

2019年度
第8回放射能クロスチェック
報告書

2020年1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	試料調製概要	3
2.2	試料調製フローシート	3
2.3	均一性試験	4
3	試験結果	6
3.1	試験結果記載要領	6
3.2	参加機関概要	6
3.3	測定結果	7
3.3.1	測定結果概要	7
3.3.2	測定方法	7
3.3.3	統計解析結果概要	8
(1)	Cs-134+Cs-137 の z スコア	8
(2)	Cs-134 の z スコア (ゲルマニウム半導体検出器測定結果のみ)	12
(3)	Cs-137 の z スコア (ゲルマニウム半導体検出器測定結果のみ)	16
4	考察	20
4.1	測定時間と検出下限値	20
4.2	測定時間と測定精度	22
4.3	NaI シンチレーションスペクトロメータについて	23
4.4	含水率	24
資料 1	参加機関 (五十音順)	25

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。

2019年度は第8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： RADI2019-01
試験名： 第8回放射能クロスチェック
試験試料： 調製固体試料（ゼオライト）（試料1，試料2。500mL ポリ容器で配付）
試験項目： セシウム-134 (Cs-134) 及びセシウム-137 (Cs-137)
申込受付： 2019年8月23日（金）から9月24日（火）
試料配付： 2019年10月7日（月）
結果報告期限： 2019年10月21日（月）

1.3 試験方法

- 1) 容器充填：配付試料を各機関で測定に使用する容器へ充填
- 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/kg-dry）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ガンマ線スペクトロメトリー」(平成4年改訂 文部科学省)、
 - 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 62機関
報告機関 62機関
(参加機関は巻末の資料1に示した。)

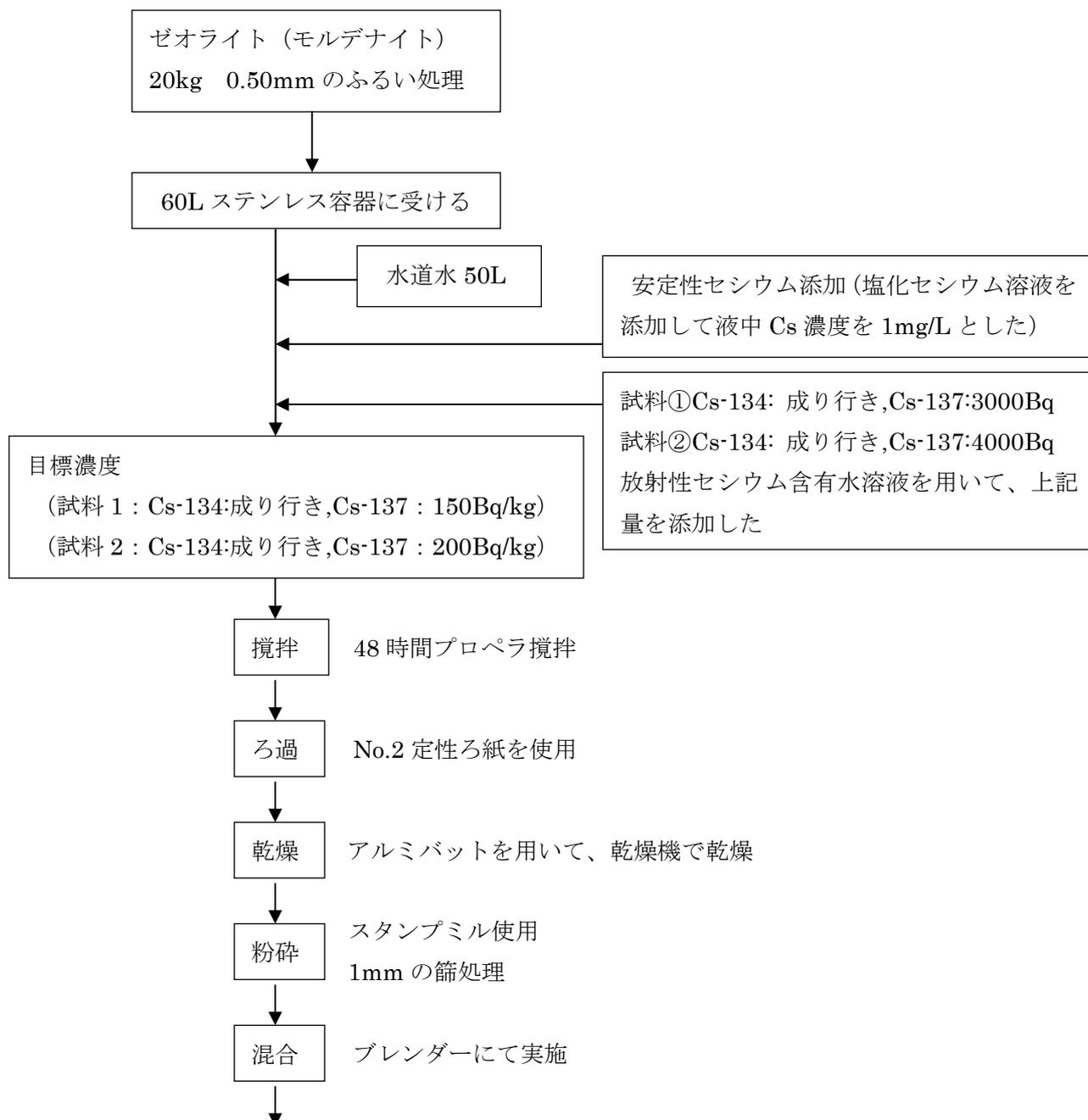
2 実施方法

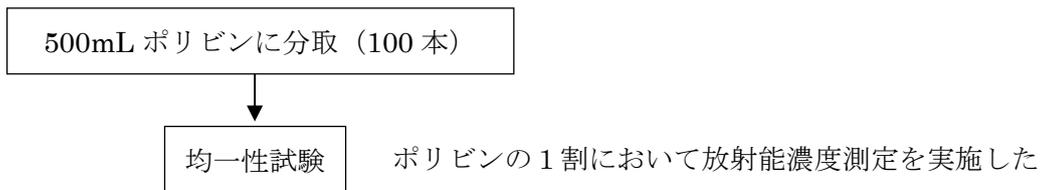
2.1 試料調製概要

本クロスチェックに用いた試料は、ゼオライトを放射性セシウム含有水溶液（飛灰からの溶出液）中で攪拌し、ゼオライトに放射性セシウムを吸着させたのちろ過し、乾燥・粉砕・混合して配付用に分取した。また、分取試料について均一性試験を実施した。

2.2に試料調製のフローシートを示した。また、2.3に均一性試験の結果を示した。

2.2 試料調製フローシート





2.3 均一性試験

試料の均質性の確認のため、分取した試料 1 及び試料 2 のそれぞれ 13 試料を抜き取り、ゲルマニウム半導体検出器により放射性セシウムの測定を行った。測定結果を表 2-1～表 2-4 並びに図 2-1 及び図 2-2 に示した。

変動係数を確認すると、Cs-134 と Cs-137 の合計は、試料 1 で 5.3%、試料 2 で 4.7% となった。Cs-134 では、試料 1 で 7.8%、試料 2 で 9.7% であった。Cs-137 では、試料 1 で 5.5%、試料 2 で 4.4% であった。試料 1、試料 2 ともに Cs-134 は濃度が低かったことから、Cs-137 に比べ変動係数が大きかった。

表 2-1 均一性確認試験の放射能濃度測定結果 (試料 1)

単位 Bq/kg(wet)

試料No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Cs-134	10.7	9.9	10.5	10.0	9.5	11.8	11.8	10.8	12.2	11.4	11.3	11.6	11.9
	Cs-137	150	153	158	141	144	164	153	160	143	165	166	161	156
	Cs合計	160.7	162.9	168.5	151.0	153.5	175.8	164.8	170.8	155.2	176.4	177.3	172.6	167.9

※湿式ベース (dry 補正無し) で均一性試験を実施

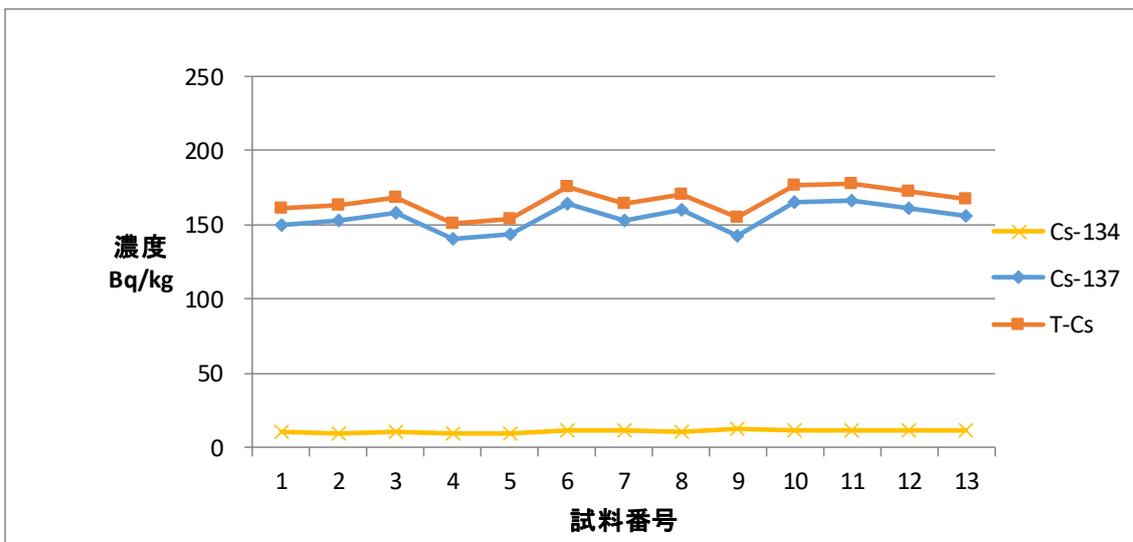


図 2-1 均一性確認試験の放射能濃度測定結果 (試料 1)

表 2-2 均一性確認試験結果まとめ（試料1）

	平均値(Bq/kg)	標準偏差	変動係数(%)
Cs-134	11.0	0.9	7.8
Cs-137	154.9	8.5	5.5
Cs 計	166.0	8.9	5.3

表 2-3 均一性確認試験の放射能濃度測定結果（試料2）

単位 Bq/kg(wet)

試料No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	Cs-134	13.8	13.1	12.6	14.5	14.6	13.3	13.1	16.8	14.6	13.6	15.2	17.1	15.4
	Cs-137	202	188	196	194	192	195	192	206	199	193	215	214	209
	Cs合計	215.8	201.1	208.6	208.5	206.6	208.3	205.1	222.8	213.6	206.6	230.2	231.1	224.4

※湿式ベース（dry 補正無し）で均一性試験を実施

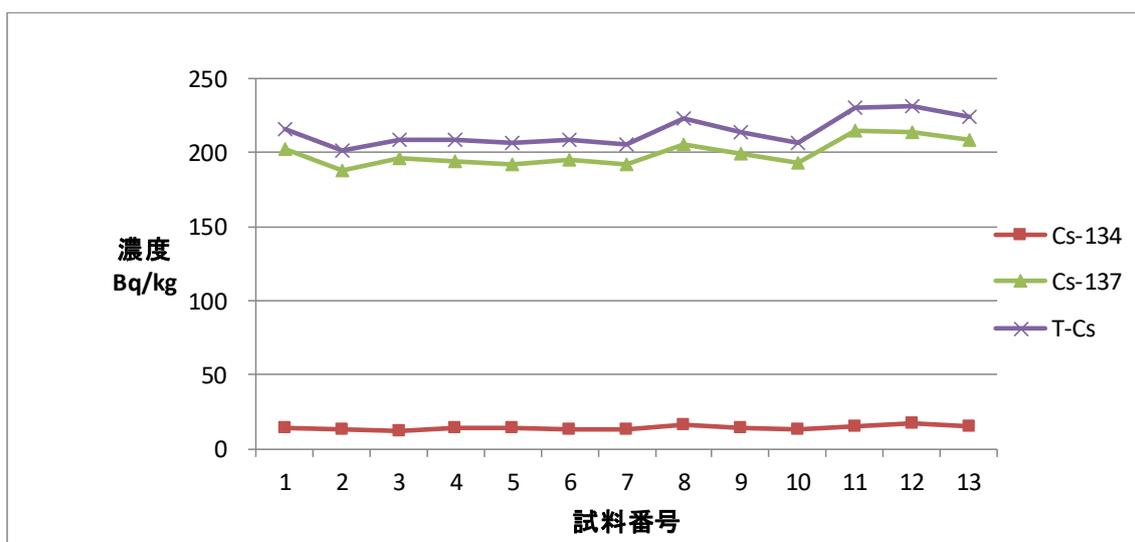


図 2-2 均一性確認試験の放射能濃度測定結果（試料2）

表 2-4 均一性確認試験結果まとめ（試料2）

	平均値(Bq/kg)	標準偏差	変動係数(%)
Cs-134	14.4	1.4	9.7
Cs-137	199.6	8.5	4.4
Cs 計	214.1	10.0	4.7

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 (g)
- 9) 含水率 (%)
- 10) 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 2019 年 10 月 1 日 12 時とし計算

3.2 参加機関概要

- 1) 参加機関数 : 6 2 機関
- 2) 報告機関数 : 6 2 機関
- 3) 報告件数 : 6 8 件^{※1}

※1 6 2 機関中、3 機関が 2 つ以上の結果を報告した。

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

	項目	単位	Cs-134	Cs-137	Cs-134+137
試料 1	測定数	-	59	59	68
	平均値	Bq/kg	11.0	156.8	167.2
	最小値	Bq/kg	8.4	127.9	136.3
	最大値	Bq/kg	18.3	165.1	187.0
	標準偏差	Bq/kg	1.31	5.85	7.71
試料 2	測定数	-	59	59	68
	平均値	Bq/kg	13.9	203.3	217.1
	最小値	Bq/kg	11.0	169.3	180.3
	最大値	Bq/kg	18.1	216.1	231.8
	標準偏差	Bq/kg	1.12	7.98	8.29

- Cs-134+137の結果にはNaIシンチレーションスペクトロメータ測定5機関を含む。
- NaI シンチレーションスペクトロメータで測定した1機関は測定時間、測定容器を変えた5つの結果の報告があった。
- ゲルマニウム半導体検出器で測定した1機関は測定時間、測定容器を変えた2つ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、NaI シンチレーションスペクトロメータ双方で測定した1機関から2つの結果の報告があった。
- Cs-134 で検出下限値未満の報告があった場合は検出下限値を用いての集計を想定していたが、本クロスチェックではすべての機関の結果が検出下限値以上であった。

3.3.2 測定方法

ゲルマニウム半導体検出器 5 8 機関 5 9 報告値

NaI シンチレーションスペクトロメータ 5 機関 9 報告値

参加機関 6 2 機関中、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。

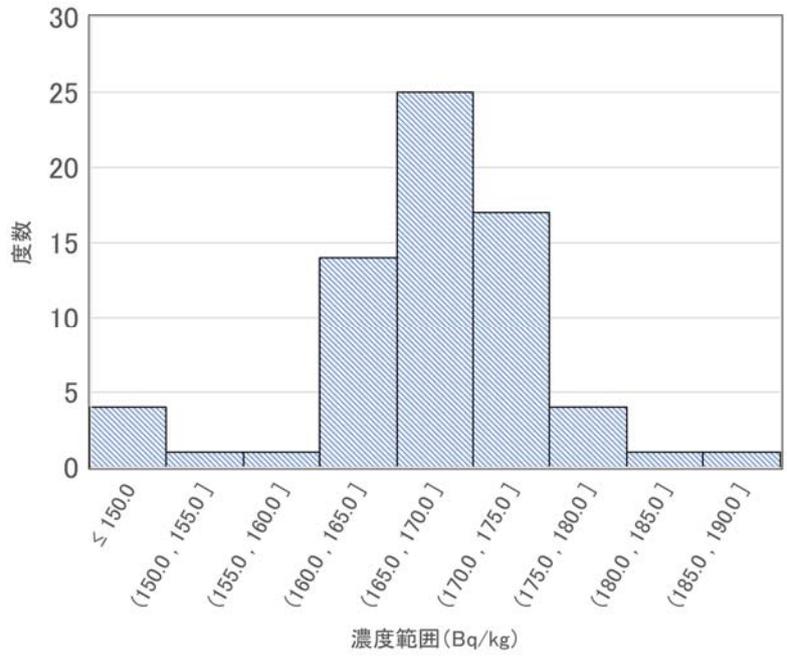
3.3.3 統計解析結果概要

(1) Cs-134+Cs-137 の z スコア

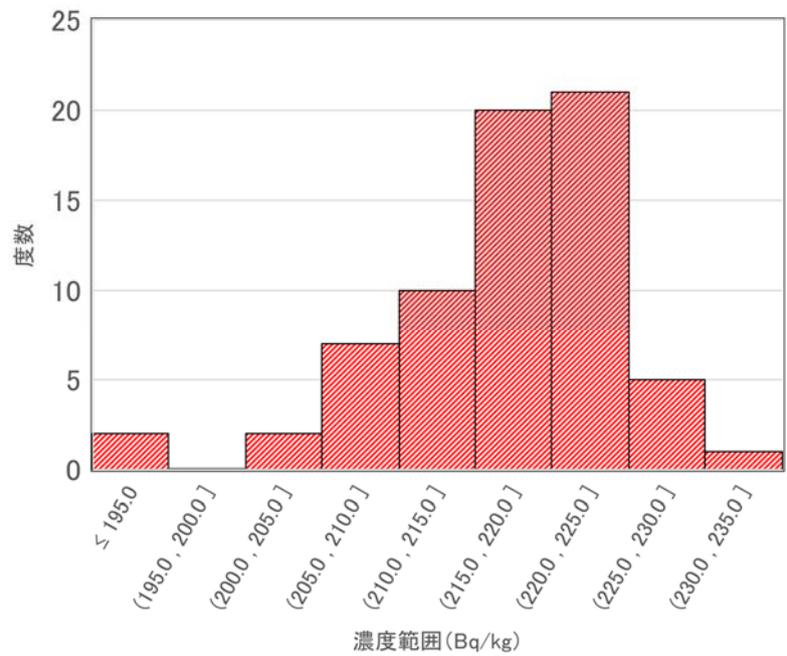
ゲルマニウム半導体検出器で測定した Cs-134 と Cs-137 の合計値、及び NaI シンチレーションスペクトロメータで測定した放射性セシウムの値の、全 68 データの測定結果を対象として、z スコア解析を行った結果の概要を表 3-2 に示した。また、測定結果のヒストグラムを図 3-1 に、各機関の z スコアの結果を表 3-3 に示した。z スコアをみると、試料 1 では 2 データ、試料 2 では 2 データが z スコアの絶対値 3 以上となった。

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	68	68	68	68
中央値 (median) : Q_2	167.20	218.25	272.45	35.43
第1四分位数 : Q_1	164.28	212.63	266.69	31.93
第3四分位数 : Q_3	172.60	222.50	278.21	38.18
四分位数範囲 $IQR=Q_3-Q_1$	8.32	9.88	11.52	6.26
正規四分位数範囲 $IQR \times 0.7413$	6.17	7.32	8.54	4.64
ロバストな変動係数 $(IQR \times 0.7413 / Q_2) \times 100$	3.7	3.4	3.1	13.1
$ z \leq 2$ (%)	89.7 (61)	94.1 (64)	94.1 (64)	91.2 (62)
$2 < z < 3$ (%)	7.4 (5)	2.9 (2)	2.9 (2)	7.4 (5)
$3 \leq z $ (%)	2.9 (2)	2.9 (2)	2.9 (2)	1.5 (1)



(試料 1)



(試料 2)

図 3-1 Cs-134+Cs-137 のヒストグラム

表 3-3 (1) Cs-134+Cs-137 の z スコア結果

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
8R-001	Ge	164.4	-0.45	212.8	-0.74	266.72	-0.67	34.22	-0.26
8R-002	Ge	165.6	-0.26	222.5	0.58	274.43	0.23	40.23	1.04
8R-003	Ge	170.0	0.45	214.8	-0.47	272.09	-0.04	31.68	-0.81
8R-004	Ge	164.1	-0.50	209.1	-1.25	263.89	-1.00	31.82	-0.78
8R-005	Ge	165.8	-0.23	209.1	-1.25	265.09	-0.86	30.62	-1.04
8R-006	Ge	168.1	0.15	215.1	-0.43	270.96	-0.17	33.23	-0.47
8R-007	Ge	167.8	0.10	215.6	-0.36	271.10	-0.16	33.80	-0.35
8R-008	Ge	170.7	0.57	218.0	-0.03	274.85	0.28	33.45	-0.43
8R-009	Ge	172.6	0.88	222.5	0.58	279.38	0.81	35.28	-0.03
8R-010	Ge	167.1	-0.02	217.4	-0.12	271.88	-0.07	35.57	0.03
8R-011	Ge	170.0	0.45	225.0	0.92	279.31	0.80	38.89	0.75
8R-012	Ge	166.0	-0.19	222.5	0.58	274.71	0.27	39.95	0.98
8R-013	Ge	173.3	0.99	221.9	0.50	279.45	0.82	34.37	-0.23
8R-014	Ge	164.3	-0.47	218.3	0.01	270.54	-0.22	38.18	0.59
8R-015	Ge	164.1	-0.50	220.8	0.35	272.17	-0.03	40.09	1.01
8R-016	Ge	171.8	0.75	221.3	0.42	277.96	0.65	35.00	-0.09
8R-017	Ge	163.4	-0.62	219.8	0.21	270.96	-0.17	39.88	0.96
8R-018	Ge	175.4	1.33	218.0	-0.03	278.18	0.67	30.12	-1.14
8R-019	Ge	172.7	0.89	225.8	1.03	281.78	1.09	37.55	0.46
8R-020	Ge	163.5	-0.60	215.1	-0.43	267.71	-0.55	36.49	0.23
8R-021	Ge	174.9	1.25	216.0	-0.31	276.41	0.46	29.06	-1.37
8R-022	Ge	164.4	-0.45	209.3	-1.22	264.25	-0.96	31.75	-0.79
8R-023	Ge	172.9	0.92	224.3	0.83	280.86	0.99	36.35	0.20
8R-024	Ge	166.5	-0.11	219.7	0.20	273.08	0.07	37.62	0.47
8R-025	NaI	169.2	0.32	218.0	-0.04	273.76	0.15	34.51	-0.20
8R-026	Ge	173.2	0.97	221.2	0.40	278.88	0.75	33.94	-0.32
8R-027	Ge	172.0	0.78	223.3	0.69	279.52	0.83	36.27	0.18
8R-028	Ge	163.6	-0.58	214.6	-0.50	267.43	-0.59	36.06	0.14
8R-029	NaI	167.0	-0.03	208.0	-1.40	265.17	-0.85	28.99	-1.39
8R-030	Ge	174.2	1.13	219.4	0.16	278.32	0.69	31.96	-0.75
8R-031	NaI	187.0	3.21	230.0	1.61	294.86	2.63	30.41	-1.08
8R-032	Ge	168.0	0.13	217.7	-0.08	272.73	0.03	35.14	-0.06
8R-033	Ge	164.2	-0.49	216.4	-0.25	269.12	-0.39	36.91	0.32
8R-034	Ge	162.0	-0.84	218.2	-0.01	268.84	-0.42	39.74	0.93
8R-035	Ge	161.2	-0.97	207.6	-1.45	260.78	-1.37	32.81	-0.56
8R-036	Ge	166.8	-0.06	210.2	-1.10	266.58	-0.69	30.69	-1.02
8R-037	Ge	182.0	2.40	224.2	0.81	287.23	1.73	29.84	-1.20
8R-038	Ge	167.3	0.02	222.0	0.51	275.28	0.33	38.68	0.70
8R-039	Ge	174.1	1.12	228.1	1.35	284.40	1.40	38.18	0.59
8R-039-1	NaI	175.5	1.34	211.6	-0.91	273.72	0.15	25.53	-2.13
8R-040	Ge	167.0	-0.04	222.2	0.53	275.15	0.32	39.02	0.78

表 3-3 (2) Cs-134+Cs-137 の z スコア結果

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
8R-041	Ge	167.7	0.08	210.6	-1.05	267.50	-0.58	30.33	-1.10
8R-042	Ge	172.6	0.88	216.1	-0.29	274.85	0.28	30.76	-1.01
8R-043	Ge	166.5	-0.11	213.0	-0.72	268.35	-0.48	32.88	-0.55
8R-044	Ge	168.1	0.15	225.1	0.94	278.03	0.65	40.31	1.05
8R-045	Ge	164.1	-0.50	212.1	-0.84	266.01	-0.75	33.94	-0.32
8R-046	Ge	172.4	0.84	202.9	-2.10	265.38	-0.83	21.57	-2.99
8R-047	Ge	176.3	1.47	229.3	1.51	286.80	1.68	37.48	0.44
8R-048	NaI	160.4	-1.11	224.0	0.79	271.79	-0.08	45.02	2.07
8R-048-1	NaI	149.4	-2.89	209.9	-1.14	254.05	-2.16	42.81	1.59
8R-048-2	NaI	149.0	-2.96	215.5	-0.38	257.70	-1.73	47.05	2.51
8R-048-3	NaI	148.8	-2.99	224.0	0.79	263.60	-1.04	53.22	3.84
8R-048-4	NaI	165.4	-0.29	211.7	-0.90	266.61	-0.68	32.70	-0.59
8R-049	Ge	165.5	-0.28	219.0	0.10	271.88	-0.07	37.83	0.52
8R-050	Ge	161.4	-0.94	211.9	-0.87	263.96	-0.99	35.71	0.06
8R-051	Ge	172.5	0.86	223.9	0.77	280.30	0.92	36.35	0.20
8R-052	Ge	172.7	0.89	224.1	0.80	280.58	0.95	36.35	0.20
8R-053	Ge	159.8	-1.20	206.9	-1.55	259.30	-1.54	33.30	-0.46
8R-054	Ge	165.1	-0.34	219.4	0.16	271.88	-0.07	38.40	0.64
8R-055	Ge	167.9	0.11	220.1	0.25	274.36	0.22	36.91	0.32
8R-056	Ge	175.7	1.38	231.8	1.85	288.15	1.84	39.67	0.91
8R-057	Ge	165.4	-0.29	222.4	0.57	274.22	0.21	40.31	1.05
8R-058	Ge	152.6	-2.37	194.4	-3.26	245.37	-3.17	29.56	-1.27
8R-059	Ge	166.2	-0.16	202.0	-2.22	260.36	-1.42	25.31	-2.18
8R-060	Ge	168.9	0.27	219.5	0.17	274.62	0.25	35.79	0.08
8R-061	Ge	172.7	0.89	223.5	0.72	280.16	0.90	35.92	0.11
8R-062	Ge	136.3	-5.01	180.3	-5.18	223.87	-5.69	31.11	-0.93
8R-062-1	Ge	174.6	1.20	221.1	0.39	279.80	0.86	32.88	-0.55

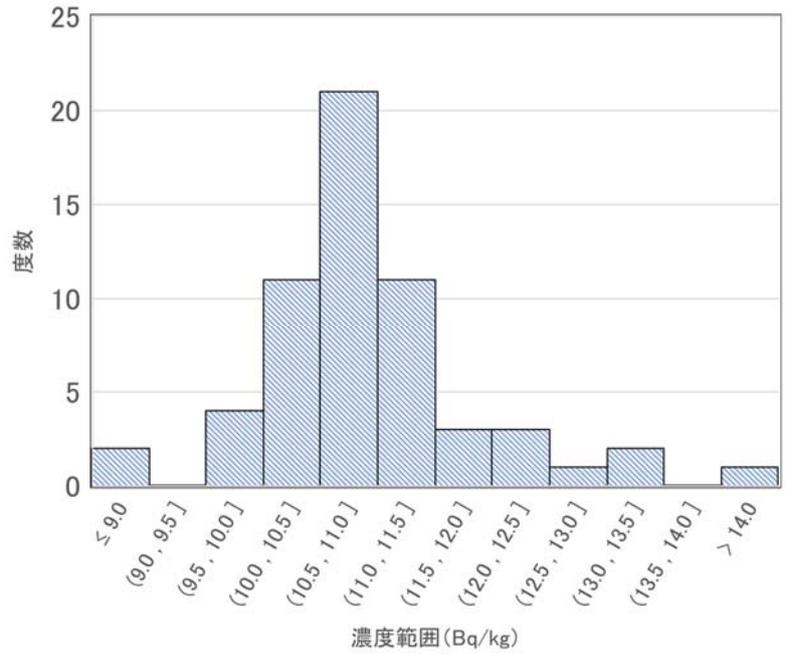
(2) Cs-134 の z スコア (ゲルマニウム半導体検出器測定結果のみ)

ゲルマニウム半導体検出器を用いて測定した Cs-134 の 59 データを対象として 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 3-2 に、各機関の z スコアの結果を表 3-5 にそれぞれ示した。

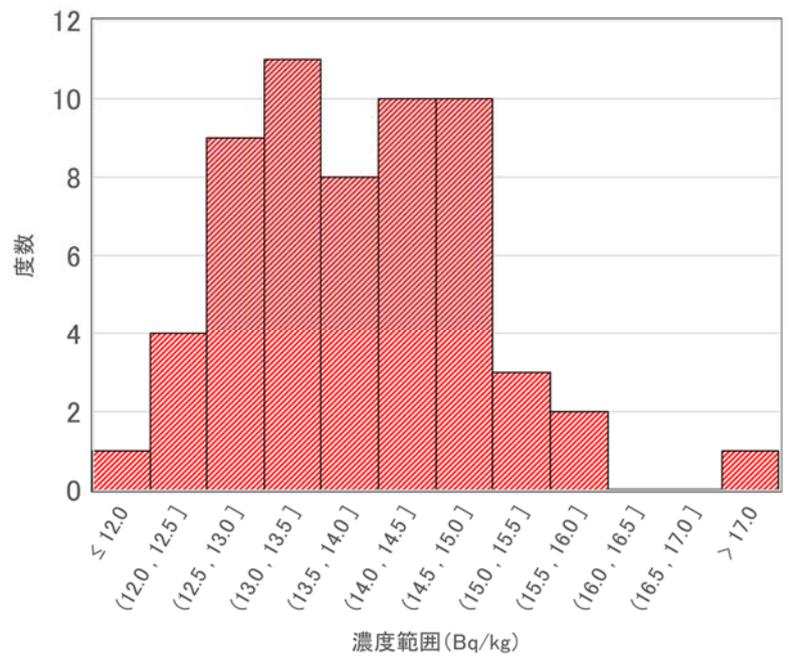
z スコアをみると、試料 1 で 6 データ、試料 2 で 1 データが z スコアの絶対値 3 以上となった。

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	59	59	59	59
中央値 (median) : Q_2	10.80	13.90	17.39	2.05
第1四分位数 : Q_1	10.50	13.15	16.97	1.70
第3四分位数 : Q_3	11.25	14.60	17.96	2.52
四分位数範囲 $IQR=Q_3-Q_1$	0.75	1.45	0.99	0.83
正規四分位数範囲 $IQR \times 0.7413$	0.56	1.07	0.73	0.61
ロバストな変動係数 $(IQR \times 0.7413 / Q_2) \times 100$	5.1	7.7	4.2	29.9
$ z \leq 2$ (%)	84.7 (50)	96.6 (57)	81.4 (48)	88.1 (52)
$2 < z < 3$ (%)	5.1 (3)	1.7 (1)	11.9 (7)	6.8 (4)
$3 \leq z $ (%)	10.2 (6)	1.7 (1)	6.8 (4)	5.1 (3)



(試料 1)



(試料 2)

図 3-2 Cs-134 のヒストグラム

表 3-5 Cs-134 の z スコア結果

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				
8R-001	Ge	11.1	0.54	14.1	0.19	17.82	0.58	2.12	0.12				
8R-002	Ge	10.4	-0.72	14.3	0.37	17.47	0.10	2.76	1.15				
8R-003	Ge	10.7	-0.18	13.9	0.00	17.39	0.00	2.26	0.35				
8R-004	Ge	9.8	-1.80	12.9	-0.93	16.05	-1.83	2.19	0.23				
8R-005	Ge	9.7	-1.98	12.8	-1.02	15.91	-2.02	2.19	0.23				
8R-006	Ge	10.3	-0.90	12.6	-1.21	16.19	-1.64	1.63	-0.69				
8R-007	Ge	10.1	-1.26	14.6	0.65	17.47	0.10	3.18	1.84				
8R-008	Ge	11.5	1.26	14.7	0.74	18.53	1.54	2.26	0.35				
8R-009	Ge	11.1	0.54	14.7	0.74	18.24	1.16	2.55	0.81				
8R-010	Ge	11.4	1.08	13.0	-0.84	17.25	-0.19	1.13	-1.50				
8R-011	Ge	10.0	-1.44	15.0	1.02	17.68	0.39	3.54	2.42				
8R-012	Ge	10.9	0.18	13.1	-0.74	16.97	-0.58	1.56	-0.81				
8R-013	Ge	11.3	0.90	13.9	0.00	17.82	0.58	1.84	-0.35				
8R-014	Ge	11.3	0.90	13.3	-0.56	17.39	0.00	1.41	-1.04				
8R-015	Ge	11.1	0.54	13.5	-0.37	17.39	0.00	1.70	-0.58				
8R-016	Ge	10.9	0.18	14.5	0.56	17.96	0.77	2.55	0.81				
8R-017	Ge	10.7	-0.18	12.7	-1.12	16.55	-1.16	1.41	-1.04				
8R-018	Ge	10.3	-0.90	12.9	-0.93	16.40	-1.35	1.84	-0.35				
8R-019	Ge	11.5	1.26	15.1	1.12	18.81	1.93	2.55	0.81				
8R-020	Ge	10.5	-0.54	12.5	-1.30	16.26	-1.54	1.41	-1.04				
8R-021	Ge	12.9	3.78	§	14.0	0.09	19.02	2.22	0.78	-2.07			
8R-022	Ge	10.4	-0.72	13.3	-0.56	16.76	-0.87	2.05	0.00				
8R-023	Ge	10.9	0.18	13.3	-0.56	17.11	-0.39	1.70	-0.58				
8R-024	Ge	10.5	-0.54	14.2	0.28	17.47	0.10	2.62	0.92				
8R-026	Ge	10.6	-0.36	13.0	-0.84	16.69	-0.96	1.70	-0.58				
8R-027	Ge	10.7	-0.18	14.6	0.65	17.89	0.67	2.76	1.15				
8R-028	Ge	10.7	-0.18	13.6	-0.28	17.18	-0.29	2.05	0.00				
8R-030	Ge	11.0	0.36	15.8	1.77	18.95	2.12	3.39	2.19				
8R-032	Ge	11.0	0.36	13.4	-0.47	17.25	-0.19	1.70	-0.58				
8R-033	Ge	10.7	-0.18	13.8	-0.09	17.32	-0.10	2.19	0.23				
8R-034	Ge	10.6	-0.36	13.6	-0.28	17.11	-0.39	2.12	0.12				
8R-035	Ge	10.2	-1.08	12.6	-1.21	16.12	-1.73	1.70	-0.58				
8R-036	Ge	10.8	0.00	13.2	-0.65	16.97	-0.58	1.70	-0.58				
8R-037	Ge	18.3	13.49	§	18.1	3.91	§	25.74	11.37	§	-0.14	-3.57	§
8R-038	Ge	10.8	0.00	14.3	0.37	17.75	0.48	2.47	0.69				
8R-039	Ge	11.0	0.36	14.8	0.84	18.24	1.16	2.69	1.04				
8R-040	Ge	11.6	1.46	15.2	1.17	18.93	2.09	2.50	0.74				

表 3-5 Cs-134 の z スコア結果 (2)

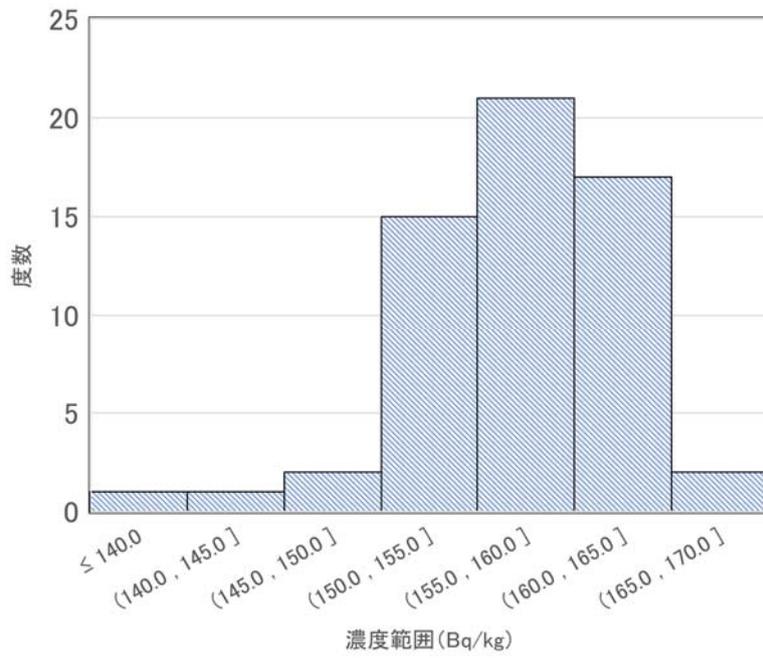
試験所番号	測定方法	試料1		試料2		試験所間		試験所内			
		報告値(Ai)	zスコア	報告値(Bi)	zスコア	$(A_i+B_i)/\sqrt{2}$	zスコア	$(B_i-A_i)/\sqrt{2}$	zスコア		
8R-041	Ge	10.7	-0.18	14.7	0.74	17.96	0.77	2.83	1.27		
8R-042	Ge	10.9	0.18	14.8	0.84	18.17	1.06	2.76	1.15		
8R-043	Ge	9.7	-1.98	12.6	-1.21	15.77	-2.22	2.05	0.00		
8R-044	Ge	11.1	0.54	14.1	0.19	17.82	0.58	2.12	0.12		
8R-045	Ge	10.8	0.00	13.9	0.00	17.47	0.10	2.19	0.23		
8R-046	Ge	12.3	2.70	14.6	0.65	19.02	2.22	1.63	-0.69		
8R-047	Ge	11.2	0.72	13.3	-0.56	17.32	-0.10	1.48	-0.92		
8R-049	Ge	10.5	-0.54	13.2	-0.65	16.76	-0.87	1.91	-0.23		
8R-050	Ge	11.7	1.62	14.6	0.65	18.60	1.64	2.05	0.00		
8R-051	Ge	13.2	4.32	§	15.4	1.40	20.22	3.85	§	1.56	-0.81
8R-052	Ge	11.7	1.62	14.4	0.47	18.46	1.45	1.91	-0.23		
8R-053	Ge	11.1	0.54	13.5	-0.37	17.39	0.00	1.70	-0.58		
8R-054	Ge	10.1	-1.26	14.4	0.47	17.32	-0.10	3.04	1.61		
8R-055	Ge	10.6	-0.36	13.6	-0.28	17.11	-0.39	2.12	0.12		
8R-056	Ge	12.2	2.52	15.7	1.67	19.73	3.18	§	2.47	0.69	
8R-057	Ge	10.1	-1.26	14.5	0.56	17.39	0.00	3.11	1.73		
8R-058	Ge	8.6	-3.96	§	13.4	-0.47	15.56	-2.51	3.39	2.19	
8R-059	Ge	13.2	4.32	§	12.2	-1.58	17.96	0.77	-0.71	-4.49	§
8R-060	Ge	10.5	-0.53	14.0	0.13	17.35	-0.05	2.49	0.72		
8R-061	Ge	12.4	2.88	12.2	-1.58	17.39	0.00	-0.14	-3.57	§	
8R-062	Ge	8.4	-4.32	§	11.0	-2.70	13.72	-5.01	§	1.84	-0.35
8R-062-1	Ge	10.8	0.00	12.3	-1.49	16.33	-1.45	1.06	-1.61		

(3) Cs-137 の z スコア (ゲルマニウム半導体検出器測定結果のみ)

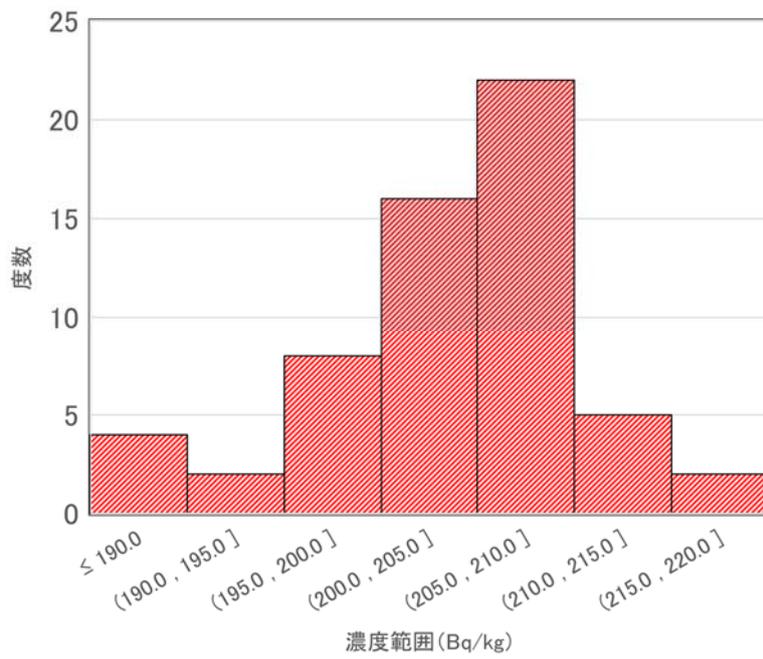
ゲルマニウム半導体検出器を用いて測定した 59 の測定結果において、Cs-137 を対象として z スコア解析を行った結果概要を表 3-6 に示した。また測定結果のヒストグラムを図 3-3 に、各機関の z スコアの結果を表 3-7 にそれぞれ示した。z スコアにおいては、試料 1 で 1 機関、試料 2 で 3 機関の測定結果が z スコアの絶対値 3 以上であった。

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	59	59	59	59
中央値(median) : Q_2	157.00	205.00	255.62	33.45
第1四分位数 : Q_1	153.75	200.65	250.85	30.30
第3四分位数 : Q_3	161.10	208.10	260.67	35.43
四分位数範囲 $IQR=Q_3-Q_1$	7.35	7.45	9.83	5.13
正規四分位数範囲 $IQR \times 0.7413$	5.45	5.52	7.29	3.80
ロバストな変動係数 $(IQR \times 0.7413 / Q_2) \times 100$	3.5	2.7	2.9	11.4
$ z \leq 2$ (%)	96.6 (57)	89.8 (53)	96.6 (57)	98.3 (58)
$2 < z < 3$ (%)	1.7 (1)	5.1 (3)	0.0 (0)	0.0 (0)
$3 \leq z $ (%)	1.7 (1)	5.1 (3)	3.4 (2)	1.7 (1)



(試料 1)



(試料 2)

図 3-3 Cs-137 のヒストグラム

表 3-7 Cs-137 の z スコア結果

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
8R-001	Ge	153.3	-0.68	198.7	-1.14	248.90	-0.92	32.10	-0.35
8R-002	Ge	155.2	-0.33	208.2	0.58	256.96	0.18	37.48	1.06
8R-003	Ge	159.3	0.42	200.9	-0.74	254.70	-0.13	29.42	-1.06
8R-004	Ge	154.3	-0.50	196.2	-1.59	247.84	-1.07	29.63	-1.00
8R-005	Ge	156.1	-0.17	196.3	-1.58	249.18	-0.88	28.43	-1.32
8R-006	Ge	157.8	0.15	202.5	-0.45	254.77	-0.12	31.61	-0.48
8R-007	Ge	157.7	0.13	201.0	-0.72	253.64	-0.27	30.62	-0.74
8R-008	Ge	159.2	0.40	203.3	-0.31	256.33	0.10	31.18	-0.60
8R-009	Ge	161.5	0.83	207.8	0.51	261.13	0.76	32.74	-0.19
8R-010	Ge	155.7	-0.24	204.4	-0.11	254.63	-0.14	34.44	0.26
8R-011	Ge	160.0	0.55	210.0	0.91	261.63	0.82	35.36	0.50
8R-012	Ge	155.1	-0.35	209.4	0.80	257.74	0.29	38.40	1.30
8R-013	Ge	162.0	0.92	208.0	0.54	261.63	0.82	32.53	-0.24
8R-014	Ge	153.0	-0.73	205.0	0.00	253.14	-0.34	36.77	0.87
8R-015	Ge	153.0	-0.73	207.3	0.42	254.77	-0.12	38.40	1.30
8R-016	Ge	160.9	0.72	206.8	0.33	260.00	0.60	32.46	-0.26
8R-017	Ge	152.7	-0.79	207.1	0.38	254.42	-0.16	38.47	1.32
8R-018	Ge	165.1	1.49	205.1	0.02	261.77	0.84	28.28	-1.36
8R-019	Ge	161.2	0.77	210.7	1.03	262.97	1.01	35.00	0.41
8R-020	Ge	153.0	-0.73	202.6	-0.43	251.45	-0.57	35.07	0.43
8R-021	Ge	162.0	0.92	202.0	-0.54	257.39	0.24	28.28	-1.36
8R-022	Ge	154.0	-0.55	196.0	-1.63	247.49	-1.12	29.70	-0.99
8R-023	Ge	162.0	0.92	211.0	1.09	263.75	1.12	34.65	0.32
8R-024	Ge	156.0	-0.18	205.5	0.09	255.62	0.00	35.00	0.41
8R-026	Ge	162.6	1.03	208.2	0.58	262.20	0.90	32.24	-0.32
8R-027	Ge	161.3	0.79	208.7	0.67	261.63	0.82	33.52	0.02
8R-028	Ge	152.9	-0.75	201.0	-0.72	250.25	-0.74	34.01	0.15
8R-030	Ge	163.2	1.14	203.6	-0.25	259.37	0.51	28.57	-1.28
8R-032	Ge	157.0	0.00	204.3	-0.13	255.48	-0.02	33.45	0.00
8R-033	Ge	153.5	-0.64	202.6	-0.43	251.80	-0.52	34.72	0.33
8R-034	Ge	151.4	-1.03	204.6	-0.07	251.73	-0.53	37.62	1.10
8R-035	Ge	151.0	-1.10	195.0	-1.81	244.66	-1.50	31.11	-0.61
8R-036	Ge	156.0	-0.18	197.0	-1.45	249.61	-0.82	28.99	-1.17
8R-037	Ge	163.7	1.23	206.1	0.20	261.49	0.81	29.98	-0.91
8R-038	Ge	156.5	-0.09	207.7	0.49	257.53	0.26	36.20	0.73
8R-039	Ge	163.1	1.12	213.3	1.50	266.15	1.45	35.50	0.54
8R-040	Ge	155.4	-0.30	207.0	0.36	256.22	0.08	36.52	0.81

表 3-7 Cs-137 の z スコア結果 (2)

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
8R-041	Ge	157.0	0.00	195.9	-1.65	249.54	-0.83	27.51	-1.56
8R-042	Ge	161.7	0.86	201.3	-0.67	256.68	0.15	28.00	-1.43
8R-043	Ge	156.8	-0.04	200.4	-0.83	252.58	-0.42	30.83	-0.69
8R-044	Ge	157.0	0.00	211.0	1.09	260.22	0.63	38.18	1.25
8R-045	Ge	153.3	-0.68	198.2	-1.23	248.55	-0.97	31.75	-0.45
8R-046	Ge	160.1	0.57	188.3	-3.02	246.36	-1.27	19.94	-3.55
8R-047	Ge	165.1	1.49	216.0	1.99	269.48	1.90	35.99	0.67
8R-049	Ge	155.0	-0.37	205.8	0.14	255.12	-0.07	35.92	0.65
8R-050	Ge	149.7	-1.34	197.3	-1.39	245.37	-1.41	33.66	0.06
8R-051	Ge	159.3	0.42	208.5	0.63	260.07	0.61	34.79	0.35
8R-052	Ge	161.0	0.73	209.7	0.85	262.12	0.89	34.44	0.26
8R-053	Ge	148.7	-1.52	193.4	-2.10	241.90	-1.88	31.61	-0.48
8R-054	Ge	155.0	-0.37	205.0	0.00	254.56	-0.15	35.36	0.50
8R-055	Ge	157.3	0.06	206.5	0.27	257.25	0.22	34.79	0.35
8R-056	Ge	163.5	1.19	216.1	2.01	268.42	1.76	37.19	0.99
8R-057	Ge	155.3	-0.31	207.9	0.53	256.82	0.16	37.19	0.99
8R-058	Ge	144.0	-2.39	181.0	-4.35	229.81	-3.54	26.16	-1.92
8R-059	Ge	153.0	-0.73	189.8	-2.75	242.40	-1.81	26.02	-1.95
8R-060	Ge	158.4	0.25	205.5	0.08	257.26	0.23	33.30	-0.04
8R-061	Ge	160.3	0.61	211.3	1.14	262.76	0.98	36.06	0.69
8R-062	Ge	127.9	-5.34	169.3	-6.46	210.15	-6.24	29.27	-1.10
8R-062-1	Ge	163.8	1.25	208.8	0.69	263.47	1.08	31.82	-0.43

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8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15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。本クロスチェックではCs-134+Cs-137濃度が160～220Bq/kg程度の試料とした。ゲルマニウム半導体検出器による測定結果でCs-134の濃度については不検出の報告はなかった。Cs-134濃度がCs-134+Cs-137濃度に占める割合が少なくなっていることから、本クロスチェックの実施要領には「Cs-134の値はかなり低くなっております。Cs-137と同様に評価しますが低濃度試料の測定における測定条件、測定精度の検討資料にさせていただきますので無理に測定時間を長くする必要はありません。」の記述を入れた。

ゲルマニウム半導体検出器の各機関の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。クロスチェックということで、各機関長めの測定時間を選択しているように思われた。試料1、試料2で測定時間を変えて測定したデータもみられた。試料1の測定時間の分布をみると、最短1800秒(30分)、最長180,000秒(50時間)であり、内訳として、3,600秒以下9データ、3600～14400秒(1時間～4時間)19データ、14,400～60,000秒(4～16.7時間)26データ、60000秒以上5データであった。

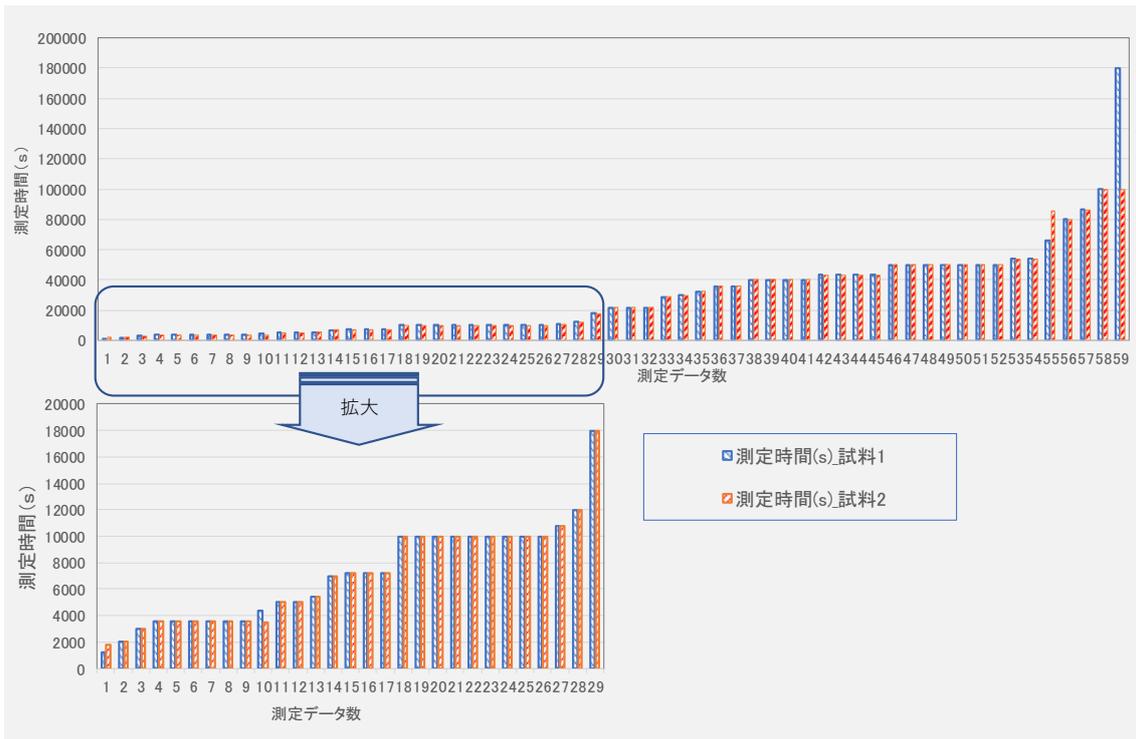


図 4-1 測定時間の分布

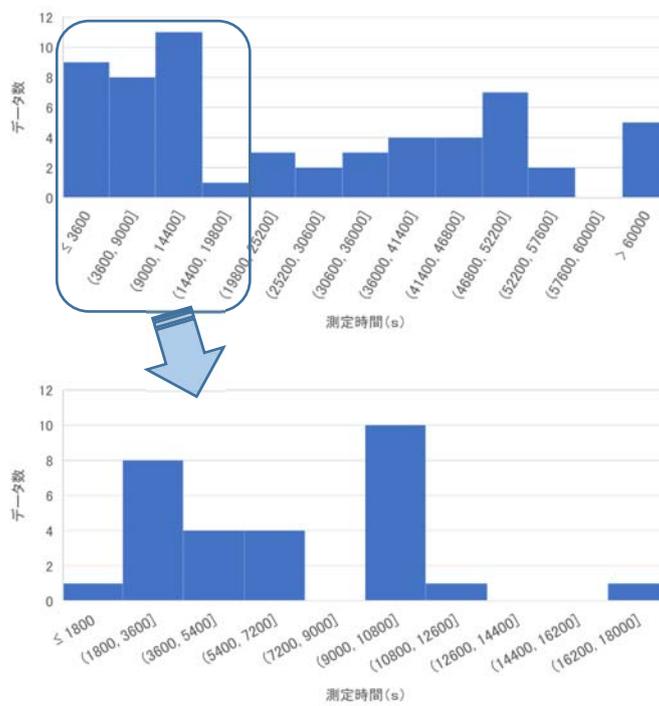


図 4-2 測定時間のヒストグラム（試料1を例として）

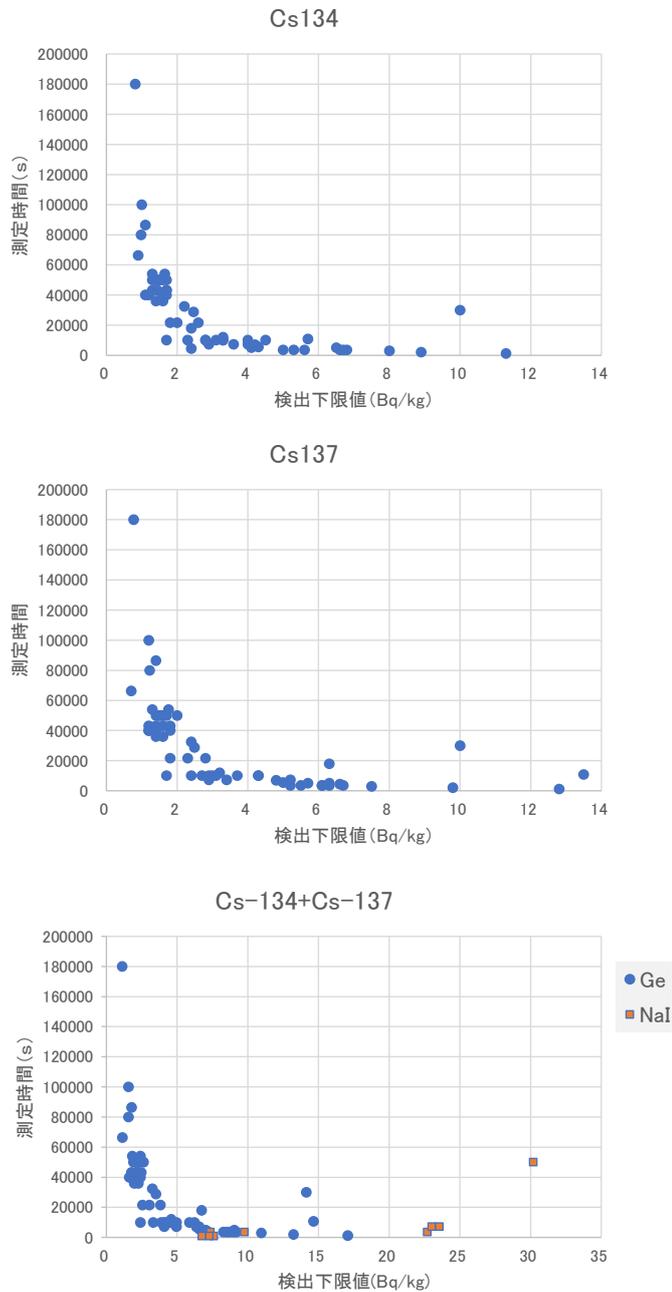


図 4-3 検出下限値と測定時間の散布図

4.2 測定時間と測定精度

Cs134+Cs137 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 双方の結果を載せているが、測定時間をより長めとしたデータは

z スコアの絶対値 2 以内に収まっていたが、測定時間が短い機関のデータの精度も何点かのデータを除き悪い結果とはならなかった。図 4-4 中 z スコアが-5 付近のデータは測定容器が 1L マリネリや 500mL タップとあり、効率校正に難があったのではないかと考えられた。自然減衰により値の低くなった Cs-134 の総放射性セシウム (Cs134+Cs137) における割合は少なくなってきたおり、総放射性セシウムを測定する場合、Cs-134 の値を出すために長時間測定で正確に求める必要性は少ないのではないかと考えられた。

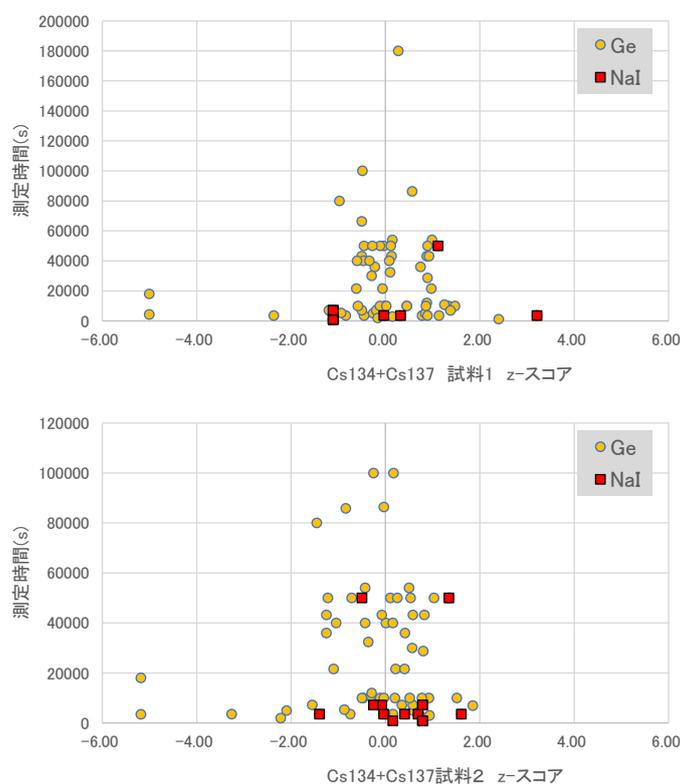


図 4-4 Cs134+137 合計値の z スコアと測定時間の分布

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、9 データ報告された。Cs-134+Cs-137 の結果の複合評価図を図 4-5 に示した。NaI 測定の結果はゲルマニウム半導体検出器の測定結果より外部に配置されるデータもみられたが、大きな外れ値は少ないと考えられた。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る。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。

NaI 測定では、試料量が数百 g から 1kg で測定するものが多く、今回の 100g 程度の量での測定では、ばらつきが生じたことも考えられた。食品の基準である 100Bq/kg 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る。ただし、100Bq/kg 付近の測定結果が出た場合は、精密測定を行うことが望ましい。

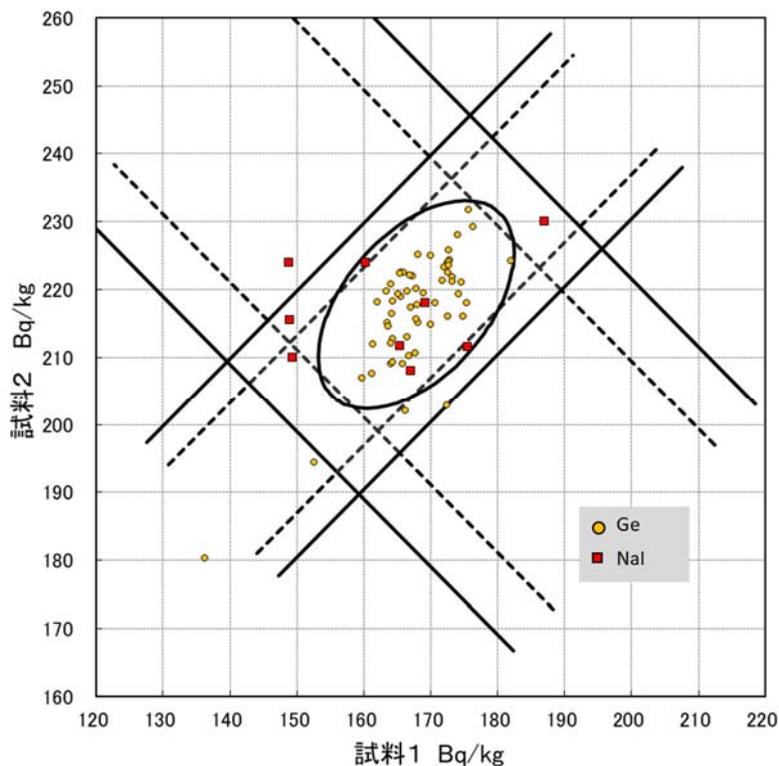


図 4-5 Cs-134+Cs-137 複合評価図

4.4 含水率

今回の試験では、試料の水分量（含水率）を測定し、乾燥重量当りの濃度で報告することとしていた。ただし、含水率の測定ができないなどの理由により、配付試料を乾燥試料とみなしての報告も 7 データあった。

試料の含水率は、試料 1 : 0.46～4.08% (平均 2.37%)、試料 2 0.28～4.11% (平均 2.19%) であり、測定結果に大きな影響があったとは考えられなかった。

資料1 参加機関（五十音順）

DOWA テクノリサーチ株式会社
株式会社 秋田県分析化学センター
いであ株式会社 環境創造研究所
エヌエス環境株式会社 東北支社
株式会社 科学技術開発センター
川俣町
株式会社 環境管理センター 技術センター
株式会社 環境技研
株式会社 環境公害センター
株式会社 環境総合研究所
株式会社 環境総合テクノス
株式会社 環境分析研究所
環境保全株式会社 仙台支店
公益財団法人 北九州生活科学センター
一般財団法人 九州環境管理協会
近畿大学 原子力研究所
国見町
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 食品分析センター
一般社団法人 埼玉県環境検査研究協会
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 サンキュー環境調査センター
株式会社 島津テクノリサーチ 郡山出張所分室
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
株式会社 新環境分析センター 福島県分析センター
株式会社 静環検査センター
株式会社 総合保健センター
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
一般財団法人 東海技術センター
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 環境事業部 分析センター
東京パワーテクノロジー株式会社 環境事業部 復興支援センター
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 環境分析センター
株式会社 トータル環境システム
一般財団法人 栃木県環境技術協会
浪江町役場
一般財団法人 新潟県環境衛生研究所
一般財団法人 新潟県環境分析センター
株式会社 日本化学環境センター
株式会社 日立パワーソリューションズ
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
国立大学法人 福島大学 環境放射能研究所
株式会社 分析センター
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
三浦工業株式会社 環境事業本部 三浦環境科学研究所
一般財団法人 三重県環境保全事業団
株式会社 むさしの計測
ユーロフィン日本総研株式会社 福島分析センター
株式会社 理研分析センター