

資料

玄海原子力発電所30km圏内における空間放射線量率の平常時モニタリング

土田大輔・城山宗一郎*・山村由貴・梶原佑介**・板垣成泰

原子力施設周辺においては、災害等の緊急事態が発生した場合に備え、平常時から空間放射線量率（線量率）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2013年度から測定している線量率を統計処理することにより平常の変動幅を算出し、超過した場合は原因を調査した。低線量率用モニタリングポストによる線量率の平常の変動幅は約30～60 nGy/hであり、平常の変動幅を外れた時間数の割合は年間で2～3 %、その要因は降雨によって降下する天然放射性核種によるものであった。その他、高線量率用モニタリングポストによる線量率は宇宙線も含まれることから、測定結果は約70～150 nGy/hであった。また、モニタリングカーによる走行測定の各年度の平均値は、33～37 nGy/hであった。これらの結果は、緊急時に原子力施設の異常の有無を確認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、空間放射線量率、平常の変動幅、モニタリングポスト]

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¹⁾）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（以下、線量率）のモニタリングを行うことが求められる。本県においても、2012年度末に玄海原子力発電所（佐賀県玄海町）から30km圏内に線量率の測定装置（モニタリングポスト。以下、MP）を設置し、2013年度から平常時モニタリングを行っている。

線量率の測定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²⁾）」に示されている。補足参考資料によると、平常時の線量率は、概ね一定の範囲（以下、平常の変動幅）に収まるため、過去数年間の測定値の平均値±（3×標準偏差）、あるいは最小値から最大値までの範囲を平常の変動幅として設定し、測定値がこの範囲を超過した場合は原因の調査をすることとされている。

平常の変動幅を算出する年数については、原子力施設が立地する地方公共団体では、5年又は10年間としている例が多い（例えば、青森県³⁾、静岡県⁴⁾）。本県でも線量率の測定開始から10年が経過し、データが蓄積してきたことから、各年度の測定結果を評価した。さらに、原子力発電所の立地県である佐賀県のモニタリングデータとの比較により妥当性の確認を行った。

2 調査方法

2・1 調査対象地域及び測定地点

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、各地区に固定観測局（以下、二丈局、志摩局）が設置されている。固定観測局には、低線量率用のNaI(Tl)検出器、高線量率用の電離箱検出器の2種類のMP及び気象観測装置が設置されている。

また、災害等の緊急時に広範囲を迅速にモニタリングするためのモニタリングカーが2016年度末に配備され、2017年度から定期的に30km圏内の主要道路で走行モニタリングを実施している。

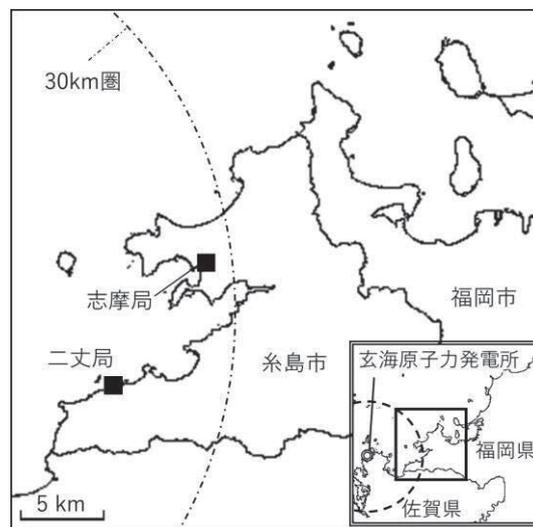


図1 調査対象地域の概要及び固定観測局（■）

福岡県保健環境研究所（〒818-0135 太宰府市大字向佐野 39）

* 福岡県環境部環境保全課（〒812-8577 福岡市博多区東公園 7-7）

**福岡県環境部環境政策課（同上）

2・2 線量率の測定方法及び評価方法

各測定機器の概要を表1に示す。測定方法は、原子力規制庁の測定法シリーズ⁵⁾にしたがった。

2・2・1 NaI (Tl) 検出器MP

平常時における線量率は、低線量率用のMPであるNaI(Tl)検出器のデータを用い、以下の手順で各年度の評価を行った。

まず、MPが設置された2012年度末から、評価対象年度の前年度末までの測定値（10分値）を基に、平均値±（3×標準偏差）により平常の変動幅を設定した。

次に、測定値が平常の変動幅を超過した時間帯については、以下A～Eの要因²⁾について、気象観測装置や現地状況等の調査を行った。

- ア「降雨」：降雨、降雪、雷雨、積雪等の気象要因
- イ「地形」：周辺の地形や建物等の変化
- ウ「医療・産業」：医療・産業等に用いる放射性同位元素やX線の影響
- エ「施設」：国内外の原子力施設からの影響

2・2・2 電離箱検出器MP

電離箱検出器は緊急時の高線量率用MPであるため、平常の変動幅の設定は行わず、線量率（10分値）の平均値、最小値、最大値によって、各年度の測定結果を評価した。

2・2・3 モニタリングカー

モニタリングカーについては、概ね四半期毎に走行モニタリングを行い、低線量率計（NaI(Tl)検出器）の平均値、最小値、最大値（1分値）を把握するとともに、最小値、最大値が検出された地点を確認した。

2・3 原子力施設立地県データとの比較

本県のモニタリング結果の妥当性を確認するため、佐賀県の調査結果報告書⁶⁾を参照し、NaI(Tl)検出器MP、電離箱検出器MP及びモニタリングカーの測定結果と比較した。

比較対象としたMPは、佐賀県が設置した発電所周辺MPのうち、発電所の東側に位置する串(くし)局を選定した。また、モニタリングカーについては、本県と同じNaI(Tl)検出器による走行モニタリング結果（九州電力⁷⁾による）と比較した。

3 結果及び考察

3・1 NaI (Tl) 検出器MP

表2に、2013～2022年度のNaI(Tl)検出器MPによる線量率の測定結果を示す。各年度の平均値は、二丈局 43.5～43.9 nGy/h、志摩局 48.3～48.9 nGy/h、平常の変動幅は、二丈局 32.2～54.8 nGy/h、志摩局 37.7～59.4 nGy/hの範囲であった。

各年度の測定値が平常の変動幅を外れた時間数は、二丈局では153～274時間、志摩局では160～257時間で、年間の測定時間数に占める割合は2～3%であった。

平常の変動幅を超えた時間帯について要因を調査した結果、全て降雨が認められた時間帯であった。NaI(Tl)検出器のγ線スペクトル情報⁷⁾も踏まえ、降雨により大気中の天然放射性核種であるラドン（Rn-222）の壊変生成核種が地表に降下し、線量率が一時的に上昇したと判断した。

図2に、四半期毎のNaI(Tl)検出器MPによる線量率（平均値、最小値、最大値）の変化を示す。平均値の経年変化は小さく、各年度の最大値は第2四半期（7～9月）に観測される傾向が見られた。北部九州において7月に線量率が上昇する原因としては、温帯低気圧が停滞（梅雨）前線に沿って東進することにより、大陸からRn-222が移流する機構が示されている⁷⁾。

3・2 電離箱検出器MP

表3に、2013～2022年度の電離箱検出器MPによる線量率の測定結果を示す。各年度の平均値は、二丈局 76.7～85.2 nGy/h、志摩局 78.0～83.6 nGy/h、最小値～最大値は、二丈局 69.4～152 nGy/h、志摩局 67.1～154 nGy/hの範囲であった。

電離箱検出器MPでは、周辺の放射線に加え、宇宙線も検出されるため、得られる線量率はNaI(Tl)検出器MPによる線量率よりも高くなる⁸⁾。平井ら⁹⁾の報告によると、福岡県全域におけるNaI(Tl)検出器MP及び電離箱検出器MPの線量率の平均値は、それぞれ40.7及び76.4 nGy/hであり、本報におけるNaI(Tl)検出器MPと電離箱検出器MPの差異と同程度であった。

図3に、四半期ごとの電離箱検出器MPによる線量率（平

表1 各測定機器の概要

種類	固定観測局（二丈局、志摩局）		移動測定局（モニタリングカー）	
	低線量率計	高線量率計	低線量率計	高線量率計
検出器	3"φ×3"NaI(Tl) シンチレータ	球形加圧電離箱	2"φ×2"NaI(Tl) シンチレータ	Si半導体
測定範囲	BG～10μGy/h	BG～100mGy/h	BG～10μGy/h	10μGy/h～100mGy/h
測定位置	地上1m		地上2.4m	

均値、最小値、最大値) の変化を示す。NaI(Tl)検出器 MP と同様に、四半期毎の平均値の変化は小さく、各年度の最大値は、第 2 四半期 (7~9 月) に観測される傾向が見られた。

3・3 モニタリングカー

表4に走行モニタリングの結果を示す。各年度の平均値は33~37 nGy/hであった。全ての走行モニタリングにおいて、最大値は鹿家トンネル付近、最小値は小富士交差点付近で観測された (位置は図4参照)。

図4に、一例として2022年8月の測定結果を示す。最大値が観測された鹿家トンネル付近は、山間部でトンネルが連続しているため、地質由来の天然放射線の寄与が大きいと考えられた。また、最小値観測地点である小富士交差点付近は、河川河口部の橋に近い、地質由来の天然放射線

の寄与が少ないと考えられた。

3・4 原子力施設立地県 (佐賀県) との比較

比較対象とした 2021 年度の佐賀県串島の NaI(Tl) 検出器 MP の平均値は 33 nGy/h、平常の変動幅は 23~44 nGy/h であった。平常の変動幅を超えた時間数は 188 時間 (2.15%) で、本県の超過割合 (2~3 %) と同程度であった。また、電離箱検出器 MP の平均値は 68 nGy/h、最小値~最大値は 61~119 nGy/h であり、NaI(Tl) 検出器 MP との差は本県と同程度であった。

2021 年度の佐賀県 (九州電力株) による走行モニタリングの平均値及び最小値~最大値は、それぞれ 26 及び 20~38 nGy/h であり、本県よりも平均値や最大値が小さいものの概ね同程度であった。

表 2 NaI(Tl) 検出器 MP の測定結果

測定局	年度	平均値	最小値~ 最大値	平常の 変動幅*	平常の変動幅を 外れた時間数 及び割合		平常の変動幅 を外れた 主要因
					(nGy/h)	(時間)	
二丈局	2013	43.5	38.0 ~ 113	32.2 ~ 54.5	153	(1.7%)	降雨
	2014	43.6	39.1 ~ 89.4	33.3 ~ 53.6	274	(3.1%)	降雨
	2015	43.5	40.0 ~ 112	33.1 ~ 53.9	235	(2.7%)	降雨
	2016	43.6	39.2 ~ 98.1	32.9 ~ 54.1	259	(2.9%)	降雨
	2017	43.6	37.7 ~ 90.6	32.4 ~ 54.6	185	(2.1%)	降雨
	2018	43.8	40.1 ~ 100	32.6 ~ 54.4	192	(2.2%)	降雨
	2019	43.8	39.1 ~ 87.6	32.8 ~ 54.3	240	(2.7%)	降雨
	2020	43.9	40.3 ~ 114	32.8 ~ 54.3	246	(2.8%)	降雨
	2021	43.7	40.3 ~ 119	32.5 ~ 54.8	206	(2.4%)	降雨
	2022	43.9	40.3 ~ 111	32.4 ~ 54.8	188	(2.1%)	降雨
志摩局	2013	48.5	44.8 ~ 127	38.3 ~ 58.7	160	(1.8%)	降雨
	2014	48.3	44.2 ~ 101	38.7 ~ 58.4	229	(2.6%)	降雨
	2015	48.4	44.5 ~ 119	38.3 ~ 58.6	216	(2.5%)	降雨
	2016	48.6	44.1 ~ 125	38.2 ~ 58.6	257	(2.9%)	降雨
	2017	48.9	44.7 ~ 93.4	37.7 ~ 59.2	189	(2.2%)	降雨
	2018	48.8	45.0 ~ 108	37.9 ~ 59.2	171	(2.0%)	降雨
	2019	48.8	45.0 ~ 85.2	38.1 ~ 59.1	213	(2.4%)	降雨
	2020	48.7	44.4 ~ 115	38.2 ~ 59.1	230	(2.6%)	降雨
	2021	48.4	44.0 ~ 115	37.8 ~ 59.4	186	(2.1%)	降雨
	2022	48.6	44.9 ~ 108	37.8 ~ 59.4	174	(2.0%)	降雨

表 3 電離箱検出器 MP の測定結果

測定局	年度	平均値	最小値 ~ 最大値
二丈局	2013	76.7	69.4 ~ 143
	2014	85.2	72.6 ~ 127
	2015	84.5	79.4 ~ 149
	2016	84.1	79.0 ~ 133
	2017	83.6	77.9 ~ 128
	2018	83.4	76.9 ~ 136
	2019	83.1	76.9 ~ 126
	2020	83.0	75.4 ~ 145
	2021	84.0	75.6 ~ 152
	2022	84.5	73.2 ~ 140
志摩局	2013	83.1	77.4 ~ 154
	2014	83.6	78.1 ~ 135
	2015	82.5	77.0 ~ 149
	2016	81.7	76.4 ~ 151
	2017	81.2	76.2 ~ 124
	2018	81.1	76.2 ~ 135
	2019	78.0	70.9 ~ 112
	2020	78.5	70.6 ~ 136
	2021	80.0	72.6 ~ 141
	2022	79.3	67.1 ~ 122

*各年度の「平常の変動幅」は、2013年3月から前年度末までの測定値(10分値)の「平均値±(3×標準偏差)」

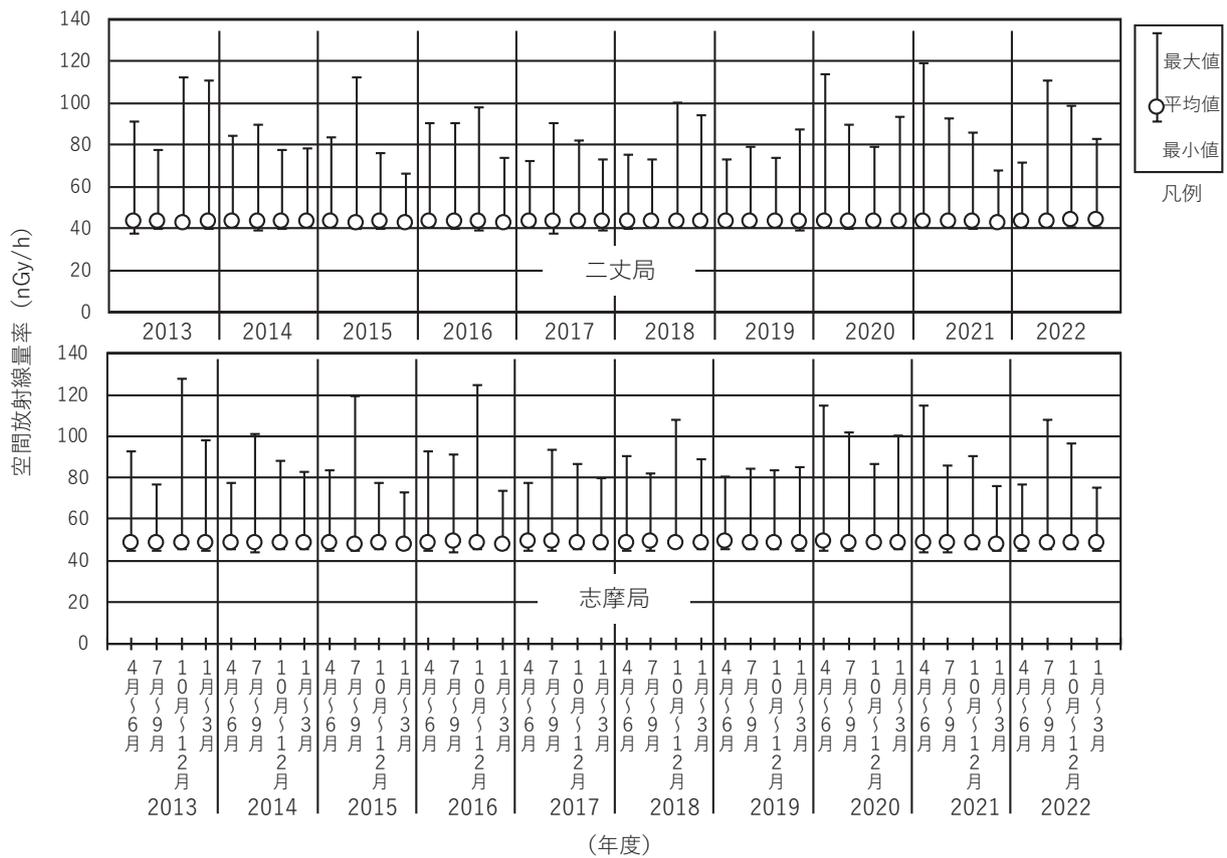


図2 四半期毎のNaI(Tl)検出器MPの測定結果

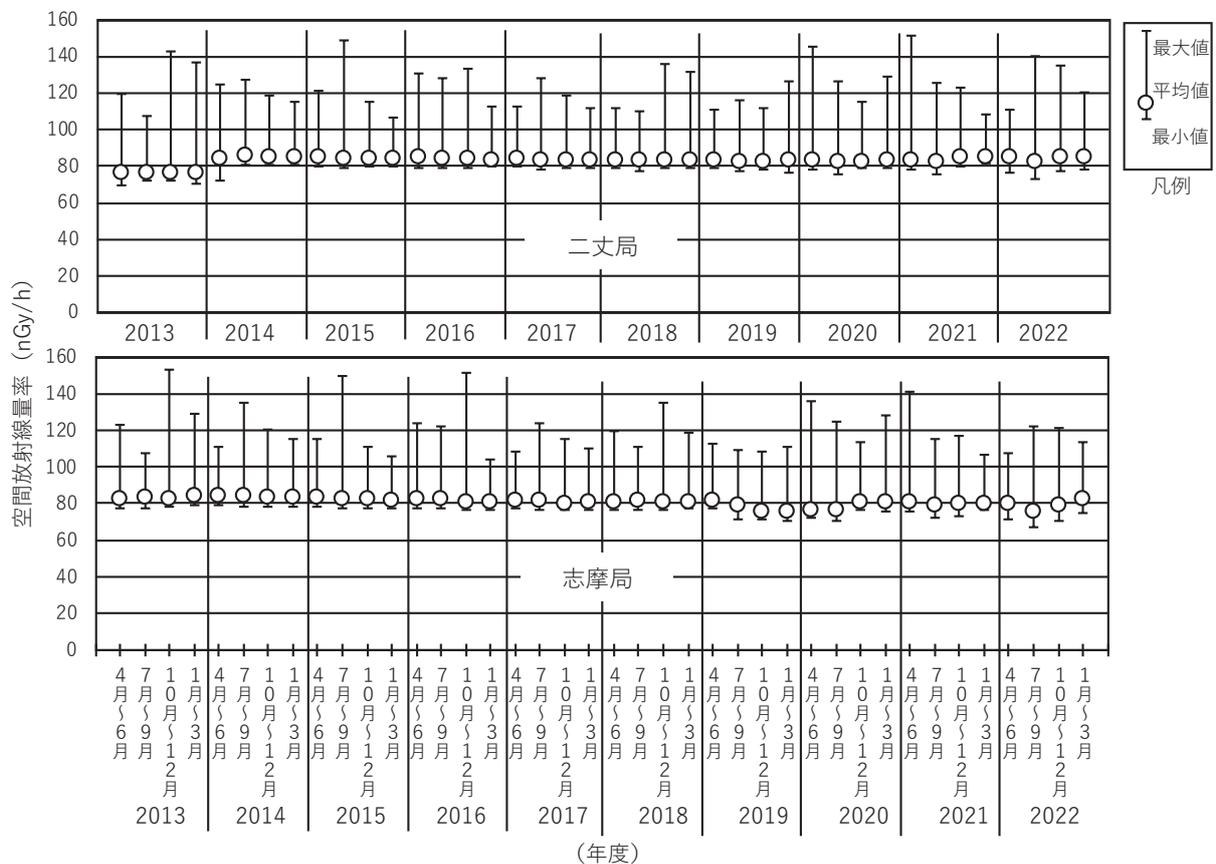


図3 四半期毎の電離箱検出器MPの測定結果

表4 走行モニタリングの結果

年度	測定月	平均值	測定値の範囲	降水量 (mm)
		(nGy/h)		
2017	5月, 8月, 1月, 3月	37	22 ~ 57	0
2018	5月, 8月, 10月, 1月	36	20 ~ 56	0
2019	8月, 12月, 1月, 2月	34	21 ~ 54	0
2020	5月, 8月, 10月, 2月	34	20 ~ 57	0
2021	7月, 8月, 12月, 1月	35	23 ~ 57	0
2022	4月, 8月, 11月, 2月	33	20 ~ 57	0

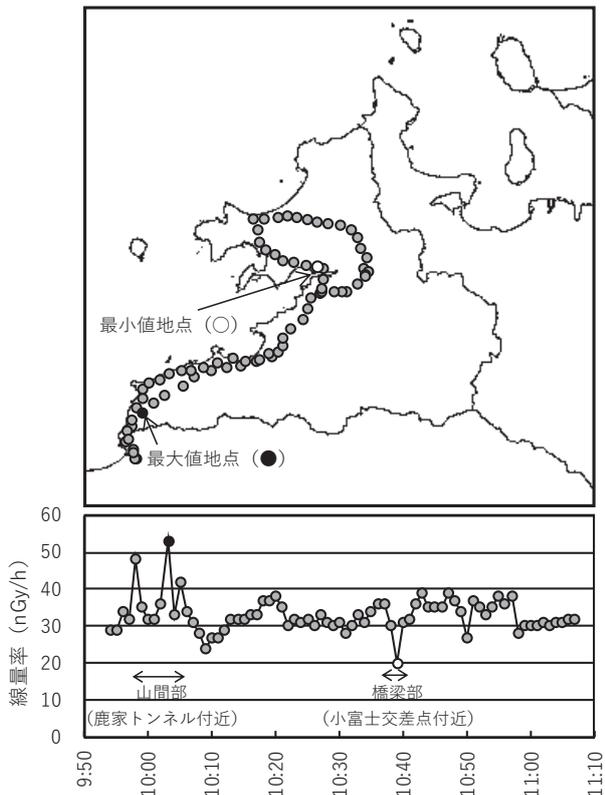


図4 走行モニタリング結果の例
(2022年8月)

4 まとめ

玄海原子力発電所から30km圏内において2013年度から実施している線量率の平常時モニタリングデータについて統計的な解析を行い、以下のような結果を得た。

- 1) NaI(Tl)検出器 MP による線量率の平常の変動幅は、二丈局 32.2~54.8 nGy/h、志摩局 37.7~59.4 nGy/h の範囲であった。各年度に平常の変動幅を外れた時間数割合は2~3%であり、その要因は全て降雨によるものであった。
- 2) 電離箱検出器 MP による線量率の最小値~最大値は、二丈局 69.4~152 nGy/h、志摩局 67.1~154 nGy/h の範囲であった。
- 3) モニタリングカーによる走行モニタリングの平均値は33~37 nGy/h であり、最大値観測地点は、全ての調査において、地質由来の天然放射線の寄与が大きいと考えられるトンネル付近であった。
- 4) 本県のモニタリング結果について、佐賀県のモニタリング結果と比較したところ概ね同程度であり、妥当性を確認できた。

原子力災害による緊急時には、線量率の測定結果等に基づいて防護措置に関する判断が行われる。本報で解析した平常時の線量率データは、緊急時に原子力施設の異常の有無を確認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) 青森県：原子力施設環境放射線調査報告書（令和 3 年度報），80-81，2022。
- 4) 静岡県：浜岡原子力発電所周辺環境放射能調査結果（令和元年度），99-100，2020。
- 5) 原子力規制庁：放射能測定法シリーズ No. 17 連続モニタによる環境γ線測定法，昭和 57 年 7 月制定，平成 29 年 12 月改訂。
- 6) 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，4-7，2022。
- 7) 土田大輔ら：梅雨期における温帯低気圧の東進に伴う空間放射線量率の上昇機構，保健物理，55，5-14，2020。
- 8) 長岡和則，本田幸一郎，宮野敬治：環境γ線線量測定における宇宙線の寄与，RADIOISOTOPES，45，665-674，1996。
- 9) 平井英治ら：電離箱検出器および NaI(Tl) シンチレーション検出器を用いた福岡県の自然放射線量測定，RADIOISOTOPES，44，846-855，1995。