



## II 資料



長崎県における微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) 成分分析調査 (2021年度)

横田 哲朗, 前田 卓磨

Chemical composition of PM<sub>2.5</sub> in Nagasaki Prefecture (2021)

Tetsurou YOKOTA, Takuma MAEDA

キーワード: PM<sub>2.5</sub>, 成分

Key words: particulate matter 2.5, component

## はじめに

微小粒子状物質 (以下、「PM<sub>2.5</sub>」という。) は、粒径2.5 μmの非常に小さな粒子であるため人体へ取り込まれやすく、呼吸器系や循環器系などへ健康被害を及ぼす可能性が指摘されている。このことから、2009年に環境省においてPM<sub>2.5</sub>環境基準が設定され<sup>1)2)</sup>、全国的にPM<sub>2.5</sub>質量濃度の常時監視局の整備が進められてきた。長崎県においても2012年度からPM<sub>2.5</sub>常時監視を開始し、2014年度以降は県内18局での監視体制としている。

そして、このPM<sub>2.5</sub>質量濃度の常時監視に加え、環境省が策定した「微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) の成分分析ガイドライン<sup>3)</sup>」 (以下、「ガイドライン」という。) に基づき、PM<sub>2.5</sub>の発生源の解明及び地域独自の対策の検討を目的として、2018年度よりPM<sub>2.5</sub>の成分分析を開始している。今回は、2021年度の測定結果について報告する。

## 材料及び方法

## 1 調査地点

常時監視測定局及び調査地点を図1に示す。本調査においては、県の中央部に位置する川棚局にサンプラーを設置して試料を採取した。

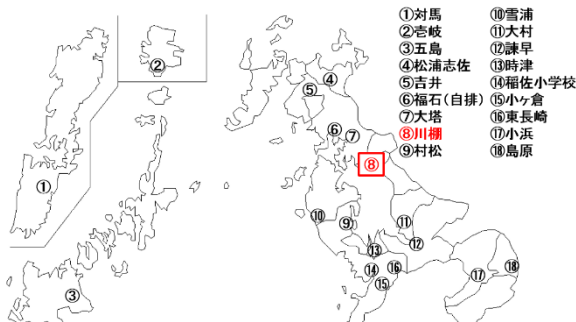


図1 県内の常時監視測定局及び調査地点

## 2 調査期間

調査期間を表1に示す。調査期間は環境省が定めている統一期間に基づき、季節ごとに14日間の捕集を行った。なお、夏季においては、サンプラーの不具合発生によりイオン成分、炭素成分、水溶性有機炭素について、一部欠測となった。

表1 調査期間

季節	試料捕集期間
春季	令和3年5月13日 ~ 5月27日
夏季	令和3年7月21日 ~ 8月4日
秋季	令和3年10月21日 ~ 11月4日
冬季	令和4年1月21日 ~ 2月4日

## 3 試料採取

試料採取方法及び使用機器を表2に示す。試料採取は、原則、ガイドライン及び「大気中微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) 成分測定マニュアル<sup>4)</sup>」 (以下、「マニュアル」という。) に準拠し、使用フィルタはイオン成分及び炭素成分の分析に石英製を、無機成分の分析にPTFE製を用いた。

表2 試料採取方法及び使用機器

採取方法	使用機器
正午開始, 16.7L/min, 24hr	FRM2025i series

## 4 質量濃度及び成分分析

測定項目と使用機器を表3に示す。成分分析は、原則、ガイドライン及びマニュアルに準拠し、測定を行った。なお、質量濃度は秤量法ではなく、調査地点である常時監視測定局(川棚局)の自動測定機の日平均値 (μg/m<sup>3</sup>) を参照した。

表3 測定項目及び使用機器

測定項目	使用機器
質量濃度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	自動測定機(機種:FPM-377-1(S))
イオン成分( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	イオンクロマトグラフ
無機成分( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	誘導結合プラズマ質量分析計
炭素成分( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	熱分離・光学補正式炭素計
水溶性有機炭素	全有機体炭素計
測定項目(詳細)	
炭素成分 3項目	有機性炭素(OC)、元素状炭素(EC) 水溶性有機炭素(WSOC)
無機成分 29項目	Na, Al, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Mo, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Sm, Hf, W, Ta, Th, Pb
イオン成分 9項目	$\text{Cl}^-$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{NH}_4^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$

## 調査結果

季節ごとの平均質量濃度及び成分濃度を図2に、成分割合を図3に示しており、各成分は、8項目に分類している。内訳は、低濃度であった塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )、ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )、カリウムイオン( $\text{K}^+$ )、マグネシウムイオン( $\text{Mg}^{2+}$ )及びカルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )をまとめて「その他のイオン成分」として、無機成分29項目をまとめて「無機元素」として示す。また、質量濃度から各成分濃度の合計を差し引いた値を「その他」として示す。

### 1 質量濃度

4季の延べ56日の日平均値は、1.9～27.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲で推移し、1日平均値の環境基準(35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )を超過した日はなかった。また、年平均値は、9.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、年平均値の環境基準(15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )以下であった。

### 2 成分分析

秋及び冬の水溶性有機炭素については、装置の不調によりデータ欠測とした。

#### (1) イオン成分

各季の平均値では、質量濃度の45～55%を占め、冬季が最も高い割合を示した。

硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )については、秋季が最も高い割合を示し、次いで夏季が高い割合を示した。硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )については、冬季が他季に比べ著しく高い値を示しており、季節的な特徴が見られた。アンモニウムイオン( $\text{NH}_4^+$ )については、季節間に大きな差はなく季節的変動は見られなかった。

#### (2) 炭素成分

各季の平均値では、質量濃度の24～38%を占め、秋季が最も高い割合を示した。また、各測定日ごとの有機性炭素(OC)/元素状炭素(EC)比は3.5～28.0であり、各季節の平均では夏季が最も高かった。

#### (3) 無機成分

各季の平均値では、もっとも高い割合を示した冬季でも質量濃度の11%程度と、イオン成分と炭素成分に比べて低い割合を示した。

#### (4) 水溶性有機炭素(WSOC)

各測定日ごとのWSOC/OC比は春季及び夏季において41.8～90.3%程度であり、各季節の平均値では春季が高かった。

## まとめ

本年度のPM<sub>2.5</sub>の成分割合は、各季節とも硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )と有機性炭素(OC)が高い割合を示しており、年平均では、これらに次いでアンモニウムイオン( $\text{NH}_4^+$ )が高い割合を示し、この3成分が全体の7割弱を占めていた。

前回の2020年度調査では、小笠原諸島にある無人の火山島である西ノ島の火山活動によって放出された二酸化硫黄が太平洋高気圧の南の縁を回って九州に到達したことが原因と考えられる<sup>5)</sup>高濃度の硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )が観測されたことが特徴的であったが、2021年度調査では、同様に事象はみられなかった。

本調査は、本県のPM<sub>2.5</sub>対策に向けて2018年度より開始されたものであり、経年傾向や発生源の解明に必要とするデータ収集・解析に今後も継続して取り組んでいく。

## 参考文献・脚注

- 1) 環境省水・大気環境局:微小粒子状物質に係る環境基準の設定について(2009).
- 2) 環境省:微小粒子状物質による大気の汚染に係る環境基準について,環告33(2009).
- 3) 環境省 HP:微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)の成分分析ガイドライン, [https://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/110729/no\\_110729001b.pdf](https://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/110729/no_110729001b.pdf)
- 4) 環境省 HP:大気中微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)成分測定マニュアル, <https://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/manual.html>
- 5) 竹村 俊彦:夏には珍しいPM<sub>2.5</sub>高濃度 西ノ島噴火(2020), <https://news.yahoo.co.jp/byline/takemuratoshihiko/20200807-00192063/>(2021/7/5)

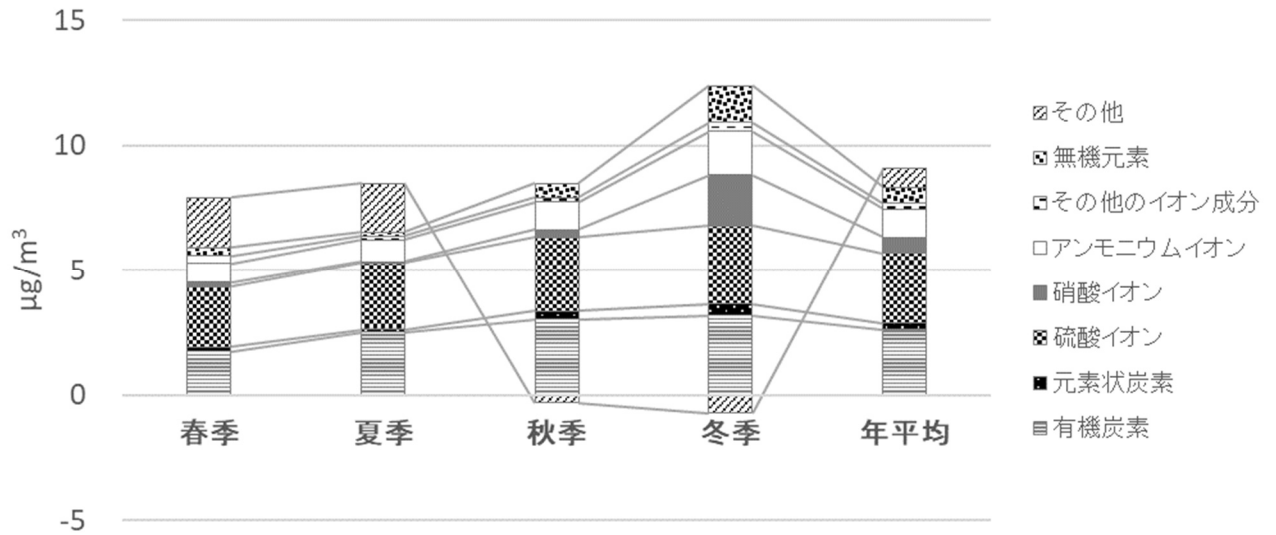


図2 PM<sub>2.5</sub>平均質量濃度及び成分濃度

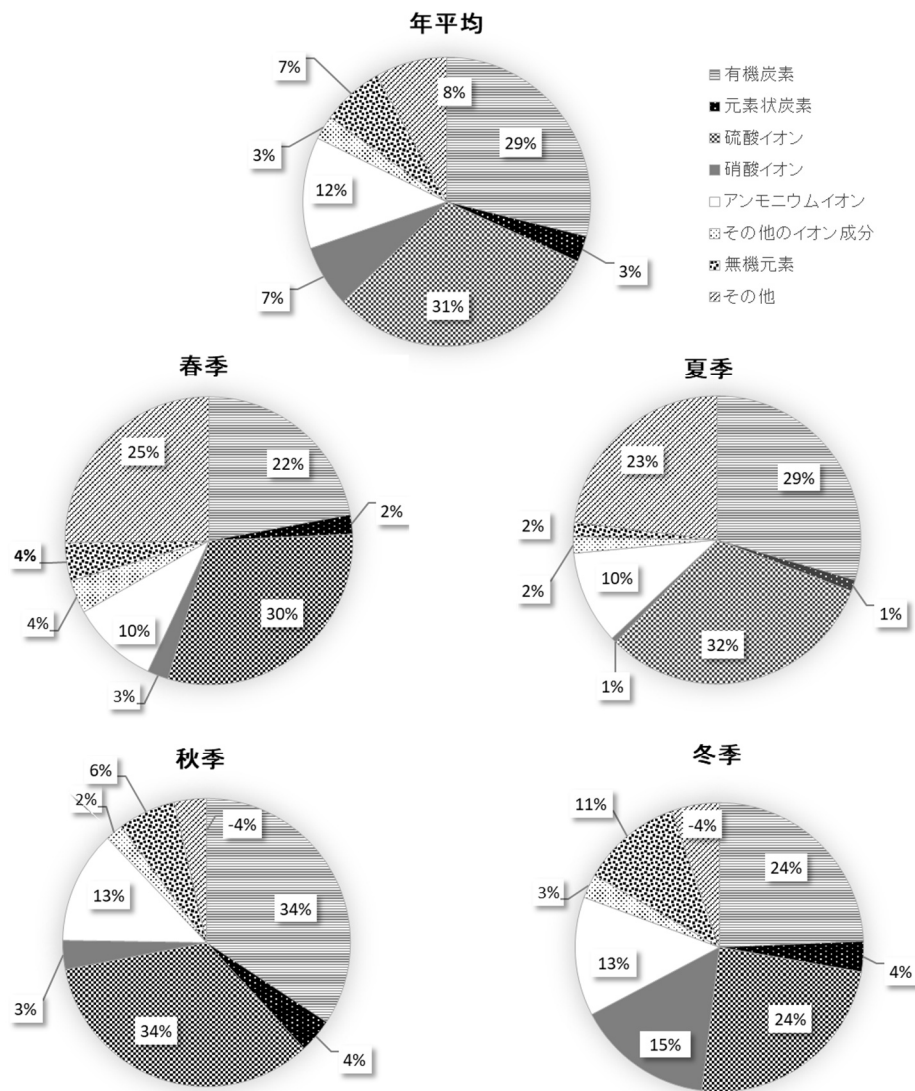


図3 各成分の割合

# 長崎県における微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) の経年変化(2018～2021年度)

横田 哲朗, 前田 卓磨

## Secular variation of PM<sub>2.5</sub> in Nagasaki Prefecture (2018～2021)

Tetsurou YOKOTA, Takuma MAEDA

キーワード: PM<sub>2.5</sub>, 成分, PMF解析

Key words: particulate matter 2.5, component, Positive Matrix Factorization

### はじめに

微小粒子状物質 (以下、「PM<sub>2.5</sub>」という。) の成分分析については、PM<sub>2.5</sub>の発生源寄与割合の推計に資することを主目的の一つとして、平成22年3月に改正された「大気汚染防止法第22条の規定に基づく事務の処理基準について」<sup>1)</sup> (以下、「事務処理基準」という。) に盛り込まれたところであり、本県においても2018年より「微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) の成分分析ガイドライン」<sup>2)</sup> (以下、「ガイドライン」という。) に基づき、PM<sub>2.5</sub>の成分分析を開始している。発生源寄与割合の推計には、PMF (Positive Matrix Factorization) やCMB (Chemical Mass Balance) などの数値解析が挙げられ、特にPMFに関しては、発生源の情報がない場合でも測定データさえあれば計算が実行可能という利点があるため、近年、研究報告例も増えている。今回、県内のPM<sub>2.5</sub>測定データについてPMF解析を実施し、発生源寄与割合の推計を試みたので報告する。

### 材料及び方法

#### 1 解析対象データ

解析対象データは、事務処理基準及びガイドラインに基づき当センターが県大気常時監視測定局 (川棚局) で試料採取及び測定したデータのうち、2018年度から2021年度のものを使用した。PM<sub>2.5</sub>質量濃度は、同測定局の自動測定器のデータを使用した。また、環境省が取りまとめ公表している全国の自治体の測定データ<sup>3)</sup>から主に九州北部のデータを使用した。各測定地点を図1に示す。環境省による公表データについては、公表までのタイムラグの関係上2017年度から2019年度までのデータを使用した。詳細は以下のとおりである。

(1) 測定地点 (本県測定地点)  
川棚局 (2018年度～2021年度)

(2) 測定地点 (環境省公表データより引用した地点)  
環境省の公表データから表1の測定地点のデータを使用した。

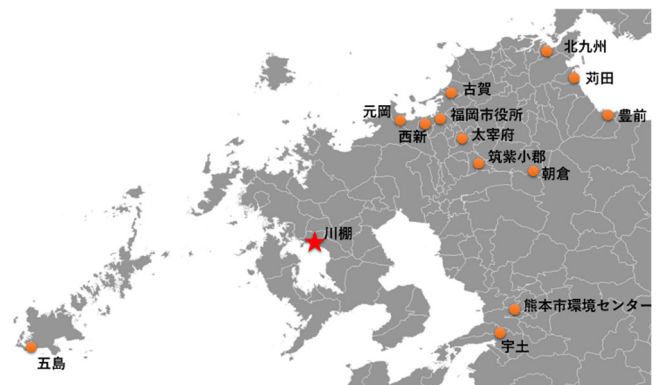


図1 測定地点

表1 解析にデータ使用した測定地点

報告団体名	地点名	年度			データ数	
		2017	2018	2019		
環境省	五島				168	
	太宰府局				168	
	筑紫小郡局				56	
	福岡県	朝倉局				56
		豊前局				56
		苅田局				56
福岡市	古賀局				56	
	市役所局				168	
	元岡局				168	
北九州市	西新局				112	
	北九州観測局				168	
熊本県	宇土				168	
熊本市	環境総合センター				168	
合計:					1568	

(3) 測定期間

測定期間は環境省が設定した統一試料捕集期間に合わせて年4回、各季節2週間連続で実施した。他県においても多少の測定日の前後はあるが、同様の条件でサンプリングされているデータを使用した。サンプリング時間は12:00から翌12:00までの24時間とした。

(4) PMF解析に用いた成分

イオン成分 (Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>)  
 無機元素成分 (Al, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Sb, Pb)  
 炭素成分 (OC, EC)

2 発生源解析

米国環境保護庁のホームページで公開されているソフトウェア EPA PMF5.0 を用いて PMF解析<sup>4)</sup>による発生源寄与率の推定を試みた。データの選定については、測定日ごとの分析データについてイオンバランス (Anion/Cation比率) が0.8以上1.2以下の範囲から外れているものは除外した。また、マスクロージャーモデル<sup>5)</sup>を用いて通常の濃度範囲 (0.8以上1.2以下) から逸脱した試料を除外した。なお、川棚のデータについては、エアサンプラーの異常等によりイオン成分及び炭素成分が欠測した期間 (2018年7月19日、20日及び2019年夏季) と火山活動の影響による高濃度イベント (2020年8月)<sup>6)</sup>のデータ以外は、除外処理をせずにデータセットの一部とした。最終的に解析に用いたのは合計1142個のデータセットとした。表1にPMF解析の条件を示す。検出下限値未満の測定値は、検出下限値の1/2に置換した。また、PM<sub>2.5</sub>構成成分の実測値と推定値の相関係数が0.5未満の場合は成分の重みづけをweak (不確かさが3倍) とした。PMF解析結果についてII型共同研究グループの解析方法を参考に以下の内容を確認し、妥当性が高い最終解を選択した。

- ・各発生源の因子を説明できるか
- ・Q値とQtheory値が近似しているか (2倍以下)
- ・Bootstrap結果のIQR値及びmapping値

調査結果

1 PM<sub>2.5</sub>質量濃度の経年変化について

川棚のPM<sub>2.5</sub>質量濃度について、県大気常時監視測定局 (川棚局) のデータを整理し、各年度の平均質量濃度にしたものを図2に示す。PM<sub>2.5</sub>の環境基準 (平成21年9月9日、環告33)<sup>7)</sup>は、「1年平均値が15 µg/m<sup>3</sup>以下であり、かつ、1日平均値が35 µg/m<sup>3</sup>以下であること。」とされている。今回は年度ごとに集計しているが、図2からPM<sub>2.5</sub>の質量濃度は減少傾向にあることが示唆され、1年

表1 PMF解析における条件

サンプル数			
川棚	他県 (九州地域13地点)		
207	935		
合計1142			
重み付け	イオン成分	無機元素成分	炭素成分
Strong	NO <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Na <sup>+</sup> , NH <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup>	V, Mn, Fe, As	元素状炭素 (EC)
Weak (不確かさ3倍)	Cl <sup>-</sup> , Ca <sup>2+</sup>	Al, Cr, Ni, Cu, Zn, Sb, Pb	有機性炭素 (OC)
Factor			6
Uncertainty			20%
Base runs			100
Bootstrap runs			100
Mapping of bootstrap factors			96-100

間の平均値も環境基準を下回っていた。

また、各年度の日別平均値について図3に示す。2018年度、2019年度は各1回、2020年度は2回、日別平均値が環境基準 (35 µg/m<sup>3</sup>) を超過する高濃度イベントが発生しているが、2021年度は環境基準を超過したものはなかった。

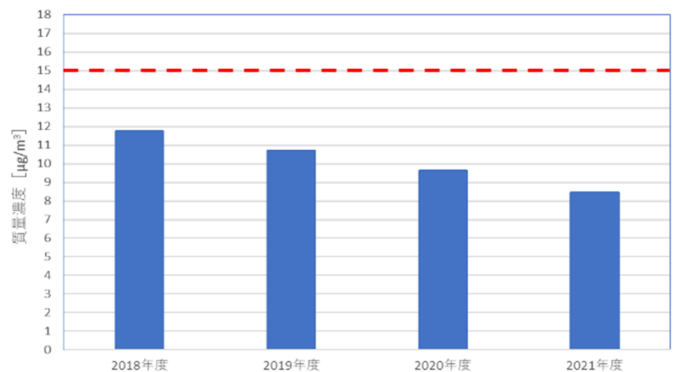


図2 川棚におけるPM<sub>2.5</sub>質量濃度の経年変化

図中の破線は、環境基準 (年平均) 15 µg/m<sup>3</sup>の指標を表す。

2 発生源解析

(1) 発生源の種類とその指標成分

得られたPM<sub>2.5</sub>成分濃度データに対し、PMF解析を用いて、発生源種類の推定を行った。この結果、6種類の発生源が推定された。各発生源の指標成分を表3及び図4に示す。

指標成分に対する各発生源の割り当ては文献<sup>8,9)</sup>や成分測定マニュアルで確認したが、全く同じ指標成分の組み合わせでない場合、解析者による恣意的な解釈も含まれている。





図3 川棚測定局におけるPM<sub>2.5</sub>質量濃度の日別平均値

図中の破線は、環境基準（日平均）35 µg/m<sup>3</sup>の指標を表す。  
また、枠で囲んだ部分は成分分析のサンプリングを行ったおおよその期間を示している。

表3 PMF解析により推定された発生源

	発生源因子	指標成分
1	道路交通・バイオマス燃焼	K <sup>+</sup> , Sb, OC, EC
2	石油燃焼	V, Ni, EC
3	工業	Mn, Fe, Zn, Pb
4	二次生成(硫酸塩)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
5	二次生成(硝酸塩)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
6	海塩	Na <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup>

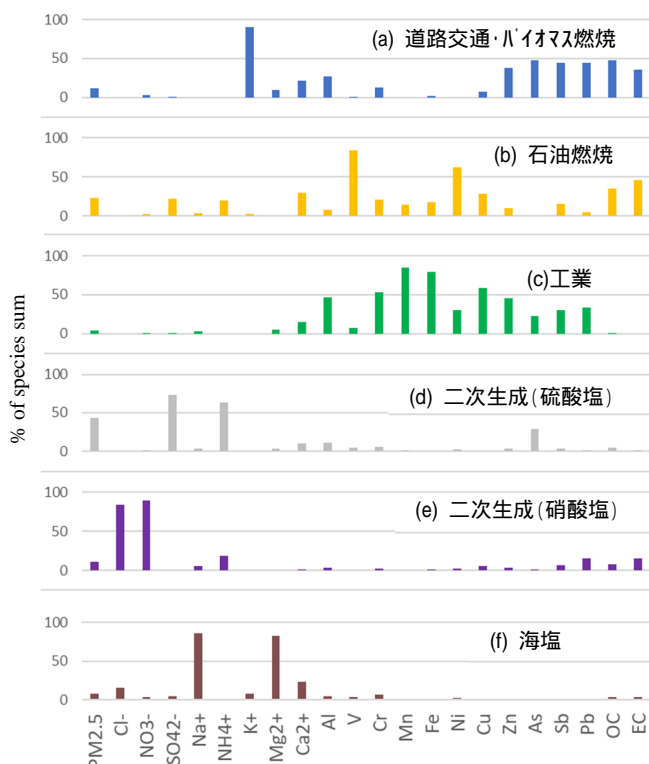


図4 発生源のプロファイル (% of species sum)

(a) 道路交通・バイオマス燃焼

OC, ECが比較的高く、ブレーキパッド由来とされるSbの寄与が高いことから、自動車排ガスの特徴がみられたため道路交通由来とした。また、K<sup>+</sup>の寄与率が高く、バイオマス燃焼の寄与も表す因子と解釈した。その他、AsとPbの寄与が高く、バイオマス燃焼に加え廃棄物燃焼の影響も含まれることが示唆された。これらの因子は本解析では分離できなかった。

(b) 石油燃焼

VとNiの負荷が高いため重油燃焼由来と解釈した。

(c) 工業

Mn, Fe, Zn, Pbの負荷が高く、工業因子の特徴が見られた。また、CrとCuの負荷も見られた。さらに、この因子の割合は北九州及び苅田で多く見られた。両地点は製

鉄産業が盛んな地域であるが、この因子で負荷が見られた成分の組み合わせは製鉄産業と解釈する報告<sup>8)</sup>があるため、工業(特に製鉄関連)の因子と解釈した。

(d) 硫酸塩

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>とNH<sub>4</sub><sup>+</sup>が高いため硫酸二次生成由来とした。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>はSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>とNO<sub>3</sub><sup>-</sup>のカウンターイオンとして知られており、(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>とNO<sub>3</sub><sup>-</sup>)/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>の等量比は1に近くなる。本因子におけるSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>の当量比は1.05であった。このことから、硫酸アンモニウム塩 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>が主体的に存在していると考えられる。主に広域汚染の指標として解釈される。

(e) 硝酸塩

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>が高いため硝酸二次生成由来とした。また、Clも比較的高いため、半揮発性の塩化アンモニウムの負荷もみられた。硝酸塩は冬季に高濃度となるとされており、本解析においても同様の傾向が見られた。

(f) 海塩

Na<sup>+</sup>とMg<sup>2+</sup>が高いため、海塩由来とした。

(2) 川棚における発生源寄与の経年変化

川棚における発生源寄与の割合を図5に示す。各因子の寄与割合は、二次生成(硫酸塩)が最も大きく54%であった。次いで道路交通・バイオマス燃焼の12%、二次生成(硝酸塩)、海塩の8%、石油燃焼の5%、工業の4%の順であった。図中の「その他」はPM<sub>2.5</sub>の質量濃度から各因子の成分の質量濃度を差し引いた残りを表す。

また、図6に各因子の経年変化を示す。年度間で各因子の濃度に大きな変化は見られない中、石油燃焼の因子のみ2020年度、2021年度はほとんど発生していなかった点が特徴として挙げられる。本解析結果において、Vはその83.5%を石油燃焼因子に寄与しており、Vと石油燃焼因子の経年変化はほぼ一致すると考えられるため、本解析が妥当であれば、Vの濃度と石油燃焼因子の変化傾向は同様となるはずである。川棚のV濃度の経年変化を図7に示す。Vの濃度は2019年の冬季のデータから大幅に減少しており、この傾向は2021年冬季まで続く結果となり、本因子の解は妥当であると言える。

まとめ

今回の調査により、2018年度から2021年度の川棚の測定地点におけるPM<sub>2.5</sub>の質量濃度及び各成分データを使用してPMF解析を行い、発生源因子の推定及び経年変化の傾向を明らかにした。発生源因子としては二次生成(硫酸塩)が全体の半分以上を占めており広域汚

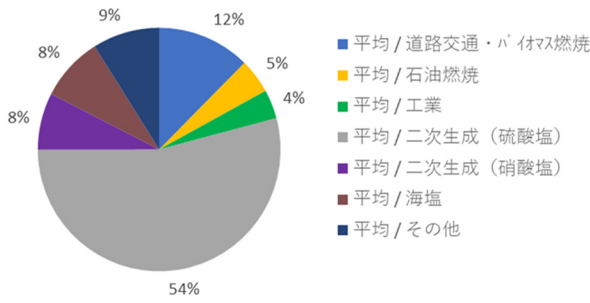


図5 川棚における発生源因子の割合 (2018-2021)

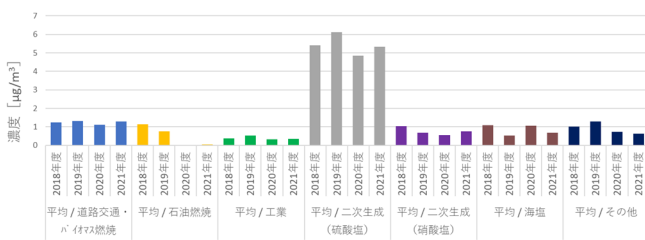


図6 川棚におけるPM<sub>2.5</sub>発生源寄与の経年変化

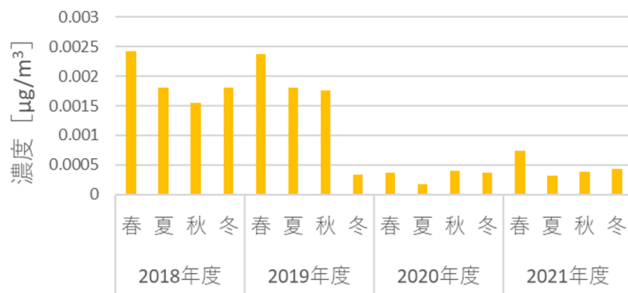


図7 川棚におけるV濃度の経年変化

染の影響を受けやすいことが示唆された。また、各発生源因子は後述する石油燃焼因子以外は年度間で大きな増減はみられなかった。なお、PM<sub>2.5</sub>の質量濃度は本調査の対象とした4年間において減少傾向を示し、環境基準を超過する事例も年間1件程度であり、ほとんどの場合基準を達成している状況であった。

石油燃焼因子については、2019年度の冬季 (2020年1月) から大きく減少し、本因子の代表成分であるV濃度も同時期に減少していることが分かった。2019年度の冬季 (2020年1月) は、新型コロナウイルス (COVID-19) が世界的に認知された時期である。その後、国内においても感染が拡大したところであり、我が国初の緊急事態宣言が発出され、2020年4月16日には全国を対象が拡

大した。この頃から国内の経済活動が停滞し、2022年6月現在も完全に元に戻ったとは言えない状況が続いている。本調査において、石油燃焼因子及びV濃度の減少が確認されたのは国内の新型コロナウイルス感染症対策が本格化する前からであるため、今回の結果から国内経済の停滞と石油燃焼因子の関連性について議論することは難しい。しかしながら、2020年1月は徐々に海外 (特に中国) との渡航が制限され始めた時期であるなど、新型コロナウイルス感染症と石油燃焼因子の間には何等かの関係がある可能性が考えられるため、資料としてここに報告する。なお、本解析に用いた他県の地点においても、川棚と同様に2019年度冬季から石油燃焼因子及びV濃度が減少する傾向を示したので、併せて報告する。

参考文献・脚注

- 1) 環境省:大気汚染防止法第22条の規定に基づく事務の処理基準について (平成22年3月31日改正関係)
- 2) 環境省:微笑粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) の成分分析ガイドライン, [https://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/110729/no\\_110729001b.pdf](https://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/110729/no_110729001b.pdf)
- 3) 環境省:微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) の質量濃度及び成分測定 (手分析) 結果, <https://www.env.go.jp/air/osen/pm/monitoring.html> (2022.3.4アクセス)
- 4) United States Environmental Protection Agency: Positive Matrix Factorization Model for environmental data analyses, <https://www.epa.gov/air-research/positive-matrix-factorization-model-environmental-data-analyses> (2022.8.20アクセス)
- 5) 環境省:大気中微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) 測定方法暫定マニュアル (2007)
- 6) 竹村 俊彦:夏には珍しいPM<sub>2.5</sub>高濃度 西ノ島噴火 (2020) <https://news.yahoo.co.jp/byline/takemuratoshihiko/20200807-00192063/> (2021/7/7)
- 7) 環境省:微小粒子状物質による大気の汚染に係る環境基準について, 環告33 (2009)
- 8) Positive Matrix Factorization モデルを用いたPM<sub>2.5</sub>の発生源解析:文献調査による解析手法と東アジア地域の現状の整理, 大気環境学会誌, 54(4), 139-160 (2019)
- 9) 高岡大他:PMF法による福井県内のPM<sub>2.5</sub>発生源寄与解析, 福井県衛生環境研究センター年報, 14, 55-60 (2015)

## 長崎県における環境放射能水準調査 (2021年度)

前田 卓磨, 横田 哲朗

Environmental Radioactivity Level Survey  
in Nagasaki Prefecture (2021)

Takuma MAEDA, Tetsurou YOKOTA

キーワード：放射能、フォールアウト、全、空間線量率、線スペクトロメータ  
Key words: radioactivity, fall-out, gross $\beta$ , air dose rate,  $\gamma$ -ray spectrometer

## はじめに

2021年度に本県で実施した環境放射能水準調査結果を報告する。なお、本調査は原子力規制庁の委託で実施したものである。

## 調査方法

## 1 調査内容

調査内容について表1に示す。

表1 調査内容(2021年度)

測定区分	試料名	試料数	採取場所
全放射能測定	全 定時降水	92	大村市
	大気浮遊じん	4	大村市
	降下物	12	大村市
	蛇口水	1	佐世保市
線核種分析	土壌	2	佐世保市
	精米	1	佐世保市
	野菜	2	佐世保市
	牛乳	1	佐世保市
	水産生物	3	諫早市、長崎市、島原市

## 2 試料の調製及び測定方法

試料の採取、前処理及び測定方法は文部科学省及び原子力規制庁編の「放射能測定シリーズ」に基づいて行った。

## 測定条件

## 1 全放射能測定

線自動測定装置により測定

- ・CANBERRA製 S5XLB
- ・放射能比較試料 :  $U_3O_8$  500 dps
- ・試料測定時間 : 20分

## 2 線核種分析

ゲルマニウム半導体検出器により測定

- ・CANBERRA製 3520-7500SL/CC-VD
- ・多重波高分析装置 : CANBERRA製 DSA1000
- ・遮蔽体 : 鉛ブロック製 検出部 100 mm
- ・分解能 : FWHM=1.73 keV (1.33 MeV)
- ・試料測定時間 : 70,000s

## 3 空間放射線量率測定

モニタリングポストにより測定

- ・ALOKA製 MAR-22
- ・検出器 : NaI (Tl) シンチレータ
- ・基準線源 : Cs-137
- ・測定地点 : 環境保健研究センター、県北保健所、県南保健所、壱岐保健所、西彼保健所、松浦市役所

## 調査結果

## 1 全放射能測定

定時降水の全放射能調査結果を表2に示す。なお、降水量は採取量から算出した。定時降水92件中全てで検出されたが、降水量は平年並みであった。

## 2 線核種分析

ゲルマニウム半導体検出器による線核種分析結果を表3に示す。環境及び食品の26試料について実施した。このうち、水産生物(アマダイ)から $^{137}Cs$ が検出されたが、例年と比較して特に異常な値は認められず、 $^{131}I$ などの他の人工放射性核種については検出されなかった。

## 3 空間放射線量率

測定結果（1時間値）を表4に、月平均値の推移を図1に示す。全6地点の空間放射線量率の最大値は125 nGy/h（松浦市役所10月）、平均値は29～57 nGy/hで2020年度と同じであった。100 nGy/h以上を記録した日の天候はいずれも雨であり、降雨により大気中の自然放射性核種が一時的に地表面に集中したことによる影響で上昇したと考えられる。

ま と め

2021年度に実施した環境放射能水準調査の結果、全線は一部の環境試料から極微量の<sup>137</sup>Csが検出されたが、その濃度は過去10年間と比較して同程度であった。また、空間放射線量率測定においても異常値は観測されなかった。

表2 定時降水試料中（採取量50 mL以上）の全放射能測定結果（2021年度）  
（上：月別測定結果 下：年間値）

採取年月	降水量(mm)	測定数	降下量 (Bq/L)		降下量 (MBq/km <sup>2</sup> )	
			最大値	平均値	最大値	平均値
2021.4	144.7	5	2.6	1.7	160	44
5	299.7	13	3.5	2.0	142	42
6	174.6	8	2.0	1.6	121	34
7	65.8	7	4.0	2.1	43	16
8	770.9	15	3.0	2.0	374	95
9	181.0	10	2.7	1.9	82	36
10	2.5	3	2.8	2.3	2	2
11	99.8	9	2.9	1.9	105	25
12	46.9	6	4.7	2.8	108	36
2022.1	72.7	7	3.2	2.1	70	14
2	23.6	2	1.7	1.7	26	20
3	129.0	7	2.3	1.7	115	35
年間降水量 (mm)	年間検体数	年間最大降下量 (Bq/L)	年平均降下量 (Bq/L)	年間最大降下量 (MBq/km <sup>2</sup> )	年平均降下量 (MBq/km <sup>2</sup> )	
2024	92	4.7	2.0	374	33	

表3 ゲルマニウム半導体検出器による核種分析結果（2021年度）

試料名	採取場所	採取年月	検体数	<sup>137</sup> Cs測定値	<sup>137</sup> Cs過去10年間の値		単位					
					最低値	最高値						
大気浮遊じん	大村市	2021.4 ～2022.3	4	N.D	N.D	0.24	mBq/m <sup>3</sup>					
降下物	大村市	2021.4 ～2022.3	12	N.D	N.D	1.1	MBq/km <sup>2</sup>					
陸水	蛇口水	佐世保市	2021.6	1	N.D	N.D	N.D	mBq/L				
土 壌	0～5 cm	佐世保市	1	N.D	2.2	18	Bq/kg乾土					
				N.D	120	1100	MBq/km <sup>2</sup>					
	5～20 cm	佐世保市	1	N.D	1.2	5.1	Bq/kg乾土					
農 作 物	精米	佐世保市	2022.2	1	N.D	N.D	N.D					
					大根	佐世保市	2022.2	1	N.D	N.D	N.D	Bq/kg生
									ほうれん草	佐世保市	2022.2	1
牛乳	佐世保市	2021.12	1	N.D	N.D	N.D	Bq/L					
水 産 生 物	アサリ	諫早市	2021.5	1	N.D	N.D	0.35					
	アマダイ	長崎市	2021.11	1	0.14	0.049	0.19	Bq/kg生				
	ワカメ	島原市	2022.2	1	N.D	N.D	N.D					

N.D.: 測定値が測定誤差の3倍未満

表4 モニタリングポストによる空間放射線量率測定結果 (2021年度)

	最大 最小 平均			最大 最小 平均			最大 最小 平均					
	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均			
環境保健研究センター	4月	49	28	29	4月	70	41	43	4月	72	41	44
	5月	43	28	29	5月	66	40	43	5月	65	41	45
	6月	76	27	30	6月	94	40	44	6月	95	41	46
	7月	62	27	30	7月	80	40	45	7月	73	41	45
	8月	48	27	29	8月	52	40	42	8月	52	41	44
	9月	47	28	30	9月	62	41	43	9月	77	41	45
	10月	41	28	29	10月	55	41	43	10月	63	41	45
	11月	40	28	29	11月	55	41	43	11月	59	42	45
	12月	46	28	29	12月	75	41	43	12月	63	42	45
	1月	39	28	29	1月	69	40	43	1月	61	42	44
	2月	51	28	30	2月	76	41	44	2月	79	41	45
	3月	60	28	29	3月	103	40	44	3月	78	41	44
	年間	76	27	29	年間	103	40	43	年間	95	41	45
壱岐保健所	4月	74	54	56	4月	55	36	38	4月	73	42	45
	5月	77	55	57	5月	71	37	39	5月	70	42	45
	6月	81	55	57	6月	111	35	40	6月	112	42	46
	7月	89	54	58	7月	76	36	40	7月	84	42	46
	8月	61	54	56	8月	52	36	38	8月	52	42	44
	9月	69	55	57	9月	66	36	39	9月	74	43	45
	10月	64	55	56	10月	55	36	38	10月	58	43	45
	11月	66	55	56	11月	52	37	38	11月	60	43	45
	12月	80	55	57	12月	56	36	38	12月	87	43	45
	1月	72	55	57	1月	83	37	38	1月	70	43	45
	2月	76	55	57	2月	68	37	39	2月	80	43	45
	3月	97	55	57	3月	75	35	39	3月	111	42	45
	年間	97	54	57	年間	111	35	39	年間	112	42	45

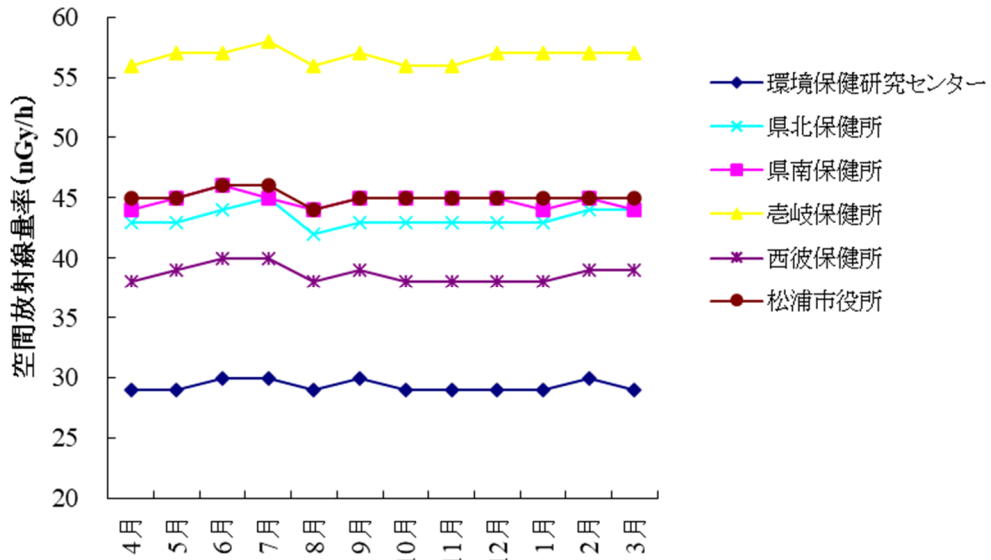


図1 空間放射線量率の平均値の推移 (2021年度)



# 長崎県における環境中のCs安定同位体の環境分布及び濃縮係数

前田 卓磨

## Distribution and Concentration Factor of Stable Cesium Isotope in Aquatic Environment in Nagasaki Prefecture

Takuma MAEDA

キーワード：セシウム安定同位体、濃縮係数、海水、海産生物、ICP-MS

Key words: stable cesium isotope, concentration factor, sea water, marine organisms, ICP-MS

### はじめに

九州電力株式会社玄海原子力発電所(佐賀県東松浦郡玄海町)から10km圏内は、原子力施設からの放射性物質又は放射線の放出による周辺環境への影響評価に資する観点から、「長崎県地域防災計画(原子力災害対策編)」(平成13年5月策定、平成21年6月修正)で防災対策を重点的に充実すべき地域の範囲(Emergency Planning Zone: EPZ)に指定されている。当センターでは、同計画の「長崎県緊急時環境放射線モニタリング計画」に基づき、平成13年度から平常時の環境放射能(線)モニタリング調査(以下、「モニタリング調査」という)を実施している。

また、モニタリング調査に関連して令和2年度より環境中のセシウム(Cs)の安定同位体( $^{133}\text{Cs}$ )の挙動から人工核種( $^{137}\text{Cs}$ 、半減期:30年)の濃縮係数を推測することを目的とした調査を実施しており、本稿で調査結果を報告する。

Csは生体の必須元素であるNa、Kと似た科学的性質を持ち、体内に取り込まれた場合全身に分布すると考えられるため<sup>1)</sup>、 $^{137}\text{Cs}$ による内部被ばくの影響が懸念される。 $^{137}\text{Cs}$ 等の人工核種は過去の大気中核実験や原発事故により環境中に放出されたが、現在ではGe半導体検出器等による測定では不検出となる例があり、低濃度で推移していると考えられる。 $^{133}\text{Cs}$ は安定に天然で存在するCsの同位体であり、一般に同位体は同様の環境動態を示すと考えられるため<sup>2)</sup>、本調査では $^{133}\text{Cs}$ の環境中における分布を把握し、海産生物における放射性Csの濃縮係数を推測した。

$^{133}\text{Xe}$ (キセノン)は原発事故の際に放出されるが<sup>3)</sup>、希ガスであるため拡散しやすく、観測することは技術的に難しいとされ、国内では高崎観測所(群馬県)

や日本分析センター(千葉県)で観測されている。 $^{133}\text{Cs}$ は $^{133}\text{Xe}$ の娘核種であり、 $^{133}\text{Xe}$ は半減期が約5日であるため、放出後は環境中の $^{133}\text{Cs}$ 濃度が上昇する可能性が考えられる。 $^{133}\text{Cs}$ の平常時における大気浮遊じん中の濃度を把握することで、事故発生時における $^{133}\text{Xe}$ 放出の形跡を調査できる可能性があるか検討を行った。

### 調査方法

#### 1 調査地点及び試料採取

試料は令和2年度～令和3年度のモニタリング調査時に採取した。調査地点を図1に示す。海水と大気浮遊じんはすべての地点が玄海原子力発電所の30km圏内で、生体試料は鷹島町にある漁業協同組合で購入して分析に用いた。採取試料を表1に示す。

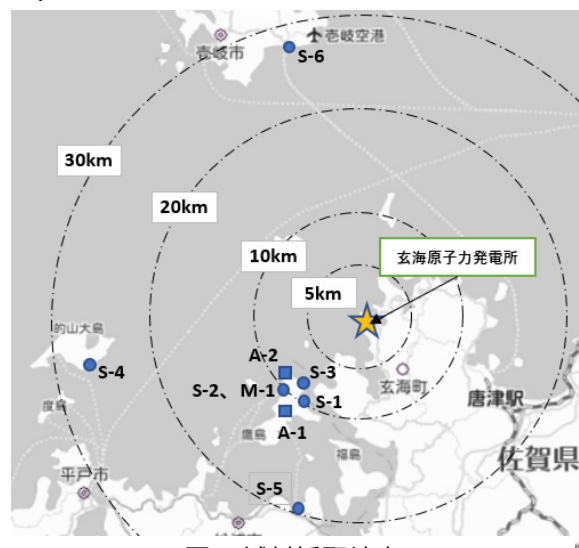


図1 試料採取地点

海水は20Lポリタンクで20Lを直接採取し、1L分取した試料をICP-MS分析に用い、残試料に塩酸を加え(5mL/試料1L)、Ge半導体検出器の分析に用いた。大気浮遊じんはハイボリュームエアサンプラーを用いて、24時間採取した(1m<sup>3</sup>/分、ろ紙:HE-40T、捕集面積:402.5cm<sup>2</sup>)。

## 2 分析方法

### (1)<sup>137</sup>Csの測定

<sup>137</sup>Csは原子力規制庁の放射能測定法シリーズに準じて行った。海水はリンモリブデン酸アンモニウム-二酸化マンガン共沈法により<sup>137</sup>Csを分離し、ガンマ線スペクトロメトリー(測定時間70,000秒)により測定した。生体試料は可食部以外を除去した後、105で24時間乾燥し、電気炉で450で48時間灰化した後、測定した。大気浮遊じんはろ紙から円形に12枚(4.8cm)打ち抜き、測定した。

### (2)<sup>133</sup>Csの測定

海水は孔径0.2μmのクロマトディスク(GLサイエンス製)を用いてろ過し、5%硝酸で10~100倍希釈して10mLに定容した。生体試料は灰化後の試料3mgに硝酸5mL、過酸化水素1mL、フッ化水素2mLを加え、マイクロ波試料前処理装置(マイルストーンゼネラル製 ETHOS-One)で240で酸分解した後、フッ化水素を蒸発させるため同装置で加熱濃縮し、5%硝酸で10mLに定容した。大気浮遊じんは打ち抜き後の残試料から正方形(一辺1cm)に一枚ポンチして生体試料と同様に分析した。分析機器はICP-MS(アジレント製 Agilent7700x)を用いた。

## 調査結果と考察

### 1 <sup>137</sup>Cs測定結果

表1に<sup>137</sup>Csの測定結果を示す。トラフグを除く全試料においてND(不検出=検出限界値未満)であった。そこで、2011~2021年度のモニタリング調査の結果

表1 <sup>137</sup>Cs測定結果

採取試料	採取地点	試料数	<sup>137</sup> Cs	
海水	S-1	1	ND	Bq/L
	S-2	2	ND	
	S-3	2	ND	
	S-4	2	ND	
	S-5	2	ND	
	S-6	1	ND	
イカ		2	ND	Bq/kg生
トラフグ	M-1	2	ND~0.13	
ヒジキ		2	ND	
大気浮遊じん	A-1	4	ND	mBq/m <sup>3</sup>

鷹島の漁業協同組合で購入

を整理した(表2)。海水とトラフグについては検出される割合が多いが、イカや海藻類(カジメ・ヒジキ)に

ついては少なかった。海水の<sup>137</sup>Cs平均値は0.0021(Bq/L)であり、他地域における調査結果と一致した<sup>4)</sup>。なお、福島第一原発事故以前の我が国周辺海域の海水中<sup>137</sup>Cs濃度は、0.0015~0.002(Bq/L)の範囲であり<sup>3)</sup>、本調査結果と近い値であった。濃縮係数は生体試料と海水試料の濃度比(式1)で算出した(海水の比重は1.024とした)。

$$\text{濃縮係数} = \frac{\text{生体試料の}^{137}\text{Cs放射能濃度(Bq/kg-wet)}}{\text{海水の}^{137}\text{Cs放射能濃度(Bq/kg)}} \quad \dots \text{式1}$$

表3にIAEAによる濃縮係数<sup>5)</sup>の推奨値を示す。結果を比較すると、イカについては本調査の数値が大きい値となったが、トラフグとカジメについては、概ね近い水準であった。また、カジメについては他地域の調査結果<sup>4)</sup>と近い値であった。

### 2 <sup>133</sup>Cs測定結果

表4に<sup>133</sup>Csの測定結果を示す。海水の<sup>133</sup>Cs平均値は0.31であり、他地域での調査結果<sup>4)</sup>とよく一致した。濃縮係数は式2で算出した(海水の比重は1.024とした)。

$$\text{濃縮係数} = \frac{\text{生体試料の}^{133}\text{Cs放射能濃度}(\mu\text{g/kg-wet)}}{\text{海水の}^{133}\text{Cs放射能濃度}(\mu\text{g/kg)}} \quad \dots \text{式2}$$

IAEA推奨値と比較すると、トラフグとヒジキについては低い値となり、イカについてはよく一致した。また、ヒジキについては、他地域での海藻の調査結果<sup>4)</sup>と概ね一致した。<sup>137</sup>Csの測定結果による濃縮係数と比較すると、全体的に低い値となったが、大きな差はみられなかった。ただし、海水と生体試料の採取期間が異なることや、試料数が少ないことに留意する必要がある。<sup>133</sup>Csと<sup>137</sup>Csの原子数比を表5に示す。海水の原子数比は $2.0 \times 10^{-9}$ であり、神奈川県三崎沖の調査結果<sup>2)</sup>と近い値であった。また、生体試料については、<sup>137</sup>Csの検出数が1であったイカを除けば、概ね海水の結果と一致したため、調査地点における生物中の<sup>137</sup>Csは海水中の<sup>137</sup>Csと平衡状態にあることが推測された。

### 3 大気浮遊じんの測定結果

<sup>137</sup>Csについては、2011年5月のみ検出された。本試料は<sup>134</sup>Csも極微量検出されており、福島第一原子力発電所における事故の影響が考えられる。モニタリング開始以降、大気浮遊じんの試料で<sup>137</sup>Csが検出されたのは本事例のみである。大気浮遊じん中の<sup>133</sup>Cs測定結果は0.21~0.37(ng/m<sup>3</sup>)であり概ね安定していた。事故時の日本分析センターによる希ガス測定<sup>6)</sup>は2011年3月7日から4月18日まで行われて



いる(1週間連続採取)。この期間における<sup>133</sup>Xeの最大濃度は、3月14日から3月22日の測定結果である1,300(Bq/ m<sup>3</sup>)であり、事故前の濃度は0.001(Bq/ m<sup>3</sup>)程度とされているため、原発事故の影響によって濃度が上昇したと考えられる。<sup>133</sup>Xeの半減期を5.2日として質量に換算すると約1.9 × 10<sup>-4</sup>(ng/ m<sup>3</sup>)で、放出時からの経過時間を約1日とすると、約12%が<sup>133</sup>Csに崩壊していることから、約2.6 × 10<sup>-5</sup>(ng/ m<sup>3</sup>)の<sup>133</sup>Csが発生したと考えられる。実際には、沈着により千葉県に到達した<sup>133</sup>Cs濃度はさらに減少している直線的に到達する場合における<sup>133</sup>Cs濃度上昇に

ると考えられることから、大気浮遊じん中の濃度と比較してかなり小さい値となるため、ICP-MSを用いて検出するためには試料量が過剰となる。このため、事故の影響による<sup>133</sup>Cs濃度の変動を把握することは困難であると考えられる。ただし、福島第一原発と日本分析センターは約210km離れており(玄海原発とA-1地点は約12km、当センターは約65km)、事故当時の大気拡散過程の解析<sup>7)</sup>によると、プラント北東方向に拡散後、海上で南下して千葉県東部を通過(3月14日昼から15日午後)していることから、近傍地点についてはより詳細な調査や解析を要する。

表2 過去10年間のモニタリングにおける<sup>137</sup>Cs測定結果(2011～2021年度)

試料	採取地点	測定年度	試料数	検出数	<sup>137</sup> Cs			
					濃度範囲	平均値 <sup>2</sup>	単位	濃縮係数[-]範囲
海水	S-1	2011～2021	11	7	ND～0.0028	0.0021	Bq/L	-
トラフグ	M-1	2011～2021	11	9	ND～0.25	0.20	Bq/kg生	～120
イカ	M-1	2019～2021	3	1	ND～0.20	0.20		～98
カジメ	M-1	2011～2018	8	3	ND～0.15	0.11		～73
ヒジキ	M-1	2019～2021	3	0	ND	ND		-
大気浮遊じん	A-1	2015～2021	14	0	ND	ND	mBq/m <sup>3</sup>	-
	A-2	2011～2014	8	1	ND～0.057 <sup>1</sup>	0.057		-

1 2011年5月採取試料のみ検出

2 検出した試料の平均値

出典：長崎県地域防災計画に係る環境放射能調査(2011年度～2021年度)

表3 IAEAによる海産生物の濃縮係数推奨値

生物の種類	濃縮係数
魚	100
イカ・タコ	9
藻類	50

表4 <sup>133</sup>Cs測定結果

試料	採取地点	測定年度	試料数	<sup>133</sup> Cs			
				濃度	平均値	単位	濃縮係数[-]範囲
海水	S-1	2020～2021	1	0.40	0.31	μg/L	-
	S-2		2	0.33			
	S-3		2	0.31			
	S-4		2	0.30			
	S-5		2	0.30			
	S-6		1	0.23			
トラフグ	M-1	2020～2021	2	6.2～20	13	μg/kg	20～67
イカ	M-1		2	2.4～4.0	3.2		8～13
ヒジキ	M-1		2	3.7～6.3	5.0		12～21
大気浮遊じん	A-1	2020～2021	4	0.21～0.37	0.27	ng/m <sup>3</sup>	-

表5 <sup>133</sup>Csと<sup>137</sup>Csの原子数比

試料	原子数比
	<sup>137</sup> Cs/ <sup>133</sup> Cs
海水	2.0×10 <sup>9</sup>
トラフグ	4.6×10 <sup>9</sup>
イカ	1.9×10 <sup>8</sup>
カジメ	6.6×10 <sup>9</sup>

## まとめ

本県のモニタリング調査で採取した生体試料、環境試料を用いて、 $^{137}\text{Cs}$ と $^{133}\text{Cs}$ の濃度分布を把握した。海水中の $^{137}\text{Cs}$ と $^{133}\text{Cs}$ の濃度は国内の他地点における調査結果と同程度であった。また、海水と生体試料の $^{137}\text{Cs}$ と $^{133}\text{Cs}$ 濃度からそれぞれ濃縮係数を算出したところ、IAEAの推奨値に概ね近い値であった。

## 参考文献・脚注

- 1) 環境省HP：放射線による健康影響等に関する統一  
的な基礎資料（平成29年版），<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h29kisoshiryu/h29kiso-02-02-04.html>（2022.5.31アクセス）
- 2) 帰山秀樹：東京電力福島第一原発事故の影響評価を中心とした海産動物プランクトンの人工放射性核種に関する研究（総説），*日本プランクトン学会報*，

63(1), 8-15 (2016)

- 3) 環境省HP：放射線による健康影響等に関する統一  
的な基礎資料（平成29年版），<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h29kisoshiryu/h29kiso-02-02-05.html>（2022.6.1アクセス）
- 4) 加藤健二他：新潟県沿岸における海水及び海藻の  
 $^{137}\text{Cs}$ と安定Csの濃度分布，*新潟県放射線監視セ  
ンター年報*，1，21-28(2002)
- 5) 環境省HP：放射線による健康影響等に関する統一  
的な基礎資料（平成29年版），<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h30kisoshiryu/h30kiso-04-04-10.html>（2022.6.1アクセス）
- 6) 公益財団法人日本分析センターHP：日本分析セン  
ターにおける空間放射線量率について：事故調後の  
調査結果，[https://www.jcac.or.jp/site/senryo/kako.htm  
l](https://www.jcac.or.jp/site/senryo/kako.html)（2022.6.1アクセス）
- 7) 堅田元喜他：福島第一原子力発電所事故における  
放射性核種の大気放出・拡散・沈着，*エアロゾル  
研究*，32(4)，237-243（2017）

# 長崎県地域防災計画に係る環境放射能調査 (2021 年度)

福田 祥一, 古賀 康裕

## Environmental Radioactivity Survey on Nagasaki Prefectural Disaster Prevention Plan (2021)

Shoichi FUKUDA, Yasuhiro KOGA,

キーワード：環境放射能、放射線量率、核種分析

Key words: environmental radiation, radiation dose rate, nuclides analysis

### はじめに

当センターでは「長崎県地域防災計画(原子力災害対策編)」(2001年5月策定、2015年6月修正)に係る「長崎県環境放射線モニタリング方針」に基づき、九州電力(株)玄海原子力発電所(以下、「玄海原発」という)からの放射性物質又は放射線の放出による周辺環境への影響評価に資する観点から、玄海原発半径10 km 圏内を「防災対策を重点的に充実すべき地域の範囲(Emergency Planning Zone)」として定め、2001年度から平常時の環境放射線(能)モニタリング調査(以下、「モニタリング調査」という)を実施してきた。

原子力規制委員会は、東京電力(株)福島第一原子力発電所事故後に原子力災害対策指針(2012年10月31日)を制定し、原発から半径30 km 圏内を緊急防護措置準備区域(Urgent Protective Action Planning Zone(以下、「UPZ」という))と定め、平常時レベルの把握および緊急時の体制整備などを目的とした平常時モニタリング調査を実施する必要があるとしている。



図1 モニタリング調査エリア全体図

このため、長崎県においても2013年度から調査範囲をUPZに拡大してモニタリング調査を実施しているところである(図1)。

本報では、2021年度の調査結果について報告する。なお、本調査は原子力規制庁の委託で実施したものである。

### 調査項目

調査項目を表1に、調査地点のうち、走行サーベイのルート図を図2~6に、環境試料採取地点を図7~10に示す。

### 調査方法

#### 1 空間放射線量率測定(走行サーベイ)

##### (1) 使用機器

- ・NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ  
(日立アロカメディカル製 TCS-171B)
- ・緊急時放射線モニタリング情報共有・公表システム(RAMISES)

##### (2) 測定方法

- ・各ルート(4ルート)において、車両を用いたの連続測定(30秒間隔)

#### 2 ガンマ線スペクトロメトリーによる核種分析

##### (1) 使用機器

- ・多重波高分析装置  
(SEIKO EG&G 製 MCA-7a)
- ・ゲルマニウム半導体検出器  
(ORTEC 製 GEM 35-76)

## (2) 測定方法

- ・分析対象核種 :  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$
- ・測定時間 : 80,000 秒

## (3) 環境試料採取および前処理方法

放射能測定法シリーズ(文部科学省編)に準拠して以下のとおり実施した。

## ・大気浮遊じん

松浦市役所鷹島支所にてハイボリュームエアサンプラーを設置し、積算流量約 1440 m<sup>3</sup> をろ紙(HE-40T)で採取した。採取後のろ紙をボンチ(58 mm)で打ち抜き、U-8 容器に集塵面を下に向けて充填し測定に供した。

## ・陸水

各採取地点にて約 20 L を採取した。それぞれを蒸発濃縮後、U-8 容器に充填し測定に供した。

## ・海水

各採取地点にて約 20 L を採取し、リンモリブデン酸アンモニウム - 二酸化マンガン吸着捕集法で傾斜分離後、U-8 容器に充填し測定に供した。

## ・土壌

各採取地点にて表層(0~5 cm)を採取し、105°C で 24 時間乾燥後、2 mm 篩で分級し、U-8 容器に充填し測定に供した。

## ・海底土

日比水道にて採泥器を用い、約 3 kg を採取した。105°C で 24 時間乾燥後、2 mm 篩で分級し、U-8 容器に充填し測定に供した。

## ・精米、ブロッコリー

道の駅「鷹ら島」にて各々約 3 kg を購入し、450°C で 24 時間灰化後、U-8 容器に充填し測定に供した。

## ・トラフグ、イカ、ヒジキ

新松浦漁業協同組合にて各々約 3 kg を購入し、可食部を 450°C で 24 時間灰化後、U-8 容器に充填し測定に供した。

## ・松葉、ヨモギ

各採取地点にて各々約 2 kg を採取し、450°C で 24 時間灰化後、U-8 容器に充填し測定に供した。

## 3 放射化学分析による放射能測定

## (a)放射性ストロンチウム分析

## (1) 使用機器

- ・低バックグラウンド 2 ガスフローカウンタ (CANBERRA 製 LB4200)

## (2) 測定方法

- ・分析対象核種 :  $^{90}\text{Sr}$
- ・測定時間 : 100 分

## (3) 環境試料採取及び前処理方法

放射能測定法シリーズ(文部科学省編)に準拠して、以下のとおり実施した。

なお、前処理及び測定は、一般財団法人九州環境管理協会へ委託した。

## ・陸水

各採取地点にて約 100 L を採取した。試料に Sr 担体 50 mg を添加後、陽イオン交換樹脂によりストロンチウム等を粗分離、濃縮した。

## ・土壌

各採取地点にて表層(0~5 cm)を採取し、105°C で 24 時間乾燥後、2 mm 篩で分級した。

上記の乾燥細土 100 g を 500 にて一晩加熱した。放冷後、Sr 担体 50 mg、HCL を 1L 加え、3 時間以上加熱した後に吸引ろ過し、Sr 抽出溶液を得た。

## ・トラフグ、イカ、ヒジキ

新松浦漁業協同組合にて約 3 kg を購入した。乾燥、灰化した後、灰試料に Sr 担体 50 mg を添加し、HNO<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> により残渣が白色となるまで加熱分解した。分解後、希 HCl にて溶解し、不溶物は吸引ろ過した。

## ・ブロッコリー

道の駅「鷹ら島」にて約 3 kg を購入した。乾燥、灰化した後、灰試料に Sr 担体 50 mg を添加し、HNO<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> により残渣が白色となるまで加熱分解した。分解後、希 HCl にて溶解し、不溶物は吸引ろ過した。

## ・分離、スカベンジング

各試料の前処理より得られた溶液に Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> を加え、炭酸塩沈殿を生成、遠心分離した。HCL で溶解し、H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> を加え、シュウ酸塩沈殿を生成した。沈殿を灰化後、HCl に溶解し、陽イオン交換樹脂を通し Ca 等を除去した。さらに BaCrO<sub>4</sub> の沈殿を生成し Ra 等を除去し、炭

酸塩を生成してクロム酸を除去した。Fe(OH)<sub>3</sub>共沈により<sup>90</sup>Yを除去し(スカベンジング)、炭酸塩を生成した。炭酸塩を希HClにて溶解定容し前処理溶液とした。

## (b)トリチウム分析

## (1) 使用機器

・低バックグラウンド液体シンチレーション計数装置  
(日立製作所製 LSC-LB7)

## (2) 測定方法

・分析対象核種 : <sup>3</sup>H

・測定時間 : 20分×55回

## (3) 環境試料採取および前処理方法

放射能測定法シリーズ(文部科学省編)に準拠して以下のとおり実施した。

・陸水及び海水

各採取地点にて約2Lを採取した。試料水200mlにNa<sub>2</sub>O<sub>2</sub>及びKMnO<sub>4</sub>を各0.2g添加後、減圧蒸留を行った。得られた溶液と乳化シンチレータを混合し測定に供した。

表1 調査項目

項目	試料名	地点数	試料数	調査地点
空間放射線量率 (走行サーベイ)	-	4	8	4ルート、年2回実施
ガンマ線核種分析	大気浮遊じん	1	2	
	陸水	1	1	
	海水	1	1	
	土壌	1	1	
	海底土	1	1	
	精米	1	1	松浦市鷹島町の各地点
	ブロッコリー	1	1	
	トラフグ	1	1	
	イカ	1	1	
	ヒジキ	1	1	
	陸水	5	5	松浦市、平戸市、佐世保市、壱岐市の各地点
	海水	2	2	松浦市、平戸市、壱岐市の各地点
	土壌	5	5	松浦市、平戸市、佐世保市、壱岐市の各地点
松葉	2	2	松浦市、壱岐市の各地点	
ヨモギ	2	2	平戸市、佐世保市の各地点	
放射性ストロンチウム分析	陸水	6	6	松浦市、平戸市、佐世保市、壱岐市の各地点
	土壌	6	6	
	トラフグ	1	1	
	イカ	1	1	松浦市鷹島町の各地点
	ヒジキ	1	1	
トリチウム分析	ブロッコリー	1	1	
	陸水	6	6	松浦市、平戸市、佐世保市、壱岐市の各地点
	海水	3	3	松浦市、平戸市、壱岐市の各地点
合計		55	60	

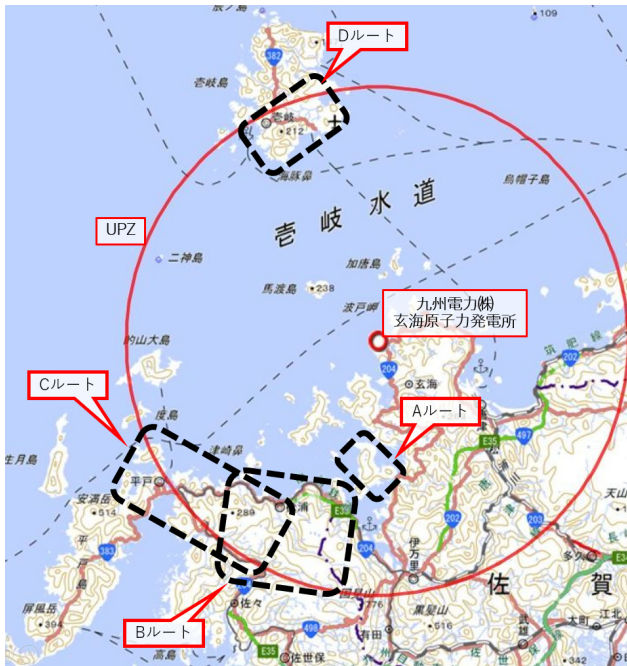


図2 走行サーベイルート(配置)



図3 Aルート(松浦市福島町)

**Aルート**

ルート概要

松浦市福島島内を一周

走行距離 21.8 km

所要時間 約 40 分



図4 Bルート(松浦市・佐世保市)

**Bルート**

ルート概要

松浦市(今福地区)

佐世保市(世知原・吉井・江迎地区)

松浦市(御厨地区、今福地区)

走行距離 58.0 km

所要時間 約 110 分





図5 Cルート(松浦市・佐世保市・平戸市)

### Cルート

#### ルート概要

松浦市(志佐(市役所)地区)  
 佐世保市(吉井・江迎地区)  
 平戸市(田平地区、平戸本島)  
 松浦市(志佐(市役所)地区)  
 走行距離 58.2 km  
 所要時間 約 120 分



図6 Dルート(志岐市)

### Dルート

#### ルート概要

志岐市(島)内のUPZ 圏内を一周  
 走行距離 36.2 km  
 所要時間 約 90 分



図7 調査地点詳細 松浦市鷹島

モニタリングステーション

A. 鷹島局

環境試料採取地点

【大気浮遊じん】

1. 松浦市鷹島支所

【陸水】

1. 鷹島ダム

【海水】

1. 日比漁港

【土壌】

1. 鷹島局

【海底土】

1. 日比水道

【農水産生物】

1. 精米(道の駅「鷹ら島」)
2. ブロccoli (道の駅「鷹ら島」)
3. トラフグ(新松浦漁業協同組合)
4. イカ(新松浦漁業協同組合)
5. ヒジキ(新松浦漁業協同組合)



図8 調査地点詳細 松浦市福島

モニタリングステーション

B. 福島局

環境試料採取地点

【陸水】

2. 福島浄水場(着水井)





図9 調査地点詳細 松浦市、平戸市、佐世保市

モニタリングステーション及びモニタリングポスト

C. 江迎局 D. 世知原局 E. 大久保局

環境試料採取地点

【陸水】

3. 志佐川 4. 久吹ダム 5. 嘉例川

【土壌】

2. 志佐局 3. 調川局 4. 度島局 5. 江迎局

【指標生物】

1. 海のふるさと館(松葉) 3. 田平公園(ヨモギ) 4. ポットホール公園(ヨモギ)



図10 調査地点詳細 平戸市の山大島

モニタリングステーション

F. 大島局

環境試料採取地点

【海水】

2. 神浦港

【土壌】

4. 度島局



図 11 調査地点詳細 各岐市

モニタリングステーション

G. 各岐空港局

環境試料採取地点

- 【陸水】
- 6. 幡鉾川
- 【海水】
- 3. 印通寺港
- 【土壌】
- 6. 郷ノ浦局
- 【指標生物】
- 3. 筒城浜海水浴場(松葉)

**調査結果**

2021 年度の調査結果を以下に示す(表 2~5)。

- 1 空間放射線量率(走行サーベイ)
  - 結果は表 2 のとおりであり、前年度の測定値(平均 31~49 nGy/h)と同水準であった。
- 2 ガンマ線スペクトロメトリーによる核種分析(対象核種 :  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ )
  - 各試料の測定結果を表 3 に示す。
  - ・大気浮遊じん
    - 人工放射性核種は検出されなかった。
  - ・陸水
    - 人工放射性核種は検出されなかった。
  - ・海水
    - 全 3 地点のうち 2 地点において、 $^{137}\text{Cs}$  が検出され、 $0.0024 \pm 0.0006 \text{ Bq/L}$  及び  $0.0022 \pm 0.0007 \text{ Bq/L}$  であったが、前年度までの測定値(N.D.~ $0.0028 \text{ Bq/L}$ )と同水準であった。
  - ・土壌
    - 全 6 地点のうち 4 地点において、 $^{137}\text{Cs}$  が検出され、 $0.84 \sim 1.9 \text{ Bq/kg 乾土}$  であったが、前年度までの測定値(N.D.~ $7.1 \text{ Bq/kg 乾土}$ )と同水準であった。

- ・海底土
  - $^{137}\text{Cs}$  が検出され、 $1.6 \pm 0.4 \text{ Bq/kg 乾土}$  であった。前年度は  $^{137}\text{Cs}$  が検出されていないが、他自治体の測定値(佐賀県 2020 年度の平常の変動範囲: 放水口付近 N.D.~ $0.67 \text{ Bq/kg 乾土}$ 、取水口付近 N.D.~ $3.0 \text{ Bq/kg 乾土}$ )と同水準であった。
- ・精米
  - 人工放射性核種は検出されなかった。
- ・ブロッコリー
  - 人工放射性核種は検出されなかった。
- ・トラフグ
  - 人工放射性核種は検出されなかった。
- ・イカ
  - 人工放射性核種は検出されなかった。
- ・ヒジキ
  - 人工放射性核種は検出されなかった。
- ・松葉
  - 全 2 地点のうち 1 地点において、 $^{137}\text{Cs}$  が検出され、 $0.096 \pm 0.016 \text{ Bq/kg 生}$  であったが、前年度の測定値(N.D.~ $0.10 \text{ Bq/kg 生}$ )と同水準であった。
- ・ヨモギ
  - 人工放射性核種は検出されなかった。

## 3 放射化学分析による放射能測定

## (a) 放射性ストロンチウム分析

結果は表 4 のとおりであり、前年度の測定値（陸水 0.00048~0.0011Bq/L、土壌 N.D.~0.22 Bq/kg 乾土、農水産物 N.D.~0.045 Bq/kg 生）と同水準であった。

## (b) トリチウム分析

結果は表 4 のとおりであり、前年度の測定値（陸水 N.D.~1.3 Bq/L、海水 0.69~1.1 Bq/L）と同水準であった。

## ま と め

空間放射線量率測定（走行サーベイ、4 ルート 8 測定）の結果、全ての測定において平常時レベルで推移していた。また、環境試料中のガンマ線核種分析（26 種 27 試料）及び放射化学分析による放射能測定（25 種 25 試料）の結果、いずれも前年度までと同程度の平常時レベルで推移していた。

表 2 走行サーベイ結果(計測間隔は全て 30 秒)

走行ルート	測定日時		天候	測定値(単位:nGy/h)		
				最小	最大	平均
Aルート (松浦市福島町)	2021年4月26日	15:39 ~ 16:18	晴れ	25	57	40
	2021年10月18日	11:51 ~ 12:27	晴れ	25	47	34
Bルート (松浦市・佐世保市)	2021年4月27日	8:45 ~ 10:41	曇り	25	62	40
	2021年10月18日	13:37 ~ 15:16	晴れ	22	50	34
Cルート (松浦市・佐世保市・平戸市)	2021年4月27日	11:06 ~ 12:33	曇り	23	62	41
	2021年10月19日	9:52 ~ 12:28	晴れ	21	54	35
Dルート (壱岐市)	2021年8月2日	17:12 ~ 18:17	晴れ	23	55	40
	2022年2月7日	15:23 ~ 16:23	曇り	21	66	38

表3 ガンマ線スペクトロメトリーによる核種分析結果

試料名	調査エリア	採取地点	採取年月日	測定対象核種				濃度単位
				<sup>60</sup> Co	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	
大気浮遊じん	松浦市 鷹島町	松浦市役所 鷹島支所	2021年4月26日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	mBq/m <sup>3</sup>
			2021年11月10日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
陸水	松浦市 鷹島町	鷹島ダム	2021年4月26日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Bq/L
	松浦市	福島浄水場	2021年10月18日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	松浦市	志佐川	2021年10月18日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	平戸市	久吹ダム	2021年8月30日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	佐世保市	嘉例川	2021年8月30日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	壱岐市	幡鉾川	2021年8月3日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
海水	松浦市 鷹島町	日比漁港	2021年4月26日	N.D.	N.D.	N.D.	0.0024 ±0.0006	Bq/L
	平戸市	神浦港 (的山大島)	2021年8月31日	N.D.	N.D.	N.D.	0.0022 ±0.0007	
	壱岐市	印通寺港	2021年8月2日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
土壌	松浦市 鷹島町	鷹島局	2021年4月26日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Bq/Kg乾土
	松浦市	志佐局 (松浦市役所)	2021年10月19日	N.D.	N.D.	N.D.	0.84 ±0.26	
		調川局 (中免公民館)	2021年10月18日	N.D.	N.D.	N.D.	1.1 ±0.3	
	平戸市	度島局 (度島小中学校)	2021年8月30日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	佐世保市	江迎局 (江迎公民館)	2021年8月30日	N.D.	N.D.	N.D.	1.9 ±0.3	
壱岐市	郷ノ浦局 (郷ノ浦支所)	2021年8月2日	N.D.	N.D.	N.D.	1.7 ±0.3		
海底土	松浦市 鷹島町	日比水道 (鷹島沖)	2021年11月11日	N.D.	N.D.	N.D.	1.6 ±0.4	Bq/kg乾土
松葉	松浦市	海のふるさと館	2021年12月23日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Bq/kg生
	壱岐市	筒城浜海水浴場	2022年2月7日	N.D.	N.D.	N.D.	0.096 ±0.016	
ヨモギ	佐世保市	ポットホール公園 (吉井町)	2021年4月27日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Bq/kg生
	平戸市	田平公園	2021年12月23日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
精米	松浦市 鷹島町	道の駅「鷹ら島」	2021年12月9日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Bq/kg生
ブロッコリー	松浦市 鷹島町	道の駅「鷹ら島」	2021年12月9日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Bq/kg生
トラフグ	松浦市 鷹島町	新松浦漁業 協同組合	2022年1月13日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Bq/kg生
イカ	松浦市 鷹島町	新松浦漁業 協同組合	2021年4月27日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Bq/kg生
ヒジキ	松浦市 鷹島町	新松浦漁業 協同組合	2021年4月27日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	Bq/kg生

表4 放射性ストロンチウム分析結果

試料名	調査エリア	採取地点	採取年月日	測定対象核種	濃度単位
				$^{90}\text{Sr}$	
陸水	松浦市 鷹島町	鷹島ダム	2021年4月26日	0.0013 ±0.0001	Bq/L
	松浦市	福島浄水場	2021年10月18日	0.00035 ±0.00006	
	松浦市	志佐川	2021年10月18日	0.00055 ±0.00007	
	平戸市	久吹ダム	2021年8月30日	0.00064 ±0.00008	
	佐世保市	嘉例川	2021年8月30日	0.00066 ±0.00008	
	壱岐市	幡鉾川	2021年8月3日	0.0012 ±0.0001	
	土壌	松浦市 鷹島町	鷹島局	2021年4月26日	
松浦市		志佐局 (松浦市役所)	2021年10月19日	N.D.	
		調川局 (中免公民館)	2021年10月18日	0.19 ±0.05	
平戸市		度島局 (度島小中学校)	2021年8月30日	0.88 ±0.08	
佐世保市		江迎局 (江迎公民館)	2021年8月30日	0.36 ±0.06	
壱岐市		郷ノ浦局 (郷ノ浦支所)	2021年8月2日	0.30 ±0.05	
ブロッコリー	松浦市 鷹島町	道の駅「鷹ら島」	2021年12月9日	0.081 ±0.008	Bq/kg生
トラフグ	松浦市 鷹島町	新松浦漁業 協同組合	2022年1月13日	N.D.	Bq/kg生
イカ	松浦市 鷹島町	新松浦漁業 協同組合	2021年4月27日	N.D.	Bq/kg生
ヒジキ	松浦市 鷹島町	新松浦漁業 協同組合	2021年4月27日	0.016 ±0.005	Bq/kg生

表5 トリチウム分析結果

試料名	調査エリア	採取地点	採取年月日	測定対象核種	濃度単位
				$^3\text{H}$	
陸 水	松浦市 鷹島町	鷹島ダム	2021年4月26日	N.D.	Bq/L
	松浦市	福島浄水場	2021年10月18日	N.D.	
	松浦市	志佐川	2021年10月18日	N.D.	
	平戸市	久吹ダム	2021年8月30日	0.39 ±0.07	
	佐世保市	嘉例川	2021年8月30日	N.D.	
	壱岐市	幡鉾川	2021年8月3日	N.D.	
海 水	松浦市 鷹島町	日比漁港	2021年4月26日	0.44 ±0.07	Bq/L
	平戸市	神浦港 (的山大島)	2021年8月31日	0.37 ±0.07	
	壱岐市	印通寺港	2021年8月2日	N.D.	

## ツシマヤマネコの糞等の DNA 分析(2021 年度)

齋藤 佳子、古賀 彩子

## Fecal and Tissue DNA Analysis of Tsushima leopard cats (2021)

Yoshiko SAITO and Ayako KOGA

Key words: Tsushima leopard cats, fecal DNA analysis, Identification of species and sex, Individual identification

キーワード: ツシマヤマネコ、糞の DNA 分析、動物種と雌雄の判別、個体識別

## はじめに

ツシマヤマネコは、対馬にのみ生息する野生のネコで、その生息数は減少傾向にあり 1994 年に絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律に基づく国内希少野生動植物種に指定された。1995 年にはツシマヤマネコ保護増殖事業計画が策定され、ツシマヤマネコが自然状態で安定的に存続できる状態になることを目指し、様々な取り組みが行われている。当センターでは、2006 年度から、環境省からの委託を受けて、痕跡調査で採取された糞等の DNA 分析を行っている。

本稿では、2021 年度に実施した糞等の DNA 分析結果のうち 2022 年 6 月判定分まで報告する。

## 調査方法

各分析は、ツシマヤマネコの糞等の DNA 分析(2005-2015)<sup>1)</sup>に準じて行った。

## (1) 動物種の判別

痕跡調査において、ツシマヤマネコのものである可能性が高いとして採取された糞のうち、150 検体を被検材料とした。

## (2) 雌雄の判別

動物種の判別を実施した検体のうち、ツシマヤマネコの DNA が検出された糞(動物種の判別に使用した DNA) 125 検体を被検材料とした。

## (3) 個体識別

動物種の判別を実施した検体のうち、ツシマヤマネコの DNA が検出された糞(動物種の判別に使用した DNA)、過去に死亡した個体の筋肉及び保護個体の糞と血餅のうち、110 検体を被検材料とした。

## 調査結果

## 1 動物種の判別結果

分析結果を表 1 に示す。150 検体を分析した結果、149 検体について動物種を判別することができた(判別率約 99%)。その内訳は、ツシマヤマネコが 122 検体、ツシマヤマネコとテン両方が検出されたものが 3 検体、イエネコが 14 検体、テンが 10 検体、不明が 1 検体であった。

表 1 動物種の判別結果 (2021 年度)

動物種	検体数
ツシマヤマネコ	122
ツシマヤマネコとテン	3
イエネコ	14
テン	10
不明	1
計	150

## 2 雌雄の判別結果

分析結果を表 2 に示す。125 検体を分析した結果、52 検体について雌雄を判別することができた(判別率約 42%)。その内訳は雄が 32 検体、雌が 20 検体であった。

表2 雌雄の判別結果 (2021年度)

性別	検体数
雄	20
雌	32
不明	73
計	125

### 3 個体識別結果

110 検体を分析した結果、58 検体(約 52%)で各遺伝子座を決定することができた。

### 参 考 文 献

- 1) 吉川 亮, 他: ツシマヤマネコの糞等の DNA 分析 (2005-2015), 長崎県環境保健研究センター所報, 62, 133 ~ 138(2016)