

平成 27 年度  
第 4 回放射能クロスチェック  
報告書

平成 28 年 1 月

(一社) 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.....	1
2. 試料.....	2
2.1 試料の調製.....	2
2.2 ゼオライト（イズカライト）粒度分布.....	3
2.3 均質性試験.....	3
3. 試験結果.....	5
3.1 試験結果記載要領.....	5
3.2 参加機関概要.....	5
3.3 測定結果.....	6
3.3.1 測定結果概要.....	6
3.3.2 統計解析結果概要.....	7
4. 考察.....	19
4.1 複合評価図.....	19
4.2 検出下限濃度.....	21
4.3 放射能の比率.....	24
資料.1 参加機関.....	27

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： RADI2015-01

試験名： 平成 27 年度第 4 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 27 年 8 月 20 日から 9 月 18 日

試料配布： 平成 27 年 10 月 5 日

結果報告期限： 平成 27 年 10 月 23 日

### 1.3 試験方法

$\gamma$ 線を測定することにより、セシウム 134 及びセシウム 137 を測定する。

試験方法は、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 に準拠

これ以外の分析方法またはゲルマニウム半導体検出器ではない場合は、分析方法を記載

### 1.4 参加状況

参加試験所 59 機関

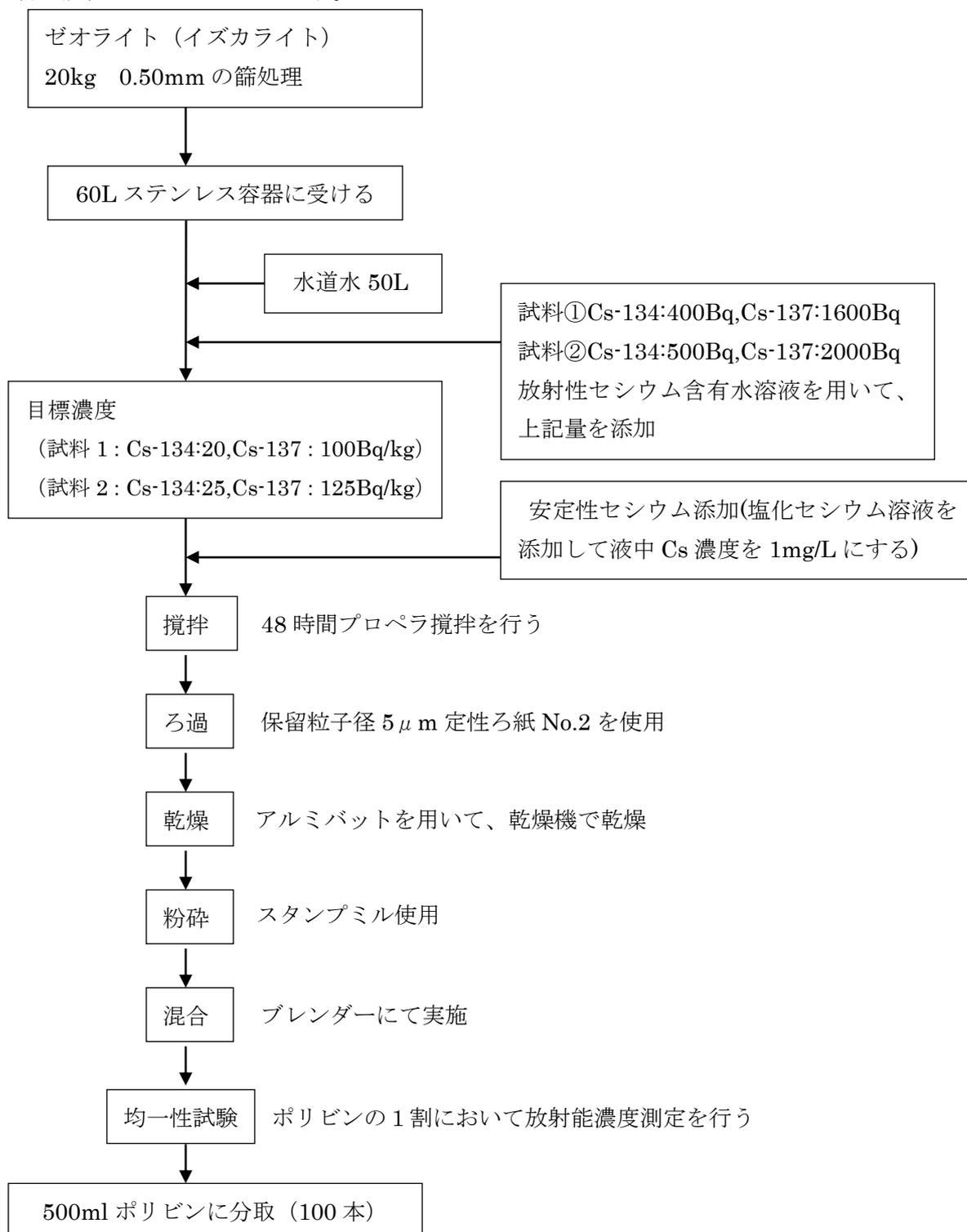
報告試験所 59 機関

参加試験所名を資料 1 に示す。

## 2. 試料

### 2.1 試料の調製

試料の調製方法をフロー1に示す。



フロー1 放射能クロスチェック試料調製方法

## 2.2 ゼオライト（イズカライト）粒度分布

粒度分布測定結果を表 2.1、図 2.2 に示す。

表 2.1 ゼオライト（イズカライト）粒度分布

ゼオライト名	平均粒子径 ( $\mu\text{m}$ )
イズカライト	13

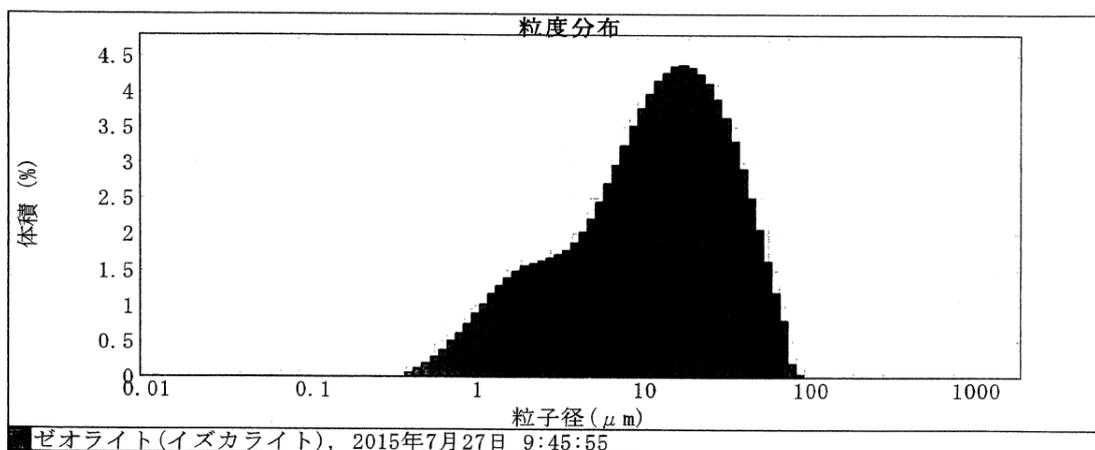


図 2.2 ゼオライト（イズカライト）粒度分布

## 2.3 均質性試験

調製した試料 1 及び試料 2 を 10 本毎に、各 10 試料について放射性セシウムの測定を行い、均質性を確認した。放射能測定結果を表 2.2～表 2.5 に示す。

表 2.2 放射能測定結果（試料 1） 単位 Bq/kg

試料No.		01/100	10/100	20/100	30/100	40/100	50/100	60/100	70/100	80/100	90/100
1	Cs-134	19.31	19.55	20.55	18.63	20.04	17.84	20.77	18.63	20.36	19.27
	Cs-137	88.18	84.96	80.41	74.49	78.36	81.35	83.30	82.74	78.25	80.49
	Cs合計	107.49	104.51	100.96	93.12	98.40	99.19	104.07	101.37	98.61	99.76

備考：放射能測定はすべて 3600 秒測定

表 2.3 放射能測定結果（試料 1）

	平均値(Bq/kg)	標準偏差(Bq/kg)	変動係数(%)
Cs-134	19.50	0.949	4.87
Cs-137	81.25	3.838	4.72
Cs 合計	100.75	3.983	3.95

表 2.4 放射能測定結果 (試料 2)

単位 Bq/kg

試料No.		01/100	10/100	20/100	30/100	40/100	50/100	60/100	70/100	80/100	90/100
2	Cs-134	25.79	25.58	27.00	26.99	25.33	22.39	26.15	27.41	24.20	25.37
	Cs-137	104.1	103.5	99.94	101.2	104.8	109.1	105.2	102.2	105.2	104.4
	Cs合計	129.89	129.08	126.94	128.19	130.13	131.49	131.35	129.61	129.40	129.77

備考：放射能測定はすべて 3600 秒測定

表 2.5 放射能測定結果 (試料 2)

	平均値(Bq/kg)	標準偏差(Bq/kg)	変動係数(%)
Cs-134	25.62	1.487	5.80
Cs-137	103.96	2.528	2.43
Cs 合計	129.59	1.350	1.04

### 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  $\gamma$  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

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 27 年 10 月 5 日 12 時とし計算

なお、報告値は乾燥重量換算値とした。

#### 3.2 参加機関概要

参加機関数 : 59 機関

報告件数 : 59 件

測定機器 : ゲルマニウム半導体検出器 56 件

キャンベラ社 17 件、セイコーEG&G 社 37 件、

その他 (不明を含む) 2 件

NaI シンチレーションスペクトロメータ 3 件

### 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	-	56	56	59
	平均値	Bq/kg	20.3	85.2	106.4
	最小値	Bq/kg	16.0	67.9	85.9
	最大値	Bq/kg	26.3	98.2	146.4
	標準偏差	Bq/kg	1.70	5.01	8.00
試料 2	測定数	-	56	56	59
	平均値	Bq/kg	25.5	107.8	134.1
	最小値	Bq/kg	20.9	92.3	115.3
	最大値	Bq/kg	30.6	120.3	185.2
	標準偏差	Bq/kg	1.91	6.15	10.16

参考としてゲルマニウム半導体検出器測定における Cs-134+137 の概要を示した。

	項目	単位	Cs-134+137
試料 1	測定数	-	56
	平均値	Bq/kg	105.6
	最小値	Bq/kg	85.9
	最大値	Bq/kg	121.0
	標準偏差	Bq/kg	6.00
試料 2	測定数	-	56
	平均値	Bq/kg	133.2
	最小値	Bq/kg	115.3
	最大値	Bq/kg	147.4
	標準偏差	Bq/kg	7.51

### 3.3.2 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の放射性セシウムの値、全 59 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 では、3 機関の測定結果が、試料 2 では、1 機関の測定結果が |3| を超えていた。異常値の棄却検定を Grubbs の式を用いて行った結果では、試料 1、試料 2 とも最大値のみ危険率 1% で棄却の判定であった。

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 (メジアン) : Q2	105.60	133.00	168.64	19.59
第 1 四分位数 : Q1	102.35	128.05	163.80	18.07
第 3 四分位数 : Q3	108.45	139.45	175.68	21.46
四分位数範囲 IQR=Q3-Q1	6.10	11.40	11.88	3.39
正規四分位数範囲 IQR×0.7413	4.52	8.45	8.81	2.52
ロバストな変動係数 (IQR×0.7413/Q2)×100	4.3	6.4	5.2	12.8
z  ≤ 2 (%)	83.1 (49)	96.6 (57)	96.6 (57)	81.4 (48)
2 <  z  < 3 (%)	11.9 (7)	1.7 (1)	1.7 (1)	13.6 (8)
3 ≤  z  (%)	5.1 (3)	1.7 (1)	1.7 (1)	5.1 (3)

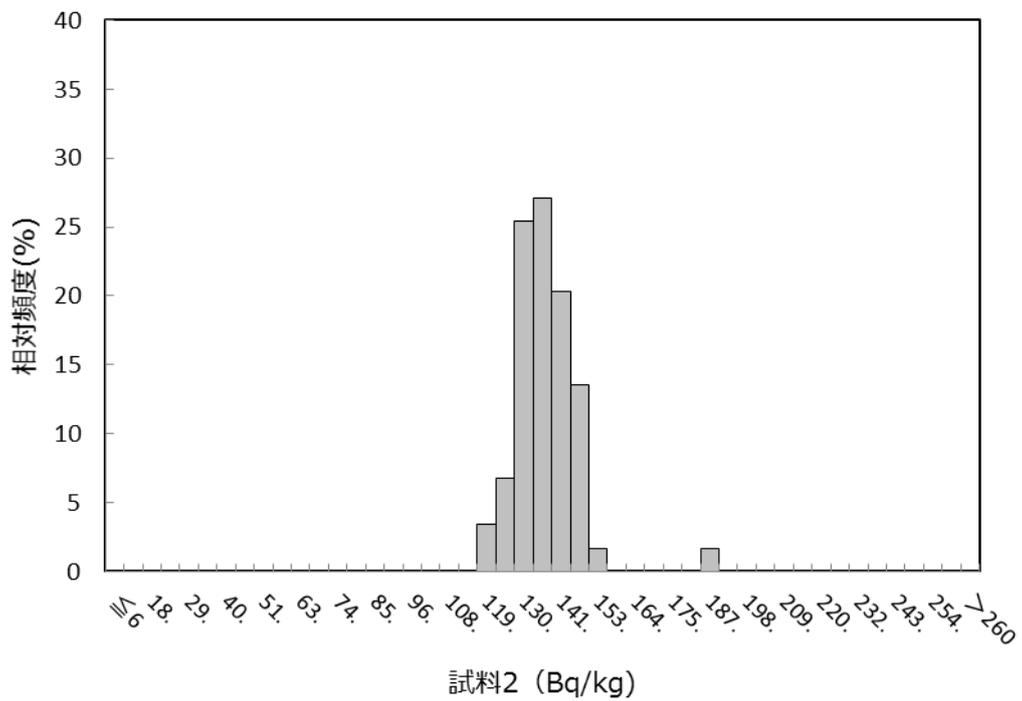
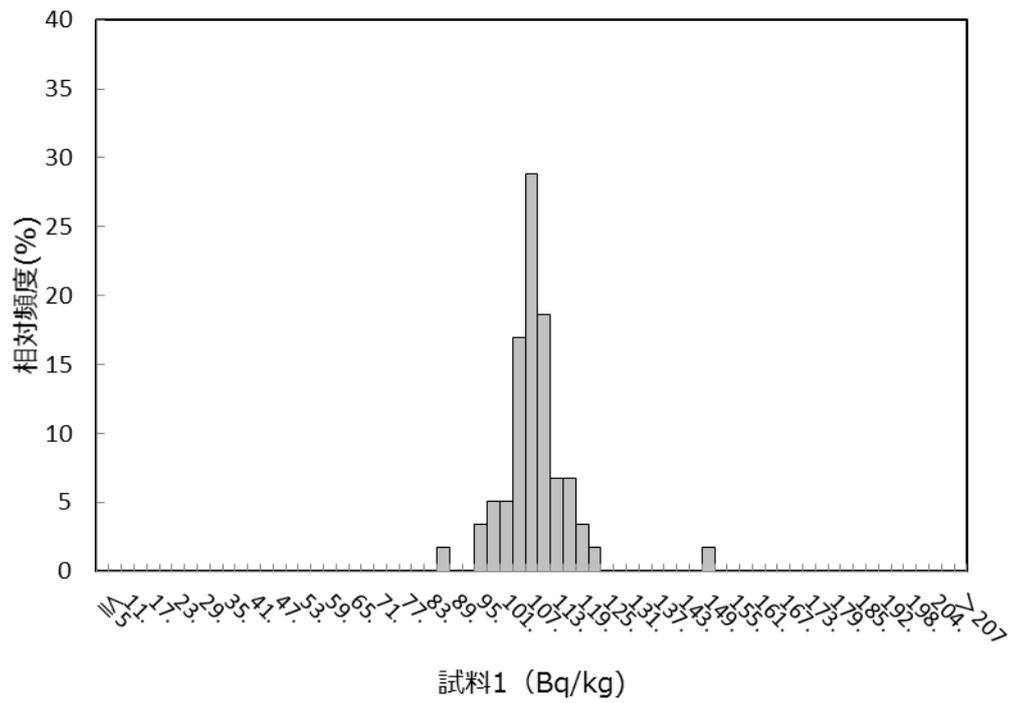


図 3.1 Cs134+137 のヒストグラム

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
001	Ge	109.2	0.80	132.4	-0.07	170.84	0.25	16.40	-1.26
002	Ge	102.2	-0.75	129.4	-0.43	163.77	-0.55	19.23	-0.14
003	Ge	85.9	-4.36	§ 116.2	-1.99	142.91	-2.92	21.43	0.73
004	Ge	109.3	0.82	140.6	0.90	176.71	0.92	22.13	1.01
005	Ge	113.2	1.68	136.2	0.38	176.35	0.88	16.26	-1.32
006	Ge	108.2	0.57	137.6	0.54	173.81	0.59	20.79	0.48
007	Ge	116.0	2.30	143.6	1.25	183.56	1.69	19.52	-0.03
008	Ge	101.7	-0.86	128.6	-0.52	162.85	-0.66	19.02	-0.22
009	Ge	107.9	0.51	141.6	1.02	176.42	0.88	23.83	1.69
010	Ge	104.6	-0.22	133.5	0.06	168.36	-0.03	20.44	0.34
011	Ge	105.9	0.07	132.6	-0.05	168.64	0.00	18.88	-0.28
012	Ge	104.8	-0.18	135.2	0.26	169.71	0.12	21.50	0.76
013	Ge	112.2	1.46	146.6	1.61	183.00	1.63	24.32	1.88
014	Ge	105.6	0.00	130.9	-0.25	167.23	-0.16	17.89	-0.67
015	Ge	106.9	0.29	136.3	0.39	171.97	0.38	20.79	0.48
016	Ge	102.0	-0.80	130.3	-0.32	164.26	-0.50	20.01	0.17
017	Ge	112.1	1.44	138.1	0.60	176.92	0.94	18.38	-0.48
018	Ge	104.0	-0.35	141.2	0.97	173.38	0.54	26.30	2.67
019	Ge	108.0	0.53	132.8	-0.02	170.27	0.18	17.54	-0.82
020	Ge	111.1	1.22	139.0	0.71	176.85	0.93	19.73	0.06
021	Ge	105.5	-0.02	128.4	-0.54	165.39	-0.37	16.19	-1.35
022	Ge	108.4	0.62	136.1	0.37	172.89	0.48	19.59	0.00
023	Ge	108.5	0.64	127.4	-0.66	166.81	-0.21	13.36	-2.47
024	Ge	104.5	-0.24	128.4	-0.54	164.69	-0.45	16.90	-1.07
025	Ge	108.1	0.55	126.9	-0.72	166.17	-0.28	13.29	-2.50
026	Ge	116.3	2.37	146.5	1.60	185.83	1.95	21.35	0.70
027	Ge	97.8	-1.72	125.2	-0.92	157.68	-1.24	19.37	-0.08
028	Ge	107.5	0.42	135.2	0.26	171.61	0.34	19.59	0.00
029	NaI	116.0	2.30	145.0	1.42	184.55	1.81	20.51	0.37
030	Ge	103.1	-0.55	121.0	-1.42	158.46	-1.16	12.66	-2.75
031	Ge	105.1	-0.11	140.3	0.86	173.52	0.55	24.89	2.11
032	Ge	97.7	-1.75	126.1	-0.82	158.25	-1.18	20.08	0.20
033	Ge	110.7	1.13	145.9	1.53	181.44	1.45	24.89	2.11
034	Ge	106.3	0.15	133.6	0.07	169.63	0.11	19.30	-0.11
035	Ge	101.0	-1.02	127.7	-0.63	161.72	-0.79	18.88	-0.28
036	Ge	100.0	-1.24	126.5	-0.77	160.16	-0.96	18.74	-0.34
037	Ge	107.4	0.40	134.7	0.20	171.19	0.29	19.30	-0.11
038	Ge	106.1	0.11	132.1	-0.10	168.45	-0.02	18.41	-0.47
039	Ge	97.1	-1.88	121.3	-1.38	154.43	-1.61	17.11	-0.98
040	Ge	121.0	3.41	§ 139.9	0.82	184.48	1.80	13.36	-2.47
041	Ge	107.5	0.42	140.7	0.91	175.50	0.78	23.48	1.55
042	Ge	100.6	-1.11	129.4	-0.43	162.63	-0.68	20.36	0.31
043	Ge	105.0	-0.13	127.7	-0.63	164.54	-0.47	16.05	-1.41
044	Ge	104.4	-0.27	136.8	0.45	170.55	0.22	22.91	1.32
045	Ge	104.6	-0.22	134.4	0.17	169.00	0.04	21.07	0.59

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	
046	Ge	94.4	-2.48	126.8	-0.73	156.41	-1.39	22.91	1.32	
047	NaI	106.5	0.20	123.3	-1.15	162.49	-0.70	11.88	-3.06	§
048	Ge	102.5	-0.69	131.6	-0.17	165.53	-0.35	20.58	0.39	
049	Ge	102.1	-0.77	133.0	0.00	166.24	-0.27	21.85	0.90	
050	NaI	146.4	9.02	§	185.2	6.18	§	234.48	7.48	§
051	Ge	116.3	2.37	145.5	1.48	185.12	1.87	20.65	0.42	
052	Ge	101.3	-0.95	130.4	-0.31	163.84	-0.55	20.58	0.39	
053	Ge	115.7	2.23	147.4	1.70	186.04	1.98	22.42	1.12	
054	Ge	102.8	-0.62	115.3	-2.09	154.22	-1.64	8.84	-4.27	§
055	Ge	105.6	0.00	143.1	1.20	175.86	0.82	26.52	2.75	
056	Ge	94.9	-2.37	122.4	-1.25	153.65	-1.70	19.45	-0.06	
057	Ge	104.2	-0.31	130.0	-0.35	165.60	-0.35	18.24	-0.53	
058	Ge	101.9	-0.82	135.1	0.25	167.58	-0.12	23.48	1.55	
059	Ge	104.2	-0.31	124.9	-0.96	162.00	-0.75	14.64	-1.97	

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 56 の測定結果において、Cs-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。Cs-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、試料 2 とともに 3 機関の測定結果が |3| を超えていた。異常値の棄却検定を Grubbs の式を用いて行った結果では、試料 1 の最大値のみ危険率 1% で棄却の判定であった。

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	56	56	56	56
中央値 (メジアン) : Q2	20.30	25.42	31.87	3.75
第 1 四分位数 : Q1	19.58	24.30	30.90	3.16
第 3 四分位数 : Q3	20.93	26.33	33.29	4.19
四分位数範囲 IQR=Q <sub>3</sub> -Q <sub>1</sub>	1.35	2.03	2.39	1.03
正規四分位数範囲 IQR×0.7413	1.00	1.50	1.77	0.76
ロバストな変動係数 (IQR×0.7413/Q <sub>2</sub> )×100	4.9	5.9	5.6	20.3
z  ≤ 2 (%)	80.4 (45)	91.1 (51)	89.3 (50)	75.0 (42)
2 <  z  < 3 (%)	14.3 (8)	3.6 (2)	5.4 (3)	12.5 (7)
3 ≤  z  (%)	5.4 (3)	5.4 (3)	5.4 (3)	12.5 (7)

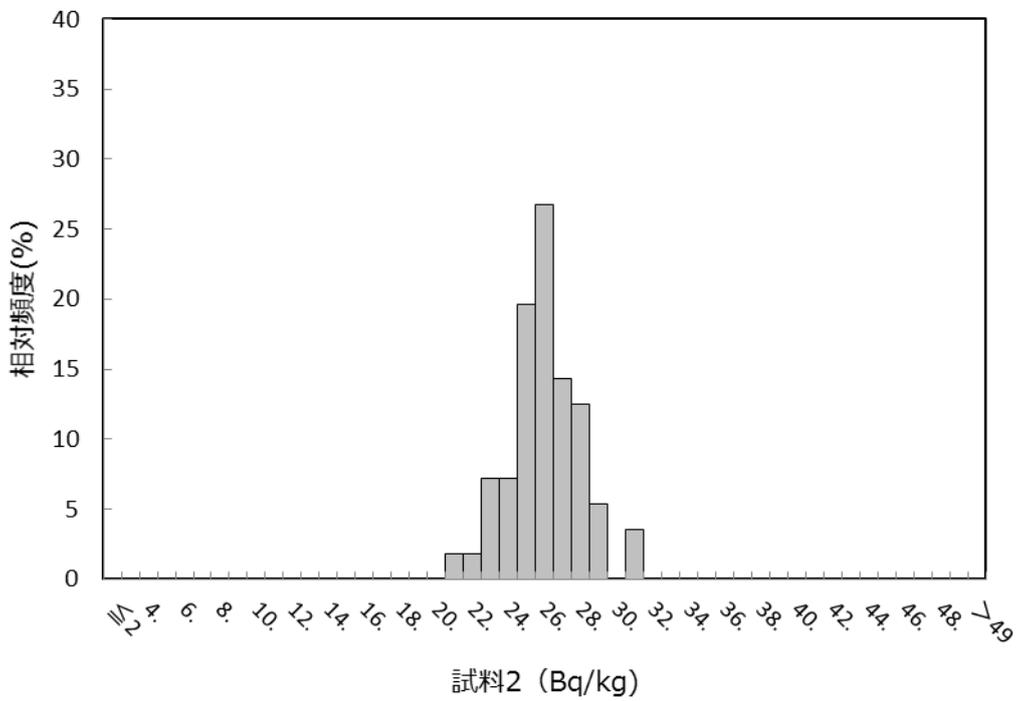
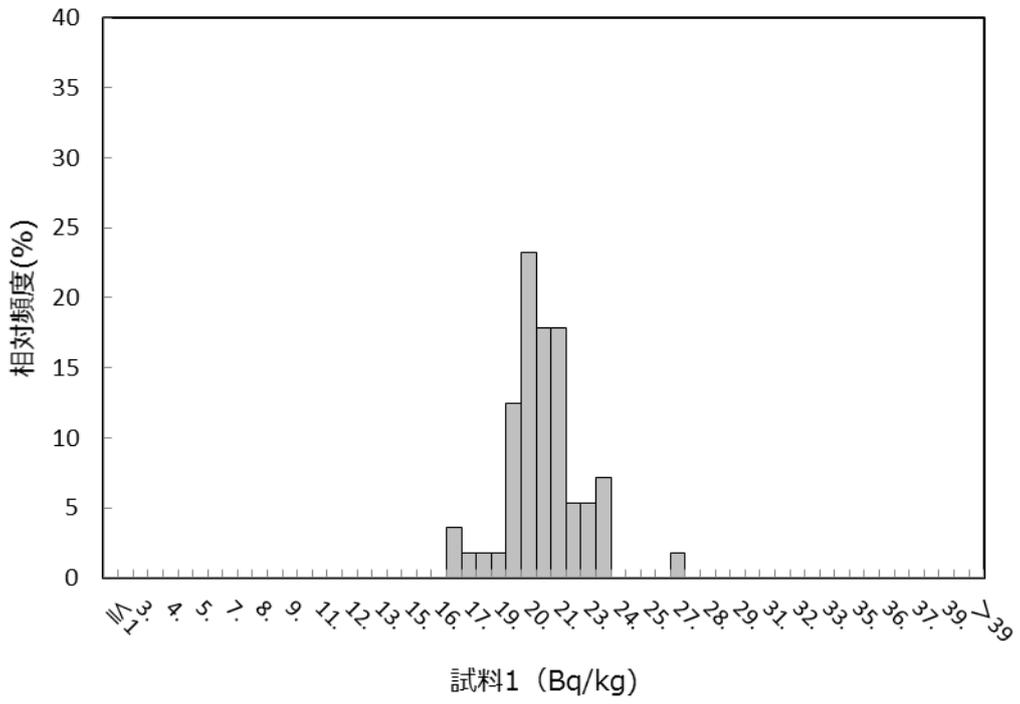


図 3.2 Cs-134 のヒストグラム

表 3.5 (1) Cs-134 の z スコア結果

試験所 番号	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	
001	20.4	0.10	24.4	-0.68	31.68	-0.11	2.83	-1.21	
002	19.9	-0.40	25.4	-0.01	32.03	0.09	3.89	0.19	
003	18.0	-2.30	20.9	-3.01	§ 27.51	-2.47	2.05	-2.23	
004	19.7	-0.60	25.3	-0.08	31.82	-0.03	3.96	0.28	
005	23.0	2.70	25.0	-0.28	33.94	1.17	1.41	-3.07	§
006	21.9	1.60	27.5	1.39	34.93	1.73	3.96	0.28	
007	22.1	1.80	27.6	1.46	35.14	1.85	3.89	0.19	
008	19.6	-0.70	25.1	-0.21	31.61	-0.15	3.89	0.19	
009	22.9	2.60	30.6	3.45	§ 37.83	3.37	§ 5.44	2.23	
010	18.7	-1.60	25.9	0.32	31.54	-0.19	5.09	1.77	
011	20.6	0.30	25.6	0.12	32.67	0.45	3.54	-0.28	
012	19.8	-0.50	24.2	-0.81	31.11	-0.43	3.11	-0.84	
013	21.6	1.30	27.6	1.46	34.79	1.65	4.24	0.65	
014	20.7	0.40	26.6	0.79	33.45	0.89	4.17	0.56	
015	19.7	-0.60	26.3	0.59	32.53	0.37	4.67	1.21	
016	20.9	0.60	25.4	-0.01	32.74	0.49	3.18	-0.74	
017	21.3	1.00	24.8	-0.41	32.60	0.41	2.47	-1.67	
018	16.0	-4.30	§ 27.2	1.19	30.55	-0.75	7.92	5.49	§
019	20.4	0.10	26.2	0.52	32.95	0.61	4.10	0.47	
020	26.3	6.00	§ 28.2	1.86	38.54	3.77	§ 1.34	-3.16	§
021	20.9	0.60	22.8	-1.74	30.90	-0.55	1.34	-3.16	§
022	20.9	0.60	26.4	0.66	33.45	0.89	3.89	0.19	
023	21.2	0.90	23.5	-1.28	31.61	-0.15	1.63	-2.79	
024	20.7	0.40	25.7	0.19	32.81	0.53	3.54	-0.28	
025	20.5	0.20	22.9	-1.68	30.69	-0.67	1.70	-2.70	
026	22.3	2.00	27.6	1.46	35.28	1.93	3.75	0.00	
027	19.0	-1.30	24.8	-0.41	30.97	-0.51	4.10	0.47	
028	20.5	0.20	25.7	0.19	32.67	0.45	3.68	-0.09	
030	19.3	-1.00	22.8	-1.74	29.77	-1.19	2.47	-1.67	
031	19.7	-0.60	27.2	1.19	33.16	0.73	5.30	2.05	
032	18.9	-1.40	23.6	-1.21	30.05	-1.03	3.32	-0.56	
033	21.6	1.30	28.5	2.06	35.43	2.01	4.88	1.49	
034	20.5	0.20	26.0	0.39	32.88	0.57	3.89	0.19	
035	20.0	-0.30	24.8	-0.41	31.68	-0.11	3.39	-0.47	
036	19.5	-0.80	25.5	0.06	31.82	-0.03	4.24	0.65	
037	20.8	0.50	26.2	0.52	33.23	0.77	3.82	0.09	
038	19.7	-0.59	25.4	0.01	31.92	0.03	4.04	0.39	
039	19.8	-0.50	21.3	-2.74	29.06	-1.59	1.06	-3.54	§
040	22.8	2.50	30.4	3.32	§ 37.62	3.25	§ 5.37	2.14	
041	18.7	-1.60	24.7	-0.48	30.69	-0.67	4.24	0.65	
042	19.9	-0.40	25.0	-0.28	31.75	-0.07	3.61	-0.19	
043	19.1	-1.20	24.1	-0.88	30.55	-0.75	3.54	-0.28	
044	16.1	-4.20	§ 26.1	0.46	29.84	-1.15	7.07	4.37	§

試験所 番号	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
045	19.9	-0.40	25.5	0.06	32.10	0.13	3.96	0.28
046	17.3	-3.00	23.9	-1.01	29.13	-1.55	4.67	1.21
048	21.0	0.70	26.3	0.59	33.45	0.89	3.75	0.00
049	19.4	-0.90	24.3	-0.74	30.90	-0.55	3.46	-0.37
051	22.8	2.50	28.0	1.72	35.92	2.29	3.68	-0.09
052	20.2	-0.10	25.5	0.06	32.31	0.25	3.75	0.00
053	22.5	2.20	27.1	1.12	35.07	1.81	3.25	-0.65
054	20.4	0.10	23.0	-1.61	30.69	-0.67	1.84	-2.51
055	19.9	-0.40	24.9	-0.34	31.68	-0.11	3.54	-0.28
056	17.8	-2.50	24.3	-0.74	29.77	-1.19	4.60	1.12
057	20.2	-0.10	24.2	-0.81	31.40	-0.27	2.83	-1.21
058	18.9	-1.40	25.0	-0.28	31.04	-0.47	4.31	0.74
059	20.8	0.50	22.8	-1.74	30.83	-0.59	1.41	-3.07

### 3) ゲルマニウム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 56 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。Cs-137 のヒストグラムを図 3.3 に示した。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 では 2 機関の測定結果が |3| を超えていたが、試料 2 では |3| を超えた機関は無かった。異常値の棄却検定を Grubbs の式を用いて行った結果では、試料 1 の最小値のみ危険率 1% で棄却の判定であった。

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	56	56	56	56
中央値 (メジアン) : Q2	85.35	107.60	136.65	15.87
第 1 四分位数 : Q1	82.38	103.83	131.52	14.85
第 3 四分位数 : Q3	87.70	111.00	140.45	18.19
四分位数範囲 IQR=Q <sub>3</sub> -Q <sub>1</sub>	5.32	7.18	8.93	3.34
正規四分位数範囲 IQR×0.7413	3.95	5.32	6.62	2.48
ロバストな変動係数 (IQR×0.7413/Q <sub>2</sub> )×100	4.6	4.9	4.8	15.6
z  ≤ 2 (%)	85.7 (48)	91.1 (51)	94.6 (53)	92.9 (52)
2 <  z  < 3 (%)	10.7 (6)	8.9 (5)	3.6 (2)	3.6 (2)
3 ≤  z  (%)	3.6 (2)	0.0 (0)	1.8 (1)	3.6 (2)

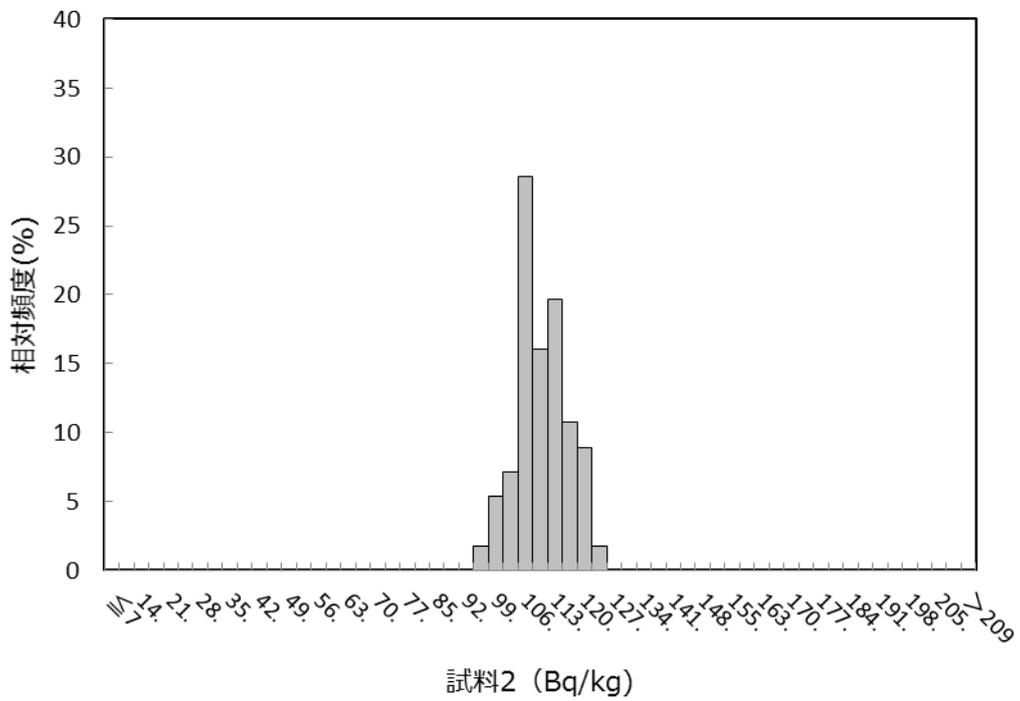
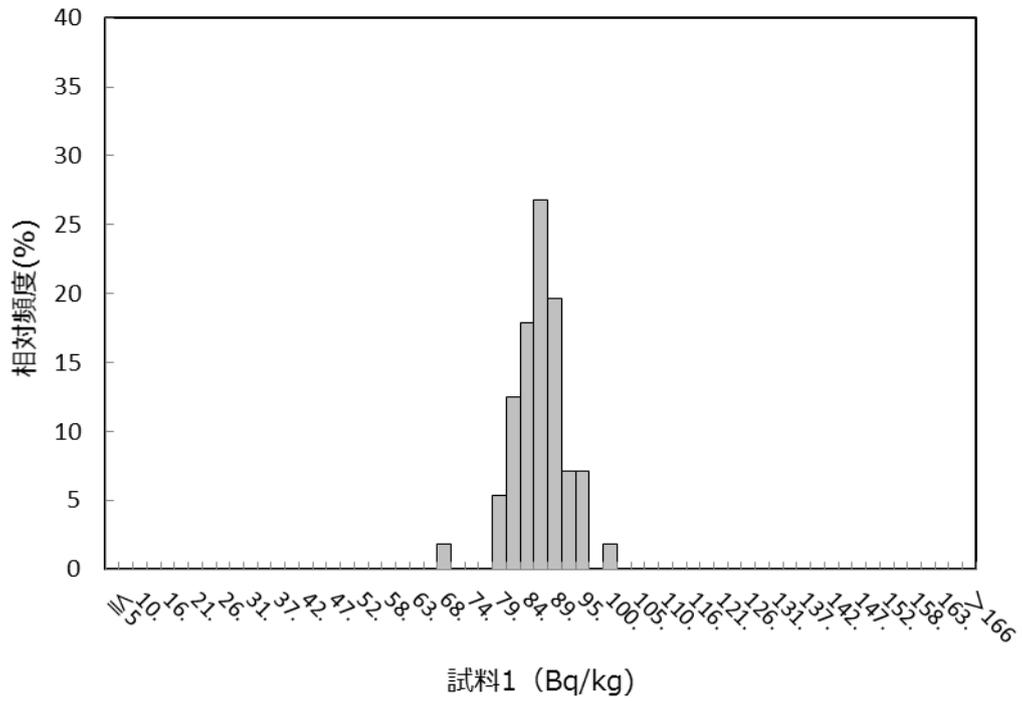


図 3.3 Cs-137 のヒストグラム

表 3.7 (1) Cs-137 の z スコア結果

試験所 番号	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
001	88.8	0.87	108.0	0.08	139.16	0.38	13.58	-0.93
002	82.3	-0.77	104.0	-0.68	131.73	-0.74	15.34	-0.21
003	67.9	-4.42 §	95.3	-2.31	115.40	-3.21 §	19.37	1.41
004	89.6	1.08	115.3	1.45	144.89	1.24	18.17	0.93
005	90.2	1.23	111.2	0.68	142.41	0.87	14.85	-0.41
006	86.3	0.24	110.1	0.47	138.88	0.34	16.83	0.39
007	93.9	2.17	116.0	1.58	148.42	1.78	15.63	-0.10
008	82.1	-0.82	103.5	-0.77	131.24	-0.82	15.13	-0.30
009	85.0	-0.09	111.0	0.64	138.59	0.29	18.38	1.01
010	85.9	0.14	107.6	0.00	136.83	0.03	15.34	-0.21
011	85.3	-0.01	107.0	-0.11	135.98	-0.10	15.34	-0.21
012	85.0	-0.09	111.0	0.64	138.59	0.29	18.38	1.01
013	90.6	1.33	119.0	2.14	148.21	1.75	20.08	1.70
014	84.9	-0.11	104.3	-0.62	133.78	-0.43	13.72	-0.87
015	87.2	0.47	110.0	0.45	139.44	0.42	16.12	0.10
016	81.1	-1.08	104.9	-0.51	131.52	-0.77	16.83	0.39
017	90.8	1.38	113.3	1.07	144.32	1.16	15.91	0.01
018	88.0	0.67	114.0	1.20	142.84	0.93	18.38	1.01
019	87.6	0.57	106.6	-0.19	137.32	0.10	13.44	-0.98
020	84.8	-0.14	110.8	0.60	138.31	0.25	18.38	1.01
021	84.6	-0.19	105.6	-0.38	134.49	-0.33	14.85	-0.41
022	87.5	0.54	109.7	0.39	139.44	0.42	15.70	-0.07
023	87.3	0.49	103.9	-0.70	135.20	-0.22	11.74	-1.67
024	83.8	-0.39	102.7	-0.92	131.88	-0.72	13.36	-1.01
025	87.6	0.57	104.0	-0.68	135.48	-0.18	11.60	-1.73
026	94.0	2.19	118.9	2.12	150.54	2.10	17.61	0.70
027	78.8	-1.66	100.4	-1.35	126.71	-1.50	15.27	-0.24
028	87.0	0.42	109.5	0.36	138.95	0.35	15.91	0.01
030	83.8	-0.39	98.2	-1.77	128.69	-1.20	10.18	-2.30
031	85.4	0.01	113.1	1.03	140.36	0.56	19.59	1.50
032	78.8	-1.66	102.5	-0.96	128.20	-1.28	16.76	0.36
033	89.1	0.95	117.4	1.84	146.02	1.42	20.01	1.67
034	85.8	0.11	107.6	0.00	136.75	0.02	15.41	-0.19
035	81.0	-1.10	102.9	-0.88	130.04	-1.00	15.49	-0.16
036	80.5	-1.23	101.0	-1.24	128.34	-1.26	14.50	-0.56
037	86.6	0.32	108.5	0.17	137.96	0.20	15.49	-0.16
038	86.4	0.26	106.7	-0.17	136.54	-0.02	14.36	-0.61
039	77.3	-2.04	100.0	-1.43	125.37	-1.70	16.05	0.07
040	98.2	3.26 §	109.5	0.36	146.87	1.54	7.99	-3.18 §
041	88.8	0.87	116.0	1.58	144.82	1.23	19.23	1.36
042	80.7	-1.18	104.4	-0.60	130.89	-0.87	16.76	0.36
043	85.9	0.14	103.6	-0.75	134.00	-0.40	12.52	-1.36
044	88.3	0.75	110.7	0.58	140.71	0.61	15.84	-0.01

試験所 番号	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
045	84.7	-0.16	108.9	0.24	136.90	0.04	17.11	0.50
046	77.1	-2.09	102.9	-0.88	127.28	-1.42	18.24	0.96
048	81.5	-0.98	105.3	-0.43	132.09	-0.69	16.83	0.39
049	82.7	-0.67	108.7	0.21	135.34	-0.20	18.38	1.01
051	93.5	2.06	117.5	1.86	149.20	1.90	16.97	0.44
052	81.1	-1.08	104.9	-0.51	131.52	-0.77	16.83	0.39
053	93.2	1.99	120.3	2.39	150.97	2.16	19.16	1.33
054	82.4	-0.75	92.3	-2.88	123.53	-1.98	7.00	-3.58
055	85.7	0.09	118.2	1.99	144.18	1.14	22.98	2.87
056	77.1	-2.09	98.1	-1.79	123.89	-1.93	14.85	-0.41
057	84.0	-0.34	105.8	-0.34	134.21	-0.37	15.41	-0.19
058	83.0	-0.60	110.1	0.47	136.54	-0.02	19.16	1.33
059	83.4	-0.49	102.1	-1.03	131.17	-0.83	13.22	-1.07

## 4. 考察

### 4.1 複合評価図

放射性セシウム (Cs-134+Cs-137)、Cs-134、Cs-137 の複合評価図を図 4.1 (1) ~ (3) に示す。横軸に試料 1、縦軸に試料 2 の測定値を示し、 $|z|=2$  の線を点線で、 $|z|=3$  の線を実線で示した。測定器により測定値が高く又は低く出る傾向がある場合、プロットされる点は、右上又は、左下に示される。また、ばらつきが大きい場合は、右下又は左上に示される。今回の結果において試料 1、試料 2 ともに  $|z|=3$  を超えて偏りの傾向が見られたのは、Cs-134+Cs-137 の図 4.1 (1) における右上の 1 機関のみであり、NaI シンチレーションスペクトロメータによる結果であった。Cs-134、Cs-137 においては、試料 1、試料 2 ともに  $|z|=3$  を超える偏りを示した機関は無かったが、 $|z|=2$  以上で見ると、やや高い又は低い値を示す傾向のある機関が見られた。

また、Cs-134 の図 4.1 (2) では、 $|z|=3$  を超えてばらつきを示した点が見受けられた。

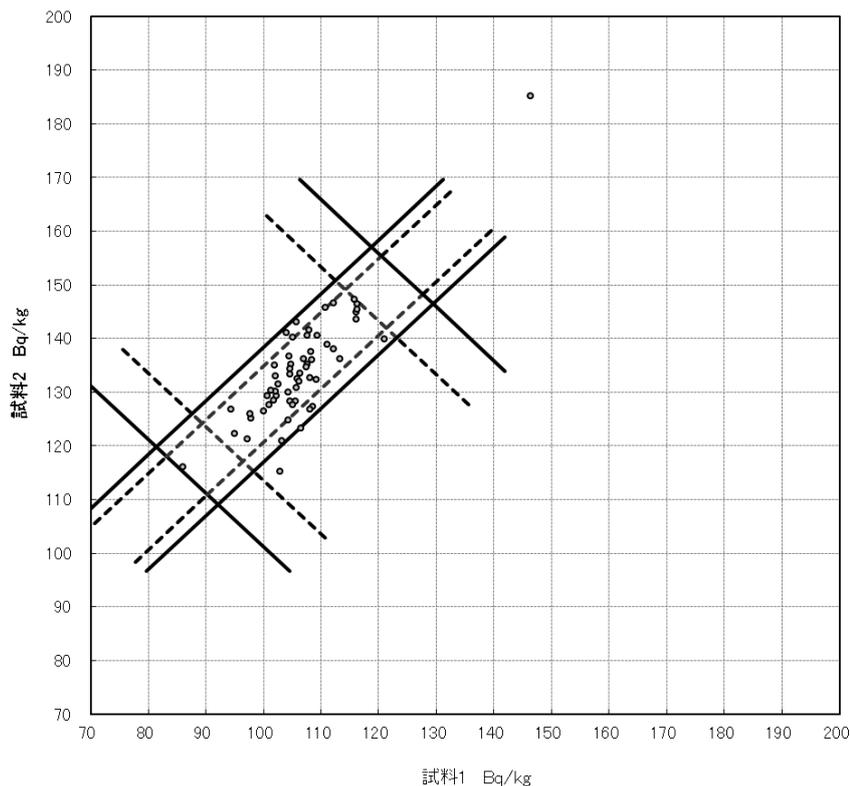


図 4.1 (1) 複合評価図 (Cs134+Cs137)

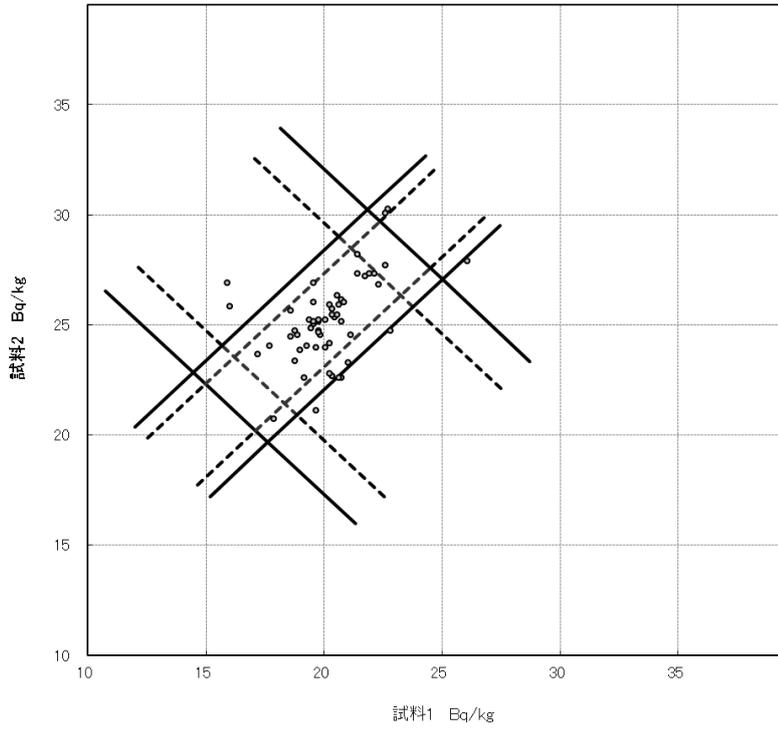


図 4.1 (2) 複合評価図 (Cs-134)

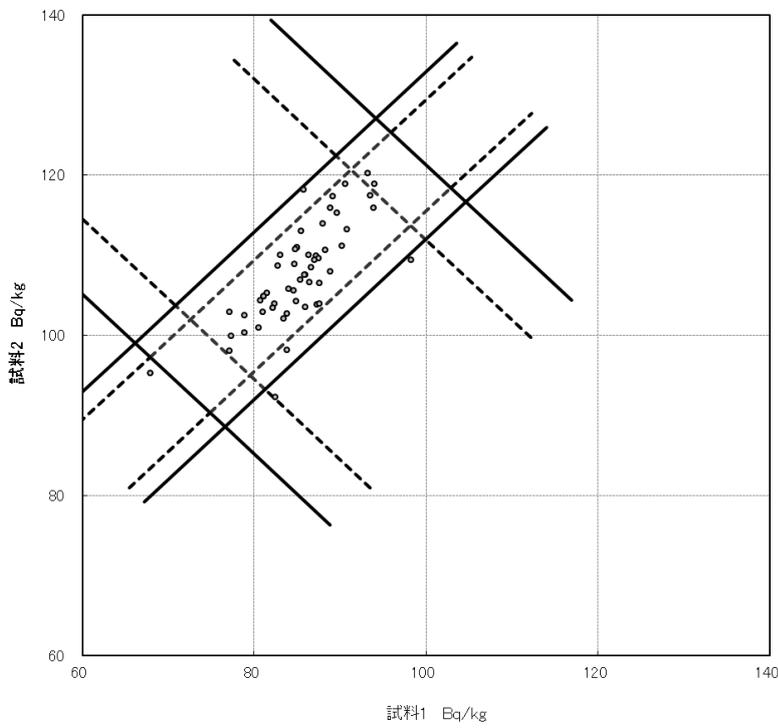


図 4.1 (3) 複合評価図 (Cs-137)

## 4.2 検出下限濃度

各測定時間の平均的検出下限濃度は、測定時間 2,000 秒で 10.0Bq/kg、10,000 秒で 4.14Bq/kg、50,000 秒で 1.59Bq/kg、200,000 秒では 0.7Bq/kg であった。

検出下限濃度はその時のカウント値、試料量、測定時間、バックグラウンドの値、その時の対象物質およびそれ以外の放射性物質の濃度により変化する。一般的には測定時間が  $n$  倍になれば、その他の条件が同一であれば検出下限濃度は、 $1/\sqrt{n}$  程度になる。検出下限濃度  $A$  は測定時間  $n$  に対して  $A=B \times 1/\sqrt{n}$  の関係であることから、今回の測定結果で報告された検出下限濃度から求めた係数  $B$  は  $B_n=A_n \times \sqrt{n}$  が一定となると考えられる。求めた係数  $B$  の平均値を表 4.2 に示した。試料 1、試料 2 の Cs-134、Cs-137 の平均値は概ね同じ値を示している。

また、試料 1、試料 2 の Cs-134、Cs-137 それぞれの係数  $B$  の結果を、測定時間順に図 4.2 (1) ~ (4) に示した。多少ばらつきは有るものの、2,000 秒と 200,000 秒でも概ね一定の値を示しているといえる。

表 4.2 検出下限値における係数

	Cs-134	Cs-137
試料 1	388.5	395.5
試料 2	395.1	392.7

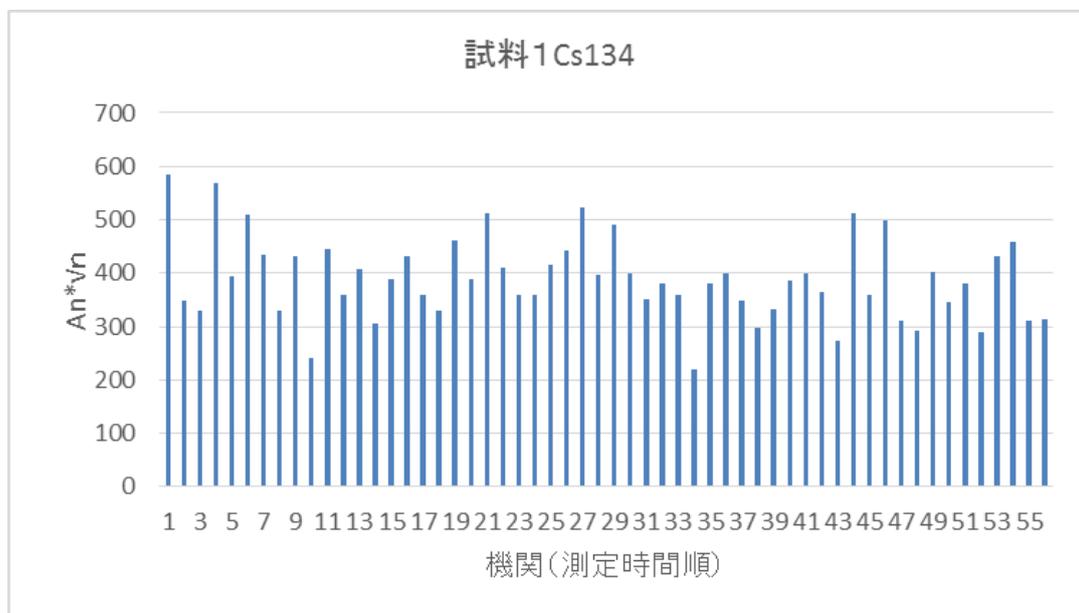


図 4.2 (1) 試料 1 Cs-134 の検出下限値係数

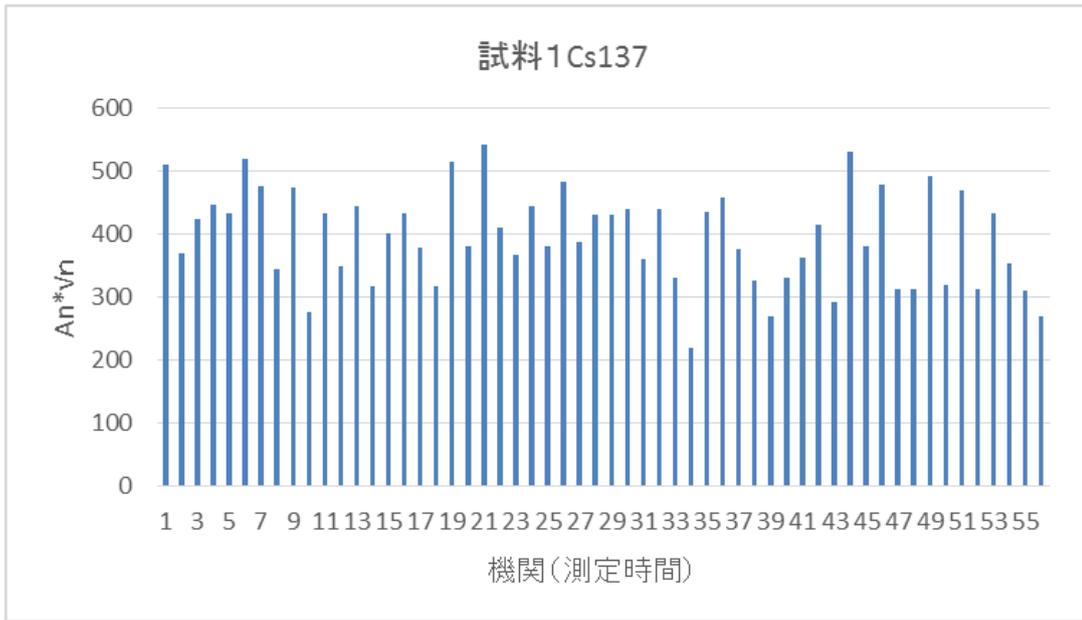


図 4.2 (2) 試料 1 Cs-137 の検出下限値係数

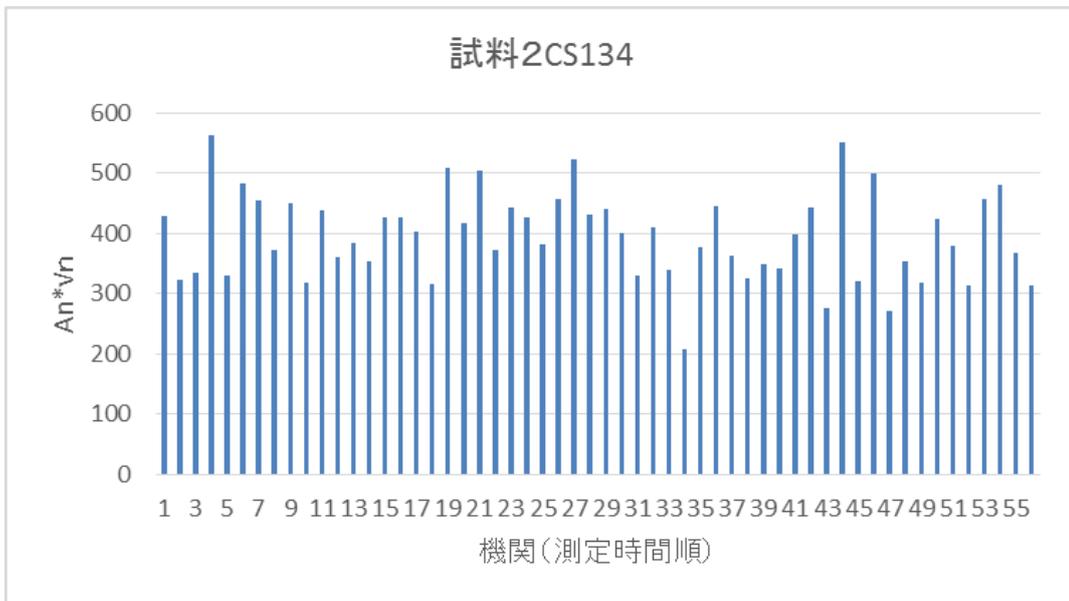


図 4.2 (3) 試料 2 Cs-134 の検出下限値係数

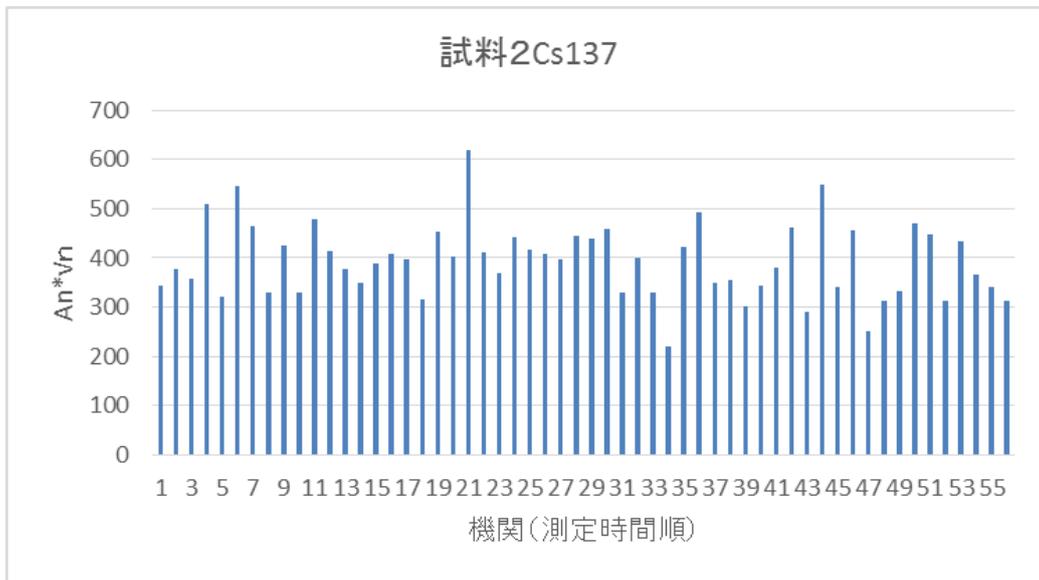


図 4.2 (4) 試料 2 Cs-137 の検出下限値係数

同じ測定時間でも測定機関により、検出下限値に差が生じている。平均より大きな検出下限値を示す機関においては、要因となるもの、例えば他の機器類から発生するノイズ、室内環境（温度、湿度の変化）等を確認し要因を取り除けば、検出下限値や誤差の低減にもつながると考えられる。

### 4.3 放射能の比率

クロスチェック試料は、福島第一原子力発電所の事故に起因する試料をベースに作成しているため、Cs-134 と Cs-137 の放射性物質が入っている。Cs-134 と Cs-137 の半減期が異なるためその存在比は時間と共に変化しており、平成 27 年 10 月では概ね 1 : 4 となっている。クロスチェックでは同一試料を測定しており、精度よく測定されていればその比は概ね一定となる。Cs-134/Cs-137 の比を求め、統計処理を行った結果の概要を表 4.5 に示した。

表 4.5 Cs-134/Cs-137 の比 概要表

	試料 1	試料 2	試験所間	試験所内
試験所の数	56	56	56	56
中央値 (メジアン) : Q2	0.2389	0.2383	0.3337	0.0005
第 1 四分位数 : Q1	0.2319	0.2261	0.3263	-0.0042
第 3 四分位数 : Q3	0.2467	0.2428	0.3437	0.0079
四分位数範囲 IQR=Q <sub>3</sub> -Q <sub>1</sub>	0.0148	0.0167	0.0174	0.0122
正規四分位数範囲 IQR×0.7413	0.0110	0.0124	0.0129	0.0090
ロバストな変動係数 (IQR×0.7413/Q <sub>2</sub> )×100	4.6	5.2	3.9	1780.9
z  ≤ 2 (%)	89.3 (50)	91.1 (51)	89.3 (50)	85.7 (48)
2 <  z  < 3 (%)	5.4 (3)	5.4 (3)	7.1 (4)	3.6 (2)
3 ≤  z  (%)	5.4 (3)	3.6 (2)	3.6 (2)	10.7 (6)

放射能測定は、測定時間内に崩壊する放射性物質をカウントして計測するが、放射性物質の崩壊は、確率的要素があり、常に一定の割合で崩壊していくわけではない。また、放出される方向も確率的に決定されるため、検出器に入射する放射線の数も都度変化する。長時間測定を行えば、これらの確率は期待値に近づくことになるが、測定時間が短い場合は、崩壊のばらつきによる影響を受けることとなる。

Cs-134/Cs-137 比の概要表では、|z| が 3 を超えた値が試料 1 で 3 機関、試料 2 で 2 機関あった。個々のデータを見ると、試料 1、試料 2 とも、Cs-134 が |z| が 3 を超えた値を示す機関が、Cs-134/Cs-137 比でも |z| が 3 を超えており、ばらつきの要因が Cs-134 の測定値に有ると考えられる。Cs-134 は半減期が 2 年と Cs-137 の 30 年に比べて短く、事故による放出後 3 年半がたち、測定される値も低くなり、測定時間が短い場合、確率的影響による誤差も大きくなってきている。測定時間による誤差の範囲を図 4.3 (1) ~

(2) に示した。

ここで、Cs-134 の値が平均的値に対して上又は下に示される機関（丸印）の Cs-137 の値は概ね平均的なところに位置しており、Cs-134 の測定値において崩壊のばらつきの影響を受けていることが分かる。

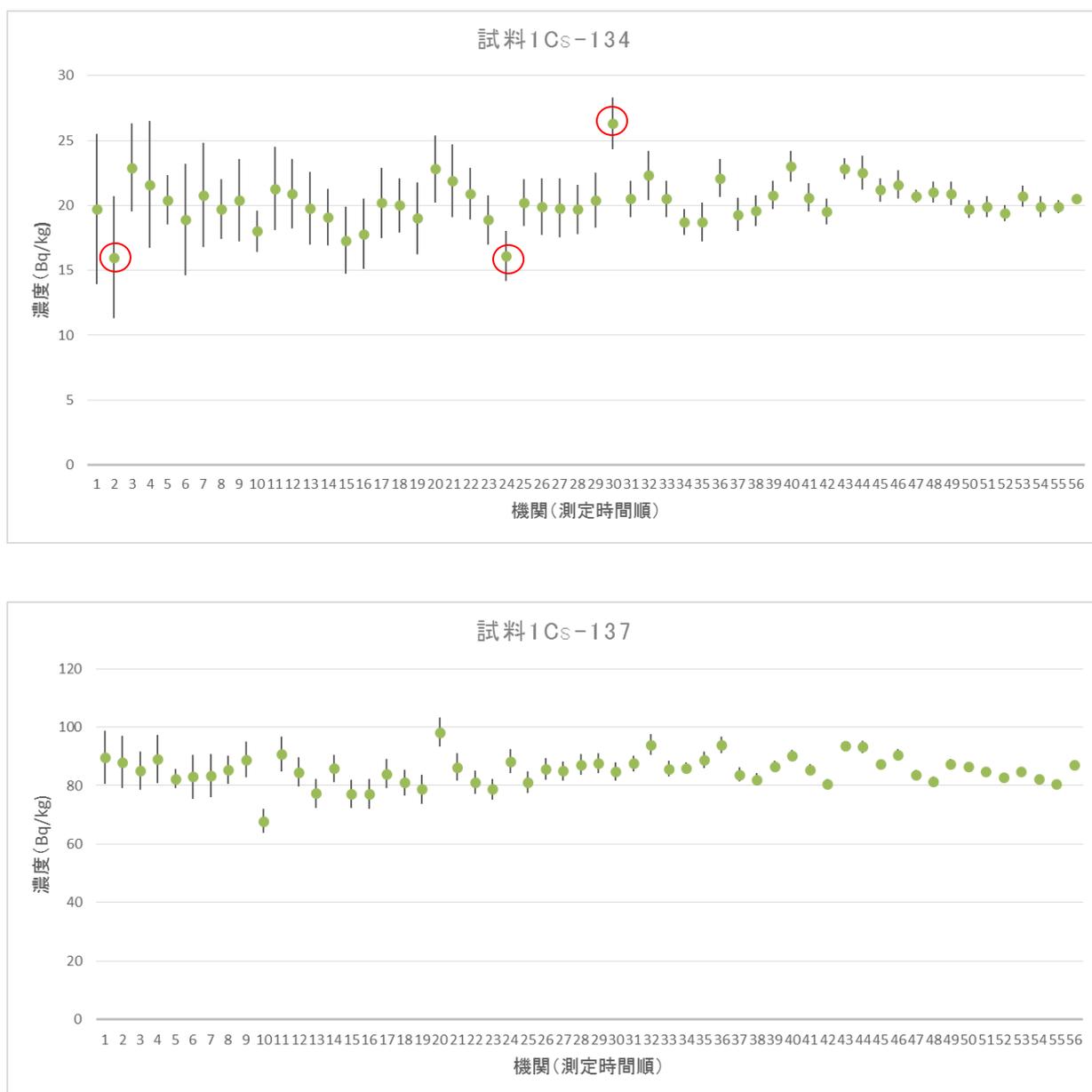


図 4.3 (1) 時間における測定誤差 (試料 1)

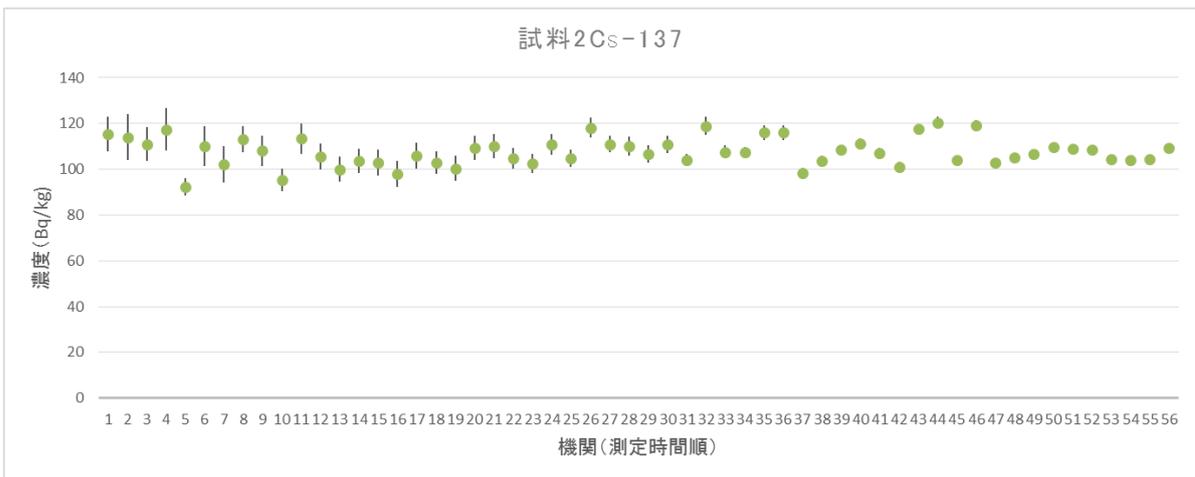
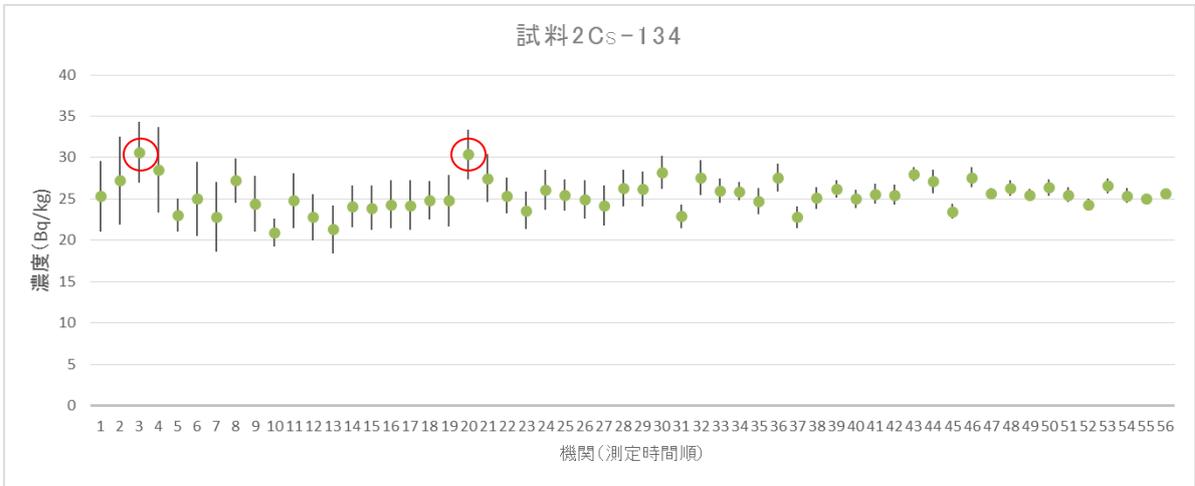


図 4.3 (1) 時間における測定誤差 (試料 2)

Cs-134/Cs-137 の比率を確認し、測定時の基準となる比率 (Cs-134 と Cs-137 の半減期が異なるため測定時期により比率が異なる) と差がある場合は、放射性物質崩壊の確率的要素の影響が考えられ、再測定や長時間測定を試みることも必要と考えられる。

## 資料.1 参加機関

	DOWA テクノリサーチ株式会社
株式会社	アクアパルス
	いであ株式会社
	いであ株式会社大阪支社
株式会社	エオネックス
	エヌエス環境株式会社
株式会社	オオスミ
	オオノ開発株式会社 環境科学研究センター
株式会社	クレハ分析センター
株式会社	サンコー環境調査センター
株式会社	ディンズ環境分析センター
	ハーゲンダッツジャパン株式会社
株式会社	秋田県分析化学センター
株式会社	科学技術開発センター
	環境リサーチ株式会社
株式会社	環境管理センター
株式会社	環境技研
株式会社	環境研究センター
株式会社	環境公害センター
	環境総合研究機構株式会社
株式会社	環境総合研究所
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
株式会社	熊谷環境分析センター
一般社団法人	群馬県薬剤師会環境衛生試験センター
株式会社	江東微生物研究所
一般財団法人	上越環境科学センター
	常磐開発株式会社
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	島津テクノリサーチ
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	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 千葉県環境財団  
 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 関東環境技術センター  
 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  
                   東邦化研株式会社  
                   東北緑化環境保全株式会社 環境分析センター  
 一般財団法人 栃木県環境技術協会  
                   株式会社 那須環境技術センター  
                   内藤環境管理株式会社  
                   日鉄住金環境株式会社  
                   日本空調サービス株式会社  
                   株式会社 日本総合科学  
                   福島県環境検査センター株式会社  
 公益財団法人 福島県保健衛生協会  
                   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  
 一般財団法人 三重県環境保全事業団  
 公益財団法人 宮城県公害衛生検査センター  
 一般財団法人 宮城県公衆衛生協会  
                   野外科学株式会社  
                   株式会社 山梨県環境科学検査センター