

新刊書籍 発売！ 2012年10月10日 刊行

「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し、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>



# 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

# 東京大学教養学部 放射線講義 スライドのご案内

ごらんのファイル以外にも、別学期の講義シリーズのファイルがあります。

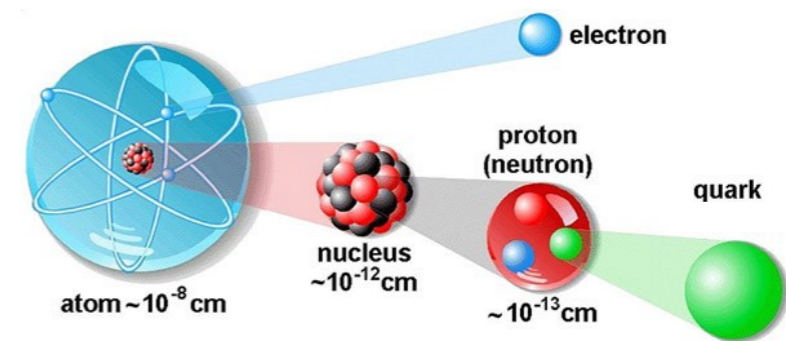
書籍「放射線を科学的に理解する — 基礎からわかる東大教養の講義 —」

とあわせて、どうぞご利用下さい。

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

2011年度夏学期  
自主講義

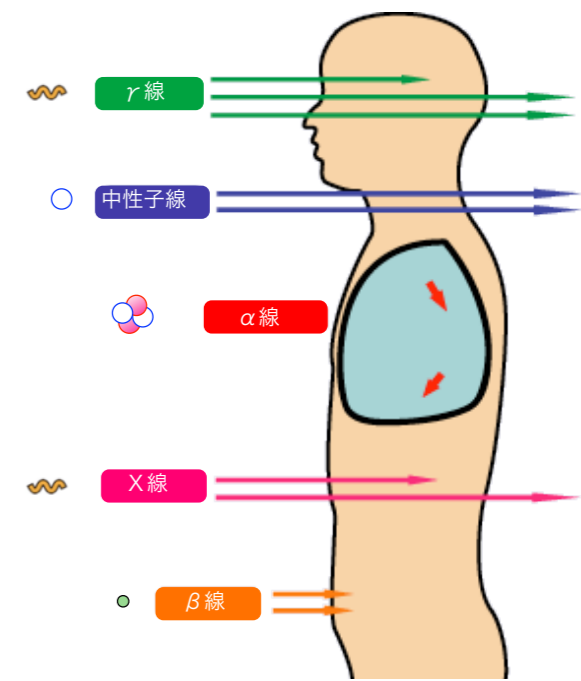
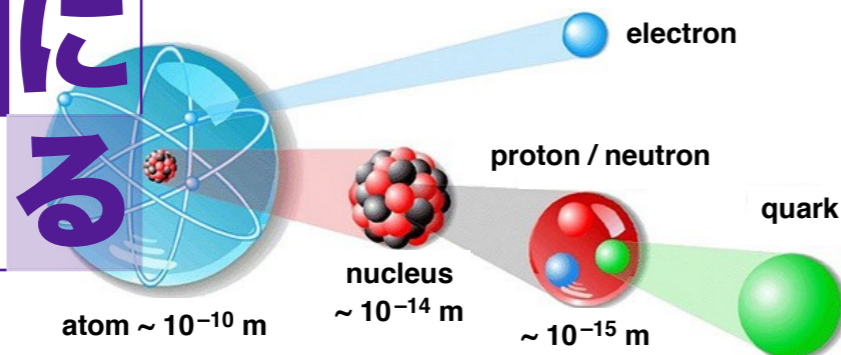
自主講義  
放射線学



2011年度冬学期  
主題科目テーマ講義

2012年度冬学期  
主題科目テーマ講義

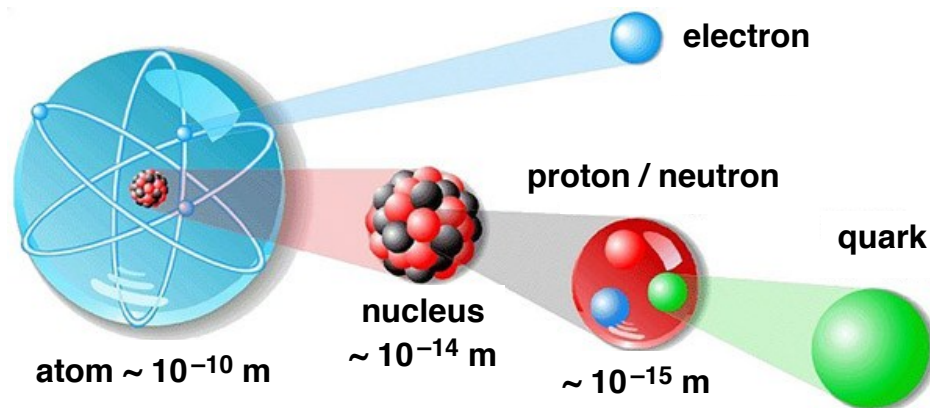
放射線を  
科学的に  
理解する



# 2011年度冬学期 主題科目テーマ講義

第3回：2011 / 10 / 21 (金)

放射線を  
科学的に  
理解する



金曜5限 @ 11号館 1101教室

## 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/ 7 放射線入門 【鳥居】
- 10/14 放射線物理学 【鳥居】
- 10/21 放射線計測学 【小豆川】
- 10/28 環境放射化学 【小豆川】
- 11/ 4 放射線生物学 【渡邊】
- 11/11 放射線医学 【中川】
- 11/18 原子核物理学 【鳥居】
- 12/ 2 原子力工学 【石渡】
- 12/ 9 放射線物理学 【鳥居】
- 12/16 環境放射化学 【小豆川】
- 1/10 植物栄養・土壌肥料学 【藤原】
- 1/20 放射線の利用 【渡邊】
- 1/27 加速器科学・まとめ 【鳥居】

鳥居 寛之

小豆川 勝見

渡邊 雄一郎

《教養学部》

中川 恵一 《医学部附属病院放射線科》

石渡 祐樹 《工学系原子力国際専攻》

藤原 徹 《農学部応用生命科学》

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

# 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？
- ▶ 事故当時、学会発表のためアメリカに出張中。
  - 多くの方からお悔やみと励ましの言葉を貰いました。
  - 研究者達からは、「メルトダウンしているから早く帰って核種分析をしろ」と。
- ▶ 外国に出れば間違いなく福島の話題になるでしょう。
  - 事故に対する関心は極めて高い
- ▶ ぜひ、この講義で基礎知識を身につけて下さい

# 放射線を測定する科学 - 環境放射化学

## ▶ 原子核崩壊図と崩壊モード

## ▶ 放射線の種類と測定機器の特性

- ゲルマニウム半導体検出器
- 液体シンチレーションカウンタ
- アルファスペクトロメトリ
- 空間線量計

ガンマ線

ベータ線

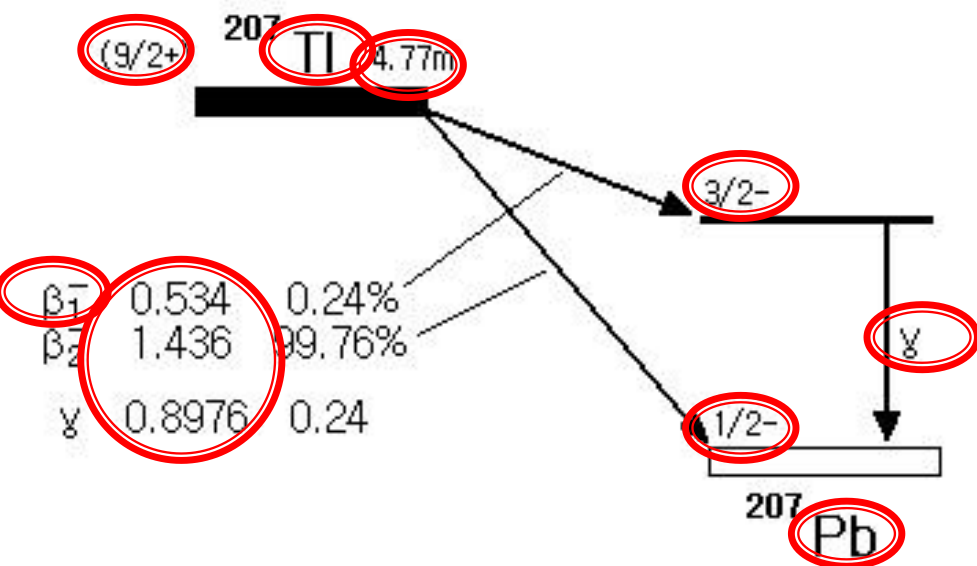
アルファ線

## ▶ 「放射性セシウム500Bq/kgの暫定基準値」の測定

- 暫定基準値とは
- 500Bqは大きな値に見えるけど....。

# 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



46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te
78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po
110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh

- ▶  $^{207}\text{Tl}$ の原子核崩壊図
- ▶ 崩壊モードは $\beta$ 
  - ref. 周期律表
- ▶ パリティ(スピンパリティ)
- ▶ 半減期
- ▶ エネルギー



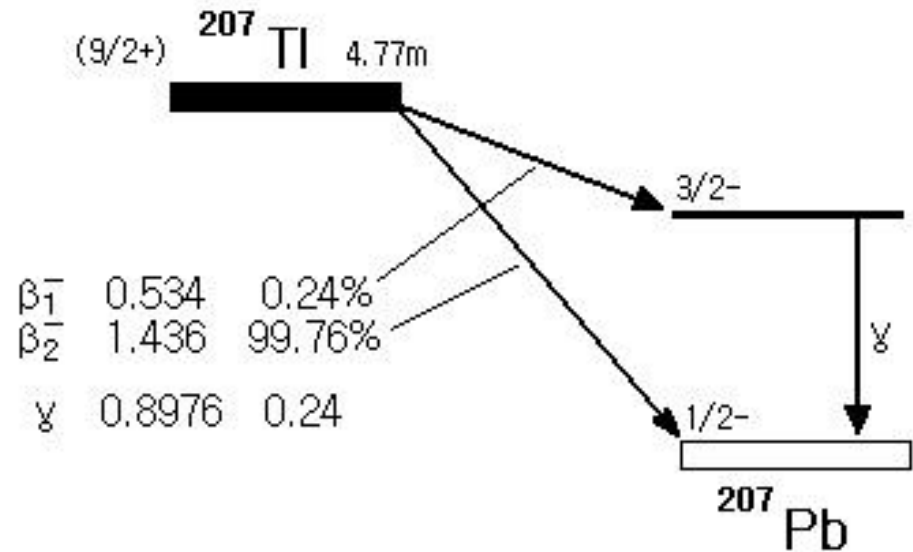
# $^{207}\text{Tl}$ から放出されるベータ線とガンマ線

## ▶ ベータ線

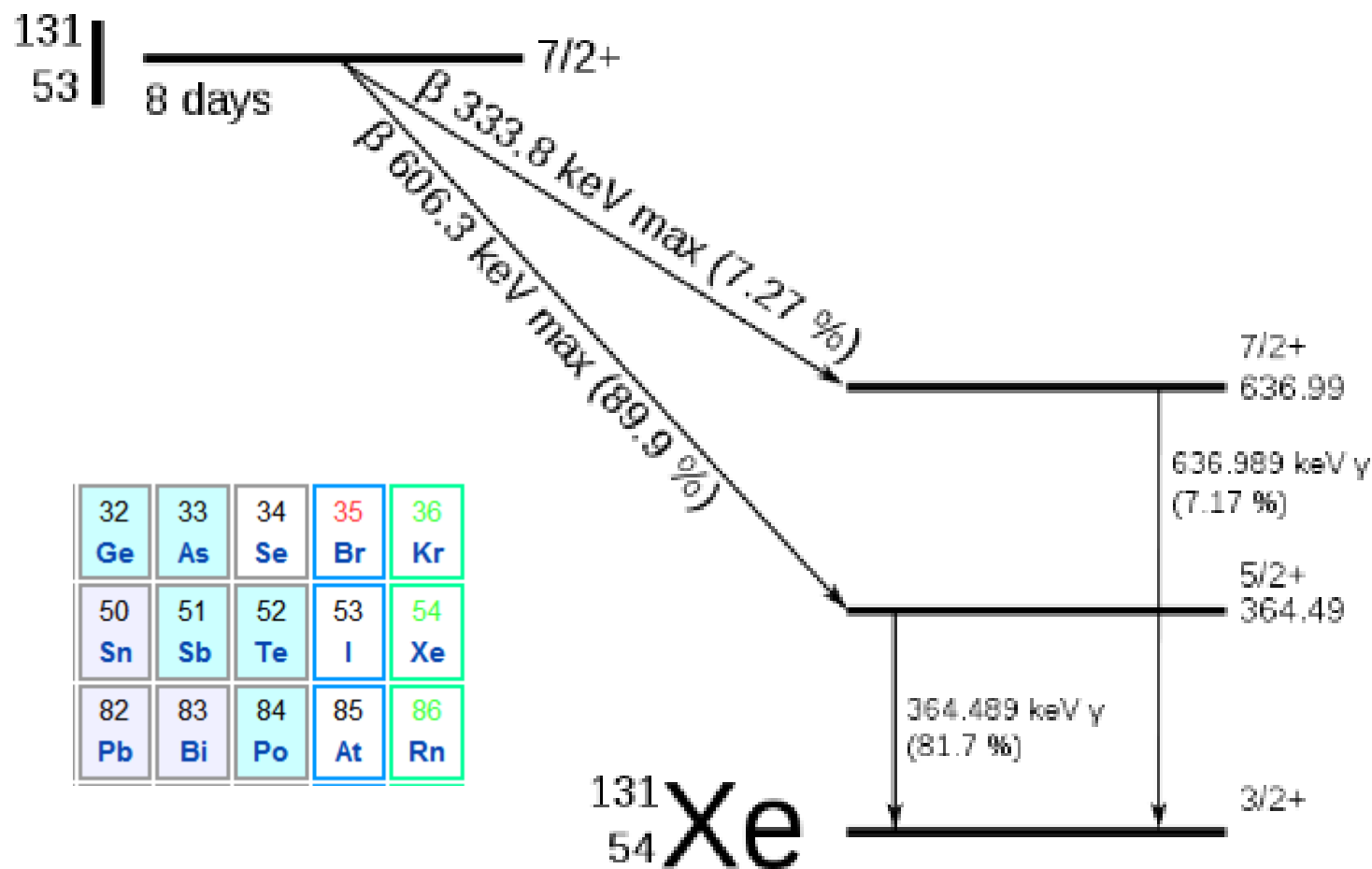
- 反ニュートリノへのエネルギー供与(質量欠損)のため、電子に与えられるエネルギーは連続的になる。

## ▶ ガンマ線

- $\beta$ 崩壊後の核異性体からのガンマ線
- 核種同定に適している



# $^{131}\text{I}$ の核崩壊図



32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn

# 核エネルギーライブラリ

NUC 線用ゲージ.LIV

核種固有パラメータ

核種名: I - 131      親核種名:

半減期: 8.04000E+000 日      核種属性: A

定量ピーク:      登録数: 1     

Pr	エネルギー	放出率(%)	ピーク属性
1	364.4800	81.0000	

妨害テーブルピーク:      登録数: 4     

Pr	エネルギー	放出率(%)	ピーク属性
0	80.1830	2.6000	
0	284.2980	6.0000	
0	636.9730	7.2000	
0	722.8930	1.8000	

γ線用ゲージ.LIV

- Ac
- Ag
- Am
- As
- Ba
- Be
- Bi
- Ce
- Co
- Cr
- Cs
- Fe
- Ga
- Ge
- I
  - I-131
  - I-132
- K
- La
- Mn
- Mo
- Nb
- Nd
- Np
- Pa
- Pb

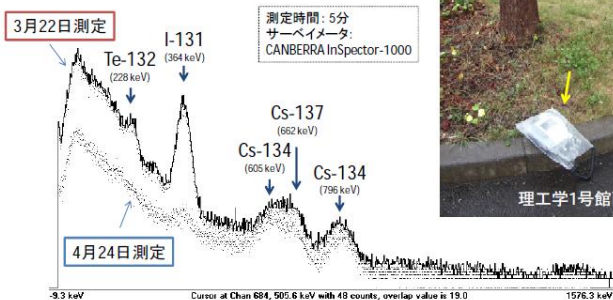
# ガンマ線の測定装置(1)

- ▶ 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



## 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

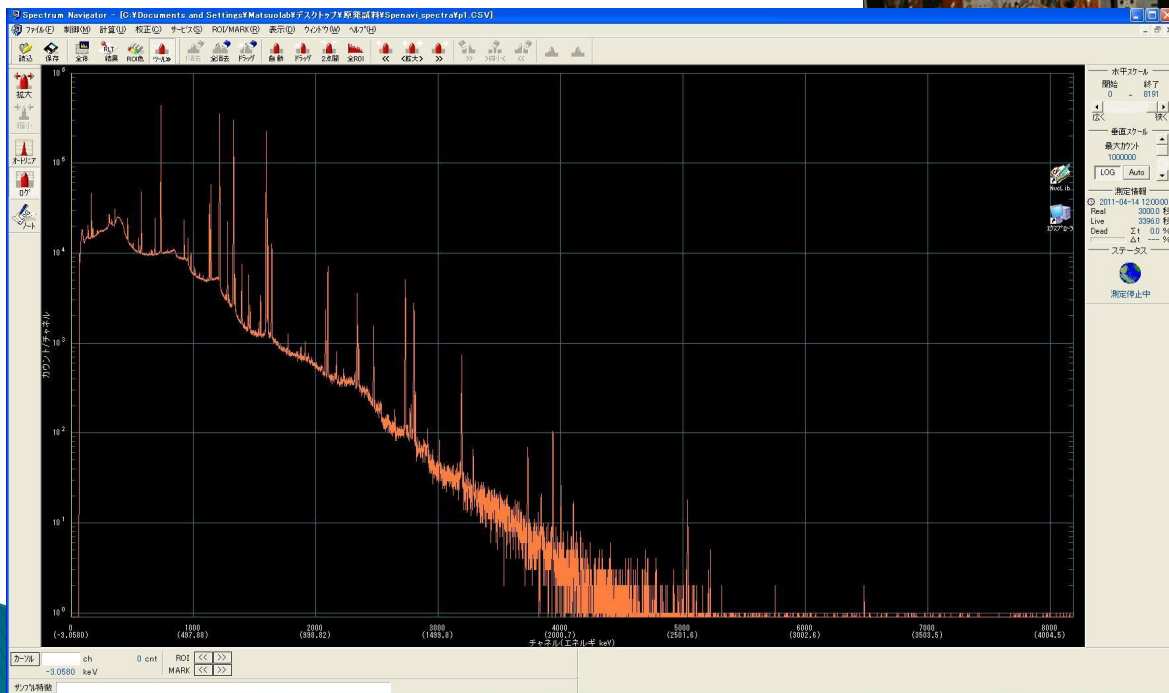




# ガンマ線の測定装置(2)

## ▶ Ge半導体検出器

- 最高のエネルギー分解性能
- 非常に高価、メンテ必要



# ベータ線の測定装置

## ▶ 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...?

**$^{90}\text{Sr}$ はこれ！**

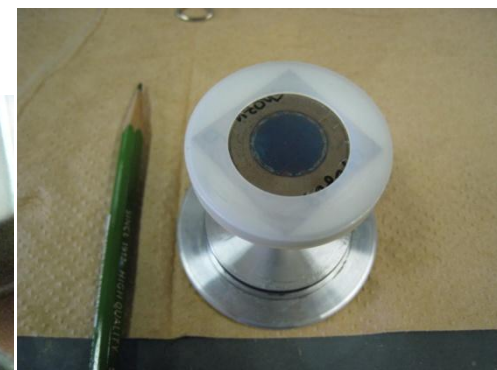


BECKMAN LS6500

# アルファ線の測定装置

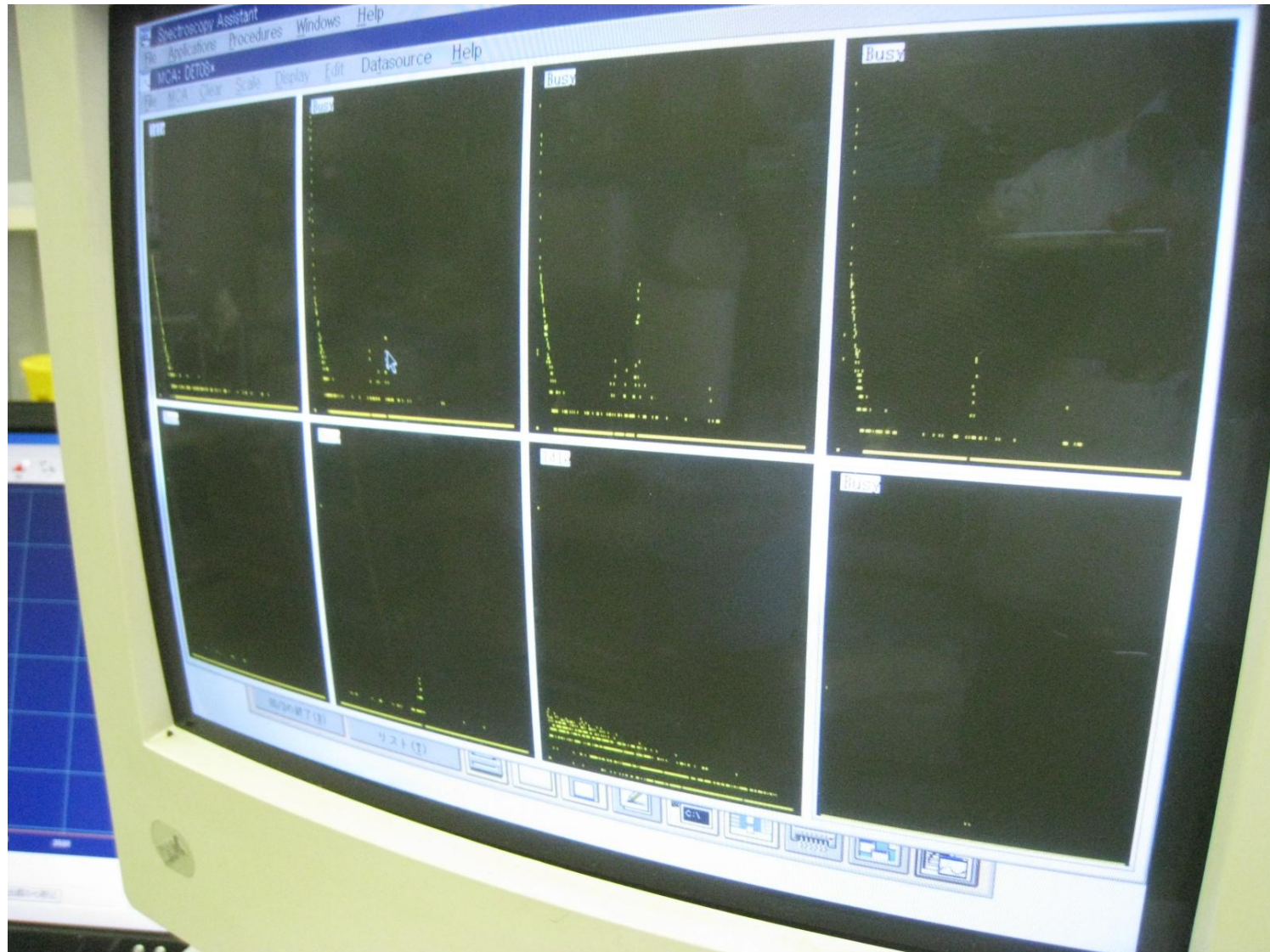
U, Th, Pu, Am, Cm...はこれ！

## ▶ アルファスペクトロメトリ





# アルファ線スペクトル(測定開始から1日)





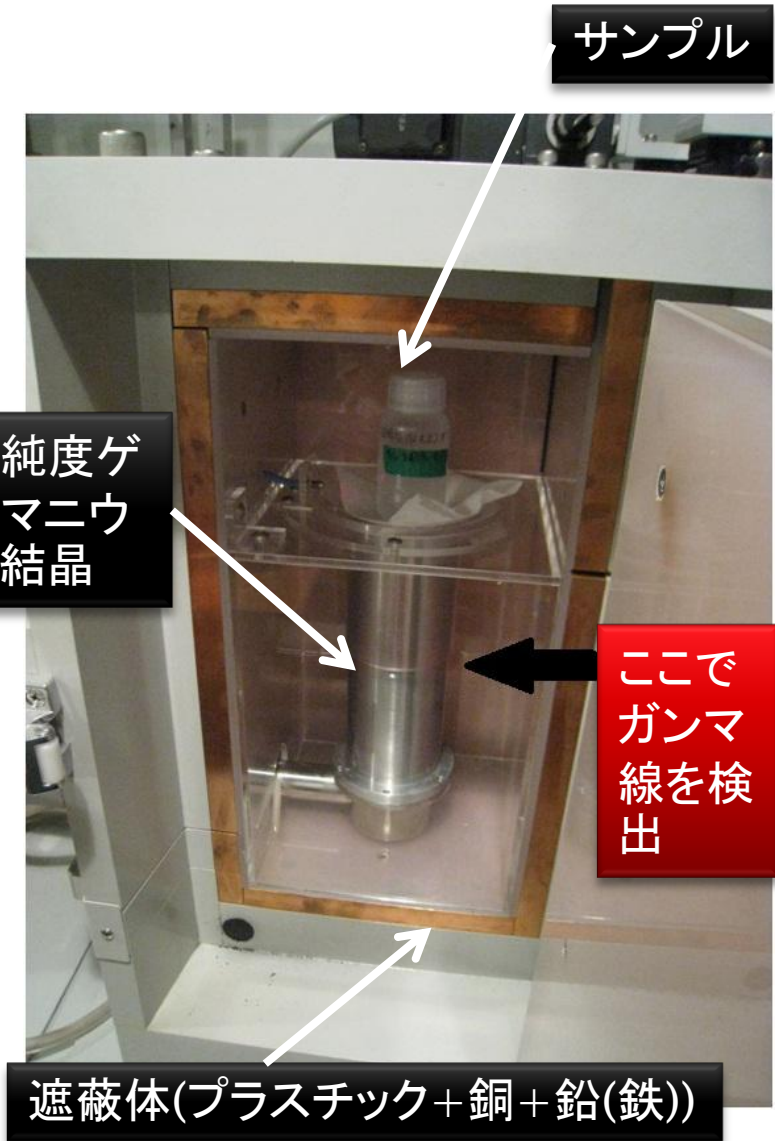
# 核種の測り方の実際

- ▶ 最も測りやすいのはガンマ線
  - 試料の前処理がいらぬ(そのまま測れる)
- ▶  $^{131}\text{I}$ はベータ崩壊、だからベータ線を観測しても良いけど...
  - 分離精製が面倒くさい
  - 放射性廃液が大量に発生する
- ▶  $^{131}\text{I}$ はベータ崩壊時にガンマ線も放出する
  - じゃあガンマ線を測ろう！
- ▶  $^{90}\text{Sr}$ はどうしよう....。
- ▶ ガンマ線の測定法を見てみましょう

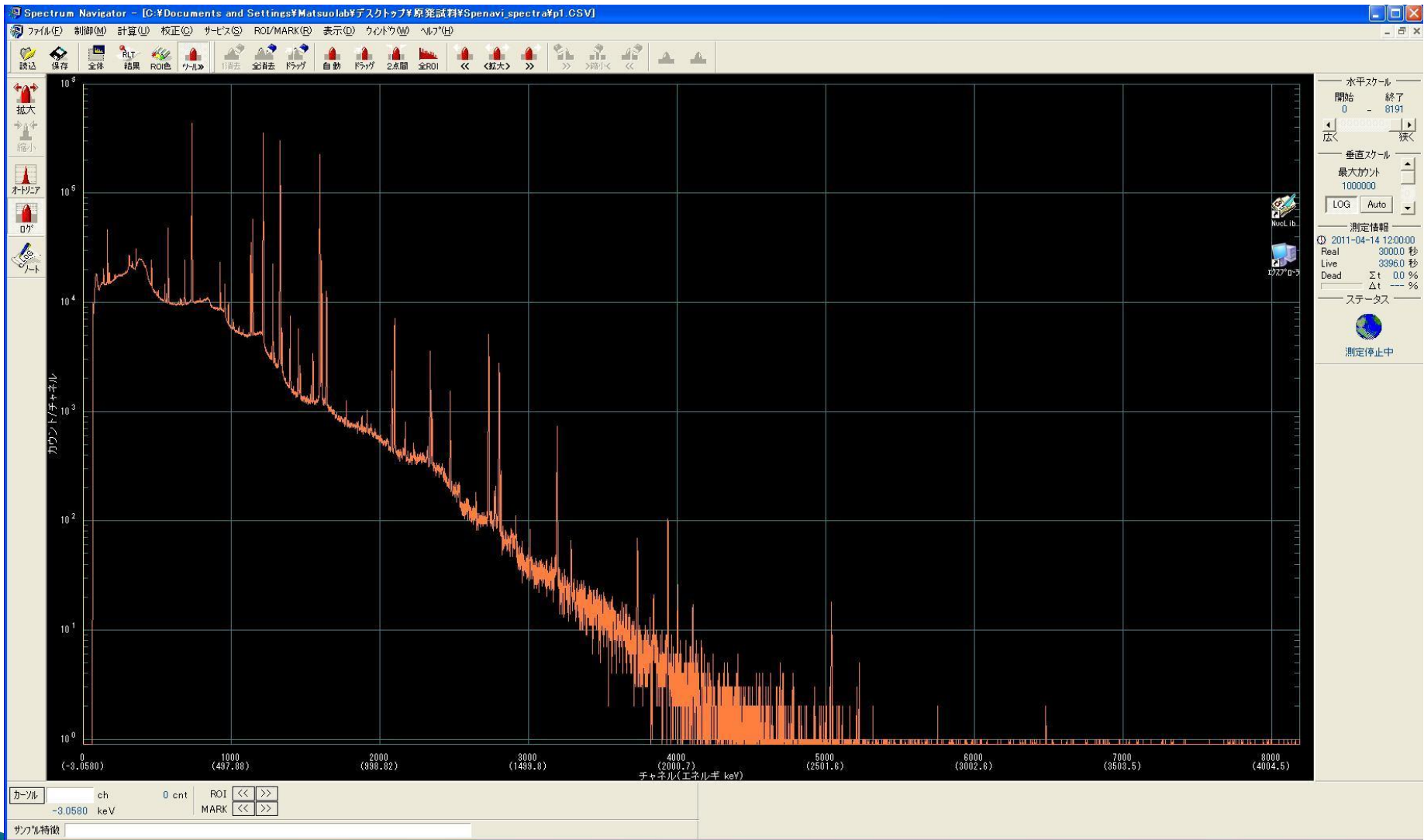
# ゲルマニウム半導体検出器

- ▶ 500Bq/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相当測定条件をシビアにする必要がある

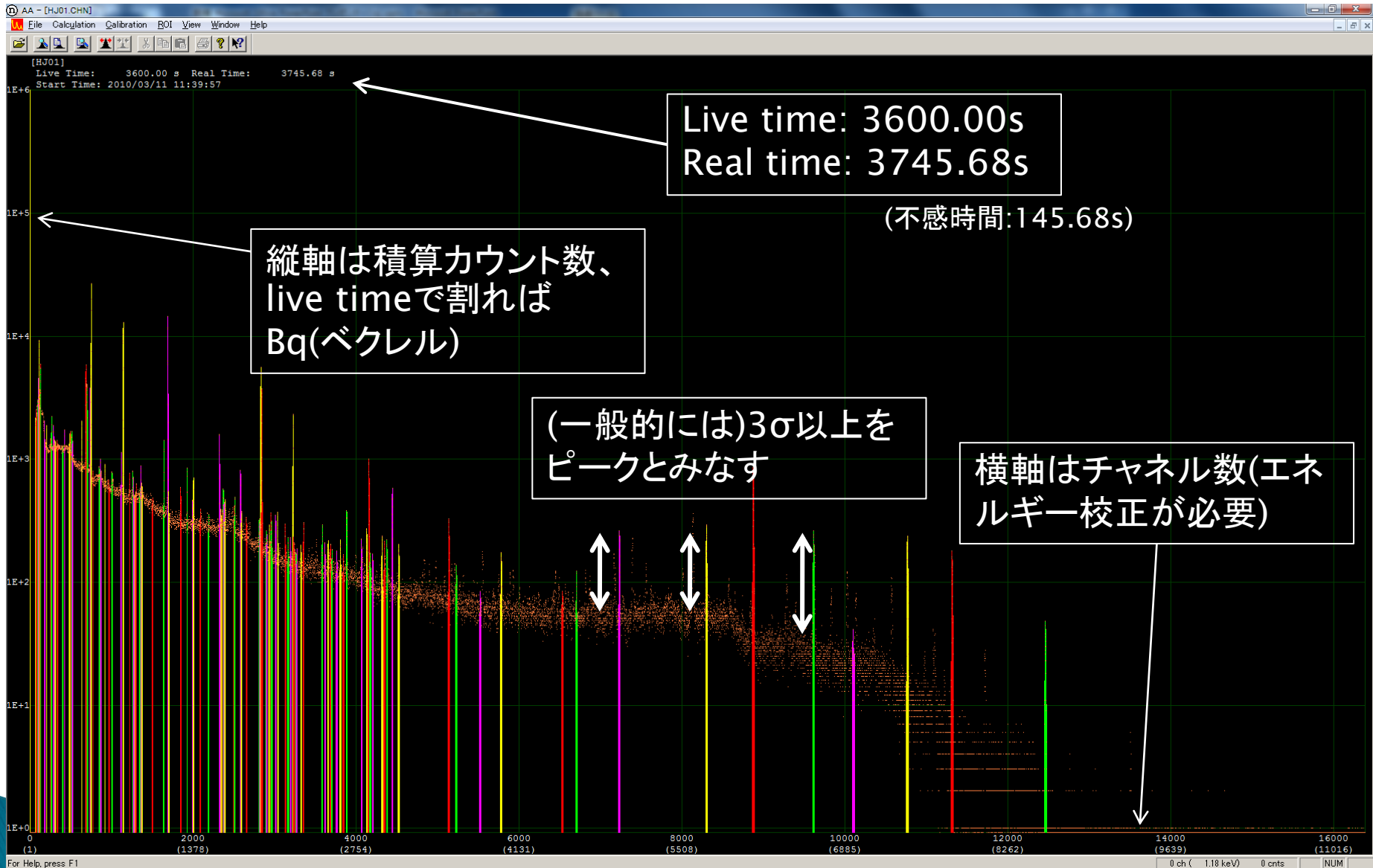
東京大学アイソトープ総合センター内  
ゲルマニウム半導体検出器



# 福島第一原発正門前の植物試料のガンマ線スペクトル



# ガンマ線スペクトルの見方の例



Live time: 3600.00s  
Real time: 3745.68s

(不感時間:145.68s)

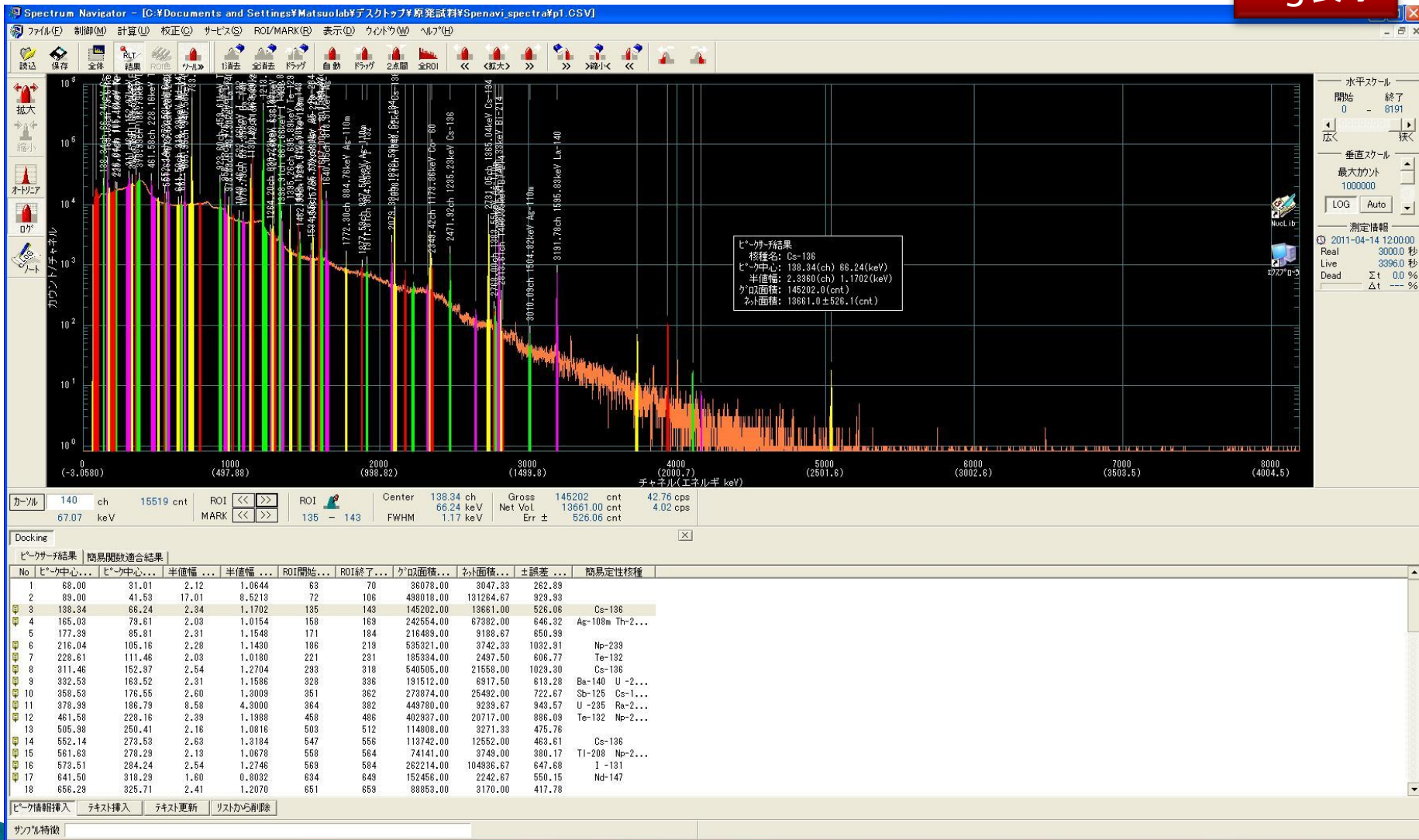
縦軸は積算カウント数、  
live timeで割れば  
Bq(ベクレル)

(一般的には)3σ以上を  
ピークとみなす

横軸はチャンネル数(エネ  
ルギー校正が必要)

# 福島第一原発正門前の植物試料のガンマ線スペクトル

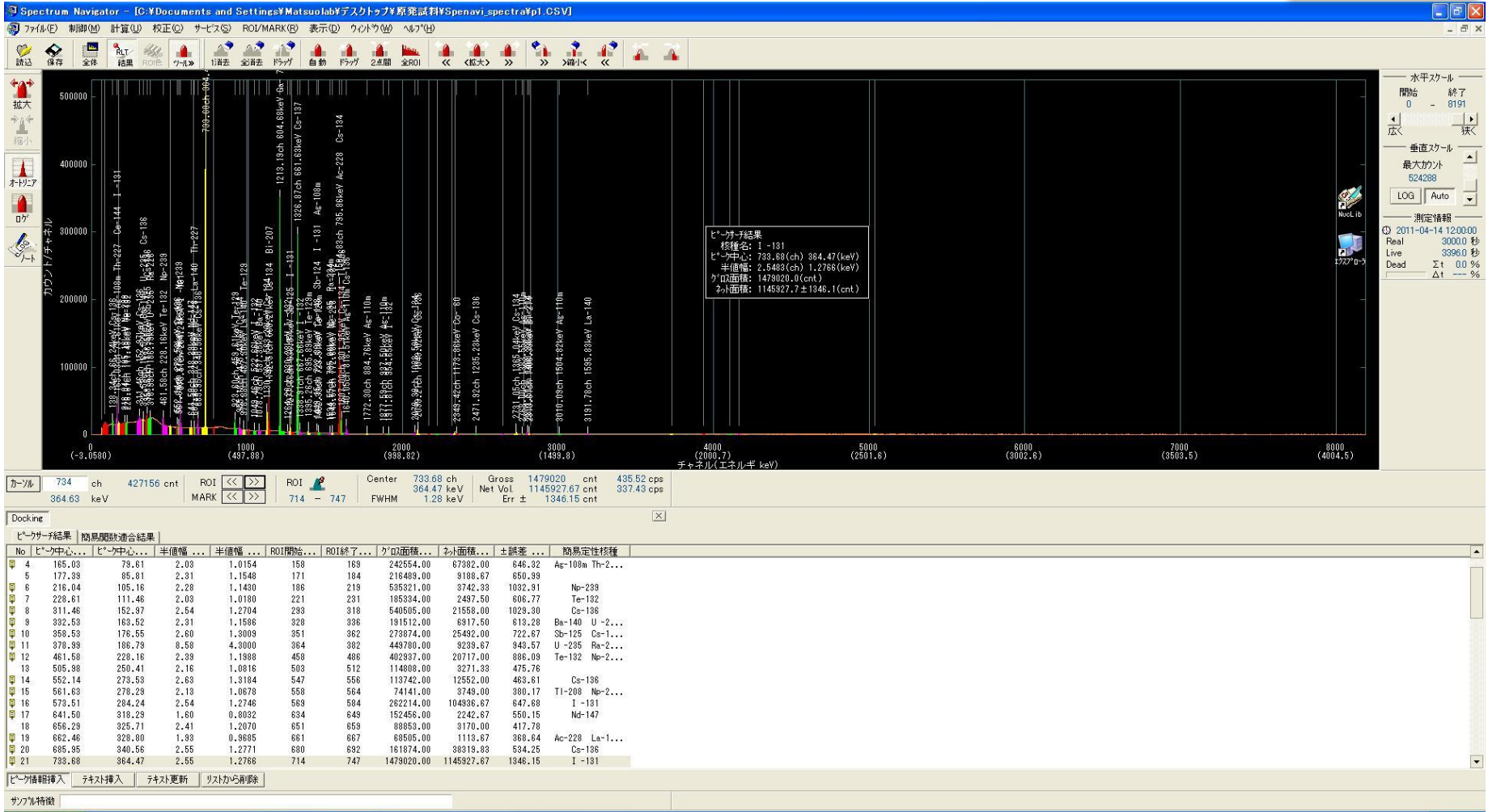
log表示



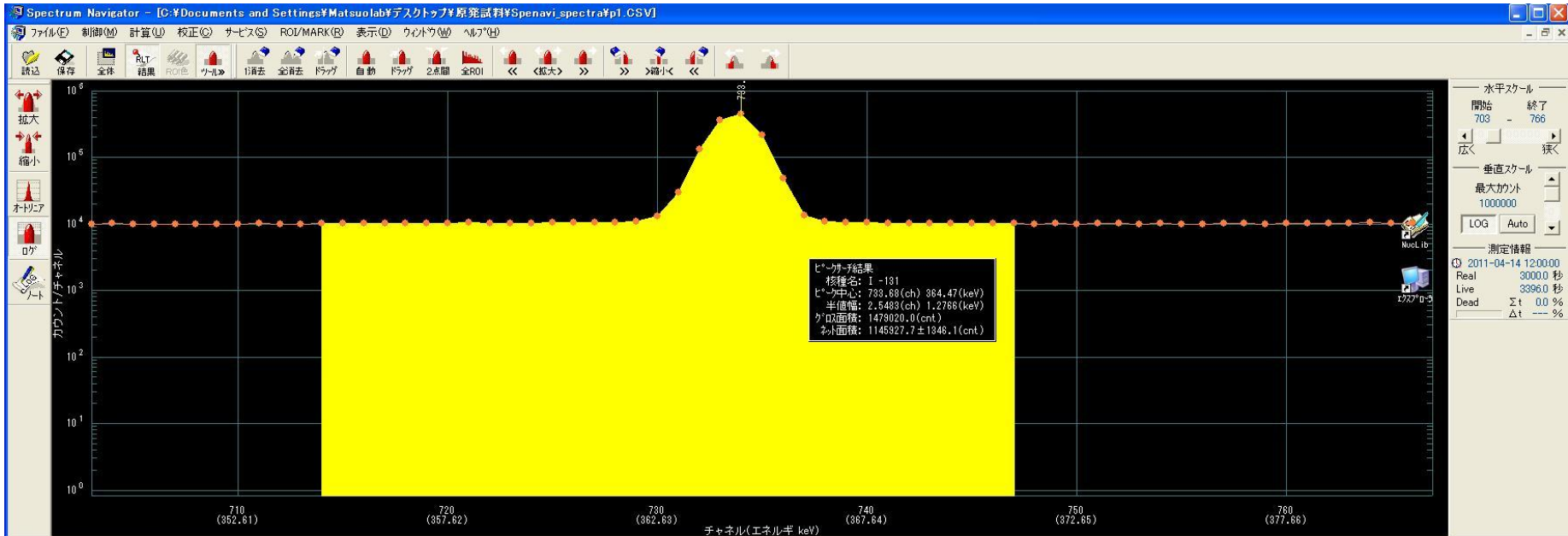


# 福島第一原発正門前の植物試料のガンマ線スペクトル

線形表示



# $^{131}\text{I}$ @364keVのガンマ線ピーク



チャンネル(エネルギー keV)

734 (352.51)      720 (357.82)      730 (362.83)      740 (367.84)      750 (372.85)      760 (377.86)

コントロール    734 ch    427156 cnt    ROI    Center 733.68 ch    Gross 1479020 cnt    435.52 cps  
 364.63 keV    MARK    714 - 747    FWHM    Net Vol 1145927.67 cnt    337.43 cps  
 Err ± 1346.15 cnt

No	ピーク中心...	ピーク中心...	半値幅...	半値幅...	ROI開始...	ROI終了...	クロム面積...	ネット面積...	±誤差...	簡易定性核種
16	573.51	284.24	2.54	1.2748	569	584	282214.00	104936.87	847.68	I-131
17	641.50	319.29	1.60	0.8032	634	649	152456.00	2242.67	550.15	Nd-147
18	656.29	325.71	2.41	1.2070	651	659	88953.00	3170.00	417.78	
19	682.46	328.80	1.93	0.9695	661	667	69505.00	1113.67	368.64	Ac-228 La-1...
20	695.95	340.56	2.55	1.2771	680	692	161874.00	39319.83	534.25	Cs-138
21	733.88	364.47	2.55	1.2766	714	747	1479020.00	1145927.67	1346.15	I-131
22	788.02	391.69	2.08	1.0430	784	791	81982.00	1762.00	402.74	
23	923.60	459.61	2.68	1.3408	918	933	188746.00	41618.50	543.34	Te-129
24	955.18	475.43	2.79	1.3988	951	973	185936.00	17805.67	594.87	Cs-134
25	978.88	487.30	2.95	1.4785	975	989	103489.00	10811.50	442.91	La-140 Te-1...
26	1010.49	503.14	2.70	1.3540	1007	1014	49020.00	3564.00	307.37	
27	1049.46	522.66	3.21	1.6061	1045	1058	75163.00	2878.67	389.39	I-132
28	1078.79	537.35	2.40	1.2047	1073	1089	86780.00	2114.33	414.06	Ba-140
29	1130.38	563.20	2.86	1.4324	1124	1135	151812.00	81442.00	460.63	Cs-134
30	1142.51	569.27	2.91	1.4584	1137	1149	232928.00	167240.83	546.27	Cs-134 Bi-2...
31	1213.19	604.68	2.91	1.4573	1207	1242	1193984.00	1048760.00	1161.90	Ga-74 Cs-1...
32	1264.20	630.23	3.12	1.5606	1261	1269	28443.00	1482.50	235.42	I-132
33	1277.66	636.97	2.95	1.4789	1271	1284	100993.00	60368.00	376.16	Sb-125 I-1...

γ線用ゲージ LIV

核種固有パラメータ

核種名: I - 131      親核種名:

半減期: 8.04000E+000 日      核種属性: A

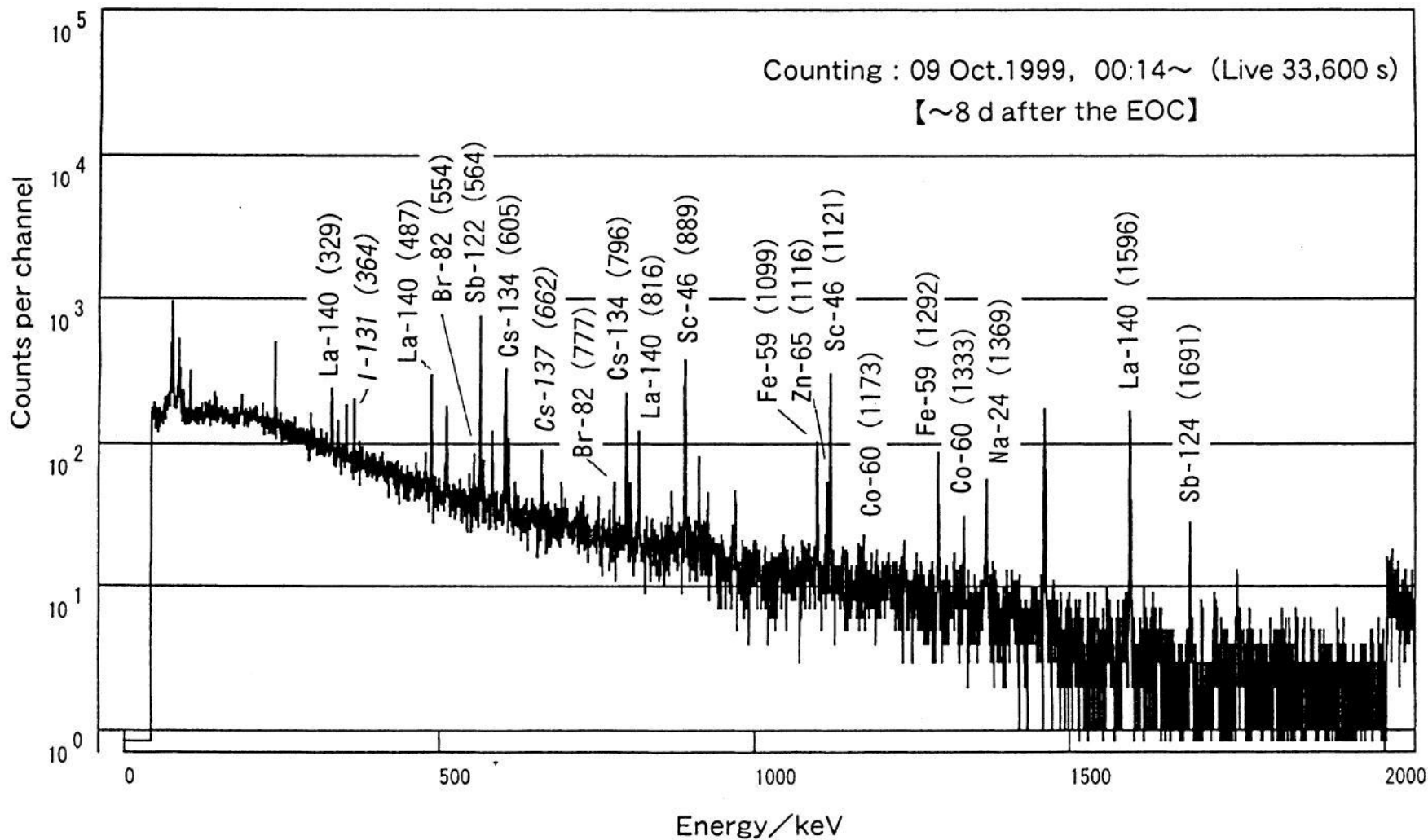
定量ピーク:      登録数: 1     

Pr	エネルギー	放出率(%)	ピーク属性
1	364.4800	81.0000	

妨害テーブルピーク:      登録数: 4     

Pr	エネルギー	放出率(%)	ピーク属性
0	80.1830	2.6000	
0	284.2980	6.0000	
0	636.9730	7.2000	
0	722.8930	1.8000	

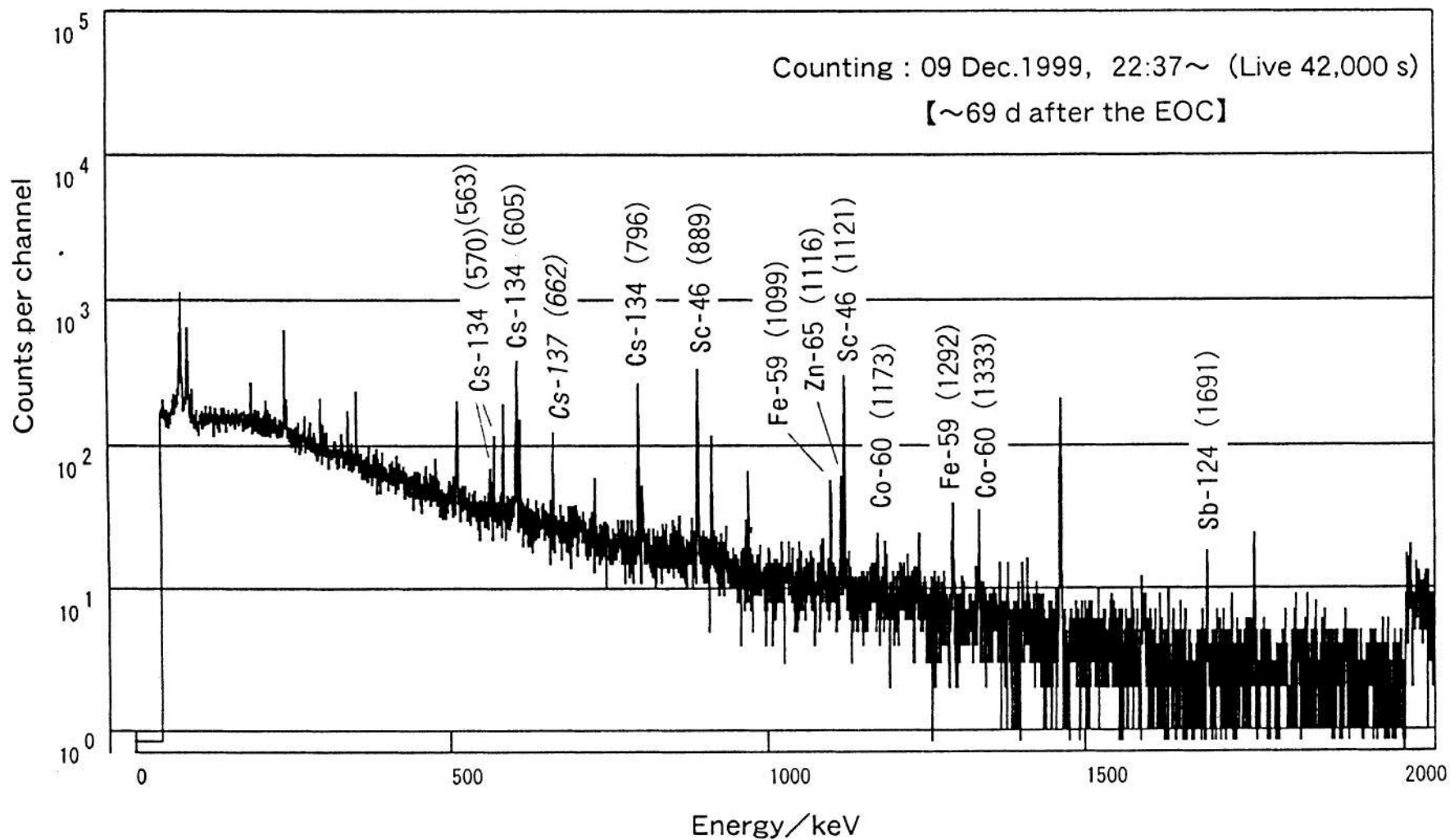
# (参考)JCO事故のガンマ線スペクトル(土壌)1



Nakanishi *et al.*, *J. Environ. Radioactivity*, 50, 61-68, 2000



# (参考)JCO事故時のガンマ線スペクトル(土壌)2

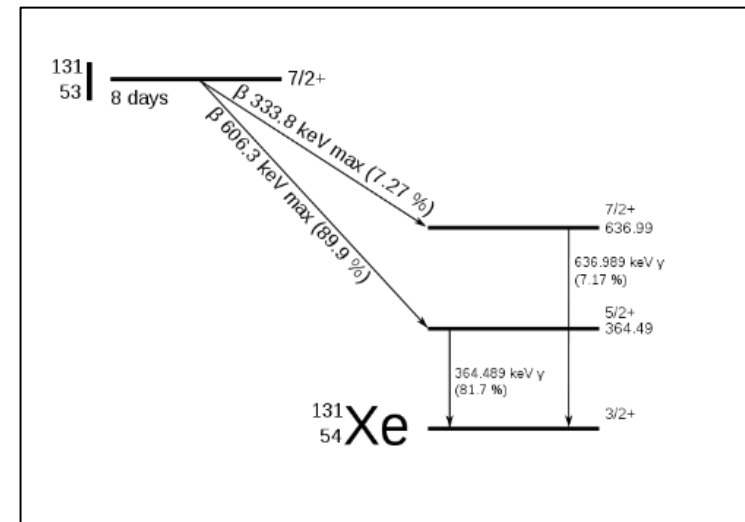


Nakanishi *et al.*, *J. Environ. Radioactivity*, 50, 61-68, 2000



# [重要！]放射能(Bq)の計算

- ▶ 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
- ▶ 親核種と娘核種の間係を考慮する



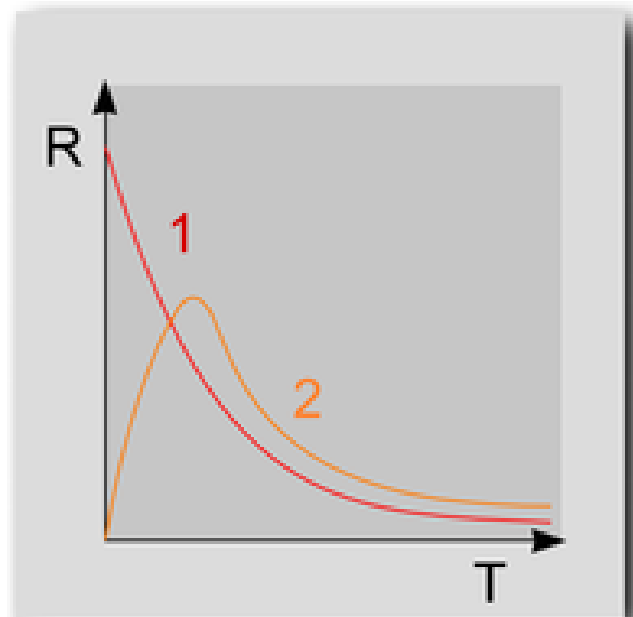
- 放射性核種が壊変し、新たな放射性核種が生じるとき、生じた核種を娘核種といい、元の核種を親核種と呼ぶ。
- 親核種の半減期を $T_1$ 、娘核種の半減期を $T_2$ とするとき $T_1$ と $T_2$ の大きさで 1)過渡平衡、2)永続平衡、3)放射平衡が成立しない場合に分かれる。

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

# 過渡平衡と永続平衡

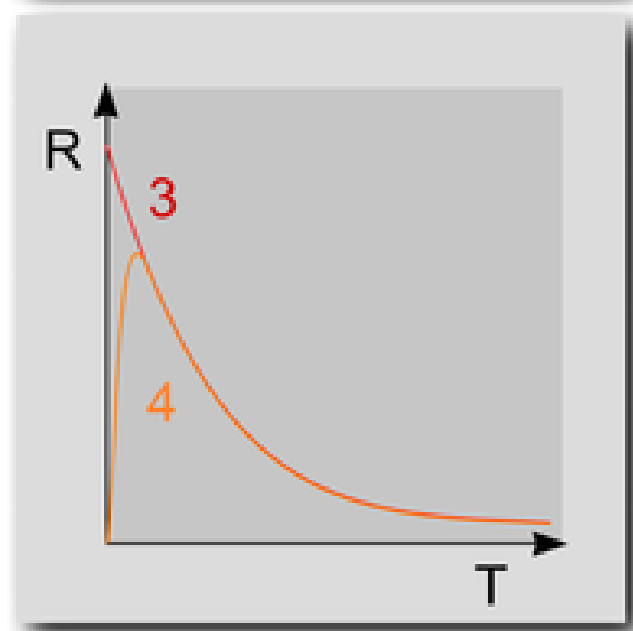
## 過渡平衡

- ▶ 娘核種の放射能が親核種の放射能を追い越して、両者の比率が平衡状態になる状態を指す

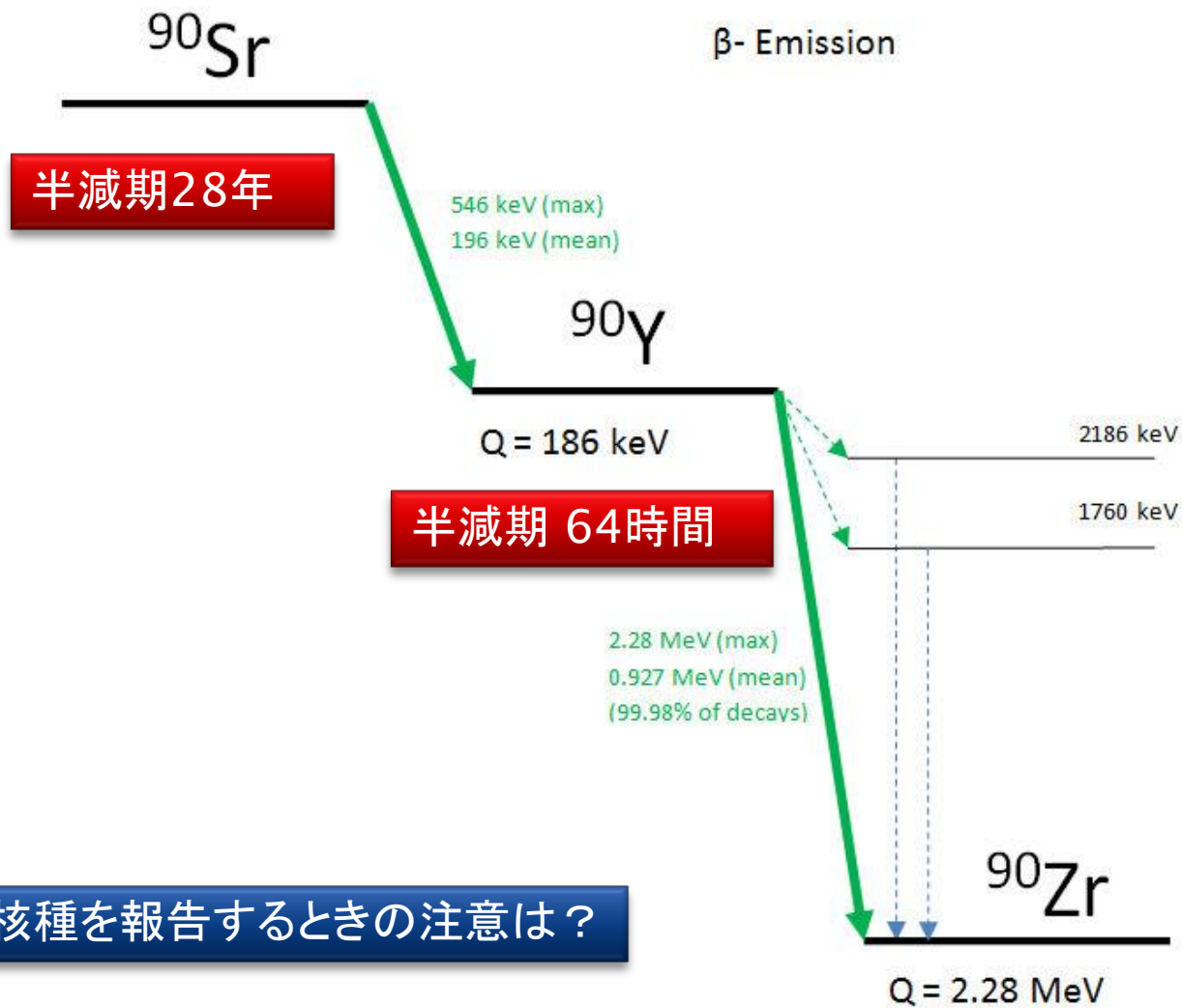


## 永続平衡

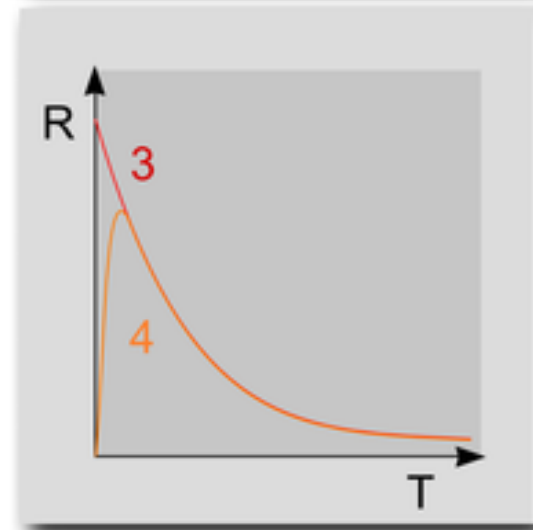
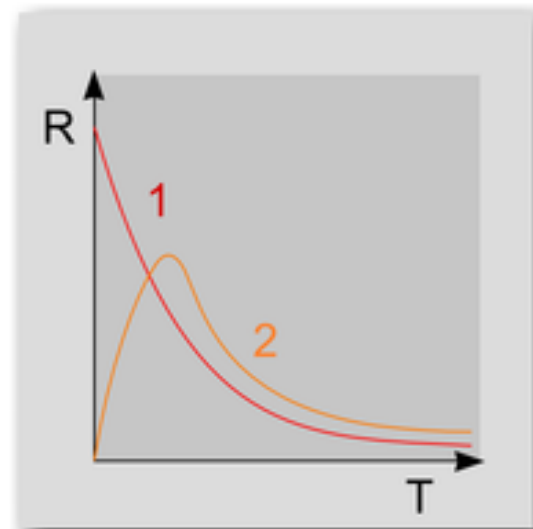
- ▶ 親核種の半減期が娘核種の半減期より圧倒的に長い場合、親核種の崩壊が娘核種の量を定める。親核種の放射能と娘核種の放射能は等しくなり、親核種の半減期に沿って時間と共に減衰。



# $^{90}\text{Sr}$ は過渡平衡？永続平衡？



核種を報告するときの注意は？



# 東電敷地内土壌の放射性物質(4月6日プレスリリース)

\*4 放射平衡を形成している親核種と娘核種については、双方の放射能濃度を確認し、同等(1オーダー以内)であれば親核種と娘核種の放射能濃度を上表に記載する。娘核種(特に短半減期核種が対象)が親核種に比べて極端に大きい(2オーダー以上)場合は、親核種の放射能濃度で評価し、親核種の放射能濃度を上表に記載する。(I-132は親核種であるTe-132で評価)

(単位:Bq/kg・乾土)

試料採取場所	【定点①】*1 グラント (西北西約500m)*2			【定点②】*1 野鳥の森 (西約500m)*2		【定点③】*1 産廃処分場近傍 (南南西約500m)*2		④5,6号機サービス ビル前 (北約1,000m)*2	⑤固体廃棄物貯 蔵庫1,2棟近傍 (北約500m)*2	⑥南南西 約500m*2	⑦南南西 約750m*2	⑧南南西 約1,000m*2	
	試料採取日	3/21	3/25	3/28	3/25	3/28	3/25	3/28	3/25	3/22	3/22	3/22	3/22
分析機関	JAEA	JAEA	日本分析 センター *3	JAEA	日本分析 センター *3	JAEA	日本分析 センター *3	JAEA	JAEA	JAEA	JAEA	JAEA	JAEA
測定日	3/24	3/28	3/30	3/28	3/30	3/28	3/30	3/28	3/25	3/25	3/24	3/25	
核 種	I-131(約8日)	5.8E+06	5.7E+06	3.8E+06	3.0E+06	3.9E+04	1.2E+07	2.6E+06	4.6E+05	3.1E+06	7.9E+05	2.2E+06	5.4E+06
	I-132(約2時間)	*4	*4	2.3E+05	*4	1.3E+02	*4	1.5E+05	*4	*4	*4	*4	*4
	Cs-134(約2年)	3.4E+05	4.9E+05	5.3E+05	7.7E+04	3.2E+02	3.5E+06	9.7E+05	6.8E+04	9.5E+05	8.7E+03	1.7E+04	1.6E+05
	Cs-136(約13日)	7.2E+04	6.1E+04	3.3E+04	1.0E+04	2.8E+01	4.6E+05	6.9E+04	8.6E+03	1.1E+05	1.9E+03	2.2E+03	2.5E+04
	Cs-137(約30年)	3.4E+05	4.8E+05	5.1E+05	7.6E+04	3.2E+02	3.5E+06	9.3E+05	6.7E+04	1.0E+06	2.0E+04	1.6E+04	1.6E+05
	Te-129m(約34日)	2.5E+05	2.9E+05	8.5E+05	5.3E+04	ND	2.7E+06	6.0E+05	2.8E+04	8.9E+05	9.5E+03	1.9E+04	1.7E+05
	Te-132(約3日)	6.1E+05	3.4E+05	3.0E+05	6.5E+04	1.4E+02	3.1E+06	2.0E+05	3.2E+04	1.9E+06	2.1E+04	3.9E+04	3.8E+05
	Ba-140(約13日)	1.3E+04	1.5E+04	ND	2.5E+03	ND	ND	ND	ND	8.0E+04	ND	ND	ND
	Nb-95(約35日)	1.7E+03	2.4E+03	ND	ND	ND	5.3E+03	ND	ND	8.1E+03	ND	ND	7.9E+02
	Ru-106(約370日)	5.3E+04	ND	ND	6.4E+03	ND	2.7E+05	ND	ND	6.8E+04	1.9E+03	ND	3.2E+04
	Mo-99(約66時間)	2.1E+04	ND	ND	ND	ND	6.6E+04	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Tc-99m(約6時間)	2.3E+04	2.0E+04	ND	ND	ND	4.5E+04	ND	1.8E+03	2.3E+04	ND	ND	8.3E+03
	La-140(約2日)	3.3E+04	3.7E+04	ND	2.3E+03	ND	9.7E+04	ND	2.5E+03	2.1E+05	4.2E+02	6.2E+02	7.8E+03
	Be-7(約53日)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.2E+04	ND	ND	ND
	Ag-110m(約250日)	1.1E+03	2.6E+03	ND	ND	ND	ND	ND	1.7E+02	1.8E+04	ND	ND	ND

\*1 定点で、「グラント」「産廃処分場近傍」は、過去のサンプリングポイントが重ならないよう隣接地を、「野鳥の森」は同じポイントを深さ方向にサンプリング

\*2 1,2号機スタックからの距離

\*3 日本分析センターにおける分析結果は、試料採取時までの半減期補正を行っていない

\*4 放射平衡を形成している親核種と娘核種については、双方の放射能濃度を確認し、同等(1オーダー以内)であれば親核種と娘核種の放射能濃度を上表に記載する。娘核種(特に短半減期核種が対象)が親核種に比べて極端に大きい(2オーダー以上)場合は、親核種の放射能濃度で評価し、親核種の放射能濃度を上表に記載する。(I-132は親核種であるTe-132で評価)



# 食品中の放射性物質の暫定基準値

核種		暫定基準値 (Bq/kg)	WHOガイドライン (Bq/kg)
放射性ヨウ素( $^{131}\text{I}$ )	飲用水	300	10
放射性セシウム ( $^{134+137}\text{Cs}$ )	飲用水	200	10
	穀類	500	
超ウラン元素(Puなど)	飲用水	1	1

( $^{137}\text{Cs}$ として、ベラルーシ基準)

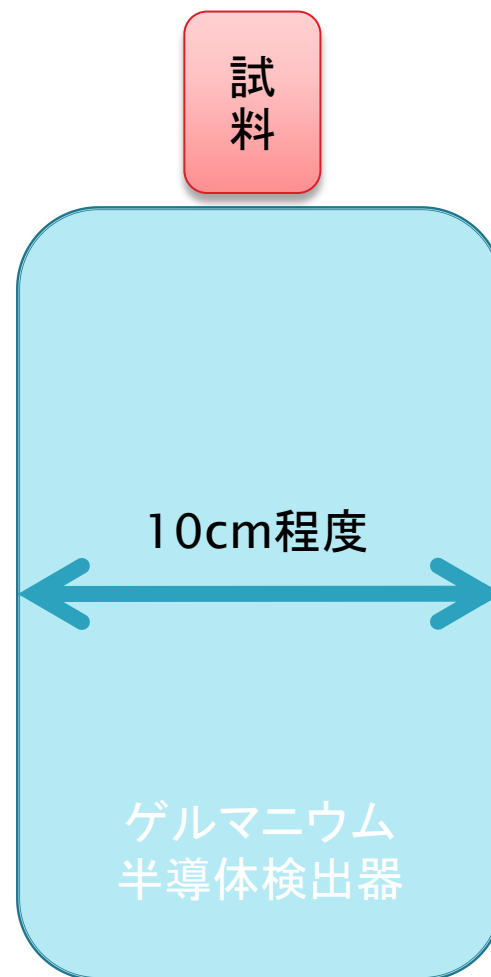
小麦粉60Bq/kg  
飲料水10Bq/kg  
バター100Bq/kg

( $^{137}\text{Cs}$ として、日本基準)  
穀類250Bq/kg

最も大きな基準値である「放射性セシウムの穀類」500Bq/kgを考えてみましょう

# どうやって測っている？(1)

- ▶ 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100g程度
- ↓
- ▶ 検出器上では「50Bq/100g」が暫定基準値(元々500Bq/kg)





## どうやって測っている？(3)

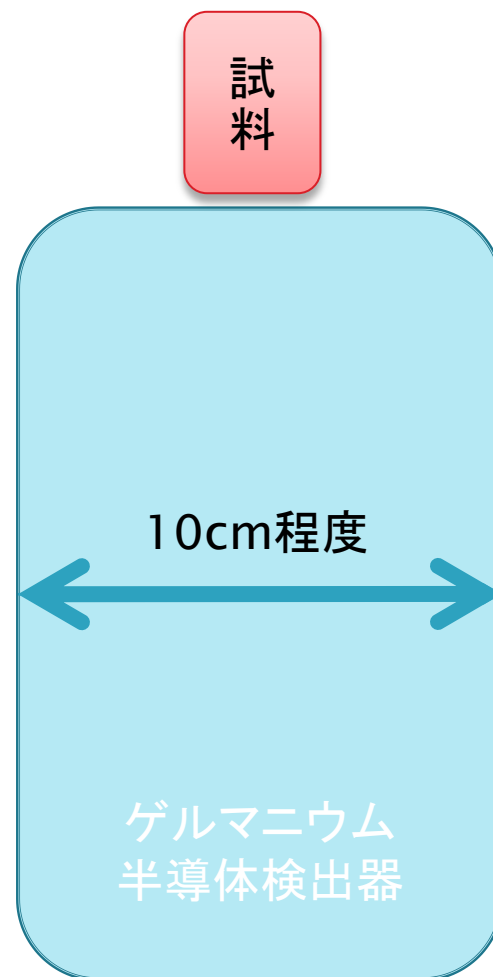
- ▶ 「放射性セシウム」というのは $^{134}\text{Cs}$ と $^{137}\text{Cs}$ の合算値



- ▶ 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 $0.25\text{Bq}/100\text{g}$ が暫定基準値





## 暫定基準値は500Bq/kgですが...

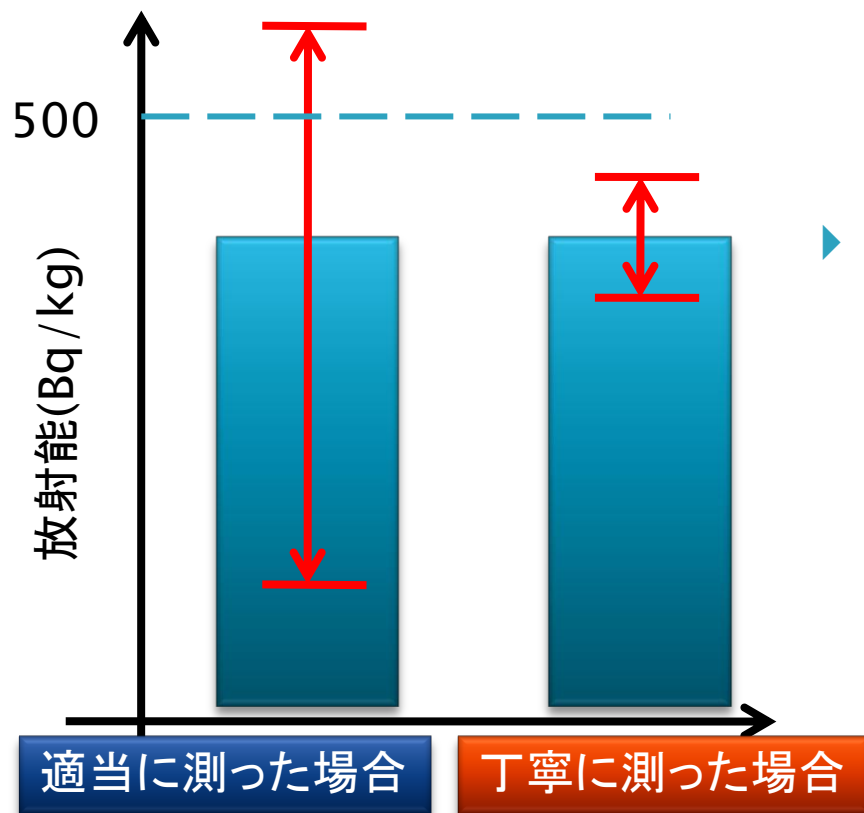
- ▶ 測定の現場では $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ が0.25Bq/100g越えていれば、「基準値超過」です。
- ▶ 0.25Bq(/100g)とは4秒間に1回崩壊する速度です。
- ▶ 放射線は確率で崩壊しますので、崩壊の感覚が「急に早く」なったり「急に遅く」なったりする揺らぎがあります。
- ▶ 0.25Bq(/100g)の揺らぎの影響を少なくするためには、数時間の測定が必要

# 「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。(このような測定の場合、NDになるかもしれません)
- ▶ 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)
- ▶ 500Bq/kgの基準値の判定なら、Ge半導体検出器で最低でも1時間以上の測定が必要です。

# 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、500Bq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。

## 食品中の放射性物質の暫定基準値(2)

核種		暫定基準値 (Bq/kg)	WHOガイドライン (Bq/kg)
放射性ヨウ素( $^{131}\text{I}$ )	飲用水	300	10
放射性セシウム ( $^{134+137}\text{Cs}$ )	飲用水	200	10
	穀類	500	
超ウラン元素(Puなど)	飲用水	1	1

( $^{137}\text{Cs}$ として、ベラルーシ基準)

小麦粉60Bq/kg  
飲料水10Bq/kg  
バター100Bq/kg

( $^{137}\text{Cs}$ として、日本基準)  
穀類250Bq/kg

500Bq/kg基準の放射性セシウムで、0.25Bq/100gの $^{134,137}\text{Cs}$ を見えています。超ウラン元素の1Bq/kgはもっともっと大変な精度が求められます。



# 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

# GM計数管のしくみ (Newton「原発のしくみと放射能」)

著作権の都合上、空欄にしておきます

# GM計数管...窓からは $\beta$ 線、周り(金属部)からは $\gamma$ 線

著作権の都合上、空欄にしておきます

(Newton「原発のしくみと放射能」)

# NaIシンチレーションカウンターの仕組み

著作権の都合上、空欄にしておきます

(Newton「原発のしくみと放射能」)



# シンチレーターは $\gamma$ だけ！

著作権の都合上、空欄にしておきます

(Newton「原発のしくみと放射能」)

# 電離箱式、PD個人線量計

(Newton「原発のしくみと放射能」)

著作権の都合上、空欄にしておきます

このほかにもフリッケ線量計(~300Gy)、セリウム線量計( $10^3 \sim 10^5$ Gy)、蛍光ガラス線量計などがある

測定器から出る音 = 放射線1発



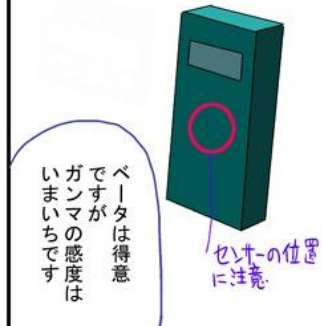
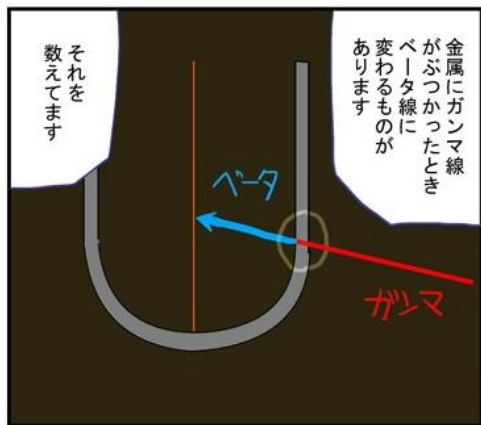
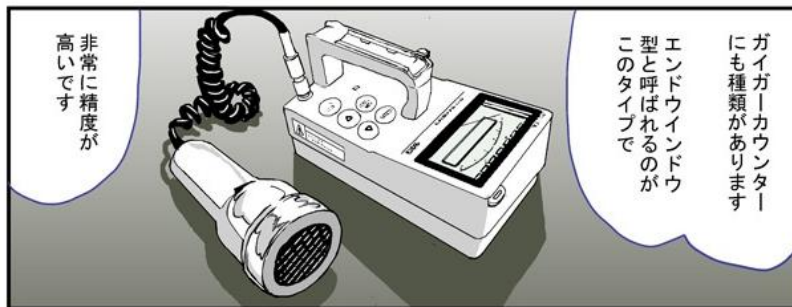
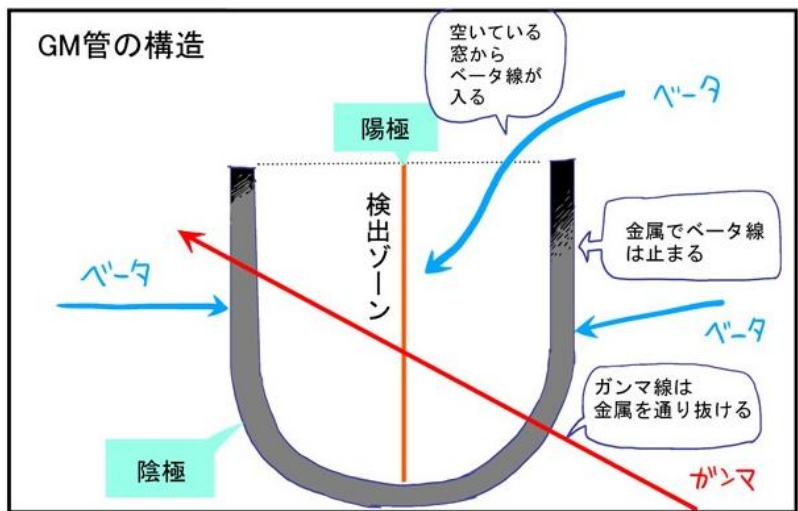
日立アロカ社ウェブサイトより

- ▶ この音、一秒間に何回鳴っていますか？
- ▶ その数が「ベクレル」です。

ここで福島第一原子力発電所から採取して来た試料の放射能を測ってみます。

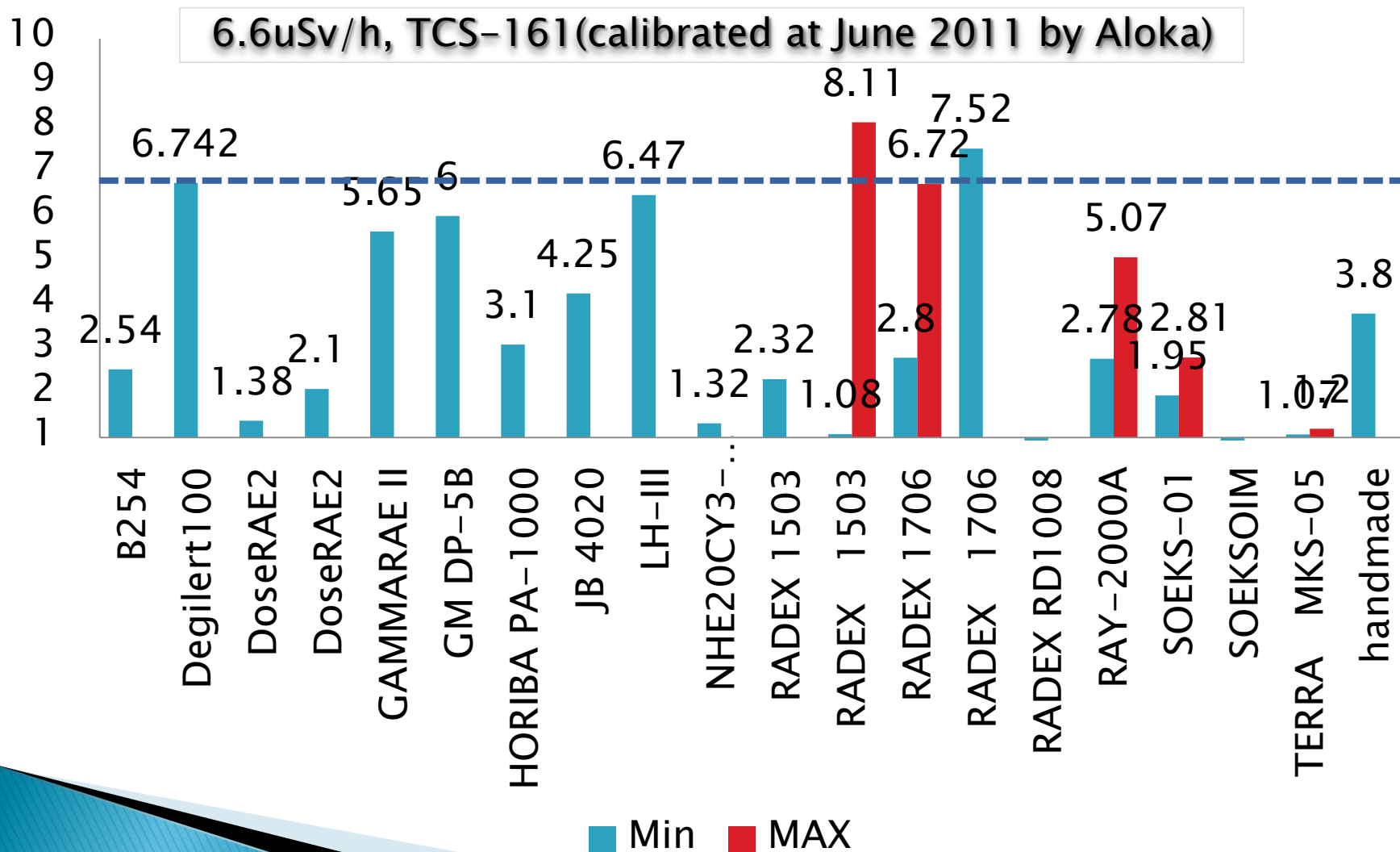
# (参考)放射能の正しい測り方 / KEK野尻美保子先生解説

<http://p.booklog.jp/book/30823>





# 以前の勉強会での測定結果

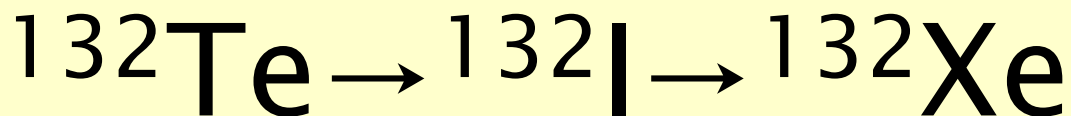


# 線量計の正しい見方は

- ▶ 本来なら、『標準線源』を用いて線量値の校正を行うべき。
- ▶ でも校正作業ってコストが...
- ▶ 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。
  - **ミニホットスポット**を見つけて！
- ▶ 世田谷の $^{226}\text{Ra}$ 発見ももともとはこういった関心がきっかけ

# 化学分野からの課題(#1)

- ▶ ゲルマニウム半導体検出器を用いて核種分析をした場合、講義の中で触れた注意点を参考に、核種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

# (来週の講義)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

## ▶ サンプル別の特性(植物、土壌、水...)

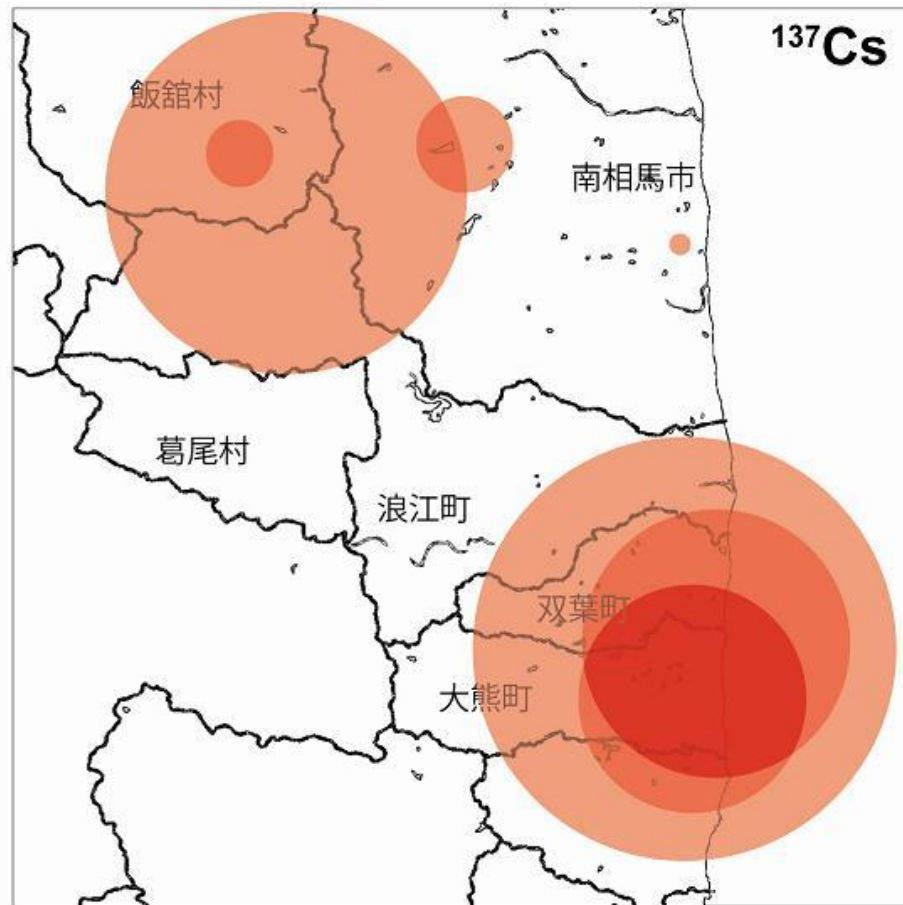
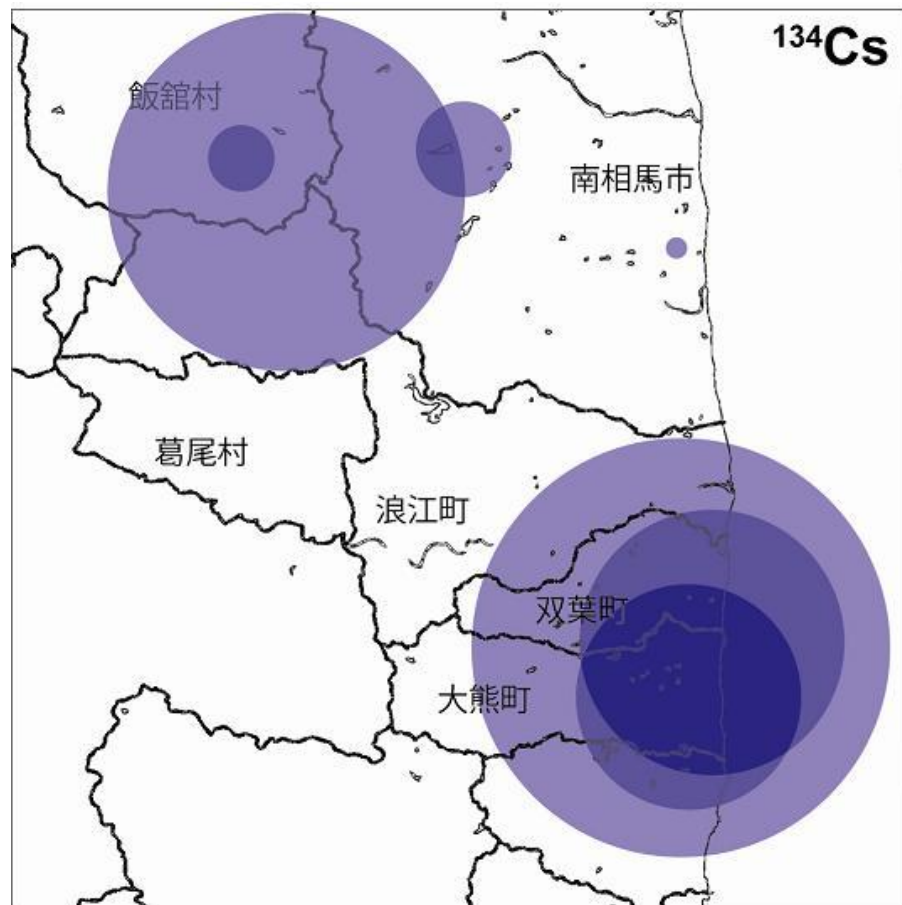
- ▶ 前回の講義で「測定上の問題」を議論した。その結果を踏まえて、環境中試料に含まれる放射性物質の挙動について議論したい。

サンプル別、地域別の核種の挙動を理解して欲しい



# 福島第一原子力発電所周辺の放射線量

▶  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ と $^{131}\text{I}$ ,  $^{91}\text{Sr}$ ( $^{91}\text{Y}$ )との比較を例に



# 福島第一原子力発電所前にて(2011年4月)

