

## Ⅲ 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〕

#### IAEA（国際原子力機関）

International Atomic Energy Agency の略称。  
「国際原子力機関」の項を参照。

#### ICRP（国際放射線防護委員会）

International Commission on Radiological Protection の略称。  
「国際放射線防護委員会」の項を参照。

#### ICP-MS

Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry の略称。  
重金属の測定などに使われる汎用的な測定装置。原子をイオン化し、その質量と電荷を利用して原子の種類や同位体を識別し、個別に検出する。

#### INES（国際原子力・放射線事象評価尺度）

International Nuclear and Radiological Event Scale の略称。

#### $\alpha$ （アルファ）線

$\alpha$  壊変（原子番号が 2 減少、質量数が 4 減少）によって原子核から放出される  $\alpha$  粒子。運動エネルギーを持った He-4 の原子核である。

#### UNSCEAR（原子放射線の影響に関する国連科学委員会）

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation の略称。  
「（原子放射線の影響に関する）国連科学委員会」の項を参照。

#### 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、雲の下から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、中性子やミュオン等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、ベリリウム 7 等の反応生成物を生じさせる。

### **別記3 品質保証**

測定実施機関は、得られたデータの品質が客観的に見て、適切なレベルに維持されていることを保証するため、次のことを行っている。

#### **1 定期的な保守点検等**

使用している測定器については、定期的に保守点検を行い、性能が適切に維持されていることを確認する。また、性能等が適切に維持可能な時期において測定器を更新する。

校正については、国家標準とトレーサブルな校正用線源や校正用機器を使用する。

#### **2 精度管理**

放射能測定の精度管理として、定期的に、分析専門機関である（公財）日本分析センターとの間で ISO/IEC17043：2010「適合性評価-技能試験に対する一般要求事項」（JIS Q 17043：2011）に準じ、分析の妥当性を確認する。

また、空間放射線量率の測定については、定期的に実用線源を用いた確認校正（JIS Z 4511:2005）を行う。

#### **3 職員の教育訓練**

測定に携わる職員については、モニタリングに係る知識及び技能を取得するため、OJT による訓練の実施や外部機関の研修を受講する。

#### **4 委託先調査**

前処理や分析の一部については、民間機関へ委託しているため、当該委託先における品質保証体制の適切性等について調査する。

## 【調査のポイント】

- 陸域だけでなく、**海域への予期しない放射性物質の放出を早期に検出するための測定が必要だが、敷地外での測定が困難なため、中部電力が実施する放水口モニタの測定を平常時モニタリングに位置付けている。**
  - 発電所敷地内には4か所の放水口モニタがある。中部電力では、従来から防災目的で放水口モニタによる排水の連続測定を行っていたが、令和2年度から技術会における測定計画に組み入れた。
  - 測定値は、降雨がない通常時で約5~10cpsの範囲である。**降雨等による自然放射性核種の変動によって測定値が上昇することがある。**
- 
- 発電所敷地内の雨水は、一般排水桝を通じて放水路に流入する。排水に雨水が流入すると、雨水中の自然放射性核種の影響により、放水口モニタの値が上昇することがある。(数10cpsとなることもある。)
  - プラントの状態によって、放水路を流れる排水の流量に大きな差がある。プラント運転中では排水の流量が多いため、雨水の流入があっても希釈効果は大きくなる。一方、プラント停止中や廃止措置中の1,2号機では排水の流量が少ないため、降雨の影響を受けやすい。
  - 特に、1,2号機放水口モニタは、次の理由から降雨の影響を受けやすく、他のプラントよりも測定値が上昇する傾向がある。
    - ▶ 雨水を含む発電所敷地内の約70%の一般排水の流入や一般河川からの流入がある。
    - ▶ 廃止措置中のプラントであるため、冷却用海水の量が少ない。
  - サンプル水の砂の量は、海の荒れや台風等により異なるため、毎週、放水口モニタを停止して沈砂槽の砂の堆積状況を確認している。水サンプル内の砂の堆積による測定値の上昇や配管内の砂の堆積によってサンプル水の汲み上げができなくなると、砂の除去のために、数日間、放水口モニタを停止し、清掃を行う。

## 別記2 測定目標値

モニタリングの目的を実現するため、現在の技術的水準を踏まえ、最低限測定することが必要な検出可能レベル（検出下限値）を「**測定目標値**」として設定している。測定目標値の一部を以下に示す。

### (1) 周辺住民等の被ばく線量の推定及び評価

#### ア ゲルマニウム半導体検出器による機器分析

試料	測定目標値				単位	供試量
	Co-60	I-131	Cs-134	Cs-137		測定時間
農産物・海産生物	0.2	—	0.2	0.4	Bq/kg 生	灰 40g 相当 50,000 秒
農産物・海産生物 (直接法)	—	0.8	—	—	Bq/kg 生	2×10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> 相当 20,000 秒

#### イ 放射性ストロンチウム分析

試料	測定目標値	単位	供試量
	Sr-90		測定時間
農産物・海産生物	0.2	Bq/kg 生	灰 10g 相当 80 分

### (2) 環境における放射性物質の蓄積状況の把握

#### ゲルマニウム半導体検出器による機器分析

試料	測定目標値	単位	供試量
	Cs-137		測定時間
土壌・海底土	3	Bq/kg 乾土	100g 乾土 50,000 秒

### (3) 緊急事態が発生した場合への平常時からの備え

#### ア ゲルマニウム半導体検出器による機器分析

試料	測定目標値			単位	供試量
	Co-60	Cs-134	Cs-137		測定時間
土壌	3	3	3	Bq/kg 乾土	100g 乾土 50,000 秒

#### イ 放射性ストロンチウム分析

試料	測定目標値	単位	供試量
	Sr-90		測定時間
陸水	0.4	mBq/L	100L 80 分
土壌	0.4	Bq/kg 乾土	100g 乾土 80 分

#### ウ トリチウム分析

試料	測定目標値	単位	供試量
	H-3		測定時間
陸水・海水	1	Bq/L	50mL 10分×20回×3サイクル

#### エ プルトニウム分析

試料	測定目標値		単位	供試量
	Pu-238	Pu-239+240		測定時間
土壌	0.04	0.04	Bq/kg 乾土	50g 乾土 24 時間



## 排水の全計数率の測定

### 【測定法】

- 発電所内で発生した排水（放射性液体廃棄物、洗濯水等）をタービンで使用した蒸気冷却用海水とともに海域へ放出する際、放水路を流れる排水の一部を取り出し、 $\gamma$ 線の計数率を測定する。この測定に使用する装置を**放水口モニタ**と呼んでいる。
- 放水口モニタは、放水路を流れる排水の一部を取り出すサンプリング装置、水サンプラ、NaI シンチレーション検出器等で構成される。
- 放水路から取り出した排水は、沈砂槽で砂をある程度沈降させ、検出器を装備した水サンプラ内へ導入し、連続で $\gamma$ 線を測定する。放水路を流れる排水が少なくなっても、停止することなく測定し続けている。
- また、沈砂槽の水は、コンポジットサンプラで一定周期毎にサンプリングし、Dayタンクに1日分、Weekタンクに1週間分のサンプル水を溜めている。放水口モニタの測定値に異常があった場合、Dayタンク又はWeekタンクのサンプル水の放射能を測定することにより、異常の有無を確認することができる。
- 測定値は、検出器に入射した $\gamma$ 線の1秒間あたりの数（計数率）を意味する「cps」（count per secondの略）という単位で表示される。
- データは、浜岡原子力発電所の中央制御室で監視・記録されるとともに、テレメータシステムにより県環境放射線監視センターへ送信される。

### 放水口の位置



## **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。

## **核分裂生成物**

核分裂によってできた核種又はそのような核種（核分裂片）から放射性崩壊によってできた核種のことをいう。FP (Fission Products) とも略称される。核分裂によって生成される核種は主に質量数が 90 と 130 前後の核種が多く、代表的なものとして、ストロンチウム 90、ヨウ素 131、セシウム 137 などがある。

## **カリウム 40 (<sup>40</sup>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いため、内部被ばく線量への寄与も大きい。

## **γ（ガンマ）線**

エックス線や光と同じ電磁波である。多くの放射性原子核は、壊変後、励起状態の原子核になる。励起状態にある原子核が、より低いエネルギーの励起準位（又は基底準位）に遷移する際に放出される電磁波はγ線である。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γ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γ線を放出する。

## **機器分析**

放射性核種が放出するγ線は特有のエネルギーを持つため、γ線のエネルギーごとの量を調べることで、放射性核種の種類とその放射能を知ることができる。このγ線の測定にゲルマニウム半導体検出器が用いられ、その分析法を機器分析という。

## **緊急事態**

原子力災害対策指針（原子力災害対策特別措置法第 6 条の 2 の規定により原子力規制委員会が原子力災害対策の円滑な実施を確保するために定めた指針）に基づく警戒事態、施設敷地緊急事態及び全面緊急事態をいう。

## **緊急時モニタリング**

原子力災害対策指針（原子力災害対策特別措置法第 6 条の 2 の規定により原子力規制委員会が原子力災害対策の円滑な実施を確保するために定めた指針）に基づく施設敷地緊急事態及び全面緊急事態（放射性物質又は放射線の異常な放出又はそのおそれがあるとき）に実施する環境放射線モニタリングのことをいう。

## **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 $\gamma$ 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）である。

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**

$\gamma$ 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 $\gamma$ 線スペクトルを解析することにより、 $\gamma$ 線放出核種の種類と量を精密に調べることができる。

## **計数誤差**

放射性核種が放射線を放出して他の物質に変化する現象を放射性壊変というが、この現象は確率的現象の一つで、ある 1 個の放射性核種がいつ壊変するか予測できない。

そのため、同じ試料を同じ時間だけ測定しても、毎回同じ数の放射線が検出されるわけではなく、必ずばらつきがある。このばらつきを計数誤差又は統計誤差という。この誤差は 1 回の測定で統計学的に推定することができ、検出された放射線の数（計数値）の平方根及び測定時間から求められ、これを一般的に計数誤差という。計数値を  $N$ 、測定時間を  $t$  とすると、 $\sqrt{N/t}$  となる。

## **計数率**

放射線を計数装置（測定器に入射した放射線の数を数える装置）で測定したときの単位時間あたりの数（カウント数）をいう。1 分間あたりの計数率は cpm と表記し、1 秒間あたりの計数率は cps と表記する。

## 別記1 測定値の表示方法

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)  $0.04154 \pm 0.008818 \Rightarrow 0.042 \pm 0.009 \Rightarrow 0.042$  (測定値)

### (パターン2) 放射能値2桁±標準偏差2桁

(例)  $0.09938 \pm 0.01352 \Rightarrow 0.099 \pm 0.014 \Rightarrow 0.099$  (測定値)

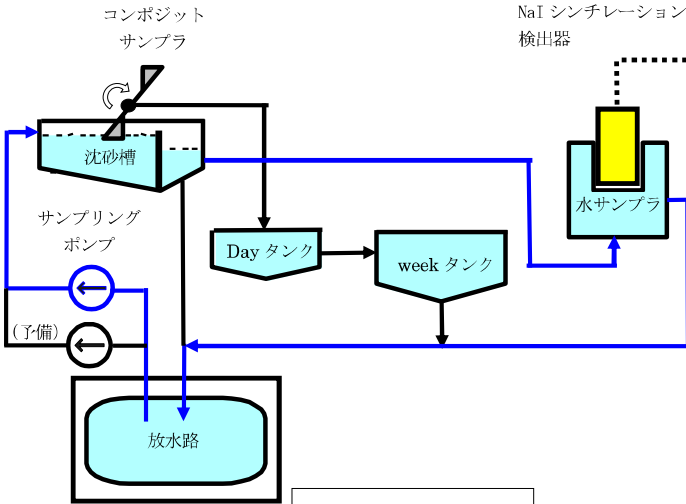
### (パターン3) 放射能値3桁以上±標準偏差1桁

(例)  $74.72 \pm 0.7039 \Rightarrow 74.7 \pm 0.7 \Rightarrow 74.7$  (測定値)

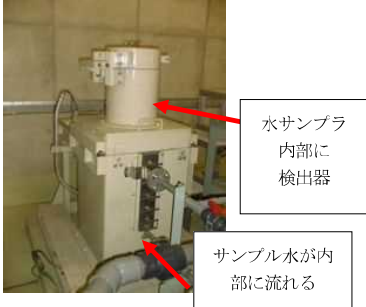
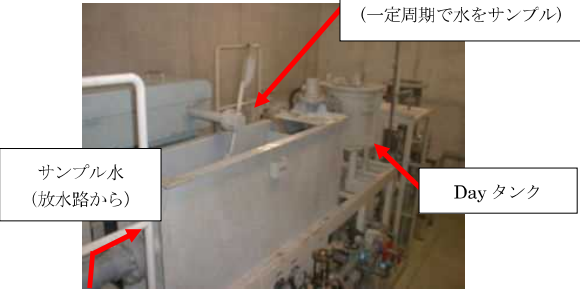
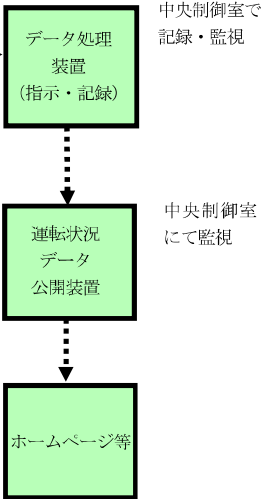
※ 過去には、測定値の表記を全て有効数字2桁で統一していた時期があったが、2008年(平成10年)度第2回の技術会において、当時の顧問から、国の「環境放射線モニタリング中央評価専門部会」において示された、「標準偏差の有効数字1桁目までを記載する」との考え方を採用すべきとの指摘を受けて対応したものである。(パターン3の例のケースに適用)

# 放水口モニタの構成

## 【サンプリング装置】



## 【モニタ】



### **液体シンチレーションカウンタ**

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 シンチレーション検出器**

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。

### **エリアモニタリング設備等**

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のことをいう。

格納容器雰囲気モニタは、原子炉格納容器に設置している電離箱検出器で原子炉から放出される $\gamma$ 線を測定し、中央制御室で監視している。（測定範囲  $10\sim 10^8$ mSv/h）

燃料交換エリア換気モニタは、使用済燃料貯蔵エリアに設置しているシリコン半導体検出器で使用済燃料貯蔵プールから放出される $\gamma$ 線を測定し、中央制御室で監視している。（測定範囲  $10^{-3}\sim 10$ mSv/h）

なお、発電所のモニタリングポストは、モニタリングステーションと同様の設備で発電所周辺敷地境界付近の空間放射線量率を測定し、中央制御室で監視している。

## **〔力行〕**

### **壊変**

「崩壊」の項を参照。

### **核種**

原子核の種類の意味。一般に、核種は原子番号と質量数によって一義的に決まる。

### **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。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。