

生活環境中の放射能(2) 食品の放射能汚染を中心にして

2012年2月20日(月) 金沢大学

金沢大学薬学シンポジウム2011

渡辺美紀子(原子力資料情報室)

[URL://cnic.jp/](http://cnic.jp/) e-mail:watanabe@cnic.jp

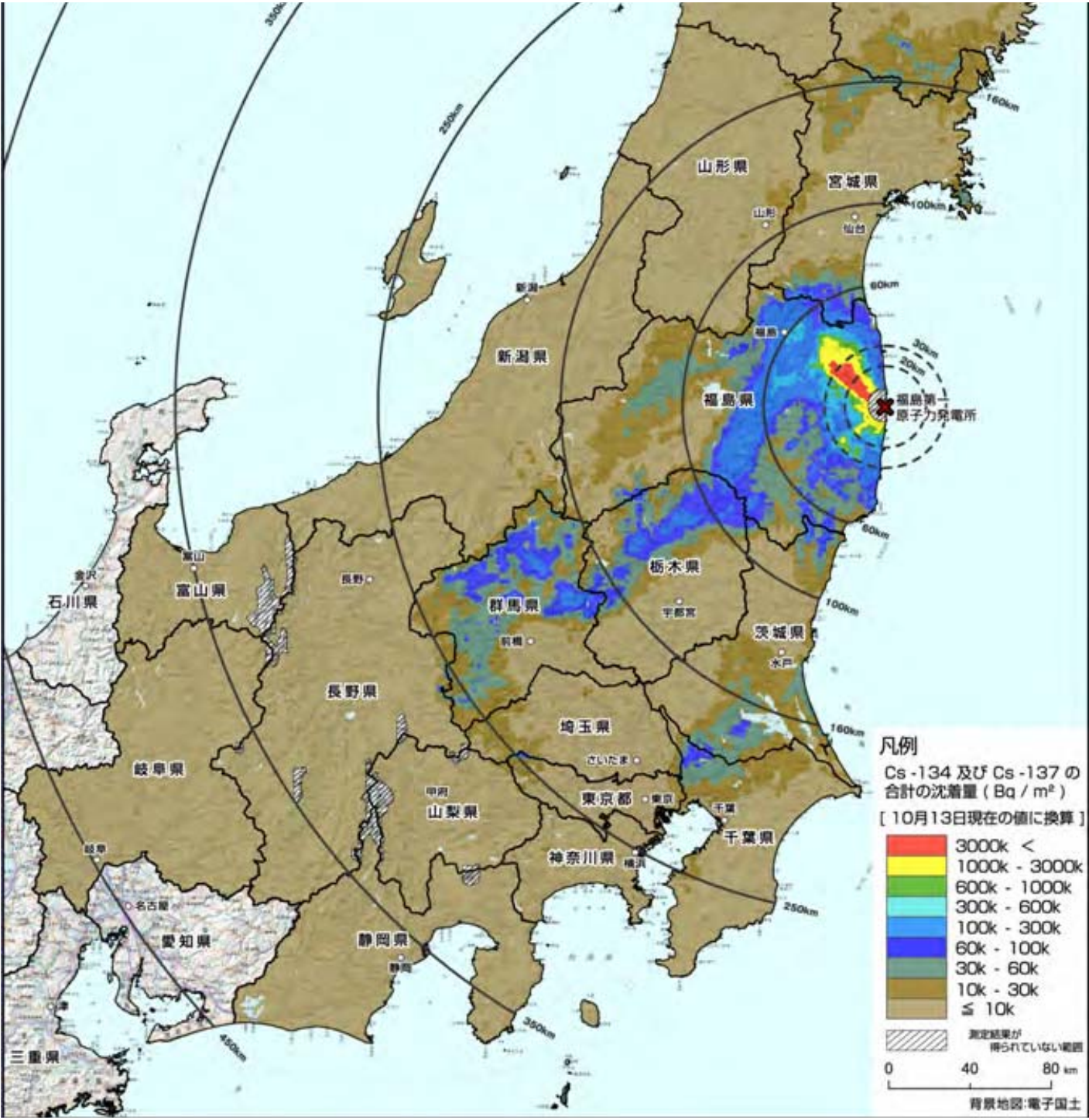
放射能で汚染されてしまった環境を どう生きるか

- 被曝をできるだけ少なくする努力が必要
- 汚染の実態を把握することが必要→測定し、データを公開し、情報を共有する
国、自治体、食品関連企業、市民
- 消費者と生産者の両方を守る道を話し合う
 - 食べない⇒生産者に打撃
食べる⇒リスクの増加
 - とくに有機農業や放牧酪農などに大きな打撃
 - 独自基準

放射線
放射能
汚染地図

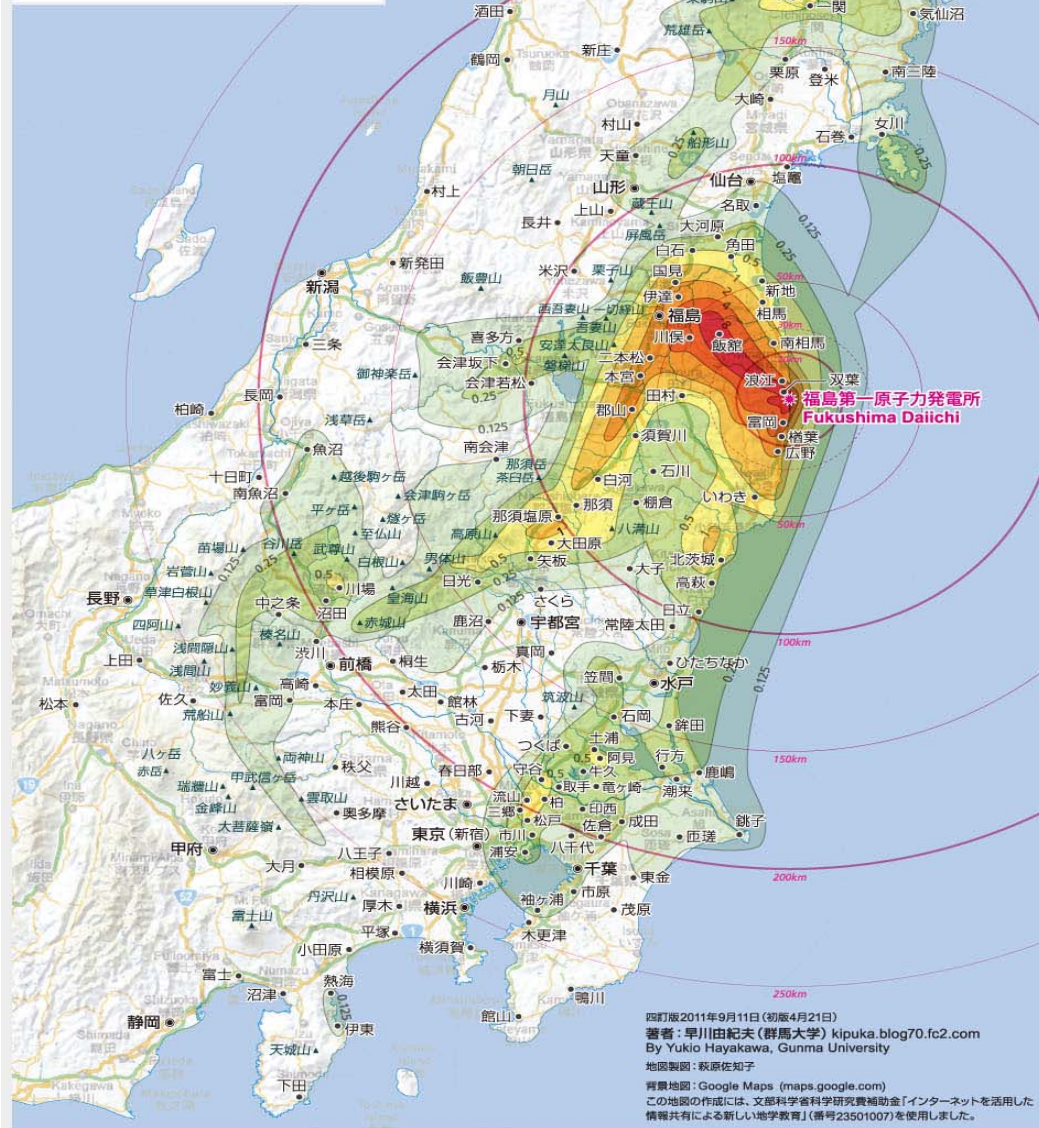
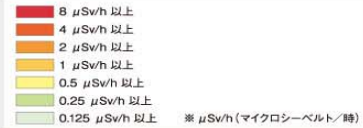
文科省

10月13日換算



福島第一原発から漏れた放射能の広がり
Radiation contour map
of the Fukushima Daiichi accident

2011年3月に地表に落ちた放射性物質がそのままの状態
で保存されている場所の放射線量で色分けしまし
た。芝生など草地で現在計測される数値です。この
数値は3年で半分にになります。



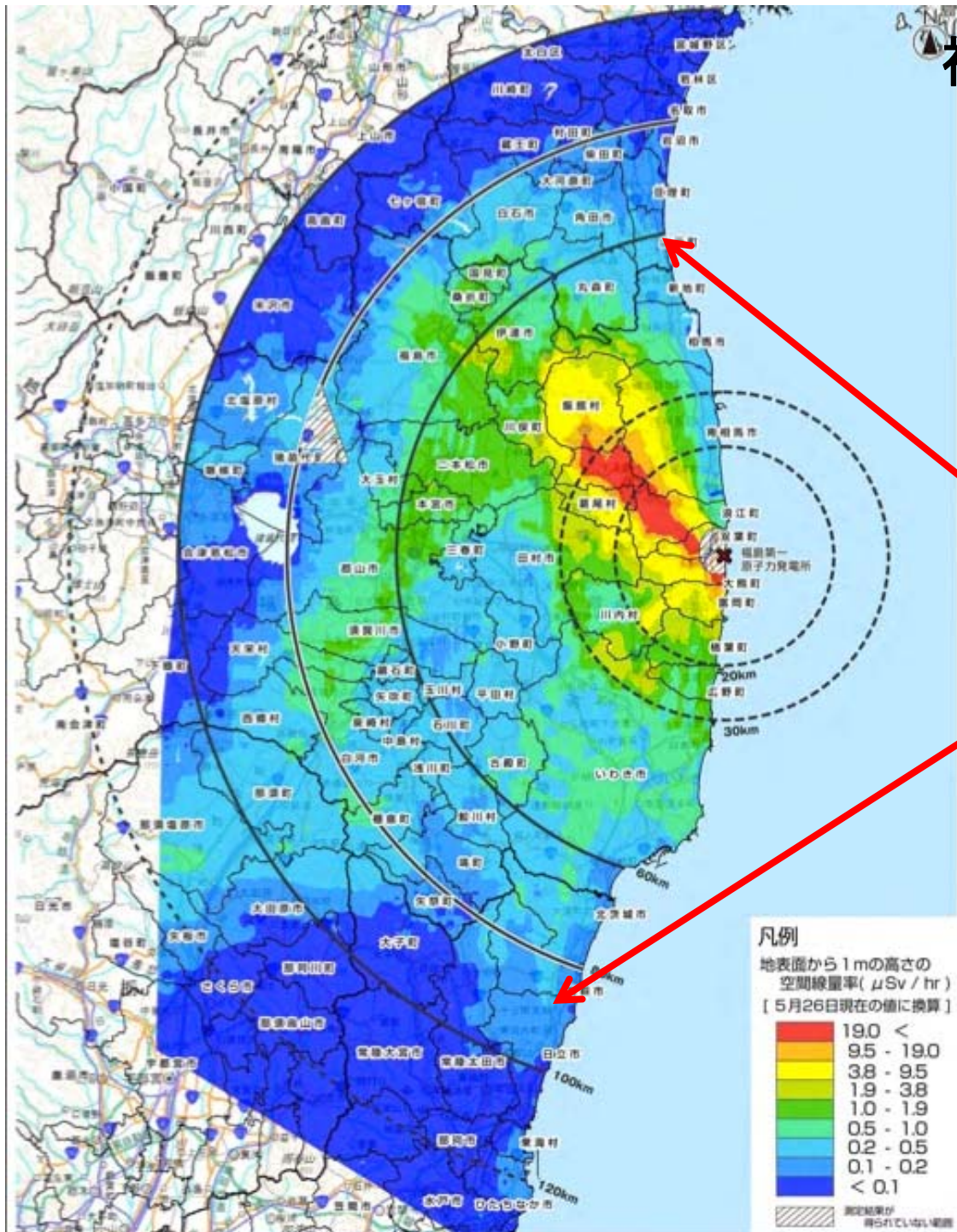
半径300km 放射線 放射能 汚染地図

群馬大、早川由紀夫作成
国・自治体の計測値7000
あまりをプロットした地図に
等高線を引く

<http://matome.naver.jp/odai/2130014613548736301/2130857994872104903>

福島第一原発周辺汚染地図

文科省、米エネルギー省発表
空間線量率



年1ミリシーベルト
以上
になる範囲

166.4mSv/年以上

83.2mSv/年~

33.8mSv/年~

16.6mSv/年~

8.8mSv/年~

4.4mSv~

1.8mSv~

0.88mSv~

0.88mSv/年以下

年間の被曝線量

(空間線量率から累積の被曝線量へ)

東電福島第一原発事故前 (平常値：自然放射線)

1時間で0.05マイクロシーベルト $0.05\mu\text{Sv}/\text{h}$

⇒1年間で0.438ミリシーベルト

1年間で約0.5ミリシーベルト

東電福島第一原発事故後

1時間で0.1マイクロシーベルト $0.1\mu\text{Sv}/\text{h}$

⇒1年間で0.876ミリシーベルト

1年間で1ミリシーベルト近くなる

これは地面（コンクリート）の放射性物質が出す放射線を体の外からあびる外部被曝だけ

年間の被曝線量

(空間線量率から累積の被曝線量へ)

1時間で0.1マイクロシーベルト

⇒ $0.1\mu\text{Sv}/\text{h} \times 24\text{時間} \times 365\text{日}$

=876マイクロシーベルト毎年

=0.876ミリシーベルト毎年

(1ミリシーベルト近くなる)

1時間で1マイクロシーベルト

⇒ $1\mu\text{Sv}/\text{h} \times 24\text{時間} \times 365\text{日}$

=8760マイクロシーベルト

=8.76ミリシーベルト毎年

(10ミリシーベルト近くなる)

緊急時の飲食物摂取制限(→暫定規制値)

「原子力施設等の防災対策について」原子力安全委員会2000

・ 放射性ヨウ素(131等)

甲状腺(等価)線量 1年間で50ミリシーベルト

(被曝(実効)線量 2.5ミリシーベルト相当)

→飲料水、牛乳・乳製品 300ベクレル/kg

野菜類(根菜、芋類除く)、魚他2000ベクレル/kg

・ 放射性セシウム(134、137等)

被曝(実効)線量 1年間で5ミリシーベルト

→飲料水、牛乳・乳製品 200ベクレル/kg

野菜類、穀類、肉・卵・魚・他 500ベクレル/kg

汚染食品が続々と

- 3月 水道水、福島・茨城県産ホウレンソウ、コマツナ、キャベツ、ブロッコリー、カリフラワーなど規制値超え。
- 4月 北茨城市沖のコウナゴから検出
- 放出放射能の70～80%が海に。
- シラス、淡水魚のワカサギ、アユなどから
- 5月 茶葉に汚染（静岡、神奈川など広範囲）
- 7月 稲わらによる牛肉の汚染
- キノコ類、栗、コメなどに検出
- これからも……

国の検査体制の問題点—

検査対象品目の構成がいびつ

- 1月末までに各自治体から厚生労働省に寄せられた累計検査数約9万6000件のうち、65%にあたる約6万件が牛肉。そのうち232件が規制値超え。
- 各種野菜類は全体の18.5%の1万7735件。
- 水産物は6.3%で6003件のうち規制値超えが195件。
- コメは3.8%で3656件。
- お茶は2.3%で2227件のうち193件が規制値超え。

食品中の放射性セシウム新基準値案 暫定規制値よりきびしくなったが

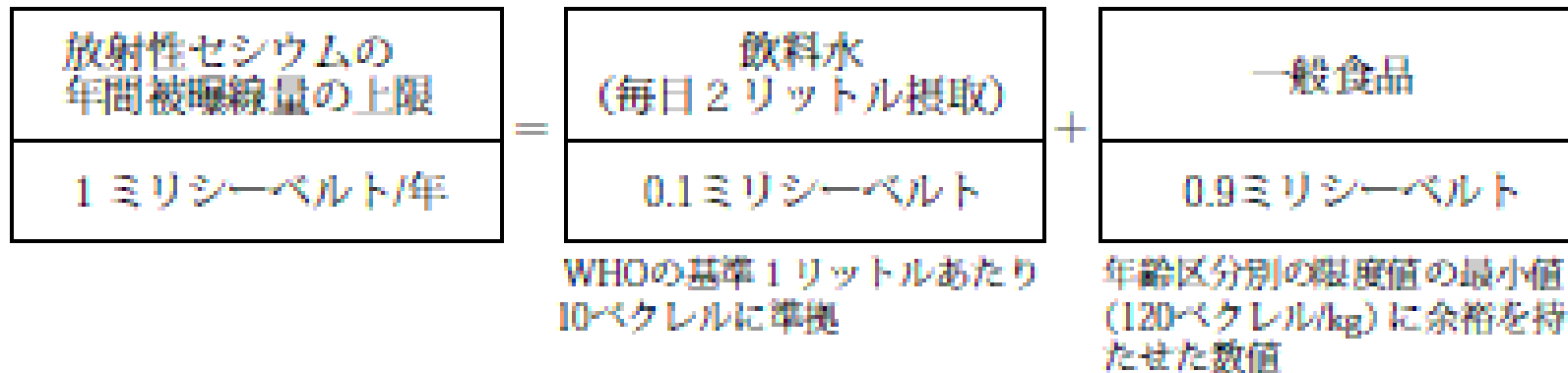
表1 食品中の放射性セシウムの基準 (ベクレル/kg)

暫定規制値		新基準値案	
野菜類	500	一般食品 (野菜類、穀類、肉・ 魚・卵・その他、乳 製品含む)	100
穀類	500		
肉・卵・魚・その他	500		
飲料水	200	飲料水	10
牛乳・乳製品	200	牛乳	50
		乳児用食品	50

新基準値の考え方の問題点

図1 一般食品の新基準値案の考え方

※流通する食品の50%が汚染されていると仮定



- 「流通する食品の50%が汚染されていると仮定」
- コメなどの主食は食べる量が多いので、考慮が必要
- 福島県など高汚染地域では、地元産食品の汚染割合が高くなる。

放射線感受性の高い子どもや妊婦の 安全性を最優先すべき

表 2 年齢区分別の限度値(一般食品)

年齢区分	摂取量	限度値 (ベクレル/kg)
1歳未満	男女平均	460
1歳～6歳	男	310
	女	320
7歳～12歳	男	190
	女	210
13歳～18歳	男	120
	女	150
19歳以上	男	130
	女	160
妊婦	女	160
最小値		120
基準値		100

厚生労働省 12月22日「食品中の放射性物質に係る規格基準の設定について(案)」より

- 年齢別・男女別(妊婦含む)に10グループに分けて、検討。
- ICRP72報の経口摂取に係る内部被曝線量係数を用いて計算。

放射線感受性のちがい

受精後8週令 > 妊娠3カ月 > 5~10カ月 =

新生児・乳児 > 子供 > 青年 > 成人 > 老人

年齢が若いほど、
臓器では細胞分裂が盛んなほど
感受性が高い

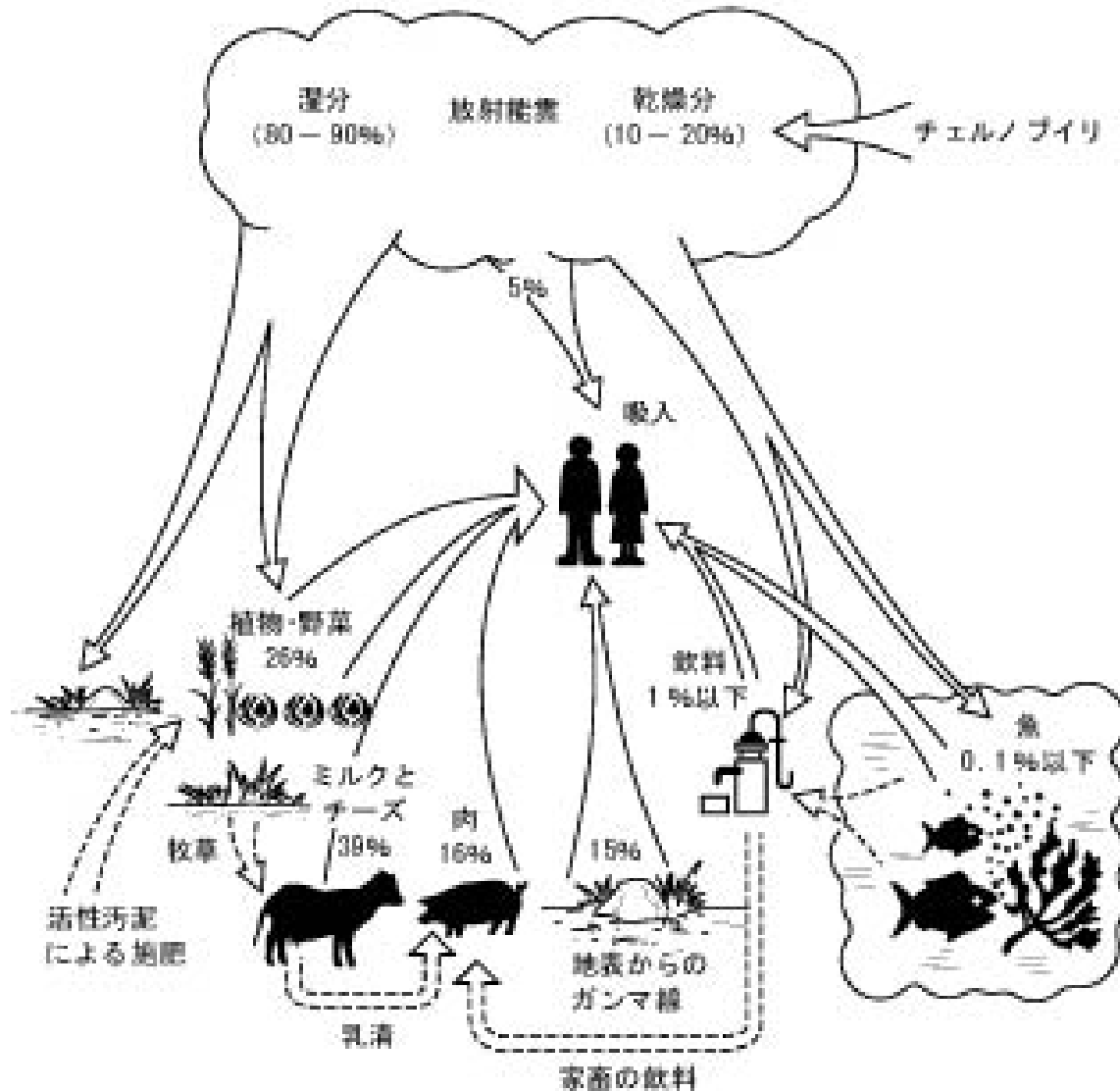
ウクライナの規制値と比較

【日本の食品中の放射性物質の基準】 放射性セシウム137の基準値 (Bq/kg)			ウクライナ保健省【1997年】 食品・飲料水中のセシウム137と ストロンチウム90の許容濃度 (AL-97) . Bq/kg, Bq/l		
食品区分	暫定基準	新基準案	食品区分	セシウム137	ストロンチウム90
	セシウム137	セシウム137			
飲料水	200	10	飲料水	2	2 [※]
牛乳	300	50	ミルク・乳製品	100	20
乳児用食品		50	コンデンスミルク	300	60
一般食品	500	100	粉ミルク	500	100
			乾燥食品	40	5
			パン・パン類	20	5
			ジャガイモ	60	20
			野菜(根菜、豆類)	40	20
			豆類	70	10
			肉・肉類	200	20
			魚・魚類	150	35
			卵(1ヶ月)	6	2
			野生イチョゴ・キノコ(生)	500	50
			野生イチョゴ・キノコ(乾燥)	2500	250
			葉草	600	200
その他	600	200			

- ウクライナでは、主食のパン、ミルク、肉類、汚染の強い食品などにそれぞれ規制値を設定している。
- 日本は一般食品として、何の考慮もない。

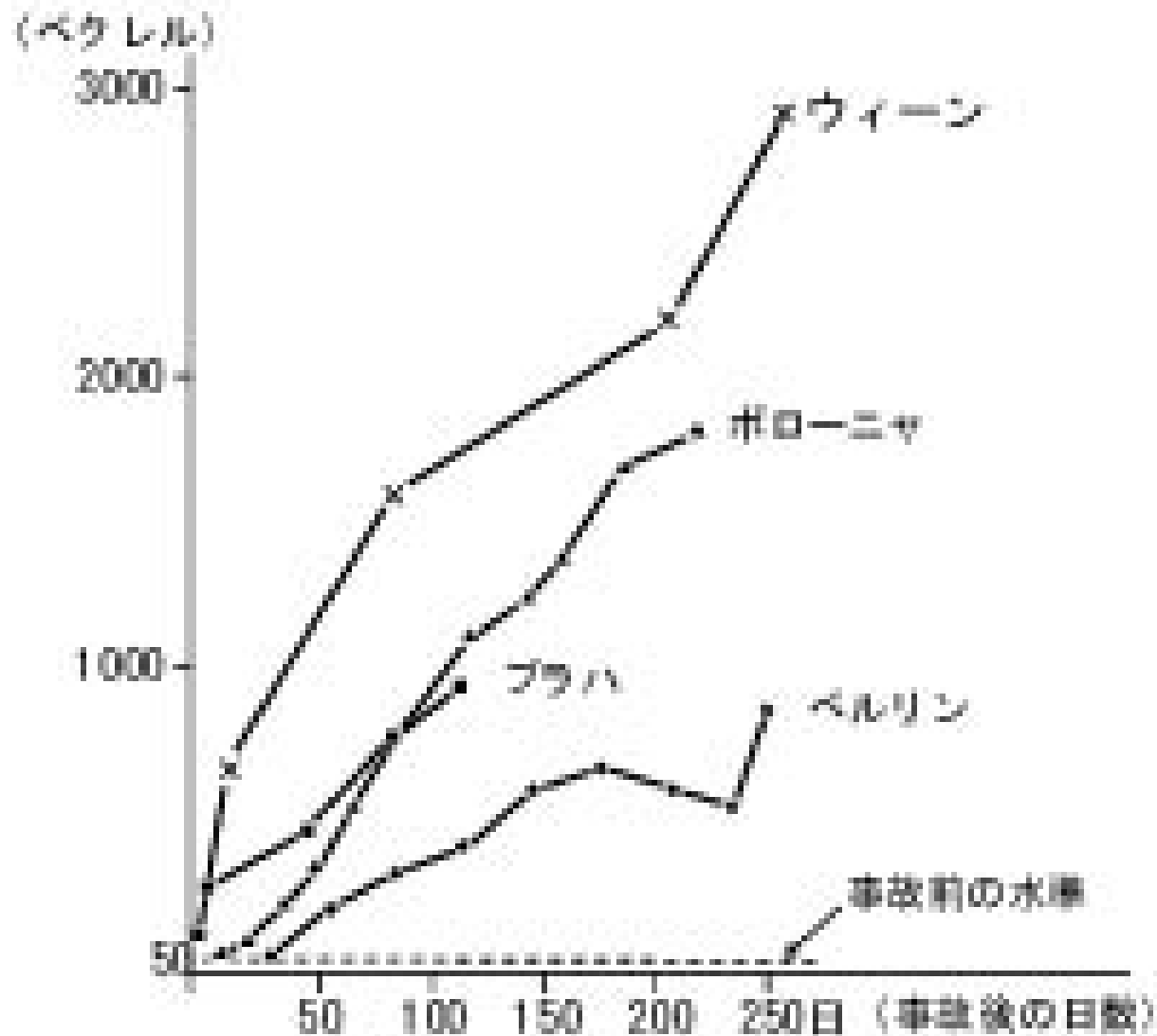
放射能による被曝

(チェルノブイリ事故後のオーストリア政府報告書)



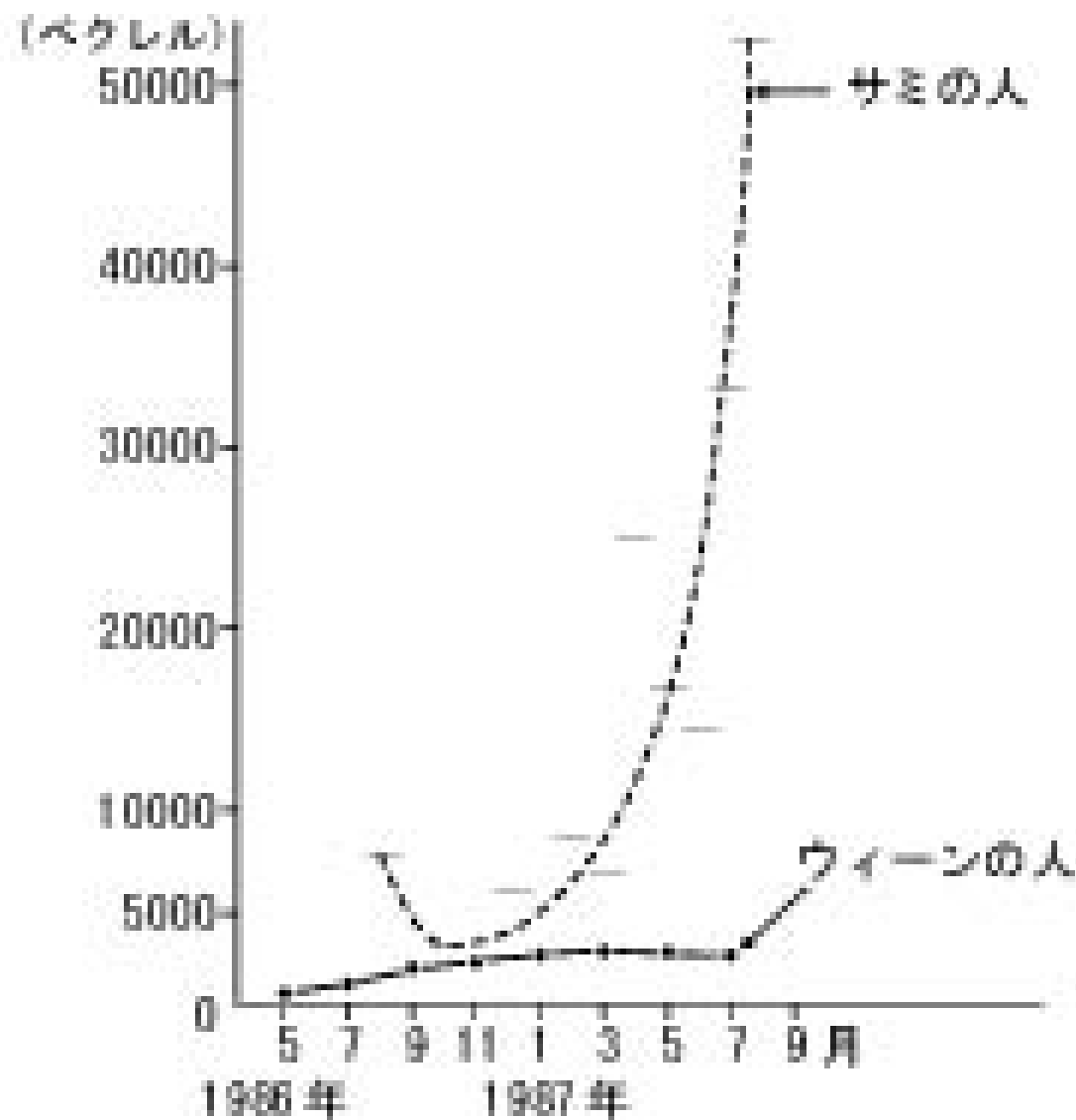
- 暫定的報告として、被曝の80%は汚染食品の摂取によると市民に説明。(1986年11月、事故から6カ月後)

人体中のセシウム137



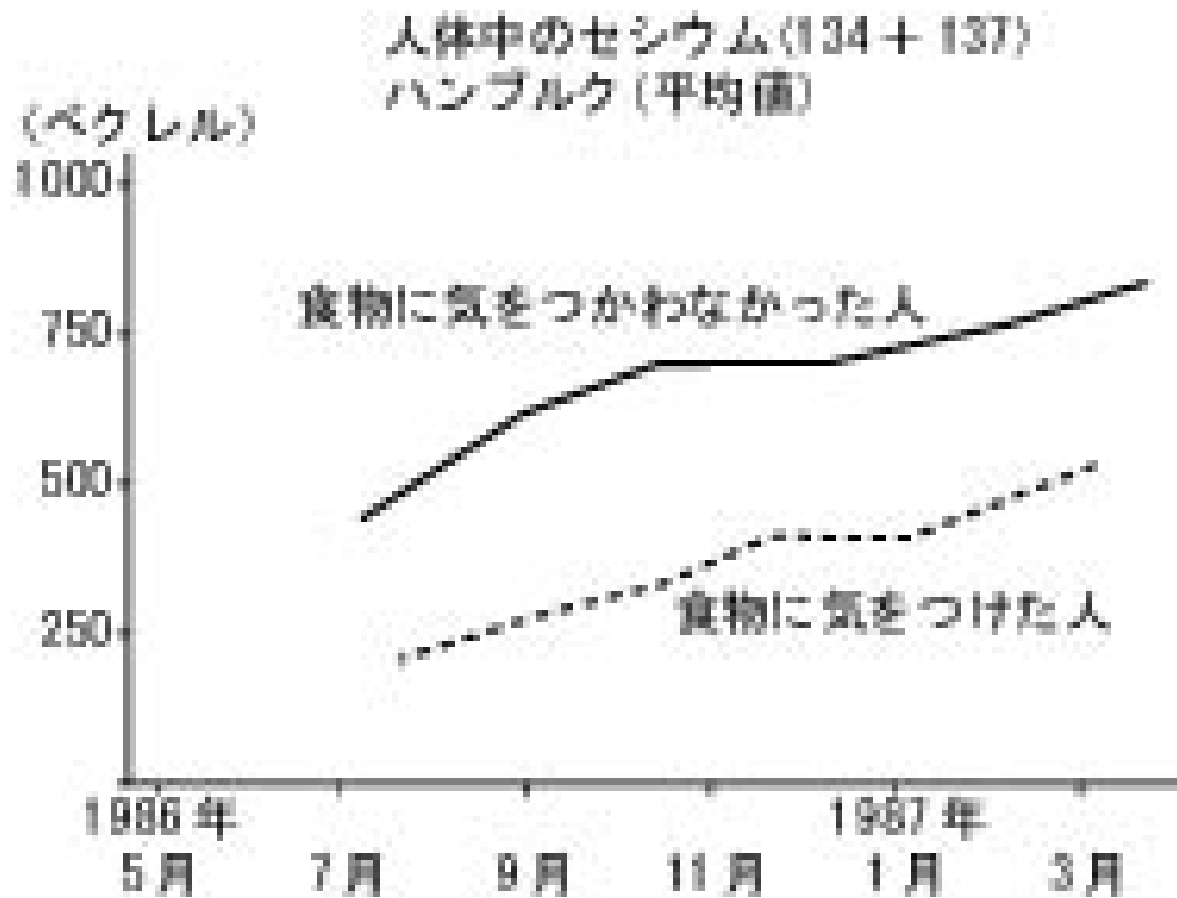
- 各都市の汚染レベルに応じて、住民の体内のセシウム値は高くなっている。

ウィーンとサミの人体中のセシウム137



トナカイを森や原野に
追って暮らすサミ
SAPME = 大地の人
事故後、子どもたちには
別メニューで、トナカイ
肉は食べさせない
食文化の崩壊

食べものに気をつけた人、つけなかった人



放射線をあびると
どうして障害が起こるのか

- ・放射線とは何か
- ・内部被曝の影響

放射線のおび方には大きく2通りある

外部被曝

(放射性物質が体の外にある場合)

エックス線

放射性ヨウ素
放射性セシウム

肺

ガンマ線

ベータ線

内部被曝

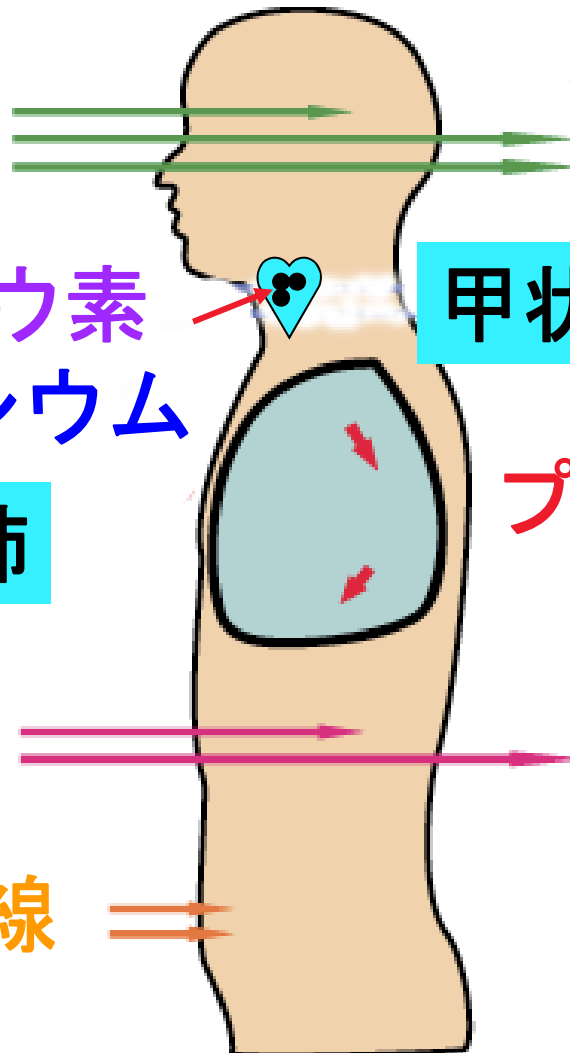
(放射性物質が体の中にある場合)

ベータ線
ガンマ線

甲状腺

プルトニウム

アルファ線



内部被曝の考え方

- 体内に空気や食物などを介して放射性物質が入り、組織や臓器に沈着し、それらが線源となり、近くの細胞や組織および臓器が被曝する。
- 内部被曝は放射性物質が一度体内に入るとその種類や性質により、体外に排出するまでの期間が異なり、長期間放射線に曝されることになる。
- また、取り込まれた放射性物質から放出されるアルファ線、ベータ線はその飛程が短いことによりガンマ線や体外被曝に比べて細胞単位での障害の程度が大きい。
- 被曝線量を評価するときに注意が必要。

体内への摂取経路

- ①吸入摂取—放射性物質を含む空気が呼吸気道から侵入し、肺(肺胞壁)およびその他の気道表面から体液に吸収される。
 - ②経口摂取—放射能汚染した飲食物を口から取り込み、胃腸管から体液に吸収する経路
 - ③経皮侵入—放射性物質が皮膚表面に付着し(皮膚汚染)、皮膚を通じて体液に侵入する経路であるが、トリチウムなどの例外を除けば正常な皮膚は障壁として働き、放射性物質の侵入は少ない。
- 体内に取り込まれた放射性物質は、主に尿や便の中に排出される。

臓器親和性

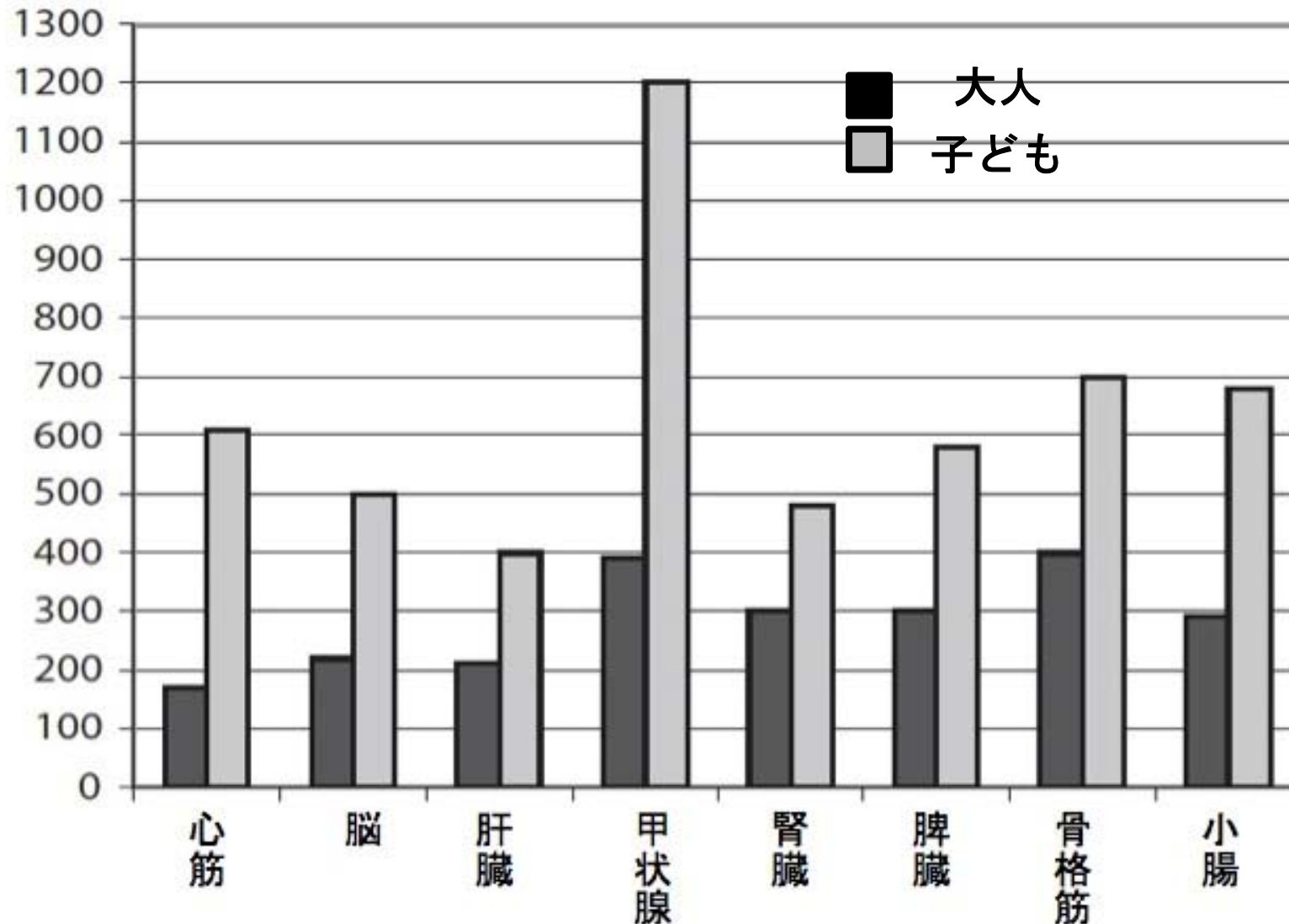
- 一部の放射性物質が特異的に集積する臓器が決まっている性質を臓器親和性という。
- ヨウ素は甲状腺に、ストロンチウムやプルトニウムは骨に高い親和性を持つ。
- トリチウムやセシウムは、摂取後一定時間が経過すると全身に分布し、特定の臓器への親和性を持たない、とされているが、ウクライナのバンダジェフスキー報告などとは相反する。

大人と子供の臓器別セシウム137蓄積量比較

チェルノブイリ

1997年の死亡例について
ベラルーシゴメリ州での調査

Bq/kg



(Bandazbervsky Y.I. Swiss Med Wkly 133, 2003)

放射性物質と被曝線量 (内部被曝)

放射線をあびる生体

各臓器がどれだけ吸収するか
(放射線の種類による影響のちがいを考慮)

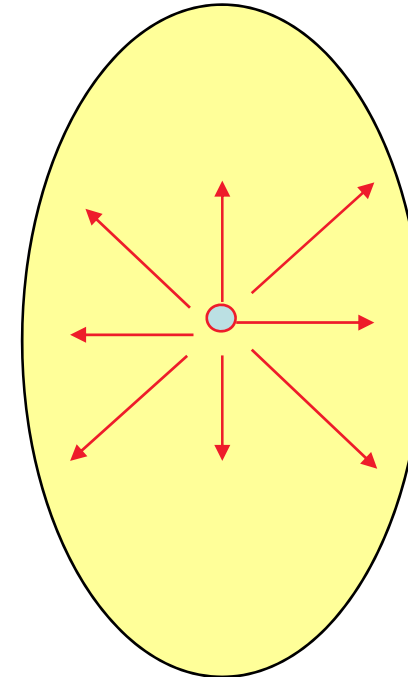
: ある臓器の等価線量



臓器による影響のちがい
によって、一個体の全身に換算

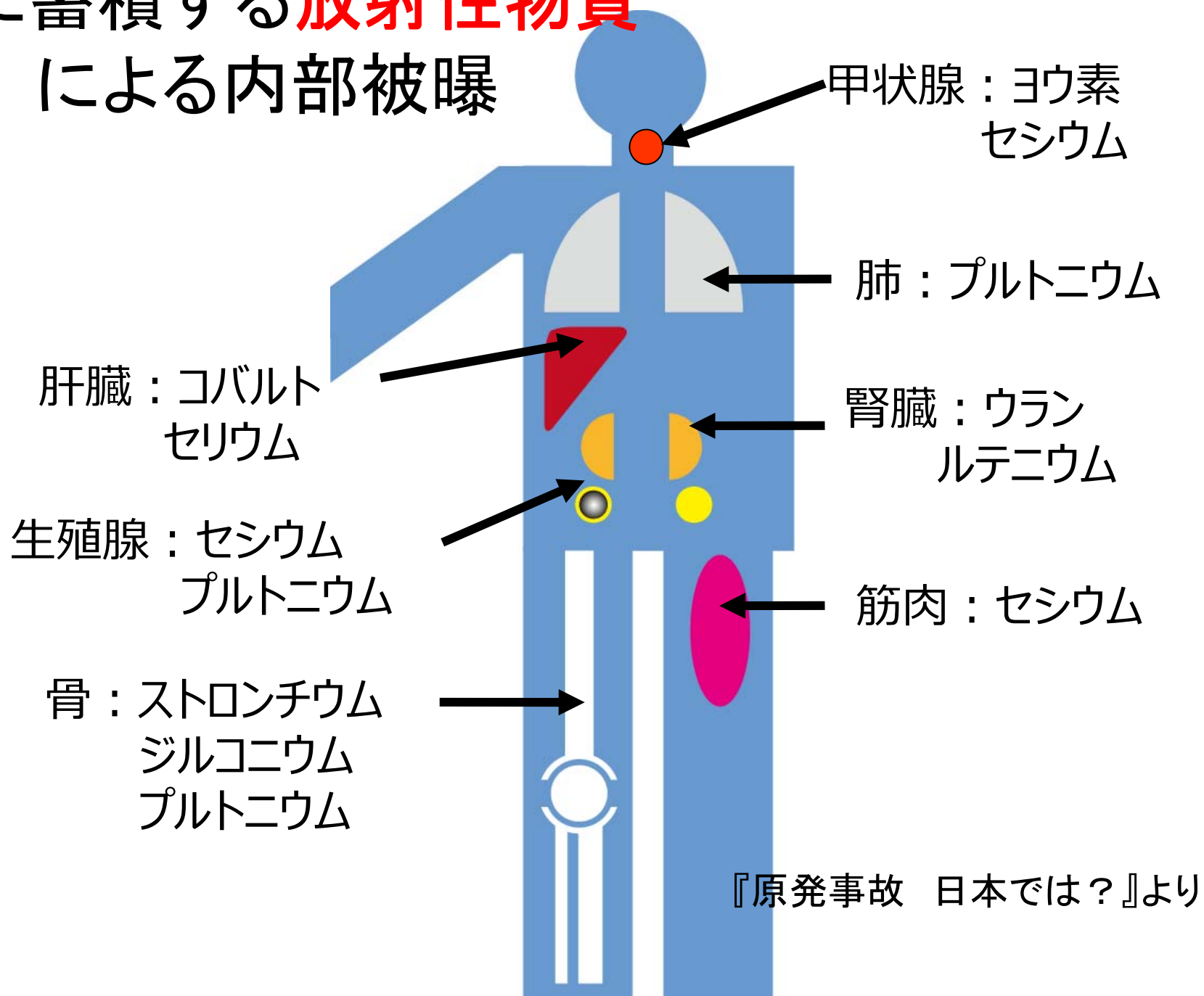
: 被曝線量(実効線量)

(シーベルト Sv)



放射性物質(放射能)
の量(ベクレル Bq)

体に蓄積する放射性物質 による内部被曝



『原発事故 日本では?』より

原子力事故で放出される主な放射性物質

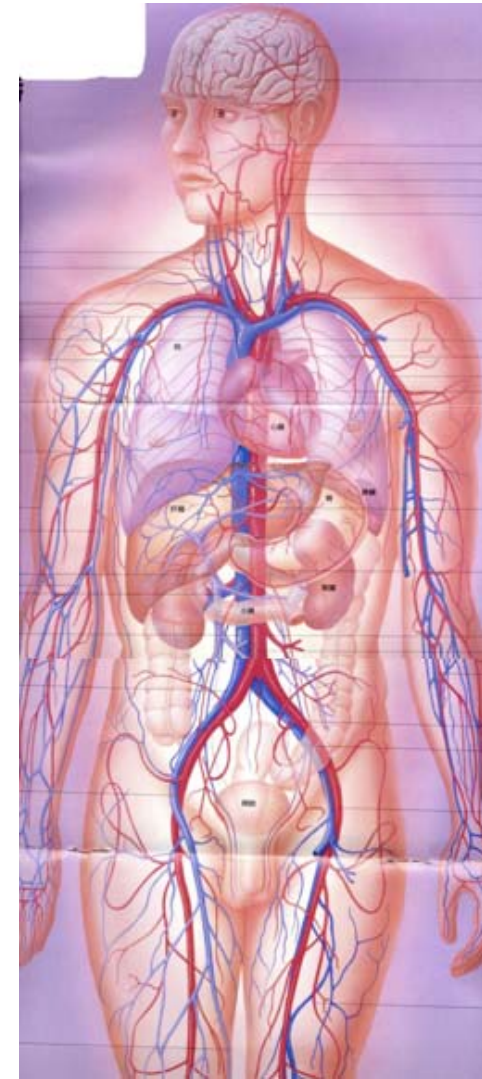
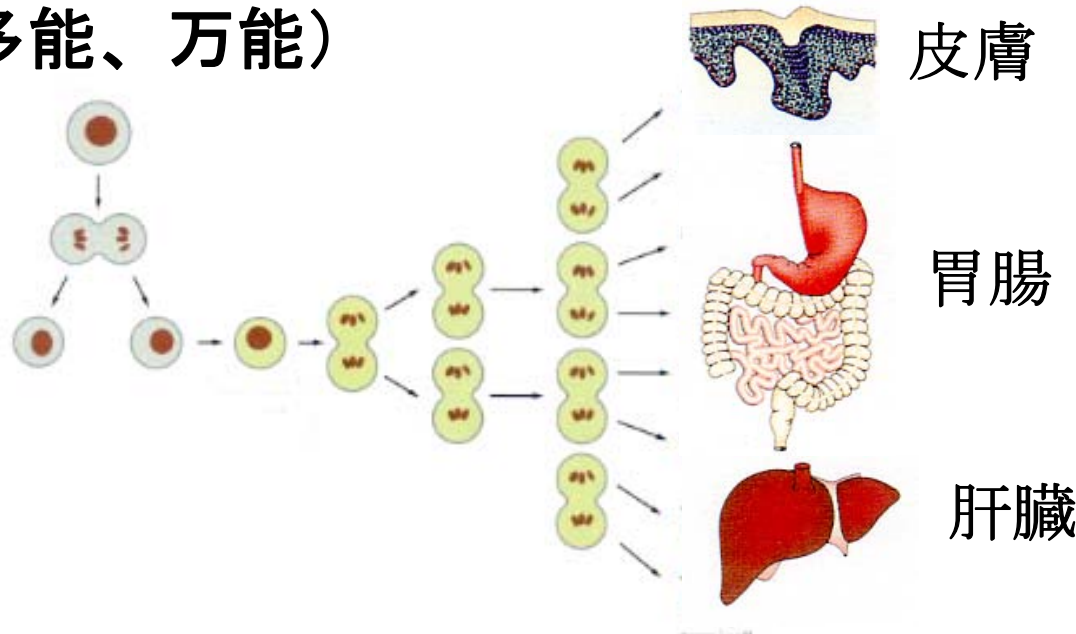
	物理的 半減期	体内の 半減期
ヨウ素131 (ベータ線、ガンマ線)	8日	7.5日
セシウム137 (ベータ線、ガンマ線)	30.2年	109日
セシウム134 (ベータ線、ガンマ線)	2年	約100日
ストロンチウム90 (ベータ線)	28.9年	18年
プルトニウム239 (アルファ線)	24100年	一生

放射線を出し、放射能が半分に減る時間＝物理的半減期
身体の中に存在する放射能が半分に減る時間＝体内の半減期

人の身体

1個の受精卵から
分裂、増殖、分化する
(分かれて、増えて
変化する)

受精卵
(多能、万能)



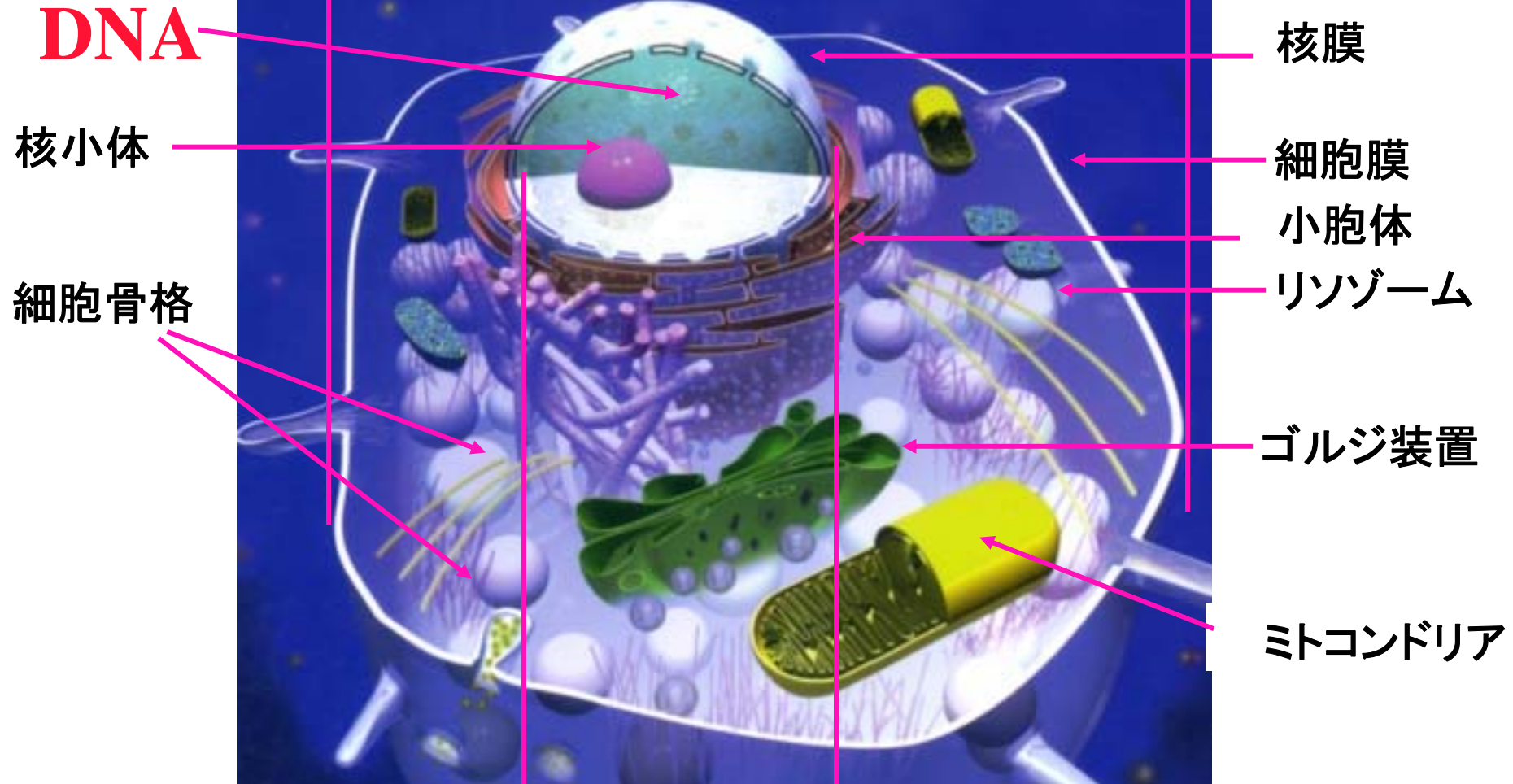
成人

60兆個の細胞

10~20 μm (マイクロメートル)

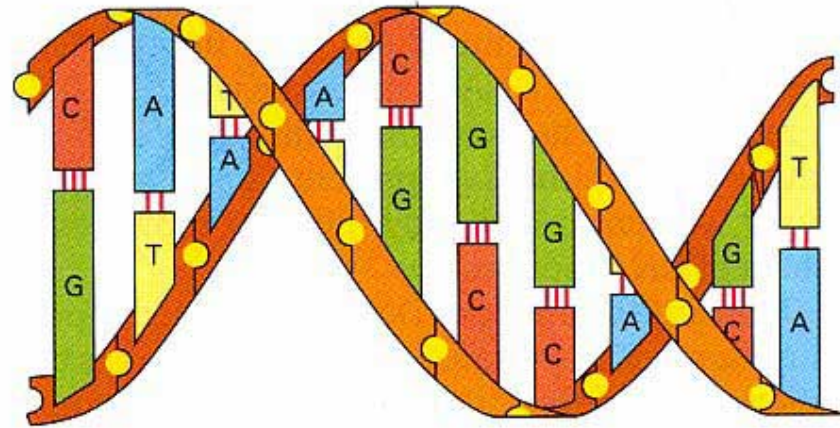
細胞

1000分の1~500分の1センチ



核: 直径8 μm (マイクロメートル)

細胞・身体の大事な情報は ほとんどDNAで伝わる DNAの二重らせん構造



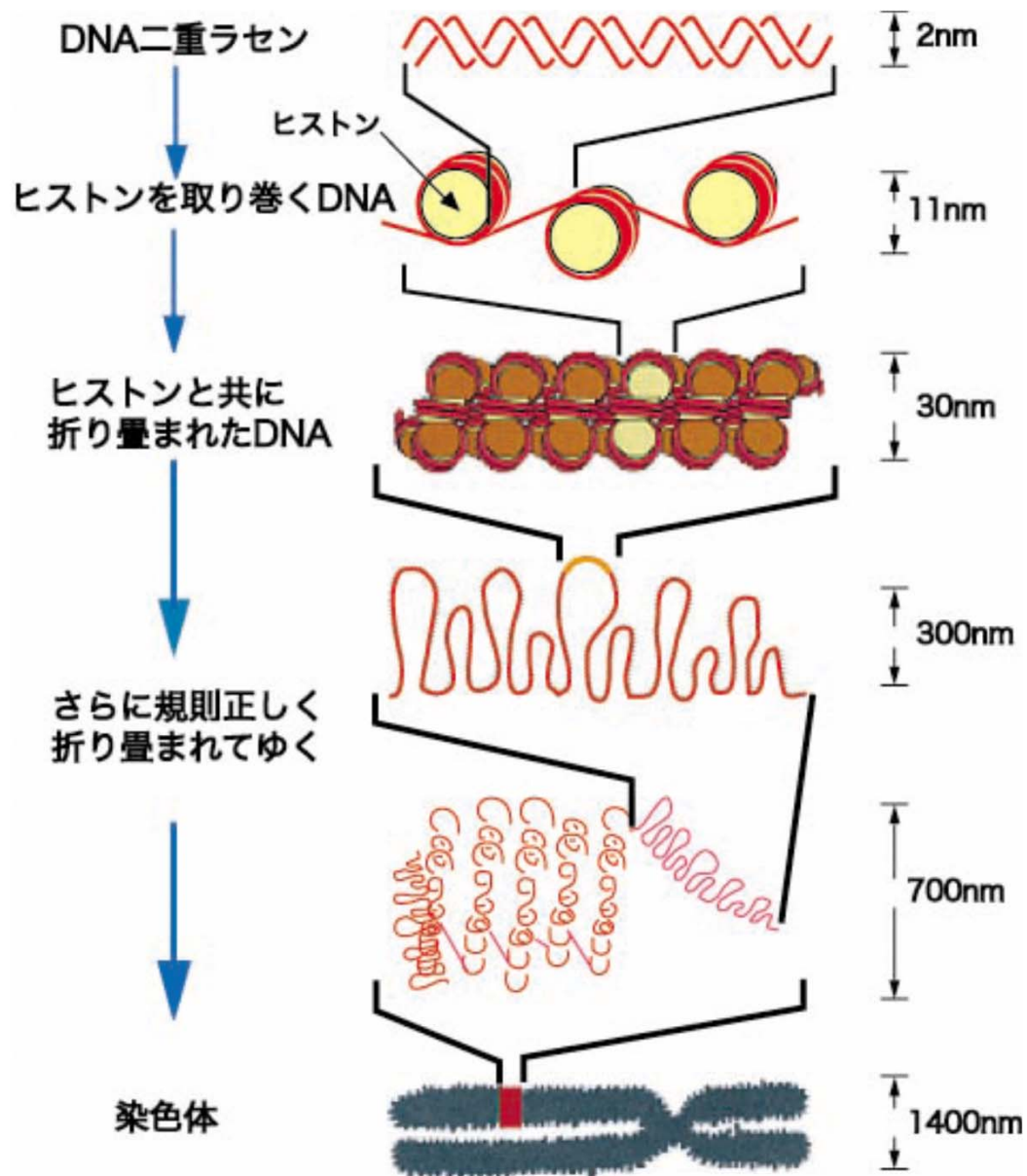
塩基
(DNAの文字)

A: アデニン、T: チミン
G: グアニン、C: シトシン

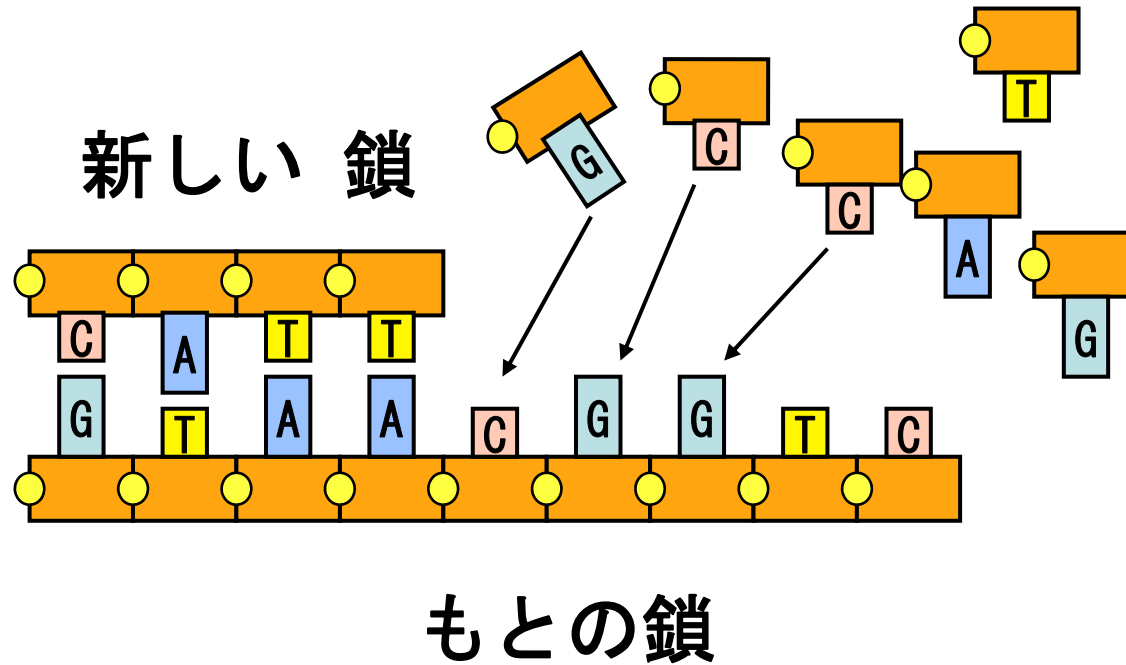
DNA: 32億塩基対
全長: 2m

遺伝子 (タンパク質情報)
: 約22,000個
(全DNAの1.5%)

DNAは折り畳まれて 分裂するとき染色体を形成



DNAの複製（コピー）

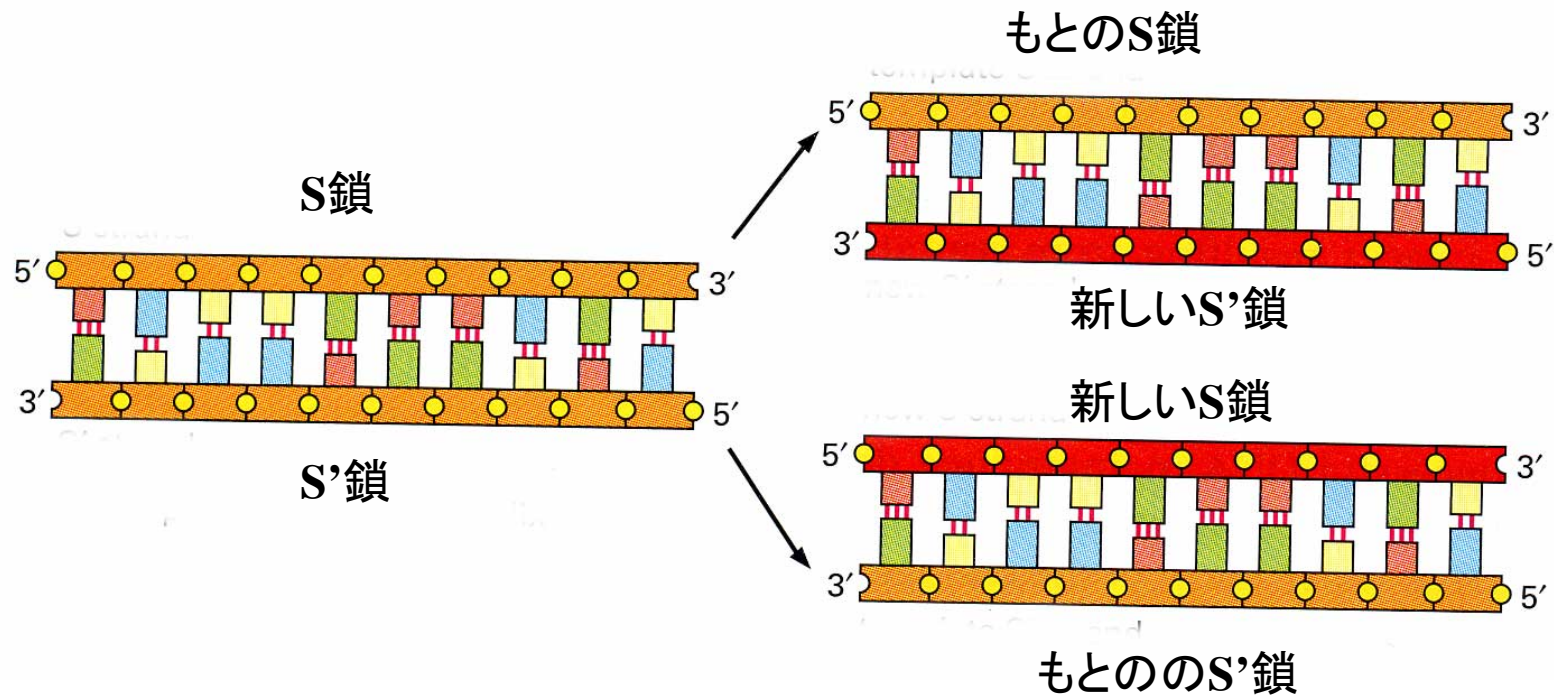


DNAの塩基

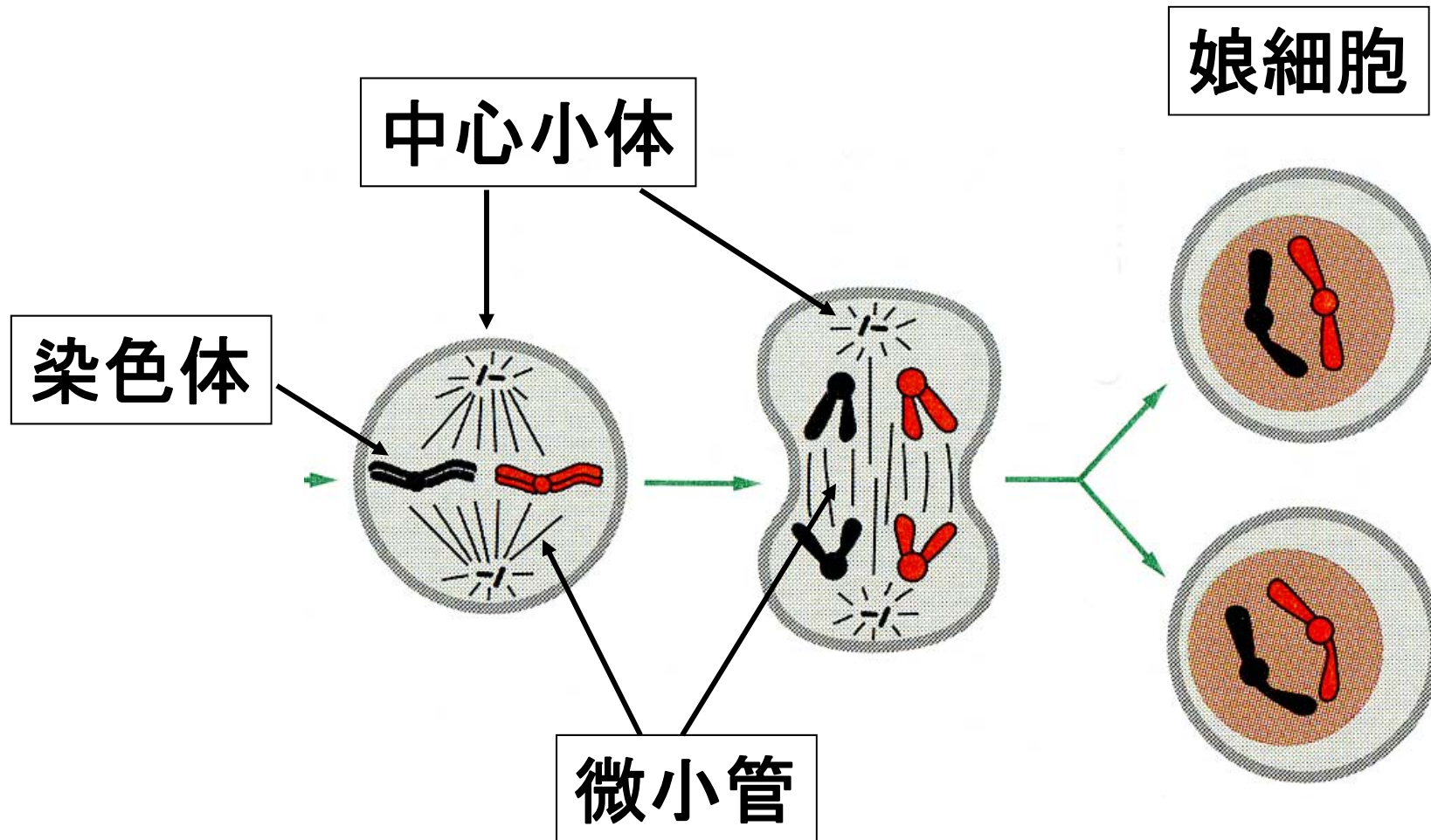
A: アデニン、T: チミン
G: グアニン、C: シトシン

複製（コピー）される

DNA



細胞分裂

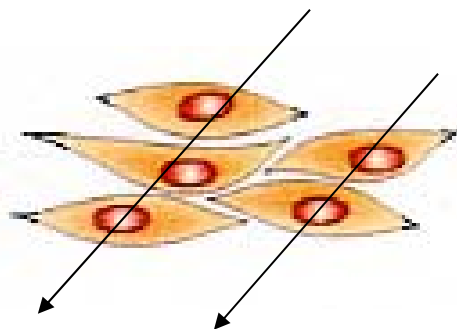


分裂して増え、違う役割・形態の細胞に変化しても、DNAはまったく同じ

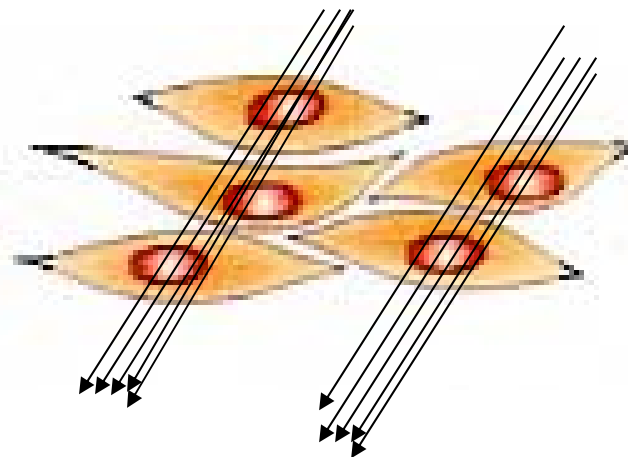
放射線を1ミリシーベルト=1000分の1シーベルト
あびるといふことは？

各細胞の核に平均して1本の飛跡が通る

1ミリシーベルト

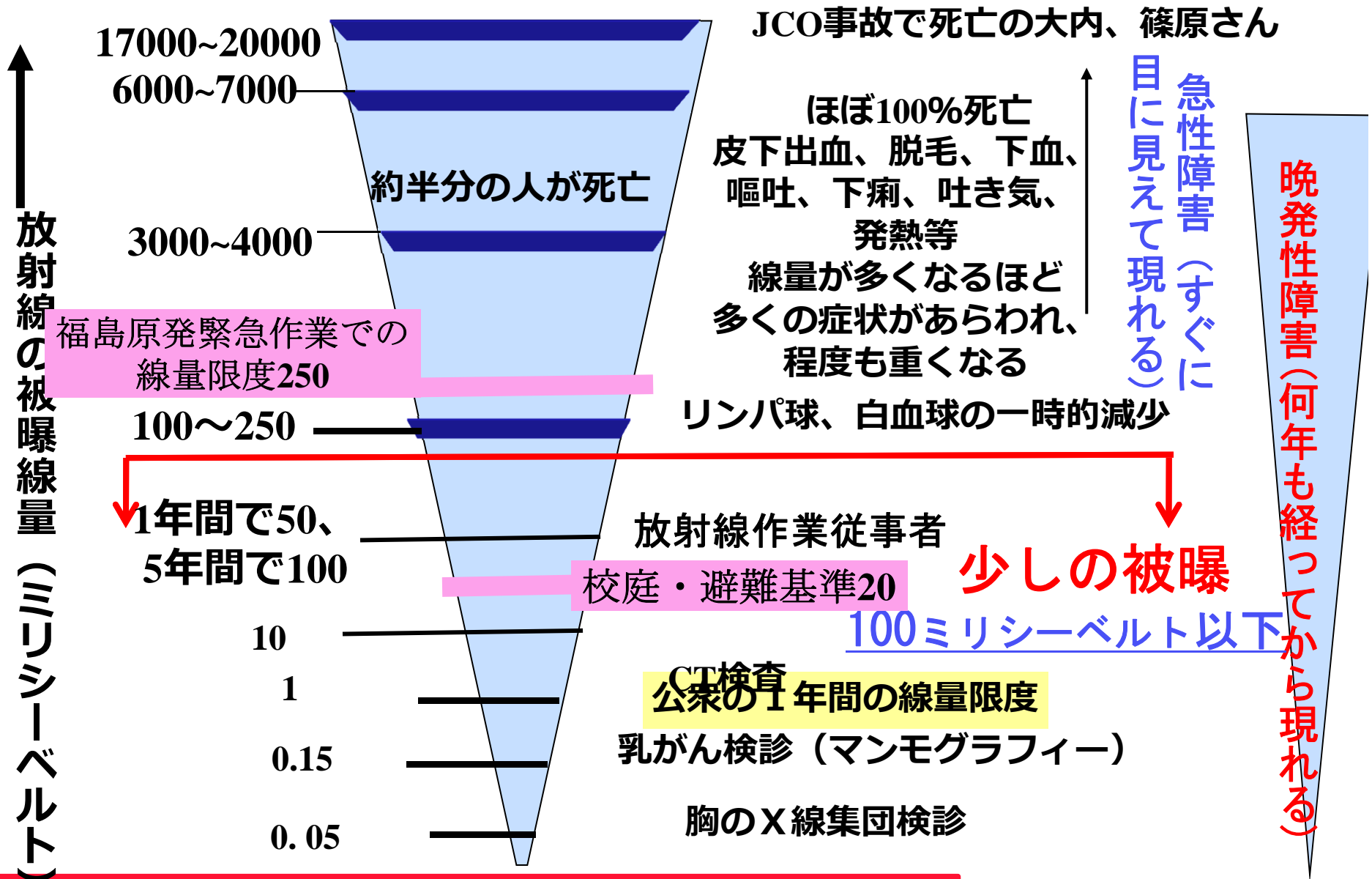


5ミリシーベルト



1ミリシーベルトで起こる変化と
5ミリシーベルトで起こる変化の質は同じ
数が5倍になる

被曝線量と急性障害・晩発性障害

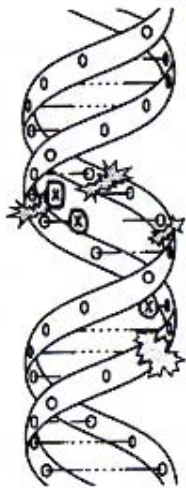


自然放射線：1年間で日本の平均約1.5ミリシーベルト **避けることはできない**

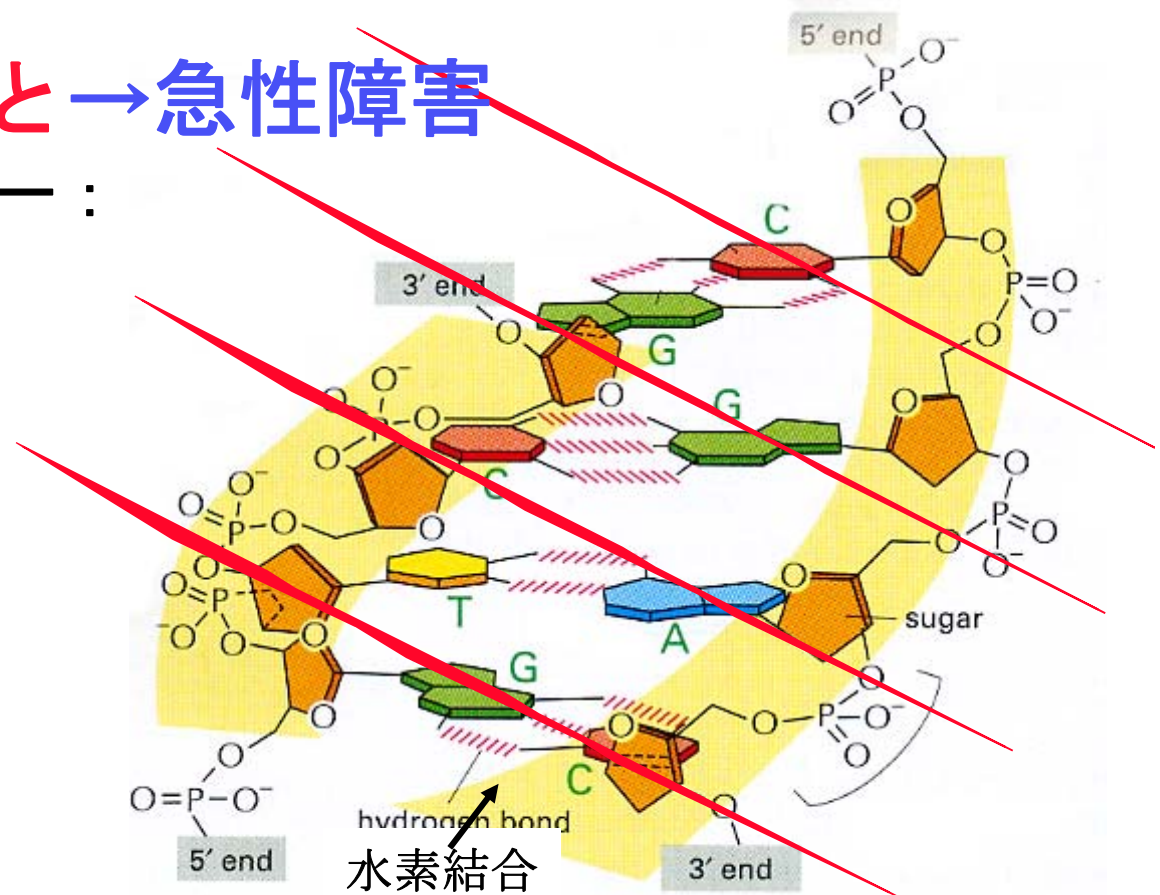
放射線がDNAに当たると？

たくさん被曝すると→急性障害

1本の放射線のエネルギー：
10万電子ボルト以上



2nm



化学結合のエネルギー
(5~7電子ボルト)

Int. J. Rad. Biol.
Doodhead DT,

1004

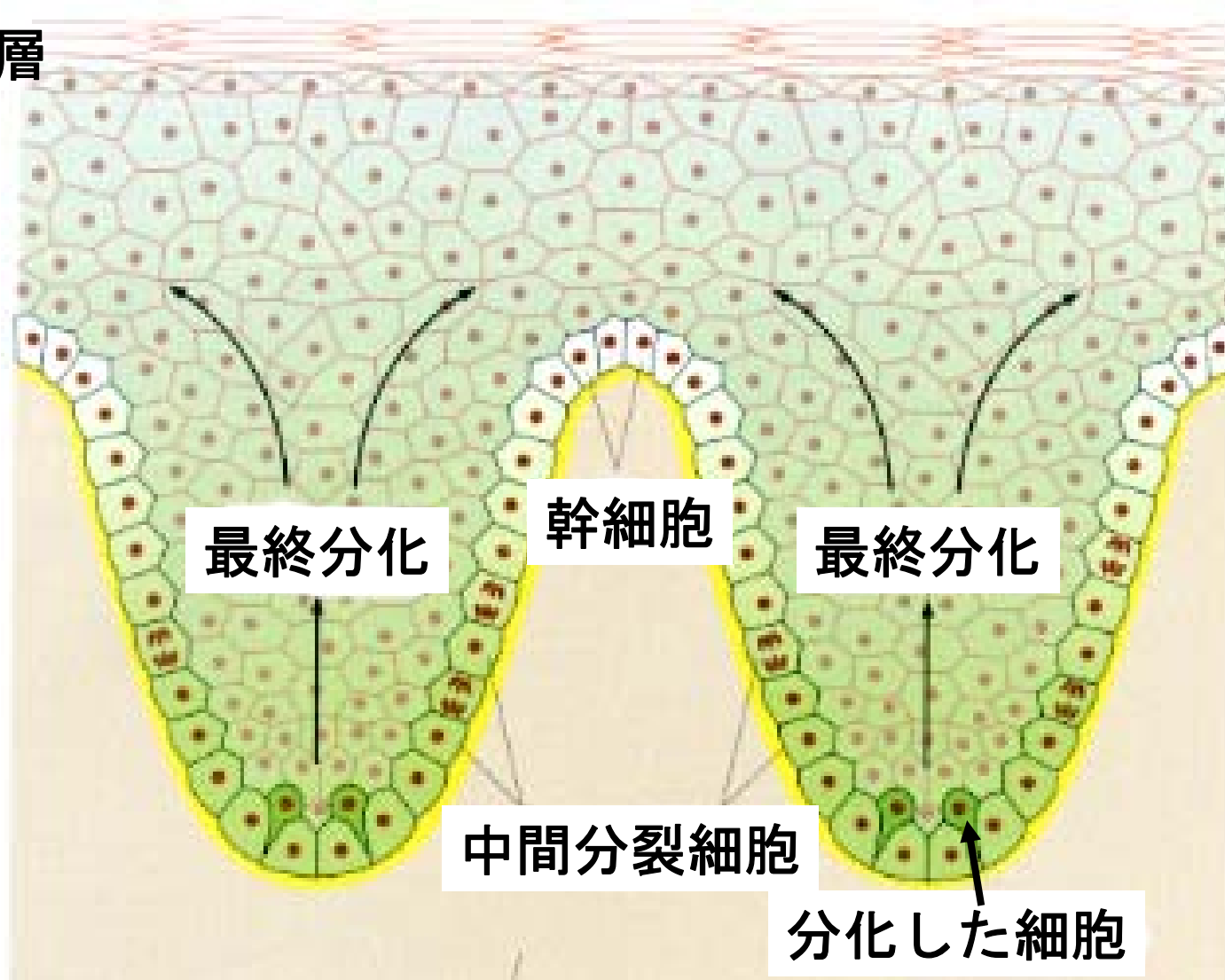
『Molecular Biology of THE CELL』より一部改変

人の皮膚細胞の入れ替わり

ケラチン層

表皮

真皮



最終分化

幹細胞

最終分化

中間分裂細胞

分化した細胞



被曝線量
17000～20000
ミリシーベルト

被曝後8日



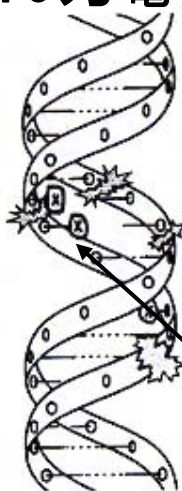
被曝後26日

1999年 茨城県東海村
JCO臨界事故
『被曝治療83日間の記録』

放射線がDNAに当たると？

少しの被曝では → 晩発性障害

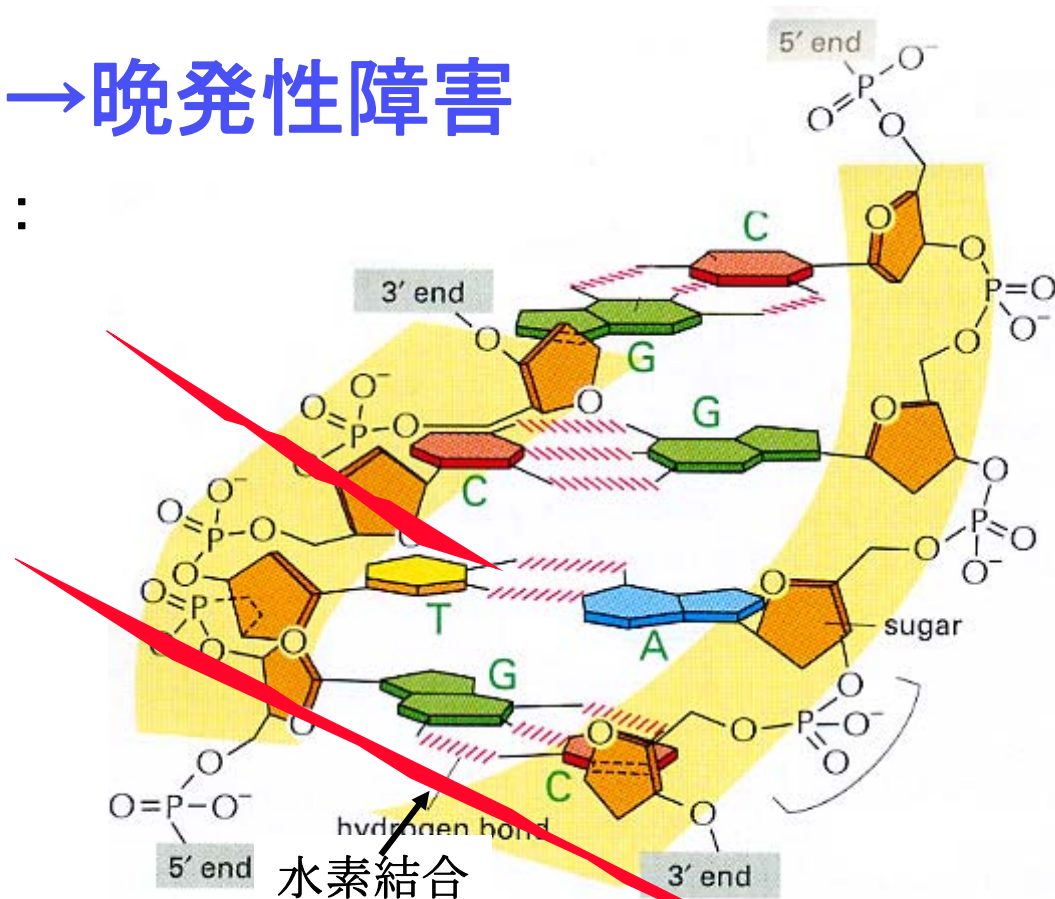
1本の放射線のエネルギー：
10万電子ボルト以上



1本鎖切断

2nm

2本鎖切断



化学結合のエネルギー (5~7電子ボルト)

Int. J. Rad. Biol.
Doodhead DT,

1004

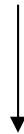
『Molecular Biology of THE CELL』より一部改変

1 本鎖切断によるDNAの傷をなおす

放射線



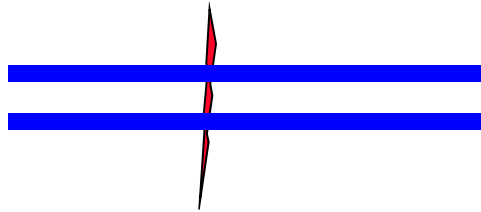
1 本鎖切断



まちがいなく、
なおすことができる

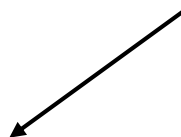
二本鎖切断によるDNAの傷をなおす

放射線



二本鎖切断

複製済みの染色体



くっつけるだけ

- ・塩基欠失：変異

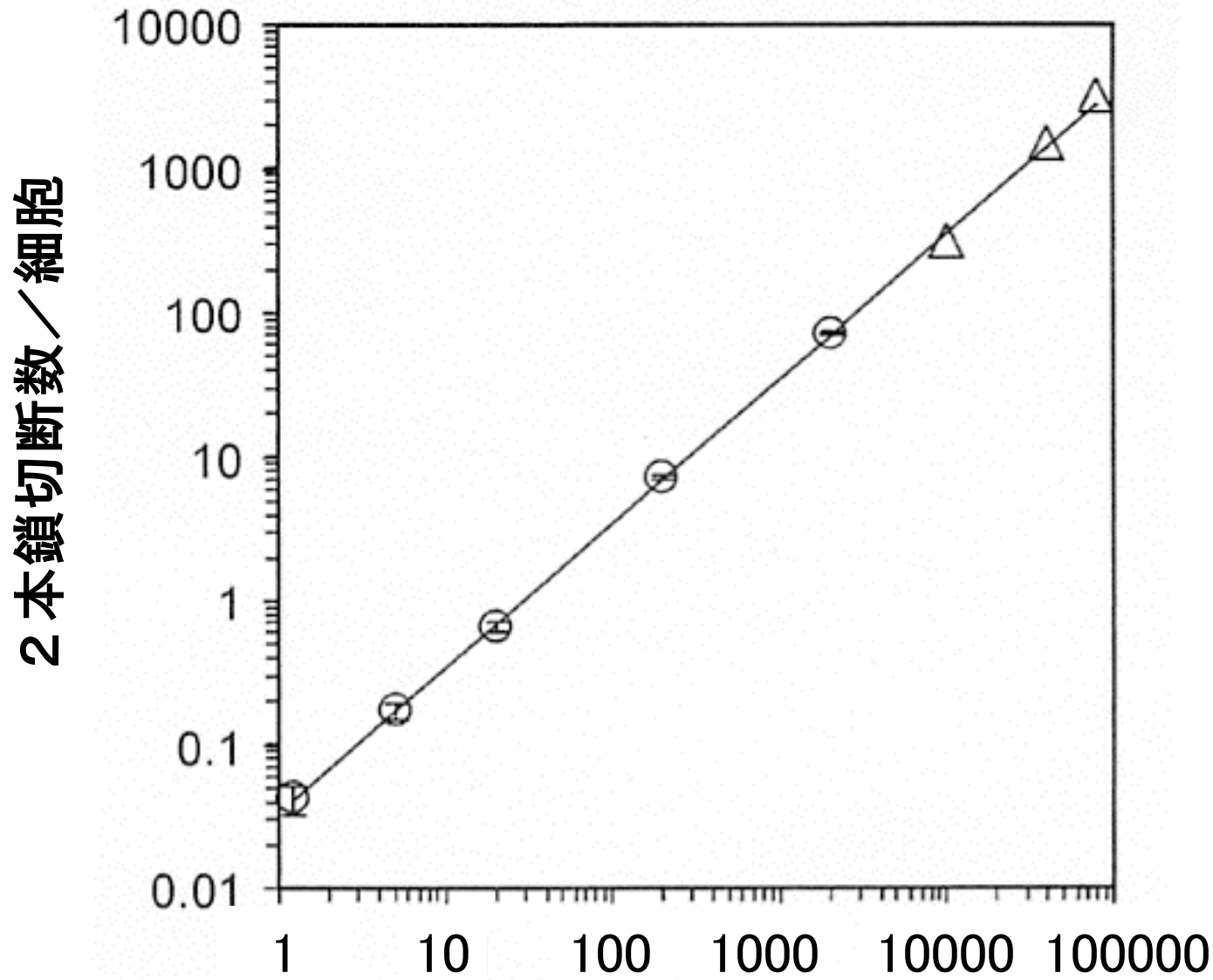
まちがいを起こしやすい



同じところを
組み替えてなおす

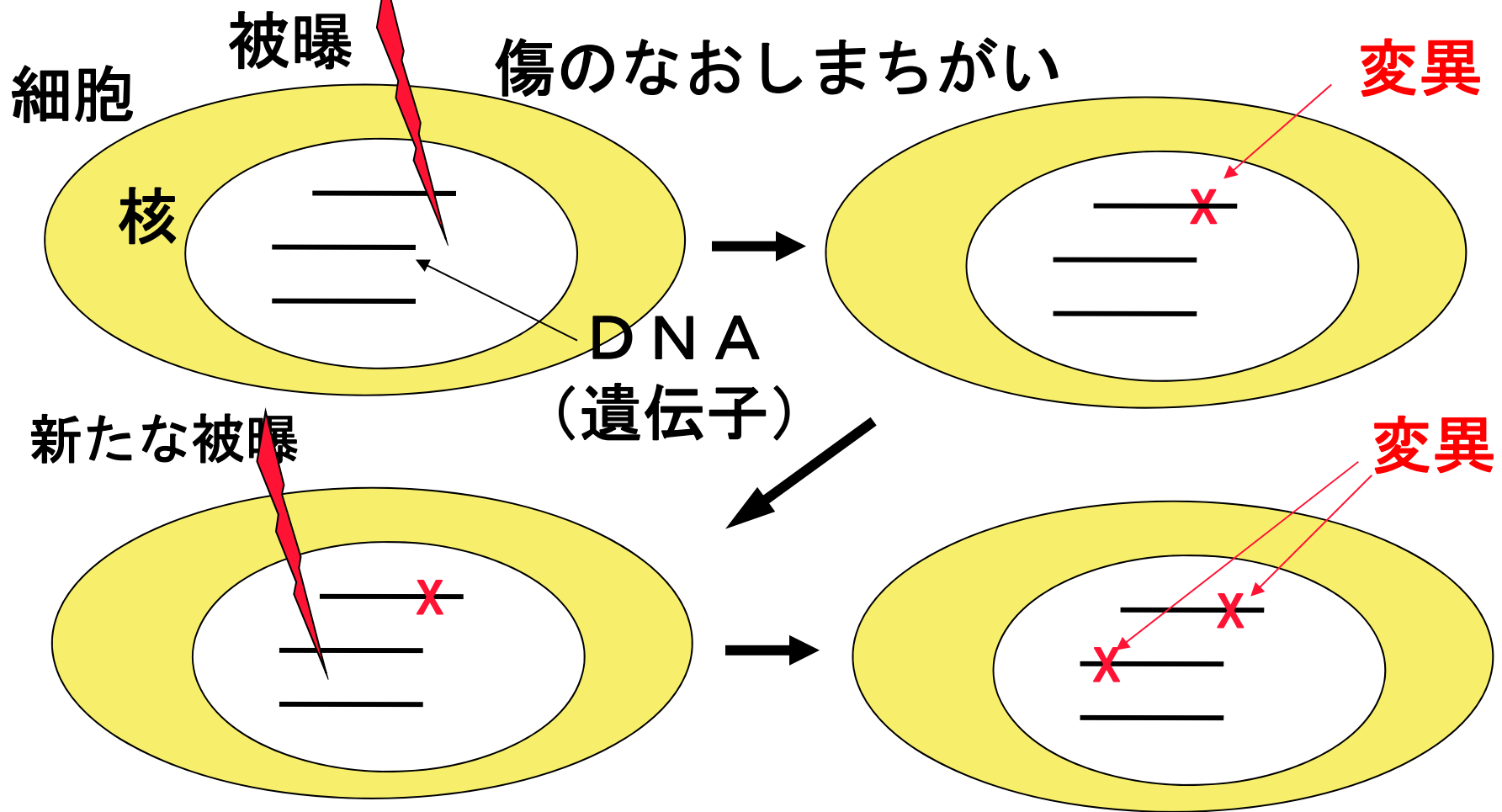
まちがいを起こしにくい

放射線による2本鎖切断 線量-効果関係



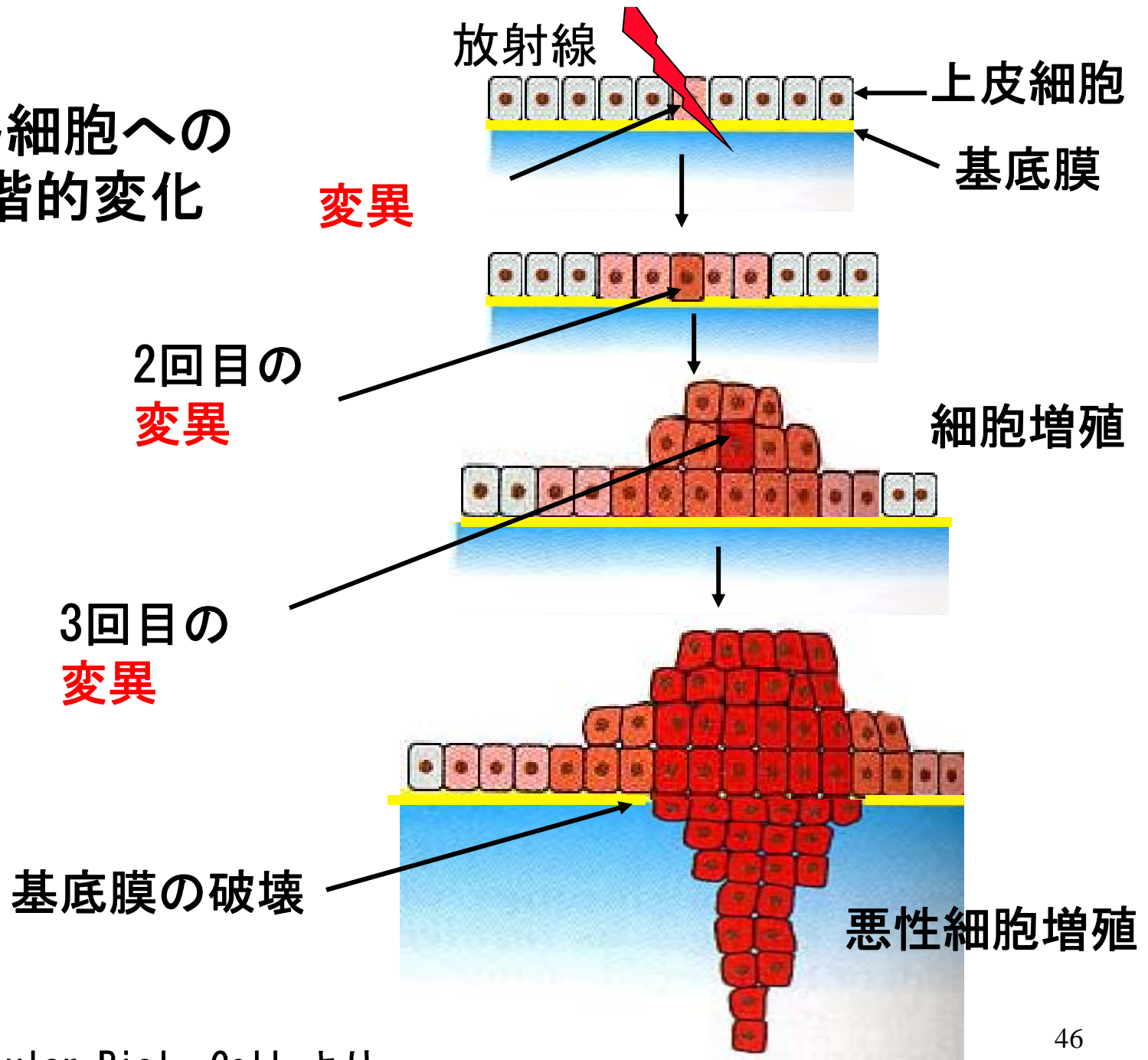
被曝線量 (ミリシーベルト) Rothkamm K. Lobrich M
PNAS 100, 2003 より

変異は細胞にたまっていく



放射線の危険性はたまっていく → 発がん

がん細胞への 段階的変化



がんは多数の遺伝子の**変異**の 積み重ね(累積)で起きる

—がんの多段階説—

放射線または環境因子による
他の**変異**

放射線による
がん遺伝子の活性化



変異あるいは
遺伝的不安定性

悪性化への階段
—遺伝子の段階的変化—

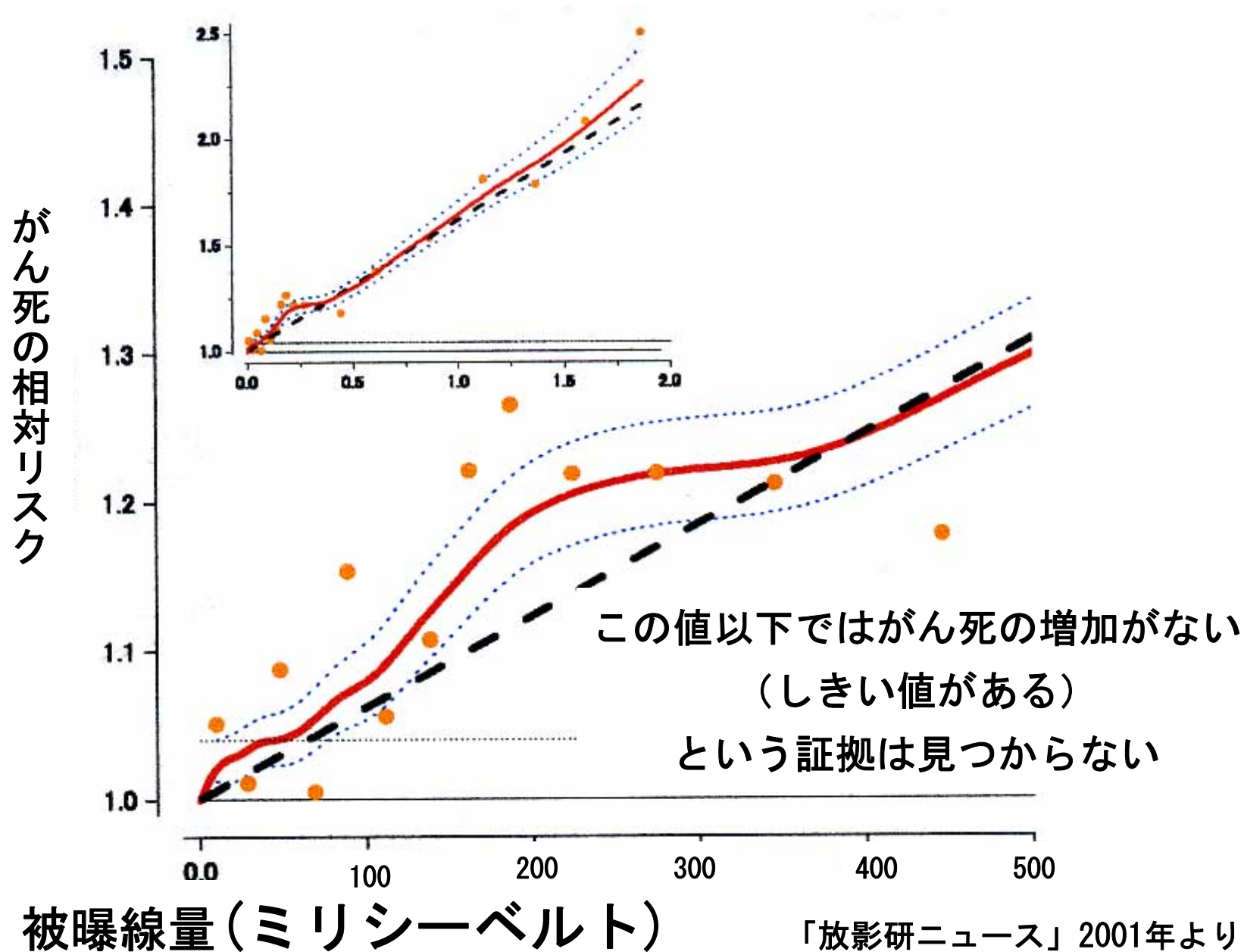
悪性化

『がん細胞の誕生』より 一部改変

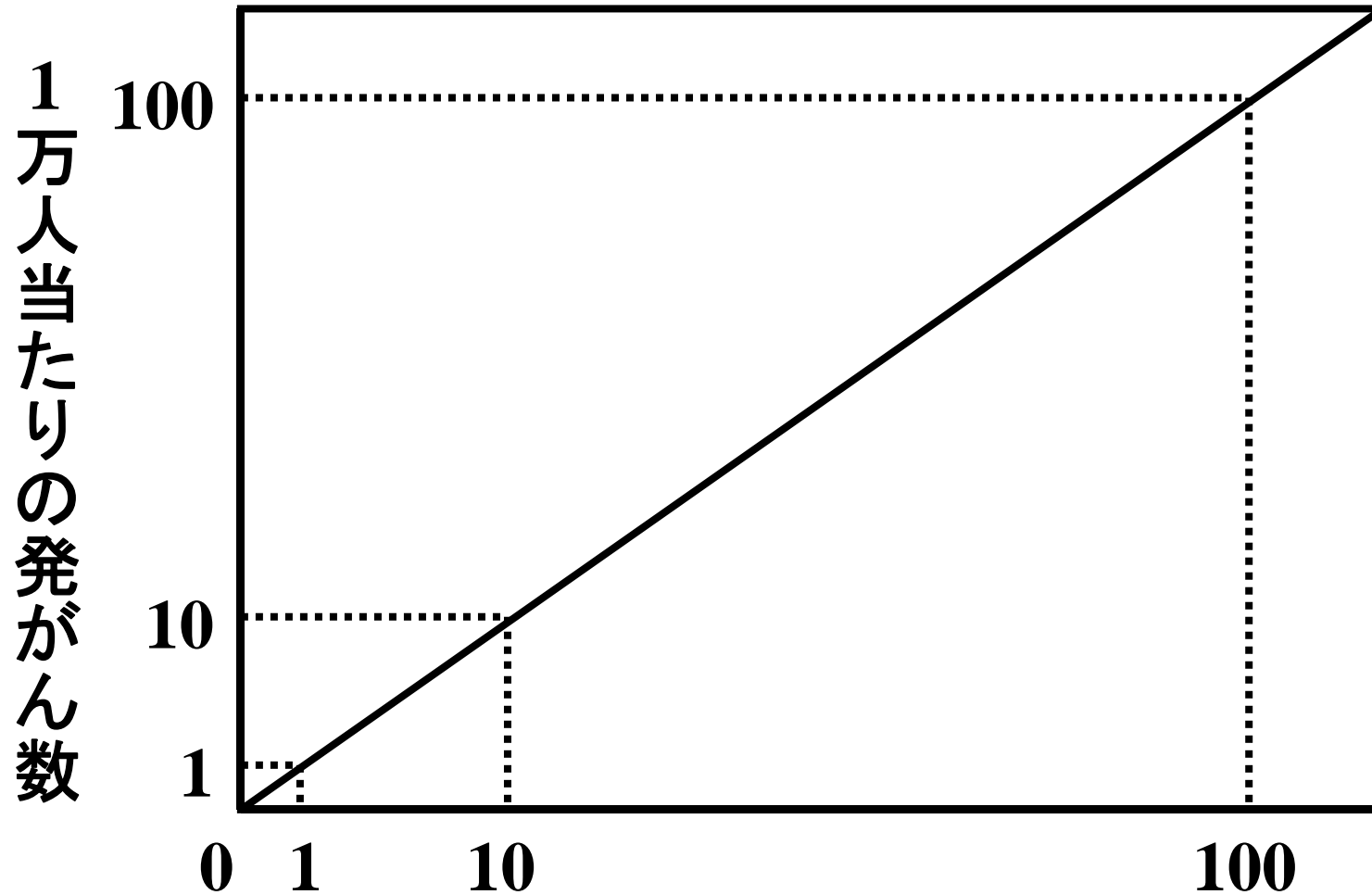
放射線はなぜ危険なのか

- ・ 人・生物の身体は細胞でできていて、大事な情報は**DNA**にあり、まちがいのない複製で次の細胞に伝わっていく。
- ・ 放射線は**DNA**に傷をつける。
- ・ 100ミリシーベルト以上の高い被曝線量で**DNA**がずたずたに傷つくとなおせずに細胞は死ぬ。身体の広範囲にこれが起きると死亡（急性障害）。
- ・ まちがえてなおすと遺伝子の**変異**になる。
- ・ **変異**はたまっていき、何年も経ってからがん等の原因になる（晩発性障害）。

広島・長崎被爆者の実際のデータ



被曝線量と発がん数の関係



被曝線量 (ミリシーベルト)

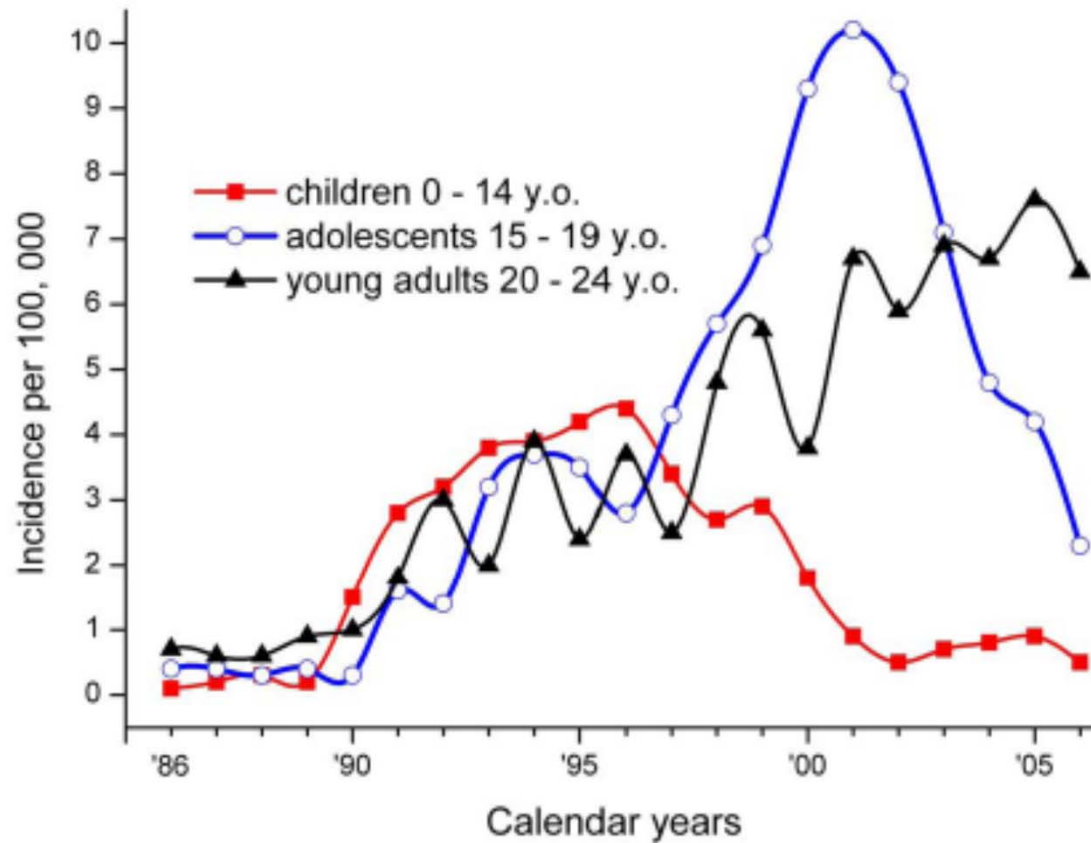
(国際放射線防護委員会 ICRP)

ICRPの線量あたりの発がんリスク 「しきい値なし直線仮説」

- 線量率：単位時間あたりの線量
- 高線量率の被曝：広島・長崎の被爆者
- 低線量率の被曝：自然放射線、放射線作業従事者、汚染地域の住民（テチャ川流域の住民、福島県民など）
- ICRPのリスクモデルは低線量率として1/2をかけてある。この1/2をかけることの妥当性には議論がある。

チェルノブイリ汚染地域における甲状腺がん

Annual Incidence of thyroid cancer in Belarus by age at diagnosis



Source: Demidchik YuE, Saenko VA, Yamashita S, *Arq Bras Endocrinol Metab* 2007

チェルノブイリ原発事故高汚染地区の 子どもの健康状態

呼吸器・消化器疾患、内分泌疾患

免疫力の低下、白内障、がん、先天異常

心臓血管系の疾患による胸痛

（高血圧、低血圧、心電図の異常など）

脳神経系の疾患、糖尿病

疲れやすい、周囲に対する無関心、加齢の促進

1人で2つ以上の病気を持つ子どもが多い
健康な子どもの割合が20%程度になる

ベクレル(放射能単位)から シーベルト(被曝線量単位)への換算方法

$$\text{食品汚染濃度 (ベクレル/kg)} \times \text{食品摂取量 (kg)} \\ = \text{体内取り込み量 (ベクレル)}$$

$$\text{体内取り込み量 (ベクレル)} \times \text{線量係数 (経口摂取)} \\ = \text{被曝線量 (マイクロシーベルト)}$$

線量係数 (経口摂取)

原子力安全委員会

核種	成人	幼児 (~ 4 歳)	乳児 (~ 1 歳)
ヨウ素131	0.016	0.0750	0.140
セシウム137	0.014	0.0097	0.021
セシウム134	0.019	0.0130	0.026

年間の被曝線量

(空間線量率と放射エネルギーから累積の被曝線量へ)

東電福島第一原発事故前 (平常値 : 自然放射線)

1時間で0.05マイクロシーベルト $0.05\mu\text{Sv}/\text{h}$

⇒1年間で約0.5ミリシーベルト (0.438mSv / 年)

+宇宙線等の外部被曝約0.4ミリシーベルト

+内部被曝約0.6ミリシーベルト

= 1年間で約1.5ミリシーベルト

東電福島第一原発事故後

1時間で0.1マイクロシーベルト $0.1\mu\text{Sv}/\text{h}$

⇒1年間で約1ミリシーベルト (0.876mSv / 年)

+宇宙線等の外部被曝約0.4ミリシーベルト

+内部被曝 (ヨウ素、セシウム) 約8.1ミリシーベルト

= 1年間で約9.5ミリシーベルトの可能性

福島第一原発周辺汚染図

セシウム134とセシウム137(5月26日に換算)

(文部科学省と米エネルギー省)

チェルノブイリ事故による各地の
セシウム汚染(kBq/m²)

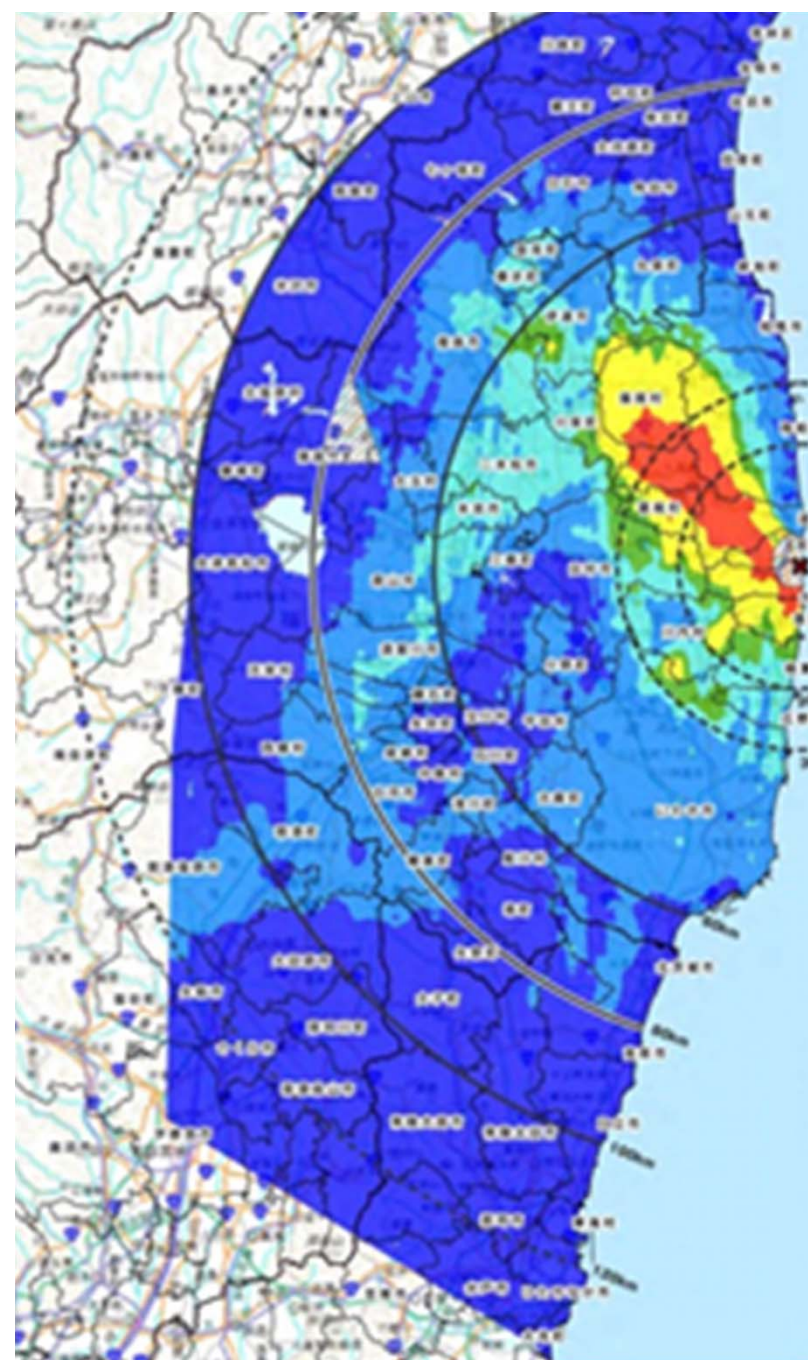
州	37~185	185~555	555~1480	1480以上
管理区域	希望移住	強制移住	強制避難	
ゴメリ	60%	24%	9.8%	5.8%
ブレスト	88.9%	11%		
ミンスク	97.6%	2.3%		
モギリョフ	53%	28%	14%	5%
ブリヤンスク	57%	22%	18%	2.6%
キエフ	80%	9.9%	5.7%	4.3%

(%は汚染地域の割合)

マリコ・M・V

『チェルノブイリ事故による放射能災害』

国際共同研究報告書 今中哲二編



セシウム137による環境汚染と人体汚染の関係

1991年から1996年にかけての調査

