

…放射性物質の基礎…

知りたい！聞いておきたい！ 水や食べ物と放射線の話

独立行政法人日本原子力研究開発機構
量子ビーム応用研究部門（高崎）

小 林 泰 彦

kobayashi.yasuhiko@jaea.go.jp

わかりやすい放射線ポスター：<http://www2.atword.jp/science/2011/04/06/test/>
福島原発の放射能を理解する：http://ribf.riken.jp/~koji/jishin/zhen_zai.html

東日本大震災と大津波で 被災された皆様に 心からお見舞い申し上げます

- 放射線や放射能は、自然界の一部
- 簡単に、鋭敏に、検出できる
- 安全かどうかは、放射線の量による
- 冷戦時代の核実験でも経験済み
- 最大の悪影響は不安ストレスとパニック

せん のう —放射線と放射能—

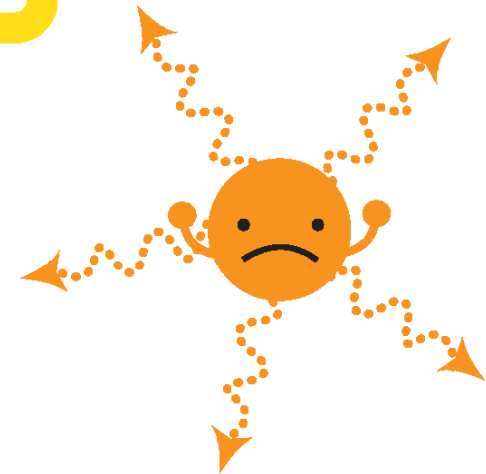
せん 放射線

- ・テレビの電波のような目に見えない光。
- ・または、速くて遠くまで飛ぶ、すごく小さな粒のこと。



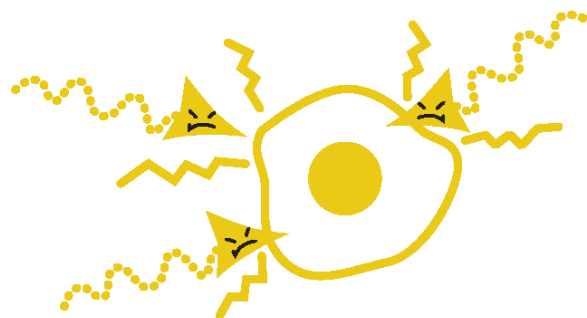
のう 放射能

- ・放射線を出す力。
- ・力のもとは、モノ。
- ・やっぱり目に見えない。

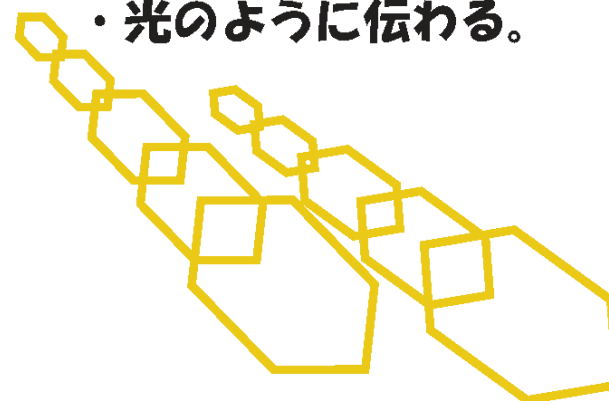


せん —放射線とは—

- ・人の細胞を傷つける可能性がある。



- ・光のように伝わる。

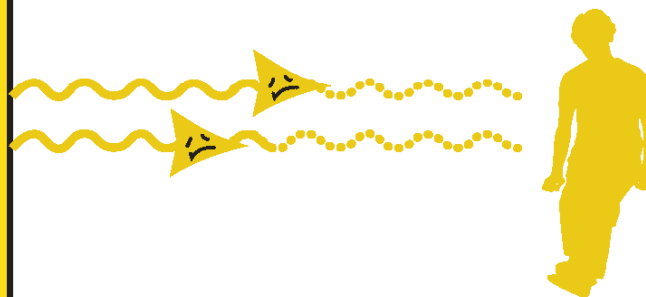


- ・モノや壁で、ある程度
さえぎる事ができる。
(家の中にいるとより良い)



※木造よりもコンクリート！

- ・遠いと弱くなる



- ・よく見かける

$\mu\text{Sv/h}$

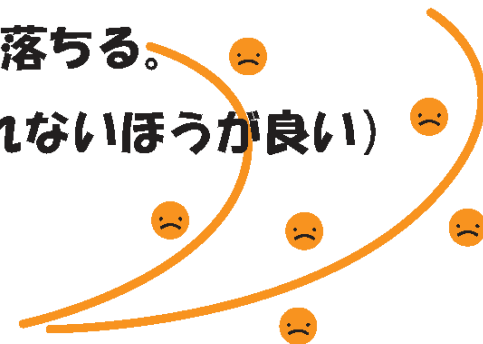
は、
どれだけ放射線が
届いているかのこと。

のう —放射能をもつモノは—

- ・モノなので、運ばれることがある。



- ・ときに、風で舞い上がり、
雨で地面に落ちる。
(雨には濡れないほうが良い)



- ・見えない光を出す力は、
時間がたつと減る。



- ・菌じゃないので、
感染しない。

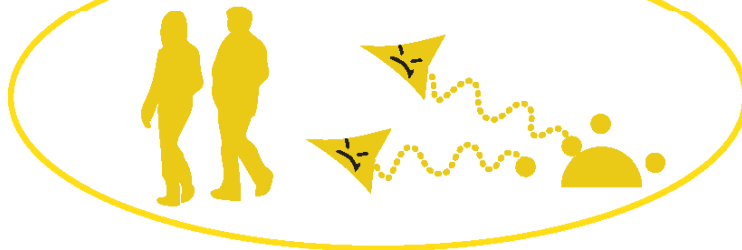


一気をつけることー

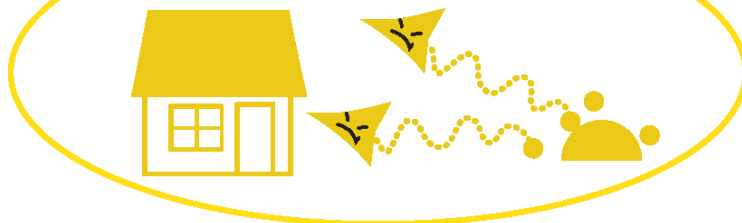
せん 放射線

できるだけ、あびない

- ・ 出ているところから遠くに行く。



- ・ 近くの人や家は家の中にいる



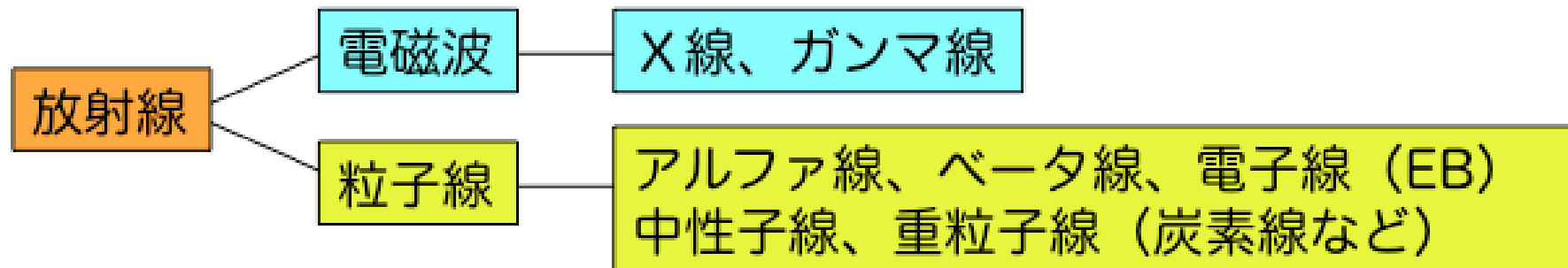
のう 放射能

をもつモノを

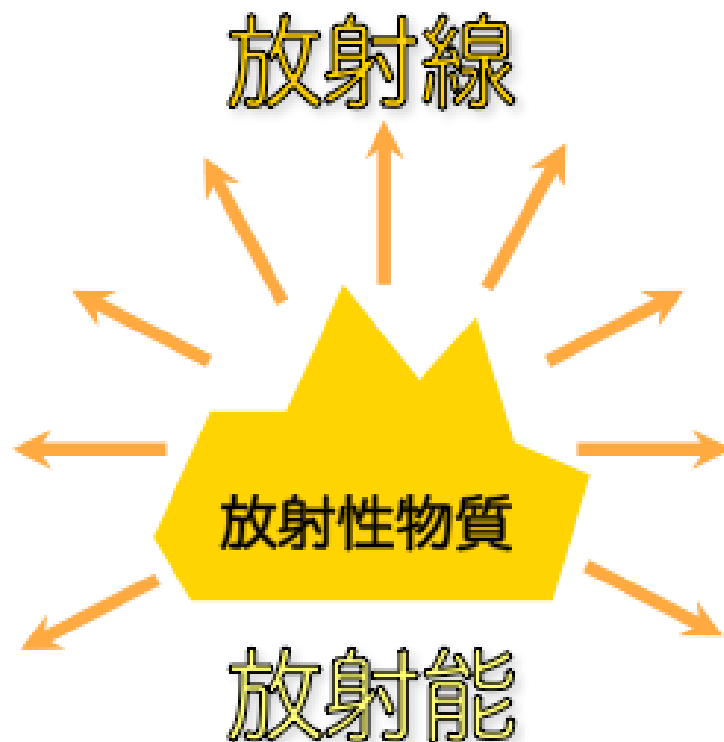
食べない、運ばない、持ち込まない



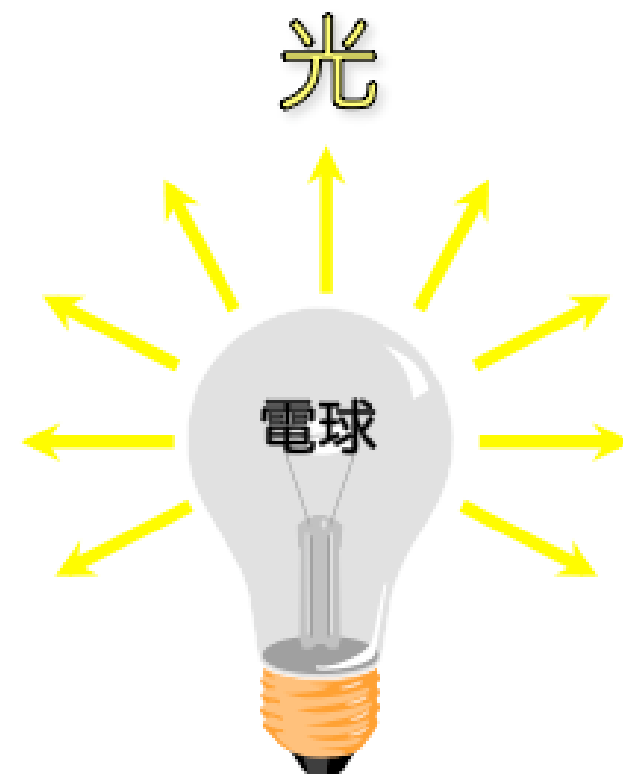
放射線の種類と放射能



放射線＝空間を伝わる高速のエネルギーの流れ



放射性物質が放射線を出す能力

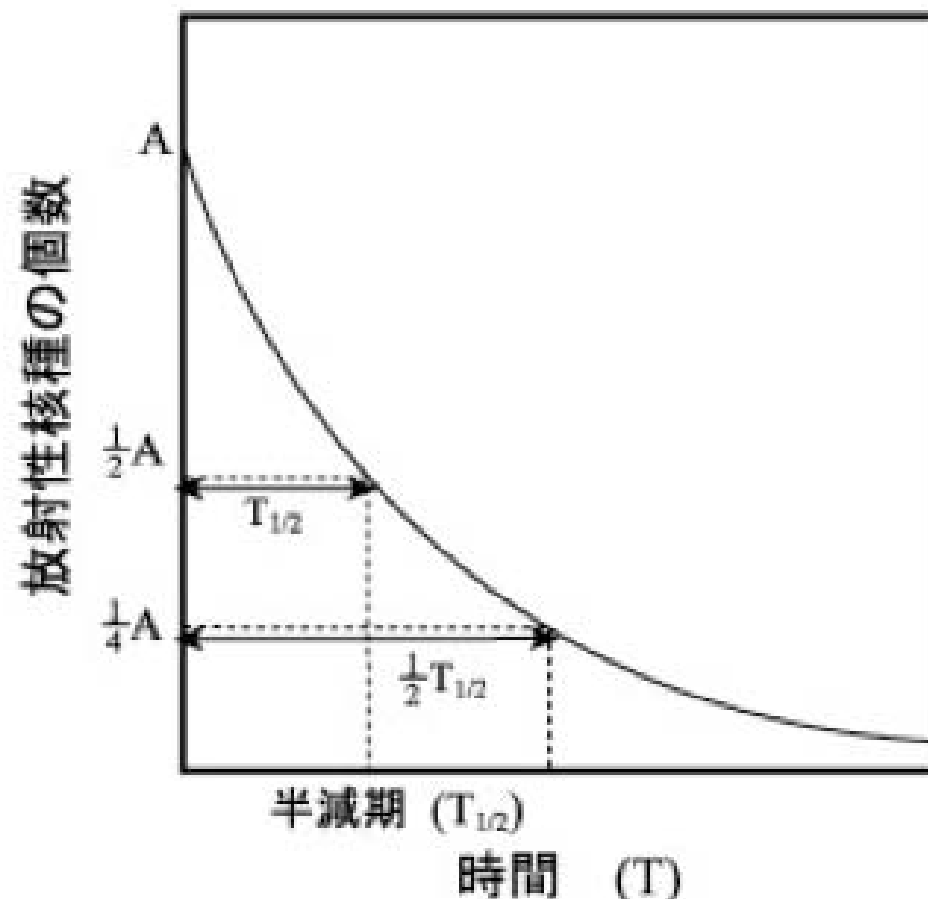


放射線・放射能は自然界の一部

- 地球誕生の前からある天然の放射性物質
カリウム40、ウラン、トリウム、
ラジウム、ラドン、…
- 太陽や遠い銀河系から届く宇宙線
- 宇宙線が大気に当たってつくる放射性物質
炭素14、ナトリウム22、
トリチウム（三重水素／水素3）、…

放射性物質の半減期

• 炭素11	20分
• フッ素18	110分
• ラドン222	3.8日
• ヨウ素131	8日
• コバルト60	5.3年
• トリチウム	12年
• セシウム137	30年
• 炭素14	5730年
• カリウム40	13億年
• ウラン238	45億年
• ルビジウム87	490億年

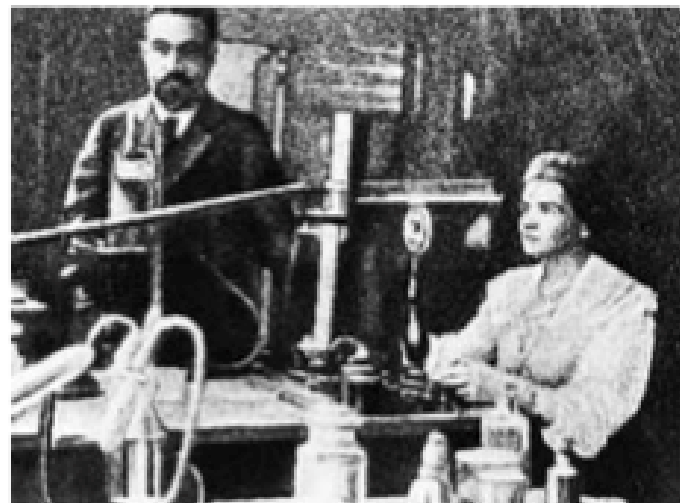


放射能と放射性物質の発見



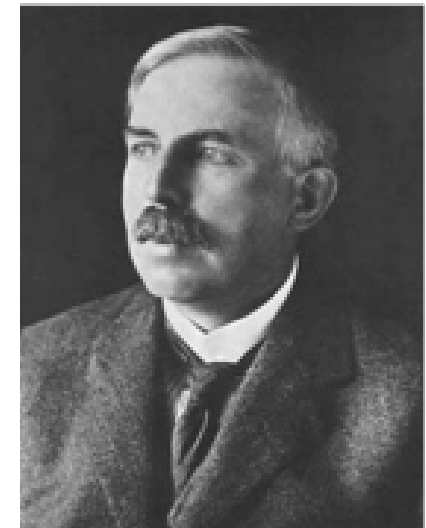
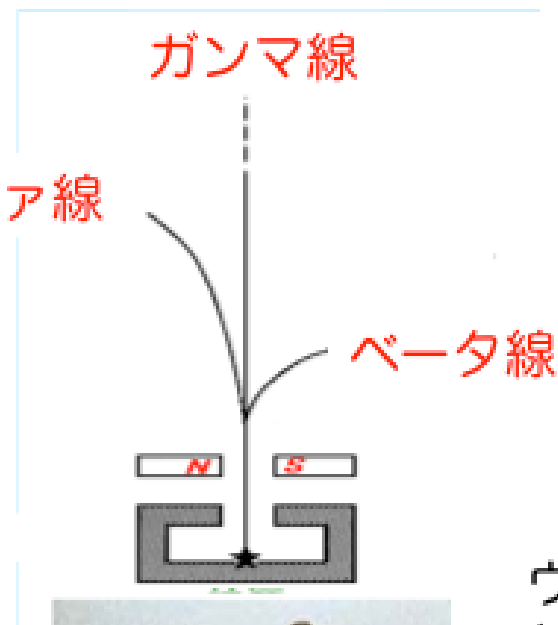
ベクレル

- 1896年 ウランから出る放射線を発見 (ベクレル)
- 1898年 ラジウム、ポロニウムを発見 (キュリー夫妻)
- 1902年 ラジウムの分離に成功 (キュリー夫妻)
- 1903年 ノーベル物理学賞 (ベクレル、キュリー夫妻)



キュリー夫妻

ウラン鉱石



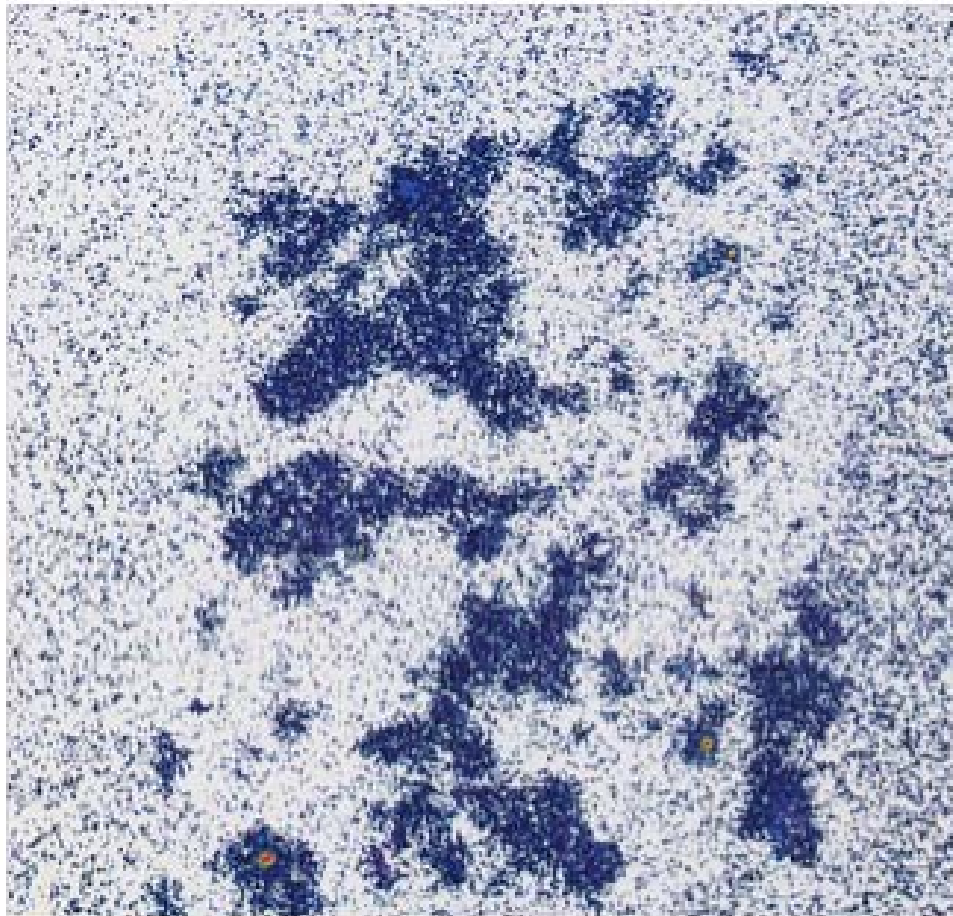
ラザフォード

ウランから出る3種類の放射線を、アルファ線、ベータ線、ガンマ線と命名

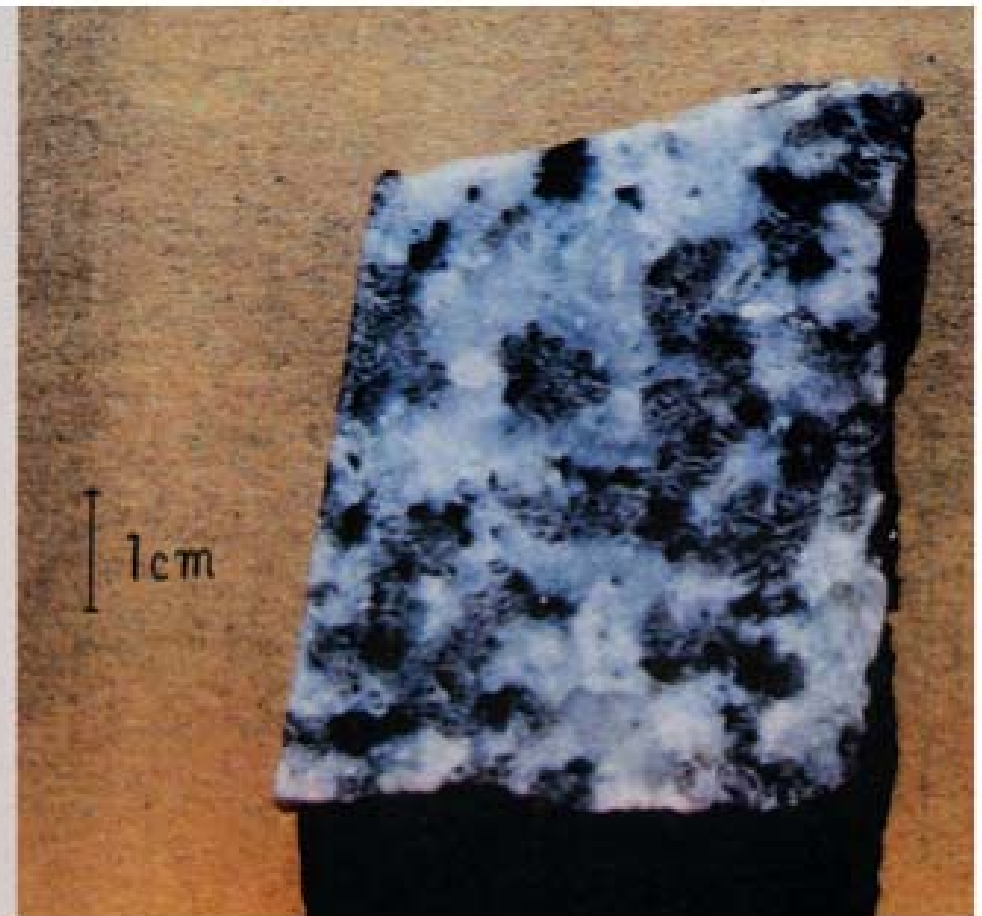
1908年 ノーベル化学賞

大地からの放射線を見る

岩石に含まれるウラン238やカリウム40などから

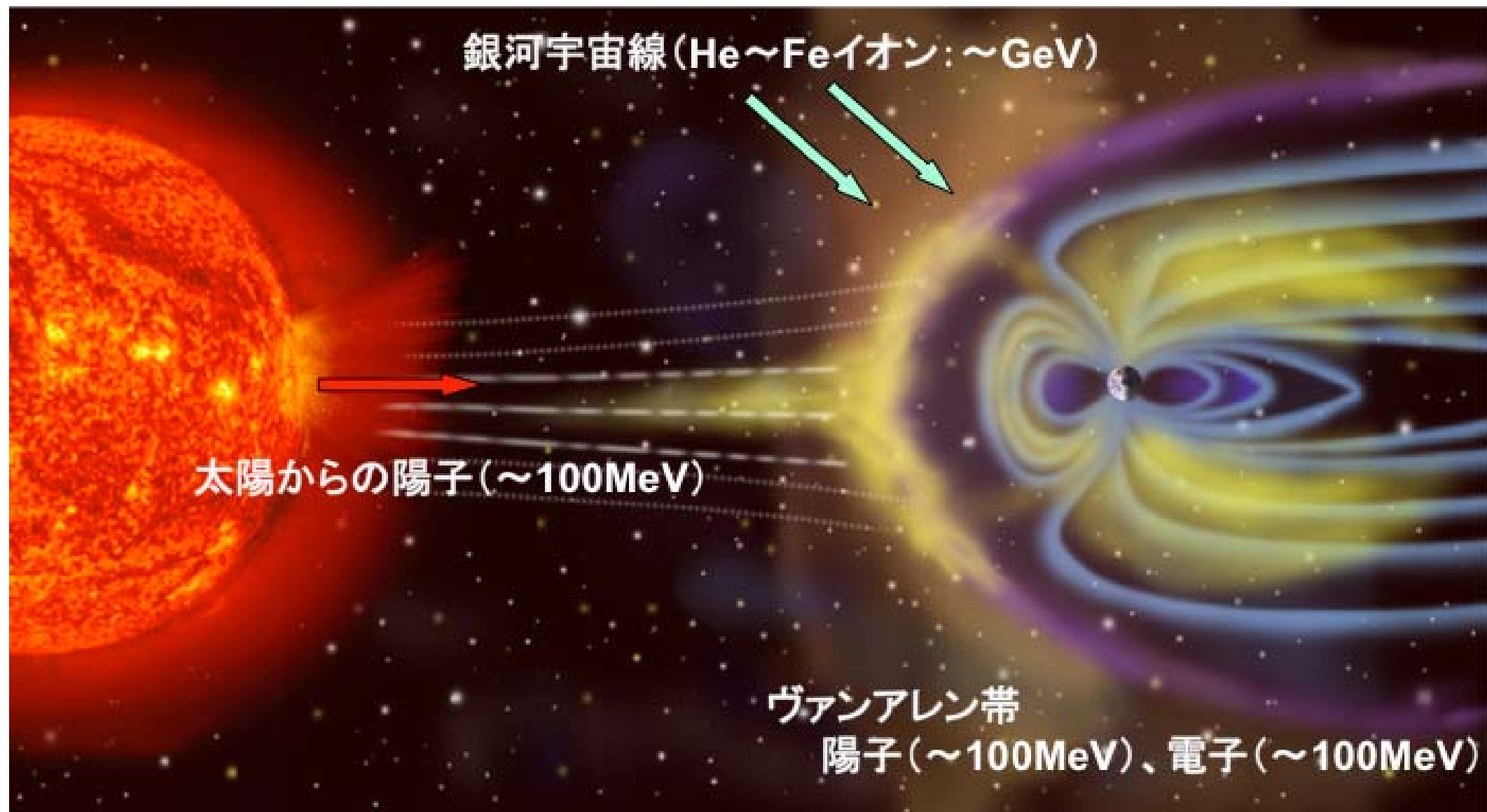


イメージングプレートで2日間撮影



花崗岩

宇宙の放射線環境



高 度
(単位 : km)

放射線
(単位 : $\mu\text{Sv/h}$)

36,000 km

静止衛星

(マイクロシーベルト / 時)
1,000~200,000 $\mu\text{Sv/h}$

宇宙ステーション

500 km

200 ~ 300 $\mu\text{Sv/h}$

20 km

13 $\mu\text{Sv/h}$

12 km

5 $\mu\text{Sv/h}$

4 km

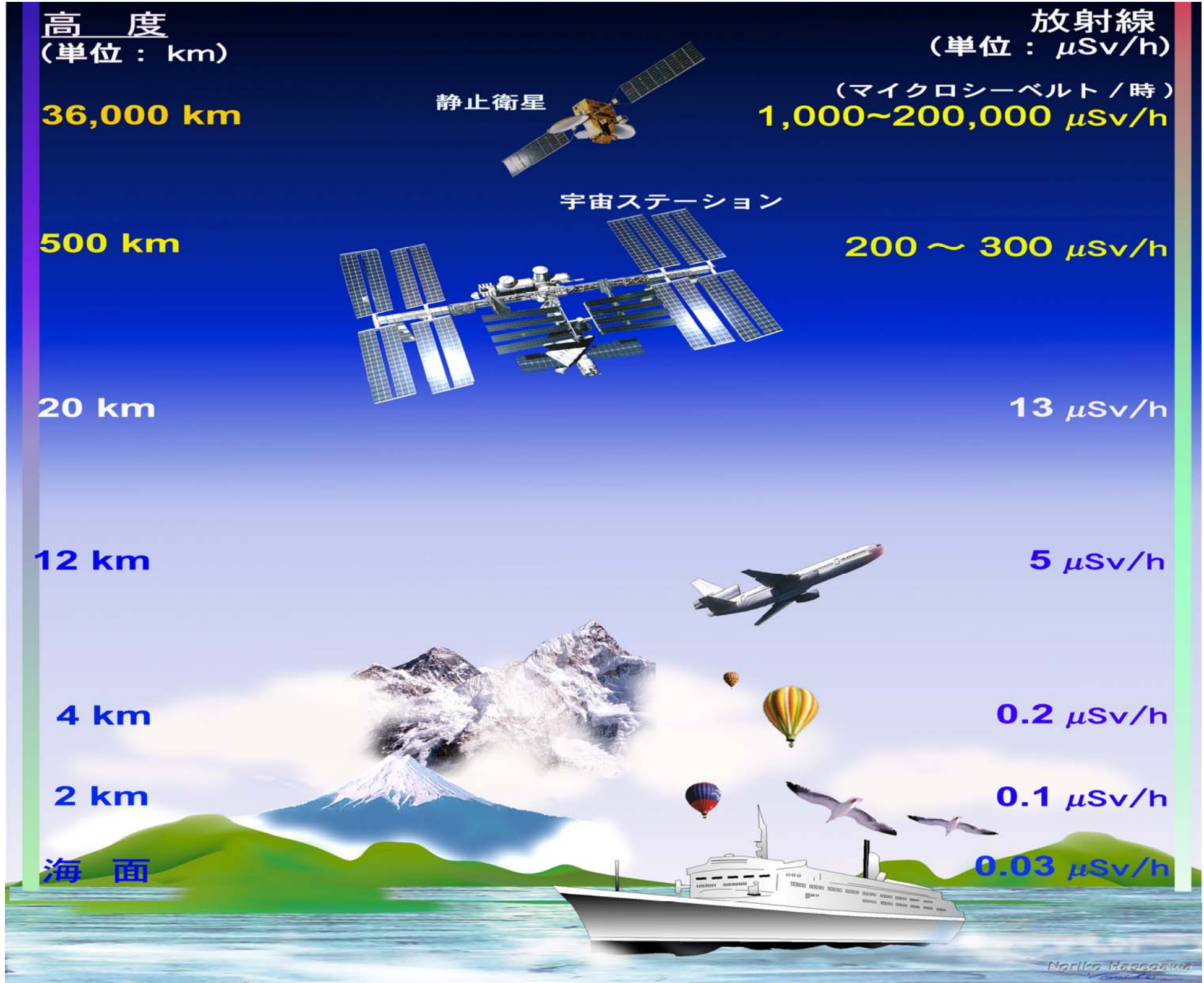
0.2 $\mu\text{Sv/h}$

2 km

0.1 $\mu\text{Sv/h}$

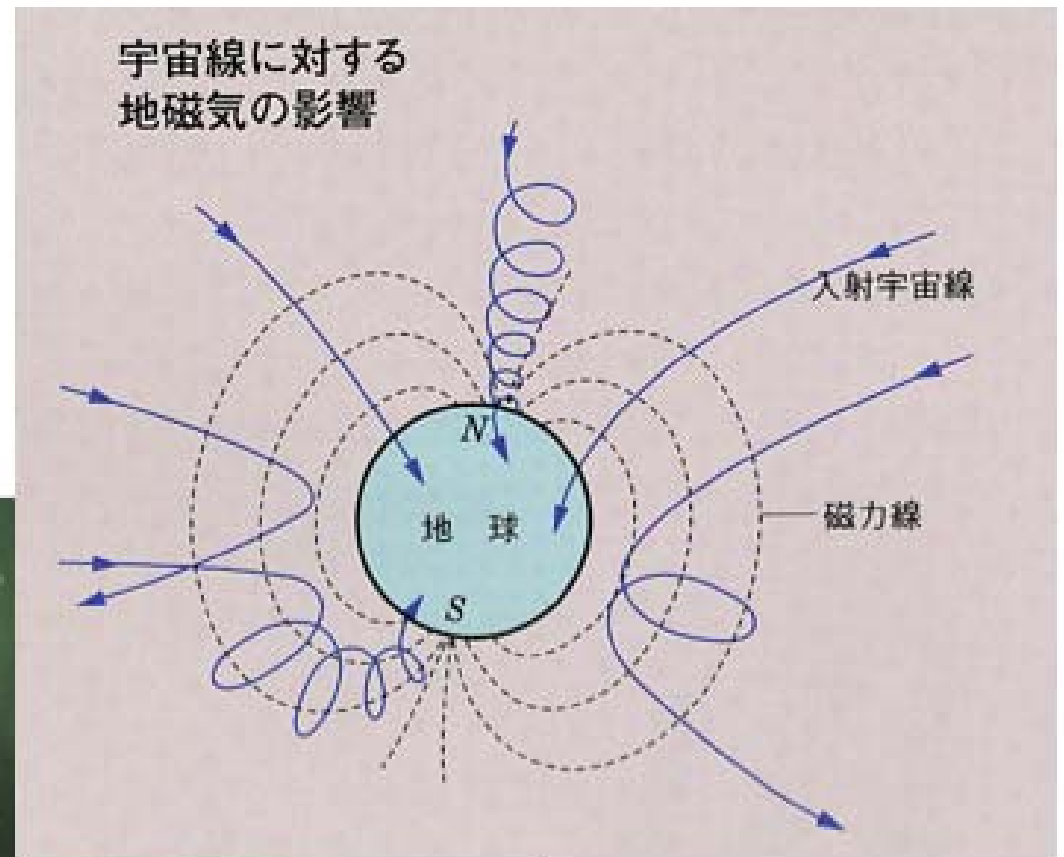
海 面

0.03 $\mu\text{Sv/h}$



放射線を見る

宇宙線とオーロラ



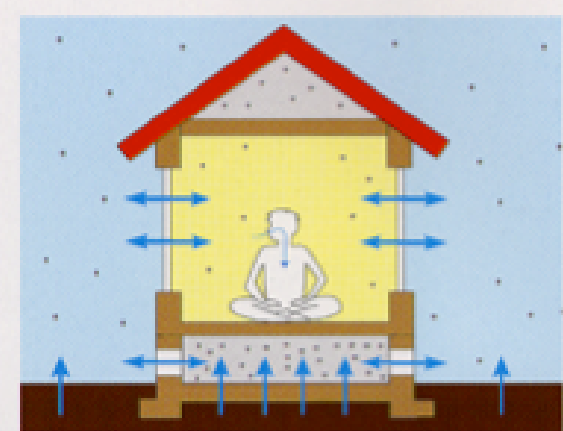
炭素14 年代測定法



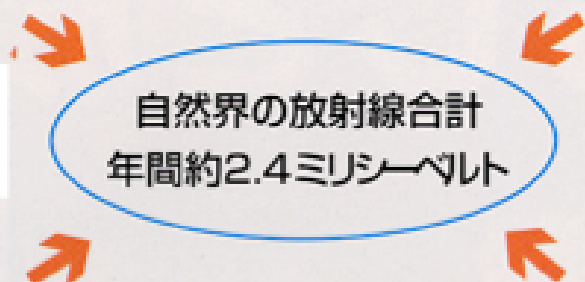
自然界の放射線



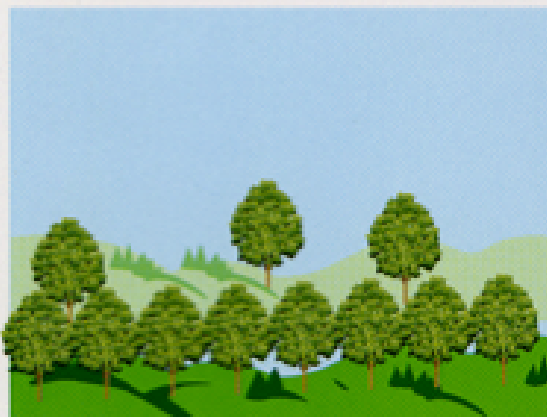
宇宙からの放射線
0.38ミリシーベルト/年



空気中のラドンなどからの
放射線
1.3ミリシーベルト/年



大地からの放射線
0.46ミリシーベルト/年



食物からの放射線
0.24ミリシーベルト/年



人工の放射線

胸の集団検診 0.05ミリシーベルト
胃の集団検診 0.6 ミリシーベルト

ベクレル (Bq) = 放射能の強さを表す単位

放射能 = 放射線を出す能力

1 Bq = 1秒間に1回、放射線を出して別の核種に変化

グレイ (Gy) = 放射線を浴びたときに物体が
吸収したエネルギー量を表す単位 (吸収線量)

1 Gy = 1 J/kg = 1kgの物体が1ジュール (J) 吸収

シーベルト (Sv) = 放射線を浴びたときの
人体への影響度を表す単位 (実効線量)

ガンマ線やベータ線の場合、1 Gy = 1 Sv

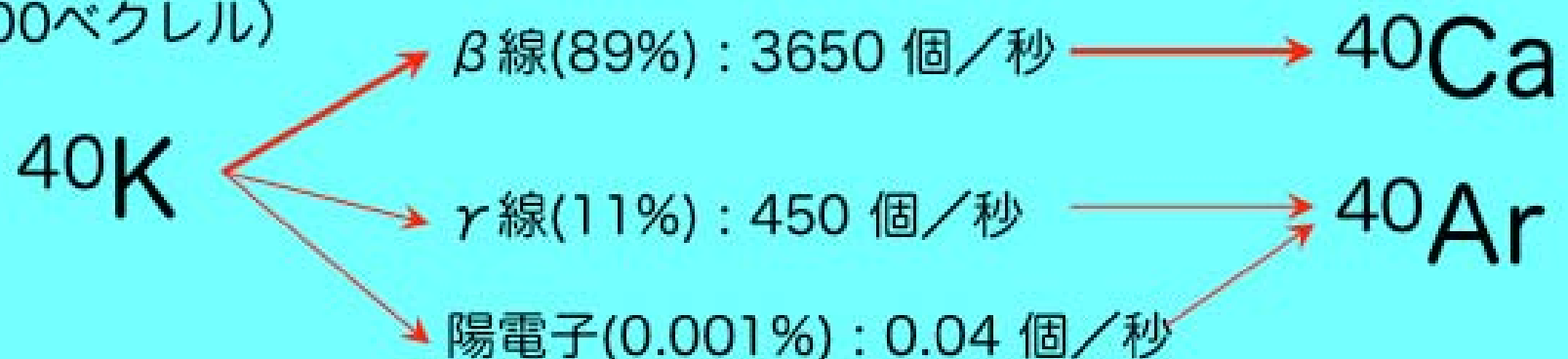
1 mSv (ミリシーベルト) = 1000分の1 Sv

1 μ Sv (マイクロシーベルト) = 100万分の1 Sv

放射能・放射線の測定

- 高感度：1個の原子の崩壊による、1発の放射線の飛び込みを検出可能
- 高精度：物理法則に従う

体重60kgのヒトの体内にある
天然の放射性カリウム
(4100ベクレル)



放射能・放射線の測定

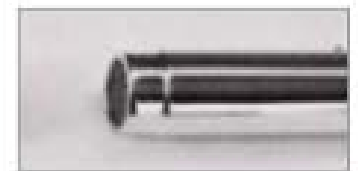
- 放射線が検出器に飛び込む回数を数える：
GM計数管、サーベイメータ（汚染検査用）
計数率（cpm）→ベクレル（Bq）
- 気体の電離作用による放電現象を利用
- 飛び込んで来た回数の電気パルスが発生



GMサーベイメータ $\beta(\gamma)$ 線用



GMサーベイメータ $\beta(\gamma)$ 線、 γ 線用



放射能・放射線の測定

- 電離量や発光量から吸収線量 (Gy) を測定：電離箱、シンチレーション検出器など
→シーベルト ($\mu\text{Sv/h}$) に換算して表示
- 気体や半導体の電離量を測定
- 無機結晶NaI(Tl)などの蛍光



ガスフローカウンタ
(α 線、 β 線)



シリコン半導体検出器
(γ 線、中性子線)



NaI(Tl)シンチレーション検出器 (γ 線)



CsI(Tl)シンチレーション検出器 (γ 線)

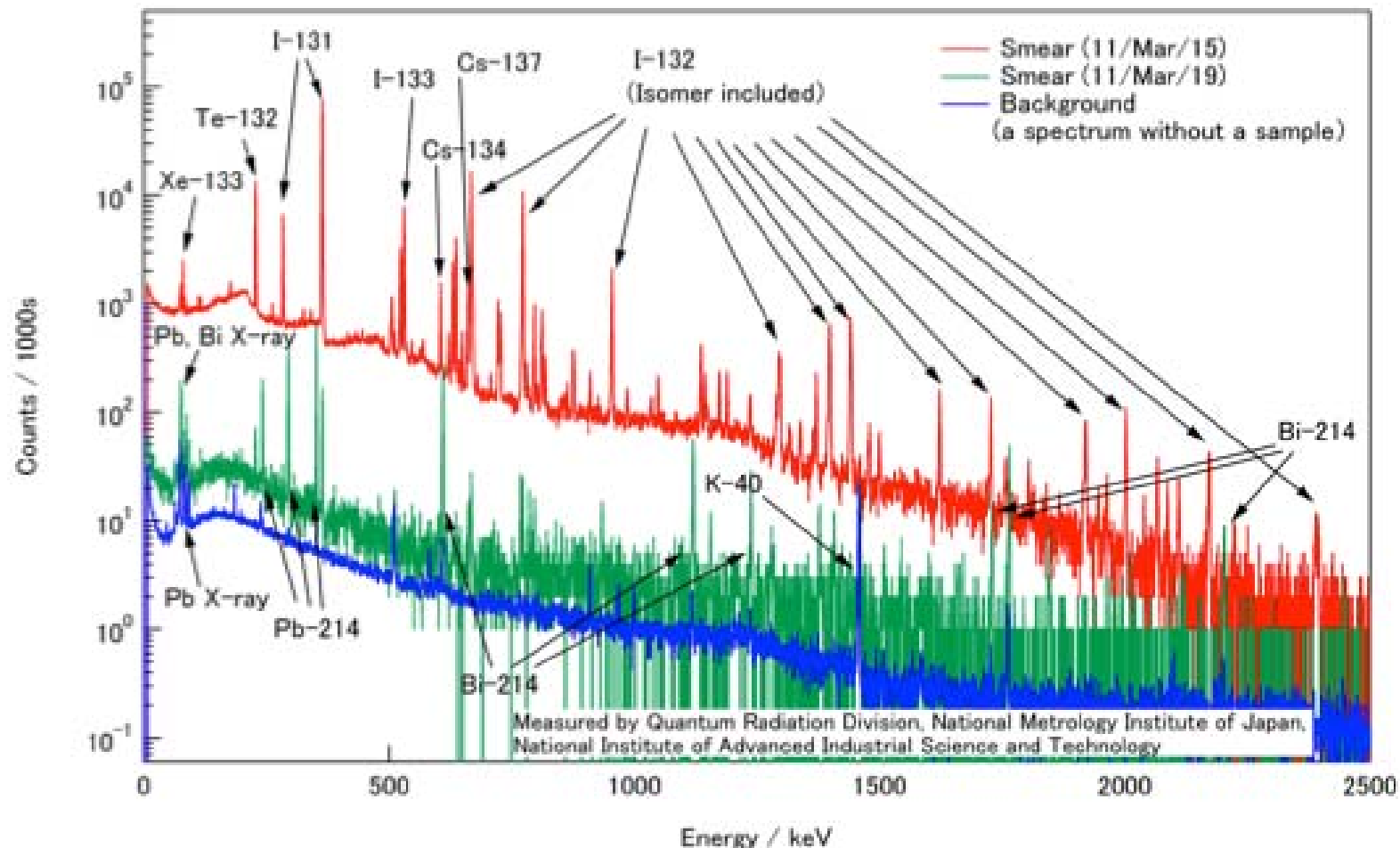
放射能・放射線の測定

- ガンマ線のエネルギースペクトルを分析：
ゲルマニウム半導体検出器→核種の同定



産総研の高純度ゲルマニウム半導体検出器とその計測システム

放射能・放射線の測定



ビニールシート上に降下してきたほこりなどを採取した試料から放出された放射線のエネルギースペクトル（産総研つくばセンター）

赤：2011年3月15日に採取した試料からのスペクトル

緑：2011年3月19日に採取した試料からのスペクトル

青：試料を置かないで測定したスペクトル

放射線・放射能は自然界の一部

- 天然自然の放射線や放射能は安全で、人工のものは危険、ということはない！
- 安全かどうかは、放射線の量による
- 体の中の、ある細胞に届く放射線の量と、細胞が傷つく度合いによる

食物中のカリウム40の放射能量

(環境や体内でのセシウム137の動きはカリウム40と同じ)



米
30



食パン
30



魚
100



牛肉
100



牛乳
50



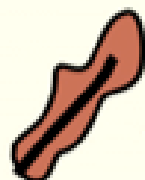
ドライミルク
200



ホウレン草
200



干しいたけ
700



干こんぶ
2000



生わかめ
200



お茶
600



ポテトチップ
400



清酒
1



ビール
10

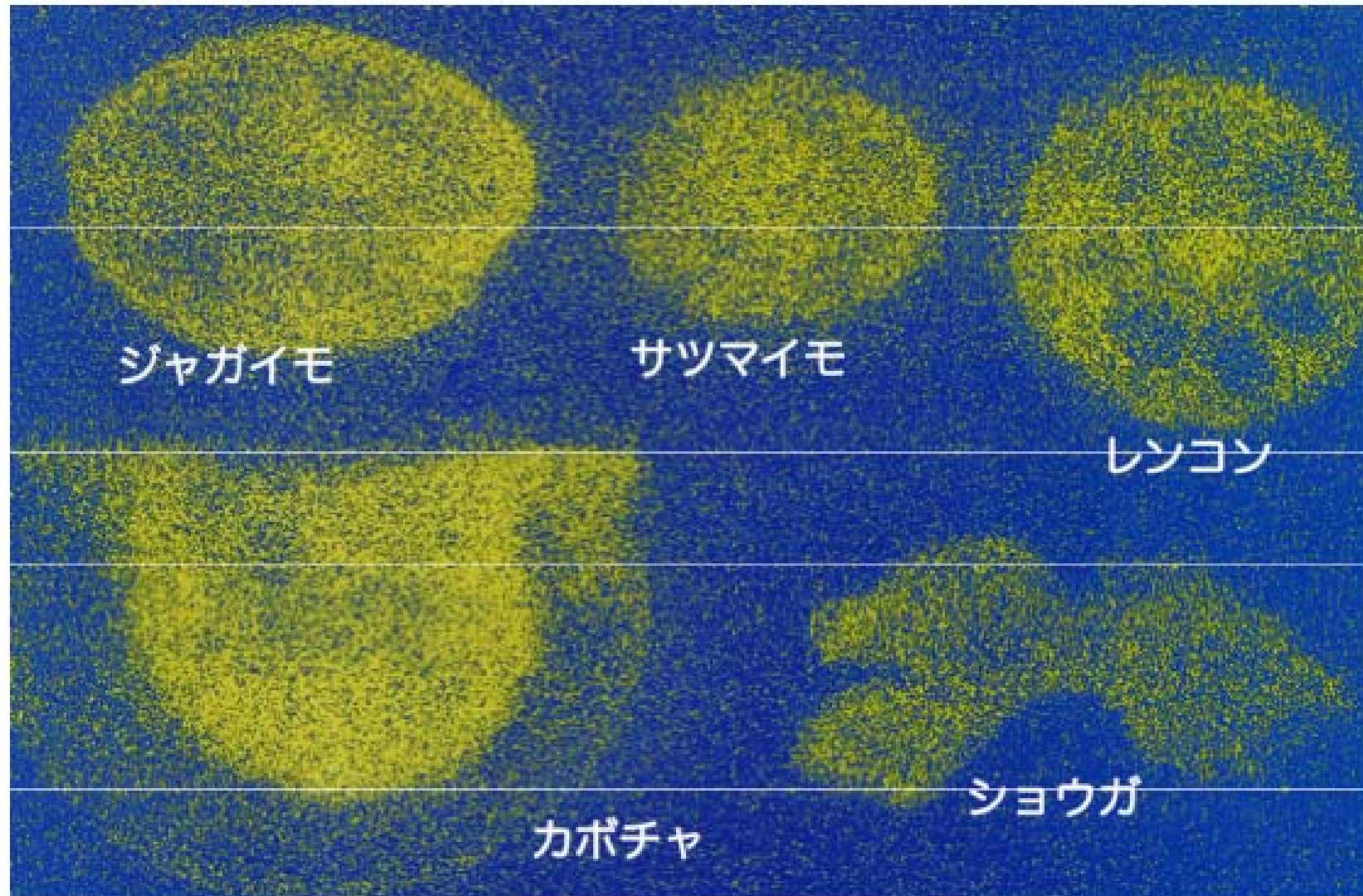


ワイン
30

単位：ベクレル/kg

野菜から出ている(自然の)放射線

土壤に含まれるカリウム40などから



20日間露光

人体の中の自然放射能

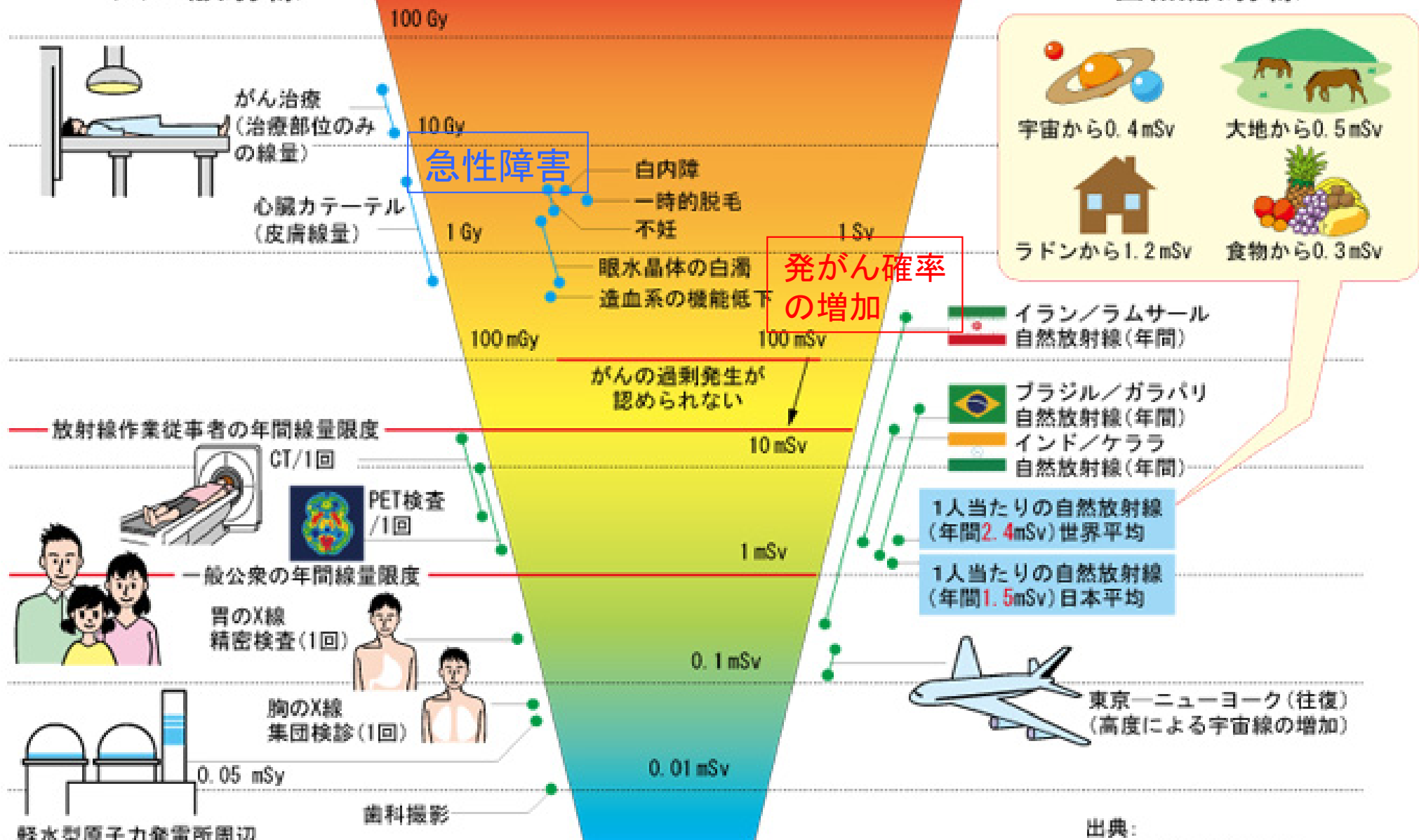
- カリウム40 67ベクレル/kg
→体重60kgの人で 4100ベクレル
- 炭素14 41ベクレル/kg
→体重60kgの人で 2600ベクレル
- ルビジウム87 8.5ベクレル/kg
→体重60kgの人で 520ベクレル

線量のスケール

Gy (グレイ) : 各々の部位における吸収線量

人工放射線

自然放射線



Sv (シーベルト) :
がん、遺伝性影響に対する
防護のための実効線量

出典:
UNSCEAR2000年報告書、
ICRP2007年勧告、
日本放射線技師会医療被ばく
ガイドラインなどより

核医学検査で使う放射能の量

(お医者さんに聞いてみました)

テクネシウム (^{99m}Tc ：半減期6時間) 脳機能の検査

740 MBq (7億4千万ベクレル) を静脈注射

(体内診断用放射性医薬品による成人の臓器・組織線量)

^{99m}Tc -ECD：甲状腺で $6.1 \mu\text{Gy}/\text{MBq}$ 、骨髄で $2.4 \mu\text{Gy}/\text{MBq}$

→被ばく線量は、甲状腺で4.5 mSv、骨髄で1.8 mSv

放射性ヨード (^{131}I ：半減期8日) 甲状腺機能の検査

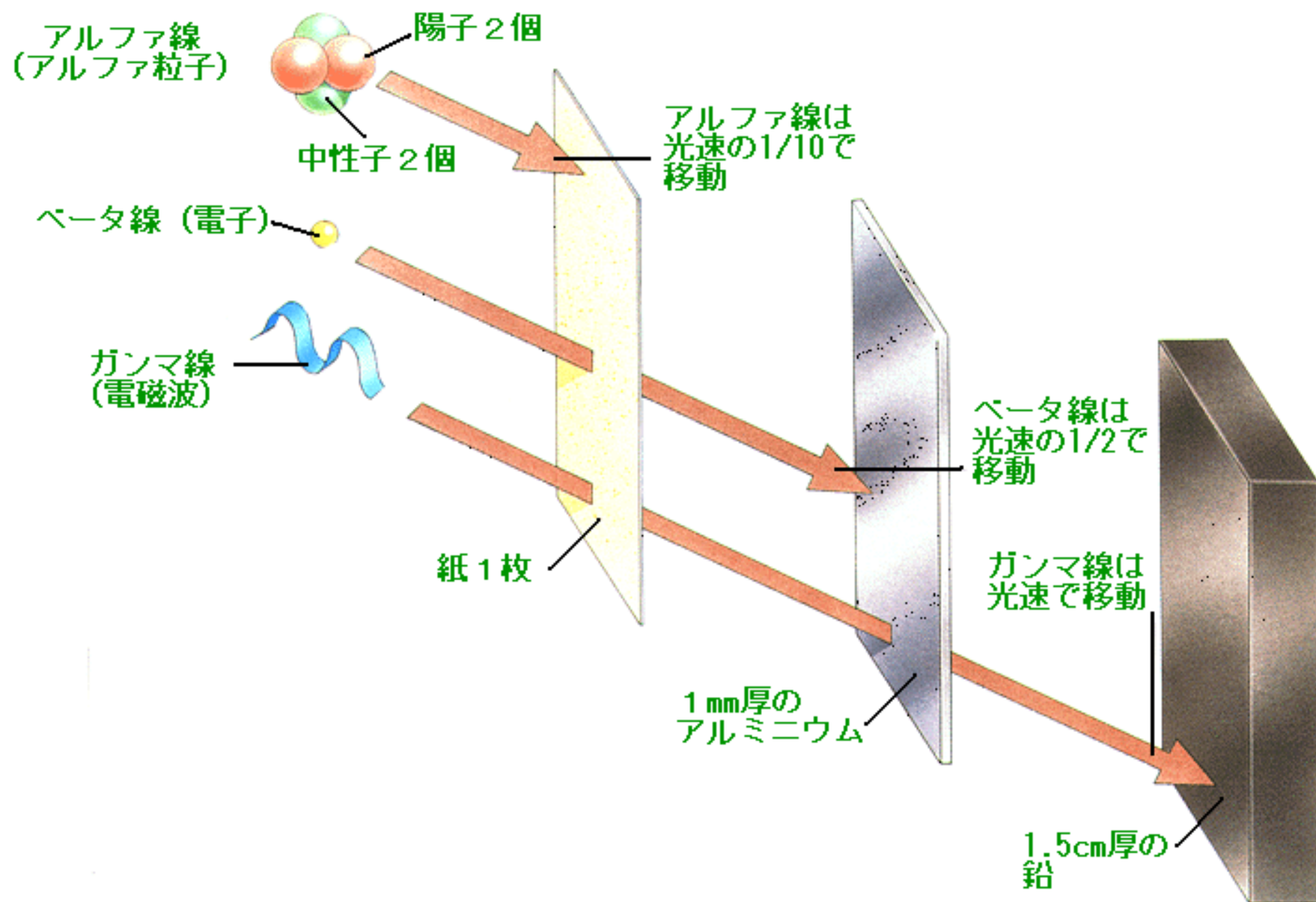
3.7 MBq (370万ベクレル) を静脈注射

(体内診断用放射性医薬品による成人の臓器・組織線量)

^{131}I -ヨウ化ナトリウム：甲状腺(55%取込)で $790 \text{ mGy}/\text{MBq}$ 、
骨髄で $0.12 \text{ mGy}/\text{MBq}$

→被ばく線量は、甲状腺で2.9 Sv、骨髄で0.44 mSv

ウランから出る3種類の放射線



外部被ばくと内部被ばく

- 放射線源が外部にあるか、体内にあるか
(細胞が受け取る放射線量の問題に帰着)
- **アルファ線**：肺や皮膚から体内に入ったときだけ、細胞単位で被ばくする
- **ベータ線**：皮膚に直接ついた時や、体内に入ったとき、ミリメートル以下の狭い範囲にだけ届いて被ばくする
- **ガンマ線**：体内／体外に関係なく、距離の逆二乗に比例して届いて被ばくする

放射性ヨード内服治療

(宮崎大学医学部のHPから抜粋)

放射性ヨード(^{131}I)を甲状腺がんに取り込ませ、飛程が短い β 線で、術後の残存がん組織、局所再発、遠隔転移(肺、骨など)を治療

2週間程度入院、放射能が減衰するまで3~4日隔離

- ・局所残存病変: 2.2~3.7 GBq (→甲状腺で ~3000 Svに相当)
- ・肺転移: 5.5~7.4 GBq ・骨転移: 7.4 GBq を経口投与

3.7GBq以下の ^{131}I の初回治療では、重篤な副作用は無い
治療後すみやかに(3ヶ月以内に)発生する副作用:

- ・全身倦怠や食欲不振などの放射線宿酔(数日で改善)
- ・腫脹や疼痛(一過性) ・味覚異常(数週間で改善)

晩発性(3ヶ月以降)の副作用: 骨髄機能障害、急性骨髄性白血病

- ・投与量の合計が37GBqを超えた場合(骨髄で 3~4 Sv以上)に、治療後10年以内に発生。頻度は0.5%。この白血病による死亡は、甲状腺がん再発による癌死の危険率の1/4~1/40

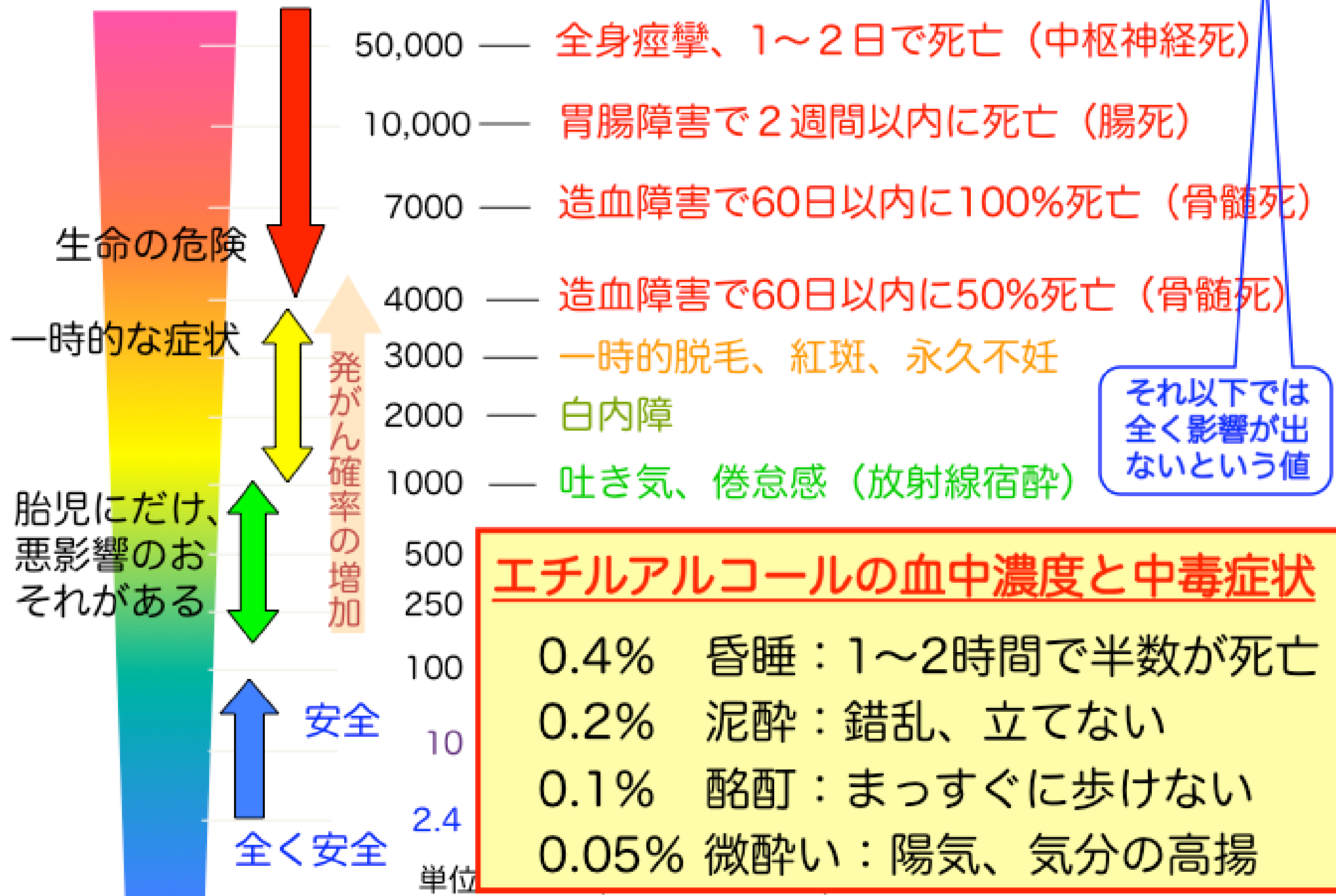
放射線による2種類の健康影響

- 急性障害（確定的影響）
 - ・ 吐き気や脱毛、貧血、火傷
 - ・ 機能を担う細胞数の減少による
 - ・ しきい値以下では全く起きない
- 発がんリスクの増加（確率的影響）
 - ・ 遺伝子の修復ミスと考えられる
 - ・ 1シーベルト（Sv）で5%増加
 - ・ 100mSv以下では検出できない
 - ・ 用心のため、しきい値が無いと仮定

放射線による急性障害のしきい値



放射線による急性障害のしきい値

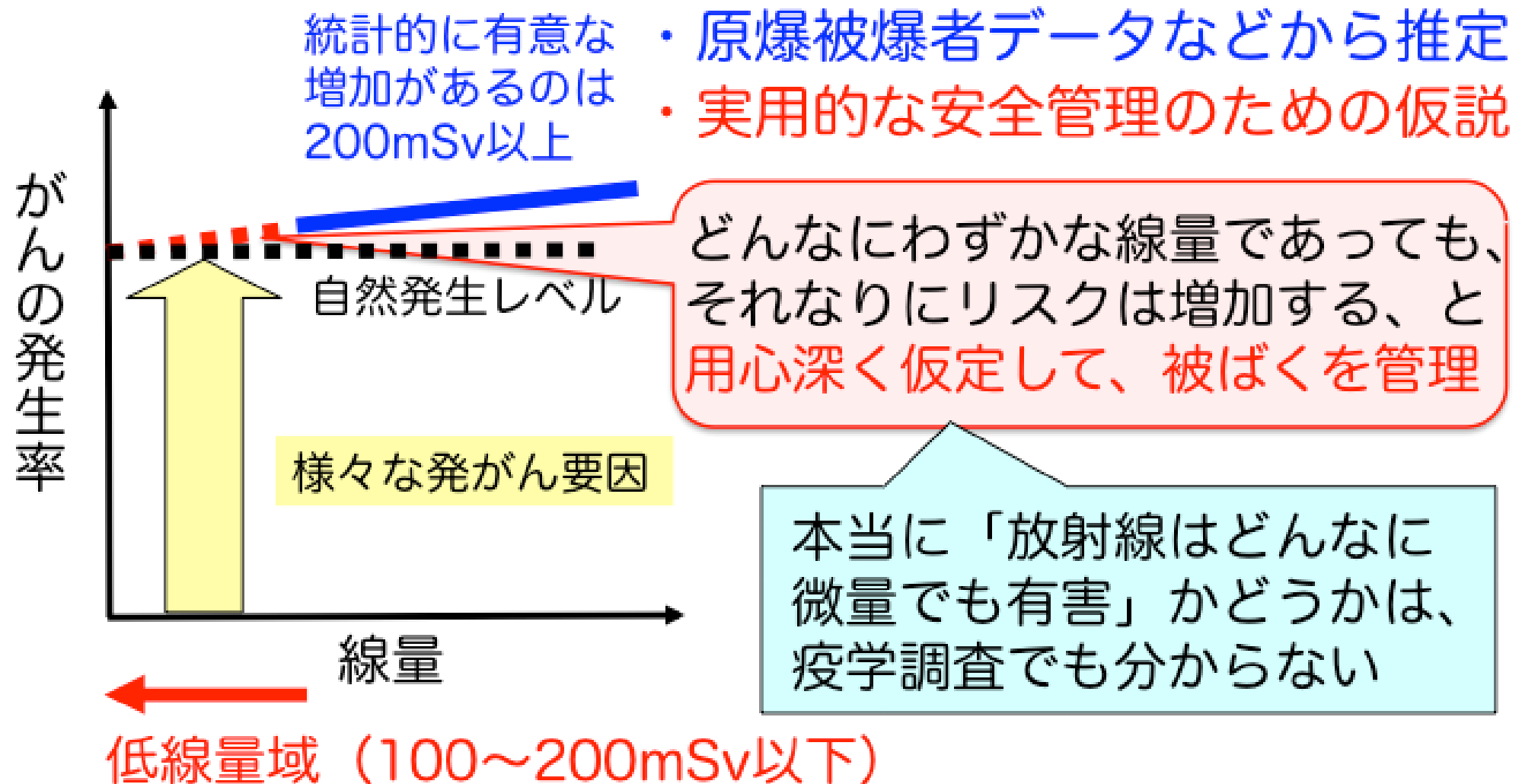


放射線による2種類の健康影響

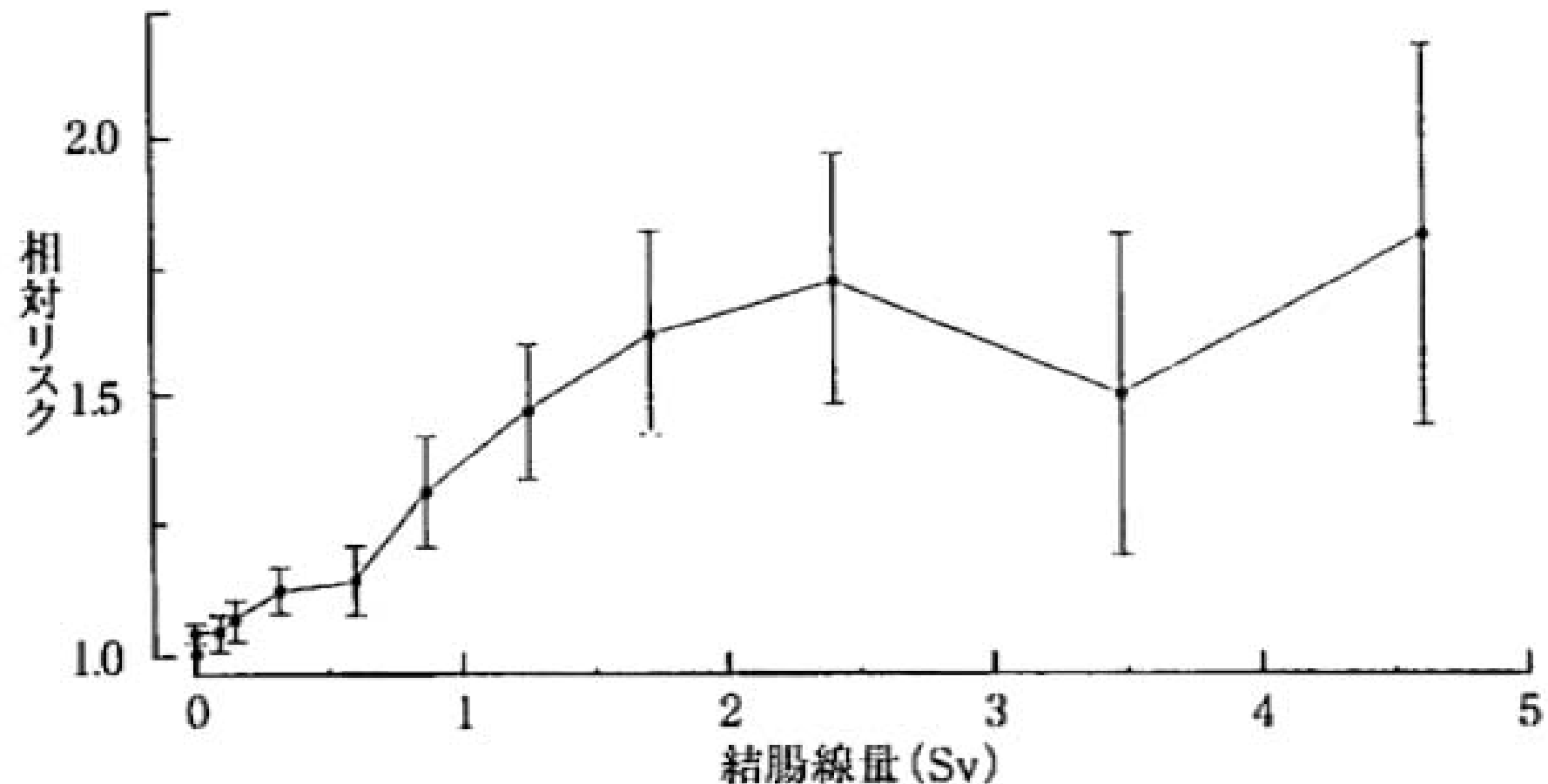
- 急性障害（確定的影響）
 - ・ 吐き気や脱毛、貧血、火傷
 - ・ 機能を担う細胞数の減少による
 - ・ しきい値以下では全く起きない
- 発がんリスクの増加（確率的影響）
 - ・ 遺伝子の修復ミスと考えられる
 - ・ 1シーベルト（Sv）で5%増加
 - ・ 100mSv以下では検出できない
 - ・ 用心のため、しきい値が無いと仮定

しきい値なし直線仮説（LNT仮説）

現在の放射線防護体系の基本となる考え方



被爆者の固形がんの線量応答



寿命調査集団における固形がん発生の相対リスク

寿命調査：1950年の国勢調査で広島・長崎に住んでいたことが確認された人の中から選ばれた約94,000人の被爆者と約27,000人の非被爆者から成る約12万人の対象者の追跡調査

内閣府 食品安全委員会
(リスク評価機関)

厚生労働省
(リスク管理機関)

厚生労働大臣がリスク評価を
諮問(3月20日)

食品衛生法に基づく食品の暫定規制値(※)を設定し、
流通規制(3月17日～)
・原子力安全委員会の防災指針の指標を準用
・緊急を要するため、食安委のリスク評価を受けずに設定

食品由来の放射線の量と健康
影響の関係を緊急とりまとめ
(3月29日)

食品安全委員会委員長から
緊急とりまとめを通知
(3月29日)

食品安全委員会、原子力安全委員会等
の検討を踏まえ、暫定規制値(※)を維持
することとした(4月4日)

ICRPの実効線量10mSv/年
不適切とまで言える根拠は見いだせず

放射性セシウム(セシウム134, 137)
5mSv/年はかなり安全側に立ったもの

放射性ヨウ素(ヨウ素131)
甲状腺等価線量として50mSv/年(実効線量としては
2mSv/年に相当)は相当な安全性を見込んだもの

今後、諮問を受けた内容範囲を
継続してリスク評価

今後、必要な管理措置について検討する

(※)暫定規制値(3月17日～)

放射性ヨウ素 (混合核種の代表核種: ^{131}I)	飲料水 牛乳・乳製品(注)	300Bq/kg
	野菜類(根菜、芋類を除く。)、 魚介類(4月5日以降)	2000Bq/kg
放射性セシウム	飲料水、牛乳・乳製品	200Bq/kg
	野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他	500Bq/kg
ウラン	乳幼児用食品、飲料水、牛乳・乳製品	20Bq/kg
	野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他	100Bq/kg
プルトニウム及び超ウラン元素 のアルファ核種 (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{242}Pu , ^{241}Am , ^{242}Cm , ^{243}Cm , ^{244}Cm 放射能濃度の合計)	乳幼児用食品、飲料水、牛乳・乳製品	1Bq/kg
	野菜類、穀類、肉・卵・魚・その他	10Bq/kg

(注)100Bq/kgを超えるものは、乳児用調製粉乳及び直接飲用に供する乳に使用しないよう指導すること。

ベクレル(Bq)とシーベルト(Sv)

ベクレル(Bq): **放射能の強さ**を表す単位

【放射能とは、放射線(X線、 β 線など)を出す能力のこと】

【1ベクレルは1秒間に1個の原子核が崩壊して放射線を出す放射能の強さのこと】

シーベルト(Sv): **放射線を浴びた時の
人体への影響度**を示す単位

〇〇ベクレルの放射性物質による
人体への影響(シーベルト)の算出方法

$$\begin{array}{l} \text{ミリシーベルト} \\ \text{mSv} \end{array} = \begin{array}{l} \text{ベクレル} \\ \text{Bq} \end{array} \times \text{実効線量係数}$$

核種(例えばヨウ素131)ごと、摂取経路(例えば経口、吸入など)ごとに
国際放射線防護委員会(ICRP)等で示された係数

(例)放射性ヨウ素131が1kgあたり300Bq(飲料水、牛乳等の暫定規制値(成人))
検出された飲食物を1kg食べた場合の人体への影響

$$300(\text{Bq}) \times \frac{1.6 \times 10^{-5}}{\text{(実効線量係数)}} = 0.0048(\text{mSv})$$

実効線量係数(mSv/Bq)の謎

- 食品中の放射性物質濃度[Bq/kg]×摂取量
- →体内に吸収される率(大部分は素通り)
- →特定の臓器への集積度、排泄速度、減衰
- ⇒その臓器(の細胞)が受ける吸収線量[Gy]
- 線量×放射線荷重係数(放射線の種類による)
＝その臓器への影響度＝等価線量[Sv]
- 各臓器の発がんの影響度を組織荷重係数で重み付けして全身で積算 ⇒ 実効線量[Sv]
- 発がんリスクを許容できる[Sv]から逆算して摂取制限する／しない[Bq/kg]を決める

放射性ヨウ素と放射性セシウム

放射性ヨウ素		
概要	生物学的半減期	物理的半減期※と 放出放射線の種類
・ヨウ素は甲状腺ホルモンの合成に必要。 ・摂取されたヨウ素は容易に消化管から吸収され、30%は甲状腺に蓄積、20%はすぐに排泄、残りは短期間で体内から排泄。	ヨウ素の半量が人体から排泄される日数 ・乳児 1 1 日 ・5 歳 児 2 3 日 ・成人 8 0 日	※放射能の強さが半減する日数 8. 0 日 β 線
放射性セシウム		
概要	生物学的半減期	物理的半減期※と 放出放射線の種類
・セシウムはアルカリ金属のひとつであり、カリウムに類似した代謝を示す。 ・特定の臓器に親和性を示さない。	セシウム137の半量が人体から排泄される日数 ・ ~ 1 歳 9 日 ・ ~ 9 歳 3 8 日 ・ ~ 3 0 歳 7 0 日 ・ ~ 5 0 歳 9 0 日	(セシウム134) 2. 1 年 β 線
		(セシウム137) 30 年 β 線 $\rightarrow$ γ 線

実効線量係数(mSv/Bq)の謎

- 食品中の放射性物質濃度[Bq/kg]×摂取量
- →体内に吸収される率(大部分は素通り)
- →特定の臓器への集積度、排泄速度、減衰
- ⇒その臓器(の細胞)が受ける吸収線量[Gy]
- 線量×放射線荷重係数(放射線の種類による)
=その臓器への影響度=等価線量[Sv]
- 各臓器の発がんの影響度を組織荷重係数で重み付けして全身で積算 ⇒ 実効線量[Sv]
- 発がんリスクを許容できる[Sv]から逆算して摂取制限する／しない[Bq/kg]を決める

「放射性物質に関する緊急とりまとめ」 (平成23年3月29日 食品安全委員会)

食品安全委員会 緊急とりまとめ

((実効線量) 単位:mSv(ミリシーベルト)/年))

国際機関等の評価

10mSv/年(ICRP1992年)は不適切とまで
いえる根拠は見いだせず

放射性セシウム(セシウム134, 137)

5mSv/年はかなり安全側に立ったもの

放射性ヨウ素(ヨウ素131)

甲状腺等価線量として50mSv/年(実効線量として
は2mSvに相当)は相当な安全性を見込んだもの

<今後の課題>

- ・今回の検討では、遺伝毒性発がん性のリスクについての
詳細な検討は行えていない。
- ・ウラン並びにプルトニウム及び超ウラン元素のアルファ核
種、ストロンチウムについても検討が必要

100

どの組織も臨床的に意味のある機
能障害を示さないと考えられる値
(ICRP2007年)

13

10

・正当化される介入
レベルは、1種類の
食品に対して1年間に
回避される実効
線量で10mSv
(ICRP1992年)

・多くの人口集団がおおよそ
10mSv/年程度で何年もの
間生活(ICRP1992年)
・インドや中国の高自然
放射線地域に住む住民で
は、がんの罹患率や死亡
率に増加が認められてい
ない(UNSCEAR2010)

自然から
の放射線量
(1~
13mSv
/年)

5

・食品の規制に関する介入レベルは
5mSv/年が適当(WHO1988年)

・事故時の飲食物制限の介入の下限は
5mSv/年(ICRP1984年)

2

ヨウ素131により甲状腺のみが被
ばくしたと仮定した場合の影響か
ら甲状腺等価線量として50mSv/年
(実効線量2mSv/年)を制限値とす
る(WHO1988年)

1

リスクのモノサシ

日本での10万人あたりの年間死亡者概数

- がん： 250
- 自殺： 24
- 交通事故： 9
- 火事： 0.7
- 自然災害： 0.1
- I-131による甲状腺線量100mSvの乳児が甲状腺がんで死亡：0～もしあるとしても数人／生涯追跡
- I-131による実効線量1mSvの乳児が甲状腺がんで死亡：0～もしあるとしても数人／生涯追跡
- 落雷： 0.002

中谷内一也氏のアイデアを利用しています

(国立保健医療科学院生活環境部 <http://trustad.sixcore.jp/water.html#WHO>)

放射線を、一瞬で浴びた場合と 長い年月をかけて少しずつ浴びた場合の違い

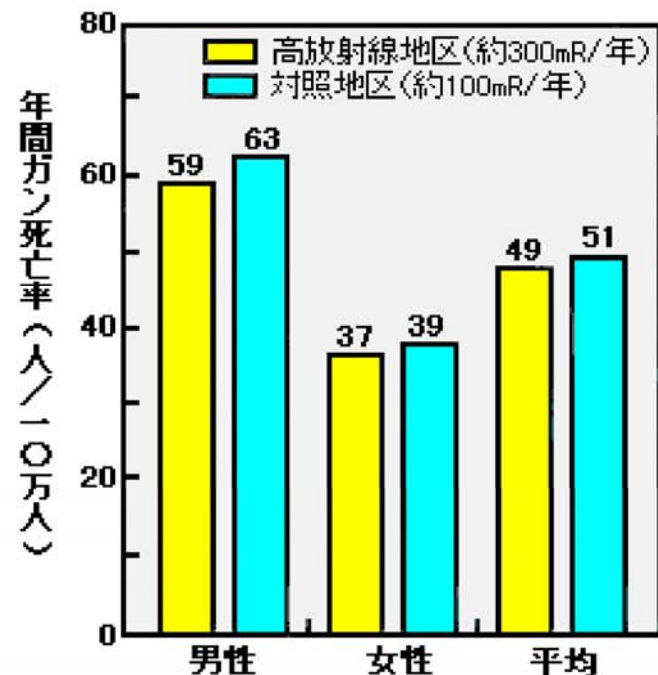
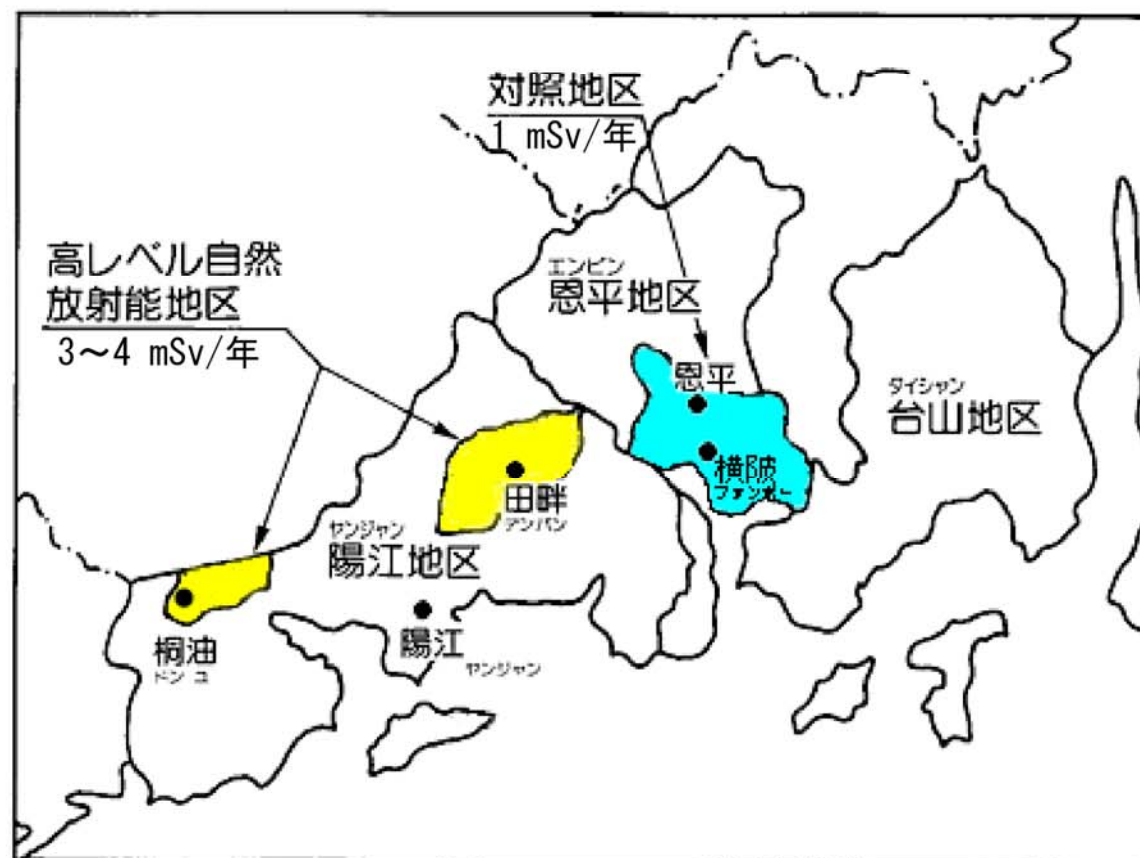
調査集団	がん死亡率の比	被ばく線量（被ばく期間）
原爆放射線被ばく者	1.08	200 mSv（数マイクロ秒）
中国の高自然放射線地区住民	0.75	330 mSv（60年間）
英国の放射線科医	0.71	100 mSv（20年間）
欧州の定期航空パイロット	0.68	20 mSv（約10年間）

⇒超高線量率の原爆放射線の被ばくは、**がん死亡率を増加**させる

⇒低線量率放射線の長期間被ばくは、**がん死亡率を低下**させる（ホルミシス効果？）

（出典：近藤宗平、放射線生物研究 Vol.45(4), p.341, 2010
同、Isotope News, No.636, p.14-19, Apr. 2007）

中国の高自然放射線地域での疫学調査

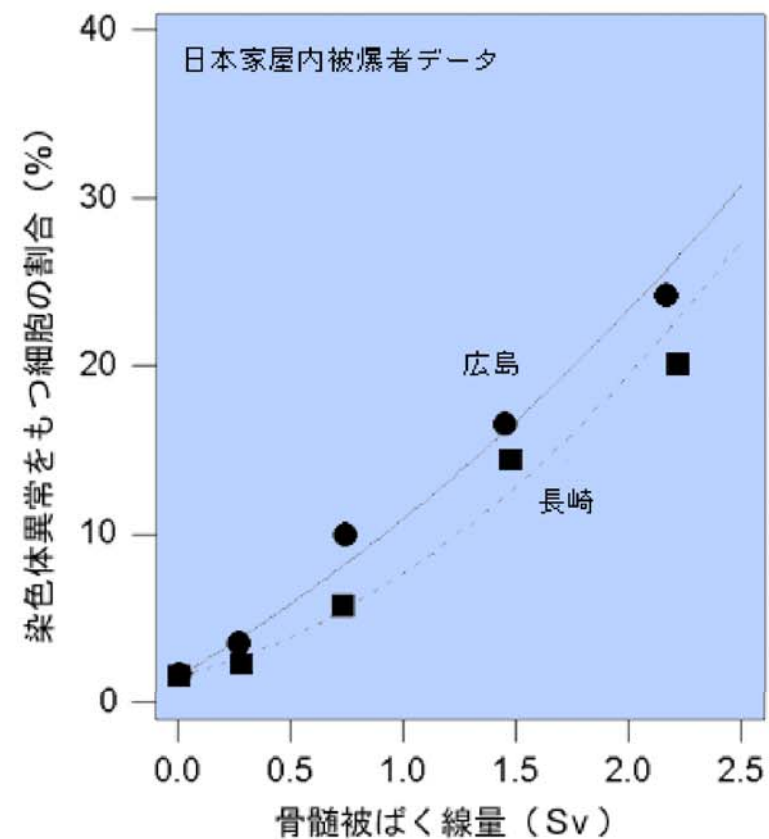
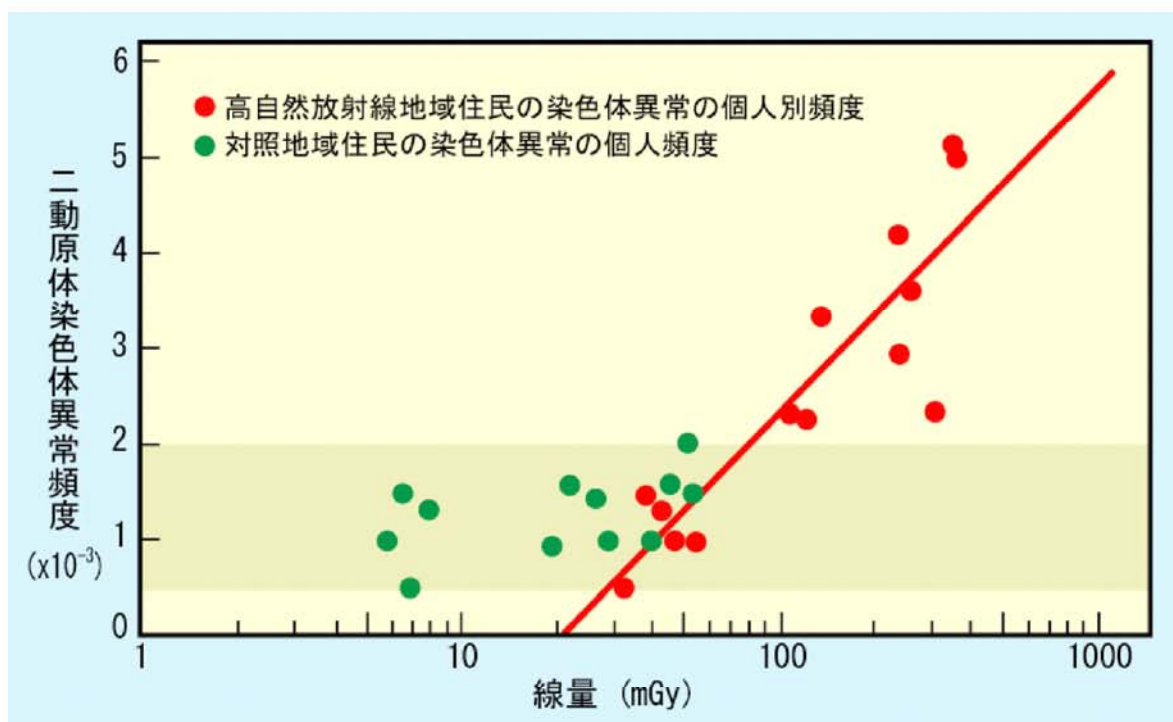


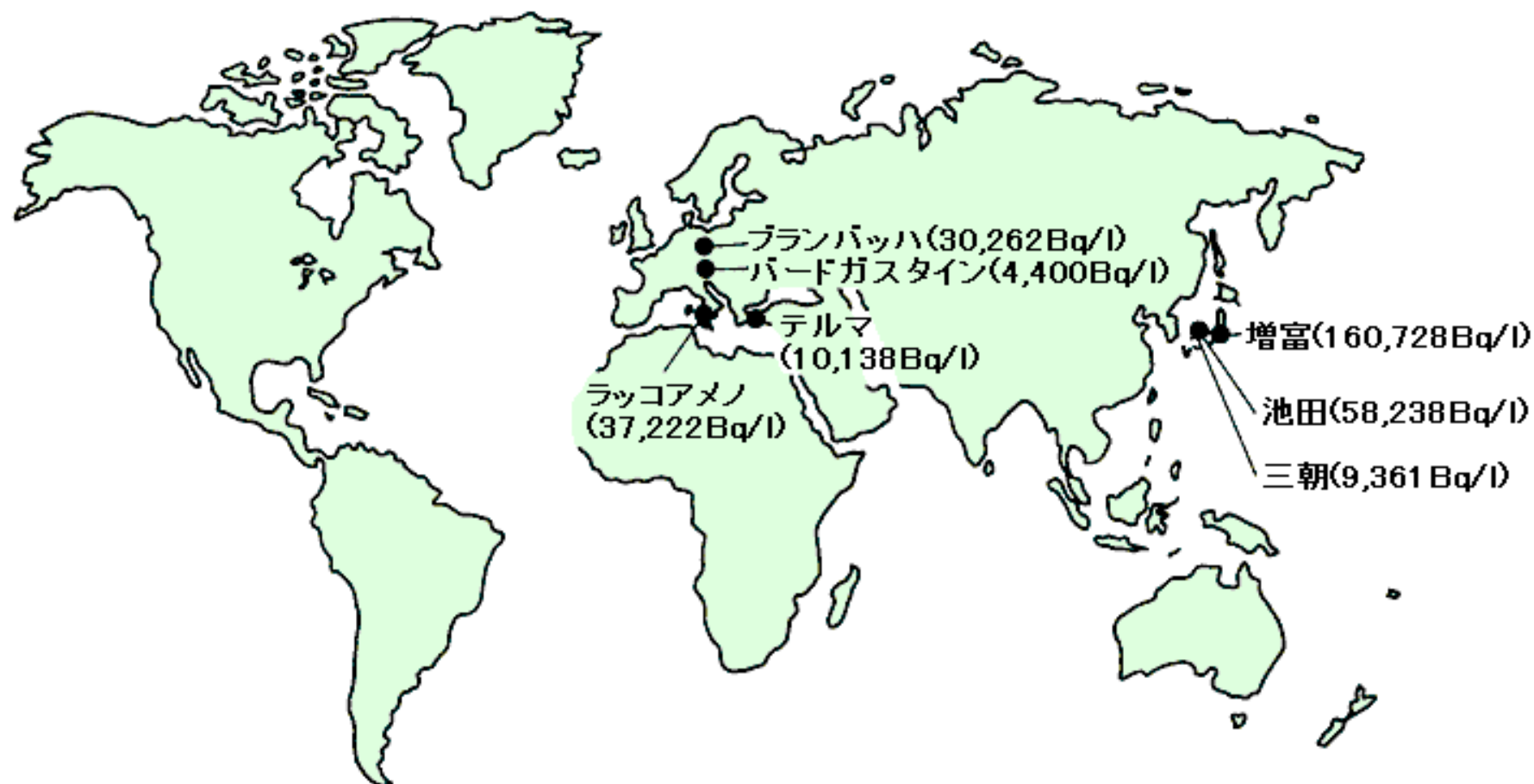
1990年の報告：統計的有意差はないが、対照地区よりガン死亡率が低い傾向がある。

1992年の報告：ガン死亡率に統計的有意差はない。

2000年の報告：ガン死亡率はほとんど同じである。

放射線による染色体異常の線量効果



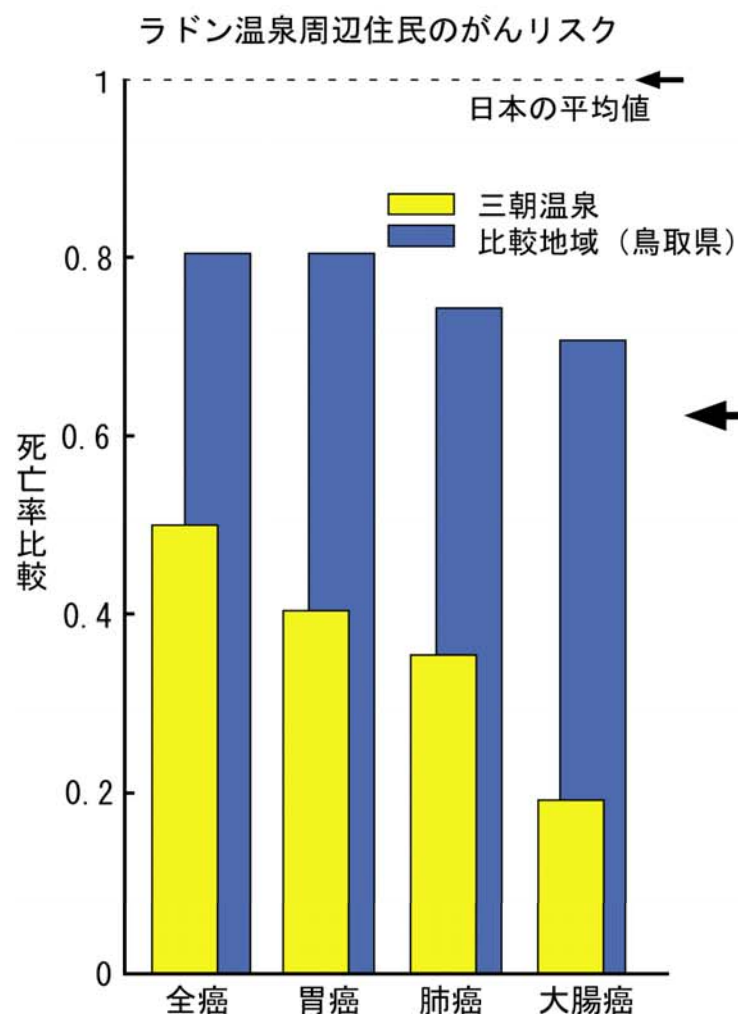


ブランバッハ(Brambach)	東ドイツ、Bad Elster
バードガスタイン(Badgastein)	オーストリア、ザルツブルグ市南方約40km
ラッコアメノ(Lacco Ameno)	イタリア、Ischia島
テルマ(Therma)	ギリシャ、Ikaria島

図3 世界の主要なラドン温泉

[出典] 小林定喜、完倉孝子(編): 放医研環境セミナーシリーズNo.15
生活環境におけるラドン濃度とそのリスク(1989)

三朝温泉の高自然放射線地域での疫学調査



鳥取県、三朝ラドン温泉地域：
年間被ばく線量1.92 mSv/年

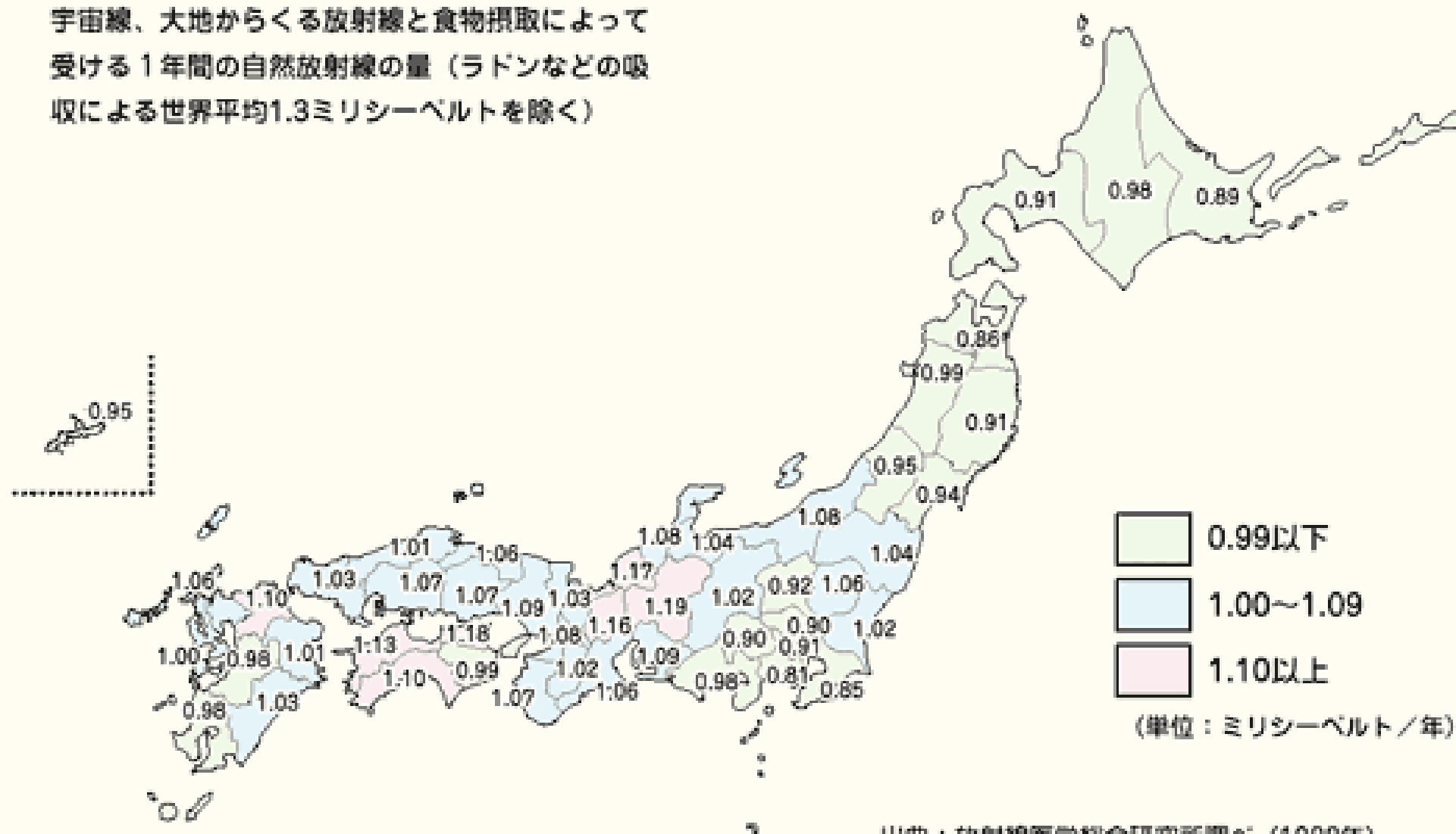
1992年の報告：ラドン泉地区と対照地区の住民のガン死亡率が有意に低い。放射線被ばく特有の染色体異常である環状染色体の発生頻度は周辺地域住民よりも減少。

1998年の報告：ラドンレベルの高い地域と対照地区の住民のガン死亡率全体に有意差は認められない。しかし、胃ガンの死亡率は減少し、男性の肺ガン死亡率は増加。

2000年の報告：肺ガン死亡率についての再調査。ラドン濃度と肺ガンリスクとの関係は肯定も否定もできない。

自然放射線の量は場所によって違う

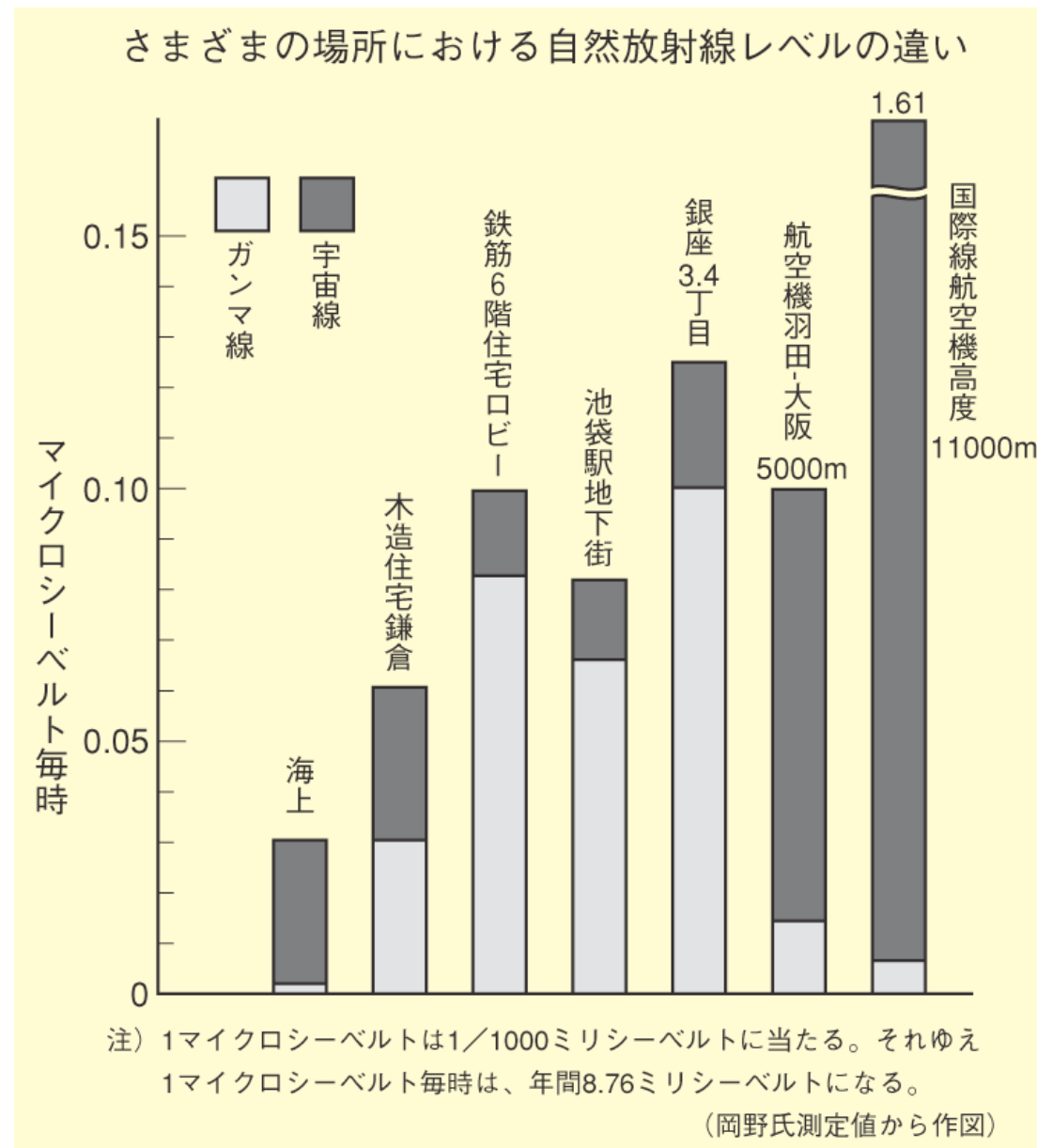
宇宙線、大地からくる放射線と食物摂取によって
受ける1年間の自然放射線の量（ラドンなどの吸
収による世界平均1.3ミリシーベルトを除く）



出典：放射線医学総合研究所調べ（1988年）

1ミリシーベルト/年（mSv/年）=0.114マイクロシーベルト毎時（ μ Sv/h）

自然放射線の量は場所によって違う



環境放射能測定値 ($\mu\text{Sv/h}$, $\mu\text{Gy/h}$)

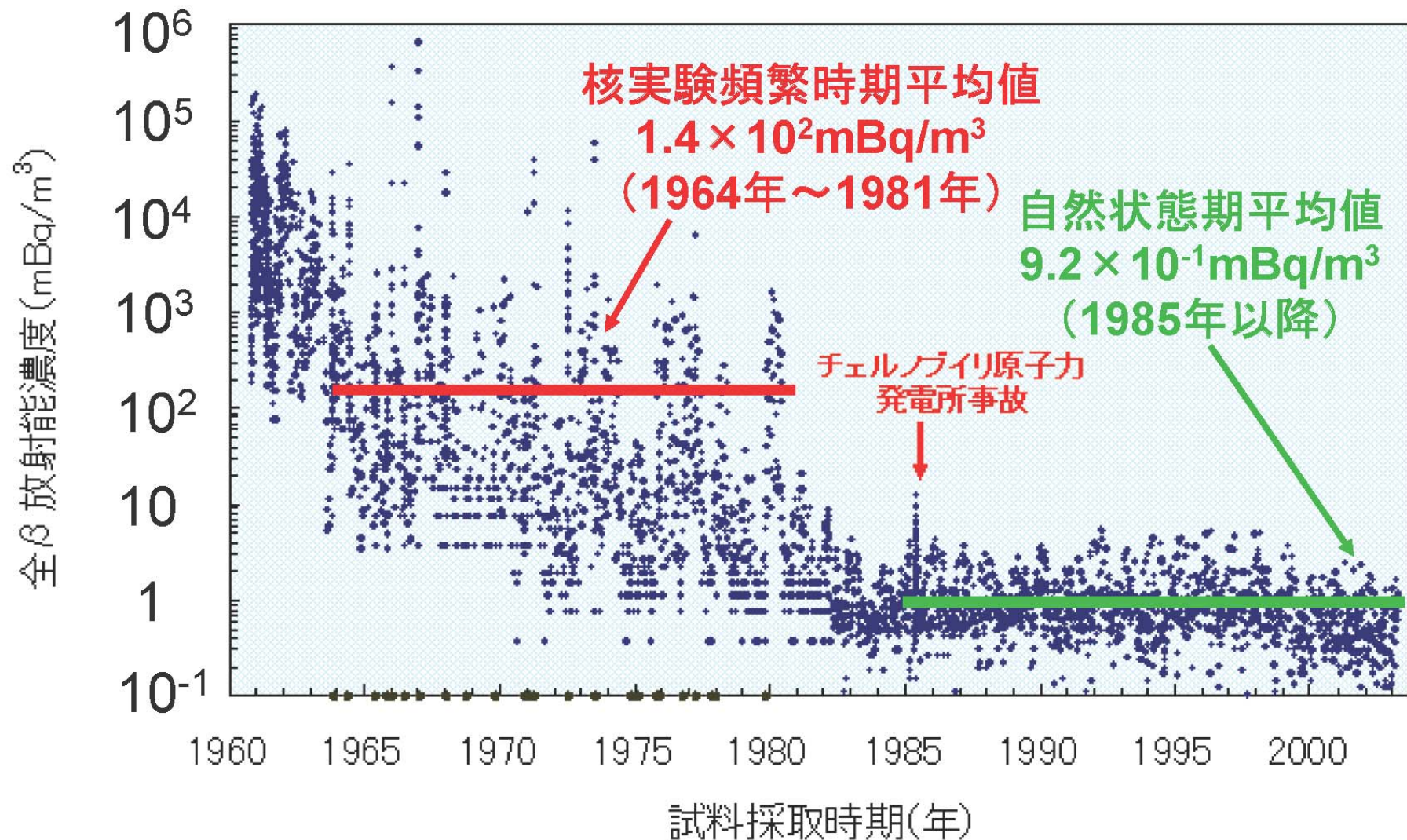
ISS

国際線

3.11 00:00 3.16 00:00 3.21 00:00 3.26 00:00 3.31 00:00 4.5 00:00 4.10 00:00

- 県北
福島市
- 県中
郡山市
- 県南
白河市
- 会津
会津若松市
- 南会津
南会津町
- 相双
南相馬市
- いわき
いわき市平
- いわき市
中央台北小学校
- 飯舘村
飯舘村役場
- 川内村
川内村役場
- 田村市
船引田村総合体育館
- 田村市
常葉行政局駐車場
- 玉川村
福島空港

全 β 放射能濃度の長期的推移



日本上空での全 β 放射能濃度の長期的推移(全空域、全高度)

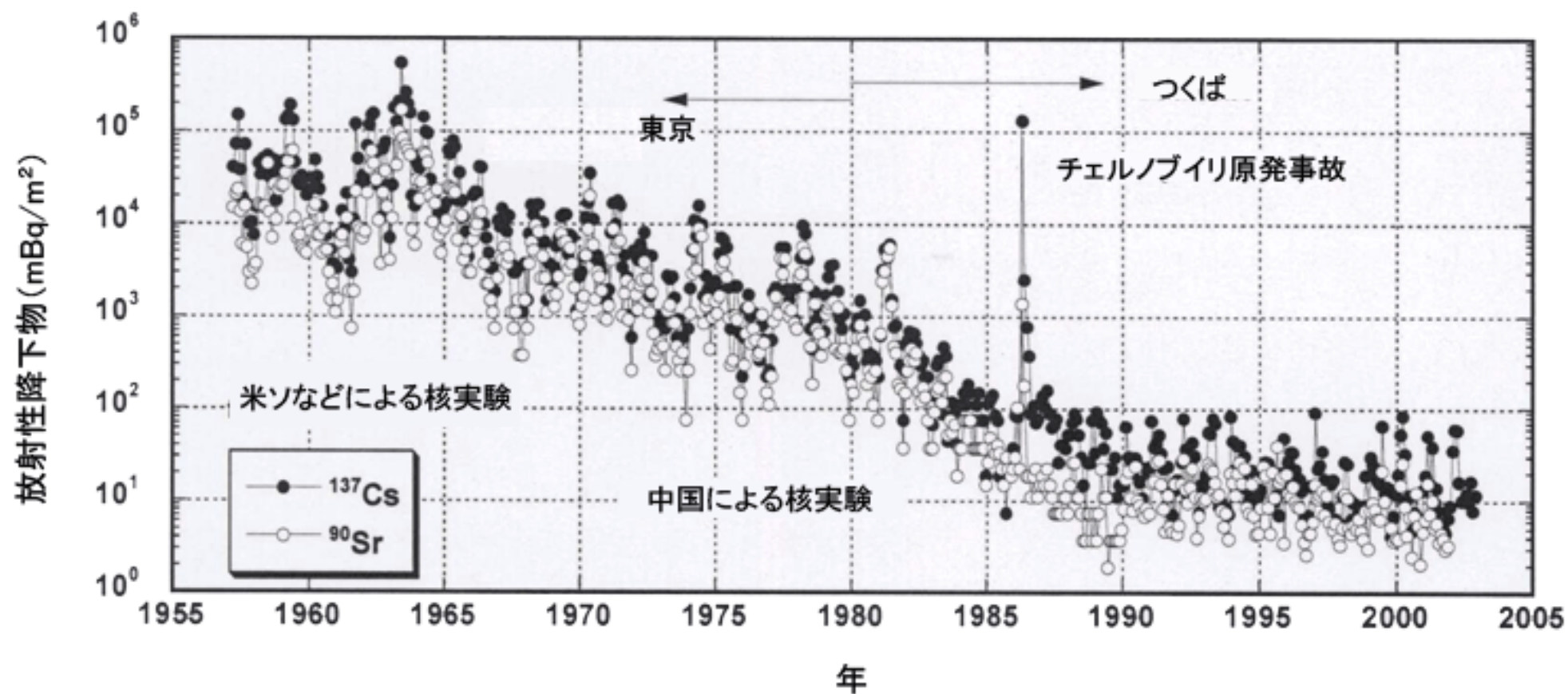


図1 人口放射性降下物の経年変化

[出所] 気象研究所地球化学研究部: 環境における人口放射能の研究2003、
http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ge/2003Artifi_Radio_report/coverJP.htm

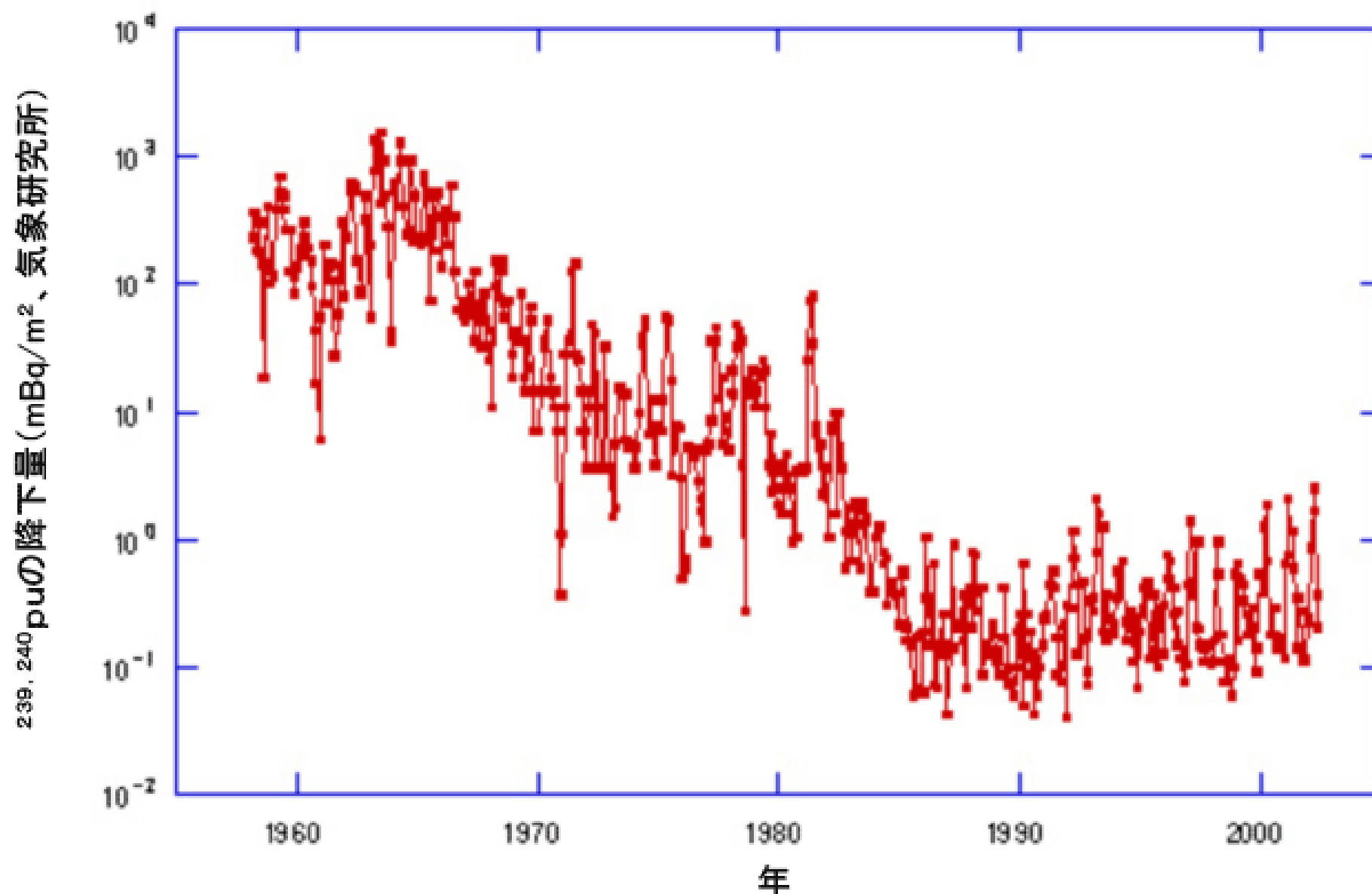


図2 プルトニウム降下物の経年変化

[出所]地球研究所地球化学研究部:環境における人口放射能の研究2003、
http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ge/2003Artifi_Radio_report/chapter8.htm

チェルノブイリ20年後の結論と教訓

- 作業した消防士ら134人に急性放射線障害、3ヶ月以内に28人が死亡、その後20年間に19人が死亡
- 危険を知らされずに放射性ヨウ素で汚染されたミルクを飲んだ子どもたちの中から、通常の10倍の頻度で小児甲状腺がんが発生、発見された患者数は約4000人以上。多くは手術で治り、20年間の死亡患者は9～15名
- 白血病も含め、その他の病気の増加は確認されていない
- 最も深刻な被害は、社会経済的な影響、不安ストレスなど精神的な障害、不必要な妊娠中絶の増加

- 放射線や放射能は、自然界の一部
- 簡単に、鋭敏に、検出できる
- 自然の放射線や放射能は安全で、人工の放射線は危険、ということはない！
- 安全かどうかは、細胞が受ける放射線の量による
- 放射線による発がんは確率的に起こる
- 放射線によるがんと自然のがんは区別できない
- 冷戦時代の核実験でも経験済み
- 最大の悪影響は不安ストレスとパニック

福島原発の放射能を 理解する

物理と工学からの見地

Ben Monreal 教授

カリフォルニア大学サンタバーバラ校(UCSB)

物理学科

質疑応答：

Ben Monreal

Theo Theofanous 教授、UCSB化学工学科

Patrick McCray 教授、UCSB歴史学科



オリジナル作成者：

Ben Monreal 教授

カリフォルニア大学サンタバーバラ校(UCSB)
物理学科

オリジナル著作とMonreal教授によるセミナー講演（英語、3月16日）は

<http://online.itp.ucsb.edu/online/lecture/bmonreal11/>

翻訳者：

野尻美保子（高エネルギー加速器研究機構／東京大学IPMU）

久世正弘（東京工業大学理工学研究科）

前野昌弘（琉球大学理学部）

衛藤稔・石井貴昭・橋本幸士（理化学研究所仁科加速器研究センター）

このファイルを用いる前に、必ず

<http://ribf.riken.jp/~koji/jishin/>

**で最新の訳注を見て下さい。また、配布時はこのファイルそのものや
ファイルのアドレスでなく上記の格納場所のアドレスを転送してください。**

翻訳の許可をオリジナル作成者よりいただいています。