

## 資料

# 玄海原子力発電所30km圏内における環境試料中の放射性物質濃度の把握

土田大輔・佐藤恵美・山村由貴・梶原佑介\*・板垣成泰

原子力施設周辺において、災害等が発生した場合に迅速に対応できるよう、平常時から放射性物質のモニタリングを行うことが求められる。玄海原子力発電所から30km圏内において本県が実施した平常時モニタリングのうち、環境試料中の放射性物質濃度について、2013～2022年度の変動幅（平常の変動幅）を把握するとともに、本県と地理的に近い西日本各県の調査結果との比較により妥当性を検証した。平常時モニタリングの結果、検出された人工ガンマ線放出核種はCs-137のみで、その濃度は西日本各県の調査結果の範囲内であった。また、ベータ線放出核種（H-3、Sr-90）やアルファ線放出核種（Pu）についても、本県の調査結果は西日本各県の調査結果の範囲内であった。これらのことから、環境試料中の放射性物質の平常の変動幅は妥当なものと判断され、緊急時に原子力施設の影響を評価する上で重要な資料になると考えられた。

[キーワード：原子力施設、平常時モニタリング、放射性物質、平常の変動幅、環境放射能]

## 1 はじめに

2012年に策定された原子力災害対策指針（以下、指針<sup>1)</sup>）では、原子力施設周辺において災害等の緊急事態が発生した場合に迅速に対応できるよう、平常時から空間放射線量率や環境試料中の放射性物質のモニタリングを行うこととされている。指針にしたがい、本県も2013年度から玄海原子力発電所（佐賀県玄海町）から概ね30km圏内において平常時モニタリングを行っている。

平常時モニタリング結果の評価方法については、指針の補足参考資料「平常時モニタリングについて（以下、補足参考資料<sup>2)</sup>）」によって示されている。補足参考資料によると、平常時における環境試料中の放射性物質の濃度は、概ね一定の範囲（平常の変動幅）に収まるため、過去数年間又は測定開始時からの最大値を平常の変動幅の上限として設定することとされている。平常の変動幅の設定期間に関して、原子力施設周辺調査を実施している他の地方公共団体では、5～10年間又はそれ以上の期間のデータが用いられている（例えば、佐賀県<sup>3)</sup>、鹿児島県<sup>4)</sup>）。

本県でも平常時モニタリングの開始から10年が経過し、測定データが蓄積してきたため、環境試料中の放射性物質濃度の平常の変動幅を把握するとともに、他県モニタリングデータとの比較により、その妥当性を検証した。

## 2 調査方法

### 2・1 調査対象地域

調査対象地域を図1に示す。玄海原子力発電所から30km圏内には、本県糸島市のうち二丈及び志摩地区の一部が含まれており、両地区で環境試料を採取した。

### 2・2 調査項目、環境試料の種類及び測定方法

調査項目及び試料種類を表1に示す。人工放射性核種のうちガンマ線放出核種として、コバルト-60 (Co-60)、セシウム-134 (Cs-134)、セシウム-137 (Cs-137)、及び一部の試料についてはヨウ素-131 (I-131) を分析対象とし、2013又は2014年度から調査を開始した。

ベータ線放出核種であるトリチウム (H-3) は、陸水及び海水を対象とし、2018年度から調査を開始した。

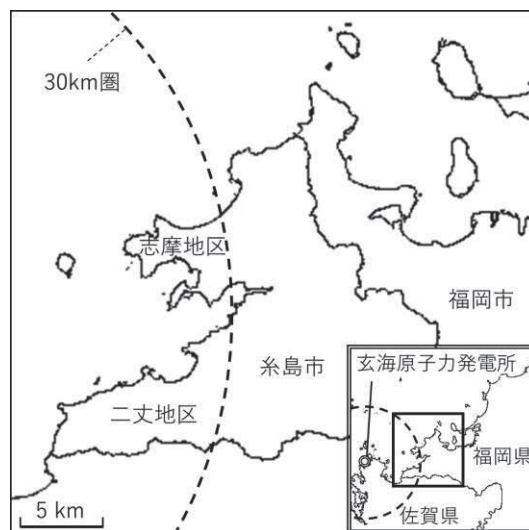


図1 調査対象地域の概要

福岡県保健環境研究所（〒818-0135 太宰府市大字向佐野39）

\*福岡県環境部環境政策課

（〒812-8577 福岡市博多区東公園7-7）

表1 調査項目及び試料種類

調査項目	試料区分	試料	前処理方法	期間	測定方法	測定機器
ガンマ線放出核種	大気浮遊じん		乾燥・圧縮	2013~		
・ Co-60	陸水	水道水	蒸発乾固	2014~	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(原子力規制庁)	高純度ゲルマニウム半導体検出器 セイコーイーザーアンドジー製 GMX40-76-LB-B
・ I-131		河川水				
・ Cs-134	陸土	表層土	乾燥	2013~		
・ Cs-137	海水	表層水	共沈法	2013~		
	海底土	表層土	乾燥	2014~		
農畜産物		牛乳	生試料	2014~		
		精米				
		大根				
		ほうれん草				
陸上指標生物		松葉	生及び灰化	2013~		
海産生物 (魚類・貝類)	アイゴ	灰化	2014~			
	ムラサキガイ					
海洋指標生物 (海藻類)		ホンダワラ等		2014~		
トリチウム	陸水	水道水	蒸留	2018~	トリチウム分析法 (文部科学省)	液体シンチレーション測定装置 日立製作所製 AccuFLEX LSC-LB7
・ H-3		河川水				
		海水				
ストロンチウム	陸水	水道水	濃縮・分離	2020	放射性ストロンチウム分析法 (文部科学省)	2πガスフローカウンタ* キャンベラ製 LB4200 日立製作所製 LBC-4301.4311
・ Sr-90		河川水				
	陸土	表層土	抽出・分離			
プルトニウム	陸土	表層土	抽出・分離	2019	プルトニウム分析法 (文部科学省)	シリコン半導体検出器* キャンベラ製Alpha Analyst
・ Pu-238						
・ Pu-239+240						

\* 分析委託先(一般財団法人九州環境管理協会)の使用機器

同じくベータ線放出核種であるストロンチウム(Sr-90)は、陸水及び陸土を対象とし、2020年度に調査を行った。

アルファ線放出核種であるプルトニウム(Pu-238、Pu-239+240)については、陸土を対象とし、2019年度に調査を行った。

測定方法等は、表1に示す文部科学省または原子力規制庁の放射能測定法シリーズ<sup>5)</sup>に準拠した。また、Sr-90及びPu-238、Pu-239+240の分析は、一般財団法人九州環境管理協会へ委託した。

### 2・3 調査結果の妥当性の検証

本県における調査結果について、特異的な値がないか確認するため、他県のモニタリングデータと比較した。他県データは「環境放射線データベース<sup>6)</sup>」を参照し、本県と地理的に近い中国、四国、九州地方で原子力施設周辺環境放射線モニタリング調査を実施している鳥取県、島根県、岡山県、山口県、愛媛県、佐賀県、長崎県、鹿児島県(以下、西日本各県)による調査結果を抽出した。対象期間は各県の測定開始年から2022年までとし、1986年及び2011年のデータは、それぞれチェルノブイリ原子力発電所事故、福島第一原子力発電所事故の影響を受けている可能性があるため、比較対象から除いた。

また、他県データとの比較の際は、可能な限り本県と同種・同一部位の環境試料を対象としたが、海産生物のうちアイゴ(魚類)については他県の調査結果がなかったた

め、魚類全体を比較対象とした。

### 3 結果及び考察

#### 3・1 ガンマ線放出核種(Co-60、Cs-134、Cs-137、I-131)

表2に、本県における2013~2022年度のガンマ線放出核種の調査結果を示す。検出された核種はCs-137のみで、その他の人工ガンマ線放出核種は全て検出下限値未満であった。

Cs-137が検出された環境試料は、海水、海底土、大根、松葉、魚類(アイゴ)、貝類(ムラサキガイ)、海藻類(ホンダワラ類)であり、検出頻度(検出数/検体数)が高かったものは、アイゴ(18/18)、松葉(35/58)、海底土(6/18)、海水(5/20)であり、採取地区毎の濃度範囲に顕著な差は認められなかった。

Cs-137は半減期30.1年で比較的半減期が長く、後述するSr-90とともに、1980年以前に行われた大気圏内核実験等の影響により現在も環境中に残存している<sup>2)</sup>。Cs-137以外の人工ガンマ線放出核種(I-131、Cs-134等)が検出されなかったことから、本県において検出されたCs-137は過去の核実験等の残留によるものと判断された。なお、検出されたCs-137の濃度範囲は、一般食品中の放射性セシウム基準値<sup>7)</sup>(100 Bq/kg)と比較しても微量であり、健康へ影響を与えるレベルではなかった。

表2には、西日本各県におけるCs-137の調査結果も併

表2 ガンマ線放出核種 (Cs-137) の調査結果

試料	採取地区	福岡県		西日本各県*	単位
		濃度範囲	検出数/検体数	濃度範囲	
大気浮遊じん	二丈	ND	0/80	ND～0.2	mBq/m <sup>3</sup>
	志摩	ND			
水道水	二丈	ND	0/52	ND	mBq/L
	志摩	ND			
河川水	二丈	ND	0/52	ND～2.4	mBq/L
	志摩	ND			
陸土	二丈	ND	0/40	ND～128	Bq/kg乾土
	志摩	ND			
海水	二丈	ND～0.0022	5/20	ND～0.013	Bq/L
	志摩	ND～0.0019			
海底土	二丈	ND～3.2	6/18	ND～14	Bq/kg乾土
	志摩	ND～2.1			
牛乳	二丈	ND	0/27	ND～0.19	Bq/L
精米	二丈	ND	0/15	ND～0.41	Bq/kg生
	志摩	ND			
大根	二丈	ND～0.044	1/18	ND～0.074	Bq/kg生
	志摩	ND			
ほうれん草	二丈	ND	0/18	ND～0.81	Bq/kg生
	志摩	ND			
松葉	二丈	0.078～0.38	35/58	ND～4.1	Bq/kg生
	志摩	ND～0.15			
アイゴ (魚類)	二丈	0.085～0.13	18/18	ND～7.2	Bq/kg生
	志摩	0.097～0.12			
ムラサキガイ	二丈	ND	1/17	ND～0.19	Bq/kg生
	志摩	ND～0.070			
ホンダワラ等	二丈	ND～0.075	7/40	ND～0.19	Bq/kg生
	志摩	ND～0.13			

\*西日本各県の詳細は「2・3 調査結果の妥当性の検証」に記載

せて示した。本県でCs-137が検出された試料については、西日本各県でもCs-137が検出されており、本県の調査結果は、いずれも西日本各県のデータの範囲内であった。これらのことから本県における調査結果は妥当なものであり、平常の変動幅として設定して問題ないと判断された。

### 3・2 トリチウム (H-3)

表3に2018～2022年度の陸水及び海水中のH-3の調査結果を示す。陸水については、水道水と河川水で検出頻度や濃度に大きな差はなく、最大で約0.7 Bq/Lであった。海水中のH-3濃度は、陸水に比べ低く最大で約0.4 Bq/Lであった。

表3には西日本各県との比較結果も示したが、本県における調査結果はいずれも西日本各県のデータの範囲内であり、平常の変動幅として設定して問題ないと判断された。H-3は原子炉内や核実験によって生成する他、上空で宇宙

線と大気との反応により生成する天然放射性核種でもあるため、環境中では水分子の一部として存在し、水蒸気、雨水、河川水、海水等に含まれている。一般に陸水中に比べて海水中の濃度が低い傾向があり<sup>8)</sup>、本県における調査結果もこの傾向に合致していた。

### 3・3 ストロネチウム (Sr-90)

表4に陸水及び土壌中のSr-90の調査結果を示す。Sr-90は全ての試料から検出され、その濃度範囲は、水道水0.53～0.86 mBq/L、河川水1.2～1.6 mBq/L、土壌0.17～2.0 Bq/kg乾土であった。表4に西日本各県の結果も示したとおり、本県の調査結果は、いずれも西日本各県のデータの範囲内であった。

Sr-90(半減期28.8年)もCs-137と同様に、過去の大気圏内核実験等の影響で環境中に残存している核種の一つであり、本県においても過去の核実験等の残留によるもの

表3 H-3の調査結果

試料	採取地区	福岡県		西日本各県*	単位
		濃度範囲	検出数/検体数	濃度範囲	
水道水	二丈	ND～0.72	18/36	ND～2.3	Bq/L
	志摩	ND～0.74			
河川水	二丈	ND～0.70	20/36	ND～10	Bq/L
	志摩	ND～0.60			
海水	二丈	ND～0.42	9/48	ND～4.3	Bq/L
	志摩	ND～0.36			

\*西日本各県の詳細は「2・3 調査結果の妥当性の検証」に記載

と判断された。Sr-90については現時点で1回のみ測定であるため平常の変動幅の設定はできなかったが、補足参考資料では、5年程度で全ての調査計画地点を測定し、その後も継続して濃度を把握することとされているため、今後も計画的に調査を行っていく必要がある。

### 3・4 プルトニウム (Pu-238、Pu-239+240)

表5に土壤中のPu-238、Pu-239+240の調査結果を示す。Pu-238は全ての試料で検出下限値未満、Pu-239+240は9検体全てから検出され、濃度範囲は0.014～0.36 Bq/kg乾土であり、いずれも西日本各県のデータの範囲内であった。

Puの半減期は長く(Pu-239:24千年、Pu-240:6.5千年)、過去の大気圏内核実験等により現在も広く環境中に存在している<sup>9)</sup>。補足参考資料では、原子力施設から30km圏内における土壤中のPu濃度は、平常時に最低1回は把握することとされており、今回報告したPuの平常値は、原子力事故等の緊急時に施設由来のPuを評価する上で有効なデータになると考えられる。

## 4 まとめ

玄海原子力発電所から30km圏内における環境試料中の放射性物質濃度の平常の変動幅を把握するとともに、西日本各県のモニタリングデータとの比較によりその妥当性を検証した。

人工ガンマ線放出核種はCs-137のみが検出され、その濃度は、西日本各県における調査結果の範囲内であった。また、ベータ線放出核種であるH-3及びSr-90、アルファ線放出核種であるPuについても、本県の調査結果は西日本各県における調査結果の範囲内であった。これらのことから、本県の調査結果は妥当なものであると判断された。

原子力災害等の緊急時においては、原子力施設からの放射性物質の放出による周辺環境への影響を評価することとなる。本報でとりまとめた、平常時の環境試料中の放射性物質濃度は、緊急時において施設由来の放射性物質の影響を評価する上で重要な資料になると考えられる。

## 文献

- 1) 原子力規制委員会：原子力災害対策指針，平成24年10月31日制定，令和4年7月6日一部改正。
- 2) 原子力規制庁：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），平成30年4月4日制定，令和3年12月21日改訂。
- 3) 佐賀県：玄海原子力発電所の運転状況及び周辺環境調査結果（令和3年度年報），Ⅱ 玄海原子力発電所周辺環境放射能調査結果，2022。
- 4) 鹿児島県：川内原子力発電所周辺環境放射線調査結果報告書（令和3年度年報），資料-1 川内原子力発電所周辺環境放射線調査計画（令和3年度），2022
- 5) 原子力規制庁：放射能測定法シリーズ  
(<https://www.kankyo-hoshano.go.jp/library/series/>)，2023.3.1.
- 6) 原子力規制庁：環境放射線データベース  
(<https://www.kankyo-hoshano.go.jp/data/database/>)，2023.3.1.
- 7) 環境省：放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（令和4年度版），第8章 食品中の放射性物質  
(<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/r4kisoshiryo/r4kiso-08-01-03.html>)，2023.3.1.
- 8) 高島良正：環境トリチウム— その挙動と利用，RADIOISOTOPES，40，520-530，1991.
- 9) 河村日佐男，田中義一郎：環境中Pu-239の人体への移行，日本原子力学会誌，22，519-529，1980.

表4 Sr-90の調査結果

試料	福岡県			西日本各県*		単位
	採取地区	濃度範囲	検出数/検体数	濃度範囲		
水道水	二丈	0.53	2/2	0.29 ~ 7.4		mBq/L
	志摩	0.86				
河川水	二丈	1.2	2/2	ND ~ 7.4		mBq/L
	志摩	1.6				
陸土	二丈	0.17 ~ 2.0	9/9	ND ~ 35		Bq/kg乾土
	志摩	0.20 ~ 0.70				

\* 西日本各県の詳細は「2・3 調査結果の妥当性の検証」に記載

表5 Pu-238、Pu-239+240の調査結果

試料	Pu-238				Pu-239+240				単位
	福岡県		西日本各県*		福岡県		西日本各県*		
	採取地区	濃度範囲	検出数/検体数	濃度範囲	採取地区	濃度範囲	検出数/検体数	濃度範囲	
陸土	二丈	ND	0/9	ND~0.043	二丈	0.041 ~ 0.36	9/9	ND~1.3	Bq/kg乾土
	志摩	ND			志摩	0.014 ~ 0.21			

\* 西日本各県の詳細は「2・3 調査結果の妥当性の検証」に記載