

# 低線量放射線の健康影響

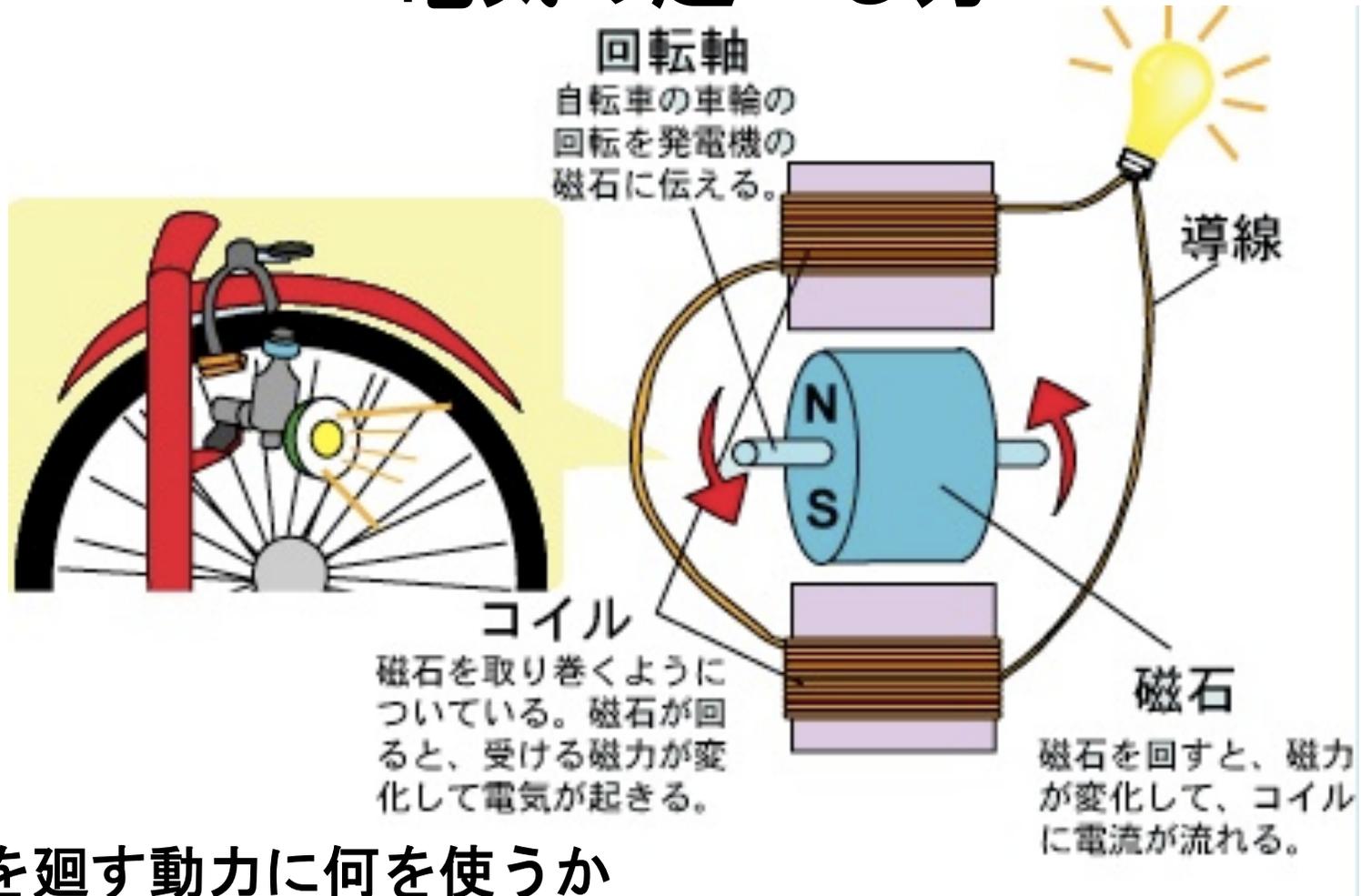
高木学校<http://takasas.main.jp/>

原子力教育を考える会<http://www.nuketext.org/>

崎山比早子

2012年10月14日国民会議

# 電気の起こし方

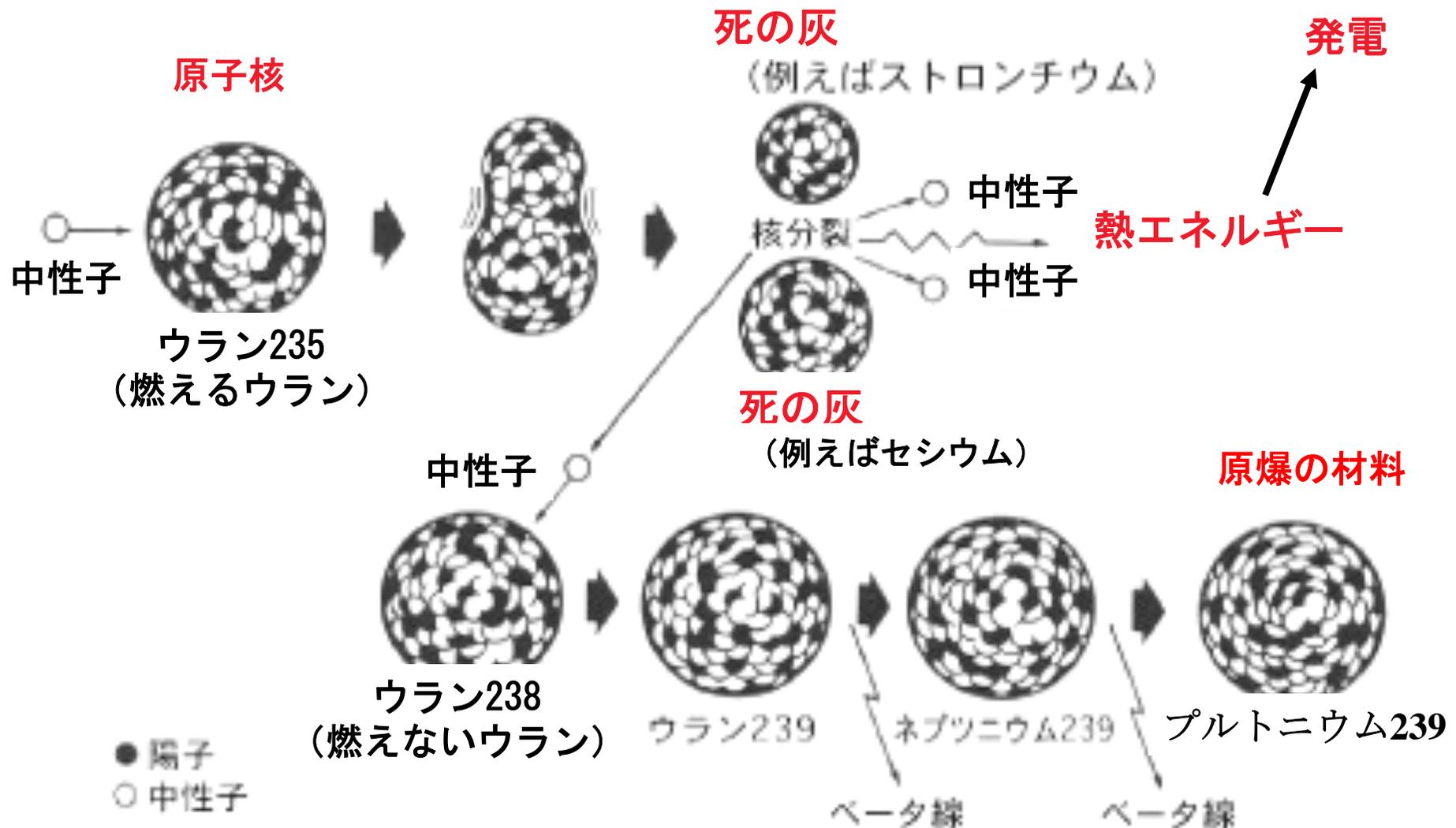


磁石を廻す動力に何を使うか

人力、風力、水力、潮力、  
地熱、火力（化石燃料、バイオマス）

原子力エネルギー

# 原子力発電には核分裂エネルギーを使う

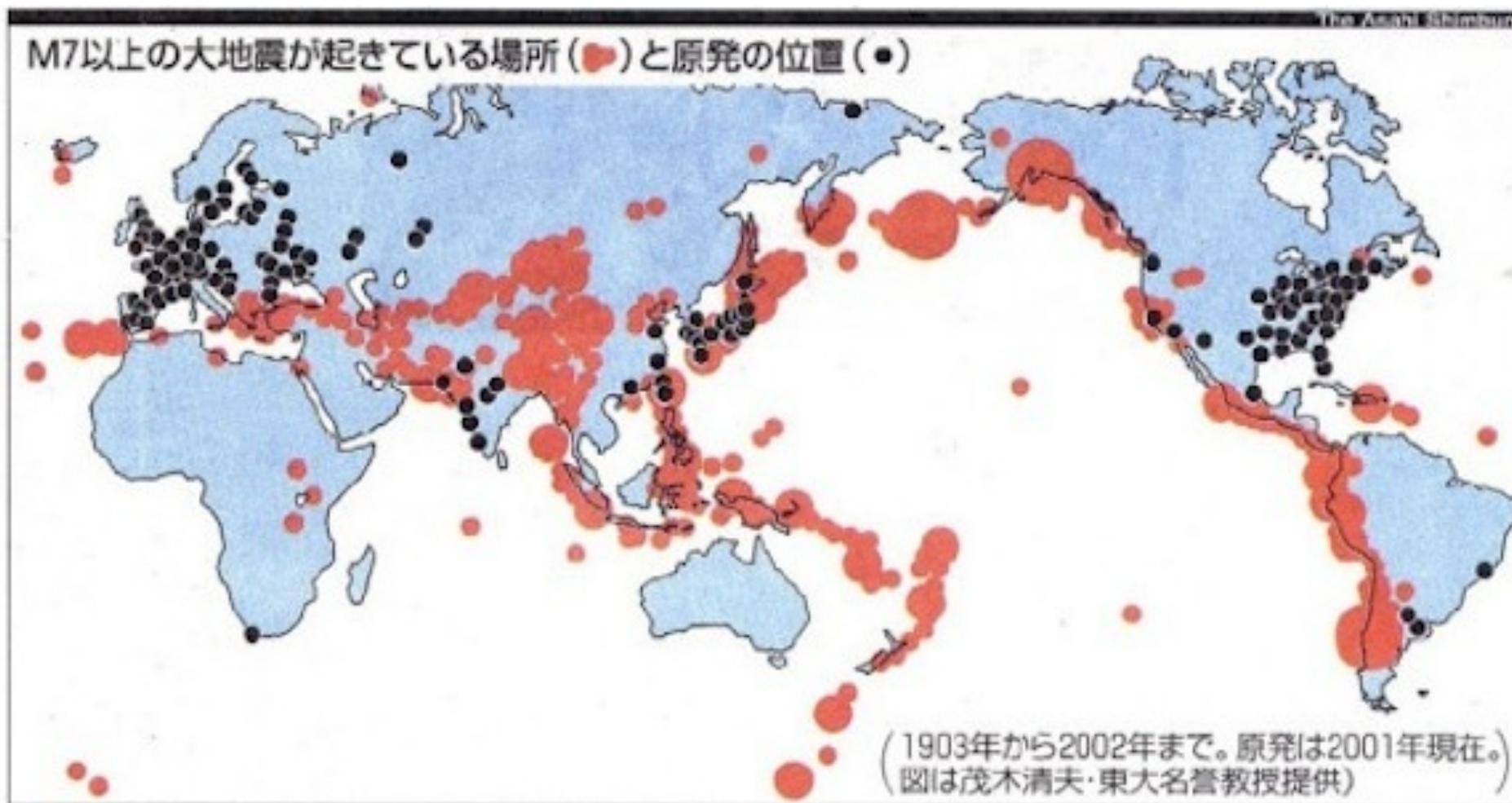


他のエネルギーにはない問題点：死の灰と放射線

## 福島第一原子力発電所にある核燃料

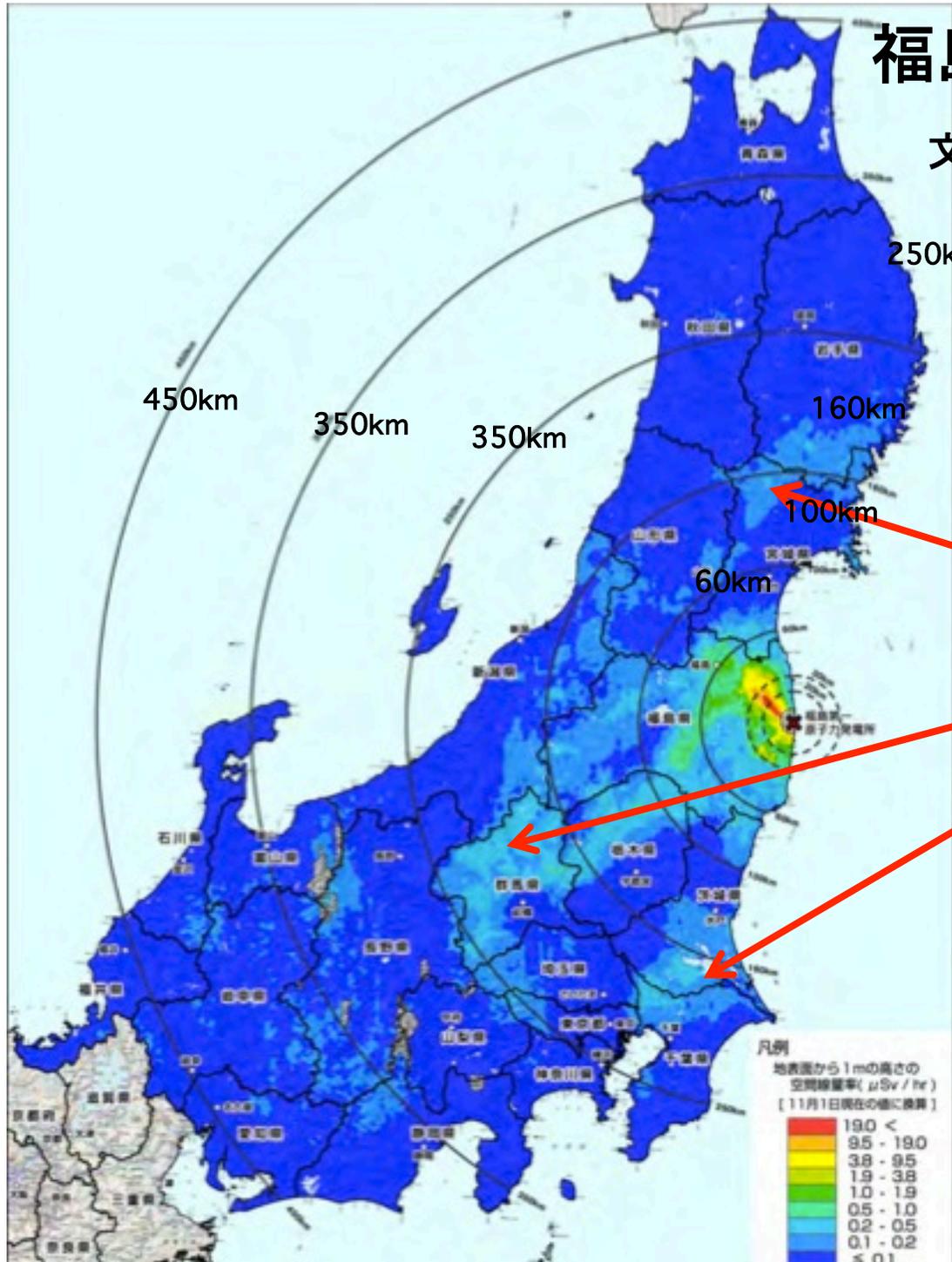
原子炉	炉心	冷却プール	
1号基	69トン	40トン	計：676トン
2号基	94トン	97トン	広島 の原爆 63kg
3号基	94トン	63トン	
4号基	0	219トン	
5号基	0	216トン	
6号基	0	157トン	計：1,508トン
共用プール		1,060トン	
乾式キャスク貯蔵		75トン	
			総計：2,184トン

# 世界の地震帯と原発の立地点



# 福島第一原発周辺汚染地図

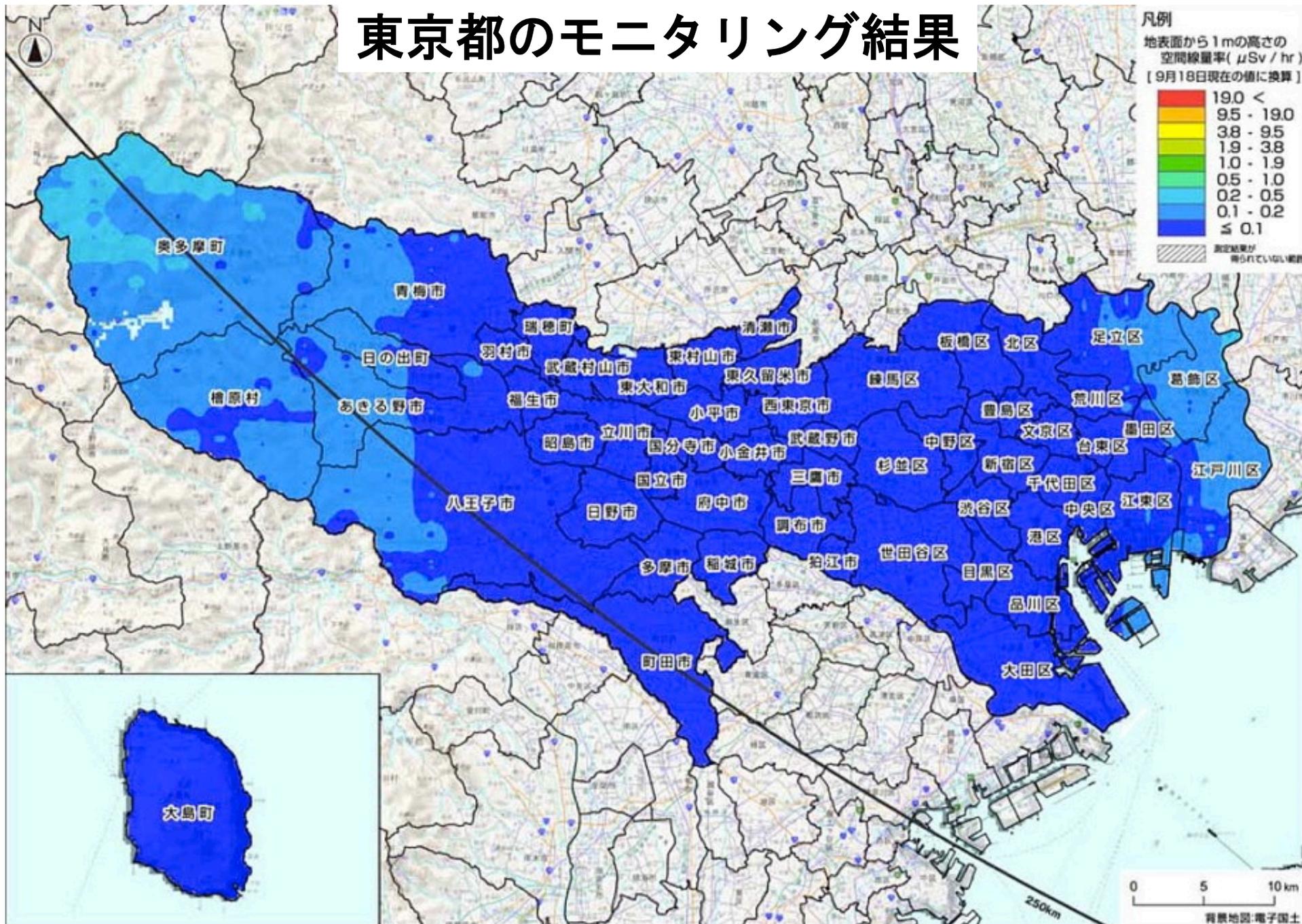
文科省、米エネルギー省発表 線量率



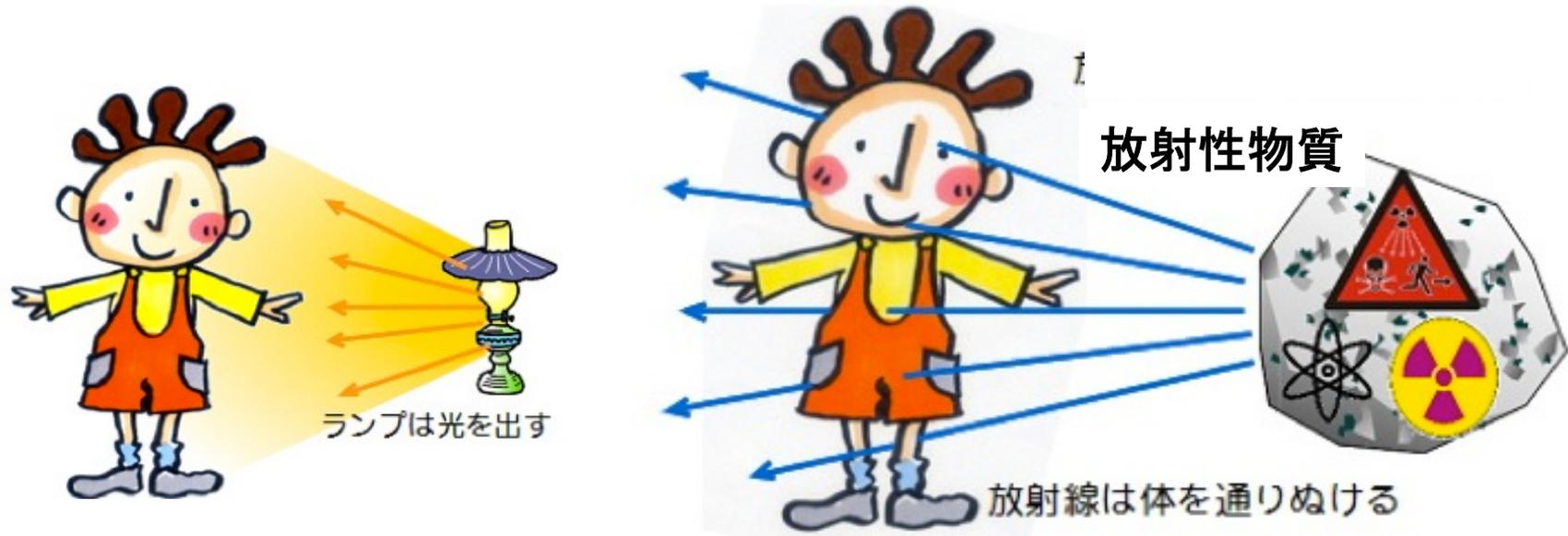
外部被ばくだけで  
年1mSv以上

- 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

# 東京都のモニタリング結果



# 放射線と放射性物質（放射能）の関係



放射能  
放射性物質 は放射線を出す

光との違い：放射線は身体を透過する  
DNAに傷をつける  
大量にあびれば死亡する  
少量なら将来発がんの可能性

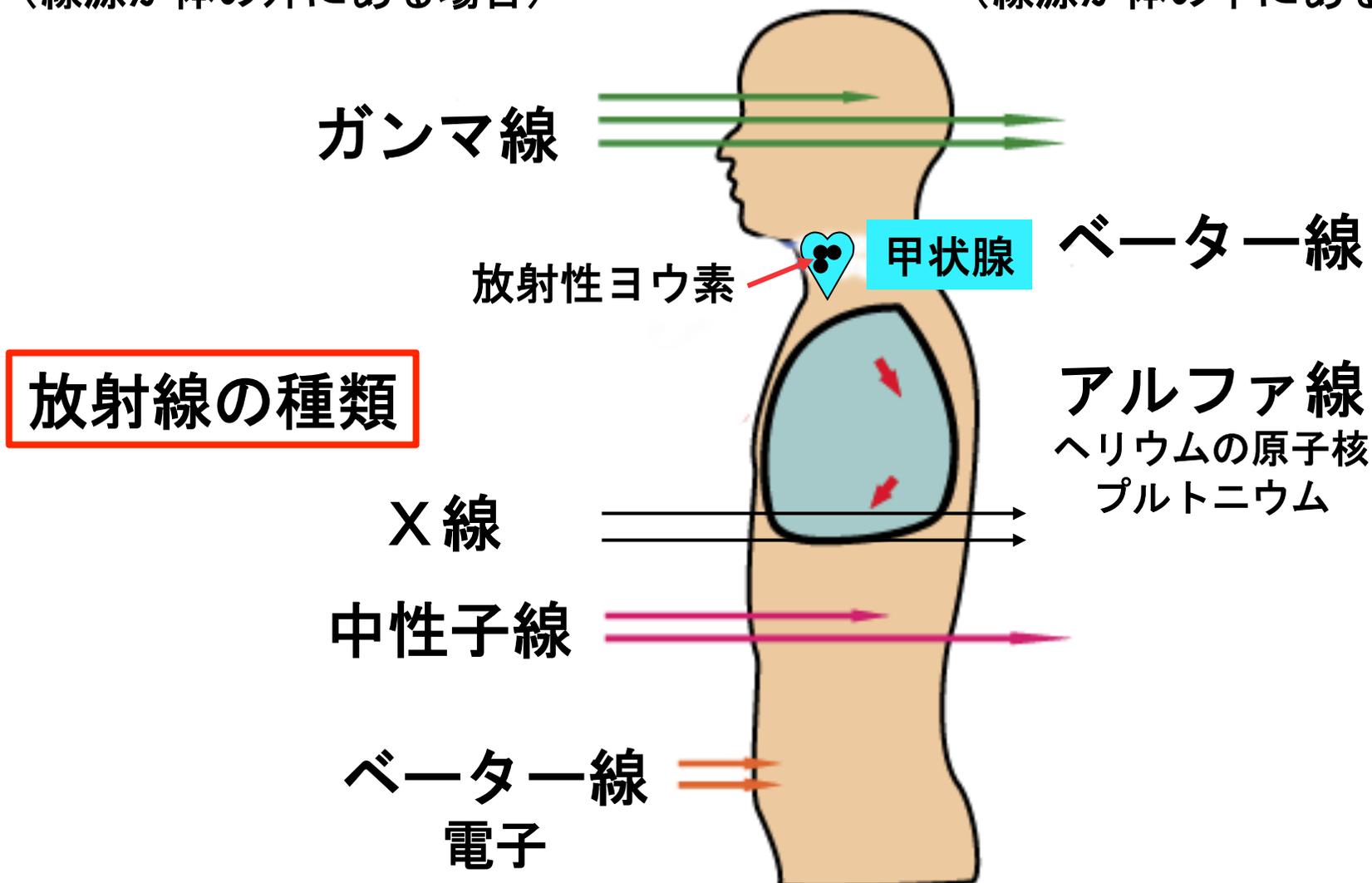
# 外部被ばくと内部被ばく

## 外部被ばく

(線源が体の外にある場合)

## 内部被ばく

(線源が体の中にある場合)



## 原発事故で放出される 主な放射性物質の半減期

	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	96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  
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

# ベクレルからシーベルトへの換算方法

食品汚染濃度（ベクレル/kg） x 食品摂取量  
(kg) → 体内取り込み量

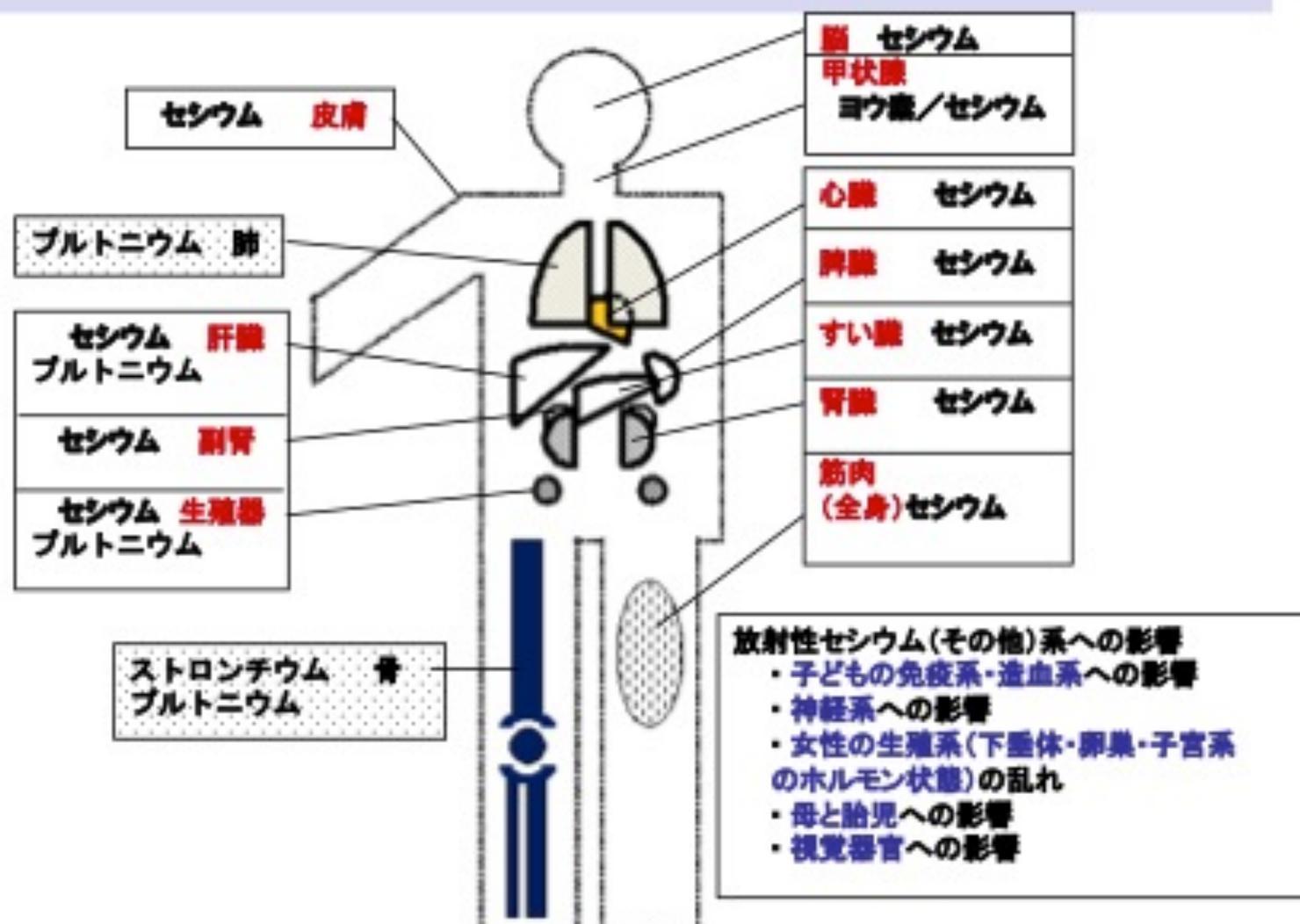
体内取り込み量 x 実効線量係数（ $\mu\text{Sv/Bq}$ ） =  
マイクロシーベルト（ $\mu\text{Sv}$ ）

---

## 実行線量係数（吸入摂取による）

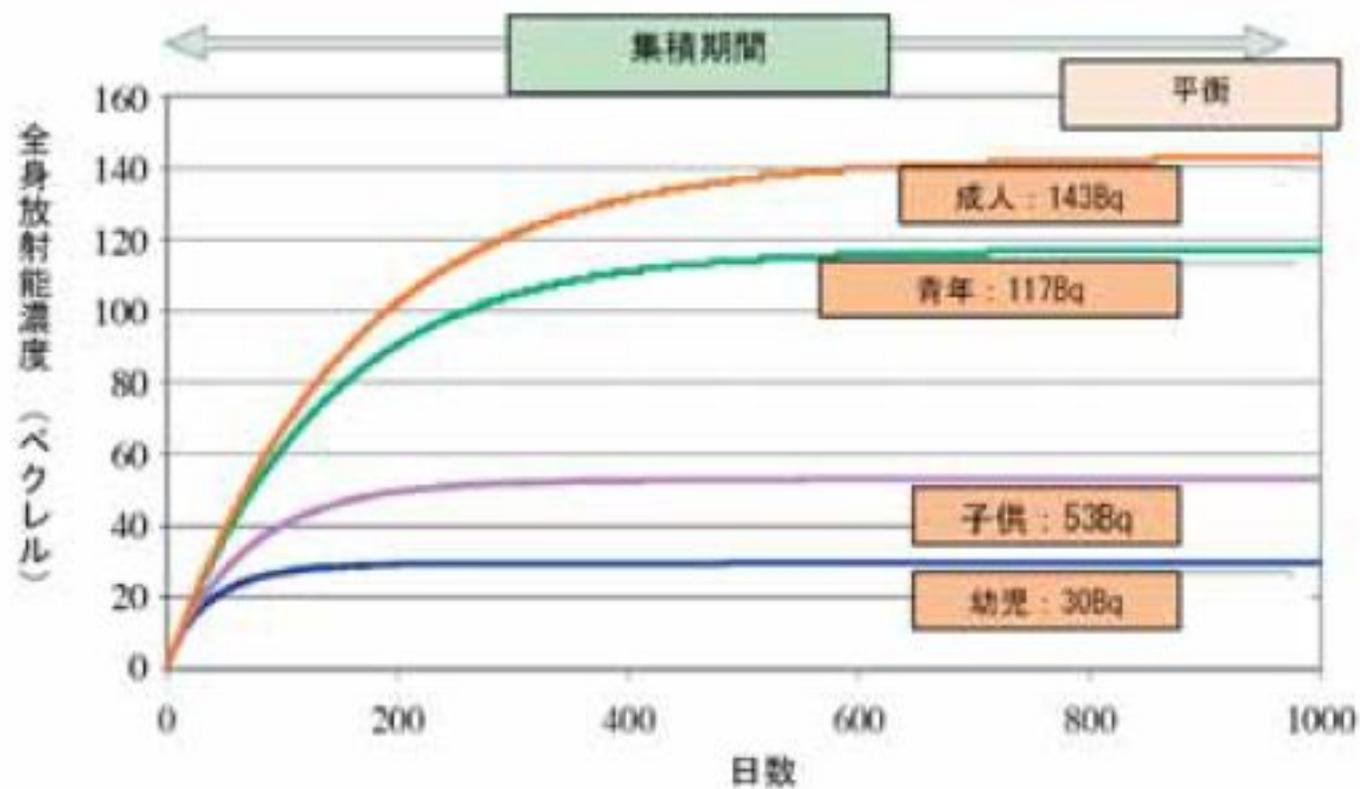
	乳児 (3ヵ月)	幼児 (1~2才)	子ども (3~7才)	成人
ヨウ素131	0.072	0.072	0.037	0.0074
セシウム137:	0.11	0.10	0.070	0.039
セシウム134 :	0.070	0.063	0.041	0.021

## (2)体に蓄積する放射性物質 -周期表と半減期から考える-



Yu. I. バンダジェフスキー (2011) を参照して作成。(図) 崎山比早子監修

# 人間のCs137 蓄積速度 (ICRP)



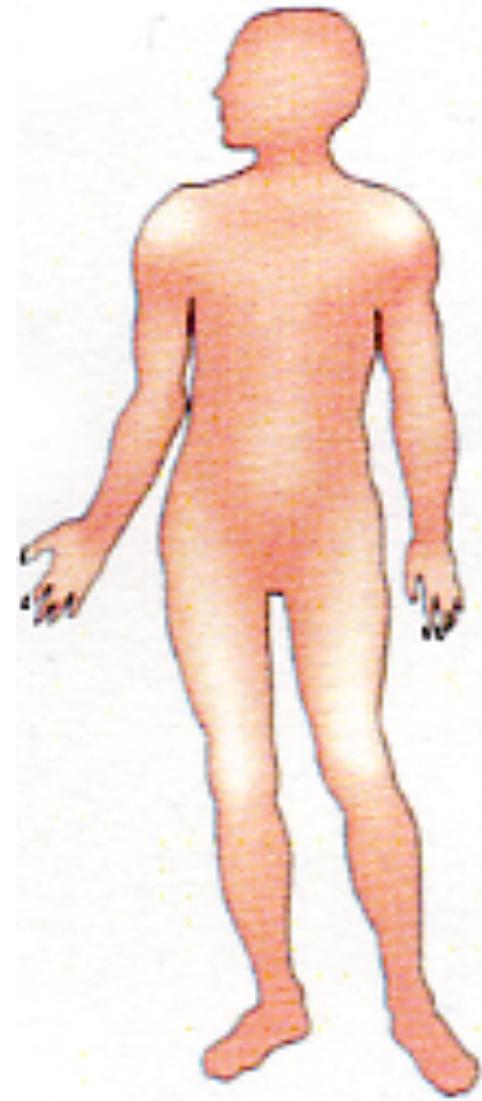
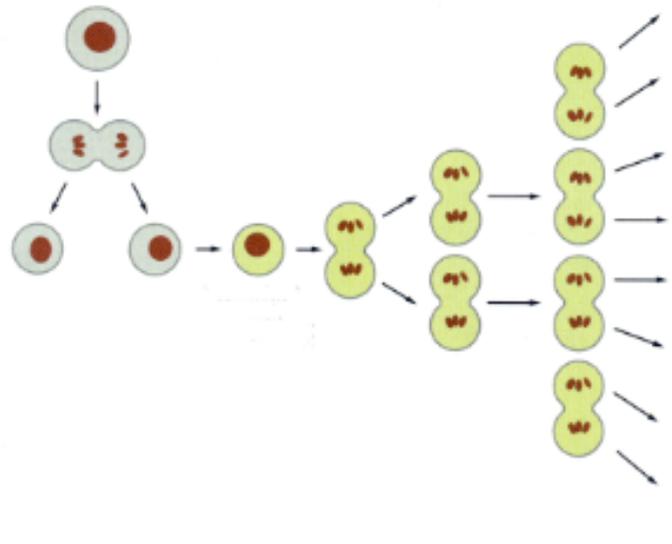
セシウム 137 を一日 1 ベクレルで連続的に摂取したときの全身の蓄積量と平衡状態での値。

# 放射線の標的 DNAについて

# 人の身体

1個の受精卵から  
分裂、増殖、分化する

受精卵  
(多能、万能)



成人

60兆個の細胞

# 細胞

直径10~20  $\mu\text{m}$

DNA

核小体

細胞骨格

核膜

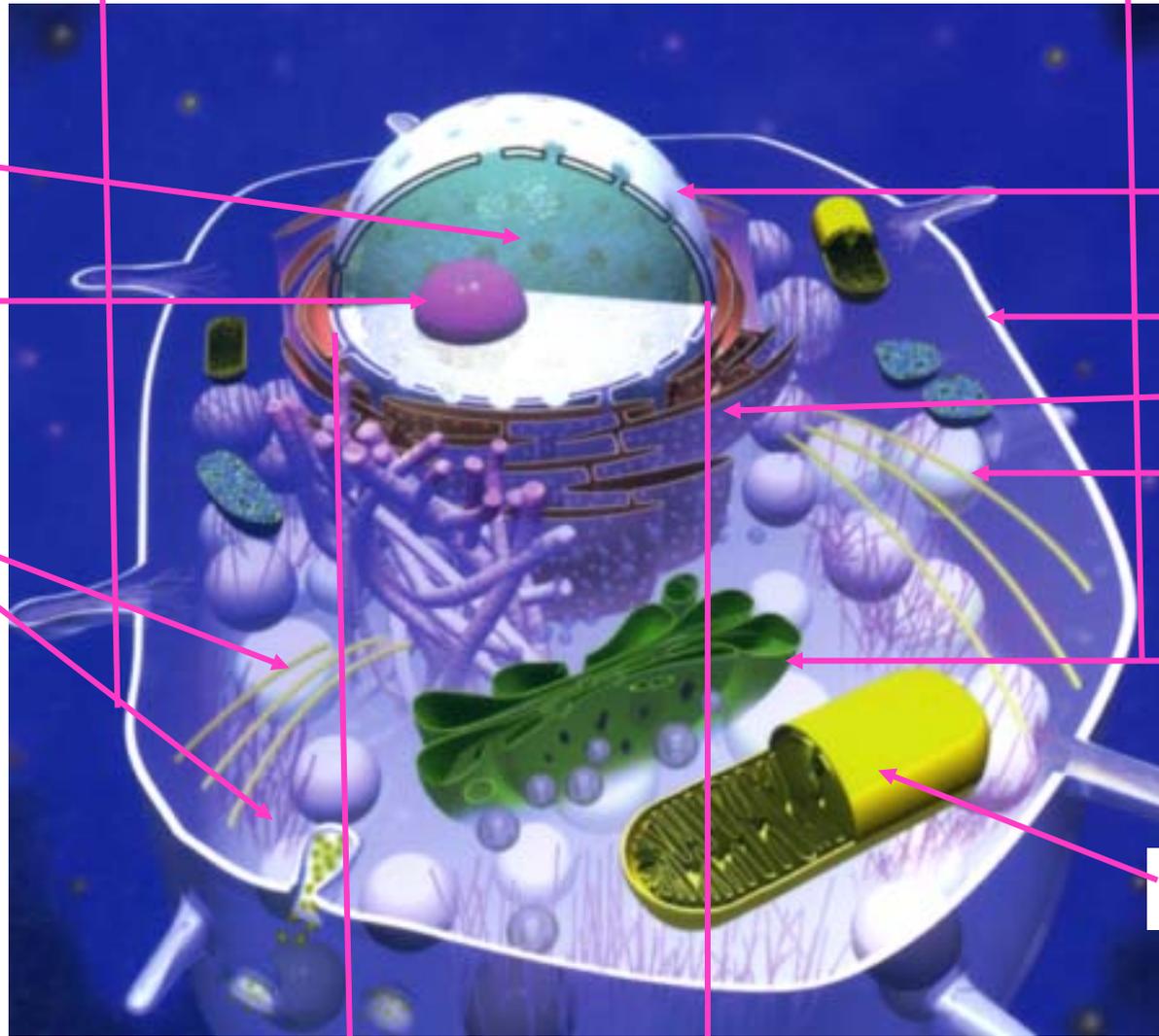
細胞膜

小胞体

リソゾーム

ゴルジ装置

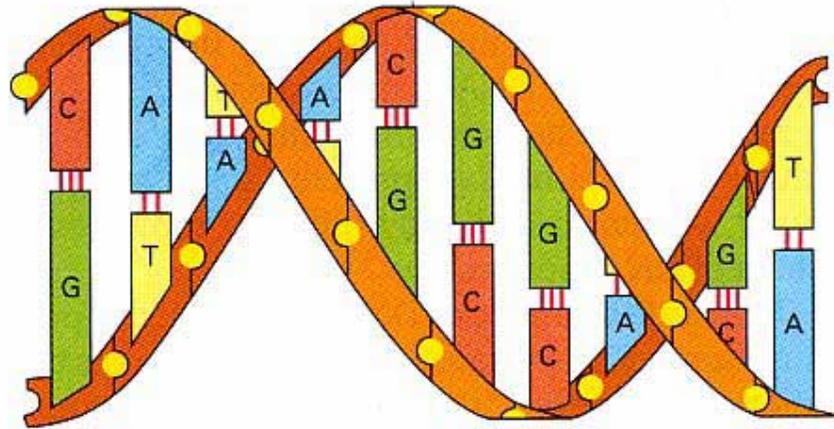
ミトコンドリア



核: 直径8  $\mu\text{m}$

# DNAは細胞及び身体的设计図

## DNAの二重らせん構造



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: 約22,000個**  
(全DNAの1.5%)

Sex Slaves:  
South Africa's  
Shameful Trade

Yemen: The  
New Center  
Of Terror

Spain's Santander:  
The Old-Fashioned  
Bank That Works

# TIME

## WHY YOUR DNA ISN'T YOUR DESTINY

The new science of epigenetics  
reveals how the choices you  
make can change your genes  
—and those of your kids

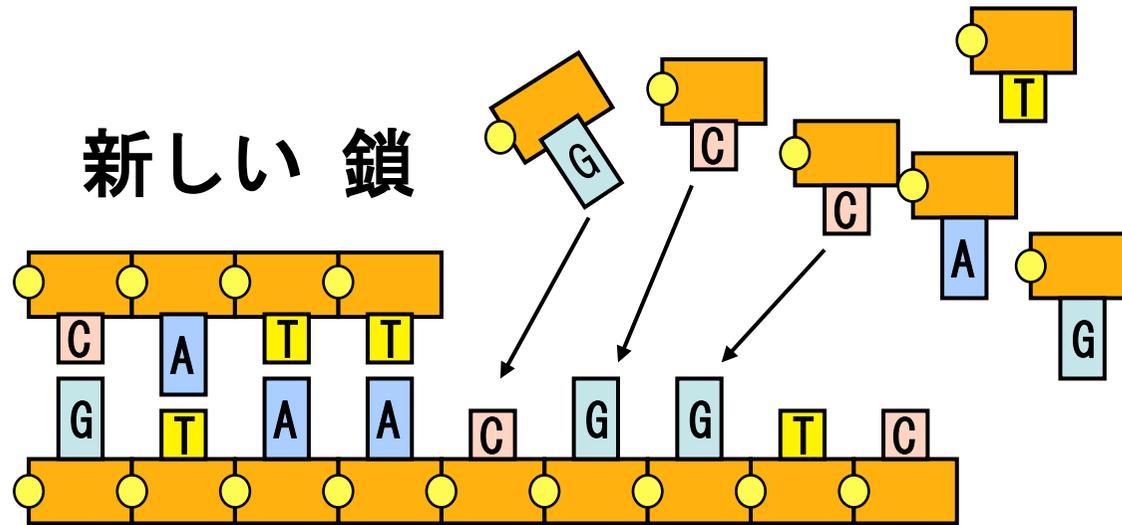
BY JOHN CLOUD



4910206330107  
00800



# DNAの複製

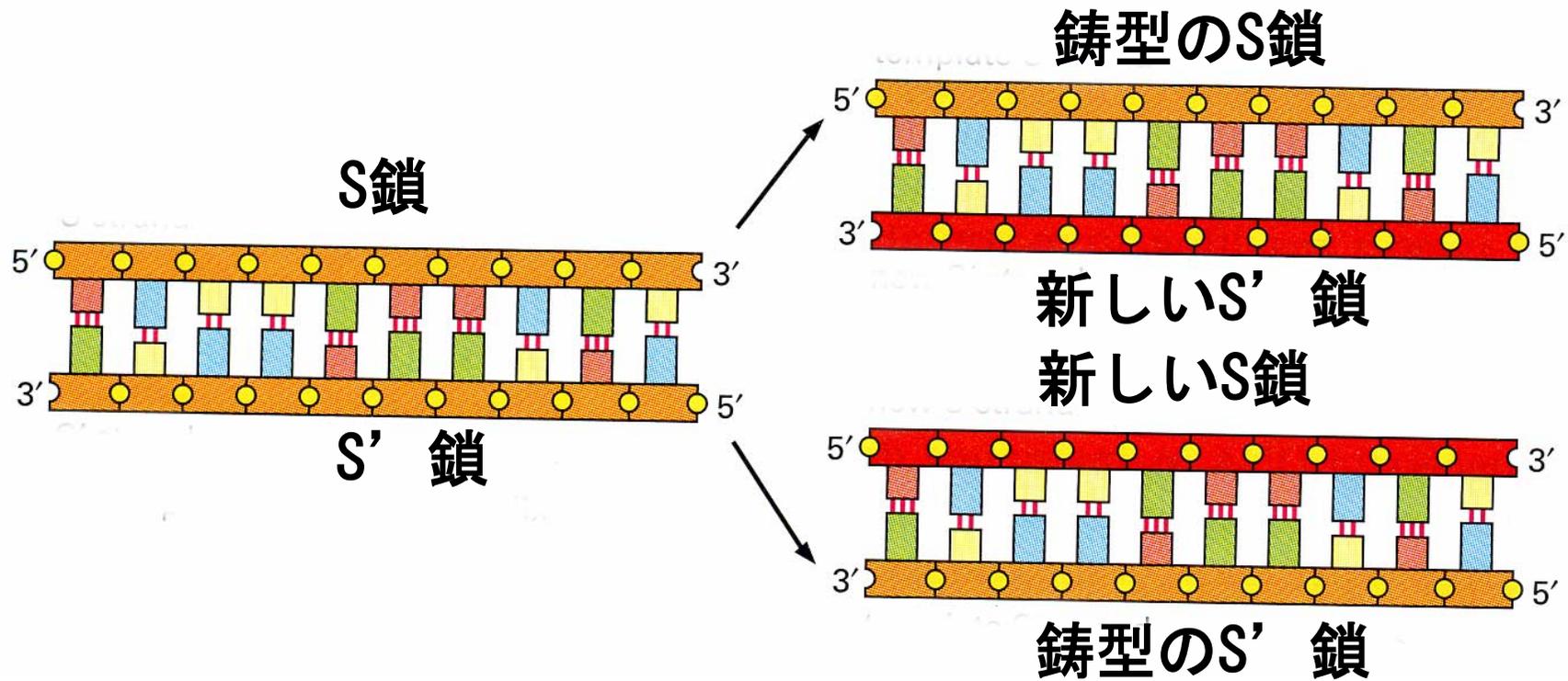


鋳型になる鎖

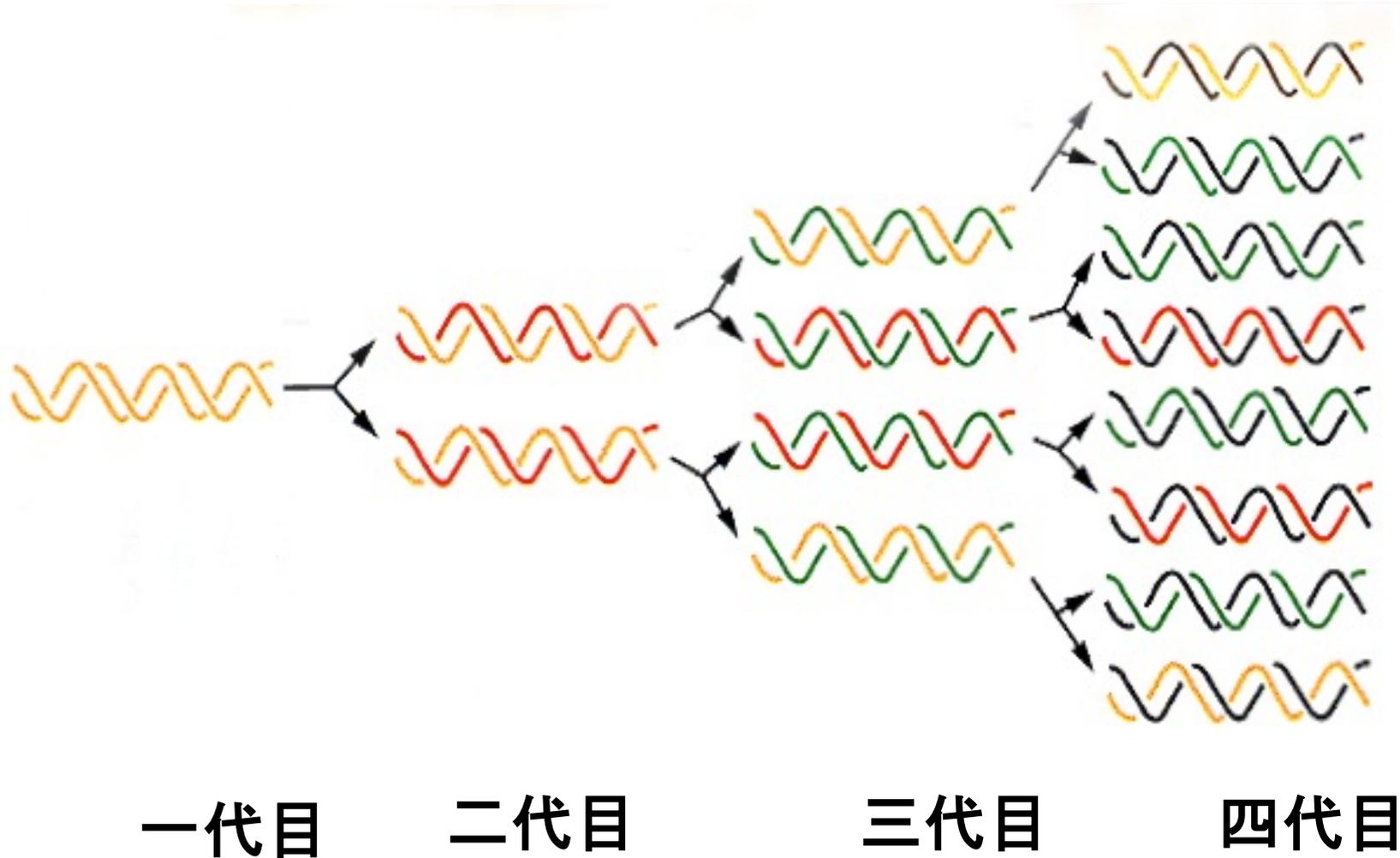
DNAの塩基

A: アデニン、T: チミン  
G: グアニン、C: シトシン

# 複製されたDNAは親と全く同じ



# DNAは何回複製されても元のDNAと同じ



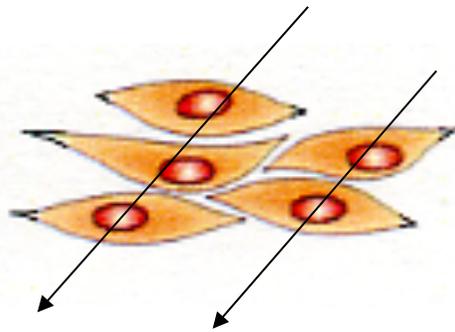
放射線によるDNA損傷

その修復とがんの発生

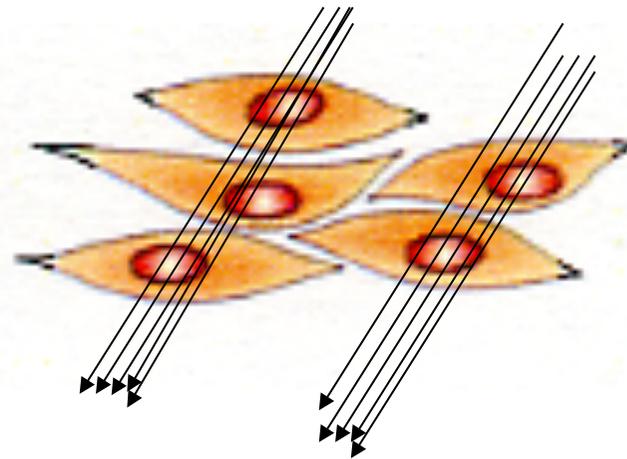
# 放射線の量を知るための単位

エックス線を1ミリシーベルト被ばくするということは？

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



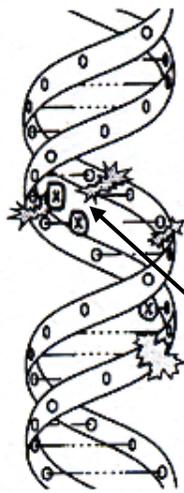
5ミリシーベルト

エックス線やガンマ線は  
1ミリグレイ=1ミリシーベルト

# 放射線がDNAに当たると？

## 高線量被ばく

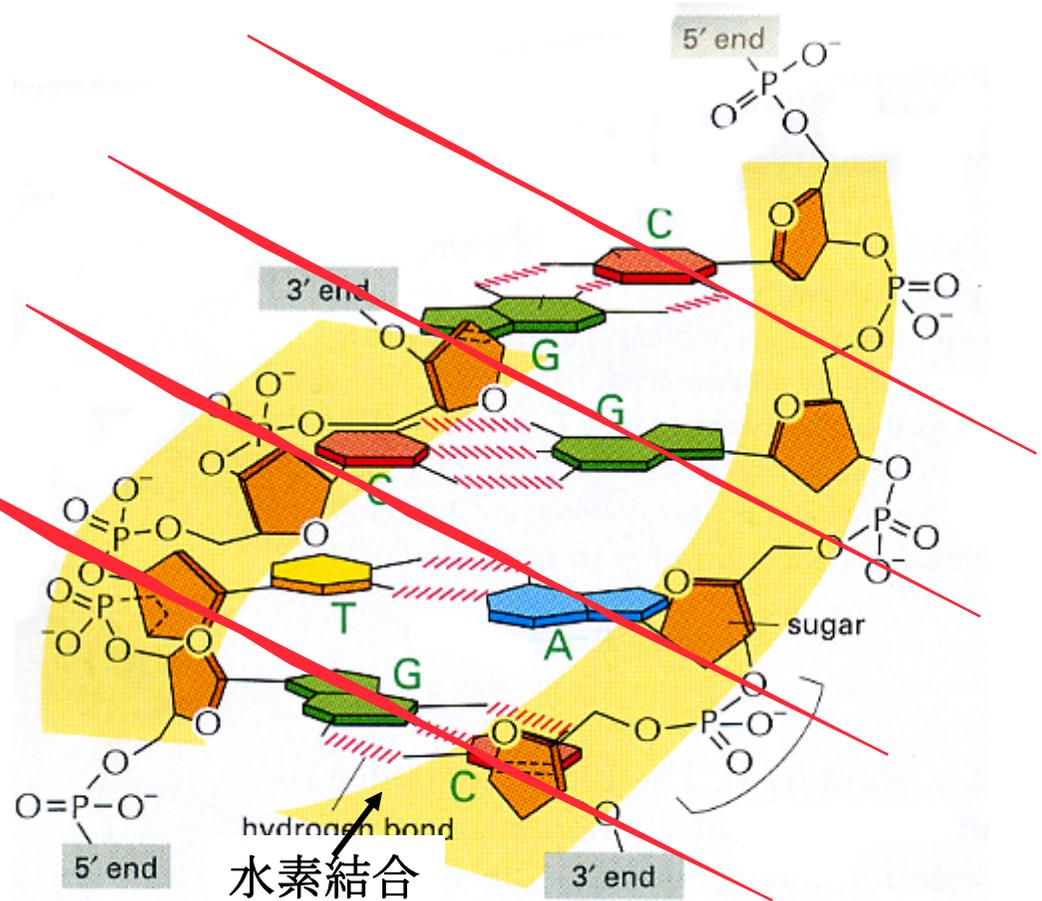
診断用X線の  
エネルギー：100,000eV



一本鎖切断

2nm

二本鎖切断



化学結合のエネルギー (5~7eV)

Int. J. Rad. Biol.  
Doodhead DT,  
1994

『Molecular Biology of THE CELL』より一部改変

被ばく線量  
17000~20000mSv



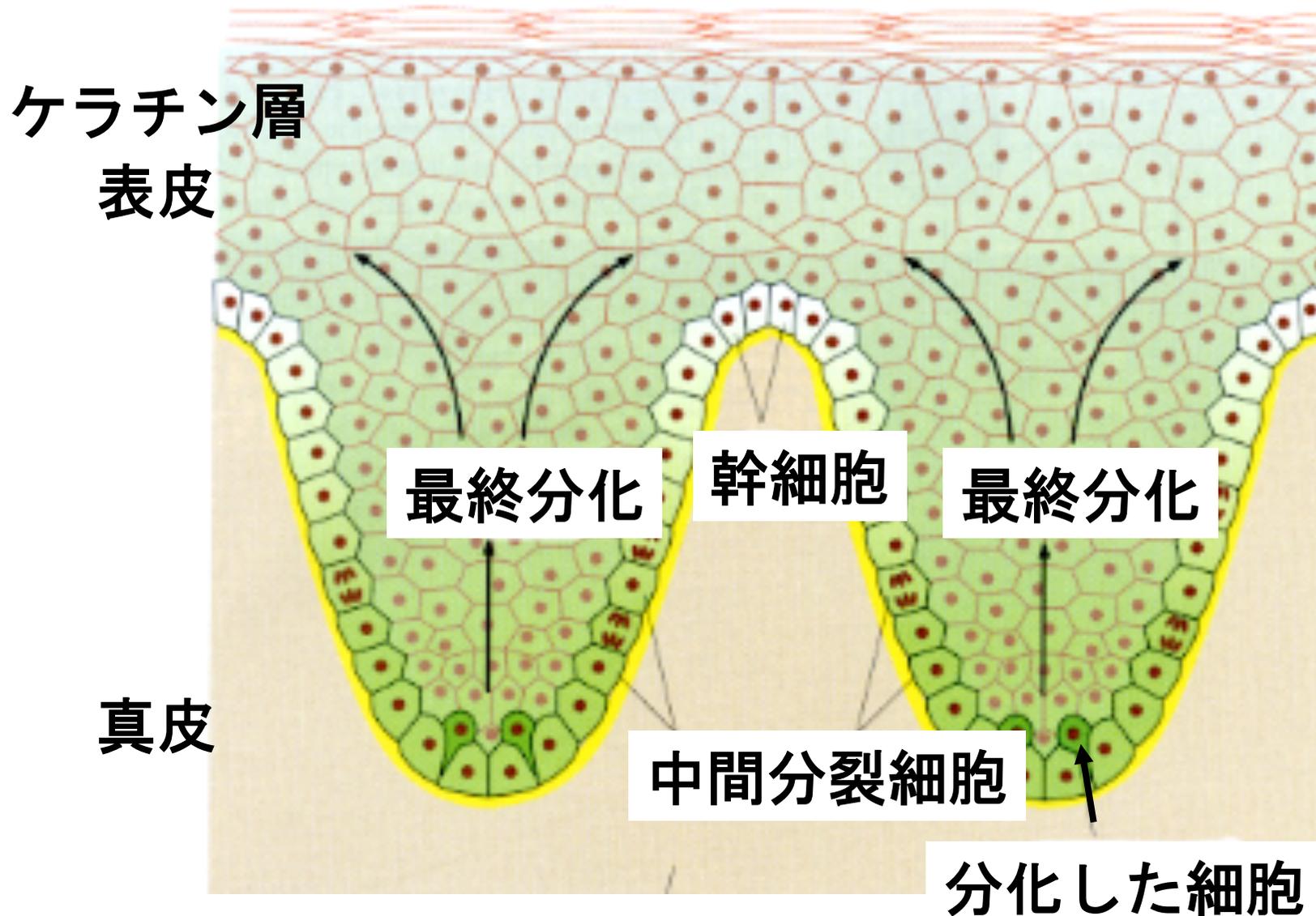
被ばく後8日



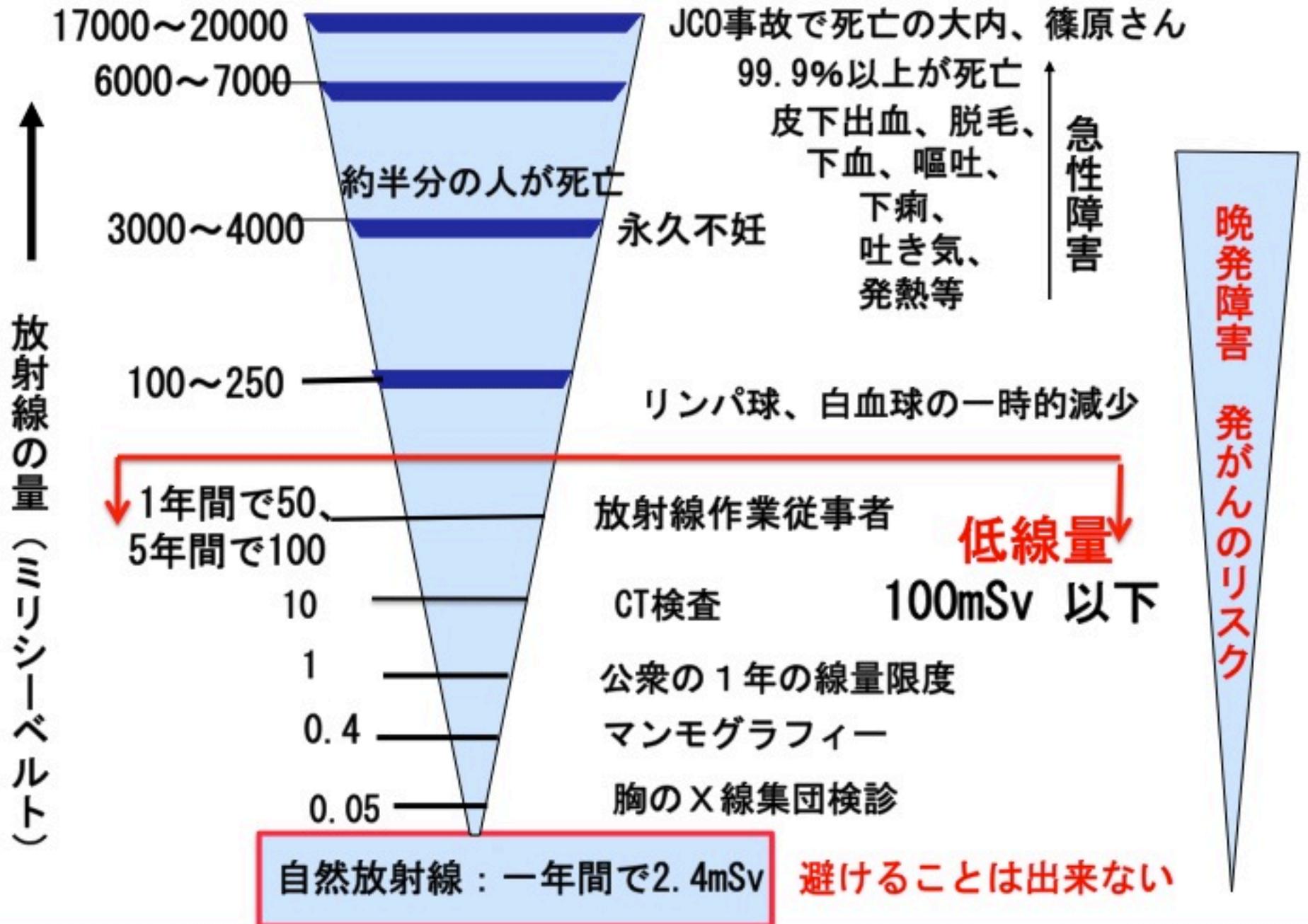
被ばく後26日

『被曝治療83日間の記録より』

# 人皮膚の細胞の入れ替わり



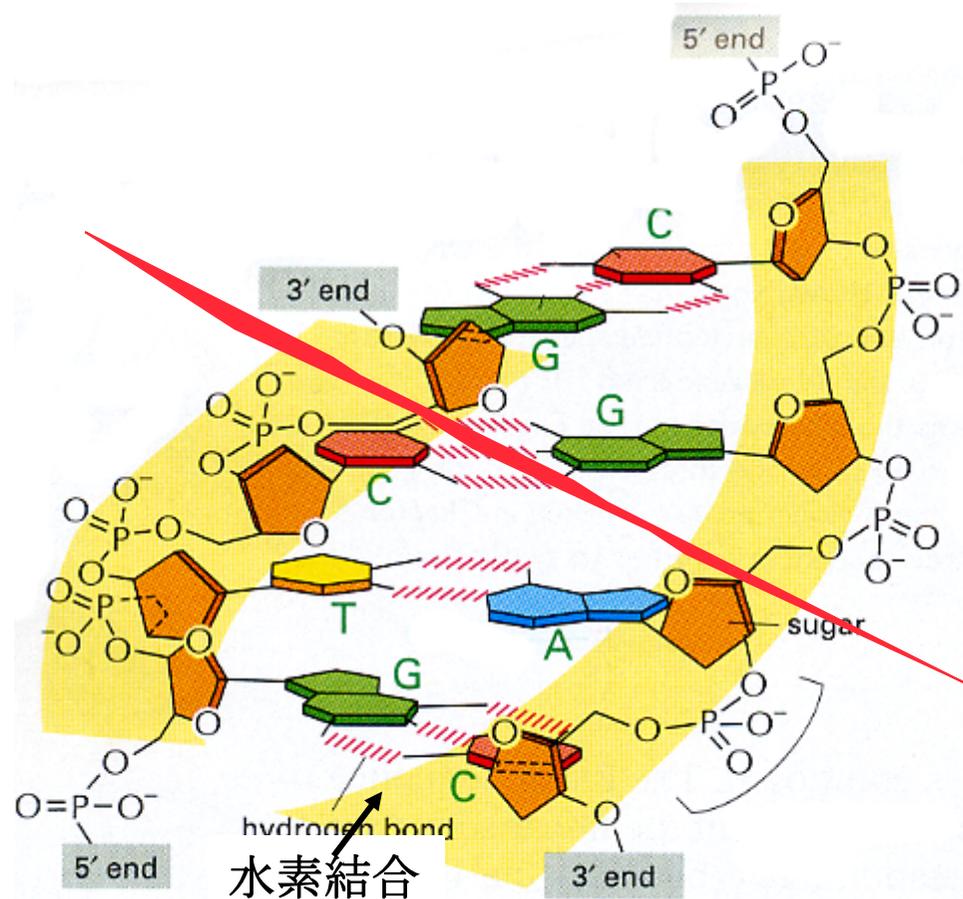
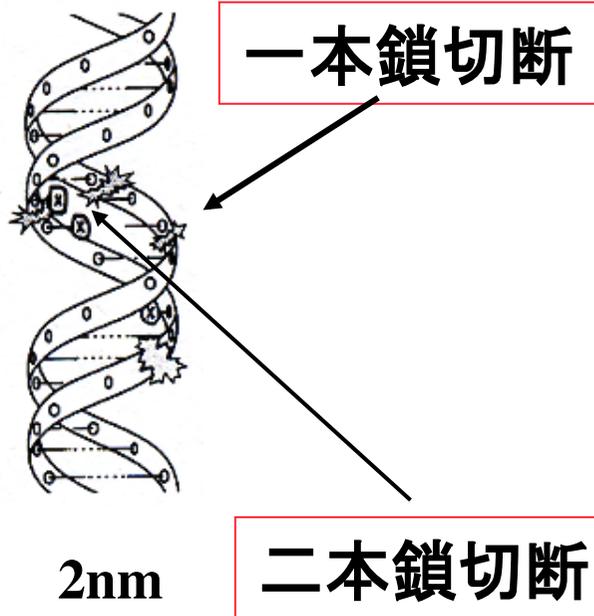
# 被ばくのリスク：確定的影響と確率的影響



# 放射線がDNAに当たると？

## 低線量被ばく

診断用엑クス線の  
エネルギー：100,000eV



化学結合のエネルギー (5~7eV)

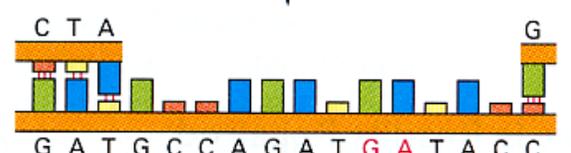
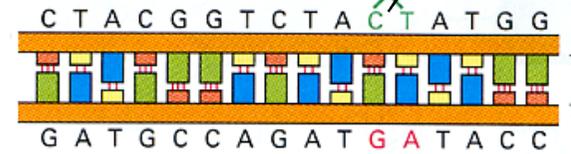
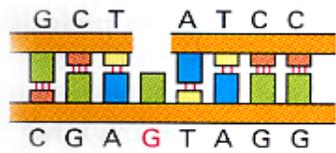
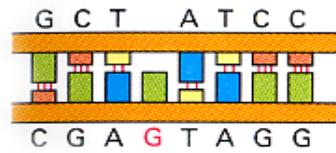
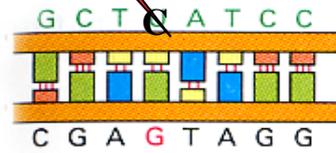
Int. J. Rad. Biol.  
Doodhead DT,  
1994

『Molecular Biology of THE CELL』より一部改変

# DNA損傷の修復：一本鎖切断

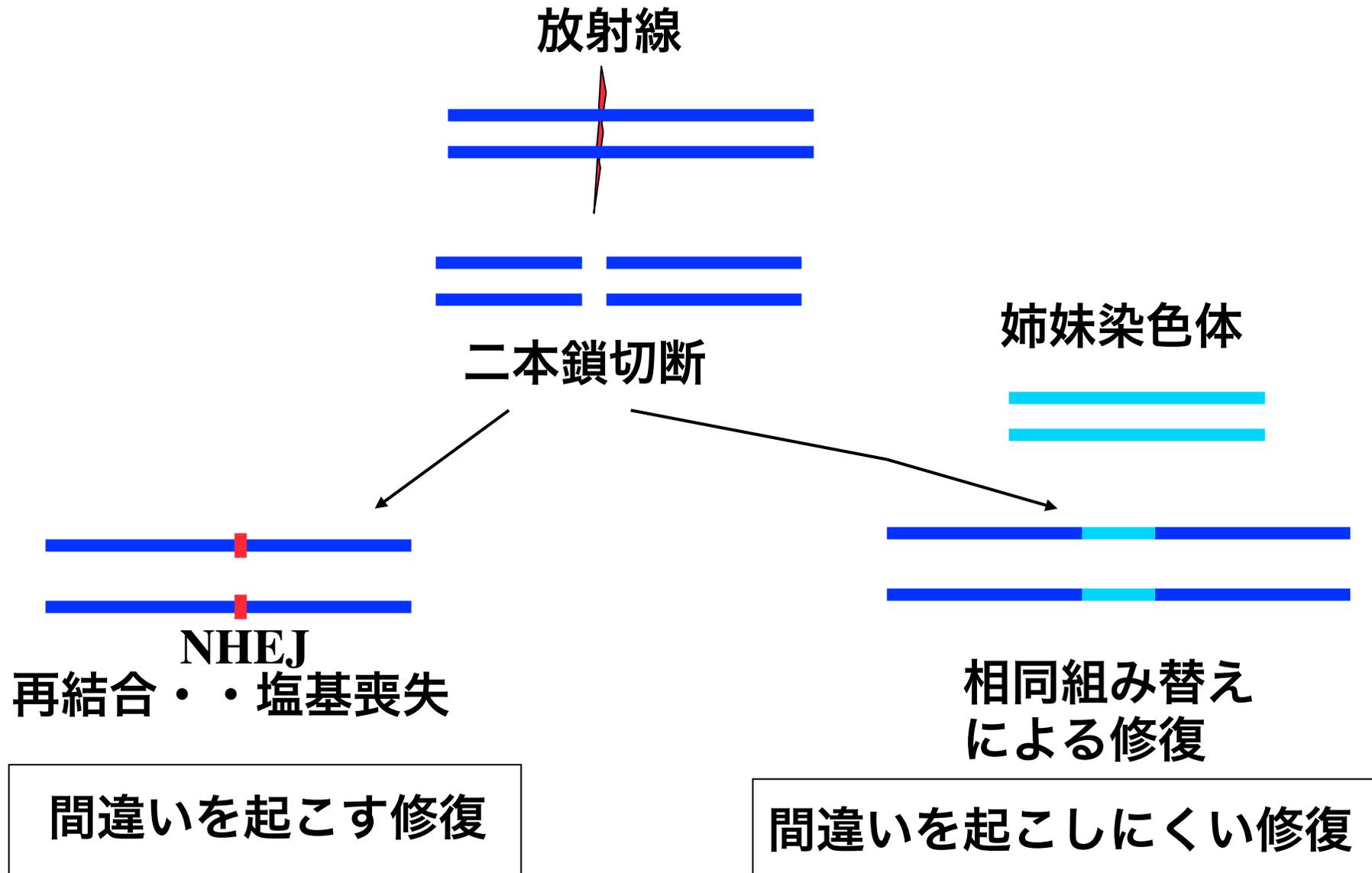
紫外線

放射線

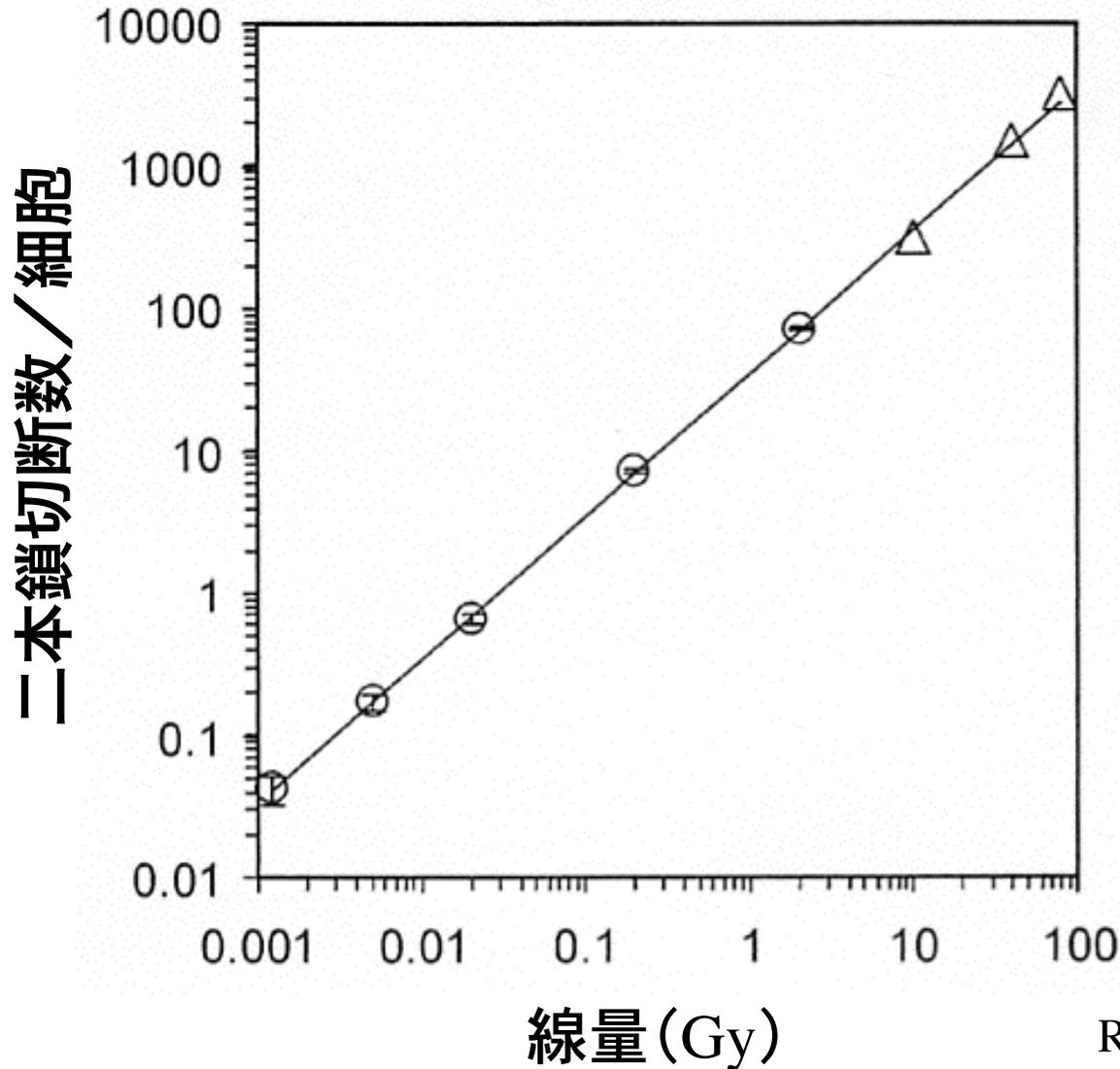


間違いを起こしにくい修復

# DNA損傷の修復：二本鎖切断



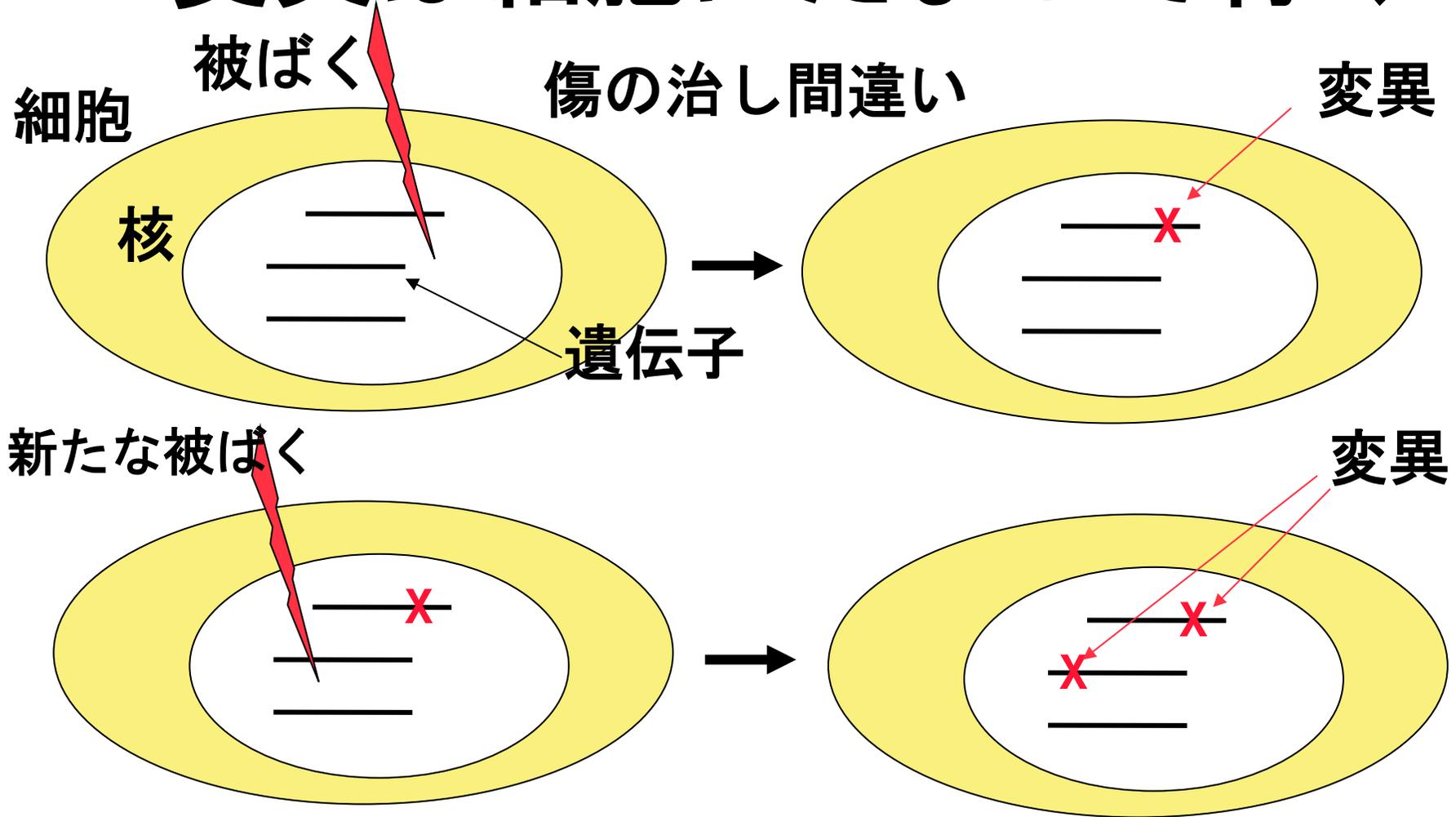
# 放射線による二本鎖切断 線量-効果関係



二本鎖切断数  
36 / 細胞 / Gy

Rothkamm K. Löbrich M  
PNAS 100, 2003 より

# 変異は細胞にたまって行く



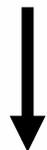
放射線の危険性は蓄積する → 発がん

# がんは多数の遺伝子の変化で起きる

## —がんの多段階説— 悪性化

放射線又は環境因子による  
他の遺伝子変異

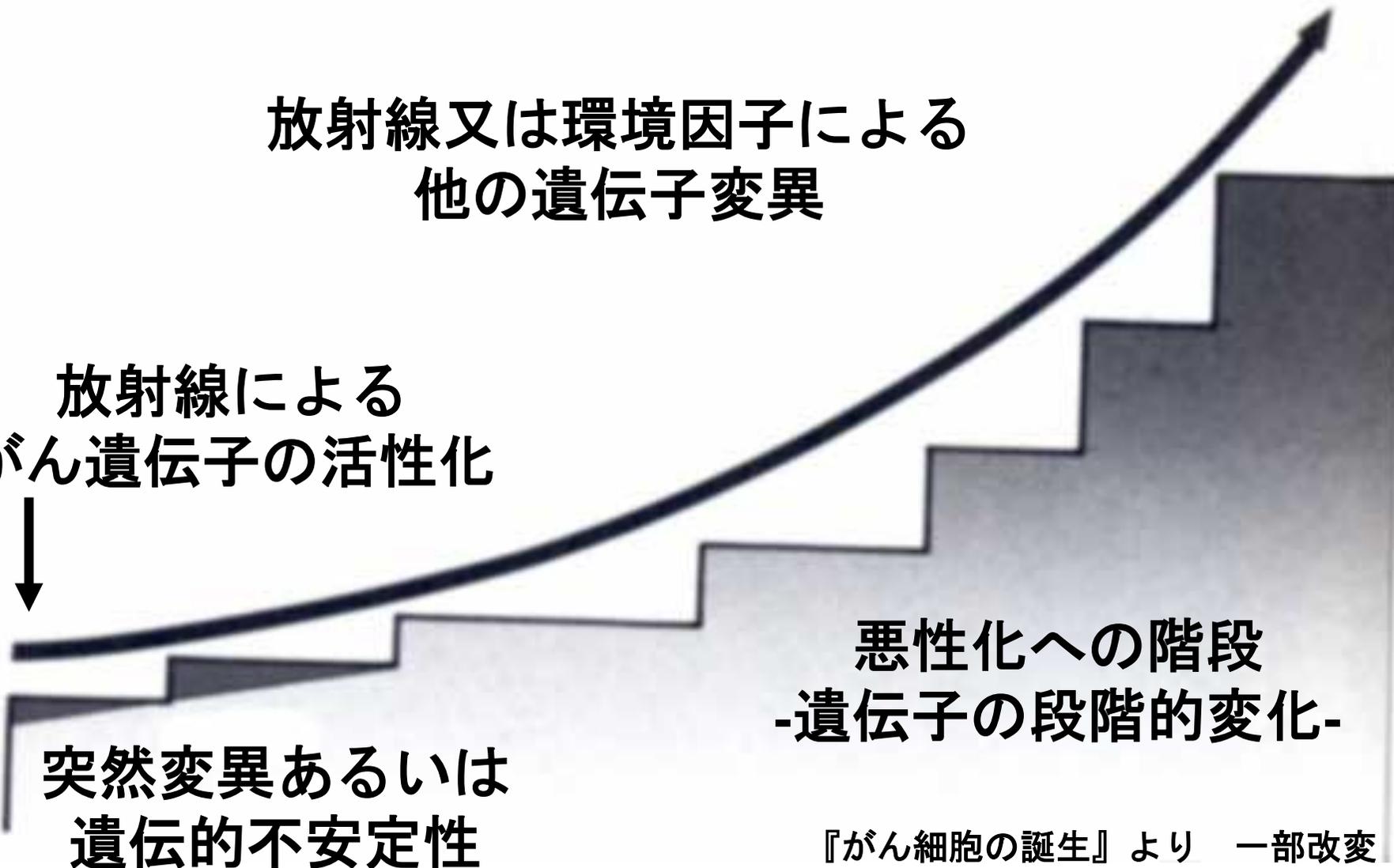
放射線による  
がん遺伝子の活性化



突然変異あるいは  
遺伝的不安定性

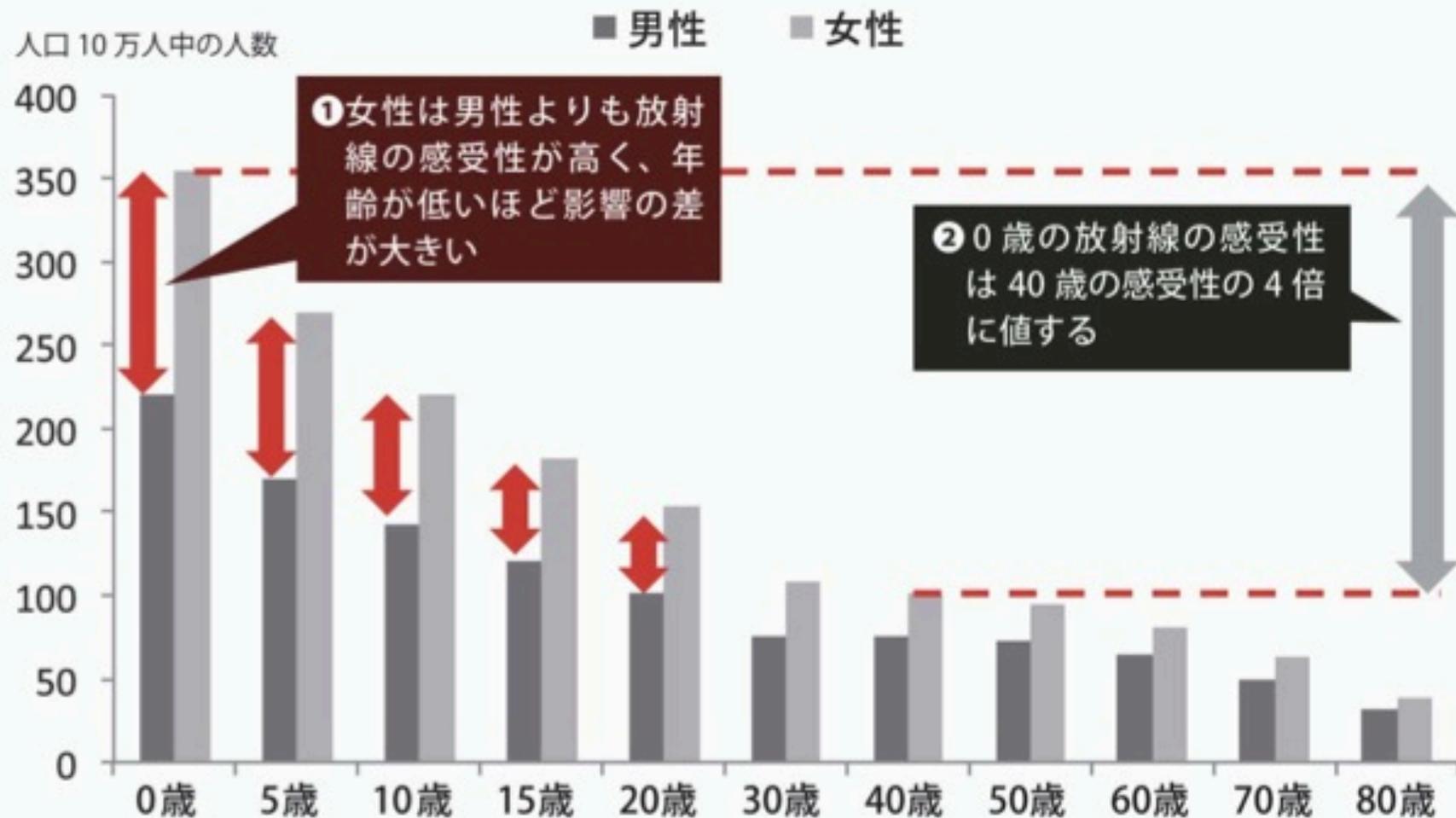
悪性化への階段  
-遺伝子の段階的変化-

『がん細胞の誕生』より 一部改変



# 年齢, 性別放射線感受性

- ①放射線影響は男性より女性が受けやすく、
- ②年齢が低いほど放射線の感受性が高い

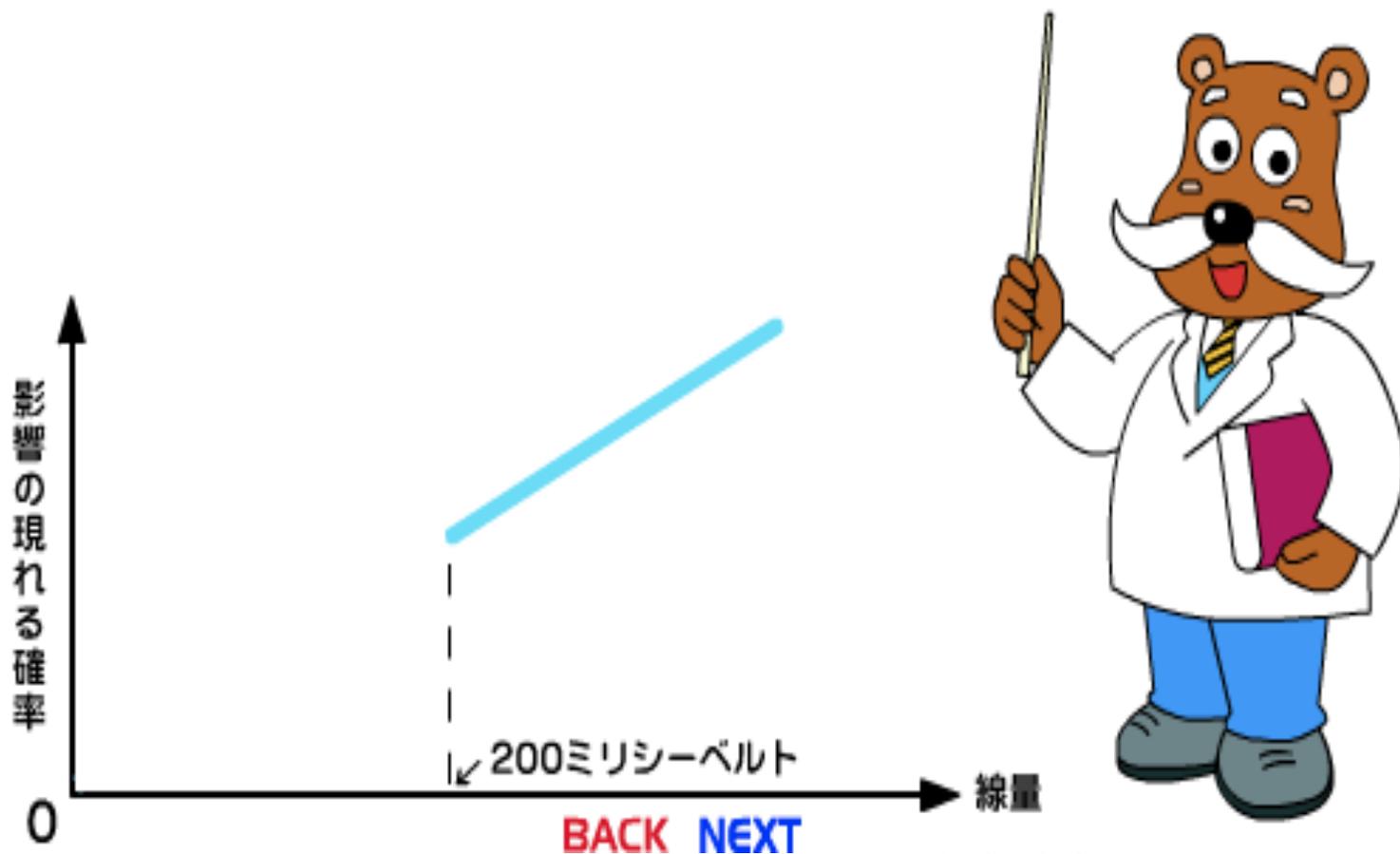


被ばく線量

と

発がんの関係

# 枝野元官房長官の説明 「直ちに影響が出る線量ではありません から心配いりません」



東京電力のホームページより

# 事故に後発表された 低線量放射線被ばくリスク評価

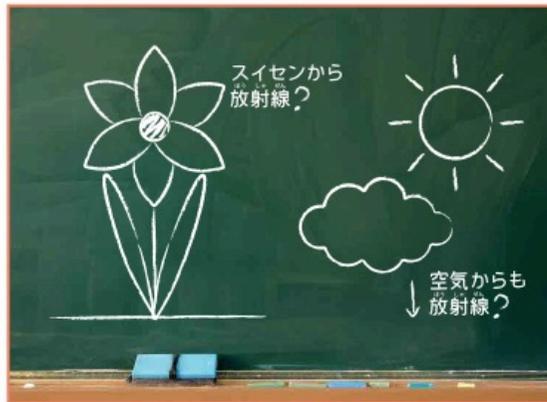
100mSvの被ばくで0.5%のがん死率上昇、証明困難

100mSv以下の発がんリスクを証明することは困難

- 内閣官房「低線量被ばくのリスク管理に関するワーキンググループ  
(低線量ワーキンググループ)」
- 原子力安全委員会
- 文部科学省

# 2011年11月に文部科学省から発行された 放射線等に関する副読本

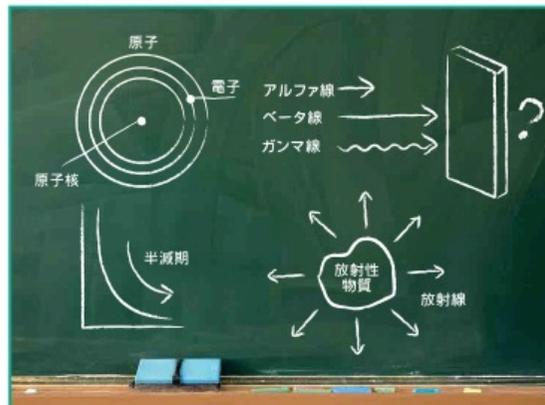
放射線について  
考えてみよう



小学生のための  
放射線副読本

小学校児童用

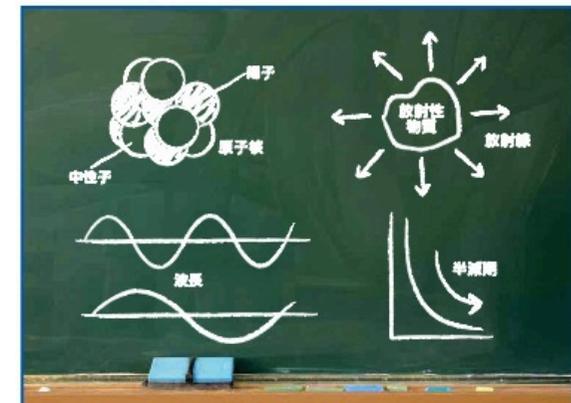
知ることから始めよう  
放射線のいろいろ



中学生のための  
放射線副読本

中学校生徒用

知っておきたい  
放射線のこと



高校生のための  
放射線副読本

高等学校生徒用

はじめに

東北地方太平洋沖地震によって**東京電力(株)福島第一原子力発電所で事故が起こり**、放射性物質(ヨウ素、セシウムなど)が大気中や海中に放出されました。

(中略)

東日本の一部の地域では、水道水の摂取や一部の食品の摂取・出荷が制限されました。このようなことから、教育現場においても**放射線への関心**や**放射線による人体への影響などについての不安を抱く方がおられると**考え、放射線についての生徒向けの副読本を作成する

---

ここで福島原発事故が述べられている他は本文中には一切事故には触れていない。チェルノブイリ大惨事にも触れていない。

### **非常時における放射性物質に対する防護**

原子力発電所や放射性物質を扱う施設などの事故により、放射性物質が風に乗って飛んで来るともあります。

# 教師用副読本、指導上の留意点

- ◎ 100ミリシーベルト以下の低い放射線量と病気との関係については、明確な証拠はないことを理解できるようにする。  
(中略)
- ◎ がんの発生には、色々な原因があることを理解できるようにする。

副読本の監修  
社団法人日本医学放射線学会  
日本放射線安全管理学会  
日本放射線影響学会  
独立行政法人放射線医学総合研究所

# 発がんへの段階

DNAの損傷



修復ミス



突然変異



突然変異の蓄積



発がん

発がんの原因は  
DNAの複雑損傷

放射線は1本通っても  
DNA複雑損傷を  
起こす可能性あり



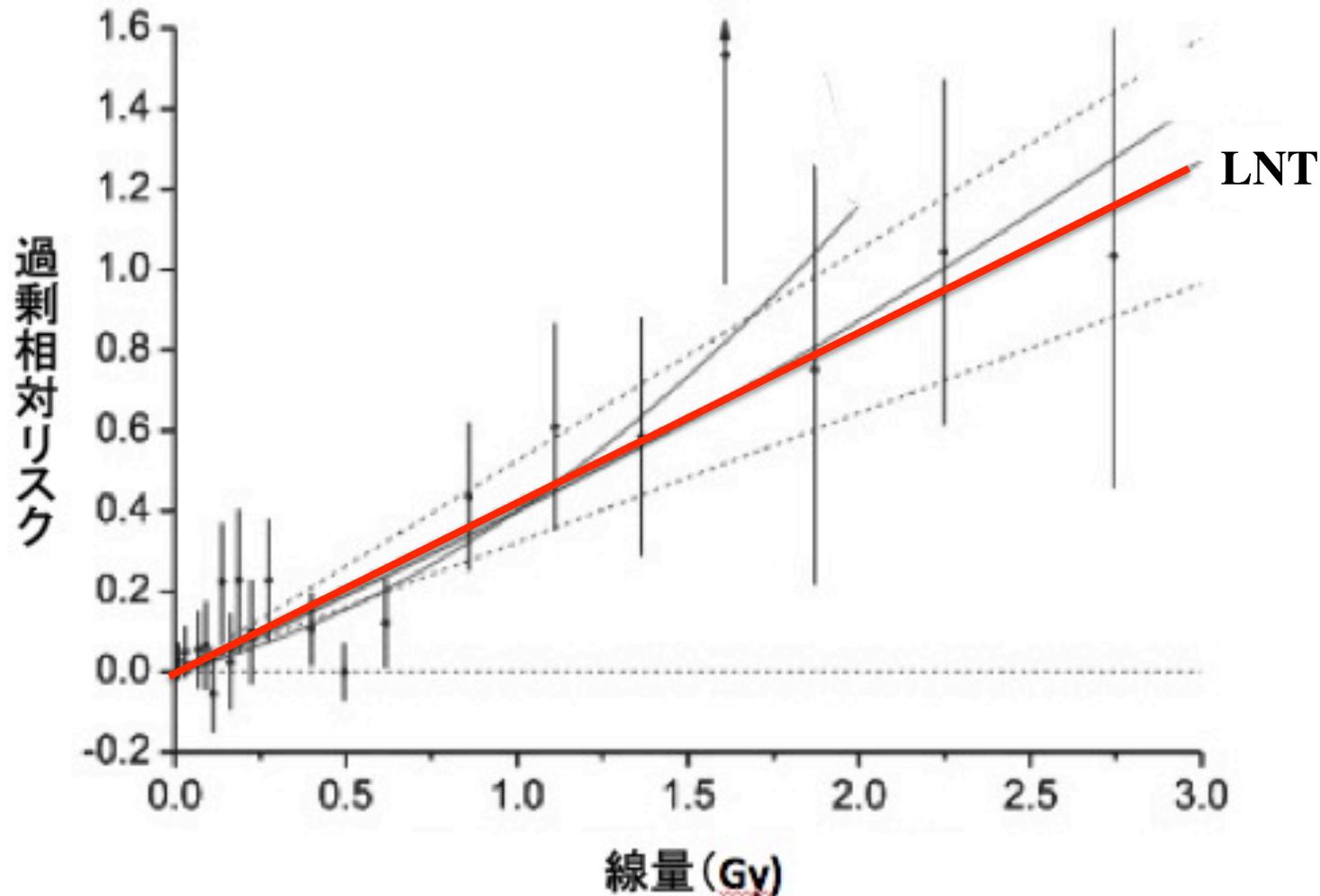
発がんに結びつく

# 原爆被爆者の生涯追跡調査 第14報より

(Ozasa K. et al. Rad. Res.177, 229, 2012)

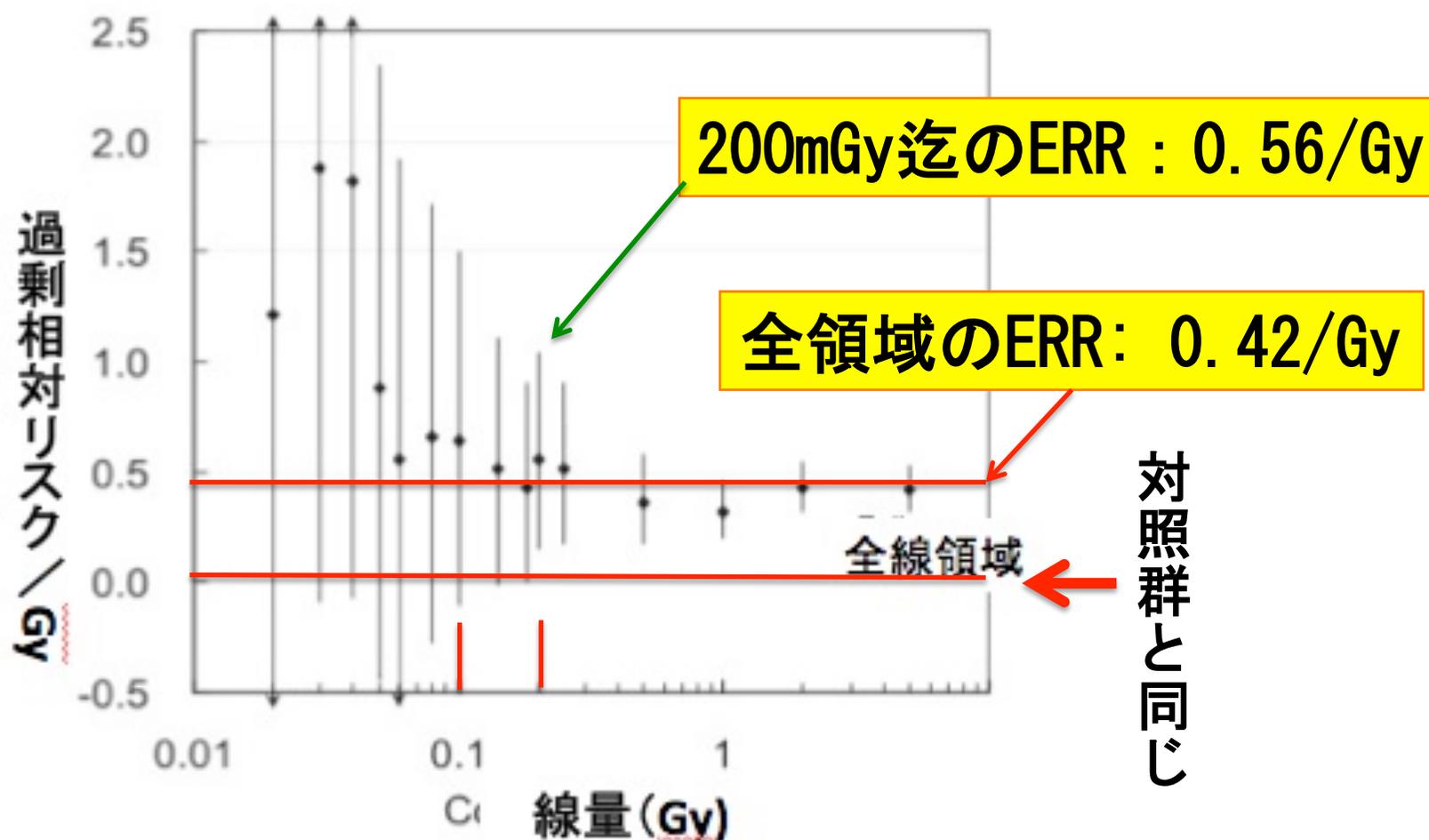
原爆被爆者追跡集団の大きさ：約87,000人  
対照群：爆心地から2.5km～10km圏内27,000人  
平均被ばく線量200mSv、50%以上が50mSv以下  
追跡期間：1950年から2003年まで

# 原爆被爆者の固形がん死の過剰相対リスク (過剰相対リスク:対照群よりどれだけリスクが多いか)



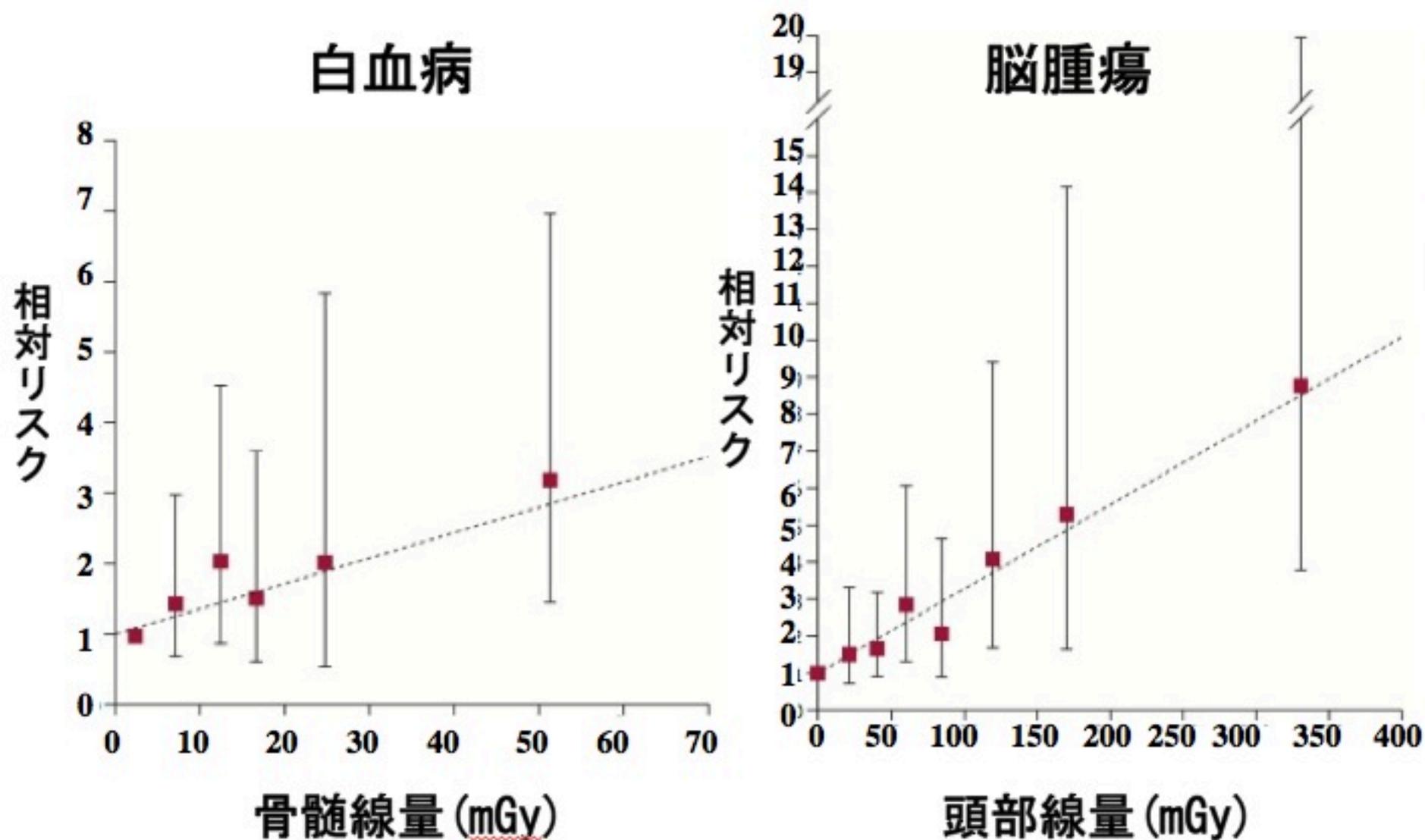
(Ozasa K. et al. Rad. Res.177, 229, 2012 より)

# 線量あたりの全固形がんの過剰相対リスク (過剰相対リスク:対照群よりどれだけリスクが多いか)



(Ozasa K. et al. Rad. Res.177, 229, 2012 より)

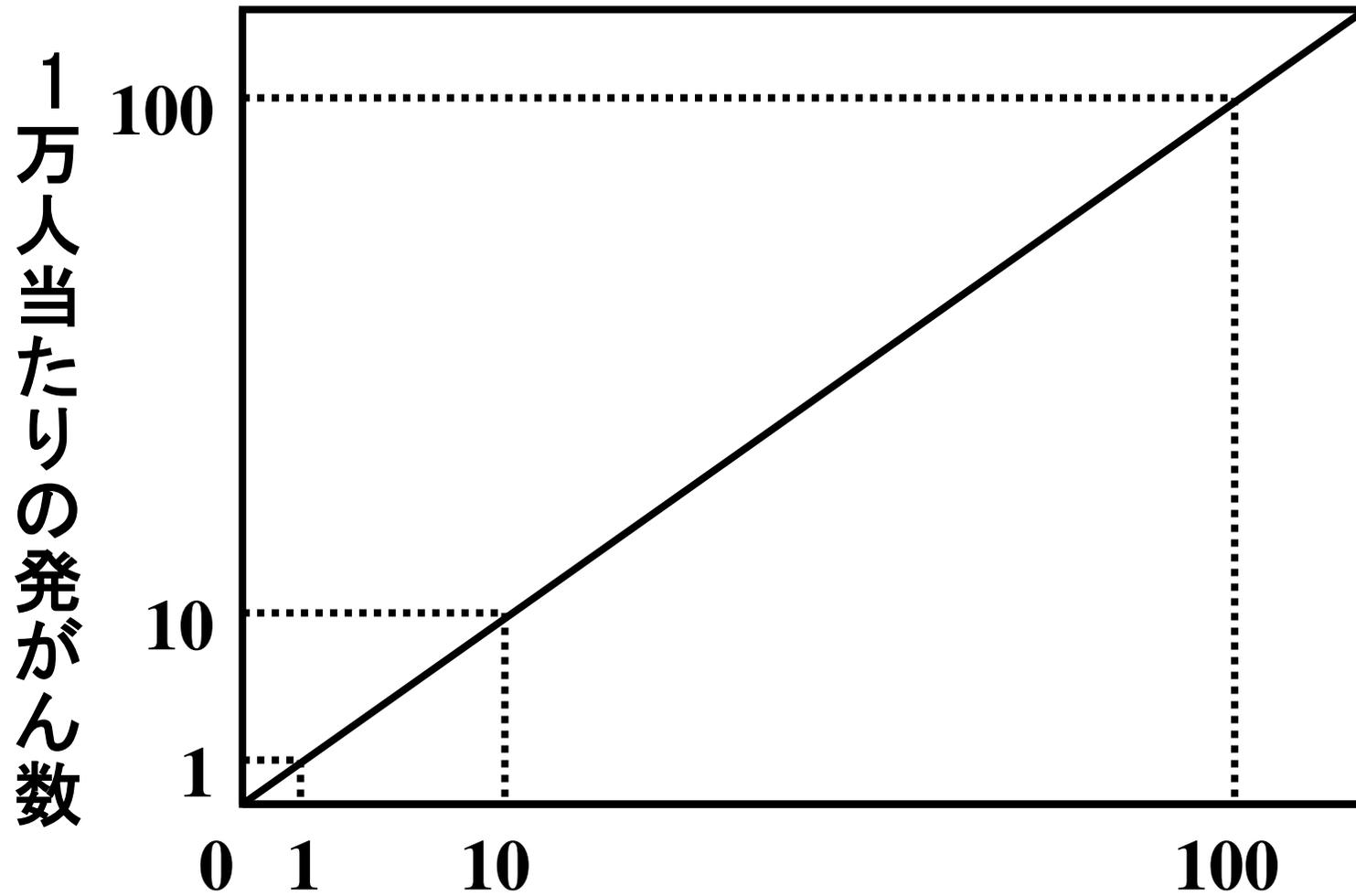
# CT検査による線量依存性白血病と脳腫瘍リスク



Pearce MS et al. The Lancet June 7, 2012

# 線量当たりの発がんリスク

「しきい値なし直線説」



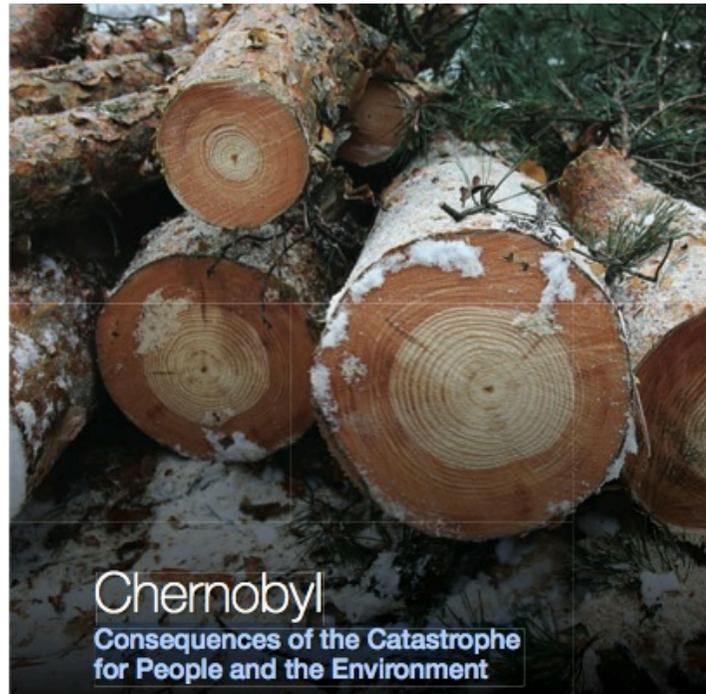
被ばく線量 (mSv)

(国際放射線防護委員会)

# 放射線による非がん性疾患の誘発

- 広島・長崎原爆被爆者生涯調査  
線量に比例して増加する  
心臓血管系、呼吸器系、消化器系、  
泌尿器系
- チェルノブイリ事故  
事故処理者、避難住民、その子ども  
先天性異常、脳神経系  
免疫力の低下、内分泌疾患、  
心臓血管系、若年性老化

ニューヨーク科学アカデミー 2009年  
『チェルノブイリ大惨事、人と環境に与える影響』  
100万人が死亡した。



Alexey V. **YABLOKOV**

Vassily B. **NESTERENKO**

Alexey V. **NESTERENKO**

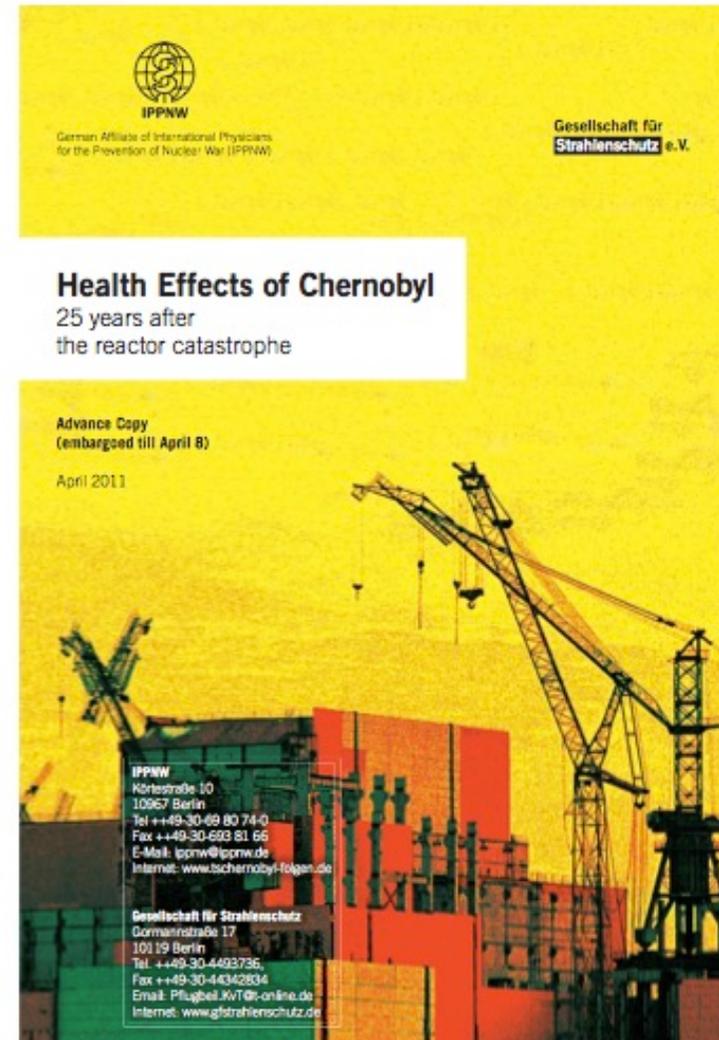
CONSULTING EDITOR *Janette D. Sherman-Nevinger*

ANNALS OF THE NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES

VOLUME 1181

チェルノブイリ被害実態レポート翻訳プロジェクト  
<http://chernobyl25.blogspot.com/>

『チェルノブイリの健康影響  
大惨事から25年』2011年  
核戦争防止国際医師会議



## 国会事故調で明らかにしたこと (1)

東電原子力部門にとってのリスクとは？

= 原子炉の長期間停止

自然災害のリスクも規制強化やプラントの  
長期停止のリスクとして捉えており、  
シビアアクシデントの起因要因としてではない。

放射線についても同様規制強化を  
極力避けようとしている

## 国会事故調で明らかにしたこと (2)

電事連の放射線被ばくリスクに関する働きかけ

- ・ 電事連が ICRP 委員を含む放射線専門家、原子力安全委員会に規制を緩めるよう働きかけを行い、成功している。(2007年勧告等に電力の主張が全て反映された)
- ・ 電気事業者連合(電事連)が放射線影響協会を通して ICRP 委員の国際会議出席旅費を負担している。

# 国会事故調で明らかにしたこと (3)

## 電事連の研究分野への働きかけ

- ・ 東電、武藤副社長：「悪い研究者に乗っ取られて悪い方向に向かわないように、研究の動向を監視しておくこと。」
- ・ 非がん性影響についても過度に厳しい放射線防護要求とならないよう研究を進める必要がある。
- ・ 放射線影響が蓄積しないことがわかれば、大幅な規制緩和が期待できる。

## 低線量放射線リスク評価に関する結論

放射線の健康リスクは発がんだけに限らない。  
100mSv以下の線量でも発がんリスクがある  
証拠は存在する。

100mSv以下のリスクがわからないことに  
されている要因の一つは、原発を維持、推進  
したい力が働いているからである。

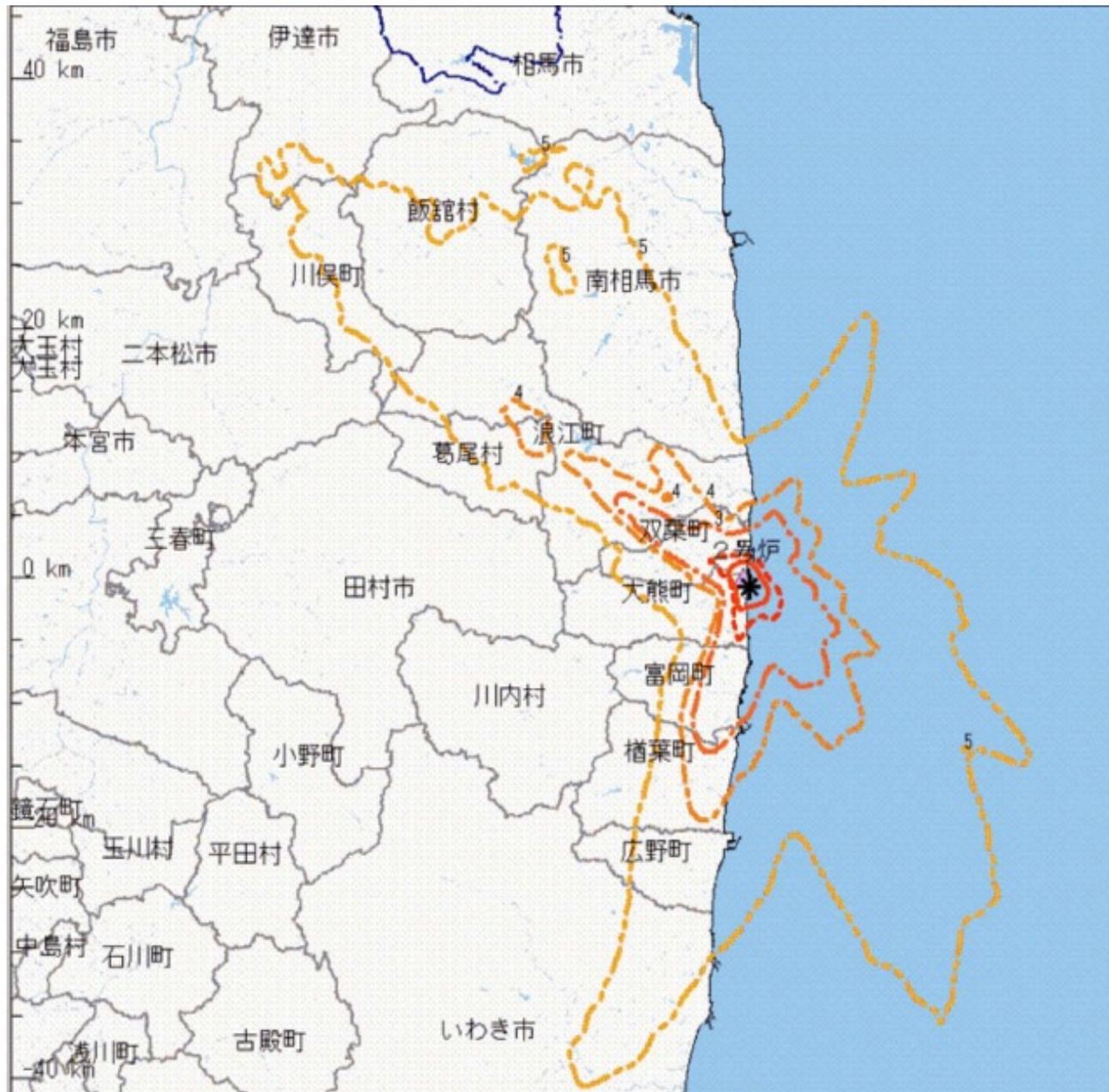
その力に対して放射線専門家が従順である。

原発事故

と

ヨウ素剤

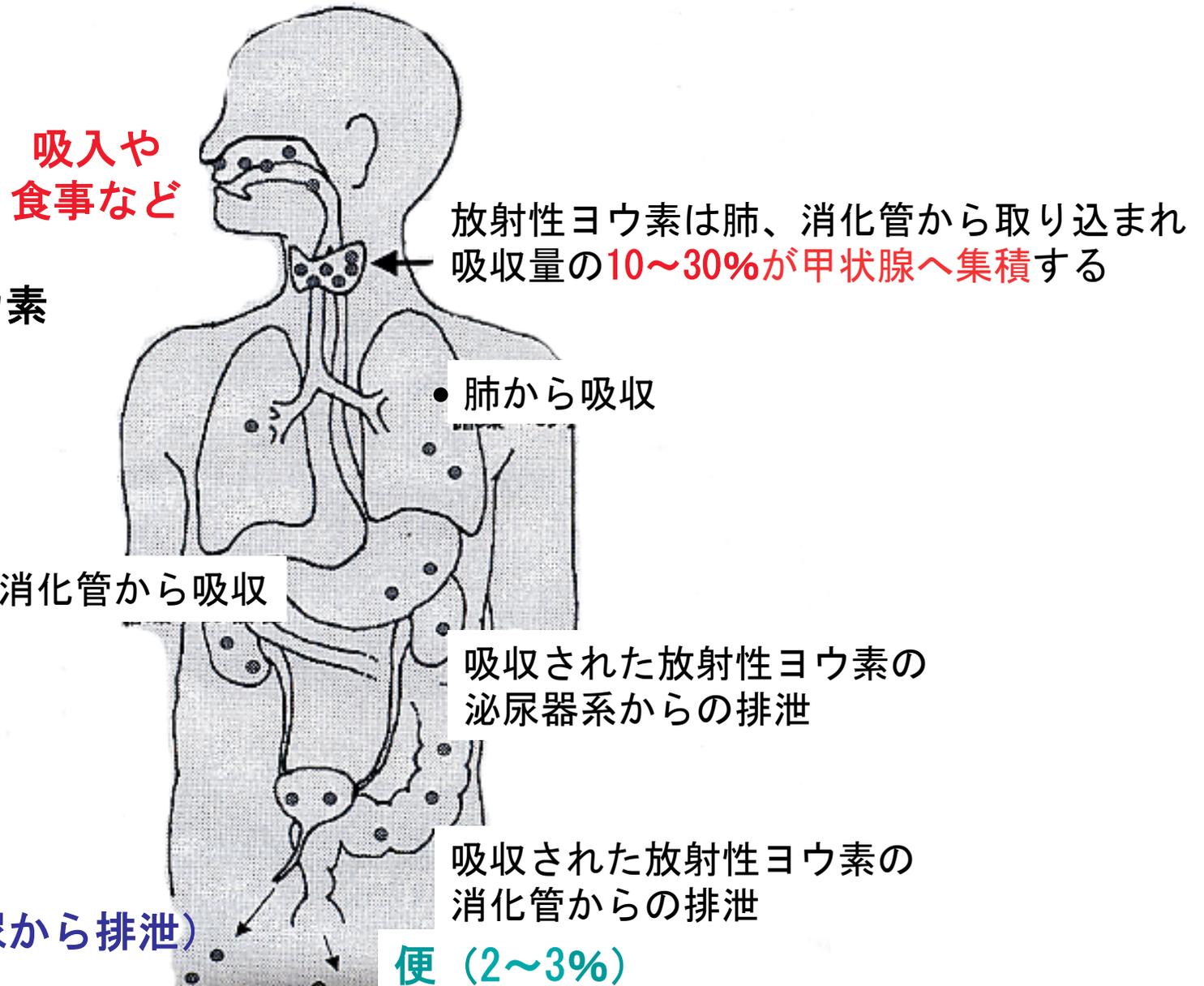
# SPEED I (緊急時迅速放射能影響予測) 結果 (12日間の蓄積)



(評価)  
 本試算は、福島第一原子力発電所の事故発生後、連続して一日中屋外で過ごすという保守的な条件を仮定して、甲状腺の被ばく線量を試算した

# 放射性ヨウ素の吸収と甲状腺への蓄積

- 放射性ヨウ素



# ヨウ素剤の効果と配布基準・場所

## ●ヨウ素剤はいつ飲むのが効果的？

放射性ヨウ素が取り込まれる

24時間前から同時	93% 阻止
2時間後では	80% 阻止
8時間以降	40% 阻止
24時間後	7% 阻止

## ●配布基準

等価線量が100mSvになると予測されたとき

(大気中に放射性ヨウ素が4,200ベクレル/m<sup>3</sup>

の時24時間その空気を吸い続ければ100mSvになる)

## ●現在決められている配布場所

避難所

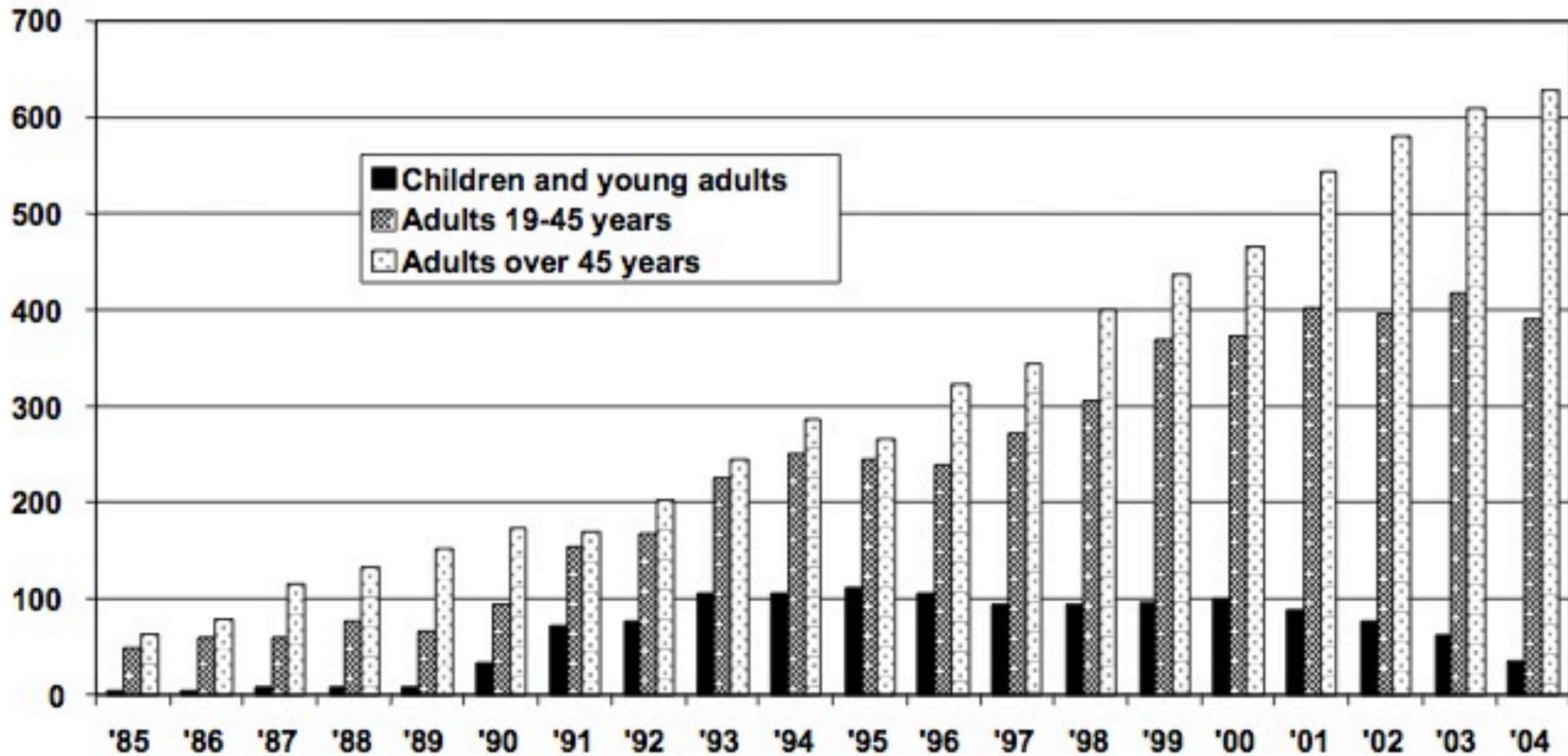
## ヨウ素剤の服用量

年齢	ヨウ素量	ヨウ化カリウム量	錠剤
新生児	12.5mg	16.3mg	KI 水溶液
生後1ヶ月 から3歳未満	25mg	32.5mg	KI 水溶液
3歳から 13歳未満	38mg	50mg	1
13歳から 40歳未満	100mg (76mg)	130mg	2
40歳以上		投与しない	

通常は1回の服用

錠剤1錠：ヨウ素量38mg，ヨウ化カリウム量50mg

# ベラルーシにおける甲状腺がん発症推移



『チェルノブイリの健康影響』  
IPPNW 2011年より

# 各国のヨウ素剤配布方法と備蓄

国	服用対象・指標	配布方法	事前配備地域
WHO	18才未満、妊婦、授乳婦 10mSv, 18-40才 100mSv		
ドイツ	18才未満、妊婦50mSv 成人 250mSv	事前及び事後	5km以内 全ての住居 5-10km 学校、病院、職場
日本	全年令 100mGy	事後	10km, 地方自治体
フランス	全年齢 50mSv	事前	10km以内 家庭配布 学校 保育所等
ベルギー	0-19才 妊婦・授乳婦 10mSv 成人 50mSv	事前	5km以内 家庭配布 10-20km 希望で家庭配布 20-30km 学校等に備蓄
アメリカ	0-18才、妊婦、授乳婦 50mGy 18-40才 100mGy	州レベルで 決定	州レベルで決定

## ヨウ素剤を服用、配布した市町村の状況

一部の市町村では空間線量が分からず、服用のタイミングが分からない中、各避難所で医師の立ち会いはなかったが、放射線防護の観点からヨウ素剤を服用/配布した

	市町村	服用・配布日時	配布人数	医療関係者の有無	服用した/しない根拠
服用指示あり	富岡町	12日夕～13日	人数不明 2万1000個配布	保健師が対応	万が一を考えると服用させた方がいいと判断
	双葉町	13日	川俣町に避難した住民が対象。服用したのは少なくとも845人	薬剤師	水素爆発の発生を機に予防策が必要だと判断
	大熊町	15日	三春町に避難した340人	不明	三春町にいた町の職員が判断。町長には事後報告
	三春町	15日 13時～18時	7250人	保健師が対応	風向きを考慮し放射線の影響が三春町に及ぶと判断
個人に配布	いわき市	16日午前～	15万2500人 25万7700錠	薬剤師	空間線量や炉の情報がなく、飲むタイミングが分からないため、県の指示待ちだった
	楢葉町	15日午後	いわき市に避難した3000人	薬剤師	
避難所に配布	浪江町	13、14日	同町津島地区に避難した8000人	不明	

# 安定ヨウ素剤が配布されなかった原因

- 原子力安全委員会の服用指示が市町村長に届かなかった。
- 福島県知事が服用指示を出さなかった。
- 市町村長は副作用を恐れて指示を出せなかった
- 配布量が1回分のみだった。
- 住民に安定ヨウ素剤についての知識がなかった
- 防災訓練時にヨウ素剤配布訓練はしていない。
- 各戸配布がなされていなかった。

# 緊急被ばく医療体制



(広島大学緊急被ばく医療推進センター 緊急被ばく医療体制の取組についてより引用)

図2 緊急被ばく医療体制の概念

# 放射線急性障害の人数と死亡者 (公式発表)

急性放射線障害の 分類	骨髄線量 (グレイ)	診断人数	死亡者数 (事故後の3カ月)
第Ⅳ度(重症)	6以上	21	20
第Ⅲ度	4~6	22	7
第Ⅱ度	2~4	50	1
第Ⅰ度(軽症)	1~2	41	0
後に急性障害から 除外	1以下	103	0
合計	—	237	28

# 一般の人々に多くの放射線障害があった —1992年に暴露されたソ連共産党秘密文書—

---

## ソ連共産党中央委員会に報告されていた病院収容者の数

---

**1986年5月4日** 病院に収容された者1882人。検査した人数全体は3万8000人。さまざまなレベルの放射線障害が現れた者204人、うち幼児64人。18人重症。

・  
・  
・

**5月7日** この1日で病院収容者1821人を追加。入院治療中は、7日10時現在、幼児1351人を含め4301人。放射線障害と診断されたもの520人、ただし内務省関係者を含む。重症は34人。

・  
・  
・

**5月13日** この1日で443人病院収容。908人が退院。入院中は9733人で、うち子供4200人。放射線障害の診断は、子供37人を含む299人。

・  
・  
・

**5月28日** 入院中5172人で、放射線障害は182人（うち幼児1人）。この1週間で1人死亡。これまでの死亡者は22人。

---

## 第三次緊急被ばく医療施設 収容可能患者数

東日本：放射線医学総合研究所

重症患者：8人（+協力病院16人）

中症患者：10人

西日本：広島大学（除染施設建設中）

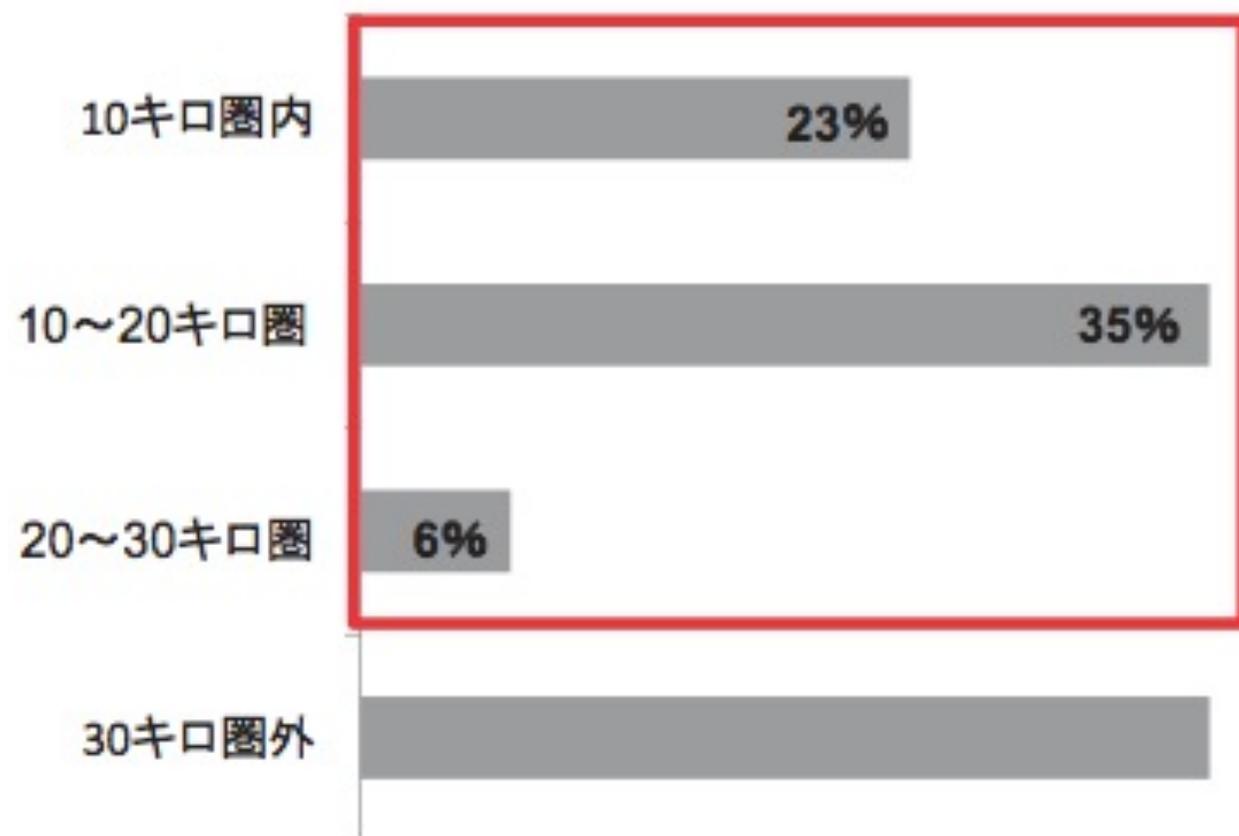
重症患者：10人

中症患者：11人

## 初期被ばく医療機関の立地

全国の初期被ばく医療機関の64%が30km圏内に位置している

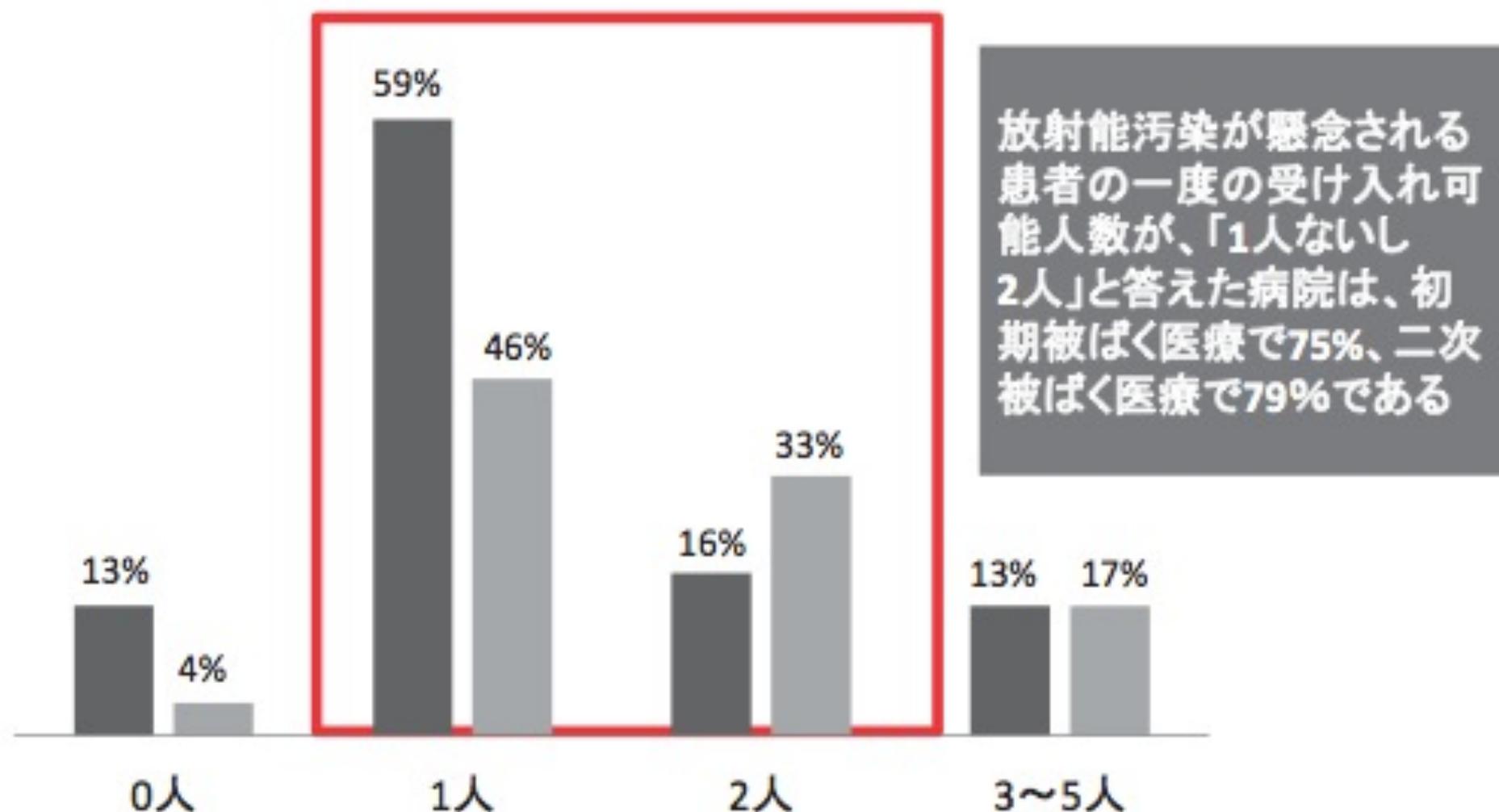
全国の初期被ばく医療機関と原発の距離(集計)



全国の初期被ばく  
医療機関の64%が  
原発から30キロ圏  
内に位置する

## 初期・二次被ばく医療機関の最大受け入れ人数

■ 初期被ばく病院数 ■ 二次被ばく病院数



※回答率：初期被ばく医療機関36%、二次被ばく医療機関76%

# 緊急被ばく医療体制についての結論

- 緊急被ばく医療体制はほとんど機能しなかった。
- その状況は今も変わっていない。
- 医療界の現状を考えると簡単には改善されないと思われる。

このような現状ですでに原発は再稼働されている。

ありがとうございました

