



Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant

Okuma, Japan

37 25 18N 141 01 56E



# 放射能の基礎知識と 浜松市の試験焼却について

静岡大学 理学部

附属放射科学研究施設

矢永 誠人

DigitalGlobe's Natural Color Satellite Image  
March 14, 2011 (02:04 GMT)

DIGITALGLOBE

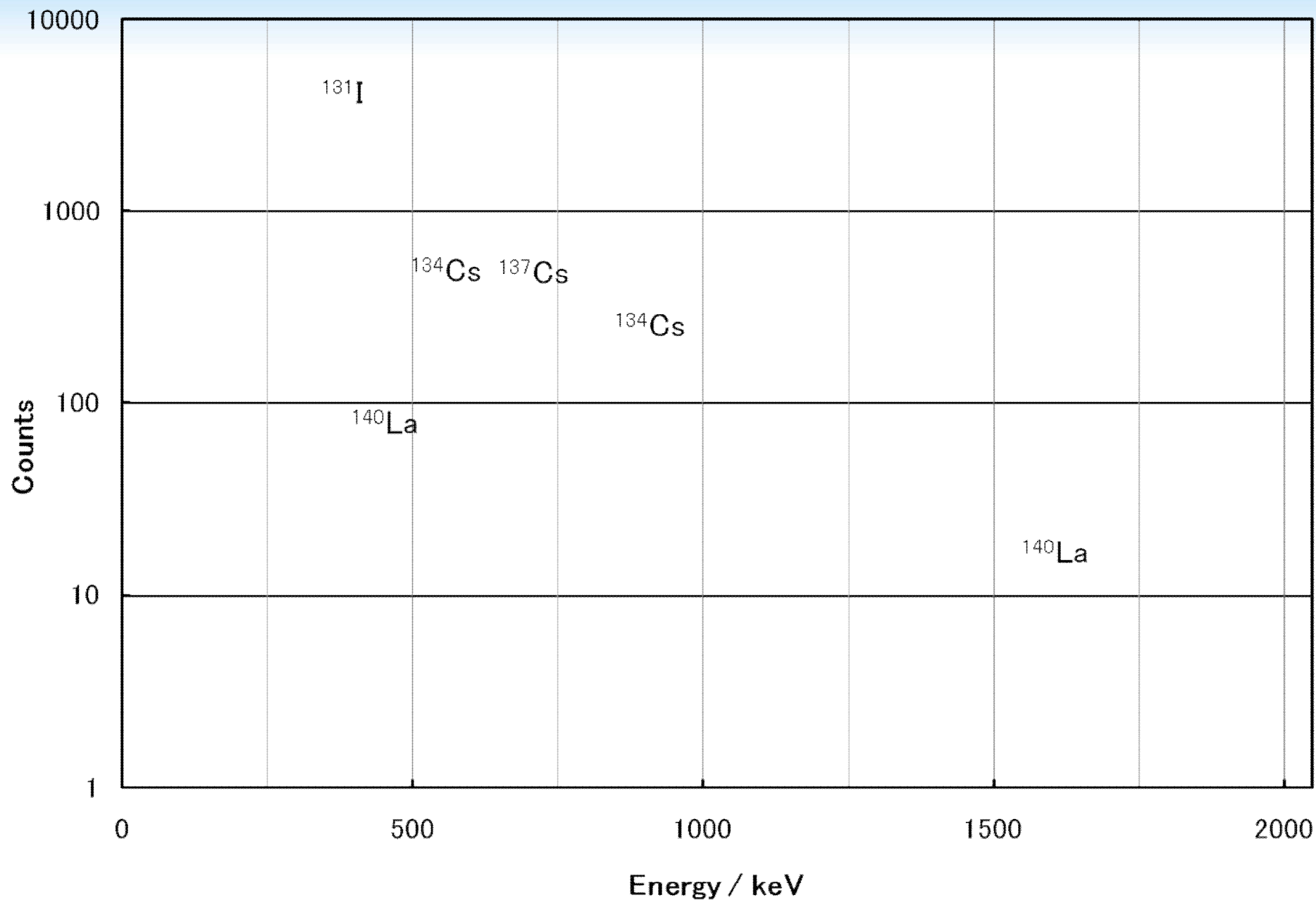
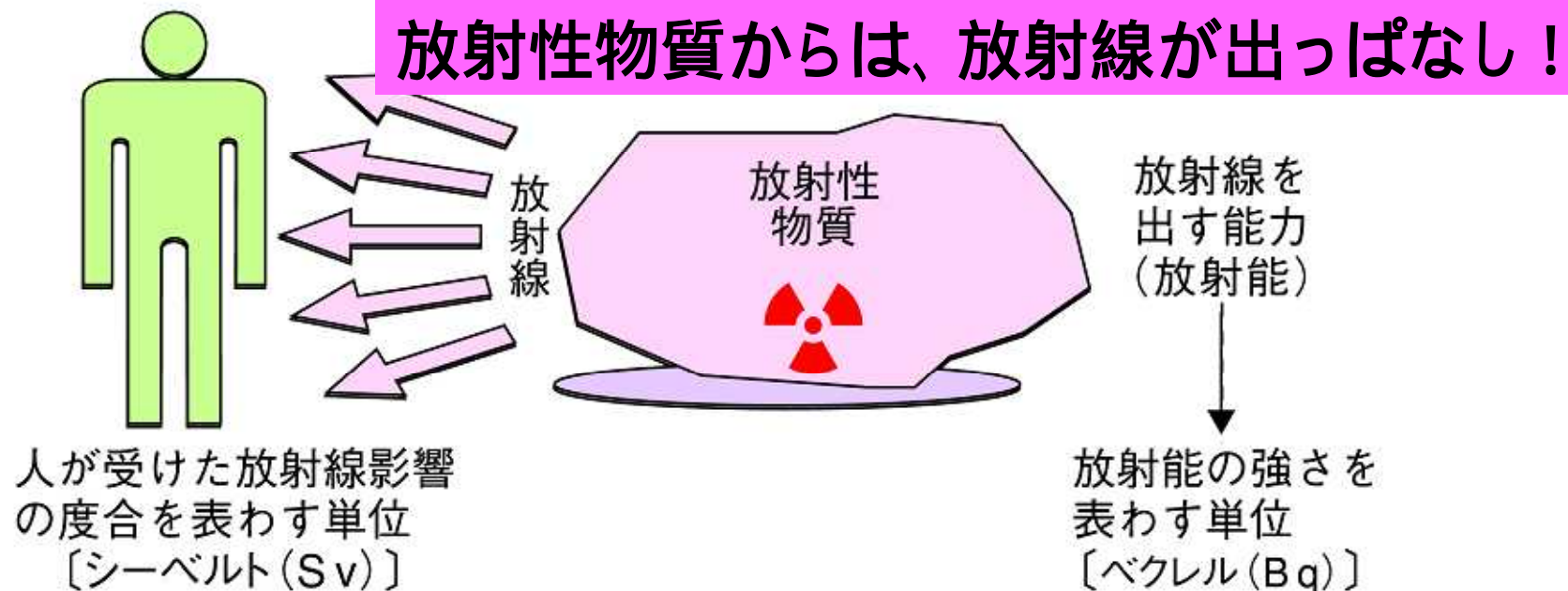
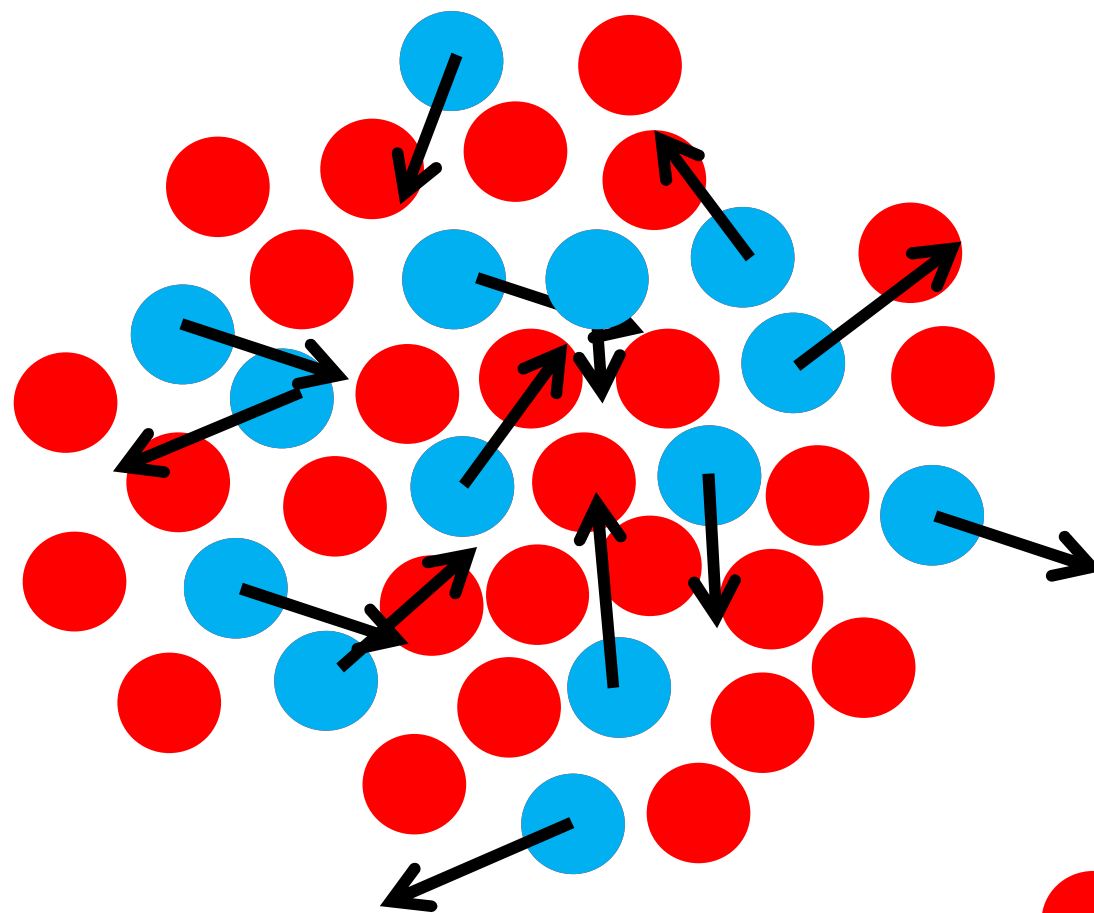


図 平成23年3月15日16時54分から30分間、静岡市駿河区大谷にて捕集した空気中浮遊物のガンマ線スペクトル(測定日:平成23年3月25日、測定時間:21061.5秒)

# 放射能と放射線



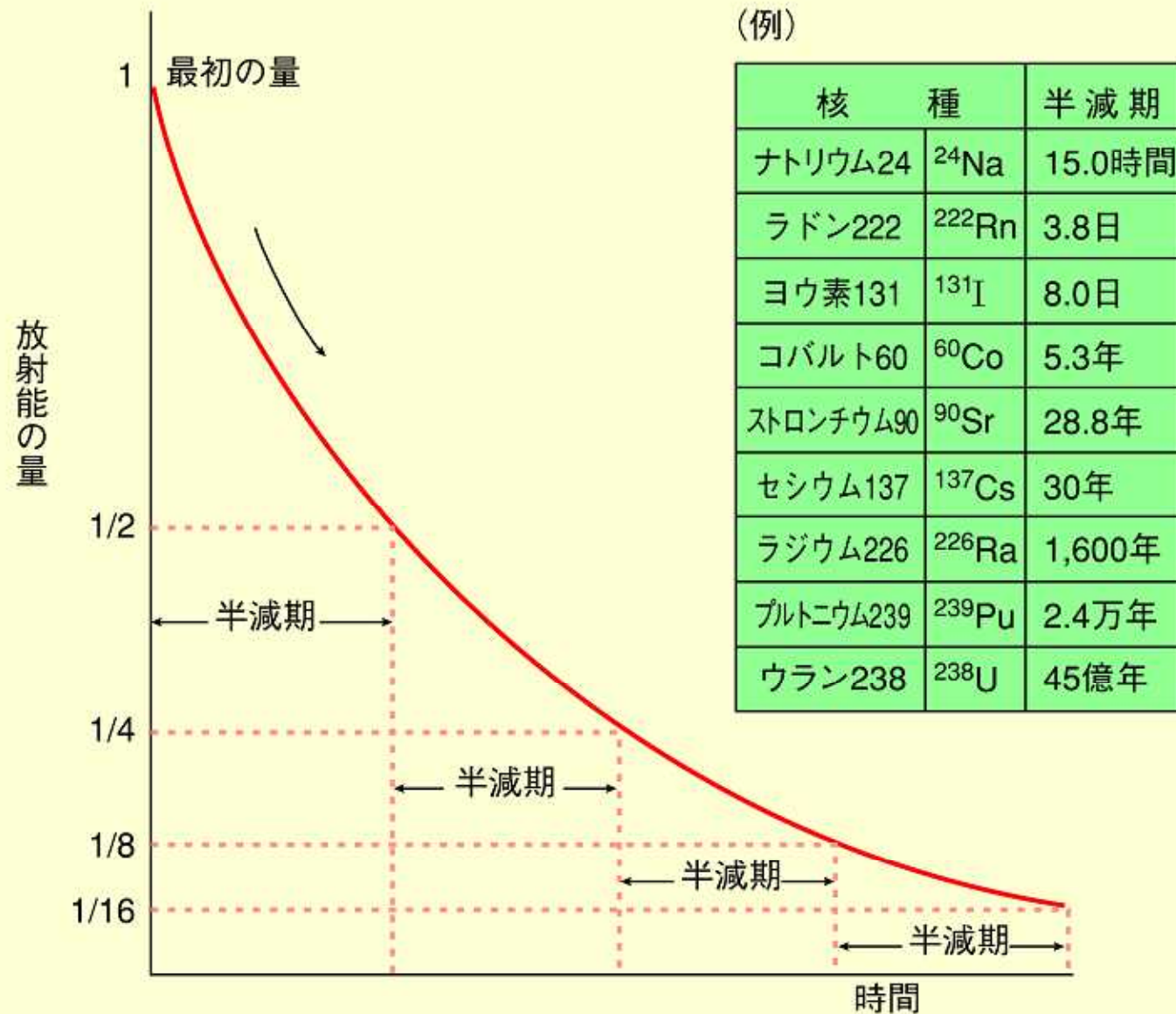
# 放射性物質の粒が壊れて放射線を出す



● セシウム137  
(放射性)

● バリウム137  
(非放射性)

# 放射能の減り方



- **ベクレル(Bq)** - **放射能の単位**

1秒間に1個の放射性物質の粒が壊変すると1ベクレル

その放射性物質からは、

**放射線がどのくらい出ているか**を示す

- **シーベルト(Sv)** - **人への影響**を示す単位

1シーベルト = 1000ミリシーベルト

= 1000000マイクロシーベルト

- 1マイクロシーベルト毎時(1  $\mu$ Sv / h)

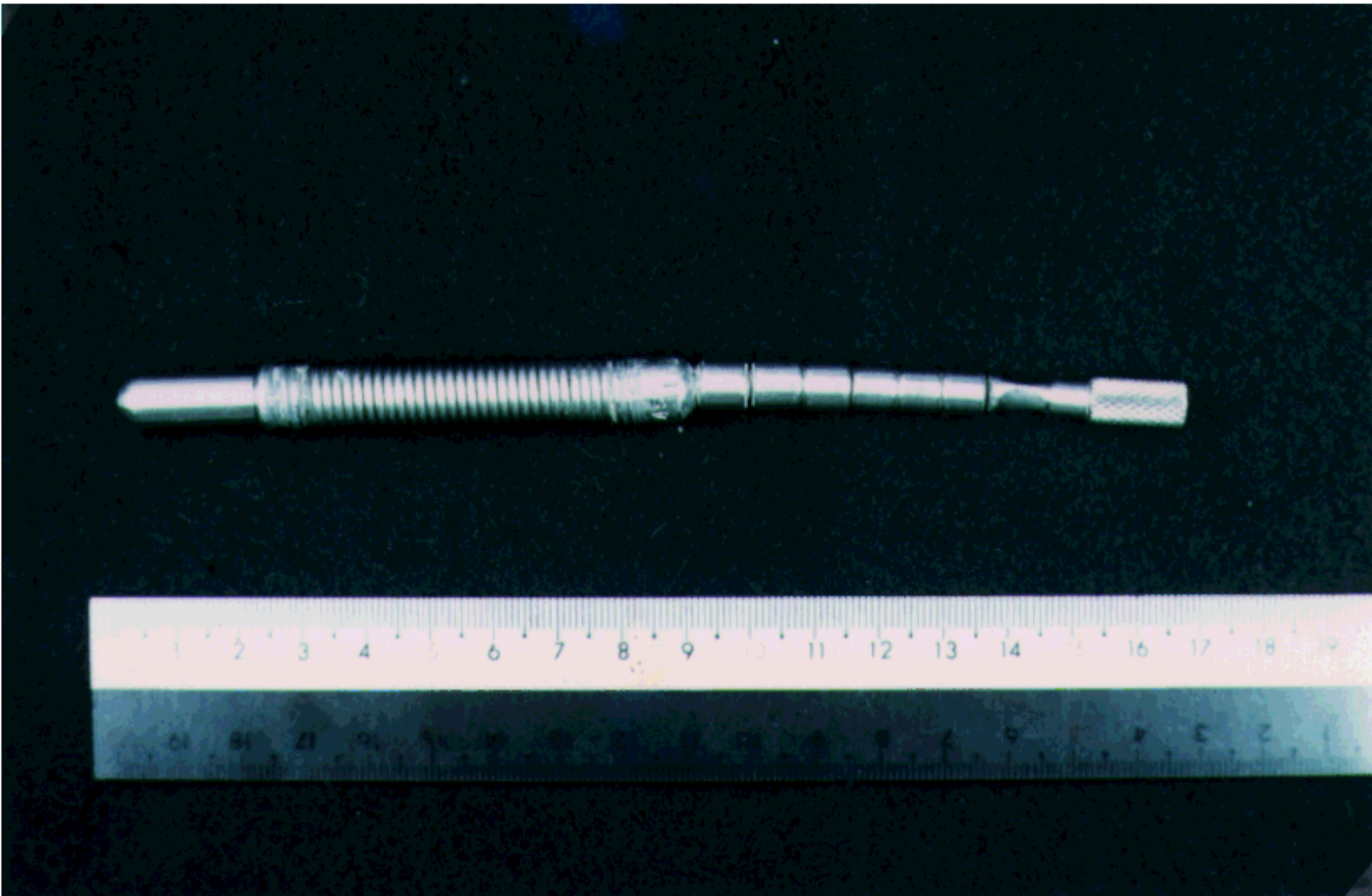
その場所に1時間滞在すると1マイクロシーベルトの線量を受けるという意味

# 大量の放射線に被ばくすると・・・

- 1971年9月 千葉県市原市 造船所  
イリジウム192 (非破壊検査用線源)  
1580億ベクレル  
作業員6名被ばく

線源紛失にともなう被ばく事故

B氏 臀部 右側 30 シーベルト  
左側 90 シーベルト  
生殖腺 1.75 シーベルト



**図 1 工員により拾われた $^{192}\text{Ir}$ の線源**

[資料提供] 埼玉医大・平嶋邦猛教授

(ATOMICA 「千葉市におけるイリジウムによる放射線被ばく事故 (09-03-02-11)」より転載)





**図2 臀部に見られた放射線による潰瘍（急性症状）**

[出典] Sugiyama H, et al. : Clinical studies on radiation injuries resulting from accidental exposure to an iridium-192 radiographic source, J. Radiat. Res., 14, 281 (1973)

(ATOMICA 「千葉市におけるイリジウムによる放射線被ばく事故 (09-03-02-11)」より転載)

# 表 1 推定全身平均被ばく線量

症 例	生物学的線量評価 (G y)	物理学的線量評価 (G y)
A	1.24	1.33
B	0.4	0.5
C	0.26	0.1
D	0.122	0.25
E	0.109	0.13
F	0.098	0.15

[出典] Nakamura W. et al. : Biochemical analyses of some metabolites in urine and blood in persons exposed accidentally to a source of  $^{192}\text{Ir}$ , J. Radiat. Res., 14, 306 (1973) をもとに作成

(ATOMICA 「千葉県におけるイリジウムによる放射線被ばく事故 (09-03-02-11)」より転載)

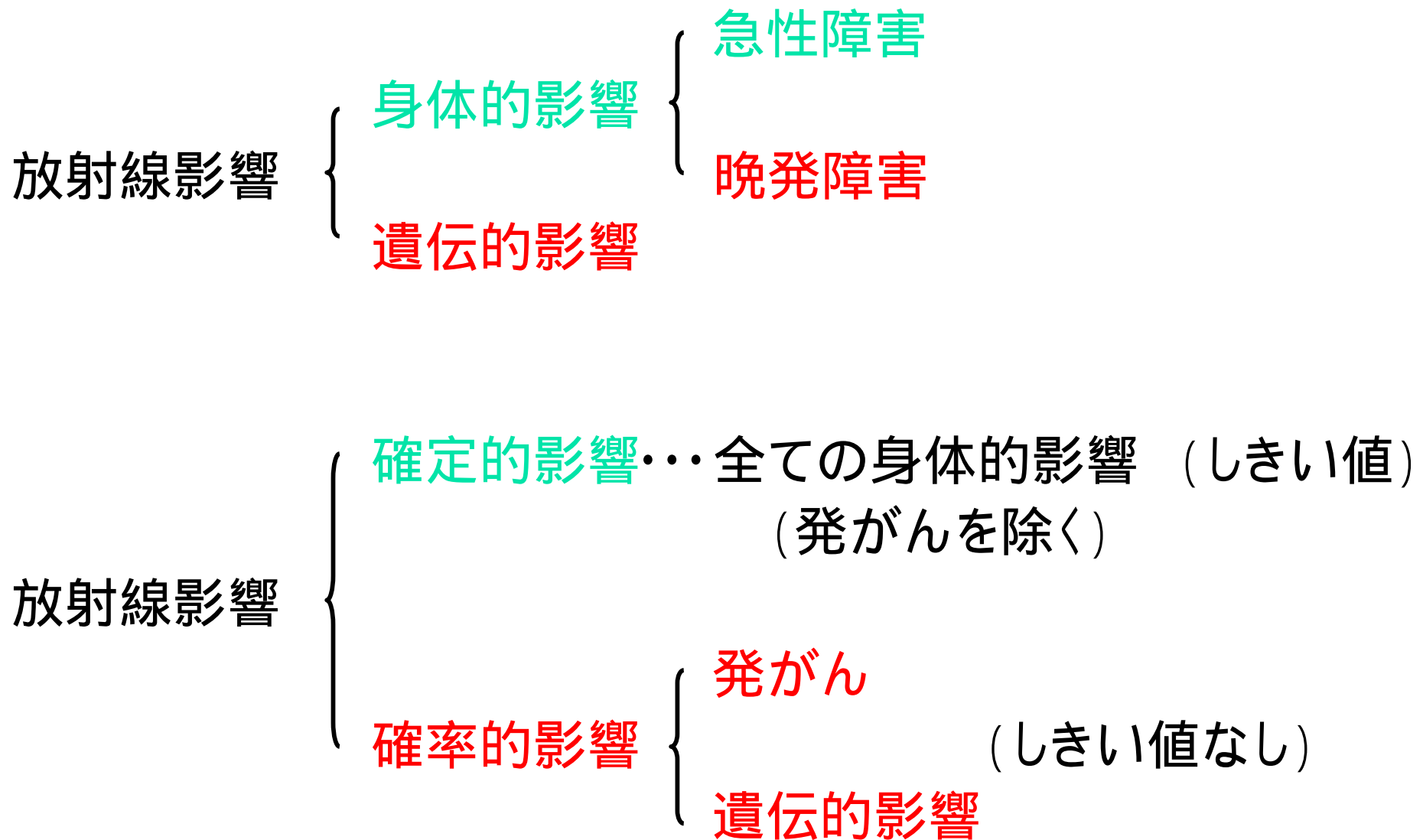
## 表2 急性期に見られた被ばくによる症状

症 例	前駆症状 (食欲不振、 吐き気など)	皮膚障害 (紅斑、水泡、 潰瘍、壊死など)	造血障害 (白血球減少など)	造精障害 (精子数の減少)
A	+	++	+++	+
B	-	+++	+	+++
C	-	+	+	+
D	-	-	+	+
E	-	-	+	+
F	-	-	-	+

[出典] Sugiyama H. et al. : Clinical studies on radiation injuries resulting from accidental exposure to an iridium-192 radiographic source, J. Radiat. Res., 14, 278 (1973)

(ATOMICA 「千葉市におけるイリジウムによる放射線被ばく事故 (09-03-02-11)」より転載)

# 放射線影響の分類



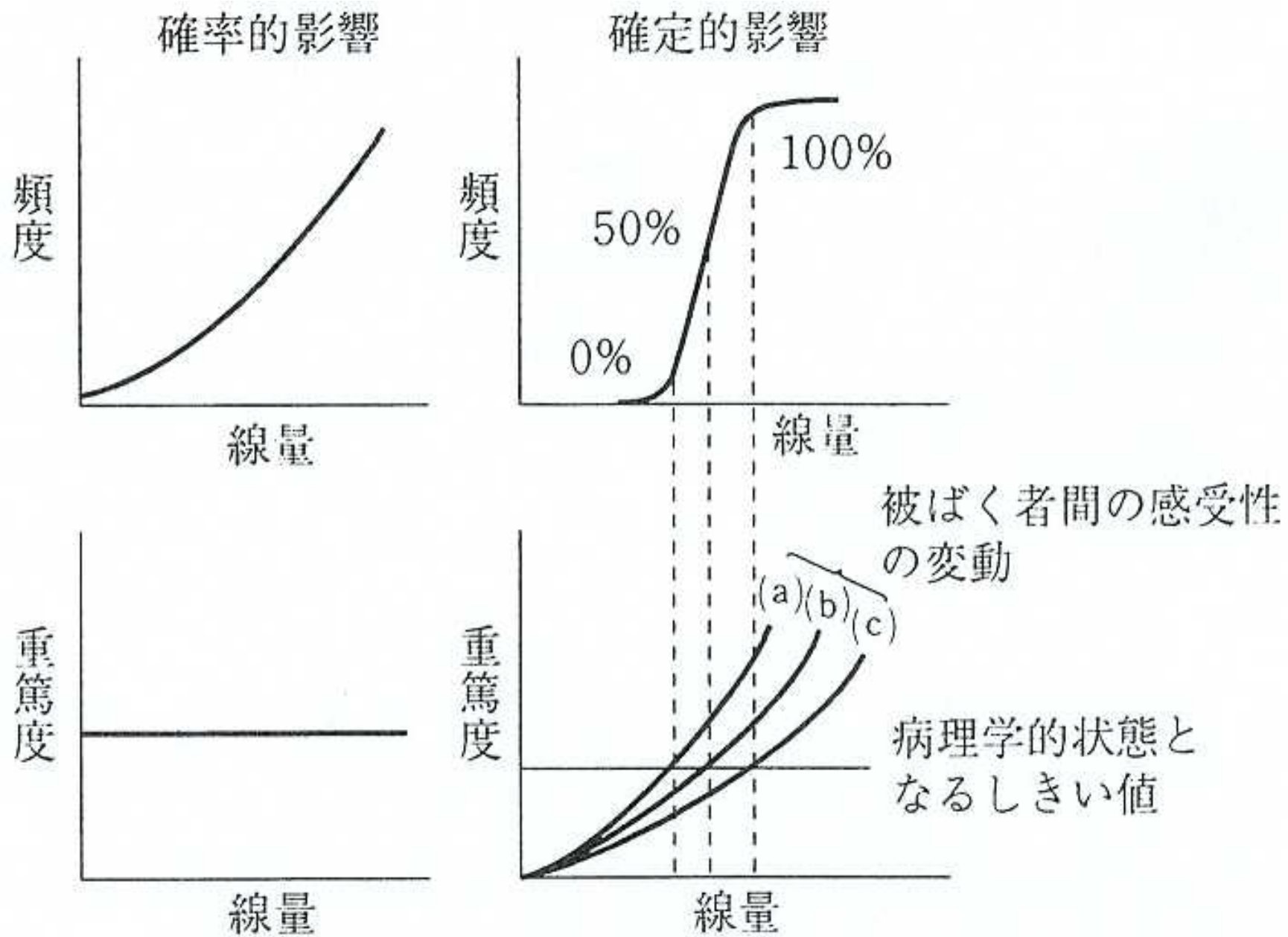


図1 確率的影響と確定的影響の分類と特徴

# 確定的影響と確率的影響

## ■ 確定的影響

- ・ 被ばく線量が**あるレベルを超えると**、障害が現れる(発生の確率が急速に1にまで増加する)影響
- ・ **線量の増加**とともに、発生の頻度とともに障害の**重篤度が増加**

## ■ 確率的影響

- ・ 障害が発生する**下限値(下限線量)がない**  
(低線量被ばくであっても影響がゼロとはいえない)
- ・ **線量の増加**とともに発生頻度が増加するが、障害の**重篤度は変化なし**

# 確定的影響の例とそのしきい値

影響	しきい値(しきい線量)
白血球(リンパ球)減少	0.25 シーベルト
吐き気・嘔吐	1 シーベルト
一時的不妊	
(男性)	0.15 シーベルト
(女性)	0.65 ~ 1.5 シーベルト
皮膚の紅斑	3 シーベルト
個体死(急性致死)	
骨髓死	3 シーベルト
消化管死	10 シーベルト

# 晩発障害

- **発がん** - **今、問題になっていること**  
確率的影響 (自然発生のもものや化学的物質により誘発されたがんとの区別は不可能)  
白血病 被ばく後2～3年から発生      7～8年で発生のピーク  
その他のがん 潜伏期10年以上  
発がんの起こりやすさ 乳房、甲状腺、赤色骨髄、肺
- 白内障 (確定的影響)  
しきい値 ガンマ線などでは1回の照射で 2～5 Sv  
10 Sv以上 100%発生  
潜伏期の平均 2～3年 (範囲 6ヶ月～35年)



# 放射線の健康影響に対する物差し

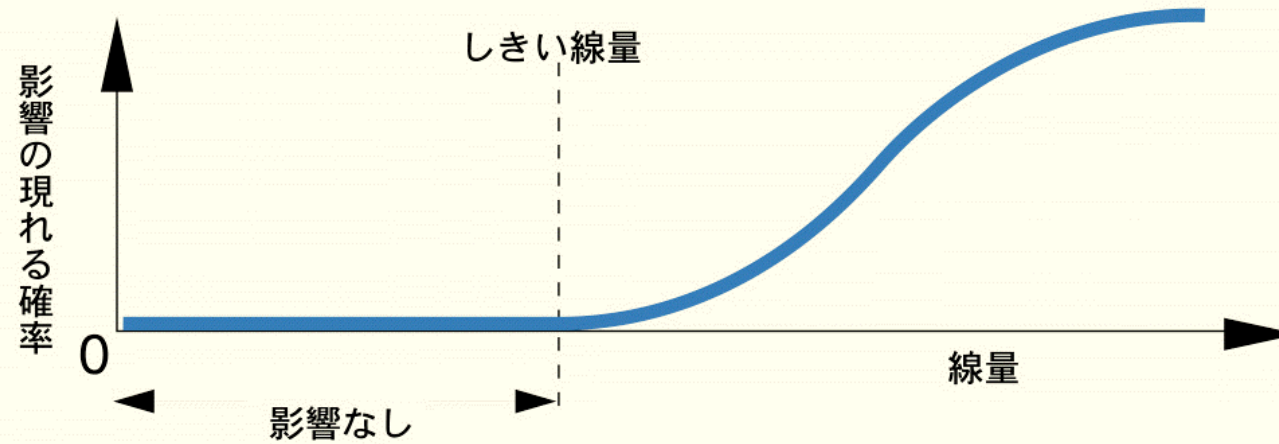
- UNSCEAR (原子放射線の影響に関する国連科学委員会)  
健康影響の認められる最低線量 - 100 mSv
- ICRP (国際放射線防護委員会) (直線モデルの立場)  
一般人 (一般公衆) の被ばく線量限度 - 1 mSv  
(自然放射線による被ばくや医療被ばくは除く)  
放射線業務従事者 (職業被ばく) - 50 mSv

ただし、

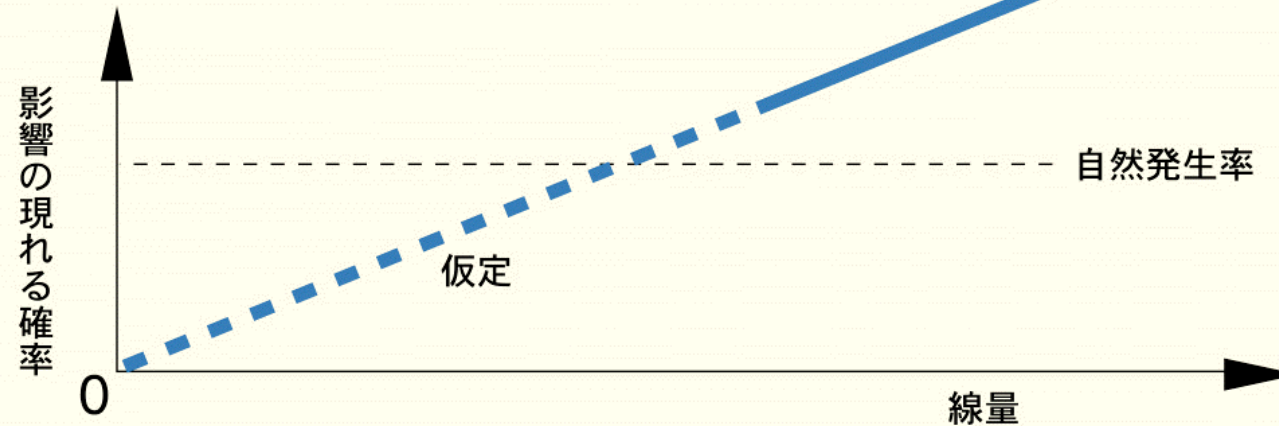
- 緊急事態継続中 - 20 ~ 100 mSv
- 回復・復旧の時期 - 1 ~ 20 mSv

# 確定的影響と確率的影響

確定的影響（脱毛・白内障など）



確率的影響（がん・白血病など）



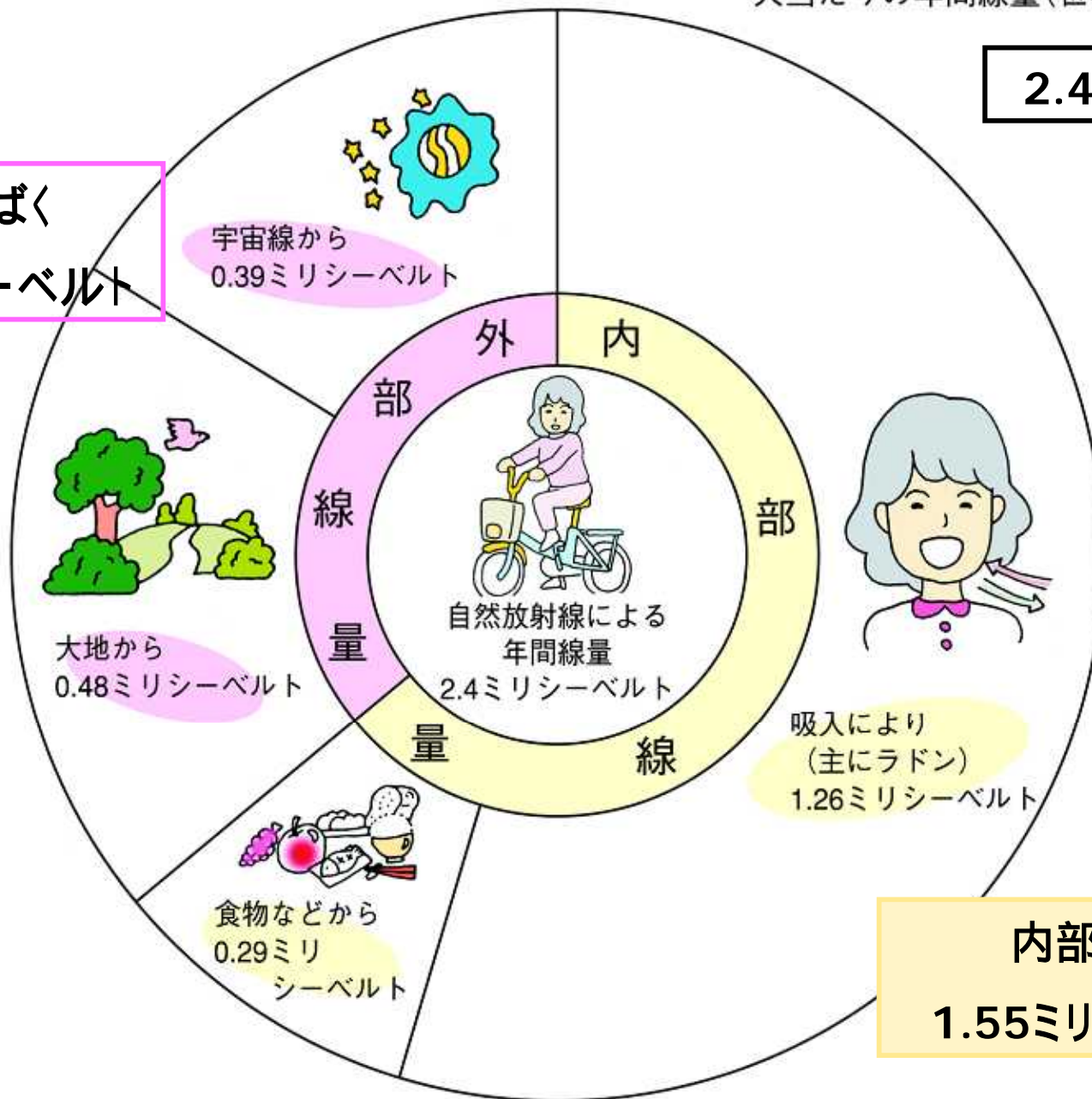
((財)放射線影響協会 「放射線の影響がわかる本」より転載)

# 自然放射線から受ける線量

一人当たりの年間線量(世界平均)

2.4ミリシーベルト

外部被ばく  
0.87ミリシーベルト



出典：国連科学委員会(UNSCEAR)2000年報告

((財)日本原子力文化振興財団：「原子力」図面集(2007年版)より改変)

Shizuoka University

# 内部被ばくの原因

## ・自然放射線からの内部被ばく

空気、水、食物

$^{40}\text{K}$  (カリウム 40)

$^{39}\text{K}$

$^{40}\text{K}$

$^{41}\text{K}$

93.22%

0.011%

6.77%

60 Bq/kg

0.18 ミリシーベルト/年

$^{210}\text{Po}$ 、 $^{210}\text{Pb}$  (ポロニウム、鉛) ( $^{238}\text{U}$ 由来)

海水

魚介類

摂取

0.19 ミリシーベルト/年

$^{222}\text{Rn}$  (ラドン) ( $^{238}\text{U}$ 由来)

0.4 ミリシーベルト/年 (日本)

1.3 ミリシーベルト/年 (世界平均)

# 体内の放射性物質

カリウム40

4,000ベクレル

炭素14

2,500ベクレル

ルビジウム87

500ベクレル

鉛210・ポロニウム210

20ベクレル

(体重60kgの日本人の場合)

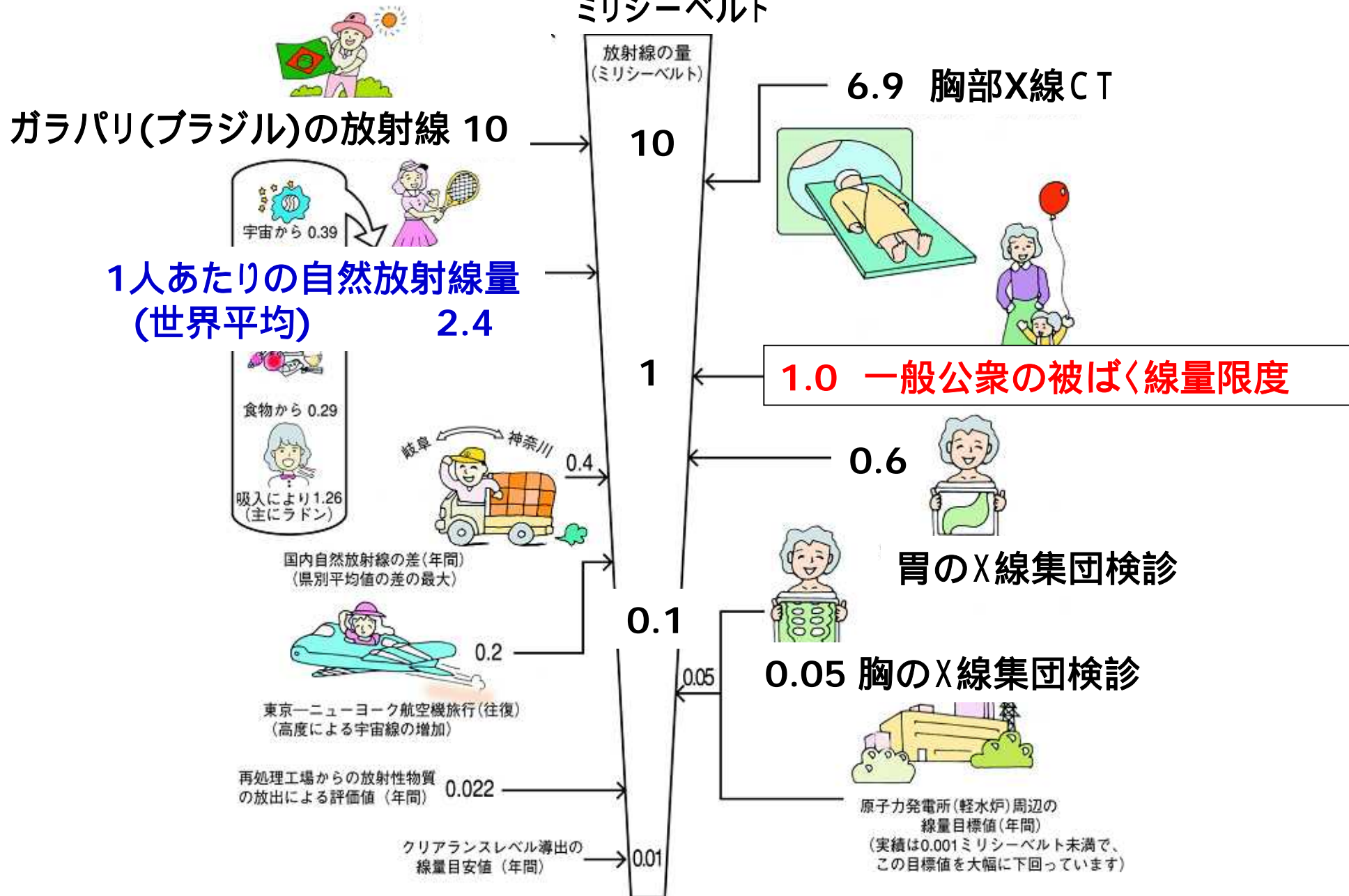
出典:旧科学技術庁パンフレット

# 日常生活と放射線

## 自然放射線

## 放射線の量 ミリシーベルト

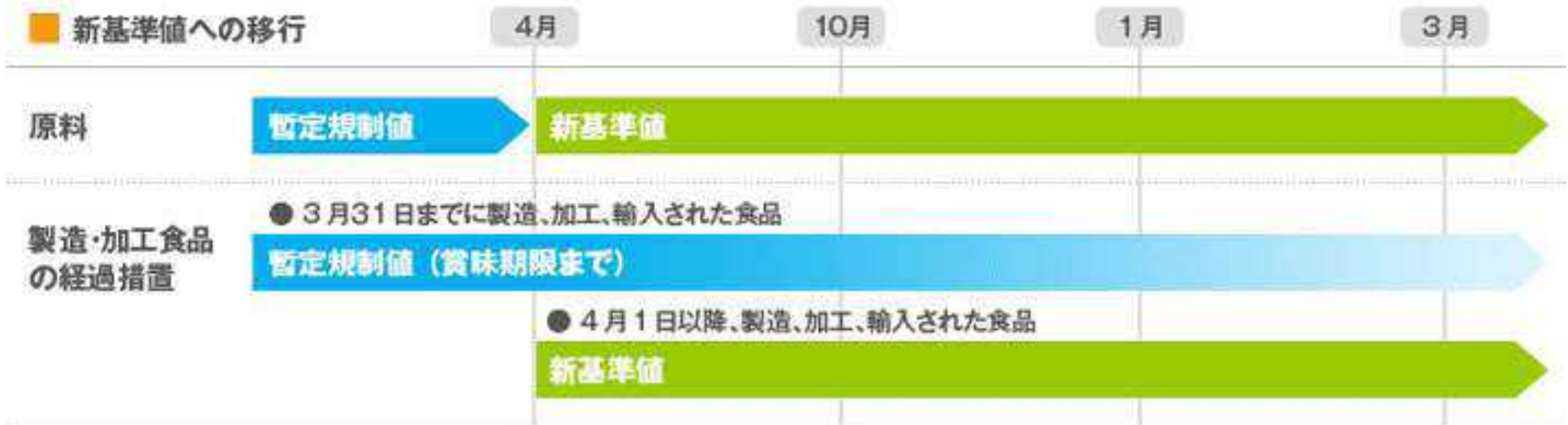
## 人工放射線



# 食品中の放射能の基準値

新基準値	ヨウ素 131 (Bq/kg)				セシウム 134・セシウム 137 (Bq/kg)				
	平成24年4月からの新基準値では設定されておりません				飲料水	牛乳	一般食品	乳児用食品	
					10	50	100	50	
暫定規制値	飲料水	牛乳・乳製品	野菜類 (根菜・芋類を除く)	魚介類	飲料水	牛乳・乳製品	野菜類	穀類	肉・卵・魚・その他
	300	300	2000	2000	200	200	500	500	500

## 経過措置



## ・内部被ばくの評価

### 預託線量

摂取後50年間にわたる総線量で評価

### 内部被ばく量の算定の実際

内部被ばく線量[ミリシーベルト]

$$= \text{係数[ミリシーベルト/ベクレル]} \times \text{摂取量[ベクレル]}$$

係数：放射性物質の種類や摂取経路により定められている。



100ベクレル/kgの食品を毎日1kg、1年間食べ続けたら？

$$100 (\text{ベクレル/日}) \times 365 (\text{日}) \\ \times 0.000013 (\text{ミリシーベルト/ベクレル})$$

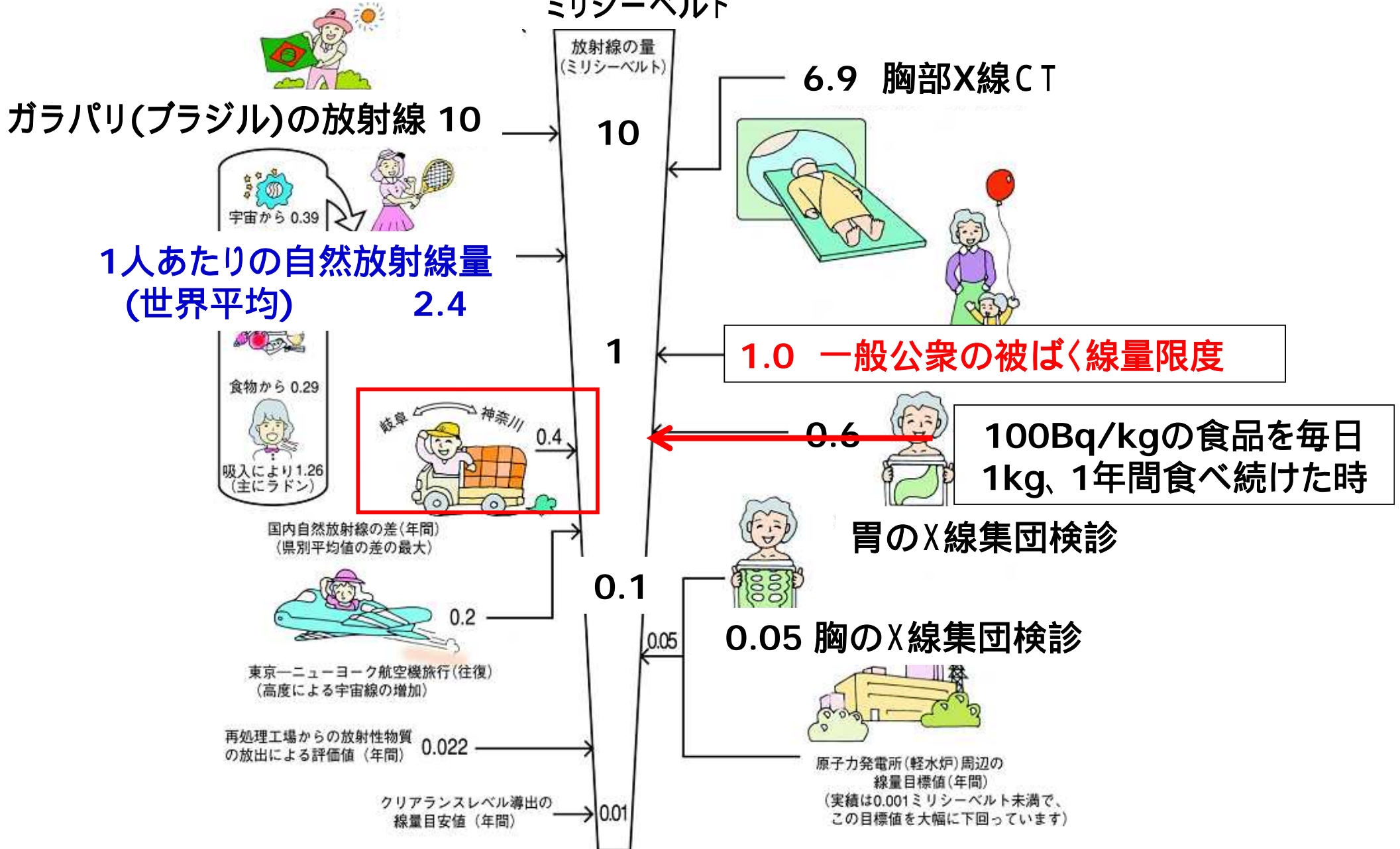
0.5ミリシーベルト  
(500マイクロシーベルト)

# 日常生活と放射線

## 自然放射線

## 放射線の量 ミリシーベルト

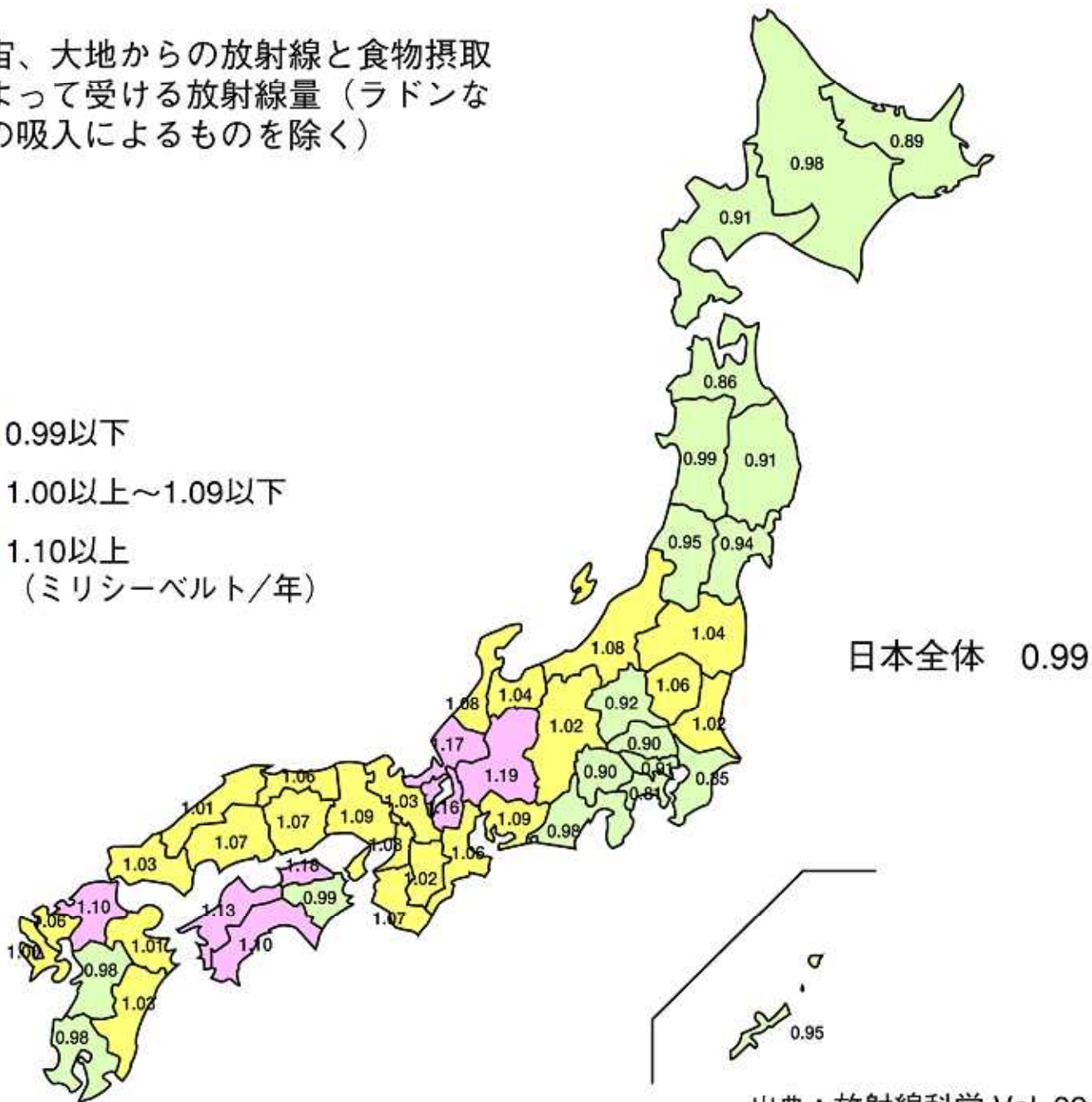
## 人工放射線



# 全国の自然放射線量

宇宙、大地からの放射線と食物摂取によって受ける放射線量（ラドンなどの吸入によるものを除く）

- 0.99以下
- 1.00以上~1.09以下
- 1.10以上  
(ミリシーベルト/年)



出典：放射線科学 Vol. 32, No.4, 1989

# 浜松市の試験焼却の検証

- 静岡県が定めた受け入れ基準について

国の基準(目安) 240 Bq/kg以下

静岡県の基準 100 Bq/kg以下

- 焼却灰の基準(放射能濃度)について

国の基準 8000 Bq/kg以下

本日の演示で使用したセシウム137の標準

線源の放射能は、38000 Bq (重量3.42 g)

濃度にすると、約1100万 Bq/kg !

1m離れれば、自然放射線量の変動内

# 放射能の濃度で規制する意味

- 濃度が一定値以下 (8000 Bq/kg以下) で保たれていれば被ばくが問題になることはない。
- 焼却灰の量が増えて、放射エネルギーの合計が増えたとしても、距離が遠くなったり、遮へいの効果が生じる。

例えば、オリンピックの開会式や大規模なコンサートなどで、人が多数集まると全体の放射性カリウム40の量は増えるけれども、それで被ばく線量が高まるだろうか？

38000ベクレルのセシウム137が  
1 mの距離にあったとすると、そのと  
きの被ばく線量は？

計算式：

被ばく線量( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) =

放射エネルギー(MBq)

÷ 距離の2乗( $\text{m}^2$ )

× 実効線量率定数( $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )

$$= 0.038 \div 1^2 \times 0.0779$$

$$= 0.00296 \quad \text{約} 0.003 \mu\text{Sv}/\text{h}$$

# 112 Bq/kgの焼却灰1トンが1 mの距離にあり続けたら？

- すべてがセシウム137とすると、その総放射エネルギーは、11万2千ベクレル(0.112 MBq)だから、被ばく線量は、 $0.112 \div 1^2 \times 0.0779 = 0.0087$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )

年間 約76  $\mu\text{Sv}$

(胸部レントゲン撮影2回分程度)

実際には、算定不可能なくらい少ない線量！

なぜなら、112 Bq/kgの濃度を維持したままで、すべてのセシウムが1 mの距離にあることは、あり得ないから！

# 最終処分場での覆土の効果

- 放射線源である廃棄物と人との間に一定の**距離**を保つことになり、被ばく線量を低下させる。
- 覆土による**遮へい**効果のため、被ばく線量を低下させる。



# まとめ

- 搬入基準を守っているかぎり、浜松市にお住まいの方々が、無用な被ばくの危険にさらされる可能性はない。
- ただし、搬入、焼却処理、最終処分の各過程において、排ガス中の濃度の測定や最終処分後のモニタリングなども含めて二重三重のチェックをしていくことが、浜松市民の方々だけではなく被災地の方々の安心にもつながるであろう。

ご静聴ありがとうございました。



SHIZUOKA UNIVERSITY