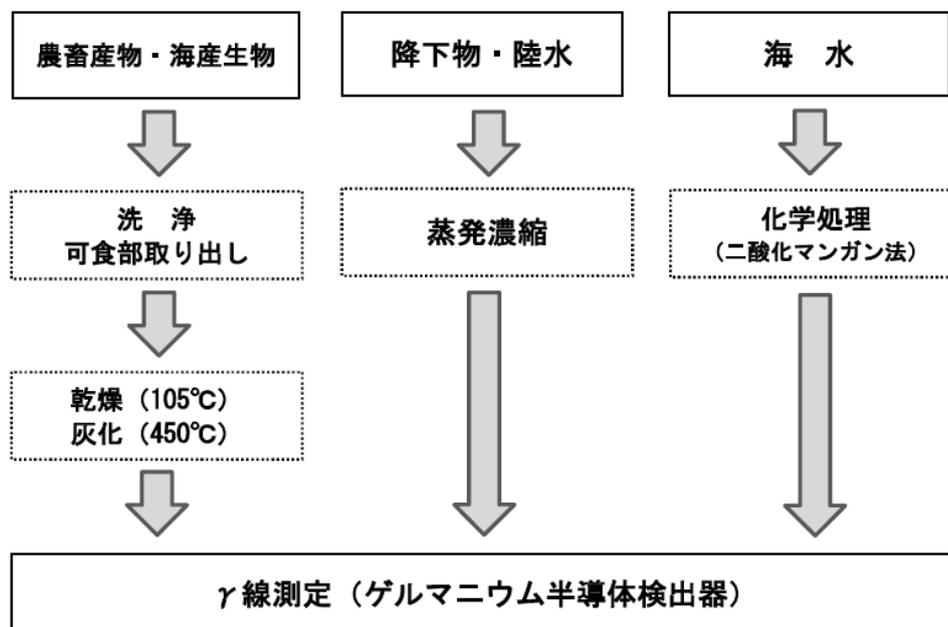


## 4 $\gamma$ 線放出核種の測定

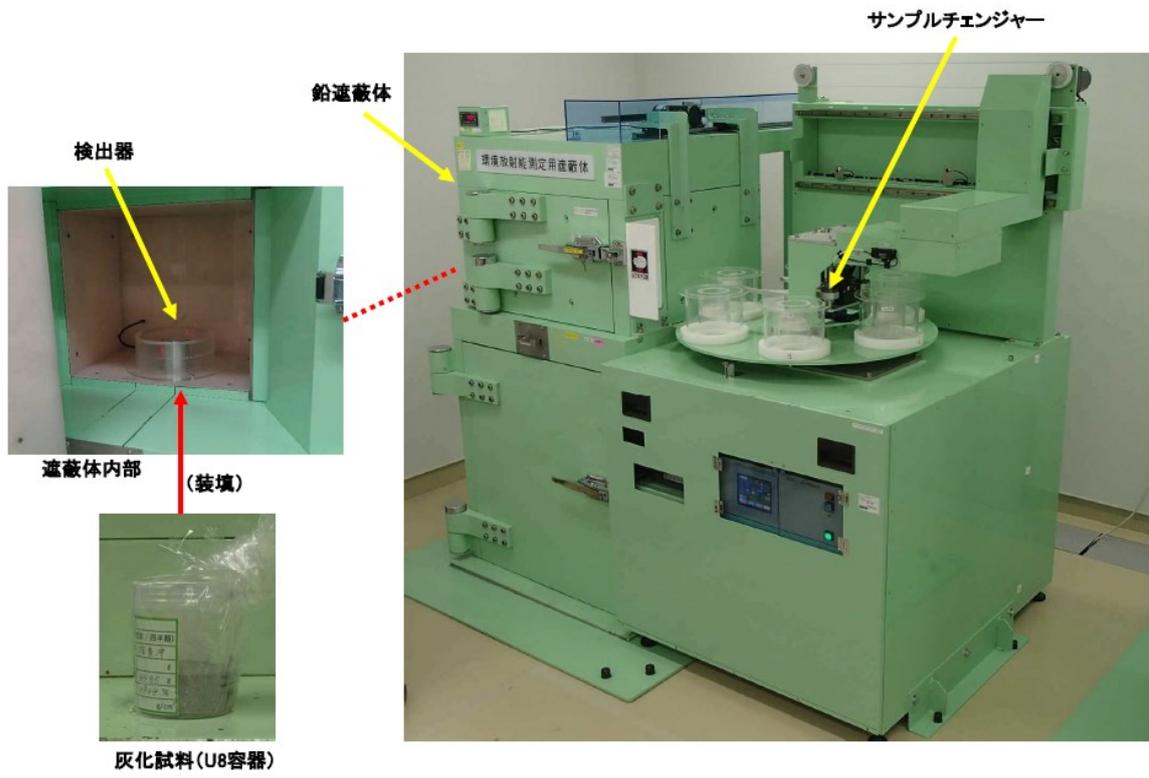
### 【測定法】

- $\gamma$ 線を放出する多数の核種を一度に測定できる**ゲルマニウム半導体検出器**を用いて測定する。
- 試料から出た $\gamma$ 線がゲルマニウムの半導体と相互作用し、 $\gamma$ 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装置で解析する。
- ゲルマニウム半導体検出器はエネルギー分解能に優れているため、解析によって得られるスペクトルは核種同定が可能な明瞭なピークとなって表示される。
- 採取した環境試料は、その形態に応じて前処理（乾燥、灰化、蒸発濃縮、化学処理など）を行うことにより減容し、U8容器と呼ばれる専用の容器に充填する。  
（前処理を行わず、試料をそのまま専用の容器（マリネリ容器）に詰めて測定する場合もある。）
- 平常時は環境試料に含まれる放射性物質の量が非常に少ないため、前処理による減容に加えて、長時間（数万秒）の測定を行うことで、検出可能レベルを下げている。食品衛生法での測定は数Bq/kgを検出できればいいため、前処理等を行わないが、本法ではそれよりも2～3桁低いレベルを検出することが可能である。

### 分析・測定の流れ（例）



# ゲルマニウム半導体検出器



## 【調査のポイント】

- 地域を代表する生産物を中心に試料を採取しており、令和元年度の実績で 29 種類の試料を合計 73 地点で採取し測定を行っている。
  - 測定結果は、 $\gamma$ 線放出核種以外の核種と合わせて、**住民等の内部被ばく預託実効線量を推定・評価するための材料**となる。
  - 飲食物以外に、**放射性物質の蓄積状況の把握や緊急事態への備え**などを目的に、土壌、海底土、海水、降下物なども測定を行っている。（緊急事態への備えを目的とした測定は、5年に1回程度の頻度で実施する。）
  - **東電事故や過去の核爆発実験等の影響**から、人工放射性核種が検出されることがあるが、食品衛生法の基準（放射性セシウム 食品:100Bq/kg、飲料水:10Bq/kg）よりも相当低い水準（農畜産物で 0.5Bq/kg 生以下）である。現在は、多くの試料が「検出されず」となっている。
  - **事故以降に観測された放射能は、経年的に漸減傾向を示しており、特異的なものではない。**
- 
- $\gamma$ 線を放出する人工核種は非常に多くあり、それらはゲルマニウム半導体検出器で検出可能だが、発電所からの影響を評価する上で、**コバルト 60 ( $^{60}\text{Co}$ )、ヨウ素 131 ( $^{131}\text{I}$ )、セシウム 134 ( $^{134}\text{Cs}$ ) 及びセシウム 137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) を特に着目すべき核種**とし、その測定値を調査結果書で報告している。これ以外の人工放射性核種については、検出された場合に、その測定値を記載する。
  - コバルト 60 は半減期が約 5 年で、原子炉の構成材料の腐食金属が放射化（中性子を捕獲）して生成するため、原子炉水中に存在する。（放射化生成物）  
ヨウ素 131 とセシウム 137 は核分裂反応によって生成し、通常は燃料被覆管内に保持される。半減期は、ヨウ素 131 が約 8 日、セシウム 137 が約 30 年である。（核分裂生成物）  
セシウム 134 は半減期が約 2 年で、核分裂によって直接的に生成するのではない。原子炉内でキセノン 133 ( $^{133}\text{Xe}$ ) 等が崩壊し、安定なセシウム 133 ( $^{133}\text{Cs}$ ) が生成した後、セシウム 133 に減速した中性子が捕獲されて、セシウム 134 が生成する。（放射化生成物）
  - 天然のカリウムは、主として安定のカリウム 39 ( $^{39}\text{K}$ ) 及びカリウム 41 ( $^{41}\text{K}$ ) と微量の放射性同位体である**カリウム 40 ( $^{40}\text{K}$ )**（存在比約 0.012% 半減期約 12.5 億年）から構成されている。カリウム 40 は自然放射性核種だが、半減期が長く、ほとんどの試料に含まれ、平常時においては単位量あたりの放射能は人工放射性核種よりも相当高い。また、同じ種類の試料であれば、地点が変わっても大きくは変わらない。このため、測定の妥当性を見るための参考として、自然放射性核種の測定値も報告対象としている。（大気中浮遊塵及び降下物の場合は、宇宙線生成核種である**ベリリウム 7 ( $^{7}\text{Be}$ )**（半減期約 53 日）を報告対象としている。）
  - 東電事故の直後には、浜岡原子力発電所周辺において、ヨウ素 131、セシウム 134、セシウム 137、テルル 129m ( $^{129\text{m}}\text{Te}$ )、テルル 129 ( $^{129}\text{Te}$ )、セシウム 136 ( $^{136}\text{Cs}$ )、銀 110m ( $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ) などの人工放射性核種が検出された。
  - 事故後も検出が長く続いた核種は、セシウム 134 とセシウム 137 である。その理由は、セシウムは揮発性が高いため、多量に放出され拡散したことと、半減期が

長いためである。セシウムは、化学的性質がカリウムと似ており、体内に入ると、主に筋肉に移行するため全身に分布することになる。セシウムは、物理学的半減期は長い、排泄されやすい性質もある。

- 農産物等の中で、事故により比較的大きい値を検出した試料は、茶葉、みかん、松葉などであったが、これは放射性降下物を葉面から吸収したことが主な要因である。
- セシウムは、土壌中の粘土鉱物等に強く吸着するため、経根吸収による寄与はあまり大きくないが、根菜類がやや高めの値になる傾向にある。また、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。
- 海産生物では、魚類や肉食性の底棲生物等でやや高めの値となるが、個体の大きさなどによる違いも大きい。
- 大気中浮遊塵や降下物中に放射性セシウムが検出されることがある。これらは大気中の放射性物質を含有している試料ではあるが、現在観測される放射性セシウムは、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もので、新たに福島第一原子力発電所等から供給されたものではない。再浮遊は、土壌が乾燥した状態にある場合などに、土壌粒子が舞い上がる現象で、風や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）などの影響を受ける。
- セシウム 137 は半減期が約 30 年と長い、過去の核爆発実験等の影響に東電事故の影響が加わり、検出される期間が長く続く。セシウム 134 は半減期が約 2 年だが、令和元年度の調査でも、土壌でセシウム 134 が検出された。農畜産物等では、茶葉のセシウム 134 が 2018 年（平成 30 年）度まで検出が続いた。
- 大気圏内核爆発実験によって生じた核分裂生成物等は、大気の大気圏（高度約 15km まで）又は成層圏（高度約 15km から約 55km まで）に入り、その後少しずつ地表へ降下する。大気圏内核爆発実験は 1980 年まで行われた。
- 緊急事態への備えとして行う測定は、緊急時モニタリングの結果から、環境への影響を適切に評価するため、平時の水準を把握しておくことが目的である。
- 人工放射性核種が検出され、平常の変動幅を上回った場合は、浜岡原子力発電所内モニタの測定結果を確認することにより、発電所からの影響かどうかを判断することになるが、検出された当該核種の経年変化の状況、空間放射線量率等の他の測定結果、他の核種の検出状況などもその裏付けとなる。

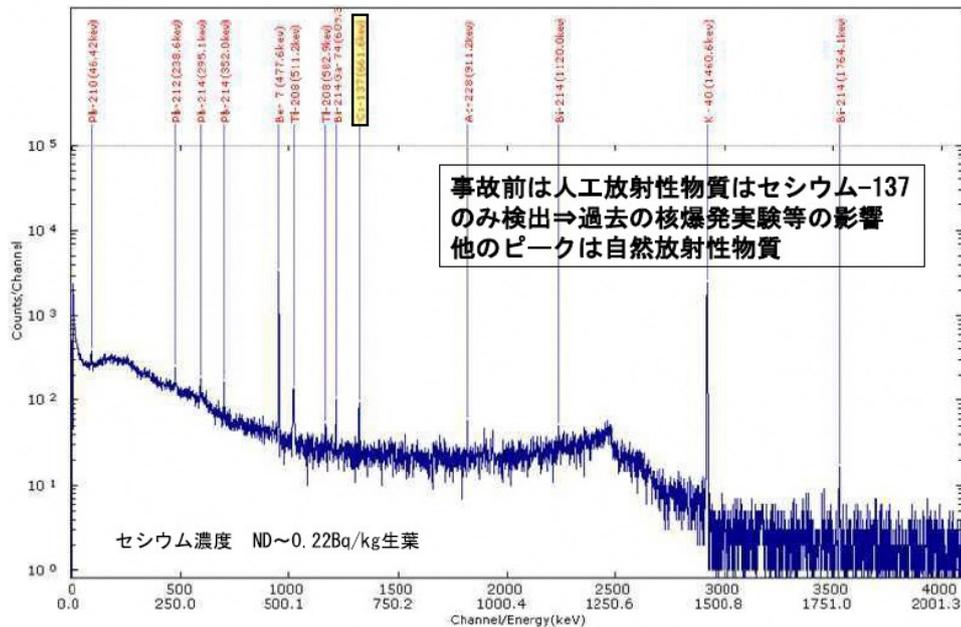
## 東電事故等の影響①

東電事故前でも、人工放射性核種であるセシウム 137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) が検出されていた。これは、過去に行われた大気圏内の核爆発実験などの影響によるものである。

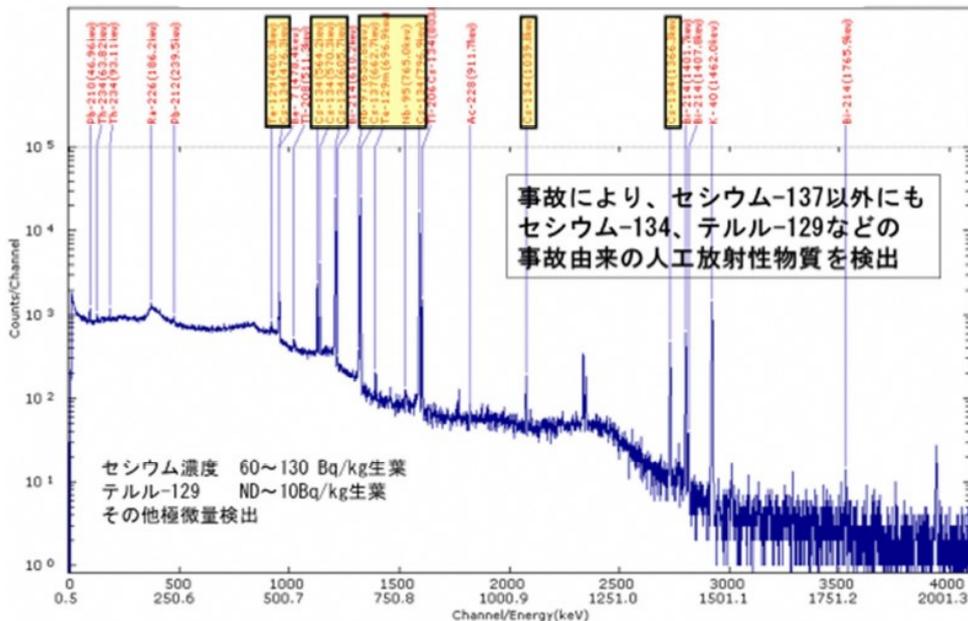
東電事故直後はセシウム 137 以外にも多くの人工放射性核種が検出されたが、1年後には短半減期の核種は「検出されず」となり、セシウム 134 ( $^{134}\text{Cs}$  半減期約 2 年) とセシウム 137 (半減期約 30 年) のみとなった。

### ゲルマニウム半導体検出器による測定結果

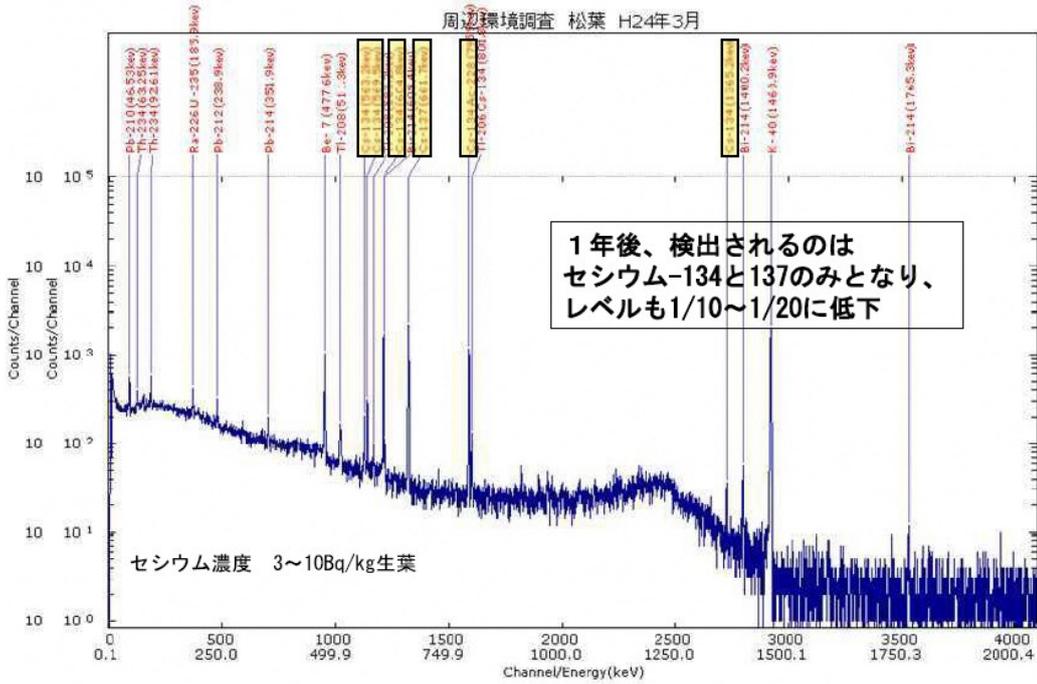
#### ① 東電事故前の松葉 (平成 22 年 12 月)



#### ② 東電事故直後の松葉 (平成 23 年 6 月)



#### ③ 東電事故から1年後の松葉 (平成 24 年 3 月)

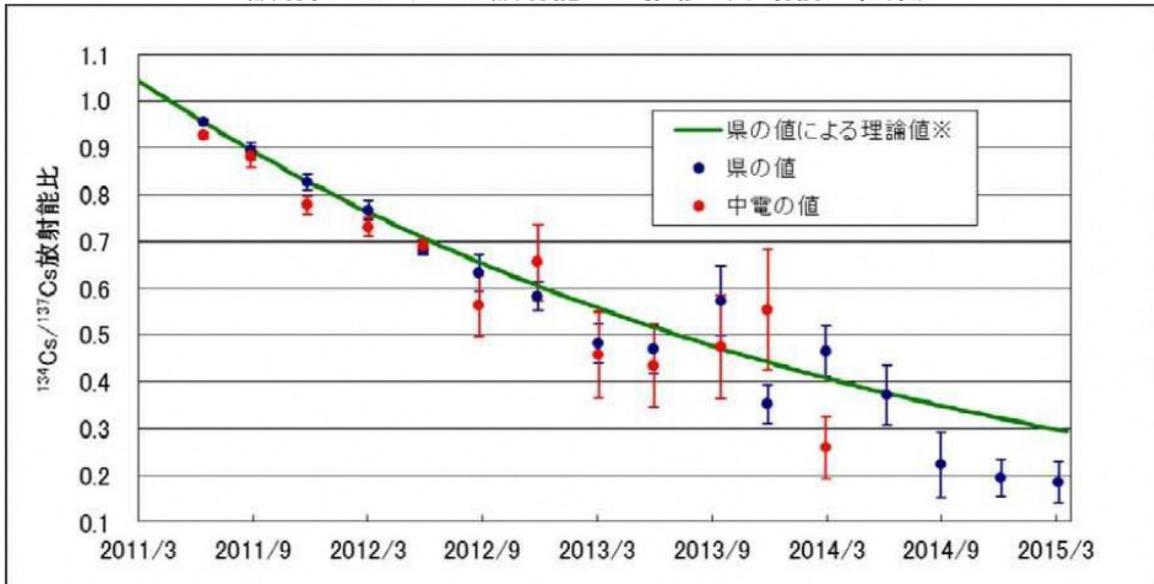


### 東電事故等の影響②

東電事故によって放出されたセシウム 134 とセシウム 137 の比は 1:1 であった。

図は浜岡原子力発電所周辺で採取した松葉の比（セシウム 134/セシウム 137）の推移だが、半減期の違いによる理論値とほぼ同等であり、このことは、福島第一原子力発電所から新たな核分裂反応による放射性物質の流入はなかったということを示唆するものである。（2015年3月の時点で0.2程度。2015年6月にはセシウム 134 は「検出されず」となった。）

### 放射性セシウムの放射能比の推移（平場前の松葉）



図中に示す誤差は、計数に伴う統計誤差（ $1\sigma$ ）

※ 理論値は、2011年6月に採取した試料の測定値（両者のうちの最大値）に基づいて計算した。

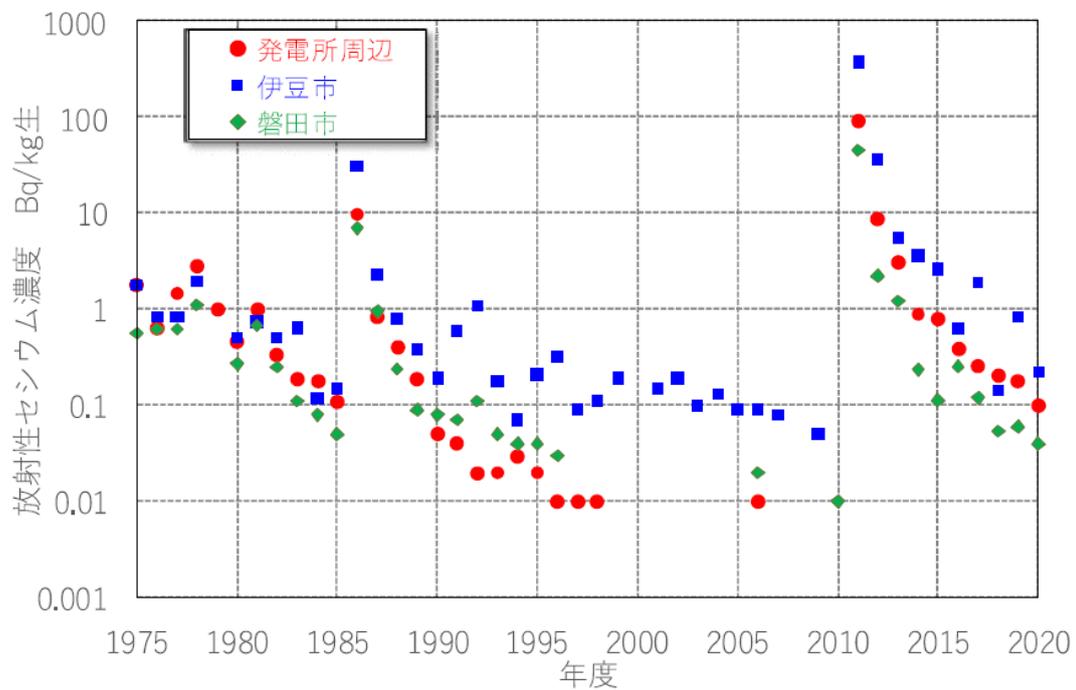
### 東電事故等の影響③

図は県内で採取された茶葉中の放射性セシウム（セシウム 134 とセシウム 137 の和）の推移である。

1940年代から1980年まで行われた大気圏内の核爆発実験と1986年に起きたチェルノブイリでの事故による影響を受け、その後漸減傾向を示していたところに、東電事故が発生し再び増加した。

現在、セシウム 134 は「検出されず」となり、セシウム 137 も事故直後と比べ、数百分の1以下に減少している。検出はされてはいるが、漸減傾向にある中でのものであり、特異的なものではない。

#### 茶葉中の放射性セシウム濃度の推移

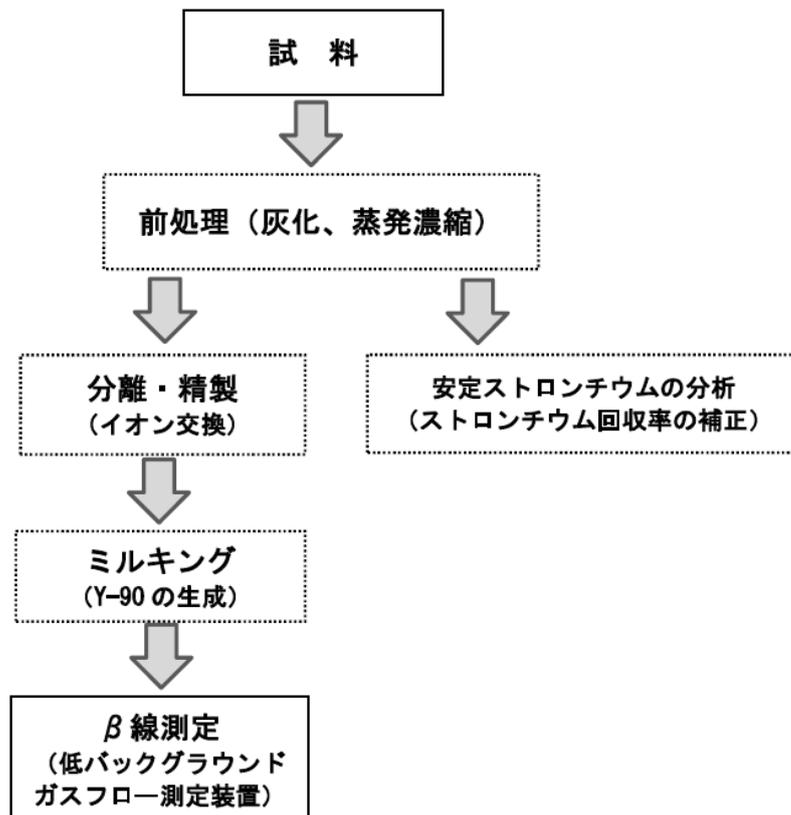


## 5 ストロンチウム 90 の測定

### 【測定法】

- ストロンチウム 90 ( $^{90}\text{Sr}$  0.546MeV 半減期約 29 年) は  $\beta$  線しか放出しないため、ゲルマニウム半導体検出器を用いた測定ができない。また、 $\beta$  線は連続エネルギーを持ち、 $\gamma$  線のようなピークを形成しないため、ピーク解析による同定ができない。
- このため、ストロンチウム 90 を化学的に単離し、 $\beta$  線の放射能を測定する。実際には、ストロンチウム 90 から生成される娘核種のイットリウム 90 ( $^{90}\text{Y}$  2.282MeV 半減期約 64 時間) が放出する  $\beta$  線の方がエネルギーが強く、測定がしやすいため、この放射線を測定する。
- 分析手順としては、ストロンチウム 90 を分離し、すでに共存しているイットリウム 90 を除去してストロンチウム 90 だけの状態にしてから放置する。ストロンチウム 90 の半減期がイットリウム 90 よりも非常に長いため、十分な時間 (通常 2 週間) 放置すると**放射平衡**が成立し、ストロンチウム 90 と生成したイットリウム 90 の放射能が同じになる。
- このようにして、イットリウム 90 を分離し、その放射能を求めることによって、ストロンチウム 90 の放射能が分かることになる。このように放射平衡にある娘核種を親核種から分離する化学操作を「**ミルクキング**」という。測定器は、**低バックグラウンドガスフロー測定装置**を用いる。

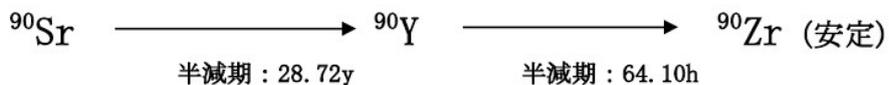
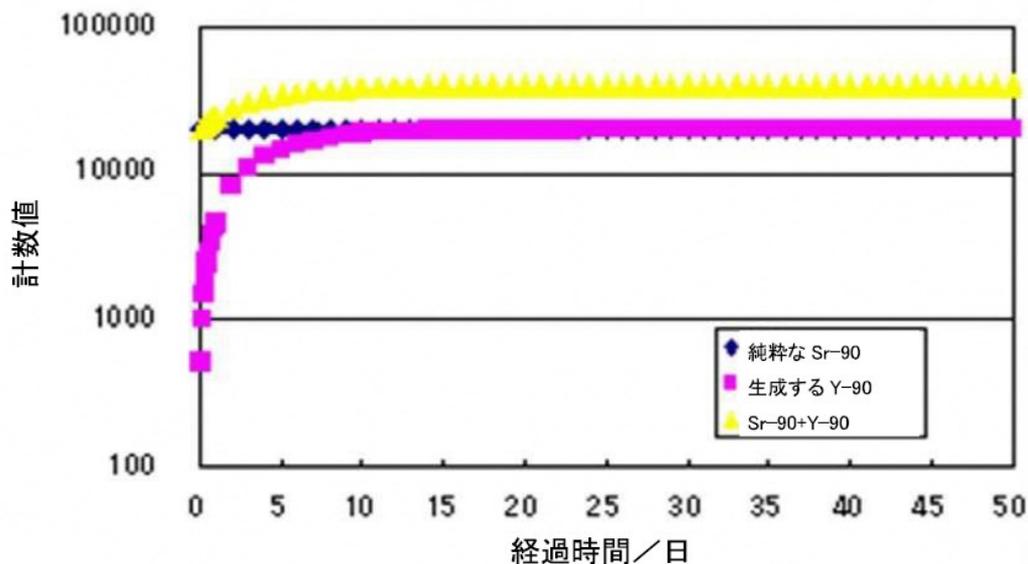
### 分析・測定の流れ (例)



## 放射平衡とミルクング

ストロンチウム 90 とイットリウム 90 の放射平衡によるイットリウム 90 の生成曲線は図のとおりであり、2 週間で 97% が生成され、それ以降はほとんど変化しない。このため、ミルクングまでの放置期間は 2 週間を目安にしている。(理論上ではイットリウム 90 が最大放射能を示す時期は、スカベンジから 31.9 日後である。)

### イットリウム 90 の生成曲線



## 低バックグラウンドガスフロー測定装置



測定試料



低バックグラウンドガスフロー測定装置

## 【調査のポイント】

- 地域を代表する生産物を中心に試料を採取しており、令和元年度の実績で9種類の試料を合計14地点で測定している。
- 飲食物以外に、**緊急事態への備え**としてバックグラウンドを把握することを目的に、土壌の測定も行っている。(5年に1回程度の頻度で実施する。)
- 東電事故後、一部の試料でストロンチウム90が検出されているが、事故前と同程度(農畜産物で0.2Bq/kg生以下)であり、この地域においては**事故によるストロンチウム90の影響は極めて小さかった**と考えられる。

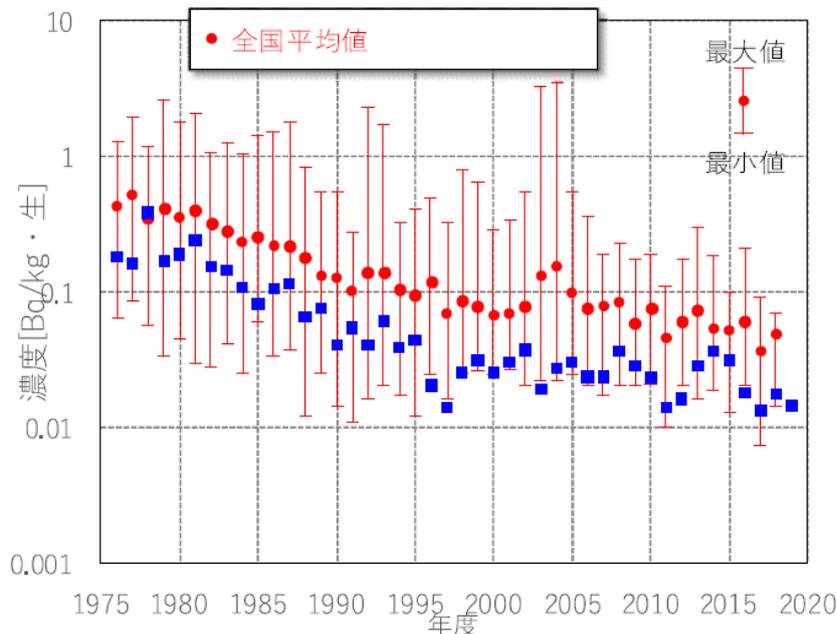
- ストロンチウム90は核分裂反応によって生成される。測定値は、**事故直後でも、事故前とほとんど変わらないレベルであるため、東電事故の影響は極めて小さく、主には過去に行われた核爆発実験等の影響**と考えられる。
- ストロンチウム90は放射性セシウムと同じく、原子炉内の存在量が多い。しかし、セシウムよりも揮発性が低く、事故による放出はあったものの、静岡県への影響は小さかったと考えられる。ストロンチウムは、化学的性質がカルシウムと似ており、体内に入ると、骨に蓄積する。
- 農産物中に検出されるストロンチウム90は、セシウム137と比べると、経年的な減少傾向は大きくは見られない。これは、セシウムが土壌粒子に強く吸着されるのに対し、ストロンチウムは土壌との親和性は高くなく、根からの吸収が大きい**ためである**と考えられる。
  - ※ 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。
- 緊急事態への備えとして行う測定は、緊急時モニタリングの結果から、環境への影響を適切に評価するため、平時の水準を把握しておくことが目的である。

## 東電事故等の影響

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 については、以下の理由から、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 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 2011 年（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。
  - ※3 福島第一原子力発電所から 80km 圏外においても、明らかに事故由来と判断される放射性ストロンチウムは確認されなかったとしている。（2013/3/1 日本原子力研究開発機構「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）
- 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<sup>2</sup>）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。（2011 年 12 月までの測定結果 0.30～6.0MBq/km<sup>2</sup>）
- 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。
- 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<sup>1)</sup>のストロンチウム 90 の降下量は事故前<sup>2)</sup>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）

## 大根中の Sr-90 濃度の推移

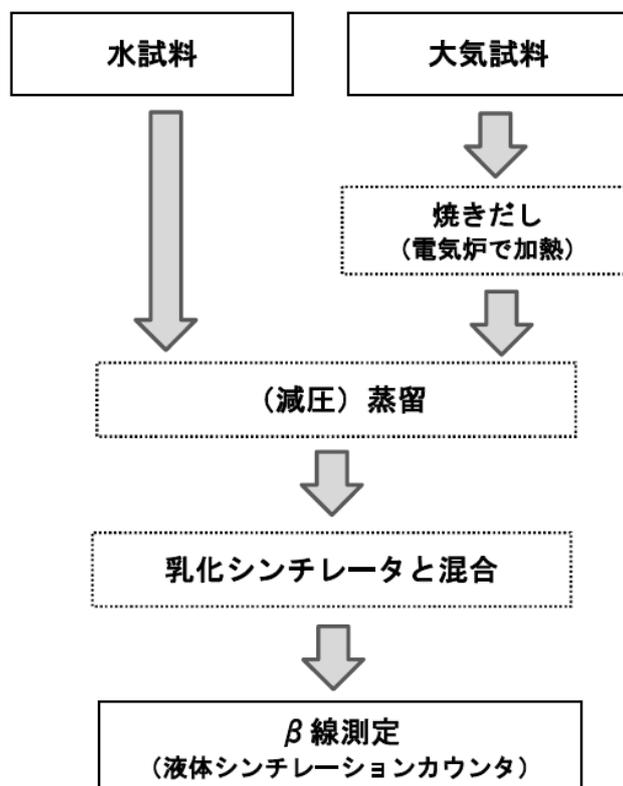


## 6 トリチウムの測定

### 【測定法】

- トリチウム ( $^3\text{H}$ ) は、水素の一種（同位体）で、化学的には水素と同じ性質を持つため、環境中では主に水や水蒸気中に存在する。水素の同位体には、重水素、三重水素があり、三重水素のことを別名トリチウムと呼んでいる。
- トリチウムは、ストロンチウム 90 と同じように  $\beta$  線しか放出しない核種で、エネルギーが 18.6keV と非常に小さく、通常の  $\beta$  線測定器では放射線が届かず測定できない。このため、環境試料からトリチウムを含む水分を回収し、蒸留後、乳化シンチレータ（ジイソプロピルナフタレンを主成分とした有機溶媒）と混合させ、**液体シンチレーションカウンタ**で測定する方法がほぼ唯一である。
- 測定の原理は、液体シンチレータ混合溶液中で発生した  $\beta$  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、電気信号として取り出して測定する。液体シンチレータ混合溶液は専用の測定容器（100mL テフロンバイアル）に入れるが、この容器自体が言わば検出器とも言える。

### 分析・測定の流れ（例）



# 液体シンチレーションカウンタ



液体シンチレーションカウンタ



サンプルチェンジャー



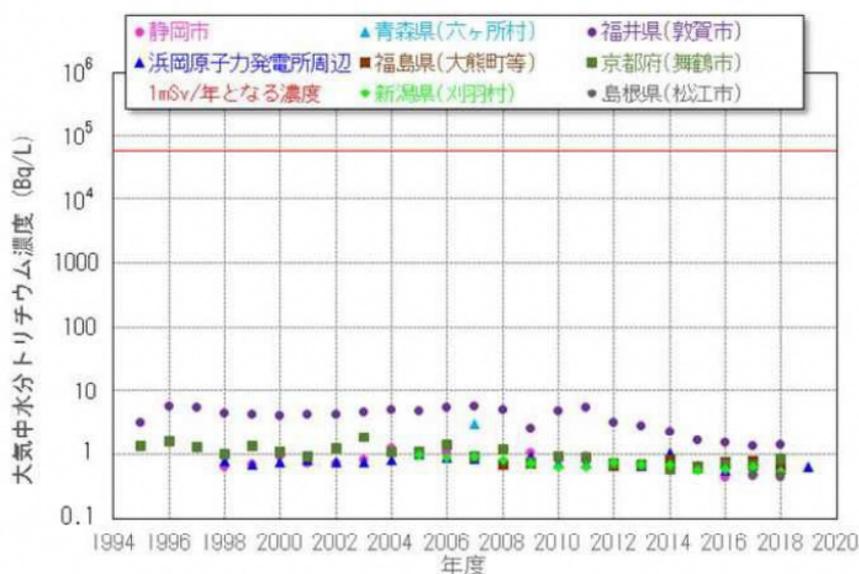
測定試料

## 【調査のポイント】

- トリチウムは体内に蓄積されにくく、エネルギーも低いため、環境レベルのトリチウムを摂取しても人体への影響は極めて小さい。しかし、発電所からは平常時でもトリチウムの放出があるため、大気中水分、陸水及び海水を対象に継続的な測定を行っているものである。
- 大気中水分は、14か所のモニタリングステーションのうち、4か所に捕集装置を設置し、1か月分を捕集後、測定している。
- 東電事故後、一部の試料でトリチウムが検出されているが、事故前と同程度（飲料水で1Bq/L以下）であり、この地域においては事故によるトリチウムの影響は極めて小さかったと考えられる。

- トリチウムの起源は、① 自然生成、② 過去に行われた核爆発実験等の影響、③ 原子力施設からの放出の3つが主なものである。
- 自然生成は、宇宙線が、大気中の窒素原子や酸素原子に衝突することで起こるものである。国連科学委員会の報告書（2008年）によれば、自然生成により地球全体で毎年72PBq生成され、1,275PBqが存在するとしている。また、報告書では、核爆発実験等により地球環境に放出された量は186,000PBqだったとしている。  
(P：ペタ： $10^{15}$ )
- 発電所由来のトリチウムとしては、原子炉水中に重水素が放射化されたものと燃料被覆管から浸出したものが存在する。また、燃料プールからの蒸発により原子炉建屋内にも存在する。
- トリチウムの半減期は約12年で、現在は大気圏内核爆発実験等によって放出された人工のトリチウムは減少し、発電所由来のトリチウムも割合としては小さい（年間約 $10^{14}$ Bq）ため、平常時の観測値は、宇宙線により生成された自然起源のトリチウムが大部分を占めるものと考えられる。
- 中部電力によれば、令和元年度に浜岡原子力発電所から放出した放射性気体廃棄物及び液体廃棄物中のトリチウムから実効線量を推定したところ、 $1 \times 10^{-4}$ mSv以下（1mSvの1万分の1以下）であったとしている。

## 大気中水分トリチウム濃度の推移



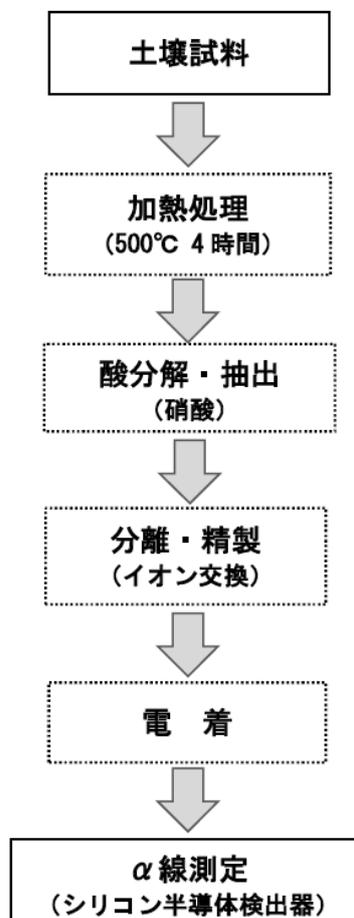
(注) 全国の自治体で大気中水分に含まれるトリチウムを監視しデータを公開しているのは、青森県、福島県、新潟県、福井県、静岡県、京都府、島根県である。

## 7 プルトニウム 238, 239+240 の測定

### 【測定法】

- プルトニウム 238 ( $^{238}\text{Pu}$ ) 及びプルトニウム 239+240 ( $^{239+240}\text{Pu}$ ) の測定は、 $\gamma$  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 $\alpha$ 線スペクトルにより定量する。
- プルトニウム 239 ( $^{239}\text{Pu}$ ) とプルトニウム 240 ( $^{240}\text{Pu}$ ) は、それぞれの核種が放出する $\alpha$ 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、土壌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ため、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  $\alpha$  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】

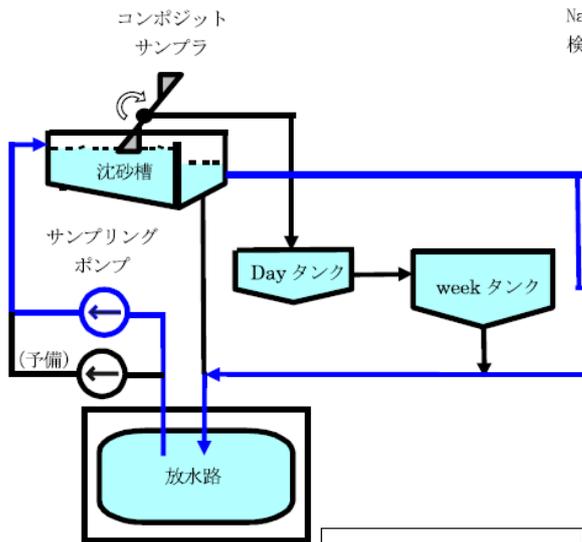
- 発電所内で発生した排水（放射性液体廃棄物、洗濯水等）をタービンで使用した蒸気冷却用海水とともに海域へ放出する際、放水路を流れる排水の一部を取り出し、 $\gamma$ 線の計数率を測定する。この測定に使用する装置を**放水口モニタ**と呼んでいる。
- 放水口モニタは、放水路を流れる排水の一部を取り出すサンプリング装置、水サンプラ、NaI シンチレーション検出器等で構成される。
- 放水路から取り出した排水は、沈砂槽で砂をある程度沈降させ、検出器を装備した水サンプラ内へ導入し、連続で $\gamma$ 線を測定する。放水路を流れる排水が少なくなっても、停止することなく測定し続けている。
-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

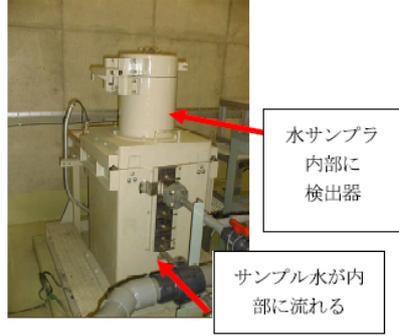
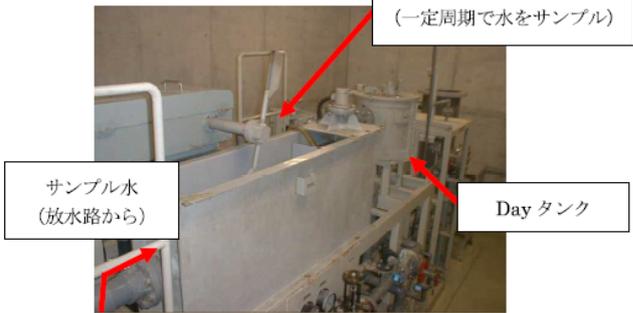
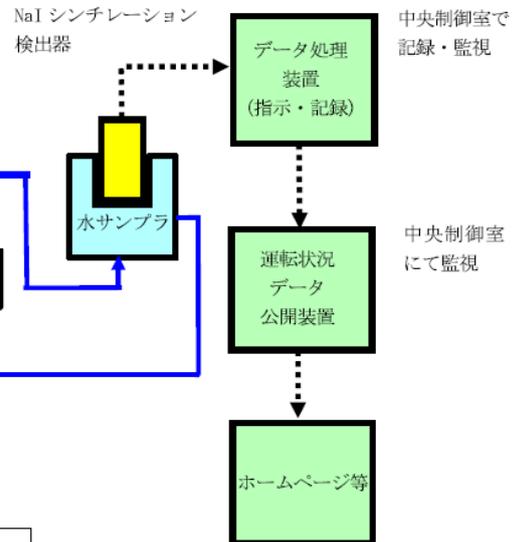


# 放水口モニタの構成

## 【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	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

### **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。