



東京大学食の安全研究センター 第21回サイエンスカフェ



2016年9月29日(木) 14:00~15:30

“医療放射線から被ばくを考える”

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

世界で3か所の一つ、絶景



日本一の落差



世界一美しい



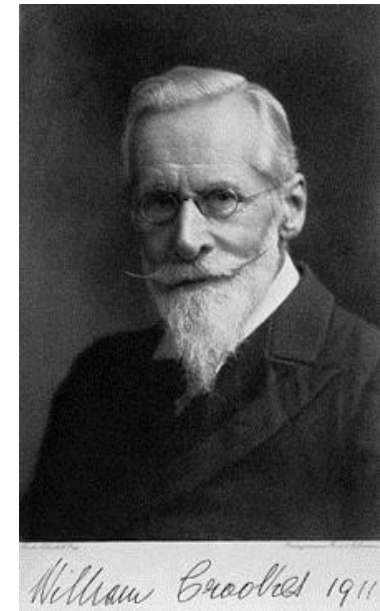
ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン (Wilhelm Conrad Röntgen)

ドイツの物理学者。1895年、X線の発見を報告し、この功績により、1901年、第1回ノーベル物理学賞を受賞した。

121年前のこの1枚が世界を変えた！！



クルックスはクルックス管で実験を行うと、周囲の写真乾板を露光させる現象があることを認識していたが、-----



医学利用へ

組織透過性

診断に利用

エネルギー(E)と波長(λ)

$$E = hc / \lambda$$

h: プランク定数、c: 光の速度。

『波長とは反比例の関係』

波長が短いほど
エネルギーは大きい

殺細胞効果

治療に利用

画像診断への応用

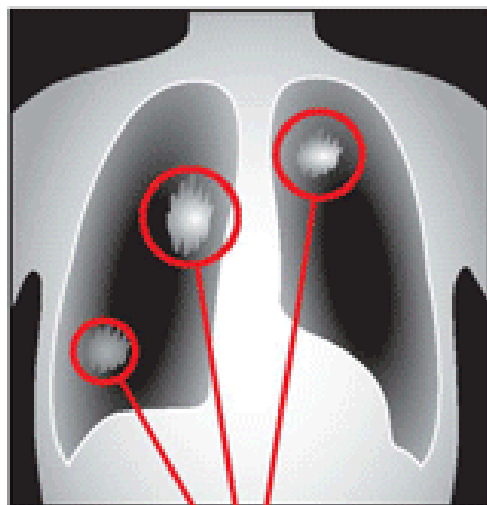
- X線写真(胸部・腹部単純X線写真等)
 - CT(コンピュータ断層撮影) X線を使用
 - PET(陽電子放出断層撮影)
 - RI検査、シンチグラフィ、SPECT
- 上の二つは放射線を出す薬剤を使用

=====

- MRI(磁気共鳴画像)検査
 - US(超音波、エコー)検査
- これらは放射線ではなく安全性は高い

X線・CT・PET〔診断〕

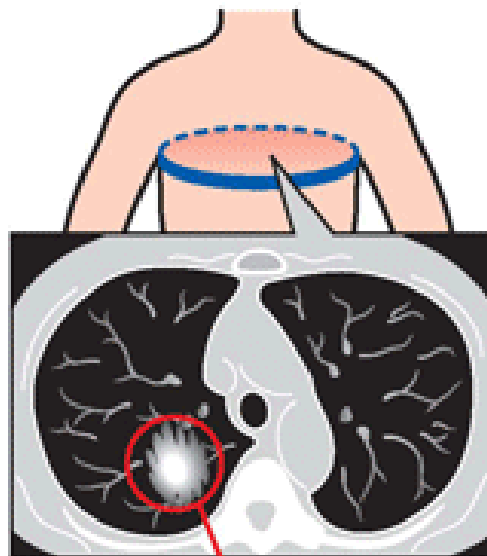
X線検診



??

何かある!

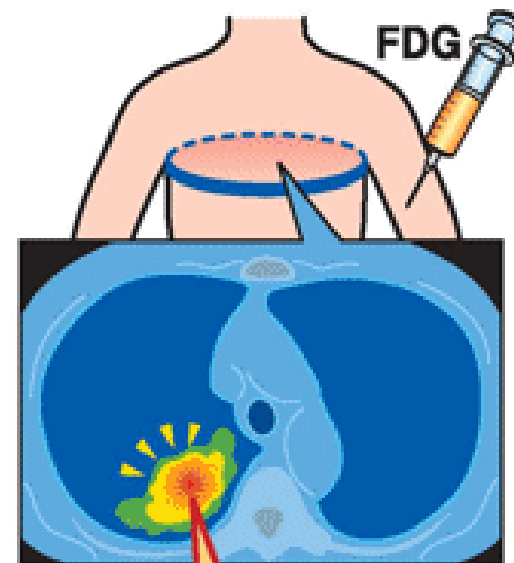
CT検診



?

癌かもしれない!

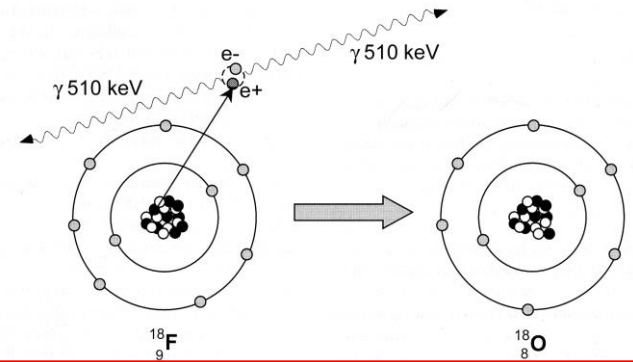
PET検診



癌細胞らしい!

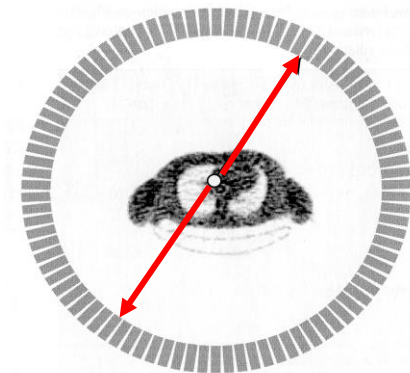
PET

- PET(Positron Emission Computed Tomography)
 - 陽電子(positron: β^+)の崩壊により発生する2本の511keV γ 線を同時に検出し画像化する断層撮像装置
- 断層画像を作る方法
 - 対向型検出器による同時計数
 - 空間分解能(ヒト用装置):
 - 3~5 mm

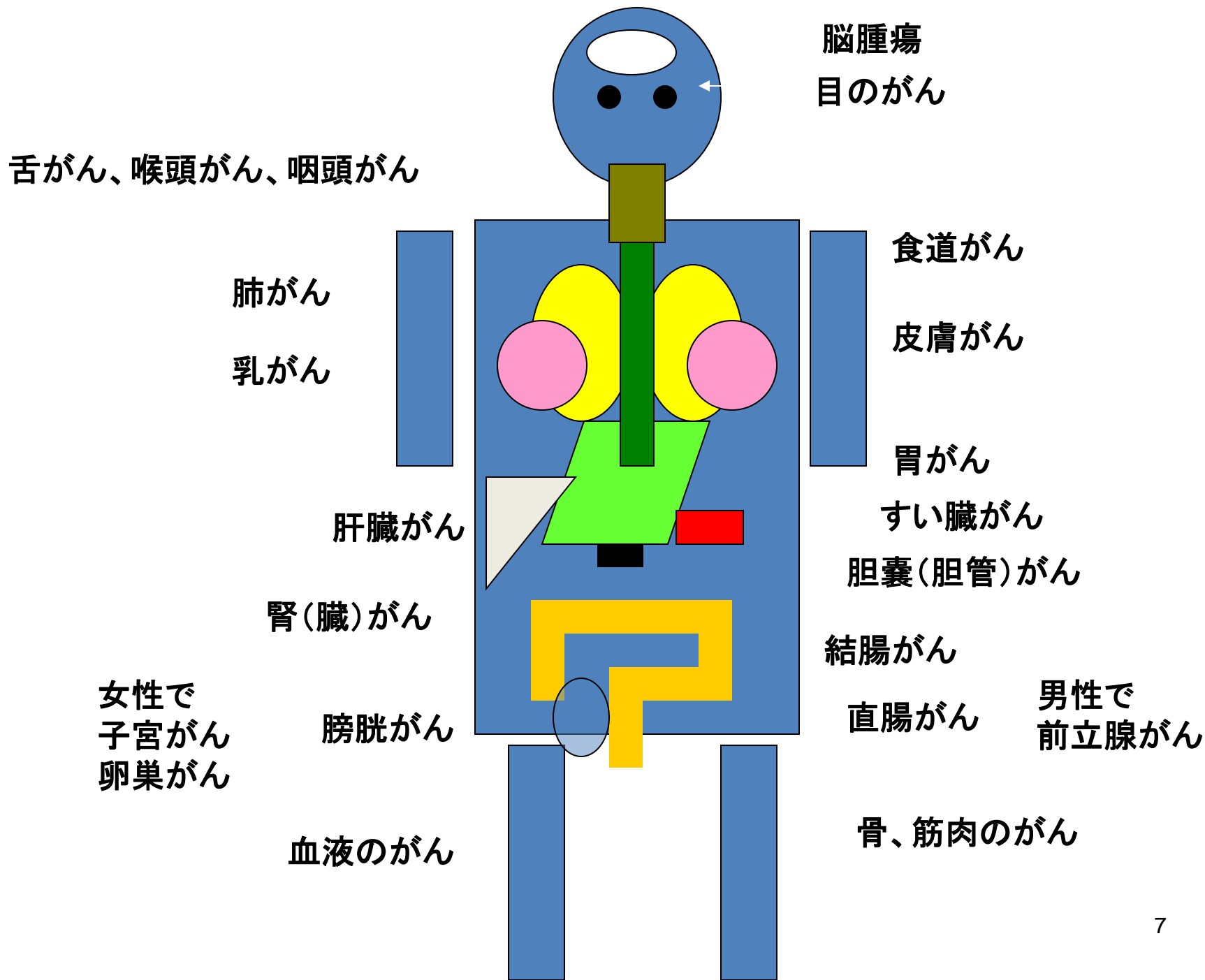


^{18}F の壊変と β^+ の消滅~ γ 線の対生成

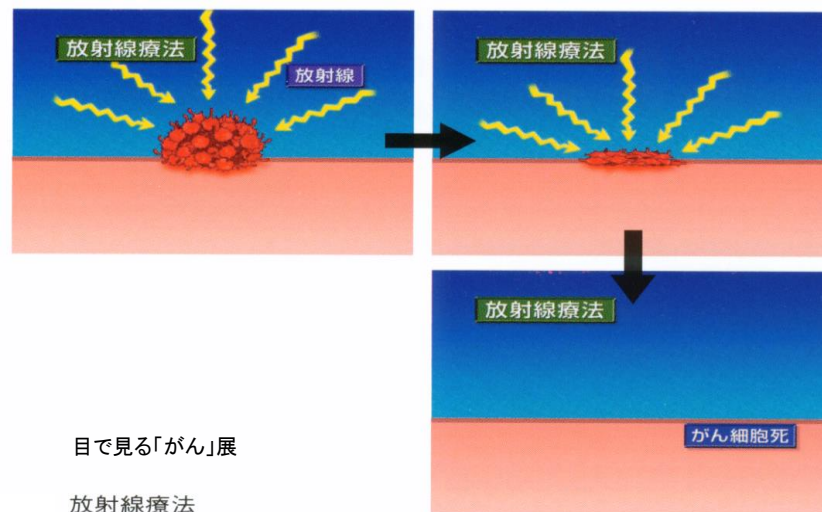
- PET-CT
 - 診断性能と利便性を高めるため、最近ではPETとCTが物理的に結合したPET-CT装置が主流になっている



PETの γ 線検出機構



癌の放射線治療



- 機能、形態の保存、およびQOLに優れる。
- どんな部位でも、照射は可能。
- 副作用は比較的少なく、高齢者でも可能。
- 通院しながらも、治療が可能。
- 根治性は外科手術に比べてやや劣る。
- 治療期間が長い。
- 通常の放射線の効きにくいがんがある。
- 二次がんのリスクはある。

治療への応用

- 高エネルギーX線を用いた癌治療
定位放射線治療、強度変調放射線治療
動体追尾放射線治療 等
- 陽子線癌治療
- 重粒子(炭素)線癌治療
- BNCT(ホウ素中性子捕獲治療)等

=====

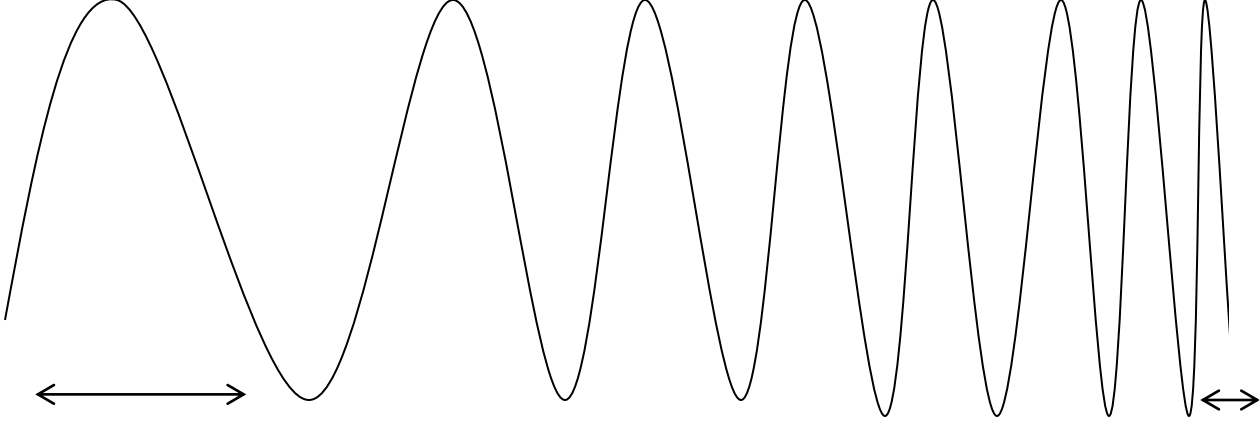
治療は介入行為なので、必ずリスクが伴う

放射線治療部位別施行割合

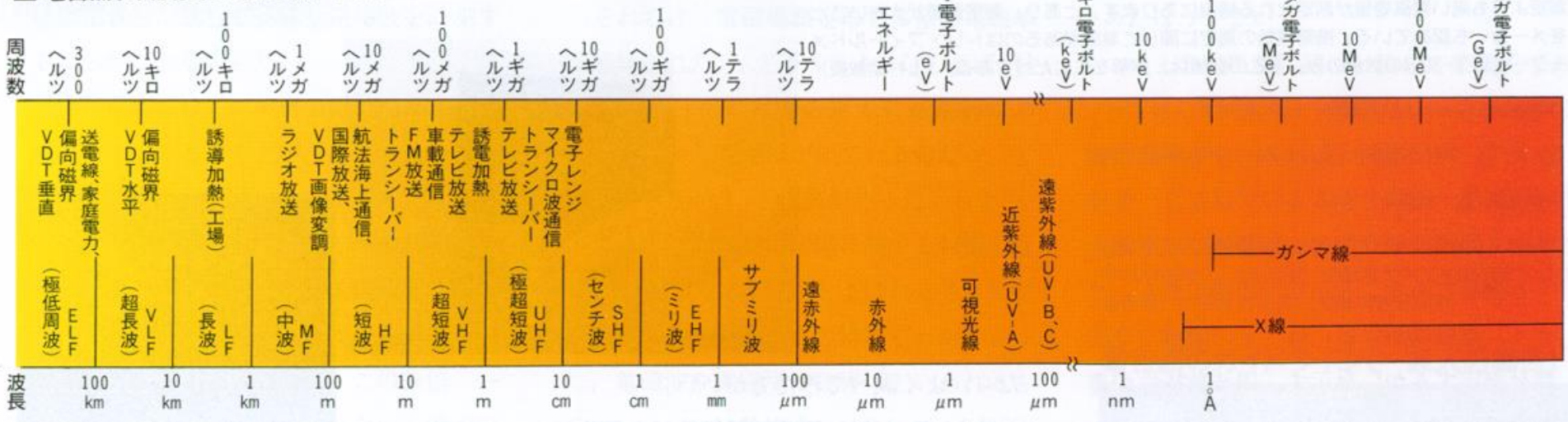
キーワードは
“殆どすべて”

• 乳がん	23.9%	
• 肺がん	16.8%	
• 頭頸部腫瘍	10.8%	
• 前立腺がん	10.8%	
• 食道がん	5.4%	
• 脳脊髄腫瘍	5.0%	
• 婦人科腫瘍	4.9%	
• 消化器がん	4.6%	
• 造血腫瘍	4.5%	他

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
の電波

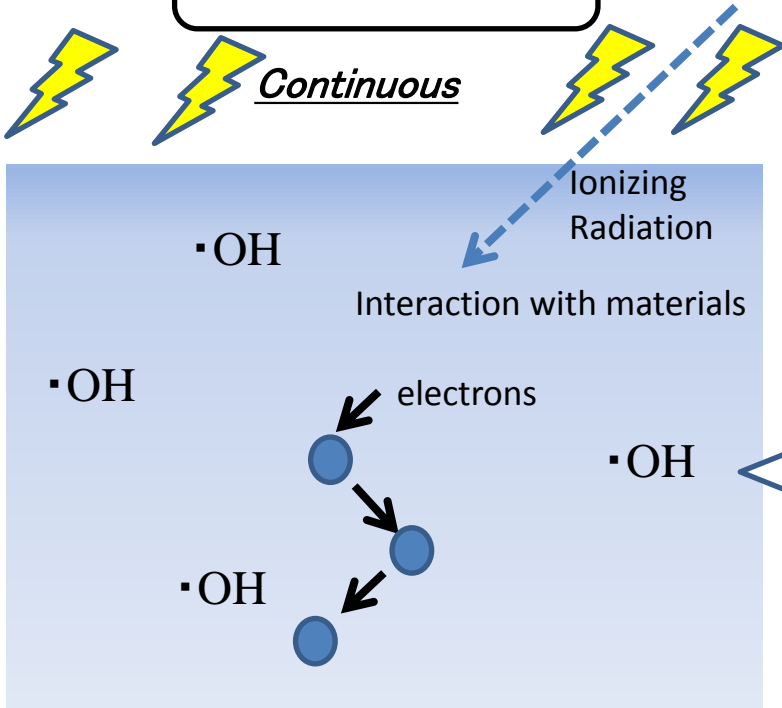
可視光線

水分子の分解
活性酸素生成

「放射線」

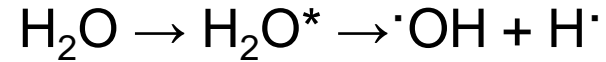
放射線

Continuous

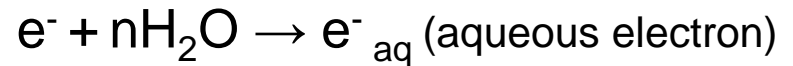
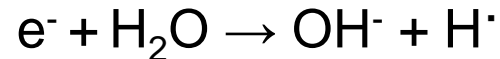
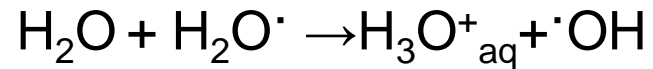
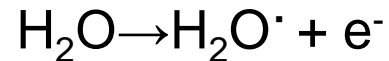


● Spur (2 nm size ion pair) formation

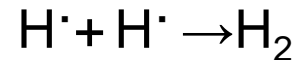
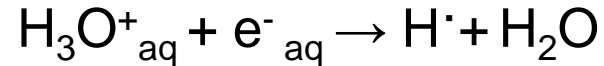
▪ Excitation



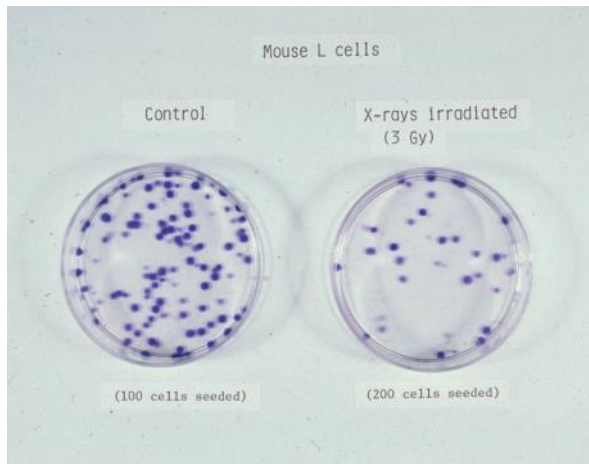
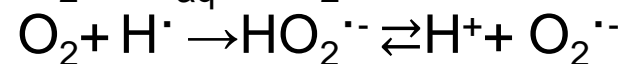
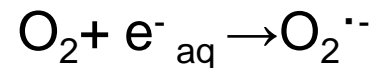
▪ Ionization



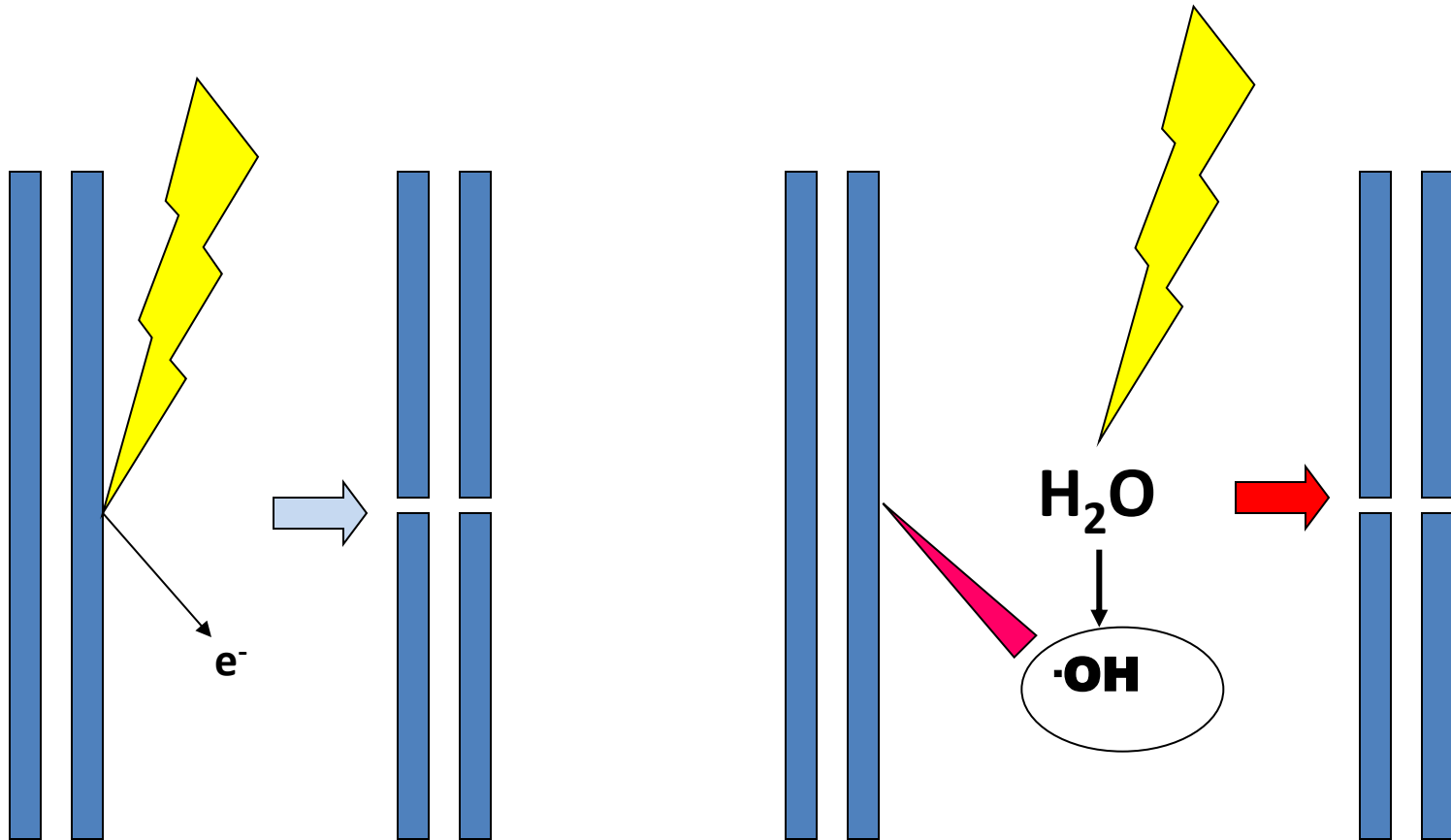
▪ Recombination of ions and radicals



▪ In the presence of oxygen



直接作用と間接作用

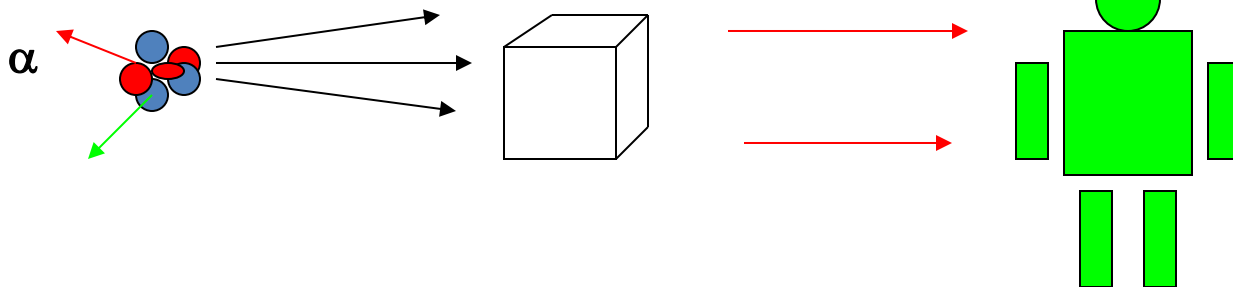


原子核が
どの位壊れるか

空気をどの位電離す
るか

どの位エネルギーを
吸収するか

どの位、から
だに影響する
か



線質
臓器感受性

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

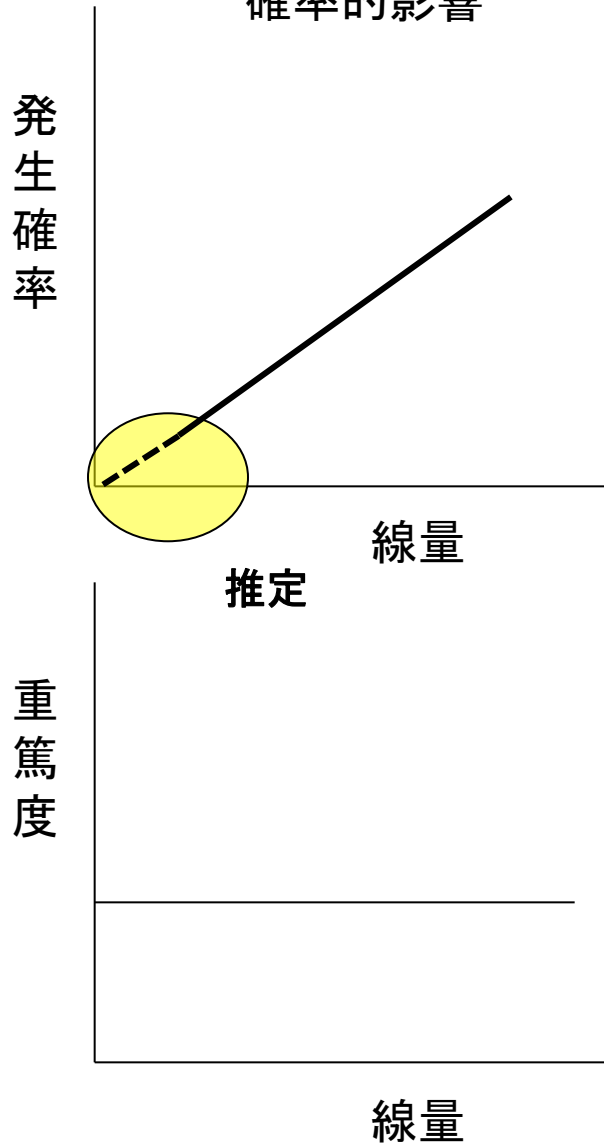
Ci
1 Ci =
3.7x10¹⁰ Bq

R
1 R =
2.58x10⁻⁴ C/kg

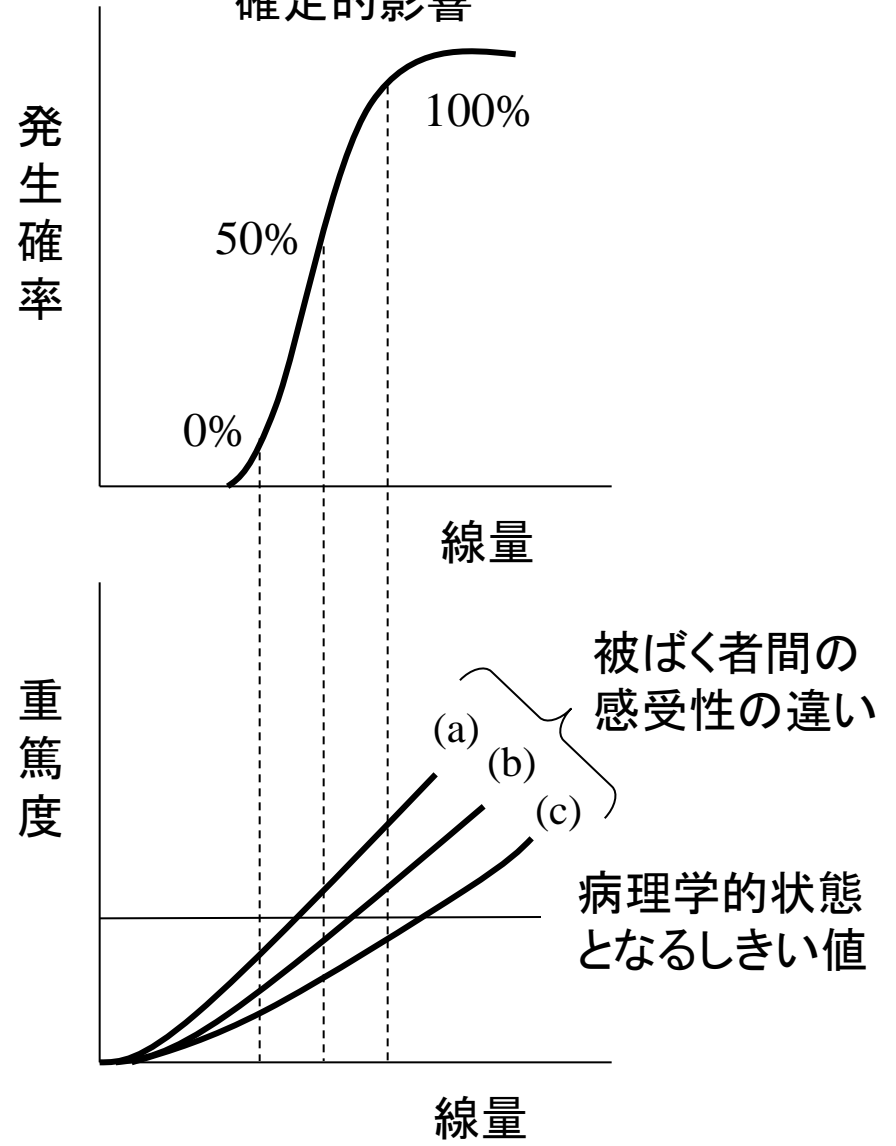
rad
1 rad =
10⁻² Sv

rem
1 rem =

確率的影響

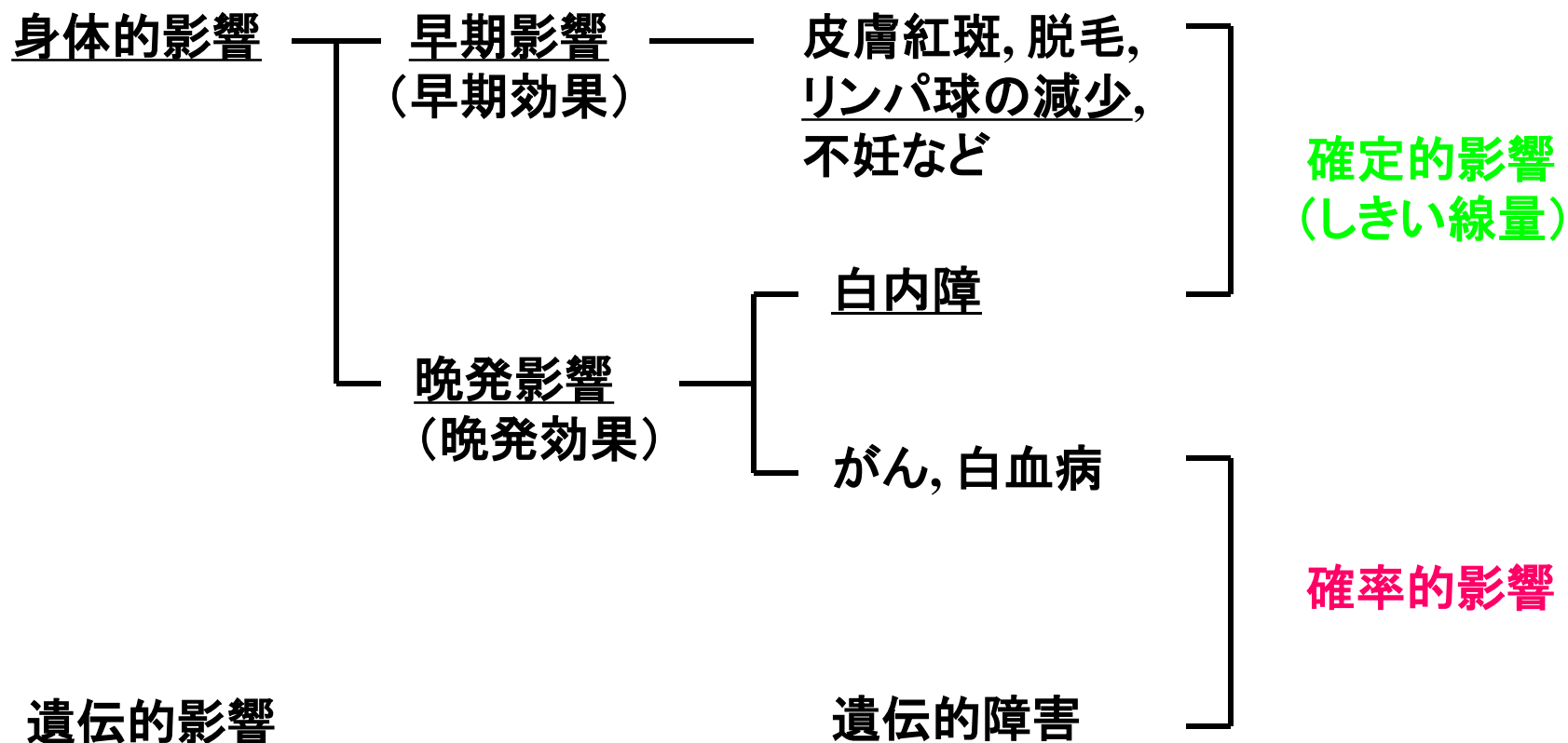


確定的影響



- (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¹⁵

放射線の人体への影響



末梢血リンパ球の減少は、低線量被曝で、早期に現れる現象である。

放射線



DNA損傷



突然変異

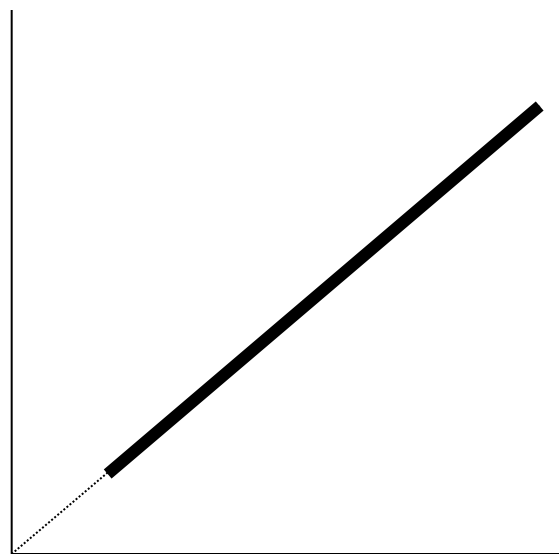


がん

“少しの放射線でも発がんの原因となる考え”

LNT(Linear and Non-Threshold)
仮説

発がん率



線量

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)

規制なし

(低減化)

骨髄移植全身1回 x 3

4,000 mSv

癌治療局所1回 x 30

2,000 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

放射線の線量(mSv)

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

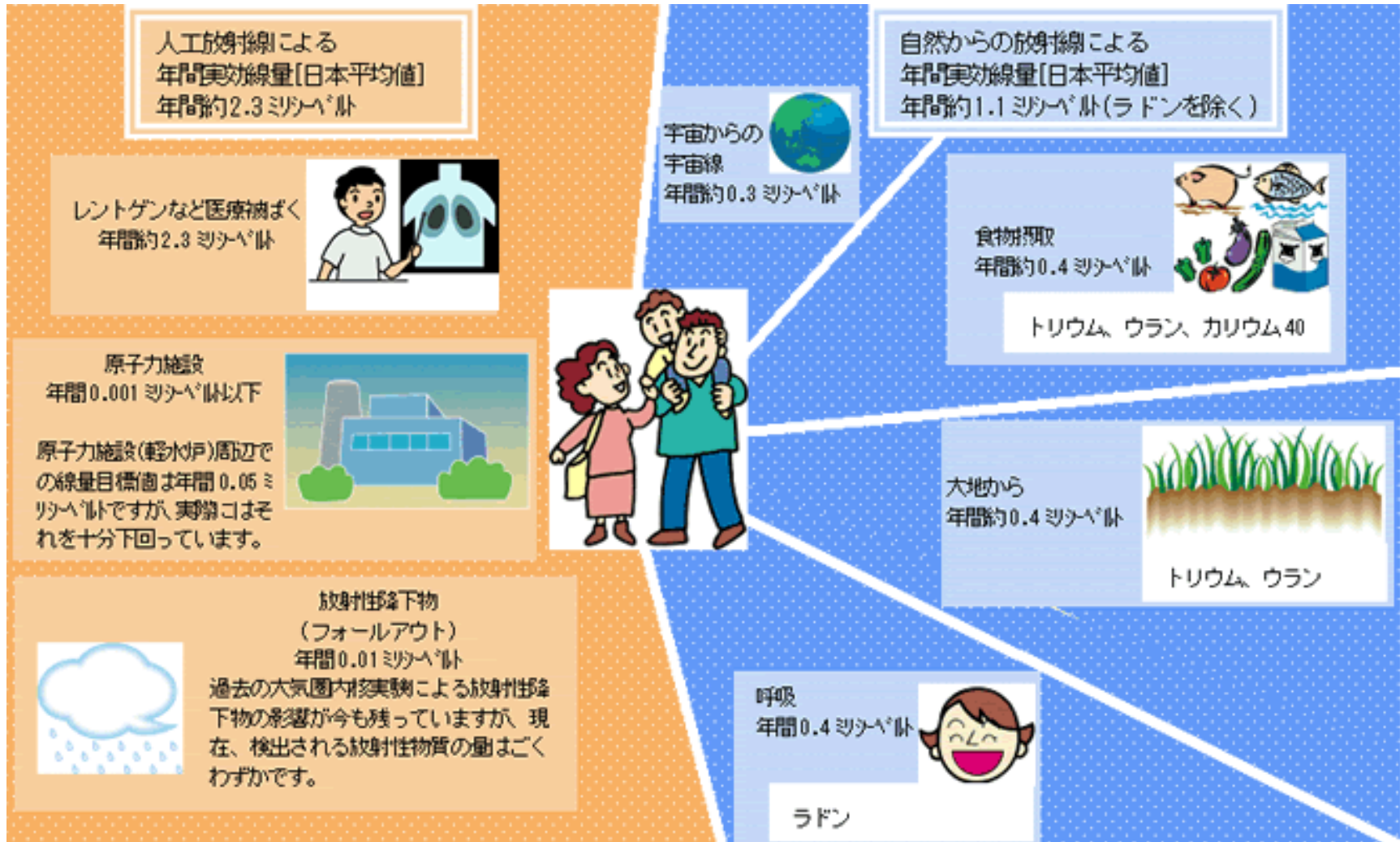
登校の可否

1 mSv/y

公衆の線量限度

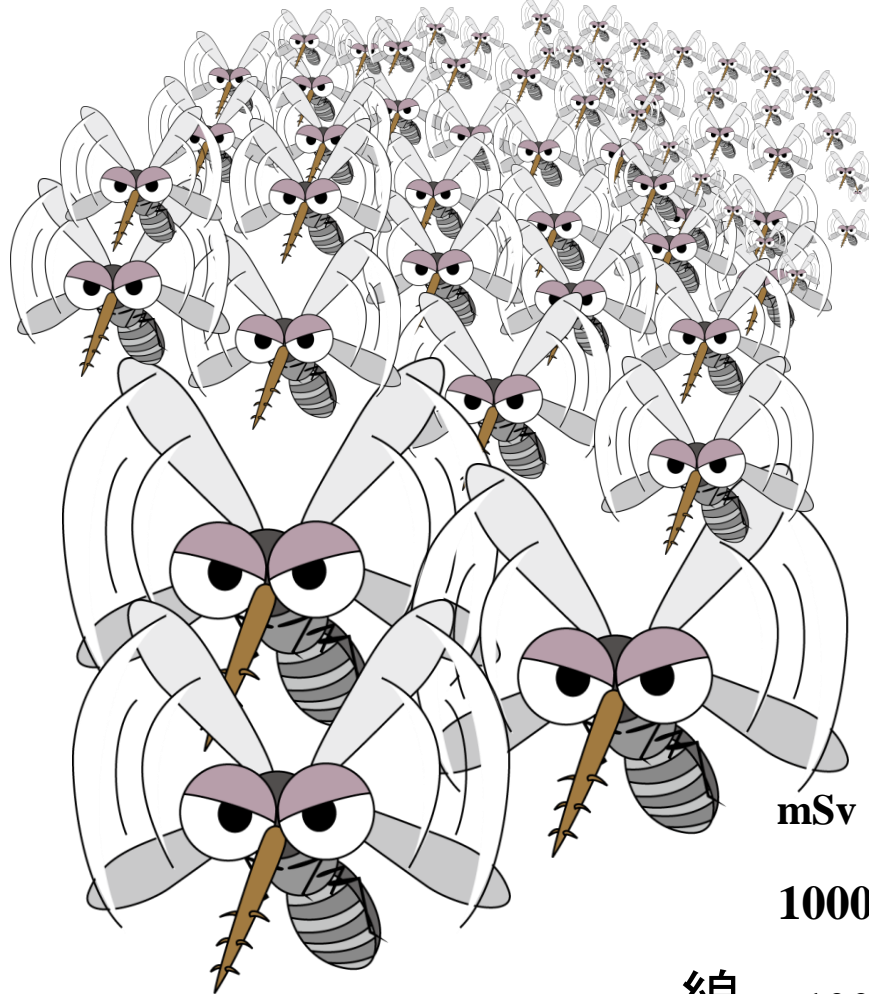
身の回りの放射線量の例

日本では医療放射線被ばく量>自然からの放射線被ばく量



医療被ばく線量の例 (単位 mSv,実効線量)

• 歯科	パノラマ撮影	0.01
• 胸部正面	単純直接撮影	0.03
• 乳房	マンモグラフィ	0.4
• 胃	透視(バリウム)	3.1
• 頭部	CT	1.8
• 全身	PET	4.4
• 腹部	CT	6.8
• 胸部	CT	7.9

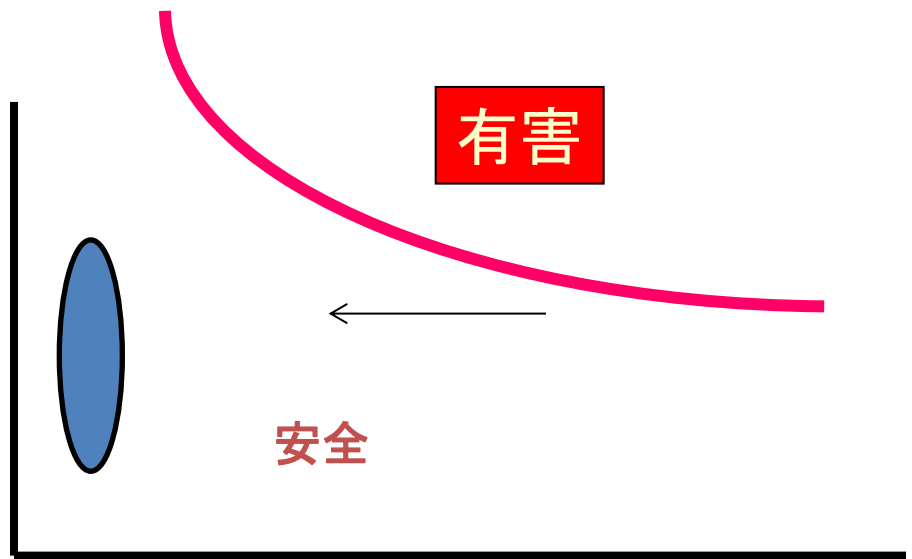


蚊が千匹 = 同じ線量
1000回/日
(高線量率)
1回/日 x 1000日
(低線量率)

“急に浴びると怖い、
ゆっくりだとそうでもない”

mSv
1000
100
10
1

線量



<https://www.google.co.jp/search?>
蚊のアニメ画像より

東京の線量率例

0.03 ~ 0.04 [μSv/h]

線量率

医療被ばくのまとめ

- ・ 診断機器の増加、診断回数増加、世界的な医療レベルの向上により医療被ばくは増加
- ・ 被ばくの影響に関して、発がんだけでなく、心・血管障害や白内障など非がん影響も問題
- ・ 小児の医療被ばくも増加（実態把握は今後の課題）
- ・ 放射線診断の正当化、用いる診断技法の適正化が必要
- ・ 低線量、分割被ばくと非がん影響に関する科学的知見の集積が必要
- ・ わが国においても、医療現場における診断参考レベルの設定など最適化の方策が必要
- ・ 被ばくの現状把握のための組織的な取り組みが必要

震災後、放射線基礎医学教育は 少しは改善したが

震災後

医学科に放射線基礎医学関連講座が設置
東大、富山大、京大、阪大、九大、産業医大
尚、広島大、長崎には研究所が設置

講座名は異なるが、教育を担当していたのは
東北大、福井大、滋賀医大

6(8) -> 12 (16)
講座(含む研究所)



弘前大に被ばく医療総合研究所(生物部門)が設置
東北大医学部に放射線生物学教室が、福島県立医科大学に放射線生命科学教室、放射線健康管理学が東北医科薬科大学に放射線基礎医学教室が新設。産業医科大学では研究所に放射線健康医学教室が設置
福井大学医学部でも放射線基礎医学研究室が復活。
群馬大学でも重粒子線医学センターに放射線生物学担当の教授職が設置、しかし

16/81₂₃

ご清聴ありがとうございます。

