

原発をどうする？ 第34 回勉強会

原発とは何か（第2回）

原発事故と放射能

2018年1月13日

西田 進

# 目次

## (第1回) 原発の技術

- 1. 原子力とは何か
- 2. 原発の歴史
- 3. 原子炉の技術

## (第2回) 原発事故と放射能

- 4. 福島原発事故
- 5. 放射能の話

## (第3回) 原発の問題点

- 6. 原発と地球温暖化
- 7. 核燃料サイクルと高速増殖炉
- 8. 原発の問題点
- 9. 脱原発への道

# 原発の話をするときに、私が心がけていること

## 1. 科学技術として確立されていることを基に話す

- 原子物理学、原子炉工学、放射線科学、  
福島原発事故調査委員会の報告(各種)などに基くこと
- これらは専門的で難解であるが、市民に理解してもらえるように工夫して説明する

## 2. 私見を述べる場合は、(私見)と明記する

- 事故の主要原因(私見)
- 原発の問題点(私見)
- 脱原発への道(私見)

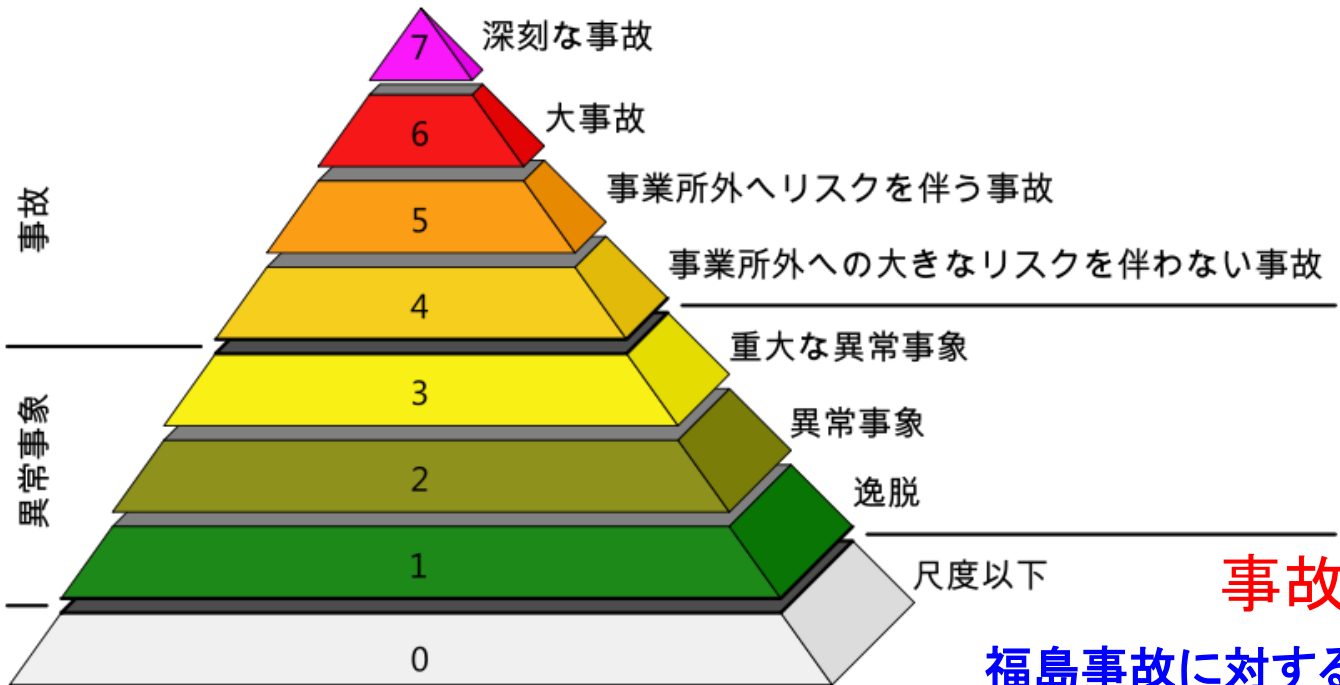
## 3. 原発問題は、科学技術だけでなく、社会・経済・倫理・文化等の多様な問題が含まれている

- 科学技術以外の問題の重要性を認識し、慎重に説明したい

# 福島原発事故

4つの事故調査委員会で事故は解明されたのか

国際原子力機関 (IAEA)が定めた国際原子力事象評価尺度



事故の評価例

福島事故に対する日本政府の事故の評価

3月11日16時	レベル3
3月12日	レベル4
3月18日	レベル5
4月12日	レベル7

過去の事故の評価

1979年スリーマイル島	レベル5
1986年チェルノブイリ	レベル7
1999年JCO臨界事故	レベル4

各 事 故 調 の 概 要

	760頁 政 府	640頁 国 会	410頁 民 間	373頁 東 電
名 称	東京電力 福島原子力発電所における 事故調査・検証委員会	東京電力 福島原子力発電所 事故調査委員会	福島原発事故 独立検証委員会	福島原子力事故 調査委員会
構 成	委員長・畑村洋太郎 (東京大学名誉教授) 委員9名	委員長・黒川清 (元日本学術会議会長) 委員9名	委員長・北澤宏一 (前科学技術振興機構理事長) 委員5名	委員長・山崎雅男 (代表取締役副社長〈当時〉) 委員7名
調 査	<b>【ヒアリング】</b> 政治家、東電関係者ら772人 <b>【その他】</b> 発電所の視察、首長からの 意見聴取など	<b>【ヒアリング】</b> 菅直人元首相ら政治家、東電 関係者延べ1167人 <b>【その他】</b> 発電所視察、被災住民や 発電所作業員へのアンケ ートなど	<b>【ヒアリング】</b> 政治家ら約300人 東電関係者には実施せず	<b>【ヒアリング】</b> 役員・社員延べ約600人
委員会特徴	政府設置だが、従来の原子 力行政から独立した立場の 委員会	日本の憲政史上初となる国 会に設置された調査機関	政府や企業から独立した 市民の立場で調査・分析を 実施	社外有識者で構成する「原 子力安全・品質保証会議事 故調査検証委員会」の意見 も聞き調査・検証を実施
分析・提言など	事故原因、政府や東電の初 動対応、過去の法規制を中 心に検証 再発防止と被害軽減のため の25項目を提言	事故検証、政府や東電の初 動対応、法規制を中心に検 証 国会による規制機関の監 視など7項目を提言	事故の歴史的、構造的要因 や官邸の現場介入を分析 技術的検証は少ない 個々の検証ごとに、その解 決策を提示	事前の備え、初動対応のほ か、詳細なプラントデータをも とに事故原因を解析 津波対策を中心に具体的 な対策を提案
公表日	中間:2011年12月26日 最終:2012年 7月23日	2012年7月5日	2012年2月27日	中間:2011年12月2日 最終:2012年6月20日

他に学会事故調あり  
日本原子力学会  
全117頁

(以下より作成)  
国立国会図書館 調査と情報 第756号「福島第一原発事故と4つの事故調査委員会」  
日本電気協会発行「東京電力・福島第一原子力発電所 ここがポイント 事故調査報告書」  
各事故調報告書



福島原発事故(3)

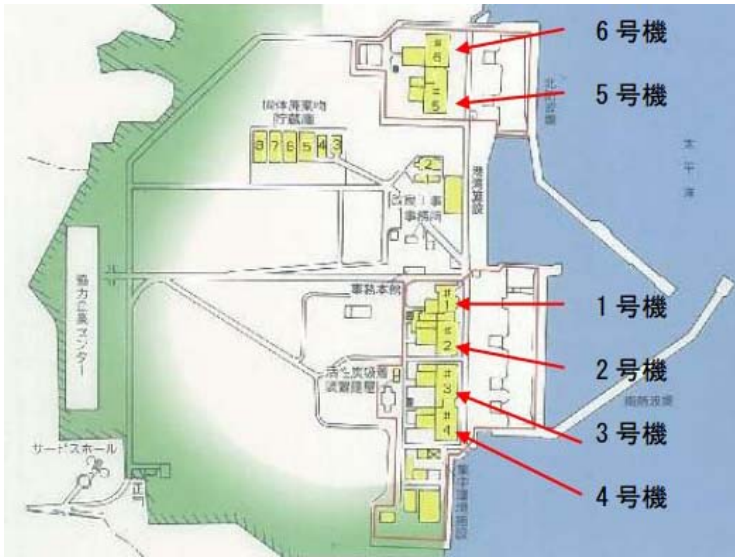
福島第一原発の事故状況

場所 福島第一原発

時刻 2011年3月11日14時46分より

契機 東北地方太平洋沖地震による地震動と津波

進展 地震動による原子炉の一部破壊  
地震動による送電線等外部電源喪失  
津波によるディーゼル発電機の冠水  
水素ガス爆発、炉心のメルトダウン



福島第一原発の設備と事故状態の一覧

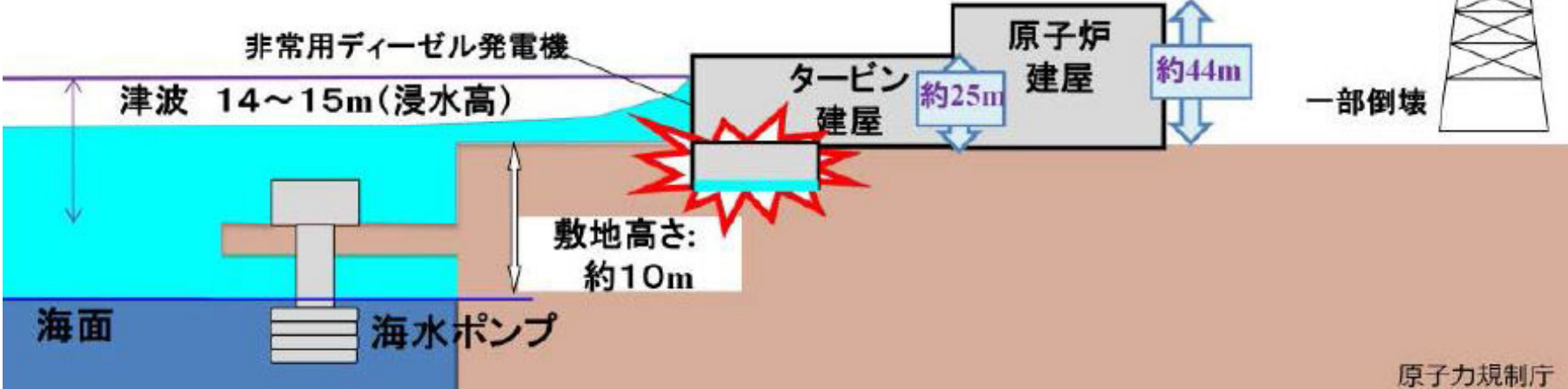
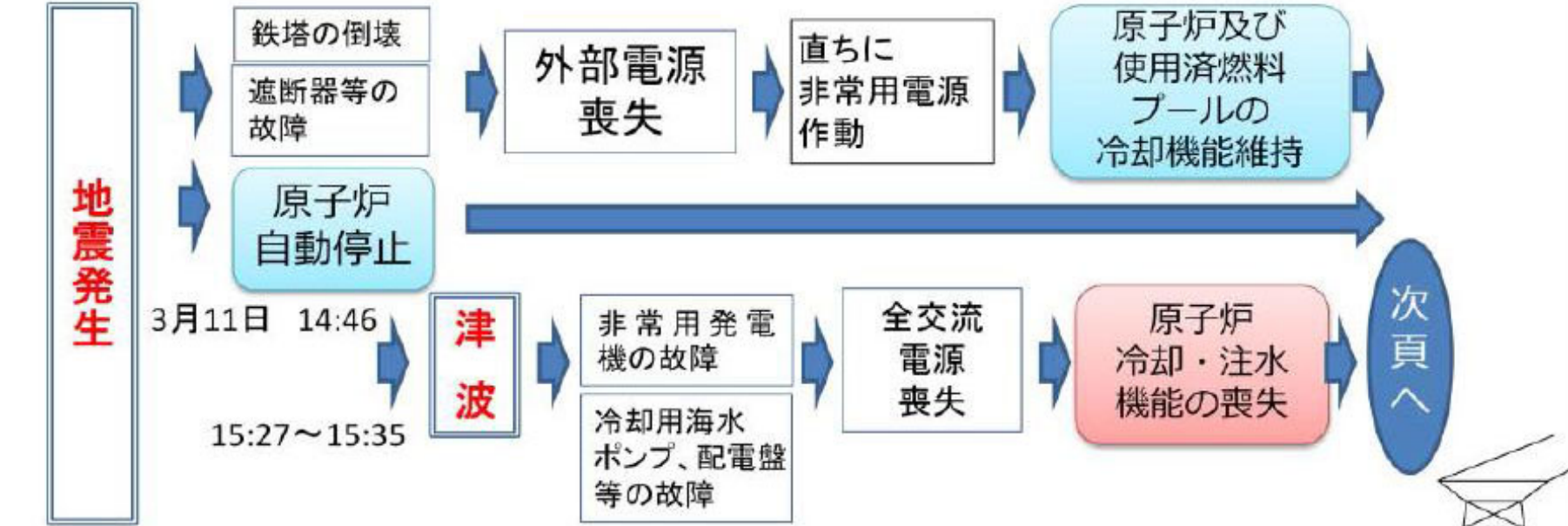
	1 号機	2 号機	3 号機	4 号機	5 号機	6 号機
電気出力（万 kW）	46.0	78.4	78.4	78.4	78.4	110.0
建設着工	1967/9	1969/5	1970/10	1972/9	1971/12	1973/5
営業運転開始	1971/3	1974/7	1976/3	1978/10	1978/4	1979/10
原子炉形式	BWR-3	BWR-4				BWR-5
格納容器形式	マークⅠ					マークⅡ
燃料集合体数（体）	400	548	548	548	548	764
制御棒本数（本）	97	137	137	137	137	185
事故直前の状況	運転中 ⇒自動停止	運転中 ⇒自動停止	運転中 ⇒自動停止	定期点検中 プールに使用済燃料	定期点検中	定期点検中
建屋健全性	水素爆発	損傷 *1	水素爆発	水素爆発 *2	健全	健全
炉心状態（推定）	メルトダウン	メルトダウン	メルトダウン	MDなし	健全	健全

\*1 1号機の水素爆発で2号機建屋のパネルが脱落したため

\*2 3号機のベントで4号機建屋に水素が流入したため

東電福島第一原発  
事故の状況

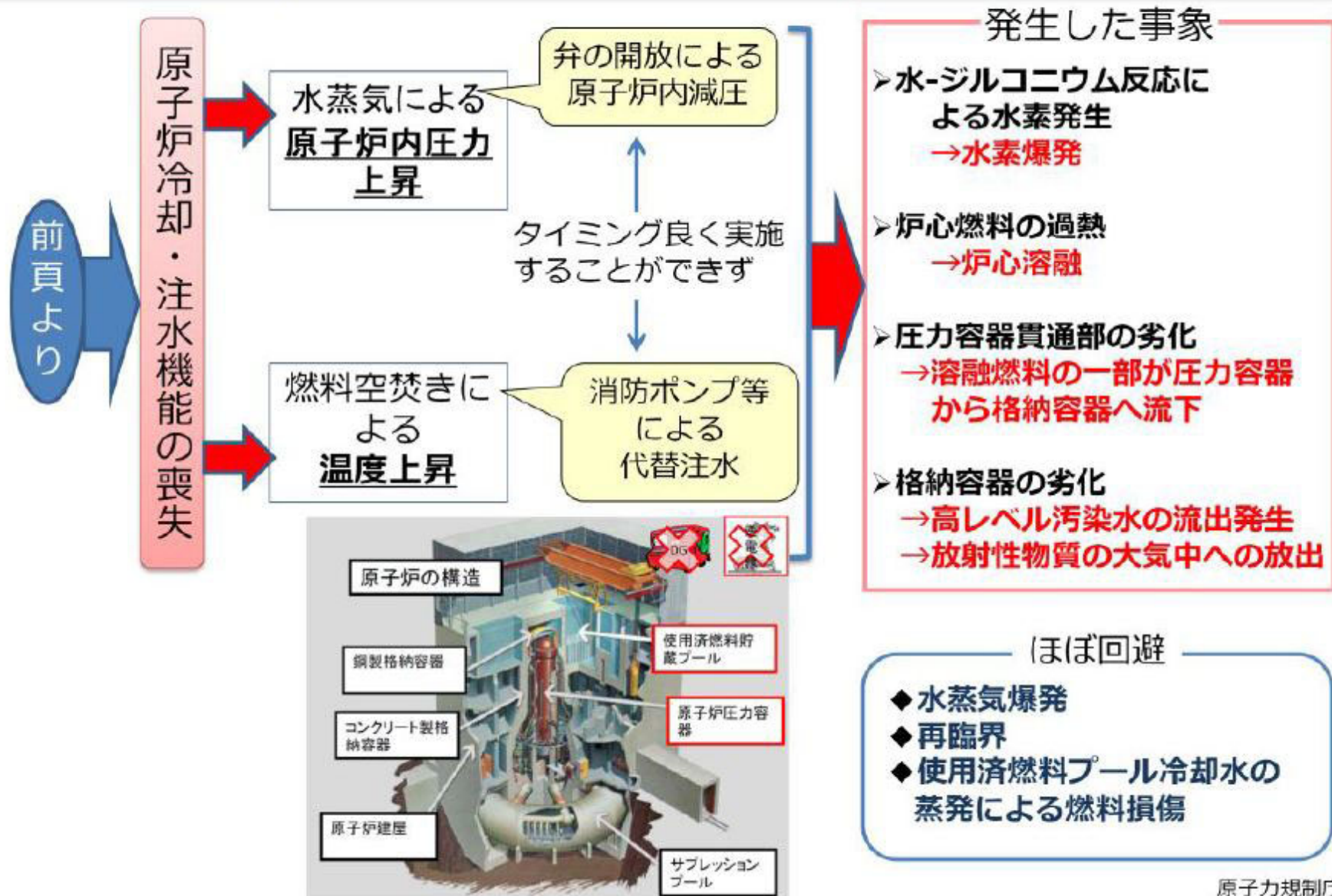
事故の要因(推定):地震と津波の影響





## 東電福島第一原発 事故の状況

## 事故の要因(推定):原子炉内の状況



## 原子爆弾・水素爆弾・水素爆発

原子爆弾は「核分裂」、水素爆弾は「核融合」、水素爆発は「化学反応」

**原子爆弾**: ウランが核分裂する      原子力発電所の原理と同じ



ウラン    イットリウム    ヨウ素

**水素爆弾**: 水素が核融合する      核融合炉の原理と同じ



二重水素    三重水素    ヘリウム

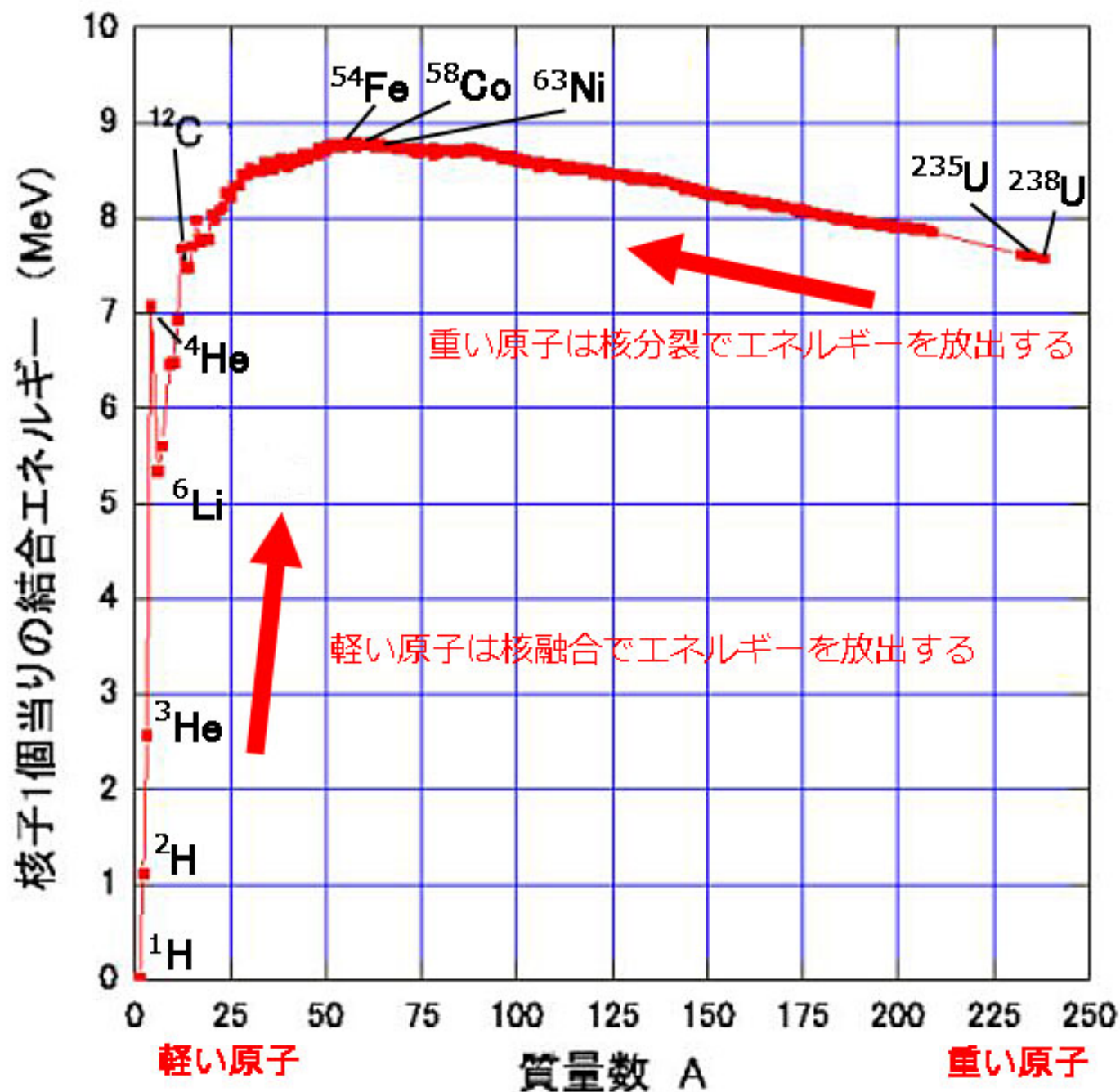
太陽のような高温高圧が必要。これを地上に実現するのが国際熱核融合実験炉。

EU、日、ロ、米、中、韓、インドの7ヶ国が参加。総資金は100億ユーロ(1.6兆円)

**水素爆発**: 水素ガスが大気中の酸素と化合して爆発する(燃焼)



## ちょっと脇道にそれますが、核分裂 と 核融合の話



## 福島原発事故の主要原因(私見)

### 1. 送電鉄塔倒壊など外部電源が喪失したこと

重要施設では外部電源は、独立した2系統から取るのが常識であるが、東京電力は送電系の信頼性を過信しており、地震による送電鉄塔倒壊は全く想定していなかった。

### 2. 非常用ディーゼル発電機を低いところに置いていたこと

タービン建屋の地下という発電所内の一番低い場所に置いていて、津波に対する配慮が全く欠けていた。

(文科省地震調査研究推進本部が発表した三陸沖での最高15.7mの津波予想を東京電力は承知していたが、「仮想的な数値」だとして採用しなかった)

### 3. 作業者に事故訓練が不十分であったこと

全電源喪失に備えた電源車の準備、ベントの操作方法の検討などを、事故が発生してから急遽行ったが、初めてのことで現場は混乱に陥った。

以上はいずれも原発施設の安全性審査で当然指摘されるべきであるが、原子力ムラ内では発言が憚られたのは当然であろう。これが根本的な原因である。

# 放射能の話

放射能とは何か、どんな種類があるのか、  
どのようにして測るのか、どこまで安全か



## はじめに 放射線・放射能・放射性物質とは

- ランタン  
(光を出す能力を持つ)

カンデラ (cd)  
(光の強さの単位)



光



ルクス (lx)  
(明るさの単位)

- 放射性物質 = 放射線を出す能力 (放射能) を持つ



放射線

ベクレル (Bq)

▶ 放射能の強さの単位

換算係数



シーベルト (Sv)

▶ 人が受ける放射線被ばく線量の単位

※ シーベルトは放射線影響に関係付けられる。

### ベクレル (Bq)

放射能の量を表す単位

1秒間に1個原子核が壊れる  
= 1ベクレル (Bq)

放射性物質

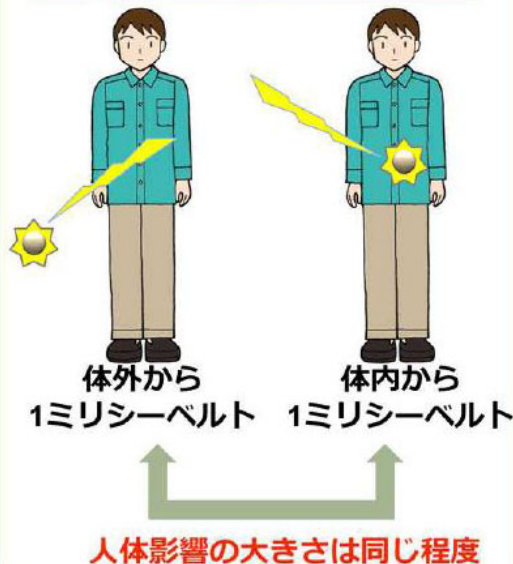


食品検査用ベクレル計



### シーベルト (Sv)

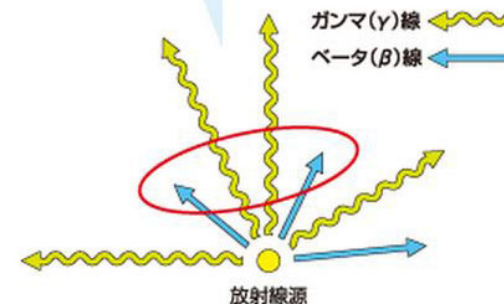
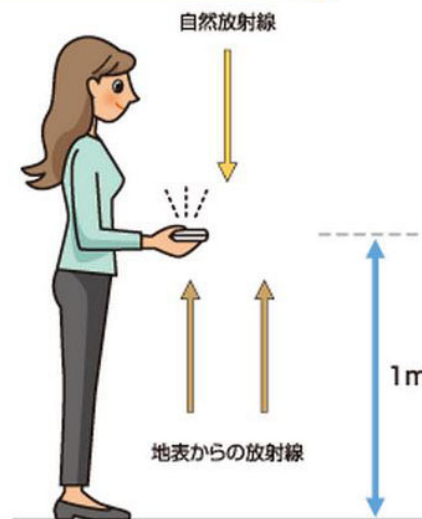
人が受ける被ばく線量の単位。  
放射線影響に関係付けられる



環境省による

### 空間線量率 シーベルト／時間 (Sv/h)

地表近くで測る場合、 $\beta$ 線も測ってしまうと、  
正しく外部被ばく量に変換できない



## 放射能の話(3)

### ベクレル(Bq) 放射能の量を表す単位

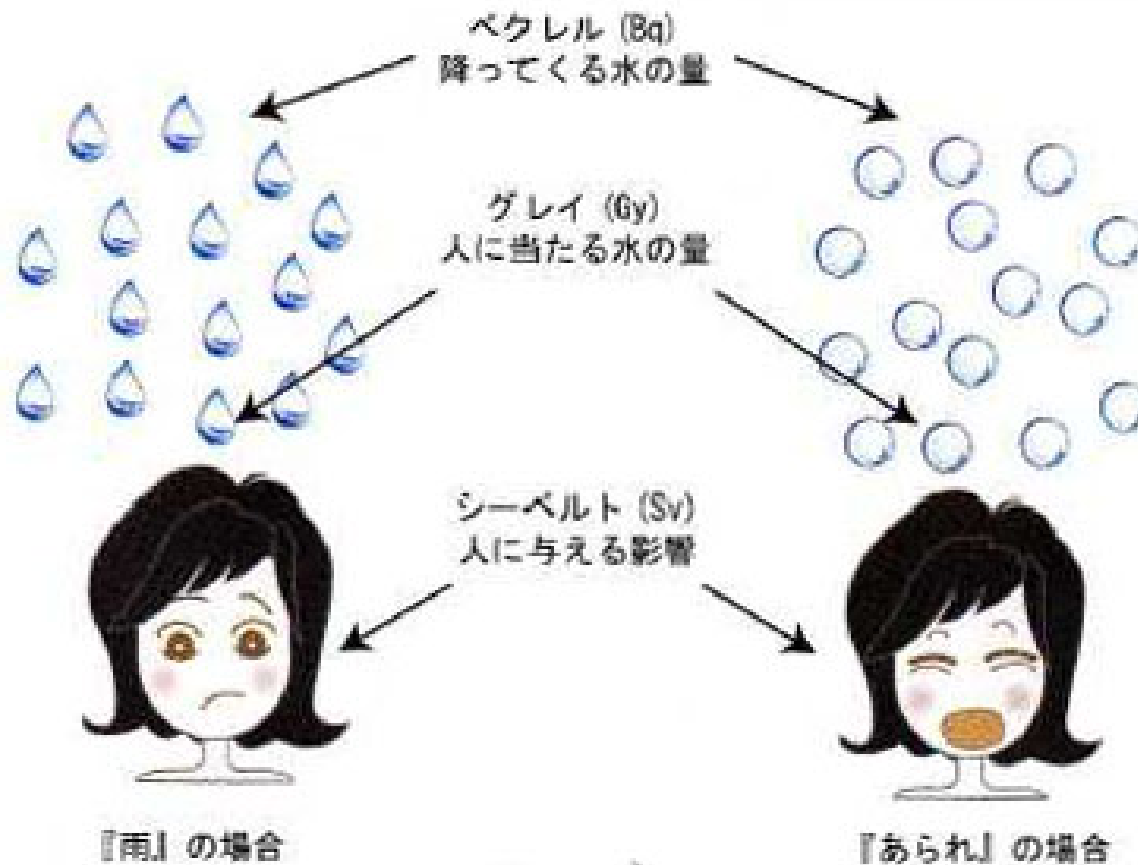
1Bqは、1秒間に1個の放射性壊変をする放射性物質の量を表します

### グレイ(Gy) 吸収線量を表す単位 物質がどれだけ放射線のエネルギーを吸収したかを表す量

1Gyは物質1kg当り、1ジュールのエネルギー吸収を与える吸収線量

### シーベルト(Sv) 実効線量を表す単位 放射線が生物に及ぼす効果を表す量

実効線量＝吸収線量×放射線荷重計数×組織荷重計数





放射線

# 放射線の種類

電離放射線

電磁波

X線 (原子核の外で発生)

γ線 (原子核から出る)

放射線には電離放射線と非電離放射線があるが、通常、放射線といった場合は、電離放射線を指すことが多い。

粒子線

荷電粒子線  
(直接電離放射線)

β線 (原子核から飛び出る電子)

α線 (原子核から飛び出るヘリウムの原子核)

陽子線, 重陽子線, 三重陽子線, 重イオン線

荷電中間子線

核分裂片など

非荷電粒子線  
(間接電離放射線)

非荷電中間子線

中性微子 (ニュートリノ)

中性子線など (原子炉, 加速器, アイソトープ  
ニュートロン などから作られる)

非電離放射線

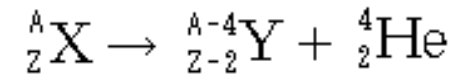
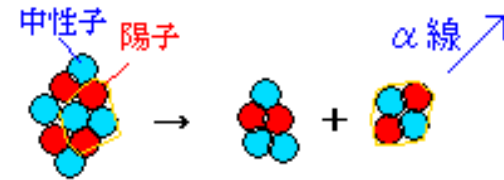
電波, マイクロ波, 赤外線, 可視光線, 紫外線など

## α線、β線、γ線とは何か

## α線

α線は、α崩壊により放出される放射線。

α線の本体は、高速のヘリウムの原子核である。原子番号 2、質量数 4 のヘリウム原子核は、陽子 2 個、中性子 2 個を持つので、α崩壊がおこると元の原子核(親核)の原子番号が 2 減少し、質量数は 4 減少した原子核(娘核)ができる。

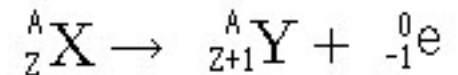
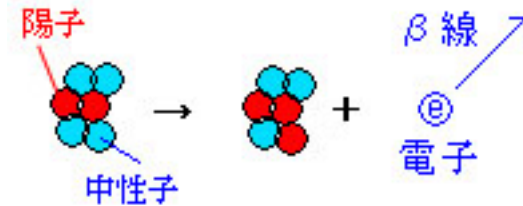


## β線

β線は、β崩壊により放出される放射線。

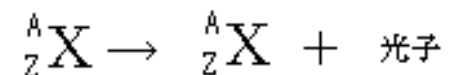
β線の本体は高速の電子である。

β崩壊が起こると中性子が陽子になるので原子番号が 1 増加するが、質量数(陽子と中性子の数の和)は変化しない。



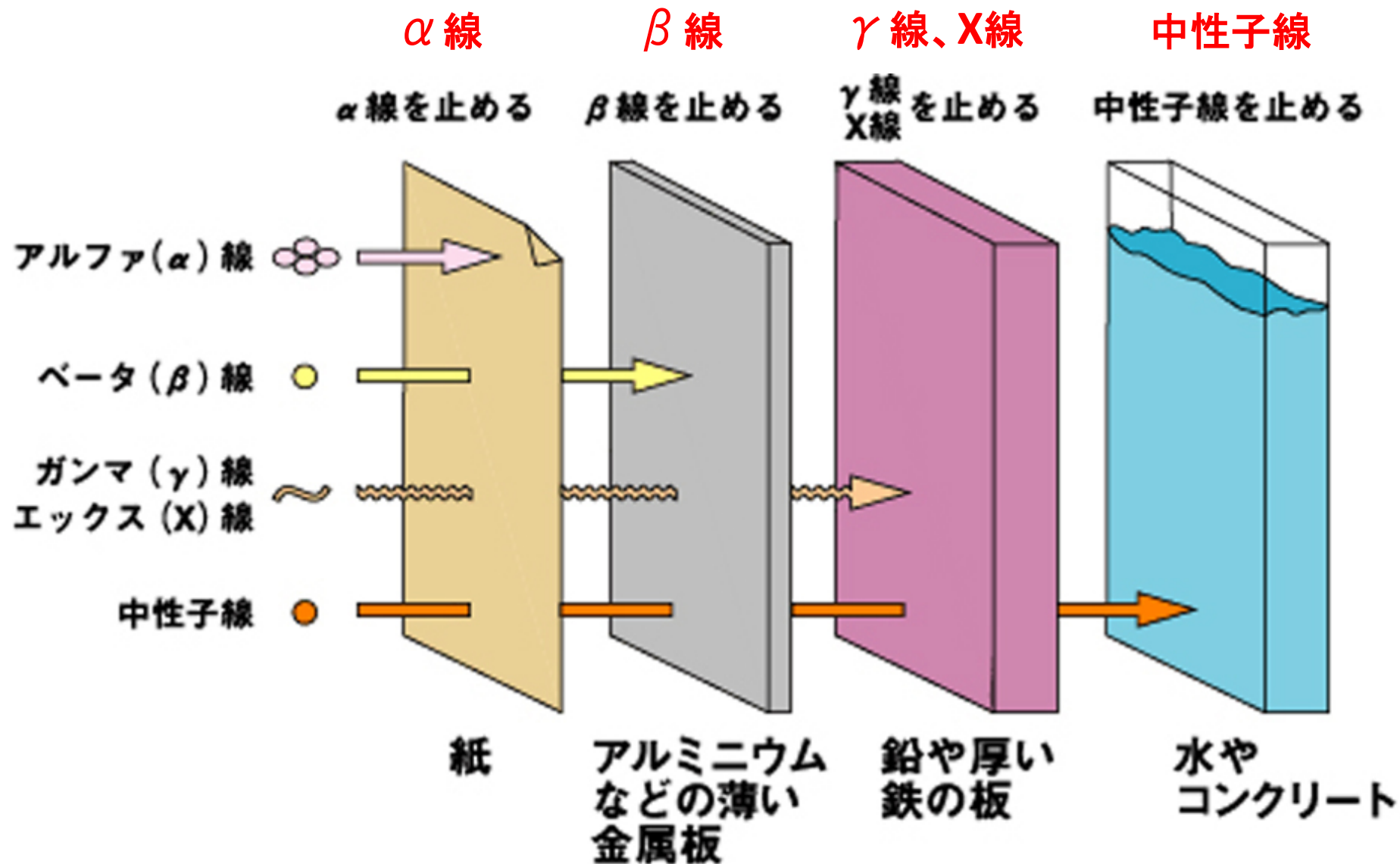
## γ線

α崩壊やβ崩壊をした直後の原子核はまだ不安定で、続けてγ線を放出することが多い。γ線の本体は光子で、X線や光の仲間である。γ線を放出しても、原子番号や質量数は変化しない。





# 放射線の透過力



## 原発事故由来の放射性物質

I-127は安定ヨウ素

	I-131 ヨウ素	Cs-134 セシウム	Cs-137 セシウム	Sr-90 ストロンチウム	Pu-239 プルトニウム
出す放射線の種類	$\beta, \gamma$	$\beta, \gamma$	$\beta, \gamma$	$\beta$	$\alpha, \gamma$
物理学的半減期	8日	2.1年	30年	29年	24,000年
実効半減期	8日	64日	70日	15年	197年
蓄積する器官・組織	甲状腺	全身	全身	骨	骨、肝

実効半減期：体内に取り込まれた放射性物質の量が、生物学的排泄作用(生物学的半減期)および放射性物質の物理的壊変(物理学的半減期)の両者によって減少し半分になるまでの時間。緊急被ばく医療テキスト(医療科学社)の値を引用した。

## 線量測定と計算

## 食品からの被ばく線量(計算例)

(例) 成人がセシウム137を100 Bq/kg含む食品を0.5 kg摂取

$$100 \text{ Bq/kg} \times 0.5 \text{ kg} \times 0.013 = 0.65 \text{ } \mu\text{Sv}$$

$$= 0.00065 \text{ mSv}$$

実効線量係数( $\mu\text{Sv/Bq}$ )

	ヨウ素131	セシウム137
3ヶ月児	0.18	0.021
1歳児	0.18	0.012
5歳児	0.10	0.0096
成人	0.022	0.013

Bq : ベクレル

 $\mu\text{Sv}$  : マイクロシーベルト

mSv : ミリシーベルト

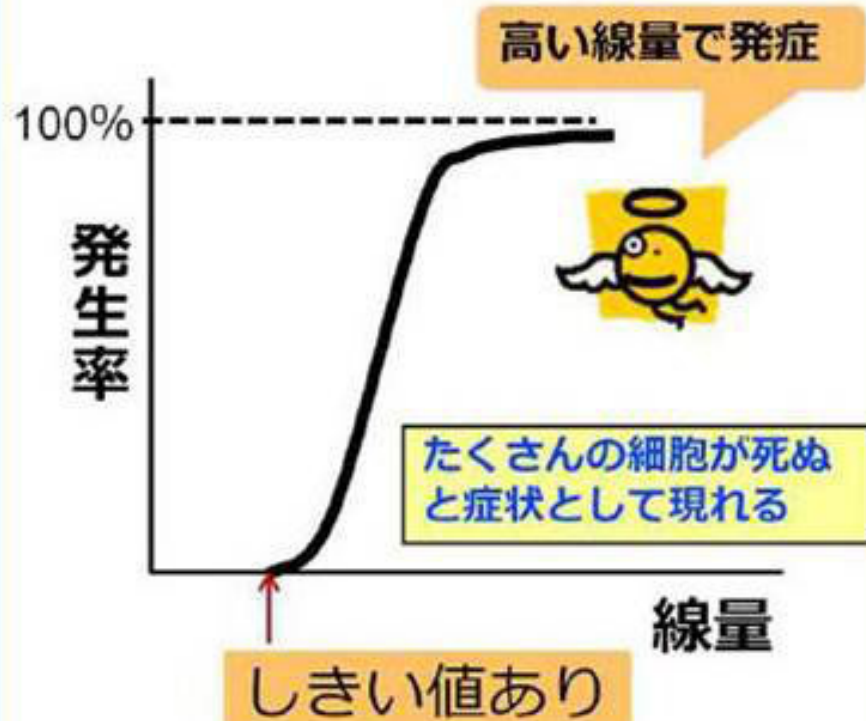
ICRP Database of Dose Coefficients CD-ROM, 1998



# 線量反応関係

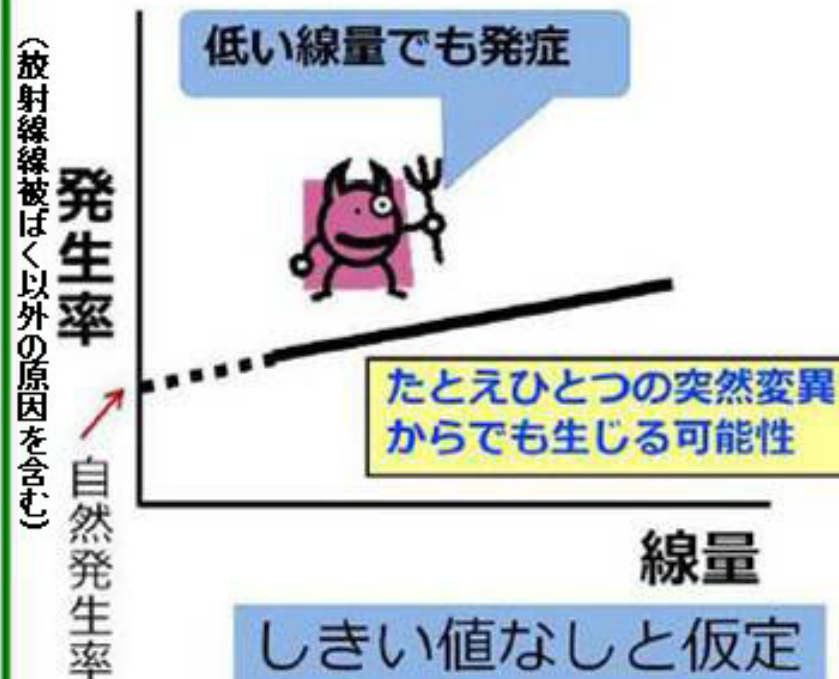
## 確定的影響

(細胞死が引き金)

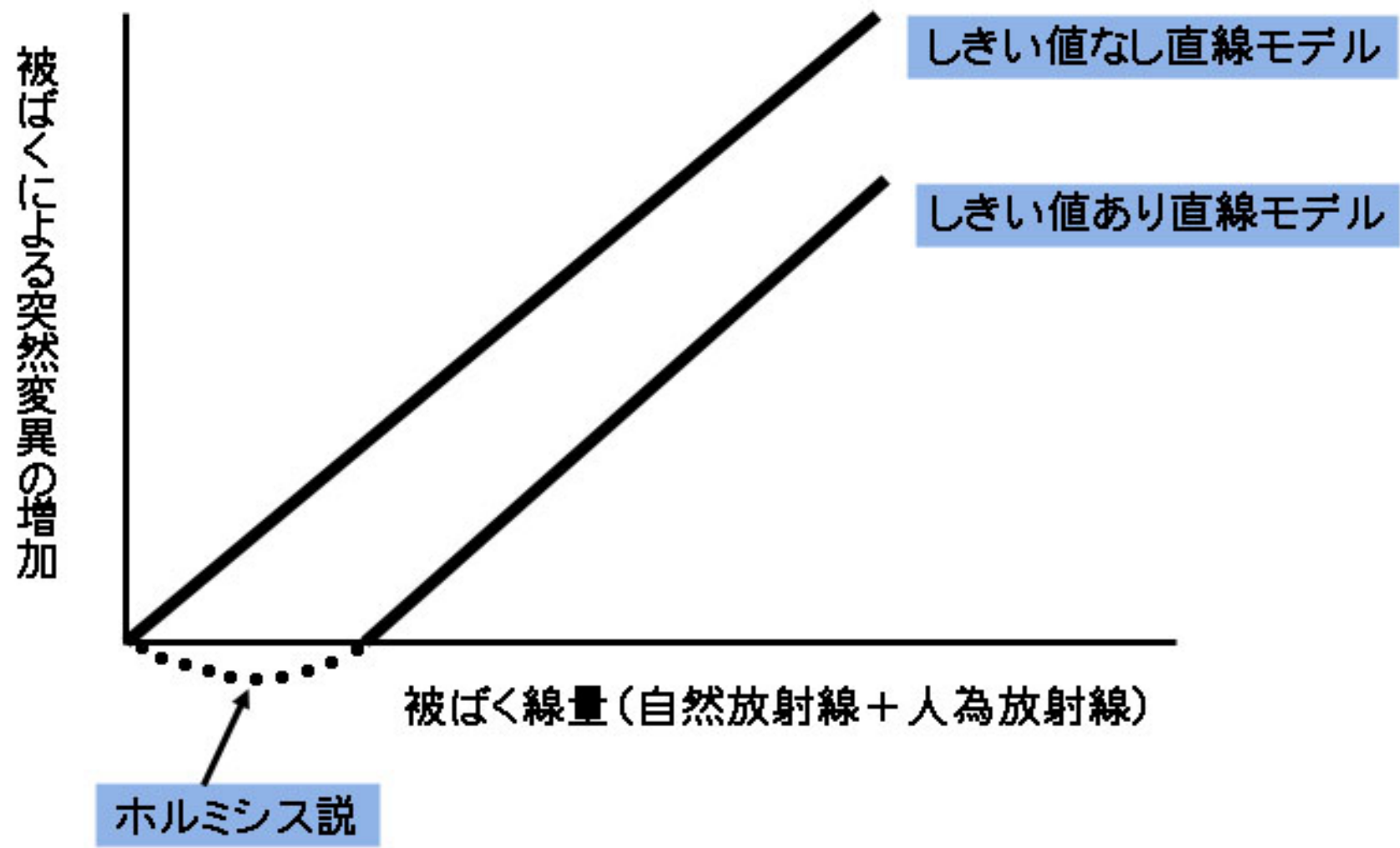


## 確率的影響

(突然変異が引き金)



確率的影響  
(突然変異が引き金)





# 国際放射線防護委員会 (ICRP)

放射線防護の基本的な枠組みと防護基準を勧告することを目的とする。主委員会と**5**つの専門委員会(放射線影響、線量概念、医療被ばくに対する防護、勧告の適用、環境の放射線防護)で構成されている。

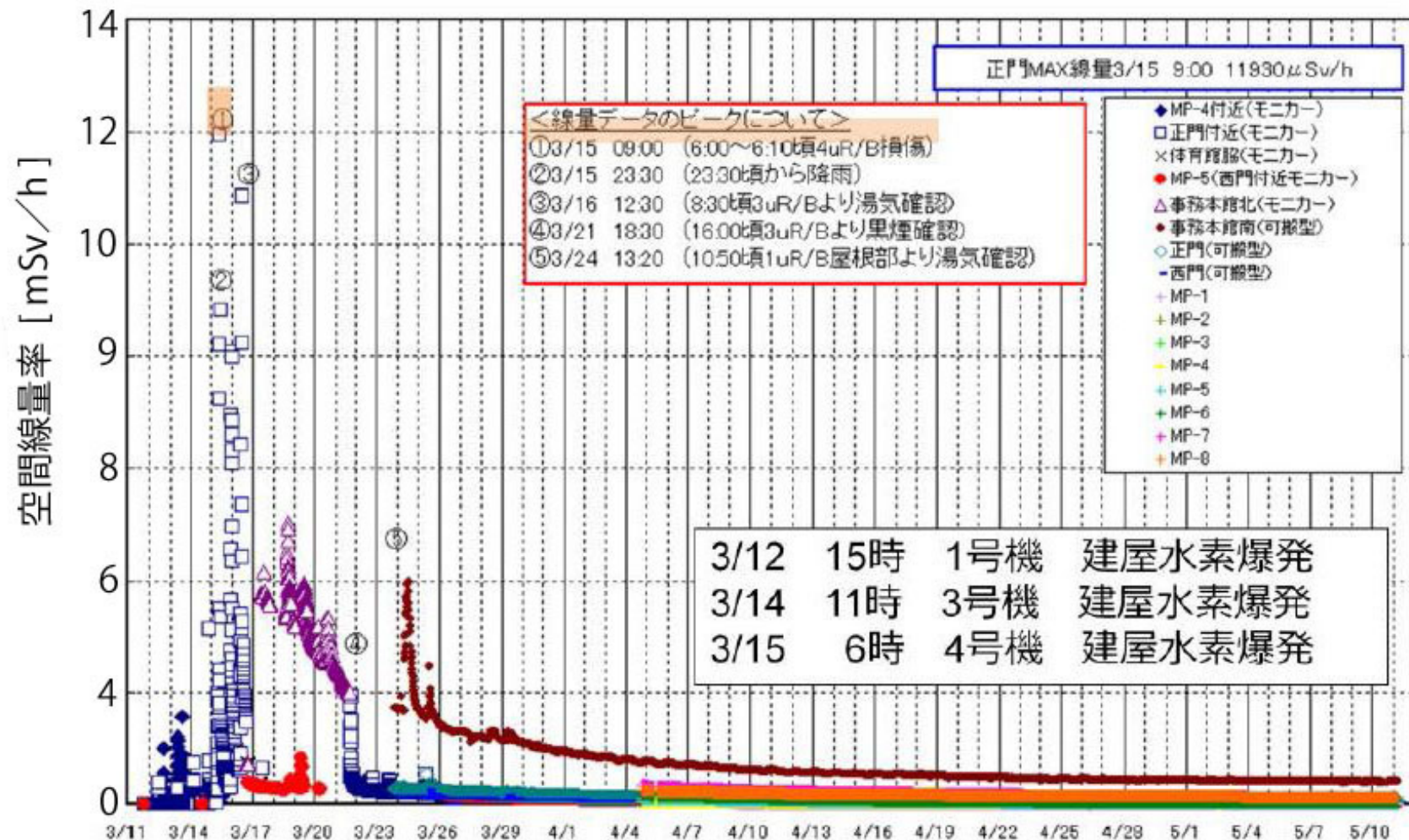
				東電福島原発事故での対応
	1977年 勧告	1990年 勧告	2007年 勧告	厚生労働省電離放射線障害防止規則の特例 従来の <b>100 mSv</b> から <b>250 mSv</b> に引き上げ *平成23年11月1日以降、原則 <b>100 mSv</b> に戻すことが決められた。
線量限度 (職業人)	50mSv/年	100mSv/5年 かつ 50mSv/年	100m Sv/5年 かつ 50m Sv/年	
線量限度 (公衆)	5mSv/年	1mSv/年 ↔ 組織および放射線の加重係数の見直し	1mSv/年	例 計画避難地域での避難の規準: 20 mSv/年

mSv : ミリシーベルト

本スライドは、環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料(平成25年度版)」の「ICRP勧告の部分」と「東電福島原発事故での対応」の部分を組み合わせた。一部加筆した。

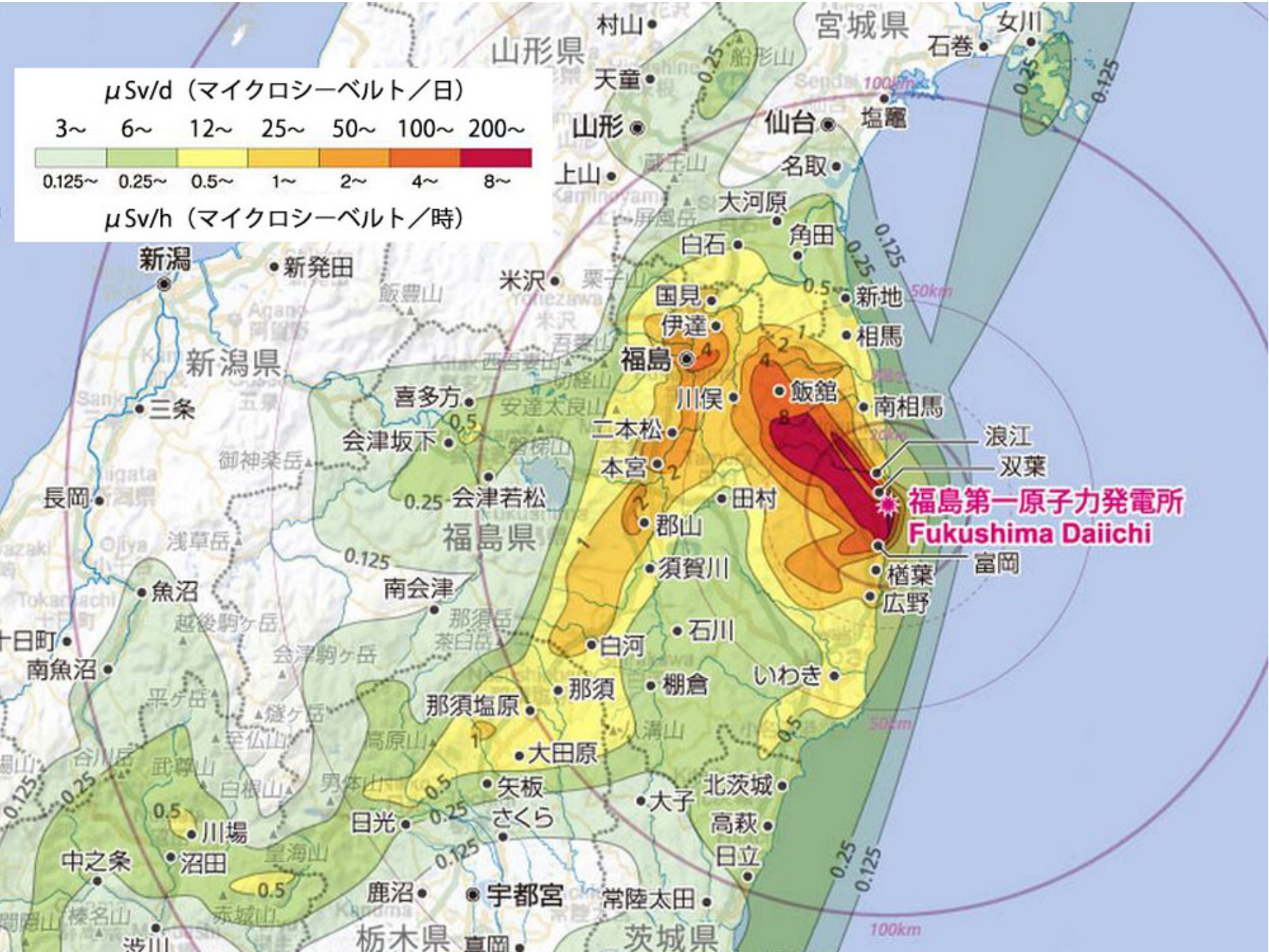
東電福島第一原発  
事故の概要事故直後から2ヶ月間の空間線量率  
(福島第一原発敷地内及び敷地境界)

1-4号機建屋等で水素爆発が発生、3月15日午前中に放射線量のピークが観測されている。



出典：原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本国政府の報告書 平成23年6月  
原子力災害対策本部 添付V-9





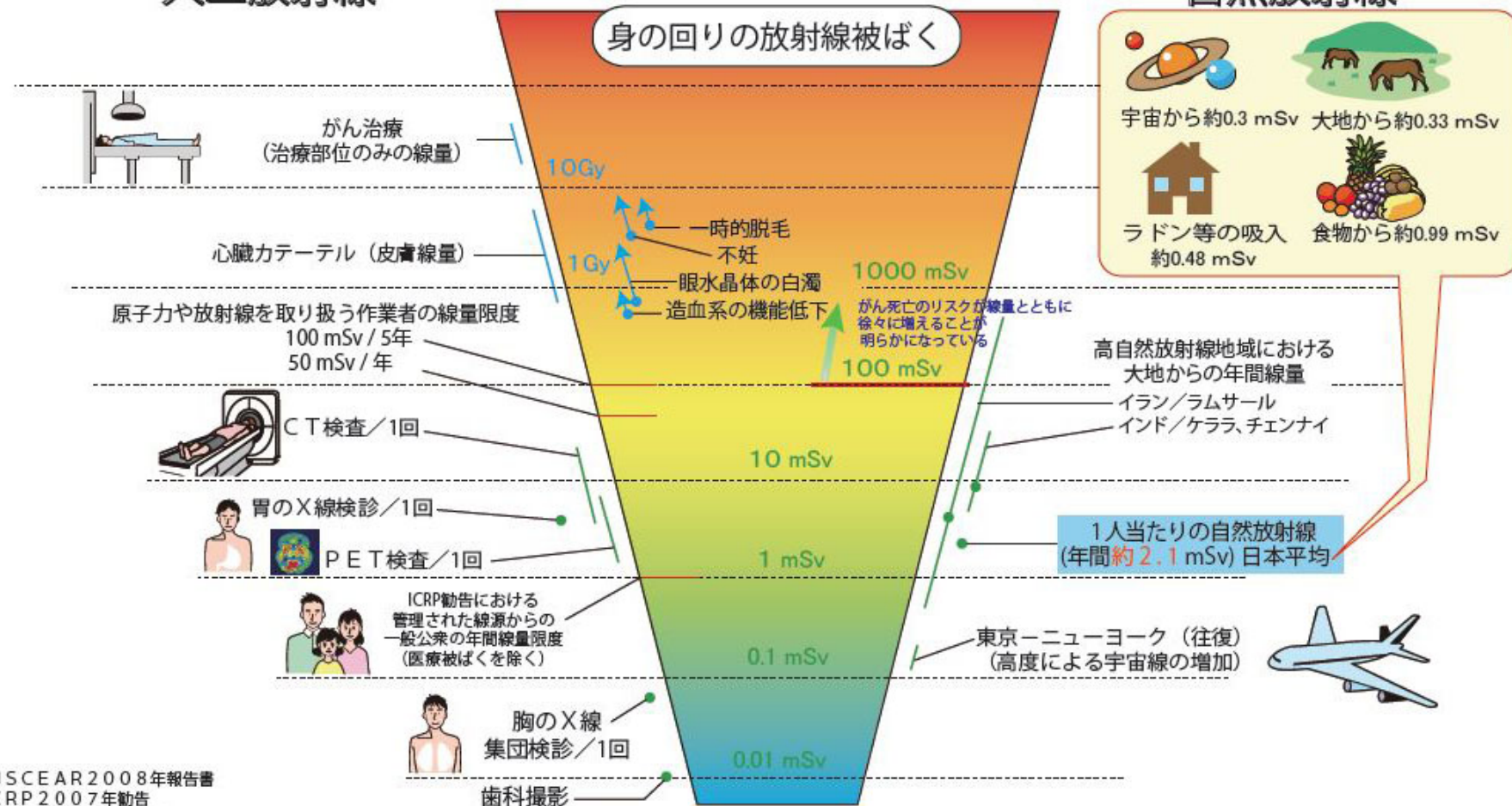


## 放射線被ばく早見図

## 人工放射線

## 自然放射線

身の回りの放射線被ばく



・ UNSCEAR 2008 年報告書  
 ・ ICRP 2007 年勧告  
 ・ 日本放射線技師会医療被ばくガイドライン  
 ・ 新版 生活環境放射線 (国民線量の算定)  
 などにより、放医研が作成(2013年5月)

## 【ご注意】

- 1) 数値は有効数字などを考慮した概数です。
- 2) 目盛(点線)は対数表示になっています。目盛がひとつ上がる度に10倍となります。
- 3) この図は、引用している情報が更新された場合変更される場合があります。

## 【線量の単位】

各臓器・組織における吸収線量: Gy (グレイ)

放射線から臓器・組織の各部位において単位重量あたりにどれくらいのエネルギーを受けたのかを表す物理的な量。

実効線量: mSv (ミリシーベルト)

臓器・組織の各部位で受けた線量を、がんや遺伝性影響の感受性について重み付けをして全身で足し合わせた量で、放射線防護に用いる線量。

各部位に均等に、ガンマ線 1 Gy の吸収線量を全身に受けた場合、実効線量で 1000 mSv に相当する。

独立行政法人



放射線医学総合研究所

http://www.nirs.go.jp

Ver.130502



ご清聴、有難うございました

本資料作成に当たり、環境省ほか多数の資料を参考にしました