放射線学入門

一福島第一原発事故を受けて一

一般向け緊急被曝ガイド

産業医科大学 産業生態科学研究所 放射線健康医学研究室

お問い合わせ先: j-hsyknk@mbox.med.uoeh-u.ac.jp

図説 放射線学入門

基礎から学ぶ緊急被曝ガイド

著者:岡﨑 龍史 (産業医科大学)



福島原発事故で起こりうる 放射線影響の手引き

放射線を正しく理解するのは、難しい。物理学に はじまり、 化学や生物学などの用語や単位が用い られるからだ。したがって、放射線学はそうした 長年の研究や疫学から、産業、医療での効能、危 険の目安までも含めて、数多くのデータが積み重 ねられてきた科学である。本書は緊急被曝ガイド として、一般市民向けに放射線の基礎と原発事故 での放射線の影響をわかりやすく図説する。

● A5 横判 / 128 頁・カラー ●定価 (本体 1,800 円 +税) ISBN 978-4-86003-422-1

医療科学社

東京都文京区本郷 3丁目 11-9 **T 113-0033**

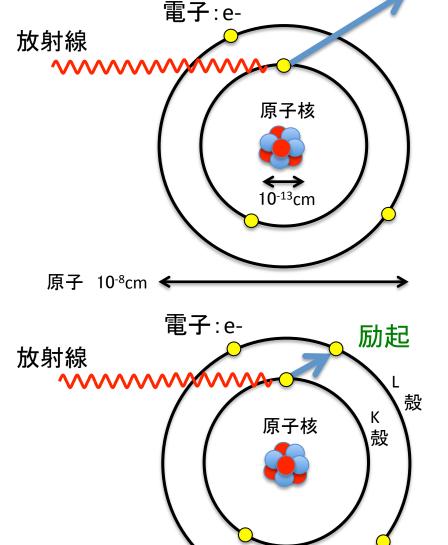
ホームページ

TEL 03-3818-9821 FAX 03-3818-9371 郵便振替 00170-7-656570 http://www.iryokagaku.co.jp 本の内容はホームページでご覧いただけます

本書のお求めは ● もよりの書店にお申し込み下さい。 ● 弊社へ直接お申し込みの場合は、電話、FAX、ハガキ、 ホームページの注文欄でお受けします(送料300円)。

放射線の基礎

放射線とは、<mark>電離</mark>や励起を引き起こす 粒子線あるいは電磁波



電離 軌道にあった電子が原子の外へ→ 弾き飛ばされ、離れていくこと

電子が一つ以上上の軌道 へ移動すること 図では、K殻からL殻へ移動

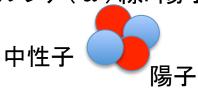
放射線の正体

放射線は、

電離や励起を引き起こす粒子線あるいは電磁波

小さな粒(粒子線)

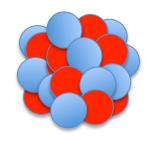
アルファ (α) 線:陽子2個、中性子2個からなるヘリウム原子核



ベータ(β)線: 電子 9.1 x 10⁻³¹ kg

中性子線:

 $1.6 \times 10^{-27} \text{ kg}$





陽子線: 1.6 x 10⁻²⁷ kg

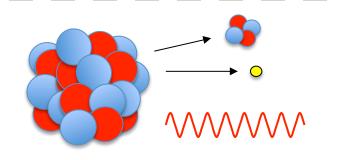
見えない光(光子、電磁波)

ガンマ(γ)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



「放射能漏れ」という言葉はありません! この点に関して、マスコミはいつもデタラメ。 最近、この用語を使う報道は少なくなりました。

放射能とは、 放射性物質が放射線を出す能力のこと。

「放射性物質漏れ」が正しい。

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 (1崩壊で α 線と γ 線または β 線と γ 線 が同時に出ることもあるので、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 <mark>物質</mark> 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
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	影響に用いる単位

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。当初、報道で言われているシーベルトという単位は「毎時」が省略されていた。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。

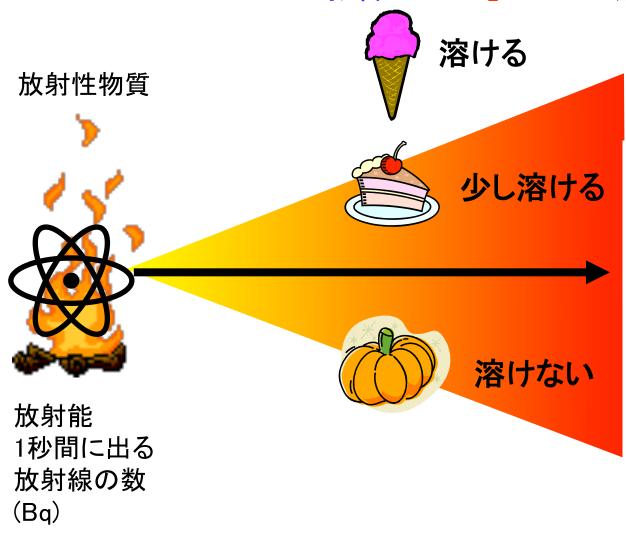
単位

- ペタ(P):1000兆(10¹⁵)
- テラ(T):1兆(10¹²)
- ギガ(G):10億(10⁹)
- メガ(M):100万(10⁶)
- キロ(k):1000(10³)
 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μSv

放射線を火に例えると

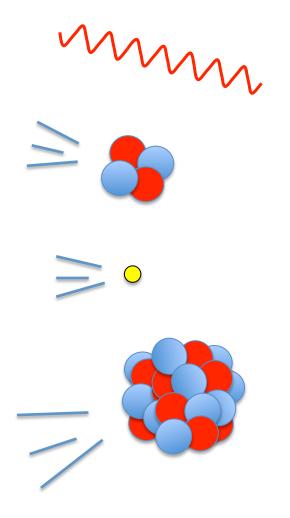
影響は「モノ」によって違う



放射線はその種類によって物質 へのエネルギーの付与の仕方 が異なる

放射線エネルギーがどれだけ 物質に吸収されたかを示すも のが吸収線量と言い、グレイ (Gy = J/kg)を用いる J(ジュール)は仕事、熱量、電力量に 用いられる単位

人体への影響を示すものが、 等価線量あるいは実効線量と いい、シーベルト(Sv)を用いる X線や γ 線、 β 線(電子線)に 被曝すれば、1Gy = 1Sv α 線は1Gv = 20Sv 同じエネルギーでも大きな物の方が痛そう





X線や γ 線、 β 線(電子線)は、

1Gy = 1Sv

α線は、1Gy = 20Sv

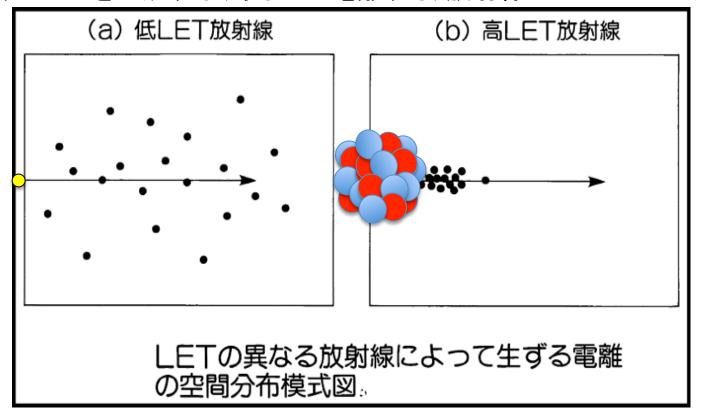


線エネルギー付与 (LET = Linear Energy Transfer)

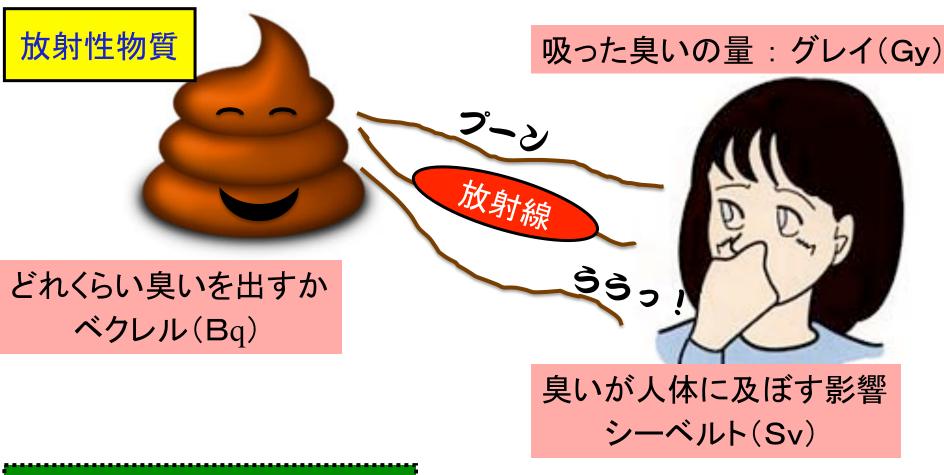
 $1 \mu \text{ m進んだ時に平均何keVのエネルギーを与えたか? <math>(\text{keV}/\mu \text{ m})$

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



放射線をうんちに例えると



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

創傷汚染:傷口に付着する

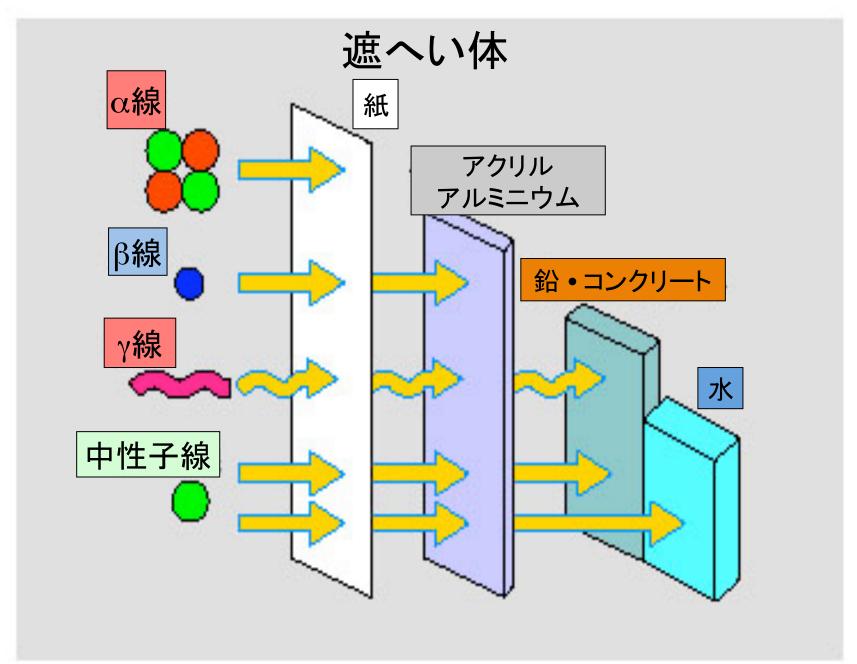
嗅がないように、離れる、覆う、短時間で

口、皮膚、気道から入らないように

付いたうんちは洗えば良い

付いたうんちを体内に入れないように

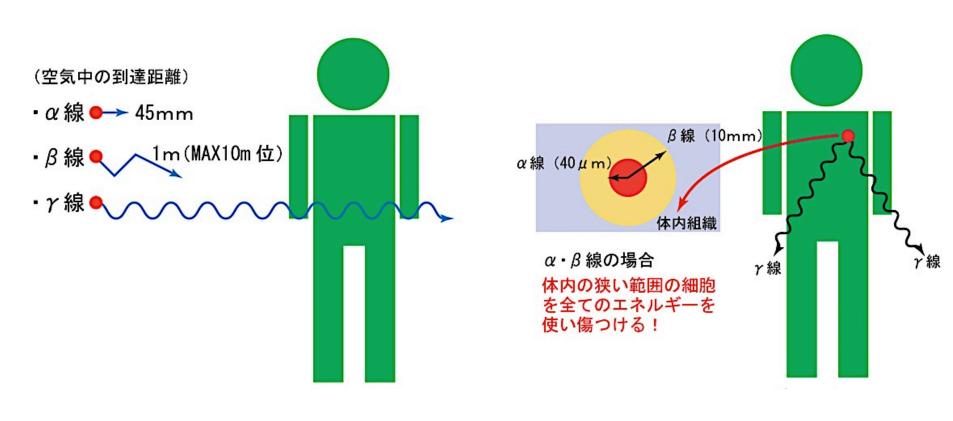
放射性物質 から身体を 守るため



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)	ヘリウム原子核	紙	内部被曝
ベータ線 (¹³¹ I, ¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr)	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

外部被曝

内部被曝







体内に カリウム40(⁴⁰K) 炭素14(¹⁴C) 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。

お互い、年間0.02mSv被曝させている (あくまでも計算上)



cpm (count per minute)

とは、放射線測定器で1分間に測った放射線数ガイガーカウンター

全ての放射線測定器で得られた測定値は、全放射能の値(Bq)ではない。計数効率(測定機器の放射線数を測ることの出来る割合)によって、測定値を補正し、放射能(Bq)を求める。

例

標準線源(酸化ウランU₃O₈): 500 Bq(1秒間の値)

標準線源の測定値: 6000 cpm

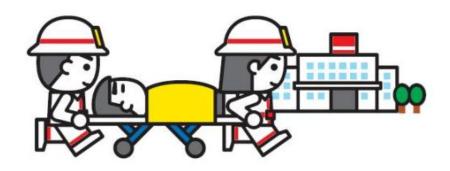
計数効率:6000 cpm ÷ 60秒 ÷ 500 X 100% = 20%

仮に¹³⁷Cs を測ったとして、1200cpmという値を得たとすると 1200 cpm ÷ 60秒 ÷ 20% = 100 Bq

成人で経口摂取したとすると 100 Bq X 0.013 μ Sv/Bq= 1.3 μ Sv の被曝をしたことになります

窓枠の面積20 cm²とすると 100 Bq ÷ 20 cm² = 5 Bq/cm²

患者受け入れ



緊急時 10万cpm

収束時 1万3千cpm ≒



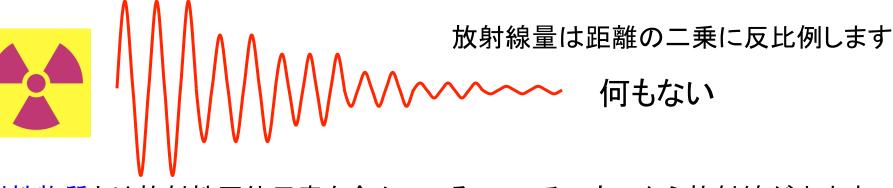
40 Bq/cm²

放射線と放射性物質の遠距離到達の違い

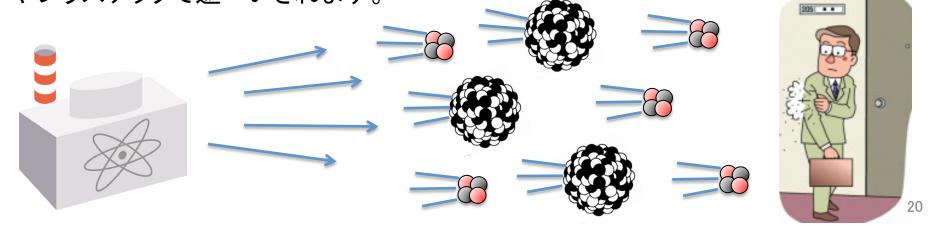
放射線は離れる程、線量は弱くなりますが、この時の放射線はガンマ線やX線のこと。

せいぜい数十mしか飛びません。

エネルギーの強い γ 線では数百m飛びますが、 一般市民の方がそのような強いエネルギーの γ 線に遭遇することはないでしょう。



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。



核分裂反応の模式図 (例)

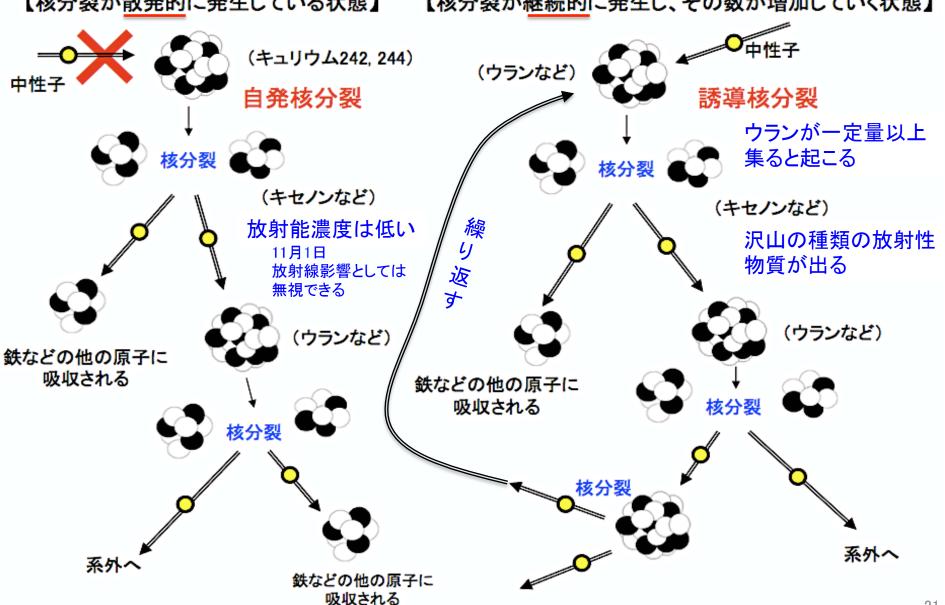
平成23年11月3日 東京電力参考資料改編

<未臨界>

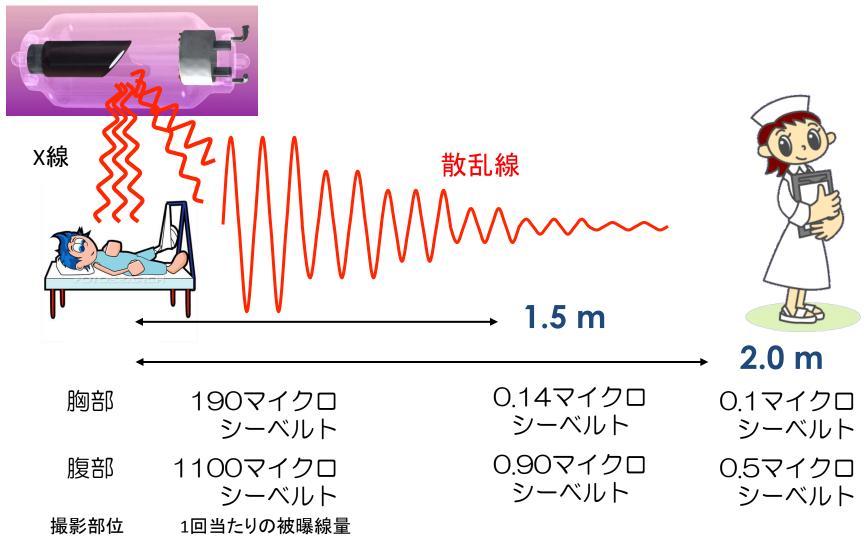
【核分裂が散発的に発生している状態】

【核分裂が継続的に発生し、その数が増加していく状態】

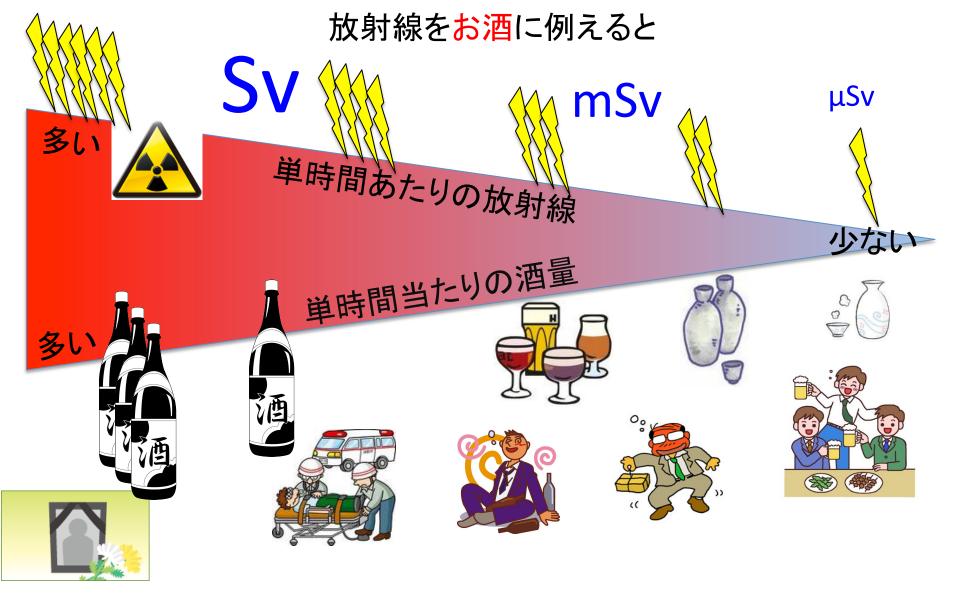
<臨界>



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)

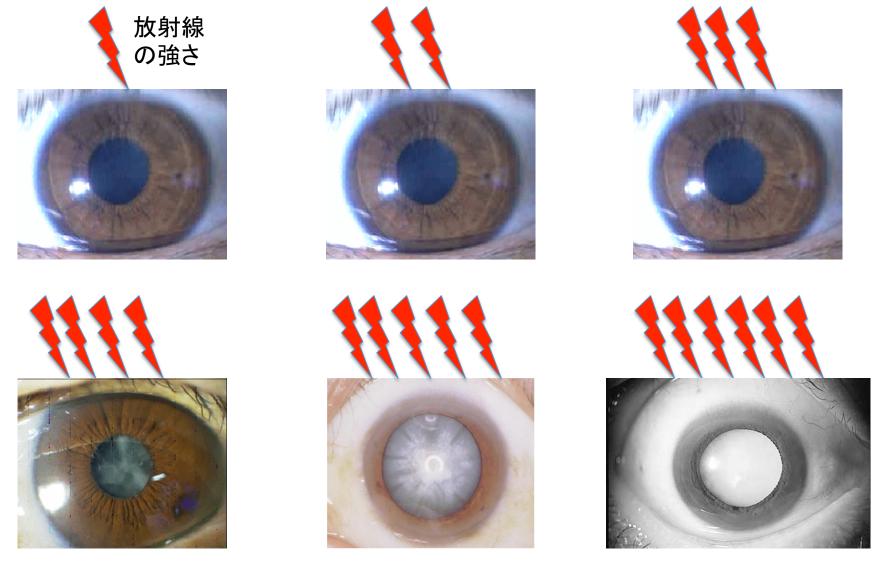


大量のお酒を一気に飲むと死ぬかもしれません。毎日少しずつだと、おいしく飲めます。飲み方によっては、二日酔いになったり、病院で治療を受けたり、飲んだ量や時間によって影響は異なります。

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。DDREF(線量線量率効果係数)=2(ICRP、UNSCEARは2~10としている)

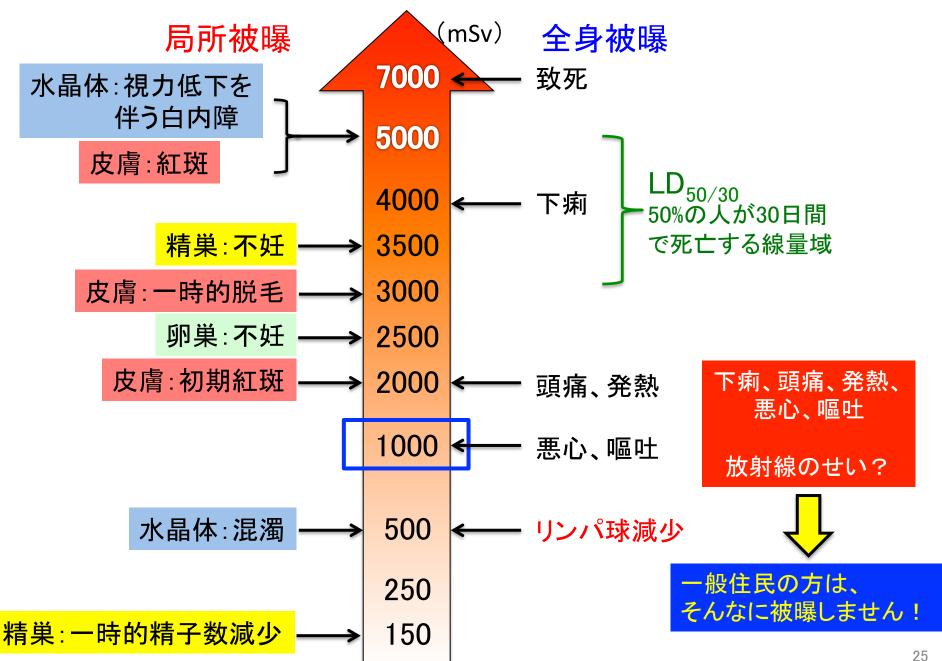
しきい値(しきい線量について)

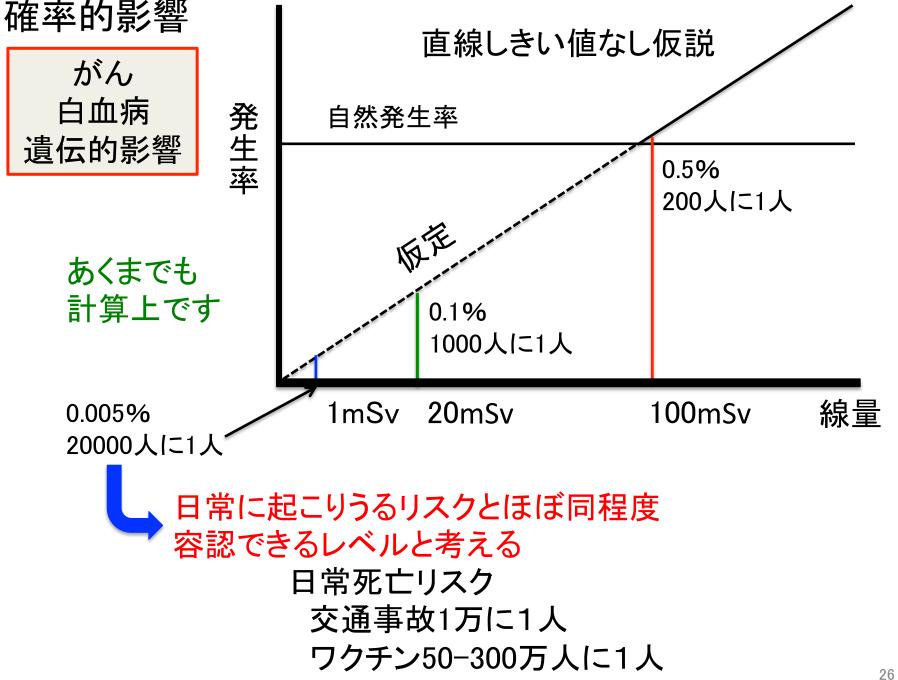
例えば白内障の場合、上半分の線量では被曝しても白内障にはなりません。 下半分の線量では、白内障になります。下半分の一番最小の線量がしきい線量です。 水晶体混濁は0.5Gy、視力障害を伴う白内障は5Gyがしきい線量です。



線量が高いと重篤度が増す

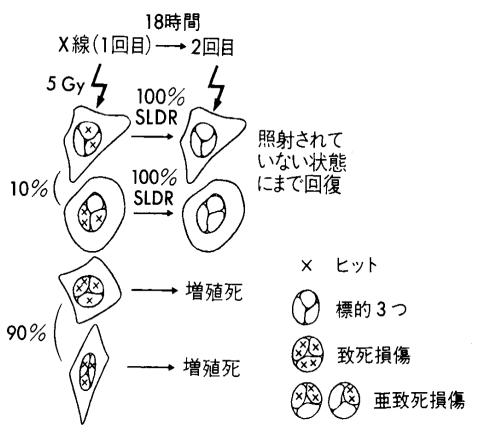
急性放射線被曝の局所及び全身症状





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



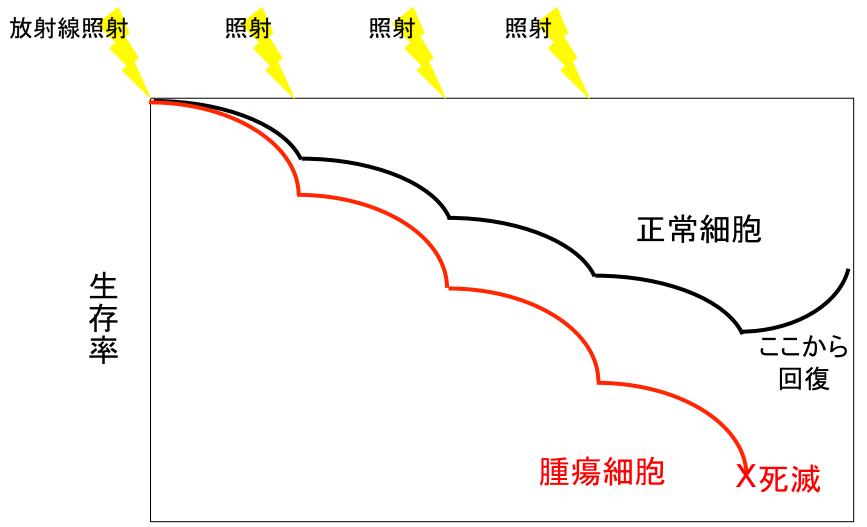
分割照射は放射線治療に 応用されいています

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大きく修復できなくなるからです

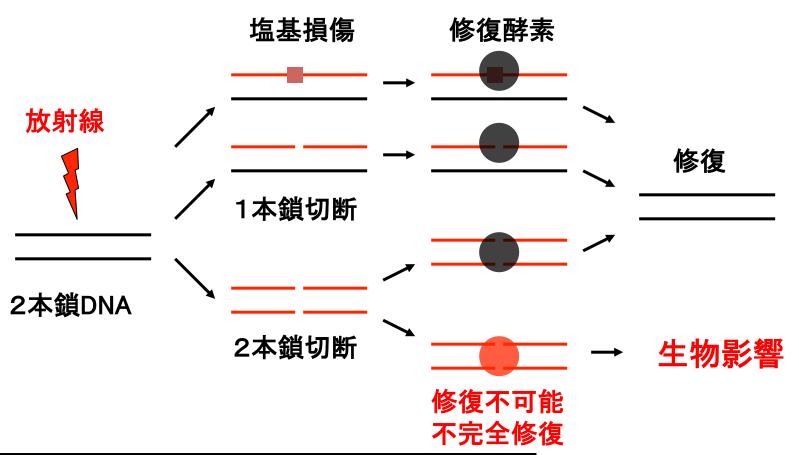
同じ10Gyでも、5+5Gyだと修復する時間が出来生存率が上昇する。

国の暫定規制値は1年間で5mSvというのもあるが、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



損傷	自然発生(/細胞/日)	放射線誘発 (/細胞/Gy)
塩基損傷	20, 000	300
1本鎖切断	50, 000	1, 000
2本鎖切断	10	30

細胞が1Gy被曝すると、 2本鎖切断が自然発生 よりも20個増える

皮膚の急性障害

2 Gy	初期紅斑
3 Gy~	脱毛
3 – 6 Gy	紅斑•色素沈着
7 – 8 Gy	水疱形成
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方は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?

平成23年4月11日放射線医学総合研究所受診。白血球やリンパ球の数の減少なし。皮膚に熱傷の症状や紅斑などなし。推定で2Sv以下の被曝と考えられる。

30

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	ほとんど臨床的症状なし(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)	
1000	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	
2000	(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)

線量と人体影響の関係(X線やy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 悪心・嘔吐 皮膚の紅斑 脱 毛 一時的不妊(男) 永久不妊(男) 永久不妊(女)	0.5 1 5 3 0.15 3.5~6 2.5~6	0.25Gy以下はほとんど 臨床症状なし。 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。
胎児の発育遅延 白 内 障 " 皮膚の潰瘍	1 5 *15以上 *20以上	UNSCEARの報告だと 500mGy以下の被曝で重 篤な障害はない。

^{*}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

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	致歹 0−1G ₃	E線量以下 / 1-2Gy	生存可能 2-6Gy	も (治療により) 6−10Gy	到 10-15Gy	文死 >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 出血、感染 脱毛(3Gyじ		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

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(131I)の半減期は約8日 セシウム(137Cs)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(137Cs)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、チェルノブイリ事故でセシウムによる健康被害の報告はない。

放射性セシウムの生物学的半減期

Cs-137: 物理学的半減期は30年

年齡	生物学的半減期
3ヶ月	16日
1歳	13日
5歳	30日
10歳	50日
15歳	93日
成人	110日

参考1

ヨウ素131(¹³¹I)半減期 8.04日

ベータ線を放出して、キセノン-131(131Xe)となり、ガンマ線が放出される。1 x 109 kgのウラン238(238U)の自発核分裂によって4.6 x 1018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 (137Cs) 半減期 30.1年

ベータ線を放出してバリウム-137(137Ba)となるが、94.4%はバリウム137m (137mBa)を経由する。バリウム137mからガンマ線が放出される。1 x 109 kgのウラン238(238U)の自発核分裂によって6.3 x 1015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(²³⁹Pu) 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(235U)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。

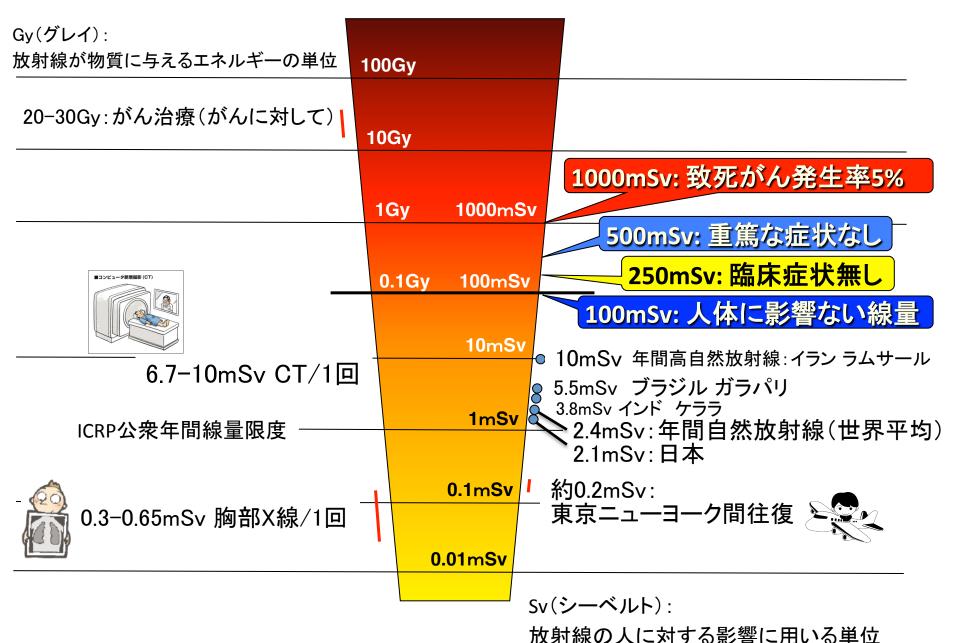
プルトニウム239は、非常に重い物質なので爆発でもない限り、広範囲に飛散しない。

ストロンチウム90(90Sr)29.1年

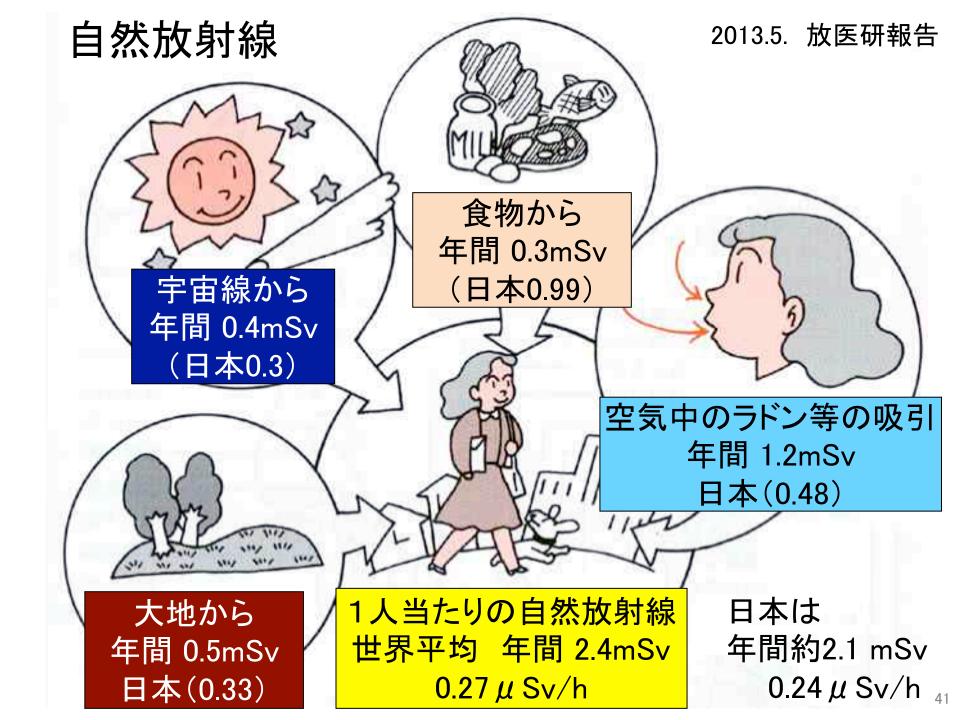
ベータ線を放出してイットリウム90(90Y、2.67日)となり、イットリウム90もベータ崩壊してジルコニウム90(90Zr)となる。ウラン238(238U)の自発核分裂などによって生じるが、生成量は少ない。チェルノブイリ原発事故ではストロンチウム90の放出量は、セシウム137(30.1年)に比べて小さかった。ストロンチウムはカルシウムと似た性質で、体内に取り込まれると骨に長く沈着する。またイットリウム90が出すベータ線はエネルギーが強いため、健康影響は大きい。

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。

日常でみられる放射線被曝線量



放射線医学総合研究所のホームページより改変: http://www.nirs.go.jp/data/pdf/hayamizu-hi.pdf



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)

1.06

1.07

0.99

. 01

1.03

1, 06, 1.10

0.98

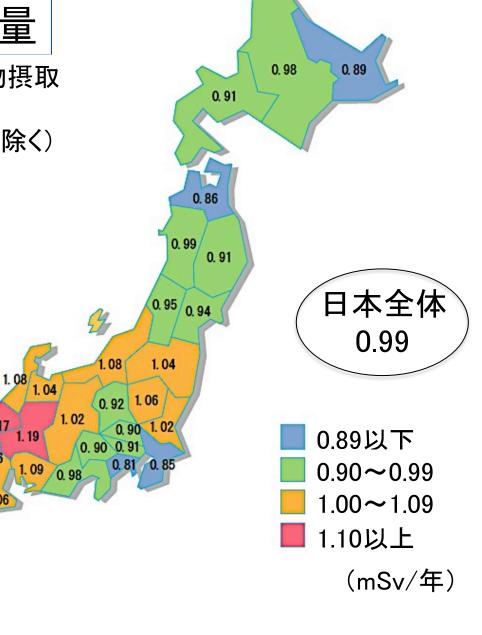
1.07

1.13 1.10

1.03

1. 021. 06

1.09



世界の高自然放射線地域における大地放射線量

地域	平均値 (mSv/年)	線量範囲 (<i>μ</i> Sv/h)	最高値 (mSv/年)
ラムサール (イラン)	10.2	0.2~8.0	260
ガラパリ (ブラジル)	5.5	1~130	35
ケララ (インド)	3.8	0.09~15	35
陽江 (中国)	3.5	_	5.4

http://www.taishitsu.or.jp/HBG/ko-shizen-2.html

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})	- 原爆被爆者の疫学調査結果 から求められた確率係数。
食胃結肝肺骨皮乳卵膀甲骨そ生 造 腸臓 面膚房巣胱腺髄 他腺の腫の傾(遺伝性)	15.1 77.0 49.4 30.2 112.9 5.1 4.0 61.9 8.8 23.5 9.8 37.7 110.2 19.3	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 x 10 ⁻⁴ / Sv 1万人の人が10mSv被曝 「力人のうち5.65名に
合 計	565	_ 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?

骨髄の名目確率係数 10mSv 37.7 X 10⁻⁴ / Sv X (10 x 10⁻³) Sv = 3.77 X 10⁻⁵

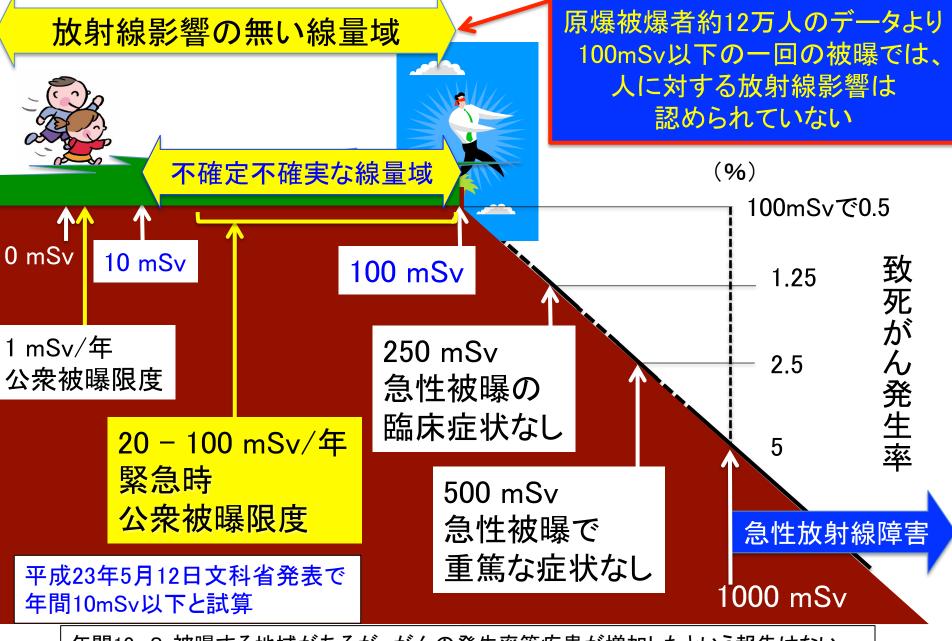
すなわち放射線により0.00377%増加

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

 $0.7\% \rightarrow 0.70377\%$



年間10mSv被曝する地域があるが、がんの発生率等疾患が増加したという報告はない。 公衆被曝限度が1mSvから20mSvになったとはいえ、放射線影響のない安全域での増加。 また一回被曝でなく、1年間の被曝限度なので、放射線影響が出るとは考えにくい。

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

2011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2Sv以下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

一時福島では250mSV

電離則の特例に関する省令(厚生労働省令23号)による 2011年11月1日より100mSvに下げられています。

目の水晶体: 300mSv

皮膚: 1000mSv

医療被曝

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
СТ	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	ョウ素123(¹²³ I)	3.7	0.814
甲状腺がん 治療	ョウ素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	ョウ素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 (99mTc)	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(67Ga)-サイトレイト	74	9

MBq(メガベクレル): 100万Bq 51

診断X線の頻度と寄与リスクの関係

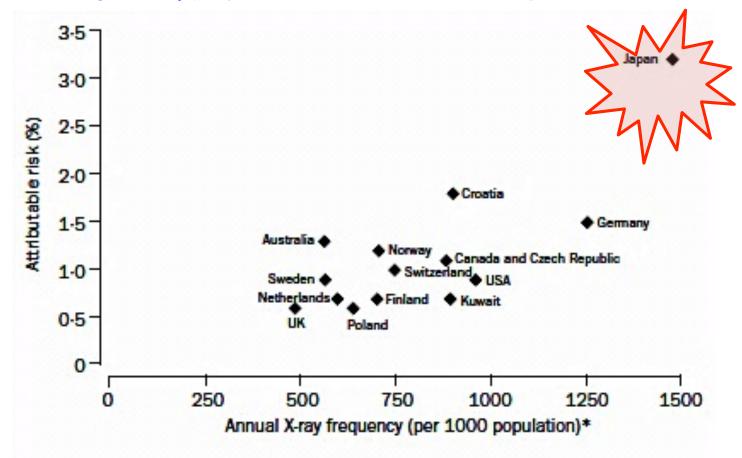


Figure 3: Risk of cancer attributable to diagnostic X-ray exposures versus annual X-ray frequency

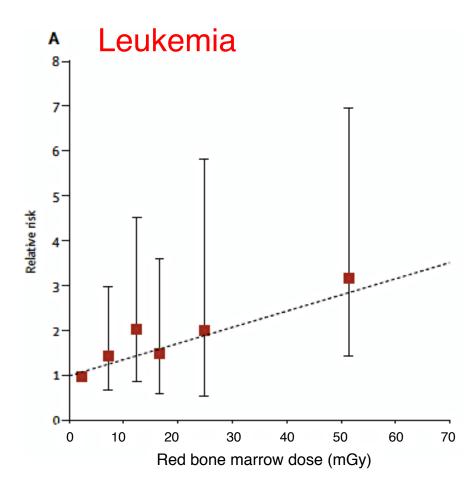
Taken from worldwide survey. Gonzalez and Darby, Lancet 363: 345-351, 2004

日本はCTの台数が先進諸国に比べ2倍以上あります。従ってがんの発見率も高くなると考えるべきと思いますが、この論文では、日本では診断X線ががんに3.2%寄与していると論じています。

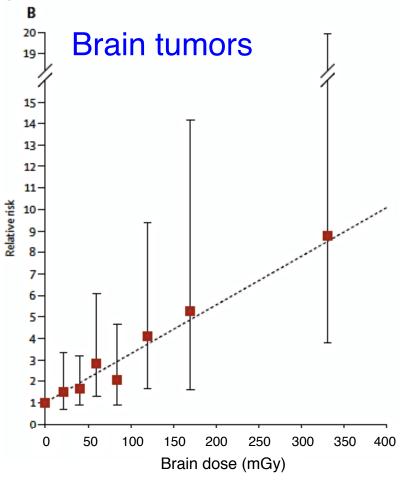
Relative risk of leukemia and brain tumors in relation to estimated radiation doses to the red bone marrow and brain from CT scans

Pearce MS et al, Lancet. 380 (9840): 499-505, 2012

22歳以下 CT検査:1985~2002 フォロー期間1985~2008



74 / 178,604 = 0.041% 30 mGy (mean dose 51.13 mGy)

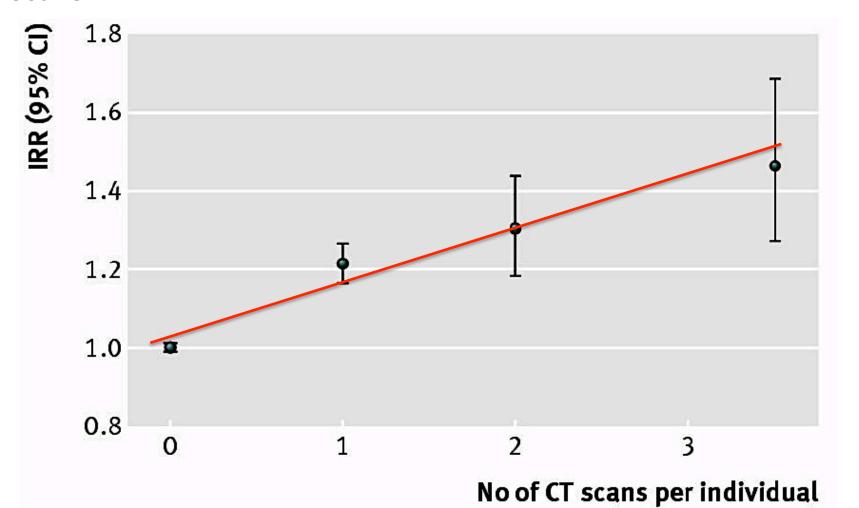


135 / 176,587 = 0.076% 50–74 mGy (mean dose 60.42 mGy)

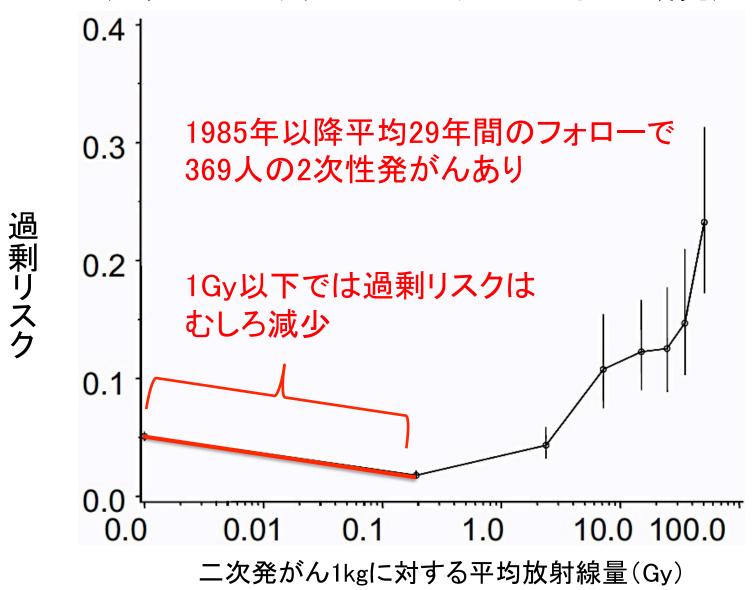
Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians

BMJ 2013;346:f2360 doi: 10.1136/bmj.f2360 (Published 22 May 2013)

Incidence rate ratios (IRR) for all types of cancers in exposed versus unexposed individuals based on a one year lag period, by the number of CT scans.



小児がん放射線治療後の生存者5000人の2次がん発生調査 (フランス・イギリスの8センターのコホート研究)



Health Phys. 100(3): 296-299; 2011

宇宙飛行士の線量限度

国際宇宙ステーション搭乗宇宙飛行士の生涯実効線量制限値

初めて宇宙飛行を行なった年齢	男性 (mSv)	女性 (mSv)
27~29歳	600	600
30~34歳	900	800
35~39歳	1000	900
40歳以上	1200	1100

宇宙航空研究開発機構(JAXA) 国際宇宙ステーション搭乗宇宙飛行士の放射線被曝管理指針 第3章第13条

国際宇宙ステーション搭乗宇宙飛行士の組織等価線量制限値

組織・臓器	1週間 (mSv)	1年間 (mSv)	生涯 (mSv)
骨髄		500	
水晶体	500	2,000	5,000
皮膚	2,000	7,000	20,000
精巣		1,000	

宇宙航空研究開発機構(JAXA) 国際宇宙ステーション搭乗宇宙飛行士の放射線被曝管理指針 第3章第13条

ISSの飛行運用基準に定められた線量制限値 国際共通被ばく限度

被ばく期間	骨髄 (mSv)	水晶体 (mSv)	皮膚 (mSv)
30日間	250	1,000	1,500
年間	500	2,000	3,000

福島での放射線影響チェルノブイリとの比較

国際原子力事象評価尺度

57万TBq 11' 8/22 原子力研究機構

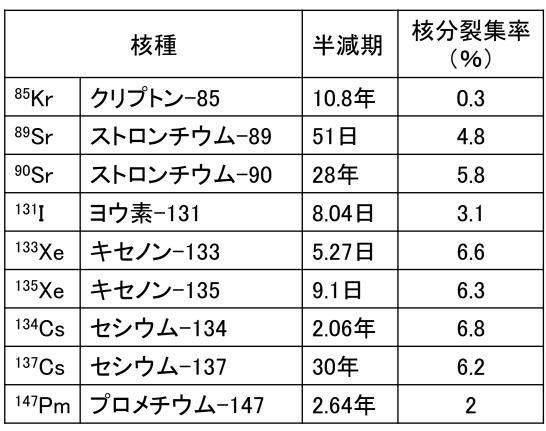
			/	_ ++	0/22
		基準(最も高いレベルが当ま	原子力	<mark>研究機構</mark> •	
	レベル	基準1:所外への影響	基準2:所内への影響		福島
	7 深刻な事故	放射性物質の重大な外部放出 ヨウ素131等価で <mark>数万TBq</mark> 相当以上の 放射性物質の外部放出	チェルノブイリ: <mark>520</mark> 福島: 37 , 63万 TBq / 4/12 へ 原	1	
事	6 大事故	放射性物質のかなりの外部放出 ヨウ素131等価で数千から数万TBq相当の 放射性物質の外部放出	原子力安全·保安院 11' 6/7, 7775	TBq	11'3. 25 レベル6
故	5 所外のリスクを伴う 事故	放射性物質の限られた外部放出 ヨウ素131等価で数百から数千TBq相当の 放射性物質の外部放出	12 ² 2/1, 48万 原子炉炉心の重大		11'3. 18 レベル5
	4 所外の大きなリスク を伴わない事故	放射性物質の少量の外部放出 公衆の個人の数mSv程度の被曝	原子炉炉心のかなり /従業員の致死線量		
異	3 重大な異常事象	放射性物質の極めて少量の外部放出 公衆の個人の十分の数mSv程度の被曝	所内の重大な放射性 よる汚染/急性の放 害を生じる従業員の	射線障	
異常な事象	2 異常事象		所内のかなりの放射瀬料 る汚染/法定の年間線 超える従業員の被曝		
冰	1 逸脱			11'4. ロシア	/14 ⁷ の主張

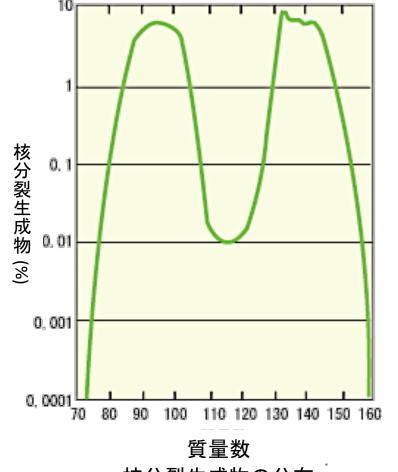
平成23年6月3日保安院報告 3月11日から15日の間、テルル-132(132Te、半減期3.2日)が検出されていた

ウラン-235(²³⁵U)が熱中性子を吸収して分裂した場合に生ずる核分裂生成物の分布。 質量数90~100および135~145の附近の 放射性物質が生成される。

これから未公表のデータが出てくるでしょうが、遅れるのは計測には時間がかかるからです。

主要な核分裂生成物





核分裂生成物の分布

原発爆発で想定される当初 の放射性物質の放出量

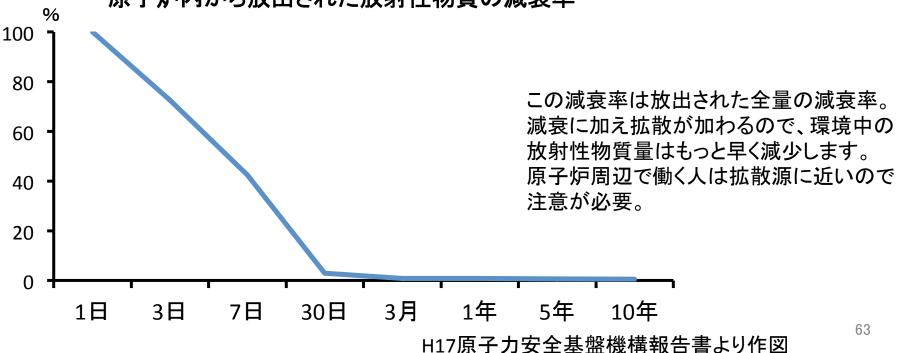
放射性物質	放出量(g)	Bq
総量	7.1×10^3	1.5×10^{19}
I-131	1.5×10^{1}	8×10^{16}
Pu-239	0.0375	1.36×10^9
Cs-137	3.1×10^3	1.0×10^{16}
Sr-90	0.0224	1.4×10^{12}

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は半減期は長いが、今後は土中に入るので、 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



水素爆発

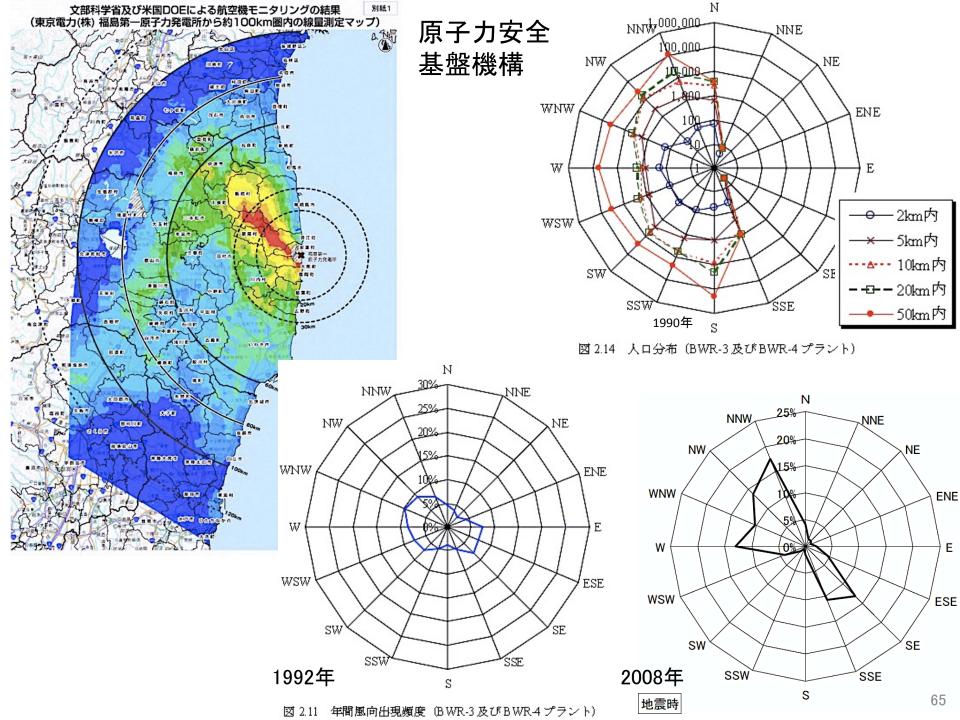
燃料棒外側の金属(ジルコニウム)が高温となり水と反応すると 水素が発生します。

 $Zr(ジルコニウム) + 4H₂O(水) \rightarrow Zr(OH)₄ + 2H₂(水素)$

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

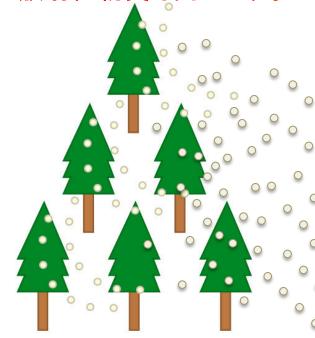
原子炉内の水の中に、非常に高温となったジルコニウム等の熱い細粒物質と触れると急激に水が気化し発生する爆発現象



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あります。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で充分と思われます。

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。



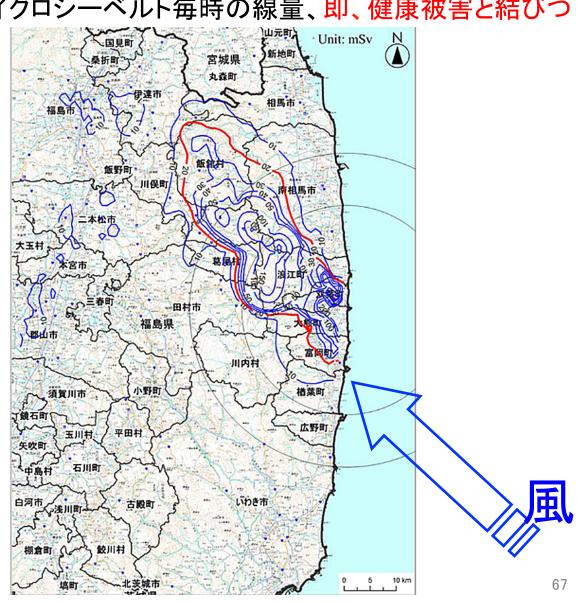


屋内退避区域で放射性物質に対して 衣服等に付着したら払いましょう 吸い込まないようマスクしましょう 対処は花粉と同じ 風により放射性物質が運ばれるれるので、20kmや30km圏というくくりでなく、これ からは環境測定という観点で、実測値を測り線量の認知を行っていくことが重要に なってきます。

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。



福島県浪江町(福島第一原発から20Km)

2011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!



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。 1日で100mSv被曝するのと71日で100mSv被曝するのでは、健康被害は同じでない

文部科学省

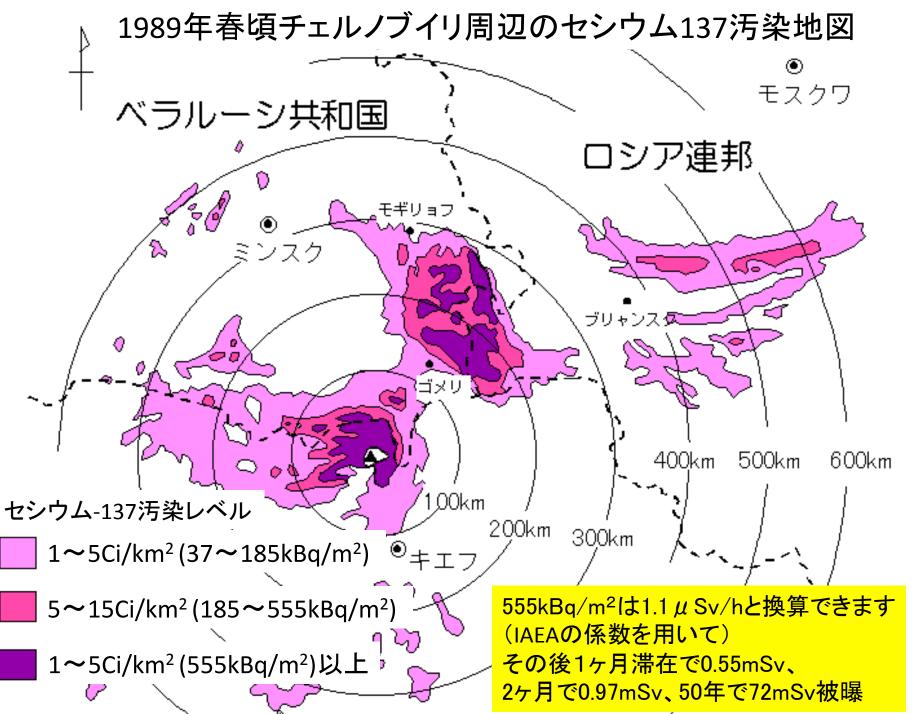
福島第1及び第2原子力発電所周辺のモニタリングカーを用いた固定測定点における空間線量率の測定結果(随時データが更新されています) http://www.mext.go.jp/a menu/saigaijohou/syousai/1304001.htm

文部科学省がこれまでに測定してきた範囲(11月11日改訂版)及び愛知県、青森県、石川県、及び福井県内の地表面におけるセシウム134、137の沈着量の合計

川県、及び福井 における セシ 沈着量の合計 平成24年3月1 各放射性物質	ウム134、137の 3日文部科学行	3 発表	新海県 福島県 野、	和
	チェルノブイリ	日本		茨城県 *P
Cs-137 >148万Bq/m²	250km	32.5km 浪江町	開王原	The same
Cs-137 >4万Bq/m²	1700km	250km (>3万Bq/m²) 群馬長野県境	山梨県 東京郡 東京 千里 中原川県	見 見 見 の の の の の の の の の の の の の
Sr-90	30km圏内 (111,000Bq)	4.9km (5,700Bq)		3000k < 1000k - 3000k 600k - 1000k 300k - 600k 100k - 300k
Pu-239, 240	30Km圏内 (3,700Bq)	8km (15Bq)	No. of the state o	60k - 100k 30k - 60k 10k - 30k ≤ 10k
土壌汚染距離	はチェルノブイ	リの約7~8分	分の1	第25M業が 等られていない報題 0 50 100 km

100km

350km



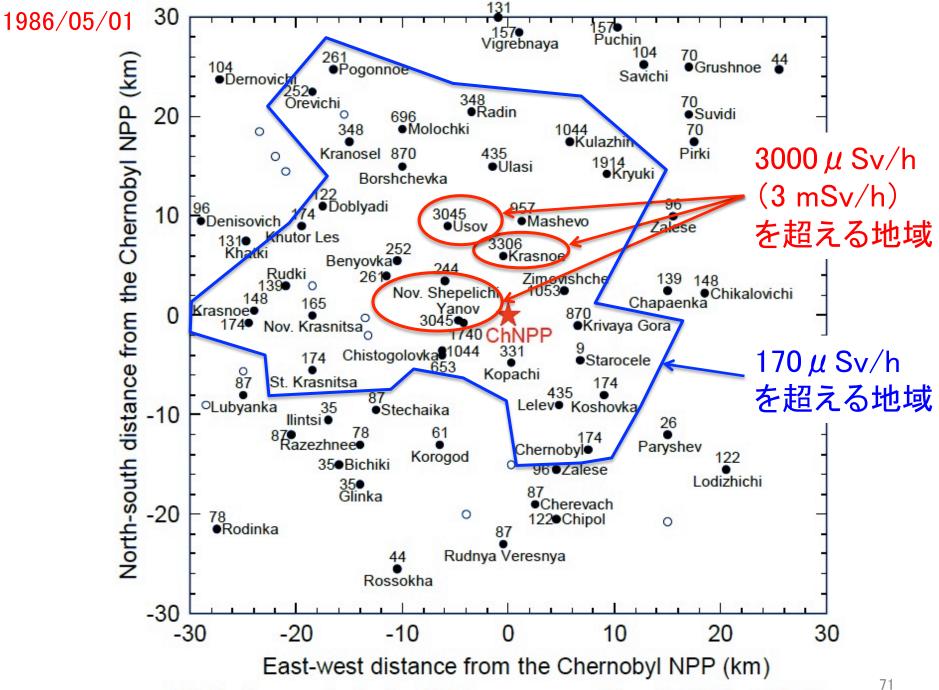
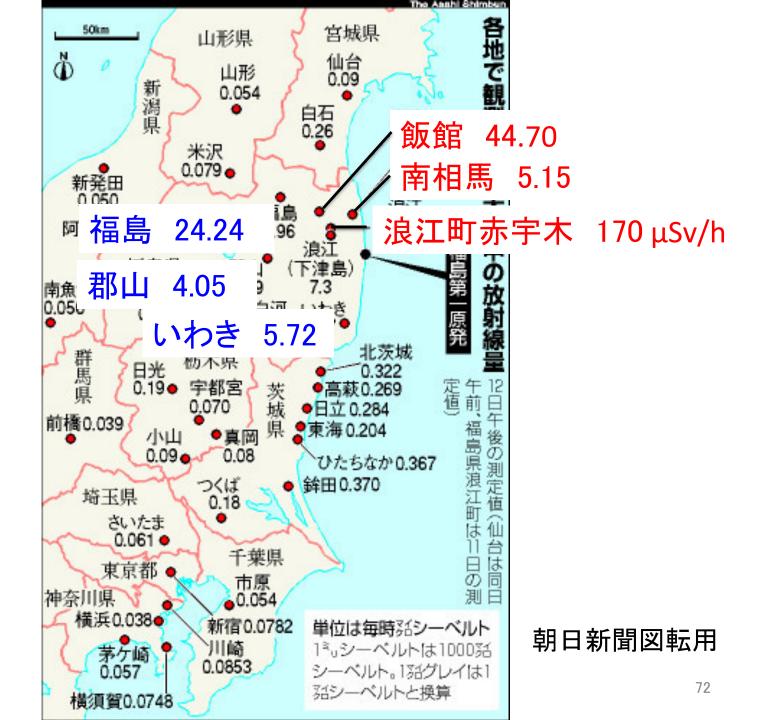
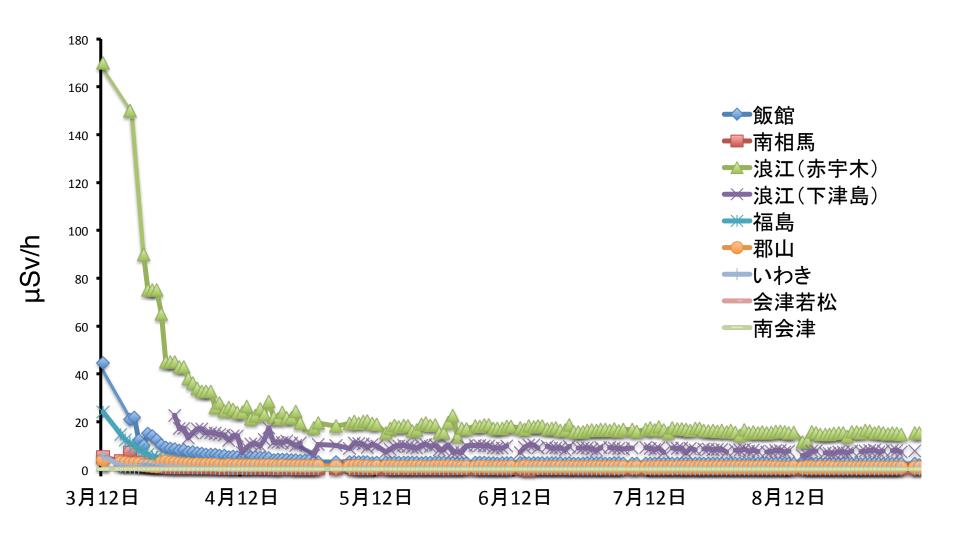


Fig.1. Dose rate in the 30-km zone on May 1, 1986, μ Gy/h.

2011/3/12



3月12日からの福島県内における空間線量の推移



2011年3月12日から1年間の積算放射線量(mSv/年)

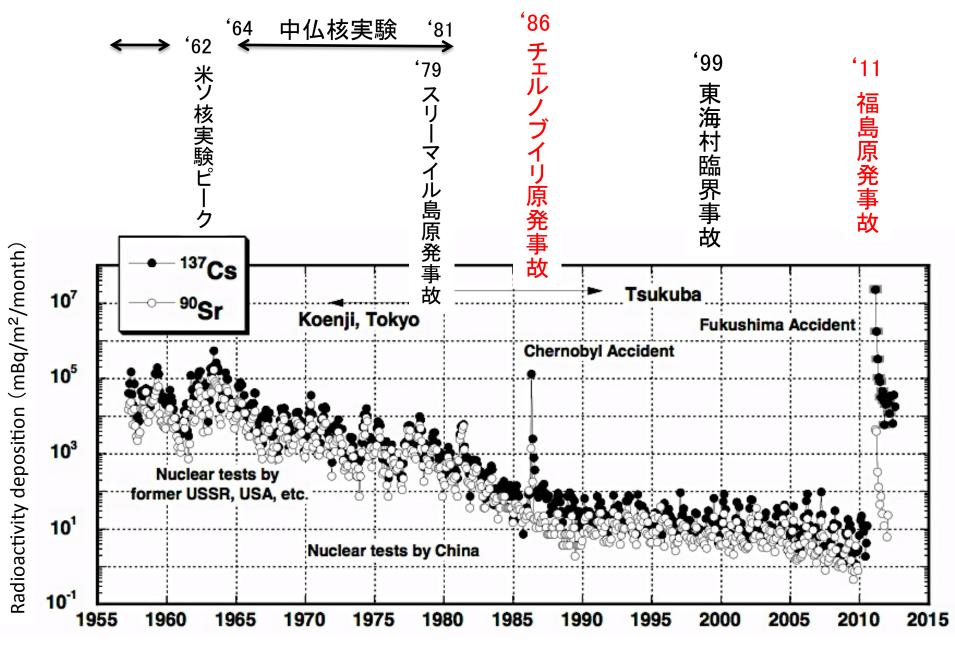
最初の3週間は131Iと137Csがあるので室内室外関係なく、当時示された空間線量のまま被曝したとし、 それ以降は137Csのみで、室外はその当時示された空間線量で室内ではその半分量被爆したとして計算

地名	7月3日時点で	9月15日時点で	2012年3月12日 時点で
飯館	8.00	7.87	7.59
南相馬	1.29	1.28	1.26
浪江(赤宇木)	42.1	41.6	41.1
浪江(下津島)	11.9	11.7	11.3
福島	4.11	4.07	3.98
郡山	1.72	1.66	1.57
いわき	0.79	0.78	0.77
会津若松	0.23	0.23	0.22
南会津	0.07	0.07	0.07

あくまでもおおざっぱな計算です。この3ヶ月間の計算で1年間の積算線量は小さくなりました。1年後20mSv/年を超えるのは浪江(赤宇木)くらいでしょう

7月8日文科省発表:福島県内の小中学校等55施設で過ごした場合の年間被曝線量は推定0.1~0.6mSv(平均0.3mSv)(4月27日から7月3日までの教師の線量計より)74

環境における人工放射能50年:90Srと137Csの月間降下量



平成25年3月文部科学省 環境放射能調査研究より改編

放射性物質放出の比較

核種	核実験 (PBq)	チェルノブイリ (PBq)	福島 (PBq)
I – 131	675,000	1,800	160
Cs - 137	948	85	15
Sr - 90	622	10	0.14
Pu (α放射体)	11	0.1	0.001

P(ペタ):10¹⁵

平成23年12月18日朝日新聞掲載記事

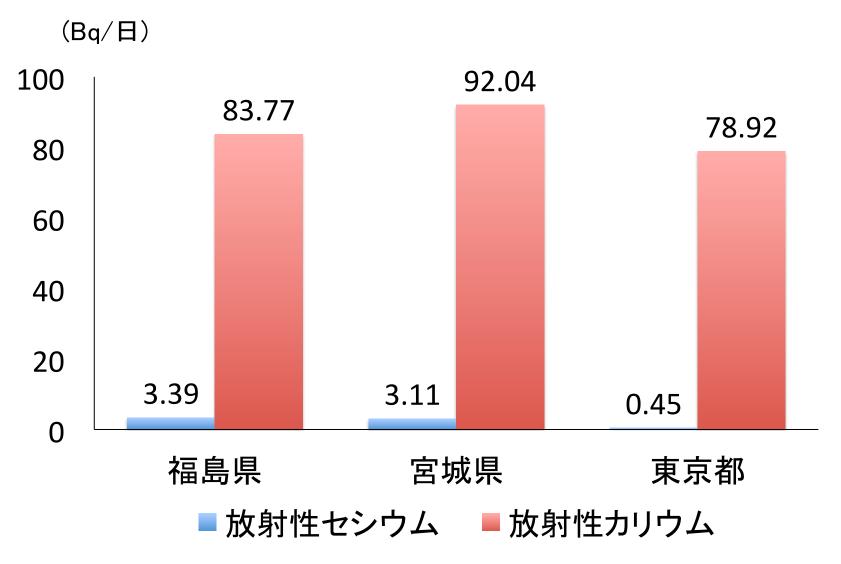
放射性ストロンチウム 約462兆ベクレル 海に流出 朝日新聞社試算(今直也記者著)

東北大学農学部水産資源生態学某教授コメント 「骨までまるごと食べるコウナゴやシラス等への蓄積に特に注意する必要がある」

ストロンチウム-90(半減期28.74年)だけだと 約462兆ベクレルは約90.6g 放射性ストロンチウムはSr-89(半減期50.53日)もあります 従って、長く残るSr-90の総量は90gより少ない 実際にSr-90はSr-89の10分の1倍しか生成されていないので、 残っている放射性ストロンチウムはSr-90で約9g程度と考えられる

ベクレルで表現するととても大きな値。グラムだと小さくなります。約9gが大海原に拡散されて食物連鎖で人への影響がどの程度出ると想像されますか?

1日に食事から体内に入る放射性物質の推定量



2011年9月および11月 国立医薬品食品衛生研究所による測定

福島のCs-134およびCs-137の内部被曝について

	経口摂取	吸入摂取	合計
福島	83.1	76.9	160
京都	5.3		5.3

単位 *μ* Sv/年

2011年7月2日から8日までの間にCs-134およびCs-137を食事及び呼吸で体内に取り込んだ量を調べた結果、1年間の内部被曝として、福島では最高 $160 \mu Sv$ となった。福島で内部被曝でなく、外部被曝の対策が重要と考えられる。

京都大学防災研究所

Koizumi A. et al, Environ Health Prev Med (2012); 17(4):292–298. doi: 10.1007/s12199-011-0251-9.

各被曝における内部被曝と外部被曝の比

	内部被曝	外部被曝
福島	1	成人 99~566 小児 150~ 491
チェルノブイリ	1	1
テチャ川	10	1
原爆	1	99

福島で内部被曝を考慮することはほとんど必要ない

平成24年2月28日 気象庁気象研究所試算

東電福島第一原発事故により大気中に放出された放射性セシウムの総量は、3~4京(3~4 x 10¹⁶)ベクレルと試算。 従来の国内外の推測の約2倍、チェルノブイリの約2割相当

フランス放射線防護原子力安全研究所(IRSN)(2011.7.11報告)によると、セシウム-134とセシウム-137はほぼ1:1で生成されると考えられるので

重さにすると

	半減期	当初質量(kg)	1年経過後(kg)
セシウム-134	2.065年	0.418	0.295
セシウムー137	30.04年	6.215	6.074

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 2011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

水や食物中に存在する放射性物質の実効線量係数マイクロシーベルト/ベクレル (ICRP Publ 72)

	ヨウ素-131	セシウム-137	セシウム-134
乳児(3ヶ月)	0.18	0.020	0.026
幼児(1歳)	0.18	0.012	0.016
子供(2-7歳)	0.10	0.0096	0.013
成人	0.022	0.013	0.019

水1kgあたりに、

ヨウ素-131が8.59Bq(ベクレル)、セシウム-137が0.45Bq、セシウム-134が0.28Bq 含まれていると仮定(東京都が2011年3/18~4/11に発表した数値の平均値) その水を乳児が1日1.65リットル、29日間飲んだ場合

ヨウ素-131:0.18 x 8.59 x 1.65 x 29 = 74.0マイクロシーベルト・・・(1) セシウム-137:0.020 x 0.45 x 1.65 x 29 = 0.43マイクロシーベルト・・・(2) セシウム-134:0.026 x 0.28 x 1.65 x 29 = 0.35マイクロシーベルト・・・(3)

受ける放射線量 = (1) + (2) + (3) = 74.8マイクロシーベルト

幼児では74.4、子供では41.5、成人では10マイクロシーベルトとなる

空気中に存在する放射性物質の実効線量係数マイクロシーベルト/ベクレル(ICRP Publ 72)

	ヨウ素-131	ヨウ素-132	セシウム-137	セシウム-134
乳児(3ヶ月)	0.072	0.0011	0.11	0.070
幼児(1歳)	0.072	0.00096	0.10	0.063
子供(2-7歳)	0.037	0.00045	0.070	0.041
成人	0.0074	0.000094	0.039	0.020

東京で空気中のちりの中の放射能濃度がもっとも高かった2011年3月15日10:00-11:00 ヨウ素131、ヨウ素132、セシウム137、セシウム134の濃度はそれぞれ、241、281、60、64ベクレル/m³ この1時間に乳児が空気2.86m³を吸い込むことによって将来受ける放射線量の合計の概算値

ヨウ素131:0.072 x 241 x 2.86 x 1/24 = 2.07マイクロシーベルト・・・(1)

ョウ素132:0.0011 x 281 x 2.86 x 1/24 = 0.037マイクロシーベルト・・(2)

セシウム137: 0.11 x 60 x 2.86 x 1/24 = 0.787マイクロシーベルト・・・(3)

セシウム134: 0.070 x 64 x 2.86 x 1/24 = 0.534マイクロシーベルト・・(4)

受ける放射線量 = (1) + (2) + (3) + (4) = 3.42マイクロシーベルト/時間

子どもの呼吸率としては、1日当たり、乳児(3ヶ月)で2.86m³、幼児(1歳)で5.16m³、子ども(5歳)で8.72m³、子ども(10歳)で15.3m³、子ども(15歳)で20.1m³、成人22.2m³(ICRP Publ 71)

幼児では5.95、子供では5.77、成人では5.01マイクロシーベルトとなる

福島第一原発から北側15km離れた海底の土 1kgあたりから放射性ヨウ素、セシウム

平成23年5月4日

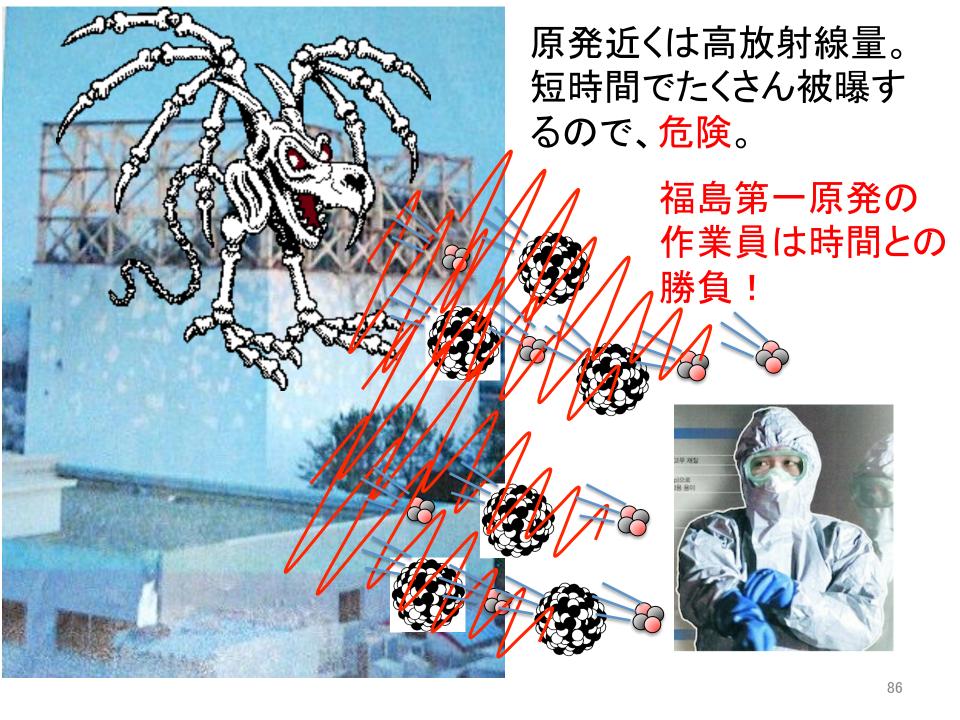
	ベクレル	1m離れた場所で(μSv/h)
ヨウ素131	190	0.000124
セシウム134	1300	0.000324
セシウム137	1400	0.000130

5月24日文部科学省発表

5月10~12日採取した宮城, 福島, 茨城沖9カ所の表層と水深100 メートルでの海水に、ヨウ素131, セシウム134及び137の汚染なし。

7月8日文科省発表

岩手、宮城両県海底土から1kgあたり24~1380ベクレルの 放射性セシウム検出



福島原発における作業者の線量限度の推移

2011年 3月14日	2011年 11月1日		2011年 12月16日		2012年 4月30日
	新しい	100 mSv 新しい			
作業者		専門業務 250 mSv	原子炉冷却装置機能 維持業務放射性物質放出抑制 システム業務	100 mSv	通常時と同じ 5年間100 mSv
250 mSv	11月1日	QEQ mCv			かつ 年間50 mSv
	より前から の作業者	250 mSv	専門業務	250 mSv	

J Radiat. Res. 56(3), 413-421, 2015

2011年福島第一原発緊急作業者の外部被ばく線量と内部被ばく線量の合算

	3月11日				4月11日			5月11日	
mSv	東電社員	協力 企業	計	東電社員	協力 企業	計	東電社員	協力 企業	計
>250	5	0	5	0	0	0	0	0	0
200~250	1	0	1	0	0	0	0	0	0
150~200	1	0	1	0	0	0	0	0	0
100~150	5	0	5	0	0	0	0	0	0
50~100	36	42	78	0	0	0	0	0	0
20~50	182	78	260	0	2	2	0	0	0
10~20	402	263	665	1	18	19	0	1	1
<10	1,096	1,701	2,727	662	2,966	3,588	282	2,739	3,021
計	1,658	2,084	3,742	623	2,986	3,609	282	2,740	3,022
最大(mSv)	590.0	98.5	590.0	18.8	41.8	41.8	0.2	10.1	10.1
平均(mSv)	12.1	6.4	8.9	0.2	0.6	0.5	0.0	0.1	0.1

東京電力プレスリリース福島第一原子力発電所作業者の被ばく線量の評価状況について

原発事故時のヨウ素131(131I)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。

福島第一原発事故では、ヨウ化カリウムを<mark>慌てて服用する必要はありません。</mark> 事故当初、ヨウ化カリウムは配布の情報はあまりありませんが、今後は配布されるべきです。

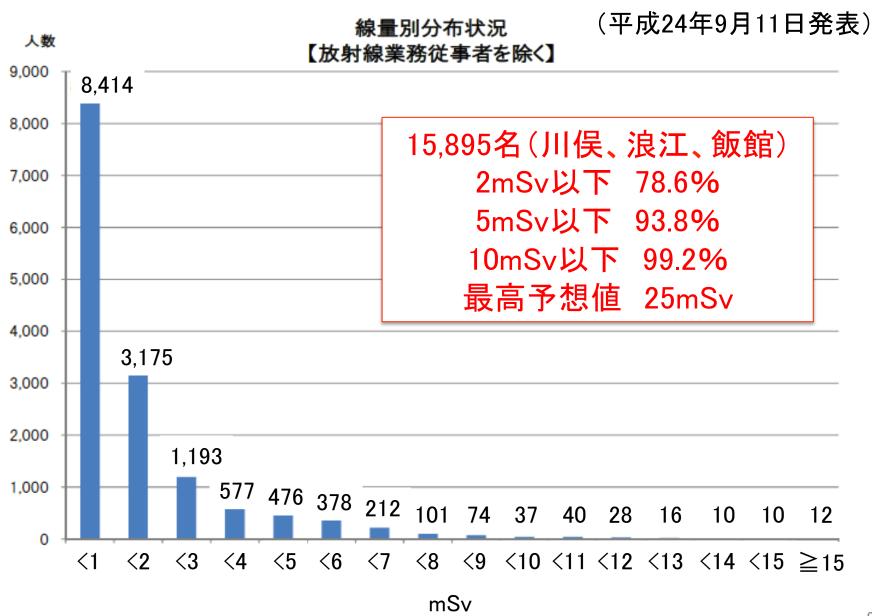
100mgのヨウ化カリウム投与した時の131Iの摂取防止率

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

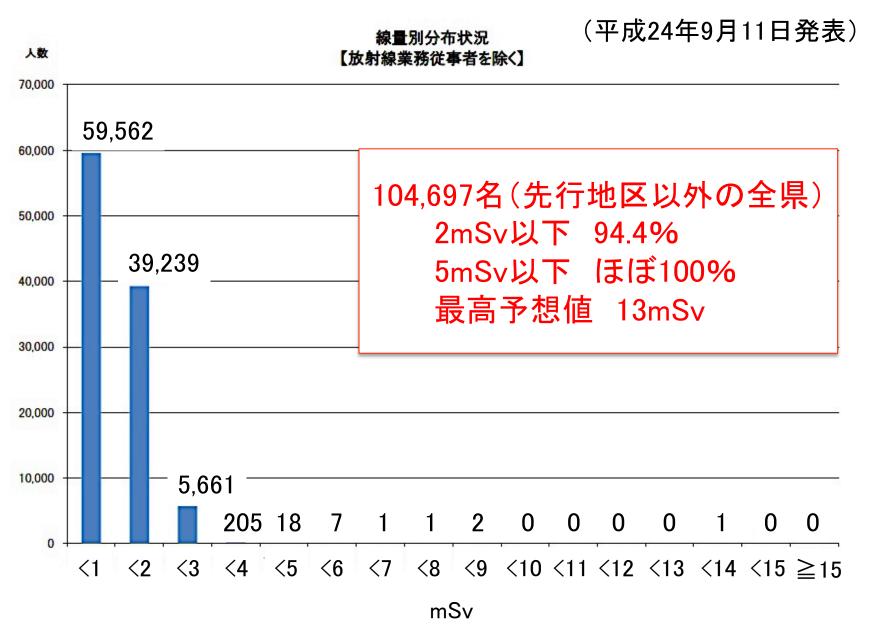
40歳以上も甲状腺がんのリスクが認められるで、服用対象者となる(以前は対象外だった)。特に新生児、乳幼児や妊婦の服用は優先。ヨウ素として100mgを1回服用(原則1回投与。再度被曝の時はもう1回服用する。ただ妊婦は胎児の副作用を考慮して2回目投与は慎重に。投与基準:甲状腺の被曝線量が50mSv(2011,6月,IAEA)。甲状腺の被曝線量が50mSv以下の場合は服用しない方が良い。

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。

基本調査による推計外部被ばく線量評価 (平成23年3月12日~7月11日、福島県HPより)



基本調査による推計外部被ばく線量評価 (平成23年3月12日~7月11日、福島県HPより)



ホールボディカウンタによる内部被ばく検査の実施結果について

平成25年4月1日

平成25年2月分 検査人数 6,614人 (18歳以下、妊婦優先)

検査結果 預託実効線量

1mSv未満 6,614人(全員)

平成23年6月~平成25年2月 検査人数 118,930人

検査結果 預託実効線量

1mSv未満 118,904人

1mSv 14人

2mSv 10人

3mSv 2人

福島県庁HP: http://t.co/RjrdBhHV

国連科学委員会 報告書案

朝日新聞 2013年5月27日

原発事	故	①米国 スリーマイル島 (1979年)	②旧ソ連・ チェルノブイリ (1986年)	③福島第一 (2011年)
放射性物質の大気への放出量	I–131	0.0006 ~0.0008	1700	100~500
(千兆Bq) Cs-137		なし	86	6 ~ 20
甲状腺の被曝線量 (mSv)		0.07 (成人の最高)	50~5000 (一般的な 避難民)	33~66(小児) 8~24(成人) (30 [*] _□ 圏外の被 曝の多い地区)
影響を受けた地域全体の 住民の甲状腺被曝の集団線量 (人・Sv)			296万7000	9万9000

集団でみた日本国民の総被ばく線量(集団線量)は、 甲状腺がチェルノブイリ原発事故の約30分の1、全身は約10分の1と推計

18歳までの福島県民の甲状腺検査結果

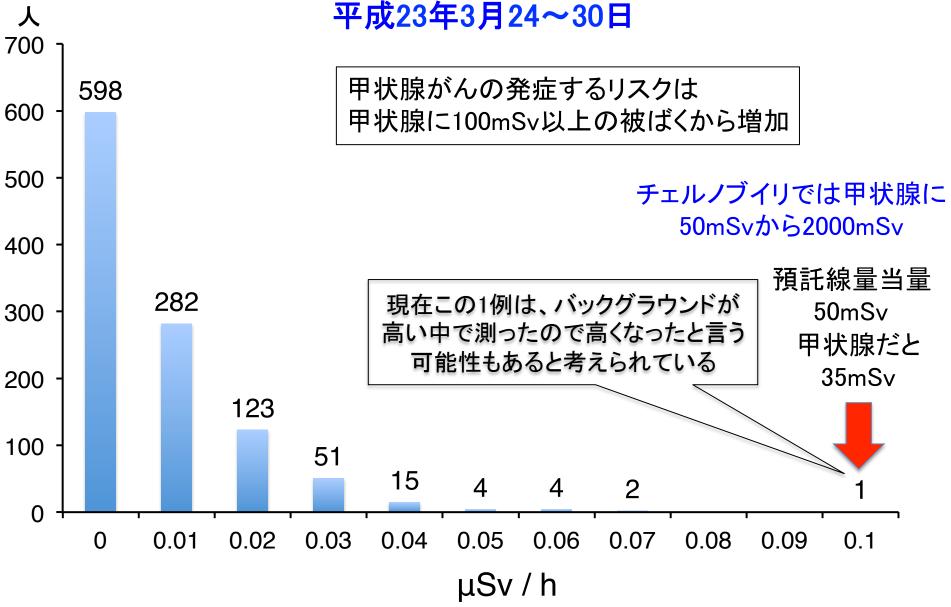
検査実施総数				H23年度		H24年度		
			;	38,114人		42,060人		
判定 結果		判定内容	人数	割合		人数	割合	
<u>.</u>	A 1	結節や嚢胞を認めな かったもの	24,469	64.2%		23,702	56.3%	99.4%
A	A 2	5.0mm以下の結節や 20.0mm以下の嚢胞を 認めたもの	13,459	35.3%	99.5%	18,119	43.1%	
В		5.1mm以上の結節や 20.1mm以下の嚢胞を 認めたもの	186	0.5%		239	0.6%	
С		甲状腺の状態から判 断して、直ちに二次 検査を要するもの	0	Ο%		0	Ο%	

A判定はあくまでも正常。甲状腺がん発症は被曝から5年後以降。継続的検査は必要。

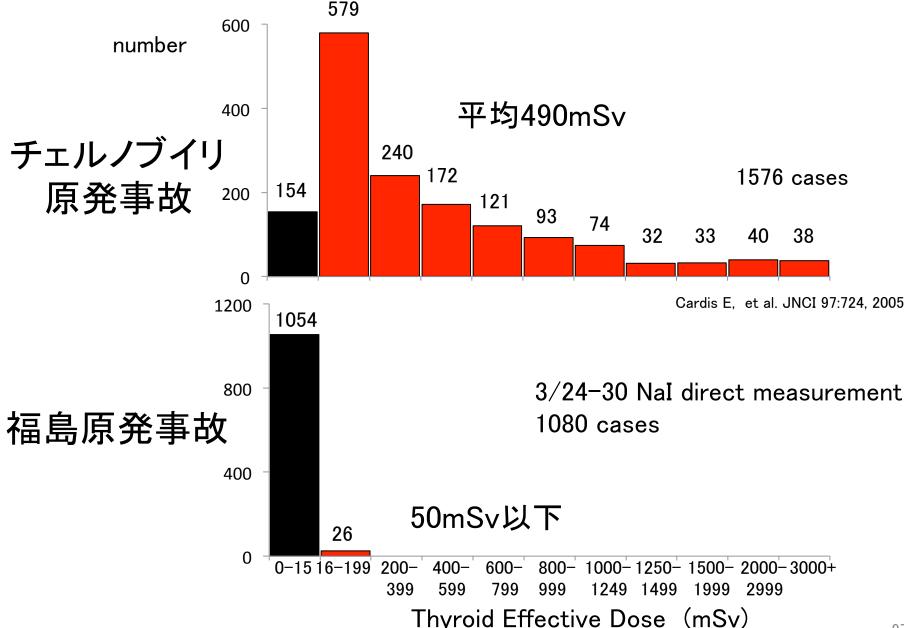
3-18歳までの弘前市、甲府市、長崎市の甲状腺検査結果 実施期間:平成24年11月~平成25年3月 平成25年3月29日環境省

検査実 施総数			弘前市			甲府市			長崎市		
		1,630人			1,366人			1,361人			
判定 結果		人 数	割合		人 数	割合		人数	割合		
٨	A1	670	41.1%	00.70/	403	29.5%	00 00/	779	56.9%	00.49/	
Α	A2	939	57.6%	98.7%	948	69.4%	98.9%	582	42.5%	99.4%	
В		21	1.3%		15	1.1%		8	0.6%		
С		0	0%		0	0%		0	0%		

いわき市・川俣町・飯館村の子供1080名の甲状腺の被ばく線量推定 現地災害対策本部実地(第67回原子力安全委員会資料より)



甲状腺組織等価線量:チェルノブイリと福島の比較



福島県民健康調査の甲状腺がん、疑いの発生率

H23年度:15/47,768人 ⇒100万人当たり314人 ➡

H24年度: 56/161,137人⇒100万人当たり348人 ✓

H25年度: 42/158,788人⇒100万人当たり265人

H26年度: 25/149,065人⇒100万人当たり168人

有意な増加はない

2015/8/31(平成23年度から26年度まで) 細胞採取で138人が「悪性ないし悪性の疑い」 105人が手術

・摘出後の検査の結果101人が甲状腺がんの中の乳頭がん3人が「低分化がん疑い」1人が良性結節

小児甲状腺がん 発生率

分 子

分 母

<u>診断・報告された</u> 小児の甲状腺がん 発生率

100万当たり〇人

"甲状腺腫大"や "しこり"などの訴え で病を受診し、精 で検査で甲状たされる をと診断・報告され た数(診断されて可 を数告める)

その年代の子どもの人口数

<u>超音波検査を</u> 受けていない

0~18歳:約2,100万人

福島県民健康調査 超音波検査で発見 された甲状腺がん あるいは悪性疑い の発生率

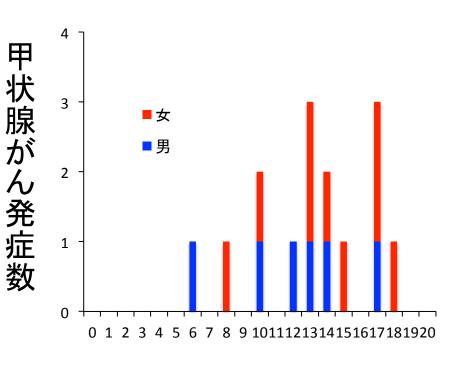
訴えがなくても、超音 波検査で発見された 甲状腺がんあるいは 悪性疑い。

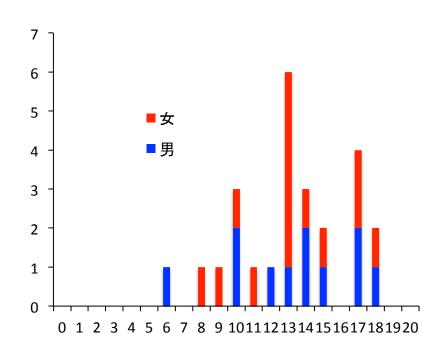
<u>超音波検査を</u> 受けた人数

第15回県民健康調査 約29万人

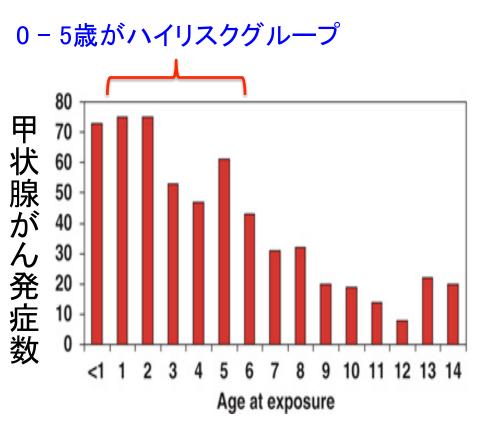
広島赤十字・原爆病院 小児科 西 美和(よしかず)先生 スライド引用

平成26年度実施対象市町村 (平成26年4月2から検査開始 平成26年3月31日現在) 平成26年度実施対象市町村 (平成26年4月2から検査開始 平成27年6月30日現在)

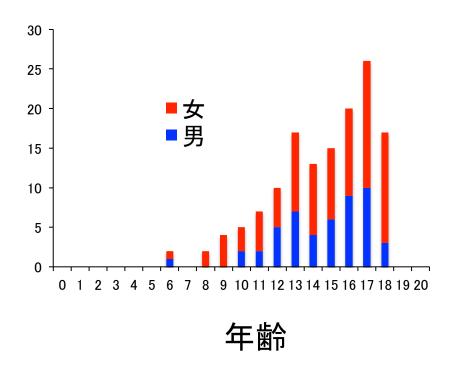




平成23年3月11日時点の年齢による分布



福島県民甲状腺がん発生数の年齢別分布 (平成23年3月の年齢として)



Age at exposure and occurrence of thyroid cancer. All childhood cases observed in Belarus between 1987 and 1997. The slight increase in the oldest children could reflect the baseline incidence (Demidchik EP. et al, (2002); International Congress Series 1234: 69-75. Invited paper in *Chernobyl: Message for the 21st Century* (Yamashita S et al ed))

平成27年6月30日までの調査 (平成27年8月31日報告**から改編**) 先行調査及び本格調査を含む138名 甲状腺ホルモン(T4、T3)が作られるのにヨウ素が必要。 ヨウ素は成人の体内に約25mgあり、1日摂取量約1.5mg必要。

T4: サイロキシン

T3: トリヨードサイロキニン

非放射性ヨウ素と放射性ヨウ素は競合するので、事前に非放射性ヨウ素を内服しておく。

原発従事者の内服方法

初回	2日目	3日目	4日目	5日目		初回	2日目	3日目	4日目	5日目
2錠	1錠	1錠	1錠	1錠	2日休日	2錠	1錠	1錠	1錠	1錠

100mg 50mg

最大14日間

ヨウ化カリウムの副作用

- 1. ヨウ素過敏症 服用直後から数時間後の発症。発熱、関節痛、浮腫、蕁麻疹様皮 疹、ショック
- 2. 甲状腺機能異常症 甲状腺機能亢進症や低下症あるいは慢性甲状腺炎で内服するとそ れぞれ悪化する。
- 3. 肺結核者は再燃するおそれあり。
- 4. 薬疹(ヨウ素にきび)、耳下腺炎(ヨウ素おたふく)、鼻炎はきわめて まれ。
- 5. 嘔吐,下痢の胃腸症状が認められることがある。
- 6. 腎不全, 先天性筋強直症, <mark>高カリウム</mark>血症を有するものでは、悪化 することあり。
- 7. 健康者が長期内服すると一過性の甲状腺過形成や機能低下が生じる。
- 8. 併用注意: ACE阻害剤、アンギオテンシン受容体拮抗薬、カリウム 保持性利尿薬, リチウム薬

チェルノブイリと東電福島第一原発事故の違い

	チェルノブイリ 1986年4月26日	東電福島第一 2011年3月11日
原子炉	黒鉛減速沸騰軽水圧力管型	沸騰水型
格納容器	なし	あり
初動状態	制御棒抜いたまま	制御棒挿入された
放射性物質排出量	520万TBq	57万TBq
爆発後発表	3日間発表せず 大統領公式発表は1週間後	即日
事故直後空間線量最高値	$3306\mu\mathrm{Sv/h}$	170 <i>μ</i> Sv/h
放射性ヨウ素を含む牛乳	出回る	出回ってない
放射性ヨウ素による 被曝線量	50-100mSvから2千mSv	0.01から0.1 μ Sv/h* (1080人のうち45%)
甲状腺がん	6848人 (事故当時18歳未満)	?
甲状腺がんによる死者	15人(0.22%)	?

^{*2011}年3月24~30日:いわき市と川俣町、飯舘村で0~15歳の子どもを対象に実施 99%は0.04 µ Sv/h以下。最高値0.1 µ Sv/hは1歳児、預託線量として50mSv 原子力安全委員会

チェルノブイリ原発で<mark>急性</mark>放射線症で 入院した人の被曝結果

患者数	集団推定線量 (Gy)	死者数
21	6-16	20
21	4-6	7
55	2-4	1
計 97		28

【出典】OECD/NEA(編):チェルノブイリから10年一放射線・健康影響一原子力資料No.289, 日本原子力産業会議(1996年7月)、p44

UNSCEARの報告では、最高13.7Svの被曝

チェルノブイリ事故25年ロシアにおけるその影響と後遺症の克服についての総括および展望1986-2011より、最終章『結論』 2011年までにさらに22人が死亡

1986年4月チェルノブイリ原発事故後の妊婦堕胎例

1. キエフ市民: 死の灰を浴びたので、ある妊婦は胎児影響を心配



死の灰: ¹³¹I, ¹³⁷Cs

ハンガリーで放射能検査

甲状腺には高い値、胎児影響はないレベル



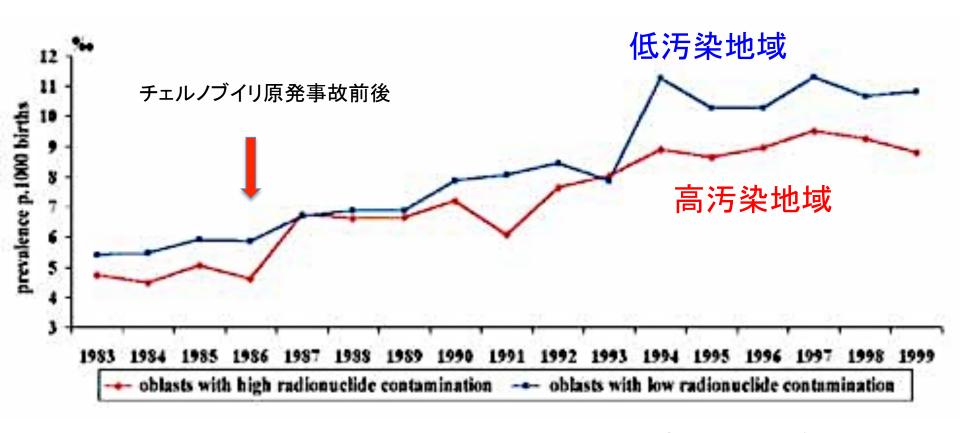
にもかかわらず

中絶

- 2. ハンガリー: 1986年5-6月早産の割合が10.7%に増加 それ以外の月は平均9.75% ハンガリーでのその時の被曝は0.1mSv/月 母親の放射線に対する恐怖心が胎児に影響
- 3. ギリシャ: 堕胎例数千件、1986年の被曝量0.6mSv/年
- 4. 全欧州: 胎児の奇形を恐れて10万人以上の母親が堕胎した 被曝量は0.001 - 2mSv/年

日本でこんなことが起こらないように祈ります!

チェルノブイリ原発事故前後のベラルーシ における胎児奇形発生率の推移



The Chernobyl Forum: 2003-2005の報告書の20ページ

高汚染地域でも低汚染地域でも胎児奇形発生率は変わりない

チェルノブイリ事故による死亡者数の推定

国際がん研究機関(IARC、世界保健機関(WHO)の付属組織)のCardisらによる推定(事故後80年間の過剰死亡数)

- 1. 緊急の事故処理に当たった作業者 チェルノブイリ原子力発電所から30km圏内に居住し事故後避難した避難民 避難はしなかったが旧ソ連の高度汚染地域に居住していた人 計約60万人を対象 事故により増加するがん死亡は約4000人と推定 0.67%
- 2. 旧ソ連の(高度汚染地域を除いた)汚染地域の居住者を含めて 約740万人を対象 事故により増加するがん死亡は約9000人と推定 0.12%
- 3. 最近の報告では、推定対象をヨーロッパ全体5.7億人に広げた場合 過剰死亡の数は約16,000人と予測されている 0.003%

(1) E.Cardis, et al.: Estimated long term health effects of the Chernobyl accidents., Proceedings of the International Conference, One decade after Chernobyl, Summing up the Consequence of the Accident, Vienna (1996), p.241-279 (2) E.Cardis, et al.: The Cancer Burden from Chernobyl in Europe (2006年4月), http://www.iarc.fr/chernobyl/briefing.php

除染の効果

東京某学校グランド地表表面

0. $35 \mu \text{ Sv} / \text{h}$

3 mSv/年



除染



0. $11 \mu \text{ Sv / h}$

1 mSv/年

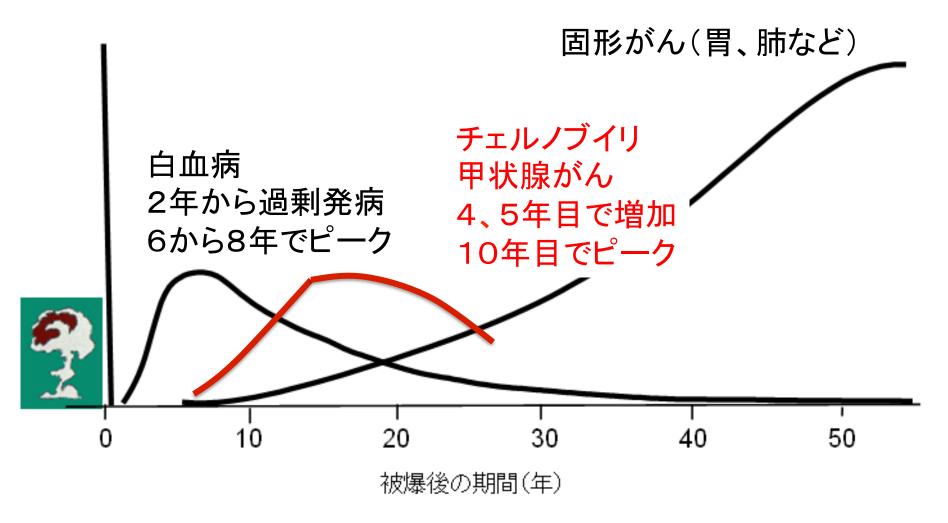
除染費用 300万円

UNSCEAR報告書(2014年4月2日) (原子放射線の影響に関する国連科学委員会)

「2011年東日本大震災後の原子力事故による放射線被ばくのレベルとその影響」

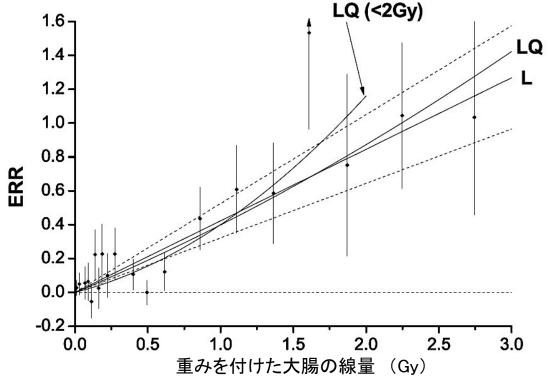
福島での被ばくによるがんの増加は予想されない

原爆被爆者など その他の放射線の影響



原爆放射線誘発がん発生の時間的経過(模式図)

原爆被爆者の放射線被曝と固形がんの過剰リスク



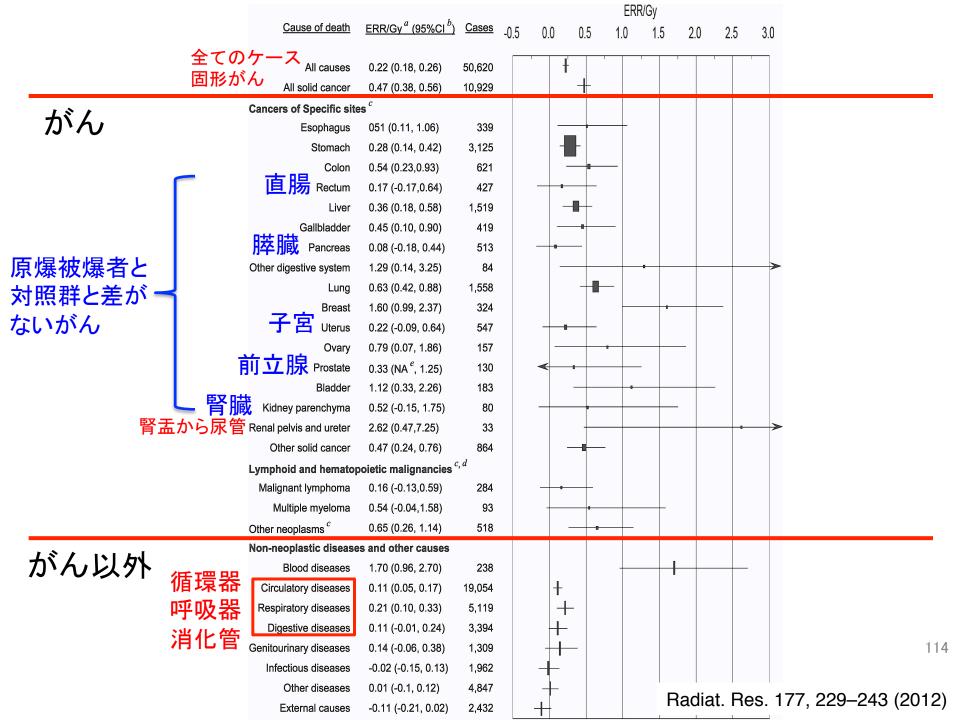
放影研報告書(RR4-11) 原爆被爆者の死亡率に関する研究第14報 1950-2003年: がんおよびがん以外の疾患の概要 Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors, Report 14, 1950-2003: An Overview of Cancer and Noncancer Diseases. Radiat. Res. 177, 229-243 (2012)

113

報告書では難解な表現をし、真意が伝わっていない。直接著者に電話で回答を得た。

- 1. 「ゼロ線量が最良の閾値推定であった。」とあるが、これはあくまでも統計学上である。
- 2. 「全固形がんについて過剰相対危険度が有意となる最小推定線量範囲は0一0.2Gyであり、定型的な線量閾値解析では閾値は認められなかった」とは、「200mSv未満は有意差がない」と意味である。

これまで100mSv未満は有意差がない、つまり放射線影響がないと考えられていた。今回、研究年数および対象数が増えた上で、有意差がみられる線量が低い線量へ移行したのでなく200mSvまで増えたということは、100mSv未満では影響がないという証明になると、コメントを得ている。



原爆被曝の年代とがん死亡の相対リスク表

		男性			女性		
被曝時	5-500mSv	0.5-1Sv	1-4Sv	5-500mSv	0.5-1Sv	1-4Sv	
0~9歳	0.96	1.10	3.80	1.12	2.87	4.46	
10~19歳	1.14	1.48	2.07	1.01	1.61	2.91	
20~29歳	0.91	1.57	1.37	1.15	1.32	2.30	
30~39歳	1.00	1.14	1.31	1.14	1.21	1.84	
40~49歳	0.99	1.21	1.20	1.05	1.35	1.56	
50歳以上	1.08	1.17	1.33	1.18	1.68	2.03	

5-500mSvでがんのリスクは上昇していない。

Preston et al, Radiat Res 168:1-64,2007

原爆被爆者における甲状腺癌

甲状腺線量(mSv)	平均線量 (mSv)	対象	患者	Odds Ratio
<5 mSv		755	33	1
5-100 mSv	32	936	36	0.85
100-500 mSv	241	445	22	1.12
500< mSv	1237	236	15	1.44

甲状腺がんが増加するの100-500mSvの集団から

Y. Hayashi et.al. Cancer 116 (7): 1646–1655, 2010.

· - · ·	0歳から95歳の408名の検死解剖(甲状腺疾患以外)における甲状腺微小乳頭癌(OPC)と線維性硬化性結節(FSN)の割合								
	A	All cas	es	C	ases w	ith OPC	Ca	ases	with FSN
Age group (yr)	M	F	Total	M	F	Total	M	F	Total
<10	2	1	3	0	0	0	0	0	
11-20	4	3	7	1	0	1 (14.3%)	0	0	
21-30	5	7	12	1*	0	1 (8.3%)	0	0	

0

7*

10*

4*

2*

0

26

2*

2

4*

5*

6*

0

20

2 (8.7%)

3 (6.8%)

11 (13.4%)

15 (13.4%)

10 (10.1%)

3 (12.0%)

(11.3%)

0

46

*Fifteen cases had multiple foci of OPC or FSN.

1

1

0

2

5

0

0

9

0

4

5*

5

2

0

17

0

0

1 (4.3%)

2 (4.5%)

4 (4.9%)

7 (6.3%)

2 (8.0%)

(6.4%)

0

26

117

10 (10.1%)

247

Cancer 65: 1173-1179, 1990

11

31

57

68

12

13

25

44

161

31-40

41-50

51-60

61-70

Total

23

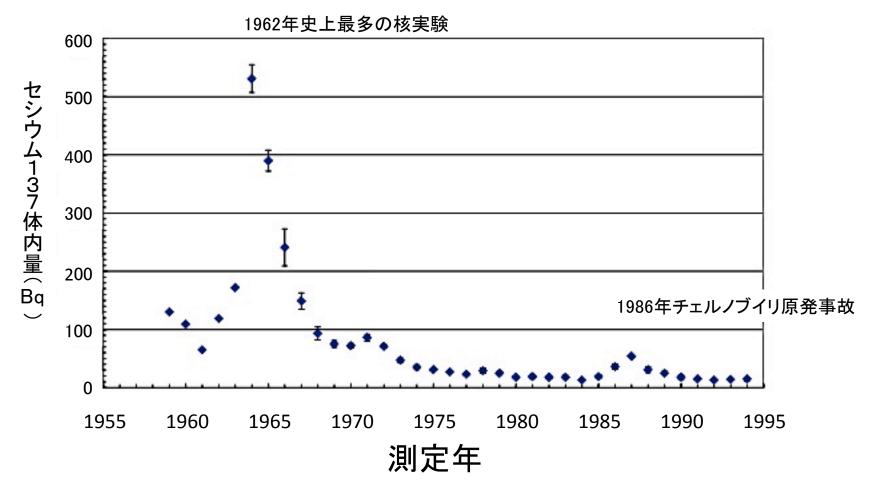
44

82

112

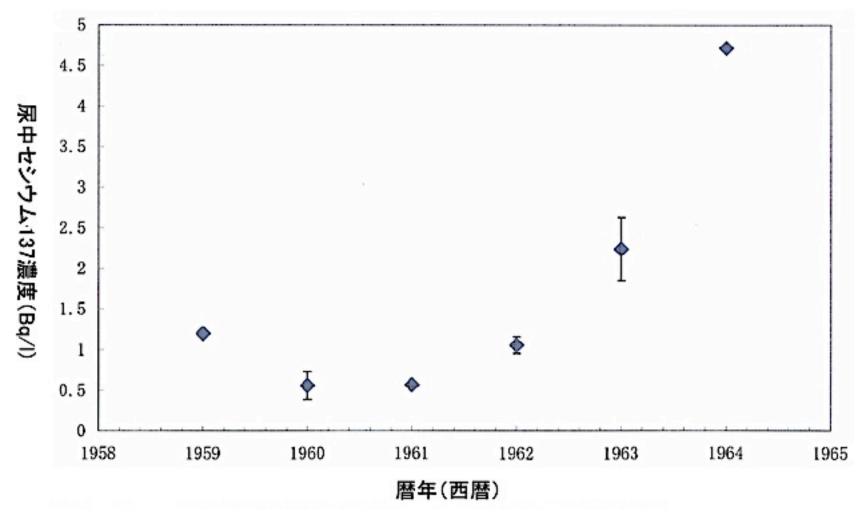
⁴⁴ 71-80 55 99 81-90 11 14 25 91< 0 1

⁴⁰⁸ 徳島大学:1981年から1987年の調査



日本人成人男子群のセシウム137体内量の推移 出典: Health Physics 71, 322 (1996)

大まかであるが、体内から検出された1Bqのセシウム137は、年間被曝量として 0.0359 μ Svと計算される。1964年での年間被曝量は約19 μ Svとなります。 放射線医学総合研究所 稲葉次郎先生試算



日本人中学生尿のセシウム137の濃度の推移(1959~1964年)

出典: Journal of Radiation Research (1962), Survey Data in Japan(1964), ibid (1965)

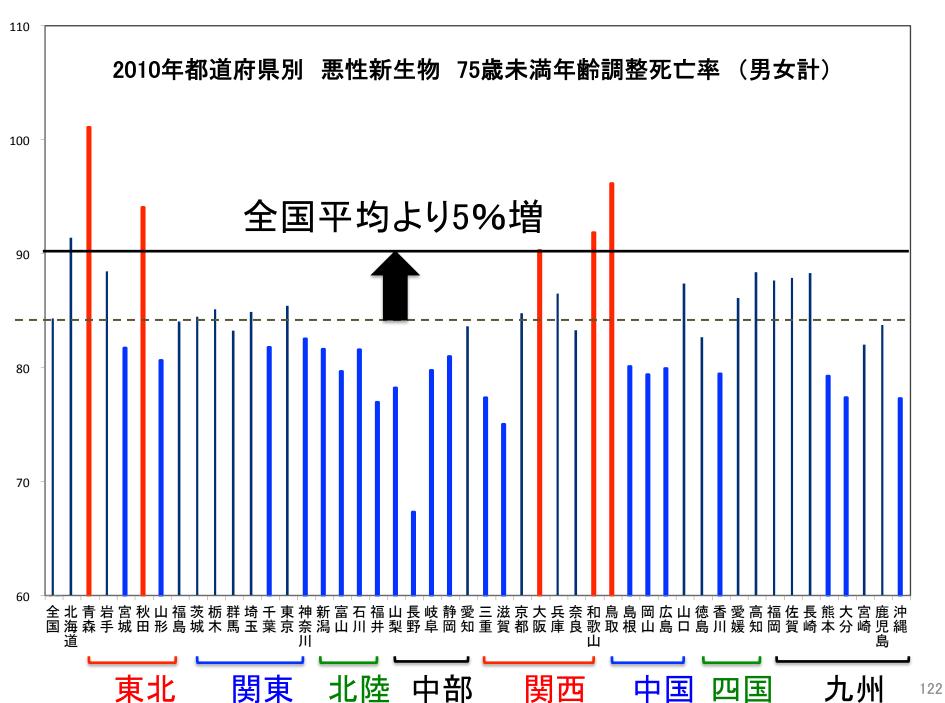
1日の排泄量が1Bqだと、簡単化するため排泄は全て尿によると仮定すると、体内量82.27Bq。 約2.95 μ Svの被曝となります。1964年は約14 μ Sv。

放射線医学総合研究所 稲葉次郎先生試算

リスクコミュニケーション

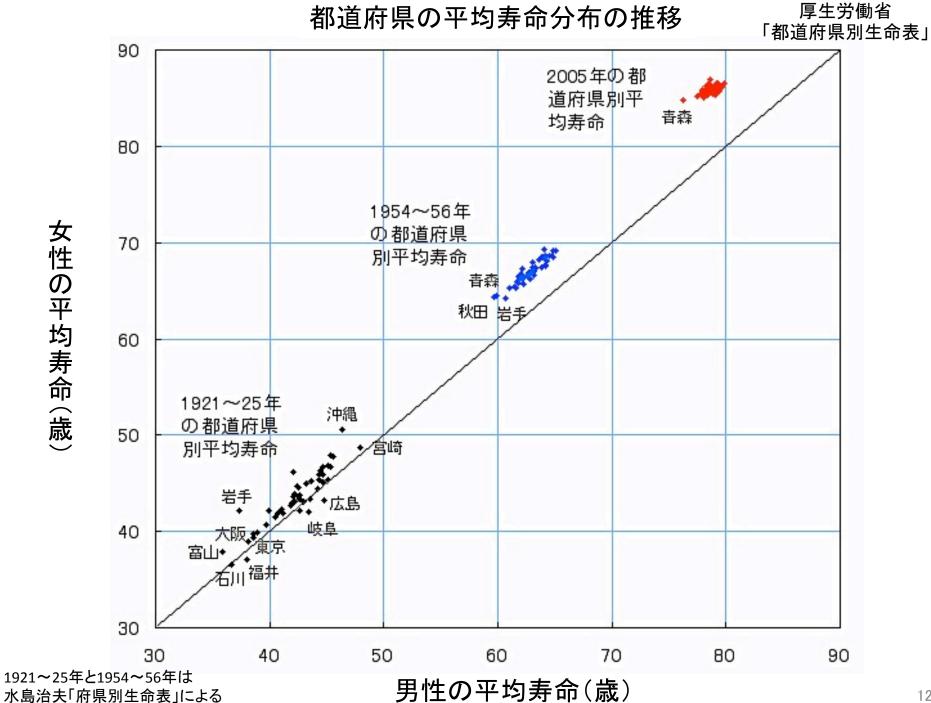
放射線とがんのリスクについて

がんの 相対リスク	生涯被曝線量 (mSv)	項目(全部位)
1.50~2.49	1000~2000	喫煙者(1.6) 大量飲酒(450g以上/週)(1.6)
1.30~1.49	500~1000	大量飲酒(300~449g/週)(1.4) (参考:ビール500mlで20g 焼酎1.8Lで360g、日本酒1.8Lで216g)
1.10~1.29	200~500	肥満(BMI≥30)(1.22) やせ(BMI<19)(1.29) 運動不足(1.15~1.19) 高塩分食品(1.11~1.15)
1.01~1.09	100~200	野菜不足(1.06) 受動喫煙<非喫煙女性>(1.02~1.03)
検出不可	100未満	



都道府県別平均寿命(2005年) 厚生労働省「都道府県別生命表」 87 沖縄 能本 島根 86.5 岡山 🍫 石川 ◆ 長野 富山 新潟 ❖ 広島 ❖ ◆ 鳥取 宮崎山梨 女性の平均寿命(歳) 大分◆靜圖神奈川 ◆ 佐賀 86 香川◆ 京都 高知 🍁 長崎福岡 徳島 鹿児島◆ 東京 岐阜 千葉 85.5 福島 愛知 和歌山 ◆ 埼玉 ◆ 茨城 ◆ 大阪 秋田 栃木 85 ◆ 青森 84.5 76.5 77 77.5 78 78.5 79 79.5 76 80 80.5

男性の平均寿命(歳)



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

健康阻害のリスク	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(計算值)	8
医療診断X線(計算值)	6
全天災(地震等)	3.5

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 ピストルによる10万に対する死者 自動車 5万 アメリカ ピストル 1.7万 0.02 オートバイ 3,000 水泳 3,000 外科手術 2,800 医療被曝程度の X線診断 2,300(推定値) 放射線と比べると 鉄道 2,000 喫煙やアルコール の死亡数が高い 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

		家庭	職場
受動喫煙 (非曝露=1)	肺がん	1.29倍	1.14倍
(7) 中公路 - 1/	虚血性心疾患	1.23倍	1.35倍
能動喫煙	肺がん	4.39倍(男性)、2.79倍(女性)	
(非曝露=1)	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)	
会比 活力 电初 水布	肺がん	48,610人	肺がん	18,239人
能動喫煙	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

1日にタバコ1~2箱で 0.2~0.4 mSvの被曝と同じ



ベンゾピレン等約70種類の発がん物質が含まれる

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!

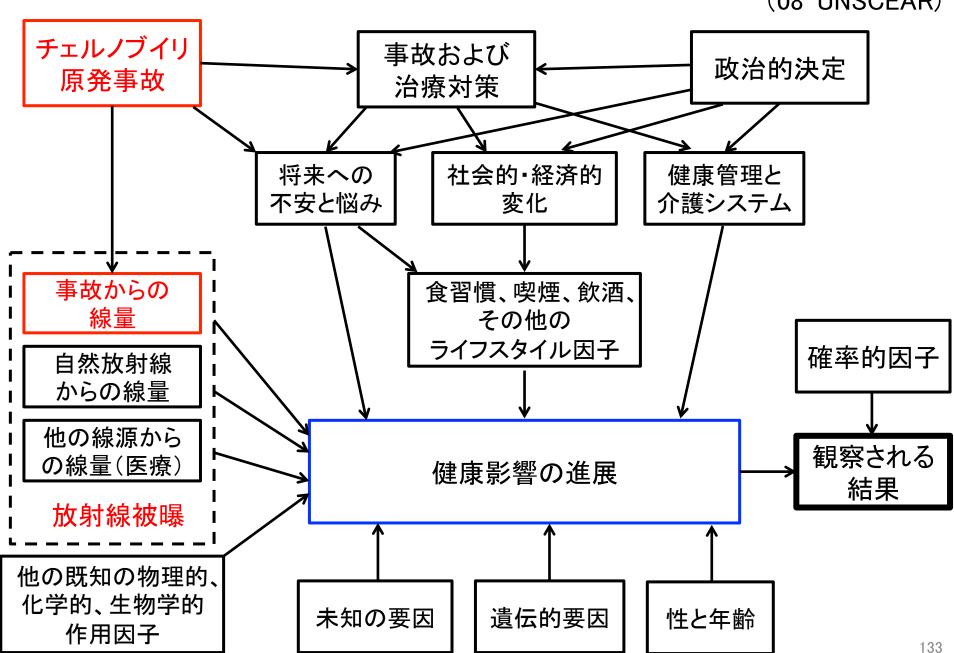
そもそも放射性物質がバクテリアやウイルスのように感染するという概念自体存在しません。 現状の20-30km圏内で測定されている空間線量をもたらしていると思われるフォールアウト (放射性物質の降下物)が付着している程度では、他人の被曝を問題にすることはありません。



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<u>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</u>であることと考えてください。 132

観察された健康影響におそらく影響を与えたと思われる要因の模式図 (08'UNSCEAR)



チェルノブイリ:心理療法士の肩書きをもつモロゾフ医師朝日新聞の連載記事(1990年8月21日)



無知だけでなく、未知の体験が生んだ恐怖



精神的ストレス



免疫システム、自律神経系に障害



心理療法で障害が回復

放射線による人体影響、汚染状態を実際以上にふれまわる議員や新聞、テレビのせいです。

朝日新聞の連載記事(1990年8月21日)から一部を引用

汚染大地 チェルノブイリ第二部6.

「放射能恐怖症 幻影におびえる患者:少なくない誤った情報」

心理療法士の肩書きをもつモロゾフ医師はこれまでに一万三千人もの「放射能恐怖症」患者の治療にあたってきた。この医師によると、「放射線障害の症状がまったくない人も、真剣な顔で訴える。患者の中には高学歴の人や、原発の技術者も少なくない。だから、無知によるおびえではなく、未知の体験が生んだ恐怖だ」とモロゾフさんはいう。このような特に重度の妄想にとりつかれたケースを「死病症候群」と名付けた。患者たちは精神的ストレスを受けつづけた結果、免疫システム、自律神経系に障害が起きている。実際に放射線を浴びた場合も、免疫、神経がやられる。しかし、ここに来る患者のほとんどは心理療法で障害が回復している。原因が放射線ではなく、放射線の幻影であることは明らかだ。「放射線による人体影響、汚染状態を実際以上にふれまわる議員や新聞、テレビのせいです。」とモロゾフさんはうわさやマスコミを通じてソ連全土に放射線の幻影がはびこりつつあると指摘する。

この記事の最後の段落は次のように結ばれている。「誇張された数字が生んだ恐怖はなかなか消えない。とくに、これらの数字を否定するのは常に「権威筋」であり、これまで真実を隠しつづけてきた側だからだ。一般市民は否定の声に耳を傾けない。放射能恐怖症にきく特効薬はまだない。」

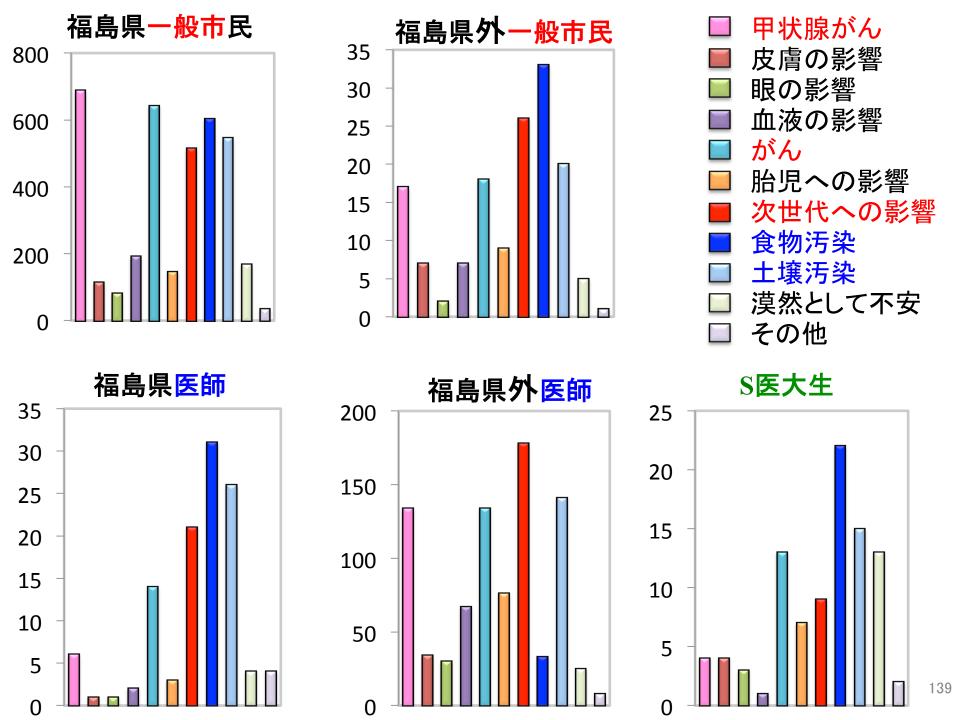
信じるところに現実はあるのであって、 現実は決して人を信じさせることができない

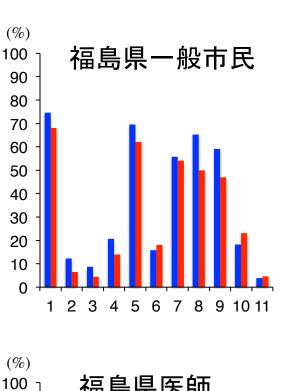
太宰治

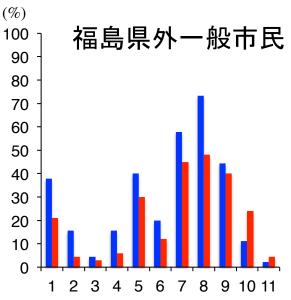
原発事故後の放射線影響に対する 不安度についてのアンケート調査

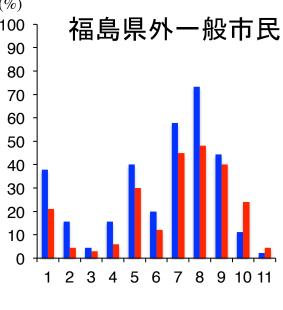
対象

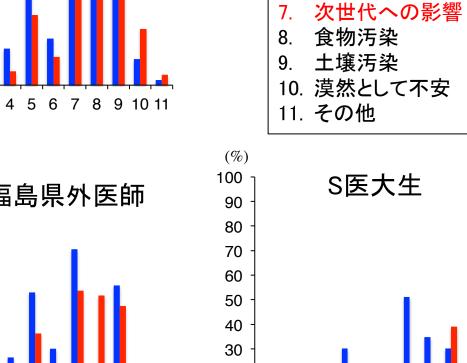
- 1. 福島県一般市民
- 2. 福島県外一般市民
- 3. 福島県医師
- 4. 福島県外医師
- 5. S医科大学医学部学生











20

10

2011

3.

5.

甲状腺がん

皮膚の影響

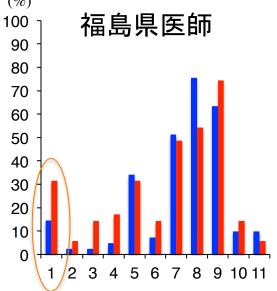
血液の影響

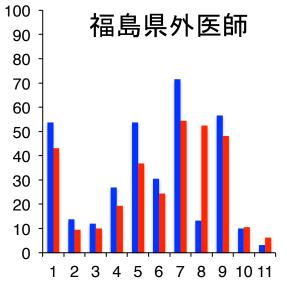
胎児への影響

眼の影響

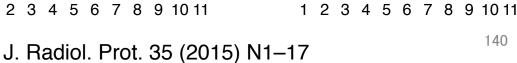
がん

2013





(%)



食品と放射能

厚生労働省医薬食品局食品安全部

放射性セシウムおける摂取制限に関する基準値

2012年3月31日まで

	Bq/kg	mSv/年
飲料水	000	1
牛乳•乳製品	200	1
野菜類		1
穀類	500	1
肉・卵・魚 その他	000	1
		計

5mSv/年

2012年4月1日より

	Bq/kg	mSv/年
飲料水	10	0.1
一般食品	100	0.9
牛乳 乳児用食品	50	子供がよく 摂る食品は 厳しい基準に
WHC に合	計 1mSv/年	

食べ盛りの13-18歳の男子が1年間 食べ続けたとして0.8mSvと推計

WHO セシウム-137(137Cs)のガイダンスレベル



飲料水中 食品

10Bq/L 100Bq/L



コーラは食品

国際食品規格委員会(Codex Alimentation Commission) 牛乳、乳児食、飲料水、食品 1,000Bq/kg

国際原子力機関(IAEA)緊急時 2000Bq/L

アメリカ 全て1200Bq/kg

EU 一般食品 1250Bq/kg 乳製品 1000Bq/kg 飲料水 1000Bq/kg 乳幼児用食品 400Bq/kg



バナナ1本約20Bq(約200Bq/kg) 約0.1 μ Sv被曝します

⁴⁰Kのせいです カリウムは色んな食物に含まれます

> バナナは栄養価が高いので、 被曝を気にせず食べて大丈夫!

40Kは毎日数10ベクレル尿から排出 2011年6月末福島の子供の尿から 0.41~1.3ベクレルの¹³⁷Cs 被曝量からすると誤差範囲

バナナのK(カリウム)含有量360mg ³⁹K(93.3%)、⁴⁰K(0.0117%)、⁴¹K(6.7%) 放射性物質 半減期12.8億年 チェルノブイリでは¹³⁷Cs750ベクレル 排出された子供がいます。 体重30kgとして総量15,000ベクレル しかし¹³¹Iによる甲状腺がん以外 ¹³⁷Csによる白血病や固形がんは 出ていません

食品に含まれるカリウム-40による被曝

	カリウム含有量 (Bq/kg)	経口摂取による 内部被曝実効線量 (μSv/kg)
ポテトチップス	370	2.29
黒砂糖	340	2.11
ザーサイ	238	1.48
枝豆	177	1.10
ほうれん草	229	1.42
干し椎茸	666	4.13
干し昆布	2333	14.46
ココア	851	5.28
アイスクリーム	59	0.37
牛乳	51	0.32

科学技術庁「日本食品標準成分表」より算出

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(131I)で、1キロ当たり15,020ベクレル(Bq)

規制値:1キロ当たり2,000Bq(現在300Bq)

セシウム(137Cs)は、1キロ当たり690Bq

規制値:1キロ当たり500Bq(現在100Bq)

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 x 10^{-8} Sv / Bq 137 Cs 1.3 x 10^{-8} 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 x 2.2 x 10 $^{-8}$ = 3.3 x 10 $^{-4}$ Sv = 0.33 mSv / kg 100 mSv / 0.33 = $\frac{303 \text{ kg}}{}$

 137 Cs: 690 x 1.3 x 10 $^{-8}$ = 897 x 10 $^{-8}$ Sv = 0.0090 mSv / kg 100 mSv / 0.0090 = 11148 kg



平成23年7月13日 放射能汚染牛肉が市場に流通—消費者に衝撃 日本の食品安全基準(当時500Bq/kg) の最大7倍の放射性セシウムが検出された (現在放射性セシウムは100Bq/kg)



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

 137 Cs: 1.3 x 10 $^{-8}$ Sv / Bq

この場合、500 Bq/kg x 7 = 3500 Bq/kg

3500 Bq / kg x $1.3 \times 10^{-8} \text{ Sv} / \text{Bq}$

 $= 45.5 \times 10^{-6} \text{ Sv / kg}$

 $= 45.5 \,\mu \, \text{Sv} \, / \, \text{kg}$

100mSvに達するまでに2200kg 1mSvに達するまでに 22kg

胎児並びに遺伝的影響

放射線と関係なく

外表奇形を中心にした先天異常発症の割合 は何人に一人でしょう?

5万人 5千人 500人 50人 5人 2%

自閉症、注意欠陥多動障害等の発達障害の割合 は何人に一人でしょう?

16000人 1600人 160人 16人 6人 6.3%

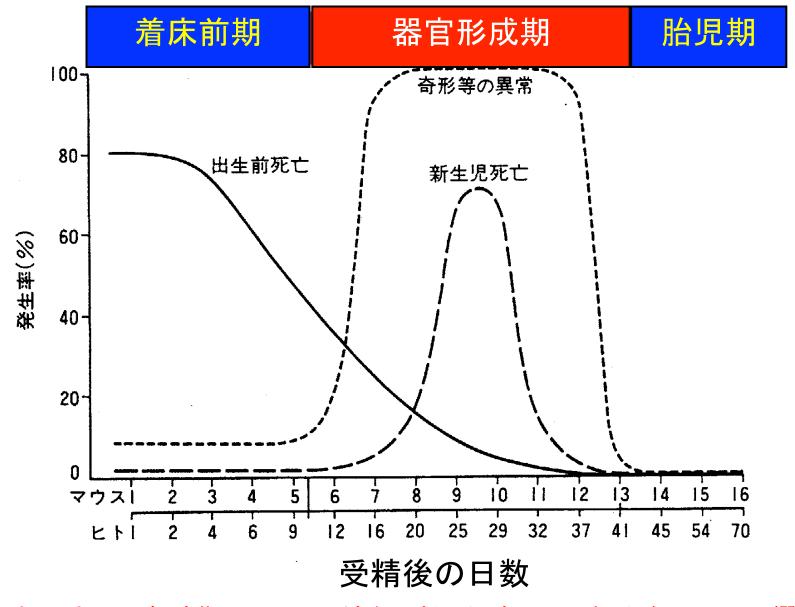
自然流産率

平均15%

35歳:20%

40歳:40%

42歳:50%

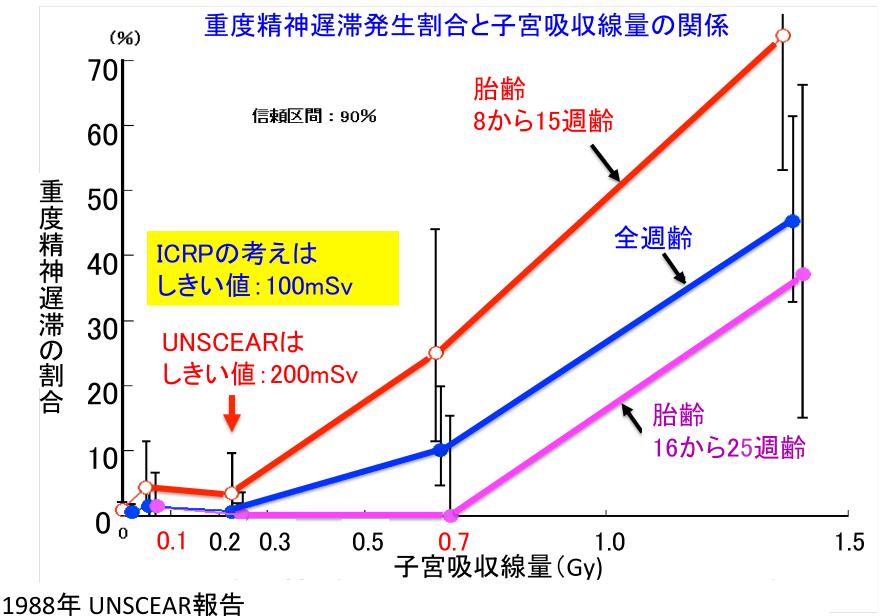


妊娠マウスの各時期に2GyのX線を照射した時にみられる胎児への影響器官形成期に被曝しないと奇形は生まれない。ヒトでは、約2週~8週齢

ヒトの疫学的研究およびマウスの実験的研究に 基づいて得られたヒトの放射線障害推定線量

放射線医学総合研究所資料より

胎児週齢	最低致	LD50	1	 是低線量 (r	nGy)
(日)	死線量 (mGy)	近似値 (mGy)	永久発 育遅滞	精神遅滞	重度奇形
1–5	100	<1000	生存者は影響なし		響なし
18-36 (器官形成期)	250-500	1400	200-500	_	200
36-50 (器官形成期)	500	2000	250-500	_	500
50-150	>500	>1000	250-500	500	_
出産まで	>1000	母体と 同じ	500	1000	_



原爆被爆時に母親の胎内で被曝した胎内被爆者の研究 母体で胎児の器官形成が終了してからの被曝で起こりうる重度精神遅滞 100mSv以下で症状は出ません

原爆被曝者における死産(症例数/調査された子供の数。1948-53年)

母親の被爆状況・	父親の被爆状況					
马和U/放炼1人沉	市内不在	低中線量	高線量(1Gy以上)			
市内不在	408 / 31,559	72 / 4,455	9 / 528			
	1.3%	1.6%	1.7%			
低中線量	279 / 17,452	139 / 7,881	13 / 608			
	1.6%	1.8%	2.1%			
高線量(1Gy以上) 26 / 1,656		6 / 457	2 / 144			
1.6%		1.3%	1.4%			

生後2週間以内に診断された奇形(症例数/調査された子供の数。1948-53年)

は は は は は は は は は は は は は は は は は は は	父親の被爆状況					
母親の被爆状況 - 	市内不在	低中線量	高線量(1Gy以上)			
市内不在	294 / 31,904	40 / 4,509	6 / 534			
	0.92%	0.89%	1.1%			
低中線量	144 / 17,616	79 / 7,970	5 / 614			
	0.82%	0.99%	0.81%			
高線量(1Gy以上)	19 / 1,676	6 / 463	1 / 145			
	1.1%	1.3%	0.7%			

原爆被爆者の子供における安定型染色体異常

	染色体異常を持った子供の数		
異常の起源	対照群 7,976人	被曝群* 8,322人	
新たに生じた例	1 (0.01%)	1 (0.01%)	
両親どちらかに由来	15 (0.19%)	10 (0.12%)	
両親の検査ができなかった例	9 (0.11%)	7 (0.08%)	
合計	25 (0.31%)	18 (0.22%)	

*平均線量0.60Gy

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%

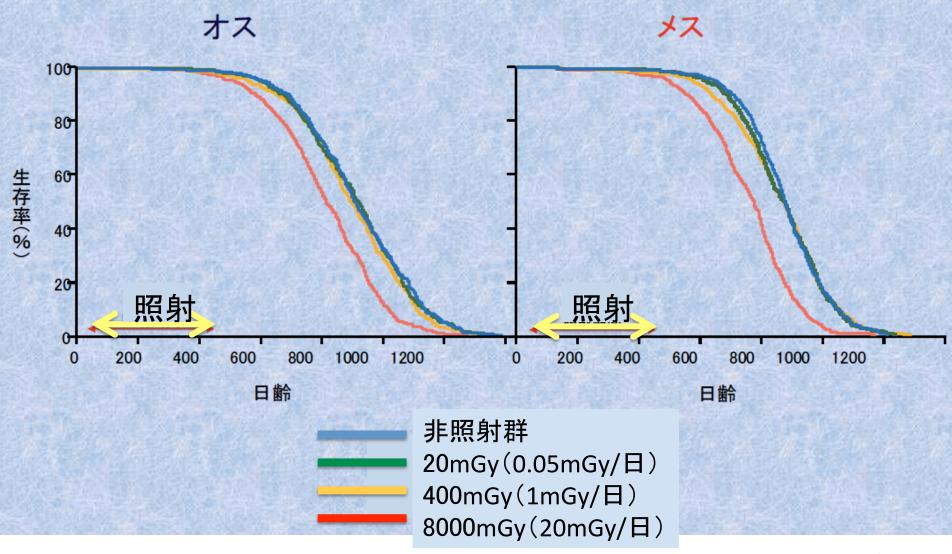
差無し

マウスを用いた

低線量率γ線連続照射実験

寿命試験-マウスの生存率

各群マウス500匹, 400日間照射後の生存率曲線



γ線を400日間連続照射した後の寿命や死因を調べたマウス実験 400日間で計20mGy、400mGy、8000mGyとなるように照射している

各群500匹使用

照射マウス	寿命の長さ	寿命短縮に 関わるがん死	発生率が 増加したがん
オス			
20mGy	変わらず	なし	なし
400mGy	変わらず	なし	なし
8000mGy	短縮 (約100日)	悪性リンパ腫・ 肺腫瘍・血管腫	白血病•肝腫瘍
メス			
20mGy	変わらず	なし	なし
400mGy	短縮 (約20日)	悪性リンパ腫	なし
8000mGy	短縮 (約100日)	悪性リンパ腫・軟部 組織腫瘍・血管腫	卵巣腫瘍・肺腫 瘍・血管肉腫

20mGy/400日、つまり20mSv/年は全く問題なし!

財団法人環境科学技術研究所による研究 Radiat. Res., 160, 376-379 (2003) 159

北九州がれき受け入れ

4 環境や人への影響



①飛灰を扱う作業員に関する影響予測

箇所	評価対	才象	核種	合計 濃度 (Bq/kg)	存在 割合	被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)	単位 換算 (kg/g)	年間被ばく量 (mSv/y)	年間被ばく 量計 (mSv/y)	合計 (mSv/y)
		外部	Cs-134	330	50%	0,05	1,000	0.00825	0.01172	<u> </u>
		クトロり	Cs-137	330	50%	0.021	1,000		0.01172	
が充力リ	焼却灰 積下ろし	吸入	Cs-134	330	50%	0.00002	1,000	0.0000033	0.00001	0.01177
工場	作業者	吸入	Cs-137	330	50%	0,000016	1,000	0.00000264	0.00001	0.01177
	11-末日	直接経	Cs-134	330	50%	0,00016	1,000	0,0000264	0.00005	
8		口摂取	Cs-137	330	50%	0.00013	1,000	0.00002145	0.00005	
飛灰の	焼却灰運		Cs-134	330	50%	0,037	1,000	0.006105		
運搬	搬作業者	者外部	Cs-137	330	50%	0,016			0.00875	0.00875
			Cs-134	330	50%	0.13	1,000	0.02145		S
		外部	Cs-137	330	50%	0.053	1,000		0.03020	
埋立	焼却灰		Cs-134	330	50%	0.000035	1,000	3 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7		
処分場		吸入	Cs-137	330	50%	0.000033	1,000		0.00001	0.03029
AC 73 789	作業者	古坟奴	Cs-134	330	50%	0.000029	1,000		85	1997277
			Cs-137	330	50%	0.00023	1,000		0,00009	

いずれの作業者も「一般公衆の年間線量限度」である1mSv/y を大幅に下回っており、影響は非常に軽微

4 環境や人への影響



②排ガスの放出に伴う影響予測

焼却工場には、排ガス処理設備として飛灰を捕捉するバグフィルターが設けられており、放射性セシウムは主に飛灰に付着しているため、大半が回収される。しかし、一定量は大気中に放出されることが想定されるため、その影響の程度を予測する。

焼却に伴う降下量

- ■排ガス中の放射性セシウムをバグフィルタが99.9%捕集する場合の年間放出量 39,500t×100Bq/kg×1,000kg/t×(100%-99.9%) = 3,950,000Bq
- ■放射性セシウムが焼却施設の半径5kmの範囲で、全量が降下・沈着すると仮定した場合の面積あたり放射能濃度(1工場で全量を処理した場合)

 $3,950,000Bq \div (5km \times 5km \times 3.14 \times 1,000,000m^2/km^2) = 0.05Bq/m^2$

土壌の面積あたり濃度

■福岡県の土壌の放射性セシウム137の面積あたり放射能濃度平均 129. 25MBq/km = 129. 25Bq/m

MBq/kmをBq/mに換算

 $1 \text{ MBq/km}^2 = 1,000,000 \text{Bq/1,000m} \times 1,000 \text{m} = 1 \text{Bq/m}^2$

セシウム137の放射能測定調査 (2009年度・福岡市早良区)

(2003年及 間時中大区/				
試料名	放射能濃度(MBq/km²)			
土壤	150			
土壌	84			
未耕地	200			
未耕地	83			
平均	129. 25			

出典:「環境放射線データベース」 http://search.kankyo-hoshano.go.jp/

焼却に伴う降下量(仮) 0.05Bq/㎡

であり、影響は無視できる

がれきの放射能の基準値:8000Bq/kg

	Bq/kg 1m離れた場所で(μ	
セシウム134	8000	0.00199
セシウム137	8000	0.000723

がれき1kgにセシウム134と137の含有量が1:1として0.00136 μSv/h(1:1の割合とは原発事故当初、セシウム134は1年で70%に減) 1万トンとして13.6mSv/h

平成23年12月16日 静岡県島田市のがれき 64 Bq/kg 家庭ごみ 41~68 Bq/kg

北九州市のがれき受け入れ基準は100Bq/kg以下

原子力災害における緊急時対応

防護措置の実施の判断基準(OIL:運用上の介入レベル)の設定(案) 平成25年1月21日原子力規制委員会第6回原子力災害事前対策等に関する検討チーム

即時の避難を要する基準

基準の 種類	基準の概要	初期値	防護措置の概要
OIL1	地表面からの放射線、再浮遊 した放射性物質の吸入、不注 意な経口摂取による被ばく影 響を防止するため、住民等を 数時間内に避難や屋内退避 等させる際の基準	500 μ Sv/h (空間放射線量率) (地上1m)	数時間内を目途に区域を特定し、避難等を実施。(移動が困難な者の一時屋内退避を含む)

一時移転させるための基準

基準の 種類	基準の概要	初期値	防護措置の概要
OIL2	地表面からの放射線、再浮遊した放射性物質の吸入、不注意な経口摂取による被ばく影響を防止するため、地域生産物の摂取を制限するとともに、住民等を1週間程度内に一時移転させるための基準	20 μ Sv/h (空間放射線量率) (地上1m)	1日内を目途に区域を特定 し、地域生産物の摂取を制 限するとともに、1週間内に 一時移転を実施

防護措置の実施の判断基準(OIL:運用上の介入レベル)の設定(案) 平成25年1月21日原子力規制委員会第6回原子力災害事前対策等に関する検討チーム

飲食物の摂取制限を要する基準

基準の 種類	基準の概要	初期値			基準の概要
OIL3に 対応	経口摂取による 被ばく影響を早 急に防止するため、飲食物中の 放射性核種濃度 測定を実施する 地域を特定する 際の基準	0.5 μ Sv/h (空間放射線量率) (地上1m)			数日内を目途に区域を特定し、当該地域においてOIL6に基づく飲食物摂取制限に係る飲食物中の放射性核種濃度のスクリーニングを実施。
OIL6	経口摂取による 被ばく影響を防止するため、飲食物の摂取を制限する際の基準	核種 ※1	飲料水 牛乳•乳製品	野菜類、穀類、 肉、卵、魚、そ の他	1週間内を目途に飲食物放射性核種濃度のスクリーニングと分析を行い、基準を超えるものにつき摂取制限を実施。
		放射性ヨウ素	300Bq/kg	2,000Bq/kg **2	
		放射性セシウム	200Bq/kg	500Bq/kg	
		ウラン	20Bq/kg	100Bq/kg	
		プルトニウム及び超 ウラン元素のα核種	1Bq/kg	10Bq/kg	

^{※1} その他の核種の設定の必要性も含めて今後検討する。その際、IAEA GSG-2 におけるOIL6 の値を参考として数値を設定する。

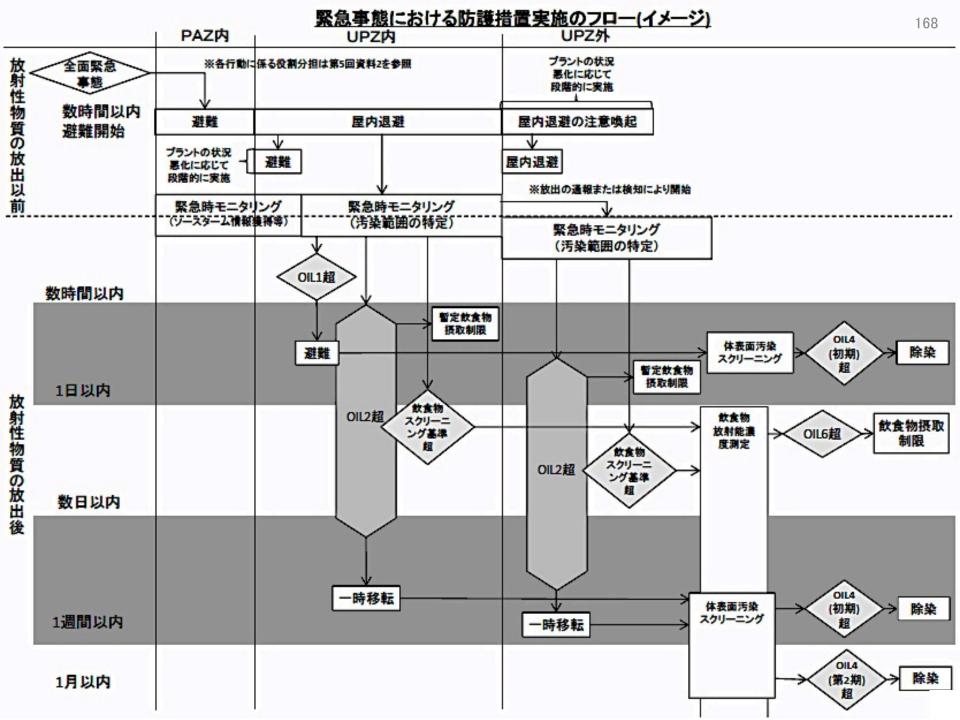
^{※2} 根菜、芋類を除く野菜類が対象。

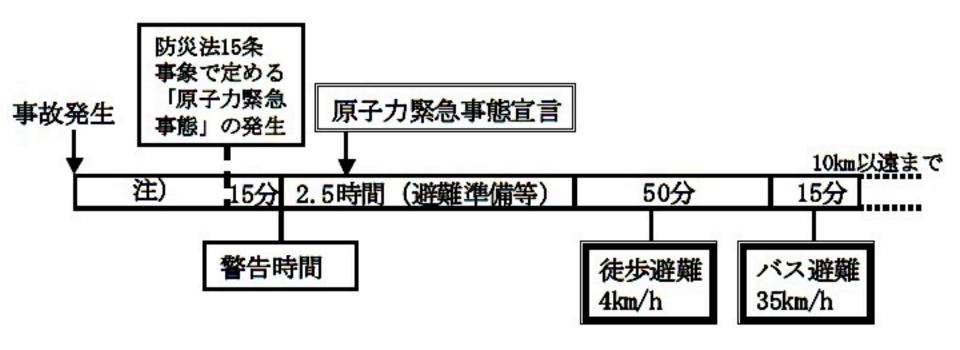
防護措置の実施の判断基準(OIL:運用上の介入レベル)の設定(案) 平成25年1月21日原子力規制委員会第6回原子力災害事前対策等に関する検討チーム

体表面スクリーニング・除染を要する基準

基準の 種類	基準の概要	初期値	防護措置の概要
OIL4	不注意な経口摂取、皮膚汚染からの外部被ばくを防止するため、除染を講じる際の基準	β 線: 40,000 cpm [※] (皮膚から数cm での検出器の 計数率) (表面密度で測定した場合約 120Bq/cm ² 相当)	避難基準に基づいて避難した避難者等をスクリーニングして、基準を超える際は迅速に除染。
		【1ヶ月後の値】 β 線:13,000 cpm [※] (皮膚から数cm での検出器の 計数率) (表面密度で測定した場合約 40Bq/cm ² 相当)	

※ β 線入射窓面積が20cm²の検出器を利用した場合 (我が国においてはIAEAの基準よりも大きい口径の検出器を利用している)





注)事故発生から防災法15条事象で定める「原子力緊急事態」の発生までの時間は、事故シーケンスごとに 設定される。「原子力緊急事態」の発生から15分の通報遅れを見込み、警告時間を設定する。

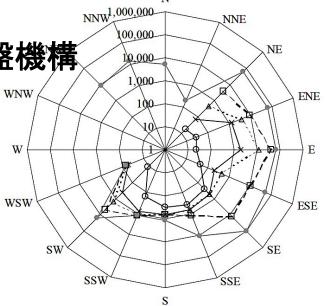
想定した避難モデル

内的事象レベル 3 PSAの検討(PWR) 平成17年8月 独立行政法人 原子力安全基盤機構

内的事象レベル 3 PSAの検討(PWR)

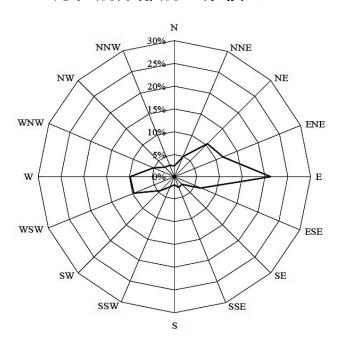






N

方位別距離別の累積人口



解析に用いた年間風向出現頻度

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、「正当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こと が大切と考えています。

福島に生まれて、福島で育って、 福島で働いて、福島で結婚して、 福島で子供を産んで、 福島で子供を育てて、 福島で孫を見て、福島でひ孫を見て、 福島で最期を過ごす。 それが私の夢なのです。

> 2011年 全国高校総合文化祭 県立福島南高校の台詞