



# 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>

# 2021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

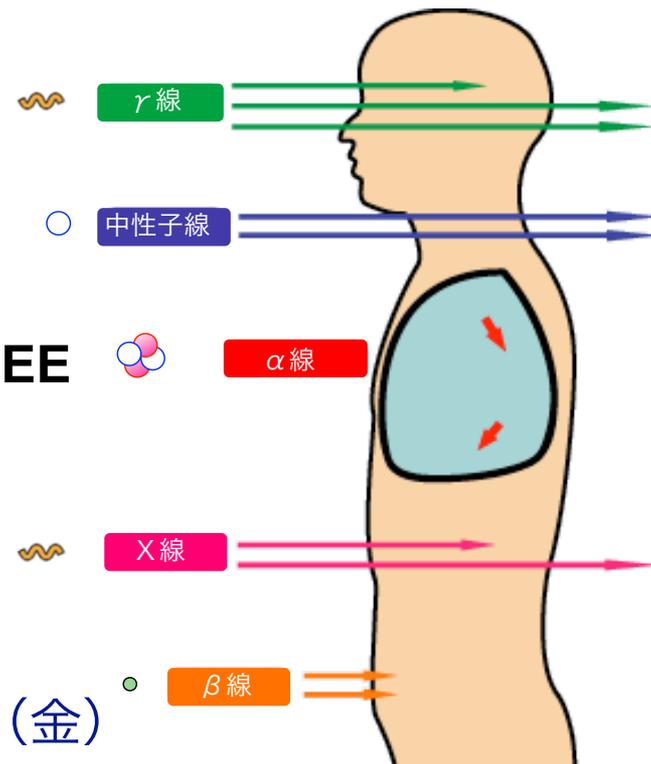
金曜 5 限

@ 21 KOMCEE  
(West)

K303教室

& @ Zoom

2021 / 10 / 22 (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

- 10/ 8 放射線入門 【鳥居】
- 10/15 放射線物理学 【鳥居】
- 10/22 放射線計測学 【小豆川】
- 10/29 放射線物理・化学 【鳥居】
- 11/ 5 放射線生物学 【渡邊】
- 11/12 環境放射化学 【小豆川】
- 11/19 被曝調査・医療支援 【坪倉】
- 12/ 3 原子核物理学 【鳥居】
- 12/10 原子力工学と原子力事故 【鳥居】
- 12/17 環境放射化学 【小豆川】
- 12/24 放射性物質汚染と農業 【藤原】
- 1/ 7 放射線の利用 【渡邊】
- 1/18\* 加速器科学・放射線防護学  
・まとめ 【鳥居】

\* 印：火曜振替

鳥居 寛之 《理学部》

渡邊 雄一郎

小豆川 勝見

《教養学部》

坪倉 正治 《福島県立医大》

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-放射線を測る研究をしています



- ▶ 放射線を「測る」ことが研究テーマです。
  - 福島第一原発内の測定も行いました
- ▶ 震災前は原子炉や加速器にいました。
  - 原子炉は**絶対に壊れない**と思っていました。

## ▶ 放射線のお話会として

- 文京区(校長研修会、区議会)で講師
- 茨城県守谷市放射線アドバイザー
- 市民向け講演会(参加者累計10,000人突破!)
- 消費者庁「食と放射能」講師
- 大熊町除染検証委員
- 世田谷区教育委員会の放射線アドバイザー



小学生向けのお話会が多いです

# 小学生の質問...?!

放射線授業を終えて

文京区立

先日はどうもありがとうございました。

分かりやすい授業でとても面白かったです。

さて、つかぬこととおうかがいしますか、小豆川

先生は博士号はお持ちですか？

また 教授になったことはありますか？

本当に楽しく授業が受け

られて良かったです。



# 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ベクレルの定義

- ▶ 1秒間に1個の原子核が壊れること = 1 Bq
- ▶ 1 Bqの定義に「放射線」は関係ない
  - どのような崩壊形式でも、どんな放射線を出そうと全く関係ない
  - 崩壊する時に放射線を出すことがあるよ、という話。
- ▶ 1 Bqにつき放射線が1本放出される、というわけでもない。
  - $^{137}\text{Cs}$ の場合、原子核が1個壊れると $\gamma$ 線が(確率上)0.85本放出される
    - $^{137}\text{Cs}$ 線源から1.17秒間に1本の661keVの $\gamma$ 線を観測すれば1 Bq。
- ▶ 昔はCi(キュリー)という単位を使用
  - 1 gの $^{226}\text{Ra}$ の放射能を 1 Ciと定義
  - $1 \text{ Bq} = 2.7 \times 10^{-11} \text{ Ci}$
  - $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$  (ちょっと大きすぎる...)

# 「壊れた原子核の数を数えればいいじゃない！」

## ▶ 無茶を言うな

- 壊れる原子を直接粒単位で観測することは困難です。

## ▶ 原子核一粒一粒は観測できないけど、原子核から飛ばしてくる放射線のエネルギーは( $\alpha$ にしても $\beta$ にしても $\gamma$ にしても)すさまじく大きい！

- バルクな装置でも1本1本観測可能！

## ▶ 放射線の種類や本数、エネルギーを測ってあげて、その結果から、「あ、ここには原子核が何粒あるのね」と計算してあげます

## ▶ これが放射線計測です

# 福島県内の汚染土壌仮置き場(飯舘村長泥)

この1袋(約1トン)に含まれている放射性セシウムは  
約0.000000001g

この袋、福島県内だけで約2200万袋

なんでこんな僅かなものを管理しなくちゃいけない？

土壤汚染土  
一時保管場所  
NO.1

このタンクの中にあるトリチウム、多くても**数グラム**



このタンクの中にあるトリチウム、だいたい**数千兆ベクレル**

# 1 Bqってどのくらいの量？(比放射能の計算)

- ▶ 壊れる原子核(原子)の数は時間とともに崩壊して数が減る

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N \quad N: \text{原子数}, \lambda: \text{崩壊定数} (\lambda = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}})$$

- ▶ 1 gあたりの放射能(=**比放射能**A)は、核種の質量で除すればよいので、

$$A = \frac{\lambda N}{\frac{N}{N_A} \cdot m} = \frac{\lambda N_A}{m} \quad N_A: \text{アボガドロ数}, m: \text{質量数}$$

- ▶ 崩壊定数を加えると

$$A = \frac{\lambda N_A}{m} = \frac{\ln(2) \cdot N_A}{T_{1/2} \cdot m} = \frac{4.17 \times 10^{23}}{T_{1/2} \cdot m}$$

# 各核種の1グラム当たりの放射能 (比放射能)

- ▶  $^{137}\text{Cs}$ の場合、半減期は30.2年
  - 比放射能は  $3.2 \times 10^{12} \text{ Bq/g} = 3.2$ 兆ベクレル
- ▶  $^{131}\text{I}$ の場合、半減期は8.02日
  - 比放射能は  $4.6 \times 10^{15} \text{ Bq/g} = 4600$ 兆ベクレル
- ▶  $^{40}\text{K}$ の場合、半減期は12.5億年
  - 比放射能は  $2.6 \times 10^5 \text{ Bq/g} = 26$ 万ベクレル
- ▶ (余談) $^{137}\text{Cs}$ が1 molあったら... ?
  - $3.2 \times 10^{12} \times 137 = 4.4 \times 10^{14} \text{ Bq/mol}$

$$A(\text{Bq/g}) = \frac{4.17 \times 10^{23}}{T_{1/2} \cdot m}$$

放射能は重さでも表現可能だけど、原子の粒単位を話をグラムで表現してもねえ...

# 福島県内の汚染土壌仮置き場(飯舘村長泥)

この1袋(約1トン)に含まれている放射性セシウムは  
約0.000000001g

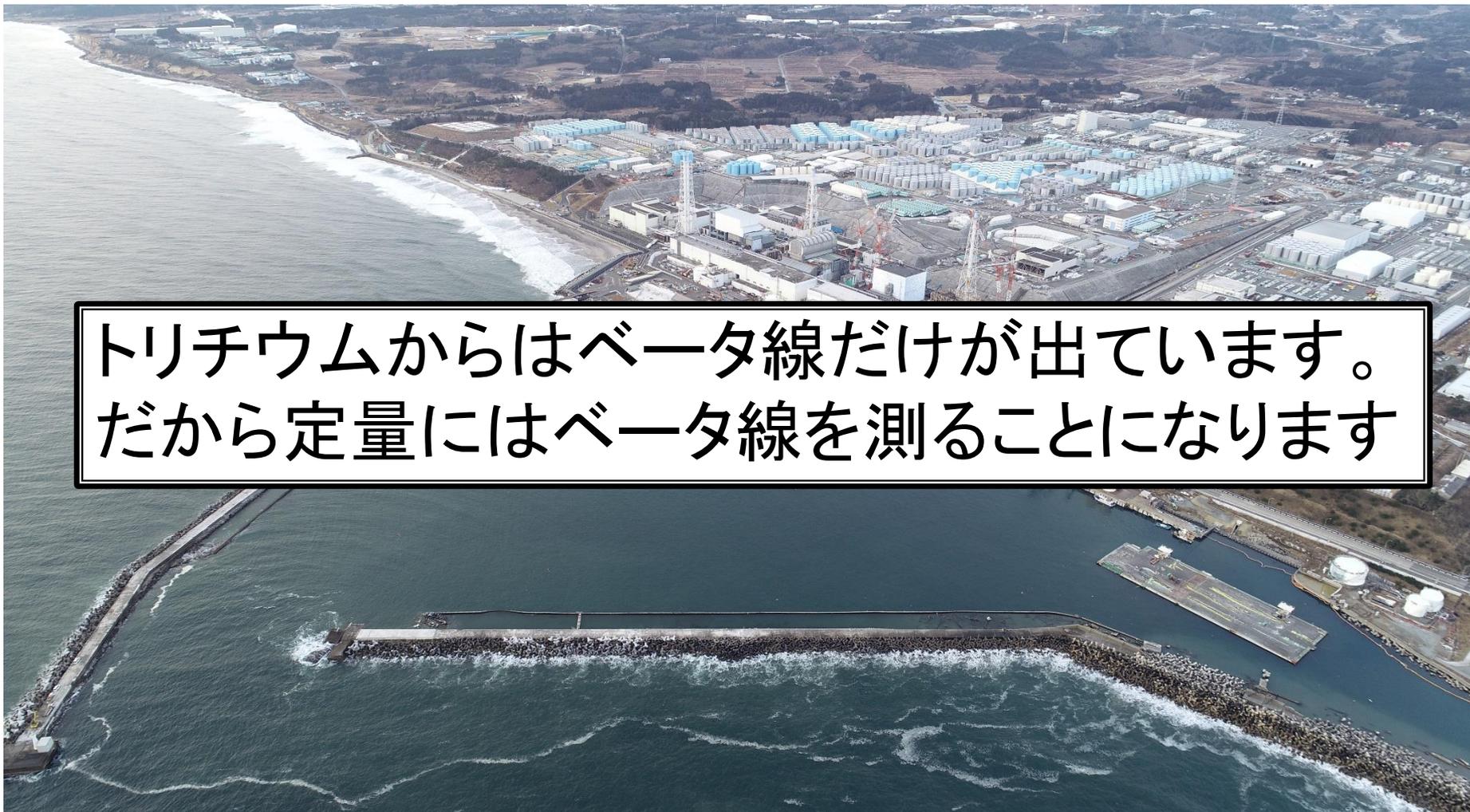
この袋、福島県内だけで約2200万袋

なんでこんな僅かなものを管理しなくちゃいけない？

放射性セシウムからはベータ線とガンマ線が出ています  
だからベータかガンマを測って定量することに

土壤汚染土  
一時保管場所  
NO.1

このタンクの中にあるトリチウム、多くても**数グラム**



トリチウムからはベータ線だけが出ています。  
だから定量にはベータ線を測ることになります

このタンクの中にあるトリチウム、だいたい**数千兆ベクレル**

# 放射性セシウム( $^{137}\text{Cs}$ )の核崩壊図

$^{55}\text{Cs}^{137}$

30.17 a  $7/2^+$

ベータ線は連続スペクトル

ベータ線

$^{137\text{m}}\text{Ba}$

$^{56}\text{Ba}^{137\text{m}}$  0.6617  $11/2^-$   
2.55m

ガンマ線

0.6617 MeV  $\gamma$

$^{56}\text{Ba}^{137}$  0  $3/2^+$   
stable

37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr
55 Cs	56 Ba	*1	72 Hf

max 0.5120 MeV  $\beta^-$  94.6%

max 1.174 MeV  $\beta^-$  5.4%

0.6617 MeVのガンマ線(光)を見つけた!  $\rightarrow$   $^{137}\text{Cs}$ がありそうだ!

# $\beta$ -崩壊なのになぜ $\gamma$ 線を測る？

## ▶ 最も測りやすいのは $\gamma$ 線

- $\gamma$ 線は光。分光簡単。エネルギーを維持しているから同定容易。
- 試料の前処理がいらぬ(=そのまま測れる)

## ▶ $^{137}\text{Cs}$ は $\beta$ -崩壊、だから $\beta$ 線を観測しても良いけど...

- $\beta$ 線は連続スペクトルなので、いきなり $\beta$ 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)

## ▶ $^{137}\text{Cs}$ は $\beta$ -崩壊時に $\gamma$ 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 $\gamma$ 線
- そのまま測れる $\gamma$ 線を測ろう！

アルファ線、ベータ線...分離精製して、ターゲット核種だけにして測定  
ガンマ線...そのまま測ってヨシ！



# 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

$^{90}\text{Sr}$ や $^3\text{H}$ はこれ！

- ベータ線は連続スペクトル、核種を決めるためあらかじめ分離精製必須



ベータ線がシンチレータ剤に反応してピカッと光る

その光をカウントする機械

(bio系のラボはよく使うよ！)

(液シン、なんて略せるとカッコいいね！)

# $^{90}\text{Sr}$ の分析の前処理(魚骨の例)

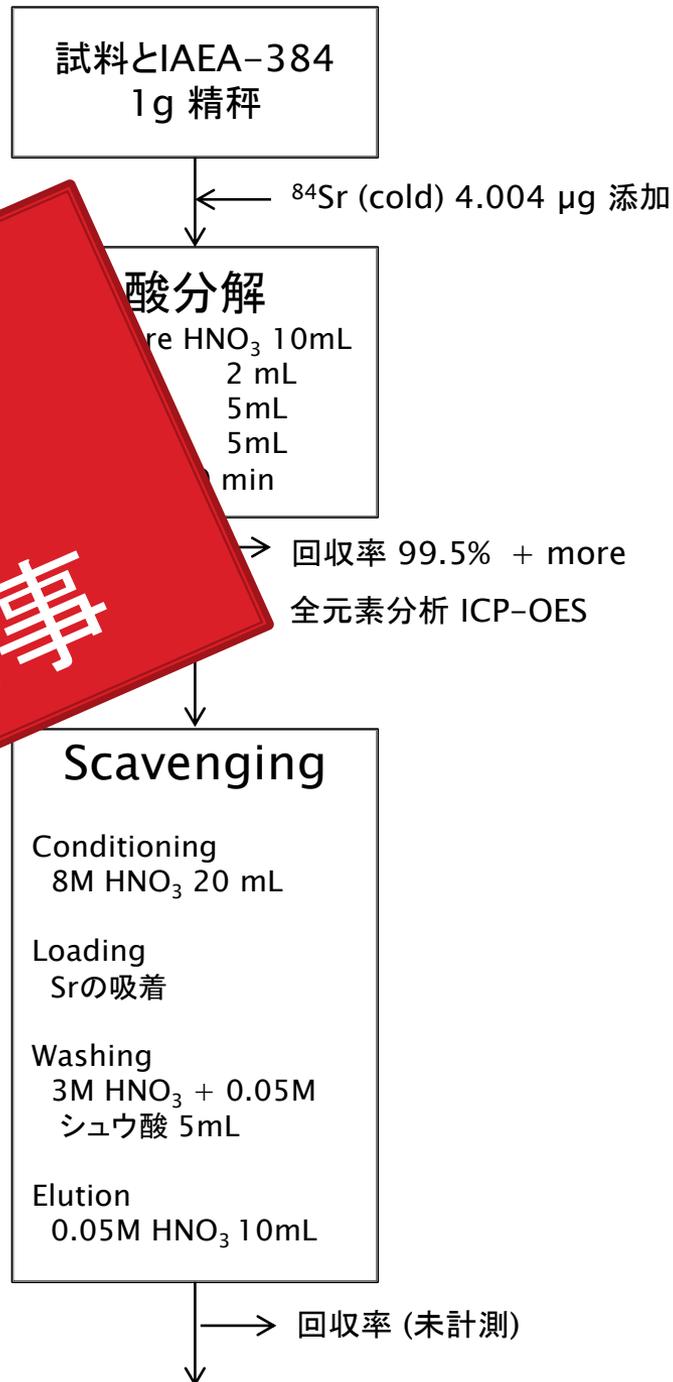
## ▶ 骨そのものの全元素分析

## ▶ Cold Srによる回収率計算

## ▶ Srレジンによる

- 8M  $\text{HNO}_3$
- サンプル
- 3M  $\text{HNO}_3$ 
  - Yの洗い出し
- 0.05M  $\text{HNO}_3$
- .....
- .....
- .....

とにかく面倒  
かつ  
ミスると一大事



# $^{90}\text{Sr}$ の分析をミスった例 (2011年12月放送)



# $^{90}\text{Sr}$ 分析の検証

## ▶ 映像で紹介された分析法 (固相抽出法, 3M社製RadDisk):

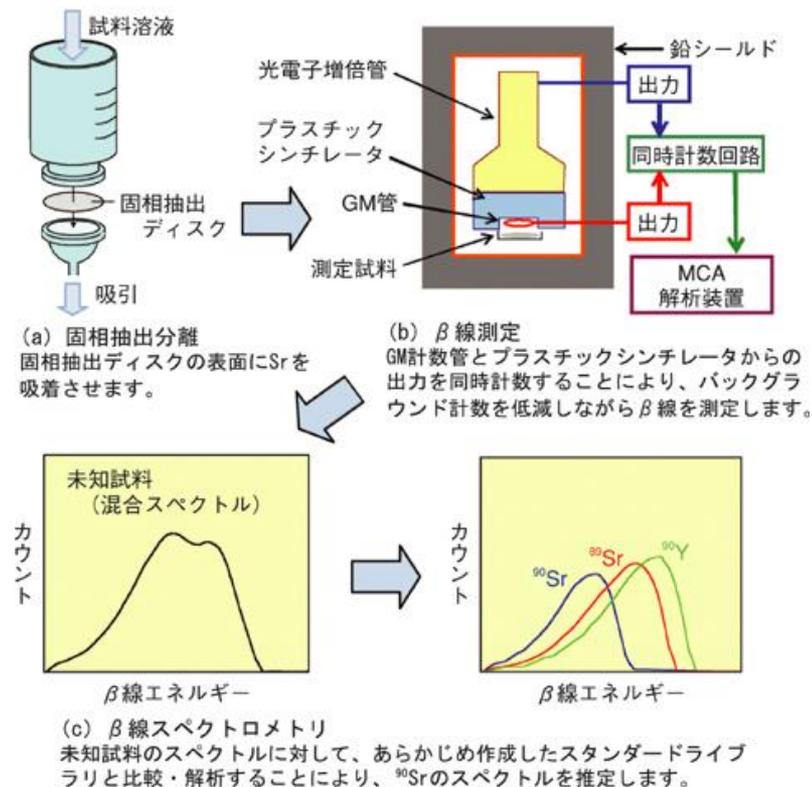
- 横浜市港北区マンション屋上堆積物:  
195 Bq/kg
- 港北区大倉山公園噴水堆積物:  
59 Bq/kg

ほぼ同じ地点

## ▶ 文部科学省(公定法):

- 港北区大倉山土木事務所:  
0.82 Bq/kg

横浜のあちこちを分析したけど、  
福島原発事故の影響が強く出ている  
場所は見当たらず...



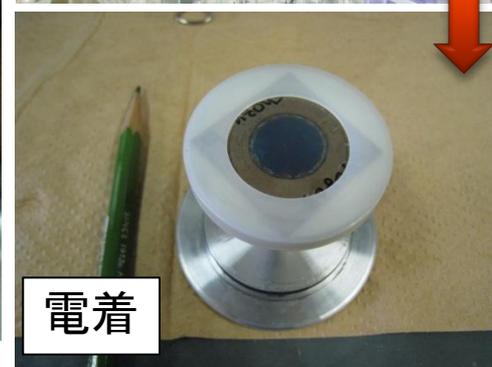
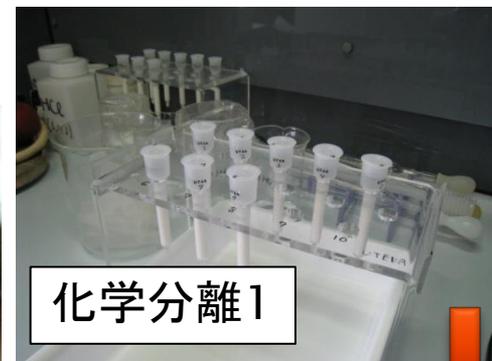
出典:廃棄物中の放射性ストロンチウムを測定する  
—放射性廃棄物の処分に向けた簡易・迅速分析法の開発—  
[http://jolisfukyu.tokai-sc.jaea.go.jp/fukyu/mirai/2008/9\\_1.html](http://jolisfukyu.tokai-sc.jaea.go.jp/fukyu/mirai/2008/9_1.html)

# アルファ線核種の測定装置

U, Th, Pu, Am, Cm...はこれ！

## ▶ アルファスペクトロメトリ

とにかくターゲット核種になるまでひたすら分離精製  
飛程が短いので、真空中かつ線源から検出器までの  
距離はほぼ0mm



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) →  $\alpha$ 線計測

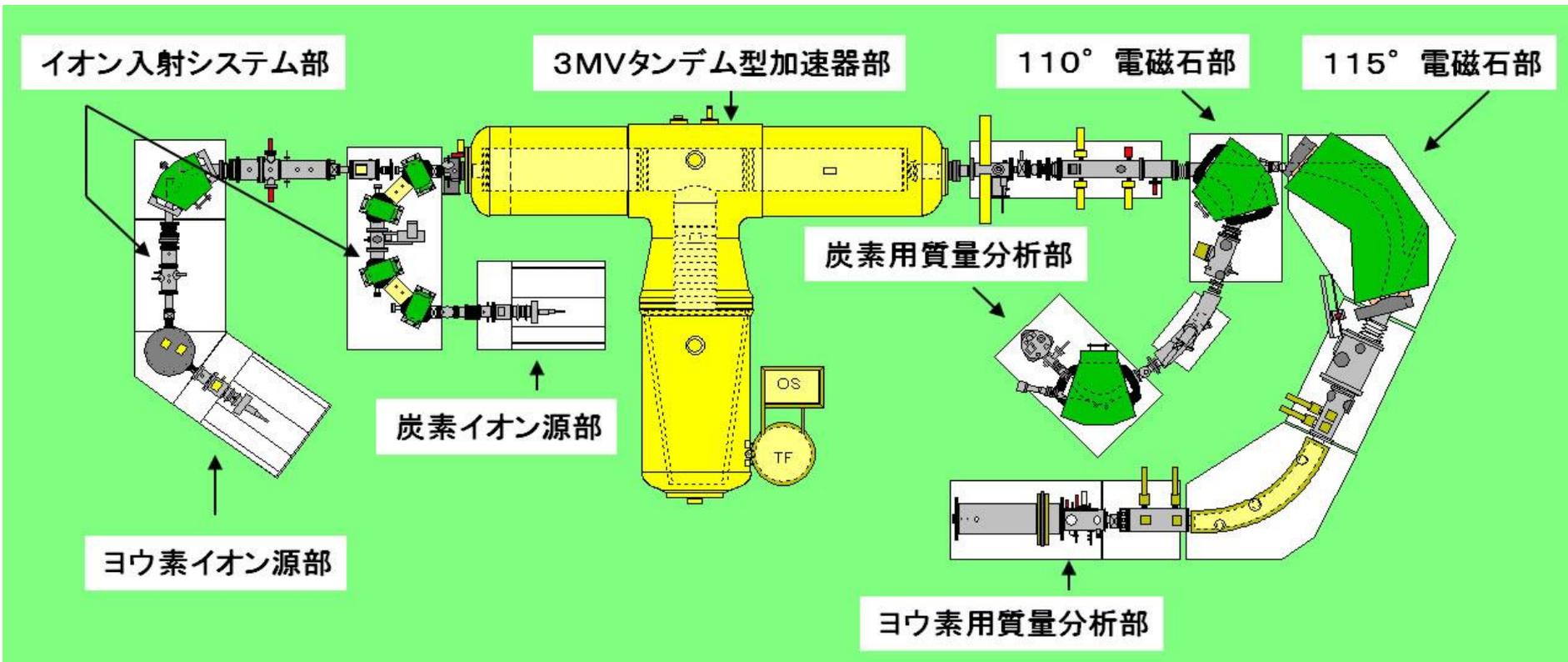
# 重さで測る測定装置

## ▶ AMS, ICP-MS(質量分析計)

粒単位で測る場合もあり  
半減期が長い=重さで測った方がいい

$^{239}\text{Pu}$ は半減期24000年。 $^{131}\text{I}$ 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



# (余談)「質量分析器」と「トリノの聖骸布」 34秒後に注目！



布の中の $^{14}\text{C}$ (半減期 5730年)を分析した例です。

興味があればNature, Vol. 337, 16 (1989) p. 611-615 読んでみて！

# 放射線分析は「間違えちゃダメ」

- ▶ たとえば、IAEA(国際原子力機関)の査察官
- ▶ 核濃縮(UとかPuを濃縮すること)の疑いがある国に査察に
- ▶ サンプルなんてくれるわけない
- ▶ もし間違った分析結果を通達してしまったら...?
  - 濃縮していないのに「濃縮している」
  - 濃縮しているのに「濃縮してない」
  - どちらにしても大問題。
- ▶ たとえば、福島第一原発事故の分析もそうです
  - すでに膨大な税金が使われていますし、これから何十年も....

# 「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

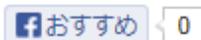
天気 交通 株式

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】

# 半減期補正の計算(電卓不要)

- ▶  $^{137}\text{Cs}$ が100 Bqあったとします。 $^{137}\text{Cs}$ の半減期は30年です。
  - 30年後の放射能はいくつ？
  - 60年後は？
  
- ▶  $^{137}\text{Cs}$ が100 Bqあったとします。サンプリングしたのは30年前だそうです。
  - サンプリング当時の放射能は？
  - 15年前の放射能は？(さっと暗算できたら素晴らしい！)

# (重要・復習)放射線計測の意味

- ▶ 放射線は私たちの健康に影響のあるレベルのエネルギー
  - MeV~keVオーダー
  - 原子一粒からこのエネルギーが放出
  - バルクな装置でも検出が簡単
- ▶ 化学反応は最外殻電子のやりとり
  - 原子一粒で数eV
    - Mol単位で反応させれば、観測は容易ですが...
  - 最外殻電子の数は、陽子の数で決まるので、放射性か非放射性かで化学的な性質の差は生じない(たとえば「軽水」と「重水」と「トリチウム」水)
- ▶ 放射性物質の定量は、放射線測るのが一番。
  - そして信じられないくらいの極わずかな量を取り扱う

水沸騰させるのに必要な燃料、原子炉(ウラン)は石油に比べて体積ごくわずか

# (余談)Wien郊外の原子炉



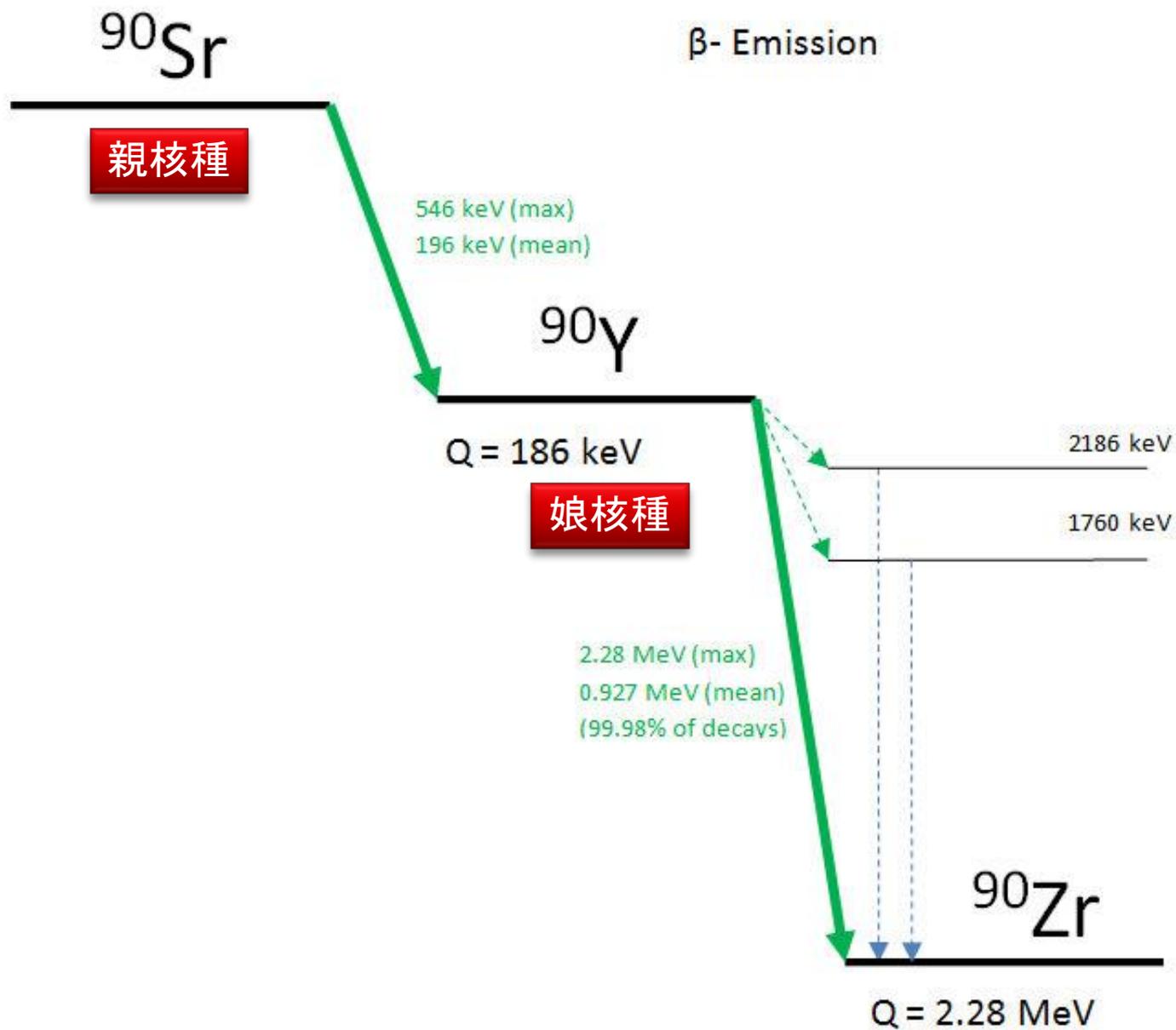
「分析化学は器具洗いの時間が約半分」がセオリーなのに...

# 連続して崩壊する場合の放射能の計算

- ▶ 連続しない放射能の計算はとっても簡単
- ▶ 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。

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

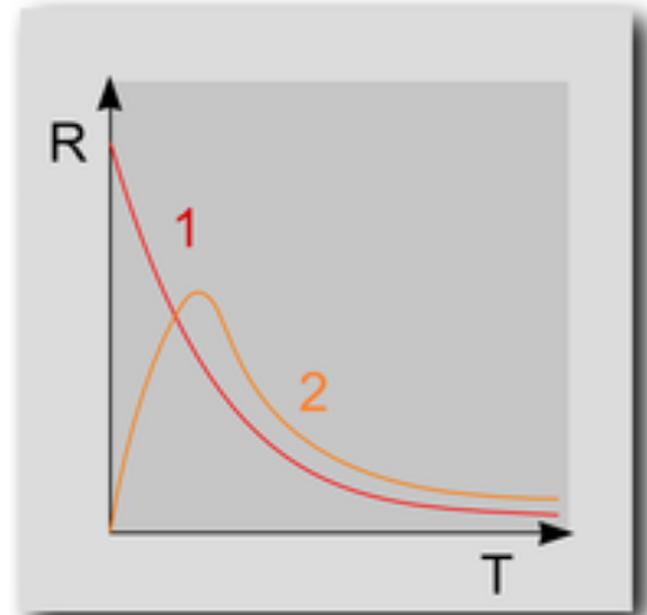
# 連続して崩壊する $^{90}\text{Sr}$ の崩壊図



# 半減期補正 - 過渡平衡と永続平衡

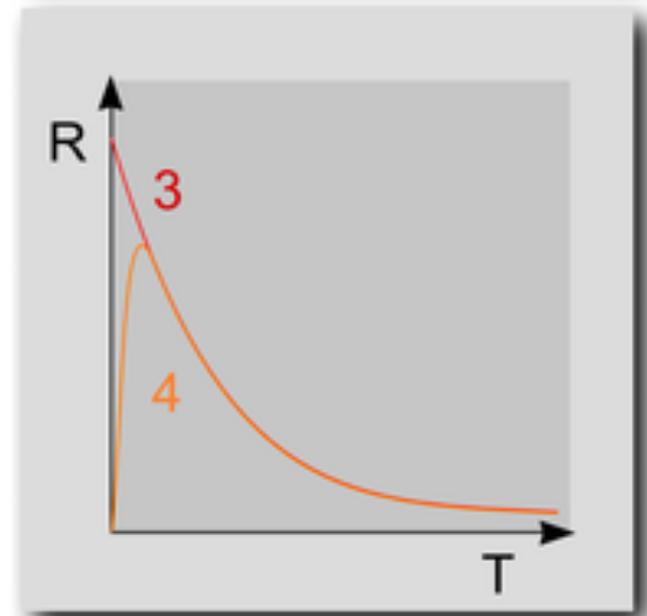
## 過渡平衡

- ▶ 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

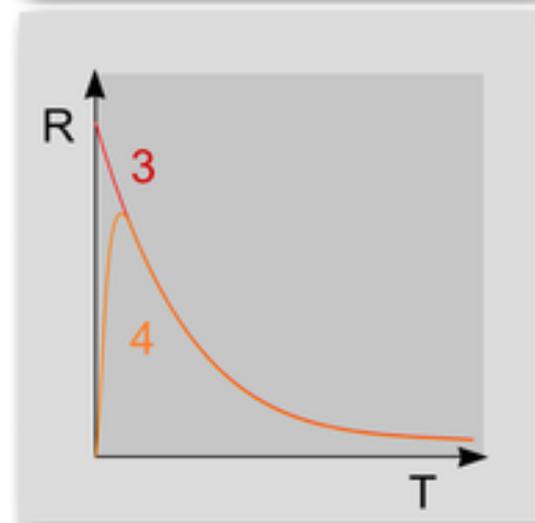
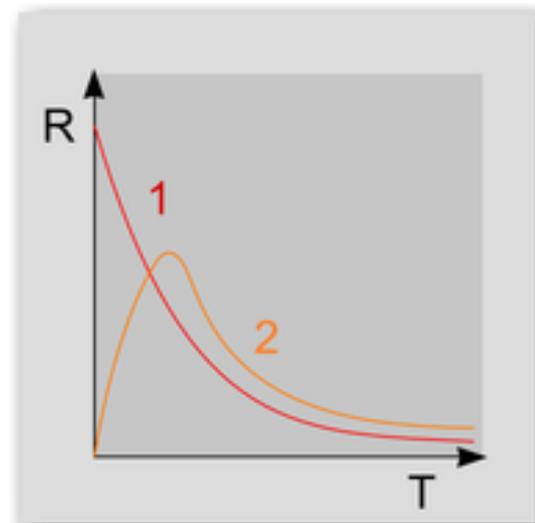
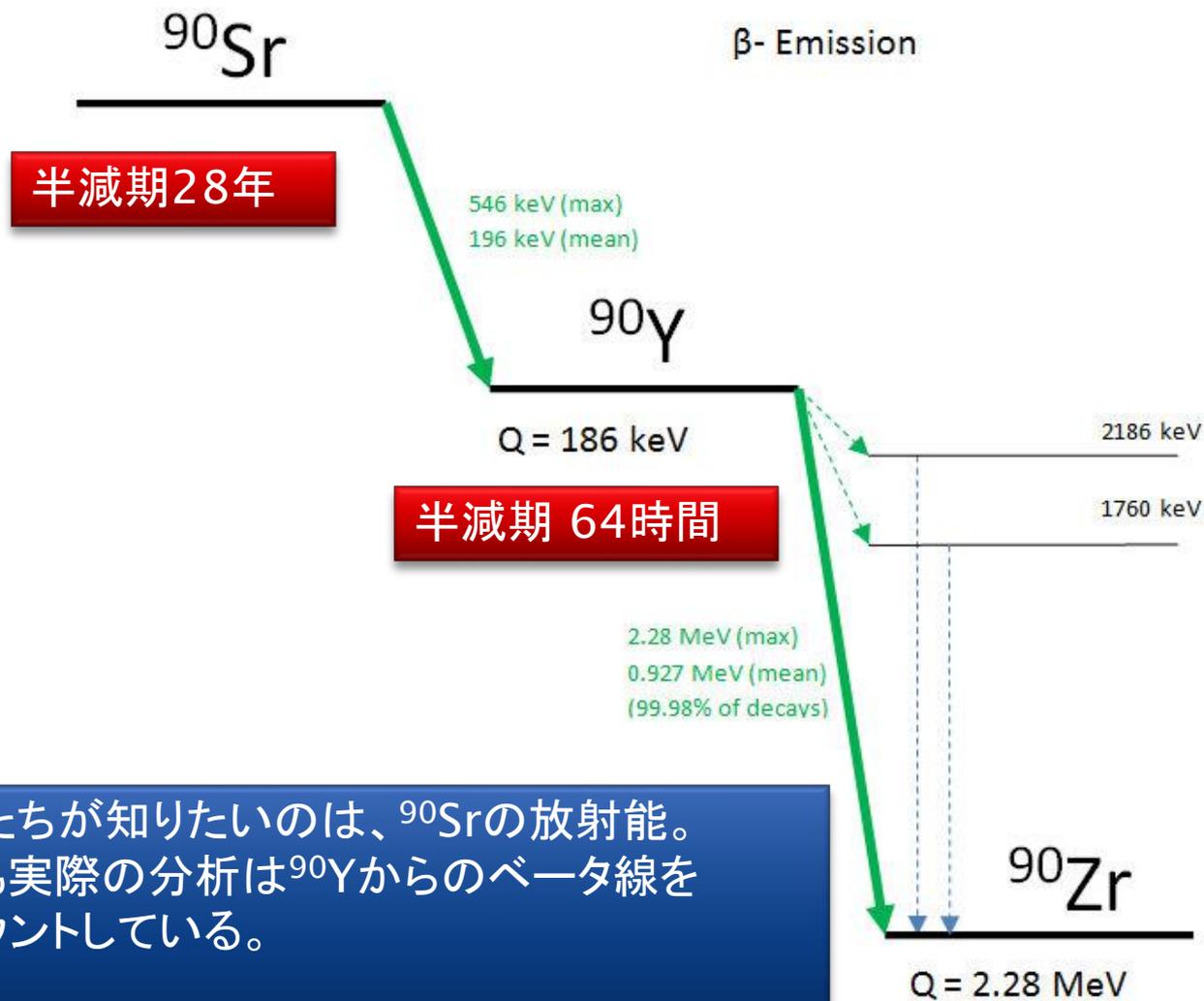


## 永続平衡

- ▶ 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。



# $^{90}\text{Sr}$ は過渡平衡？永続平衡？



私たちが知りたいのは、 $^{90}\text{Sr}$ の放射能。  
でも実際の分析は $^{90}\text{Y}$ からのベータ線を  
カウントしている。

半減期はどちらで補正したらいいのかな...？

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
- ▶ 原理はガンマ線がシンチレーターに入ったときに発する光をカウントしている
  - 光電子増倍管
  - フォトマルとか言えるといいんじゃない？
- ▶ エネルギー分解能あり
  - 出力のパルスが光子の数に比例する

## 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
- "エネルギーウィンドウ"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

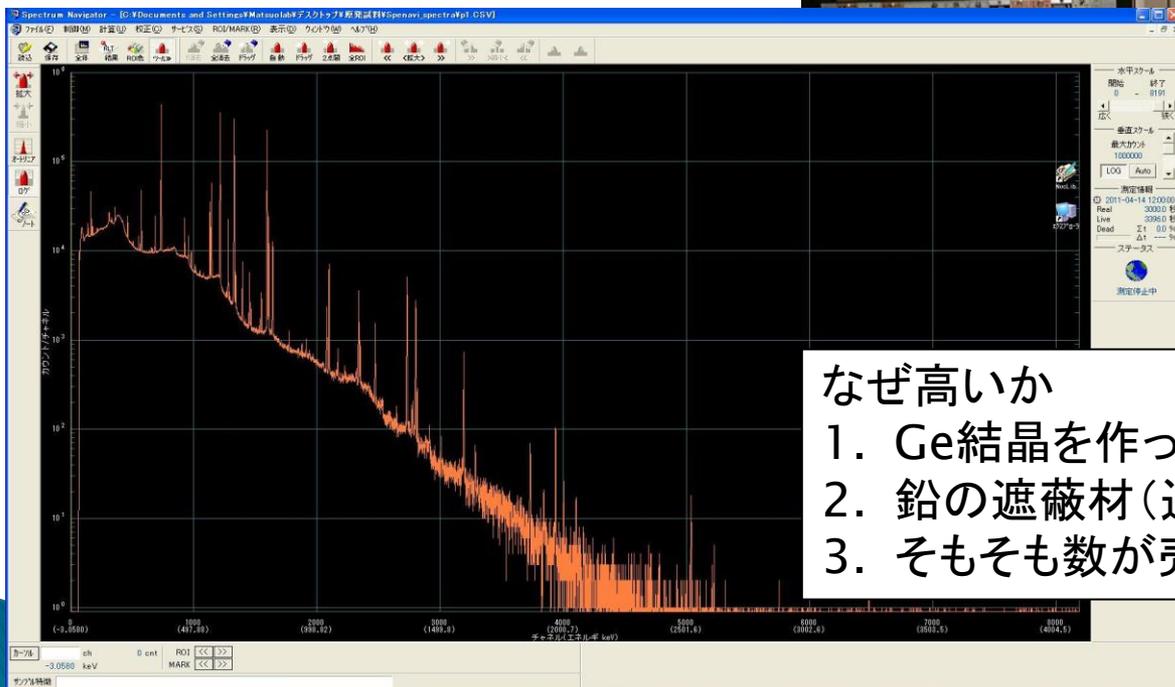
- 放射能スクリーニング
- 食品(飲料水、農業製品等)
  - ミネラル、建築材料、材木等
  - 金属、石油化学製品、原材料、スクラップ等
  - 放射性廃棄物



# 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

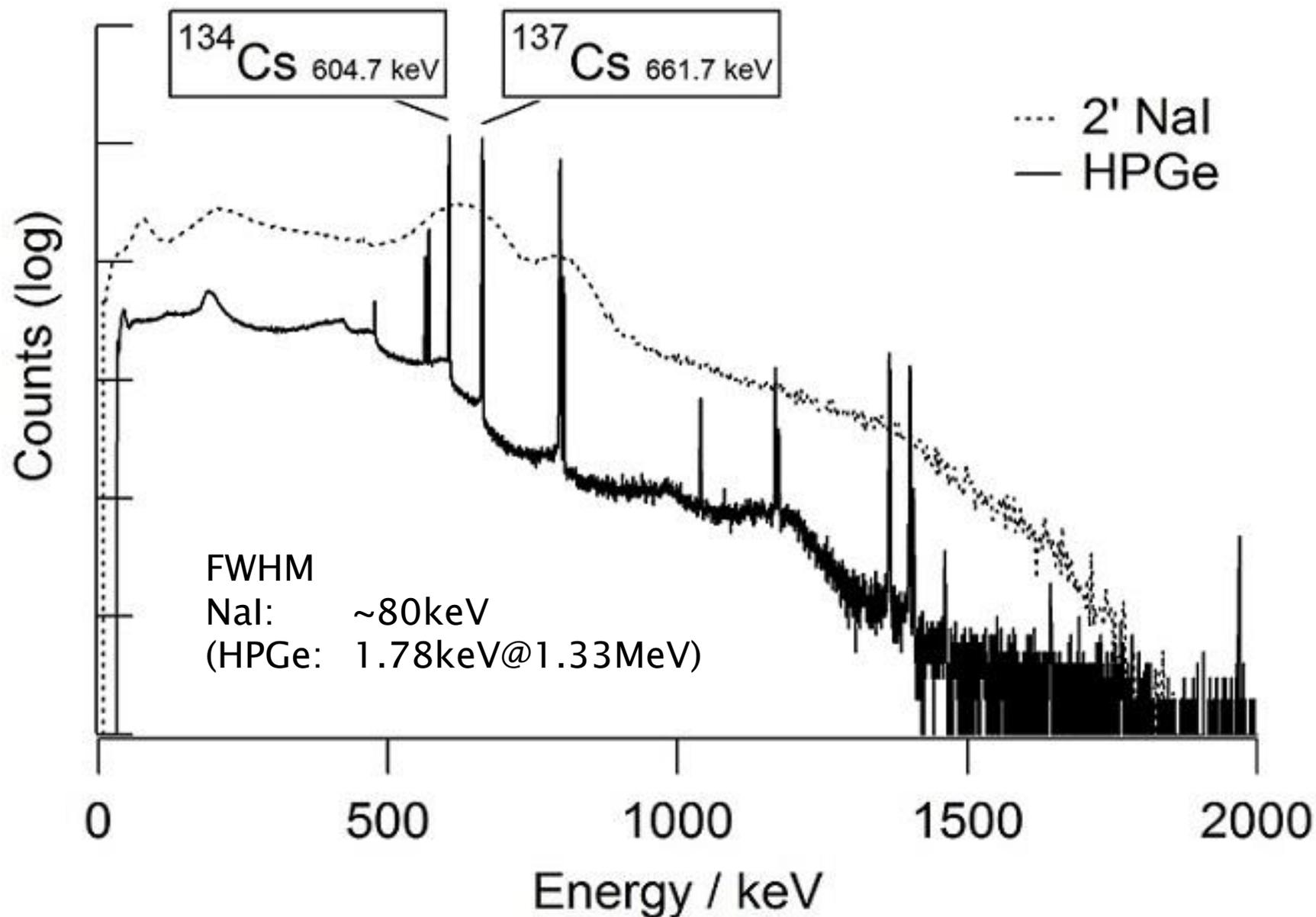


# Ge半導体検出器本体

Canberra社ウェブサイトより



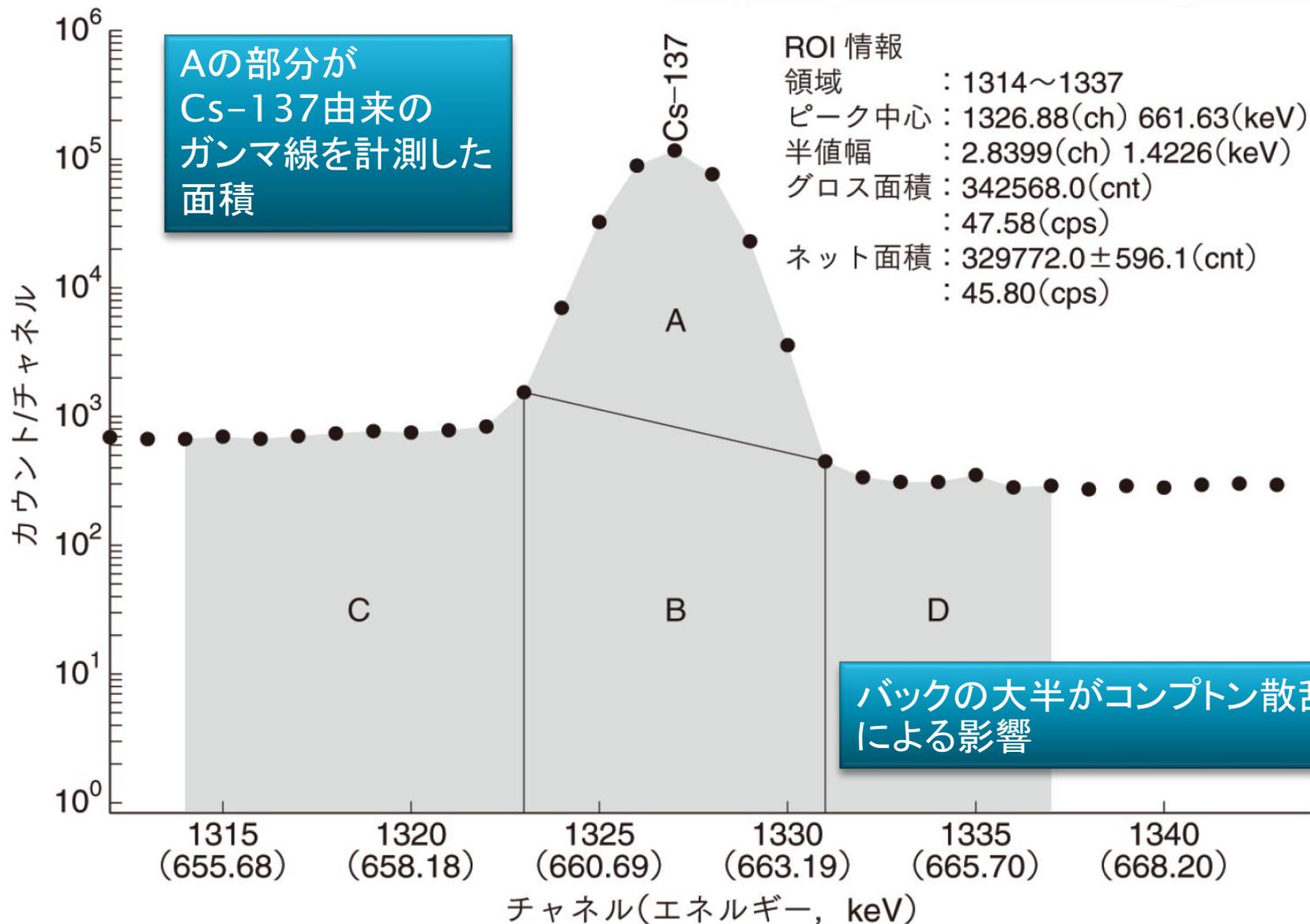
# γ線スペクトルの比較(NaIカウンターvsGe半導体検出器)



# 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  $\alpha, \beta$  は定数



# 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( $^{131}\text{I}$ )	飲用水	(暫定基準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



# 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

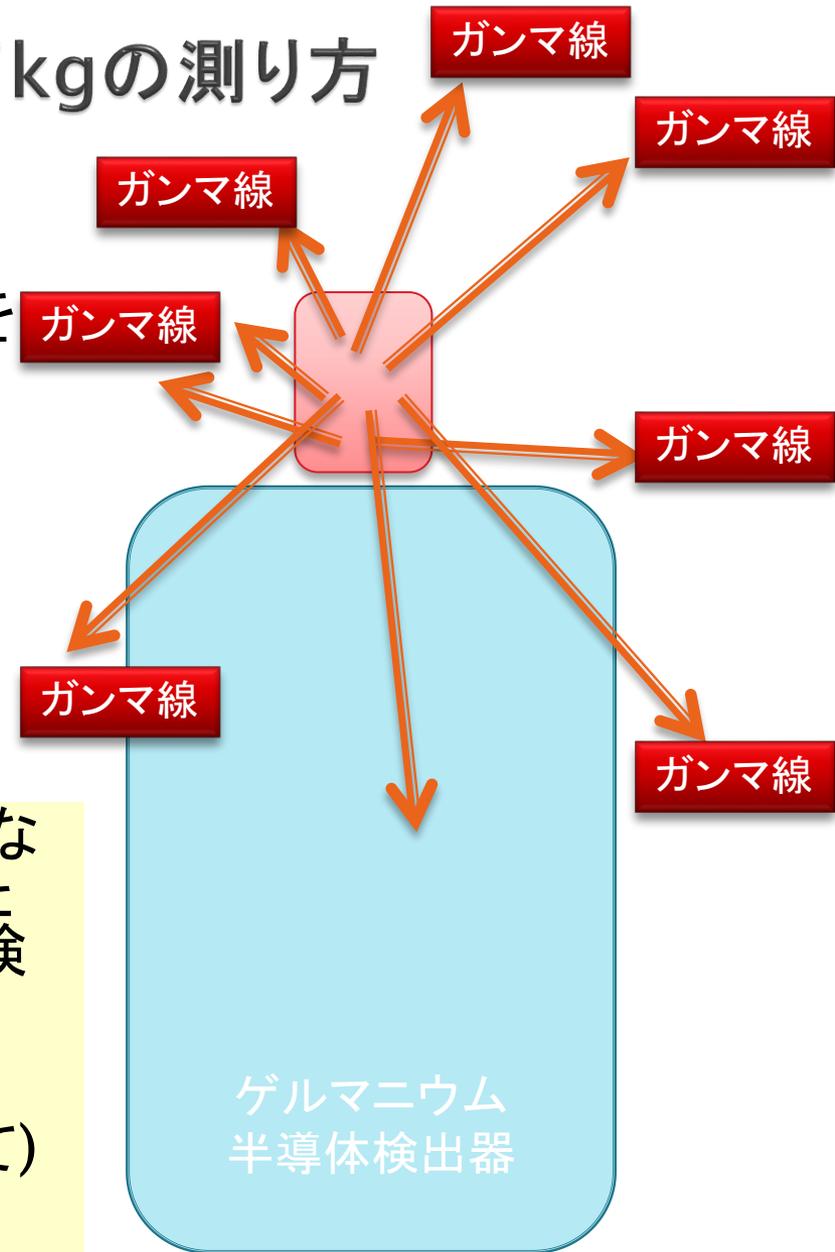
- ▶ 試料からは四方八方にガンマ線を放出

- ▶ 検出器に微かにかかる程度のガンマ線は検出できない

- ▶  $^{134}\text{Cs}$ 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)

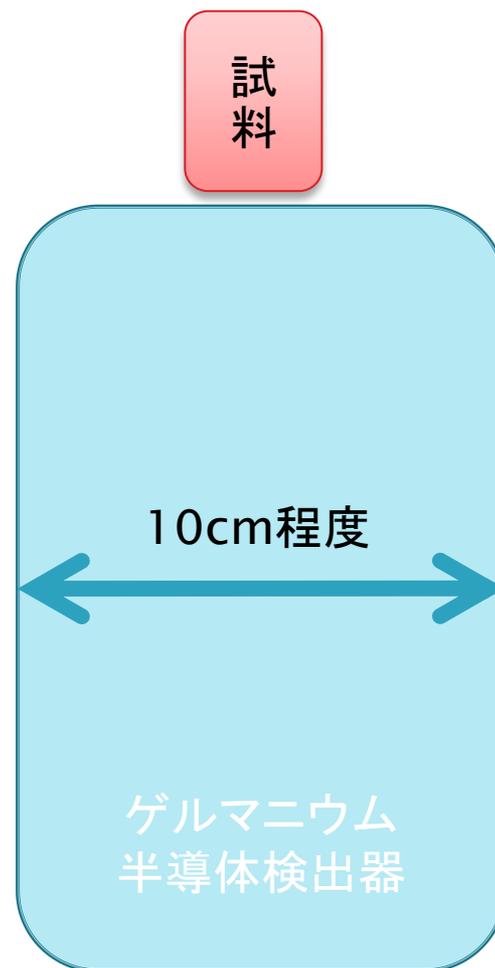
- ▶ 「放射性セシウム」というのは $^{134}\text{Cs}$ と $^{137}\text{Cs}$ の合算値



- ▶ 今回の事故では $^{134}\text{Cs}$ と $^{137}\text{Cs}$ 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 $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ 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

# 駒場の白米

- ▶ 普段は北海道産「ななつぼし」(実は古米です)
- ▶ 2014年、2015年秋には福島県楡葉町、浪江町から試験栽培の米が東大に600 kg提供され、一部が生協でも販売。
- ▶ 浪江定食として、2Fで提供(毎日限定20-30食程度)

## ・浪江町の米の取り組み方



- ・平成25年度から  
環境省による農地の除染、吸収抑制対策の実施  
農家で構成される復興組合による、除染後の農地の保安全管理開始  
(吸収抑制剤の散布後、耕うんを行う様子)
- ・平成26年度  
実証栽培の実施
  - 実施主体: 酒田農事復興組合
  - 栽培面積: 約31ha
  - 用水: 地下水(放射性物質不検出)
  - 収穫量: コシヒカリ3,630kg / 天のつぶ3,180kg
  - 収穫米: 全量全袋検査後、東京大学、環境省、経済産業省、東北農政局などでの試食会、関係者への提供、日本酒へ加工。

# 駒場の米(白米)の放射性セシウム

生産年	生産地	放射性セシウム (基準値は100 Bq/kg)
2014年	福島県浪江町1 (試験栽培)	1.66
	福島県浪江町2 (試験栽培)	2.36
	北海道	< 0.144
2015年	福島県浪江町 (試験栽培)	0.850
	福島県楢葉町 (試験栽培)	0.914

# 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

$\beta(\gamma)$

$\gamma$

$\gamma$

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

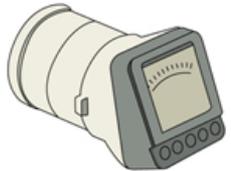
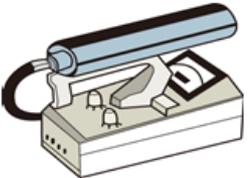


HORIBA社ウェブサイトより

# 環境中を飛び交う放射線の測定機器(次回詳細解説)

線量測定と計算

## 外部被ばく測定用の機器

	型			目的
<p>物理学実験で使うのはコレ</p>	<p>GM計数管式 サーベイメータ (電離)</p>		<p>汚染の検出</p>	<p>薄い入射窓を持ち、<math>\beta</math>線を効率よく検出可能である。表面汚染の検出に適している。</p>
<p>最後の映像で出てくるのはコレ</p>	<p>電離箱型 サーベイメータ (電離)</p>		<p><math>\gamma</math>線 空間線量率</p>	<p>最も正確であるが、シンチレーション式ほど低い線量率は測れない</p>
<p>愛用しているのはコレ</p>	<p>NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータ (励起)</p>		<p><math>\gamma</math>線 空間線量率</p>	<p>正確で感度もよい。環境レベルから10<math>\mu</math>Sv/h程度の<math>\gamma</math>線空間線量測定に適している。</p>
<p>法令上、身に着けなきゃいけないのはコレ</p>	<p>個人線量計 (光刺激ルミネッセンス線量計 蛍光ガラス線量計電子式線量計等) (励起)</p>		<p>個人線量 積算線量</p>	<p>体幹部に装着し、その間に被ばくした個人線量当量を測定する。直読式や警報機能を持つタイプもある。</p>

# 化学分野からの課題(#1)

1. 駒場キャンパスのグラウンドの土壌を測定したところ、1 kgあたり15 Bqの $^{137}\text{Cs}$ を定量した。
  - a.  $^{137}\text{Cs}$ は土壌1 kgあたり何グラム含まれているか。半減期は30.2年とする。
  - b. 一般的な土壌には $^{133}\text{Cs}$ (非放射性)が3 mg/kg程度含まれている。駒場キャンパスの土壌も同じ割合で $^{133}\text{Cs}$ が含まれているとして、 $^{137}\text{Cs}$ との比、すなわち放射性セシウム/非放射性セシウム比を示せ。
  - c. 非放射性セシウムが混在する中で、放射性セシウムだけを取り出したいがこれは困難である。それはなぜか。
2. 福島第一原発内で処理された水には、約70万Bq/Lのトリチウム( $^3\text{H}$ )水が含まれる。これが一般的な測定器で検出が難しくなるレベル(1 Bq/L)になるのに必要な年数を答えよ。半減期は12.3年とする。

# 環境中の放射性物質の計測例

(2019年8月測定)



# 化学の次回は、**環境放射化学**

## ▶ 環境放射化学

- フィールドワーク、実験室のようにはいかない
- (野生イノシシ怖いよ、という話も)

## ▶ 放射性物質の濃縮と拡散

- ホットスポットはなぜできる？
- 「化学」と「環境」と「放射線」のハイブリット領域

環境中の放射性物質の挙動を理解して欲しい  
環境問題を新たな視点でとらえやすくなるよ

ありがとうございました  
今日のお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