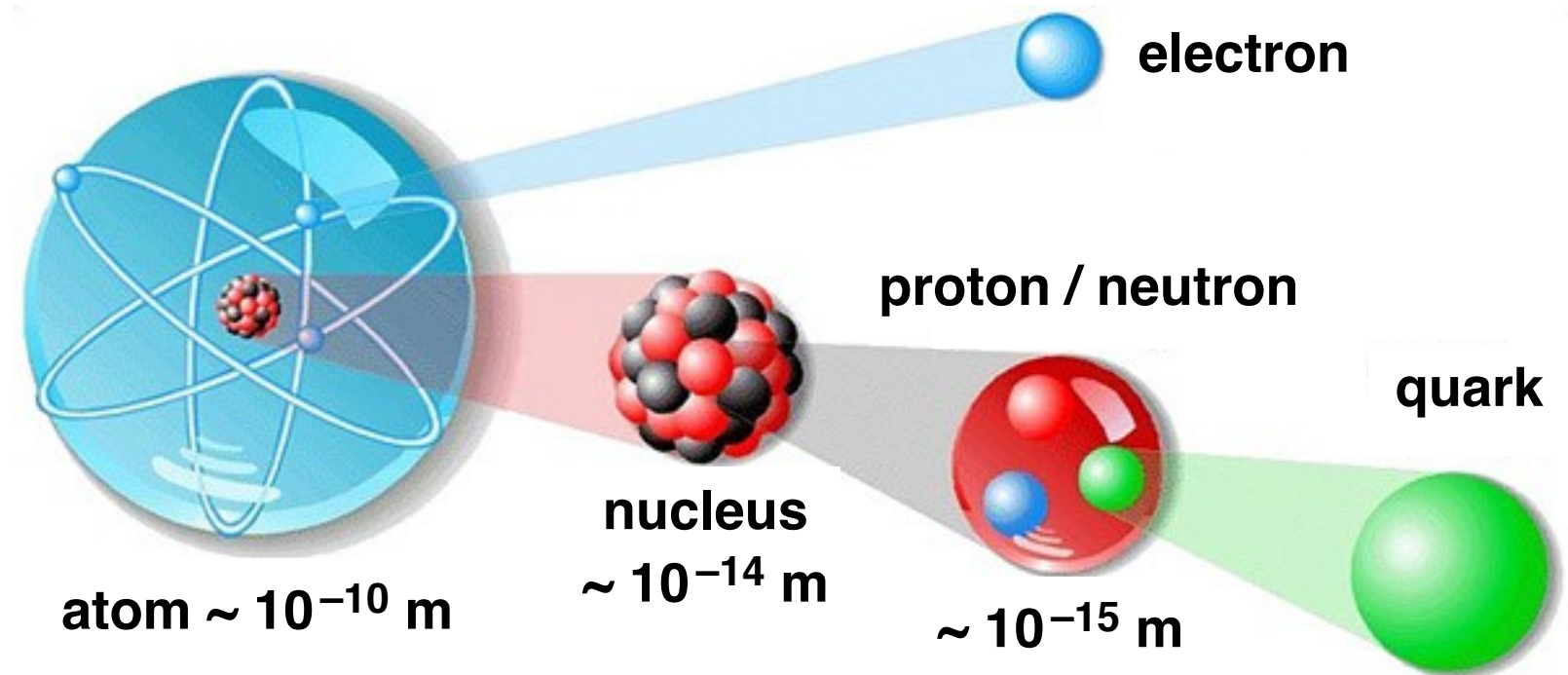


放射線基礎講義



東京大学 教養学部 / 大学院総合文化研究科

助教 鳥居 寛之

(粒子線物理学・素粒子原子物理学)

放射線基礎講義

- 放射性物質、放射能と、放射線との区別
- 身の回りの自然放射線
- 放射線と物質との相互作用
- 放射線の人体への影響
- 放射線の単位・放射線防護の考え方
- 放射線のリスクコミュニケーション

東京大学 教養学部 / 大学院総合文化研究科

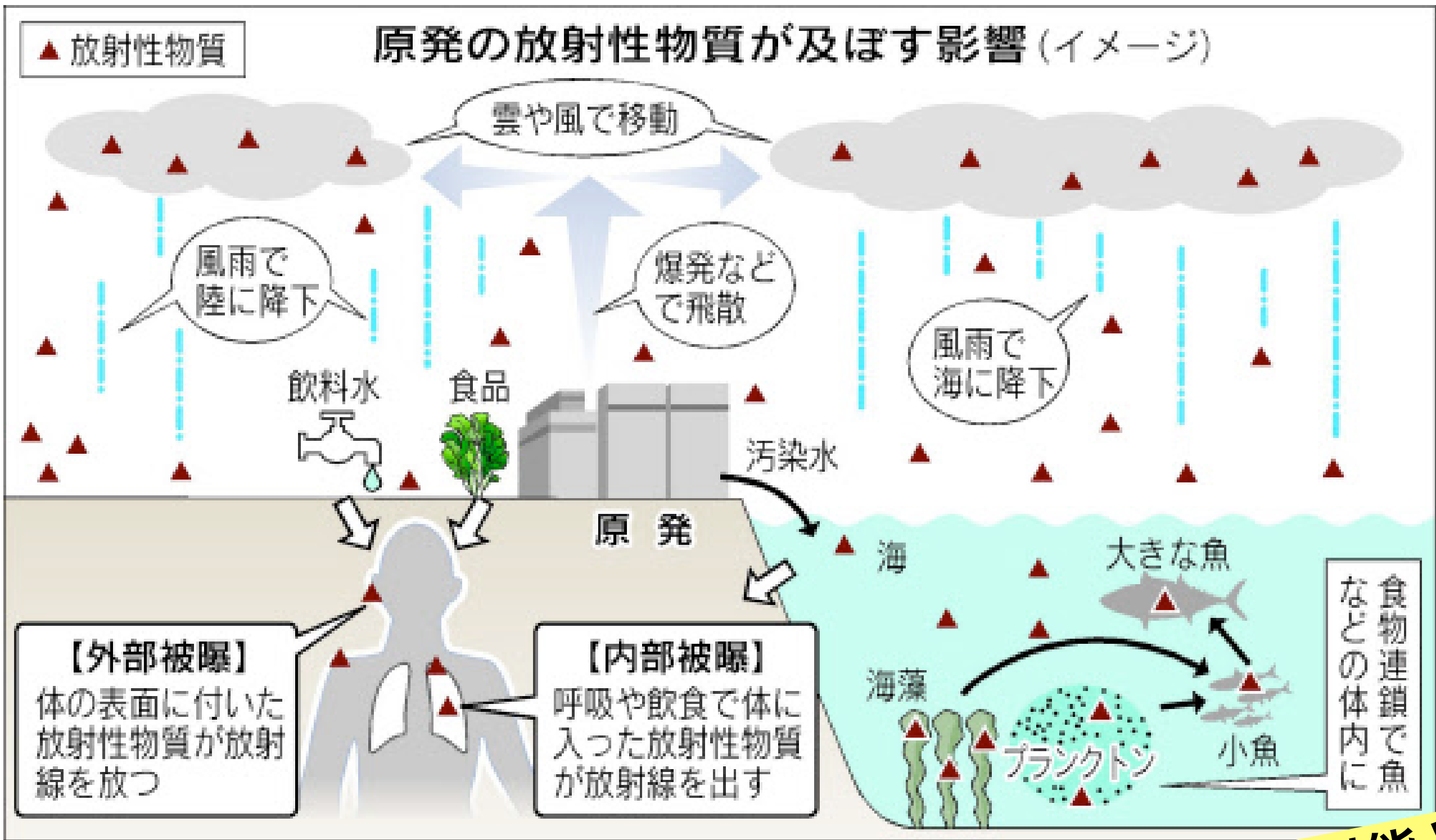
助教 鳥居 寛之

(粒子線物理学・素粒子原子物理学)

放射線基礎講義

- 放射線の影響についての様々な意見が乱立している
- 放射線に関する学問は多岐にわたり、一人の専門家でまかないきれない。
 - 原子力工学、原子核物理学
 - 放射線物理学、放射線計測学、放射化学
 - 放射線生物学、放射線医学
 - 環境学、気象学、海洋科学、植物学・土壌学
 - 食品衛生学
 - 放射線防護学 (安全管理学)
 - リスク学、リスクコミュニケーション
 - 社会学、法律

科学コミュニケーション
科学リテラシーの重要性



放射性物質が一部東京まで飛来。
放射線が直接東京に届いたのではない

放射性物質、放射能と
放射線を混同しない

原発北西方向の汚染と「ホットスポット」

福島第一原発から漏れた放射能の広がり
Radiation contour map
of the Fukushima Daiichi accident

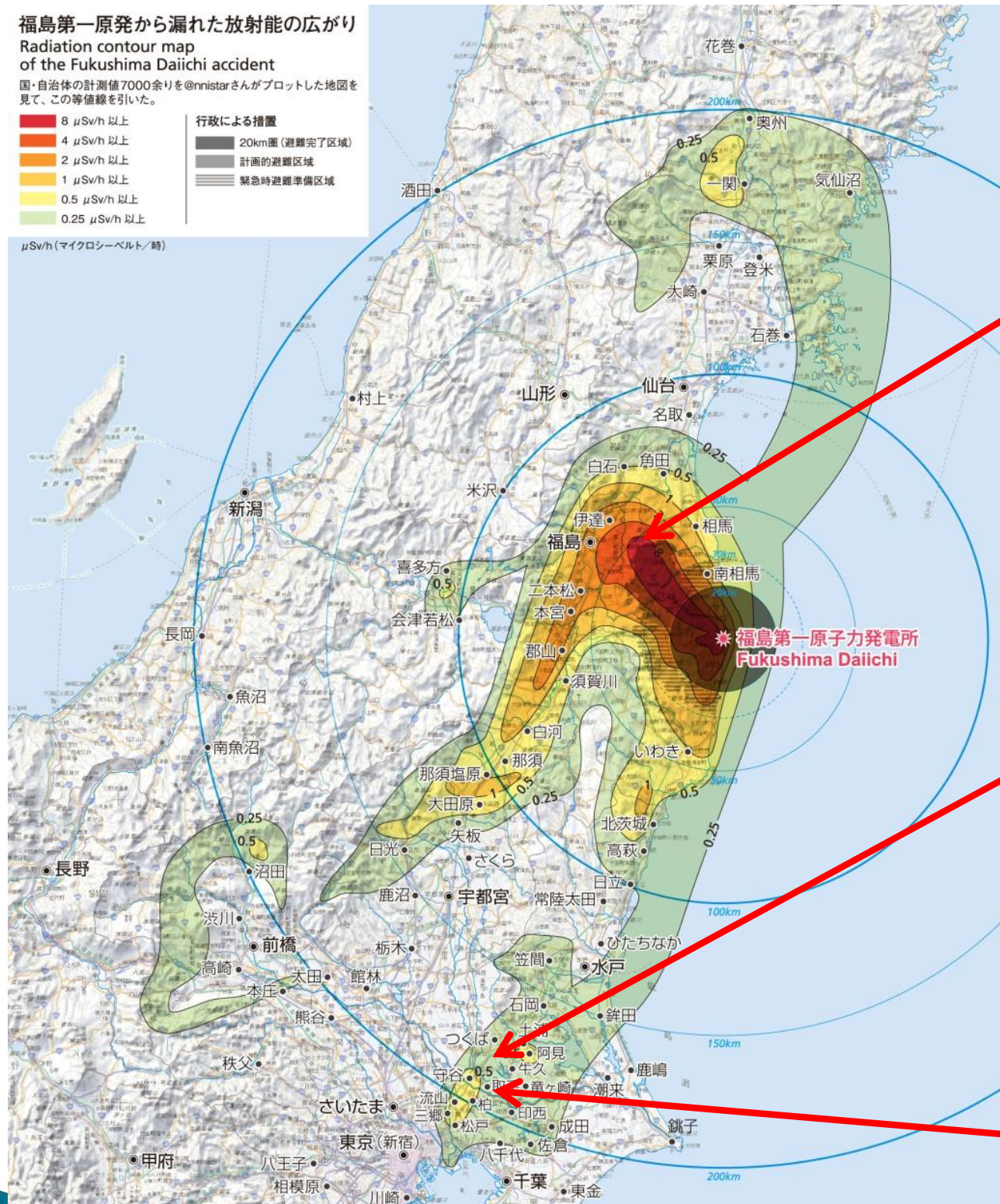
国・自治体の計測値7000余りを@nnistarさんがプロットした地図を見て、この等値線を引いた。

- 8 $\mu\text{Sv/h}$ 以上
- 4 $\mu\text{Sv/h}$ 以上
- 2 $\mu\text{Sv/h}$ 以上
- 1 $\mu\text{Sv/h}$ 以上
- 0.5 $\mu\text{Sv/h}$ 以上
- 0.25 $\mu\text{Sv/h}$ 以上

行政による措置

- 20km圏 (避難完了区域)
- 計画的避難区域
- 緊急時避難準備区域

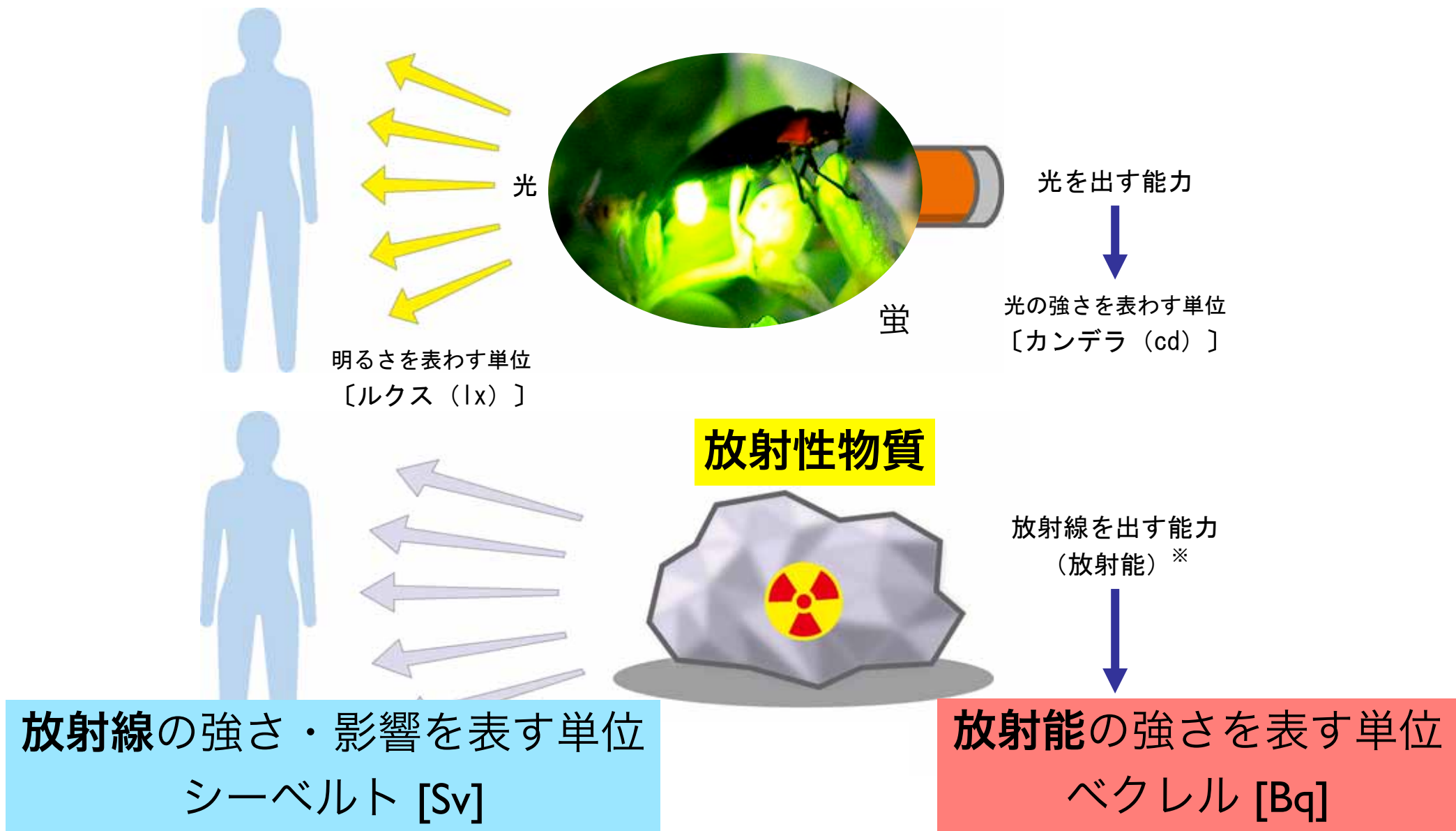
$\mu\text{Sv/h}$ (マイクロシーベルト/時)



早川由紀夫教授(群馬大学)作成、7月26日版

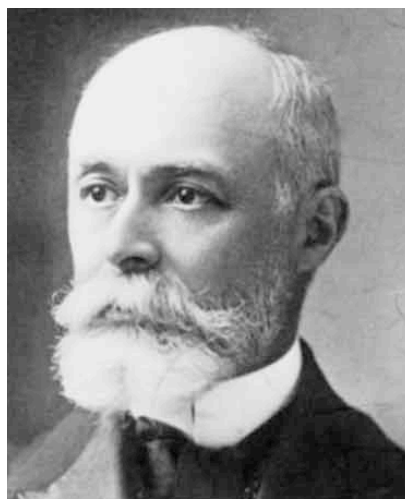
三訂版7月26日(初版4月21日)
等値線作成: 早川由紀夫(群馬大学) (kipuka.blog70.fc2.com/
@nnistarさんの地図 (www.nnistar.com/gmap/fukushima.html)
Contour lines drawn by Yukio Hayakawa (Gunma Univ.),
Source: @nnistar
地図製図: 萩原佐知子
背景地図には電子国土ポータル(portal.cyberjapan.jp)の地図を使用しました。

放射能と放射線



6-1

出典：資源エネルギー庁「原子力2010」



放射能 (radioactivity) の単位

[Bq] | Bq = 1 dps, [Ci] | Ci = 37 GBq

Becquerel

decay/disintegration
per second

Curie

1 キュリー = 370億ベクレル

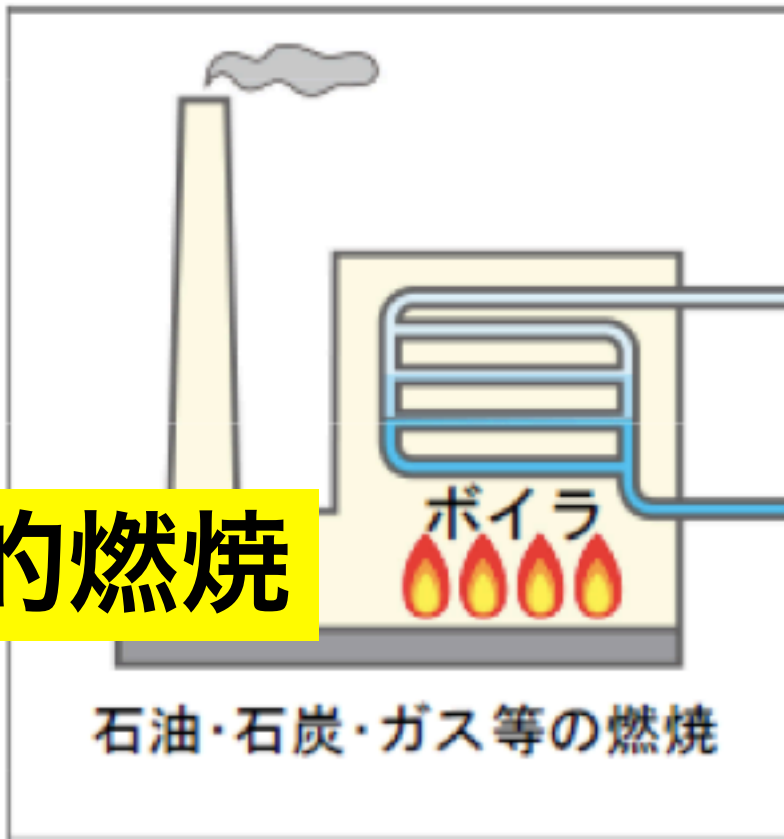


放射性物質とは？

火力発電と原子力発電の違い

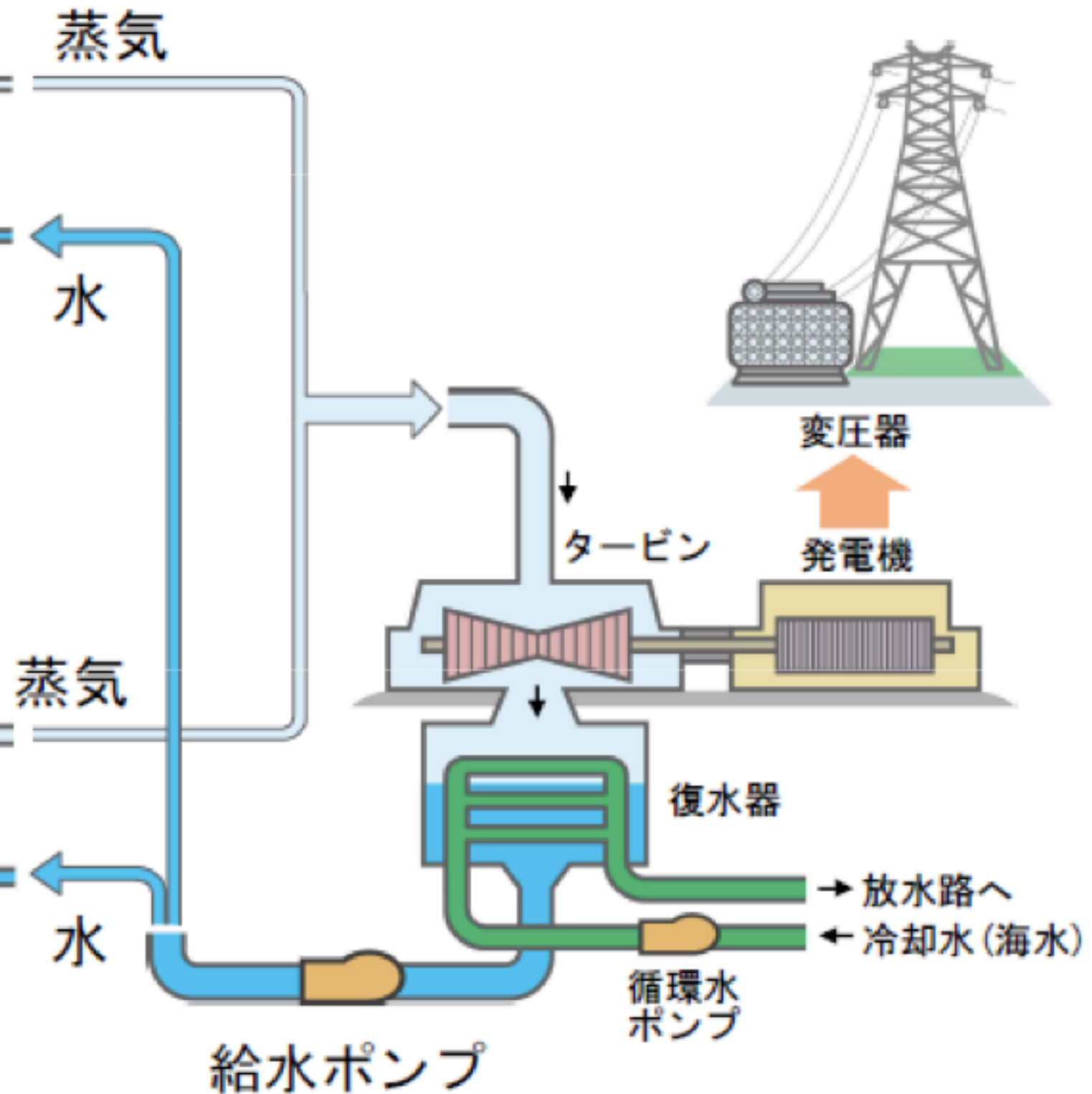
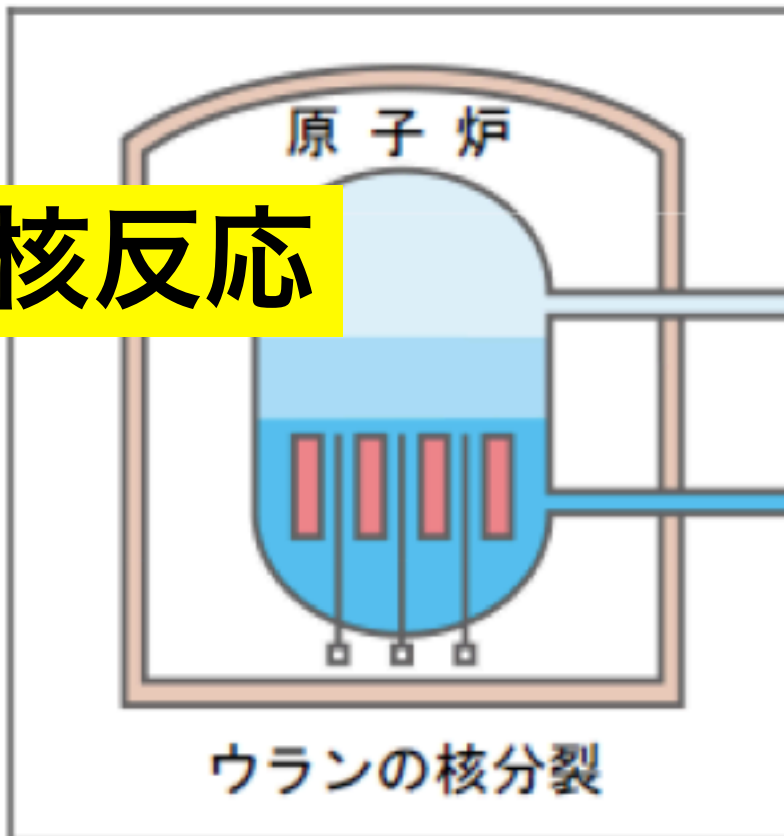
火力

化学的燃焼



原子核反応

原子力





分子
molecule



原子
atom



原子核
nucleus



陽子
proton



クォーク
quark

錬金術はなぜ失敗したか

nm (10^{-9} m) 化学
ナノメートル

eV Chemistry
電子ボルト

原子: atom < atomus < ατομος < a- + témnein + -os
(切ることができない)
∨ 原子物理学 ∧ Atomic Physics

Å (10^{-10} m)
オングストローム Ångström

eV – keV
数電子ボルト～
キロ電子ボルト

∨ 原子核物理学 Nuclear Physics

fm (10^{-15} m)
フェムトメートル

MeV
メガ電子ボルト

∨ 素粒子物理学 Particle Physics

am (10^{-18} m)
アトメートル

GeV
ギガ電子ボルト

放射性物質とは

放射性核種

= 放射性同位体

= 不安定原子核

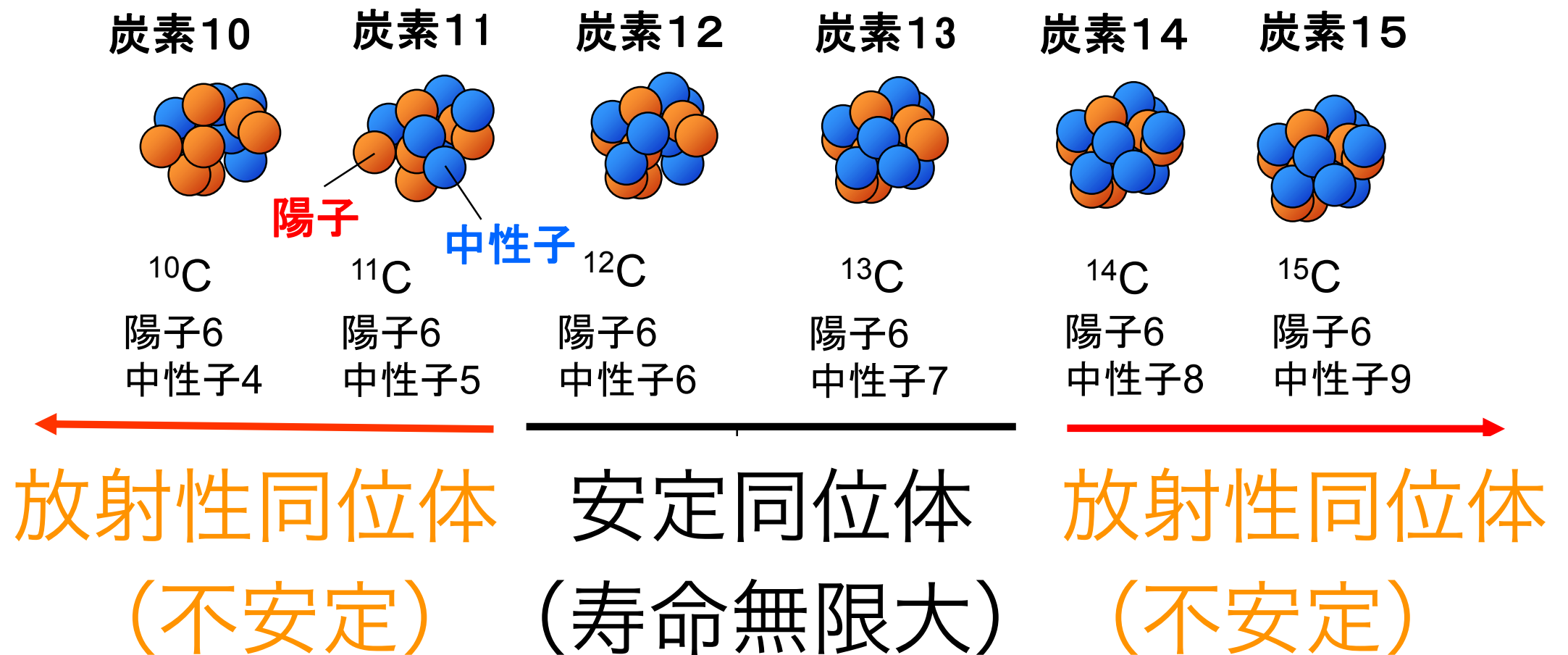
を含む原子からできている物質

$$\text{質量数 } A = Z + N$$

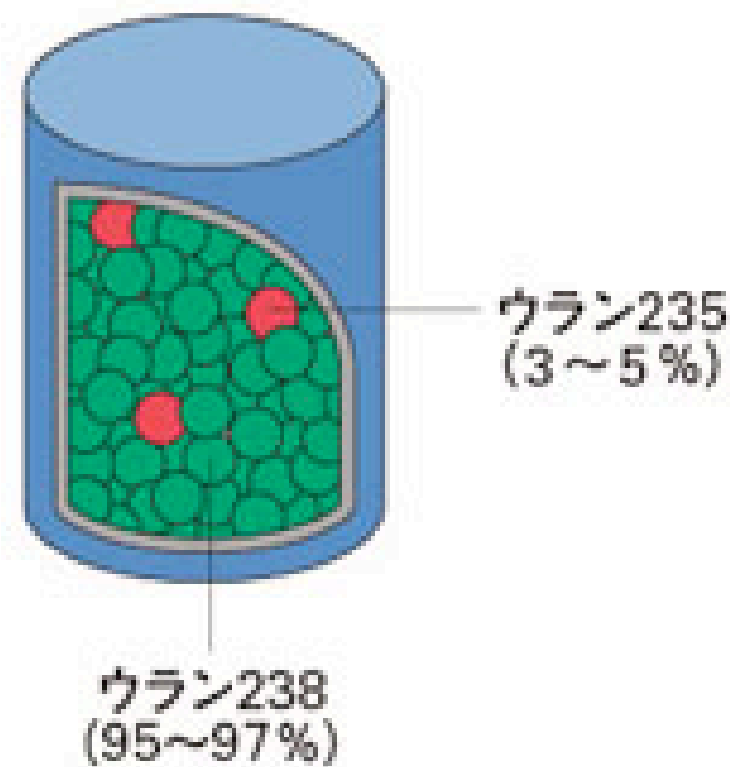
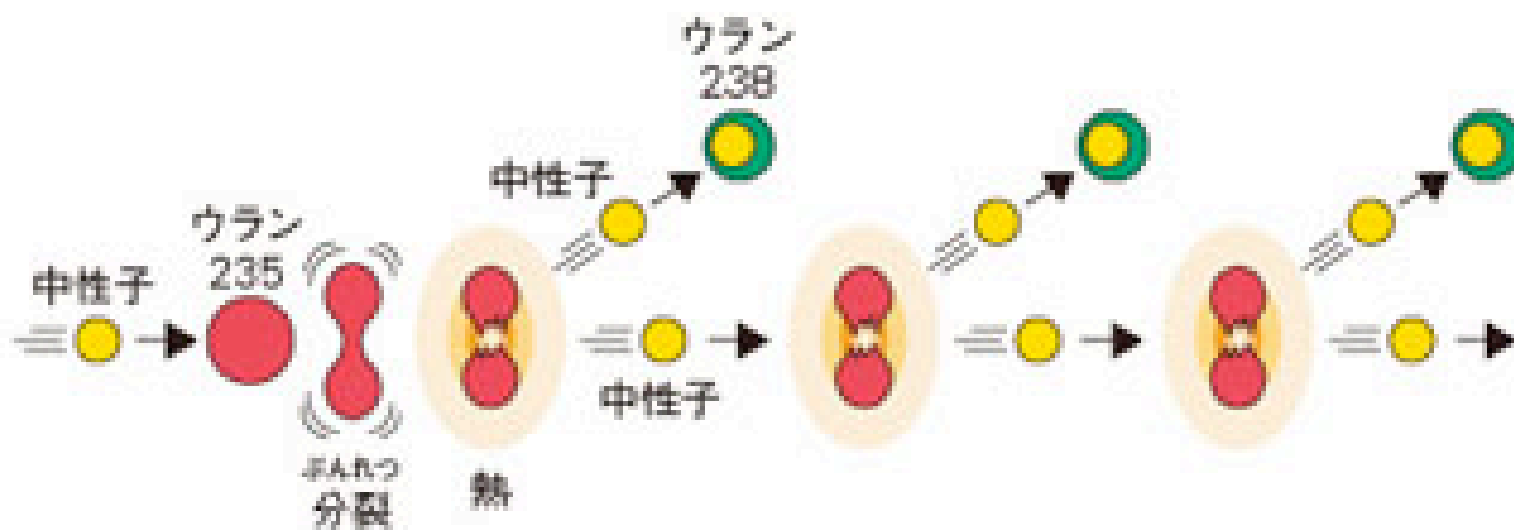
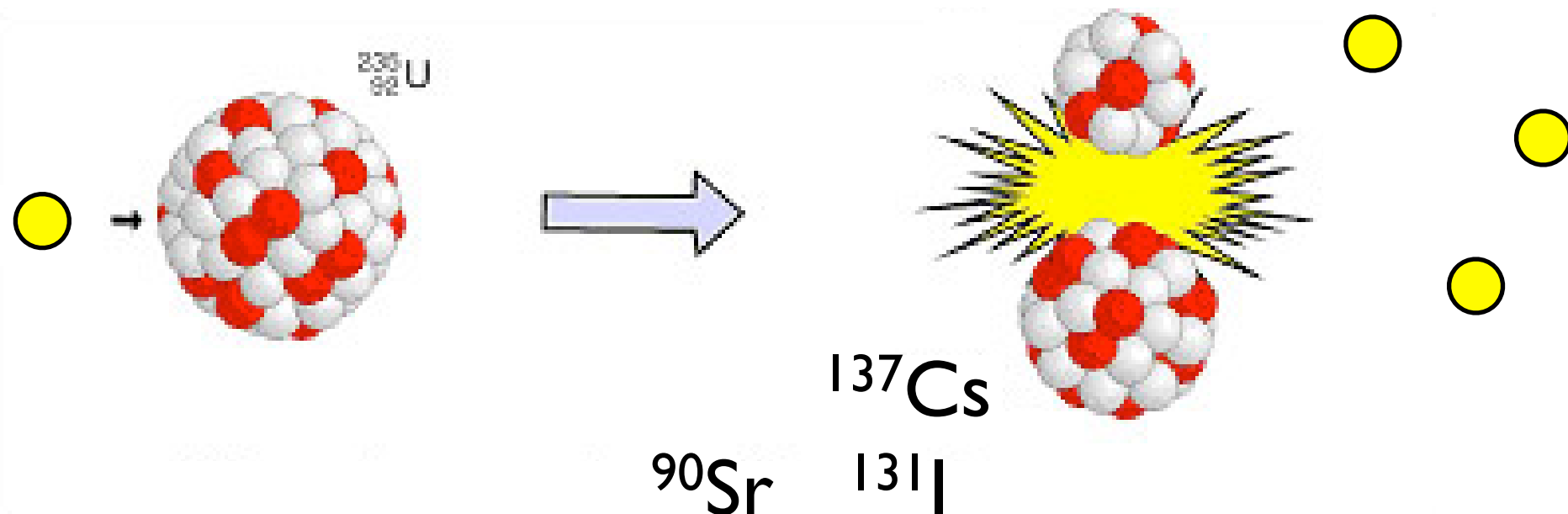


陽子数 Z が同じなら化学的には同じ元素
中性子数 N が違う原子核が多種存在する

炭素原子核の例

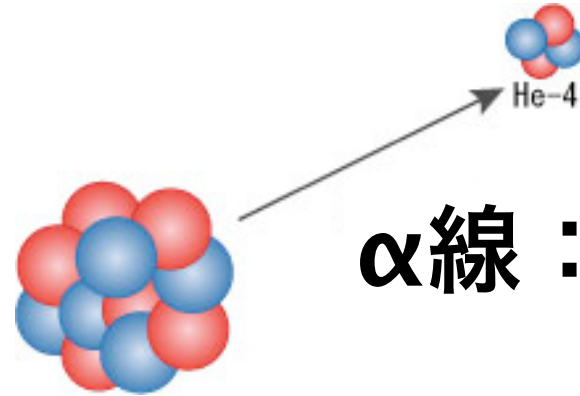


原子核分裂反応



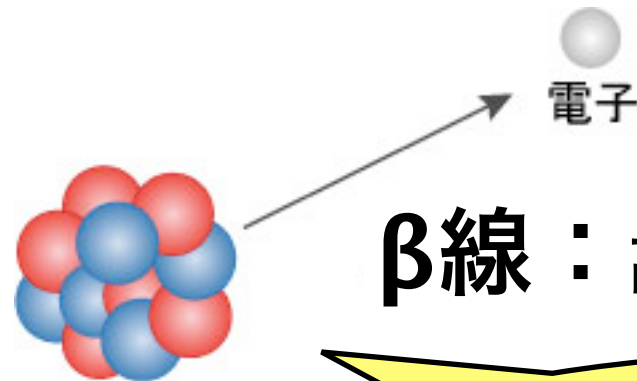
中性子 + ウラン 235 / 238

$^{222}\text{Rn}, \dots$



α 線：ヘリウム原子核

$^{90}\text{Sr}, \dots$



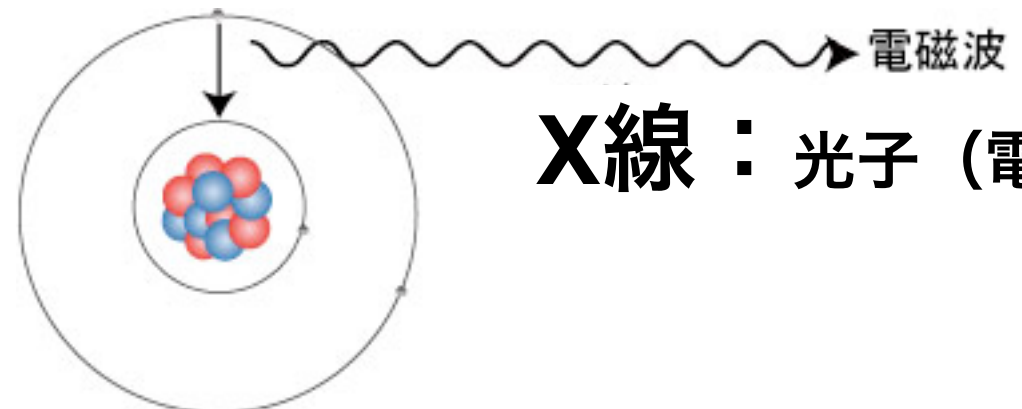
β 線：高速の電子

$^{131}\text{I}, ^{137}\text{Cs}, \dots$



γ 線：光子（電磁波）

放射能とは放射性物質が放射線を出す能力のこと。

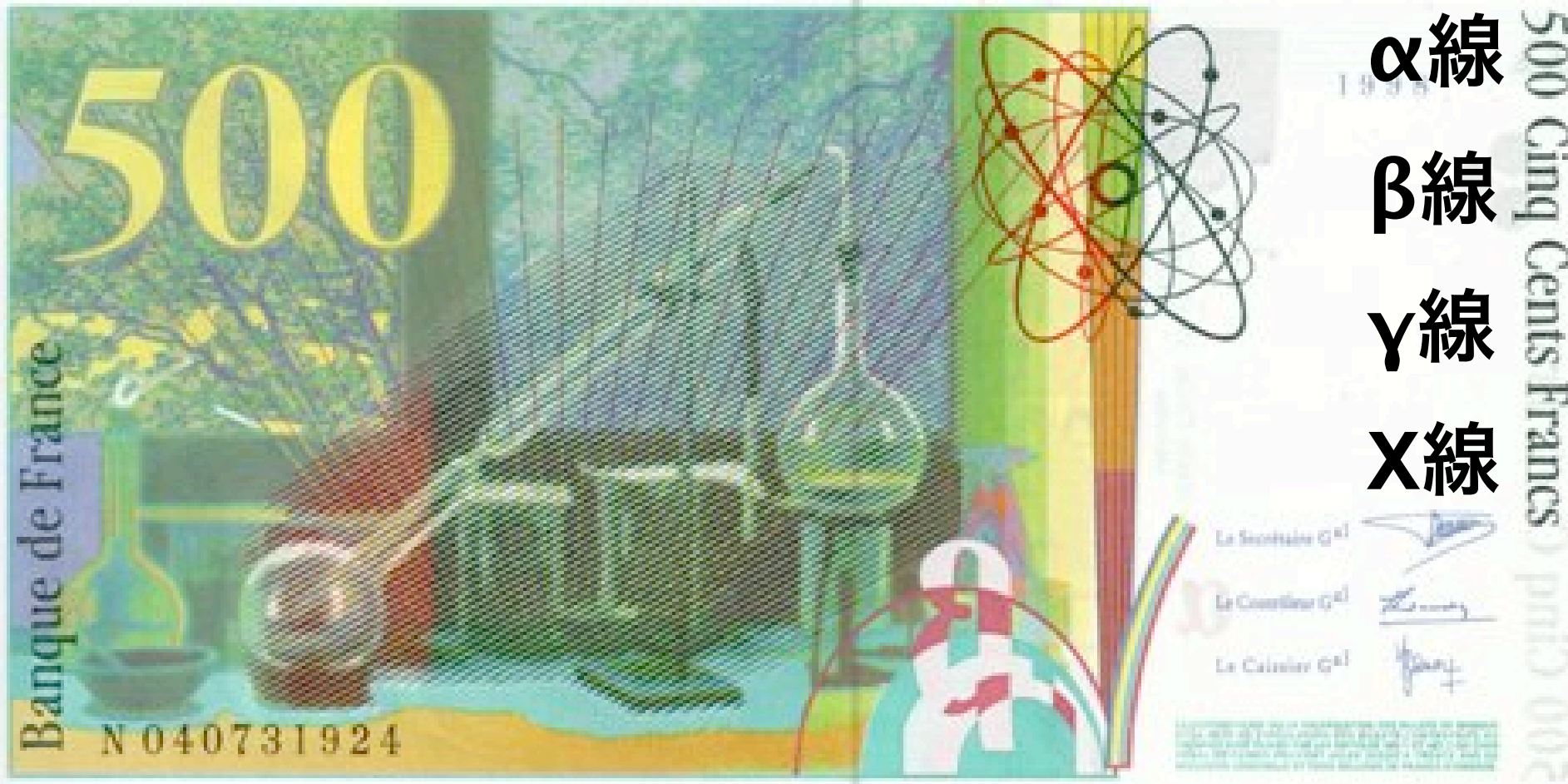


X線：光子（電磁波）

放射線とは？



Billet de 500 Francs Français
en circulation: 1993–1999



- α 線 ヘリウム原子核
- β 線 高速の電子
- γ 線 光子（電磁波）
- X線 光子（電磁波）

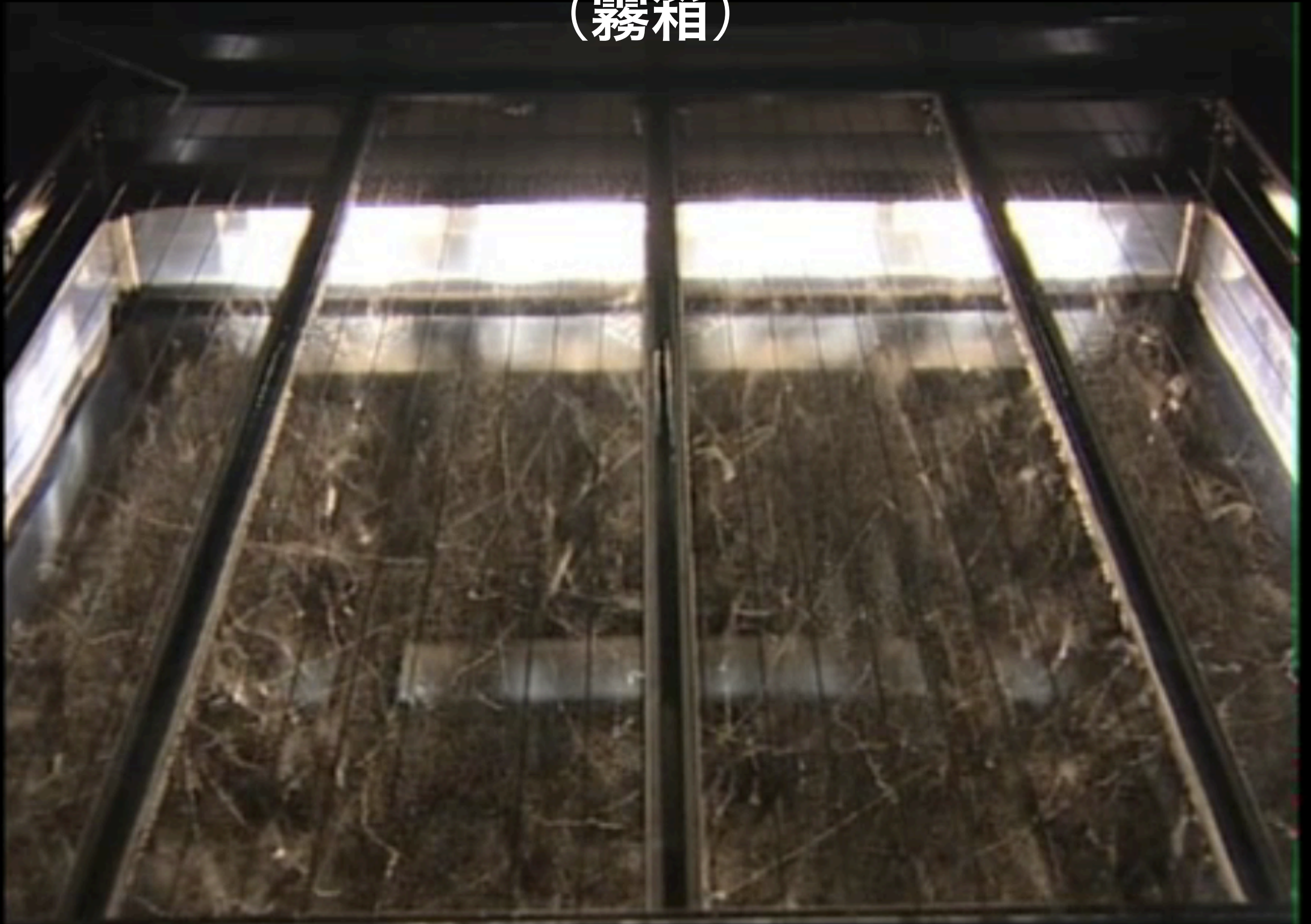
VIDEO

放射線とは

日本原子力文化振興財団：エネコチャンネルのビデオ映像「探検！身近な放射線」より抜粋

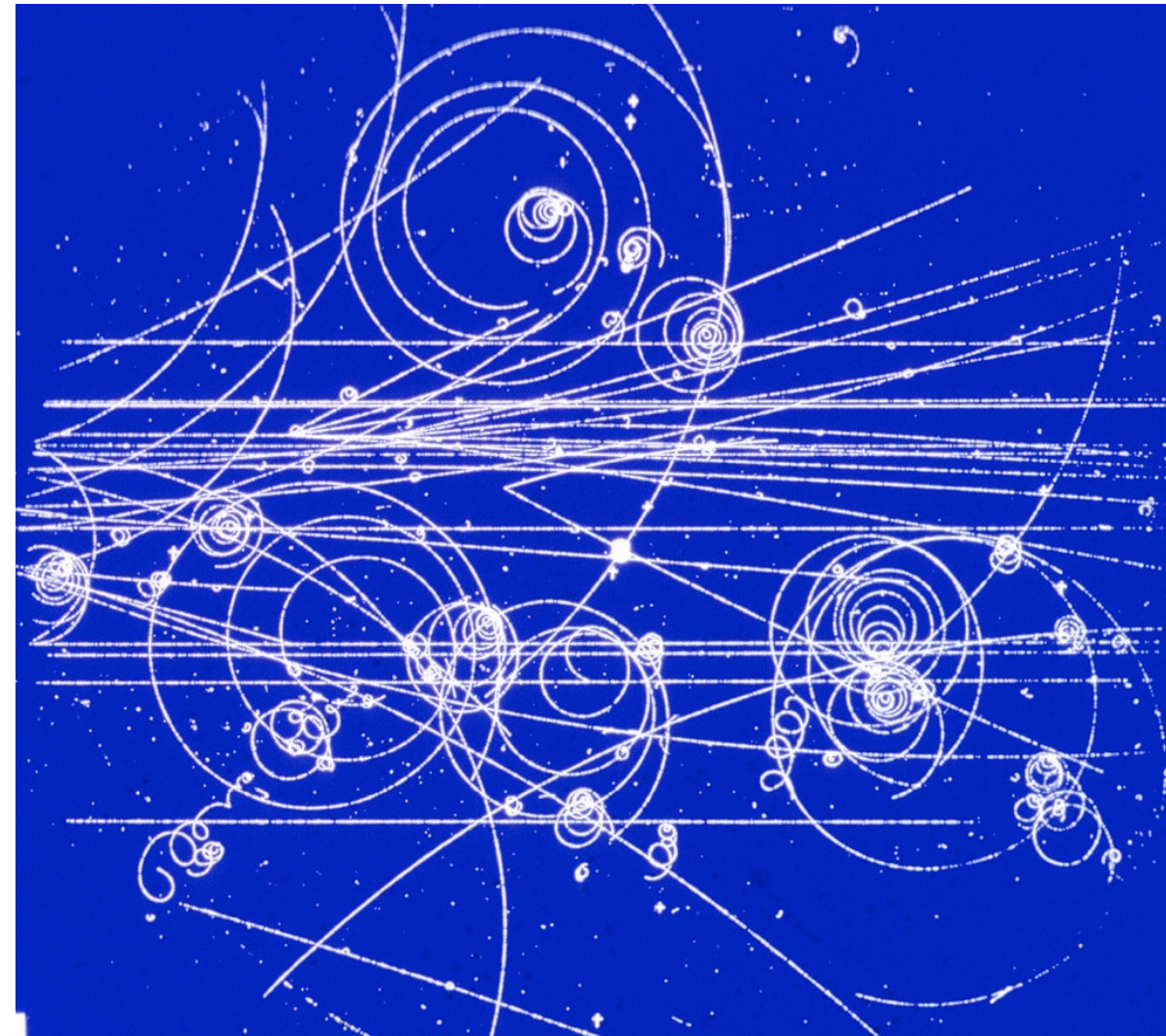
<http://eneco.jaero.or.jp/20110322/>

(霧箱)

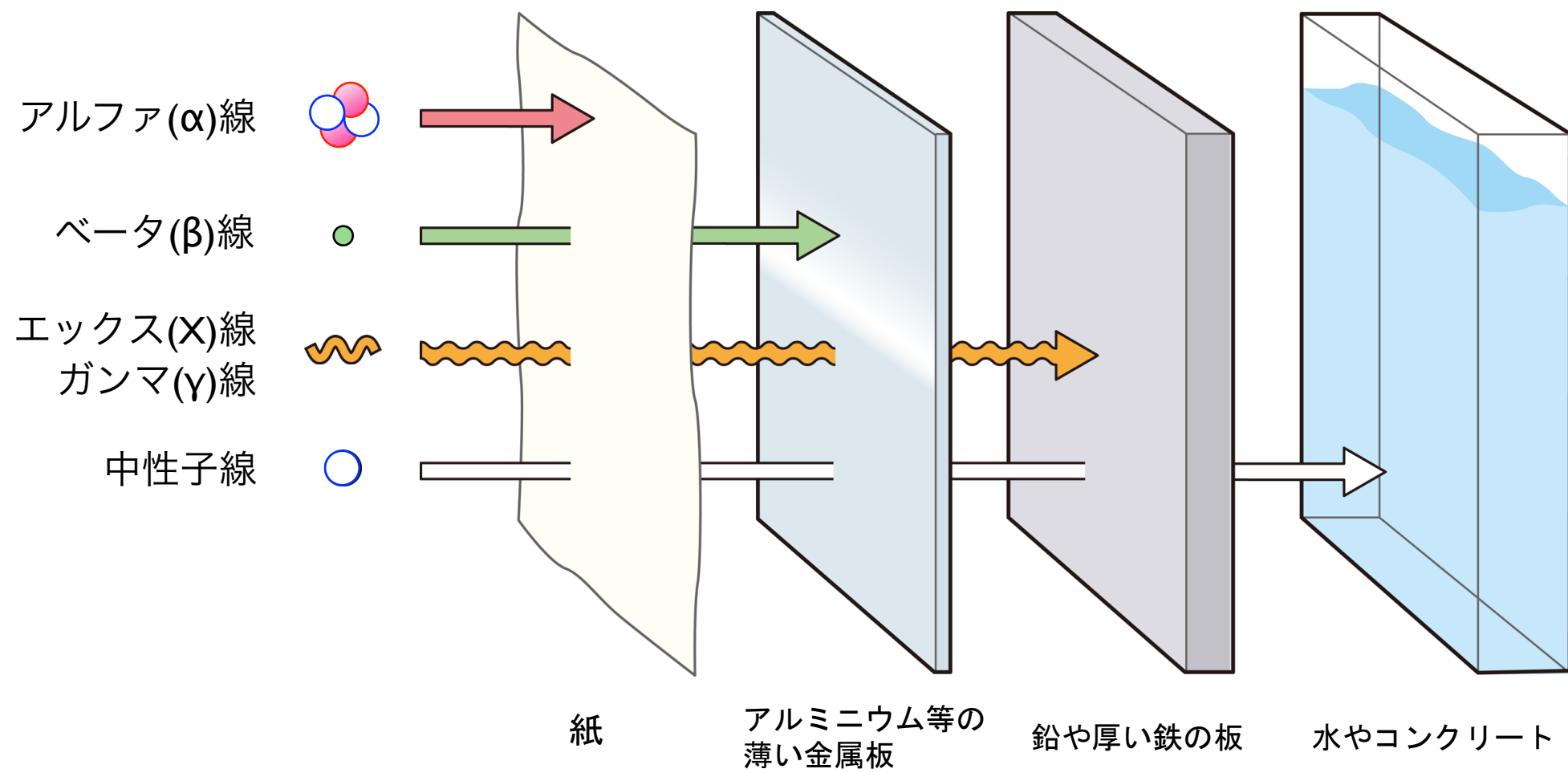


泡箱

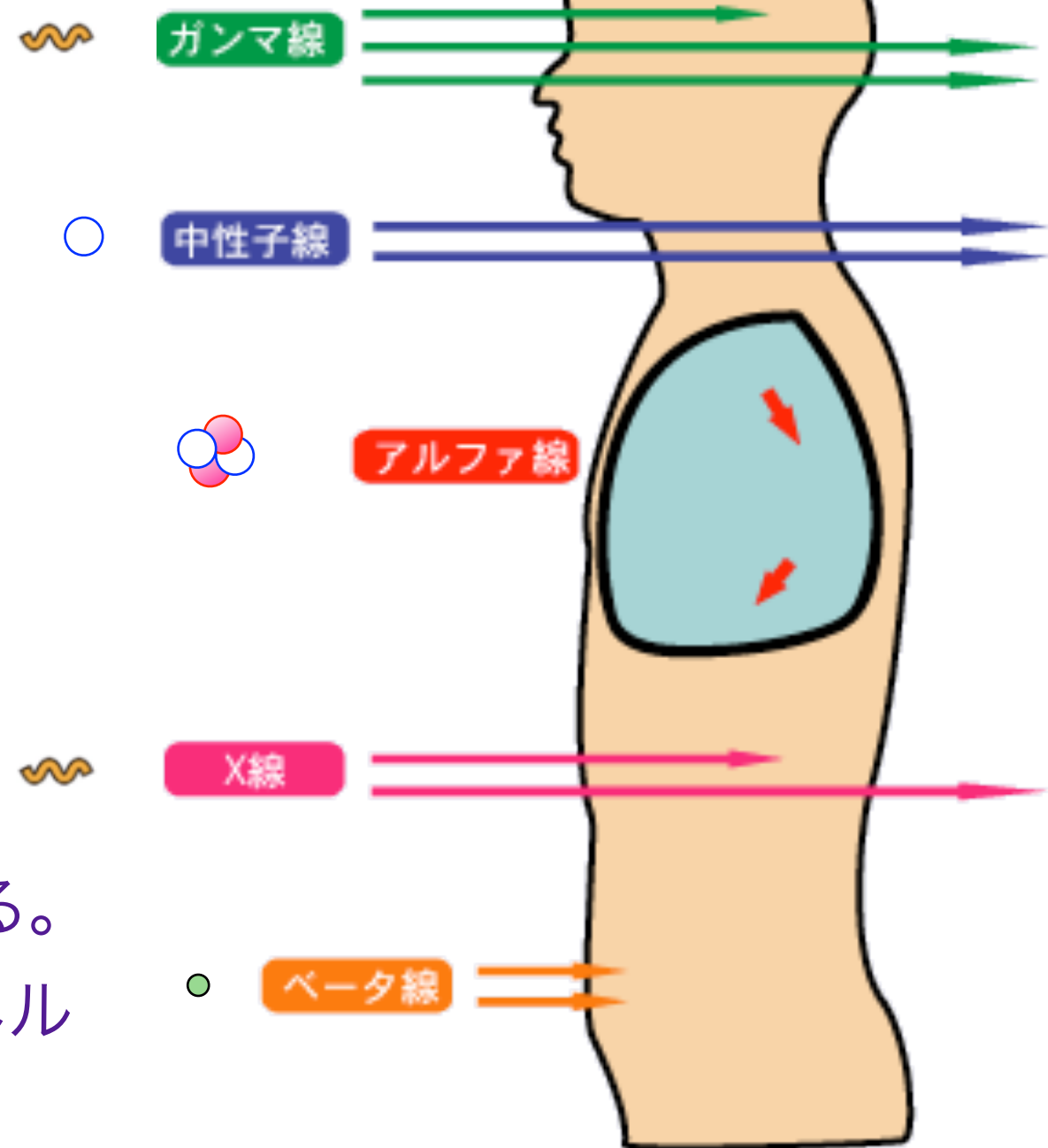
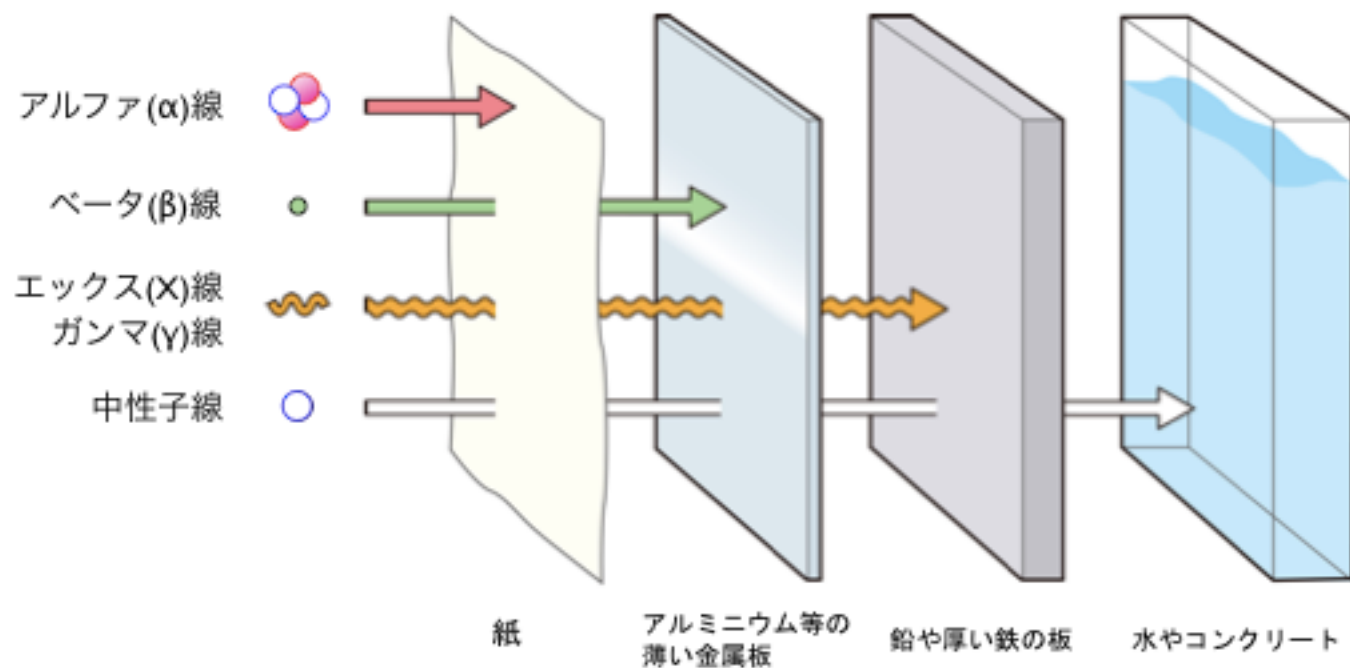
Bubble chamber



放射線の種類と透過力



透過力が強い = なかなか反応しない



放射線の透過力・線量計算

- α線は表層の細胞 2-3 個で止まる。
- β線も外部被曝では皮膚への影響を考える。
- α線もβ線も内部被曝が問題。全てのエネルギーが短い飛程の間に細胞に与えられる。
- γ線・X線は多くのは相互作用せず体を素通りし、一部が体内で吸収される。

図3 人体を透過する放射線

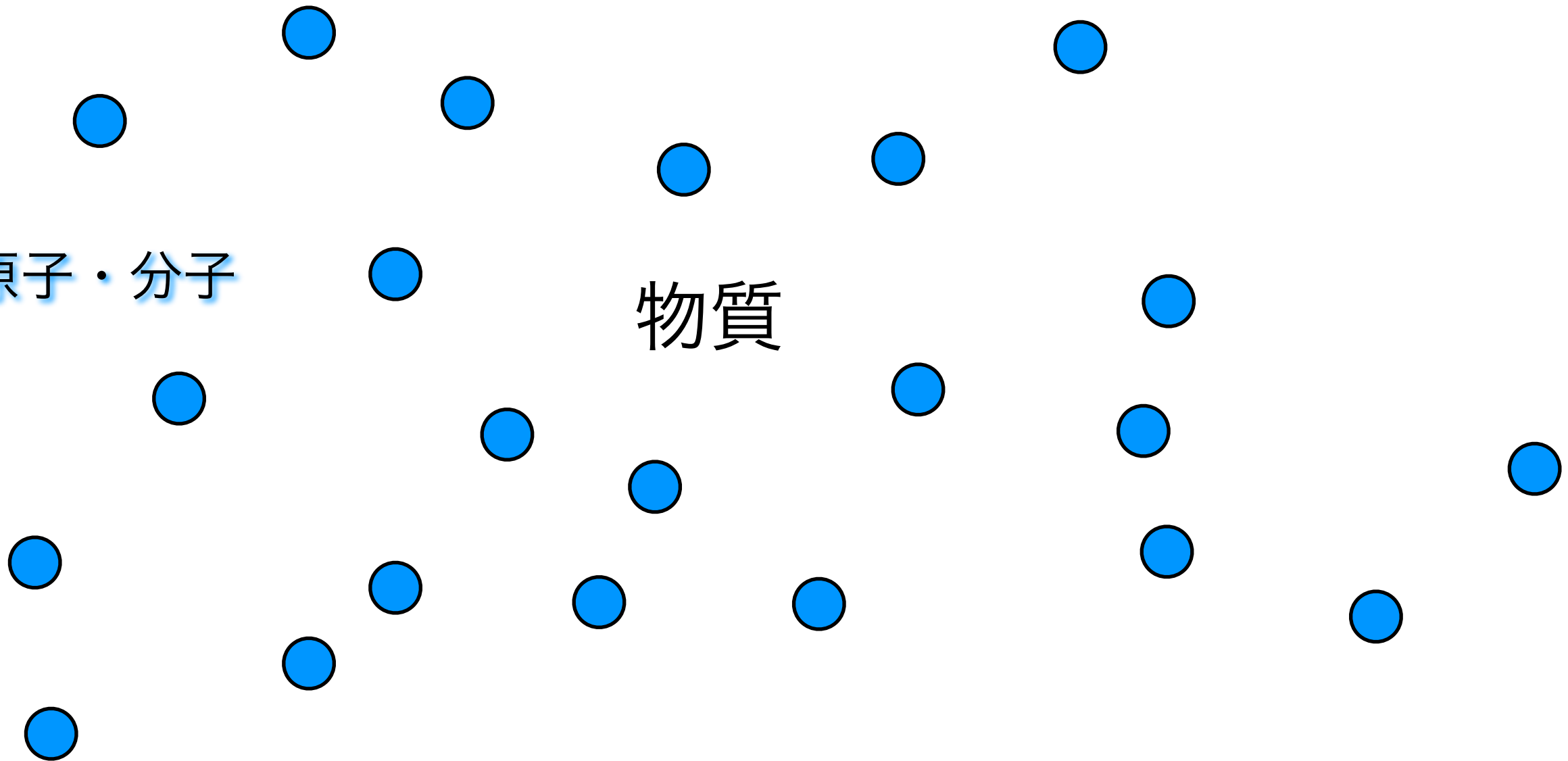
荷電放射線 (α, β) と物質との相互作用

荷電粒子：
クーロン力

物質中の原子を電離・励起して電子に運動エネルギーを受け渡し、その分だけ減速される（電子衝突阻止能）。
原子核は重いので、与える運動エネルギーは小さい。

原子・分子

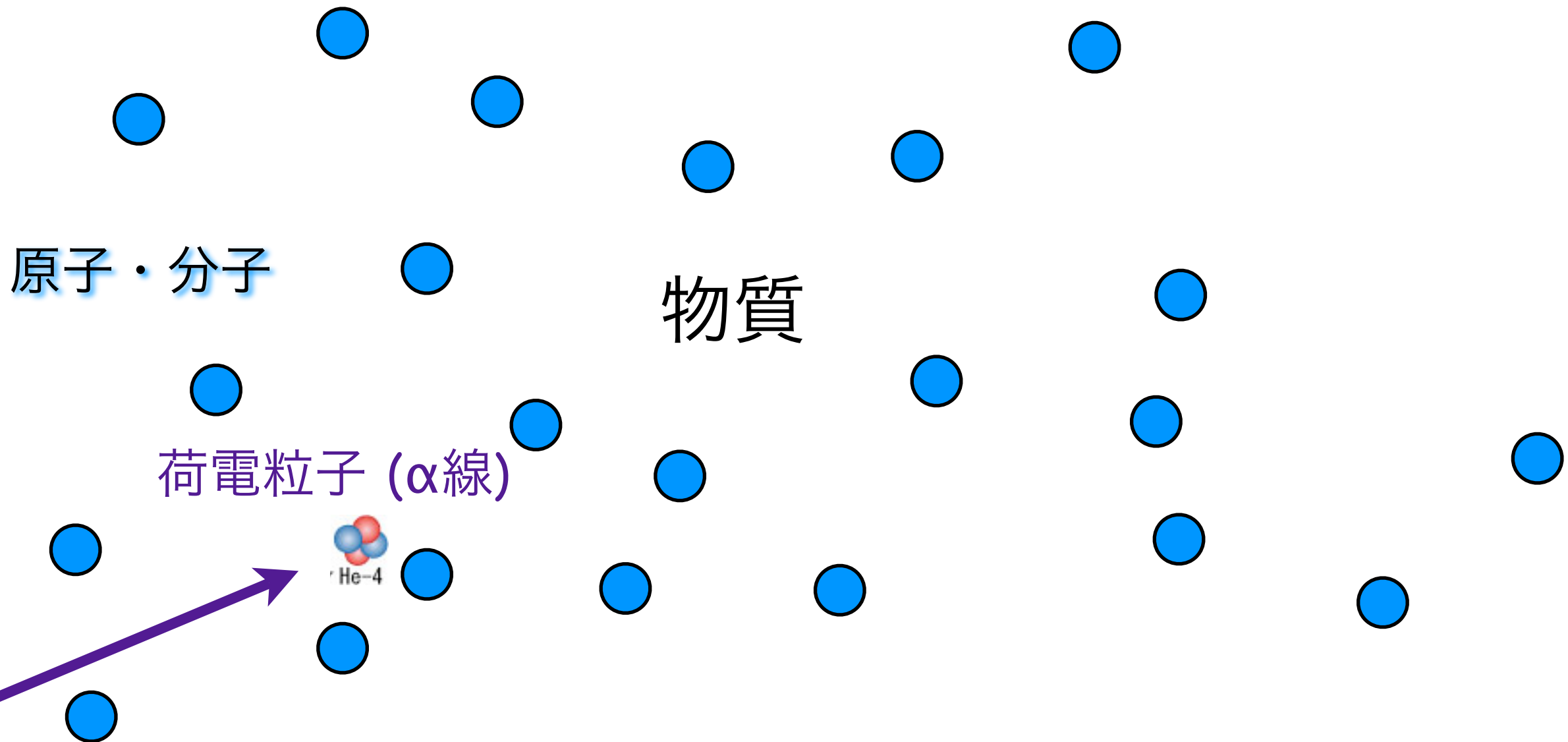
物質



荷電放射線 (α, β) と物質との相互作用

荷電粒子：
クーロン力

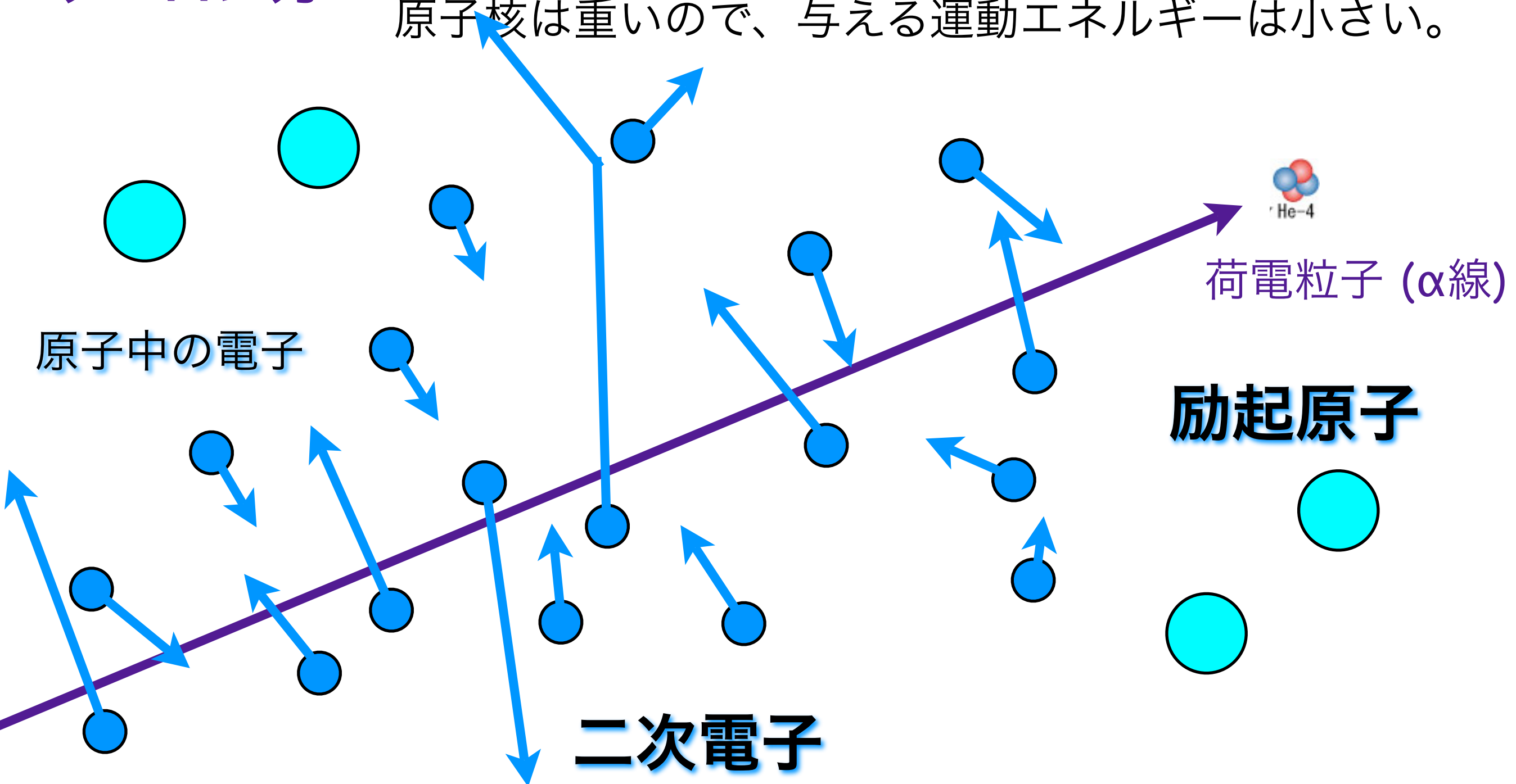
物質中の原子を電離・励起して電子に運動エネルギーを受け渡し、その分だけ減速される（電子衝突阻止能）。
原子核は重いので、与える運動エネルギーは小さい。



荷電放射線 (α, β) と物質との相互作用

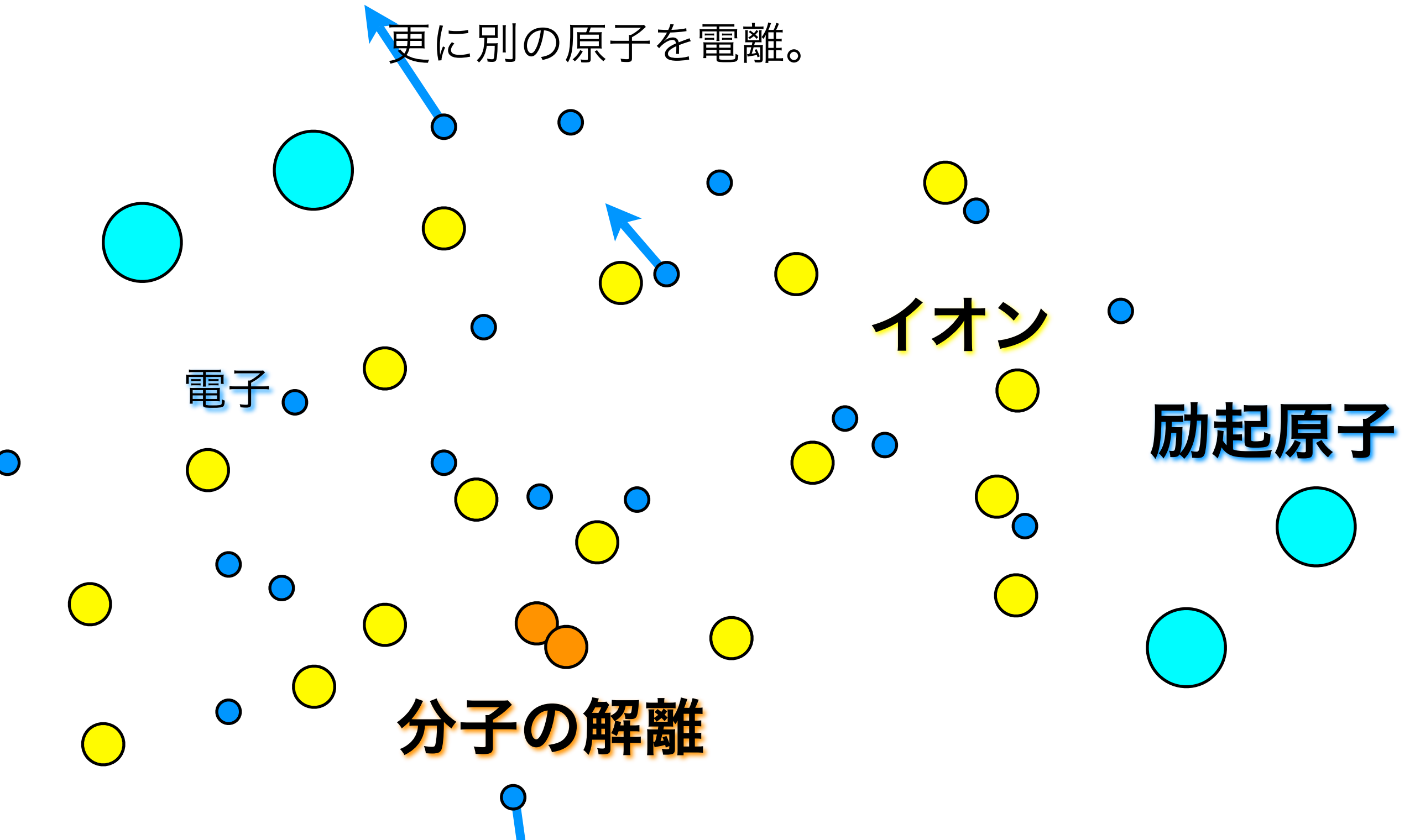
荷電粒子：
クーロン力

物質中の原子を電離・励起して電子に運動エネルギーを受け渡し、その分だけ減速される（電子衝突阻止能）。
原子核は重いので、与える運動エネルギーは小さい。



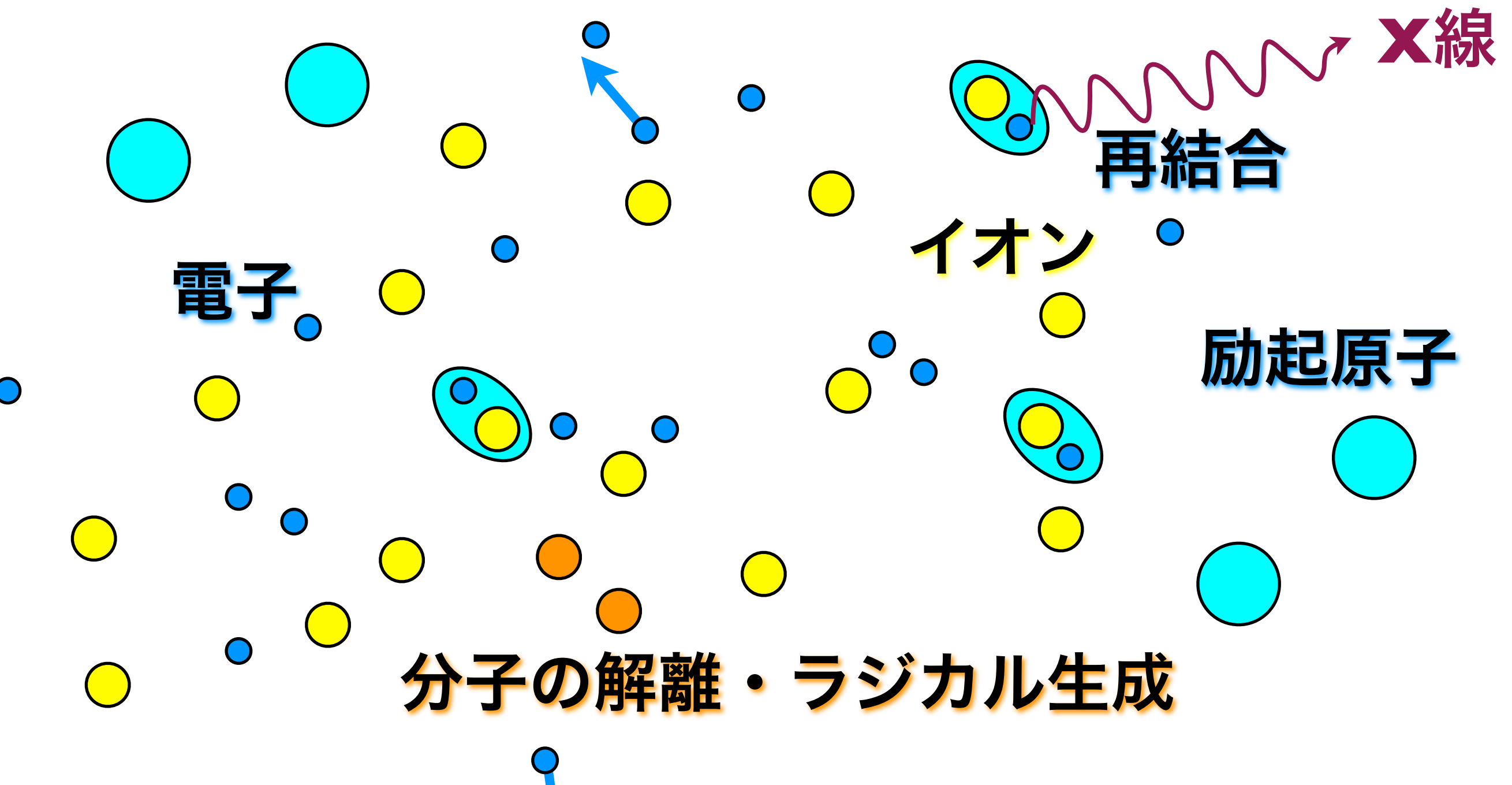
放射線通過後の軌跡近傍の様子

物質中の原子は電離・励起されてイオンや励起原子を生じ、運動エネルギーを受け取った電子は二次電子として更に別の原子を電離。



放射線通過後の軌跡近傍の様子

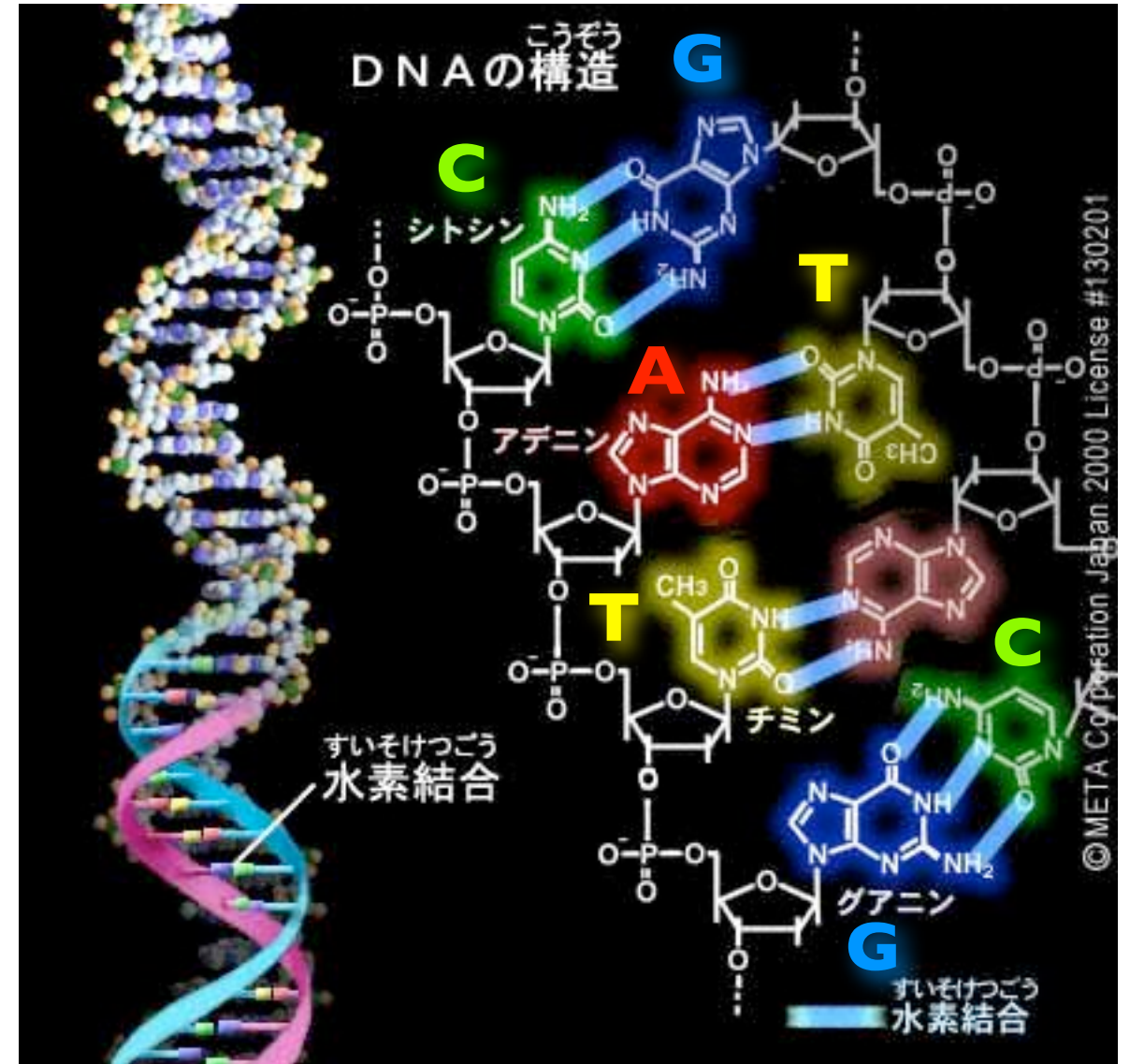
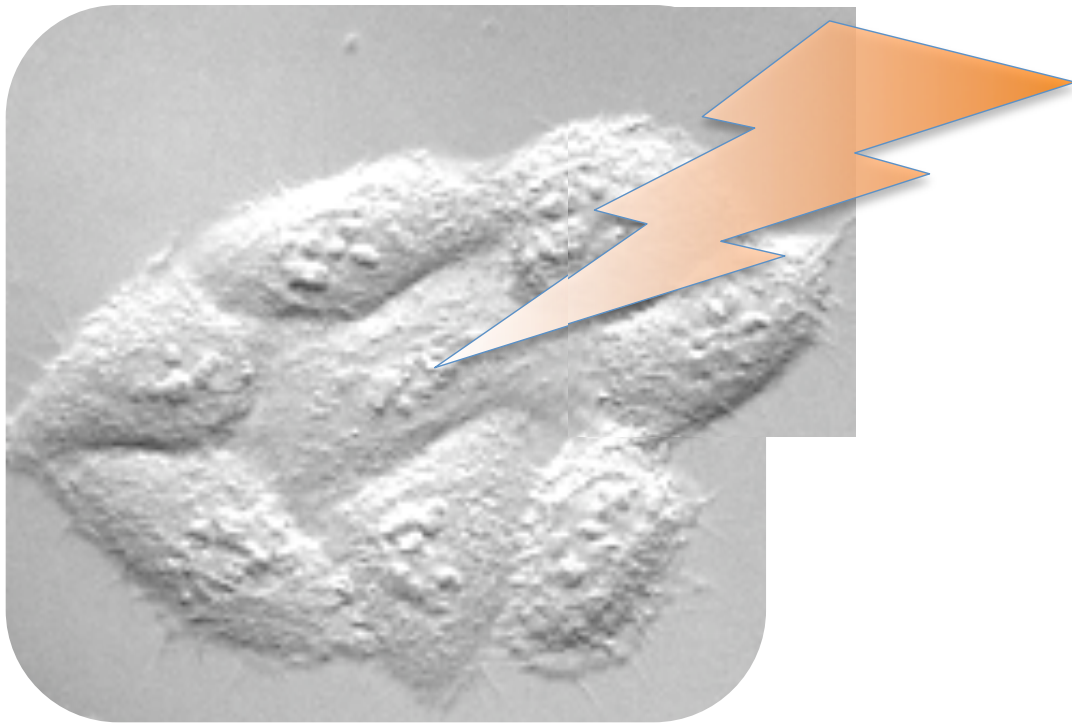
物質中の原子は電離・励起されてイオンや励起原子を生じ、運動エネルギーを受け取った電子は二次電子として更に別の原子を電離。また再結合によりX線が発生。



放射線生物学

細胞の核に放射線が照射

DNA



出典：IPA「教育用画像素材集サイト」 <http://www2.edu.ipa.go.jp/gz/>

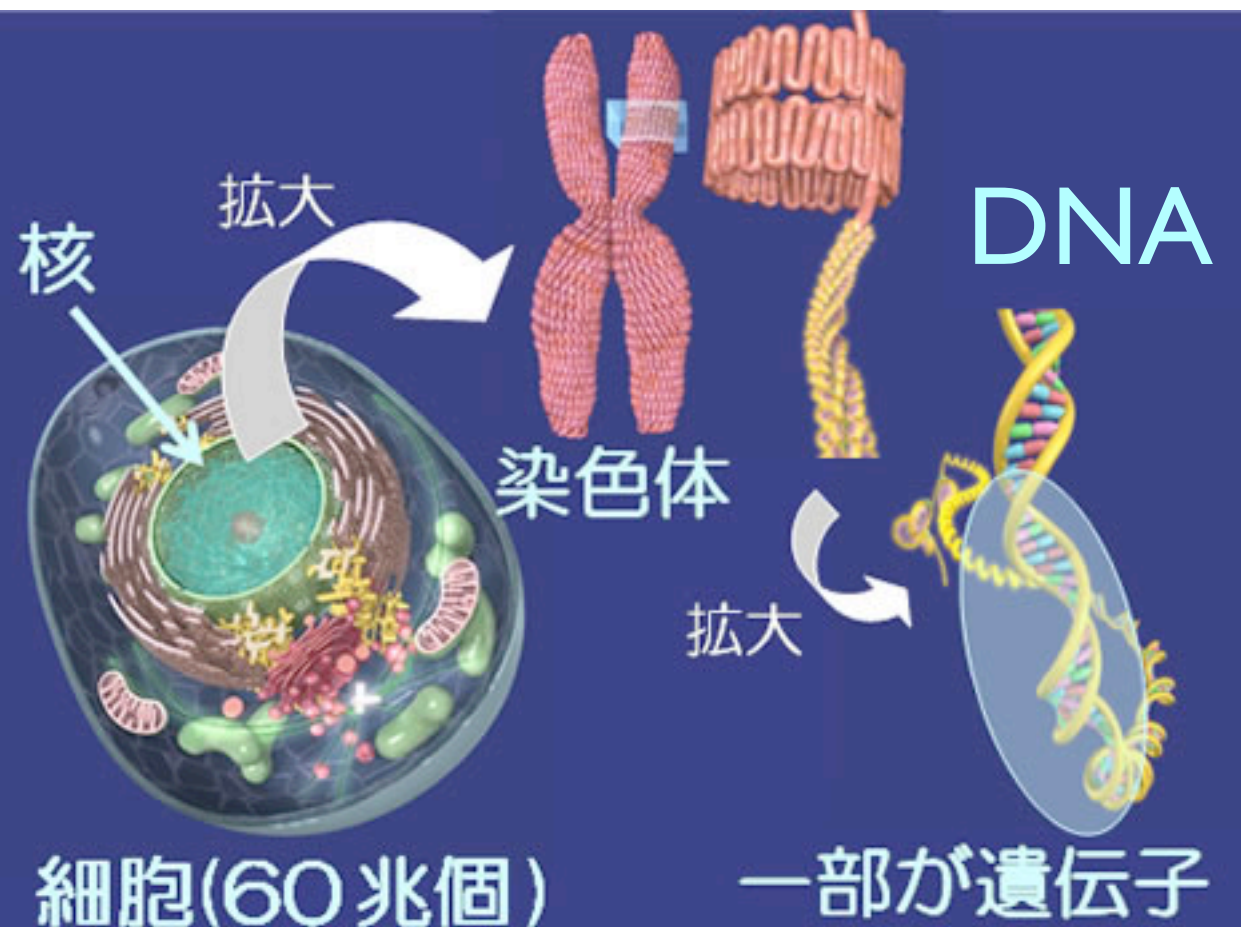
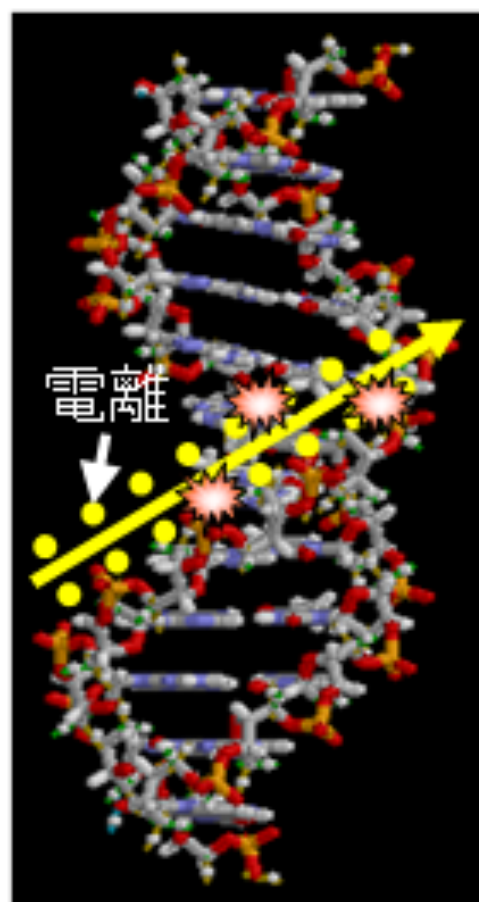
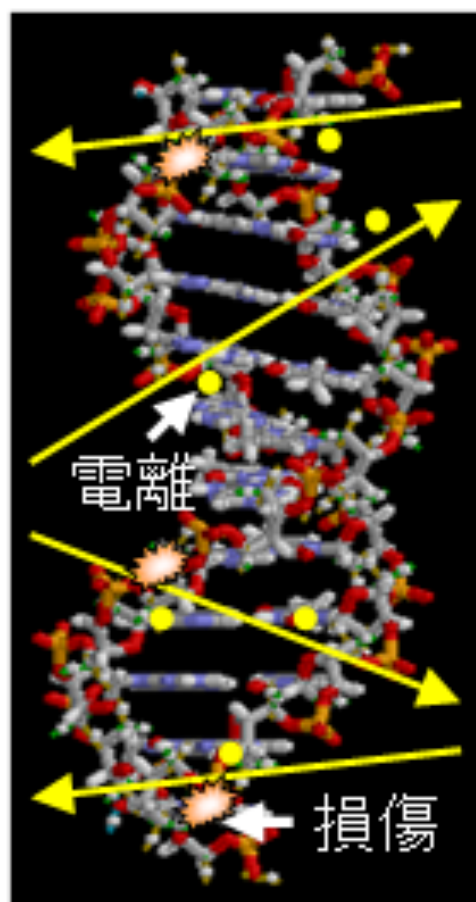


図1 核、染色体、遺伝子

放射線による DNA 損傷



重イオン



電子

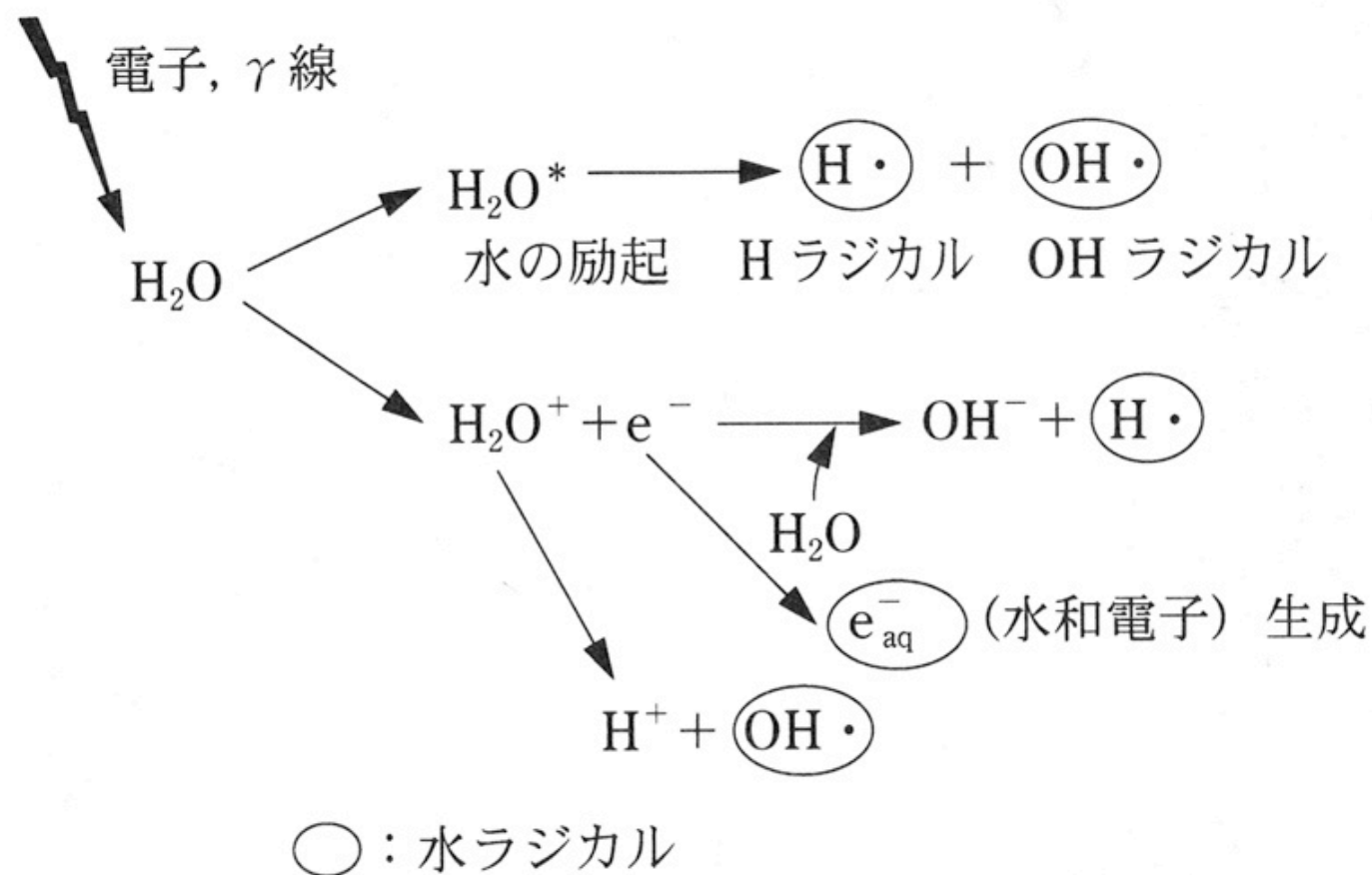
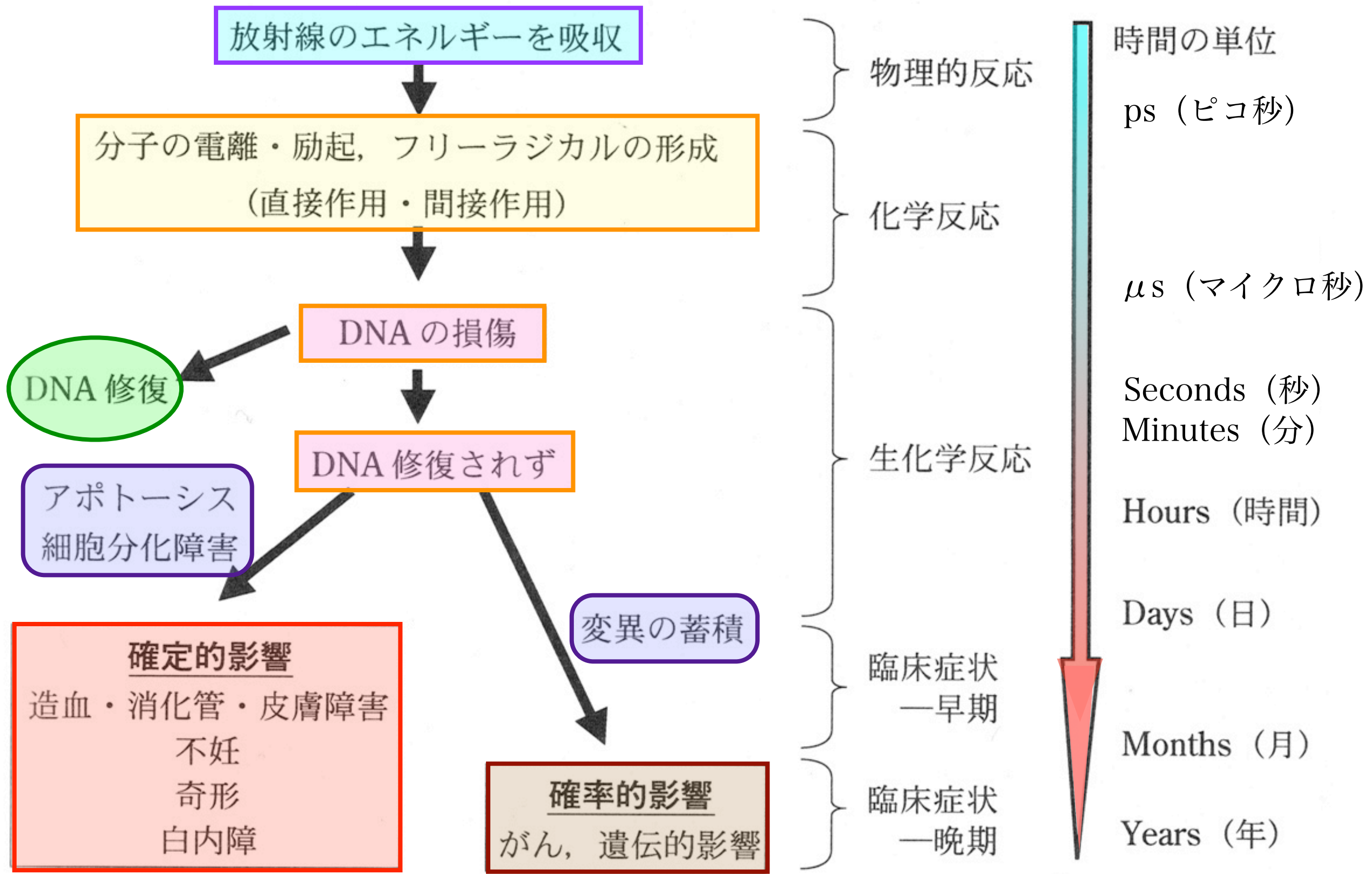


図 6・5 電離放射線による水分子の電離と励起の概略

LET：線エネルギー付与

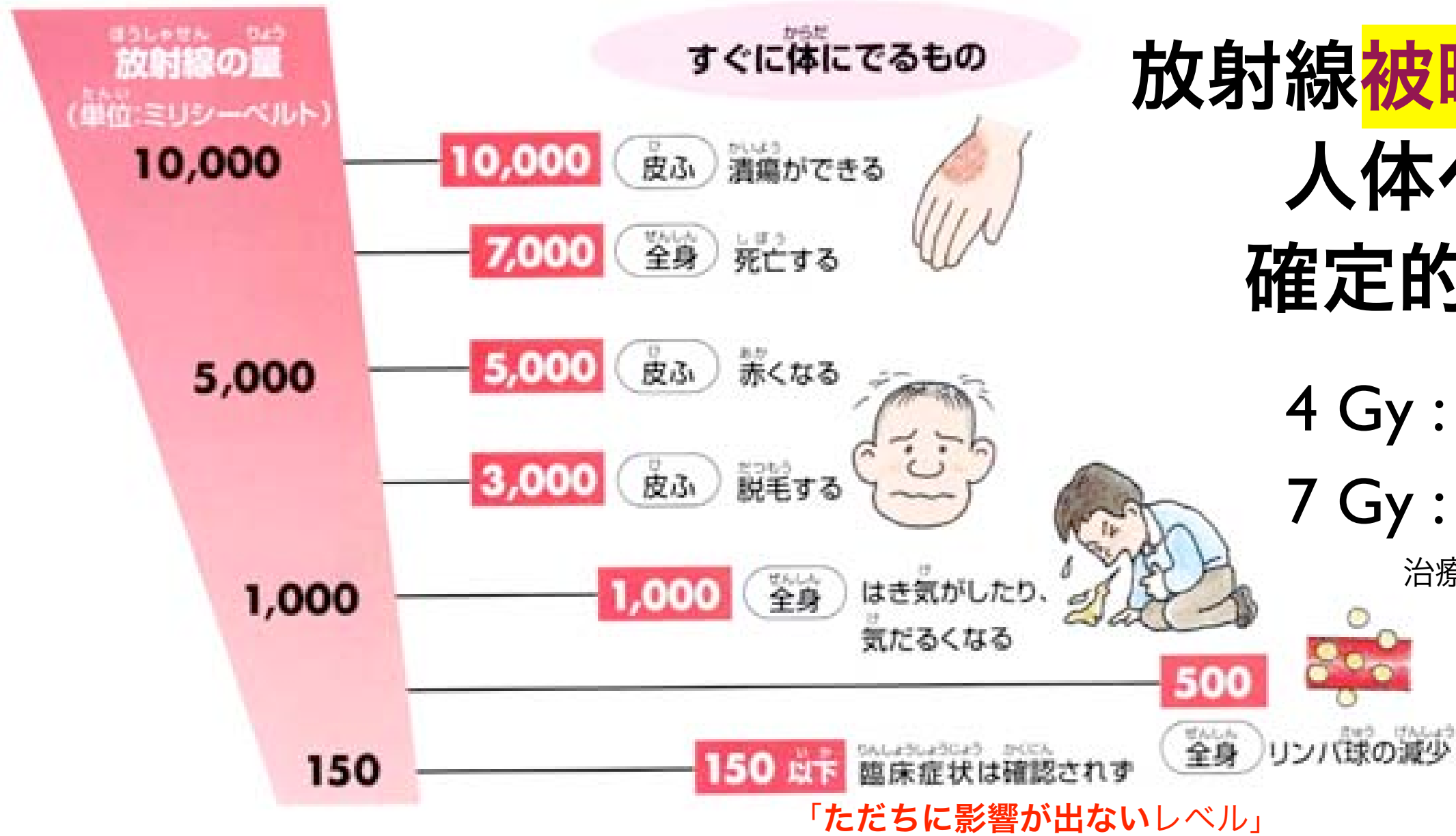
放射線の直接作用：荷電粒子が直接 DNA 分子を叩く **高 LET 放射線**
 α 線

と間接作用：水の電離で生じるラジカルが DNA 分子に作用
低 LET 放射線
 β 線, γ 線



放射線被ばく後に起こる生体反応の経時的変化

放射線被曝による 人体への 確定的影響



4 Gy : 半数死亡
7 Gy : 全員死亡

治療により助かることも。

JCO 事故 チェルノブイリの 消防隊員

細胞再生系	造血組織				腸上皮	皮膚	精巣	水晶体
幹細胞 ↓ 幹細胞 芽細胞 ↓ (分裂) 機能細胞 ↓ (老化) 老熟細胞 ↓ (死滅)	幹細胞 ↓ リンパ球 好中球 赤血球 血小板				腺窩 (幹細胞) ↓ 絨毛	基底細胞 (幹細胞) ↓ 角質層	幹細胞 ↓ 精子	上皮 (幹細胞) ↓ 水晶体繊維 赤道部
正常な分化過程	4	4	4	4日	2日	2週間	3-4週間	1/2-3年
正常な成熟過程	1	7-10	7	100日	2日		7-8週間	
照射による変化	免疫能力低力	血液凝固時間延長	食作用低力	酸素輸送低力	絨毛の短縮と喪失、出血、下痢	紅斑、萎縮、潰瘍	一時的または永久不妊	白内障

低線量被曝では**確定的**影響は起きない。

「**ただちに影響が出ないレベル**」

確率的影響(の可能性)が議論の対象となる。

❖ がん

❖ 遺伝的影響の有無

あくまで確率でしか議論できない。

リスクの確率。

しかしそもそも、放射線を浴びなくても確率はゼロではない。

(日本人の3人に1人はがんで死亡する。)

疫学調査の結果から結論を導きだすのは**統計学的**に困難。

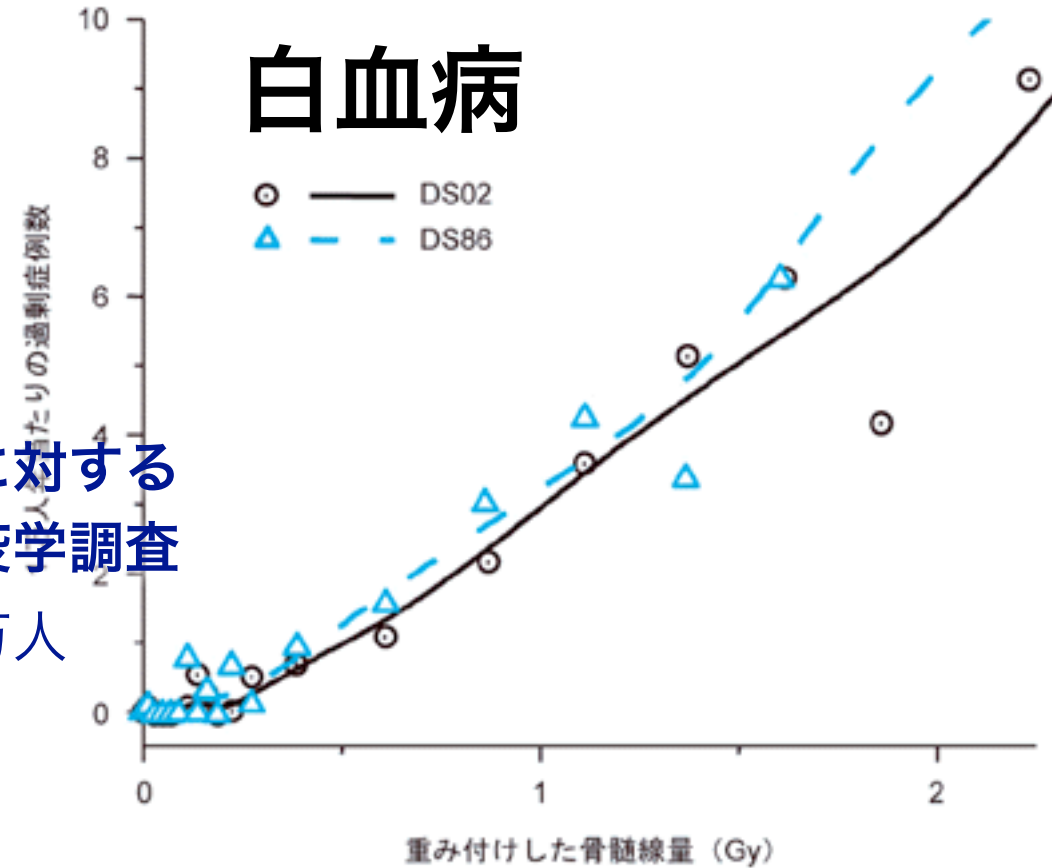
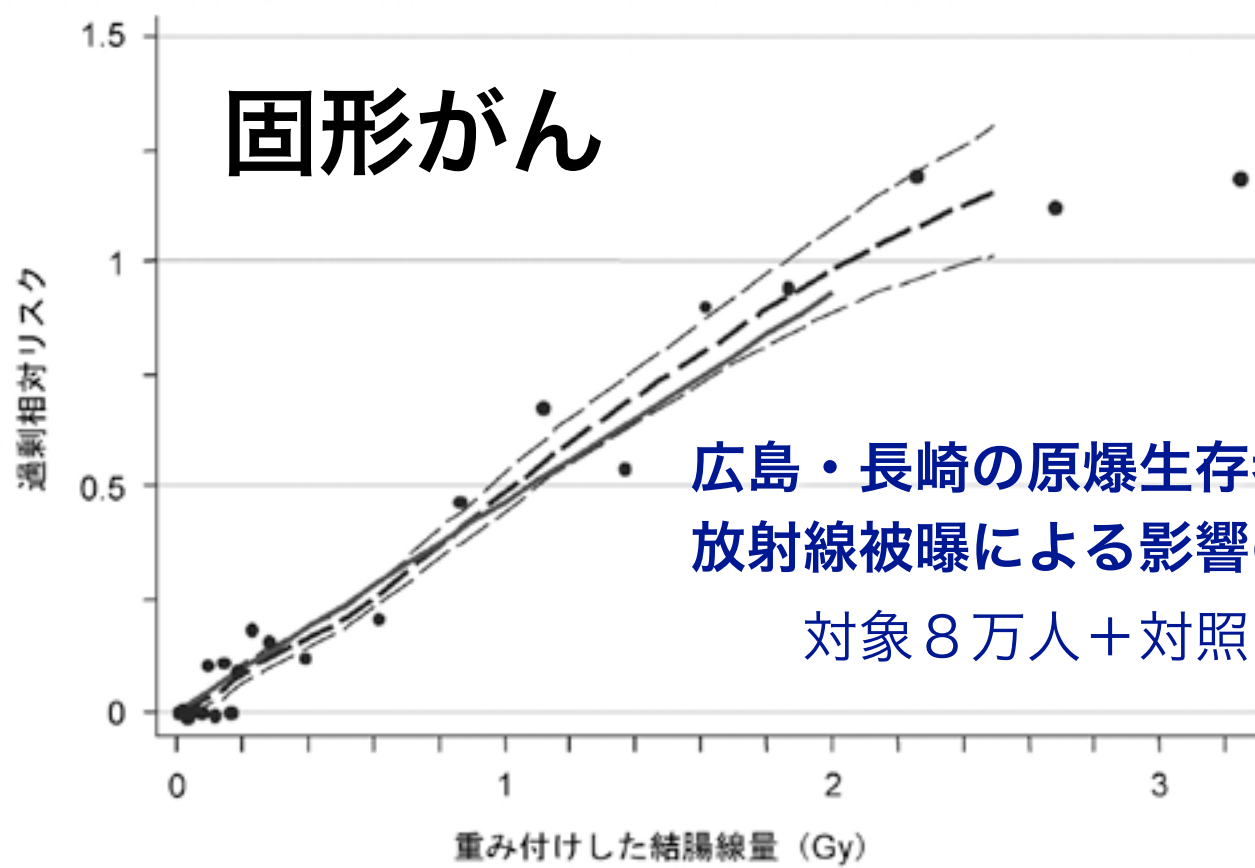


図 LSS (寿命調査) 集団における固形がん発生の過剰相対リスク (線量別) 1958-1998年。太い実線は、被爆時年齢30歳の人が70歳に達した場合に当てはめた、男女平均過剰相対リスク (ERR) の線形線量反応を示す。太い破線は、線量区分別リスクを平滑化したノンパラメトリックな推定値であり、細い破線はこの平滑化推定値の上下1標準誤差を示す。

図. DS02とDS86による白血病のノンパラメトリックな線量反応、1950-2000年。被爆時年齢20-39歳の人の1970年における男女平均リスク。

表. LSS集団における固形がん発生のリスク (線量別)、1958-1998年

重み付けした結腸線量 (Gy)	対象者数	がん		寄与率
		観察数	推定過剰数	
0.005 - 0.1	27,789	4,406	81	1.8%
0.1 - 0.2	5,527	946	75	7.6%
0.2 - 0.5	5,935	1,144	179	15.7%
0.5 - 1.0	3,173	688	206	29.5%
1.0 - 2.0	1,647	460	196	44.2%
>2.0	564	185	111	61.0%
合計	44,635	7,851	848	10.7%

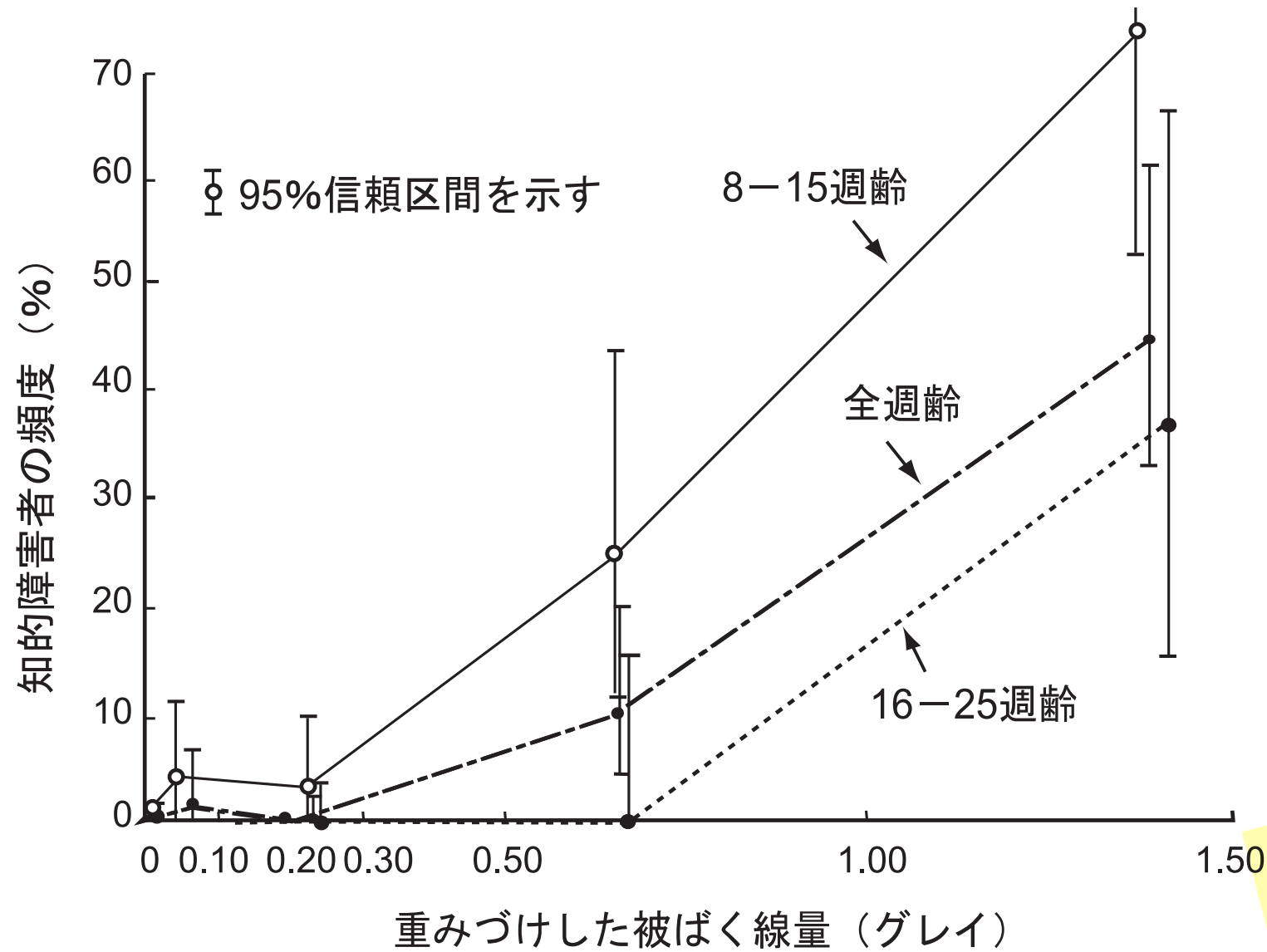
表. LSS集団における白血病による死亡の観察数と推定過剰数、1950-2000年

重み付けした骨髄線量 (Gy)	対象者数	死亡		寄与率
		観察数	推定過剰数	
0.005 - 0.1	30,387	69	4	6%
0.1 - 0.2	5,841	14	5	36%
0.2 - 0.5	6,304	27	10	37%
0.5 - 1.0	3,963	30	19	63%
1.0 - 2.0	1,972	39	28	72%
>2.0	737	25	28	100%
合計	49,204	204	94	46%

(財) 放射線影響研究所 データ

低線量被曝の影響について疫学調査の結果から結論を導きだすのは統計学的に困難。

胎内被爆者における放射線の影響

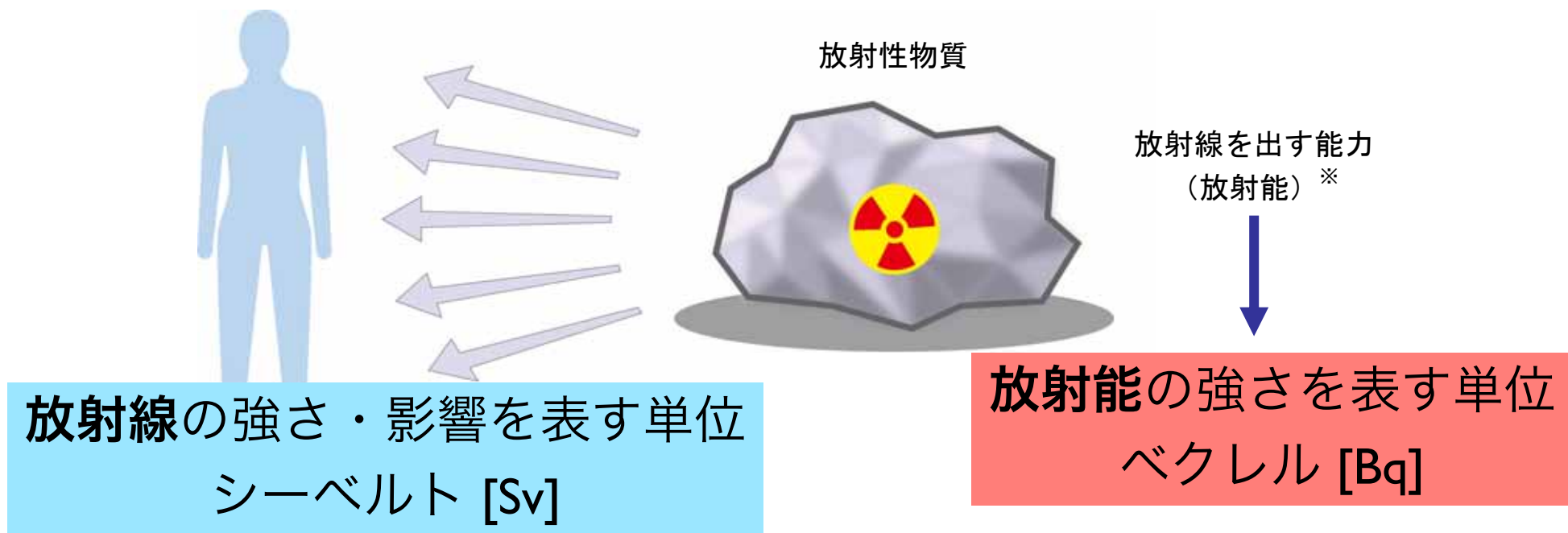


(財)放射線影響研究所 パンフレット「放射線影響研究所のご案内」

チェルノブイリ事故の後、ヨーロッパ全土で不必要な堕胎が数万人以上だったともいわれる。(風評・過度の心配による犠牲)

放射線による遺伝的影響は認められず

これまでのところ原爆被爆者の子供に臨床的または潜在的な影響を生じたという証拠は得られていない。事実これはマウスを用いた実験からの予測と一致しており、遺伝的变化に関する限り、ヒトは放射線に対してマウス以上に高い感受性を示すわけではないことを示唆している。



放射線量の単位

グレイ

吸収線量 $D [J / kg] = [Gy]$

等価線量 $H_T [J / kg] = [Sv]$ シーベルト

実効線量 $E [J / kg] = [Sv]$ シーベルト

放射能の単位

放射能の強さ $[Bq]$
ベクレル

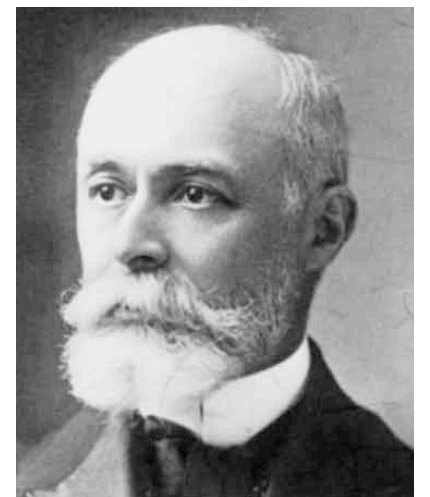
Gray



Sievert



Becquerel



放射線量の単位

- 物質が吸収したエネルギー（単位質量あたり）

吸収線量 $D [J / kg] = [Gy]$ グレイ

Gray

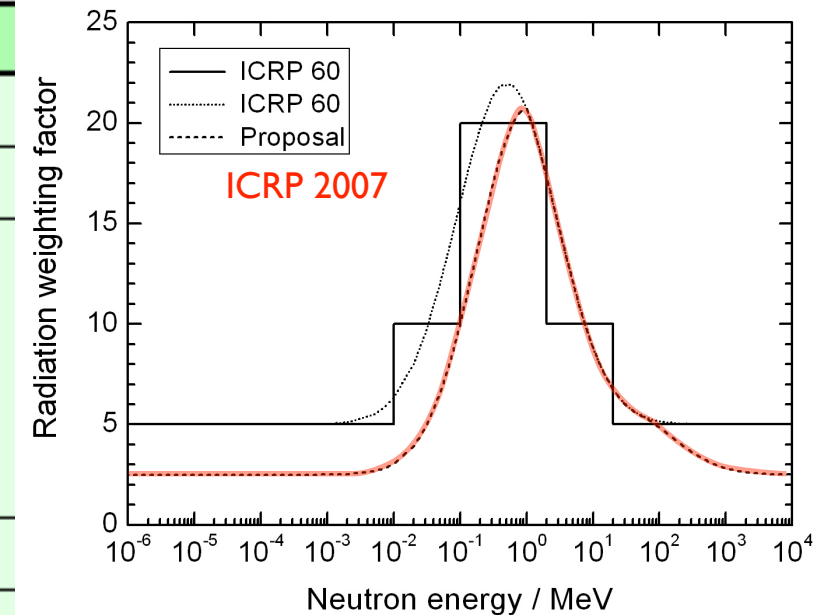


- 放射線の種類による生物学的影響の違いを考慮

等価線量 $H_T [J / kg] = [Sv]$ シーベルト

表1 放射線荷重係数

放射線の種類・エネルギーの範囲	放射線荷重係数: W_R	
光子(X線・γ線); 全てのエネルギー	1	1
電子(β線)およびミュー粒子; 全てのエネルギー	1	1
中性子; 10keV 以下	5	右図を参照
10keV~100keV	10	
100keV~2MeV	20	
2MeV~20 MeV	10	
20MeV以上	5	
反跳陽子以外の陽子; エネルギー 2MeV 以上	5	2 (正負パイオンも)
アルファ粒子(α線)	20	20
核分裂片	20	20
重原子核	20	20



[出典] 日本アイソトープ協会:ICRP Pub 60、国際放射線防護委員会の1990年勧告、丸善、p7(1991)

赤字 ICRP 2007

- 全身被曝での影響に換算（臓器ごとに荷重係数をかけて合算）

実効線量 $E [J / kg] = [Sv]$ シーベルト

Sievert



身の回りの放射線

身の周りの放射線

mSv (実効線量)



ブラジル・ガラバリの放射線
(年間、大地等から) 10

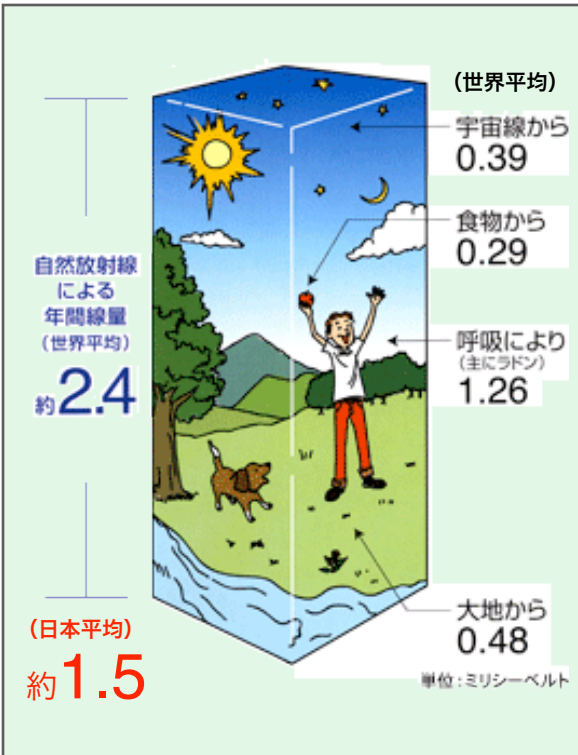
放射線の量
(ミリシーベルト)

10

胸部X線コンピュータ断層
撮影検査(CT スキャン)(1回)



6.9



1人あたりの自然放射線(年間)(世界平均) 2.4

1

一般公衆の線量限度(年間)(医療は除く) 1.0



岐阜 ↔ 神奈川



0.4

胃のX線集団検診(1回) 0.6



国内自然放射線の差(年間)(県別平均値の差の最大)

0.1

東京ーニューヨーク航空機旅行(往復)(高度による宇宙線の増加) 0.2



胸のX線集団検診(1回)



再処理工場からの放射性物質の放出による評価値(年間) 0.022

0.05



原子力発電所(軽水炉)周辺の線量目標値(年間)(実績ではこの目標値を大幅に下回っています)

クリアランスレベル導出の線量目安値(年間) 0.01

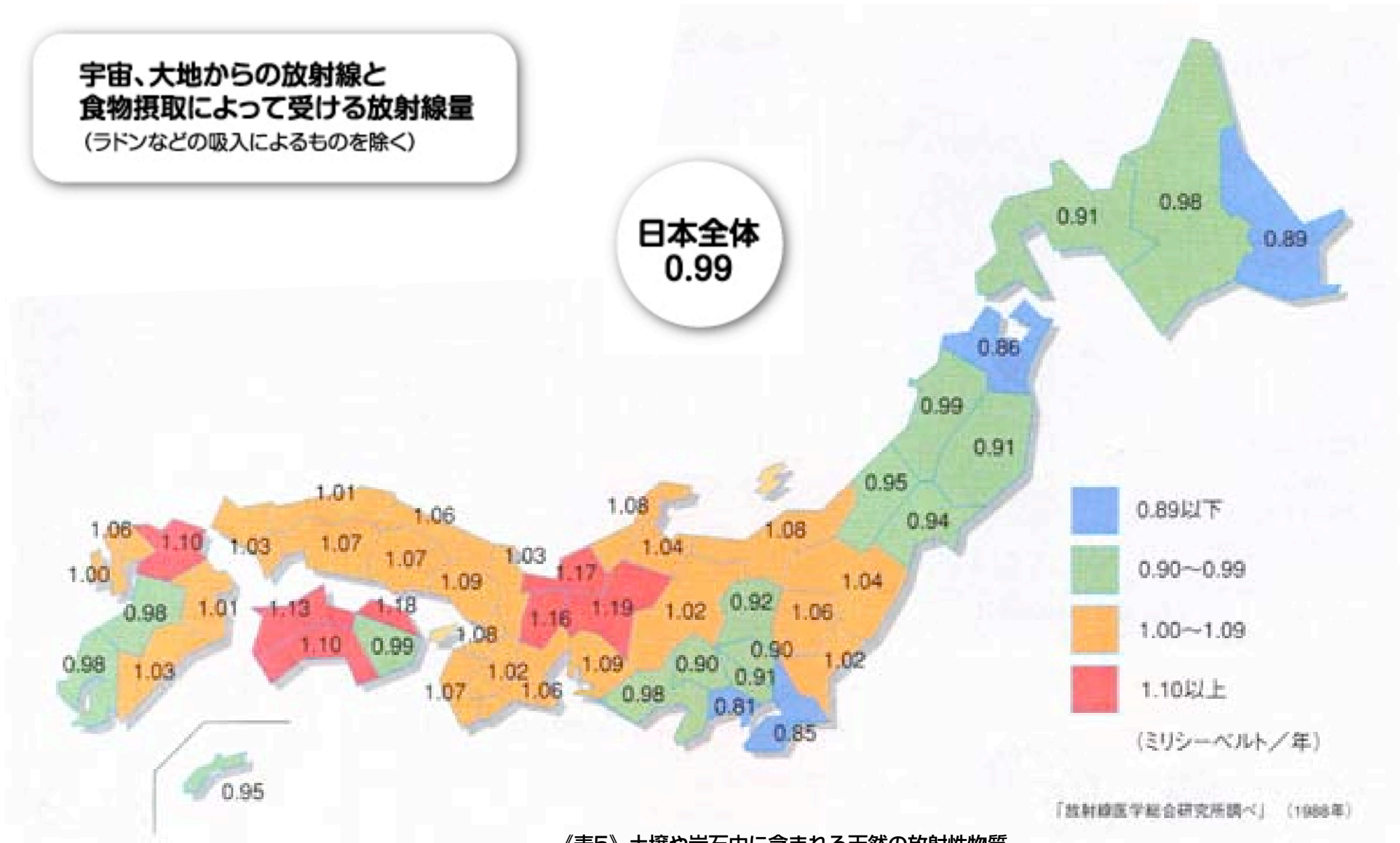
0.01

mSv/年

全国の自然放射線量

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
(ラドンなどの吸入によるものを除く)

日本全体
0.99



《表5》 土壌や岩石中に含まれる天然の放射性物質

放射性物質の種類	放射能濃度 (ベクレル/kg)	
	一般の土壌・岩石	花こう岩
カリウム40	100~700	500~1600
ウラン238 (娘核種を含む)	10~50	20~200
トリウム232	7~50	20~200

出典：国連放射線影響科学委員会報告 (1982) など

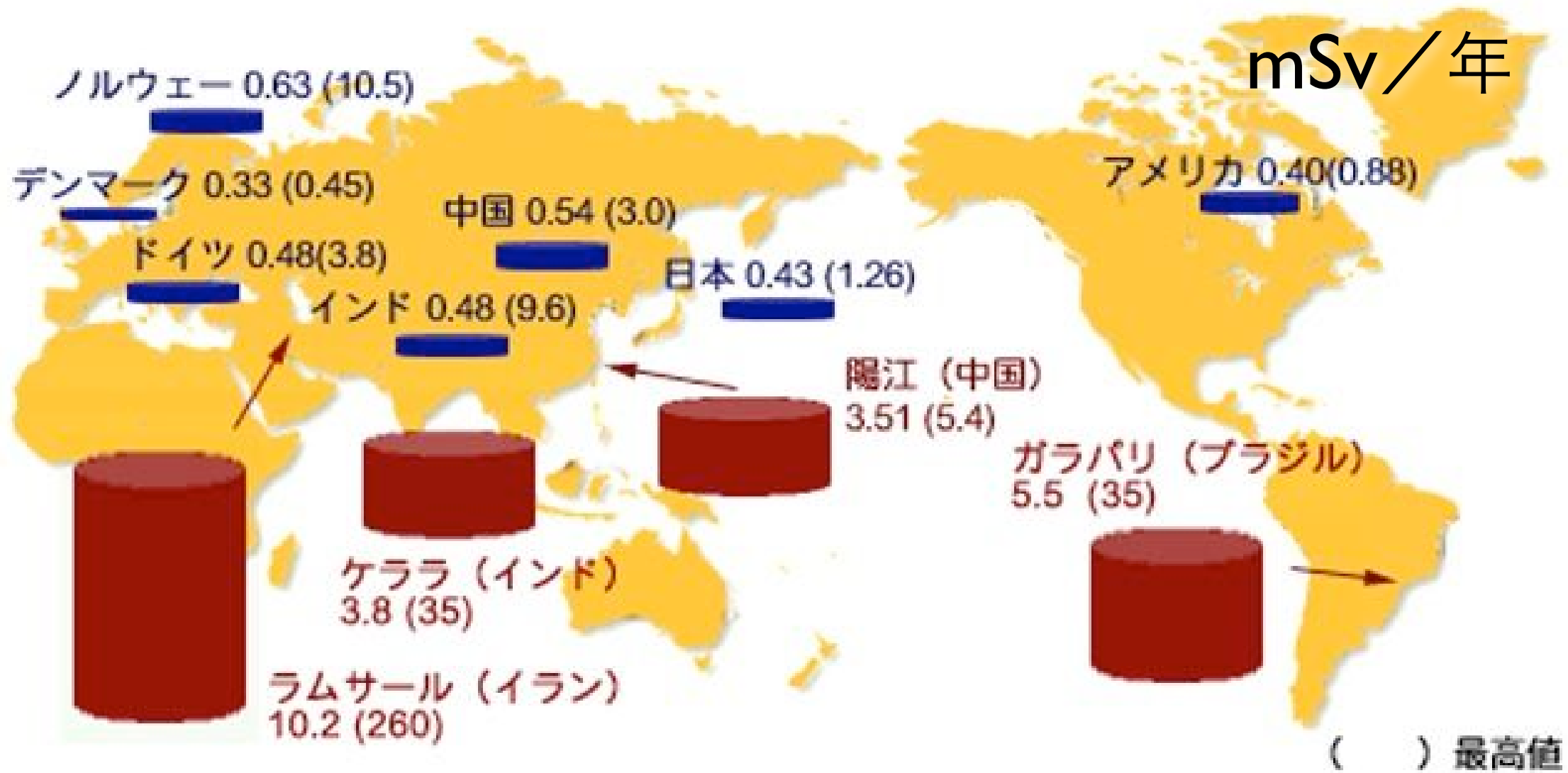


図2 陽江市・恩平県放射線環境調査実施地域

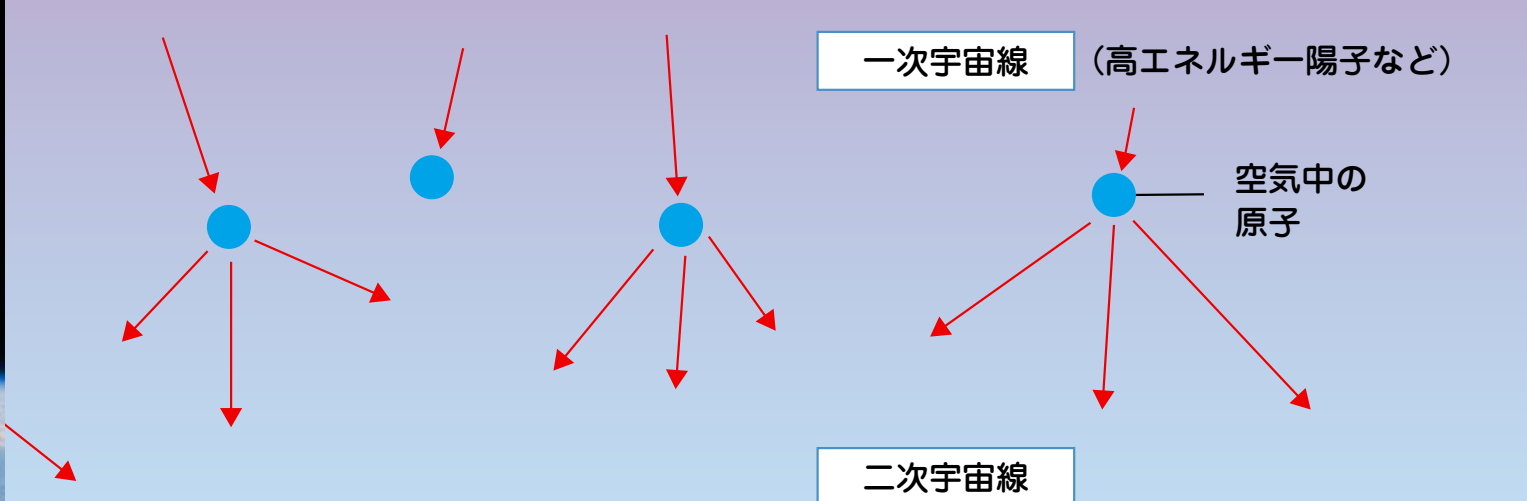
表1 高自然放射線地区と対照地区におけるがん死亡率の比較^{7,8)}

	高自然放射線地区	対照地区
自然放射線量率 (mSv/年)	5.5	2.1
がん死亡率 (10万人・年)	48.8	51.1
調査人数・年	1,008,769	995,070

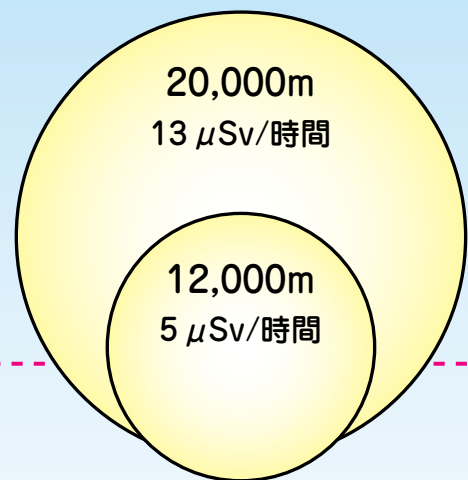
《表6》世界各地における年間積算線量の例 (ラドンを除く)

国名	空間線量のみ (ミリシーベルト/年)	備考
オーストリア	0.47~0.56	
フランス	{ 0.45~0.9 1.8~3.5	石灰岩 花崗岩と頁岩
日本	{ 0.23~0.37 0.79~1.19	関東ローム 花崗岩と地域
スウェーデン	{ 0.7~1.0 0.6~1.2 0.5	ストックホルム街路 火成岩 粘土
イギリス	{ 0.18~0.61 0.77~1.55	堆積岩または粘土 花崗岩地域
アメリカ	0.45~1.3	23州での測定
インド	1.31~28.14	ケララ地方
ブラジル	~12.0	ミナミ地方

出典：主として「放射線化学1971-6月」(放射線医学総合研究所編)



※○の大きさは、放射線を受ける量をあらわしている。



4,000m ○ 0.2 μ Sv/時間

2,000m ○ 0.1 μ Sv/時間

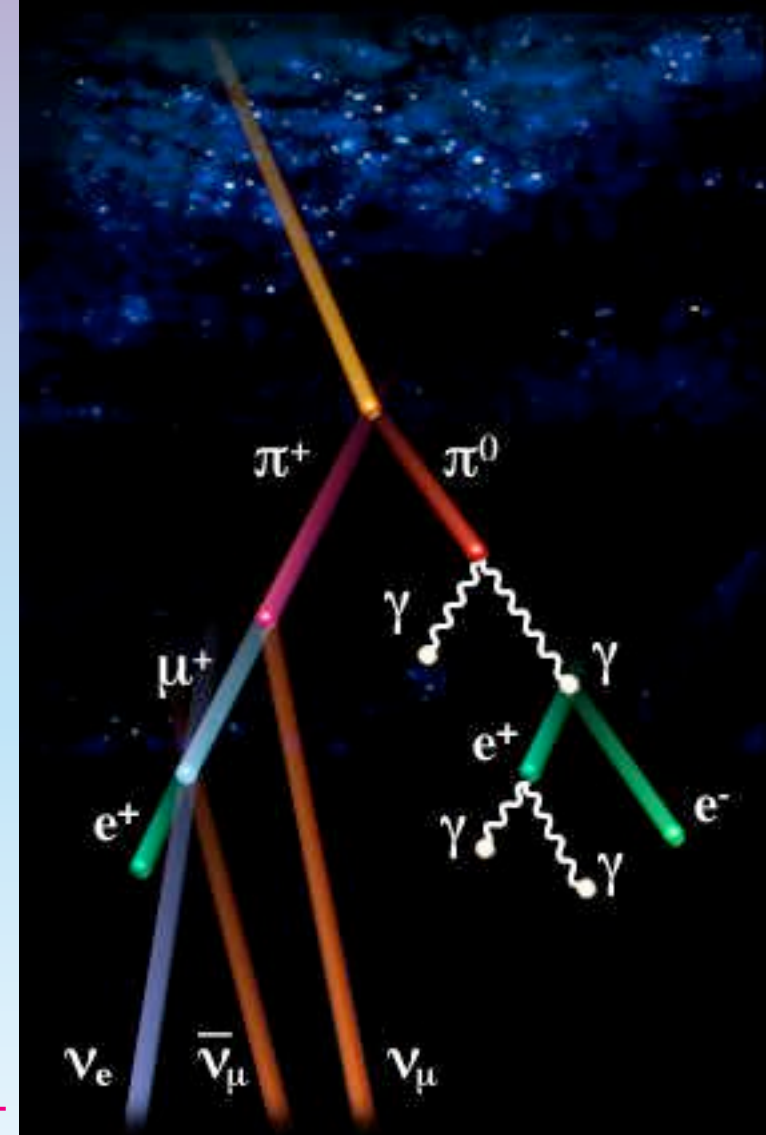
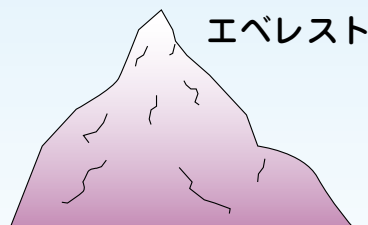
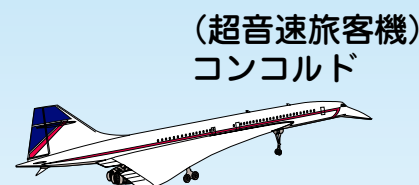
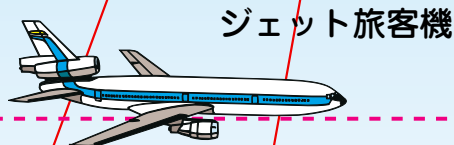
海面 ○ 0.03 μ Sv/時間

μ Sv = マイクロシーベルト

100km

10km

1km



東京~NY 往復
200 μ Sv (max)

《表4》宇宙線による年平均実効線量

地域 (高高度地域)	人口 (百万人)	高度 (m)	年実効線量 (μ Sv)		
			電離成分	中性子	合計
ラパス (ボリビア)	1.0	3900	1120	900	2020
ラサ (中国)	0.3	3600	970	740	1710
キトー (エクアドル)	11.0	2840	690	440	1130
メキシコシティ (メキシコ)	17.3	2240	530	290	820
ナイロビ (ケニア)	1.2	1660	410	170	580
デンバー (米国)	1.6	1610	400	170	570
テヘラン (イラン)	7.5	1180	330	110	440
海面			240	30	270
世界平均			300	80	380

出典：国連放射線影響科学委員会報告 (1993)

体内、食物中の自然放射性物質

Bq / kg

Bq (60 kg)

●体内の放射性物質の量

放射性物質	濃度 (ベクレル/kg)	全身の放射能 (60キログラムの人のベクレル数)
カリウム 40	67	4,100
炭素 14	41	2,600
ルビジウム 87	8.5	520
鉛 210または ポロニウム 210	0.074~1.5	19
ウラン 238	—	1.1

●食物中のカリウム40の放射能量 (日本)

(単位: ベクレル/kg)



Bq / kg

^{40}K

同位体比 0.012%

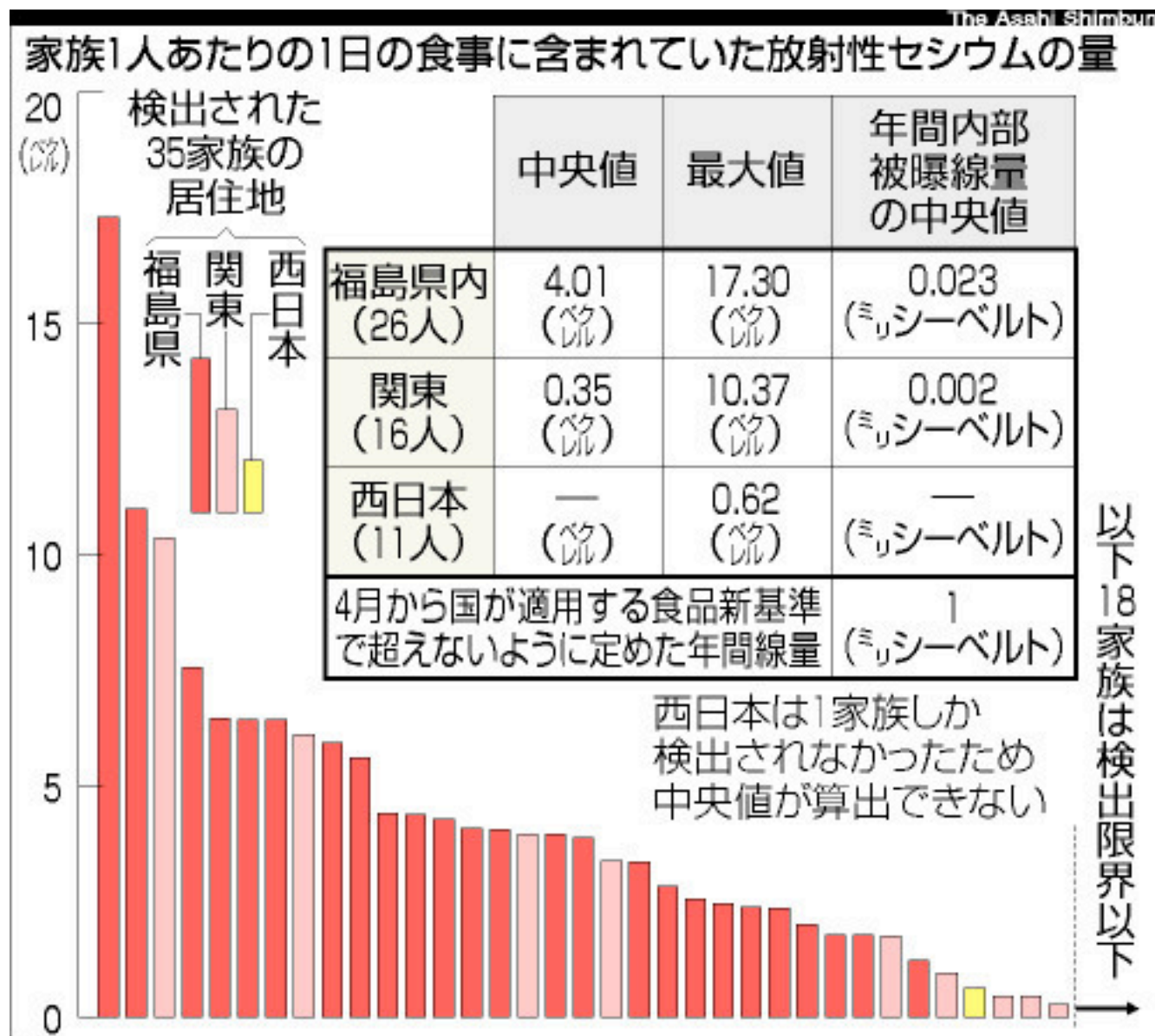
寿命 13億年

$^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$ (EC γ) 11%

$^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ca}$ (β^-) 89%

**毎日 ^{40}K を 80 Bq 摂取。
同量を排泄。**

セシウムによる内部被曝について



2012/1/18 朝日新聞：京都大医学研究科 小泉昭夫教授らの調査

最近の調査結果をみれば、
ひとまず安心。

自然の内部被曝に比べ一割以下。

(いろいろ批判されてきたが)
食品規制が奏効しているようだ。

きのこ類、イノシシなどに出やすい
今後、海魚、淡水魚なども注目。
福島の家菜園などは注意。

事故前から体内に存在する放射性物質による自然放射線の内部被曝量 (体重 60 kg の人)

カリウム40、炭素14などあわせて 7200 ベクレル：0.3 ミリシーベルト／年間

うち、カリウム40 が 4100 ベクレル：0.2 ミリシーベルト／年間

放射能セシウムの基準

2012/1/20 朝日新聞

暫定基準		新基準案	
野菜類	500Bq	一般食品 (野菜類、穀類、 肉・卵・魚・ その他)	100Bq
穀類	500Bq		
肉・卵・魚・その他	500Bq		
飲料水	200Bq	飲料水	10Bq
牛乳・乳製品	200Bq	牛乳	50Bq
		乳児用食品	50Bq

(1kgあたり)

The Asahi Shimbun

一般食品の新基準値の出し方
mSvはミリシーベルト。Bqはベクレル

食品からの被曝線量の限度	飲料水分	一般食品に割り当てる分
1mSv/年	- 0.1mSv/年	= 0.9mSv/年

食品に含まれるセシウムが1kgあたり何Bqまでなら0.9mSvを超えないか?

食べる量、種類などをもとに年代別に計算

年齢区分	性別	限度値 (Bq/kg)
1歳未満	男女平均	460
1~6歳	男	310
	女	320
7~12歳	男	190
	女	210
13~18歳	男	120
	女	150
19歳以上	男	130
	女	160
妊婦		160

さらに切り下げ
最も厳しい → **新基準値 100 Bq/kg**

100 ベクレルの放射性セシウムは何グラムか。

(そもそも、福島第一原発から環境中に放出された放射性物質は全部でどのくらいの量か。)

放射線はどうやって測るのか。検出限界以下 (N.D.) とは？

(検出限界値を限りなく下げるより、スクリーニングで多量汚染のものを確実に避けることが重要)

空間線量測定

放射線の測定

試料測定

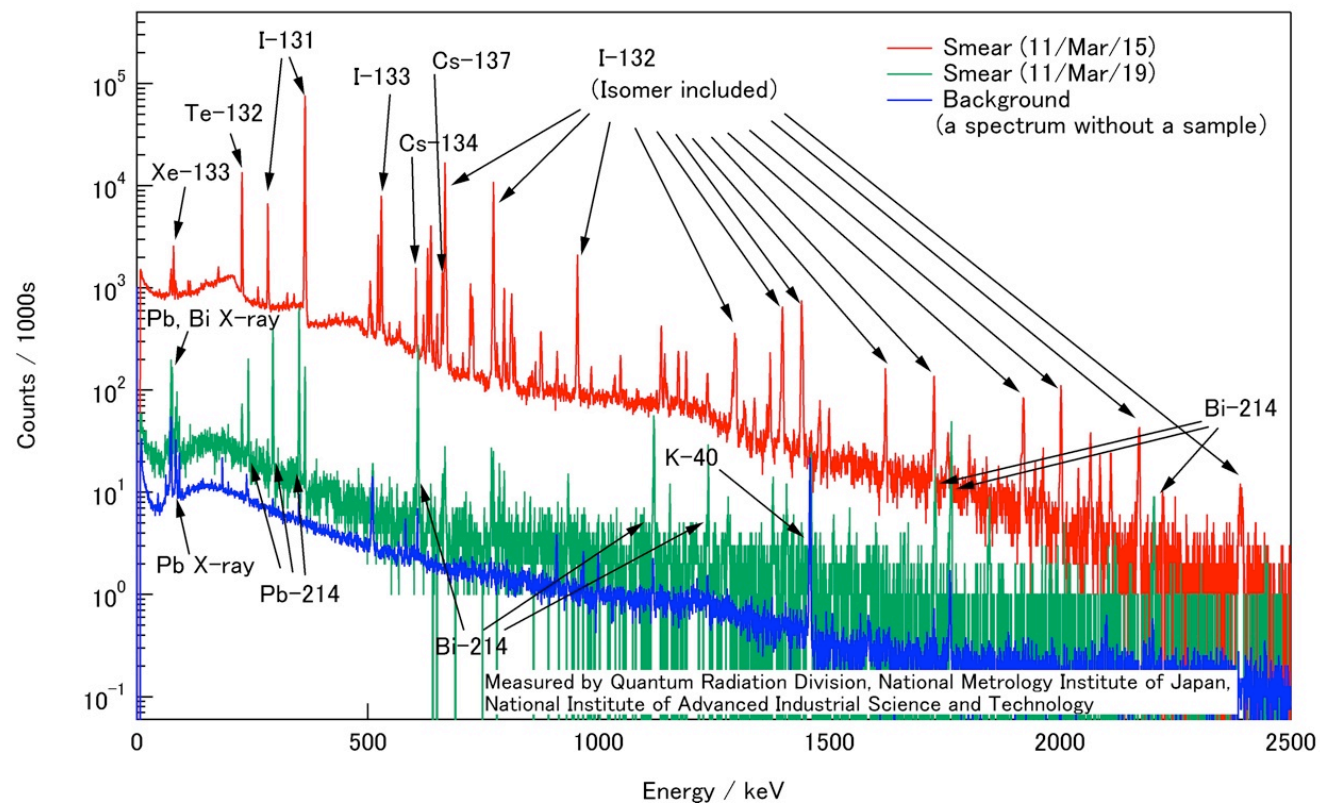
ゲルマニウム検出器 (Ge detector)



表面汚染検査計 (例: GM サーベイメータ) 空間線量計 (例: NaI(Tl) サーベイメータ)



ガンマ線スペクトル (ゲルマニウム検出器)



食品検査用ゲルマニウム検出器

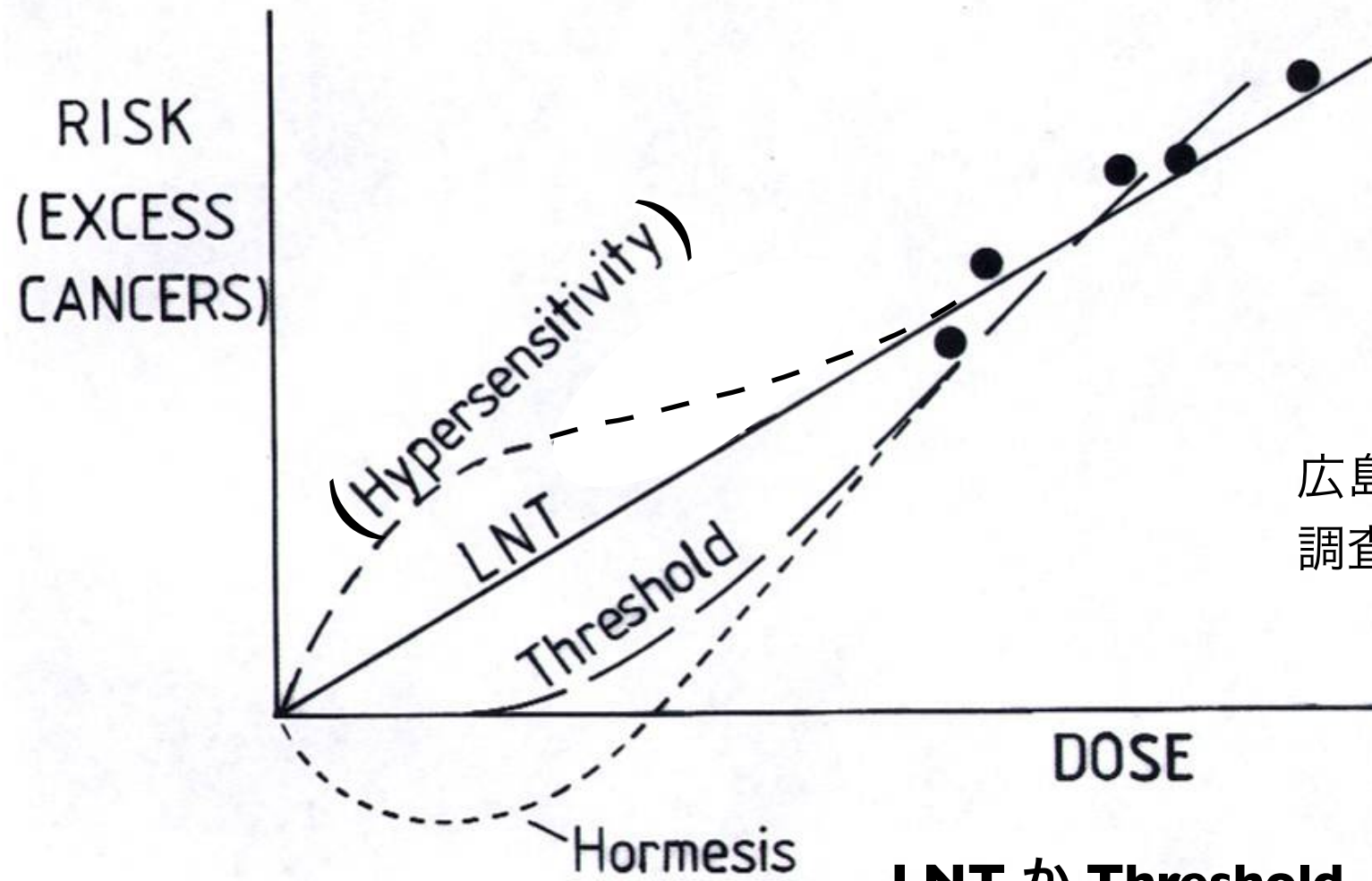


放射線のリスク評価と防護

低線量におけるリスク評価

(0 – 100 mGy)

将来のガンの増加リスク



広島・長崎被爆生存者の放影研調査は重要な疫学データ。

LNT か **Threshold** (閾値あり) かは疫学調査から統計学的に判断がつかず、議論が分かれている。

国際放射線防護委員会 (**ICRP**) は安全サイドに立って **LNT** (Linear Non-Threshold = 線形閾値なし) **仮説**を採用。

表2 低線量、低線量率放射線被ばくに伴うがん死亡の生涯リスク(ICRP1990)

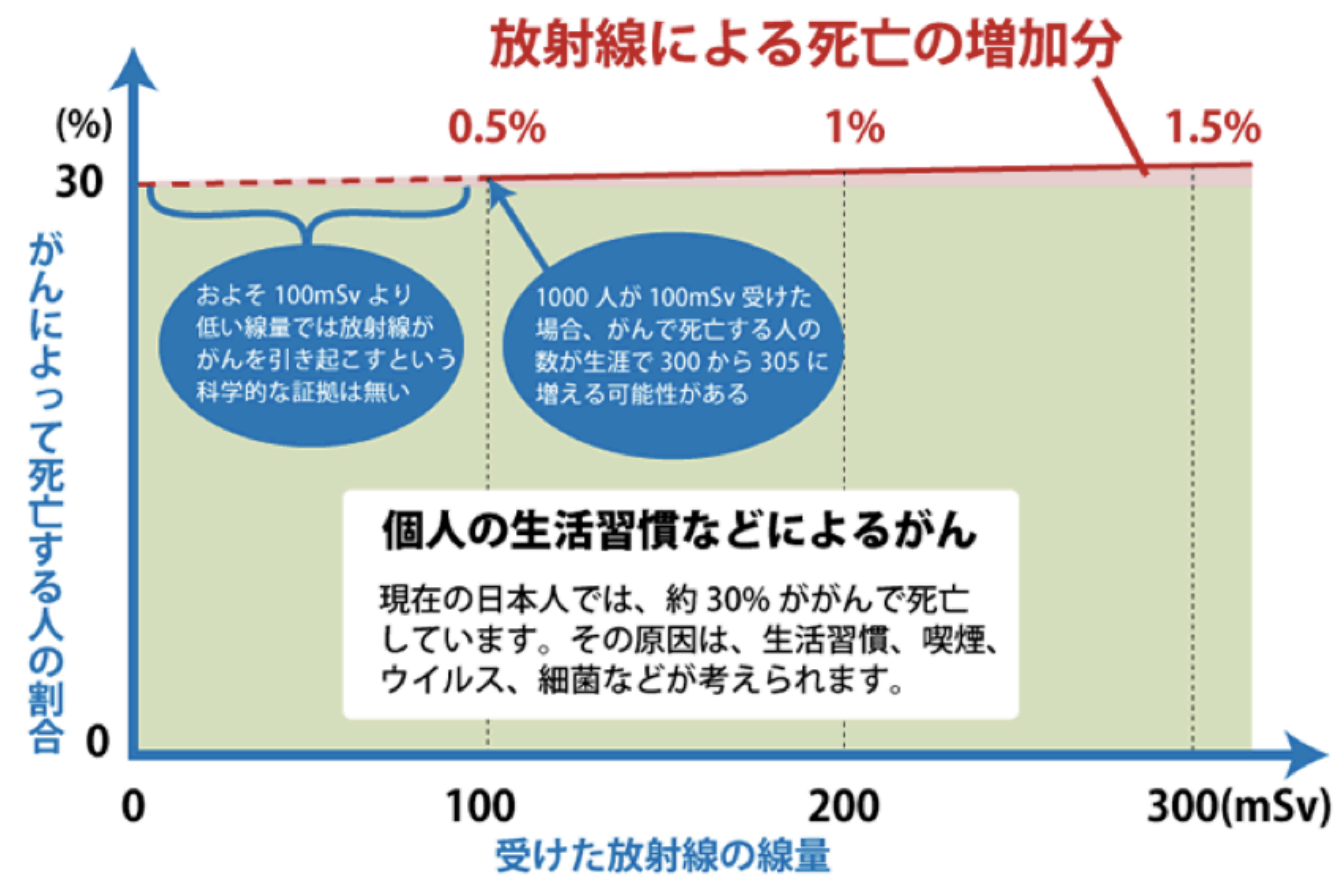
(10,000人当り、全年齢平均、1Sv当り過剰死亡数)

	ICRP 1977年勧告	ICRP 1990年勧告
赤色骨髄	20	50
骨表面	5	5
膀胱		30
乳房	25	20
結腸		85
肝臓		15
肺	20	85
食道		30
卵巣		10
皮膚		2
胃		110
甲状腺	5	8
その他	50	50
合計	125	500

[出典](社)日本アイソトープ協会:国際放射線防護委員会の1990年勧告(1991年11月)、p.157

低線量・低線量率の被曝

放射線によるがん・白血病の増加



国際放射線防護委員会

ICRP 1990 の勧告値

100 mSv の被曝で人口あたり 0.5% の増加 (LNT仮説)

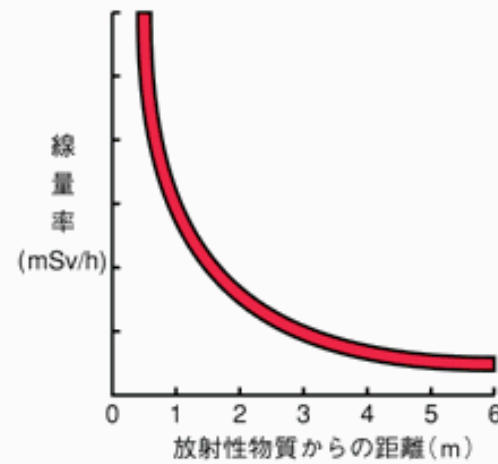
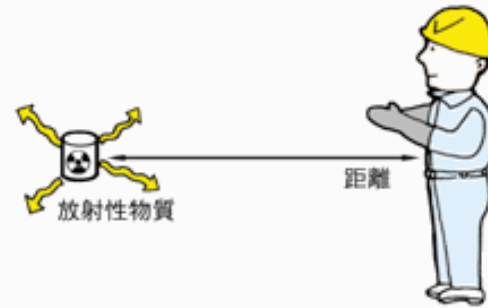
喫煙によるリスクより遥かに小さい。

LNT (線形閾値なし) 仮説はあくまでも放射線あるいは環境化学物質に対する基準の策定に必要な防護の具体的数値を算出するための**仮説**として提出されたもので、メカニズムの面からは必ずしも支持されるわけではない。

放射線防護

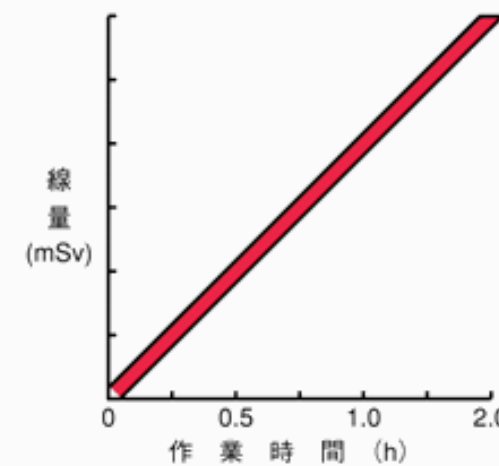
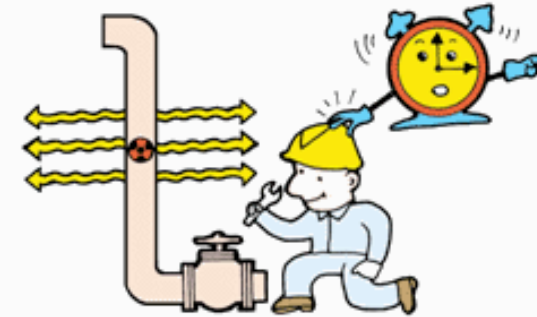
● 距離による防護

$$[\text{線量率}] = [\text{距離}]^2 \text{に反比例}$$



● 時間による防護

$$[\text{線量}] = [\text{作業場所の線量率}] \times [\text{作業時間}]$$



● 遮へいによる防護

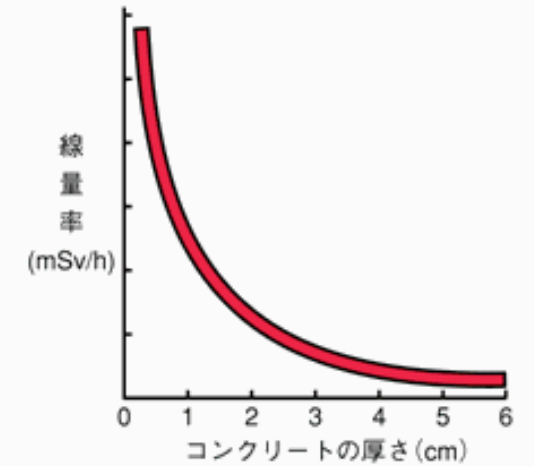
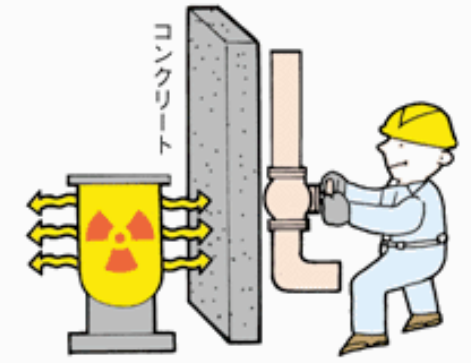


図1 遮へい3原則の図

[出典] 電気事業連合会:「原子力・エネルギー」図面集2003-2004、p.130

防護の最適化：個人線量、被曝人数、潜在的被曝の可能性のすべてを、経済的および社会的要因を考慮に入れたうえで、合理的に達成できる限り低く保つべきである。

(ALARA の原則 = As Low As Reasonably Achievable)

個人被曝の線量限度

線量限度の一覧表（作業者）

職業被曝（作業者 放射線業務従事者）

実効線量	100 mSv / 5年 かつ 50 mSv / 年
女子 妊娠中の女子	5 mSv / 3月 内部被曝について 1 mSv
等価線量	
水晶体	150 mSv / 年
皮膚	500 mSv / 年
妊娠中の女子の 腹部表面	2 mSv / 年

	1990勧告	1977勧告
実効線量	20mSv/年（5年平均）	50mSv/年
水晶体等価線量	150mSv/年	150mSv/年 ²⁾
皮膚等価線量	500mSv/年 ¹⁾	500mSv/年
手・足の等価線量	500mSv/年	500mSv/年 ³⁾
その他の組織	—	500mSv/年

1) 被ばく部位に関係なく、深さ7 mg/cm²、面積1 cm²の皮膚についての平均線量に適用される。

年リスク千分の1 (18歳から65歳までの就業期間の被曝の場合で、65歳までのリスクの最大値)

線量限度の一覧表（一般公衆）

公衆被曝（一般公衆）

実効線量	1 mSv / 年
等価線量	
水晶体	—
皮膚	—

	1990 勧告	1977 勧告
実効線量	1 mSv/年	5 mSv/年 ¹⁾ , 1 mSv/年（生涯の平均）
水晶体等価線量	15 mSv/年	50 mSv/年
皮膚等価線量	50 mSv/年 ³⁾	50 mSv/年
その他の組織	—	50 mSv/年 ²⁾

1) 1985年のパリ声明で主たる限度を1年につき1 mSvとして、補助的な限度を5 mSv/年とした。

2) 1985年のパリ声明で実効線量当量の制限によって不要になった。

年リスク1万分の1 (毎年被曝の場合、65歳までの最大値) **ICRP 勧告**

〔出典〕（1990年ICRP新勧告と1977年ICRP勧告における線量限度値対照表）

〔「ICRP1990年勧告-その要点と考え方-」、草間朋子編、日刊工業新聞社、50ページ〕

国内法令による防護基準

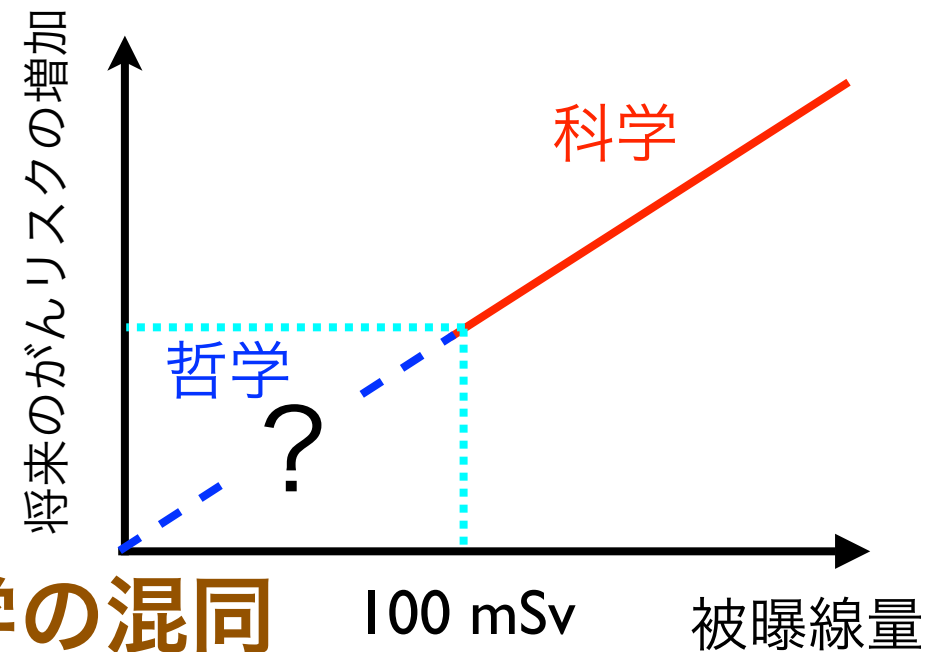
放射線の影響に関して異なった意見があるのはなぜか

がんの原因が医学的に分かっていない

疫学調査の問題点

統計学的有意性

影響の因果関係 スクリーニング効果・別の要因

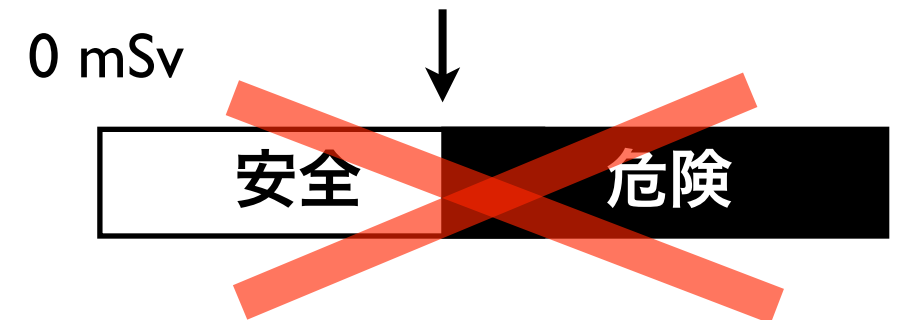


科学的知見と防護学(安全管理学)の哲学の混同

リスクをどこまで許容するか

安全と危険の線引きはできない。

他のリスクとの相対比較



リスクは相対的

基準値

(社会が決める)

放射線のリスク

「絶対安全」は世の中に存在しない。
相対的なリスク評価の目を養うべき。

正しい情報をどうやって判断するか。

根拠のない過信・安心は問題だが、
根拠のない恐れや不安もまた問題。

☞ JCO の事故

☞ パニック、風評、健康被害。

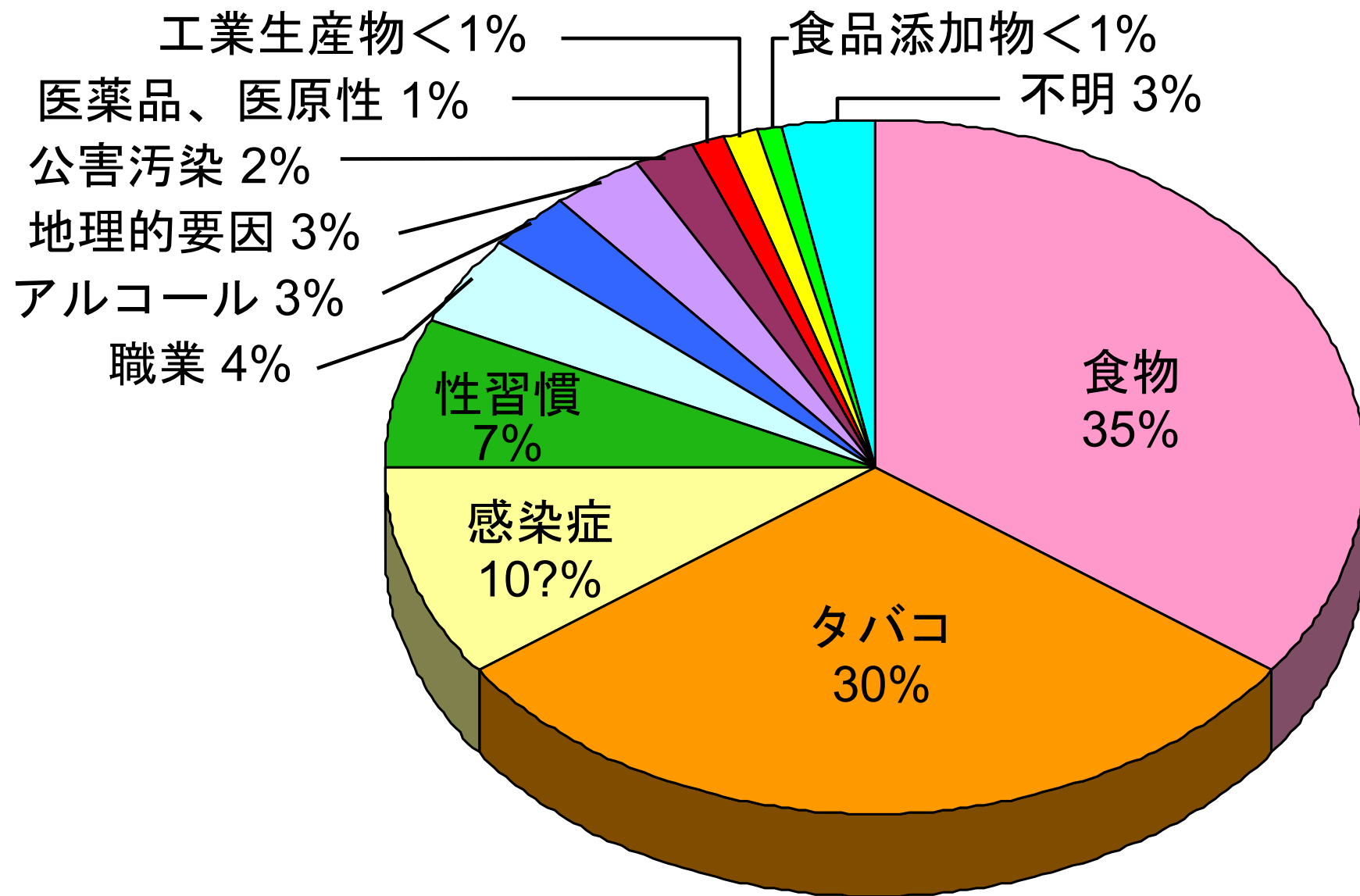
放射線と生活習慣の発がんの相対リスク比較

受動喫煙の女性	1.02~1.03倍
野菜不足	1.06倍
100~200ミリシーベルトを浴びる	1.08倍
塩分の取りすぎ	1.11~1.15倍
200~500ミリシーベルトを浴びる	1.16倍
運動不足	1.15~1.19倍
肥満	1.22倍
1000~2000ミリシーベルトを浴びる	1.4倍
毎日2合以上の飲酒	1.6倍
2000ミリシーベルト以上浴びる	
喫煙	
毎日3合以上の飲酒	

※網かけは放射線

(注)相対リスクは、例えば喫煙者と非喫煙者のがんの頻度を比較した数字

ヒトのがんの原因と関連のある因子



(R.Dool and R.Peto, 1981)

表の値は短時間での被曝の場合。

がん死中にしめる各因子の割合 (%)

(低線量率では損傷の修復のためリスクはより小さい。どれだけ小さいかは議論のあるところで、結論は出ていない。ICRPは係数1/2を採用。)

がんで死なないためには、

👉 がんにならないのが一番

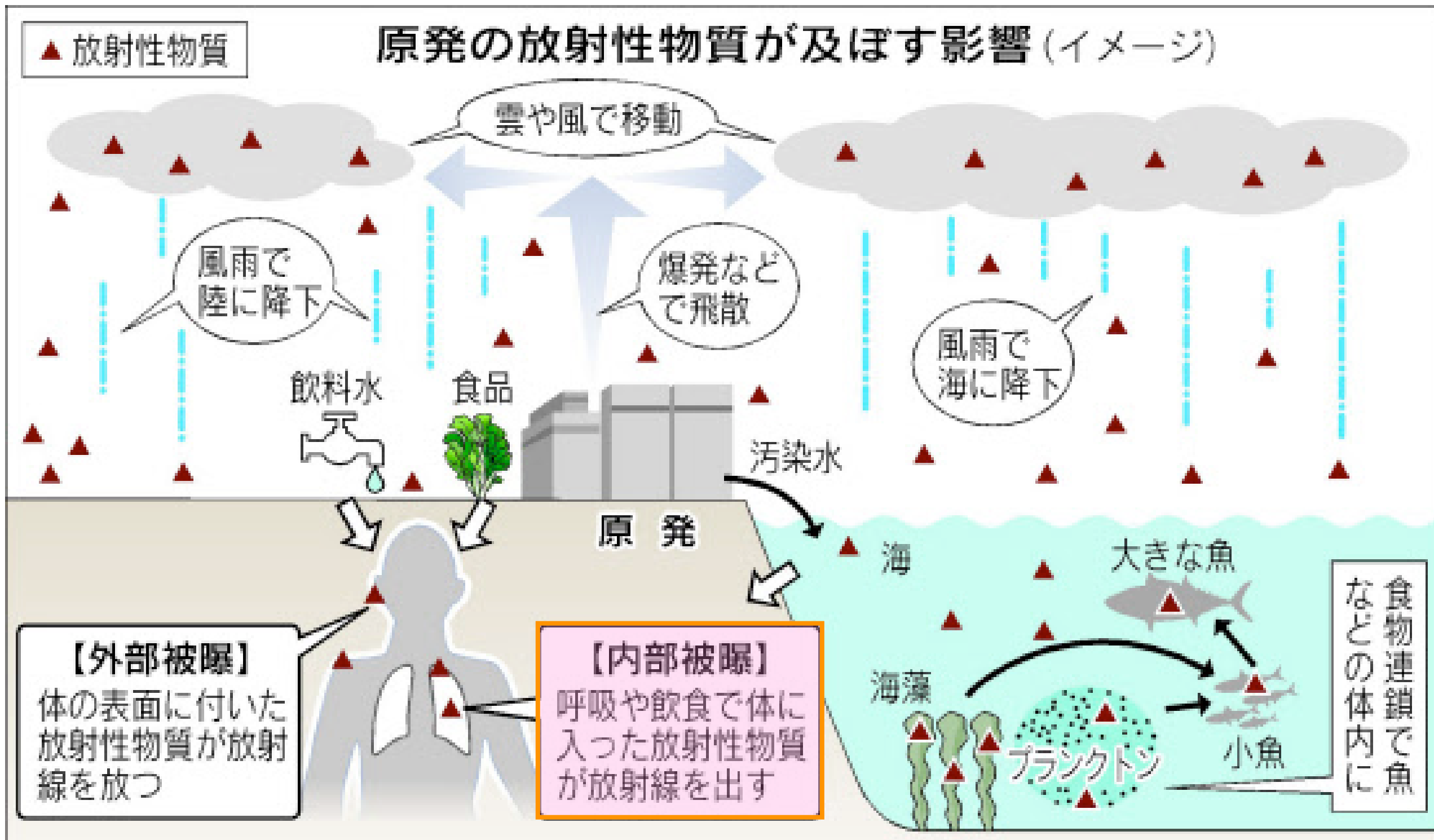
+ なっても、早期発見で完治させる

早期発見 = がん検診

(症状に気づいてからでは遅い)

がんにならない生活習慣

- タバコは吸わない
- 酒はひかえめ (赤くなる人は特に)
- 肉と塩分はひかえめ
- 野菜を十分に
- 運動



被曝量の定量的管理が大切。

外部被曝：ホットスポットに注意。除染が有効。

内部被曝：食品検査。全品検査は不可能

自家製消費に注意。
ベラルーシの例に学ぶ

原発北西方向の汚染と「ホットスポット」

福島第一原発から漏れた放射能の広がり
Radiation contour map
of the Fukushima Daiichi accident

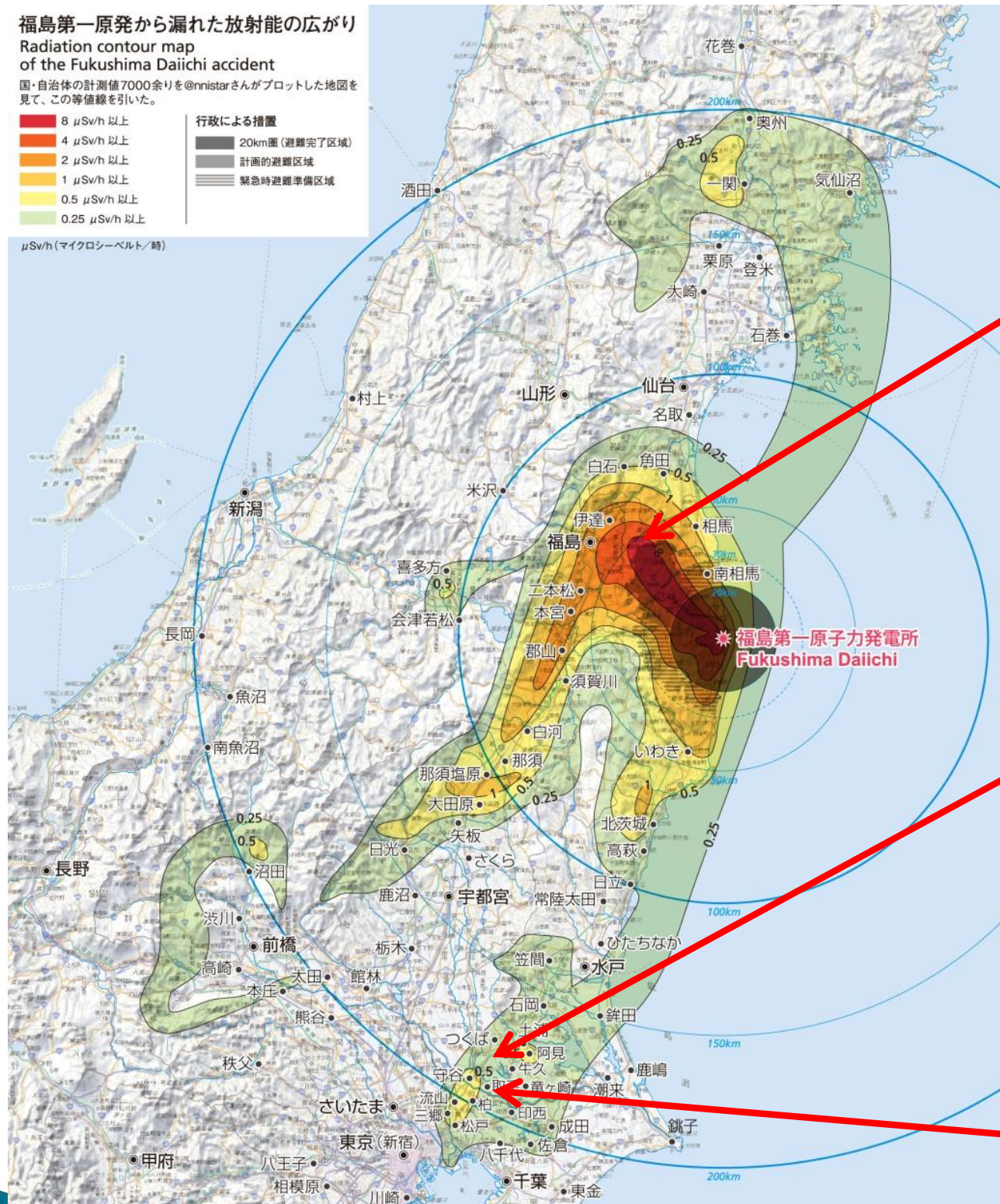
国・自治体の計測値7000余りを@nnistarさんがプロットした地図を見て、この等値線を引いた。

- 8 $\mu\text{Sv/h}$ 以上
- 4 $\mu\text{Sv/h}$ 以上
- 2 $\mu\text{Sv/h}$ 以上
- 1 $\mu\text{Sv/h}$ 以上
- 0.5 $\mu\text{Sv/h}$ 以上
- 0.25 $\mu\text{Sv/h}$ 以上

行政による措置

- 20km圏 (避難完了区域)
- 計画的避難区域
- 緊急時避難準備区域

$\mu\text{Sv/h}$ (マイクロシーベルト/時)



早川由紀夫教授(群馬大学)作成、7月26日版

三訂版7月26日(初版4月21日)
等値線作成: 早川由紀夫(群馬大学) (kipuka.blog70.fc2.com/
@nnistarさんの地図 (www.nnistar.com/gmap/fukushima.html)
Contour lines drawn by Yukio Hayakawa (Gunma Univ.),
Source: @nnistar
地図製図: 萩原佐知子
背景地図には電子国土ポータル(portal.cyberjapan.jp)の地図を使用しました。

住宅地からの雨水の集積

都市部での放射性物質の濃縮

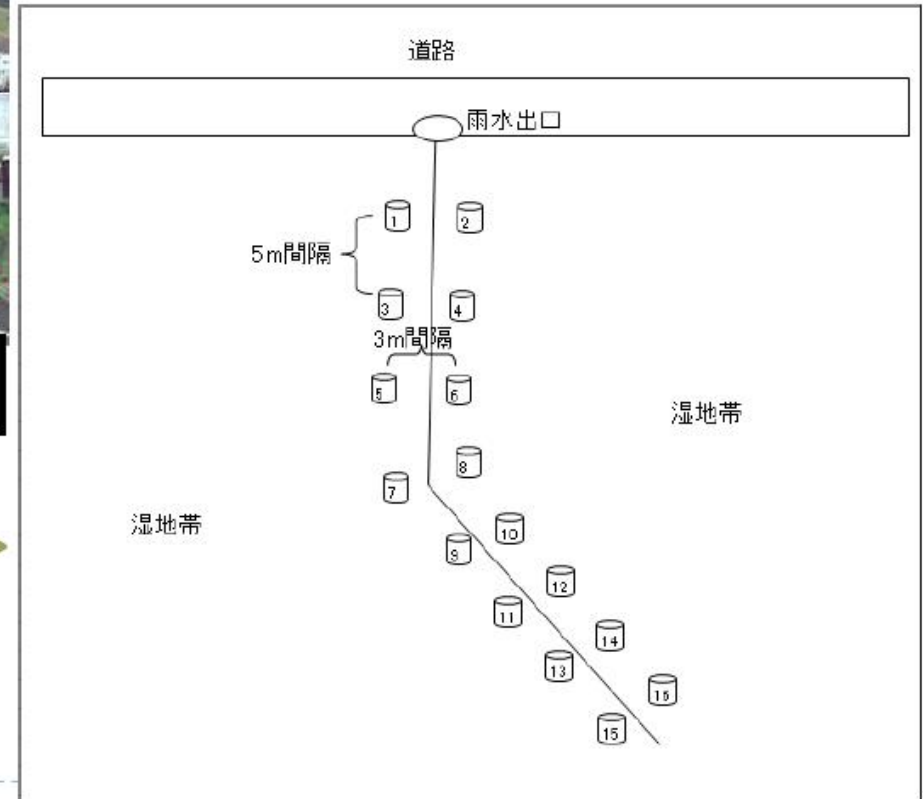
1. 里山湿地帯 調査場所



③ 湿地帯の奥を流れる小川沿いの放射線量率を測定



- ① 排水口の真上で放射線量率を測定
- ② 排水口先の湿地内で、水路の溝に沿って等間隔に杭を打ち、一帯の放射線量率を測定



「ものをこわがらな過ぎたり、こわがり過ぎたり
するのはやさしいが、**正当にこわがる**ことは
なかなかむづかしいことだと思われた。」

寺田 寅彦 (1935年)

Fine.

Grazie per vostra attenzione.

Merci de votre attention.

Thank you for your attention.

Спасибо за внимание.

경청해 주셔서 감사합니다.

ご清聴ありがとうございました。

鳥居 寛之

Hiroyuki A.TORII