

愛媛県原子力センター所報 第8号

Ehime Prefectural Nuclear Safety Center (ENSC) Eighth Report



令和6年3月

愛媛県原子力センター

はじめに

愛媛県原子力センターは、伊方発電所周辺の安全確保と環境保全を図るため、周辺環境の放射線の常時監視、環境試料の放射能調査、同発電所への立入調査等の業務を行っております。現在、同発電所は、1, 2号機の廃炉作業が進められており、運転しているのは3号機のみとなりましたが、同機は通常運転を行っているところです。

本県では、東京電力(株)福島第一原子力発電所事故以降、平常時モニタリングについて、同発電所から30km圏内にモニタリングポスト12局を追加配備したほか、58地点に通信機能付き電子線量計を設置し、四国電力(株)のモニタリングポストと合わせ、合計99地点で連続測定を行う体制を整えたほか、モニタリングデータを自動的に収集する環境放射線監視テレメータシステムを更新し、大規模災害等により県内が同時被災した場合に備え、データ収集サーバ等を遠隔地に設置するなど耐災害性の強化を行い、放射線監視体制の強化を図ってまいりました。

更に、原子力規制庁が策定した「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)」を踏まえ、同発電所から5km圏内にダストモニタ等を整備したほか、同発電所から30km圏内の土壌及び陸水について、調査計画に追加するなど、放射性物質濃度の監視体制の強化も図っています。

また、緊急時モニタリングについては、同発電所から60kmの位置にある愛媛県立衛生環境研究所を第二分析拠点として定め、緊急時に備えた更なる体制強化を実施するとともに、緊急時モニタリング要員を対象とした研修や機器操作習熟のための研修等を適宜開催するほか、原子力防災訓練では第二分析拠点との連携確認を行い、実施体制の習熟を図っております。

最後になりますが、本報では、前述のダストモニタによる大気中放射性物質濃度の測定結果などについて取りまとめました。今後とも、職員一人一人が研鑽を積みながら、原子力センターとして組織一丸となり、県民の安全・安心の確保のため、全力で業務を進めてまいりますので、引き続き御支援、御協力を賜りますようお願い申し上げます。

令和6年3月吉日

愛媛県原子力センター所長 浮田 陽一

目 次

I 運 営

1 概要	1
2 施設	1
3 組織	1
4 業務内容	1
5 沿革	2

II 報 告

大気中放射性物質濃度測定における自然変動の影響について	3
環境放射線監視テレメータシステムの更新について	9
海水試料のガンマ線放射性核種分析における前処理法の検討について	15
LSC-LB7 を用いたトリチウム分析における精度向上の検討について	23

I 運 營

1 概要

愛媛県原子力センターは、伊方発電所周辺住民の安全・安心と地域の環境を守るため、愛媛県、伊方町及び四国電力(株)の3者で締結した「伊方原子力発電所周辺の安全確保及び環境保全に関する協定書(昭和51年3月)」に基づき、環境放射線の常時監視、環境試料の放射能調査、発電所への立入調査等を実施する機関である。

2 施設

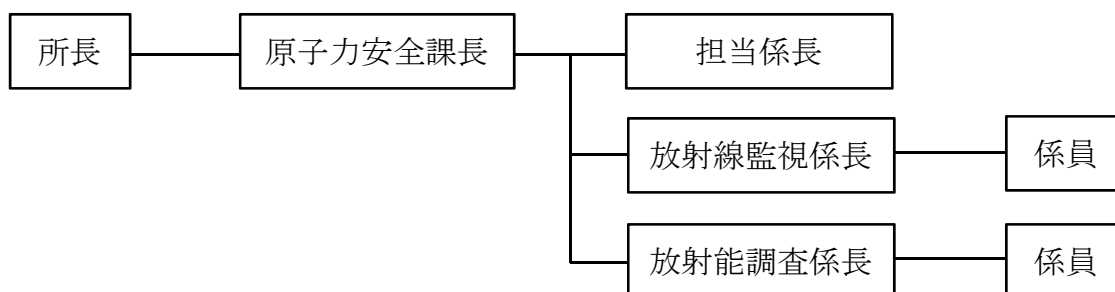
建物：鉄筋コンクリート2階建て

建物面積：延べ約1700m²

敷地面積：約2600m²

開所：平成22年10月1日

3 組織



4 業務内容

	業務内容
担当係長	<ul style="list-style-type: none">・ 人事, 予算, 経理, 給与及びサービス・ 物品, 財産の管理及びセンターの管理等
放射線監視係	<ul style="list-style-type: none">・ 伊方発電所への立入調査による安全確認及び指導・ 環境放射線監視テレメータシステムによる常時監視・ モニタリングポスト等の維持管理・ モニタリングカー及び可搬型モニタリングポスト等による環境放射線の定期測定
放射能調査係	<ul style="list-style-type: none">・ 環境試料の採取及び前処理・ 環境試料中に含まれる放射性物質の調査及び分析・ 伊方発電所から排出される排水調査
全体	<ul style="list-style-type: none">・ 緊急時モニタリングの実施・ 原子力広報事業の実施

5 沿革

- 昭和 49 年 4 月 [公害研究所]
伊方発電所1号機の運転開始(昭和52年9月30日)に先立ち、発電所
周辺における環境放射線等の調査を行うため、公害研究所公害部に
放射能科を設置
- 昭和 53 年 4 月 [公害技術センター]
公害技術センターに改称
公害部が指導研究部へ名称変更
- 平成 4 年 4 月 [公害技術センター]
指導研究部が研究指導室へ変更
- 平成 5 年 4 月 [環境保全センター]
環境保全センターに改称
- 平成 10 年 4 月 [衛生環境研究所]
衛生研究所と環境保全センターを統合
環境研究課環境調査室放射能科を設置
[八幡浜地方局]
伊方発電所への立入調査による安全確認・指導等を行うため、八幡浜
中央保健所に環境保全課を設置
- 平成 12 年 4 月 [衛生環境研究所]
放射能科が環境放射能科に名称変更
- 平成 15 年 4 月 [衛生環境研究所]
環境研究課環境調査室の環境放射能科を独立させ、環境調査課を新
設し、放射能研究室、放射能調査科を設置。
- 平成 20 年 4 月 [衛生環境研究所]
環境調査課放射能調査科の業務の一部を南予地方局八幡浜支局環
境保全課原子力安全室へ移管
放射能調査科の業務を、環境試料中に含まれる放射性物質の調査・
分析、伊方発電所から排出される排水調査等とする。
[南予地方局八幡浜支局]
現地における伊方発電所に係る安全監視機能を一層強化するため、
環境保全課内に原子力安全室を設置
原子力安全室の業務を、環境放射線の常時監視・定期測定、伊方発
電所への立入調査による安全確認・指導等とする。
- 平成 22 年 10 月 [原子力センター]
衛生環境研究所環境調査課放射能調査科と南予地方局八幡浜支局
環境保全課原子力安全室を統合し、現地に安全監視と緊急時対策の
基幹施設となる「原子力センター」を新たに設置

II 報告

大気中放射性物質濃度測定における自然変動の影響について

友石松一郎 村上涼太 泉圭紀 稲井淳一 松本純子 浮田陽一

1. はじめに

原子力規制庁は、平成 30 年 4 月に策定した「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)」(以下「補足参考資料」という。)のなかで、原子力施設から予期しない放射性物質又は放射線の放出の早期検出を目的として、ダストモニタによる大気浮遊じんの連続採取及び連続測定を実施項目として定めた。¹⁾

発電用原子炉施設からの主な放出核種はセシウム-137(Cs-137)等のベータ線放出核種である²⁾ことから、当センターでは人工ベータ放射能濃度を測定するダストモニタを伊方発電所から半径 5km 圏内の 4 地点に新規整備し、令和 3 年度から測定を行っている。

本測定機器は、大気中の自然放射性物質の影響を計算により除外し、人工ベータ放射能濃度を測定する手法を採用していることから、除外過程において、測定した自然放射性核種が測定上の妨害要因となって

いる。これは、主な自然放射性核種であるラドン・トロン壊変生成物の量が大きく変動することによるものとされている。ラドン・トロン壊変生成物とは、希ガスのラドン(Rn-222)とトロン(Rn-220)が短半減期で放射性壊変を繰り返す核種の総称であり、絶えず地表面から一定割合で放出されているが、その濃度は大気の滞留により明け方は多く、日中は少ないといった日較差があることや、風向や感雨等といった気象条件に大きく依存していることが知られている。

本報告では、ラドン・トロン壊変生成物が、本測定に及ぼす影響について、これまで蓄積したデータから、考察を行った。

2. 機器仕様

外観を図 1 に、主な仕様を表 1 に示す。

表 1 ダストモニタの主な仕様

検出器	2重シリコン半導体検出器(25mmφ)
測定対象	アルファ線, ベータ線
測定間隔	10分毎(1時間値)
集じん方式	メンブレン長尺フィルタ
ろ紙交換	ろ紙の自動ステップ送り
ろ紙送り周期	8時間毎(3回/日)
流量	約40L/分
検出器効率	アルファ線: ²⁴¹ Am に対し24%以上 ベータ線: ³⁶ Cl に対し24%以上
測定範囲	5Bq/m ³ 以下~5000Bq/m ³ 以上(1時間値)
電源	AC100V, 60Hz, 700VA 以下
外形寸法	600mm(W)×500mm(D)×1200mm(H)
吸気口位置	地表面(または床面)から1.2mの高さ
動作温度・湿度範囲	動作温度:5~40℃ 動作湿度:30~80%RH(結露しないこと)
製造メーカー・型式	(株)千代田テクノル THC-P106 (検出部:キャンベラ CAM 450AM)



図 1 ダストモニタ外観

3. 測定方法

ダストモニタの測定原理を図 2 に示す。

本測定機器は二重シリコン半導体検出器を採用し、スペクトルの取得が可能であるため、スペクトルからアルファ線、ベータ線、ガンマ線を同時に測定している。これらの測定結果から 2 つの補正を実施しており、算出式を(1)に示す。

$$n_{\beta} = N_{\beta+\gamma} - N_{\gamma} \times K_{\gamma} - \Sigma N_{\alpha} \times K_{\beta} \quad (1)$$

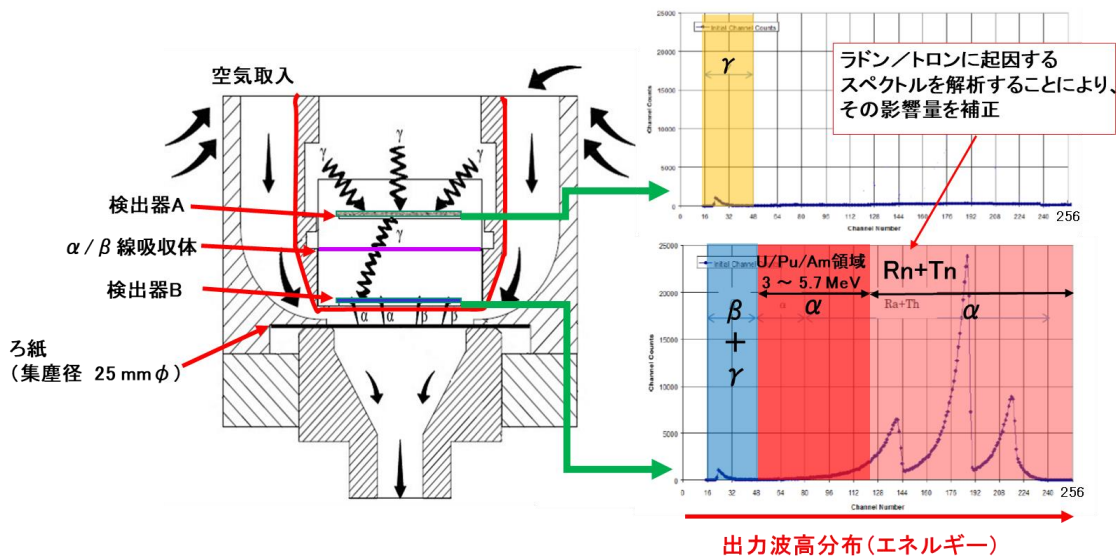
- n_{β} : 人工ベータ線計数率
- $N_{\beta+\gamma}$: 全ベータ線+ガンマ線計数率
- N_{γ} : ガンマ線計数率
- K_{γ} : ガンマ線補正係数
- N_{α} : 全アルファ線計数率
- K_{β} : 自然ベータ線寄与係数

まず、図 2 の検出器 B では全放射線が検出され、検出器 B から得られるエネルギースペクトルでは、ベータ線とガンマ線が放射線のエネルギーの性質から同じエネルギー領域で計測される。一方、検出器 A では真鍮を素材としたアルファ/ベータ線吸収体を設置することにより、放射線の透過力の差からガンマ線のみが検出される。これに、位置等の補正係数を加味し、2 つの検出器の差をとることで、ガンマ線の影響を補正する。

次に、放射線のエネルギーの性質から発電所起因の人工放射性核種であるウラン等はアルファ線の中でも低エネルギー帯で計測され、ラドン・トロン壊変生成物は高エネルギー帯で計測されることから人工由来と自然由来の分離が可能となる。本測定機器はこの性質を利用し、ラドン・トロン壊変生成物のアルファ線から自然由来のベータ線を計算し、検出器 B の計数率から除外することで自然由来のベータ線の影響を補正している。(1)に示す式に加えて、検出効率や流量から人工ベータ放射能濃度を算出している。

つまり、環境中に人工放射性核種が放出されない限り、理論上の測定結果は 0Bq/m³ となるが、計算過程において、ラドン・トロン壊変生成物による誤差が測定結果に反映されるため、0Bq/m³ を中心とした正規分布になると考えられる。

なお、8 時間毎のろ紙送り直後の 10 分間は大気浮遊じんが十分に捕集されていないため、測定結果として採用していない。



(出典) 千代田テクノル技術資料より

図 2 測定原理

表 2 運用開始以降の人工ベータ放射能濃度の測定結果(Bq/m³)

年度	四半期	モニタリングステーション (発電所から南に 1.1km)				湊浦局 (発電所から東に 4.2km)				伊方越局 (発電所から東北東に 2.8km)				加周局 (発電所から南西に 3.9km)			
		最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差
令和3	第1	2.11	-2.17	0.02	0.39	1.71	-2.31	0.03	0.40	2.00	-2.08	0.02	0.42	2.22	-1.98	0.03	0.40
	第2	1.92	-2.08	0.02	0.37	2.04	-1.86	0.03	0.40	2.49	-1.75	0.02	0.39	1.77	-2.32	0.03	0.39
	第3	1.90	-2.17	0.02	0.43	1.75	-2.30	0.03	0.42	2.37	-2.39	0.01	0.42	2.39	-2.12	0.03	0.42
	第4	1.81	-1.91	0.02	0.41	1.67	-1.85	0.03	0.42	1.68	-1.81	0.01	0.40	1.81	-1.97	0.02	0.41
令和4	第1	1.65	-2.18	0.01	0.39	1.72	-2.08	0.02	0.41	2.35	-2.18	0.02	0.42	2.10	-1.99	0.01	0.40
	第2	3.81	-3.35	0.02	0.42	2.08	-1.78	0.03	0.41	1.88	-2.59	0.03	0.42	1.84	-1.79	0.02	0.41
	第3	1.82	-1.85	0.02	0.41	1.94	-2.10	0.03	0.45	1.89	-2.02	0.02	0.42	2.17	-1.88	0.01	0.43
	第4	1.73	-2.10	0.02	0.41	2.47	-2.39	0.04	0.47	1.96	-1.91	0.02	0.41	2.04	-1.81	0.02	0.41
令和5	第1	1.50	-1.70	0.02	0.35	2.34	-2.96	0.03	0.46	2.12	-2.14	0.01	0.38	1.85	-1.78	0.02	0.38
	第2	2.03	-2.15	0.02	0.35	2.10	-2.29	0.03	0.45	2.32	-1.86	0.02	0.36	1.92	-2.04	0.02	0.35
	第3	1.58	-1.67	0.02	0.40	1.82	-2.42	0.04	0.48	1.87	-1.90	0.01	0.41	2.27	-1.79	0.02	0.43

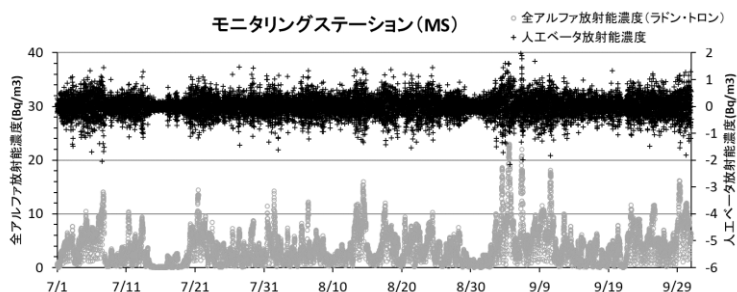


図 3 トレンド(令和 5 年度第 2・四半期)

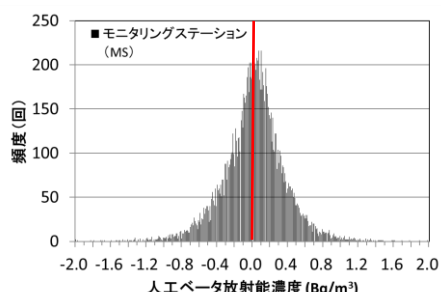


図 4 頻度分布
(令和 5 年度第 2・四半期)

4. 測定結果及び考察

4.1. 確認開始設定値

表 2 に運用開始以降の人工ベータ放射能濃度の測定結果をとりまとめた。

補足参考資料では、確認開始設定値を現在の技術水準に照らして 5Bq/m³程度を最大として、各測定機器の個別の変動や過去の最大値を考慮し設定することとしており、本県では、令和 3 年度及び令和 4 年度は 5Bq/m³、令和 5 年度は令和 3 年度の伊方越局の最大値である 2.5Bq/m³を確認開始設定値としたが、運用開始以降、本設定値を超過した実績はない。

4.2. 人工ベータ放射能濃度の挙動

伊方発電所から最寄りの観測局であるモニタリングステーション(以下、「MS」という。)の全アルファ放射能濃度と人工ベータ放射能濃度のトレンドを図 3 に、頻度分布を図 4

に示す。

トレンドに関しては、人工ベータ放射能濃度は 0Bq/m³を中心にばらつきが確認できるが、そのばらつきは、ラドン・トロン壊変生成物を主とする全アルファ放射能濃度の測定値が高いときはばらつきが大きく、全アルファ放射能濃度の測定値が低いときはばらつきが小さい傾向にあることを確認した。これにより、本ダストモニタはラドン・トロン壊変生成物の影響を強く受けると考えられる。

頻度分布に関しても、人工ベータ放射能濃度は 0Bq/m³を中心にばらつきが確認できるが、データ数がやや正に偏る傾向がみられた。これは、表 2 の各観測局の平均値からも読み取れる。

モニタリングステーション (MS)

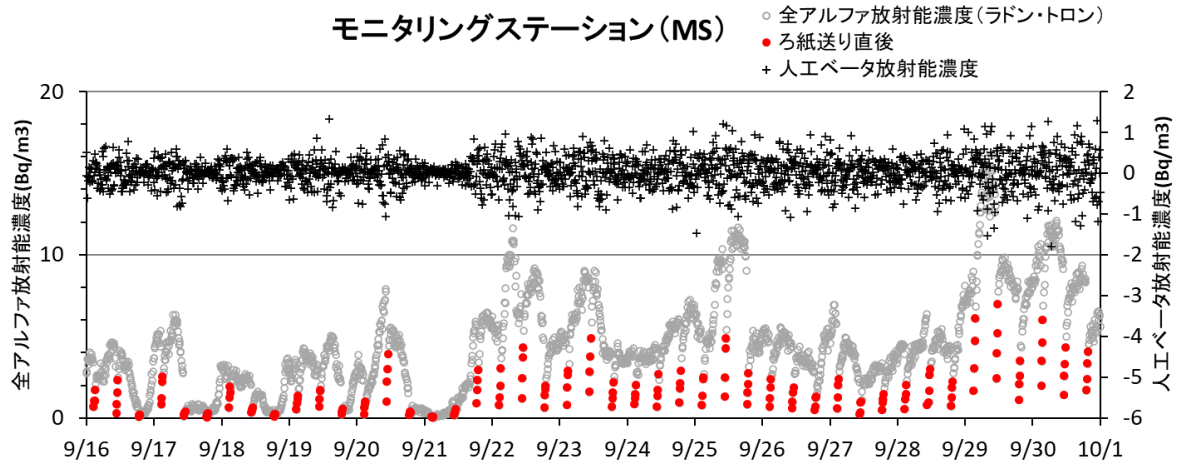


図 5 MSにおけるトレンド(令和5年9月16日～9月30日)

表 3 1集塵あたりの正と負のデータ数の差(個)

	九町越局	湊浦局	伊方越局	加周局
令和4年第4・四半期	3.7	4.2	3.6	3.6
令和5年第1・四半期	4.0	4.7	3.1	4.2
令和5年第2・四半期	4.4	4.1	3.8	4.0
令和5年第3・四半期	3.5	4.9	3.1	2.9
平均	3.9	4.5	3.4	3.6

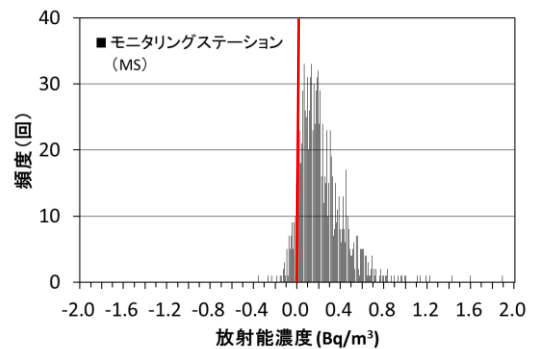


図 6 MSにおける頻度分布
※ろ紙送り直後を抽出

4.3. ばらつきの要因

4.3.1. 構造的な要因

4.2.に記載した頻度分布の結果を受け、直近1年間の各四半期における人工ベータ放射能濃度の正と負のデータ数の差を確認したところ、表3のとおりすべての局で正のデータ数が1集塵(8時間集塵:全48データ)あたり約3~4個多い状況であった。

また、MSの令和5年9月後半の全アルファ放射能濃度と人工ベータ放射能濃度のトレンドを図5に示し、全アルファ放射能濃度のうち、ろ紙送り直後の4データ(20分後から50分後)をマーキングした。ろ紙送り直後は、全アルファ放射能濃度がろ紙送り直前の濃度に到達するまで時間を要しており、かつ濃度が上昇し続けていることから、ろ紙送り機構がばらつきに影響を及ぼしている可能性が示唆された。そこで、ろ紙送り直後の4データ(20分後から50分後)を抽出

し、図6のとおり頻度分布を作成したところ、正のデータ数が約90%を占めることが判明した。

4.3.2. 環境的な要因

4.2.に記載したトレンドの結果を受け、主な全アルファ放射能濃度であるラドン・トリウム壊変生成物は、気象条件により変動することが知られていることから、風向、風速、感雨の3条件で全アルファ放射能濃度と人工ベータ放射能濃度の関係を考察した。

図7にMSにおける風向との関係を示す。風向が北寄り(北西、北北西、北)の場合、全アルファ放射能濃度の測定値が上昇する傾向にあることが分かった。これは、地表面からのラドン・トリウム壊変生成物の放出に加え、中国大陸からのラドン・

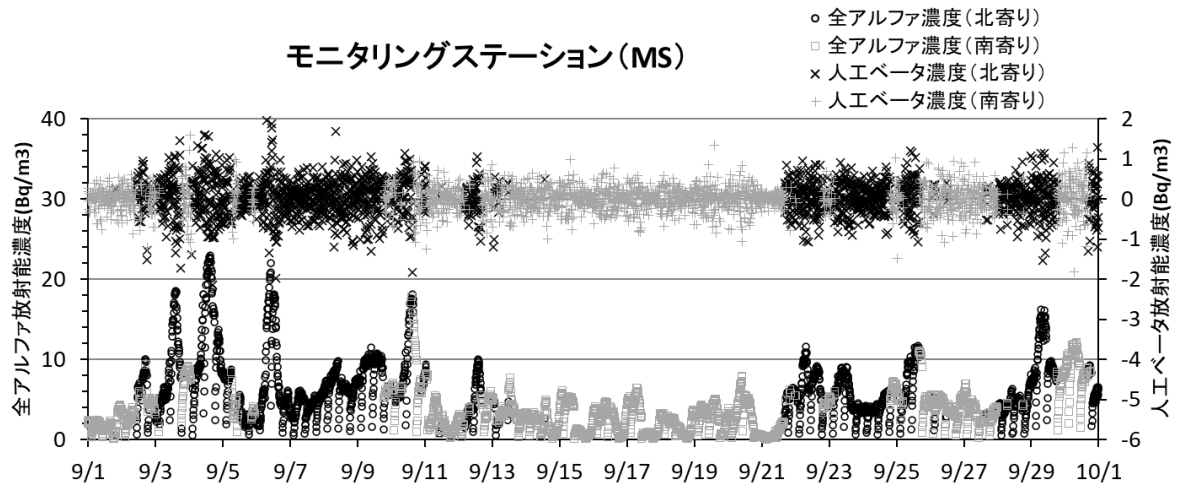


図7 MSにおける風向トレンド(令和5年9月)

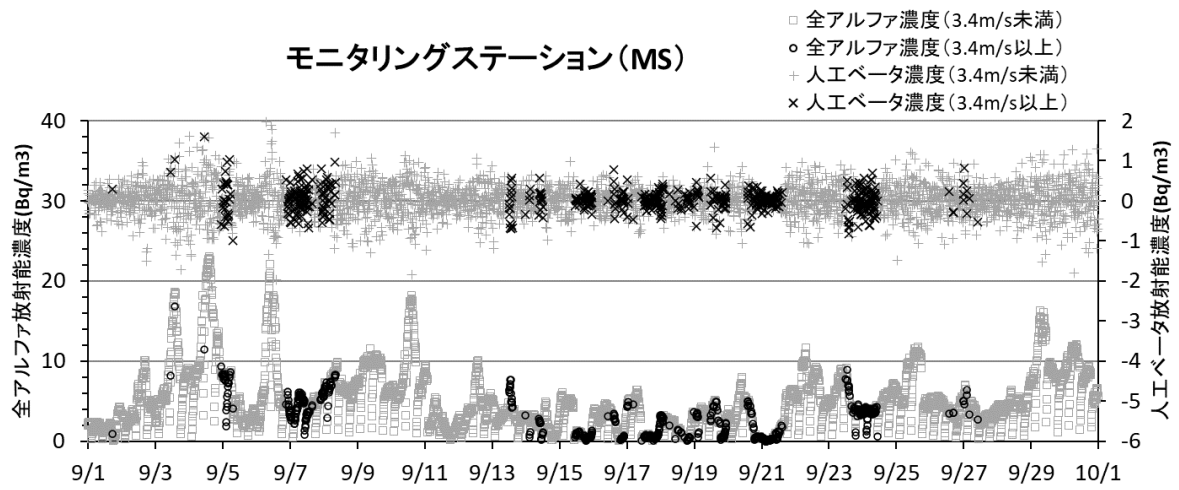


図8 MSにおける風速トレンド(令和5年9月)

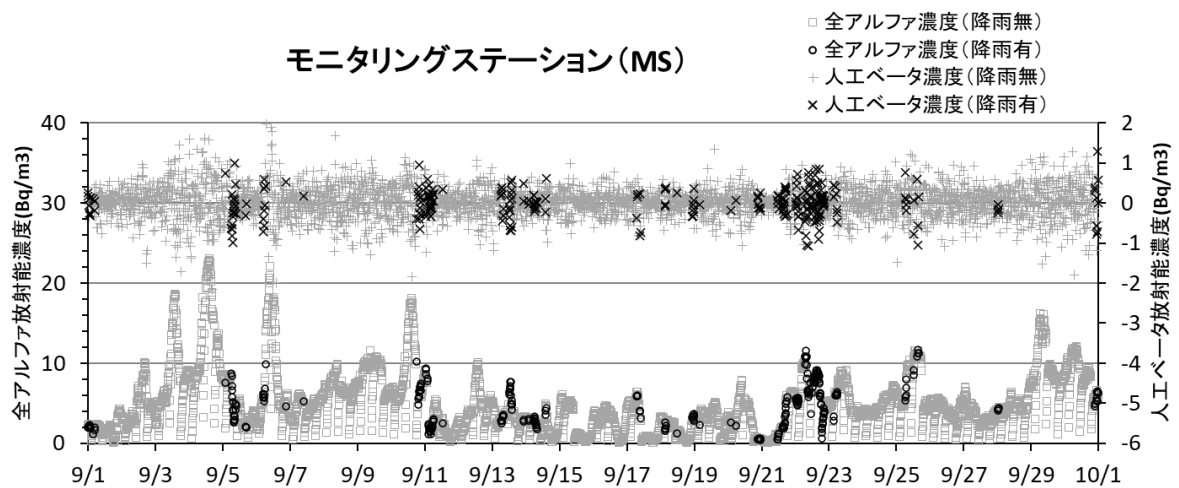


図9 MSにおける感雨トレンド(令和5年9月)

トロン壊変生成物の飛来によるものと考えられる。これに伴い、人工ベータ放射能濃度のばらつきが大きくなると考えられた。

また、末光らの報告³⁾では、伊方地域では年間を通じて、北寄りの風(北西, 北北西, 北)が約6割, 南寄りの風(南東, 南南東, 南)が約3割を占めており、人工放射性核種の弁別に当たっては気象条件を考慮して判断する必要がある。

次に、図8にMSにおける風速との関係を示す。ビューフォート風力階級において弱風とされる風速3.4m/s未満の時、全アルファ放射能濃度の測定値が上昇する傾向にあることが分かった。これは、大気拡散が抑制され、ラドン・トロン壊変生成物が地表面付近に滞留しているものと考えられた。

対称的に、風速3.4m/s以上では、大気拡散が促進され、全アルファ放射能濃度の測定値が低下する傾向にあることが分かった。これに伴い、人工ベータ放射能濃度のばらつきが小さくなったものと考えられた。

図9にMSにおける感雨との関係を示す。感雨有の時、全アルファ放射能濃度の増加が抑制される傾向にあることが分かった。これは、大気浮遊じんが雨粒と共に降下することによる洗い流し効果により、大気浮遊じんの量が減少することで、全アルファ放射能濃度の測定値が低下するものと考えられた。

6. まとめ

ダストモニタによる大気浮遊じん測定の結果を基に、人工ベータ放射能濃度がばらつく要因を検討した結果、測定機器の構造的な要因と環境的な要因が明らかになった。前者はろ紙送り機構によりやや正のデータに偏った頻度分布になること、後者は表4のとおり風向、風速、感雨の各気象条件に伴い、ばらつきに特徴がみられることが確認できた。なお、各条件が複合的に絡み合うため、総合的にばらつきの要因を判断する必要がある。

平常時モニタリングの際は、今回得られた知見を踏まえて、人工放射性核種の弁別を適切に実施し、伊方発電所の異常の早期発見に努めたい。

7. 参考文献

- 1) 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), 原子力規制庁監視情報課, 2018
- 2) 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3年度版, 環境省, 2021
- 3) 末光篤, 田邊宗一郎, 和氣誠, 宇高真行, 青木平八郎, 安永章二, 愛媛県原子力センター所報, 3(2014)1

表4 各気象条件における環境的な要因

	気象条件	人工ベータ放射能濃度のばらつき
風向	北寄りの風(北西, 北北西, 北)	ばらつき大
風速	3.4m/s 未満(弱風)	ばらつき大
感雨	感雨あり	ばらつき小

環境放射線監視テレメータシステムの更新について

友石松一郎 村上涼太 泉圭紀 渡邊雅也*1 稲井淳一 松本純子 浮田陽一

1. はじめに

愛媛県では、伊方発電所周辺地域の安全・安心を確保するため、周辺地域に設置した観測局で空間放射線線量率の連続測定を行っている。測定したデータは、テレメータシステム(以下「テレメータ」という。)により常時リアルタイム監視を実現しており、本テレメータは監視の要である。

今回、旧テレメータ(平成 23 年度更新)の老朽化に伴い、令和 3 年度に全面更新したことから、その概要について報告する。

2. 概要

2.1. 耐災害性の強化

旧テレメータは、主監視局(原子力センター)及び副監視局(愛媛県庁)に収集サーバ等を設置しており、愛媛県内のみでのオンプレミス⁽¹⁾サーバによる冗長化構成であったため、大規模災害発生時には同時被災のリスクがあった。

本更新では、東日本及び西日本の2拠点にデータセンタファシリティスタンダード⁽²⁾ティア 4⁽³⁾の堅牢で強固なデータセンタを選定し、仮想基盤上に各サーバを構築することにより、同時被災リスクの大幅な低減を図った。

(参考)用語解説

- (1)サーバ等のシステムを管理者の施設内に設置・運用すること
- (2)データセンタの堅牢性や可用性、セキュリティ性能等を表す基準
- (3)基準の階級を示し、ティア 4 が最もレベルが高い

2.2. システム・ネットワーク構成の見直し

2.2.1. サーバの集約

旧テレメータは、図 1 のとおり構築以降に増設及び更新した通信機能付き電子線量計や大気モニタ・ヨウ素サンプラ等がそれぞれシステムを構築していたため、テレメータへの伝送は、各システムの親局サーバを介しており、システム構成が複雑になっていた。

本更新では、図 2 のとおり各システムの親局サーバを廃止し、その機能をデータセンタの各サーバに集約し簡素化を図った。また、表 1 に示すデータセンタに構築した各サーバのうち、収集サーバから各監視局のテレメータ子局や測定機器に対する直接収集を可能にした。

2.2.2. 通信回線の集約及び高速化

2.2.1 に記載したサーバの集約に併せて、個別に構成していたネットワークや通信回線も集約及び見直しを行った。集約及び見直し後の通信系統図を図 3 に示す。

見直しの際には、各観測局地域の通信回線サービス状況等を総合的に判断し、可能な限り有線回線は光回線を、携帯回線は LTE 回線を採用し高速化を図った。

なお、衛星回線については、各観測局の重要性等を勘案して選定している。

2.2.3. 収集データ管理の向上

各観測局からの収集方式として、可能な限り FTP-GET 通信を採用した。これは、テレメータから各観測局へのアクセス環境を

整えることにより、テレメータ側のデータ収集等の設定を職員で変更可能となり、観測局の測定状況に併せた保守維持管理体制を整えることが可能となった。

2.3. モニタリング情報共有システムの集約

モニタリング情報共有システム(以下、愛媛県ラミセスという。)については、緊急時の活用を目的として運用していたが、この機能をテレメータに集約し簡素化を図った。

また、緊急時モニタリング要員が現地で活動する際、その状況の報告や写真の共有のため、愛媛県ラミセス用の緊急時端末で専用のアプリケーションを使用して実施していた。ほとんどの緊急時モニタリング要員は、原子力防災訓練や研修を受講しているが、この専用アプリケーションを日常で使用する頻度が少ないため、操作の習熟に時間を要するという課題があった。

本更新では、これらの機能を統合し、汎用のタブレット端末を導入することにより、多くの職員が普段から使用しているメッセージアプリやタブレットのカメラ機能を活用することで、要員の負担を軽減し、緊急時モニタリング業務の効率化に繋がった。

2.4. 運用監視の効率化

機器等で発生した障害は、職員の定期巡視点検やテレメータからの警報により確認している。本更新では、サーバの集約等によりシステム構成が簡略化されたことから、テレメータからの警報発報を起点とする障害対応についても業務の効率化を図ることができた。

原子力センターでは、障害発生時の一次対応は職員が実施しており、そのフローは図4のとおりである。テレメータから発報される警報の内容に応じて、テレメータ側と測定機器側のどちらに原因があるか切り分け

を行うことを基本としているが、双方に障害の原因の可能性がある場合については、システム側業者に確認を依頼し、伝送された測定データファイルやステータスファイルを基に切り分けを行い、測定機器側であれば、職員が現場確認のうえ、各測定機器事業者と連携し対応することで、復旧までの時間の短縮が図れた。

3. まとめ

本更新では、東京電力福島第一原子力発電所事故後、監視体制の強化を図るため増設された様々な機器により複雑になっていた機器構成を簡略化するとともに、最新の知見に基づいたシステムを導入することで、監視体制の強化及び効率化を図ることができた。

引き続き県民が安全安心に暮らせるよう、伊方発電所周辺環境放射線の監視体制の強化及び効率化を図りながら日々の業務に取り組みたい。

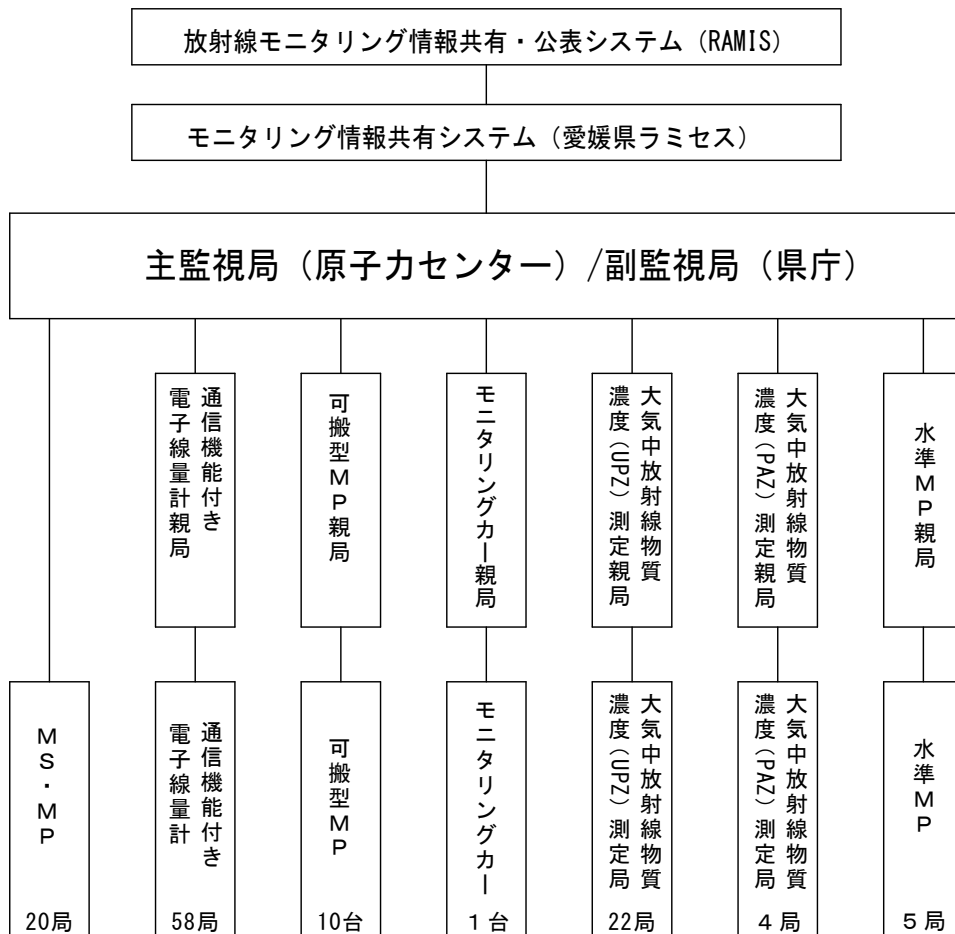


図1 旧テレメータシステムの構成図



図2 新テレメータシステムの構成図

表 1 データセンタに構築した各サーバの主な機能

サーバ名	主な機能
収集サーバ	収集機能,測定値演算機能,測定局の状態判定機能,測定データ異常判定機能,基準値判定機能,各測定機器の制御機能等を持つ。
DBサーバ	収集サーバから伝送されるデータの蓄積,1日1回の自動バックアップ機能,メインデータセンタとバックアップセンタの相互チェック機能等を持つ。
解析サーバ	DBサーバにアクセスして取り出したデータを帳票等に出力する機能を持つ。
MCA解析サーバ	スペクトルデータを収集・解析する機能を持つ。 収集サーバと同様にスペクトルのリアルタイム収集,異常判定機能等を持つ。
データ提供サーバ	定周期でDBサーバに接続し,測定局や発電所の測定データの取得後,RAMIS や愛媛県原子力情報 HP のサーバへの送信ファイルの作成を行う。
自動通報サーバ	基準値超過や機器異常等の警報を職員携帯電話等に電話及びメール通報を行う。
セキュリティ兼プロキシサーバ	ネットワークの管理 DMZ のような役割を持つ閉域網とインターネット網の中継点の役割も持つ。
仮想クライアント×4台	各拠点からリモートでアクセスし,作業を行うサーバである。
データバックアップサーバ	各種データのバックアップを行うサーバである。
映像データ蓄積装置	モニタリングポスト 20 局の監視カメラの録画データを管理する機能を持つ。 なお,データ容量関係から主監視局(原子力センター)に設置している。

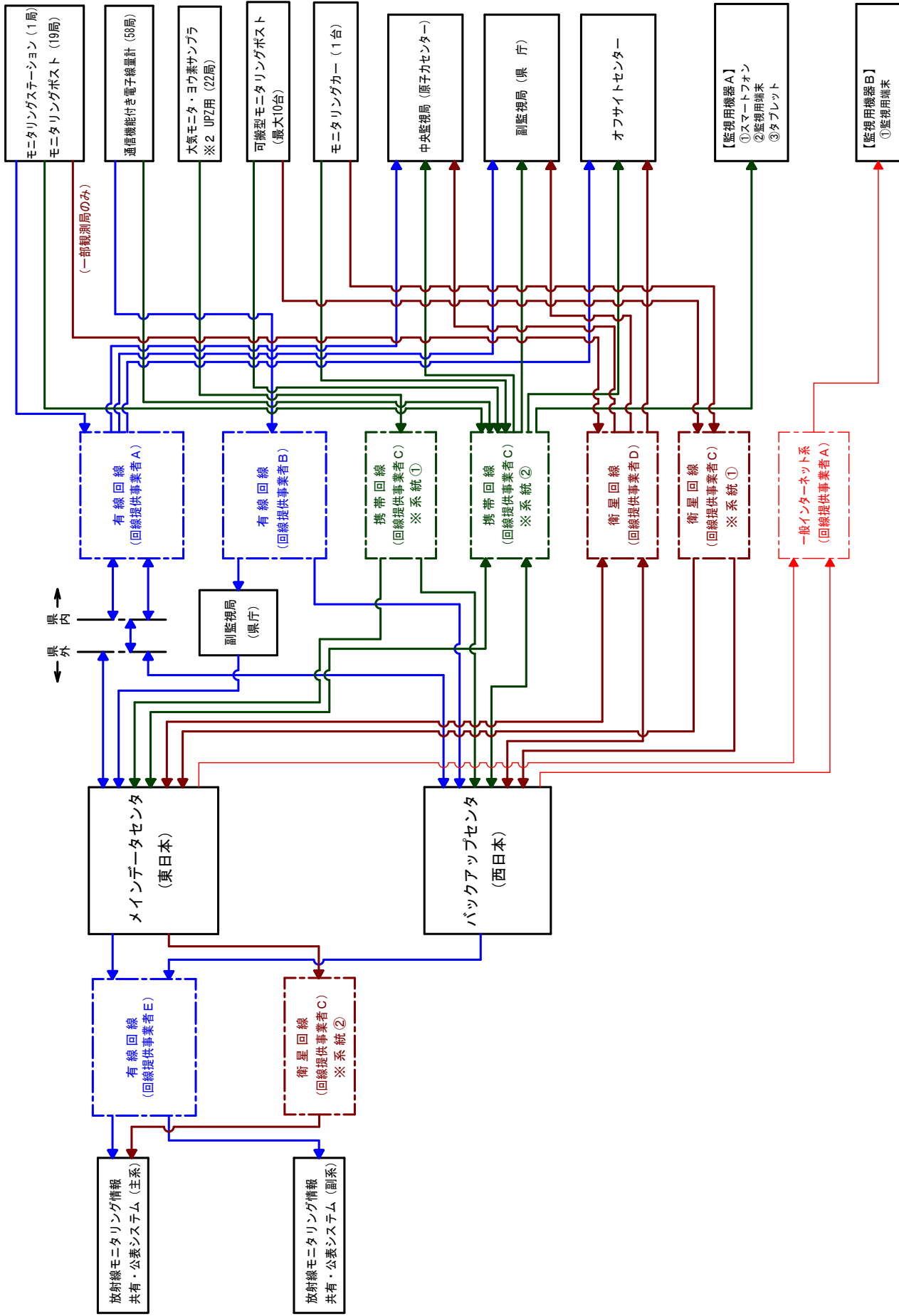


図3 テレメータシステム通信系統図

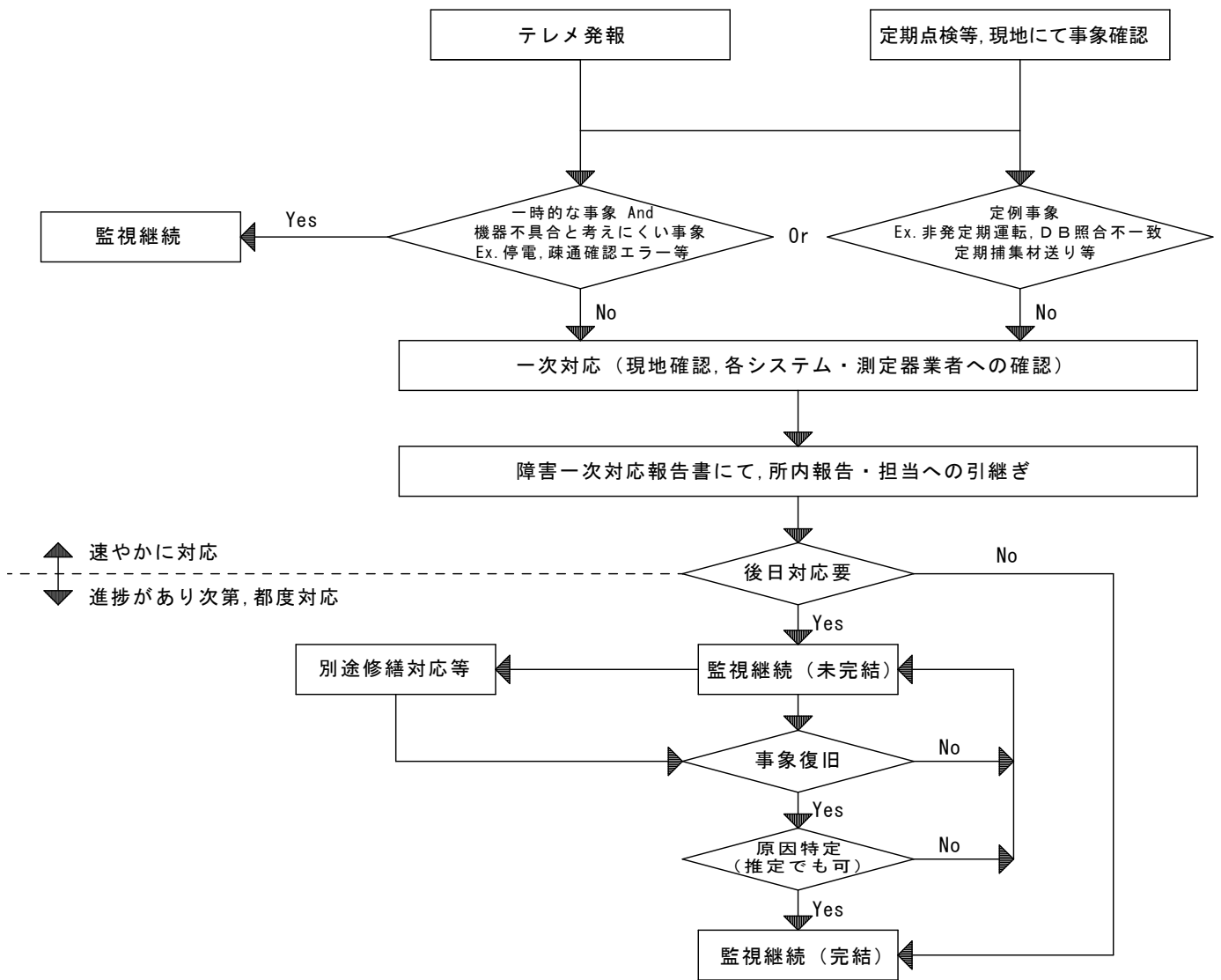


図4 障害一次対応フロー

海水試料のガンマ線放射性核種分析における前処理法の比較について

芝啓太 武田海 金崎祥 松本純子 浮田陽一

1. はじめに

愛媛県では、伊方発電所に「緊急事態が発生した場合への平常時からの備えを目的」として、発電所前面海域の海水を採取し、高純度ゲルマニウム半導体検出器によりガンマ線放出核種分析を実施している。

通常、海水中に含まれる放射性核種濃度は低いことから、海水試料のガンマ線分析においては、大量の海水が必要となるため、海水 20L の前処理を行っている。液体試料の前処理は通常、蒸発濃縮が用いられるが、海水は塩分を多く含むため、化学分離によって目的核種のみに分ける必要がある。

海水中のガンマ線放出核種分析における前処理法として、一般にセシウム(Cs)についてはリンモリブデン酸アンモニウム捕集法、その他の核種については二酸化マンガン(酸化マンガン(IV))吸着法(以下「マンガン法」という。)、水酸化物-硫化物捕集法(以下「水酸化物・硫化物法」という。)等がよく用いられている。

マンガン法は、リンモリブデン酸アンモニウム捕集法で Cs を分離した後、塩基性の環境で二酸化マンガンによりマンガン(Mn)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、亜鉛(Zn)、ジルコニウム(Zr)、ニオブ(Nb)、ルテニウム(Ru)、セリウム(Ce)を捕集して分析する方法である。

水酸化物・硫化物法は、リンモリブデン酸アンモニウム捕集法で Cs を分離した後、塩基性の環境で水酸化物沈殿を生成させ、

さらにチオアセトアミドを加え硫化物沈殿を生成させ、ベリリウム(Be)、Mn、Fe、Co、Zn、Zr、アンチモン(Sb)、Nb、Ru、Ce を捕集して分析する方法である。

これらの方法は「文部科学省 放射能測定法シリーズ No. 13」¹⁾に記載があり、愛媛県では現在、水酸化物・硫化物法で前処理を行っている。

しかしながら、近年、分析操作の簡便さ等を理由に水酸化物・硫化物法からマンガン法への変更が進んでいる。

ここでは、並行測定による2つの前処理法の妥当性の確認、全国の分析機関における前処理方法の調査及び前処理工程や特性等の比較を行ったため報告する。

2. 実験内容

2.1. 試料

5 種類の放射性核種を添加した海水を用いて、前処理、分析を行った。

対象各種を以下に示す。

・ガンマ線放出核種

セシウム-137(Cs-137)

セシウム-134(Cs-134)

セリウム-139(Ce-139)

マンガン-54(Mn-54)

コバルト-60(Co-60)

2.2. 使用機器等

・試薬

(水酸化物・硫化物法)

リンモリブデン酸アンモニウム
アンモニア水
塩酸
担体 1(Mn^{2+} , Fe^{3+} , Co^{2+} , Zn^{2+} , Cs^+ ,
 Ce^{3+} 各 10mg/mL)
担体 2(Fe^{3+} , Co^{2+} 各 10mg/mL)
チオアセトアミド
過酸化水素水

(マンガン法)

リンモリブデン酸アンモニウム
アンモニア水
塩酸
二酸化マンガン

・測定容器

U-8 容器

・ガンマ線放出核種測定器

(高純度ゲルマニウム半導体検出器)

ORTEC® GEM40-76-LB-C-S(1 台)
ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ(株)
GC4018(3 台)

(多重波高分析装置)

セイコー・EG&G(株) MCA7

3. 方法

3.1. 分析機関への調査

原子力施設周辺の地方自治体の調査機関で組織する原子力施設等放射能調査機関連絡協議会(以下「放調協」という。)に加盟する全 16 機関に海水の前処理方法について調査を行った。

3.2. 並行測定

3.2.1. 水酸化物・硫化物法

本方法は、「文部科学省 放射能測定法シリーズ No. 13」¹⁾に準じて、以下のとおりの方で行った(分析フローを図 1 に示す)。

- 1) 海水試料 20L を 5L ビーカーに 4 分割し、塩酸(1+3)100mL で試料容器を洗浄し、洗浄液は試料に加える。
- 2) かくはんしながら、担体 1 を 2mL、リンモリブデン酸アンモニウムを 2g 加える。
- 3) 30 分間かくはんしたのち、一夜静置する。
- 4) デカンテーション後、沈殿を分離型漏斗とろ紙(メンブレンフィルター0.45 μ m)で吸引ろ過し、塩酸(1+100)で洗浄する。
- 5) 沈殿及びろ紙を U-8 容器に移し、ろ紙は燃やして灰にし、沈殿に加える。沈殿を U-8 容器ごと乾燥機に入れ、65°C で 2~3 日乾燥させる。乾燥させた沈殿に少量の蒸留水を加え、圧着棒等で形を整える。ホットプレートで温め乾燥させ、測定試料とする。
- 6) 上澄み液とろ液を 2 分程度加熱沸騰させ、炭酸ガスを追い出す。
- 7) ガラス棒でよくかくはんしながら、未開栓の過酸化水素を 1mL 加え、アンモニア水を少量ずつ加え、pH を 9.5 程度とし、水酸化物沈殿を生成させる。
- 8) 1 時間程度、加熱熟成を行い、ガラス棒を抜き、一夜静置する。
- 9) デカンテーションを行い、上澄み液を別のビーカーに移す。
- 10) 水酸化物沈殿を遠心分離し、上澄み液を 9) のビーカーに合わせる。沈殿は少量の純水を用いて、テフロンビーカーに移す。
- 11) 水酸化物沈殿を分離した上澄み液に塩酸 5mL を加えて、酸性にする。
- 12) ガラス棒でよくかくはんしながら、担体 2 を 1mL 加え、2 分程度加熱沸騰させる。
- 13) 加熱沸騰後、アンモニア水を少量ずつ加えて、pH9.0 とし、チオアセトアミド溶液

(40g/L)を 150mL 加え、硫化物沈殿を生成させる。

- 14)1 時間程度、加熱熟成を行い、ガラス棒を抜き、一夜静置する。
- 15)デカンテーションで上澄み液を廃棄し、沈殿を 300mL ビーカーに移し、さらに 1 時間程度、加熱熟成を行い、1 時間程度放冷する。
- 16)分離型漏斗とろ紙(メンブレンフィルター 0.45 μ m)で吸引ろ過し、アンモニア水(1+100)で洗浄する。
- 17)硫化物沈殿を 10)のテフロンビーカーに移し、紙は燃やして灰にし、沈殿に加える。
- 18)テフロンビーカー内の沈殿が十分均一になるまでガラス棒でよくかき混ぜる。
- 19)テフロンビーカーごと乾燥機に入れ、105 $^{\circ}$ Cで 2~3 日乾燥させる。
- 20)乾燥後、少量の純水を用いて、沈殿を U-8 容器に移す。
- 21)沈殿を U-8 容器ごと乾燥機に入れ、65 $^{\circ}$ Cで 2~3 日乾燥させる。乾燥させた沈殿に少量の蒸留水を加え、圧着棒等で形を整える。ホットプレートで温め乾燥させ、測定試料とする。

3.2.2. マンガン法

本方法は、「文部科学省 放射能測定法 シリーズ No. 13」¹⁾に準じて、以下のとおりの方で行った(分析フローを図 2 に示す)。

- 1)~5)については 3.1 と同様(担体 1 添加を除く)
- 6)上澄み液とろ液にアンモニア水を少量ずつ加え、pH を 8.0~8.5 程度に調整する。
- 7)二酸化マンガン粉末を 10g 加えて、2 時間かくはんし、一夜静置する。
- 8)デカンテーションで上澄み液を廃棄し、分離型漏斗とろ紙(メンブレンフィルター 0.45 μ m)で吸引ろ過し、純水で洗浄する。
- 9)沈殿及びろ紙を U-8 容器に移し、ろ紙は燃やして灰にし、沈殿に加える。沈殿を U-8 容器ごと乾燥機に入れ、65 $^{\circ}$ Cで 2~3 日乾燥させる。乾燥させた沈殿に少量の蒸留水を加え、圧着棒等で形を整える。ホットプレートで温め乾燥させ、測定試料とする。

4. 結果

4.1. 並行測定の結果

表 1 に測定結果を示す。

対象核種について、水酸化物・硫化物法、マンガン法共に、En 数が ± 1.0 以下であり、測定結果が妥当であることを確認した。

表1 測定結果の比較

前処理方法	Ce-139	Cs-134	Cs-137	Mn-54	Co-60	単位
水酸化物・硫化物法 (En 数)	4.1 ±0.23 (0.3)	0.98 ±0.070 (-0.1)	0.96 ±0.068 (-0.3)	0.89 ±0.064 (-0.9)	1.0 ±0.073 (0.0)	Bq/試料
マンガン法 (En 数)	4.2 ±0.29 (0.3)	1.1 ±0.069 (0.9)	1.1 ±0.066 (0.8)	1.1 ±0.072 (0.5)	1.1 ±0.075 (0.9)	
付与値	4.00 ±0.050	1.00 ±0.011	1.00 ±0.013	1.00 ±0.012	1.00 ±0.012	

(注) En 数:測定値と付与値(不確かさを含む)を比較し, 測定の妥当性を判断する評価法
|En 数| ≤ 1 で「満足」, |En 数| > 1 で「不満足」と評価される。

$$En \text{ 数} = \frac{x - X}{\sqrt{U_{\text{測定値}}^2 + U_{\text{付与値}}^2}}$$

x:測定値

X:付与値

$U_{\text{測定値}}$:測定値の拡張不確かさ(k=2)*

$U_{\text{付与値}}$:付与値の拡張不確かさ(k=2)

* 拡張不確かさ(k=2): ISO 国際文書”Guide to expression of Uncertainty in Measurement(1995)”(「計測における不確かさの表現ガイド」)に基づき,合成標準不確かさと包含係数 k=2 から決定されたもので,約 95%の信頼の水準を持つと推定される区間を定めたものである。

4.2. 調査結果

調査の結果,16 機関のうち,14 機関がマンガン法,愛媛県のみ水酸化物・硫化物法であった。

また,(公財)日本分析センターでの都道府県機関対象の分析研修では,水酸化物・硫化物法を実施している機関が少ないことから,近年,マンガン法の実習のみ行われている。

5. 水酸化物・硫化物法とマンガン法の比較

5.1. 前処理方法

3.2.で述べたとおり,マンガン法は水酸化物・硫化物法と比較して,かくはん,ろ過, pH 調整(8.0~8.5)のみのため操作が簡易であり,使用する試薬も少なく,処理期間が短い(マンガン法 4 日,水酸化物・硫化物法 7 日)。

水酸化物・硫化物法はマンガン法より精密な pH 調整が必要であり、操作を誤ると一部核種を捕集できなくなる。

5.2. 捕集可能な核種

マンガン法はベリリウム-7(Be-7)、アンチモン-125(Sb-125)等の一部放射性核種の捕集が十分にできないため、定量できないものがある。

この原因の一つとして、Sb 及び Be は塩基性環境下において水酸化鉄(III)沈殿に定量的に共沈することが明らかになっており²³⁾、水酸化物・硫化物法は pH9.5 程度

で共沈させるのに対し、マンガン法では pH8.0~8.5 と水酸化物・硫化物法と比べて pH が低いため、Be-7 と Sb-125 が十分捕集できないものと考えられる。

また、マンガン法では鉄担体を加えていないため、pH を高くしたとしても十分沈殿が生成しない可能性がある。水酸化物・硫化物法とマンガン法を比較した詳細は表 2 のとおりである。

表 2 分析方法の比較

	リンモリブデン酸アンモニウム- 水酸化物-硫化物捕集法	リンモリブデン酸アンモニウム- 二酸化マンガン吸着法
捕集可能な 放射性核種	Cs, <u>Be</u> , Mn, Fe, Co, Zn Zr, <u>Sb</u> , Nb, Ru, Ce, Cr	Cs, Mn, Fe, Co, Zn, Zr, Nb, Ru, Ce
試薬	リンモリブデン酸アンモニウム アンモニア水 塩酸 担体 1(Mn, Fe, Co, Zn, Cs, Ce) 担体 2(Fe, Co) チオアセトアミド 過酸化水素水(未開栓)	リンモリブデン酸アンモニウム アンモニア水 塩酸 二酸化マンガン
作業効率	かくはん, ろ過, <u>加熱</u> , 遠心分離 (ガスコンロとドラフト必要) pH 調整あり(9.5)	かくはん, ろ過 (ガスコンロとドラフト不要) pH 調整あり(8.0~8.5)
処理日数	約 7 日	約 4 日
実施機関数 (全 16 機関)	愛媛県のみ	14 機関
研修の有無	実習なし	実習あり

6. まとめ

6.1. 測定結果

水酸化物・硫化物法, マンガン法共に, 測定結果が妥当であることを確認した。

6.2. 各機関における前処理方法

放調協に加盟する 16 機関に海水の前処理方法について調査を行ったところ, 14 機関がマンガン法, 1 機関がその他であり, 水酸化物・硫化物法を用いているのは愛媛県のみであった。

水酸化物・硫化物法を実施している機関が少ないことから, 近年, (公財)日本分析センターの研修もマンガン法の実習のみとなっている。

6.3. 水酸化物・硫化物法とマンガン法の比較

マンガン法は水酸化物・硫化物法と比較して, 操作も簡易であり, 使用する試薬も少なく, 処理期間が短い。

マンガン法では Be-7, Sb-125 等の一部放射性核種の捕集が十分にできないため, 定量できないものがある。

7. おわりに

最後に, 多大な助言や協力をいただいた(公財)日本分析センター及び放調協加盟機関の方々に深謝いたします。

【参考文献】

- 1) 放射能測定法シリーズ No.13 ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法, 文部科学省, (1982)

- 2) 藤永太一郎, 小山睦夫, 伊豆津公佑, 姫野貞之, 川嶋宗継, 日本化学会誌, 8 (1974)1489.
- 3) 重松恒信, 田伏正之, 磯島文雄, 生物, 11 (1962)752.
- 4) 2020/2021 年報告書, UNSCEAR, 第 II 卷科学的附属書 B, 177.

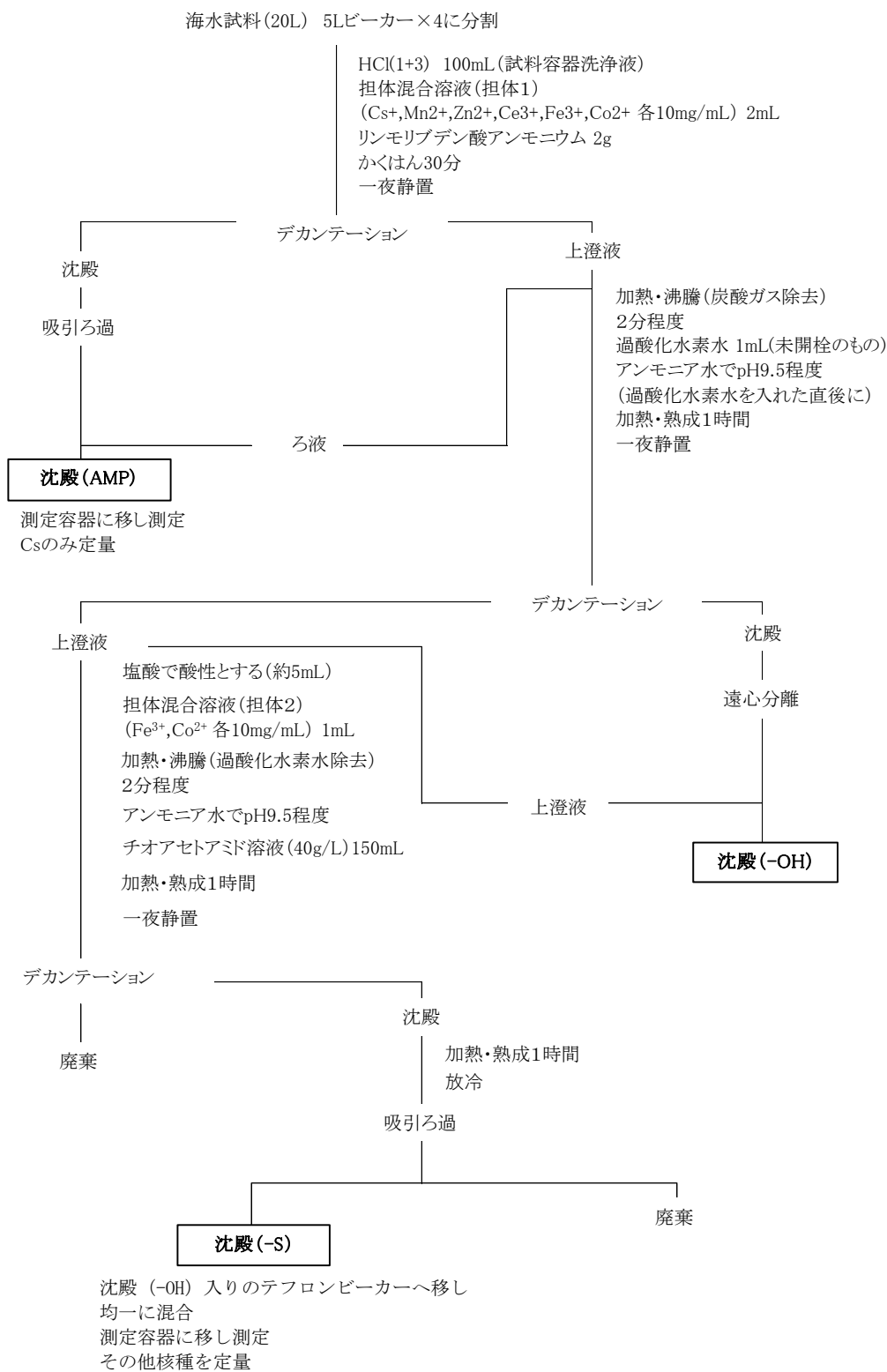


図1 リンモリブデン酸アンモニウム・水酸化物・硫化物捕集法フローシート

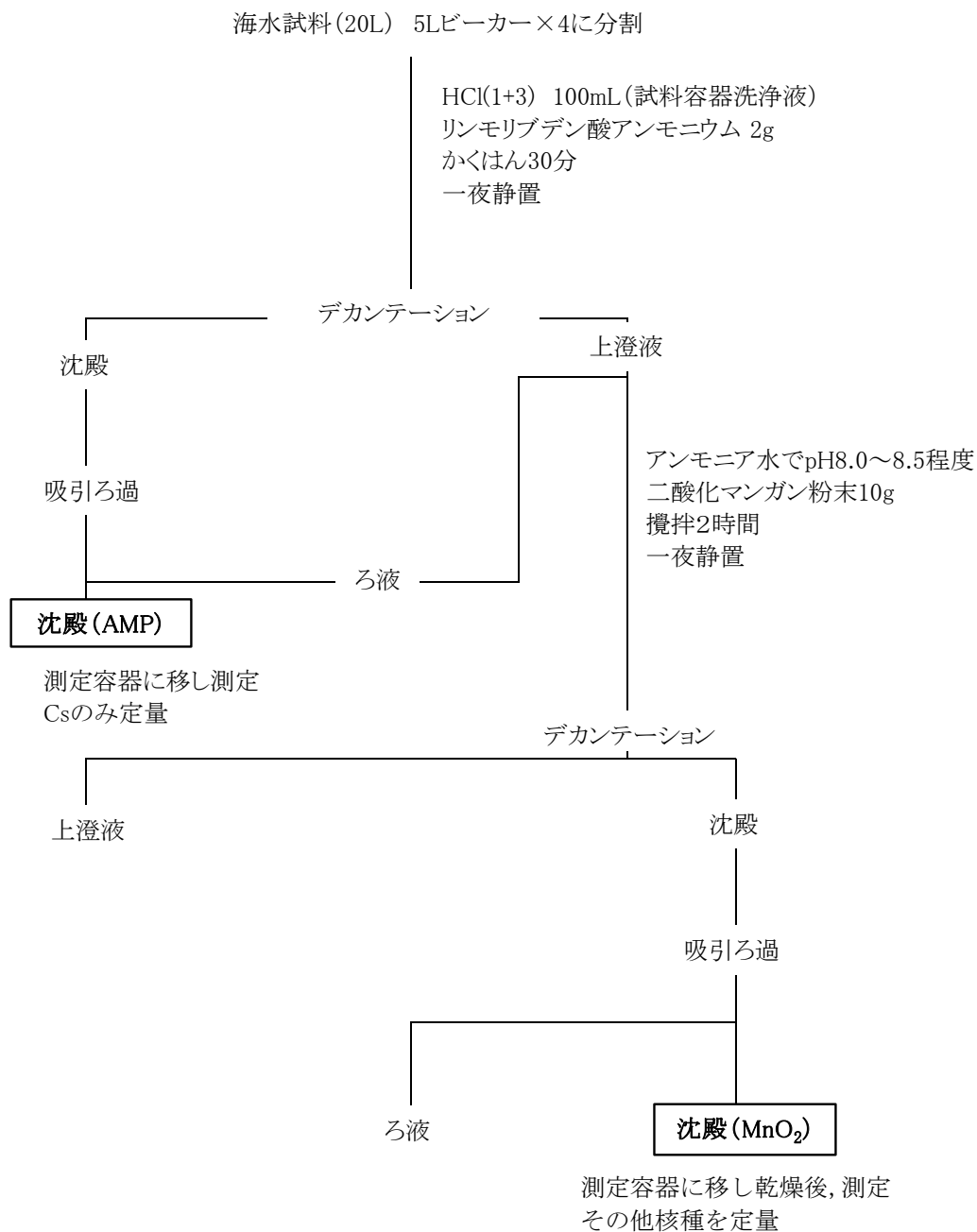


図2 リンモリブデン酸アンモニウム-二酸化マンガン捕集法フローシート

LSC-LB7を用いたトリチウム分析における精度向上の検討について

武田海 芝啓太 金崎祥 松本純子 浮田陽一

1. はじめに

本県では、伊方発電所の周辺住民等の被ばく線量の推定及び評価を目的として、発電所から 5km 圏内の陸水、降水および海水のトリチウム濃度を測定してきた。また、緊急事態が発生した場合への平常時からの備えとして発電所からおおむね 30km 圏内の陸水のトリチウム濃度も測定してきた。

東京電力福島第一原子力発電所のALPS 処理水放出により、近年トリチウムへの関心が高まっているが、環境中に含まれるトリチウム濃度はかなり低く、現行の方法では測定している試料のほとんどが検出下限値未満である。

そこで、トリチウム分析における精度向上を図るため、液体シンチレーションカウンタ(以下「LB7」という。)を用いた解析条件の最適化を検討した。

2. 使用機器等

・試薬

過マンガン酸ナトリウム
過酸化ナトリウム
液体シンチレータ(Ultima Gold LLT)
BG 水(低トリチウム水)

・トリチウム測定装置

(液体シンチレーションカウンタ)
HITACHI AccuFLEX LSC-LB7 (2台)

・測定容器

テフロン(R)スーパーPFA 製ボトル(ビッグボーイ)細口 100mL

3. 測定方法

3.1. 現行方法

本県では、放射能測定法シリーズに準拠し、減圧蒸留を行った 50mL の試料を 50mL のシンチレータと混合して測定試料としている。30 分測定を 35 回行い、そのうちの 25 回(750 分間分)を採用している。BG 水を用いて同様に測定したバックグラウンド(以下「BG」という。)の値を試料の値から差し引いて、トリチウム濃度を算出している。

LB7 を用いたトリチウム分析では、トリチウムから発せられたベータ線が液体シンチレータを介して光電子となり、検出されている。また、LB7 は任意のエネルギー領域を設定することで、その範囲で検出された光電子の総量を出力することができる。すなわち、LB7 で測定できる 0.05-200keV のエネルギー領域の中で、トリチウム測定用の ROI (Region of interest)を設定することで、トリチウムが効率よく測定できる。この ROI は FOM(Figure of merit)と呼ばれる値を用いて決められており¹⁾、下記の式①で求められる。図 1 に FOM と BG の計数率及び計数効率のグラフを示す。

$$\text{FOM} = \frac{\text{計数効率}(\%)^2}{\text{バックグラウンド計数率}(\text{cpm})} \dots \textcircled{1}$$

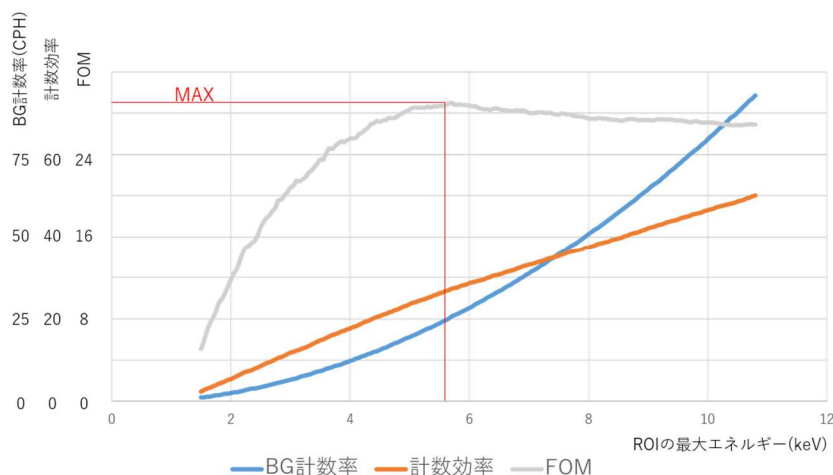


図1 FOMによるROIの最適化

計数効率は、トリチウム濃度が既知の標準トリチウム溶液を用いて測定している。

ROI を広くとるほど計数効率が大きくなるが、BGのカウント数が増加し、FOMが低下するため、FOMが最大となるROIが最適なROIとされている。

スペクトル解析をしない測定では、一般的にFOMが用いられている。

しかし、試料や測定時間などが変わることによって、バックグラウンドのスペクトルも変化し、標準トリチウム溶液と環境試料ではスペクトルが異なるため、試料や測定の際にFOMを計算しROIを設定するのが理想であるが、試料ごとに行うことは困難である。

3.2. 検討方法

試料ごとに計算が困難なFOMを用い

ることなくROIを試料ごとに最適化するため、LB7におけるROIを固定しないスペクトル解析法を検討した。

LB7では0.05-200keVのエネルギー領域を測定しているが、トリチウムのスペクトルはLB7において約2keVを中心としたピークを示すため、今回の分析では0-12keVのスペクトルデータを抜き取った。また、現行法と条件を揃えるため、750分間のデータを採用した。

例として、トリチウムが検出された令和5年度5月採取の海水の結果を図2に示す。視覚的な補助として、10区間移動平均を示した。1~3.15keVの間(黄線間)でカウント数にBGと差が見られる。このような領域をROIとし、分析する手法を検討した。

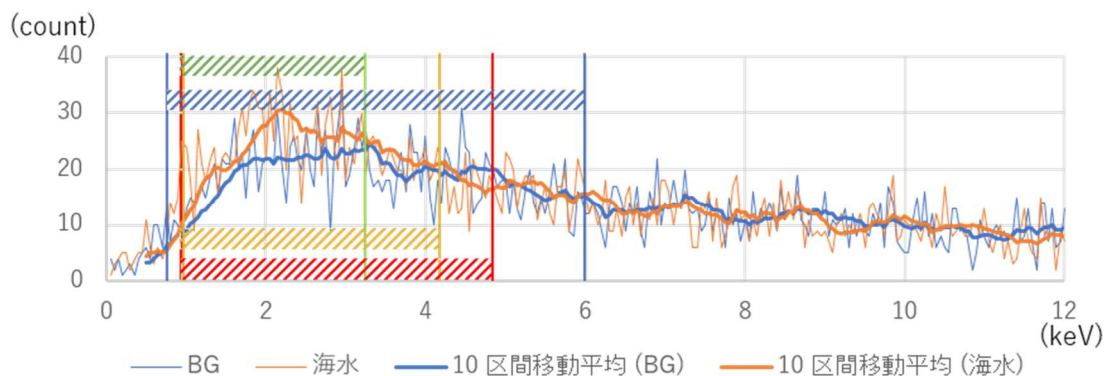


図2 令和5年度海水スペクトル

4. 評価方法の検討

ROI の選択方法に関して、検討を行った。図 2 で示した海水のスペクトルにおいて、試料の正味スペクトルと取得する 3 つの範囲(緑線間 1-3.15keV, 黄線間 1-4.1keV, 青線間 0.8-6keV)を検討した。1~4.85keV(赤線間)が現在モニタリングで用いている ROI である。検討した 3 つの ROI の内 2 つは、図 2 で示したように BG と試料の 10 区間移動平均に差がある部分(緑線間, 黄線間)を抽出した。もう 1 つの ROI は試料と BG のスペクトルがともに横ばいとなる 6keV を境界とした区間(青線間)を設定した。

5. 結果

表 1 に令和 5 年度 5 月採取の海水における ROI の広さと結果の関係を示す。ROI を狭めるほど計数率における検出下限値が下がっていることがわかる。これは検出下限値が式②③に示すように、ROI 内の BG と試料のカウント数の合算から求められるためである。そのため、10 区間移動平均で BG と試料に差が見られる部分のみを抽出することによって、正味計数率を維持したまま検出下限値を下げる可以考虑。

一方で、ROI を広げた場合には検出下限値は上がるものの、計数効率が上がるため、放射能濃度換算でより誤差の少ない分析が可能であると考えられる。

表 1 令和 5 年度海水の ROI の広さと結果の関係

ROI(keV)	0.8-6 青線間	1-4.85 赤線間	1-4.1 黄線間	1-3.15 緑線間
正味計数率(CPM)	0.325	0.248	0.297	0.239
検出下限値(CPM)	0.260	0.233	0.212	0.189
効率(%)	29.0	26.0	23.3	18.0

$$\text{正味計数率} = \frac{N_s}{t} - \frac{N_b}{t} \quad \dots \text{②}$$

$$\text{検出下限値} = 3 \times \sqrt{\left(\frac{N_s}{t}\right)^2 + \left(\frac{N_b}{t}\right)^2} \quad \dots \text{③}$$

N_s, N_b : 計数值(試料, BG), t : 測定時間

以上のことから、トリチウム濃度が検出下限値付近の試料に関しては、BG と試料の差が見られるなるべく狭い ROI を抜粋し分析するのが適当であり、検出下限値を大きく上回る試料は ROI を広くとって信頼性を担保することができると考えられる。

ROI の検討結果をうけて、令和 4 年度および令和 5 年度に採取した試料のうち 22 試料について、スペクトル解析を行った。検討法の各 ROI は前述の図 2 の海水のように、スペクトルを作成し、差がある部分を用いた。

その結果、トリチウムが検出されたもの

(灰色部分は不検出)を表 2 に示す。これまでの方法に比べて検出下限値が約 8 ~ 19% 下がった。その中でも図 3 に示す八幡浜市第 3 水源地の試料では現行法(赤線間)でトリチウムは検出下限値以下であったが、今回検討法(緑線間)での分析では検出下限値を上回った。

また、令和 5 年度放射能水準調査におけるクロスチェックの試料についても同様に分析した。その結果を図 4 および表 3 に示す。大きく検出下限値を上回る試料については、前述のとおり、ROI を広くとることで、標準誤差が小さくなり、より信頼性の高い分析となった。

表 2 現行法と検討法の比較

試料	R4 降水 11 月		八幡浜市 第 3 水源地		R5 海水 5 月		R5 降水 4 月		R5 降水 5 月		R5 降水 9 月	
	現行法	検討法	現行法	検討法	現行法	検討法	現行法	検討法	現行法	検討法	現行法	検討法
ROI(keV)	1-4.85	0.6-3.7	1-4.85	1.3-4.1	1-4.85	1-3.15	1-4.85	0.8-3.4	1-4.85	0.7-4	1-4.85	1-4.2
正味計数率 (CPM)	0.448	0.415	0.221	0.230	0.248	0.239	0.356	0.375	0.447	0.453	0.339	0.365
検出下限値 (CPM)	0.264	0.237	0.233	0.205	0.233	0.189	0.236	0.197	0.238	0.219	0.239	0.221
検出下限値 減少率(%)	10.2		12.0		18.9		16.5		7.98		7.53	
効率(%)	24.8	21.3	24.8	20.7	26.0	18.0	26.0	20.1	24.8	22.6	24.8	22.8

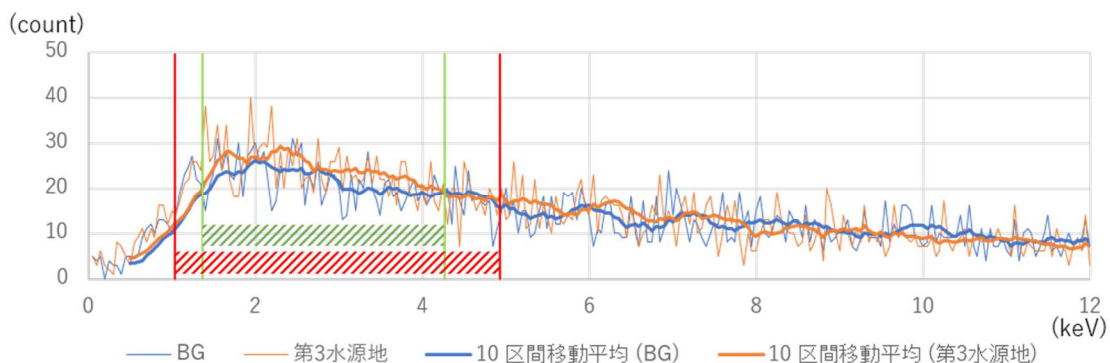


図3 八幡浜市第3水源地スペクトル

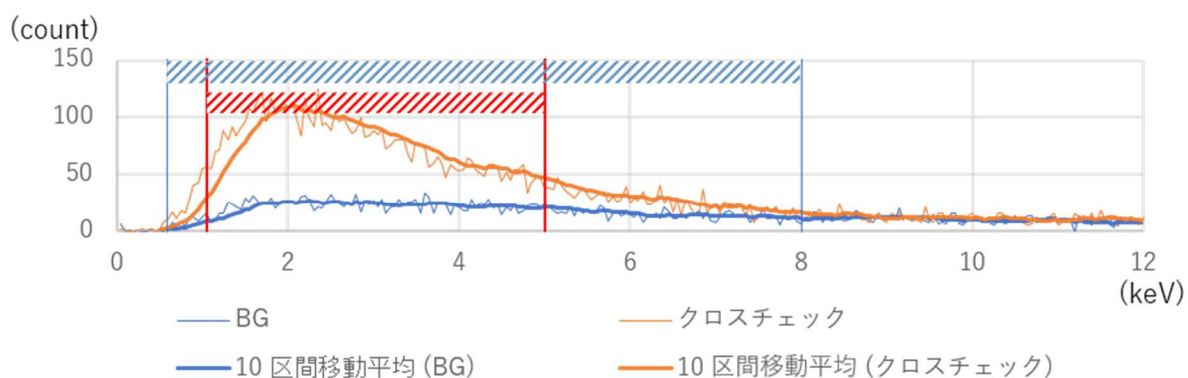


図4 クロスチェック標準トリチウム溶液スペクトル

表3 標準トリチウム溶液の結果比較

	測定値		基準値
	現行法	検討法	
分析方法	現行法	検討法	—
ROI (keV)	1-4.85	0.65-8	—
正味計数率(CPM)	5.81	6.96	—
検出下限値(CPM)	0.356	0.414	—
効率(%)	25.7	30.4	—
放射能濃度(Bq/L)	7.53	7.64	7.66
標準誤差(Bq/L)	0.154	0.151	—

6. まとめ

現行法に対して、今回検討した方法は検出下限値が有意に下がる結果となった。また、大きく検出下限値を上回る試料では、より信頼性の高い値が得られた。

さらに検討法では試料と BG との差が視覚的に明確になり、トリチウムが検出されていることが分かりやすく、分析方法の理解の一助となると考えられた。

一方で、今回 ROI の選択に統一的な規則を定義できた訳ではなく、同一試料においても分析者によって結果に差が生じることが考えられる。そのため引きつづき、今回検討に用いた 10 区間移動平均以外の様々な関数でのフィッティングを検討し、分析精度の向上を図りたい。

【参考文献】

- 1) 放射能測定法シリーズ No.9 トリチウム分析法, 文部科学省, (2002)

**愛媛県原子力センター所報
第8号**

令和6年3月発行

編集発行所 愛媛県原子力センター
〒796-0202
愛媛県八幡浜市保内町宮内1番耕地485番地1
Tel 0894-20-6610 Fax 0894-36-1150
E-mail genshiryoku-center@pref.ehime.lg.jp
