

浜 岡 原 子 力 発 電 所  
周 辺 環 境 放 射 能 調 査

< 解 説 資 料 >

令 和 3 年 6 月

静 岡 県 環 境 放 射 能 測 定 技 術 会



## 目 次

はじめに	1
<b>I 環境放射能調査の解説</b>	<b>2</b>
1 調査の目的	2
2 実施機関	2
3 調査の流れ	3
4 日常生活の中の放射線	4
5 測定の目的と実施内容	5
6 測定の方法等	9
7 異常時の対応	10
8 周辺住民等の被ばく線量の評価	12
9 過去の大気圏内核爆発実験の影響	13
10 東電事故等の影響	15
<b>II 測定の実際（各測定の詳細）</b>	<b>17</b>
1 空間放射線量率の測定	18
2 積算線量の測定	31
3 大気中浮遊塵の全 $\alpha$ ・全 $\beta$ 放射能の測定	33
4 $\gamma$ 線放出核種の測定	37
5 ストロンチウム 90 の測定	44
6 トリチウムの測定	48
7 プルトニウム 238, 239+240 の測定	51
8 排水の全計数率の測定	53
別記1 測定値の表示方法	56
別記2 測定目標値	57
別記3 品質保証	58
<b>III 用語の解説</b>	<b>59</b>

## 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（以下「安全協定」という。）に基づき、静岡県環境放射能測定技術会（以下「技術会」という。）が「浜岡原子力発電所周辺環境放射能測定計画（以下「測定計画」という。）」を作成し、浜岡原子力発電所周辺 10km 圏内を中心とした環境放射能調査を実施している。

各測定機関が測定を行い、その結果を技術会が検討及び評価するが、この一連の作業を調査と呼んでいる。

この資料は、調査の内容をより深く理解してもらうための解説書である。

## I 環境放射能調査の解説

### 1 調査の目的

技術会が行う環境放射能調査は、次に掲げる目的の下、浜岡原子力発電所を中心とした概ね半径 10km の範囲を対象に行っている。

なお、県及び中部電力では、別の事業として、10～30km 圏内の環境放射能測定も行っている。

#### (1) 周辺住民等の被ばく線量の推定及び評価

浜岡原子力発電所の周辺住民等の健康と安全を守るため、平常時から、環境における浜岡原子力発電所起因の放射性物質又は放射線による周辺住民等の被ばく線量を推定し、評価する。

#### (2) 環境における放射性物質の蓄積状況の把握

浜岡原子力発電所からの影響の評価に資するため、平常時から、浜岡原子力発電所の運転により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。

#### (3) 浜岡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

浜岡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、浜岡原子力発電所の異常の早期発見に資する。

また、浜岡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ため、平常時モニタリングの結果を把握しておく。

#### (4) 緊急事態が発生した場合への平常時からの備え

緊急事態が発生した場合に、緊急事態におけるモニタリングへの移行に迅速に対応できるよう、平常時から緊急事態を見据えた環境放射線モニタリングの実施体制を備えておく。(バックグラウンド測定)

#### (5) 補足参考測定

(1)から(4)までの目的を達成する上で参考となるもの、浜岡原子力発電所からの影響を判断する上で参考となるもの、環境中の経時変化を把握する上で有効なもの又は測定技術の維持が必要と考えられるものについては、平常時から測定を行い、その結果を把握しておく。

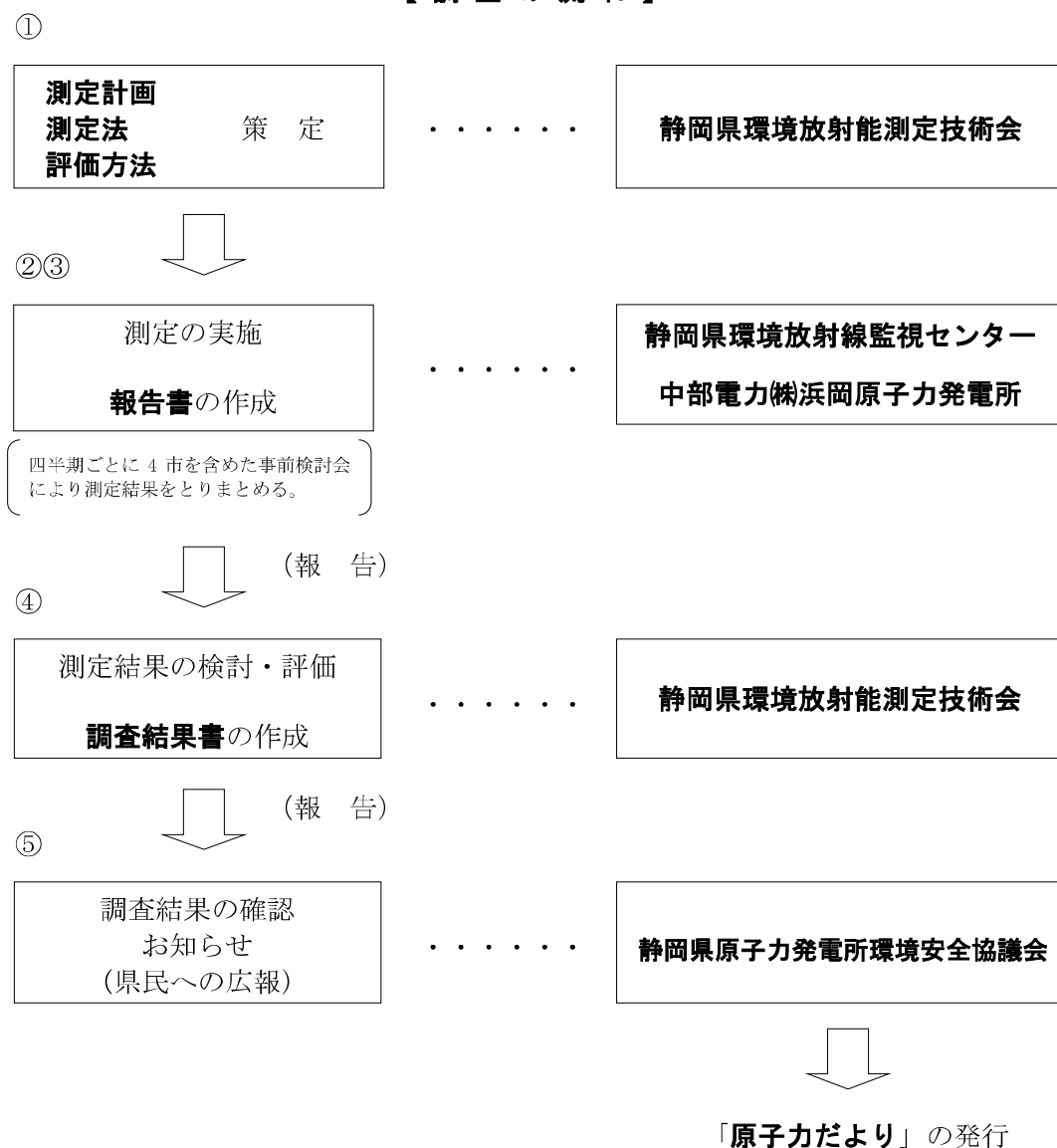
### 2 実施機関

- 【測定】** 静岡県環境放射線監視センター  
中部電力株式会社浜岡原子力発電所  
御前崎市、牧之原市、掛川市及び菊川市（試料採取等に協力）
- 【評価】** 静岡県環境放射能測定技術会

### 3 調査の流れ

- ① 技術会が**測定計画、測定法**及び**評価方法**を定める。
- ② 県（環境放射線監視センター）と中部電力（浜岡原子力発電所）が、測定計画に基づき、測定を実施する。（4市（御前崎市、牧之原市、掛川市及び菊川市）は試料採取等に協力）
- ③ 県及び中部電力は、四半期ごとに測定結果を取りまとめ、4市を加えた測定結果等事前検討会で**報告書**を作成する。
- ④ 県及び中部電力は、技術会において測定結果を報告する。  
技術会は、測定結果に対し、検討及び評価を加えた**調査結果書**を作成する。
- ⑤ 技術会は、静岡県原子力発電所環境安全協議会に調査結果を報告し、確認を得る。  
協議会は、広報誌「**原子力だより**」で調査結果を4市住民等にお知らせする。

#### 【 調 査 の 流 れ 】



## 4 日常生活の中の放射線

### (1) 空間放射線

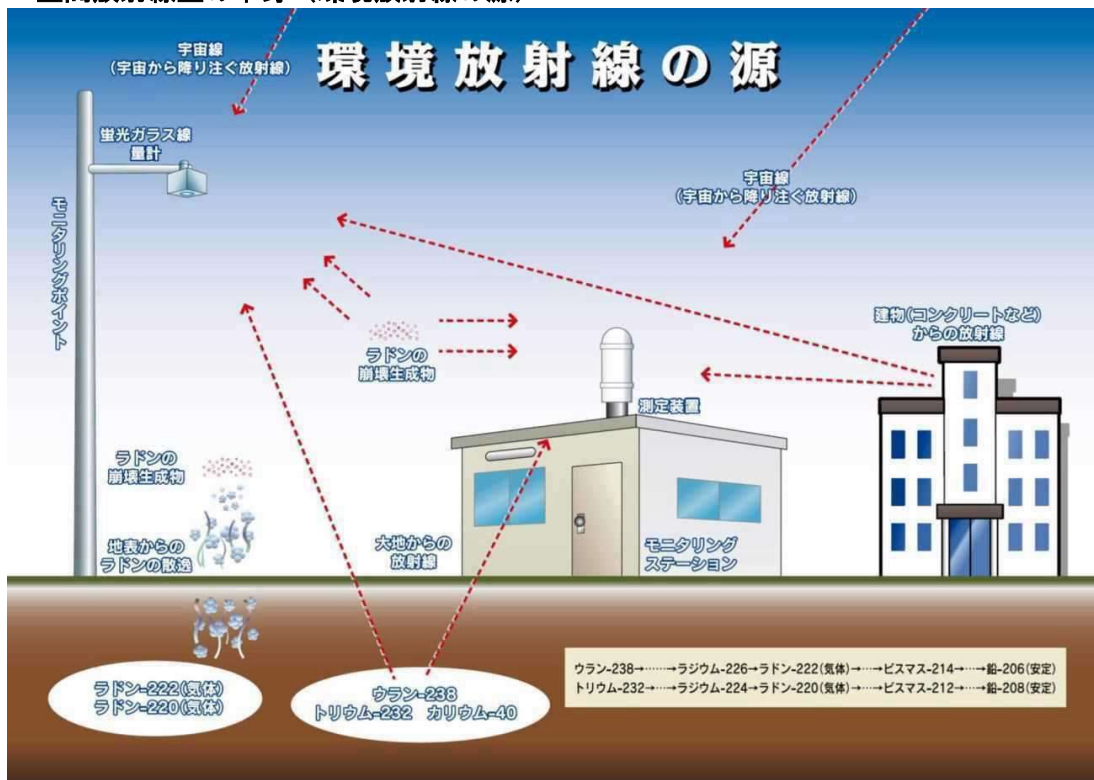
空間放射線は、下図に示したように、①**宇宙線**（宇宙から飛来する高エネルギーの放射線やそれと反応してできる放射線）、②**大地**中の自然放射性核種からの放射線、③**大気**中を浮遊している自然放射性核種（ラドンの崩壊生成物）からの放射線、④測定地点付近にある**建物**の中の自然放射性核種からの放射線、⑤**事故等**による人工放射性核種の影響などから来るものである。

なお、本県が行う線量率の測定は、NaI シンチレーション検出器で行っているが、当該測定器では宇宙線を測定していないため、測定値の中身は②～⑤からなる。その中でも、②が大部分を占めており、**測定値に地域差が見られるのは、土壌中の自然放射性核種濃度が違うため**である。

土壌中の自然放射性核種は、ウラン（U）系列、トリウム（Th）系列、カリウム 40（K-40）の3つの成分からなる。（24、36 ページ参照）

自然放射性核種濃度は一般に基盤地質に依存するといわれており、人体に対する外部被ばくは、主としてこれらの核種に起因する $\gamma$ 線によって生じることになる。

### 空間放射線量の中身（環境放射線の源）



## (2) 環境試料

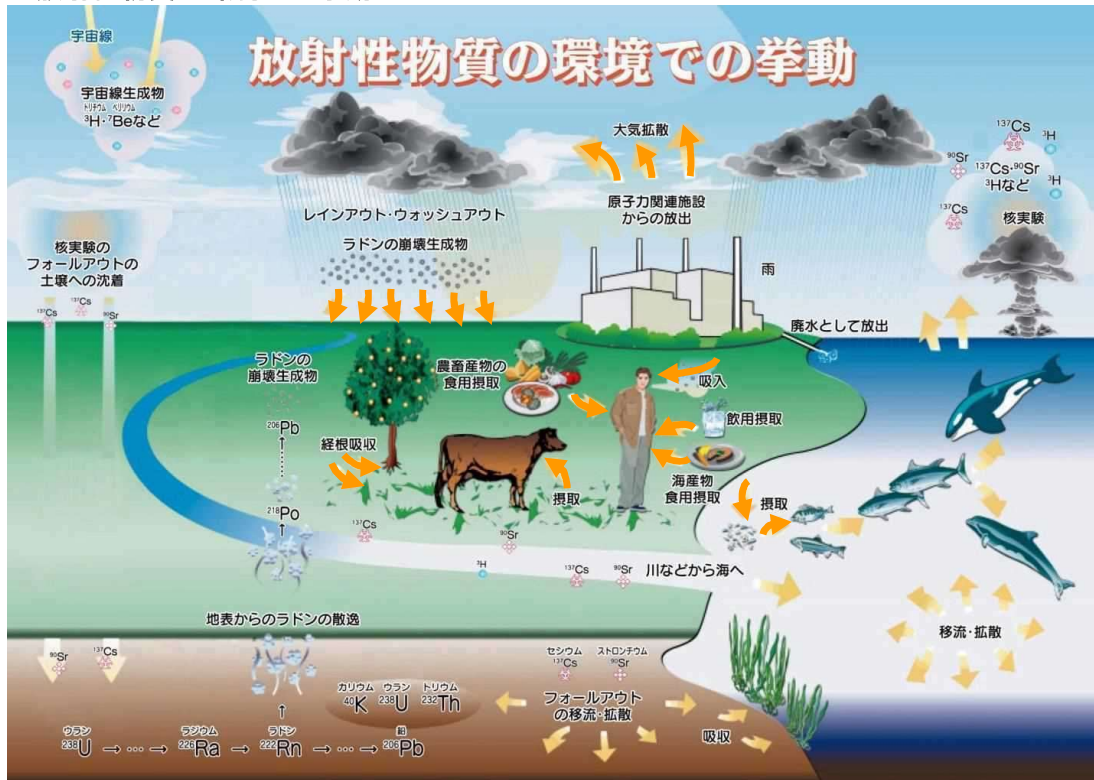
下図に示したように、放射性物質の環境中での挙動は、あたかも大気汚染物質が風や雨などによって環境中を移動し、その後、食物連鎖に乗って植物、動物、人間へ到達する様子に似ている。

食品中の放射性核種は、動植物体を構成する必須元素として含まれている炭素、水素、カリウムなどの放射性同位体 ( $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{40}\text{K}$ ) が主なものである。

このほか、生育地域の土壌から農作物などによって吸収されたウラン、トリウム、ラジウム、ポロニウム、鉛などの自然放射性核種とセシウム 137 やストロンチウム 90 などの人工放射性核種があり、これらは必須元素ではないため、**土壌中の放射性核種濃度の地域差や動植物の代謝特性の違いによる種への取り込みの違い、人工放射性核種にあつては降下・沈着した量の違い**などがある。

また、大気や飲料水も同様に、自然放射性核種と人工放射性核種を含有しており、これら環境試料の吸入や摂取が人体への内部被ばくの要因となる。

### 放射性物質の環境での挙動





### (3) 日常生活の中で受ける放射線量

私たちの生活環境中には様々な放射線源が存在し、被ばくによる影響は実効線量 (mSv：ミリシーベルト) という単位で計ることになる。

下表のとおり、国民が1年間に受ける被ばく線量は、自然放射線によるものが2.10mSv、人工放射線によるものが3.88mSvと推定されており、人工放射線については医療被ばくによるものが大部分を占めている。

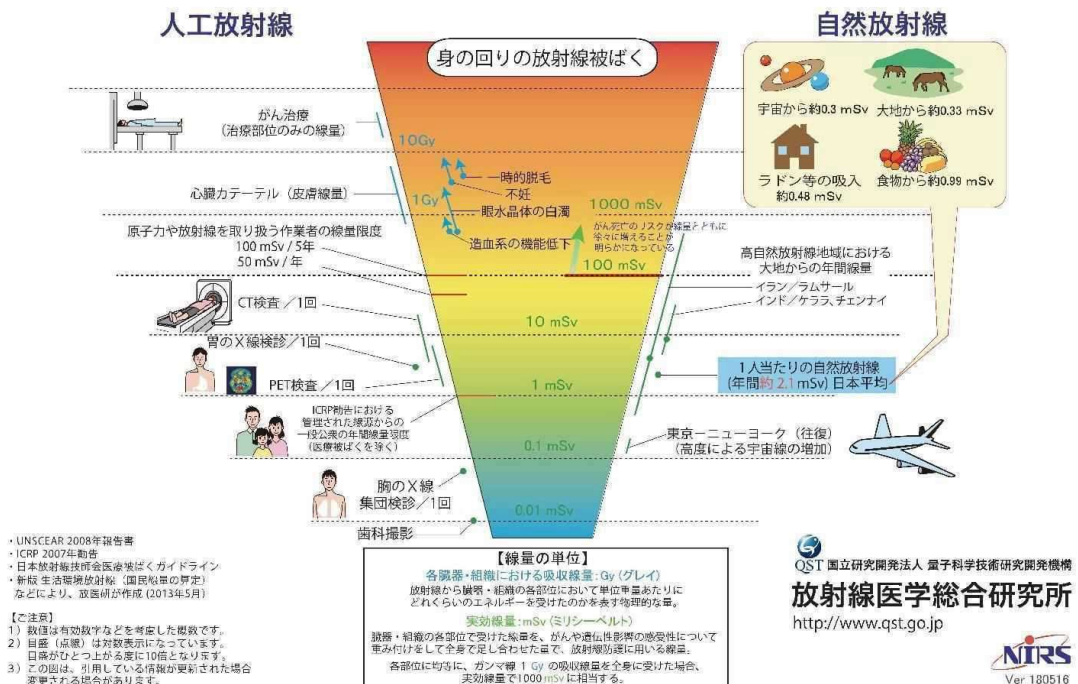
各線源からの国民1人当たりの年間実効線量 (mSv/年)

自然放射線		2.10
(内訳) 外部被ばく	宇宙線 (0.3)、大地 (0.33)	0.63
内部被ばく (吸入)	ラドン、トリウム、喫煙等	0.48
内部被ばく (経口)	鉛 210、ポロニウム 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	(地球規模のケプトン 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

(参考) 浜岡原子力発電所周辺地域における自然放射線による外部被ばく線量 (大地) は、令和元年度の測定結果から、約 0.29mSv と推定される。(建物による線量の低減は考慮していない。)

## 放射線被ばくの早見図



## 5 測定の実施内容

測定は、1に掲げた目的に応じ、測定計画において実施内容を定め、実施している。

### (1) 「周辺住民等の被ばく線量の推定及び評価」のための測定

原子力発電所周辺の住民等の被ばく線量は、外部被ばくの実効線量と内部被ばくの  
預託実効線量の合算によって計算される。

外部被ばくは、人体の外側から受けた放射線による影響をいい、その実効線量は  
モニタリングステーション等で測定した空間放射線量率の値から算出する。

内部被ばくは、人体の内側で受けた放射線による影響をいい、その預託実効線量  
は農畜産物や海産物などの放射能から算出される。これら環境試料の選定にあた  
っては、生産量などから地域を代表するものか、継続的に採取が可能か、線量評価  
を行う上で適切なものかなどの点を考慮している。

#### 【測定計画】

実施項目	測定地点・測定試料	放射線の種類
空間放射線量率 (1時間平均値)	モニタリングステーション(14地点/連続) (NaIシンチレーション検出器等による測定)	γ線
環境試料中の放射能	大気中浮遊塵、キャベツ、白菜、茶葉、玄米、 しらす、あじ、たこ、わかめ、上水など(約40 地点 測定数約200/年)	β線、γ線

### (2) 「環境における放射性物質の蓄積状況の把握」のための測定

放射性物質の蓄積状況を把握するための採取試料としては、土壌及び海底土が重  
要である。

採取地点は、発電所からの位置関係を考慮し、定点で採取が可能か、経年的な追  
跡が可能か、また土壌については土地の利用状況も考慮し、選定している。

#### 【測定計画】

実施項目	測定地点・測定試料	放射線の種類
環境試料中の放射能	土壌(4地点/四半期) 海底土(10地点/四半期)	γ線

**(3) 「浜岡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」のための測定**

発電所から放出される放射性物質の影響を迅速に捉えるためには、連続かつ短時間の測定が必要である。

モニタリングステーションでは、空間放射線量率の測定に加え、大気中の浮遊塵を連続的に採取可能で検出性の高いダストモニタを設置している。モニタリングステーションで取得したデータは、テレメータシステムにより環境放射線監視センターに集約される。

また、海域への放出に対しては、中部電力が設置する放水口モニタのデータをテレメータシステムで取得し、監視している。

**【測定計画】**

実施項目	測定地点・測定試料	放射線の種類
空間放射線量率 (10分間平均値)	モニタリングステーション (14地点/連続) (NaIシンチレーション検出器等による測定)	γ線
環境試料中の放射能	モニタリングステーション (5地点/連続) (ダストモニタによる大気中浮遊塵の測定)	α線、β線
排水の全計数率	放水口モニタ (4地点/連続)	γ線

**(4) 「緊急事態が発生した場合への平常時からの備え」のための測定 (バックグラウンド測定)**

緊急時モニタリングの結果を適切に評価するためには、平常時における環境試料中の放射能の水準 (バックグラウンド) を把握しておくことが重要である。

このため、緊急時モニタリング計画で定めた採取地点についてモニタリングを実施し、緊急事態に備えておくこととしている。

測定は、試料の種類に応じ、γ線放出核種、トリチウム、ストロンチウム90、プルトニウムの分析を定期的実施している。(プルトニウム以外はおおよそ5年に1回の頻度、プルトニウムは1回のみ。)

**【測定計画】**

実施項目	測定地点・測定試料	放射線の種類
環境試料中の放射能	上水、土壌、海水、農畜産物等	α線、β線、 γ線

**(5) 補足参考測定**

(1)から(4)までの目的には該当しないが、これらの目的を達成する上で参考となるもの、浜岡原子力発電所からの影響を判断する上で参考となるもの、環境中の経時変化を把握する上で有効なもの又は測定技術の維持が必要と考えられるものについては、平常時から測定を行い、その結果を把握しておくこととしている。

**【測定計画】**

実施項目	測定地点・測定試料	放射線の種類
積算線量	モニタリングポイント (12地点/四半期)	γ線
環境試料中の放射能	降水物、指標生物 (松葉)、海水及び大気中水分 (18地点 測定数 176/年)	β線、γ線

## 6 測定の方法等

測定は、次表に掲げる測定器を用い、原子力規制庁等が作成した「放射能測定法シリーズ」により行っている。

実施項目	測定器	放射能測定法シリーズ
空間放射線量		
線量率	NaI シンチレーション検出器等	連続モニタによる環境γ線測定法
積算線量	蛍光ガラス線量計	蛍光ガラス線量計を用いた環境γ線測定法
環境試料中の放射能		
大気中浮遊塵の 全α放射能・全β放射能	ダストモニタ	全ベータ放射能測定法等
γ線放出核種	ゲルマニウム半導体検出器	ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー
ストロンチウム 90	低バックグラウンド全β放射能測定器	放射性ストロンチウム分析法
トリチウム	液体シンチレーションカウンタ	トリチウム分析法
プルトニウム 238, プルトニウム 239+240	シリコン半導体検出器	プルトニウム分析法
排水の全計数率	放水口モニタ (NaI シンチレーション検出器)	

各測定法については、17 ページ以降で詳述している。

## 7 異常時の対応

### (1) 測定値の変動と平常の変動幅

測定値は、主に以下の原因により変動が起こりうる。

- ア 試料の採取及び処理方法、測定器の性能、測定方法等の測定条件の変化
- イ 降雨、降雪、雷、積雪等の気象要因並びに地理及び地形上の要因等の自然条件の変化
- ウ 核爆発実験等の影響
- エ 医療及び産業用の放射性同位元素等の影響
- オ 原子力施設の運転状況等の変化

一方、原子力発電所の通常運転時又は運転停止時であって、測定条件等が適切に管理されている場合においては、ウ及びエの原因による測定値の変動を除き、測定値の変動がある一定の中に収まると考えられる。この幅を「**平常の変動幅**」という。

平常の変動幅は、次の方法により設定し、年度ごとに見直している。

#### 【平常の変動幅の設定方法】

測定項目	平常の変動幅の設定方法
① 空間放射線量率	過去5年間の最小値～最大値
② 積算線量	
③ 大気中浮遊塵の全 $\alpha$ ・全 $\beta$ 放射能	
④ 放水口モニタ	
⑤ 環境試料中の放射能（③を除く。）	東電事故前5年間の最小値～最大値

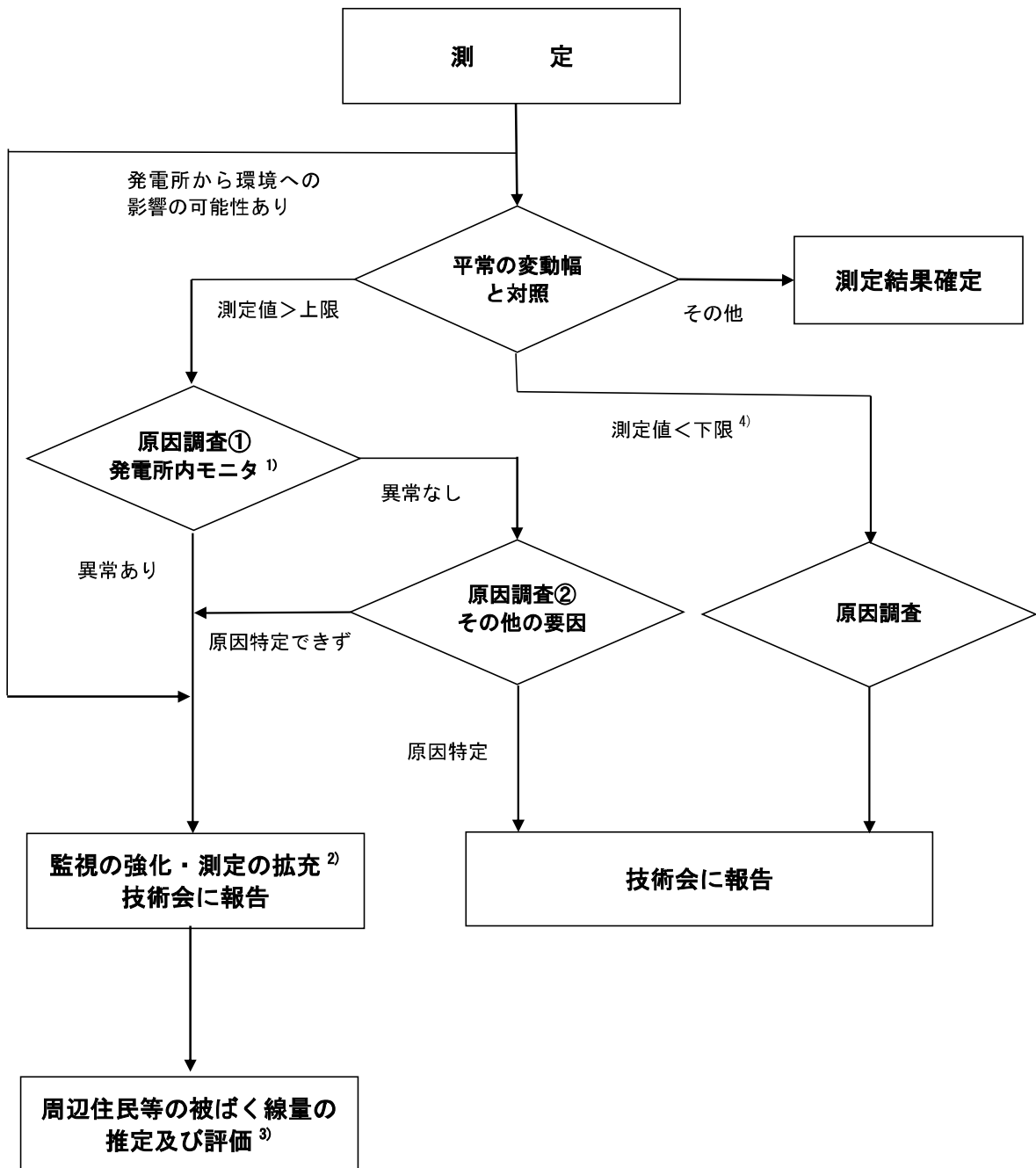
### (2) 異常時の対応方法

測定実施機関は、測定値が平常の変動幅内に収まっているかどうかを確認し、平常の変動幅を上回った場合は、原因調査を行う。（5の(4)及び(5)の測定については、浜岡原子力発電所以外の要因について調査を行う。）

原因調査の結果、浜岡原子力発電所からの影響と判断した場合（影響があった可能性を否定できないと評価した場合を含む。）には、監視の強化や測定の拡充を行うとともに、住民等の被ばく線量の推定及び評価を行うこととなる。

以下に**異常時の対応の流れ**を示す。

【異常時の対応の流れ（5の(1)～(3)の測定）】



注 1) 発電所内の格納容器雰囲気モニタ、燃料交換エリア換気モニタ、モニタリングポスト等をいう。

注 2) モニタリングステーションのデータ確認を頻繁に行うことやダストモニタのろ紙送り間隔を短縮することに加え、可搬型モニタリングポスト等を設置することにより、空間放射線量率等の分布及び経時の変化を把握する。また、発電所の状況に応じ、適当な環境試料を選定し、採取及び測定数を増やすことを行う。

注 3) 技術会が定める「浜岡原子力発電所周辺環境放射能測定に係る測定法及び評価方法」に従って行う。

注 4) 空間放射線量率及び排水の全計数率並びにこれら以外の測定で妥当性に疑いがある場合に限る。

## 8 周辺住民等の被ばく線量の評価

浜岡原子力発電所からの影響を認めた場合に、発電所周辺住民等の被ばく線量を推定し評価することになる。

被ばく線量は、外部被ばくと内部被ばくに区分し、それぞれ空間放射線量率と環境試料中の放射能の測定結果から推定することになる。

1990年、国際放射線防護委員会（ICRP）は、管理された線源からの公衆の被ばく線量限度（医療被ばくを除く。）を年1mSvと勧告した。

このため、平常時モニタリングにおいては、測定結果から周辺住民等の被ばく線量を推定した場合、年1mSvよりも十分に低いことを確認する。

なお、国において、発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値を年0.050mSvとしていることから、「1mSvよりも十分に低い」ことを示す比較対照値を0.050mSvとする。

食品衛生法上の放射性物質（放射性セシウム）の基準は、一般食品で100Bq/kg、飲料水で10Bq/kgなどと設定されている。これは、基準値の食品等を1年間摂取し続けたとしても、年間の被ばく線量が1mSvを超えないものとして設定されている。

100～200mSv以上の線量に対しては、がんになるリスクが上昇するという科学的証拠が存在するが、100mSv以下ではがん発症のリスクがどの程度かは不明であるとされる。

国際放射線防護委員会では、低線量・低線量率の場合、がんの死亡確率は100mSvあたり約0.5%高くなるとして防護を考え、これを念頭に、緊急時被ばくの参考レベルを20～100mSv/年、事故後の復旧段階の参考レベル1～20mSv/年としている。

平常時の線量限度（年1mSv）については、これを超えると危険だとか、ここまでは安全と誤解されることがあるが、前述のとおり、100mSv以下のリスクは不明であり、安全と危険の境界線ではない。現実的に可能な範囲でできる限り低く被ばくを抑えることが原則である。

### （参 考）

#### ○ 内部被ばくによる預託実効線量が年0.05mSvとなる大気及び食品中の放射能

単位：大気（Bq/m<sup>3</sup>）、食品（Bq/kg 生）

種 類	大 気	葉 菜	魚 類	無脊椎動物	藻 類
セシウム 137	0.16	105	53	530	260
ストロンチウム 90		49	24	240	120
トリチウム	24				
1日あたり摂取量	22.2m <sup>3</sup>	100g	200g	20g	40g

（注）1日当たりの摂取量を1年間摂取し続けた場合の放射能。洗浄等による除去は考慮していない。

#### ○ カリウム 40（自然放射性核種）による被ばく線量

（例）1日にキャベツ（葉菜）100gを1年間食べ続けた場合の内部被ばくによる預託実効線量（カリウム40について推定）

約70Bq/kg（K-40 令和元年度測定値） ⇒ 被ばく線量 約0.016mSv

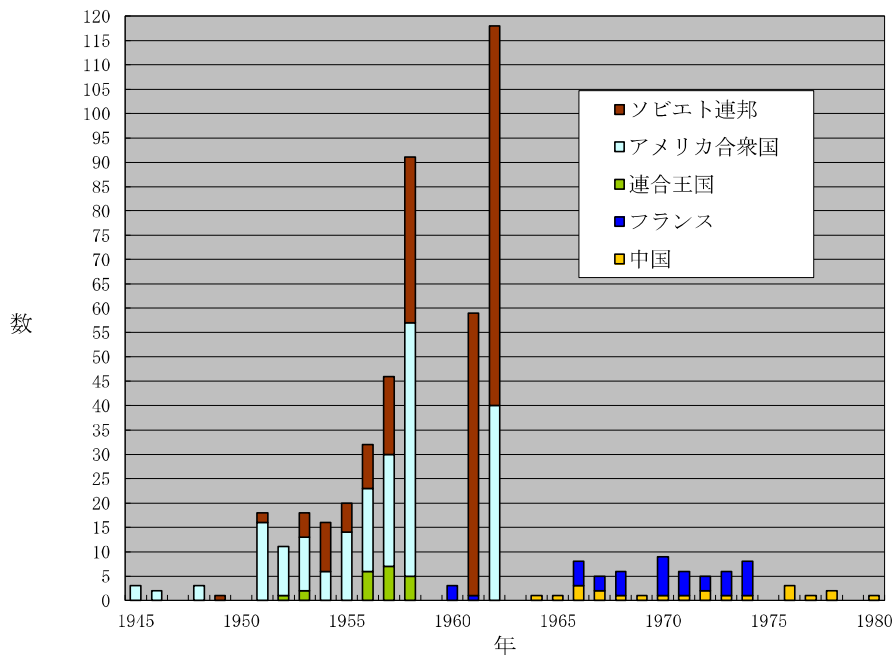
## 9 過去の大気圏内核爆発実験の影響

### (1) 大気圏内核爆発実験

#### ア 実施数

下図に示すとおり、1945年（昭和20年）から1980年（昭和55年）まで、旧ソ連、米国、イギリス、フランス及び中国により500回以上の大気圏内核爆発実験が行われた。

大気圏内核爆発実験の実施数



#### イ 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 核爆発実験直後の放射性降下物中の核種は、短半減期の核種の占める割合が大きく、爆発後の経過時間によって、その割合が大きく変わる。  
核爆発後数日から1週間位までの間に、大気中浮遊塵や降水に検出される主な核種は次のようなものである。

Sr-90, Sr-91, Zr-95, Nb-95, Zr-97, Mo-99, I-131, Te-132, I-132, I-133, Cs-137, Ba-140, La-140, Ce-143, Np-239

- ③ 中国大陸で行われた大気圏内核爆発実験を例にとると、日本に現れる影響は、通常、爆発後、2～3日に第1の山があり、その後1週間から10日後に第2の山がある。第1の山は、大気圏に注入された核分裂生成物が直接到着したものであり、第2の山は日本上空を通過後、地球を一周した後に到着したものである。地域差はあるが、一般的に到着時間は西日本が早く、順次東に移動していく。これは、日本上空を流れる偏西風によるものである。

(注) 平常時モニタリングについて（原子力災害対策指針補足参考資料）（原子力規制庁）から引用



## ウ 我が国の監視体制

### ① 経緯

1961年（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きたが、2003年（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、県内各地で調査を行っている。

## エ 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。

2008年の報告書によれば、大気圏内核実験により地球環境に放出された人工放射性核種は、トリチウムは186,000PBq、ストロンチウム90は622PBq、セシウム137は948PBq、プルトニウム239は6.52PBq、プルトニウム240は4.35PBqなどと推定されている。（P：ペタは $10^{15}$ ）

また、報告書では、「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年に最も高く（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 $^{137}\text{Cs}$ に起因する。」としている。

## 10 東電事故等の影響

### (1) 東電事故等で検出された核種

東電事故では、2011年（平成23年）3月12日、14日及び15日に放出された放射性物質は、北西から南西の陸地に拡散し、大量の放射性物質が地上に沈着した。

東電事故や1986年に起きたチェルノブイリ原子力発電所事故（以下「チェルノブイリ事故」という。）では、次の核種が検出されている。

H-3, Co-58, Fe-59, Co-60, Zn-65, Kr-85, Rb-86, Sr-90, Sr-91, Y-91, Zr-95, Nb-95, Mo-99, Tc-99m, Ru-103, Ru-106, Ag-110m, Sn-113, Sb-125, Te-127, Te-129, Te-129m, I-130, Te-131m, I-131, Xe-131, Te-132, I-132, I-133, Xe-133m, Xe-133, Cs-134, Xe-135, Cs-136, Cs-137, Ba-140, La-140, Ce-141, Ce-144, Nd-147, Eu-152, Pb-203, Pu-238, Pu-238+239, Np-239<sup>1)</sup>

国際原子力・放射線事象評価尺度（INES）では、2つの事故はともに、放射性物質の放出量から最も深刻な事故であることを示すレベル7と評価されている。

両者の放出量を比較すると、希ガスであるキセノン133の放出量が東電事故の方が多いが、発電所の出力規模による炉内存在量の違いによるものと考えられる。

一方、放射性ヨウ素や放射性セシウムなどのより健康影響上の考慮が必要な核種については、チェルノブイリ事故の方が放出量が多い。このことについては、チェルノブイリ事故では、爆発した炉心が直接大気にさらされる状態になったことが要因の一つとされ、他方、東電事故は格納容器の大規模な破壊を防げたことが放出量抑制の要因の一つと考えられている。

#### 事故による核種ごとの推定放出量の比較<sup>2)</sup>

核種	半減期	環境への放出量（ $\times 10^{15}\text{Bq}$ ）	
		チェルノブイリ	東電
キセノン133	5日	6500	11000
ヨウ素131	8日	~1760	160
セシウム134	2年	~47	18
セシウム137	30年	~85	15
ストロンチウム90	29年	~10	0.14
プルトニウム238	88年	$1.5 \times 10^{-2}$	$1.9 \times 10^{-5}$
プルトニウム239	24100年	$1.3 \times 10^{-2}$	$3.2 \times 10^{-6}$
プルトニウム240	6540年	$1.8 \times 10^{-2}$	$3.2 \times 10^{-6}$

注1) 平常時モニタリングについて（原子力災害対策指針補足参考資料）（原子力規制庁）から引用

注2) 原子力安全に関するIAEA関係会議に対する日本国政府の報告書（2011年6月）などから引用

## (2) 東電事故の影響

浜岡原子力発電所周辺地域では、過去に行われた核爆発実験等の影響に加え、東電事故の影響により、現在も一部の試料で人工放射性核種が検出されている。

空間放射線量及び環境試料中の放射能の測定結果を基に、事故発生から 2011 年（平成 23 年）度末までに、発電所周辺住民等が受けた被ばく線量を計算したところ、安全側に評価しても、約 0.04mSv（建屋による線量の低減を考慮した場合は約 0.03mSv）であった。

この値は、公衆の年線量限度（1mSv）よりも十分に低く、健康への影響は心配ないレベルであった。

現在まで事故による追加的な影響はなく、また、測定結果は事故直後の値を上回ることなく漸減傾向を示していることから、事故による健康への影響はほとんどないと考えられる。

### 事故直後と現在の測定値の比較

試料	測定結果の最大値				単位
	平成 23 年度 <sup>1)</sup>		令和元年度		
	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	
大気中浮遊塵	7.78	8.21	* <sup>2)</sup>	0.0086	mBq/m <sup>3</sup>
降下物	617	611	*	0.080	Bq/m <sup>2</sup>
上水	*	*	*	*	mBq/L
土壌	21.6	28.4	0.87	11.4	Bq/kg 乾土
玄米	0.076	0.079	*	*	Bq/kg 生
キャベツ	0.056	0.065	*	*	Bq/kg 生
かんしょ	0.13	0.241	*	0.045	Bq/kg 生
みかん	0.96	1.14	*	0.018	Bq/kg 生
茶葉	44.6	45.5	*	0.18	Bq/kg 生
海水	4.5	6.1	*	4.1	mBq/L
しらす	0.21	0.21	*	0.082	Bq/kg 生
あじ	0.21	0.39	*	0.18	Bq/kg 生

注 1) 大気中浮遊塵及び降下物については、平成 23 年 3 月分を含めた値である。

注 2) 「\*」は「検出されず」を示す。

国連科学委員会（UNSCEAR）が発表した 2013 年の報告書によれば、東電事故後 1 年間で公衆が受けた被ばくによる実効線量は、福島県内で 1.0～9.3mSv、近隣県で 0.2～1.4mSv、その他の県が 0.1～0.3mSv と推定されている。（推定は情報不足等により一定の仮定を前提として行われており、その結果には不確かさが含まれているとしている。）

また、国連科学委員会は推定結果から、「事故により日本人が生涯に受ける被ばく線量は少なく、その結果として、今後日本人について放射線による健康影響が確認される可能性は小さい」としている。

## Ⅱ 測定の実際 (各測定の詳細)

1	空間放射線量率の測定	18
2	積算線量の測定	31
3	大気中浮遊塵の全 $\alpha$ ・全 $\beta$ 放射能の測定	33
4	$\gamma$ 線放出核種の測定	37
5	ストロンチウム 90 の測定	44
6	トリチウムの測定	48
7	プルトニウム 238, 239+240 の測定	51
8	排水の全計数率の測定	53
別記 1	測定値の表示方法	56
別記 2	測定目標値	57
別記 3	品質保証	58

## 1 空間放射線量率の測定

### 【測定法】

- **モニタリングステーション**に設置している **NaI シンチレーション検出器**により、空間放射線量率を24時間連続で測定している。データは2分間隔で取得し、**テレメータシステム**によって全てのデータが環境放射線監視センターに集約されている。
- 2分間隔で取得した2分間平均値5個から10分間平均値を、2分間平均値30個から1時間平均値を生成する。2007年（平成19年）度にテレメータシステムを更新してから2分間平均値の取得を開始した。
- NaI シンチレーション検出器は $\gamma$ 線に対して高い感度を有するため、低い線量率レベルを測定するのに優れている。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、光の強さに比例したパルス数を数える方式である。出力されるパルス信号には入射放射線のエネルギーとの比例関係があることから、 $\gamma$ 線スペクトルを解析することによって定性等が可能となる。線量率の計算には、低エネルギー領域で過大応答を示す特性を補正するため、G(E)関数法が採用されている。（21ページ参照）
- 当該検出器には、放射線の種類を識別可能なスペクトロメータを備えている。静岡県のテレメータシステムは、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、人工放射性核種の影響を弁別することが可能であり、東電事故では放射性プルームの流入を精度良く捉えることができた。
- モニタリングステーションには、このNaI シンチレーション検出器のほかに、原子力災害時の高線量下でも対応可能な電離箱検出器を備えている。NaI シンチレーション検出器による測定範囲は、 $10\text{nGy/h}\sim 10\mu\text{Gy/h}$ であるが、電離箱検出器は最大 $100\text{mGy/h}$ まで測定可能である。電離箱検出器は測定可能なエネルギー範囲が広く、宇宙線も測定するため、NaI シンチレーション検出器よりも、約 $30\text{nGy/h}$ 程高い値となる。
- モニタリングステーション等の環境 $\gamma$ 線連続モニタは、JIS規格上の性能が確保された機器を装備しており、測定範囲における相対基準誤差については $\pm 20\%$ となっている。（JIS Z 4325:2008）
- 原子力災害時用の測定器としては、シリコン半導体検出器やGM計数管検出器なども用いられる。本県では、避難の実施単位ごとに電子式線量計（シリコン半導体検出器）を配備しているほか、緊急時の追加測定用等として可搬型モニタリングポスト（NaI シンチレーション検出器+シリコン半導体検出器）も所有している。これらは、停電時にはバッテリーで駆動する。

## モニタリングステーション

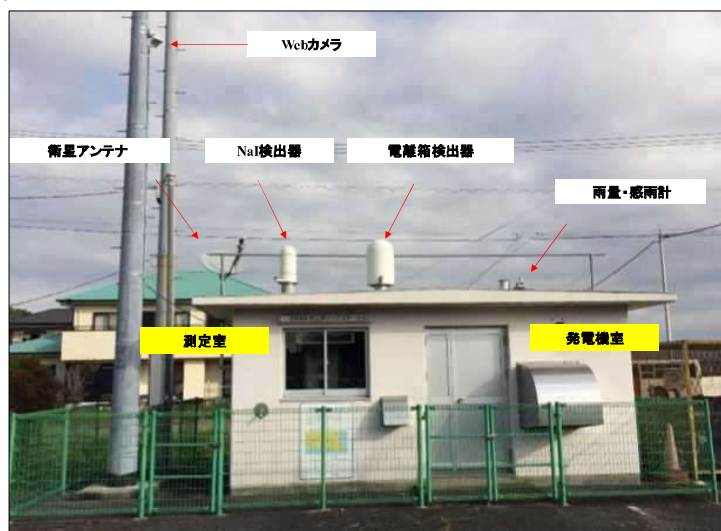
モニタリングステーションは、測定局舎内外に以下の機器を装備した施設である。  
併設している非常用自家発電機は、約5日分の燃料を保有している。

発電所10～30km圏内には、緊急事態への備えとして、東電事故後に「モニタリングポスト」を配備したが、呼び名が異なるだけで、装備や機能は同一である。

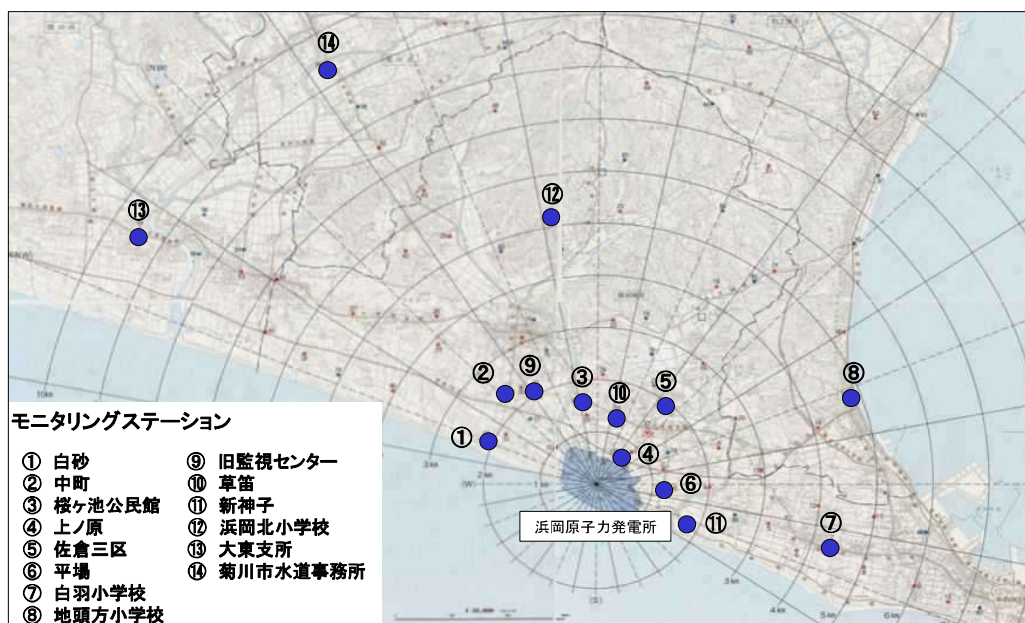
(装備機器)

- NaI シンチレーション検出器 (低線量率用)
- 電離箱検出器 (高線量率用)
- ダストモニタ (一部の局舎)
- 雨量計及び感雨計
- テレメータ装置
- 無停電電源装置
- 非常用自家発電機
- Web カメラ

### モニタリングステーション (大東支所)



### モニタリングステーションの位置



## テレメータシステム

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連続収集し、一元的に監視するための設備全体をいう。

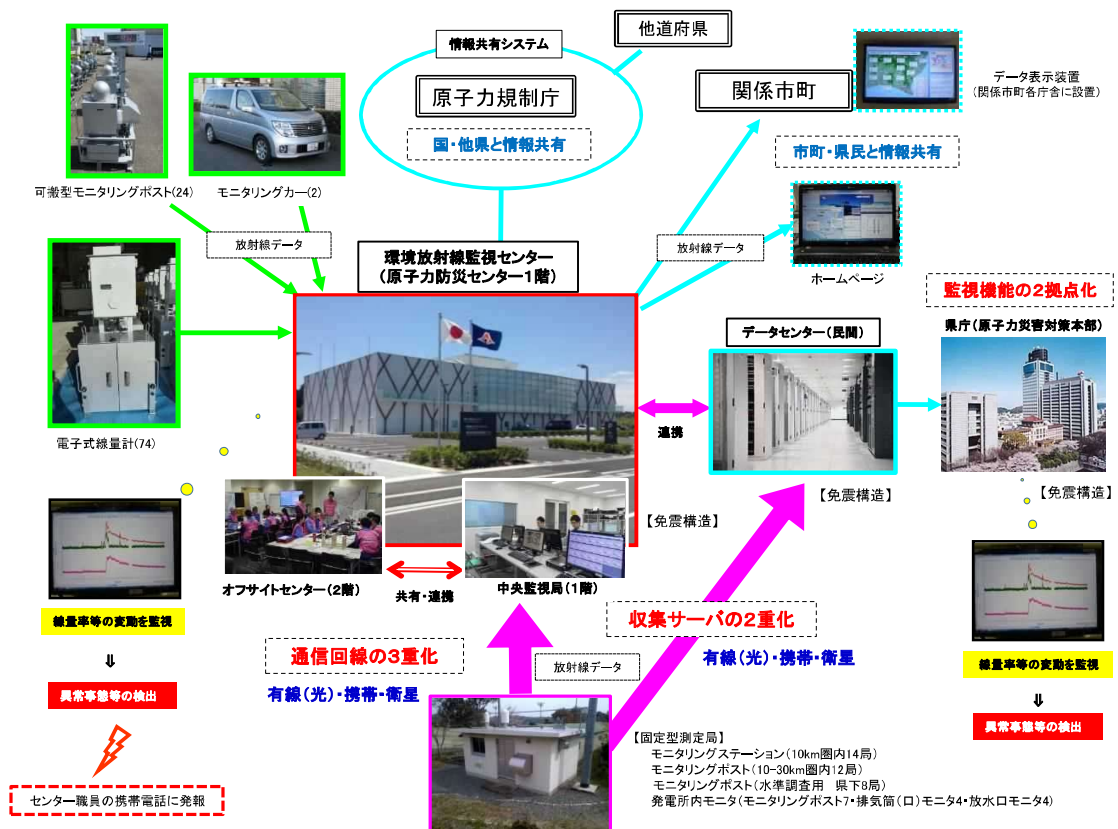
モニタリングステーションなどで測定している線量率等のデータは、テレメータシステムにより環境放射線監視センターに集約され、ホームページや発電所周辺市町に設置しているデータ表示装置へ配信される。また、原子力規制庁の情報共有サーバにも送信し、緊急時における防護措置の判断にも活用される。また、緊急事態にはモニタリングカーや可搬型モニタリングポスト等を稼働させるが、そのデータも収集することができ、同時に監視することができる。

東電事故時、福島県の監視機関では、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。

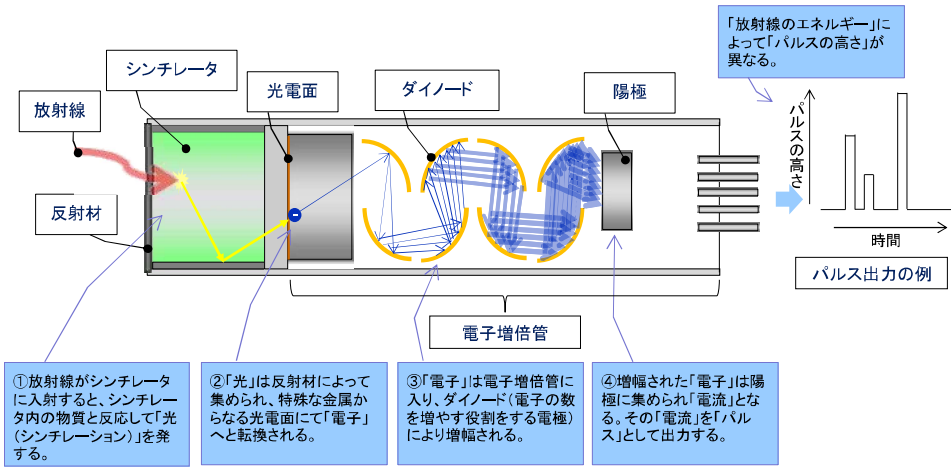
この教訓から、本県では次の対策を講じている。

- ① 環境放射線監視センターの移転（原子力防災センターの設置）※
- ② 収集サーバ及び測定機器の耐震性の向上
- ③ 収集サーバの2重化（監視センター及び民間データセンター）
- ④ 通信回線の3重化（有線（光）、携帯及び衛星回線）
- ⑤ 監視機能の2拠点化（県庁に監視端末を設置）

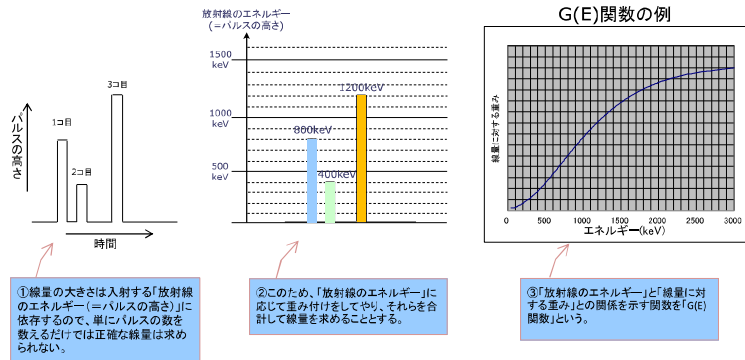
※ 2016年（平成28年）度に浜岡原子力発電所から約20km離れた富士山静岡空港隣接地に、オフサイトセンターと一体化した「原子力防災センター」を建設した。（免震構造 平成28年3月竣工）



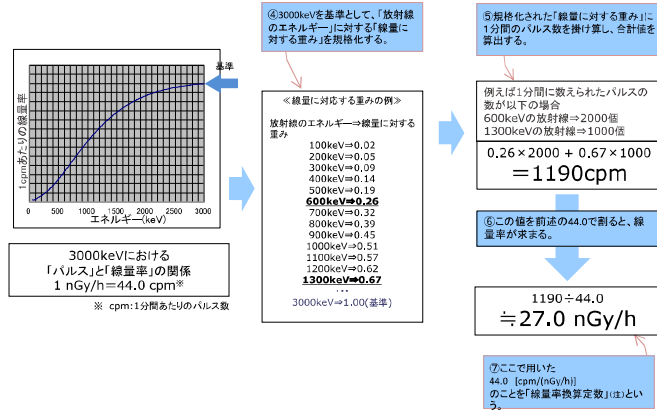
# NaI シンチレーション検出器



## 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。



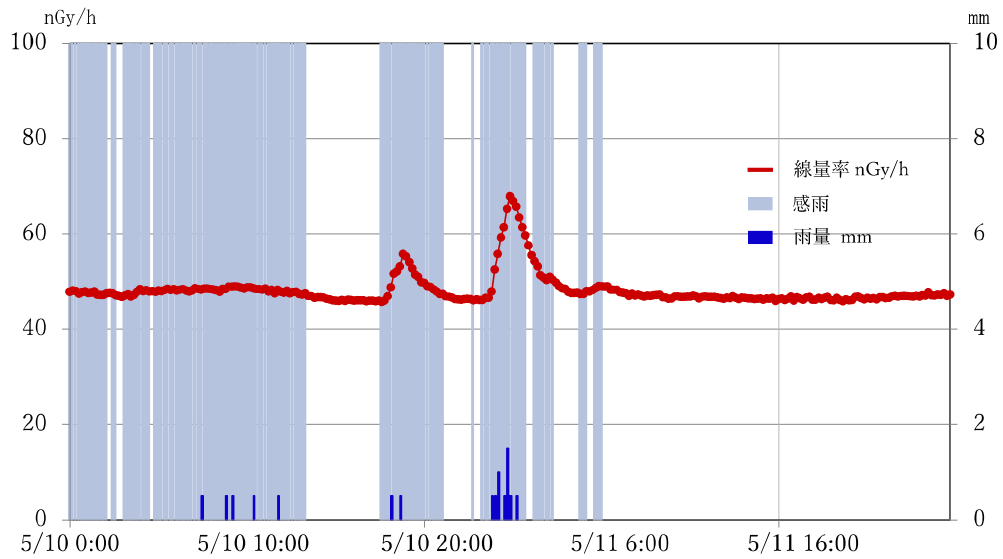
## スペクトル解析

スペクトロメータでは、線量率を自然放射性核種寄与分と人工放射性核種寄与分とに弁別することが可能である。(ゲルマニウム半導体検出器のように高分解能ではないため、核種ごとの定量はできない。)

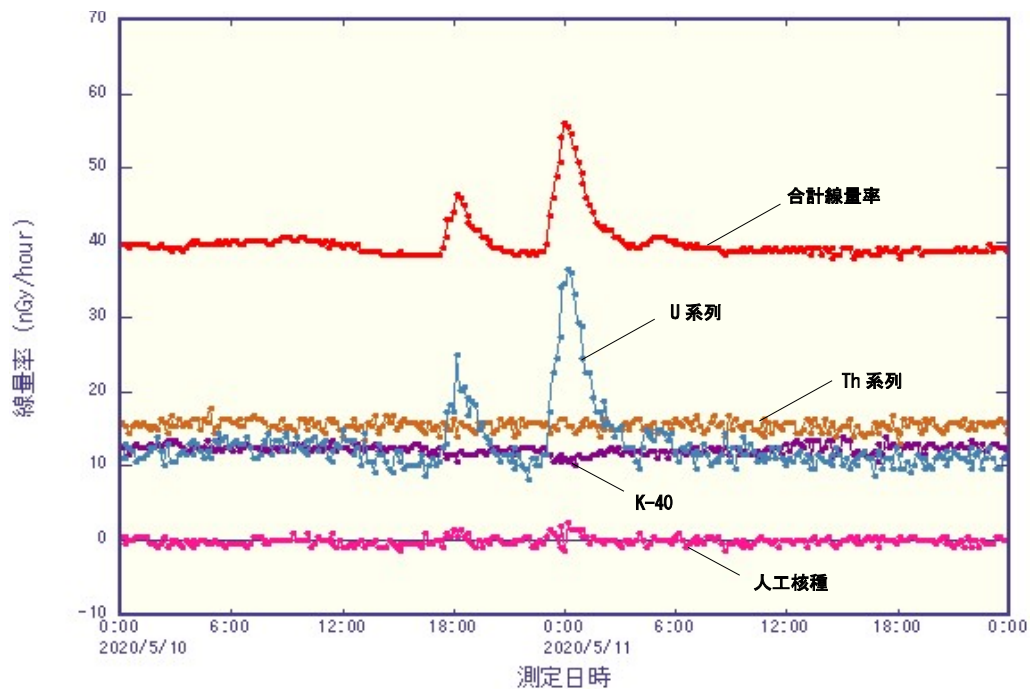
自然放射性核種の線量率については、更に、ウラン (U) 系列、トリウム (Th) 系列及びカリウム 40 (K-40) の3成分に分けることができる。

降雨があると、ウラン系列の線量率が上昇する。

### 降雨による空間放射線量率の変動 (菊川市水道事務所 令和2年5月10日~11日)



↓ スペクトル解析



## 【調査のポイント】

- 発電所周辺 10km 圏内には、空間放射線量率を常時測定しているモニタリングステーションが 14 地点あり、**予期しない放射性物質の放出を早期に検出**できるよう、発電所に近い位置を中心に、各方位それぞれに配置している。
- 発電所から放射性物質の放出があった場合には、線量率の測定結果をもって、**住民等の外部被ばく実効線量を推定・評価**する。
- 線量率の値は地点ごとに異なるが、通常時の降雨がない条件下で約 40~60nGy/h の範囲である。現在の測定値は、**東電事故の影響を検出できないレベル**になっている。

- 14 地点の測定局舎のうち、次のとおり 8 か所が県所有、6 か所が中部電力所有となっている。

県：白砂、平場、旧監視センター、草笛、新神子、浜岡北小、大東支所及び菊川市水道事務所  
中電：中町、桜ヶ池公民館、上ノ原、佐倉三区、白羽小及び地頭方小

- 技術会の報告値は、10 分間平均値と 1 時間平均値だが、それらは 2 分間平均値から生成される。2 分間平均値は、10 分間平均値及び 1 時間平均値に異常があった場合の分析に用いるほか、緊急時では、放射線量の変動が激しくなるため、2 分間平均値で監視を行うことになる。
- **線量率が測定地点によって違う値を示すのは、地質の違い（土壌中のウラン（U）系列、トリウム（Th）系列及びカリウム 40（K-40）の構成比の違い）や周辺に存在する建物等の有無などが主な原因**である。
- 線量率は常に一定ではなく、日変動及び季節変動がある。その主な要因は、**大気中を浮遊するラドンの崩壊生成物（自然放射性核種）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、地中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。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、秋~冬に高く、春~夏に低い傾向がある（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。
- 日常の変化では、**降雨によって線量率が一時的に上昇**する。これは、雨粒とともに大気中のラドンの崩壊生成物が地表面付近に落ちてきて溜まるためである。（50nGy/h 以上上昇することもある）。なお、降雨量と線量率の上昇幅に相関関係はなく、台風の接近・通過があっても、必ず線量率が大きく上昇するというわけではない。
- 逆に、降雨によって雨水が測定地点周辺の広い範囲で溜まり続けることにより線量率が下がることもある。これは、地中のラドンの崩壊生成物からの放射線が雨水によって遮蔽されるからである。同様に、大型の車両が測定局舎付近に駐車している場合も、車両が遮蔽体となって線量率が下がることもある。（変化量は、数 nGy/h 程度である。）
- **東電事故による影響**は、人工放射性核種寄与分として最大で 20 数 nGy/h の上昇が見られた。（降雨による自然放射性核種の増加分を加味すると約 40Gy/h の上昇）そ

の後、人工放射性核種の物理減衰以上に、ウェザリング効果（風雨等の自然要因による放射性物質濃度の減衰）等により、1年とは経たない間に、NaI シンチレーション検出器によるスペクトル解析では検出できないレベルとなった。また、可搬型ゲルマニウム半導体検出器による精密測定でも、1nGy/h 以下になっていることを確認している。

- 現在、東電事故による人工放射性核種は、土壌の測定では検出されているように、なくなっているわけではないが、線量率への寄与はほぼ認められず、**観測される測定値は自然放射線由来と考えてよい**。令和元年度の測定結果から、自然放射線による外部被ばく線量は、年間約 0.29mSv と推定される。（建物による線量の低減は考慮していない。）（日本平均約 0.33mSv，世界平均約 0.48mSv）
- 浜岡原子力発電所周辺においては、東電事故以外にも過去に自然変動（自然放射性核種の変動）以外の要因で線量率が上昇したことがある。測定局舎近隣の工場で行われた X線非破壊検査、放射性医薬品を投与された患者の接近などがその例としてあり、数百 nGy/h 上昇したこともある。これらは、前述のスペクトロメータによって自然変動と区別することが可能である。

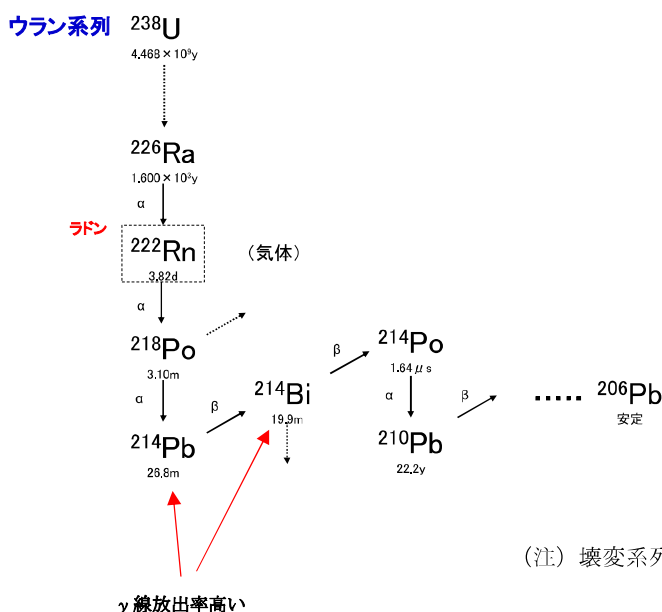
### ラドンの崩壊生成物

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 ( $^{238}\text{U}$ ) は、決まった壊変系列にしたがって次々と崩壊する。これを親元素の名前をとってウラン系列と呼ぶ。

これらの崩壊は、土壌中で起こるが、途中で気体の核種であるラドン 222 ( $^{222}\text{Rn}$ ) が生成し、その一部が大気中へ散逸する。

ラドンは、トリウム系列に属するラドン 220 ( $^{220}\text{Rn}$ )、アクチニウム系列に属するラドン 219 ( $^{219}\text{Rn}$ ) も大気中に存在するが、ラドン 222 が最も線量率への寄与が大きい。

ラドン 222 は、ポロニウム、鉛、ビスマスなどの粒子状物質に変化し、大気中の微細なちりに付着して浮遊しているが、その中で、鉛 214 ( $^{214}\text{Pb}$ ) やビスマス 214 ( $^{214}\text{Bi}$ ) などが線量率の上昇に寄与する。



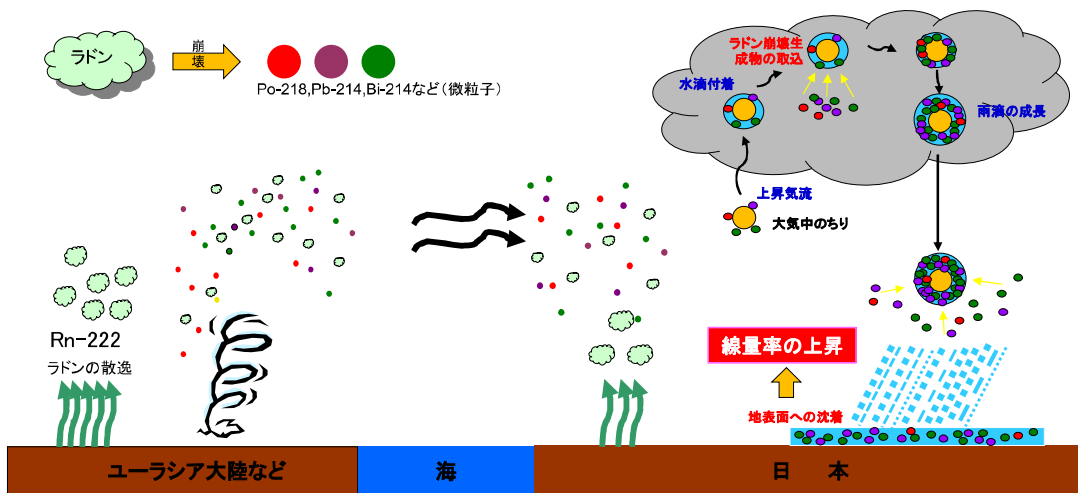
(注) 壊変系列の一部を省略して記載している。

### 降雨によって線量率が上昇する仕組み

地中から散逸したラドンは、崩壊し、 $\gamma$ 線を放出する鉛やビスマスに変化する。これらは空気中の塵などに付着して浮遊しているが、上空に積乱雲があると、上昇気流に乗って雲中に取り込まれ、雨滴の核となってラドンの崩壊生成物を更に取り込みながら成長する。

降雨によりこれら雲中及び大気中のラドンの崩壊生成物が地表に降下・沈着することで線量率が上昇する。

ラドンの崩壊生成物の半減期は短いため、雨が収まると、程なくして元の値に戻る。



偏西風に乗って日本に飛来