

放射線の人体への影響について

～食品とのかかわりを中心として～

社団法人 岐阜県放射線技師会

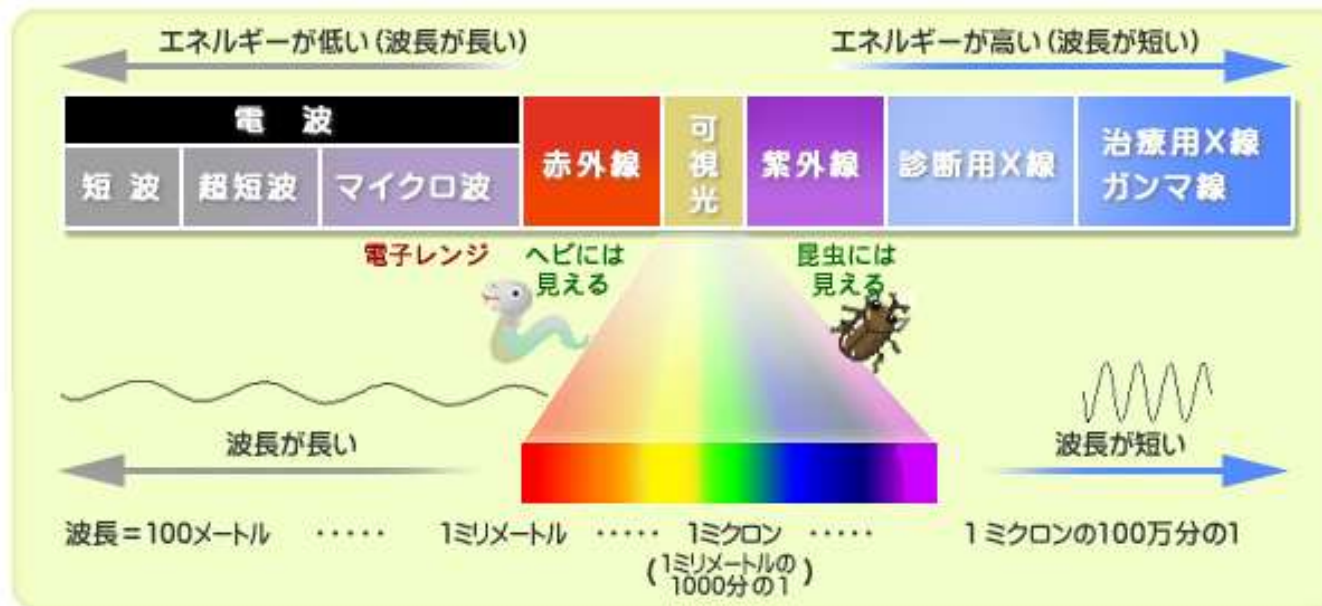
安田鋭介

(大垣市民病院)



放射線とは・・・？

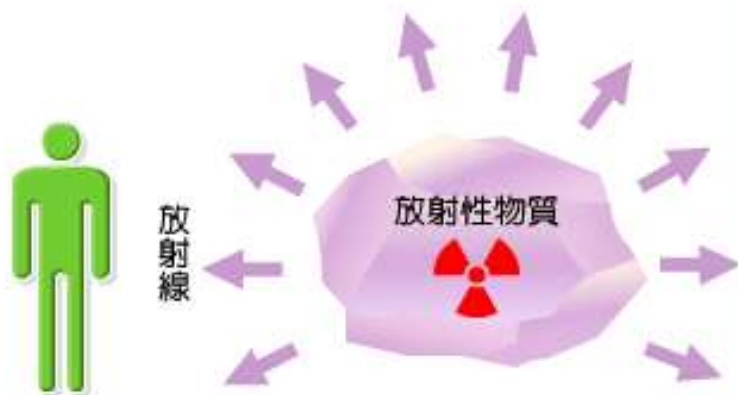
- 放射線とは、全ての電磁波および粒子線のこと。
- 一般的には、物質を通過する時に原子や分子をイオン化させる能力がある「電離放射線」のことを「放射線」と呼ぶ。
- X線, γ線 ⇒ 電磁波・・・「光」の性質をもつ。
- α線, β線, 中性子線 ⇒ 粒子線・・・「粒子」の性質をもつ。



出典：放射線影響研究所

放射線と放射能, 放射性物質

放射能



放射性物質は、電球にたとえられます。

放射性物質とは、放射能を有する物質です。

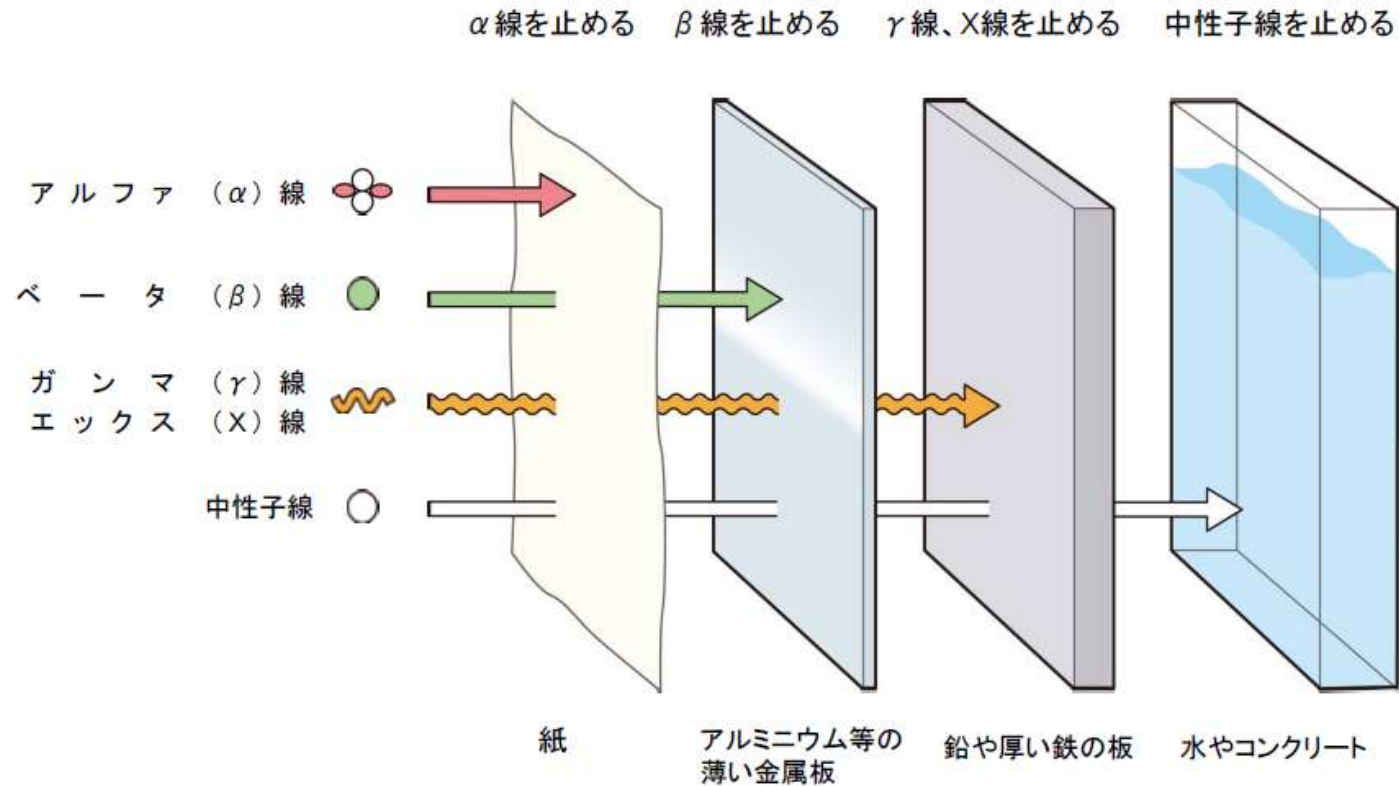
光を出す能力



電球は、放射性物質に相当します。

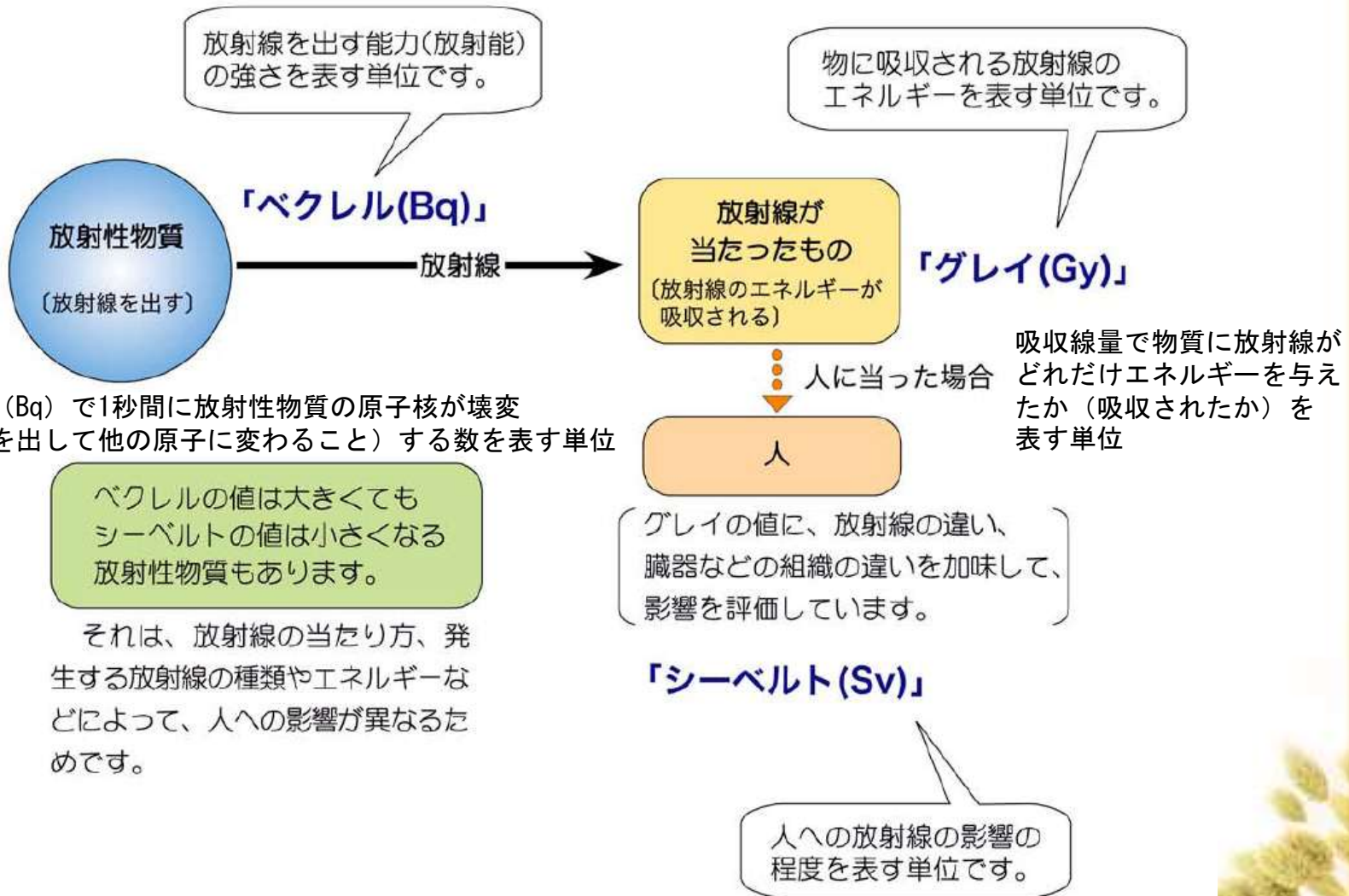
光を出す能力が、放射能にたとえられます。

放射線の種類と透過力



出典：資源エネルギー庁「原子力2010」

放射能・放射線の単位



シーベルトとグレイの関係式

シーベルトの値 = グレイの値 × 放射線加重係数 × 組織加重係数

放射線加重係数とは、放射線の種類による影響の違いを表す係数

ベータ線，ガンマ線が「1」，アルファ線が「20」

組織加重係数とは、臓器などの組織別の影響の受けやすさを表す係数

肺，胃，骨髄などが「0.12」

食道，甲状腺，肝臓，乳房などが「0.05」

皮膚，骨の表面が「0.01」

- ・ 全身への影響は、各臓器への影響を足し合わせたもので示されます。
- ・ ガンマ線が全身に均等に吸収された場合には、組織加重係数の和が「1」となるので、グレイの値とシーベルトの値は等しくなります。

放射性核種の半減期

原子核崩壊によって放射性核種の量が半減するのに要する期間を半減期（**物理的半減期**）といいます。

物理的半減期はそれぞれの放射性核種によって決まっています。

ヨウ素¹³¹ : 8日, セシウム¹³⁷ : 30年

また、これと区別して

人の体内に取り込まれた放射性物質が代謝、排泄などの生物学的な過程で半減するのに要する期間を**生物学的半減期**といいます。

人の体内に取り込まれた放射性物質が原子核崩壊と生物学的過程の両方によって半減するのに要する期間を**実効（有効）半減期**と言います。

生物学的半減期 と 物理学的半減期

体外に排出されて半分になる期間

セシウム137

1歳まで 9日

9歳まで 38日

30歳まで 70日

50歳まで 90日

カリウムやナトリウムとよく似た性質

東京大学名誉教授 唐木英明先生

放射性物質	放射線の種類	蓄積しやすい臓器	生物学的半減期	物理学的半減期
ヨウ素131	β (ベータ) 線 γ (ガンマ) 線	甲状腺	80日	8日
セシウム137	β (ベータ) 線 γ (ガンマ) 線	筋肉	70~100日	30年
ストロンチウム90	β (ベータ) 線	骨	数年~20年	29年
プルトニウム239	α (アルファ) 線	肺・肝臓・骨など	数十年	2万4千年



外部被ばく と 内部被ばく

人の放射線被ばくが起きる経路には

大きく分けて**外部被ばく**と**内部被ばく**がある。

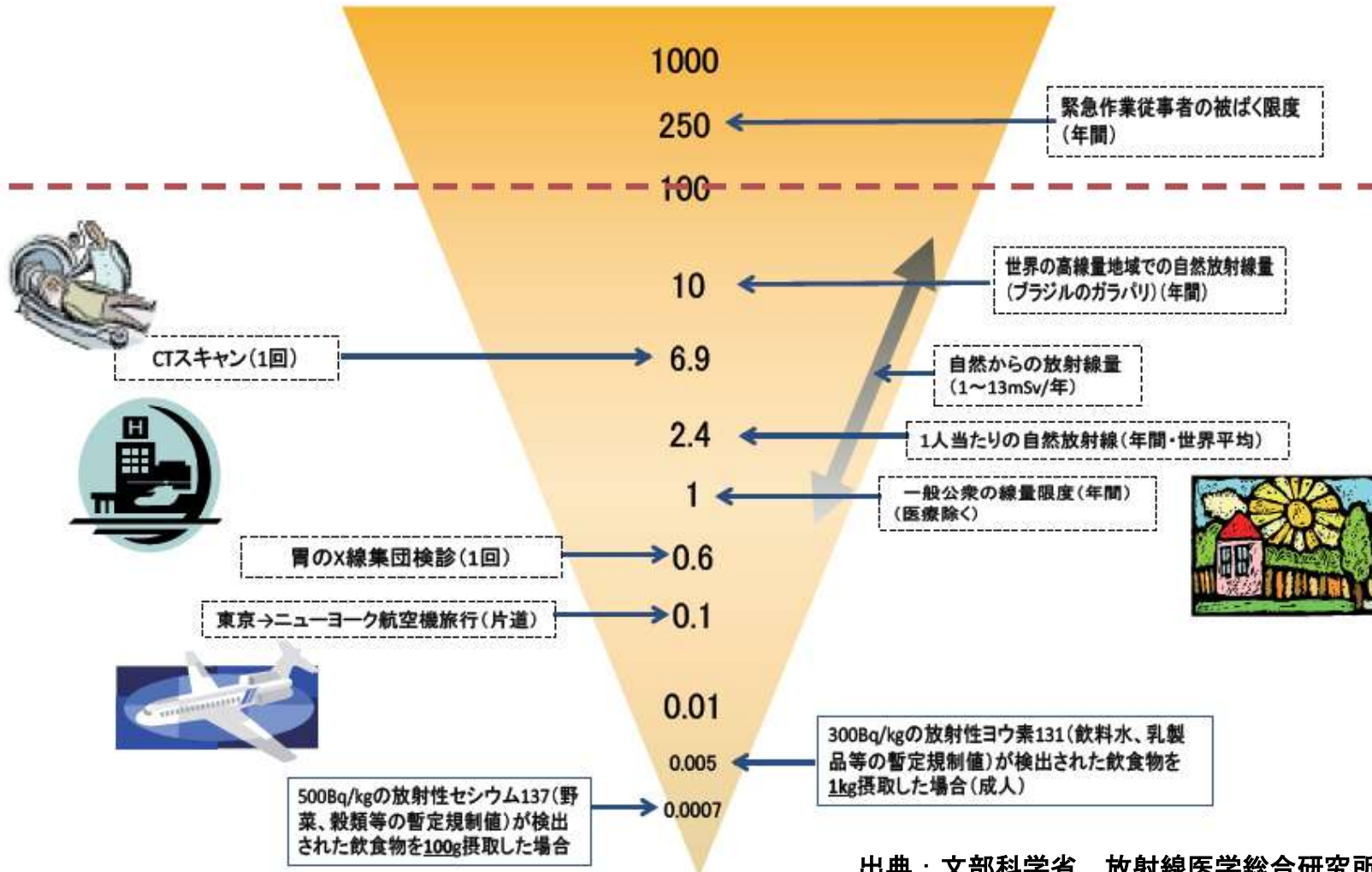
外部被ばく：人体の外にある放射性物質からの
放射線被ばく

内部被ばく：体内に食品などで取り込まれた放射性物質
からの放射線被ばく

日常生活と放射線の関係

1年間に2.4mSv

単位：mSv



出典：文部科学省，放射線医学総合研究所

1年間に受ける自然放射線量

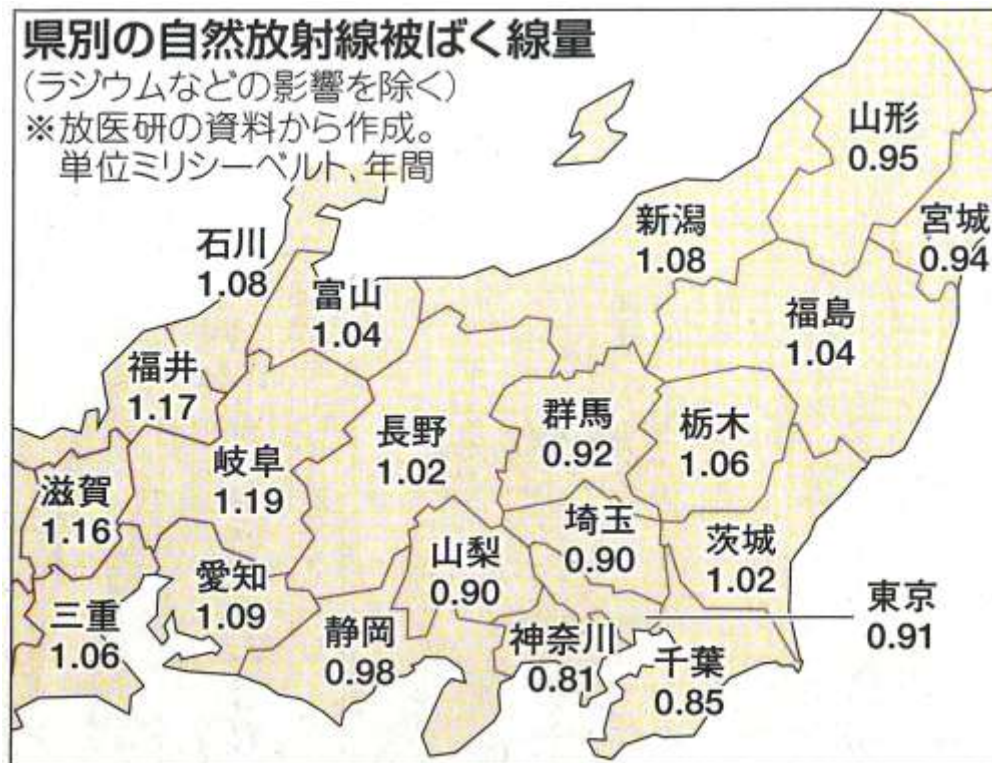
(1人当たりの世界平均)



$$\text{自然放射線} : 2.4 \quad + \quad \text{医療被ばく} : 2.0 = 4.4\text{mSv}$$

資源エネルギー庁

自然界の放射線量



カリウム40,
ウラン238など

自然放射線量は、埋まっている鉱石が影響しており、埋まっている花崗岩やウラン鉱石が多い地域では高くなる。放射線医学総合研究所のグループが小学校の校庭を中心に全国700以上の地点で測定した。平均値でみると、**最高は岐阜県**、最低は神奈川県である。

エネルギー補償型モニタリングポスト



環境の放射性物質を連続監視する測定器で、NaI (TI) シンチレーション検出器及びDSP方式 エネルギー補償方式で、バックグラウンド $\sim 10^4$ nGy/h までを γ 線を精度よく測定できる。

11月9日 各務原 地表から1m $\Rightarrow 0.068 \mu\text{Sv/h}$,
ポスト $\Rightarrow 0.061 \mu\text{Sv/h}$.

郡山では、 $0.919 \mu\text{Sv/h}$, 飯舘村では $2.029 \mu\text{Sv/h}$.
(n ナノ : 10億分の1)



GM サーベイメータ

測定線種 : γ 線と微量な β 線を効率よく検出します。
検出器 : 大面積端窓形有機GM管 (窓径 $\phi 50\text{mm}$)
測定範囲 : 計数率 0~999k/min



GMは、ガイガー・ミュラーの略です。
GM管内のガス分子を電離して流れたパルス電流の回数を計測する。

シンチレーションサーベイメータ

測定線種： γ 線

検出器：NaI (TI) シンチレーション

測定範囲：バックグラウンド \sim 30.0 μ Sv/h

測定エネルギー範囲：50keV \sim 3MeV



放射線がNaI (TI) にあたると、光を出す性質（蛍光作用）を利用して、放射線の量をはかる測定器です。放射線が物質にあたったときに光は、とても弱いのですが、これを大きく増幅して100万倍以上の強い電流に変えて正確に測定する。

ポケットサーベイメータ／半導体検出器使用 電子ポケット線量計

測定線種： γ (X) 線 (50keV以上)
検出器：CsI (TI) シンチレーション
測定範囲：0.001~1.999, 2.00~19.99 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

測定線種： γ (X) 線 (40keV以上)
検出器：半導体検出器
測定範囲：1 μSv ~10Sv, 1 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ~1Sv/h



Whole body counter (WBC)

放射性核種：ヨウ素131，セシウム137
などの γ 線放出核種

検出器：NaI (TI) 又はプラスチック
シンチレーション検出器

方式：椅子，横臥，立位型

測定時間：5～15分

全国保有台数：106台 (原子力被災者生活支援チーム)

移動型：3台 (日本原子力研究開発機構が保有)

参考：内部被曝検査をした作業員のうち，
精密検査が必要なスクリーニングレベル
1,500cpm以上の値を示した人：4,956件，
そのうち福島県に立ち寄った人：4,776件，
10,000cpmを越えたのが1,193件であった。



食品放射能測定システム

- ・ 専用容器にサンプルを入れて測定ボタンを押す
- ・ サンプルは、「水」「牛乳」「野菜」「魚介」「肉」「土壌」など、液体から固体まで
- ・ ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , 3核種を同時測定

- ・ 測定時間：10分～
- ・ 検出器：NaI (TI)
シンチレーション
- ・ 検出限界：30 Bq/kg
- ・ 測定結果：Bq/kg表示



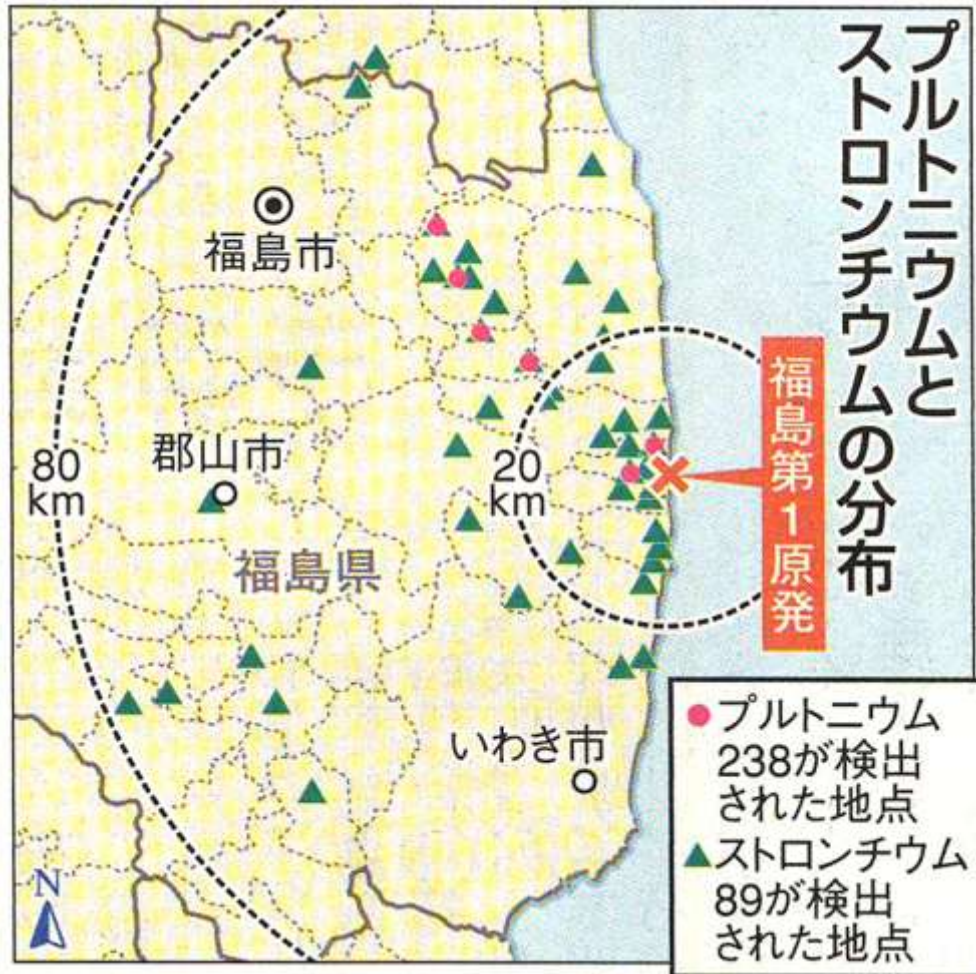
検出器の比較

ゲルマニウム半導体検出器		ベルトコンベヤー 検出器
	外観	
1500～2000万円	値段	430万円
2000秒（約33分）以上	測定時間	12秒
1ベクレル以下も	下限値	90ベクレル

飛散した放射性物質と人体への影響

放射性物質名	半減期	人体への影響	特徴	事故との関連
ヨウ素131 ^{131}I	8日	甲状腺に蓄積され、 甲状腺がんの危険性を高める	飛散しやすい。あらかじめ ヨウ素剤を服用しておくこと、 甲状腺への沈着を防げる	周辺の海水や2号機の たまり水から検出。男性 社員2人が内部被ばく
セシウム134 ^{134}Cs	2年	血液を通じて、全身の 筋肉などに広がり、がん の危険性が高まる	飛散しやすい。土壌に 沈着すると、雨では流さ れにくい	1,2号機の地下水や、全国 各地の雨やちり、川の泥や 砂、土壌から検出
セシウム137 ^{137}Cs	30年			
ストロンチウム90 ^{90}Sr	29年	骨に蓄積し、骨のがん や白血病を引き起こす おそれ	チェルノブイリ原発事故 で飛散。野菜や牛乳に 含まれることも	周辺の海水や、1,2号機の 地下水から検出。東電は 「雨水で流れ込んだ」と説明
プルトニウム238 ^{238}Pu	88年	呼吸などで体内に取り 込まれ、肺や骨に吸着 され、発がん性が強い	重い元素で、遠くまでは 飛散しにくい。原子爆弾 の材料となる	敷地内の土壌から検出
プルトニウム239 ^{239}Pu	2万4000年			

プルトニウムとストロンチウムの分布



プルトニウム238が45km離れた飯舘村まで飛散し、濃度が最も高かった浪江町で、1平方メートルあたり4ベクレルであった。

ストロンチウムは80km離れた地点まで拡散し、ストロンチウム89が浪江町で2万2000ベクレル、90が5700ベクレルであった。この数値は、核実験の際に国内の土壌から検出されたものと同レベルかそれより小さい値である。一般人の年間被ばく限度を下回る値である。

飲食物の摂取制限に関する指標（暫定規制値）

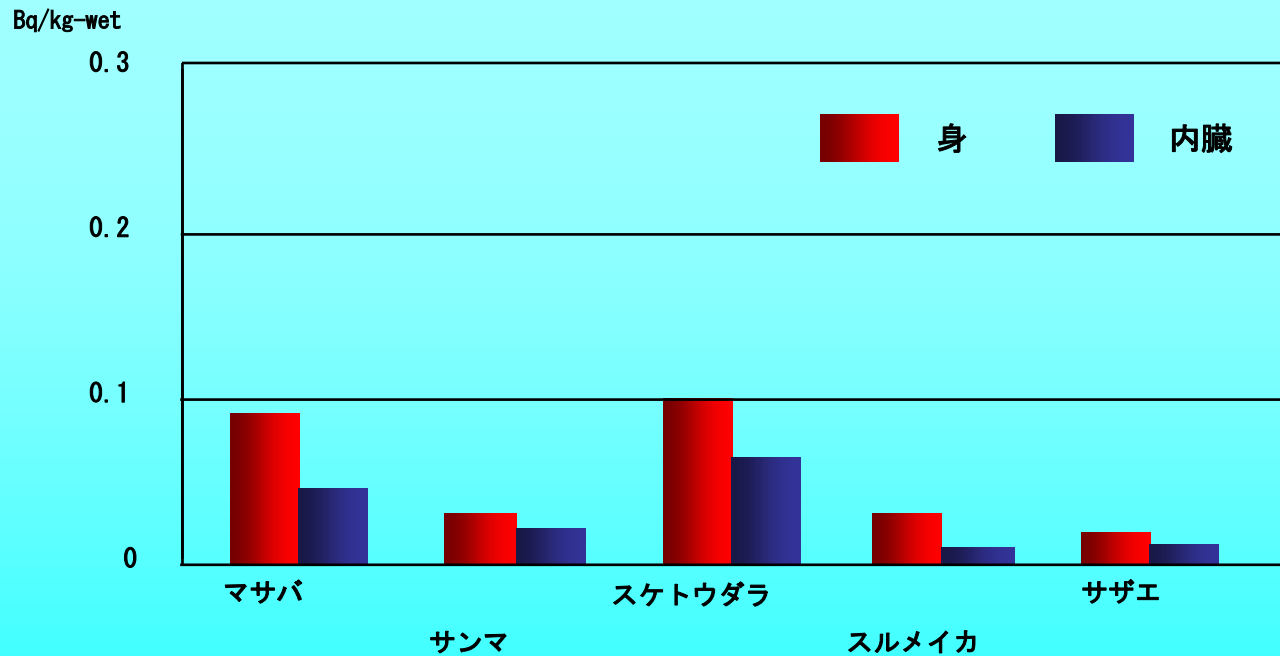
ベクレルとは、 1秒間に一つの 原子が、別の原子に 変わる放射能の単位	放射性ヨウ素 *根菜・芋類除く				放射性セシウム				
	飲料水	牛乳 乳製品	野菜類 *	魚	飲料水	牛乳 乳製品	野菜類	穀類	肉 卵・魚 その他
ベクレル/Kg	300 (乳児は100)		2000		200		500		
ミリシーベルト換算	0.0066 (0.0180)		0.0440		0.0032		0.0080		

人体への影響の試算例

放射性セシウム（134と137が等量と仮定）が暫定規制値である
500ベクレル検出された牛肉を1kg食べた場合

$$500 \times \text{実効線量係数} (1.6 \times 10^{-5}) = 0.008 \text{ミリシーベルト}$$

魚介類のセシウム137の濃度



平成21年度農林水産庁調べ

水洗後、食べる部分と頭、骨、内臓を分けて測定

汚染わらを牛が食べると？

稲わらを食べた牛の放射性セシウム蓄積のイメージ
※1日1kgを約60日間連続で食べた場合



移行係数：
最大でどれぐらい蓄積されるかを示す数値
国際原子力機関（IAEA）

人が摂取した場合

少量であれば影響なし

*** 餌に含まれたセシウムの一割弱が最終的に蓄積**

10万ベクレル/kgを含む餌を毎日食べ続けた場合、60日後に
9600ベクレル/kgに達する。

コメ 検査の 流れ

放射性セシウムの移行が10分の1

水田の放射性セシウム濃度の高い地域では
作付制限しています

本年収穫されるお米については、放射性セシウム濃度が食品衛生法の暫定規制値(500Bq/kg)以下となるよう、23年4月に作付制限を実施しました
※お米は、水田の土壌から玄米への放射性セシウムの移行が10分の1であることから、土壌中のセシウム濃度が5000Bq/kg以下の水田にしか作付されていません

土壌調査等の結果を踏まえて収穫前調査と収穫後調査の2段階で調査を実施します

東北、関東等の土壌中の放射性セシウム濃度が高い(1000Bq/kg以上)市町村等において、
① 予備調査(収穫前の段階で、あらかじめ放射性物質濃度の傾向を把握します)
② 本調査(収穫後の段階で放射性物質濃度を測定し、出荷制限の可否を判断します)
の2段階で実施します

放射性セシウム濃度が規制値を超えた地域のお米は全て廃棄します

本調査の結果、玄米中の放射性セシウム濃度が暫定規制値(500Bq/kg)を超えるお米が確認された場合は、その地域の米を全て確実に出荷制限のうえ廃棄します

コメ検査の流れ



各国の放射性セシウムの基準値

	アメリカ	EU	日本	韓国	ベラルーシ
野菜・穀類	1200	500	500	370	100 (野菜) 80 (じゃがいも) 40 (パン)
肉・卵・魚 その他	1200	500	500	370	500 (牛・羊) 180 (豚・鶏)
飲料水・牛乳	1200	200	200	370	10 (飲料水) 100 (牛乳)

(ベクレル/kgもしくは l)

放射性セシウムの基準値

	日本	ベラルーシ (旧ソ連 1987年)	ベラルーシ
野菜・穀類	500	740 (野菜) 370 (穀類)	100 (野菜) 80 (じゃがいも) 40 (パン)
肉・卵・魚 その他	500	1850~3000	500 (牛・羊) 180 (豚・鶏)
飲料水・牛乳	200	18.5 (飲料水) 370 (牛乳)	10 (飲料水) 100 (牛乳)

(ベクレル/kgもしくはℓ)



放射性セシウム許容線量

現行⇒

食品に含まれるセシウムの上限值は、
年間5ミリシーベルトで、この大枠をもとに
飲料水や野菜類などの5分野に1ミリシーベ
ルトずつ割り振って、規制値のベクレル数を
決めている。

来春⇒

年間1ミリシーベルト

現行の5分の1に厳しくし、食品の安全に
配慮する。来年の4月をめどに新たな規制値
を適応する。

放射線量と人体への影響

高線量放射線	致死的	100 Sv	即死
		~100 Sv	がんの放射線治療を行なうときの局所的な照射(部位によって異なる)
		50 Sv	(局部照射)壊死
		10 Sv	(全身照射) 1~2週間でほとんど死亡,(局部照射) 紅斑
	重症	5 Sv	白内障
		4 Sv	吐き気、半数が死亡する
	軽症	3 Sv	発熱・感染・出血・脱毛・子宮が不妊になる
		2 Sv	倦怠・疲労感、白血球数低下 睾丸が不妊になる
		1 Sv (1,000mSv)	吐き気などの「放射線病」(死亡率は低い)
低線量放射線	250 mSv	胎児の奇形発生(妊娠14~18日)	
	~200 mSv	(これ以下の被ばくでは放射線障害の臨床的知見はない)	
	50 mSv	原子力施設で働く人たちへの規準(年間)	
	10 mSv	ガラパリ(ブラジル)の人が年間に受ける自然の放射線量	
	0.6mSv	1回の胃のX線診断で受ける量	
自然放射線	4.4 mSv	(医療検診も含めて)日本人が1年間に受ける平均の放射線量	
	2.4 mSv	日本人が1年間に自然から受ける平均の放射線量	
	1.0 mSv	原子力施設の公衆への規準(年間)	
	0.2 mSv	成田・ニューヨーク間の国際線航空機片道飛行で宇宙線からあびる量	

(1Sv=1,000mSv)

放射線の確定的影響

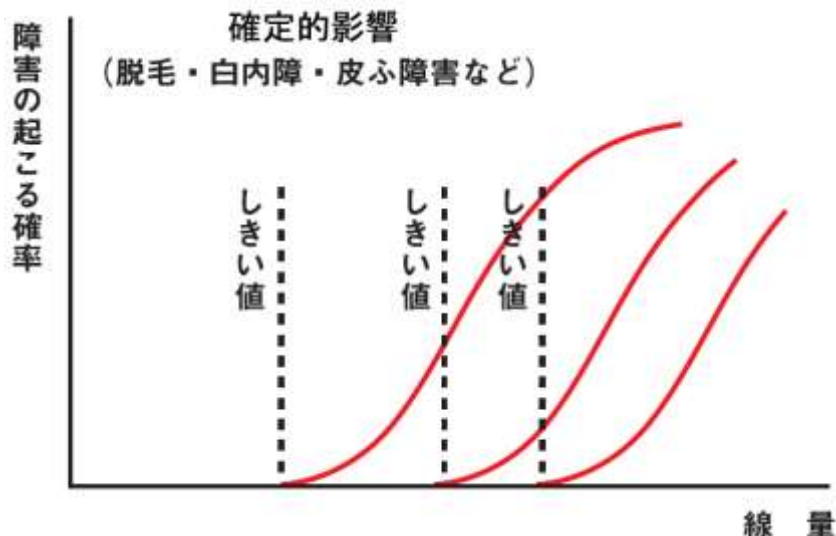
比較的高い線量を短時間に受けた場合に現れる身体影響で、ある線量（しきい値）を超えると現れるとされています。

比較的低い線量で現れる確定的影響として、

男性の一時不妊（しきい値は0.15Gy、 γ 線で150mSv相当）や、

リンパ球の減少（しきい値は0.5 Gy、 γ 線で500mSv相当）があります。

100mSv以下では確定的影響は現れないと考えられます。



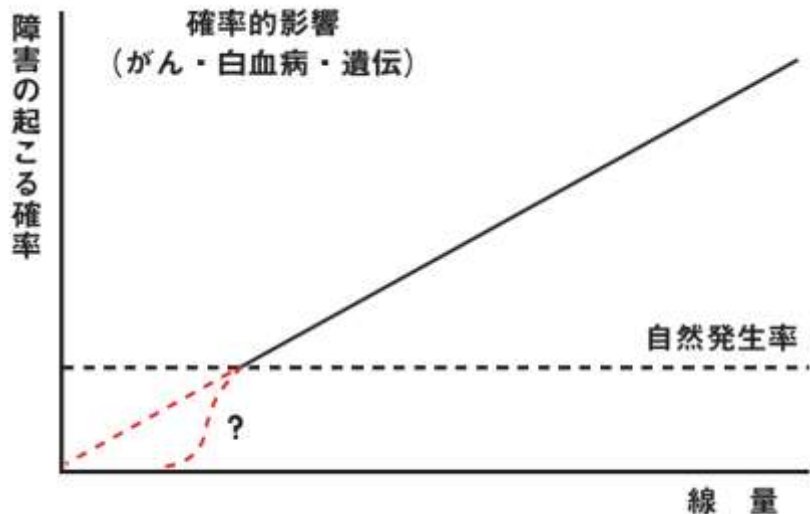
影響の種類	しきい線量 (グレイ)
白血球の一時的減少	0.5
一時的な妊 男性	0.15
" 女性	0.65~1.5
永久不妊 男性	3.5~6
" 女性	2.5~6
白内障	5
一時的脱毛	3~5

放射線の確率的影響

被ばくから一定の期間を経過した後にある確率で、固形がん、白血病等を発症することが含まれます。

発がんリスクの評価は、疫学的手法によるものが基礎で広島や長崎で原子爆弾で放射線を受けた方々の追跡調査の結果から、100mSvを超える被ばく線量では、被ばく量とその影響の発生率との間に比例性が認められています。

発がんは、100mSvあたり0.0055（100mSvの被ばくは、がん死亡のリスクを0.55%上乗せする）に相当します。



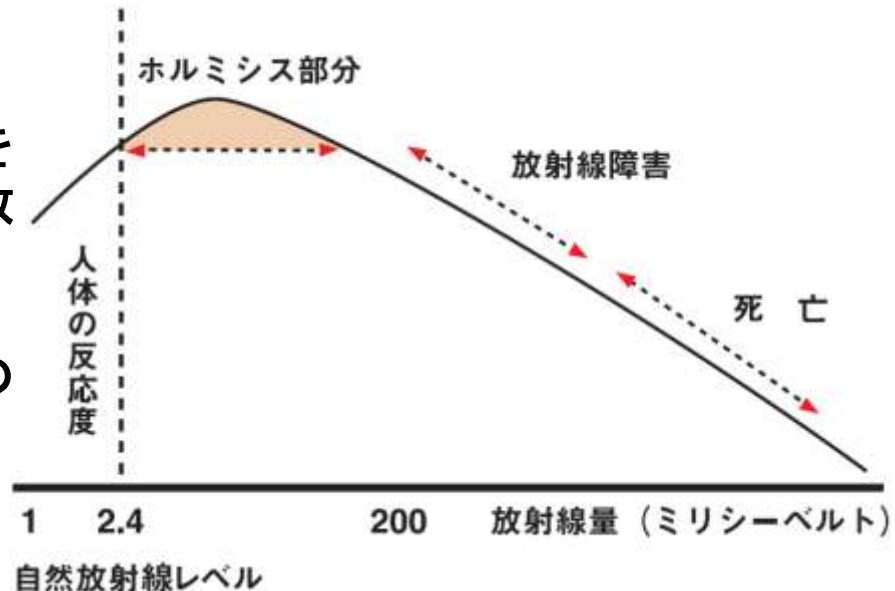
がんのリスクは被ばく線量に比例的で「しきい値」（それ以上の被ばくで影響があり、それ以下で影響がない境目の被ばく線量）がないと考えるならば、100 ミリシーベルトでは約1.05 倍、10 ミリシーベルトでは約1.005 倍と予想されます。

放射線ホルミシス

低線量ではむしろよい方面に刺激効果があるという報告がある。大量では有害な作用をするものが、わずかな量だと人体に生理的な刺激を与えて活発化させるというものである。

放射線が照射されて体内で電離作用・化学作用が起こると、ホルモン活動が活発になって人体の活性が増すらしいことを示す研究例が多く報告されるようになっている。これは、「放射線ホルミシス」と呼ばれる。

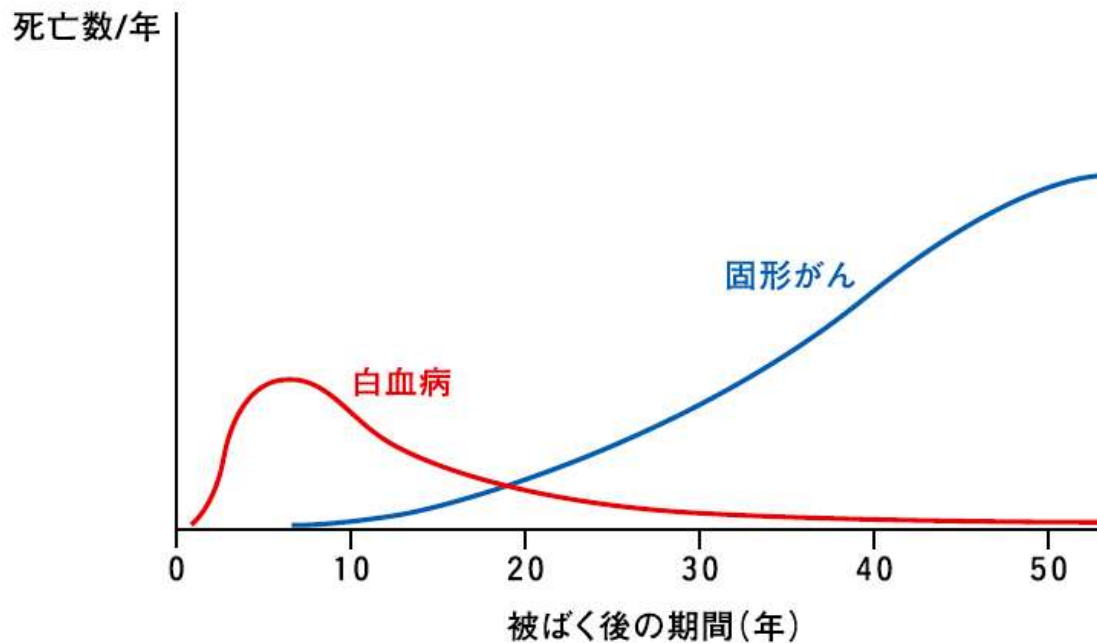
- ・ 医療では、最初に少量の放射線をあてて人体を活性化させてから放射線治療を行なう技術を開発
- ・ ラジウム、ラドンなどの放射能の効能をうたう温泉や保養所



放射線の後期影響

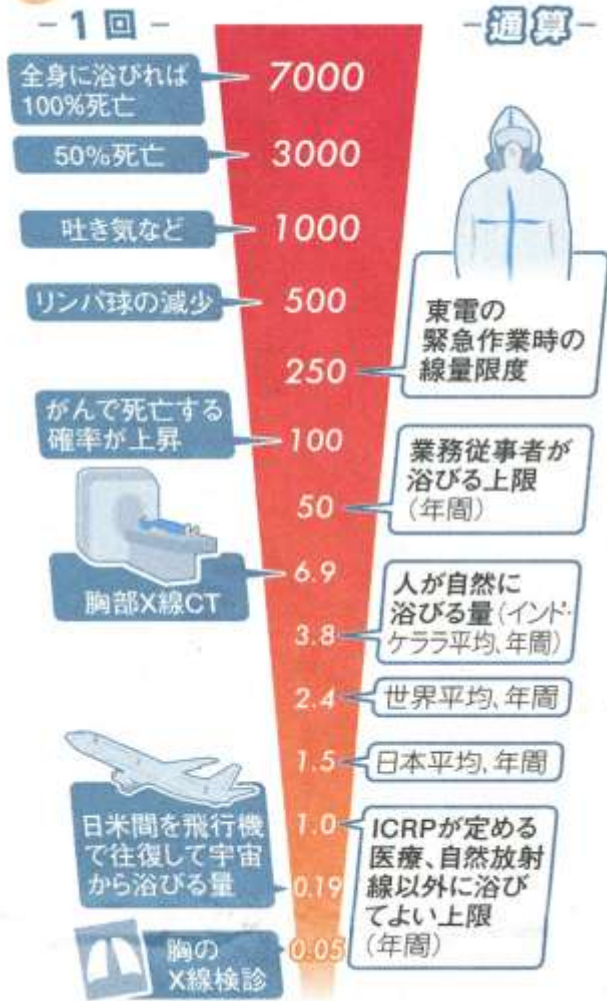
放射線被ばくによって増えるもっとも大きいがんは、白血病です。固形がんを部位別にみると、膀胱がん、乳がん、肺がん、卵巣がん、甲状腺がん、大腸がん、食道がん、胃がん、肝臓がん、皮膚がんなどで放射線との関連がみられています。

白血病は、被ばく後2～3年で影響が出始め、5～10年でピークに達し、以後減少していきます。固形がんは、10年後から影響が出始め、増加傾向は現在も続いています。



放射線量の人体への影響／発がんリスク

放射線量の人体への影響



単位はミリシーベルト

リスクのない人と比べ何倍がんになりやすいか

相対リスク	要因
1.80 (倍)	1000~2000ミリシーベルトの被ばく 広島・長崎原爆被爆者の追跡調査から
1.60	長年の喫煙者 男性
1.40	大量飲酒 男性、エタノール換算で週に300~449gの飲酒
1.22	肥満 体重(kg)÷身長(m) ² の値が30以上の男性
1.08	100~200ミリシーベルトの被ばく 広島・長崎原爆被爆者の追跡調査から
1.06	野菜不足 1日約110gしか食べない人を1日約420g食べる人と比べて

国立がん研究センター調べ

こどもの放射線感受性

小児は放射線誘発がんに対する感受性が高いとされている。

小児（0～9才）の放射線感受性 成人との比較			
白血病	甲状腺がん	乳がん	その他のがん
4～5倍	2～3倍	3倍	不明

哺乳類の胚・胎児への放射線の影響

	着床前期	着床期	器官形成期	胎児期
受精からの 日数 (ヒト)	0~9	9~14	15~50	50~280
致死	+++	+	+	---
奇形発生	---	---	+++	±
発育遅延 (出生時)	---	+	+++ / ++	+
発育遅延 (生育後)	---	+	+++ / ++	++
不妊	---	±	---	++
白内障	---	---	+	+
神経系障害	---	---	+++ / ++	++

動物実験で1Gy照射後に見られる障害。ヒトにおける相応する妊娠時期を上を示してある。高頻度に発生する(++)場合から、発生のない(---)場合までの各種段階を+、-の記号であらわした。

広島・長崎の原ばくで子宮内において被ばくした子どもの調査では、重度の精神発達の遅れの例が認められ、とくに排卵後8週~15週の間には100ミリシーベルト以上被ばくした場合に多いことが認められる。

- しきい値 妊娠初期 胚の死・・・50ミリシーベルト (動物実験)
- 8~15週 重度知恵遅れ・・・100ミリシーベルト (人のデータ)
- 器官形成期 奇形・・・150ミリシーベルト (動物実験)

尿中の放射線濃度

福島第一原発から60キロ余も離れた県庁所在地

福島市の子どもたちの尿検査結果 (単位:ベクレル/リットル)

年齢	性別	セシウム		福島第1原発が爆発した3月以降の行動状況
		134	137	
6歳	男	0.76	0.62	13～16日屋内(木造)
	男	0.80	0.88	14日川へ水くみを10回。17日外遊びを1時間。23日から山形へ避難
7歳	男	1.00	1.30	不明
8歳	女	0.70	0.90	11日福島市飯坂へ。時々外へ出る
	女	0.41	0.43	13日川俣町へ。14～16日屋内(木造)
	女	1.13	1.19	13、14日外遊びを数時間。15日外で2時間、マスク着。16日屋内。17日車に同乗しガソリン入れ、車窓は全開。18日外で2時間
9歳	女	0.91	0.93	14日水くみを1時間。15日自転車で買い物を2時間。16日からは閉め切った屋内、マスク着用
	男	1.04	1.22	14日水くみを30分。15～18日屋内。4月5日から学校、週3回サッカーの練習を2時間半。徒歩で通学、マスクせず
13歳	男	1.06	1.22	13～16日の1日おきに水くみを1時間。4月20日から部活で平日と土曜日に3時間、外で練習。自転車通学30分、マスクせず。3月20～27日は仙台へ避難
16歳	男	0.76	0.78	14日中学校校庭で数時間。15日屋内。16日高校の合格発表を見た後、屋内。部活は文化部



「県民健康管理調査」

福島県の18歳以下の全ての方（約36万人）について、甲状腺の超音波検査を行い、放射線による影響を把握する。

10月9日から、避難区域にお住まいだった方から順に、福島県立医科大学に来訪する方法により、甲状腺検査が開始されました。

一方、対象区域が広く、人数も多いかつてない大規模な事業なので、11月以降、学校や公民館等を巡回して実施する方法が検討されております。

甲状腺検査

第4回福島県「県民健康管理調査」検討委員会資料 詳細調査（甲状腺検査）について

H23.10.17



1 甲状腺全体実施計画について

(1) 対象者

平成23年3月11日時点で、0歳から18歳までの全県民（以下「対象者」という。）

具体的には、平成4年4月2日から平成23年4月1日までに生まれた県内居住者（県外避難者も含む。）

(2) 実施方法

福島県立医科大学（以下「医科大学」という。）、県内外の医療機関等が連携して甲状腺超音波検査を実施する。

また検査の結果、結節性病変（しこり）等が認められた場合は、医科大学附属病院等において二次検査（穿刺吸引細胞診、採血、尿検査等）を行う。

(3) 実施計画

①先行検査：平成23年10月から平成26年3月末までに、先行検査として対象となる全県民に甲状腺超音波検査を実施し、現時点での甲状腺の状況を把握する。

②本格検査：平成26年4月以降は、本格検査として20歳までは2年ごと、それ以降は5年ごとに検査を行い、生涯にわたり県民の健康を見守る。

県民健康管理（全県民対象）

線量を把握（基礎データ）

基本調査

対象者：平成23年3月11日時点での県内居住者
方法：自記式質問票
内容：3月11日以降の行動記録
(被ばく線量の推計評価)

継続して管理

県民健康管理ファイル(仮称)

- ☆健康調査や検査の結果を
個々人が記録・保管
- ☆放射線に関する知識の普及

データベース構築

- ◆県民の長期にわたる健康管理と治療に活用
- ◆健康管理をとおして得られた知見を次世代に活用

- ・ホールボディカウンター
- ・個人線量計

健康状態を把握

詳細調査

甲状腺検査（18歳以下の全県民（県外避難者含む）に順次実施）

内容：甲状腺超音波検査
※3年程度で対象者全員の現状を把握し、その後は定期的に検査

健康診査（既存の健診を活用）

対象者：避難区域等の住民 及び 基本調査の結果必要と認められた方
内容：一般健診項目+白血球分画等

対象者：避難区域等以外の住民
内容：一般健診項目

職場での健診や市町村が行う住民健診、がん検診等を定期的を受診することが、疾病の早期発見・早期治療につながる。

既存健診の対象外の県民への健診実施

こころの健康度・生活習慣に関する調査（避難区域等の住民へ質問紙調査）

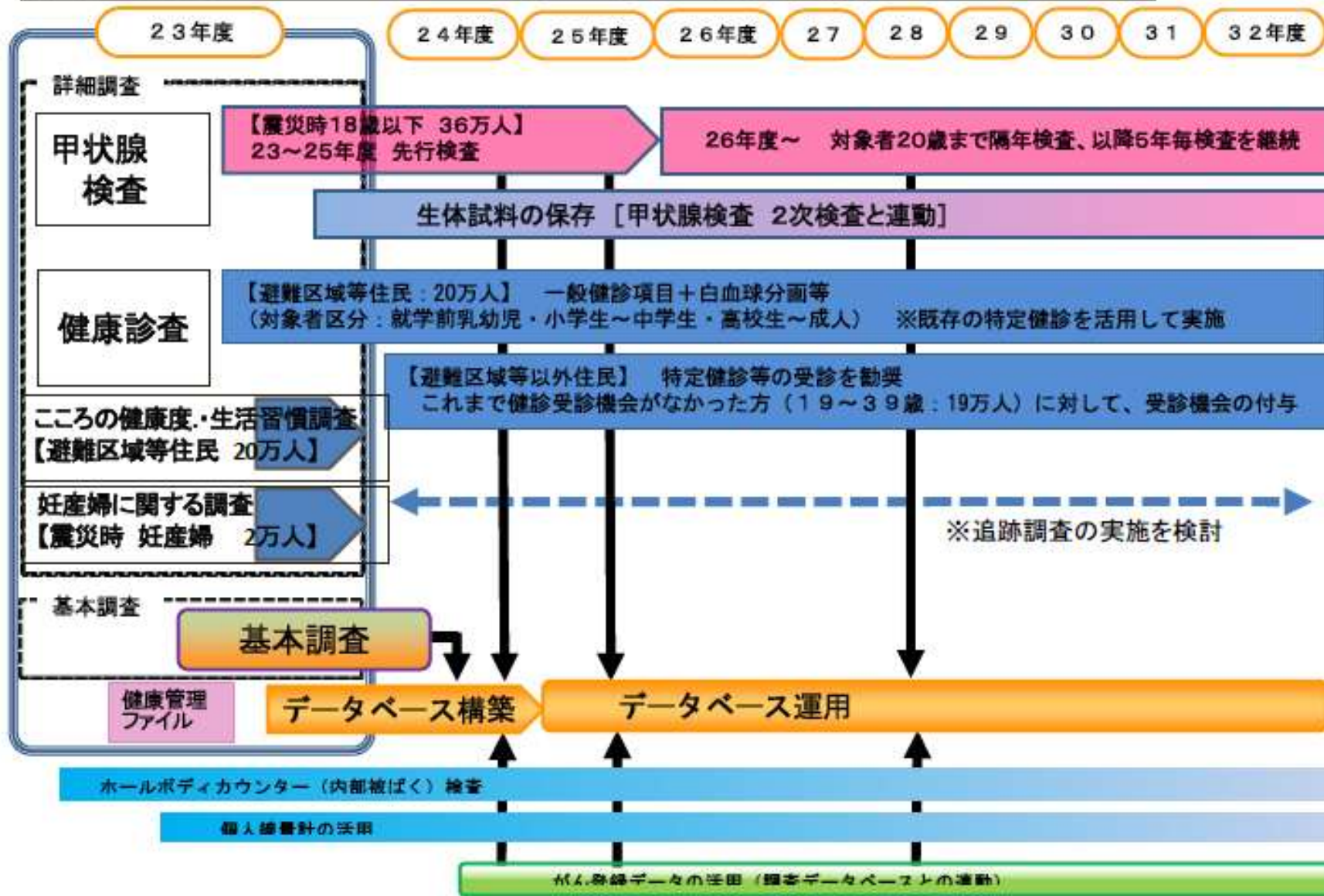
妊産婦に関する調査（22年3月1日～23年7月31日の母子健康手帳申請者へ質問紙調査）

相談・支援

フォロー

治療

福島県県民健康管理 スケジュール 23年度～32年度(33年度以降も継続)



➡ :各種調査、検査、測定結果のデータベースへの蓄積(随時実施) 分析結果は、適宜公表。



御清聴ありがとうございました.