

平成 29 年度
第 6 回放射能クロスチェック
報告書

平成 29 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.....	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 統計解析結果概要.....	9
4. 考察.....	22
4.1 K-40 の測定結果.....	22
4.2 測定時間について.....	23
資料.1 参加機関.....	25

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： RADI2017-01

試験名： 平成 29 年度第 6 回放射能クロスチェック

試験対象： 水質試料

試験項目： セシウム 134、セシウム 137 及びカリウム 40

申込受付： 平成 29 年 8 月 7 日から 9 月 10 日

試料配付： 平成 29 年 10 月 2 日

結果報告期限： 平成 29 年 10 月 31 日

1.3 試験方法

試料は、3L ポリビンで送付します。各自測定容器に詰め測定すること。

今回の試料は、放射性セシウムに加え放射性カリウムの濃度も測定し報告してください。

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ルメータを用いて、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) の放射能濃度及びカリウム 40 の放射能濃度を Bq/L 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ルメータについては、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ルメータ機器分析法」昭和 49 年に準拠とする。

測定時間については、十分精度が確保できる時間としてください。

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 58 機関

報告機関 58 機関

参加機関を資料 1 に示す。

2. 試料

2.1 試料の調製

試料の調製方法を図 2.1 に示す。

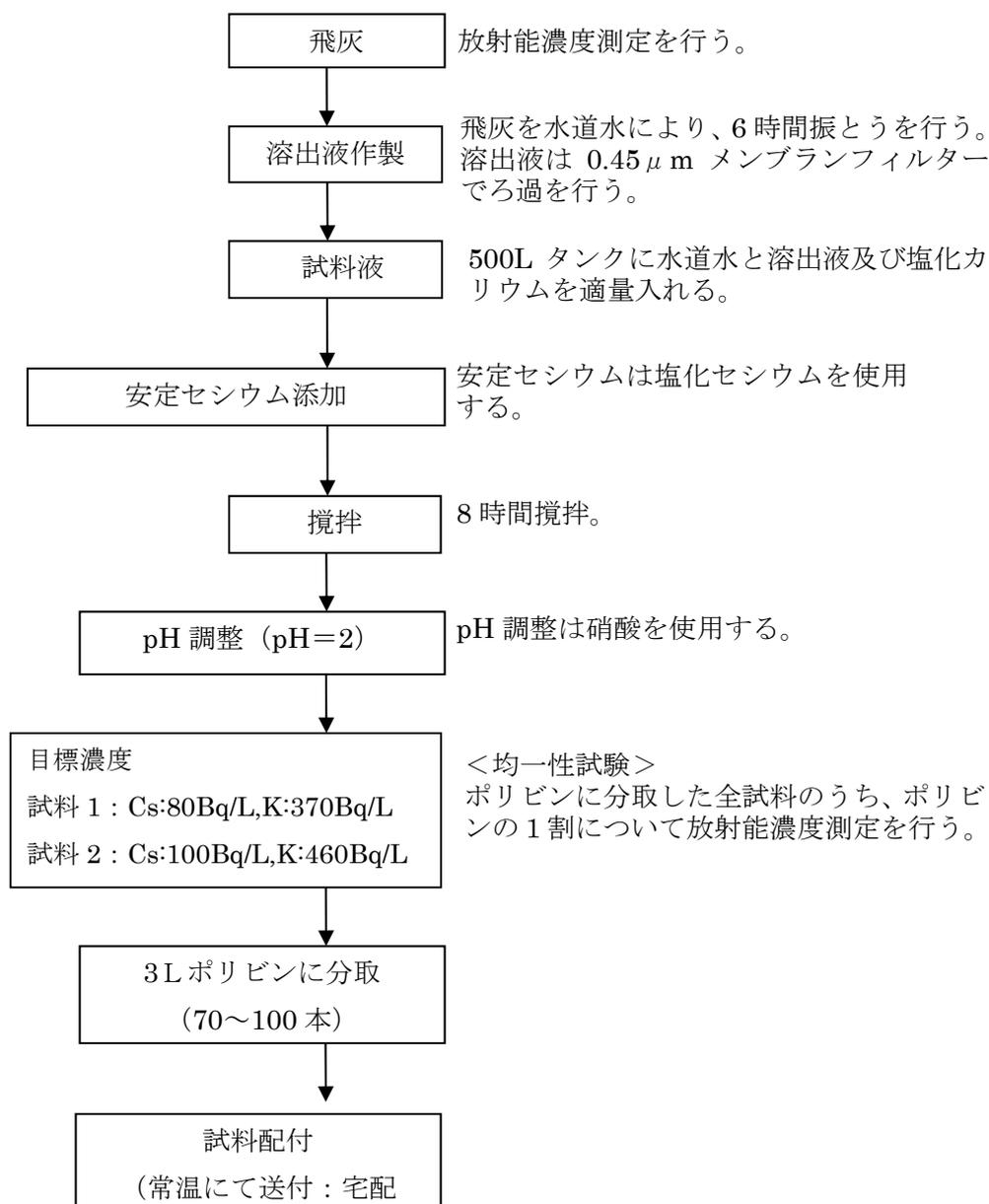


図 2.1 放射能クロスチェック試料調製方法

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(1)、(2)に、試料 2 の結果を表 2.2(1)、(2)及び図 2.3(1)、(2)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/L

試料No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	K-40	376.8	374.2	378.4	380.3	374.1	370.8	372.7	377.7	382.8	367.7	369.0	386.0	389.0
	Cs-134	9.59	9.90	8.96	9.38	9.53	9.88	9.19	9.16	9.49	9.35	8.91	9.42	9.14
	Cs-137	67.66	68.61	69.78	69.82	70.41	67.19	68.78	68.56	70.47	69.62	72.10	70.90	71.30
	Cs合計	77.25	78.51	78.74	79.20	79.94	77.07	77.97	77.72	79.96	78.97	81.01	80.32	80.44

表 2.1 (2) 放射能測定による均質性確認 (試料 1)

	平均値(Bq/L)	標準偏差	変動係数(%)
K-40	376.88	6.426	1.71
Cs-134	9.38	0.308	3.28
Cs-137	69.63	1.432	2.06
Cs 計	79.01	1.275	1.61

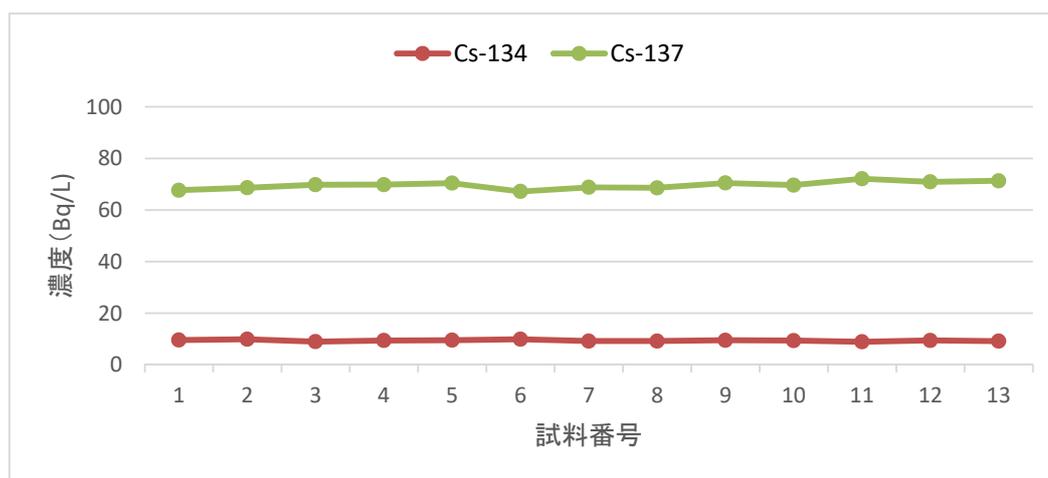


図 2.2 (1) 試料 1 の均質性試験結果 (Cs-134、Cs-137)

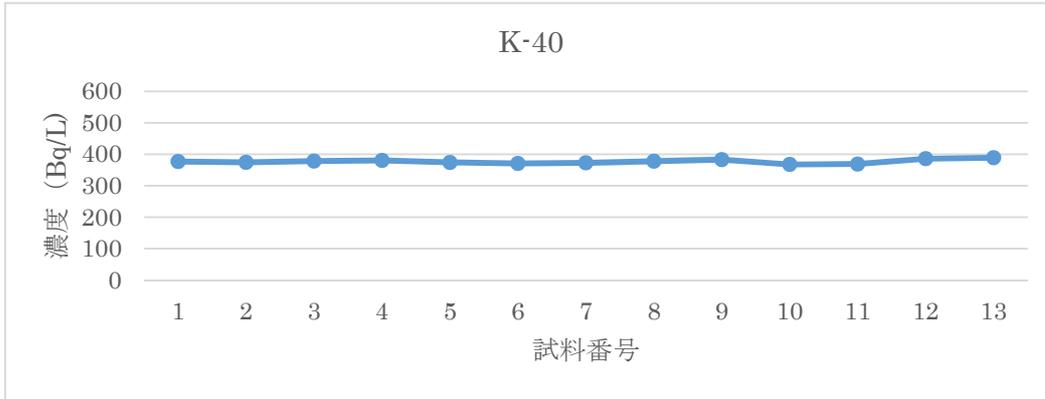


図 2.2 (2) 試料 1 の均質性試験結果 (K-40)

表 2.2 (1) 放射能測定による均質性確認 (試料 2)

単位 Bq/L

試料No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	K-40	482.6	473.4	493.8	451.5	493.6	483.0	463.9	466.3	446.2	451.8	472.0	459.0	474.0
	Cs-134	11.87	11.92	12.10	10.99	11.09	11.15	12.00	11.98	11.33	11.09	12.30	12.40	11.80
	Cs-137	87.19	85.89	90.06	84.34	86.86	89.09	86.49	90.07	86.17	83.80	89.40	88.90	88.80
	Cs合計	99.06	97.81	102.16	95.33	97.95	100.24	98.49	102.05	97.50	94.89	101.70	101.30	100.60

表 2.2 (2) 放射能測定による均質性確認 (試料 2)

	平均値(Bq/L)	標準偏差	変動係数(%)
K-40	470.08	15.531	3.30
Cs-134	11.69	0.496	4.24
Cs-137	87.47	2.092	2.39
Cs 計	99.16	2.433	2.45

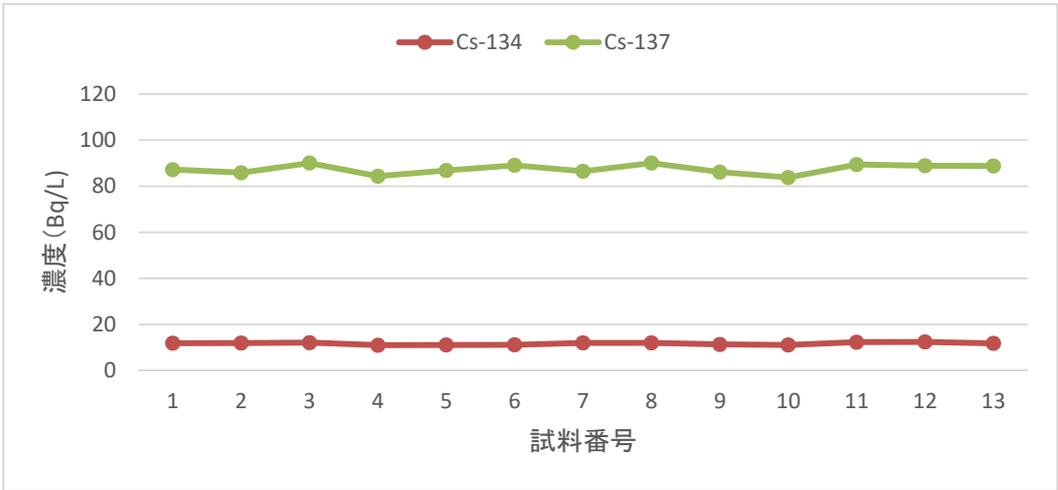


図 2.3 (1) 試料 2 の均質性試験結果 (Cs-134、Cs-137)

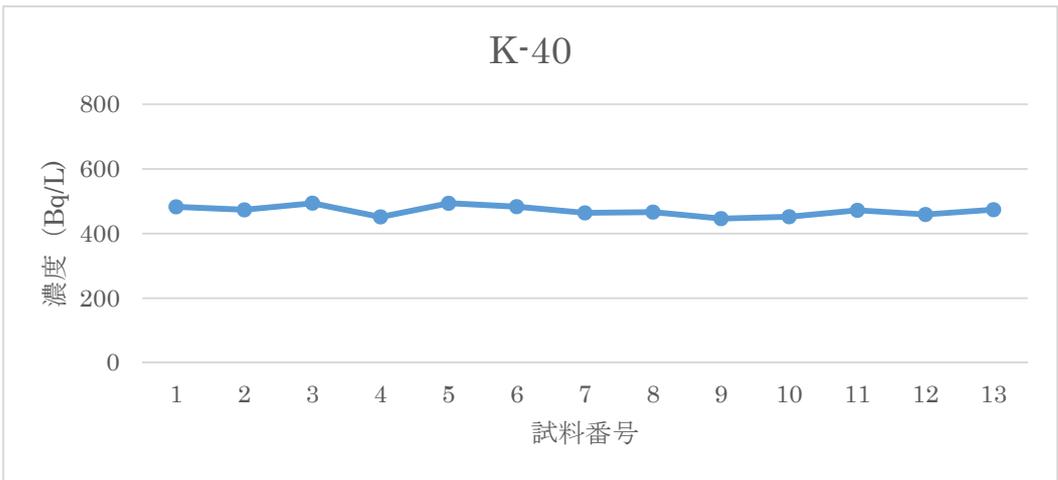


図 2.3 (2) 試料 2 の均質性試験結果 (K-40)

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.マリネリ容器 2.U-8 容器 3.その他

⑧試料量 (kg・L)

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、Cs-137 及び K-40 の測定値

その他の検出器では、Cs-134 と Cs-137 の合計値及び K-40 の測定値

放射能濃度は、測定の基準日を、平成 29 年 10 月 2 日 12 時とし計算

3.2 参加機関概要

参加機関数： 58 機関

報告件数： 60 件^{※1}

※1 2 機関で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ルメータの結果を報告

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。Cs-134、Cs-137 及び K-40 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	K-40
試料 1	測定数	-	58	58	60	56
	平均値	Bq/L	8.9	70.2	78.9	374
	最小値	Bq/L	7.8	65.1	66.5	345
	最大値	Bq/L	10	74.6	83.7	398
	標準偏差	Bq/L	3.9	2.8	3.5	3.3
試料 2	測定数	-	58	58	60	56
	平均値	Bq/L	11.1	88.6	99.4	468
	最小値	Bq/L	10.1	80.8	84.1	434
	最大値	Bq/L	11.8	94.6	105.9	504
	標準偏差	Bq/L	3.2	2.8	3.3	3.2

Cs-134+137 は NaI シンチレーションスペクトルメータ測定 2 機関を含む

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、60 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 及び試料 2 でそれぞれ 2 機関の測定結果が | 3 | を超えていた。

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	60	60	60	60
中央値(median) : Q_2	79.15	99.35	126.15	14.57
第 1 四分位数 : Q_1	77.70	98.28	124.20	14.14
第 3 四分位数 : Q_3	80.23	101.43	128.15	15.06
四分位数範囲 $IQR = Q_3 - Q_1$	2.53	3.15	3.94	0.92
正規四分位数範囲 $IQR \times 0.7413$	1.87	2.34	2.92	0.68
ロバストな変動係数 $(IQR \times 0.7413 / Q_2) \times 100$	2.4	2.4	2.3	4.7
$ z \leq 2$ (%)	83.3 (50)	93.3 (56)	91.7 (55)	76.7 (46)
$2 < z < 3$ (%)	13.3 (8)	3.3 (2)	6.7 (4)	11.7 (7)
$3 \leq z $ (%)	3.3 (2)	3.3 (2)	1.7 (1)	11.7 (7)

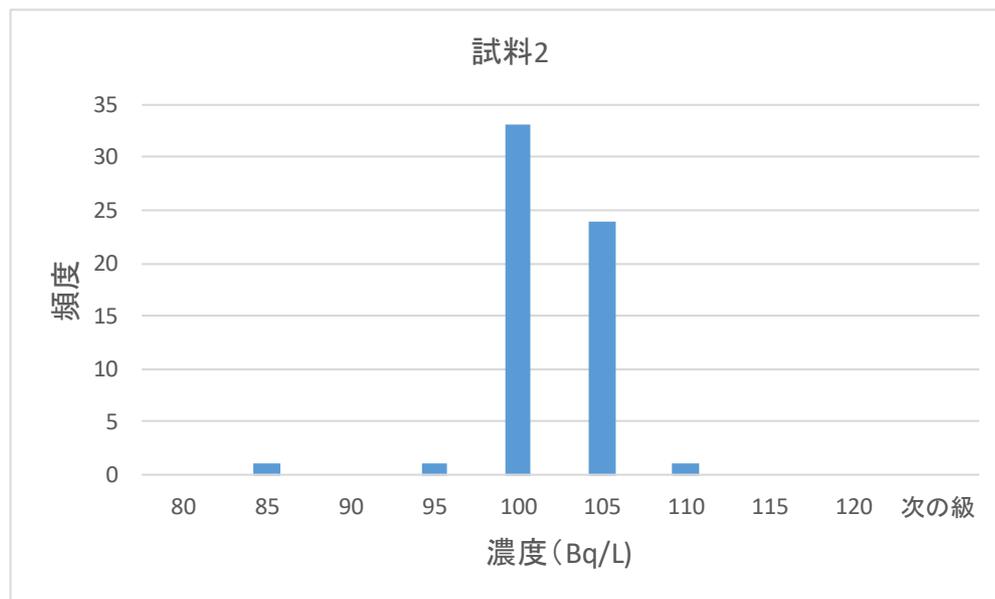
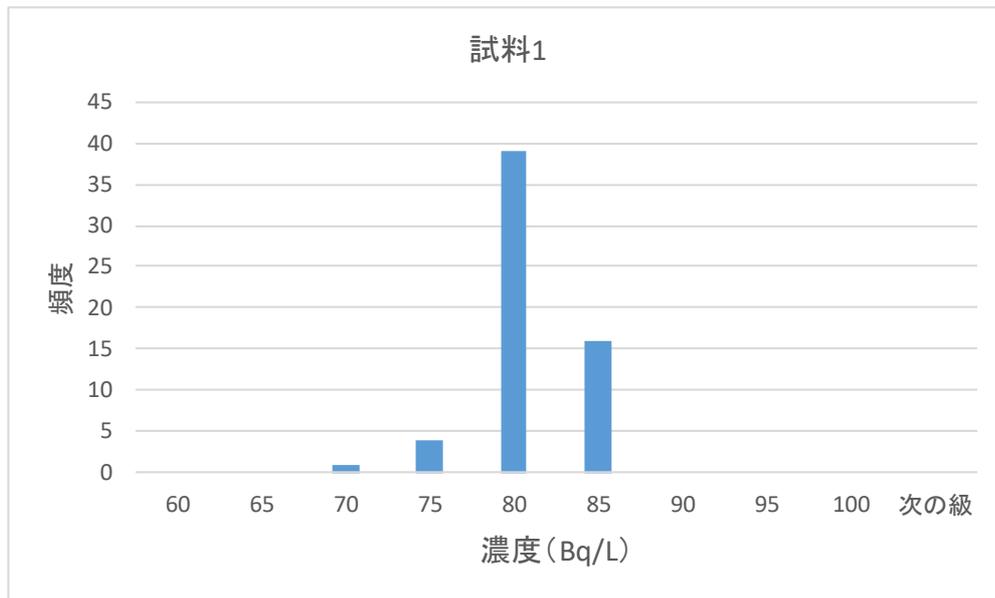


図 3.1 Cs-134+Cs-137 のヒストグラム

表 3.3 (1) Cs-134+Cs-137 の z スコア結果

試験所番号	分析方法	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	79.9	0.401	98.5	-0.364	126.15	0.000	13.15	-2.079
002	Ge	82.7	1.897	101.9	1.092	130.53	1.500	13.58	-1.456
003	Ge	78.6	-0.294	99.1	-0.107	125.65	-0.169	14.50	-0.104
004	Ge	72.9	-3.339 §	98.9	-0.193	121.48	-1.597	18.38	5.614 §
005	Ge	79.2	0.027	99.8	0.193	126.57	0.145	14.57	0.000
006	Ge	77.3	-1.010	95.5	-1.666	122.13	-1.374	12.87	-2.495
007	Ge	83.6	2.399	105.9	2.805	134.03	2.696	15.74	1.726
008	Ge	75.0	-2.217	95.3	-1.734	120.42	-1.960	14.35	-0.312
009	Ge	83.1	2.110	98.0	-0.578	128.06	0.653	10.54	-5.926 §
010	Ge	79.4	0.134	102.2	1.221	128.41	0.774	16.12	2.287
011	Ge	83.6	2.377	104.3	2.120	132.87	2.299	14.64	0.104
012	Ge	78.4	-0.401	99.9	0.236	126.08	-0.024	15.20	0.936
013	Ge	80.7	0.812	101.8	1.049	129.03	0.985	14.94	0.551
014	Ge	82.8	1.950	104.0	1.991	132.09	2.033	14.99	0.624
015	Ge	80.2	0.561	100.5	0.492	127.77	0.557	14.35	-0.312
016	Ge	78.3	-0.454	98.4	-0.407	124.95	-0.411	14.21	-0.520
017	Ge	78.6	-0.294	99.5	0.064	125.94	-0.073	14.78	0.312
018	Ge	78.3	-0.454	99.0	-0.150	125.37	-0.266	14.64	0.104
019	Ge	79.9	0.401	98.9	-0.193	126.43	0.097	13.44	-1.663
020	Ge	78.8	-0.187	98.4	-0.407	125.30	-0.290	13.86	-1.040
021	Ge	79.1	-0.027	99.3	-0.021	126.15	0.000	14.28	-0.416
022	Ge	75.7	-1.843	95.3	-1.734	120.92	-1.791	13.86	-1.040
023	Ge	76.5	-1.416	101.0	0.707	125.51	-0.218	17.32	4.055 §
024	Ge	79.2	0.027	91.2	-3.490 §	120.49	-1.936	8.49	-8.941 §
025	Ge	81.0	0.988	103.3	1.692	130.32	1.428	15.77	1.767
026	Ge	75.3	-2.057	95.4	-1.692	120.70	-1.863	14.21	-0.520
027	Ge	79.5	0.187	100.5	0.492	127.28	0.387	14.85	0.416
028	Ge	79.6	0.240	99.9	0.236	126.93	0.266	14.35	-0.312
029	Ge	77.0	-1.149	99.2	-0.064	124.59	-0.532	15.70	1.663
030	Ge	83.7	2.431	102.6	1.392	131.73	1.912	13.36	-1.767
031	Ge	78.1	-0.545	99.0	-0.150	125.25	-0.307	14.76	0.281
032	Ge	80.3	0.614	100.7	0.578	127.99	0.629	14.42	-0.208
033	Ge	79.0	-0.080	98.5	-0.364	125.51	-0.218	13.79	-1.144
034	Ge	79.2	0.027	99.4	0.021	126.29	0.048	14.28	-0.416
035	Ge	81.0	0.988	101.5	0.921	129.05	0.992	14.50	-0.104
036	Ge	77.4	-0.935	98.1	-0.535	124.10	-0.702	14.64	0.104
036-2	NaI	66.5	-6.758 §	84.1	-6.531 §	106.49	-6.727 §	12.45	-3.119 §
037	Ge	78.7	-0.240	101.4	0.878	127.35	0.411	16.05	2.183
038	Ge	81.0	0.988	101.6	0.964	129.12	1.016	14.57	0.000
039	Ge	76.9	-1.202	98.4	-0.407	123.96	-0.750	15.20	0.936
040	Ge	77.8	-0.721	97.9	-0.621	124.24	-0.653	14.21	-0.520
041	Ge	81.2	1.095	102.8	1.477	130.11	1.355	15.27	1.040
042	Ge	78.3	-0.454	96.8	-1.092	123.81	-0.799	13.08	-2.183
043	Ge	79.1	-0.027	97.7	-0.707	125.02	-0.387	13.15	-2.079
043-2	NaI	75.0	-2.217	99.0	-0.150	123.04	-1.065	16.97	3.535 §
044	Ge	77.0	-1.149	98.3	-0.450	123.96	-0.750	15.06	0.728

表 3.3 (2) Cs-134+Cs-137 の z スコア結果

試験所番号	分析方法	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
045	Ge	81.8	1.416	103.1	1.606	130.74	1.573	15.06	0.728
046	Ge	74.9	-2.271	95.2	-1.777	120.28	-2.008	14.35	-0.312
047	Ge	79.7	0.294	100.8	0.621	127.63	0.508	14.92	0.520
048	Ge	76.8	-1.255	97.1	-0.964	122.97	-1.089	14.35	-0.312
049	Ge	79.0	-0.080	100.2	0.364	126.71	0.194	14.99	0.624
050	Ge	80.0	0.454	97.9	-0.621	125.79	-0.121	12.66	-2.807
051	Ge	76.9	-1.210	98.6	-0.329	124.07	-0.709	15.34	1.141
052	Ge	78.5	-0.353	98.2	-0.492	124.94	-0.414	13.94	-0.925
053	Ge	79.9	0.401	100.5	0.492	127.56	0.484	14.57	0.000
054	Ge	81.5	1.277	103.5	1.777	130.84	1.607	15.53	1.414
055	Ge	79.9	0.401	100.4	0.450	127.49	0.460	14.50	-0.104
056	Ge	79.5	0.187	103.1	1.606	129.12	1.016	16.69	3.119 §
057	Ge	81.0	0.988	102.2	1.221	129.54	1.161	14.99	0.624
058	Ge	79.4	0.134	100.6	0.535	127.28	0.387	14.99	0.624

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 58 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 で 3 機関、試料 2 で 2 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	58	58	58	58
中央値 (メジアン) : Q2	8.90	11.17	14.25	1.63
第 1 四分位数 : Q1	8.73	10.90	13.93	1.41
第 3 四分位数 : Q3	9.09	11.30	14.42	1.70
四分位数範囲 IQR=Q ₃ -Q ₁	0.36	0.40	0.49	0.28
正規四分位数範囲 IQR×0.7413	0.26	0.30	0.37	0.21
ロバストな変動係数 (IQR×0.7413/Q ₂)×100	3.0	2.7	2.6	12.9
z ≤ 2 (%)	89.7 (52)	91.4 (53)	93.1 (54)	79.3 (46)
2 < z < 3 (%)	5.2 (3)	5.2 (3)	6.9 (4)	12.1 (7)
3 ≤ z (%)	5.2 (3)	3.4 (2)	0.0 (0)	8.6 (5)

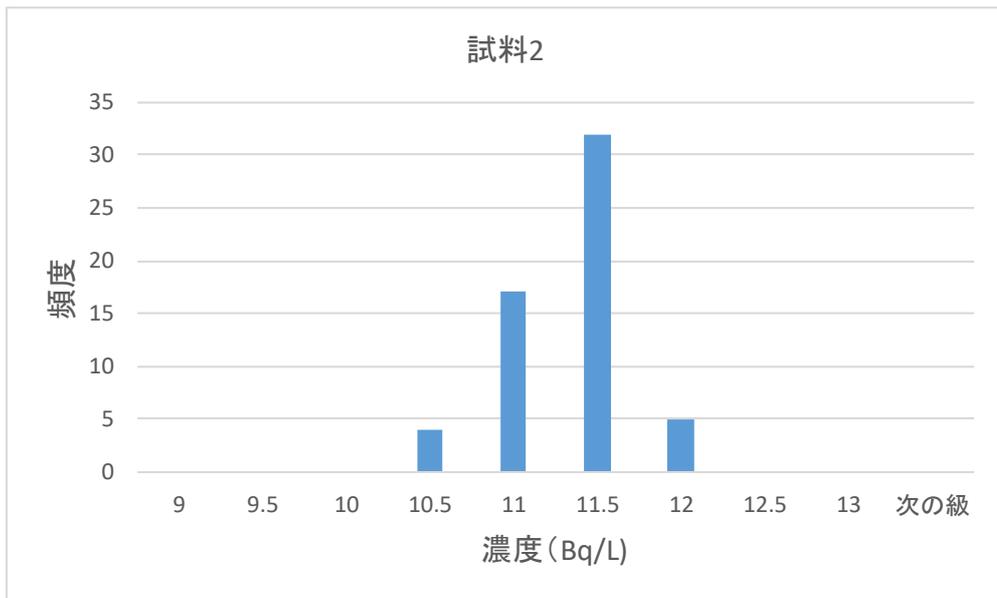
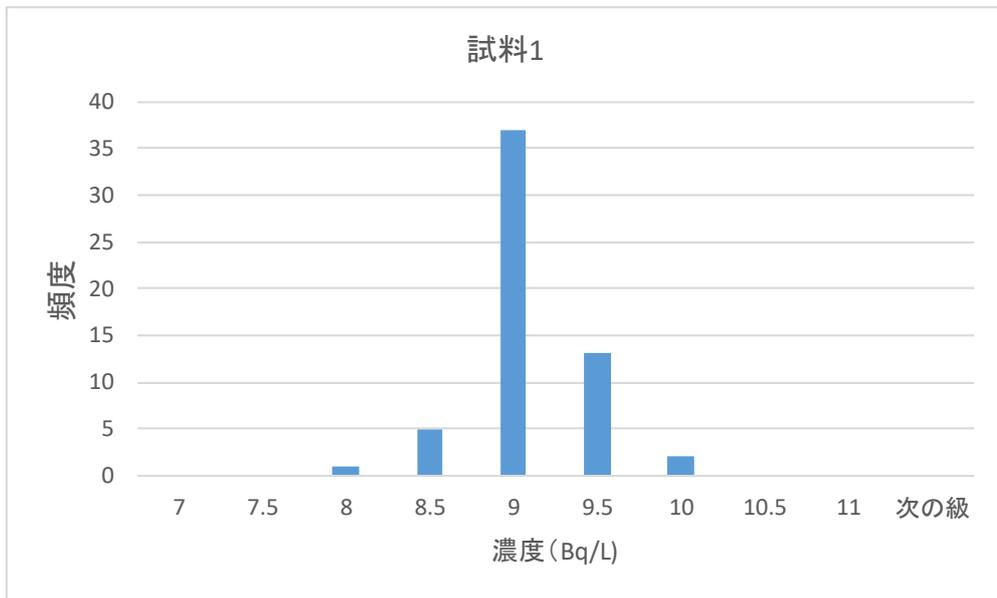


図 3.2 Cs-134 のヒストグラム

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	9.3	1.516	11.6	1.449	14.78	1.445	1.63	0.000
002	9.2	1.137	11.2	0.100	14.42	0.482	1.41	-1.012
003	8.9	0.000	11.4	0.774	14.35	0.289	1.77	0.674
004	7.8	-4.170 §	11.3	0.437	13.51	-2.023	2.47	4.047 §
005	9.0	0.379	11.3	0.437	14.35	0.289	1.63	0.000
006	8.6	-1.289	10.1	-3.745 §	13.17	-2.948	1.06	-2.698
007	9.0	0.531	11.3	0.437	14.38	0.366	1.60	-0.135
008	8.5	-1.516	10.6	-1.924	13.51	-2.023	1.48	-0.674
009	9.5	2.275	11.0	-0.575	14.50	0.674	1.06	-2.698
010	8.8	-0.379	11.8	2.123	14.57	0.867	2.12	2.361
011	10.0	4.170 §	10.8	-1.249	14.71	1.253	0.57	-5.059 §
012	9.0	0.379	10.6	-1.924	13.86	-1.060	1.13	-2.361
013	9.0	0.265	11.6	1.449	14.55	0.809	1.86	1.113
014	9.0	0.379	11.7	1.786	14.64	1.060	1.91	1.349
015	9.0	0.379	11.3	0.437	14.35	0.289	1.63	0.000
016	8.9	0.000	10.9	-0.912	14.00	-0.674	1.41	-1.012
017	8.9	0.000	11.3	0.437	14.28	0.096	1.70	0.337
018	8.7	-0.758	11.2	0.100	14.07	-0.482	1.77	0.674
019	9.9	3.791 §	10.7	-1.587	14.57	0.867	0.57	-5.059 §
020	8.7	-0.758	11.1	-0.238	14.00	-0.674	1.70	0.337
021	8.9	0.000	11.1	-0.238	14.14	-0.289	1.56	-0.337
022	8.6	-1.137	10.2	-3.273 §	13.29	-2.602	1.13	-2.361
023	8.5	-1.516	11.0	-0.575	13.79	-1.253	1.77	0.674
024	8.8	-0.379	10.4	-2.598	13.58	-1.831	1.13	-2.361
025	9.0	0.379	11.4	0.774	14.42	0.482	1.70	0.337
026	8.3	-2.275	11.0	-0.575	13.65	-1.638	1.91	1.349
027	9.1	0.758	11.1	-0.238	14.28	0.096	1.41	-1.012
028	8.9	0.000	11.2	0.100	14.21	-0.096	1.63	0.000
029	9.1	0.758	11.3	0.437	14.42	0.482	1.56	-0.337
030	9.2	1.137	10.6	-1.924	14.00	-0.674	0.99	-3.035 §
031	8.7	-0.644	11.3	0.437	14.16	-0.231	1.82	0.911
032	9.1	0.758	11.3	0.437	14.42	0.482	1.56	-0.337
033	8.6	-1.137	11.1	-0.238	13.93	-0.867	1.77	0.674
034	9.0	0.379	11.1	-0.238	14.21	-0.096	1.48	-0.674
035	9.0	0.379	11.2	0.100	14.28	0.096	1.56	-0.337
036	8.8	-0.379	10.6	-1.924	13.72	-1.445	1.27	-1.686
037	8.8	-0.379	11.3	0.437	14.21	-0.096	1.77	0.674
038	9.1	0.758	11.4	0.774	14.50	0.674	1.63	0.000
039	8.7	-0.758	11.0	-0.575	13.93	-0.867	1.63	0.000
040	8.6	-1.137	11.0	-0.575	13.86	-1.060	1.70	0.337
041	9.1	0.758	11.3	0.437	14.42	0.482	1.56	-0.337
042	9.1	0.758	10.9	-0.912	14.14	-0.289	1.27	-1.686
043	8.9	0.000	11.3	0.437	14.28	0.096	1.70	0.337
044	8.5	-1.516	10.9	-0.912	13.72	-1.445	1.70	0.337

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	(Ai+Bi)/√2	zスコア	(Bi-Ai)/√2	zスコア
045	9.3	1.516	11.5	1.111	14.71	1.253	1.56	-0.337
046	8.5	-1.516	10.9	-0.912	13.72	-1.445	1.70	0.337
047	8.9	0.000	11.3	0.437	14.28	0.096	1.70	0.337
048	8.7	-0.758	10.8	-1.249	13.79	-1.253	1.48	-0.674
049	8.9	0.000	11.2	0.100	14.21	-0.096	1.63	0.000
050	8.9	0.000	10.4	-2.598	13.65	-1.638	1.06	-2.698
051	8.7	-0.649	11.1	-0.100	14.05	-0.540	1.71	0.378
052	8.9	-0.038	11.1	-0.238	14.14	-0.308	1.56	-0.304
053	9.0	0.379	11.3	0.437	14.35	0.289	1.63	0.000
054	9.0	0.531	11.6	1.449	14.59	0.944	1.81	0.877
055	9.0	0.379	11.3	0.437	14.35	0.289	1.63	0.000
056	9.5	2.275	10.8	-1.249	14.35	0.289	0.92	-3.372 §
057	9.3	1.516	11.1	-0.238	14.42	0.482	1.27	-1.686
058	8.8	-0.379	11.4	0.774	14.28	0.096	1.84	1.012

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 58 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。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 及び試料 2 でそれぞれ 2 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	58	58	58	58
中央値 (メジアン) : Q2	70.20	88.25	112.11	12.94
第 1 四分位数 : Q1	69.25	87.40	110.47	12.67
第 3 四分位数 : Q3	71.20	90.18	113.77	13.56
四分位数範囲 IQR=Q ₃ -Q ₁	1.95	2.77	3.31	0.88
正規四分位数範囲 IQR×0.7413	1.45	2.06	2.45	0.66
ロバストな変動係数 (IQR×0.7413/Q ₂)×100	2.1	2.3	2.2	5.1
z ≤ 2 (%)	81.0 (47)	94.8 (55)	86.2 (50)	84.5 (49)
2 < z < 3 (%)	15.5 (9)	1.7 (1)	12.1 (7)	6.9 (4)
3 ≤ z (%)	3.4 (2)	3.4 (2)	1.7 (1)	8.6 (5)

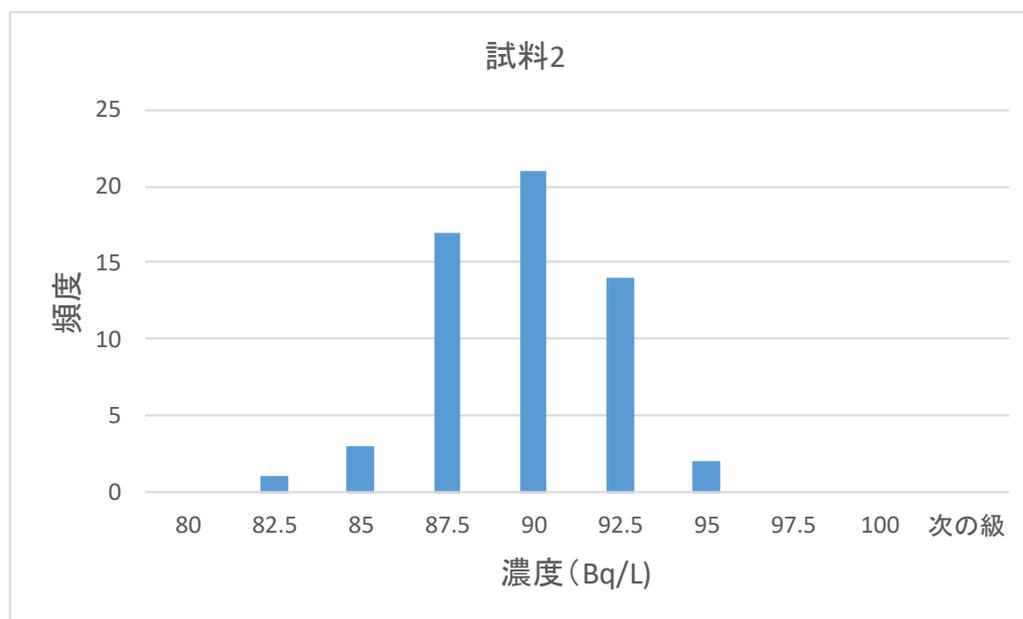
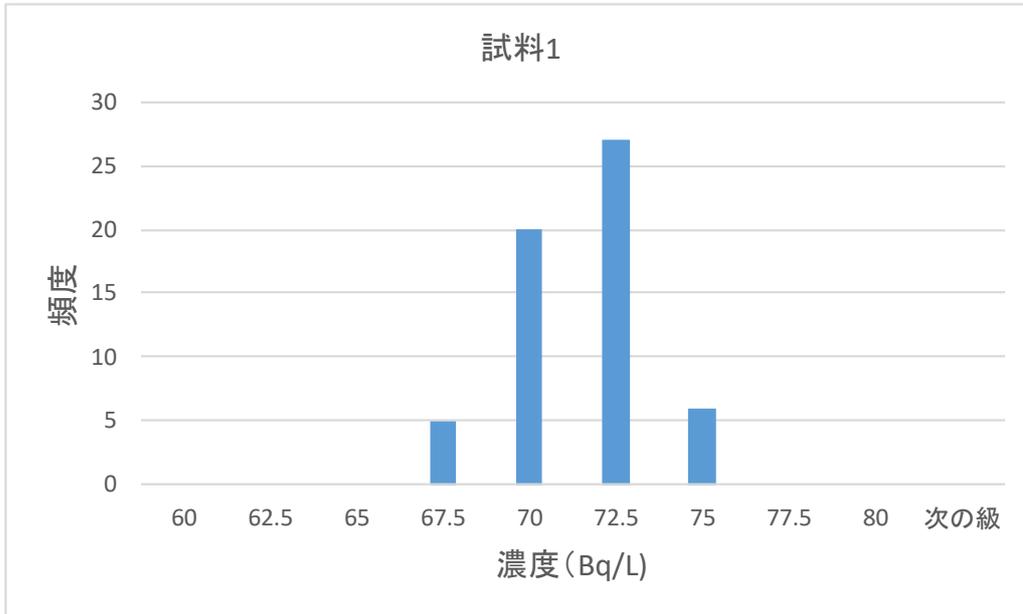


図 3.3 Cs-137 のヒストグラム

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	70.6	0.277	86.9	-0.656	111.37	-0.303	11.53	-2.158
002	73.5	2.283	90.7	1.191	116.11	1.630	12.16	-1.187
003	69.7	-0.346	87.7	-0.267	111.30	-0.332	12.73	-0.324
004	65.1	-3.528 §	87.6	-0.316	107.98	-1.688	15.91	4.533 §
005	70.2	0.000	88.5	0.122	112.22	0.043	12.94	0.000
006	68.7	-1.038	85.4	-1.385	108.97	-1.284	11.81	-1.727
007	74.6	3.044 §	94.6	3.087 §	119.64	3.073 §	14.14	1.835
008	66.5	-2.560	84.7	-1.726	106.91	-2.121	12.87	-0.108
009	73.6	2.352	87.0	-0.608	113.56	0.592	9.48	-5.288 §
010	70.6	0.277	90.4	1.045	113.84	0.707	14.00	1.619
011	73.6	2.352	93.5	2.552	118.16	2.467	14.07	1.727
012	69.4	-0.553	89.3	0.510	112.22	0.043	14.07	1.727
013	71.7	1.038	90.2	0.948	114.48	0.967	13.08	0.216
014	73.8	2.490	92.3	1.969	117.45	2.179	13.08	0.216
015	71.2	0.692	89.2	0.462	113.42	0.534	12.73	-0.324
016	69.4	-0.553	87.5	-0.365	110.95	-0.476	12.80	-0.216
017	69.7	-0.346	88.2	-0.024	111.65	-0.188	13.08	0.216
018	69.6	-0.415	87.8	-0.219	111.30	-0.332	12.87	-0.108
019	70.0	-0.138	88.2	-0.024	111.86	-0.101	12.87	-0.108
020	70.1	-0.069	87.3	-0.462	111.30	-0.332	12.16	-1.187
021	70.2	0.000	88.2	-0.024	112.01	-0.043	12.73	-0.324
022	67.1	-2.145	85.1	-1.531	107.62	-1.832	12.73	-0.324
023	68.0	-1.522	90.0	0.851	111.72	-0.159	15.56	3.993 §
024	70.4	0.138	80.8	-3.622 §	106.91	-2.121	7.35	-8.526 §
025	72.0	1.245	91.9	1.774	115.89	1.544	14.07	1.727
026	67.0	-2.214	84.4	-1.872	107.06	-2.063	12.30	-0.971
027	70.4	0.138	89.4	0.559	113.00	0.361	13.44	0.755
028	70.7	0.346	88.7	0.219	112.71	0.245	12.73	-0.324
029	67.9	-1.591	87.9	-0.170	110.17	-0.794	14.14	1.835
030	74.5	2.975	92.0	1.823	117.73	2.294	12.37	-0.863
031	69.4	-0.553	87.7	-0.267	111.09	-0.418	12.94	0.000
032	71.2	0.692	89.4	0.559	113.56	0.592	12.87	-0.108
033	70.4	0.138	87.4	-0.413	111.58	-0.216	12.02	-1.403
034	70.2	0.000	88.3	0.024	112.08	-0.014	12.80	-0.216
035	72.0	1.245	90.3	0.997	114.76	1.082	12.94	0.000
036	68.6	-1.107	87.5	-0.365	110.38	-0.707	13.36	0.648
037	69.9	-0.208	90.1	0.899	113.14	0.418	14.28	2.050
038	71.9	1.176	90.2	0.948	114.62	1.024	12.94	0.000
039	68.2	-1.384	87.4	-0.413	110.03	-0.851	13.58	0.971
040	69.2	-0.692	86.9	-0.656	110.38	-0.707	12.52	-0.648
041	72.1	1.314	91.5	1.580	115.68	1.457	13.72	1.187
042	69.2	-0.692	85.9	-1.142	109.67	-0.996	11.81	-1.727
043	70.2	0.000	86.4	-0.899	110.73	-0.563	11.46	-2.266
044	68.5	-1.176	87.4	-0.413	110.24	-0.765	13.36	0.648

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	(Ai+Bi)/√2	zスコア	(Bi-Ai)/√2	zスコア
045	72.5	1.591	91.6	1.629	116.04	1.601	13.51	0.863
046	66.4	-2.629	84.3	-1.920	106.56	-2.265	12.66	-0.432
047	70.8	0.415	89.5	0.608	113.35	0.505	13.22	0.432
048	68.1	-1.453	86.3	-0.948	109.18	-1.197	12.87	-0.108
049	70.1	-0.069	89.0	0.365	112.50	0.159	13.36	0.648
050	71.1	0.623	87.5	-0.365	112.15	0.014	11.60	-2.050
051	68.2	-1.414	87.4	-0.393	110.02	-0.852	13.64	1.063
052	69.6	-0.415	87.1	-0.559	110.80	-0.534	12.37	-0.863
053	70.9	0.484	89.2	0.462	113.21	0.447	12.94	0.000
054	72.5	1.591	91.9	1.774	116.25	1.688	13.72	1.187
055	70.9	0.484	89.1	0.413	113.14	0.418	12.87	-0.108
056	70.0	-0.138	92.3	1.969	114.76	1.082	15.77	4.317 §
057	71.7	1.038	91.1	1.385	115.12	1.226	13.72	1.187
058	70.6	0.277	89.2	0.462	113.00	0.361	13.15	0.324

4) Ge 半導体検出器測定結果 (K-40) 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、K-40 を対象として z スコア解析を行った結果概要を表 3.8 に示した。K-40 のヒストグラムを図 3.4 に示した。また、各機関の z スコアの結果を表 3.9 に示した。z スコアにおいて |3| を超えていた機関は無かった。

表 3.8 K-40 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	374.20	469.66	597.12	67.35
第 1 四分位数 : Q1	367.93	458.40	582.79	63.71
第 3 四分位数 : Q3	382.28	476.70	608.18	70.71
四分位数範囲 IQR=Q ₃ -Q ₁	14.35	18.30	25.39	7.00
正規四分位数範囲 IQR×0.7413	10.64	13.57	18.82	5.19
ロバストな変動係数 (IQR×0.7413/Q ₂)×100	2.8	2.9	3.2	7.7
z ≤ 2 (%)	89.3 (50)	92.9 (52)	94.6 (53)	92.9 (52)
2 < z < 3 (%)	10.7 (6)	7.1 (4)	5.4 (3)	3.6 (2)
3 ≤ z (%)	0.0 (0)	0.0 (0)	0.0 (0)	3.6 (2)

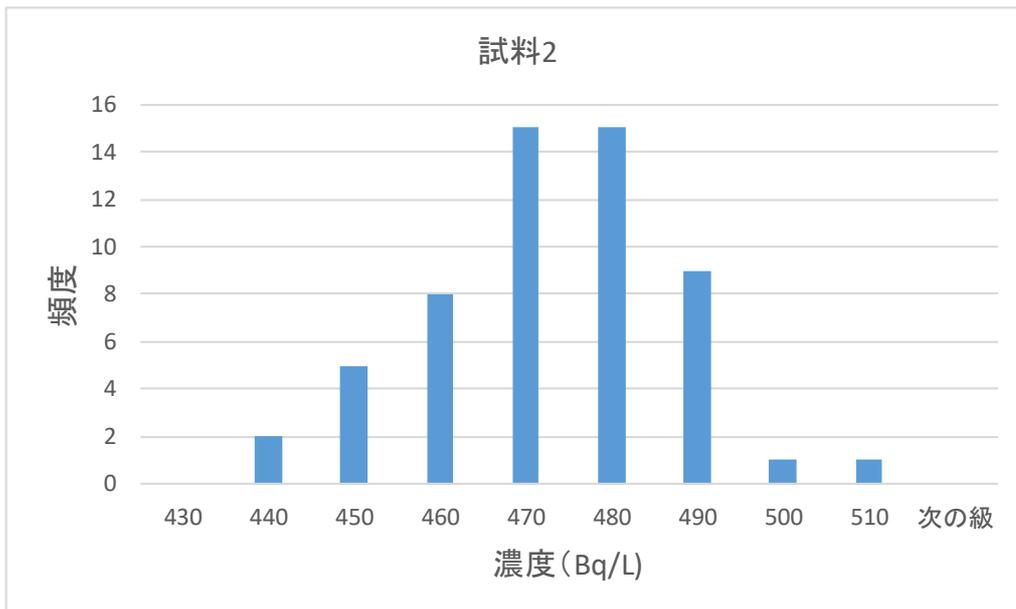
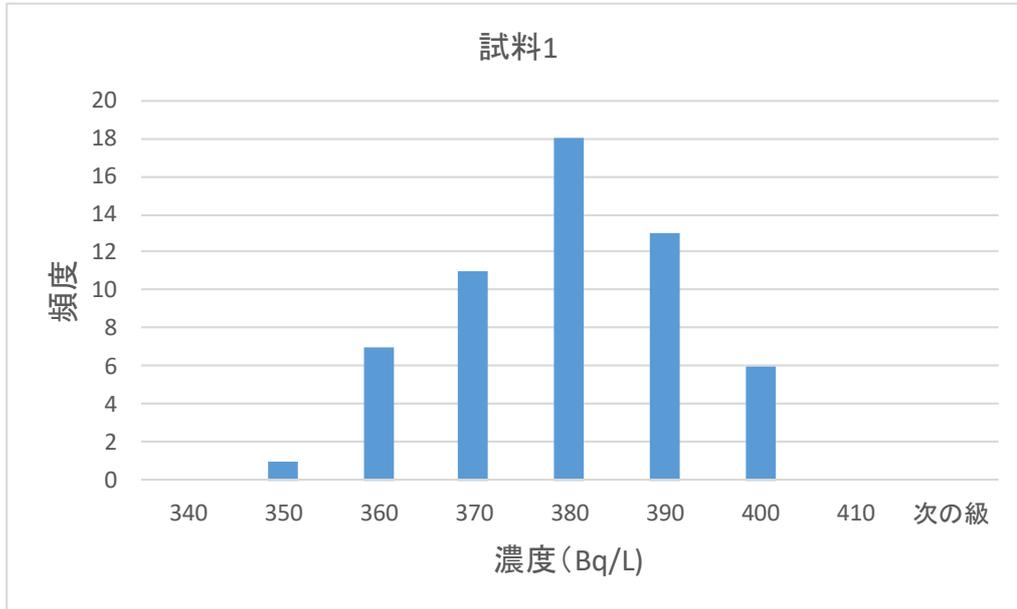


図 3.4 K-40 のヒストグラム

表 3.9 (1) K-40 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	372.6	-0.150	471.8	0.158	597.08	-0.002	70.14	0.538
002	350.4	-2.237	434.4	-2.599	554.94	-2.241	59.40	-1.533
003	368.6	-0.526	458.4	-0.830	584.78	-0.656	63.50	-0.743
004	352.5	-2.040	457.8	-0.874	572.97	-1.283	74.46	1.369
005	354.1	-1.890	446.1	-1.736	565.83	-1.662	65.05	-0.443
006	361.0	-1.241	451.0	-1.375	574.17	-1.219	63.64	-0.715
007	385.0	1.015	490.0	1.500	618.72	1.148	74.25	1.329
008	350.6	-2.219	450.6	-1.405	566.53	-1.625	70.71	0.647
009	384.0	0.922	469.6	-0.003	603.60	0.344	60.53	-1.315
010	382.8	0.808	476.3	0.490	607.48	0.550	66.11	-0.238
011	398.1	2.247	503.5	2.495	637.53	2.147	74.53	1.383
012	357.2	-1.598	457.2	-0.918	575.87	-1.129	70.71	0.647
013	381.0	0.639	475.0	0.394	605.28	0.434	66.47	-0.170
014	391.0	1.579	490.0	1.500	622.96	1.373	70.00	0.511
015	389.8	1.466	475.3	0.416	611.72	0.776	60.46	-1.329
016	366.2	-0.752	454.0	-1.154	579.97	-0.911	62.08	-1.015
017	378.2	0.376	466.3	-0.247	597.15	0.002	62.30	-0.974
019	375.9	0.160	474.7	0.372	601.47	0.231	69.86	0.484
020	369.4	-0.451	460.6	-0.667	586.90	-0.543	64.49	-0.552
021	374.7	0.047	470.3	0.048	597.51	0.021	67.60	0.048
022	363.9	-0.968	441.7	-2.061	569.65	-1.460	55.01	-2.378
024	376.6	0.226	434.3	-2.606	573.39	-1.260	40.80	-5.117
025	395.6	2.012	485.7	1.183	623.17	1.384	63.71	-0.702
026	345.0	-2.745	445.0	-1.817	558.61	-2.046	70.71	0.647
027	375.5	0.122	476.4	0.497	602.38	0.280	71.35	0.770
028	371.8	-0.226	465.1	-0.336	591.78	-0.284	65.97	-0.266
029	365.5	-0.818	458.4	-0.830	582.59	-0.772	65.69	-0.320
030	381.9	0.724	482.4	0.939	611.15	0.746	71.06	0.715
031	377.0	0.263	475.0	0.394	602.45	0.284	69.30	0.375
032	376.4	0.207	477.7	0.593	603.94	0.363	71.63	0.824
033	372.9	-0.122	461.7	-0.586	590.15	-0.370	62.79	-0.879
034	373.6	-0.056	468.5	-0.085	595.45	-0.088	67.10	-0.048
035	388.6	1.354	487.7	1.330	619.64	1.197	70.07	0.525
036	390.1	1.495	469.9	0.018	608.11	0.584	56.43	-2.105
037	382.1	0.743	475.4	0.423	606.34	0.490	65.97	-0.266
038	393.6	1.824	485.2	1.146	621.41	1.290	64.77	-0.497
039	363.8	-0.978	468.2	-0.107	588.31	-0.468	73.82	1.247
040	368.5	-0.536	462.1	-0.557	587.32	-0.520	66.19	-0.225
041	387.4	1.241	488.4	1.382	619.28	1.178	71.42	0.783
042	356.9	-1.626	453.4	-1.198	572.97	-1.283	68.24	0.170
043	373.7	-0.047	464.7	-0.365	592.84	-0.227	64.35	-0.579
044	371.8	-0.226	472.6	0.217	597.08	-0.002	71.28	0.756

表 3.9 (2) K-40 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
045	384.0	0.921	476.6	0.512	608.54	0.607	65.48	-0.361
046	378.8	0.432	468.3	-0.100	598.99	0.100	63.29	-0.783
047	372.0	-0.207	477.0	0.541	600.33	0.171	74.25	1.329
048	358.1	-1.513	448.2	-1.582	570.14	-1.433	63.71	-0.702
049	370.7	-0.329	469.7	0.003	594.25	-0.152	70.00	0.511
050	372.4	-0.169	443.5	-1.928	576.93	-1.073	50.28	-3.291
051	361.3	-1.217	463.0	-0.488	582.86	-0.757	71.97	0.890
052	370.0	-0.395	464.0	-0.417	589.73	-0.393	66.47	-0.170
053	378.0	0.357	475.0	0.394	603.16	0.321	68.59	0.238
054	381.0	0.639	483.0	0.984	610.94	0.734	72.12	0.920
055	385.0	1.015	482.0	0.910	613.06	0.847	68.59	0.238
056	392.0	1.673	494.0	1.795	626.50	1.561	72.12	0.920
057	382.0	0.733	478.4	0.645	608.39	0.599	68.17	0.157
058	368.8	-0.508	468.0	-0.122	591.71	-0.287	70.14	0.538

4. 考察

4.1 K-40 の測定結果

今回のクロスチェックでは、測定装置の状況は把握するため、測定するエネルギーが Cs-134 (604.66keV、795.76keV) や Cs-137 (661.64keV) と比べ高い測定エネルギーをもつ K-40 (1460.75keV) を測定項目に加えた。

結果としてはzスコアが|3|を超える機関は無く精度良く測定が行われていた。

細かい点で見ると、試験所内のロバストな変動係数が 7.7 と Cs-137 の 5.1 と比べやや大きく、「かたよりは無いが、ばらつきが大きい」結果となった^{※1}。

測定結果のばらつきを図 4.1 に示す。

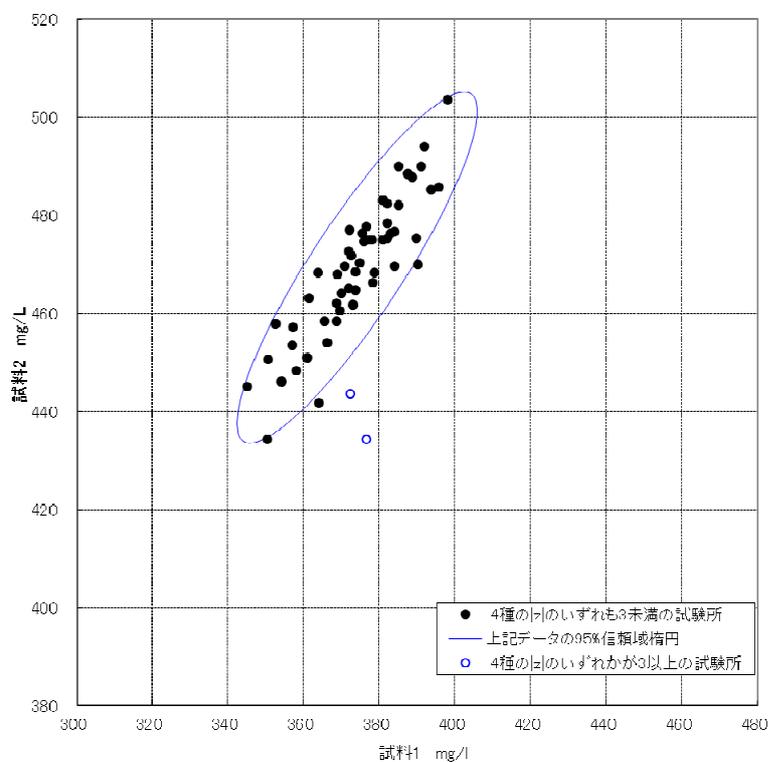


図 4.1 K-40 の信頼域楕円図

※1 : Cs-134 は濃度が低いため測定精度が悪く、試験所内のロバストな変動係数が 12.9 とばらつきが大きい

4.2 測定時間について

Cs-134 は、半減期が2年であり第1回のクロスチェック時に比べ、1/8程度になっており、精度良く測定するには、測定時間を長く取る必要が出てきている。

今回の各機関の測定時間を、図4.2に示す。

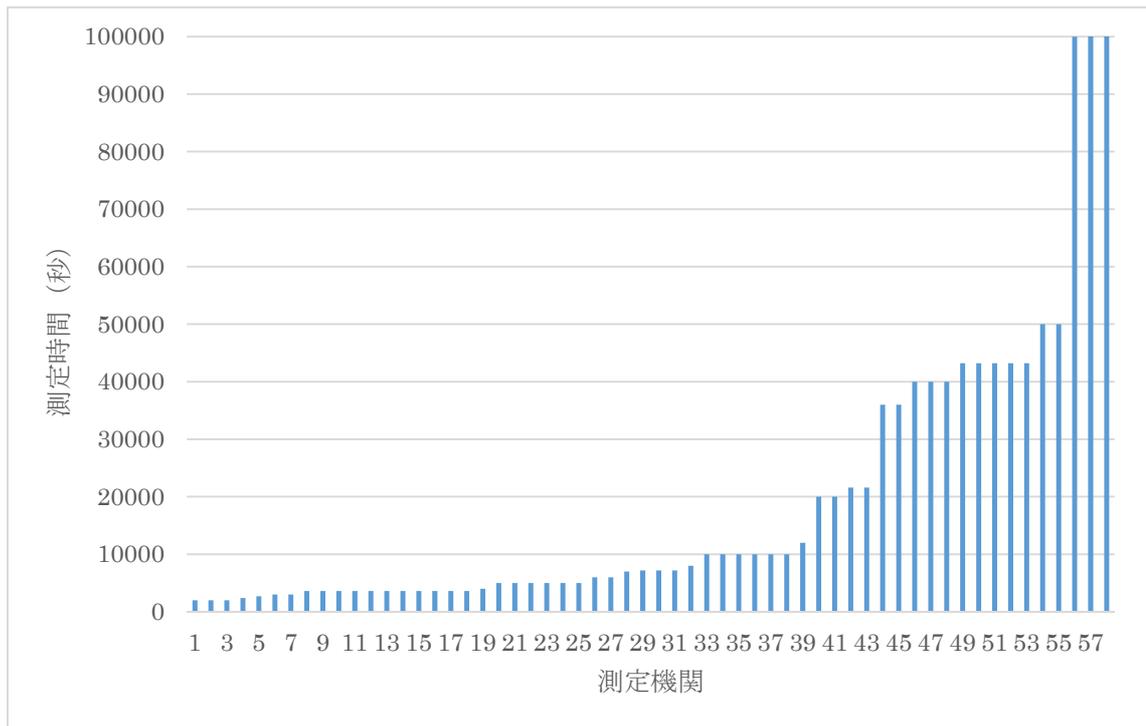


図4.2 測定時間

測定時間は2,000秒～200,000秒の範囲にあり、中央値は7,200秒であった。

長時間測定では、夜間測定するののか12時間程度の測定時間も多く見られた。

今回のCs-134の濃度を3,600秒（1時間）で測定した場合、カウント数は1000未満（数百）となりばらつきが大きくなることが考えられる。

今回濃度が最も低かった試料1のCs-134について、測定時間が3,600秒以下の18機関の結果と20,000秒以上の19機関の結果を表4.1に示した。

3,600秒以下の機関の測定値の範囲は7.8～10.0Bq/Lと広く、標準偏差も20,000秒以上の0.151に比べ0.504と大きくなっている。

※100,000秒以上の測定時間は、120,000秒及び200,000秒

表 4.1 測定時間による差 (Bq/L)

	3,600 秒以下	20,000 秒以上
平均値	8.8	9.0
中央値	8.7	9.0
最小値	7.8	8.7
最大値	10.0	9.2
標準偏差	0.504	0.151

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 アクアパルス
いであ株式会社 食品・生命科学研究所
いであ株式会社 (環境測定事業部)
エヌエス環境株式会社
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 トータル環境システム
ユーロフィン日本総研株式会社
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 環境総合テクノス
株式会社 環境総合研究所
株式会社 環境分析研究所
一般社団法人 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 江東微生物研究所
株式会社 再春館安心安全研究所
三浦工業株式会社 環境事業本部三浦環境科学研究所
一般社団法人 三重県環境保全事業団
株式会社 産業公害・医学研究所八戸分室
株式会社 秋田県分析化学センター
一般社団法人 上越環境科学センター
株式会社 上総環境調査センター
一般社団法人 新潟県環境衛生研究所
一般社団法人 新潟県環境衛生中央研究所
一般社団法人 新潟県環境分析センター
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
一般社団法人 千葉県薬剤師会検査センター
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
中外テクノス株式会社
帝人エコ・サイエンス株式会社
株式会社 島津テクノリサーチ
一般社団法人 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
東京パワーテクノロジー株式会社 福島原子力事業所
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
一般社団法人 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
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 日本総合科学
株式会社 日立パワーソリューションズ
株式会社 日立産機ドライブ・ソリューションズ
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
一般社団法人 北海道薬剤師会公衆衛生検査センター
公益財団法人 北九州生活科学センター
株式会社 理研分析センター