

講演2 「放射線による健康影響」

講師：公益財団法人環境科学技術研究所

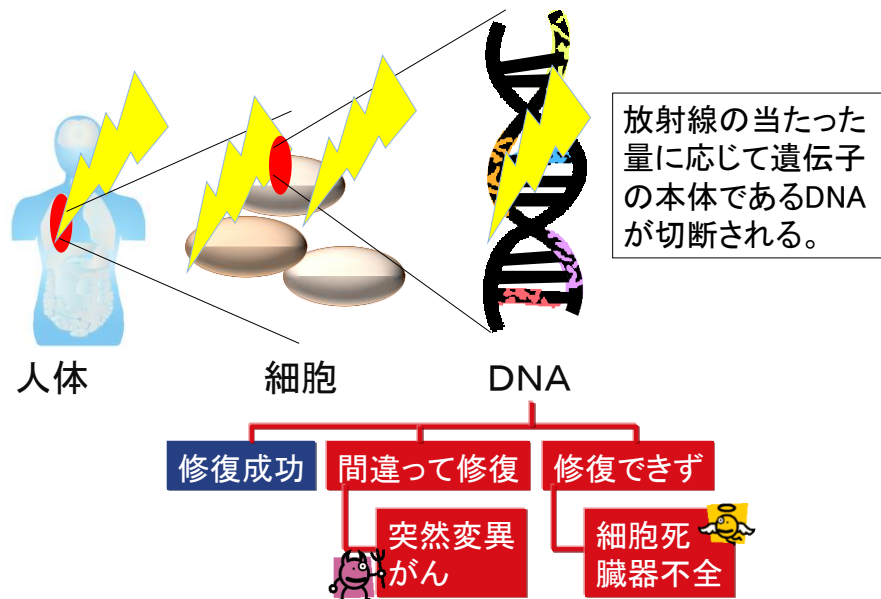
理事長 島田義也氏

(国立研究開発法人量子科学研究開発機構 元理事

(兼)放射線医学総合研究所 元所長、

一般社団法人 日本放射線影響学会 理事長)

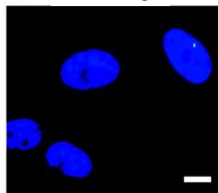
放射線の細胞への影響



DNA2本鎖切断は修復される

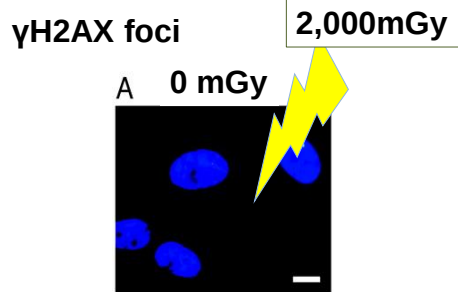
γ H2AX foci (DNA切断のマーカー)

A 0 mGy



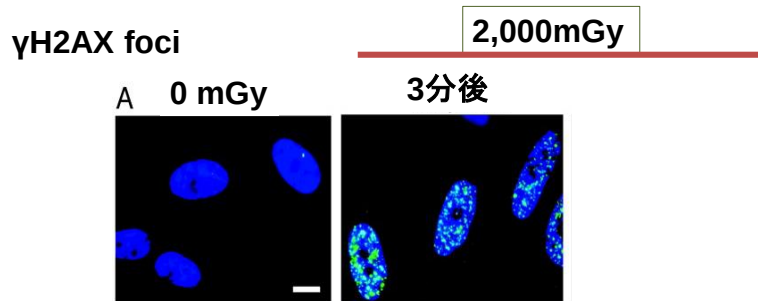
Rothkamm and Lobrich PNAS 100:5057, 2003

DNA2本鎖切断は修復される



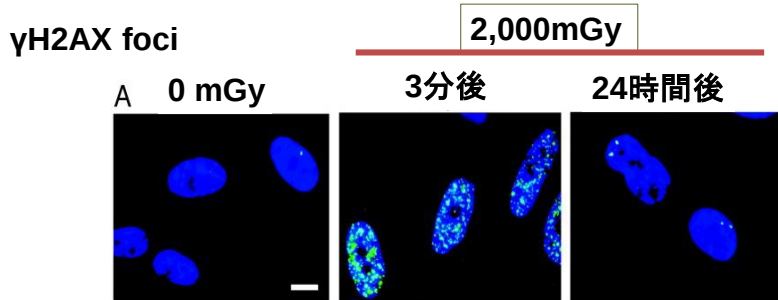
Rothkamm and Lobrich PNAS 100:5057, 2003

DNA2本鎖切断は修復される



Rothkamm and Lobrich PNAS 100:5057, 2003

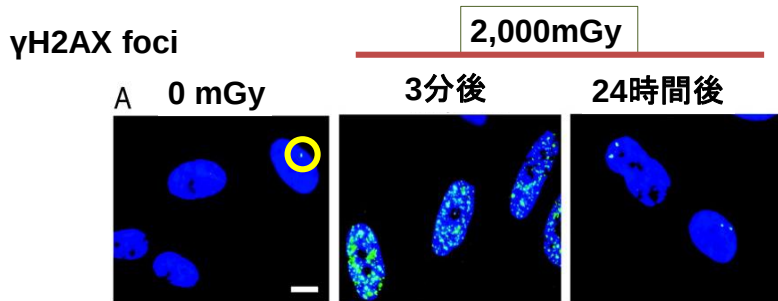
DNA2本鎖切断は修復される



翌日には、切断はほとんど修復される。

Rothkamm and Lobrich PNAS 100:5057, 2003

DNA2本鎖切断は修復される



翌日には、切断はほとんど修復される。

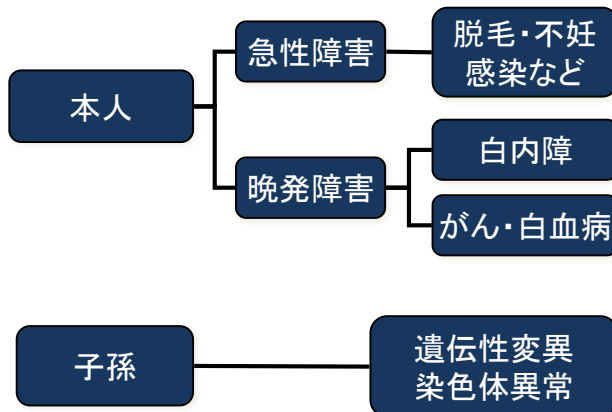
Rothkamm and Lobrich PNAS 100:5057, 2003

自然発生とX線によるDNA損傷

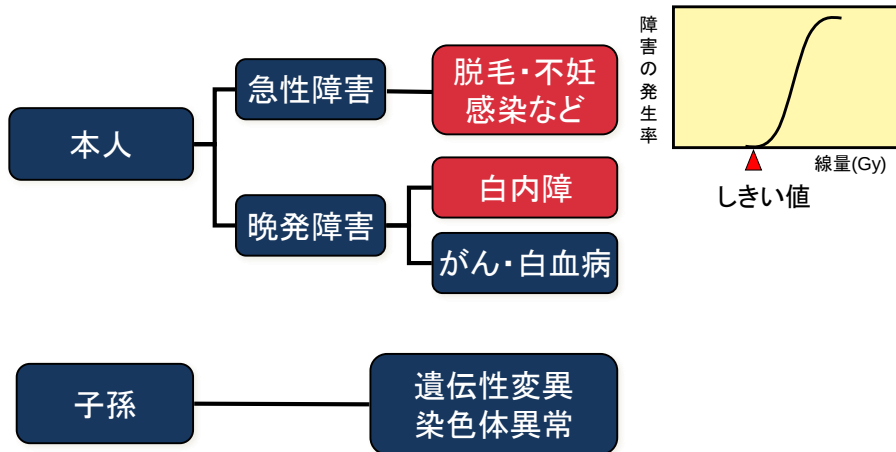
損傷	自然発生 (/細胞/日)	放射線誘発 (/細胞/1000mGy)
塩基損傷	20,000	300
一本鎖切断	50,000	1000
二本鎖切断	10	20-40

被ばくがなくてもDNAは切れている(活性酸素、細胞分裂)。

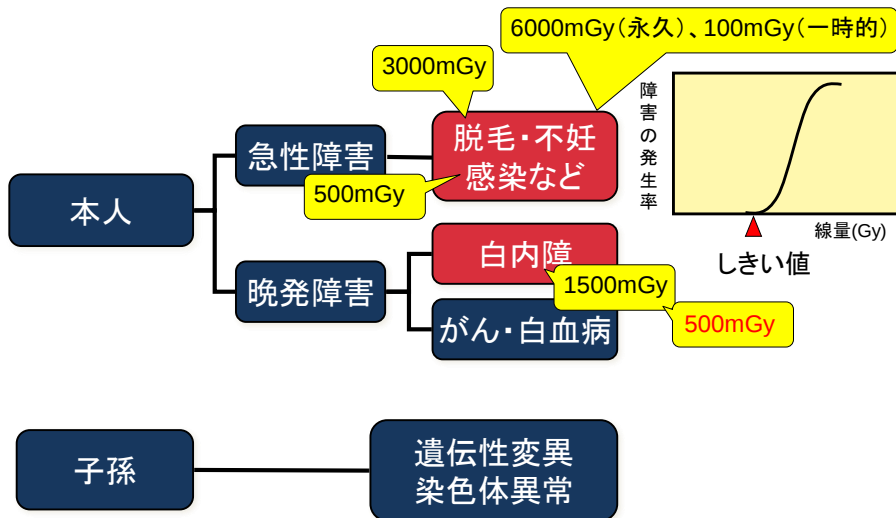
ヒトへの影響の分類



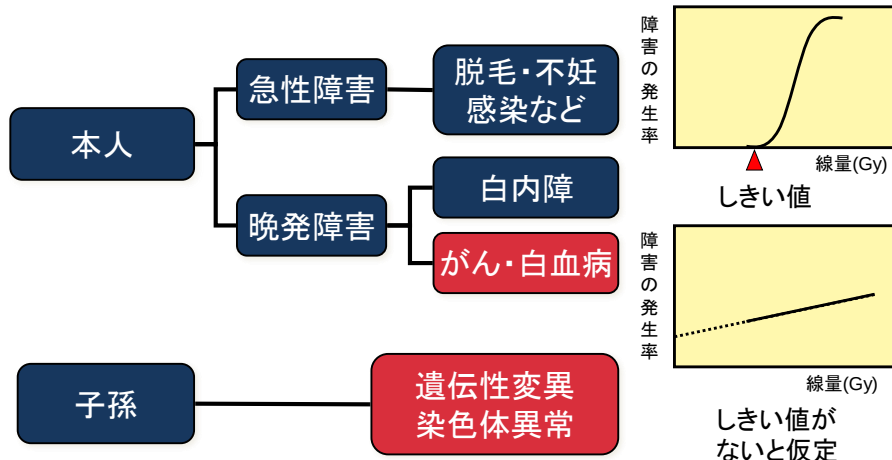
ヒトへの影響の分類



ヒトへの影響の分類



ヒトへの影響の分類



低線量(100mGy以下)の被ばくで影響があるかもしれないのは、将来的な「がん」と「子孫への影響」が考えられる。

ポイント1

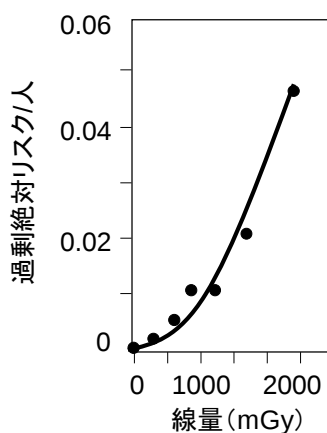
- 放射線は、線量に応じて、からだの設計図である遺伝子をつくっているDNAを切断する。
- 細胞は、切断されたDNAをもとに戻す力を持っている(DNA修復)。
- でも、間違って修復することもある。
- 低線量放射線のリスクは、「がん」と「遺伝影響」が考えられる。

広島、長崎(原爆被爆)

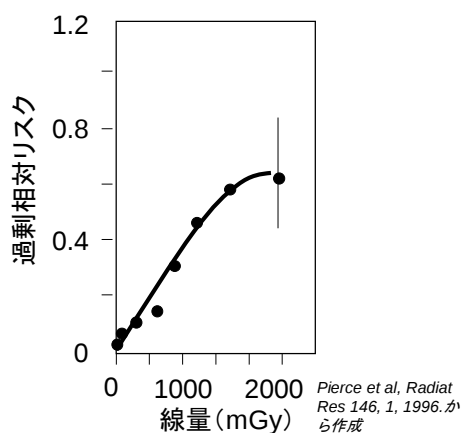
広島、長崎で原爆被ばくされた方の疫学調査の結果から、放射線被ばくと発がんリスクの関係を見てみよう。

白血病と固形がんによる過剰死亡リスク: 原爆被爆

a) 白血病

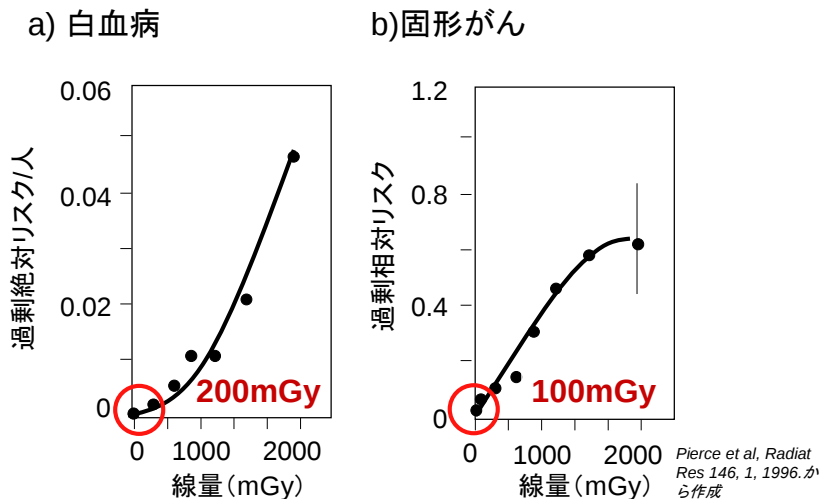


b) 固形がん



リスクは線量とともに大きくなる。
白血病は直線2次的に、固形がんは直線的に増加する。

白血病と固形がんによる過剰死亡リスク: 原爆被爆



放射線防護における発がんリスク

- 放射線による発がんリスクは、全身100mGy (100mSv) 以上の被ばく線量で観察され、それ以下では、リスクの明らかな増加を証明することは難しくなります。
- 国際放射線防護委員会(ICRP)(国際原子力機関(IAEA)、世界保健機構(WHO))では、全身100mGyあたり、生涯のがん死亡リスクが、約0.5%(急性被ばくは約1.0%)増加すると仮定して、規制を検討しています。

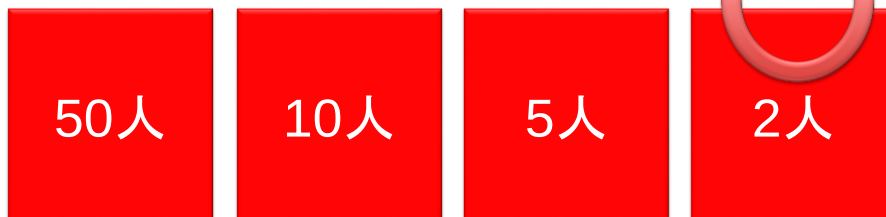
100mGyによるがんリスクの増加について

「100mGyあたり、生涯のがん死亡リスクが、約0.5%増加する」とはどのくらいのリスクの大きさなのか？

絵に描いて、見てみよう。

【質問】何人に一人の日本人が
がんに罹患しますか？

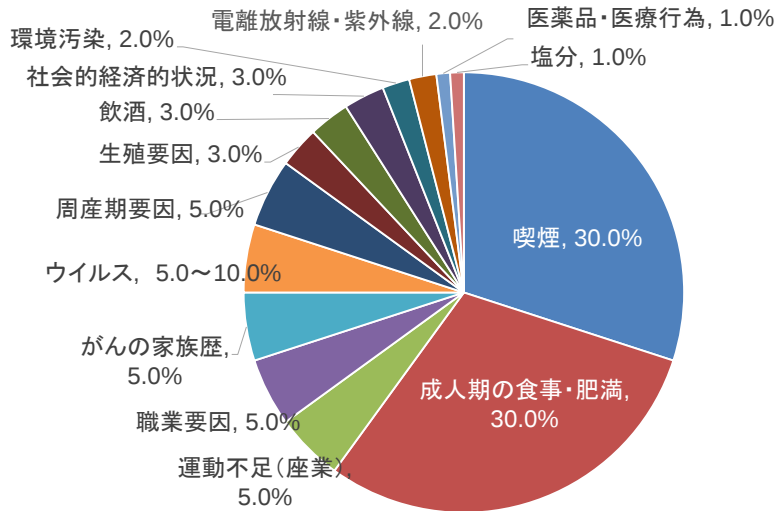
何人に一人でしょうか？



がん死亡は、約4人に1人です。

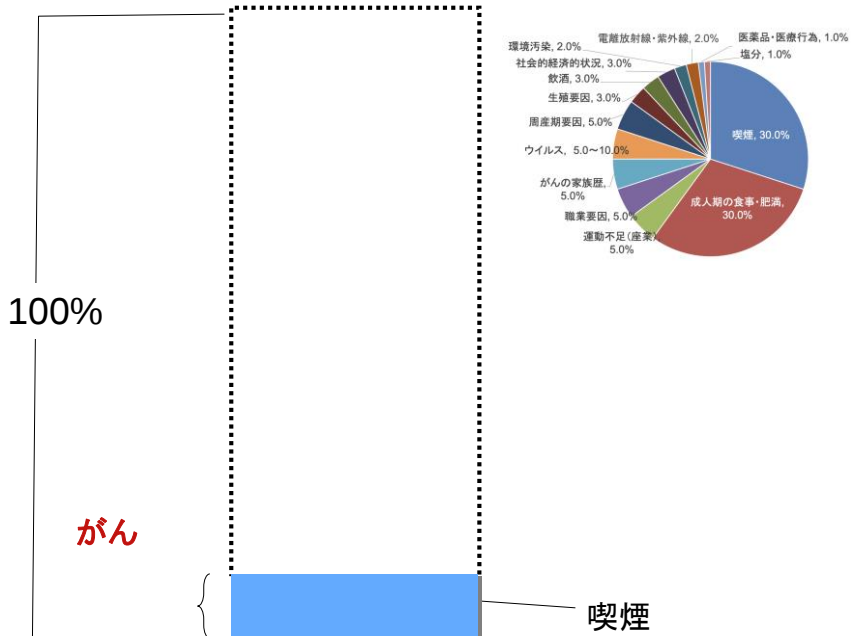
男性で約4人に1人、女性で約6人に1人。

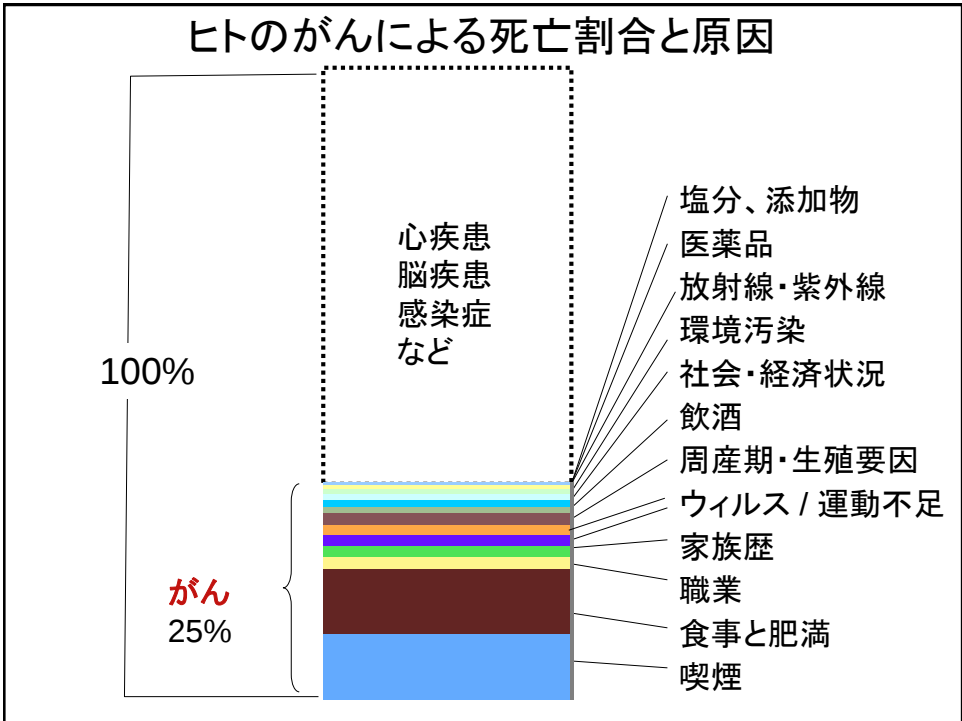
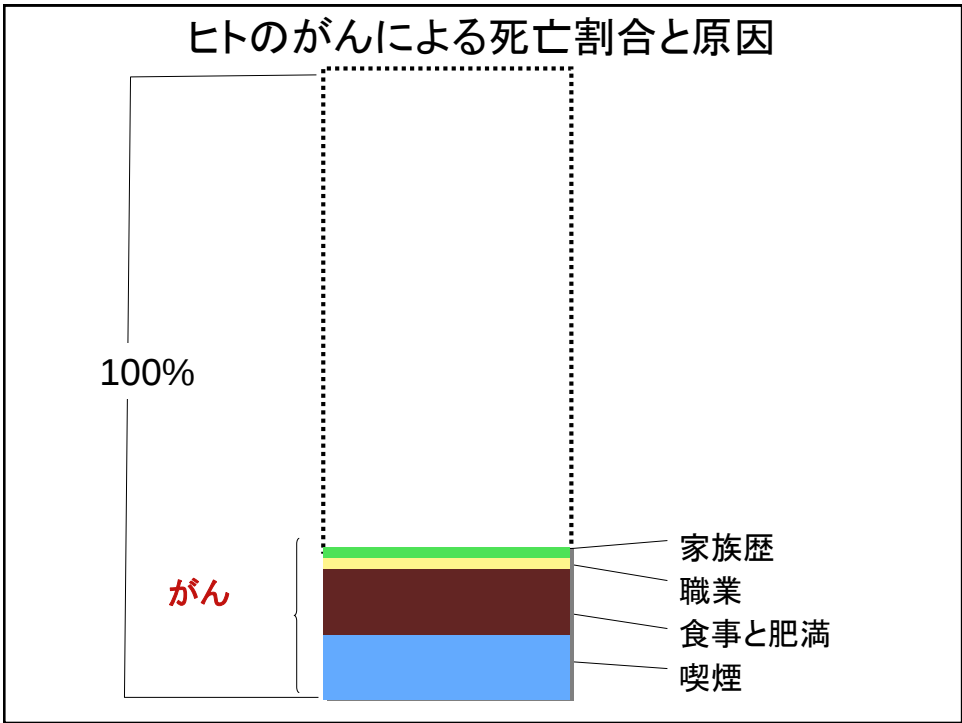
ヒトの発がん要因

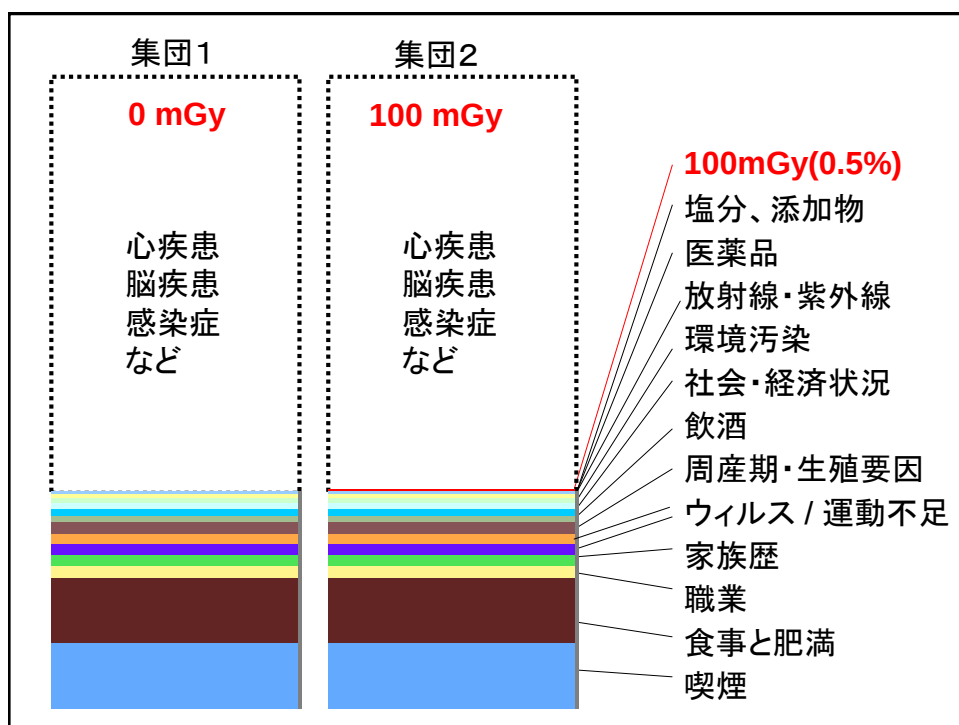
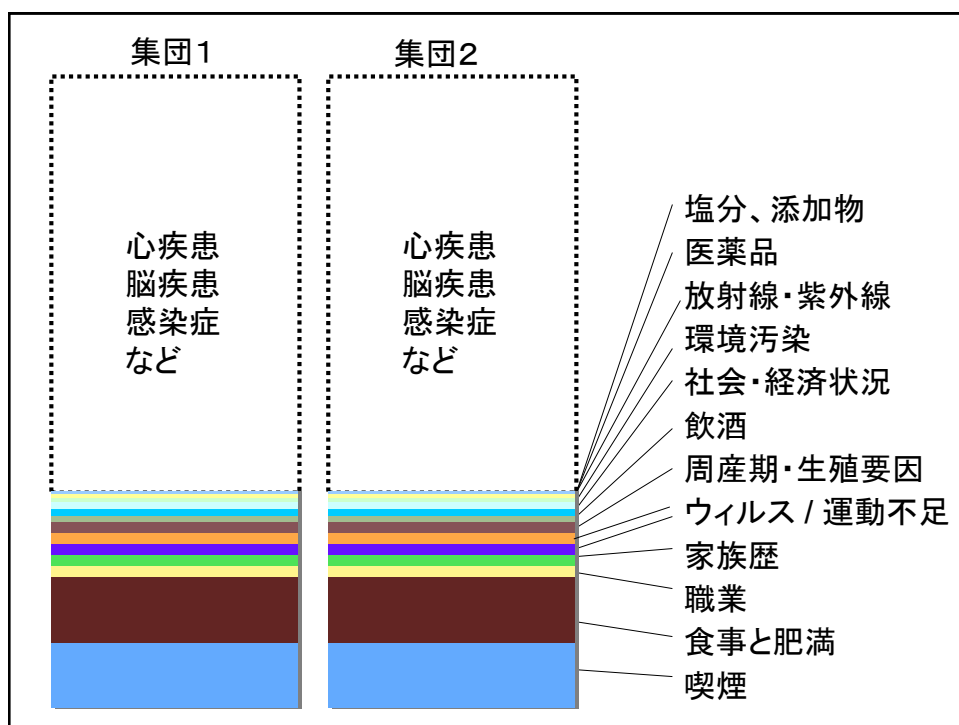


Harvard Center for Cancer Prevention; Harvard Report on Cancer Prevention, vol. 1, 1996

ヒトのがんによる死亡割合と原因







放射線と他の発がん要因のリスク



放射線 1000~2000mSv

喫煙者

大量飲酒(450g以上/週)



放射線 200~500mSv

肥満($BMI \geq 30$)

運動不足

放射線 100~200mSv

野菜不足

受動喫煙(非喫煙女性)

国立がん研究センターHPより作成。

日本人の自然からの生涯被ばく線量

自然放射線

ミリシーベルト/年	 宇宙から	 大地から	 ラドンなどの吸入	 食物から
2.4(世界)	0.39	0.48	1.26	0.29
2.1(日本)	0.30	0.33	0.48	0.99

出典：日本原子力文化財団「原子力総合パンフレット2019」

1年間で**2.1mSv**の被ばくなので、人生50年の間に
約**100mSv**の自然の放射線を被ばくする。

ポイント2

- 低線量放射線(100mGy)の影響は、主にがんを考える。
- 100mGyの被ばくのがんリスクの増加は、原爆被ばく者でも、統計学的に明らかにできないほど小さい(規制当局は0.5%増加と仮定)。

大きさを理解する

- 大きいものを大きく、小さなものを小さく感じるセンスを磨く。



大きさを理解する

- 大きいものを大きく、小さなものを小さく感じるセンスを磨く。
- 線量の大きさで考える。



ポイント3

- 大きいものを大きく、小さなものを小さく感じるセンスを磨く。

遺伝性影響

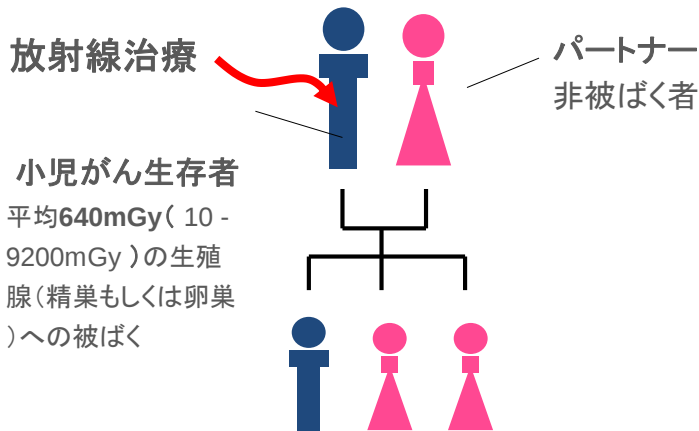
小児がん治療患者

原爆被爆者においては、次世代への影響は観察されていない。

放射線被ばくの子孫への影響はないのだろうか？

小児がんで放射線治療を行ったがん患者さんの調査データを見ていこう。

小児がん治療患者の遺伝的影響

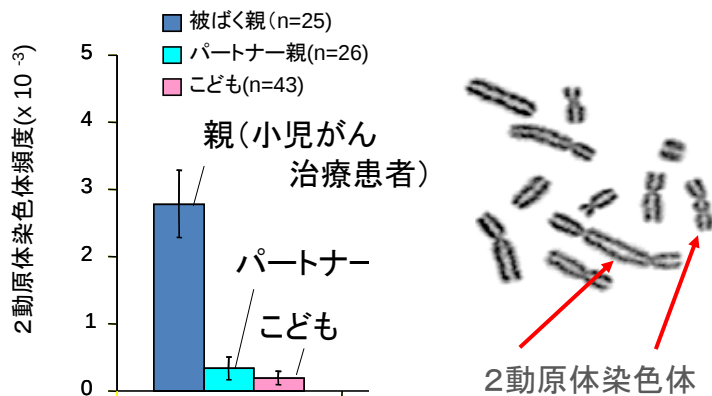


被ばく父親 (もしくは母親) を持つ子ども

血液の染色体異常を解析

Tawn et al, Mut Res 583:198-206, 2005

親と子どもの染色体異常



親の放射線被ばくによる次世代への影響はないと考えられる。
ただし、マウスでは影響が報告されており、今後も研究が必要。

ポイント4

- 人では、親の被ばくによるこどもへの影響は、観察されていない。

被ばくのリスクは蓄積するのか？

少ない線量を何度も被ばくした場合

肺結核治療とX線透視

結核治療コホート (人工気胸法) Massachusetts

一回あたりの線量(透視)が10mGy程度。
月に2-3回の被ばく。



肺結核治療とX線透視

結核治療コホート (人工気胸法) Massachusetts

	肺がん	乳がん
被ばく群の人数	6,285	
対照群の人数	7,100	
透視の回数(平均)	77	
線量(平均, Gy)	840mGy	
標準死亡比(SMR)	0.8 (0.6 - 1.0)	

Davis et al, Cancer Res 49:6130, 1989



反復被ばくによるがんリスクの増加は、肺がんでは観察されない。

肺結核治療とX線透視

結核治療コホート
(人工気胸法)
Massachusetts



	肺がん	乳がん
被ばく群の人数	6,285	3,329
対照群の人数	7,100	3,184
透視の回数 (平均)	77	88
線量 (平均, Gy)	840mGy	750mGy
標準死亡比(SMR)	0.8 (0.6 - 1.0)	1.4

Davis et al, Cancer Res 49:6130, 1989

反復被ばくによるがんリスクの増加は、肺がんでは観察されないが、平均750mGy程度の被ばくの場合、乳がんでは観察される。

乳がんリスクと被ばく時年齢の関係

	初回被ばく時あるいは診断時年齢						
	0-14	15-19	20-24	25-29	30-39	40+	合計
被ばく群の観察症例数	6	39	47	29	16	5	142
相対リスク	1.64	2.26 *	1.72 *	1.24 *	0.76 *	0.94	1.44 *

* p<0.05

Boice et al, Radiat Res 125:214-222, 1991

被ばくの年齢が高くなるほど、乳がんリスクは小さくなる。

カナダの透視患者の調査 乳がん

	50mGy/回	2mGy/回
過剰相対リスク/Gy	1.94	0.25

1回あたりの線量が低いほどリスクは小さくなる。

ポイント5

- 一般に、反復被ばくやじわじわ（低線量率）被ばくのリスクは、瞬時の被ばくのリスクより小さい。
- 被ばくの影響や蓄積の程度は、臓器や年齢、一回あたりの線量によって異なる。

放射線による健康影響 まとめ

- 放射線の影響はDNA切断から。しかし細胞には切れたDNAを修復する能力がある。
- 発がんリスクは線量と臓器、年齢に依存する。
- その他の発がん要因と放射線のリスクの大きさの比較。
- 遺伝性リスクは人では観察されていない。
- 繰り返し被ばくのリスクは瞬時の被ばくのリスクより小さい。