

2020年度  
第9回放射能クロスチェック  
報告書

2021年2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
2.3	重金属等分析	6
3	試験結果	7
3.1	試験結果記載要領	7
3.2	参加機関概要	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	8
3.3.3	統計解析結果概要	9
(1)	Cs-134+Cs-137 の Zスコア	9
(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
4	考察	18
4.1	測定時間と検出下限値	18
4.2	測定時間と測定精度	21
4.3	NaI シンチレーションスペクトロメータについて	22
5	参加機関 (五十音順)	23

## 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。

2020年度は第9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： RADI2020-01  
試験名： 第9回放射能クロスチェック  
試験試料： 調製水質試料（飛灰溶出液をろ過後、希釈して調整）  
（試料1，試料2。3Lポリ容器で配布）  
試験項目： セシウム-134 (Cs-134) 及びセシウム-137 (Cs-137)  
申込受付： 2020年8月7日（金）から9月18日（金）  
試料配付： 2020年10月1日（木）  
結果報告期限： 2020年10月19日（月）

### 1.3 試験方法

- 1) 容器充填：配付試料を各機関で測定容器へ充填
- 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ガンマ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 56 機関  
報告機関 56 機関  
（参加機関は巻末に示した）

## 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。

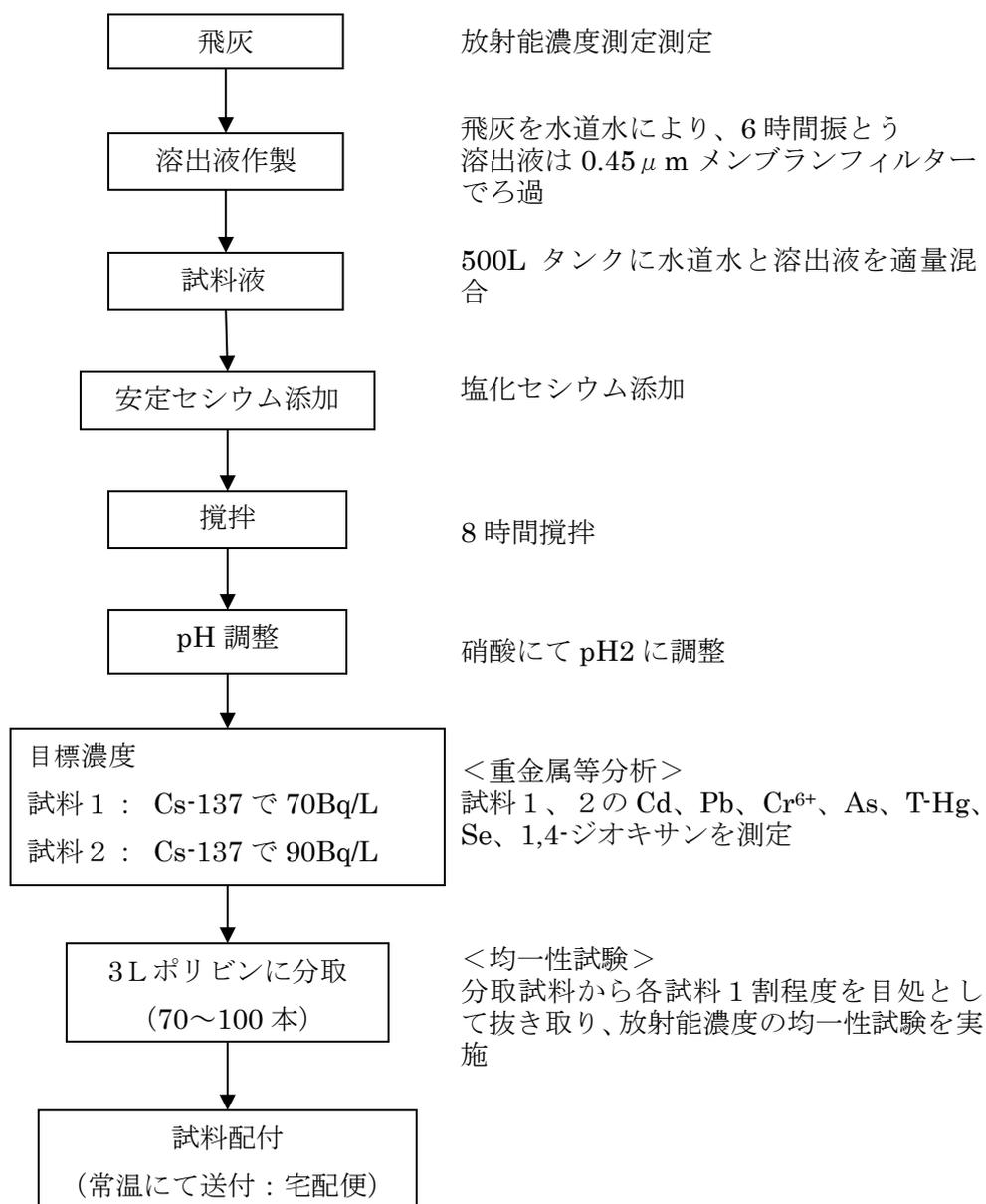


図 2-1 放射能クロスチェック試料調製方法

## 2.2 均一性確認試験

調製した試料1及び試料2から概ね10本毎を目安とし、各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。結果を表2-1～表2-4に示した。

表 2-1 均質性確認結果（試料1）

単位：Bq/L

試料No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Cs-134	3.1	4.1	3.7	3.7	3.7	3.6	3.3	3.7	3.6	4.1	3.2	3.7	3.7
	Cs-137	69	71	69	71	70	71	68	69	68	70	73	73	72
	Cs合計	72.1	75.1	72.7	74.7	73.7	74.6	71.3	72.7	71.6	74.1	76.2	76.7	75.7

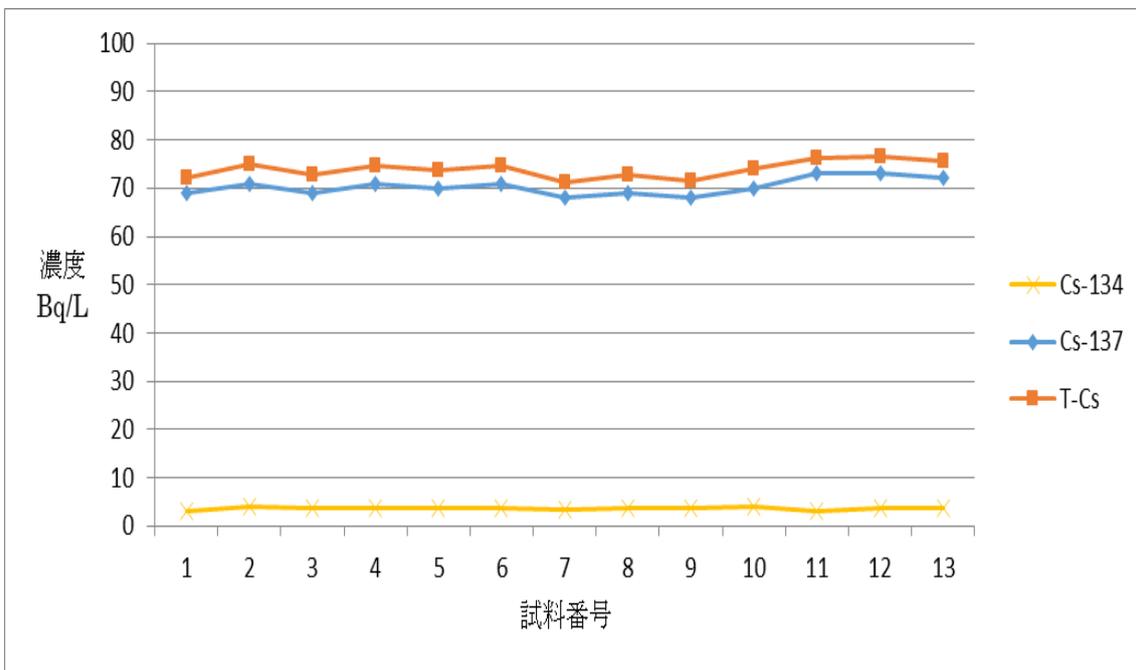


表 2-2 放射能測定により均質性確認（試料1）

	平均値(Bq/ L)	標準偏差(Bq/L)	変動係数(%)
Cs-134	3.6	0.3	8.1
Cs-137	70.3	1.7	2.4
Cs-134+Cs-137	73.9	1.8	2.4

表 2-3 放射能測定により均質性確認（試料2）

単位：Bq/L

試料No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	Cs-134	4.6	4.5	4.8	4.6	4.9	4.5	4.3	4.6	4.9	4.7	4.9	4.9	4.9
	Cs-137	88	87	91	89	89	87	90	86	91	89	94	92	93
	Cs合計	92.6	91.5	95.8	93.6	93.9	91.5	94.3	90.6	95.9	93.7	98.9	96.9	97.9

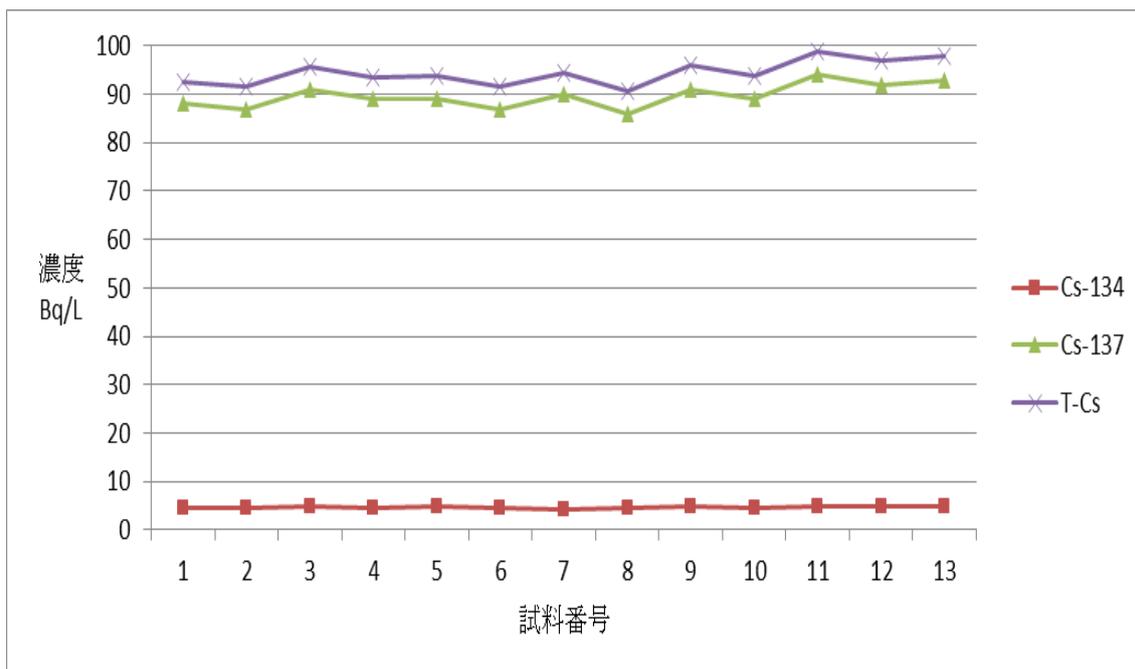


表 2-4 放射能測定により均質性確認（試料2）

	平均値(Bq/L)	標準偏差	変動係数(%)
Cs-134	4.7	0.2	4.3
Cs-137	89.7	2.4	2.7
Cs計	94.4	2.6	2.7

### 2.3 重金属等分析

今回の試料は飛灰の溶出液であることから調製後の試料について重金属等の濃度を確認した。

対象項目はカドミウム (Cd)、鉛 (Pb)、六価クロム (Cr<sup>6+</sup>)、砒素 (As)、水銀 (T-Hg)、セレン (Se)、1,4-ジオキサンとした。

結果を表 2-5 及び表 2-6 に示した。重金属等は試料 1、試料 2 のいずれからとも検出されなかったことから、試料の廃棄に特段の注意は不要と考えられた。

表 2-5 重金属分析結果 (試料 1)

単位 mg/L

試料 No	分析項目	濃度	定量下限値
1	Cd	検出せず	0.001
	Pb	検出せず	0.01
	Cr <sup>6+</sup>	検出せず	0.02
	As	検出せず	0.005
	T-Hg	検出せず	0.0005
	Se	検出せず	0.005
	1,4-ジオキサン	検出せず	0.05

表 2-6 重金属分析結果 (試料 2)

単位 mg/L

試料 No	分析項目	濃度	定量下限値
2	Cd	検出せず	0.001
	Pb	検出せず	0.01
	Cr <sup>6+</sup>	検出せず	0.02
	As	検出せず	0.005
	T-Hg	検出せず	0.0005
	Se	検出せず	0.005
	1,4-ジオキサン	検出せず	0.05

### 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  $\gamma$  線を出しているので、測定に用いた  $\gamma$  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 2020 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： 56 機関
- 2) 報告機関数： 56 機関
- 3) 報告件数： 59 件<sup>※1</sup>

※1 56 機関中、3 機関が 2 つの分析方法での結果を報告した。

### 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+Cs-137
試料 1	報告値	個	52	52	59
	平均値	Bq/L	3.5	71.3	74.6
	最大値	Bq/L	4.3	75.2	80.6
	最小値	Bq/L	2.6	66.1	64.7
	標準偏差	Bq/L	0.3	1.9	2.7
試料 2	報告値	個	52	52	59
	平均値	Bq/L	4.4	89.3	93.5
	最大値	Bq/L	4.9	94.1	98.7
	最小値	Bq/L	4.0	80.1	84.1
	標準偏差	Bq/L	0.2	2.7	2.9

- Cs-134+Cs-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 7 機関を含む。
- 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 52 機関 52 報告値

NaI シンチレーションスペクトロメータ 7 機関 7 報告値

参加機関 56 機関中、3 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。以降の統計結果等の結果表記においては、3 機関の結果については、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 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 59 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。

各試料の分析結果が zスコアの絶対値 3 以上となった機関は、試料 1 が 0 機関、試料 2 が 1 機関となっており、大きな外れ値はほとんどない良好な結果であった。

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	59	59	59	59
中央値(median) : $Q_2$	74.80	93.70	118.72	13.65
第1四分位数 : $Q_1$	73.31	91.50	116.64	12.90
第3四分位数 : $Q_3$	76.25	95.40	121.52	14.14
四分位数範囲 $IQR=Q_3-Q_1$	2.94	3.90	4.88	1.24
正規四分位数範囲 $IQR \times 0.7413$	2.18	2.89	3.62	0.92
ロバストな変動係数 $(IQR \times 0.7413 / Q_2) \times 100$	2.9	3.1	3.0	6.7
$ z  \leq 2$ (%)	89.8 (53)	96.6 (57)	96.6 (57)	79.7 (47)
$2 <  z  < 3$ (%)	8.5 (5)	1.7 (1)	1.7 (1)	11.9 (7)
$3 \leq  z $ (%)	1.7 (1)	1.7 (1)	1.7 (1)	8.5 (5)

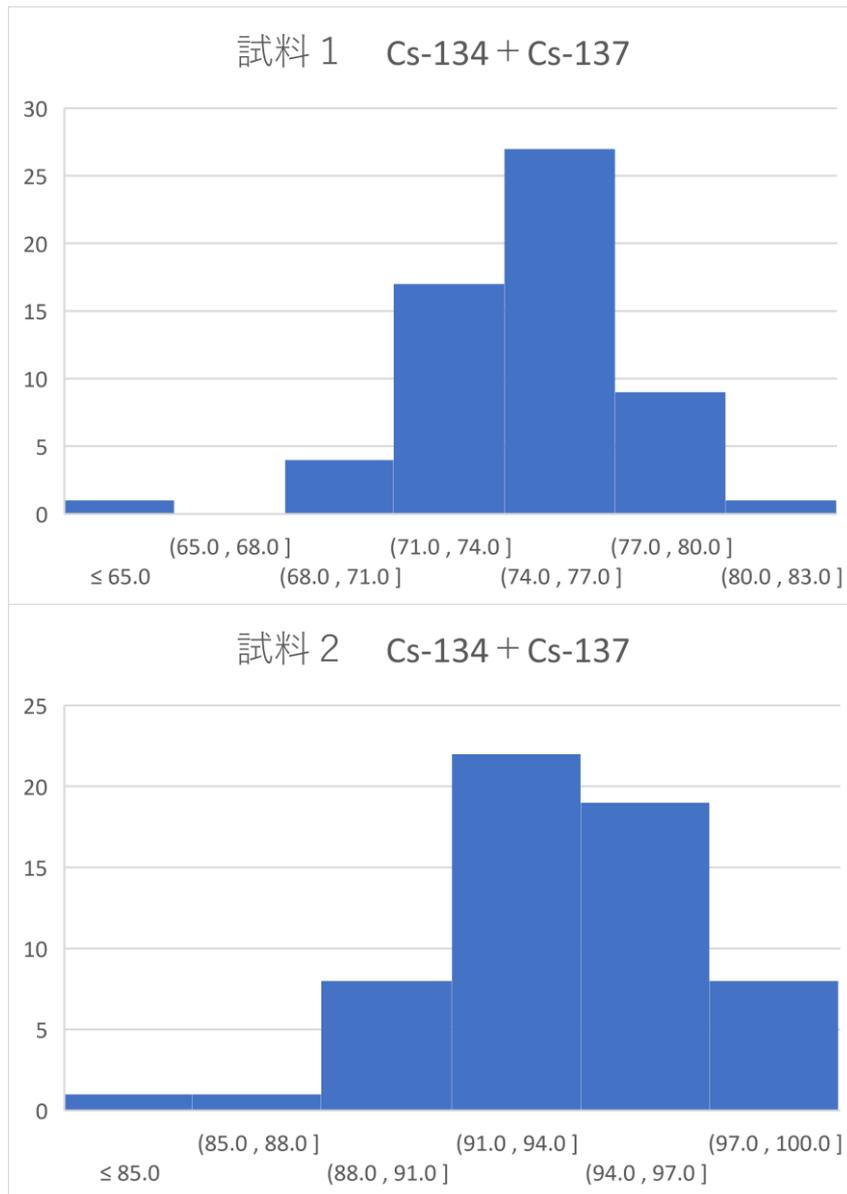


図 3-1 Cs-134+Cs-137 のヒストグラム

表 3-3 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
9R-001	Ge	73.9	-0.41	92.5	-0.42	117.66	-0.29	13.15	-0.54
9R-002	Ge	71.0	-1.75	91.6	-0.73	114.96	-1.04	14.57	1.00
9R-003	Ge	74.5	-0.14	93.0	-0.24	118.44	-0.08	13.08	-0.62
9R-004	Ge	77.6	1.28	97.8	1.42	124.03	1.47	14.28	0.69
9R-005	Ge	74.9	0.05	94.2	0.17	119.57	0.23	13.65	0.00
9R-006	NaI	71.6	-1.47	89.6	-1.42	113.99	-1.31	12.73	-1.00
9R-007	Ge	77.9	1.42	97.4	1.28	123.96	1.45	13.79	0.15
9R-008	Ge	75.2	0.18	97.4	1.28	122.05	0.92	15.70	2.24
9R-009	Ge	73.9	-0.41	88.1	-1.94	114.55	-1.15	10.04	-3.93
9R-010-1	Ge	79.2	2.02	97.0	1.14	124.59	1.62	12.59	-1.16
9R-010-2	NaI	78.7	1.79	97.4	1.28	124.52	1.60	13.22	-0.46
9R-011	Ge	71.9	-1.33	90.2	-1.21	114.62	-1.13	12.94	-0.77
9R-012	Ge	75.7	0.40	96.3	0.91	121.62	0.80	14.59	1.03
9R-013	Ge	74.2	-0.27	93.7	0.00	118.72	0.00	13.79	0.15
9R-014	NaI	68.4	-2.93	90.3	-1.18	112.22	-1.80	15.49	2.00
9R-015	Ge	76.4	0.73	96.7	1.04	122.40	1.02	14.35	0.77
9R-016	Ge	74.1	-0.32	93.6	-0.03	118.58	-0.04	13.79	0.15
9R-017	Ge	73.8	-0.46	92.9	-0.28	117.87	-0.23	13.51	-0.15
9R-018	Ge	74.9	0.05	94.3	0.21	119.64	0.25	13.72	0.08
9R-019	NaI	64.7	-4.63	87.8	-2.04	107.83	-3.01	16.33	2.93
9R-020	Ge	77.2	1.10	97.6	1.35	123.60	1.35	14.42	0.85
9R-021	Ge	69.2	-2.55	84.1	-3.33	108.40	-2.85	10.48	-3.45
9R-022	Ge	73.9	-0.41	93.1	-0.21	118.09	-0.18	13.58	-0.08
9R-023	Ge	74.4	-0.18	93.8	0.03	118.94	0.06	13.72	0.08
9R-024-1	Ge	75.0	0.09	92.0	-0.59	118.09	-0.18	12.02	-1.77
9R-024-2	NaI	70.0	-2.20	91.0	-0.93	113.84	-1.35	14.85	1.31
9R-025	Ge	76.3	0.69	96.0	0.80	121.83	0.86	13.93	0.31
9R-026-1	Ge	74.8	0.00	91.1	-0.90	117.31	-0.39	11.53	-2.31
9R-026-2	NaI	74.8	0.00	91.1	-0.90	117.31	-0.39	11.53	-2.31
9R-027	Ge	74.7	-0.05	94.6	0.31	119.71	0.27	14.07	0.46
9R-028	Ge	73.2	-0.73	93.6	-0.05	117.92	-0.22	14.38	0.80
9R-029	Ge	79.1	1.97	92.0	-0.59	120.99	0.63	9.12	-4.93
9R-030	Ge	75.4	0.27	94.5	0.28	120.14	0.39	13.51	-0.15
9R-031	Ge	74.9	0.03	91.7	-0.70	117.75	-0.27	11.89	-1.92
9R-032	Ge	77.2	1.10	93.9	0.07	120.99	0.63	11.80	-2.01
9R-033	Ge	72.3	-1.15	91.5	-0.76	115.82	-0.80	13.58	-0.08
9R-034	Ge	77.0	1.01	96.9	1.11	122.97	1.17	14.07	0.46
9R-035	Ge	73.1	-0.78	94.4	0.24	118.44	-0.08	15.06	1.54
9R-036	Ge	78.7	1.79	98.7	1.73	125.44	1.86	14.14	0.54
9R-037	Ge	76.4	0.75	97.2	1.22	122.80	1.13	14.69	1.14
9R-038	Ge	72.1	-1.24	91.1	-0.90	115.40	-0.92	13.44	-0.23
9R-039	Ge	74.6	-0.11	94.6	0.30	119.59	0.24	14.14	0.54
9R-040	Ge	72.9	-0.87	92.2	-0.52	116.74	-0.55	13.65	0.00
9R-041	Ge	72.6	-1.01	92.2	-0.52	116.53	-0.61	13.86	0.23
9R-042	Ge	74.8	0.00	94.4	0.24	119.64	0.25	13.86	0.23
9R-043	Ge	76.9	0.96	95.4	0.59	121.83	0.86	13.08	-0.62
9R-044	Ge	74.8	0.00	91.3	-0.83	117.45	-0.35	11.67	-2.16
9R-045	Ge	73.4	-0.64	90.3	-1.18	115.75	-0.82	11.95	-1.85
9R-046	Ge	76.2	0.64	95.5	0.62	121.41	0.74	13.65	0.00
9R-047	Ge	74.0	-0.37	95.4	0.59	119.78	0.29	15.13	1.62
9R-048	Ge	73.5	-0.60	92.2	-0.52	117.17	-0.43	13.22	-0.46
9R-049	Ge	77.4	1.19	98.5	1.66	124.38	1.56	14.92	1.39
9R-050	NaI	80.6	2.67	94.4	0.23	123.73	1.38	9.72	-4.29
9R-051	Ge	76.0	0.55	94.2	0.17	120.35	0.45	12.87	-0.85
9R-052	Ge	75.4	0.26	94.2	0.16	119.86	0.31	13.29	-0.39
9R-053	Ge	72.2	-1.19	91.0	-0.93	115.40	-0.92	13.29	-0.39
9R-054	Ge	72.1	-1.24	91.5	-0.76	115.68	-0.84	13.72	0.08
9R-055	Ge	74.9	0.03	89.9	-1.31	116.52	-0.61	10.65	-3.27
9R-057	Ge	75.4	0.27	95.2	0.52	120.63	0.53	14.00	0.39

**(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 52 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。

各試料の分析結果が zスコアの絶対値 3 以上となった機関は、試料 1 が 5 機関、試料 2 が 1 機関となった。zスコア絶対値 2 以下の良好と判断されたデータも Cs-134+Cs-137 の結果と比べると少なかった。

**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	52	52	52	52
中央値(median) : $Q_2$	3.50	4.40	5.66	0.64
第1四分位数 : $Q_1$	3.40	4.30	5.44	0.57
第3四分位数 : $Q_3$	3.61	4.50	5.80	0.71
四分位数範囲 $IQR=Q_3-Q_1$	0.21	0.20	0.35	0.14
正規四分位数範囲 $IQR \times 0.7413$	0.16	0.15	0.26	0.10
ロバストな変動係数 $(IQR \times 0.7413 / Q_2) \times 100$	4.4	3.4	4.6	16.5
$ z  \leq 2$ (%)	82.7 (43)	80.8 (42)	92.3 (48)	71.2 (37)
$2 <  z  < 3$ (%)	7.7 (4)	17.3 (9)	7.7 (4)	9.6 (5)
$3 \leq  z $ (%)	9.6 (5)	1.9 (1)	0.0 (0)	19.2 (10)

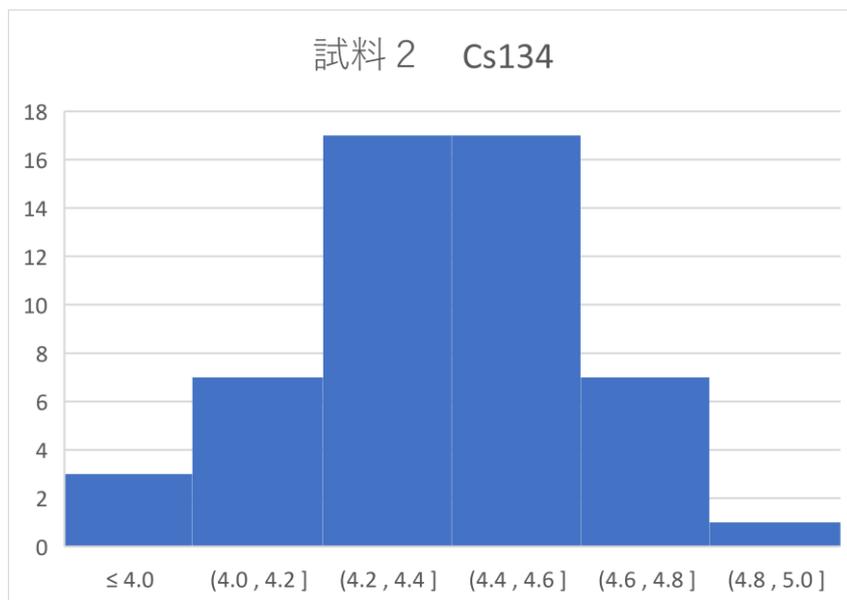
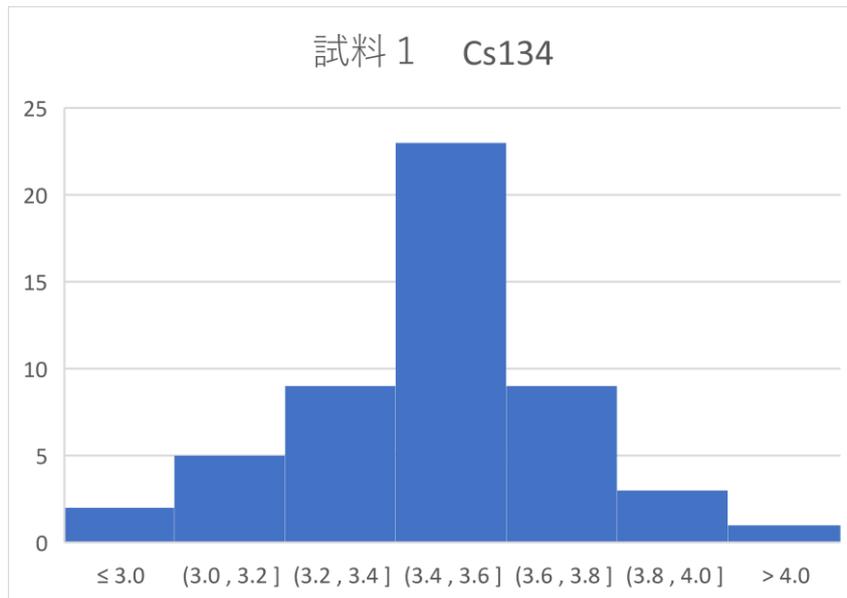


図 3-2 Cs-134 のヒストグラム

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			
9R-001	Ge	3.6	0.64	4.5	0.67	5.73	0.27	0.64	0.00			
9R-002	Ge	3.5	-0.06	4.4	-0.07	5.57	-0.32	0.64	0.00			
9R-003	Ge	3.4	-0.64	4.2	-1.35	5.37	-1.08	0.57	-0.67			
9R-004	Ge	3.7	1.28	4.5	0.67	5.80	0.54	0.57	-0.67			
9R-005	Ge	3.7	1.28	4.5	0.67	5.80	0.54	0.57	-0.67			
9R-007	Ge	3.5	0.00	4.7	2.02	5.80	0.54	0.85	2.02			
9R-008	Ge	2.7	-5.14	§	4.7	2.02	5.23	-1.62	1.41	7.42	§	
9R-009	Ge	3.8	1.93	§	4.2	-1.35	5.66	0.00	0.28	-3.37	§	
9R-010-1	Ge	4.0	3.21	§	4.3	-0.67	5.87	0.81	0.21	-4.05	§	
9R-011	Ge	3.2	-1.93	§	4.2	-1.35	5.23	-1.62	0.71	0.67	§	
9R-012	Ge	4.0	3.08	§	4.4	0.13	5.94	1.08	0.31	-3.10	§	
9R-013	Ge	3.5	0.00	§	4.5	0.67	5.66	0.00	0.71	0.67	§	
9R-015	Ge	3.5	0.00	§	4.6	1.35	5.73	0.27	0.78	1.35	§	
9R-016	Ge	3.5	0.00	§	4.3	-0.67	5.52	-0.54	0.57	-0.67	§	
9R-017	Ge	3.5	0.00	§	4.4	0.00	5.59	-0.27	0.64	0.00	§	
9R-018	Ge	3.5	0.00	§	4.3	-0.67	5.52	-0.54	0.57	-0.67	§	
9R-020	Ge	3.5	0.00	§	4.8	2.70	5.87	0.81	0.92	2.70	§	
9R-021	Ge	3.1	-2.31	§	4.0	-2.97	5.02	-2.43	0.58	-0.54	§	
9R-022	Ge	3.2	-1.93	§	4.9	3.37	§	5.73	0.27	1.20	5.40	§
9R-023	Ge	3.6	0.64	§	4.6	1.35	5.80	0.54	0.71	0.67	§	
9R-024-1	Ge	3.5	0.00	§	4.2	-1.35	5.44	-0.81	0.49	-1.35	§	
9R-025	Ge	3.5	0.00	§	4.5	0.67	5.66	0.00	0.71	0.67	§	
9R-026-1	Ge	3.9	2.57	§	4.3	-0.67	5.80	0.54	0.28	-3.37	§	
9R-027	Ge	3.5	0.00	§	4.5	0.67	5.66	0.00	0.71	0.67	§	
9R-028	Ge	3.5	0.06	§	4.4	-0.34	5.56	-0.38	0.59	-0.40	§	
9R-029	Ge	4.3	5.14	§	4.5	0.67	6.22	2.16	0.14	-4.72	§	
9R-030	Ge	3.8	1.93	§	4.3	-0.67	5.73	0.27	0.35	-2.70	§	
9R-031	Ge	3.3	-1.54	§	4.4	-0.20	5.40	-1.00	0.78	1.42	§	
9R-032	Ge	3.2	-1.86	§	4.0	-2.70	5.10	-2.13	0.56	-0.74	§	
9R-033	Ge	3.3	-1.28	§	4.5	0.67	5.52	-0.54	0.85	2.02	§	
9R-034	Ge	3.8	1.93	§	4.5	0.67	5.87	0.81	0.49	-1.35	§	
9R-035	Ge	3.6	0.64	§	4.6	1.35	5.80	0.54	0.71	0.67	§	
9R-036	Ge	3.8	1.93	§	4.7	2.02	6.01	1.35	0.64	0.00	§	
9R-037	Ge	3.6	0.90	§	4.6	1.48	5.84	0.70	0.69	0.54	§	
9R-038	Ge	3.4	-0.64	§	4.2	-1.35	5.37	-1.08	0.57	-0.67	§	
9R-039	Ge	3.5	-0.26	§	4.3	-0.94	5.46	-0.76	0.57	-0.67	§	
9R-040	Ge	3.3	-1.28	§	4.2	-1.35	5.30	-1.35	0.64	0.00	§	
9R-041	Ge	3.5	0.00	§	4.3	-0.67	5.52	-0.54	0.57	-0.67	§	
9R-042	Ge	3.4	-0.64	§	4.4	0.00	5.52	-0.54	0.71	0.67	§	
9R-043	Ge	3.7	1.28	§	4.3	-0.67	5.66	0.00	0.42	-2.02	§	
9R-044	Ge	3.6	0.64	§	4.4	0.00	5.66	0.00	0.57	-0.67	§	
9R-045	Ge	3.1	-2.57	§	4.0	-2.70	5.02	-2.43	0.64	0.00	§	
9R-046	Ge	3.6	0.64	§	4.5	0.67	5.73	0.27	0.64	0.00	§	
9R-047	Ge	3.1	-2.57	§	4.5	0.67	5.37	-1.08	0.99	3.37	§	
9R-048	Ge	3.6	0.64	§	4.4	0.00	5.66	0.00	0.57	-0.67	§	
9R-049	Ge	3.7	1.28	§	4.4	0.00	5.73	0.27	0.49	-1.35	§	
9R-051	Ge	3.4	-0.64	§	4.8	2.70	5.80	0.54	0.99	3.37	§	
9R-052	Ge	3.5	-0.26	§	4.5	0.34	5.59	-0.24	0.70	0.61	§	
9R-053	Ge	3.5	0.00	§	4.2	-1.35	5.44	-0.81	0.49	-1.35	§	
9R-054	Ge	3.4	-0.64	§	4.3	-0.67	5.44	-0.81	0.64	0.00	§	
9R-055	Ge	2.6	-6.04	§	4.7	2.16	5.15	-1.94	1.53	8.50	§	
9R-057	Ge	3.5	0.00	§	4.5	0.67	5.66	0.00	0.71	0.67	§	

(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 52 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。

各試料の分析結果が zスコアの絶対値 3 以上となった機関は、試料 1 が 0 機関、試料 2 が 1 機関となっており、大きな外れ値はほとんどない良好な結果であった。

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	52	52	52	52
中央値(median) : $Q_2$	71.20	89.35	113.46	13.01
第1四分位数 : $Q_1$	70.25	87.45	111.51	12.37
第3四分位数 : $Q_3$	72.65	91.03	115.74	13.51
四分位数範囲 $IQR=Q_3-Q_1$	2.40	3.58	4.22	1.13
正規四分位数範囲 $IQR \times 0.7413$	1.78	2.65	3.13	0.84
ロバストな変動係数 $(IQR \times 0.7413 / Q_2) \times 100$	2.5	3.0	2.8	6.4
$ z  \leq 2$ (%)	90.4 (47)	96.2 (50)	98.1 (51)	82.7 (43)
$2 <  z  < 3$ (%)	9.6 (5)	1.9 (1)	0.0 (0)	9.6 (5)
$3 \leq  z $ (%)	0.0 (0)	1.9 (1)	1.9 (1)	7.7 (4)

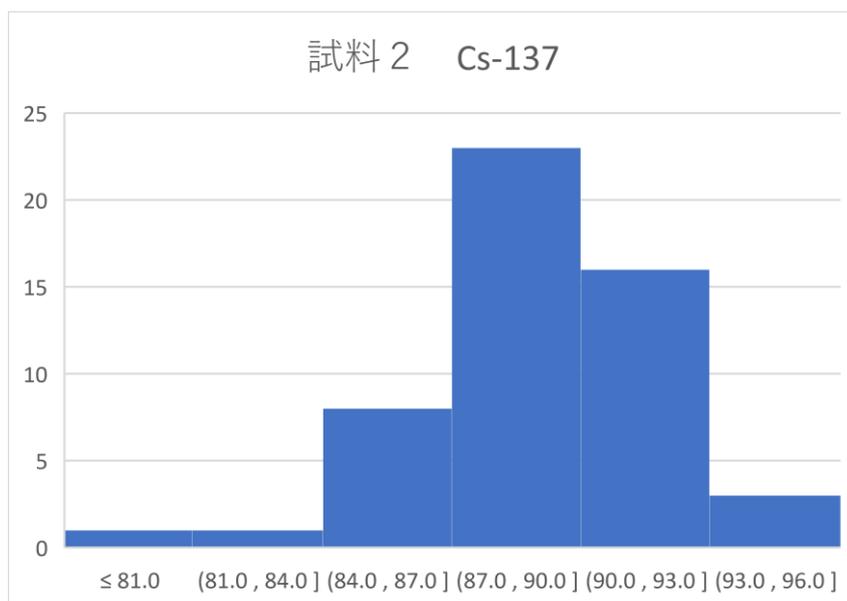
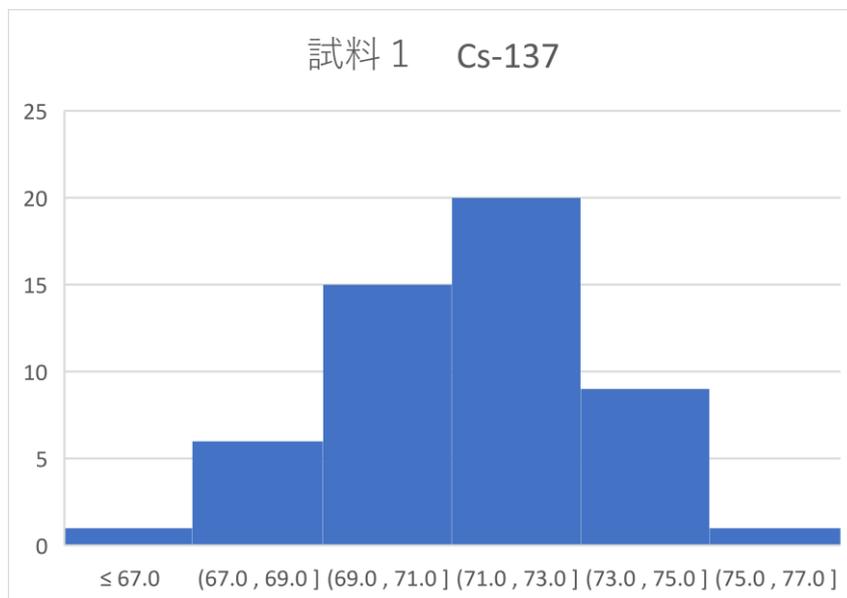


図 3-3 Cs-137 のヒストグラム

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
9R-001	Ge	70.3	-0.51	88.0	-0.51	111.94	-0.49	12.52	-0.59
9R-002	Ge	67.5	-2.08	87.2	-0.81	109.39	-1.30	13.93	1.10
9R-003	Ge	71.1	-0.06	88.8	-0.21	113.07	-0.12	12.52	-0.59
9R-004	Ge	73.9	1.52	93.3	1.49	118.23	1.52	13.72	0.84
9R-005	Ge	71.2	0.00	89.7	0.13	113.77	0.10	13.08	0.08
9R-007	Ge	74.4	1.80	92.7	1.26	118.16	1.50	12.94	-0.08
9R-008	Ge	72.5	0.73	92.7	1.26	116.81	1.07	14.28	1.52
9R-009	Ge	70.1	-0.62	83.9	-2.06	108.89	-1.46	9.76	-3.88
9R-010-1	Ge	75.2	2.25	92.7	1.26	118.72	1.68	12.37	-0.76
9R-011	Ge	68.7	-1.41	86.0	-1.26	109.39	-1.30	12.23	-0.93
9R-012	Ge	71.7	0.28	91.9	0.96	115.68	0.71	14.28	1.52
9R-013	Ge	70.7	-0.28	89.2	-0.06	113.07	-0.12	13.08	0.08
9R-015	Ge	72.9	0.96	92.1	1.04	116.67	1.03	13.58	0.67
9R-016	Ge	70.6	-0.34	89.3	-0.02	113.07	-0.12	13.22	0.25
9R-017	Ge	70.3	-0.51	88.5	-0.32	112.29	-0.37	12.87	-0.17
9R-018	Ge	71.4	0.11	90.0	0.25	114.13	0.21	13.15	0.17
9R-020	Ge	73.7	1.41	92.8	1.30	117.73	1.37	13.51	0.59
9R-021	Ge	66.1	-2.87	80.1	-3.49	103.38	-3.22	9.90	-3.71
9R-022	Ge	70.7	-0.28	88.2	-0.43	112.36	-0.35	12.37	-0.76
9R-023	Ge	70.8	-0.22	89.2	-0.06	113.14	-0.10	13.01	0.00
9R-024-1	Ge	71.5	0.17	87.8	-0.58	112.64	-0.26	11.53	-1.77
9R-025	Ge	72.8	0.90	91.5	0.81	116.18	0.87	13.22	0.25
9R-026-1	Ge	70.9	-0.17	86.8	-0.96	111.51	-0.62	11.24	-2.11
9R-027	Ge	71.2	0.00	90.1	0.28	114.06	0.19	13.36	0.42
9R-028	Ge	69.7	-0.84	89.2	-0.06	112.36	-0.35	13.79	0.93
9R-029	Ge	74.8	2.02	87.5	-0.70	114.76	0.42	8.98	-4.81
9R-030	Ge	71.6	0.22	90.2	0.32	114.41	0.30	13.15	0.17
9R-031	Ge	71.6	0.22	87.3	-0.77	112.36	-0.35	11.10	-2.28
9R-032	Ge	74.0	1.57	89.9	0.21	115.89	0.78	11.24	-2.11
9R-033	Ge	69.0	-1.24	87.0	-0.89	110.31	-1.00	12.73	-0.34
9R-034	Ge	73.2	1.12	92.4	1.15	117.10	1.16	13.58	0.67
9R-035	Ge	69.5	-0.96	89.8	0.17	112.64	-0.26	14.35	1.60
9R-036	Ge	74.9	2.08	94.0	1.75	119.43	1.91	13.51	0.59
9R-037	Ge	72.8	0.90	92.6	1.23	116.96	1.12	14.00	1.18
9R-038	Ge	68.7	-1.41	86.9	-0.92	110.03	-1.09	12.87	-0.17
9R-039	Ge	71.1	-0.06	90.3	0.36	114.13	0.21	13.58	0.67
9R-040	Ge	69.6	-0.90	88.0	-0.51	111.44	-0.64	13.01	0.00
9R-041	Ge	69.1	-1.18	87.9	-0.55	111.02	-0.78	13.29	0.34
9R-042	Ge	71.4	0.11	90.0	0.25	114.13	0.21	13.15	0.17
9R-043	Ge	73.2	1.12	91.1	0.66	116.18	0.87	12.66	-0.42
9R-044	Ge	71.2	0.00	86.9	-0.92	111.79	-0.53	11.10	-2.28
9R-045	Ge	70.3	-0.51	86.3	-1.15	110.73	-0.87	11.31	-2.02
9R-046	Ge	72.6	0.79	91.0	0.62	115.68	0.71	13.01	0.00
9R-047	Ge	70.9	-0.17	90.9	0.58	114.41	0.30	14.14	1.35
9R-048	Ge	69.9	-0.73	87.8	-0.58	111.51	-0.62	12.66	-0.42
9R-049	Ge	73.7	1.41	94.1	1.79	118.65	1.66	14.42	1.69
9R-051	Ge	72.6	0.79	89.4	0.02	114.55	0.35	11.88	-1.35
9R-052	Ge	71.9	0.39	89.7	0.13	114.27	0.26	12.59	-0.51
9R-053	Ge	68.7	-1.41	86.8	-0.96	109.96	-1.12	12.80	-0.25
9R-054	Ge	68.7	-1.41	87.2	-0.81	110.24	-1.03	13.08	0.08
9R-055	Ge	72.3	0.62	85.2	-1.57	111.37	-0.67	9.12	-4.64
9R-057	Ge	71.9	0.39	90.7	0.51	114.98	0.49	13.29	0.34

## 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9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25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74~94Bq/L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。

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の下限值是個々の下限値の二乗和の平方根とした。

図4-1より試料1、試料2で測定時間を変えて測定した機関があった。

図4-2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216,000秒(60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4-2下段の図より内訳としては、3,600秒~5400秒を選択した分析機関が多かった。

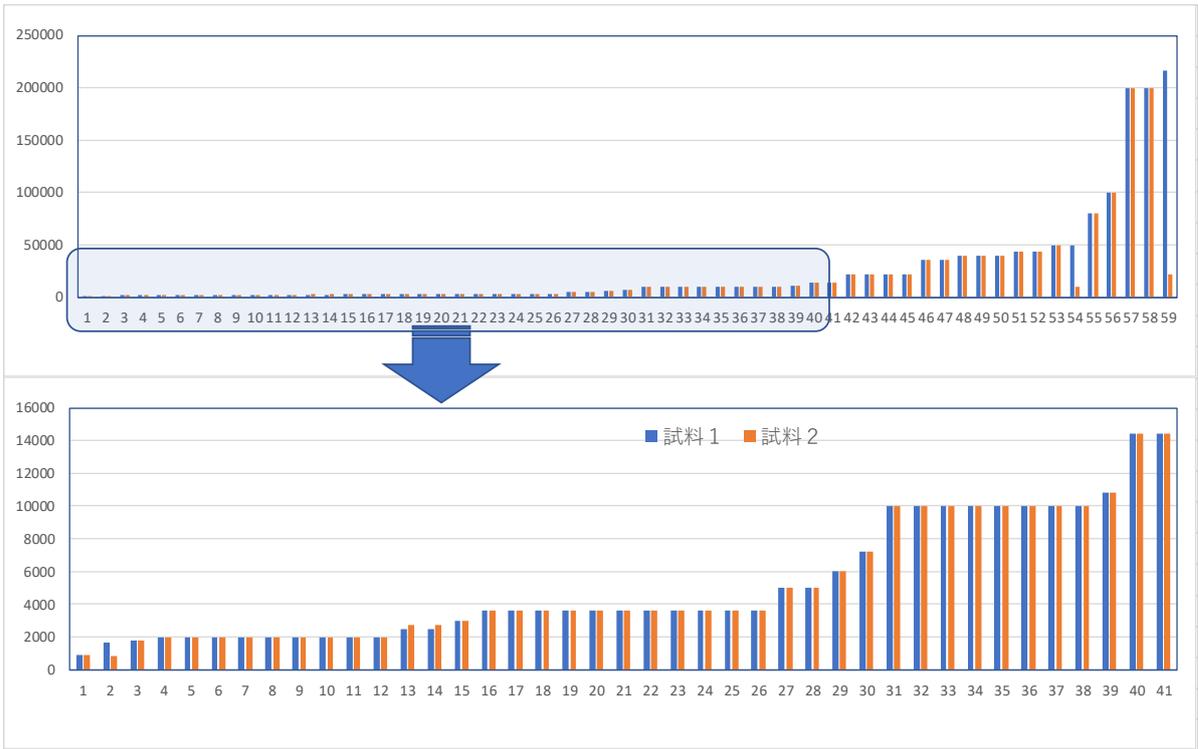


図 4-1 測定時間の分布（上段：全体、下段：拡大図）

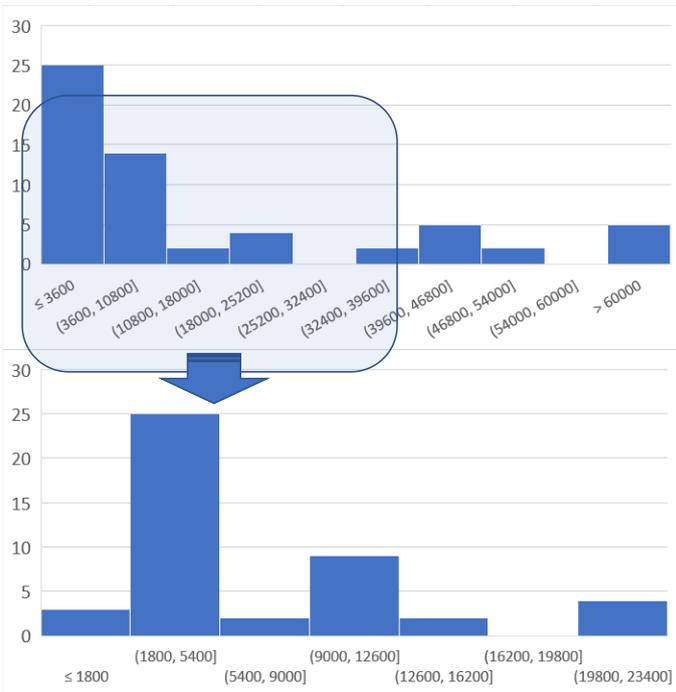


図 4-2 測定時間のヒストグラム（試料 1 を例として）  
（上段：全体、下段：拡大図）

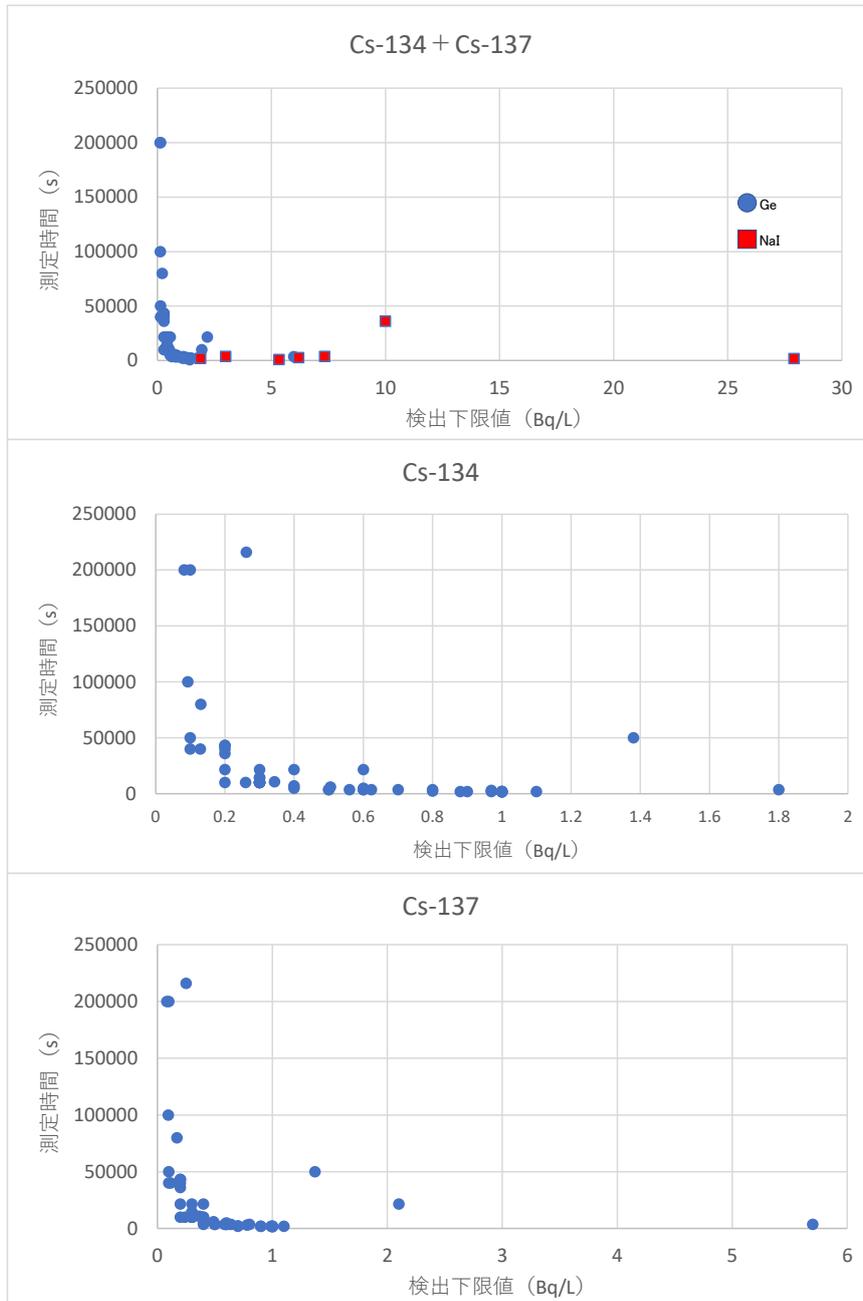


図 4-3 検出下限値と測定時間の散布図 (試料 1 を例として)

## 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 双方の結果を載せた。今回のクロスチェックでは  $z$ スコアの絶対値で2以下の機関が多く、測定時間と測定精度の関係はあまり見られなかった。各機関の所有する機器に適切な測定時間が設定されていたものと思われた。

図 4-4 中  $z$ スコアが-5 付近のデータとなった機関については、測定時のパラメータについて再度確認いただきたい。

総放射性セシウム (Cs-134+Cs-137) における Cs-134 の割合は少なくなってきており、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。

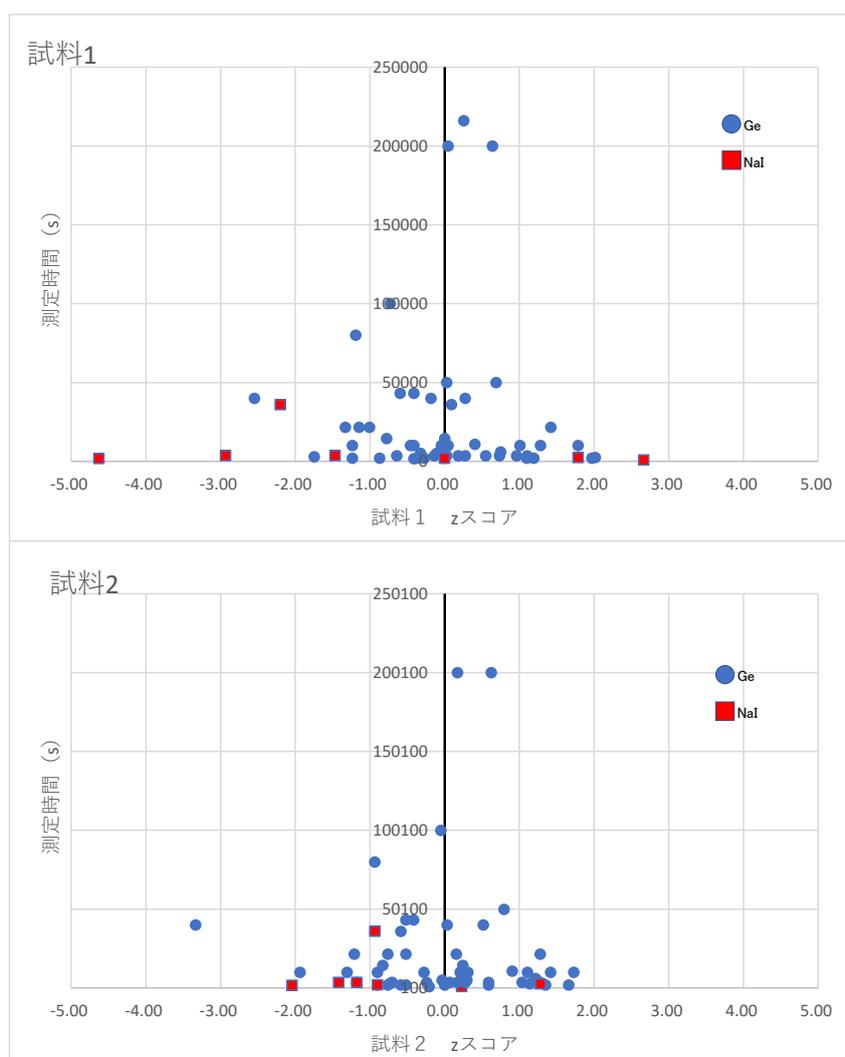


図 4-4 Cs-134+Cs-137 合計値の  $z$ スコアと測定時間の分布  
(上段：試料1、下段：試料2)

### 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、7 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 測定の結果はやや  $\sigma$  スコアが大きいものがあるが、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。

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た。ただし、100Bq/kg 近傍の測定結果となった場合は、精密測定を行うことが望ましい。

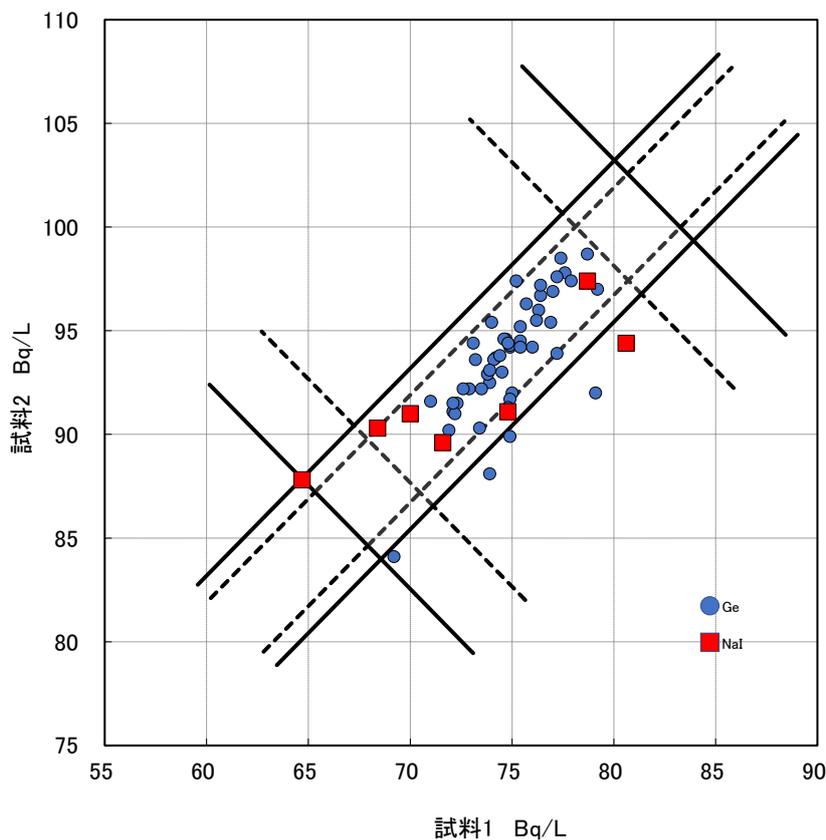


図 4-5 Cs-134+Cs-137 の複合評価図

## 5 参加機関（五十音順）

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  
福島県相馬郡 飯舘村  
いであ株式会社  
株式会社 エオネックス  
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 環境分析研究所  
環境保全株式会社  
株式会社 KANSOテクノス  
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 放射線応用学研究室  
株式会社 熊谷環境分析センター  
株式会社 クリアライズ  
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  
鮫川村  
株式会社 産業公害・医学研究所 八戸分室  
株式会社 サンヨー環境調査センター  
株式会社 島津テクノリサーチ  
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  
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  
東京パワーテクノロジー株式会社 環境事業部  
東京パワーテクノロジー株式会社 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  
株式会社 トータル環境システム  
DOWA テクノリサーチ株式会社  
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  
日鉄環境株式会社 分析ソリューション事業本部 釜石センター  
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  
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  
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