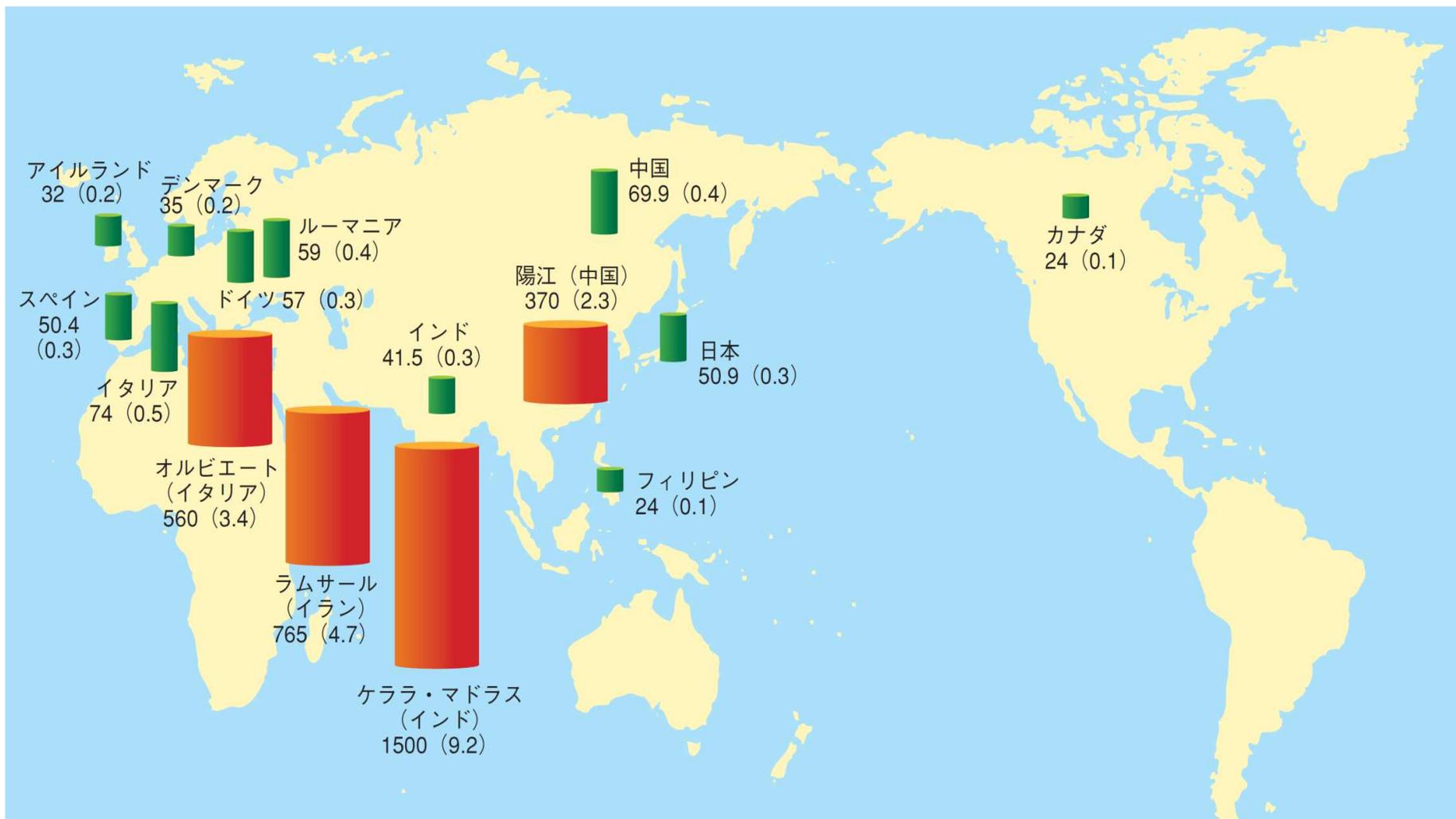


自然からの被ばく線量の内訳

線源	内訳	実効線量 (ミリシーベルト/年)
外部被ばく	宇宙線	0.3
	大地放射線	0.33
内部被ばく (吸入摂取)	ラドン (屋内、屋外)	0.37
	トリウム (屋内、屋外)	0.09
	喫煙 (鉛 ²¹⁰ 、ポロニウム ²¹⁰ など)	0.01
	その他 (ウランなど)	0.006
内部被ばく (経口摂取)	主に鉛 ²¹⁰ 、ポロニウム ²¹⁰	0.80
	トリチウム	0.0000082
	炭素 ¹⁴	0.01
	カリウム ⁴⁰	0.18
合 計		2.1

大地の放射線（世界）

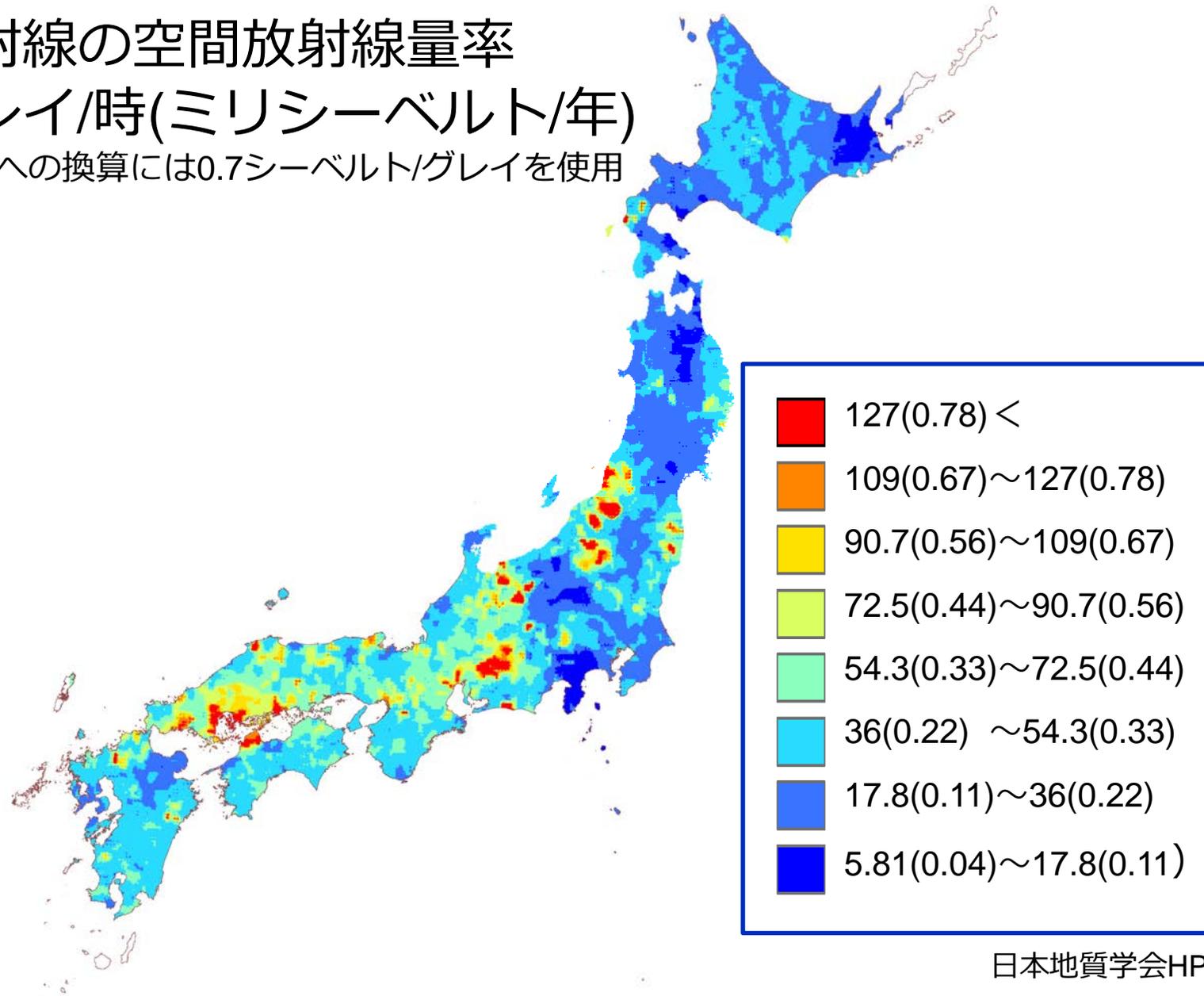
ナノグレイ/時（ミリシーベルト/年）
実効線量への換算には**0.7**シーベルト/グレイを使用



大地の放射線 (日本)

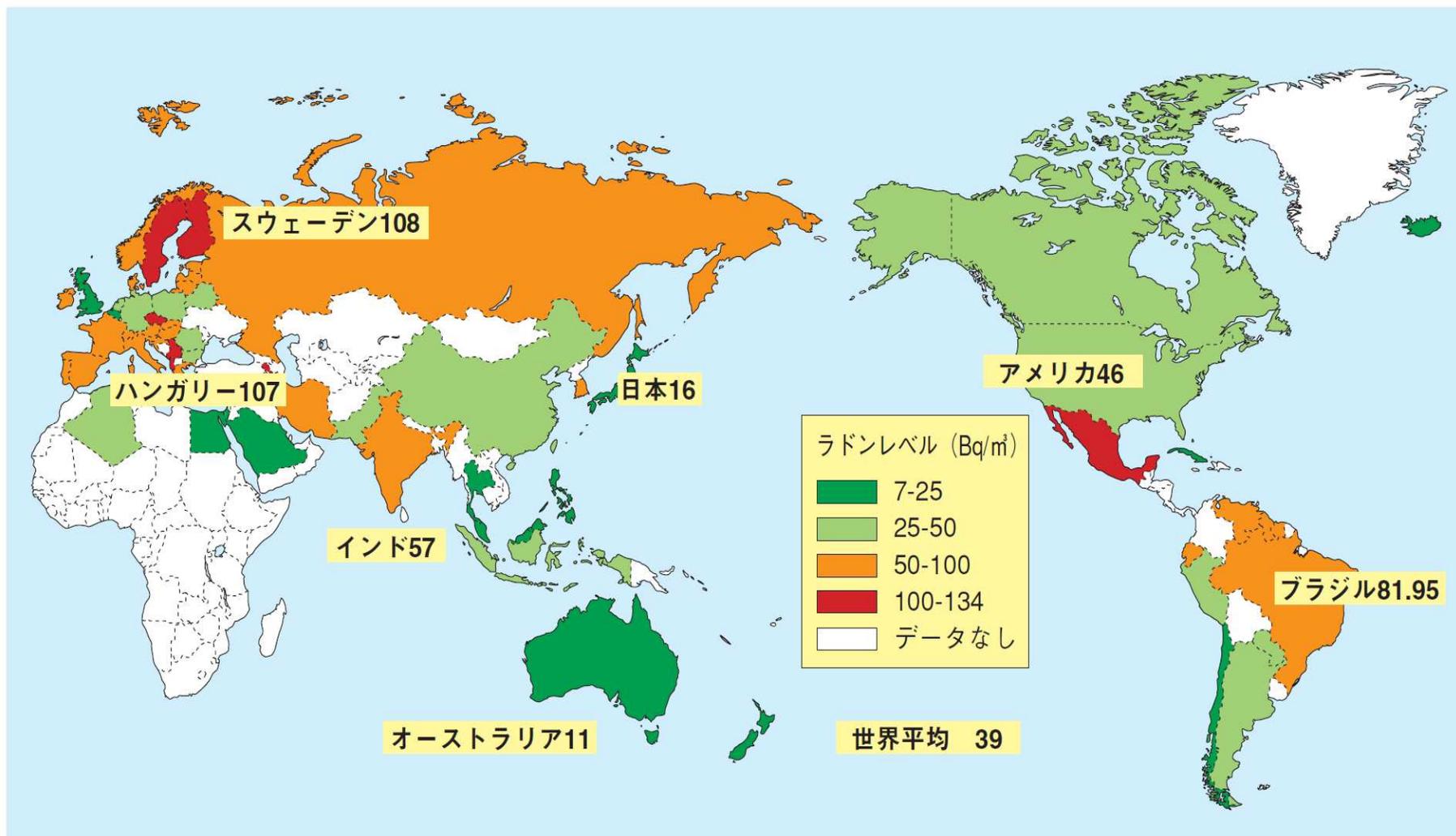
自然放射線の空間放射線量率
ナノグレイ/時(ミリシーベルト/年)

・実効線量への換算には0.7シーベルト/グレイを使用



屋内ラドン

屋内ラドンからの被ばくの地域差 (算術平均 Bq/m^3)



Bq/m^3 : ベクレル/立方メートル

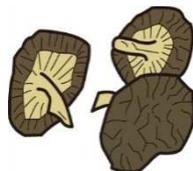
UNSCEAR2006年報告書より

身近な放射線源

0.18ミリシーベルト/年

放射性カリウムの濃度
(Bq/kg)

干しいたけ
(700)



ポテトチップス
(400)



ほうれん草
(200)



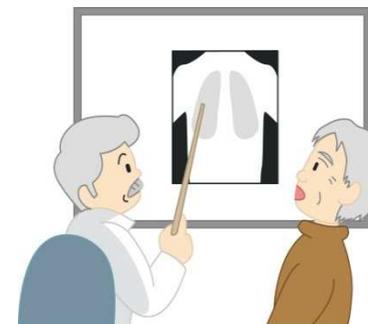
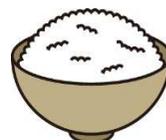
牛乳 (50)



魚 (100)



米 (30)



胸のX線検診

0.06ミリシーベルト

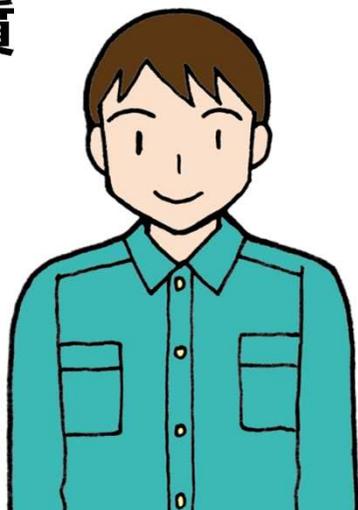


航空機内

0.1~0.2ミリシーベルト
(東京ニューヨーク間往復)

食品からの放射線

体内の放射性物質



体重60kgの場合

カリウム40	※1	4,000Bq
炭素14	※2	2,500Bq
ルビジウム87	※1	500Bq
鉛・ポロニウム	※3	20Bq

- ※1 地球起源の核種
- ※2 宇宙線起源のN-14由来の核種
- ※3 地球起源ウラン系列の核種

食品中の放射性物質（カリウム40）の濃度



米 30 牛乳 50 牛肉 100 魚 100 ドライミルク 200 ほうれん草 200
ポテトチップス 400 お茶 600 干しいたけ 700 干し昆布 2,000 (Bq/kg)

Bq : ベクレル Bq/kg : ベクレル/キログラム
(公財) 原子力安全研究協会「生活環境放射線データに関する研究」(1983年)より作成

各放射線診療の診断参考レベルと被ばく線量

	被ばく線量（およその値）		診断参考レベル			
	線量	線量の種類	IAEA ガイダンスレベル	日本放射線技師会 ガイドライン	線量の種類	
検査の種類	胸部X線撮影	0.06mSv	実効線量	0.4mGy	0.3mGy	入射表面線量
	上部消化管検査 (バリウム検査)	3mSv	実効線量		直接 100mGy 間接 50mGy	入射表面線量
	CT撮影	5~30mSv	実効線量	頭部 50mGy 腹部 25mGy	頭部 65mGy 腹部 20mGy	CTDI (CT線量指標)
	核医学検査	0.5~15mSv	実効線量	放射性医薬品毎の 値	放射性医薬品毎の 値	投与放射能
	PET検査	2~10mSv	実効線量	〃	〃	〃
	乳房撮影 (マンモグラフィ)	2mGy	乳腺線量	3mGy	2mGy	乳腺線量
	歯科撮影	0.002~0.01mSv	実効線量	(なし)	(なし)	

mSv; ミリシーベルト, mGy; ミリグレイ

診断で受ける放射線量

	診断部位	実効線量 (mSv)
一般X線	頭 部 (直接撮影)	0.1 *1
	胸 部 (直接撮影)	0.4 *1
	胃 部 (バリウム)	3.3 *1
X線CT	頭 部	2.4 *2
	胸 部	9.1 *2
	上腹部	12.9 *2
	下腹部	10.5 *2
集団検診	胃 部 (透視)	0.6 *3
	胃 部 (撮影)	0.07 *3
	胸 部 (撮影)	0.06 *4

*1 : 丸山隆司、岩井一男、西沢かな枝、野田豊、隈元芳一 ; X線診断による臓器・組織線量、実効線量および集団実効線量 RADIOISOTOPES, Vol. 45, No. 12, 23-34, 1996

*2 : 西沢かな枝、松本雅紀、岩井一男、丸山隆司 ; CT検査件数及びCT検査による集団実効線量の推定 日本医学放射線学会雑誌 64, 67-74, 2004

*3 : 国民線量推定のための基礎調査(XXIII) 平成12年3月 放射線影響協会

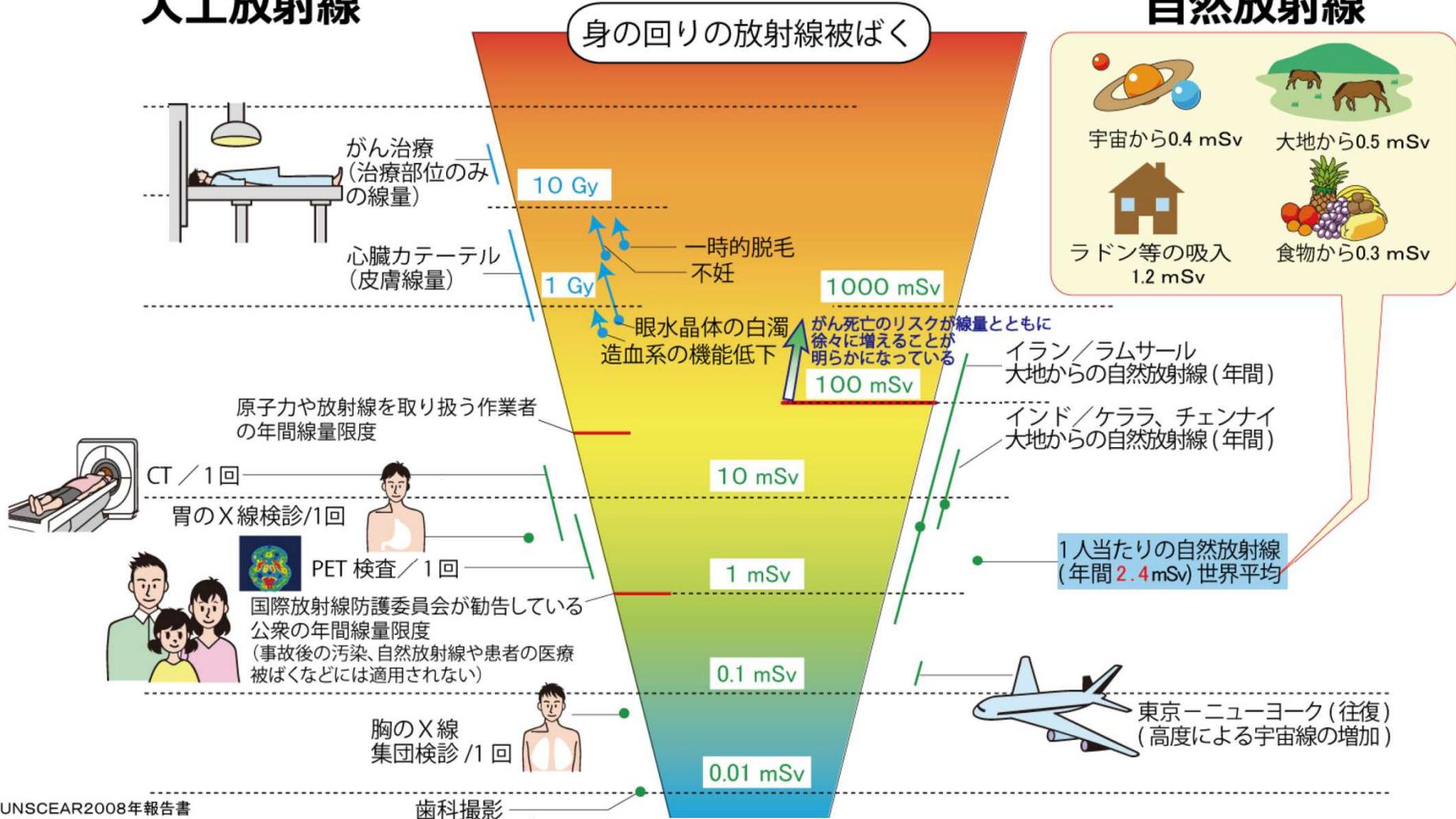
*4 : 丸山隆司 ; Radiat. Prot. Dosimetry, 43, 213-216, 1992

mSv : ミリシーベルト

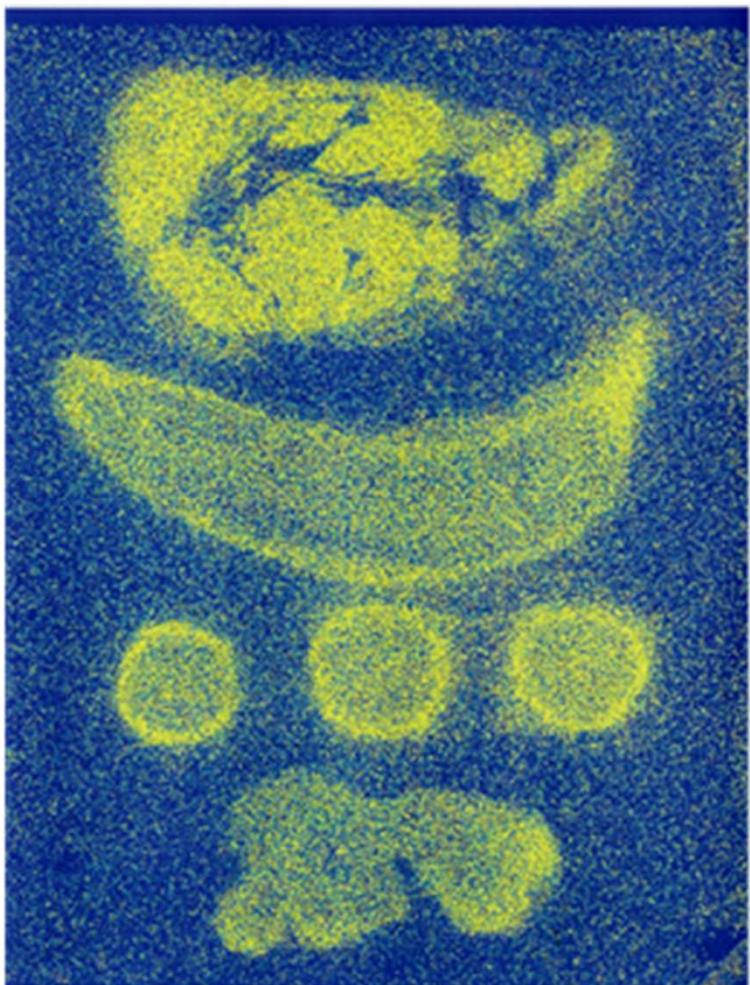
被ばく線量の比較 (早見図)

人工放射線

自然放射線



- ・UNSCEAR2008年報告書
- ・ICRP2007年勧告
- ・日本放射線技師会医療被ばくガイドライン



事故前の食品中の放射能

- ・主に カリウム**40**のベータ線
- ・カリウム**40**の存在比は**0.012%**
- ・カリウム**40**の半減期は **1.26×10^9** 年

豚肉、バナナ（縦切りおよび横切り）、
ショウガの放射能像

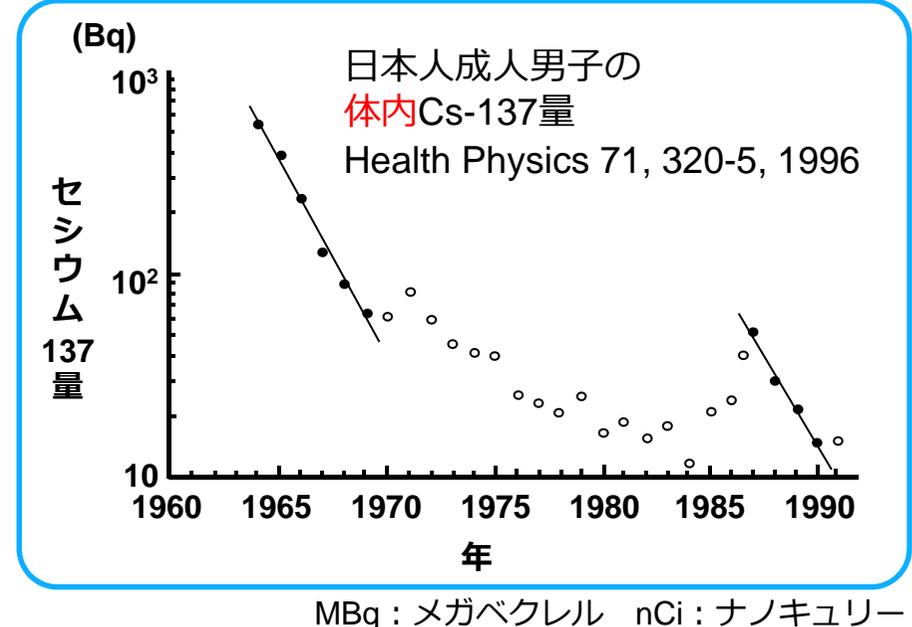
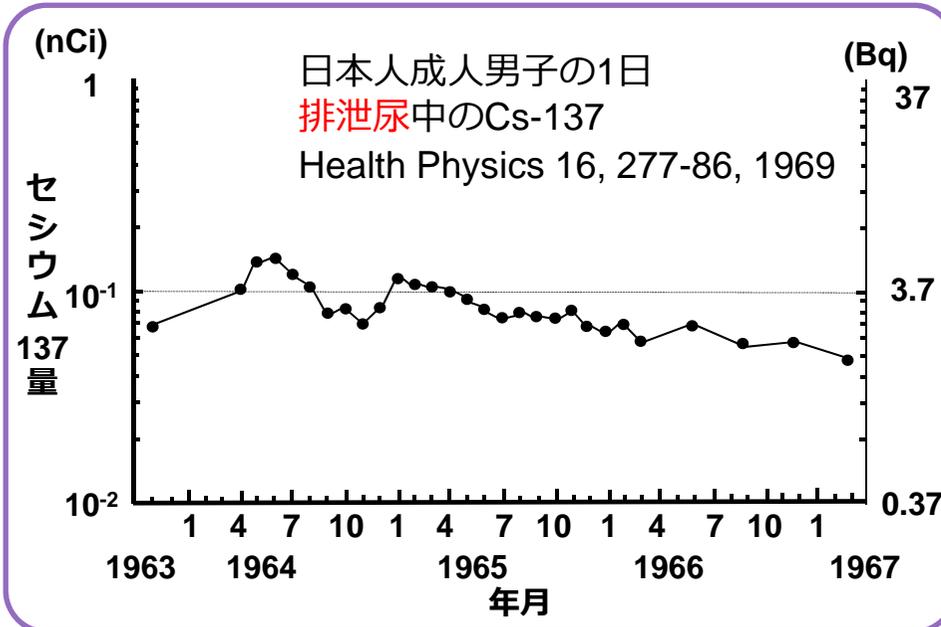
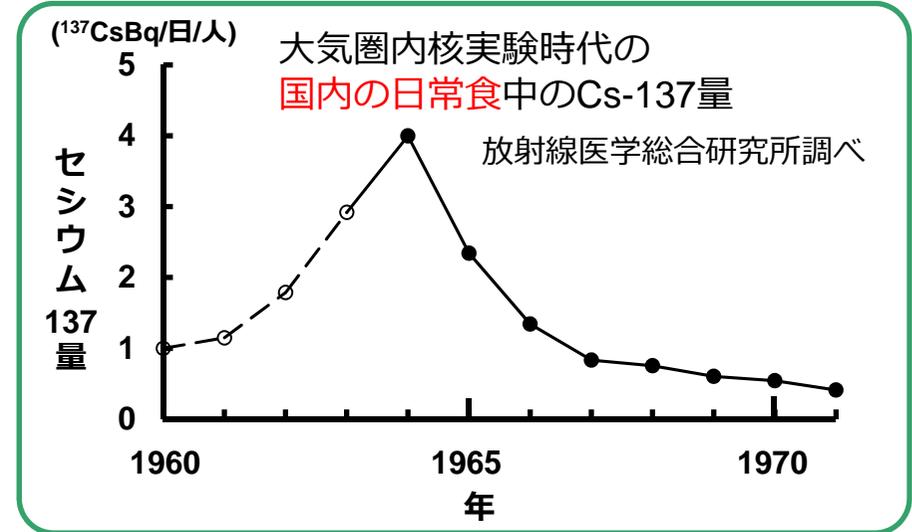
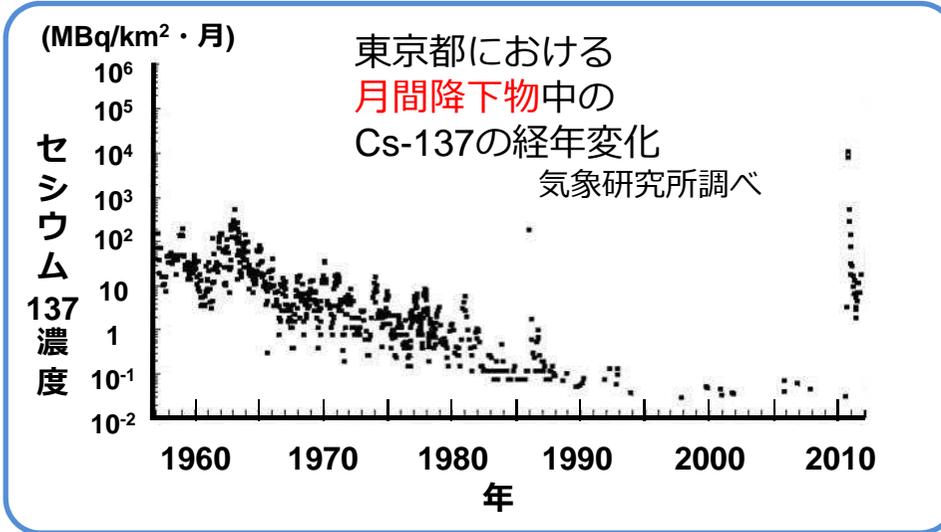
フォールアウトの影響

体内放射能：体重60kg

K-40：4000 Bq (ベクレル)

C-14：2500 Bq

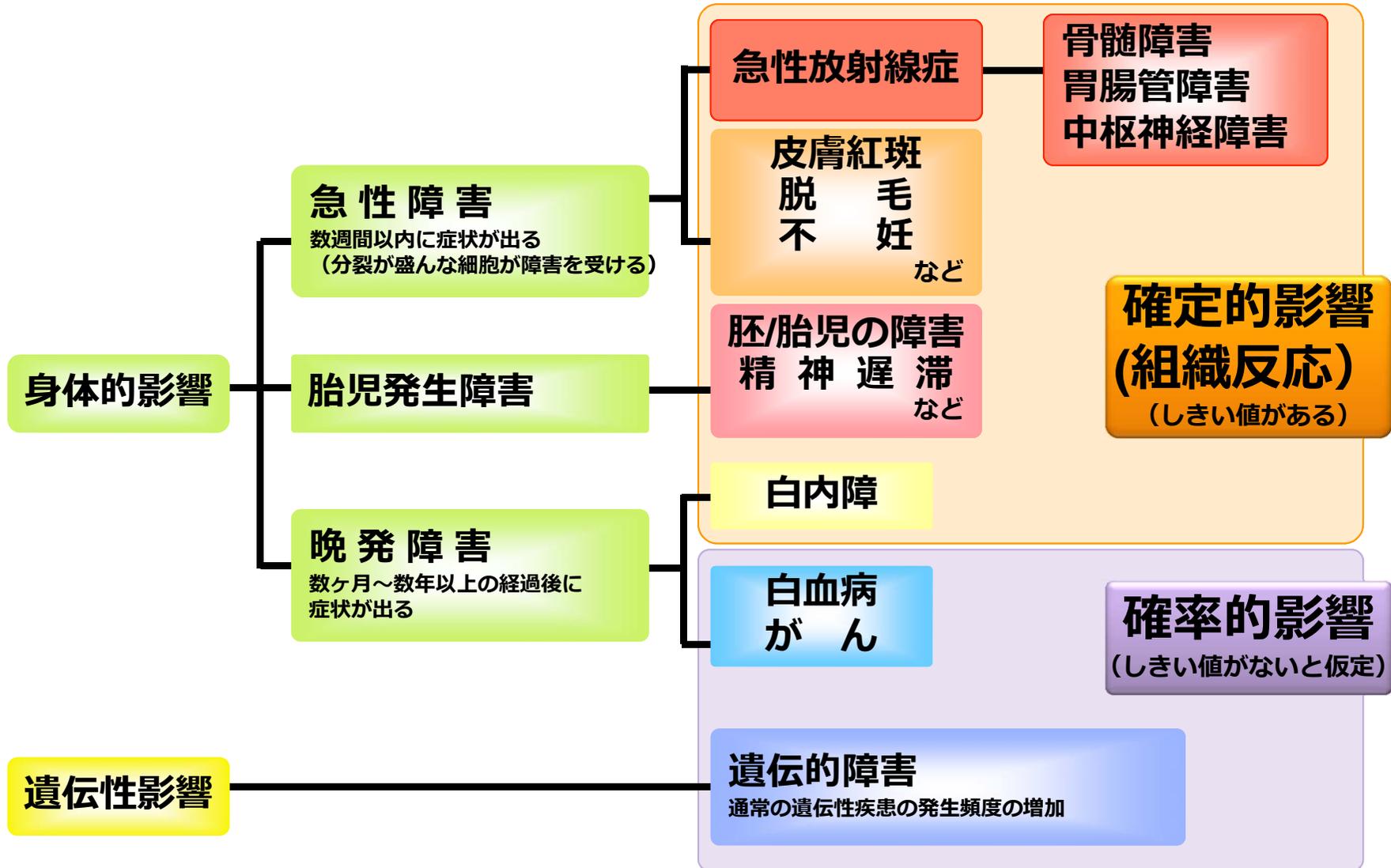
Rb-87：520 Bq



MBq：メガベクレル nCi：ナノキュリー

影響の種類

▶ 放射線を受けた後にどのような障害が生じるか、生じないか、受けた放射線の量、受けた場所（全身、局所）、時間的経過（被ばくの様式）を考慮する



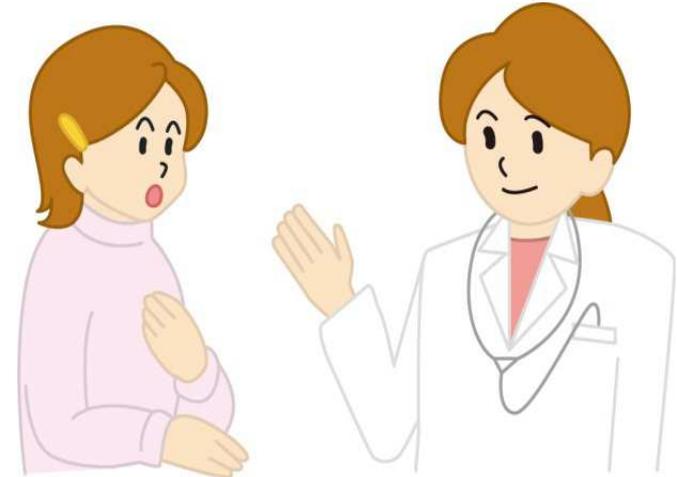
被ばくの形態と影響

- ◆ 高線量被ばく
(大量の放射線を受けた)
- ◆ 低線量被ばく
(少量の放射線を受けた)

皮膚障害
吐き気
脱毛 ?

急性障害は
急性被ばく
でおこる

- ◆ 急性被ばく
(大量の放射線を短時間に受けた)
- ◆ 慢性被ばく
(少量ずつ長時間受けた)



放射線影響の分類

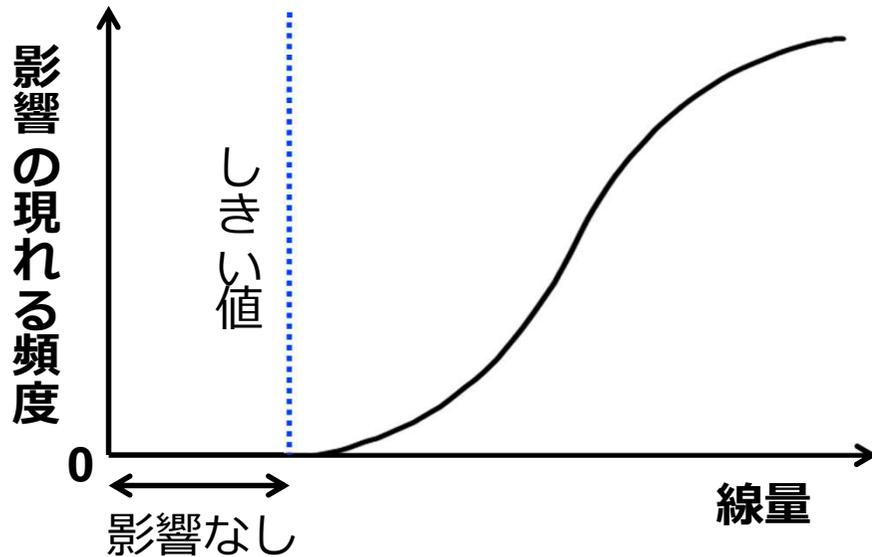
		潜伏期間	例	線量反応関係
影響の出現	身体的影響	数週間以内 = 急性影響 (早期影響)	急性放射線症* 急性皮膚障害	細胞死/細胞変性 で起こる 確定的影響 
		数ヶ月以降 = 晩発影響	胎児の発生・ 発達異常(奇形)	
	水晶体の混濁		がん・白血病	
	遺伝性影響		遺伝性疾患	

*主な症状としては、被ばく後数時間以内に認められる嘔吐、数日から数週間にかけて生じる下痢、血液細胞数の減少、出血、脱毛、男性の一過性不妊症などである。

確率的影響と確定的影響

確定的影響

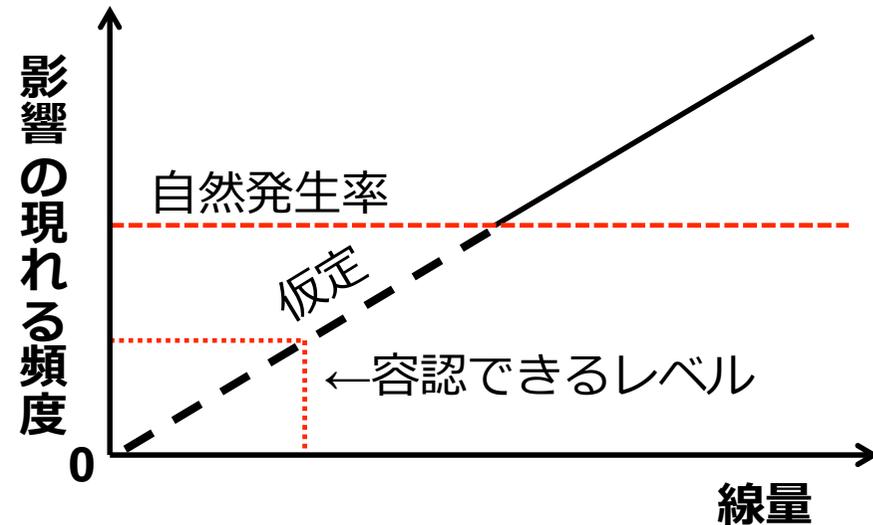
放射線を受けた人のうち最も放射線に対して感受性が高い1%の人が発症する線量を「しきい値」としている。
(ICRP2007年勧告)



確定的影響（脱毛・白内障・皮膚障害等）

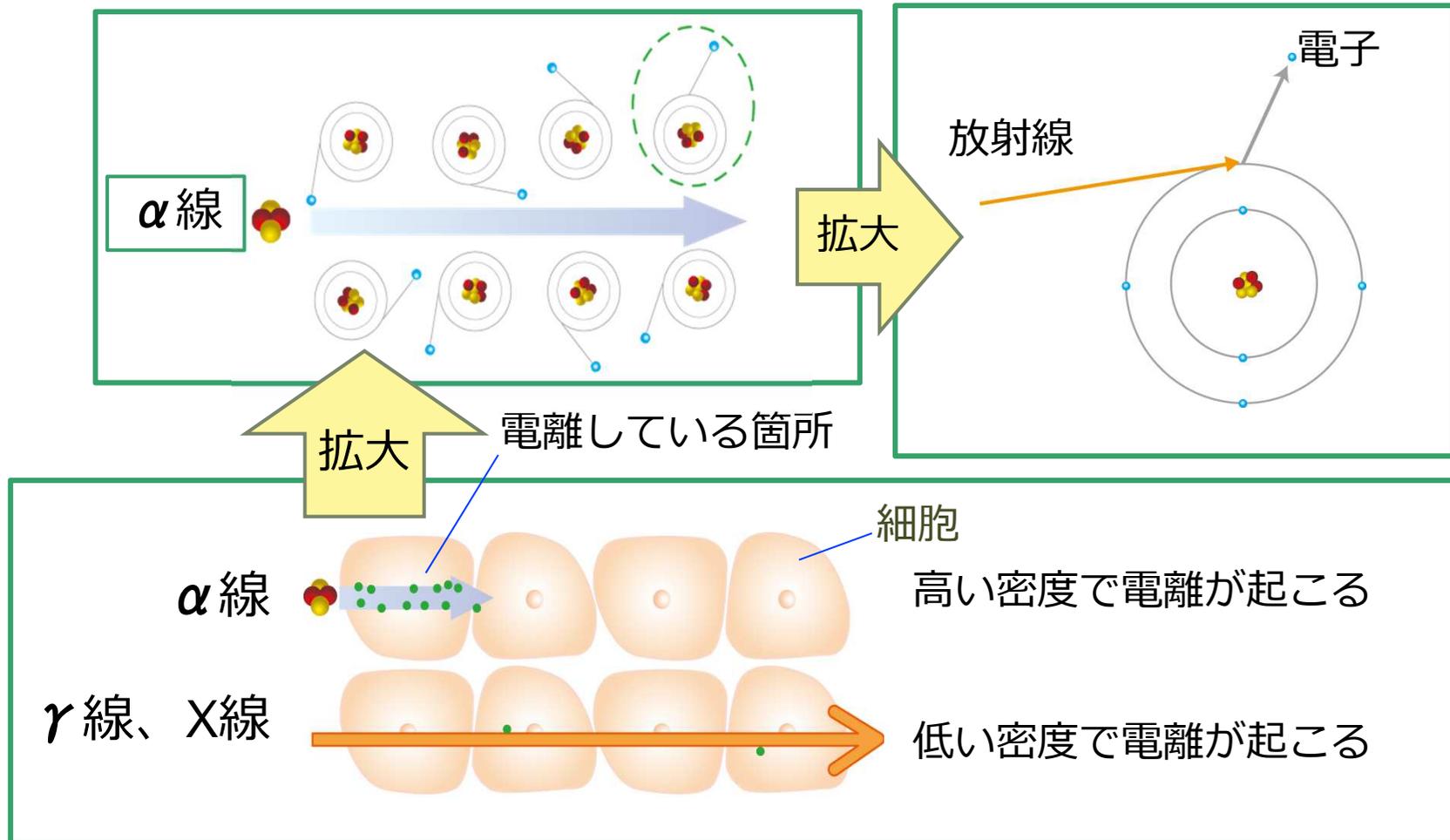
確率的影響

一定の線量以下では、喫煙や飲酒と言った他の発がん影響が大きすぎて見えないが、ICRPなどではそれ以下の線量でも影響があると仮定して、放射線防護の基準を定めることとしている。



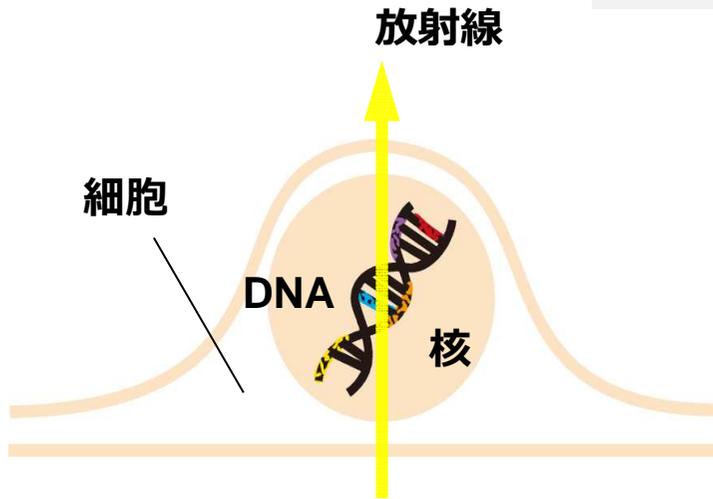
確率的影響（がん・白血病・遺伝等）

放射線による電離作用



DNAの損傷と修復

X線 1 ミグレイ当たりの損傷(1細胞当たり)

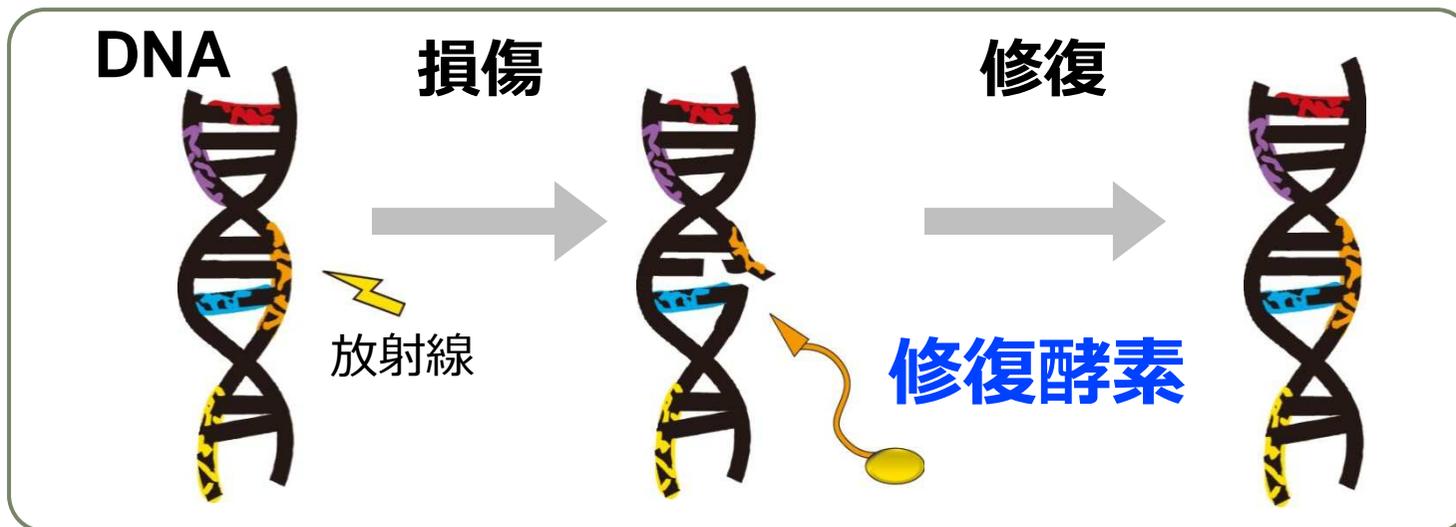


塩基損傷 2.5 箇所

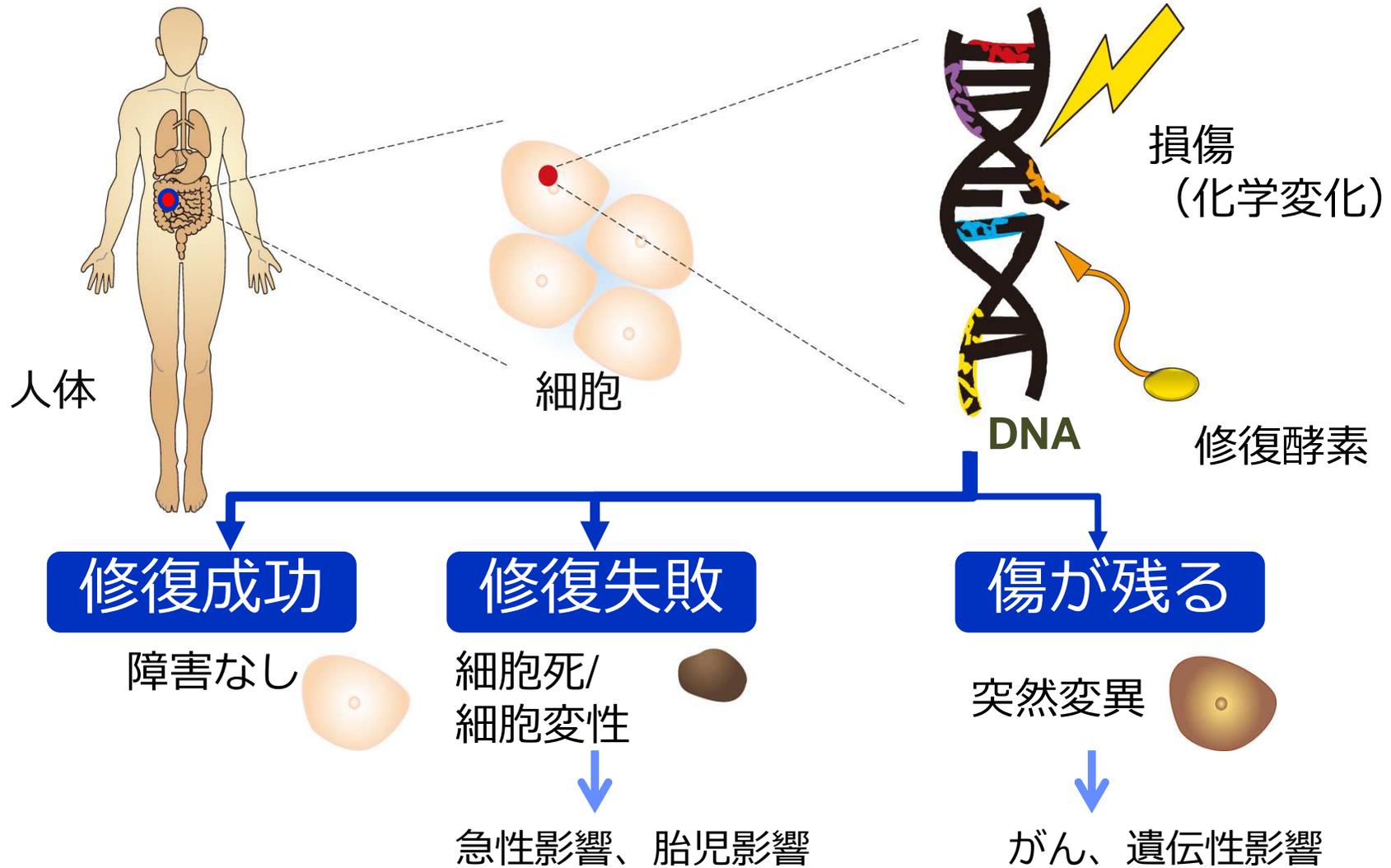
一本鎖切断 1 箇所

二本鎖切断 0.04 箇所

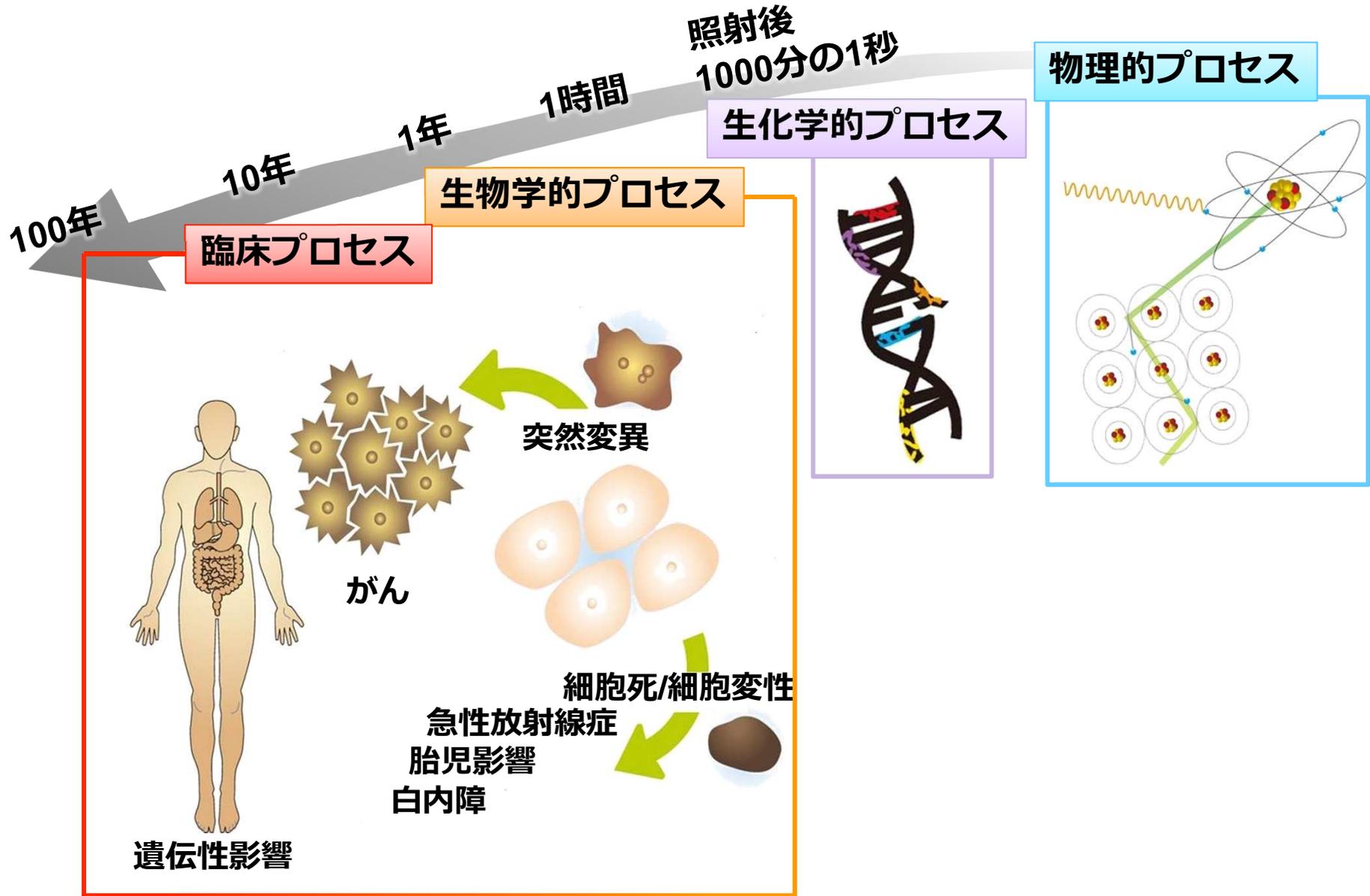
Morgan, 米国放射線防護委員会
年次総会(第44回、2009)



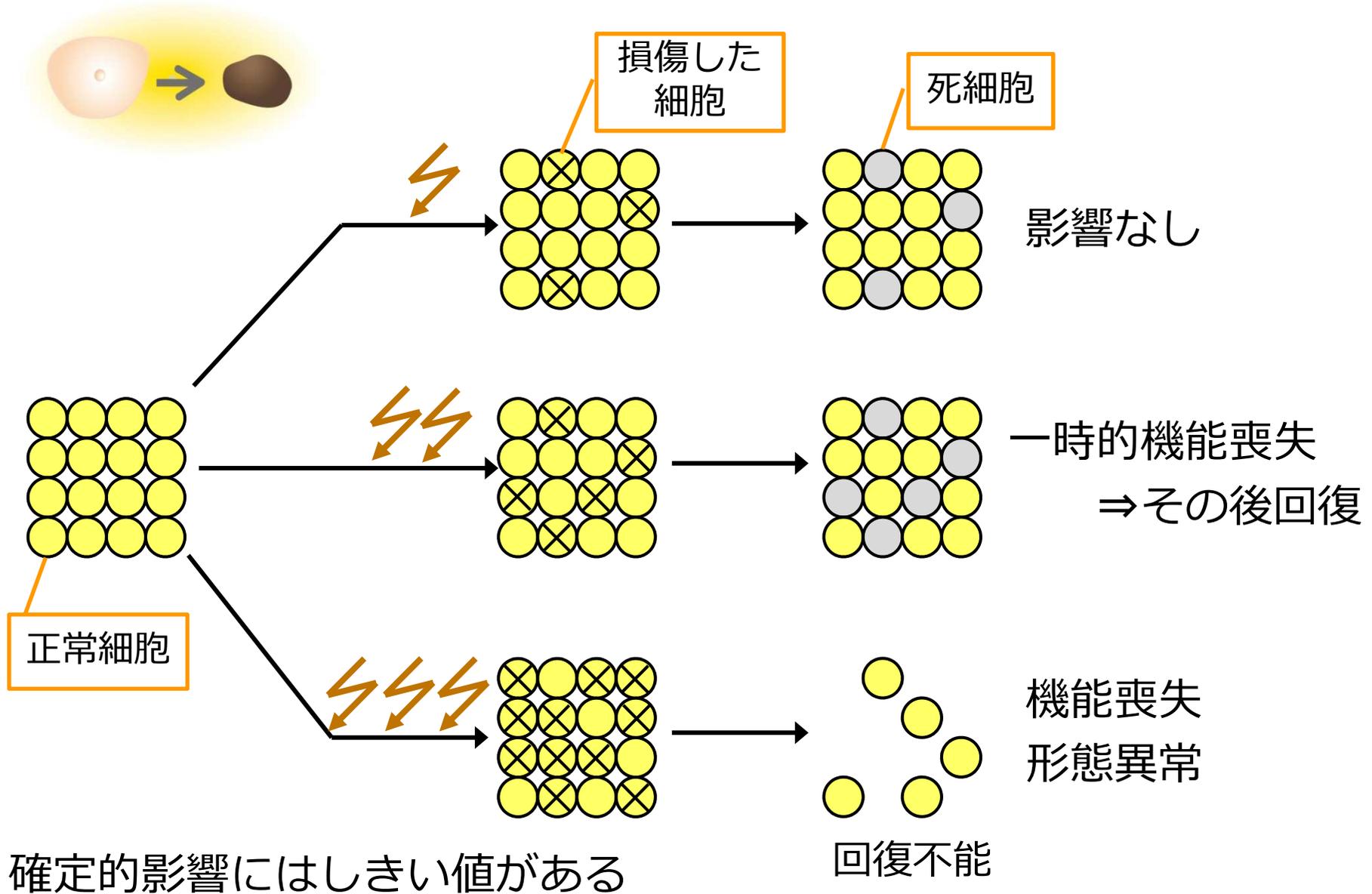
DNA→細胞→人体



被ばく後の時間経過と影響



確定的影響



臓器・器官の放射線感受性

分裂が盛ん

感受性が高い

造血系：骨髄、リンパ組織（脾臓、胸腺、リンパ節）

生殖器系：精巣、卵巣

消化器系：粘膜、小腸絨毛

表皮、眼：毛嚢、汗腺、皮膚、水晶体

その他：肺、腎臓、肝臓、甲状腺

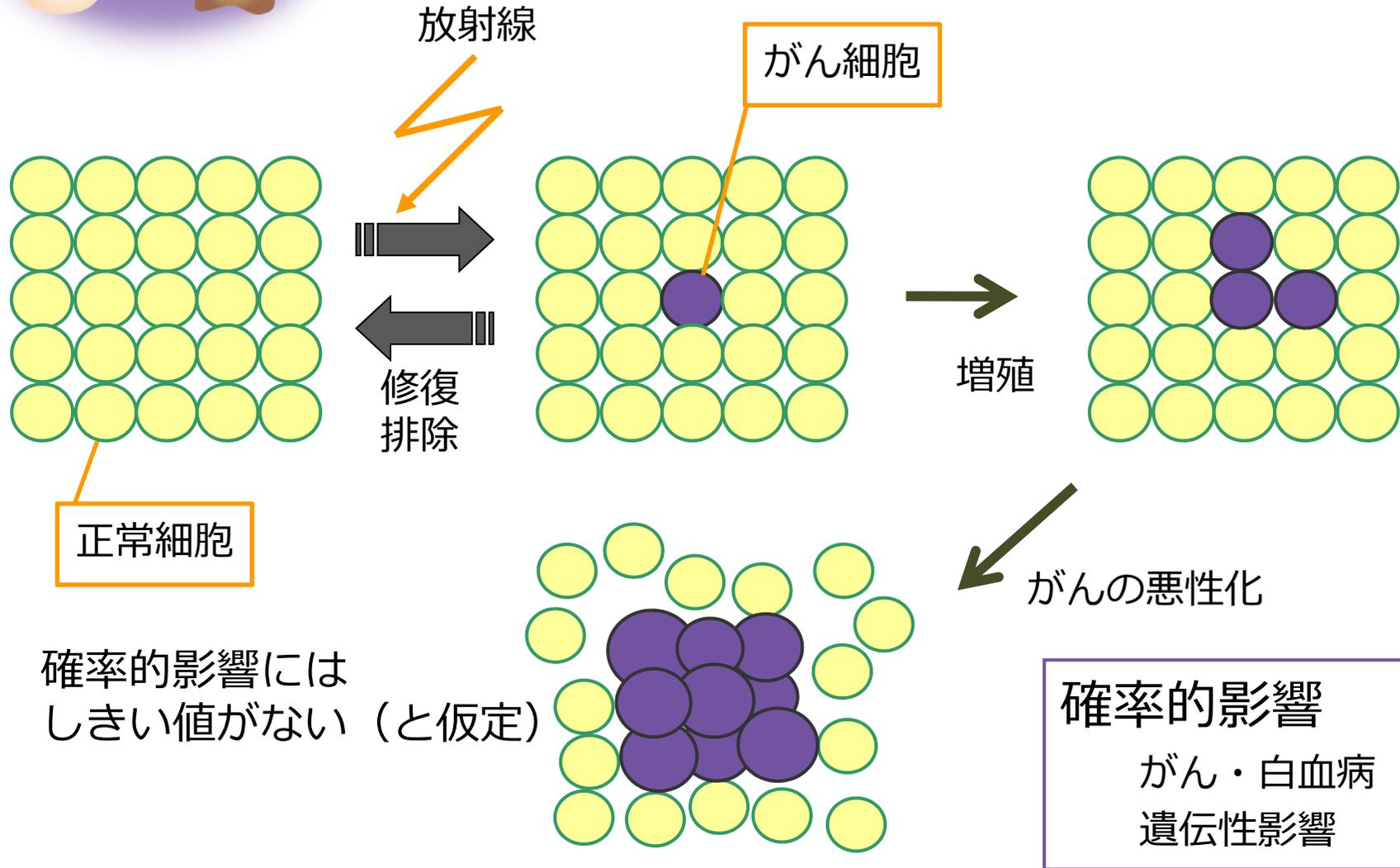
支持系：血管、筋肉、骨

伝達系：神経

分裂しない

感受性が低い

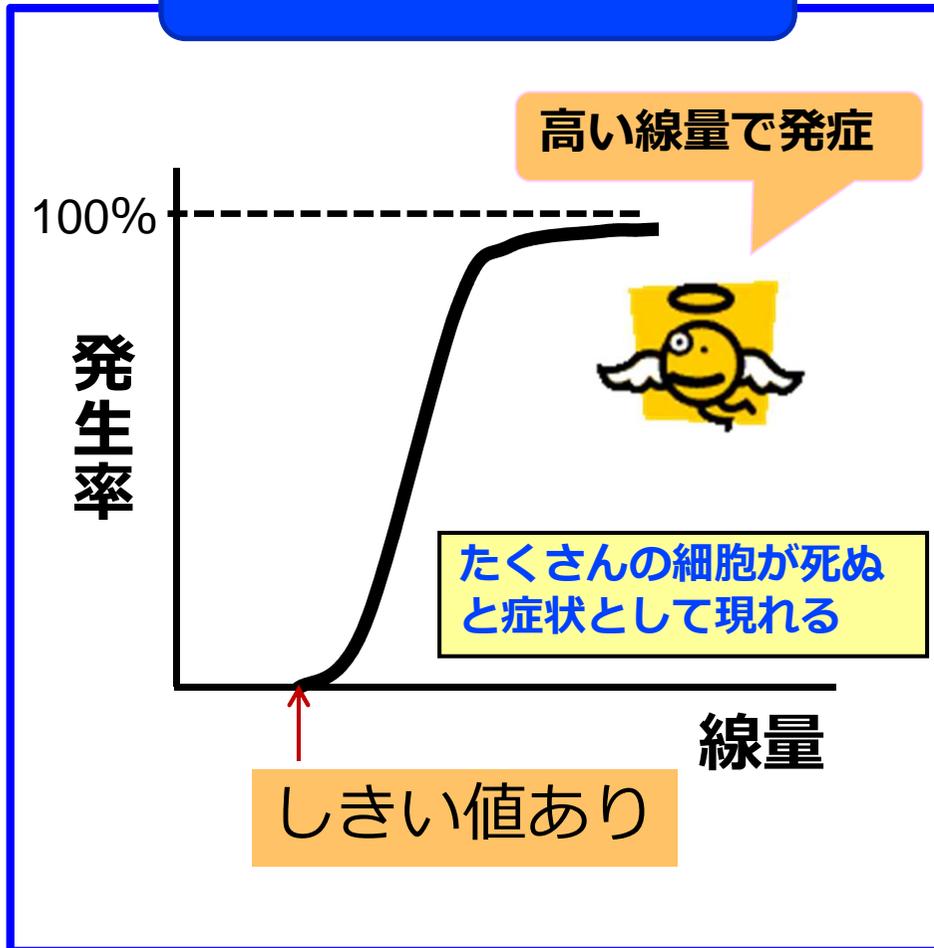
確率的影響



線量反応関係

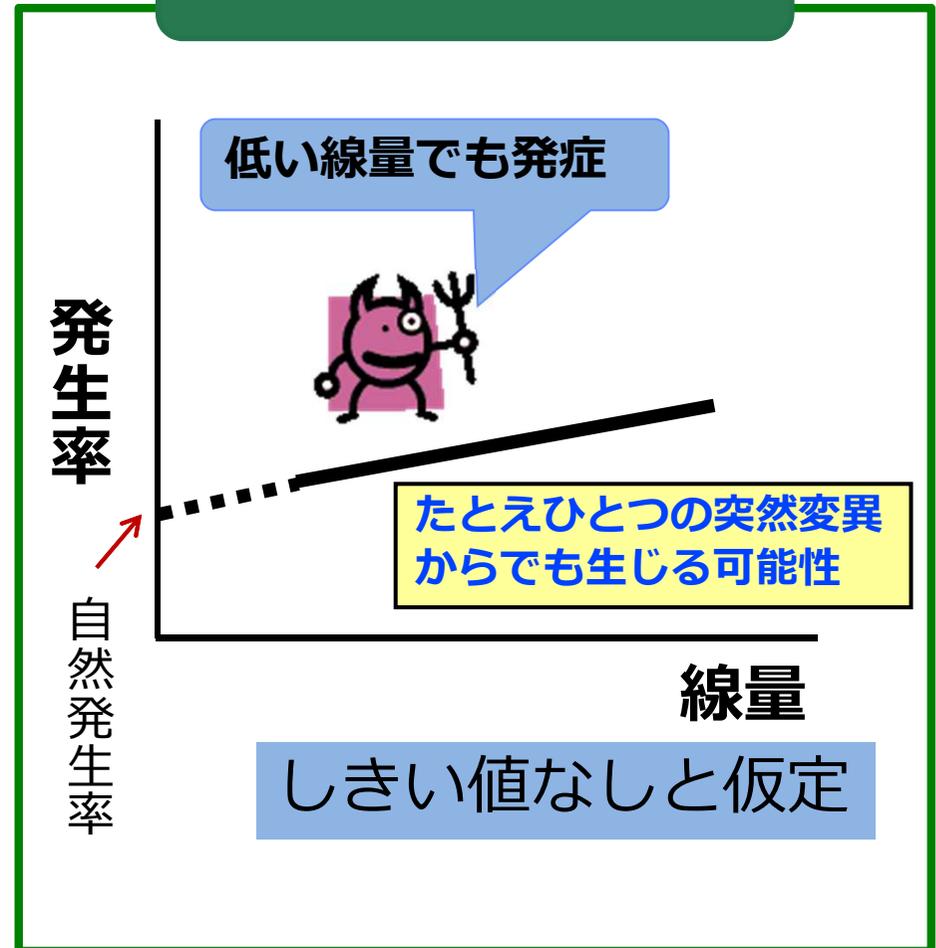
確定的影響

(細胞死が引き金)



確率的影響

(突然変異が引き金)



確定的影響

全身被ばくと局所被ばく



確定的影響

急性放射線症

急性放射線症の病期

被ばく時



時間経過

前駆期 ～48時間

- 嘔気・嘔吐
(1Gy以上)
- 頭痛 (4Gy以上)
- 下痢 (6Gy以上)
- 発熱 (6Gy以上)
- 意識障害
(8Gy以上)

潜伏期 0～3週間

- 無症状

発症期

- 造血障害
(感染・出血)
- 消化管障害
- 皮膚障害
- 神経・血管障害

回復期 (あるいは死亡)

※全身に1 グレイ (1000ミリグレイ) 以上の放射線を一度に受けた場合に見られる急性放射線症

各種障害のしきい値

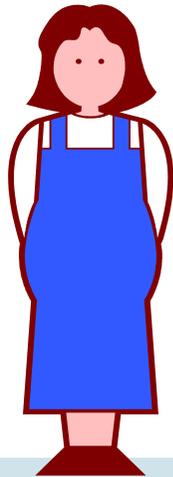
ガンマ線急性吸収線量のしきい値

障害	臓器／組織	潜伏期	しきい値 (グレイ)*
一時的不妊	精巣	3～9週	約0.1
永久不妊	精巣	3週	約6
	卵巣	1週以内	約3
造血能低下	骨髄	3～7日	約0.5
皮膚発赤	皮膚 (広い範囲)	1～4週	3～6以下
皮膚熱傷	皮膚 (広い範囲)	2～3週	5～10
一時的脱毛	皮膚	2～3週	約4
白内障 (視力低下)	眼	数年	約1.5 (0.5**)

*臨床的な異常が明らかな症状のしきい線量 (1%の人々に影響を生じる線量)

**国際放射線防護委員会報告書118(2012)では、しきい値が下げられた。

確定的影響と時期特異性



重要な器官が形成される時期
= 薬の使用も気をつける時期
= 放射線にも弱い時期



着床前期
受胎0-2週
• 流産

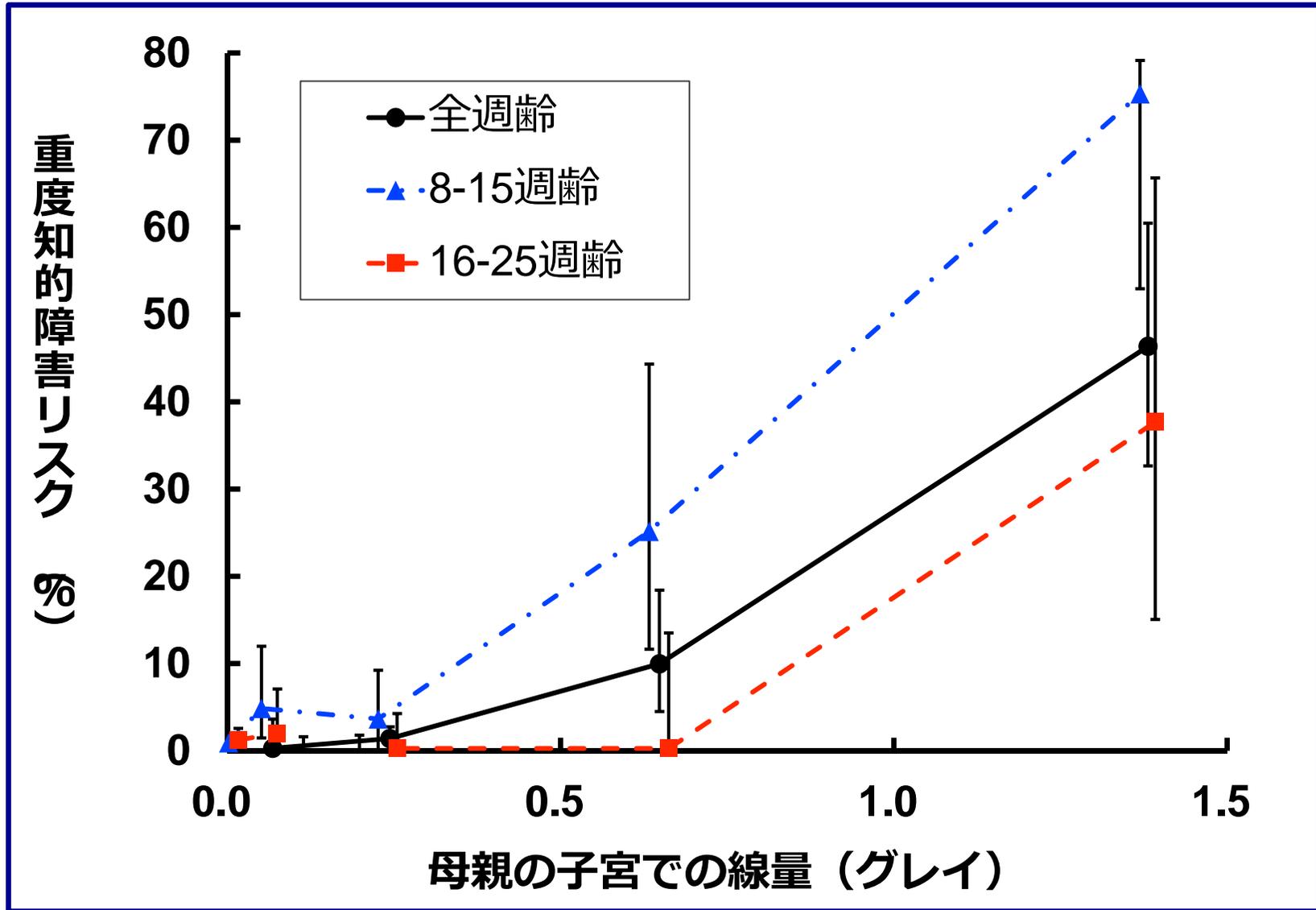
器官形成期
受胎2-8週
• 器官形成異常
(奇形)

胎児前期
受胎8-15週
• 精神発達
遅滞

胎児後期
受胎15週
~ 出産

しきい値は0.1グレイ以上

一般的に妊娠2週目と呼ばれている時期は、妊娠直後の受胎0週(齡)に相当します。



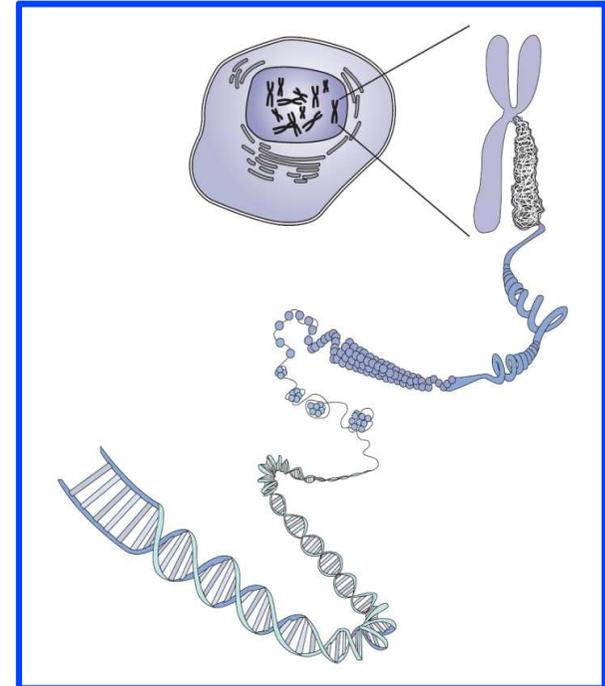


原爆被爆者の子供における安定染色体異常

異常の起源	染色体異常を持った子どもの数 (割合)	
	対照群(7,976人)	被ばく群(8,322人) 平均線量は0.6グレイ
両親のどちらかに由来	15 (0.19%)	10 (0.12%)
新たに生じた例	1 (0.01%)	1 (0.01%)
不明 (両親の検査ができなかった)	9 (0.11%)	7 (0.08%)
合 計	25 (0.31%)	18 (0.22%)

- 生殖腺（生殖細胞）が放射線を受けると
 - ◎ 遺伝子突然変異
DNAの遺伝情報の変化（点突然変異）
 - ◎ 染色体異常
染色体の構造異常

- 遺伝性影響のリスク(子と孫の世代まで)
= 約 **0.2%/グレイ** (1グレイあたり1000人中2人)
(国際放射線防護委員会2007年勧告)

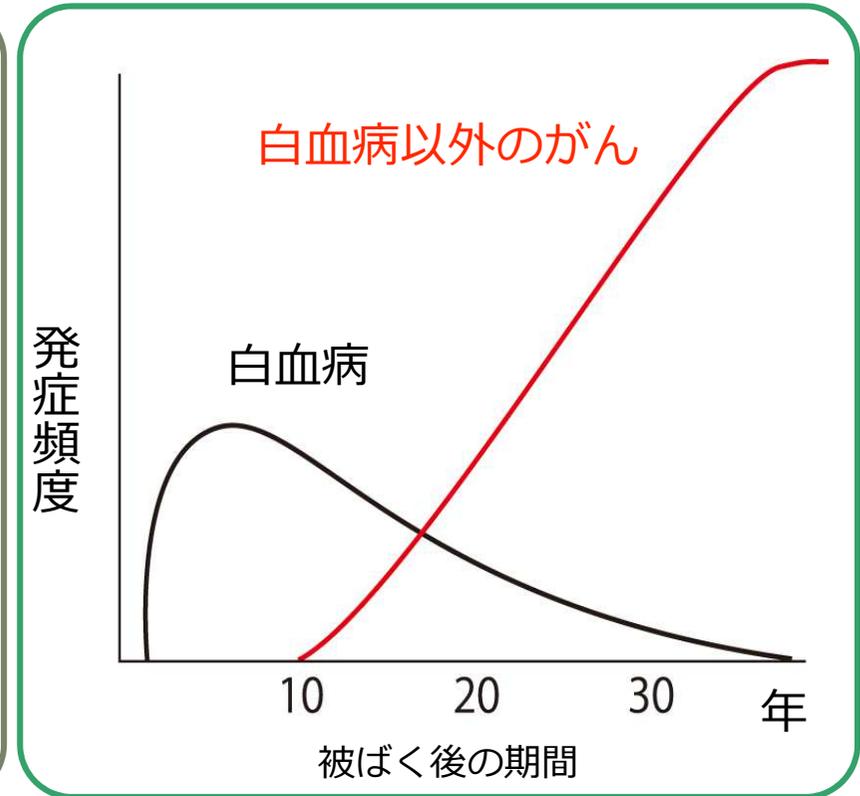
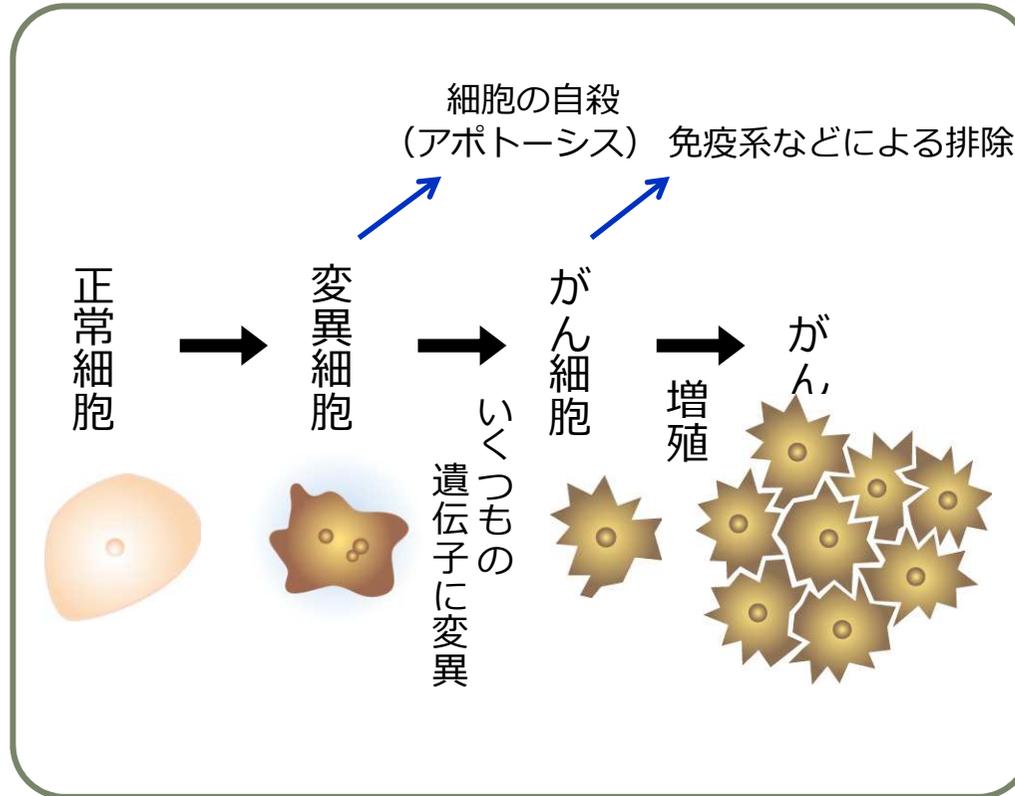


上記の値は、以下のデータを用いて間接的に推定されている

- ・ ヒト集団での各遺伝的疾患の自然発生頻度
- ・ 遺伝子の平均自然突然変異率（ヒト）、平均放射線誘発突然変異率（マウス）
- ・ マウスの放射線誘発突然変異からヒト誘発遺伝性疾患の潜在的リスクを外挿する補正係数

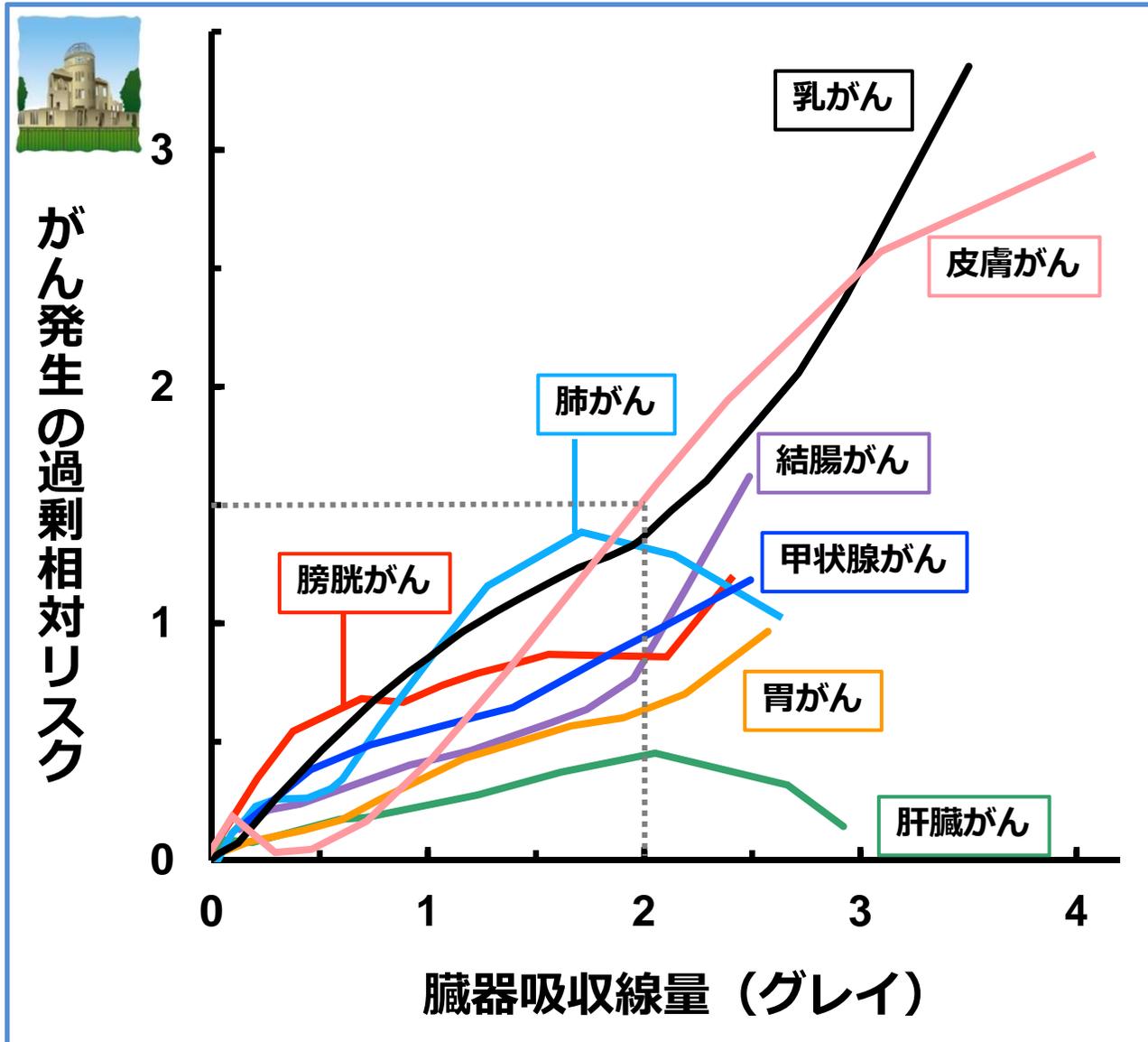
- 生殖腺の組織加重係数(国際放射線防護委員会勧告)
0.25(1977年)→0.20(1990年)→0.08(2007年)

発がんのしくみ



- ・放射線はがんを起こすさまざまなきっかけの一つ
- ・変異細胞ががんになるまでには、いろいろなプロセスが必要
→数年～数十年かかる

放射線感受性の高い臓器

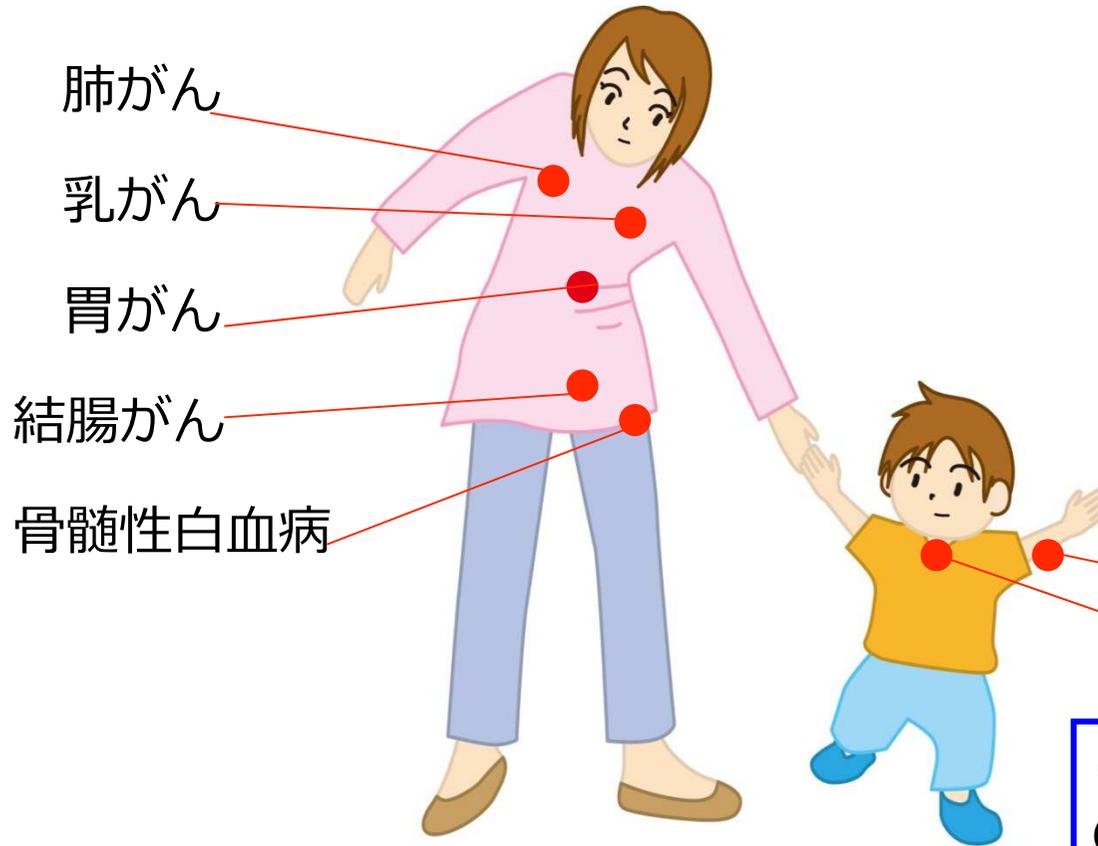


組織	組織加重係数 w_T
骨髄(赤色)、胃、肺、結腸、乳房	0.12
生殖腺	0.08
膀胱、食道、肝臓、甲状腺	0.04
骨表面、脳、唾液腺、皮膚	0.01
残りの組織の合計	0.12

国際放射線防護委員会
2007年勧告

年齢による感受性の差

こどもは小さなおとなではない



実効線量係数 ($\mu\text{Sv/Bq}$)

ヨウ素131

3ヶ月児 0.18

1歳児 0.18

5歳児 0.10

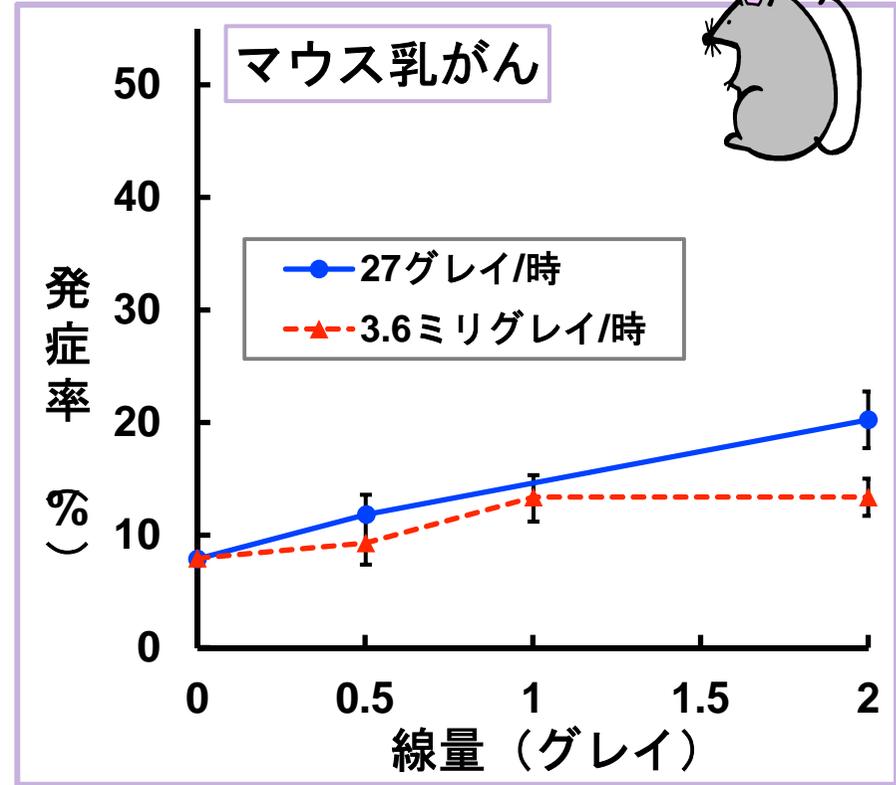
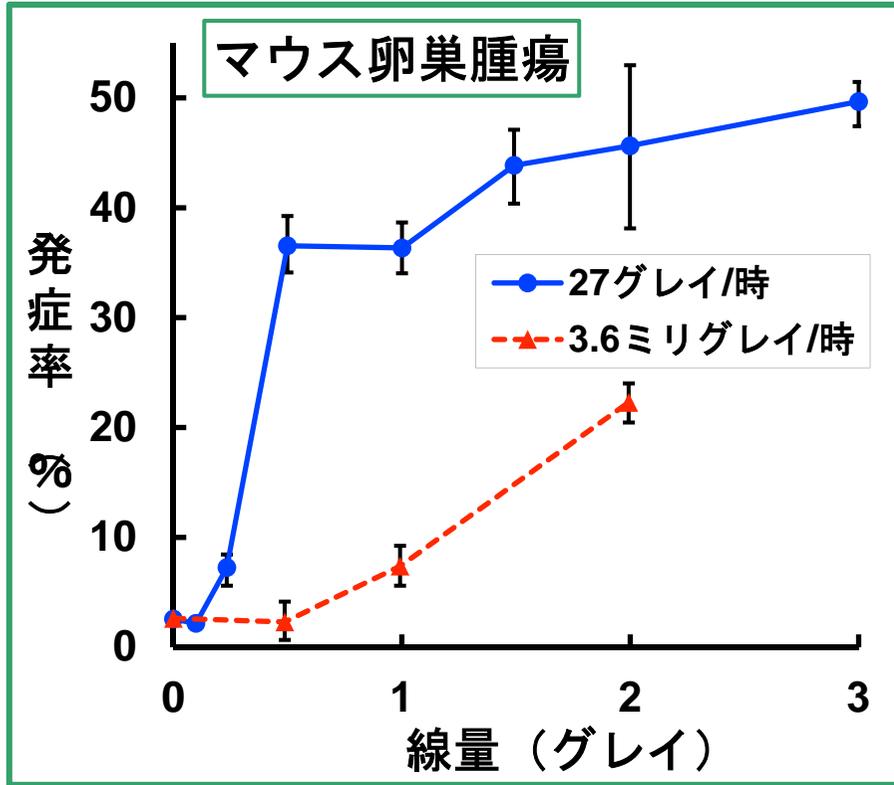
成人 0.022

$\mu\text{Sv/Bq}$: マイクロシーベルト/ベクレル

こどもでは甲状腺や皮膚のがんリスクも高くなる

※代謝や体格の違いから、こどもは実効線量係数が高くなっている。

低線量率被ばくの発がんへの影響



UNSCEAR 1993

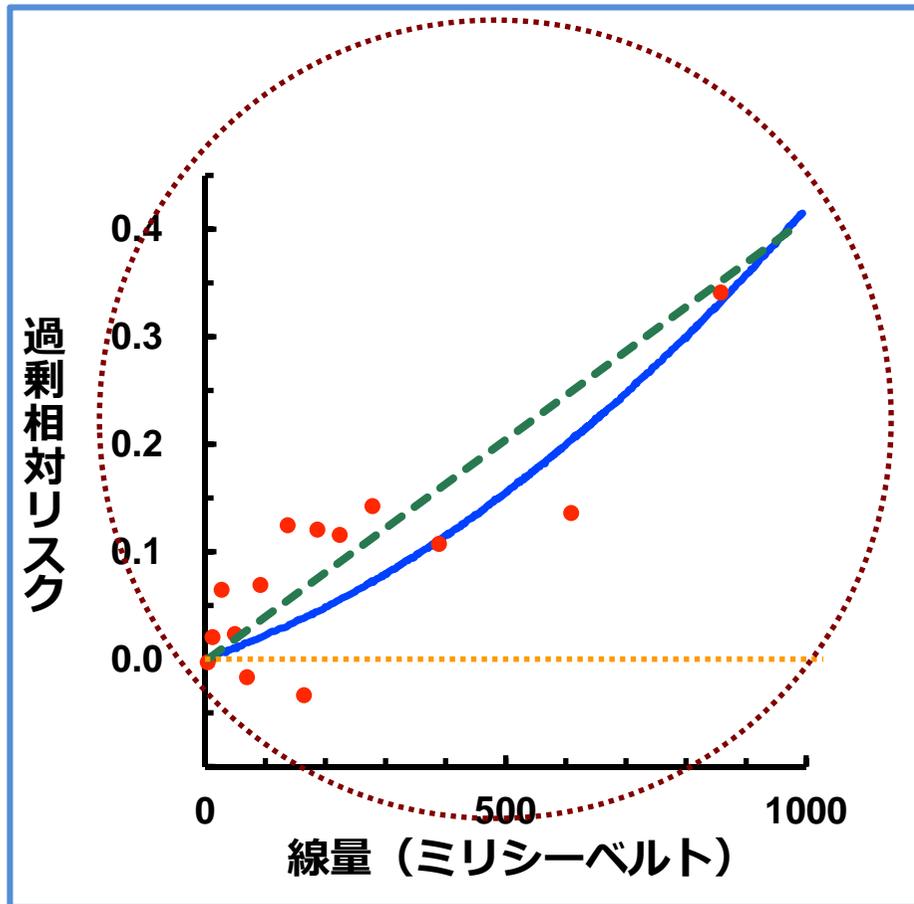
低線量・低線量率のリスク

$$= \frac{\text{高線量・高線量率のリスク}}{\text{線量・線量率効果係数}}$$

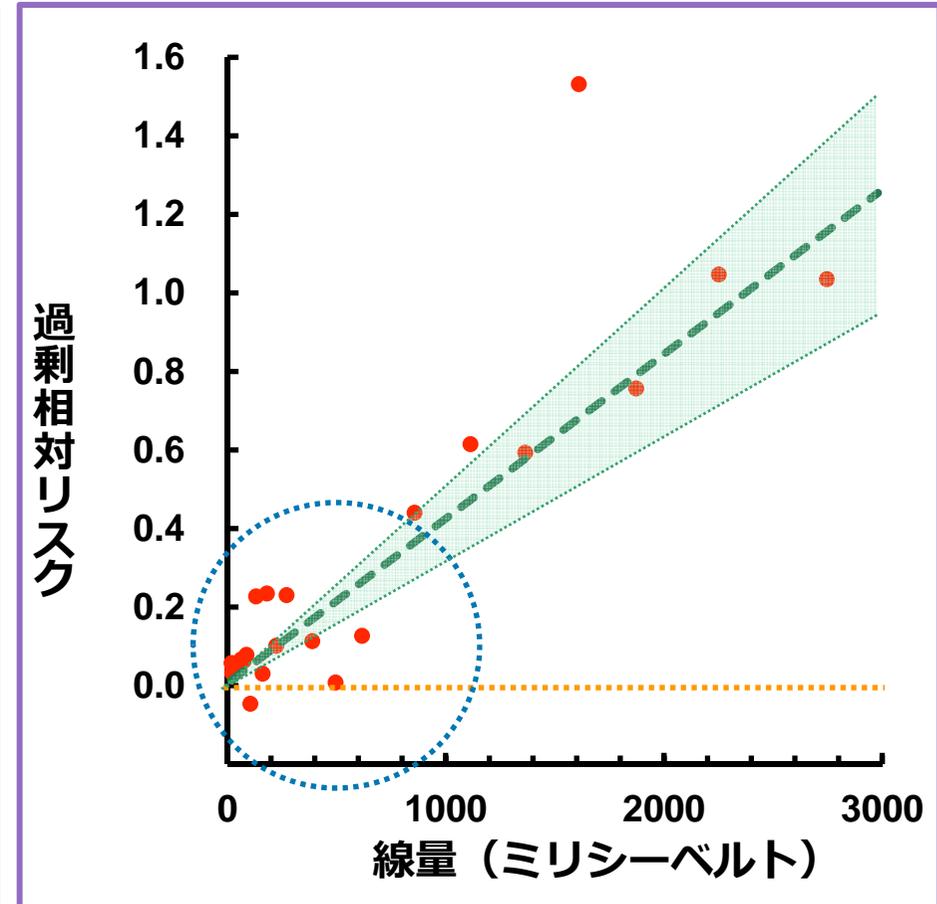
機関	線量・線量率効果係数
国連科学委員会1993	3より小さい(1~10)
米国科学アカデミー-2005	1.5
国際放射線防護委員会1990,2007	2



固形がんによる死亡(原爆被爆者データ)



Preston et al., Radiat Res, 162, 377, 2004より作成

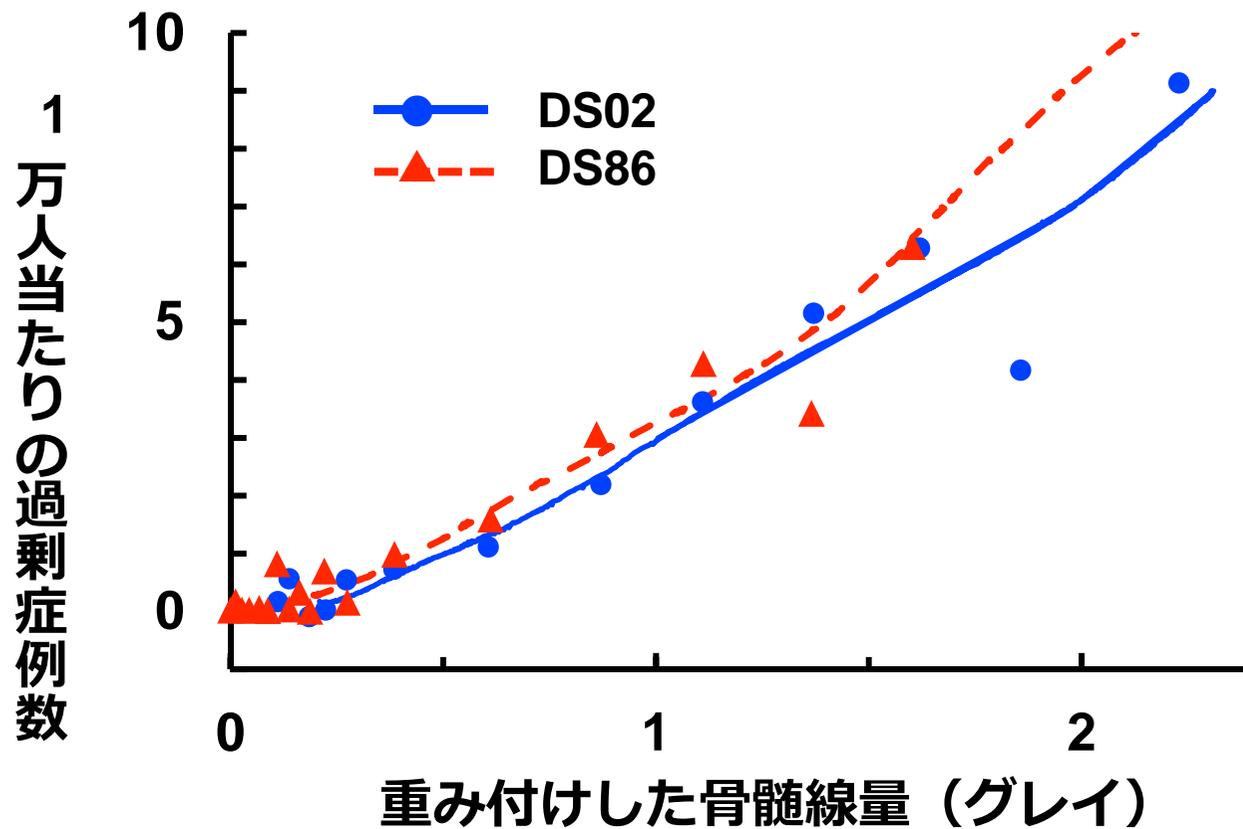


Ozasa et al., Radiat Res, 177, 229, 2012より作成

白血病と線量反応相関



広島・長崎原爆被爆者における白血病の線量反応

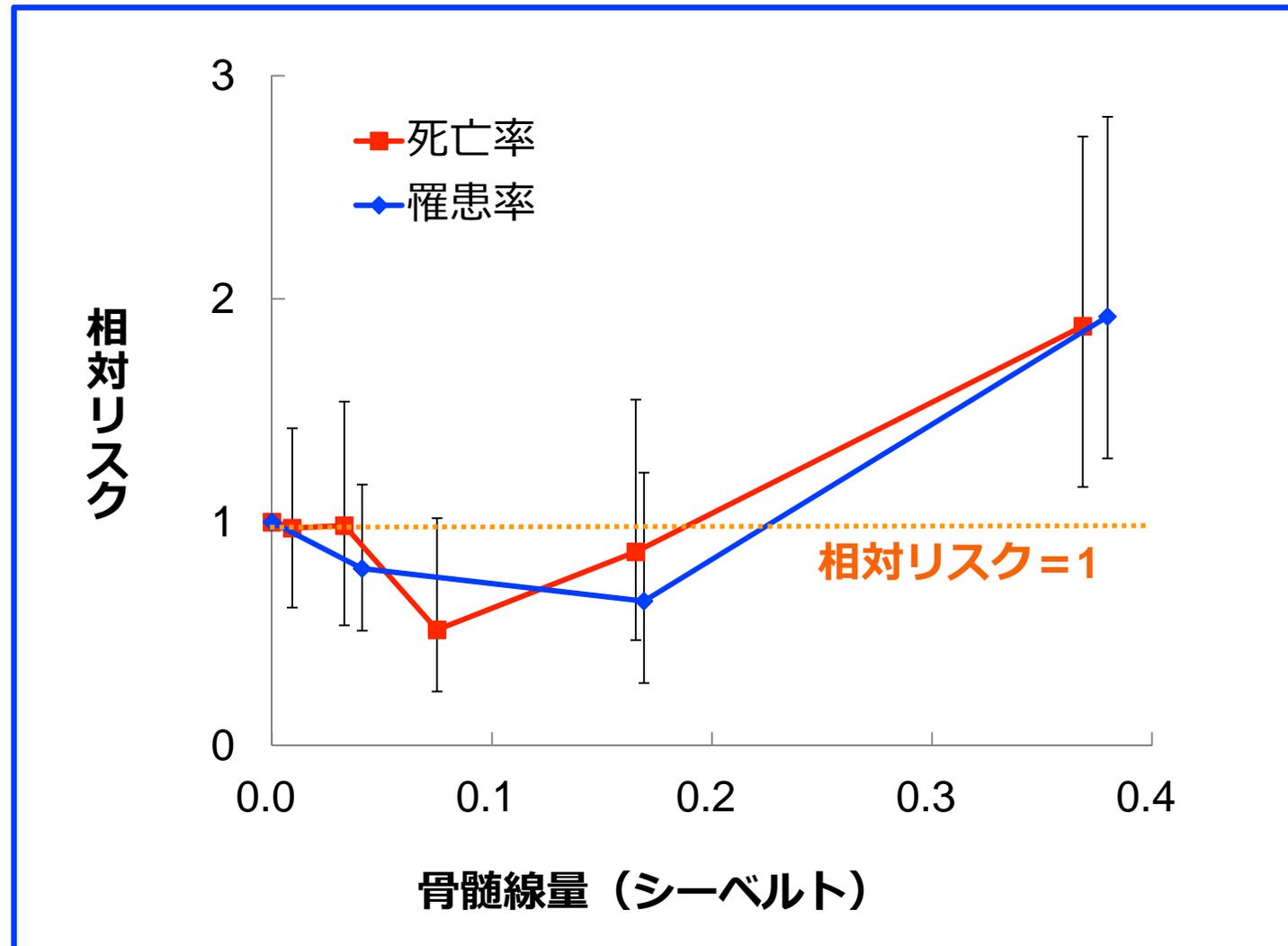


DS02とDS86による白血病のノンパラメトリックな線量反応 (1950-2000年)
Preston et al., Radiat Res, 162, 377, 2004より作成

白血病の発症リスク



原爆被爆者における発がんのリスク（白血病）



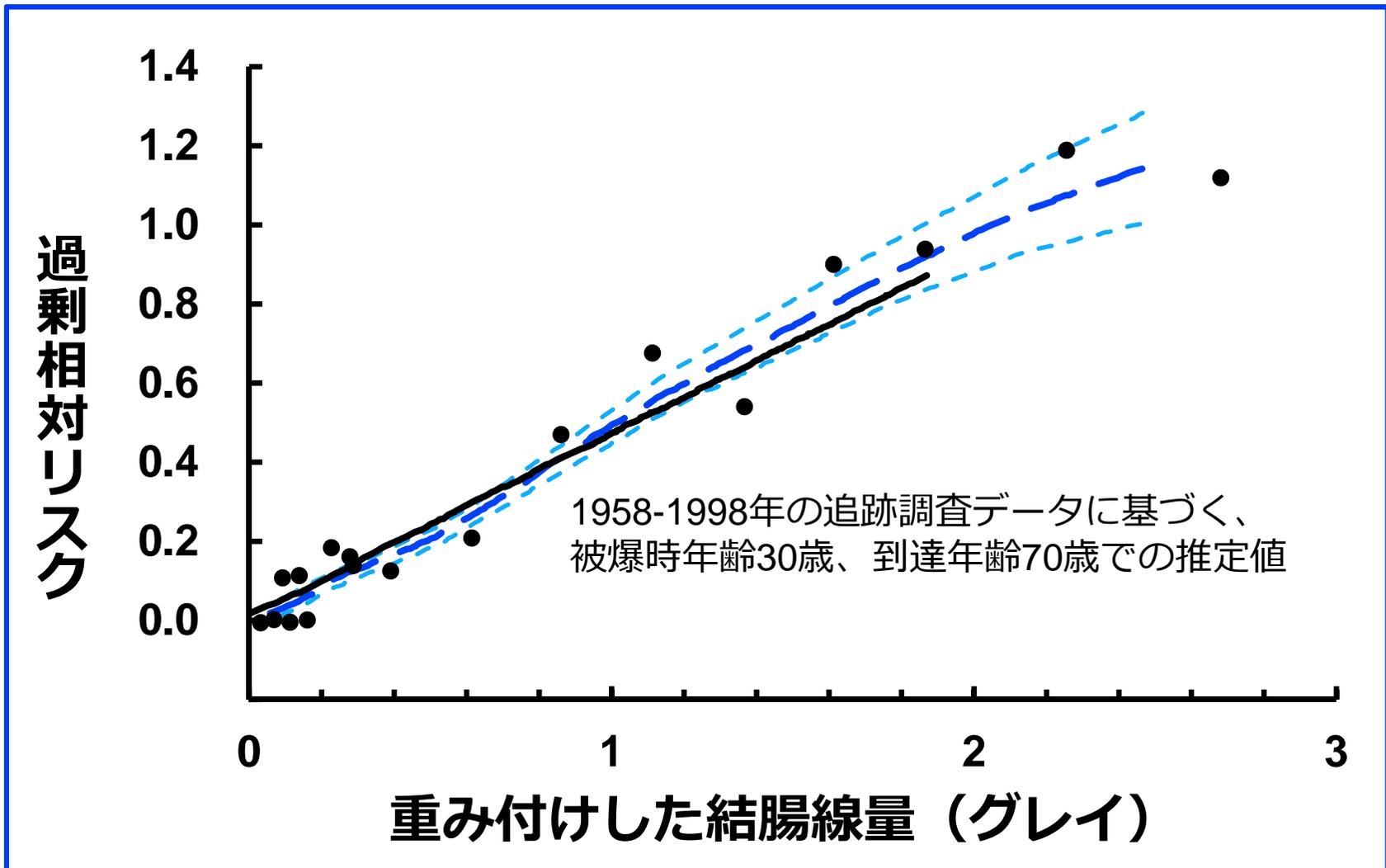


原爆被爆者の被爆時年齢別相対リスク

		男性(ミリシーベルト)			女性(ミリシーベルト)		
		5~500	500~1000	1000~4000	5~500	500~1000	1000~4000
年齢	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



広島・長崎原爆被爆者における固形がんの線量反応



被ばく年齢ごとの生涯リスク



広島長崎の原爆生存者の調査結果 100mSvでの急性被ばくによる推定

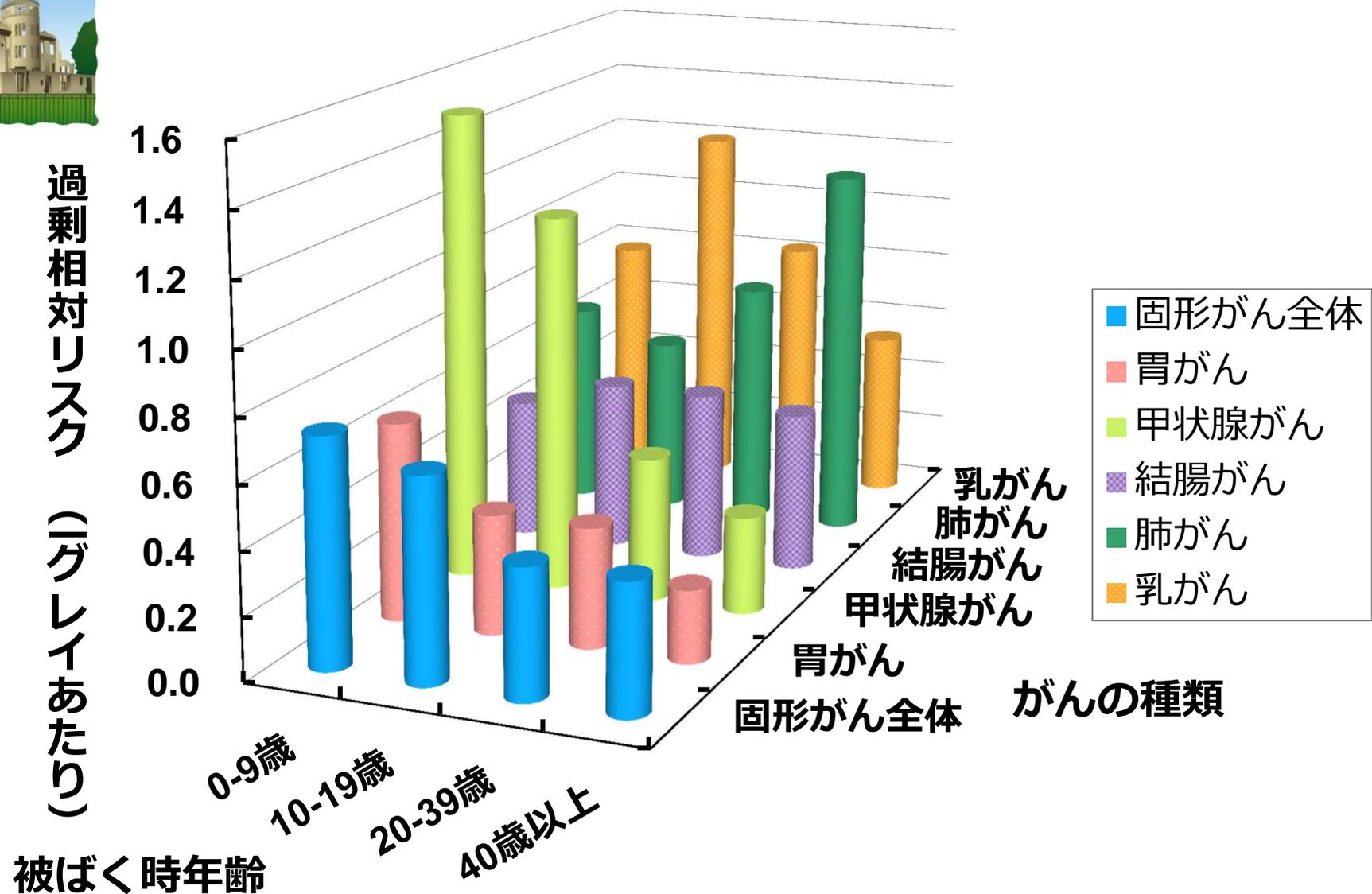
被ばく時年齢	性	過剰の生涯リスク (%)	被ばくがない時 (%)
10歳	男	2.1	30
	女	2.2	20
30歳	男	0.9	25
	女	1.1	19
50歳	男	0.3	20
	女	0.4	16

10歳の男性が、100mSv被ばくすると、被ばくしないときにはその後の生涯で30%の発がんの可能性があるが、被ばくにより2.1%増加し、32.1%になると推定される。

被ばく時年齢とがんの種類

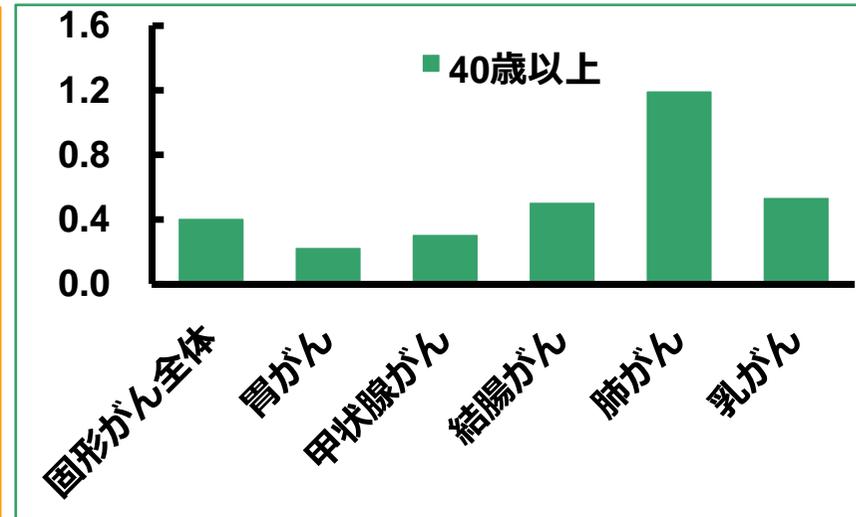
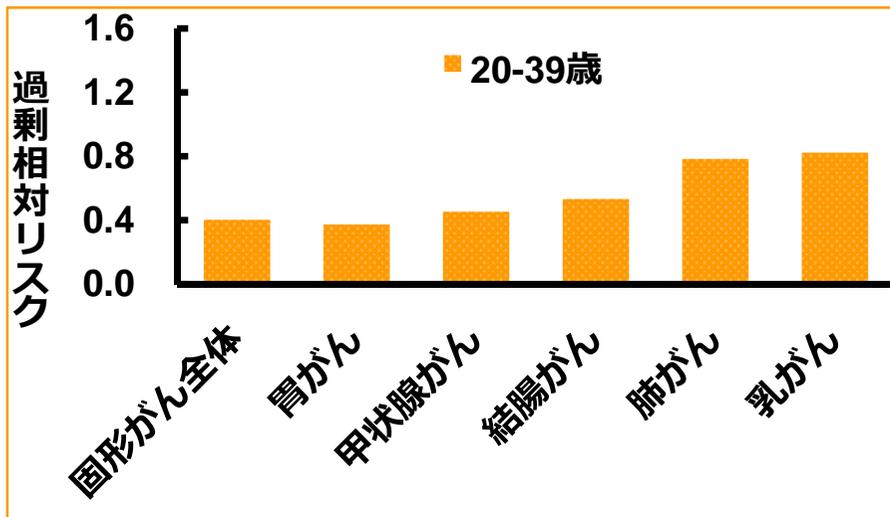
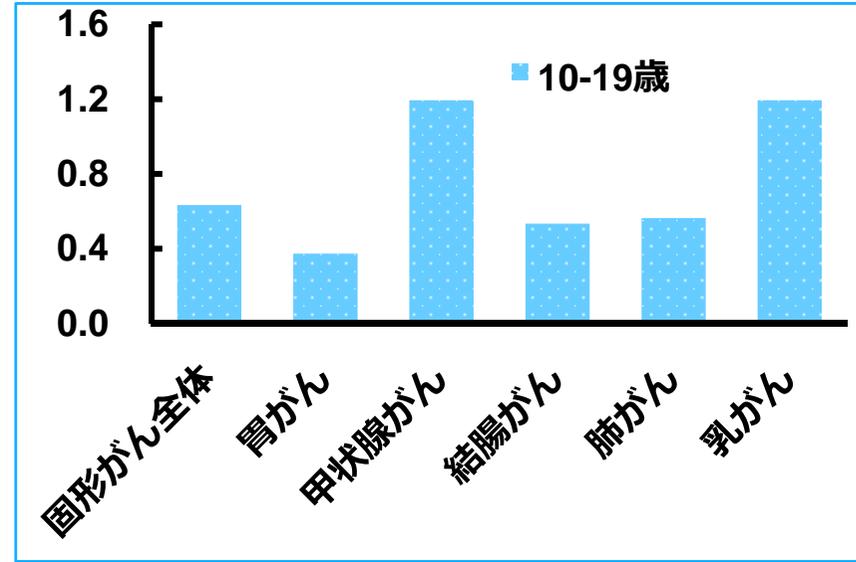
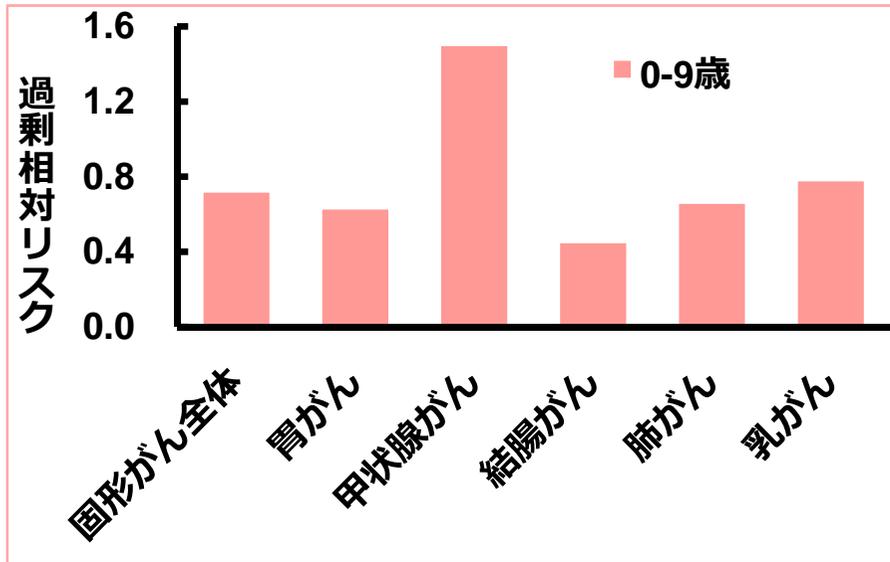


被ばく時年齢ごとの発がん過剰相対リスク



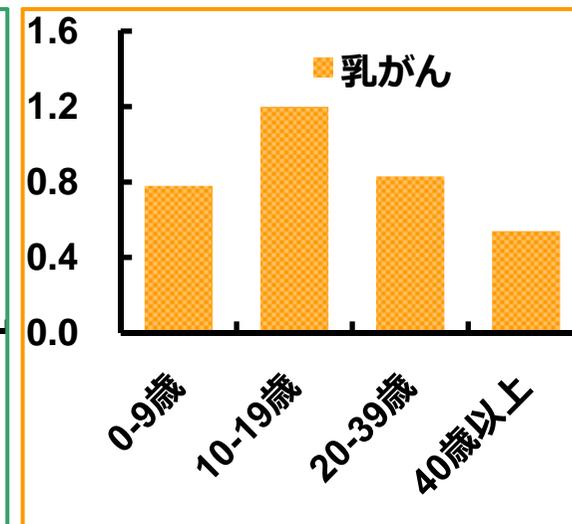
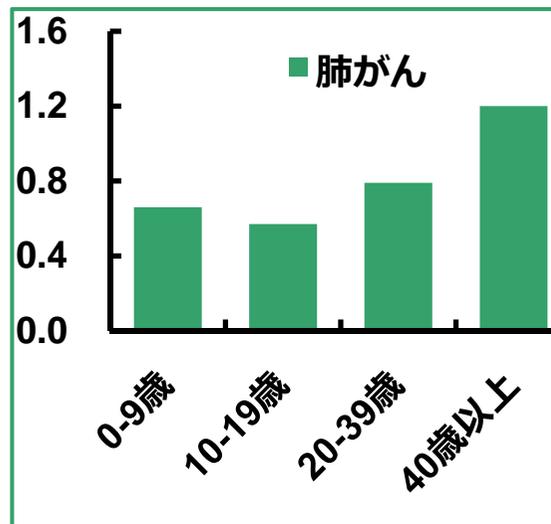
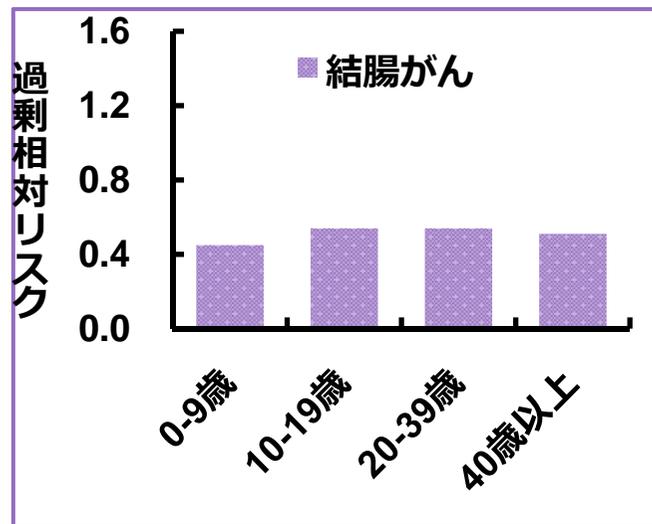
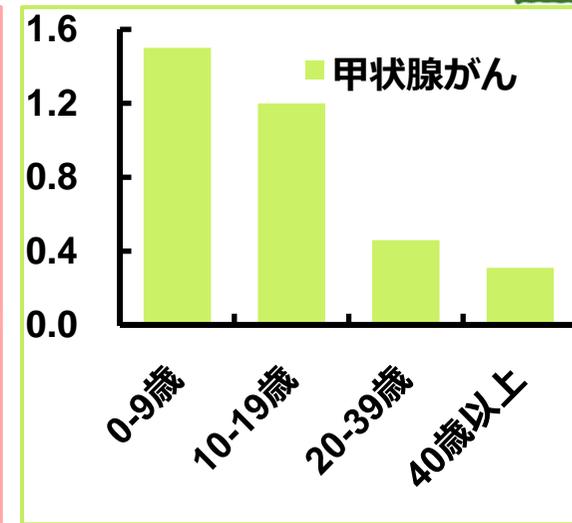
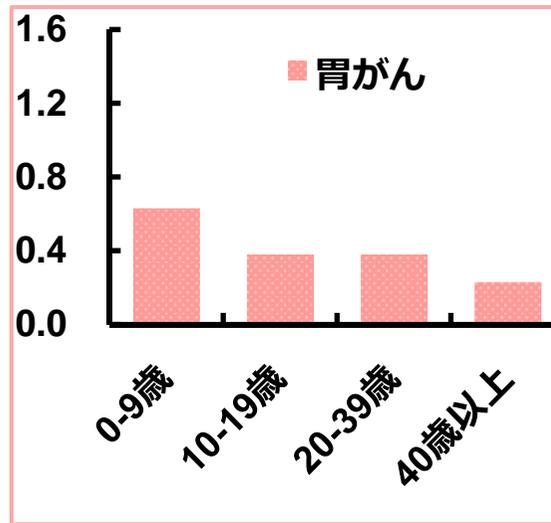
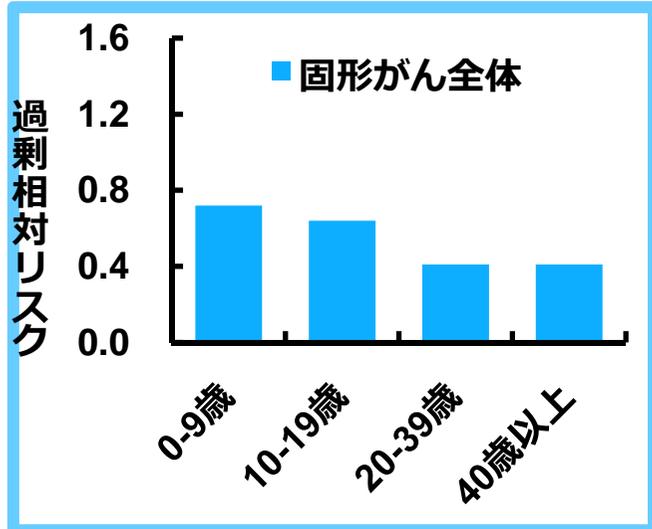
被ばく時年齢別発がんリスク

被ばく時年齢ごとの発がん過剰相対リスク（1 Gyあたり）



がん部位別被ばく時年齢とリスク

被ばく時年齢ごとの発がん過剰相対リスク（1 Gyあたり）



急性外部被ばくの発がん

原爆被爆者における甲状腺がんの発症

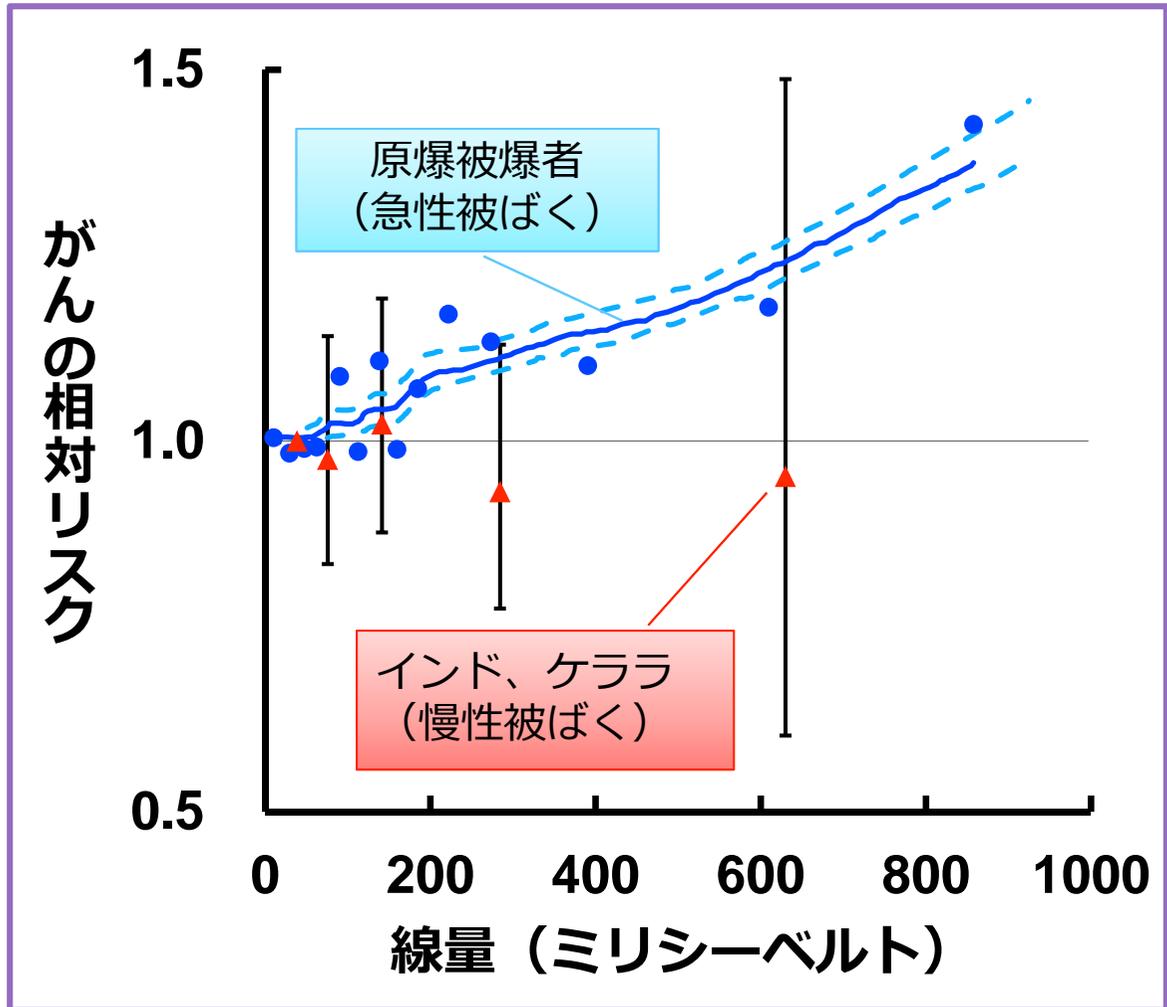
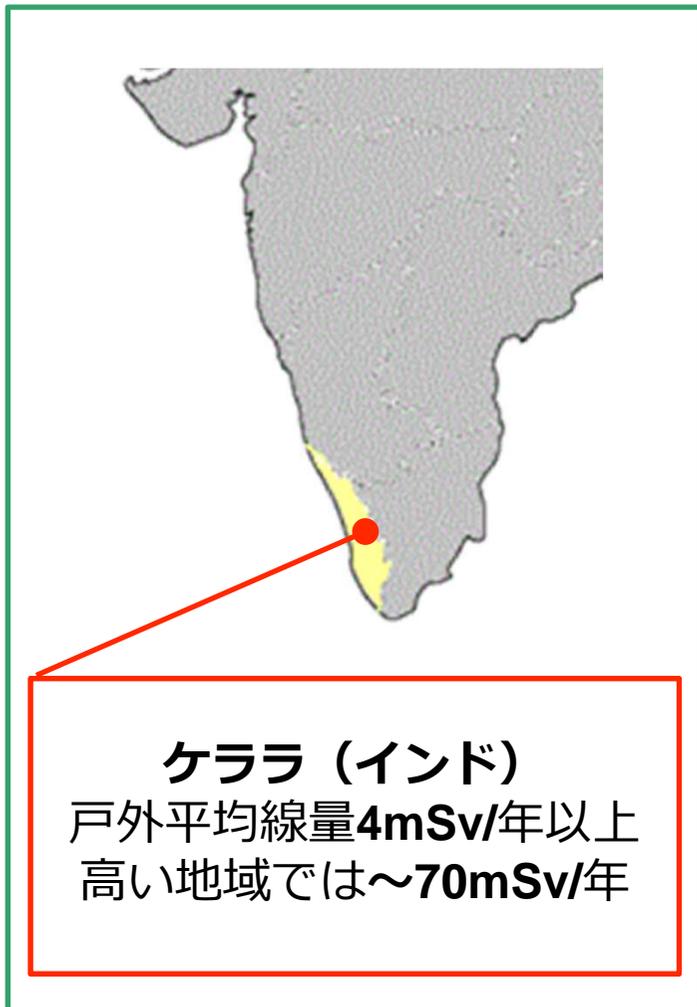


甲状腺線量	平均線量 (mSv)	対象 (人)	患者 (人)	オッズ比
<5mSv	—	755	33	1
5-100mSv	32	936	36	0.85 (0.52-1.39)
100-500mSv	241	445	22	1.12 (0.64-1.95)
500mSv<	1237	236	15	1.44 (0.75-2.67)

mSv : ミリシーベルト

Hayashi *et al.*, Cancer, 116, 1646, 2010

インド高自然放射線地域住民の発がん



mSv : ミリシーベルト

原発事故由来の
内部被ばくによる発がん

チェルノブイリ原発事故による セシウム137の内部被ばく

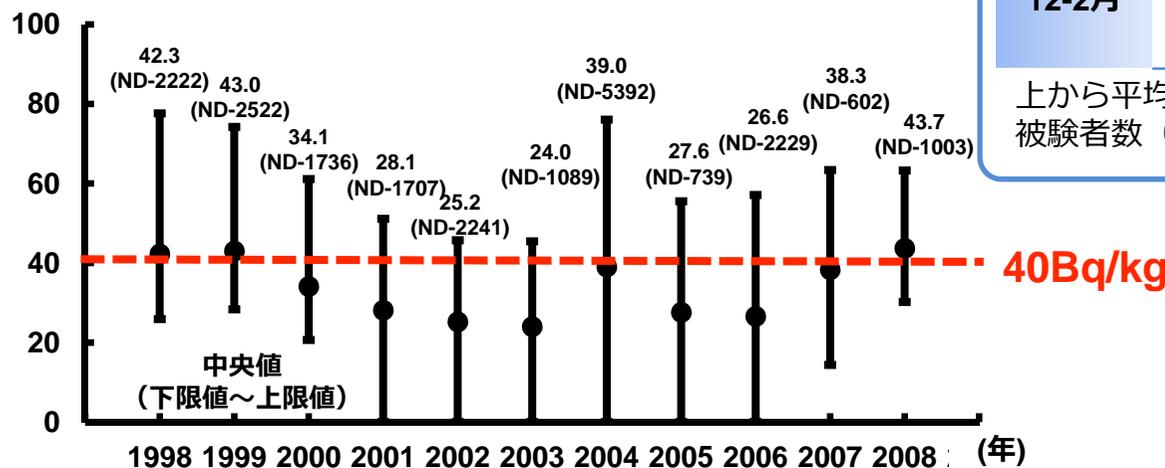


体内のセシウム137濃度の
季節ごとの変化(Bq/kg)と被験者数

	1998-2001年	2002-2005年	2006-2008年
3-5月	<u>34.6</u> (ND-2154.9) 10993	<u>27.3</u> (ND-5392.2) 18722	<u>32.0</u> (ND-1757.1) 9284
6-8月	<u>71.5</u> (ND-399.0) 265	<u>32.2</u> (ND-393.0) 268	<u>21.2</u> (ND-271.1) 451
9-11月	<u>40.9</u> (ND-2521.7) 9590	<u>33.5</u> (ND-1089.3) 8999	<u>44.2</u> (ND-2229.3) 4080
12-2月	<u>33.5</u> (ND-1735.8) 8971	<u>20.6</u> (ND-607.0) 6603	<u>39.8</u> (ND-1454.3) 6404

上から平均値 (Bq/kg)、(検出下限値~検出上限値)、
被験者数 (人)。NDは検出限界以下。

(Bq/kg) ホールボディカウンタで計測された体内セシウム137濃度



ブリヤンスク州では、
1998-2008年の間、
平均40Bq/kgの
内部被ばくを認めた

原発事故由来の
内部被ばくによる発がん

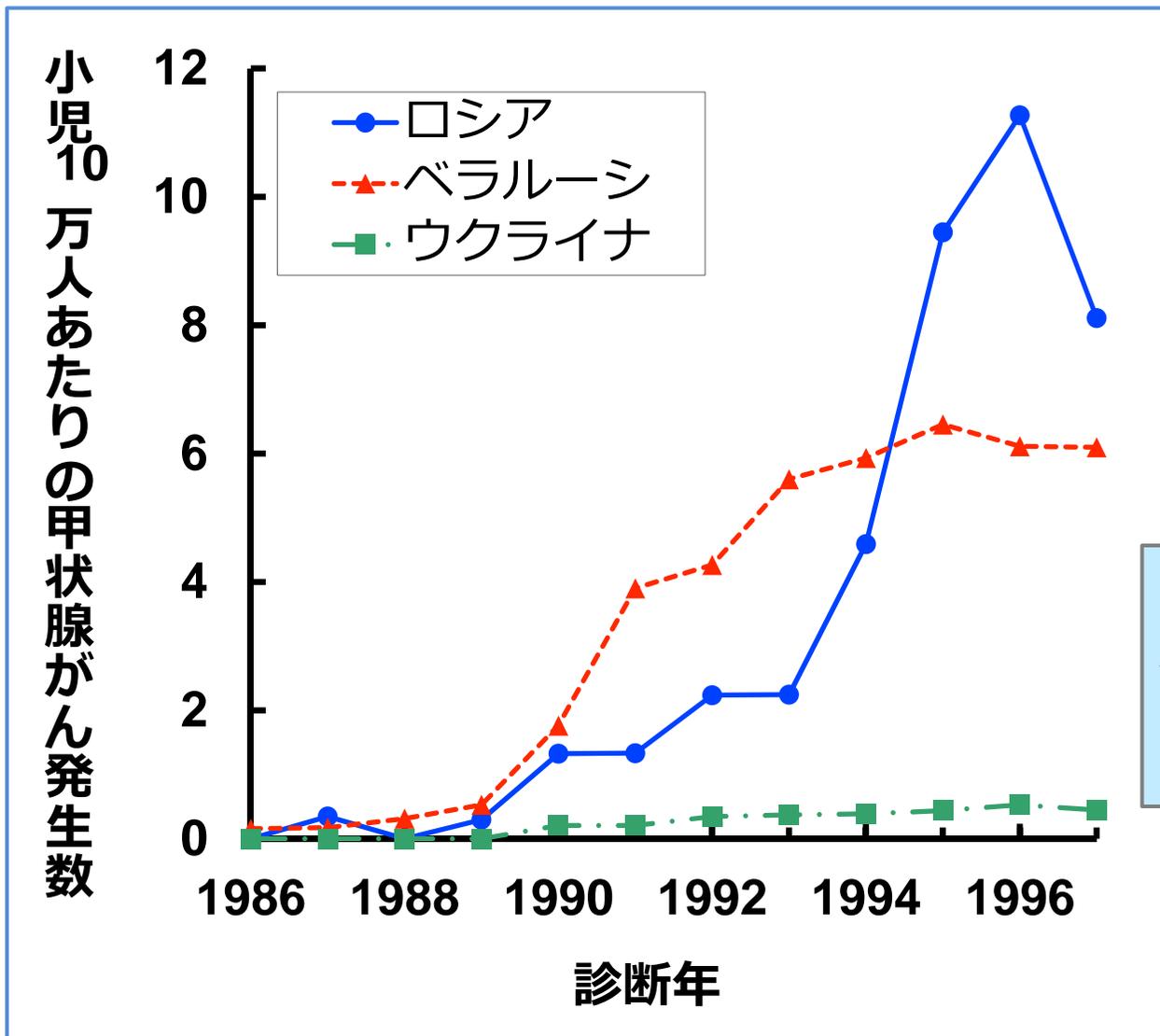
チェルノブイリ事故 避難集団の被ばく

国	人数 (千人)	平均実効線量(mSv)		平均甲状腺 線量(mGy)
		外部	内部 (甲状腺以外)	
ベラルーシ	25	30	6	1100
ロシア連邦	0.19	25	10	440
ウクライナ	90	20	10	330
合計	115	22	9	490

国連科学委員会2008年報告より

小児甲状腺がんの発症時期

小児甲状腺がん（チェルノブイリ事故）



ヨウ素は甲状腺ホルモンの材料

事故の4-5年後に
小児甲状腺がんが発生し始め、
10年後には10倍以上に増加

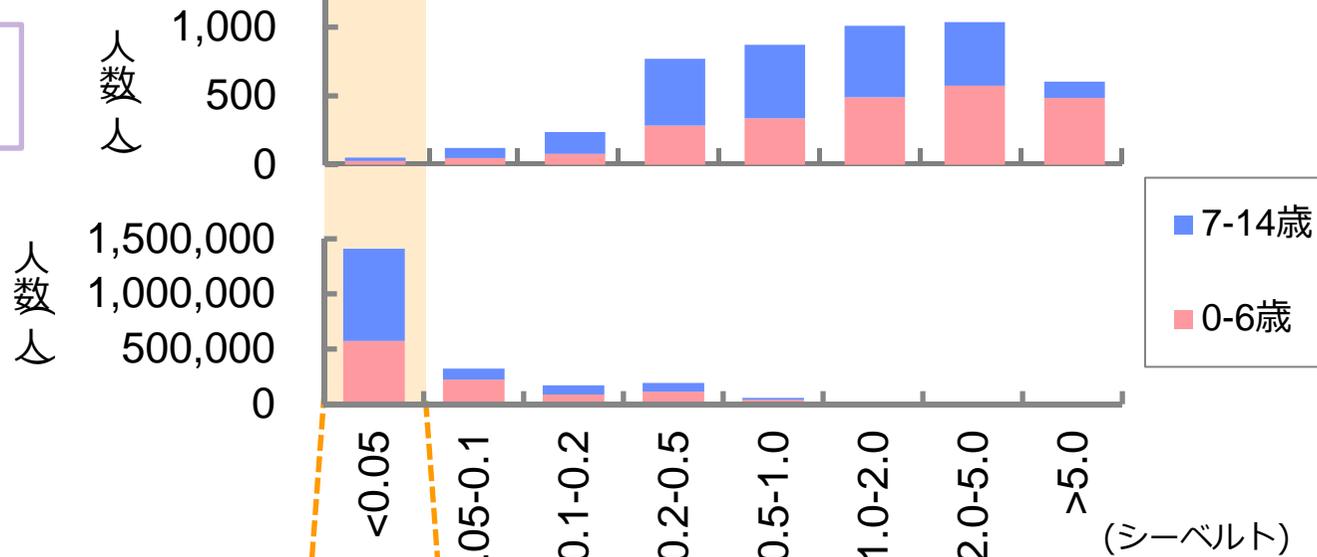
甲状腺線量の比較

小児の甲状腺被ばく線量

チェルノブイリ

ベラルーシで1986年
に避難した集団

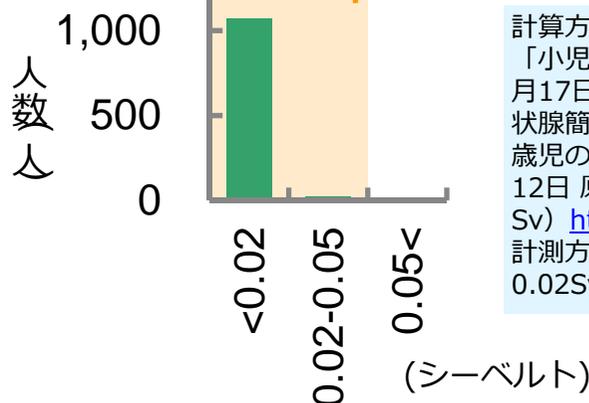
ベラルーシ全体
(避難者を除く)



国連科学委員会報告書2008年報告

福島

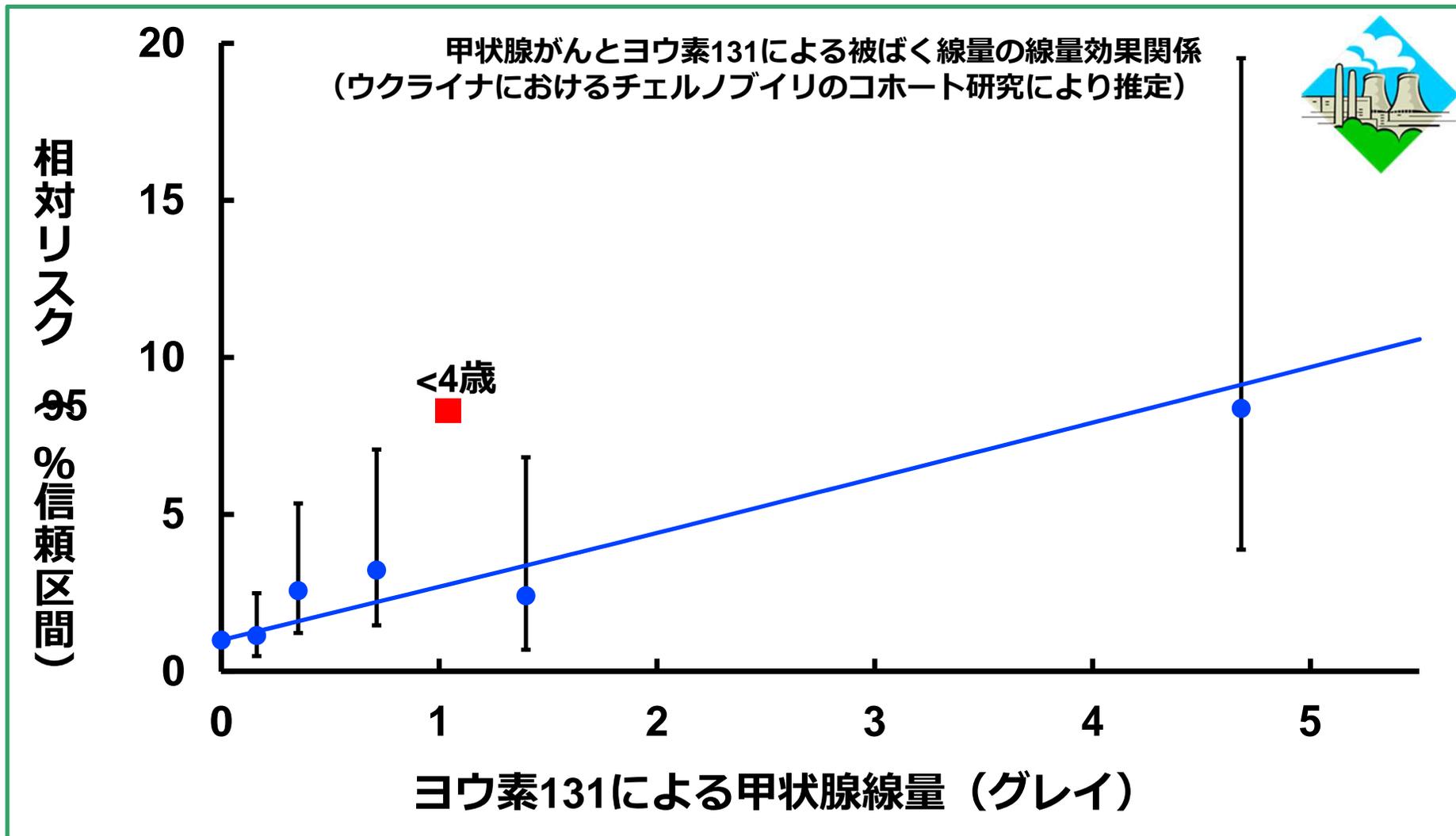
※このデータは、限られた
住民に対して行われた調査
によるものであり、全体を
反映するものではない。



計算方法

「小児甲状腺簡易測定調査結果の概要について」(平成23年8月17日 原子力被災者生活支援チーム医療班)にある「小児甲状腺簡易測定結果」を、「スクリーニングレベル0.2 μ Sv/h (1歳児の甲状腺等価線量として100mSvに相当)」(平成23年5月12日 原子力安全委員会)を用いて比較のために改編 (Gy = Sv) http://www.kantei.go.jp/saigai/senmonka_g31.html 計測方法や測定地の空間線量率から判断して検出限界は0.02Sv程度

甲状腺がんと線量との関係



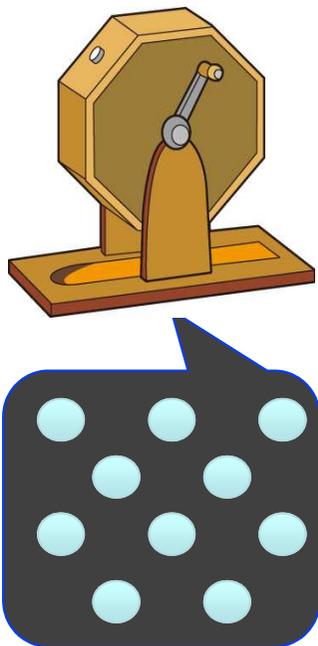
甲状腺がんとヨウ素摂取

安定ヨウ素剤	1Gyでの相対リスク (95%信頼区間)	
	土壌中ヨウ素 濃度が高い地域	土壌中ヨウ素 濃度が低い地域
投与なし	3.5 (1.8-7.0)	10.8 (5.6-20.8)
投与あり	1.1 (0.3-3.6)	3.3 (1.0-10.6)

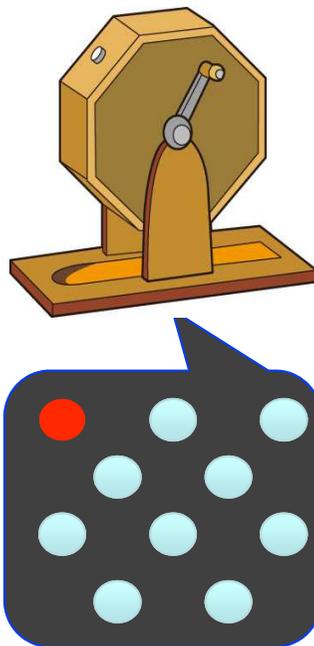
リスク

確率的影響のリスク

被ばく無し*



少し被ばく



たくさん被ばく



*実際には、放射線被ばくのない集団でも、がんになる人はゼロではありません。

同じように放射線を浴びても
がんになる人とならない人がいる

相対リスクと寄与リスク

要因	罹患		計
	あり	なし	
曝露群	A	B	A+B
非曝露群	C	D	C+D

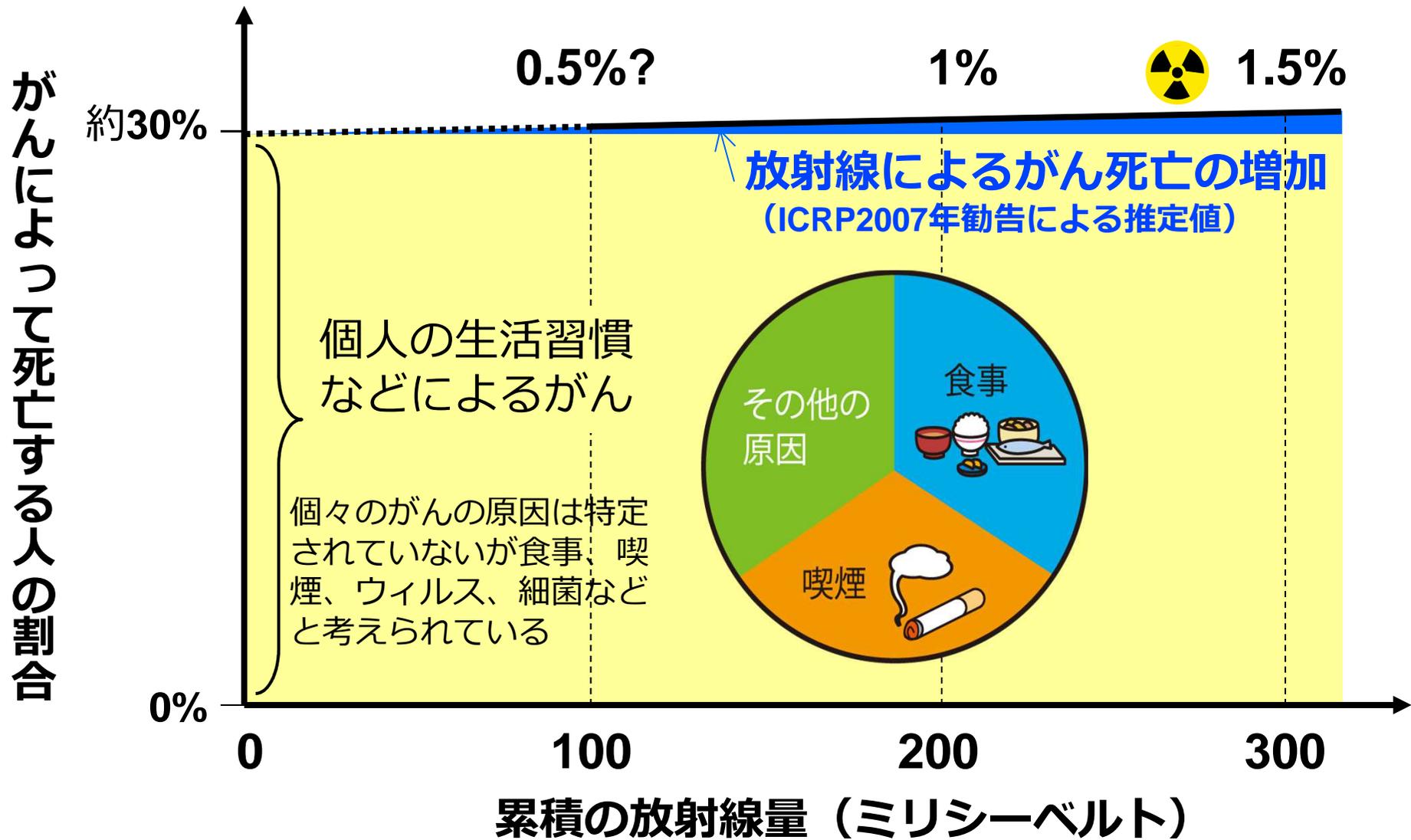
要因ばく露によってその個人が何倍罹患しやすくなるか

$$\text{相対リスク} = \frac{\text{要因曝露群の罹患リスク}}{\text{要因非曝露群の罹患リスク}} = \frac{\frac{A}{A+B}}{\frac{C}{C+D}}$$

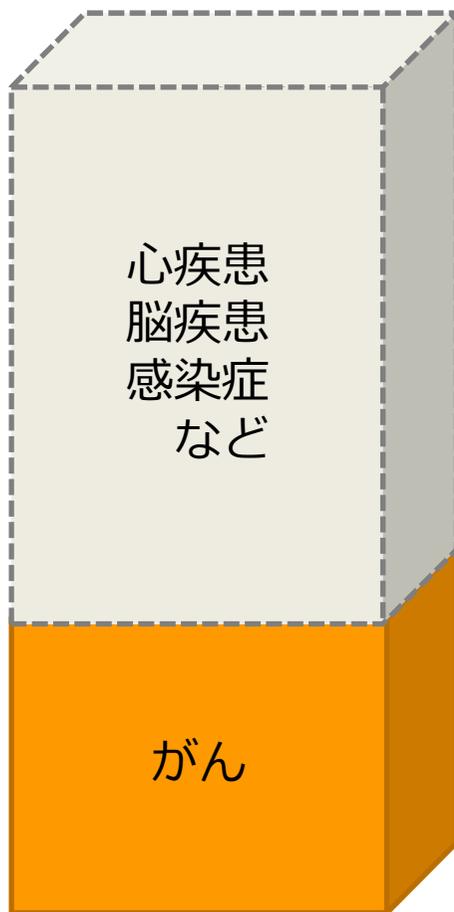
要因ばく露によってその集団の罹患率がどれだけふえるのか

$$\begin{aligned} \text{寄与リスク} &= \text{要因曝露群の罹患リスク} - \text{要因非曝露群の罹患リスク} \\ &= \frac{A}{A+B} - \frac{C}{C+D} \end{aligned}$$

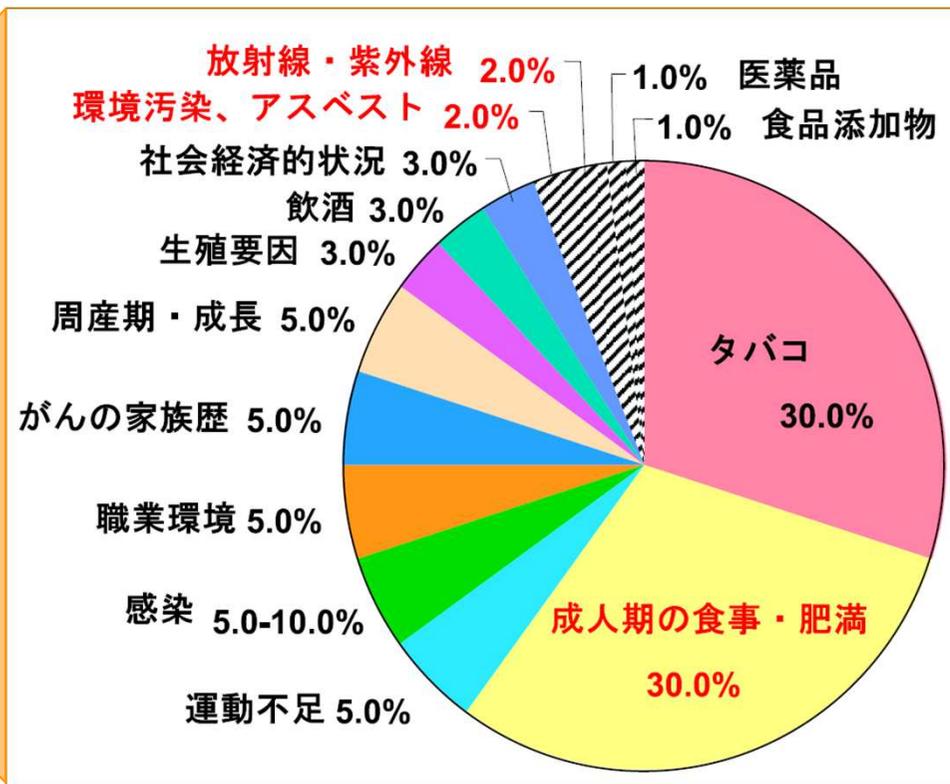
低線量率被ばくによるがん死亡リスク



発がんに関連する因子



ヒトのがんの原因と関連のある因子



Cancer Causes Control 7: 55-58 (1996) より作成

がんのリスク（放射線と生活習慣）

放射線の線量 (ミリシーベルト)	生活習慣因子	がんの 相対リスク*
1000 - 2000	喫煙者	1.8
	大量飲酒（毎日3合以上）	1.6 1.6
500 - 1000	大量飲酒（毎日2合以上）	1.4 1.4
	肥満（BMI \geq 30） やせ（BMI $<$ 19）	1.22 1.29
200 - 500	運動不足	1.15 - 1.19
	高塩分食品	1.11 - 1.15
100 - 200	野菜不足	1.08 1.06
	受動喫煙（非喫煙女性）	1.02 - 1.03
100 以下		検出不可能

*放射線の発がんリスクは広島・長崎の原爆による瞬間的な被ばくを分析したデータ(固形がんのみ)であり、長期にわたる被ばくの影響を観察したものではない

災害被災者のストレス要因

- ・ 将来の不確実性
- ・ 住居・住居の安全の不確実性
- ・ 社会の偏見
- ・ 執拗な報道
- ・ 避難先の習慣の違い

- ・ 災害予告ができない
- ・ 被害の範囲の把握が困難
- ・ 長期にわたる健康障害

放射線災害特有

緊急被ばく状況、現存被ばく状況

被害の範囲の把握が困難

緊急被ばく状況

- ◆参考レベル:20-100mSv/年の範囲

Reference level in the 20-100 mSv/year range

- ◆合理的に達成可能な限り低く (ALARA) 被ばくを低減・維持するための防護方策を講じる緊急性がある状態

Protection actions to reduce and maintain exposure ALARA are driven by urgency

- ◆放射線状況の分析・把握

Characterization of the radiological situation

- ◆放射線モニタリングの整備、健康調査、食品管理

Setting-up radiation monitoring, health surveillance and foodstuffs management

当局による決定
Decision by
authorities

現存被ばく状況

- ◆参考レベル:1-20mSv/年のうちの低線量域。長期目標は1mSv/年。

Reference level in the lower part of the 1-20 mSv/year range with the long term goal of 1 mSv/year

- ◆生活環境の改善のために、合理的に達成可能な限り低く (ALARA) 被ばくを低減・維持するための防護方策を講じる必要がある状態

Protection actions to reduce and maintain exposure ALARA are driven by the improvement of living conditions

- ◆自助努力による放射線防護や放射線防護の文化の形成

Development of self-help protection and radiation protection culture

放射線事故と健康不安

放射線事故が起こったら

- ・ 「ある程度不安がある」が普通。
- ・ 特に、親が子どもの健康を心配するのは当然。むしろ子供を愛している証拠。

過剰な不安が長く解消されなければ

- ・ メンタルヘルスが悪化する。
- ・ 母親の不安が子どもの精神状態に影響する可能性も。

不安増大につながる行動例

- ・ 情報源（根拠）がはっきりしない情報を集める。
- ・ 科学的に正確ではない情報を集める。

- 放射線問題が精神面に与える影響について：
 - ・ 放射線に対して親が不安になるのは子育てに熱心である証拠
 - ・ しかし放射線のことを必要以上に過剰に心配すると、子どもの心身に悪い影響を与えることも。
- チェルノブイリ事故による胎児被ばくと神経心理学的障害：
 - ・ 事故時に胎児であった子どもへの神経心理学的障害については、研究結果が一致していない。
 - ・ 事故の影響により情緒障害が合ったとする報告においては、障害発生と保護者の教育状況や不安度との関連性が指摘されている。
 - ・ 胎児被ばくした子ども達のIQの平均が低いという報告もあるが、甲状腺の被ばく線量とIQの間に相関はなかった。