

# 原子力災害に伴う放射線被ば くの影響

- 妊婦・乳幼児・学童等への積算線量測定結果の解釈について -

田島町職員研修会

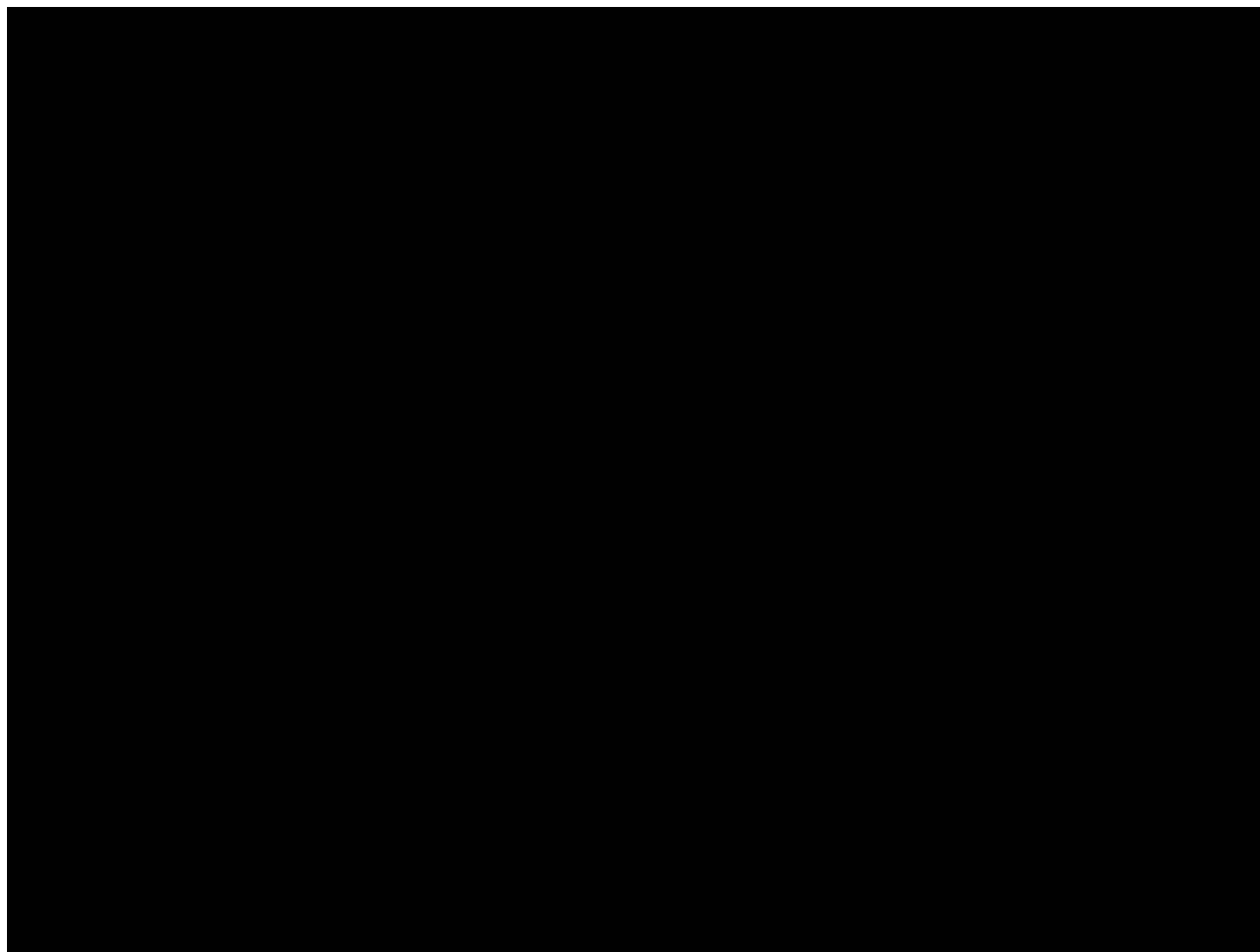
平成24年1月19日(木)

16:30~17:30

福島県立医科大学医学部救急医療学講座

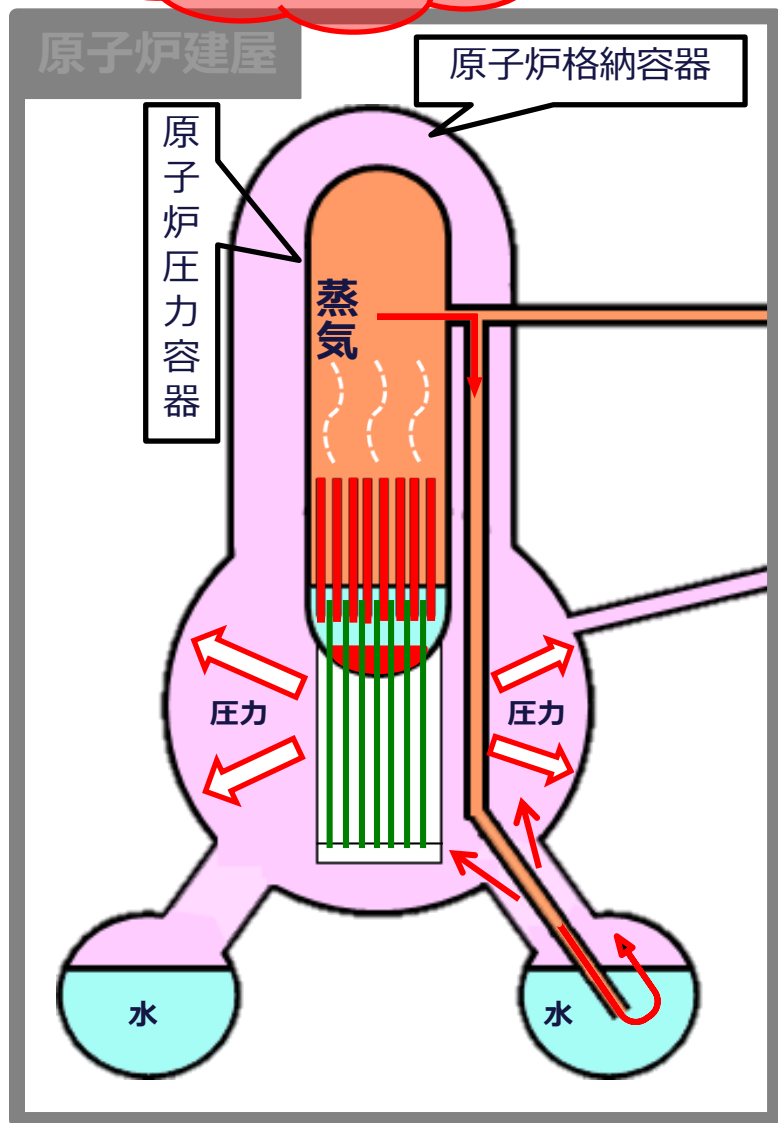
長谷川 有史

# 冷却材喪失による炉心融解のシミュレーション動画



水素爆発

# 福島第一原発では



- ①地震・津波で電源喪失
- ②緊急炉心停止  
制御棒の挿入による  
臨界停止
- ③冷却機能の喪失
- ④崩壊熱による炉心融解
- ⑤蒸気の圧力上昇  
水素の発生
- ⑥水蒸気爆発を避けるため  
大気中にベント  
ベントに伴う水素爆発
- ⑦30km圏外へも飛散

# 福島第一原子力発電所の破損状況



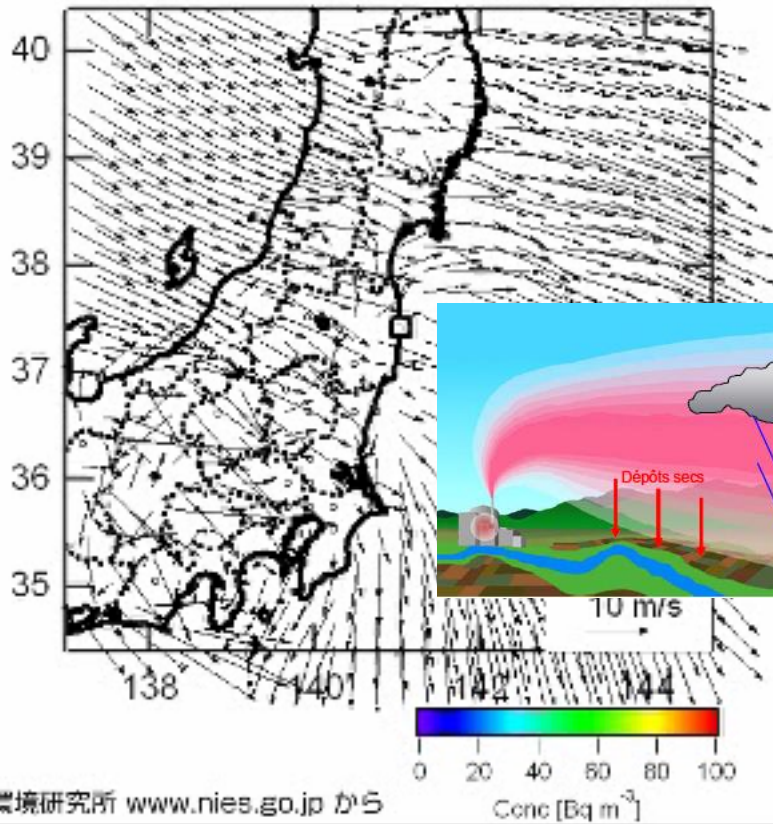
IAEAに提出する政府の報告書から作成。日付はいずれも3月

## 福島第二原発の現状

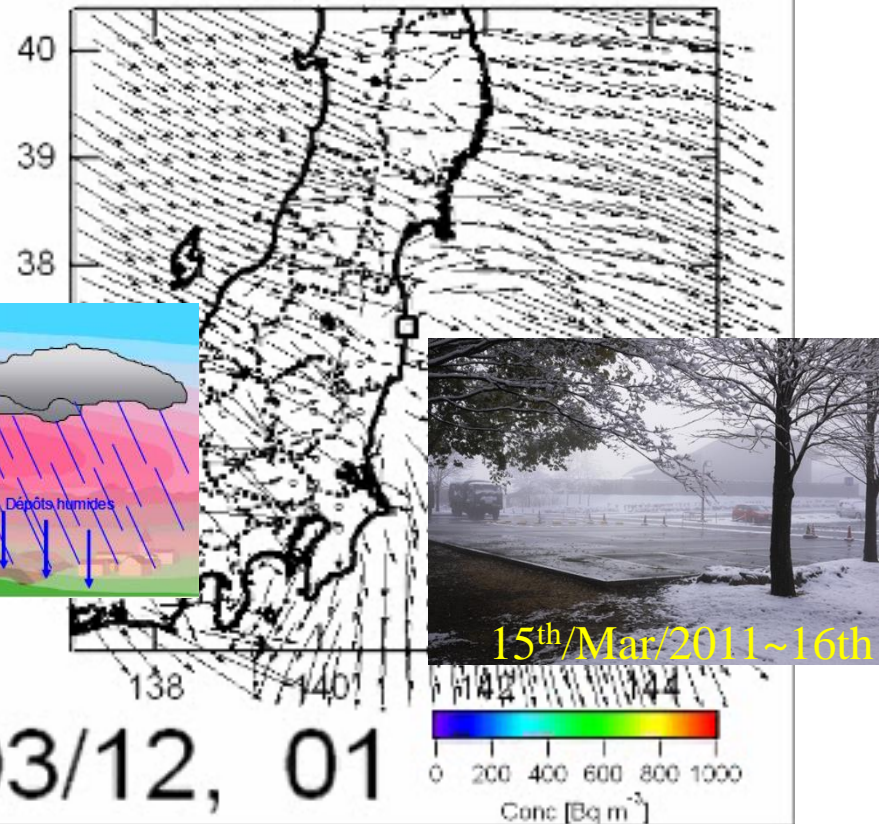
	1号機	2号機	3号機	4号機
電源	外部電源喪失、非常用ディーゼル発電機も津波で停止			
圧力容器	破損、Core melt, through	炉心は溶けて、底部にたまった		停止中
格納容器	破損	圧力容器から落下した燃料の一部が堆積の可能性も		停止中
原子炉建屋	ベント当日の12日に爆発。発生した水素が格納容器からも漏れて建屋上部にたまった	ベント実施2日後の15日に爆発音。発生した水素が圧力抑制室に漏れ、周辺部で爆発した可能性	ベント当日の14日に爆発。発生した水素が格納容器からも漏れて建屋上部にたまった	15日に爆発。火災も発生。3号機から水素流入?(特定に至らず)
冷却水漏れ	約8600トン	約1万3100トン	約1万2400トン	言及なし
燃料プール	言及なし	言及なし	破損 言及なし	冷却と補給水の機能を喪失。20日から放水開始

# 放射性物質の拡散 降雨降雪による土壌沈着

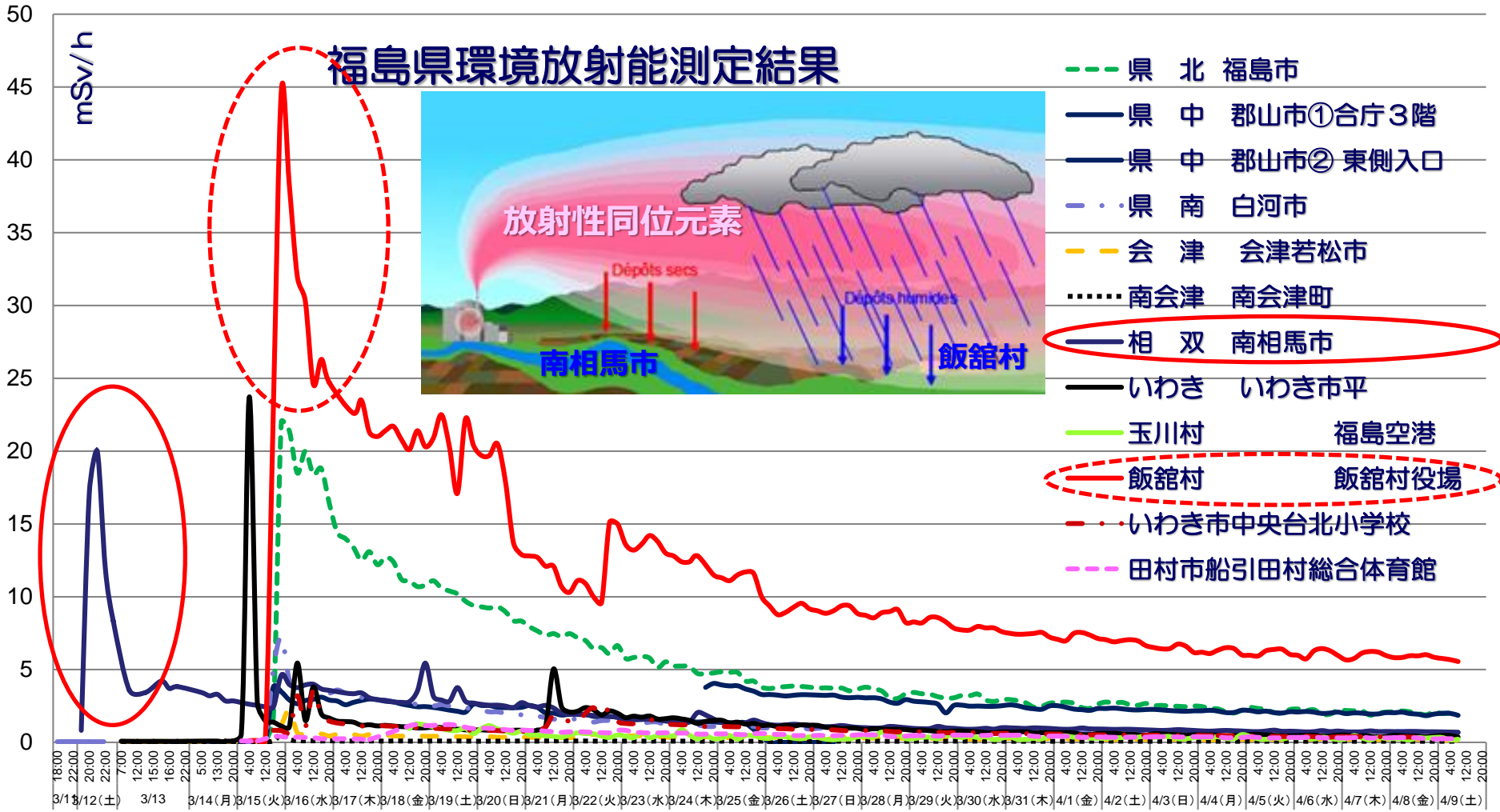
CONC, 2011/03/12, 01JST  
ヨウ素131 地上近くの大気濃度



CONC, 2011/03/12, 01JST  
セシウム137 地上近くの大気濃度



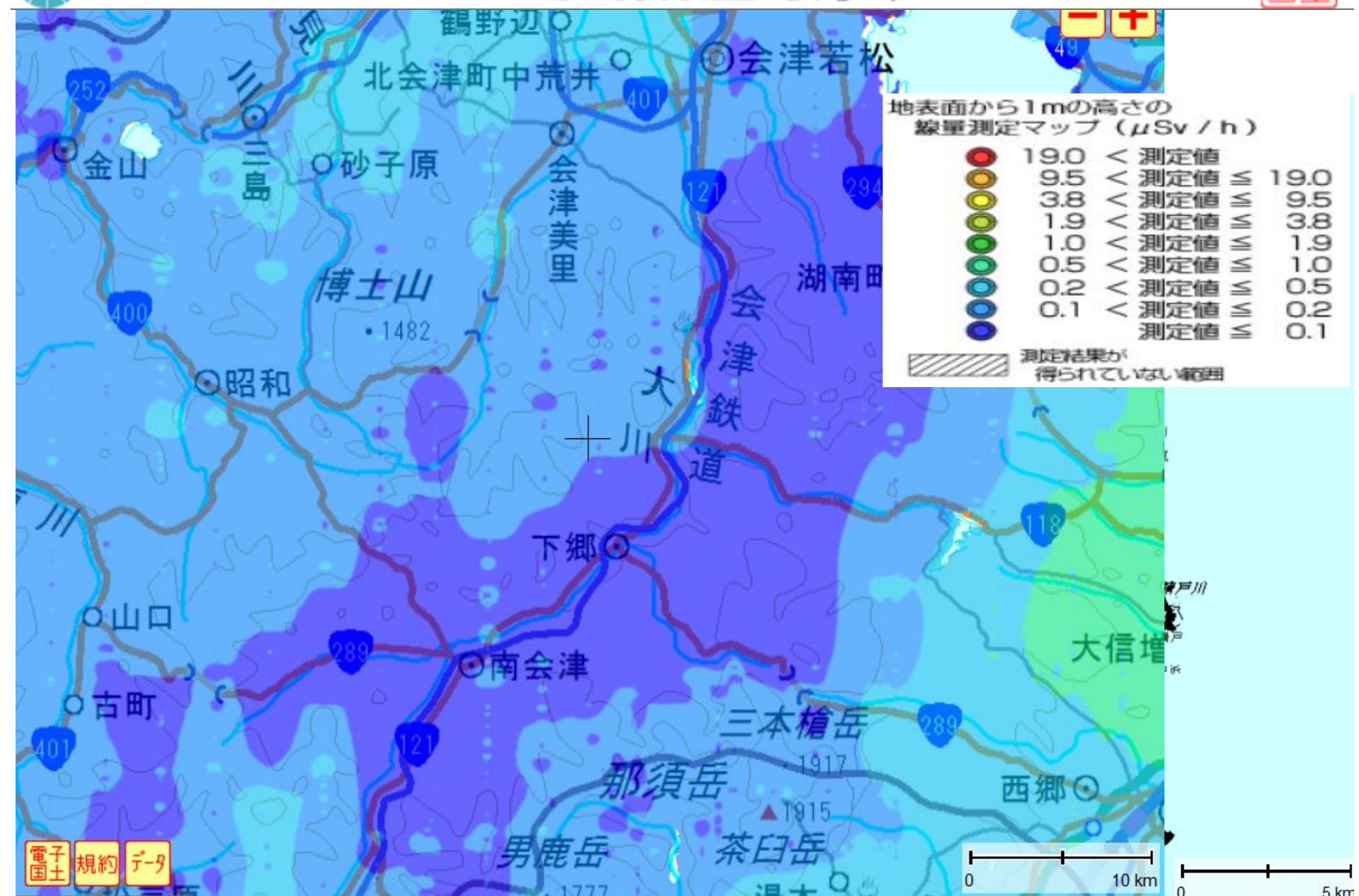
# 各地の空間線量推移



グラフ作成に使用したデータ：福島県のホームページに公開された環境放射線量

※郡山市は途中でモニタリングポストの位置を移動

※飯館村はモニタリングポストの場所、機種について複数回の変更あり



# 本日の予定

1. 放射線の影響量（科学的事実）と防護量（安全確保のための規制量）
2. 低線量の放射線影響
3. 内部被ばくと外部被ばく
4. 小児への放射線影響
5. 学校生活や住民生活の制限
6. 原子炉作業者の被ばく
7. 医療被ばく・職業被ばくと災害による被ばくとの違い



# 1. 放射線の影響量（科学的事実）と防護量（安全確保のための規制量）

# 「影響量」と「防護量」

- 放射線影響量とは、
  - 放射線による人体への影響を生物学的ないし疫学的な研究に基づいて科学的に解析して得られた線量である。（科学的事実）
- 放射線防護量とは、
  - 防護のための考え方から、基本的には社会的合意の上に定められたものである。（安全確保のための規制量）
- 公衆の被ばく限度は、
  - 自然放射線と医療被ばくを除いた被ばく線量が年間1 mSvという、自然放射線被ばくを下回るほどのきわめて小さな線量に規定されている。
- 放射線作業者に対しては、
  - 5年間で100mSv以下
  - 単年度は50mSvを超えないように管理することが義務づけられている。
- 線量限度と総称する規制値は、
  - 各種の施策を実行するための防護量であり、影響量とは区別されなければならない。
- 科学的リスク評価（影響量）と放射線防護のルール（防護量）が混同されがち

# 影響量とは： 100 mSv

- 科学的事実に基づく
- 急性障害（確定的影響）は問題なし
- 慢性障害＝「発がん」が問題
  - 広島・長崎のデータから 1000mSv → 5%の生涯がん死亡の増加
  - \*直線的関係があるとする と 100mSv → 0.5%
  - (直線仮説) 10mSv → 0.05%
  - \*100mSv以下は科学的に確認できるデータなし
  - \*自然放射線被ばくが日本より多い地域がある。
    - ラムサール（イラン）
    - ガラパリ（ブラジル）
    - ケララ（インド）
  - 平均10mSvの地域で統計学的に有意ながん死亡がみられない。
- 少なくとも10mSv未満では問題なし

# 防護量とは

- 安全確保のための規制量
- 基本的には社会的合意のもとに定められる
- 科学的知見の不確かさや複雑さは単純化して、原則安全側に割り切って考える（放射線を過小評価さえしていなければ良しとする）。
- 自然放射線、医療放射線を除く、「野良」放射線の規制値
- 線量限度

# 放射線業務従事者の線量限度 (防護量)

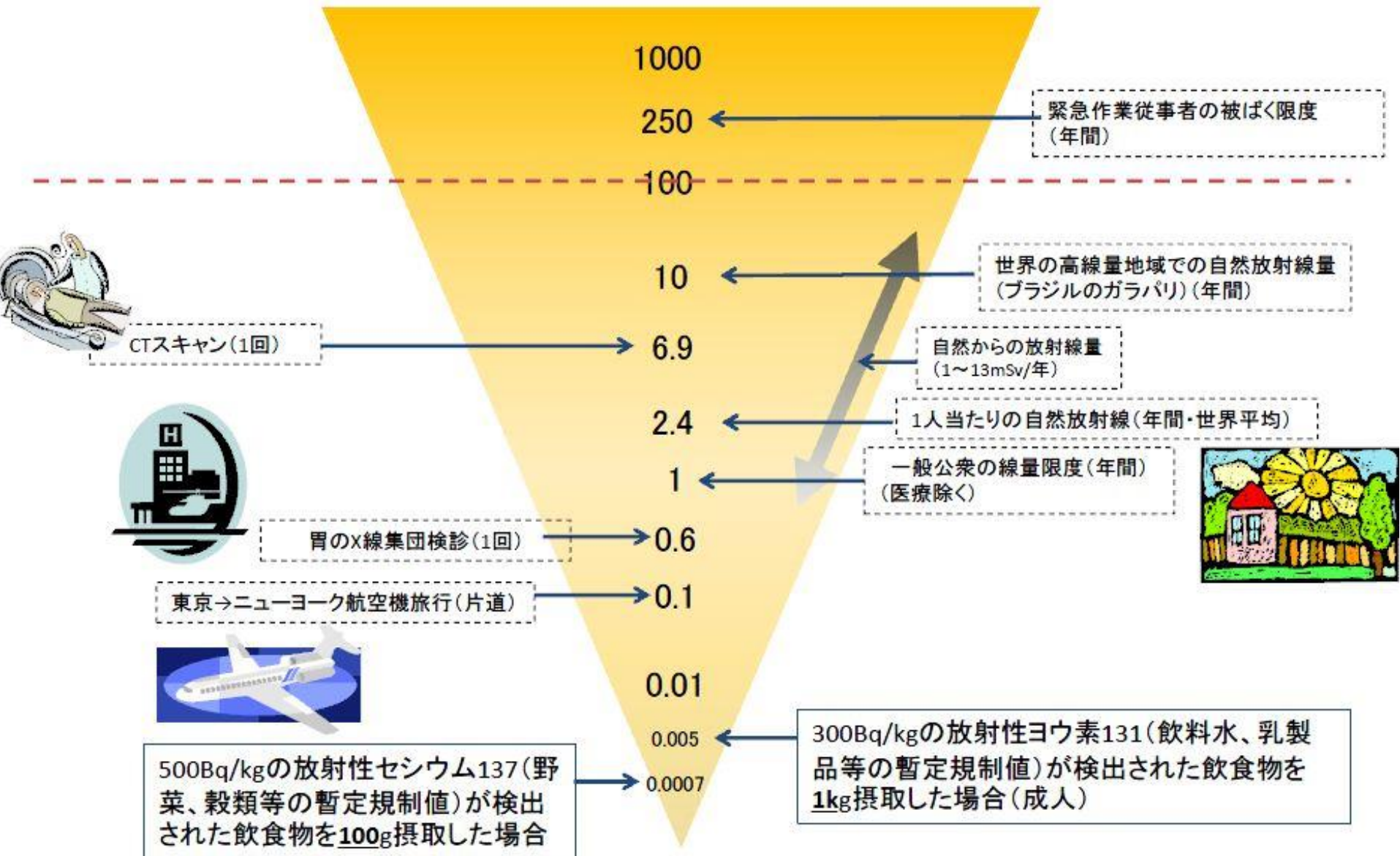
## (1) 実効線量限度

- ① 100 mSv / 5年 (2001.4.1～)
- ② 50 mSv / 年
- ③ 女子： 5 mSv / 3月
- ④ 妊娠を知ったときから出産まで： 1 mSv

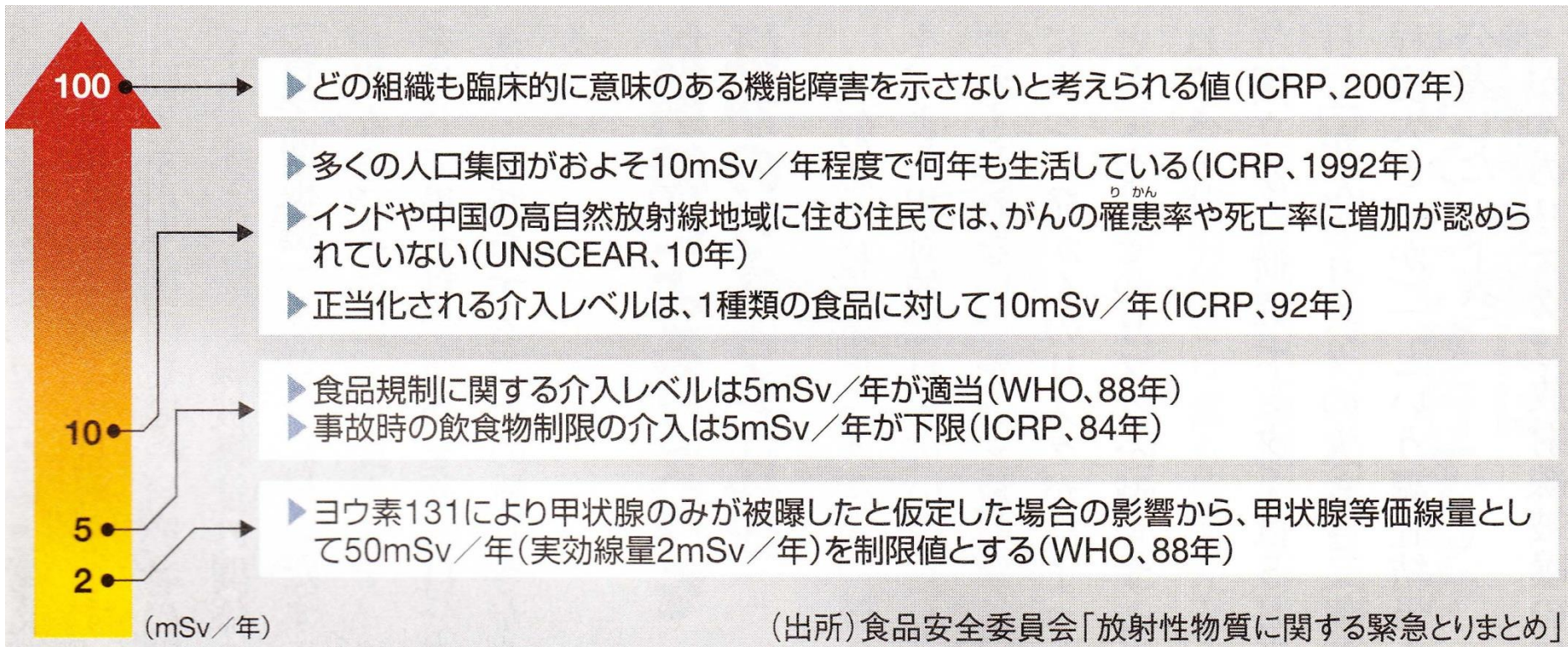
## (2) 等価線量限度

- ① 眼の水晶体： 150 mSv / 年
- ② 皮膚： 500 mSv / 年
- ③ 妊娠中である女子の腹部表面： 2 mSv

# 日常生活と放射線(単位: mSv(ミリシーベルト))



# 国際機関による放射線量評価



■ 100mSv以上：影響量

■ 50mSv：甲状腺等価線量の制限値（量）

■ 10mSv：自然放射線被曝（量）

■ 5mSv：食品介入レベル（量）

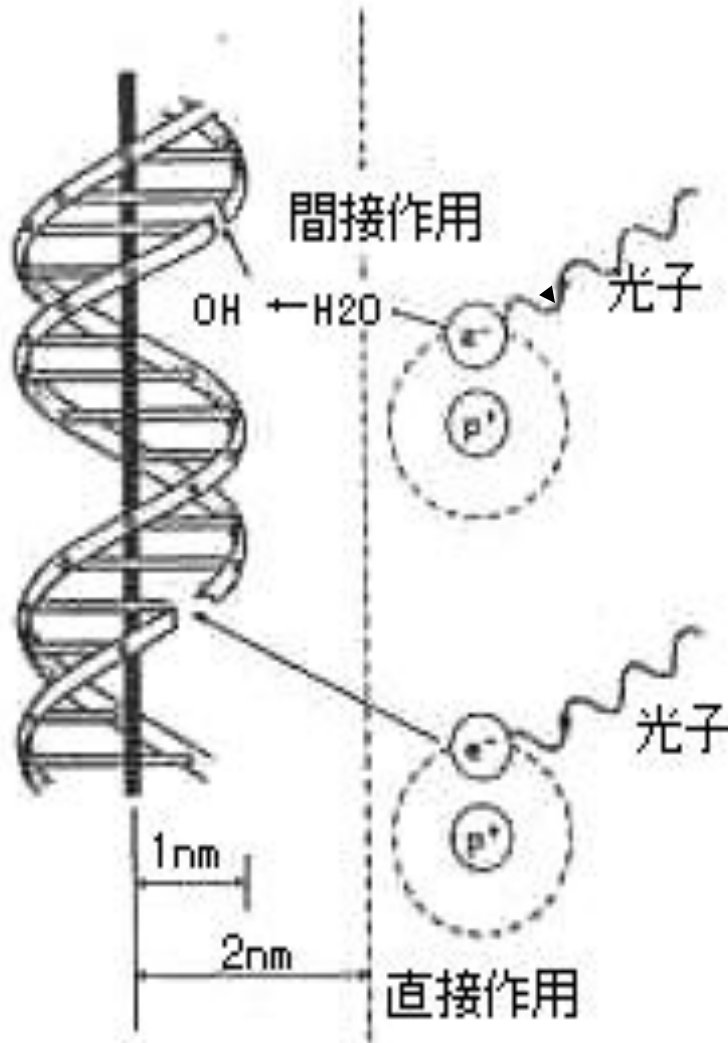
## 2. 低線量の放射線影響

- 放射線はそのイオン化作用でDNAに損傷を与えるので、放射線量の増加に伴い、がんなどの確率的影響が発生する危険性も増加する。
- 100mSv以下の低線量でのがん発生率の増加は、広島・長崎の原爆被爆者の長期の追跡調査を持ってしても、影響を確認できない程度である (ICRP Publ. 103, 105)。
- 原爆被爆では、線量を一度に受けたものであるが、今回は、線量を慢性的に受ける状況であり、リスクはさらに低くなる(ICRP Publ.82, 103)。
- 今回の福島事故で予測される線量率では、今後100万人規模の前向き研究を実施したとしても、疫学上影響を検出することは難しいと考えられている。
- 日本人のがん死が30%に及ぶ現代においては100mSv以下の低線量の影響は実証困難な小さな影響であるといえる。



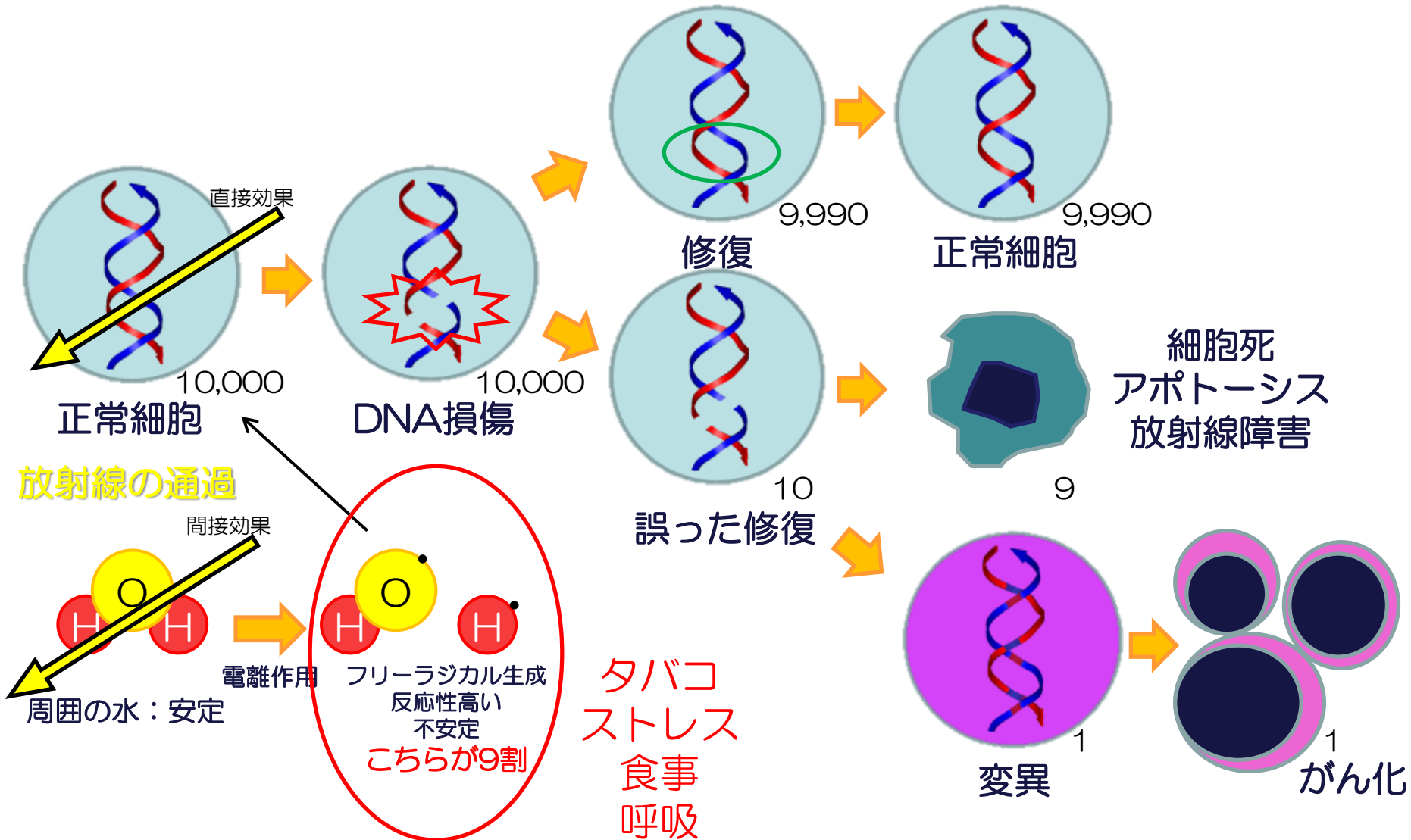
# 放射線の生物影響

## DNA切断で始まる



- ラジカル生成→DNA切断
- 一重鎖切断→完全修復
- 二重鎖切断→完全修復  
(組み替え修復)
- 誤った修復→突然変異→  
→確率的影響  
(発ガン、遺伝的影響)
- 二重鎖切断→細胞の死→  
→確定的影響  
(多くの急性影響、白内障も)

# 放射線による細胞への影響

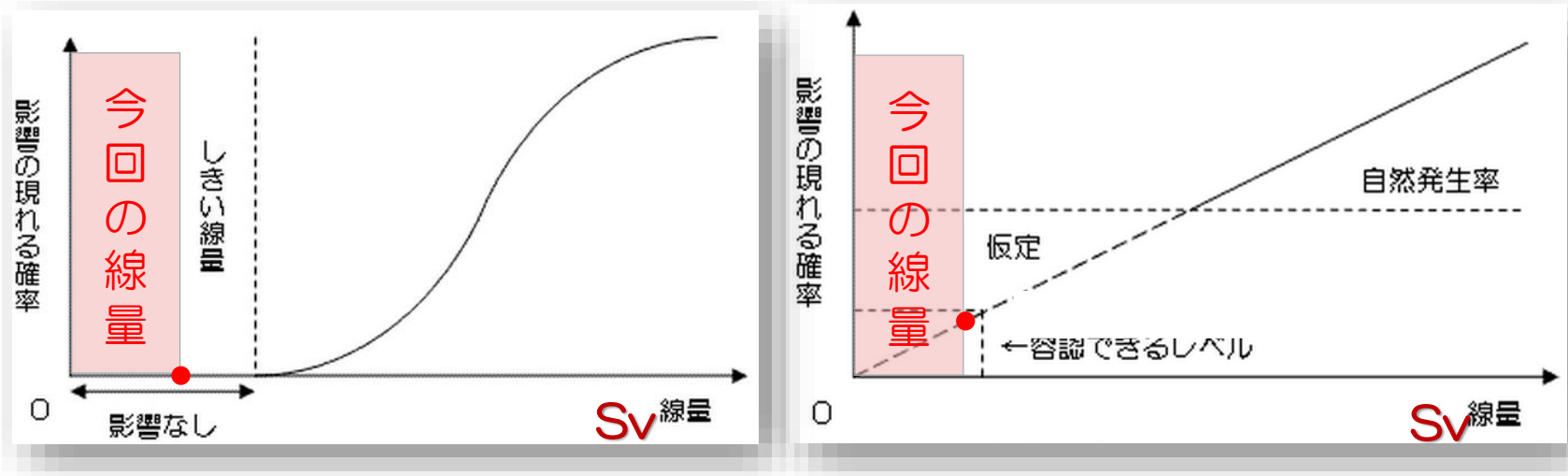


「内部被ばく」も「外部被ばく」も  
影響はすべて  
シーベルト (Sv) の大きさを判断する

「シーベルト (Sv)」の単位に  
正しく変換することで

人への影響を一つの物差し  
にあてはめることができる

# 放射線量と健康影響の関係



## 確定的影響(白内障・皮膚炎・脱毛・骨髄抑制等)

放射線による細胞死が原因。ある程度高い線量でおこる。影響が出る最少線量となるしきい値が存在する。

原発内・周囲作業者のみに可能性：一般の方が浴びる線量ではない

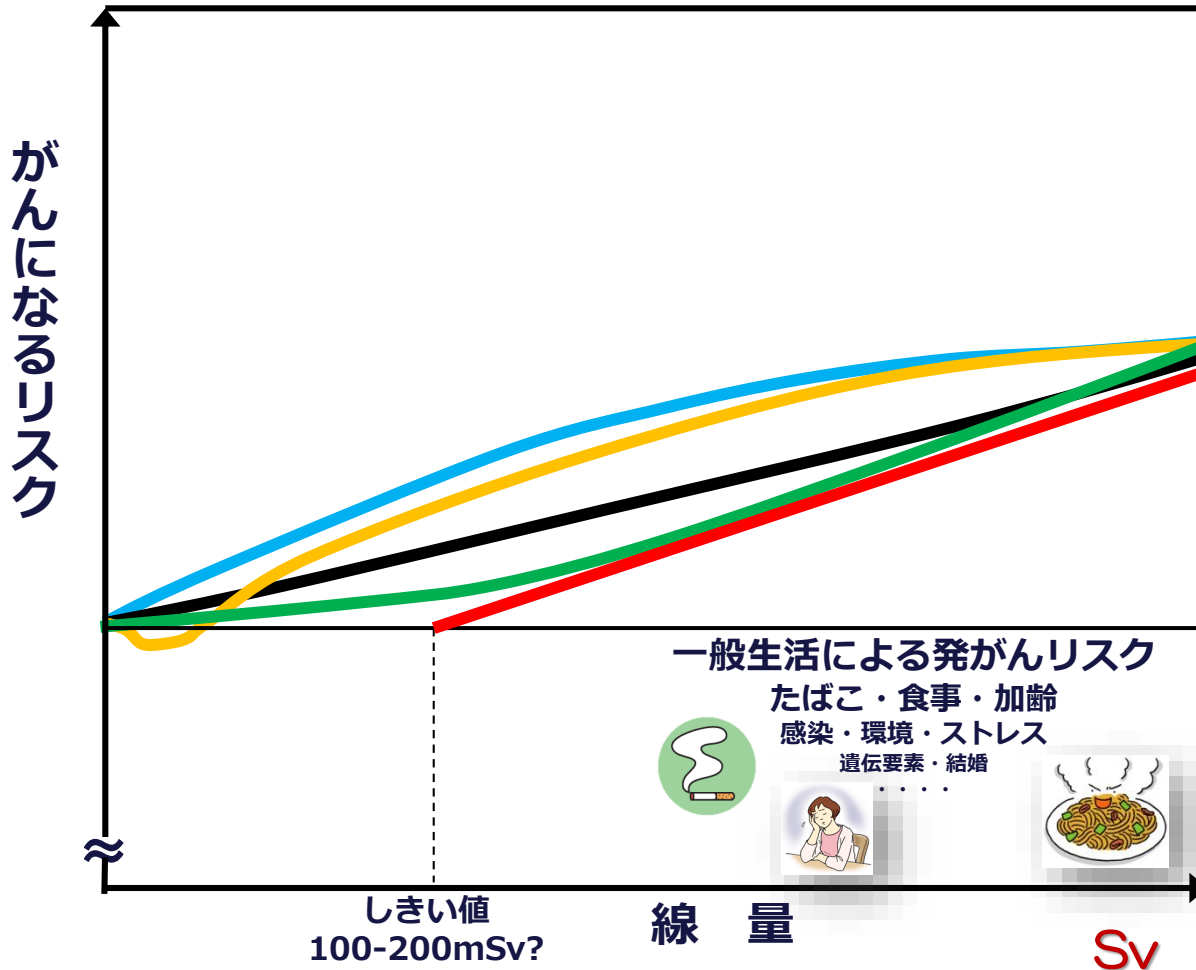
## 確率的影響(主に発がん)

少ない線量から影響が発生し、増加に伴い確率が増えるもの

100mSv以下での増加は確認できていない

防護量として「しきい値なし線形 (LNT) 仮説」を採用

# 確率的影響によるリスクとは



直線的な線量－反応  
a : LNT仮説

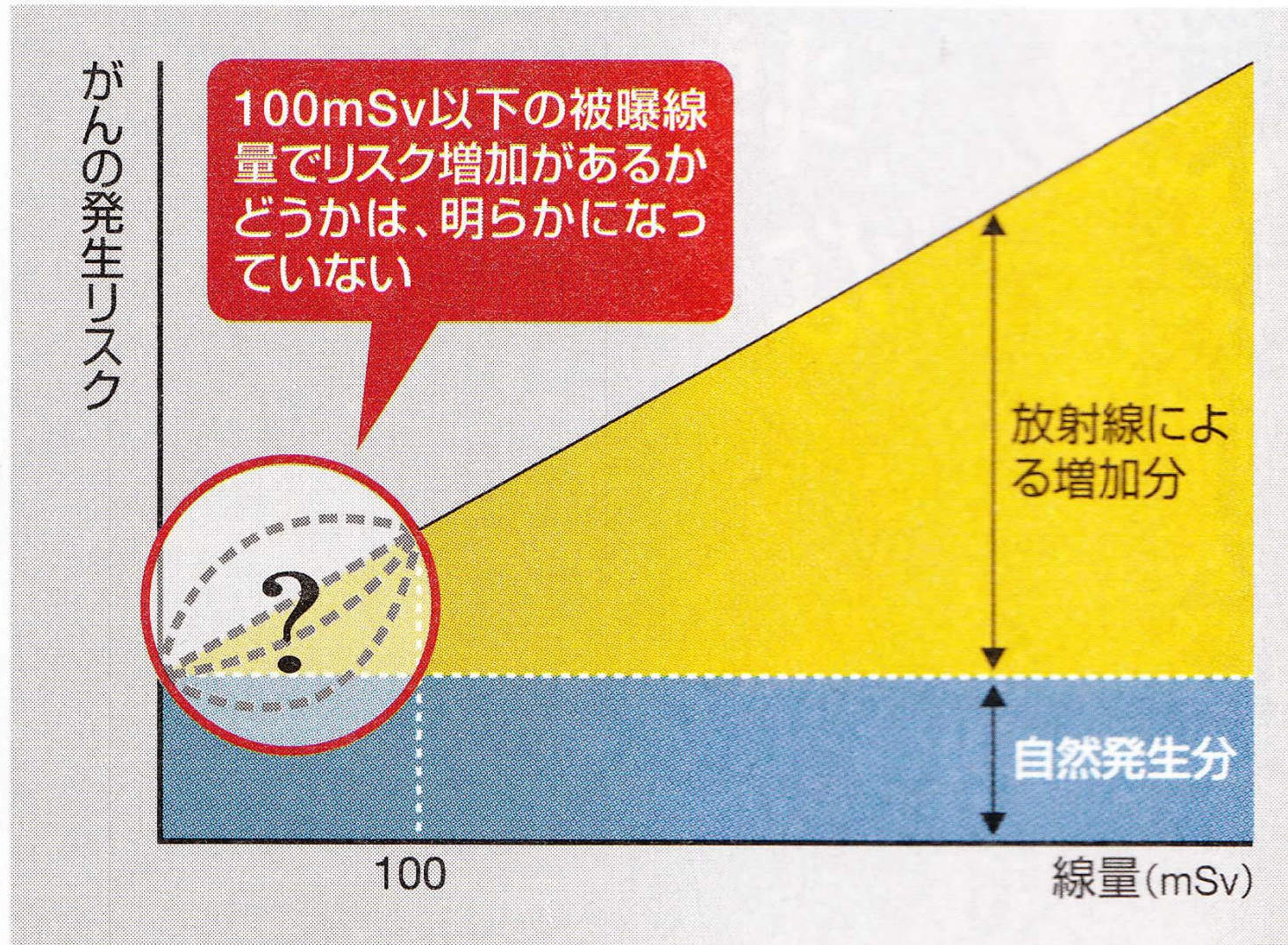
曲線的な線量－反応  
b : 徐々に低下  
c : 徐々に上昇

直線的な線量－反応  
d : しきい値があり

曲線的な線量－反応  
e : ホルミシス効果

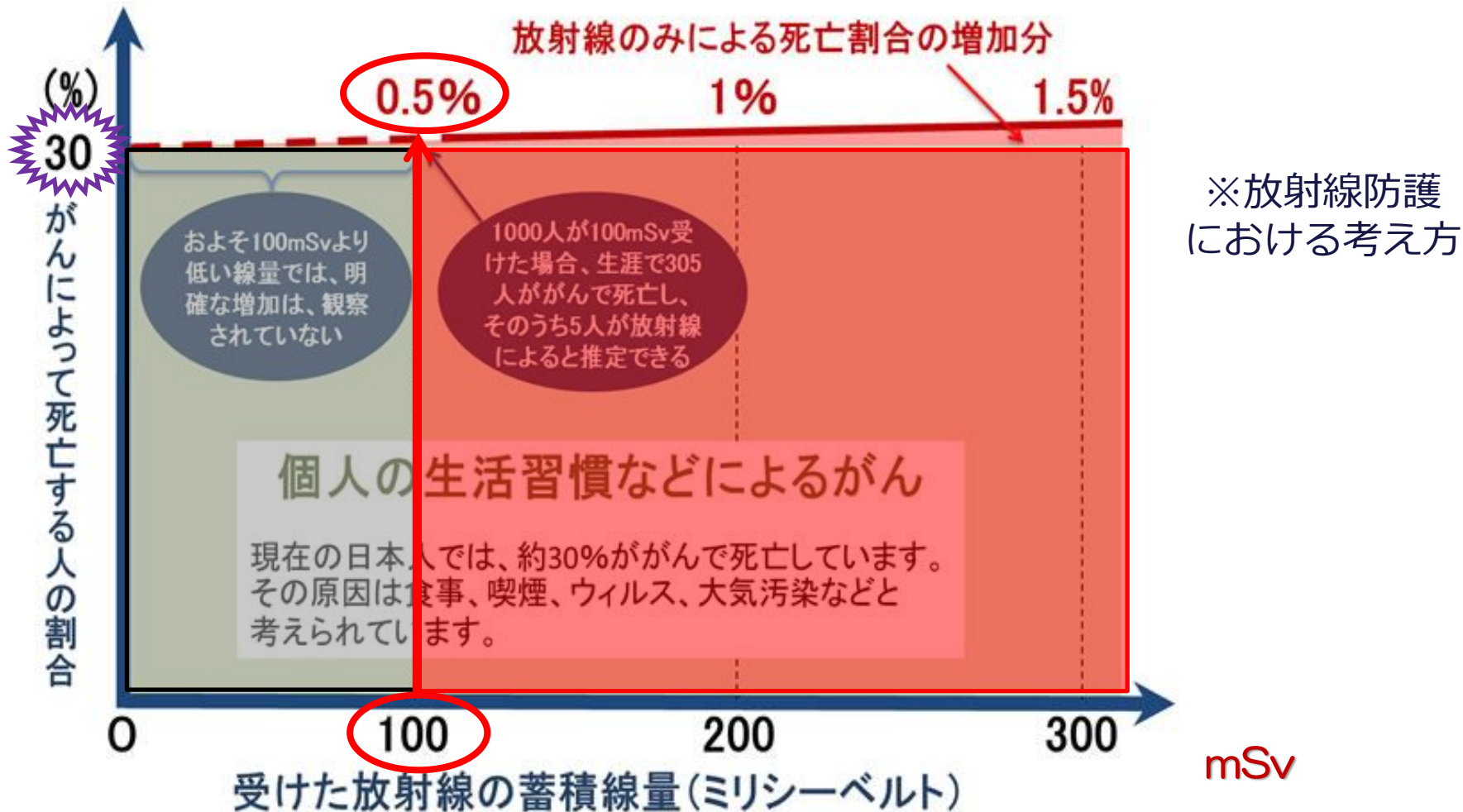
# 低線量被ばく（100mSv以下）の影響

## ■ 100mSv以下のリスクは不確か



# 放射線量とがん死亡の関係

年間で100ミリシーベルトまでゆっくりと被ばくした場合のがん死亡



# 放射線による被曝量

(影響量に加わらない被ばく)

- 自然被曝 : 年間 約 1.5 mSv (全身)
  - 宇宙線 0.3 mSv / year ( 0.03 $\mu$ Sv / hour)
  - 空気中 0.4 mSv / year
  - 地殻 0.4 mSv / year
  - 体内被曝
    - $^{40}\text{K}$ ,  $^{14}\text{C}$  0.4 mSv / year
    - ( $^{222}\text{Rn}$  1.2 mSv / year 海外)
- 医療被曝 : 年間 約 2.5 mSv



# 自然放射線 (日本の1年間)

宇宙：0.3mSv  
空気中：0.4mSv  
大地：0.4mSv  
体内：0.4mSv  
年間：1.5mSv  
世界平均は2.5mSv



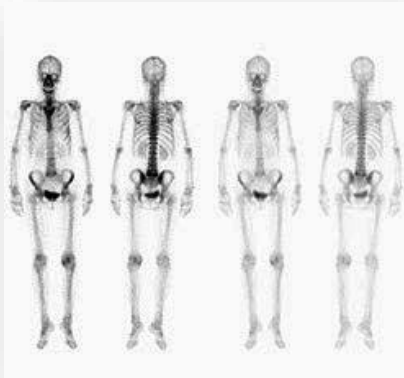
宇宙線  
1500m上昇で2倍  
富士山の山頂で4倍  
飛行機で10倍



人間は、放射線に囲まれて生きています。  
それに、自分の体からも出しています。

# 医療被ばく

(検査一回の外部被ばく線量)

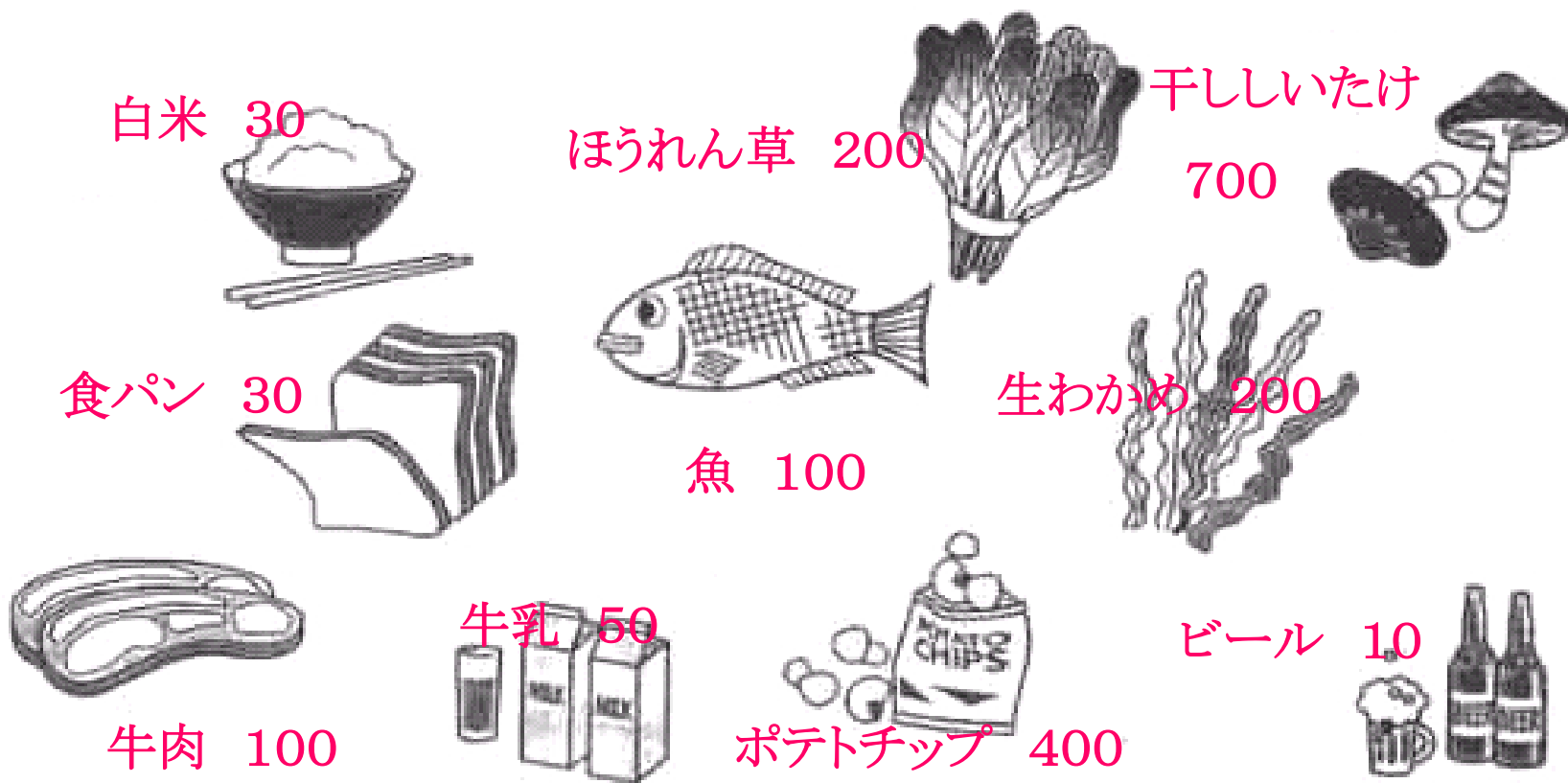


胸部写真	0.04mSv
腹部写真	1.2mSv
消化管透視	8.7mSv
胸部CT	7.8mSv
腹部CT	7.6mSv
核医学検査	5mSv

単位はすべてミリです・・・

医師の方が原発より・・・

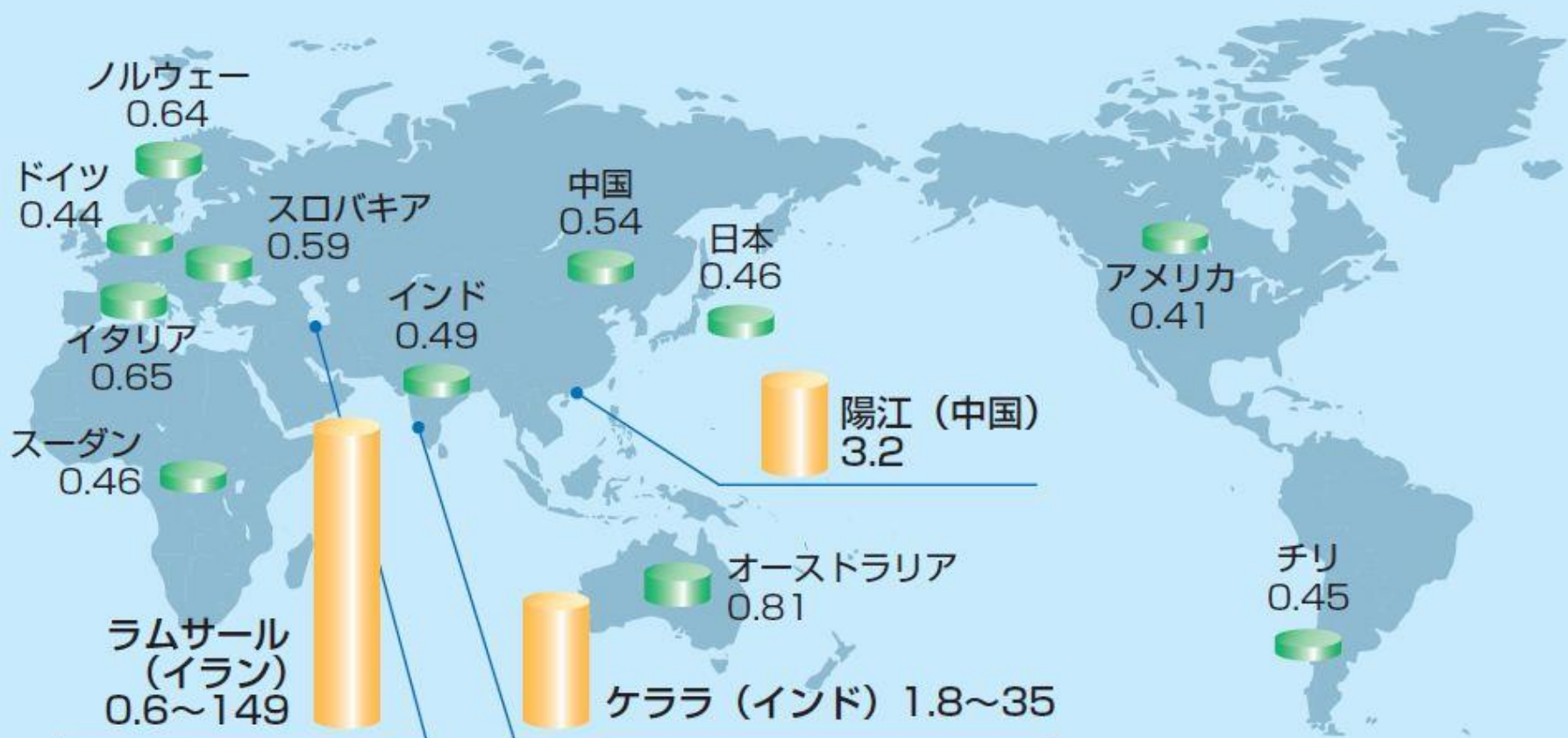
# 食物中のカリウム40の放射能量 (日本) (ベクレル/kg)



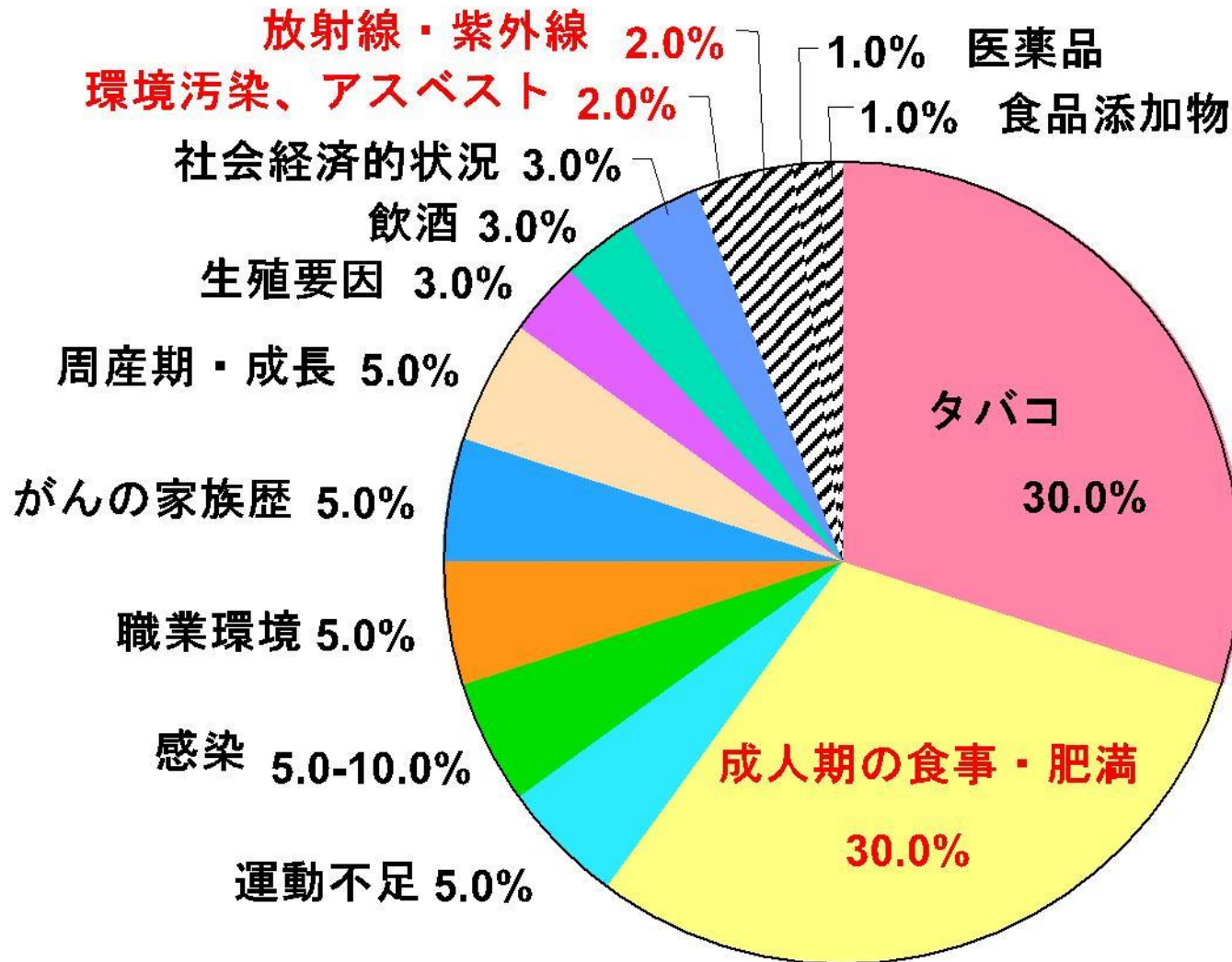
# 世界の自然放射線量

■ 大地から

世界各国の大地からの年間平均自然放射線量（ミリシーベルト）  
（国連科学委員会報告書（UNSCEAR 2000）から作成）



# がんの原因因子



# 発癌リスクの物差しと放射線量 (Sv)

## 全癌におけるリスク

喫煙者 (1.6)  
 大量飲酒450g以上 (1.6)

大量飲酒 (300-500g/週) (1.4) (1.4)

やせ (BMI ≤ 19) (1.29)

肥満 (BMI ≥ 30) (1.22)

運動不足 (1.15-1.19)

高食塩食 (1.11-1.15)

野菜不足 (1.06)

受動喫煙 (1.02-1.03)

## 放射線の発癌リスク

2000mSv

(1.8)

1000mSv

500mSv

(1.19)

200mSv

(1.08)

100mSv

## 臓器固有のリスク

C型肝炎ウイルス 肝癌 (36)

ピロリ菌陽性 胃癌 (10)

大量飲酒 (300g以上/週) 食道癌 4.6

喫煙 肺癌 (4.2-4.5)

甲状腺 1000mSv (4.0)

高食塩食 胃癌 (2.5-3.5)

甲状腺 150-290mSv (2.1)

運動不足 結腸癌 (1.7, 男性)

肥満BMI ≥ 30 大腸癌 (1.5, 閉経後)

甲状腺 100-150mSv (1.4)

受動喫煙 肺癌 (1.3)

発癌リスクが明らかでない  
 いくらい低い領域

( ) 内は相対リスク

(JPHC Studyがんセンターホームページ より)

# 線量とがん発生リスク

表2 放射線と生活習慣の全固形癌発生リスク（国立がん研究センターまとめ、一部改変）

相対リスク	被曝放射線量	生活習慣
10~		(参考) C型肝炎感染 (肝臓: 36)、ピロリ菌感染既往 (胃: 10)
2.50~9.99		(参考) 喫煙 (肺: 4.2~4.5)
1.50~2.49	1000~2000mSv <b>(1.8)</b>	喫煙 <b>(1.6)</b> 、大量飲酒 (450g以上/週) <b>(1.6)</b>
1.30~1.49	500~1000mSv <b>(1.4)</b>	大量飲酒 (300~449g/週) <b>(1.4)</b>
1.10~1.29	200~500mSv <b>(1.19)</b>	やせ (BMI < 19) <b>(1.29)</b> 、肥満 (BMI ≥ 30) <b>(1.22)</b> 運動不足 <b>(1.15~1.19)</b> 、高塩分食 <b>(1.11~1.15)</b>
1.01~1.09	100~200mSv <b>(1.08)</b>	野菜不足 <b>(1.06)</b> 受動喫煙 (非喫煙女性) <b>(1.02~1.03)</b>
検出不能	100mSv未滿	

# 3. 内部被ばくと外部被ばく

- 内部被ばくは、
  - 吸入または経口、経皮摂取により体内に取り込まれた放射性物質からの被ばく
- 外部被ばくは、
  - 身体の外にある放射線源からの被ばくを指す。
- ガンマ線やベータ線（同等の線質係数をもつ）
  - 内部被ばくであっても外部被ばくであっても、その影響は臓器の吸収線量で決まり、内部被ばくを特別扱いする必要はない。
- 人への放射線被ばくの影響する場合には、
  - 内部被ばくと外部被ばくを合算する。

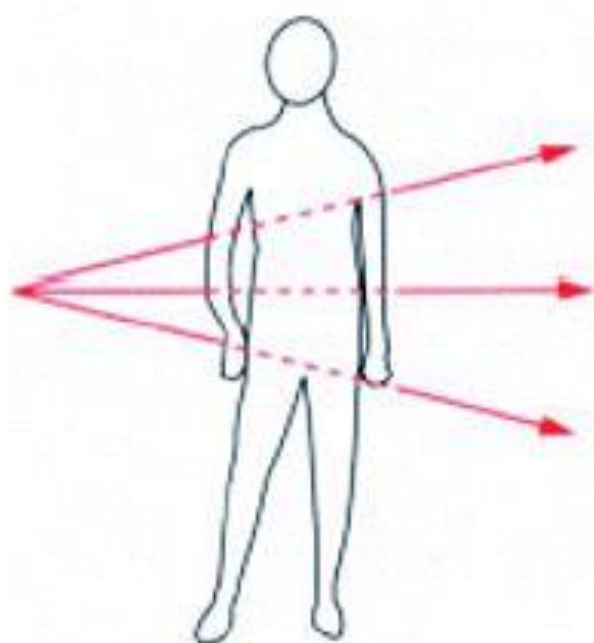


「内部被ばく」も「外部被ばく」も  
影響はすべて  
シーベルト (Sv) の大きさを判断する

「シーベルト (Sv)」の単位に  
正しく変換することで

人への影響を一つの物差し  
にあてはめることができる

# 被ばくの形式



外部被ばく



内部被ばく

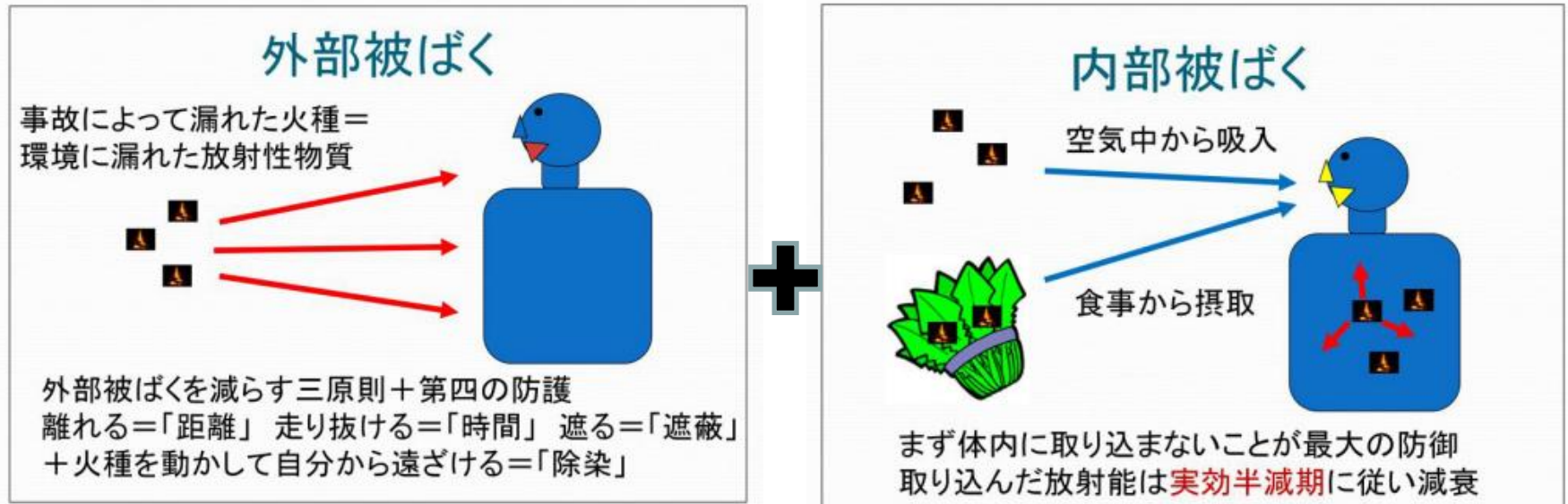


体表面汚染  
による被ばく

(出典:二次被ばく医療機関における対応)

図1-2 被ばくの形式

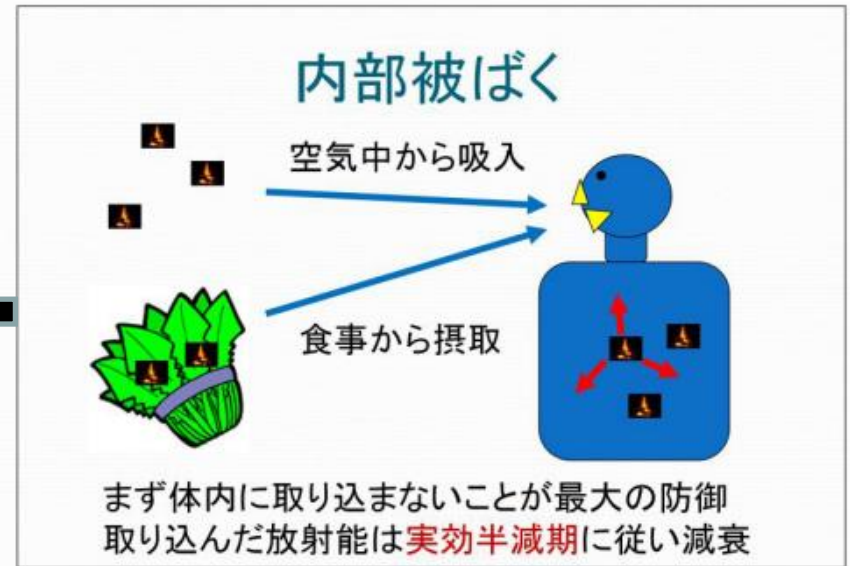
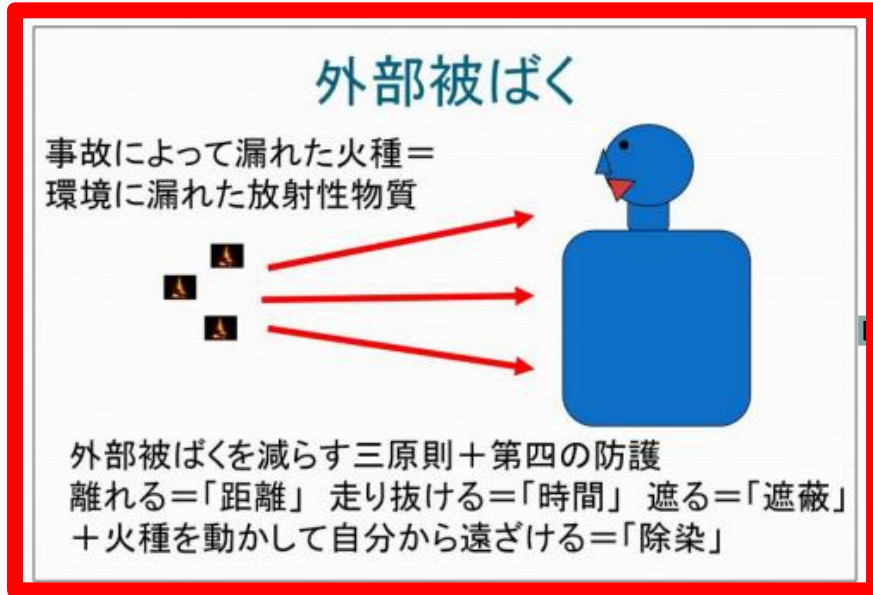
# 外部被ばく + 内部被ばく = 総被ばく



=

総被ばく

# 外部被ばく



- 個人差が大きい
- 自分では計算できない
- 滞在地、屋内外滞在時間で左右される



総被ばく

# 自分の被ばくをモニター

個人線量計



10mSvまで

アラーム付



10mSvまで

ガラス線量計



電磁波を検出します



電磁波を発生する

携帯電話・電子レンジに反応



線量計は離して使用！

福島県内で  
現在配布解析



外部被曝量、どうやって推計するの

基本調査で推計  
します。  
結果は個人にお  
伝えします。

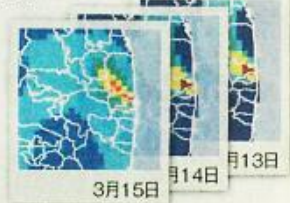
まず行動記録が必須。回収は難航しているんだ

外部被曝線量を推計する仕組み

1 3月12日~7月11日の行動を記録

時刻	滞在場所	地名・施設
0	屋内	①自宅
3	移動	②自宅の車内
6	屋内	③車内
21	移動	④避難場所
24	屋内	④避難場所

2 福島県の時系列の線量率マップを作成



3 1と2から外部被曝線量を推計

4 宇田線など自然放射線を引く

東京電力福島第一原発の事故による外部被曝線量(推計)

コブク郎 原発事故で福島県民がどれくらい被曝したか調べているんですよ。  
A まず昨年12月、比較的、線量の高い福島県飯館村などに住む約17000人の結果が公表された。今後は、全県民分を推計する。  
コ どう推計するの?  
A 欠かせないのが県民一人ひとりの行動記録だ。事故翌日の3月12日から2週間後までは1日24時間分

の行動を詳細に記録して提出してもらおう。それから事故4カ月後の7月11日まで、居住地と学校や職場など定期的にかける場所、1日のうち何時間ぐらい屋外にいたか記入してもらおう。  
コ それで?  
A 各自の滞在場所ごとに、1時間あたりの放射線量(線量率)を調べ、滞在時間を掛ける。そこから自然放射線量を差し引いた値

を推計値の基とするんだ。  
コ 推計値の基?  
A うん。屋内は屋外より放射線量が少ないから、事故直後の場合、平屋や木造一階建ては屋外の0.9倍にする。4日目以降はさらに減らして0.4倍で計算する。また、子どもは大人より被曝の影響を受けやすいので、年齢に応じて線量を多めに見積もる。  
コ 線量率はどつどつって

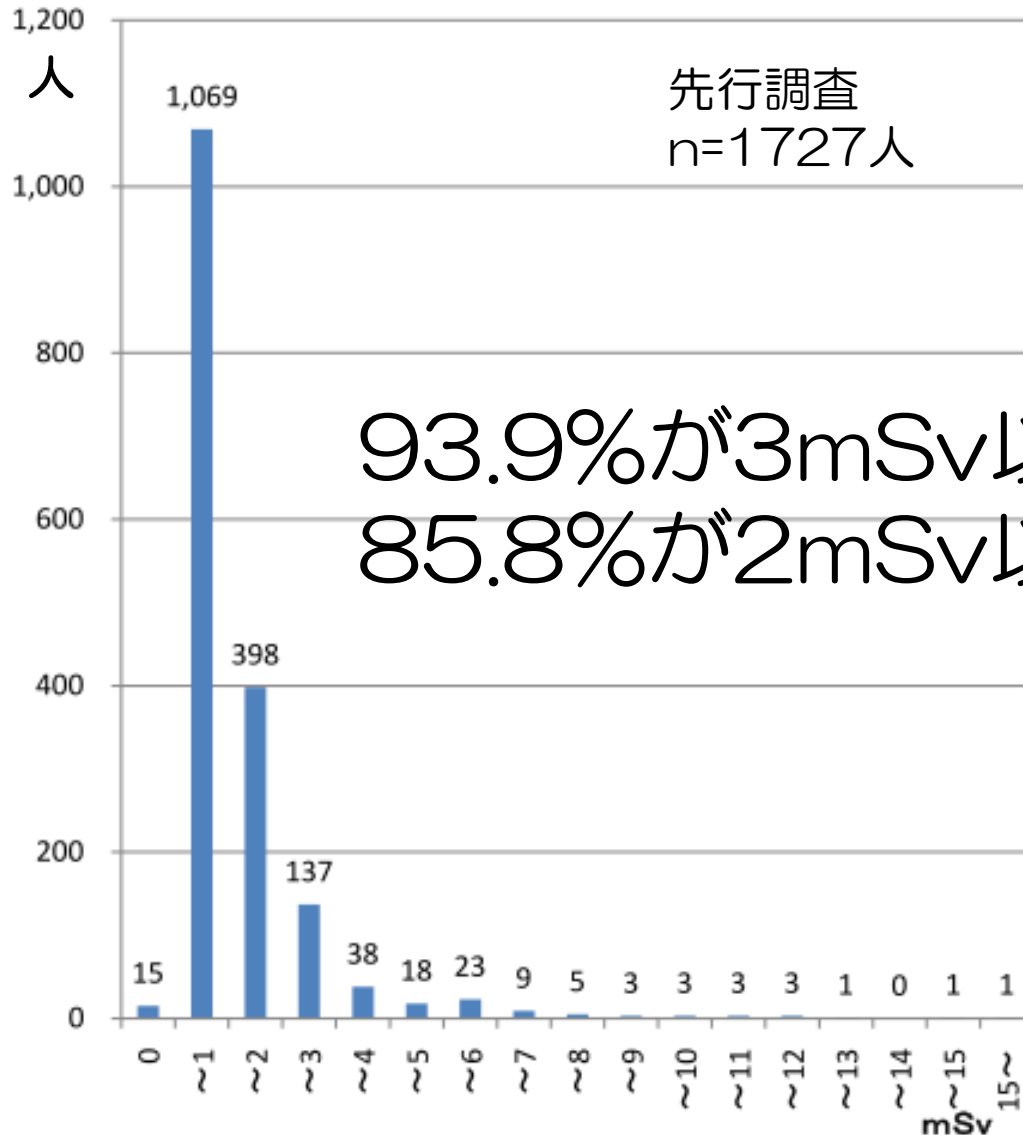
出したの?

A 文部科学省の空間線量などの観測データやSF EEDI(緊急時迅速放射能影響予測システム)を使い、福島県内を約2.5四方ずつ区切り、時系列に放射線量の変化がわかる「線量率マップ」を作ったんだ。  
コ 作業は順調?

A 行動記録の回収率がまだ3割にも達してない。事故後10カ月たち記憶が薄れてきているし、記入も大変。県は住民の記録を支援する学生ボランティアを組織するなど工夫している。  
コ 内部被曝もわかる?  
A いや。食事や呼吸で体内に入った放射性物質による内部被曝は、食べた食品の量などがわからないから推計は難しい。ただ、事故直後に食品の規制があり、多くの専門家は、内部被曝はそれほど多くないとみている。(大旨のし)

# (参考) 外部被ばく

3月12日～7月11日までの積算外部被ばく実効線量



93.9%が3mSv以下の外部被ばく線量  
85.8%が2mSv以下の外部被ばく線量

# 母乳中の放射性物質濃度等に関する調査

分析方法について

放射性物質の中には $\gamma$ 線を放出するものがあります。放出される $\gamma$ 線はそれぞれの放射性物質に固有のもので、ゲルマニウム半導体検出器による $\gamma$ 線スペクトロメリーでは、この性質を利用して放射性物質の同定、定量を行います。

平成 23 年6月7日

【照会先】

TEL:048-458-6111(代表)

FAX:048-458-6270

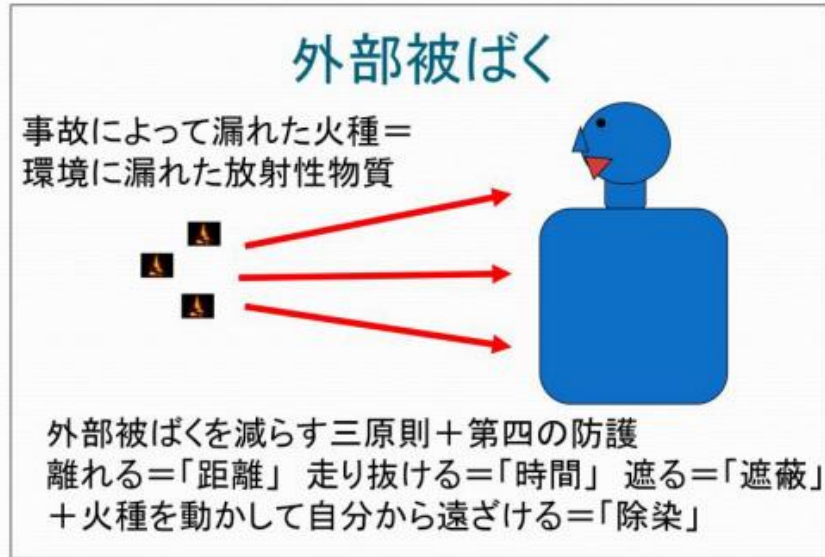
国立保健医療科学院

生活環境研究部

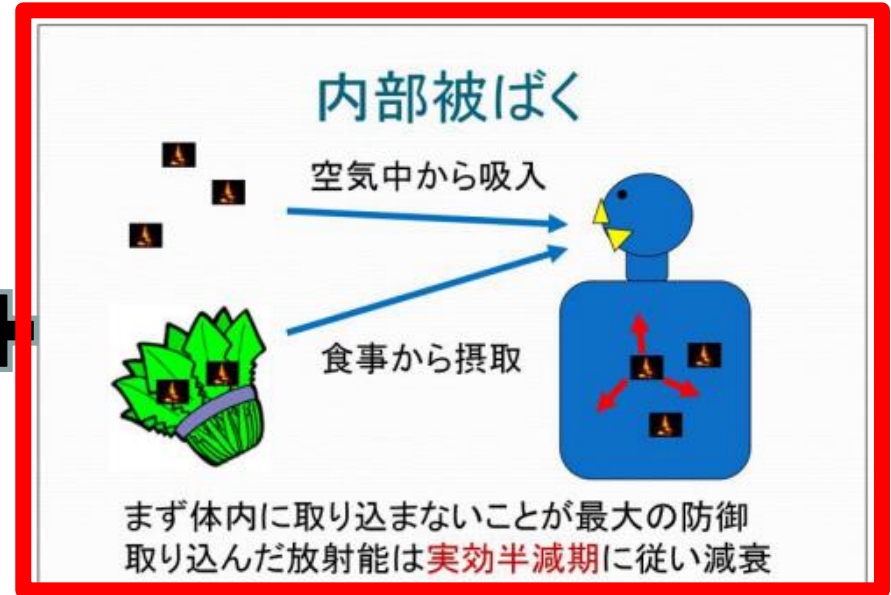
櫻田 尚樹



# 内部被ばく



+



- 食品流通が早期に規制された
- 現在空気中・水道水中に放射性物質はない
- 内部被ばくは非常に低い値

＝

総被ばく

# 預託実効線量への換算（換算法） 線量換算（実効線量）係数とは

取り込んだ放射エネルギーBqを**預託実効線量**Svに換算する係数

実効線量係数<sup>※</sup>（マイクロシーベルト/ベクレル）

※吸入摂取

	ヨウ素-131	ヨウ素-132	セシウム-137	セシウム-134
乳児(3ヶ月)	0.072	0.0011	0.11	0.070
幼児(1歳)	0.072	0.00096	0.10	0.063
子供(2-7歳)	0.037	0.00045	0.070	0.041
成人	0.0054	0.000094	0.039	0.020

実効線量係数<sup>※</sup>（マイクロシーベルト/ベクレル）

※経口摂取

	ヨウ素-131	セシウム-137	セシウム-134
乳児(3ヶ月)	0.18	0.020	0.026
幼児(1歳)	0.18	0.012	0.016
子供(2-7歳)	0.10	0.0096	0.013
成人	0.022	0.013	0.019

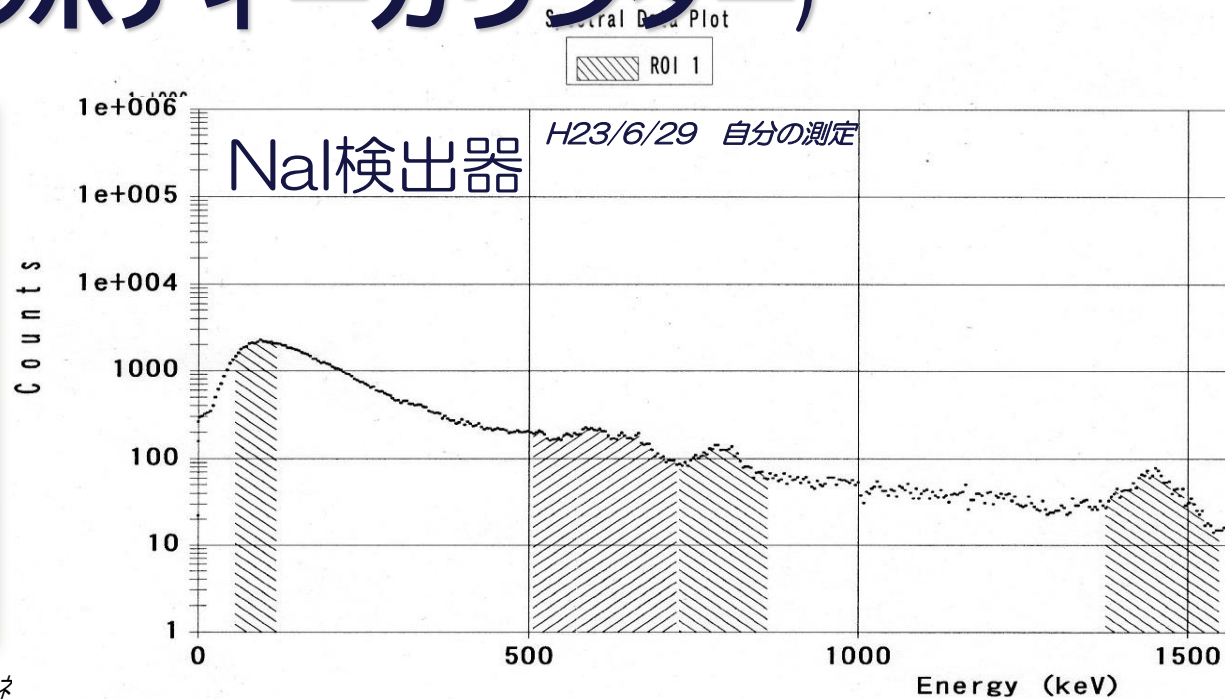
# 例題

- セシウム137が2万Bq/Kg含まれた松茸を500g食べた時の預託実効線量は何Sv？
- 答え  
 $2万Bq \times 0.5 \times 0.013\mu Sv / Bq = 130\mu Sv$

# 内部被ばくの検査法 (ホールボディカウンター)



ACCUSCAN CANBERRA社



体内に取り込んだ同位元素から出るガンマ線を検出する装置  
同位元素が一定量存在すると、固有の測定ピークとして検出  
この結果より、内部被ばく核種と被ばく量を類推

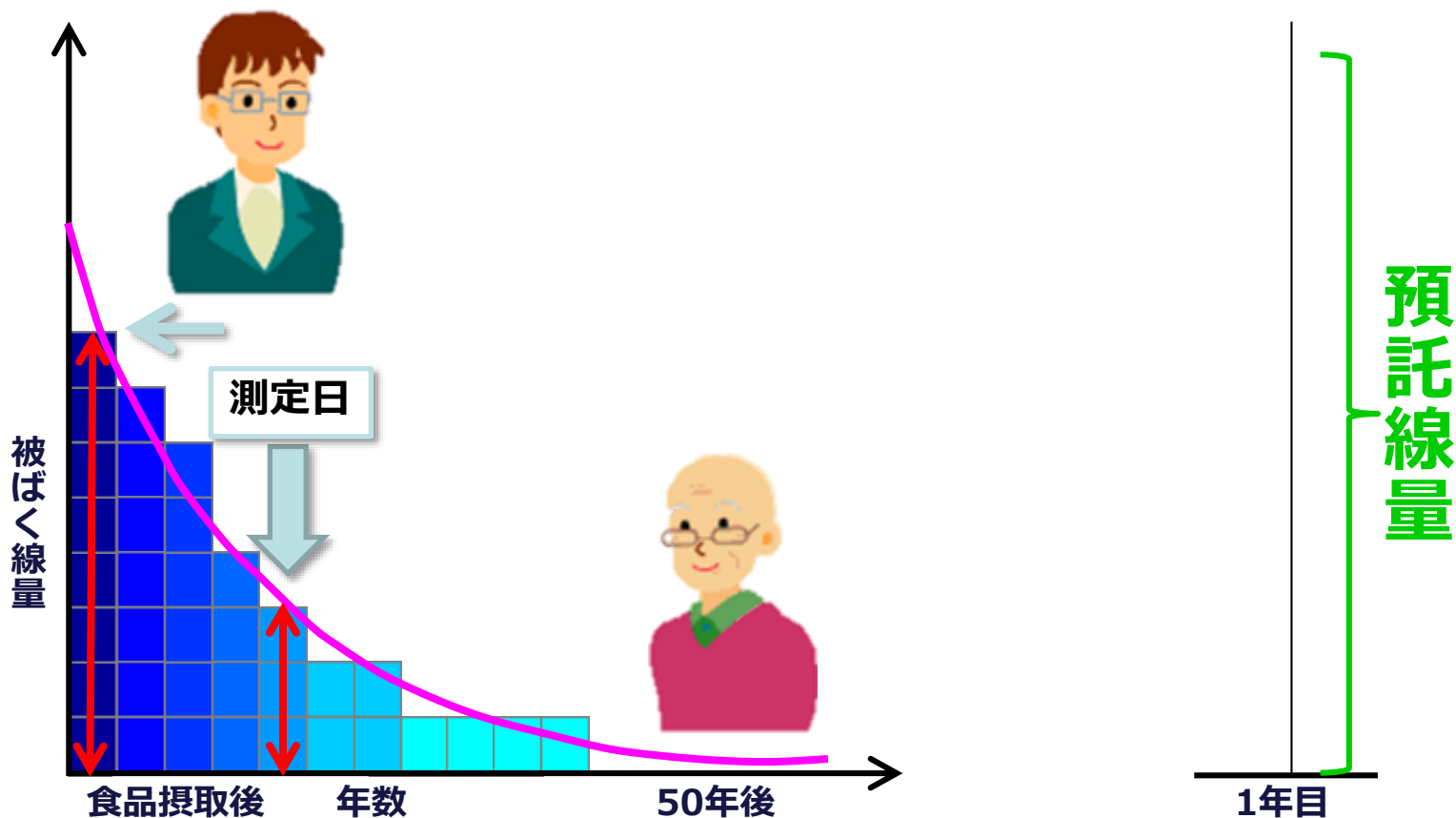
青は $^{40}\text{K}$ ・赤は $^{137}\text{Cs}$ ・緑は $^{134}\text{Cs}$ によるピーク  
(注意：back groundも同時に測定)

# なぜWBCはBqで表示なのか？

- そもそも放射エネルギー（Bq）を計測する機械である
- シーベルトへの変換には、不確定要素が大きく含まれるようになる
- 生活の状況を聴取の上、総合的な評価と対策立案が必要
- 長期的には、**繰り返して検査**が必要

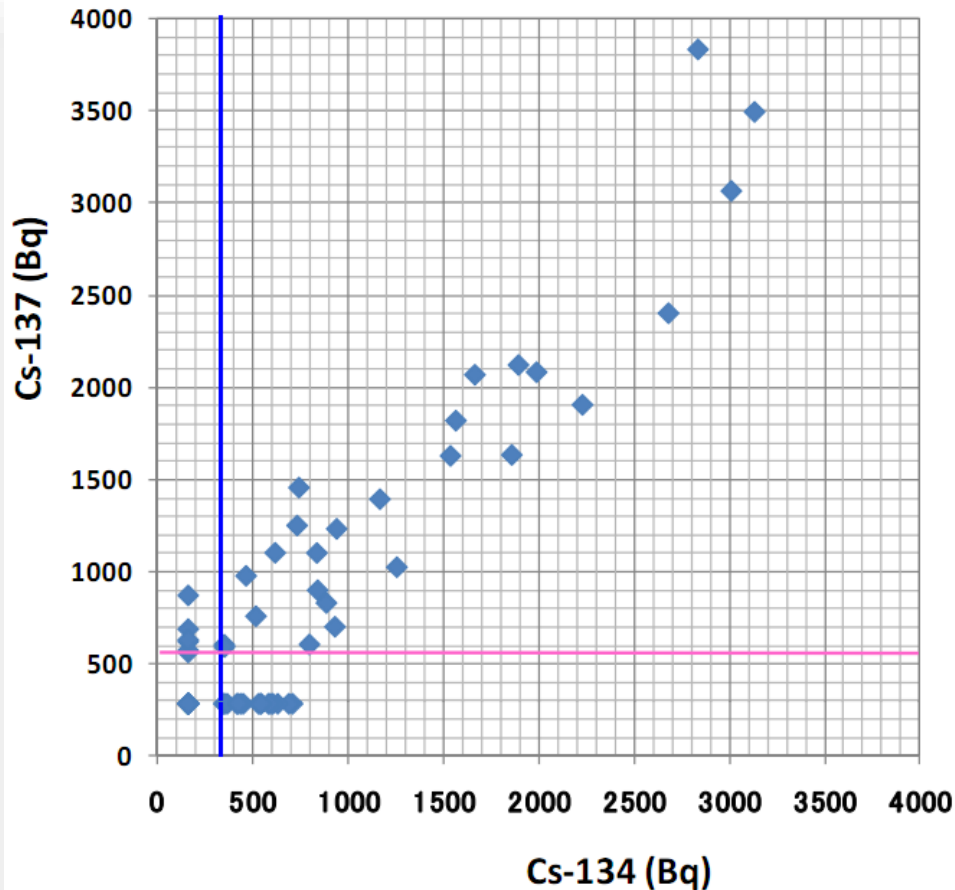
# 預託実効線量とは（実測法）

放射性物質摂取後50年間(小児では70歳まで)に  
受ける量を摂取時に受けたと想定した放射線量のこと



図：文部科学省“環境放射線データベース”より  
<http://search.kankyo-hoshano.go.jp/servlet/search.top> (参照 2011-07-07)

# 内部被ばく量（実測で比較）



Cs-134: 検出限界320Bq(青線)未満は160Bqとした  
Cs-137: 検出限界570Bq(赤線)未満は285Bqとした

私的な試算（仮定）・・・

Cs-134・137とも3000Bq  
3月15日吸入摂取、  
7月15日測定とする  
(122日経過)

Cs-134 :

160  $\mu$ Sv

Cs-137 : 99  $\mu$ Sv

慢性経口摂取だったら？

3月15日から継続摂取で

Cs-134 : 95  $\mu$ Sv

Cs-137 : 62  $\mu$ Sv

放医研における福島県民の先行調査の結果（福島県ホームページより転載）

# (参考) 内部被ばく

## ① JAEA (日本原子力研究開発機構) における先行検査

対象：原発北西方向からの避難者中心

検査期間：2011年7月～年末までに数千人規模

結果：陽性者の内部被ばく量はほとんどで2000Bq/bodyを超えない

## ② 南相馬市立病院におけるホールボディーカウンター検査

対象：南相馬市民

検査期間：9月26日以降

結果：527人中267人から30Bq/kg未満の検出。1人のみ、30Bq/kg以上の検出

**結論：最大でも預託実効線量1mSv以下**

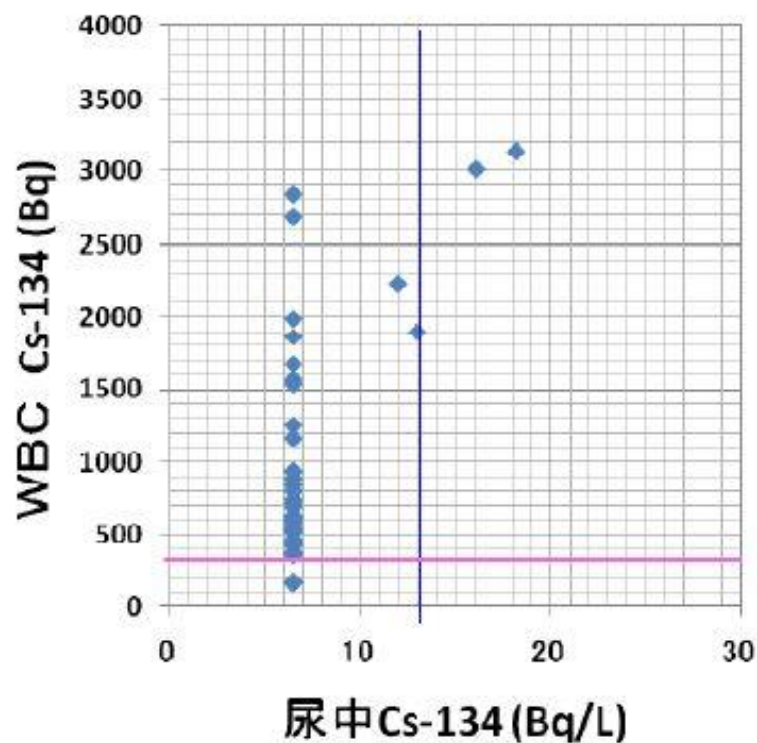
(2011年3月11日から2061年3月10日までの内部被ばく線量を合計した数値)



# 尿中セシウム濃度から体内セシウム量は 換算困難だった

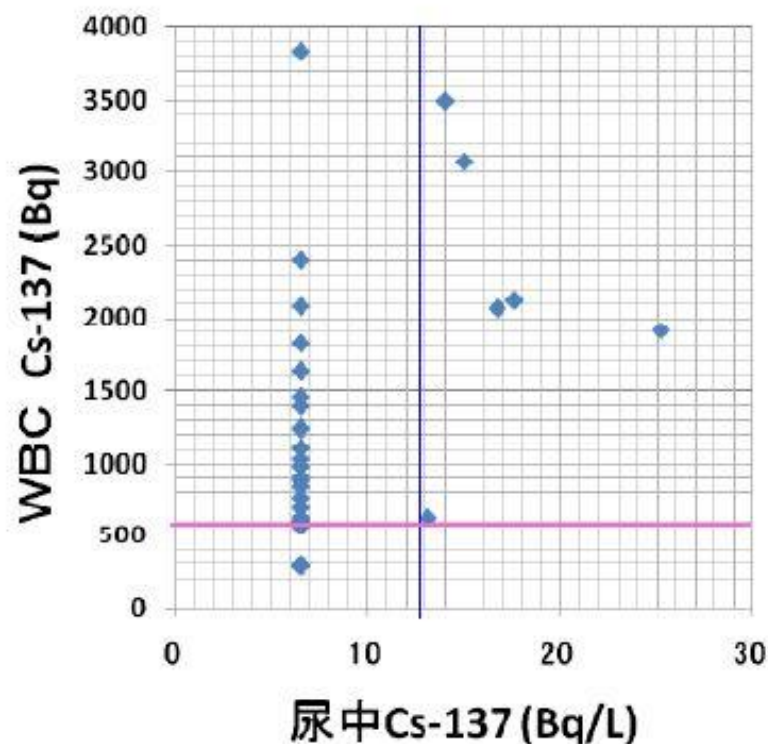
## WBCと尿からのCs-134とCs-137 (成人)

### Cs-134



尿: 検出限界13Bq/L (青線) 未満は6.5Bq/Lとした  
WBC: 検出限界320Bq (赤線) 未満は160Bqとした

### Cs-137

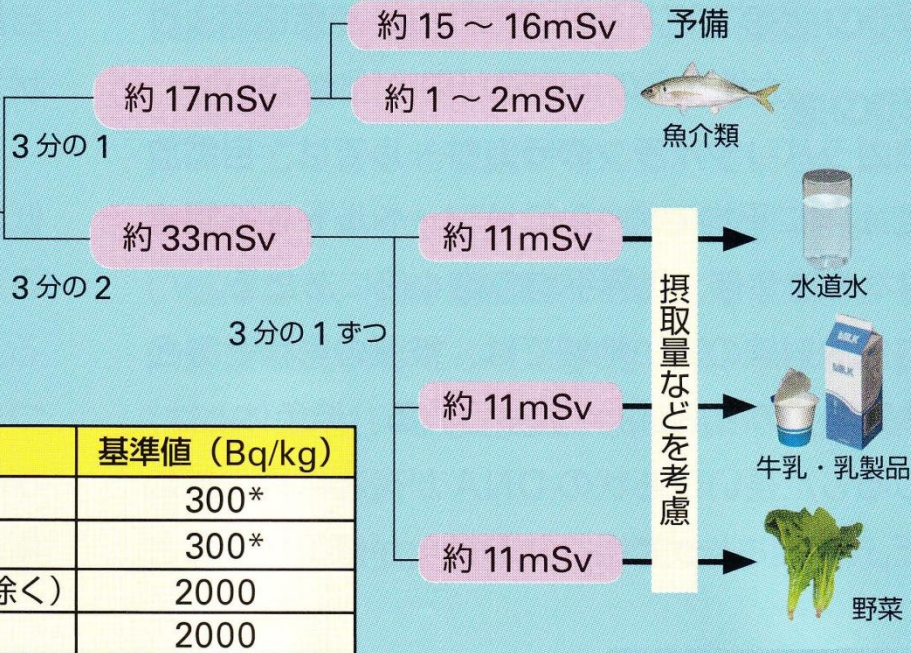


尿: 検出限界13Bq/L (青線) 未満は6.5Bq/Lとした  
WBC: 検出限界570Bq (赤線) 未満は285Bqとした

# 食品基準の決め方 : I-131

放射性的ヨウ素  
(主にヨウ素 131)

等価線量  
50mSv  
(年間)



食品	基準値 (Bq/kg)
飲料水	300*
牛乳・乳製品	300*
野菜類 (根菜・芋類除く)	2000
魚介類	2000

\*乳児の場合は 100 以上をあたえないようにする

福島第 1 原子力発電所の  
事故による放射線量の目安

飲食物からの放射線  
(ヨウ素 131 の場合)

①: 水

例えば、300<sup>ベ</sup> クル/リットルの水を  
1日 2リットル、1ヶ月間飲み続けた

→ 0.4mSv

②: 牛乳

例えば、300<sup>ベ</sup> クル/リットルの牛乳を  
1日 200cc、1ヶ月間飲み続けた

→ 0.04mSv

③: ほうれん草

例えば、2,000<sup>ベ</sup> クル/kg のほうれ  
ん草を 1日 50 グラム 1ヶ月間食  
べ続けた

→ 0.07mSv

大気・大地からの放射線

④: 空間線量率

例えば、空間線量率 0.1マイクロシー  
ベルト/h の場所に 1ヶ月間居続けた

→ 0.07mSv

# セシウムの規制値

放射性のセシウム（セシウム 137・セシウム 134）

実効線量

5mSv(年間)

5分の1ずつ

1mSv

1mSv

1mSv

1mSv

1mSv

摂取量などを考慮



水道水

例：仮に 200Bq/kg の水を毎日 1 リットル飲むと、「950 $\mu$ Sv」



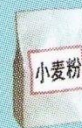
牛乳・乳製品

例：仮に 200Bq/kg のものを毎日約 106g とると、「100 $\mu$ Sv」



野菜

例：仮に 500Bq/kg の野菜を毎日約 280g 食べると、「660 $\mu$ Sv」



穀物

セシウムの半減期は長いため、食卓に届くまでの時間が長い食品についても基準を決めている。



肉・魚・卵など

※上記の値は成人の実効線量

食品	基準値 (Bq/kg)
飲料水	200
牛乳・乳製品	200
野菜類	500
穀類	500
肉・卵・魚・その他	500

■ Newton より

# 1mSvとなる実際の摂取量（放射性Cs）

飲食対象物	成人	幼児	乳児	暫定規制値
飲料水	201	421	228	200
牛乳、乳製品	1,660	843	270	200
野菜類	554	1,686	1,540	500
穀類	1,110	3,830	2,940	500
肉、卵、魚介類、その他	664	4,010	3,234	500

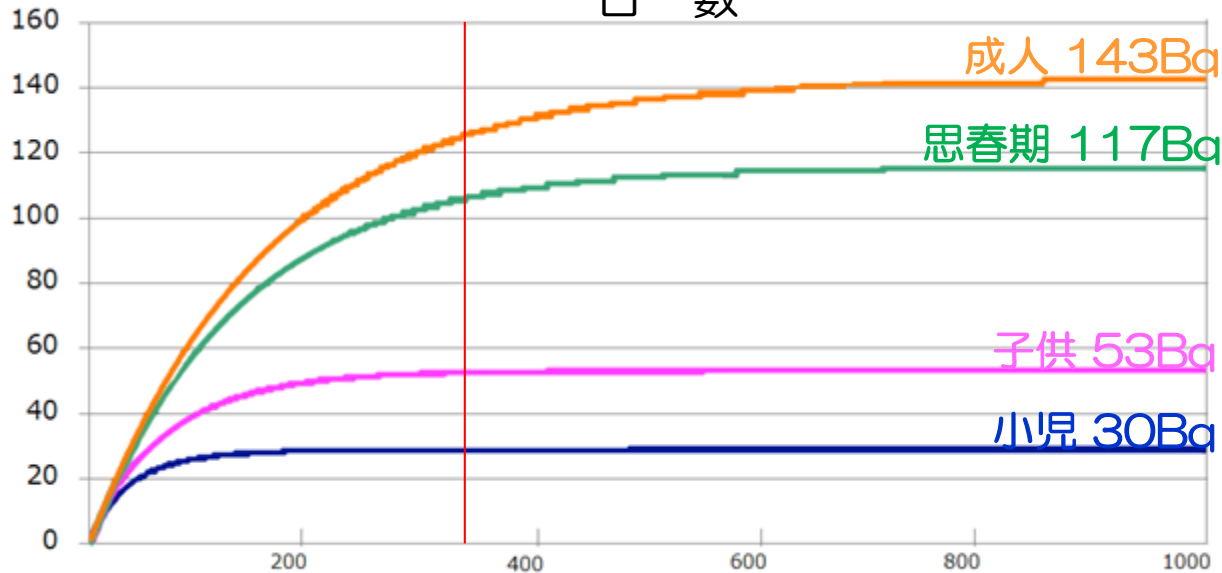
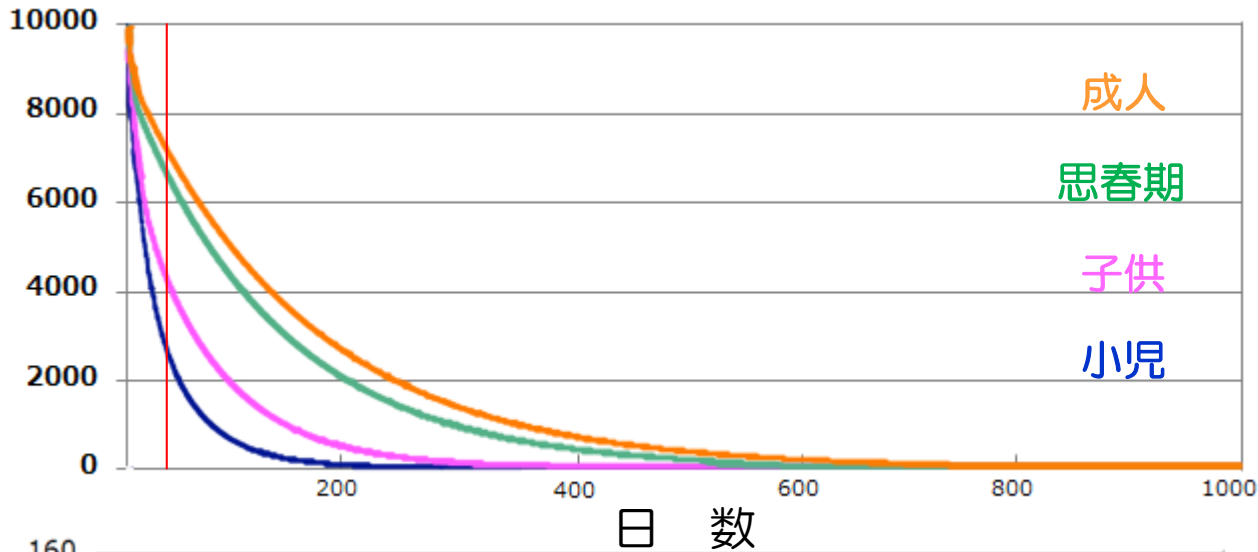
[Bq/kg]

上記の放射能が含まれる食品を、一般的な日本人の摂取量を1年間食べ続けた場合に  
実効線量が各1mSvとなる。・Bqは実はCs-134、Cs-137、Sr-89、Sr-90の4核種の総和である

# 米に関する試算（Bq編・Cs総和）

- 日本人の平均年間摂取量：約60kg（成人）
- 200Bq/kgの流通米を毎日食べ続けたと仮定→30kg 2袋購入
  - 2袋（60kg）で12000Bqの放射性Csを含有
  - 一日摂取量は $12000/365 = \text{約}33\text{Bq/日}$

# Cs-137の生物学的半減期と体内滞留



# 放射性Csを摂取したら

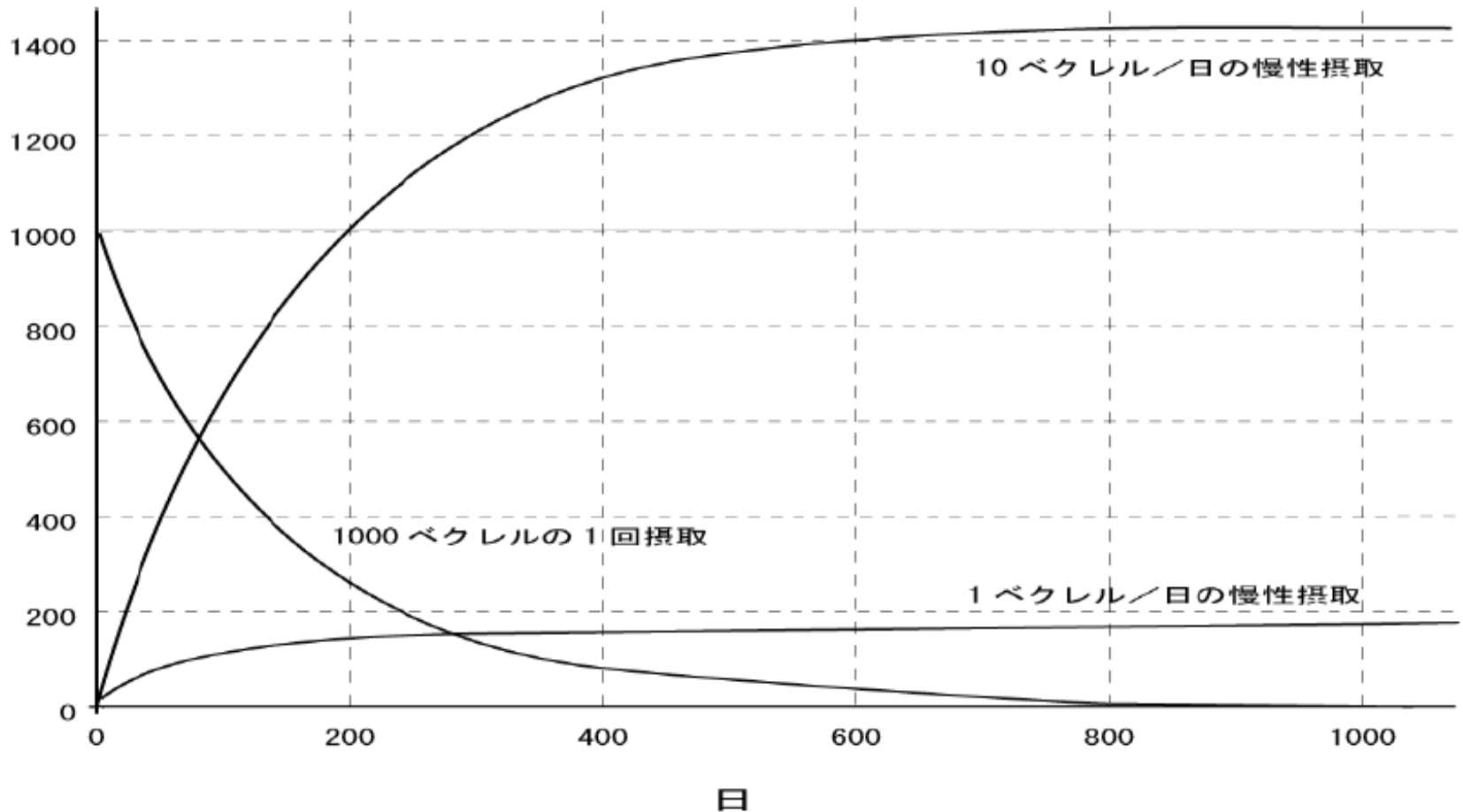


図 2.2. 1000 ベクレルのセシウム 137 を一度に摂取した場合、および 1 ベクレル  
および 10 ベクレルのセシウム 137 をそれぞれ 1000 日間毎日摂取した場合の全身  
放射能 (ベクレル) の推移 (1000 日間) ICRP Publication 111より引用

# さらに米に関する試算 (Sv編)

• 日常食で1年間1110Bq/kg食べると1mSv

• 成人が400Bq/kgの米を食べるとxmSv . . .  
 $1110:1=400:x \quad x=400/1110 \quad =$   
0.36mSv

• 幼児は . . .  
 $3830:1=400:x \quad x=400/3830 \quad =$   
0.10mSv

• 乳児は . . .  
 $2940:1=400:x \quad x=400/2940 \quad =$   
0.13mSv



# さらにさらに米に関する試算 (Sv編)

- 日常食で1年間1110Bq/kg食べると1mSv
- 成人が10Bq/kgの米を食べるとxmSv . . .  
1110:1=10:x

$$x=10/1110=\underline{0.009mSv}$$

- 幼児は . . .  
3830:1=10:x

$$x=10/3830=\underline{0.0026mSv}$$

- 乳児は . . .  
2940:1=10:x

$$x=10/2940=\underline{0.0034mSv}$$

# 白米への移行

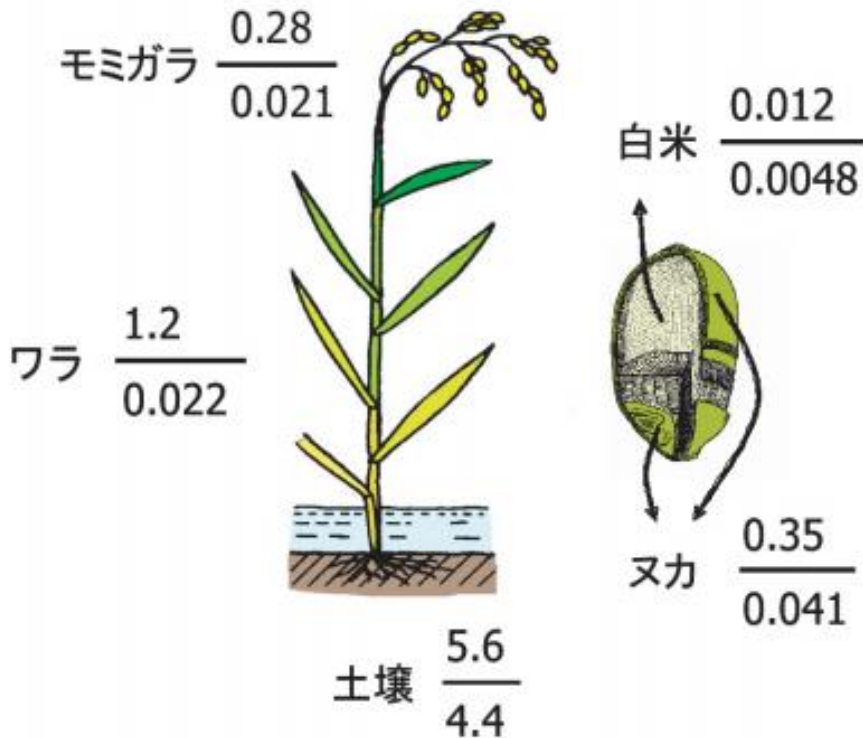


図2 土壌及びイネ各部位中 $^{90}\text{Sr}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ 濃度<sup>1,2)</sup>(Bq/kg 乾燥重量)

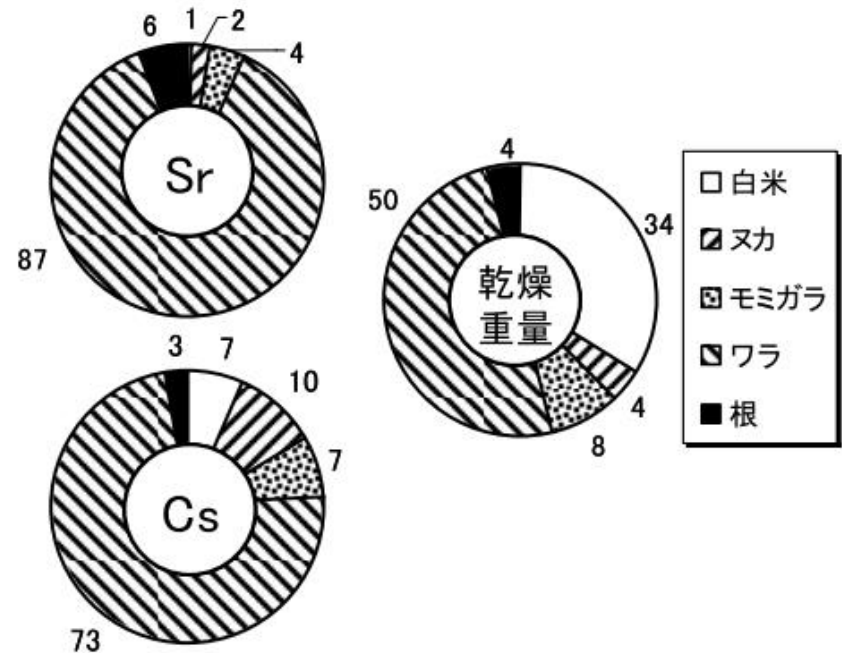


図3 イネにおける部位別乾燥重量割合(%)、 $\text{Sr}$ 及び $\text{Cs}$ の分布割合(%)<sup>1,4)</sup>

可食部白米部分への移行はごく少ない  
(0.001以下)

# 米に対する日本政府の対応

- 穀類はとにかく一律に暫定規制値 500Bq/kg
- 土壤中Csが5000Bq/kgを超える田での作付けを制限している（移行係数0.1：根拠は玄米？）
- サンプルングによる流通品の確認
  
- そもそも作付けされたものの移行を抑える努力は？  
（表土除去、K施肥など）
- 日常食である白米に対しての考え方は？  
（暫定基準値のままでいいのかどうか？）

# 全県民調査

## 県民健康管理（全県民対象）

### 被ばく線量の把握（県民個々の基礎データ）

#### 基本調査

対象者：平成23年3月11日時点での県内居住者  
方法：自記式質問票  
内容：3月11日以降の行動記録  
（被ばく線量の推計評価）

#### データベース構築

#### データベース

- ◆県民の長期にわたる健康管理と治療に活用
- ◆健康管理をとおして得られた知見を次世代に活用

#### 健康管理ファイル（仮称）

- ☆健康調査や検査の結果を個人が記録・保管
- ☆放射線に関する知識の普及

- ・ホールボディカウンター
- ・個人線量計

### 健康状態の把握

#### 詳細調査

#### 甲状腺検査（18歳以下の全県民に順次実施）

対象者：平成4年4月2日から平成23年4月1日までに生まれた県内居住者（県外避難者含む）  
内容：甲状腺超音波検査  
※3年程度で全県小児の現状を把握し、その後、定期的に検査

#### 健康診査（既存の健診を活用）

職場での健診や市町村が行う住民健診、がん検診等を定期的を受診することが、疾病の早期発見・早期治療につながる。

対象者：避難区域等の住民及び基本調査の結果必要と認められた方  
内容：一般健診項目＋白血球分画

対象者：全県民  
内容：一般健診項目 ※既存健診の対象外の県民への健診の実施

こころの健康度・生活習慣に関する調査（避難区域等の住民へ質問紙調査）

妊産婦に関する調査（22年8月1日～23年7月31日の母子健康手帳申請者へ質問紙調査）

相談・支援

フォロー

治療

# 県民健康管理調査スケジュール

県民健康管理調査 スケジュール

		対象数	2011(平成23)年度													
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
ホールボディカウンター×尿検査調査		120人					→									
基本調査	先行調査(浪江町、飯館村、川俣町山木屋)	2.8万人					→	→								
	全県民(先行調査対象を除く)	199万人						→	→	→	→					
詳細調査	甲状腺検査(全県域0～18歳)#1	36万人							医大 県内各地域	→	→	→	→	→	→	→
	健康診査	20万人														
	避難区域等(～18歳希望者)															
	避難区域等(19～39歳希望者)#2															
	避難区域等(40歳以上希望者)#3								→	→	→	→	→	→	→	→
	質問紙調査 避難区域等(子ども～一般成人)#4	20万人														
質問紙調査 全県域(妊産婦) #5	2万人															

#1:当初は医大において実施し、順次、県内各地域で実施。有所見者には二次健診(採血等)を実施(試料保存)。

#2:被用者は、労働安全衛生法上の健康診断に上乗せ(白血球分画等)を基本とする。

#3:市町村国保加入者で40歳以上は、特定健診・保健指導の項目に上乗せ(白血球分画等)、

被用者は、労働安全衛生法上の健康診断に上乗せ(白血球分画等)を基本とする。

#4:「こころの健康度」評価を含む。

#5:平成22年8月1日から平成23年7月31日までの期間に、県内市町村にて母子健康手帳を申請された女性。

## 4. 小児への放射線影響

### >100mSvの場合

- 広島・長崎の原爆被爆者の調査結果などから、放射線影響による発がんの生涯リスクには被ばく時の年齢が大きく影響することが明らかとなっている。
- 白血病以外の全てのがんの相対リスクは被ばく時年齢が10歳以下の場合では、
  - 対照者の2.32倍

### <100mSv（低線量）の場合

- 小児と成人で発がんリスクに差がない
- 小児の被ばくに対しては、多くの場面で特別な配慮がなされなければならない。

# >100mSvの場合の過剰の生涯がんリスク年齢比較

広島長崎の原爆生存者の調査結果：0.1 Svでの急性被ばくの推定

被ばく時年齢	性	過剰の生涯リスク(%)	被ばくがないとき(%)
10	M	2.1	30
	F	2.2	20
30	M	0.9	25
	F	1.1	19
50	M	0.3	20
	F	0.4	16

Preston, et al. Radiat Res 160, 381 (2003)

低線量・低線量率のリスクは1/2 低い (ICRP)

# 線量別・年齢別発がん相対リスク

表2 原爆被ばく者の年齢別相対リスク<sup>a</sup> (文献6)

被ばく時年齢	男性 (Gy) <sup>b</sup>			女性 (Gy)		
	0.005~0.5	0.5~1	1~4	0.005~0.5	0.5~1	1~4
0~9 歳	0.96	1.10	3.80	1.12	2.87	4.46
10~19 歳	1.14	1.48	2.07	1.01	1.61	2.91
20~29 歳	0.91	1.57	1.37	1.15	1.32	2.30
30~39 歳	1.00	1.14	1.31	1.14	1.21	1.84
40~49 歳	0.99	1.21	1.20	1.05	1.35	1.56
50 歳以上	1.08	1.17	1.33	1.18	1.68	2.03

a : 0.005 Gy 以下の群を対照群とした場合の相対リスク

b : 結腸の線量



# 不妊に関するしきい線量

表8-1 不妊に関するしきい線量 (Gy)

		1 回急性照射	慢性照射
男性	一時的な不妊	0.15	0.4 Gy/年
	永久不妊	3.5~6	2.0 Gy/年
女性	一時的な不妊	0.65~1.5	
	永久不妊	2.5~6	0.2 Gy/年<

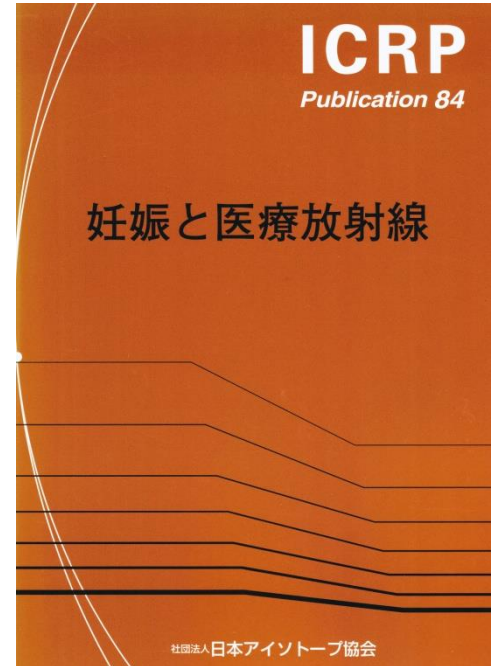
# 胎児への影響

表 胎児への影響

影 響	感受性の高い時期	しきい線量
流 産	受精～9日	0.1 Sv
奇 形	受精後3～8週	0.1 Sv
知恵遅れ	受精後8～15週	0.12～0.2 Sv

# 妊娠と医療放射線

- ① 放射線を用いる医療の専門家は放射線の胎児への影響を熟知すべきである
  - ② 100-200mGyを超える線量では、神経系の異常、奇形、成長遅延、および胎児死亡に関連したリスクを考慮すべきである
  - ③ 個人ごとに正当化、最適化をすべきである
- \* 100mGy未満の胎児線量を妊娠中絶の理由にしてはならない。
  - \* このレベルよりも高い胎児線量では、説明を受けた上で、個人の事情に基づいて決定すべきである。
  - \* 10日規則（月経期の最初の10日間に検査を行う）が必要とする証明はない。



# 5. 学校生活や住民生活の制限

■ ICRP（国際放射線防護委員会）は、災害時の公衆の線量管理について、

- 緊急時は20～100mSv、
- 緊急事故後の復旧時は1～20mSv（ICRP Publ. 103）。

■ 残留した放射性残渣によって生じる長期被ばくに関して、10mSvを下回る被ばく線量の場合に、

- これをさらに低減するために実施する行為は、正当化されにくいと勧告している（ICRP Publ. 82）。

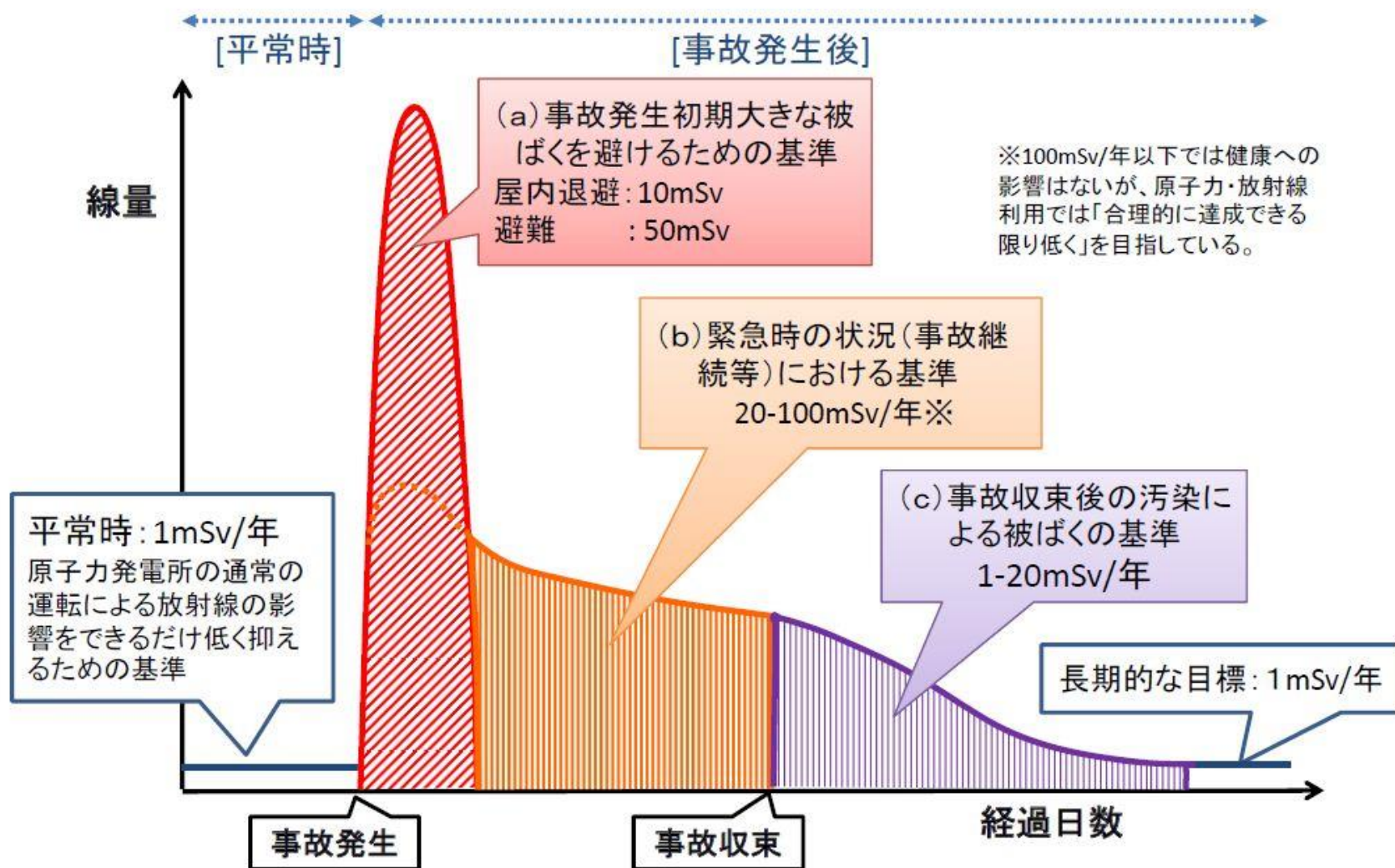
■ 長期的には1 mSv以下が目標（ICRP Publ. 111）、

- できる限り早く平時の状態に戻す必要がある。

■ 学校生活や市民生活の制限に際しては、

- 市民の感情、学校教育の実施、線量低減のための費用、生活の制限に伴う苦痛など
- 総合的に考慮した判断がなされることを望む。

# 放射線防護の線量の基準の考え方



# 子供の急性ストレス障害とPTSD

表 1 子どもの急性ストレス障害と PTSD の特徴

1

不眠・発熱・夜尿・食欲不振など、  
身体症状で出現することが多い

2

周囲の大人(親・教師など)がしっかりして  
いると軽くなる

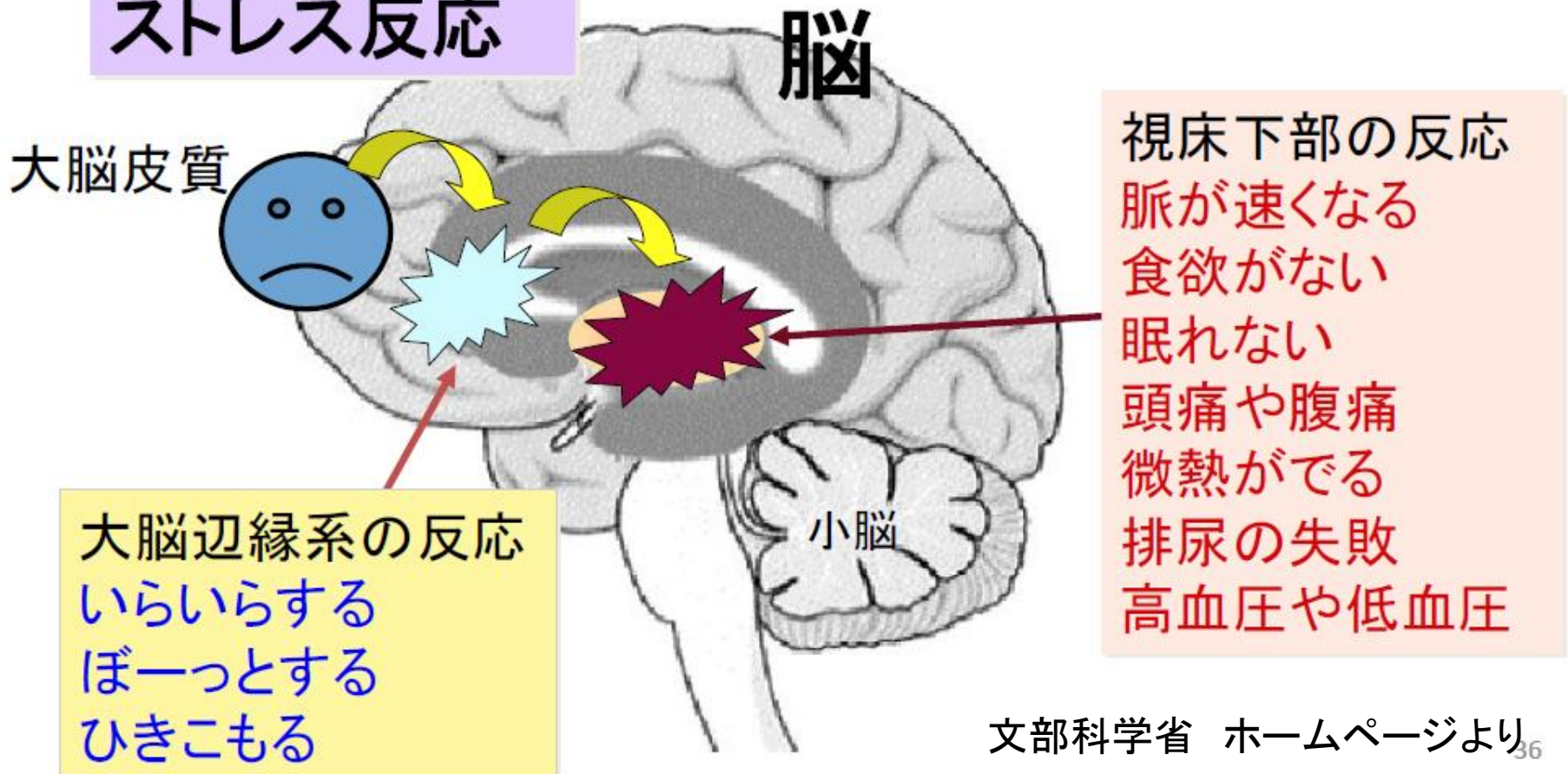
3

災害に遭う以前の性格(過敏など)や言動に  
問題がなければあまり心配しなくてよい

# 心配事やストレスは心身の不調を起こします

いやなことがあったり、頭(大脳皮質)で心配なことを考え過ぎると、その命令が脳の奥の部分(大脳辺縁系や視床下部)に伝えられ、様々な心身の不調を起こします。これを**ストレス反応**といい、誰にでも起こります。

## ストレス反応



## 放射能のことを必要以上に心配しすぎてしまうと かえって心身の不調を起こします

- 放射能のことをいつもいつも考えていると、その考えがストレスとなって、不安症状や心身の不調を起こします。
- もし保護者が過剰に心配すると、子どもにも不安が伝わって、子どもの心身が不安定になります。

だから

- 不確かな情報や、人の噂などの風評に惑わされず、学校から正しい知識と情報をもらって、毎日、明るく、楽しく、仲良く、安心した生活を送ることが心身の病気を防ぐ一番よい方法です。



## 6. 原子炉作業者の被ばく

- 原子炉災害に伴う緊急作業者に対しては、
  - 事前に、通常よりも充実した内容の、放射線影響に対する教育が実施されるべきである。
- 作業者が作業の重要性を理解し、安全に安心して作業を継続できるように、
  - 緊急時の線量限度（250mSv/年）に近い放射線を被ばくした場合でも過剰な不安に陥ることがないように、メンタルな面を含む十分なケアが必要となる。
- 常に健康管理を充実させ、
  - 線量限度を超えた可能性のある緊急時には直ちに健康診断を実施しなければならない。

# 7. 医療被ばく・職業被ばくと災害による被ばくとの違い

- 医療被ばくは
  - 患者の健康を守るという利益を保証した上での被ばくであり、
- 放射作業者の被ばく（職業被ばく）は、
  - 放射線利用に伴う作業という社会的利益のための被ばくである。
- 災害による被ばくは、
  - 公衆に何らの利益ももたらさない被ばくであり、これらの3種類の被ばく量を相互に比較する意味は少ない。
- 災害による被ばくが発生した場合は、
  - 市民の安全を考えた緊急避難や、緊急時の特別な線量管理、緊急被ばく医療体制の整備などの対応策がとられるべきであり、
  - 考え得るリスクに対する総合的・合理的な判断に立って、健康への悪影響が発生しないように、最善の努力がなされるべきである。

# 8. 妊婦・乳幼児・学童等への積算 線量測定結果の解釈について

# 基本的注意

- 個人線量計

- 自然放射線量 年間0.67mSv（日本平均で、宇宙から0.29 mSv/年、大地から0.38 mSv/年の外部被ばく）を含む値であることを通知に記載することが望まれる。
- 携帯電話・無線機付近では放射線以外でも数値が上昇する

- ガラスバッチ

- 結果は下二けたで返却される
- メーカーは精度の問題から結果は下一桁での通知を推奨している
- 返却値に数値の幅があることが伝わりにくい
  - 0.1mSv : 0.05~0.14mSv
  - 0.2mSv : 0.15~0.24mSv

# 数値の解釈と解析

- 多くは0.1mSv以下
  - 健康影響は認められない群
- 年間換算
  - (南会津最高値)  $0.15\text{mSv}/2\text{か月} \times 6\text{か月} = 0.9\text{mSv}/\text{年}$

市町村地域	機器名	測定期間	測定対象・人数	最低値 (mSv)	最高値 (mSv)	中央値 (mSv)	最高値年間換算 (mSv)
〇〇町 会津	バックグラウンド 千代田テクノロ ガラスバッチ -xx $\mu$ Sv/月	Xか月間	0歳~中学生、妊婦 〇〇名	0~0.0X	0.15	X.xx	0.90

- 異常値の解釈
  - アーチファクト (携帯電話・無線機・外に放置・故意) の除外
  - 行動調査
  - 環境調査

- 数字が一人歩きすることは本意ではないため、事前に明確な数値の基準は設けず、（高い線量の場合）事例毎にアドバイザーグループでコメントを検討する。
- （例）今回の測定は、現状における約〇か月の積算線量を把握するためのものでしたが、健康影響が心配されるレベルの線量の方がいなかった。
- （例）測定した時期より以前の個人線量については、現在行っている県民健康管理調査の基本調査に回答いただければ、推計値が個人へ通知される。

# 『放射線恐怖症』にならず

福島医学雑誌 45 巻 2 号 1995

117

講座

## 放射線恐怖症の解剖\*

栗冠正利<sup>§</sup>

東北大学名誉教授（放射線基礎医学）

（受付 1995 年 2 月 6 日）

- ものをこわがらな過ぎたり、こわがり過ぎたりするのはやさしいが、
- 正當にこわがることはなかなかむづかしい。

## ■ 『正當に怖がる』

■ 寺田寅彦：1935年（1878-1935年）



# 現状のまとめ

- 空中には放射能はない（ダストサンプリングから）
- 地表～地中3～5 cm程度に
  - Cs-134
  - Cs-137
  - 空間線量率 → 外部被ばく
  - 食品への移行 → 内部被ばく
    - プルトニウム、ストロンチウムは現状では無視できる。
- 空間線量率の測定
- ダストサンプリング
- 内部被ばく
- 食品の計測



# 計測装置

- 個人の被曝：
  - ガラスバッジ線量計
- 内部被曝：
  - 全身カウンター装置
- 食品の計測：
  - ガンマ線計測装置（波高分析）



# まとめと私見

- 正確な計測と適切な判断：総合的なリスクを減少させること
- 福島県200万県民調査
  - がん検診（受診率30%）
  - 成人病検診
  - 健康相談（カウンセリング）
- 禁煙運動
- 正当に恐がり、
- 元気で長生きするための方策を考える！！



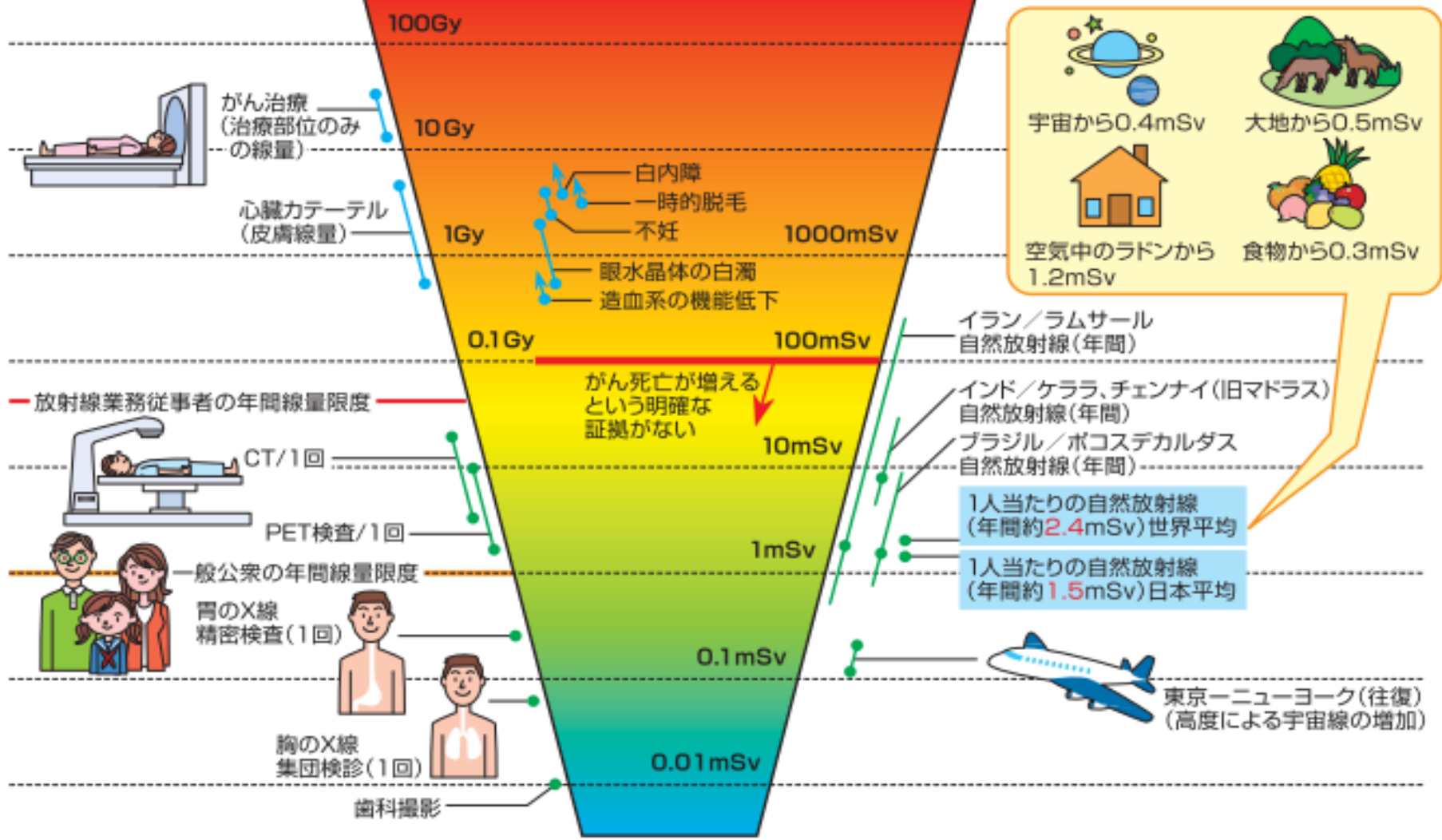
# ◆身の回りの放射線被ばく

グレイ(Gy)

放射線がものや人に当たった時に、どれくらいのエネルギーを与えたのかを表す単位

自然放射線

人工放射線



【注意】

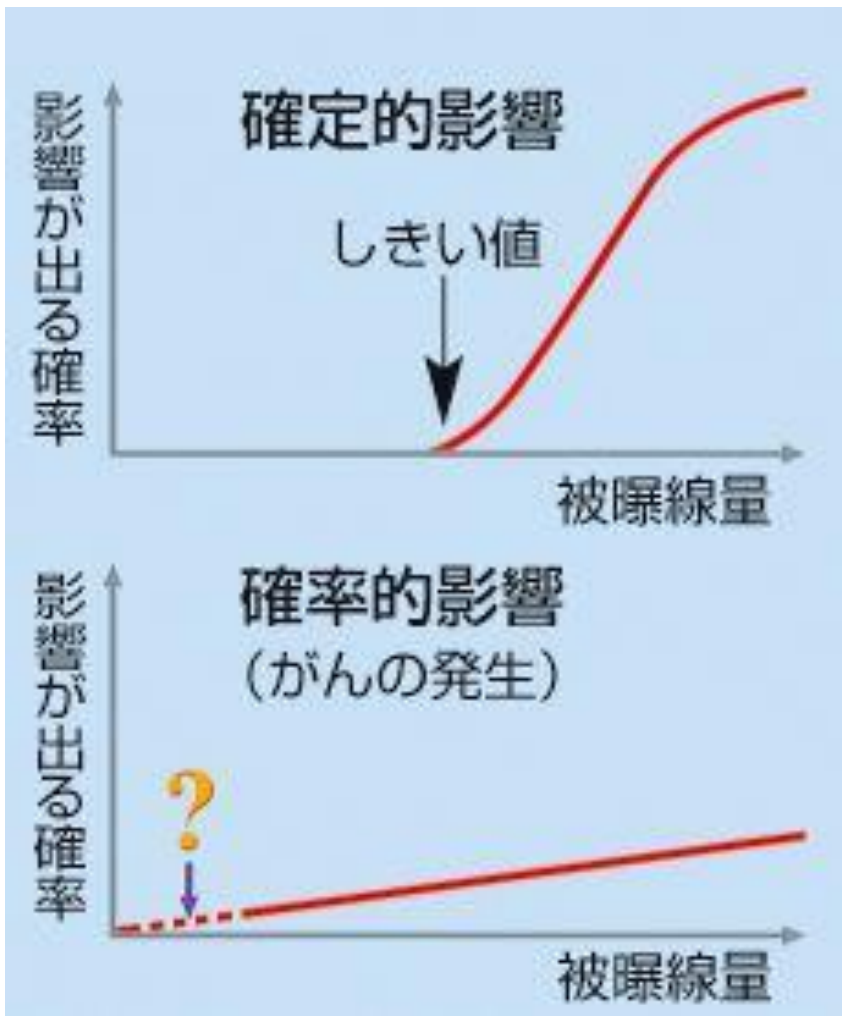
- 1) 数値は有効数字などを考慮した概数。
- 2) 目盛(点線)は対数表示になっている。目盛がひとつ上がる度に10倍となる。

放射線が人に対して、がんや遺伝性影響<sup>※</sup>のリスクをどれくらい与えるのかを評価するための単位

※ 遺伝性影響 (hereditary effects) とは、子孫に伝わる遺伝的な影響のことで、遺伝的影響 (genetic effects) が細胞の遺伝的影響までを含むことと区別している。

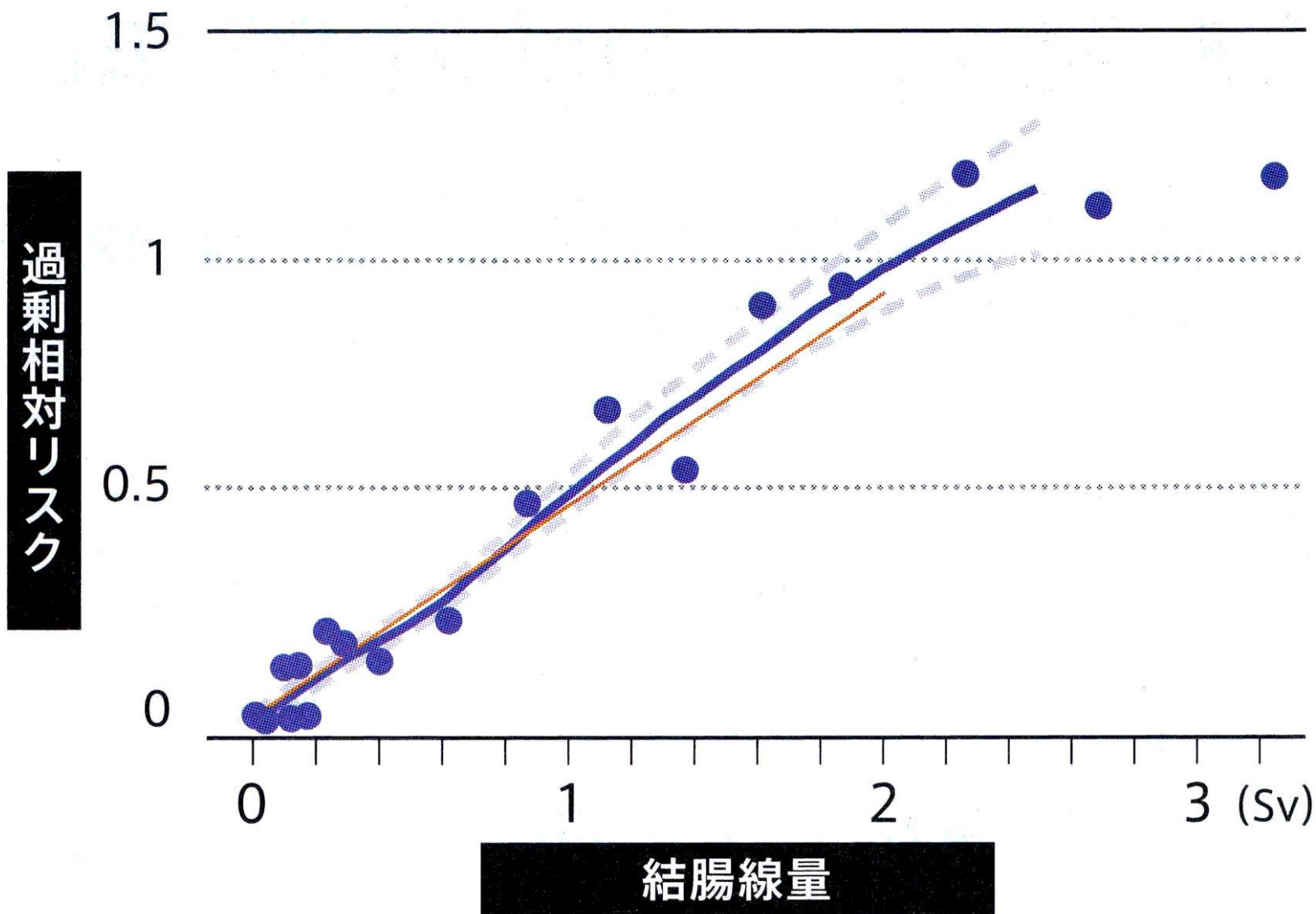
出典: (独)放射線医学総合研究所 などより作成

# 確定的影響と 確率的影響



- しきい線量
- 骨髓 造血能低下 500 mSv
- 精巣 一時不妊 150 mSv  
永久不妊 3.5 - 6.0 Sv
- 卵巣 不妊 2.5 - 6.0 Sv
- 水晶体 白内障 5.0 Sv
- 皮膚 紅斑、乾性落屑 3-5 Gy  
3週間後  
湿性落屑(水疱) 20 Gy  
4週間後  
壊死 50 Gy  
3週間後
- 全身被曝 (死亡)
  - 骨髓の損傷 (LD50/60) 3-5 Gy  
30-60日後
  - 胃腸管および肺の損傷 5-15 Gy  
10-20日後
  - 神経系の損傷 15 Gy以上  
1-5日後

# 線量とがん発生リスク



# 発がんとの 関連性

- 1mSv/yは1億人に5000人発がんする
- $5000/100000000 = 1/20000$
- おおよその値
- 1mSv/y発がんの確率：0.005%
- 5mSv/y発がんの確率:0.025%
- 20mSv/y発がんの確率：0.1%
- 100mSv/y発がんの確率：0.6%
- がんになる確率は：日本人の二人に一人（50%）がガンになる時代

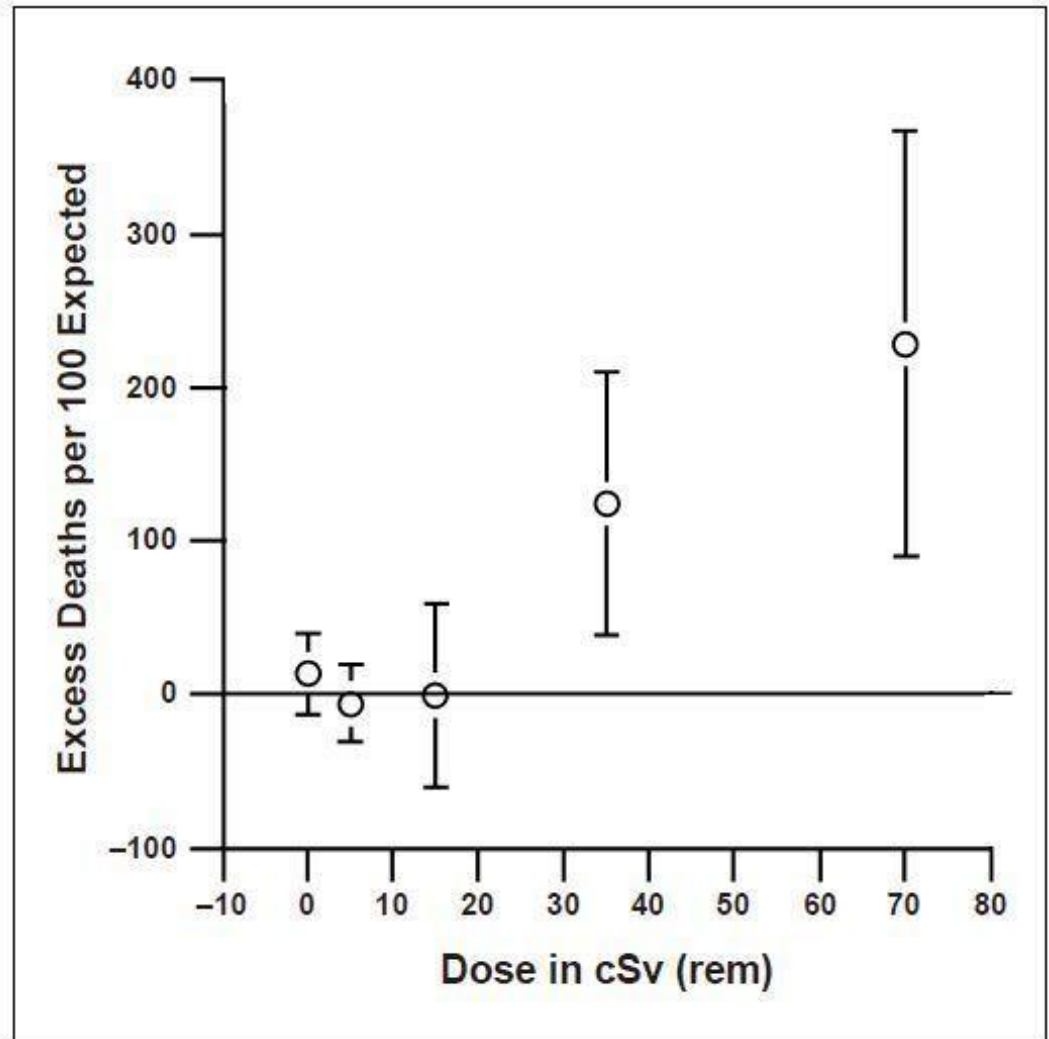


Fig. 2.—Plot shows number of deaths from leukemia per 100 in excess of expected deaths among Japanese atomic bomb survivors (1950–1990) versus their dose. Error bars show 95% confidence limits. Plot data are drawn from [22].

# 発がん（がん死亡）との関連性

- 1mSv/yは1億人に5000人発がん（がん死亡）する
- $5000/100000000 = 1/20000$

おおよその値

- 1mSv/y発がん（がん死亡）の確率：0.005%
- 5mSv/y発がん（がん死亡）の確率：0.025%
- 20mSv/y発がん（がん死亡）の確率：0.1%
- 100mSv/y発がん（がん死亡）の確率：0.6%
- がんになる確率は：日本人の二人に一人（50%）がガンになる時代

## 名目発がんリスク係数 （癌で死亡するリスク）

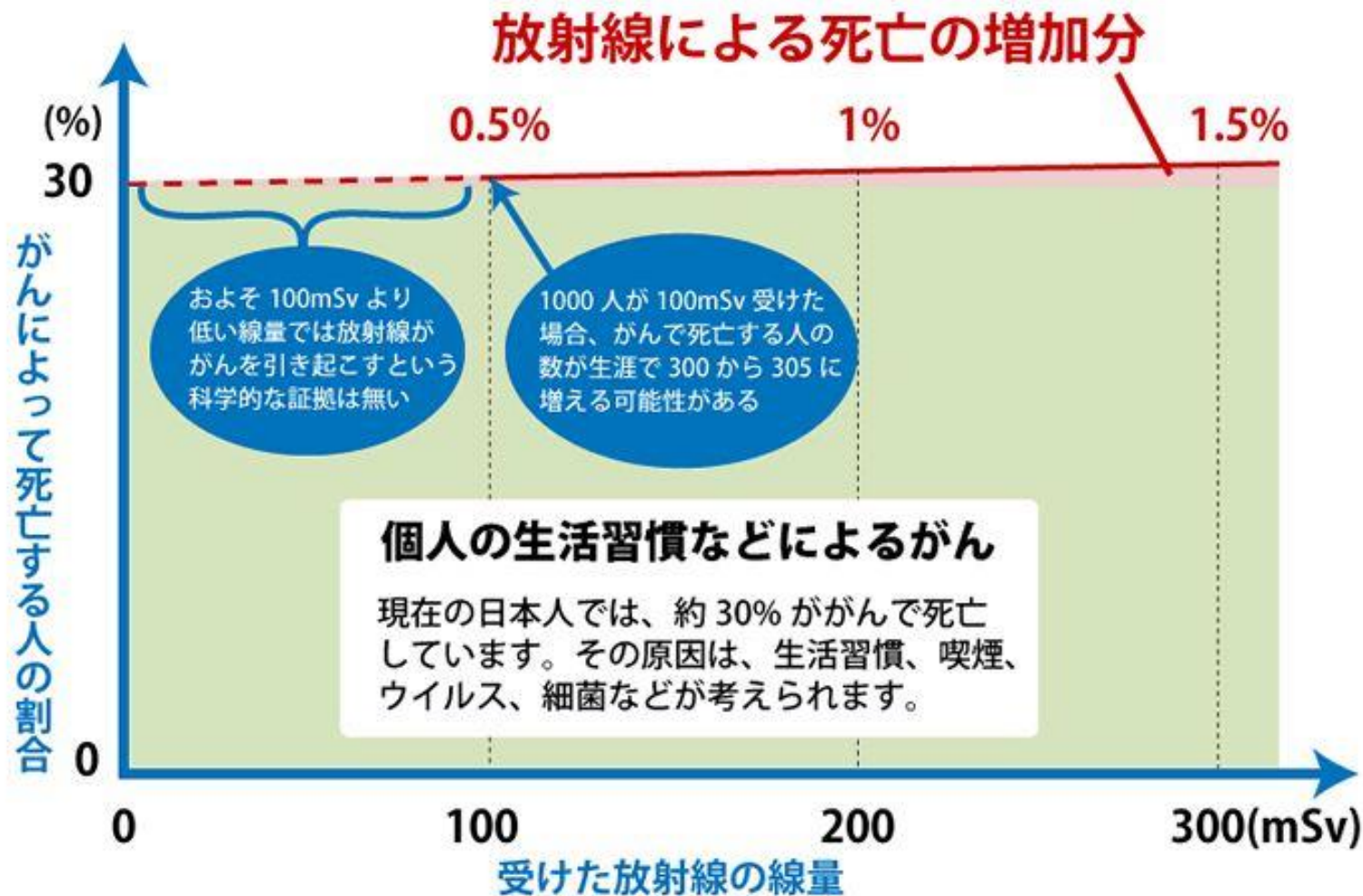
被ばく集団	が ん	
	ICRP2007勧告	ICRP60
全集団	5.5	6.0
成人	4.1	4.8 ( $10^{-2}\text{Sv}^{-1}$ )



# 放射線によるがんの増加

■ 100mSv:0.5%

## 放射線によるがん・白血病の増加

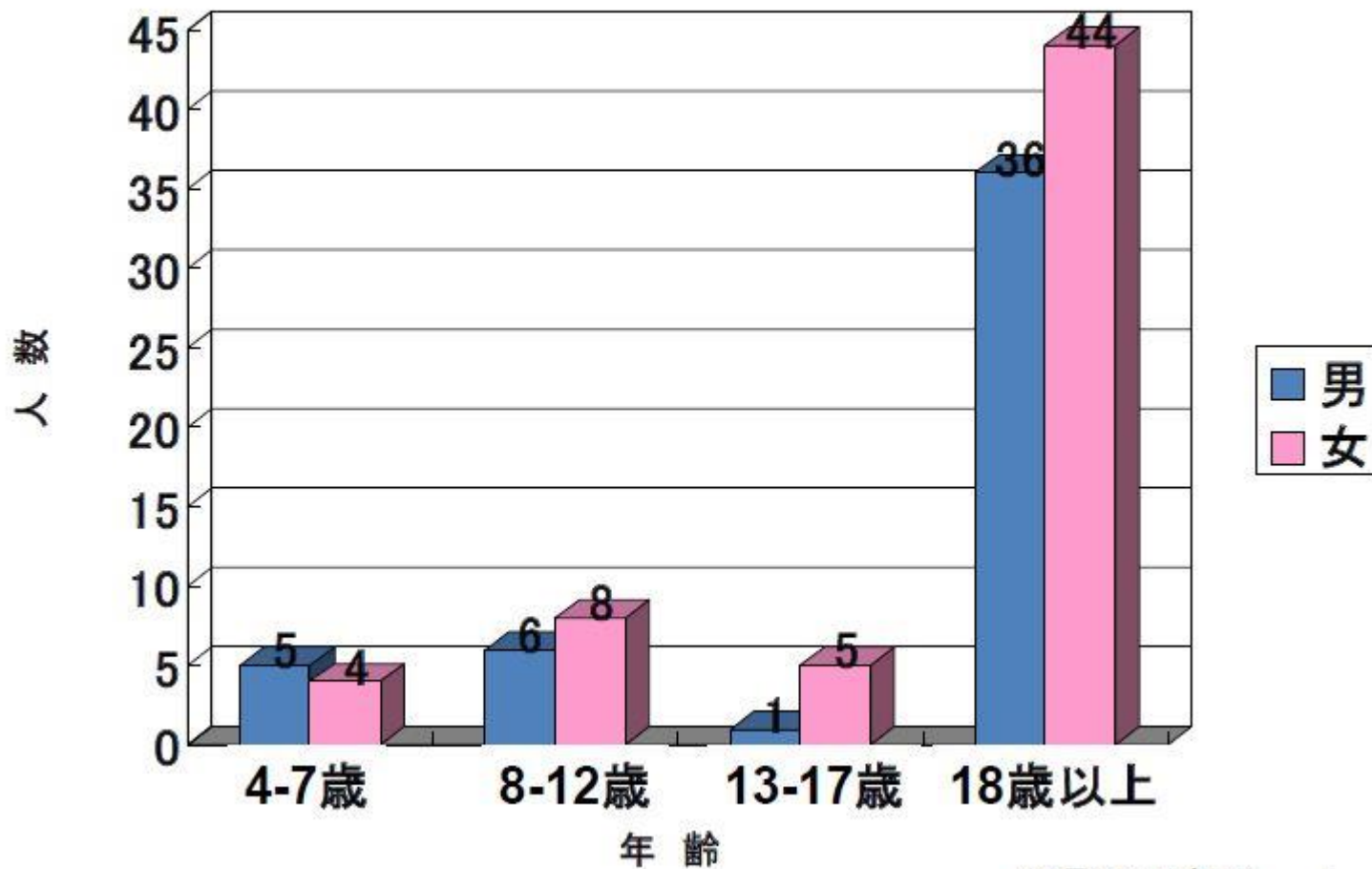


# 放射線による被曝量 (影響量に加わらない被ばく)

- 自然被曝 : 年間 約 2.4 mSv (全身)
  - 宇宙線 0.3 mSv / year ( 0.03 $\mu$ Sv / hour)
  - 地殻 0.3 mSv / year
  - 体内被曝
    - $^{40}\text{K}$  0.3 mSv / year
    - $^{222}\text{Rn}$  1.2 mSv / year
- 医療被曝 : 年間 約 2.3 mSv

# 放医研における地域住民の内部被ばく調査

## 年齢別住民測定者数



放射線医学総合研究所における  
内部被ばく調査について

# 放医研における地域住民の内部被ばく調査

## 放射性核種の検出

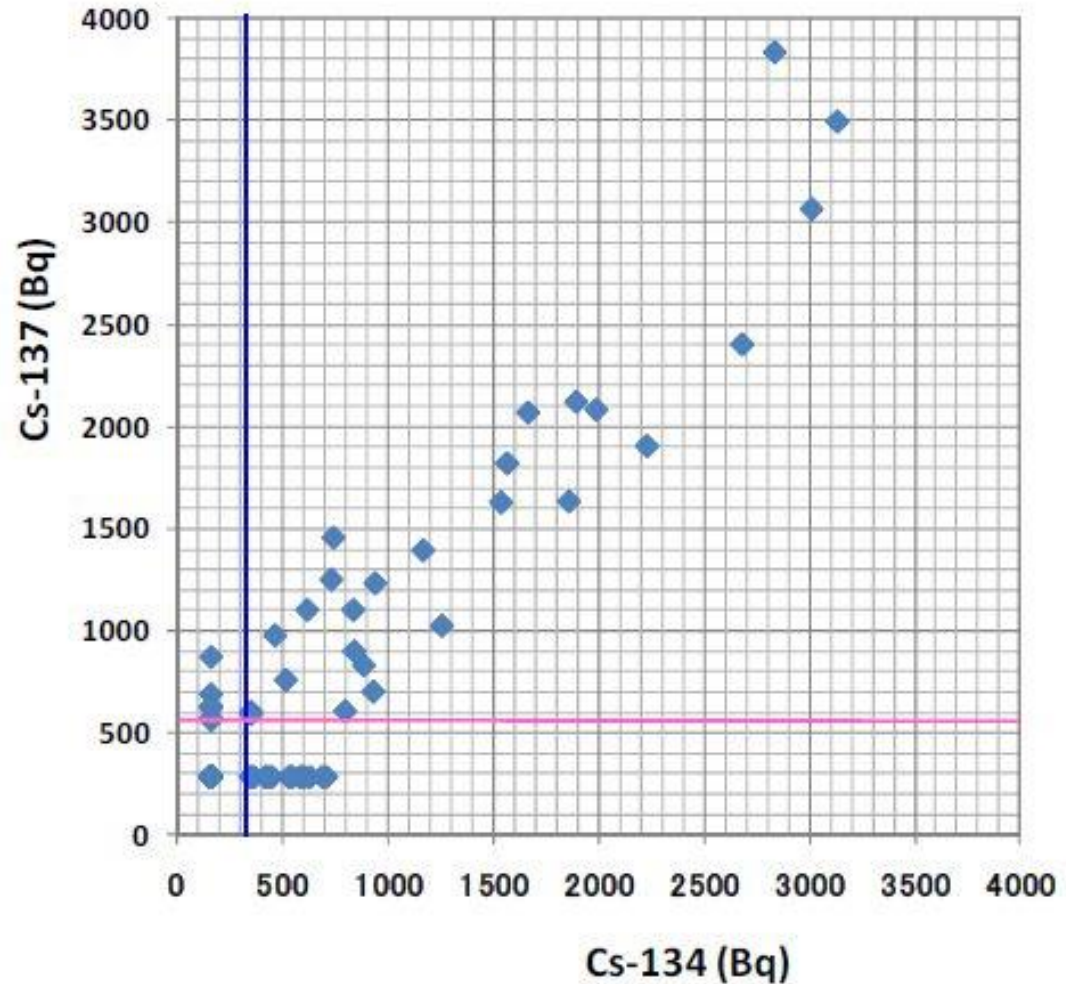
	4-7歳		8-12歳		13-17歳		18歳以上		計(人)	
	検出限界以上	人数	検出限界以上	人数	検出限界以上	人数	検出限界以上	人数	検出限界以上	人数
I-131	0	9	0	14	0	6	0	80	0	109
Cs-134	2		6		2		42		52	
Cs-137	0		0		0		32		32	
Cs-134/137	0		0		0		26		26	

(検出限界 I-131: 38 Bq、Cs-134: 320Bq、Cs-137: 570Bq)

(7月10日まで)

# WBCにおけるCs-134とCs-137 (成人)

ホールボディ  
カウンタ  
ーによる計  
測



Cs-134: 検出限界320Bq(青線)未満は160Bqとした  
Cs-137: 検出限界570Bq(赤線)未満は285Bqとした