

放射線学入門

—福島第一原発事故を受けて—

一般向け緊急被曝ガイド

平成23年5月2日版

産業医科大学医学部
放射線衛生学講座

まず放射線の単位を理解しましょう

	単位	意味	簡単に説明すると
放射能	Bq ベクレル	放射性物質が1秒間に崩壊(壊変)した数	放射性物質から1秒間に1つ放射線が出ると1ベクレル (厳密には違います)
吸収線量	Gy グレイ	ある任意の物質中の単位質量あたりに放射線により付与されたエネルギーの平均値	放射線が物質に与えるエネルギーの単位
等価線量	Sv シーベルト	組織・臓器における放射線の影響を、放射線の種類やエネルギーによる違いを補正し、共通の尺度で表現する量	放射線の人に対する影響に用いる単位
実効線量	Sv シーベルト	等価線量を組織荷重係数によって補正し、 全身の放射線影響 の指標となる量	

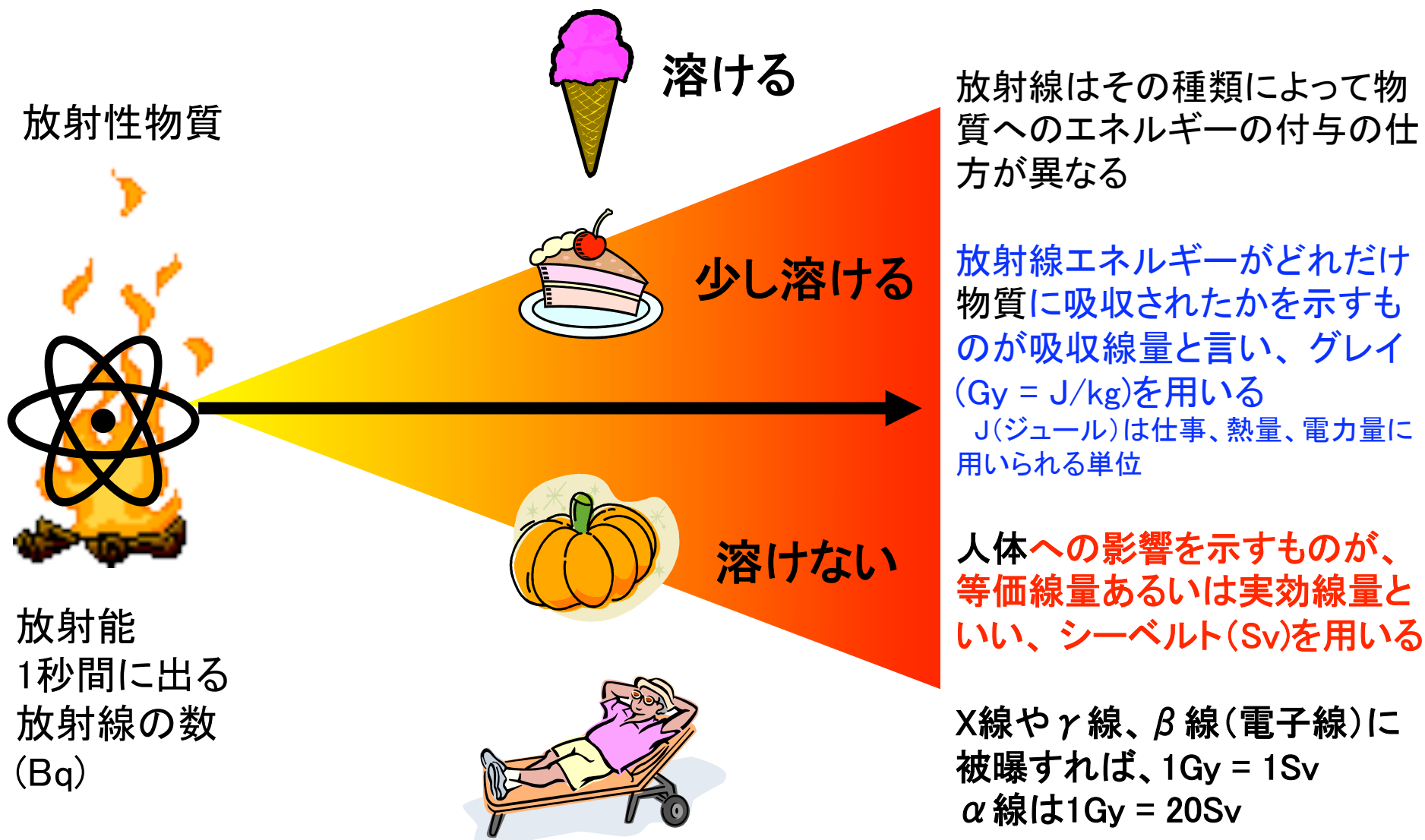
核分裂生成物に関しては、GyとSvは同じと考えていいです。報道で言われているシーベルトという単位は「毎時」が省略されているので、注意。すなわち1時間被曝し続けないとその線量にはならないということ。この当たり前のことが理解されていないようにみられる。時速300kmで5分走っても、300kmに達しないのと同じ。

単位

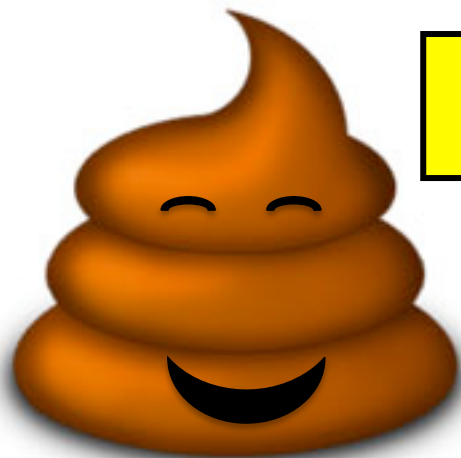
- テラ (T) : 1兆 (10^{12})
- ギガ (G) : 10億 (10^9)
- メガ (M) : 100万 (10^6)
- キロ (k) : 1000 (10^3)
1MBq=1000kBq=100万Bq

- ミリ (m) : 1000分の1 (10^{-3})
- マイクロ (μ) : 100万分の1 (10^{-6})
1Sv=1000mSv=100万 μ Sv

放射線を火に例えると、影響は「モノ」によって違う

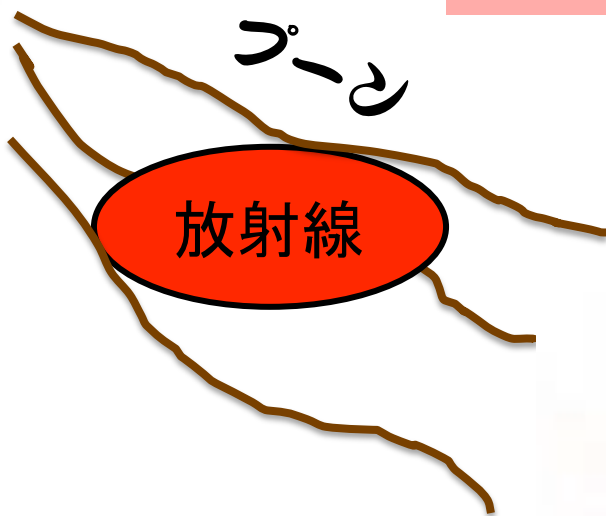


放射線をうんちに例えると



放射性物質

どれくらい臭いを出すか
ベクレル(Bq)



臭いが人体に及ぼす影響
シーベルト(Sv)



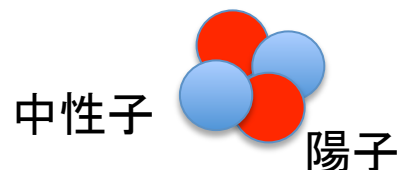
外部被曝：臭いを嗅ぐ
内部被曝：うんちを摂取する
表面汚染：うんちが付着する

吸った臭いの量：グレイ(Gy)

放射線の正体

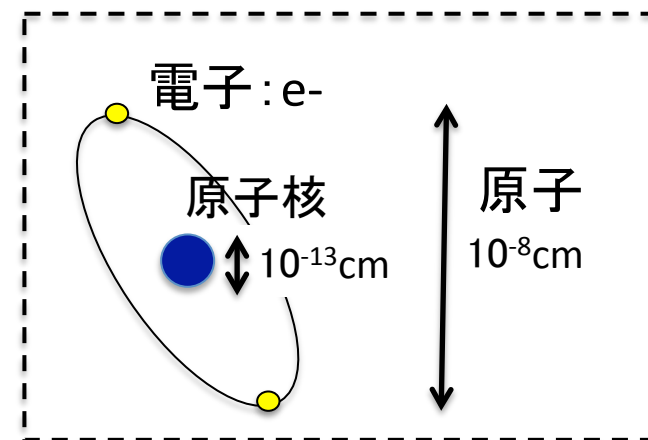
小さな粒

アルファ線：陽子2個、中性子2個からなるヘリウム原子核



ベータ線：電子 $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

中性子線： $1.6 \times 10^{-27} \text{ kg}$



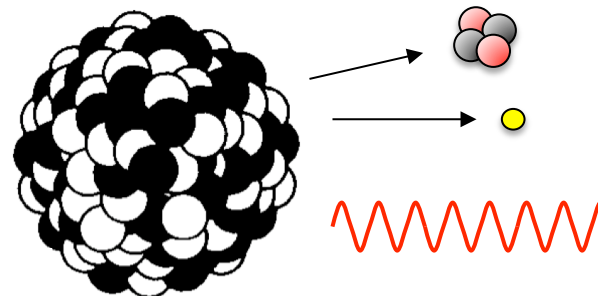
見えない光(光子)

ガンマ線、X線：超高周波数(波長は短い)電磁波



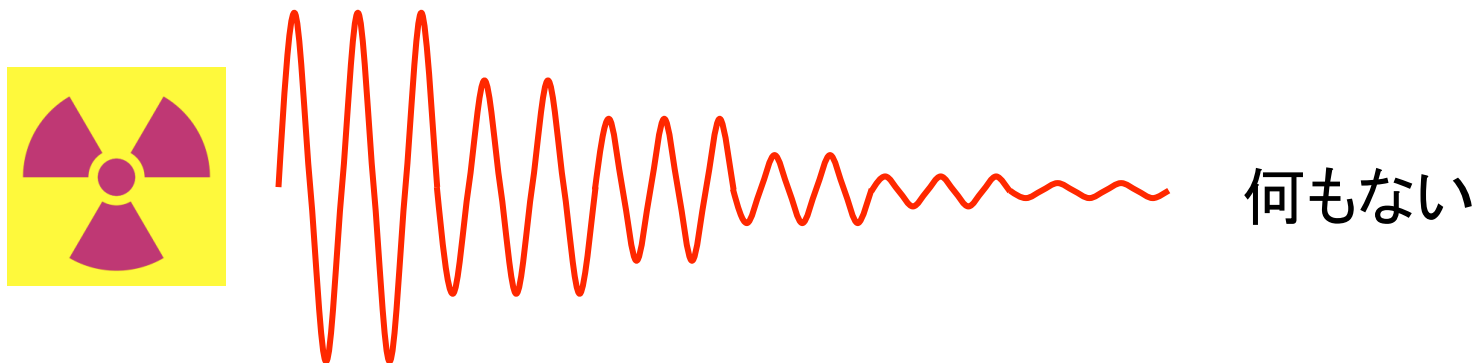
放射性物質

放射線をだす物質

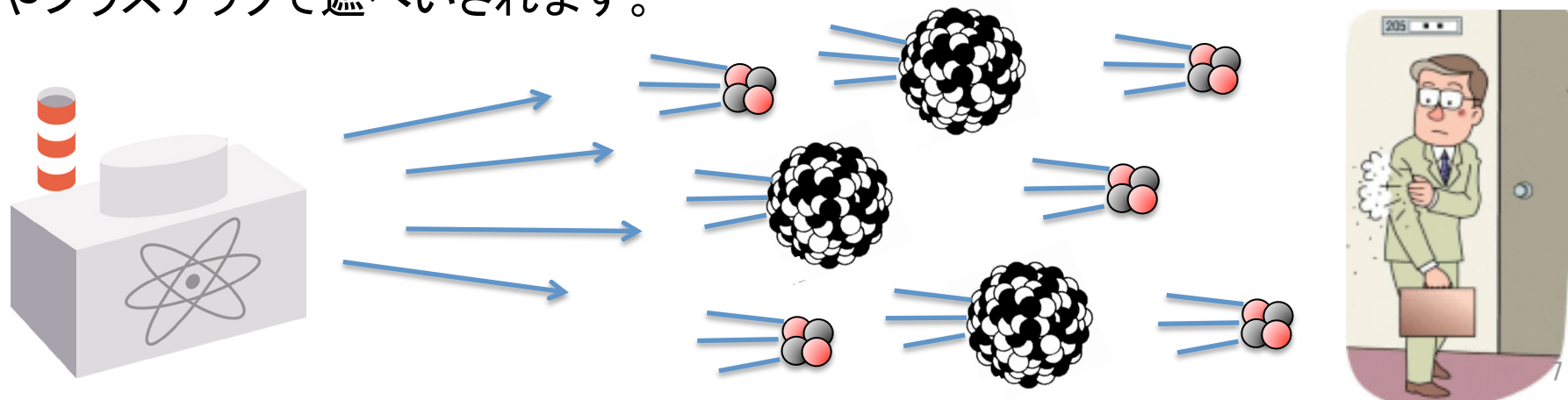


放射線と放射性物質の遠距離到達の違い

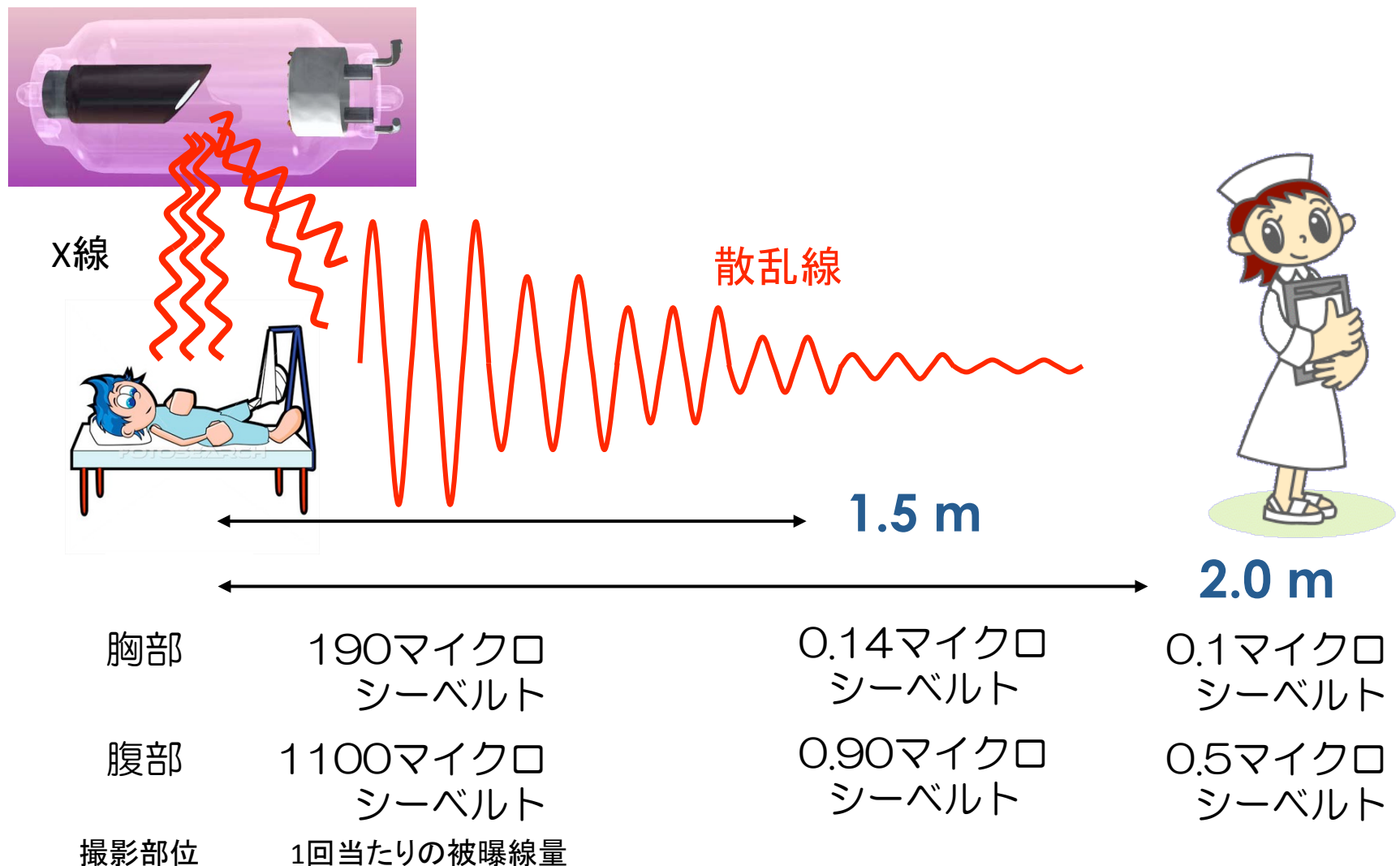
放射線は離れる程、線量は弱くなりますが、この時の放射線はガンマ線やX線のこと。
せいぜい数mしか飛びません。



放射性物質とは放射性同位元素を含んでいるので、そのものから放射線が出ます。この時に問題になるのはアルファ線やベータ線。数mmから数cmしか飛ばないので、花粉を払う如く除去すれば良いのです。アルファ線は紙1枚で、ベータ線はアクリルやプラスチックで遮へいされます。



放射線(散乱線)の影響

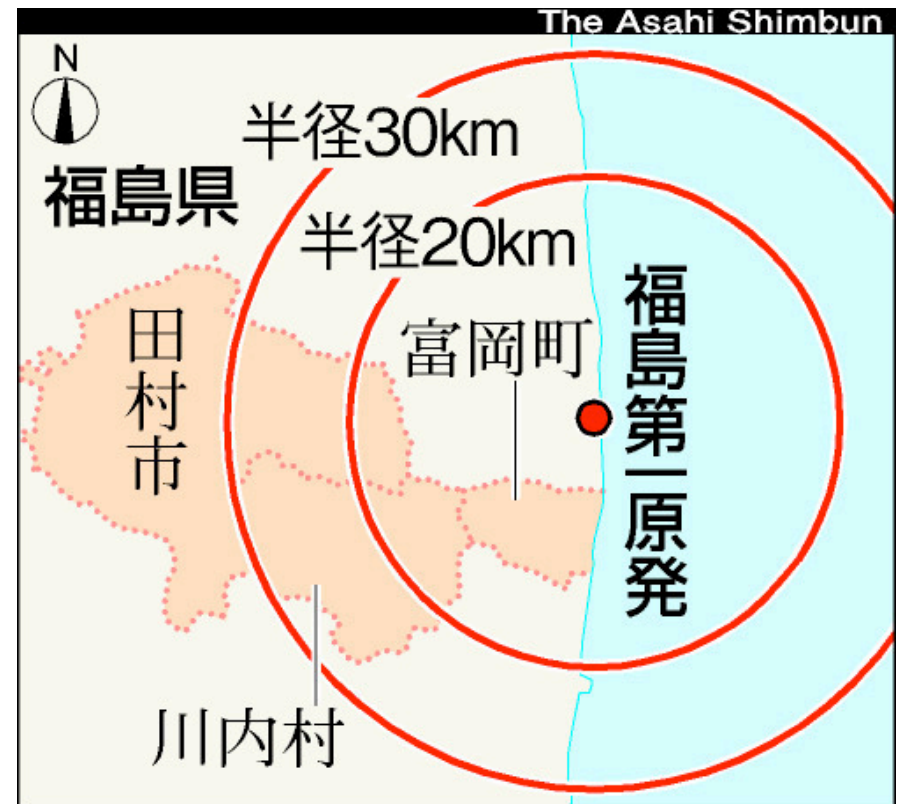


一般的に放射線(散乱線)の影響は距離の二乗に反比例します。
 つまり、離れるほど放射線(散乱線)の影響は少なくなります。
 (放射線線源や放射性物質は飛んできません)

放射性物質の影響

原発からは放射性物質が飛んできます。健康被害を与えるような高濃度の放射性物質との接触をさけるために、福島原発から20km圏内は退避区域にしています。20から30kmの所は屋内退避です。チェルノブイリ原発30km圏内は強制退避区域です。大爆発でもない限り、30kmで充分と思われま

放射性物質を花粉に例えると
花粉は遠く離れる程、量が少なくなります。
放射性物質も同じです。



屋内退避区域で放射性物質に対して
衣服等に付着したら払いましょう
吸い込まないようにマスクしましょう
対処は花粉と同じ

放射線をお酒に例えると

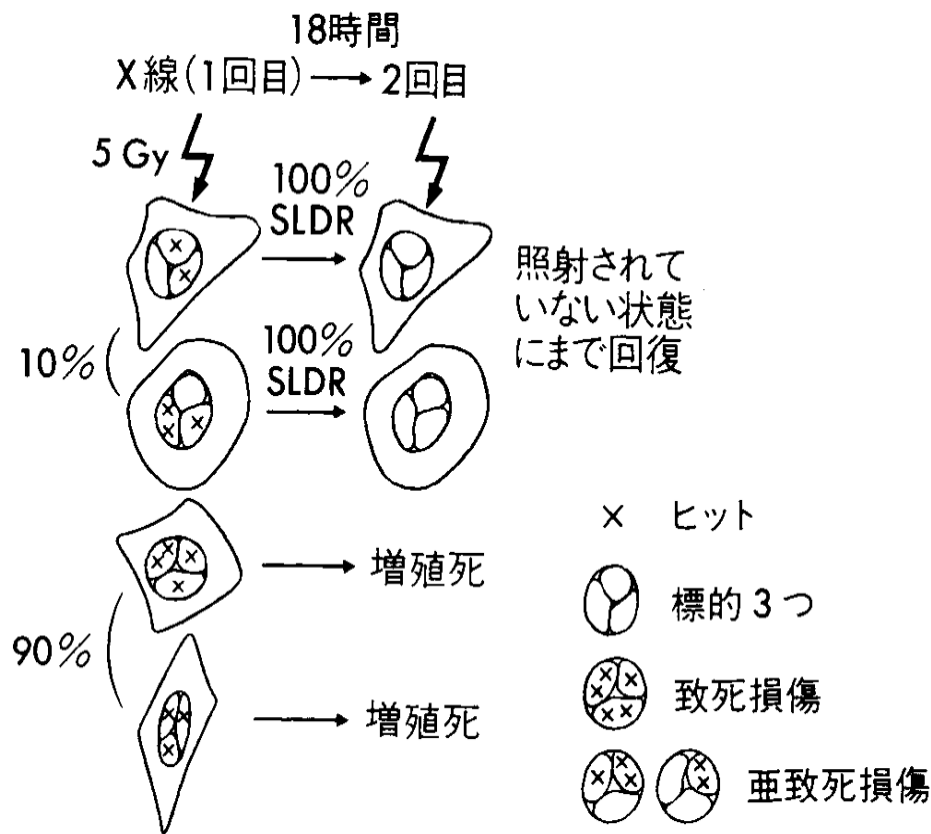


大量のお酒を一気に飲むと死ぬかもしれません。毎日少しずつだと、おいしく飲めます。飲み方によっては、二日酔いになったり、病院で治療を受けたり、飲んだ量や時間によって影響は異なります。放射線も同様、同じ線量でも分割照射だと修復時間が出来るので、影響が軽減されます。細胞には障害に対する修復能があります。障害が大きいと修復できなくなり、死んでしまいます。また、時間当たりの放射線量(線量率と言います)が小さい程、放射線の影響は小さくなります。

予備知識:分割照射の効果

亜致死損傷からの回復

(Sublethal Damage Recovery SLD回復) Elkind回復



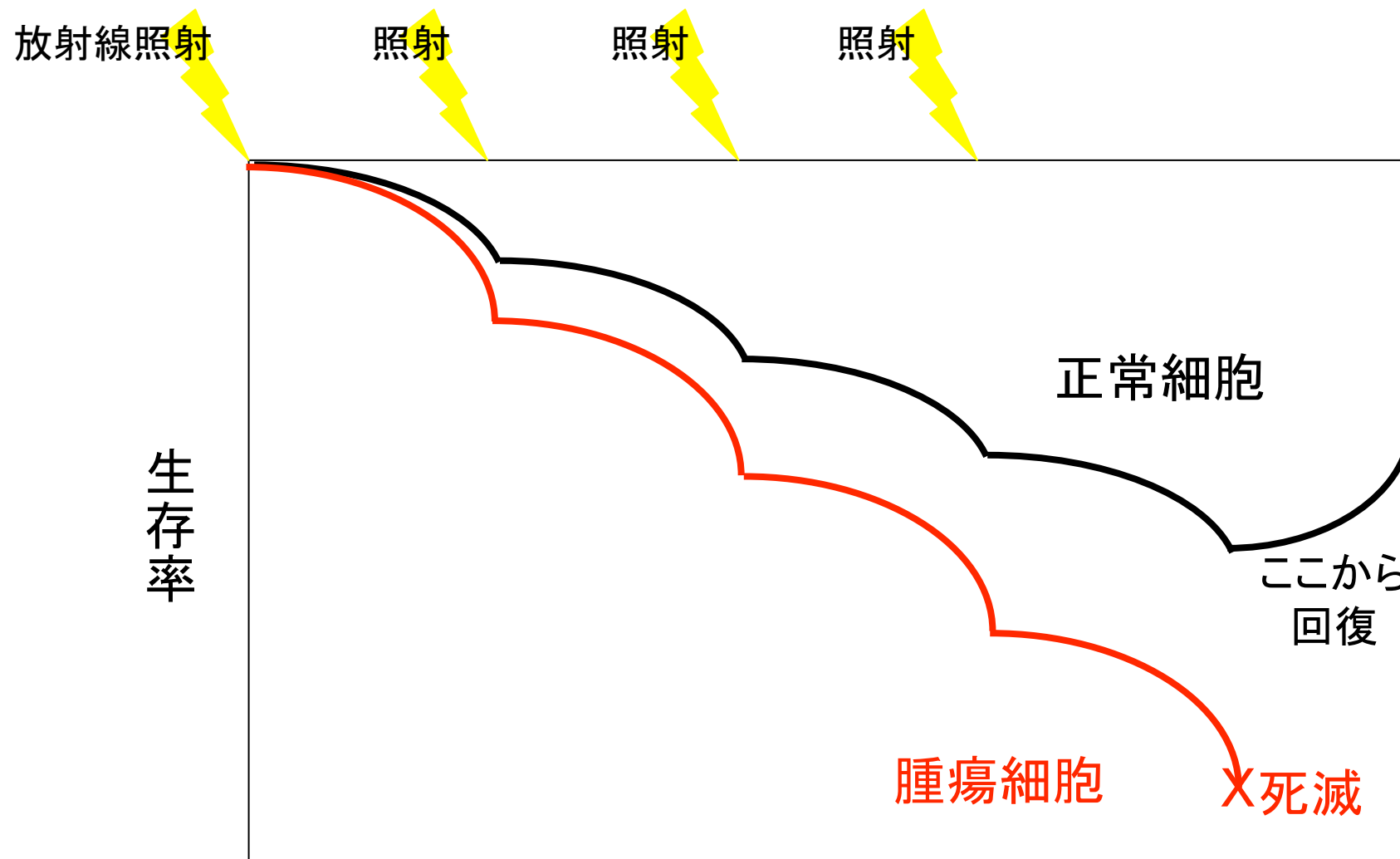
分割照射は**放射線治療**に応用されています。

腫瘍細胞に合計20-30Gy照射しますが、一気に照射すると正常細胞のダメージが出て修復できなくなるからです。

同じ10Gyでも、5+5Gyだと修復する時間があるため生存率が上昇する。

国の暫定規制値は1年間で5mSvというものもあるが、被曝線量として無視できる数値。

実際の放射線治療における腫瘍細胞と正常細胞の分割照射による生存率の差



亜致死損傷からの回復 (Sublethal Damage Recovery (SLD回復) Elkind回復) は正常細胞と腫瘍細胞で異なる

福島県波江町(福島第一原発から20Km)

平成23年4月7日

58.5マイクロシーベルト毎時を観測

1日だと1411マイクロシーベルト(58.4 x 24時間)

約71日で100mSvを超えてしまいます

が、

1回で短時間に100mSvを被曝するのと
長時間に渡って100mSvを被曝するのは、
同じ影響ではありません!

住民の方のリスクはほとんどないと考えていい。

ちなみに宇宙飛行士は1日1mSv被曝していますが、放射線障害の話は聞きません。

積算線量の表示は環境測定として意味がある。健康被害を表す数値ではない。
この情報は住民不安を与えるだけになっている。71日で100mSv被曝したとしても
健康被害はない。



文部科学省

福島第1及び第2原子力発電所周辺のモニタリングカーを用いた固定測定点における空間線量率の測定結果
(随時データが更新されています) http://www.mext.go.jp/a_menu/saigaijohou/syousai/1304001.htm



原発近くは高放射線量。
短時間でたくさん被曝する
ので、**危険**。

**福島原発の作業員
は時間との勝負！**



放射線業務従事者の線量限度

法令で定められている線量限度

I. 実効線量限度（全身被曝として） 100mSv／5年
（ただし、年あたり50mSvを超えないこと）

II. 等価線量限度（組織や部位に対して）

- ・目の水晶体 150mSv／年
- ・皮膚 500mSv／年
- ・妊娠可能な女子の腹部 5mSv／3月
- ・妊娠中の女子の腹部表面 2mSv
- 内部被ばく（妊娠を申告してから出産まで） 1mSv

平成23年3月24日足にたまり水で被曝した人は170-180mSvと言われていた。もし皮膚だけの被曝であれば、線量限度内。しかし全身被曝としての線量なので、通常の線量限度を超えている。実際皮膚には2-6Svの被曝だったようである。

緊急時被曝線量限度

ICRP(国際放射線防護委員会)の勧告による緊急時の線量限度

実効線量(全身被曝として): 100mSv

現在福島では**250mSV**

電離則の特例に関する省令(厚生労働省令23号)による

目の水晶体: 300mSv

皮膚: 1000mSv

皮膚の急性障害

3 Gy～	脱毛
3 - 6 Gy	紅斑・色素沈着
7 - 8 Gy	水泡形成
10 Gy～	潰瘍形成
20 Gy～	難治性潰瘍 慢性化、皮膚がんへ移行

福島原発で足に被曝した人は6 Svまでなら晩発障害が起こる可能性はぎりぎりセーフか？

全身被曝による急性影響の症状と被曝線量との関係

γ線を急性全身均等被曝した時

線量 (mGy)	症状
250以下	ほとんど臨床的症狀なし (緊急時被曝線量限度の根拠)
500～1000	白血球 (リンパ球) の一時減少、染色体異常
1000	放射線宿酔 (吐き気、嘔吐、全身倦怠) リンパ球の著しい減少 (急性障害は治癒)
1500	50%の人に放射線宿酔
2000	5%の人が数週間で死亡 (骨髄死: 白血球、血小板減少、感染、出血)
3000～5000	30日間に50%の人が死亡 (LD50/30)
6000	14日間に90%の人が死亡
7000	100%の人が死亡

但し、100mGy以下では人体への影響は無い (今回1Gy=1Svと考えて構いません) 18

線量と人体影響の関係 (X線やγ線被曝の場合)

下記の組織反応は、その線量(しきい線量)以上被曝すると現れる症状。
例えば、0.5Gy以上被曝すると白血球減少がみられるようになる。

影 響	しきい線量 (Gy)	今回1Gy=1Svと考 えて構いません
白血球減少	0.5	
悪心・嘔吐	1	0.25Gy以下はほとんど 臨床症状なし。
皮膚の紅斑	5	
脱 毛	3	低LET、高LET放射線とも 0.1Gy(100mGy)以下で は、胎児も含め人体へ の影響はおこらない。
一時的不妊(男)	0.15	
永久不妊(男)	3.5~6	
永久不妊(女)	2.5~6	
胎児の発育遅延	1	UNSCEARの報告だと 500mGy以下の被曝で重 篤な障害はない。
白 内 障	5	
//	*15以上	
皮膚の潰瘍	*20以上	

*は長時間にわたる被曝(慢性被曝)でそれ以外は短時間の被曝(急性被曝)の場合の線量

線エネルギー付与 (LET = Linear Energy Transfer)

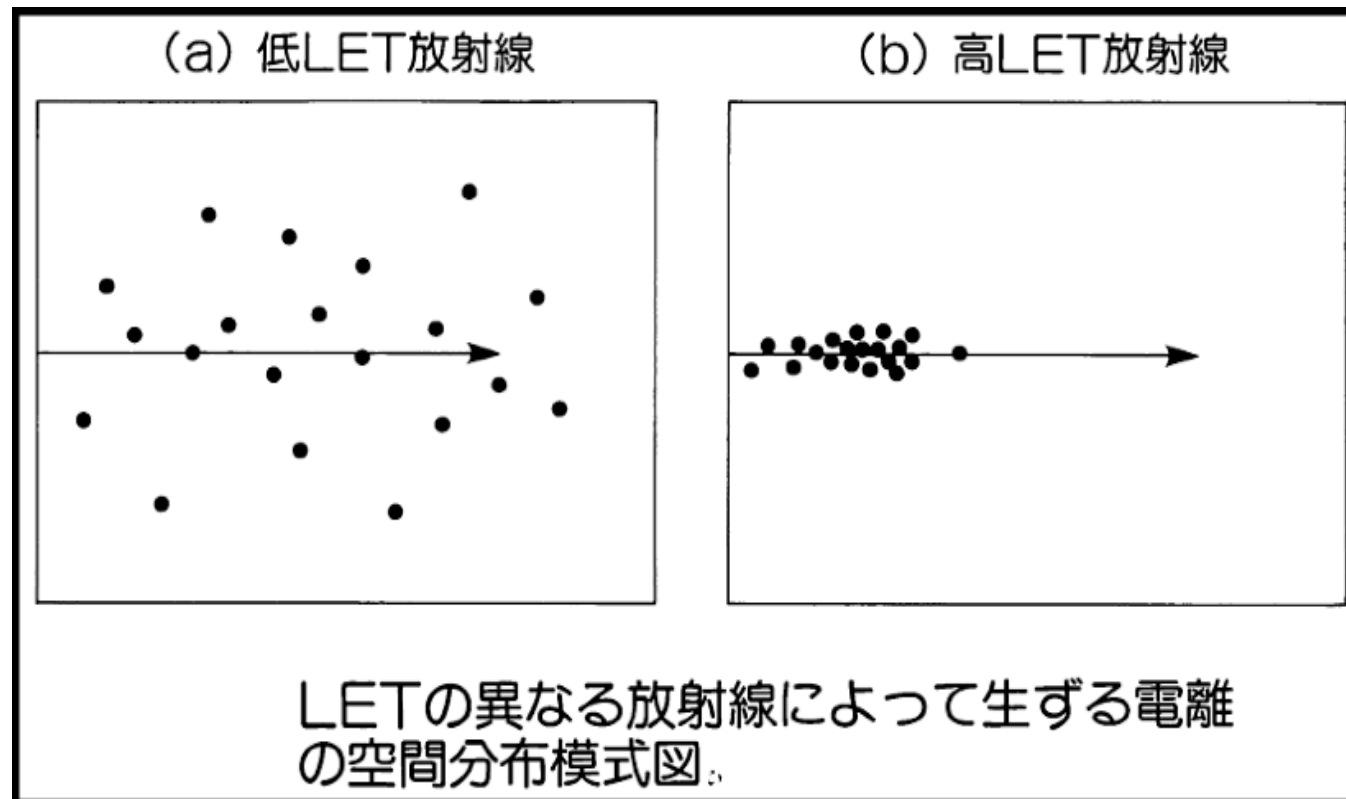
1 μm 進んだ時に平均何keVのエネルギーを与えたか? (keV / μm)

低LET放射線: γ 線、X線、 β 線

まばらにしかラジカルを生成しない(あるいは電離しない)放射線

高LET放射線: α 線、中性子線、陽子線、重粒子線

密にラジカルを生成する(あるいは電離する)放射線



全身被曝による急性影響の症状と被曝線量との関係

γ線を急性全身均等被曝した時

急性被曝線量 (Gy)	臨床症状	死亡率(%)
2～10	骨髓死: 白血球、血小板減少、 感染、出血	0～90% 数週間
10～50	胃腸死: 食欲不振、下痢、発熱、 電解質消失	90～100% 約9日間
50以上	中枢神経死: 意識障害、傾眠、痙攣、 昏睡	100% ～50時間

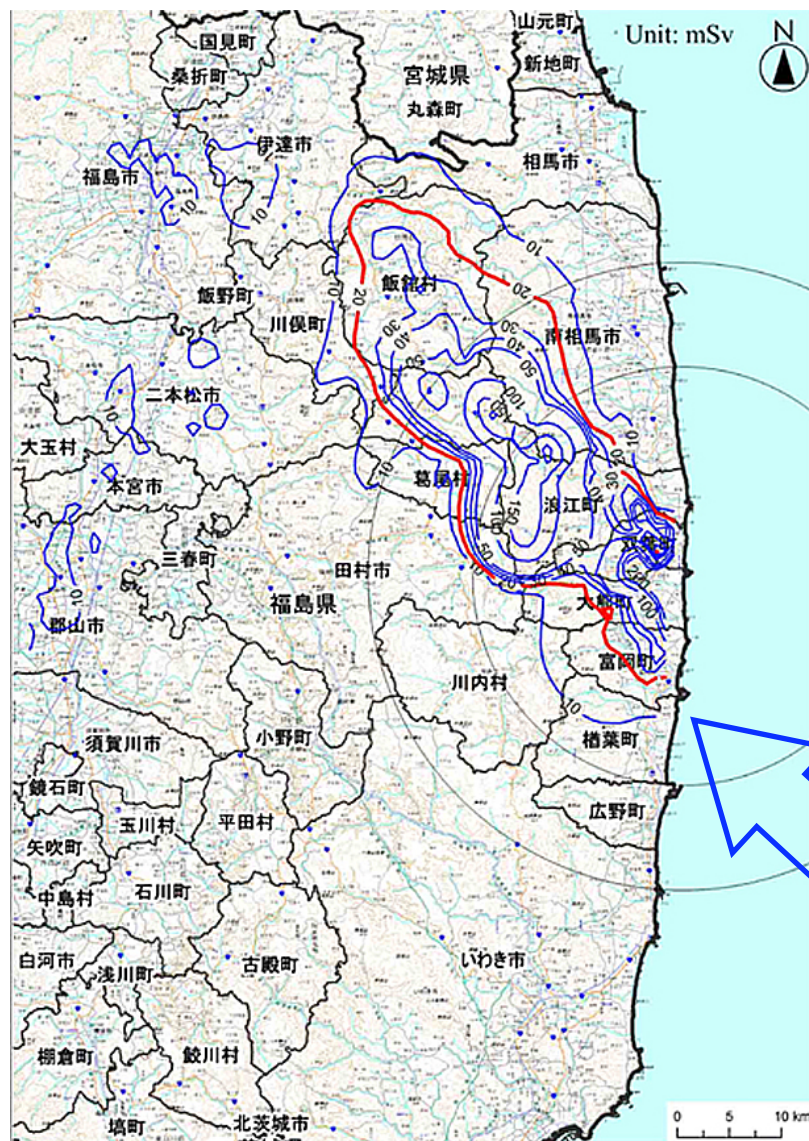
全身被曝による急性放射線症候群の症状 (ICRP Publ. 28)

線量	致死線量以下		生存可能(治療により)		致死	
	0-1Gy	1-2Gy	2-6Gy	6-10Gy	10-15Gy	>50Gy
治療	不要	経過観察	治療有効	治療可能性	対症療法	対症療法
主障害臓器	造血系		造血系	造血系	消化管	中枢神経系
主症状	軽度の白血球減少 血小板減少		高度の白血球減少、紫斑 出血、感染 脱毛(3Gy以上)		下痢、発熱 電解質異常	運動失調 傾眠、痙攣
主症状潜伏期			2-6週間		3-14日	1-48時間
治療法	鎮静	鎮静、観察 血液検査	輸血 抗生物質	輸血 骨髄移植	電解質の補正	対症療法
死亡率	0%	0%	0-80%	80-100%	90-100%	100%
死亡時期			2ヶ月	2ヶ月	1-2週	数時間-数日
死因			出血、感染、菌血症		腸炎	中枢神経死

風により放射性物質が運ばれるるので、20kmや30km圏というくりでなく、これからは**環境測定**という観点で、実測値を測り線量の認知を行っていくことが重要になってきます。

20kmや30km圏であっても、マイクロシーベルト毎時の線量、**即、健康被害と結びつけて考える必要はないです。**

積算線量の表示は環境線量の値として重要ですが、健康被害と直結はしない情報であるので、あまり意味があるとは思えません。住民に不安を与えるだけ。



農作物の放射性物質汚染

2011年3月20日

茨城県高萩市のホウレンソウから検出された
ヨウ素(^{131}I)で、1キロ当たり15,020ベクレル(Bq)

規制値: 1キロ当たり2,000ベクレル

セシウム(^{137}Cs)は、1キロ当たり690ベクレル

規制値: 1キロ当たり500ベクレル



緊急時に考慮すべき放射性核種に対する実効線量係数
経口摂取の場合

^{131}I $2.2 \times 10^{-8} \text{ Sv / Bq}$

^{137}Cs $1.3 \times 10^{-8} \text{ Sv / Bq}$

100mSvに達するまでに何キロ食べないといけないか？

^{131}I : $15,020 \times 2.2 \times 10^{-8} = 3.3 \times 10^{-4} \text{ Sv} = 0.33 \text{ mSv / kg}$

$100 \text{ mSv} / 0.33 = \underline{303 \text{ kg}}$

^{137}Cs : $690 \times 1.3 \times 10^{-8} = 897 \times 10^{-8} \text{ Sv} = 0.0090 \text{ mSv / kg}$

$100 \text{ mSv} / 0.0090 = \underline{11148 \text{ kg}}$



但し100mSvの被曝は1回で急性的に被曝したら障害が出るという値。同じ線量でも分割して被曝するとその効果は軽減する。

人体中の放射性物質の放射能



体内に
カリウム40 (^{40}K)
炭素14 (^{14}C)
が含まれています。

この2つの核種で合計約6000ベクレルが
人から通常でも放出されています。
ベクレルだとどうしても大きな値になりますが、
その数字に驚かないで。

人同士被曝させあっているということではありません。

半減期

放射性物質は時間がたつと放射能はだんだん弱くなります。
放射能が半分になるまでの時間を**半減期**といいます。

福島原発から出てきている放射性物質
ヨウ素(^{131}I)の半減期は約8日
セシウム(^{137}Cs)の半減期は約30年

これらは体内に取り込まれることが問題となります(内部被曝)

Q: セシウム(^{137}Cs)を身体に取り込むと30年間の内部被曝するの？



A: 体内で代謝され尿や糞などで約100日で排泄されます。

しかし、セシウムによる健康被害の報告はない。

原発事故時のヨウ素131 (^{131}I)による甲状腺がんからの予防

チェルノブイリ原発事故により多くのヨウ素131が飛散し、子供の甲状腺がんが増えました。甲状腺がんを防ぐためにヨウ化カリウムを服用しますが、福島原発事故では、ヨウ化カリウムを**今のところ慌てて服用する必要はありません。**

最悪の場合、下記のように服用します。

100mgのヨウ化カリウム投与した時の ^{131}I の摂取防止率

投与時期	^{131}I の摂取防止率
被曝24時間前	約70%
被曝12時間前	約90%
被曝直前	約97%
被曝3時間後	約50%
被曝6時間後	防止できない

40歳以上は甲状腺がんのリスクが認められないので、服用対象者にならない。

特に新生児、乳幼児や妊婦の服用は優先。ヨウ素として100mgを1回服用（原則1回投与。再度被曝の時はもう1回服用する。ただ妊婦は胎児の副作用を考慮して2回目投与は慎重に。**甲状腺の被曝線量が50mSv以下の場合は服用しない方が良い。100mSv以上は使用。**

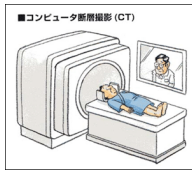
日本人は海藻の摂取量が多いのでどちらかといえば普通でもヨウ素過剰の状態。チェルノブイリ近辺の人は海藻の摂取はほとんど無く、ヨウ素欠乏状態でしたので、放射性ヨウ素の体内被曝が大きくなったともいわれている。

日常でみられる放射線被曝線量

Gy(グレイ):

放射線が物質に与えるエネルギーの単位

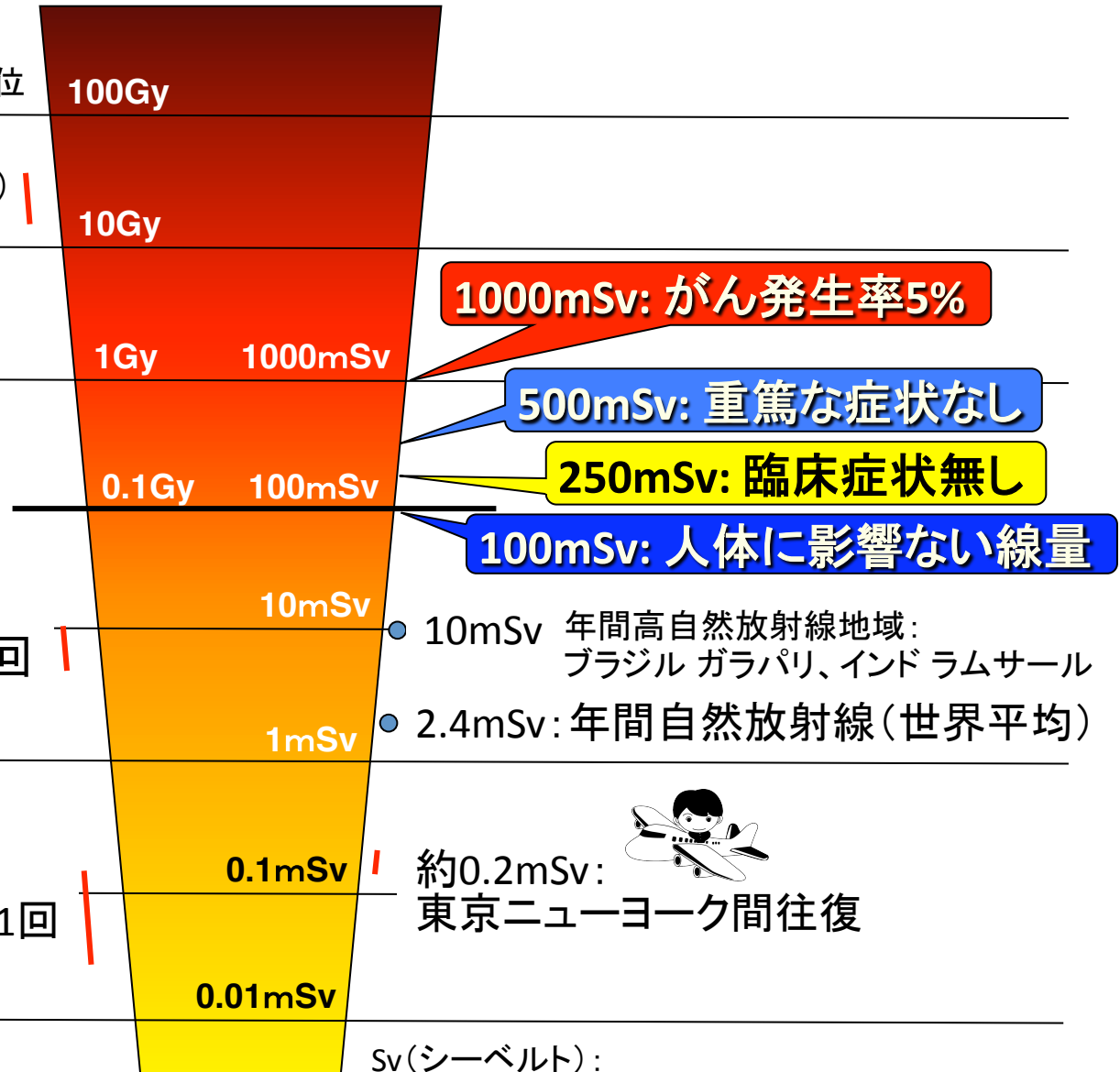
20-30Gy: がん治療(がんに対して)



8.8-10mSv CT/1回



0.05-0.65mSv 胸部X線/1回



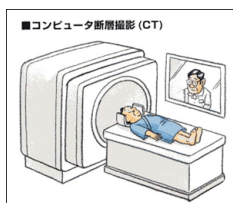
Sv(シーベルト):

放射線の人に対する影響に用いる単位

X線検査当たりの実効線量(全身被曝線量)

先進工業国の成人の平均

検査	mSv (ミリシーベルト)
胸部(直接撮影)	0.14
胸部(間接撮影)	0.65
腰椎	1.8
胸椎	1.4
骨盤・股関節	0.83
腹部	0.5
上部消化管	3.6
下部消化管	6.4
乳房撮影	0.5
CT	8.8
血管撮影	12.0
歯科	0.02



高性能CTだと
40あるいは100mSv被曝する

核医学検査及び治療における全身被曝量

放射性同位元素(アイソトープ)を用いる検査及び治療

検査	核種	使用量 (MBq)	おおよその全身 被曝量 (mSv)
甲状腺シンチ	ヨウ素123 (^{123}I)	3.7	0.814
甲状腺がん 治療	ヨウ素131 (^{131}I)	1850-7400	約2000mSvを限度 (甲状腺には 50-200Sv)
甲状腺機能 亢進症治療	ヨウ素131 (^{131}I)	111-370	70-100 (甲状腺には 50Sv)
PET	フッ素18 (^{18}F)-FDG	370	7
骨シンチ	テクネシウムリン酸塩 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$)	370	3
心筋シンチ	タリウム (^{201}Tl)	74	17
腫瘍シンチ	ガリウム67 (^{67}Ga)-サイトレイト	74	9

MBq(メガベクレル) : 100万Bq ³⁰

各組織・臓器の致死がんの名目確率係数(ICRP2007年勧告)

組織・臓器	致死がんの確率係数 (10^{-4} Sv^{-1})
食 道	15.1
胃	77.0
結 腸	49.4
肝 臓	30.2
肺	112.9
骨表面	5.1
皮 膚	4.0
乳 房	61.9
卵 巢	8.8
膀 胱	23.5
甲状腺	9.8
骨 髄	37.7
その他の固形がん	110.2
生殖腺(遺伝性)	19.3
合 計	565

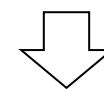
原爆被爆者の疫学調査結果から求められた確率係数。

全年齢1万人が1Sv被曝した時に致死的ながんになる確率

すなわち

$$565 \times 10^{-4} / \text{Sv}$$

1万人の人が10mSv被曝



1万人のうち5.65名に発がんリスク

例えば、赤色骨髄10mSv被曝した時の白血病リスクは？

骨髄の各目確率係数 10mSv

$$37.7 \times 10^{-4} / \text{Sv} \times (10 \times 10^{-3}) \text{Sv} = 3.77 \times 10^{-5}$$

すなわち放射線により0.00377%増加

ちなみに自然発生白血病の生涯リスクは0.7%

自然発生

10mSv被曝により白血病になるリスク

0.7% → 0.70377%

教訓:

1000 mSv(1Sv)を被曝してがんが発生する率は、
運転中に携帯メールを打って事故に遭う危険度
と同じ程度のリスク



5%上昇をどう考えますか？

放射線のリスクの程度

健康障害のリスク	余命損失日数の評価値 アメリカの平均(日)
喫煙20本/日	2,370 (6.5年)
体重過多(20%超過)	985 (2.7年)
全事故の合計	435 (1.2年)
自動車事故	200
飲酒	130
家庭内事故	95
溺死	41
自然放射線(計算値)	8
医療診断X線(計算値)	6
全天災(地震等)	3.5

日常の放射線よりも、タバコや肥満の方がもっとリスクが高い！

各種リスクによるアメリカの年間死亡統計

(Sci Am. 1982; 246(2):41-9)

喫煙	15万	
アルコール	10万	
自動車	5万	
ピストル	1.7万	アメリカ 4 日本 0.02/10万
オートバイ	3,000	
水泳	3,000	
外科手術	2,800	
X線診断	2,300 (推定値)	医療被曝程度の 放射線と比べると 喫煙やアルコール の死亡数が高い
鉄道	2,000	
航空機	1,300	
自転車	1,000	
登山	30	
原子力発電	3 (推定値)	
ワクチン接種	3	

10万に当たり死亡に至るリスク

喫煙	28(人)
自動車事故	10
航空機事故	0.04
鉱業	131
漁業	58.3
建築業	19.9
運輸業	12.7
製造業	5.39
全事業	7.44
放射線業務(原子力発電)	1

厚生労働省が示している食品の摂取制限に関する放射性ヨウ素の暫定基準値

飲料水と牛乳・乳製品1キロ当たり300ベクレル

1歳未満の乳児については、1キロ当たり100ベクレル



成人が放射性ヨウ素1キロ当たり100ベクレルの水を1年間毎日1リットル飲んで、甲状腺がん発症の生涯リスク

1万分の2

乳児の場合でも影響は少ない。

生涯交通事故に遭うリスク

200人に1人



喫煙者が肺がんになるリスク

100人に2人



喫煙による相対リスク

受動喫煙 (非曝露=1)		家庭	職場
	肺がん	1.29倍	1.14倍
虚血性心疾患	1.23倍	1.35倍	
能動喫煙 (非曝露=1)	肺がん	4.39倍(男性)、2.79倍(女性)	
	虚血性心疾患	2.51倍(男性)、3.35倍(女性)	

喫煙による年間死亡者数(2008年)

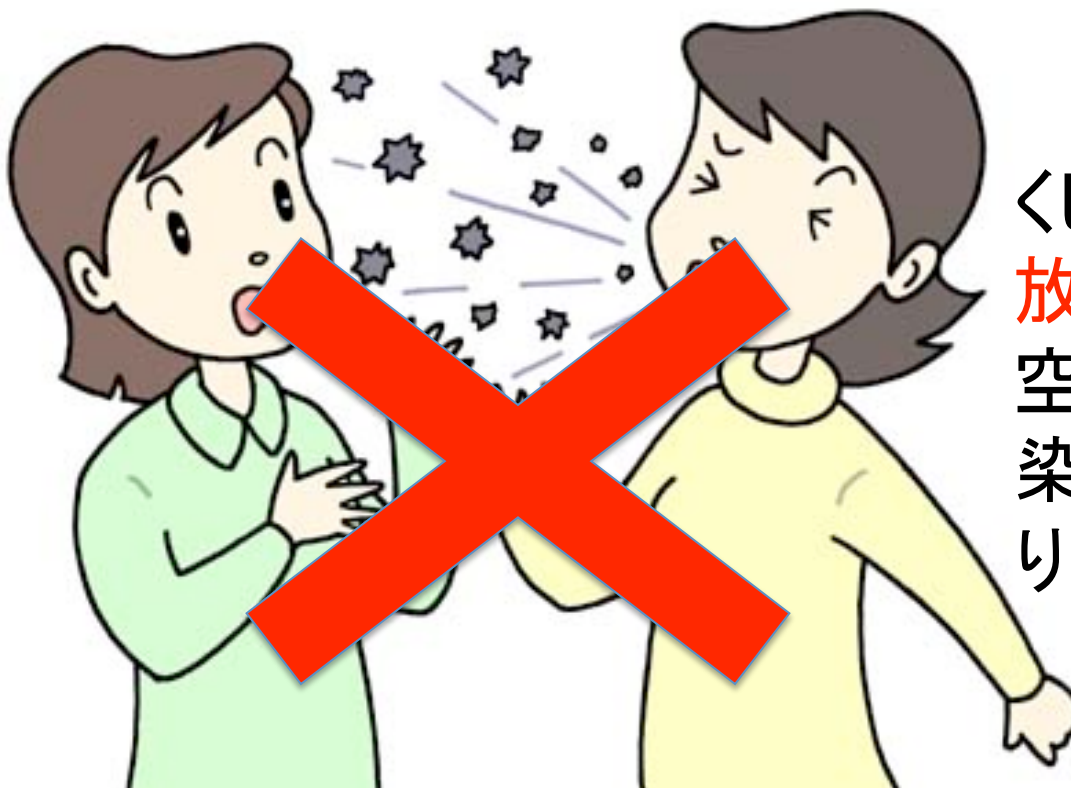
	男性		女性	
受動喫煙	2,221人(うち職場1,814人)		4,582人(うち職場1,811人)	
能動喫煙	肺がん	48,610人	肺がん	18,239人
	虚血性心疾患	42,156人	虚血性心疾患	34,426人

年間死亡数(2008年)は、受動喫煙で合計6,803人、能動喫煙者は143,431人
2010年 国立がん研究センター 片野田耕太氏報告

1000mSv被曝: がんになる確率5%(対象全がん) 100mSv以下では発がんもありません

福島原発20-30km圏内移動してきた方々から、 放射性物質がうつることはありません！

そもそも放射性物質がバクテリアやウイルスのように感染するという概念自体存在しません。現状の20-30km圏内で測定されている空間線量をもたらしていると思われるフォールアウト（放射性物質の降下物）が付着している程度では、他人の被曝を問題にすることはありません。



くしゃみをすることで、
放射性物質が人に
空気感染や飛沫感
染を起こすことはあ
りません！

放射性物質は花粉やホコリと同じ。服を変えたり、お風呂に入れば、放射性物質はなくなり、他の人に健康被害を及ぼすことはありません。

避難してきた方々への診療拒否や乗車拒否、子供たちの学校での差別、放射性物質汚染検査証明書の要求など、**恥ずべき行為**であることと考えてください。

2011/4/15 福島出身を理由に結婚破談？のニュース

「放射能の影響で元気な子供が生まれなかったらどうするの？」と、婚約者男性の母親からこう言われ、福島出身の女性が結婚破談？

もしこれが事実なら、明らかに放射線影響の知識不足

放射線被曝による遺伝的影響はありません！

原爆被爆者における胎児の死産率及び奇形率

父母の原爆被爆状況	死産	奇形率
被爆無し	1.3%	0.92%
高線量被爆者	1.4%	0.7%

差無し

現状のまとめ

放射線被曝による健康被害を考える時、短時間にたくさんの線量を被曝することが問題です。

現在、色々な農作物や海産物、環境放射線の値が報道されますが、様々な基準は非常に厳しく設定されているので、それらの数値が少し位上昇しても、右往左往することは有りません。それらの数値を気にしないといけないのは、原子炉の状況が今より悪化し、燃料棒破損の進行等により放射性物質が新たに放出されたり、施設が再度水素爆発等を起こしてしまった時だけと考えています。

放射線は正しく怖がりましょう！

健康影響に関しては、不安感を先行させるのではなく、「正當に怖がるための努力と、そのための関連情報の収集と理解」が肝要です。

放射線をむやみに怖がるのではなく、正しい知識を持って怖がるのが大切と考えています。

お問い合わせは

j-hsyseg@mbox.med.uoeh-u.ac.jp

参考1

ヨウ素131 (^{131}I) 半減期 8.04日

ベータ線を放出して、キセノン-131 (^{131}Xe)となり、**ガンマ線**が放出される。 1×10^9 kgのウラン238(^{238}U)の自発核分裂によって 4.6×10^{18} ベクレル生じる。

チェルノブイリで子供の甲状腺がん増加が問題となった。

セシウム137 (^{137}Cs) 半減期 30.1年

ベータ線を放出してバリウム-137(^{137}Ba)となるが、94.4%はバリウム137m ($^{137\text{m}}\text{Ba}$)を経由する。バリウム137mから**ガンマ線**が放出される。 1×10^9 kgのウラン238(^{238}U)の自発核分裂によって 6.3×10^{15} ベクレル生じる。

セシウムによる健康被害の報告はない。

ヨウ素131と**セシウム137**は、原子炉で最も発生しやすい放射性物質の仲間であり、揮発性で水に溶けやすく、飛散しやすい。

参考2

プルトニウム239 (^{239}Pu) 半減期 2.41万年

原子炉を運転すると、プルトニウム239が生成し**アルファ線**を放出して、ウラン235 (^{235}U)となる。**アルファ線**による内部被曝が問題になる。

アルファ線は1Gyのエネルギーで20Svの影響を及ぼす。

体内に取り込まれる経路は主に**吸入**による。経口摂取しても消化管からほとんど吸収されない。生物学的半減期は、骨で50年、肝臓で20年、生殖腺ではさらに長いと考えられている。

プルトニウムの比放射能(重さ当たりの放射能の強さ)はウランよりも約10万倍強い。しかし、原子炉で生成される放射線同位元素の中でプルトニウムの割合は非常に少なく、その放射能が占める割合は0.数%に過ぎない。また半減期が長いので、プルトニウムの崩壊(放射性崩壊)が起こりにくく、結果として**放射能は著しく低くなる**。

ビーグル犬を用いた実験では、発がん性は高かった。

ヒトの場合、プルトニウム吸入した者で発がん例はない。

プルトニウム239は、非常に重い物質なので爆発でもない限り、広範囲に飛散しない。

参考3

ストロンチウム90 (^{90}Sr) 29.1年

ベータ線を放出してイットリウム90 (^{90}Y , 2.67日)となり、イットリウム90もベータ崩壊してジルコニウム90 (^{90}Zr)となる。ウラン238 (^{238}U)の自発核分裂などによって生じるが、生成量は少ない。チェルノブイリ原発事故では**ストロンチウム90**の放出量は、セシウム137 (30.1年)に比べて小さかった。

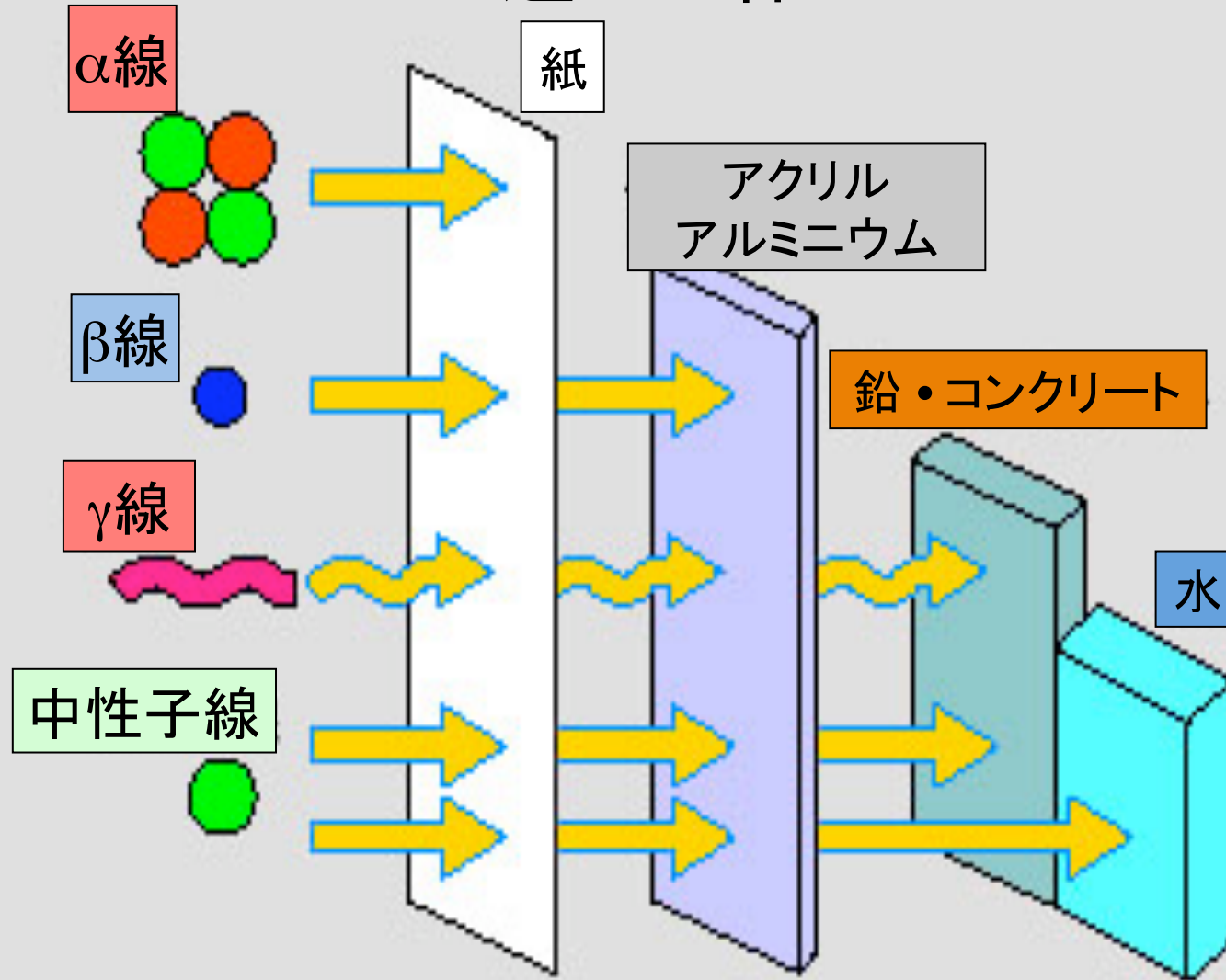
ストロンチウムはカルシウムと似た性質で、体内に取り込まれると骨に長く沈着する。またイットリウム90が出すベータ線はエネルギーが強いため、健康影響は大きい。

ストロンチウムは原発からの放出は非常に少ない。揮発性化合物をつくりにくく、排気中には含まれない。問題になるなら再処理工場からの放出で海洋汚染。

参考4

放射線の種類	本体	遮へい体	問題となるのは
アルファ線 (^{239}Pu , ^{90}Sr)	ヘリウム原子核	紙	内部被曝
ベータ線 (^{131}I , ^{137}Cs)	電子	アクリル プラスチック	内部被曝
ガンマ線 (^{131}I , ^{137}Cs) X線	光子	鉛	外部被曝

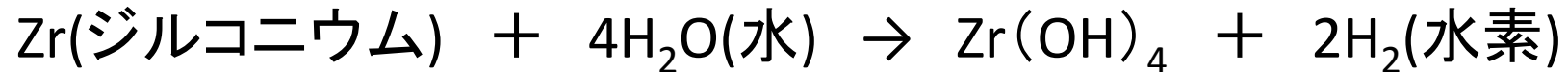
遮へい体



参考4

水素爆発

燃料棒外側の金属(ジルコニウム)が高温となり水と反応すると水素が発生します。



水素ガスは極めて引火しやすく、十分な量の水素が空気と混ざると、空気中の酸素と急速に反応して爆発を生じます。

水蒸気爆発

原子炉内の水の中に、非常に高温となったジルコニウム等の熱い細粒物質と触れると急激に水が気化し発生する爆発現象

参考5

原発爆発で想定される当初 の放射性物質の放出量

放射性物質	放出量(g)	Bq
総量	7.1×10^3	1.5×10^{19}
I-131	1.5×10^1	8×10^{16}
Pu-239	0.0375	1.36×10^9
Cs-137	3.1×10^3	1.0×10^{16}
Sr-90	0.0224	1.4×10^{12}

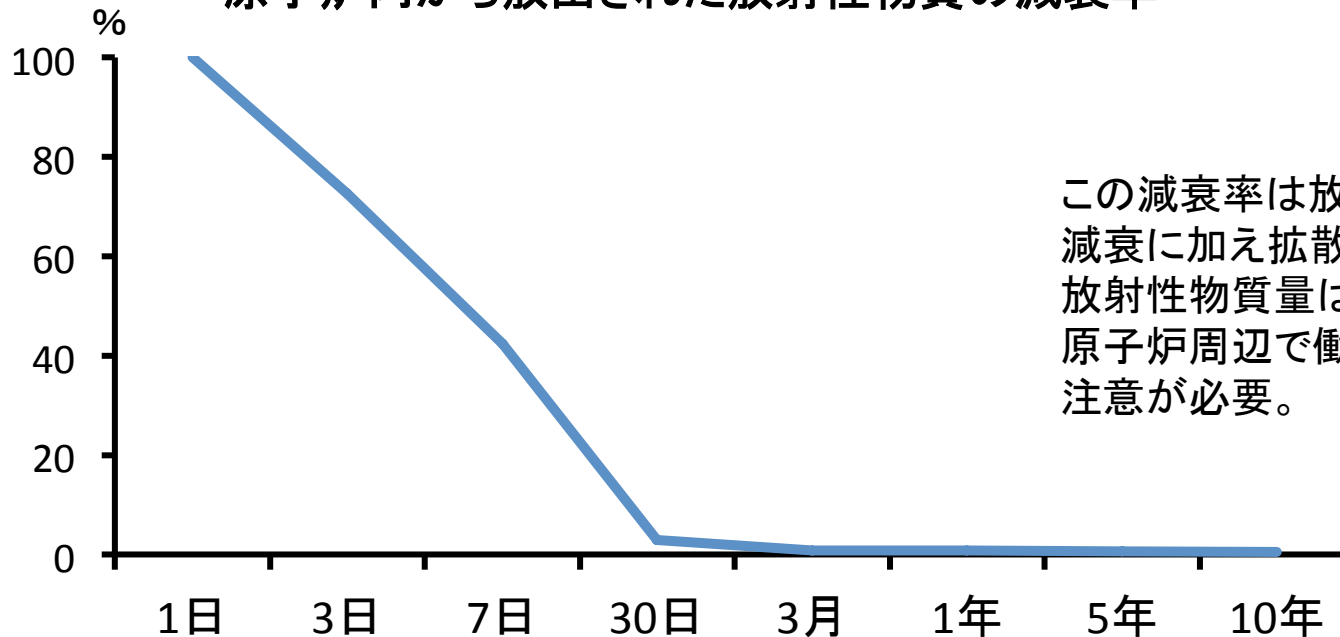
原子炉内から放出された放射性物質は、半減期の短いものが多いため、約3ヶ月でほとんどが放射性物質ではなくなる。

初期はI-131対策が主な問題となる。

Cs-137は半減期は長いですが、今後は土中に入るのので、土を掘り返さない限り、影響は少ないと思われる。

Pu-239の半減期は長いですが、元々の生成量は少ないため、原子炉直近以外の影響は少ない。

原子炉内から放出された放射性物質の減衰率



この減衰率は放出された全量の減衰率。減衰に加え拡散が加わるので、環境中の放射性物質量はもっと早く減少します。原子炉周辺で働く人は拡散源に近いので注意が必要。

文部科学省の福島県教育委員会等に対する通知

福島県内の学校等の校舎・校庭等の利用判断における暫定的考え方について

平成23年4月19日

児童生徒等の受ける線量を考慮する上で、16時間の屋内（木造）、8時間の屋外活動の生活パターンを想定すると、20mSv／年に到達する空間線量率は、

屋外：毎時3.8マイクロシーベルト

屋内：毎時1.52マイクロシーベルト

非常に低く設定されている。

放射線管理区域内の作業場所での線量限度

法令で定められた空間線量限度

1週間で1mSv

但し、就労時間は1日8時間、週5日として、
時間当たりに換算すると毎時25マイクロシーベルト