資料１－２

浜 岡 原 子 力 発 電 所
周 辺 環 境 放 射 能 調 査 結 果

第 １８１ 号

解 説 資 料

調査期間　平成 30 年 4 月～平成 31 年 3 月

令 和 元 年 6 月

静 岡 県 環 境 放 射 能 測 定 技 術 会

目　　次

はじめに ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

Ⅰ　調査結果のまとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

Ⅱ　調査概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

1　調査目的 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3
2　評価方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

Ⅲ　調査結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4

1　空間放射線量・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
（1）空間ガンマ線測定装置による線量率 ・・・・・・・・・・・・・・・ 5
（2）蛍光ガラス線量計（RPLD）による積算線量 ・・・・・・・・・・・・ 14

2　環境試料中の放射能 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15
（1）全アルファ・全ベータ放射能 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 16
（2）核種分析 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 18
（3）検出された核種の由来の推定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 26

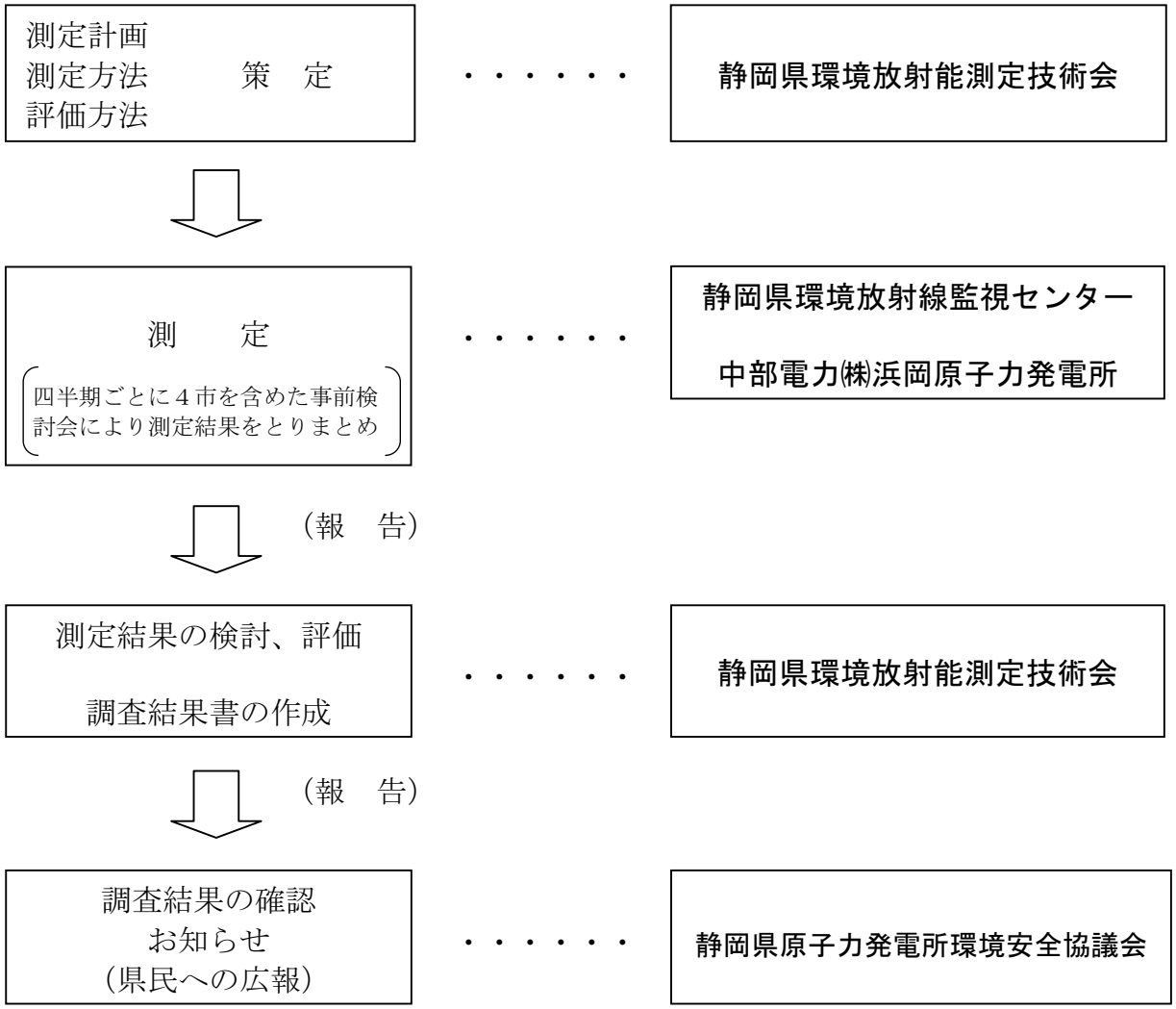
Ⅳ　参考資料 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 31
1　測定値の表示方法について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 31
2　過去の核爆発実験について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 32
3　東京電力㈱福島第一原子力発電所事故等の影響について ・・・・・・・ 34
4　モニタリングステーション設置機器一覧 ・・・・・・・・・・・・・・ 36
5　用語の解説 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37

は　じ　め　に

静岡県においては、「浜岡原子力発電所の安全確保等に関する協定」に基づき、静岡県環境放射能測定技術会が「浜岡原子力発電所周辺環境放射能測定計画」を策定し、昭和 47 年度から浜岡原子力発電所周辺の環境放射能調査を実施している。

この資料は、平成 30 年度に各測定機関が実施した測定結果について、静岡県環境放射能測定技術会が検討、評価した結果を取りまとめた「調査結果」をより深く理解するためのものである。

【 調 査 の 流 れ 】



Ⅰ　調査結果のまとめ

平成30年度の調査では、浜岡原子力発電所からの環境への影響は認められなかった。

なお、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震を起因とする東京電力㈱福島第一原子力発電所の事故や過去に行われた核爆発実験等により放出された人工放射性核種が検出されたが、健康への影響は心配ないレベル※であった。

※　平成 30 年度の測定結果を基に外部被ばくと内部被ばくによる実効線量を推定したところ、公衆の年線量限度 1mSv を十分に下回る値であった。（図１）（34～35 頁参照）

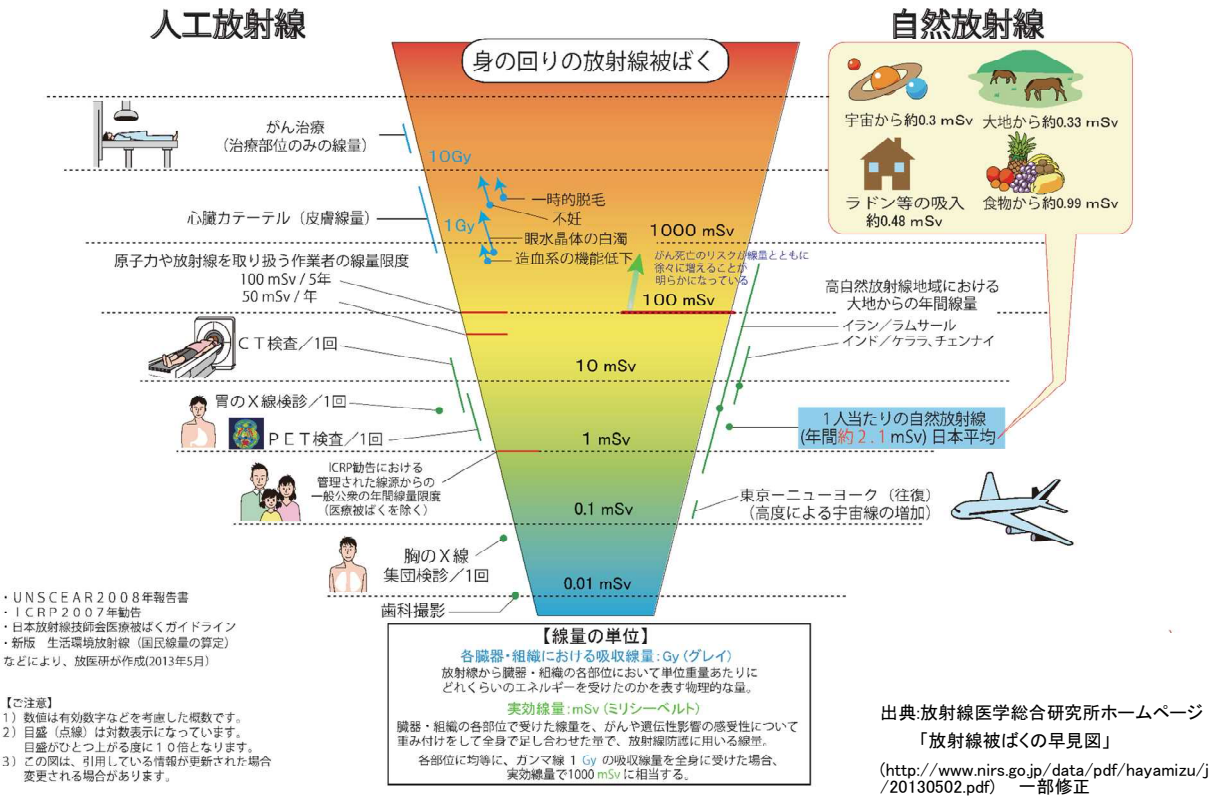


図１　日常生活と放射線

（参考）

各線源からの国民１人当たりの年間実効線量（mSv/年）

自然放射線		**2.10**
（内訳）外部被ばく	宇宙線、大地	0.63
内部被ばく（吸入）	ラドン、トロン、喫煙等	0.48
内部被ばく（経口）	鉛 210, ﾎﾟﾛﾆｳﾑ 210, カリウム 40 等	0.99
人工放射線		**3.88**
（内訳）核実験ﾌｫｰﾙｱｳﾄ		0.005
職業被ばく		0.0015
医療被ばく		3.87
諸線源による被ばく	(航空機乗客の線量が主体)	0.004
その他	(地球規模のｸﾘﾌﾟﾄﾝ 85 が主体)	0.0001
合　　計		**5.98**

新版　生活環境放射線（国民線量の算定）　平成 23 年 12 月（(公財）原子力安全研究協会）から引用

Ⅱ　調査概要

１　調査目的

調査の目的は、当技術会が定めた測定計画において以下のとおりとしている。

（１）周辺住民等の線量の推定及び評価

原子力発電所の周辺住民等の健康と安全を守るため、環境における**原子力発電所に起因する**放射性物質又は放射線による周辺住民等の**被ばく線量が**１年間の線量限度 **1mSv を十分に下回っていることを確認する**こと。

（２）環境における放射性物質の蓄積状況の把握

原子力発電所からの影響の評価を適切に行うため、原子力発電所の運転により原子力発電所から放出された放射性物質の環境における蓄積状況を把握すること。

（３）原子力発電所からの予期しない放射性物質又は放射線の放出の早期検出及び周辺環境への影響評価

原子力発電所から敷地外への予期しない放射性物質又は放射線の放出を検出することにより、原子力発電所の異常の早期発見に資するとともに、平常時の調査結果を把握することにより、原子力発電所から予期しない放射性物質又は放射線の放出があった場合に、その影響を的確かつ迅速に評価すること。

（４）異常事態又は緊急事態が発生した場合における環境放射線モニタリングの実施体制の整備

原子力災害対策特別措置法に基づく異常事態又は緊急事態が発生した場合に、平常時モニタリングの強化及び緊急時モニタリングへの移行に迅速に対応できるよう、平常時からこれらの事態を見据えた環境放射線モニタリング実施体制を整備しておくこと。

２　評価方法

評価は、当技術会が定めた「平成 30 年度環境放射能調査結果の評価方法（平成 30 年 6 月)」に基づいて行なっている。

評価の手順は以下のとおりである。

（１）個々の測定データが、平常の変動幅の範囲内にあるかどうかを判定する。

平常の変動幅とは、過去 10 年間（平成 13 年 4 月 1 日から平成 23 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震発生前まで）の自然放射線や過去の核爆発実験等でもたらされた放射性物質の変動範囲をいい、当該期間の「最大値と最小値の範囲」で表している。この 10 年間では、発電所の影響はないと評価しており、平常の変動幅の範囲内かどうかをまず確認する。

なお、最近測定を開始し、過去 10 年分の測定結果の蓄積がない測定項目については、測定開始から東北地方太平洋沖地震発生前までの変動範囲や他の測定地点の測定データなどを参考に平常の変動幅を設定する。

（２）平常の変動幅を上回った場合、以下の項目について原因調査を行うとともに、原子力発電所の影響の有無について評価をする。

- 測定器の健全性や測定法の妥当性（下限を下回った場合にも調査する。）
- 自然放射線の変動
- 周辺環境の変化
- 核爆発実験等の影響など

（３）発電所の影響がある場合

→　線量の評価（年線量限度 1mSv との比較）

→　蓄積状況の把握

（４）平常の変動幅の上限を超えていない場合、**「浜岡原子力発電所からの環境への影響は認められない」と評価する。**

なお、東京電力㈱福島第一原子力発電所事故（以下「東電事故」という。）以降、浜岡原子力発電所周辺においても、東電事故等の影響が見られているため、人工放射性核種による外部被ばく及び内部被ばくの実効線量を測定結果から推定している。（詳細は 34～35 頁のⅣ 参考資料の３に記載）

Ⅲ　調査結果

調査は、測定計画に基づき、①人体の外側から放射線を受ける「外部被ばく」による線量を推定するための**空間放射線量**の測定と、②飲食物の摂取などにより人体の内側から放射線を受ける「内部被ばく」による線量及び環境での放射性物質の「蓄積状況」を推定するための**環境試料中の放射能**の測定を行っている。

１　空間放射線量

測定は、ガンマ線を対象として、モニタリングステーションによる**線量率**（短期評価：1 時間の平均値及び長期評価：3 ヶ月間の平均値）と、モニタリングポイントにおける**積算線量**（3 ヶ月間）を実施している。

なお、モニタリングステーションによる線量率の測定は、短時間の変動の監視が可能である。

空間放射線量の測定結果の中身は、図２に示したとおり、①**宇宙線**（宇宙から飛来する高エネルギーの放射線やそれと反応してできる放射線）、②**大地**の中の自然放射性物質**からの放射線**、③大気中を浮遊している自然放射性物質（**ラドンの崩壊生成物**）**からの放射線**、④測定地点近くにある**建物**の中の自然放射性物質**からの放射線**、事故等による人工放射性物質の影響などからなる。

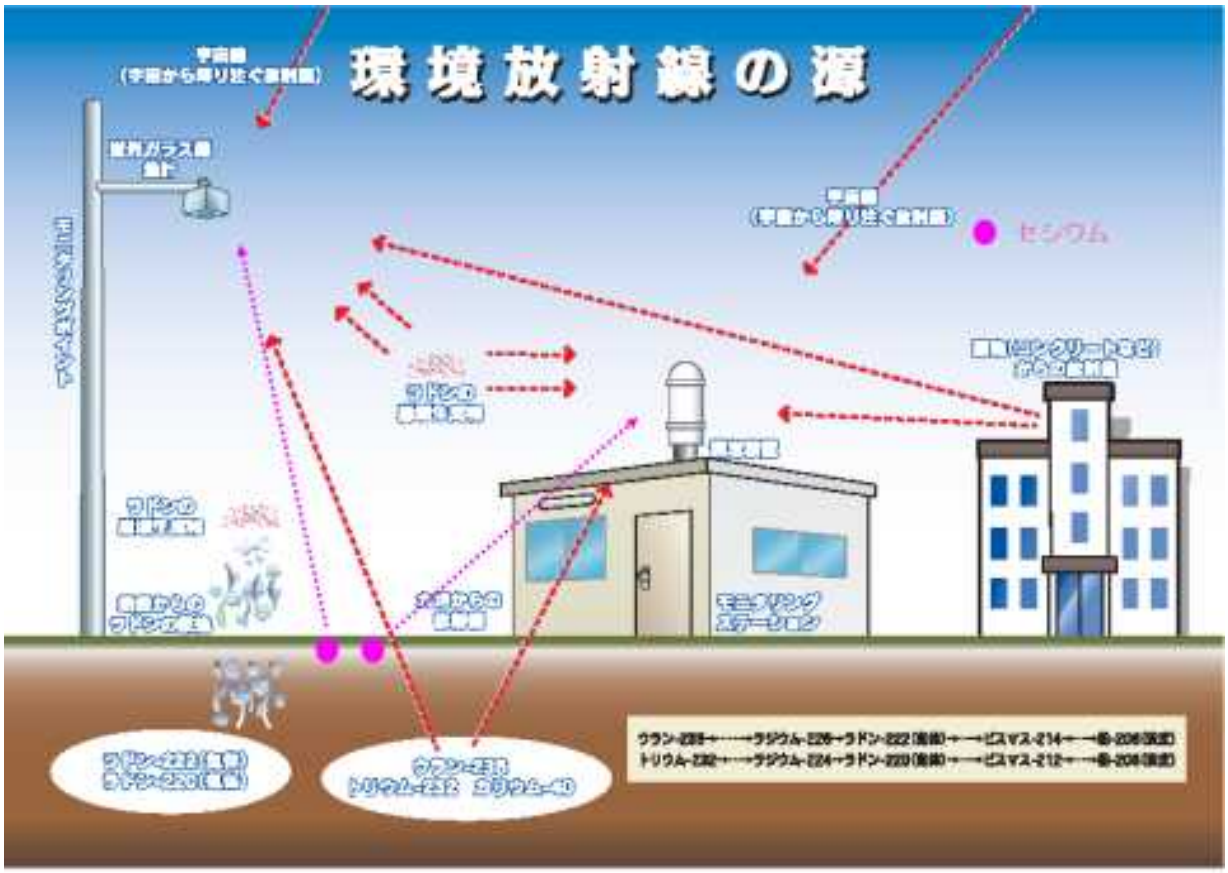


図２　空間放射線量の測定結果の中身（環境放射線の源）

（１）空間ガンマ線測定装置による線量率 ― 14 地点（モニタリングステーション）

【測定結果】

○　短期評価では 3 地点で平常の変動幅の下限を下回ったときがあったが、それ以外は平常の変動幅の範囲内であった。

○　長期評価では 1 地点で平常の変動幅の下限を下回ったときがあったが、それ以外は平常の変動幅の範囲内であった。

【測定法の解説】

○　発電所周辺 10km 圏内には、モニタリングステーションを 14 地点に設置している。モニタリングステーションは、空間ガンマ線測定装置を含め多くの機器を備えている。(Ⅳ 参考資料４ (36 頁))

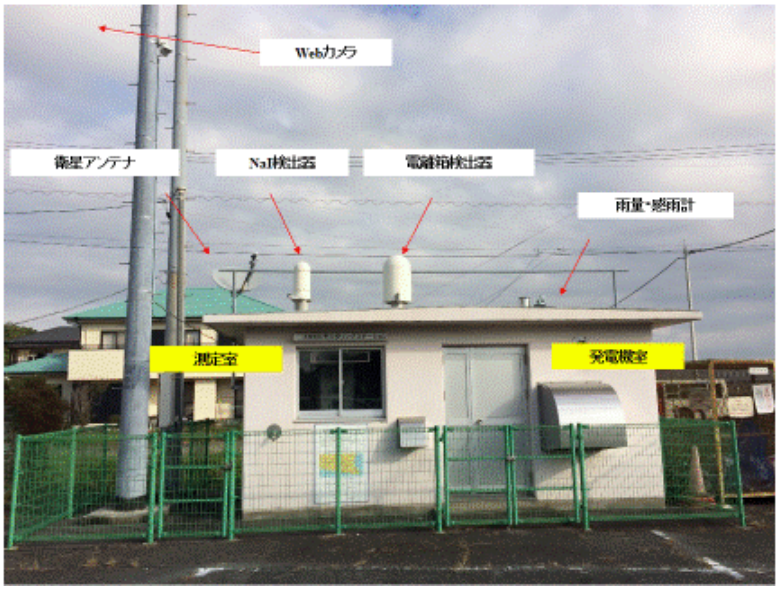
○　線量率は、空間ガンマ線測定装置（NaI(Tl)シンチレーション検出器）による測定値である。NaI(Tl)シンチレーション検出器は低いレベルの放射線を測定する能力が優れている。線量率の測定方法は、検出器に入射した放射線を光に変換し、その光を光電子増倍管で増幅し、パルスとして数える方式である。(6 頁参照)

　また、NaI(Tl)シンチレーション検出器には、放射線の種類と量を測定することができるスペクトロメータが設置されている。静岡県の環境放射線監視テレメータシステム（9 頁参照）は、スペクトロメータで解析したスペクトルをリアルタイムで収集し、人工放射性物質の影響を弁別することが可能であり、東電事故による人工放射性物質の影響を精度良く捉えることができた。(7 頁参照)

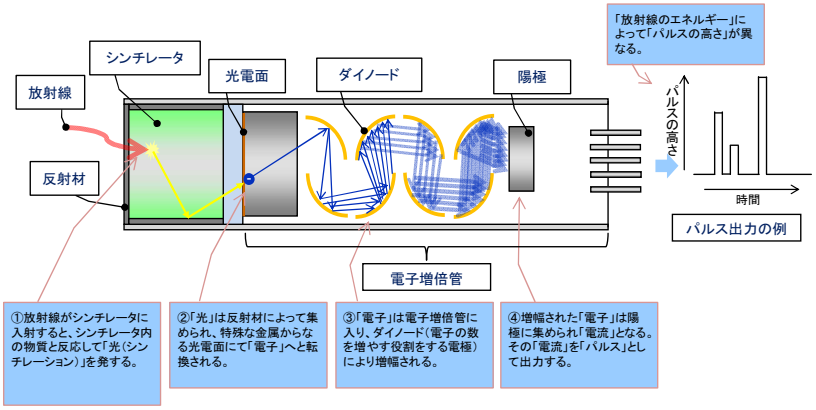
○　また、発電所近傍の測定局（5 局）には、ガンマ線の飛来方向を特定することが可能な検出器（方向特定可能型検出器）を導入している。これにより、非破壊検査による線源の照射や放射性医薬品投与患者の接近など、発電所由来ではない変動を区別する手助けとなっている。(8 頁参照)

○　なお、NaI(Tl)シンチレーション検出器による測定範囲は、10nGy/h～10μGy/h 程度であるが、これ以上の線量率になると正しく測定できないため、高線量率測定用に電離箱式検出器(IC)が設置されている。電離箱式検出器は最大 100mGy/h 程度まで測定可能である。

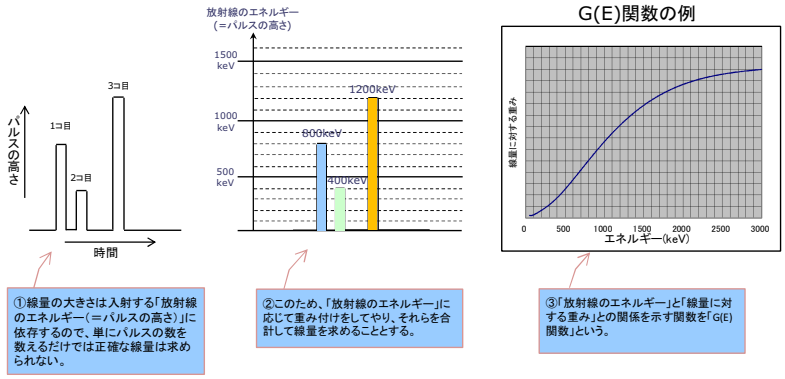
線量率の測定（モニタリングステーション）



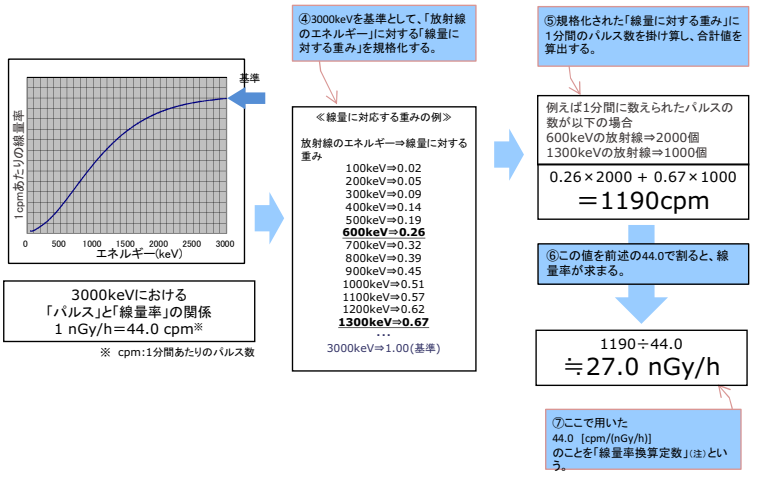
NaIシンチレーション検出器の動作のしくみ



線量率の計算方法①

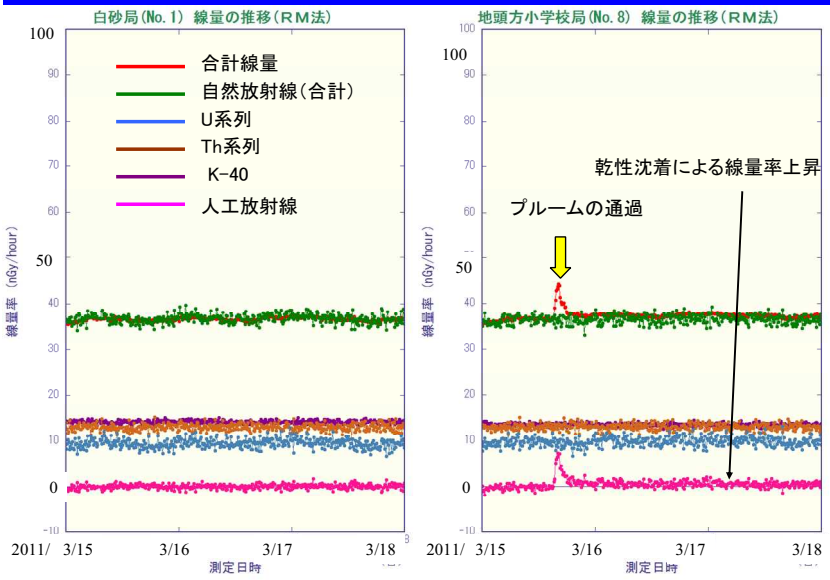


線量率の計算方法②

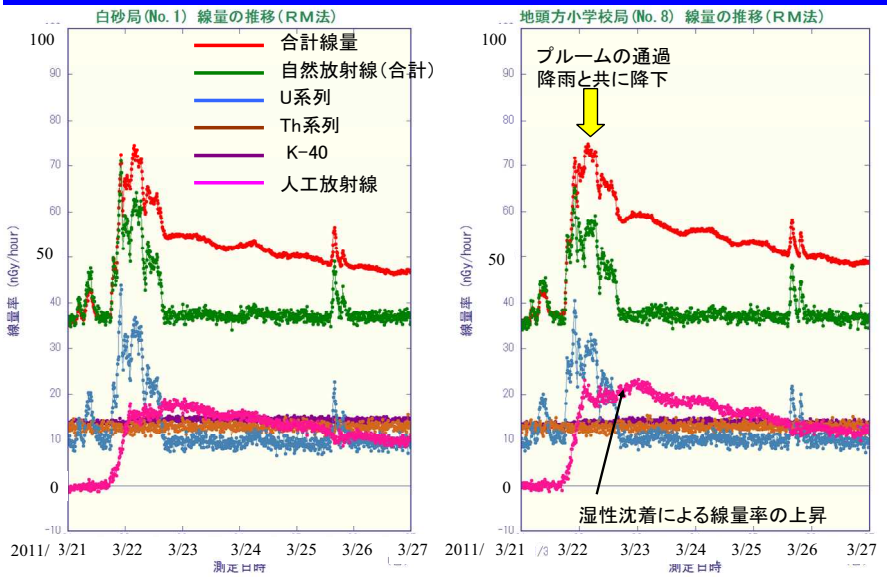


（注）線量率換算定数は、検出器の仕様により異なり、本県では、通常型検出器では44.0cpm/(nGy/h)を、方向特定可能型検出器では40.4cpm/(nGy/h)を用いている。

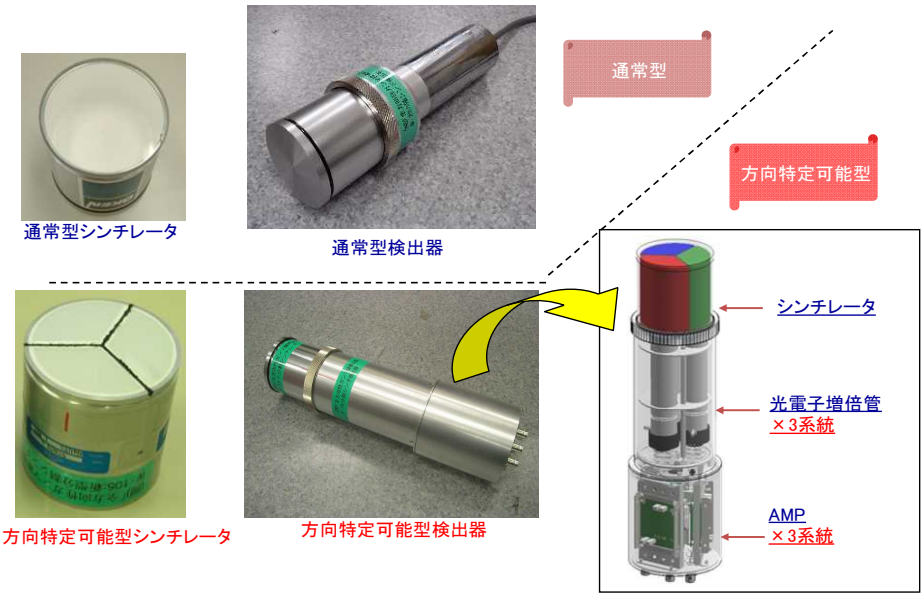
スペクトル解析結果（東電事故直後①）



スペクトル解析結果（東電事故直後②）



通常型検出器と方向特定可能型検出器の違い



【通常型検出器】

・ 直径76.2㎜×高さ76.2㎜の 円柱型NaI(Tl)シンチレータ

・設置場の放射線量測定は可能だが，飛来方向の情報はない

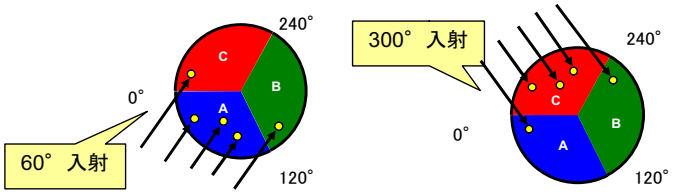
放射線検知で発光

シンチレータ

【方向特定可能型検出器】

・円筒形シンチレータを120°扇形をした3つに分割

・各シンチレータの計数値が放射線の飛来方向によって変化



各シンチレータの計数値の比と飛来方向とを関連付けることにより、
ガンマ線の入射角度を特定

この頁の図等は、㈱日立製作所からの提供による。

環境放射線監視テレメータシステムの概要

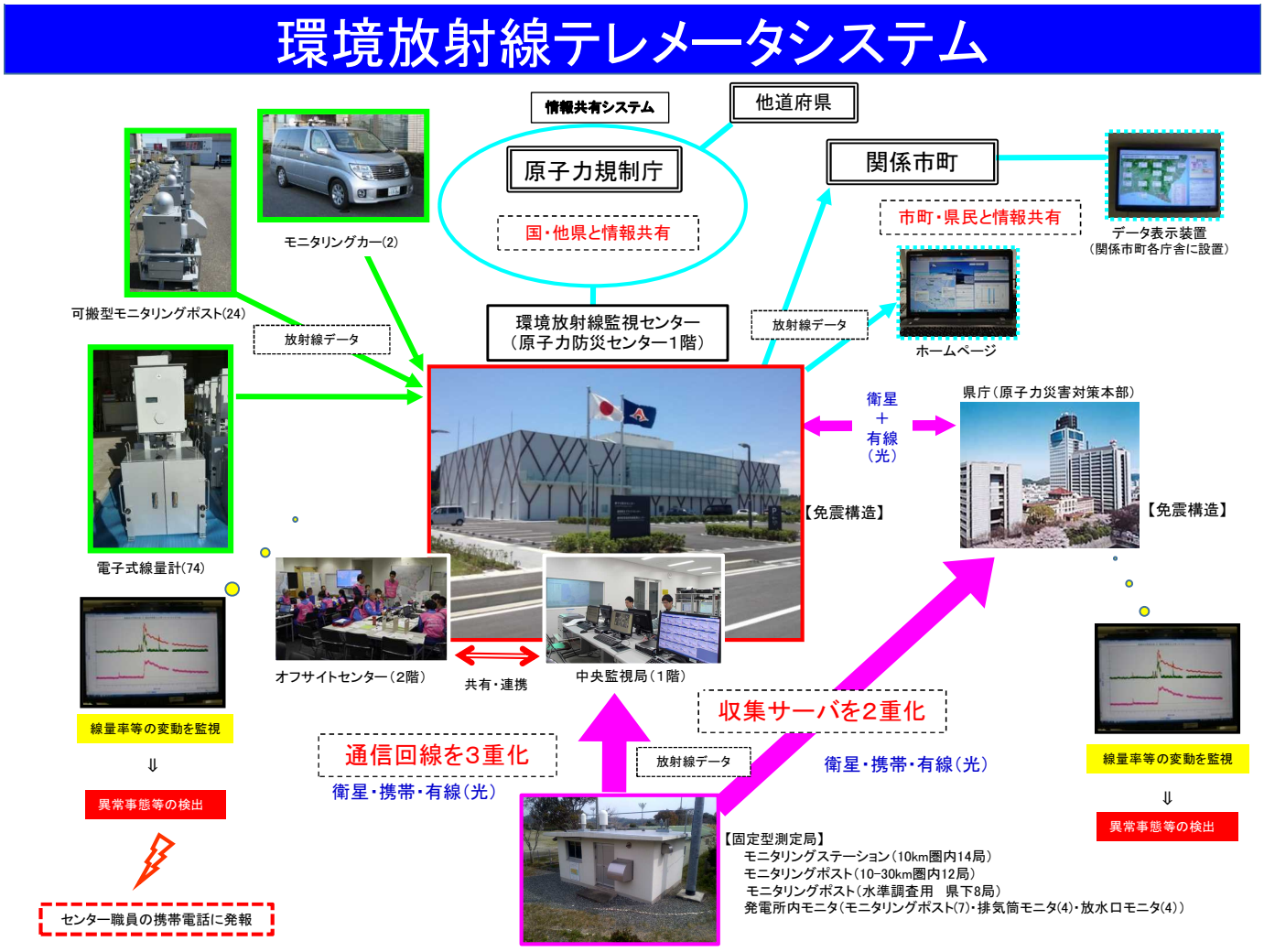
テレメータシステムとは、遠隔地で取得している測定地点のデータを通信回線を利用して収集し、一元的に監視するための設備をいう。

モニタリングステーションなどで測定している線量率等のデータは、テレメータシステムを介し環境放射線監視センター[1)]に集約され、ホームページや発電所周辺市町に設置しているデータ表示装置へ配信される。また、原子力規制庁の情報共有サーバにも送信し、緊急時における防護措置の判断にも活用される。また、緊急事態にはモニタリングカーや可搬型モニタリングポスト等を稼働させるが、そのデータも収集することができ、同時に監視することができる。

東電事故時、福島県の監視機関においては、停電や通信回線の途絶などにより測定局のデータを収集することができず、住民等へ十分な情報発信ができなかったばかりか、福島第一原子力発電所から約 5km の位置にあったため、緊急時モニタリングの活動拠点としての機能を喪失する事態となった。

この教訓から、測定局～環境放射線監視センター間の通信回線を３重化[2)]にするとともに、県庁にも収集サーバを設置し、監視機能を２重化している。

注 1）平成 28 年度に浜岡原子力発電所から約 20km 離れた富士山静岡空港隣接地に、オフサイトセンターと合築で新施設（原子力防災センター）を建設した。（免震構造　平成 28 年 3 月竣工）
　　テレメータシステムは、平成 28 年 10 月から新施設で運用を開始した。
2）衛星無線、携帯回線及び有線回線（光）



【測定結果の解説】

○　東電事故に起因する人工放射性物質の影響は、スペクトル解析の結果、1nGy/h 以下であることが確認できている。

○　空間線量率の変動は、次に記載のとおり、主に大気中のラドン崩壊生成物の変動（自然変動）によるものである。

＜空間線量率の変動要因＞

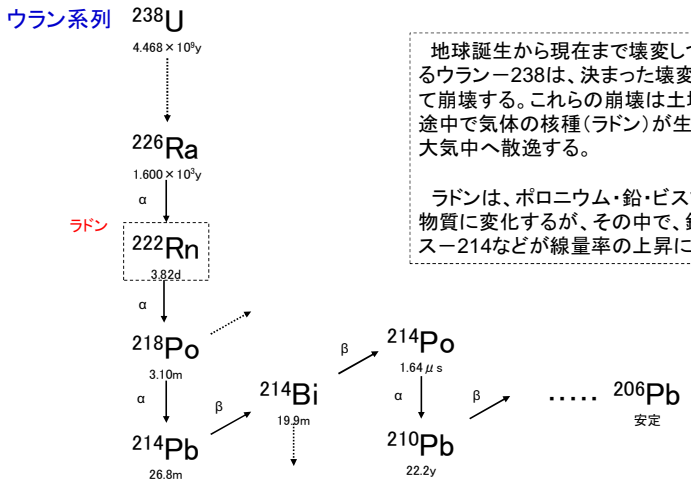
○　空間線量率は、日変動、季節変動している。その主な原因は、大気中を浮遊するラドンの崩壊生成物の濃度が変化するためである。

○　1 日の変化（日変動）としては、朝方に高く、日中に低くなる変動を示す。この理由は、朝方に大気逆転層が地表面近くまで降りてきて、地面から発生するラドンが大気逆転層で抑えられ、地表面近くに溜まるためである。空間線量率への影響は 2～3nGy/h 程度である。

○　1 年の変化（季節変動）としては、冬場に高く、夏場に低い傾向がある（冬場と夏場の差は、2～3nGy/h 程度）。冬場に高い理由は、ユーラシア大陸で発生したラドンやその崩壊生成物が、北西の季節風によって日本に吹き込むためである。夏場に低い理由は、南よりの季節風が吹くことが多く、南よりの風はラドンが発生しない海上を通過してくるためである。

○　雨が降ると、雨粒と共にラドンの崩壊生成物が地表面付近に落ちてきて溜まり、空間線量率が上昇する一因となる（最大 40～60nGy/h 程度の上昇）。（11～13 頁）

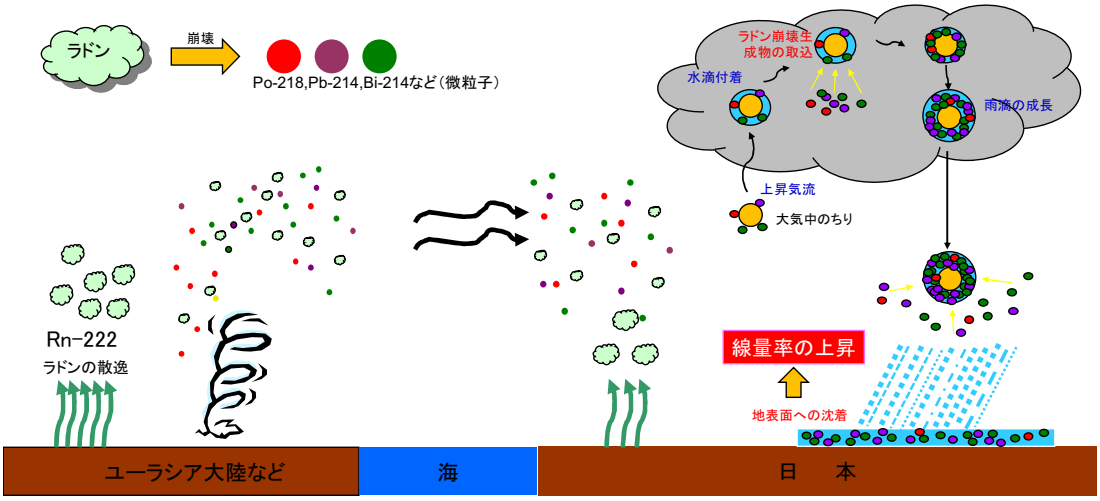
ラドン崩壊生成物の生成



地球誕生から現在まで壊変しつくさずに存在するウラン－238は、決まった壊変系列にしたがって崩壊する。これらの崩壊は土壌中で起こるが、途中で気体の核種（ラドン）が生成し、その一部が大気中へ散逸する。

ラドンは、ポロニウム・鉛・ビスマスなどの粒子状物質に変化するが、その中で、鉛－214やビスマス－214などが線量率の上昇に寄与する。

大気中でのラドン及びその崩壊生成物の挙動と線量率上昇の関係



偏西風に乗って日本に飛来

【参 考】　降雨による線量率上昇例（地域差が大きく現れた例）

発電所から 10～30km 圏内には、10km 圏内と同様の固定型測定局（モニタリングポスト）を 12 箇所に設置している。

平成 25 年 10 月 26 日 21 時から 24 時頃にかけて、10～30km 圏内に設置している富士山静岡空港局、島田市中央公園局及び焼津市大井川庁舎北局において、線量率が 25～60nGy/h 上昇したが、10km 圏内を含む他の測定局ではほとんど線量率に変化が見られないという事象があった。（表１及び図１参照）

当該時間帯のスペクトル（図２）及びその解析結果（図３～５）、後方流跡線解析結果（図６）並びに降雨量の時系列変化（図７）から、線量率が上昇した原因は、大陸由来のラドンとその崩壊生成物濃度が高い空気塊が北西方向から流入し、当該３局を含む地域にもたらされた雨によって、ラドン崩壊生成物が地表面に沈着し、線量率の上昇につながったものと考えられる。

このように、線量率の変動を広域で見た場合には、気象条件の変化による違いが大きく現れることがある。

表１　各測定局の線量率（10 分値）の最大値（平成 25 年 10 月 26 日 21 時～24 時）

測定局	時刻	最大値(nGy/h)	測定局	時刻	最大値(nGy/h)
福田支所	21:30, 22:30, 23:40	37.5	菊川市役所	24:00	47.2
袋井市役所	21:40, 22:20	43.9	富士山静岡空港	23:00	109.0
森町飯田総合センター	21:00	40.7	島田市中央公園	21:40	71.3
掛川市役所	21:20	46.1	萩間小学校	22:50	54.2
掛川市大須賀支所	21:20	41.8	吉田町役場	23:40	48.1
掛川市倉真	21:00	45.5	焼津市大井川庁舎北	23:40	110.6
10km 圏内 14 局	21:00-24:00	（各測定局の最大値の範囲）　39.5 ～ 57.0			

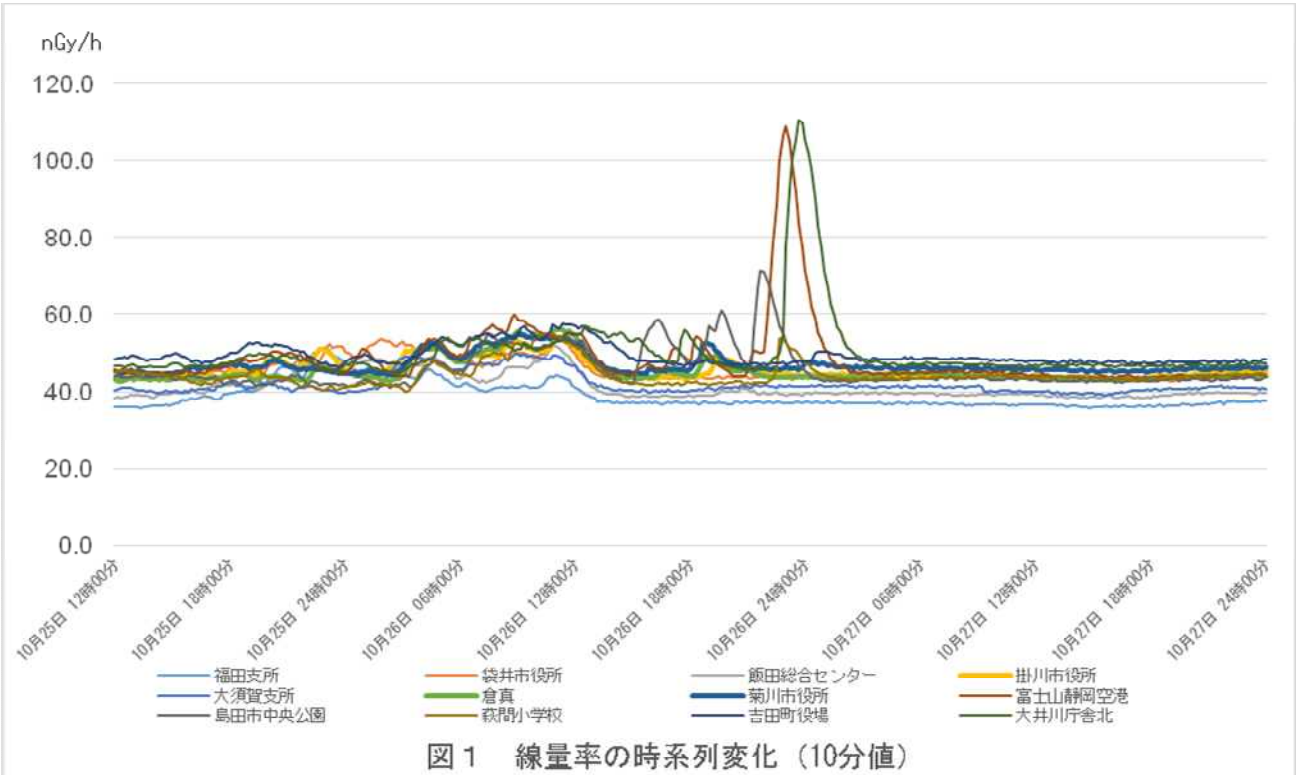


図１　線量率の時系列変化（10分値）

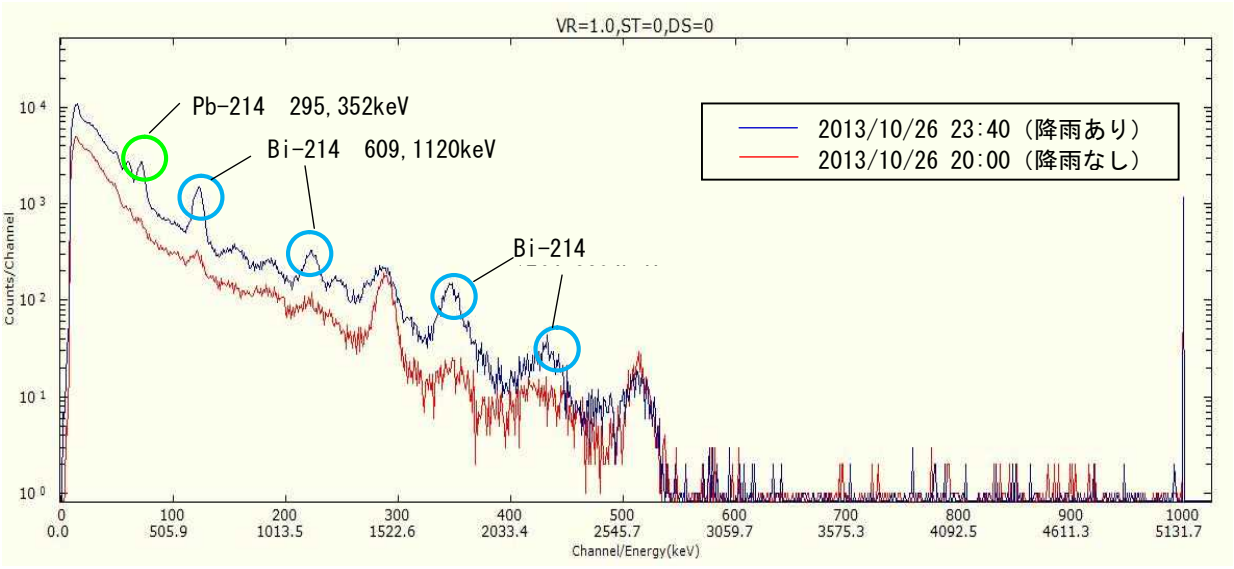


図２　スペクトルデータの比較
（焼津市大井川庁舎北局）

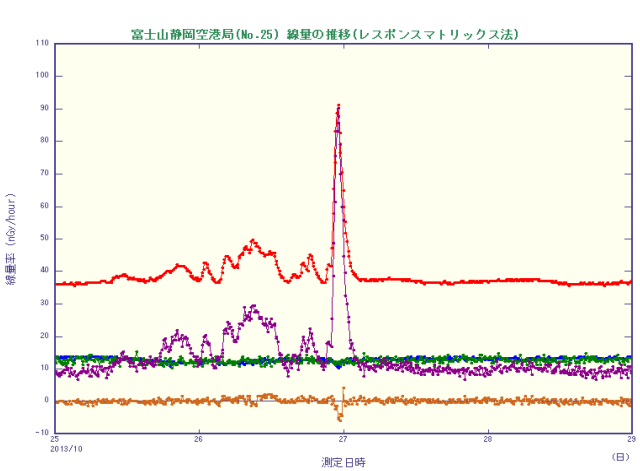


図３　スペクトル解析結果
（富士山静岡空港局）

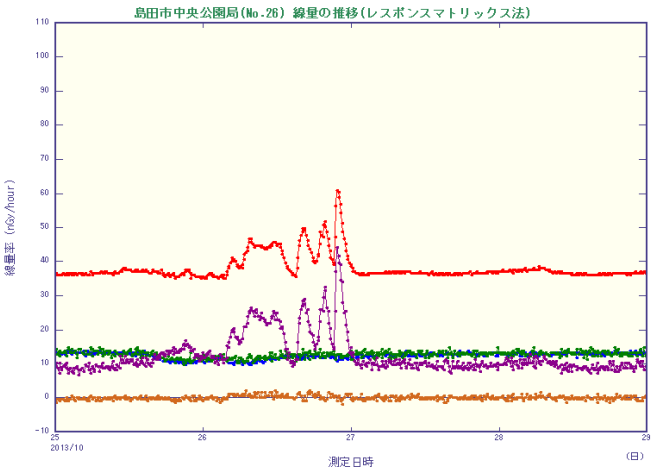


図４　スペクトル解析結果
（島田市中央公園局）

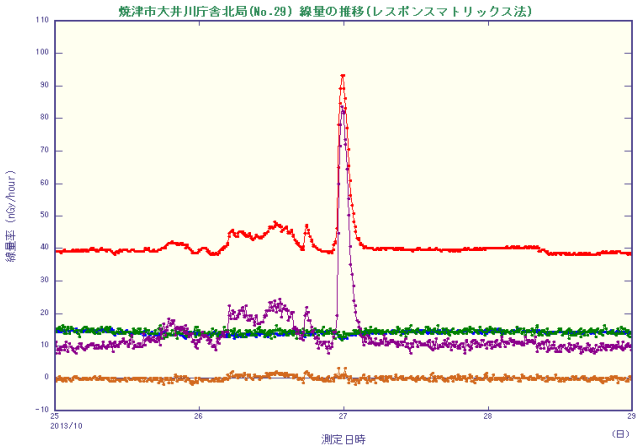
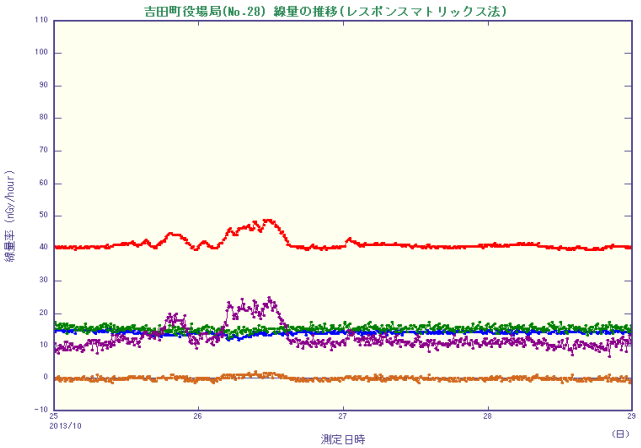


図５　スペクトル解析結果
（焼津市大井川庁舎北局）



（参考）スペクトル解析結果
（吉田町役場局）

合計線量　U 系列※1　Th 系列※2　K　人工核種

※1 U（ウラン）系列：^{238}U から ^{222}Rn（希ガス）を経て ^{206}Pb（安定）に至る自然放射性核種の崩壊系列
※2 Th（トリウム）系列：^{232}Th から ^{220}Rn（希ガス）を経て ^{208}Pb（安定）に至る自然放射性核種の崩壊系列

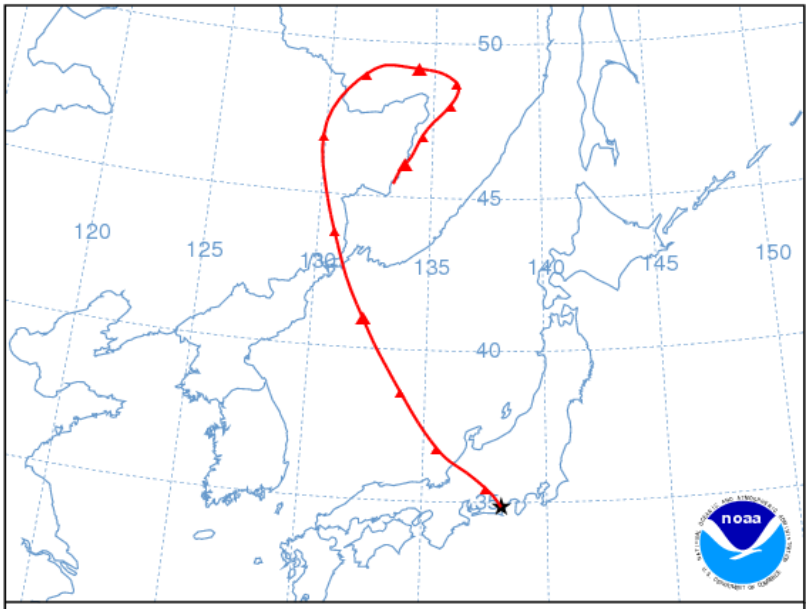


図６　後方流跡線解析

※　平成 25 年 10 月 26 日 21 時に島田市中央公園局の地点に到達した大気がどのような経路を通ってきたかを、米国海洋大気庁の HYSPLIT Model を用いて解析した。左図は、72 時間前からの軌跡を示したものである。

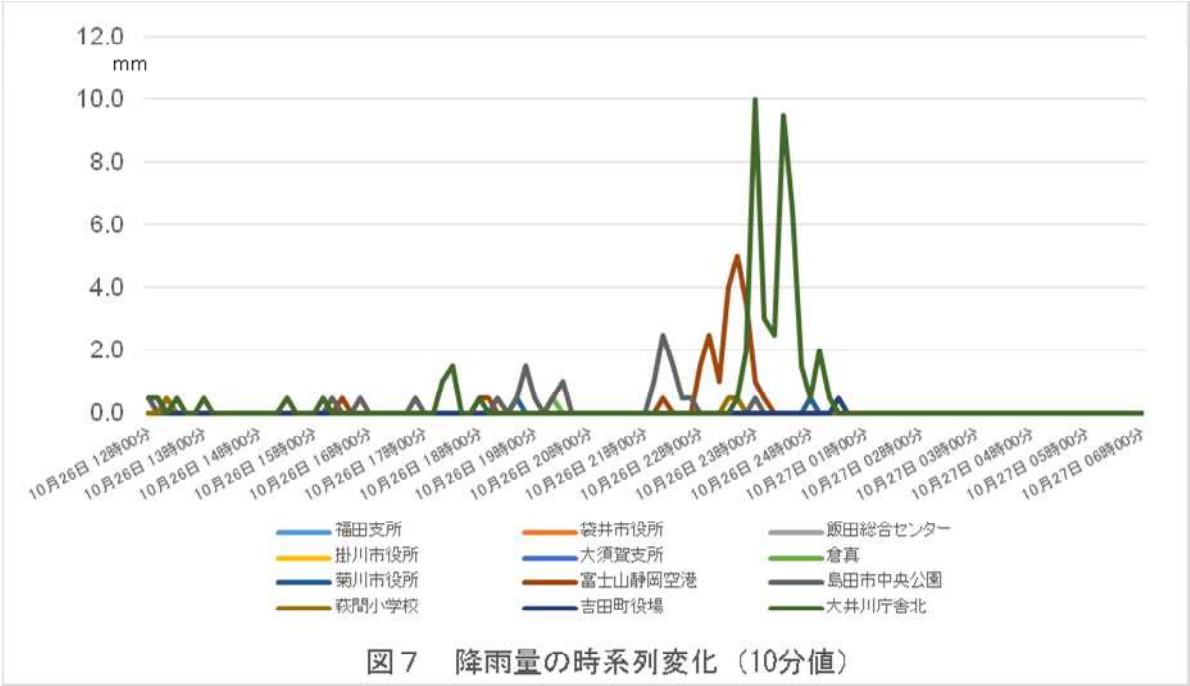
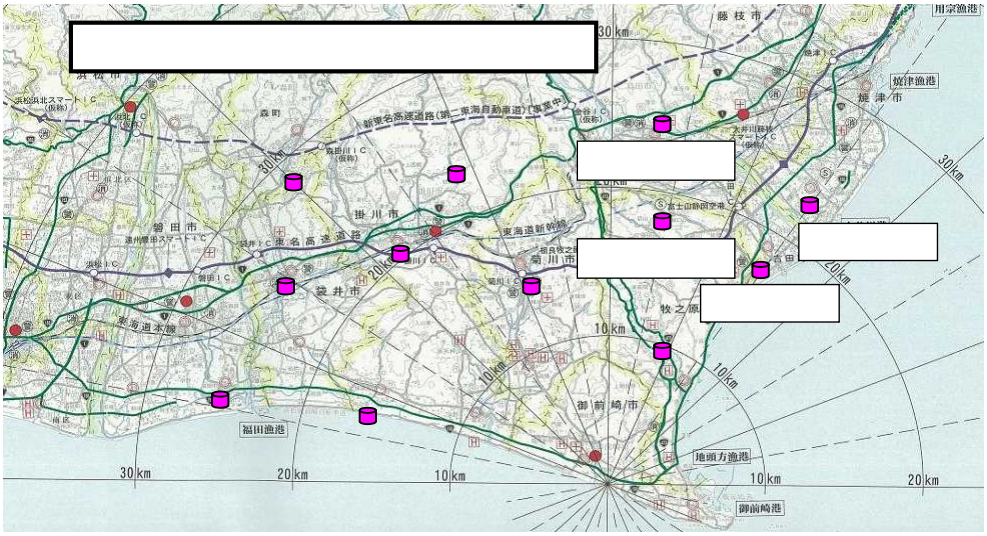


図７　降雨量の時系列変化（10分値）



（２）蛍光ガラス線量計（RPLD）による積算線量 ― 57 地点（モニタリングポイント）

【測定及び評価結果】

○　5 地点で平常の変動幅の上限を超過したときがあったが、それ以外は平常の変動幅の範囲内であった。

○　平常の変動幅の上限を超過した原因は、人工放射性核種によるものではなく、自然変動（自然放射性核種の変動）等と考えられる。

【測定法の解説】

○　積算線量の測定は、発電所周辺に 57 箇所、対照地点として県下 4 箇所に、蛍光ガラス線量計（RPLD:Radiophotoluminescence glass Dosimeter）を設置し実施している。

○　蛍光ガラス線量計は、銀活性リン酸塩ガラスを用いた測定素子からなり、電離放射線により蛍光中の心を生じ、これを紫外線で刺激すると、オレンジ色の蛍光を発する。この蛍光の強さを計測することにより、長期間にわたる線量の積算値を測定することができる。

【測定結果の解説】

○　空間放射線量に関して言えば、現在では東電事故による人工放射性核種の影響はほとんど認められないレベルである。（1nGy/h 以下）

○　平常の変動幅の上限超過地点数は、平成 23 年度第 1 四半期に 26 地点あったが、その後減少し、平成 26 年度第 2 四半期には全ての地点で平常の変動幅の範囲内に収まり、平成 28 年度第 2 四半期までその状態が続いた。

○　平成 28 年度第 3 四半期以降は、時期によっては、1～3 地点程度、平常の変動幅の上限を超過することもあるが、新たに人工放射性核種が供給されたわけではなく、自然変動と考えられる。

2　環境試料中の放射能

測定は、浮遊塵に含まれるアルファ線とベータ線を放出する放射性物質を対象とした**全アルファ・全ベータ放射能**と、環境試料中に含まれる色々な放射性物質の種類と量を測定する**核種分析**について行うこととなっている。

なお、図３に示したように、放射性物質の環境中での挙動は、あたかも大気汚染物質が風、雨によって環境中を拡散し、その後、食物連鎖に乗って植物、動物、人間へ到達する様子に似ている。

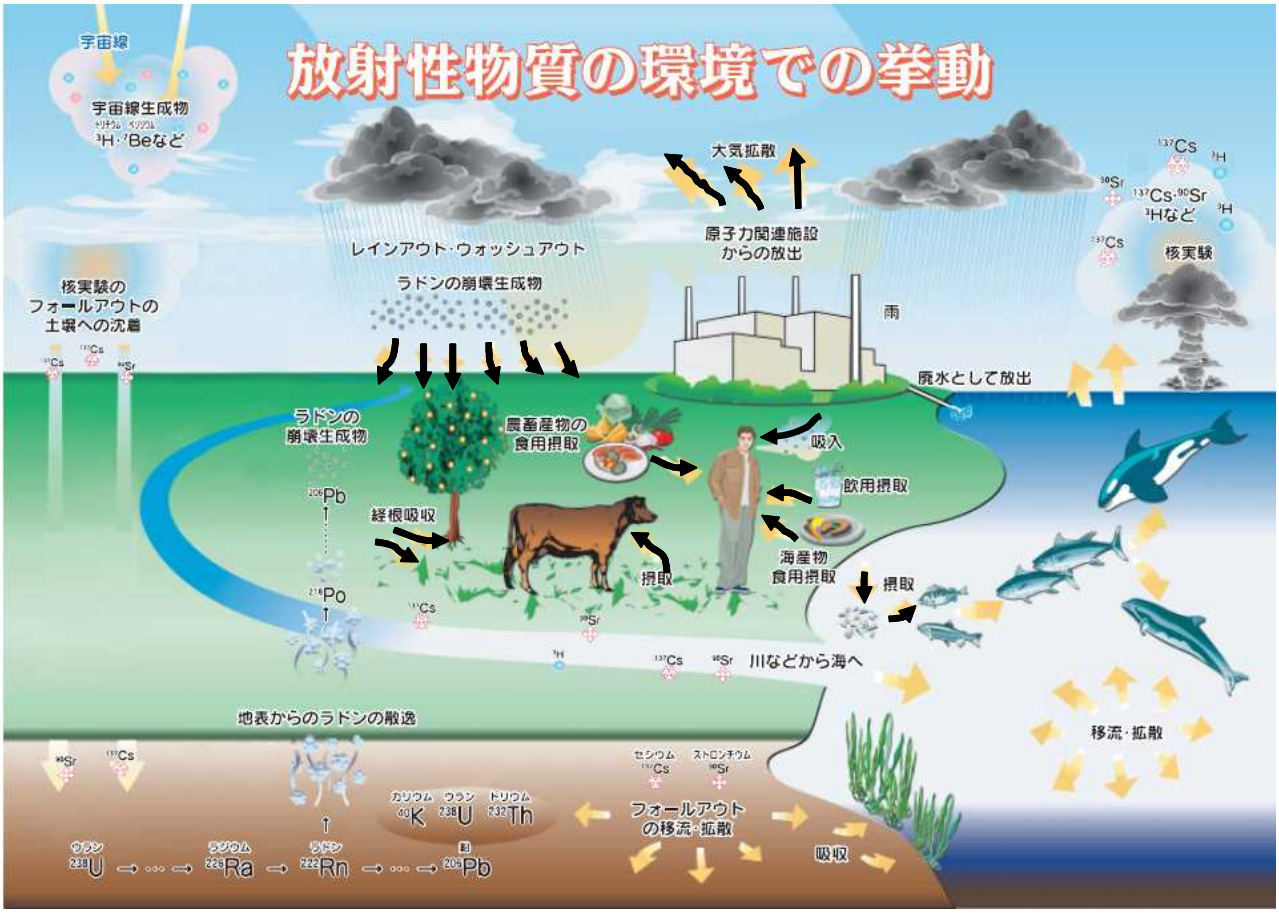


図３　放射性物質の環境での挙動

（１）全アルファ・全ベータ放射能 ― 5 地点（モニタリングステーション）

5 箇所のモニタリングステーションに設置しているダストモニタを用い、大気中の浮遊塵の連続測定を行った。

測定は、集塵中の**全アルファ放射能と全ベータ放射能の比及び全ベータ放射能**と、集塵終了後、6 **時間**放置して自然の放射能を減衰させた**後の全ベータ放射能**を対象とした。

【測定結果】

○　5 地点で平常の変動幅の上限を超過したときがあったが、それ以外は平常の変動幅の範囲内であった。

○　平常の変動幅の上限を超過した原因は、人工放射性核種によるものではなく、自然変動（自然放射性核種の変動）等と考えられる。

【測定法の解説】

○　14 箇所のモニタリングステーションのうち、5 箇所（白砂、中町、平場、白羽小学校及び地頭方小学校）において、次の検出器を備えたダストモニタを設置し、全アルファ放射能及び全ベータ放射能を測定している。

・全アルファ放射能検出器：ZnS(Ag)シンチレーション検出器

・全ベータ放射能検出器：プラスチックシンチレーション検出器

○　大気中に浮遊している塵の中には、いくつかの自然の放射性物質が含まれているため、色々なエネルギーのアルファ線やベータ線を放出している。塵を集塵機で連続捕集しながら、アルファ線とベータ線の放射能をそれぞれまとめて同時に測定しており、それぞれ全アルファ放射能、全ベータ放射能という。

○　全ベータ放射能を全アルファ放射能で割ったものを全アルファ・全ベータ放射能比という。

自然の放射性物質が増えた場合には、全アルファ放射能と全ベータ放射能がほぼ均等に増えるので、比は大きく変わらない。一方、人工の放射性物質が増えた場合には、全ベータ放射能が大きく増えるので、比が大きくなる。また、自然の放射性物質が減少した場合には、全ベータ放射能はバックグラウンドの影響などから、大きく減らないため、比が大きくなる傾向にある。

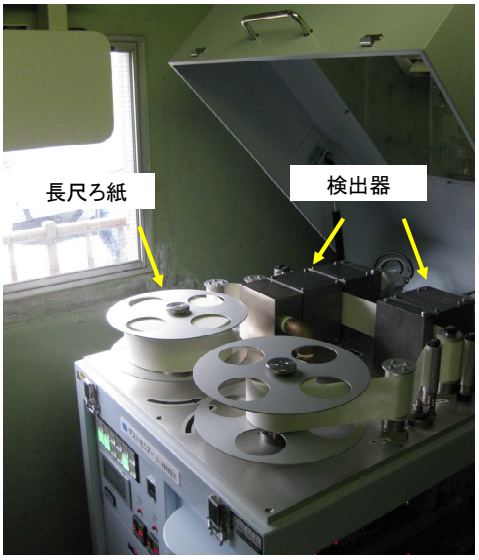
○　全アルファ・全ベータ放射能比を連続監視することにより、人工の放射性物質の予期しない増加を迅速に評価することができる。

○　集塵終了 6 時間後の全ベータ放射能測定

空気中には、ラドンとその崩壊生成物が含まれている。これらの見かけ上の半減期は約 30 分なので、集塵終了 6 時間後には、約 1/4000 まで減衰する。

一方、人工放射性物質は 6 時間ではほとんど減衰しないため、集塵終了 6 時間後の全ベータ放射能濃度が、集塵中全ベータ放射能濃度からそれほど減らないこととなる。

全アルファ・全ベータ放射能測定（ダストモニタ）



サンプラ部・検出部

測定部

ダストモニタ

【測定結果の解説】

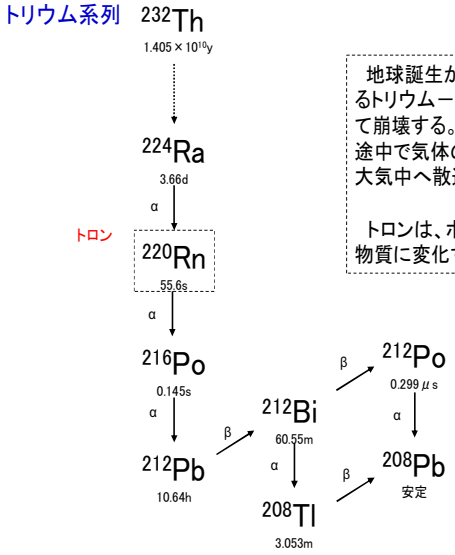
○　人工放射性核種の影響がない平常時における集塵中全アルファ放射能及び全ベータ放射能は、ラドン崩壊生成物が主要因であると言ってよい。（10 頁参照）

○　また、平常時における集塵終了 6 時間後の全ベータ放射能については、トロン崩壊生成物が主要因であると言ってよい。（下図参照）

○　全アルファ・全ベータ放射能比は、人工放射性核種の影響ではなくても、自然変動により大きく上昇する場合がある。

○　その例として、関東の東の海上に太平洋高気圧が停滞する夏場において、ラドン崩壊生成物濃度が低い海洋性の空気塊が継続的に流入することにより、特に全アルファ放射能濃度が低下し、放射能比が上昇する場合がある。

（参考）　トロン崩壊生成物の生成



地球誕生から現在まで壊変しつくさずに存在するトリウム－232は、決まった壊変系列にしたがって崩壊する。これらの崩壊は土壌中で起こるが、途中で気体の核種（トロン）が生成し、その一部が大気中へ散逸する。

トロンは、ポロニウム・鉛・ビスマスなどの粒子状物質に変化する。

（２）核種分析

環境試料（陸水、海水、野菜、魚、土壌など）中の放射性物質の種類と量を測定した。

測定は、測定計画に基づき、**①ガンマ線を放出する対象核種を一度に測定できるゲルマニウム半導体検出器を用いた機器分析**を主体に、**②放射化学分析（ストロンチウム-90）**及び**③液体シンチレーション測定装置を用いたトリチウム分析**を行った。

対象核種を表１に示す。

表１　対象核種など

対　象　核　種	測　定　法	生　成　反　応
【ガンマ線放出核種】	ゲルマニウム半導体検出器を用いた機器分析	
^{54}Ｍｎ（マンガン－54）		放射化生成物
^{59}Ｆｅ（鉄－59）		〃
^{60}Ｃｏ（コバルト－60）		〃
^{95}Ｚｒ（ジルコニウム－95）		核分裂生成物
^{95}Ｎｂ（ニオブ－95）		〃
^{131}Ｉ（ヨウ素－131）		〃
^{134}Ｃｓ（セシウム－134）		放射化生成物
^{137}Ｃｓ（セシウム－137）		核分裂生成物
^{144}Ｃｅ（セリウム－144）		〃
^{40}Ｋ（カリウム－40）		自然放射性核種
【ベータ線放出核種】 ^{90}Ｓｒ（ストロンチウム－90）	放射化学分析	核分裂生成物
【ベータ線放出核種】 ^{3}Ｈ（トリチウム）	液体シンチレーション測定装置を用いた分析	自然生成物、核分裂生成物放射化生成物など

○放射化生成物　：

原子炉を構成する金属材料中の微量元素に中性子があたって生成されるものや原子炉冷却水中の重水に中性子があたって生成されるものなど。

○核分裂生成物　：

ウラン－235 などが核分裂して生成されるもの。

原子炉では、核燃料棒の中にあり、燃料棒に穴が開くなどのトラブルがなければ通常は外に出てこない。また、過去に行われた諸外国の核爆発実験等により、地球環境に放出されたものが今でも存在しており、これは徐々に減少している。

なお、東電事故の影響で、環境中に放出された核分裂生成物が検出された。

○自然放射性核種：

地球ができた時から存在するもの。

○自然生成物　　：

宇宙線が大気中の酸素や窒素と衝突して生成されるもの。

① 機器分析（ガンマ線放出核種） ― 75 地点

【測定及び評価結果】

○ セシウム－134 又はセシウム－137 が平常の変動幅の上限を超えて検出されたのは以下の 22 地点の試料であった。

○ 平常の変動幅の上限を超過した原因は、過去の核爆発実験等の影響に東電事故の影響が加わったためと考えられる。

- **陸上試料**（13/41 地点）

  浮遊塵（3/5 地点）、降下物（1/1 地点）、土壌（2/3 地点）、すいか（1/2 地点）

  玉ねぎ（1/3 地点）、みかん（1/1 地点）、茶葉（4/5 地点）

- **海洋試料**（9/34 地点）

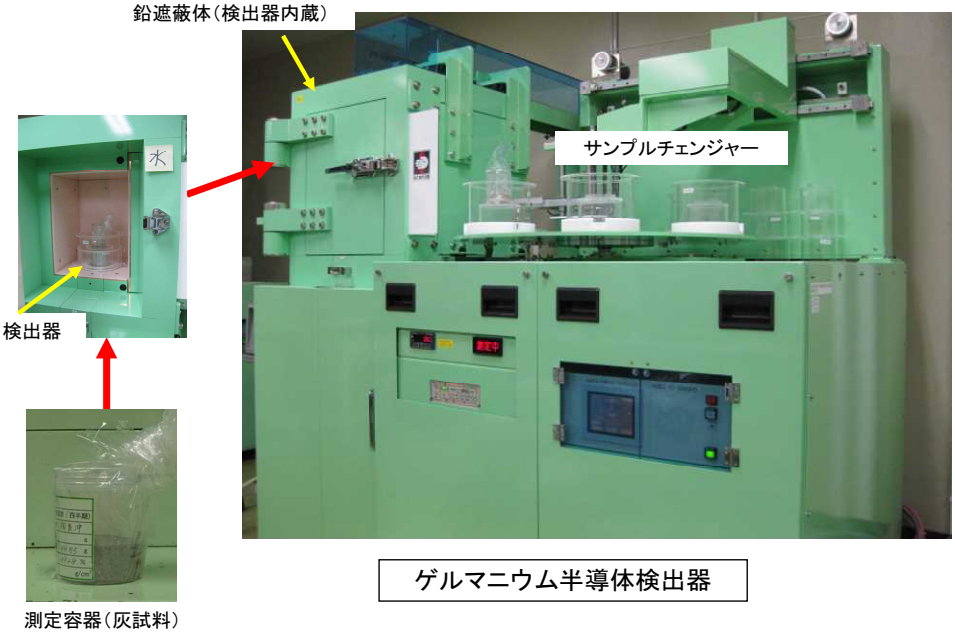
  海水（4/10 地点）、しらす（1/1 地点）、ひらめ（1/1 地点）、さざえ（1/1 地点）
  はまぐり（1/1 地点）、わかめ（1/1 地点）

【測定法の解説】

○ 機器分析に用いるゲルマニウム半導体検出器は、多種類のガンマ線放出核種の種類と量を一度に測定することができる測定器である。基本的には、試料から出たガンマ線がゲルマニウムの半導体と相互作用を起こし、ガンマ線のエネルギーに応じた電気パルスを発生する。この電気パルスを多重波高分析器で解析する。

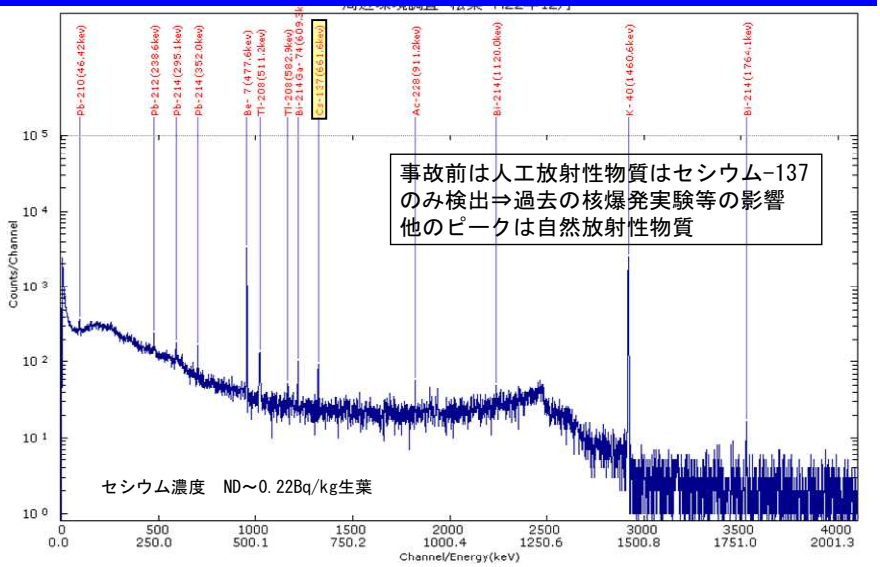
○ 食品衛生法に基づく検査では試料を調製せずに測定しているが、本調査では試料を灰化して密度を高め、長時間の測定を行うことにより測定誤差を小さくし、より精度の高い測定を行っている。そのため、食品衛生法に基づく検査と比べ、検出限界値は 2～3 桁ほど低い。

機器分析（ゲルマニウム半導体検出器）

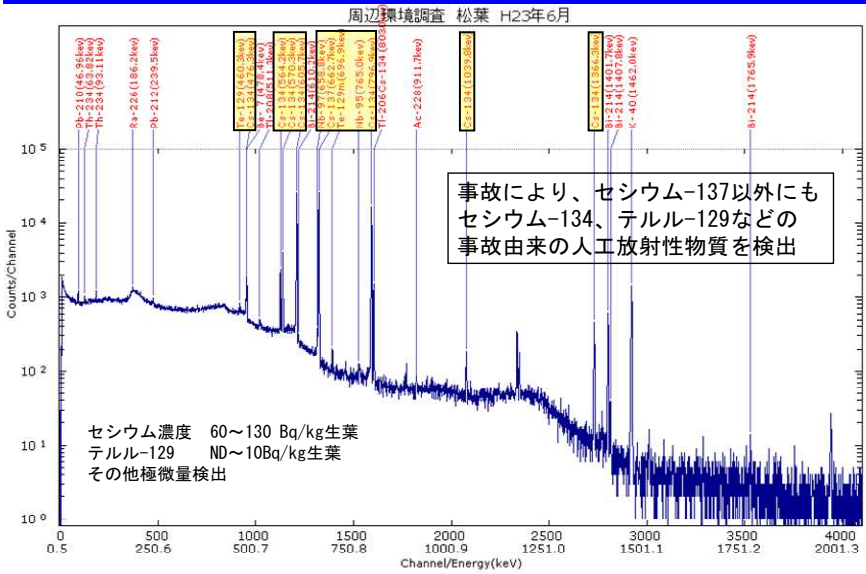


ゲルマニウム半導体検出器

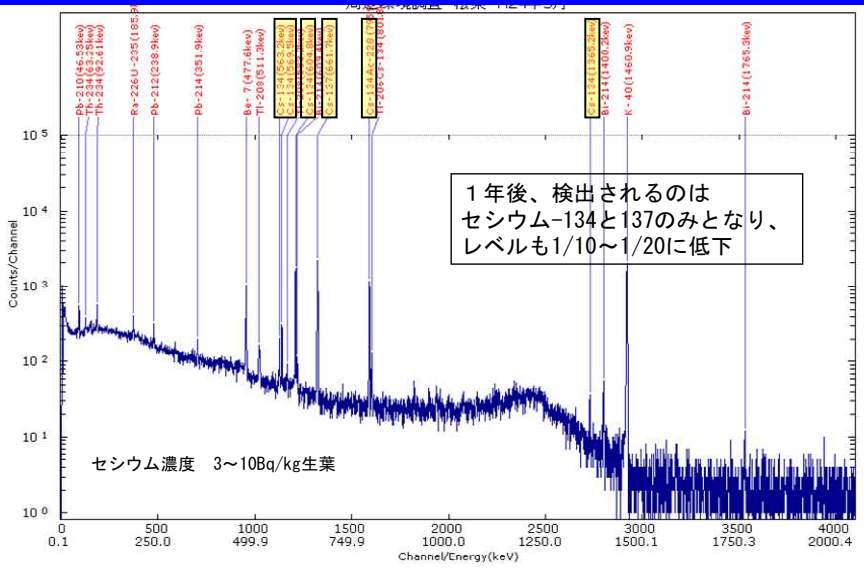
東電事故前の測定結果(H22.12 松葉)



東電事故後の測定結果(H23.6 松葉)



東電事故1年後の測定結果(H24.3 松葉)



【測定結果の解説】

○　平成 30 年度もこれまでと同様に、東電事故の影響と見られる放射性セシウムが一部の試料で検出されている。

○　平常の変動幅の上限を超過した地点数は、前年度（24/77 地点）よりも減少している。

【東電事故の影響】

○　事故直後は、放射性テルルや銀等の測定対象外の核種も検出されたが、現在、環境試料から検出される人工放射性核種はセシウム－134 及びセシウム－137 の２つだけになっている。これらの放射性セシウムが検出される理由は、セシウムは比較的沸点が低く揮発しやすいため、事故によって放出される量が格段に多くなるのと、比較的長い半減期（セシウム－134 は約 2 年、セシウム－137 は約 30 年）を持つためである。

○　東電事故の影響に伴うセシウム－134 とセシウム－137 の放射能比（セシウム－134／セシウム－137）は、事故直後は 1 程度であったが、時間の経過とともに半減期にしたがって低下している（図４参照、2015 年 3 月末の時点で 0.2 程度）。このことは、現在は福島第一原子力発電所において新たな核分裂反応に伴う放射性セシウムの放出がないことを示唆している。

○　環境試料中の濃度は、試料の種類によっても異なる。植物種については、セシウムの化学的挙動はカリウムに近いことから、もともとカリウムを多く含むものは高めの値になる傾向にある。

○　永年生作物である茶葉と松葉は、事故直後のフォールアウトを葉面吸収の形で大きく受けた影響が残っているため、他の試料と比較して高くなっている。

○　海産生物については、肉食性の底棲生物等で高めの値となるが、個体の大きさなどによる違いも大きい。

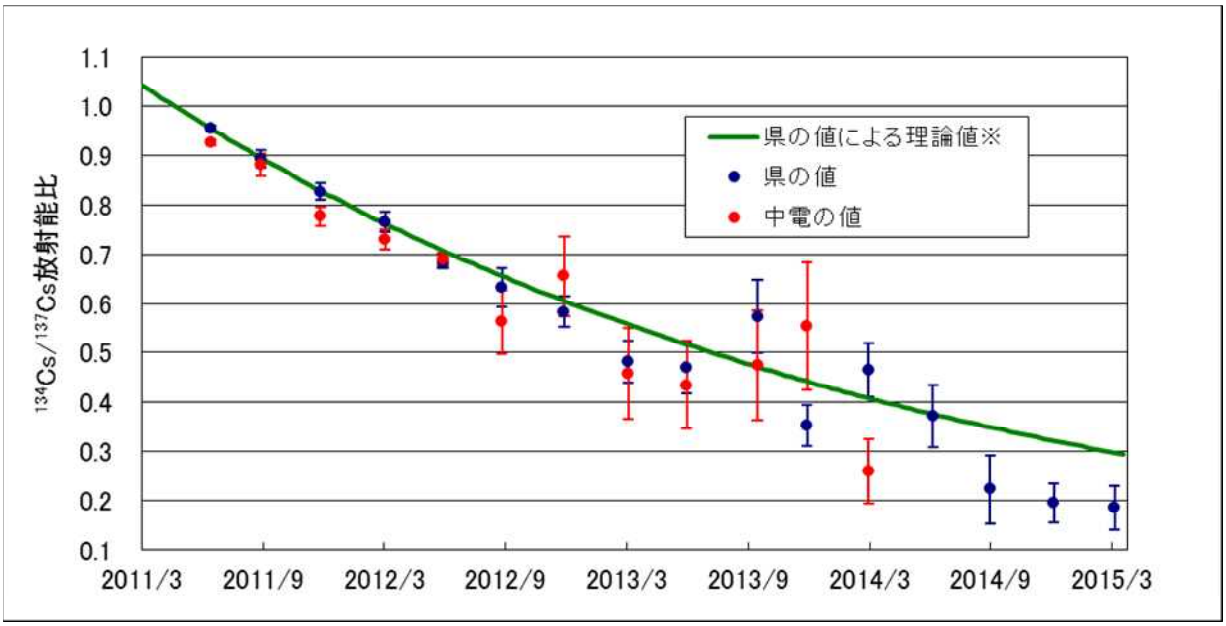


図４：東電事故の影響による放射性セシウムの放射能比の推移（平場前の松葉の例）
図中に示す誤差は、計数に伴う統計誤差（1σ）。

※　平成 23 年 6 月に採取した試料の測定値（両者の平均値）に基づいて計算した。

【降下物及び浮遊塵中の放射性セシウムの由来】

東電事故から 8 年が経過した現在も、降下物や浮遊塵中には放射性セシウムが検出されることがある。

この放射性セシウムの由来は、①福島第一原子力発電所からの放出、②過去の核爆発実験等の影響、③東電事故により地表面に沈着したものの再浮遊の 3 つが考えられる。

東京電力による福島第一原子力発電所 1～4 号機原子炉建屋からの追加的放出量の評価では、現在の放射性物質の放出は周辺監視区域外の空気中の濃度限度以下であり、その影響はほとんどないと考えてよい。

また、東電事故前の測定結果では、放射性セシウムは検出されておらず、過去の核爆発実験等の影響はないと考えてよい。

地表面に降下した放射性セシウムのほとんどは、土壌表面から数センチのところに吸着していることが分かっており、土壌が乾燥した状態にある場合に、土壌粒子が空間へ舞い上がることがある。（**再浮遊**）

これらのことから、**浜岡原子力発電所周辺の降下物や浮遊塵中に検出される放射性セシウムは、ほとんどが事故直後に環境へ供給され一旦地表面に沈着したものが、再浮遊したことによるもの**と考えられる。

再浮遊という現象は、風、湿度などの気象条件や周辺環境の状況（建設工事、交通量、農作業等）などが影響する。

② 放射化学分析（ストロンチウム－90）― 15 地点

【測定結果】

○ 全ての地点で平常の変動幅の範囲内であった。

【測定法の解説】

○ ストロンチウム－90 は、純ベータ線放出核種であるため、ゲルマニウム半導体検出器等を用いた核種分析が不可能である。その理由は、ベータ線は連続エネルギーを持ち、ガンマ線のようなピークを形成しないため、ピーク解析が出来ないためである。

○ このため、ストロンチウムを化学的に単離して低バックグラウンドガスフロー測定装置による測定法が用いられる。

【測定結果の解説】

○ 東電事故後の測定では、環境試料から検出されるストロンチウム－90 に有意な上昇は認められていない。検出されたストロンチウム－90 は東電事故による影響は極めて小さく、主に**過去に行われた核爆発実験等の影響**と考えられる。

ストロンチウムはセシウムと比較すると揮発しにくいため、東電事故によるストロンチウム－90 の影響は遠方には及んでいない※と考えられる。

※ 国が各自治体に委託している環境放射能水準調査の月間降下物の調査（測定は（公財）日本分析センター）では、東電事故前 11 年間の値（ND～0.30MBq/km^2）より高い値が検出された自治体は、東北～関東地方の 10 都県であった。（0.30～6.0MBq/km^2）

【東電事故によるストロンチウム 90 の影響について】

農産物中に検出されるセシウム 137 は過去の核爆発実験等の影響に加え、東電事故の影響が大きく寄与していると考えられる。一方、**ストロンチウム 90 については、以下の理由から、過去の核爆発実験等の影響が主であり、東電事故による影響は極めて小さいと考えられる。**

1　ストロンチウム 90 は揮発性が低いため、セシウム 137 と比べると福島第一原子力発電所敷地外への飛散量は大きくない。

※1　平成 23 年 6 月に原子力安全・保安院が試算した放射性物質の放出量によれば、東電事故によるストロンチウム 90 の放出量はセシウム 137 の 1/100 程度とされている。
※2　日本原子力研究開発機構の調査では、福島第一原子力発電所周辺 80km 圏内の多くの箇所において、ストロンチウム 90 の沈着量はセシウム 137 の 1/1000 程度であった。

2　他自治体等が実施した福島県周辺地域における土壌及び農産物の調査結果からは、東電事故由来と明確に判断できる放射性ストロンチウムは確認できていない。

3　静岡市で採取している降下物の過去の測定結果（環境放射能水準調査）から、事故後[1)]のストロンチウム 90 の降下量は事故前[2)]の核爆発実験等による降下量の約 1/7100 と非常に小さい。

1)　事故後（の降下量）：2011 年 3 月～2014 年 3 月（の放射能の累積）
2)　事故前（の降下量）：1963 年 5 月～2011 年 2 月（の放射能の累積）

4　葉面からの吸収により、フォールアウトの影響を直接的に受けたと考えられる茶葉については、セシウム 137 が顕著に増加したものの、ストロンチウム 90 についてはほとんど変化が見られない。また、農産物全般にわたり、事故発生から現在まで、農産物中のストロンチウム 90 に蓄積傾向は認められない。

なお、セシウム 137 が経年的に大きく減少しているのに比べ、ストロンチウム 90 の変化は大きくないが、これは**土壌中におけるストロンチウムとセシウムの存在形態が異なっており、ストロンチウムの方が植物体へ移行しやすい状態である**ためと考えられる。（**セシウムは土壌に強く吸着している。**）

※　土壌中では、ストロンチウムは水和水を伴った水和イオンとして存在するためサイズが大きく、粘土鉱物の構造体に入り込みにくいとされる。一方、セシウムは水和しにくい性質のイオンとして存在し、イオンの正電荷中心と粘土の負電荷との距離が近くなり、相互作用が強く働くことで土壌に強く吸着されやすいとされる。

③　トリチウム分析 ― 10 地点

【測定結果】

○　全ての地点で平常の変動幅の範囲内であった。

【測定法の解説】

○　トリチウムは、純ベータ線放出核種であるため、ゲルマニウム半導体検出器等を用いた核種分析が不可能である。

　また、エネルギーが 18.6keV と小さいため、トリチウムの分析は、環境試料からトリチウムを含む水分を回収し、液体シンチレータ（キシレンなどを母材とした有機溶媒）と混合させ、液体シンチレーション測定装置による測定がほぼ唯一の方法である。

○　測定の原理は、液体シンチレータ混合溶液中で発生したベータ線が溶媒を励起し、そのエネルギーが溶質に移行して発光する。この光を光電子増倍管で増幅して測定する。

【測定結果の解説】

○　検出されたトリチウムは**過去に行われた核爆発実験等の影響と自然に生成**されたものが主であると考えられる。

　なお、トリチウムの発生源は、①宇宙線による自然生成、②核爆発実験、③原子力施設の 3 つに大別される。詳細は 28 頁に示した。

○　トリチウムは、原子力発電所から環境に放出※1 されているが、浜岡原子力発電所周辺では、自然変動に埋もれるレベルで上昇は認められていない。

　東電事故の影響も、浜岡原子力発電所周辺を含めた静岡県下では、トリチウムの測定値に有意な上昇は認められていない※2。

※1　沸騰水型原子炉よりも加圧水型原子炉からの放出が多く、福井県等では環境中におけるトリチウムの上昇が観測されている。

※2　平成 23 年 6 月に静岡市内で、平常の変動幅の上限を超過したが、東電事故の影響はゼロではないものの、基本的には自然変動によるものであると評価した。（平成 23 年度第 2 回技術会）

（３）検出された核種の由来の推定

【セシウム－134,137 及びストロンチウム－90】

○生成原因

ウラン－235 などの核分裂性物質の核分裂により**人工的に生成**され、**過去に行われた諸外国の核爆発実験等**や**原子力施設からの放出**などがある。

○由来の推定

（１）核爆発実験等の影響

①　長い半減期（セシウム－137 及びストロンチウム－90）

セシウム－137 とストロンチウム－90 は、半減期がそれぞれ約 30 年と約 29 年と長く、国連科学委員会報告（2008 年）にあるように、**核爆発実験等によって地球環境に放出されたものが現在も存在し、徐々に減少している。**（図５、図６及びⅣ　参考資料２）

②　全国の状況（環境放射能水準調査）

全国の環境放射能水準調査でも、いろいろな**環境試料から同じレベルで検出されている。**（図７及び図８）

（環境放射能水準調査：国が行っている核爆発実験等の影響調査）

（２）原子力発電所事故等の影響

東電事故では、原子炉内の核燃料棒中に存在する、放射性核種（核分裂生成物や放射化生成物：18 頁参照）が全国的に検出された。8 年が経過した現在でも、長半減期核種であるセシウム－137 のほか、セシウム－134（半減期約 2 年）も検出されている。

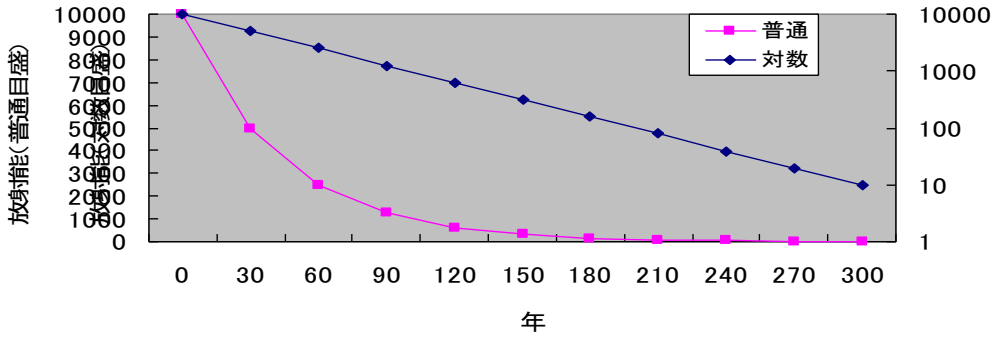


図５　半減期 30 年の例

現在、半減期が 30 年の核種が 10000 あったとすると、30 年後には半分の 5000 になり、60 年後にはその半分の 2500 になる。更に、90 年後にはその半分の 1250 となる。同じ 30 年でも減少する量が少なくなるためゼロにはならず、半減期の 10 倍（300 年）経過すると、約 1000 分の 1 になる。

⇒　固有の半減期で減少する。

一方、環境に放出された放射性物質は、畑にまかれた農薬や肥料と同じように、ある一定の場所に留まらず、環境中での希釈、拡散、濃縮などによってもその量が増減する。

⇒　環境中で移動する。

このため、環境中の放射性物質は、両者が相まって減少し、**固有の半減期のとおりには減少しない。**茶葉の例を図６に示す。（放射性セシウム：Cs-134, 137 の合計）

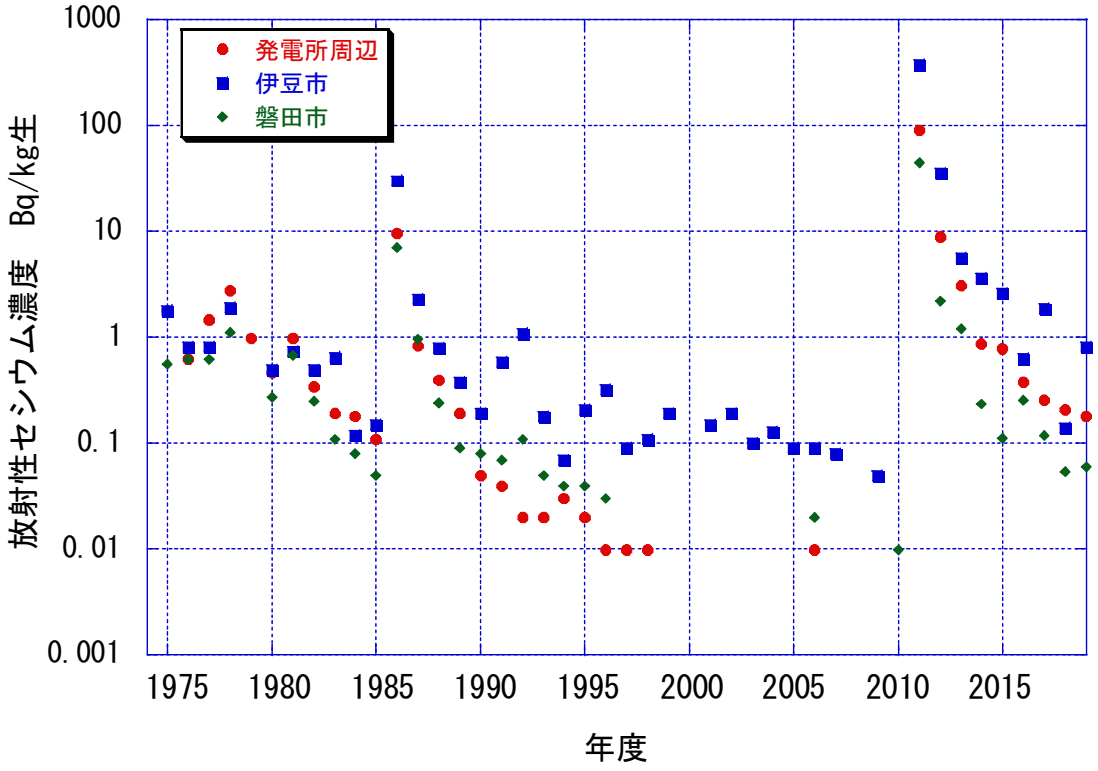


図６　茶葉中の放射性セシウム濃度の推移

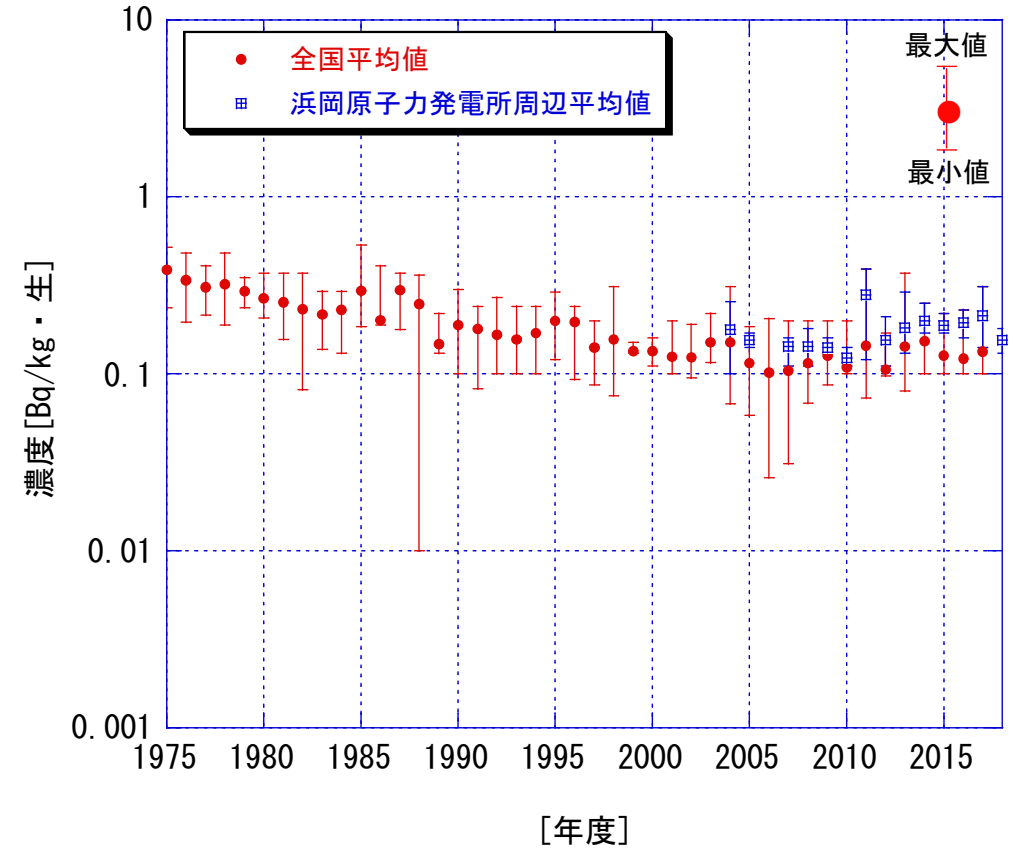


図７　あじ中の Cs-137 濃度

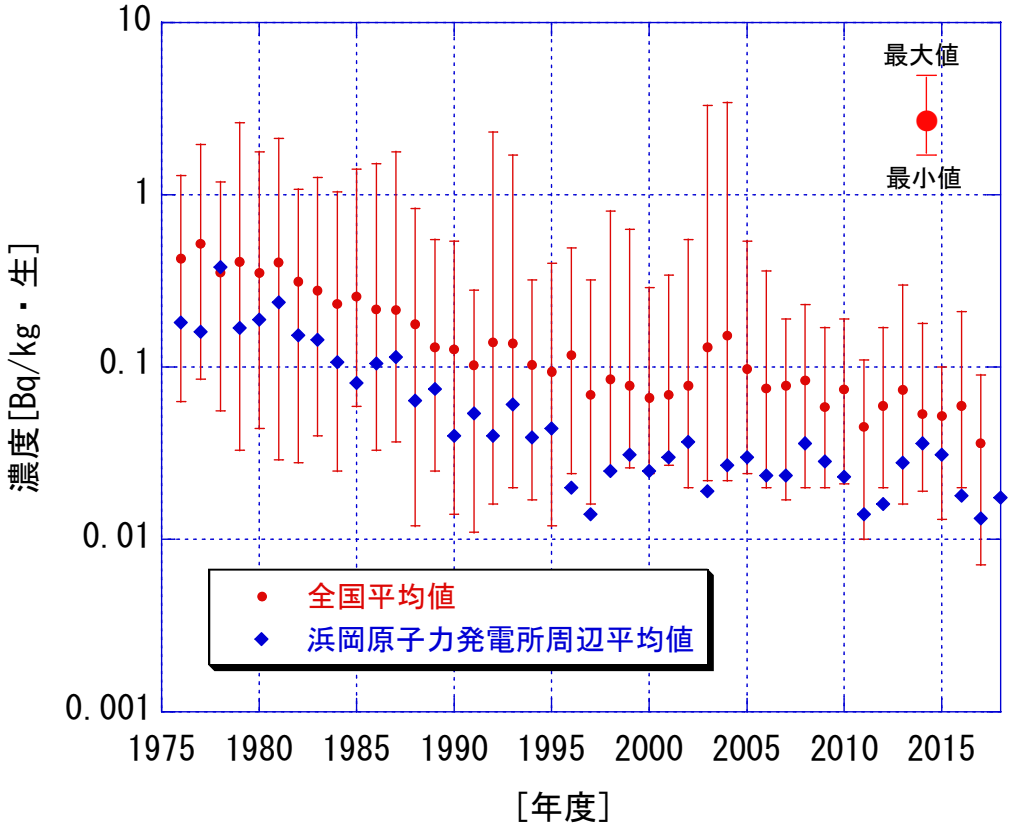


図８　大根中 Sr-90 濃度

【トリチウム】

〇生成原因

・大気中の酸素や窒素に宇宙線が衝突して**自然に生成**される。
・ウラン－235 などの核分裂性物質の核分裂などにより**人工的に生成**されるほか、**過去に行われた諸外国の核爆発実験等**や**原子力施設からの放出**などがある。

〇由来の推定

（１）**自然生成**

大気中の酸素や窒素に宇宙線が衝突して生成される。国連科学委員会報告(2008 年）では、地球全体で**毎年 72PBq 生成され、1,275PBq が存在する**とされている。
(P：ペタ：10^{15})

（２）**核爆発実験等の影響**

半減期が約 12 年と比較的長く、国連科学委員会報告（2008 年）にあるように、**核爆発実験等によって地球環境に放出されたものの量が非常に多く、現在でも存在し、徐々に減少している。**

地球環境に放出された量：186,000PBq

（３）**原子力発電所の影響**

浜岡原子力発電所からは、年間約 10^{11}Bq（液体廃棄物及び気体廃棄物）放出されているが、発電所周辺のトリチウム濃度は、一般環境における濃度と同じレベルにある。

〇他県の観測状況（図９）

〇トリチウムの人体への影響

トリチウムの放射線は、エネルギーの非常に低いベータ線のみを放出する核種であり、外部被ばくはほとんど無視できる。また、呼吸によって吸い込んだり、水に含まれるトリチウムを飲んだりした場合でも普通の水と同じように排泄されることから、人体に蓄積される可能性は低い。

（参考）**地球上の存在比**

1990 年現在、自然生成、核爆発実験及び原子力施設によって地球上に存在する。

トリチウムの比率は、文献から推定するとおよそ 1：50：0.02 と推定される。

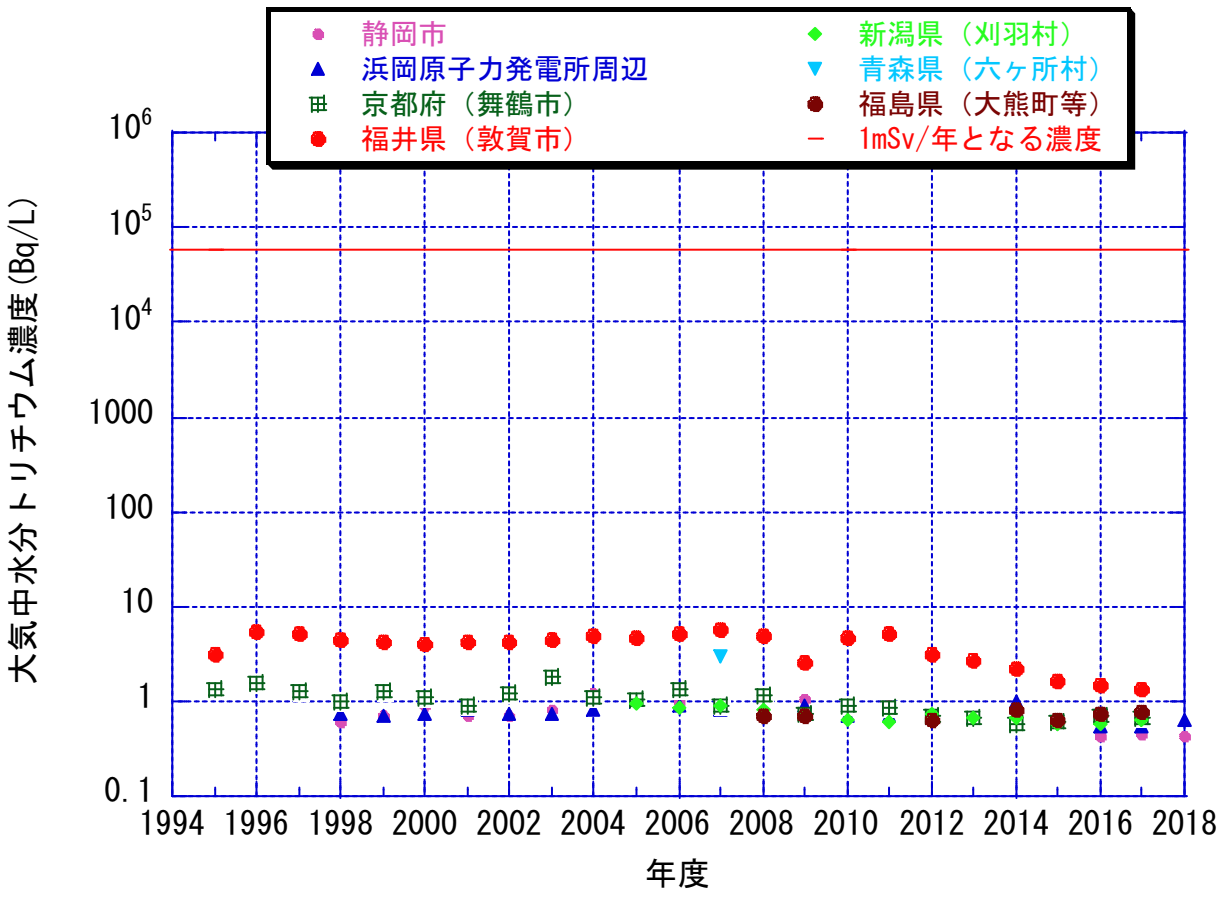


図９　大気中水分トリチウム濃度（年平均値）

注）全国の自治体で大気中水分に含まれるトリチウムを監視しデータを公開しているのは、青森県、福島県、新潟県、福井県、静岡県、京都府である。

Ⅳ　参考資料

１　測定値の表示方法について

環境試料中の放射能の測定値については、当技術会が定める評価方法において**「原則として有効数字２桁」**で記載することとしている。

この**「原則として」**にしている理由は、有効数字２桁にした場合に、標準偏差の１桁目が放射能値の２桁目よりも低位になることがあるため、放射能値を「標準偏差の有効数字１桁目まで記載する」※ことにより、有効数字が３桁以上になる場合があるためである。

放射能値と標準偏差の表記の仕方は、以下の３パターンがある。

（パターン１）　放射能値２桁±標準偏差１桁

（例）　0.04154 ± 0.008818 ⇒ 0.042 ± 0.009 ⇒ 0.042（測定値）

（パターン２）　放射能値２桁±標準偏差２桁

（例）　0.09938 ± 0.01352 ⇒ 0.099 ± 0.014 ⇒ 0.099（測定値）

（パターン３）　放射能値３桁以上±標準偏差１桁

（例）　74.72 ± 0.7039 ⇒ 74.7 ± 0.7 ⇒ 74.7（測定値）

※　過去には、測定値の表記を全て有効数字２桁で統一していた時期があったが、平成 10 年度第２回の技術会において、当時の顧問から、国の「環境放射線モニタリング中央評価専門部会」において示された、「標準偏差の有効数字１桁目までを記載する」との考え方を採用すべきとの指摘を受けて対応したものである。（パターン３の例のケースに適用）

２　過去の核爆発実験について

（１）過去の核爆発実験の実績

図１０に示すとおり、1945 年（昭和 20 年）から 1980 年（昭和 55 年）まで各国による大気圏内の核爆発実験が行われた。（国連科学委員会報告 2008 年）

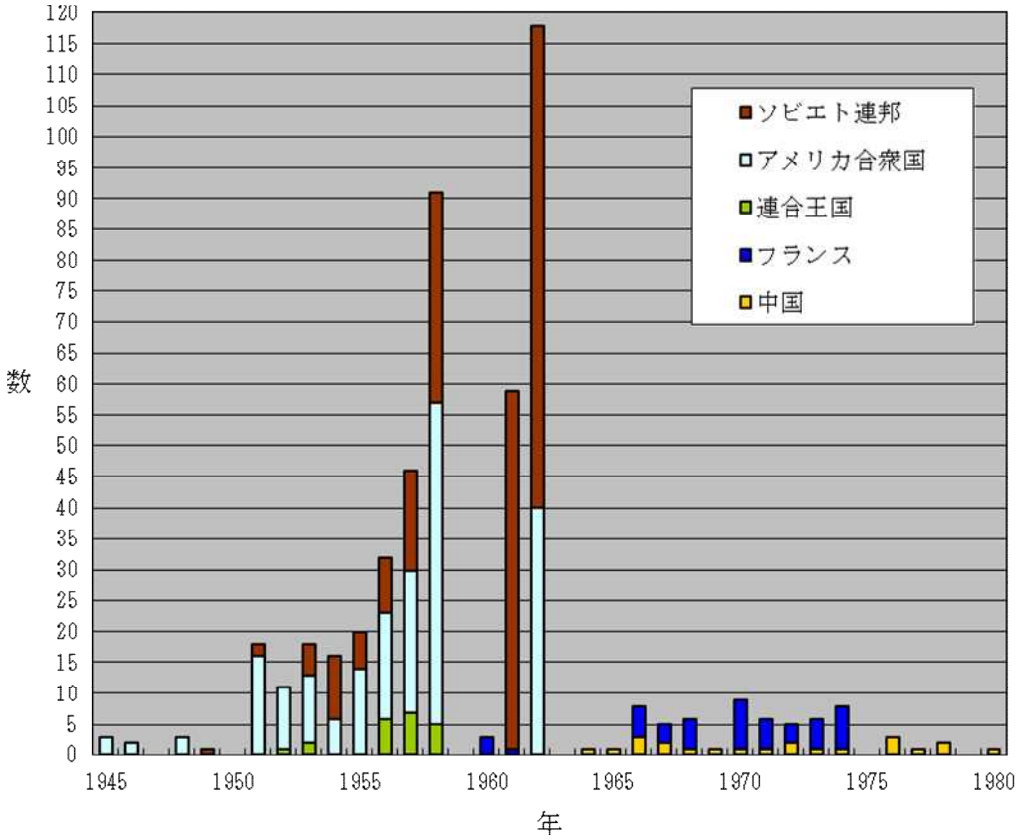


図１０　核爆発実験（大気圏内）の回数

（２）核爆発実験で生成される放射性核種

①　核爆発に使われた核物質（ウラン－235 又はプルトニウム－239)、核爆発の型（核分裂のみか核融合を伴うか）によって生成される放射性核種の割合は異なるが、実際にはその差はあまり問題にならない。

②　核爆発後数日から１週間位までは、半減期の短い放射性核種が問題になるが、新たな核爆発実験がない時には、比較的半減期の長い放射性核種が問題となる。

主な核分裂生成物としては、ストロンチウム－90（約 29 年)、ジルコニウム－95（約 64 日)、ニオブ－95（約 35 日)、セシウム－137（約 30 年)、セリウム－144（約 285 日）などである。

（３）我が国の監視体制

①　経緯

昭和 36 年に再開された米ソの核爆発実験の我が国への影響に対処するため、同年 10 月に閣議決定により内閣に放射能対策本部が設置された。これ以降、同本部を中心に放射能調査が行われていたが、平成 15 年 11 月、緊急事態に対する政府の初動体制に係る閣議決定により、同本部は廃止され、これを受けて同本部が担っていた機能のうち、危機管理・初動体制以外の機能を引き継ぐため、**放射能対策連絡会議**が設置された。

② 環境放射能水準調査

現在も、環境放射能水準調査として、原子力規制庁が 47 都道府県や（公財）日本分析センターなどの関係研究機関に業務委託し、核爆発実験や核施設の事故などによる我が国への影響調査を実施している。

調査は、平常時と緊急時に行い、**本県の場合、昭和 36 年から現在まで、県下全域で調査を行っている。**

また、その結果は、浜岡原子力発電所周辺環境放射能調査の評価にも活用している。

（4）国連科学委員会報告

環境放射能水準調査の結果は、「原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)」に報告され、他の放射線に関する情報と合わせて、報告書にとりまとめられる。

最新の **2008 年の報告書**によると、大気圏内核実験により**地球環境に放出されたストロンチウム－90 は 622PBq、セシウム－137 は 948PBq、トリチウムは 186,000PBq と推定**される。(P：ペタは 10^{15})

また、世界の一人あたりの平均線量は、**自然放射線によるものが 2.4mSv** に対して、**大気圏内核爆発実験の影響は 0.005mSv** であり、**微量ながらまだ影響は残っている。**(表２参照)

◎国連科学委員会（2008 年報告書）

「放射線の線源と影響」((独）放射線医学総合研究所監訳）からの引用

「大気圏内核実験に起因する一人当たりの実効線量の世界平均の推定値は、1963 年に最も高かった(0.11mSv)そしてその後 2000 年代には 0.005mSv 未満に減少した。外部被ばくは通常、年間線量に最も大きく寄与する。最初は短寿命放射性核種に起因し、その後 ^{137}Cs に起因する。現在の年間線量は、外部被ばく(53%)、摂取に起因する内部被ばく(47%)にほとんど等しく起因する。」

表２　自然及び人工線源から受ける一人当たりの年実効線量（世界平均）

線源		年実効線量 (mSv)	備考
自然	吸入摂取（ラドンガス）	1.26	
	外部地上	0.48	
2.4 mSv	経口摂取	0.29	
	宇宙放射線	0.39	
人工	医学診断（治療を除く。）	0.4	
	大気圏内核爆発実験	0.005	最大時 0.11
0.6 mSv	職業被ばく	0.005	
	チェルノブイリ事故	0.002	
	核燃料サイクル（公衆の被ばく）	0.0002	

3　東京電力㈱福島第一原子力発電所事故等の影響について

平成 30 年度の浜岡原子力発電所周辺環境放射能調査では、浜岡原子力発電所からの環境への影響は認められなかったが、東京電力㈱福島第一原子力発電所事故等の影響が確認されたため、測定結果を基に、「平成 30 年度環境放射能調査結果の評価方法」等に準じ、外部被ばくによる実効線量及び内部被ばくによる預託実効線量を推定し、影響を評価した。

（１）外部被ばくによる実効線量

積算線量の測定結果(90 日換算)から平常の変動幅の上限超過量を人工放射線寄与分とみなし、推定した。(平常の変動幅の上限を超過した原因は自然変動と考えられるが、安全側に評価することとした。)

第、第 2 及び第 3 四半期のいずれも 0.01mGy/90 日の超過があったため、以下のとおり計算した。

0.03(mGy/270 日)　×　280 日/270 日　×　0.8(mSv/mGy)

- 0.03(mGy/270 日)：第 1～第 3 四半期の超過量の合計
- 280 日/270 日：超過期間（日）の線量（mGy）に換算
- 0.8(mSv/mGy)：吸収線量(mGy)を実効線量(mSv)に換算

⇒　約 0.03 mSv／年（外部被ばく実効線量）　・・・（Ａ）

⇒　約 0.02 mSv／年（更に建屋による線量低減効果を考慮※）

※　１日のうちの８時間を屋外（低減係数 1）で、16 時間を平屋又は２階建ての木造家屋（低減係数 0.4）で過ごした場合を仮定し、より現実的な実効線量を推定

（２）内部被ばくによる預託実効線量

環境試料中の放射能から推定（最大となる測定値を用いて計算）

測定した試料を飲用茶、葉菜、牛乳、魚、無脊椎動物及び海藻類に分類し、それぞれ最大となる放射能値を用いて、国が示した食品摂取モデル（成人 1 日あたり摂取量）により計算した。

【呼吸によるもの】

浮遊塵の放射能を用いて計算

放射能(Bq / m^3)　×　呼吸率(22.2 m^3/日)　×　365 日　×　実効線量係数(mSv/Bq)※

⇒　0.00000071 mSv/年　(①)

【食品の摂取によるもの】

茶葉（飲用として生葉換算 10g/日の摂取を仮定）
かんしょ（葉菜として 100g/日の摂取を仮定）
原乳（牛乳として 0.2L/日の摂取を仮定）
ひらめ（魚として 200g/日の摂取を仮定）
いせえび（無脊椎動物として 20g/日の摂取を仮定）
わかめ（海藻類として 40g/日の摂取を仮定）
} これらの放射能値を用いて計算

放射能(Bq/kg 生) × 摂取量／日 × 実効線量係数(mSv/Bq)

⇒ 上記食品の合計 0.00025 mSv /年 (②)

内部被ばく預託実効線量（①＋②）＝ 約 0.00025 mSv/年 ・・・（B）

※ 主な核種の成人の実効線量係数(mSv/Bq)

核 種	吸 入 摂 取	経 口 摂 取
ストロンチウム 90	1.6×10^{-4}	2.8×10^{-5}
セシウム 134	2.0×10^{-5}	1.9×10^{-5}
セシウム 137	3.9×10^{-5}	1.3×10^{-5}
ヨウ素 131	1.5×10^{-5}	1.6×10^{-5}

（３）線量の推定及び影響の評価

被ばく線量（外部被ばく実効線量と内部被ばく預託実効線量の合計）

→ 最大値を用いるなど、最も安全側の評価となるよう推定

（A）＋（B）

⇒ 約 0.03 mSv／年

＜ 公衆の年線量限度 1 mSv

＜ 自然放射線による線量（日本平均）2.1 mSv

⇒ **健康への影響は心配ないレベルと評価できる。**

４　モニタリングステーション設置機器一覧

当初は、原子力発電所周辺環境の安全性の確認という観点から、平常時における低レベル放射線の測定に主眼を置いたため、NaI シンチレーション検出器のみで測定を行っていた。この検出器の測定範囲は、バックグラウンドレベル～10μGy/h 程度である。

その後、昭和 54 年の米国におけるスリーマイルアイランド原子力発電所事故を契機に、原子力防災の観点から高レベルの線量の測定が可能な電離箱検出器（IC）を増設した。測定範囲は、バックグランドレベル～100mGy/h 程度である。

なお、環境放射能測定技術会の測定計画に示しているものは、NaI シンチレーション検出器による線量率測定のみである。

表５にモニタリングステーション設置機器一覧を示す。

表５　モニタリングステーション設置機器一覧

ステーション		NaI 検出器	IC 検出器	ﾀﾞｽﾄ ﾓﾆﾀ	自家発 電装置	感雨計	雨量計	ｽﾍﾟｸﾄﾛ ﾒｰﾀ
静岡県	白砂	S51	S55	H13	S55	S57	S57	H11
	平場	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
	旧監視センター	H13	H13	―	―	H13	H13	H16
	浜岡北小学校	〃	〃	―	H13	〃	〃	〃
	草笛	〃	〃	―	〃	〃	〃	〃
	新神子	〃	〃	―	〃	〃	〃	〃
	大東支所	〃	〃	―	〃	〃	〃	〃
	菊川市水道事務所	〃	〃	―	〃	〃	〃	〃
中部電力㈱	中町	S48	S55	H13	―	S57	S57	H14
	白羽小学校	〃	〃	〃	S55	〃	〃	〃
	地頭方小学校	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
	上ノ原	S49	〃	―	〃	〃	〃	H16
	桜ヶ池公民館	〃	〃	―	〃	〃	〃	〃
	佐倉三区	H19	H19	―	H19	H19	H19	H19

注１）数字は、正式測定開始年度を示す。（機器更新は記載していない。）

２）平場にのみラドンモニタを設置している。（平成６年度設置）

５　用語の解説

以下は、「浜岡原子力発電所周辺環境放射能調査結果」を理解する上で必要となる用語について解説したものである。

〔ア行〕

１時間平均値（線量率）

１時間当たりの空間放射線量の平均をいう。実際の測定は、２分間隔で実施しているため、継続した 30 回分を平均して算出している。

ウォッシュアウト

大気中の塵埃に付着して浮遊している放射性物質が降雨により洗い落とされ、雲の下の空間から放射性物質が除去される現象をいう。

宇宙線による自然生成

宇宙線とは、銀河系や恒星、太陽において電磁場で加速されることによって生成された高速の素粒子や重粒子等が、宇宙から地球上へ降り注ぐ放射線をいう。高エネルギーの宇宙線は、大気圏へ侵入するときに、大気中の原子核と種々の反応を起こし、中性子やミュー粒子等の二次宇宙線を生成する。さらに、これらが大気中の原子核と衝突することで、トリチウム等の反応生成物を生じさせる。

液体シンチレーション測定装置

低エネルギーのベータ線を放出する放射性核種の量を測る測定装置である。試料を液体シンチレータ（キシレン、トルエン等の有機溶媒中に蛍光体を溶かし込んだもの）と混合すると、放出された放射線のエネルギーに応じた光がシンチレータから発生するので、これを電気信号に変換し測定する。

NaI(Tl)型空間ガンマ線測定装置

モニタリングステーションに設置し、空間放射線量率を高感度で測定する装置。放射線検出器にヨウ化ナトリウムの結晶（少量のタリウムを含む）を使用している。この結晶に放射線（主にガンマ線）が当たると蛍光を発生し、この光を光電子に変換して電気信号として測定する。

〔カ行〕

核種分析

環境試料中に含まれる放射性核種の種類と量を調べること。本調査では、ゲルマニウム半導体検出器を用いた機器分析によってセシウム－137 等のガンマ線を放出する放射性核種の種類と量を、放射化学分析によってストロンチウム－90 の量を、液体シンチレーション測定装置を用いた分析によってトリチウムの量をそれぞれ測定している。

核爆発実験等の影響

1940 から 60 年代にかけての諸外国の核爆発実験や 1986 年の旧ソ連チェルノブイリ原子力発電所の事故によって大量の人工放射性物質が環境中に放出され、我が国にも放射性降下物が降下した。このため、環境の放射能レベルが上昇したが、大気圏内核爆発実験が中止されてからは減少している。しかし、ストロンチウム－90 やセシウム－137 といった半減期の長いものは、近年でも日本中で環境試料から検出されていた。

また、東電事故によっても大量の人工放射性物質が環境中に放出された。この事故により、東日本を中心とした各地において、ヨウ素－131 等の短寿命核種が事故直後に検出され､セシウム－134 及びセシウム－137 等の長寿命核種は現在でも検出されている。

確定的影響と確率的影響

確定的影響は、身体に影響が現れる放射線の被ばく量（しきい値）がある影響のことをいい、「脱毛、不妊、白内障」などが挙げられる。しきい値以下であれば、放射線によって影響が引き起こされることはない。

一方、確率的影響はしきい値がなく、どんなに低い被ばく量でも被ばく量の増加に応じて影響が現れる確率も増加すると仮定するような影響のことをいい、「がん、遺伝障害」が挙げられる。また、その影響で発生した症状の重さは、受けた放射線量とは無関係である。

カリウム－40（^{40}K）

原子番号 19、質量数 40、半減期約 13 億年の自然放射性核種。天然のカリウム中にその同位体として約 0.012%含まれるため、人間の体内や動植物中等、カリウム元素が存在するあらゆる場所に存在して、放射線を放出している。

なお、カリウムは人間の必須栄養素であり、人体中の濃度はほぼ一定に保たれているため、カリウム－40 の濃度もほぼ一定である（数十ベクレル／キログラム)。体内に存在する放射性核種の中で最も放射能が大きいため、内部被ばく線量への寄与も大きい。

ガンマ線

エックス線や光と同じ電磁波である。物質への透過力が極めて大きいので、遮蔽するためには、厚い鉄や鉛等の原子番号が高く質量と密度の大きい物質が必要である。この性質を利用して機器や建造物の非破壊検査が行われる。人間に対しては、外部被ばくの主な原因となる。人工放射性核種のうちコバルト－60 やセシウム－137 等がガンマ線を放出する。自然放射性核種ではカリウム－40 やビスマス－214 等がガンマ線を放出する。

空間放射線

空間を飛び交う放射線のことである。着目している空間に存在している放射性核種から放出される場合と、着目している空間外から入射してくる場合があるため、必ずしも空間中の放射性核種の濃度には依存しない。主に、外部被ばくに寄与するガンマ線、宇宙線等が考慮される。

グレイ（Gy）

吸収線量（人体や物質に対して、単位質量当たりに吸収された放射線のエネルギー量）を表す単位。放射線被ばくによる確定的影響の度合いを推定するために用いることがある。

物質１キログラム当たり１ジュールのエネルギーが吸収された場合、１グレイ（Gy）の吸収線量があったとして定義する。

空間放射線量は、空気に対する吸収線量を測定する。

ミリグレイ（mGy）は、グレイの千分の一である。

ナノグレイ（nGy）は、グレイの十億分の一である。

蛍光ガラス線量計（RadiophotoLuminescence glass Dosimeter, RPLD）

空間放射線量の積算線量測定に用いられる装置（線量計）で、静岡県においては、57地点のモニタリングポイントに設置されている。

RPLDの素子は銀イオンを含むリン酸ガラスで構成されており、これに放射線が当たると、そのエネルギーを吸収、蓄積する。この状態の素子に紫外線を当てると、吸収した放射線量に応じた蛍光を発生する。この蛍光を光電子に変換して電気信号として測定することにより、吸収した放射線量を知ることができる。

ゲルマニウム半導体検出器

ガンマ線の検出に用いられる検出器である。波高分析装置と組み合わせることにより得られるガンマ線スペクトルを解析することにより、ガンマ線放出核種の種類と量を精密に調べることができる。

検出されず（ND：Not Detected）

放射能の測定結果は、一般的に「放射能 X_A ± 標準偏差σ」で表記される。

試料及びバックグラウンドの放射能の測定には、ゆらぎ（標準偏差）が存在する。

通常の測定では、試料Aの放射能濃度 X_A は、見かけの放射能濃度Xからあらかじめ測定したバックグラウンド値 X_{BG} を引いたものであり（$X_A = X - X_{BG}$）、このときの標準偏差σには、試料Aのゆらぎと試料Aを測定したときのバックグラウンドのゆらぎ、更にあらかじめ測定したバックグランドのゆらぎが含まれる。

放射能を検出したと判断するためには、有意にバックグラウンドを超える測定値が検出されたことを示す必要があるが、これらのゆらぎを考慮し、標準偏差σの3倍以上（$X_A \geqq 3\sigma$）の測定値が検出されれば、99.86％以上の確率で放射能を「検出」したと判断してよい。

当技術会の環境放射能調査においては、測定結果が3σ未満（$X_A < 3\sigma$）の場合には「検出されず」と表記している。

検出限界未満（LTD：Less Than Detection Limit）

試料の放射能が極めて低いレベルにある場合は、試料Aのゆらぎは、測定器の持つバックグラウンドのゆらぎ σ_b に埋もれるため、標準偏差σは $\sqrt{2}\sigma_b$ と近似できる。（環境放射線モニタリング指針）

当技術会では、全アルファ全ベータ放射能については、集塵開始直後は放射能濃度が極めて低いレベルにあることから、「検出」の判断に 3σ ではなく、$3\sqrt{2}\sigma_b$ を使用している。（$X_A \geqq 3\sqrt{2}\sigma_b$ の場合、「検出」されたと判断している。）

よって、「検出されず」（$X_A < 3\sigma$）と区別し、「検出限界未満」（$X_A < 3\sqrt{2}\sigma_b$）と表記している。

なお、ここでいう「検出限界未満」は、σ_b にあらかじめ長時間測定したバックグラウンドの値を使用しているため、通常の化学物質の機器分析等における「不検出」の考え方と同様といえる。

降雨等による自然放射線の変動

一般に、雨が降ると地表付近の空間線量率は増加する。これは、塵に付着して大気中を浮遊しているラドン及びトロン（トリウム系列のラドン、^{220}Rn）の崩壊生成物が、雨と共に地表に降下してくるため、地表付近の放射性核種の濃度が高くなり、空間放射線の量が増えるためである。一方では、降雨前にすでに存在していた放射性核種からの放射線が地上表面水の増加により遮へいされるために、空間線量率がむしろ減少する場合もある。

降下物

降水及び重力による降下により、地表に沈降する塵をいう。

気体元素以外の放射性核種は、大気中に放出されると周囲を浮遊する塵に付着する。したがって、本調査では１ヵ月毎に採取し放射能測定をしている。

〔サ行〕

G(E)関数荷重演算方式

NaI(Tl)シンチレーション検出器は、そのままの状態では放射線のエネルギーの大きさによって入力に対する応答が異なる。この性質のことをエネルギー特性といい、実際の測定器ではG(E)関数を使用した電子回路によって補償されている。

NaI(Tl)シンチレーション検出器による線量率の計算では、放射線のエネルギーの大小によって線量への寄与が異なることから、エネルギーごとに出力の重み付けをし、それらを合算して線量率を得ている。この方式をG(E)関数荷重演算方式と呼んでおり、この重み付けの役割を果たすのがG(E)関数である。

実効線量

放射線の照射が人体に与える影響度は、照射される部位（組織や臓器）によって大きく異なる。このことを考慮に入れて、身体の各組織が受けた線量（等価線量）にそれぞれ定められた加重係数（組織加重係数）を乗じて合計したものを実効線量という。実効線量は、確率的影響のリスクを全身を対象として考慮するために用いる。

単位はシーベルト（Sv）で表す。

実効線量係数

摂取した放射性物質の量（放射性核種ごとの放射能）と組織や臓器が受ける線量の大きさとの関係が分かれば、放射性物質の量に対応した被ばく線量を計算することができる。この摂取した放射性物質の量と被ばく線量の関係を表す係数を実効線量係数といい、単位はSv/Bq（1Bqを経口又は吸入により摂取した場合の預託実効線量）で表す。

自然放射性核種（天然放射性核種）

放射性核種のうち、天然に存在するもの。地球ができたときから存在しているものや自然に常に生成しているものがある。主なものに、人間の体内や動植物中等多くの場所に存在するカリウム－40や、岩石等に多く含まれるラジウムの崩壊によって生成するラドン等があげられる。

自然放射線

自然環境に存在する放射線。大地や生物に含まれる自然放射性核種や宇宙線に起因する放射線のこと。自然放射線によって人体が受ける線量値は、日本平均で約2.1ミリシーベルト／年（世界平均　約2.4ミリシーベルト）と言われている。

指標生物

放射性物質の生体濃縮の速度や度合いが大きく、かつ、その地域で容易に採取できる生物が存在すれば、その放射能監視を行うことが環境のレベルの変動を迅速に把握する上で簡便かつ有効な場合がある。このような生物をいい、通常食用に供さないか、あるいは食物連鎖へのつながりが少ないと考えられる生物であってもよく、陸上では松葉、ヨモギ等、海洋ではホンダワラ、カジメ等が知られている。

シーベルト（Sv）

実効線量や等価線量等、放射線の人体への影響を表す単位。

ミリシーベルト（mSv）は、シーベルトの千分の一である。

ストロンチウム－90（^{90}Sr）

原子番号 38、質量数 90 の放射性核種。半減期 28.8 年で崩壊してイットリウム－90（半減期 64.1 時間）という放射性核種になる。化学的にはアルカリ土類金属に属するため、環境では同じ族の元素であるカルシウム等と同様の挙動をし、生物体内の骨に沈着しやすい。過去の核爆発実験等で環境中に大量に放出され、半減期が長いことから現在でも全国的に検出されている。

積算線量

空間放射線量の積算値で、通常３ヶ月間の積算線量を測定している。一定期間内における空間放射線量を把握し、外部被ばくによる線量の推定、評価を行う。感度及び取り扱いの容易さから、蛍光ガラス線量計を用いている。

セシウム－134（^{134}Cs）

原子番号 55、質量数 134 の放射性核種。半減期 2.1 年で崩壊する。化学的にはセシウム－137 と同じ挙動を示す。東電事故でセシウム－137 等と共に環境中に大量に放出され、事故直後にはほとんどの環境試料中にセシウム－137 と同程度の放射能が検出された。半減期に応じて徐々に減少しているが、現在の調査でも検出されることが少なくない。

セシウム－137（^{137}Cs）

原子番号 55、質量数 137 の放射性核種。半減期 30.1 年で崩壊する。化学的にはアルカリ金属に属するため、環境では同じ族の元素であるカリウム等と同様の挙動をし、生物体内の筋肉をはじめとして、全身に分布する。過去の核爆発実験や東電事故等で環境中に大量に放出され、半減期が長いことから現在でも全国的に検出されている。

ZnS(Ag)シンチレータ

硫化亜鉛に銀を微量添加した粉末結晶。光の透過に不透明であるが蛍光効率が高いため、シンチレーション光が透過する程度の薄い膜状にして、透過力の小さいアルファ線を始めとした重荷電粒子の測定に用いられる。

全アルファ・全ベータ放射能測定

ダストモニタで行う測定である。吸引ポンプにより大気中の浮遊塵をろ紙上に集め、集めた塵から放出されるアルファ線及びベータ線を連続して同時測定する。集塵中は全アルファ・全ベータ放射能比及び全ベータ放射能濃度を、また、ラドンの崩壊生成物等の影響がほぼなくなった集塵終了６時間後に全ベータ放射能濃度を測定している。

東電事故の影響を最も感度良く、迅速に捉えた。

全ベータ放射能測定

環境試料から放出されるベータ線を測定する。核種分析と異なり、放射性核種の種類を調べることはできないが、天然及び人工放射性核種の多くはベータ線を放出しているので、環境試料の中に含まれるおおよその放射能量がわかる。全ベータ測定は、過去との関連において、相対的な放射能レベルの変動を把握するのに有効である。

線量率換算定数

NaI(Tl)シンチレーション検出器に入射したガンマ線はパルスとして出力され、電子回路の中でパルス波高値（エネルギーの大きさに相当）に応じたG(E)関数によって線量の値付けがされる。これらのパルスは更に 3MeV 相当の線量ごとにまとめられ、まとめられたパルス数を測定器側からテレメータ側に出力している。線量率換算定数は、単位時間当たりのパルス数（計数率）から線量率に換算するための定数のことをいう。

〔タ行〕

大気浮遊塵

大気中に浮遊している微少なチリであり、大気中の放射性物質濃度を求めるため、ダストモニタにより、ろ紙上に捕集され、集塵中と集塵終了６時間後の全アルファ放射能及び全ベータ放射能の測定を行う。

また、ガンマ線放出核種の同定を行うために、約１ヶ月ごとにろ紙を回収し、ゲルマニウム半導体検出器を用いて集塵した試料の核種分析を行っている。

ダストモニタ

大気浮遊塵に含まれる放射能を測定する装置。ロールろ紙を６時間間隔で移動させ、浮遊塵を連続的に捕集し、測定する。ZnS(Ag)シンチレータ及びプラスチックシンチレータが、集塵部と集塵終了６時間後のろ紙が位置する場所にそれぞれ設置されていて、全アルファ放射能と全ベータ放射能を連続して同時測定することができる。

短期評価

短期間における空間放射線量の変化を監視するため、線量率の１時間値を従来の値の範囲と比較して評価を行う。

長期評価

線量率を３ヵ月の平均値で評価し、長期的な線量率の変化を監視する。

低バックグラウンド測定装置

低レベルの放射能を測定する場合に、検出器の周囲に遮へいを設けたり、試料からの放射線と測定装置外から入射した放射線を選別できる電子回路を利用したりする等の対策を施して、バックグラウンド計数を極力減少させた測定装置。

等価線量

同値の吸収線量であっても、放射線の種類やエネルギーにより人体に対する影響の現れかたは異なる。照射により人体組織に与えられる影響を、同一尺度で定量するため、組織・臓器にわたって平均し、線質について加重した吸収線量を等価線量という。等価線量は、確率的影響のリスクを各組織・各臓器を対象として考慮するために用いる。
単位はシーベルト（Sv）で表す。

東電事故

平成 23 年３月 11 日に発生した平成 23 年東北地方太平洋沖地震に起因した東京電力㈱福島第一原子力発電所の事故のこと。炉心溶融や水素爆発によって原子炉圧力容器や原子炉建屋が損壊し、原子燃料に含まれる大量の核分裂生成物が環境中へと放出された。

放出された放射性物質は、大気輸送と降雨に伴う地表面への降下により、日本各地の地表面に降下物として沈着した。そのため、降下物試料や農畜海産物等の環境試料の調査において、その影響が現在も見られている。

特定試料

放水口付近で採取する海岸砂を指す。

きっかけは、昭和 56 年に発生した福井県にある日本原子力発電㈱敦賀発電所における事故であり、この事故では一般排水路を経由して海洋に放射性廃液が漏洩した。それ以来、特定試料として放射能調査を行っている。

トリチウム（^{3}H）

原子番号１、質量数３で、水素（H）の放射性の同位元素。半減期 12.3 年で崩壊し、極めてエネルギーの低いベータ線を放出する。空気と宇宙線との反応により、自然生成される。通常は水の形で存在することが多い。過去の核爆発実験でも大量に放出された。

トロンの崩壊生成物

トロン（トリウム系列に属するラドン－220）は、地殻中に存在するトリウム－232 が多段階的に崩壊を繰り返すことで生成される自然の放射性核種である。トロンは、希ガスであるため、生成すると一部が地表面から大気中へと散逸する。

散逸したトロンは崩壊し、ポロニウム、鉛、ビスマス等へと変化し、周囲に存在する大気浮遊塵に吸着する。

トロンの崩壊生成物の見かけ上の半減期は約 11 時間であるため、大気が安定している場合など、トロンが拡散しにくい気象条件では、集塵修了６時間後の全ベータ放射能濃度が高くなる場合がある。

〔ナ行〕

年線量限度

放射線・放射能を扱う施設が守らなくてはならない業務従事者や一般公衆に与える放射線被ばくの１年間の制限値である。

わが国の法令では、自然放射線と医療における被ばくを除き、一般公衆に対しては１年間で１ミリシーベルトとしている。

〔ハ行〕

半減期

放射性核種の崩壊によって、放射能が半分になるまでの時間をいう。半減期が長いほど、その放射能は減少しにくい。半減期の 10 倍の時間が経過すれば、放射能量はおよそ 1000 分の１になる。

被ばく

人体が放射線を受けること。体の外にある放射性核種からの放射線を受ける外部被ばくと体の中に取り込んだ放射性核種からの放射線を受ける内部被ばくとがある。被ばくの度合いは線量で表す。

標準偏差

統計において、データのばらつきあるいは散らばりの程度を表す一つの尺度。

データがｎ個あるとき、平均Ｘは次式で示される。

$$\overline{X} = \frac{(X_1 + X_1 + \ldots + X_1)}{\mathrm{n}}$$

また、次式で示すS^2を分散と定義し、この分散の平方根Ｓを標準偏差という。

$$S^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2$$

放射線計測の場合、放射性核種の崩壊に伴う放射線放出が、常に一定の時間間隔で繰り返される事象ではなく、偶発的な事象であるため、計数は一定値ではなく常にばらつきが生じる。このばらつきの程度が標準偏差で表され、計数の平方根で求められる。これを計数誤差（統計誤差）と呼ぶこともある。

プラスチックシンチレータ

ポリスチレン等（溶媒）にターフェニル等（溶質）を溶かした固溶体で、蛍光減衰時間の短い蛍光体。ベータ線、アルファ線、陽子線等の荷電性放射線の短い時間の測定に用いられる。

平常の変動幅

平常の変動幅は、環境放射能測定結果をスクリーニングするための基準として、国の環境放射線モニタリング指針に示されているもので、直ちに、安全性を判断するものではない。

ベクレル

放射能を表す単位。

ある物質中で１秒間に１個の原子核が崩壊した時に、その物質には１ベクレル（Bq）の放射能があると定義する。

例えば、1Bq/kg 生とは、生試料 1kg あたりに、平均して１秒間に１個が崩壊する量の放射性核種が含まれることを示す。

ベータ線

崩壊によって原子核から電子が外に飛び出す場合があり、その電子の流れをいう。物質の透過力はガンマ線ほど大きくない。ストロンチウム－90 やトリチウムはこのベータ線のみを放出する核種である。中性子が過剰の原子核はβ^-線（電子）、陽子が過剰な原子核はβ^+線（陽電子）を放出する傾向があり、核分裂生成物の多くは中性子過剰であるため、β^-線を放出するものが多い。

崩壊

不安定な原子核が、放射線を出して、他の原子核に変わること。たとえば、ウラン－238 は多段階的に崩壊を繰り返すことによって、最後に安定な鉛－206 となる。崩壊の機構や放出する放射線の種類により、α崩壊、β崩壊、電子捕獲、核分裂、核異性体転移等がある。壊変ともいう。

方向特定可能型検出器

通常のNaI(Tl)シンチレーション検出器は円柱型であるが、120°の扇形３つに分割された形状を有し、ガンマ線の入射方向の特定が可能な検出器を方向特定可能型検出器という。

放射化学分析

化学的方法によって、環境試料中に含まれる目的の放射性核種が属する元素を選択的に分離し、その放射能を調べること。透過力の弱いアルファ線やエネルギーによる分別が困難なベータ線を測定する場合に、測定試料の減容や妨害放射性元素の除去を目的として行われる。本調査においては、放射化学分析によってストロンチウム－90（イットリウム－90）を単離し、低バックグラウンドガスフロー測定装置で測定している。

放射線

直接又は間接に空気を電離する能力をもつもので、ガンマ線やエックス線等の電磁波と、アルファ線やベータ線等の粒子線とがある。

放射線量

一般的に、放射線被ばくの量や物質が放射線から吸収したエネルギー量の程度の総称として使われる。単に、線量とも呼ばれる。なお、法令では、放射線の防護のために用いる実効線量等のいろいろな線量の総称としている。

放射能

放射性核種が崩壊して放射線を出す性質のこと。あるいは、放射性核種の量を示す言葉として用いられることもある。単位は、ベクレルで表す。

〔マ行〕

モニタリングポイント

積算線量計を内装した収納箱を電柱等に設置した野外測定設備である。

本調査では発電所周辺 57 地点と対照地点として下田市、沼津市、静岡市及び浜松市の４地点に設置している。

モニタリングステーション・モニタリングポスト

線量率の連続モニタに加えて、ダストモニタや気象状況を調べる観測装置等を備えた野外測定設備である。

発電所周辺 10km 圏内の 14 箇所（ダストモニタは、うち５箇所）に設置しているものをモニタリングステーションといい、10km 以遠に設置しているものをモニタリングポストという。名称は異なるが、測定機能に差はない。

〔ヤ行〕

預託線量

放射性物質摂取後 50 年間（子供に対しては摂取時から 70 歳までの年数）に受ける内部被ばくの量を実効線量又は等価線量で表現したものをいい、それぞれ預託実効線量又は預託等価線量という。モニタリングにおいては、年度内に摂取した放射性核種による預託実効線量（または等価線量）を当該年度内の外部被ばくによる実効線量（または等価線量）と合算し、被ばく線量の推定を行っている。

〔ラ行〕

ラドンの崩壊生成物

ラドン（ウラン系列に属する ^{222}Rn）は、地殻中に存在するウラン－238 が多段階的に崩壊を繰り返すことで生成される自然の放射性核種である。ラドンは、希ガス元素であるため、生成すると一部が地表面から大気中へと散逸する。

ラドンの半減期は 3.8 日で、ポロニウム、鉛、ビスマス等の放射性の崩壊生成物へと変化し、周囲に存在する大気浮遊塵に吸着する。中でもラドンの崩壊生成物である鉛－214 やビスマス－214 は、大気中濃度が比較的高く、かつ、ガンマ線を放出することから、空間放射線量に対する寄与が大きく、環境放射線モニタリングにおいて重要な核種である。特に、降雨の時は、これらを含む浮遊塵が地表に沈着するため、地表付近の空間線量率が大幅に増加することがある。一方で、これらの見かけ上の半減期は約 30 分と短いため、数時間が経過すると、その寄与は大幅に減少する。

ラドンの崩壊生成物に起因する空間放射線量の寄与は、大陸性の気団が到来する時に大きく、ラドンとその崩壊生成物をあまり含まない海洋性の気団が到来する時に小さくなる傾向がある。そのため、空間放射線量の増減やダストモニタによる測定結果が、大気の流跡線解析の結果から説明できることがある。

レインアウト

雲中で雨滴に取り込まれた放射性物質が、雨滴の落下により雲中から除去される現象をいう。