

放射線の基礎と人体影響



**放射線医学総合研究所
明石 真言**

放射線被ばくの歴史

1890年の画像



Thomas L. Walden, Jr. PhD, *Radiology* 1991; 181:635-639



Arthur Willis Goodspeed
(1860-1943)

Arthur W. Goodspeed



William Nicholson Jennings
(1860-1946)

W. N. Jennings

Thomas L. Walden, Jr. PhD, *Radiology* 1991; 181:635-639

放射線被ばくの歴史 (1)

1890年 米国における初めての放射線の検出
グッドスピード
ジェニングス

1895年
(11月8日) X線に関する論文発表
レントゲン



1896年1月
(レントゲン博物館蔵、
ヴルツブルグ、ドイツ)

1896年
(2ヶ月後) ウラン鉱石の発見 (一般に伝えられる)
ベクレル

– 2年後の キュリー夫妻によるラジウムの
発見まで注目されず

放射線被ばくの歴史 (2)

1896年 高線量X線による脱毛
ダニエル
ポケットの放射性物質により腹部皮膚の発赤
ベクレル

X線管球に1日30分、数日 被ばくで、痛み、
腫脹、発赤、水疱、硬化

トムソン

1897年 放射線皮膚障害を報告

キュリー

多くの物理学者は、否定的

放射線被ばくの歴史

(3)

1900年	医学関係者 「頻回か過度」X線被ばくで、皮膚に熱傷 「被ばく時間や頻度の減少」は重要と認識 → X線にフィルターを使用 (1900年 以前から提唱) 増感紙の使用
1905年 まで	1920, 30, 40年代にでさえ、X線装置には 認識不足 常に放射線を出すラジウムは高価 比較的よく管理

フィルムバッジの概念

ウェグナー

(Rome Vernon Wagner)

X線管球製造者

1907年 10 月

アメリカレントゲン学会

個人の被ばくを知るために、写真乾板を自分のポケットに

1908年 (6ヵ月後) に死亡 (すでにがん)

放射線の歴史

放射線利用による利益と 障害・被ばく線量の低減化との戦い

- 放射線防護の概念の発達・定着
- 技術・知識の進歩
- 一般の理解度は?!

被ばくの特異性

- (1) 低頻度の事象
- (2) 被ばくしたかどうかがわからない
- (3) 症状がでるまでに時間がかかる
- (4) 放射線に対する専門的知識が必要
- (5) 放射性物質や放射線に対する不安
- (6) 放射線による被ばくや汚染の測定が可能
- (7) 滅菌・殺菌、中和ができない
微生物: 殺菌、滅菌、抗体など
化学物質: 中和
- (8) 社会的な影響が大きい



自然界には放射線及び放射性物質があります



一年間に自然界から受ける放射線



宇宙から
0.39 mSv/年



大地等から
0.48 mSv/年



食べ物から
0.29 mSv/年



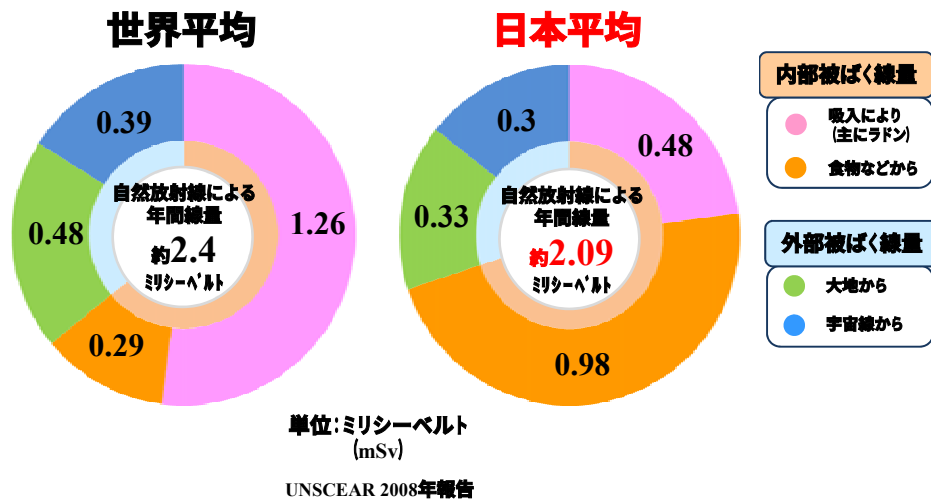
ラドンガス等
吸入
1.26 mSv/年

自然放射線の年間平均は2.4 mSv
(1-10 mSv/年)

UNSCEAR 2000 より;世界平均

自然放射線から受ける線量

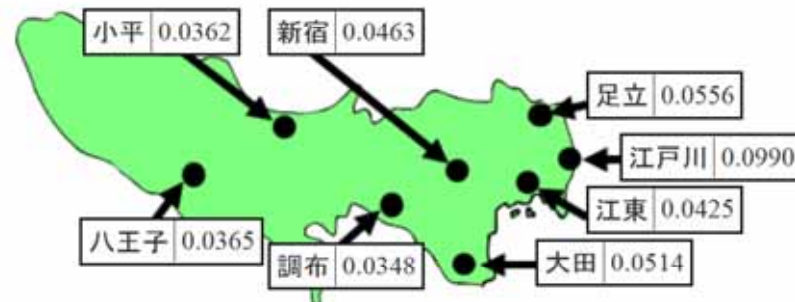
1人当たりの年間線量



原子力安全研究協会「新編 生活環境放射線」2012年

東京都の空間線量率

11/12 (月) 12:01~13:00 (平均値)



1時間あたりの放射線量(マイクログレイ)

※大気中の放射線量1グレイは1シーベルトに換算できます。

※有効数字3桁を表示しております。

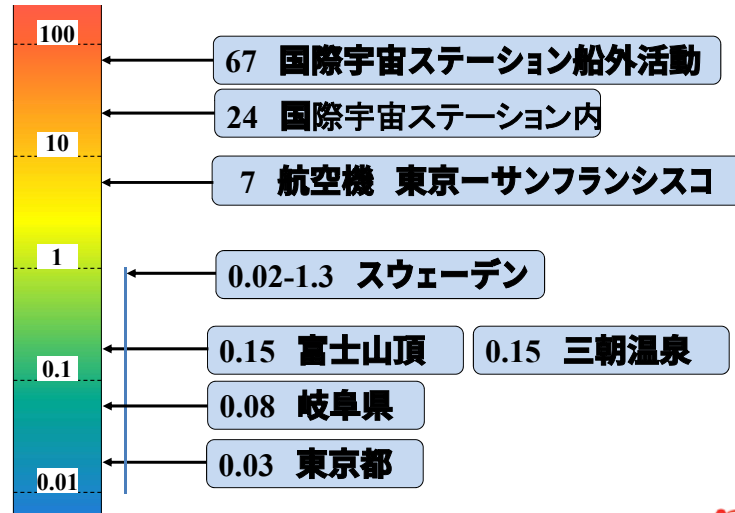


東京都

<http://monitoring.tokyo-eiken.go.jp/>

自然界の放射線線量率

μSv / 時



15

自然界にある ^{40}K



食べものに含まれるカリウム40の量

Bq / kg or L



体内の放射性物質の量
(カリウム40)

体重60kgの
日本人の場合

4,000

ベクレル

^{39}K 93.3 %

^{40}K 0.01 %

^{41}K 6.7 %

体内の放射性物質

カリウム40 ※1 4000 Bq

炭素14 ※2 2500 Bq

ルビジウム87 ※1 500 Bq

鉛・ポロニウム ※3 20 Bq

(Bq : ベクレル)
(体重60kg、日本人の場合)

※1 : 地球起源の核種

※2 : 宇宙線起源の核種

※3 : 地球起源のウラン系列の核種

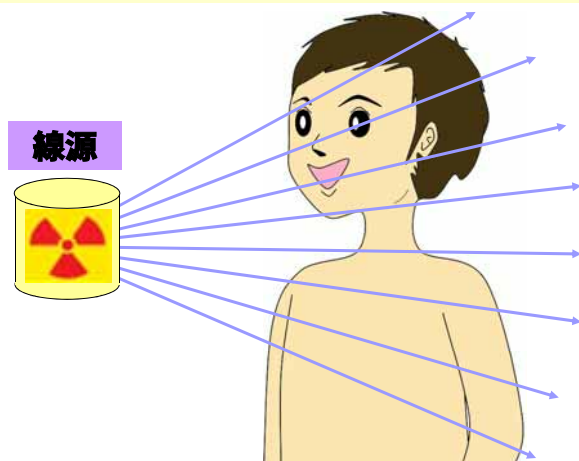


放射線被ばくとは



外部被ばく

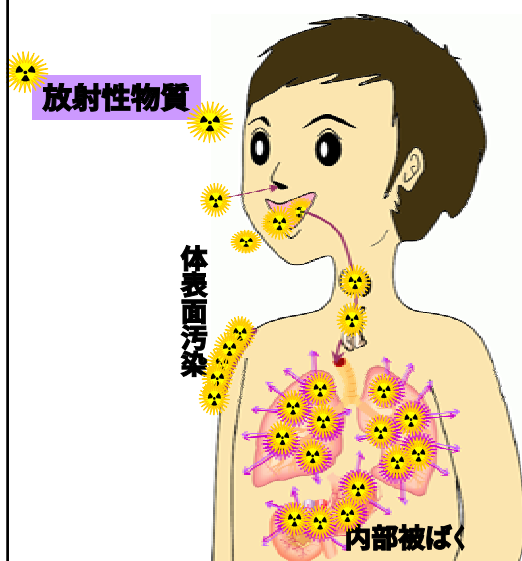
放射線を体外から被ばく



- 患者さんの体表面や体内に放射性物質がない
- 患者さんから被ばくすることはない (中性子を除く)

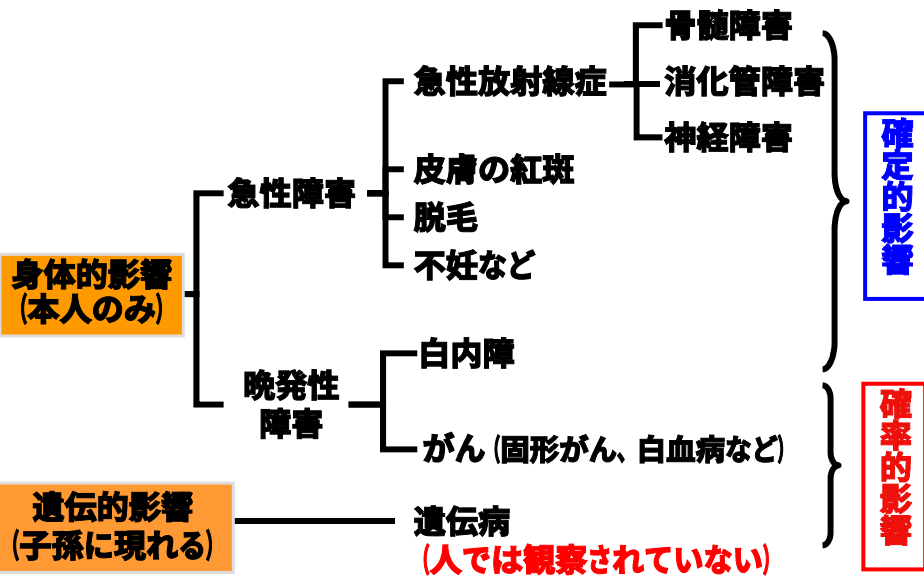
汚染

放射性物質が身体に付着するか、体内に摂取



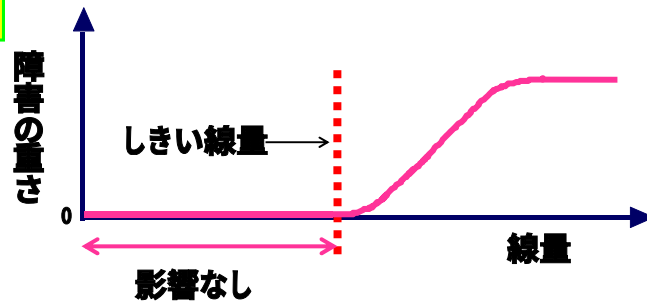
- 患者さんが線源
- 汚染拡大防止が必要
- 開口部 (口、鼻) 及び手指の汚染時は体内の汚染を疑う

放射線の人体への影響

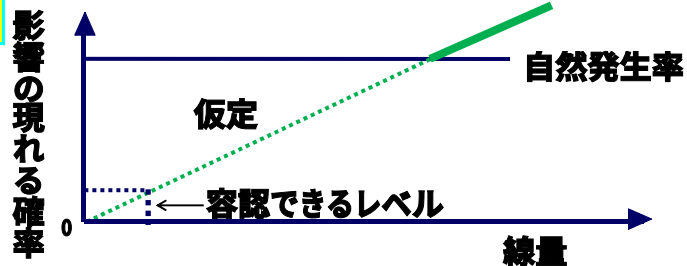


確定的影響および確率的影響 (1)

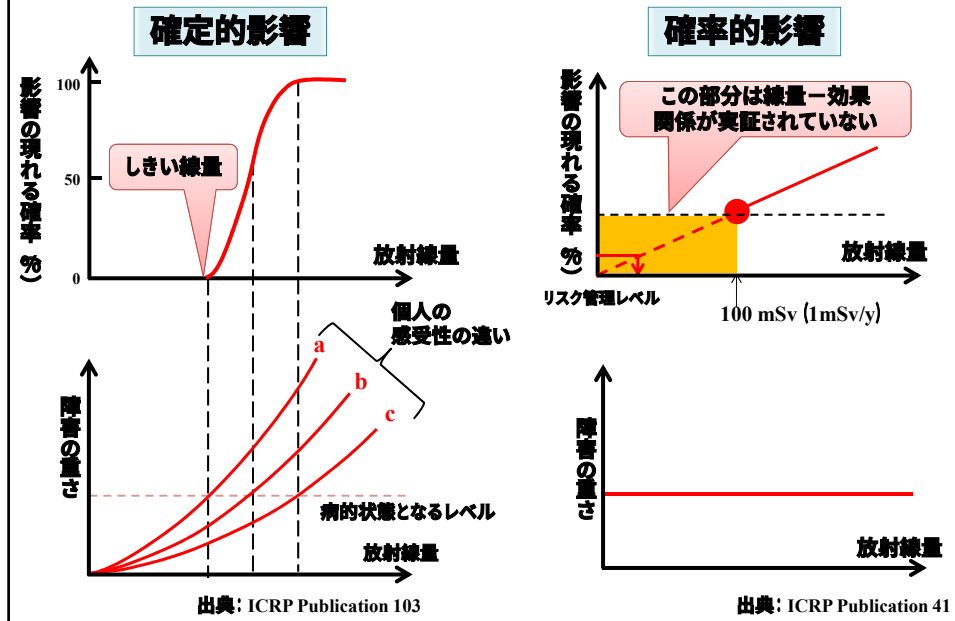
確定的影響



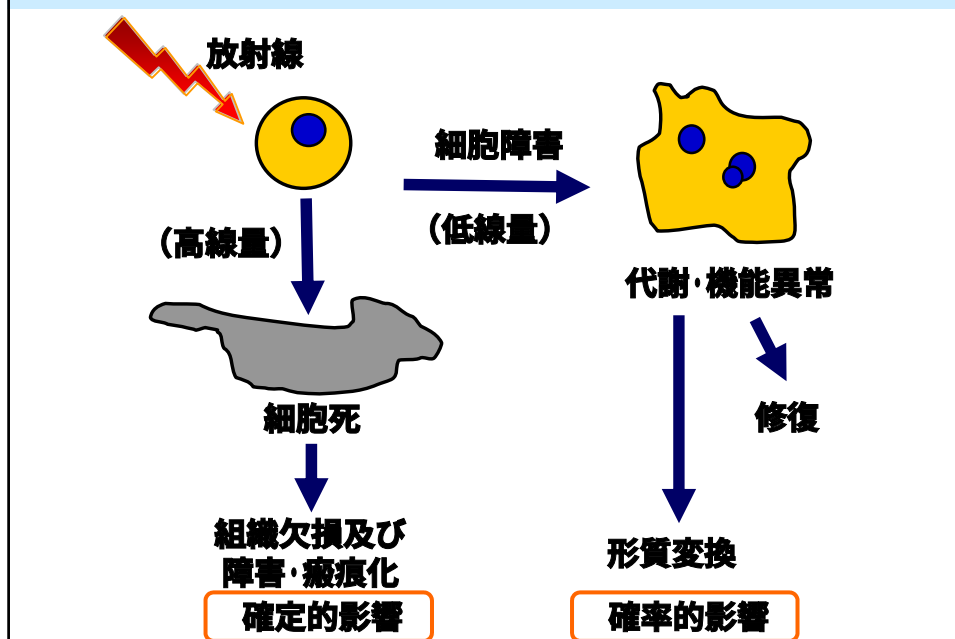
確率的影響



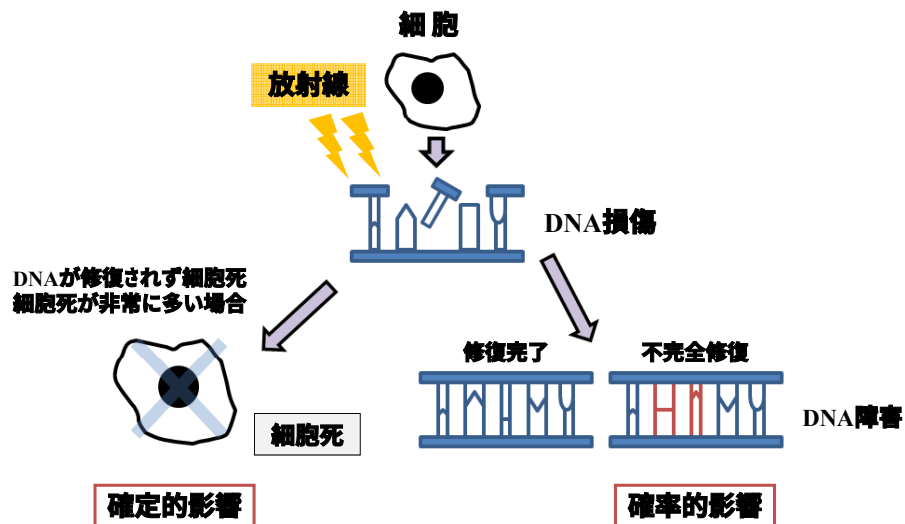
確定的影響および確率的影響 (2)



放射線による障害



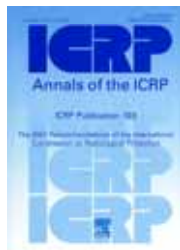
放射線によるDNAの破壊と修復



しきい値 (閾値)

ある作用因子が生体反応 [臨床的に明らかな病的状態] を引き起こす限界を閾 (しきい) と呼び、この限界の値をしきい値という。

※放射線の確定的影響の場合: しきい線量
→ 1 %の人々に影響を生ずる線量



出典: 独立行政法人放射線医学総合研究所 [編著] (2007) 『虎の巻 低線量放射線と健康影響』
医療科学社、およびICRP Publication 103, 2007

放射線の確定的影響のしきい値の推定値 (1)

影響	器官/組織	発症までの期間	受けた線量 (Gy) ^e (β, γ 線: Gy = Sv)
罹患率: 1%の人に生じる			
一時的な不妊	精巣	3-9週間	~0.1 ^{a,b} = 100 mSv
永久不妊	精巣	3週間	~6 ^{a,b}
永久不妊	卵巣	<1週間	~3 ^{a,b}
造血能低下	骨髄	3-7日間	~0.5 ^{a,b}
皮膚の発赤	皮膚 (広範囲)	1-4週間	<3-6 ^b
放射線熱傷	皮膚 (広範囲)	2-3週間	5-10 ^b
一時的な脱毛	皮膚	2-3週間	~4 ^b
白内障 (視力障害)	水晶体	数年	~1.5 ^{a,c}

^a ICRP (1984)

^b UNSCEAR (1988)

^c Edwards and Lloyd (1996) ^d Scott and Hahn (1989), Scott (1993)

^e Most values rounded to the nearest Gy; ranges indicate area dependence for skin and differing medical support for bone marrow

ICRP Publication 103から引用・改変

確定的影響のしきい値の推定値 (2)

影響	器官/組織	発症までの期間	受けた線量 (Gy) ^e (β, γ 線: Gy = Sv)
罹患率: 1%の人に生じる			
骨髄症候群:			~0.1 ^{a,b} = 100 mSv
- 治療なし	骨髄	30-60 日間	~1 ^b
- 適切な治療	骨髄	30-60 日間	2-3 ^{b,d}
胃腸の障害:			
- 治療なし	小腸	6-9日間	~6 ^d
- 適切な治療	小腸	6-9日間	>6 ^{b,c,d}
肺臓炎:	肺	1-7 ヶ月	6 ^{b,c,d}

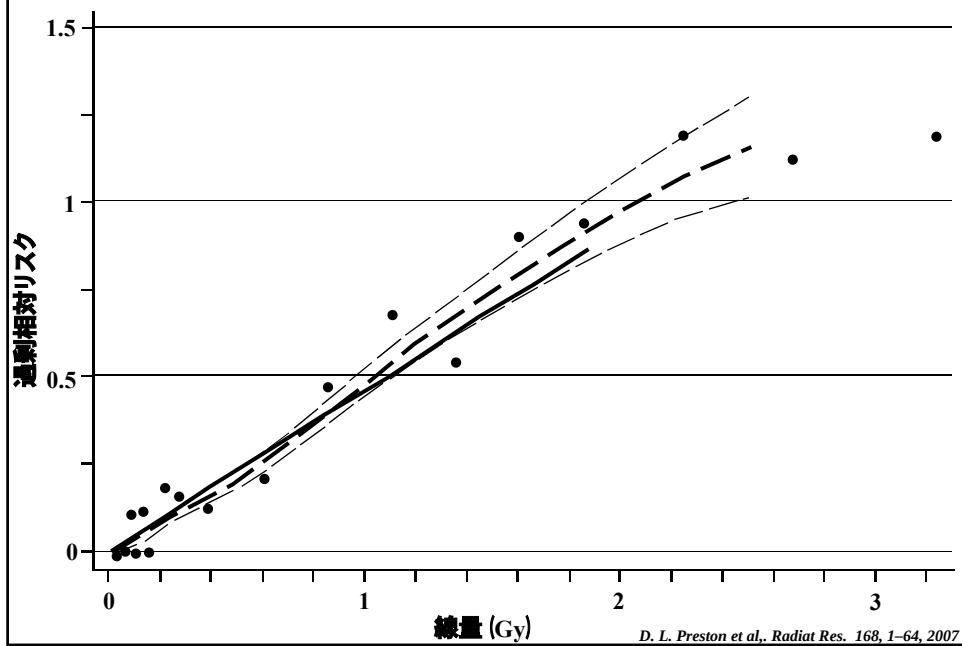
^a ICRP (1984)

^b UNSCEAR (1988)

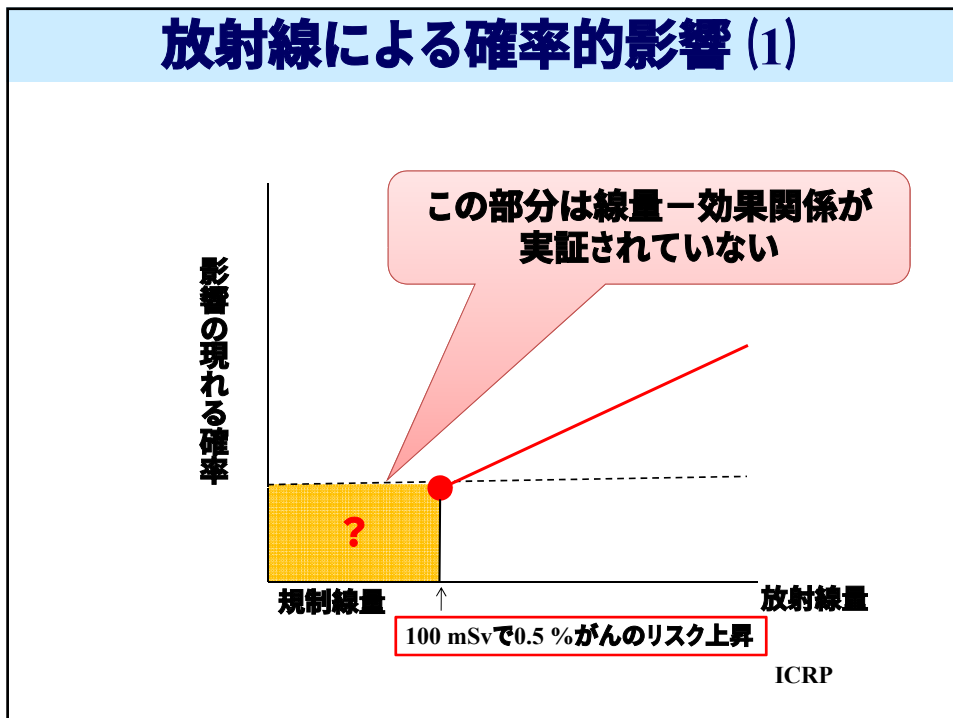
^c Edwards and Lloyd (1996) ^d Scott and Hahn (1989), Scott (1993)

ICRP Publication 103から引用・改変

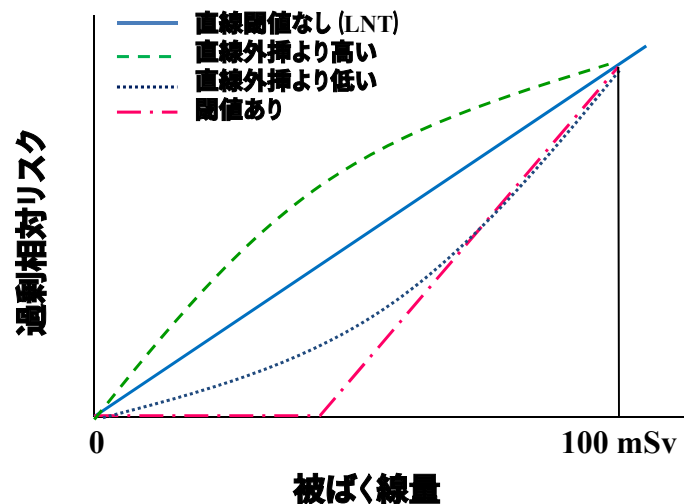
原爆被爆者における線量とリスクの関係



放射線による確率的影響 (1)



放射線による確率的影響 (2)



100mSvの被ばくによるがん死亡率の増加

我が国の悪性新生物による死亡率：30.1%

(平成21年(2009)人口動態統計(確定数))

= 1000人中301人が悪性新生物で死亡



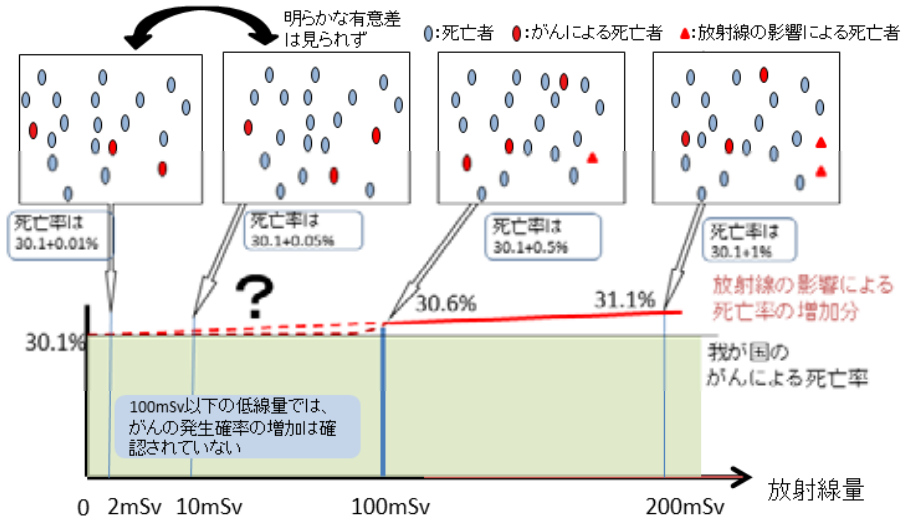
100mSvの被ばく：「悪性新生物による死亡率が
0.5 %増加」

= 1000人につき悪性新生物による死亡が5人増加



1000人中 $301 + 5 = 306$ 人が悪性新生物で死亡

放射線によるがんの増加



我が国の悪性新生物による死亡は、死因の30.1%(平成21年(2009)人口動態統計(確定数))
 = 死亡者1000人中301人が悪性新生物で死亡

100 mSv以下の発がん影響を明らかにするために必要な調査対象人数

ICRP Publication 99における試算

放射線量	放射線の影響によるがん死亡率(過剰リスク) 仮定の値	がん死亡率合計 仮定の値	影響があるかどうか検出するのに必要な集団の大きさ (5%有意水準・80%検定力)
1 Sv	10%	20%	80
100 mSv	1%	11%	6,390
10 mSv	0.1%	10.1%	620,000
1 mSv	0.01%	10.01%	61,800,000

(推定のための仮定条件) ... 実在の値ではなく、必要対象者数を試算するための仮定

- (1) ある集団のある種のがん死亡率は、被ばくがない場合に10%
- (2) 1Svの被ばくにより、このがん死亡率は2倍になる(10%増える)
- (3) がん死亡率の過剰分(増加分)は、放射線量と厳密な比例関係にある(0~1Svの範囲で) とすると...

出典: ICRP Publication 99 (2005), Land (1980) Estimating Cancer Risks from Low Doses of Ionizing Radiation, Science, Vol. 209.,
 および独立行政法人放射線医学総合研究所 [編著] (2007) 「虎の巻 低線量放射線と健康影響」 医歯科学社

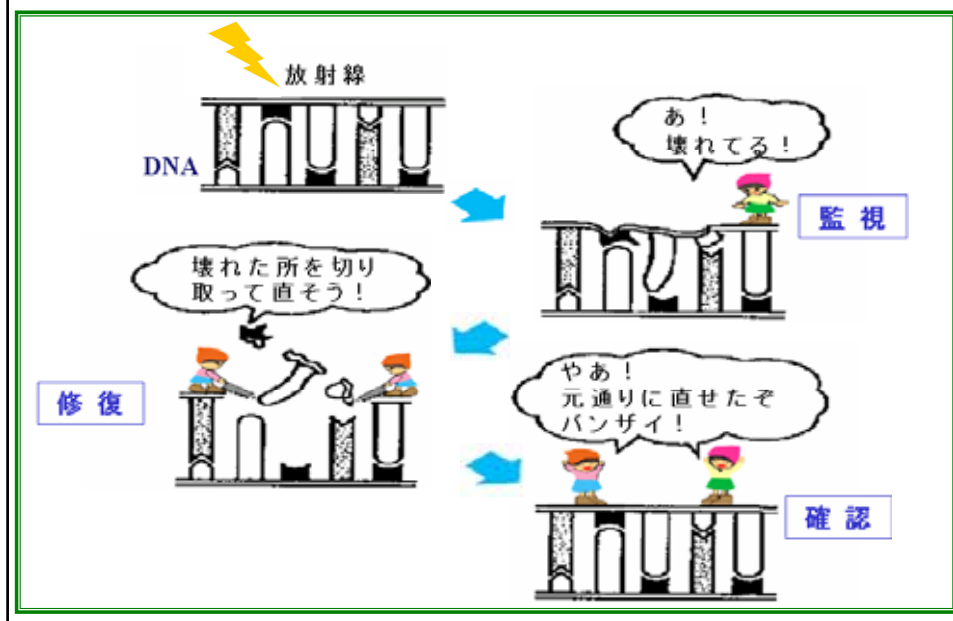
修復

-低線量の場合-



(SCIENCE, VOL. 266, 1994)

どうして線量が低いと「影響なし」と言えるの？



自分のものさしで、正しく判断しよう！



放射線医学総合研究所