



放射線

鳥居 寛之
小豆川勝見
渡辺雄一郎 著
中川 恵一
執筆協力

科学的に
理解する

基礎からわかる東大教養の講義

丸善出版

「放射線を科学的に理解する

— 基礎からわかる東大教養の講義 —

鳥居寛之・小豆川勝見・渡辺雄一郎 著

中川恵一 執筆協力

丸善出版

本体 2500円+税

- 1章 放射線とは? 《放射線入門》
 - 2章 放射線の性質 《放射線物理学 I》
 - 3章 原子力発電で生み出される放射性物質
《原子核物理学・原子力工学》
 - 4章 放射線量の評価 《放射線物理学 II》
 - 5章 放射線の測り方 《放射線計測学》
 - 6章 環境中での放射性物質 《環境放射化学》
 - 7章 放射線の細胞への影響 《放射線生物学》
 - 8章 放射線の人体への影響 《放射線医学》
 - 9章 放射性物質と農業 《植物栄養学・土壤肥料学》
 - 10章 放射線の防護と安全 《放射線防護学》
 - 11章 役に立つ放射線 《放射線の利用・加速器科学》
- Q&A

放射線を理解するには、物理学・化学・生物学・医学・工学など多くの分野の知識が必要です。しかしこれらすべてを網羅することは難しく、系統立てて学べる機会は非常に少ないのが実情です。

本書は東京大学教養学部で行われた講義をもとに、放射線について多角的に学べるよう配慮しています。日常生活や原発事故にかかわる具体的な例を引きながらやさしくていねいに解説しましたので高校生や一般の方にも広く読んでいただきたいと願っています。

<http://radphys4.c.u-tokyo.ac.jp/~torii/lecture/radiolect-kn.html>

2015年度 Aセメスター 主題科目学術フロンティア講義

放射線

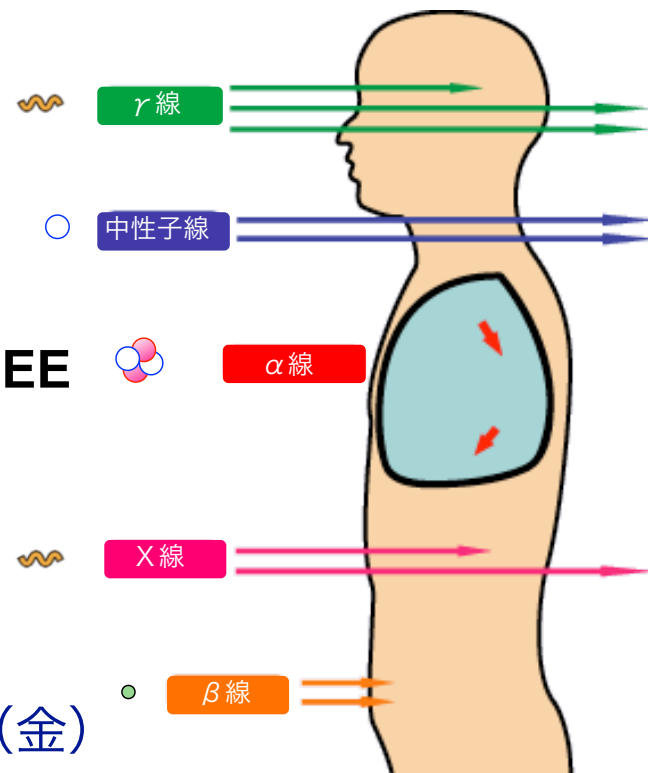
を
科学的に
理解する

金曜 5 限

@ 21 KOMCEE
(West)

K303教室

2015 / 10 / 2 (金)



第3回

放射線計測学

放射線の測定原理・方法・問題点

小豆川 勝見

東京大学 教養学部 / 大学院総合文化研究科

放射線を科学的に理解する

- 9/18 放射線入門 【鳥居】
- 9/25 放射線物理学 【鳥居】
- 10/ 2 放射線計測学 【小豆川】
- 10/ 9 放射線物理・化学 【鳥居】
- 10/16 放射線生物学 【渡邊】
- 10/23 被曝調査・医療支援 【坪倉】
- 10/30 原子核物理学・原子力工学 【鳥居】
- 11/ 6 環境放射化学 【小豆川】
- 11/13 環境放射化学 【小豆川】
- 11/24 放射線医療 【芳賀】
- 11/27 放射性物質汚染と農業 【藤原】
- 12/ 4 放射線の利用 【渡邊】
- 12/11 加速器科学・放射線防護学 【鳥居】

鳥居 寛之

小豆川 勝見

渡邊 雄一郎

《教養学部》

坪倉 正治 《医科学研究所》

芳賀 昭弘 《医学部附属病院放射線科》

藤原 徹 《農学部応用生命化学》

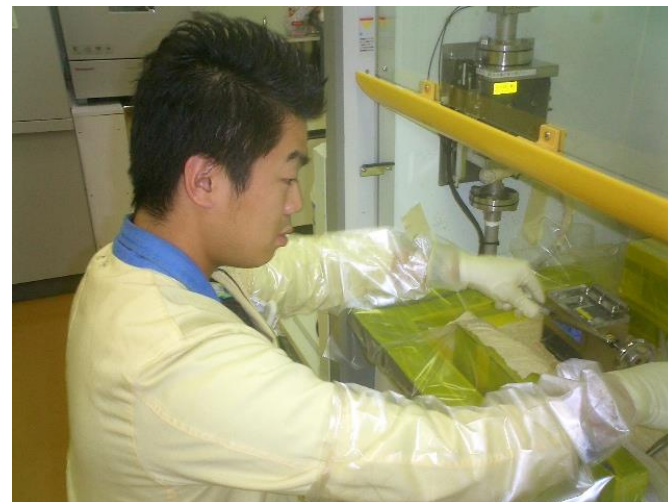
ゲスト講師

放射線を科学的に理解する (化学分野1回目)

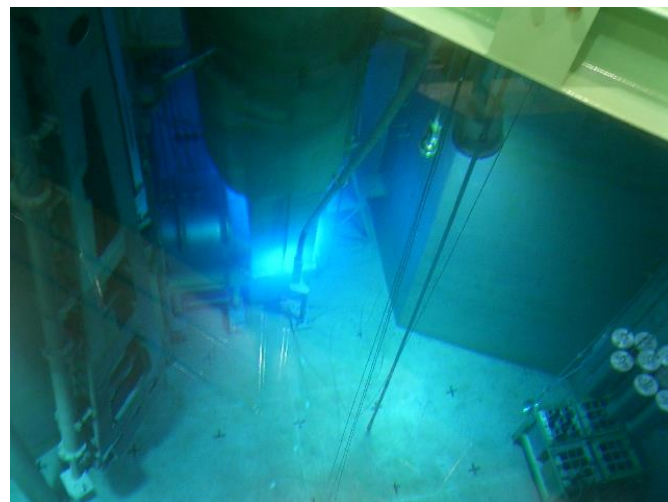
小豆川(しょうずがわ)勝見

自己紹介

- ▶ 小豆川勝見(しょうずがわ かつみ)
 - 専門は環境分析化学、放射化学
- ▶ 研究用原子炉や加速器を使って環境を探る、という極めてマイナーな分野
- ▶ 福島の事故以降、原子炉での経験を踏まえて、環境中に拡散している核種の測定を始めた
- ▶ 学内では「基礎化学実験(主に定量と定性)」を担当。逆評定では面白いコメントを期待している。



原子炉に入れた試料を取り出している様子。(放射化分析法)



臨界している原子炉。(茨城県東海村研究炉JRR-4、現在停止中)

はじめに

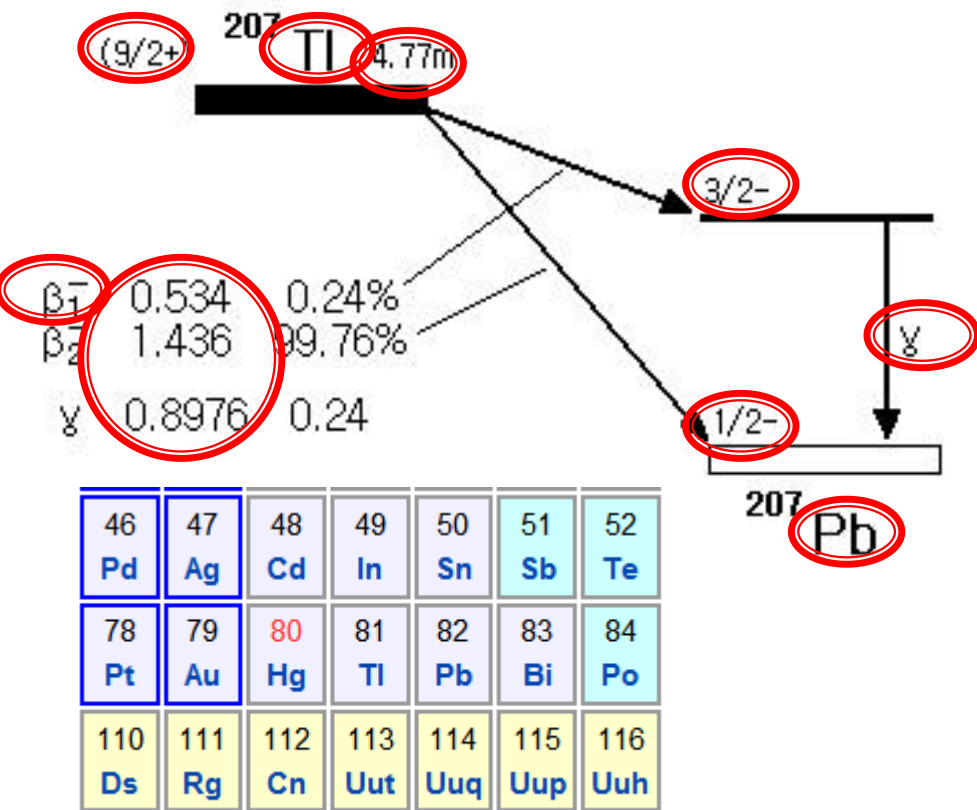
- ▶ 福島第一原子力発電所事故前からSv, Bqという単位を知っていた方はどのくらいいますか？
 - 研究室に入ってくる修士課程の院生は「むかしやったような...?」程度。
 - 放射線測定を専門に扱うラボでもこんなもの。
- ▶ 外国に出かければ、間違いなく福島原発の話題になるでしょう。
 - 事故に対する関心は極めて高い
 - 考え方は人それぞれですが、基礎知識は必須
- ▶ 今日は「放射線を測る」、という視点から講義をします。
 - 人体へのリスク、汚染評価、賠償、避難...全ての議論の根源

1秒間に1個の原子核が崩壊することが1Bq

- ▶ 1Bqにつき放射線が必ず1本出るとは限らない。(放出率)
 - ^{137}Cs の場合、1Bqにつき γ 線は(確率上)0.85本でる。
 - 661.64keV 85.0%
 - ^{134}Cs の場合、1Bqにつき γ 線は(確率上)約2本でる。
 - 604.66keV 97.56%
 - 795.76keV 85.44%
 - 569.29keV 15.43%
 - 801.84keV 8.73%...あとたくさん
- ▶ γ 線スペクトルから特定のエネルギーのピークのネット面積をカウントして、放出率と時間で除すればよい。
- ▶ これに立体角補正と自己吸収補正行えば(とりあえず)Bqが算出できる

原子核崩壊図と崩壊モード

それぞれの線や記号、数字が何を表しているのか



▶ ^{207}Tl の原子核崩壊図

▶ 崩壊モードは β
 ◦ ref. 周期律表

▶ パリティ(スピンパリティ)

▶ 半減期

▶ エネルギー

ベータ線

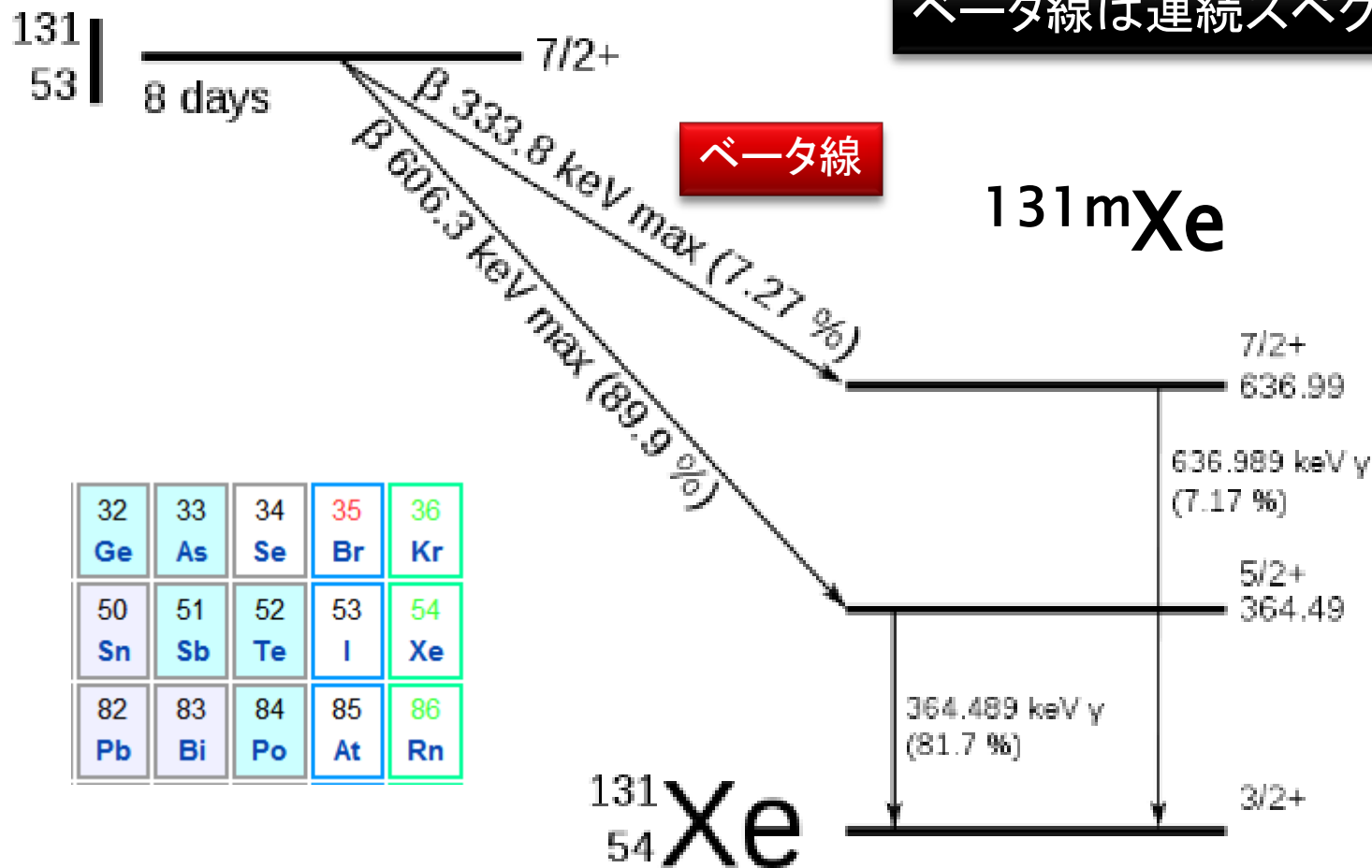
反ニュートリノへのエネルギー供与(質量欠損)のため、電子に与えられるエネルギーは連続的になる。

ガンマ線

主にベータ崩壊後の核異性体からのガンマ線。核種同定にもっとも適している。

^{131}I の核崩壊図

ベータ線は連続スペクトル



364.49 keVのガンマ線(光)を見つけた！ ➡ ^{131}I がありそうだ！

放射性ヨウ素からでてているのは何？

- ▶ 電子と光の両方ができます
- ▶ 「電子」は電気を帯びた小さな小さな粒です。
 - 似たようなものに雷があります。
 - 空気中ではまっすぐ飛びません(雷はギザギザに飛ぶ)
- ▶ 「光」は、光ですね(笑)
 - 似たようなものに紫外線やX線があります。
 - 放射性ヨウ素から出る光は、とてもエネルギーの強い光です。
 - 光はまっすぐ飛びます。
- (電子のことをベータ線、光のことをガンマ線と呼びます)



β^- 崩壊なのになぜ γ 線を測る？

▶ 最も測りやすいのは γ 線

- γ 線は光。試料の前処理がいらぬ(そのまま測れる)

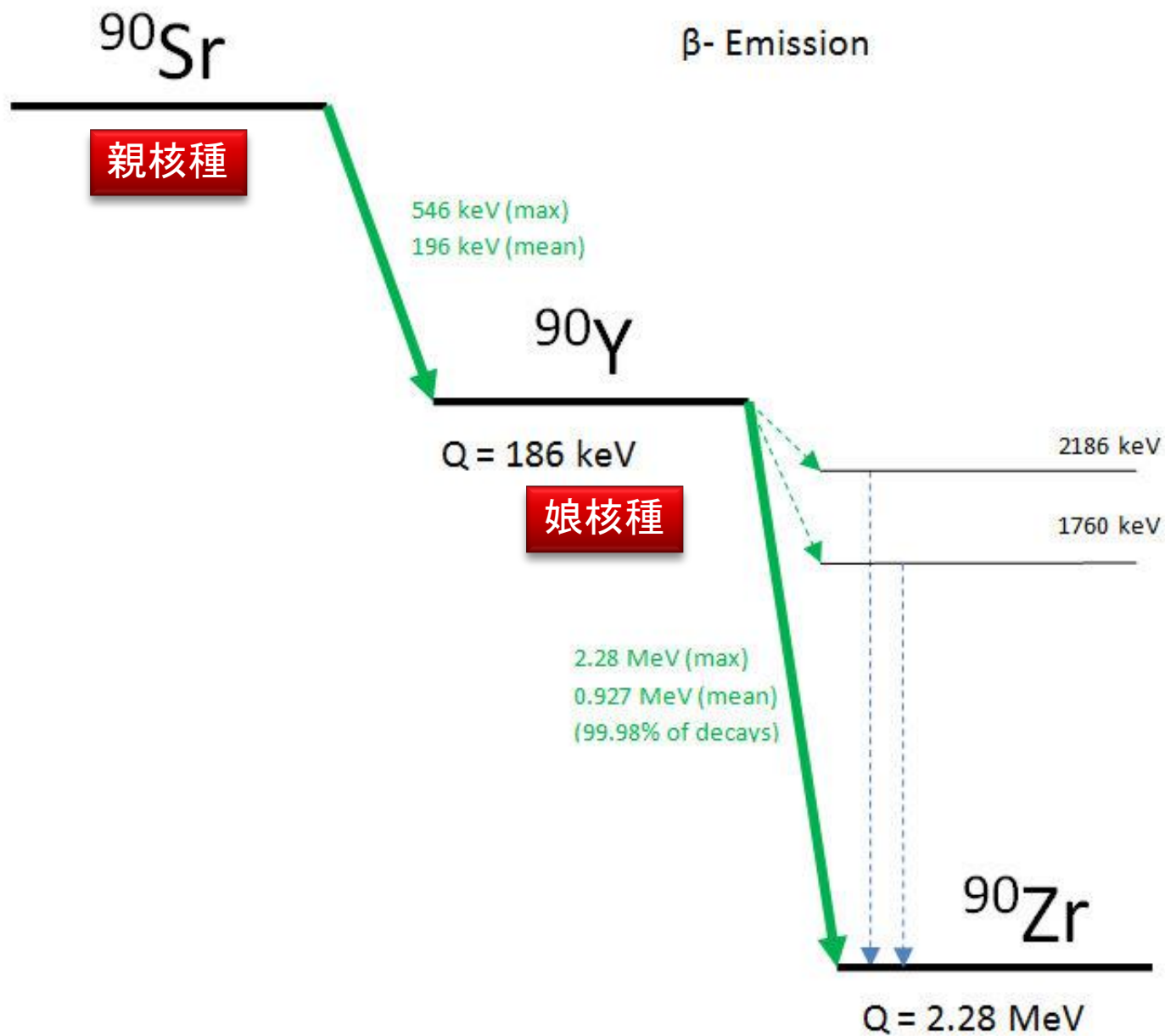
▶ ^{131}I や ^{137}Cs は β^- 崩壊、だから β 線を観測しても良いけど...

- β 線は連続スペクトルなので、いきなり β 線を測るとどの核種を測っているのか分からない
- そのため分離・精製操作が必須。(=放射性廃液が大量に発生する)

▶ ^{131}I や ^{137}Cs は β^- 崩壊時に γ 線も放出する

- 崩壊先の核種のmetastable stateから基底に落ちるときの γ 線
- そのまま測れる γ 線を測ろう！

^{90}Sr の崩壊図



γ線を放出しない核種-⁹⁰Srを例に

▶ 放射性ストロンチウム分析法 (平成15年改定 文部科学省)

- ^{89,90}Sr-イオン交換法、発煙硝酸法(難)
 - ・ 妨害Caを除去するため、⁸⁹Srと⁹⁰Srを分離可
- ⁹⁰Sr-シュウ酸塩法
 - ・ 妨害Caは除去しないため、⁸⁹Srを測定できない
- ⁹⁰Sr-溶媒抽出法
 - ・ 妨害Caは除去しない。牛乳を対象。⁸⁹Srは測定できない

▶ ⁹⁰Srの分析目標レベル

	供試量	目標分析レベル	単位
土壌・海底土	100 g乾土	<u>0.2</u>	Bq/kg乾土
海水	40 L	0.6	mBq/L

*計数効率 27%, バック 0.3 cpm, 測定 60 min, Sr回収率 90 %による計算

▶ ⁹⁰Sr, ⁸⁹Srなど標準溶液が必須

^{89}Sr , ^{90}Sr の特性と分離法

^{89}Sr

$T_{1/2} = 50.53$ days

Mean β energy = 584.6

Daughter ^{89}Y Stable

^{90}Sr

$T_{1/2} = 28.90$ years

Mean β Energy = 195.8

Daughter ^{90}Y

$T_{1/2} = 64.0$ hours

Mean β Energy = 933.6

Daughter ^{90}Zr Stable

分離法

- ▶ 精製した ^{90}Sr から生じる ^{90}Y の生成を2週間程度待つ必要がある
 - スカベンジングで ^{90}Sr 精製後、ミルクングして ^{90}Y の β 測定
- ▶ 固相抽出法による ^{90}Sr の選択的、高速除去法*が開発中

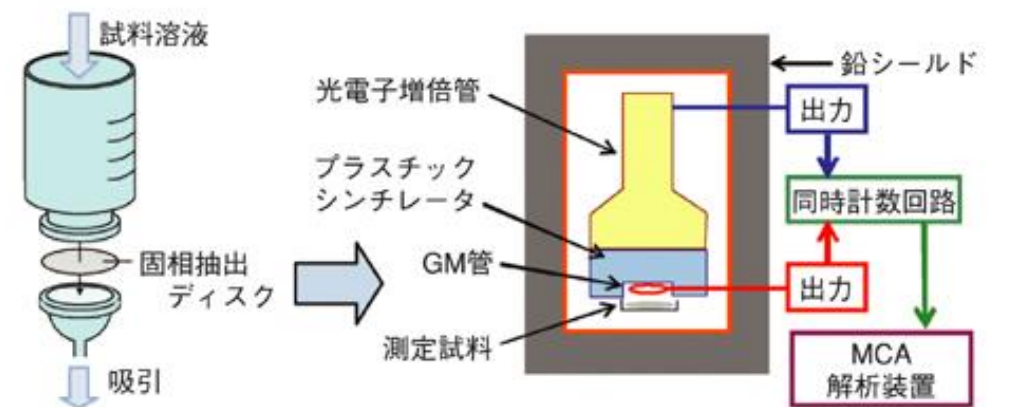
*一例として、Kameo, Y., et al., Determination of ^{89}Sr and ^{90}Sr in radioactive waster using Sr extraction disk and beta-ray spectrometer, *JRNC*, 274(1), 71, 2007.

「横浜でストロンチウム検出 100キロ圏外では初」2011年10月報道

出展:朝日新聞<http://www.asahi.com/national/update/1012/TKY201110110626.html>

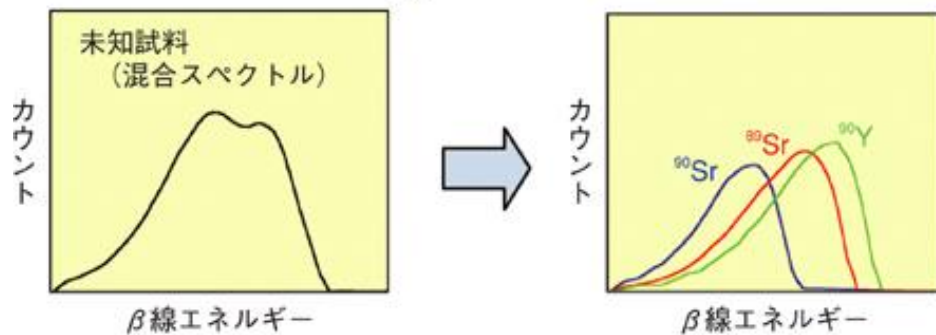
- ▶ **横浜市港北区のマンション屋上の堆積物から、195 Bq/kgの(放射性)ストロンチウムを、民間の分析機関が検出した。東京電力福島第一原発事故で放出されたとみられ、結果の報告を受けた横浜市は、再検査を始めた。**
- ▶ 検出されたのは ^{90}Sr (半減期約30年)。文部科学省の調査では福島県内や宮城県南部など福島第一原発から100キロ圏内で検出されているが、約250キロ離れた横浜市内では初めて。
- ▶ **場所は築7年の5階建てマンション屋上。7月、溝にたまった堆積物を住民が採取し、横浜市鶴見区の分析機関「同位体研究所」で測定した。放射性物質が蓄積しやすい条件とみられるため単純に比較できないが、4-5月に福島市内の土壌から検出された77 Bq/kgと比べても高い値だ。同じ堆積物からは63,434 Bq/kgの(放射性)セシウムも検出。私有地であることを理由に公表していないが、市衛生研究所での(放射性)セシウムの再検査でも、同じ堆積物から105,600 Bq/kgが検出された。**

固相抽出法による放射性ストロンチウムの測定



(a) 固相抽出分離
固相抽出ディスクの表面にSrを吸着させます。

(b) β 線測定
GM計数管とプラスチックシンチレータからの出力を同時計数することにより、バックグラウンド計数を低減しながら β 線を測定します。



(c) β 線スペクトロメトリ
未知試料のスペクトルに対して、あらかじめ作成したスタンダードライブラリと比較・解析することにより、 ^{90}Sr のスペクトルを推定します。

出典: 廃棄物中の放射性ストロンチウムを測定する
—放射性廃棄物の処分に向けた簡易・迅速分析法の開発—
http://jolisfukyu.tokai-sc.jaea.go.jp/fukyu/mirai/2008/9_1.html

▶ 同位体研究所(固相抽出法, 3M社製RadDisk):

- 横浜市港北区マンション屋上堆積物: 195 Bq/kg
- 港北区大倉山公園噴水堆積物: 59 Bq/kg

▶ 文部科学省(公定法):

- 港北区大倉山土木事務所: 0.82 Bq/kg
- 新横浜公園噴水堆積物: 1.1 Bq/kg

▶ $^{90}\text{Sr}/^{134+137}\text{Cs}$ 比

- 3.07×10^{-3} (同位体研究所)
- 3.06×10^{-5} (文科省)

放射性ストロンチウムの分析には「迅速」かつ「正確」な分析法が求められている

β線測定までの前処理(魚骨の例)

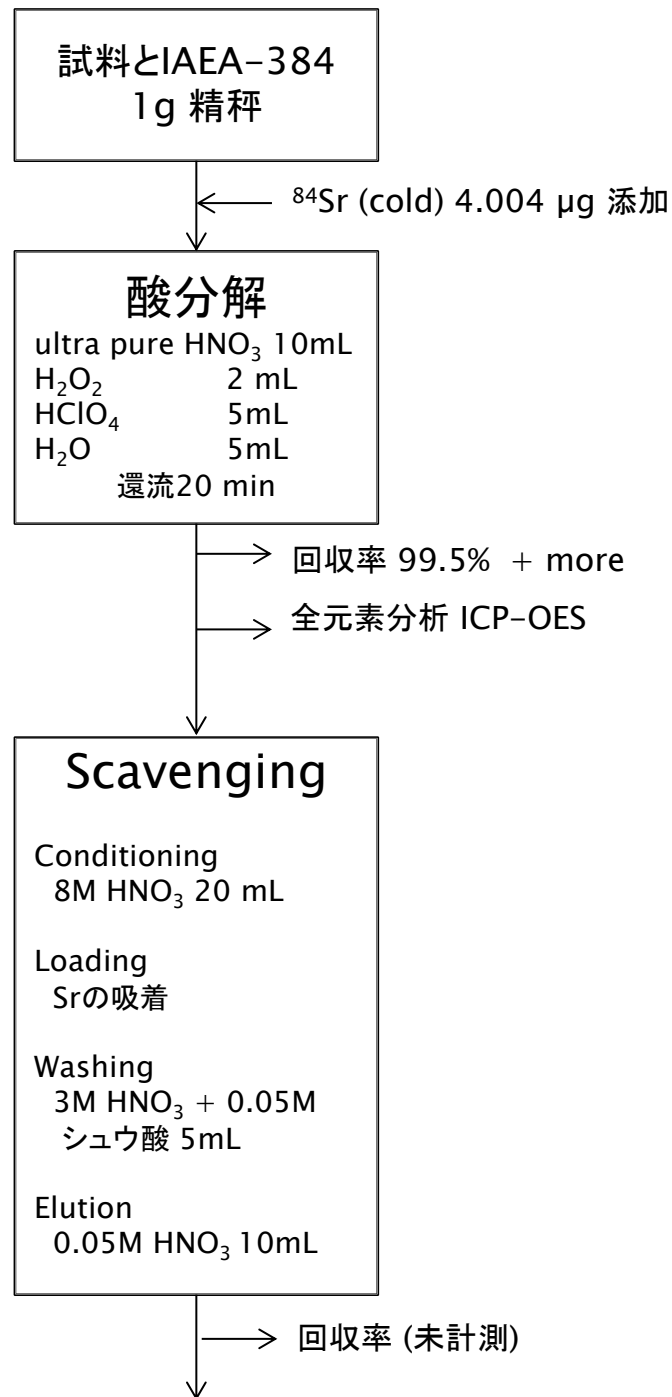
▶ 骨そのものの全元素分析

- 試料には ^{84}Sr 4.14×10^3 ppm

▶ Cold Srによる回収率計算

▶ Srレジンによるスカベンジング

- 8M HNO_3 で2時間以上コンディショニング
- サンプル loading
- 3M HNO_3 + 0.05M シュウ酸でwashing
 - Yの洗い出し
- 0.05M HNO_3 でelution (^{90}Y time zero)



日本の土壤に適した ^{90}Sr 分析の前処理法

- ▶ ^{85}Sr スパイク後3gの土壤に対して
 - 抽出条件
 - HNO_3 (60%) 2.5mL + H_2O 2.5mL + H_2O_2 1mL
 - 環流 20 min
 - (ここでsilicateが残っても全く問題ない)
 - 分離精製
 - Sr-resinB(Eichrom[®]), 3M HNO_3 + 0.05M シュウ酸 5mlでコンディショニング
 - 8M HNO_3 でSr吸着
 - 0.05M HNO_3 で溶脱(^{90}Y time zero)
 - β 測定
 - 低バック液シンでチェレンコフ光測定, 1000 min/sample
 - 色クエンチ(Fe(III)由来)の影響が強いため、カクテルは使用しない
 - 89と90は β スペクトル上で分離
 - 信頼性
 - 標準参照試料の認証値と不確かさの範囲内で一致。



土壤からの酸抽出



イオン交換樹脂による ^{90}Sr 分離精製

ベータ線の測定装置

- ▶ (例えば) 液体シンチレーションカウンタ
 - ベータ線は連続スペクトル、核種を決めるためには...?

^{90}Sr はこれ！

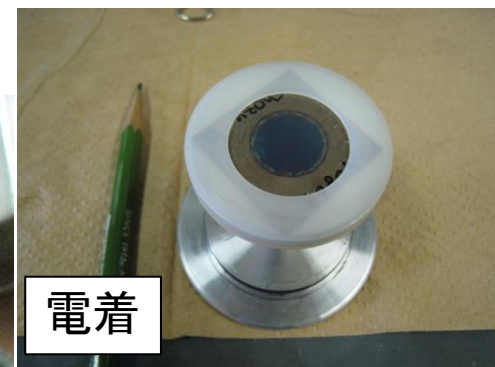


(液シン、なんて略せるとカッコいいね！)

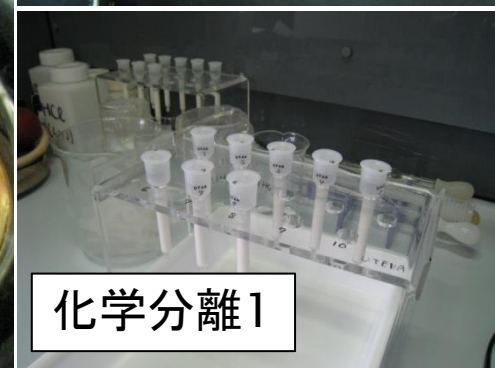
アルファ線核種の測定装置(1/2)

U, Th, Pu, Am, Cm...はこれ!

▶ アルファスペクトロメトリ



電着



化学分離1



化学分離2

分析はものすごく大変。

ターゲット元素を化学分離 → 精製 → 電着(線源を作る) → α 線計測

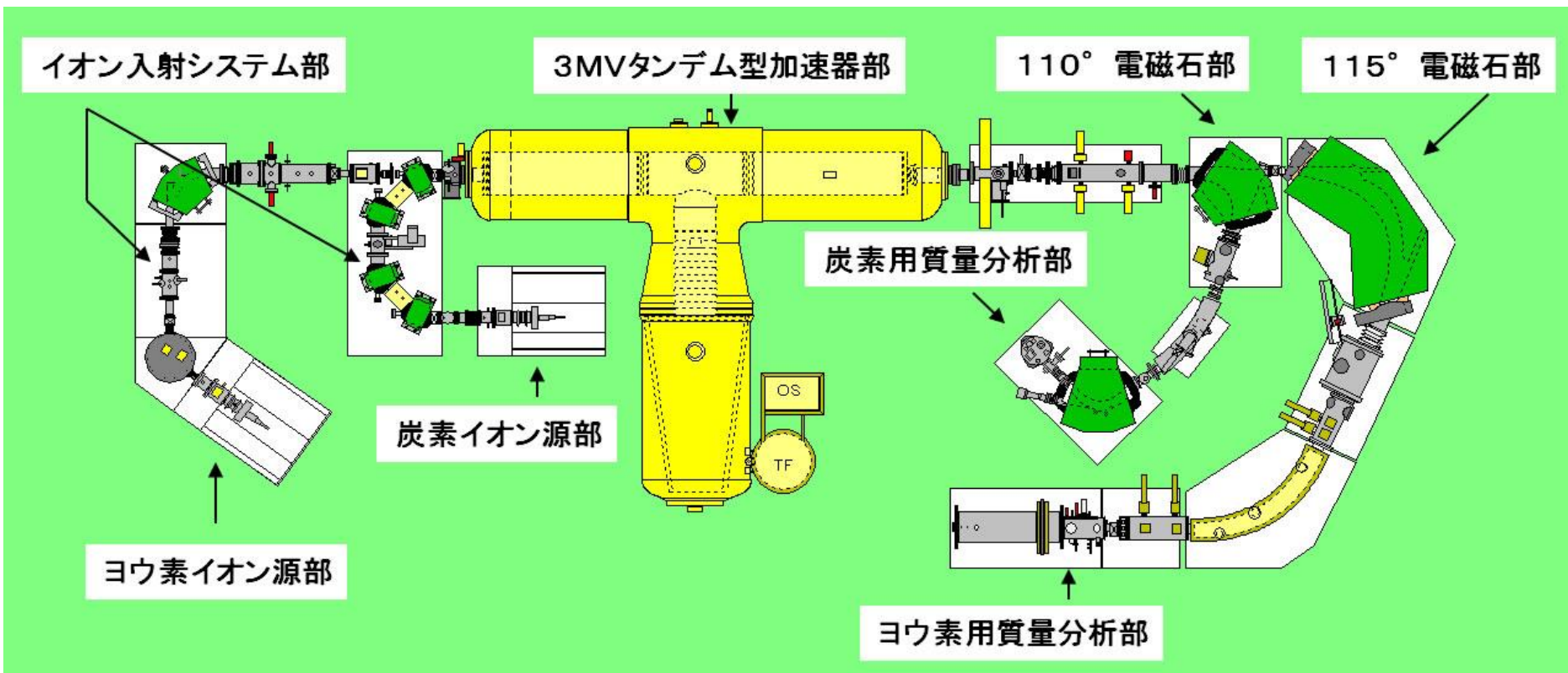
アルファ線の測定装置(2/2)

半減期が長い=重さで測った方がいい

▶ AMS, ICP-MS(質量分析計)

^{239}Pu は半減期24000年。 ^{131}I は半減期8日。
同じ1Bqでも、原子数で比べたら...?

加速器質量分析計の一例



(参考)半減期が短い核種の存在量を推定するには...?

- ▶ ^{131}I は半減期が約8日。拡散の実態を調べる前に崩壊し尽くしてしまう。どうやって事故初期の ^{131}I を推定するのか。

答え: 直接 ^{131}I を測定するのではなく、同位体(^{129}I or ^{127}I)から推定する

2. 調査内容

○ヨウ素129 ($^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 比)の測定は東京大学のAMS(加速器質量分析装置)を用い、ヨウ素127(安定ヨウ素)の測定は学習院大学のICP-MS(誘導結合プラズマ質量分析装置)を用いて行う。

この結果から見ると、ヨウ素129とヨウ素131は良い相関であると言える($R^2=0.96$)。ヨウ素129の土壤中濃度(Bq/kg)に対するヨウ素131の土壤中濃度(Bq/kg; 4月1日に半減期補正)の比率($^{131}\text{I}/^{129}\text{I}$ 比)の平均値は、4,100,000であった。

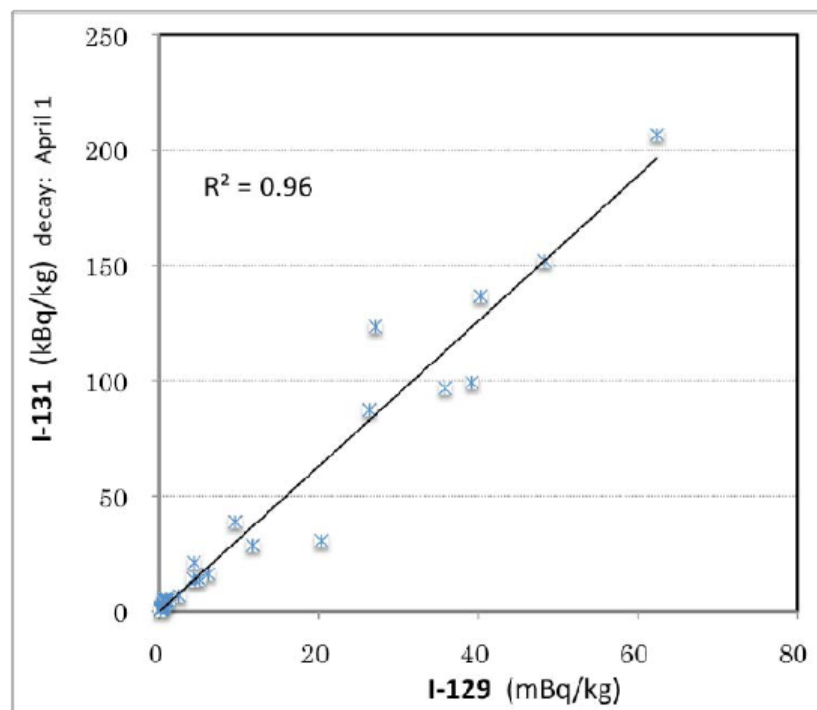


図-3 ヨウ素129とヨウ素131の相関 (n=36) 減衰補正は4月1日
(学習院大や福島県が採取した試料の分析)

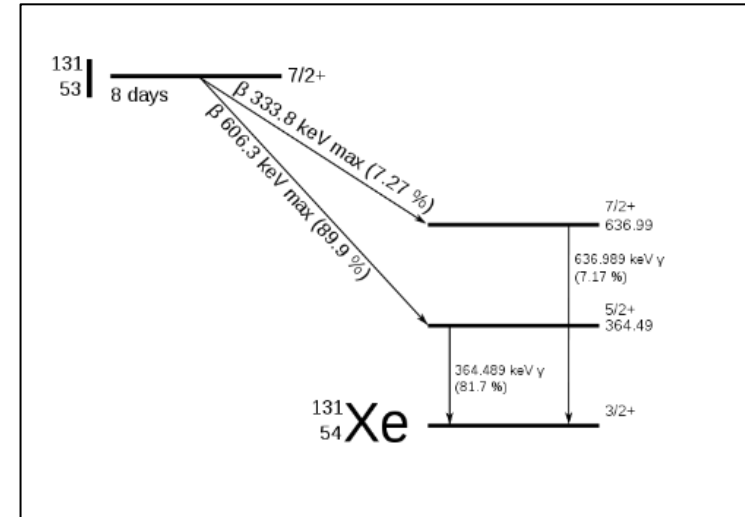
連続して崩壊する場合の放射能の計算

▶ 単純な放射能の計算は実演済み

- ピークのネット値の計算
- 放出率、単位重量換算、半減期補正

▶ 多段階で崩壊する場合には

- 「親核種」と「娘核種」の関係を考慮する



- 放射性核種が壊変し、新たな放射性核種が生じるとき、生じた核種を娘核種といい、元の核種を親核種と呼ぶ。
- 親核種の半減期を T_1 、娘核種の半減期を T_2 とするとき T_1 と T_2 の大きさにで過渡平衡と永続平衡、放射平衡が成立しない場合に分かれる。

$$N_1 = N_1^0 e^{-\lambda_1 t} \quad , \quad N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1^0 (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) + N_2^0 e^{-\lambda_2 t}$$

放射能の半減期補正

- ▶ 今日、ある土壌試料のガンマ線を計測したら、 ^{134}Cs が25Bqと ^{137}Cs が100 Bq/kgであった。
- ▶ 今日は事故から(簡単のため)4.5年経過している。 ^{134}Cs の半減期は2年、 ^{137}Cs の半減期は30年である。

1. ^{134}Cs , ^{137}Cs は(大半が) β^- 崩壊する。生成する核種は何か。

37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	*1	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn

2. 事故当時の ^{134}Cs , ^{137}Cs の放射能はいくらか？

^{134}Cs : 119 Bq/kg, ^{137}Cs : 111 Bq/kg

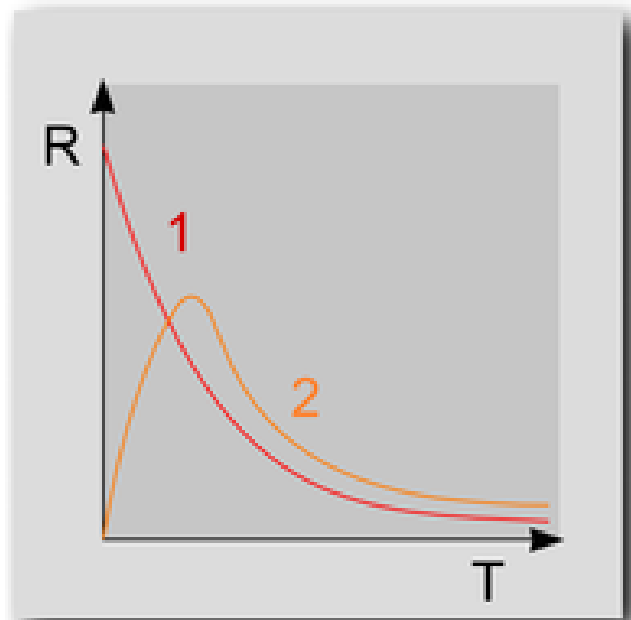
*事故当時は $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ が約1でした

- ▶ 面倒なのは娘核種も崩壊する場合。

半減期補正 - 過渡平衡と永続平衡

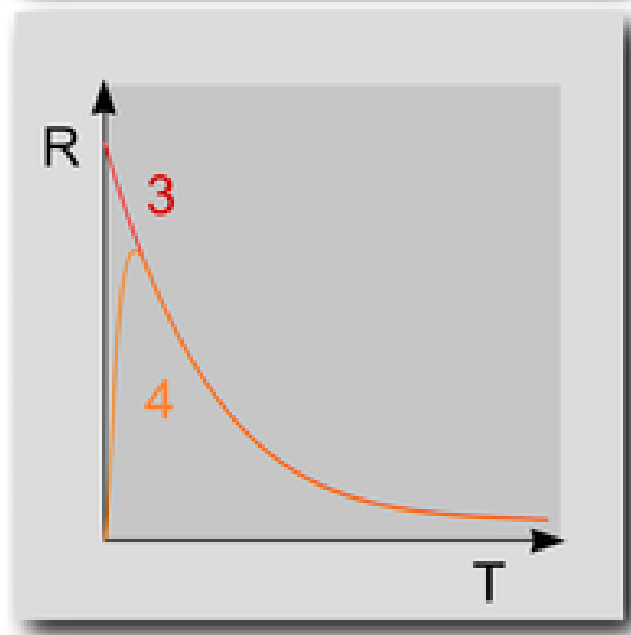
過渡平衡

- ▶ 娘核種の放射エネルギーが親核種の放射エネルギーを追い越して、両者の比率が平衡状態になる状態

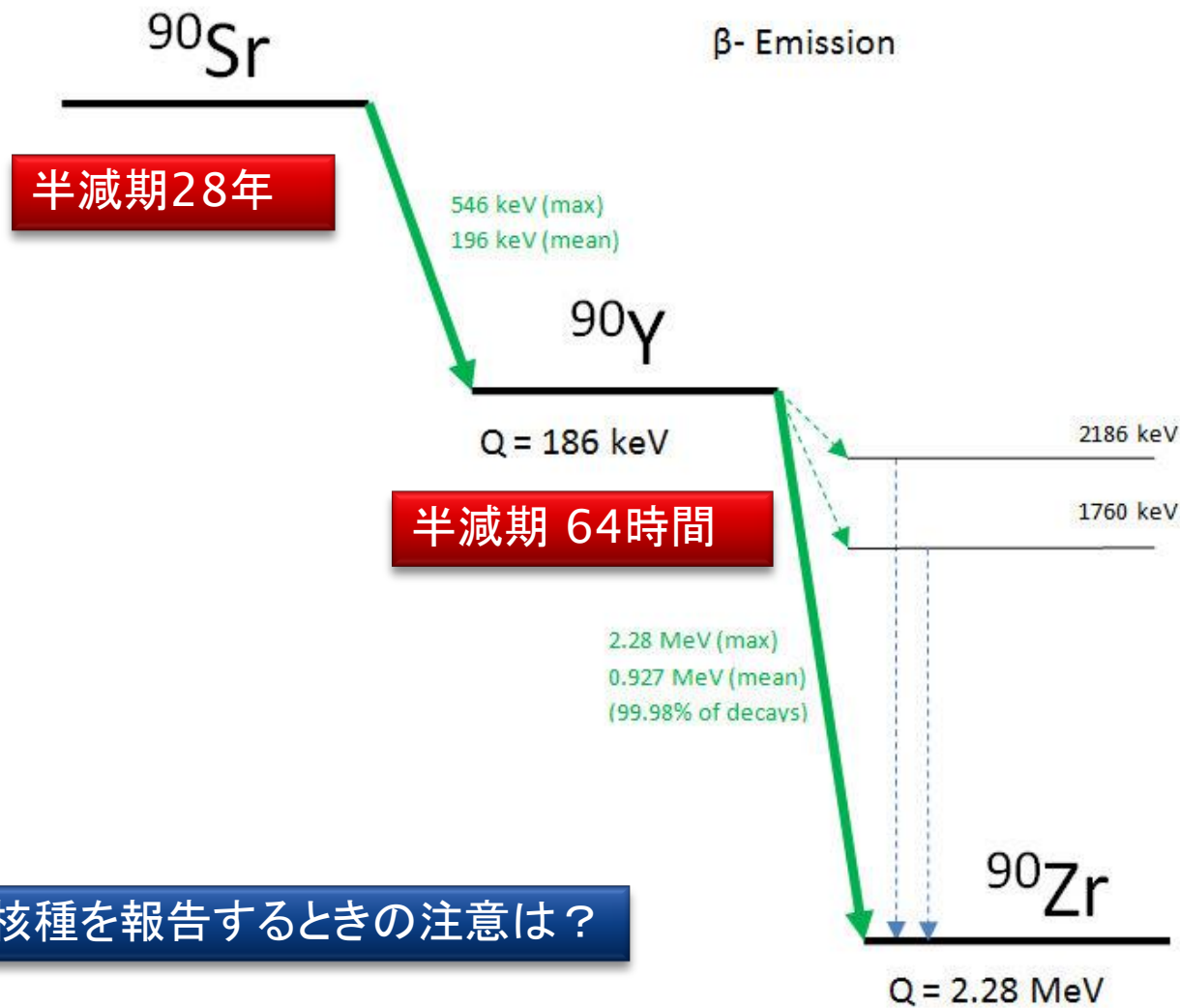


永続平衡

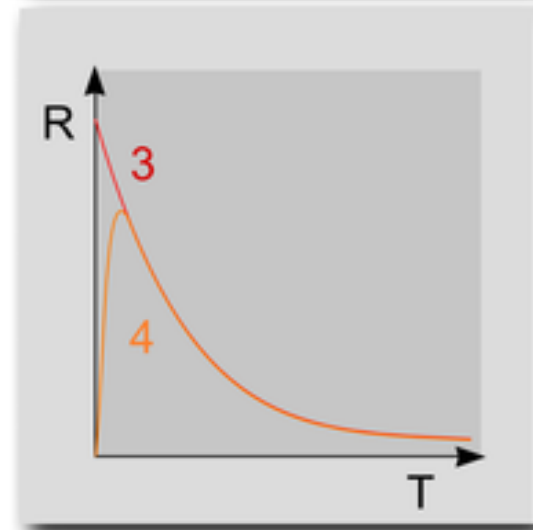
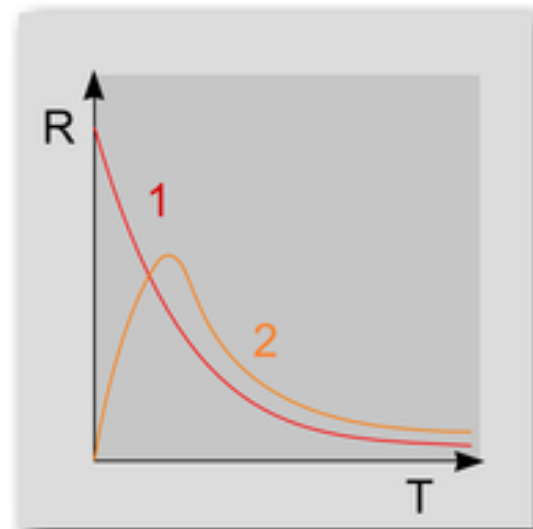
- ▶ 親核種の半減期が娘核種の半減期より圧倒的に長ければ、親核種の崩壊が娘核種の量を決めるために、親核種の放射エネルギーと娘核種の放射エネルギーは等しくなり、親核種の半減期カーブに沿って時間と共に減衰してゆく。



^{90}Sr は過渡平衡？永続平衡？



核種を報告するときの注意は？



ガンマ線分析

-放射性セシウムを定量する-

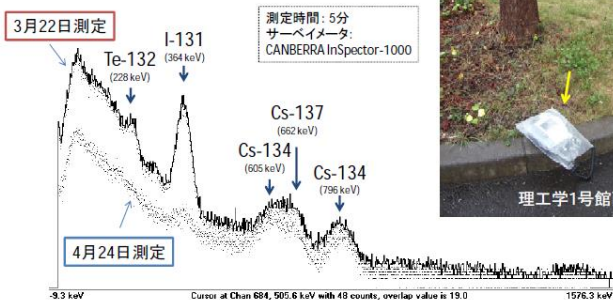
ガンマ線の測定装置(1)

- ▶ シンチレーションカウンタ
 - シンチレーターにはNaI(Tl)が最もよく使われる
 - 分解能はイマイチ

サーベイメータによる 芝生上のガンマ線強度定点観測

放射性物質が大量に降下して以降、我々は理工学1号館西側の芝生上でガンマ線の強度を定点観測しています。測定にはガンマ線のエネルギーも測定できるサーベイメータを使用しています。

NaI(Tl)検出器で測定した ガンマ線エネルギースペクトル



測定位置



防衛大で観測された福島第1原発事故の影響
防衛大学校 応用物理学科 放射線計測研究室. 松村徹ら, 2011

AT1320A

食品放射能(セシウム)スクリーニングシステム

食品中の放射能(セシウム)を
3.7~1,000,000Bq/kgの範囲で測定します

特長

- 2.5" x 2.5" NaI(Tl)検出器を使用した放射線スペクトル測定
- 1リットルマリネリ容器、0.5リットルフラット容器使用
- 鉛遮蔽体装備
- 自動LEDスタビリゼーション機能装備
- 自動バックグラウンド減算機能
- "エネルギーウインドウ"を使用したスペクトル処理
- 128x64 LCD表示部にスペクトルデータを表示
- 不揮発性メモリに300のスペクトルを保存可能
- PCインタフェース

アプリケーション

- 放射能スクリーニング
 - 食品(飲料水、農業製品等)
 - ミネラル、建築材料、材木等
 - 金属、石油化学製品、原材料、スクラップ等
 - 放射性廃棄物



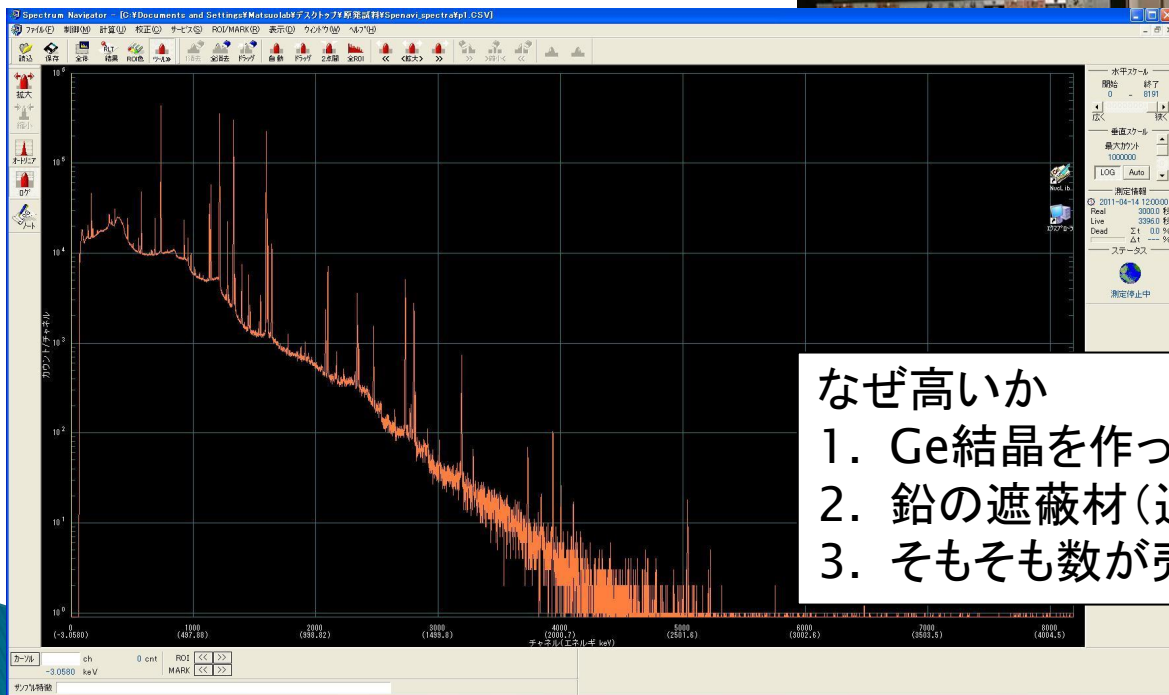
研究用NaI。米俵サイズ→



ガンマ線の測定装置(2)

▶ ゲルマニウム半導体検出器

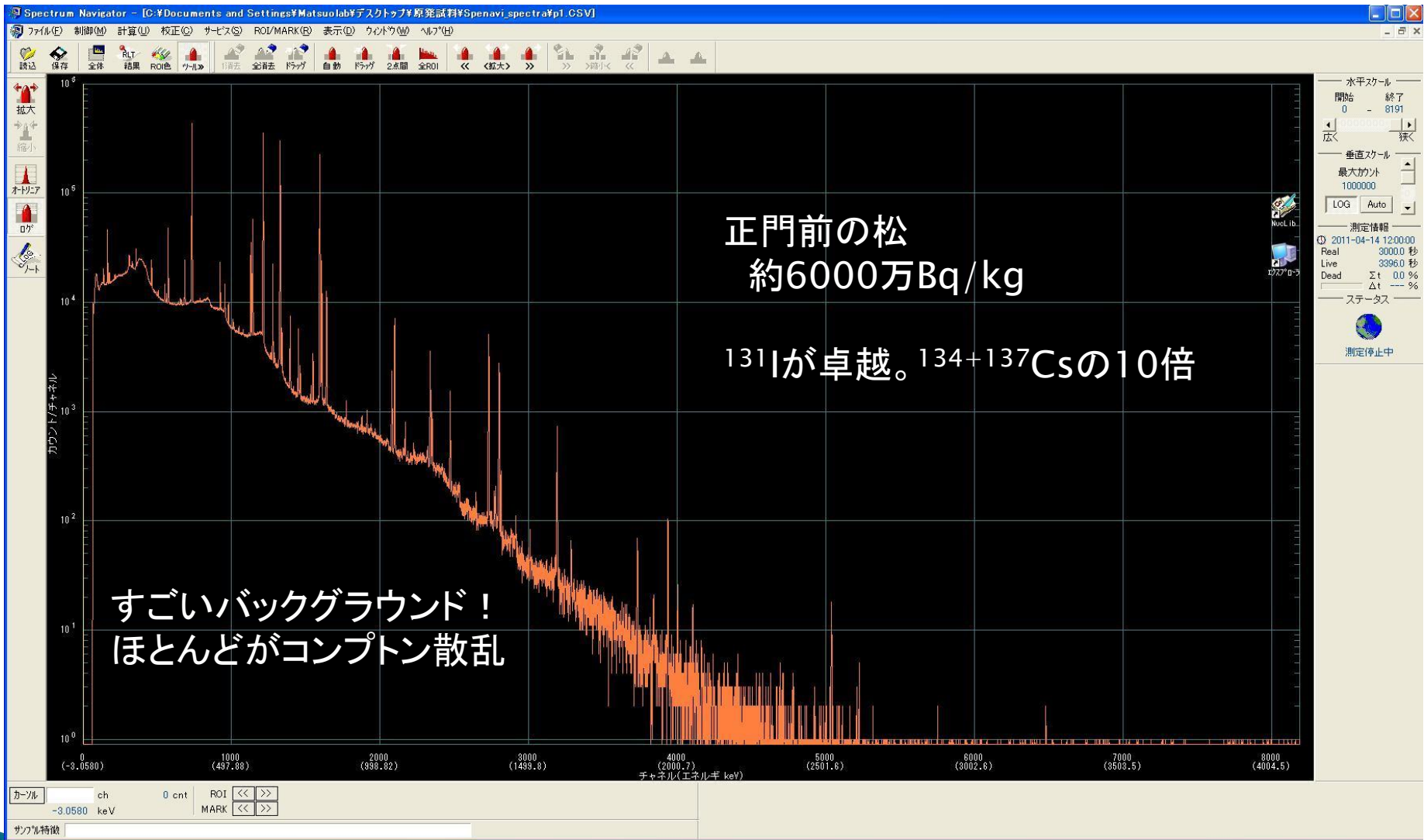
- 最高のエネルギー分解能
 - ・ 線幅が細く、同定が容易
- 非常に高価、メンテ必須
- 操作は経験者でないとダメ



なぜ高いか

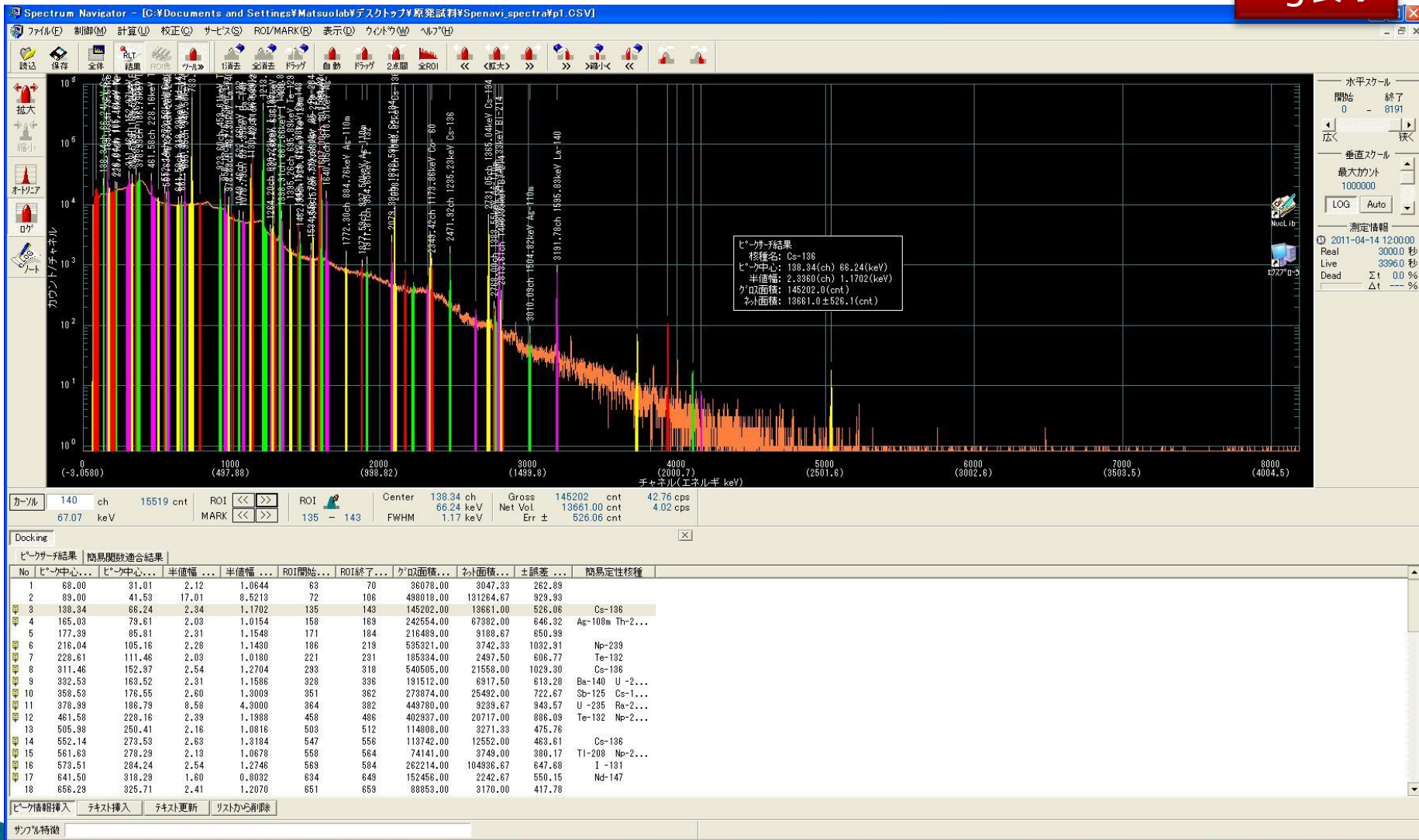
1. Ge結晶を作っている会社は世界でも3社のみ
2. 鉛の遮蔽材(通常の鉛ではいまいち)
3. そもそも数が売れるものではない

福島第一原発正門前の植物試料のガンマ線スペクトル

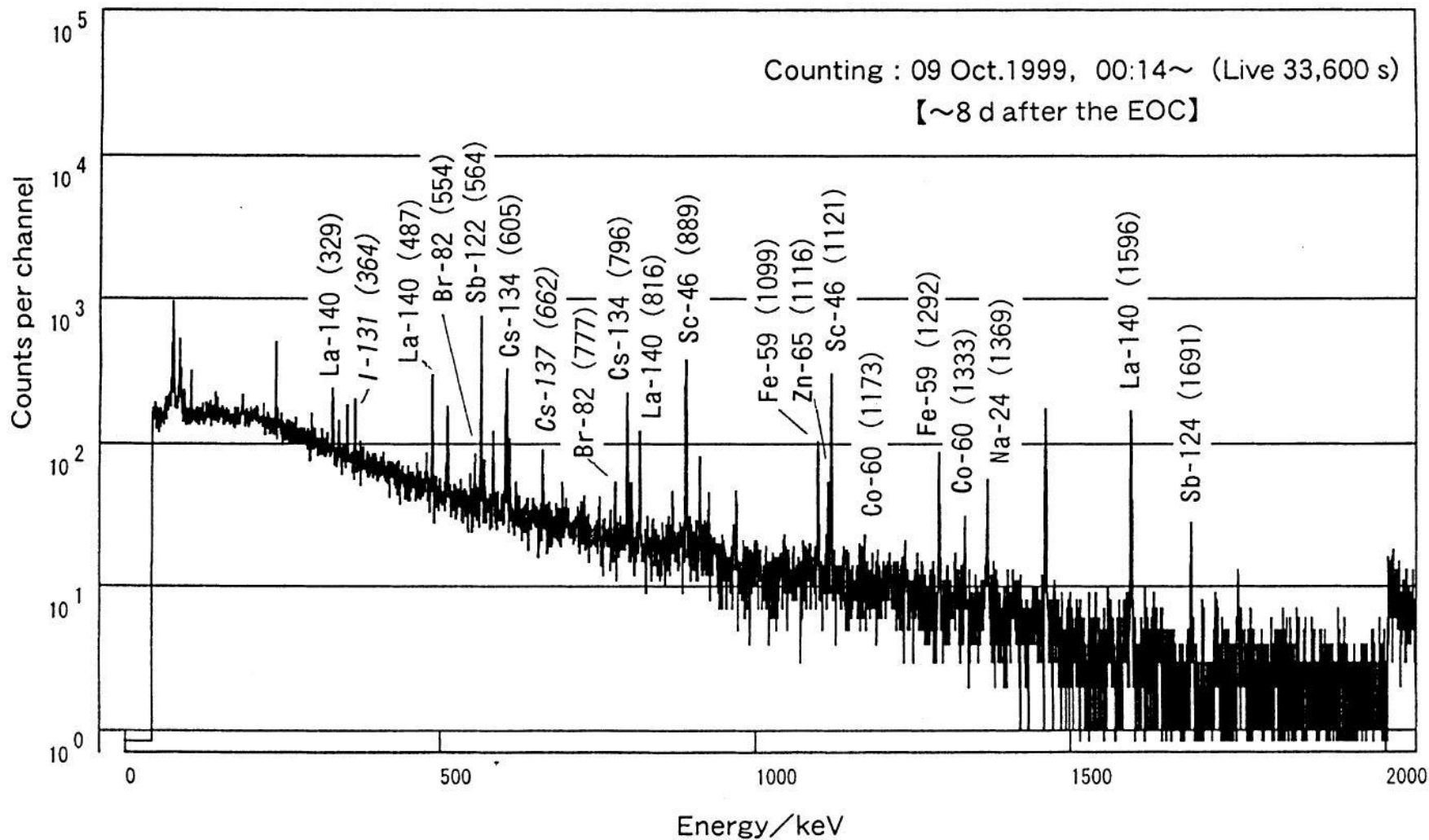


福島第一原発正門前の植物試料のガンマ線スペクトル

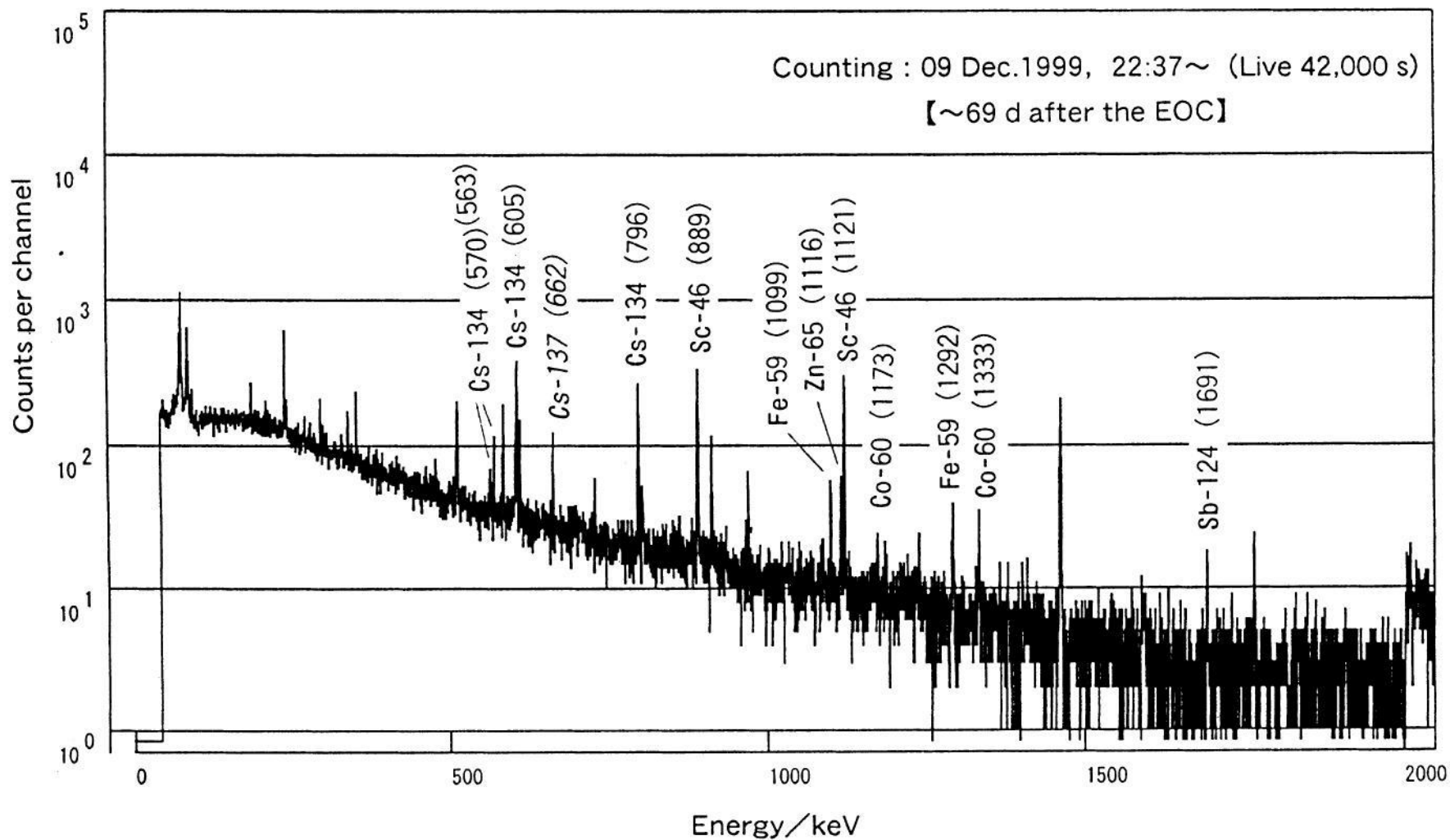
log表示



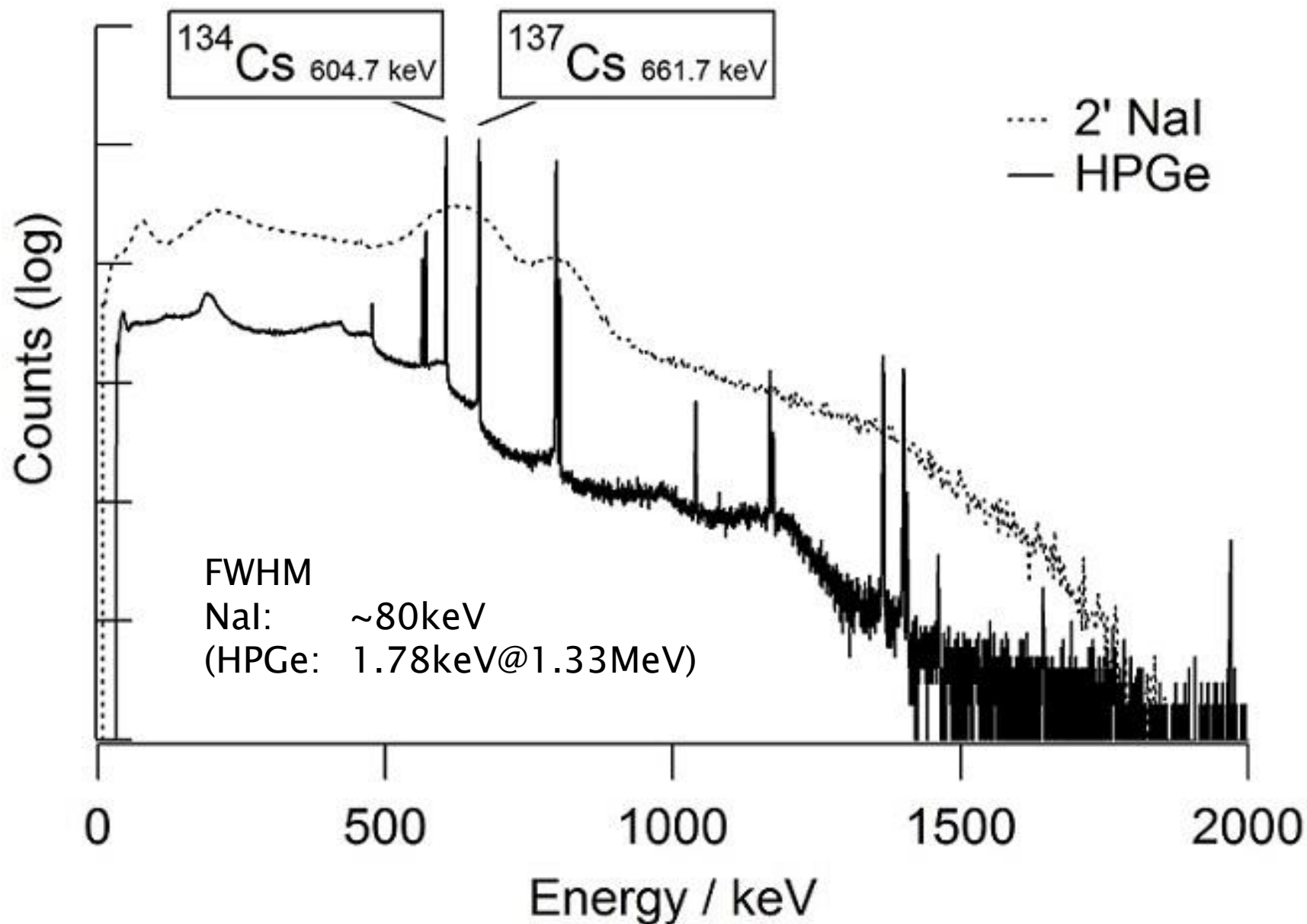
(参考)JCO事故のガンマ線スペクトル(土壌)1



(参考)JCO事故時のガンマ線スペクトル(土壌)2



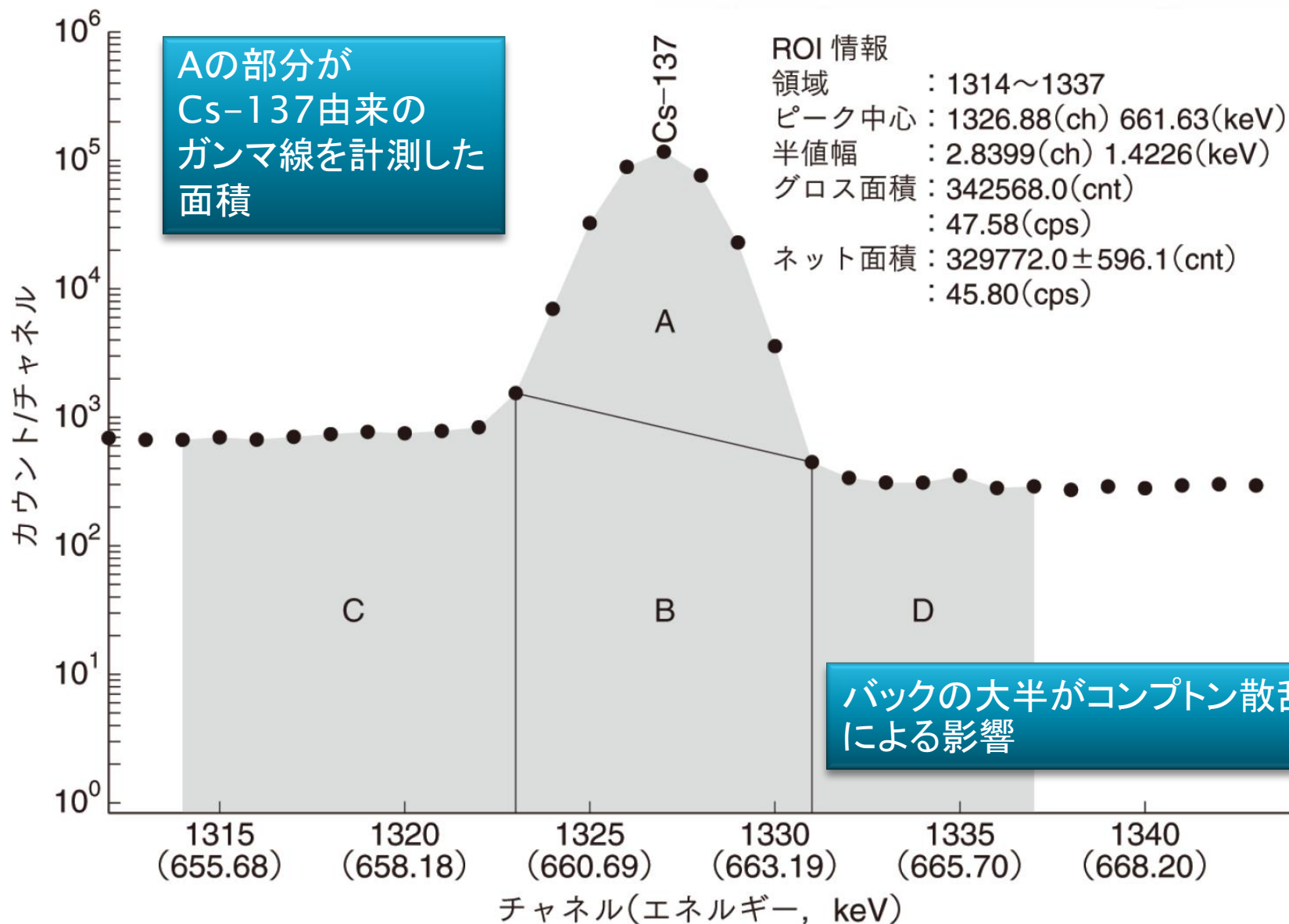
γ線スペクトルの比較(NaIカウンターvsGe半導体検出器)



ピークを拡大してみると...

$$DL = 3\sigma = 3\sqrt{(A+B) + \alpha^2 C + \beta^2 D}$$

ただし α, β は定数



ここでゲルマニウム半導体
検出器を実際に動かしてみましよう

食品中の放射性物質の基準値

核種		基準値 (Bq/kg)	WHOガイドライン (Bq/kg)
放射性ヨウ素(^{131}I)	飲用水	300	10
放射性セシウム ($^{134+137}\text{Cs}$)	飲用水	10	10
	一般食品	100(暫定基準500)	

放射性セシウムは「ベータ線」と「ガンマ線」を出しますが、「ガンマ線」を測る方が楽なので、「ガンマ線」で測定します

もっとも大きな基準値である一般食品「100Bq/kg」について考えてみましょう

ゲルマニウム半導体検出器

- ▶ 100Bq/kgのオーダーを狙うには「ゲルマニウム半導体検出器」が最適です。
 - 検出限界は試料や測定条件によります
- ▶ NaIシンチレーションカウンターでも狙うことはできるが、測定条件をシビアにする必要がある

東京大学アイソトープ総合センター内
ゲルマニウム半導体検出器

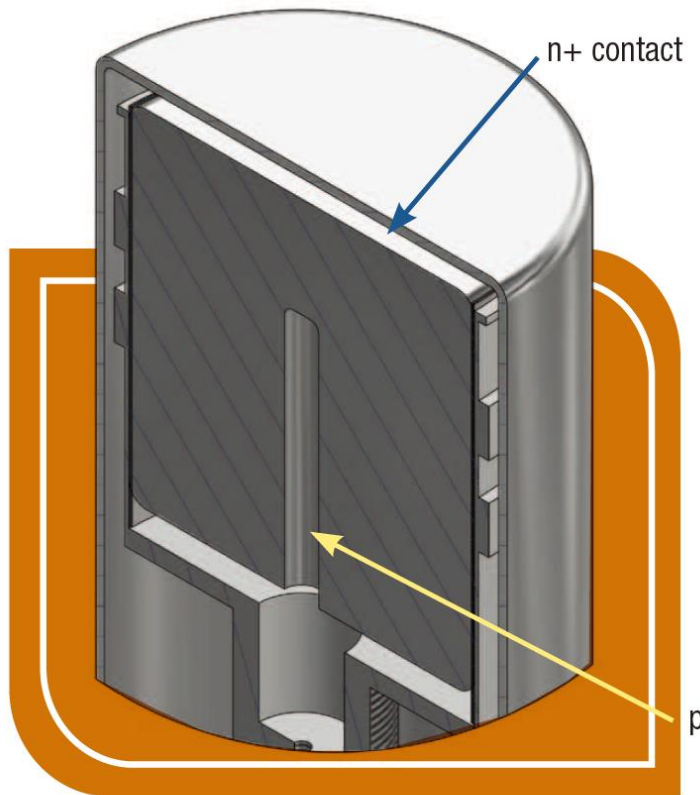


Ge半導体検出器本体

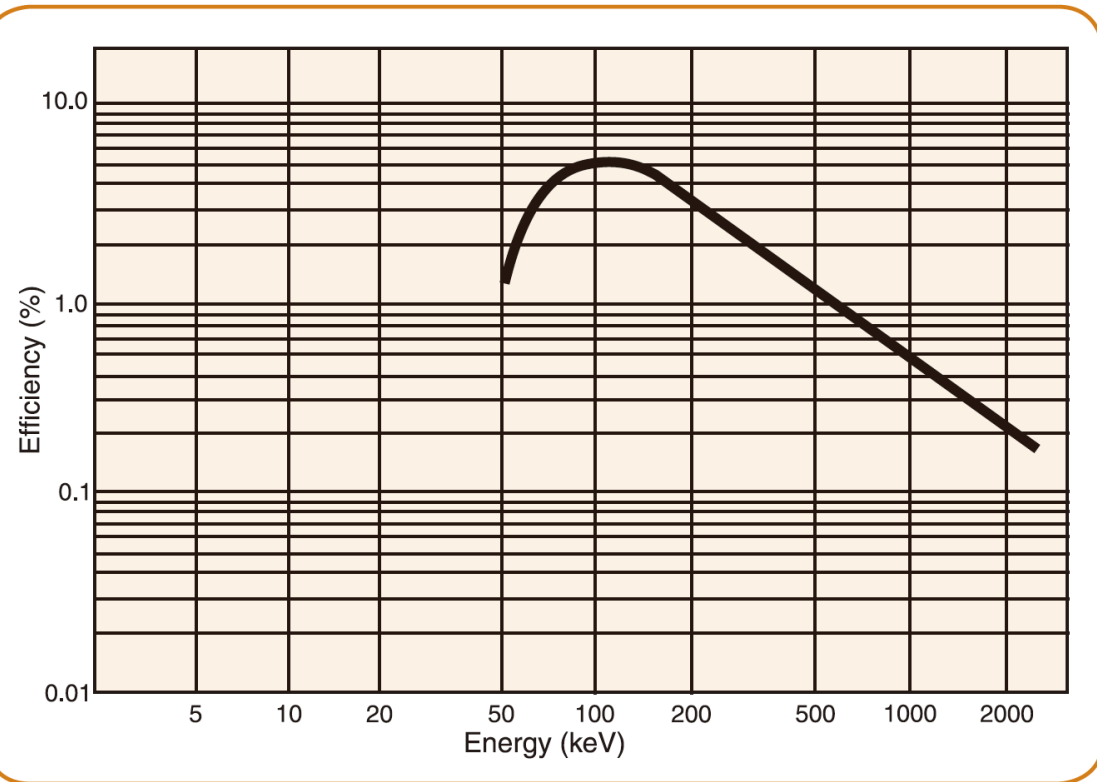
Canberra社ウェブサイトより



Ge半導体検出器のエネルギー特性



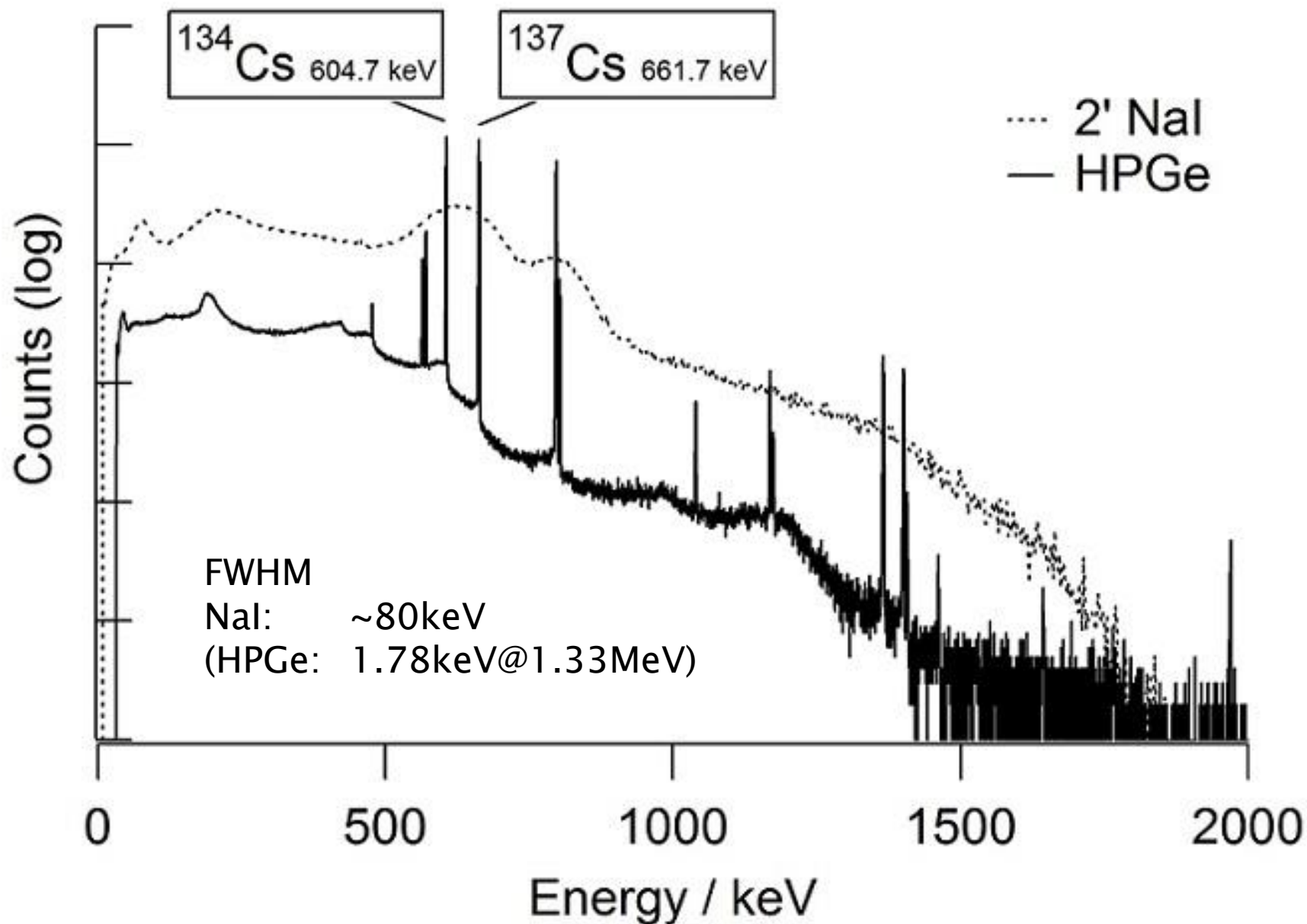
Coaxial Ge Detector Configuration



Typical Absolute Efficiency Curve for 15% Detector
(25 cm detector to source spacing)

一般的なGe半導体検出器(同軸型)は、100 keV前後を最も検出しやすい。
放射性セシウムが放出するガンマ線は600 keV前後(まあまあ)
放射性カリウムが放出するガンマ線は1460 keV(見つけにくい！)

γ線スペクトルの比較(NaIカウンターvsGe半導体検出器)



どうやって測っている？ 100 Bq/kgの測り方 (1)

試料

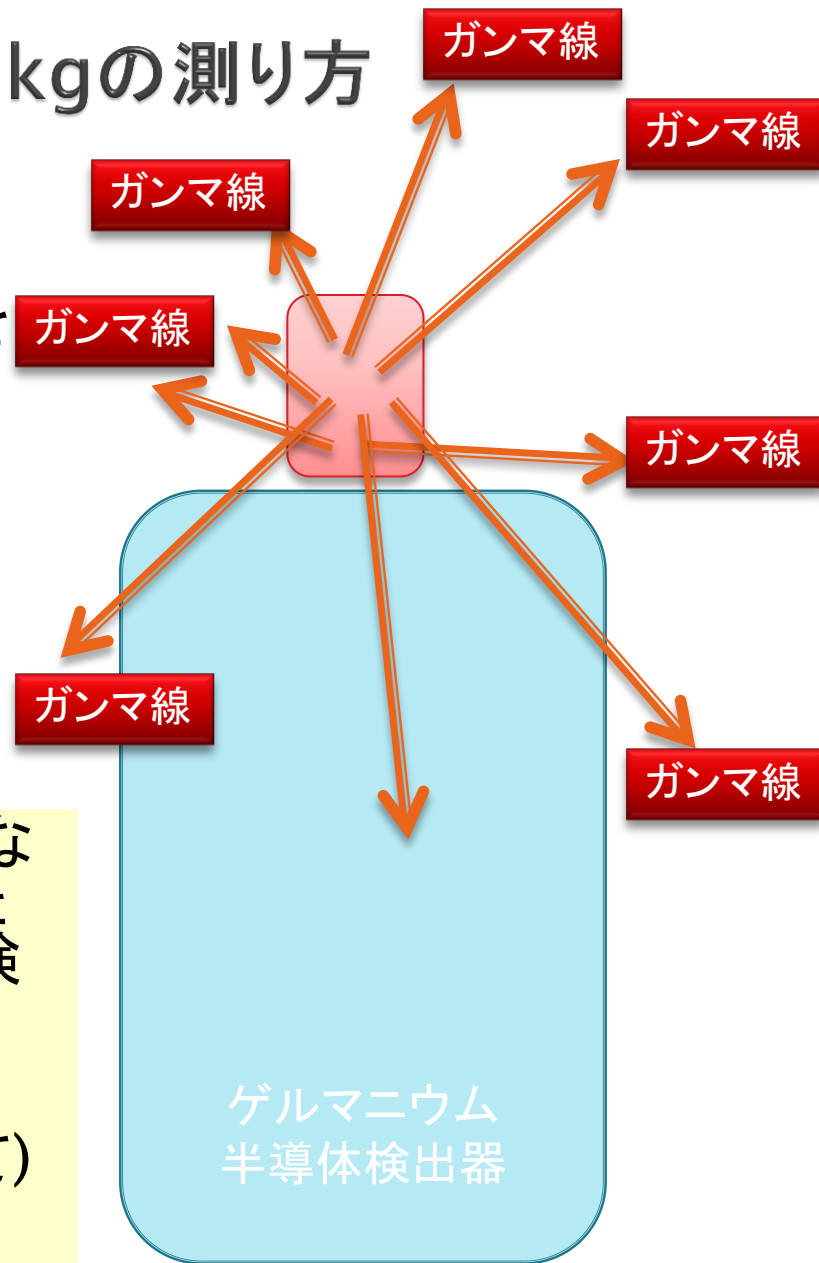
- ▶ 試料から放出されたガンマ線をゲルマニウム半導体検出器が検出
- ↓
- ▶ 検出器の上に載せられるサンプルの量は100 g程度
- ↓
- ▶ 検出器上では「10Bq/100g」が基準値(元々100Bq/kg)



どうやって測っている？ 100 Bq/kgの測り方

- ▶ 試料からは四方八方にガンマ線を放出
- ▶ 検出器に微かにかかる程度のガンマ線は検出できない
- ▶ ^{134}Cs の604keVの場合、一般的なGe半導体検出器なら、放出されたガンマ線の100本のうち1本しか検出できない(検出効率1%)
- ▶ 装置上では(放射性セシウムとして)0.1 cps/100gが基準値にみえる

cps = counts per second



どうやって測っている？(3)

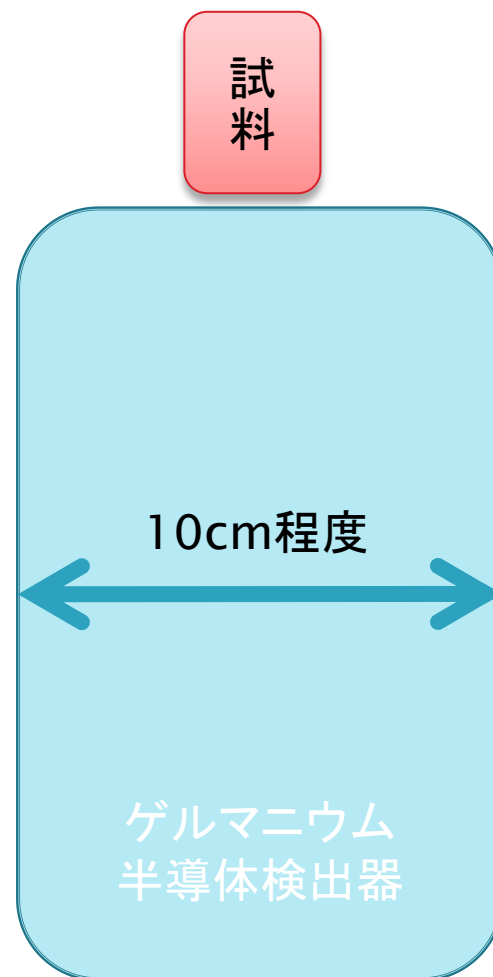
- ▶ 「放射性セシウム」というのは ^{134}Cs と ^{137}Cs の合算値



- ▶ 今回の事故では ^{134}Cs と ^{137}Cs がほぼ同等の放射能



- ▶ それぞれの核種で0.05 cps/100gが基準値



基準値は100 Bq/kgですが...

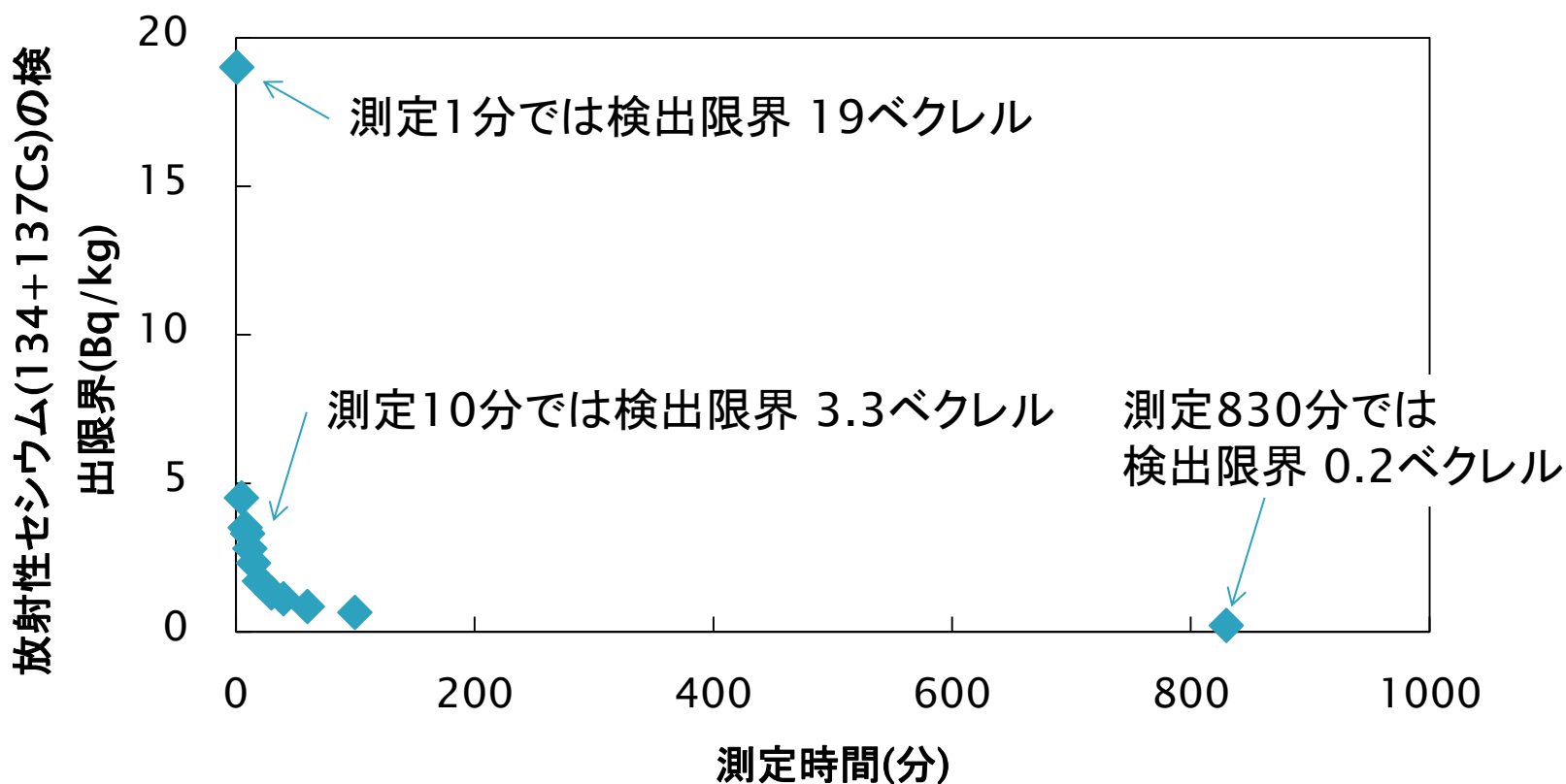
- ▶ 測定の現場では ^{134}Cs , ^{137}Cs が0.05 cps/100gを超えていれば、「基準値超過」。
- ▶ 0.05 cps(/100g)とは平均して20秒間に1回崩壊を検出するレート。
- ▶ 放射線は確率で崩壊しますので、崩壊の感覚が「急に早くなったり」「急に遅くなったり」する揺らぎがある。
 - 長い時間をかけてみれば、半減期に則った速度で崩壊している
- ▶ 0.05cps(/100g)の揺らぎの影響を少なくするためには、数時間の測定が原理的に必要

「不検出」の表記について

- ▶ NDとはNot detected(検出されず)の略です。
- ▶ 仮にたっぷり放射性セシウムが入っていても、1-2分の測定では放射能を決定することができません。
- ▶ この場合、NDと表記されることがあります。(つまり「検出限界が非常に高い」状態)
- ▶ 一般的には時間をかければかけるほど、精度良く測れます。(時間の平方根に比例して精度が良くなります)

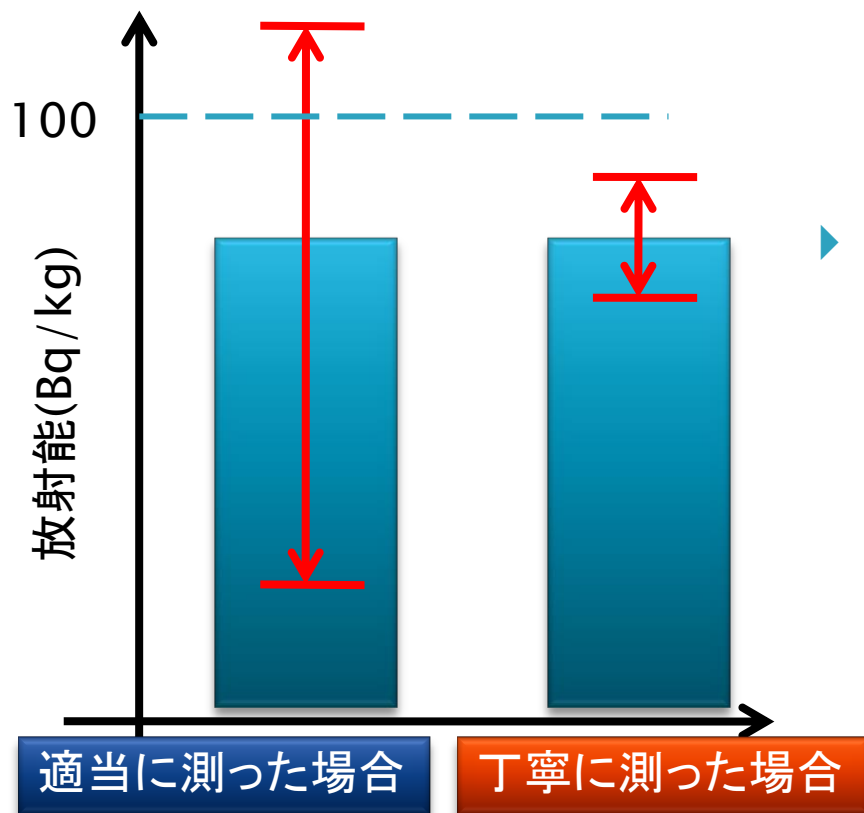
測定時間と検出限界の実際

- ▶ 検出限界とは「これ以下の値はたぶんないかな」という意味です。測定精度の目安の一つ。
- ▶ 飲料を測った時の検出限界($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$)の例を下記に示しました



信頼できる測定とは...

- ▶ エラーバー(誤差)が付いている測定結果です。
- ▶ 誤差の大きさや特徴で、どんな測定をしたのか分かります。



- ▶ 一見すると、100Bq以下でもエラーバーを考慮すると超過していることは十分に考えられます。

10試料の測定結果(良くない表記) 2011年秋測定

No.	試料	採取場所	^{134}Cs (Bq/kg)	^{137}Cs (Bq/kg)
1	畑の土	練馬区内	ND	14.1
2	ジャガイモ	練馬区内	4.58	7.16
3	培養土	練馬区内	5.95	9.35
4	梅	練馬区内	ND	ND
5	干し椎茸	群馬産	ND	ND
6	路傍の土	練馬区内	4110	6330
7	生椎茸	富山産	ND	ND
8	カツオ	?	ND	ND
9	田圃の土	練馬区内	185	298
10	ブルーベリー	練馬区内	1.42	ND

10試料の測定結果(ちょっと良い)

No.	試料	採取場所	^{134}Cs (Bq/kg)	^{137}Cs (Bq/kg)
1	畑の土	練馬区内	ND	14.1±2.17
2	ジャガイモ	練馬区内	4.58±0.55	7.16±0.86
3	培養土	練馬区内	5.95±1.43	9.35±1.89
4	梅	練馬区内	ND	ND
5	干し椎茸	群馬産	ND	ND
6	路傍の土	練馬区内	4110±20.9	6330±38.7
7	生椎茸	富山産	ND	ND
8	カツオ	?	ND	ND
9	田圃の土	練馬区内	185±11.6	298±19.4
10	ブルーベリー	練馬区内	1.42±0.29	ND

10試料の測定結果(詳細)

No.	試料	採取場所	^{134}Cs (Bq/kg)	^{137}Cs (Bq/kg)
1	畑の土	練馬区内	ND(5.56)	14.1±2.17
2	ジャガイモ	練馬区内	4.58±0.55(0.23)	7.16±0.86(2.33)
3	培養土	練馬区内	5.95±1.43(5.82)	9.35±1.89(6.78)
4	梅	練馬区内	ND(2σ)(3.98)	ND(2σ)(4.04)
5	干し椎茸	群馬産	ND(26.6)	ND(29.4)
6	路傍の土	練馬区内	4110±20.9(24.6)	6330±38.7(21.6)
7	生椎茸	富山産	ND(5.65)	ND(5.73)
8	カツオ	?	ND(4.12)	ND(5.32)
9	田圃の土	練馬区内	185±11.6(37.5)	298±19.4(33.5)
10	ブルーベリー	練馬区内	1.42±0.29(1.01)	ND(2σ)(1.38)

「学生のレポートなら0点」だそうです

毎日jp

ホーム

ニュース

オピニオン

スポーツ

エンタメ

地域

特集・連載

ENGLISH

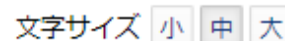
天気 交通 株式

地域 大盛り北海道 いりやあせ名古屋 めっちゃ関西 オッショイ!九州 首都圏版

購読 試読

トップ > 地域 > 記事

[PR] ウィルスと戦う細胞の仕組みとは? WEB漫画「新抗体物語」第8話が公開中



福島第1原発:海水汚染調査で数値の誤差15% 東電認める

毎日新聞 2013年10月22日 大阪朝刊

東京電力は21日、福島第1原発周辺の海洋で実施している放射性物質のモニタリング結果について、公表数値に比べてプラスマイナス15%程度の誤差があることを明らかにした。同日に開かれた原子力規制委員会の海洋モニタリング検討チームの会合で認めた。

政府や東電は、同原発の汚染水の影響は原発港湾内(0.3平方キロ)にとどまり、港湾外の放射性物質濃度はおおむね検出限界未満としているが、誤差を加味すると検出限界を超える場合もある。原子力規制庁は、放射線測定器の誤差なども含めれば最大50%程度になるとしている。前回の検討チームの会合では、東電がこうした誤差を公表数値に明記しないことに、「学生のレポートなら0点だ」(青山道夫・気象庁気象研究所主任研究官)などと批判が出ていた。【中西拓司】

食品の測り方

- ▶ 食品の放射能は正確に測りにくい！
 - 水っぽい(水は放射線の遮蔽剤)
 - 隙間があったり密度が一定じゃなかったり
 - サンプルには揺らぎがある

なぜ灰にするの？

1. 焼却炉の灰と同じ理屈、要するに濃縮したい
2. 水分がなくなるので測りやすい

食品(トマト)の前処理

生トマト



凍結乾燥後



灰化後



ゲルマに！



上手に灰(炭)にしてあげる

こんな測定方法はダメ！

LAWSON

2013年3月21日
株式会社ローソン

ローソンの放射線検査体制変更について

株式会社ローソンは、2012年2月からローソン店舗で販売する生鮮品やオリジナル商品を中心に放射線の自主検査を実施してまいりましたが、弊社の検査方法では外部から完全に遮断しての計測は困難でした。

このたび、「東京大学大学院総合文化研究科 広域科学専攻 環境分析化学研究室」小豆川助教のアドバイスを受け、遮断設備が整っており、より精密な測定が可能（検出限界1Bq/kg以下）な外部機関（株式会社BMLフード・サイエンス）にサンプリングを持ち込んでの検査に切り替えさせていただくことにいたしました。なお、調査品目は北海道、関東および中部地区のローソンファームで生産した農産物とする予定です。検査体制移行日等につきましては、詳細が決まり次第ご案内させていただきます。

以上

× 閉じる

空間線量率の測定器の種類は3種類

$\beta(\gamma)$

γ

γ

ガイガーミュラー計数管

NaIシンチレーションカウンタ

CsIシンチレーションカウンタ



日立アロカ社ウェブサイトより



HORIBA社ウェブサイトより

ピピッとになっていた機械は実は...

小学生向けの放射線の
講義資料から抜粋



Pi!

放射性セシウムからの
電子を見つける機械

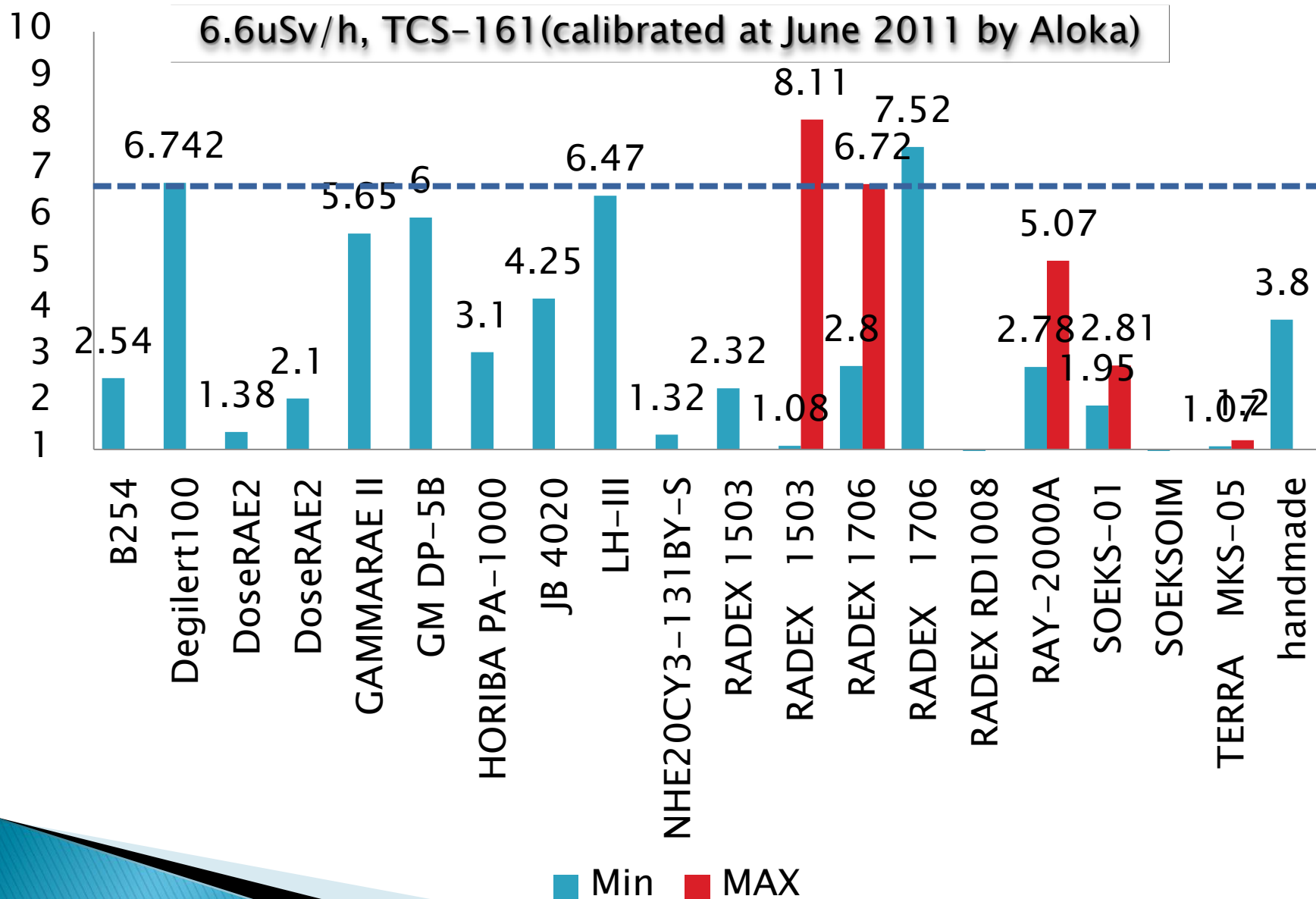


Pi!

放射性セシウムからの
光を見つける機械

電子や光を見つけた回数から予想して、体にこれくらいのダメージがあるんじゃないかな、と数字で示してくれる機械です。

以前の勉強会での測定結果

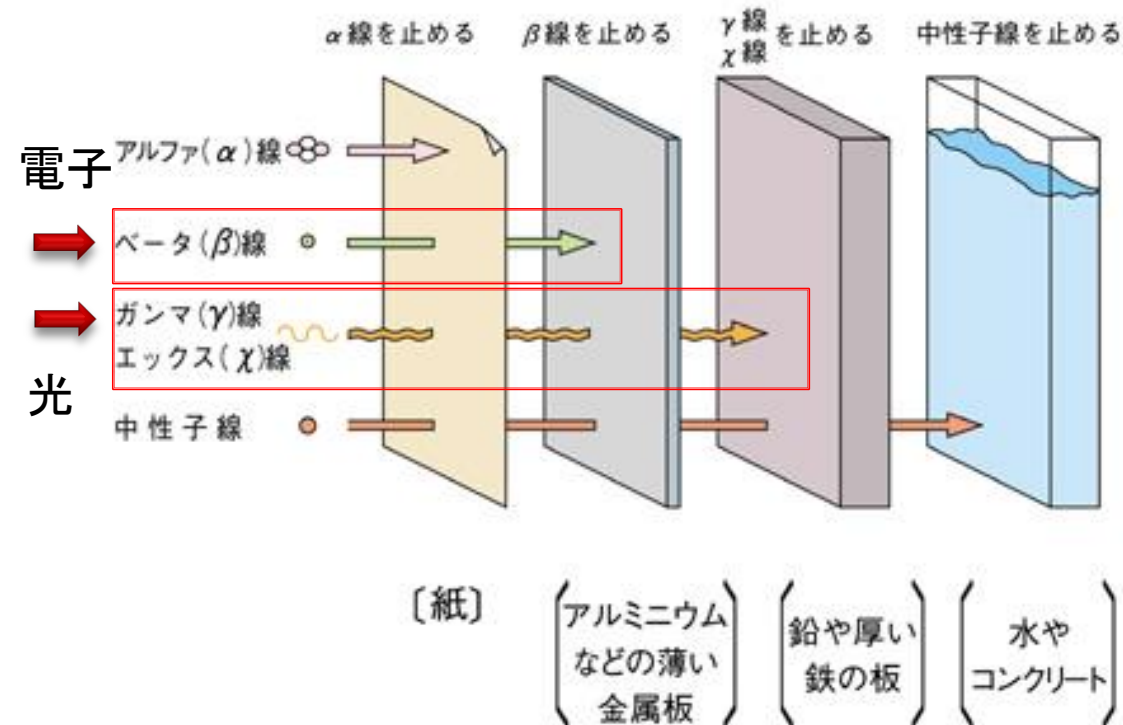


GM管でもサーベイメーターでも「カウントしかしていない」

- ▶ 数える放射線は違えど、カウントする事は同じ
 - ただし、エネルギーの分解能はない。
 - つまり、 ^{40}K であっても、 ^{137}Cs であっても同じ放射線として認識している。
- ▶ 表示はSvであることが多い、ただこれはあくまで目安。
 - 詳しい計算方法は線量計算の回で。
- ▶ カウントから空間線量率への変換は(一応)可能。
 - 例えば $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}=1$ のとき、 $10\text{ kBq}/\text{m}^2$ なら $0.375\text{ }\mu\text{Sv}/\text{h}$
 - IAEA TECDOC-1162参照
 - (ただしこれは周辺線量率で、実効線量とはまた異なる)

放射線からの防護って？

放射線の種類と透過力



- ▶ 大体の教科書ではこのように書いてあります。
- ▶ この内容そのものはとても正確で、間違っていないせん。
- ▶ では、「実際の現場」では、どんな感覚なのか、ここで左の実験をやってみます。

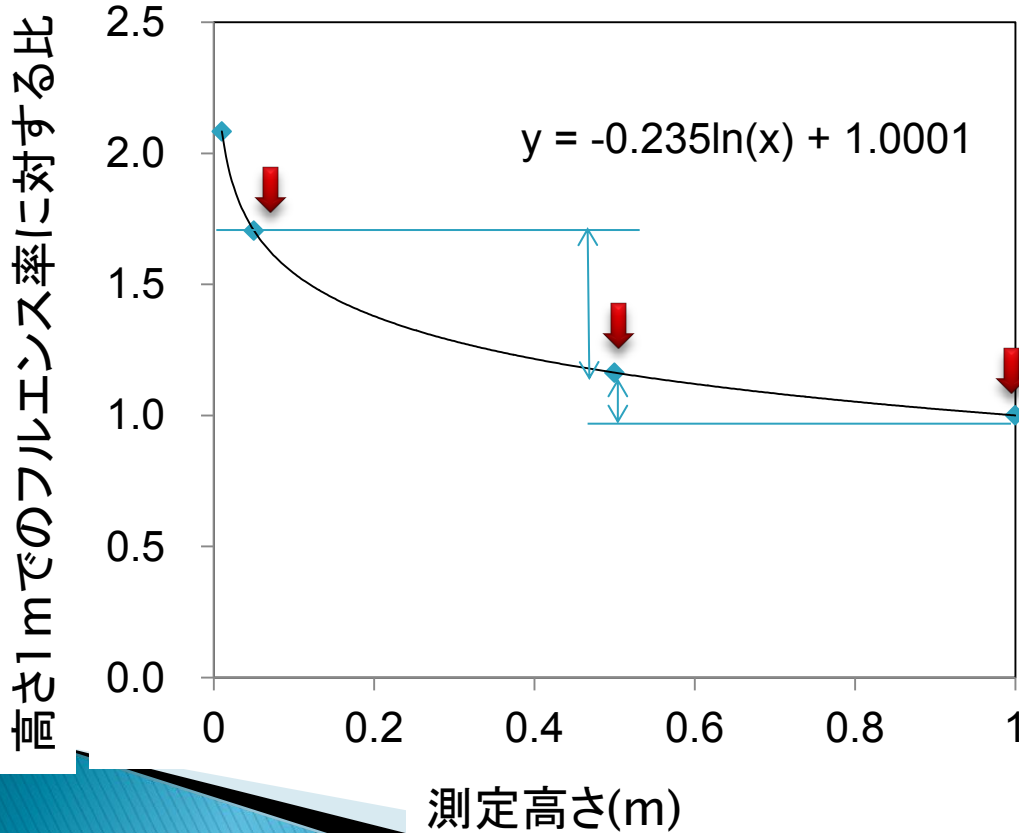
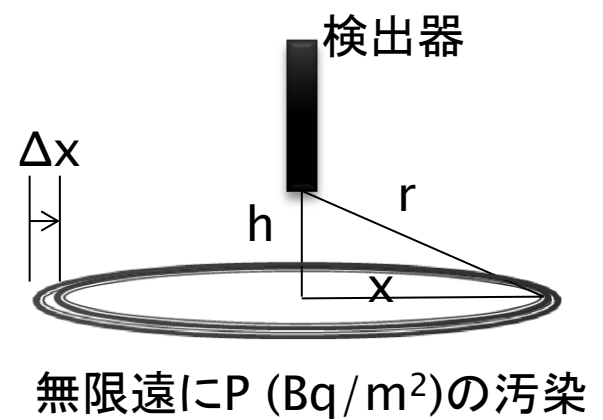
環境省による除染基準は0.23 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

- ▶ この場合の測定高さは0.5 – 1.0 m
 - 0.5mは小学校以下及び特別支援学校の場合
 - 1.0mはその他の場合(実際には自治体側の判断による)
 - 面線源なら、計算上0.5mで測ろうが1.0mで測ろうが大差はない

- ▶ 0.23 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ の根拠
 - 追加外部被曝1 mSv/年が基準
 - 追加 1 mSv/年 = [0.19 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ \times (8時間 + 0.4 \times 16時間)] \times 365日
 - 自然放射能は0.04 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ と一律に計算。なので、線量計では0.23が基準
 - 実測値とのズレで現在問題になっている。

測定高さと粒子フルエンス率の関係

$$\dot{\Phi} = \int_0^{\infty} \frac{e^{-\mu_{air}r} \cdot \eta P}{4\pi r^2} \cdot 2\pi r dx \cong \frac{\eta P}{4} \ln \left[\left(\frac{L_{air}}{h} \right)^2 + 1 \right]$$



粒子フルエンス率は空間線量に(理論上は)比例

ビルトアップ分は考慮に入れていない(=入れられない)ため、厳密な解ではない

計算上、測定高1mと0.5mでは16%しか差が生じないのに対して、1mと0.05cmでは70%の差が生じる。

「換算係数」は避難計画・除染費用に直結する大問題

会津 12~18時 60% 中通り 12~18時 50% 浜通り 12~18時 50% Googleカスタム検索

福島民報 2013年10月16日(水)

ドコモのタブレットと暮らそう

記事データベース | 事業ガイド | 出版ガイド | ふくしますい〜つ | ふくしまこだわりら〜めん | English | 各種お問い合わせ

トップ ニュース スポーツ あぶくま抄 論説 E!新聞 伝次郎クラブ お買い物 住まい 就勝ナビ 企業情報 ご購読

東日本大震災

ツイート 233 いいね! 1,116 チェック 気になる B! 16

第四部 岐路に立つ除染(6) 1ミリの呪縛 換算係数 実測と隔たり

平成25年度までに予算計上された国の除染関連費用は1兆5351億円に上る。最終的に県内の除染にどれだけの費用がかかるか。

国が概算すら示さない中、茨城県つくば市にある産業技術総合研究所(産総研)の研究グループは7月末、県内の除染費は最大で5兆1300億円に上るとする試算結果を公表した。

「除染後に放射線量はどれくらいになるのか。何ができて、何ができないのか。生活設計を立てられない住民のために、国は予算の大枠を示してきちんと説明する必要がある」。産総研フェローの中西準子(75)は試算の狙いを



カテゴリー

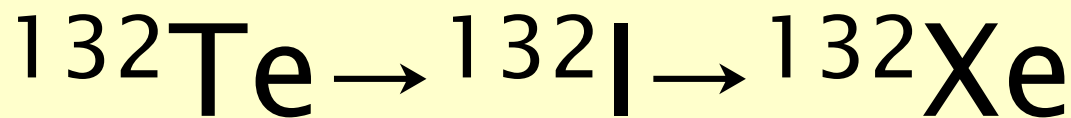
- 震災から2年7カ月 [4]
- 震災から2年6カ月 [65]
- 連載・再起2013 [36]
- 連載・今を生きる [491]
- 放射線 放射性物質 Q & A [97]
- あなたを忘れない [135]
- 3.11大震災・断面 [360]
- 3.11大震災・検証 [35]
- 原発事故関連死 [74]
- ベクレルの嘆き 放射線との戦い [85]
- 福島第一原発事故 [2653]
- 食の安全 求めてベラルーシ・ウクライナの挑戦 福島市派遣団同行 [3]
- 震災から2年5カ月 [14]
- 震災から2年4カ月 [14]
- 震災から2年3カ月 [15]
- 震災から2年2カ月 [11]
- 震災から2年1カ月 [10]
- 3.11大震災・福島と原発 [169]

線量計の正しい見方は

- ▶ 本来なら、『標準線源』を用いて線量値の校正を行うべき。
- ▶ 校正作業ってコストが高い/そもそも校正できないものも。
- ▶ だとすれば、せめて同じ線量計で、「**相対変化**」を見るべき。
- ▶ 近づける距離や、対象を決めて、時間とともにどのように値が変化するか、を観察することが最も正しい姿勢。
 - **今あるホットスポットは今後どうなる？**

化学分野からの課題(#1)

- ▶ 原発事故から3日後に、ゲルマニウム半導体検出器を用いて ^{132}I (ヨウ素)の放射能を分析したい。講義の中で触れた注意点を参考に、放射能を報告する際に注意すべき点を解説せよ。



↑
半減期3.3日

↑
半減期2.3時間

放射線を測定する科学 - 環境放射化学(2)

▶ 環境放射化学

- 福島第一原発周辺(0-35km圏内)の放射能と核種
- 「ホットスポット」の核種の挙動
- 駒場キャンパスの線量

▶ 放射性物質の濃縮と拡散(ホットスポットはなぜできる?)

- ▶ 今回の講義で「測定法」を議論した。その結果を踏まえて、環境試料に含まれる放射性物質の挙動について議論したい。

環境中の放射性物質の挙動を理解して欲しい

原発周辺の放射性セシウムの濃縮(詳しくは11月に)



ありがとうございました
今日の出会いに感謝いたします
福島第一原子力発電所



東京電力

TEPCO