

# 放射線学入門

—福島第一原発事故を受けて—

一般向け緊急被曝ガイド

産業医科大学 産業生態科学研究所  
放射線衛生管理学研究室

お問い合わせ先: [j-hsyknk@mbox.med.uoeh-u.ac.jp](mailto:j-hsyknk@mbox.med.uoeh-u.ac.jp)

図説 放射線学入門

# 基礎から学ぶ緊急被曝ガイド

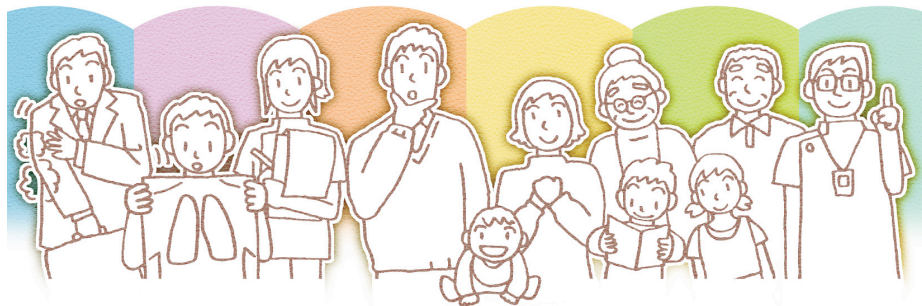
著者：岡崎 龍史 (産業医科大学)

図説 放射線学入門

改訂版

## 基礎から学ぶ緊急被曝ガイド

産業医科大学 産業生態科学研究所 放射線健康医学研究室 教授 岡崎 龍史



医療科学社

### 福島原発事故で起こりうる 放射線影響の手引き

放射線を正しく理解するのは、難しい。物理学にはじまり、化学や生物学などの用語や単位が用いられるからだ。したがって、放射線学はそうした長年の研究や疫学から、産業、医療での効能、危険の目安までも含めて、数多くのデータが積み重ねられてきた科学である。本書は緊急被曝ガイドとして、一般市民向けに放射線の基礎と原発事故での放射線の影響をわかりやすく図説する。

● A5 横判 / 128 頁・カラー ● 定価 (本体) 2,000円+税

● ISBN 978-4-86003-422-1

医療科学社

〒113-0033 東京都文京区本郷 3丁目11-9  
TEL 03-3818-9821 FAX 03-3818-9371 郵便振替 00170-7-656570  
ホームページ <http://www.iryokagaku.co.jp>

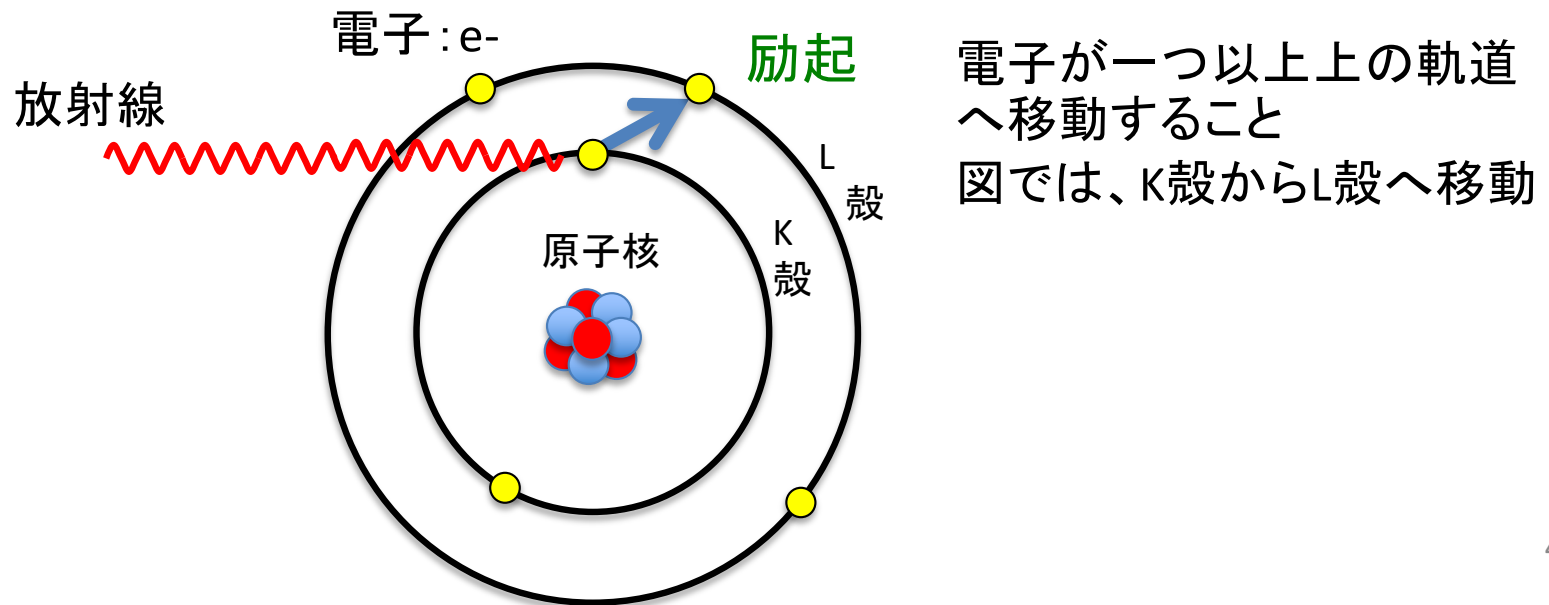
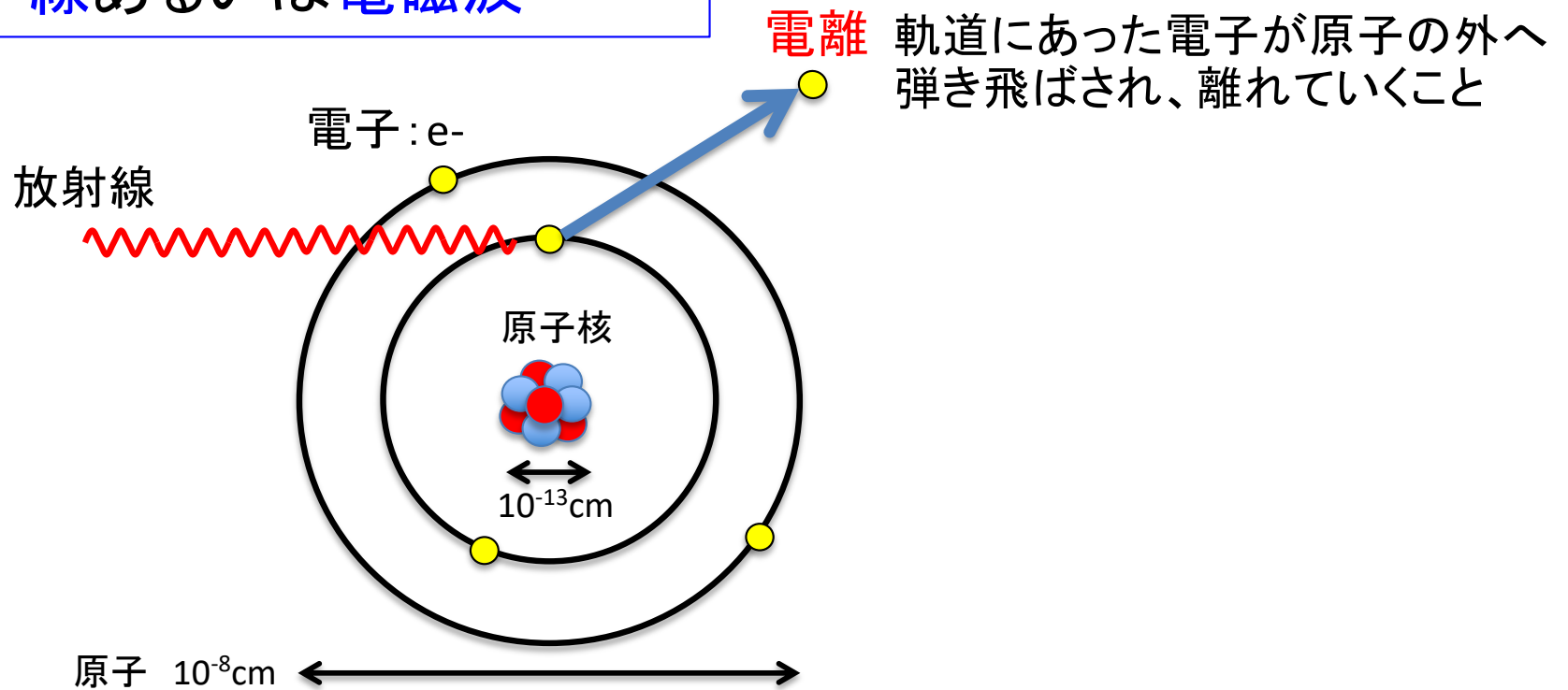
本の内容はホームページでご覧いただけます

本書のお求めは ● もよりの書店にお申し込み下さい。  
● 弊社へ直接お申し込みの場合は、電話、FAX、ハガキ、  
ホームページの注文欄でお受けします (送料300円)。

平成27年11月 改訂版発売中

# 放射線の基礎

放射線とは、**電離**や**励起**を引き起こす**粒子線**あるいは**電磁波**

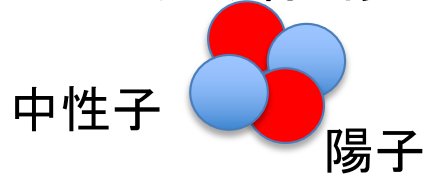


# 放射線の正体

放射線は、  
電離や励起を引き起こす **粒子線** あるいは **電磁波**


## 小さな粒 (粒子線)

アルファ ( $\alpha$ ) 線: 陽子2個、中性子2個からなるヘリウム原子核

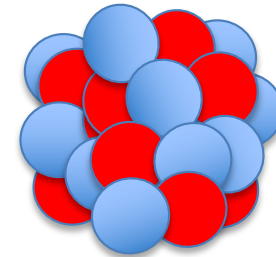


ベータ ( $\beta$ ) 線: 電子   $9.1 \times 10^{-31}$  kg

中性子線:   $1.6 \times 10^{-27}$  kg

陽子線:   $1.6 \times 10^{-27}$  kg

重粒子線



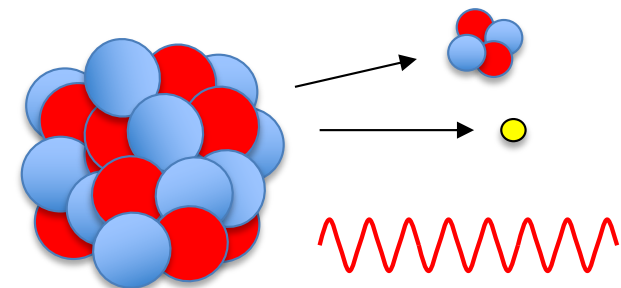
## 見えない光 (光子、電磁波)

ガンマ ( $\gamma$ ) 線、X線: 超高周波数 (波長は短い) 電磁波



## 放射性物質

放射線をだす物質



「放射能漏れ」という言葉はありません！

この点に関して、マスコミはいつもデタラメ。

最近、この用語を使う報道は少なくなりました。

放射能とは、

放射性物質が放射線を出す能力のこと。

「放射性物質漏れ」が正しい。

2018年4月18日 読売新聞（正しい記載）

放射性物質漏れ  
九電「燃料棒に穴」

川内1号機

九州電力は5日、川内<sup>せんだい</sup>原子力発電所1号機（鹿児島県薩摩川内市）の燃料集合体（縦横約20センチ、長さ約4メートル）1体で確認した微量の放射性物質漏れについて、「集合体を構成する燃料棒264本のうち1本に微小な穴が開いたことが原因」との推定を発表した。貯蔵プールに保管しており、「外部への放射能漏れはない」としている。

燃料集合体を冷やす「1次冷却材」の流れで燃料棒と集合体の部品がこすれ、摩耗したとみている。九電の原発では過去に9回、同様の放射性物質漏れが起きたが、今回の原因は初めてで、燃料の配置の見直しなどで対応する方針だ。

川内1号機は昨年3月、運転中に1次冷却材の放射性ヨウ素の濃度が上昇した。保安規定の制限値よりは低かったため、今年1月に定期検査で停止するまで運転を続け、検査の結果、燃料集合体全157体のうち1体から放射性物質漏れを確認していた。

# 放射線の単位を理解しましょう

	単位	意味	簡単に説明すると
放射能	Bq ベクレル	放射性物質が1秒間に崩壊(壊変)した数	放射性物質から1秒間に1つ放射線が出ると1ベクレル (1崩壊でα線とγ線またはβ線とγ線が同時に出ることもあるので、厳密には違います。)
吸収線量	Gy グレイ	ある任意の物質中の単位質量あたりに放射線により付与されたエネルギーの平均値	放射線が物質に与えるエネルギーの単位
等価線量	Sv シーベルト	組織・臓器における放射線の影響を、放射線の種類やエネルギーによる違いを補正し、共通の尺度で表現する量	放射線の人に対する影響に用いる単位
実効線量	Sv シーベルト	等価線量を組織荷重係数によって補正し、全身の放射線影響の指標となる量	

核分裂生成物に関しては、GyとSvは同じと考えていいです。当初、報道で言われているシーベルトという単位は「毎時」が省略されていた。すなわち1時間被曝し続けないとその線量にはならないということ。この当たり前のことが理解されていないようにみられる。時速300kmで5分走っても、300kmに達しないのと同じ。

# 単位

- ペタ (P) : 1000兆 ( $10^{15}$ )
- テラ (T) : 1兆 ( $10^{12}$ )
- ギガ (G) : 10億 ( $10^9$ )
- メガ (M) : 100万 ( $10^6$ )
- キロ (k) : 1000 ( $10^3$ )

$$1\text{MBq}=1000\text{kBq}=100\text{万Bq}$$

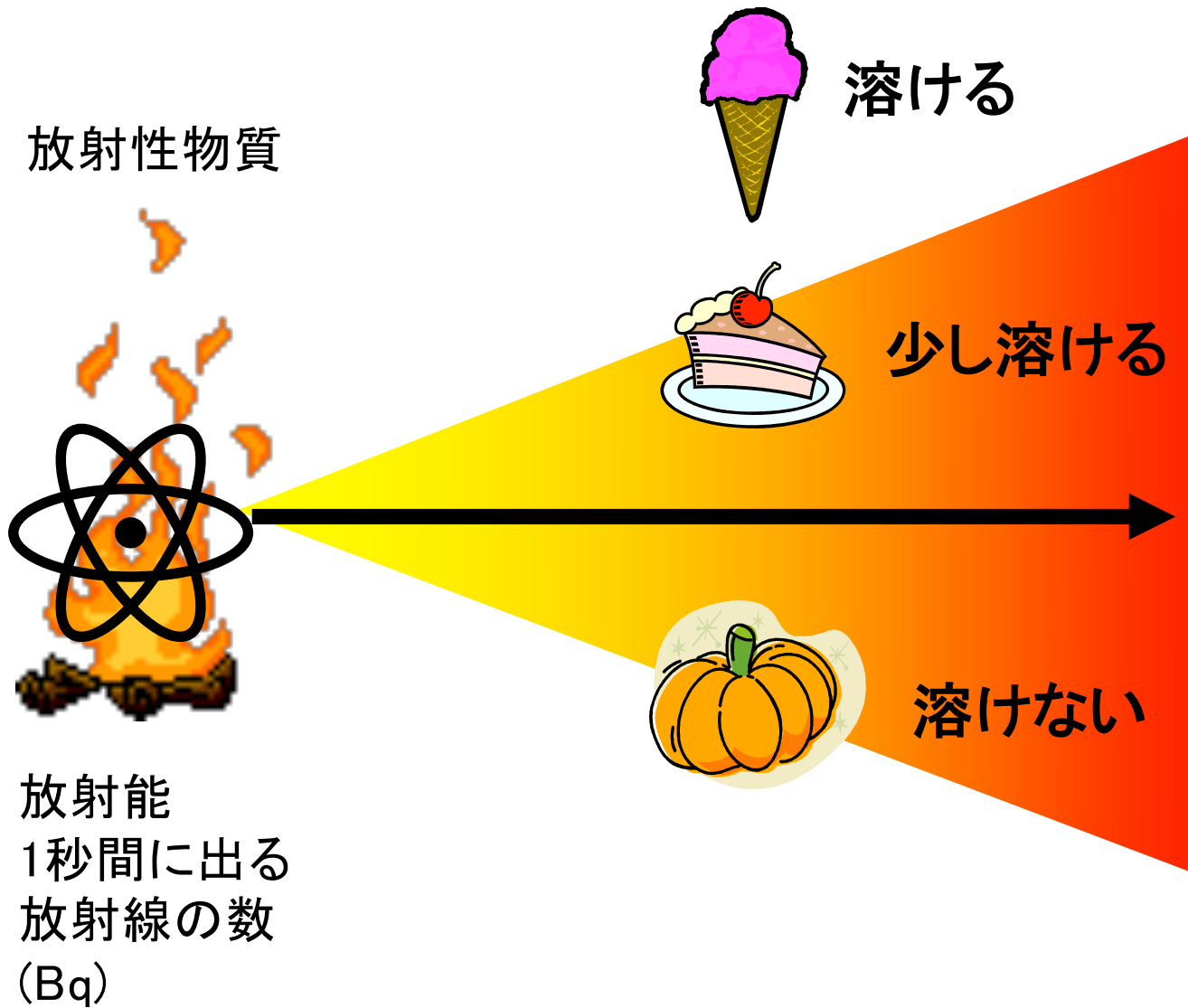
- ミリ (m) : 1000分の1 ( $10^{-3}$ )
- マイクロ ( $\mu$ ) : 100万分の1 ( $10^{-6}$ )

$$1\text{Sv}=1000\text{mSv}=100\text{万}\mu\text{Sv}$$



# 放射線を火に例えると

影響は「モノ」によって違う



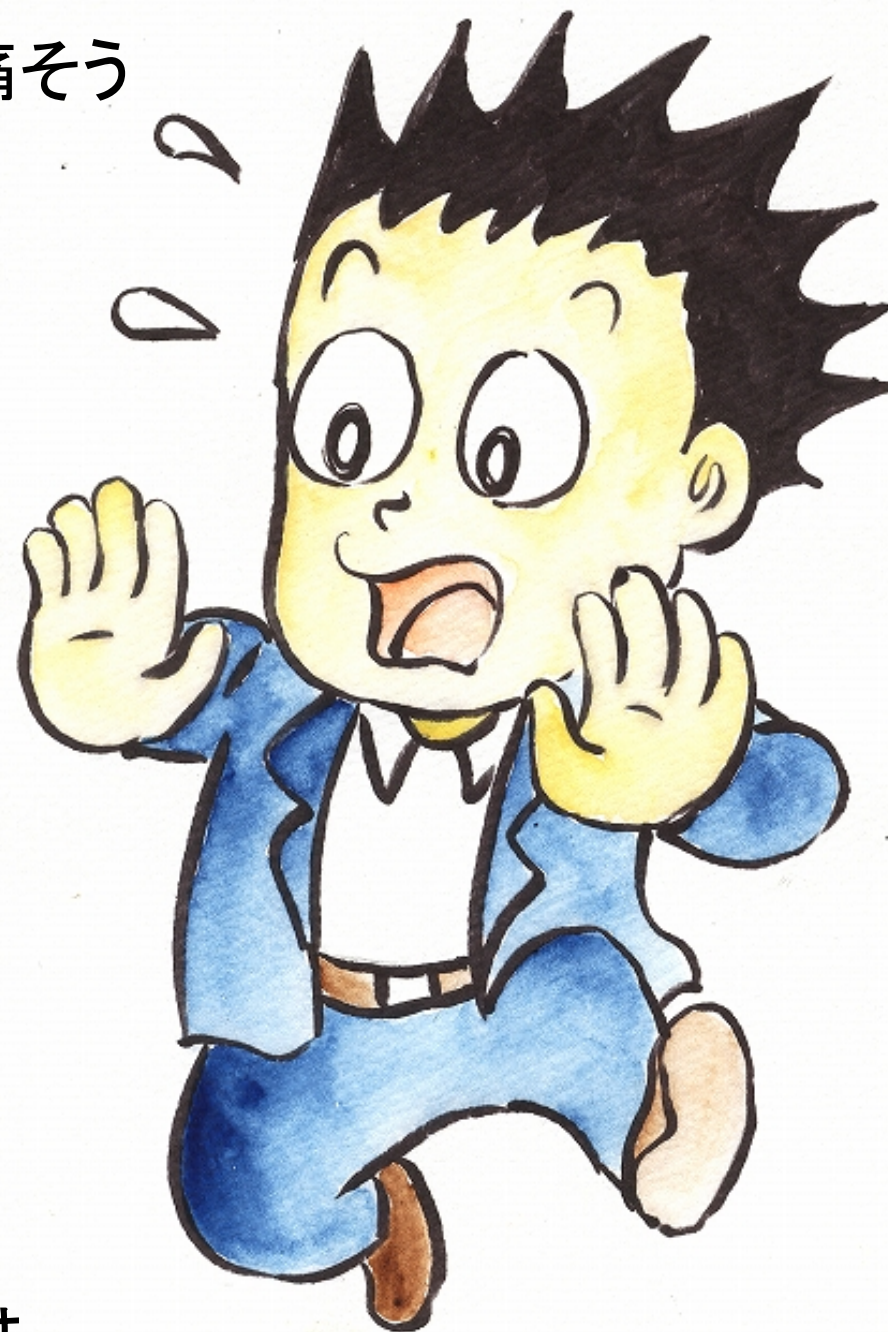
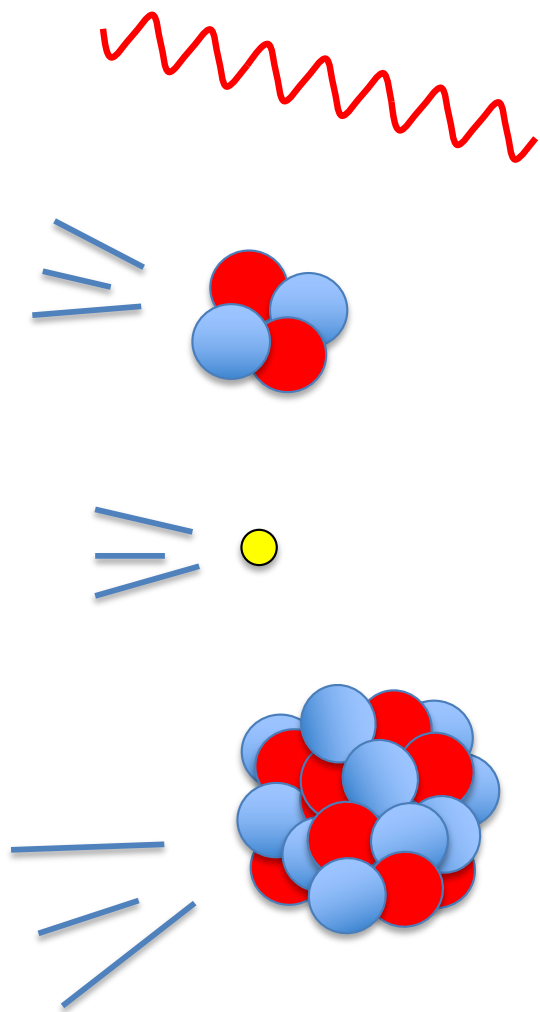
放射線はその種類によって物質へのエネルギーの付与の仕方が異なる

放射線エネルギーがどれだけ物質に吸収されたかを示すものが吸収線量と言い、グレイ (Gy = J/kg) を用いる

J(ジュール)は仕事、熱量、電力量に用いられる単位

人体への影響を示すものが、等価線量あるいは実効線量といい、シーベルト(Sv)を用いる  
X線や $\gamma$ 線、 $\beta$ 線(電子線)に被曝すれば、 $1\text{Gy} = 1\text{Sv}$   
 $\alpha$ 線は $1\text{Gy} = 20\text{Sv}$

同じエネルギーでも大きな物の方が痛そう



人体への影響:シーベルト(Sv)

X線や $\gamma$ 線、 $\beta$ 線(電子線)は、

$1\text{Gy} = 1\text{Sv}$

$\alpha$ 線は、 $1\text{Gy} = 20\text{Sv}$

# 線エネルギー付与 (LET = Linear Energy Transfer)

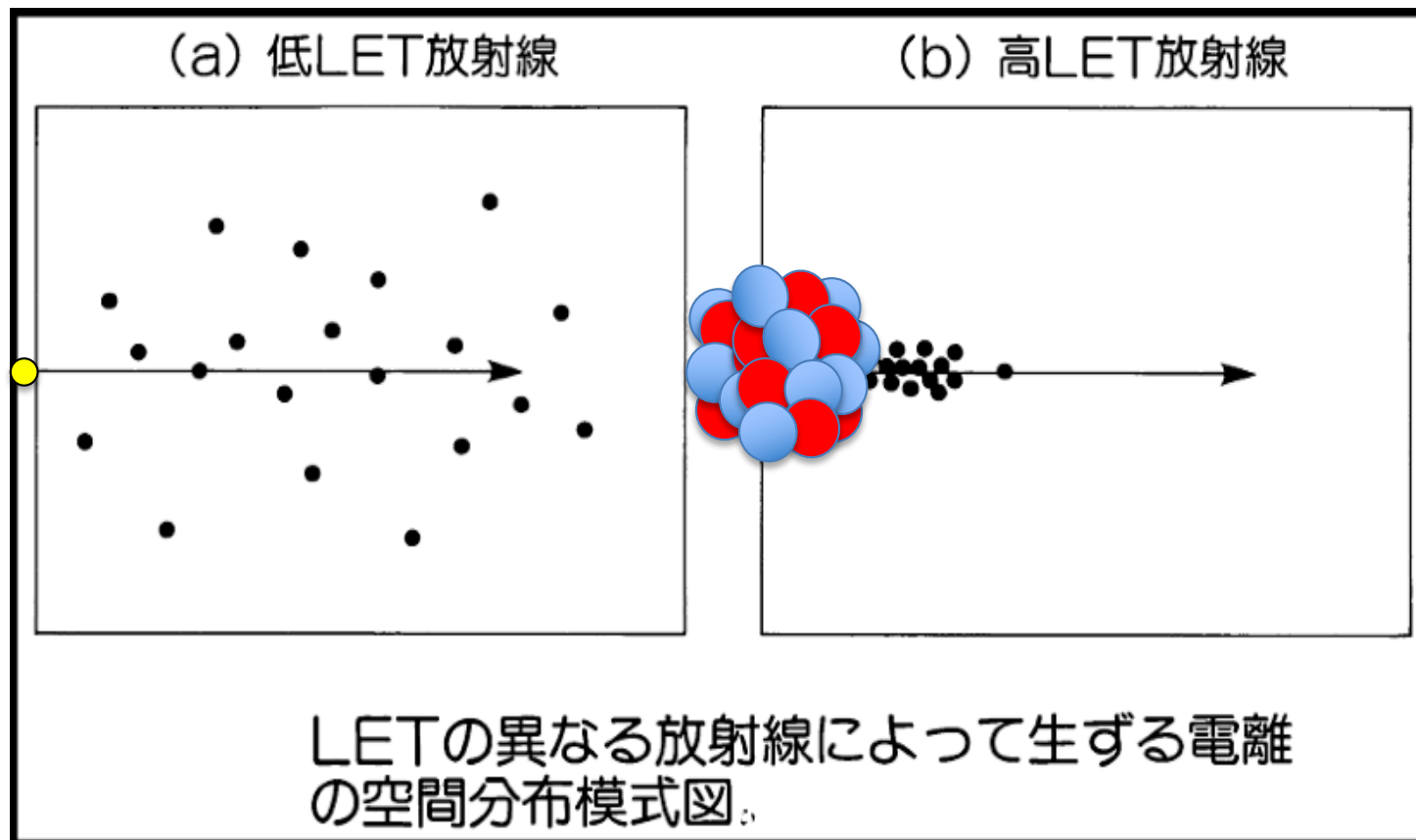
1  $\mu\text{m}$ 進んだ時に平均何keVのエネルギーを与えたか? (keV/ $\mu\text{m}$ )

低LET放射線:  $\gamma$ 線、X線、 $\beta$ 線

まばらにしかラジカルを生成しない(あるいは電離しない)放射線

高LET放射線:  $\alpha$ 線、中性子線、陽子線、重粒子線

密にラジカルを生成する(あるいは電離する)放射線



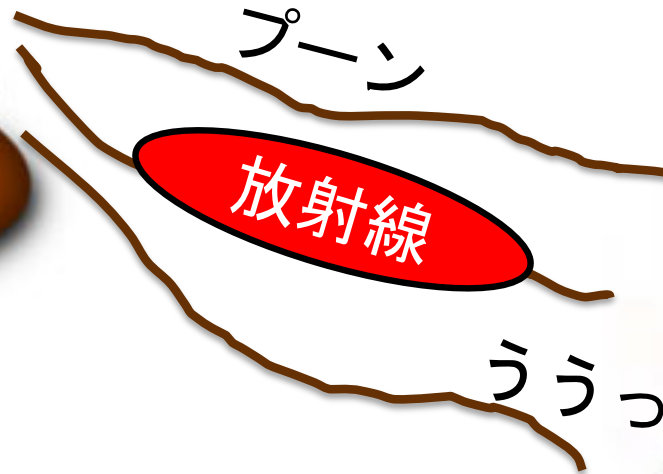
# 放射線をうんちに例えると

放射性物質



吸った臭いの量：グレイ(Gy)

どれくらい臭いを出すか  
ベクレル(Bq)



臭いが人体に及ぼす影響  
シーベルト(Sv)

- 外部被曝：臭いを嗅ぐ
- 内部被曝：うんちを摂取する
- 表面汚染：うんちが付着する
- 創傷汚染：傷口に付着する

嗅がないように、離れる、覆う、短時間で

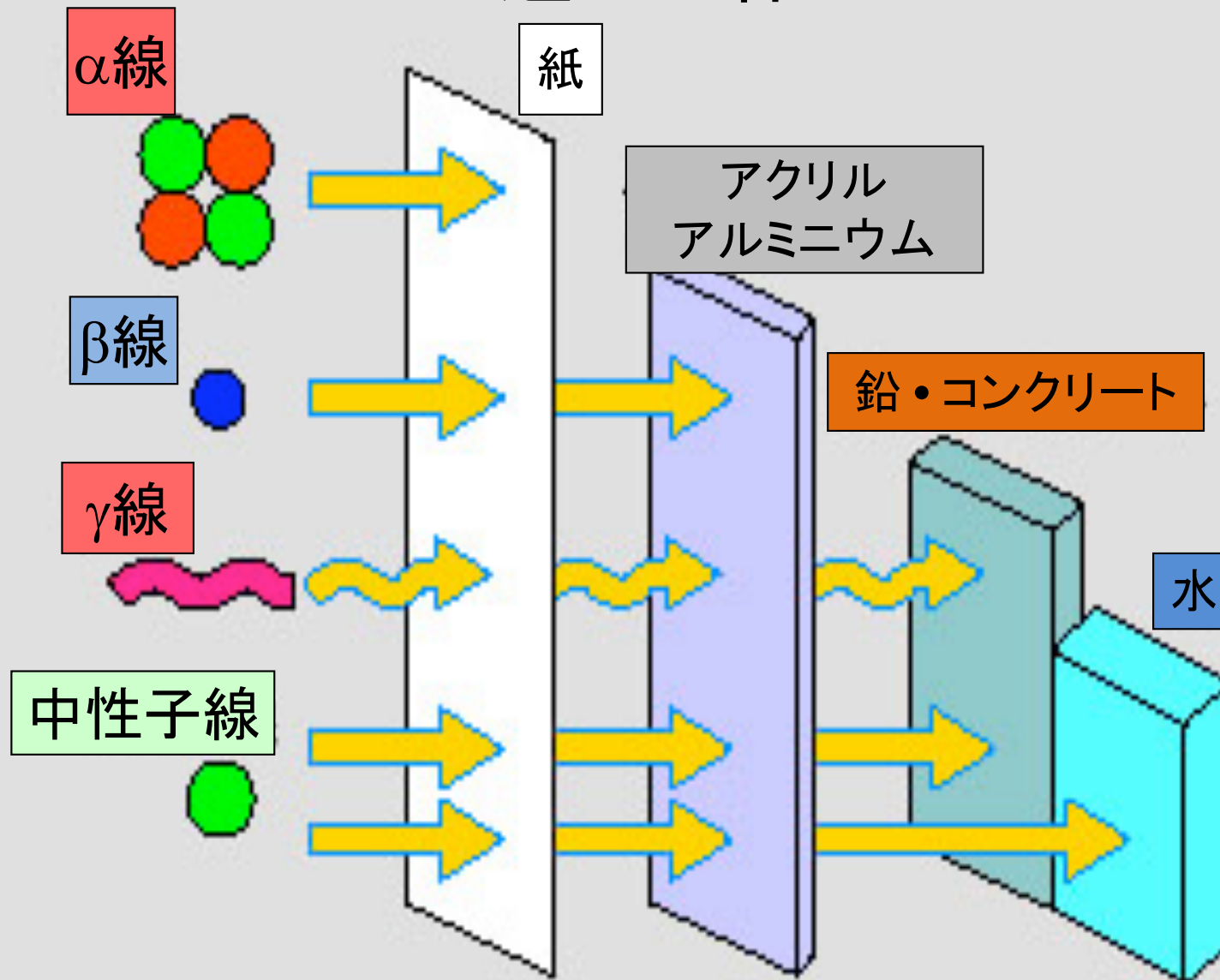
口、皮膚、気道から入らないように

付いたうんちは洗えば良い

付いたうんちを体内に入れないように

放射性物質  
から身体を  
守るため

# 遮へい体



放射線の種類	本体	遮へい体	問題となるのは
アルファ線 ( $^{239}\text{Pu}$ )	ヘリウム原子核	紙	内部被曝
ベータ線 ( $^{131}\text{I}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{90}\text{Sr}$ )	電子	アクリル プラスチック	内部被曝
ガンマ線 ( $^{131}\text{I}$ , $^{137}\text{Cs}$ ) X線	光子	鉛	外部被曝

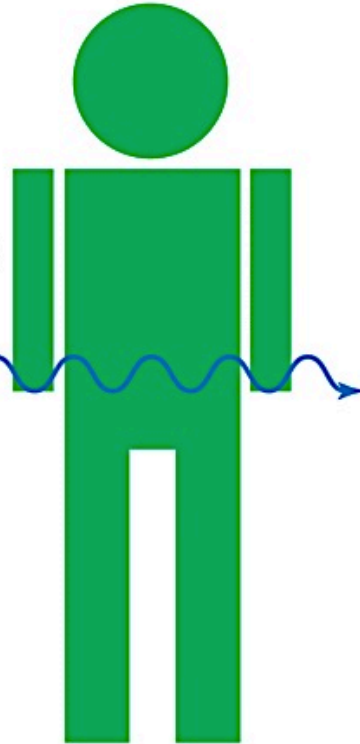
# 外部被曝

(空气中の到達距離)

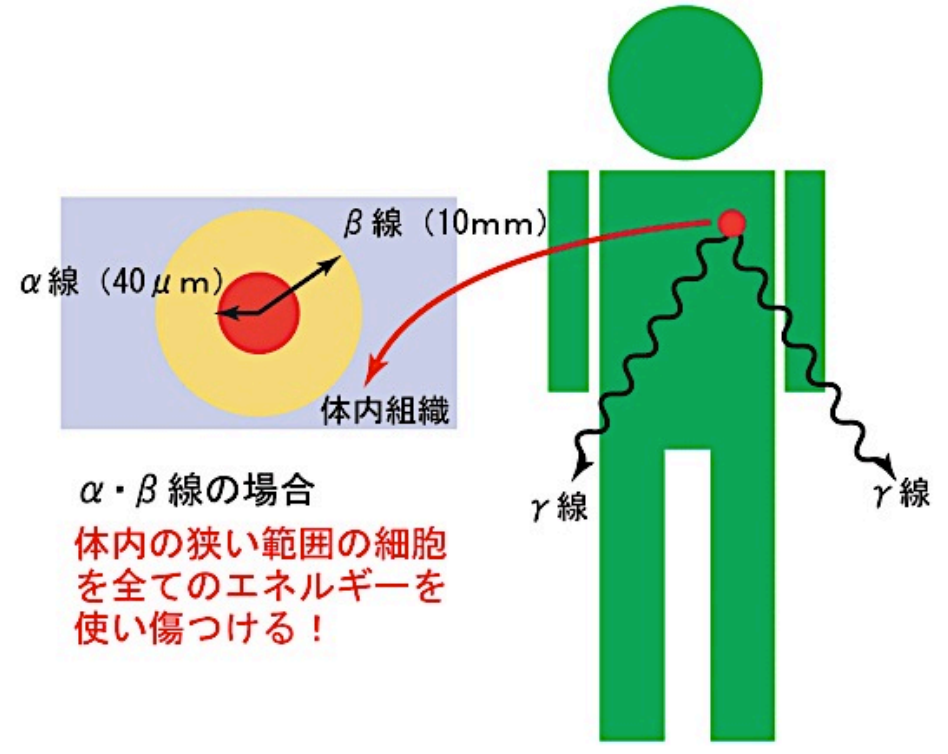
・  $\alpha$  線 ● → 45mm

・  $\beta$  線 ● ↘ 1m (MAX10m 位)

・  $\gamma$  線 ● ~~~~~→




# 内部被曝



# 人体中の放射性物質の放射能

体内に  
カリウム40 ( $^{40}\text{K}$ )  
炭素14 ( $^{14}\text{C}$ )  
が含まれています。



この2つの核種で合計**約6-7000ベクレル**が人から通常でも放出されています。ベクレルだとどうしても大きな値になりますが、その数字に驚かないで。



お互い、年間0.02mSv被曝させている  
(あくまでも計算上)



# cpm (count per minute)

とは、放射線測定器で1分間に測った放射線数  
ガイガーカウンター

全ての放射線測定器で得られた測定値は、全放射能の値(Bq)ではない。計数効率(測定機器の放射線数を測ることの出来る割合)によって、測定値を補正し、放射能(Bq)を求める。

例

標準線源(酸化ウラン $U_3O_8$ ): 500 Bq(1秒間の値)

標準線源の測定値: 6000 cpm

計数効率:  $6000 \text{ cpm} \div 60 \text{ 秒} \div 500 \times 100\% = 20\%$

仮に $^{137}\text{Cs}$  を測ったとして、1200cpmという値を得たとすると

$1200 \text{ cpm} \div 60 \text{ 秒} \div 20\% = 100 \text{ Bq}$

成人で経口摂取したとすると

$100 \text{ Bq} \times 0.013 \mu\text{Sv/Bq} = 1.3 \mu\text{Sv}$

の被曝をしたこととなります

窓枠の面積 $20 \text{ cm}^2$ とすると

$100 \text{ Bq} \div 20 \text{ cm}^2 = 5 \text{ Bq/cm}^2$

# 患者受け入れ



緊急時

10万cpm

線源から10cmの位置で $1 \mu\text{Sv/h}$

収束時

1万3千cpm  $\doteq$   $40 \text{ Bq/cm}^2$

現在 650cpm  $\doteq$   $2 \text{ Bq/cm}^2$



# 表面汚染密度限度

管理区域内:

40 Bq/cm<sup>2</sup> (α線: 4Bq/cm<sup>2</sup>)

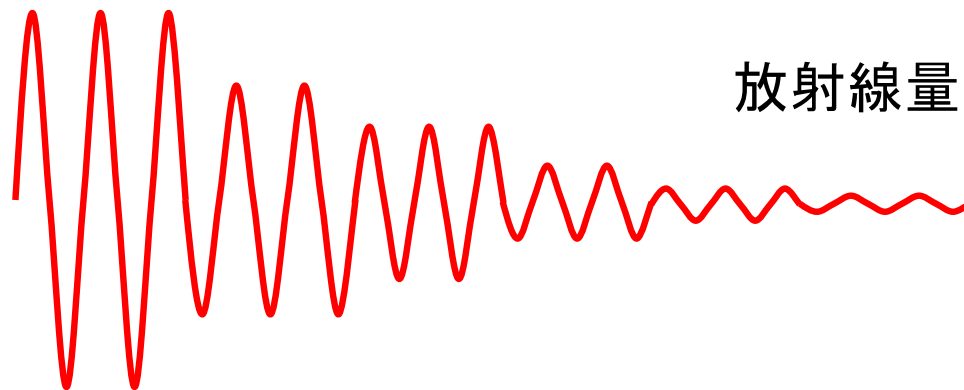
管理区域持ち出し基準:

4 Bq/cm<sup>2</sup> (α線: 0.4Bq/cm<sup>2</sup>)

# 放射線と放射性物質の遠距離到達の違い

放射線は離れる程、線量は弱くなりますが、この時の放射線はガンマ線やX線のこと。  
せいぜい数十mしか飛びません。

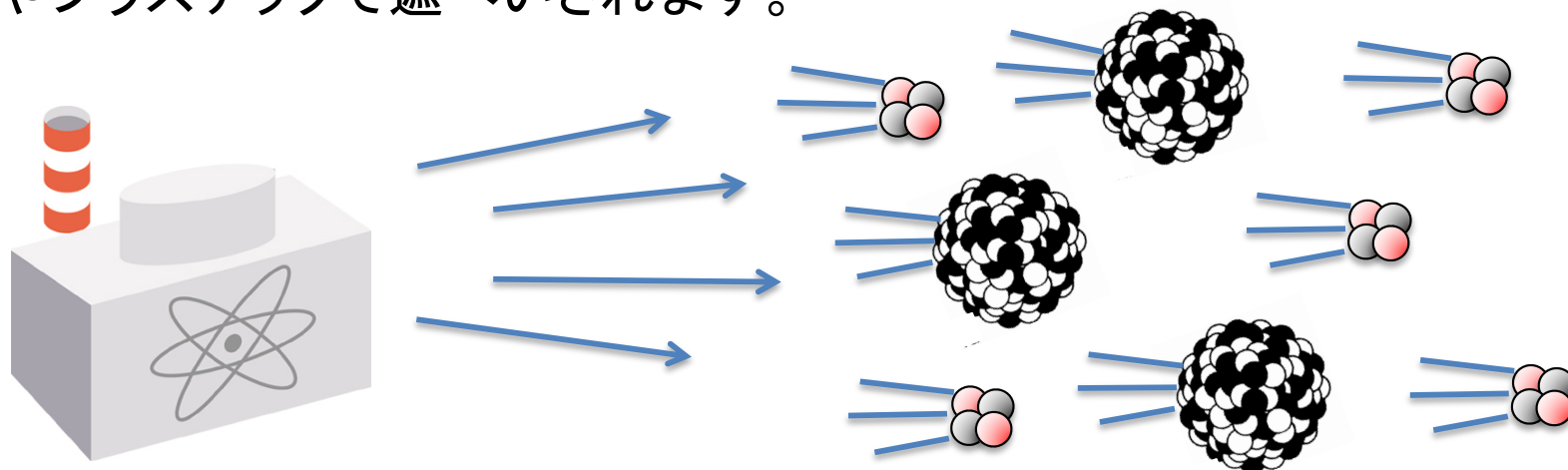
エネルギーの強いγ線では数百m飛びますが、一般市民の方がそのような強いエネルギーのγ線に遭遇することはないでしょう。



放射線量は距離の二乗に反比例します

何もない

放射性物質とは放射性同位元素を含んでいるので、そのものから放射線が出ます。この時に問題になるのはアルファ線やベータ線。数mmから数cmしか飛ばないので、花粉を払う如く除去すれば良いのです。アルファ線は紙1枚で、ベータ線はアクリルやプラスチックで遮へいされます。



# 核分裂反応の模式図 (例)

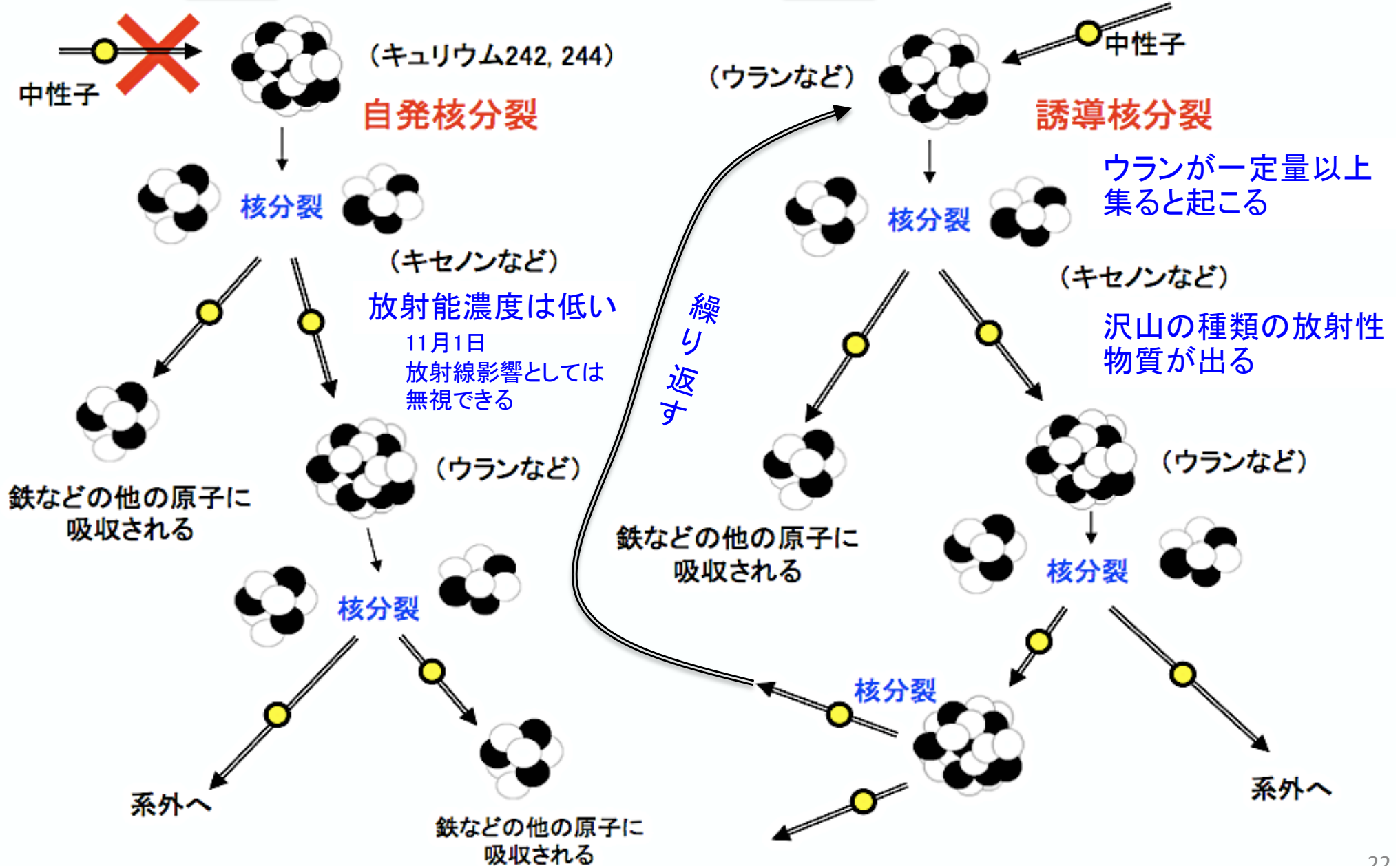
平成23年11月3日  
東京電力参考資料改編

## <未臨界>

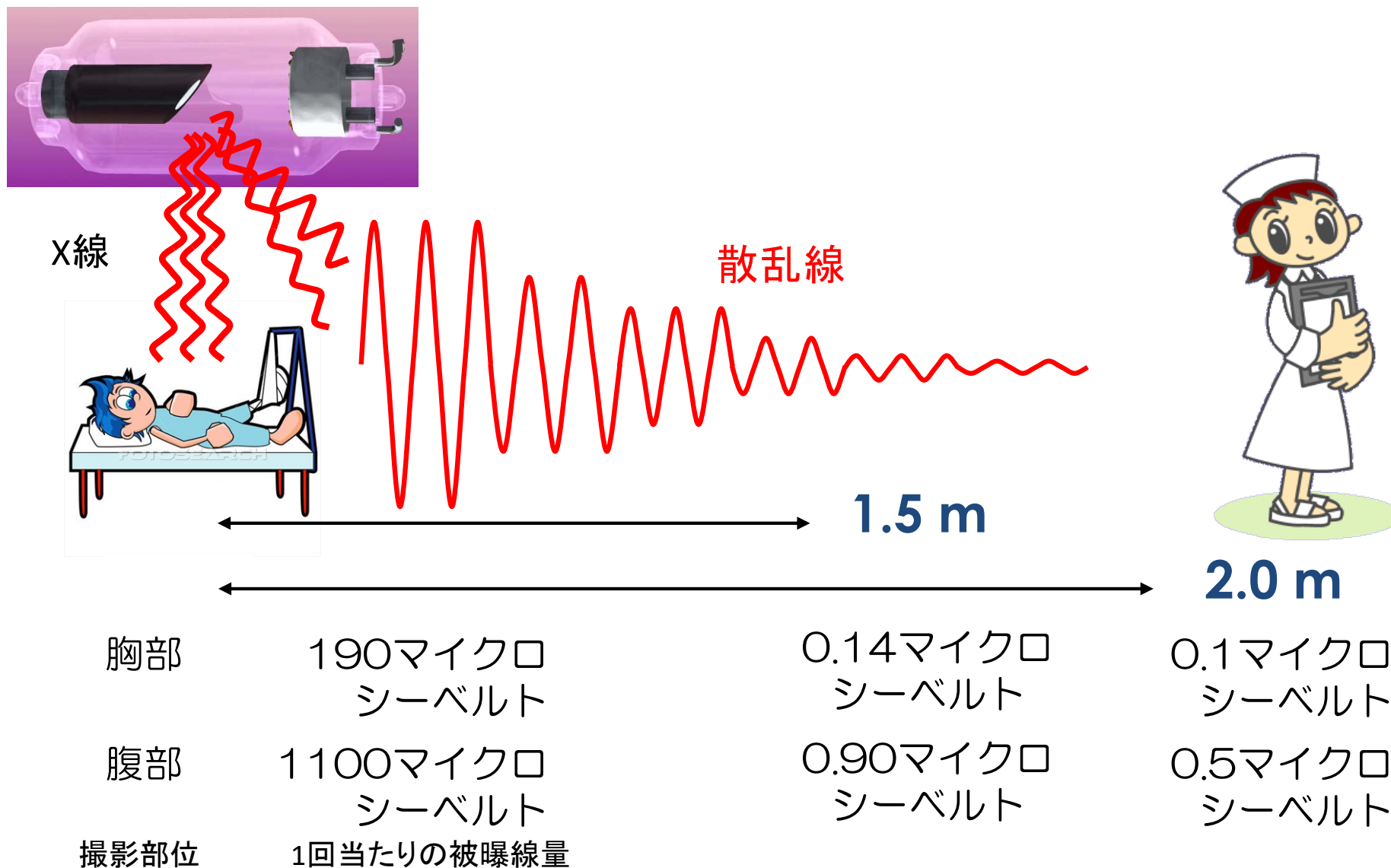
## <臨界>

【核分裂が散発的に発生している状態】

【核分裂が継続的に発生し、その数が増加していく状態】

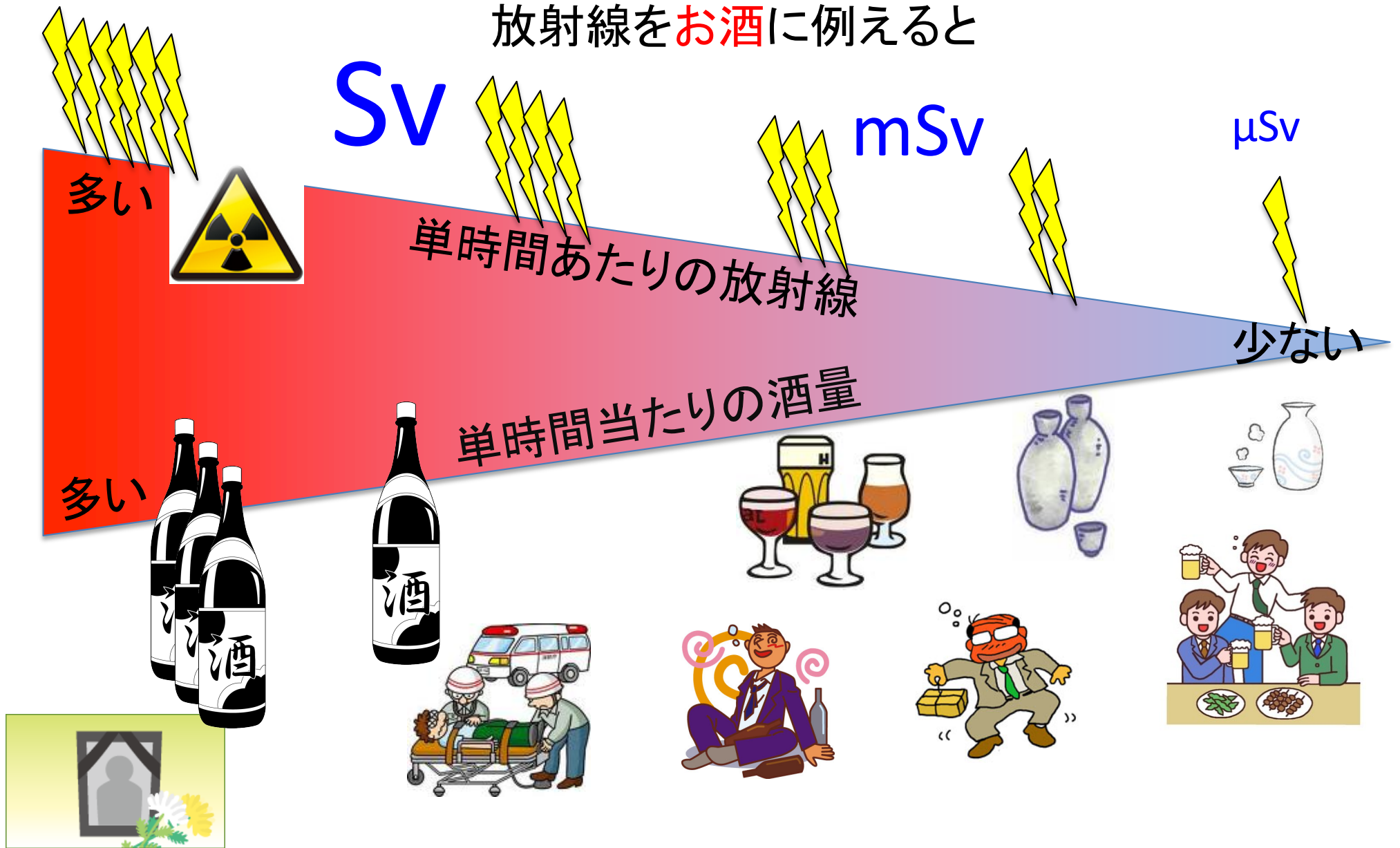


# 放射線(散乱線)の影響



一般的に放射線(散乱線)の影響は距離の二乗に反比例します。  
 つまり、離れるほど放射線(散乱線)の影響は少なくなります。  
 (放射線線源や放射性物質は飛んできません)

# 放射線をお酒に例えると



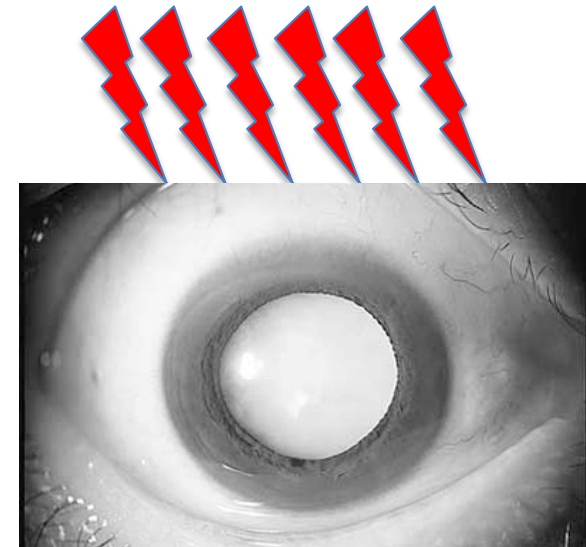
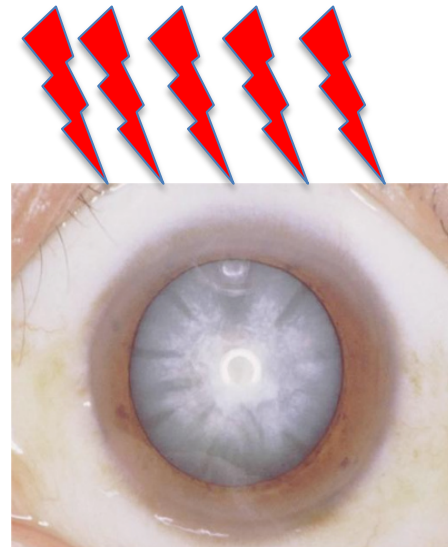
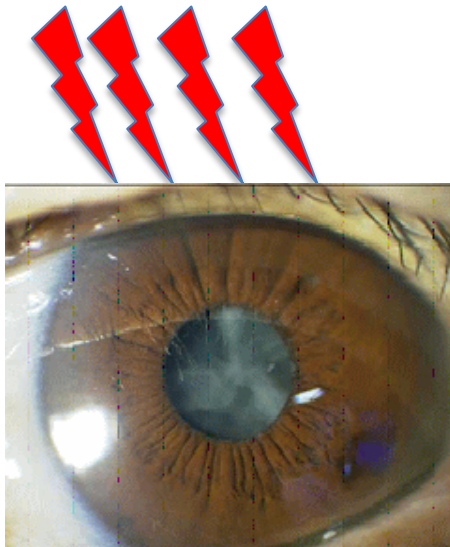
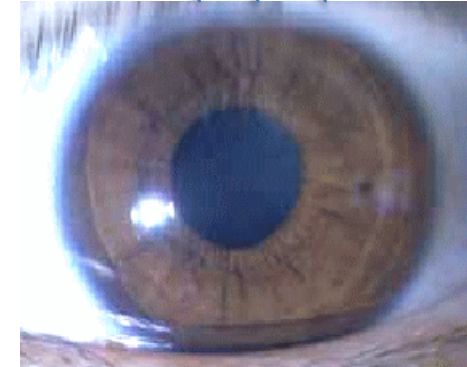
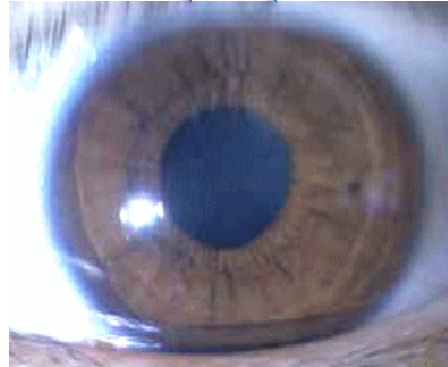
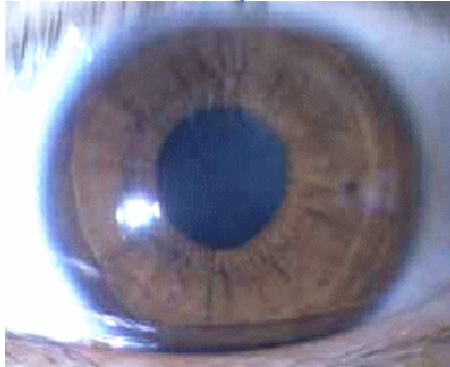
大量のお酒を一気に飲むと死ぬかもしれません。毎日少しずつだと、おいしく飲めます。飲み方によっては、二日酔いになったり、病院で治療を受けたり、飲んだ量や時間によって影響は異なります。放射線も同様、同じ線量でも分割照射だと修復時間が出来るので、影響が軽減されます。細胞には障害に対する修復能があります。障害が大きいと修復できなくなり、死んでしまいます。また、時間当たりの放射線量(線量率と言います)が小さい程、放射線の影響は小さくなります。DDREF(線量線量率効果係数)=2(ICRP、UNSCEARは2~10としている)



## しきい値(しきい線量について)

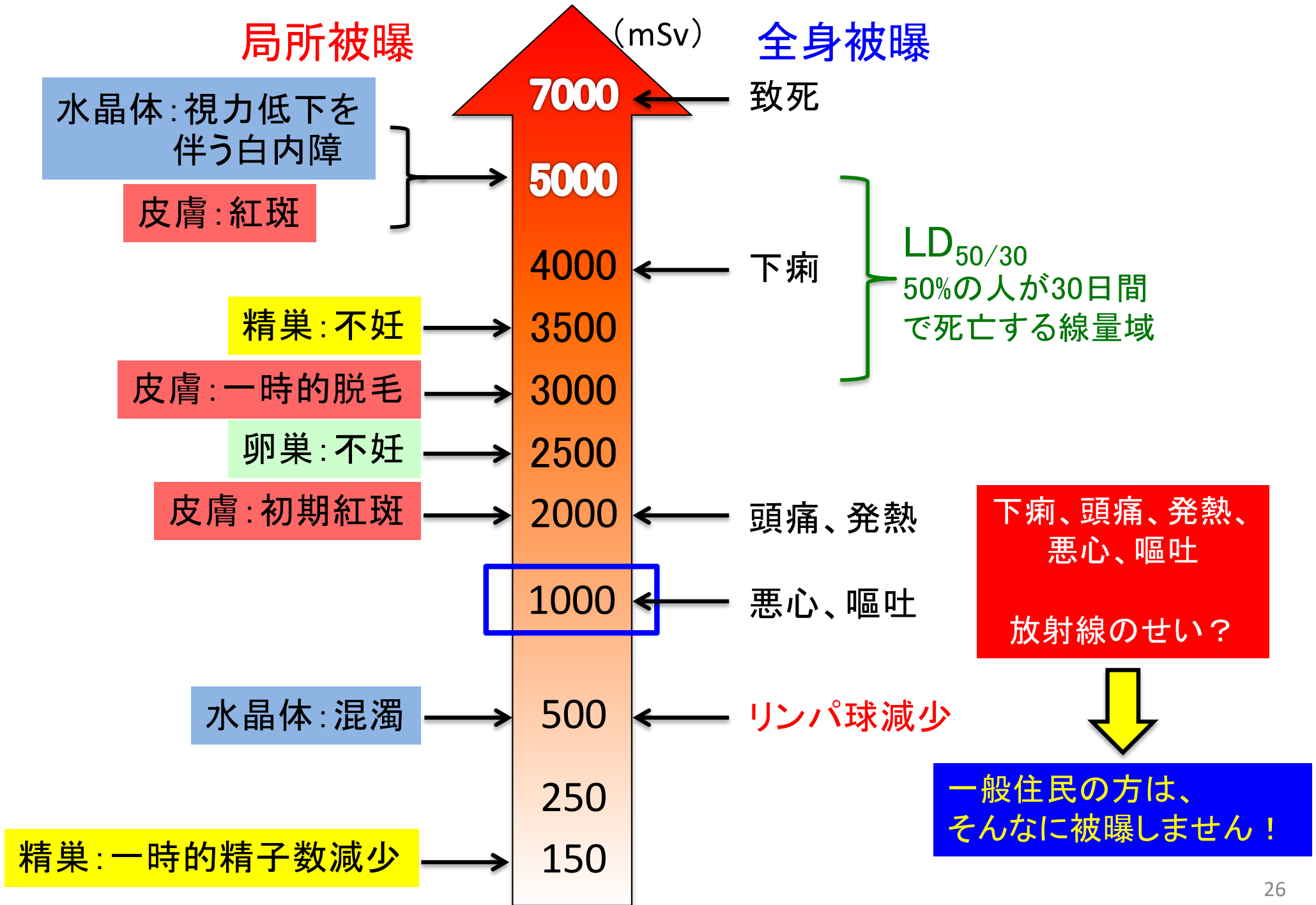
例えば白内障の場合、上半分の線量では被曝しても白内障にはなりません。  
下半分の線量では、白内障になります。下半分の一番最小の線量がしきい線量です。  
水晶体混濁は0.5Gy、視力障害を伴う白内障は5Gyがしきい線量です。

放射線  
の強さ



線量が高いと重篤度が増す

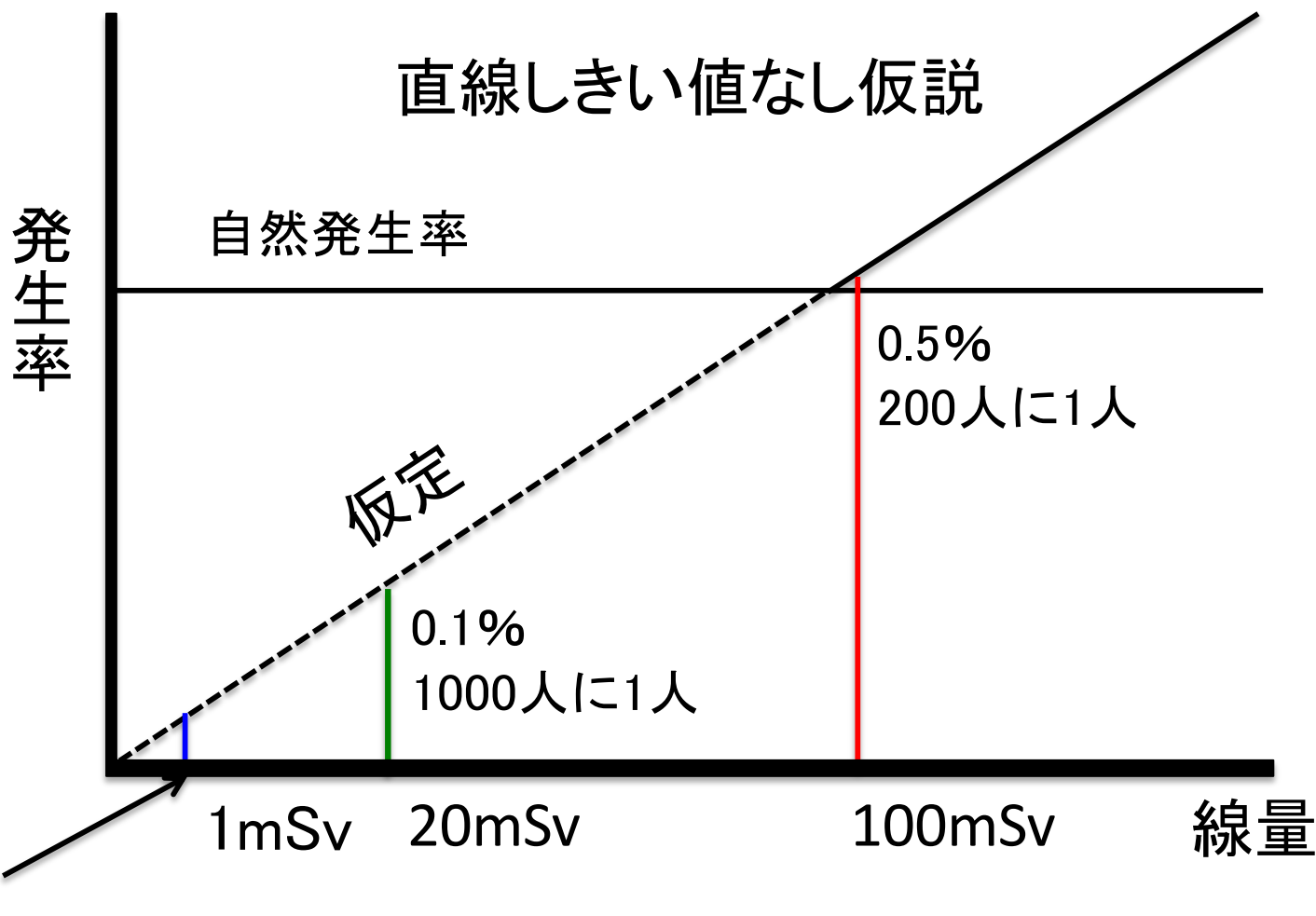
# 急性放射線被曝の局所及び全身症状



# 確率的影響

がん  
白血病  
遺伝的影響

あくまでも  
計算上です



日常に起こりうるリスクとほぼ同程度  
容認できるレベルと考える

日常死亡リスク

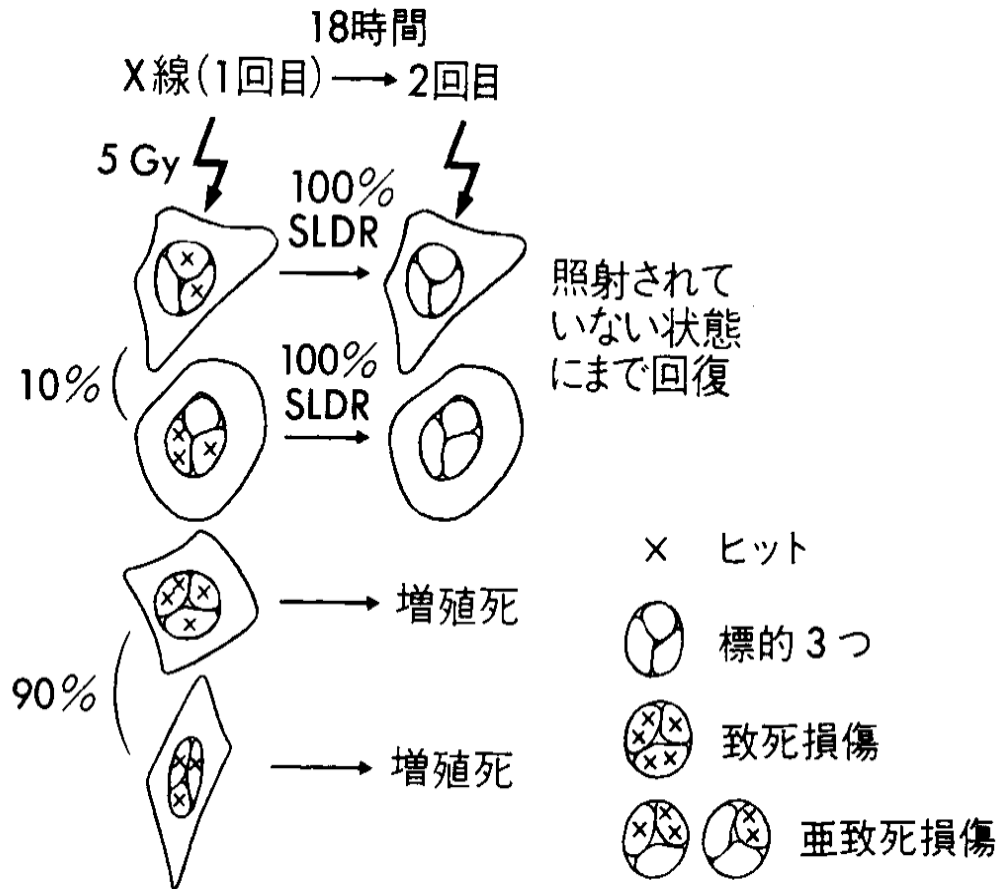
交通事故1万に1人

ワクチン50-300万人に1人

# 予備知識:分割照射の効果

## 亜致死損傷からの回復

(Sublethal Damage Recovery SLD回復) Elkind回復



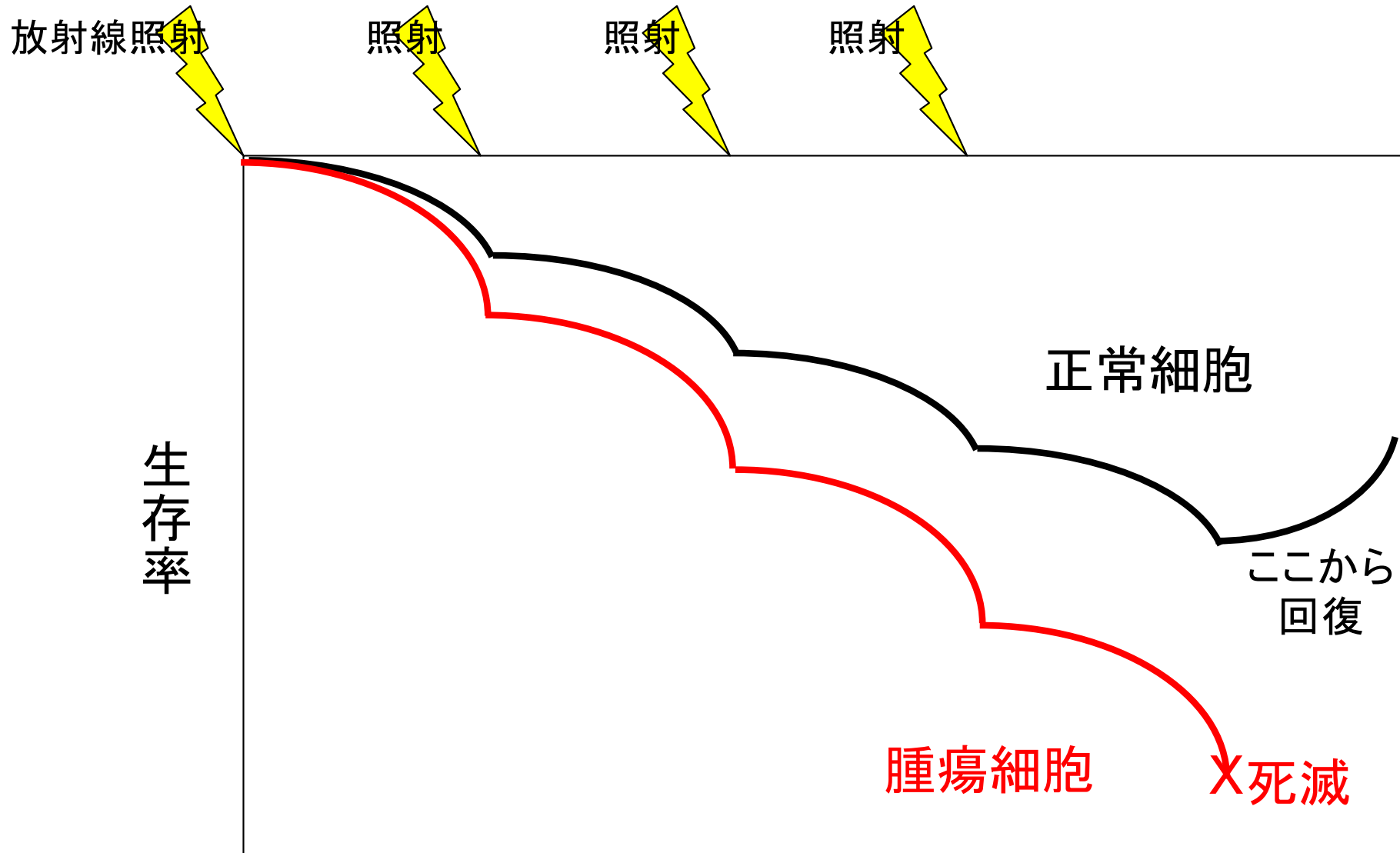
同じ10Gyでも、5+5Gyだと修復する時間が出来生存率が上昇する。

分割照射は**放射線治療**に応用されています

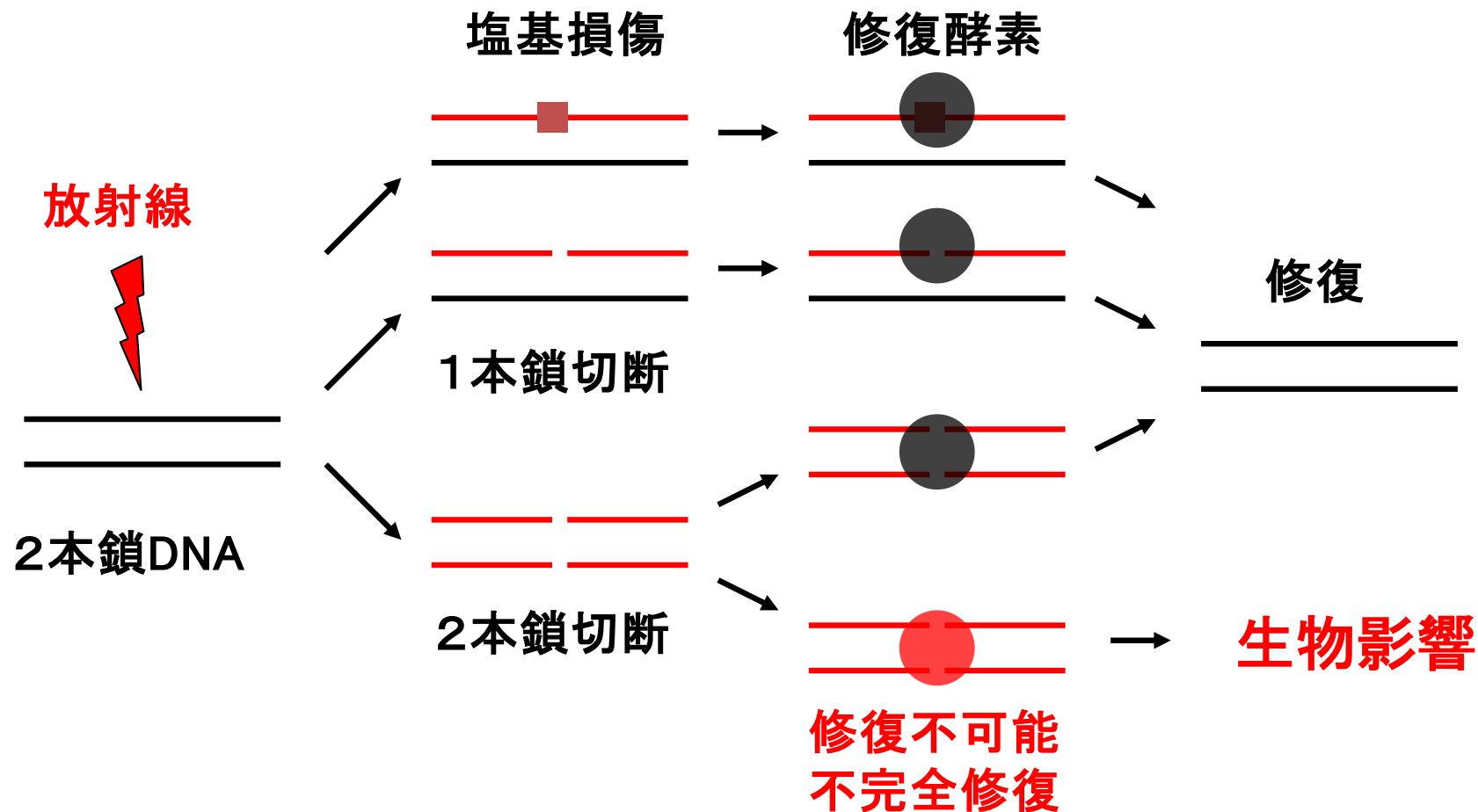
腫瘍細胞に合計20-30Gy照射しますが、一気に照射すると正常細胞のダメージが大きく修復できなくなるからです

国の暫定規制値は1年間で5mSvというのものもあるが、被曝線量として無視できる数値。

# 実際の放射線治療における腫瘍細胞と正常細胞の分割照射による生存率の差



亜致死損傷からの回復 (Sublethal Damage Recovery (SLD回復) Elkind回復) は正常細胞と腫瘍細胞で異なる



損傷	自然発生 (/細胞/日)	放射線誘発 (/細胞/Gy)
塩基損傷	20,000	300
1本鎖切断	50,000	1,000
2本鎖切断	10	30

細胞が1Gy被曝すると、  
2本鎖切断が自然発生  
よりも20個増える

# 皮膚の急性障害

2 Gy	初期紅斑
3 Gy～	脱毛
3 - 6 Gy	紅斑・色素沈着
7 - 8 Gy	水疱形成
10 Gy～	潰瘍形成
20 Gy～	難治性潰瘍 慢性化、皮膚がんへ移行

福島原発で足に被曝した方は6 Svまでなら晩発障害が起こる可能性はぎりぎりセーフか？

平成23年4月11日放射線医学総合研究所受診。白血球やリンパ球の数の減少なし。皮膚に熱傷の症状や紅斑などなし。推定で2Sv以下の被曝と考えられる。

# 全身被曝による急性影響の症状と被曝線量との関係

## $\gamma$ 線を急性全身均等被曝した時

線量 (mGy)	症状
250以下	ほとんど臨床的症狀なし (緊急時被曝線量限度の根拠)
500~1000	白血球 (リンパ球) の一時減少、染色体異常
1000	放射線宿酔 (吐き気、嘔吐、全身倦怠) リンパ球の著しい減少 (急性障害は治癒)
1500	50%の人に放射線宿酔
2000	5%の人が数週間で死亡 (骨髄死: 白血球、血小板減少、感染、出血)
3000~5000	30日間に50%の人が死亡 (LD50/30)
6000	14日間に90%の人が死亡
7000	100%の人が死亡

但し、100mGy以下では人体への影響は無い (今回1Gy=1Svと考えて構いません)



# 線量と人体影響の関係 (X線やγ線被曝の場合)

下記の組織反応は、その線量(しきい線量)以上被曝すると現れる症状。  
例えば、0.5Gy以上被曝すると白血球減少がみられるようになる。

影 響	しきい線量 (Gy )	今回1Gy=1Svと考 えて構いません
白血球減少	0.5	
悪心・嘔吐	1	0.25Gy以下はほとんど 臨床症状なし。
皮膚の紅斑	5	
脱 毛	3	低LET、高LET放射線と も0.1Gy(100mGy)以下 では、胎児も含め人体 への影響はおこらない。
一時的不妊(男)	0.15	
永久不妊(男)	3.5~6	
永久不妊(女)	2.5~6	
胎児の発育遅延	1	UNSCEARの報告だと 500mGy以下の被曝で 重篤な障害はない。
白 内 障	5	
//	*15以上	
皮膚の潰瘍	*20以上	

\*は長時間にわたる被曝(慢性被曝)でそれ以外は短時間の被曝(急性被曝)の場合の線量

# 全身被曝による急性影響の症状と被曝線量との関係

γ線を急性全身均等被曝した時

急性被曝線量 (Gy)	臨床症状	死亡率(%)
2～10	<b>骨髓死:</b> 白血球、血小板減少、 感染、出血	0～90% 数週間
10～50	<b>胃腸死:</b> 食欲不振、下痢、発熱、 電解質消失	90～100% 約9日間
50以上	<b>中枢神経死:</b> 意識障害、傾眠、痙攣、 昏睡	100% ～50時間

# 全身被曝による急性放射線症候群の症状 (ICRP Publ. 28)

線量	致死線量以下		生存可能(治療により)		致死	
	0-1Gy	1-2Gy	2-6Gy	6-10Gy	10-15Gy	>50Gy
治療	不要	経過観察	治療有効	治療可能性	対症療法	対症療法
主障害臓器	造血系		造血系	造血系	消化管	中枢神経系
主症状	軽度の白血球減少 血小板減少		高度の白血球減少、紫斑 出血、感染 脱毛(3Gy以上)		下痢、発熱 電解質異常	運動失調 傾眠、痙攣
主症状潜伏期			2-6週間		3-14日	1-48時間
治療法	鎮静	鎮静、観察 血液検査	輸血 抗生物質	輸血 骨髄移植	電解質の補正	対症療法
死亡率	0%	0%	0-80%	80-100%	90-100%	100%
死亡時期			2ヶ月	2ヶ月	1-2週	数時間-数日
死因			出血、感染、菌血症		腸炎	中枢神経死

# 半減期

放射性物質は時間がたつと放射能はだんだん弱くなります。  
放射能が半分になるまでの時間を**半減期**といいます。

福島原発から出てきている放射性物質  
**ヨウ素( $^{131}\text{I}$ )の半減期は約8日**  
**セシウム( $^{137}\text{Cs}$ )の半減期は約30年**

これらは体内に取り込まれることが問題となります(内部被曝)

Q: セシウム( $^{137}\text{Cs}$ )を身体に取り込むと30年間の内部被曝するの？



A: 体内で代謝され尿や糞などで約100日で排泄されます。

しかし、チェルノブイリ事故でセシウムによる健康被害の報告はない。

# 放射性セシウムの生物学的半減期

Cs-137: 物理学的半減期は30年

年齢	生物学的半減期
3ヶ月	16日
1歳	13日
5歳	30日
10歳	50日
15歳	93日
成人	110日

## 参考1

**ヨウ素131 ( $^{131}\text{I}$ )** 半減期 8.04日

ベータ線を放出して、キセノン-131 ( $^{131}\text{Xe}$ )となり、**ガンマ線**が放出される。 $1 \times 10^9$  kgのウラン238( $^{238}\text{U}$ )の自発核分裂によって $4.6 \times 10^{18}$ ベクレル生じる。

チェルノブイリで子供の甲状腺がん増加が問題となった。

**セシウム137 ( $^{137}\text{Cs}$ )** 半減期 30.1年

ベータ線を放出してバリウム-137( $^{137}\text{Ba}$ )となるが、94.4%はバリウム137m ( $^{137\text{m}}\text{Ba}$ )を経由する。バリウム137mから**ガンマ線**が放出される。 $1 \times 10^9$  kgのウラン238( $^{238}\text{U}$ )の自発核分裂によって $6.3 \times 10^{15}$ ベクレル生じる。

セシウムによる健康被害の報告はない。

**ヨウ素131**と**セシウム137**は、原子炉で最も発生しやすい放射性物質の仲間であり、揮発性で水に溶けやすく、飛散しやすい。

## 参考2

**プルトニウム239 ( $^{239}\text{Pu}$ )** 半減期 2.41万年

原子炉を運転すると、プルトニウム239が生成し**アルファ線**を放出して、ウラン235 ( $^{235}\text{U}$ )となる。**アルファ線**による内部被曝が問題になる。

**アルファ線**は1Gyのエネルギーで20Svの影響を及ぼす。

体内に取り込まれる経路は主に**吸入**による。経口摂取しても消化管からほとんど吸収されない。生物学的半減期は、骨で50年、肝臓で20年、生殖腺ではさらに長いと考えられている。

**プルトニウム**の比放射能(重さ当たりの放射能の強さ)はウランよりも約10万倍強い。しかし、原子炉で生成される放射線同位元素の中でプルトニウムの割合は非常に少なく、その放射能が占める割合は0.数%に過ぎない。また半減期が長いので、プルトニウムの崩壊(放射性崩壊)が起こりにくく、結果として**放射能は著しく低くなる**。

ビーグル犬を用いた実験では、発がん性は高かった。

ヒトの場合、プルトニウム吸入した者で発がん例はない。

**プルトニウム239**は、非常に重い物質なので爆発でもない限り、広範囲に飛散しない。

### 参考3

#### ストロンチウム90 ( $^{90}\text{Sr}$ ) 29.1年

ベータ線を放出してイットリウム90 ( $^{90}\text{Y}$ , 2.67日) となり、イットリウム90もベータ崩壊してジルコニウム90 ( $^{90}\text{Zr}$ ) となる。ウラン238 ( $^{238}\text{U}$ ) の自発核分裂などによって生じるが、生成量は少ない。チェルノブイリ原発事故では**ストロンチウム90**の放出量は、セシウム137 (30.1年) に比べて小さかった。ストロンチウムはカルシウムと似た性質で、体内に取り込まれると骨に長く沈着する。またイットリウム90が出すベータ線はエネルギーが強いため、健康影響は大きい。

**ストロンチウム**は原発からの放出は非常に少ない。揮発性化合物をつくりにくく、排気中には含まれない。問題になるなら再処理工場からの放出で海洋汚染。

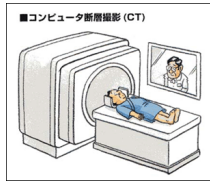


# 日常でみられる放射線被曝線量

Gy(グレイ):

放射線が物質に与えるエネルギーの単位

20-30Gy: がん治療(がんに対して)

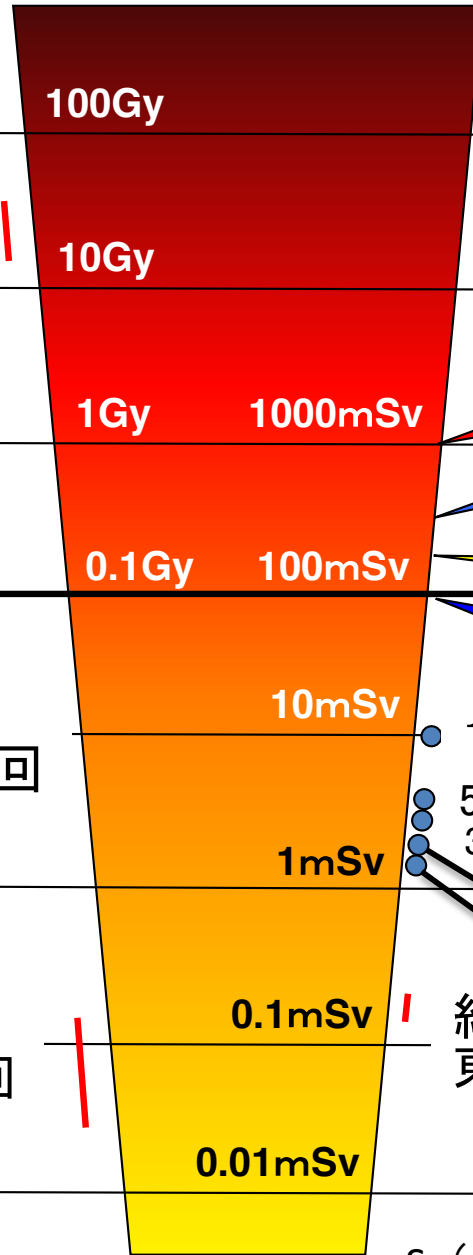


6.7-10mSv CT/1回

ICRP公衆年間線量限度



0.3-0.65mSv 胸部X線/1回



1000mSv: 致死がん発生率5%

500mSv: 重篤な症状なし

250mSv: 臨床症状無し

100mSv: 人体に影響ない線量

- 10mSv 年間高自然放射線: イラン ラムサール
- 5.5mSv ブラジル ガラパリ
- 3.8mSv インド ケララ
- 2.4mSv: 年間自然放射線(世界平均)
- 2.1mSv: 日本

約0.2mSv: 東京ニューヨーク間往復

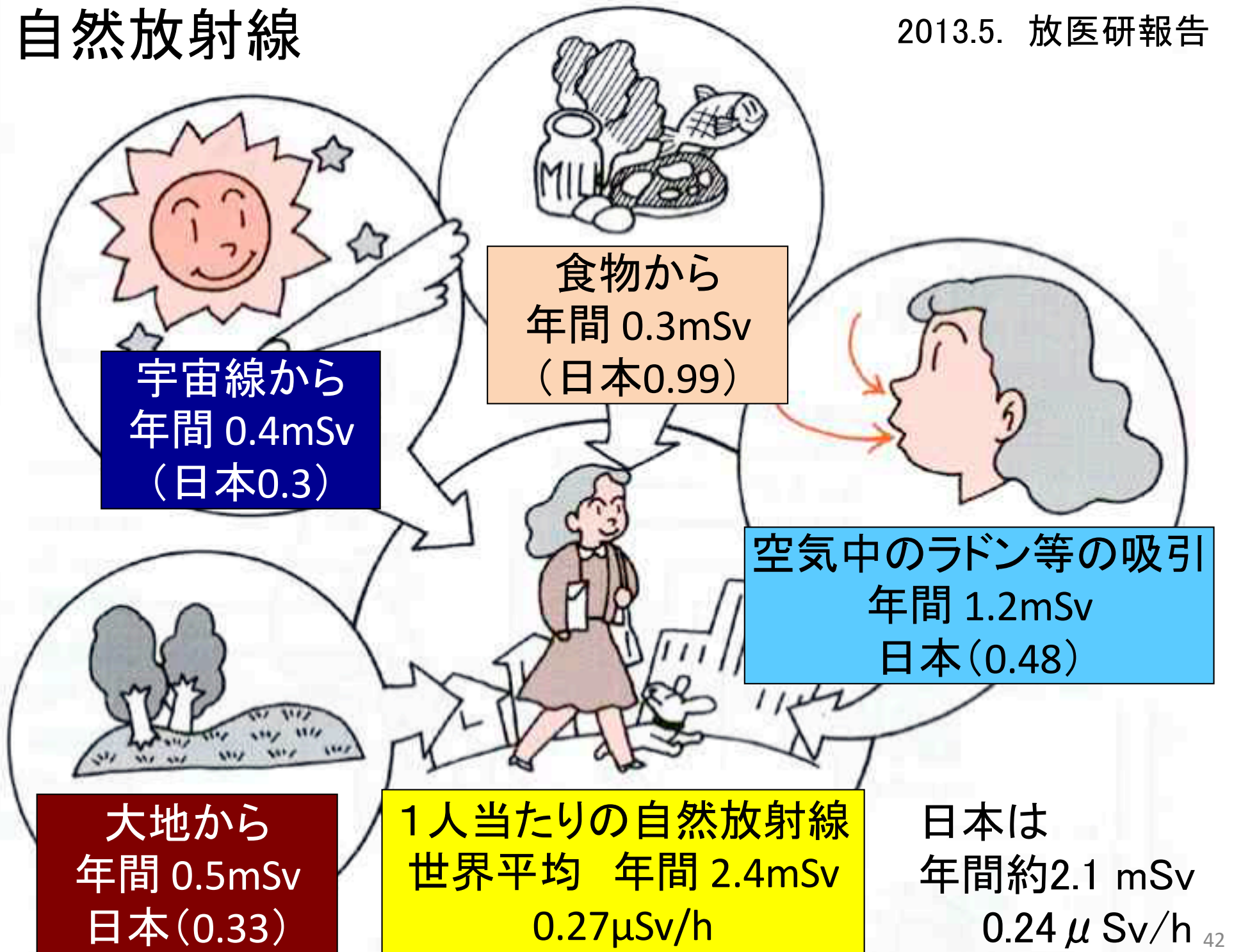


Sv(シーベルト):

放射線の人に対する影響に用いる単位

# 自然放射線

2013.5. 放医研報告





# 世界の高自然放射線地域における大地放射線量

地域	平均値 (mSv/年)	線量範囲 ( $\mu$ Sv/h)	最高値 (mSv/年)
ラムサール (イラン)	10.2	0.2~8.0	260
ガラパリ (ブラジル)	5.5	1~130	35
ケララ (インド)	3.8	0.09~15	35
陽江 (中国)	3.5	—	5.4

<http://www.taishitsu.or.jp/HBG/ko-shizen-2.html>

# 各組織・臓器の致死がんの名目確率係数(ICRP2007年勧告)

組織・臓器	致死がんの確率係数 ( $10^{-4} \text{ Sv}^{-1}$ )
食道	15.1
胃	77.0
結腸	49.4
肝臓	30.2
肺	112.9
骨表面	5.1
皮膚	4.0
乳房	61.9
卵巣	8.8
膀胱	23.5
甲状腺	9.8
骨髄	37.7
その他の固形がん	110.2
生殖腺(遺伝性)	19.3
<b>合計</b>	<b>565</b>

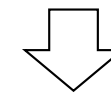
原爆被爆者の疫学調査結果から求められた確率係数。

全年齢1万人が1Sv被曝した時に致死的ながんになる確率

すなわち

$$565 \times 10^{-4} / \text{Sv}$$

1万人の人が10mSv被曝



1万人のうち5.65名に発がんリスク

例えば、赤色骨髄10mSv被曝した時の白血病リスクは？

骨髄の名目確率係数  $10\text{mSv}$

$$37.7 \times 10^{-4} / \text{Sv} \times (10 \times 10^{-3}) \text{Sv} = 3.77 \times 10^{-5}$$

すなわち放射線により0.00377%増加

ちなみに自然発生白血病の生涯リスクは0.7%

自然発生

10mSv被曝により白血病になるリスク

**0.7%**      **→**      **0.70377%**

放射線影響の無い線量域



不確定不確実な線量域



原爆被爆者約12万人のデータより  
100mSv以下の一回の被曝では、  
人に対する放射線影響は  
認められていない

0 mSv

10 mSv

100 mSv

1 mSv/年  
公衆被曝限度

20 - 100 mSv/年  
緊急時  
公衆被曝限度

平成23年5月12日文科省発表で  
年間10mSv以下と試算

250 mSv  
急性被曝の  
臨床症状なし

500 mSv  
急性被曝で  
重篤な症状なし

(%)

100mSvで0.5

1.25

2.5

5

致死がん発生率

急性放射線障害

1000 mSv

年間10mSv被曝する地域があるが、がんの発生率等疾患が増加したという報告はない。  
公衆被曝限度が1mSvから20mSvになったとはいえ、放射線影響のない安全域での増加。  
また一回被曝でなく、1年間の被曝限度なので、放射線影響が出るとは考えにくい。

# 放射線業務従事者の線量限度

法令で定められている線量限度

I. 実効線量限度（全身被曝として） 100mSv／5年  
（ただし、年あたり50mSvを超えないこと）

II. 等価線量限度（組織や部位に対して）

- ・目の水晶体 150mSv／年
- ・皮膚 500mSv／年
- ・妊娠可能な女子の腹部 5mSv／3月
- ・妊娠中の女子の腹部表面 2mSv
- 内部被ばく（妊娠を申告してから出産まで） 1mSv

2011年3月24日足にたまり水で被曝した人は170-180mSvと言われていた。もし皮膚だけの被曝であれば、線量限度内。しかし全身被曝としての線量なので、通常の線量限度を超えている。実際皮膚には2Sv以下の被曝だったようである。



# 緊急時被曝線量限度

ICRP(国際放射線防護委員会)の勧告による緊急時の線量限度

実効線量(全身被曝として): 100mSv

一時福島では250mSV

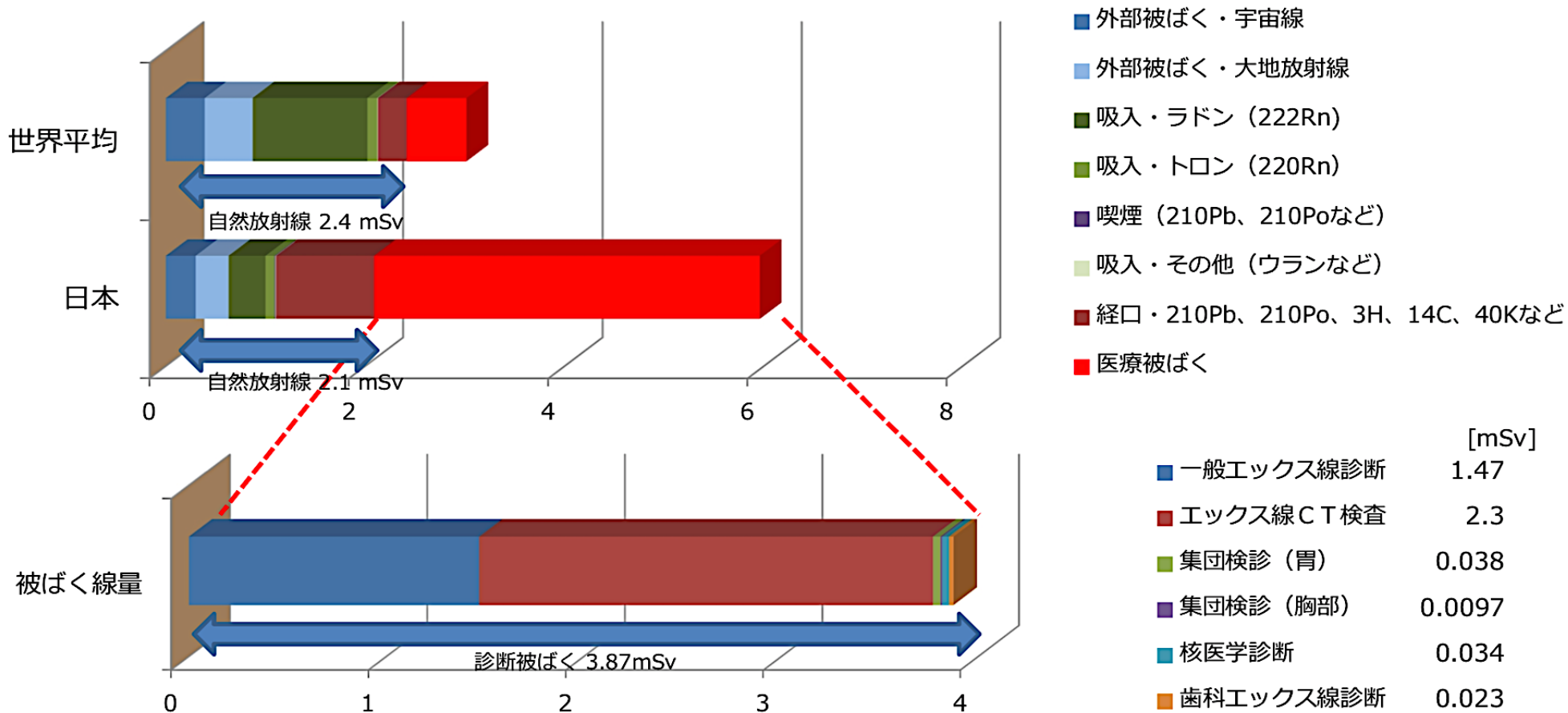
電離則の特例に関する省令(厚生労働省令23号)による  
2011年11月1日より100mSvに下げられています。

目の水晶体: 300mSv

皮膚: 1000mSv

# 医療被曝

# 医療被ばくの現状



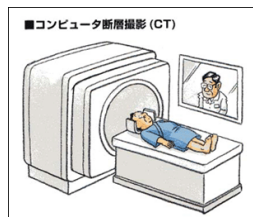
	自然放射線	診断被ばく
世界平均	2.4 mSv/年	0.6 mSv/年
日本平均	2.1 mSv/年	3.87 mSv/年

出典：国連科学委員会 (UNSCEAR) 2008年報告書、原子力安全研究協会 新版 生活環境放射線

# X線検査当たりの実効線量(全身被曝線量)

先進工業国の成人の平均

検査	mSv (ミリシーベルト)
胸部(直接撮影)	0.14
胸部(間接撮影)	0.65
腰椎	1.8
胸椎	1.4
骨盤・股関節	0.83
腹部	0.5
上部消化管	3.6
下部消化管	6.4
乳房撮影	0.5
CT	8.8
血管撮影	12.0
歯科	0.02



高性能CTだと  
40あるいは100mSv被曝する

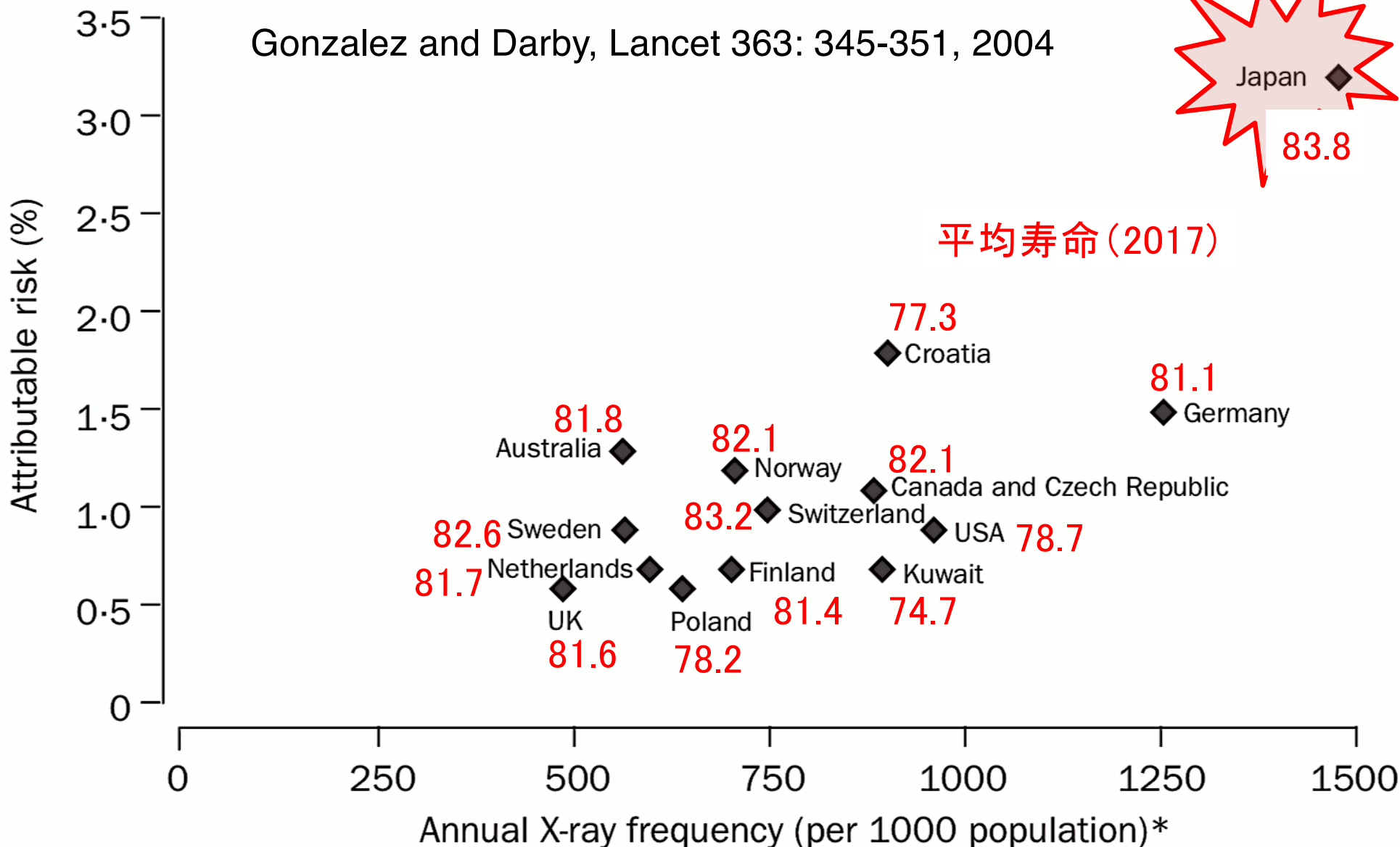
# 核医学検査及び治療における全身被曝量

放射性同位元素(アイソトープ)を用いる検査及び治療

検査	核種	使用量 (MBq)	おおよその全身 被曝量 (mSv)
甲状腺シンチ	ヨウ素123 ( $^{123}\text{I}$ )	3.7	0.814
甲状腺がん 治療	ヨウ素131 ( $^{131}\text{I}$ )	1850-7400	約2000mSvを限度 (甲状腺には50- 200Sv)
甲状腺機能 亢進症治療	ヨウ素131 ( $^{131}\text{I}$ )	111-370	70-100 (甲状腺には 50Sv)
PET	フッ素18 ( $^{18}\text{F}$ )-FDG	370	7
骨シンチ	テクネシウム リン酸塩 ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ )	370	3
心筋シンチ	タリウム ( $^{201}\text{Tl}$ )	74	17
腫瘍シンチ	ガリウム67 ( $^{67}\text{Ga}$ )-サイトレイト	74	9

MBq(メガベクレル): 100万Bq <sup>53</sup>

# 診断X線の頻度と寄与リスクの関係

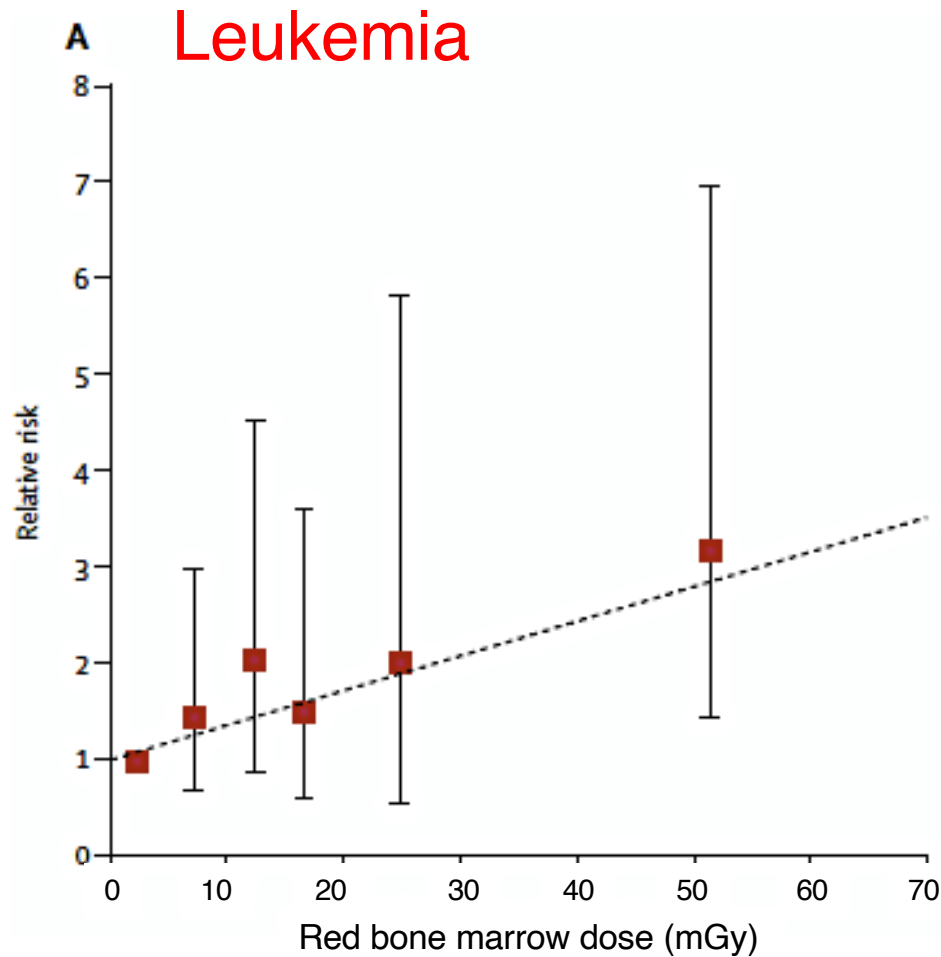


日本はCTの台数が先進諸国に比べ2倍以上あります。従ってがんの発見率も高くなると考えるべきと思いますが、この論文では、日本では診断X線ががんに3.2%寄与していると論じてい

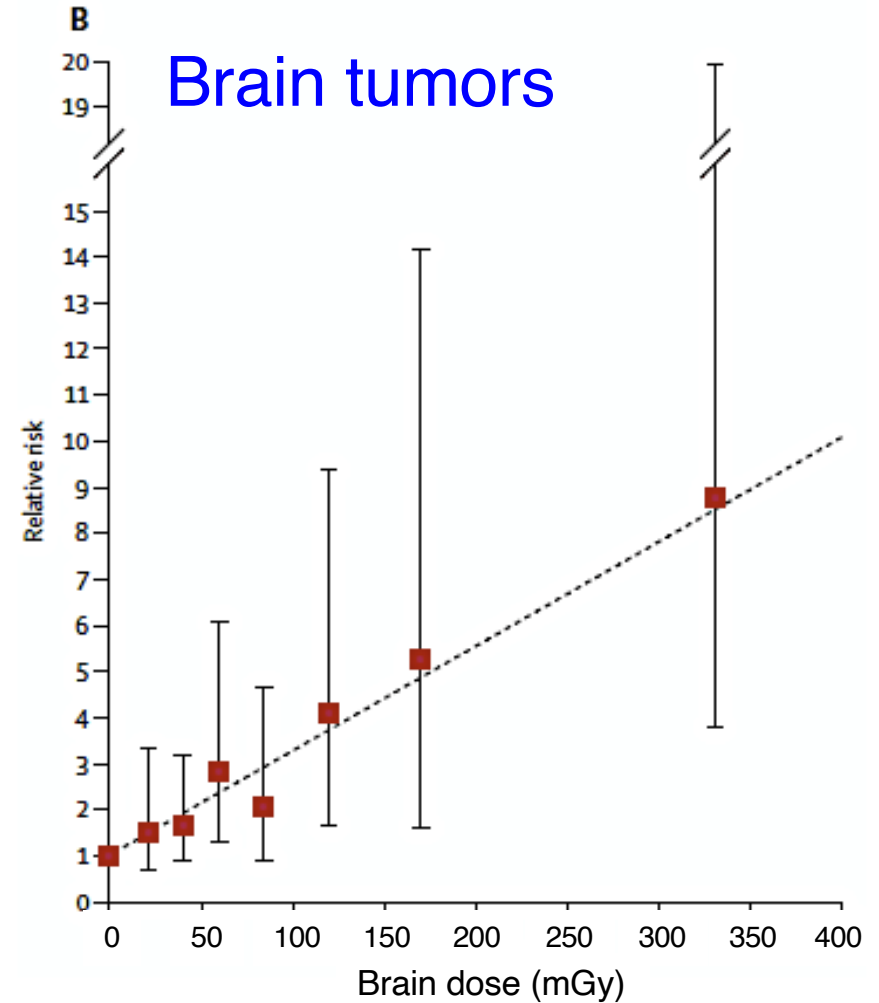
# Relative risk of **leukemia** and **brain tumors** in relation to estimated radiation doses to the red bone marrow and brain from CT scans

[Pearce MS et al, Lancet. 380 \(9840\): 499-505, 2012](#)

22歳以下 CT検査:1985~2002 フォロ一期間1985~2008



$74 / 178,604 = 0.041\%$   
30 mGy (mean dose 51.13 mGy)

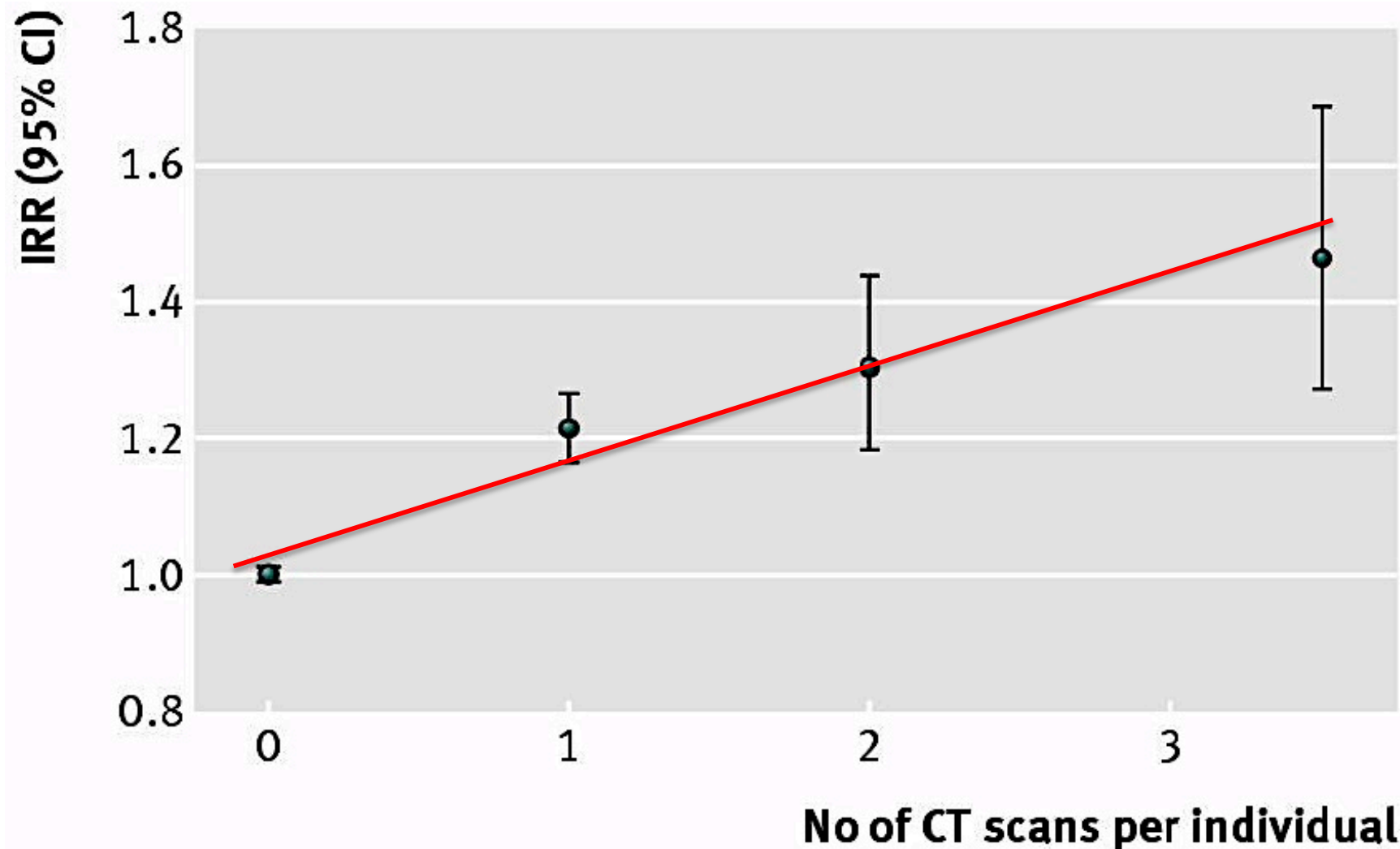


$135 / 176,587 = 0.076\%$   
50–74 mGy (mean dose 60.42 mGy)

# Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians

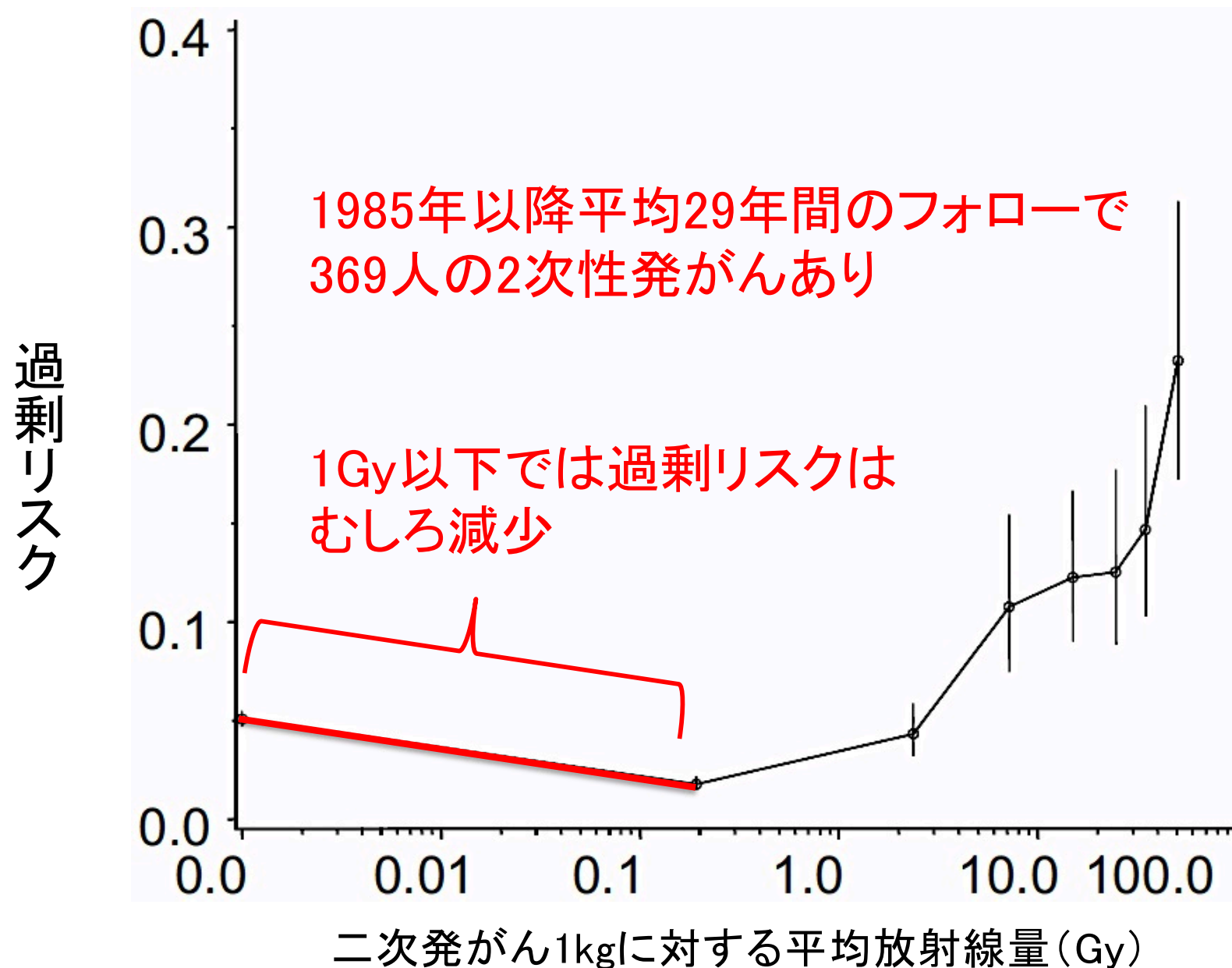
BMJ 2013;346:f2360 doi: 10.1136/bmj.f2360 (Published 22 May 2013)

**Incidence rate ratios (IRR) for all types of cancers in exposed versus unexposed individuals based on a one year lag period, by the number of CT scans.**





# 小児がん放射線治療後の生存者5000人の2次がん発生調査 (フランス・イギリスの8センターのコホート研究)



# 放射線障害の歴史

- 1895年11月8日 レントゲンによるX線の発見(クルックス管)
- 1896年 ベクレルによるウランの放射能の発見  
Grubbe(米) 手に皮膚炎 (皮膚炎に関しては他60件報告あり)  
Daniel(米) 脱毛症
- 1896年 乳がん治療(Grubbe)  
有毛性母斑のX線治療(Freund)
- 1898年 キューリー夫妻によるラジウムの発見  
英国レントゲン協会が障害の報告を集め始める
- 1902年 ラザフォードによる $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線の発見  
Frieben(独) X線による皮膚慢性潰瘍による発がん(X線管製造工場)
- 1903年 Heineke X線照射により抹消血中の白血球が著減することを報告
- 1904年 白血球減少症の報告  
ラドンによる肺障害の報告(チェコスロバキア)
- 1905年 白血球の中で特にリンパ球減少が著明と報告
- 1913年 クーリッジ管発明(高電圧のX線)
- 1914年 夜光塗料工場でのラジウム中毒(米)
- 1915年 X線技術者の防護に関する勧告(英)
- 1924年 Carman(米) 白血病

- 1925年 第1回国際放射線会議(ロンドン)
- 1927年 Muller 放射線による突然変異増加を観察
- 1928年 国際ラジウム防護委員会、ICRPの前身発足
- 1945年 広島長崎原子力爆弾投下(放射線死、発がん)
- 1954年 ビキニ環礁水素爆弾実験 第5福竜丸
- 1956年 国際放射線防護委員会(ICRP)
- 1979年 スリーマイル原子力発電所事故
- 1986年 チェルノブイリ原子力発電所事故  
(放射線死、発がん)

広島に投下された原子爆弾に換算して約500発分に相当する放射性物質

- 1987年 ゴイアニア事故
- 1999年 東海村JCO事故(放射線死)
- 2007年 線量当量限度の値を修正(ICRP, Publ.103)
- 2011年 福島原子力発電所事故

# 韓国原発事故状況

2011年1月  
5号機:蒸気発生器点検中に故障、自動停止

2011年2月  
5号機:モーター内にドライバーを置き忘れ、  
モーターが故障し自動停止

2012年4月  
6号機:燃料棒が損傷

2012年6月30日  
6号機:制御棒駆動装置トラブルで自動停止

2012年7月30日  
6号機:自動停止

2012年7月31日  
2号機:蒸気発生器への給水ポンプ故障

2012年10月2日  
5号機:蒸気発生器への給水ポンプ故障

2013年12月4日  
3号機:故障により稼働停止

2014年2月28日  
2号機:トラブルで稼働停止

2014年10月1日  
1号機と2号機:一時的に外部電源を喪失

2014年10月17日  
3号機:蒸気発生器異常で稼働停止  
放射性物質18.8ギガベクレル漏出。  
さらに修理の際に故障箇所を間違え

2011年4号機停止  
2012年計6基中で3基が稼働を停止  
(The Hankyoreh新聞)

蔚珍(ハヌル):6機、2機建設中、2機建設予定

過去に故障などのトラブルが50回以上  
1号機は過去10年間で8回故障  
特に2012年に4回故障  
2015年5月使用済み燃料棒2本が分離し、  
1本が水中落下  
2017年10月 3号機のバルブ故障で重水  
110kgが漏出する事故  
2018年6月11日、3号機で作業を行っていた  
作業員のミスにより、冷却材バルブ  
が26分間にわたり開いた状態となり重  
水3630kgが漏出。作業員29人が被曝

月城:6機(新2機  
2機計画中)

霊光(ヨングァン)  
現ハンビツ6機

釜山

古里:5機(旧型4機、新型1機)、3機計画中

1号機は10年で127回事故と故障

**2012年2月9日全電源喪失**

この3年で1~4号機で8件事故

2014年8月大雨浸水で停止

2014年12月26日

3号機の窒素漏れによる死亡事故

2015年2月3日水素ガス漏出

2017年3月28日4号機原子炉建屋内部  
サージタンク水位上昇のため手動停止

# 宇宙飛行士の線量限度

## 国際宇宙ステーション搭乗宇宙飛行士の生涯実効線量制限値

初めて宇宙飛行を行なった年齢	男性 (mSv)	女性 (mSv)
27～29歳	600	600
30～34歳	900	800
35～39歳	1000	900
40歳以上	1200	1100

宇宙航空研究開発機構(JAXA)

国際宇宙ステーション搭乗宇宙飛行士の放射線被曝管理指針  
第3章第13条

## 国際宇宙ステーション搭乗宇宙飛行士の組織等価線量制限値

組織・臓器	1週間 (mSv)	1年間 (mSv)	生涯 (mSv)
骨髄	—	500	—
水晶体	500	2,000	5,000
皮膚	2,000	7,000	20,000
精巣	—	1,000	—

宇宙航空研究開発機構 (JAXA)  
国際宇宙ステーション搭乗宇宙飛行士の放射線被曝管理指針  
第3章第13条



# ISSの飛行運用基準に定められた線量制限値 国際共通被ばく限度

被ばく期間	骨髄 (mSv)	水晶体 (mSv)	皮膚 (mSv)
30日間	250	1,000	1,500
年間	500	2,000	3,000

# 福島での放射線影響 チェルノブイリとの比較

# 国際原子力事象評価尺度

57万TBq  
11' 8/22  
原子力研究機構

基準(最も高いレベルが当該事象の評価となる)

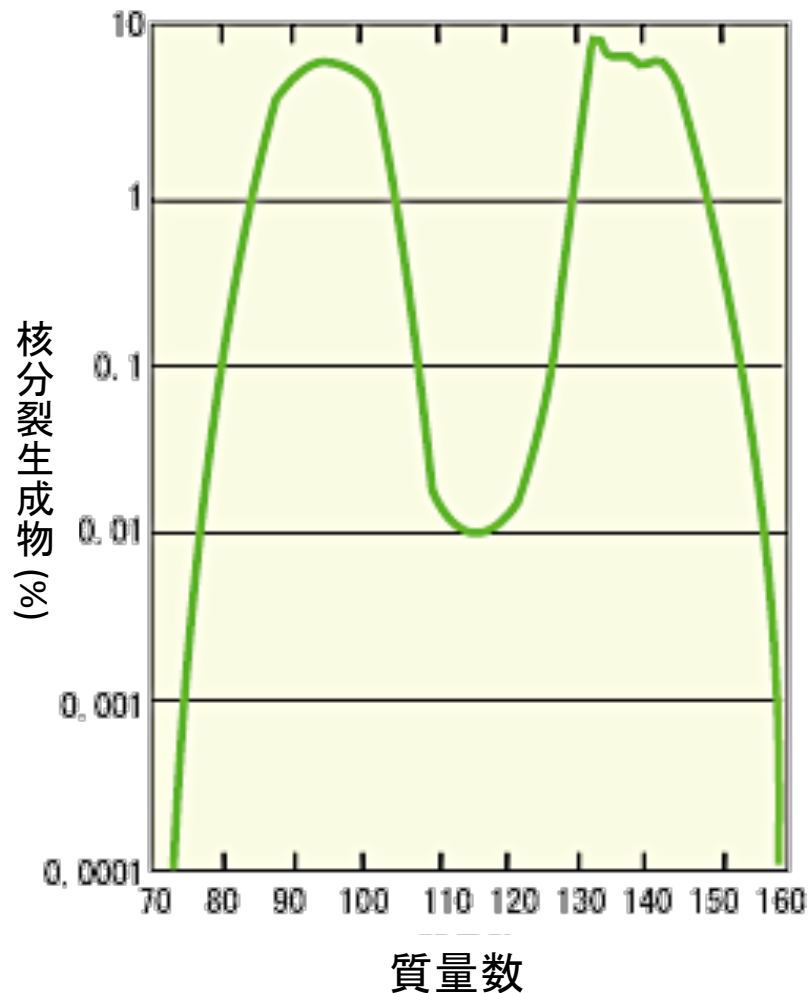
	レベル	基準(最も高いレベルが当該事象の評価となる)		福島	
		基準1: 所外への影響	基準2: 所内への影響		
事故	7 深刻な事故	放射性物質の重大な外部放出 ヨウ素131等価で数万TBq相当以上の放射性物質の外部放出	チェルノブイリ: 520万TBq 福島: 37, 63万TBq	原子力安全委員会 4/12 原子力安全・保安院	
	6 大事故	放射性物質のかなりの外部放出 ヨウ素131等価で数千から数万TBq相当の放射性物質の外部放出	訂正 11' 6/7, 77万TBq 12' 2/1, 48万TBq		11' 3. 25 レベル6
	5 所外のリスクを伴う事故	放射性物質の限られた外部放出 ヨウ素131等価で数百から数千TBq相当の放射性物質の外部放出	原子炉炉心の重大な損傷		11' 3. 18 レベル5
	4 所外の大きなリスクを伴わない事故	放射性物質の少量の外部放出 公衆の個人の数mSv程度の被曝	原子炉炉心のかなりの損傷 ／従業員の致死線量被曝		
異常な事象	3 重大な異常事象	放射性物質の極めて少量の外部放出 公衆の個人の十分の数mSv程度の被曝	所内の重大な放射性物質による汚染／急性の放射線障害を生じる従業員の被曝		
	2 異常事象		所内のかなりの放射線物質による汚染／法定の年間線量限度を超える従業員の被曝		
	1 逸脱			11' 4/14 ロシアの主張	

# 平成23年6月3日保安院報告

3月11日から15日の間、テルル-132 ( $^{132}\text{Te}$ 、半減期3.2日)が検出されていた

ウラン-235 ( $^{235}\text{U}$ )が熱中性子を吸収して分裂した場合に生ずる核分裂生成物の分布。質量数90~100および135~145の附近の放射性物質が生成される。

これから未公表のデータが出てくるでしょうが、遅れるのは計測には時間がかかるからです。



核分裂生成物の分布

## 主要な核分裂生成物

核種		半減期	核分裂集率 (%)
$^{85}\text{Kr}$	クリプトン-85	10.8年	0.3
$^{89}\text{Sr}$	ストロンチウム-89	51日	4.8
$^{90}\text{Sr}$	ストロンチウム-90	28年	5.8
$^{131}\text{I}$	ヨウ素-131	8.04日	3.1
$^{133}\text{Xe}$	キセノン-133	5.27日	6.6
$^{135}\text{Xe}$	キセノン-135	9.1日	6.3
$^{134}\text{Cs}$	セシウム-134	2.06年	6.8
$^{137}\text{Cs}$	セシウム-137	30年	6.2
$^{147}\text{Pm}$	プロメチウム-147	2.64年	2

## 原発爆発で想定される当初の放射性物質の放出量

放射性物質	放出量(g)	Bq
総量	$7.1 \times 10^3$	$1.5 \times 10^{19}$
I-131	$1.5 \times 10^1$	$8 \times 10^{16}$
Pu-239	0.0375	$1.36 \times 10^9$
Cs-137	$3.1 \times 10^3$	$1.0 \times 10^{16}$
Sr-90	0.0224	$1.4 \times 10^{12}$

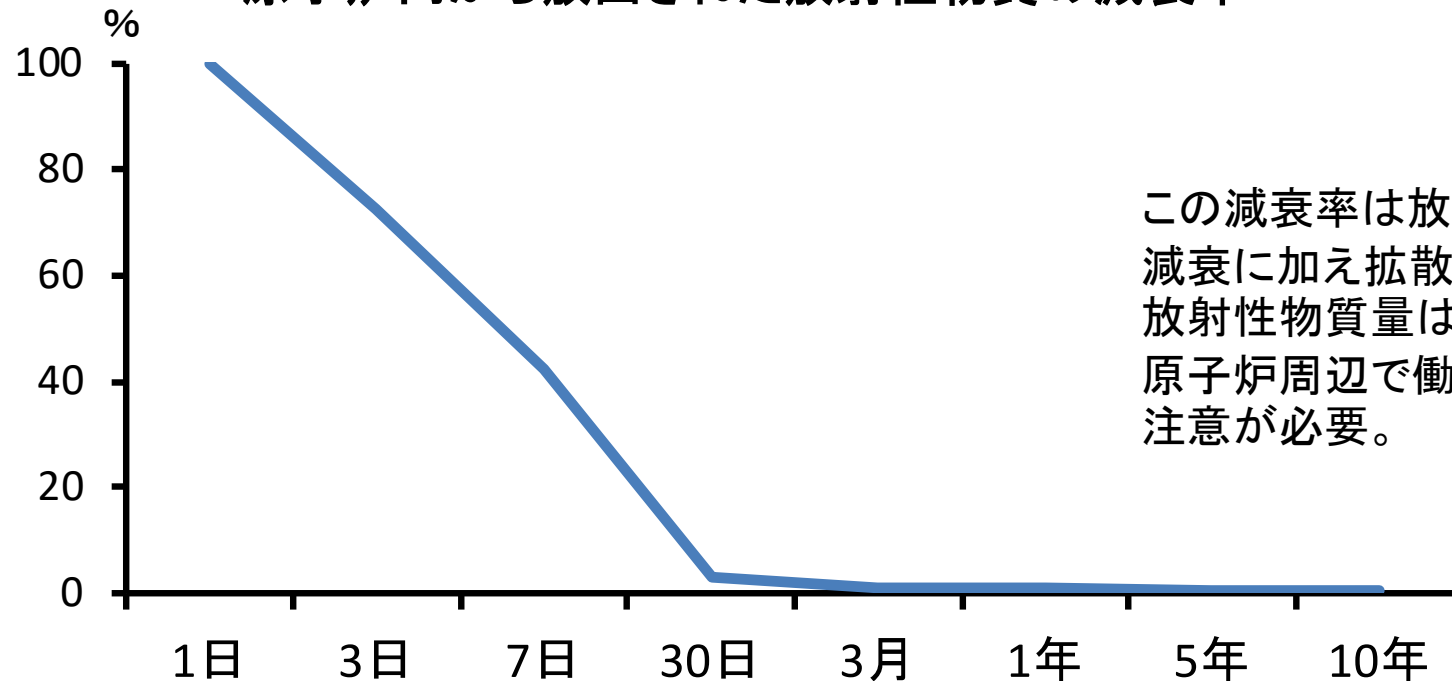
原子炉内から放出された放射性物質は、半減期の短いものが多いため、約3ヶ月でほとんどが放射性物質ではなくなる。

初期はI-131対策が主な問題となる。

Cs-137は半減期は長いですが、今後は土中に入るので、土を掘り返さない限り、影響は少ないと思われる。

Pu-239の半減期は長いですが、元々の生成量は少ないため、原子炉直近以外の影響は少ない。

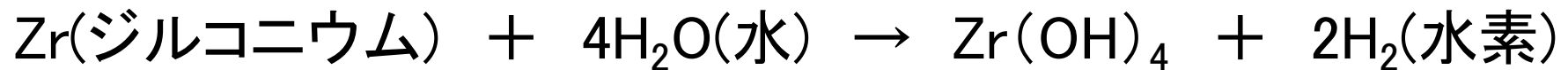
## 原子炉内から放出された放射性物質の減衰率



この減衰率は放出された全量の減衰率。減衰に加え拡散が加わるので、環境中の放射性物質量はもっと早く減少します。原子炉周辺で働く人は拡散源に近いので注意が必要。

## 水素爆発

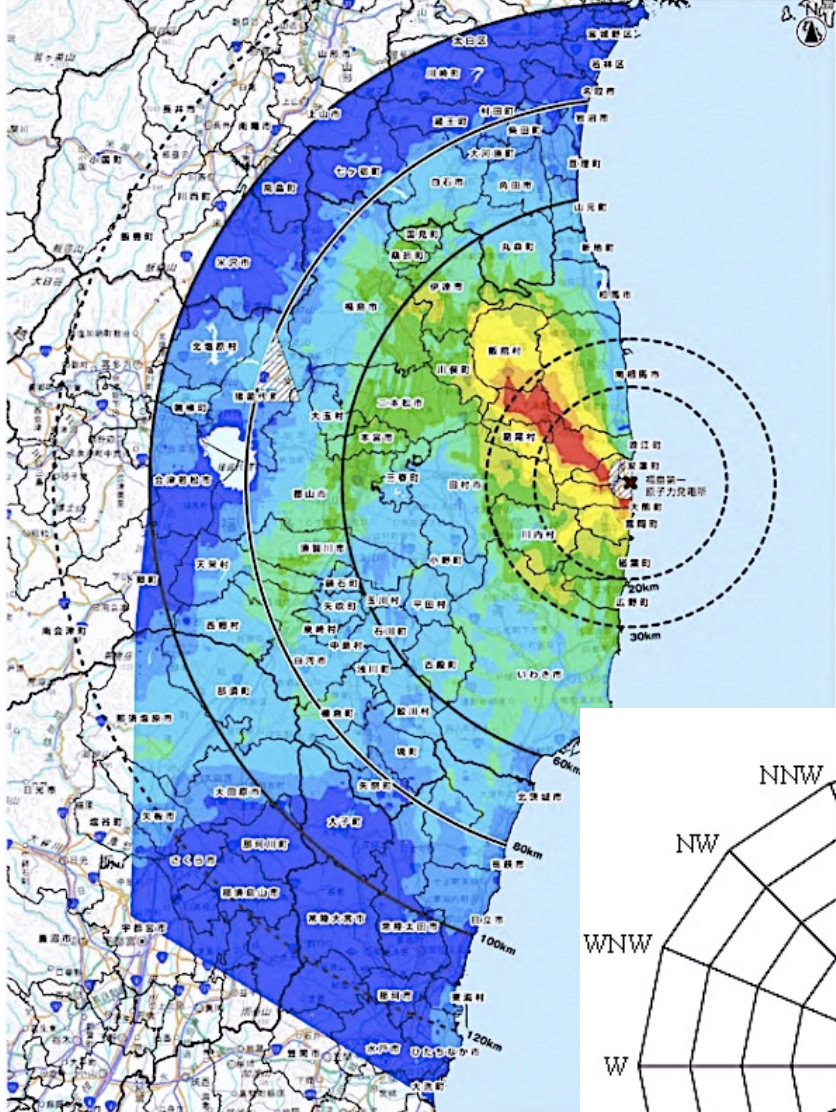
燃料棒外側の金属(ジルコニウム)が高温となり水と反応すると水素が発生します。



水素ガスは極めて引火しやすく、十分な量の水素が空気と混ざると、空気中の酸素と急速に反応して爆発を生じます。

## 水蒸気爆発

原子炉内の水の中に、非常に高温となったジルコニウム等の熱い細粒物質と触れると急激に水が気化し発生する爆発現象



# 原子力安全 基盤機構

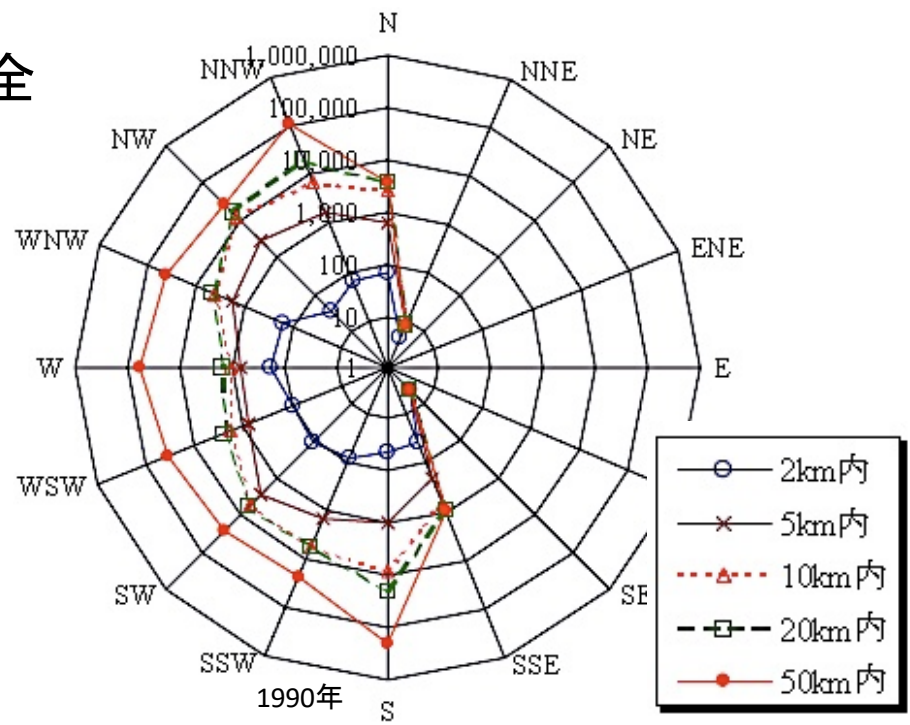
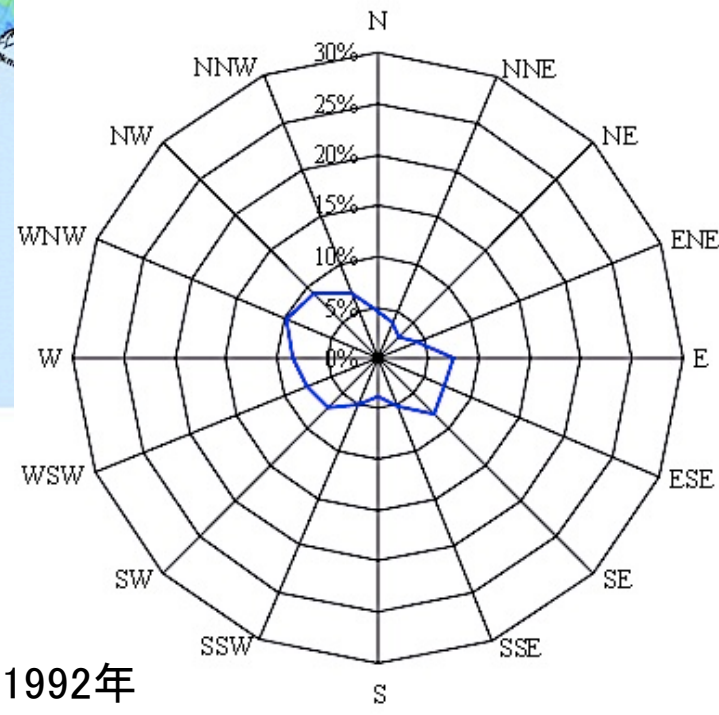
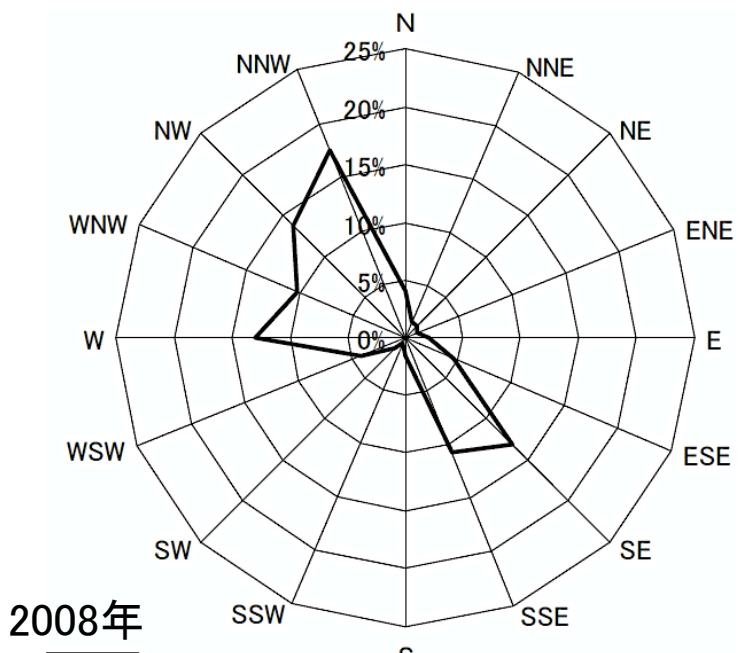


図 2.14 人口分布 (BWR-3 及び BWR-4 プラント)



1992年



2008年

地震時

図 2.11 年間風向出現頻度 (BWR-3 及び BWR-4 プラント)

## 放射性物質の影響

原発からは放射性物質が飛んできます。健康被害を与えるような高濃度の放射性物質との接触をさけるために、福島原発から20km圏内は退避区域にしてあります。20から30kmの所は屋内退避です。チェルノブイリ原発30km圏内は強制退避区域です。大爆発でもない限り、30kmで充分と思われれます。

放射性物質を花粉に例えると花粉は遠く離れる程、量が少なくなります。放射性物質も同じです。



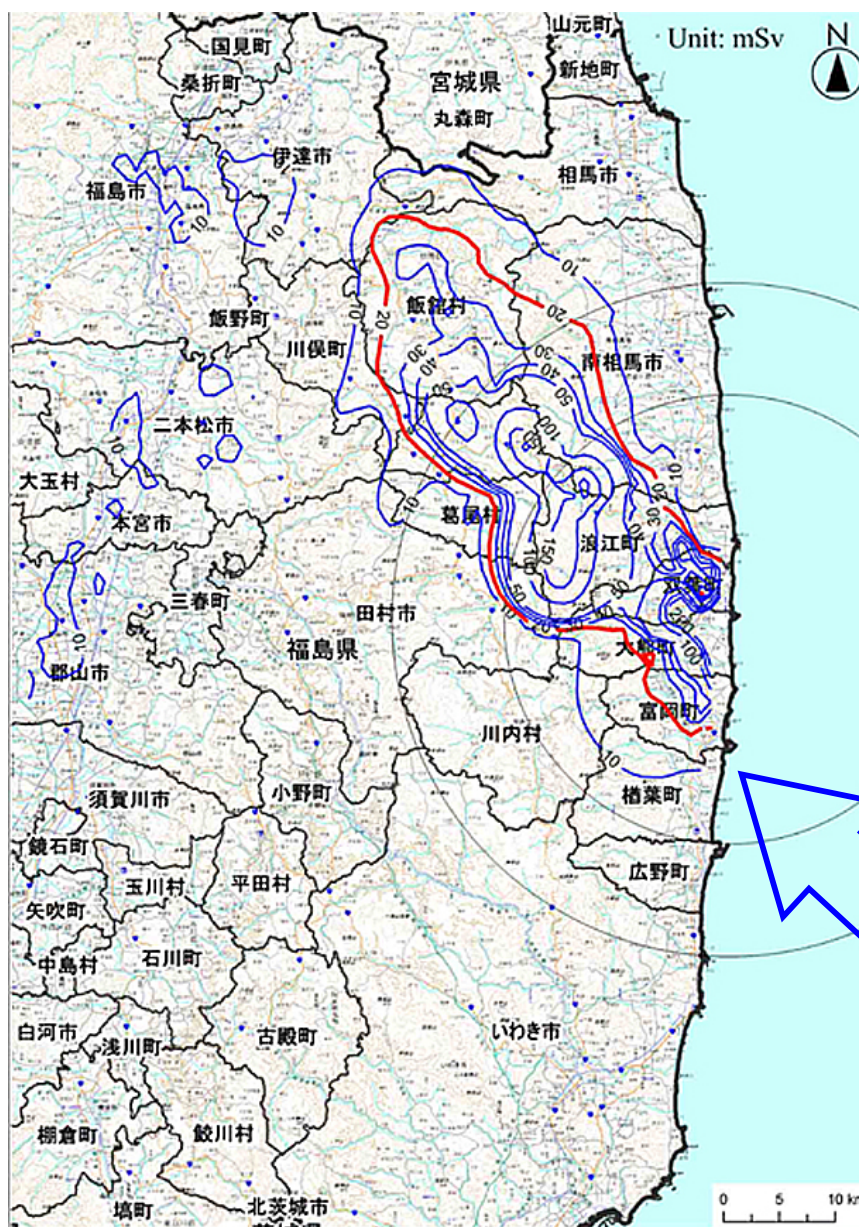
屋内退避区域で放射性物質に対して衣服等に付着したら払いましょう  
吸い込まないようにマスクしましょう  
対処は花粉と同じ



風により放射性物質が運ばれるるので、20kmや30km圏というくりでなく、これからは**環境測定**という観点で、実測値を測り線量の認知を行っていくことが重要になってきます。

20kmや30km圏であっても、マイクロシーベルト毎時の線量、**即、健康被害と結びつけて考える必要はないです。**

**積算線量の表示は環境線量の値として重要ですが、健康被害と直結はしない情報であるので、あまり意味があるとは思えません。住民に不安を与えるだけ。**



福島県浪江町(福島第一原発から20Km)

2011年4月7日

58.5マイクロシーベルト毎時を観測

1日だと1411マイクロシーベルト(58.4 x 24時間)

約71日で100mSvを超えてしまいます

が、

1回で短時間に100mSvを被曝するのと  
長時間に渡って100mSvを被曝するのは、  
同じ影響ではありません!

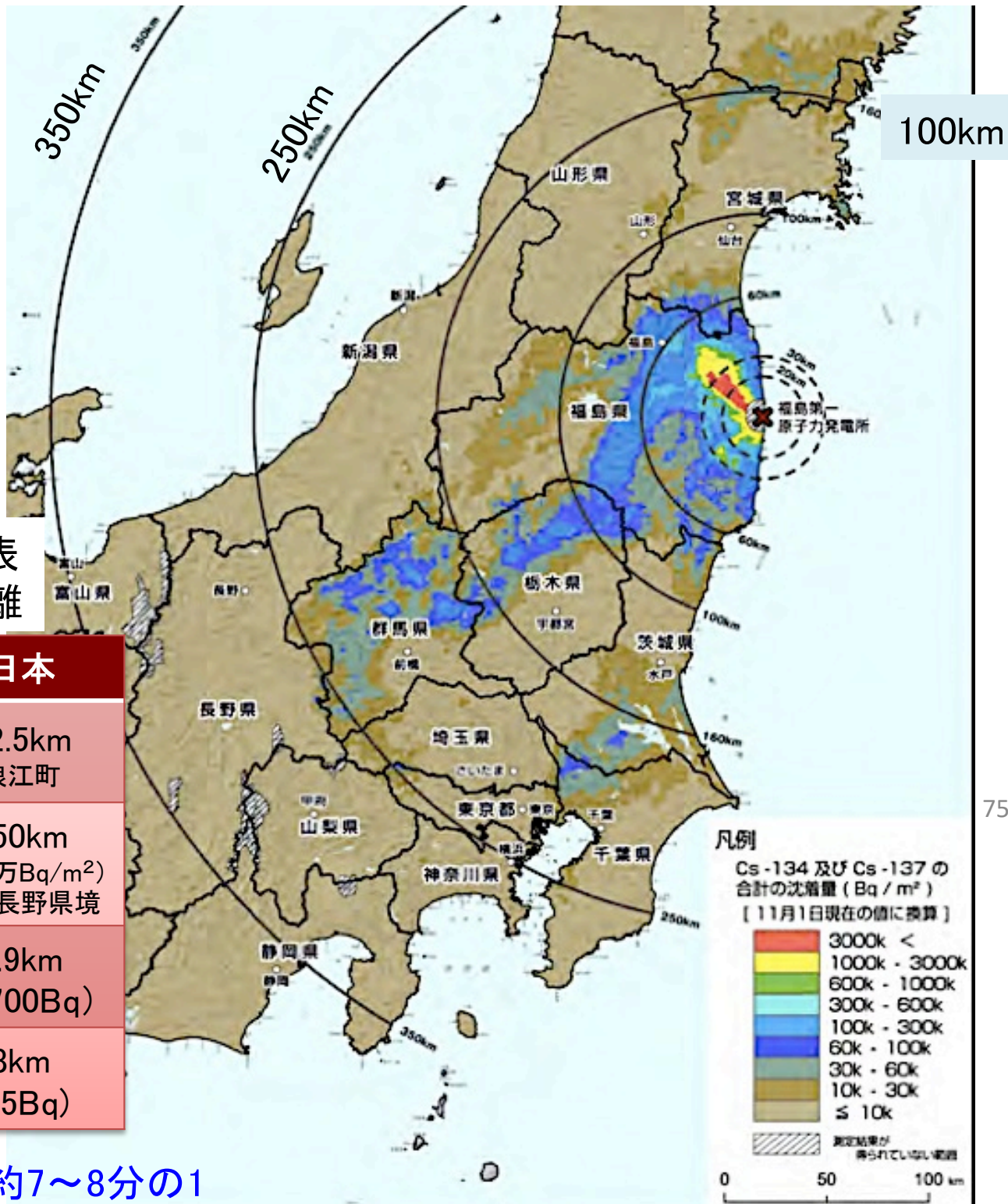


積算線量の表示は環境測定として意味がある。健康被害を表す数値ではない。  
1日で100mSv被曝するのと71日で100mSv被曝するのでは、健康被害は同じでない

文部科学省

福島第1及び第2原子力発電所周辺のマニタリングカーを用いた固定測定点における空間線量率の測定結果  
(随時データが更新されています) [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/saigaijohou/syousai/1304001.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/saigaijohou/syousai/1304001.htm)

文部科学省がこれまでに測定してきた範囲(11月11日改訂版)及び 愛知県、青森県、石川県、及び福井県内の地表面におけるセシウム134、137の沈着量の合計

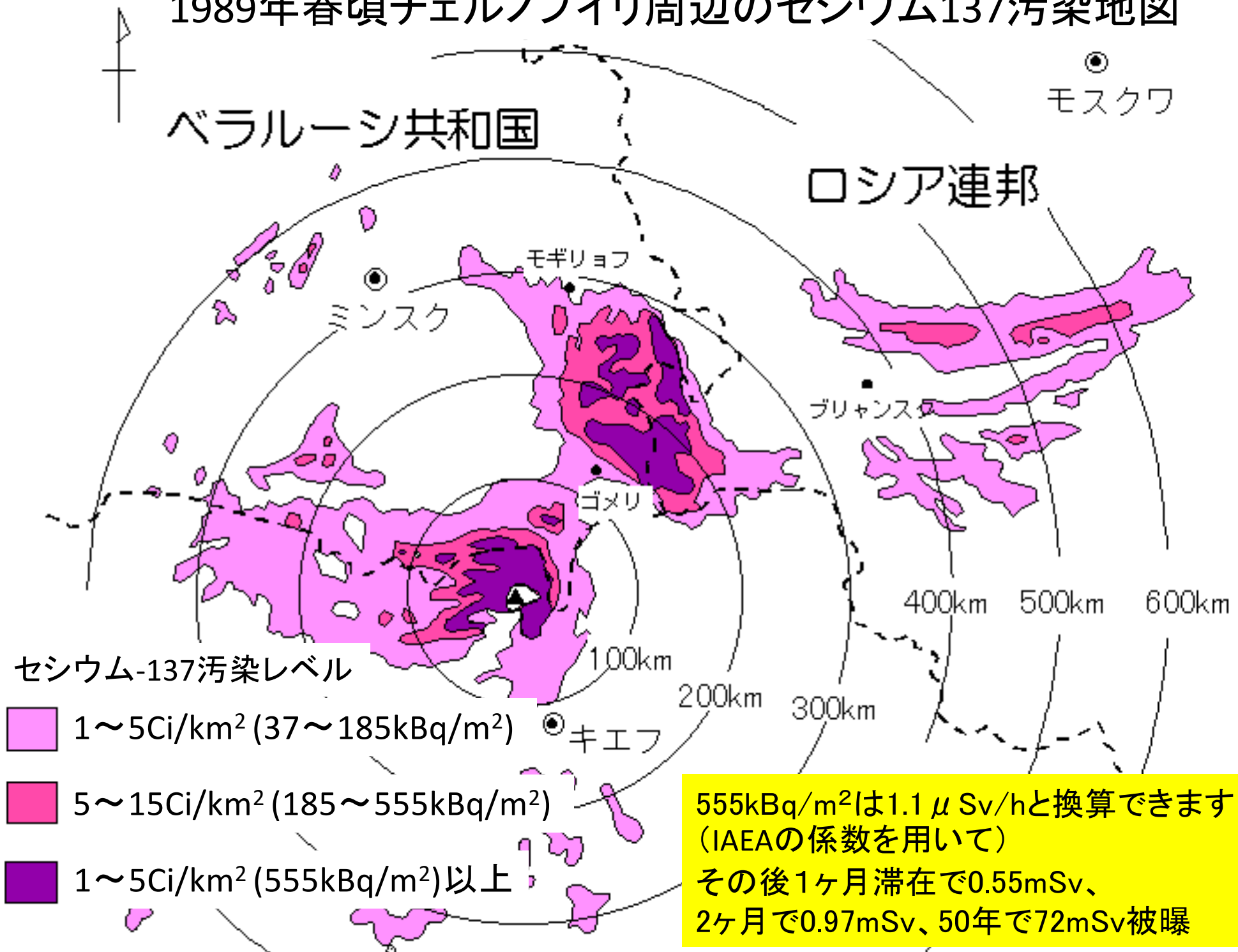


平成24年3月13日文部科学省発表  
各放射性物質による土壌汚染距離

	チェルノブイリ	日本
Cs-137 >148万Bq/m <sup>2</sup>	250km	32.5km 浪江町
Cs-137 >4万Bq/m <sup>2</sup>	1700km	250km (>3万Bq/m <sup>2</sup> ) 群馬長野県境
Sr-90	30km圏内 (111,000Bq)	4.9km (5,700Bq)
Pu-239, 240	30Km圏内 (3,700Bq)	8km (15Bq)

土壌汚染距離はチェルノブイリの約7~8分の1

# 1989年春頃チェルノブイリ周辺のセシウム137汚染地図



1986/05/01

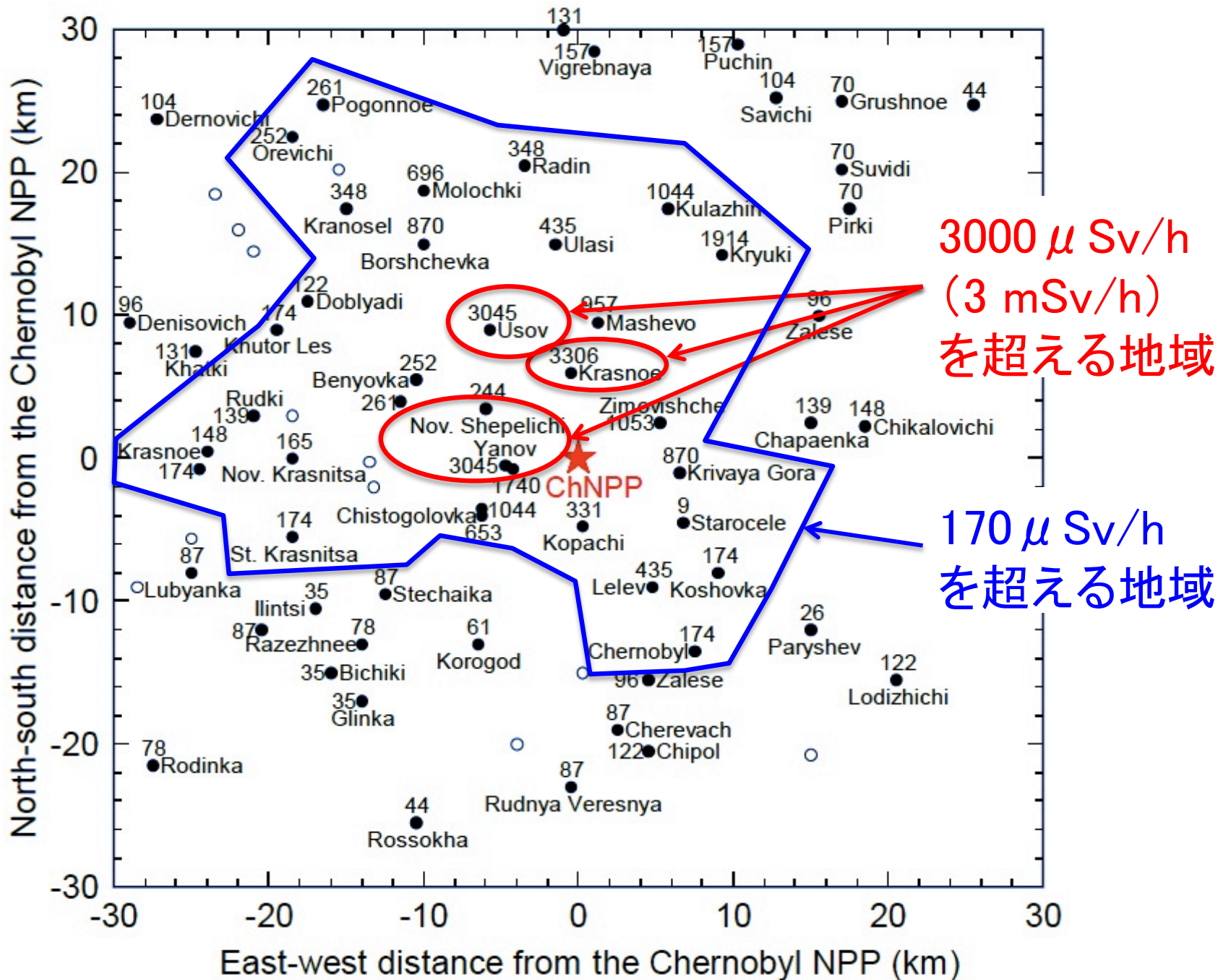
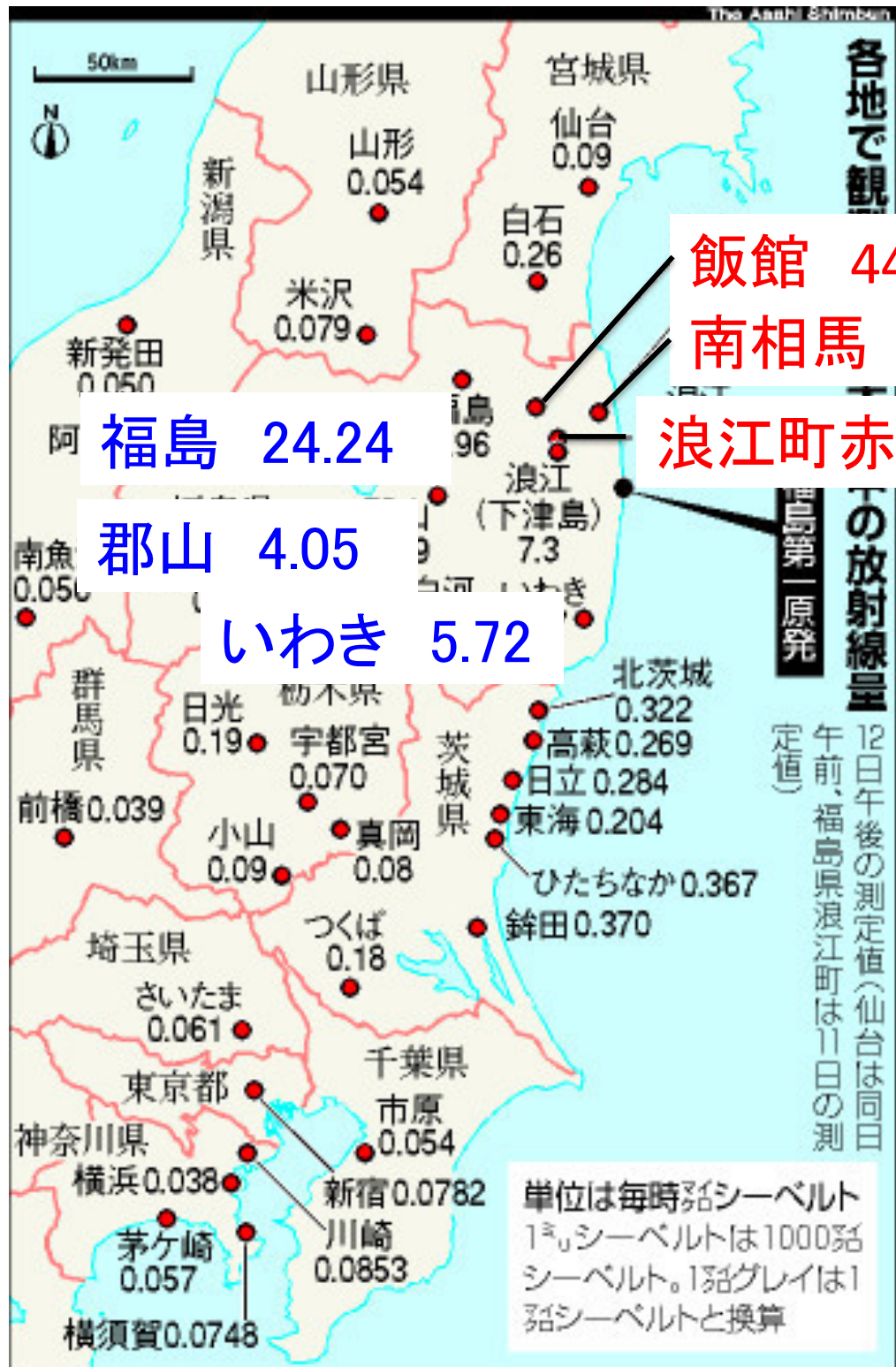


Fig.1. Dose rate in the 30-km zone on May 1, 1986,  $\mu$  Gy/h.

I.K.Baliff and V.Stepanenko ed., "Retrospective Dosimetry and Dose Reconstruction",  
Experimental Collaboration Project ECP-10. EUR 16540, EC, 1996.

2011/3/12



朝日新聞図転用



## 2011年3月12日から1年間の積算放射線量(mSv/年)

最初の3週間は<sup>131</sup>Iと<sup>137</sup>Csがあるので室内室外関係なく、当時示された空間線量のまま被曝したとし、それ以降は<sup>137</sup>Csのみで、室外はその当時示された空間線量で室内ではその半分量被曝したとして計算

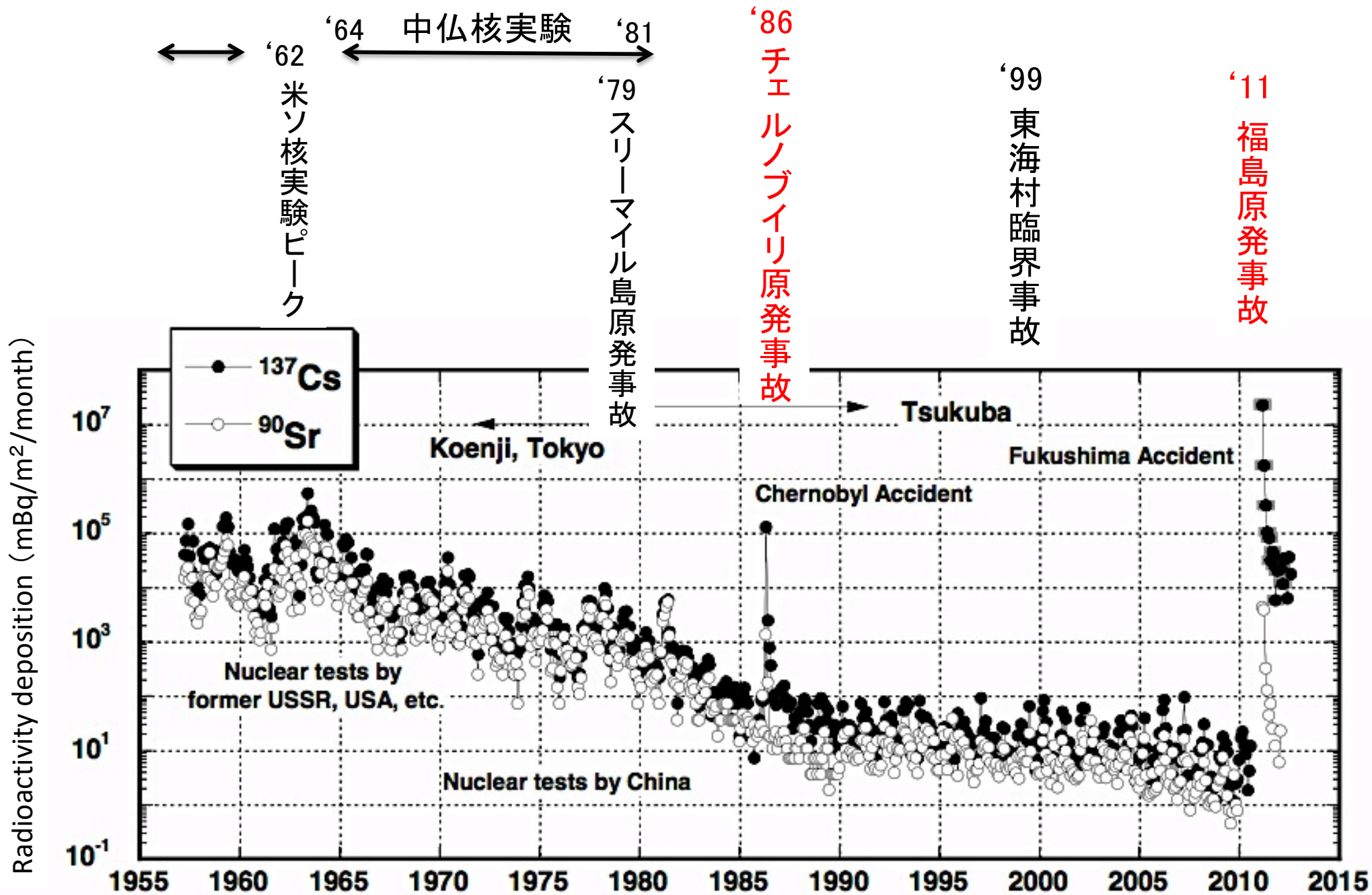
地名	7月3日時点で	9月15日時点で	2012年3月12日 時点で
飯館	8.00	7.87	7.59
南相馬	1.29	1.28	1.26
浪江(赤宇木)	42.1	41.6	41.1
浪江(下津島)	11.9	11.7	11.3
福島	4.11	4.07	3.98
郡山	1.72	1.66	1.57
いわき	0.79	0.78	0.77
会津若松	0.23	0.23	0.22
南会津	0.07	0.07	0.07

あくまでもおおざっぱな計算です。この3ヶ月間の計算で1年間の積算線量は小さくなりました。1年後20mSv/年を超えるのは浪江(赤宇木)くらいでしょう

7月8日文科省発表:福島県内の小中学校等55施設で過ごした場合の年間被曝線量は推定0.1~0.6mSv(平均0.3mSv)(4月27日から7月3日までの教師の線量計より) 80



# 環境における人工放射能50年： $^{90}\text{Sr}$ と $^{137}\text{Cs}$ の月間降下量



# 放射性物質放出の比較

核種	核実験 (PBq)	チェルノブイリ (PBq)	福島 (PBq)
I - 131	675,000	1,800	160
Cs - 137	948	85	15
Sr - 90	622	10	0.14
Pu ( $\alpha$ 放射体)	11	0.1	0.001

P(ペタ) :  $10^{15}$

平成23年12月18日朝日新聞掲載記事

放射性ストロンチウム 約462兆ベクレル 海に流出

朝日新聞社試算(今直也記者著)

東北大学農学部水産資源生態学某教授コメント

「骨までまるごと食べるコウナゴやシラス等への蓄積に特に注意する必要がある」

ストロンチウム-90(半減期28.74年)だけだと

約462兆ベクレルは約90.6g

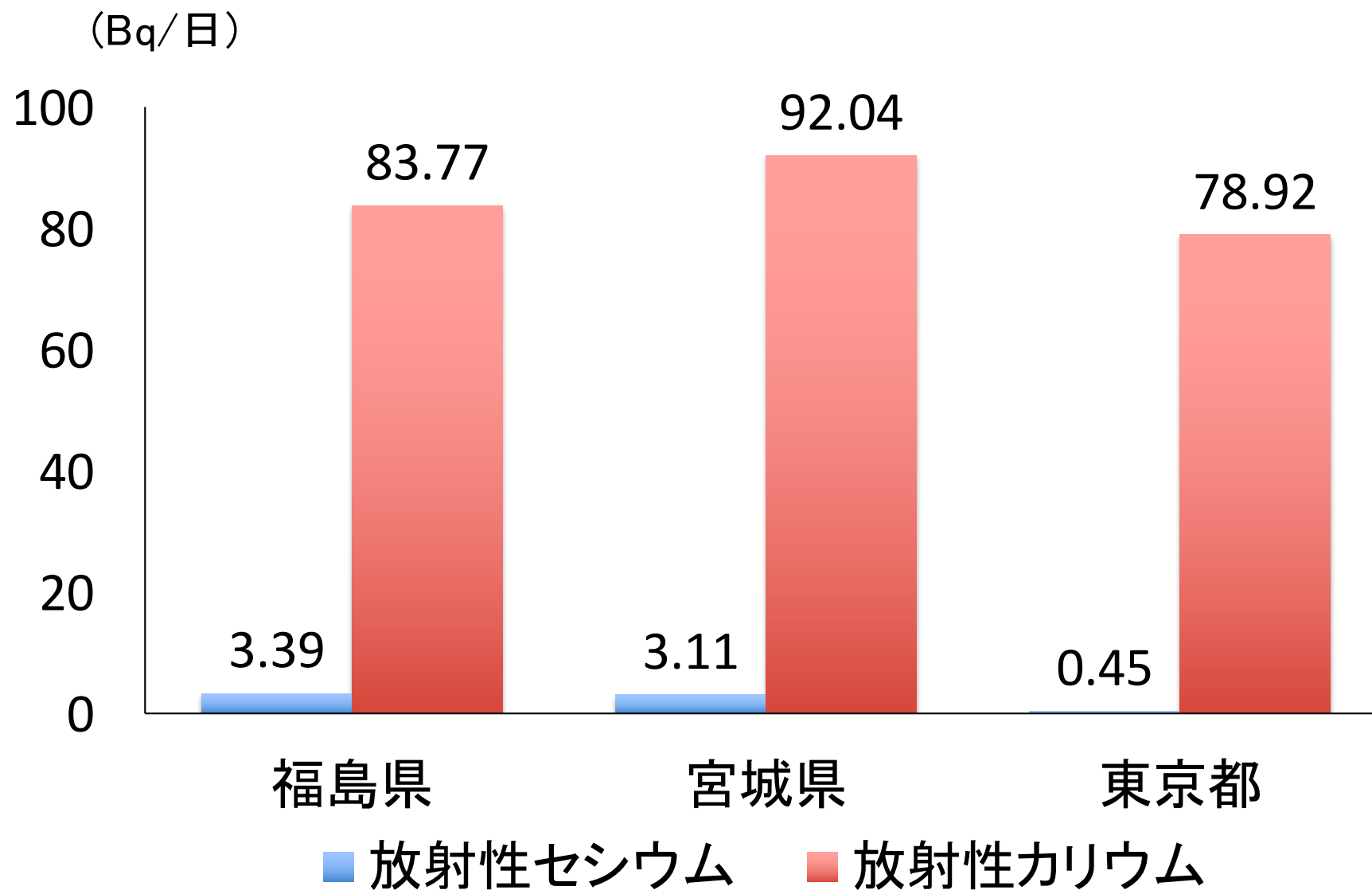
放射性ストロンチウムはSr-89(半減期50.53日)もあります

従って、長く残るSr-90の総量は90gより少ない

実際にSr-90はSr-89の10分の1倍しか生成されていないので、残っている放射性ストロンチウムはSr-90で約9g程度と考えられる

ベクレルで表現するととても大きな値。グラムだと小さくなります。約9gが大海原に拡散されて食物連鎖で人への影響がどの程度出ると想像されますか？

# 1日に食事から体内に入る放射性物質の推定量



2011年9月および11月 国立医薬品食品衛生研究所による測定

# 福島のCs-134およびCs-137の内部被曝について

	経口摂取	吸入摂取	合計
福島	83.1	76.9	160
京都	5.3	—	5.3

単位  $\mu$  Sv/年

2011年7月2日から8日までの間にCs-134およびCs-137を食事及び呼吸で体内に取り込んだ量を調べた結果、1年間の内部被曝として、福島では最高160  $\mu$  Svとなった。福島で内部被曝でなく、外部被曝の対策が重要と考えられる。

京都大学防災研究所

Koizumi A. et al, Environ Health Prev Med (2012); 17(4):292-298.

doi: 10.1007/s12199-011-0251-9.

# 各被曝における内部被曝と外部被曝の比

	内部被曝	外部被曝
福島	1	成人 99 ~ 566 小児 150 ~ 491
チェルノブイリ	1	1
テチャ川	10	1
原爆	1	99

福島で内部被曝を考慮することはほとんど必要ない

## 平成24年2月28日 気象庁気象研究所試算

東電福島第一原発事故により大気中に放出された放射性セシウムの総量は、3～4京(3～4 x 10<sup>16</sup>)ベクレルと試算。  
従来の国内外の推測の約2倍、チェルノブイリの約2割相当

フランス放射線防護原子力安全研究所(IRSNA)(2011.7.11報告)によると、セシウム-134とセシウム-137はほぼ1:1で生成されると考えられるので

重さにすると

	半減期	当初質量(kg)	1年経過後(kg)
セシウム-134	2.065年	0.418	0.295
セシウム-137	30.04年	6.215	6.074

# 文部科学省の福島県教育委員会等に対する通知

福島県内の学校等の校舎・校庭等の利用判断における暫定的考え方について

2011年4月19日

児童生徒等の受ける線量を考慮する上で、16時間の屋内(木造)、8時間の屋外活動の生活パターンを想定すると、20mSv/年に到達する空間線量率は、

屋外：毎時3.8マイクロシーベルト

屋内：毎時1.52マイクロシーベルト

非常に低く設定されている。

## 放射線管理区域内の作業場所での線量限度

法令で定められた空間線量限度

1週間で1mSv

但し、就労時間は1日8時間、週5日として、  
時間当たりに換算すると毎時25マイクロシーベルト



# 水や食物中に存在する放射性物質の実効線量係数 マイクロシーベルト／ベクレル (ICRP Publ 72)

	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

水1kgあたりに、  
ヨウ素-131が8.59Bq(ベクレル)、セシウム-137が0.45Bq、セシウム-134が0.28Bq  
含まれていると仮定(東京都が2011年3/18～4/11に発表した数値の平均値)  
その水を乳児が1日1.65リットル、29日間飲んだ場合

ヨウ素-131:  $0.18 \times 8.59 \times 1.65 \times 29 = 74.0$ マイクロシーベルト・・・(1)

セシウム-137:  $0.020 \times 0.45 \times 1.65 \times 29 = 0.43$ マイクロシーベルト・・・(2)

セシウム-134:  $0.026 \times 0.28 \times 1.65 \times 29 = 0.35$ マイクロシーベルト・・・(3)

受ける放射線量 = (1) + (2) + (3)  $\cong$  74.8マイクロシーベルト

幼児では74.4、子供では41.5、成人では10マイクロシーベルトとなる

# 空気中に存在する放射性物質の実効線量係数 マイクロシーベルト／ベクレル(ICRP Publ 72)

	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	0.0074	0.000094	0.039	0.020

東京で空気中のちりの中の放射能濃度がもっとも高かった2011年3月15日10:00-11:00  
 ヨウ素131、ヨウ素132、セシウム137、セシウム134の濃度はそれぞれ、241、281、60、64ベクレル/m<sup>3</sup>  
 この1時間に乳児が空気2.86m<sup>3</sup>を吸い込むことによって将来受ける放射線量の合計の概算値

- ヨウ素131 :  $0.072 \times 241 \times 2.86 \times 1/24 = 2.07$ マイクロシーベルト・・・(1)
- ヨウ素132 :  $0.0011 \times 281 \times 2.86 \times 1/24 = 0.037$ マイクロシーベルト・・・(2)
- セシウム137 :  $0.11 \times 60 \times 2.86 \times 1/24 = 0.787$ マイクロシーベルト・・・(3)
- セシウム134 :  $0.070 \times 64 \times 2.86 \times 1/24 = 0.534$ マイクロシーベルト・・・(4)

受ける放射線量 = (1) + (2) + (3) + (4) = 3.42マイクロシーベルト/時間

子どもの呼吸率としては、1日当たり、乳児(3ヶ月)で2.86m<sup>3</sup>、幼児(1歳)で5.16m<sup>3</sup>、子ども(5歳)で8.72m<sup>3</sup>、子ども(10歳)で15.3m<sup>3</sup>、子ども(15歳)で20.1m<sup>3</sup>、成人22.2m<sup>3</sup>(ICRP Publ 71)

幼児では5.95、子供では5.77、成人では5.01マイクロシーベルトとなる

# 福島第一原発から北側15km離れた海底の土 1kgあたりから放射性ヨウ素、セシウム

平成23年5月4日

	ベクレル	1m離れた場所で ( $\mu\text{Sv/h}$ )
ヨウ素131	190	0.0000124
セシウム134	1300	0.000324
セシウム137	1400	0.000130

## 5月24日文部科学省発表

5月10～12日採取した宮城，福島，茨城沖9カ所の表層と水深100メートルでの海水に、ヨウ素131，セシウム134及び137の汚染なし。

## 7月8日文科省発表

岩手、宮城両県海底土から1kgあたり24～1380ベクレルの放射性セシウム検出



原発近くは高放射線量。  
短時間でたくさん被曝する  
ので、**危険**。

福島第一原発の  
作業員は時間との  
勝負！



## 福島原発における作業者の線量限度の推移

2011年 3月14日	2011年 11月1日		2011年 12月16日	2012年 4月30日	
250 mSv	新しい 作業者	100 mSv	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉冷却装置機能維持業務</li> <li>放射性物質放出抑制システム業務</li> </ul>	100 mSv	通常時と同じ 5年間100 mSv かつ 年間50 mSv
		専門業務 250 mSv			
	11月1日 より前からの 作業者	250 mSv	専門業務	250 mSv	

J Radiat. Res. 56(3), 413-421, 2015

## 2011年福島第一原発緊急作業者の外部被ばく線量と内部被ばく線量の合算

mSv	3月11日			4月11日			5月11日		
	東電社員	協力企業	計	東電社員	協力企業	計	東電社員	協力企業	計
>250	5	0	5	0	0	0	0	0	0
200～250	1	0	1	0	0	0	0	0	0
150～200	1	0	1	0	0	0	0	0	0
100～150	5	0	5	0	0	0	0	0	0
50～100	36	42	78	0	0	0	0	0	0
20～50	182	78	260	0	2	2	0	0	0
10～20	402	263	665	1	18	19	0	1	1
<10	1,096	1,701	2,727	662	2,966	3,588	282	2,739	3,021
計	1,658	2,084	3,742	623	2,986	3,609	282	2,740	3,022
最大(mSv)	590.0	98.5	590.0	18.8	41.8	41.8	0.2	10.1	10.1
平均(mSv)	12.1	6.4	8.9	0.2	0.6	0.5	0.0	0.1	0.1

東京電力プレスリリース福島第一原子力発電所作業者の被ばく線量の評価状況について

# 原発事故時のヨウ素131 ( $^{131}\text{I}$ )による甲状腺がんからの予防

チェルノブイリ原発事故により多くのヨウ素131が飛散し、子供の甲状腺がんが増えました。甲状腺がんを防ぐためにヨウ化カリウムを服用します。

福島第一原発事故では、ヨウ化カリウムを慌てて服用する必要はありません。

事故当初、ヨウ化カリウムは配布の情報はあまりありませんが、今後は配布されるべきです。

100mgのヨウ化カリウム投与した時の $^{131}\text{I}$ の摂取防止率

投与時期	$^{131}\text{I}$ の摂取防止率
被曝24時間前	約70%
被曝12時間前	約90%
被曝直前	約97%
被曝3時間後	約50%
被曝6時間後	防止できない

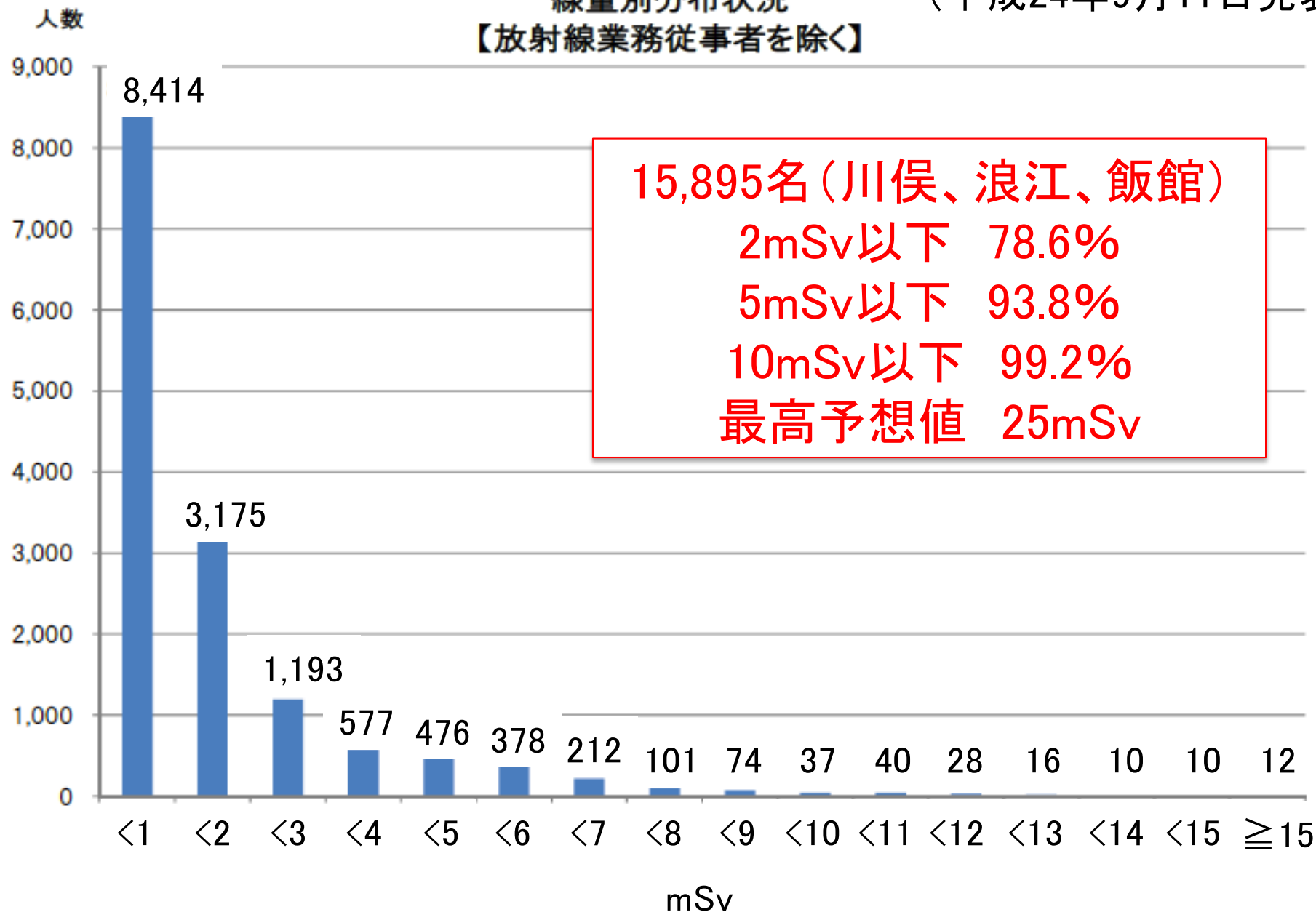
40歳以上も甲状腺がんのリスクが認められるので、服用対象者となる(以前は対象外だった)。特に新生児、乳幼児や妊婦の服用は優先。ヨウ素として100mgを1回服用(原則1回投与。再度被曝の時はもう1回服用する。ただ妊婦は胎児の副作用を考慮して2回目投与は慎重に。投与基準: 甲状腺の被曝線量が50mSv(2011, 6月, IAEA)。甲状腺の被曝線量が50mSv以下の場合は服用しない方が良い。現在ではあらかじめ内服するようになった。

日本人は海藻の摂取量が多いのでどちらかといえば普通でもヨウ素過剰の状態。チェルノブイリ近辺の人は海藻の摂取はほとんど無く、ヨウ素欠乏状態でしたので、放射性ヨウ素の体内被曝が大きくなったともいわれている。

# 基本調査による推計外部被ばく線量評価 (平成23年3月12日～7月11日、福島県HPより)

線量別分布状況  
【放射線業務従事者を除く】

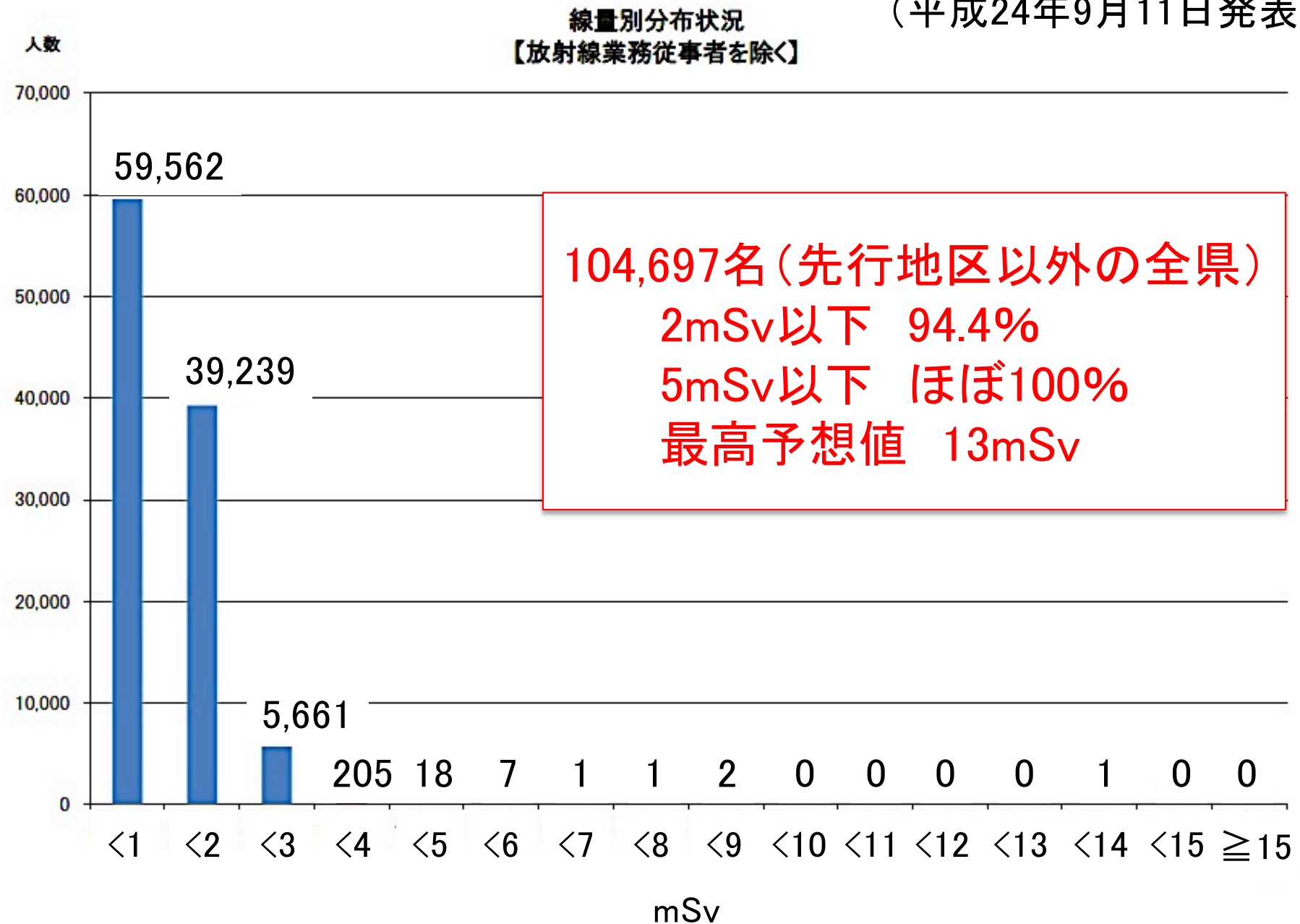
(平成24年9月11日発表)





# 基本調査による推計外部被ばく線量評価 (平成23年3月12日～7月11日、福島県HPより)

(平成24年9月11日発表)



# ホールボディカウンタによる内部被ばく検査の実施結果について

平成25年4月1日

平成25年2月分 検査人数 6,614人  
(18歳以下、妊婦優先)

検査結果 預託実効線量  
1mSv未満 6,614人(全員)

平成23年6月～平成25年2月 検査人数 118,930人

検査結果 預託実効線量  
1mSv未満 118,904人  
1mSv 14人  
2mSv 10人  
3mSv 2人

# 国連科学委員会 報告書案

朝日新聞  
2013年5月27日

原発事故		①米国 スリーマイル島 (1979年)	②旧ソ連・ チェルノブイリ (1986年)	③福島第一 (2011年)
放射性物質の 大気への放出量 (千兆Bq)	I-131	0.0006 ~0.0008	1700	100~500
	Cs-137	なし	86	6~20
甲状腺の被曝線量 (mSv)		0.07 (成人の最高)	50~5000 (一般的な 避難民)	33~66(小児) 8~24(成人) (30 <sup>キ</sup> □圏外の被 曝の多い地区)
影響を受けた地域全体の 住民の甲状腺被曝の集団線 量 (人・Sv)		—	296万7000	9万9000

集団でみた日本国民の総被ばく線量(集団線量)は、  
甲状腺がチェルノブイリ原発事故の約30分の1、全身は約10分の1と推計

## 18歳までの福島県民の甲状腺検査結果

検査実施総数		H23年度		H24年度	
		38,114人		42,060人	
判定結果	判定内容	人数	割合	人数	割合
A	A1 結節や嚢胞を認めなかったもの	24,469	64.2%	23,702	56.3%
	A2 5.0mm以下の結節や20.0mm以下の嚢胞を認めたもの	13,459	35.3%	18,119	43.1%
		99.5%		99.4%	
B	5.1mm以上の結節や20.1mm以下の嚢胞を認めたもの	186	0.5%	239	0.6%
C	甲状腺の状態から判断して、直ちに二次検査を要するもの	0	0%	0	0%

A判定はあくまでも正常。甲状腺がん発症は被曝から5年後以降。継続的検査は必要。

3-18歳までの弘前市、甲府市、長崎市の甲状腺検査結果  
 実施期間：平成24年11月～平成25年3月 平成25年3月29日環境省

検査実施総数		弘前市			甲府市			長崎市		
		1,630人			1,366人			1,361人		
判定結果		人数	割合		人数	割合		人数	割合	
		A	A1	670		41.1%	98.7%		403	29.5%
	A2	939	57.6%	948	69.4%	582		42.5%		
	B	21	1.3%		15	1.1%		8	0.6%	
	C	0	0%		0	0%		0	0%	

福島県民と有意な差が見られない

# いわき市・川俣町・飯館村の子供1080名の甲状腺の被ばく線量推定 現地災害対策本部実地(第67回原子力安全委員会資料より)

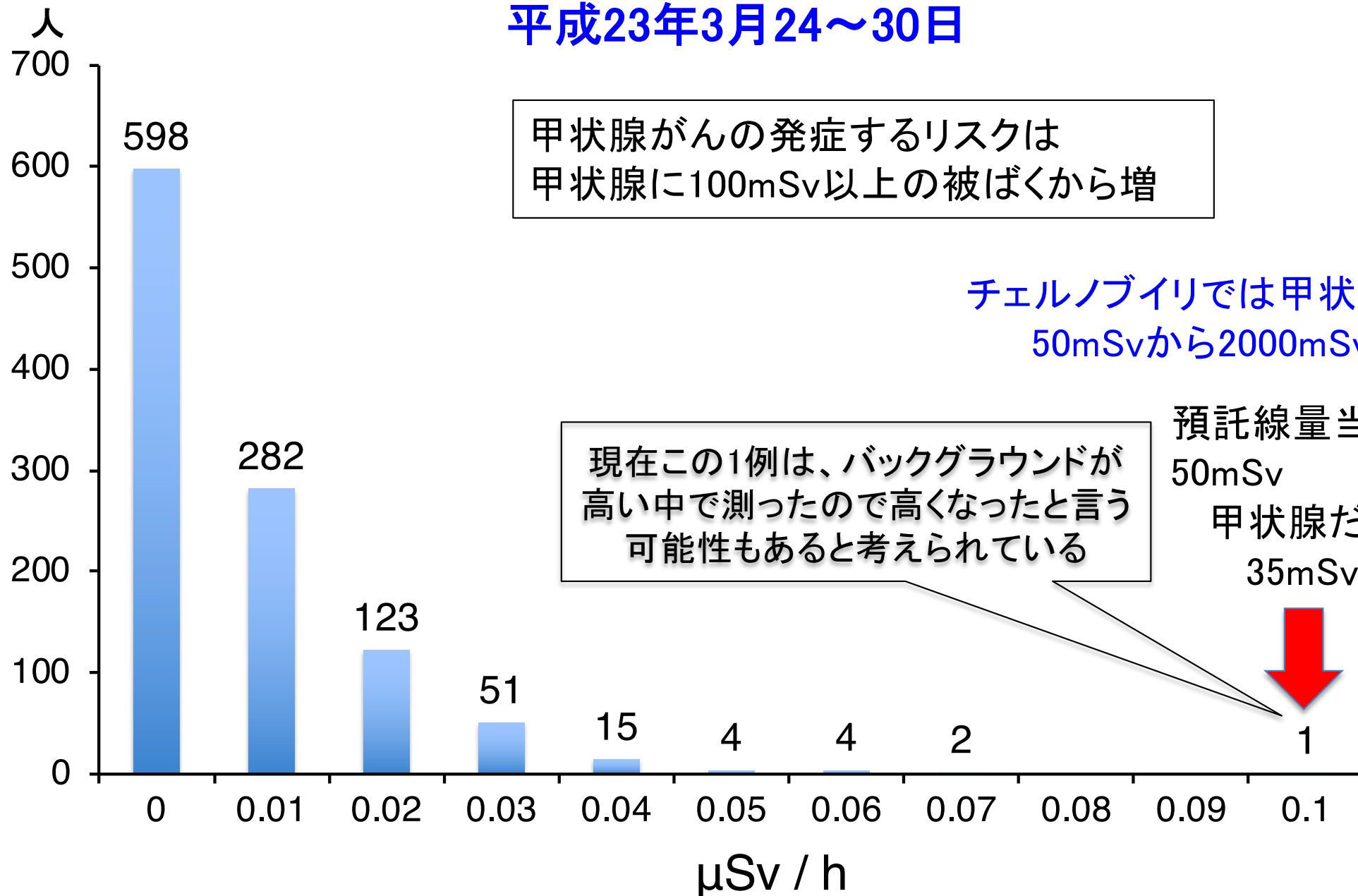
平成23年3月24~30日

甲状腺がんの発症するリスクは  
甲状腺に100mSv以上の被ばくから増

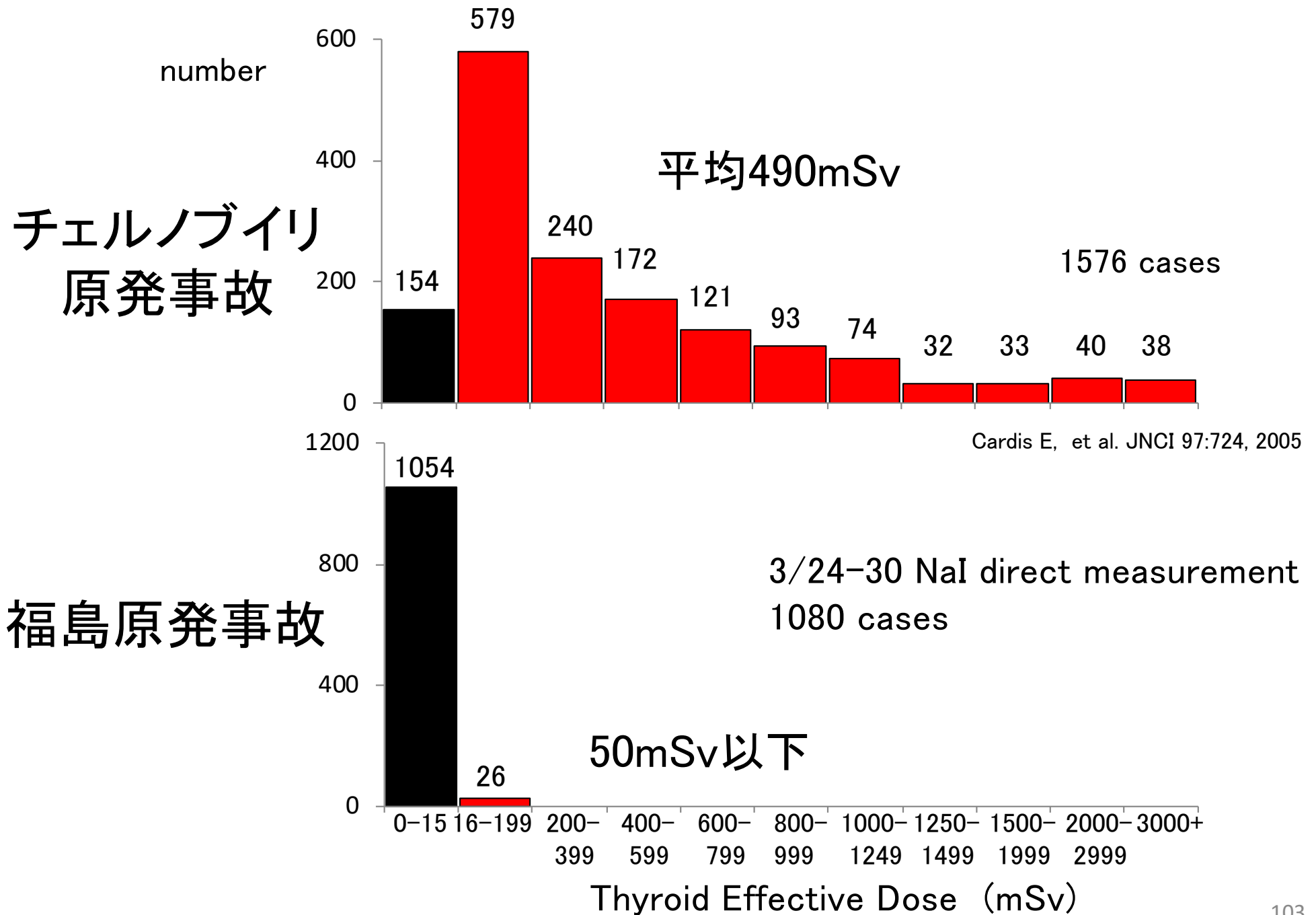
チェルノブイリでは甲状腺に  
50mSvから2000mSv

現在この1例は、バックグラウンドが  
高い中で測ったので高くなったと言う  
可能性もあると考えられている

預託線量当量  
50mSv  
甲状腺だと  
35mSv



# 甲状腺組織等価線量：チェルノブイリと福島と比較



# 福島県民健康調査の甲状腺がん、疑いの発生率

H23年度：15/47,768人 ⇒ 100万人当たり314人

H24年度：**56**/161,137人 ⇒ 100万人当たり348人

H25年度：42/158,788人 ⇒ 100万人当たり265人

H26年度：25/149,065人 ⇒ 100万人当たり168人

**有意な増加はない**

2015/8/31（平成23年度から26年度まで）

細胞採取で**138人**が「悪性ないし悪性の疑い」

**105人**が手術

- 摘出後の検査の結果

101人が甲状腺がんの中の乳頭がん

3人が「低分化がん疑い」

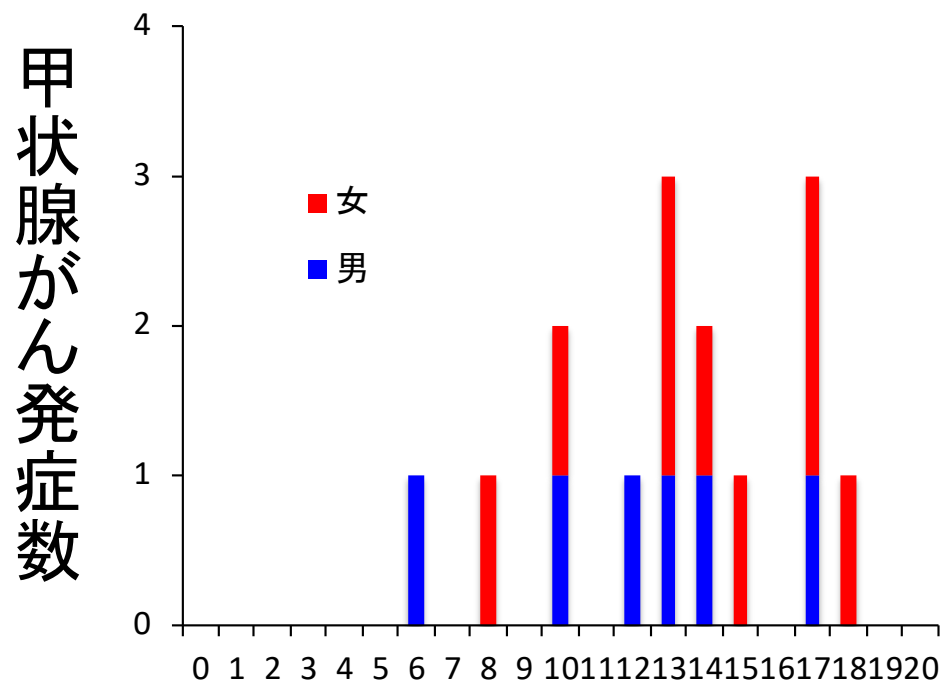
1人が良性結節



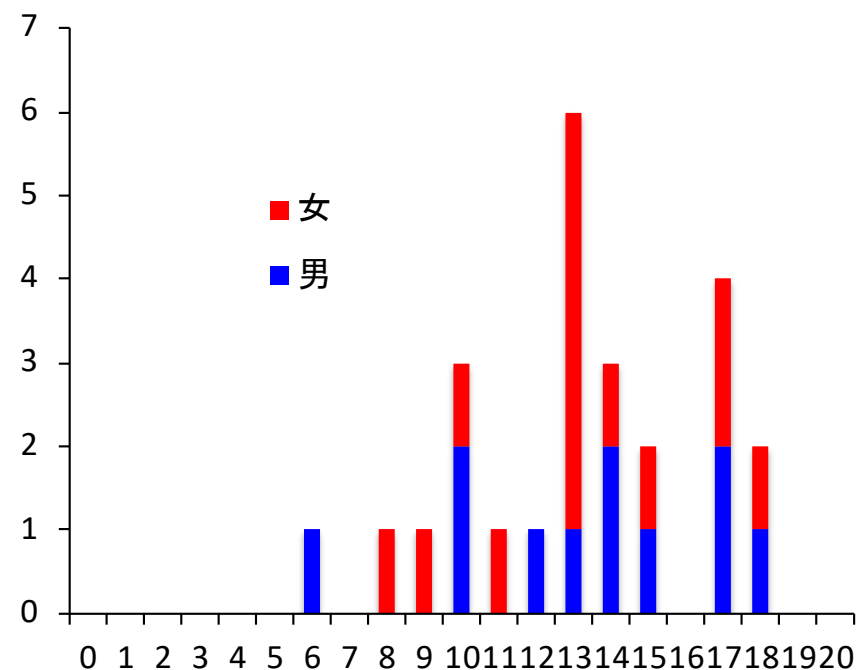
小児甲状腺がん 発生率	分 子	分 母
<p>診断・報告された 小児の甲状腺がん 発生率</p> <p>100万当たり〇人</p>	<p>“甲状腺腫大”や “しこり”などの訴え で病院を受診し、精 密検査で甲状腺が んと診断・報告され た数(診断されても 未報告例もある可 能性がある)</p>	<p>その年代の子どもの人 口数</p> <p><b>超音波検査を 受けていない</b></p> <p>0～18歳：約2,100万人</p>
<p>福島県民健康調査 超音波検査で発見 された甲状腺がん あるいは悪性疑い の発生率</p>	<p>訴えがなくても、超音 波検査で発見された 甲状腺がんあるいは 悪性疑い。</p>	<p><b>超音波検査を 受けた人数</b></p> <p>第15回県民健康調査 約29万人</p>

広島赤十字・原爆病院 小児科 西 美和(よしかず)先生 スライド引用

平成26年度実施対象市町村  
 (平成26年4月2から検査開始  
 平成26年3月31日現在)

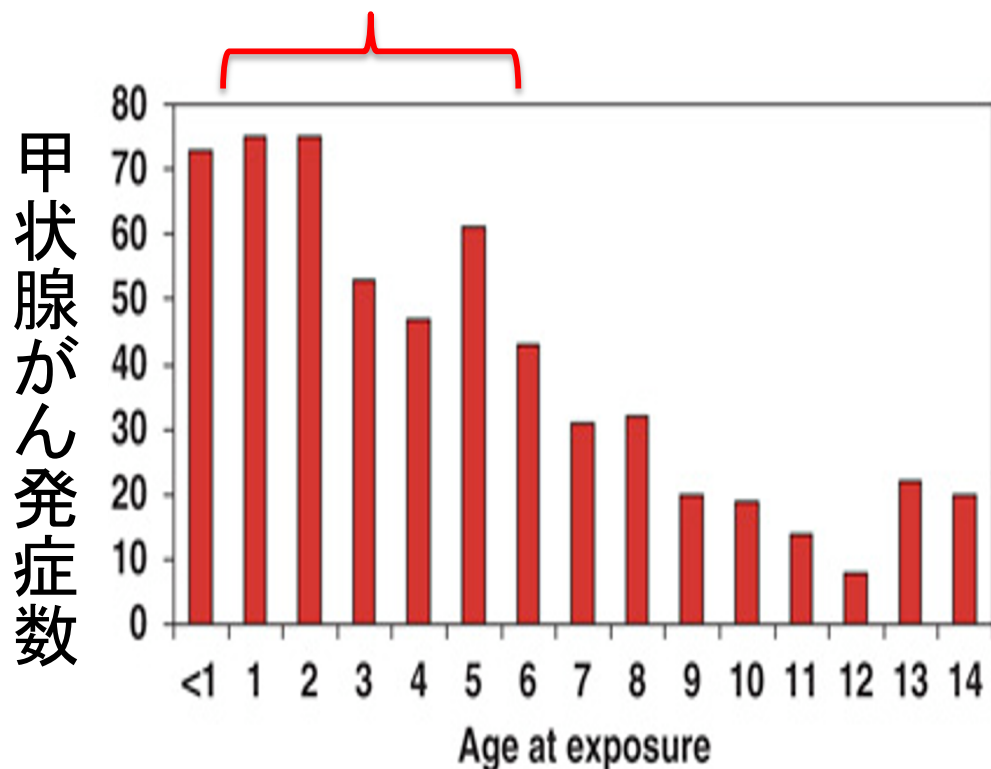


平成26年度実施対象市町村  
 (平成26年4月2から検査開始  
 平成27年6月30日現在)



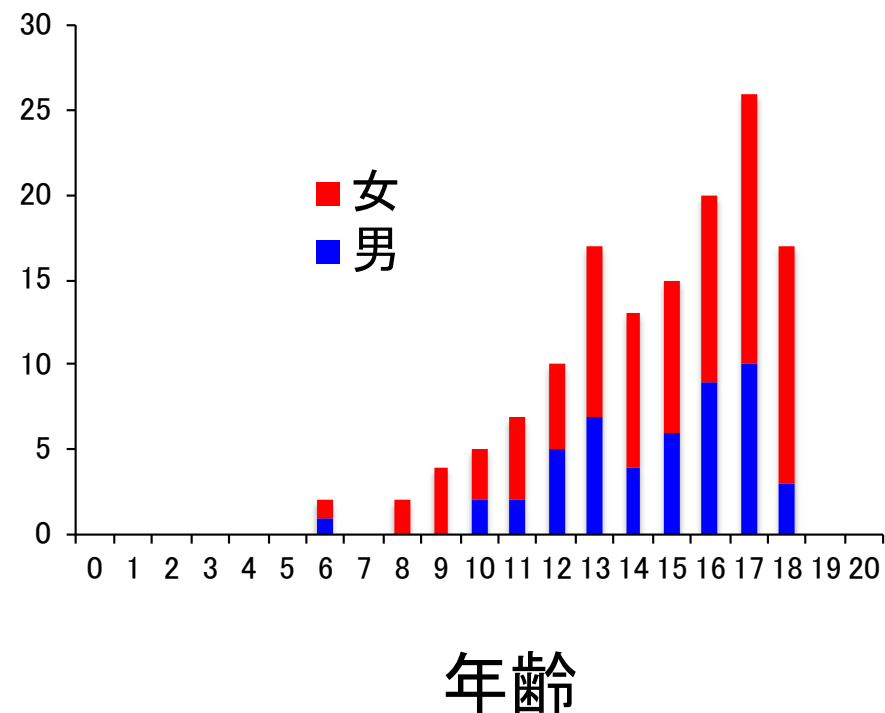
平成23年3月11日時点の年齢による分布

## 0 - 5歳がハイリスクグループ



Age at exposure and occurrence of **thyroid cancer**. All childhood cases observed in **Belarus** between **1987 and 1997**. The slight increase in the oldest children could reflect the baseline incidence (Demidchik EP. et al, (2002); International Congress Series 1234: 69-75. Invited paper in *Chernobyl: Message for the 21<sup>st</sup> Century* (Yamashita S et al ed))

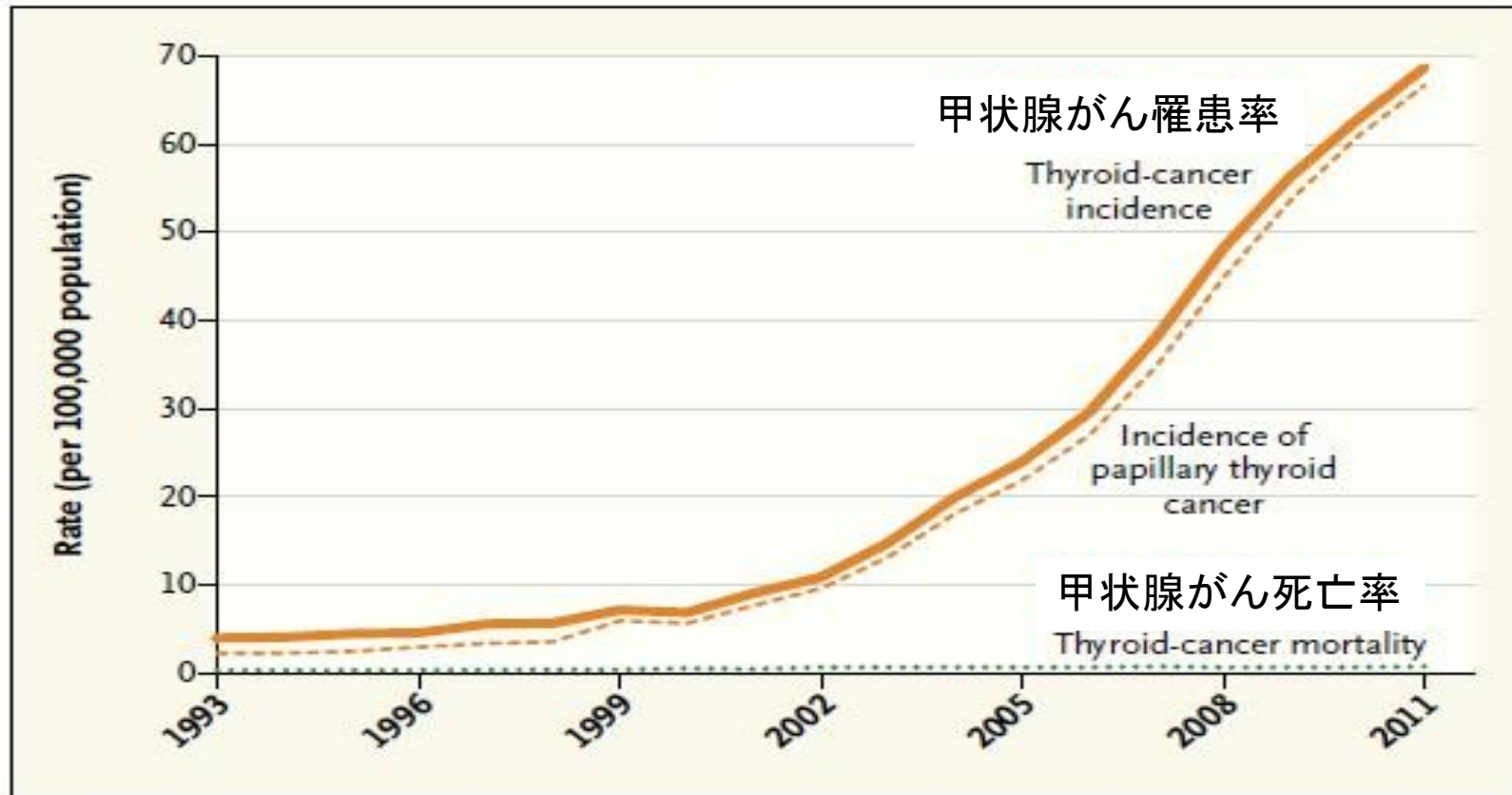
## 福島県民甲状腺がん発生数の年齢別分布 (平成23年3月の年齢として)



平成27年6月30日までの調査

(平成27年8月31日報告から改編)  
先行調査及び本格調査を含む138名

図1: 韓国における甲状腺がんの罹患率と死亡率



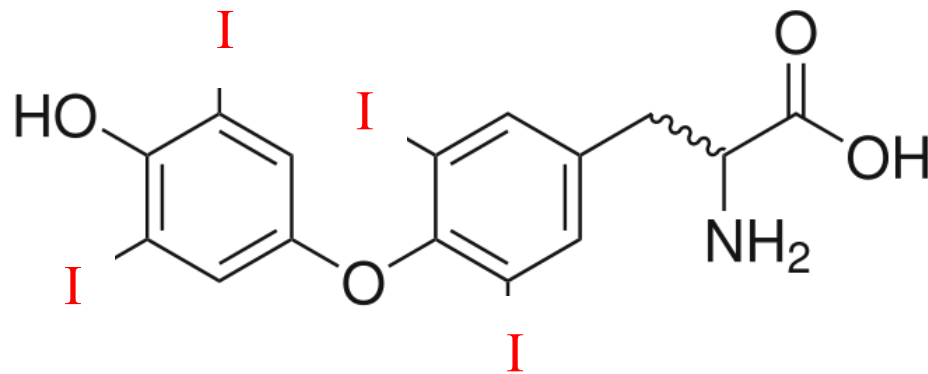
Thyroid-Cancer Incidence and Related Mortality in South Korea, 1993–2011.

甲状腺検査することによって甲状腺がんがたくさん見つかりましたが、甲状腺がんによる死亡率は変化しませんでした。

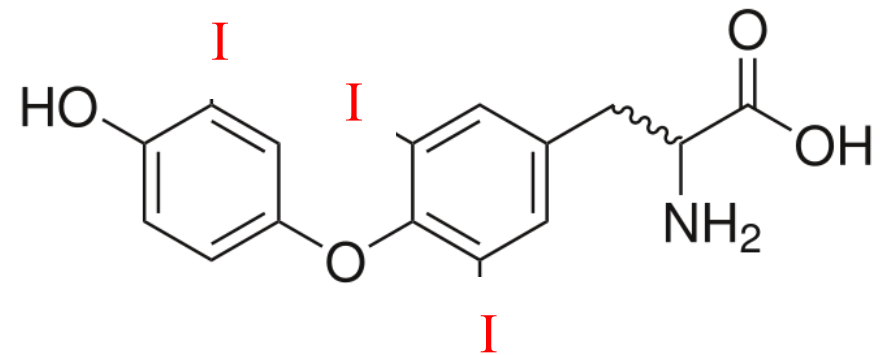
Ahn HS et al., N Engl J Med. 2014 Nov 6;371(19):1765-7より引用

甲状腺ホルモン(T4、T3)が作られるのにヨウ素が必要。  
 ヨウ素は成人の体内に約25mgあり、1日摂取量約1.5mg必要。

T4: サイロキシシン



T3: トリヨードサイロキニン



非放射性ヨウ素と放射性ヨウ素は競合するので、  
 事前に非放射性ヨウ素を内服しておく。

原発従事者の内服方法

初回	2日目	3日目	4日目	5日目
2錠 100mg	1錠 50mg	1錠	1錠	1錠

2日休日

初回	2日目	3日目	4日目	5日目
2錠	1錠	1錠	1錠	1錠

最大14日間

## ヨウ化カリウムの副作用

### 1. ヨウ素過敏症

服用直後から数時間後の発症。発熱、関節痛、浮腫、蕁麻疹様皮疹、**ショック**

### 2. 甲状腺機能異常症

甲状腺機能亢進症や低下症あるいは慢性甲状腺炎で内服するとそれぞれ悪化する。

### 3. 肺結核者は再燃するおそれあり。

### 4. 薬疹(ヨウ素にきび)、耳下腺炎(ヨウ素おたふく)、鼻炎はきわめてまれ。

### 5. 嘔吐, 下痢の胃腸症状が認められることがある。

### 6. 腎不全, 先天性筋強直症, **高カリウム**血症を有するものでは、悪化することあり。

### 7. 健康者が長期内服すると一過性の**甲状腺過形成**や**機能低下**が生じる。

### 8. 併用注意:**ACE阻害剤、アンギオテンシン受容体拮抗薬、カリウム保持性利尿薬、リチウム薬**

チェルノブイリと東電福島第一原発事故の違い

	チェルノブイリ 1986年4月26日	東電福島第一 2011年3月11日
原子炉	黒鉛減速沸騰軽水圧力管型	沸騰水型
格納容器	なし	あり
初動状態	制御棒抜いたまま	制御棒挿入された
放射性物質排出量	520万TBq	57万TBq
爆発後発表	3日間発表せず 大統領公式発表は1週間後	即日
事故直後空間線量最高値	3306 $\mu$ Sv/h	170 $\mu$ Sv/h
放射性ヨウ素を含む牛乳	出回る	出回っていない
放射性ヨウ素による 被曝線量	50-100mSvから2千mSv	0.01から0.1 $\mu$ Sv/h* (1080人のうち45%)
甲状腺がん	6848人 (事故当時18歳未満)	?
甲状腺がんによる死者	15人(0.22%)	?

\*2011年3月24～30日:いわき市と川俣町、飯舘村で0～15歳の子どもを対象に実施  
99%は0.04  $\mu$  Sv/h以下。最高値0.1  $\mu$  Sv/hは1歳児、預託線量として50mSv 原子力安全委員会

## チェルノブイリ原発で急性放射線症 で入院した人の被曝結果

患者数	集団推定線量 (Gy)	死者数
21	6-16	20
21	4-6	7
55	2-4	1
計 97		28

【出典】OECD/NEA(編):チェルノブイリから10年—放射線・健康影響—  
原子力資料No.289, 日本原子力産業会議(1996年7月)、p44

**UNSCEARの報告では、最高13.7Svの被曝**

チェルノブイリ事故25年ロシアにおけるその影響と後遺症の克服  
についての総括および展望1986—2011より、最終章『結論』  
2011年までにさらに22人が死亡



# 1986年4月チェルノブイリ原発事故後の妊婦墮胎例

1. **キエフ市民**: 死の灰を浴びたので、ある妊婦は胎児影響を心配



死の灰:  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$

ハンガリーで放射能検査

甲状腺には高い値、胎児影響はないレベル



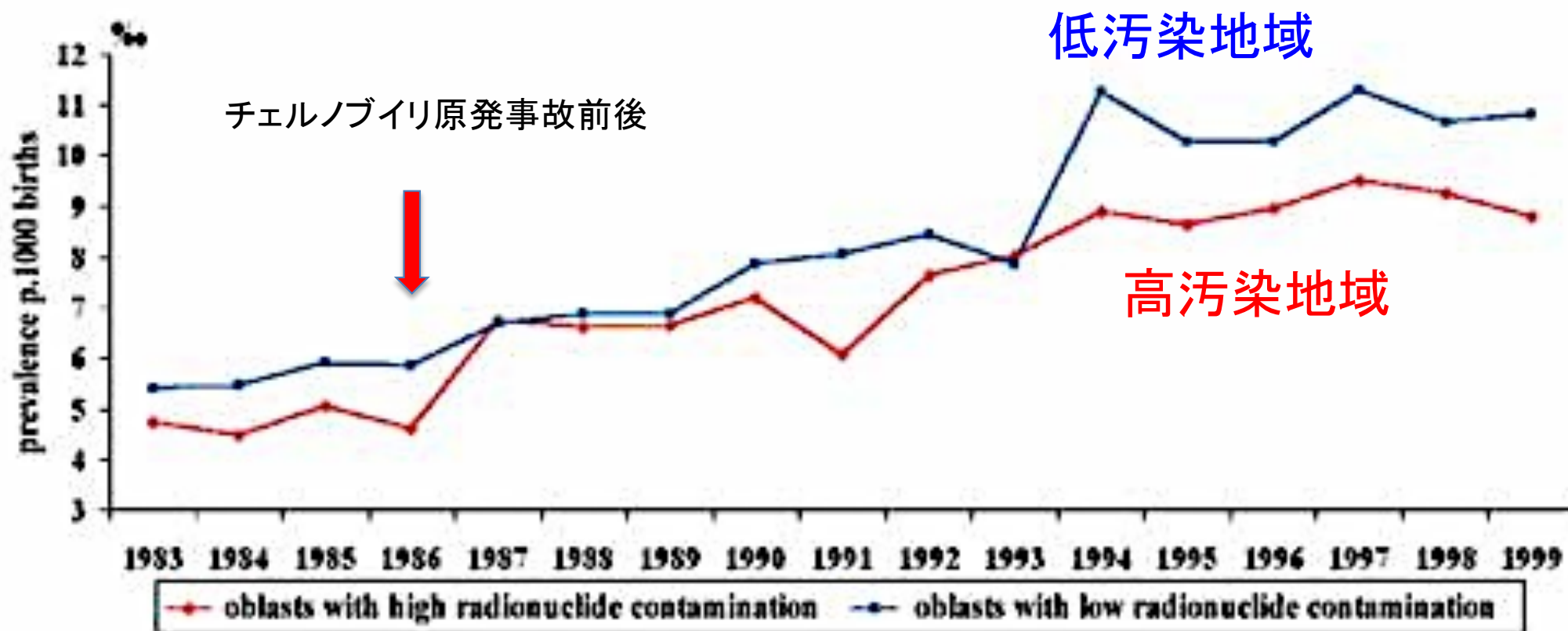
にもかかわらず

中絶

2. **ハンガリー**: 1986年5-6月早産の割合が**10.7%**に増加  
それ以外の月は平均**9.75%**  
ハンガリーでのその時の被曝は**0.1mSv/月**  
母親の放射線に対する恐怖心が胎児に影響
3. **ギリシャ**: 墮胎例数千件、1986年の被曝量**0.6mSv/年**  
(Brit Med J, 295,1100, 1987)
4. **全欧州**: 胎児の奇形を恐れて**10万人以上の母親が墮胎した**  
被曝量は**0.001 - 2mSv/年** (J Nucl Med, 28: 933-42, 1987)

日本でこんなことが起こらないように祈ります！

# チェルノブイリ原発事故前後のベラルーシにおける胎児奇形発生率の推移



The Chernobyl Forum: 2003-2005の報告書の20ページ

高汚染地域でも低汚染地域でも胎児奇形発生率は変わらない

# チェルノブイリ事故による死亡者数の推定

国際がん研究機関(IARC、世界保健機関(WHO)の付属組織)のCardisらによる推定(事故後80年間の過剰死亡数)

1. 緊急の事故処理に当たった作業者  
チェルノブイリ原子力発電所から30km圏内に居住し事故後避難した避難民  
避難はしなかったが旧ソ連の高度汚染地域に居住していた人  
計約60万人を対象  
事故により増加するがん死亡は約4000人と推定 0.67%
2. 旧ソ連の(高度汚染地域を除いた)汚染地域の居住者を含めて  
約740万人を対象  
事故により増加するがん死亡は約9000人と推定 0.12%
3. 最近の報告では、推定対象をヨーロッパ全体5.7億人に広げた場合  
過剰死亡の数は約16,000人と予測されている 0.003%

(1)E.Cardis, et al.: Estimated long term health effects of the Chernobyl accidents., Proceedings of the International Conference, One decade after Chernobyl, Summing up the Consequence of the Accident, Vienna(1996), p.241-279

(2)E.Cardis, et al.: The Cancer Burden from Chernobyl in Europe(2006年4月), <http://www.iarc.fr/chernobyl/briefing.php>

# 除染の効果

東京某学校グラウンド地表表面

0.35  $\mu$ Sv / h

3 mSv / 年



除染



0.11  $\mu$ Sv / h

1 mSv / 年

除染費用 300万円

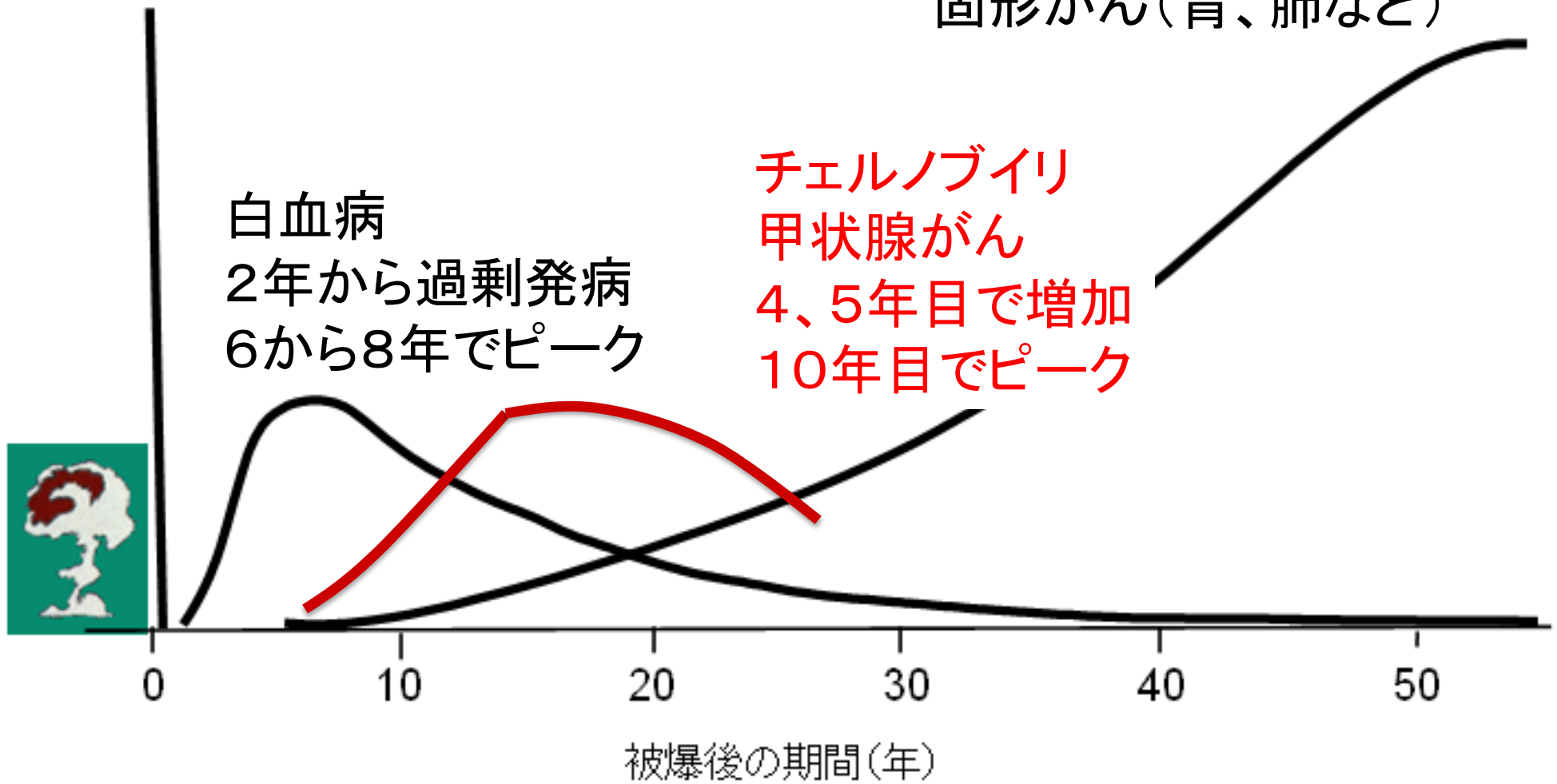
**UNSCEAR報告書(2014年4月2日)**  
**(原子放射線の影響に関する国連科学委員会)**

**「2011年東日本大震災後の原子力事故による  
放射線被ばくのレベルとその影響」**

**福島での被ばくによるがんの増加は予想されない**

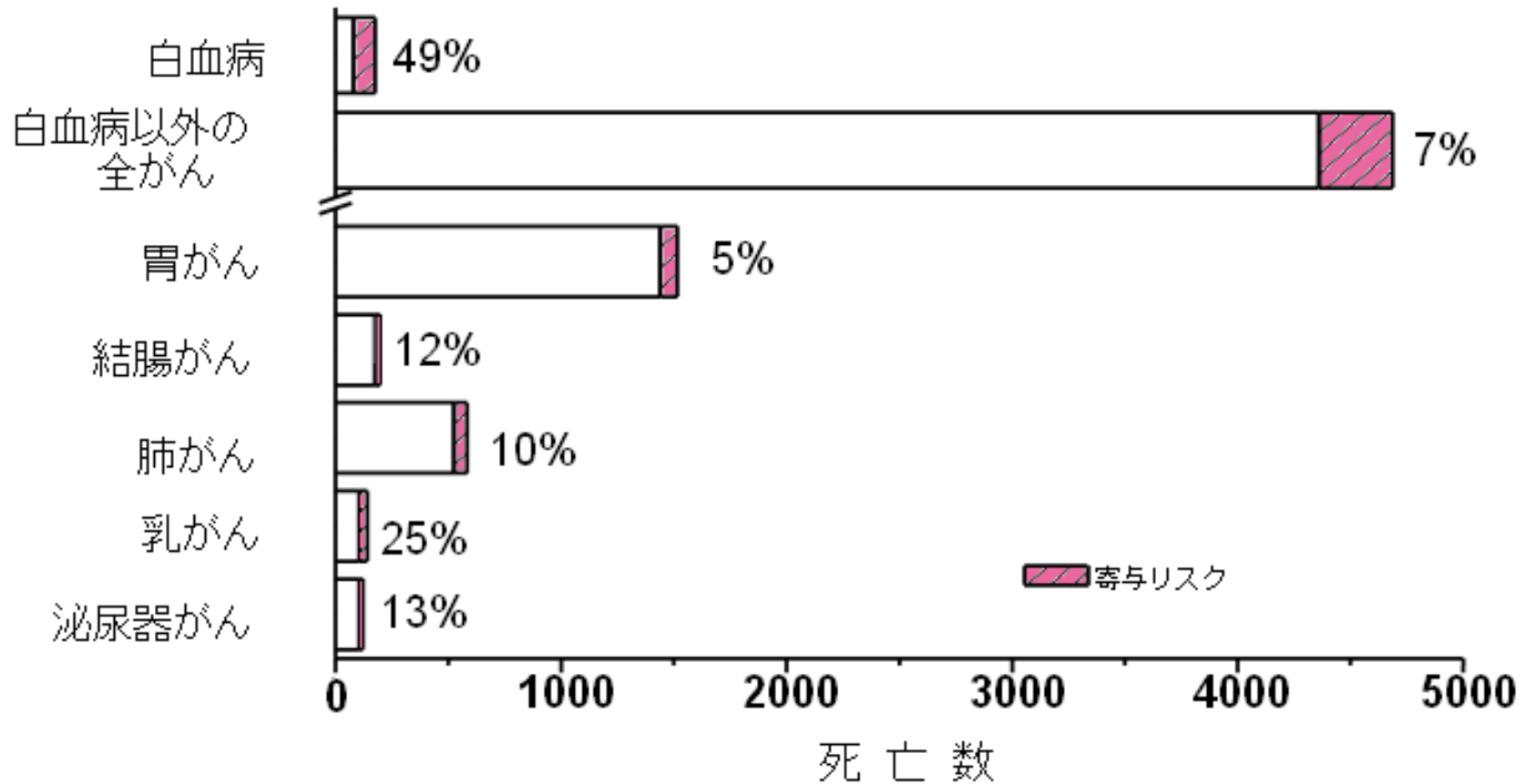
# 原爆被爆者など その他の放射線の影響

固形がん(胃、肺など)



原爆放射線誘発がん発生の時間的経過(模式図)

原爆投下の翌日に爆心地に入り1週間作業をした人の被曝線量は、  
 広島で約0.1Gy、長崎で0.3~0.4Gyと推定されている。  
 約5万人が爆心地からおおよそ2.5km以内で0.005SV以上の放射線量に被曝



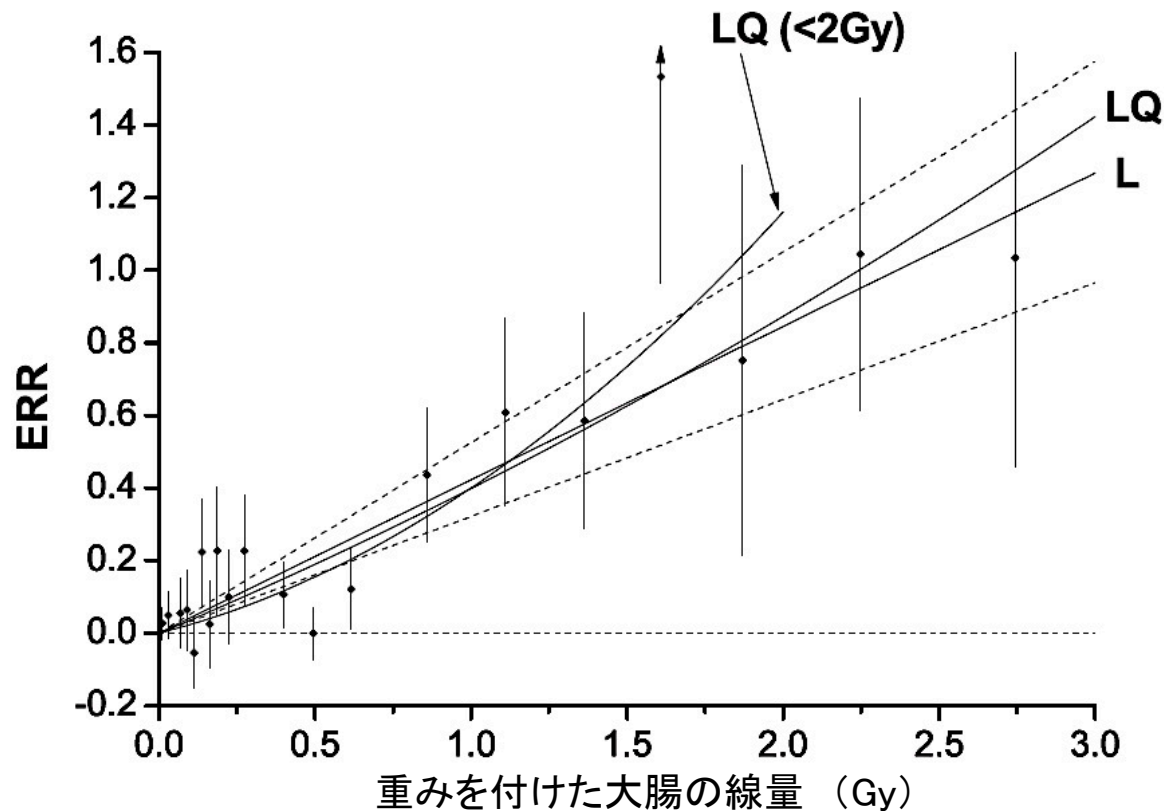
原爆被爆者: 被ばく線量が5mSv以上の被ばく者 (平均被ばく線量 200mSv)

図2 原爆被爆者におけるがん死亡者中の放射線に起因する割合(寄与リスク)

[出典] Pierce DA, Shimizu Y, Preston DL, Vaeth M, Mabuchi K: Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, Part 1. Cancer: 1950-1990. Radiation Research, 146, 1-27, 1996.



## 原爆被爆者の放射線被曝と固形がんの過剰リスク



121

放影研報告書(RR4-11)

原爆被爆者の死亡率に関する研究第14報 1950-2003年:がんおよびがん以外の疾患の概要  
Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors, Report 14, 1950-2003: An Overview of  
Cancer and Noncancer Diseases. Radiat. Res. 177, 229-243 (2012)

報告書では難解な表現をし、真意が伝わっていない。直接著者に電話で回答を得た。

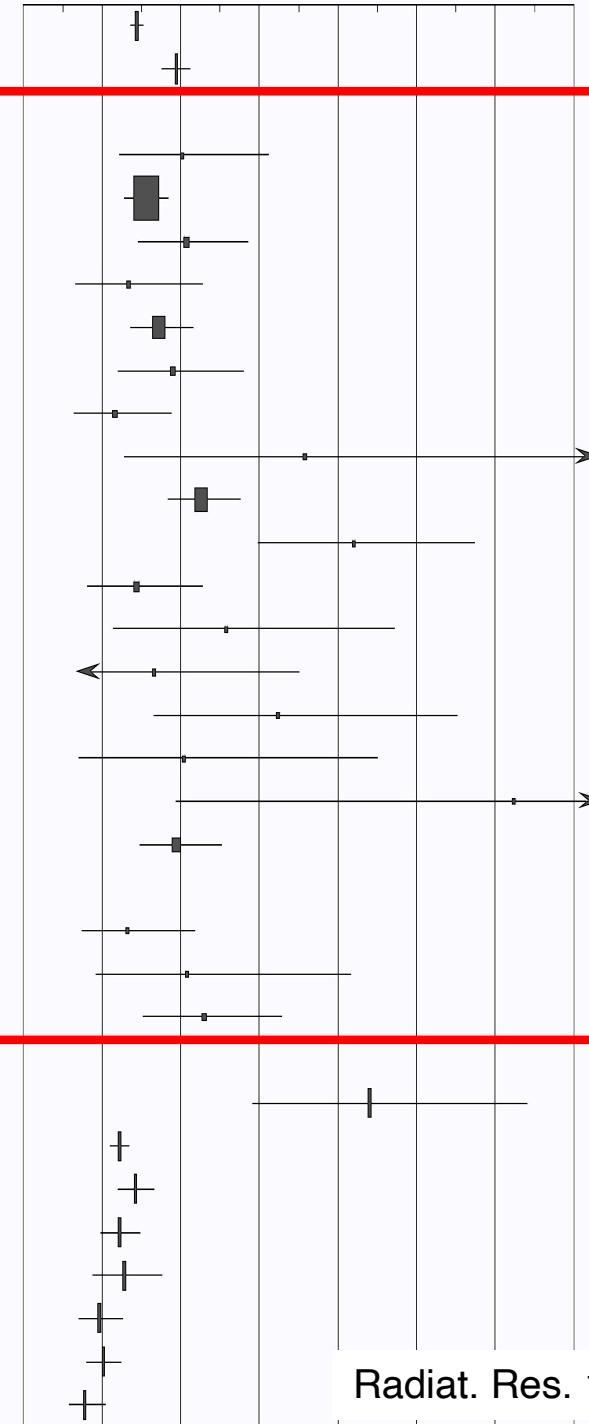
1. 「ゼロ線量が最良の閾値推定であった。」とあるが、これはあくまでも統計学上である。
2. 「全固形がんについて過剰相対危険度が有意となる最小推定線量範囲は0—0.2Gyであり、定型的な線量閾値解析では閾値は認められなかった」とは、「200mSv未満は有意差がない」と意味である。

これまで100mSv未満は有意差がない、つまり放射線影響がないと考えられていた。今回、研究年数および対象数が増えた上で、有意差がみられる線量が低い線量へ移行したのではなく200mSvまで増えたということは、100mSv未満では影響がないという証明になると、コメントを得ている。

全てのケース  
固形がん

Cancers of Specific sites<sup>c</sup>

Esophagus	0.51 (0.11, 1.06)	339
Stomach	0.28 (0.14, 0.42)	3,125
Colon	0.54 (0.23, 0.93)	621
直腸 Rectum	0.17 (-0.17, 0.64)	427
Liver	0.36 (0.18, 0.58)	1,519
Gallbladder	0.45 (0.10, 0.90)	419
膵臓 Pancreas	0.08 (-0.18, 0.44)	513
Other digestive system	1.29 (0.14, 3.25)	84
Lung	0.63 (0.42, 0.88)	1,558
Breast	1.60 (0.99, 2.37)	324
子宮 Uterus	0.22 (-0.09, 0.64)	547
Ovary	0.79 (0.07, 1.86)	157
前立腺 Prostate	0.33 (NA <sup>e</sup> , 1.25)	130
Bladder	1.12 (0.33, 2.26)	183
腎臓 Kidney parenchyma	0.52 (-0.15, 1.75)	80
腎盂から尿管 Renal pelvis and ureter	2.62 (0.47, 7.25)	33
Other solid cancer	0.47 (0.24, 0.76)	864
Lymphoid and hematopoietic malignancies <sup>c, d</sup>		
Malignant lymphoma	0.16 (-0.13, 0.59)	284
Multiple myeloma	0.54 (-0.04, 1.58)	93
Other neoplasms <sup>c</sup>	0.65 (0.26, 1.14)	518



がん

原爆被爆者と  
対照群と差が  
ないがん

腎臓  
腎盂から尿管

がん以外

循環器  
呼吸器  
消化管

Non-neoplastic diseases and other causes

Blood diseases	1.70 (0.96, 2.70)	238
循環器 Circulatory diseases	0.11 (0.05, 0.17)	19,054
呼吸器 Respiratory diseases	0.21 (0.10, 0.33)	5,119
消化管 Digestive diseases	0.11 (-0.01, 0.24)	3,394
Genitourinary diseases	0.14 (-0.06, 0.38)	1,309
Infectious diseases	-0.02 (-0.15, 0.13)	1,962
Other diseases	0.01 (-0.1, 0.12)	4,847
External causes	-0.11 (-0.21, 0.02)	2,432

## 原爆被曝の年代とがん死亡の相対リスク表

被曝時	男性			女性		
	5-500mSv	0.5-1Sv	1-4Sv	5-500mSv	0.5-1Sv	1-4Sv
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

5-500mSvでがんのリスクは上昇していない。

Preston et al, Radiat Res 168: 1-64, 2007

# 原爆被爆者における甲状腺癌

甲状腺線量 (mSv)	平均線量 (mSv)	対象	患者	Odds Ratio
<5 mSv		755	33	1
5-100 mSv	32	936	36	0.85
100-500 mSv	241	445	22	1.12
500< mSv	1237	236	15	1.44

甲状腺がんが増加するの100-500mSvの集団から

Y. Hayashi et.al. **Cancer** 116 (7): 1646-1655, 2010.

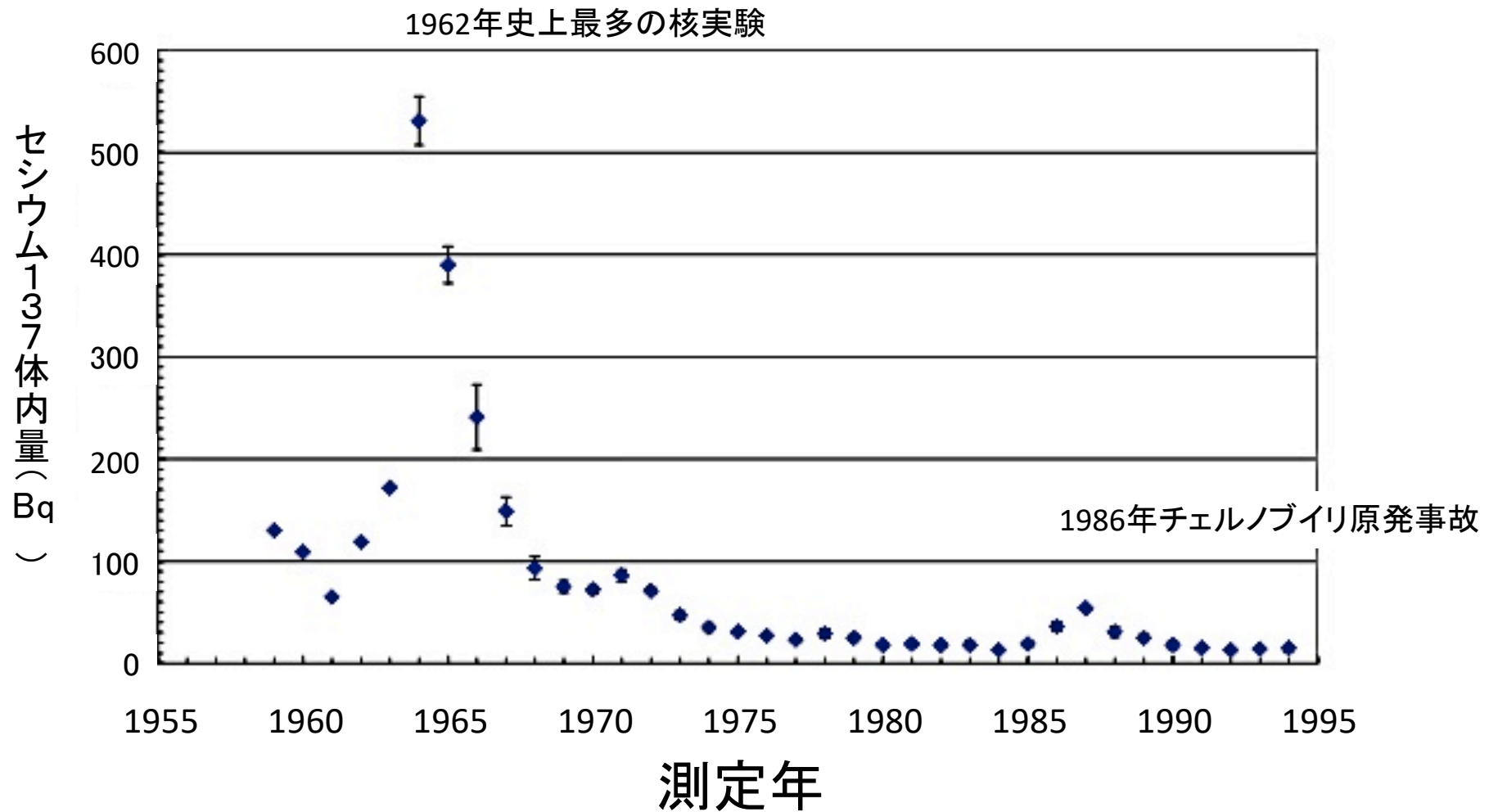
# 0歳から95歳の408名の検死解剖(甲状腺疾患以外)における甲状腺微小乳頭癌(OPC)と線維性硬化性結節(FSN)の割合

Age group (yr)	All cases			Cases with OPC			Cases with FSN		
	M	F	Total	M	F	Total	M	F	Total
<10	2	1	3	0	0	0	0	0	0
11-20	4	3	7	1	0	1 (14.3%)	0	0	0
21-30	5	7	12	1*	0	1 (8.3%)	0	0	0
31-40	11	12	23	0	2*	2 (8.7%)	1	0	1 (4.3%)
41-50	31	13	44	1	2	3 (6.8%)	1	1	2 (4.5%)
51-60	57	25	82	7*	4*	11 (13.4%)	0	4	4 (4.9%)
61-70	68	44	112	10*	5*	15 (13.4%)	2	5*	7 (6.3%)
71-80	55	44	99	4*	6*	10 (10.1%)	5	5	10 (10.1%)
81-90	14	11	25	2*	1	3 (12.0%)	0	2	2 (8.0%)
91<	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Total	247	161	<b>408</b>	26	20	46 <b>(11.3%)</b>	9	17	26 <b>(6.4%)</b>

徳島大学: 1981年から1987年の調査

Cancer 65 : 1173-1179, 1990

\*Fifteen cases had multiple foci of OPC or FSN.

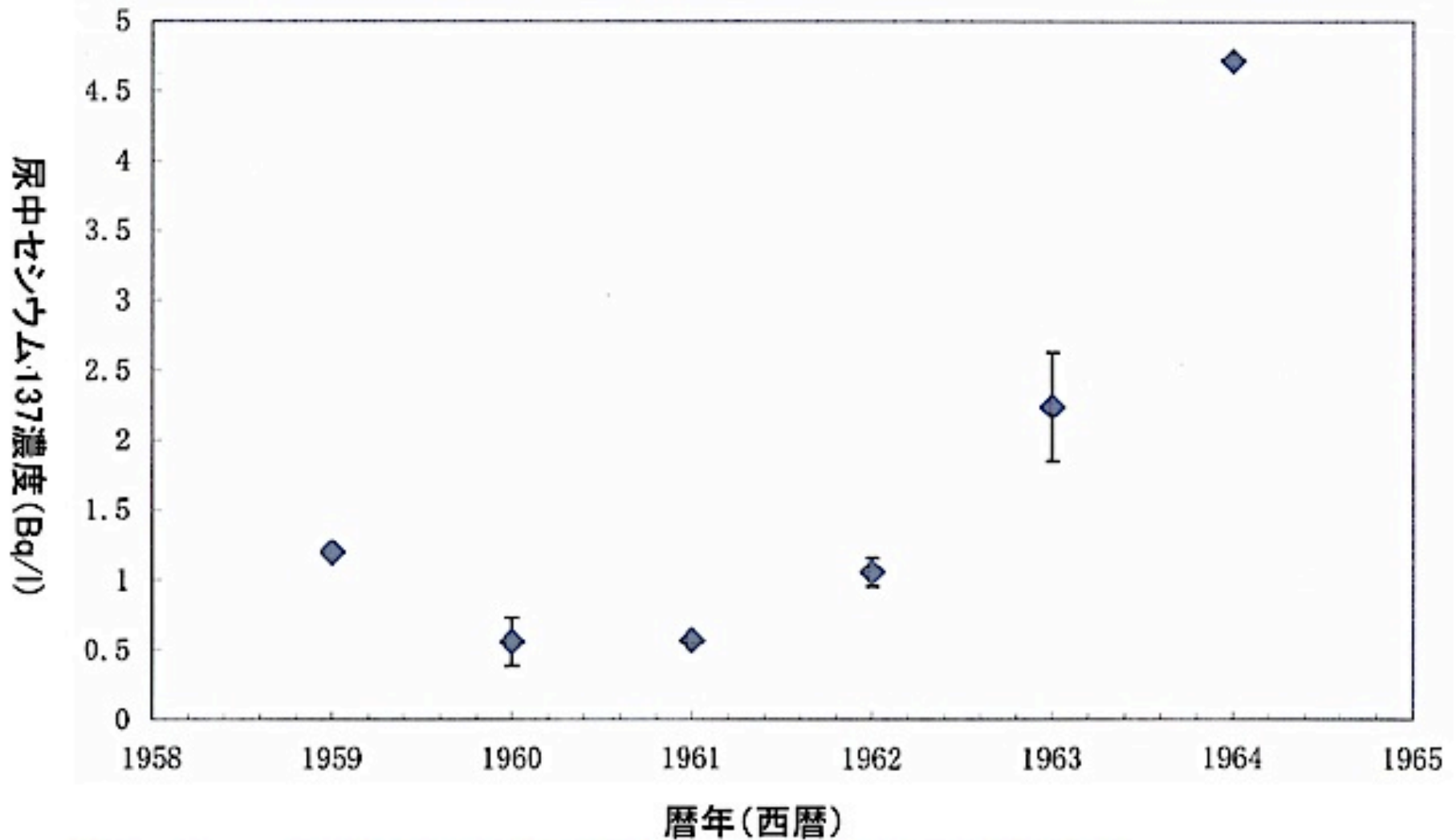


## 日本人成人男子群のセシウム137体内量の推移

出典: Health Physics 71, 322 (1996)

大まかであるが、体内から検出された1Bqのセシウム137は、年間被曝量として $0.0359 \mu\text{Sv}$ と計算される。1964年での年間被曝量は約 $19 \mu\text{Sv}$ となります。

放射線医学総合研究所 稲葉次郎先生試算



## 日本人中学生尿のセシウム137の濃度の推移 (1959～1964年)

出典: Journal of Radiation Research (1962), Survey Data in Japan(1964), ibid (1965)

1日の排泄量が1Bqだと、簡単化するため排泄は全て尿によると仮定すると、体内量82.27Bq。約2.95  $\mu$  Svの被曝となります。1964年は約14  $\mu$  Sv。

放射線医学総合研究所 稲葉次郎先生試算

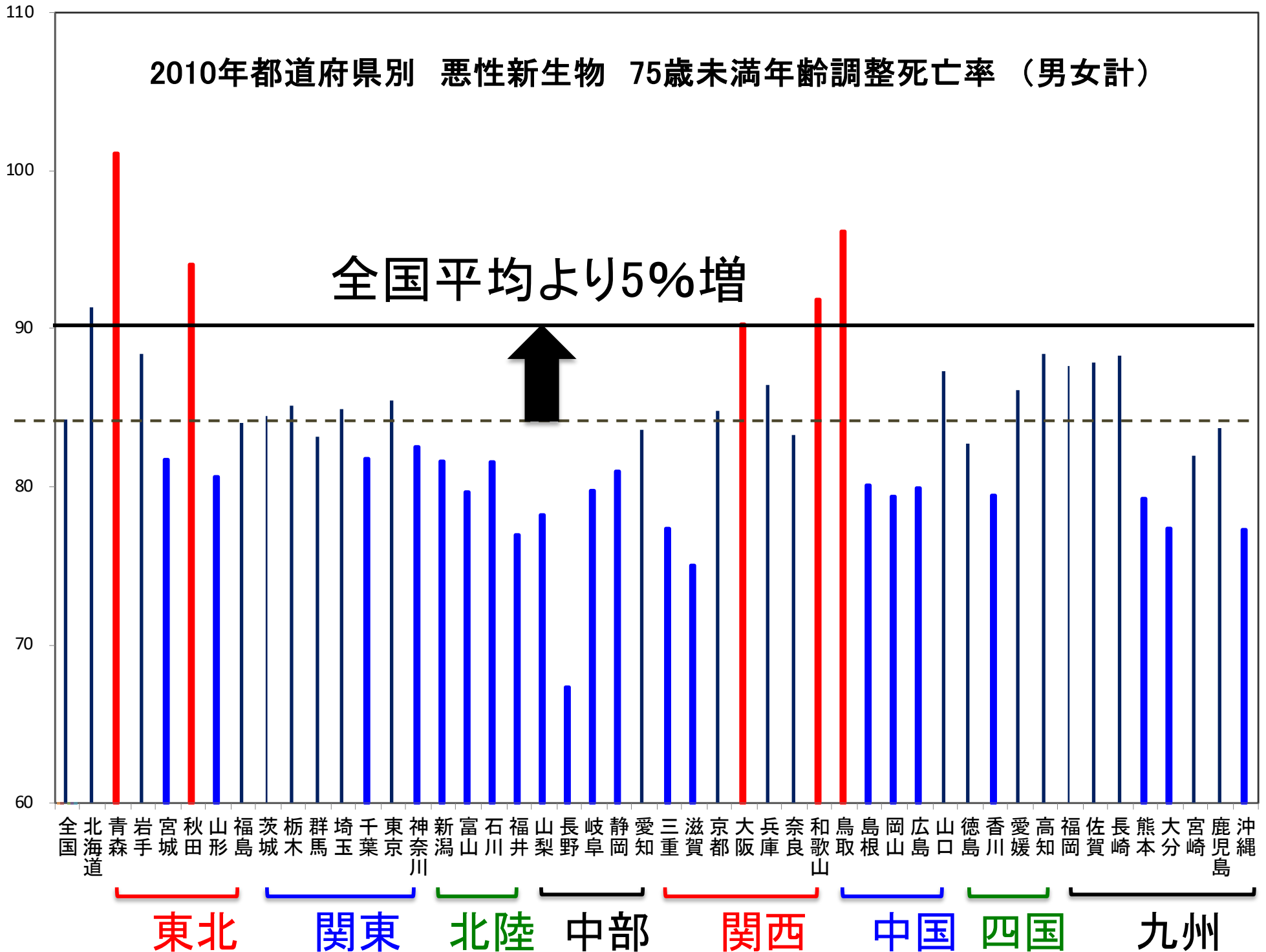
# 放射線リスクマネジメント リスクコミュニケーション



# 放射線とがんのリスクについて

がんの 相対リスク	生涯被曝線量 (mSv)	項目(全部位)
1.50～2.49	1000～2000	喫煙者(1.6) 大量飲酒(450g以上/週)(1.6)
1.30～1.49	500～1000	大量飲酒(300～449g/週)(1.4) (参考:ビール500mlで20g 焼酎1.8Lで360g、日本酒1.8Lで216g)
1.10～1.29	200～500	肥満(BMI $\geq$ 30)(1.22) やせ(BMI<19)(1.29) 運動不足(1.15～1.19) 高塩分食品(1.11～1.15)
1.01～1.09	100～200	野菜不足(1.06) 受動喫煙<非喫煙女性>(1.02～1.03)
検出不可	100未満	

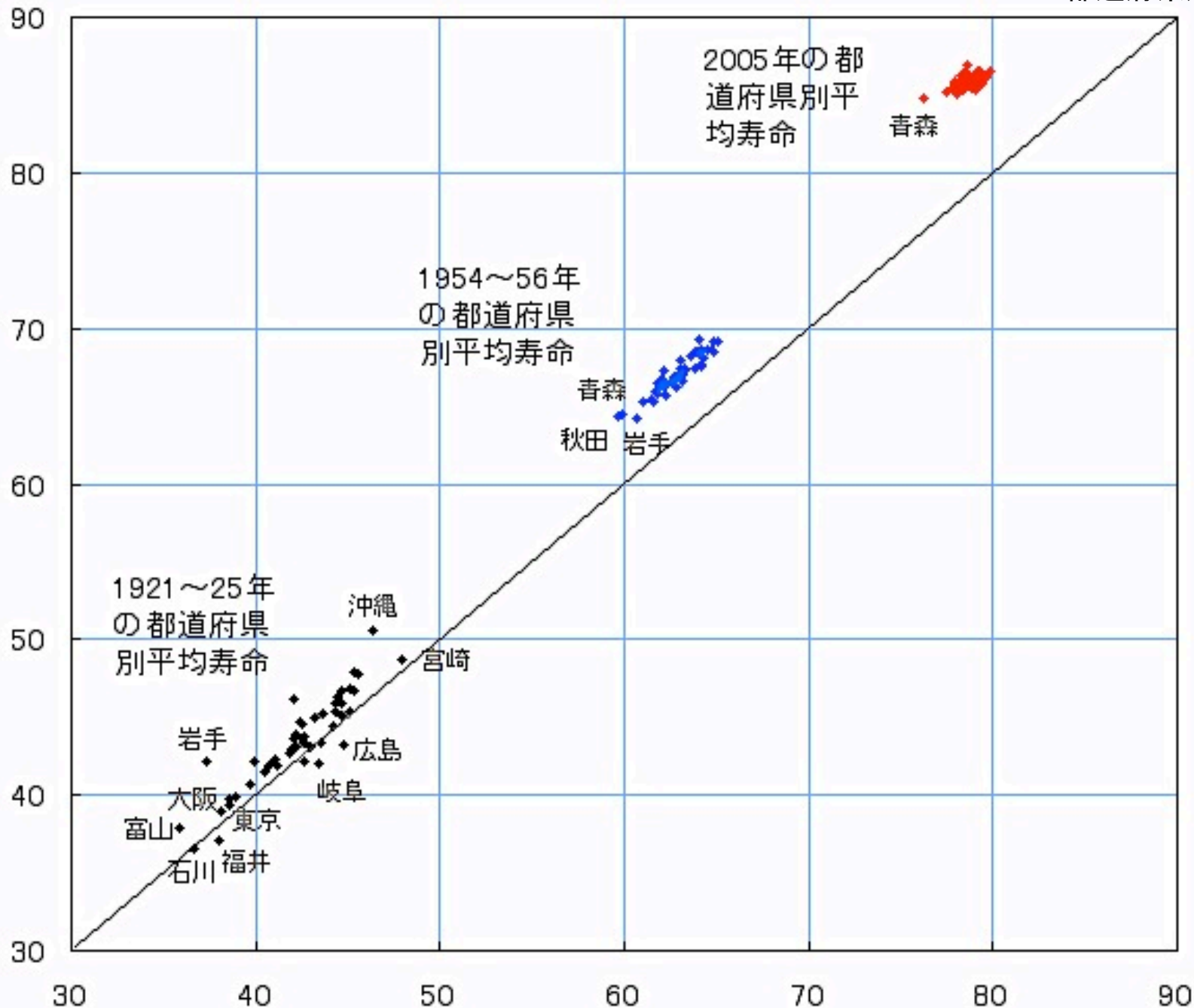
2010年都道府県別 悪性新生物 75歳未満年齢調整死亡率（男女計）





# 都道府県の平均寿命分布の推移

女性の平均寿命(歳)



1921~25年と1954~56年は  
水島治夫「府県別生命表」による

男性の平均寿命(歳)

教訓:

1000 mSv(1Sv)を被曝してがんが発生する率は、  
運転中に携帯メールを打って事故に遭う危険度  
と同じ程度のリスク



5%上昇をどう考えますか？

# 放射線のリスクの程度

健康阻害のリスク	余命損失日数の評価値 アメリカの平均(日)
喫煙20本/日	2,370 (6.5年)
体重過多(20%超過)	985 (2.7年)
全事故の合計	435 (1.2年)
自動車事故	200
飲酒	130
家庭内事故	95
溺死	41
自然放射線(計算値)	8
医療診断X線(計算値)	6
全天災(地震等)	3.5

# 各種リスクによるアメリカの年間死亡統計

(Sci Am. 1982; 246(2):41-9)

喫煙	15万
アルコール	10万
自動車	5万
ピストル	1.7万
オートバイ	3,000
水泳	3,000
外科手術	2,800
X線診断	2,300 (推定値)
鉄道	2,000
航空機	1,300
自転車	1,000
登山	30
原子力発電	3 (推定値)
ワクチン接種	3

ピストルによる10万に対する死者  
{ アメリカ 4  
日本 0.02

医療被曝程度の放射線と比べると喫煙やアルコールの死亡数が高い

# 10万に当たり死亡に至るリスク

喫煙	28(人)
自動車事故	10
航空機事故	0.04
鉱業	131
漁業	58.3
建築業	19.9
運輸業	12.7
製造業	5.39
全事業	7.44
放射線業務(原子力発電)	1



# 厚生労働省が示している食品の摂取制限に関する放射性ヨウ素の暫定基準値

飲料水と牛乳・乳製品1キロ当たり300ベクレル

1歳未満の乳児については、1キロ当たり100ベクレル



成人が放射性ヨウ素1キロ当たり100ベクレルの水を1年間毎日1リットル飲んで、甲状腺がん発症の生涯リスク

**1万分の2**

乳児の場合でも影響は少ない。

生涯交通事故に遭うリスク

**200人に1人**



喫煙者が肺がんになるリスク

**100人に2人**



## 喫煙による相対リスク

受動喫煙 (非曝露=1)		家庭	職場
		肺がん	1.29倍
	虚血性心疾患	1.23倍	1.35倍
能動喫煙 (非曝露=1)	肺がん	4.39倍(男性)、2.79倍(女性)	
	虚血性心疾患	2.51倍(男性)、3.35倍(女性)	

## 喫煙による年間死亡者数(2008年)

	男性		女性	
受動喫煙	2,221人(うち職場1,814人)		4,582人(うち職場1,811人)	
能動喫煙	肺がん	48,610人	肺がん	18,239人
	虚血性心疾患	42,156人	虚血性心疾患	34,426人

年間死亡数(2008年)は、受動喫煙で合計6,803人、能動喫煙者は143,431人

2010年 国立がん研究センター 片野田耕太氏報告

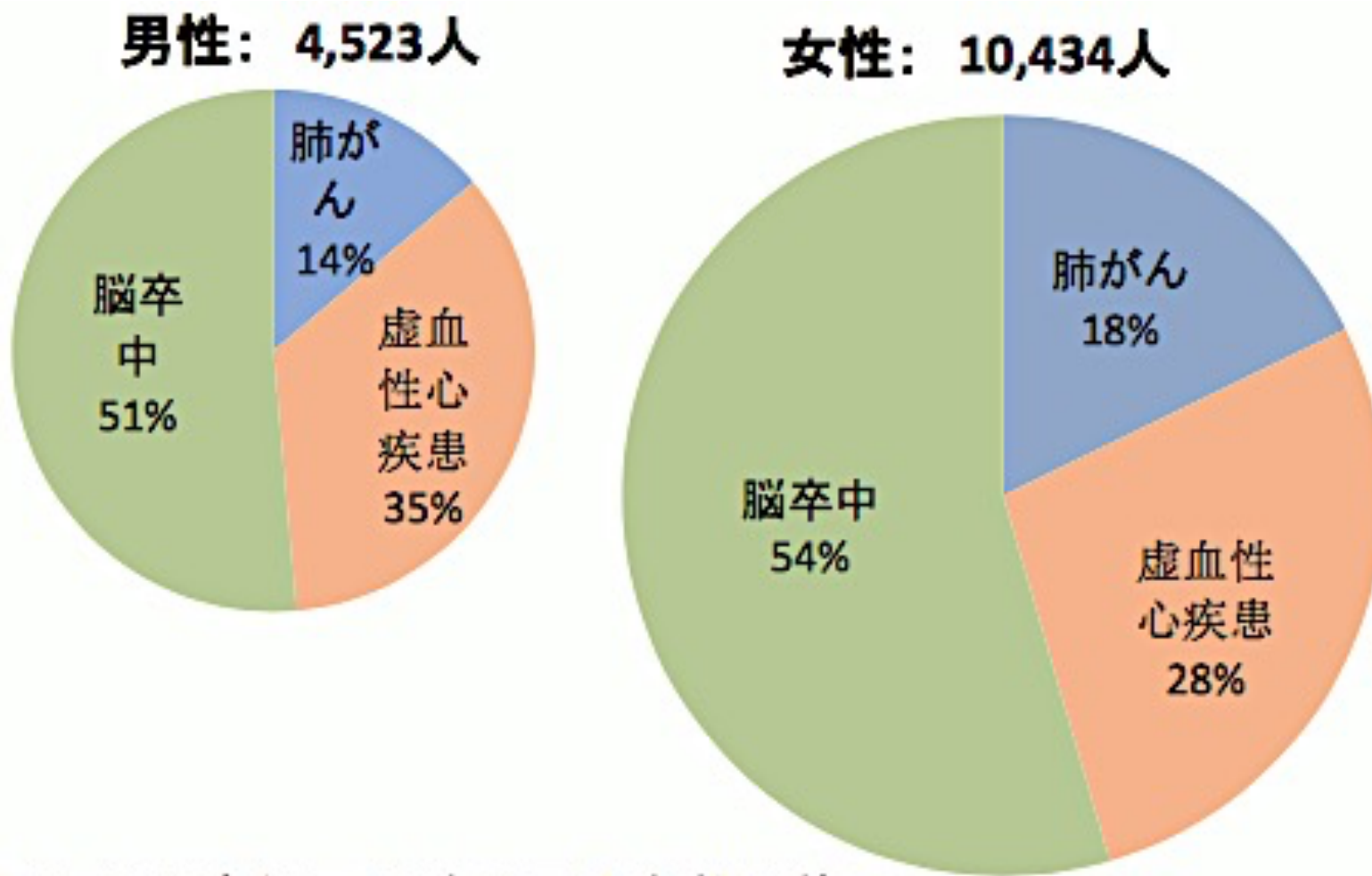
1000mSv被曝:がんになる確率5%(対象全がん)    100mSv以下では発がんもありません

1日にタバコ1～2箱で  
0.2～0.4 mSvの被曝と同じ



ベンゾピレン等約70種類の発がん物質が含まれる

# 日本では受動喫煙が原因で年間1万5千人が死亡



能動喫煙は  
14万人死亡

図1. 受動喫煙による年間死亡数推計値

肺がん2,484人、虚血性心疾患4,459人、脳卒中8,014人、  
乳幼児突然死症候群73人 合計で約1万5千人

世界  
能動喫煙死者数は年間600万人  
受動喫煙による死者数は60万人

2016年 国立がん研究センター 片野

厚生労働科学研究費補助金循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業

「たばこ対策の健康影響および経済影響の包括的評価に関する研究」平成27年度報告書

# 福島原発20-30km圏内移動してきた方々から、 放射性物質がうつることはありません！

そもそも放射性物質がバクテリアやウイルスのように感染するという概念自体存在しません。現状の20-30km圏内で測定されている空間線量をもたらしていると思われるフォールアウト（放射性物質の降下物）が付着している程度では、他人の被曝を問題にすることはありません。

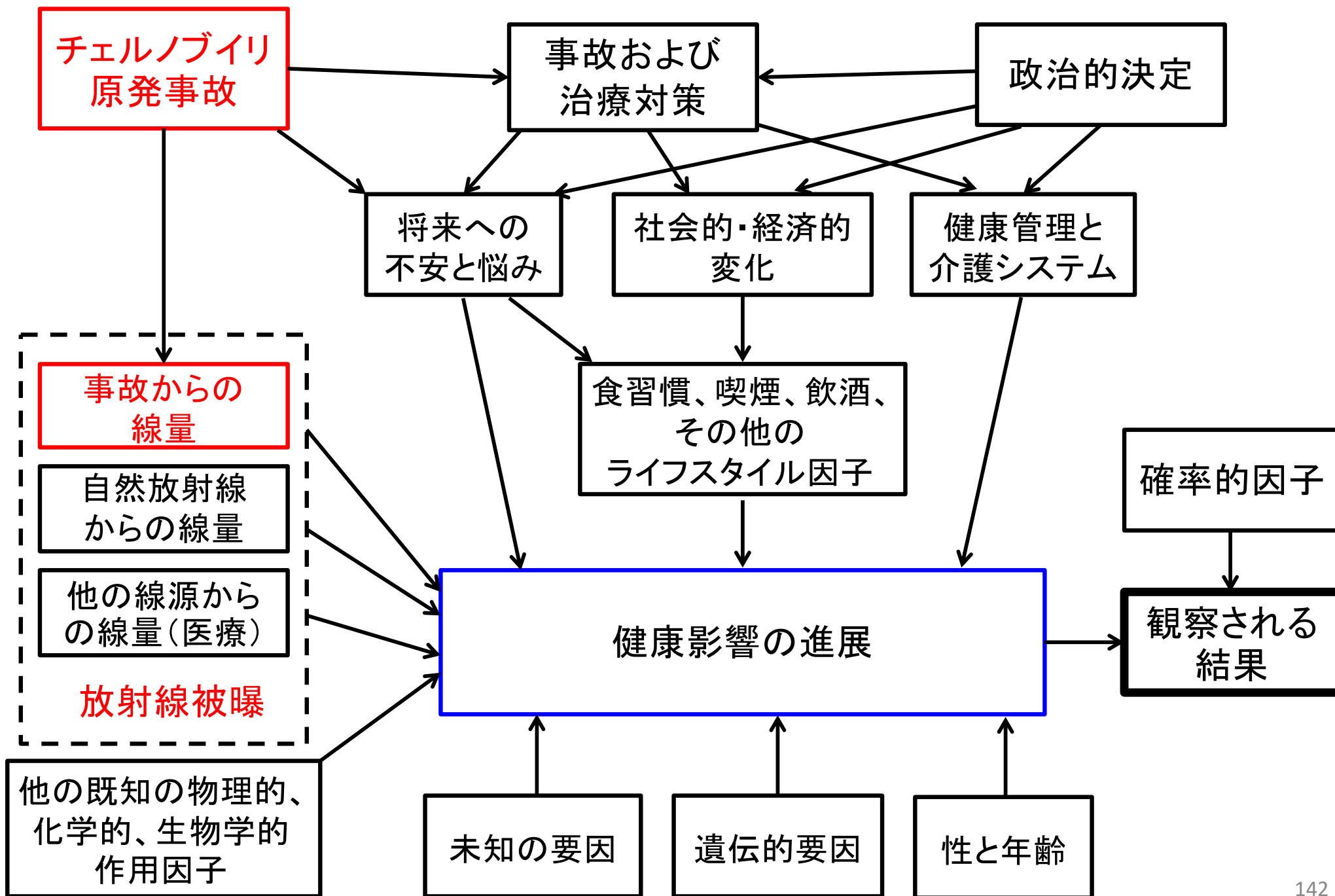


くしゃみをするこ  
とで、**放射性物質**が  
人に空気感染や飛  
沫感染を起こすこ  
とはありません！

放射性物質は花粉やホコリと同じ。服を変えたり、お風呂に入れば、放射性物質はなくなり、他の人に健康被害を及ぼすことはありません。

避難してきた方々への診療拒否や乗車拒否、子供たちの学校での差別、放射性物質汚染検査証明書の要求など、**恥ずべき行為**であることと考えてください。

観察された健康影響におそらく影響を与えたと思われる要因の模式図  
(08' UNSCEAR)



チェルノブイリ:心理療法士の肩書きをもつモロゾフ医師

朝日新聞の連載記事(1990年8月21日)

# 放射能恐怖症 radiophobia

無知だけでなく、未知の体験が生んだ恐怖



精神的ストレス



免疫システム、自律神経系に障害



心理療法で障害が回復

放射線による人体影響、汚染状態を実際以上にふれまわる議員や新聞、テレビのせいです。

朝日新聞の連載記事(1990年8月21日)から一部を引用

汚染大地 チェルノブイリ第二部6.

「**放射能恐怖症** 幻影におびえる患者: 少なくない誤った情報」

心理療法士の肩書きをもつモロゾフ医師はこれまでに**一万三千人**もの「**放射能恐怖症**」患者の治療にあたってきた。この医師によると、「放射線障害の症状がまったくない人も、真剣な顔で訴える。患者の中には高学歴の人や、原発の技術者も少なくない。だから、**無知によるおびえではなく、未知の体験が生んだ恐怖だ**」とモロゾフさんはいう。このような特に重度の妄想にとりつかれたケースを「死病症候群」と名付けた。患者たちは**精神的ストレス**を受けつづけた結果、**免疫システム、自律神経系に障害**が起きている。実際に放射線を浴びた場合も、免疫、神経がやられる。しかし、ここに来る患者のほとんどは心理療法で障害が回復している。**原因が放射線ではなく、放射線の幻影であることは明らかだ**。「放射線による人体影響、汚染状態を実際以上にふれまわる議員や新聞、テレビのせいです。」とモロゾフさんはうわさやマスコミを通じてソ連全土に放射線の幻影がはびこりつつあると指摘する。

この記事の最後の段落は次のように結ばれている。「誇張された数字が生んだ恐怖はなかなか消えない。とくに、これらの数字を否定するのは常に「権威筋」であり、これまで真実を隠しつづけてきた側だからだ。一般市民は否定の声に耳を傾けない。放射能恐怖症にきく特效薬はまだない。」



信じるところに現実はあるのであって、  
現実決して人を信じさせることができない

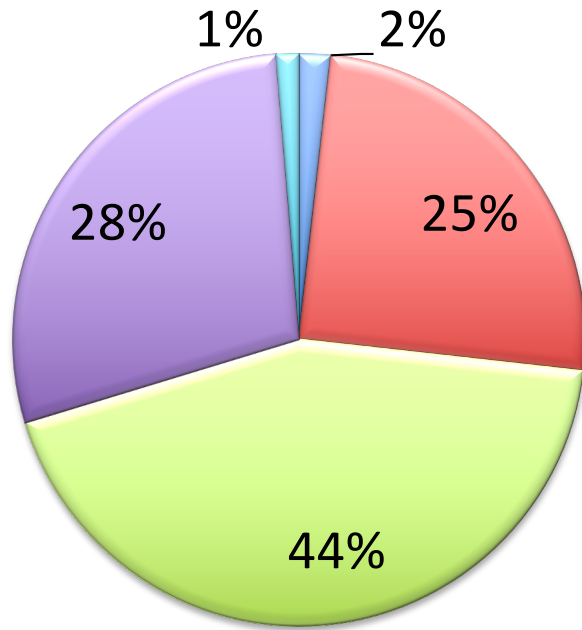
太宰 治

# 原発事故後の放射線影響に対する不安度についてのアンケート調査

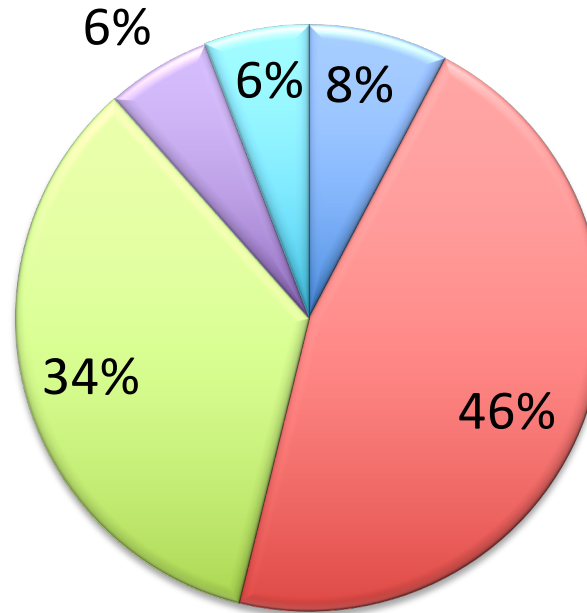
## 対象

1. 福島県一般市民
2. 福島県外一般市民
3. 福島県医師
4. 福島県外医師
5. S医科大学医学部学生

### 福島県一般市民



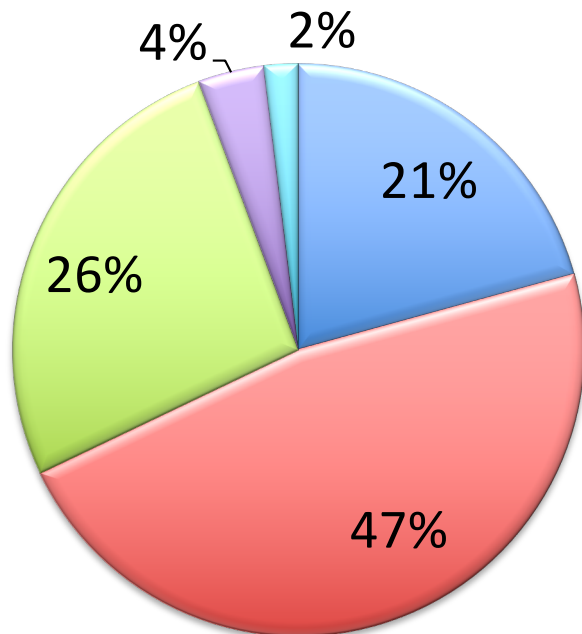
### 福島県外一般市民



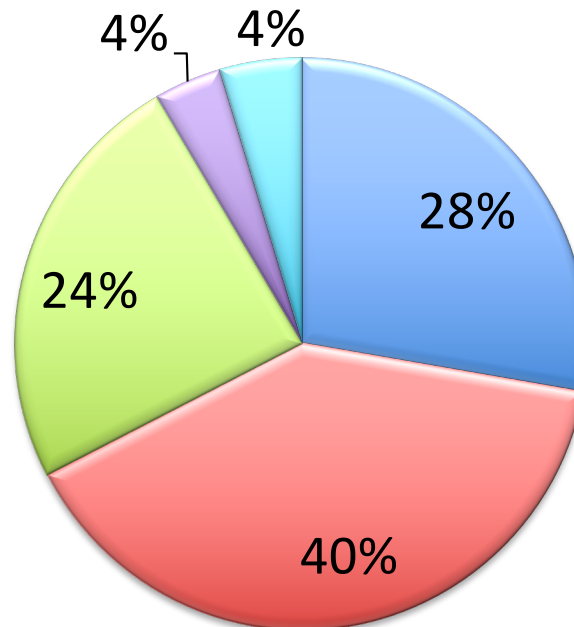
原発事故後の放射線影響について

- 不安なし
- やや不安
- 不安
- とても不安
- わからない

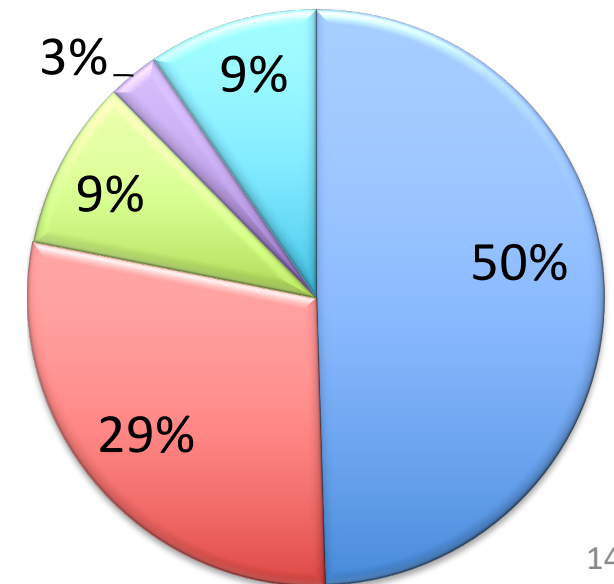
### 福島県医師



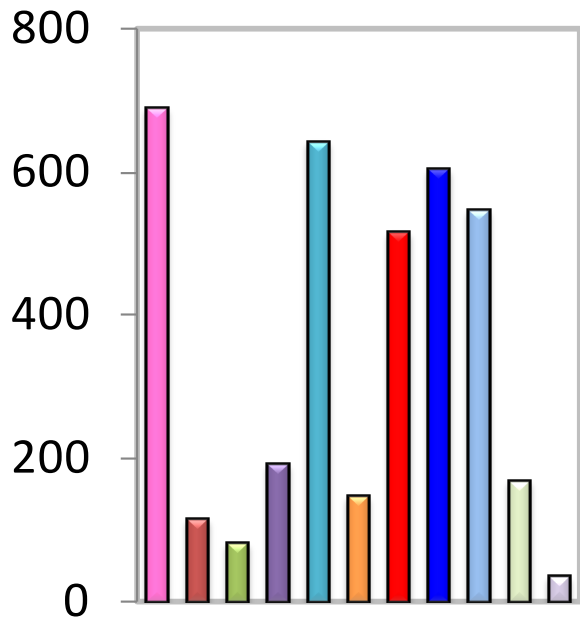
### 福島県外医師



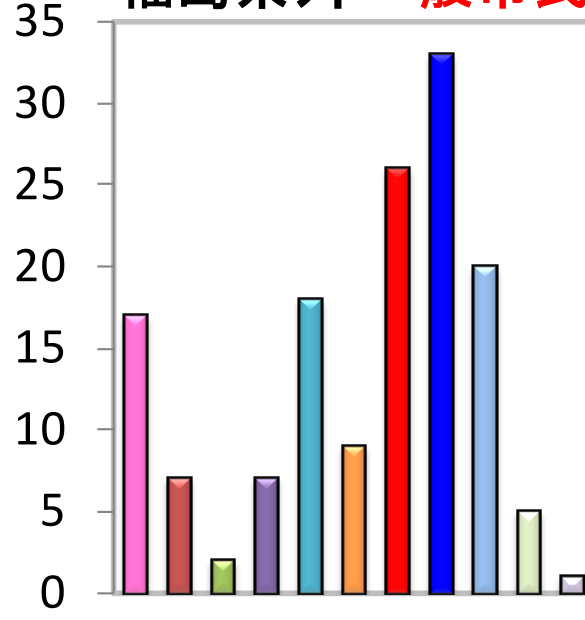
### S医大生



福島県一般市民

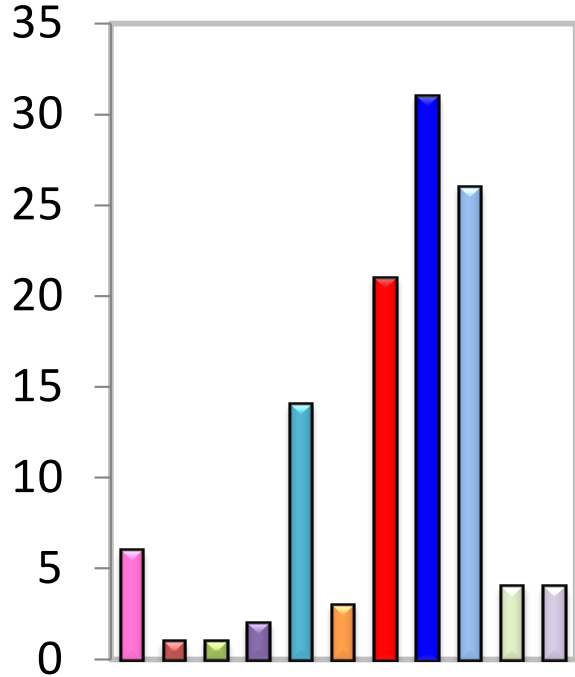


福島県外一般市民

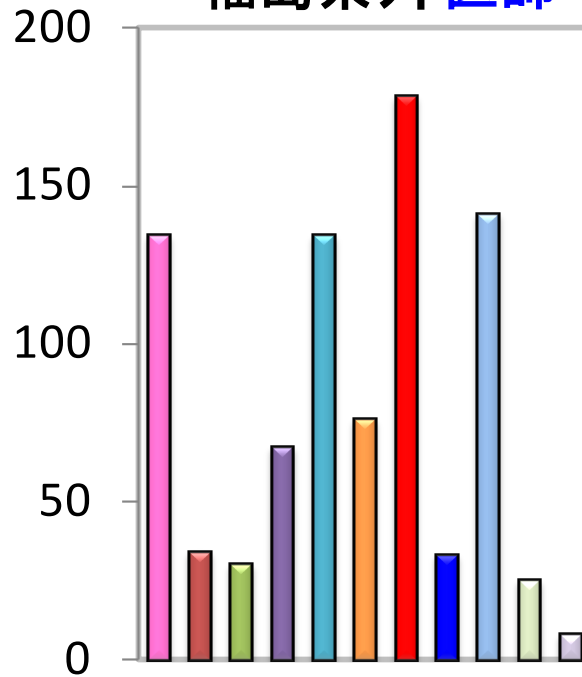


- 甲状腺がん
- 皮膚の影響
- 眼の影響
- 血液の影響
- がん
- 胎児への影響
- 次世代への影響
- 食物汚染
- 土壌汚染
- 漠然として不安
- その他

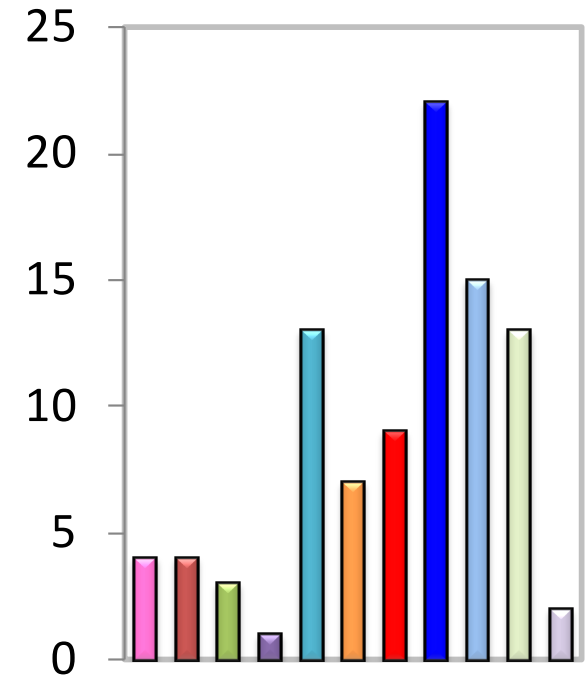
福島県医師



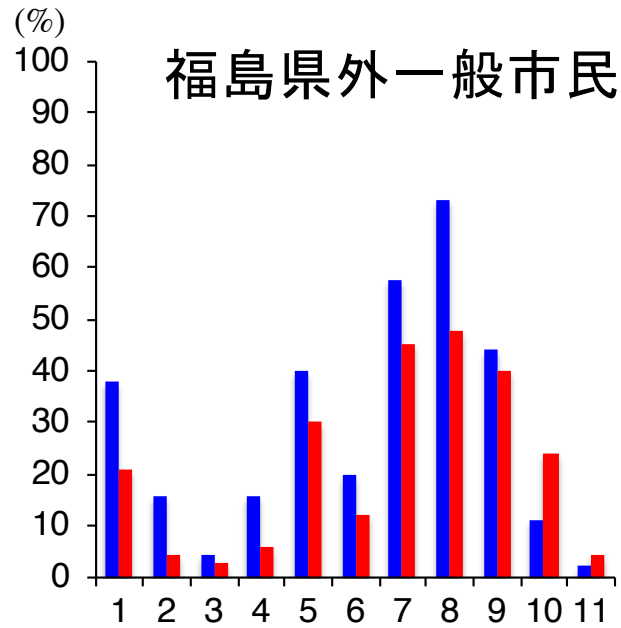
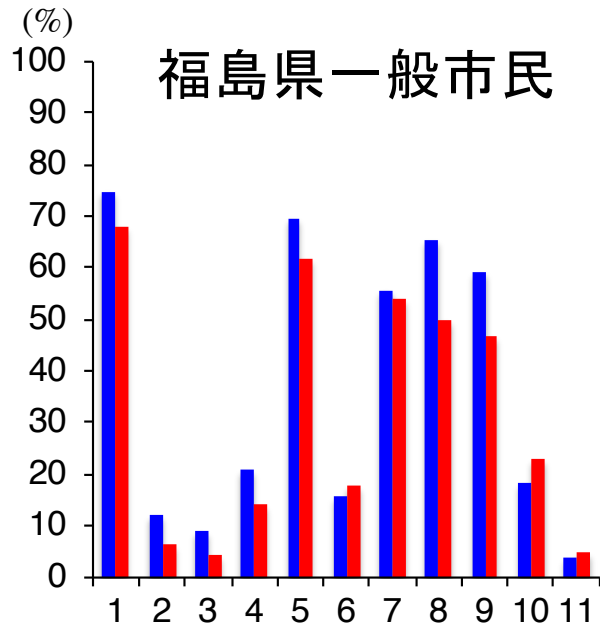
福島県外医師



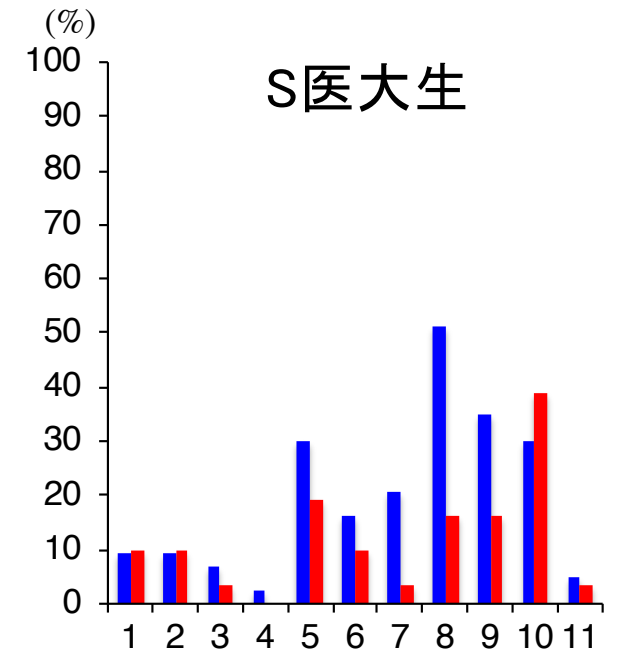
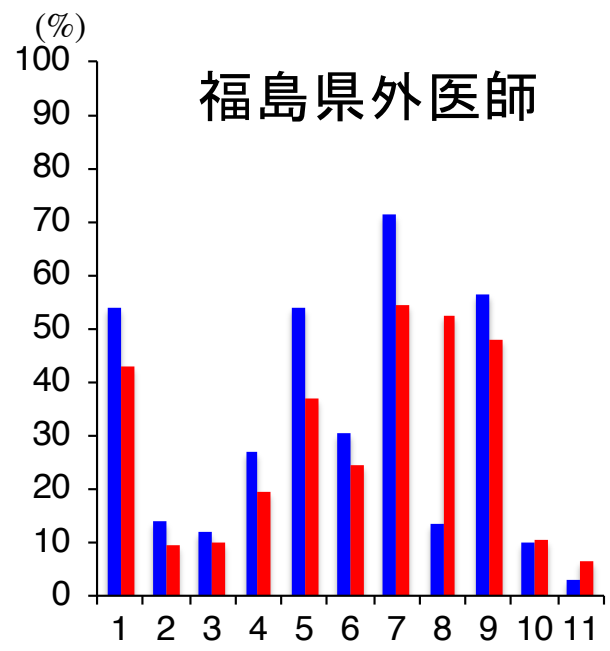
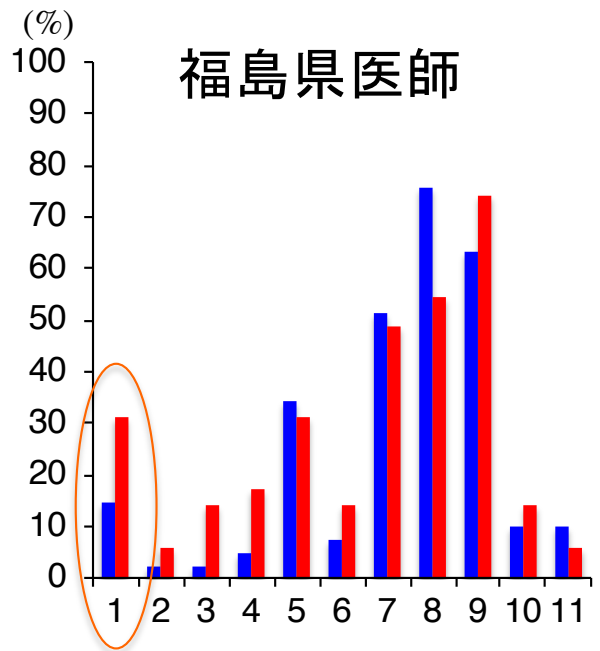
S医大生



■ 2011 ■ 2013



1. 甲状腺がん
2. 皮膚の影響
3. 眼の影響
4. 血液の影響
5. がん
6. 胎児への影響
7. 次世代への影響
8. 食物汚染
9. 土壌汚染
10. 漠然として不安
11. その他



# 食品と放射能

# 厚生労働省医薬食品局食品安全部

## 放射性セシウムにおける摂取制限に関する基準値

2012年3月31日まで

	Bq/kg	mSv/年
飲料水	200	1
牛乳・乳製品		1
野菜類	500	1
穀類		1
肉・卵・魚 その他		1
		計 5mSv/年

2012年4月1日より

	Bq/kg	mSv/年
飲料水	10	0.1
一般食品	100	0.9
牛乳 乳児用食品	50	子供がよく 摂る食品は 厳しい基準に
WHOの基準 に合わせた		計 1mSv/年

食べ盛りの13-18歳の男子が1年間  
食べ続けたとして0.8mSvと推計

# WHO セシウム-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) のガイダンスレベル



飲料水中  
食品

10Bq/L  
100Bq/L



コーラは食品

国際食品規格委員会(Codex Alimentation Commission)

牛乳、乳児食、飲料水、食品 1,000Bq/kg

国際原子力機関 (IAEA) 緊急時 2000Bq/L

アメリカ 全て1200Bq/kg

EU 一般食品 1250Bq/kg

乳製品 1000Bq/kg

飲料水 1000Bq/kg

乳幼児用食品 400Bq/kg





バナナ1本約20Bq(約200Bq/kg)  
約0.1  $\mu$  Sv被曝します

<sup>40</sup>Kのせいです  
カリウムは色々な食物に含まれます

バナナは栄養価が高いので、  
被曝を気にせず食べて大丈夫！

<sup>40</sup>Kは毎日数10ベクレル尿から排出  
2011年6月末福島の子供の尿から  
0.41~1.3ベクレルの<sup>137</sup>Cs  
被曝量からすると誤差範囲

バナナのK(カリウム)含有量360mg  
<sup>39</sup>K(93.3%)、<sup>40</sup>K(0.0117%)、<sup>41</sup>K(6.7%)

放射性物質  
半減期12.8億年

チェルノブイリでは<sup>137</sup>Cs750ベクレル  
排出された子供がいます。  
体重30kgとして総量15,000ベクレル  
しかし<sup>131</sup>Iによる甲状腺がん以外  
<sup>137</sup>Csによる白血病や固形がんは  
出ていません

## 食品に含まれるカリウム-40による被曝

	カリウム含有量 (Bq/kg)	経口摂取による 内部被曝実効線量 ( $\mu$ Sv/kg)
ポテトチップス	370	2.29
黒砂糖	340	2.11
ザーサイ	238	1.48
枝豆	177	1.10
ほうれん草	229	1.42
干し椎茸	666	4.13
干し昆布	2333	14.46
ココア	851	5.28
アイスクリーム	59	0.37
牛乳	51	0.32

科学技術庁「日本食品標準成分表」より算出

# 農作物の放射性物質汚染

2011年3月20日

茨城県高萩市のホウレンソウから検出された  
ヨウ素( $^{131}\text{I}$ )で、1キロ当たり15,020ベクレル(Bq)

規制値: 1キロ当たり2,000Bq (現在300Bq)

セシウム( $^{137}\text{Cs}$ )は、1キロ当たり690Bq

規制値: 1キロ当たり500Bq (現在100Bq)



緊急時に考慮すべき放射性核種に対する実効線量係数

経口摂取の場合

$$^{131}\text{I} \quad 2.2 \times 10^{-8} \text{ Sv} / \text{ Bq}$$

$$^{137}\text{Cs} \quad 1.3 \times 10^{-8} \text{ Sv} / \text{ Bq}$$

100mSvに達するまでに何キロ食べないといけないか？

$$^{131}\text{I}: 15,020 \times 2.2 \times 10^{-8} = 3.3 \times 10^{-4} \text{ Sv} = 0.33 \text{ mSv} / \text{ kg}$$

$$100 \text{ mSv} / 0.33 = \underline{303 \text{ kg}}$$

$$^{137}\text{Cs}: 690 \times 1.3 \times 10^{-8} = 897 \times 10^{-8} \text{ Sv} = 0.0090 \text{ mSv} / \text{ kg}$$

$$100 \text{ mSv} / 0.0090 = \underline{11148 \text{ kg}}$$

無理！



但し100mSvの被曝は1回で急性的に被曝したら障害が出るという値。同じ線量でも分割して被曝するとその効果は軽減する。

平成23年7月13日

放射能汚染牛肉が市場に流通—消費者に衝撃

日本の食品安全基準(当時500Bq/kg)  
の最大**7倍**の放射性セシウムが検出された  
(現在放射性セシウムは100Bq/kg)



緊急時に考慮すべき放射性核種に対する実効線量係数  
経口摂取の場合

$$^{137}\text{Cs}: 1.3 \times 10^{-8} \text{ Sv} / \text{Bq}$$

$$\text{この場合、} 500 \text{ Bq/kg} \times 7 = 3500 \text{ Bq} / \text{kg}$$

$$\begin{aligned} & 3500 \text{ Bq} / \text{kg} \times 1.3 \times 10^{-8} \text{ Sv} / \text{Bq} \\ & = 45.5 \times 10^{-6} \text{ Sv} / \text{kg} \\ & = 45.5 \mu \text{ Sv} / \text{kg} \end{aligned}$$

100mSvに達するまでに2200kg  
1mSvに達するまでに 22kg

# 胎児並びに遺伝性影響

# 放射線と関係なく

外表奇形を中心にした先天異常発症の割合  
は何人に一人でしょう？

5万人      5千人      500人      **50人**      5人

2%

自閉症、注意欠陥多動障害等の発達障害の割合  
は何人に一人でしょう？

16000人      1600人      160人      **16人**      6人

6.3%

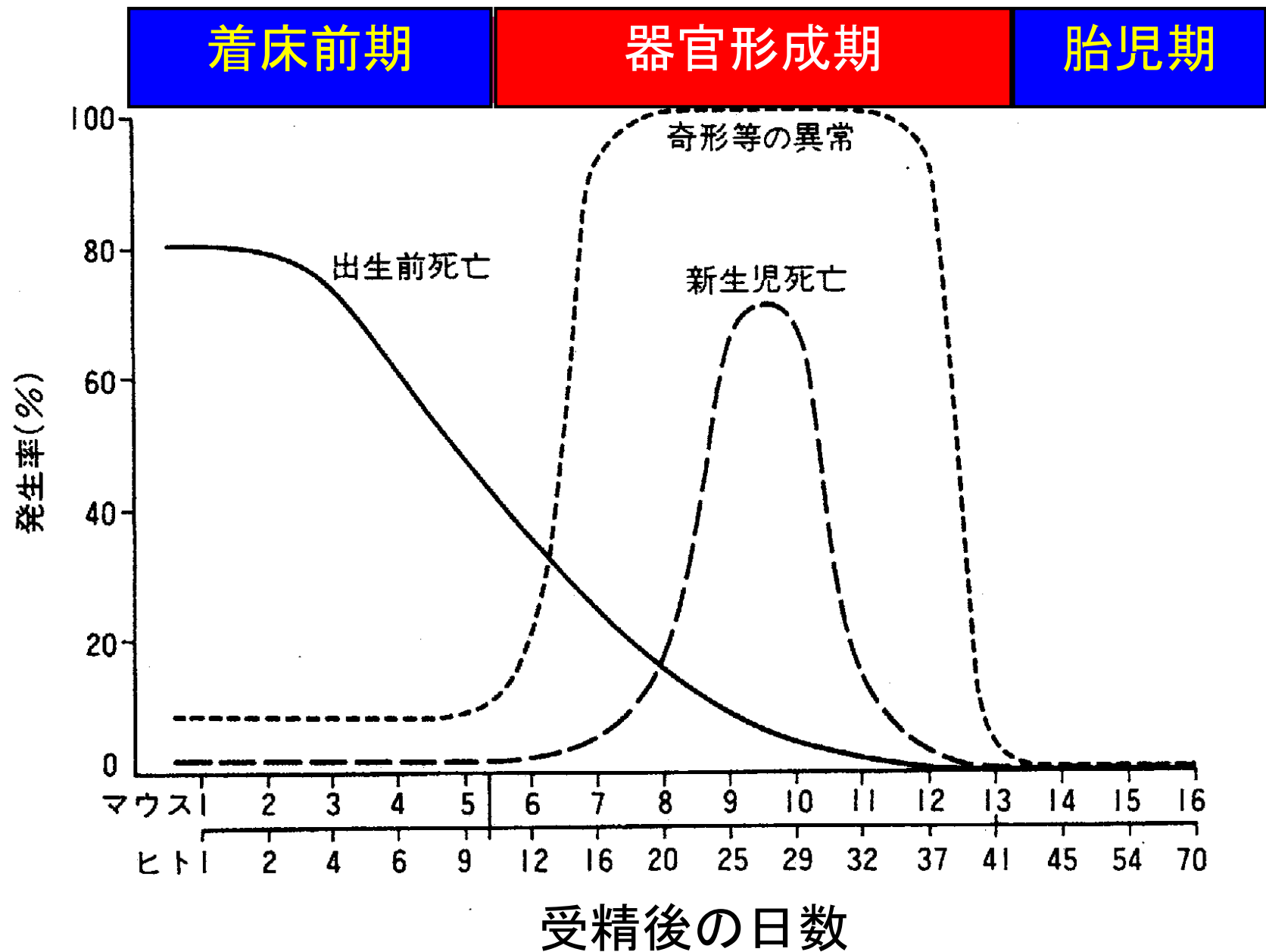
# 自然流産率

平均15%

35歳：20%

40歳：40%

42歳：50%



妊娠マウスの各時期に2GyのX線を照射した時にみられる胎児への影響  
 器官形成期に被曝しないと奇形は生まれない。ヒトでは、約2週～8週齢



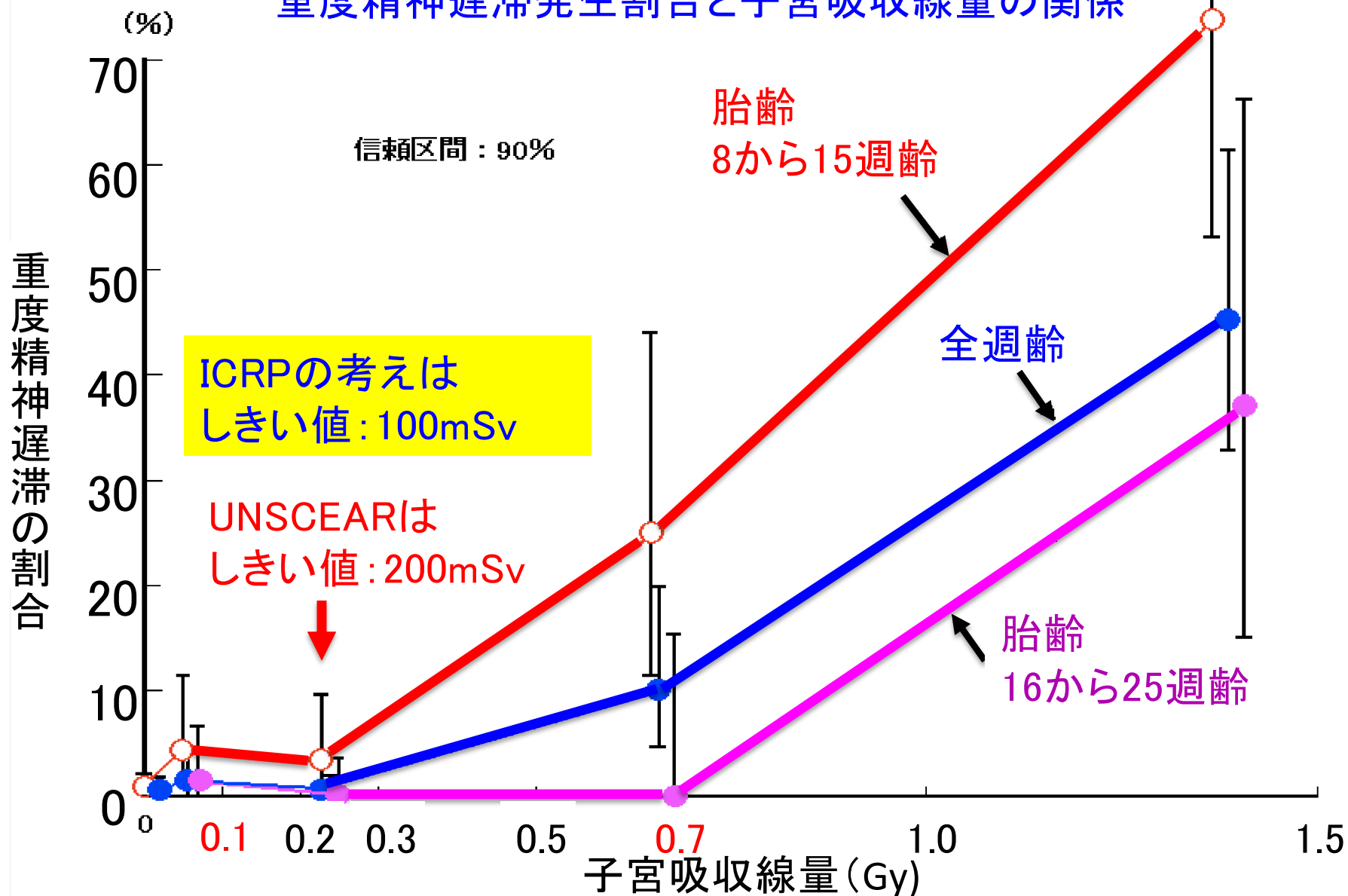
# ヒトの疫学的研究およびマウスの実験的研究に基づいて得られたヒトの放射線障害推定線量

放射線医学総合研究所資料より

胎児週齢 (日)	最低致死線量 (mGy)	LD50 近似値 (mGy)	最低線量 (mGy)		
			永久発育遅滞	精神遅滞	重度奇形
1-5	100	< 1000	生存者は影響なし		
18-36 (器官形成期)	250-500	1400	200-500	-	200
36-50 (器官形成期)	500	2000	250-500	-	500
50-150	> 500	> 1000	250-500	500	-
出産まで	> 1000	母体と同じ	500	1000	-

100mSv以下で症状は出ません

# 重度精神遅滞発生割合と子宮吸収線量の関係



1988年 UNSCEAR報告

原爆被爆時に母親の胎内で被曝した胎内被爆者の研究

母体で胎児の器官形成が終了してからの被曝で起こりうる重度精神遅滞

100mSv以下で症状は出ません

原爆被曝者における**死産**（症例数／調査された子供の数。1948-53年）

母親の被曝状況	父親の被曝状況		
	市内不在	低中線量	高線量(1Gy以上)
市内不在	408 / 31,559 1.3%	72 / 4,455 1.6%	9 / 528 1.7%
低中線量	279 / 17,452 1.6%	139 / 7,881 1.8%	13 / 608 2.1%
高線量(1Gy以上)	26 / 1,656 1.6%	6 / 457 1.3%	2 / 144 1.4%

生後2週間以内に診断された**奇形**（症例数／調査された子供の数。1948-53年）

母親の被曝状況	父親の被曝状況		
	市内不在	低中線量	高線量(1Gy以上)
市内不在	294 / 31,904 0.92%	40 / 4,509 0.89%	6 / 534 1.1%
低中線量	144 / 17,616 0.82%	79 / 7,970 0.99%	5 / 614 0.81%
高線量(1Gy以上)	19 / 1,676 1.1%	6 / 463 1.3%	1 / 145 0.7%

# 原爆被爆者の子供における安定型染色体異常

## 染色体異常を持った子供の数

異常の起源	対照群 7,976人	被曝群* 8,322人
新たに生じた例	1 (0.01%)	1 (0.01%)
両親どちらかに由来	15 (0.19%)	10 (0.12%)
両親の検査ができなかった例	9 (0.11%)	7 (0.08%)
合計	25 (0.31%)	18 (0.22%)

\*平均線量0.60Gy

## 2011/4/15 福島出身を理由に結婚破談？のニュース

「放射能の影響で元気な子供が生まれなかったらどうするの？」と、婚約者男性の母親からこう言われ、福島出身の女性が結婚破談？

**もしこれが事実なら、明らかに放射線影響の知識不足**

**放射線被曝による遺伝性影響はありません！**

原爆被爆者における胎児の死産率及び奇形率

父母の原爆被爆状況	死産	奇形率
被爆無し	1.3%	0.92%
高線量被爆者	1.4%	0.7%

差無し

被曝2世において

- 悪性腫瘍頻度

- 死亡率

など遺伝性影響は検出されず

放射線被曝による遺伝性影響はありません！

# ICRP pub 103

## 3.2.2 遺伝性影響のリスク

親の放射線被ばくがその子孫に過剰な遺伝性疾患をもたらすという**直接的な証拠は引き続き存在しない**

しかしながら、委員会は、放射線が**実験動物**に遺伝性影響を引き起こす有力な証拠が**存在する**と判断する

マウスを用いた

低線量率  $\gamma$  線連続照射実験

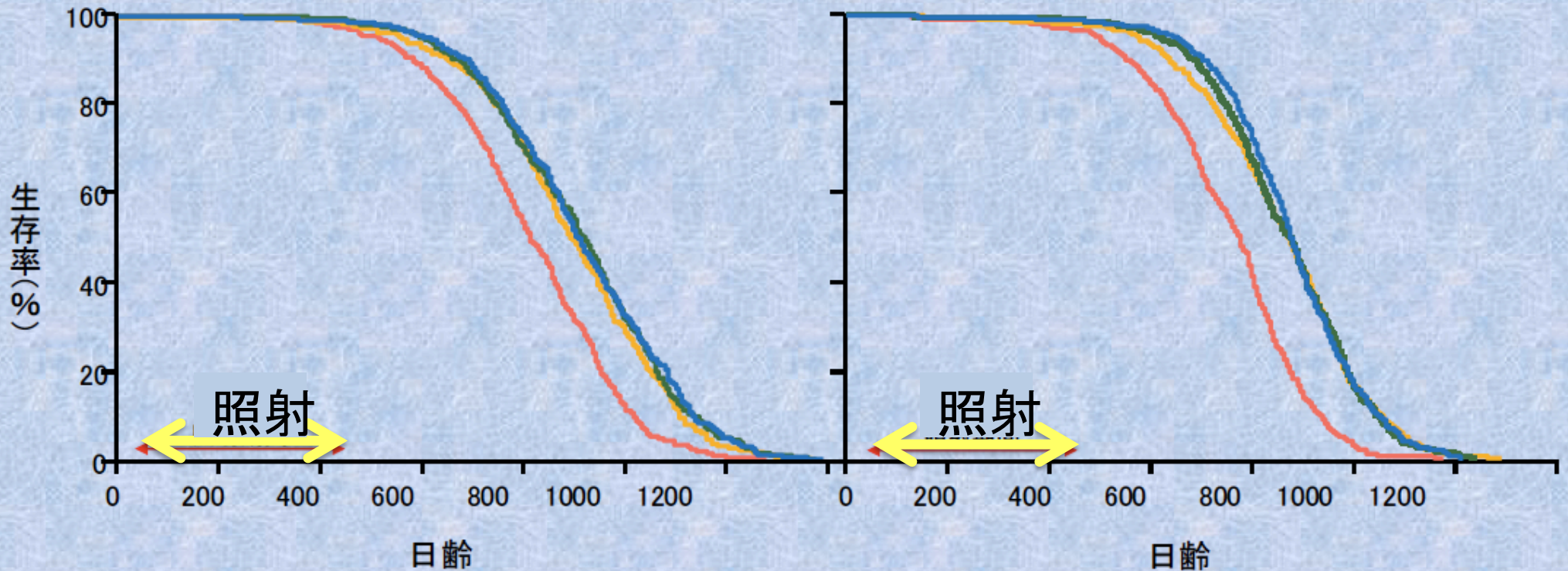


# 寿命試験-マウスの生存率

各群マウス500匹, 400日間照射後の生存率曲線

オス

メス



- 非照射群
- 20mGy(0.05mGy/日)
- 400mGy(1mGy/日)
- 8000mGy(20mGy/日)

γ線を400日間連続照射した後の寿命や死因を調べたマウス実験  
400日間で計20mGy、400mGy、8000mGyとなるように照射している

各群500匹使用

照射マウス	寿命の長さ	寿命短縮に関わるがん死	発生率が増加したがん
オス			
20mGy	変わらず	なし	なし
400mGy	変わらず	なし	なし
8000mGy	短縮 (約100日)	悪性リンパ腫・ 肺腫瘍・血管腫	白血病・肝腫瘍
メス			
20mGy	変わらず	なし	なし
400mGy	短縮 (約20日)	悪性リンパ腫	なし
8000mGy	短縮 (約100日)	悪性リンパ腫・軟部 組織腫瘍・血管腫	卵巣腫瘍・肺腫 瘍・血管肉腫

**20mGy/400日、つまり20mSv/年は全く問題なし！**

# 原子力災害における 緊急時対応

# 原発事故で生じる 主な放射性物質

半減期

出す放射線

$^3\text{H}$

12年

弱いβ線

$^{90}\text{Sr}$

28年

強いβ線

$^{131}\text{I}$

8日

β線, γ線

$^{134}\text{Cs}$

2年

β線, γ線

$^{137}\text{Cs}$

30年

β線, γ線

$^{239}\text{Pu}$

2万4千年

α線 γ線  
中性子線

( $^{40}\text{K}$ )

(12.5億年)

β線, γ線

# 原子力災害等で核分裂が生じた際に内部被ばくが問題となる 放射性核種とその特性

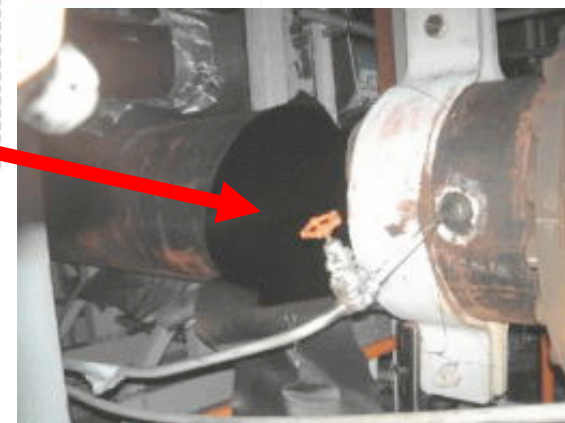
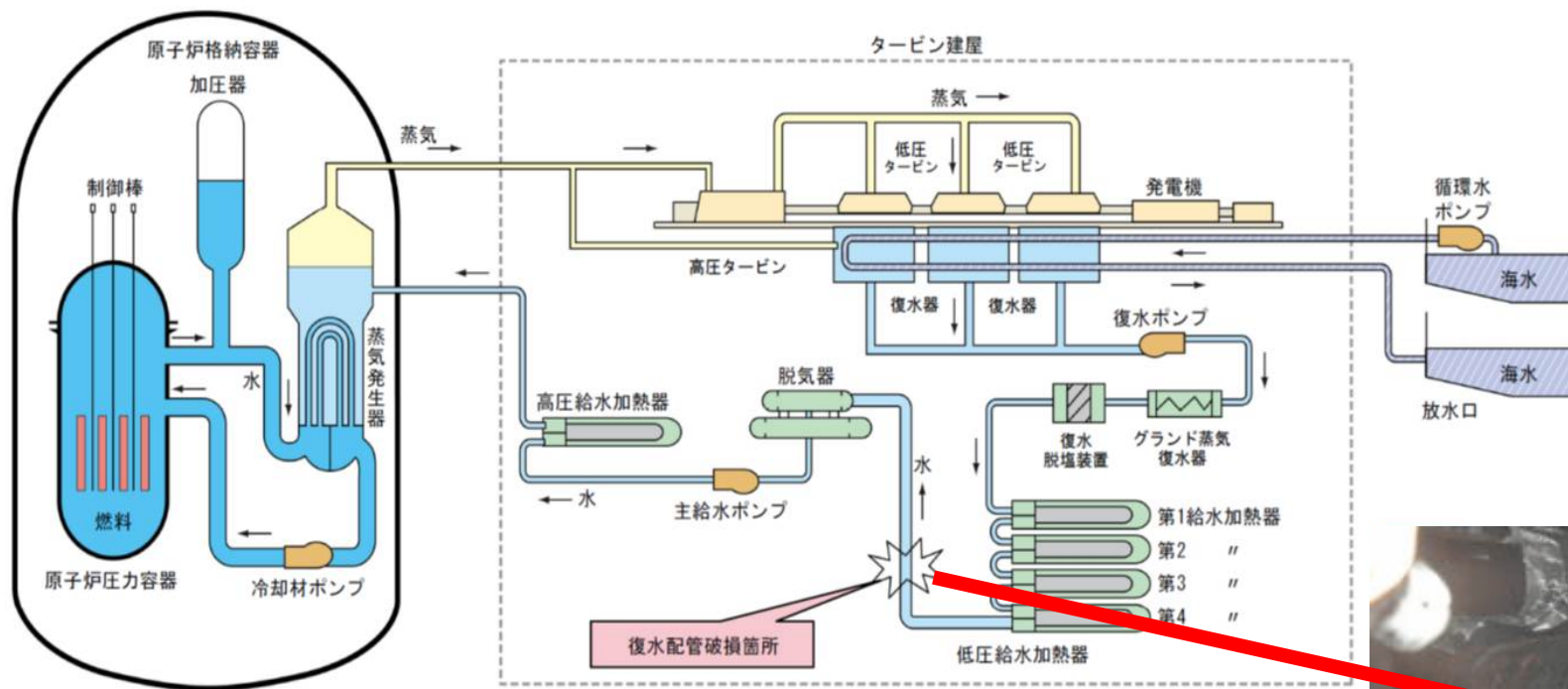
Problem Radio-isotope	$\alpha$ 線源	半減期が長い	影響の大きい臓器に沈着する	放出量や放出の可能性が高い
Pu-239	○	○ 200 年	肺、肝臓、骨	
Sr-90		○ 18.3 年	骨	
I-131		8 日	甲状腺	○
Cs-134 Cs-137		adult 110 日		○
H-3		10 日		○

# 国際原子力事象評価尺度

	レベル	基準(最も高いレベルが当該事象の評価となる)	
		基準1: 所外への影響	基準2: 所内への影響
事故	7 深刻な事故	放射性物質の重大な外部放出 ヨウ素131等価で数万TBq相当以上の 放射性物質の外部放出	チェルノブイリ: 520万TBq 福島: 57万TBq
	6 大事故	放射性物質のかなりの外部放出 ヨウ素131等価で数千から数万TBq相当 の放射性物質の外部放出	
	5 所外のリスクを伴う 事故	放射性物質の限られた外部放出 ヨウ素131等価で数百から数千TBq相当 の放射性物質の外部放出	原子炉炉心の重大な損傷
	4 所外の大きなリスク を伴わない事故	放射性物質の少量の外部放出 公衆の個人の数mSv程度の被曝	原子炉炉心のかなりの損傷 従業員の致死線量被曝
異常な事象	3 重大な異常事象	放射性物質の極めて少量の外部放出 公衆の個人の十分の数mSv程度の被曝	所内の重大な放射性物質による 汚染/急性の放射線障害を 生じる従業員の被曝
	2 異常事象		所内のかなりの放射線物質による 汚染/法定の年間線量限 度を超える従業員の被曝
	1 逸脱		

# 美浜発電所3号機二次系配管事故

発生日時：2004年8月9日 15時22分



国際原子力事象評価尺度 1

# 事故の概要1 — 発電所 —

## 死傷者11人の発見時の状況

3号機タービン建屋

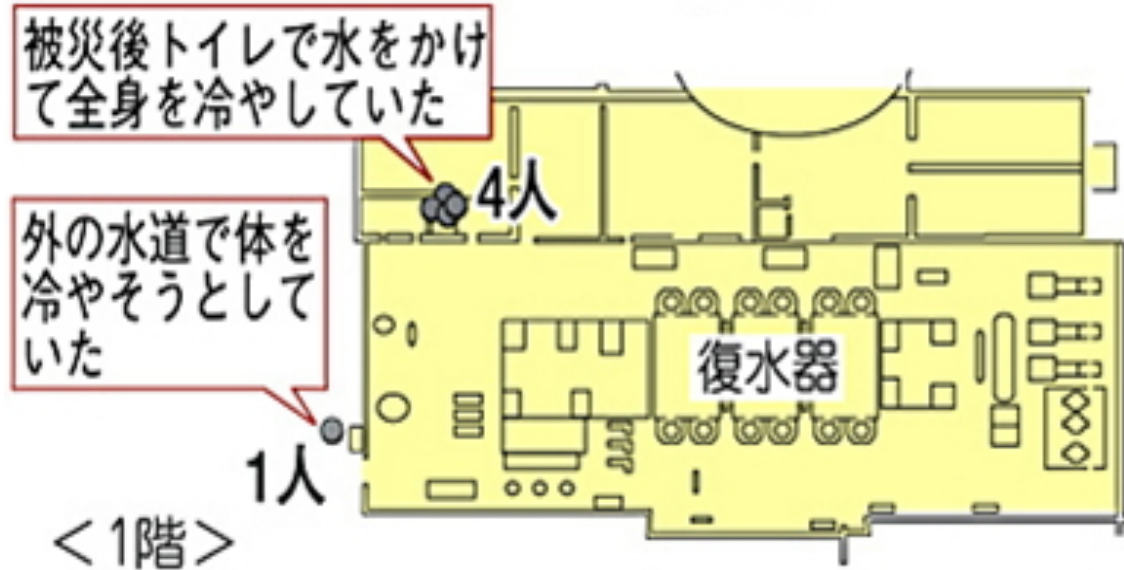
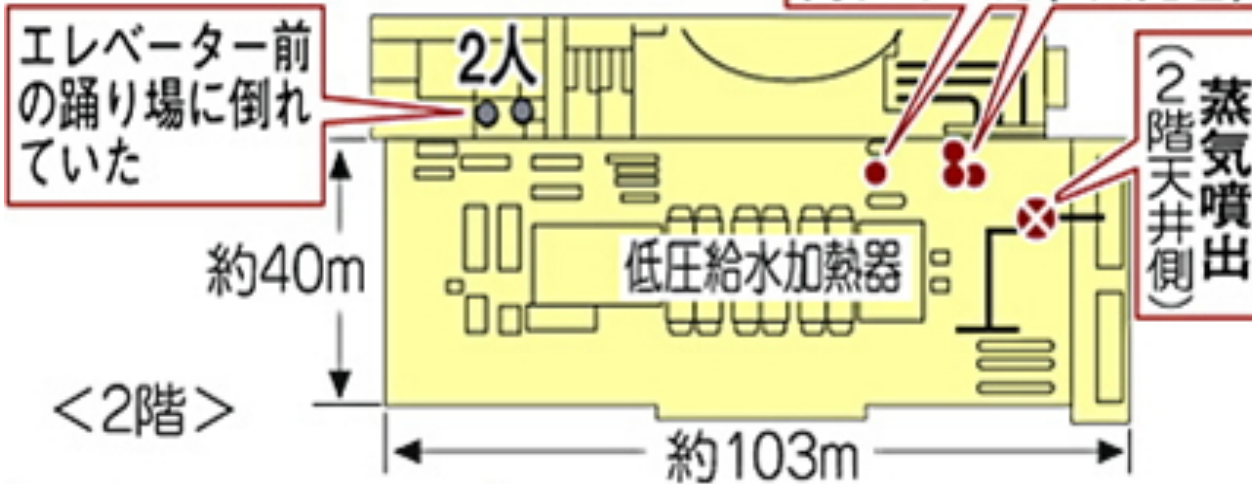
倒れていた(4人死亡)

15:22

「火災報知器作動」、  
3B直流接地、現地確認

15:28

原子炉自動停止信号





# 用語の整理

## 区域・エリア

- **PAZ: 5km圏: Precautionary Action Zone;**

- 予防的防護措置を( )準備(する)区域 パッと逃げるゾーン

- **UPZ: 30km圏: Urgent Protective action Zone**

- 緊急時防護措置を( )準備する区域 UPLしてきたときに考えるゾーン

## 値・事象

- **緊急時対策レベル**

- EAL: Emergency Action Level

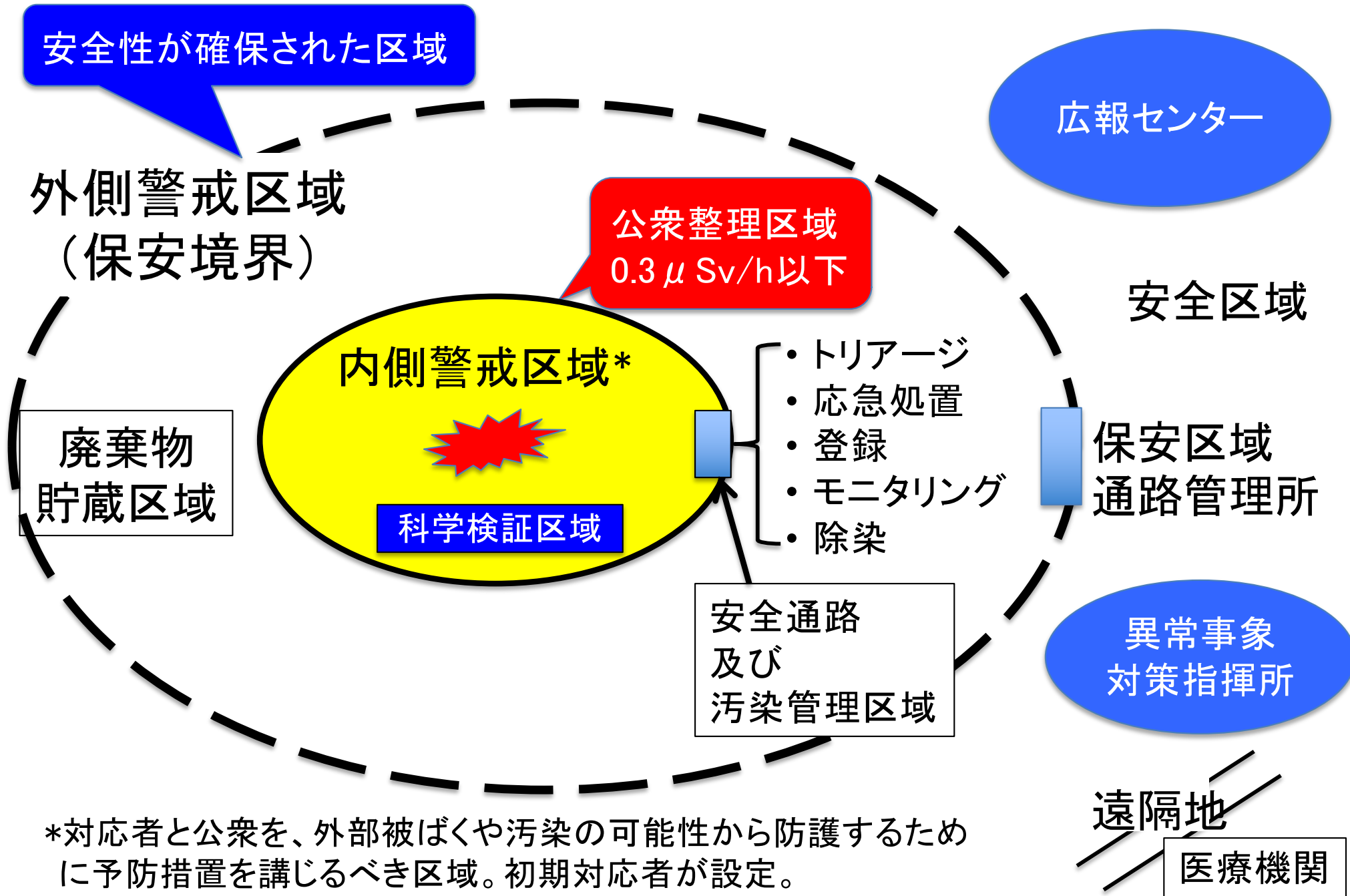
値: 超えると事前に定められた行動を即開始

- **運用上の介入レベル**

- OIL: Operational Intervention Level

値: 超えると(行政の)介入が開始される

# 災害の発生現場における初動対応(数時間以内の初期対応全般)



\*対応者と公衆を、外部被ばくや汚染の可能性から防護するために予防措置を講じるべき区域。初期対応者が設定。

# 放射線災害における安全管理設定基準 (IAEA 2006)

Manual for first responders to a radiological emergency

状況	最初の内側警戒区域 (安全境界)
最初の決定—野外	
遮蔽のない、または損傷した危険な線源	半径 約 30 m
危険な線源から大量の流出	半径 約 100 m
危険な線源存在下での火災、爆発、ガス	半径 300 m
爆発した、または爆発していない爆弾の疑い (放射性物質分散装置の可能性)	爆発からの防護のために 半径 400 m 以上
最初の決定—建物の内部	
危険な線源の損傷、遮蔽の喪失、 または流失	影響のある区域及び隣接する区域 (上下階を含む)
(例えば換気系を通して)建物全体へ拡散 する危険な線源の火災及びその他の現象	建物全体及び上記に示した適切な 外部の距離
放射線モニタリングに基づく拡大	
100 $\mu$ Sv/hの線量率	このレベルが測定される全ての場所

# 対応者の防護のガイドライン(IAEA)

## a) ガンマ線の線量率がわかる場合

行動	対象となる区域の空間線量率 の下限値
<p data-bbox="129 657 398 724"><u>人命救助</u></p> <ul data-bbox="129 826 1144 1219" style="list-style-type: none"><li data-bbox="129 826 1144 973">● 区域内にいる時間の合計は30分未満に制限</li><li data-bbox="129 1072 1144 1219">● 放射線の評価者の指導なしには立ち入らない</li></ul>	<p data-bbox="1442 948 1877 1027">100mSv/h</p>

## b) 個人線量測定が可能な場合

行動	異常事象の指揮者により許可されない限り、越えてはならない線量の上限値
<p><b>人命救助</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>● 逼迫した生命への危険からの救助</li><li>● 生命を脅かす負傷への初期治療の準備</li><li>● 生命を脅かす状況の防止または緩和 など</li></ul>	1000mSv
<p><b>重度の健康影響や負傷を防ぐ行為</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>● 公衆の避難及び防護</li><li>● 避難、屋内退避、または食品制限の必要性を判定するための居住地の環境モニタリング</li><li>● 深刻な負傷の脅威からの救出</li><li>● 深刻な負傷の緊急措置</li><li>● 急を要する人々への除染 など</li></ul> <p><b>大災害への進展を防ぐ行為</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>● 火災の防止及び鎮火</li><li>● テロリスト容疑者の逮捕 など</li></ul>	500mSv
<p><b>集団線量が高くなるような事態を防ぐ行為</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>● 居住地の環境試料の収集及び環境モニタリング解析</li><li>● 公衆防護のための局地的な除染 など</li></ul>	50mSv

# 防護措置の実施の判断基準(OIL:運用上の介入レベル)の設定(案)

平成25年1月21日原子力規制委員会第6回原子力災害事前対策等に関する検討チーム

## 即時の避難を要する基準

基準の種類	基準の概要	初期値	防護措置の概要
OIL1	地表面からの放射線、再浮遊した放射性物質の吸入、不注意な経口摂取による被ばく影響を防止するため、 <b>住民等を数時間内に避難や屋内退避等させる際の基準</b>	500 $\mu$ Sv/h (空間放射線量率) (地上1m)	数時間内を目途に区域を特定し、避難等を実施。(移動が困難な者の一時屋内退避を含む)

## 一時移転させるための基準

基準の種類	基準の概要	初期値	防護措置の概要
OIL2	地表面からの放射線、再浮遊した放射性物質の吸入、不注意な経口摂取による被ばく影響を防止するため、地域生産物の摂取を制限するとともに、住民等を1週間程度内に <b>一時移転させるための基準</b>	20 $\mu$ Sv/h (空間放射線量率) (地上1m)	1日内を目途に区域を特定し、地域生産物の摂取を制限するとともに、1週間内に一時移転を実施

# 防護措置の実施の判断基準(OIL:運用上の介入レベル)の設定(案)

平成25年1月21日原子力規制委員会第6回原子力災害事前対策等に関する検討チーム

## 飲食物の摂取制限を要する基準(日本ではOIL3を採用していない)

基準の種類	基準の概要	初期値			基準の概要
OIL3に対応	経口摂取による被ばく影響を早急に防止するため、飲食物中の放射性核種濃度測定を実施する地域を特定する際の基準	0.5 $\mu$ Sv/h (空間放射線量率) (地上1m)			数日内を目途に区域を特定し、当該地域においてOIL6に基づく飲食物摂取制限に係る飲食物中の放射性核種濃度のスクリーニングを実施。
OIL6	経口摂取による被ばく影響を防止するため、飲食物の摂取を制限する際の基準	核種 ※1	飲料水 牛乳・乳製品	野菜類、穀類、肉、卵、魚、その他	1週間内を目途に飲食物放射性核種濃度のスクリーニングと分析を行い、基準を超えるものにつき摂取制限を実施。
		放射性ヨウ素	300Bq/kg	2,000Bq/kg ※2	
		放射性セシウム	200Bq/kg	500Bq/kg	
		ウラン	20Bq/kg	100Bq/kg	
		プルトニウム及び超ウラン元素の $\alpha$ 核種	1Bq/kg	10Bq/kg	

※1 その他の核種の設定の必要性も含めて今後検討する。その際、IAEA GSG-2におけるOIL6の値を参考として数値を設定する。

※2 根菜、芋類を除く野菜類が対象。

防護措置の実施の判断基準(OIL:運用上の介入レベル)の設定(案)  
 平成25年1月21日原子力規制委員会第6回原子力災害事前対策等に関する検討チーム

体表面スクリーニング・除染を要する基準

基準の種類	基準の概要	初期値	防護措置の概要
OIL4	不注意な経口摂取、皮膚汚染からの外部被ばくを防止するため、除染を講じる際の基準	$\beta$ 線:40,000 cpm※ (皮膚から数cmでの検出器の計数率) (表面密度で測定した場合約120Bq/cm <sup>2</sup> 相当)	避難基準に基づいて避難した避難者等をスクリーニングして、基準を超える際は迅速に除染。
		【1ヶ月後の値】 $\beta$ 線:13,000 cpm※ (皮膚から数cmでの検出器の計数率) (表面密度で測定した場合約40Bq/cm <sup>2</sup> 相当)	

※  $\beta$  線入射窓面積が20cm<sup>2</sup>の検出器を利用した場合  
 (我が国においてはIAEAの基準よりも大きい口径の検出器を利用している)

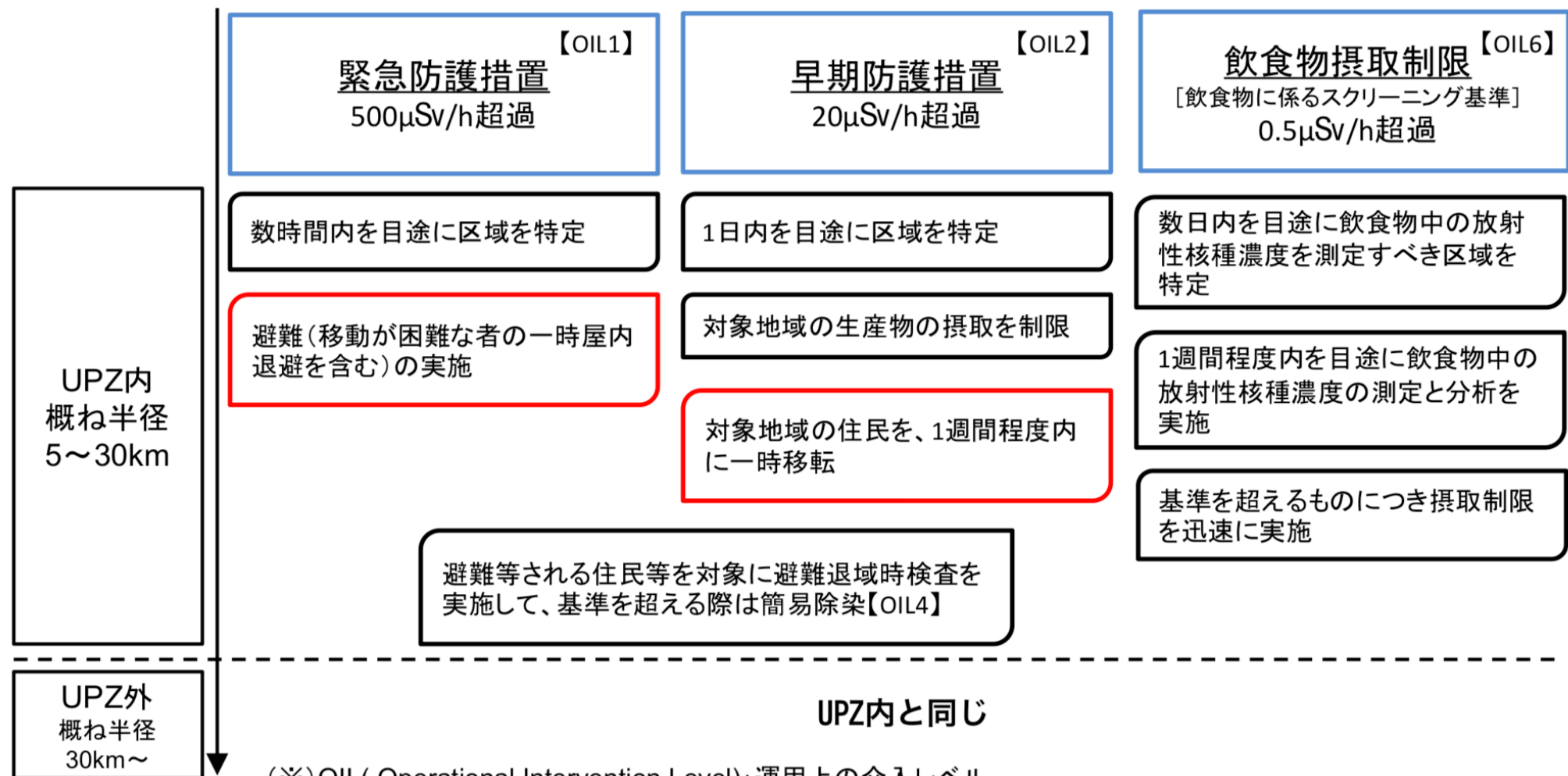


平成26年9月5日  
改定 平成30年3月26日

せんだい  
川内地域の緊急時対応  
(全体版)

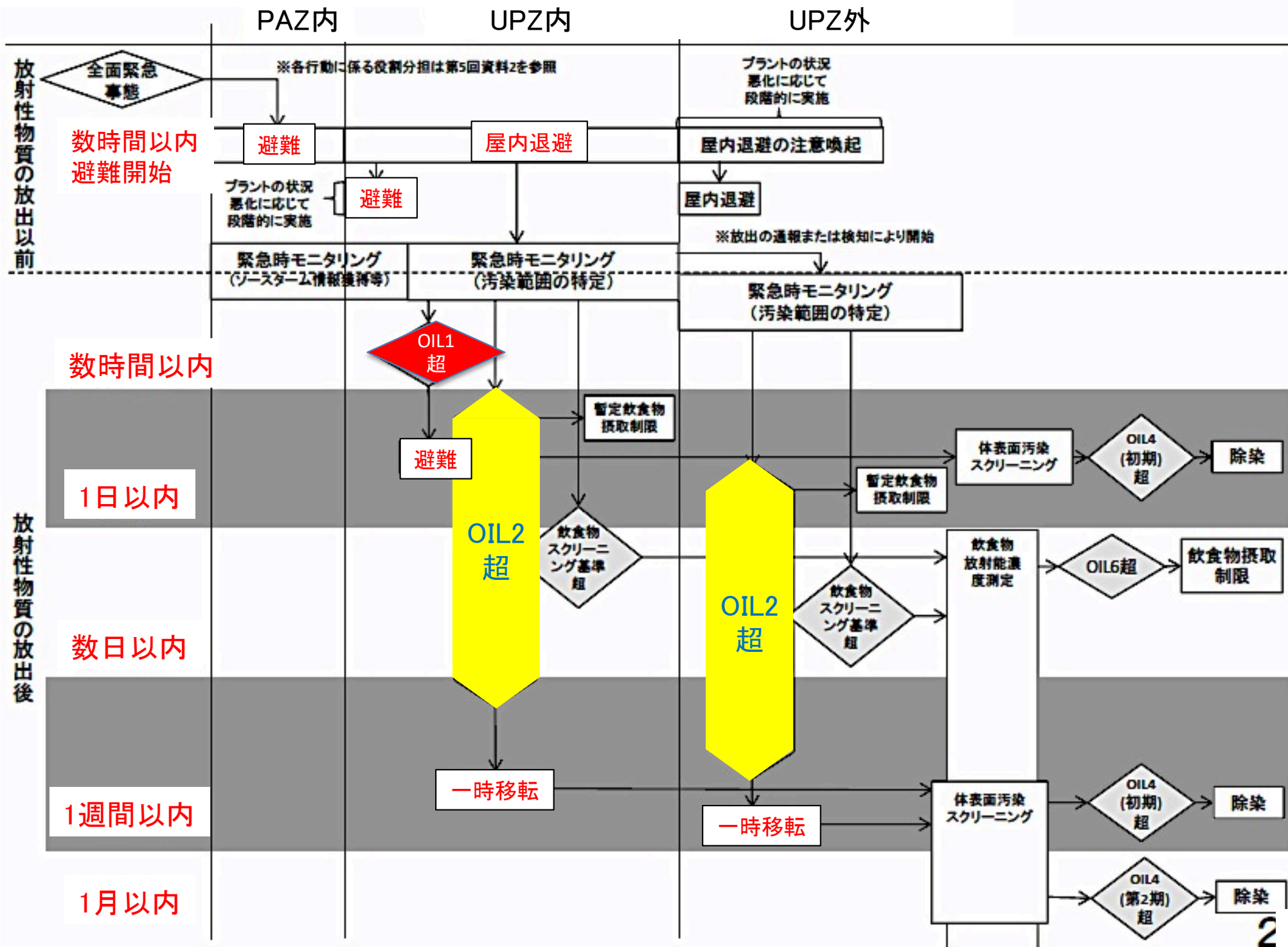
内閣府政策統括官(原子力防災担当)  
川内地域原子力防災協議会

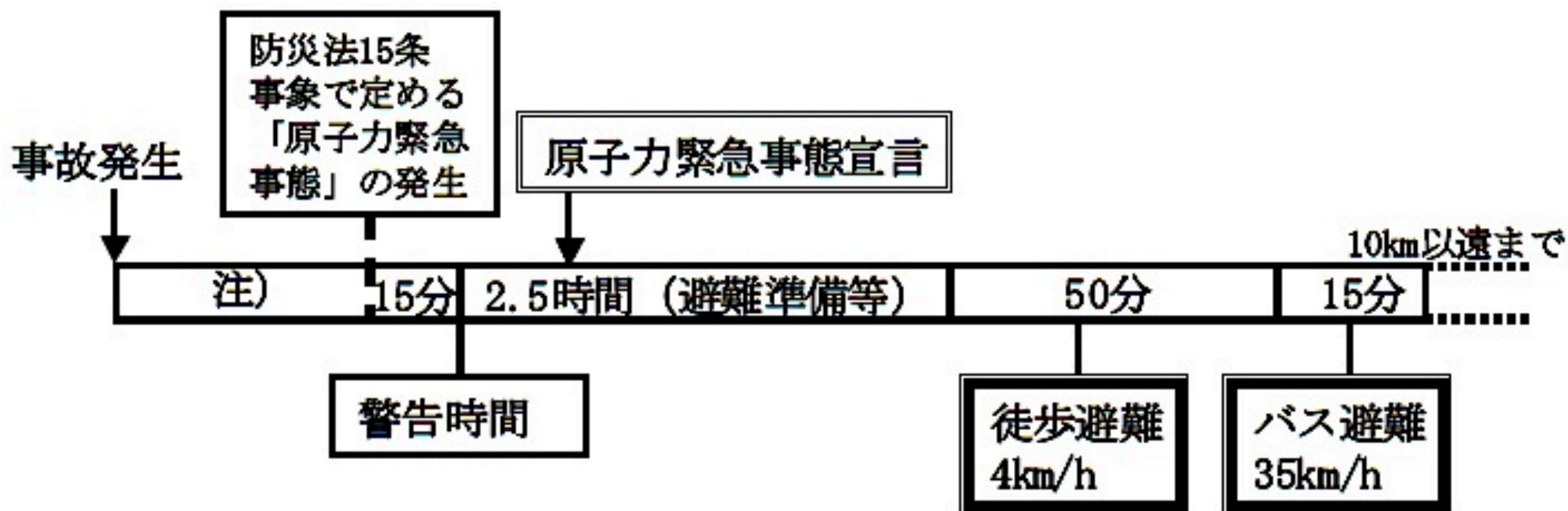
放射性物質の放出後、高い空間放射線量率が計測された地域においては、被ばくの影響をできる限り低減する観点から、数時間から1日以内に住民等について避難等の緊急防護措置を講じる。また、それと比較して低い空間放射線量率が計測された地域においても、無用な被ばくを回避する観点から、1週間程度内に一時移転等の早期防護措置を講じる。



(※)OIL(Operational Intervention Level):運用上の介入レベル  
放射線モニタリングなどの計測された値により、避難や一時移転等の防護措置を実施するための判断基準

# 緊急事態における防護措置実施のフロー(イメージ)





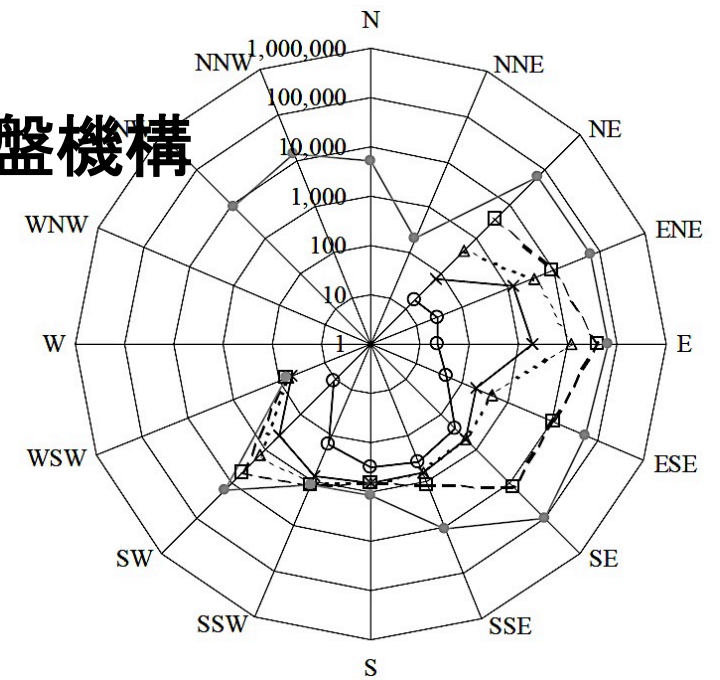
注) 事故発生から防災法15条事象で定める「原子力緊急事態」の発生までの時間は、事故シーケンスごとに設定される。「原子力緊急事態」の発生から15分の通報遅れを見込み、警告時間を設定する。

## 想定した避難モデル

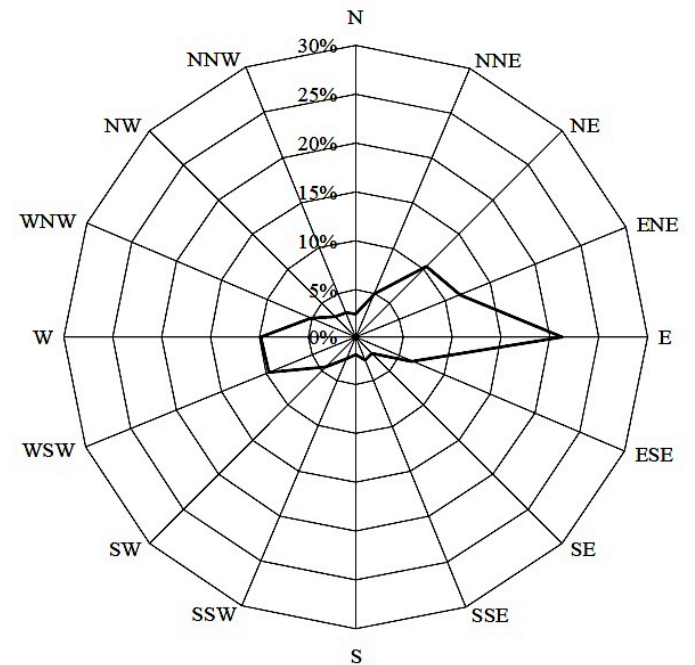
内的事象レベル 3 PSAの検討(PWR) 平成17年8月 独立行政法人 原子力安全基盤機構

# 内的事象レベル 3 PSAの検討(PWR)

平成17年8月 独立行政法人 原子力安全基盤機構



方位別距離別の累積人口



解析に用いた年間風向出現頻度

## 現状のまとめ

放射線被曝による健康被害を考える時、短時間にたくさんの線量を被曝することが問題です。

現在、色々な農作物や海産物、環境放射線の値が報道されますが、様々な基準は非常に厳しく設定されているので、それらの数値が少し位上昇しても、右往左往することは有りません。それらの数値を気にしないといけないのは、原子炉の状況が今より悪化し、燃料棒破損の進行等により放射性物質が新たに放出されたり、施設が再度水素爆発等を起こしてしまった時だけと考えています。

# 放射線は正しく怖がりましょう！

健康影響に関しては、不安感を先行させるのではなく、「正當に怖がるための努力と、そのための関連情報の収集と理解」が肝要です。

放射線をむやみに怖がるのではなく、正しい知識を持って怖がることが大切と考えています。

福島に生まれて、福島で育って、  
福島で働いて、福島で結婚して、  
福島で子供を産んで、  
福島で子供を育てて、  
福島で孫を見て、福島でひ孫を見て、  
福島で最期を過ごす。  
それが私の夢なのです。

2011年 全国高校総合文化祭  
県立福島南高校の台詞



サーベイメータ

# 放射線測定器の分類

## $\gamma$ 線

電離箱式サーベイメータ

低線量から高線量までの測定

$1 \mu\text{Sv/h} \sim 1 \text{Sv/h}$

NaIシンチレーションサーベイメータ

主に低線量の測定

$\sim 30 \mu\text{Sv/h}$ まで

## $\beta$ 線

GMサーベイメータ(入射窓あり)

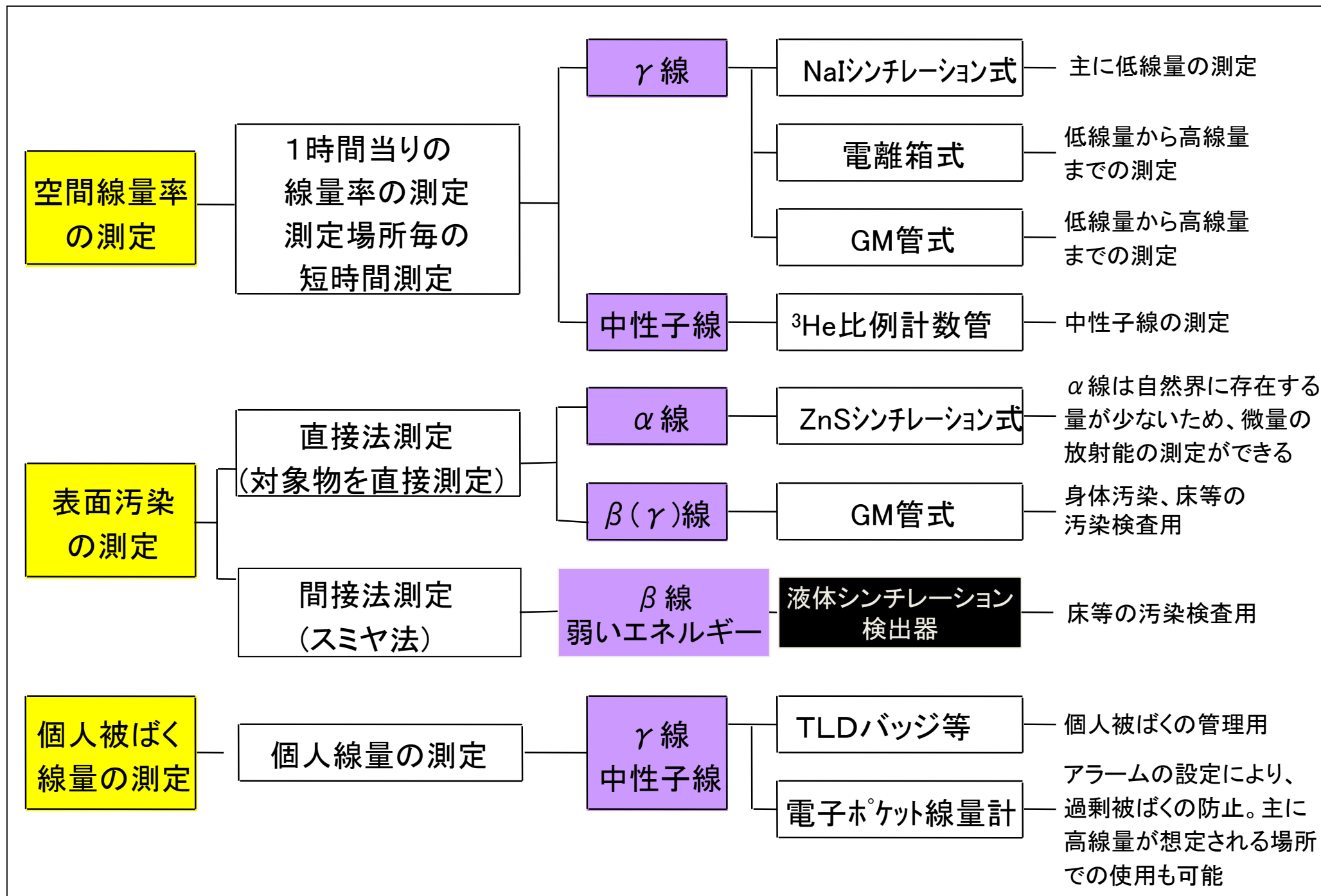
身体汚染、床等の汚染検査

BG $\sim 100$  kcpm

液体シンチレーションカウンタ

スメア検査(ふき取り検査)

# 用途別にみたサーベイメータ



# GM式サーベイメータ(入射窓有り)

ガイガー・ミュラー

単位: cpm



**HITACHI**  
Inspire the Next

# シンチレーション式サーベイメータ

単位:  $\mu\text{Sv/h}$



**HITACHI**  
Inspire the Next



**HITACHI**  
Inspire the Next

# GM式サーベイメータ



# シンチレーション式 サーベイメータ



富士電機社製

# 電離箱式サーベイメータ


$\gamma$ 線：空間線量



単位：μSv / h  
mSv/h

# 中性子サーベイメータ



 日立アロカメディカル株式会社



# 北九州がれき 受け入れ

2012年6月

# 4 環境や人への影響

## ① 飛灰を扱う作業員に関する影響予測

箇所	評価対象	核種	合計濃度 (Bq/kg)	存在割合	被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)	単位換算 (kg/g)	年間被ばく量 (mSv/y)	年間被ばく量計 (mSv/y)	合計 (mSv/y)	
焼却工場	焼却灰積下ろし作業員	外部	Cs-134	330	50%	0.05	1,000	0.00825	0.01172	0.01177
			Cs-137	330	50%	0.021	1,000	0.003465		
		吸入	Cs-134	330	50%	0.00002	1,000	0.0000033	0.00001	
			Cs-137	330	50%	0.000016	1,000	0.00000264		
		直接経口摂取	Cs-134	330	50%	0.00016	1,000	0.0000264	0.00005	
			Cs-137	330	50%	0.00013	1,000	0.00002145		
飛灰の運搬	焼却灰運搬作業員	外部	Cs-134	330	50%	0.037	1,000	0.006105	0.00875	0.00875
			Cs-137	330	50%	0.016	1,000	0.00264		
埋立処分場	焼却灰埋立作業員	外部	Cs-134	330	50%	0.13	1,000	0.02145	0.03020	0.03029
			Cs-137	330	50%	0.053	1,000	0.008745		
		吸入	Cs-134	330	50%	0.000035	1,000	0.000005775	0.00001	
			Cs-137	330	50%	0.000029	1,000	0.000004785		
		直接経口摂取	Cs-134	330	50%	0.00029	1,000	0.00004785	0.00009	
			Cs-137	330	50%	0.00023	1,000	0.00003795		

いずれの作業員も「一般公衆の年間線量限度」である1mSv/yを大幅に下回っており、影響は非常に軽微

## ②排ガスの放出に伴う影響予測

焼却工場には、排ガス処理設備として飛灰を捕捉するバグフィルターが設けられており、放射性セシウムは主に飛灰に付着しているため、大半が回収される。しかし、一定量は大気中に放出されることが想定されるため、その影響の程度を予測する。

### 焼却に伴う降下量

- 排ガス中の放射性セシウムをバグフィルターが99.9%捕集する場合の年間放出量

$$39,500\text{t} \times 100\text{Bq/kg} \times 1,000\text{kg/t} \times (100\% - 99.9\%) = 3,950,000\text{Bq}$$

- 放射性セシウムが焼却施設の半径5kmの範囲で、全量が降下・沈着すると仮定した場合の面積あたり放射能濃度（1工場で全量処理した場合）

$$3,950,000\text{Bq} \div (5\text{km} \times 5\text{km} \times 3.14 \times 1,000,000\text{m}^2/\text{km}^2) \approx 0.05\text{Bq/m}^2$$

### 土壌の面積あたり濃度

- 福岡県の土壌の放射性セシウム137の面積あたり放射能濃度平均

$$129.25\text{MBq/km}^2 = 129.25\text{Bq/m}^2$$

〔MBq/km<sup>2</sup>をBq/m<sup>2</sup>に換算

$$1\text{MBq/km}^2 = 1,000,000\text{Bq} / 1,000\text{m} \times 1,000\text{m} = 1\text{Bq/m}^2$$

セシウム137の放射能測定調査  
(2009年度・福岡市早良区)

試料名	放射能濃度 (MBq/km <sup>2</sup> )
土 壤	150
土 壤	84
未耕地	200
未耕地	83
平 均	129.25

出典:「環境放射線データベース」  
<http://search.kankyo-hoshano.go.jp/>

焼却に伴う降下量(仮)  
0.05Bq/m<sup>2</sup>



土壌含有量  
129.25Bq/m<sup>2</sup>

であり、影響は無視できる

## がれきの放射能の基準値 : 8000Bq/kg

	Bq/kg	1m離れた場所で ( $\mu$ Sv/h)
セシウム134	8000	0.00199
セシウム137	8000	0.000723

がれき1kgにセシウム134と137の含有量が1:1として0.00136  $\mu$  Sv/h  
(1:1の割合とは原発事故当初、セシウム134は1年で70%に減)  
1万トンとして13.6mSv/h

平成23年12月16日

静岡県島田市のがれき 64 Bq/kg

家庭ごみ 41~68 Bq/kg

北九州市のがれき受け入れ基準は100Bq/kg以下