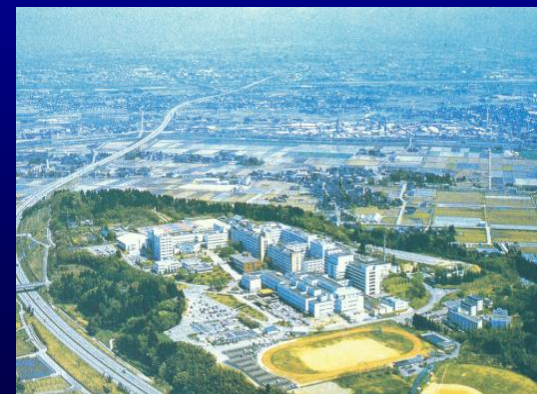
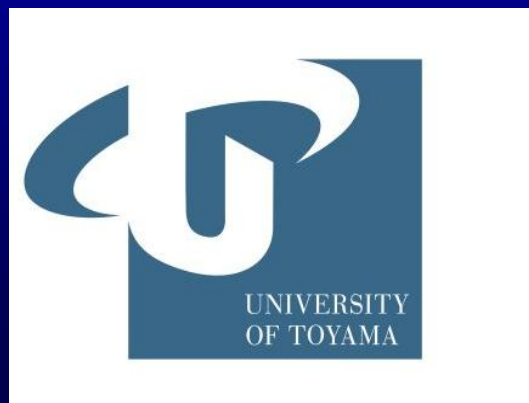


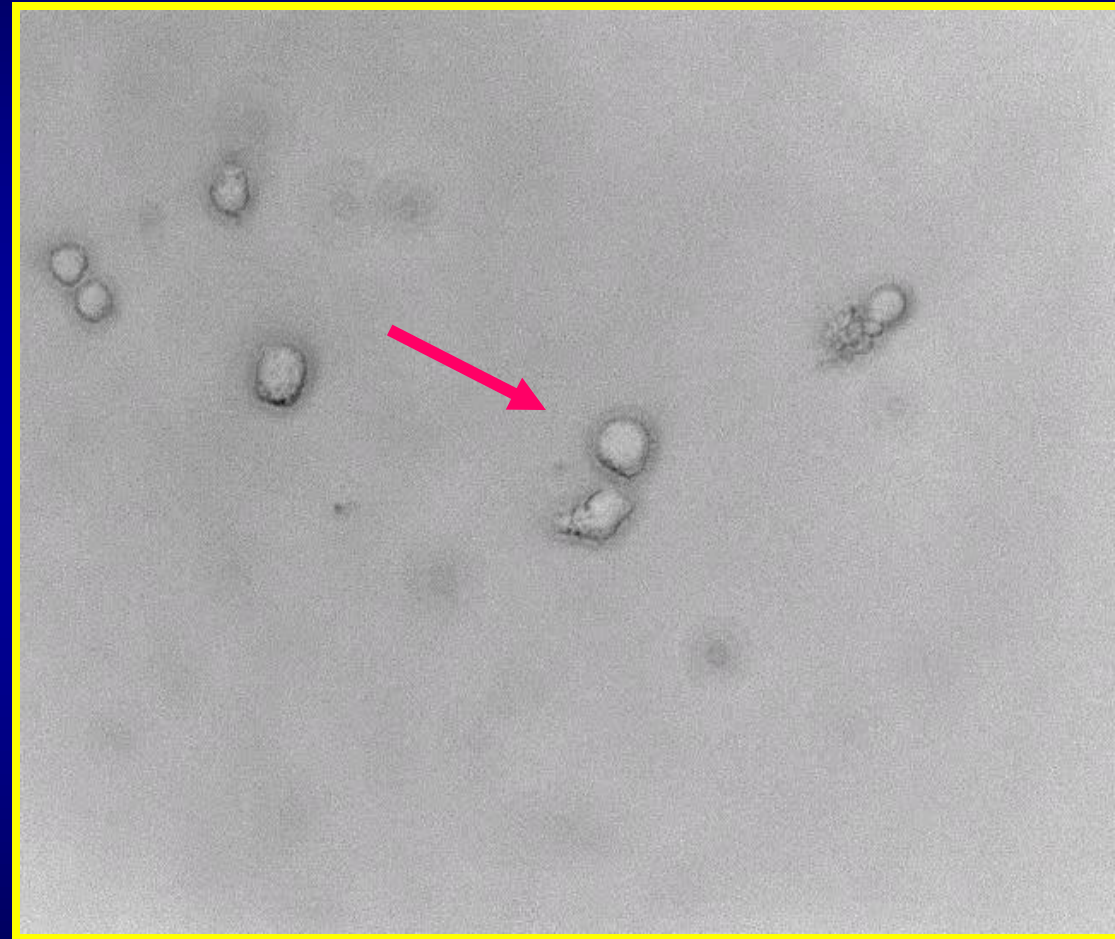
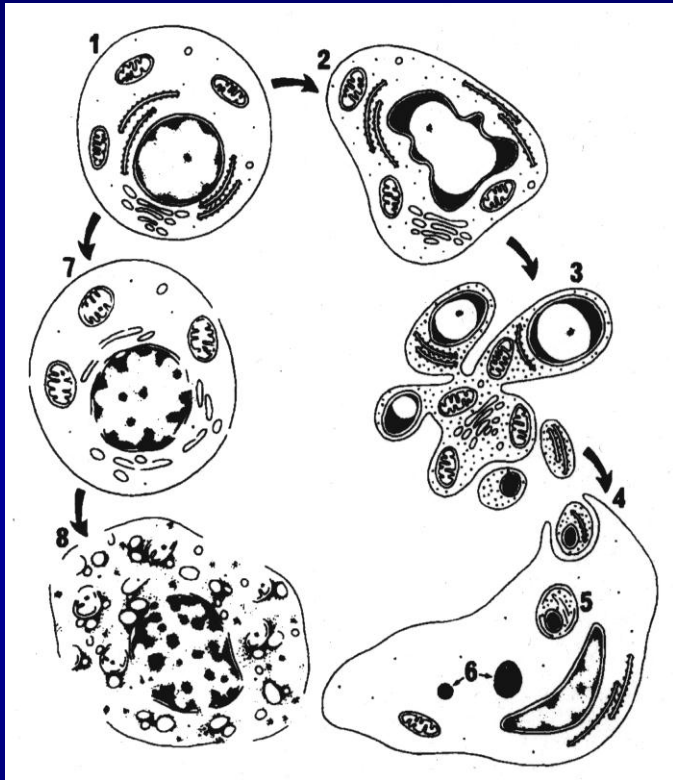
畜産物に対する放射性物質の安全に関するシンポジウム
放射線の生物作用と人体への影響
平成24年3月24日

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



ヒトリンパ腫細胞株U937の放射線(10Gy)照射後の形態変化



JFR Kerr, GM Winterford, and
BV Harmon,
Apoptosis: Its significance in Cancer and Cancer Therapy
Cancer 73:2013-2.26, 1994

By Y. Furusawa

CHO細胞株の放射線(5Gy)照射後の形態変化



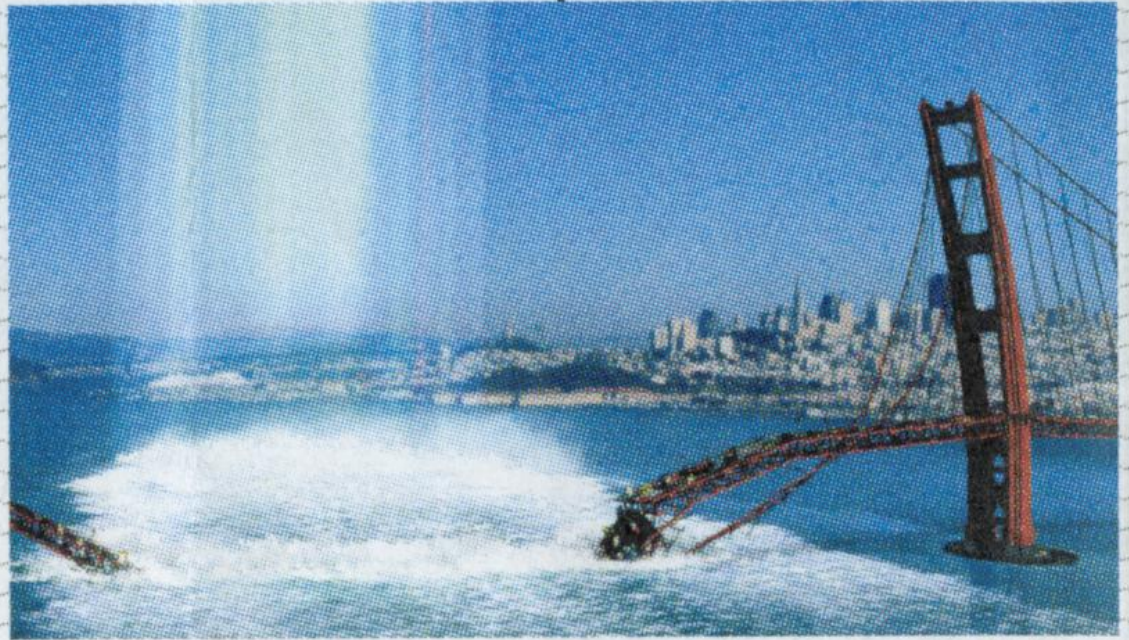
G: GFP
R: DS-Red

By Y. Furusawa



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/95/Gojira_1954_Japanese_poster.jpg/200px

宇宙放射線は地球を焼き尽くすか？



サンフランシスコ

宇宙放射線の直射によって、
焼き尽くされるゴールデンゲートブリッジ。
アメリカ西海岸一帯に焼失の危険性がある。

From “THE CORE TMES”

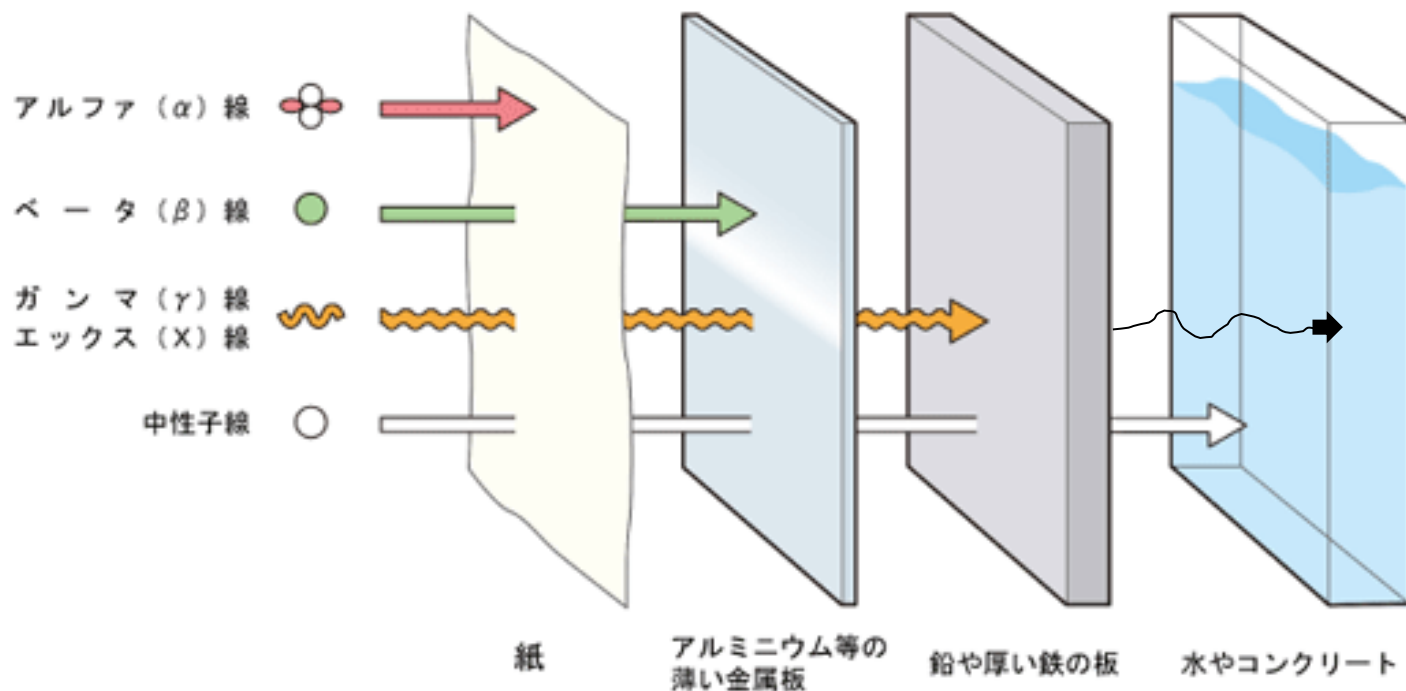
FANTASTIC 4



<http://www.amazon.com>

放射線の種類と透過力

α 線を止める β 線を止める γ 線、X線を止める 中性子線を止める



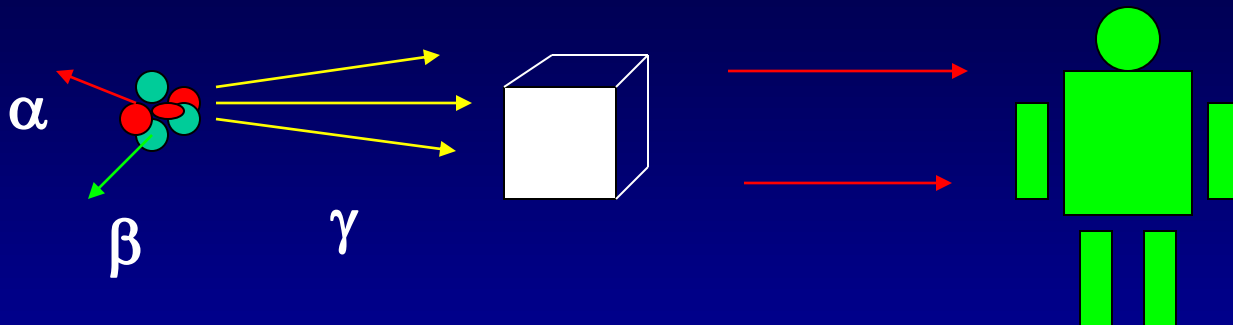
中性子線は電荷を持たないので、金属は容易に通過し、水、パラフィン等で吸収される。

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

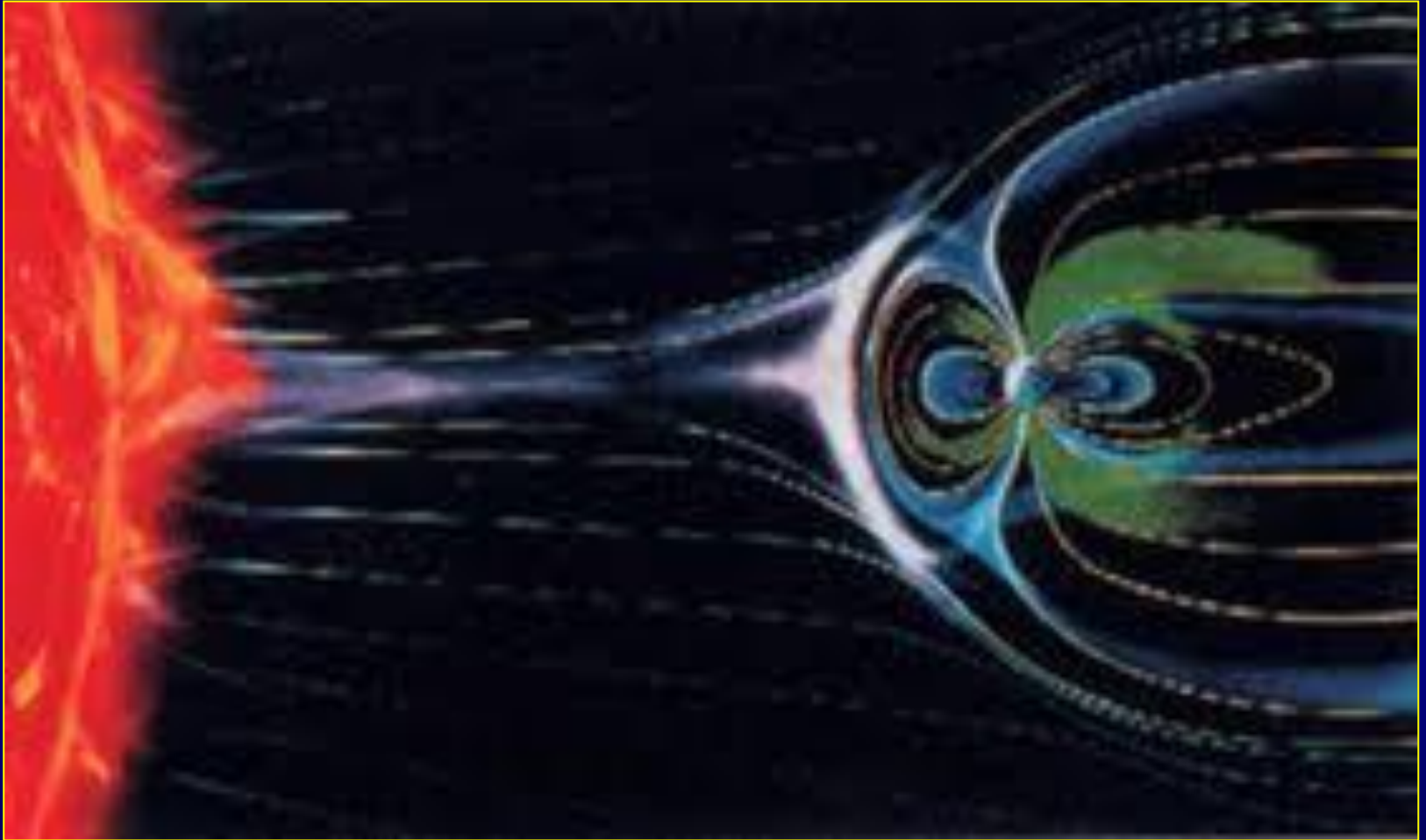
Ci
1 Ci =
3.7x10¹⁰ Bq

R
1 R =
2.58x10⁻⁴ C/kg

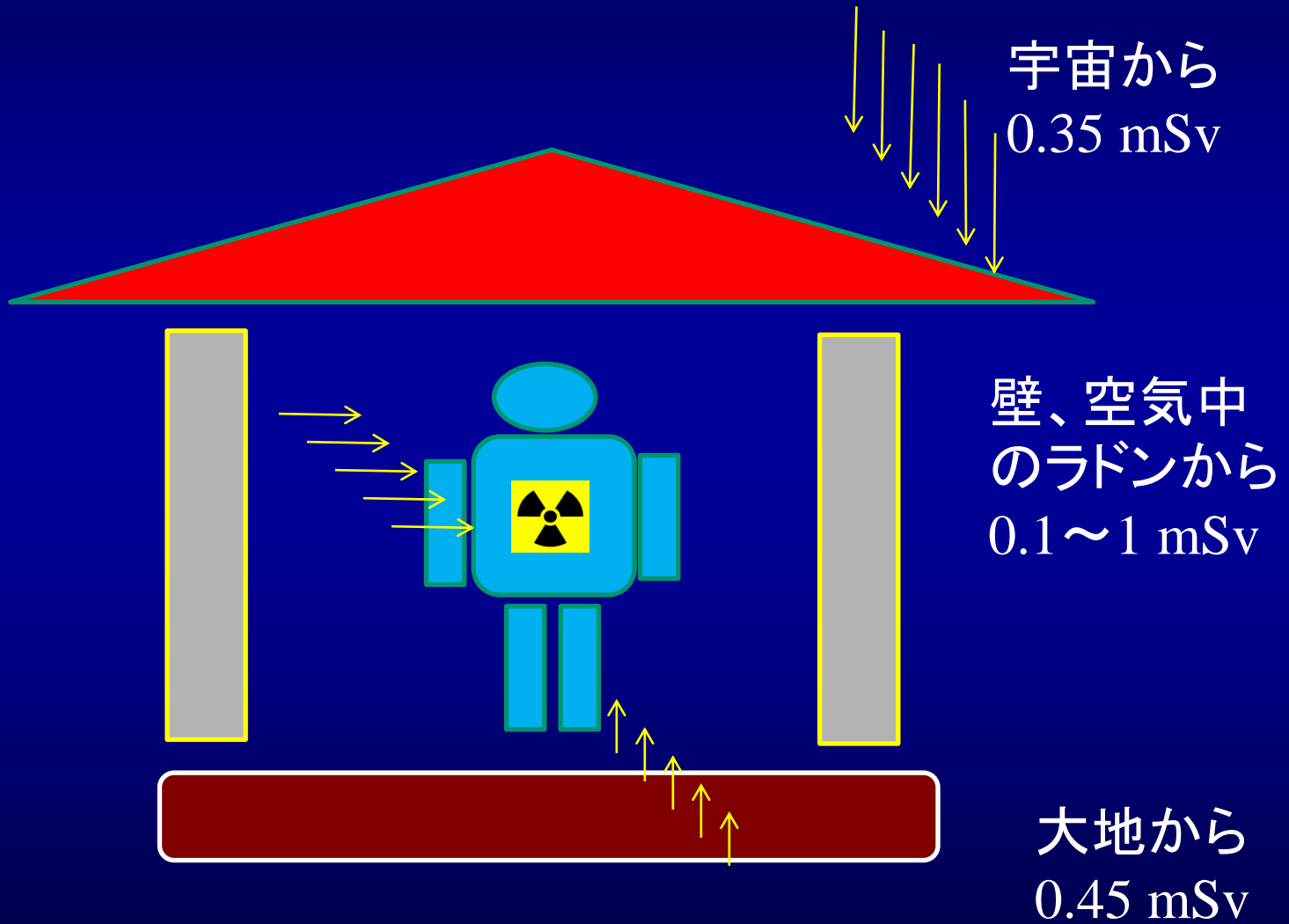
rad
1 rad =
10⁻² Gy

rem
1 rem =
10⁻² Sv

太陽と地球の関係

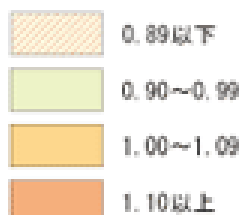


自然に由来する放射線



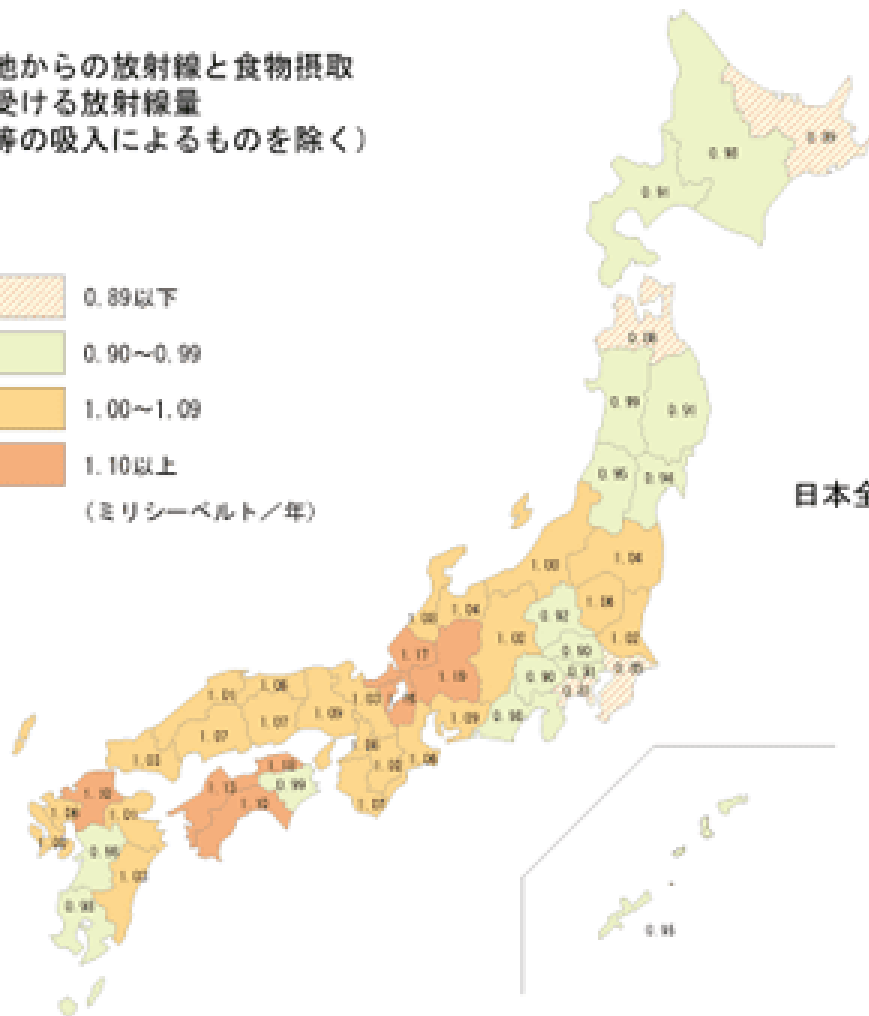
全国の自然界からの放射線量

宇宙、大地からの放射線と食物摂取
によって受ける放射線量
(ラドン等の吸入によるものを除く)



(ミリシーベルト/年)

日本全体 0.99





高度が上がると被ばく線量は増える. 1,500 mで地表の約2倍
<http://pocoa.sakura.ne.jp/pic/0040iwakisan/iwakisan-01.html>

海外旅行は大丈夫？ 0.1 mSv

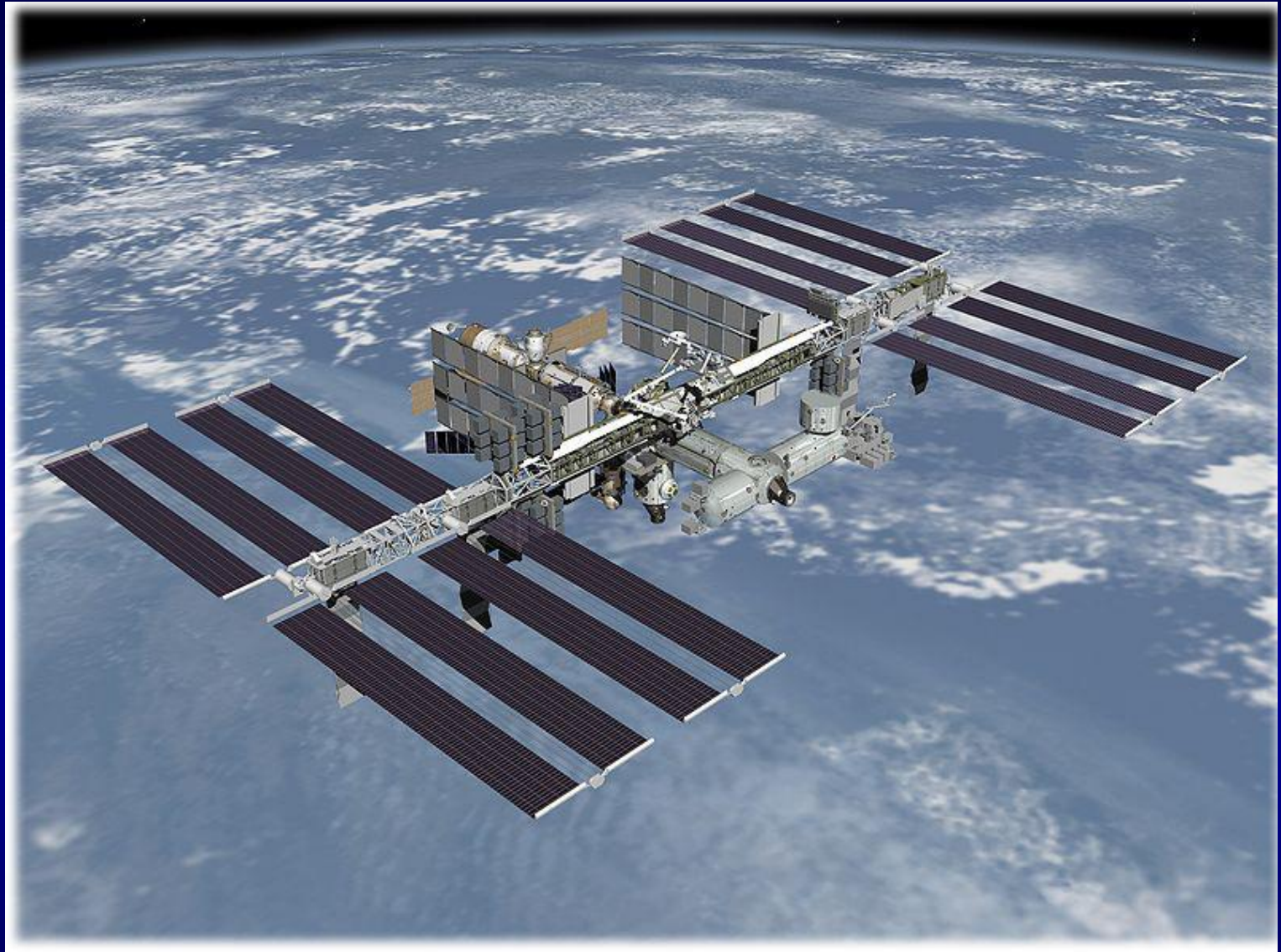


http://www.boeing.jp/website_25/pages/page_8662/images/img_1.jpg

宇宙にロマンを求めて行くか？
ロマンがあるか否かは不明である
が、“放射線被ばく”はある。



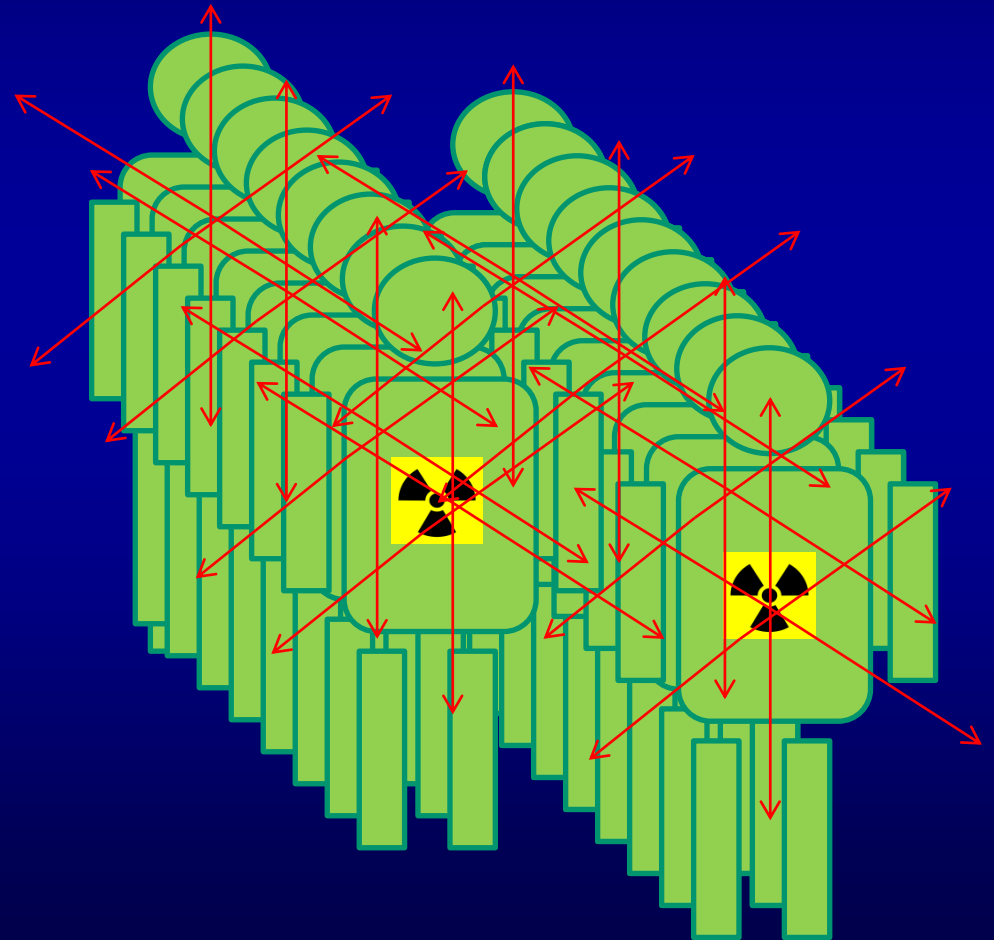
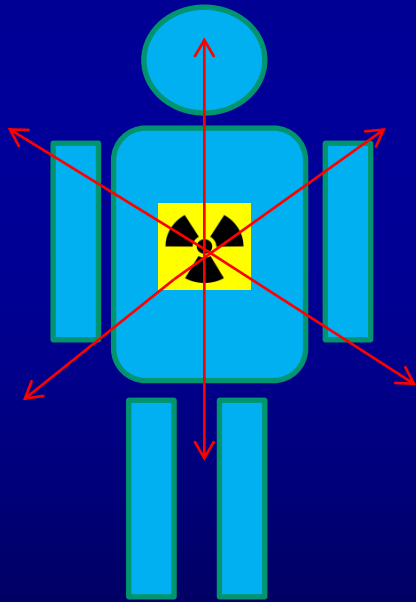
Images from NASA



**宇宙空間では被曝線量は増える！1 mSv/日。
画像JAXA**

我々も放射線源

野原に一人でいる時に比べて、満員電車では ^{40}K による放射線被ばく量は2倍



体内、食物中の自然放射性物質

●体内の放射性物質の量

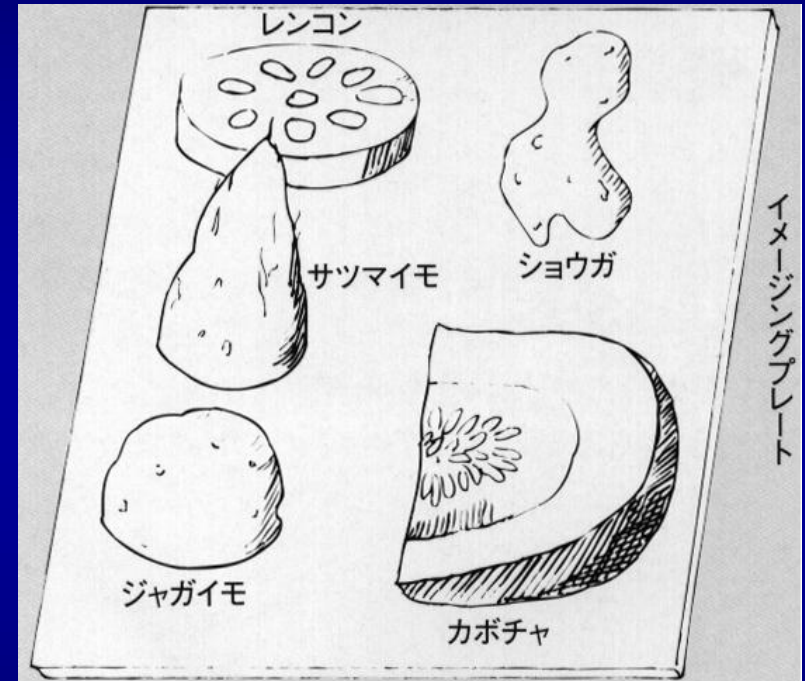
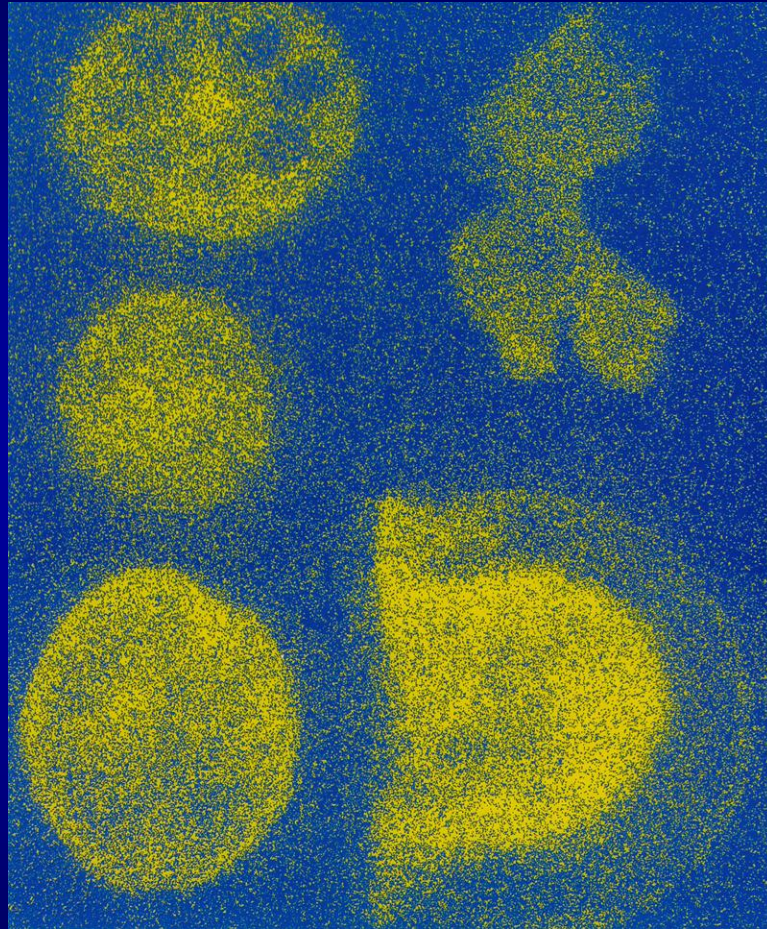


●食物中のカリウム40の放射線量 (日本)

(単位: ベクレル/kg)



イメージングプレートで得られた画像



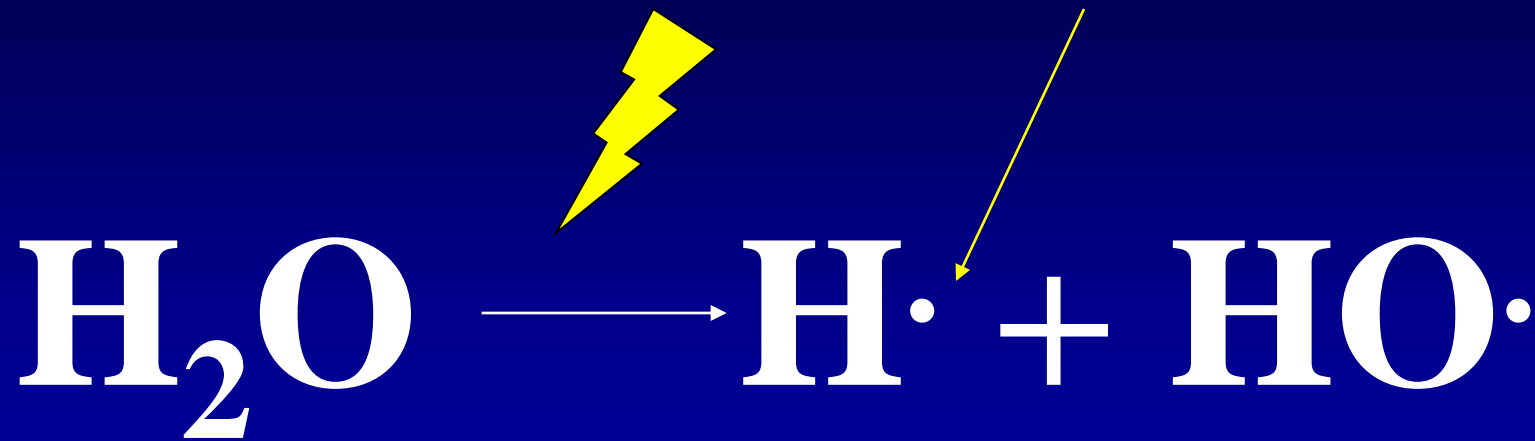
目で見る自然放射線より、中部原子力懇談会

放射線的作用 原子や分子の

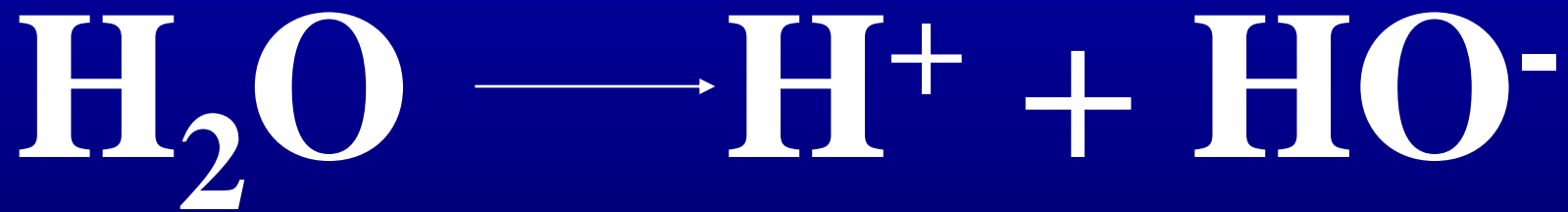
- **励起** (軌道間での電子移動)
- **電離** (軌道外への電子移動)

分子の分解、電離により、フリーラジカル(活性酸素)が生成

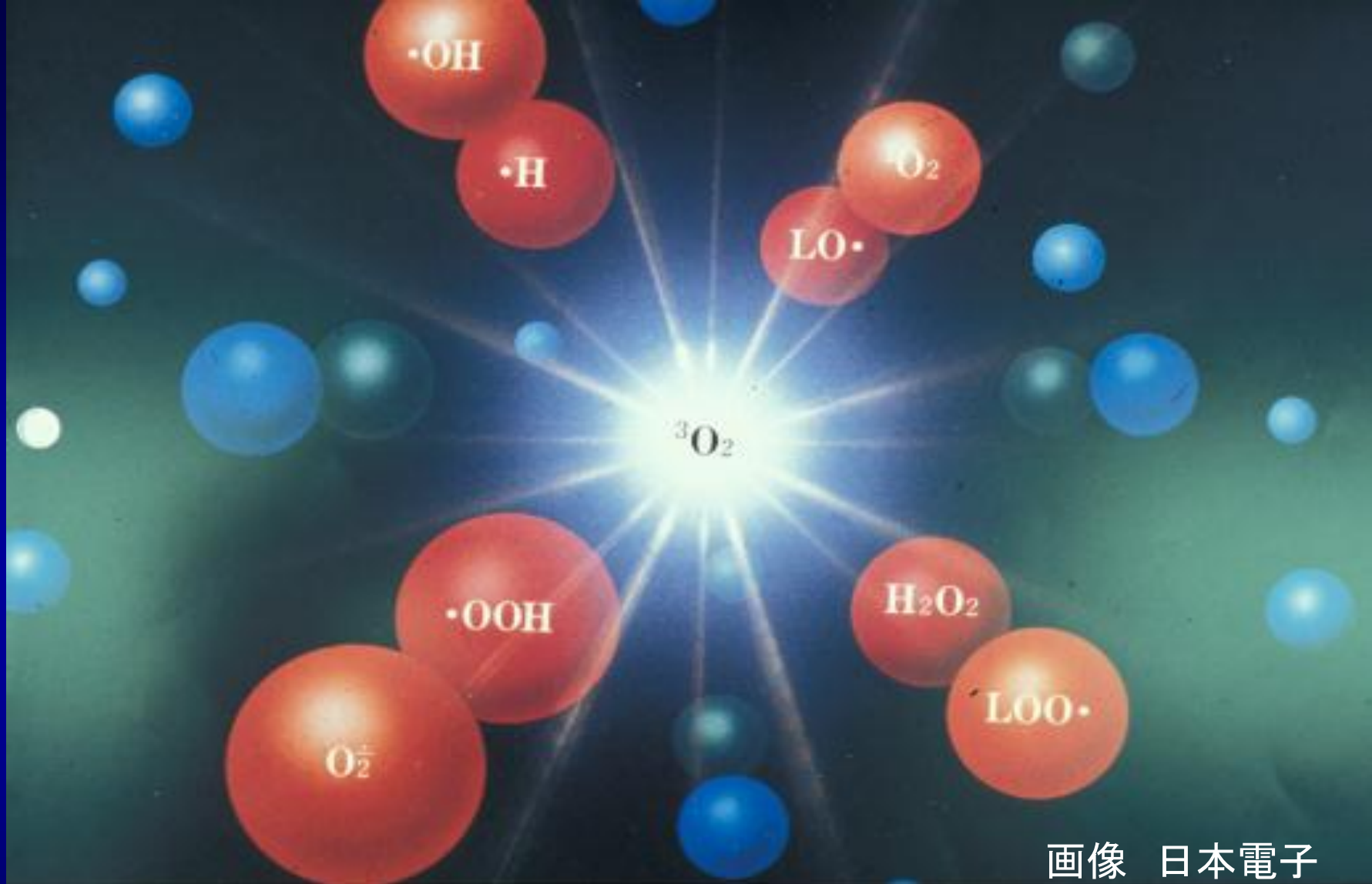
ペア(対)を作らない不対電子



水素原子 ヒドロキシルラジカル



こちらは電気分解

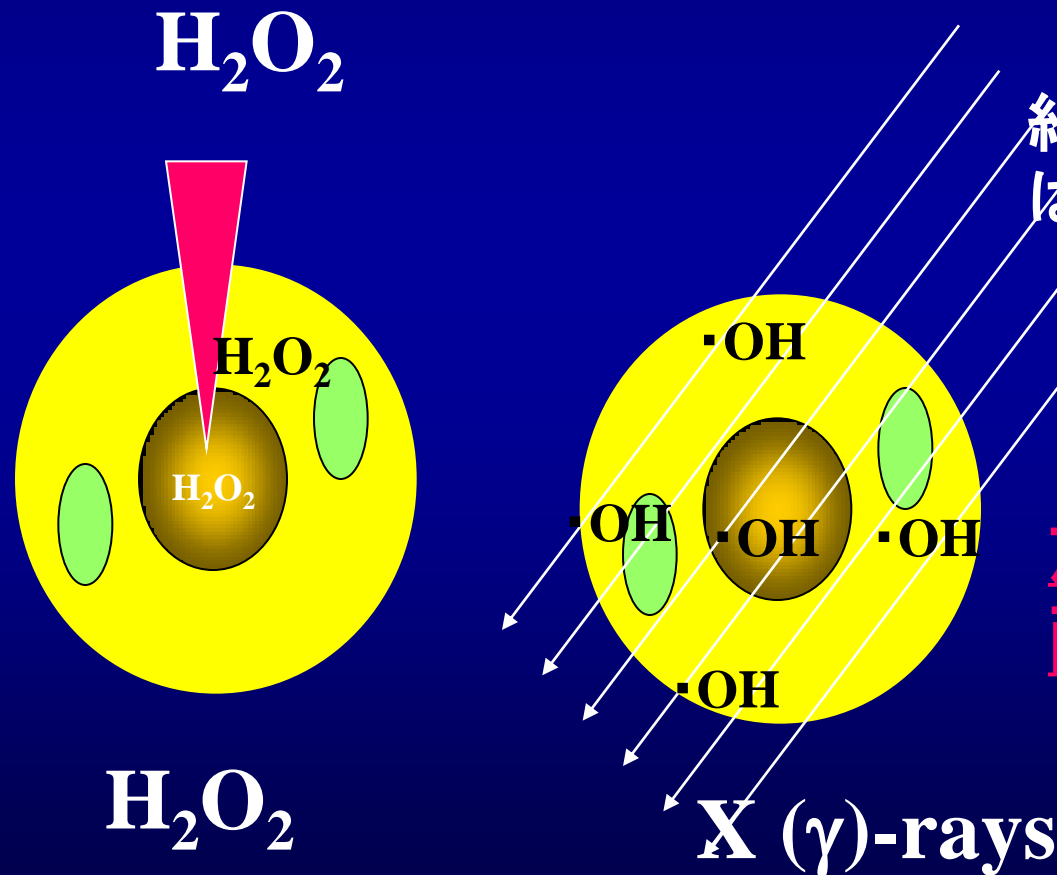


活性酸素は日常生活でも発生している。放射線
できる活性酸素も、本質的には同じものである。

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）

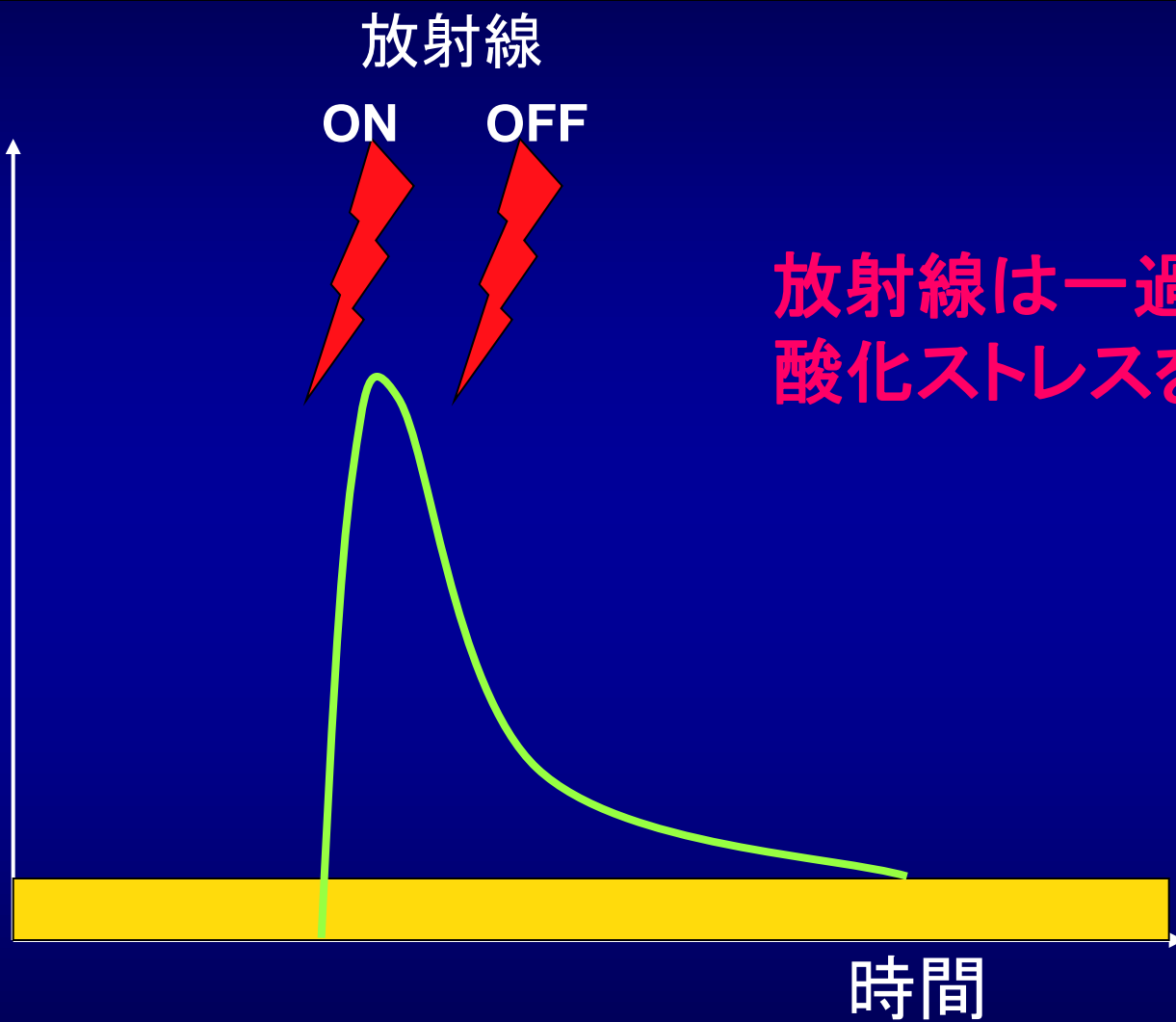


薬剤では濃度勾配がある

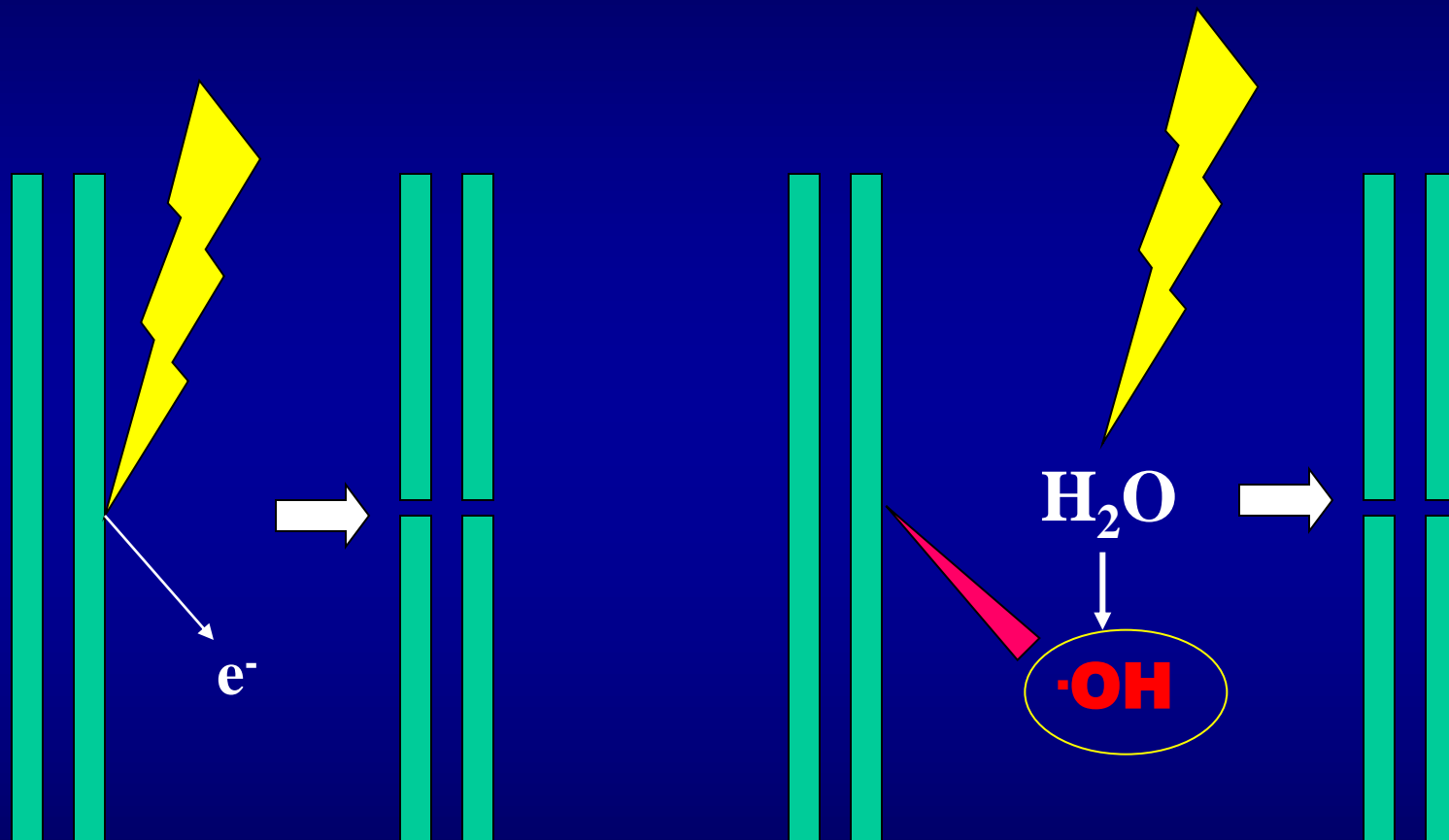
細胞内生成では活性酸素は部位特異的に生成

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）



直接作用と間接作用



放射線



DNA損傷



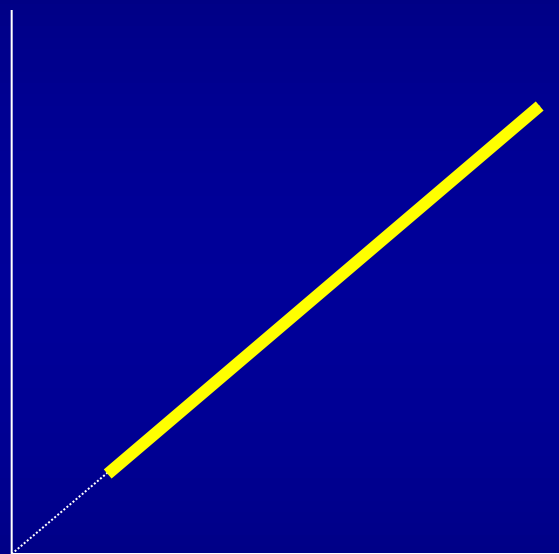
突然変異



がん

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(1mSv/年)

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

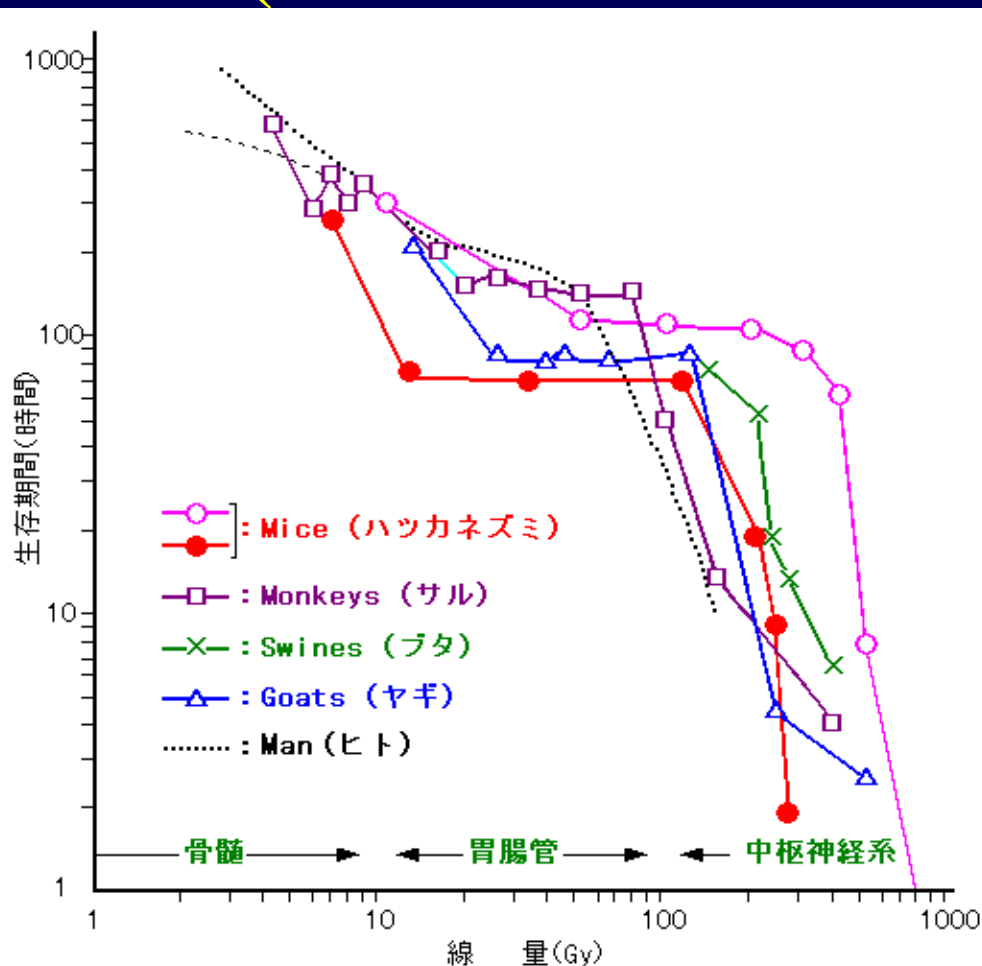
計 4 mSv

生存期間(時間)と線量との関係

骨髓死

(胃)腸死

中枢神経死



Mice: 180-200 kVp X線照射(●) (H.L.Andrews,1958)
2.5-3.0 MV X線照射(○) (H.Quaster,1945)

Monkeys: ⁶⁰Co γ線照射 (R.G.Allen et al.,1960)

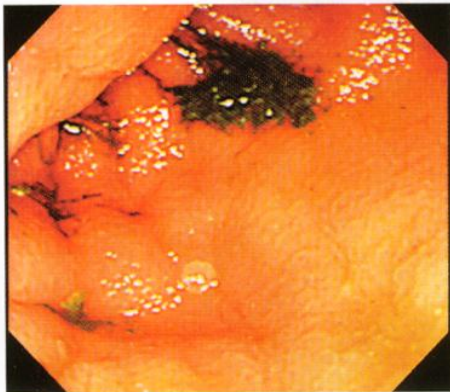
Swines: 3MV X線照射 (J.N.Shiely et al.,1959)

Goats: γ線および中性子線混合照射 (E.Rudder et al.,1963)

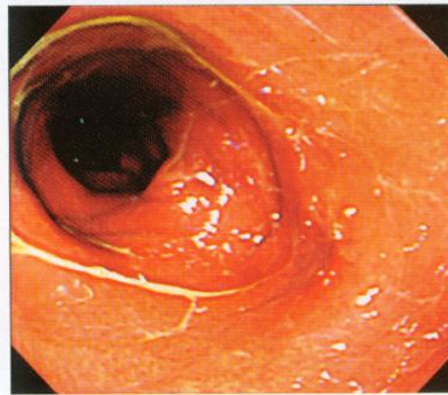
Man: 推定値(点線) (S.J.Baum et al.,1984)

出典
米国原子力規制委員会
「放射線健康影響改良
モデル」報告書
NRC,1985, NUREG/CR-
4214

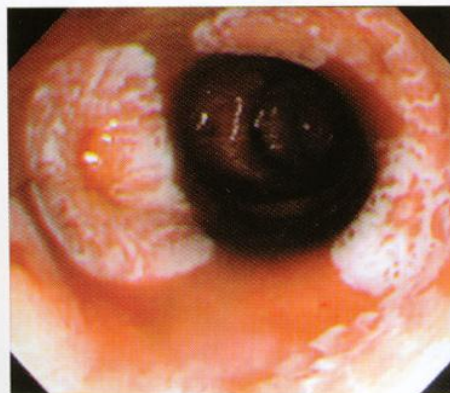
〈大腸の内視鏡映像〉



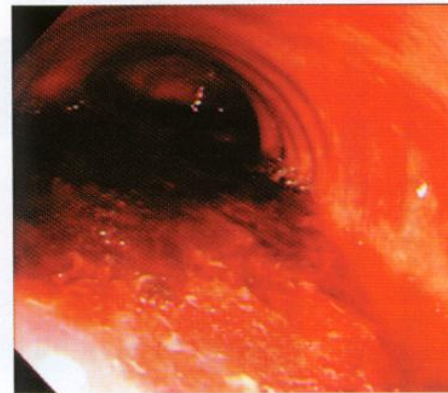
粘膜は保たれている。
撮影：1999年10月15日（被曝16日目）



粘膜は脱落し、下層が剥き出しになっている。
撮影：1999年11月4日（被曝36日目）

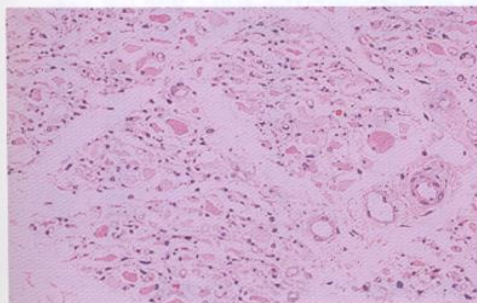


再生した粘膜（白い部分）。
撮影：1999年11月18日（被曝50日目）

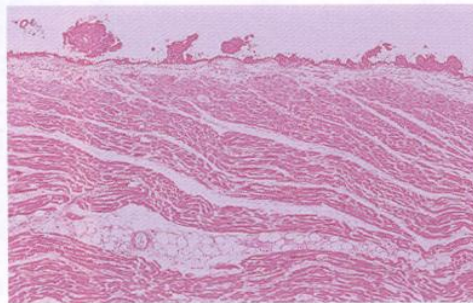


出血し、血液があふれている。
撮影：1999年12月5日（被曝67日目）

〈筋肉細胞の顕微鏡写真〉



大胸筋。繊維がほとんど失われ、
細胞膜しか残っていない。



心筋（左心室）。組織はほとんど
破壊されていない。

放射線による 消化管障害

被曝治療83日間
の記録
NHK取材班
岩波書店

放射線被ばく事故例(皮膚の損傷) タイでのコバルト60(ガンマ線)被ばく事故例



IAEA Publication on CCIDENT Response. The Radiological Accident in Sa
Prakarn, IAEA, 2002

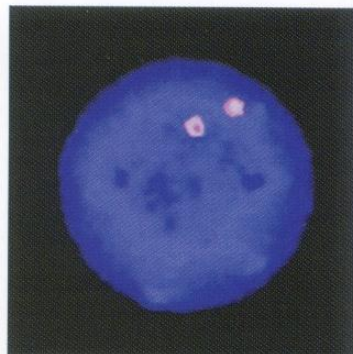
放射線障害では 皮膚障害も重要



〈右手〉 東大病院転院時には、赤くはれているだけだった。
撮影：1999年10月7日（被曝8日目）



〈同右手〉 表皮が失われ、赤黒く変色している。
撮影：1999年10月25日（被曝26日目）



移植された妹の細胞が生み出した白血球。
赤く発色しているのは女性の性染色体。

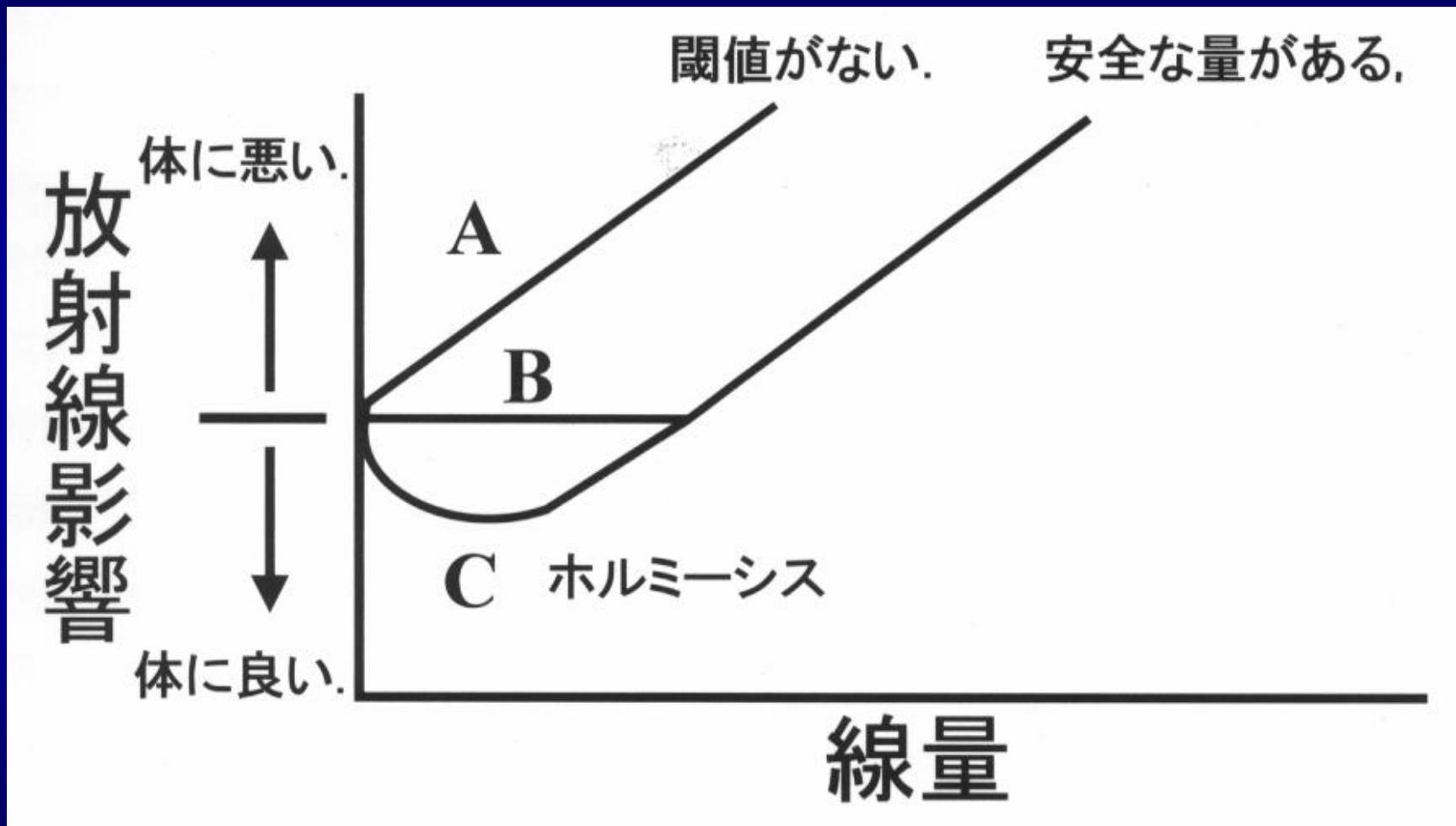
被曝治療83日間
の記録
NHK取材班
岩波書店

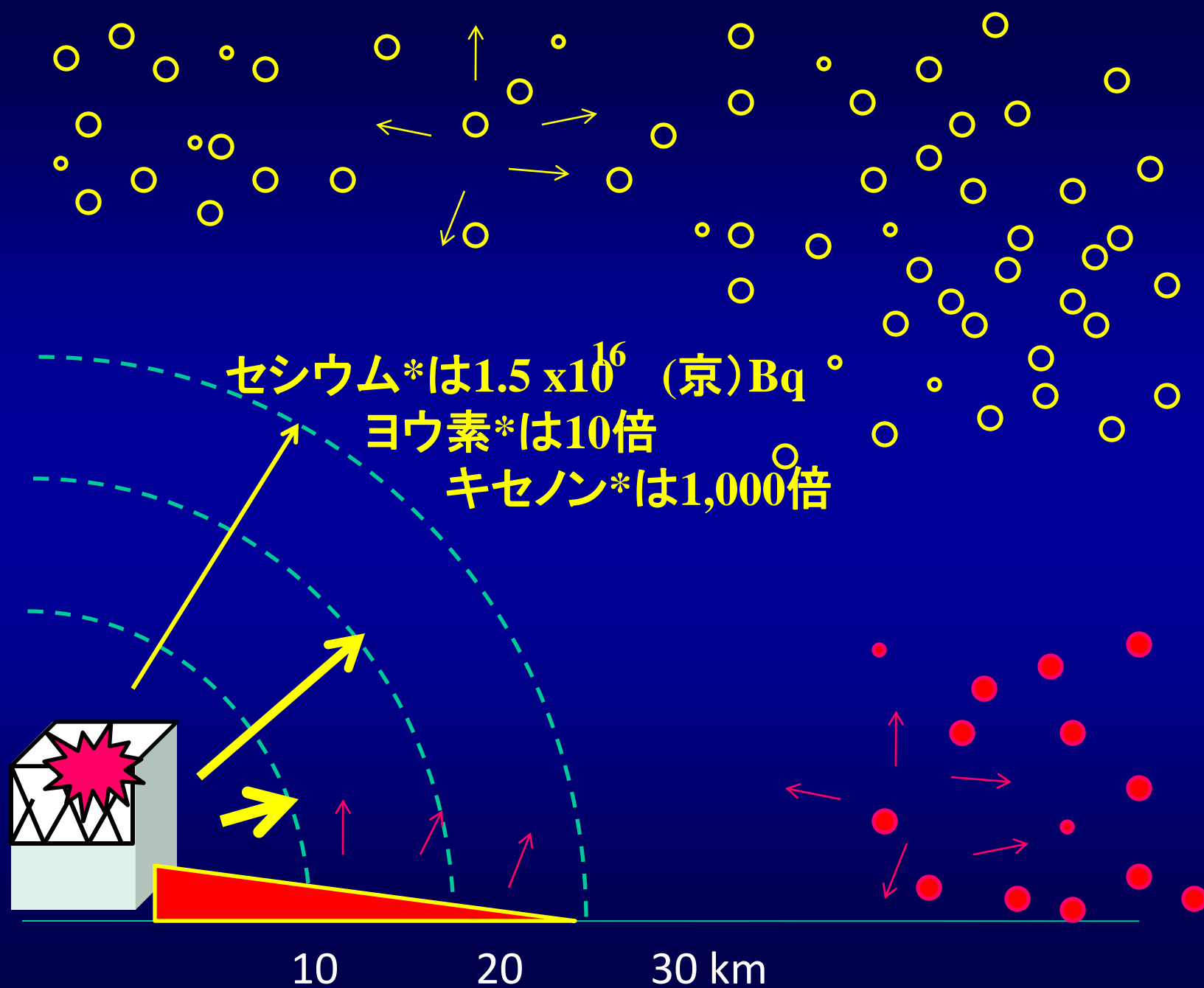
放射線の人体影響



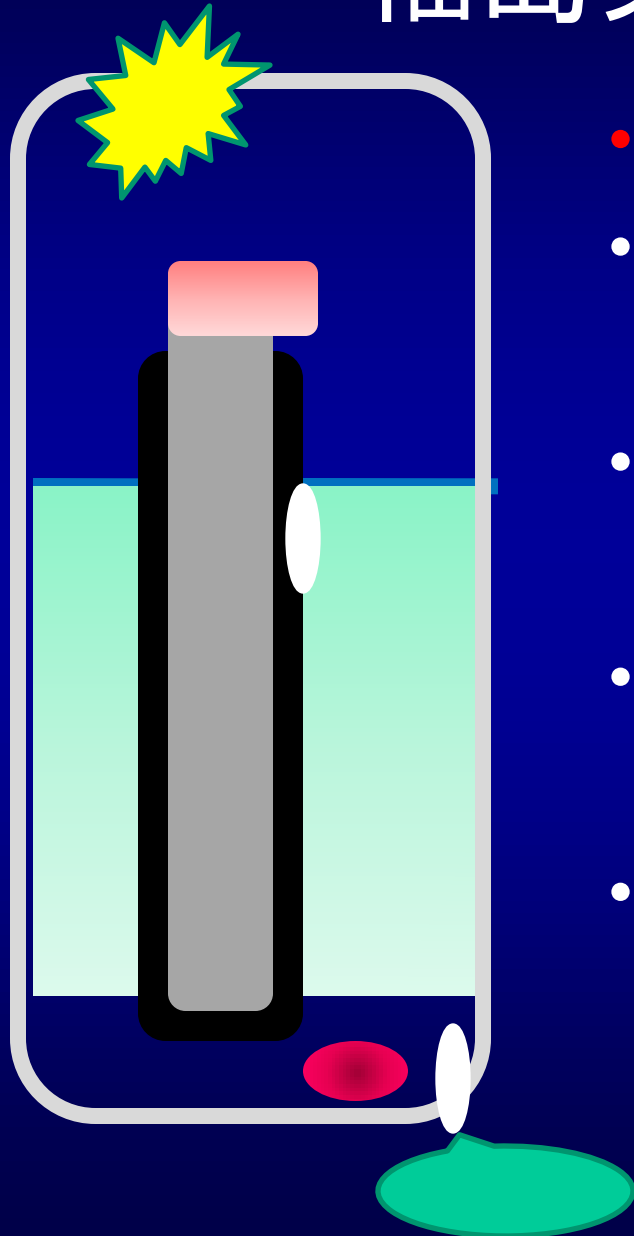
* 遺伝性影響についてはヒトでは報告されたことがない。

低線量放射線の影響



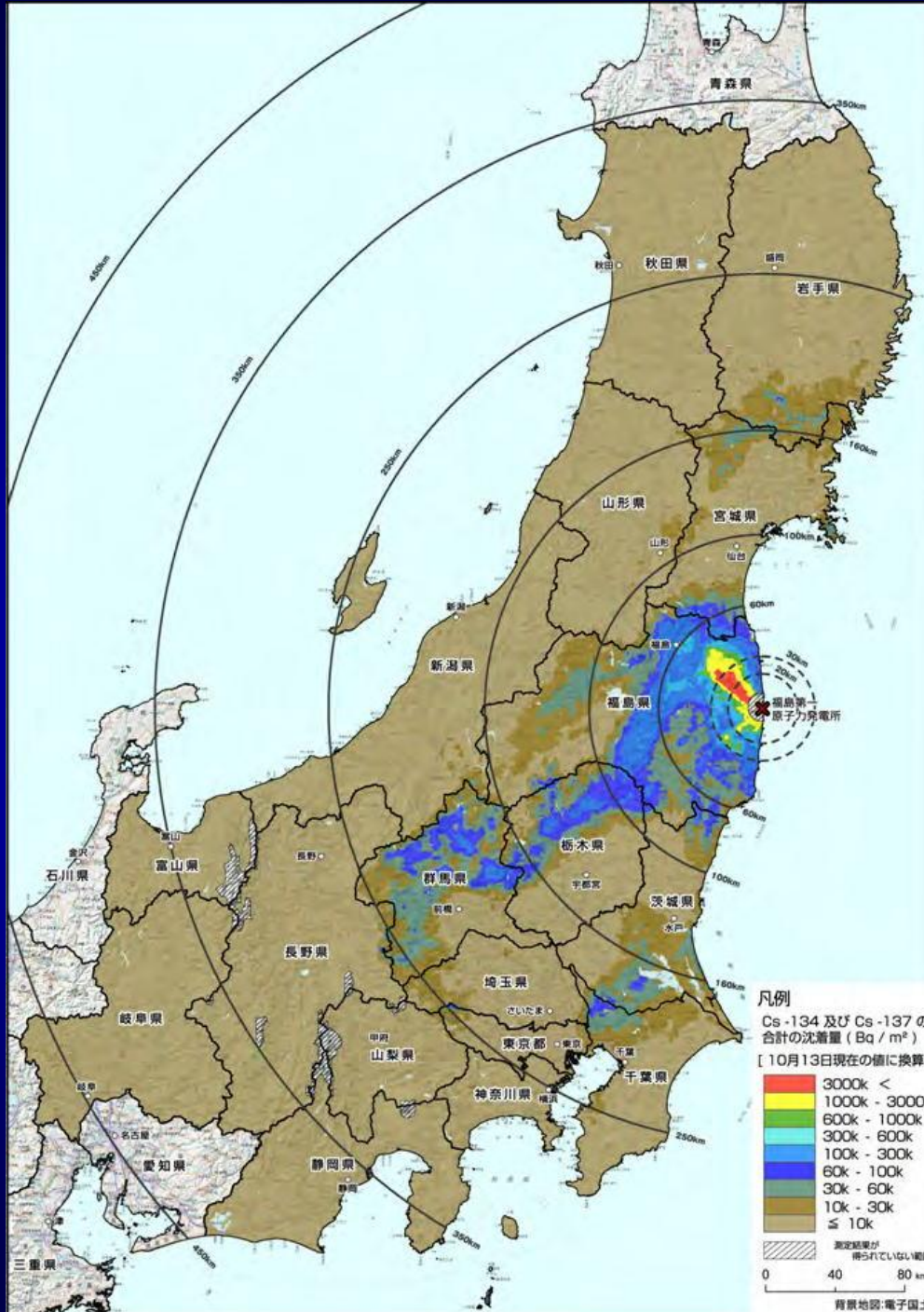


福島第一原発の状況



- 燃料棒の融解と封じ込めの失敗
- ジルコニウム被覆管中
核燃料、核分裂生成物、アクチノイド類
- 冷却水中
核分裂生成物、*Cs, *I, *Tc etc.
- 蒸気中
核分裂生成物、*Xe, *Kr, *Rn etc.
- 環境中
*Cs, *I, *Xe, *Kr, *Rn, *Tc etc.

最新の セシウム汚染 マップ



文部科学省に
よる東日本全都県に
おける航空機モニタリングの
測定結果

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

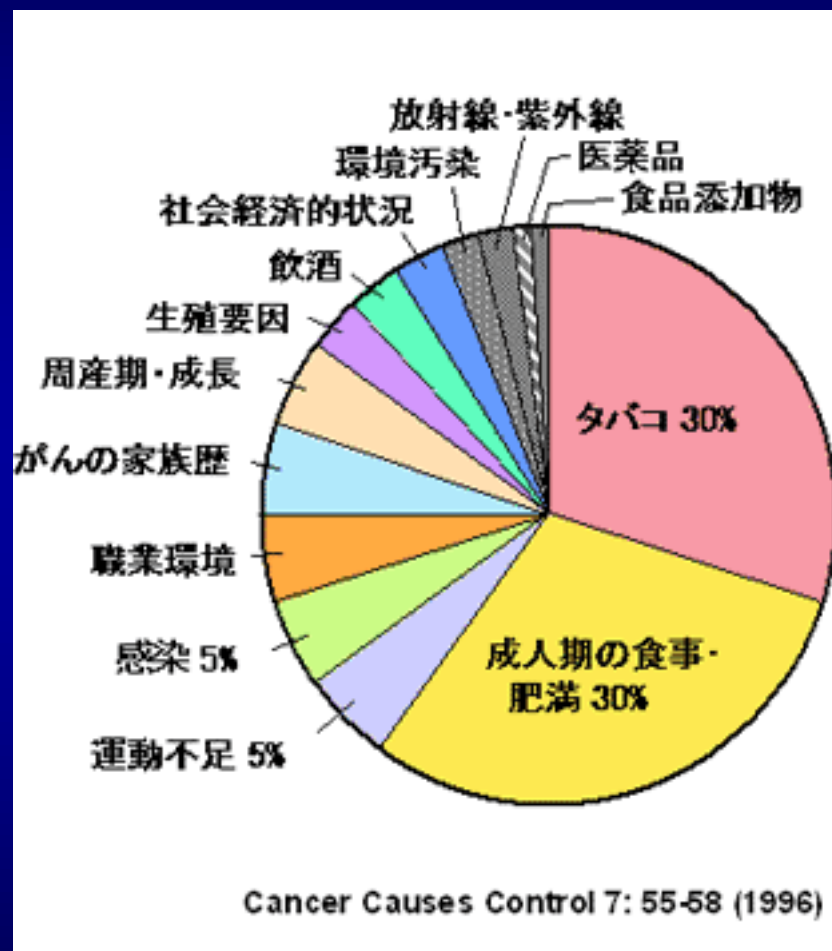
1/10,000

大気汚染

1/270,000

飛行機事故

1/330,000 他



リスクの感じ方

- ラジウム温泉
- マイナスイオン
- くすり
- ハイブリッドカー
- 海外ツアー
- 電化製品
- X線診断
- 電力の安定供給
- 放射能汚染水
- *I⁻イオン
- 毒
- 交通事故
- 飛行機事故
- 感電、火災、電磁波
- 放射線被ばく
- 原子力発電

体に良い！健康のための！
環境によい！社会のための！

1895年 レントゲンによるX線の発見

117年前のこの一枚の写真から
画像医学の進歩は始まった。



目で見える自然放射線より、中部原子力懇談会

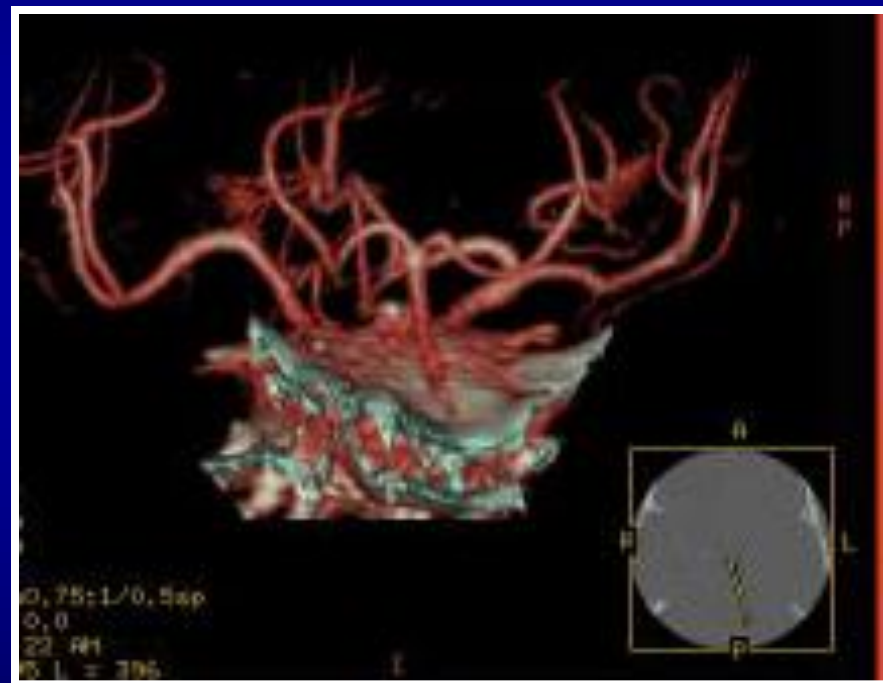
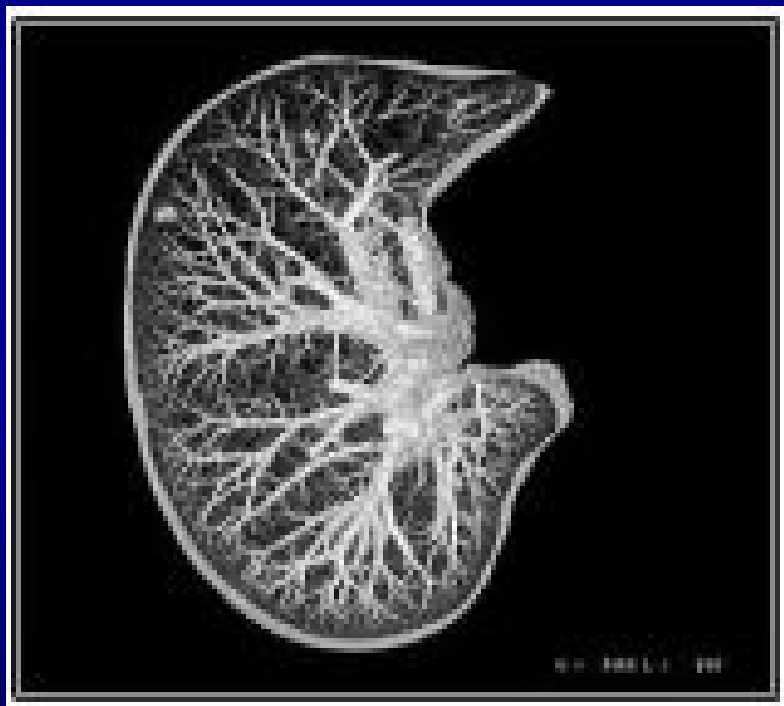
MDCT

(Multi Detector row X-ray Computed Tomography,
多重検出器列CT,マルチスライスCT)



GEメディカルシステムズ

肺および頭部血管のMDCT画像



ラジオサージェリーにおける放射線の照射

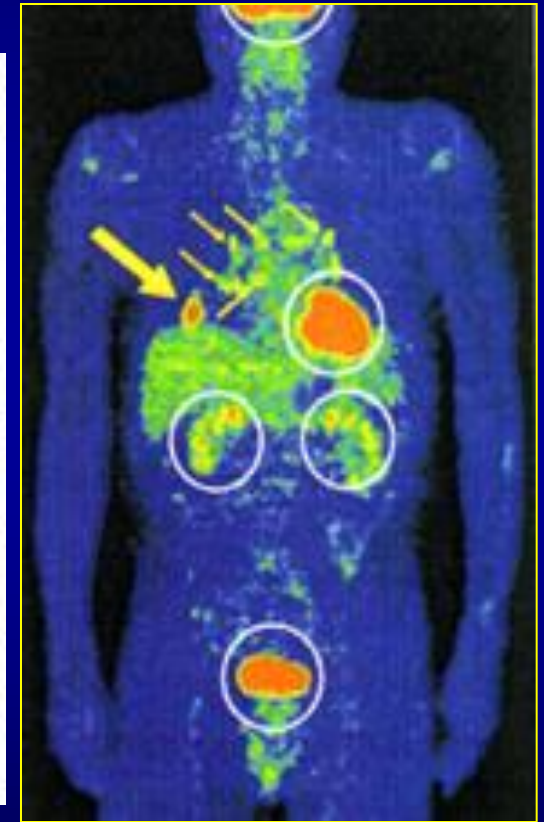
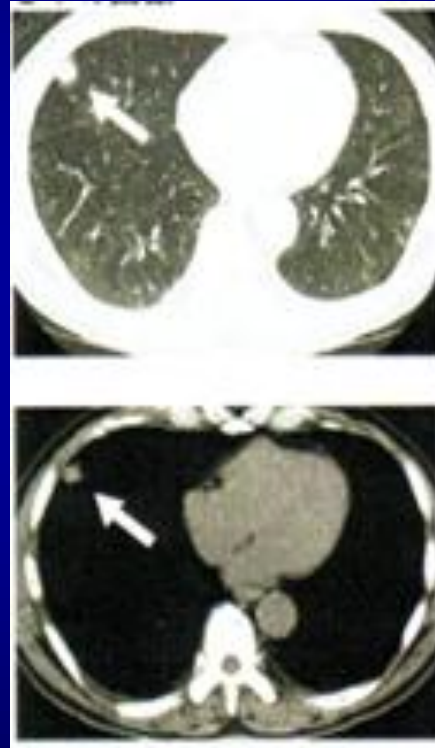
治療計画に基づき、全4回の照射。(照射曜日は月・火・木・金)照射は固定装置を装着した状態で、多方向から3次的に実施。照射そのものに要する時間は30分程度。



京都大学医学部附属病院放射線科

PETとCTの融合 PET-CT

12ミリの肺ガンで、CTでは転移を確診できなかったが、PETにて転移が確認された例
左図上下:CTによる画像
右図矢印内:肺ガン→リンパ節転移



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

重要なこと

- 1) 放射線の量(線量)とあたり方(線量率、いつ、どこに)に注意する。
- 2) 医療での利用もあるので、放射線防護を考え、賢く使う。

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 —