

# 救急活動における放射能・放射線対策

福島県立医科大学附属病院  
救命救急センター  
長谷川 有史

平成23年度救急技術研究会  
平成24年2月10日(金) 福島市

## I. 原子力災害と被ばく医療

冷却材喪失による炉心融解事故シミュレーション  
全交流電源喪失(原災法10条通報)  
非常用炉心冷却装置注水不能(原災法15条事象)  
格納容器圧力異常上昇(原災法15条事象)

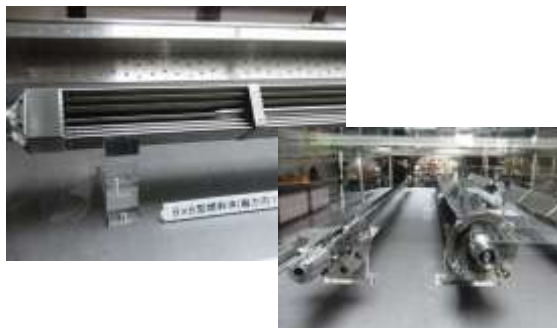


独立行政法人・原子力安全基盤機構

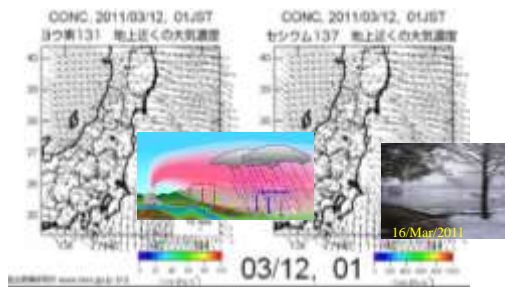
## 沸騰水型原子炉 (BWR) の構造



## 核燃料棒と制御棒



## 放射性物質の拡散 降雨降雪による土壌沈着



国立環境研究所より





### 防護服

**バリア性：**

- 0.5ミクロン以上の粒子に対し98%のバリア効果
- γ線遮蔽効果はない

**撥水性：**

- 液体や固体粒子の付着を防ぐ
- 100%ポリエチレン不織布製で表面滑
- 耐水性ではない

**快適性：**

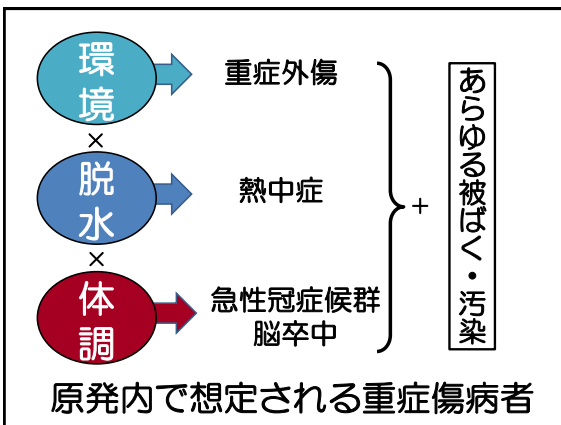
- 空気および水蒸気を透過。軽量で柔軟性に富む。
- 実際は通気性不良（とても蒸れる）素材

### ○ 管理区域内の区域区分

管理区域は、**線量当量率、表面汚染密度及び空気中の放射性物質濃度の程度により区分し**、きめ細かな管理が行われています。なお、原子炉運転中の原子炉格納容器など放射線量がとても高い所は、通常、立入ることはできません。

汚染区分	区分-A 汚染のおよそ1/100の低い区域	区分-B 10μSv/hを超えない区域	区分-C 10μSv/hを超えない区域	区分-D 10μSv/hを超えない区域
線量当量率区分	区分-1 0.1mSv/hを超えない区域	区分-2 1mSv/hを超えない区域	区分-3 1mSv/hを超えない区域	
作業服	一般作業服	B服	C服	

Me: α線を放出する放射性物質がない場合 4Bq/cm<sup>2</sup>  
β線を放出する放射性物質がある場合 0.4Bq/cm<sup>2</sup>  
Me: 区分Dにある放射線管理区域に1/10を割じた濃度



### 原発内傷病者の内訳

- 汚染・除染困難患者 12人 すべて3月中
  - 外傷 12 (うち死亡2) 但し2名の自衛隊員を含む
- 非汚染患者 181人
  - 外因 113
    - 軽症外傷 54
    - 中等症外傷 22
    - 重症外傷 4
    - 熱中症 33
  - 内因 68
    - 急性冠症候群 4 (うち死亡1)
    - 脳卒中 4
    - その他 60

(1F医療班：2011年3月11日～7月31日)



**想定される原発内傷病者**  
 -ARS, 汚染を伴う超重症傷病者は発生していない-

傷病重症度  
 重症 ↑  
 軽症 ↓



### 格納容器モーターに宙づり



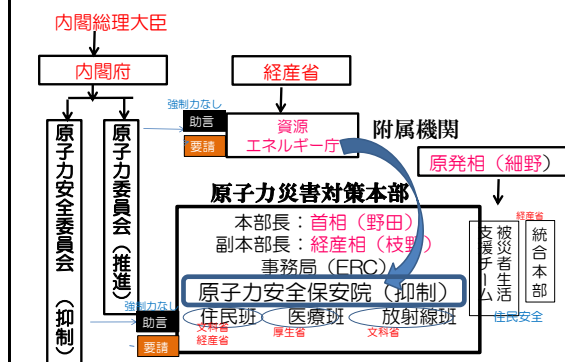
### 重量物により脱出困難



### 混成チームによる初動活動 コミュニケーション



### 原子力災害に関わる中央組織



中央指揮所 **戦略：原子力災害対策本部**  
官邸・経済産業省緊急時対応センター (ERC)

現場指揮所 **作戦：現地対策本部**  
オフサイトセンター (OFC)

現場医療機関 **行動：被ばく医療機関**  
三次被ばく医療施設 (放医研)  
二次被ばく医療施設 (福島医大)  
近隣医療機関 (いわき共立、福島労災)  
JMC (Jピレシメディカルセンター)  
1F (福島第一原発医療班, 5/6号ER)

### 日本における福島第一原発災害への 医療体制

### 想定されていた緊急被ばく医療体制 (原子力緊急事態対応)



文部科学省 原子力防災ネットワークより

### 震災前の緊急被ばく医療機関

道府県	原発	初期被ばく医療機関	二次被ばく医療機関	三次被ばく医療機関
福島県	福島第一 福島第二	福島県立大野病院 双葉厚生病院 今村病院 南相馬市立総合病院 福島労災病院 いわき共立病院	福島県立医科大学 学部附属病院	放射線医学総合研究所(NIRS)

### 現行の緊急被ばく医療体制

REMnet: Radiation Emergency Medical Network

現場救急室 (5・6ER) → 全国の被ばくと救急医療の専門家 → 患者搬送車 → 緊急搬送拠点 直近診療所 (Jヴィレッジ) → 救急医学会・産業医大 防災病院機構・東電

汚染なし → いわき共立 福島労災 → 初期被ばく医療機関

汚染あり あらゆる疾病・外傷 → 福島医大 → 二次被ばく医療機関

高度汚染 急性放射性障害 → 放医研 広島大学 → 三次被ばく医療機関

### 原子力発電所内の医療施設

5・6号サービス建屋一階救急室 (5・6ER)

### 原子力発電所内の医療施設

5・6ER汚染検査・脱衣訓練風景

### 原子力発電所内の医療施設

1F (5・6ER, 免震棟), JMC, OFC

### 1F熱中症発生数の推移と気温変化

気温: 広野町 (気象庁)

- ・ 気温の上がり鼻
- ・ 30°C





### 消防訪問・検診

消防本部訪問  
長崎精神科D. 同伴

大学での検診

長崎大学医師による診察

広島大学医師による検査

### 消防職員の健康管理に関する法改正

**実現**  
電離則改正：消防職員への適用拡大  
健康管理委員会発足

**未解決**  
経済的支援

総務省  
MIC  
平成23年7月10日  
消防 中

「福島原発事故において活動した消防職員の長期的な健康管理検討会」の発足

福島原子力発電所事故において、福島第一原子力発電所3号機への放水活動等を実施した消防職員の健康状態の把握方法等について検討するため、「福島原発事故において活動した消防職員の長期的な健康管理検討会」を発足することとしましたのでお知らせします。

### 放射線健康相談外来の実績

- 外部被ばく線量の評価：個人線量計数値
- 内部被ばく線量の評価：（ホールボディカウンタ、甲状腺シンチレーションカウンター）
- 個別カウンセリング

2012年1月18日までの受診者

消防：	350名
他の公的機関：	90名
総計：	440名

### WBCによる線量評価の難しさ

脱衣前

脱衣後

ポケット内の軍手による影

機械周辺のCsバックグラウンド

筋肉中のカリウム40

### 内部被ばく線量評価の問題点

「時が経つほど線量が不明確になってゆく」

残留量

急性摂取（摂取日：3月上旬）

慢性摂取（摂取量：250kBq, 実効線量：5mSv）

慢性摂取（摂取量：11kBq, 実効線量：0.2mSv）

測定値：100Bq

20日間

サイトでの滞在期間（50日間）

3月11日 4月1日 5月1日 5月下旬

例) 高気圧ウツ素(<sup>131</sup>I)の吸入

同じ測定値でも、摂取時期の定定と急性・慢性摂取の違いにより、摂取実効線量が大きく異なる

Csの実効半減期が約80日であることを鑑み、震災から半年（180日）の9・11で急性内部被ばく検診を終了

### Internal exposure of Emergency Responder; Committed Effective Dose (<sup>134</sup>Cs+<sup>137</sup>Cs)

Numbers

Peak difference

μSv





**東日本大震災初期の混乱  
複合災害  
緊急被ばく医療の立ち上げ  
(時間なければ飛ばす)**

**複合災害**

1. 地震  
建築物倒壊 (外傷)

2. 津波  
低体温、肺下性肺炎、多発外傷



3. 原発事故

**専門的支援と被ばく医療体制再構築**

3月15日: REMAT (長崎・広島合同緊急被ばく医療支援チーム) 来院

- ・ 原発事故の現状説明
- ・ 重大事故発生の可能性
- ・ 今後の見通し
- ・ 当院の役割



危機的現実認識の過程: がん告知後の精神状態と酷似

(1) 第1相: 初期反応期 / 通常1週間以内  
絶望 → 「告知当日」

(2) 第2相: 苦悩・不安期 / 通常1~2週間  
感情失禁とその傾聴 → 「3日間」

(3) 第3相: 適応期 / 通常1~3ヶ月  
「熟慮の猶予はなし」再生 → 「4日目」

**クライシスコミュニケーション**




「災害との出会いは必然であり避けられない」  
ならば「胆を据える」

**“Communication” “Education” の確立**



朝の多職種ミーティングと昼のWeb会議  
夜の勉強会とシミュレーション

- ✓ 多施設
- ✓ 多職種
- ✓ 最新情報
- ✓ 共有
- ✓ 短時間
- ✓ 一体感

定時勉強会17:30~ (月: 放射性物質、火: 外傷、水:  
定時シミュレーション (木: 隔週実技・ビデオ反省会)

被ばく医療の知識と技能維持  
院内勉強会とシミュレーション

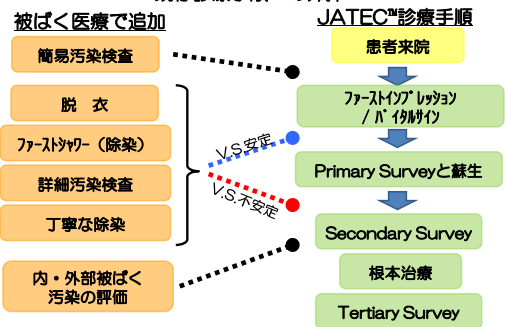


福島第一原発災害に対する医療対応

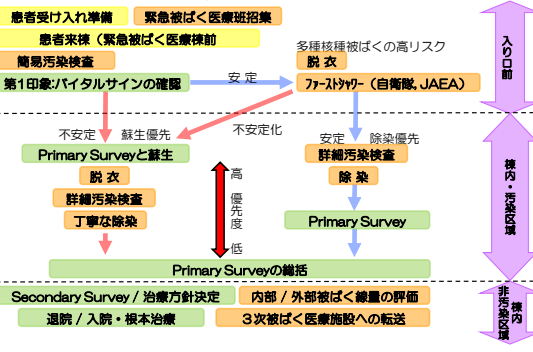
福島医大病院の被ばく医療体制



福島医大「緊急被ばく医療」のコンセプト  
- 既存診療手順への外挿 -



被ばく傷病者診療手順



汚染拡大防止策 / 放射線防護策



除染設備

(2011.08.以降撤退有事展開に)





4 番手術室・CT・Angio室・救急外来・ICU  
必要な部屋を養生

### 当院の被ばく傷病者対応

1999年9月 JCO臨界事故  
2001年3月 福島県立医科大学病院に「除染棟」落成  
2002年3月 福島県緊急被ばく医療対策連絡会議  
2002年5月 「被ばく医療対応マニュアル」制定  
2003年5月 「福島県緊急被ばく医療マニュアル」制定

**2011年3月11日「東日本大震災」**

地震による施設設備損壊 (5棟病棟の機能停止)	津波による業務停 (地下性肺炎10多発外傷)	原発事故による被ばく 汚染業務発生
----------------------------	---------------------------	----------------------

3月14日 除染棟での緊急被ばく医療開始 ①左胸神経痛引き抜き摘出術(42歳男性)  
3月15日 ②右足挫傷(23歳男性) ③左下腿挫創(34歳男性) ④左下腿挫創(47歳男性)

緊急被ばく医療チーム派遣(長崎大学)  
合同による院内緊急被ばく医療体制の再構築

3月16日 ⑤右胸腫瘍摘出(30歳男性)  
3月23日 「除染棟」→「緊急被ばく医療棟」に改名  
「院内被ばく業務者治療手順」発行

3月24日 ⑥右下腿放射線皮膚障害術後、内部被ばく疑い(27歳男性)  
の右下腿放射線皮膚障害術後、内部被ばく疑い(34歳男性)

3月25日 ⑦右下腿放射線皮膚障害術後、内部被ばく疑い(32歳男性)  
⑧喉状嚢腫(67歳男性)

3月30日 ⑨内部被ばく疑い(24歳 男性)  
⑩内部被ばく疑い(29歳男性)

4月15日 ⑪内部被ばく疑い、田の水鏡敷(31歳 男性)

## II. 放射性物質拡散の現状と対策

(この項の途中までで終了、興味がある人は自習して質問)

### 福島で暮らすことは危険か?

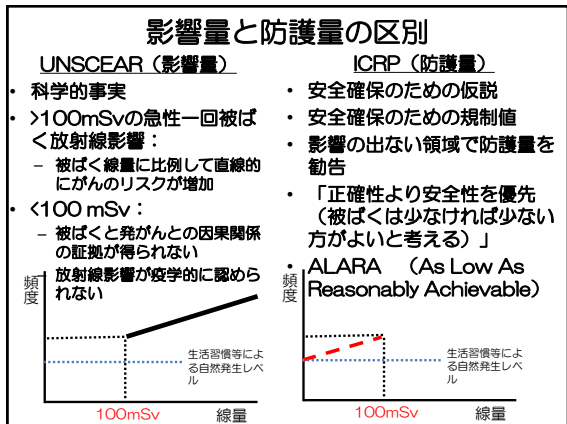
福島県内各地点の放射線量率 (単位: μSv/h)

1.00	放射線量率	0.01
1.00	放射線量率	0.02
1.00	放射線量率	0.03
1.00	放射線量率	0.04
1.00	放射線量率	0.05
1.00	放射線量率	0.06
1.00	放射線量率	0.07
1.00	放射線量率	0.08
1.00	放射線量率	0.09
1.00	放射線量率	0.10
1.00	放射線量率	0.11
1.00	放射線量率	0.12
1.00	放射線量率	0.13
1.00	放射線量率	0.14
1.00	放射線量率	0.15
1.00	放射線量率	0.16
1.00	放射線量率	0.17
1.00	放射線量率	0.18
1.00	放射線量率	0.19
1.00	放射線量率	0.20
1.00	放射線量率	0.21
1.00	放射線量率	0.22
1.00	放射線量率	0.23
1.00	放射線量率	0.24
1.00	放射線量率	0.25
1.00	放射線量率	0.26
1.00	放射線量率	0.27
1.00	放射線量率	0.28
1.00	放射線量率	0.29
1.00	放射線量率	0.30
1.00	放射線量率	0.31
1.00	放射線量率	0.32
1.00	放射線量率	0.33
1.00	放射線量率	0.34
1.00	放射線量率	0.35
1.00	放射線量率	0.36
1.00	放射線量率	0.37
1.00	放射線量率	0.38
1.00	放射線量率	0.39
1.00	放射線量率	0.40
1.00	放射線量率	0.41
1.00	放射線量率	0.42
1.00	放射線量率	0.43
1.00	放射線量率	0.44
1.00	放射線量率	0.45
1.00	放射線量率	0.46
1.00	放射線量率	0.47
1.00	放射線量率	0.48
1.00	放射線量率	0.49
1.00	放射線量率	0.50
1.00	放射線量率	0.51
1.00	放射線量率	0.52
1.00	放射線量率	0.53
1.00	放射線量率	0.54
1.00	放射線量率	0.55
1.00	放射線量率	0.56
1.00	放射線量率	0.57
1.00	放射線量率	0.58
1.00	放射線量率	0.59
1.00	放射線量率	0.60
1.00	放射線量率	0.61
1.00	放射線量率	0.62
1.00	放射線量率	0.63
1.00	放射線量率	0.64
1.00	放射線量率	0.65
1.00	放射線量率	0.66
1.00	放射線量率	0.67
1.00	放射線量率	0.68
1.00	放射線量率	0.69
1.00	放射線量率	0.70
1.00	放射線量率	0.71
1.00	放射線量率	0.72
1.00	放射線量率	0.73
1.00	放射線量率	0.74
1.00	放射線量率	0.75
1.00	放射線量率	0.76
1.00	放射線量率	0.77
1.00	放射線量率	0.78
1.00	放射線量率	0.79
1.00	放射線量率	0.80
1.00	放射線量率	0.81
1.00	放射線量率	0.82
1.00	放射線量率	0.83
1.00	放射線量率	0.84
1.00	放射線量率	0.85
1.00	放射線量率	0.86
1.00	放射線量率	0.87
1.00	放射線量率	0.88
1.00	放射線量率	0.89
1.00	放射線量率	0.90
1.00	放射線量率	0.91
1.00	放射線量率	0.92
1.00	放射線量率	0.93
1.00	放射線量率	0.94
1.00	放射線量率	0.95
1.00	放射線量率	0.96
1.00	放射線量率	0.97
1.00	放射線量率	0.98
1.00	放射線量率	0.99
1.00	放射線量率	1.00

### 1. 「影響量」と「防護量」

- 放射線影響量は、
  - 放射線による人体への影響を生物学的ないし疫学的研究に基づいて科学的に解析して得られた量である。(科学的事実)
- 放射線防護量は、
  - 防護のための考え方から、基本的には社会的合意の上で定められた線量である。(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総量が年間1mSv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。
- 放射線作業員に対しては、
  - 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、
  - 各種の施策を施行するための防護量であり、影響量は区別されなければならぬ。
- 科学的リスク評価(影響量)と放射線防護のルール(防護量)が混同されがちな





### 福島居住地域の現状

- 「どうするか」から「どう暮らすか」の相に移行 -

過去のフォールアウトに新たな放射性物質汚染が重積

- 低線量慢性被ばく：1960年代に経験済
- 実際に現在生活している

確定的影響はない

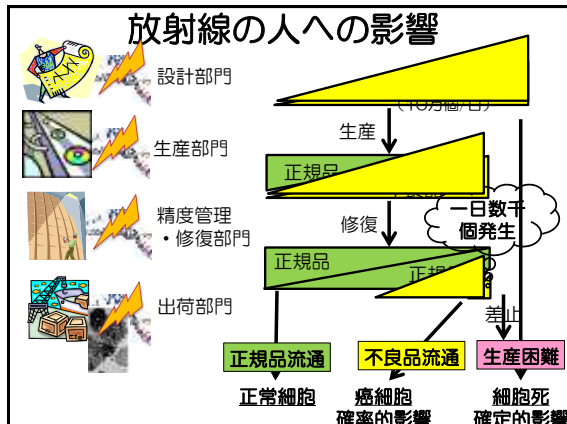
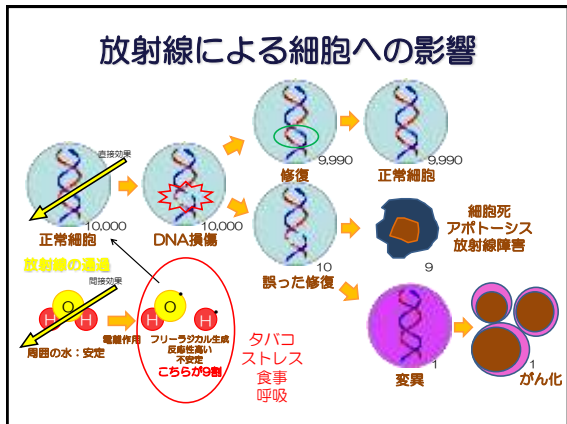
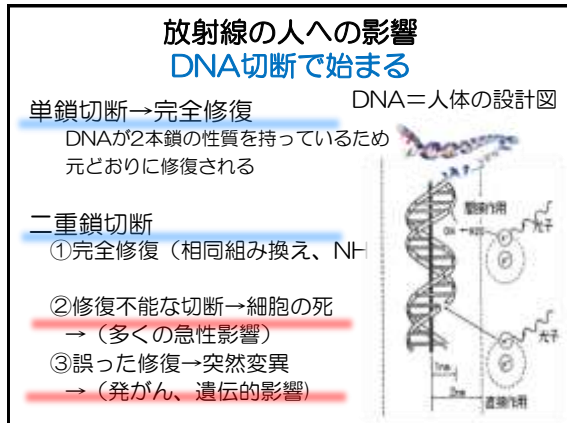
- 急性放射線障害はない

確率的影響に対する対応が必要

- 発がんリスクの種が小さいながらも一つ増えた
- 正確な線量評価
- 被ばくを減らす努力
  - 内部被ばく（大気中放射性物質モニター、食品中の放射線量モニターの継続）
  - 外部被ばく（フィルムバッジ、個人線量計の装着、実被ばくの解析とフィードバックの継続）
- 他の発がん要因を減らす努力

## 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)。
- 今回の福島の事故で予測される線量率では、今後100万人規模の長期的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%に及び現代においては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。



### 放射線の人への影響

大量に浴びると以下の原因の一つとなる

- ◆細胞の死
  - (多くの急性影響)
- ◆誤った遺伝子修復
  - (発がん)



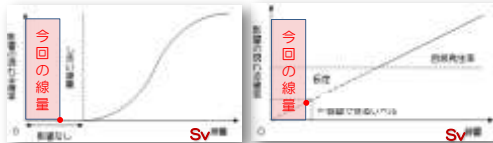
大量に浴びていないことを確認する

「内部被ばく」も「外部被ばく」も放射線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)

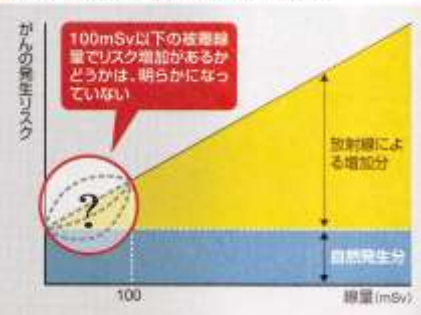
少ない線量から影響が発生し、増加に伴い確率が増えるもの

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

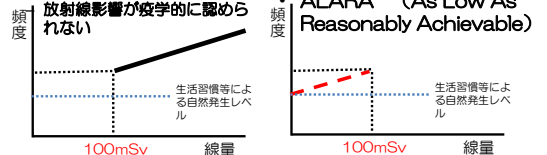
### 低線量被ばく (100mSv以下) の影響

■ 100mSv以下のリスクは不確か



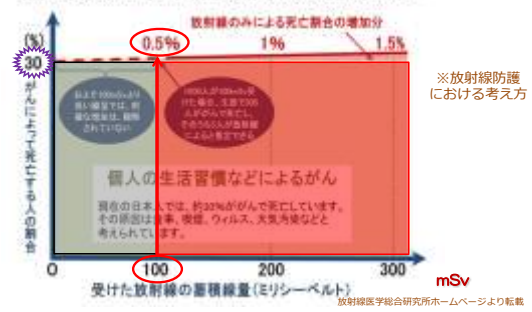
### >100mSvは影響量、<100mSvは防護量

- 科学的事実
- >100mSvの急性一回被ばく放射線影響：
  - 被ばく線量に比例して直線的にがんのリスクが増加
- <100 mSv：
  - 被ばくと発がんとの因果関係の証拠が得られない
  - 放射線影響が疫学的に認められない



### 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



### 日常の放射線 (影響量に加わらない被ばく)

- **自然被ばく**： 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
    - <sup>40</sup>K, <sup>14</sup>C 0.4 mSv / year
    - (<sup>222</sup>Rn 1.2 mSv / year 海外)
- **医療被ばく**： 年平均 約 2.5 mSv

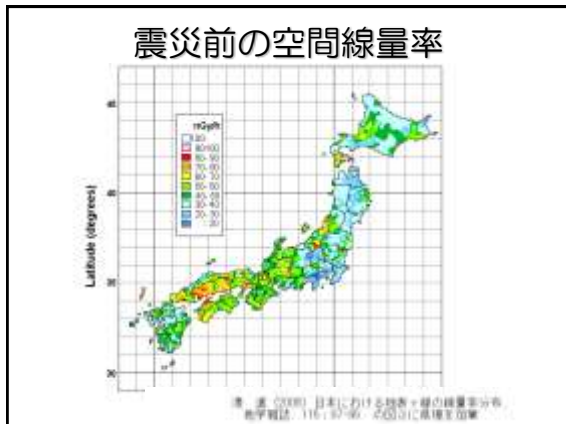
日本の平均値

### 自然放射線 (日本の1年間)

宇宙線 1500m上昇で2倍  
富士山の山頂で4倍  
飛行機で10倍

宇 宙：0.3mSv  
空 中：0.4mSv  
大 地：0.4mSv  
体 内：0.4mSv  
年 間：1.5mSv  
世界平均は2.5mSv

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。



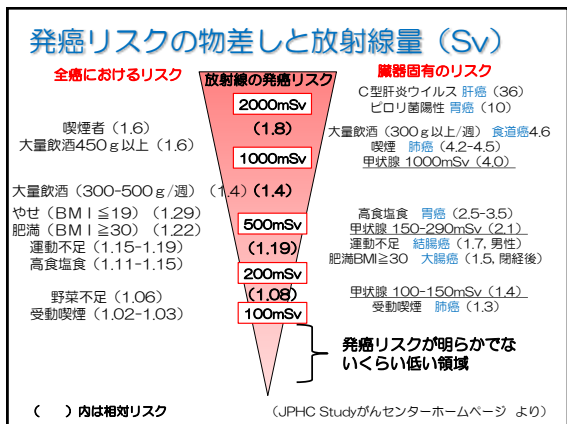
### 医療被ばく (検査一回の外部被ばく線量)

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mSvです・・・

医師の方が原発より・・・



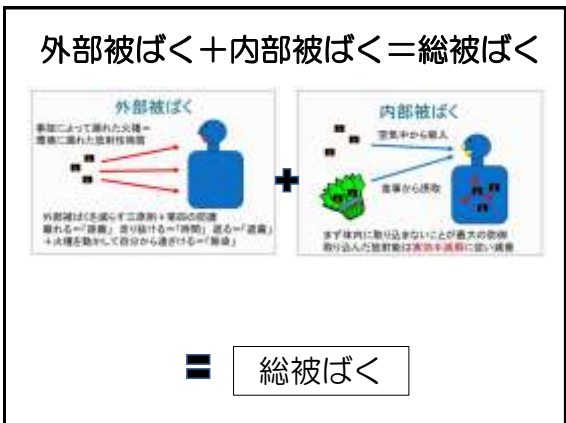


- ### 3. 内部被ばくと外部被ばく
- 内部被ばくは、
    - 吸入または経口、経皮摂取により体内に取り込まれた放射性物質からの被ばく
  - 外部被ばくは、
    - 身体の外にある放射線源からの被ばくを指す。
  - ガンマ線やベータ線 (同等の線質係数をもつ)
    - 内部被ばくであっても外部被ばくであっても、その影響は臓器の吸収線量で決まり、内部被ばくを特別扱いする必要はない。
  - 人への放射線被ばくの影響する場合には、
    - 内部被ばくと外部被ばくを合算する。

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

「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



### 外部被ばく

外部被ばく: 事故によって漏れた放射線が環境に漏れた放射性物質から被ばくする

内部被ばく: 空気中から吸入、食料から摂取

外部被ばくは環境から放射線が人間の体へ届く。届く=「曝露」、通り抜ける=「通過」、届る=「吸収」。+ 皮膚を動かして自分から逃がせる=「除染」

内部被ばくは体内に取り込まれた放射性物質が体内の臓器に届く。届く=「曝露」、通り抜ける=「通過」、届る=「吸収」。+ 排泄物や汗などで自分から逃がせる=「除染」

震災後4か月まで 個人差が大きい  
震災後4か月以降 比較的個人差が少ない

- ・ 自分では計算できない
- ・ 町の配布したフィルム
- ・ 滞在地、屋内外滞在時間で左右される
- ・ パッチでチェックする

■ 総被ばく

### ニュースわからん!

#### 外部被ばく量 どうやって推計するの

震災後4か月 (2011年3月11日~同年7月11日) までの分は基本調査で推計します。結果は個人にお伝えします。

### 自分の外部被ばくをチェック



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

### (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

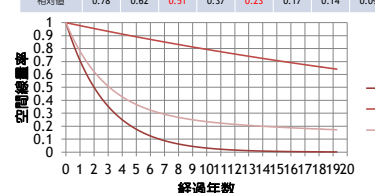
福島県民健康調査先行調査  
n=1727人



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

### <sup>137</sup>Cs, <sup>134</sup>Cs, その総和空間線量の年次変化計算

経過年数	1	2	3	5	10	20	30	50
相対値	0.78	0.62	0.51	0.37	0.23	0.17	0.14	0.09



- ◆ Cs134とCs137は1：1です。
- ◆ 2011年4月1日が基準で、Cs134とCs137の空間線量率が1uSv/hあったと仮定しています。
- ◆ ほかの核種は考慮していません。
- ◆ 空間線量率が半分になるのに3年で、4分の1になるのに9年です。

### 内部被ばく

外部被ばく

季節によって濃れた火種 = 空気中に舞った放射性降塵

内部被ばくは季節から季節への変動 + 季節の気候  
暖れる = 「呼吸」 涼しくなる = 「呼吸」 湿る = 「消費」  
+ 気候変動から自分から遠ざかる = 「静養」

内部被ばく

空気中から吸入

食料から摂取

まず体内に取り込まないことが最大の対策  
取り込んだ放射能は代謝を通じて排出

- 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

取り込んだ放射線量Bqを預託実効線量Svに換算する係数

	※吸入摂取			
	セシウム-134	セシウム-137	セシウム-137	セシウム-134
乳児(3ヶ月)	0.072	0.0014	0.11	0.070
幼児(1歳)	0.072	0.00086	0.10	0.162
学童(3ヶ月)	0.037	0.00043	0.075	0.091
成人	0.018	0.000206	0.035	0.030

	※経口摂取			
	セシウム-134	セシウム-137	セシウム-137	セシウム-134
乳児(3ヶ月)	0.10	0.019	0.010	0.010
幼児(1歳)	0.10	0.010	0.010	0.010
学童(3ヶ月)	0.10	0.0086	0.013	0.013
成人	0.018	0.010	0.010	0.010

(保健研) 4月1日版: ICRP Database of Dose Coefficients, Workers and Members of the public. CD-ROM:1500(5)版に放射線医学総合研究所で編集 (P.472参照)

### 例題

- 内部被ばく量を計算してみましょう
- 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?
- こたえ  
2万Bq × 0.5 × 0.013μSv/Bq = 130μSv

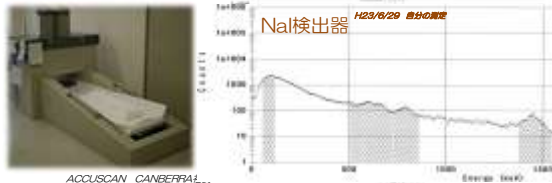
## 放射能（放射性物質）と放射線



## 内部被ばくの検査法 ホールボディカウンターとは？

- そもそも放射能（ベクレル：Bq）を計測する機械である
- 体内にある放射能を測定している
- Bq→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

## 内部被ばくの検査法 (ホールボディカウンター)

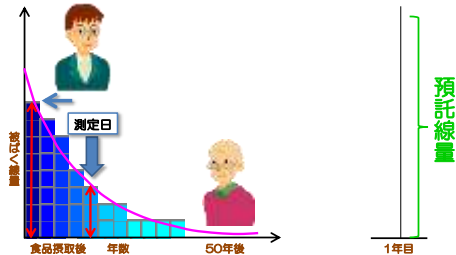


体内に取り込んだ同位元素から出るガンマ線を検出する装置  
同位元素が一定量存在すると、固有の測定ピークとして検出  
この結果より、内部被ばく核種と被ばく量を類推

青は<sup>40</sup>K・赤は<sup>137</sup>Cs・緑は<sup>134</sup>Csによるピーク  
(注意：back groundも同時に測定)

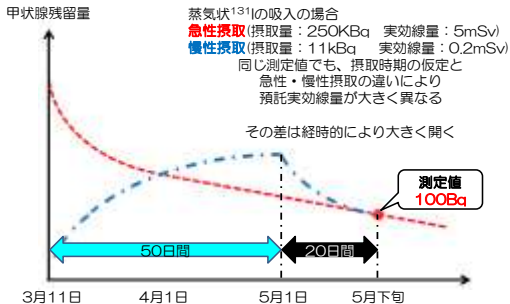
## 預託実効線量とは（実測法）

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



出：文部科学省「環境放射線データベース」より  
[http://search.kankyo-hoshiano.go.jp/ser/viet/search\\_top](http://search.kankyo-hoshiano.go.jp/ser/viet/search_top) (参照 2007-07)

## なぜ経時的に線量が不明確になるのか



## (参考) 県民の内部被ばく検査結果

①JAEA（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)



### 食品の放射線と内部被ばく

- 食品の放射能計測方法：
  - ガンマ線計測装置（波高分析）：ゲルマニウム半導体検出器



### 食物中のカリウム40の放射エネルギー（日本） （ベクレル/kg）



### セシウムの規制値



### 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Cs-134、Cs-137、Sr-89、Sr-90の4核種の総和である

### 急性摂取と慢性摂取の違い

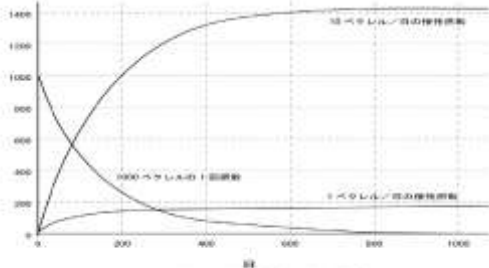
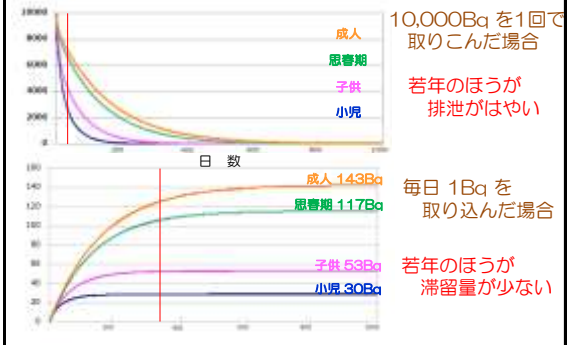


図2.2. 1000ベクレルのセシウム137を一度に摂取した場合、および1ベクレル  
 および10ベクレルのセシウム137をそれぞれ1000日間毎日摂取した場合の全身  
 放射能（ベクレル）の推移（1000日間） ICRP Publication mより引用

### Cs-137の生物学的半減期と体内滞留





### 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

調査項目	対象人数	2011年度調査											
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
市庁舎電子化センター・家族健康調査	100人												
九州健康（はび町、東郷町、八咫町4ヶ市）	2,000人												
長門県（長門郡調査対象を除く）	190万人												
宇佐健康調査（宇佐郡1市1町4村）	30万人												
健康診断													
健康診断（15歳未満対象）	20万人												
健康診断（16～29歳対象）	100万人												
健康診断（30歳以上対象）	100万人												
質問紙調査													
質問紙調査（中がら～高齢者）	20万人												
質問紙調査	200人												

※1 調査は県民に対して実施し、毎年、県内各地域で実施。有期健康診断の調査（長門県・宇佐郡）は別表参照。  
 ※2 健康診断は、労働安全衛生法上の健康診断に上乗せ（自治体の健康診断）を実施する。  
 ※3 市町村健康診断人数が40歳以上は、健康診断・がん検診の検診に上乗せ（自治体の健康診断）を実施する。労働安全衛生法上の健康診断に上乗せ（自治体の健康診断）を実施する。  
 ※4 7歳以上の健康診断対象者を対象とする。  
 ※5 平成23年度は1月～3月にかけて調査対象者の抽出、調査実施等について集中調査を実施する予定。

### 4. 小児への放射線影響

- 低線量が否かで反応が異なる
- >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での急性被ばくの場合

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 急性被ばく者の年齢別相対リスク\* (文庫 4)

被ばく時年齢	男性 (0 Gy) <sup>a</sup>			女性 (0 Gy)		
	0.005~0.5	0.5~1	1~4	0.005~0.5	0.5~1	1~4
0~9歳	0.85	1.33	3.80	1.12	2.87	4.48
10~19歳	1.14	1.48	2.07	1.05	1.61	2.91
20~29歳	0.91	1.37	1.37	1.15	1.33	2.30
30~39歳	1.00	1.34	1.31	1.14	1.21	1.84
40~49歳	0.96	1.21	1.20	1.05	1.25	1.26
50歳以上	1.08	1.17	1.33	1.18	1.88	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: 線量の線量

Preston, D.L., et al., Radiat. Res., 168, 1-64, 2007

### 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	一時的不妊	0.15	0.4 Gy/年
	永久不妊	3.5~6	2.0 Gy/年
女性	一時的不妊	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

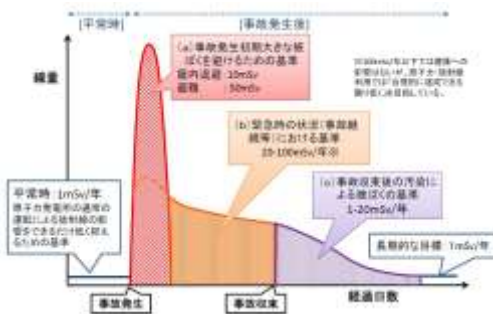
- ① 放射線を用いる医療の専門家は放射線の胎児への影響を熟知すべきである
  - ② 100-200mGyを超える線量では、神経系の異常、奇形、成長遅延、および胎児死亡に関連したリスクを考慮すべきである
  - ③ 個人ごとに正当化、最適化をすべきである
- \* 100mGy未満の胎児線量を妊娠中絶の理由にしてはならない。  
 \* このレベルよりも高い胎児線量では、説明を受けた上で、個人の事情に基づいて決定すべきである。  
 \* 10日規則（月経期の最初の10日間に検査を行う）が必要とする証明はない。



## 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）。
- 残留した放射性残留物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

(資料提供: 雷田 和巳氏)

### 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



文部科学省 ホームページより

### 放射能のことを必要以上に心配しすぎる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。

文部科学省 ホームページより

## 6. 原子炉作業者の被ばく

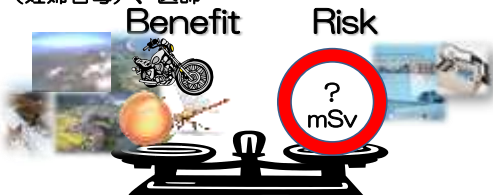
- 原子炉災害に伴う緊急作業者に対しては、
  - 事前に、通常よりも充実した内容の、放射線影響に対する教育が実施されるべきである。
- 作業者が作業の重要性を理解し、安全に安心して作業を継続できるように、
  - 緊急時の線量限度（250mSv/年）に近い放射線を被ばくした場合でも過剰な不安に陥ることがないように、メンタルな面をきつ十分なケアが必要となる。
- 常に健康管理を充実させ、
  - 線量限度を超えた可能性のある緊急時には直ちに健康診断を実施しなければならない。

## 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。

## 当院のリスクコミュニケーション

- ・ 「住む人を幸せにする」：いかに暮らすかの提言
- ・ 「ワンボイス（声をそろえる）」：住民混乱を回避・初期の専門家（報道）見解（理解解釈）のばらつきが住民不安を増大したことの反省
- ・ より住民を接する機会の多い職種から対応：役場・学校・幼稚園・消防・警察職員、看護師、保健師（妊婦若母）、医師



## 住民に向けた「リスクコミュニケーション」

- ① 原発事故収束作業が順調に進むこと
- ② 食物連鎖による内部被ばくを減らすこと
- ③ 環境からの外部被ばくを減らすこと
- ④ 心のストレスを減らすこと

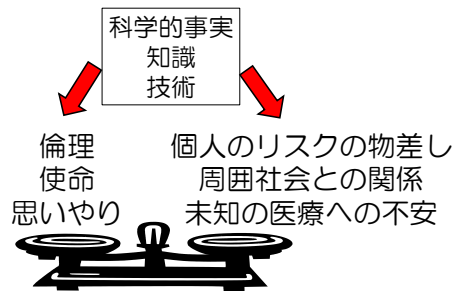
上記が実現できれば、普通に生活しても子供達の放射線健康リスクは極めて小さいと考えられる

## 福島で生活するための提案

- ・ 正確な線量評価
- ・ 放射線リスクの可視化
  - 常にリスクが低値であることを確認しながら生きる
  - 常に安全を確認しながら生活できることを示す
- ・ 安全の更新
  - いつでも好きな時に
  - 住民自身の放射線影響検査
    - ・ WBC、ゲルマニウム半導体検出器
  - 住民自身の放射線影響相談
    - ・ 疑問に思ったことに答えてくれる人がいる
- ・ リスクの考え方を提案
  - リスクとの共存
  - リスクの物差しへの導入
- ・ 住民自身が学ぶ
  - ・ 学校の課外授業
  - ・ 福島放射線事故の資料館
  - ・ 地域勉強会

## 自分自身とのコミュニケーション

- ・ 危機介入者として例外ではない





講習会の進み具合で説明  
**参考資料**

### 放射線の単位

**Bq ベクレル**  
 放射能の強さ＝放射線を出す能力  
 (1Bq=1秒間に1個の原子核が崩壊)

**グレイ**  
 物質吸収線量……放射線のエネルギーがどれだけ物質に吸収されたか  
 (1Gy=1ジュール/1kg)

**シーベルト**  
 人体線量当量……人体への影響はどのくらいか  
 (人が受けた放射線量＝人体への影響はどのくらいか)

### Type of radiation

原子核 → アルファ線 (α) → 原子核 (高エネルギー状態) → ベータ線 (電子) (β) → 中性子線 (n) → ガンマ線 (γ)

原子核 → 電子 → X線

### Radiation detectors

GMサーベイメーター    NaIサーベイメーター    電離式サーベイメーター

Measure the environmental dose

Detect contamination

● RI    ↘ B ray    ↑ Brake X ray    ↑ Γ ray

### 福島医大被ばく医療班リスクミ資料より

#### 自然放射線(年間)

宇布根 1500m上野で2倍  
 富士山の山頂で4倍  
 飛行機で10倍

宇布根: 0.3mSv  
 三軒平: 0.4mSv  
 大塚: 0.4mSv  
 高野: 0.4mSv

年間: **1.5mSv**

健康平均は2.5mSv

余剰!

三軒平 三軒平 三軒平 トリチウム  
 宇布根 宇布根 宇布根  
 大塚 大塚 大塚  
 高野 高野 高野  
 宇布根 宇布根 宇布根  
 大塚 大塚 大塚  
 高野 高野 高野

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。





### 生体内の重要核種 (もともと持っている)

**$^{40}\text{K}$**

- カリウム40 (potassium-40) は天然カリウム中0.0117%存在する放射性同位体。
- 半減期  $1.277 \times 10^{10}$ 年 (12億年)
- 約46億年前の地球創世時には現在の約12倍のカリウム40が存在した。
- 原発事故や大気圏内核実験の影響とは無関係に、もともと生体内に存在する
- カリウム40により人体が持つ放射線強度は、体重60kgの成人男子で約4000Bq。
- 年間の内部被ばく線量は、 $170 \mu\text{Sv}$
- 人間は体内に常に数千ベクレルの放射性物質を含有

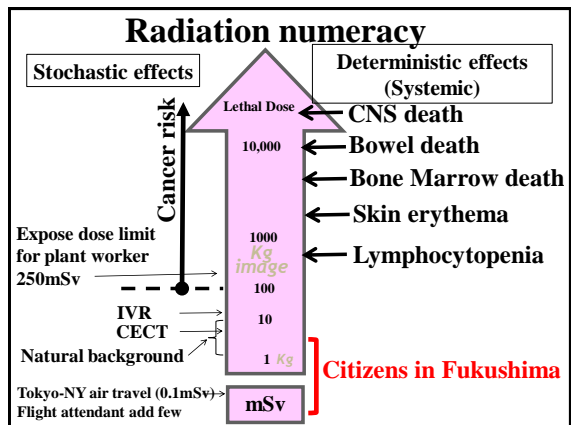
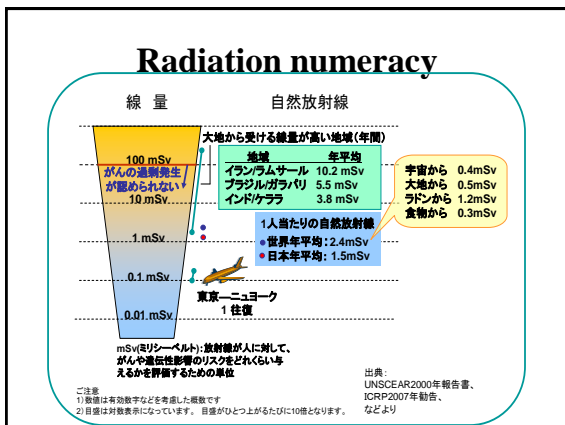
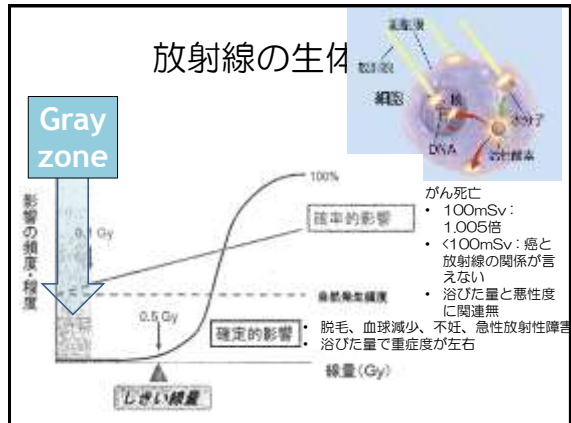
### 例：福島第一原発3号機水素爆発に遭遇した某署職員 (7月末計)

検出核種 (測)

$^{40}\text{K}$ : 4000Bq	3/13急性摂取と仮定して 預託実効線量計算
$^{134}\text{Cs}$ : 1809Bq	
$^{137}\text{Cs}$ : 2024Bq	

184  $\mu\text{Sv}/50$ 年間で

- セシウムによる内部被ばく線量はカリウム40 (筋肉由来) による内部被ばく以下
- 現状のセシウム内部被ばくは生体影響を与えるレベルではない



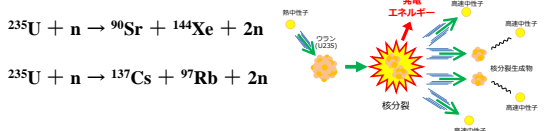
## Deterministic effects (Threshold)

Threshold for deterministic effects (Sv)			
	Effects	One single absorption (Sv)	Prolong absorption (Sv-year)
testis	permanent infertility	3.5 - 6.0	2
ovary	permanent infertility	2.5 - 6.0	> 0.2
Lens of eyes	milky of lens	0.5 - 2.0	> 0.1
	cataract	5.0	> 0.15
Bone marrow	Blood forming deficiency	0.5	> 0.4

(Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP Publication No. 60) 1990)

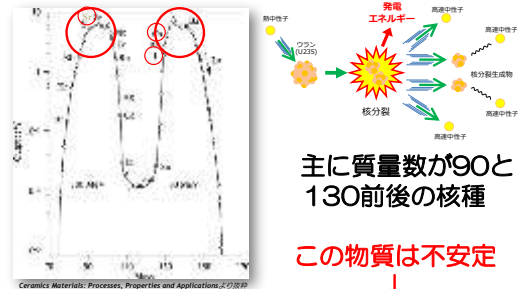
## 核分裂&生成物

### $^{235}\text{U}$ の核分裂



- ◆ $^{235}\text{U}$ に中性子を一つ吸収させると、ウラン原子は大変不安定になり、二つの原子核といくつかの高速中性子に分裂する。
- ◆核分裂前後で、核子数（陽子と中性子の和）は等しい。
- ◆しかし、実際の原子核の質量は一般に陽子と中性子の質量の総和よりも小さい。
- ◆この質量差が質量欠損： $E = mc^2$ で質量に換算される原子核内部の核子の結合エネルギー

### 核分裂収率曲線



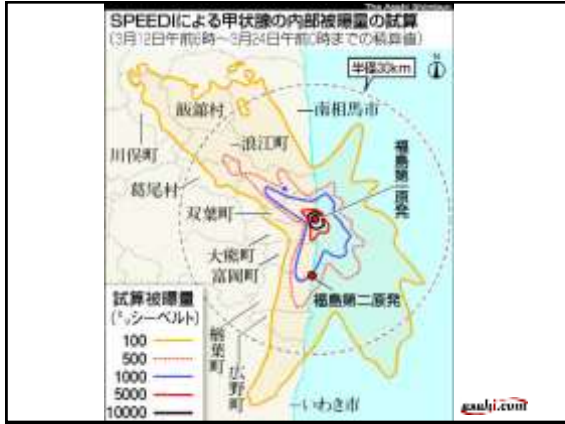
### 核分裂生成物：重要な核種

- $^{131}\text{I}$ ：半減期 8.02days
- $^{137}\text{Cs}$ ：半減期 30.17years
- $^{90}\text{Sr}$ ：半減期 28.79years

### なぜ、重要...？

#### $^{131}\text{I}$

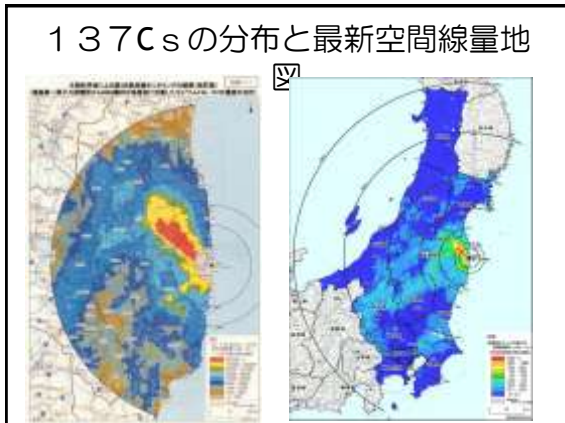
- 体内に取り込まれた場合、特異的に甲状腺に集積する
- 半減期は8.02dと短い、0.6MeVのβ線により甲状腺組織が破壊される
- 現時点では発災時の線量評価は事実上困難
- 一定の被ばく線量以上では、小児甲状腺癌との関連が報告されている



### なぜ、重要...？

$^{137}\text{Cs}$

- 体内に取り込まれた場合、カリウムと類似の動態を示し、筋肉組織に様に分布。
- 半減期は**30.17y**と長く、**0.514MeV**のβ線、**0.662MeV**のγ線を放出。
- 急性大量摂取ではキレート剤（プルシアンブルー）などで体外排泄をうながすことも可能



### なぜ、重要...？

$^{90}\text{Sr}$

- 体内に取り込まれた場合、Caと同族のため骨に集積
- 半減期は**28.79y**と長く、**0.546MeV**のβ線を放出
- 骨に集積するため、骨髄などの造血組織が被ばくするのが問題

### $^{90}\text{Sr}$ の分布

セシウム137 に対するストロンチウム90 分布比率

- 福島第一原発事故による飛散  
 $^{137}\text{Cs} : ^{90}\text{Sr} = 1 : 0.0016 \sim 0.058$  (平均  $1 : 0.0026$ )  
 (採取土壌試料から計算)
- チェルノブイリ事故  
 原発近傍  $^{137}\text{Cs} : ^{90}\text{Sr} = 1 : 0.1$   
 名古屋大気試料  $^{137}\text{Cs} : ^{90}\text{Sr} = 1 : 0.002 \sim 0.02$
- 1990年以降の大気飛散  
 $^{137}\text{Cs} : ^{90}\text{Sr} = 1 : 0.2 \sim 0.5$

Igarashi et al. (2001)

### $^{238}\text{Pu}$ , $^{239+240}\text{Pu}$ の分布

半減期  
 $^{238}\text{Pu}$  : 88年  
 $^{239}\text{Pu}$  : 24100年  
 $^{240}\text{Pu}$  : 6564年

$^{238}\text{Pu}$ の比率が大きい  
 今回の原発でPuが放出された

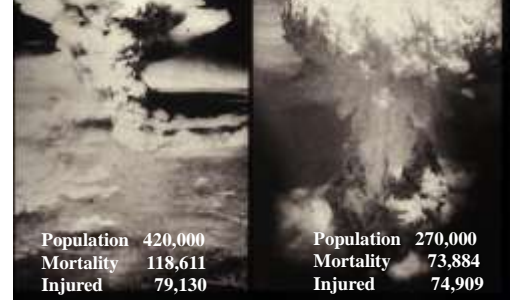
測定値は低く、過去の大気圏核実験影響の範囲



## 文科省Cs, Sr, Pu土壌調査まとめ

- $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ 沈着量は低値。
  - 事故発生前測定値（過去の大気圏内核実験影響）の範囲
- $^{90}\text{Sr}$ 測定値は低値。
  - 事故発生前測定値の範囲（2.3~950Bq/m<sup>2</sup>）
- $^{137}\text{Cs}$ に対する $^{90}\text{Sr}$ 分布比率は、過去の比率より低い
- $^{134}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ の50年間積算実効線量に比し、プルトニウムや放射性ストロンチウムの50年間積算実効線量は非常に小さい
  - 今後の被ばく線量評価や除染対策においては、 $^{134}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ の放射線量に注目

## History of the contamination with Radioactive Materials



Hiroshima (1945.08.06 am 8:15) Nagasaki (1945.08.09 am 11:02)

## フォールアウトの時代

「フォールアウト」は、「放射性降下物」と訳される。1940年代中頃から行われた大気圏内核実験により環境中に多量の人工放射性物質が放出されたため、多種類の人工放射性核種が「放射性降下物」を構成するようになった。そのため、「フォールアウト」という言葉は、特に核実験に起因する「放射性降下物」のことに限定して使われることが多い。しかし、チェルノブイル原子力発電所事故など、原子力施設の事故により環境中に放出された放射性物質が地上に降下してくるも

## History repeats itself.

### Semipalatinsk nuclear-testing site



1949~1989  
 nuclear airburst 86  
 above-ground nuclear test 30  
 underground nuclear test 340  
 Total 456

## History has repeated itself again.

### “Fallout”

- 1944 nuclear bomb test (Nevada)
- 1945 Hiroshima
- 1945 Nagasaki
- 1949~1991 nuclear bomb test (Semipalatinsk)
- 1952 nuclear bomb test (UK)
- 1954 H-bomb test (Bikini)
- 1960 nuclear bomb test (France)
- 1964 nuclear bomb test (China)
- 1974 nuclear bomb test (India)
- 1979 TMI NPP accident
- 1986 Chernobyl NPP accident
- 1998 nuclear bomb test (Pakistan)
- 2006 nuclear bomb test (North Korea)
- 2011 FUKUSHIMA NPP accident

## History repeats itself.

