

平成 26 年度
第 3 回放射能クロスチェック
報告書

平成 27 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 安定性試験.....	3
2.3 均質性試験.....	3
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 統計解析結果概要.....	8
4. 考察.....	17
4.1 方法、装置、容器による結果への影響.....	17
4.1.1 測定条件の設定と精度.....	17
4.1.2 装置における差.....	18
4.1.3 複合評価図.....	19
4.2 充填量の計測.....	20
4.3 効率校正頻度.....	20
4.4 放射能の比率.....	20
資料.1 参加機関.....	22

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 2 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： RADI2014-01

試験名： 平成 26 年度第 3 回放射能クロスチェック

試験対象： 模擬地下水

試験項目： セシウム 134 及びセシウム 137

申込受付： 平成 26 年 8 月 1 日から 8 月 29 日

試料配布： 平成 26 年 10 月 1 日

結果報告期限： 平成 26 年 10 月 17 日

1.3 試験方法

γ 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 77 機関

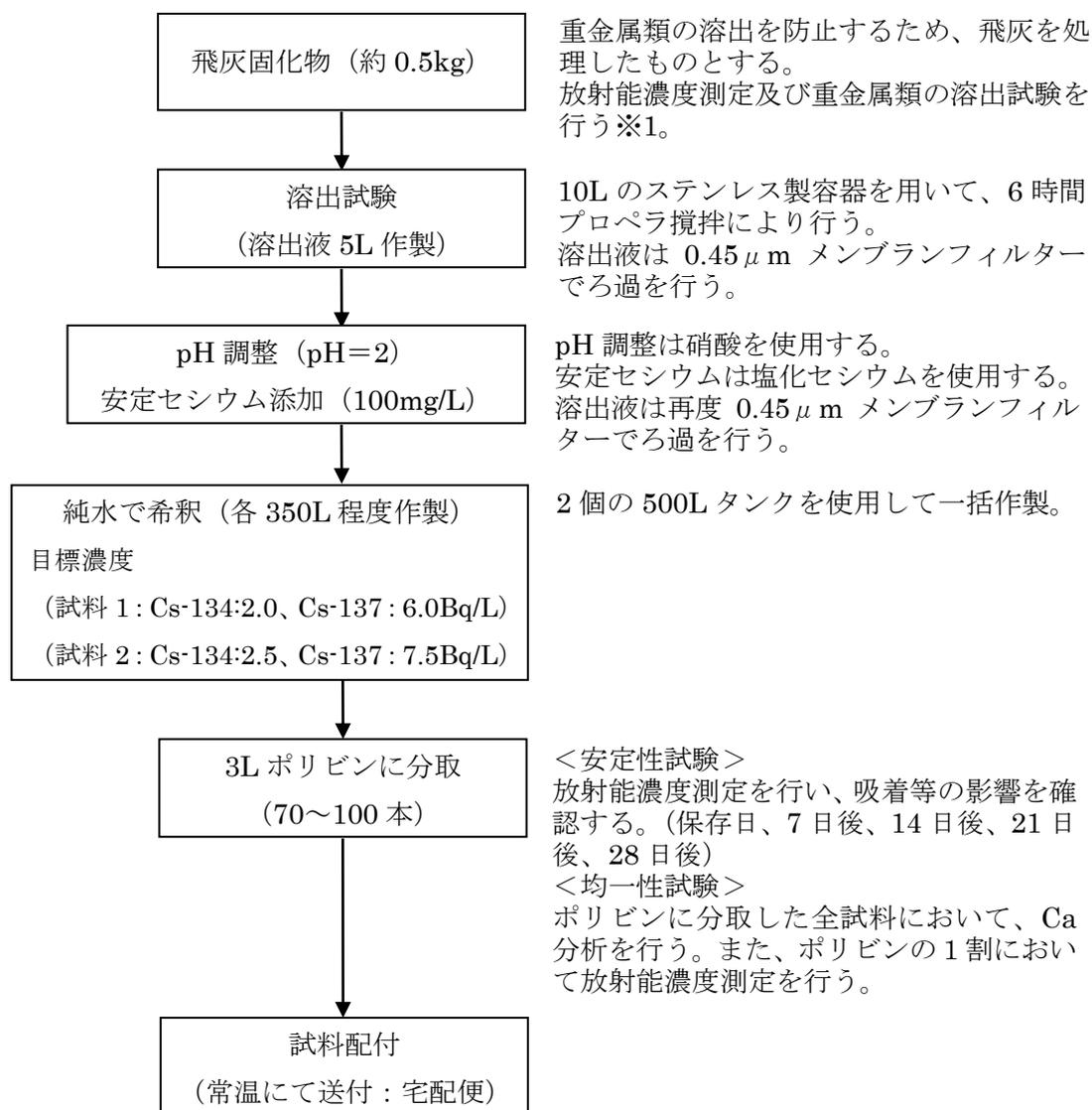
報告試験所 76 機関

参加試験所名を資料 1 に示す。

2. 試料

2.1 試料の調製

試料の調整方法をフロー1に示す。



フロー1 放射能クロスチェック試料調整方法

※1 : 昭和 48 年環境庁告示第 13 号による溶出試験結果

分析対象	分析結果	分析対象	分析結果
アルキル水銀化合物	不検出	六価クロム化合物	0.02mg/L 未満
水銀又はその化合物	0.0005mg/L 未満	砒素又はその化合物	0.020mg/L
カドミウム又はその化合物	0.01mg/L 未満	セレン又はその化合物	0.031mg/L
鉛又はその化合物	0.01mg/L 未満		

2.2 安定性試験

試料の均質性確認

クロスチェック用試料 1 を 3L ポリビンに常温保存し、吸着等の影響の確認を行った。結果を表 2-1 に示した。

保存時間によって放射能濃度に変化は見られなく、十分安定性は確保できていた。

表 2.1 放射能測定により安定性確認

単位 Bq/L

試料 No.	保存日	7 日後	14 日後	21 日後	28 日後
Cs-134	2.2	2.3	1.9	2.5	1.9
Cs-137	6.8	6.4	5.5	6.0	6.6
Cs 計	9.0	8.7	7.4	8.5	8.5

2.3 均質性試験

試料の均質性確認

クロスチェック用試料として作製した、試料 1 及び試料 2 の各 100 本の試料について、含有するカルシウム濃度を用いて均質性の確認を行った。結果を表 2.2 及び表 2.3 に示した。

試料 1 のカルシウム濃度の平均値 31.6mg/L、標準偏差 0.268mg/L、変動係数 0.85% である。

試料 2 のカルシウム濃度の平均値 30.1mg/L、標準偏差 0.640mg/L、変動係数 2.13% である。

均質性の判断は、求めた変動係数が 3%以内であるとしており、十分均質性は確保できていた。

表 2.2 均質性試験結果 (試料 1)

含有するカルシウム濃度 mg/L

試料No.	00/100	10/100	20/100	30/100	40/100	50/100	60/100	70/100	80/100	90/100
1/100	32.0	31.7	31.5	32.3	31.8	31.1	31.3	31.9	31.9	31.5
2/100	31.8	31.4	31.8	32.4	31.6	31.6	31.3	31.7	31.8	31.4
3/100	31.7	31.5	31.7	31.4	31.3	31.5	31.7	31.6	31.4	31.5
4/100	31.6	31.6	32.1	31.3	31.6	32.4	31.3	31.5	31.6	31.9
5/100	31.7	31.7	31.6	31.4	31.4	31.7	31.5	32.2	31.7	31.9
6/100	31.4	31.5	32.0	31.4	31.1	31.7	31.4	31.3	31.7	32.3
7/100	31.4	31.8	31.8	31.8	31.6	31.7	31.4	31.3	31.8	31.5
8/100	31.6	31.3	31.9	31.8	32.2	31.5	31.4	31.6	31.9	31.6
9/100	32.0	31.2	31.5	31.6	31.8	31.7	31.7	31.2	31.9	31.6
10/100	31.7	31.4	31.8	31.6	31.8	31.7	31.9	31.4	31.7	31.5

表 2.3 均質性試験結果 (試料 2)

含有するカルシウム濃度 mg/L

試料No.	00/100	10/100	20/100	30/100	40/100	50/100	60/100	70/100	80/100	90/100
1/100	29.7	29.6	29.5	29.8	31.4	29.9	29.6	29.6	30.2	30.5
2/100	30.1	29.5	29.6	29.4	31.1	30.0	29.7	30.1	29.8	30.2
3/100	29.8	29.9	30.2	29.9	31.3	30.4	30.0	29.8	29.8	30.0
4/100	29.6	29.6	29.6	29.7	31.3	29.9	29.6	30.1	29.9	30.2
5/100	29.5	29.9	29.7	29.7	31.6	30.5	29.8	29.9	30.3	29.9
6/100	29.7	29.6	29.5	29.4	31.2	29.9	30.2	30.0	29.9	29.8
7/100	29.9	29.6	29.1	31.4	31.7	29.6	29.9	30.3	30.7	30.1
8/100	30.1	29.5	29.2	31.9	31.6	30.2	29.6	30.2	29.5	29.8
9/100	29.6	29.5	29.5	31.6	31.2	29.9	29.8	30.6	30.4	30.1
10/100	29.3	29.7	29.6	31.4	31.7	29.6	29.7	29.7	30.3	30.2

放射能測定により均質性確認 (参考)

参考として、調製した試料 1 及び試料 2 の 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。結果を表 2.4～表 2.7 に示した。

表 2.4 放射能測定により均質性確認 (試料 1)

単位 Bq/L

試料No.		01/100	10/100	20/100	30/100	40/100	50/100	60/100	70/100	80/100	90/100
1/100	Cs-134	2.1	2.1	2.1	2.3	2.3	2.2	2.1	2.3	2.4	2.2
	Cs-137	6.1	6.8	6.8	6.4	6.0	6.2	6.4	6.3	6.3	6.3
	Cs合計	8.2	8.9	8.9	8.7	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.5

表 2.5 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	2.21	0.110	4.98
Cs-137	6.36	0.263	4.14
Cs 計	8.57	0.236	2.75

表 2.6 放射能測定により均質性確認（試料 2）

単位 Bq/L

試料No.		00/100	10/100	20/100	30/100	40/100	50/100	60/100	70/100	80/100	90/100
1/100	Cs-134	2.8	2.5	2.4	2.5	2.5	2.5	2.3	2.6	2.6	2.7
	Cs-137	7.1	7.8	7.4	7.8	7.9	6.9	7.8	7.7	7.0	6.9
	Cs合計	9.9	10.3	9.8	10.3	10.4	9.4	10.1	10.3	9.6	9.6

表 2.7 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(Bq/L)	変動係数(%)
Cs-134	2.54	0.143	5.63
Cs-137	7.43	0.416	5.61
Cs 計	10.0	0.359	3.60

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

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) 原則最大 3600 秒

⑦使用容器 1.マリネリ容器 2.U-8 容器 3.その他

⑧充填量、測定方法 (kg、L)

⑨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 26 年 10 月 1 日 12 時とし計算

3.2 参加機関概要

参加機関数 : 77 機関

報告件数 : 76 件 (1 機関報告辞退)

測定機器 : ゲルマニウム半導体検出器 71 件

キャンベラ社 28 件、セイコーEG&G 社 40 件、

その他 (不明を含む) 3 件

NaI シンチレーションスペクトロメータ 5 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	-	71	71	76
	平均値	Bq/L	2.1	6.4	8.8
	最小値	Bq/L	1.7	5.3	7.5
	最大値	Bq/L	2.7	7.3	23
	標準偏差	Bq/L	0.165	0.332	1.78
試料 2	測定数	-	71	71	76
	平均値	Bq/L	2.5	7.7	10.6
	最小値	Bq/L	2.1	7.1	9.4
	最大値	Bq/L	2.9	8.4	31
	標準偏差	Bq/L	0.161	0.316	2.47

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	-	71
	平均値	Bq/L	8.5
	最小値	Bq/L	7.5
	最大値	Bq/L	9.5
	標準偏差	Bq/L	0.380
試料 2	測定数	-	71
	平均値	Bq/L	10.2
	最小値	Bq/L	9.4
	最大値	Bq/L	11.0
	標準偏差	Bq/L	0.375

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 76 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。

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	76	76	76	76
中央値 (メジアン) : Q2	8.50	10.20	13.29	1.24
第 1 四分位数 : Q1	8.30	10.00	12.94	0.99
第 3 四分位数 : Q3	8.80	10.53	13.51	1.43
四分位数範囲 IQR=Q3-Q1	0.50	0.53	0.57	0.44
正規四分位数範囲 IQR×0.7413	0.37	0.39	0.42	0.33
ロバストな変動係数 (IQR×0.7413/Q2)×100	4.4	3.8	3.2	26.5
$ z \leq 2$ (%)	89.5 (68)	90.8 (69)	90.8 (69)	96.1 (73)
$2 < z < 3$ (%)	7.9 (6)	6.6 (5)	5.3 (4)	2.6 (2)
$3 \leq z $ (%)	2.6 (2)	2.6 (2)	3.9 (3)	1.3 (1)

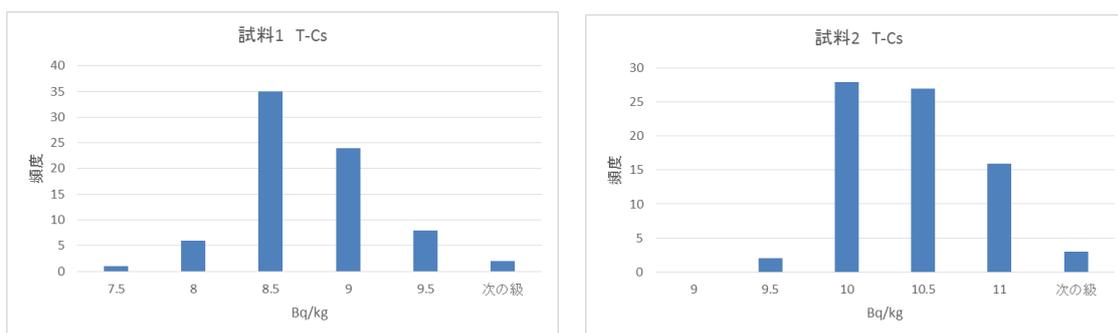


図 3.1 Cs134+137 のヒストグラム

表 3.3 (1) Cs-134+Cs-137 の z スコア結果

試験所 番号	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	8.2	-0.81	9.6	-1.54	12.59	-1.69	0.99	-0.76				
002	8.1	-1.08	10.2	0.00	12.94	-0.84	1.48	0.76				
003	23.0	39.12	§	31.0	53.45	§	38.18	59.36	§	5.66	13.49	§
004	8.8	0.81	9.8	-1.03	13.15	-0.34	0.71	-1.62				
005	8.6	0.27	10.3	0.26	13.36	0.17	1.20	-0.11				
006	8.4	-0.27	10.7	1.28	13.51	0.51	1.63	1.19				
007	8.5	0.00	10.2	0.00	13.22	-0.17	1.20	-0.11				
008	8.3	-0.54	10.3	0.26	13.15	-0.34	1.41	0.54				
009	8.4	-0.27	10.6	1.03	13.44	0.34	1.56	0.97				
010	8.4	-0.27	10.8	1.54	13.58	0.67	1.70	1.40				
011	8.8	0.81	10.7	1.28	13.79	1.18	1.34	0.32				
012	8.3	-0.54	10.3	0.26	13.15	-0.34	1.41	0.54				
013	8.6	0.27	10.1	-0.26	13.22	-0.17	1.06	-0.54				
014	8.0	-1.35	9.8	-1.03	12.59	-1.69	1.27	0.11				
015	8.1	-1.08	10.0	-0.51	12.80	-1.18	1.34	0.32				
016	8.5	0.00	10.2	0.00	13.22	-0.17	1.20	-0.11				
017	9.1	1.62	10.0	-0.51	13.51	0.51	0.64	-1.83				
018	8.9	1.08	10.0	-0.51	13.36	0.17	0.78	-1.40				
019	8.8	0.81	10.3	0.26	13.51	0.51	1.06	-0.54				
020	8.5	0.00	10.3	0.26	13.29	0.00	1.27	0.11				
021	8.8	0.81	10.0	-0.51	13.29	0.00	0.85	-1.19				
022	8.4	-0.27	10.3	0.26	13.22	-0.17	1.34	0.32				
023	8.5	0.00	10.3	0.26	13.29	0.00	1.27	0.11				
024	9.1	1.62	11.0	2.06	14.21	2.19	1.34	0.32				
025	8.0	-1.32	10.6	1.03	13.16	-0.32	1.83	1.81				
026	8.3	-0.54	10.4	0.51	13.22	-0.17	1.48	0.76				
027	8.7	0.54	10.1	-0.26	13.29	0.00	0.99	-0.76				
028	8.4	-0.27	10.3	0.26	13.22	-0.17	1.34	0.32				
029	8.0	-1.35	9.8	-1.03	12.59	-1.69	1.27	0.11				
030	8.9	1.08	10.0	-0.51	13.36	0.17	0.78	-1.40				
031	8.6	0.27	9.9	-0.77	13.08	-0.51	0.92	-0.97				
032	8.9	1.08	10.0	-0.51	13.36	0.17	0.78	-1.40				
033	8.5	0.00	10.2	0.00	13.22	-0.17	1.20	-0.11				
034	8.2	-0.81	10.8	1.54	13.44	0.34	1.84	1.83				
035	9.5	2.70	10.4	0.51	14.07	1.85	0.64	-1.83				
036	8.3	-0.54	10.0	-0.51	12.94	-0.84	1.20	-0.11				
037	8.7	0.49	9.8	-1.13	13.04	-0.61	0.76	-1.45				
038	9.4	2.43	11.3	2.83	14.64	3.20	§	1.34	0.32			
039	9.0	1.35	10.5	0.77	13.79	1.18	1.06	-0.54				
040	8.5	0.00	9.8	-1.03	12.94	-0.84	0.92	-0.97				
041	8.7	0.54	10.1	-0.26	13.29	0.00	0.99	-0.76				
42-1	7.6	-2.43	9.9	-0.77	12.37	-2.19	1.63	1.19				
42-2	8.7	0.54	9.7	-1.28	13.01	-0.67	0.71	-1.62				
043	8.5	0.00	10.0	-0.51	13.08	-0.51	1.06	-0.54				
044	8.8	0.81	10.0	-0.51	13.29	0.00	0.85	-1.19				
045	9.5	2.70	10.8	1.54	14.35	2.53	0.92	-0.97				
046	8.6	0.27	11.0	2.06	13.86	1.35	1.70	1.40				
047	8.3	-0.54	10.0	-0.51	12.94	-0.84	1.20	-0.11				
048	8.6	0.27	10.4	0.51	13.44	0.34	1.27	0.11				
049	8.7	0.54	10.2	0.00	13.36	0.17	1.06	-0.54				
050	8.2	-0.81	9.9	-0.77	12.80	-1.18	1.20	-0.11				

表 3.3 (2) Cs-134+Cs-137 の z スコア結果

試験所 番号	装置	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			
051	Ge	8.0	-1.35	9.8	-1.03	12.59	-1.69	1.27	0.11			
052	Ge	8.3	-0.54	10.0	-0.51	12.94	-0.84	1.20	-0.11			
053	Ge	8.6	0.27	10.4	0.51	13.44	0.34	1.27	0.11			
054	NaI	7.7	-2.16	10.0	-0.51	12.52	-1.85	1.63	1.19			
055	Ge	8.3	-0.54	9.4	-2.06	12.52	-1.85	0.78	-1.40			
056	Ge	7.5	-2.70	10.1	-0.26	12.45	-2.02	1.84	1.83			
057	Ge	9.0	1.35	9.8	-1.03	13.29	0.00	0.57	-2.05			
058	Ge	8.2	-0.81	10.3	0.26	13.08	-0.51	1.48	0.76			
059	Ge	8.4	-0.27	10.7	1.28	13.51	0.51	1.63	1.19			
060	Ge	8.4	-0.27	9.9	-0.77	12.94	-0.84	1.06	-0.54			
061	Ge	8.2	-0.81	10.0	-0.51	12.87	-1.01	1.27	0.11			
062	Ge	8.6	0.27	10.7	1.28	13.65	0.84	1.48	0.76			
063	Ge	8.9	1.08	10.9	1.80	14.00	1.69	1.41	0.54			
064	Ge	8.3	-0.54	10.8	1.54	13.51	0.51	1.77	1.62			
065	Ge	7.8	-1.89	10.5	0.77	12.94	-0.84	1.91	2.05			
067	Ge	8.6	0.27	10.4	0.51	13.44	0.34	1.27	0.11			
069	Ge	8.5	0.00	10.6	1.03	13.51	0.51	1.48	0.76			
070	Ge	8.1	-1.08	9.7	-1.28	12.59	-1.69	1.13	-0.32			
071	NaI	13.1	12.41	§	14.9	12.08	§	19.80	15.51	§	1.27	0.11
072	Ge	8.7	0.54	10.4	0.51	13.51	0.51	1.20	-0.11			
073	Ge	8.3	-0.54	10.6	1.03	13.36	0.17	1.63	1.19			
074	NaI	9.0	1.38	10.4	0.44	13.70	0.98	0.96	-0.84			
075	Ge	8.3	-0.54	9.4	-2.06	12.52	-1.85	0.78	-1.40			
076	Ge	9.2	1.89	10.7	1.28	14.07	1.85	1.06	-0.54			
077	Ge	8.3	-0.54	9.9	-0.77	12.87	-1.01	1.13	-0.32			

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 71 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。

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	71	71	71	71
中央値 (メジアン) : Q ₂	2.10	2.50	3.25	0.28
第 1 四分位数 : Q ₁	2.00	2.40	3.11	0.21
第 3 四分位数 : Q ₃	2.20	2.60	3.32	0.35
四分位数範囲 IQR=Q ₃ -Q ₁	0.20	0.20	0.21	0.14
正規四分位数範囲 IQR×0.7413	0.15	0.15	0.16	0.10
ロバストな変動係数 (IQR×0.7413/Q ₂)×100	7.1	5.9	4.8	37.1
z ≤ 2 (%)	87.3 (62)	88.7 (63)	90.1 (64)	80.3 (57)
2 < z < 3 (%)	11.3 (8)	11.3 (8)	9.9 (7)	15.5 (11)
3 ≤ z (%)	1.4 (1)	0.0 (0)	0.0 (0)	4.2 (3)

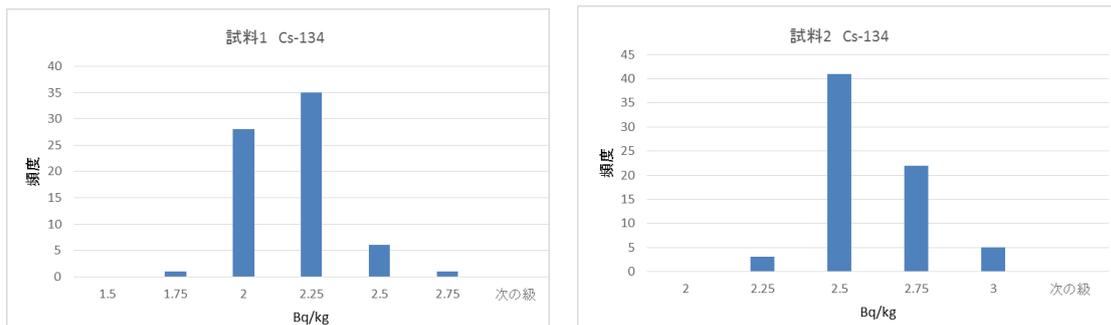


図 3.2 Cs-134 のヒストグラム

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	(Ai+Bi)/√2	zスコア	(Bi-Ai)/√2	zスコア
001	2.0	-0.67	2.4	-0.67	3.11	-0.90	0.28	0.00
002	1.8	-2.02	2.2	-2.02	2.83	-2.70	0.28	0.00
004	2.1	0.00	2.3	-1.35	3.11	-0.90	0.14	-1.35
005	2.1	0.00	2.5	0.00	3.25	0.00	0.28	0.00
006	2.0	-0.67	2.5	0.00	3.18	-0.45	0.35	0.67
007	1.9	-1.35	2.1	-2.70	2.83	-2.70	0.14	-1.35
008	2.1	0.00	2.3	-1.35	3.11	-0.90	0.14	-1.35
009	2.1	0.00	2.5	0.00	3.25	0.00	0.28	0.00
010	2.2	0.67	2.8	2.02	3.54	1.80	0.42	1.35
011	2.1	0.00	2.4	-0.67	3.18	-0.45	0.21	-0.67
012	1.9	-1.35	2.5	0.00	3.11	-0.90	0.42	1.35
013	2.7	4.05 §	2.5	0.00	3.68	2.70	-0.14	-4.05 §
014	2.0	-0.67	2.5	0.00	3.18	-0.45	0.35	0.67
015	2.1	0.00	2.4	-0.67	3.18	-0.45	0.21	-0.67
016	2.0	-0.67	2.5	0.00	3.18	-0.45	0.35	0.67
017	1.8	-2.02	2.3	-1.35	2.90	-2.25	0.35	0.67
018	2.3	1.35	2.7	1.35	3.54	1.80	0.28	0.00
019	2.2	0.67	2.5	0.00	3.32	0.45	0.21	-0.67
020	2.1	0.00	2.6	0.67	3.32	0.45	0.35	0.67
021	2.2	0.67	2.5	0.00	3.32	0.45	0.21	-0.67
022	2.0	-0.67	2.7	1.35	3.32	0.45	0.49	2.02
023	2.1	0.00	2.6	0.67	3.32	0.45	0.35	0.67
024	2.4	2.02	2.7	1.35	3.61	2.25	0.21	-0.67
025	1.8	-1.75	2.5	-0.13	3.05	-1.26	0.45	1.62
026	2.1	0.00	2.5	0.00	3.25	0.00	0.28	0.00
027	2.1	0.00	2.6	0.67	3.32	0.45	0.35	0.67
028	2.1	0.00	2.6	0.67	3.32	0.45	0.35	0.67
029	1.8	-2.02	2.7	1.35	3.18	-0.45	0.64	3.37 §
030	2.1	0.00	2.6	0.67	3.32	0.45	0.35	0.67
031	2.0	-0.67	2.3	-1.35	3.04	-1.35	0.21	-0.67
032	2.1	0.00	2.8	2.02	3.46	1.35	0.49	2.02
033	2.0	-0.67	2.6	0.67	3.25	0.00	0.42	1.35
034	2.0	-0.67	2.7	1.35	3.32	0.45	0.49	2.02
035	2.2	0.67	2.6	0.67	3.39	0.90	0.28	0.00
036	1.9	-1.35	2.4	-0.67	3.04	-1.35	0.35	0.67
037	2.2	0.34	2.3	-1.15	3.17	-0.54	0.13	-1.48
039	2.2	0.67	2.6	0.67	3.39	0.90	0.28	0.00
040	2.0	-0.67	2.5	0.00	3.18	-0.45	0.35	0.67
041	2.2	0.67	2.5	0.00	3.32	0.45	0.21	-0.67
42-1	1.9	-1.35	2.4	-0.67	3.04	-1.35	0.35	0.67
42-2	1.9	-1.35	2.4	-0.67	3.04	-1.35	0.35	0.67
043	2.0	-0.67	2.6	0.67	3.25	0.00	0.42	1.35
044	2.4	2.02	2.4	-0.67	3.39	0.90	0.00	-2.70
045	2.2	0.67	2.9	2.70	3.61	2.25	0.49	2.02
046	2.2	0.67	2.9	2.70	3.61	2.25	0.49	2.02
047	2.1	0.00	2.4	-0.67	3.18	-0.45	0.21	-0.67
048	1.9	-1.35	2.4	-0.67	3.04	-1.35	0.35	0.67
049	2.2	0.67	2.5	0.00	3.32	0.45	0.21	-0.67
050	2.2	0.67	2.5	0.00	3.32	0.45	0.21	-0.67

表 3.5 (2) 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
051	2.0	-0.67	2.5	0.00	3.18	-0.45	0.35	0.67
052	2.1	0.00	2.4	-0.67	3.18	-0.45	0.21	-0.67
053	2.1	0.00	2.6	0.67	3.32	0.45	0.35	0.67
055	2.1	0.00	2.1	-2.70	2.97	-1.80	0.00	-2.70
056	2.2	0.67	2.6	0.67	3.39	0.90	0.28	0.00
057	2.3	1.35	2.4	-0.67	3.32	0.45	0.07	-2.02
058	2.0	-0.67	2.6	0.67	3.25	0.00	0.42	1.35
059	2.1	0.00	2.6	0.67	3.32	0.45	0.35	0.67
060	2.1	0.00	2.5	0.00	3.25	0.00	0.28	0.00
061	2.0	-0.67	2.5	0.00	3.18	-0.45	0.35	0.67
062	2.0	-0.67	2.4	-0.67	3.11	-0.90	0.28	0.00
063	2.1	0.00	2.8	2.02	3.46	1.35	0.49	2.02
064	1.8	-2.02	2.4	-0.67	2.97	-1.80	0.42	1.35
065	1.7	-2.70	2.7	1.35	3.11	-0.90	0.71	4.05 §
067	2.2	0.67	2.6	0.67	3.39	0.90	0.28	0.00
069	2.1	0.00	2.5	0.00	3.25	0.00	0.28	0.00
070	1.9	-1.35	2.4	-0.67	3.04	-1.35	0.35	0.67
072	2.2	0.67	2.5	0.00	3.32	0.45	0.21	-0.67
073	1.9	-1.35	2.6	0.67	3.18	-0.45	0.49	2.02
075	2.3	1.35	2.3	-1.35	3.25	0.00	0.00	-2.70
076	2.4	2.02	2.6	0.67	3.54	1.80	0.14	-1.35
077	2.0	-0.67	2.3	-1.35	3.04	-1.35	0.21	-0.67

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 71 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。

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	71	71	71	71
中央値 (メジアン) : Q2	6.40	7.70	9.97	0.92
第 1 四分位数 : Q1	6.20	7.50	9.83	0.74
第 3 四分位数 : Q3	6.60	8.00	10.18	1.13
四分位数範囲 IQR=Q ₃ -Q ₁	0.40	0.50	0.35	0.39
正規四分位数範囲 IQR×0.7413	0.30	0.37	0.26	0.29
ロバストな変動係数 (IQR×0.7413/Q ₂)×100	4.6	4.8	2.6	31.4
z ≤ 2 (%)	93.0 (66)	100.0 (71)	78.9 (56)	95.8 (68)
2 < z < 3 (%)	1.4 (1)	0.0 (0)	19.7 (14)	4.2 (3)
3 ≤ z (%)	5.6 (4)	0.0 (0)	1.4 (1)	0.0 (0)

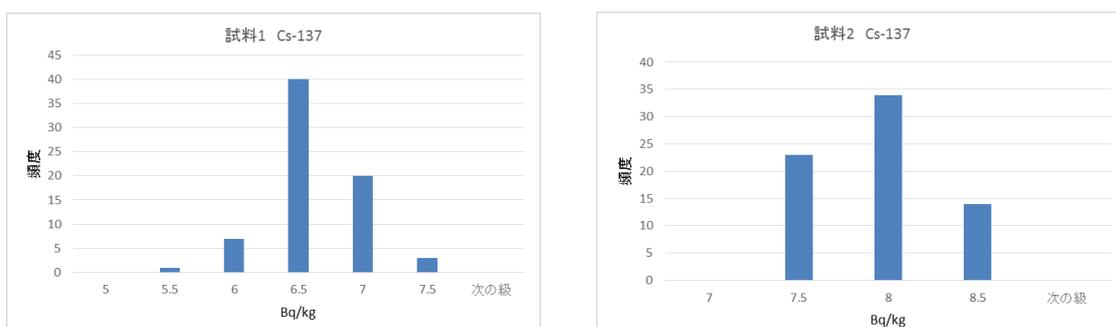


図 3.3 Cs-137 のヒストグラム

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	(Ai+Bi)/√2	zスコア	(Bi-Ai)/√2	zスコア
001	6.20	-0.67	7.20	-1.35	9.475	-1.89	0.707	-0.74
002	6.30	-0.34	8.00	0.81	10.112	0.54	1.202	0.98
004	6.70	1.01	7.50	-0.54	10.041	0.27	0.566	-1.23
005	6.50	0.34	7.80	0.27	10.112	0.54	0.919	0.00
006	6.40	0.00	8.20	1.35	10.324	1.35	1.273	1.23
007	6.60	0.67	8.10	1.08	10.394	1.62	1.061	0.49
008	6.20	-0.67	8.00	0.81	10.041	0.27	1.273	1.23
009	6.30	-0.34	8.10	1.08	10.182	0.81	1.273	1.23
010	6.20	-0.67	8.00	0.81	10.041	0.27	1.273	1.23
011	6.70	1.01	8.30	1.62	10.607	2.43	1.131	0.74
012	6.40	0.00	7.80	0.27	10.041	0.27	0.990	0.25
013	5.90	-1.69	7.60	-0.27	9.546	-1.62	1.202	0.98
014	6.00	-1.35	7.30	-1.08	9.405	-2.16	0.919	0.00
015	6.00	-1.35	7.60	-0.27	9.617	-1.35	1.131	0.74
016	6.50	0.34	7.70	0.00	10.041	0.27	0.849	-0.25
017	7.30	3.04	7.70	0.00	10.607	2.43	0.283	-2.21
018	6.60	0.67	7.30	-1.08	9.829	-0.54	0.495	-1.47
019	6.60	0.67	7.80	0.27	10.182	0.81	0.849	-0.25
020	6.40	0.00	7.70	0.00	9.970	0.00	0.919	0.00
021	6.60	0.67	7.50	-0.54	9.970	0.00	0.636	-0.98
022	6.40	0.00	7.60	-0.27	9.899	-0.27	0.849	-0.25
023	6.40	0.00	7.70	0.00	9.970	0.00	0.919	0.00
024	6.70	1.01	8.30	1.62	10.607	2.43	1.131	0.74
025	6.17	-0.78	8.12	1.13	10.105	0.51	1.379	1.59
026	6.20	-0.67	7.90	0.54	9.970	0.00	1.202	0.98
027	6.60	0.67	7.50	-0.54	9.970	0.00	0.636	-0.98
028	6.30	-0.34	7.70	0.00	9.899	-0.27	0.990	0.25
029	6.20	-0.67	7.10	-1.62	9.405	-2.16	0.636	-0.98
030	6.80	1.35	7.40	-0.81	10.041	0.27	0.424	-1.72
031	6.60	0.67	7.60	-0.27	10.041	0.27	0.707	-0.74
032	6.80	1.35	7.20	-1.35	9.899	-0.27	0.283	-2.21
033	6.50	0.34	7.60	-0.27	9.970	0.00	0.778	-0.49
034	6.20	-0.67	8.10	1.08	10.112	0.54	1.344	1.47
035	7.30	3.04	7.80	0.27	10.677	2.70	0.354	-1.96
036	6.40	0.00	7.60	-0.27	9.899	-0.27	0.849	-0.25
037	6.53	0.44	7.43	-0.73	9.871	-0.38	0.636	-0.98
039	6.80	1.35	7.90	0.54	10.394	1.62	0.778	-0.49
040	6.50	0.34	7.30	-1.08	9.758	-0.81	0.566	-1.23
041	6.50	0.34	7.60	-0.27	9.970	0.00	0.778	-0.49
42-1	5.70	-2.36	7.50	-0.54	9.334	-2.43	1.273	1.23
42-2	6.80	1.35	7.30	-1.08	9.970	0.00	0.354	-1.96
043	6.50	0.34	7.40	-0.81	9.829	-0.54	0.636	-0.98
044	6.40	0.00	7.60	-0.27	9.899	-0.27	0.849	-0.27
045	7.30	3.04	7.90	0.54	10.748	2.97	0.424	-1.72
046	6.40	0.00	8.10	1.08	10.253	1.08	1.202	0.98
047	6.20	-0.67	7.60	-0.27	9.758	-0.81	0.990	0.25
048	6.70	1.01	8.00	0.81	10.394	1.62	0.919	0.00
049	6.50	0.34	7.70	0.00	10.041	0.27	0.849	-0.25
050	6.00	-1.35	7.40	-0.81	9.475	-1.89	0.990	0.25

表 3.7 (2) 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
051	6.00	-1.35	7.30	-1.08	9.405	-2.16	0.919	0.00
052	6.20	-0.67	7.60	-0.27	9.758	-0.81	0.990	0.25
053	6.50	0.34	7.80	0.27	10.112	0.54	0.919	0.00
055	6.20	-0.67	7.30	-1.08	9.546	-1.62	0.778	-0.49
056	5.30	-3.71	7.50	-0.54	9.051	-3.51	1.556	2.21
057	6.70	1.01	7.40	-0.81	9.970	0.00	0.495	-1.47
058	6.20	-0.67	7.70	0.00	9.829	-0.54	1.061	0.49
059	6.30	-0.34	8.10	1.08	10.182	0.81	1.273	1.23
060	6.30	-0.34	7.40	-0.81	9.687	-1.08	0.778	-0.49
061	6.20	-0.67	7.50	-0.54	9.687	-1.08	0.919	0.00
062	6.60	0.67	8.30	1.62	10.536	2.16	1.202	0.98
063	6.80	1.35	8.10	1.08	10.536	2.16	0.919	0.00
064	6.50	0.34	8.40	1.89	10.536	2.16	1.344	1.47
065	6.10	-1.01	7.80	0.27	9.829	-0.54	1.202	0.98
067	6.40	0.00	7.80	0.27	10.041	0.27	0.990	0.25
069	6.40	0.00	8.10	1.08	10.253	1.08	1.202	0.98
070	6.20	-0.67	7.30	-1.08	9.546	-1.62	0.778	-0.49
072	6.50	0.34	7.90	0.54	10.182	0.81	0.990	0.25
073	6.40	0.00	8.00	0.81	10.182	0.81	1.131	0.74
075	6.00	-1.35	7.10	-1.62	9.263	-2.70	0.778	-0.49
076	6.80	1.35	8.10	1.08	10.536	2.16	0.919	0.00
077	6.30	-0.34	7.60	-0.27	9.829	-0.54	0.919	0.00

4. 考察

4.1 方法、装置、容器による結果への影響

4.1.1 測定条件の設定と精度

今回のクロスチェックは、飲料水の基準である 10Bq/kg を測定する場合、通常行われている 1 時間程度の測定時間における分析精度の確認をすることを考慮し、濃度の設定、測定時間の設定を行った。低濃度の測定においては、測定時間を長く取れば精度が向上するものの、コストとの関係もあり、「廃棄物等の放射能調査・測定マニュアル」(第 2 版)の周縁地下水の測定条件を参考に設定した。

ゲルマニウム半導体検出器による測定における第 1 回クロスチェックからの変動係数を表 4.1 に示す。また、今回測定の実験時間 3,600 秒測定における測定誤差と下限値を表 4.2 に示した。

表 4.1 中央値と変動係数

	Cs-134		Cs-137	
	中央値 Bq/kg (L)	ロバストな 変動係数(%)	中央値 Bq/kg (L)	ロバストな 変動係数(%)
第 1 回焼却灰	193.5	3.2	312.0	3.4
第 2 回飛灰溶出液	14.5	3.1	32.7	2.6
第 3 回試料 1 模擬地下水	2.1	7.1	6.4	4.6
第 3 回試料 2 模擬地下水	2.5	5.9	7.7	4.8

表 4.2 計数誤差と下限値

物質	試料 1		試料 2	
	計数誤差	下限値	計数誤差	下限値
Cs-134 (Bq/L)	0.1~0.4 平均 : 0.23	0.3~1.0 平均 : 0.50	0.17~0.4 平均 : 0.25	0.3~1.0 平均 : 0.50
Cs-137 (Bq/L)	0.3~0.6 平均 : 0.39	0.3~1.0 平均 : 0.50	0.3~0.62 平均 : 0.44	0.2~1.0 平均 : 0.50

今回の Cs-134 の測定におけるピーク面積は、測定時間 3,600 秒で 110cnt 程度、計数誤差 12cnt 程度、Cs-137 の測定におけるピーク面積は 270cnt 程度、計数誤差 17cnt 程度であった。また、Cs-134 では、測定値平均 2.08Bq/L (測定時間 3,600 秒) に対して誤差平均値は 0.23Bq/L (11.1%) であった。下限値は平均 0.5Bq/L であり測定値の 1/4 程度であった。

今回のクロスチェックのロバストな変動係数は、過去のクロスチェックに対して約 2 倍

程度の値を示しており、定量下限値に近い測定においては当然のことではあるが精度が悪くなることを示している。

4.1.2 装置における差

Cs-134+Cs-137 測定結果の z スコアを見ると、NaI シンチレーションスペクトロメータの測定結果が 5 報告値のうち 2 件が大きく |3| を超えており、装置によってはこの濃度の測定において精度を保つことが困難であることがうかがえる。他の NaI シンチレーションスペクトロメータは、ゲルマニウム半導体検出器の結果と差は見られなかった。

また、ゲルマニウム半導体検出器におけるメーカー毎の結果を表 4.3 に示した。メーカーによる差は、見られなかった。

表 4.3 メーカー毎の測定結果

メーカー		キャンベラ	セイコー	その他	
試料 1	Cs-134	最小	1.8	1.7	1.7
		最大	2.7	2.4	2.4
		平均	2.1	2.1	2.1
	Cs-137	最小	5.3	6.0	6.2
		最大	6.8	7.3	6.8
		平均	6.3	6.5	6.5
	T-Cs	最小	7.5	7.8	8.3
		最大	9.2	9.5	8.9
		平均	8.4	8.6	8.6
試料 2	Cs-134	最小	2.3	2.1	2.1
		最大	2.8	2.9	2.9
		平均	2.5	2.5	2.6
	Cs-137	最小	7.1	7.1	7.3
		最大	8.3	8.4	8.1
		平均	7.6	7.7	7.8
	T-Cs	最小	9.4	9.6	9.4
		最大	11	10.8	11
		平均	10.2	10.2	10.4
測定数		28	40	3	

4.1.3 複合評価図

Cs-134 と Cs-137 の複合評価図を図 4.1 及び図 4.2 に示した。

結果は一様に分布し、測定機関による偏り（常に高く又は低く出る傾向）は見られなかった。

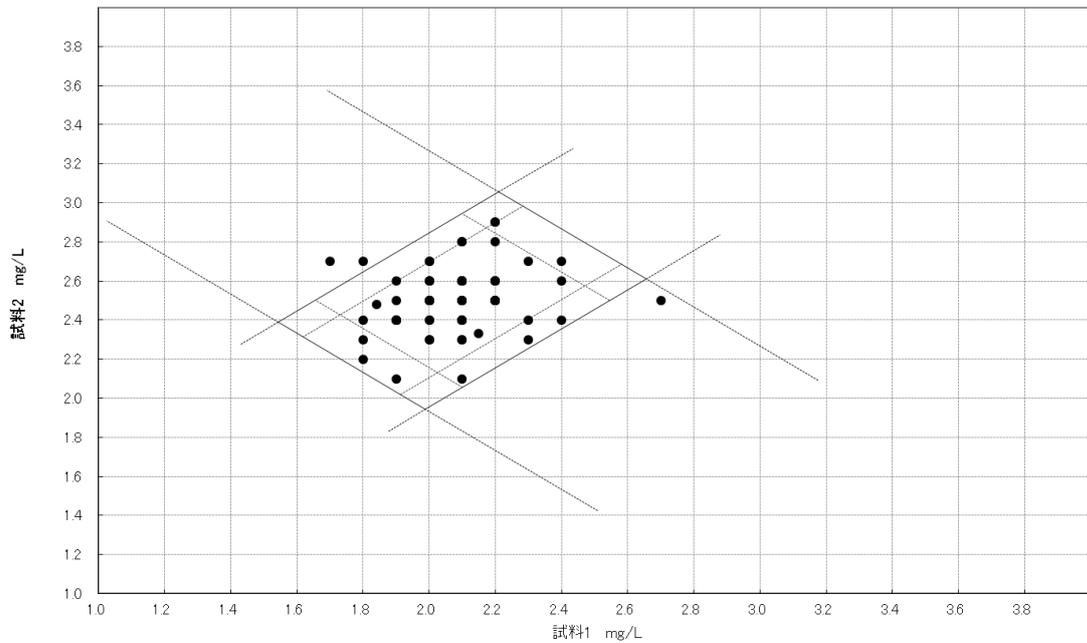


図 4.1 Cs-134 の複合評価図

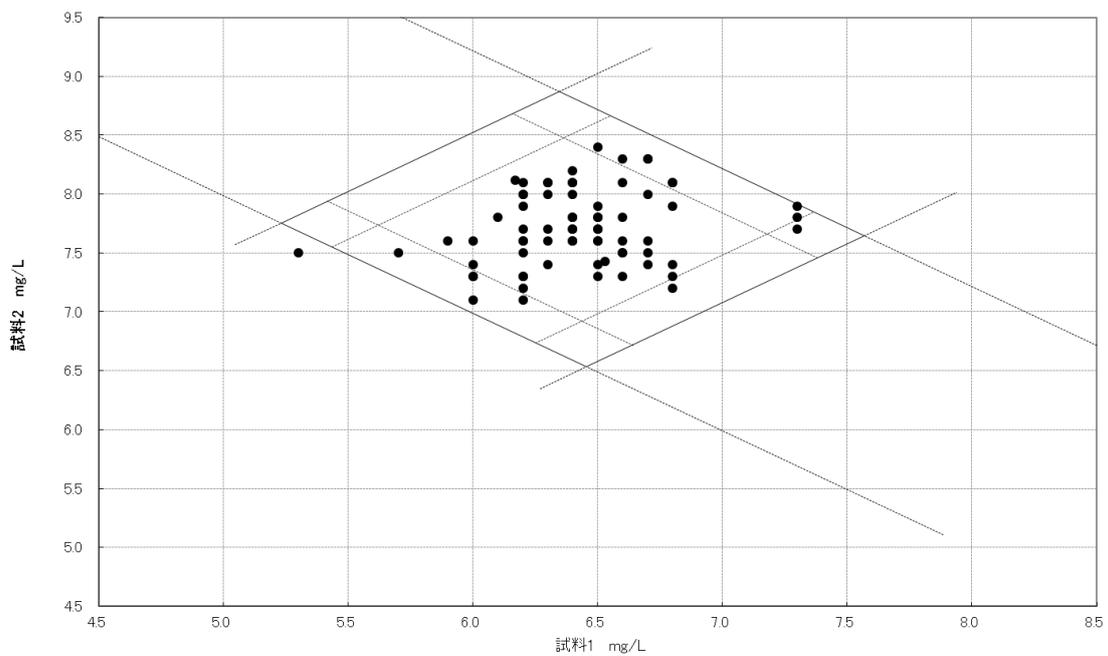


図 4.2 Cs-137 の複合評価図

4.2 充填量の計測

充填量の計測では、容量 (L) で計測している機関 39、重量 (kg) で計測している機関 37 であった。充填量計測の測定精度は重量測定のほうが良いが、マリネリ容器での充填量 (2kg、2L) と放射性物質の測定精度を考えると放射性物質測定結果に差はないと考えられる。

4.3 効率校正頻度

ゲルマニウム半導体検出器の効率校正の頻度は、不定期 (特に決めていない) 13 機関、毎月 2 機関、年 1 回 34 機関、2 年に 1 回 8 機関、3 年に 1 回 3 機関、10 年に 1 回 1 機関、無回答 10 機関であった。

校正の頻度と測定精度について検討を行った結果を表 4.4 に示す。不定期及導入後未校正 (3 年に 1 回、10 年に 1 回)、年 1 回 (毎月を含む)、2 年に 1 回及び無回答の機関の測定結果の平均値と z スコアが |3| を超えた機関 () の数を示した。それぞれの測定結果に差は見られず、z スコアが |3| を超えた機関は年 1 回校正を行うと回答した機関が多かった。

表 4.4 校正頻度と測定結果

校正頻度	試料 1 (Bq/L)			試料 2 (Bq/L)		
	Cs-134	Cs-137	T-Cs	Cs-134	Cs-137	T-Cs
不定期	2.1 (1)	6.4 (1)	8.5 (1)	2.5 (0)	7.6 (0)	10.1 (0)
1 年	2.1 (0)	6.5 (3)	8.5 (3)	2.5 (0)	7.8 (0)	10.3 (0)
2 年	2.1 (0)	6.3 (0)	8.4 (0)	2.4 (0)	7.6 (0)	10.0 (0)
無回答	2.1 (0)	6.3 (0)	8.4 (0)	2.6 (0)	7.7 (0)	10.2 (0)

4.4 放射能の比率

クロスチェック試料には、Cs-134 と Cs-137 の放射性物質が入っており、その存在比は平成 26 年 10 月では概ね 1:3 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	71	71	71	71
中央値 (メジアン) : Q2	0.321	0.325	0.463	0.003
第 1 四分位数 : Q1	0.308	0.316	0.443	-0.014
第 3 四分位数 : Q3	0.339	0.338	0.472	0.014
四分位数範囲 IQR=Q ₃ -Q ₁	0.031	0.022	0.030	0.028
正規四分位数範囲 IQR×0.7413	0.023	0.016	0.022	0.021
ロバストな変動係数 (IQR×0.7413/Q ₂)×100	7.1	5.0	4.7	674.1
z ≤2 (%)	93.0 (66)	83.1 (59)	87.3 (62)	90.1 (64)
2< z <3 (%)	2.8 (2)	11.3 (8)	5.6 (4)	8.5 (6)
3≤ z (%)	4.2 (3)	5.6 (4)	7.0 (5)	1.4 (1)

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、今回の試料濃度及び測定時間 3600 秒では、これらによる偏りが生じた可能性もある。

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 4 機関あったが、「4.1.3 複合評価図」を見ると、試料 1、試料 2 ともに Cs-134 または Cs-137 が高いまたは低い機関は無く、測定時に示される誤差を考慮すると、崩壊のばらつきによる可能性がある。

Cs-134/Cs-137 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ってくる) と差がある場合、再測定や長時間測定を試みる事も必要と考えられる。

資料.1 参加機関

株式会社	秋田県分析化学センター
株式会社	アクアパルス
	いであ株式会社 大阪支社
	いであ株式会社 本社
株式会社	エオネックス
株式会社	エヌ・イーサポート
	エヌエス環境株式会社 東京支社
	エヌエス環境株式会社 東北支社
株式会社	オオスミ
株式会社	環境科学研究所
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 本社
	環境総合研究機構株式会社 福島分析センター
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
	環境リサーチ株式会社
一般財団法人	九州環境管理協会
株式会社	熊谷環境分析センター
株式会社	クレハ分析センター
一般社団法人	群馬県薬剤師会
株式会社	建設環境研究所
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
株式会社	産業分析センター
株式会社	サンコー環境調査センター
	常磐開発株式会社
株式会社	新環境分析センター
株式会社	静環検査センター
	習和産業株式会社

株式会社	島津テクノリサーチ
公益財団法人	島根県環境保健公社
一般財団法人	上越環境科学センター
株式会社	太平洋コンサルタント
	中外テクノス株式会社
一般財団法人	千葉県環境財団
一般社団法人	千葉県薬剤師会検査センター
	帝人エコ・サイエンス 株式会社
株式会社	ディンズ環境分析センター
一般財団法人	東海技術センター
株式会社	東海分析化学研究所
株式会社	東京建設コンサルタント
	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
株式会社	東信公害研究所
	東邦化研株式会社
	東北緑化環境保全株式会社
一般財団法人	栃木県環境技術協会
	内藤環境管理株式会社
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
	日鉄住金環境株式会社
株式会社	日本化学環境センター
一般財団法人	日本環境衛生センター
	日本空調サービス株式会社
株式会社	日本総合科学
株式会社	日吉
	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
一般財団法人	三重県環境保全事業団
一般社団法人	宮城県公衆衛生協会
	三浦工業株式会社
株式会社	むさしの計測

	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
	山根技研株式会社
	ユーロフィン日本環境株式会社
株式会社	ユニチカ環境技術センター
株式会社	理研分析センター