

**仙台市食の安全トップセミナー**

# **食品の放射能汚染と 健康への影響**

**岩手大学農学部 佐藤 至**

2011/11/17 (仙台市)

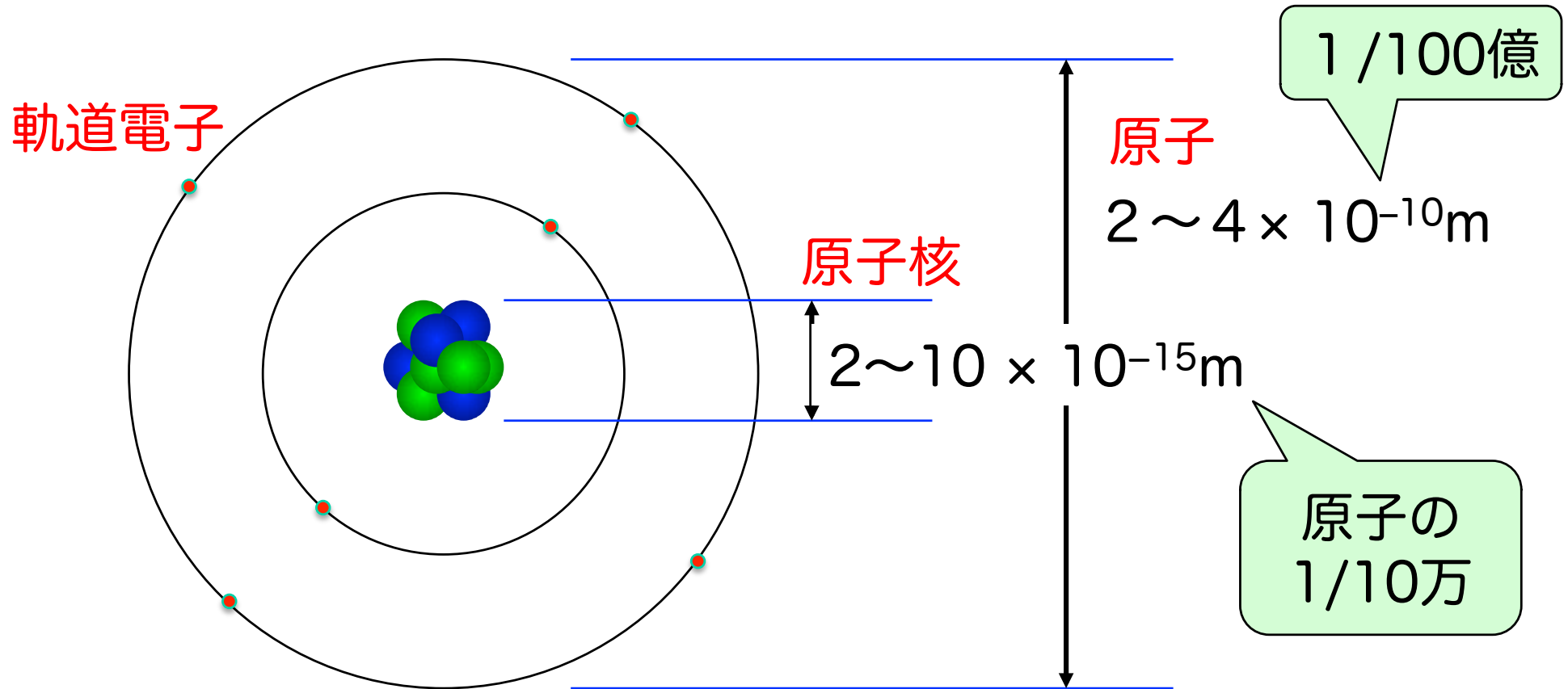
# 放射線の基礎

**1) 放射線、放射能とは何か？**

**2) 身の回りの放射線・・・自然放射線と**

**医療放射線**

# 原子の構造



- : 陽子 (+)
  - : 中性子
  - : 電子 (-)
- } 核子

陽子数 = 原子番号

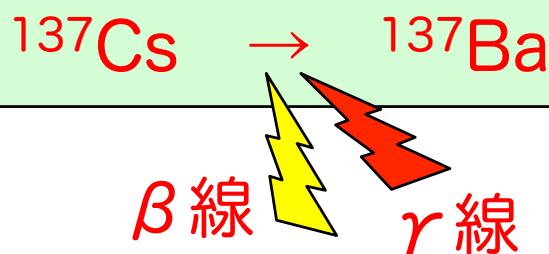
陽子 + 中性子 = 質量数

# 放射性物質（放射性同位元素）とは何か？

原子核内の陽子数と中性子数がアンバランスなため、原子核が不安定な同位元素。不安定な原子核は放射線（ $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線）を放出して別の元素に変わる（壊変）。

普通のセシウム：陽子55個，中性子78個，計133個

セシウム137：陽子55個、中性子82個，計137個



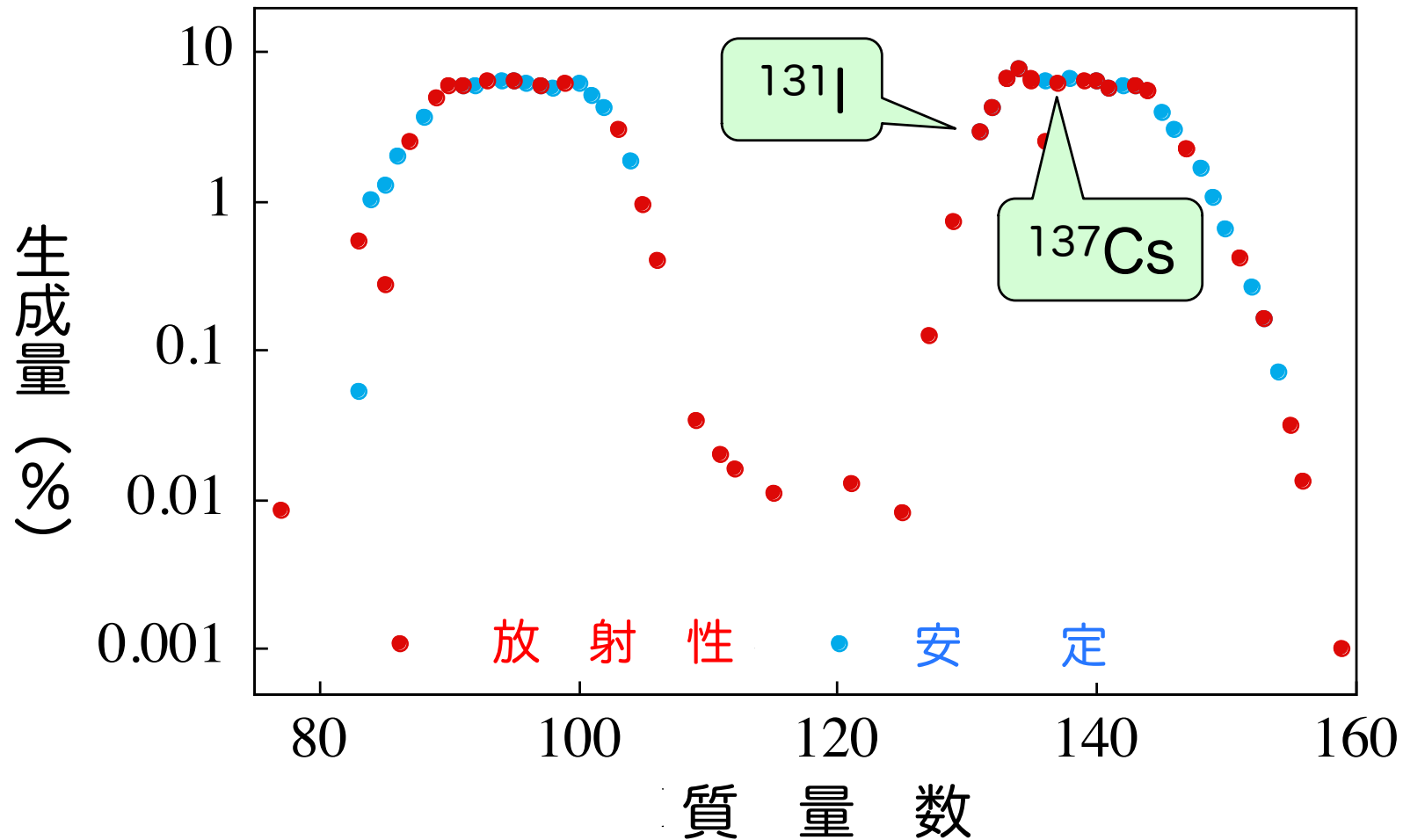
陽子：56個  
中性子：81個

普通のヨウ素：陽子53個、中性子74個，計127個

ヨウ素131：陽子53個，中性子78個，計131個



# 原子炉での放射性物質の誕生

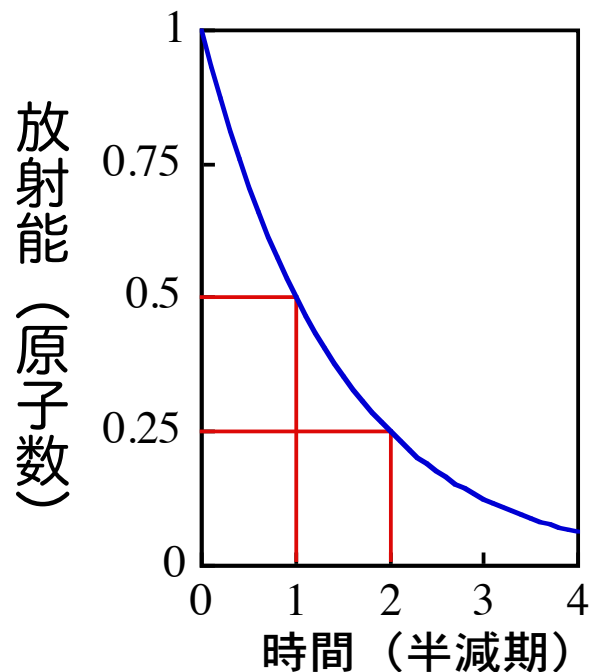


原子炉内でウランの核分裂によって生成する核種（核分裂生成物）は、質量数が90前後と140前後のものが多く、その多くは放射性である。

# 放射能とは何か？

## 放射線を出す能力

放射線は原子核の壊変に伴って放出されるため、放射能は1秒あたりの原子核の壊変数（ベクレル：Bq）で定義される。放射能を持った物質を「放射性物質」という。



## 半減期とは何か？

原子核が壊変して放射能が1/2に減少する時間（核種によって一定）

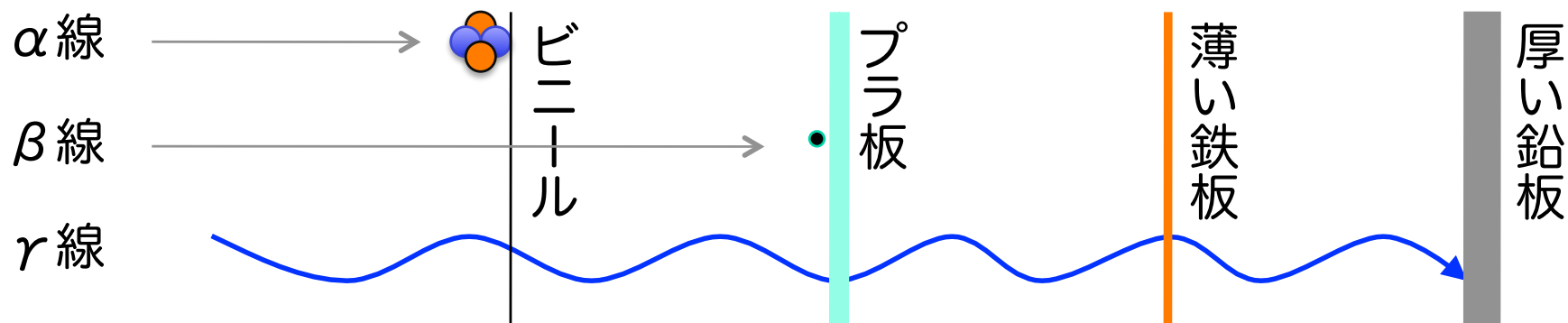
$^{131}\text{I}$  : 8日

$^{134}\text{Cs}$  : 2年

$^{137}\text{Cs}$  : 30年

# 主要な放射線とその性質

	アルファ線	ベータ線	ガンマ線
本体	He原子核	電子	電磁波
質量 (kg)	$6.6 \times 10^{-27}$	$0.91 \times 10^{-30}$	0
速度 (km/s)	約1.5万	10~20数万	30万
物質の透過性	小	中	大
生物影響 (放射線荷重係数)	大 (20)	中 (1)	中 (1)



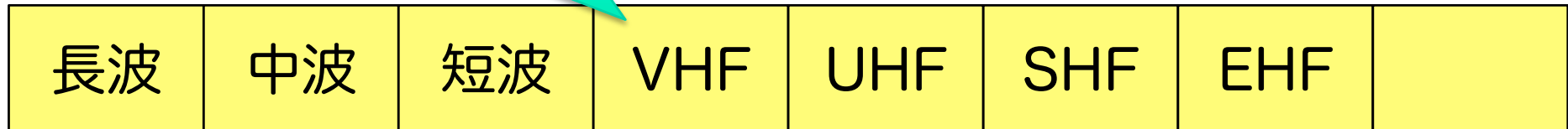
# 電磁波の波長と種類

1 km  
300 kHz

FMラジオ

1 m  
300 MHz

1 mm  
300 GHz



AMラジオ

テレビ

携帯

電子レンジ

波長 → 1  $\mu\text{m}$   
周波数 → 300 THz

1 nm  
300 PHz

1 pm  
300 EHz



ヒーター

可視光  
400~800 nm

1 keV  
242 PHz

1 MeV  
242 EHz



# 放射線量の単位

## 1. 吸収線量：グレイ (Gy = J/kg)

物質が吸収した放射線のエネルギー，物理学的単位

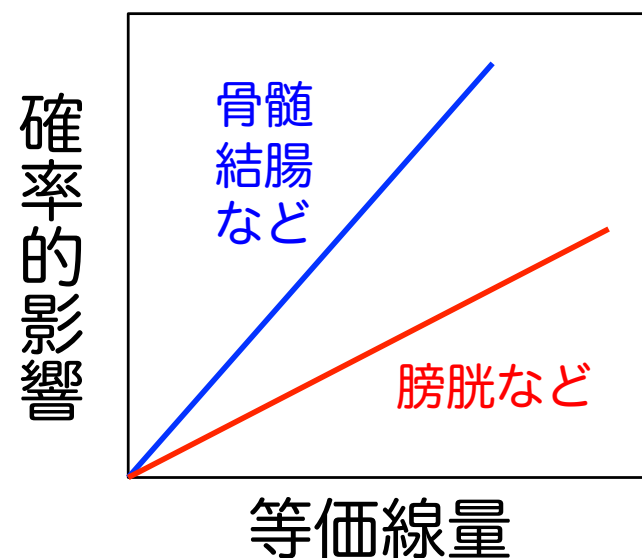
## 2. 等価線量：シーベルト (Sv)

組織の吸収線量に放射線荷重係数 ( $\beta$ ,  $\gamma = 1$ ,  $\alpha = 20$ ) を乗じたもの。組織の生物学的影響に関する単位

## 3. 実効線量：シーベルト (Sv)

等価線量に組織荷重係数を乗じ、全身について総和したもの。

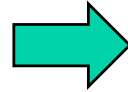
個体の致死的癌のリスクに関する単位。



# ベクレルとシーベルト

## 光の場合

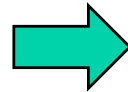
光源	電球・蛍光灯・LED
----	------------



## 放射線の場合

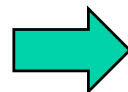
線源	放射性物質 (RI)
----	------------

消費電力	ワット
------	-----



放射能	ベクレル
-----	------

照度	ルクス
----	-----



線量	シーベルト
----	-------

消費電力が同じでも出る光の量は電球と蛍光灯では異なる。

同様に、放射能が同じでも放出される放射線の数は放射性物質によって異なる（放射能はあくまでも原子核の壊変数）。

# 自然放射線の被曝

1. **宇宙線由来**：太陽風に起因する二次宇宙線による被曝  
日本人の平均は**0.3 mSv/年**，高度1万mでは8  $\mu$ Sv/h
2. **大地由来**：土壌や岩石に含まれる $^{40}\text{K}$ や $^{226}\text{Ra}$ による被曝  
日本人の平均は**0.38 mSv/年**，地域差が大きい
3. **空気由来**：空気中のラドンとその娘核種による肺の被曝  
日本人の平均は約**0.35 mSv/年**，家屋の構造で大きく異なる
4. **食品由来**：食品中の $^{40}\text{K}$ ， $^{14}\text{C}$ ， $^{87}\text{Rb}$ による被曝  
(全ての食品は数十～数百Bq/kgの放射能を含んでいる)  
日本人の平均は約**0.29 mSv/年**，個人差はない

日本人の平均：約1.3 mSv/年，世界平均：2.4 mSv/年

## 医療放射線による被曝

胸部X線	直接	0.06 mSv
胃X線	透視	2.7-4 mSv
X線CT	頭部	0.5 mSv
	胸部	6.9 mSv
	腹部	3.6-7.1 mSv
PET	$^{18}\text{F}$ -FDG	2.2 mSv
PET-CT	$^{18}\text{F}$ -FDG	約10 mSv

放医研資料等より

日本人平均：2.4 mSv/y（世界一）

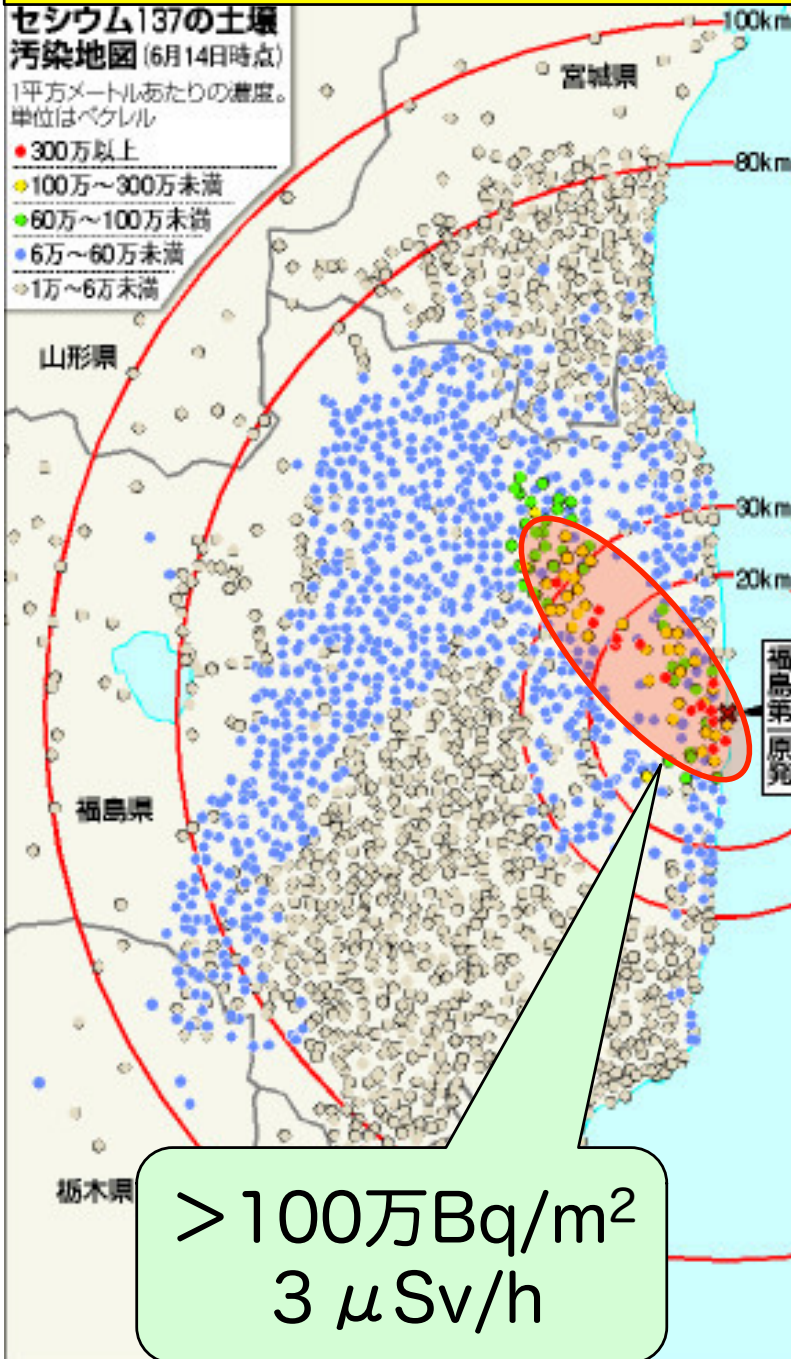
# **食品の放射能汚染と 内部被曝**

## 放射性物質の放出量 (Bq)

	福島第一原発	広島原爆	チェルノブイリ
$^{131}\text{I}$ (8.0d)	$1.6 \times 10^{17}$	$6.3 \times 10^{16}$	$1.8 \times 10^{18}$
$^{134}\text{Cs}$ (2.1y)	$1.8 \times 10^{16}$	—	—
$^{137}\text{Cs}$ (30y)	$1.5 \times 10^{16}$	$8.9 \times 10^{13}$	$8.5 \times 10^{16}$
$^{89}\text{Sr}$ (50d)	$2.0 \times 10^{15}$	$1.1 \times 10^{16}$	—
$^{90}\text{Sr}$ (29y)	$1.4 \times 10^{14}$	$5.8 \times 10^{13}$	—
$^{95}\text{Zr}$ (64d)	$1.7 \times 10^{13}$	$1.4 \times 10^{16}$	—
$^{140}\text{Ba}$ (13d)	$3.2 \times 10^{15}$	$7.1 \times 10^{16}$	—
$^{144}\text{Ce}$ (285d)	$1.1 \times 10^{13}$	$2.9 \times 10^{15}$	—

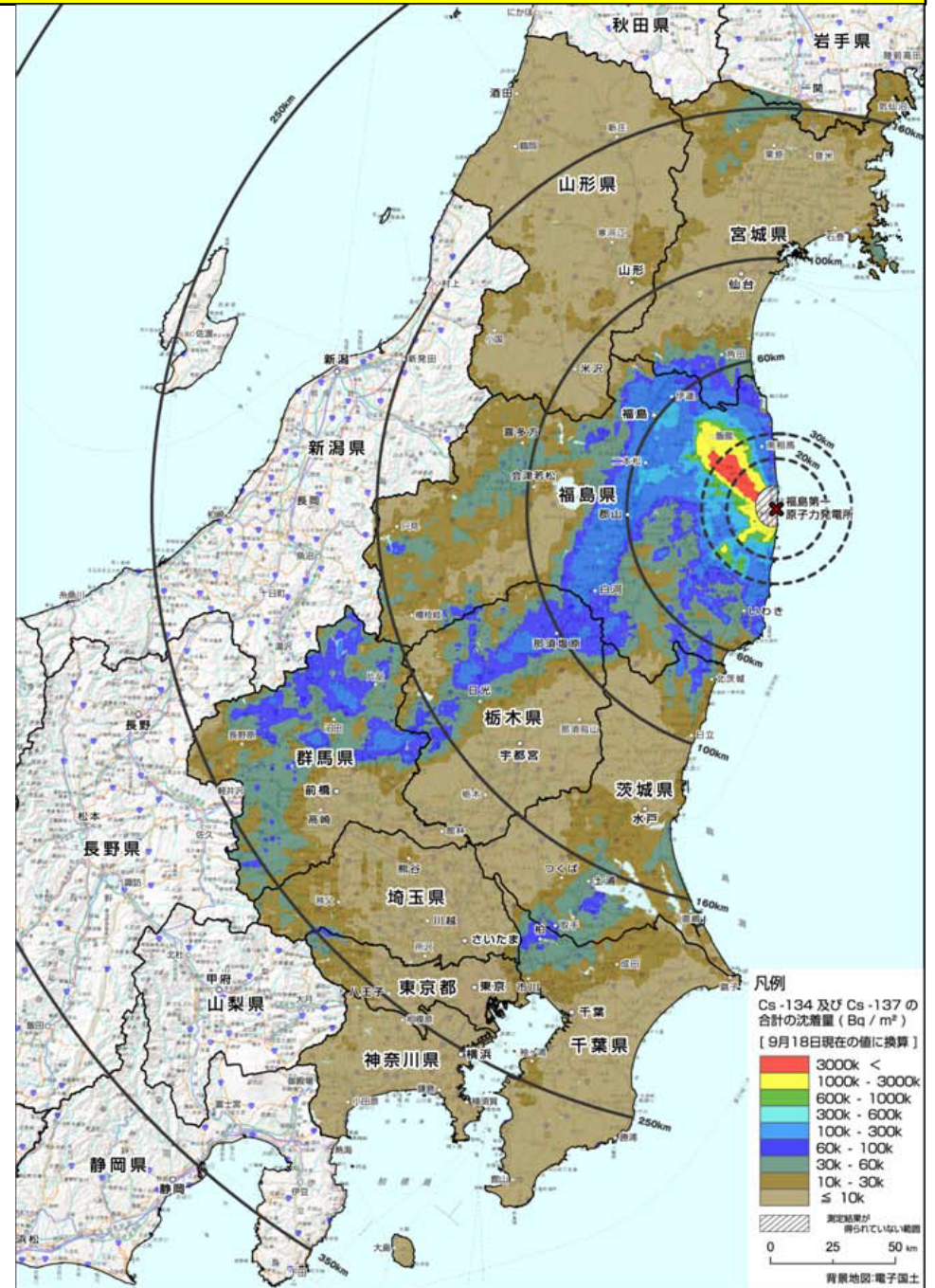
空気中への放出量の推定値 (4/12, 8/26原子力安全保安院発表)

# 土壌の汚染状況



← 土壌汚染地図

→ 航空機モニタリング



# 食品等の放射能に関する暫定規制値

	ヨウ素	セシウム	ウラン	超ウラン
乳児用食品	—	—	20	1
飲料水	300	200	20	1
牛乳乳製品	300 <sup>注1</sup>	200	20	1
野菜類	2,000 <sup>注2</sup>	500	100	10
穀類	—	同上	同上	同上
肉・卵	—	同上	同上	同上
魚介類	2,000	同上	同上	同上
その他	—	同上	同上	同上

注1：乳児用の調整粉乳および飲用乳は100Bq/kg

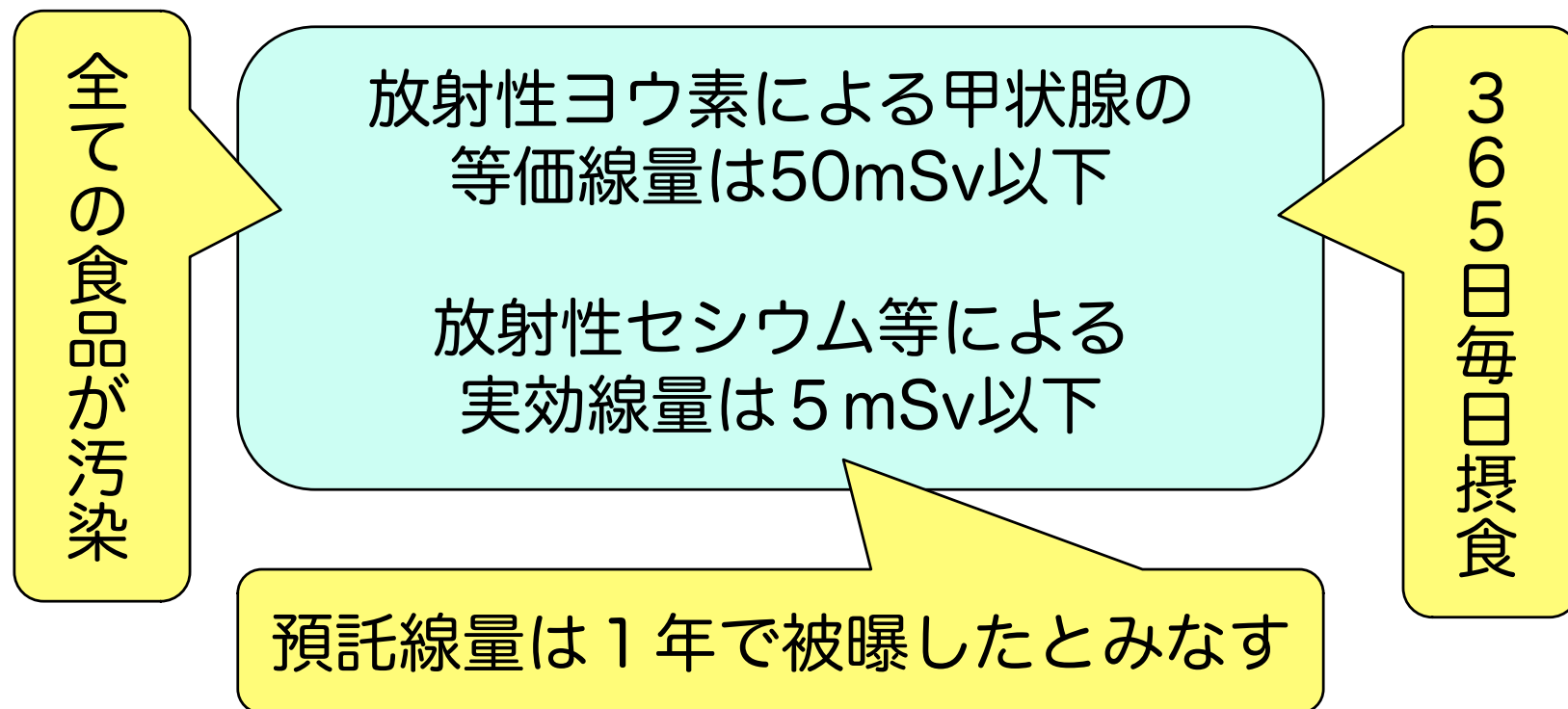
注2：根菜、芋類を除く

2011/3/18

厚生労働省食品安全部長通知



## 暫定規制値の考え方とリスク評価



### 【食品安全委員会のリスク評価（10/27）】

累積線量が100mSvを超えると健康に影響（小児は高感受性）

規制値の見直し・・・年間1 mSv？ 食品毎の規制値？

乾燥食品の扱い？ 外部被曝？

## 食品の放射能汚染の現状 (Bq/kg, 10/24現在)

食品	検査数	ND	~100	~500	500<
米	3,213	2,977	228	8	0
麦	509	253	236	19	1
野菜	2,465	2,392	68	5	0
果実	1,291	730	487	66	8
豆類	36	33	3	0	0
芋・茶	528	316	77	105	30
きのこ	518	307	138	49	24
牛肉	13,977	10,827	2,289	727	134
豚肉等	291	251	35	5	0
鶏卵	147	146	1	0	0
生乳	470	396	74	0*	0*

ND：検出限界未満，集計期間は農産物によって異なる，\*：200 Bq/kg

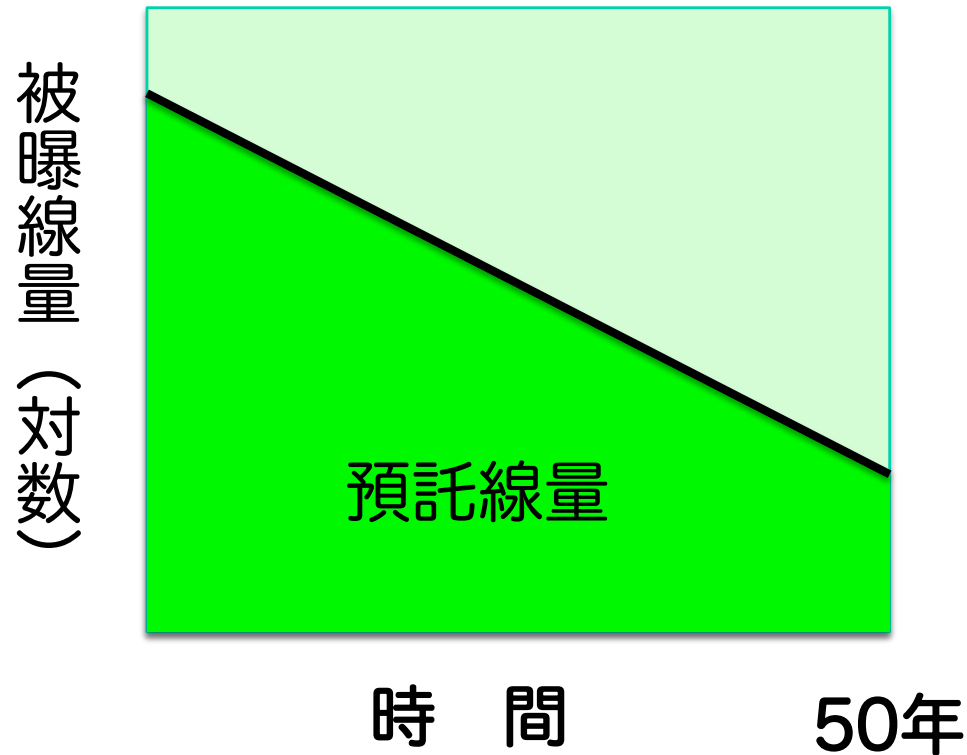
# 流通食品の平均放射能レベルの推定

食品	検査数	ND	~100	~500	Bq/kg
米	3,213	2,977	228	8	14
麦	509	253	236	19	39
野菜	2,465	2,392	68	5	12
果実	1				40
豆類					13
芋・茶					77
きのこ					50
牛肉	13				32
豚肉等	291	251	35	5	20
鶏卵	147	146	1	0	10
生乳	470	396	74	0*	16

放射能汚染のない地域の食品や輸入食品（カロリーベースで60%）も相当量摂取しているので、平均放射能レベルは更に低い！！

ND（検出限界）を20Bq/kgと仮定し、検出限界未満は10Bq/kgとして計算

## 内部被曝線量の評価



体内に取り込まれた放射性物質は徐々に排泄されるが、内部被曝は放射性物質が体内にある限り継続する。  
摂取後50年間に受ける被曝の総量を「**預託線量**」として評価する。実測は不可能なので、下記の計算式で推定する。

$$\text{預託線量} (\mu\text{Sv}) = \text{摂取量} (\text{Bq}) \times \text{実効線量係数}$$

## 内部被曝線量の推定

	ストロンチウム ( <sup>90</sup> Sr)	ヨウ素 ( <sup>131</sup> I)	セシウム ( <sup>137</sup> Cs)	セシウム ( <sup>134</sup> Cs)
実効線量率係数 ( $\mu\text{Sv/Bq}$ )	0.028	0.022	0.013	0.019
			平均0.016	

1) 全食品の平均汚染レベルが10Bq/kgであった場合・・・

$$10 \text{ (Bq/kg)} \times 550 \text{ (kg/年)} \times 0.016 = 88 \mu\text{Sv}$$

2) セシウムが4,000Bq/kgの牛肉を200g食べた場合・・・

$$4000 \text{ (Bq/kg)} \times 0.2 \text{ (kg)} \times 0.016 = 12.8 \mu\text{Sv}$$

自然放射線年間被曝量：1300 $\mu\text{Sv}$

医療放射線年間被曝量：2400 $\mu\text{Sv}$

# 内部被曝の防護

**摂取しない**（放射性物質を体内に取り込まない）

食 品：**洗浄**＝表面に付着した放射性物質には有効

（今は食品内部が汚染されているので無効）

**調理**＝茹でると少しは減少するが、効果は小

塩漬けも多少効果があるが、塩の害の方が大

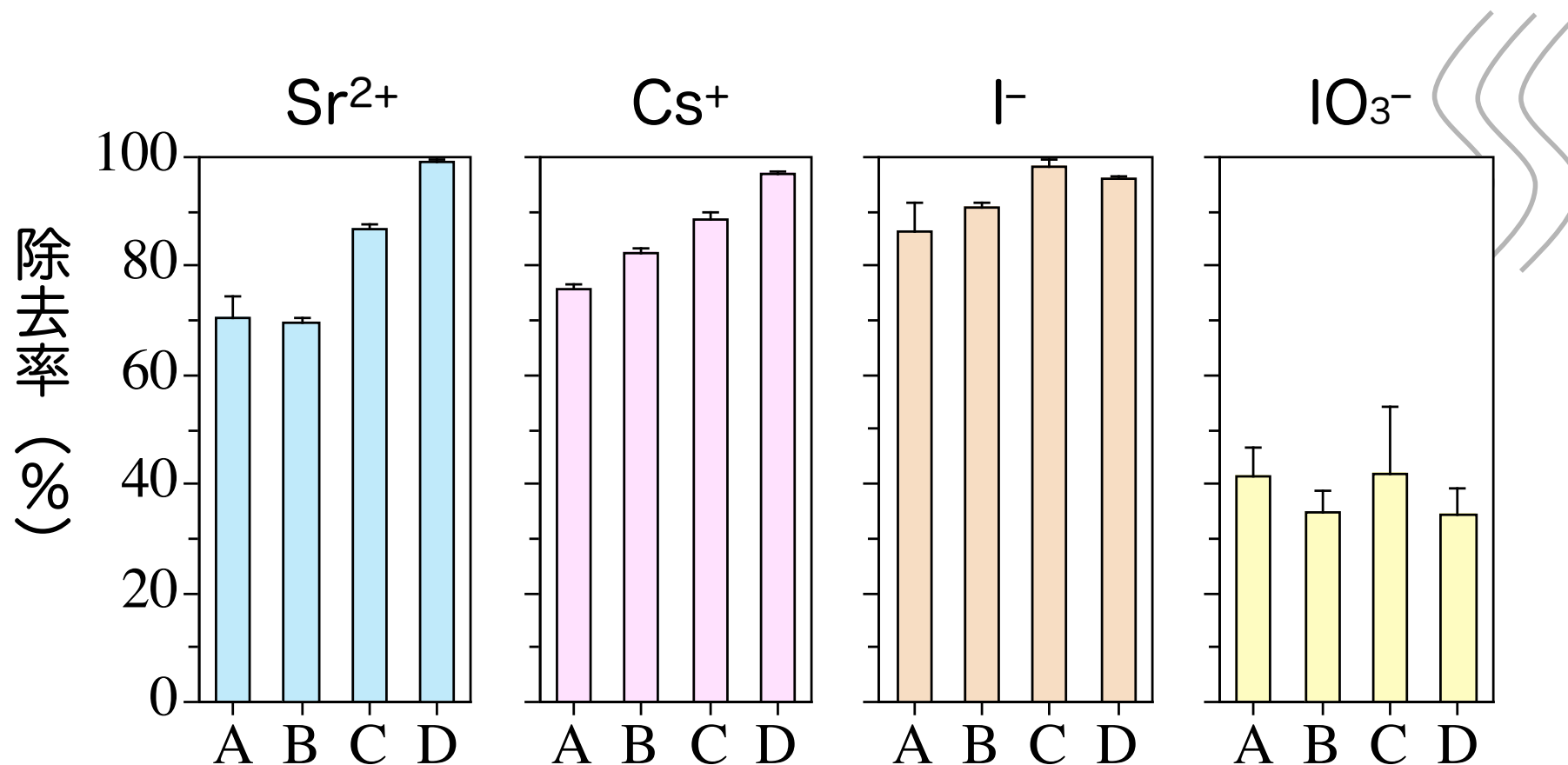
**加工**＝精米は有効（玄米＞白米）

水&空気：浄水器と空気清浄機はある程度有効

**排泄する**（体内の放射性物質の排泄を促進させる）

セシウムにはプルシアンブルーとゼオライトが有効

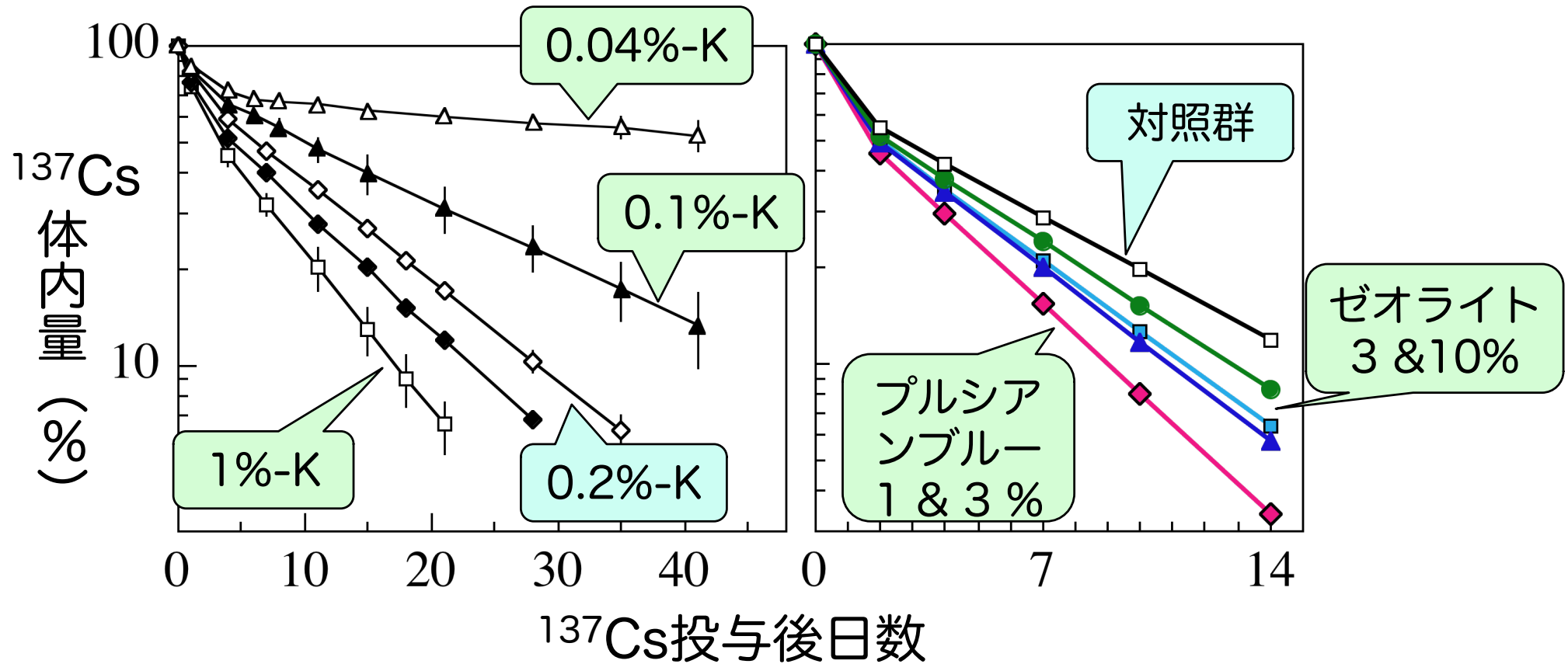
# 浄水器による放射性物質の除去



A社 & B社：活性炭＋セラミック＋中空糸膜

C社 & D社：活性炭＋イオン交換樹脂

# 動物体内からの排泄促進

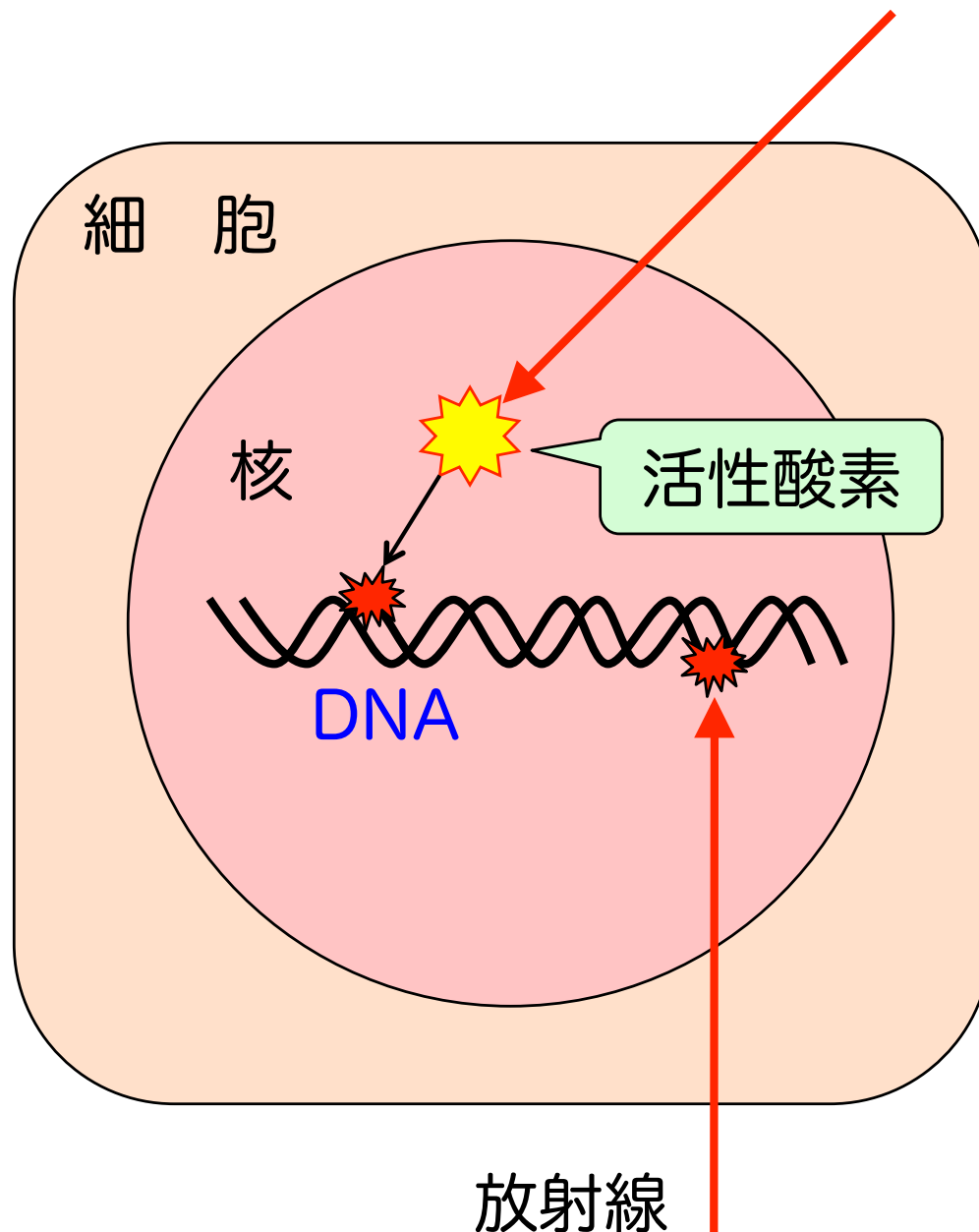


- 1) 放射性セシウムの排泄速度はカリウム摂取量に依存する。
- 2) 餌にゼオライトやプルシアンブルーを混ぜて給与するとセシウムの排泄が促進される。

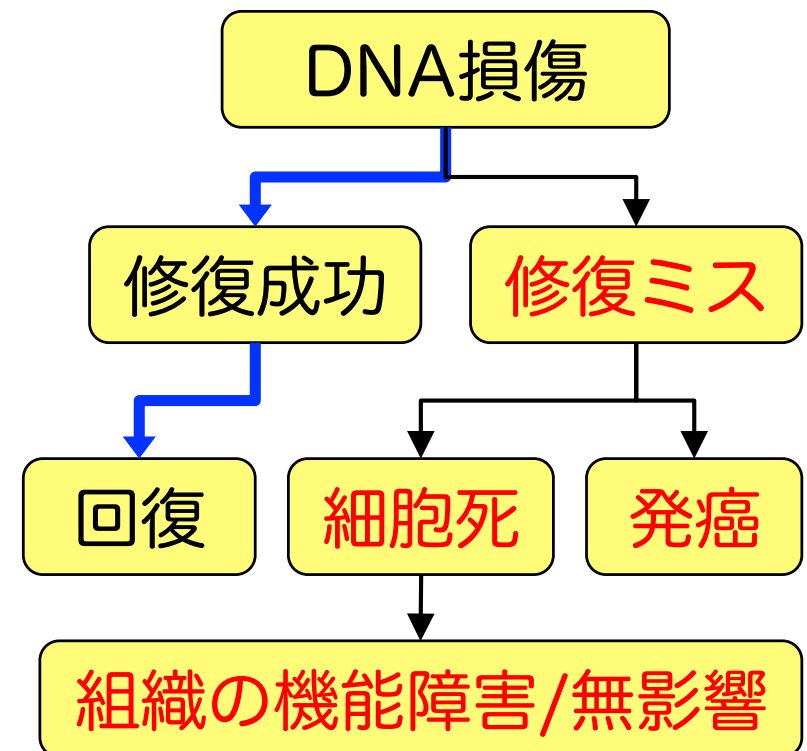


# 放射線の健康への影響

# 生物に対する放射線の影響



放射線の生物に対する影響は、主に細胞内のDNAの損傷によって引き起こされる。



# 確定的影響と確率的影響

## 確定的影響

影響の発生に“しきい値”のある影響

紅斑，脱毛，白血球減少，貧血、下痢，白内障，不妊症，奇形など

## 確率的影響

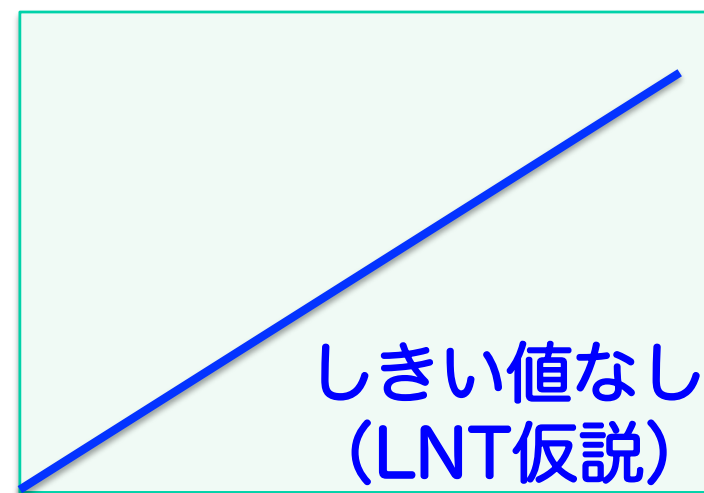
影響の発生率が線量に比例する影響

がん，遺伝的影響

影響の発生率



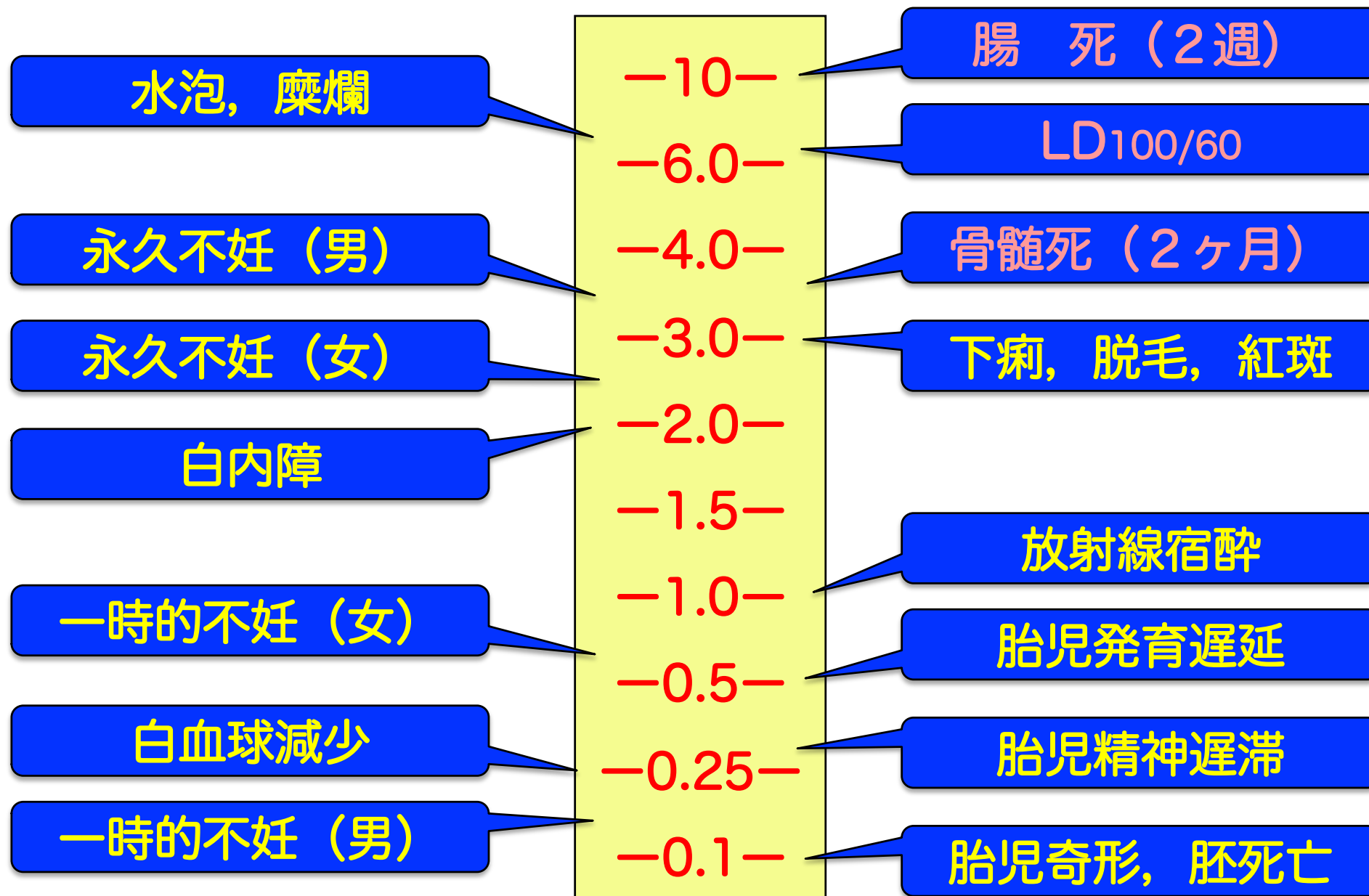
線量



しきい値なし  
(LNT仮説)

線量

# 主な確定的影響のしきい値 (Sv, 短時間被曝)



# 致死的癌の生涯発生確率 (%/Sv)

## ICRP 1990

胃	1.10	肝臓	0.15
結腸	0.85	卵巣	0.10
肺	0.85	甲状腺	0.08
骨髄	0.50	骨表面	0.05
膀胱	0.30	皮膚	0.02
食道	0.30	他	0.50
乳房	0.20	合計	5.0

約 5 %/Sv

## UNSCEAR 1988

白血病	0.93
胃	0.86
肺	0.59
乳房	0.43
結腸	0.29
卵巣	0.26
膀胱	0.23
食道	0.16
骨	0.09
その他	1.0
合計	4.53

# さまざまな発癌リスク

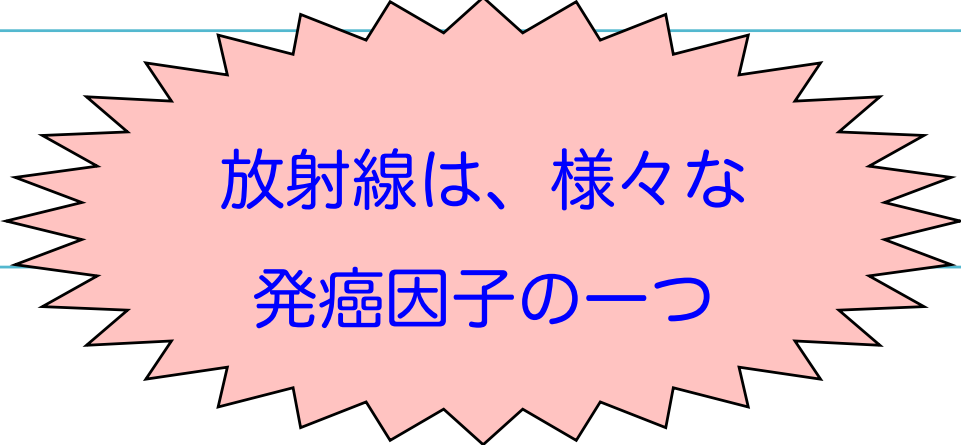
- ・ しきい値なし直線仮説（LNT仮説）が正しければ、致死性的癌の生涯発生確率は20mSvあたり0.1%
- ・ 日本人の30%は癌で死亡・・・30.1%に増加

許容できるか？

様々な集団における発癌リスク（国立がんセンターHPより）

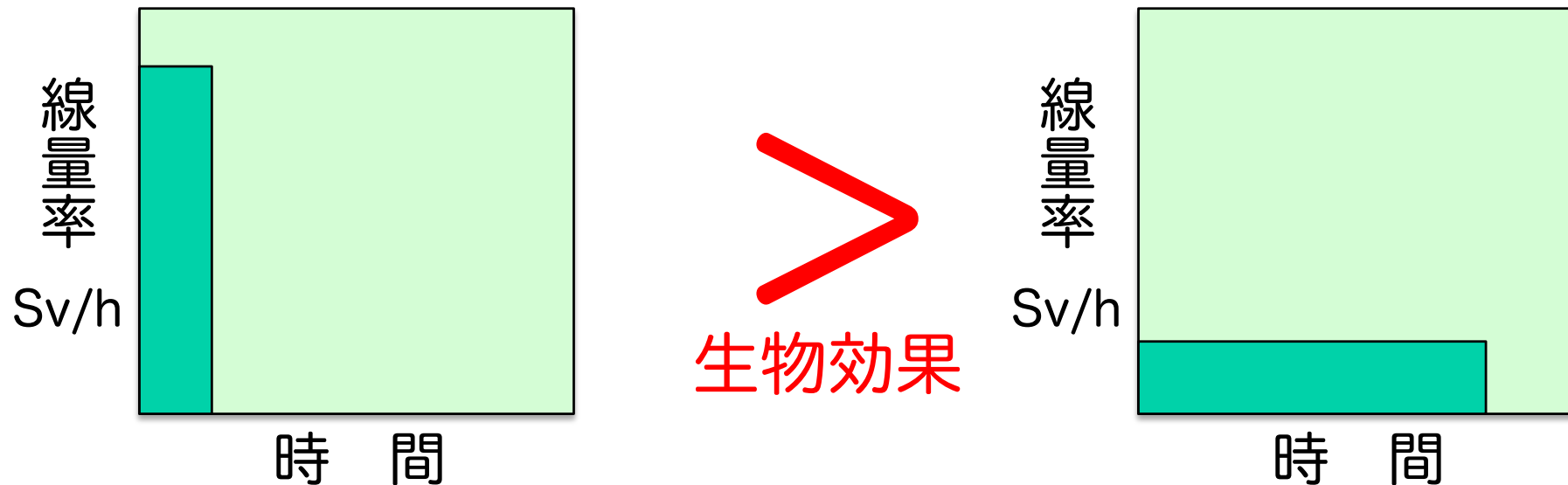
相対リスク	集 団	相対リスク	集 団
10	ピロリ保菌胃癌	1.5	1 Sv被曝
4.6	大量飲酒食道癌	1.4	大量飲酒
4.2-4.5	喫煙者肺癌	1.2-1.3	肥満・やせ
3.2	1 Sv被曝甲状腺癌	1.1-1.2	運動不足・高塩分食
2.5-3.5	高塩分食胃癌	1.06	野菜不足
1.7	運動不足結腸癌	1.01	20 mSv被曝

# IARCによる発癌性評価

グループ	件数	例
1 (発がん性あり)	107	放射線、紫外線、タバコ、 酒類、ヒ素、アフラトキシン
2A (おそらく発癌性)	58	ディーゼル排ガス、PCB、 鉛、マテ茶
2B (発癌性の疑い)	249	携帯電話、ガソリン排ガス
3 (分類不能)	512	 <p>放射線は、様々な 発癌因子の一つ</p>
4 (おそらく発癌性なし)	1	

# 線量率効果

低線量率 ( $<0.1\text{ Gy/min}$ ) では照射中に損傷の回復が起きるため、同線量であっても高線量率より生物効果が小さい。



- ・ 同じ線量の場合、短時間で被曝するよりも、年間を通してわずかずつ被曝する方が影響は少ない。
- ・ 高自然放射線地域での住民調査では、癌の増加は認められていない。



## まとめ

- ・福島産を含め農畜産物の放射能汚染は概ね低レベルである。これによる内部被曝線量はごくわずか（ $\sim 0.1$  mSv/年）であり，自然放射線の地域差や医療被曝の個人差よりも小さい。
- ・100 mSv未満の被曝では確定的影響（奇形，不妊，脱毛など）は起こらない。
- ・一方、発癌リスクは100mSv未満の被曝でも増加する“かも”しれないが，そのリスクは運動不足や高塩分食など他の一般的なリスクよりも小さい。
- ・さらに，様々な疫学調査では，低線量（率）被曝による癌の増加は認められていない。

**食品を介して摂取した放射性物質による健康危害のおそれはない！**

実質的には

**安全でおいしい東北（福島）  
の農産物を食べましょう！**