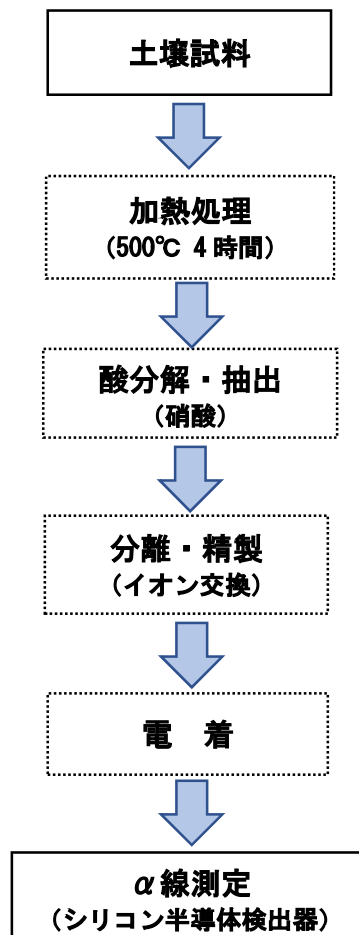


7 プルトニウム 238, 239+240 の測定

【測定法】

- プルトニウム 238 (^{238}Pu) 及びプルトニウム 239+240 ($^{239+240}\text{Pu}$) の測定は、 γ 線を放出する核種に比べて、測定前の試料調整等に相当な時間を要する。また、核燃料物質に相当する標準溶液を使用するため、国から使用許可を受けた施設でないと測定ができないことから、本県では民間の分析機関へ委託している。
- 分析方法は、対象試料を前処理（加熱・酸分解）・濃縮後、イオン交換樹脂でプルトニウムを分離精製し、ステンレス板上に電着して測定試料とする。測定はシリコン半導体検出器を用い、プルトニウムの α 線スペクトルにより定量する。
- プルトニウム 239 (^{239}Pu) とプルトニウム 240 (^{240}Pu) は、それぞれの核種が放出する α 線のエネルギーがほぼ等しく、区別して定量することができないため、両方の核種の合計として定量する。
- 緊急時の迅速分析法として、ICP-MS を用いた方法がある。試料をマイクロウェーブ分解装置を用いて加圧分解し、ミニカラムを用いて、硝酸系及び酢酸系の2種類のカラムを通すことで、プルトニウムを分離・精製し、試料溶液中のプルトニウムを ICP-MS で定量する。

分析・測定の流れ（例）



【調査のポイント】

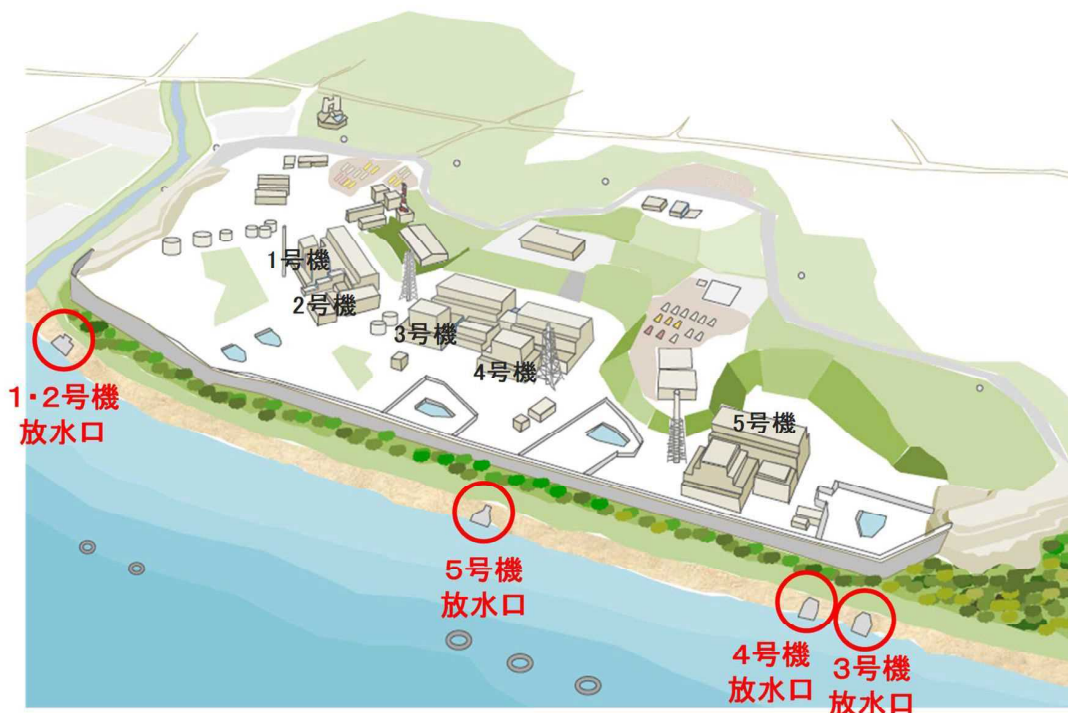
- プルトニウムは、過去の核爆発実験等の影響により、わずかだが環境中に存在する。また、原子炉内にも存在するため、土壤中のプルトニウムを事前に把握しておくことで、緊急事態への備えとする。
 - 土壌採取地点は、緊急事態における採取候補地として「静岡県緊急時モニタリング実施要領」で定めている場所である。発電所 10km 圏内では 5 か所が選定されている。
 - 令和 2 年度から調査を開始しているので、平常の変動幅は定めていない。
-
- プルトニウムは、原子番号 94 の原子で、94 個の陽子と 140～150 個程度の中性子から構成される原子核を持っており、全ての同位体が不安定（放射性）である。
 - 消化管では吸収されにくいので、食べ物を介して体内へ取り込まれるよりも、呼吸と共に肺から取り込まれた場合に問題となり、肺から血管に入り血流によって移動し、骨や肝臓に沈着する。プルトニウムはこうした器官内で α 線を出すため、肺がん、白血病、骨腫瘍、肝がんを引き起こす可能性がある。
 - 原子炉内では、ウラン 235 の核分裂により生成した中性子がウラン 238 に吸収されてプルトニウム 239 が生成する。更に、プルトニウム 239 の一部は、中性子を吸収してプルトニウム 240 になる。プルトニウム 239 や 240 と比べて少ないが、プルトニウム 238 も原子炉内に存在する。
 - **現在環境中に存在するプルトニウムは、主に過去の大気圏内核爆発実験によって放出されたものである。**中でもプルトニウム 239 は、半減期が長く、長期間環境中に残留することになる。プルトニウム 238 も核爆発実験で環境に放出されたが、放射性同位体熱電気転換器 (RTG:Radioisotope thermoelectric generator) を搭載した人工衛星の大気圏内再突入によってもたらされたものもある。
 - **プルトニウム 239+240**（半減期 プルトニウム 239：2411 万年、プルトニウム 240：6563 年）**に対するプルトニウム 238**（半減期 約 88 年）**の土壌沈着量の比率を事前に調査**しておくことで、万が一のときに、発電所からの影響があったかどうかを確認することが可能となる。
 - 事故後、日本原子力研究開発機構が福島第一原子力発電所から 100km 圏内で行った調査では、同位体比 (Pu-238/Pu-239+240) が 0.030～2.5 程度であったとされ、事故前に全国で行われた調査の平均 0.031 を上回る箇所が見られた。
(2013/3/1 「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の第二次分布状況等に関する調査研究」の報告書の概略版について)
 - 緊急事態における土壌採取候補地は、UPZ 圏内の空間放射線量率及び大気モニタの測定地点で、88 地点ある。5 年で全数を測定することを目標としている。

8 排水の全計数率の測定

【測定法】

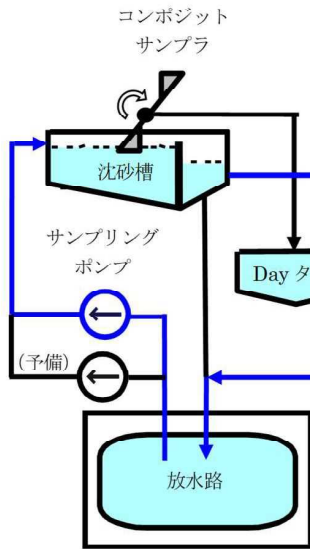
- 発電所内で発生した排水（放射性液体廃棄物、洗濯水等）をタービンで使用した蒸気冷却用海水とともに海域へ放出する際、放水路を流れる排水の一部を取り出し、 γ 線の計数率を測定する。この測定に使用する装置を**放水口モニタ**と呼んでいる。
- 放水口モニタは、放水路を流れる排水の一部を取り出すサンプリング装置、水サンプラ、NaI シンチレーション検出器等で構成される。
- 放水路から取り出した排水は、沈砂槽で砂をある程度沈降させ、検出器を装備した水サンプラ内へ導入し、連続で γ 線を測定する。放水路を流れる排水が少なくなっても、停止することなく測定し続けている。
- また、沈砂槽の水は、コンポ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 γ 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

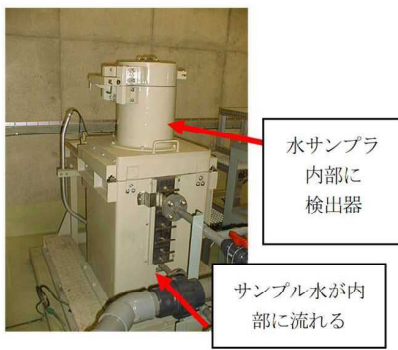
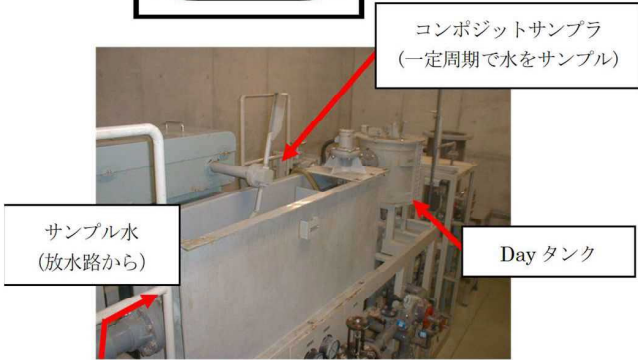
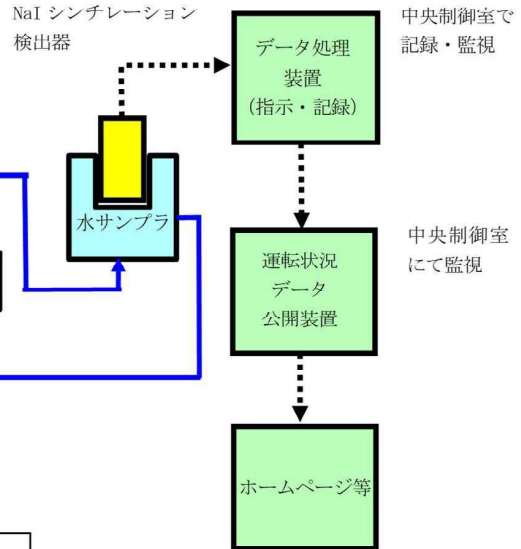


放水口モニタの構成

【サンプリング装置】



【モニタ】



【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 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）

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

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

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

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。