

(12) 身の回りにおける放射線

私たちは、宇宙から地球に降り注ぐ宇宙線を受けていて、この宇宙線は放射線の一種です。高度の高い位置に行くほど、より多くの宇宙線を受けることになります。

例えば、ジェット機で東京ーニューヨーク間を往復(約20時間)した時の宇宙線から受ける放射線量は、約0.2ミリシーベルトとなります。

また、大地の岩石や土などに放射性物質が含まれているため、大地からも放射線を受けています。

関東地方と関西地方を比べると、関西地方の方が年間で2～3割ほど自然放射線の量が高くなっています。このような地域差があるのは、関西地方は、大地に放射性物質を比較的多く含む花こう岩が多く存在しているからです。

この他、私たちは、食べ物や飲み物、呼吸によって体に取り込んだ放射性物質から放射線を受けています。

例えば、カリウムは自然界に存在するミネラル成分の一元素であり、人間の体内の塩分を低下させ血圧の上昇を制御するなど健康を保つために必要不可欠な元素です。

このカリウムには、カリウム40という放射性物質がごく僅か(0.012%程度)含まれていて、カリウム40は食べ物と一緒に体内に取り込まれます。こうした放射性物質は、時間の経過によって少なくなり、また、新陳代謝されるため、体内ではほぼ一定の割合に保たれています。

◆体内、食物中の自然放射性物質 ●食物(1kg)中のカリウム40の放射性物質の量(日本)(単位:ベクレル/kg)

●体内の放射性物質の量

カリウム40	4000ベクレル
炭素14	2500ベクレル
ルビジウム87	500ベクレル
鉛210・ポロニウム210	20ベクレル

(体重60kgの日本人の場合)

干し昆布 2000	干しいたけ 700	ポテトチップ 400	
生わかめ 200	ほうれん草 200	魚 100	牛肉 100
牛乳 50	食パン 30	米 30	ビール 10

出典:(財)原子力安全研究協会
「生活環境放射線データに関する研究」
(1983年)より作成

図15

(13) 自然放射線と人工放射線

私たちの生活環境には、自然から受ける放射線と人工的に作られた放射線があります。

人類は、地球の誕生以来、宇宙から地球に降り注いでいる宇宙線や大地、飲食物などからの放射線を受けてきました。

これらを「自然放射線」といい、私たちは、年間一人当たり約1.5ミリシーベルト(日本平均)の自然放射線を受けています。

1895年にレントゲン博士によりエックス(X)線が発見され、今では医療や工業、農業などで色々な用途に利用するため人工的に放射線が作られています。これらを「人工放射線」といい、病気の診断などに用いられるエックス(X)線撮影やCTなどのエックス(X)線、核分裂のエネルギーを取り出す原子力発電所で生まれる放射線などがあります。

(14)

外部被ばくと内部被ばく

放射性物質が体の外部にあり、体外から被ばくする(放射線を受ける)ことを「外部被ばく」といいます。一方、放射性物質が体の内部にあり、体内から被ばくすることを「内部被ばく」といいます。

外部被ばくは、大地からの放射線や宇宙線などの自然放射線とエックス(X)線撮影などの人工放射線を受けたり、着ている服や体の表面(皮膚)に放射性物質が付着(汚染)して放射線を受けたりすることです。

放射線は、体を通り抜けるため、体にとどまることはなく、放射線を受けたことが原因で人やものが放射線を出すようになることはありません。

万一、汚染してしまった場合は、シャワーを浴びたり洗濯をしたりすれば洗い流すことができます。

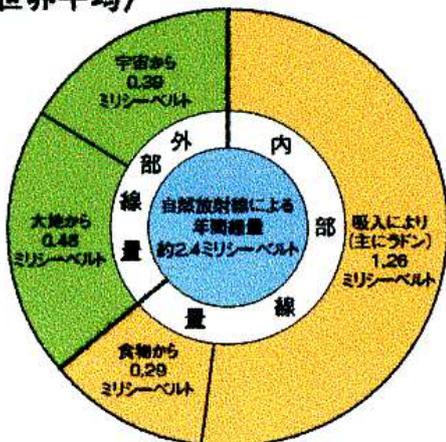
内部被ばくは、空気を吸ったり、水や食物などを摂取したりすることにより、それに含まれている放射性物質が体内に取り込まれることによって起こります。

内部被ばくを防ぐには、放射性物質を体内に取り込まないようにすることが大切です。

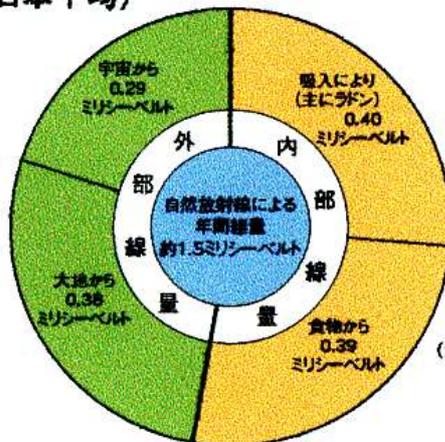
◆自然界から受ける放射線量

一人当たりの年間線量

〈世界平均〉



〈日本平均〉



(注)2005年に日本分析センターから、自然界から受ける年間の放射線量2.2ミリシーベルトという数値が公表されています。

出典: 原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR) 2008年報告、(財)原子力安全研究協会「生活環境放射線」(1992年)より作成

外部被ばく
体の外にある放射性物質から出る放射線を受けることです。



内部被ばく
放射性物質が含まれる空気や飲食物を吸ったり摂取したりすることによって、放射性物質が体の中に入り、体の中から放射線を受けることです。



図1.6

(15)

放射線による人体への影響

放射線の発見以降、研究や利用による研究者や医師などの過剰な被ばくや広島・長崎の原爆被災者の追跡調査などの積み重ねにより、放射線による人体への影響が明らかになってきています。

放射線が人体へ及ぼす影響の一つは、被ばくをした人の体に現れる身体的影響です。

身体的影響は、急性障害、胎児発生の障害及び晩発性障害*などに分類されます。また、被ばくをした本人には現れず、その子孫に現れる遺伝性影響についても研究されていますが、遺伝性影響が人に現れたとする証拠は、これまでのところ報告されていません。

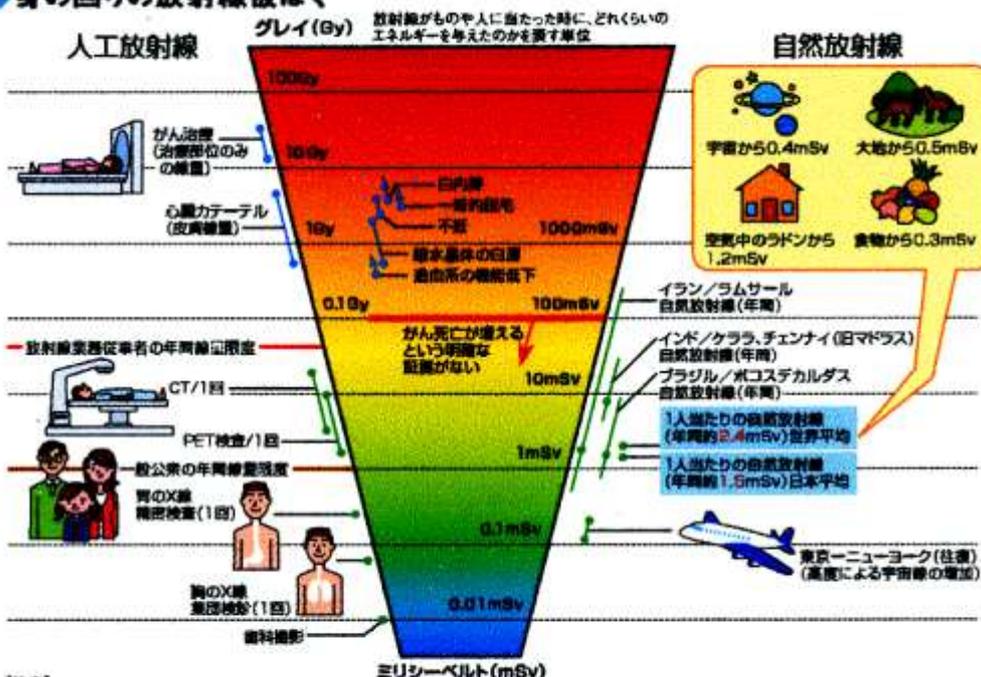
国際的な機関である国際放射線防護委員会(ICRP)は、一度に100ミリシーベルトまで、あるいは1年間に100ミリシーベルトまでの放射線量を積算として受けた場合でも、線量とがんの死亡率との間に比例関係があると考えて、達成できる範囲で線量を低く保つように勧告しています。また、色々な研究の成果から、このような低い線量やゆっくりと放射線を受ける場合について、がんになる人の割合が原爆の放射線のように急激に受けた場合と比べて2分の1になるとしています。

ICRPでは、仮に蓄積で100ミリシーベルトを1000人が受けたとすると、およそ5人ががんで亡くなる可能性があるとして計算しています。現在の日本人は、およそ30%の人が生涯でがんにより亡くなっていますから、1000人のうちおよそ300人ですが、100ミリシーベルトを受けると300人がおよそ5人増えて、305人ががんで亡くなると計算されます。

なお、自然放射線であっても人工放射線であっても、受ける放射線量が同じであれば人体への影響の度合いは同じです。

*晩発性障害:長期間の潜伏期を経てがんなどが発生する

◆身の回りの放射線被ばく



【注】
1) 数値は有効数字などを考慮した概数。
2) 円筒(点線)は対数表示になっている。
円筒がひとつ上がる度に10倍となる。

*遺伝性影響(hereditary effects)とは、子孫に伝わる遺伝的な影響のことです。

出典: (独)放射線医学総合研究所
たけふらた

(16)

放射線から身を守るには

外部からの放射線から身を守るには、放射性物質から距離をとる、放射線を受ける時間を短くする、放射線を遮る方法があります。

放射線の量は、放射性物質からの距離によっても大きく異なり、放射性物質から離れば放射線量も減ります。

例えば、距離が2倍になれば放射線量は、4分の1になります。

その他、被ばくする時間を減らしたり遮へい物を置いたりすることにより放射線量を減らすことができます。

◆放射線から身を守る方法

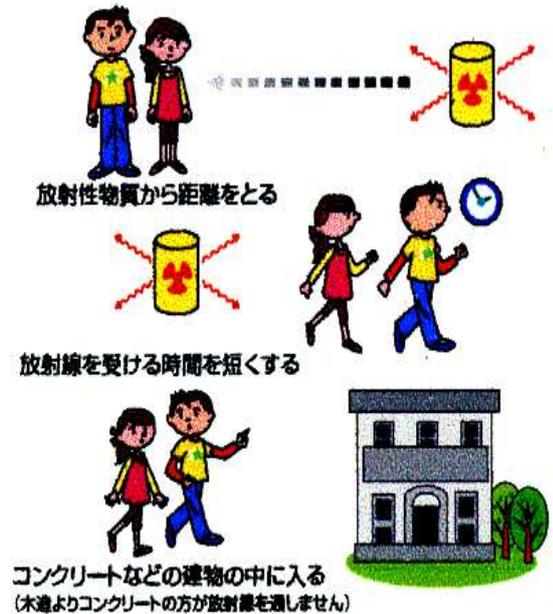


図18

(17)

がんの色々な発生原因

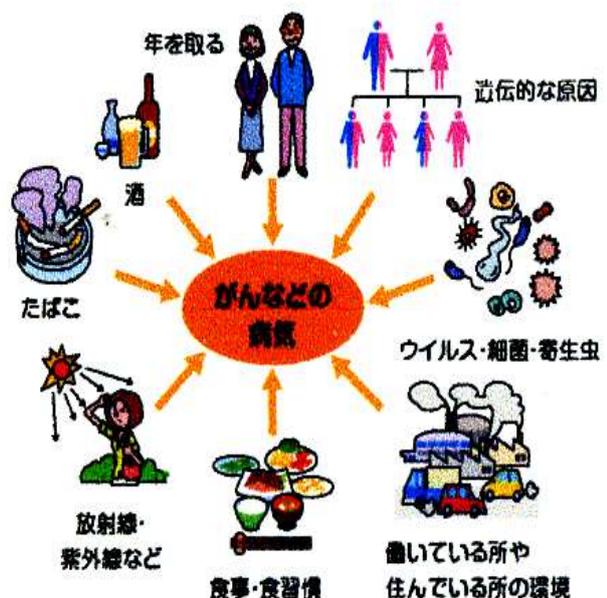
私たちの体を形づくる細胞は、DNA(デオキシリボ核酸)に記録された遺伝情報を使って生きています。

DNAは、物理的な原因や化学的な原因などで傷付けられますが、放射線もDNAを傷付ける原因の一つです。しかし、細胞には傷付いたDNAを修復する能力があるため、細胞の中では、常にDNAの損傷と修復が繰り返されています。

DNAが傷付くと遺伝情報が誤って伝えられることがあり、誤った遺伝情報をきちんと修復できなかった細胞は死んでしましますが、ごくまれに生き残る変異細胞の中から、さらに変異を繰り返したものががん細胞に変わることがあります。

がんは、色々な原因で起こることが分かっています。喫煙、食事・食習慣、ウイルス、大気汚染などについて注意することが大事ですが、これらと同様に原因の一つと考えられる放射線についても受ける量をできるだけ少なくすることが大切です。

◆がんなどの病気を起こす色々な原因



出典: (社)日本アイントープ協会
「改訂版 放射線のABC」(2011年)などより作成

図19

(18) **放射線と生活習慣によってがんになる相対リスク**

下の表は、国立がん研究センターが発表した調査結果である。がんになるリスクの数値は、喫煙なら、非喫煙者など基準となるグループと比べ、何倍がんになるリスクが高くなるか(相対リスク)を示している。

表27

要 因	がんになるリスク
1000～2000ミリシーベルトの放射線を受けた場合	1.8倍
喫煙 飲酒(毎日3合以上)	1.6倍
痩せ過ぎ	1.29倍
肥満	1.22倍
200～500ミリシーベルトの放射線を受けた場合	1.19倍
運動不足	1.15～1.19倍
塩分の取り過ぎ	1.11～1.15倍
100～200ミリシーベルトの放射線を受けた場合	1.08倍
野菜不足	1.06倍

●放射線は、広島・長崎の原爆による瞬間的な被ばくを分析したデータ(固形がんのみ)であり、長期にわたる被ばくの影響を観察したものではない。

●その他は、国立がん研究センターの分析したデータである。

※対象:40～69歳の日本人

運動不足:身体活動の量が非常に少ない 野菜不足:野菜摂取量が非常に少ない

出典:(独)国立がん研究センター調べ

Q 3 自然に存在する放射性物質って？人工の放射性物質って？



自然に存在する放射性物質って？



自然の放射性物質には、宇宙線によってできるものと、地球にもともとあるものがあります。

解説

宇宙線によってできる放射性物質

宇宙空間で生まれた高エネルギーの粒子(陽子などで、これを宇宙線と呼んでいます。)が地球に到達し、これらが地球の空気中の窒素や酸素と衝突して、ベリリウム7、炭素14などの放射性物質ができます。

地球にもともと存在する放射性物質

約45億年前に地球が誕生した時から多くの放射性物質がありました。その中で、放射能が半分になるまでの時間(半減期と呼んでいます。)の長いカリウム40、トリウム232、ウラン238などは今も地球に残っています。



図20

参考

ベリリウム7など元素名のあとの数字は、陽子と中性子の数の合計である質量数を示しています。ベリリウム7は陽子4個と中性子3個、炭素14は陽子6個と中性子8個、カリウム40は陽子19個と中性子21個、トリウム232は陽子90個と中性子142個、ウラン238は陽子92個と中性子146個からできています。



人工の放射性物質って？



我々の身のまわりには、昔の大気圏内の核実験によって作られた放射性物質や医療、工業、農業分野などで利用される放射性物質があります。

解説

核実験による放射性物質

1980年まで続けられた大気圏内の核実験により生成された多くの放射性物質が、雨水やちりとともに、地面や海に落ちてきました。(放射性降下物と呼んでいます。)これらのうち、放射能が半分になるまでの時間(半減期と呼んでいます。)が30年程度であるストロンチウム90やセシウム137は、今も我々の身のまわりにわずかですが残っています。



図21

原子力施設による放射性物質

原子力発電所などからも、ごくわずかですが、トリチウム(水素3)や希ガスであるクリプトン85などの放射性物質が放出されています。



図22

医療、工業、農業分野などでの利用例

医療では、がんの診断(PET検査)に陽電子を出す炭素11やフッ素18が、血液の流れの診断にテクネチウム99mが、甲状腺の病気の治療にヨウ素131が利用されています。

工業では、非破壊検査にイリジウム192、農業では、ジャガイモの発芽防止にコバルト60が利用されています

(20) 昔の核実験の残留放射性物質

Q 4 昔の核実験でできた放射性物質が今も残っているって本当？



はい、わずかですが残っています。



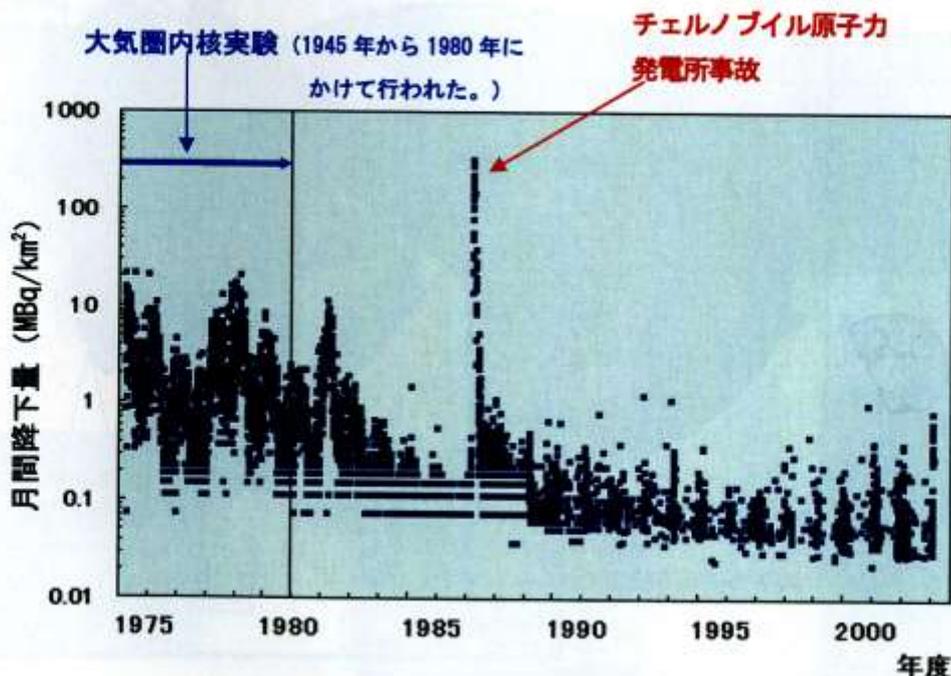
解説

1945年から1980年にかけて大気圏内で行われたウランやプルトニウムの核実験により、多くの人工放射性物質が生成されましたが、その中でも生成量が多く、半分の量になるのに約30年かかるため、ストロンチウム90やセシウム137は現在でも残っています。

大気圏内核実験は1980年に終わりましたが、1986年の**チェルノブイル原子力発電所事故**で一時的にセシウム137の濃度が高くなりました。しかし、その後すぐにもとに戻りました。

1974年からの我が国における雨水・ちり中のセシウム137の経年変化を下の図に示します。

表28



我が国における雨水・ちり中のセシウム137の経年変化

(21) ストロンチウム90/セシウム137の人体への影響



ストロンチウム90やセシウム137は私たちの体に影響しないの？

我々の身のまわりの放射線の線量に比べて、ストロンチウム90やセシウム137からの線量はわずかです。

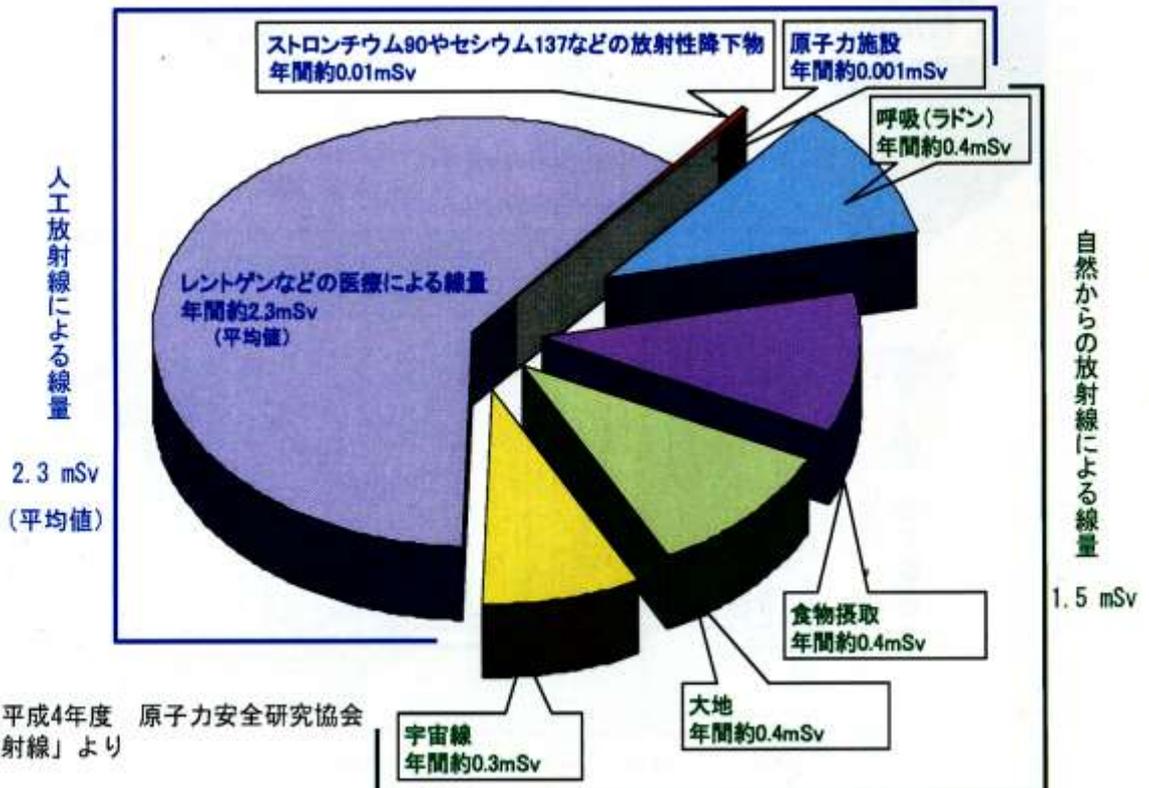


解説

我が国においては、1人当たりもともと自然に存在する放射線から1年間に1.5 mSv^{*}、医療などの人工放射線から1年間に2.3 mSv（平均値）を受けています。ストロンチウム90やセシウム137などの放射性降下物からは、1年間でわずかに0.01 mSvです。

^{*}mSv（ミリシーベルト）：人への放射線の影響を示す単位です。

表29



線量の数値：平成4年度 原子力安全研究協会「生活環境放射線」より

(22) 一般環境にある放射線の測定方法



放射線は、目で見るとか、耳で聞くとかなど、人の五感で感じることはできませんが、測定器を用いると、わずかな量でも測ることができます。

放射線の測定には、サーベイメータという機器を使います。アルファ線、ベータ線、ガンマ線により、用いるサーベイメータの種類が異なります。アルファ線は ZnS(Ag)シンチレーション式サーベイメータ、ベータ線は GM 計数管式サーベイメータ、ガンマ線は Nal(Tl)シンチレーション式サーベイメータ 及び 電離箱式サーベイメータ です。

アルファ線は、紙1枚でも止まってしまい、ベータ線は薄い金属で止まってしまいます。このため、アルファ線やベータ線の測定は、主に、表面汚染の測定に限られます。一般の環境における空間の放射線測定は、ガンマ線測定を意味しています。放射線の強さは単位時間あたりの放射線量である空間放射線量率として示しています。人への影響を示す 1 センチメートル線量当量の $\mu\text{Sv/h}$ (マイクロシーベルト/時間: マイクロは百万分の 1 です。)か、又は空間における放射線の強度を示す量である空気カーマ(その量は、一般環境の測定では、空気吸収線量と同じと考えて問題ありません。)の $\mu\text{Gy/h}$ (マイクログレイ/時間)として表されています。一般の環境の空間放射線量率は、もともと自然に存在するウランなどの放射性物質からガンマ線が放出されているため、地域や天候によっても異なりますが、おおよそ $0.02\sim 0.10\ \mu\text{Sv/h}$ の範囲にあります。雨や雪の降り始めは $0.20\ \mu\text{Sv/h}$ 近くになることもあります。

Nal(Tl)シンチレーション式サーベイメータは、 $0.1\ \mu\text{Sv/h}$ から $30\ \mu\text{Sv/h}$ 程度まで測定できます。電離箱式サーベイメータは、 $1\ \mu\text{Sv/h}$ から $10\sim 300\text{mSv/h}$ 程度(ミリシーベルト/時間: ミリは千分の 1 です。)まで測定できます。

また、空間のガンマ線を連続して測定するため 固定式モニタリングポスト があります。検出器は、サーベイメータと同じく、主に、Nal(Tl)及び電離箱です。

なお、空気カーマ($\mu\text{Gy/h}$)から実効線量($\mu\text{Sv/h}$)の推定値を求めるには、空気カーマに 0.8 を乗ずることとなっています。ただし、緊急時には、混乱を避けるため、空気カーマと実効線量は同じとして扱うこととなっています。



サーベイメータ

図23

(23) 雨水や日常のストロンチウム90やセシウム137の測定方法



ほとんどの放射性物質は壊変したときにガンマ線を放出します。ガンマ線は単一のエネルギーを持っていて、それぞれの物質から放出されるエネルギーは、決まっているので、ガンマ線を測れば、雨水や日常食に含まれる放射性物質が何であるか、また、どの程度含まれるかを知ることができます。

しかし、ストロンチウム90の壊変では、ガンマ線がまったく放出されなくて、ベータ線のみが放出されます。ベータ線はガンマ線と違って、単一のエネルギーではなく、連続したエネルギーを持っているため、どの放射性物質から放出されているかを定めることはできません。このため、雨水については水分を蒸発して、日常食については加熱し灰にして、容量を小さくしたのち、塩酸などの試薬を使ってストロンチウムだけに分離する必要があります。ストロンチウムだけになった後に、ストロンチウム90のベータ線(実際には、ストロンチウム90の壊変生成物であるイットリウム90のベータ線のエネルギーの方が大きいため、このベータ線を測定しています。)を、GM 計数管を備えたベータ線測定装置で測ると、どの程度含まれるかがわかります。

セシウム137は壊変すると、ガンマ線とベータ線を放出します。雨水や日常食の容量を小さくしたのち、ゲルマニウム半導体検出器を備えたガンマ線測定装置で、セシウム137から放出されるガンマ線(エネルギーは661.6keV:キロエレクトロンボルト)を測ると、どの程度含まれるかがわかります。

また、ストロンチウム90と同じく、容量を小さくしたのち、セシウムだけに分離し、そのベータ線を測ることで、どの程度含まれるかがわかります。

この方法はガンマ線を測る場合に比べると、より低いところまで、どの程度含まれるかがわかります。

どの程度含まれるかを、放射能濃度として示しています。その単位は、分数の分子に1秒あたりに崩壊する原子核の数(Bq[ベクレル]で表します。)を、分母に雨水の場合は面積当たりで採取しているので km^2 を、日常食の場合は一人分の一日あたりを意味する人×日を用いています。

(24) 一般環境の放射能調査機関及び原子力設備の事故調査体制



1) 一般環境の放射能調査は、文部科学省を中心に関係省庁や独立行政法人などで実施しています。

文部科学省では、全国47都道府県の協力を得て、雨水、土壌、精米、野菜、牛乳や日常食などの環境試料について、ストロンチウム90やセシウム137などの分析を行っています。

関係省庁などは、それぞれの特徴ある専門分野での調査を実施しています。例えば、環境省は離島における空間放射線量率を、防衛庁は高空の大気浮遊じんを、水産庁は海産生物を、気象庁は大気浮遊じんや海水を、海上保安庁は海底土などを調査しています。

これらの調査結果は、昭和34年(1959年)から毎年開催されている文部科学省主催の環境放射能調査研究成果発表会において環境放射能調査研究成果論文抄録集として配布されています。また、本ホームページ「日本の環境放射能と放射線」の「環境放射線データベース」でも見ることができます。さらに、そのデータを用いて経年変化などの作図をすることもできます。

これとは別に、米国の原子力艦が横須賀港、佐世保港、沖縄の金武中城港への寄港に係る調査として、文部科学省が水産庁、海上保安庁、横須賀市、佐世保市や沖縄県の協力を得て、空間放射線量率や海水中の放射線計数率を測定するとともに、出港時の海水と海底土などを採取し、分析を行っています。

これらの結果も、「日本の環境放射能と放射線」の「環境放射線データベース」において、見ることができます。

2) 国内の原子力施設において異常事態が発生した場合は、地方公共団体が緊急時のモニタリングを実施し、文部科学省などが緊急時のモニタリングを支援することになっています。

さらに、国外で発生した原子力関係の事故などに関する我が国への影響調査などは、内閣に設置されている「放射能対策連絡会議」において対応することになっています。

ヨウ素は甲状腺に ストロンチウムは骨にたまりやすい

放射性物質による被曝には、体の外部からの外部被曝と、呼吸や飲食、傷口などから体の内部に放射性物質が取り込まれる内部被曝とがある。

内部被曝すると、体の中で放射線が放出され、周囲の細胞が傷つけられる。放射性物質が体内に留まっている限り被曝は続く。体内に取り込まれると、血液で体内中に運ばれて特定の器官に溜まり、がんなどの原因となる。ヨウ素131は、体に取り込まれた量の30%が甲状腺に溜まる。半減期は8日間なので、放射線を出す期間は短い、短期間で多くの放射線を出す。長期間体に吸収し続けると甲状腺がんを起こす可能性がある。ヨウ素131は成人に対して幼児への影響は10倍ぐらい高くなる。ヨウ素131が体内に入る24時間以内または直後に、安定ヨウ素剤を服用しておけば、ヨウ素131が甲状腺に取り込まれるのを抑制するので予防になる。

セシウム137は腎臓や肺、筋肉や骨に溜まりやすく、白血病、肝臓がん、不妊の原因となる。ストロンチウム90は骨に溜まり、骨のがんや白血病の原因になる（右の図）。プルトニウム239は物理的半減期（80p）が2万4110年、生物的半減期（82p）が200年なので、実効半減期（体の中の放射線量が半分になる）は、200年である。内部被曝をすれば、生涯、体内で放射線を浴び続けることになる。放射線の種類や摂取した年齢により、どれだけの内部被曝をするかには差がある。アルファ線は紙一枚でも防ぐことができ、空中でも数センチしか飛ばないので、外部被曝はあまり問題にはならない。しかし、アルファ線の人体への影響はガンマ線の20倍も高い。したがって、アルファ線を出す放射線を体内に取り込むと、臓器の至近距離から大きなダメージを受けることになる。

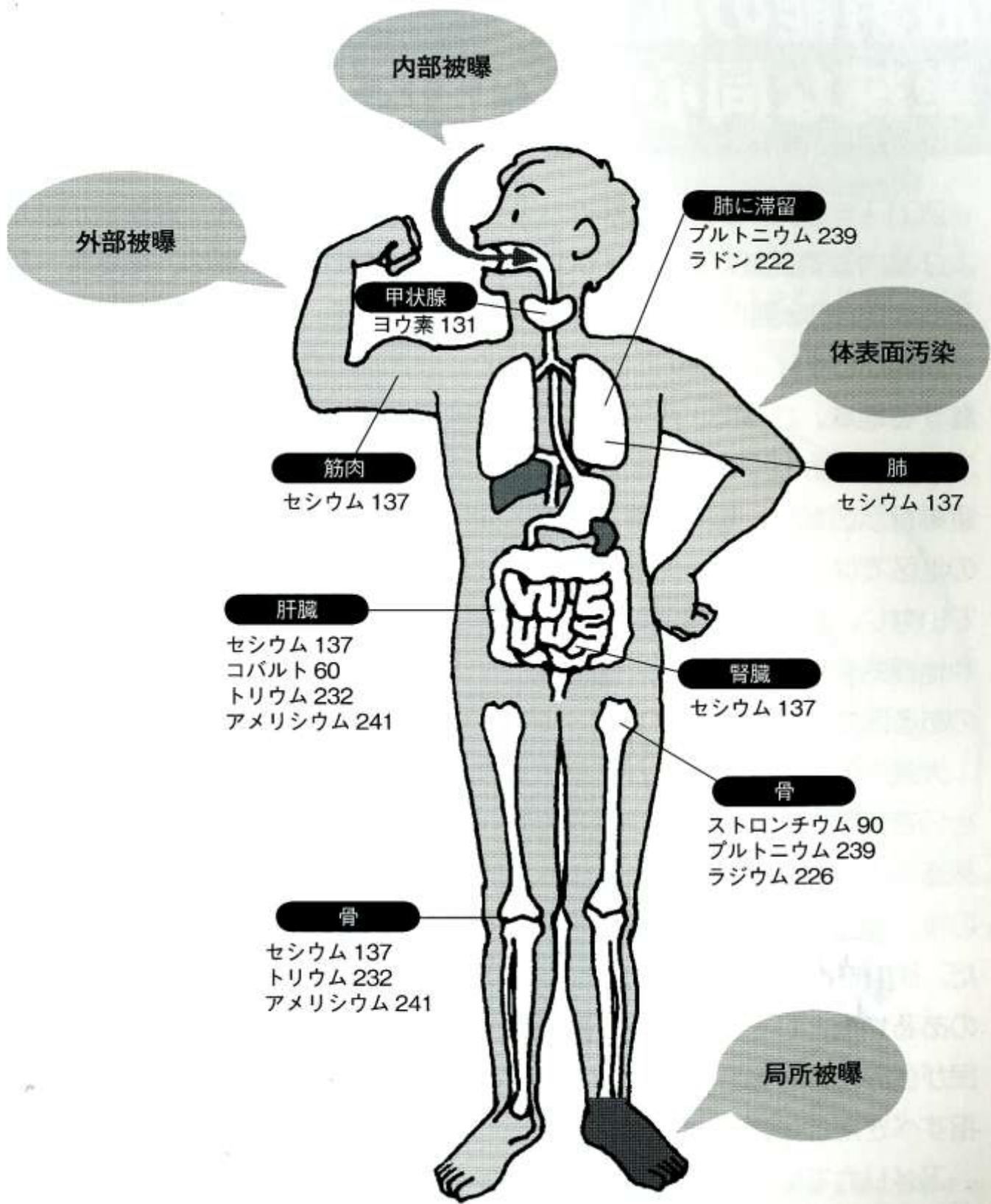


図24

(26) 福島第一原発からもれた放射能の広がり

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

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

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

- 行政による措置
- 20km圏(避難完了区域)
 - 計画的避難区域
 - 緊急時避難準備区域

