

# 放射線の測定値の見方, 考え方 — 子どもを守るために必要な科学的知識 —

2013年8月27日

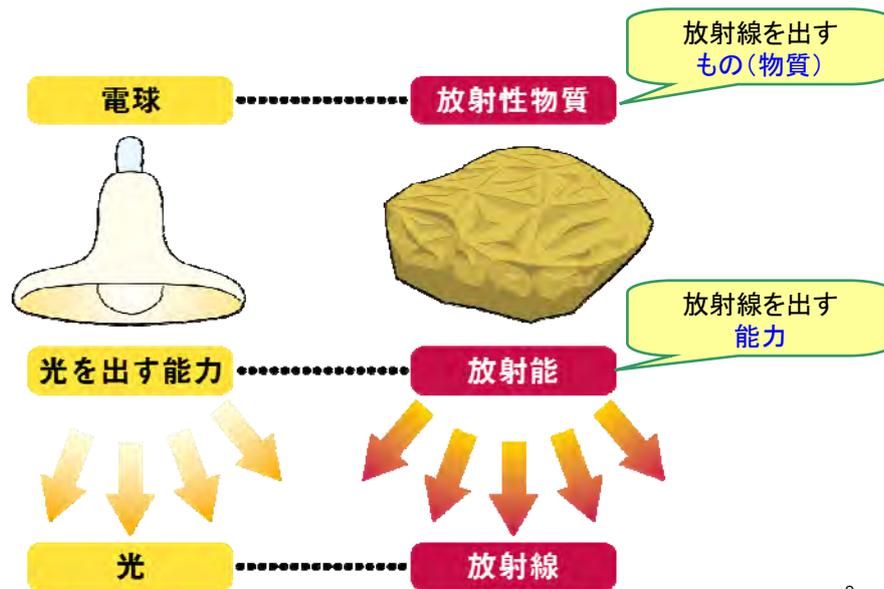
東京工業大学  
グローバル原子力安全・セキュリティ・エージェント教育院



特任准教授 **大場 恭子**



## ▶ 放射性物質, 放射線, 放射能とは



## 放射線の主な単位(2つ)

### ベクレル(Bq)

⇒放射能の強さを表わす単位  
(放射性物質が放射線を出す能力を表す単位)



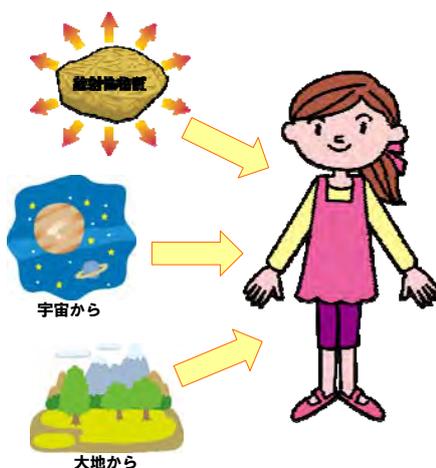
### シーベルト(Sv)

⇒人体に対する影響を表わす単位  
(放射線によって人体が受けた影響の度合いを表す単位)



3

## 私たちはふだんから被ばくしています



外部被ばく



内部被ばく

4

身まわりの放射線(自然界のもの)



宇宙から  
0.3ミリシーベルト



地面から  
0.4ミリシーベルト



空気から  
0.6ミリシーベルト



食べ物から  
0.2ミリシーベルト

ポロニウム  
の測定が  
できた  
ことにより、  
0.98に  
修正

被ばくの単位

シーベルト(Sv)

⇒人の体に対する影響をあらわす単位



# 放射線の種類

## 放射線の特徴① 物を通り抜ける力があります

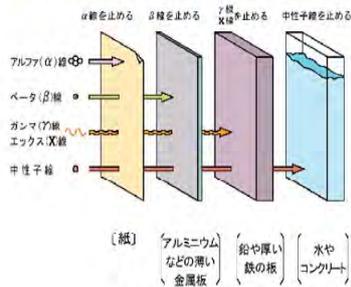


図 放射線の種類と透過力

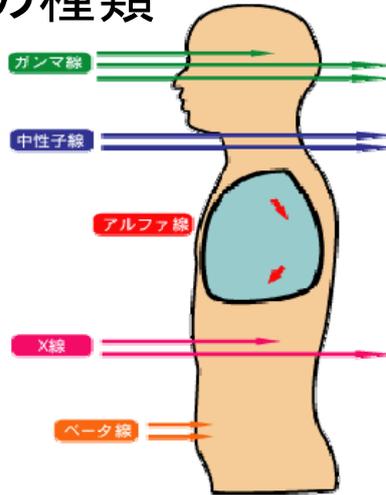


図3 人体を透過する放射線

『フォーラム・エネルギーを考える』による「ETTが考えた放射線のテキストより

<http://www.nuketext.org/radioactivity.html>より

7

## 事故による拡散を考えるべき 放射性核種①

### • アルファ(α)線を出すもの

核種	半減期	特徴
プルトニウム239	24000年	非常にわずかだが天然にも存在する。環境中で検出される大部分は、過去の大気核実験等に由来する。
プルトニウム240	6600年	環境中で検出される大部分は、過去の大気核実験等に由来する。
アメリシウム241	433年	チェルノブイリ事故現場の近傍等で測定されている。

参考: [http://www.pref.niigata.lg.jp/houshasen/radiation\\_ri.html](http://www.pref.niigata.lg.jp/houshasen/radiation_ri.html)

## 事故による拡散を考えるべき 放射性核種②

- ベータ( $\beta$ )線を出すもの

核種	半減期	特徴
ストロンチウム90	29年	カルシウムとよく似た化学的性質をもち、体内に入ると骨に蓄積する。
ヨウ素131	8日	発電所事故において、気体状となって発電所からでやすい。ガンマ線も出す。甲状腺にたまりやすい。

参考：[http://www.pref.niigata.lg.jp/houshasen/radiation\\_ri.html](http://www.pref.niigata.lg.jp/houshasen/radiation_ri.html)

## 事故による拡散を考えるべき 放射性核種③

- ガンマ( $\gamma$ )線を出すもの

核種	半減期	特徴
ヨウ素131	8日	発電所事故において、気体状となって発電所からでやすい。ベータ線も出す。甲状腺にたまりやすい。
セシウム134	2年	カリウムとよく似た化学的性質をもち、体内に入ると全身に分布する。
セシウム137	30年	過去の大気核実験等に由来する。

参考：[http://www.pref.niigata.lg.jp/houshasen/radiation\\_ri.html](http://www.pref.niigata.lg.jp/houshasen/radiation_ri.html)

## 放射線による急性障害のしきい値



小林泰彦氏  
食のコミュニケーション円卓会議2011.5.30資料

11

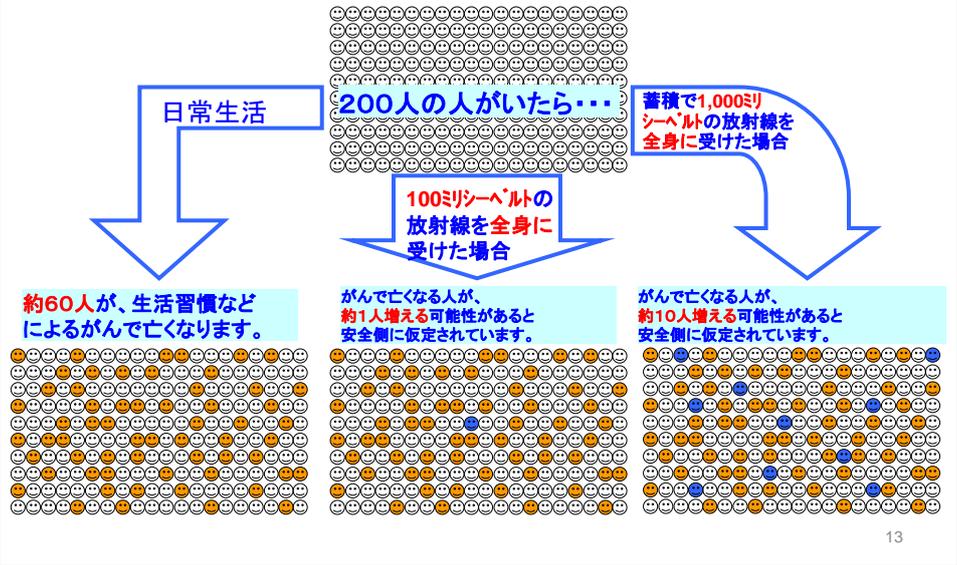
## 年間で100ミリシーベルトまでゆっくりと被ばくした場合のがん死亡



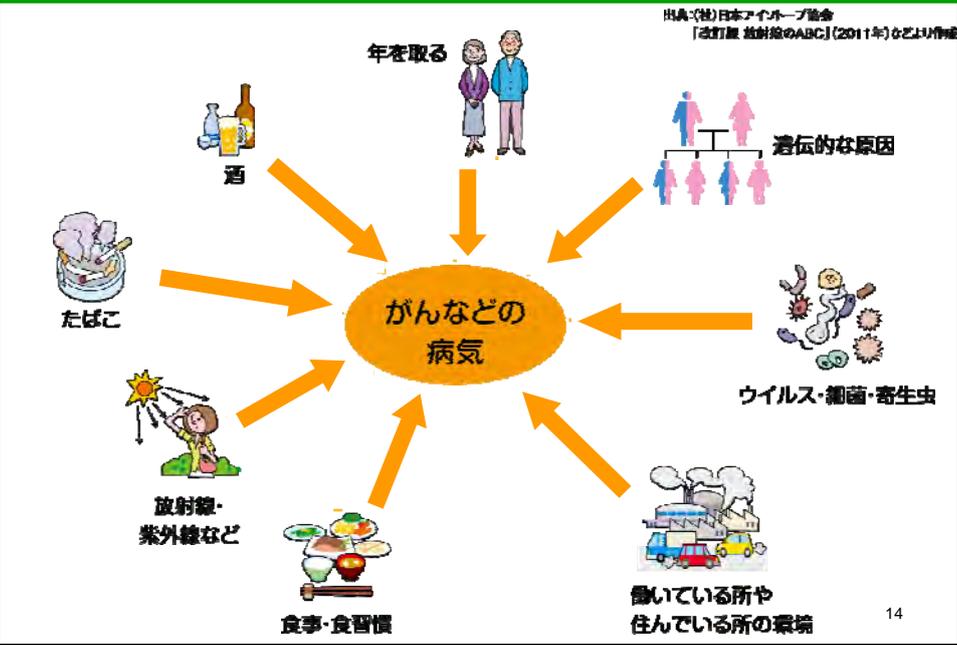
12

# 放射線とがん

受ける放射線の量が多くなればなるほど、がんなどになることが多くなる可能性があります。



# がんなどの病気を起こす色々な原因



## (参考)がんのリスクの大きさ—放射線と生活習慣—

相対リスク	全部位	特定部位
10~		C型肝炎感染者(肝臓:36) ピロリ菌感染既往者(胃:10)
2.50~9.99		大量飲酒(300g以上/週)*** (食道:4.6) 喫煙者(肺:4.2~4.5) 650-1240 mSv の被ばく(甲状腺:4.0)**
1.50~2.49	1000-2000 mSv の被ばく(1.8)* 喫煙者(1.6) 大量飲酒(450g以上/週)*** (1.6)	高塩分食品を毎日摂食(胃:2.5-3.5) 150-290 mSv の被ばく(甲状腺:2.1)** 運動不足(結腸<男性>:1.7) 肥満(BMI>30)(大腸:1.5) (閉経後乳がん:2.3)
1.30~1.49	500-1000 mSv の被ばく(1.4)* 大量飲酒(300-449g/週)*** (1.4)	50-140 mSv の被ばく(甲状腺:1.4)** 受動喫煙<非禁煙女性>(肺:1.3)
1.10~1.29	やせ(BMI<19)(1.29) 肥満(BMI≥30)(1.22) 200-500 mSv の被ばく(1.19)* 運動不足(1.15-1.19) 高塩分食品(1.11-1.15)	
1.01~1.09	100-200 mSv の被ばく(1.08)* 野菜不足(1.06)	

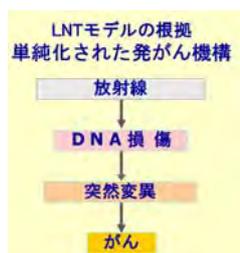
\* : 広島・長崎の原爆被ばく者の約40年の追跡調査からのデータ

\*\* : チェルノブイリ原発事故の被ばく者(18歳以下)の10~15年後に行った甲状腺がんスクリーニングからのデータ

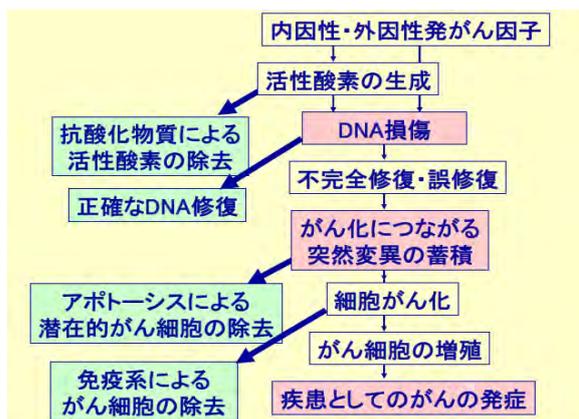
\*\*\* : 飲酒についてはエタノール換算量を示す

【出典】国立がん研究センターホームページより抜粋

15



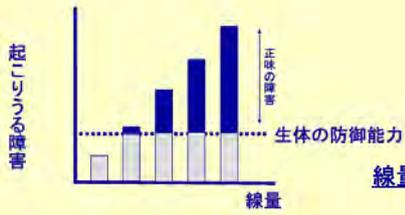
放射線医学総合研究所の酒井一夫氏の講演資料(2010年5月27日)より



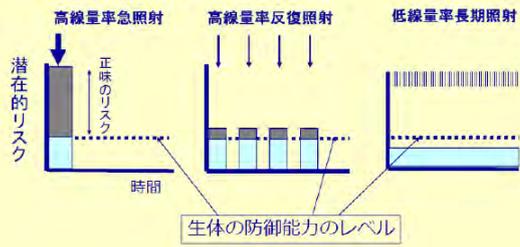
人体 60兆個の細胞  
 毎日 6000億個の細胞が死ぬ  
 細胞分裂 6000億個の細胞が生まれる  
 DNA コピーミス 細胞分裂ではDNAをコピーする  
 コピーミス 100万個に1個=60万個/日  
 ガン細胞 5000個/日発生  
 免疫 がん細胞を殺そうとする…が!!!!!!!

16

生体防御能力による障害の軽減

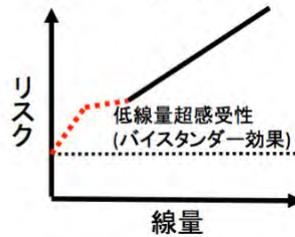
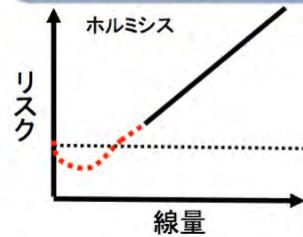
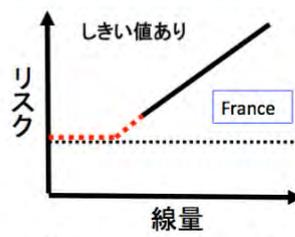
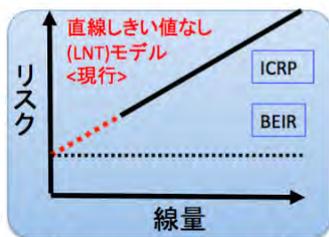


線量の分割・低線量率照射によるリスクの低減



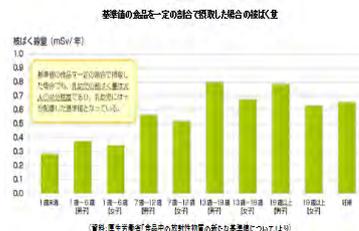
放射線医学総合研究所の酒井一夫氏の講演資料<sub>17</sub>  
(2010年5月27日)より

低線量放射線のリスクについての考え方



## 放射性セシウムの基準値の考え方

- 飲料水は、WHO(世界保健機関)が示している指標値に沿った。
- 一般食品の基準値は、年間1ミリシーベルトを許容することとし、飲料水の線量(約0.1ミリシーベルト/年)を差し引いた線量(約0.9ミリシーベルト/年)を、年齢区分別の年間摂取量と実効線量係数で割ることにより、限度値を算出し、すべての年齢区分の限度値のうち、最も厳しい値から基準値を決定。※ただし、限度値の算出に当たっては、日本の食料自給率などを考慮して、流通する食品の50%が汚染されていると設定。
- 乳児用食品と牛乳は、子どもだけが食べる、あるいは、子どもの摂取量が多いことから、一般食品の基準値の半分である「50ベクレル/kg」とした。従って、万一、流通している食品のすべてが基準値上限の状況であることまでを考慮して基準値が設定されている。



年齢区分別の限度値

年齢区分	性別	限度値(ベクレル/kg)
1歳未満	男女	460
1歳～6歳	男	310
	女	320
7歳～12歳	男	210
	女	190
13歳～18歳	男	120
	女	150
19歳以上	男	130
	女	160
妊婦	女	160
最小値		120

最小値  
120  
↓  
100

<http://www.gov-online.go.jp/useful/article/201204/3.html#4>より

## 食品の基準値は、安全と危険の境界を示す値ではありません！

たとえば、100Bq/kgの食べ物を1年間、毎日1kg食べ続けた場合の被ばく量(19歳以上)は、0.584 mSvです。

- セシウムの実効線量係数(Sv/Bq)
  - セシウム134:  $1.9 \times 10^{-8}$
  - セシウム137:  $1.3 \times 10^{-8}$
- 100ベクレル摂取した場合(セシウム134と137の割合が半々と仮定)

1日の食事に含まれる放射性セシウムの量について、福島、関東、西日本の53家族を対象に、朝日新聞社と京都大学・環境衛生研究室が共同で調査したところ、福島の中央値は4.01Bqであった。(2012年1月19日朝日新聞)

## 国際データとの比較

	放射性ヨウ素				放射性セシウム				
	飲料水	牛乳／乳製品	野菜類	その他	飲料水	牛乳／乳製品	野菜類	穀類	肉・卵・魚・その他
日本	300	300	2000	2000	200	200	500	500	500
新基準	—	—	—	—	10	50	100(乳幼児用:50)		
Codex*	100	100			1000	1000	1000	1000 1000	
EU*	500	500	2000		1000	1000	1250		
米国	170				1200				
FAO# 1年目	400				850				
FAO 2年～					150				

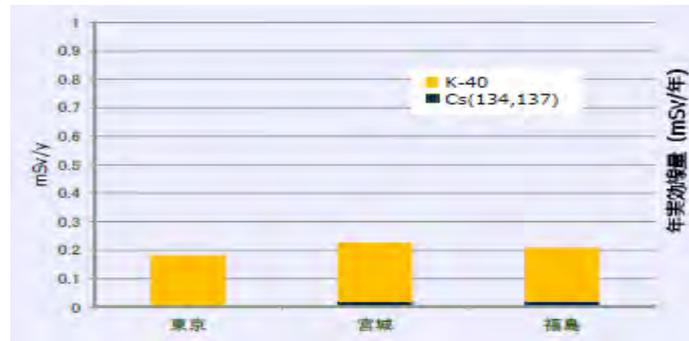
\*Codexは単核種放出で介入レベルが1mSv/年を採用。EUでは追加の被ばく線量が1mSv/年を超えない。市場希釈係数が0.1(日本は0.5)

#FAO:ヨウ素は乳児のみ。放射性セシウムは成人の値

(独)放射線医学総合研究所 農業物技術開発研究チーム  
田上恵子先生 ご講演「食品の新規格基準の誘導法(2012.5.18)資料より

## カリウム40に対するセシウム摂取率

平成23年9月および11月に、東京都、宮城県、福島県で、実際に流通している食品を購入して調査した結果では、食品からの放射性セシウムの摂取量は年間0.002~0.02mSv程度であり、カリウムによる0.2ミリシーベルト程度と比べて、非常に小さい値であった(セシウムによる被ばく割合は、カリウム-40に対し、福島で10%、東京で1.5%)。



厚生労働省医薬食品局食品安全部基準審査課資料より

陰膳方式放射能調査結果 (2012年4月12日 更新)



<http://www.fukushima.coop/pdf/inzenhoushiki.pdf> 23

食物中のカリウム40の放射能 (日本)

(単位: ベクレル/kg)



体内の放射性物質の量

66.6Bq/kg

人間の体には、一定の割合(体重の0.2%)でカリウムが含まれる(筋肉質の人ほど割合は高い)。

炭素-14やラドンは呼吸から体内に取り込まれ、これら全ての放射性物質は 時間経過とともに放射能が低くなり、また新陳代謝されます。

カリウム40	4,000ベクレル
炭素14	2,500ベクレル
ルビジウム87	500ベクレル
鉛210・ポロニウム210	20ベクレル

(体重60kgの日本人の場合)

旧科学技術庁パンフレットより

●カリウム

カリウムの0.0117%が放射性的カリウム-40という物質です。

カリウムは、体内で塩分を低下させ、血圧の上昇を制御するなど、健康を保ちます。

	男性		女性	
	目安量 (mg/日)	目標量 (mg/日)	目安量 (mg/日)	目標量 (mg/日)
1~2(歳)	900	-	800	-
3~5(歳)	1,000	-	1,000	-
6~7(歳)	1,300	-	1,200	-
8~9(歳)	1,500	-	1,400	-
10~11(歳)	1,900	-	1,700	-
12~14(歳)	2,300	-	2,100	-
15~17(歳)	2,700	-	2,000	-
18~29(歳)	2,500	2,800	2,000	2,700
30~49(歳)	2,500	2,900	2,000	2,800
50~69(歳)	2,500	3,000	2,000	3,000
70以上(歳)	2,500	3,000	2,000	2,900
妊婦(付加量)			0	-
授乳婦(付加量)			400	-

- 目安量は体の恒常性維持に適正と考えられる量と現在の日本人の摂取量から考慮した値です。
- 目標量は、高血圧の一次予防を積極的に進める観点からの量です。ただし腎機能に異常がある場合は摂取量に制限が必要と考えられます。専門家に相談ください。
- 18歳未満では目標量の掲載はありませんが、該当年齢の目安量を参考に適度な摂取が大切です。
- 妊婦、授乳婦では付加量の掲載はありませんが、通常時を参考に適度な摂取が大切です。

グリコ栄養ナビゲータHPより 25

別表4 経口摂取による実効線量及び甲状腺等価線量への換算係数  
(換算係数) (mSv/Bq)

核種	換算係数				
	乳児	幼児	少年	青年	成人
Sr-90	3.6X10 <sup>-5</sup>	8.9X10 <sup>-6</sup>	5.8X10 <sup>-6</sup>	4.0X10 <sup>-6</sup>	2.6X10 <sup>-6</sup>
Sr-90	2.3X10 <sup>-5</sup>	4.7X10 <sup>-6</sup>	6.0X10 <sup>-6</sup>	8.0X10 <sup>-6</sup>	2.8X10 <sup>-6</sup>
I-131	1.4X10 <sup>-5</sup>	7.5X10 <sup>-6</sup>	(3.8X10 <sup>-6</sup> )	(2.5X10 <sup>-6</sup> )	1.6X10 <sup>-6</sup>
I-132	3.8X10 <sup>-5</sup>	1.7X10 <sup>-5</sup>	(7.2X10 <sup>-6</sup> )	(4.9X10 <sup>-6</sup> )	3.1X10 <sup>-6</sup>
Cs-134	2.6X10 <sup>-5</sup>	1.8X10 <sup>-5</sup>	1.4X10 <sup>-5</sup>	1.2X10 <sup>-5</sup>	1.2X10 <sup>-5</sup>
Cs-137	2.1X10 <sup>-5</sup>	9.7X10 <sup>-6</sup>	1.0X10 <sup>-5</sup>	1.2X10 <sup>-5</sup>	1.3X10 <sup>-5</sup>
U-234	3.7X10 <sup>-5</sup>	8.8X10 <sup>-6</sup>	7.4X10 <sup>-6</sup>	7.4X10 <sup>-6</sup>	4.9X10 <sup>-6</sup>
U-235	3.5X10 <sup>-5</sup>	8.5X10 <sup>-6</sup>	7.1X10 <sup>-6</sup>	7.0X10 <sup>-6</sup>	4.7X10 <sup>-6</sup>
U-238	3.4X10 <sup>-5</sup>	8.0X10 <sup>-6</sup>	6.8X10 <sup>-6</sup>	6.7X10 <sup>-6</sup>	4.5X10 <sup>-6</sup>
Pu-238	4.0X10 <sup>-5</sup>	3.1X10 <sup>-5</sup>	2.4X10 <sup>-5</sup>	2.2X10 <sup>-5</sup>	2.3X10 <sup>-5</sup>
Pu-239	4.2X10 <sup>-5</sup>	3.3X10 <sup>-5</sup>	2.7X10 <sup>-5</sup>	2.4X10 <sup>-5</sup>	2.5X10 <sup>-5</sup>
Pu-240	4.2X10 <sup>-5</sup>	3.3X10 <sup>-5</sup>	2.7X10 <sup>-5</sup>	2.4X10 <sup>-5</sup>	2.5X10 <sup>-5</sup>
Pu-241	3.6X10 <sup>-5</sup>	3.0X10 <sup>-5</sup>	3.1X10 <sup>-5</sup>	4.5X10 <sup>-5</sup>	4.8X10 <sup>-5</sup>
Pu-242	4.0X10 <sup>-5</sup>	3.2X10 <sup>-5</sup>	2.6X10 <sup>-5</sup>	2.3X10 <sup>-5</sup>	2.4X10 <sup>-5</sup>
等価線量(甲状腺)					
核種	乳児	幼児	少年	青年	成人
I-131	2.8X10 <sup>-5</sup>	1.5X10 <sup>-5</sup>	(7.6X10 <sup>-6</sup> )	(5.6X10 <sup>-6</sup> )	3.2X10 <sup>-6</sup>
I-132	7.3X10 <sup>-5</sup>	3.3X10 <sup>-5</sup>	(1.4X10 <sup>-5</sup> )	(9.3X10 <sup>-6</sup> )	5.9X10 <sup>-6</sup>

ICRP-56(1986),-67(1993),-69(1995),-72(1996)より引用。( ) 内の数値はICRP-72(1996)及び「環境放射線モニタリングに関する指針」(平成12年8月一部改訂2000)を基に年齢補正を行った計算値。

(出典：平成13年度厚生科学特別研究「原子力施設の事故等緊急時における食品中の放射線の測定と安全性評価に関する研究」)

緊急時における食品の放射能測定マニュアル(厚生労働省)より  
p.36 別表4：実効線量及び甲状腺等価線量への換算係数表 (mSv/Bq)  
(但し、Cs-137において、 $1.3 \times 10^{-4} \rightarrow 1.3 \times 10^{-5}$ に訂正)

## 子どもへの影響は？

	男性			女性		
	<0.5(Gy)	0.5-1(Gy)	1-4(Gy)	<0.5(Gy)	0.5-1(Gy)	1-4(Gy)
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

(Preston et al., *Radiat. Res.* 2007)

1-4(Gy)では確かに若年時被ばくの方ががんの増加が大きい  
0.005-0.5(Gy)では年齢依存性が見られない。

東京工業大学 松本義久先生 ご講演資料より  
27

### 余計な被ばくをしないために①

#### 3つの基本

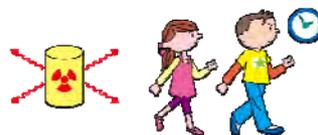
##### 1. 距離(きょり)

はなれるほど  
被ばくがちいさくなります。  
(できるだけおくにはなれること！)



##### 2. 時間

時間が短いほど  
被ばくがちいさくなります。  
(できるだけ早くにはなれること！)



##### 3. しゃへい

間にあるものの厚さ(あつさ)が厚いほど、  
被ばくがちいさくなります  
(建物の中などに入ること！)



## よけいな被ばくをしないために②

体の中に入れてないようにすることが大切です。

1. 空気中に放射性物質があるときは？

⇒マスクやハンカチで口をふさぐ



2. 顔や手などに放射性物質が付いてしまったら??

⇒顔や手などを洗い流す

3. 食べ物や飲み物は大丈夫??

⇒おとうさんやおかあさん、先生から許可を得ているものしか口にしない。

(国や自治体)から、飲食しないように指示の出された食べ物や飲み物は口にしないようにする

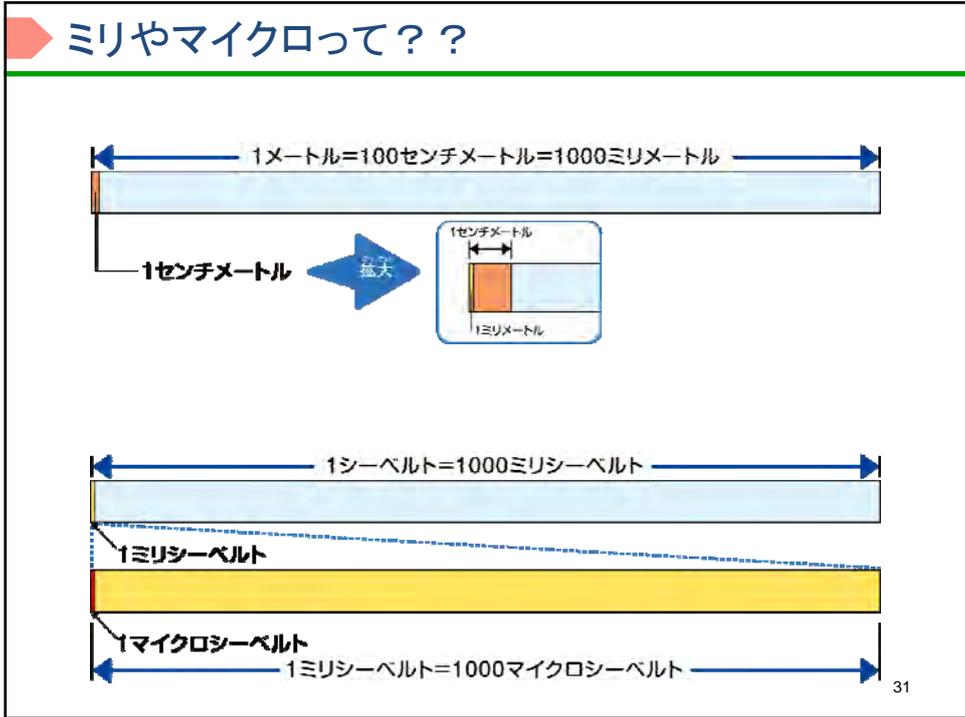


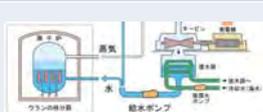
29

## 外部被ばくと内部被ばくで注意すべき点の違い

	外部被ばく	内部被ばく
どれくらいの放射能があるか?	○	○
どんな放射線か?	○	○
遮蔽するものはあるのか?	○	×
距離はどれくらいか?	○	×
時間はどれくらいか?	○	○
どんな性質の放射性物質か?	×	○

30



	チェルノブイリ事故	福島第一原子力発電所事故
原子炉の種類	黒鉛炉	軽水炉
事故原因	人為的なミスや設計上の問題	自然災害が引き金
事故の初動状態	実験中・核分裂が「暴走」後の事故	制御棒の挿入による核分裂停止後の事故(余熱による比較的エネルギーの低い状態から事故が始まっている)
格納容器	なし 	あり 
事故に至っている原子炉数	1基	4基

<http://matome.naver.jp/odai/2130028986450409301>  
[http://www.fepec.or.jp/present/safety/past/chemobyl/sw\\_index\\_01/index.html](http://www.fepec.or.jp/present/safety/past/chemobyl/sw_index_01/index.html)  
[http://www.fepec.or.jp/learn/hatsuden/nuclear/sw\\_index\\_01/index.html](http://www.fepec.or.jp/learn/hatsuden/nuclear/sw_index_01/index.html) より作成

32

## 放射性物質に関する試算値

	大気への放出量(PBq)	
	チェルノブイリ事故	福島事故
希ガス (Xe等)	6533	11000
○揮発性元素 (I,Cs等)	5518	335
▲中度の揮発性元素 (Sr等)	606	11.9
■難揮発性元素 (Pu等)	693	0.1

	大気への放出量(PBq)		
	チェルノブイリ事故	福島事故	原子爆弾(広島)
○I-131	1760	160	63
○Cs-137	85	15	0.089
▲Sr89	115	2	11
▲Sr90	10	0.14	0.058
▲Ru-103	168	0.0000075	23
▲Ru-106	73	0.0000021	1.1
■Ba-140	240	3.2	71
■Zr-95	84	0.017	14
■Ce-141	84	0.18	25
■Ce-144	50	0.011	2.9

<http://d.hatena.ne.jp/warbler/20120630/1341012335>より

33