

これ（って、次ページ以降のこと）は、ぼくの web 上の解説「放射線と原子力発電所事故についてのできるだけ短くてわかりやすく正確な解説」（URL は、<http://www.gakushuin.ac.jp/~881791/housha/> だが、Google で「放射線 田崎晴明」とでも検索すれば上位にでる）の付録のプレゼンテーションスライドである。ぼくが講演に用いたものに手を加えて（もともとは Keynote の（←ぼくは「パワーなんとか」は使ったことない！）プレゼンテーションファイルだが）pdf 化したものを公開する。

こういったスライドというのは、あくまで、口頭での詳しい説明や身振り手振りと合わせて、プレゼンテーションに使うためのものであることを忘れないでほしい。スライドだけを読んで内容を正確に理解するのは（もともと分かっていない限り）不可能だ。スライドは、ごく大ざっぱな話を知るため、あるいは、既に内容を理解している人が他人に説明する際の補助手段として利用すべきだと思う（近年、スライドを公開することが「情報発信」になると思っている人が多いようだが、これは文化全体にとってきわめて危険な兆候だとぼくは考えている（みんな馬鹿になる！ ある意味でテレビより質（たち）が悪い））。

このスライドに対応する内容のほとんどは、ぼくの解説「シーベルトとかベクレルって何？」、「ベクレル、グレイ、シーベルト」、「地表のセシウムによるガンマ線の空間線量率」などで詳しく取り上げてある。正確に理解するためにはそちらをご覧いただきたい（上記解説の目次ページをご覧ください。ほかにも色々あります）。特に、このスライドで他人に説明する人は（もともと知識を持っているのでなければ）必ずもとの解説を熟読して理解してほしい。

このスライドは田崎晴明の著作物だが、プレゼンテーションや勉強会などで自由に利用していただいてかまわない。また、内容の全部、一部を別のプレゼンテーション、資料、著作等で再利用するのも自由である。ただし、クレジットを明記している写真等については再利用の際にもクレジットをそのまま残さなくてはいけない。なお、いつでもスライドの最新版を配布したいので、ファイルの再配布は禁止する。必要な場合は、以下の URL を参照していただきたい。そこに、いつでも最新版を置くようにする。



ベクトル、グレイ、  
シーベルト

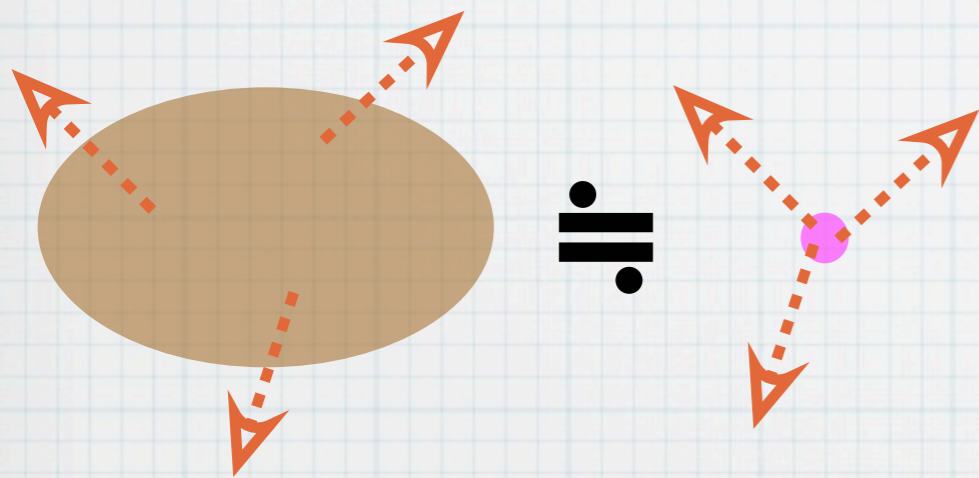


# ベクレルって何？

ベクレル (Bq) は「放射性物質の量」の単位  
重さや体積ではなく「放射能」で量を測る

1 Bq の放射性物質

平均で 1 秒に 1 回  
不安定な原子核が崩壊



Bq で表わした量が等しければ、出てくる放射線は  
だいたい同程度

4000 Bq のカリウム 40 は 0.015 g

(大人の体内には、これくらいの量のカリウム 40 がある。)

4000 Bq のセシウム 137 は

$1.2 \times 10^{-9} \text{ g} = 0.00000000012 \text{ g}$



# ベクレルとモル、グラム

1 Bq の放射性物質は、

$$2.40 \times 10^{-24} \times T \text{ モル}$$

$$2.40 \times 10^{-24} \times T \times A \text{ グラム}$$

$T$  放射性物質の半減期 (単位は秒)

$A$  不安定原子核の質量数



計算してみよう  
(気が向いたら)

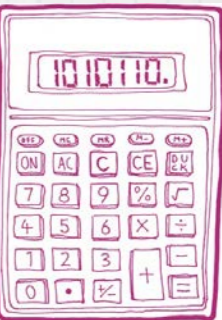


illustration by Andy Martin

例 セシウム 137 ( $A = 137$ 、半減期 30 年)

原発からの全放出量の  $1.5 \times 10^{16}$  Bq は

$$1.5 \times 10^{16} \times 2.40 \times 10^{-24} \times (30 \times 365 \times 24 \times 60^2) \simeq 34 \text{ モル}$$

前のページでみたように、4000 Bq は

$$4000 \times 2.40 \times 10^{-24} \times (30 \times 365 \times 24 \times 60^2) \times 137 \simeq 1.2 \times 10^{-9} \text{ グラム}$$



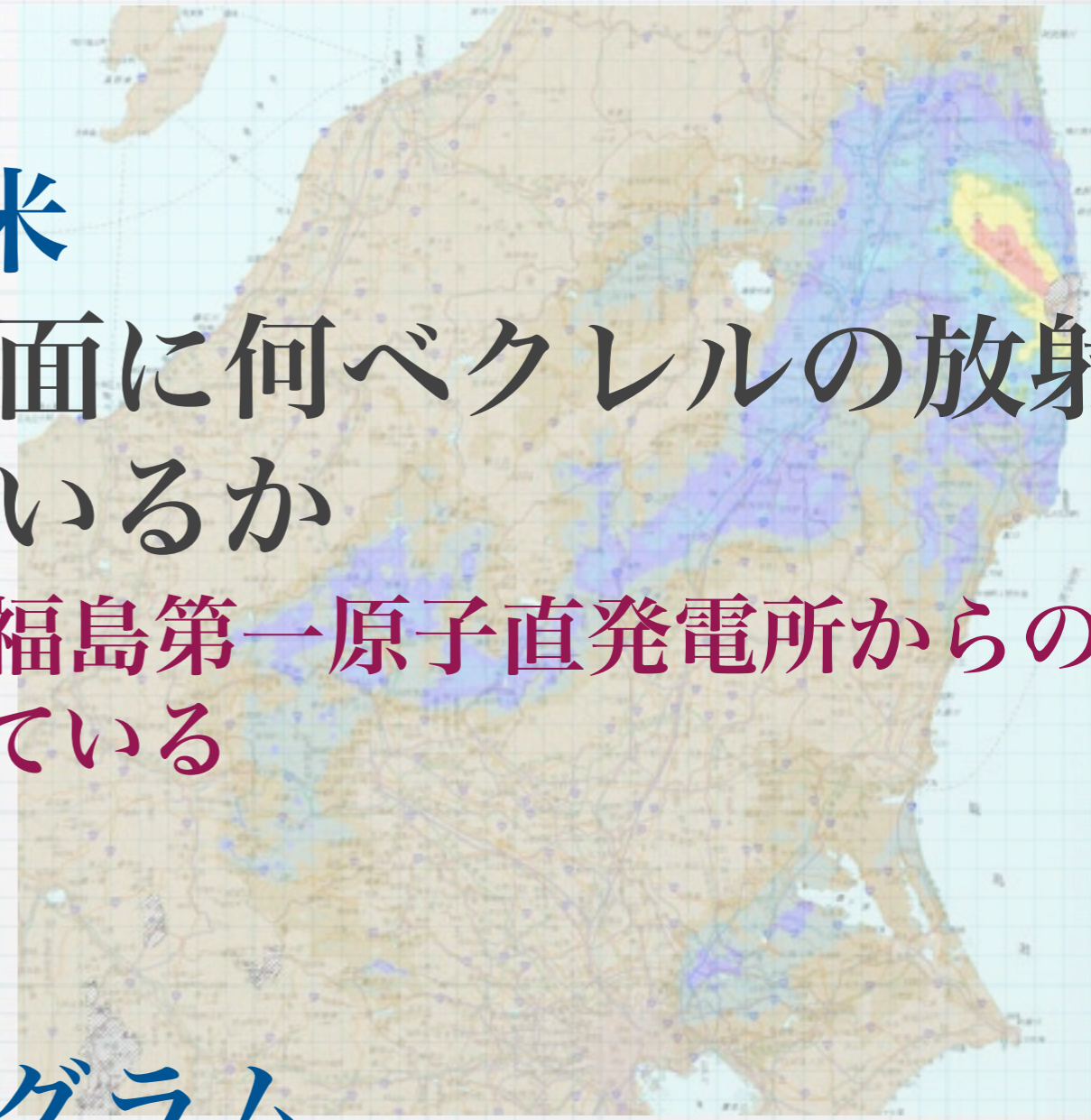
# ベクレルに関連する単位

## 地面の汚染

Bq/m<sup>2</sup> ベクレル毎平米

1 平方メートルの地面に何ベクレルの放射性物質がくっついているか

現在、広い範囲の土地に福島第一原子直発電所からの放射性セシウムが付着している



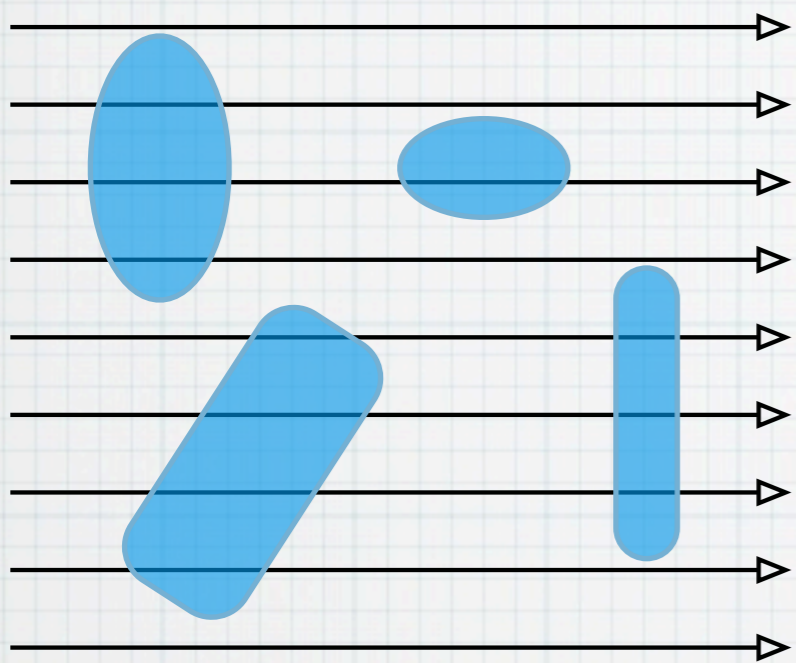
## 食品や土壌の汚染

Bq/kg ベクレル毎キログラム

1 キログラムの食品、土壌、水などの中に何ベクレルの放射性物質が入っているか



# 吸収線量とグレイ



色々な形、大きさ、密度の  
物体を、一定の時間、一様な  
放射線の流れの中に置く  
(放射線は物体をほとんどすり抜ける)

$$\text{(物体が吸収したエネルギー)} = \text{(吸収線量)} \times \text{(物体の質量)}$$

重ければ重いだけ、たくさん吸収!

吸収線量の単位は  $\text{J/kg} = \text{Gy}$  (グレイ)

吸収線量がわかれば、放射線を浴びた物体への影響がわかる



# シーベルトとは？

シーベルト (Sv) は**実効線量**の単位

**実効線量** 被ばくによって体が受けた (かもし  
れない) ダメージの目安

こちらは後で

**実効線量 = 外部被ばくの実効線量  
+ 内部被ばくの実効線量**



ガンマ線の外部被ばくの場合、  
**実効線量**は体の**吸収線量**と  
ごく大ざっぱに等しい  
( $Sv = Gy = J/kg$ )

正確には、実効線量には各組織の吸収線量の相違、組織の敏感さも取り入れられている  
実用的には、線量計で測定できる周辺線量当量あるいは個人線量当量を用いて外部被ばくの実効線量を推定する



# 普通に使う単位



1シーベルトも被ばくすることはあり得ない  
もっと小さな被ばくを表わす単位を使う

ミリシーベルト (mSv)

$1 \text{ mSv} = 0.001 \text{ Sv}$ ,  $1 \text{ Sv} = 1000 \text{ mSv}$

マイクロシーベルト ( $\mu\text{Sv}$ )

$1 \mu\text{Sv} = 0.001 \text{ mSv} = 0.000001 \text{ Sv}$

$1 \text{ mSv} = 1000 \mu\text{Sv}$ ,

$1 \text{ Sv} = 1000000 \mu\text{Sv}$



# 通常はどれくらい被ばくするか？

原子力とは関係なく、人は日頃から放射線を被ばくしている

地面・宇宙からの放射線

ラドンの吸入、カリウムの摂取…

世界平均は 1 年間に約 2.4 mSv

地域によって被ばく量はかなり違う  
年間 10 mSv 近い高線量地域も

日本平均は年間約 1.4 mSv

1 年間に 1~2 mSv は「自然な状態での被ばく量のばらつきの程度」  
被ばく量の一つの目安になる



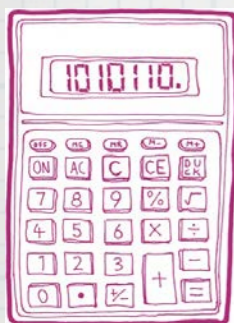
# 線量率（放射線の強さ）

$\mu\text{Sv/h}$ （マイクロシーベルト毎時）

1  $\mu\text{Sv/h}$  の放射線を 1 時間浴びると、  
1  $\mu\text{Sv}$  の被ばく

1 年 = 8760 時間  $\div$  10000 時間

1  $\mu\text{Sv/h}$  の放射線を 1 年間浴びると、  
約 10 mSv の被ばく



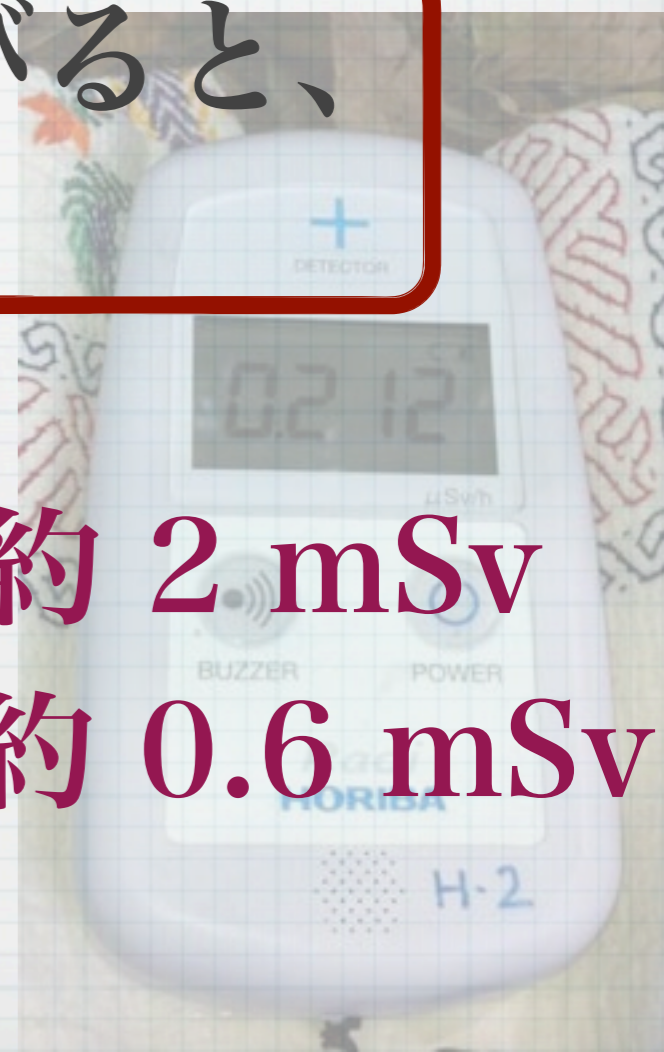
計算してみよう

(気が向いたら)

線量率 0.2  $\mu\text{Sv/h}$   $\rightarrow$  1年で約 2 mSv

線量率 0.06  $\mu\text{Sv/h}$   $\rightarrow$  1年で約 0.6 mSv

**注意** 国の「公式」の考え方では、屋内にいる際の遮蔽の効果を取り入れて、1年を実質的に約 5000 時間であるとみなすことになっている。すると年間の被ばく量は上であげた数値の半分ということになる。

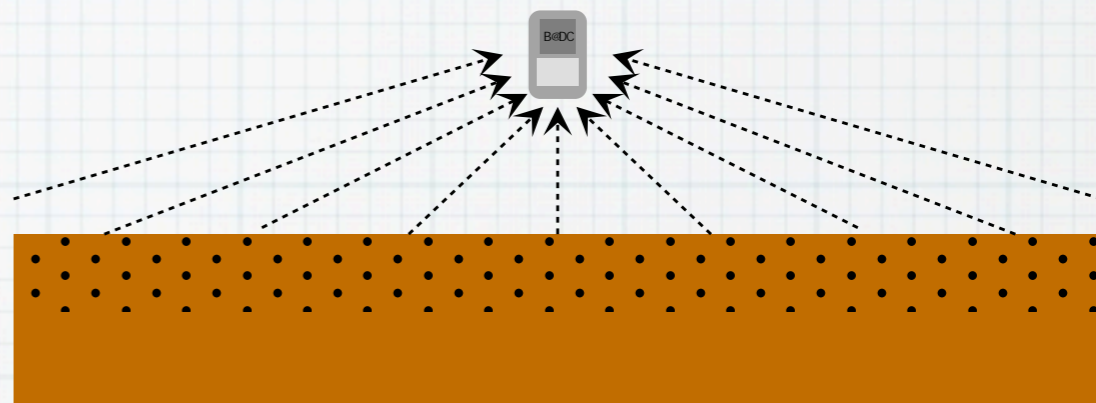




# 地表のセシウムによるガンマ線

広範囲の地面を汚染した放射性セシウムはガンマ線とベータ線を放出

ガンマ線は空気中を  
数十メートル飛ぶ



広く平らな地面が  $1 \text{ Bq/m}^2$  の密度で一様に  
放射性セシウムに汚染



地表  $1 \text{ m}$  でのセシウムによるガンマ線の線  
量率は  $3.4 \times 10^{-6} \mu\text{Sv/h}$

放射性セシウムの量はセシウム 134 と 137 の合計  
セシウム 134 と 137 の比は 2012 年前半の値



# 地表のセシウムによるガンマ線

地面に  $1 \text{ Bq/m}^2$  で一様に分布した Cs が  
地表  $1 \text{ m}$  に作る放射線は  $3.4 \times 10^{-6} \mu\text{Sv/h}$

例題 東京での線量率は平常時の

計算してみよう  
(気が向いたら)

$0.03 \mu\text{Sv/h}$  が  $0.06 \mu\text{Sv/h}$  に上昇

$$\frac{0.03}{3.4 \times 10^{-6}} = \frac{3 \times 10^{-2}}{3.4 \times 10^{-6}} \simeq 1 \times 10^4$$

約  $1 \text{ 万 Bq/m}^2$  の汚染があると推測

例題 放射線管理区域の目安は  $40000 \text{ Bq/m}^2$

$$3.4 \times 10^{-6} \times 40000 \simeq 0.14$$

$0.14 \mu\text{Sv/h}$  の線量率が放射線管理  
区域に相当する



illustration by Andy Martin