

平成26年12月8日

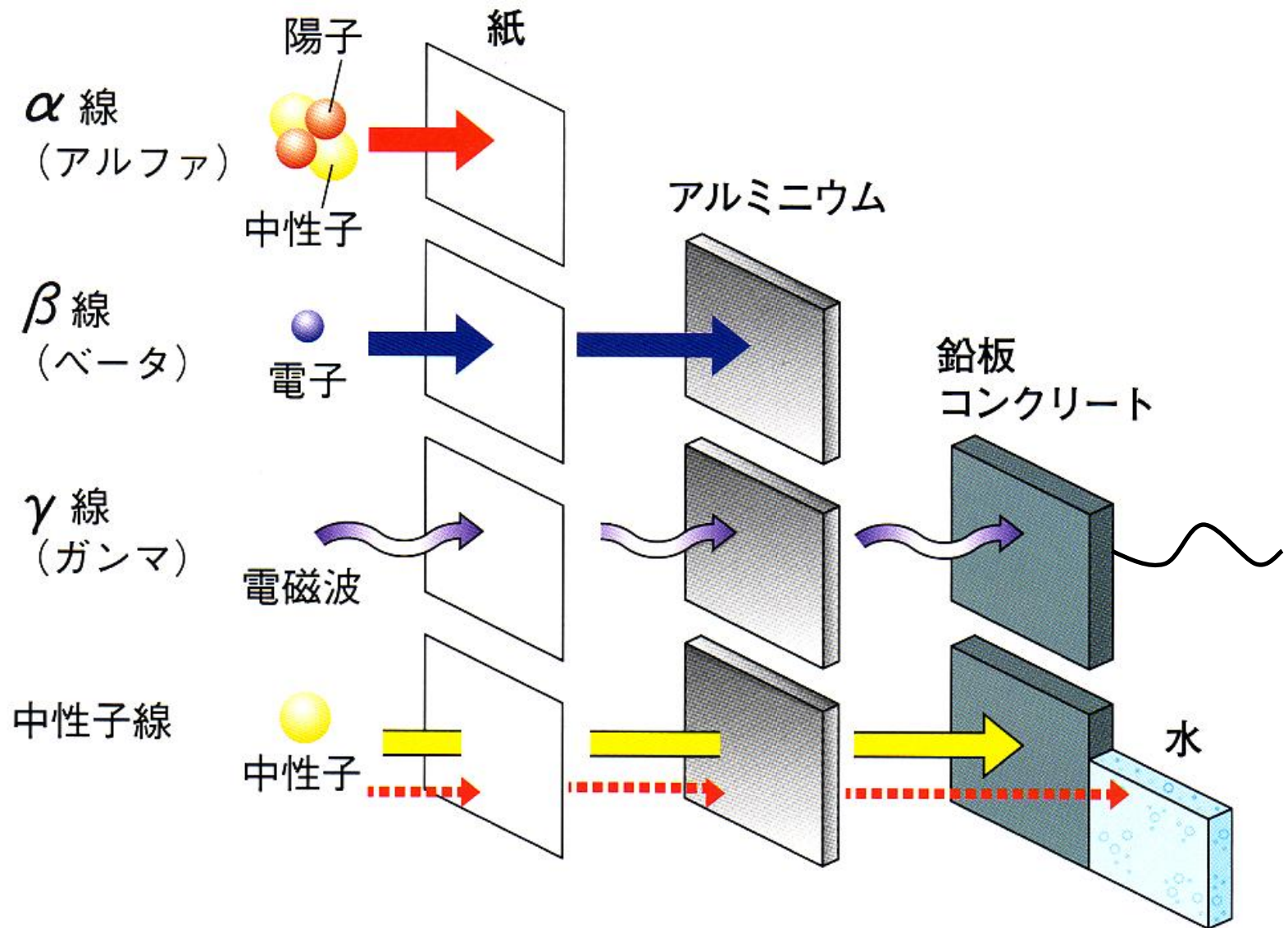
サイエンス・カフェ

「聞いてみよう、コミック誌から見る
放射線の作用」

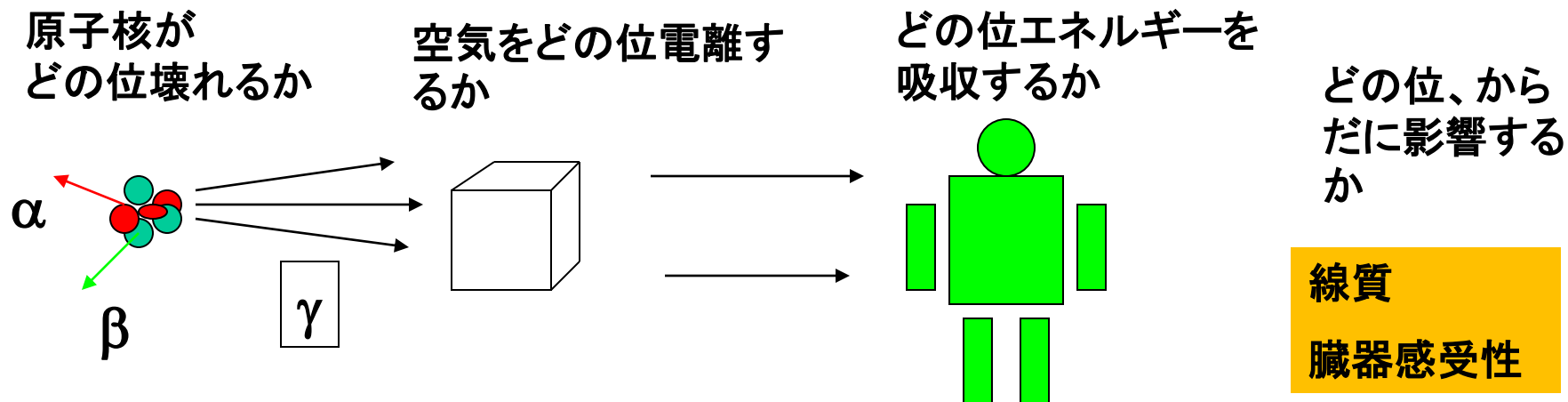
富山大学大学院医学薬学研究部

放射線基礎医学講座

近藤 隆



中性子線は電荷を持たないので、金属は容易に通過し、水、パラフィン等で吸収される。



放射能

照射線量

吸収線量

実効線量

SI 単位系

Bq

1 Bq = 1 s⁻¹

C/kg

Gy

1 Gy = 1 J/kg

Sv

Ci

1 Ci =

3.7x10¹⁰ Bq

R

1 R =

2.58x10⁻⁴ C/kg

rad

1 rad =

10⁻² Gy

rem

1 rem =

10⁻² Sv

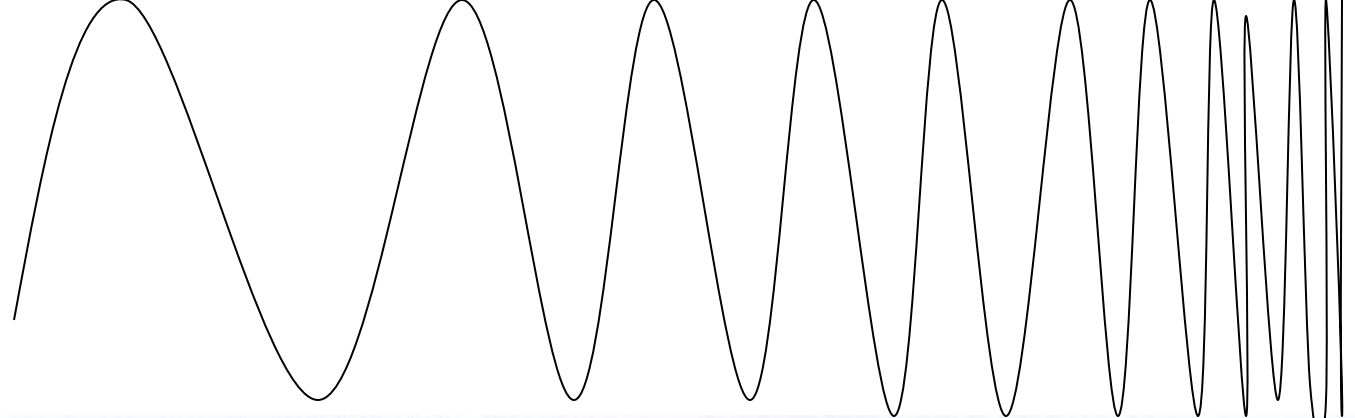
放射線の作用 原子や分子の

● **励起** (軌道間での電子移動)

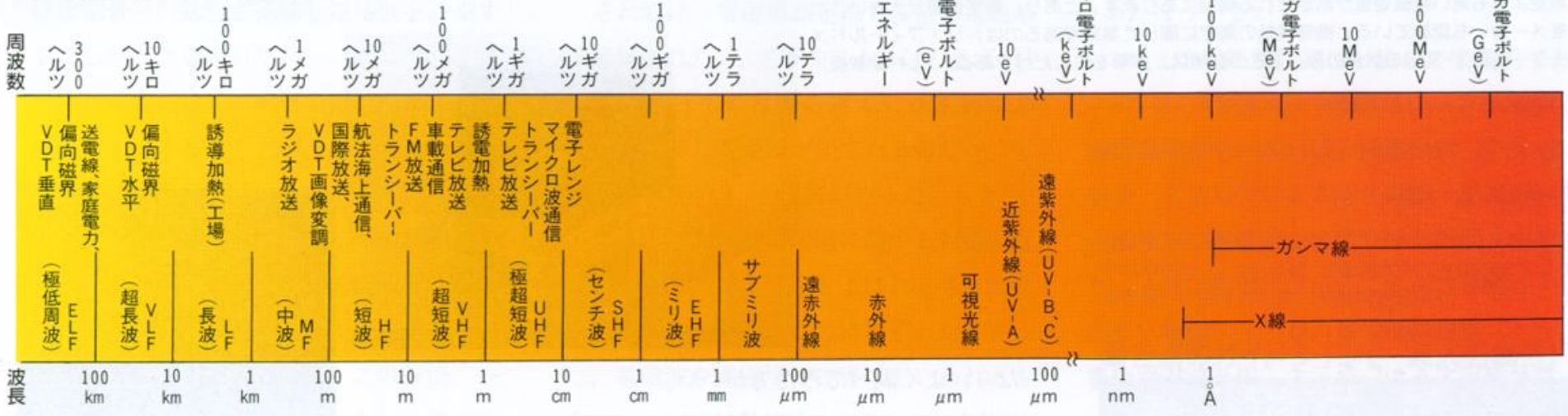
● **電離** (軌道外への電子移動)

分子の分解、電離により、フリーラジカル(活性酸素)が生成

波長が短くなると
エネルギーが増す



■電磁波の波長と周波数・名称



ラジオの電波

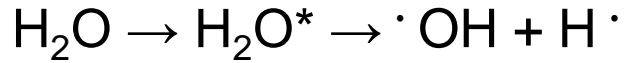
電子レンジ
携帯電話

可視光線

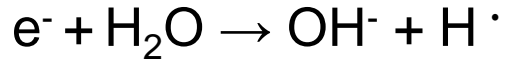
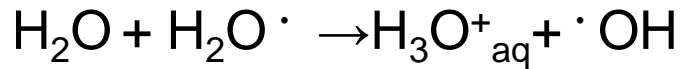
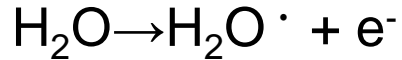
水分子の分解
活性酸素生成

「放射線」

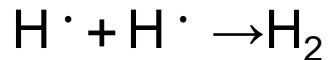
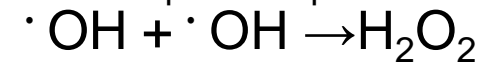
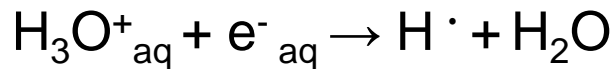
励起(Excitation)



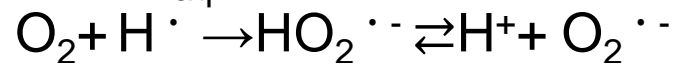
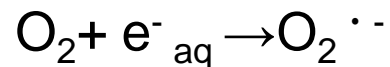
電離 (Ionization)



イオンやラジカルの再結合 (Recombination of ions and radicals)



酸素があれば

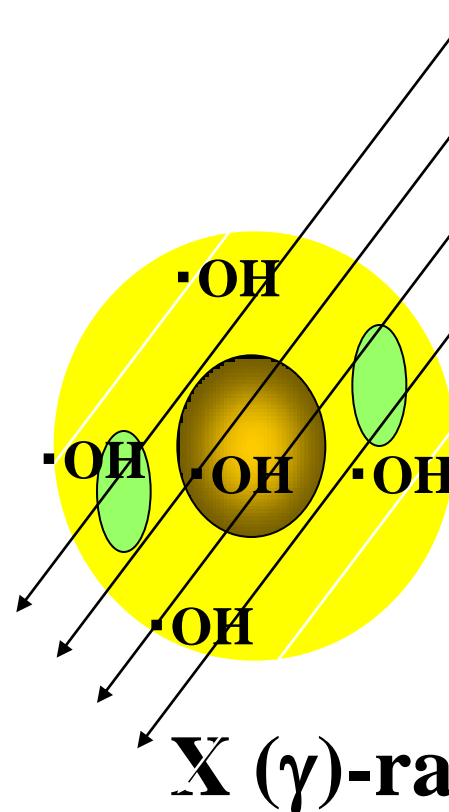
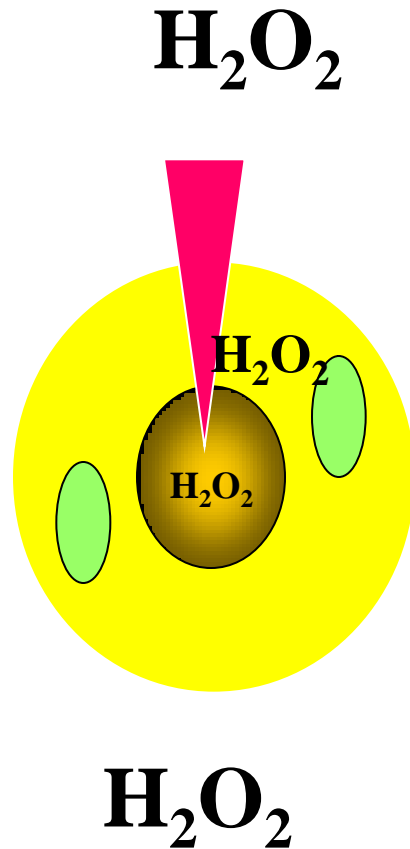


放射線の細胞への作用（空間分布が他と異なる）

約30% 直接作用（標的分子のイオン化）

約70% 間接作用（活性酸素生成）

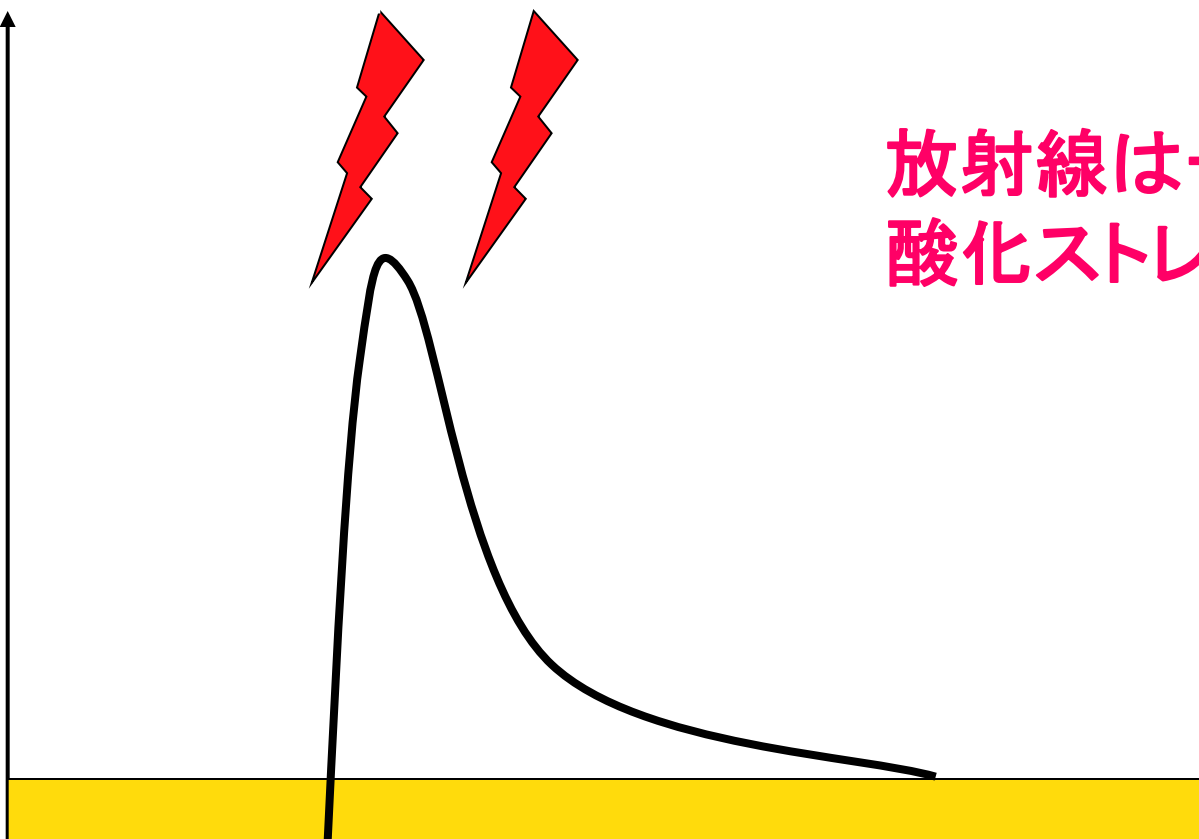
薬剤では濃度勾配がある



細胞内生成では部位特異的

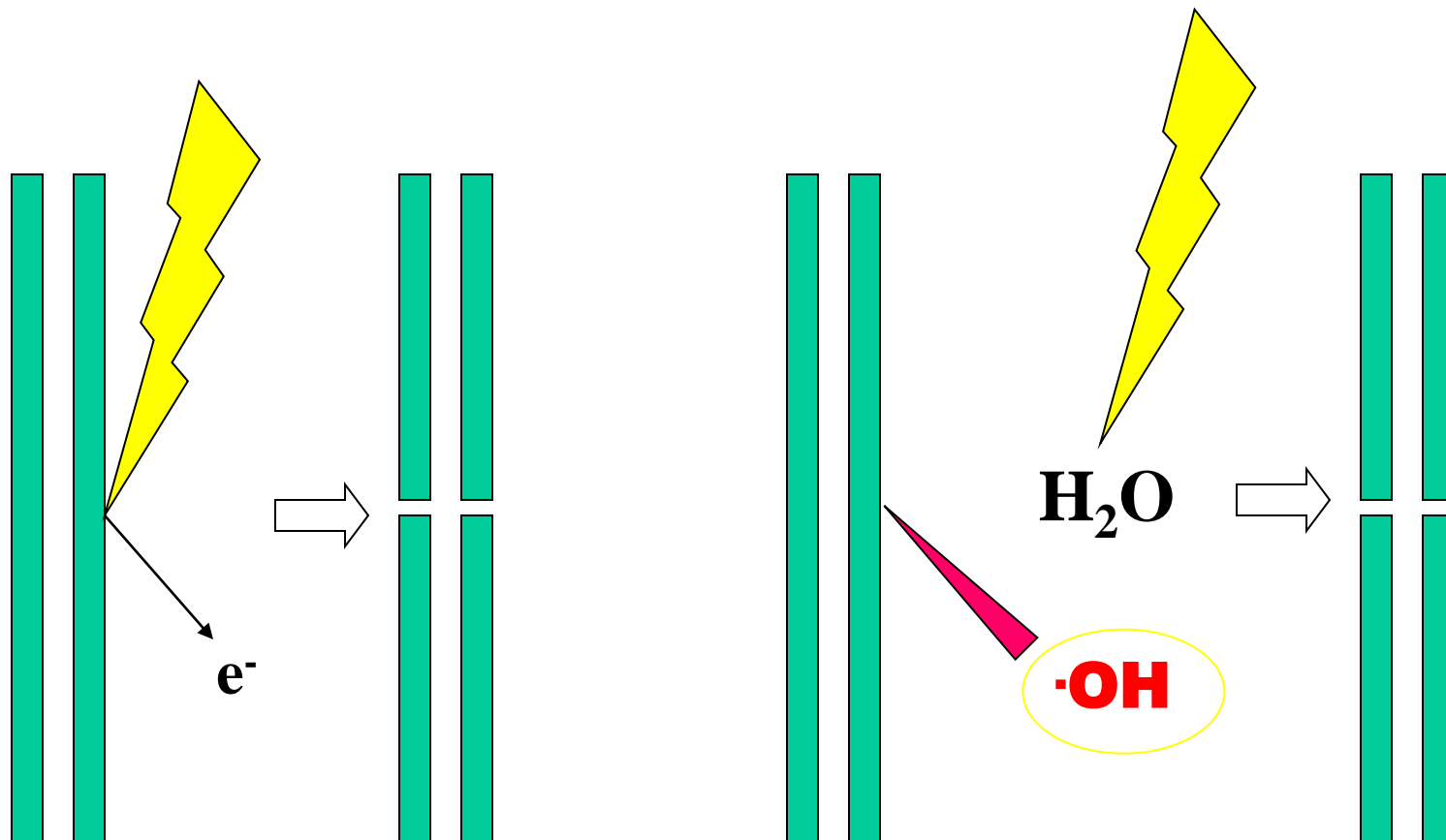
放射線は無差別に酸化ストレスを与える

生体内活性酸素生成（時間的分布が他と異なる）

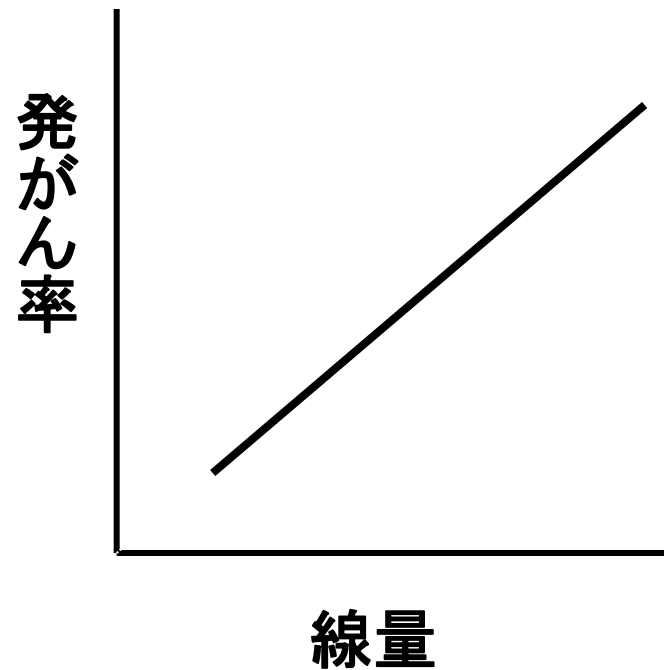
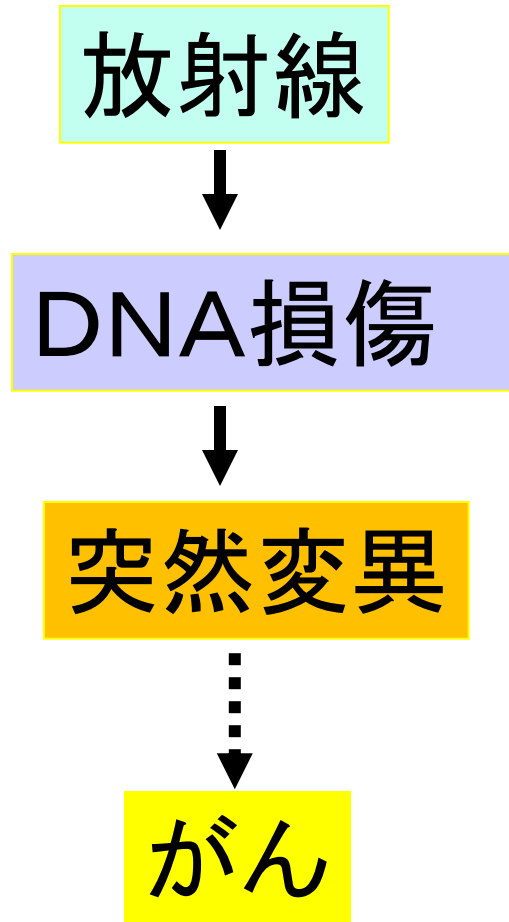


放射線は一過性に
酸化ストレスを与える

直接作用と間接作用



直線的で、しきい値がない
LNT(Linear and Non-Threshold)
仮説



これにより放射線防護の確率的影響の線量限度(実効線量)が導かれた。
例 職業被曝(5年の平均で20 mSv/年)、公衆被曝(1 mSv/年)

各種哺乳動物の半数致死線量

• ハムスター	8	Sv	
• ラット	7	Sv	
• マウス	6	Sv	
• サル	5.5	Sv	
• ヒト	4	Sv	?
• イヌ	3	Sv	
• ブタ	2.5	Sv	

最強の生物は？

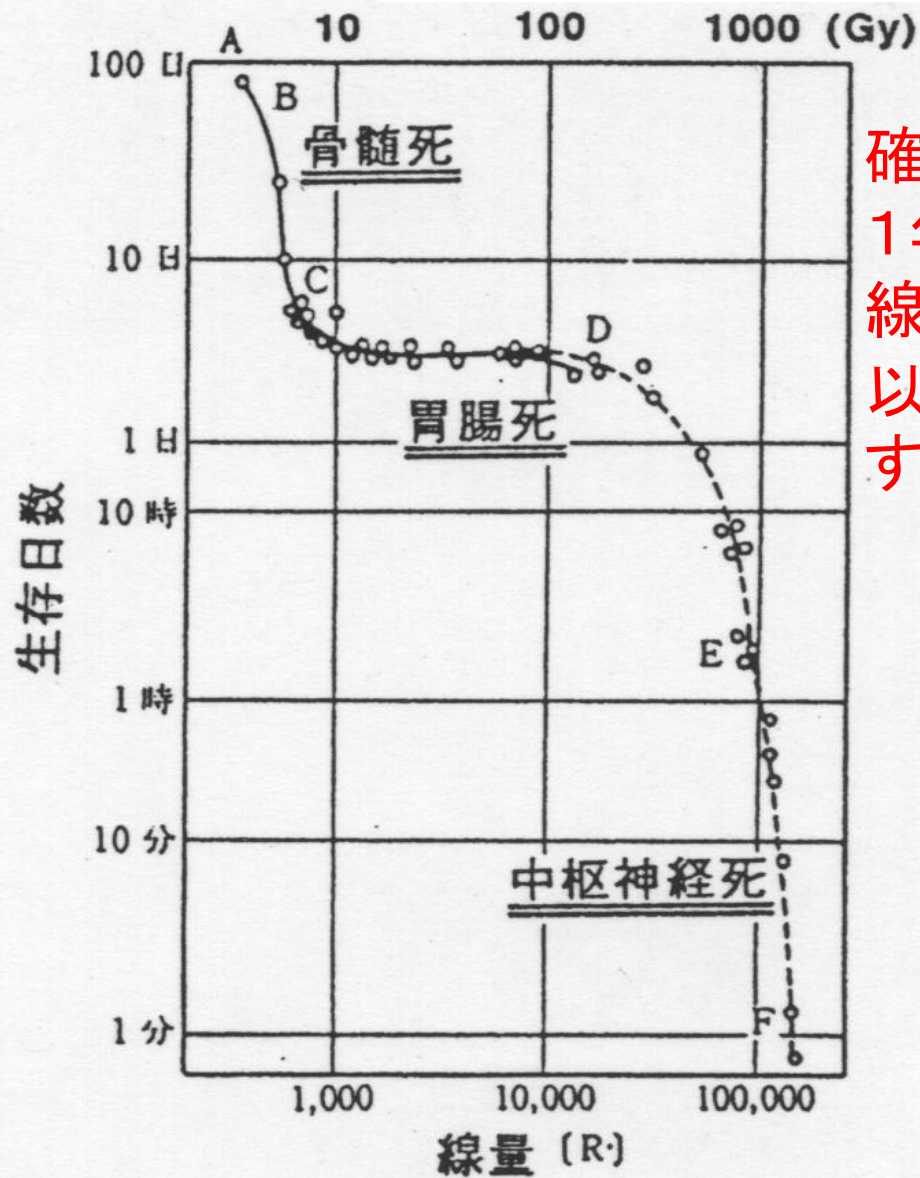
ちょっと覚えよう

放射線の単位

X線やガンマ線では $Gy = Sv$ と考えてよい
(陽子線でx5、アルファ線でx20とするが)

**ヒトの半数致死線量(LD50/30)は
4,000 mSv**

日本人の年間被ばく線量はおおよそ
自然から、2 mSv + 医療で 2 mSv
計 4 mSv



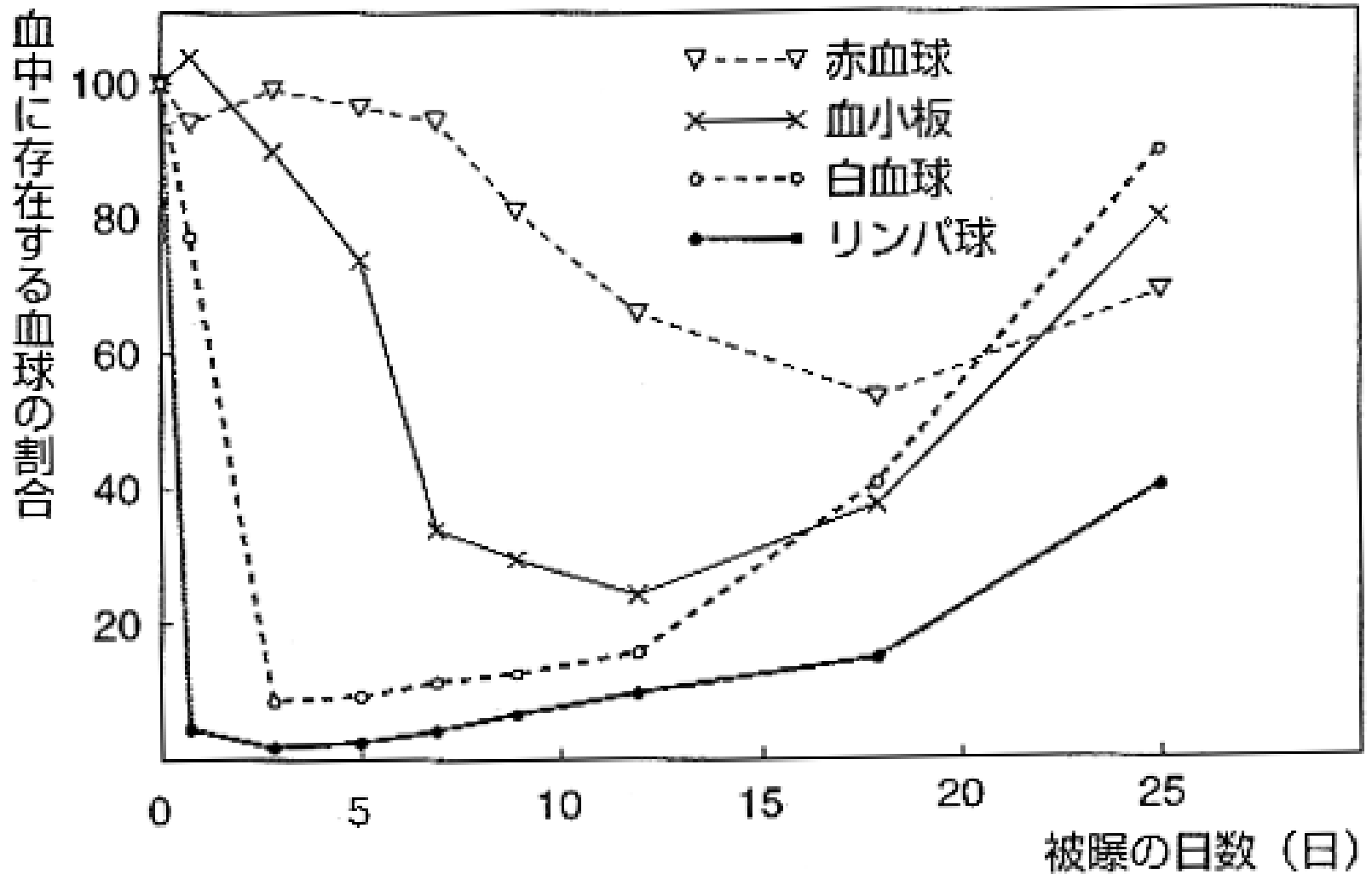
確かに人は
1年間の被ばく
線量の1000倍
以上を1回で被ばく
すると死ぬ

1回照射の照射量と生存期間 (Rajewsky ら)
(照射量 1R は、ほぼ 10^{-2} Gy の組織吸収線量に相当する。)

ベルゴニエとトリボンドーの法則 (Bergonie) (Tribondeau)

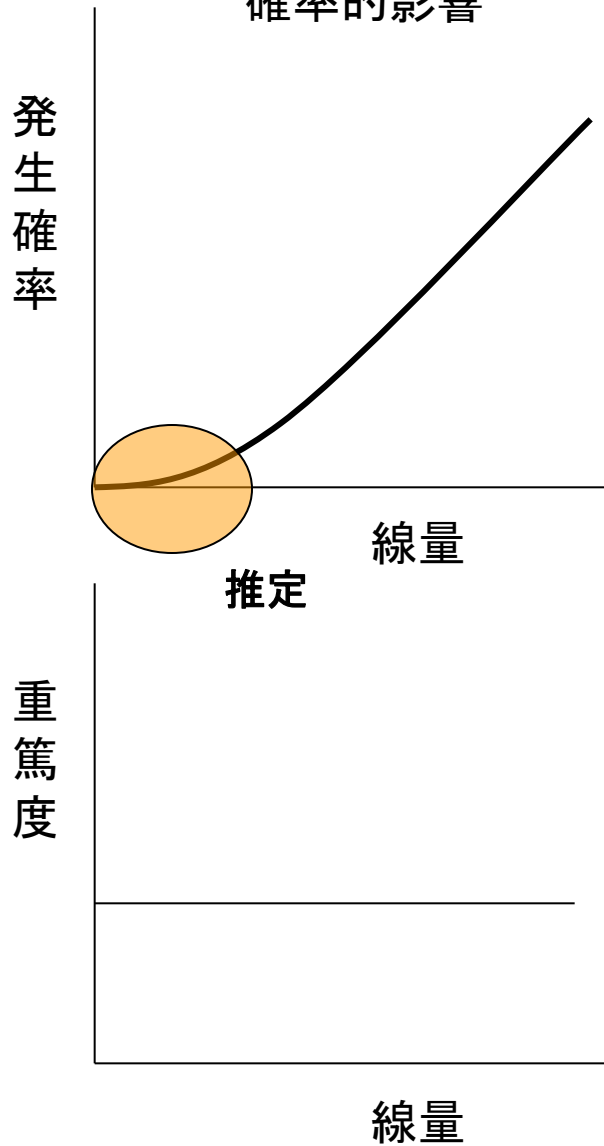
放射線に対する細胞の感受性は
増殖能力の程度に比例し、
分化の程度に反比例する。

例外は何か？

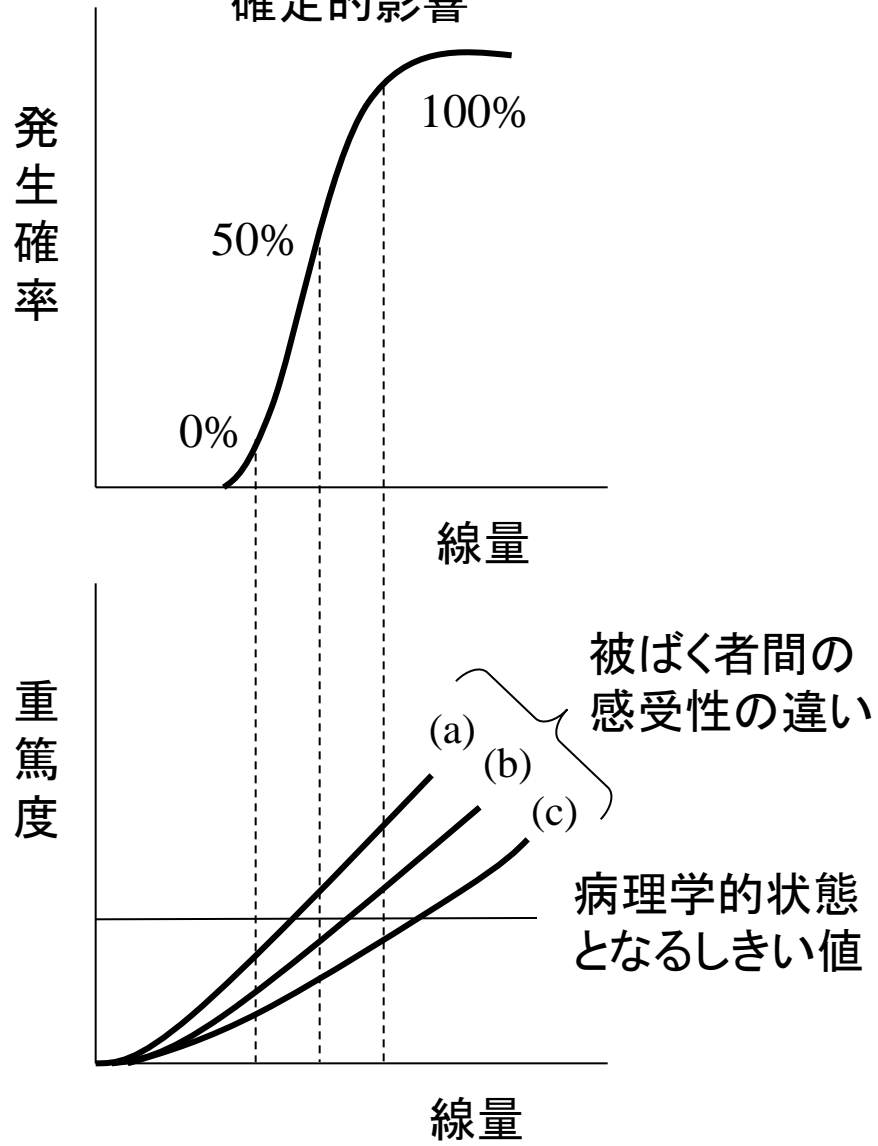


数Gy全身照射後のラット循環血の血球動態(Casarett AP)

確率的影響

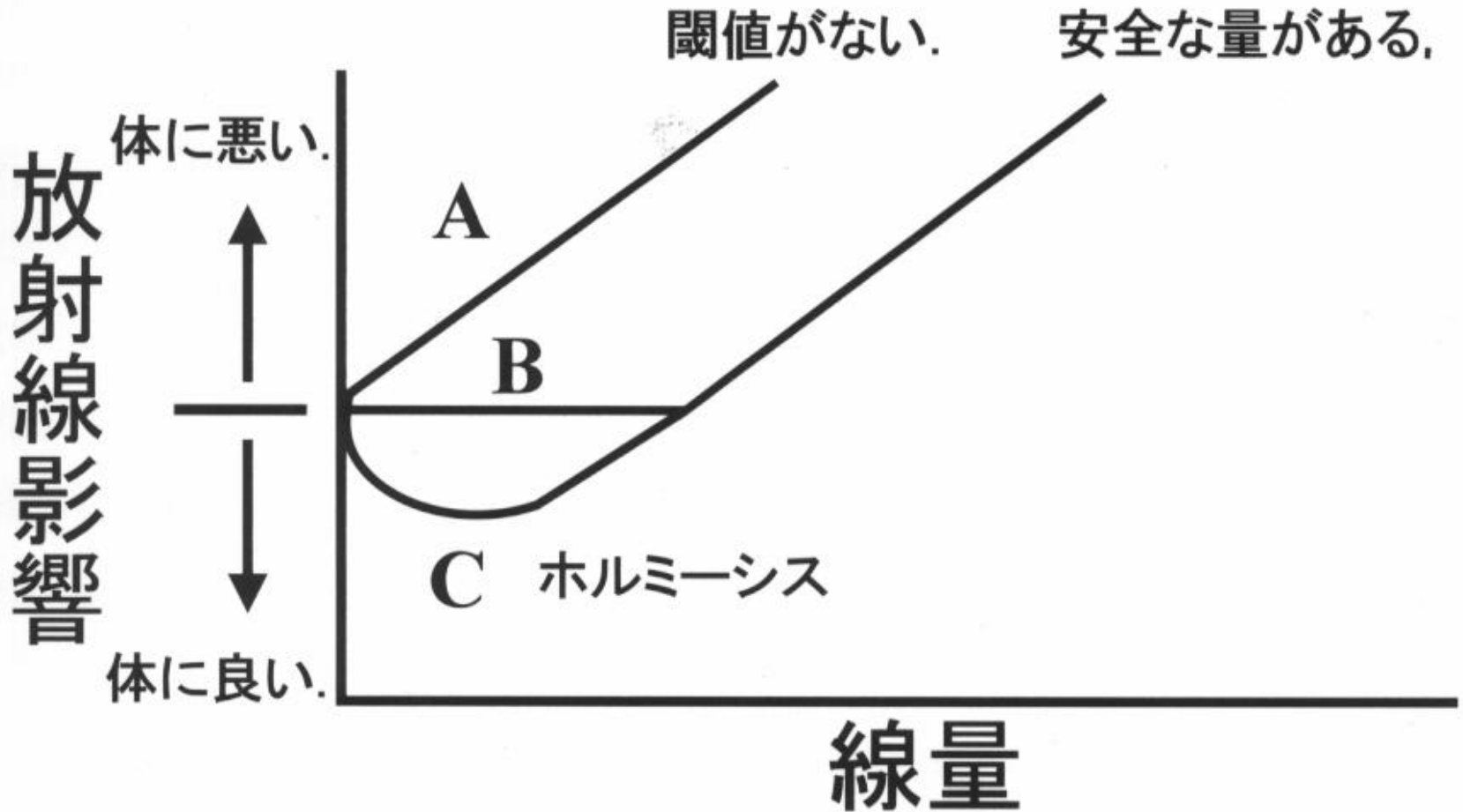


確定的影響

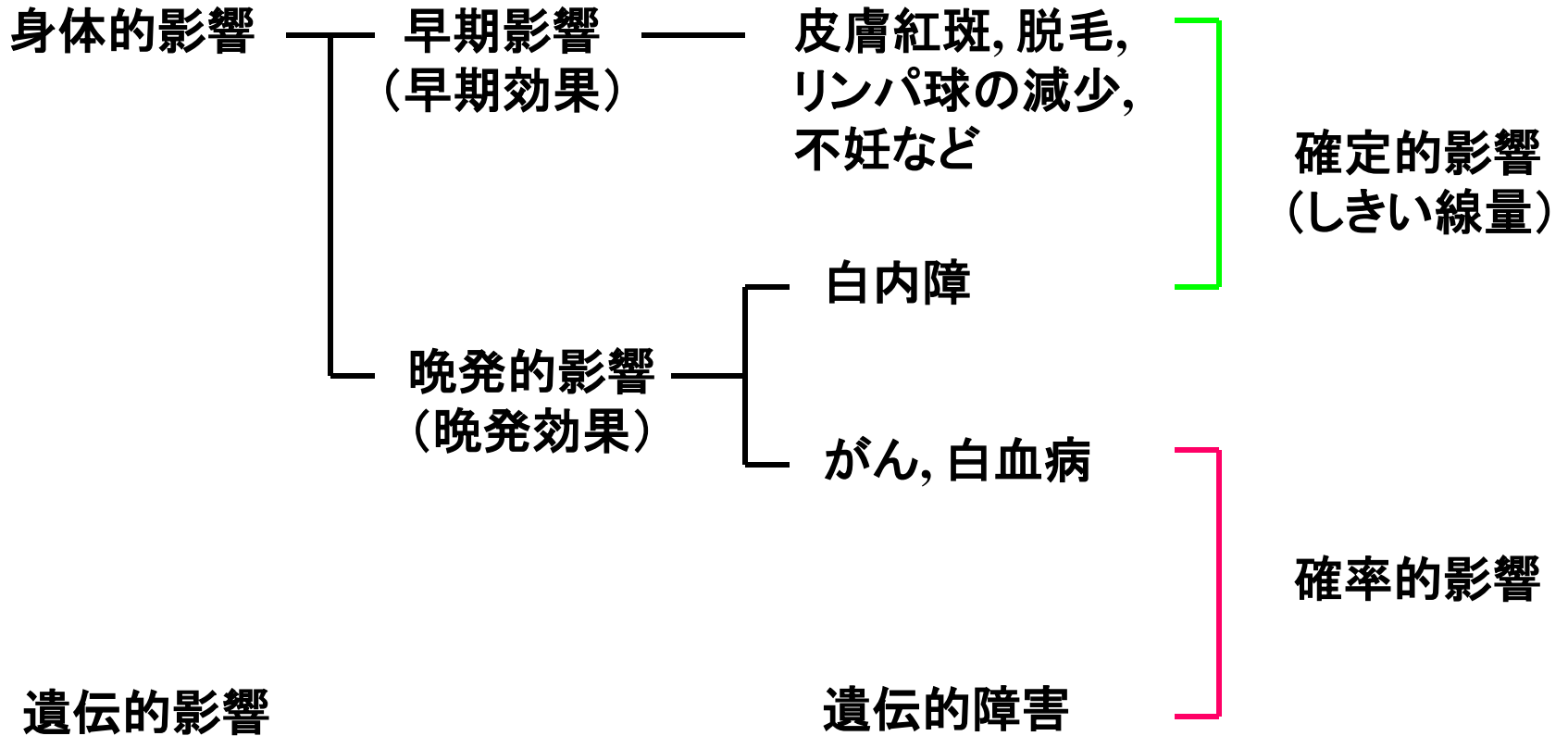


- (a) もっとも感受性の高いサブグループ
- (b) 中間の感受性をもつサブグループ
- (c) もっとも感受性の低いサブグループ

低線量放射線の影響



放射線の人体への影響



生活の中のリスク

- 死亡リスク(・年)

感染症

1/500

災害

1/3,000

喫煙

1/3,600

交通事故

1/10,000

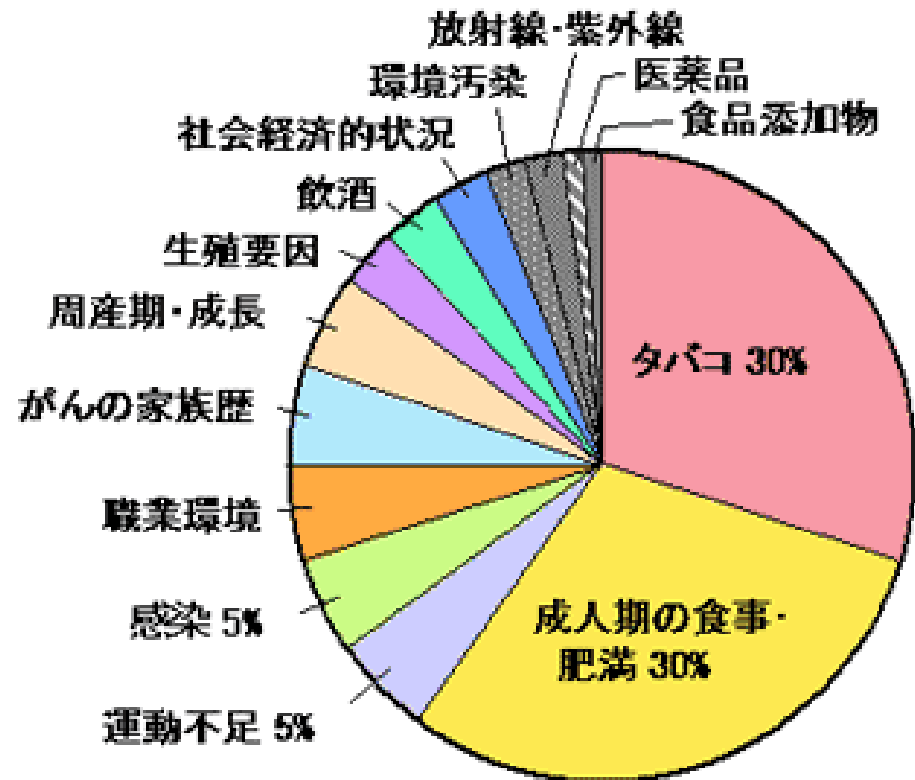
大気汚染

1/270,000

飛行機事故

1/330,000

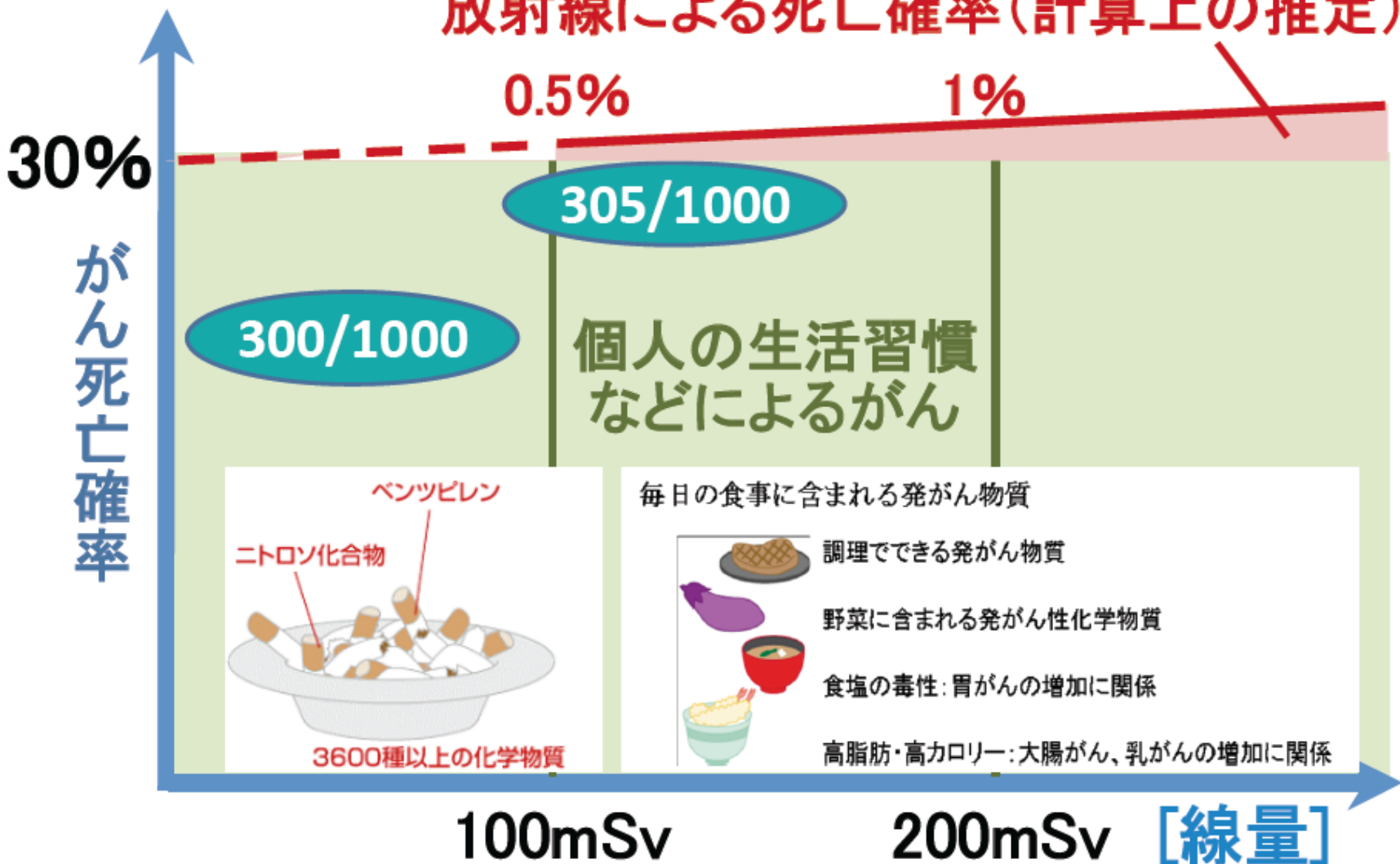
他



Cancer Causes Control 7: 55-58 (1996)

放射線によるがんの増加

放射線による死亡確率(計算上の推定)



規制なし

(低減化)

放射線の線量(mSv)

骨髄移植全身1回 x 3

4,000 mSv

(12,000 mSv)

癌治療局所1回 x 30

2,000 mSv

(60,000 mSv)

臨床症状がない

100 mSv

発がん率の増加 (0.5%)

胎児への影響がない

50 mSv

血管造影検査

12 mSv

胃X線検査

8 mSv

胸部CT

全身PET

5 mSv

自然放射線(世界平均)

2.4 mSv/y

規制有

250 mSv

今回の線量限度

100 mSv

緊急時の線量限度

(男子)

50 mSv/y

1年の上限、線量限度

50 mSv

131ヨウ素摂取制限根拠

20 mSv/y

業務従事者の線量限度

20 mSv

避難区域の指定

11.1 mSv

131ヨウ素摂取制限一品

10 mSv

登校の可否

1 mSv/y

公衆の線量限度

放射線の水準と基準

自然放射線	0.007	mSv/day
高バックグラウンド地域(大地放射線)		
ラムサール(イラン)	1.32	mSv/day
ガラパリ(ブラジル)	0.08	mSv/day
ケララ(インド)	0.04	mSv/day
飛行機		
国際線(高度9~14km)	0.1	mSv/day
国内線(高度6~12km)	0.04	mSv/day
宇宙(スペースシャトル)	1	mSv/day
医療被曝		
胸部X線写真	0.25	mSv/回
CT撮影	6.9	mSv/回
ICRP 放射線防護の国際基準		
放射線業務従事者	50	mSv/year (max) (100 mSv/5years)
一般人	1	mSv/year

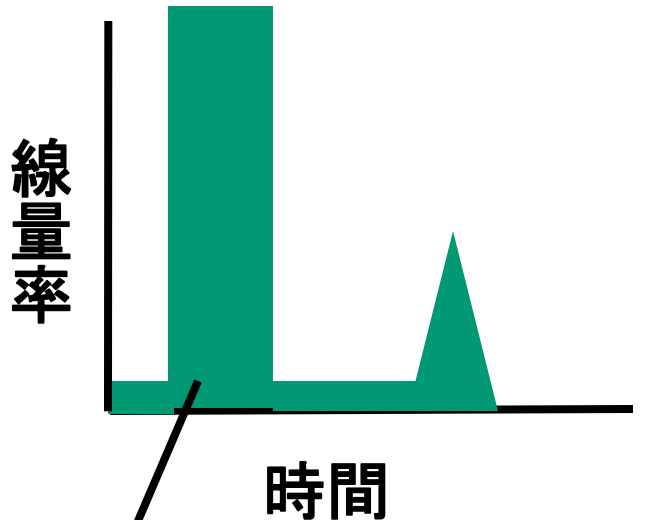
用量(Dose)



放射線

線量(Dose)と線量率(Dose rate)

線量率(Dose rate) x 時間 =
線量(Dose)



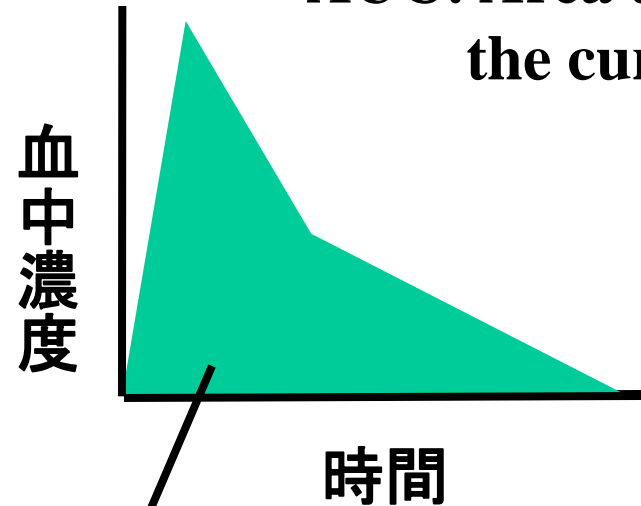
積分値(面積)が線量

線量率(Dose rate)が一定であれば
線量(Dose)は容易に求められる

薬剤

投与量はg/Kg

AUC: Area under
the curve



積分値(面積)が実際の用量

投与量が一定であっても
用量(Dose)は容易に求められない

重要なこと

- 1)放射線の量とあたり方
(いつ、どのくらいの時間で、どこに)に注意。
- 2)放射線防護を考え、うまくつきあう。

ものを怖がらな過ぎたり、
怖がり過ぎたりするのはやさしいが、
正当に怖がることはなかなかむづかしい。

— 寺田寅彦 —