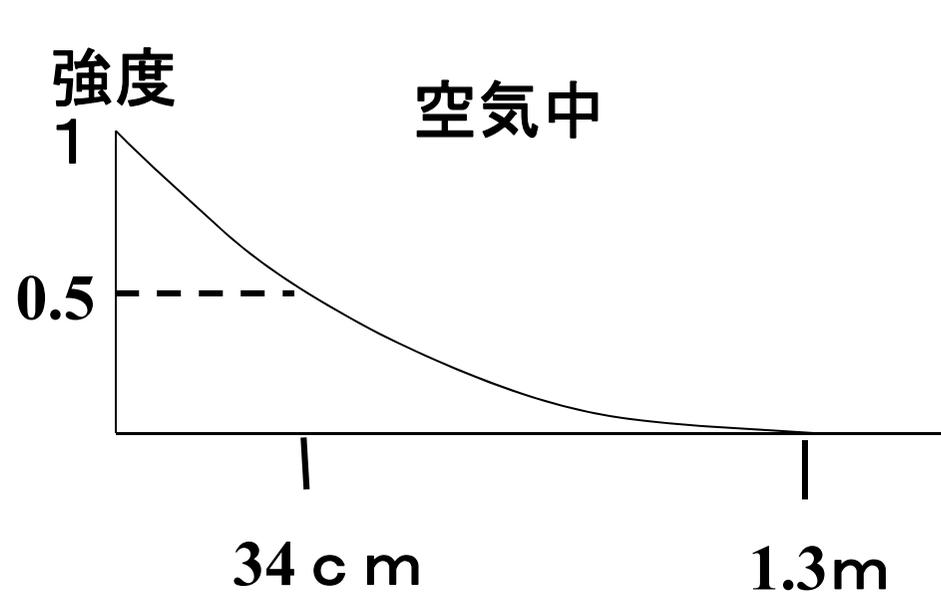
Cs-134

半減期 2年

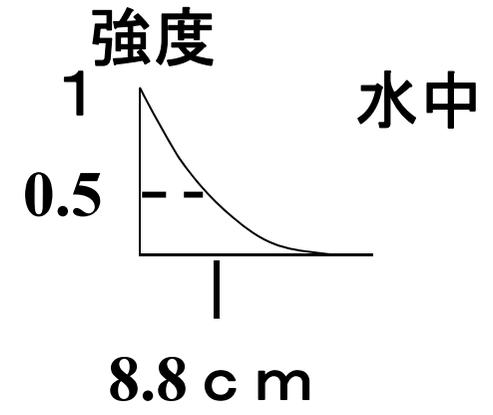
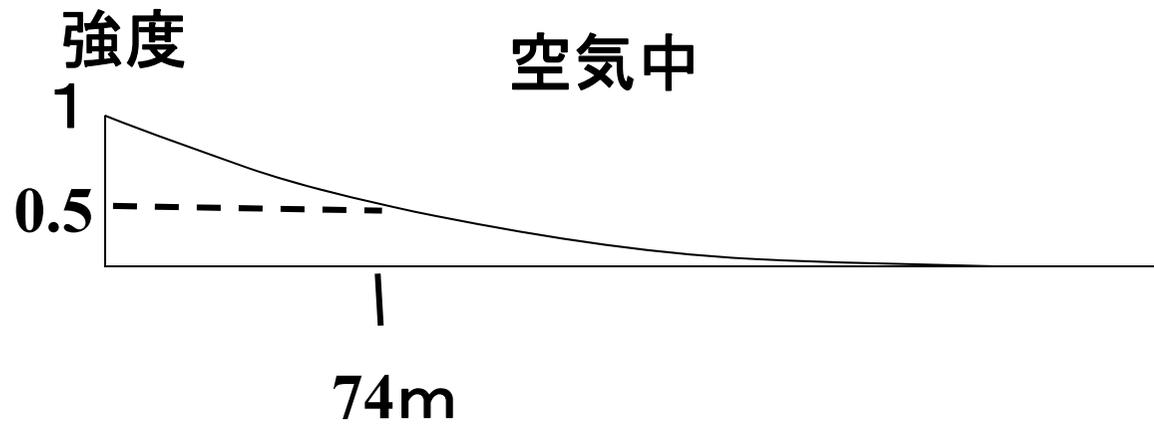
存在比 約 1 : 1

6年後 ガンマ線による空間線量率は約3分の一になる。

512keV のベータ線の強度と線源からの距離の関係



661.7keV のガンマ線の強度と線源からの距離の関係



従って、汚染土を取っても周りからの放射線による空間線量は減らない。

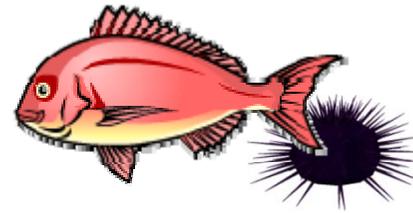
15cmの通常のコンクリートで660keVのガンマ線の強度は100分の6.6に減弱する。

(民家の中のブロック塀は良い遮蔽になる。)

Csは、体内に取り込まれて、特別な臓器に集中的に蓄積することなく筋肉などに分布し、約90日経つと体外に排出される。
ヨウ素、ストロンチウムが局所的に集積するのと大きく異なる。

5. 食べ物は安全か？

8月30日現在、宮城県で採れる食物に含まれる放射性セシウムの含有量は、



水道水、乳牛、野菜、果物（りんご）、牛肉、海魚等、山菜（わらび、うるい、みず）

ほとんどがN.D.（0～10ベクレル/kg以下）である。

10ベクレル/kgの放射性セシウムを含んだ食物を毎日1kg、365日食べた場合の被曝線量は、約0.05ミリシーベルトである。これは、食物に含まれる自然の放射性物質からの年間の被曝線量0.29ミリシーベルトに比べて非常に少ない。

6. 粘土が福島・宮城を救った！

Csの土壤中の挙動

土壤中の ^{137}Cs の分布を粘土、シルト、砂に分けて調べた例では、半分以上の ^{137}Cs が粘土画分に存在していた。

土壤への吸着の強さや様式で分けると、

K, NH_4 等の陽イオンと置き換わることが出来るイオン交換体：10%（植物へ移行しやすい）

有機物との結合体：20%（植物へ移行しやすい）

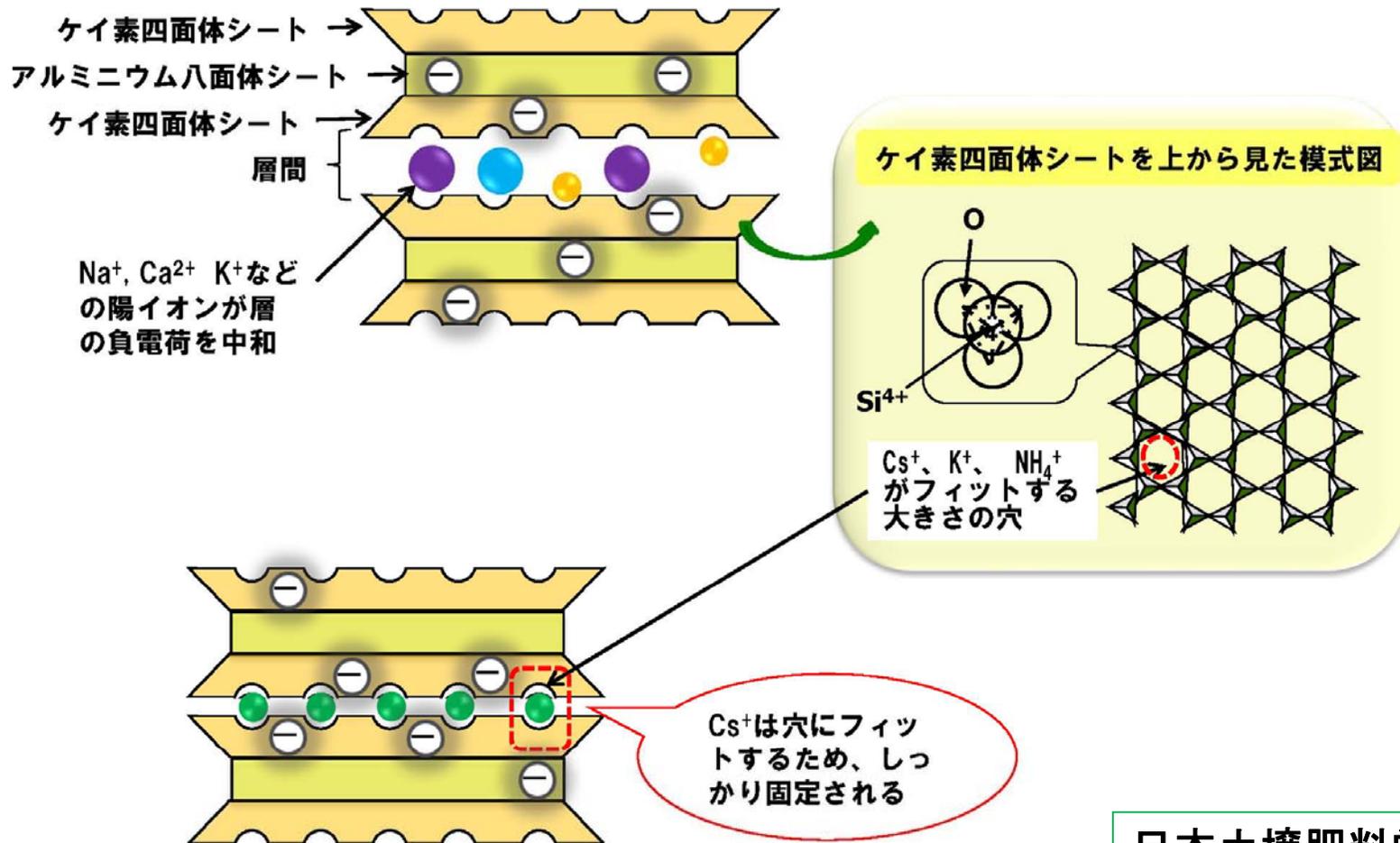
粘土等の強固な結合体：70%（植物へ移行困難）

土壤の負電荷は、有機物や粘土鉱物に由来している。有機物に由来する負電荷に保持された Cs^+ は他の陽イオンによって容易に置き換えられる（イオン交換反応）。しかしある種の粘土鉱物のもつ負電荷に、 Cs^+ はきわめて強く「固定」され、他の陽イオンによって簡単に置き換えることができなくなる。このような性質を持つ粘土鉱物は、2:1型層状ケイ酸塩と呼ばれ、薄いシート状の層が積み重なり、層と層の間に負電荷を持つ。2:1型層状ケイ酸塩の層間の負電荷がある場所は、 Cs^+ を閉じ込めるのにちょうどいい大きさの穴のようになっている。この穴は Cs^+ の他に、 K^+ や NH_4^+ を閉じ込めるのにもちょうどいい大きさであるため、通常はこれらの陽イオンの中で最も存在量が豊富な K^+ がこの場所を埋めている。だが、この場所との結合力は $\text{K}^+ < \text{NH}_4^+ \ll \text{Cs}^+$ の順に大きくなるため、 Cs^+ は K^+ を追い出してこの場所を埋めることができる。

日本土壤肥料学会より

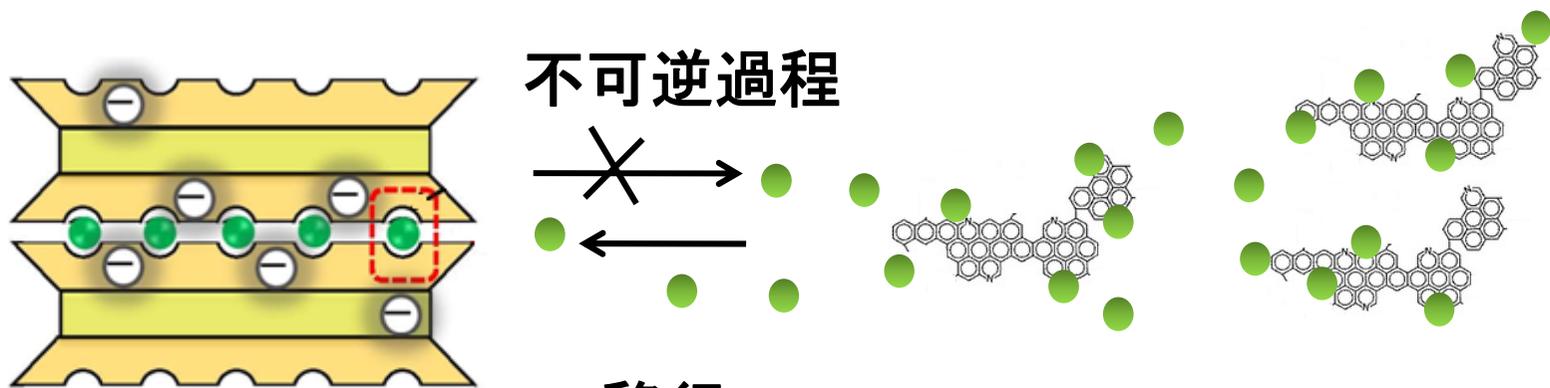
セシウムは粘土質にしっかり吸着される

2:1型層状ケイ酸塩鉱物は、ケイ素と酸素からなるシート（ケイ素四面体シート）が、アルミニウムと酸素からなるシート（アルミニウム八面体シート）をはさんだ構造をもつ層を一単位とし、これらの層が積み重なってできている。ケイ素四面体シートのケイ素の一部がアルミニウムに置き換わる、又はアルミニウム八面体シートのアルミニウムの一部がMgなどと置き換わることでシートが負電荷を持つ（同型置換）。



イオン交換体、有機物に結合したセシウムイオンが粘土質に吸着されていく。

耕作することによって、今後、野菜のセシウム濃度は減っていく。

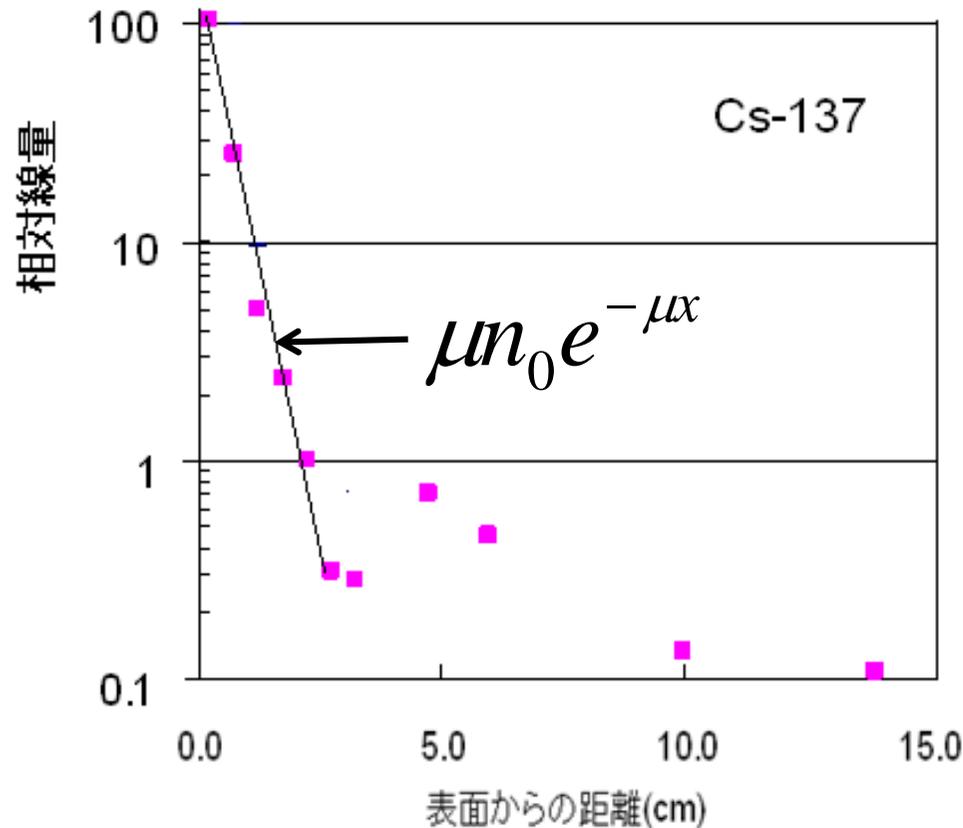


粘土等の強固な結合体
： 70% (植物へ移行困難)

移行
イオン交換体：10%、有機物との結合体
： 20% (植物へ移行しやすい)

放射性セシウムは、ほとんど土の表面に分布

表面から約5 mmの厚さにほとんど放射能は分布している。分布は表面からの距離の指数関数で減少している（理論的に予想される。）。



従って、校庭、庭に降った放射性セシウムはほとんど表面の粘土に吸着されている。

→ 表面の汚染土を取り去れば、空間線量は減る。

粘土質に固定されたセシウムの性質

1. 水に溶けない。

→ 川の水を浄化して得られる水道水には、セシウムは含まれない。 → お陰様で、震災直後から水道水が飲めた。

プールの水は、水道水なので泳げる。

2. 酸およびアルカリ溶液にも溶けない。

→ 粘土を食べても、体に吸収されない。
→ 糞となって、排出されるだけ。

プールの水に舞い降りた粘土を飲んでも、大丈夫。

3. 粘土質に固定されたセシウムは植物にも吸収されない。

→ 土中に含まれている溶解性セシウムを耕作することによって、粘土に吸着させることにより、植物がセシウムを摂取しないようにする。

7. 汚染土壌を除染

福島市聖心三育保育園の園庭の除染

深さ5mmを除去した面積：700m²

校庭の線量率：除染後、約3分の1に下がった。



除去した土の量：6559 kg



園庭の土の表面の
5 mm内に放射能
は集中していた。



汚染土



洗浄された土
放射能が元の25
分の1に減った。

元に戻せる。



水を入れかき回す



濁り液



⇒ 上澄み液
(放射能無し)

捨てる
ことが
できる

放置



粘土



ペレット化
(小型化)

保管可能

汚染土の量が元の100分
の8に減った。

「この簡単な除染方法は、一般家庭
の放射能汚染の除染にも対応でき
る」

汚染土の除染の実践

6月29日～7月14日

丸森町の3小学校の校庭の除染をこの除染方法で行った。

学校名	校庭面積(約)
耕野小学校	2,500m ²
耕野保育園	400 m ²
筆甫小学校	3,500m ²
筆甫保育所	400m ²

この方法を一般の民家に適用すれば、
家が一番、安全・安心な場所になる。
これを福島でシステム化すれば、人の雇用に貢献できる。
そして、先ず、自分の周りから、福島を元に戻すことができる。