

平成 30 年度
第 7 回放射能クロスチェック
報告書

平成 30 年 12 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.....	1
1.1 実施機関.....	1
1.2 試験項目および実施期間.....	1
1.3 試験方法.....	1
1.4 参加状況.....	2
2. 試料.....	3
2.1 試料の調製.....	3
2.2 均質性の確認.....	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
4. 考察.....	17
4.1 測定時間と検出下限値.....	17
4.2 NaI シンチレーションスペクトロメータについて.....	18
4.3 含水率.....	19
資料.1 参加機関.....	20

はじめに

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」を立ち上げました。その活動の一環として放射能クロスチェックを実施しています。

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： RADI2018-01

試験名： 平成 30 年度第 7 回放射能クロスチェック

試験対象： 調製固体試料

試験項目： セシウム 134 及びセシウム 137

申込受付： 平成 30 年 8 月 6 日から 8 月 31 日

試料配付： 平成 30 年 10 月 1 日

結果報告期限： 平成 30 年 10 月 16 日

1.3 試験方法

試料は、250mL ポリビンで送付しますので、各自、測定容器に詰め測定してください。

測定は、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を用いて、セシウム 134、セシウム 137 それぞれの放射能濃度または合計 (Cs-134+Cs-137) の放射能濃度を Bq/kg-dry として測定してください。

試験方法は、ゲルマニウム半導体検出器については、文部科学省の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、NaI シンチレーションスペクトロメータについては、文部科学省の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 年に準拠とする。

これ以外の分析方法を用いた場合は、分析方法を記載してください。

1.4 参加状況

参加機関 62 機関

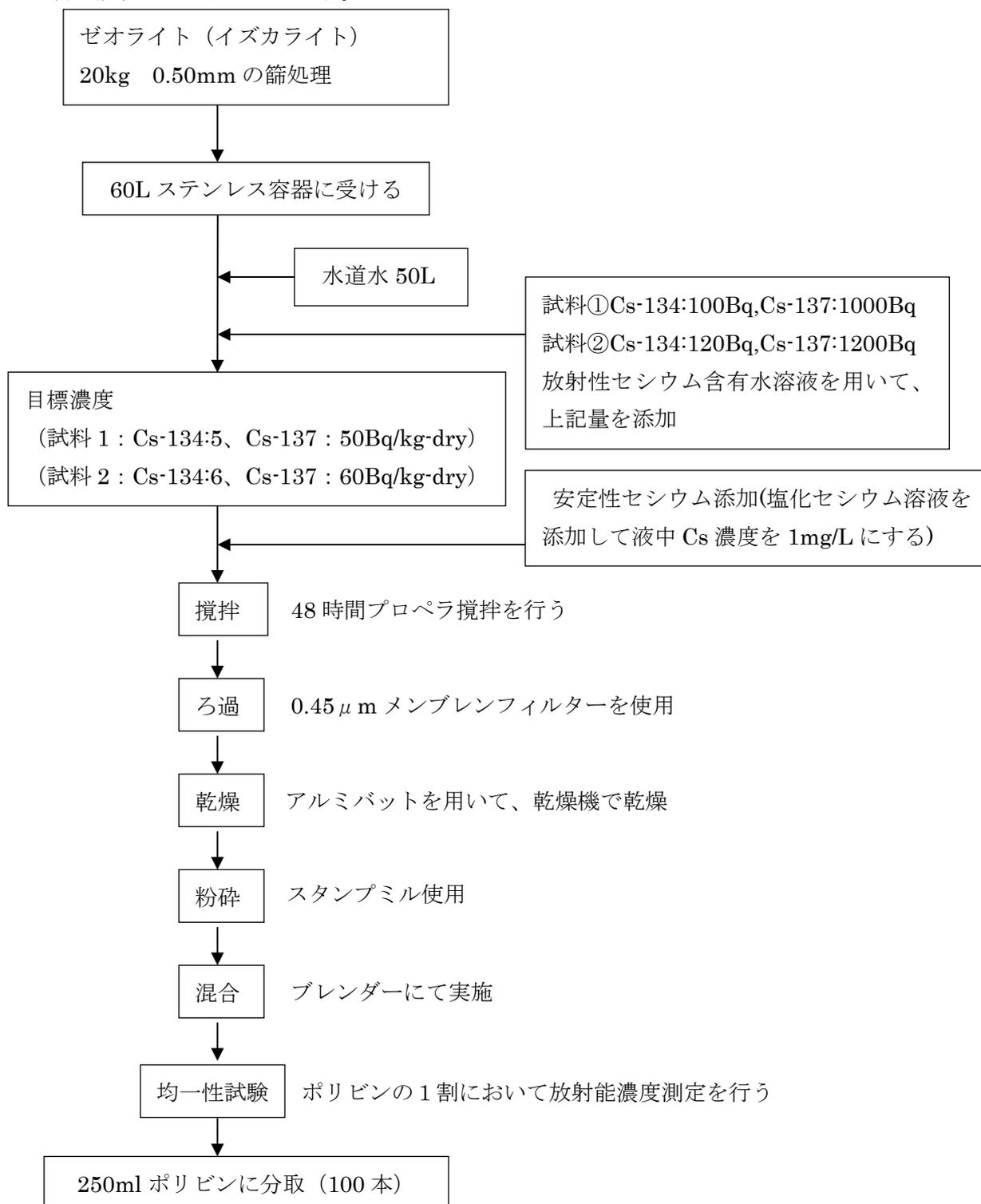
報告機関 61 機関

資料 1 に参加機関を示す。

2. 試料

2.1 試料の調製

試料の調製方法を図 2.1 に示す。



2.2 均質性の確認

均質性確認は、放射能測定により行った。

調製した試料 1 及び試料 2 の各 13 試料について、機関 A で 10 試料、機関 B で 3 試料の放射性セシウムの測定を行い、均質性を確認した。試料 1 の結果を表 2.1(1)、(2)及び図 2.2 に、試料 2 の結果を表 2.2(1)、(2)及び図 2.3 に示した。

表 2.1 (1) 放射能測定による均質性確認 (試料 1)

単位 Bq/kg

試料No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Cs-134	5.1	5.4	5.6	5.4	5.5	4.9	4.8	5.5	5.5	5.3	5.0	5.3	4.2
	Cs-137	51.8	53.2	55.9	49.3	52.6	49.7	49.5	53.1	50.9	53.6	51.2	50.0	55.8
	Cs合計	56.9	58.6	61.5	54.7	58.1	54.6	54.3	58.6	56.4	58.8	56.2	55.3	60.0

表 2.1 (2) 放射能測定による均質性確認 (試料 1)

	平均値(Bq/kg)	標準偏差	変動係数(%)
Cs-134	5.2	0.4	7.7
Cs-137	52.0	2.2	4.3
Cs 計	57.2	2.2	3.9

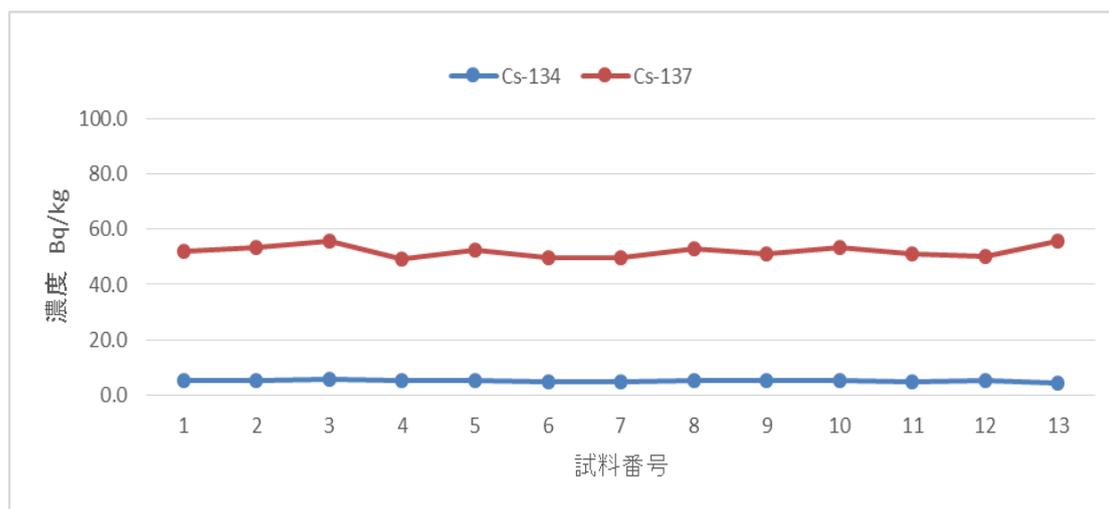


図 2.2 試料 1 の均質性試験結果 (Cs-134、Cs-137)

表 2.2 (1) 放射能測定による均質性確認 (試料 2)

単位 Bq/kg

試料No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	Cs-134	6.0	5.7	6.4	6.1	5.7	6.5	5.9	6.2	6.1	6.5	6.6	6.7	6.1
	Cs-137	59.6	65.7	62.9	60.7	61.6	63.8	62.1	63.6	60.8	64.0	65.6	68.2	59.6
	Cs合計	65.5	71.4	69.3	66.8	67.3	70.4	68.0	69.8	66.9	70.5	72.2	74.9	65.7

表 2.2 (2) 放射能測定による均質性確認 (試料 2)

	平均値(Bq/kg)	標準偏差	変動係数(%)
Cs-134	6.2	0.3	5.4
Cs-137	62.9	2.6	4.1
Cs 計	69.1	2.8	4.0

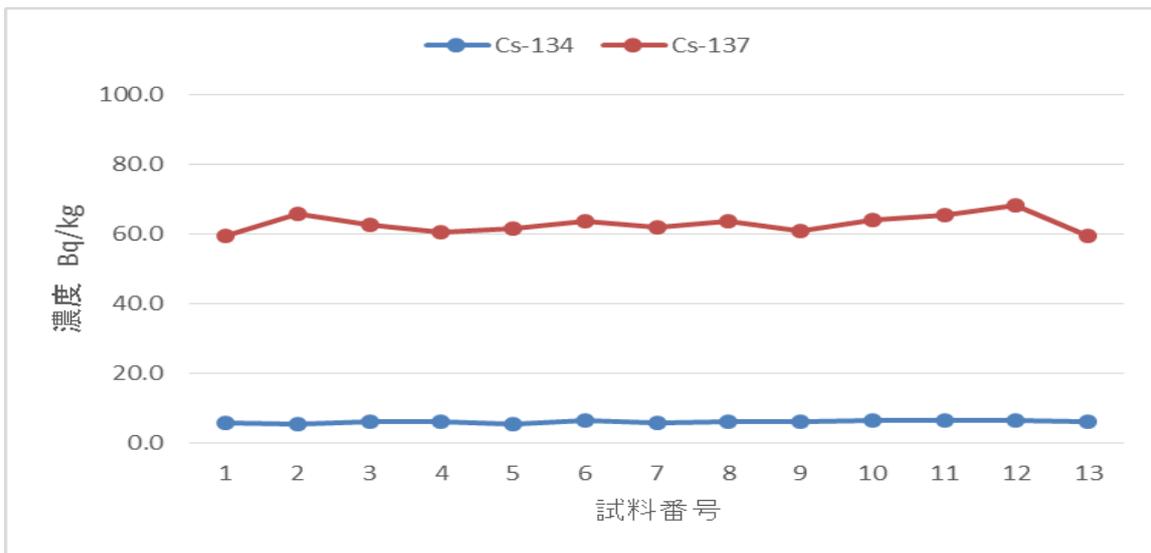


図 2.3 試料 2 の均質性試験結果 (Cs-134、Cs-137)

3. 試験結果

3.1 試験結果記載要領

測定結果は、下記の記載要領に従い報告をお願いし、取りまとめた。

①連絡先の記載

測定機関名
担当者氏名及び担当者メールアドレス
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
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 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

その他の検出器では、Cs-134 と Cs-137 の合計値

放射能濃度は、測定の基準日を、平成 30 年 10 月 1 日 12 時とし計算

3.2 参加機関概要

参加機関数： 62 機関

報告機関数： 61 機関

報告件数： 62 件^{※1}

※1 1 機関が測定時間を変えたゲルマニウム半導体検出器での 2 結果を報告

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。セシウム 134、及びセシウム 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+Cs-137
試料 1	測定数	-	57	57	62
	平均値	Bq/kg-dry	5.0	53.2	57.8
	最小値	Bq/kg-dry	3.7	44.2	31.0
	最大値	Bq/kg-dry	6.91	60.2	77.48
	標準偏差	Bq/kg-dry	0.68	2.97	5.42
試料 2	測定数	-	57	57	62
	平均値	Bq/kg-dry	5.8	63.9	69.6
	最小値	Bq/kg-dry	4.3	54.6	50.7
	最大値	Bq/kg-dry	8.3	69.6	93.14
	標準偏差	Bq/kg-dry	0.65	2.61	5.03

- ・ Cs-134+Cs-137 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
- ・ 1 機関において測定時間を変えて測定した結果の報告値も集計に加えた
- ・ Cs-134 において検出下限値未満の報告については、検出下限値を用いて集計した

3.3.2 測定方法

ゲルマニウム半導体検出器 56 機関

NaI シンチレーションスペクトロメータ 5 機関

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セシウム 134 とセシウム 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の放射性セシウムの値、62 の測定結果を対象として、zスコア解析を行った結果概要を表 3.2 に示した。また、ヒストグラムを図 3.1 に示した。

各機関の zスコアの結果を表 3.3 に示した。zスコアにおいては、試料 1 で 5 機関、試料 2 で 7 機関の測定結果が |3| を超えていた。

そのうち、NaI シンチレーションスペクトロメータの測定が試料 1 及び試料 2 共に 3 機関あった。

表 3.2 全放射性セシウム解析結果概要

	試料 1	試料 2	試験所間	試験所内
試験所の数	62	62	62	62
中央値(median) : Q_2	58.25	69.65	90.51	8.31
第 1 四分位数 : Q_1	56.35	68.40	88.83	7.09
第 3 四分位数 : Q_3	60.15	71.30	92.24	9.53
四分位数範囲 $IQR = Q_3 - Q_1$	3.80	2.90	3.41	2.44
正規四分位数範囲 $IQR \times 0.7413$	2.82	2.15	2.53	1.81
ロバストな変動係数 $(IQR \times 0.7413 / Q_2) \times 100$	4.8	3.1	2.8	21.8
$ z \leq 2$ (%)	88.7 (55)	85.5 (53)	82.3 (51)	85.5 (53)
$2 < z < 3$ (%)	3.2 (2)	3.2 (2)	9.7 (6)	9.7 (6)
$3 \leq z $ (%)	8.1 (5)	11.3 (7)	8.1 (5)	4.8 (3)

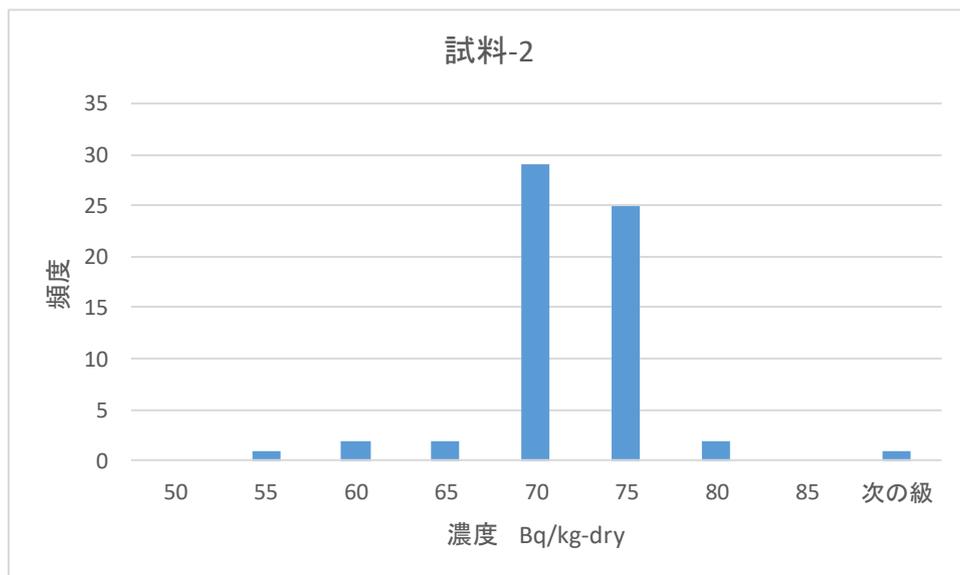
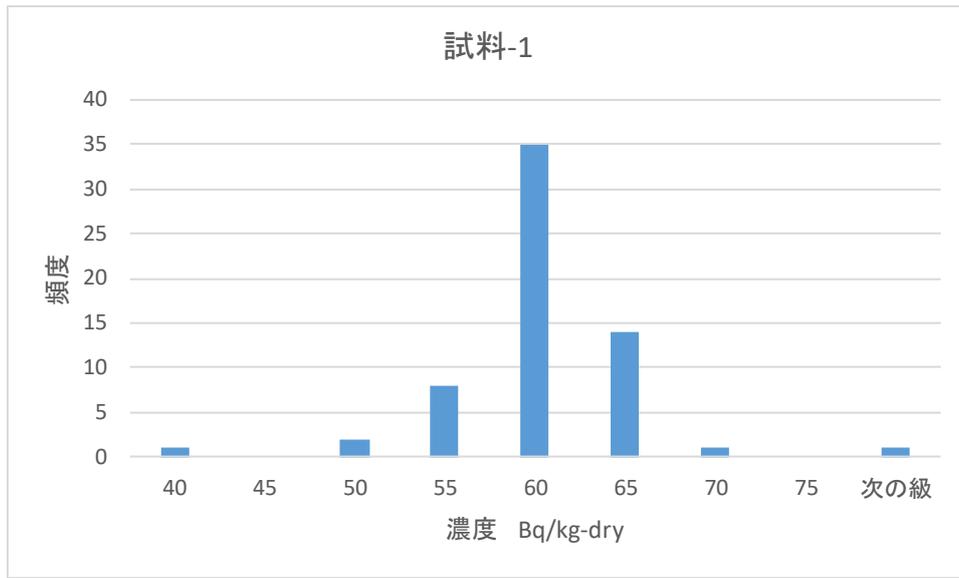


図 3.1 Cs-134+Cs-137 のヒストグラム

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
7R-001	Ge	58.0	-0.09	68.0	-0.77	89.10	-0.56	7.07	-0.68
7R-002	Ge	59.5	0.44	72.6	1.37	93.41	1.15	9.26	0.53
7R-003	Ge	59.7	0.51	69.8	0.07	91.57	0.42	7.14	-0.65
7R-004	Ge	57.6	-0.23	69.3	-0.16	89.73	-0.31	8.27	-0.02
7R-005	Ge	56.3	-0.69	68.4	-0.58	88.18	-0.92	8.56	0.14
7R-006	Ge	58.5	0.09	70.4	0.35	91.15	0.25	8.41	0.06
7R-007	Ge	60.9	0.94	72.4	1.28	94.26	1.48	8.13	-0.10
7R-008	Ge	60.8	0.91	68.1	-0.72	91.15	0.25	5.16	-1.74
7R-009	Ge	57.8	-0.16	72.5	1.33	92.14	0.64	10.39	1.15
7R-010	Ge	58.2	-0.02	71.6	0.91	91.78	0.50	9.48	0.65
7R-011	Ge	59.2	0.34	71.3	0.77	92.28	0.70	8.56	0.14
7R-012	Ge	55.1	-1.12	68.2	-0.67	87.19	-1.31	9.26	0.53
7R-013	Ge	57.6	-0.23	69.5	-0.05	89.89	-0.24	8.45	0.08
7R-014	Ge	53.3	-1.76	65.9	-1.74	84.29	-2.46	8.91	0.33
7R-015	Ge	64.1	2.08	70.7	0.49	95.32	1.90	4.67	-2.01
7R-016	Ge	61.6	1.19	72.2	1.19	94.61	1.62	7.50	-0.45
7R-017	Ge	61.2	1.05	73.4	1.74	95.18	1.85	8.63	0.18
7R-018	Ge	53.3	-1.76	68.6	-0.49	86.20	-1.71	10.82	1.39
7R-019	Ge	58.5	0.09	69.7	0.02	90.65	0.06	7.92	-0.22
7R-020	Ge	58.4	0.05	69.4	-0.12	90.37	-0.06	7.78	-0.29
7R-021	Ge	52.8	-1.93	71.3	0.77	87.75	-1.09	13.08	2.64
7R-022	Ge	61.2	1.05	70.8	0.53	93.34	1.12	6.79	-0.84
7R-023	Ge	58.8	0.20	68.8	-0.40	90.23	-0.11	7.07	-0.68
7R-024	Ge	58.3	0.02	69.6	-0.02	90.44	-0.03	7.99	-0.18
7R-025	Ge	58.0	-0.09	68.5	-0.53	89.45	-0.42	7.42	-0.49
7R-026	Ge	59.6	0.48	69.5	-0.07	91.29	0.31	7.00	-0.72
7R-027	Ge	60.3	0.73	69.2	-0.21	91.57	0.42	6.29	-1.11
7R-028	Ge	57.6	-0.23	63.7	-2.77	85.77	-1.87	4.31	-2.21
7R-029	Ge	62.0	1.33	71.8	1.00	94.61	1.62	6.93	-0.76
7R-030	Ge	60.9	0.94	72.2	1.19	94.12	1.43	7.99	-0.18
7R-030-1	Ge	58.2	-0.02	70.2	0.26	90.79	0.11	8.49	0.10
7R-031	Ge	60.2	0.69	67.9	-0.81	90.58	0.03	5.44	-1.58
7R-032	Ge	56.9	-0.48	68.7	-0.44	88.81	-0.67	8.34	0.02
7R-033	Ge	53.0	-1.86	67.4	-1.05	85.14	-2.12	10.18	1.04
7R-034	Ge	60.0	0.62	76.3	3.09	96.38	2.32	11.53	1.78
7R-035	Nal	51.8	-2.28	74.6	2.28	89.36	-0.46	16.07	4.29
7R-036	Ge	48.4	-3.50	60.4	-4.28	76.95	-5.36	8.53	0.12
7R-037	Ge	56.6	-0.59	66.9	-1.28	87.33	-1.26	7.28	-0.57
7R-038	Ge	67.1	3.15	68.9	-0.36	96.16	2.23	1.25	-3.90
7R-039	Ge	59.9	0.59	70.4	0.35	92.14	0.64	7.42	-0.49
7R-040	Ge	57.0	-0.44	70.7	0.49	90.30	-0.08	9.69	0.76
7R-041	Nal	77.5	6.83	93.1	10.93	120.65	11.92	11.07	1.53
7R-042	Ge	59.7	0.51	71.3	0.77	92.63	0.84	8.20	-0.06
7R-043	Ge	60.3	0.73	67.3	-1.09	90.23	-0.11	4.95	-1.86
7R-044	Ge	56.2	-0.73	72.3	1.23	90.86	0.14	11.38	1.70
7R-045	Ge	59.1	0.30	69.4	-0.12	90.86	0.14	7.28	-0.57
7R-046	Nal	52.8	-1.93	57.6	-5.61	78.06	-4.92	3.39	-2.72

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
7R-047	Ge	56.3	-0.69	71.4	0.81	90.30	-0.08	10.68	1.31
7R-048	Ge	62.8	1.62	69.8	0.07	93.76	1.29	4.95	-1.86
7R-049	Ge	54.9	-1.19	73.5	1.79	90.79	0.11	13.15	2.68
7R-050	Ge	58.8	0.20	67.5	-1.00	89.31	-0.48	6.15	-1.19
7R-051	Ge	58.8	0.20	70.6	0.44	91.50	0.39	8.34	0.02
7R-052	Ge	56.9	-0.48	68.8	-0.40	88.88	-0.64	8.41	0.06
7R-053	Nal	31.0	-9.67 §	50.7	-8.81 §	57.77	-12.94 §	13.93	3.11 §
7R-054	Nal	49.2	-3.21 §	68.4	-0.58	83.16	-2.91	13.58	2.91
7R-055	Ge	62.2	1.40	76.2	3.05 §	97.86	2.91	9.90	0.88
7R-056	Ge	57.2	-0.37	70.3	0.30	90.16	-0.14	9.26	0.53
7R-058	Ge	57.2	-0.37	68.1	-0.72	88.60	-0.75	7.71	-0.33
7R-059	Ge	55.1	-1.12	68.6	-0.49	87.47	-1.20	9.55	0.68
7R-060	Ge	56.5	-0.62	70.1	0.21	89.52	-0.39	9.62	0.72
7R-061	Ge	52.7	-1.97	59.9	-4.54 §	79.62	-4.31 §	5.09	-1.78
7R-062	Ge	60.5	0.80	70.7	0.49	92.77	0.89	7.21	-0.61

2) Ge 半導体検出器測定結果 (Cs-134) の zスコア

ゲルマニウム半導体検出器を用いて測定した 57 の測定結果において、セシウム 134 を対象として zスコア解析を行った結果概要を表 3.4 に示した。セシウム 134 のヒストグラムを図 3.2 に示した。また、各機関の zスコアの結果を表 3.5 に示した。zスコアにおいては、試料 1 で 8 機関、試料 2 で 1 機関の測定結果が |3| を超えていた。

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	57	57	57	57
中央値 (メジアン) : Q_2	4.90	5.80	7.50	0.64
第 1 四分位数 : Q_1	4.70	5.40	7.28	0.42
第 3 四分位数 : Q_3	5.20	6.10	7.92	0.71
四分位数範囲 $IQR=Q_3-Q_1$	0.50	0.70	0.64	0.28
正規四分位数範囲 $IQR \times 0.7413$	0.37	0.52	0.47	0.21
ロバストな変動係数 $(IQR \times 0.7413 / Q_2) \times 100$	7.6	8.9	6.3	32.9
$ z \leq 2$ (%)	78.9 (45)	87.7 (50)	84.2 (48)	64.9 (37)
$2 < z < 3$ (%)	7.0 (4)	10.5 (6)	7.0 (4)	14.0 (8)
$3 \leq z $ (%)	14.0 (8)	1.8 (1)	8.8 (5)	21.1 (12)

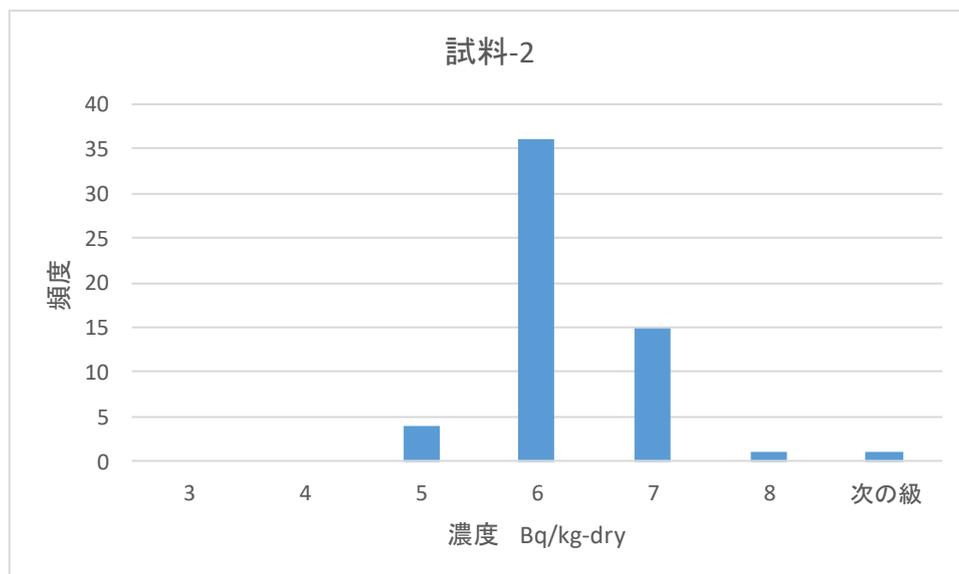
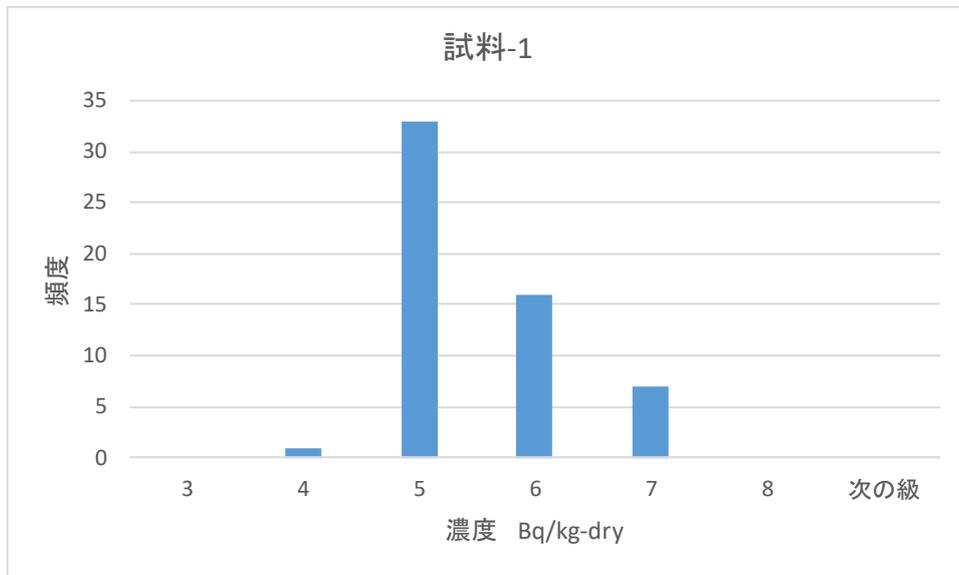


図 3.2 Cs-134 のヒストグラム

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
7R-001	Ge	5.1	0.54	5.9	0.19	7.78	0.60	0.57	-0.34
7R-002	Ge	5.1	0.54	6.1	0.58	7.92	0.90	0.71	0.34
7R-003	Ge	4.7	-0.54	5.7	-0.19	7.35	-0.30	0.71	0.34
7R-004	Ge	4.6	-0.81	5.6	-0.39	7.21	-0.60	0.71	0.34
7R-005	Ge	5.1	0.54	6.1	0.58	7.92	0.90	0.71	0.34
7R-006	Ge	4.8	-0.27	5.8	0.00	7.50	0.00	0.71	0.34
7R-007	Ge	4.9	0.00	5.6	-0.39	7.42	-0.15	0.49	-0.67
7R-008	Ge	4.5	-1.08	4.3	-2.89	6.22	-2.70	-0.14	-3.71 §
7R-009	Ge	4.4	-1.35	7.1	2.51	8.13	1.35	1.91	6.07 §
7R-010	Ge	4.5	-1.08	6.0	0.39	7.42	-0.15	1.06	2.02
7R-011	Ge	5.4	1.35	6.3	0.96	8.27	1.65	0.64	0.00
7R-012	Ge	4.1	-2.16	5.1	-1.35	6.51	-2.10	0.71	0.34
7R-013	Ge	4.3	-1.65	5.1	-1.27	6.67	-1.75	0.60	-0.17
7R-014	Ge	3.7	-3.24 §	6.2	0.77	7.00	-1.05	1.77	5.40 §
7R-015	Ge	6.1	3.24 §	7.0	2.31	9.26	3.75 §	0.64	0.00
7R-016	Ge	5.0	0.27	6.0	0.39	7.78	0.60	0.71	0.34
7R-017	Ge	5.0	0.27	5.9	0.19	7.71	0.45	0.64	0.00
7R-018	Ge	6.2	3.51 §	4.6	-2.31	7.64	0.30	-1.13	-8.43 §
7R-019	Ge	5.1	0.54	6.1	0.58	7.92	0.90	0.71	0.34
7R-020	Ge	5.0	0.27	6.0	0.39	7.78	0.60	0.71	0.34
7R-021	Ge	6.8	5.13 §	8.3	4.82 §	10.68	6.74 §	1.06	2.02
7R-022	Ge	5.2	0.81	5.8	0.00	7.78	0.60	0.42	-1.01
7R-023	Ge	5.0	0.27	5.3	-0.96	7.28	-0.45	0.21	-2.02
7R-024	Ge	4.9	0.00	6.3	0.96	7.92	0.90	0.99	1.69
7R-025	Ge	4.9	0.00	5.4	-0.77	7.28	-0.45	0.35	-1.35
7R-026	Ge	5.2	0.81	6.1	0.58	7.99	1.05	0.64	0.00
7R-027	Ge	4.7	-0.54	5.6	-0.39	7.28	-0.45	0.64	0.00
7R-028	Ge	5.2	0.81	5.2	-1.16	7.35	-0.30	0.00	-3.04 §
7R-029	Ge	4.4	-1.35	5.5	-0.58	7.00	-1.05	0.78	0.67
7R-030	Ge	4.7	-0.54	5.9	0.19	7.50	0.00	0.85	1.01
7R-030-1	Ge	4.7	-0.54	5.3	-0.96	7.07	-0.90	0.42	-1.01
7R-031	Ge	6.6	4.59 §	6.0	0.39	8.91	3.00	-0.42	-5.06 §
7R-032	Ge	4.9	0.00	5.7	-0.19	7.50	0.00	0.57	-0.34
7R-033	Ge	5.8	2.43	4.7	-2.12	7.42	-0.15	-0.78	-6.74 §
7R-034	Ge	5.7	2.16	7.0	2.31	8.98	3.15 §	0.92	1.35
7R-036	Ge	4.2	-1.94	5.0	-1.46	6.52	-2.07	0.61	-0.13
7R-037	Ge	4.9	0.00	5.4	-0.77	7.28	-0.45	0.35	-1.35
7R-038	Ge	6.9	5.42 §	6.4	1.12	9.40	4.03 §	-0.37	-4.82 §
7R-039	Ge	5.1	0.54	6.0	0.39	7.85	0.75	0.64	0.00
7R-040	Ge	4.5	-1.08	6.0	0.39	7.42	-0.15	1.06	2.02
7R-042	Ge	5.3	1.08	6.2	0.77	8.13	1.35	0.64	0.00
7R-043	Ge	6.1	3.24 §	5.5	-0.58	8.20	1.50	-0.42	-5.06 §
7R-044	Ge	4.8	-0.27	6.5	1.35	7.99	1.05	1.20	2.70
7R-045	Ge	5.1	0.54	5.7	-0.19	7.64	0.30	0.42	-1.01
7R-047	Ge	4.7	-0.54	5.9	0.19	7.50	0.00	0.85	1.01
7R-048	Ge	5.0	0.27	5.3	-0.96	7.28	-0.45	0.21	-2.02
7R-049	Ge	5.9	2.70	5.5	-0.58	8.06	1.20	-0.28	-4.38 §
7R-050	Ge	5.4	1.35	4.8	-1.93	7.21	-0.60	-0.42	-5.06 §
7R-051	Ge	5.1	0.54	6.1	0.58	7.92	0.90	0.71	0.34
7R-052	Ge	4.7	-0.54	5.4	-0.77	7.14	-0.75	0.49	-0.67
7R-055	Ge	6.5	4.32 §	6.6	1.54	9.26	3.75 §	0.07	-2.70
7R-056	Ge	4.8	-0.27	5.8	0.00	7.50	0.00	0.71	0.34
7R-058	Ge	4.3	-1.62	6.1	0.58	7.35	-0.30	1.27	3.04 §
7R-059	Ge	4.5	-1.08	5.7	-0.19	7.21	-0.60	0.85	1.01
7R-060	Ge	4.9	0.00	5.9	0.19	7.64	0.30	0.71	0.34
7R-061	Ge	4.4	-1.35	5.3	-0.96	6.86	-1.35	0.64	0.00
7R-062	Ge	4.3	-1.62	5.8	0.00	7.14	-0.75	1.06	2.02

3) Ge 半導体検出器測定結果 (Cs-137) の z スコア

ゲルマニウム半導体検出器を用いて測定した 57 の測定結果において、セシウム 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。セシウム 137 のヒストグラムを図 3.3 に示した。また、各機関の z スコアの結果を表 3.7 に示した。 z スコアにおいては、試料 1 で 4 機関、試料 2 で 5 機関の測定結果が $|z|$ を超えていた。

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	57	57	57	57
中央値 (メジアン) : Q_2	53.40	63.80	82.87	7.57
第 1 四分位数 : Q_1	52.00	63.00	81.67	6.43
第 3 四分位数 : Q_3	54.80	65.00	84.50	8.49
四分位数範囲 $IQR=Q_3-Q_1$	2.80	2.00	2.83	2.05
正規四分位数範囲 $IQR \times 0.7413$	2.08	1.48	2.10	1.52
ロバストな変動係数 $(IQR \times 0.7413 / Q_2) \times 100$	3.9	2.3	2.5	20.1
$ z \leq 2$ (%)	82.5 (47)	84.2 (48)	80.7 (46)	84.2 (48)
$2 < z < 3$ (%)	10.5 (6)	7.0 (4)	15.8 (9)	12.3 (7)
$3 \leq z $ (%)	7.0 (4)	8.8 (5)	3.5 (2)	3.5 (2)

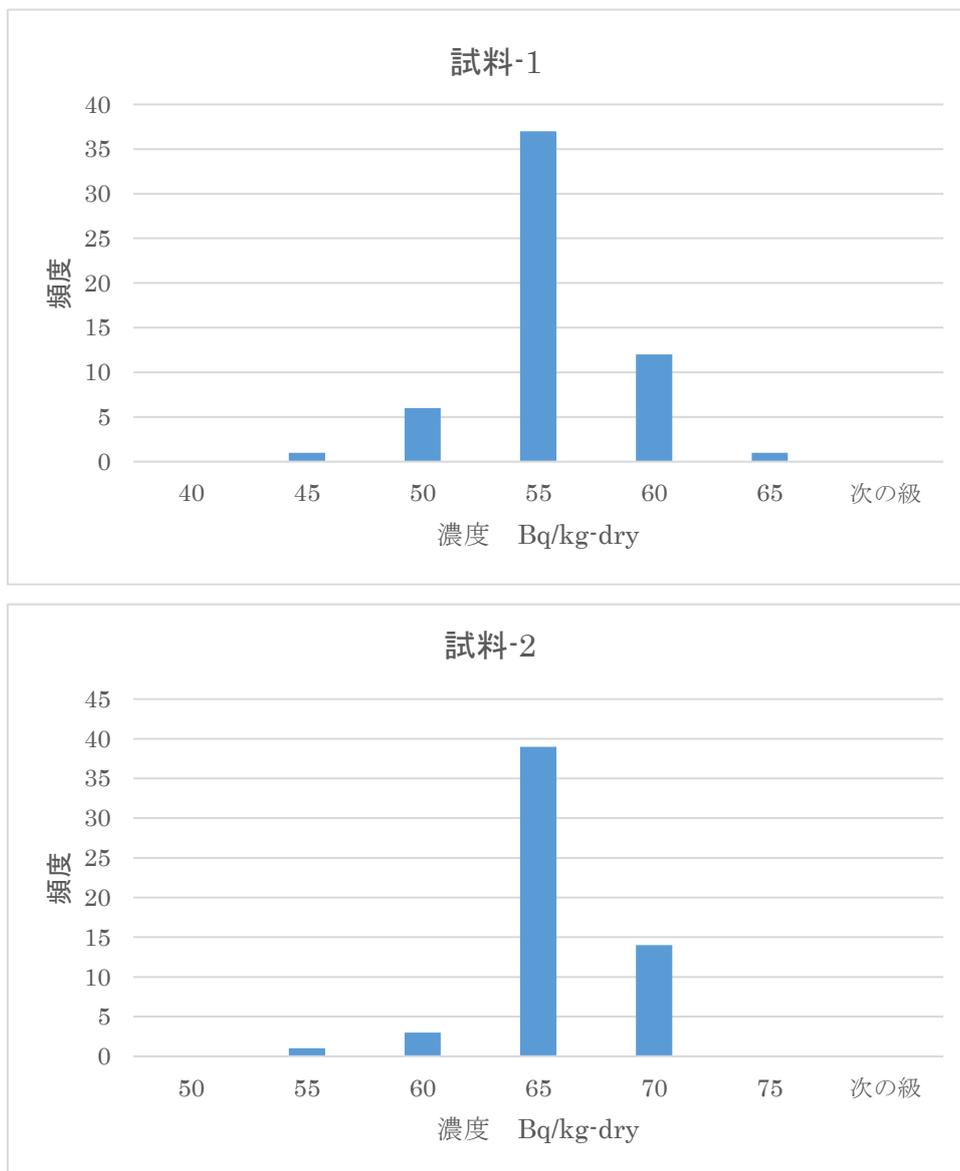


図 3.3 Cs-137 のヒストグラム

表 3.7 (1) 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
7R-001	Ge	52.9	-0.24	62.1	-1.15	81.32	-0.74	6.51	-0.70
7R-002	Ge	54.4	0.48	66.5	1.82	85.49	1.25	8.56	0.65
7R-003	Ge	55.0	0.77	64.1	0.20	84.22	0.64	6.43	-0.74
7R-004	Ge	53.0	-0.19	63.7	-0.07	82.52	-0.17	7.57	0.00
7R-005	Ge	51.2	-1.06	62.3	-1.01	80.26	-1.25	7.85	0.19
7R-006	Ge	53.7	0.14	64.6	0.54	83.65	0.37	7.71	0.09
7R-007	Ge	56.0	1.25	66.8	2.02	86.83	1.89	7.64	0.05
7R-008	Ge	56.3	1.40	63.8	0.00	84.92	0.98	5.30	-1.49
7R-009	Ge	53.4	0.00	65.4	1.08	84.00	0.54	8.49	0.60
7R-010	Ge	53.7	0.14	65.6	1.21	84.36	0.71	8.41	0.56
7R-011	Ge	53.8	0.19	65.0	0.81	84.00	0.54	7.92	0.23
7R-012	Ge	51.0	-1.16	63.1	-0.47	80.68	-1.05	8.56	0.65
7R-013	Ge	53.3	-0.05	64.4	0.40	83.23	0.17	7.85	0.19
7R-014	Ge	49.6	-1.83	59.7	-2.77	77.29	-2.66	7.14	-0.28
7R-015	Ge	58.0	2.22	63.7	-0.07	86.05	1.52	4.03	-2.33
7R-016	Ge	56.6	1.54	66.2	1.62	86.83	1.89	6.79	-0.51
7R-017	Ge	56.2	1.35	67.5	2.50	87.47	2.19	7.99	0.28
7R-018	Ge	47.1	-3.04	64.0	0.13	78.56	-2.06	11.95	2.88
7R-019	Ge	53.4	0.00	63.6	-0.13	82.73	-0.07	7.21	-0.23
7R-020	Ge	53.4	0.00	63.4	-0.27	82.59	-0.13	7.07	-0.33
7R-021	Ge	46.0	-3.57	63.0	-0.54	77.07	-2.77	12.02	2.93
7R-022	Ge	56.0	1.25	65.0	0.81	85.56	1.28	6.36	-0.79
7R-023	Ge	53.8	0.19	63.5	-0.20	82.94	0.03	6.86	-0.47
7R-024	Ge	53.4	0.00	63.3	-0.34	82.52	-0.17	7.00	-0.37
7R-025	Ge	53.1	-0.14	63.1	-0.47	82.17	-0.34	7.07	-0.33
7R-026	Ge	54.4	0.48	63.4	-0.27	83.30	0.20	6.36	-0.79
7R-027	Ge	55.6	1.06	63.6	-0.13	84.29	0.67	5.66	-1.26
7R-028	Ge	52.4	-0.48	58.5	-3.57	78.42	-2.12	4.31	-2.14
7R-029	Ge	57.6	2.02	66.3	1.69	87.61	2.26	6.15	-0.93
7R-030	Ge	56.2	1.35	66.3	1.69	86.62	1.79	7.14	-0.28
7R-030-1	Ge	53.5	0.05	64.9	0.74	83.72	0.40	8.06	0.33
7R-031	Ge	53.6	0.10	61.9	-1.28	81.67	-0.57	5.87	-1.12
7R-032	Ge	52.0	-0.67	63.0	-0.54	81.32	-0.74	7.78	0.14
7R-033	Ge	47.2	-2.99	62.7	-0.74	77.71	-2.46	10.96	2.23
7R-034	Ge	54.3	0.43	69.3	3.71	87.40	2.16	10.61	2.00
7R-036	Ge	44.2	-4.43	55.4	-5.67	70.43	-5.94	7.92	0.23
7R-037	Ge	51.7	-0.82	61.5	-1.55	80.04	-1.35	6.93	-0.42
7R-038	Ge	60.2	3.28	62.5	-0.88	86.76	1.85	1.63	-3.91
7R-039	Ge	54.8	0.67	64.4	0.40	84.29	0.67	6.79	-0.51
7R-040	Ge	52.5	-0.43	64.7	0.61	82.87	0.00	8.63	0.70
7R-042	Ge	54.4	0.48	65.1	0.88	84.50	0.78	7.57	0.00
7R-043	Ge	54.2	0.39	61.8	-1.35	82.02	-0.40	5.37	-1.44
7R-044	Ge	51.4	-0.96	65.8	1.35	82.87	0.00	10.18	1.72
7R-045	Ge	54.0	0.29	63.7	-0.07	83.23	0.17	6.86	-0.47
7R-047	Ge	51.6	-0.87	65.5	1.15	82.80	-0.03	9.83	1.49
7R-048	Ge	57.8	2.12	64.5	0.47	86.48	1.72	4.74	-1.86
7R-049	Ge	49.0	-2.12	68.0	2.83	82.73	-0.07	13.44	3.86
7R-050	Ge	53.4	0.00	62.7	-0.74	82.10	-0.37	6.58	-0.65
7R-051	Ge	53.7	0.14	64.5	0.47	83.58	0.34	7.64	0.05
7R-052	Ge	52.2	-0.58	63.4	-0.27	81.74	-0.54	7.92	0.23
7R-055	Ge	55.7	1.11	69.6	3.91	88.60	2.73	9.83	1.49
7R-056	Ge	52.4	-0.48	64.5	0.47	82.66	-0.10	8.56	0.65
7R-058	Ge	52.9	-0.24	62.0	-1.21	81.25	-0.78	6.43	-0.74
7R-059	Ge	50.6	-1.35	62.9	-0.61	80.26	-1.25	8.70	0.74
7R-060	Ge	51.6	-0.87	64.2	0.27	81.88	-0.47	8.91	0.88
7R-061	Ge	48.3	-2.46	54.6	-6.21	72.76	-4.82	4.45	-2.05
7R-062	Ge	56.2	1.35	64.9	0.74	85.63	1.32	6.15	-0.93

4. 考察

4.1 測定時間と検出下限値

事故による放射性物質の放出から7年半たち、半減期2年のセシウム134は、当初の1/10以下に減衰してきている。測定する環境中の試料の濃度も低くなっており、今回のクロスチェックでは総放射性セシウム濃度が100Bq/kg-dry以下の試料とした。そのためセシウム134の濃度は検出下限値に近い値となってしまったが、総放射性セシウム濃度に占める割合が少なくなってきたことから、試験の実施要領には「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。

測定時間を図4.1に、各測定時間のゲルマニウム半導体検出器における検出下限値を表4.1に示した。

測定時間別の報告件数は7,200秒（2時間）以下が19件、9,000～43,200秒（12時間）が31件、50,000秒以上が12件（11機関のうち1機関が2件の結果を報告）であった。

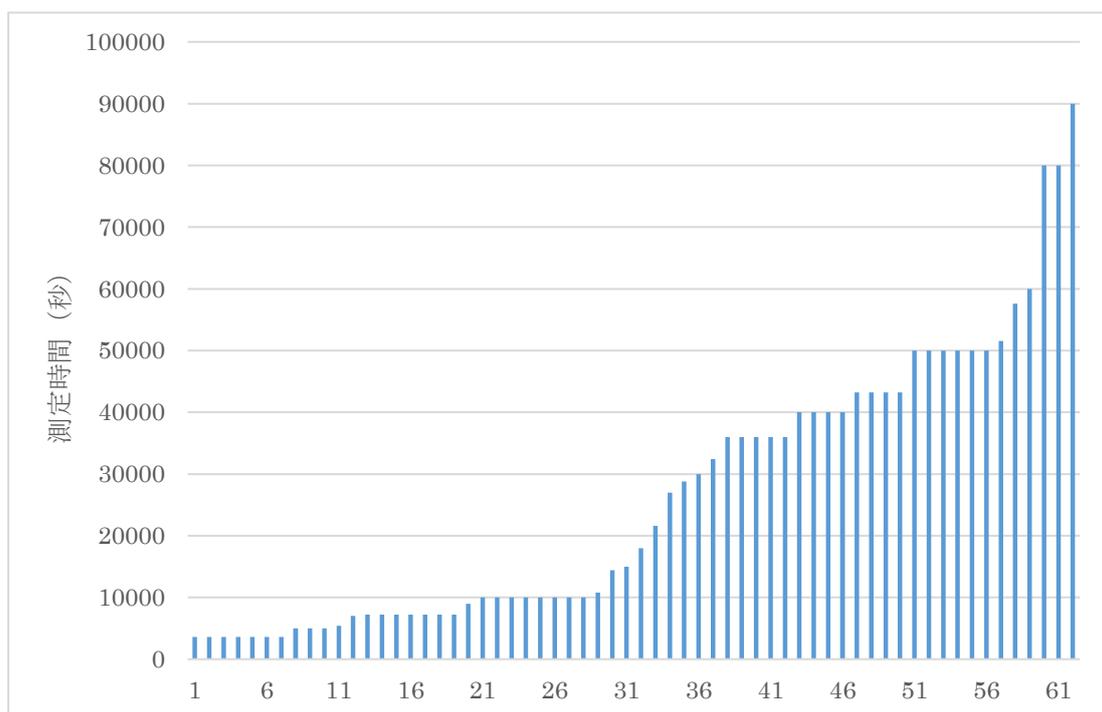


図 4.1 測定時間の分布

表 4.1 測定時間における検出下限値 (Bq/kg-dry)

測定時間 (秒)	試料 1		試料 2		
	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137	
3600～7200	最小	2.7	3.6	3.4	3.3
	最大	6.8	6.4	5.6	6.0
9000～43200	最小	1.0	1.0	1.0	1.0
	最大	3.4	3.5	4.3	4.5
50000～90000	最小	0.8	0.7	0.7	0.6
	最大	1.5	1.9	1.5	1.8

セシウム 134 の中央値は試料 1 で 4.9Bq/kg-dry、試料 2 で 5.8Bq/kg-dry であり、測定時間 7,200 秒以下では、検出下限値の最大値が中央値より低く、セシウム 134 の測定値に対する z スコア $|3|$ を超えた 8 機関中 7 機関であった。しかし、セシウム 134+セシウム 137 の測定値に対する z スコアが $|3|$ を超えた機関は、測定時間 7,200 秒以下が 1 機関、9,000～43,200 秒が 1 機関、50,000 秒以上が 2 機関となっており、特に測定時間が短い機関の精度が悪い結果とはならなかった。

自然減衰により値の低くなったセシウム 134 の総放射能セシウムにおける割合は少なくなっており、総放射能セシウムを測定する場合、セシウム 134 の値を長時間測定により正確に求める必要は少ないと考えられる。

4.2 NaI シンチレーションスペクトロメータについて

今回、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、5 機関から報告された。

セシウム 134+セシウム 137 の結果の複合評価図を図 4.2 に示した。この図で中央値より、試料 1、試料 2 共に 20Bq/kg 程度高く、又は低く表示されているものは、NaI 測定のものである (各 1 機関)。それ以外の機関は、 z スコアが $|3|$ 以内か、若干低く外れた結果であった。

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る。

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る。

今回の NaI 測定の検出下限値は、測定時間 3,600～7,200 秒で 10～25Bq/kg-dry 程度であり、食品の基準である 100Bq/kg-dry を確認するのに問題はない。ただし、100Bq/kg-dry 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。

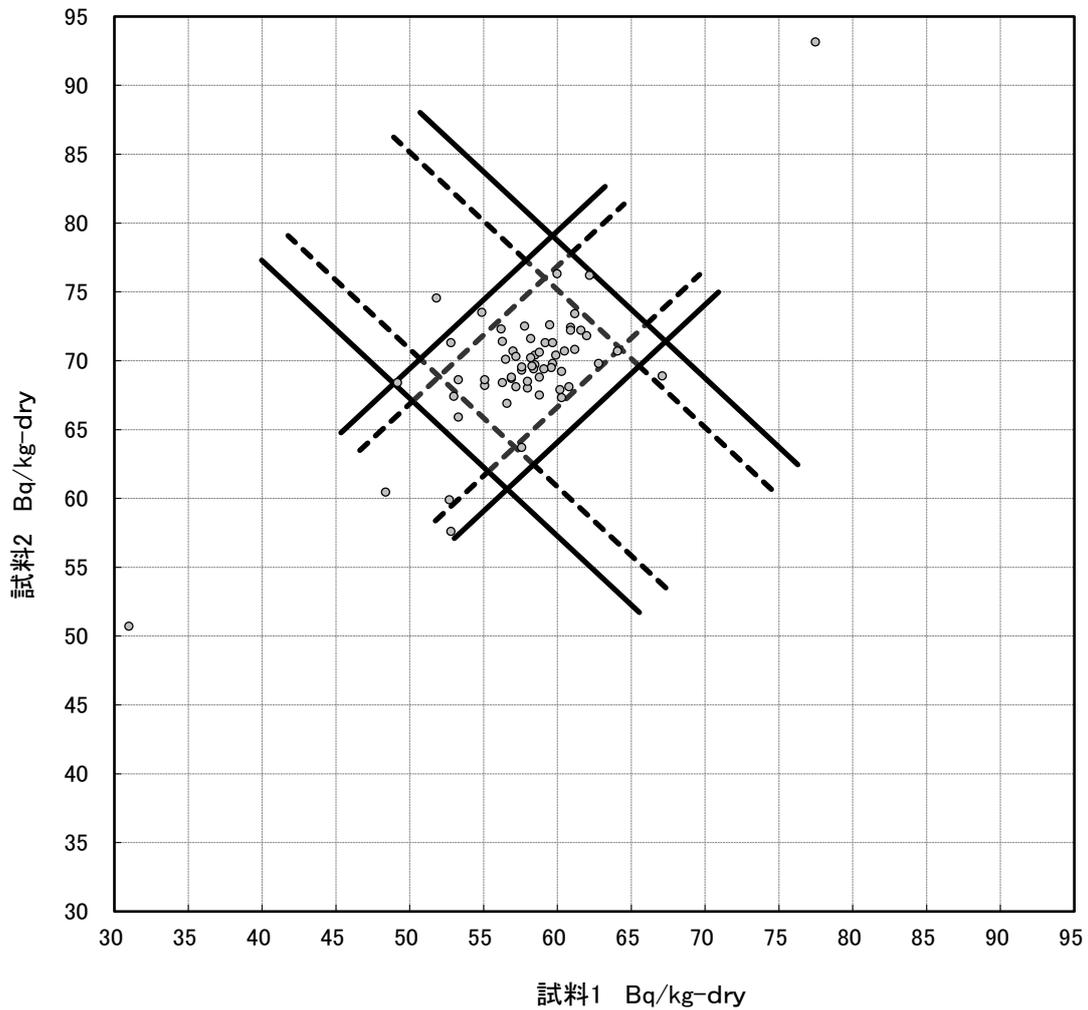


図 4.2 Cs-134+Cs-137 複合評価図

4.3 含水率

今回の試験では、試料の水分量を測定し、乾燥重量当りの濃度で報告することとしていた。試料の含水率は、試料 1 0~3.3%、平均 1.8%、試料 2 0~3.0%、平均 1.7%であり、測定結果に大きな影響は及ぼさなかった。

資料.1 参加機関

DOWA テクノリサーチ株式会社 小坂センター
株式会社 秋田県分析化学センター
飯舘村役場
いであ株式会社
いであ株式会社 環境創造研究所
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
川俣町役場
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 環境研究センター
株式会社 環境総合研究所
株式会社 環境総合テクノス 計測分析所
株式会社 環境分析研究所
環境保全株式会社 仙台支店
環境リサーチ株式会社
一般財団法人 九州環境管理協会
国見町役場
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
一般社団法人 埼玉県環境検査研究協会
鮫川村役場農林商工課
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 復興支援センター
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
日本空調サービス株式会社
株式会社 日立産機ドライブ・ソリューションズ
株式会社 日立パワーソリューションズ
公益財団法人 福島県保健衛生協会
福島大学 環境放射能研究所
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
三春町（三春の里ベクレルセンター）
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

※参加機関は五十音順に記載（本報告書中「試験所番号」の配列とは関連しない）