

2022 年度
第 11 回放射能クロスチェック
報告書

2023 年 3 月

一般社団法人日本環境測定分析協会
放射能測定分析技術研究会

目 次

1	クロスチェックの実施概要	2
1.1	実施機関	2
1.2	試験項目および実施期間	2
1.3	試験方法	2
1.4	参加状況	2
2	実施方法	3
2.1	試料の調製	3
2.2	均一性確認試験	4
3	試験結果	6
3.1	試験結果記載要領	6
3.2	参加機関数及び報告件数	7
3.3	測定結果	8
3.3.1	測定結果概要	8
3.3.2	測定方法	9
3.3.3	統計解析結果概要	10
(1)	Cs-134+Cs-137	10
(2)	Cs-134 (ゲルマニウム半導体検出器測定結果のみ)	14
4	考察	22
4.1	測定時間と検出下限値	22
4.2	測定時間と測定精度	25
4.3	NaI シンチレーションスペクトロメータについて	26
5	参加機関 (五十音順)	27

はじめに

2011年（平成23年）3月11日に発生した東日本大震災に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質の対策が行われる中、その測定における技術や精度管理の確立が重要であると考えられ、（一社）日本環境測定分析協会では、「放射能測定分析技術研究会（RADI研）」を立ち上げました。その活動の一環として2012年度から毎年1回、放射能クロスチェックを実施しています。

2022年度は第11回放射能クロスチェックを実施いたしました。参加いただいた機関の皆様にお礼を申し上げますとともに、本クロスチェックが各機関の放射能測定分析技術向上の一助となれば幸甚です。

1 クロスチェックの実施概要

1.1 実施機関

一般社団法人 日本環境測定分析協会

放射能測定分析技術研究会 (RADI 研)

〒134-0084 東京都江戸川区東葛西二丁目3番4号

TEL 03-3878-2811

FAX 03-3878-2639

1.2 試験項目および実施期間

試験番号： RADI2022-01

試験名： 第11回放射能クロスチェック

試験試料： 水質試料（飛灰溶出液を水道水で希釈し、硝酸により pH2 に調整したものの）（試料1，試料2。3L ポリ容器入り）

試験項目： セシウム-134 (Cs-134) 及びセシウム-137 (Cs-137)

申込受付： 2022年9月1日(木) から9月22日(木)

試料配付： 2022年10月3日(月)

結果報告期限： 2022年10月21日(金)

1.3 試験方法

- 1) 容器充填： 配付試料を各機関の測定容器へ充填
- 2) 測定機器： ゲルマニウム半導体検出器または NaI シンチレーションスペクトロメータ
- 3) 試験結果： 測定装置により以下の放射能濃度（単位：Bq/L）を報告
 - ゲルマニウム半導体検出器： Cs-134 及び Cs-137
 - NaI シンチレーションスペクトロメータ： Cs-134 及び Cs-137 の合計
- 4) 試験方法：
 - ゲルマニウム半導体検出器：放射能測定シリーズ7「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」（令和2年9月改訂 原子力規制庁監視情報課）
 - NaI シンチレーションスペクトロメータ：放射能測定法シリーズ6「NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ機器分析法」（昭和49年文部科学省）
 - 上記以外の方法による場合は結果報告書に分析方法の記載を求めた

1.4 参加状況

参加機関 50 機関

報告機関 49 機関

（参加機関は5に示した）

2 実施方法

2.1 試料の調製

試料調製方法を図 2-1 に示した。

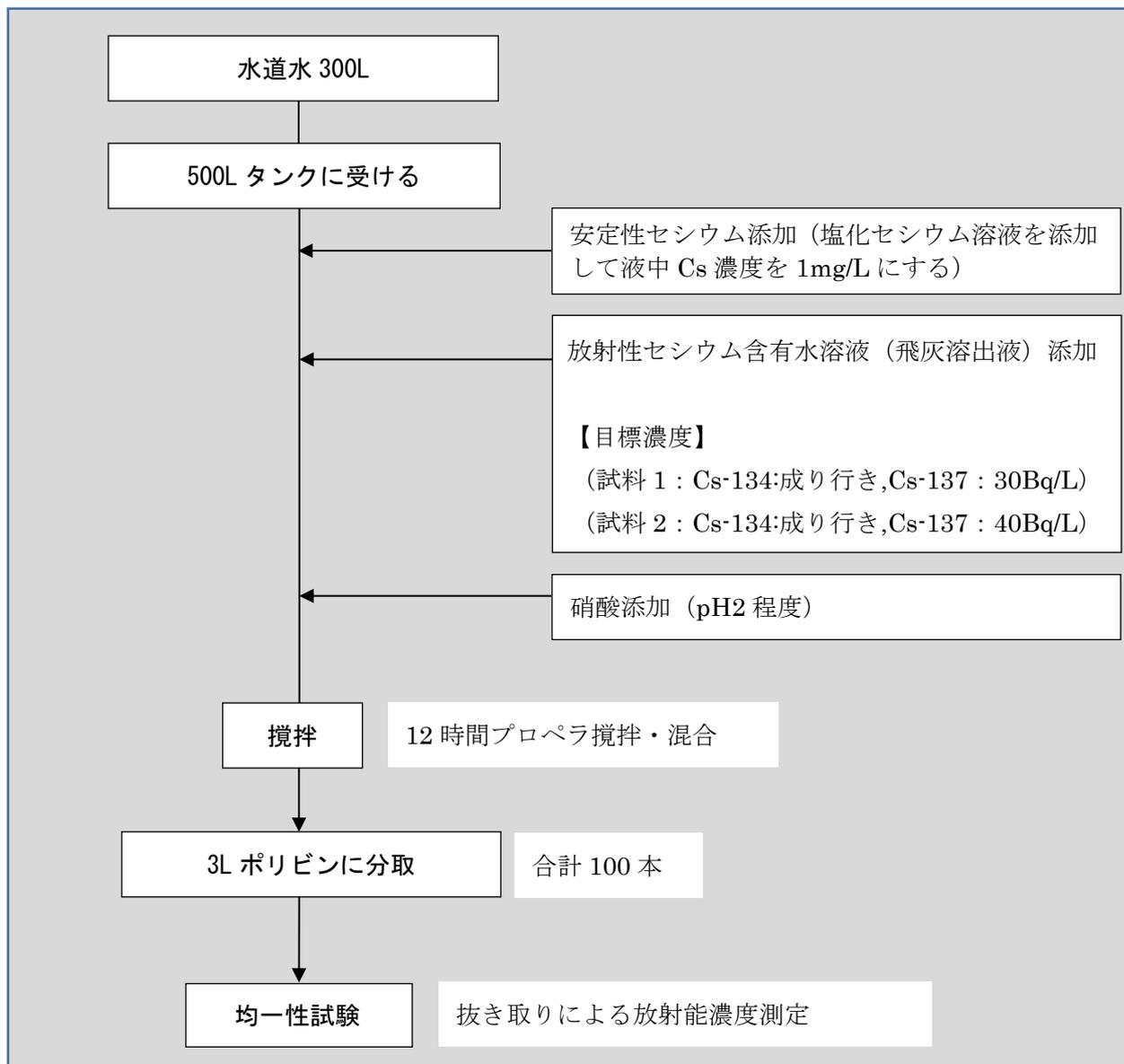


図 2-1 試料調製方法

2.2 均一性確認試験

調製した試料1及び試料2からそれぞれ10本毎及びランダムに3本を抜き取った計13試料について放射性セシウムの測定を行い、各試料の均一性を確認した。均一性確認試験結果を表2-1～表2-4及び図2-2～図2-3に示した。

Cs-134+Cs137で試料1は変動係数2.4%、試料2は変動係数3.1%であった。各試料の均一性については特に問題がないと判断した。

表 2-1 均一性確認試験結果（試料1）

試行		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
試料1	Cs-134	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8
	Cs-137	29.7	30.2	29.1	29.2	29.4	28.7	29.3	29.0	28.2	28.9	29.0	30.4	30.6
	Cs-134+Cs-137	30.5	31.0	29.9	30.0	30.3	29.4	30.1	29.8	29.0	29.7	29.7	31.2	31.4

単位: Bq/L

図 2-2 均一性確認試験結果（試料1）

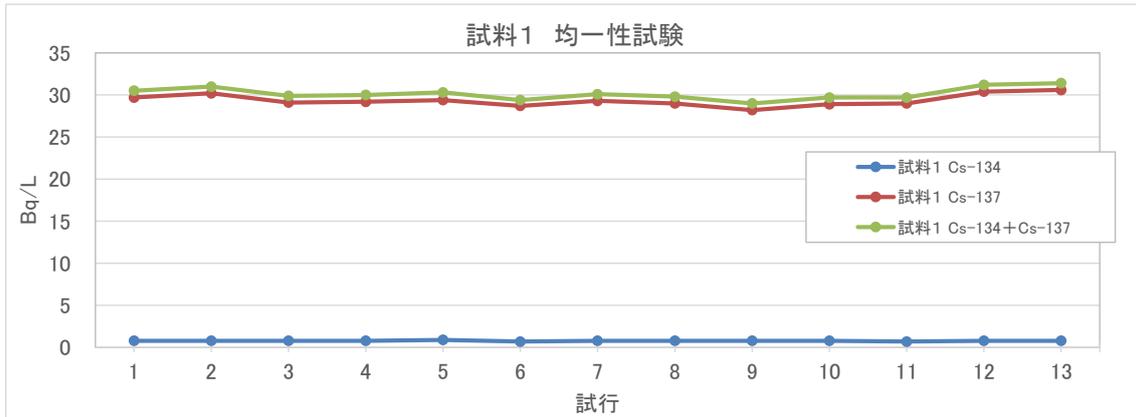


表 2-2 均一性確認試験結果（試料1）まとめ

まとめ		平均値(Bq/L)	標準偏差(Bq/L)	変動係数(%)
試料1	Cs-134	0.8	0.049	6.2
	Cs-137	29.4	0.695	2.4
	Cs-134+Cs-137	30.2	0.709	2.4

表 2-3 均一性確認試験結果（試料 2）

単位: Bq/L

試行		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
試料2	Cs-134	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.1	1.0	1.2	1.2	1.1
	Cs-137	38.6	38.9	39.4	38.2	38.6	40.0	37.6	39.7	38.7	38.4	40.8	40.8	41.7
	Cs-134+Cs-137	39.6	40.0	40.5	39.3	39.7	41.2	38.7	40.9	39.8	39.4	42.0	42.0	42.8

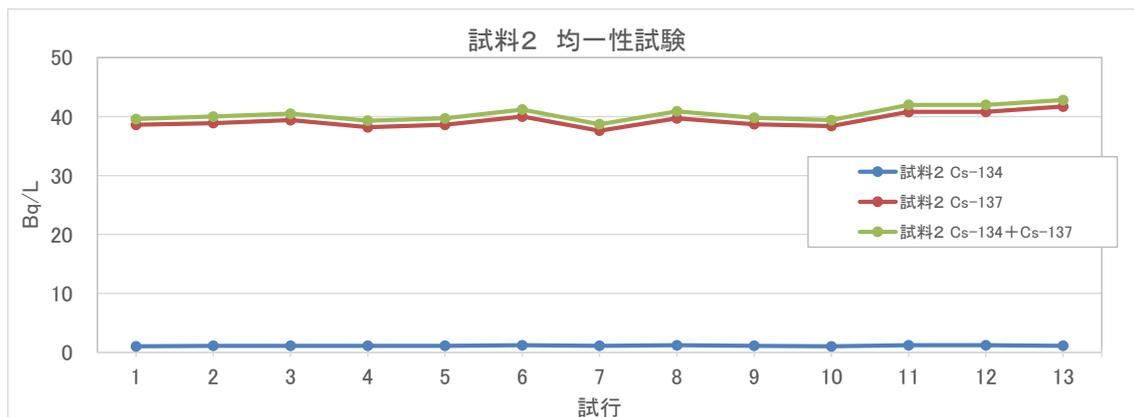


図 2-3 均一性確認試験結果（試料 2）

表 2-4 均一性確認試験結果（試料 2）まとめ

まとめ		平均値 (Bq/L)	標準偏差 (Bq/L)	変動係数 (%)
試料 2	Cs-134	1.1	0.069	6.2
	Cs-137	39.3	1.20	3.1
	Cs-134+Cs-137	40.5	1.24	3.1

3 試験結果

3.1 試験結果記載要領

測定結果は所定の報告様式へ各機関により入力し、実施機関事務局へご報告いただいた。報告様式の記載事項は以下のとおりであった。

- 1) 連絡先の記載
 - 測定機関名
 - 測定機関担当者氏名及びメールアドレス
 - 電話、FAX
- 2) 分析方法
 - ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー
 - NaI シンチレーションスペクトロメータ機器分析法
 - その他の分析法の確認
- 3) 測定装置
 - 測定機器のメーカー、型番
 - 型式 P 型、N 型、その他、不明
- 4) 装置の校正
 - 効率校正頻度、最近の校正日
- 5) 測定日
- 6) 測定時間 (Live time 秒)
- 7) 使用容器 1.U-8 容器 2.その他
- 8) 充填量 (L)
- 9) 測定結果
 - Cs-134 については、複数のエネルギーの γ 線を出しているので、測定に用いた γ 線のエネルギー(keV)
 - ゲルマニウム半導体検出器の測定では、Cs-134 及び Cs-137 の測定値、計数誤差及び検出下限値
 - その他の検出器では、Cs-134 と Cs-137 の合計値、計数誤差及び検出下限値
 - 放射能濃度は、測定の基準日を 2022 年 10 月 1 日 12 時とし計算

3.2 参加機関数及び報告件数

- 1) 参加機関数： 50 機関
- 2) 報告機関数： 49 機関^{※1}
- 3) 報告件数： 53 件^{※2}

※1 参加機関 50 機関中 1 機関は装置の不調のため報告なし

※2 報告機関 49 機関中、1 機関が 2 つの分析方法で 2 件の結果を、2 機関が装置の異なる複数の結果を報告した。

3.3 測定結果

3.3.1 測定結果概要

測定結果の概要を表 3-1 に示した。Cs-134、及び Cs-137 の値については、ゲルマニウム半導体検出器で測定した結果について集計した。

表 3-1 測定結果概要

試料	統計値	単位	Cs-134	Cs-137	Cs-134+Cs-137
試料1	報告数	個	42	47	53
	平均値	Bq/L	0.778	29.8	30.6
	最大値	Bq/L	1.10	32.8	33.6
	最小値	Bq/L	0.60	26.1	27.0
	標準偏差	Bq/L	0.0978	0.979	1.11
試料2	報告数	個	42	47	53
	平均値	Bq/L	1.03	39.8	40.9
	最大値	Bq/L	1.4	41.7	44.0
	最小値	Bq/L	0.70	35.7	36.8
	標準偏差	Bq/L	0.114	1.00	1.09

注1) Cs-134 及び Cs-137 の結果はゲルマニウム半導体検出器による報告値のみ

注2) Cs-134+Cs-137 の結果は NaI シンチレーションスペクトロメータによる 6 報告値を含む。

注3) ゲルマニウム半導体検出器の Cs-134 の報告値は試料1で 5 個、試料2で 1 個の不検出データがあった。統計データ算出の関係でいずれかの試料が不検出となった 5 報告値の Cs-134 の結果は統計値算出データから除外した。ただし、Cs-134+Cs-137 の結果については Cs-134 が不検出の場合、報告された検出下限値を Cs-134 の値として代用して加算した結果を統計値の算出に用いた。

3.3.2 測定方法

ゲルマニウム半導体検出器 46 機関 47 報告値

NaI シンチレーションスペクトロメータ 4 機関 6 報告値

参加機関 49 機関中、以下の機関が複数の結果を報告値として報告した。

- 1 機関はゲルマニウム半導体検出器及び NaI シンチレーションスペクトロメータ双方の結果の報告があった。
- 1 機関はゲルマニウム半導体検出器による測定結果として 2 件の報告があった。
- 1 機関は NaI シンチレーションスペクトロメータによる測定結果として 3 件の報告値（装置が異なるとのこと）があった。

上記 3 機関からの複数の報告値は全て統計処理の対象とした。以降の統計結果等の表記では試験所番号に枝番号 (-1, -2) を付して区別した。

3.3.3 統計解析結果概要

(1) Cs-134+Cs-137

ゲルマニウム半導体検出器で測定した Cs-134 と Cs-137 の合計値、及び NaI シンチレーションスペクトロメータで測定した放射性セシウムの報告値の全 53 件を対象として、 z スコア解析を行った結果の概要を表 3-2 に示した。また、測定結果のヒストグラムを図 3-1 に、各機関の報告値と z スコアを表 3-3 に、複合評価図を図 3-2 に示した。

ゲルマニウム半導体検出器の報告値のうち Cs-134 について不検出だった場合は検出下限値を Cs-134 の値として加算して評価した。

z スコアの絶対値 3 以上となった報告値は、試料 1 が 3 件、試料 2 が 2 件であった。

z スコアの絶対値 2 以下の良好と判断された報告値は試料 1 で 88.7%、試料 2 で 90.6%であった。

表 3-2 Cs-134+Cs-137 解析結果概要

	試料 1	試料 2	試験所間	試験所内
試験所の数	53	53	53	53
中央値(median) : Q_2	30.60	40.90	50.49	7.35
第 1 四分位数 : Q_1	30.10	40.30	49.94	6.95
第 3 四分位数 : Q_3	31.19	41.57	51.24	7.57
四分位数範囲 $IQR=Q_3-Q_1$	1.09	1.27	1.30	0.62
正規四分位数範囲 $IQR \times 0.7413$	0.81	0.94	0.96	0.46
ロバストな変動係数 $(IQR \times 0.7413 / Q_2) \times 100$	2.6	2.3	1.9	6.3
$ z \leq 2(\%)$	88.7(47)	90.6(48)	86.8(46)	83.0(44)
$2 < z < 3(\%)$	5.7(3)	5.7(3)	11.3(6)	3.8(2)
$3 \leq z (\%)$	5.7(3)	3.8(2)	1.9(1)	13.2(7)

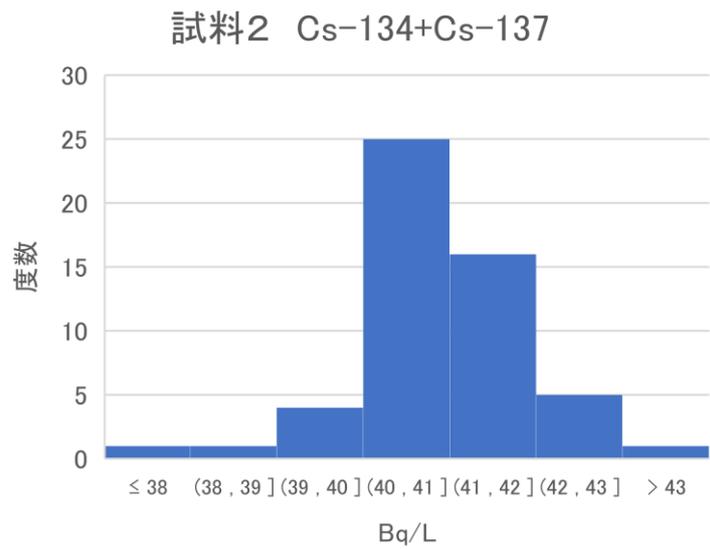
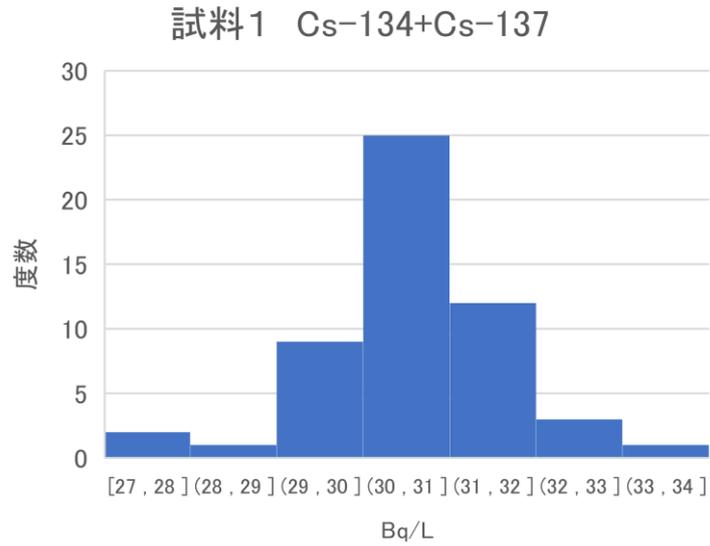


図 3-1 Cs-134+Cs-137 のヒストグラム

※ゲルマニウム半導体検出器のCs-134不検出の結果は検出下限値で算出した

表 3-3 Cs-134+Cs-137 の報告値と zスコア

試験所番号	測定方法	試料1		試料2		試験所間		試験所内	
		報告値(Ai)	zスコア	報告値(Bi)	zスコア	(Ai+Bi)/√2	zスコア	(Bi-Ai)/√2	zスコア
11R-101	Ge	30.4	-0.248	40.2	-0.744	49.92	-0.587	6.93	-0.923
11R-102	Ge	32.2	1.980	42.8	2.018	53.03	2.639	7.50	0.308
11R-103-1	Ge	31.0	0.495	39.8	-1.168	50.06	-0.440	6.22	-2.461
11R-103-2	Ge	31.8	1.485	41.0	0.106	51.48	1.026	6.51	-1.846
11R-104	Ge	30.46	-0.173	40.05	-0.903	49.86	-0.652	6.78	-1.246
11R-105	Ge	29.2	-1.733	39.3	-1.700	48.44	-2.126	7.14	-0.461
11R-106	Ge	31.6	1.238	41.1	0.212	51.41	0.953	6.72	-1.384
11R-107	Ge	31.0	0.495	40.8	-0.106	50.77	0.293	6.93	-0.923
11R-108-1	NaI	27.57	-3.750 §	42.21	1.391	49.34	-1.188	10.35	6.522 §
11R-108-2	NaI	31.49	1.101	43.97	3.261 §	53.36	2.977	8.82	3.199 §
11R-108-3	NaI	31.79	1.473	40.08	-0.871	50.82	0.345	5.86	-3.246 §
11R-109	Ge	30.7	0.124	41.7	0.850	51.19	0.733	7.78	0.923
11R-110	Ge	31.3	0.866	41.3	0.425	51.34	0.880	7.07	-0.615
11R-111	Ge	30.6	0.000	41.0	0.106	50.63	0.147	7.35	0.000
11R-112	Ge	31.835	1.528	42.58	1.781	52.62	2.208	7.60	0.526
11R-113	Ge	27.0	-4.455 §	36.8	-4.355 §	45.11	-5.572 §	6.93	-0.923
11R-114	Ge	30.6	0.000	41.6	0.744	51.05	0.587	7.78	0.923
11R-115	Ge	29.93	-0.829	40.69	-0.223	49.94	-0.572	7.61	0.554
11R-116	Ge	30.7	0.124	41.0	0.106	50.70	0.220	7.28	-0.154
11R-118	Ge	30.4	-0.248	40.9	0.000	50.42	-0.073	7.42	0.154
11R-119	Ge	30.7	0.124	41.8	0.956	51.27	0.806	7.85	1.077
11R-120	Ge	30.7	0.124	38.8	-2.231	49.14	-1.393	5.73	-3.538 §
11R-121	Ge	30.44	-0.202	41.57	0.712	50.92	0.445	7.87	1.127
11R-122-1	Ge	33.6	3.713 §	40.0	-0.956	52.04	1.613	4.53	-6.153 §
11R-122-2	NaI	32.5	2.351	40.5	-0.425	51.62	1.173	5.66	-3.692 §
11R-123	Ge	30.8	0.248	41.1	0.212	50.84	0.367	7.28	-0.154
11R-124	Ge	29.4	-1.485	41.3	0.425	49.99	-0.513	8.41	2.307
11R-125	Ge	30.4	-0.248	40.9	0.000	50.42	-0.073	7.42	0.154
11R-126	Ge	30.2	-0.495	40.6	-0.319	50.06	-0.440	7.35	0.000
11R-127	Ge	30.58	-0.022	40.37	-0.563	50.17	-0.328	6.92	-0.941
11R-128	Ge	29.85	-0.926	40.22	-0.722	49.55	-0.974	7.33	-0.049
11R-129	Ge	30.2	-0.495	40.9	0.000	50.28	-0.220	7.57	0.461
11R-130	Ge	30.8	0.248	41.2	0.319	50.91	0.440	7.35	0.000
11R-131	Ge	30.5	-0.124	41.6	0.744	50.98	0.513	7.85	1.077
11R-132	Ge	31.06	0.569	41.4	0.531	51.24	0.777	7.31	-0.092
11R-133	Ge	30.08	-0.642	40.59	-0.326	49.97	-0.532	7.43	0.172
11R-134	Ge	32.3	2.104	42.9	2.124	53.17	2.786	7.50	0.308
11R-135	Ge	30.35	-0.309	40.85	-0.053	50.35	-0.147	7.42	0.154
11R-136	Ge	31.19	0.730	41.89	1.052	51.68	1.232	7.57	0.461
11R-137	Ge	31.6	1.238	42.1	1.275	52.11	1.686	7.42	0.154
11R-138	NaI	30.8	0.248	40.1	-0.850	50.13	-0.367	6.58	-1.692
11R-139	NaI	28.8	-2.228	39.7	-1.275	48.44	-2.126	7.71	0.769
11R-140	Ge	30.3	-0.371	40.9	0.000	50.35	-0.147	7.50	0.308
11R-141	Ge	29.75	-1.054	40.31	-0.627	49.54	-0.984	7.47	0.249
11R-142	Ge	29.3	-1.609	41.9	1.062	50.35	-0.147	8.91	3.384 §
11R-143	Ge	30.1	-0.619	40.2	-0.744	49.71	-0.806	7.14	-0.461
11R-144	Ge	29.2	-1.733	40.6	-0.319	49.36	-1.173	8.06	1.538
11R-145	Ge	31.31	0.879	41.58	0.719	51.54	1.090	7.26	-0.205
11R-146	Ge	29.9	-0.866	40.1	-0.850	49.50	-1.026	7.21	-0.308
11R-147	Ge	30.5	-0.124	40.9	0.000	50.49	0.000	7.35	0.000
11R-148	Ge	29.7	-1.151	40.3	-0.637	49.48	-1.048	7.52	0.354
11R-149	Ge	31.21	0.751	41.03	0.138	51.08	0.614	6.95	-0.888
11R-150	Ge	31.1	0.619	41.1	0.212	51.05	0.587	7.07	-0.615

§ : zスコアの絶対値3以上となるデータ

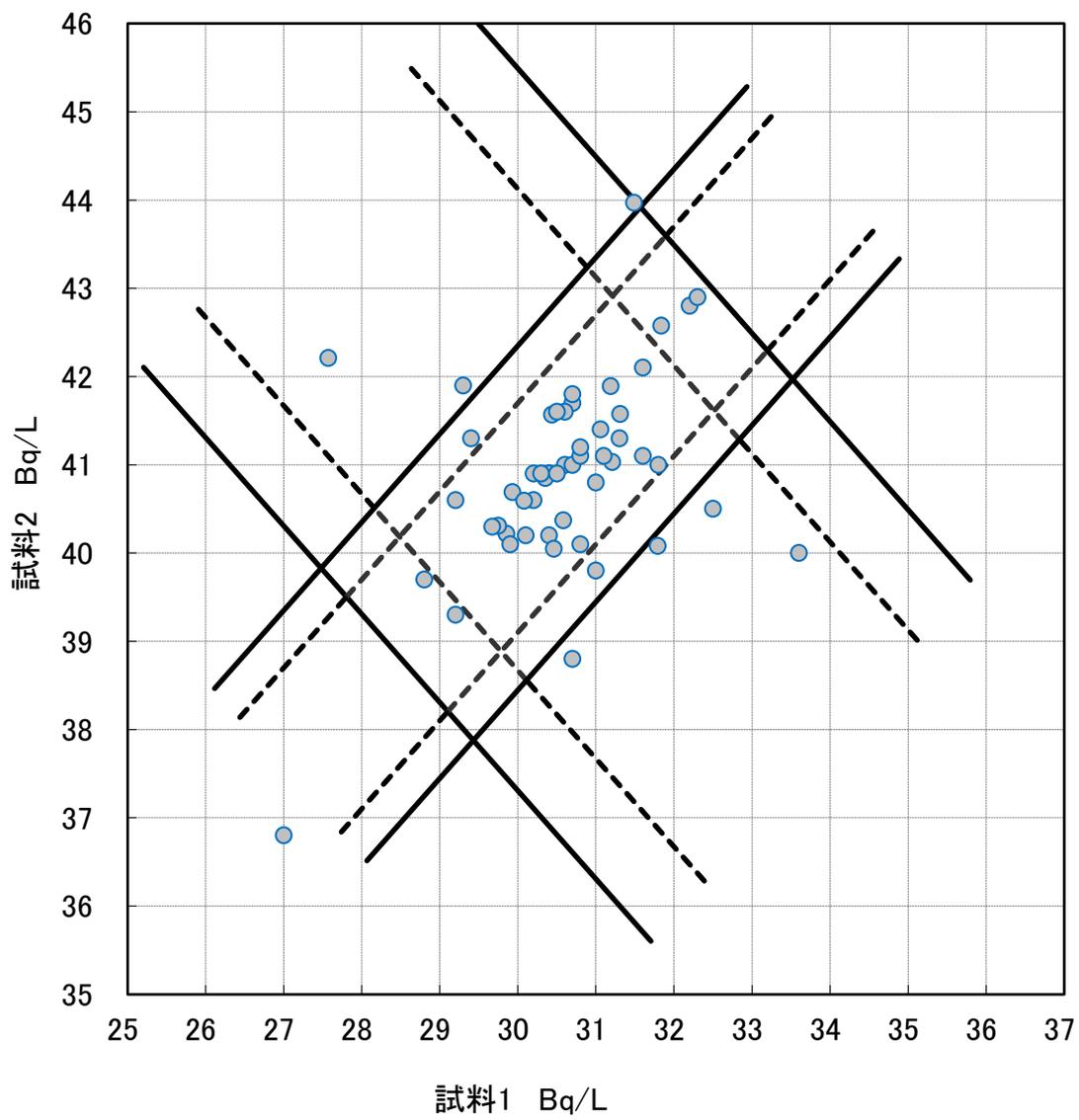


図 3-2 Cs-134+Cs-137 の複合評価図

(2) Cs-134 (ゲルマニウム半導体検出器測定結果のみ)

ゲルマニウム半導体検出器で測定した報告値 47 件のうち、Cs-134 の結果で試料 1 または試料 2 のいずれかが不検出の報告値となった 5 件を除く 42 件を対象として z スコア解析を行った結果の概要を表 3-4 に示した。また、測定結果のヒストグラムを図 3-3 に、各機関の報告値と z スコアを表 3-5 に、複合評価図を図 3-4 にそれぞれ示した。

z スコアの絶対値 3 以上となった報告値は、試料 1 が 1 件、試料 2 が 3 件あった。

z スコアの絶対値 2 以下の良好と判断された報告値は試料 1 で 85.7%、試料 2 で 92.9%であった。

表 3-4 Cs-134 解析結果概要

	試料 1	試料 2	試験所間	試験所内
試験所の数	42	42	42	42
中央値(median) : Q_2	0.795	1.045	1.273	0.201
第 1 四分位数 : Q_1	0.708	0.995	1.219	0.141
第 3 四分位数 : Q_3	0.800	1.100	1.344	0.212
四分位数範囲 $IQR=Q_3-Q_1$	0.093	0.105	0.125	0.071
正規四分位数範囲 $IQR \times 0.7413$	0.069	0.078	0.093	0.052
ロバストな変動係数 $(IQR \times 0.7413 / Q_2) \times 100$	8.6	7.5	7.3	26.1
$ z \leq 2(\%)$	85.7(36)	92.9(39)	88.1(37)	81.0(34)
$2 < z < 3(\%)$	11.9(5)	0.0(0)	9.5(4)	9.5(4)
$3 \leq z (\%)$	2.4(1)	7.1(3)	2.4(1)	9.5(4)

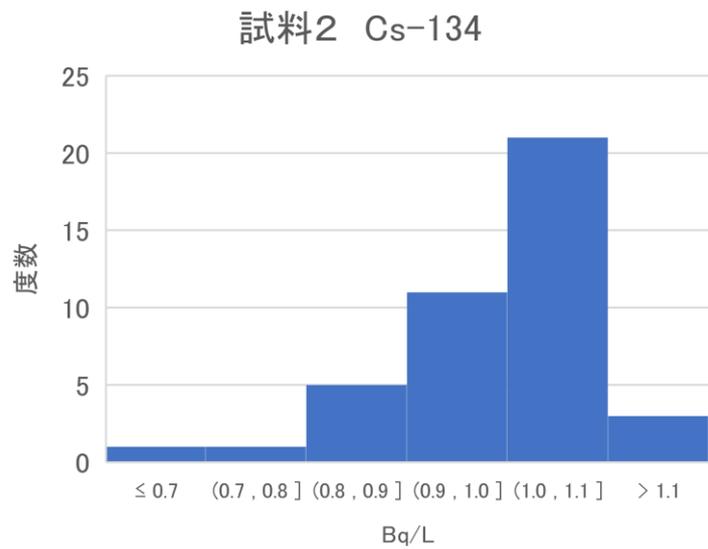
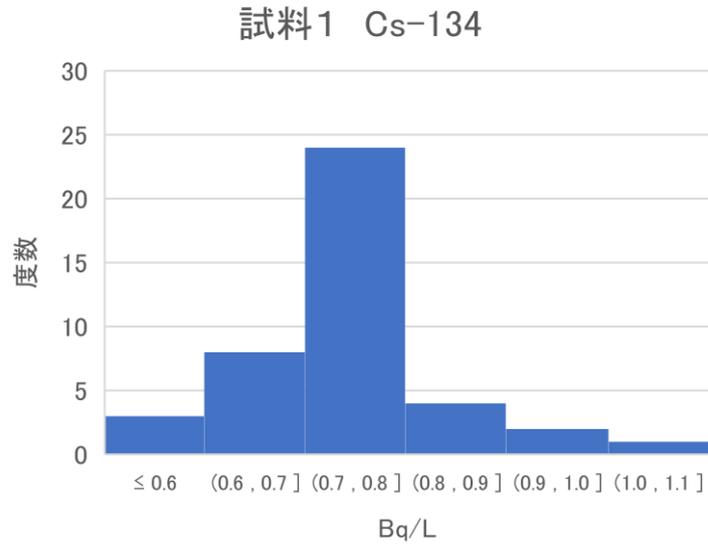


図 3-3 Cs-134 のヒストグラム

※ゲルマニウム半導体検出器の Cs-134 不検出の結果は含まない

表 3-5 Cs-134 の報告値と zスコア

試験所番号	測定方法	試料1		試料2		試験所間		試験所内	
		報告値(Ai)	zスコア	報告値(Bi)	zスコア	(Ai+Bi)/√2	zスコア	(Bi-Ai)/√2	zスコア
11R-101	Ge	0.80	0.073	1.10	0.705	1.344	0.764	0.212	0.216
11R-102	Ge	1.10	4.448 §	1.10	0.705	1.556	3.057 §	0.000	-3.831 §
11R-103-1	Ge	1.00	2.990	0.80	-3.140 §	1.273	0.000	-0.141	-6.529 §
11R-103-2	Ge	0.80	0.073	1.00	-0.577	1.273	0.000	0.141	-1.133
11R-104	Ge	0.76	-0.510	0.95	-1.218	1.209	-0.688	0.134	-1.268
11R-105	Ge	0.80	0.073	1.00	-0.577	1.273	0.000	0.141	-1.133
11R-107	Ge	0.80	0.073	1.00	-0.577	1.273	0.000	0.141	-1.133
11R-109	Ge	0.70	-1.385	1.10	0.705	1.273	0.000	0.283	1.565
11R-110	Ge	0.80	0.073	1.10	0.705	1.344	0.764	0.212	0.216
11R-111	Ge	0.70	-1.385	1.00	-0.577	1.202	-0.764	0.212	0.216
11R-112	Ge	0.735	-0.875	0.977	-0.872	1.211	-0.673	0.171	-0.567
11R-113	Ge	0.90	1.531	1.10	0.705	1.414	1.529	0.141	-1.133
11R-114	Ge	0.70	-1.385	1.00	-0.577	1.202	-0.764	0.212	0.216
11R-115	Ge	0.73	-0.948	1.09	0.577	1.287	0.153	0.255	1.025
11R-116	Ge	0.80	0.073	1.10	0.705	1.344	0.764	0.212	0.216
11R-118	Ge	0.60	-2.844	0.90	-1.858	1.061	-2.293	0.212	0.216
11R-119	Ge	1.00	2.990	1.10	0.705	1.485	2.293	0.071	-2.482
11R-120	Ge	0.80	0.073	0.70	-4.422 §	1.061	-2.293	-0.071	-5.180 §
11R-121	Ge	0.74	-0.846	1.17	1.602	1.348	0.818	0.306	2.010
11R-123	Ge	0.80	0.073	1.10	0.705	1.344	0.764	0.212	0.216
11R-125	Ge	0.60	-2.844	0.90	-1.858	1.061	-2.293	0.212	0.216
11R-126	Ge	0.70	-1.385	1.10	0.705	1.273	0.000	0.283	1.565
11R-127	Ge	0.882	1.269	1.07	0.320	1.380	1.162	0.133	-1.295
11R-128	Ge	0.752	-0.627	1.02	-0.320	1.253	-0.214	0.190	-0.216
11R-129	Ge	0.80	0.073	0.90	-1.858	1.202	-0.764	0.071	-2.482
11R-130	Ge	0.80	0.073	1.10	0.705	1.344	0.764	0.212	0.216
11R-131	Ge	0.70	-1.385	1.00	-0.577	1.202	-0.764	0.212	0.216
11R-132	Ge	0.76	-0.510	1.10	0.705	1.315	0.459	0.240	0.755
11R-133	Ge	0.781	-0.204	0.993	-0.666	1.254	-0.199	0.150	-0.971
11R-135	Ge	0.84	0.656	1.09	0.577	1.365	0.994	0.177	-0.459
11R-136	Ge	0.79	-0.073	0.89	-1.987	1.188	-0.917	0.071	-2.482
11R-137	Ge	0.80	0.073	1.10	0.705	1.344	0.764	0.212	0.216
11R-140	Ge	0.80	0.073	1.20	1.987	1.414	1.529	0.283	1.565
11R-141	Ge	0.748	-0.685	1.01	-0.449	1.243	-0.321	0.185	-0.297
11R-142	Ge	0.70	-1.385	1.10	0.705	1.273	0.000	0.283	1.565
11R-143	Ge	0.70	-1.385	0.90	-1.858	1.131	-1.529	0.141	-1.133
11R-144	Ge	0.60	-2.844	1.40	4.550 §	1.414	1.529	0.566	6.961 §
11R-145	Ge	0.81	0.219	0.977	-0.872	1.264	-0.099	0.118	-1.578
11R-146	Ge	0.70	-1.385	1.10	0.705	1.273	0.000	0.283	1.565
11R-147	Ge	0.80	0.073	1.00	-0.577	1.273	0.000	0.141	-1.133
11R-149	Ge	0.757	-0.554	1.01	-0.449	1.249	-0.252	0.179	-0.418
11R-150	Ge	0.80	0.073	1.10	0.705	1.344	0.764	0.212	0.216

§ : zスコアの絶対値3以上となるデータ

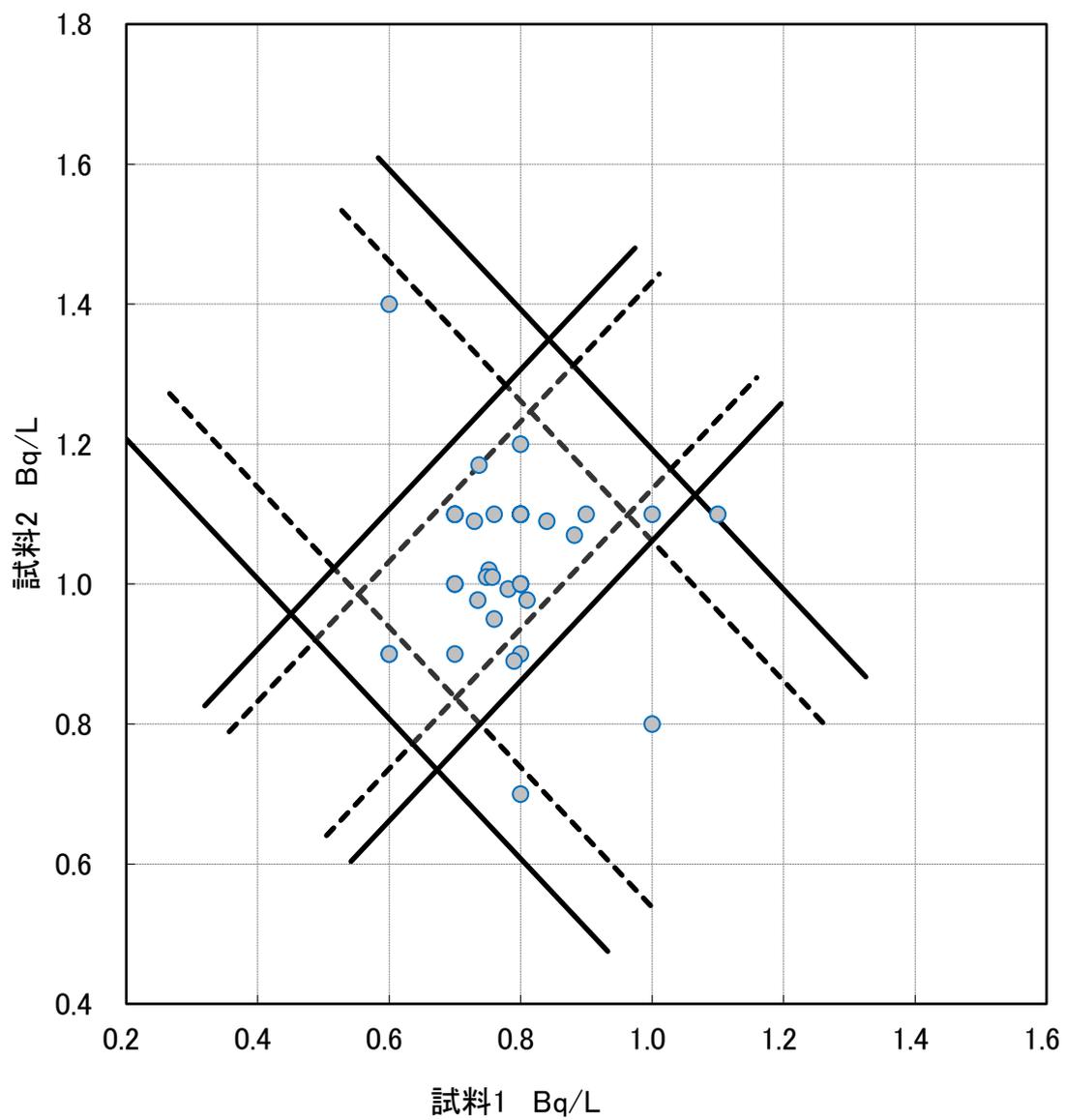


図 3-4 Cs-134 の複合評価図

(3) Cs-137 (ゲルマニウム半導体検出器測定結果のみ)

ゲルマニウム半導体検出器で測定した Cs-137 の報告値 47 件を対象として zスコア解析を行った結果概要を表 3-6 に示した。また測定結果のヒストグラムを図 3-5 に、各機関の報告値と zスコアを表 3-7 に、複合評価図を図 3-6 にそれぞれ示した。

zスコアの絶対値 3 以上となった報告値は試料 1 で 2 件、試料 2 で 1 件あった。

zスコアの絶対値 2 以下の良好と判断されたデータは試料 1 で 91.5%、試料 2 で 87.2% であった。

表 3-6 Cs-137 解析結果概要

	試料 1	試料 2	試験所間	試験所内
試験所の数	47	47	47	47
中央値(median) : Q_2	29.80	40.00	49.36	7.14
第 1 四分位数 : Q_1	29.40	39.30	48.68	6.86
第 3 四分位数 : Q_3	30.30	40.35	49.84	7.39
四分位数範囲 $IQR=Q_3-Q_1$	0.90	1.05	1.16	0.53
正規四分位数範囲 $IQR \times 0.7413$	0.67	0.78	0.86	0.39
ロバストな変動係数 $(IQR \times 0.7413 / Q_2) \times 100$	2.2	1.9	1.7	5.5
$ z \leq 2(\%)$	91.5(43)	87.2(41)	89.4(42)	89.4(42)
$2 < z < 3(\%)$	4.3(2)	10.6(5)	8.5(4)	4.3(2)
$3 \leq z (\%)$	4.3(2)	2.1(1)	2.1(1)	6.4(3)

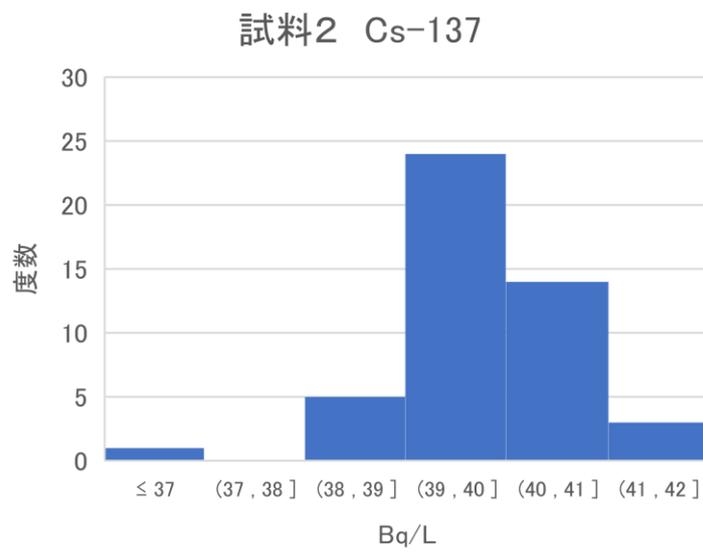
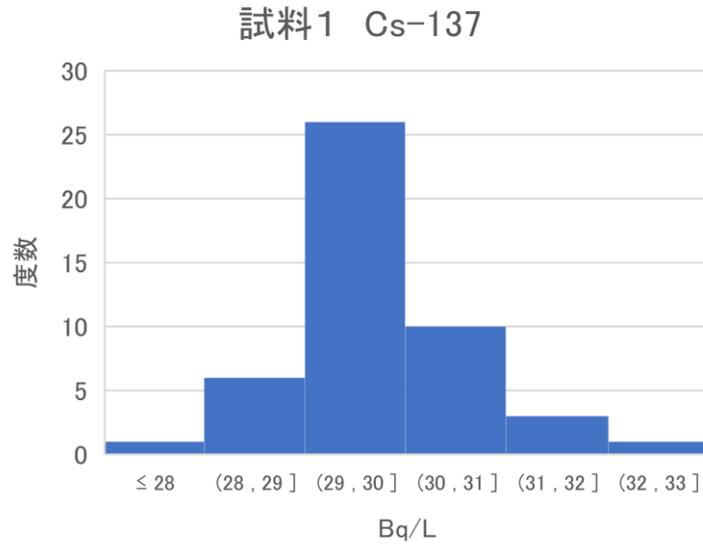


図 3-5 Cs-137 のヒストグラム

表 3-7 Cs-137 の報告値と zスコア

試験所番号	測定方法	試料1		試料2		試験所間		試験所内	
		報告値(Ai)	zスコア	報告値(Bi)	zスコア	(Ai+Bi)/√2	zスコア	(Bi-Ai)/√2	zスコア
11R-101	Ge	29.6	-0.300	39.1	-1.156	48.58	-0.908	6.72	-1.079
11R-102	Ge	31.1	1.949	41.7	2.184	51.48	2.475	7.50	0.899
11R-103-1	Ge	30.0	0.300	39.0	-1.285	48.79	-0.660	6.36	-1.979
11R-103-2	Ge	31.0	1.799	40.0	0.000	50.20	0.990	6.36	-1.979
11R-104	Ge	29.7	-0.150	39.1	-1.156	48.65	-0.825	6.65	-1.259
11R-105	Ge	28.4	-2.098	38.3	-2.184	47.16	-2.558	7.00	-0.360
11R-106	Ge	30.8	1.499	39.6	-0.514	49.78	0.495	6.22	-2.338
11R-107	Ge	30.2	0.600	39.8	-0.257	49.50	0.165	6.79	-0.899
11R-109	Ge	30.0	0.300	40.6	0.771	49.92	0.660	7.50	0.899
11R-110	Ge	30.5	1.049	40.2	0.257	49.99	0.743	6.86	-0.719
11R-111	Ge	29.9	0.150	40.0	0.000	49.43	0.083	7.14	0.000
11R-112	Ge	31.1	1.949	41.6	2.056	51.41	2.393	7.42	0.719
11R-113	Ge	26.1	-5.546 §	35.7	-5.524 §	43.70	-6.601 §	6.79	-0.899
11R-114	Ge	29.9	0.150	40.6	0.771	49.85	0.578	7.57	1.079
11R-115	Ge	29.2	-0.899	39.6	-0.514	48.65	-0.825	7.35	0.540
11R-116	Ge	29.9	0.150	39.9	-0.128	49.36	0.000	7.07	-0.180
11R-118	Ge	29.8	0.000	40.0	0.000	49.36	0.000	7.21	0.180
11R-119	Ge	29.7	-0.150	40.7	0.899	49.78	0.495	7.78	1.619
11R-120	Ge	29.9	0.150	38.1	-2.441	48.08	-1.485	5.80	-3.417 §
11R-121	Ge	29.7	-0.150	40.4	0.514	49.57	0.248	7.57	1.079
11R-122-1	Ge	32.8	4.497 §	39.2	-1.028	50.91	1.815	4.53	-6.655 §
11R-123	Ge	30.0	0.300	40.0	0.000	49.50	0.165	7.07	-0.180
11R-124	Ge	28.6	-1.799	40.3	0.385	48.72	-0.743	8.27	2.878
11R-125	Ge	29.8	0.000	40.0	0.000	49.36	0.000	7.21	0.180
11R-126	Ge	29.5	-0.450	39.5	-0.642	48.79	-0.660	7.07	-0.180
11R-127	Ge	29.7	-0.150	39.3	-0.899	48.79	-0.660	6.79	-0.899
11R-128	Ge	29.1	-1.049	39.2	-1.028	48.30	-1.238	7.14	0.000
11R-129	Ge	29.4	-0.600	40.0	0.000	49.07	-0.330	7.50	0.899
11R-130	Ge	30.0	0.300	40.1	0.128	49.57	0.248	7.14	0.000
11R-131	Ge	29.8	0.000	40.6	0.771	49.78	0.495	7.64	1.259
11R-132	Ge	30.3	0.749	40.3	0.385	49.92	0.660	7.07	-0.180
11R-133	Ge	29.3	-0.749	39.6	-0.514	48.72	-0.743	7.28	0.360
11R-134	Ge	31.3	2.248	41.7	2.184	51.62	2.640	7.35	0.540
11R-135	Ge	29.51	-0.435	39.76	-0.308	48.98	-0.437	7.25	0.270
11R-136	Ge	30.4	0.899	41.0	1.285	50.49	1.320	7.50	0.899
11R-137	Ge	30.8	1.499	41.0	1.285	50.77	1.650	7.21	0.180
11R-140	Ge	29.5	-0.450	39.7	-0.385	48.93	-0.495	7.21	0.180
11R-141	Ge	29.0	-1.199	39.3	-0.899	48.30	-1.238	7.28	0.360
11R-142	Ge	28.6	-1.799	40.8	1.028	49.07	-0.330	8.63	3.777 §
11R-143	Ge	29.4	-0.600	39.3	-0.899	48.58	-0.908	7.00	-0.360
11R-144	Ge	28.6	-1.799	39.2	-1.028	47.94	-1.650	7.50	0.899
11R-145	Ge	30.5	1.049	40.6	0.771	50.28	1.073	7.14	0.000
11R-146	Ge	29.2	-0.899	39.0	-1.285	48.22	-1.320	6.93	-0.540
11R-147	Ge	29.7	-0.150	39.9	-0.128	49.21	-0.165	7.21	0.180
11R-148	Ge	29.0	-1.199	39.0	-1.285	48.08	-1.485	7.07	-0.180
11R-149	Ge	30.45	0.974	40.02	0.026	49.83	0.553	6.77	-0.953
11R-150	Ge	30.3	0.749	40.0	0.000	49.71	0.413	6.86	-0.719

§ : zスコアの絶対値3以上となるデータ

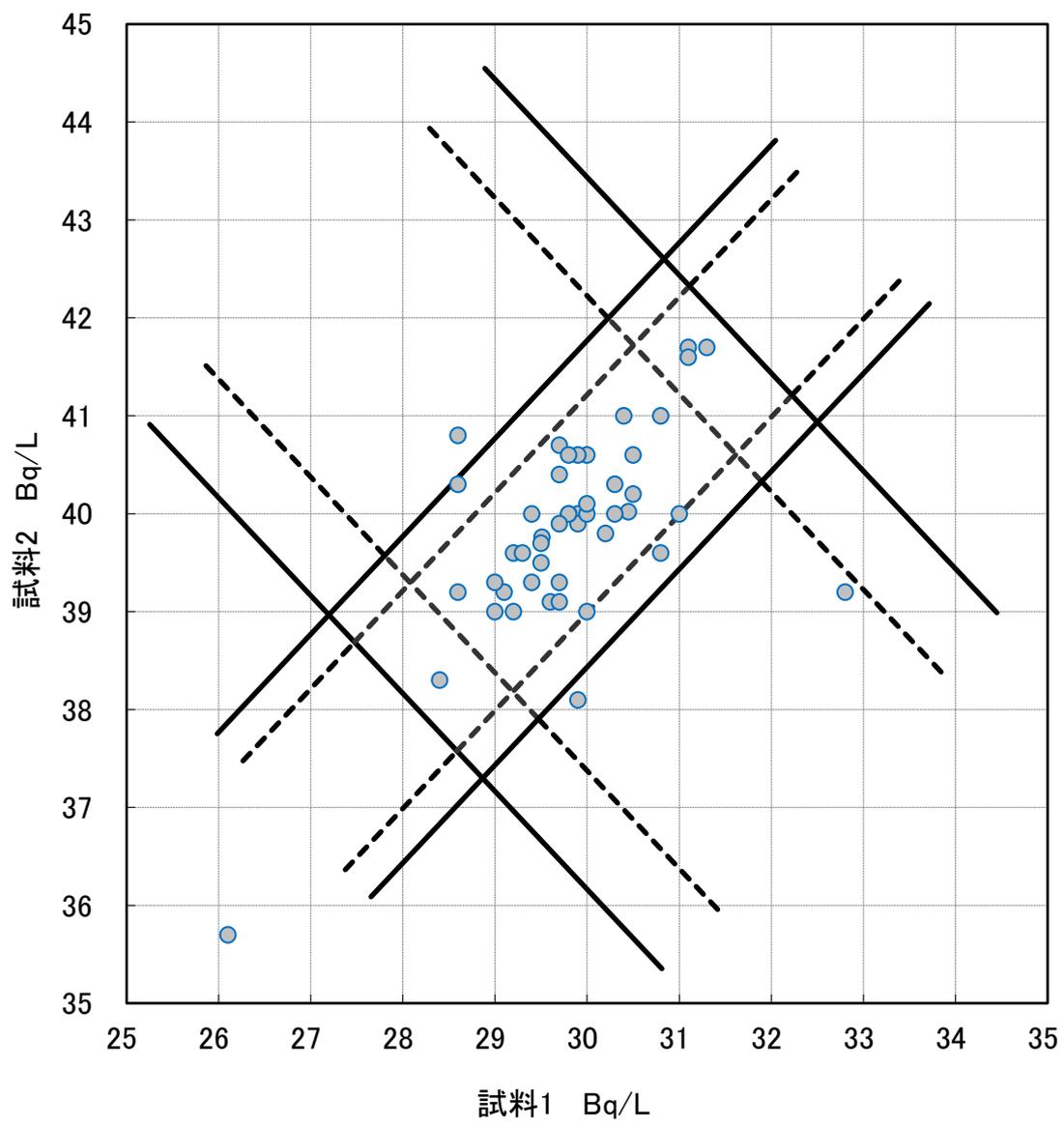


図 3-6 Cs-137 の複合評価図

4 考察

4.1 測定時間と検出下限値

東日本大震災に伴う原子力発電所の事故による放射性物質の放出から 11 年以上経過し、半減期約 2 年の Cs-134 の環境試料中の濃度は事故当初の 50 分の 1 程度まで減衰により減少しており、測定が難しくなっている。

令和 4 年度の環境省のモニタリング調査（4～9 月までの速報値）では福島県内の公共用水域の河川は Cs-134 と Cs-137 でそれぞれ<1Bq/L、湖沼・水源地は概ね<1Bq/L 一部検出された地点もあるが最大でも 2.2Bq/L であった。

本クロスチェックでは Cs-134+Cs-137 の設定濃度で 30～40Bq/L 程度の試料とした。各機関からの報告値は Cs-134 については 0.6～1.1Bq/L の範囲であり検出下限値付近の報告値が多かった。ゲルマニウム半導体検出器による測定結果で Cs-134 の濃度については 5 件の不検出の報告があった。

測定時間の分布とヒストグラムを図 4-1 及び図 4-2 に示した。また、Cs-134 と Cs-137 の検出下限値と測定時間の散布図を図 4-3 に示した。ゲルマニウム半導体検出器の Cs-134+Cs-137 の下限値は個々の下限値の二乗和の平方根とした。

今回は試料 1、試料 2 で測定時間を変えて測定した機関はなかった。

図 4-1 より試料 1 の測定時間の分布をみると、最短 900 秒（15 分）、最長 144,000 秒（40 時間）で機関により測定時間の選定はかなり幅がみられた。図 4-1 下段の図より内訳としては、14,400 秒（4 時間）未満を選択した分析機関が多かった。図 4-3 からゲルマニウム半導体検出器については、検出下限値は概ね 1Bq/L を下回っていたが、Cs-134 については報告データ範囲に検出下限値の分布が重なっており、やはり測定が難しかったことがうかがえた。

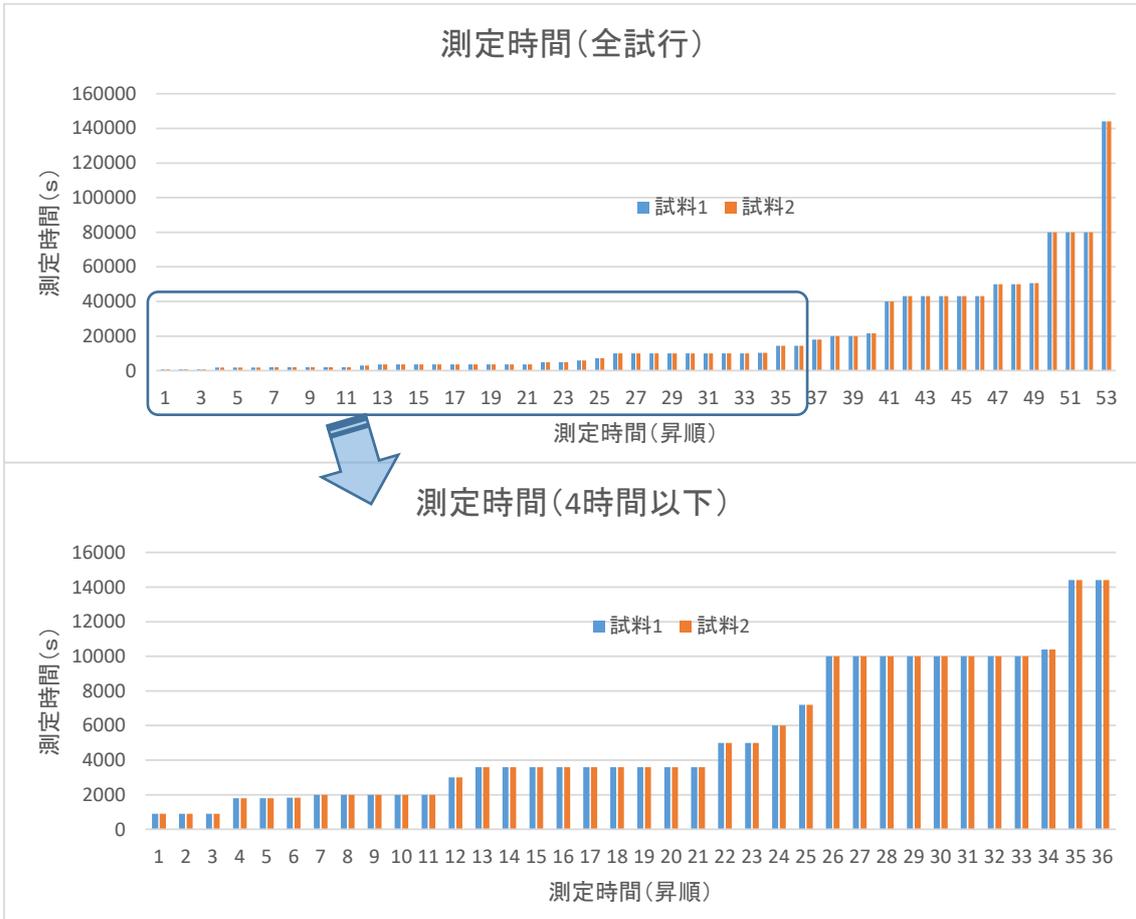


図 4-1 測定時間の分布（上段：全体、下段：4時間以下）

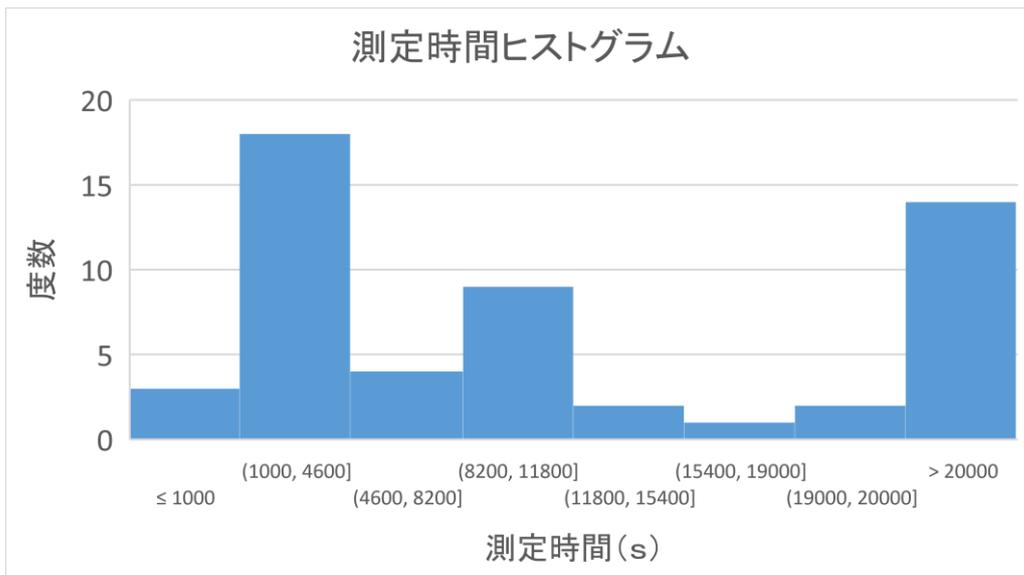


図 4-2 測定時間のヒストグラム（試料1を例として）

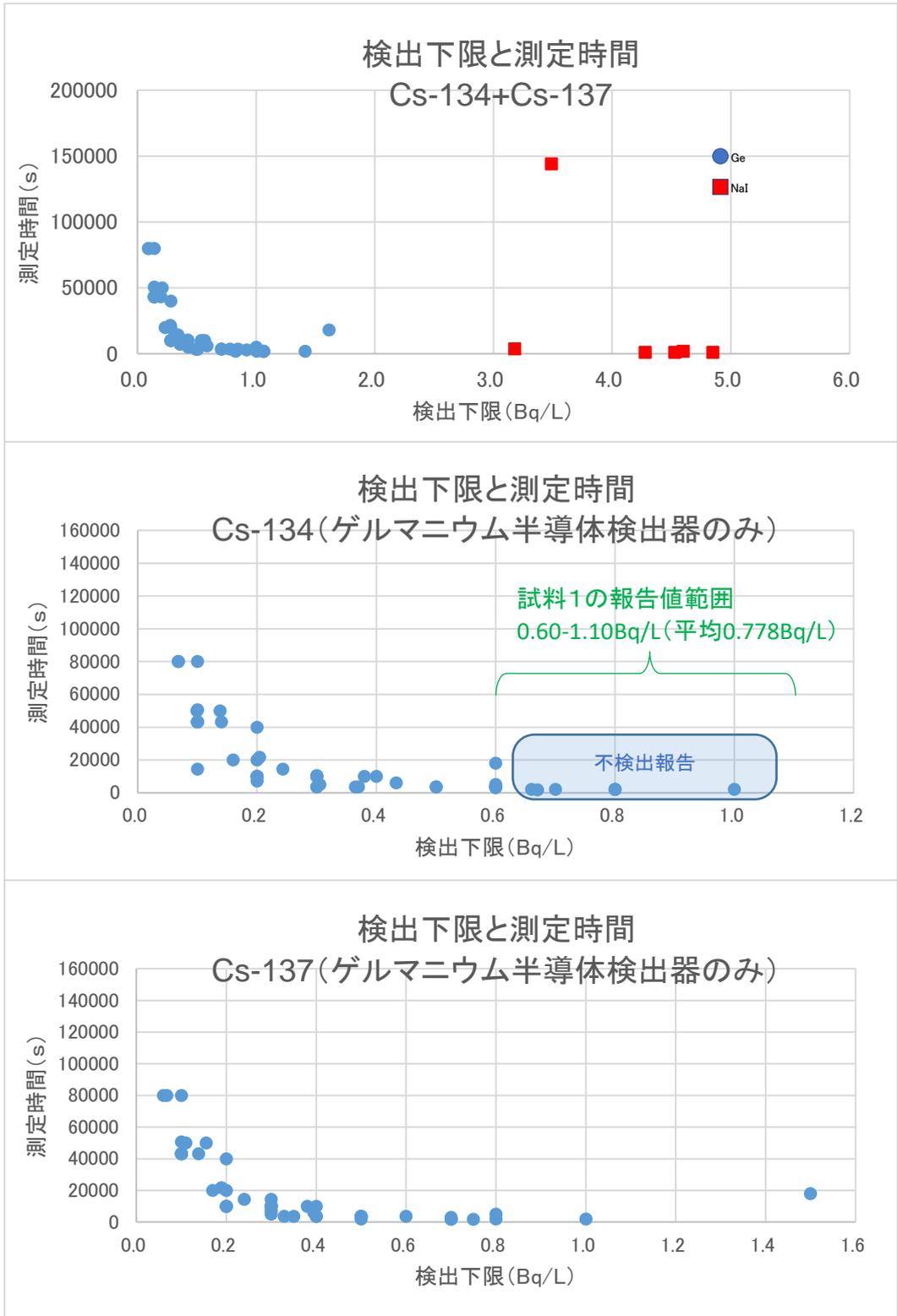


図 4-3 検出下限値と測定時間の散布図 (試料 1 を例として)

4.2 測定時間と測定精度

Cs-134+Cs-137 の合計値の z スコアと測定時間の散布図を図 4-4 に示した。ゲルマニウム半導体検出器と NaI 双方の結果を示した。今回のクロスチェックでは z スコアの絶対値で 2 以下の機関が多かったが、測定時間と測定精度の関係はそれほど顕著には見られなかった。

測定の目的が環境水中の水質の放射性セシウムであれば、ゲルマニウム半導体検出器における環境省のモニタリング結果を考慮すると、各核種 1Bq/L 程度の検出・不検出が正確に判別できる方が望ましいと考えられる。必要に応じて十分な下限値を得られる測定時間を設定されたい。図 4-4 中 z スコアの絶対値が 3 以上となった機関については、校正の状況や測定時のパラメータについて再度ご確認いただきたい。

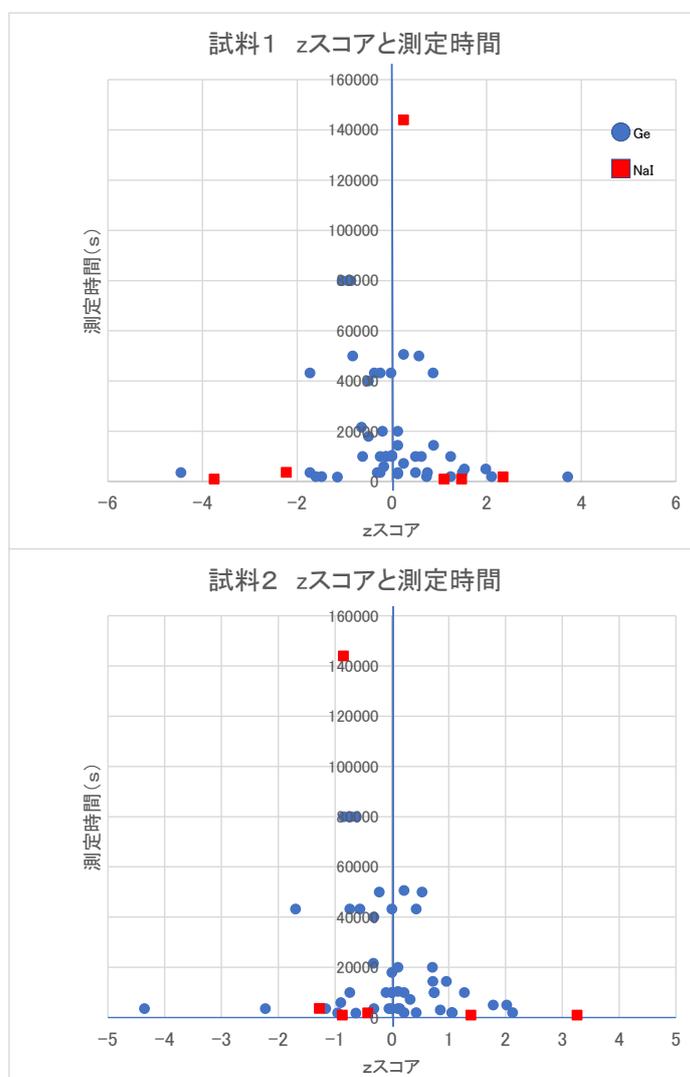


図 4-4 Cs-134+Cs-137 合計値の z スコアと測定時間の分布
(上段：試料 1、下段：試料 2)

4.3 NaI シンチレーションスペクトロメータについて

今回のクロスチェックにおいて、NaI シンチレーションスペクトロメータによる測定（以下 NaI 測定）が、6 件の報告があった。Cs-134+Cs-137 の結果の複合評価図を **図 4-5** に示した。NaI 測定の結果はややスコアが大きいものもあるが、測定値として大きな外れ値は少なかったと考えられた。NaI シンチレーションスペクトロメータは、測定時の温度や印加電圧の調整の状況により、スペクトルのエネルギーピークにずれが生じることが知られており、それにより低い値を示したことが考えられた。また、高い値を示したものについては、校正時の設定にずれが生じたことが考えられた。

食品の基準である 100Bq/kg や飲料水の基準である 10Bq/L などのスクリーニングを目的とした測定への使用は問題ないと思われた。

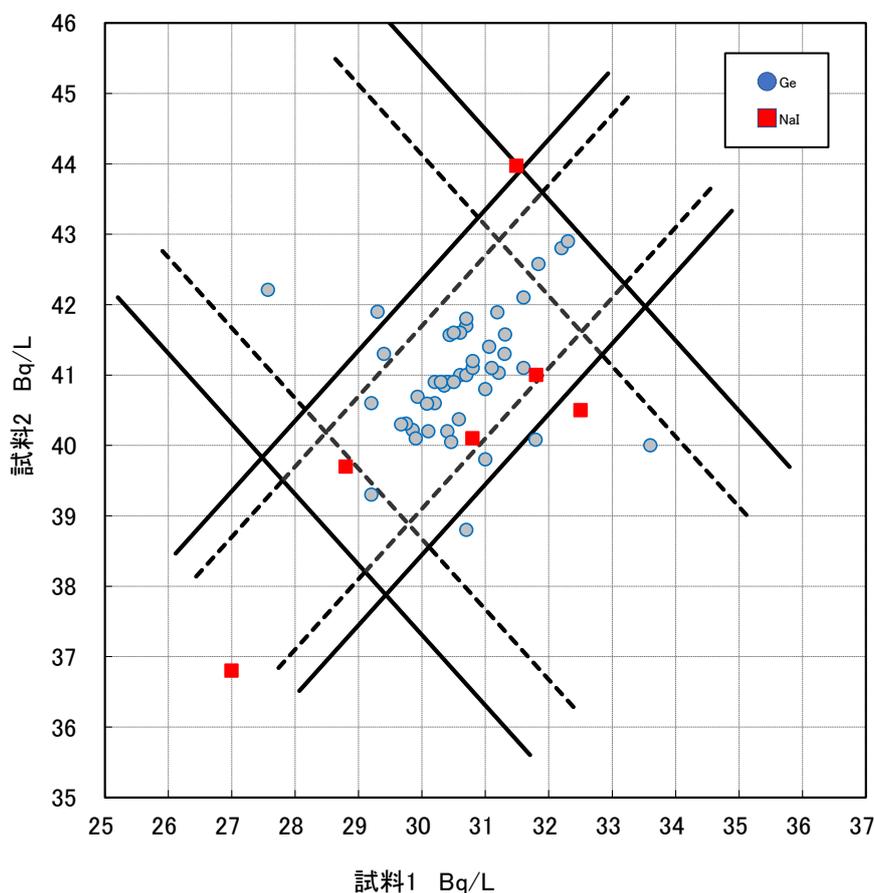


図 4-5 Cs-134+Cs-137 の複合評価図

5 参加機関（五十音順）

DOWAテクノロジー株式会社
株式会社秋田県分析化学センター
株式会社アクアパルス
いであ株式会社
株式会社エオネックス
株式会社エヌイーサポート
エヌエス環境株式会社
株式会社科学技術開発センター
株式会社上総環境調査センター
株式会社環境管理センター
株式会社環境技研
株式会社環境分析研究所
環境保全株式会社
一般財団法人九州環境管理協会
株式会社熊谷環境分析センター
株式会社クレハ分析センター
株式会社江東微生物研究所
鮫川村役場
株式会社産業公害・医学研究所八戸分室
株式会社サンコー環境調査センター
株式会社島津テクノロジー
一般財団法人上越環境科学センター
常磐開発株式会社
白河市役所
株式会社新環境分析センター
株式会社静環検査センター
株式会社太平洋コンサルタント
一般財団法人千葉県薬剤師会検査センター
中外テクノス株式会社
帝人エコ・サイエンス株式会社
東京テクニカル・サービス株式会社
東京パワーテクノロジー株式会社 復興支援センター
東京パワーテクノロジー株式会社 分析センター
株式会社東信公害研究所

東邦化研株式会社
東北環境開発株式会社
東北緑化環境保全株式会社
一般財団法人栃木県環境技術協会
一般財団法人新潟県環境分析センター
日鉄環境株式会社
株式会社日本化学環境センター
株式会社日立産機ドライブ・ソリューションズ
株式会社日吉
公益財団法人福島県保健衛生協会
福島県林業研究センター
平成理研株式会社
一般財団法人北海道薬剤師会公衆衛生検査センター
一般財団法人三重県環境保全事業団
ユーロフィン日本総研株式会社
株式会社理研分析センター