

放射線てなんだろう

—放射線の基礎知識—

第458回市民医学講座

仙台総合放射線クリニック理事長
小川芳弘

平成23年7月21日

放射線の定義

放射線とは、広い意味では、すべての**電磁波**および**粒子線**の事を言います
一般的には物質を通過する際に、原子や分子をイオン化させる能力がある
電離放射線のことを、放射線と呼んでいます

原子力基本法では、放射線とは電磁波、粒子線のうち、直接、間接に空気を電離する能力をもつもので、政令で定めるものをいう、としています

電磁波とは空間の電場と磁場の変化によって作られる波のことで、この波は光速で伝わります

粒子線は、原子核や中性子、電子といった小さい粒子の流れ

主な電磁波

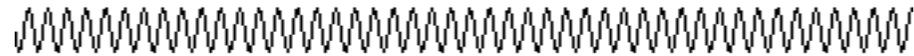
光、X線（レントゲン線）、ガンマ線（ γ 線）

主な粒子線

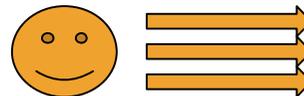
アルファ線（ α 線）、ベータ線（ β 線）、電子線、陽電子線、陽子線、重イオン線、中性子線など

放射線の種類

電磁波 : X線、 γ 線



粒子 : α 線、 β 線、電子線、
陽子線、中性子線、重イオン線



代表的な放射線

アルファ線 (α 線)

アルファ線はヘリウムの原子核の流れ（陽子 2 個中性子 2 個） 透過力は弱く紙 1 枚で止まる（遮蔽できる）

ベータ線 (β 線)

核の内部から放出される電子または陽電子の流れ 透過力はアルファ線より強く、紙は貫通しますが、アルミホイルで遮蔽できます

ガンマ線 (γ 線)

原子核内から放出される電磁波 透過力はアルファ線、ベータ線よりずっと強く、遮蔽には鉛、厚い鉄板が必要

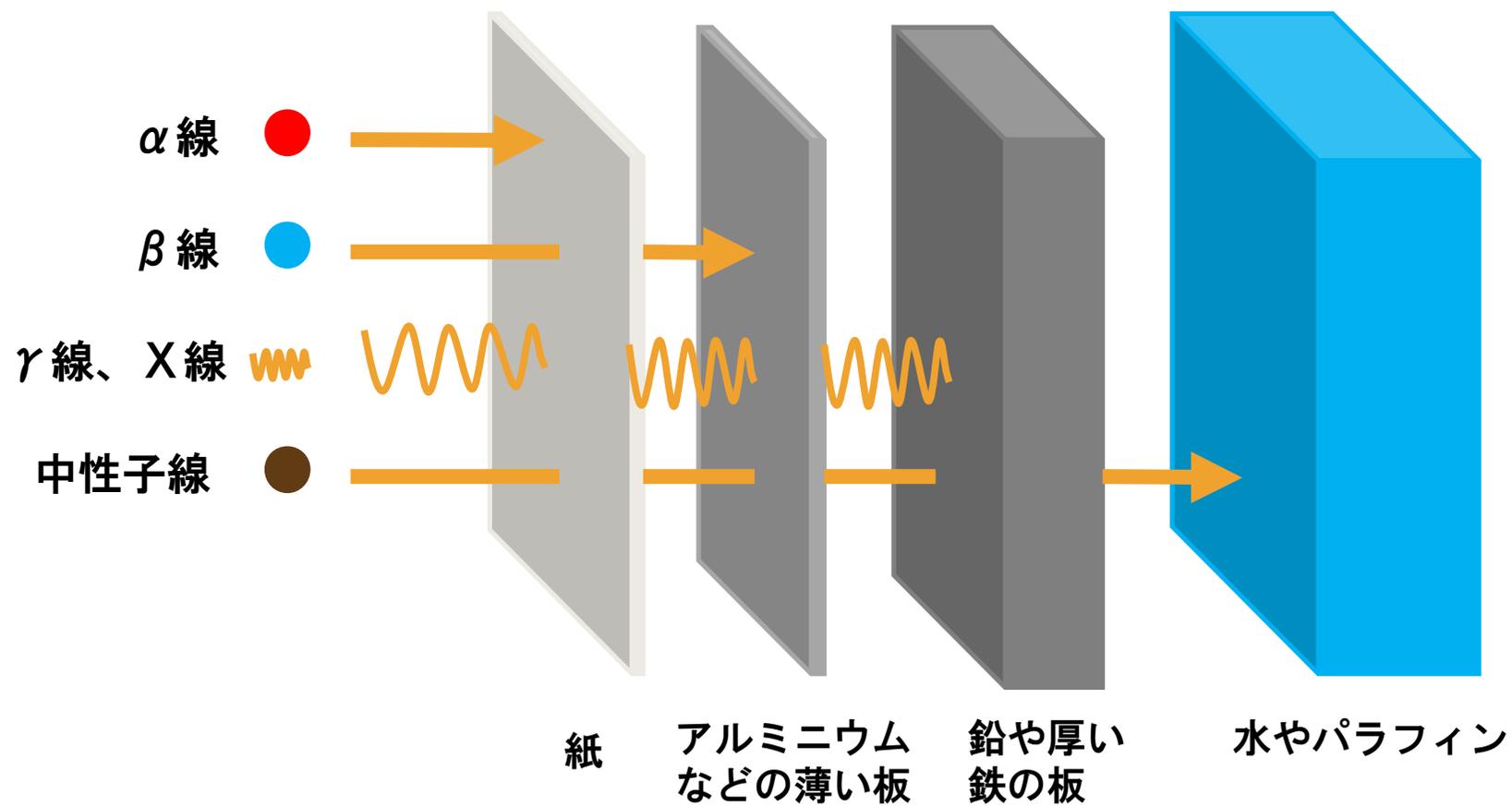
X線

原子の軌道電子の軌道の移動に伴って放出される電磁波で、ガンマ線と同じ性質があります

中性子線

中性子の流れで、透過力は上記放射線より強く、遮蔽には水、コンクリートが必要

放射線の透過力



放射線の単位

- ▶ **照射線量** : $C/kg=R$ (レントゲン)
1Kgの空気に照射されたエネルギー量
- ▶ **吸収線量** : $J/kg=Gy$ (グレイ)
エネルギーの吸収密度
- ▶ **線量当量** : Sv (シーベルト)
Gyに生物学的な効果を加味した係数を掛けた値
- ▶ **放射能** : Bq (ベクレル)
単位時間あたりの崩壊数

放射線と放射能

放射線とは、電磁波や粒子線のこと、放射能とは、放射線を出す性質（能力）のことをいいます

放射性物質は放射能をもっているということになります

放射能の強さは、放射性物質が1秒間に壊れていく数で表し、1秒間に1個の原子核が壊れる放射能の強さを1 Bq（ベクレル）と言います

放射性物質の放射能も時間とともに減衰していき、一定の時間で放射能が半分になるようになっています
この時間を半減期とって、物質固有の値になっています

放射線の性質

■ 蛍光作用

蛍光物質（硫化カドミウム亜鉛、タングステン酸カルシウムなど）にあたると蛍光を発する作用

■ 透過作用

物質を透過する作用

■ 感光作用

写真乳剤（フィルム）を感光させる作用

■ 電離作用

物質をイオン化（電離）し、電気の伝導性を与える作用

放射線の人体におよぼす効果

直接効果

放射線が直接DNAを損傷する

間接効果

放射線が体内に入ると、体内の水分子が電離



OHラジカル基が生成され、生体内の物質に対し強い化学反応を引き起こす

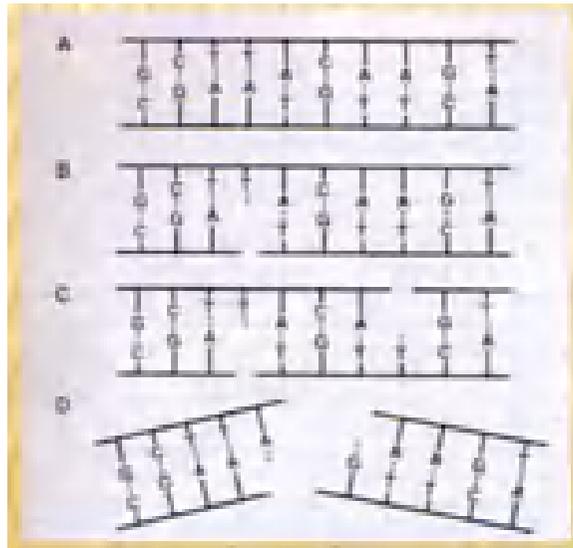


細胞の核内のDNAが損傷



細胞分裂時にうまく複製できず細胞が死ぬ

(OHラジカル基の寿命は短い)
10⁻³秒以下



放射線の身体的影響と遺伝的影響

放射線を受けた人に影響が出る身体的影響と、放射線を受けた人のこどもや孫に影響が現れる遺伝的影響とがあります

身体的影響

急性障害

放射線を受けて数週間以内に出る影響 皮膚炎など

晩発性障害

放射線を受けて数カ月から数年後に症状が出る影響

白内障など

遺伝的影響

ショウジョウバエを用いた動物実験では突然変異が起きることが確認されていますが、人については、広島・長崎の被曝者の調査でも、遺伝的影響は確認されていません

放射線の確定的影響と確率的影響

確定的影響

一定量の放射線を受けると、必ず影響が現れる現象
受けた線量が多くなればその影響も大きい

確定的影響には、しきい値があり、放射線を受ける量をそのしきい値以下に抑えることで防ぐことができる

確率的影響

一定量の放射線量を受けたとしても、必ずしも影響が現れるわけではない現象 しきい値がないと仮定する影響
がん、白血病などは確率的影響

確定的影響のしきい値

	影響	急性被曝(Sv)	慢性被曝(Sv/年)	慢性被曝(μ Sv/h)
水晶体	混濁	0.5~2	0.2	22.8
	白内障	5	0.15	17.1
精巣	一時的不妊	0.15	0.4	45.6
	永久不妊	3.5~6	2	228.3
卵巣	永久不妊	2.5~6	0.2	22.8
造血器	機能低下 (白血球減少)	0.5	0.4	45.6
胎児	奇形	0.1		
	重度精神発達遅延	0.12~0.2		
皮膚	紅斑	6~8		
	一時的脱毛	3~5		
	永久脱毛	7		
全身	半数死亡/60日	3~5		

放射線の影響一分類

身体的影響	急性 100%死亡	(7000mSv)
	脱毛	(3000mSv)
	不妊女	(2500mSv)
	晩発 白内障	(5000mSv)
	胎児奇形	(100mSv)
	白血病	
	がん	
遺伝的影響	代謝異常	
	軟骨異常など	

確定的影響
(大量の
放射線被曝)

確率的影響
(少線量でも
小さい確率)

放射線の影響(まとめ)

細胞の核が傷つけられ、それがもとで、いろいろな影響
がでる可能性があります

放射線の量によって、

低線量では確率的な影響（発がん、白血病など）

高線量になってくると確定的な影響がでます
（皮膚炎、白内障、不妊、死亡など）
確定的影響にはしきい値があります

年間100mSv以下の被曝では確率的影響もほとんど検出
できません

放射線の良い影響と悪い影響

放射線の良い影響

放射線を用いて病気の診断ができる
手術にかわって、非侵襲的ながんの治療ができる
少量の放射線被曝は免疫能を上げて健康によい



ホルミシス説

その他、工業、農業などへの応用

放射線の悪い影響

被曝することによる放射線障害の発生
確定的影響と確率的影響

医学的応用

X線の発見により、体を開けなければ知ることができなかった体の内部の構造を、体を開けずに、情報が得られるようになりました



近代医学の発展に大きく貢献しています



X線写真
血管造影
CT (Computed Tomography)
核医学
放射線治療

放射線診断に伴う被曝線量

検査	実効線量 (mSv)	単純X線撮影	実効線量 (mSv)
頭部CT	2	頭蓋骨	0.07
胸部CT	6~8	胸部	0.06
腹部CT	10~20	腹部	1.0
骨盤CT	10~20	骨盤	0.7
PET-CT	8~32	上部消化管透視	1.5
骨シンチ	1.4	注腸造影	7.0
心筋シンチ	8.5		
腫瘍(Ga)シンチ	7.8		

放射線治療

放射線を照射することで細胞に障害を与え、切らずに癌細胞を殺す治療です

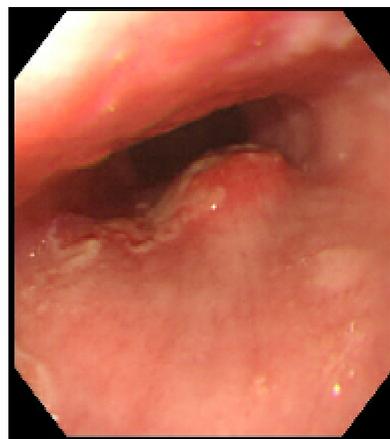
手術、化学療法とならんで、癌治療の3本柱のひとつになっています



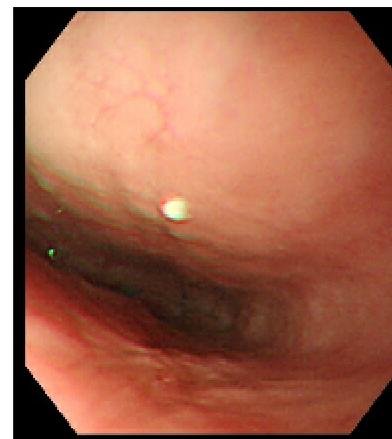
食道癌照射前



食道癌照射中間



食道癌照射後



放射性同位元素について

同じ元素で、中性子の数が違うものを同位体といます

同位体のなかでも安定なものとは不安定なものがあり、不安定なものは時間とともに壊れて（放射性壊変）、放射線を出します

この放射線を出す同位体を放射性同位体、放射性同位元素とといいます

放射性同位元素は自然界に存在するものと、原子炉などで作られる人工放射性同位元素があります

炭素14 (^{14}C)、カリウム40 (^{40}K)、ヨウ素131 (^{131}I) 等

放射性同位元素は放射性壊変して、安定な物質に変わっていきますが、その放射性壊変の確率は物質によって決まっています
はじめに存在した物質の半分が放射性壊変して半分に減るまでの時間を半減期とといいます

被曝の単位

Sv(シーベルト)

放射線の吸収を表す単位

Gy (グレイ) (J/Kg)

人体が受けた放射線の影響は、その放射線の種類によってことなります。X線とγ線、β線、電子線などは、ほとんど効果は同じですが、α線や中性子線、陽子線の場合は同じ量のX線、γ線に比べて、影響は強くなります。

このため、吸収線量 (Gy) に放射線の種類毎に定められた**放射線荷重係数**を乗じて、線量 (当量) を算出したものがSvです。

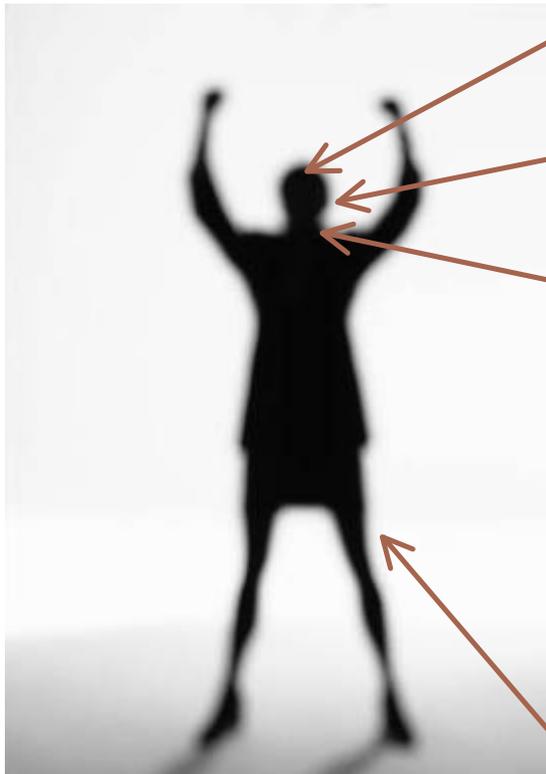
$$Sv = \text{放射線荷重係数} \times Gy$$

国際放射線防護委員会1990年勧告より

放射線の種類	荷重係数
X線、γ線、β線 (電子線) など軽粒子	1
中性子 (エネルギーによって違う)	5 ~ 20
α線、重粒子線	20

自然界の放射線

自然界には放射線が存在します



宇宙線から 0.39mSv

空気中のラドン 1.26mSv

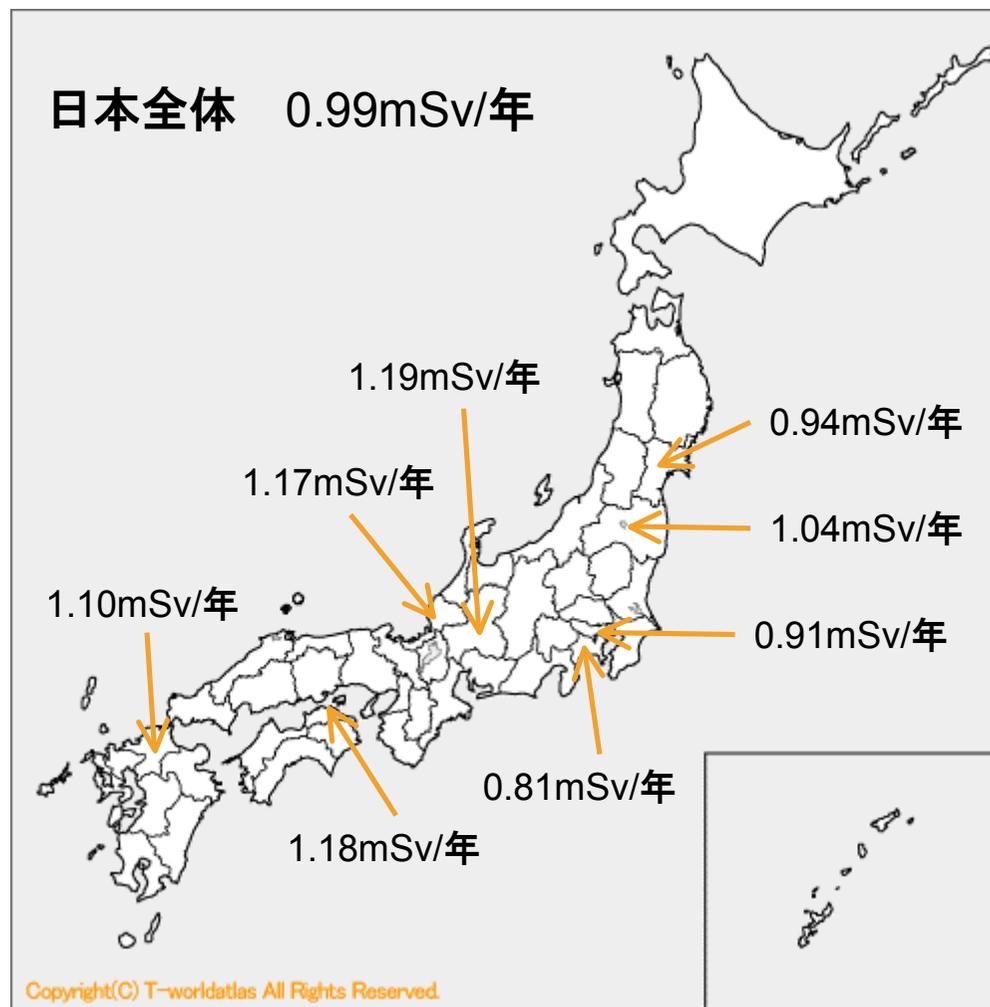
食物から 0.29mSv

自然放射線による年間線量
世界平均 約2.4mSv
日本平均 約1.5mSv

大地から 0.48mSv

地域によっても自然放射線量は違います

宇宙、大地からと、食物摂取によって受ける放射線の量

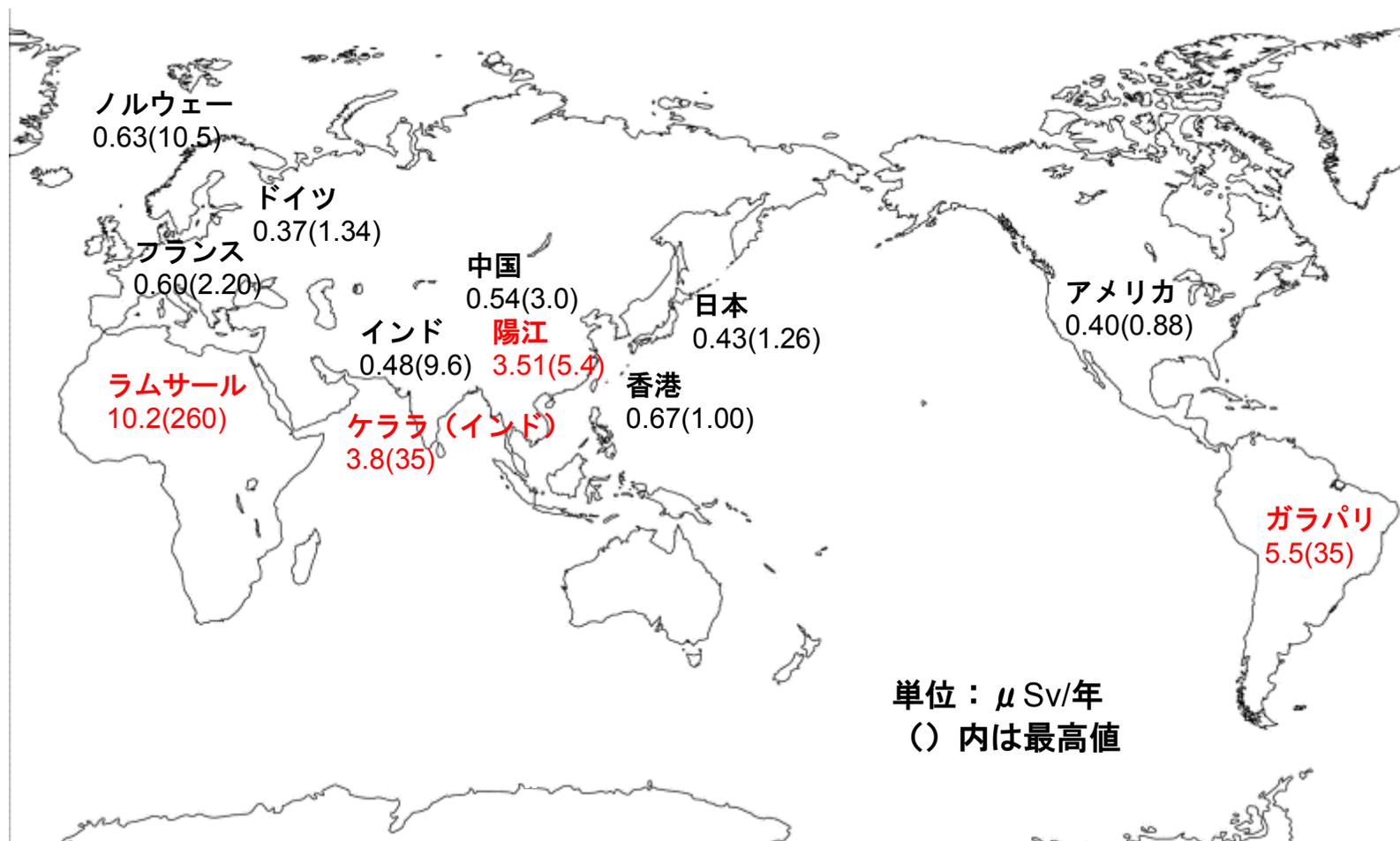


日本では大地から受ける放射線量は平均0.43mSv/年

大地に含まれる鉱物の種類が異なるため地域で異なる
(花崗岩が多いと高い)

東北電力HPより

世界の自然放射線量(大地から)



世界平均は0.50mSv/年

ニューヨークまで飛行機で往復すると

東京ーニューヨークを飛行機で往復すると 0.19mSvの被曝

高度が高くなると、宇宙から受ける放射線
(宇宙線) を多く受けるようになるため



高度	放射線強度
高度20000m	13 μ S v / h
高度12000m (飛行機)	5 μ S v / h
高度4000m	0.2 μ S v / h
高度2000m	0.1 μ S v / h
海面	0.03 μ S v / h

宇宙飛行士は1日
1mSv被曝していると
いわれています

人体の放射能

ヒトは自然界の物質からできています

自然界にはいろいろな種類の放射性物質が存在し、当然それらはからだの一部として体内に存在します
特にカリウムの0.01%は放射性物質のカリウム40です

体内に含まれる主な放射性物質は

カリウム40 (0.17mSv)	β 崩壊	4000ベクレル
---------------------	------------	----------

炭素14	β 崩壊	1500ベクレル
------	------------	----------

カリウム40	半減期12億5000万年
--------	--------------

炭素14	半減期5730年
------	----------

人体からも常に放射線が出ていることになります

ICRP（国際放射線防護委員会）

専門家の立場から放射線防護に関する勧告を行う民間の 国際学術組織

被曝低減の原則 ALARAの原則

1954年：可能な最低限のレベルに (to the lowest possible level)

1956年：実効できるだけ低く (as low as practicable) ALAP

1965年：容易に達成できるだけ低く (as low as readily achievable)
ALARA1

1973年：合理的に達成できるだけ低く (as low as reasonably achievable)
ALARA2

2007年の勧告では、1年間の被曝限度となる放射線量を平常時は1mSv未満
緊急時には20～100mSv、緊急事故後の復旧時は1～20mSvと定めている

被曝線量の上限（法律）

ICRP勧告を基に放射線障害防止法関連法令にて規定されています

放射線が人類の幸福にもたらす利益が確率的影響による健康上の不利益を遥かにうわまわることを保証しうる上限の線量

	職業被曝	公衆被曝
実効線量	50mSv/年	1mSv/年
	100mSv/5年 (20mSv/年)	
	5mSv/3カ月 (妊娠可能な女子)	
	1mSv (妊娠から出産まで)	

公衆被曝は1年間に1mSvの被曝が許容されています

単純に365日24時間で割ると、0.114uSv/時間となります

職業被曝では、20mSv/年、すなわち、2.28uSv/時間となります

国際原子力事象評価尺度 (INES)

	レベル	基準 (もっとも高いレベル)			参考事例
		基準 1 : 所外への影響	基準 2 : 所内への影響	基準 3 : 深層防護の劣化	
事故	7 (深刻な事故)	放射性物質の重大な外部放出	原子炉や、放射性物質障壁が壊滅、再建不能		チェルノブイリ 福島原発
	6 (大事故)	放射性物質のかなりの外部放出	原子炉や、放射性物質障壁の致命的な被害		
	5 (所外へのリスクを伴う事故)	放射性物質の限られた外部放出	原子炉の炉心、放射性物質障壁の重大な損傷		スリーマイル
	4 (所外への大きなリスクを伴わない事故)	放射性物質の少量の外部放出	原子炉の炉心、放射性物質障壁のかなりの損傷		JCO臨界事故
異常な事態	3 (重大な異常事象)	放射性物質の極めて少量の外部放出	重大な放射性物質による汚染	深層防護の喪失	
	2 (異常事象)		かなりの放射性物質による汚染	深層防護のかなりの劣化	美浜原発
	1 (逸脱)			運転制限範囲からの逸脱	もんじゅナトリウム漏えい
尺度以下	0 (尺度以下)	安全上重要でない事象		0+安全に影響を与えうる事象	
				0-安全に影響を与えない事象	
評価対象外		安全に関係しない事象			

原発事故で放出される放射性同位元素

- ヨウ素131 （半減期8.05日、 β 線、放射性キセノンから γ 線）
放出され易い 甲状腺に取り込み注意
- セシウム137 （半減期30年、 β 線、バリウムから γ 線）
土壌と結合し易く長期汚染の原因
食物連鎖を経て人体（筋肉）に入りやすい
- ストロンチウム90 （半減期28年、 β 線）
セシウムよりは放出され難いが炉心破壊で放出
骨に取り込まれる
- プルトニウム239 （半減期24110年、 α 線）
遠方には行かない 肺に沈着
- クリプトン85 （半減期10.8年、 β 線、 γ 線）
自然界にないが年年上空に蓄積 体内蓄積なし
- キセノン133 （半減期5.27日、 β 線）：
重い気体。放射線雲通過後影響なし 体内蓄積なし

放射性セシウム (^{137}Cs) について

- 放射性セシウム137 \Rightarrow 放射性バリウム137 \Rightarrow 安定バリウム
 ↓ (原子番号55) ↓ (原子番号56)
 β 線 γ 線
- 半減期30年
- 天然：自然界ウラン鉱の自然核分裂（生成量少）
- 人工的：軽水炉原発100万 kW1年運転 $\rightarrow 1.4 \times 10^{17}$ Bq
 （福島定格出力110万 kW）。
- 1 Bq経口：0.013 μ Sv

原発事故での問題は放射性物質の放出

原発事故による放射性物質の放出により、空気中、水中に放射性物質が拡散

水中に出た場合は、海流でいろいろなところに拡散する可能性があります
海水は絶対量が多いため、高濃度になる可能性は低いと思われませんが

空中に放出された放射性物質は大気の流れ（風）で周囲に拡散、そこで雨、雪が降れば雨、雪とともに地上に降りてきて、地面、建物などに付着、川などにも当然流れ込みます

放射性物質が持続的に放出される場合は、放射線の濃度は持続的に上がりますが、一時的に放出された場合は、放射性物質の半減期とともに、放射線の濃度は低下していきます

原発事故の場合、放射性ヨウ素、放射性セシウムが多く放出されますが、放射性ヨウ素は半減期は8日と短く、時間とともに減っていきます

放射性セシウム、放射性ストロンチウムなどは半減期が30年程度あり、長期的にはこれらによる被曝が問題になると考えられます

現在の仙台の放射線量(7月1日)

青葉区

		μ Sv/h
1	作並小学校	0.08
2	大倉小学校	0.08
3	台原小学校	0.09
4	貝森小学校	0.10
5	第一中学校	0.09
6	大沢中学校	0.09
7	広陵中学校	0.06
8	国見ヶ丘せんだんの 杜保育園	0.09
9	錦町公園	0.13

宮城野区

		μ Sv/h
1	東宮城野小学校	0.11
2	新田すいせん保育所	0.14
3	新田東中央公園	0.16
4	榴岡四丁目公園	0.15

太白区

		μ Sv/h
1	郡山小学校	0.13
2	八本松児童館	0.12
3	向山保育所	0.13

若林区

		μ Sv/h
1	七郷中学校	0.11
2	荒井青葉保育所	0.13
3	新寺四丁目公園	0.17

泉区

		μ Sv/h
1	虹の丘小学校	0.10
2	八乙女中学校	0.12
3	南光台保育園	0.12

東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター（青葉区青葉山地区）では同じ日に
0.08 μ Sv/h（3/11以前の平常時は0.04 μ Sv/h）

仙台市HPより引用

ヨウ素投与について

ヨウ素は甲状腺ホルモンのもとになる物質で、海藻などに多く含まれています。

原発事故で放出されるヨウ素¹³¹は経口的に体内に入ると甲状腺に取り込まれます。そこで、内部被曝を引き起こすことになります。

ヨウ素の甲状腺への取り込みは限度があります。あらかじめ、大量のヨウ素を甲状腺に取り込んでおけば、しばらくは新たなヨウ素は取り込まれなくなります。

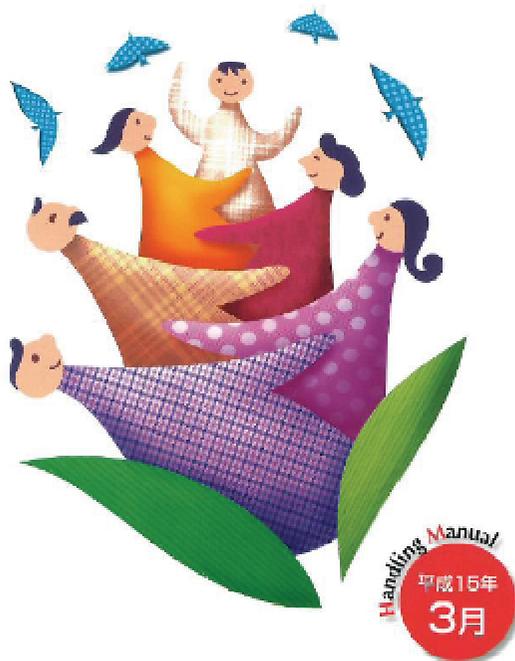
そこで、原発などの事故で放射性ヨウ素が放出された場合、ヨウ素（ヨードカプセルなど）を投与して、放射性ヨウ素が体内に取り込まれないようにします。

このヨウ素投与の指示は災害対策本部等がすることになっているようですが、今回の事故ではその指示は出ませんでした。しかし、原発近隣の住民にはヨウ素剤が配られた地区もあるようです。実際に服用したひともいたようですが、指示が出たわけではなく、混乱していたようです。

ヨウ素投与はあくまで緊急事態の予防策であり、飲んだから安心というものでもありません。避難できる場合は避難が第一とされています。

安定ヨウ素剤取扱いマニュアル (財団法人原子力安全研究会)

安定ヨウ素剤 取扱いマニュアル



財団法人原子力安全研究会

ヨウ素剤投与の意義、対象、服用法、副作用等が記載されています

実際の投与の対象者は40歳未満の人と、40歳以上でも妊娠している人に限られています

(40歳以上の場合、内部被曝による甲状腺癌発生のリスクの増大はないという観点から)

ヨウ素の副作用は稀ですが、ほてり感、皮疹、関節痛、吐き気などの症状が出る場合がまれにあります。

また、ヨウ素にアレルギーのある人があり、ショック等を起こす可能性もあります
(CTの造影剤であるヨードと同じです)

低線量の被曝で何がおきるのか？

放射線を被曝すると、細胞のDNAが傷つけられ、それが原因で、細胞死や突然変異を生じたりする可能性があります

放射線量の増加に伴い、がん発生などの確率的影響が発生する危険性も増加します

しかし、100mSv以下の低線量の被曝では、その影響が確認できない程度の低いものです（広島、長崎の原爆被爆者の長期の追跡報告から）

原爆被爆では線量を一度に受けたものですが、今回の事故では慢性的に線量を受ける状況であり、リスクはさらに低いものになるとされています
(ICRP)

放射線影響による発がんの生涯リスクは被曝時の年齢が大きく影響することは明らかになっています。被曝時の年齢が10歳以下の場合、白血病を除くすべての癌の相対リスクは対照者の2.32倍

100mSv以下の低線量における発がんリスクは小児においても確認はされてはいませんが、小児の被曝に対しては、特別な配慮がなされるべき

胎児に対する放射線の影響

主な先天異常と胎児発育期間、しきい値

	着床前期	器官形成期		胎児期		しきい値 (mSv)
	0～8日	2～8週	8～15週	15～25週	25週以降	
流産	+++	+	-	-	-	100以上
奇形	-	+++	-	-	-	100～200
発育遅延	-	+	+	+	+	100以上
精神遅滞	-	-	+++	+	-	120
悪性新生物	-	+	+	+	+	50以上
遺伝的影響	-	-	-	-	-	1000～1500?

受胎後3週間以内に被爆しても影響がないか、流産
器官形成期の2～15週でも100mSv以下で異常が発生することはありません
遺伝的影響は高線量照射による動物実験では認められていますが、ヒトの
疫学調査では統計学的な有意差は認められていません

放射線被曝による遺伝的影響

原爆被爆者における胎児の死産率、奇形率

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

原爆被爆者の調査から、高線量被爆者と、被爆していない対照者とでの比較で、死産、奇形率とも、両群に差は認められていません

放射線被曝による、遺伝的影響はないといえます

小児の放射線被曝

1. 小児は放射線被ばくに対して、成人より感受性が高い

（小児の発達過程にある臓器は、それが完了した成人と比較して放射線感受性が高い。甲状腺、乳腺、生殖腺が成長期に高い）

2. 小児は成人に比して被曝してからその死までの期間が長い

（悪性腫瘍の発生頻度が高くなる）

3. 小児の骨髄は赤色骨髄が占める割合が多い
（白血病発症のリスク）

放射線被曝による発ガンリスク

要因	がんになるリスク
2000mSv被曝	1.6倍
喫煙	1.6倍
毎日3合以上飲酒	1.6倍
1000～2000mSv被曝	1.4倍
毎日2合以上飲酒	1.4倍
やせすぎ	1.29倍
肥満	1.22倍
運動不足	1.15～1.19倍
200～500mSv被曝	1.16倍
塩分の取りすぎ	1.11～1.15倍
100～200mSv被曝	1.08倍
野菜不足	1.06倍
受動喫煙	1.02～1.03倍

国立がん研究センター調べより

100mSv VS 喫煙

100mSv被曝した場合と、喫煙を比較すると、発がんのリスクは喫煙のほうが10倍高いことになります。

喫煙の発がんのリスクは2000mSvの被曝と同等です。



ただし、喫煙は嗜好品で、自ら摂取することによる発がんリスクで、100mSv被曝は知らず知らずのうちに受けるもので、好んで受けるものではありません。

食物の放射性物質汚染について

放射性物質がまき散らされたことにより、様々な農産物に放射性物質が付着した状態

もともと自然界には放射性物質が存在しますが、人工的な放射性物質の増加は放置はできません

そこで、厚生労働省では、食品の放射能の暫定基準値を定めました



食品に含まれる放射能の暫定基準値 (2011.3.17厚生労働省通達)

	放射性ヨウ素(Bq/Kg)	放射性セシウム(Bq/Kg)
飲料水	300	200
牛乳・乳製品	300*	200
野菜類	2000**	500
穀類	—	500
魚介類	2000	500
肉・卵・その他	—	500

* : 100Bq/Kgを超えるものは乳児用調整粉乳および直接飲用に供する乳に使用しないよう指導すること

** : 根菜、芋類を除く

放射性ヨウ素 1Bq=0.022 μ Sv

放射性セシウム 1Bq=0.013 μ Sv

放射性セシウムの体内での半減期

年齢	体内での半減期
～1歳まで	9日
～9歳まで	38日
～30歳まで	70日
～50歳まで	90日

^{137}Cs （セシウム137）の物理学的半減期は30年

^{134}Cs （セシウム134）の物理学的半減期は2年

食事で摂取するカリウムが減ると放射性セシウムが蓄積されやすくなる

チーズ、肉、豆類に含まれるリジン、メチオニンなどの必須アミノ酸はセシウムの蓄積をおさえることができる（動物実験）

バランスの良い食事をとっていれば放射線の影響を少なくできると言われています

セシウムで汚染された食物？

最近セシウムで汚染された食肉が出回ったという報道がありました

測定された放射性セシウムは1500~3000Bq/Kg

もし3000Bq/Kgのセシウムが含まれる食肉を1Kg食べたとすると

$3000\text{Bq} \times 0.013\mu\text{Sv} = 39\mu\text{Sv}$ となります

通常、1年間で経口摂取で取り込まれる放射線量は $0.29\text{mSv} = 290\mu\text{Sv}$ ですが、3000Bq/Kgの放射性セシウムを含む食肉を7.4Kg摂取するとほぼ1年間の食物による放射線量に到達しますが

仮に200g 1回だけの摂取であれば、 $7.8\mu\text{Sv}$ ですので、問題はありません
恒常的にそのような食品を摂取し続ければ無視できなくなるかもしれません

セシウムは構造がカリウムとよく似ているため、カリウムが多くあれば吸収は抑えられます

セシウムは水溶性で、よく水洗いをし、肉や魚は食塩水に数時間ひたしておくことで、含まれるセシウムは少なくすることができるといわれています

大地からの0.2 μ Sv/hを被曝し続けると

$$0.2 \mu \text{ Sv/h} \times 24 \text{ 時間} = 4.8 \mu \text{ Sv/日}$$

$$4.8 \mu \text{ Sv} \times 365 \text{ 日} = 1752 \mu \text{ Sv} = 1.752 \text{ mSv/年}$$

世界の平均自然放射線量は2.4mSv/年です（日本での平均は1.5mSv）
日本での大地からの放射線量は平均0.43mSv/年ですので、単純に約
1.3mSv/年の増加と考えられます

$$1.5 + 1.3 = 2.8 \text{ mSv/年}$$

世界には自然放射線量の多い地域がいくつか存在します
中国・陽江、インド・ケララ、ブラジル・ガラパリ、イラン・ラムサール

これらの地域は年間3～10mSvの自然放射線量が測定されています
これらの地域の疫学的研究も行われており、その結果、がんの発生、死亡
に関して、他の地方との差はないかやや低いとの結論でした
染色体の解析でも明確な違いは見出せず、通常的环境の3～5倍程度の放
射線被曝による健康影響は種々の環境影響の個人差の範囲内であろうとの
ことです

放射線によるホルミシス

少量の放射線被曝は健康によい影響を与えるという説
ホルミシスとはギリシャ語由来でホルモンと同じ語源

自然放射線が高い地域のひとのがん死亡率が通常地域のひとのがん死亡率より低いという報告

ラジウム蛍光塗料に携わっていた作業者に対する骨がん追跡調査でも積算被曝線量10Sv以下では人体に影響がないという報告

老化抑制効果や、がん抑制効果、生体防御機構の活性化などの研究報告があります

玉川温泉（秋田県）では4～5 μ Sv/時間のところもあるそうです
年間 35～44mSvになります

放射線防護の三大原則

放射線は被曝している時間が短ければ短いほど被曝線量は少なくなります

放射線源から距離が離れれば離れるほど弱くなります

遮蔽物で遮蔽することができます

時間

距離

遮蔽

放射線防護の三大原則と言います

まとめ

放射線は使い方を間違えなければ、人類に多くの利益を与えてくれます

使い方を間違えば、人類を破滅させることもできるものです

もともと、宇宙、地球上には放射線が存在し、人類はそのなかで成長してきました

微量の放射線は健康に影響は与えません

健康に影響を与えている数字は100mSvであり、福島原発事故後の現時点では、新たな爆発等放射性物質の放出がなければ、右往左往する必要はないと考えます

おまけ(いろいろな数字)

1 μ Sv/hを24時間365日連続しての被曝で8.76mSvです
(仙台では現在0.06 μ Sv/h 福島市では約1 μ Sv/h)

放射性セシウム2000Bq/Kgを含んだ肉1Kg食べたとして26 μ Svです
(1mSvになるには約38.5Kgの摂取が必要です)

胸部X線写真1枚撮影で0.06mSv

胸部CT撮影で7mSv

東京ーニューヨーク 飛行機で往復 0.19mSv

年間自然放射線量 2.4mSv (世界平均)

7Sv (7000mSv) でほぼ100%死亡

放射線治療では60~70Gy(Sv)の照射を行います(分割して)が、限局した照射なので、体全体に影響は与えません