

環境放射線の モニタリング



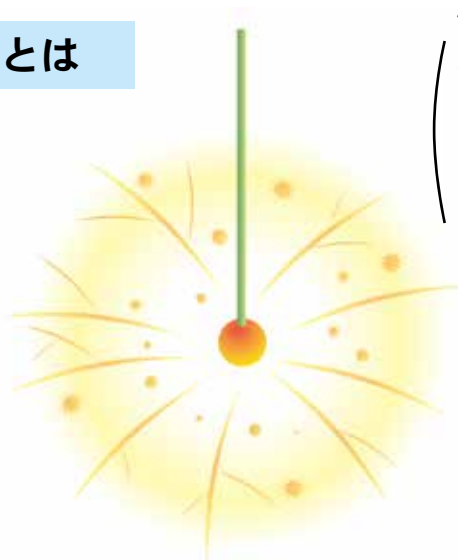
1 放射線と放射能、放射性物質

1 放射線と放射能、放射性物質とは

放射線とは、
空間を伝わっていく電磁波や粒子の流れのことです。

放射能とは、
放射線を出す能力のことです。

放射性物質とは、
放射線を出す物質のことです。



例示

花火の中心：放射性物質
光：ガンマ線
小さな火花：ベータ線
大きな火花：アルファ線
中性子線

2 放射線の種類

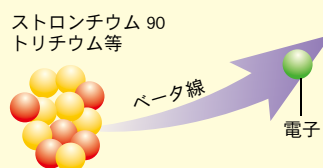
① アルファ(α)線

アルファ線は、陽子2個と中性子2個がくっついた粒子（ヘリウム原子核と同じ構造）が原子核から放出されるものです。



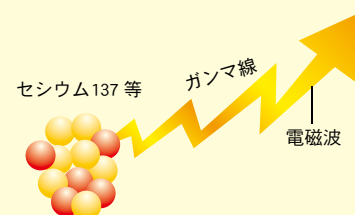
② ベータ(β)線

ベータ線は、電子が原子核から放出されるものです。



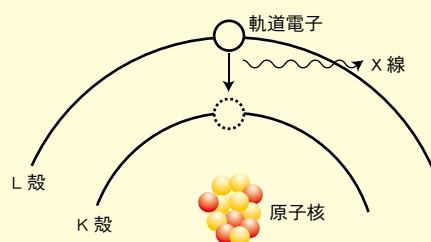
③ ガンマ(γ)線

ガンマ線は、電磁波の一種で、エネルギーが非常に大きく、原子核から放出されるものです。



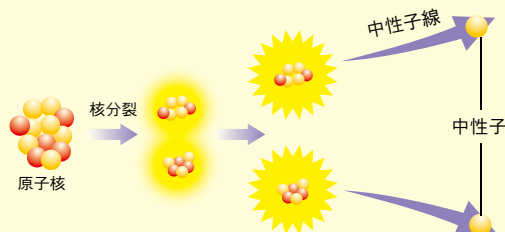
④ エックス(X)線

エックス線は、 γ 線と同じ電磁波の一種で、原子核の外の電子から放出されます。最初に発見された放射線であり、病院のレントゲン撮影等に使用されています。



⑤ 中性子線

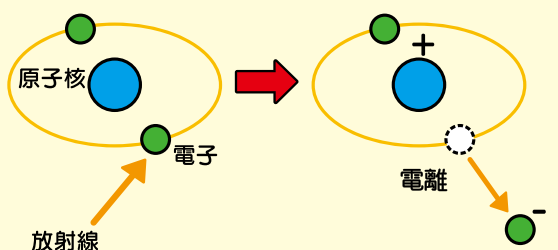
中性子線は、原子核中の中性子が核分裂などにより放出されるものです。



3 放射線の性質

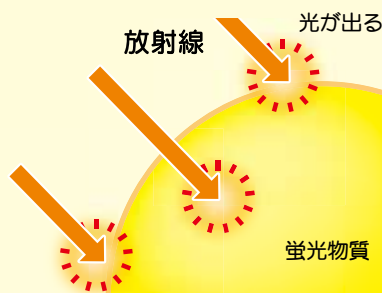
①電離作用

放射線は物質を通過するときに、その物質を電離（電気を帯び）させる性質があります。



②蛍光作用

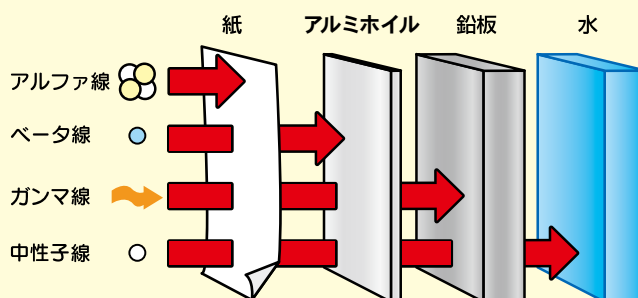
蛍光物質に放射線をあてると、その物質から光を出させる性質があります。



③透過作用

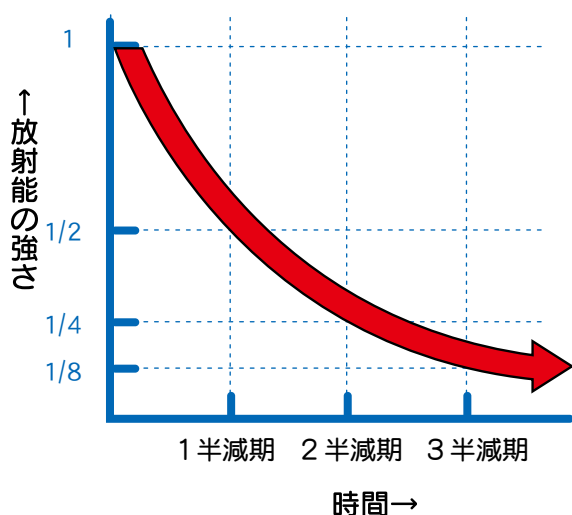
放射線には物質を透過する性質があります。

例えば、アルファ線は紙一枚で止まりますが、ガンマ線は厚い鉛の板でないと止められません。



4 放射能の減衰

放射能の強さは、時間の経過によりだんだん弱くなります。放射能が半分になるのに必要な時間は、放射性物質の種類によって決まっています。この時間を半減期といいます。半減期は非常に短いものから、地球の歴史と同じくらい長いものまでさまざまです。



放射性物質名	半減期
トリウム232 (^{232}Th)	141 億年
ウラン238 (^{238}U)	45 億年
カリウム40 (^{40}K)	13 億年
炭素 14 (^{14}C)	5700 年
ラジウム226 (^{226}Ra)	1600 年
セシウム 137 (^{137}Cs)	30.2 年
ストロンチウム90 (^{90}Sr)	28.8 年
トリチウム (^3H)	12.3 年
セシウム 134 (^{134}Cs)	2.1 年
ヨウ素 131 (^{131}I)	8.0 日
ラドン222 (^{222}Rn)	3.8 日
フッ素 18 (^{18}F) (PET試薬)	110 分
ラドン220 (^{220}Rn)	55.6 秒

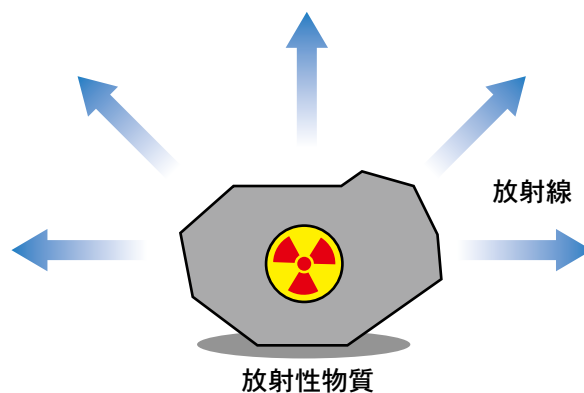
出典：(公社)日本アイソトープ協会「アイソトープ手帳11版」

2 放射線・放射能に関する単位

1 放射能の単位

ベクレル (Bq)

放射能の強さを表す単位です。
1 秒間に 1 個の原子核が放射線を放出して崩壊するときの放射能の強さを 1 ベクレルといいます。
ベクレルは、食品や水などに含まれる放射性物質の放射能の単位として使われています。

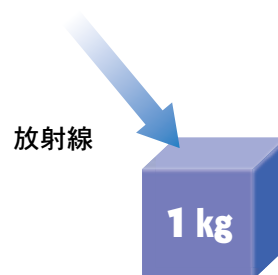


1 ベクレル (Bq)
= 1 秒間に 1 個の原子核が崩壊

2 放射線により物質が吸収したエネルギー量を表す単位

グレイ (Gy)

放射線により物質が吸収したエネルギー量を表す単位です。
1 kg の物質に 1 ジュール (J) のエネルギーを与える放射線の強さを 1 グレイといいます。
グレイは、空間放射線の測定値の単位として使われています。



1 グレイ (Gy)
= 1 kg の物質が 1 ジュールのエネルギーを吸収

3 放射線の数を表す単位

シーピーエム (cpm : count per minute)

測定器で 1 分間に計測された放射線の数のことです。
シーピーエムは、衣服や体の表面汚染を調べる時の測定器 (GM (ガイガーミュラー) 計数管式サーベイメータなど) の単位として使われています。



4 放射線が人体に与える影響を表す単位

シーベルト (Sv)

放射線が人体に与える影響の度合いを表す単位です。

放射線が人体に与える影響は、放射線の強さだけでなく、放射線の種類や、放射線を受ける人体の部位なども考慮します。

$$\text{シーベルト (Sv)} = \sum \left(\text{グレイ (Gy)} \times \begin{array}{l} \text{放射線の種類による} \\ \text{人体への影響の度合い} \\ \text{(放射線加重係数)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{放射線を受ける人体の} \\ \text{部位による影響の度合い} \\ \text{(組織加重係数)} \end{array} \right)$$

放射線の種類による 人体への影響の度合い

例えば、アルファ線はガンマ線に比べて、人体への影響の度合いが20倍も大きくなります。

放射線の種類	放射線加重係数
アルファ線	20
陽子線	5
ベータ線	1
ガンマ線	1
中性子線	約 2.5 ~ 21

ICRP 2007年勧告

放射線を受ける人体の 部位による影響の度合い

放射線が人体に与える影響は、人体の組織や臓器により放射線の影響度（放射線感受性）が異なります。

組織・臓器	組織加重係数
生殖腺	0.08
肺、胃、乳房など	0.12
膀胱、甲状腺など	0.04
皮膚、骨表面など	0.01

ICRP 2007年勧告

国の指針では、

【平常時】1 グレイ (Gy)=0.8 シーベルト (Sv)

【緊急時】1 グレイ (Gy)=1 シーベルト (Sv)

としています。

1 シーベルト (Sv)=1000 ミリシーベルト (mSv)

1 ミリシーベルト (mSv)=1000 マイクロシーベルト (μSv)

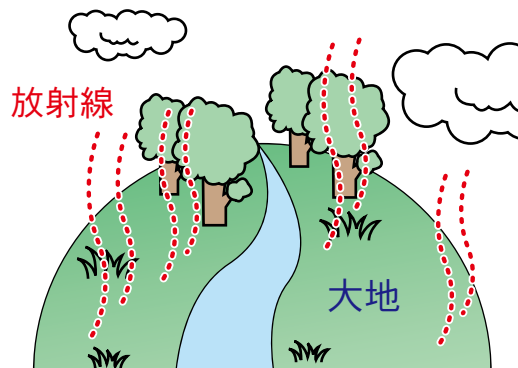
1 マイクロシーベルト (μSv)=1000 ナノシーベルト (nSv)

3 身の回りの放射線、放射性物質

1 地面からの放射線

地面から受ける放射線は、地面を構成している岩石の種類によって強さが違ってきます。

例えば火成岩は堆積岩より放射線が強く出る傾向があります。また、コンクリートからも放射線が出ています。



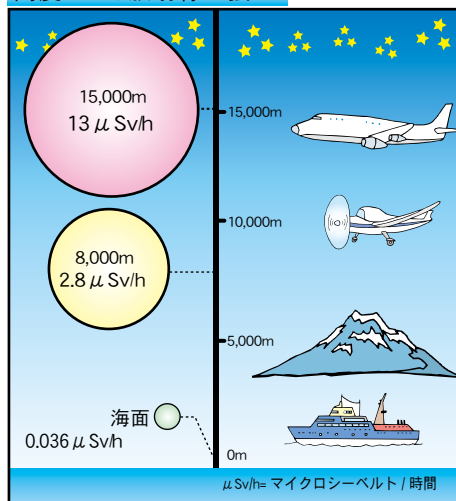
2 宇宙線

宇宙線には、地球の外からやってくる一次宇宙線とそれが大気中の原子とぶつかって発生する二次宇宙線があります。

高度が高いほど宇宙線は強くなります。例えば、ジェット機が飛行する高度では地上の100倍以上の宇宙線を浴びることになります。

また、宇宙線が大気中の原子とぶつかることにより放射性物質(炭素14など)が生成されます。これを宇宙線生成核種と呼びます。雨などによって地上に降りそそいでいます。

高度による放射線の強さ



3 体内、食物中の自然放射性物質

私たちの体内や食物中にも、自然界にある放射性物質(カリウム40や炭素14など)が存在しています。

カリウム 40 (^{40}K)

自然界に存在するカリウム中の0.0117%が放射性のカリウム40です。体重60kgの日本人の場合、約4000ベクレル(Bq)のカリウム40が体内に存在します。カリウム40は半減期が約13億年と非常に長いため、地球が形成されたときから現在まで残存しています。

炭素 14 (^{14}C)

大気中に二酸化炭素として存在する炭素のごく一部は放射性の炭素14です。炭素14は、宇宙線生成核種であり、宇宙線的作用により大気中で日々生成されています。動植物の化石中の炭素14から年代測定も行われています。

●体内の放射性物質の量

(体重60kgの日本人の場合)

カリウム 40	4,000 ベクレル
炭素 14	2,500 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

●食物中のカリウム40の放射性物質の量(日本)

(単位: ベクレル/kg)

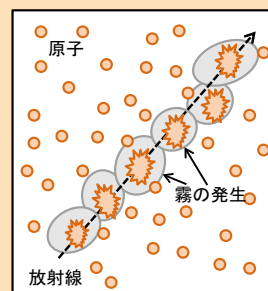
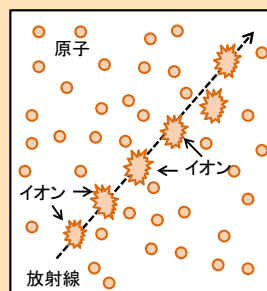
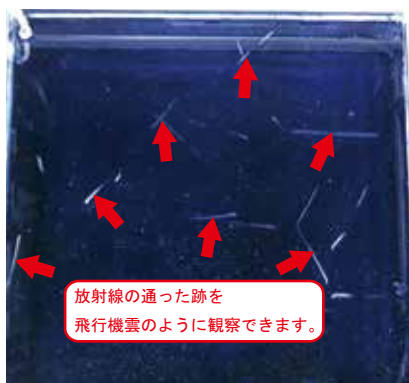
干しこんぶ 2,000	干しいたけ 700	ポテトチップ 400
生わかめ 200	ほうれん草 200	魚 100
牛乳 50	食パン 30	米 30
		牛肉 100
		ビール 10

4 放射線の観察(ウィルソンの霧箱)

放射線は目に見えないものですが、目に見えるよう工夫することができます。

霧箱は、ウィルソン(イギリス)が発明したもので、放射線が通ったあとを霧で観察することができる装置です。

写真の霧箱では、内部がアルコールの蒸気で過飽和状態になっています。この中を放射線が通ると電離作用によりイオンができ、その周りにアルコールの蒸気が集まって、飛跡が飛行機雲のように見えます。



ウィルソンは霧箱の開発により、1927年にノーベル物理学賞を受賞しています。

5 放射線、放射性物質の利用

放射線、放射性物質は、医療、農業、工業などさまざまな分野で利用されています。

医療



X線診断・検査

がん治療



医療器具の滅菌

農業



農作物の品種改良

ジャガイモの発芽防止



害虫不妊化

工業



タイヤの強化



紙の厚さの計測



電気コードの難燃化

その他



化石の年代測定



小惑星の解析

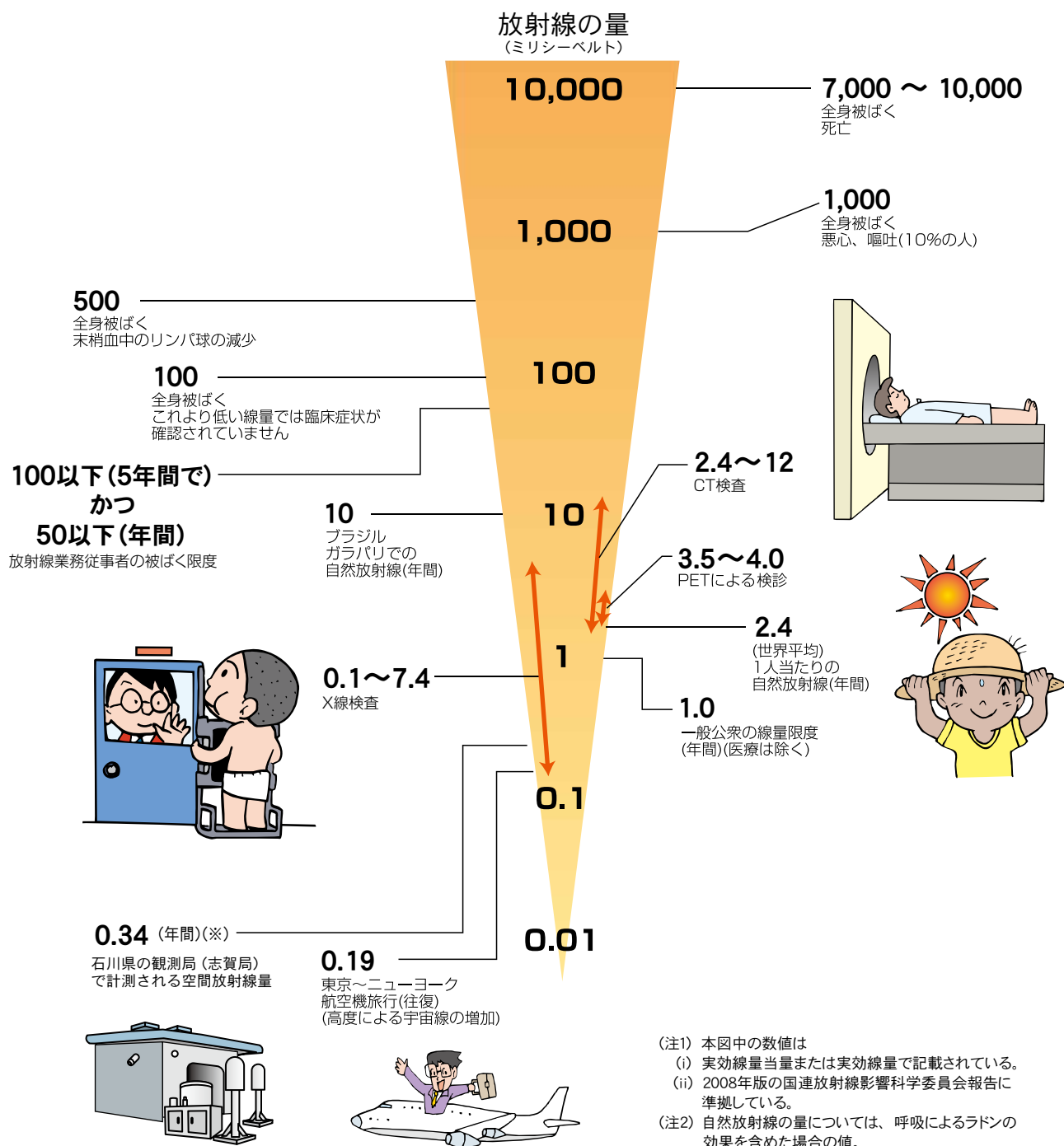


文化財の分析

4 放射線の人体への影響

1 日常生活と放射線

私たちが日常生活で受けている放射線のレベルと人体への影響を下の図に示しました。
私たちの身の回りには、自然界にもともと存在する自然放射線と、人工的に作られた人工放射線があります。



(※) 49.1 nGy/h (平成27~29年度の平均値) $\times 24$ (時間) $\times 365$ (日) $\times 0.8$ (換算係数)

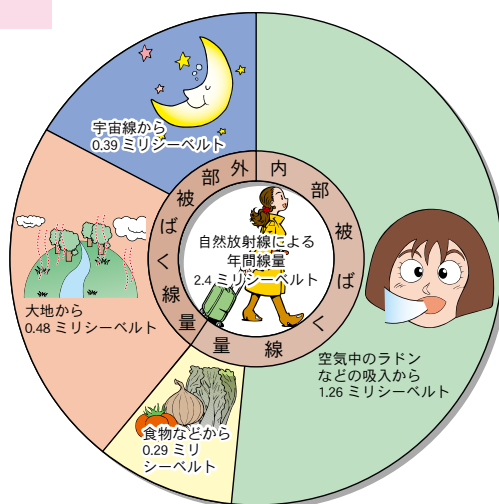
2 自然放射線から受ける線量

2.4ミリシーベルト / 年

私たちが1年間に自然界から受けている放射線の量(世界平均)です。

半分以上が空気中のラドンなどの吸入による内部被ばくが占めています。

日本人の平均は、これより少なく2.1ミリシーベルト/年ほどとされています。



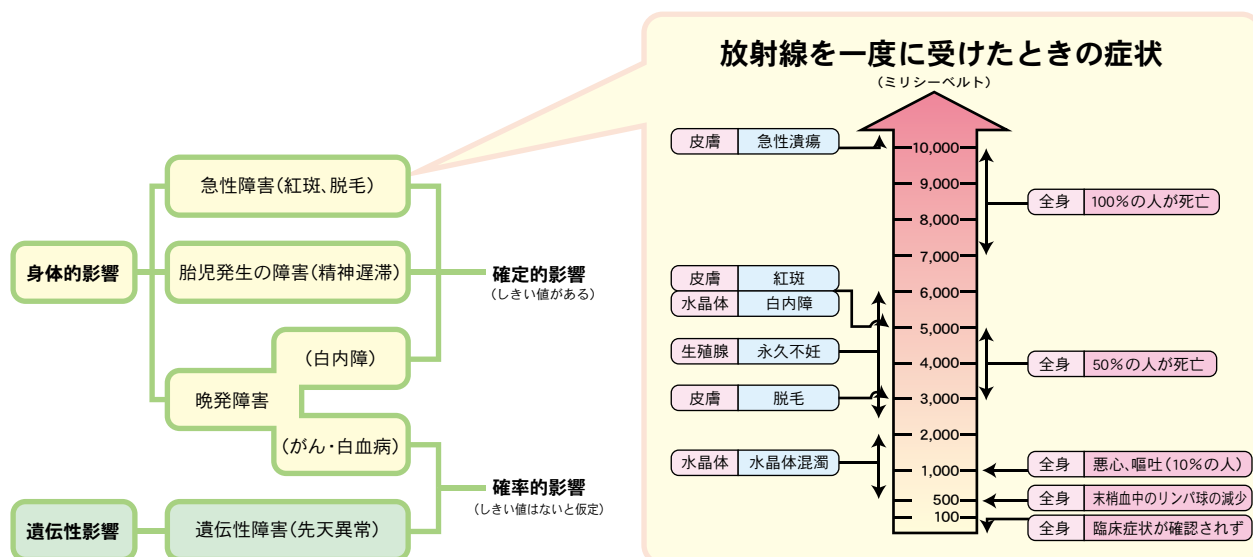
出典:UNSCEAR2008年報告

3 放射線の人体への影響

放射線の影響は、確定的影響と確率的影響の2つに分けることができます。

確定的影響は、しきい値(影響の発生する最小線量)が存在し、しきい値を超えて被ばくした場合、線量の増加に伴って影響の発生率と重篤度が増加します。

確率的影響はしきい線量が存在せず、線量の増加にともなって、発生率が増加すると考えられています。がんの発生や遺伝への影響が該当します。



4 一般の人が受ける放射線量限度

1ミリシーベルト / 年

国際放射線防護委員会(ICRP)は、自然界や医療で受ける放射線以外に、一般の人が1年間に受ける放射線の限度として1ミリシーベルト/年を勧告しています。

これを超えると危険という値ではなく、余分な被ばくをできるだけ少なくするべきという防護の考え方から定めたものです。

5 石川県の環境放射線モニタリング

志賀原子力発電所周辺での環境放射線モニタリングは、空間放射線の測定と飲食物に含まれる放射性物質の測定に大別され、石川県と北陸電力で測定を実施しています。

空間放射線測定について、県は発電所を大きく取り囲むように、北陸電力は発電所敷地境界周辺に測定器を配置して行っています。また、放射性物質の測定について、県は飲食物の安全性の確認を中心に、北陸電力は土壌など環境試料中の蓄積状況の把握を中心に調査を行っています。

測定・解析されたデータは、学識経験者や住民代表で構成される専門の委員会で検討・評価した上で石川県原子力環境安全管理協議会で審議され、公表されています。

環境放射線モニタリング



● 農畜産物の採取



● 海産物の採取



● 環境試料の採取

(大気浮遊じん
雨水、海水、
土壌等)



分析・測定



● 簡易局



● 環境放射線観測局



● モニタリングカー



● 志賀町監視センター
(志賀オフサイトセンター内)



● 石川県保健環境センター

集計・解析



測定結果の検討・評価・確認



●石川県原子力環境安全管理協議会



●環境放射線測定技術委員会

調査結果の公表



報告書、広報誌あともす



石川県ホームページ
<http://atom.pref.ishikawa.lg.jp/>

データのとりのまとめ



●石川県原子力安全対策室

環境放射線モニタリング

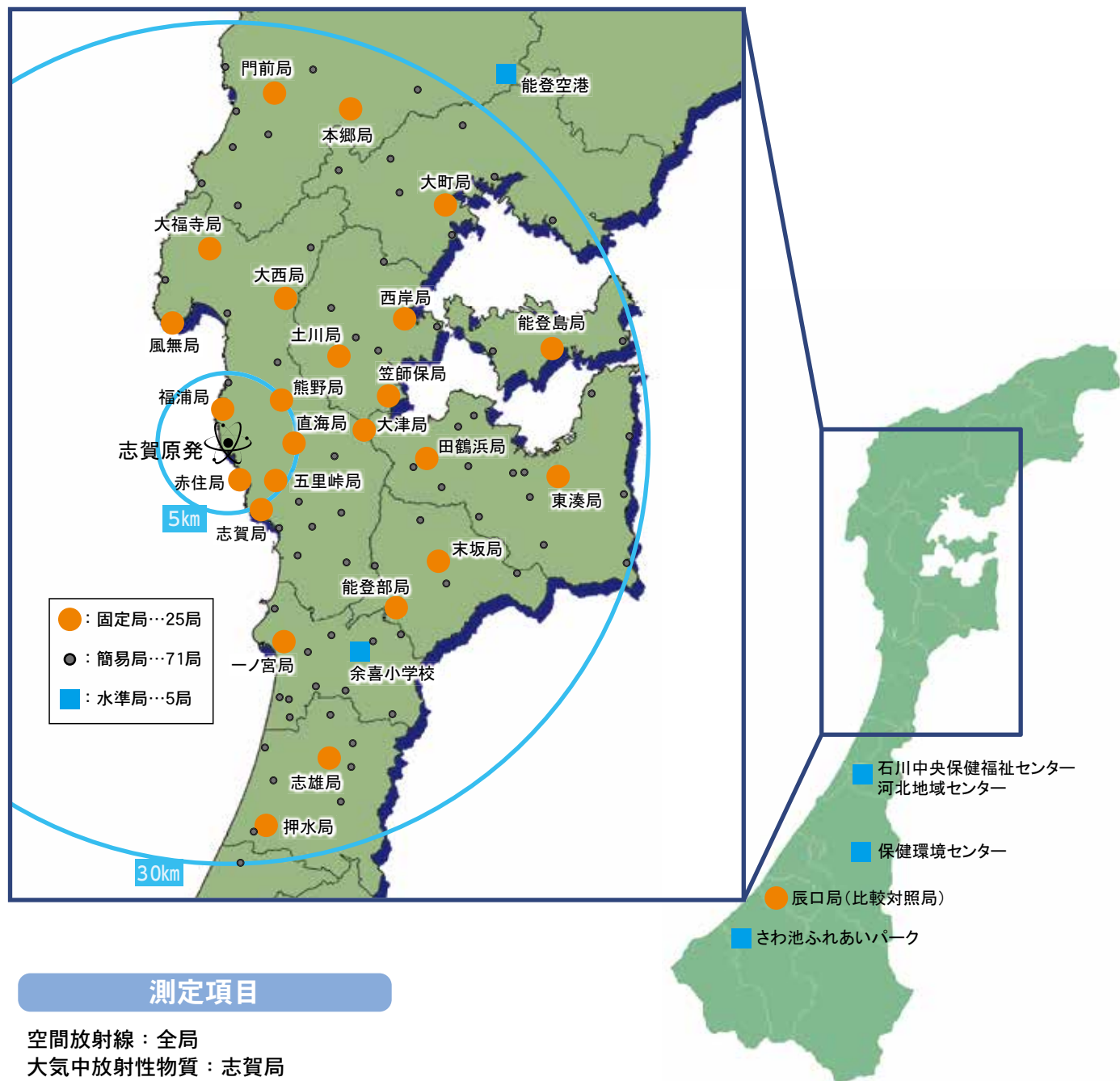


●北陸電力

6 環境放射線監視 ネットワークシステム

石川県では、「環境放射線監視ネットワークシステム」により、空間放射線、大気中放射性物質及び気象要素（風向・風速など）を常時監視しています。

測定結果は、環境放射線観測局（固定局）及び簡易局の表示盤や志賀町監視センター、周辺市町村庁舎の表示装置、県のホームページ等で、リアルタイムで表示しており、10分毎にデータ更新しています。



測定項目

空間放射線：全局

大気中放射性物質：志賀局

この他、固定局では気象要素の測定も行っています。

環境放射線観測局や簡易局、モニタリングカー、可搬型モニタリングポストで測定されたデータは、専用回線を用いて保健環境センター（中央監視局）と志賀町監視センター（副監視局）に送信され、監視、集計、記録、解析を行っています。

観測



環境放射線観測局（固定局）



簡易局



モニタリングカー



可搬型
モニタリングポスト

監視、集計、 記録、解析



志賀町監視センター（副監視局）
（志賀オフサイトセンター内）



保健環境センター（中央監視局）



リアルタイムで 公開

周辺市町表示装置



志賀町役場、志賀町役場富来支所



七尾市役所、羽咋市役所、
中能登町役場、輪島市役所、
穴水町役場、宝達志水町役場、
かほく市役所等

県ホームページ



<http://atom.pref.ishikawa.lg.jp/>

環境放射線監視データ表示アプリ （スマートフォン）



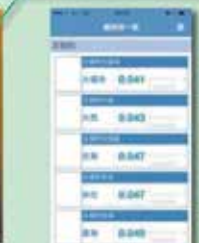
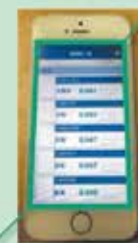
QR
コード

iPhone用



Android用

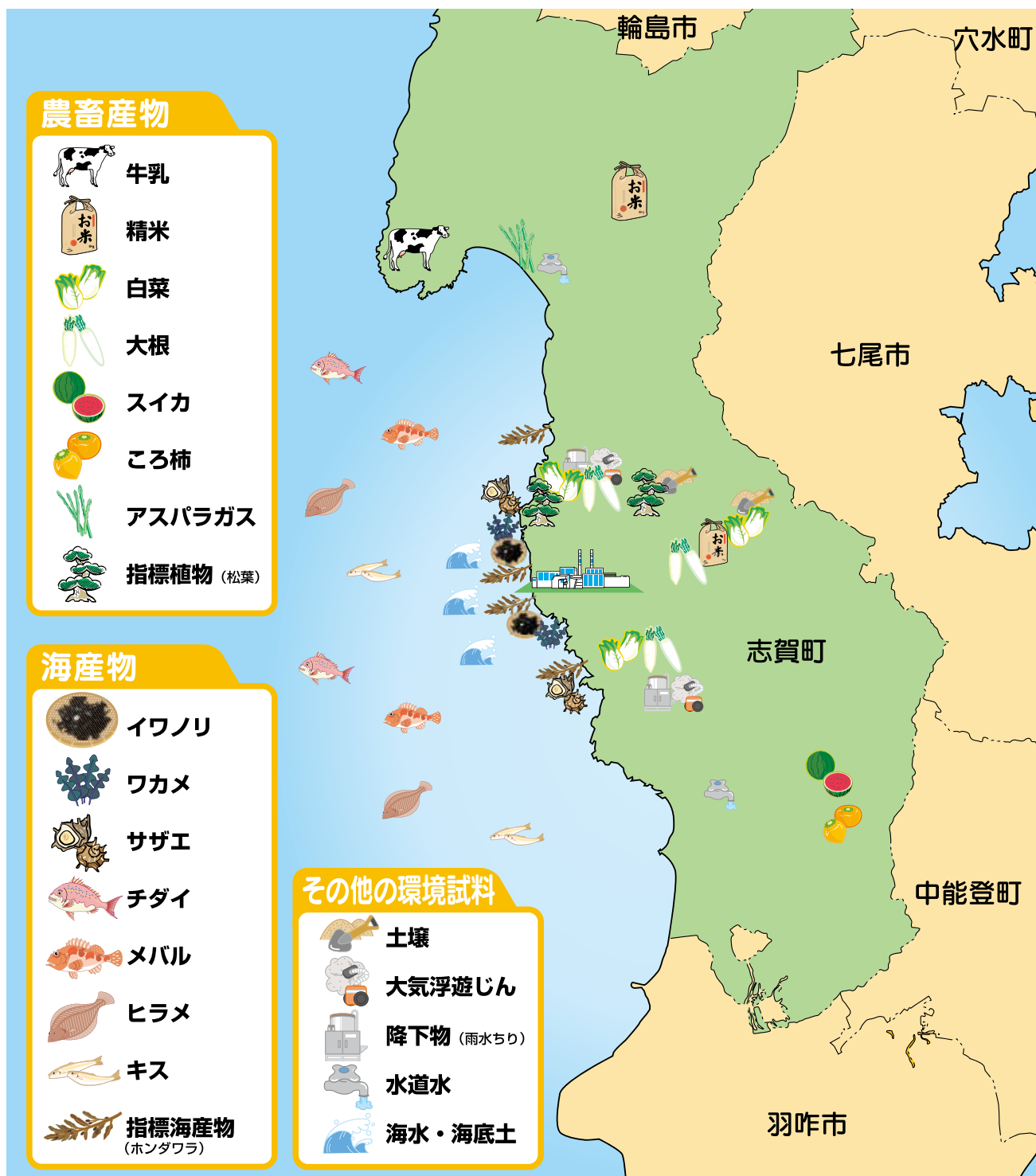
表示画面



7 環境試料の採取・分析測定

農畜産物、海産物、その他の環境試料（土壌、大気浮遊じん、降水物、海水など）に含まれている放射性物質の種類と量を測定するために、志賀原子力発電所周辺で環境試料を採取しています。

採取地点



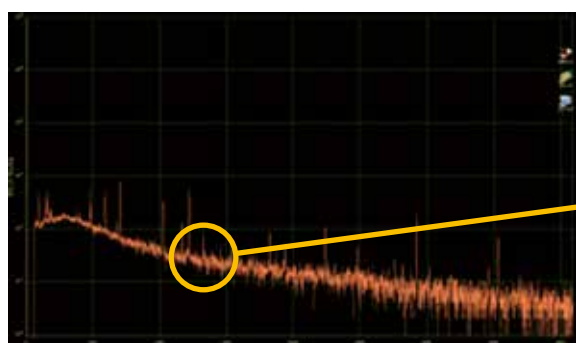
採取した試料は、乾燥・灰化などを行い、濃縮してから測定を行います。加熱することで揮発してしまう放射性物質(ヨウ素 131 など)を測定する場合は、そのまま測定容器に入れて測定を行います。その他、トリチウムやストロンチウム 90 は化学的に処理した後測定を行います。

分析・測定



ゲルマニウム半導体検出器付核種分析装置による測定結果

この装置では、ガンマ線をエネルギー別に測定することができるため、同時に多くの核種を分析できます。下の写真は土壌を測定したもので、カリウム 40 などの自然放射性核種の他に、過去に大気圏内で行われた核実験の名残であるセシウム 137 という人工放射性核種が検出されています。



8 環境放射線観測局と測定機器

1 環境放射線観測局

環境放射線観測局では、空間放射線、大気中放射性物質および気象要素（風向・風速など）を測定しています。



●観測局内部



大気中放射性物質測定装置
(全アルファ放射能 / 全ベータ放射能測定)



電光表示盤



電光表示盤

モニタリングポスト
簡易局
(低線量率測定 / 高線量率測定)

2 積算線量測定装置

積算線量の測定には熱蛍光線量計 (TLD) が用いられます。志賀原子力発電所周辺に 33 か所と比較対照地点として 1 か所設置しています。



TLD 素子

3 モニタリングカー

モニタリングカーは、いろいろな場所で空間放射線の連続測定を行ったり、走行しながら測定を行うことができます。

半導体検出器
(高線量率測定)

NaI(Tl)シンチレーション検出器
(低線量率測定)

風向・風速計



空間放射線量率
測定装置



●モニタリングカー

データ解析装置

4 簡易測定機器及び個人被ばく測定機器

簡易的な測定機器としてサーベイメータがあり、目的に応じて用いられています。



NaI(Tl)シンチレーション式
サーベイメータ
目的：空間放射線量測定
(低線量率測定)



電離箱式
サーベイメータ
目的：空間放射線量測定
(高線量率測定)



ポケット線量計
目的：個人被ばく管理
(γ 線)



ポケット線量計
目的：個人被ばく管理
(中性子)



ZnS(Ag)シンチレーション式
サーベイメータ
目的：表面汚染検査
(α 線)



GM計数管式
サーベイメータ
目的：表面汚染検査
(β/γ 線)



プラスチックシンチレーション式
サーベイメータ
目的：表面汚染検査
(β/γ 線)

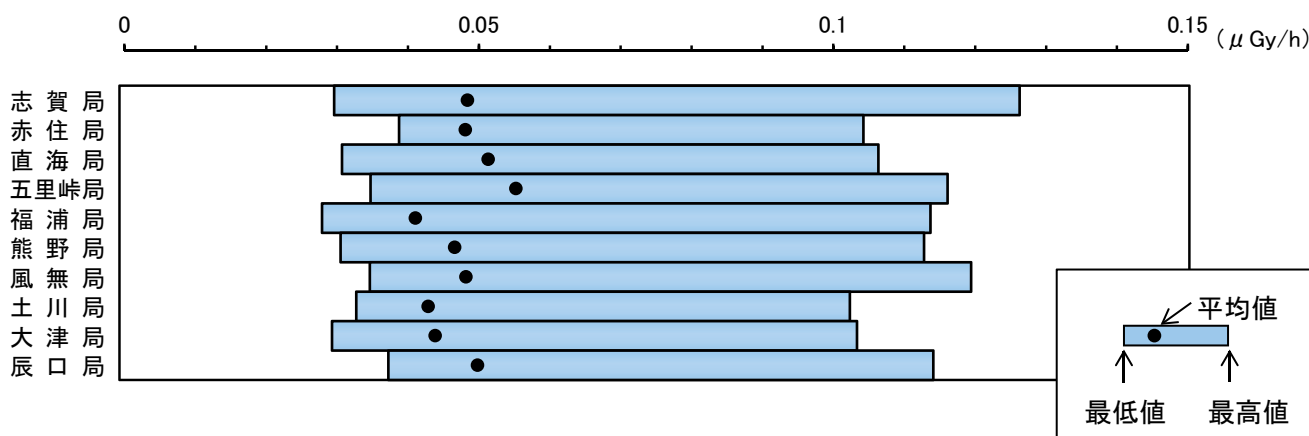


中性子用
サーベイメータ
目的：空間放射線量測定
(中性子)

9 石川県の過去の モニタリングデータ

1 空間放射線量率の変動状況(平成29年度)

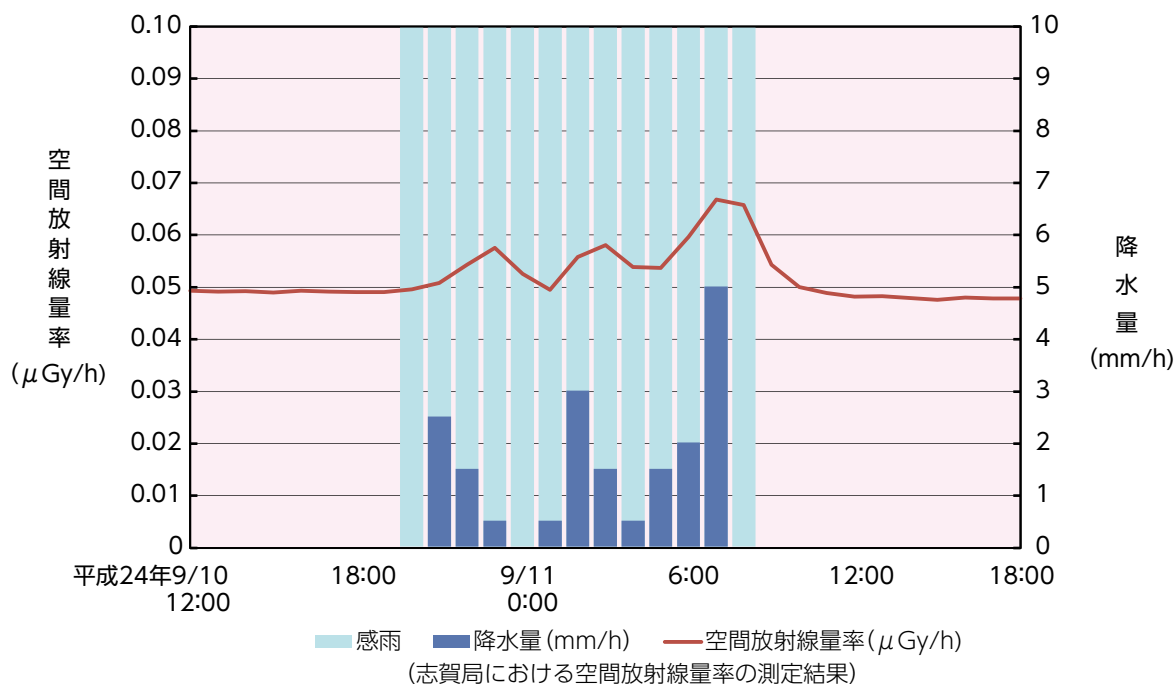
志賀原子力発電所周辺観測局の平成29年度の空間放射線量率を下の図に示しました。空間放射線量率は、地理的条件や気象条件、季節によって変動します。



2 降雨時の空間放射線量率の上昇

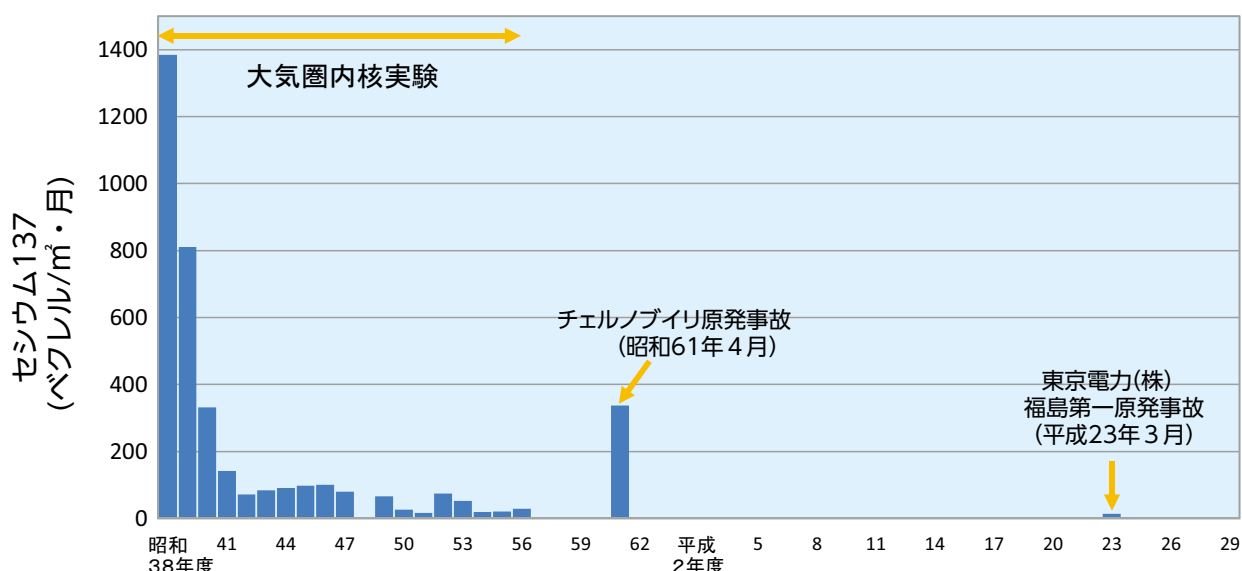
大気中には土壌から絶えず放出されている自然放射性物質であるガス状のラドンなどが常に漂っています。

雨が降ると、半減期が短いラドンの娘核種(鉛214、ビスマス214など)が雨粒とともに降下し地表面に集まるため、一時的に空間放射線量率が上昇します。雨がやんだ後は、数時間で元の空間放射線量率に戻ります。



3 降下物中のセシウム137の推移

過去に大気圏内で行われた核実験により大気圏内に拡散した人工放射性物質（セシウム137やストロンチウム90）は、空気中のちりやほこりにくっついて地表に降ってきていますが、現在は核実験が減ったことや、地下核実験に移行されていることから、降下量も少なくなっています。しかし、これらの降下物の降下量は、昭和61年はチェルノブイリ原子力発電所事故、平成23年は東京電力(株)福島第一原子力発電所事故の影響により一時的増加が観測されています。

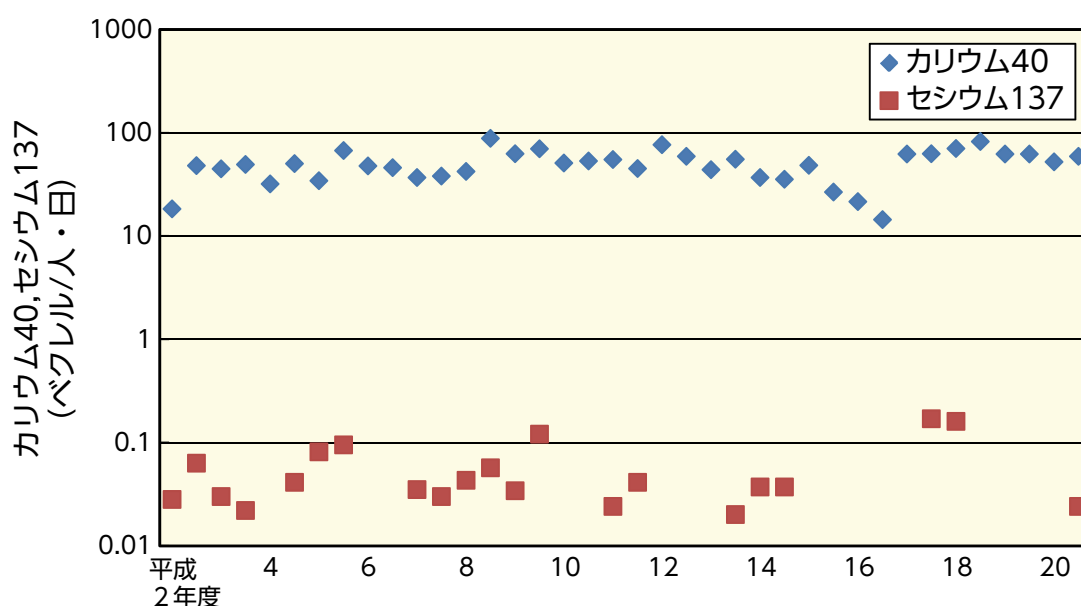


(原子力規制庁. “環境放射線データベース”. <http://search.kankyo-hoshanogo.jp/servlet/search.top>, (石川県分) (参照 2019.1.10). より作成)

4 食品中の放射性物質の推移

日本人は食品から年間およそ0.99ミリシーベルトの放射線による被ばくを受けています。その内訳は、自然放射性物質のカリウム40や鉛210、ポロニウム210がほとんどを占めています。

金沢市における一般家庭の1日の食事中(1人分)に含まれる放射性物質の量を、下の図に示しました。セシウム137は自然放射性物質のカリウム40に比べ、少ない量となっています。



(原子力規制庁. “環境放射線データベース”. <http://search.kankyo-hoshanogo.jp/servlet/search.top>, (石川県分) (参照 2016-06-01). より作成)



金沢市鞍月 1 丁目 1 番地
TEL 076-225-1465 (直通)



石川県原子力安全対策室



金沢市太陽が丘 1 丁目 11 番地
TEL 076-229-2011



石川県保健環境センター(中央監視局)



羽咋郡志賀町西山台 2 丁目 7 番地
(志賀オフサイトセンター内)
TEL 0767-32-3969



志賀町監視センター(副監視局)

リサイクル適性 **(A)**

この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。