

開発成果報告書

放射能分析用

玄米認証標準物質(粒状)

JSAC 0731

JSAC 0732

2012年8月21日

2012年10月15日改1

(認証値の表示を修正)

公益社団法人 日本分析化学会

目 次

	頁
1. はじめに	1
2. 開発の経緯	1
3. 計量トレーサビリティ	2
4. 試料調製	4
5. 均質性評価	6
6. 共同実験の報告結果及び特性値の決定	9
7. 不確かさの算出	11
8. 標準物質の利用	15
9. 認証書	16
10. 結語	16
添付 資料	17
添付資料 1 : 参加試験所が使用した参照標準の概略図	18
添付資料 2 : 調製作業	19
添付資料 3 : 共同実験参加試験所の測定条件など	27
添付資料 4 : 共同実験参加試験所の測定条件など(Lab 7追記)	43
添付資料 5 : 共同実験参加試験所の測定条件など(Lab 8追記)	47
添付資料 6 : Cs-134とCs-137の関係について	48
添付資料 7 : 報告された 線スペクトル例	49
添付資料 8 : 計算に基づく方法 (LabSOCS)	54
添付資料 9 : 認証書	55

開発成果報告書

放射能分析用 玄米認証標準物質（粒状） JSAC 0731, 0732

1. はじめに

東日本大震災にともなう福島第一原子力発電所事故により発生した放射性物質による環境汚染の広がり、国民生活の様々な側面に大きな影響を与えている。土壌表面に降下した放射性物質は、表流水の移動などに伴って分布状態を変え、住環境における外部被ばく線量に影響している。また、農地やその周辺に降下した放射性物質は、農作物などに取り込まれて国民の内部被ばく線量の上昇を招く可能性が指摘されている。土壌などの環境試料や食品中の放射性物質の量を正確に、かつ、迅速に測定する技術の開発は、放射能計測分野に求められている火急の使命である。特に食品分析については基準値がこれまでの暫定基準値から大幅に引き下げになり、より微弱な放射能を定量することが社会的なニーズとなっている。

分析値の信頼性を確保するには、測定対象物質の分析値を、類似の組成を持ち計量トレーサビリティが取れた標準物質の分析値と比較することが必要である。このため日本分析化学会では、2011年度から標準物質委員会での議論や震災対応WGの方針等を踏まえ、原発事故対応支援を考慮した放射能分析用標準物質の作製を開始し、すでに2012年6月1日に土壌標準物質の供給を行っている。

危急の対応が必要の中、今般、放射能測定用標準物質開発が独立行政法人科学技術振興機構（以下 JST と呼ぶ）の研究成果展開事業（先端計測分析技術・機器開発プログラム）の一つに採択され、武蔵大学 薬袋佳孝教授をチームリーダーとして関連の標準物質開発を継続・促進することとなった。開発課題（放射能環境標準物質の開発）の本年度の主たる目標として、今年の生産時期に間に合うように玄米標準物質の開発を進めることになり、共同実験の企画立案を策定するとともに、併行して均質性の評価や測定方法の検討が実施された。標準物質の特性値は、関連分野の熟練試験所による共同実験方式で決定されることになり、このため参加試験所の応募を募ったところ我が国のみならず世界各国からも参加希望を受け取った。今回の認証においては期限の制約のため我が国の試験所による報告値を基に決定された。本報告はこれらの成果をまとめたもので、放射能濃度の認証値は次のとおりである。

Cs-134	(141 ± 9) Bq/kg
Cs-137	(210 ± 13) Bq/kg
K-40	(75 ± 7) Bq/kg

2. 開発の経緯

(公社)日本分析化学会 標準物質委員会では渋川委員より震災対応WGの方針を踏まえ、原発事故対応支援を考慮した放射能分析用標準物質の作製の提案がなされ、平井委員が土壌と玄米について調達を行った。この玄米標準物質の開発については、JSTの研究成果展開

事業（先端計測分析技術・機器開発プログラム）「放射線計測領域」の平成24年度の開発課題「放射能環境標準物質の開発」として採択された。武蔵大学 葉袋教授をリーダーとし、環境テクノス(株) 岩本氏をサブリーダーとする産学協同の体制下の開発を行った。土壌標準物質の開発を行った日本分析化学会の「放射能標準物質作製委員会」も継続し、両者は連絡を密にして、玄米標準物質開発に携わった。環境テクノス(株)が調製作業を行い、東京都市大学にて放射能測定による均質性を、(独)産業技術総合研究所にて化学分析による均質性を調査した。

測定方法としては、我が国における放射能分析の代表的な指針である“平成4年改訂 文部科学省 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」”によることにした。

共同実験に参加した機関のリストを表1に示す。

表1 参加試験所リスト（順不同）

東京都市大学工学部
東京都市大学原子力研究所
明治大学理工学部
(大共)高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター
(財)日本分析センター
(公社)日本アイソトープ協会
(独)放射線医学総合研究所
(独)産業技術総合研究所
(独)日本原子力研究開発機構
(独)農業環境技術研究所
エヌエス環境株式会社
株式会社環境総合テクノス

3. 計量トレーサビリティ

表2に参加試験所が用いた参照標準とその合成標準不確かさを示す。

表2 参加試験所が用いた参照標準と校正法に起因する合成標準不確かさ

Lab 番号	参照標準	検出効率校正の 標準不確かさ(%)
1	日本アイソトープ協会製放射能標準ガンマ体積線源 MX033U8PP (U8 容器)	2.35 (該当エネルギー範囲で)
2	Cs-134, Cs-137: 日本アイソトープ協会製9核種線源(U8 容器) K-40: U8 容器に KCl を充填	2.5 (Cs-134) 2.5 (Cs-137) K-40については核データの不確かさと計数誤差を合成した。 1.0 (K-40)

3	Cs-134 及び Cs-137 については、電離箱で校正した放射能標準液（塩酸酸性）を U8 容器に希釈して 作製 K-40 については日本アイソトープ協会製放射能標準ガンマ体積線源（9 核種）による効率曲線（U8 容器）	2.25 (Cs-134) 2.25 (Cs-137) 2.25 (K-40)
4	日本アイソトープ協会製 混合核種点線源 (MX402 53) (U8 容器) 及び日本アイソトープ協会製 CS-0509903 (U8 容器)	参照標準と校正式フィッティングの不確かさを合成した. 1.61
5	日本アイソトープ協会製 9 核種混合放射能標準ガンマ体積線源 (U8 容器)	体積標準線源として該当エネルギー範囲で 1.0 以下 ピーク効率の校正值として, 1.62 (Cs-134) 1.33 (Cs-137) 1.49 (K-40)
6	日本アイソトープ協会製放射能標準ガンマ体積線源 MX033U8PP (U8 容器)	2.35 (該当エネルギー範囲で)
7	LabSOCS*, 日本アイソトープ協会製放射能標準ガンマ体積線源の測定を実施し、不確かさの範囲内で一致していることを確認 (U8 容器)	4.3
8	日本アイソトープ協会製放射能標準ガンマ体積線源 MX033U8PP (U8 容器)	2.35 (該当エネルギー範囲で)
10	日本アイソトープ協会製放射能標準ガンマ体積線源 MX033U8PP (U8 容器)	2.35 (該当エネルギー範囲で)
11	日本アイソトープ協会製放射能標準ガンマ体積線源 MX033U8PP (U8 容器)	2.5 (該当エネルギー範囲で)
14	Cs-134 及び Cs-137 : 値付けされた溶液を秤量し、100mL の水に滴下して作成 K-40 : 容量分析用水酸化カリウム溶液 100mL 標準及び玄米試料共に PE 製広口ビンに充填、基になる Cs-134 及び Cs-137 は ¹⁵² Eu 線源 (JAERI Eu427 A-7) : 不確かさ±4% (3), ②混合核種 線源 (DKD 製 GF-ML-M-7601 S/N: 1560-47) : 不確かさ±2.9% (2) により値付けした.	2.0 (Cs-134) 2.0 (Cs-137) K-40 については核データの不確かさと計数誤差を合成した 1.0 (K-40)
15	日本アイソトープ協会製 9 核種混合標準溶液 (MX010-0017) を、アルミナ粉末と混合し、U8 容器に 50mm 高さで充填して作成	2.7 (該当エネルギー範囲で)

* Canberra 社製 LabSOCS (Laboratory Sourceless Object Calibration Software)

ピーク効率の校正の標準不確かさは、特に記述がない場合は、報告された場合はそのまま、報告されていない場合は用いた参照標準の拡張不確かさを包含係数 ($k=2$) で割った値を用いた。Lab7 については一般的に推定される値である。詳細は 7 節および添付資料 3 を参照のこと。

添付資料 1 に、共同実験における放射能測定トレーサビリティの概念を、参考のため図示した。

4. 試料調製

(1) 試料の概要 (調達された試料)

放射能レベルが 350 Bq/kg 程度の 30 kg 詰めの玄米試料 4 袋が用いられた。これらの試料を混合した後、小分けして候補標準物質を得た。試料の混合の前に実施された予備試験及び試料の小分けや滅菌等について、(2) から (5) に記載した。これらは環境テクノスにおいて実施された。

(2) 玄米混合の事前試験

試料の均質化を図るために先の 4 袋の一括混合を行うこととし、その際、放射性物質が多く付着していると考えられる皮部の剥がれができるだけ生じない条件を探るために V 型混合機を用いて事前に予備試験を実施した。試料には市販される玄米を用い、120 kg 及び 60 kg について試験を行った。時間は 30 分毎に合計 90 分の混合を行い、各段階で混合器の下部からサンプリングを行った。サンプリングされた試料は、1 mm 目篩い、250 μ m 目篩いを用い、1 mm 以上 (米粒)、250 μ m 以上 1 mm 未満、250 μ m 未満の 3 種に篩い分け、分級された部分の質量を測定した。回転速度 31 rpm で混合した場合、1 mm 未満の割合が 0.05 % 未満であり、V 型混合機における玄米試料の混合は皮部の剥がれに問題はないと考えられた。(詳細は添付資料 2 を参照)

(3) 候補試料の作製 (混合, 篩処理, 瓶詰め)

試料の混合は先に調べた条件 (V 型混合機, 1 時間, 回転速度 31 rpm) で行われ、その後、1 mm 目篩いで篩処理された。本処理による玄米の皮部の剥がれは 1 mm 未満約 23 g 粉末分として 23 g (0.02%) で事前試験と同様少なかった。得られた玄米試料は、A, B, C, D の 4 つのステンレス缶に分けて保存され、瓶詰に供された。

瓶詰めには、滅菌のための放射線照射による劣化を避けるためにガラス製瓶 (褐色) を用いた (写真 1)。ガラス製瓶には 2 種類の容量 (100 mL 及び 1 L) の瓶が用いられ、100 mL 瓶には約 90 g、1 L 瓶には約 900g の玄米を採取した。試料の採取は、A, B, C, D の容器の順に瓶詰を行った。90 g 採取の瓶の番号を 1, 2, 3, …… 300 とし、6 番号毎に 900 g を瓶詰めし、番号を M1, M2, M3, …… 約 M50 とした。得られた瓶詰めの総数は下記の通りである。

100 mL 容器 (90 g 瓶詰め) 300 本 (27 kg) 使用瓶: ねじ口瓶 褐色 SV-110
1 L 容器 (900 g 瓶詰め) 50 本 (45 kg) 使用瓶: サンボトル 茶 1 L



写真 1：使用瓶（左：100 mL 容器，右：1 L 容器）

（４）滅菌処理

瓶詰めされた試料は、財団法人放射線利用振興協会高崎事業所照射事業部において 線照射による滅菌処理が行われた。照射条件は Co-60 線 10 kGy/h，前面 1 時間，後面 1 時間，計 2 時間，トータル 20 kGy の条件で行った。

（５）均質性試験及び共同実験用試料の抽出

上記で瓶詰めした試料から、各ステンレス管の上部，中部，下部にあたる No.1,37,75（ステンレス管 A），No.76, 112, 150（B），No.151, 187, 225（C），No.226, 262,300（D）を抜き出し均質性試験用試料とした（計 12 本）。

また、大凡均等に No.17, 34, 50, 67, 84, 100, 117, 134, 149, 166, 183, 199, 216, 233, 249, 266, 283, 299 を抜き出し共同実験用試料とした（計 18 本）。

（６）水分量の測定

水分量は 2 試験所で行われた。結果を下記に示す。

調製を行う前に購入したままの玄米 4 袋(RA, RB, RC, RD)について、環境テクノスにおいて 105 で 2 時間の処理による質量の減少から得られた分析結果は次の通りである。

表 3 購入した 30 kg 袋ごとの含水率

玄米試料	含水率 (%)	
袋 RA	10.62	10.88
袋 RB	11.05	10.96
袋 RC	11.49	11.33
袋 RD	10.91	10.36
平均	10.95	
標準偏差	0.36	

また、調製・瓶詰め後に産業技術総合研究所において、放射能均質性試験を行ったと同じ瓶の試料を 95 °C で 12 時間乾燥させ、乾燥前後の質量変化から水分量を測定した結果は次の通りである。

表 4 瓶詰め後の含水率

瓶番号		乾燥前/g	乾燥後/g	水分/%
No.1	1	0.5136	0.4411	14.12
	2	0.5966	0.5116	14.25
No.37	1	0.9433	0.8228	12.77
	2	0.5048	0.4326	14.30
No.75	1	0.7522	0.6558	12.82
	2	0.5559	0.4824	13.22
No.76	1	0.5520	0.4874	13.33
	2	0.7460	0.6494	12.95
No.112	1	0.6401	0.5558	13.17
	2	0.7415	0.6411	13.14
No.150	1	0.5660	0.4871	13.94
	2	0.6992	0.6058	13.36
No.151	1	0.5069	0.4358	14.03
	2	0.6800	0.5905	13.16
No.187	1	0.5540	0.4740	14.44
	2	0.6647	0.5727	13.84
No.225	1	0.6428	0.5567	13.39
	2	0.6396	0.5472	14.45
No.226	1	0.5562	0.4750	14.60
	2	0.8986	0.7802	13.18
No.262	1	0.5601	0.4843	13.53
	2	0.8015	0.6978	12.94
No.300	1	0.5579	0.4799	13.98
	2	0.6135	0.5265	14.18
Mean				13.6 %
RSD				4.24 %

5. 均質性評価

(1) 均質性試験の手順

作製した候補試料からほぼ均等に抽出した 12 本の試料を U8 容器に詰めかえ、放射能測定による均質性試験に用いられた。均質性試験は東京都市大学原子力研究所において実施された。さらに、核種 K-40 に対する放射能分析の併行精度の不足を補うために化学分析による均質性の評価が行われた。放射能測定に用いたのと同じ瓶の試料を用いて産業技術総合研究所において実施された。

(2) 放射能測定による試験結果

測定時間は少なくとも Cs-134 および Cs-137 に対して十分な併行精度が期待される 10 時間以上 (36000 秒) として、7 月 19 日から 7 月 23 日にかけて測定された。

解析手順は次のようである。

s_{bb} を不均質性標準偏差, s_{b+r} を複数試料を測定したときの測定値の標準偏差, s_r を併行

精度（測定の繰返し標準偏差）とすると，併行精度が十分に精度良く評価されているなら s_{bb} は次式で求めることができる．

$$s_{bb}^2 = s_{b+r}^2 - s_r^2$$

放射能測定 of 併行精度は計数誤差として測定カウント数の平方根で与えられることが分かっている．ピーク毎の面積はコベール法によって計算されており，この場合の計数誤差はベースラインカウント数の計数誤差を加えているが，この計数誤差を s_r に用いると不均質性を過小評価することが懸念される．そこでここではベースラインによる計数誤差を含めずに単にネットカウントの平方根から計数誤差を計算し，それを用いた s_{bb} も計算し，化学分析も含めて総合的に不均質性の不確かさを決定することにした．3つの核種について結果を表に示した．なお，測定値は2012年6月1日を基準日として計算し，Cs-134については604keVのピークが用いられている．

表5 測定された放射能と計数誤差

試料名	Cs-134 ネットカウント	計数 誤差 1	計数 誤差 2	Cs-137 ネットカウント	計数 誤差 1	計数 誤差 2	K-40 ネットカウン ト	計数 誤差 1	計数 誤差 2
玄米 No1	2351.25	48.49	53.92	2826.60	53.17	56.00	49.40	7.03	17.50
玄米 No37	2380.71	48.79	54.58	2892.10	53.78	55.80	81.60	9.03	18.30
玄米 No75	2372.19	48.71	53.77	2866.00	53.54	55.80	86.80	9.32	18.20
玄米 No76	2219.83	47.12	53.81	2815.00	53.06	55.10	104.40	10.22	18.60
玄米 No112	2276.60	47.71	53.90	2806.70	52.98	55.40	56.90	7.54	17.40
玄米 No150	2355.93	48.54	54.60	2707.20	52.03	54.80	74.40	8.63	17.40
玄米 No151	2383.43	48.82	55.30	2982.00	54.61	57.10	75.10	8.67	18.00
玄米 No187	2369.67	48.68	55.34	2829.00	53.19	55.60	74.60	8.64	17.80
玄米 No225	2362.19	48.60	54.17	2780.50	52.73	55.30	49.60	7.04	17.70
玄米 No226	2248.28	47.42	53.22	2871.30	53.58	56.00	50.60	7.11	17.00
玄米 No262	2369.07	48.67	53.93	2875.30	53.62	56.10	57.10	7.56	17.50
玄米 No300	2292.97	47.88	53.48	2812.30	53.03	55.70	63.70	7.98	17.70
AVERAGE	2331.84	48.29	54.17	2838.67	53.28	55.73	68.68	8.29	17.76
STDEV	56.78			67.24			17.16		
$s_{b+r}(\%)$	2.44			2.37			24.99		
$s_r(\%)$		2.07	2.32		1.88	1.96		12.07	25.86
$s_{bb}(\%)$		1.28	0.73		1.45	1.33		21.88	-6.66

ここで計数誤差 1 と計数誤差 2 はそれぞれネットカウントの平方根及びベースラインの誤差を含めた計数誤差を示している。また、負の s_{bb} は、 s_{bb}^2 が負になる場合に絶対値の平方根を求め、それを便宜的に負の値として示したものである。

K-40 の結果を見ると、 s_{bb} は計数誤差 1 を用いて計算すると非常に大きな値になり、逆に、計数誤差 2 を用いて計算すると負となり、不均質性に対して異常な数値を与えていることが分かる。これは均質性試験ではよく見られることで、併行精度が不足しているために不均質性の評価が上手くできない場合に相当する。

一方、Cs-134 及び Cs-137 については、Cs-134 に対して計数誤差 2 を用いた場合は 0.73 と少し小さい値を示すが、他は 1.28~1.45 と近い数値となっている。これらの結果から、Cs-134 及び Cs-137 に対して大きい s_{bb} 値を不均質性の評価において考慮した。

(3) 化学分析

放射能測定用に採取した試料の残りから 0.5 g を分取した。分取した玄米試料をマイクロウェーブ分解し、ICP-OES で JCSS カリウム標準液、りん酸標準液から希釈調製した標準液から作成した検量線に従い、カリウム (K) とりん (P) 濃度を分析した。結果は表 6 に示す。

表 6 化学分析による均質性試験

瓶番号		K : mg/kg		P : mg/kg	
		測定-1	測定-2	測定-1	測定-2
No.1	分解-1	2672	2622	3468	3466
	分解-2	2596	2530	3344	3314
No.37	分解-1	2563	2559	3344	3409
	分解-2	2501	2478	3258	3278
No.75	分解-1	2519	2519	3236	3316
	分解-2	2608	2545	3404	3397
No.76	分解-1	2480	2451	3252	3304
	分解-2	2503	2456	3184	3345
No.112	分解-1	2615	2529	3395	3398
	分解-2	2453	2426	3165	3206
No.150	分解-1	2633	2540	3340	3329
	分解-2	2468	2438	3212	3220
No.151	分解-1	2452	2454	3277	3363
	分解-2	2575	2584	3379	3420
No.187	分解-1	2384	2398	3143	3232
	分解-2	2542	2494	3286	3319
No.225	分解-1	2564	2610	3322	3417
	分解-2	2727	2671	3669	3660
No.226	分解-1	2594	2547	3347	3444
	分解-2	2746	2758	3542	3624
No.262	分解-1	2522	2476	3254	3348

	分解-2	2590	2539	3369	3441
No.300	分解-1	2582	2549	3379	3394
	分解-2	2542	2507	3269	3321
Mean	2540 mg/kg			3350 mg/kg	
s_{bb}	34.1 mg/kg (1.34 %)			38.4 mg/kg (1.15 %)	
u_{bb}^*	33.9 mg/kg (1.33 %)			47.5 mg/kg (1.42 %)	

瓶間均質性の評価には、JIS Q 8404-2 による二段枝分かれによる方法が用いられた。ソフトウエアは産総研 WEB ページ(<http://staff.aist.go.jp/t.ihara/archive.html>)で提供される「二段枝分かれ分析マクロ v9.1」を用いた。表中の u_{bb}^* は JIS Q 0035:7.9 項で記述される次式で計算されている。

$$u_{bb}^* = \sqrt{\frac{MS_{\text{within}}}{n}} \sqrt[4]{\frac{2}{\nu_{MS_{\text{within}}}}}$$

ここで、 MS は平均平方 (ANOVA)、 within はグループ内を意味、 ν はその自由度である。

12 試料について測定が行われているため、併行精度は十分な精度を持つと考え、計算された瓶間標準偏差 s_{bb} を K-40 の不均質性の不確かさとした。

(4) 不均質性に基づく不確かさの推定

Cs-134, Cs-137 の不均質性としては、放射能測定によると、それぞれ 1.28%, 1.45% で両者の違いは小さい。

^{40}K の不均質性については放射能測定では併行標準偏差が大きすぎるために均質性の正しい評価が困難と考えられるので、化学分析による測定結果を用いて 1.34% と評価された。

これらの結果から全ての核種で同じ 1.5% を不均質性の相対標準不確かさとした。

6. 報告結果及び特性値の決定

共同実験においては、試料を各試験所で瓶から測定容器 (主に U8) に詰め替えて行った。参加試験所の測定値と測定条件をまとめて添付資料 3, 4, 5 に示す。表 8 に、報告値と z スコア計算結果をまとめた。z スコアは従来法 (Classic) およびロバスト法 (Robust) により求めた。ここで

Average: 平均値

SD: 室間再現標準偏差

RSD: $100 \times SD / \text{Average}$

Median: 中央値

NIQR: 標準化四分位範囲 (0.4713 × 四分位範囲で、ロバストな室間再現標準偏差)

RNIQR: $100 \times NIQR / \text{Median}$

Classic z score: $(x - \text{Average}) / SD$

x は各試験所の報告値

$$\text{Robust } z \text{ score} : (x - \text{Median}) / \text{NIQR}$$

従来法による z スコアによるといずれも 3 を越える報告値はないが、ロバスト法による z スコアでは 3 を越える報告値があった (Cs-134 と Cs-137 の報告値の分布状況は添付資料 6 のコーデン図を参照)。しかし、ロバスト法による計算値は、試験所数が少ないために参考値として扱い、添付資料 3, 4, 5 に見るように測定条件で技術的に問題と思われる試験所はなく、棄却は行わなかった。本共同実験の報告値の評価には従来法による平均と標準偏差を用いる。従って、認証標準物質の特性値は平均値とした。

JIS Z 8404-1:2006 (ISO 21748:2010)「測定の不確かさ—第 1 部：測定の不確かさの評価における併行精度、再現精度及び真度の推定値の利用の指針」にもとづき、次項で述べる不確かさに加え、室間再現標準偏差 (表 7 の SD) も「もうひとつの不確かさ」として認証書に記載する。

注：JIS Z 8404-1 は現 ISO の旧版 ISO/TS 21748:2004 の翻訳規格。

表 7 報告値および z スコア計算値

報告値の単位: Bq/kg

lab	核種	z score		核種	z score		核種	z score	
	Cs-134	classic	robust	Cs-137	classic	robust	K-40	classic	robust
1	138.3	-0.39	-0.83	203.9	-0.63	-1.36	DL	-8.34	-8.20
2	139	-0.28	-0.57	227	1.77	3.40	64	-1.19	-1.09
3	149	1.38	3.13	217.0	0.73	1.34	71	-0.41	-0.32
4	140	-0.11	-0.20	210	0.01	-0.10	82	0.77	0.86
5	142	0.25	0.61	213	0.35	0.59	81.0	0.71	0.79
6	139.3	-0.23	-0.46	209.8	-0.01	-0.14	72.71	-0.22	-0.13
7	126	-2.43	-5.39	189.0	-2.17	-4.43	62	-1.42	-1.32
8	143.3	0.43	1.02	218.3	0.87	1.61	90.84	1.81	1.89
10	138	-0.44	-0.95	199	-1.13	-2.37	DL	-8.34	-8.20
11	141	0.07	0.20	212	0.20	0.29	80.6	0.66	0.75
14	150	1.54	3.50	209	-0.10	-0.31	75	0.04	0.13
15	142	0.22	0.54	211	0.11	0.10	68	-0.75	-0.65
データ数 p	12			12			10		
<i>Average</i>	140.68			209.94			74.67		
<i>SD</i>	6.04			9.64			8.95		
<i>RSD</i>	4.29			4.59			11.99		
<i>RSD / p</i>	1.24			1.33			3.79		
<i>Median</i>	140.55			210.50			73.86		
<i>NIQR</i>	2.70			4.85			9.01		
<i>RNIQR</i>	1.92			2.30			12.20		

表中の測定値では報告値をそのまま記載した。DL は検出下限以下と報告されたものを記載した。試験所番号 (Lab) につて、Lab 9, Lab 12 および Lab 13 は辞退されたため一部不連続となっている。

K-40 の放射能濃度については、天然同位対比が保たれているとして化学分析と核データ

から放射能濃度を見積もると 77Bq/kg となり表 7 の共同実験の値と良く一致する。

試験所によっては、均質性試験とかねて複数の試料を測定していただいた。その場合は、事前に特定した試料の結果を共同実験用に採用した。

添付資料 6 に、Cs-134 と Cs-137 の相関をユードン図で示した。

添付資料 7 には、報告された線スペクトルの一部を示した。

7. 不確かさの算出

共同実験のデータ解析では多くの場合に測定方法に関する室間のかたよりは無視される。しかし、JIS Z 8404-1A.2.2 において述べられるように、共同実験で推定されるかたよりの不確かさが無視できないときは不確かさのバジェット表に含む必要がある。従って、ここでは、考えられる不確かさの要因を整理し、かたよりを与えると考えられる要因に対して不確かさを推定し、これを合成することにした。

文献によると、測定用試料調製、Ge 半導体検出器のエネルギー及び検出効率校正、測定試料の測定、核データなどの要因が挙げられ、下記の (1) から (4) に示すように詳細な成分が議論されている。今回の共同実験において考慮が必要と考えた要因については (○) で示し説明を加えた。不確かさ要因の詳細については、文献参照のこと (C. Dovlete, P. P. Povinec: “ Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements ” , IAEA-TECDOC-1401, pp.103-126 (2004)).

(1) 測定試料の調製

- ・分析種の損失及び／又は汚染
- ・試料質量又は容量
- ・試料の不均質性 (○)
 - 5. 均質性評価において考察した。
- ・前濃縮操作

(2) エネルギー及び検出効率校正

- ・測定時間内における機器の不安定性
- ・エネルギー校正
- ・検出効率校正 (○)

信頼性の高い放射性核種の定量を行うためには、測定に用いる Ge 半導体検出器の検出効率を正しく校正する必要がある。Ge 半導体検出器の検出効率校正法として、点線源測定法、体積線源測定法、計算に基づく方法がある。点線源測定法、体積線源測定法ではそれぞれに対応した標準線源を用いることで国家標準との計量トレーサビリティが確保された校正が実現できる。また、計算に基づく方法では Ge 検出器の結晶サイズ等の詳細な幾何学的形状、試料形状等の情報から検出効率を計算する方法がキャンベラ社により LabSOCS として開発されている (添付資料 8 を参照)。

標準線源は複数の核種を含み、広いエネルギー範囲で関数フィッティングすることにより検出効率の校正を行う。これによる不確かさは通常小さくここでは無視した。この根拠については土壤標準物質開発報告書の添付資料 9 に示したので参考にされたい。

従って、検出効率校正における不確かさは、各参加試験所の校正法に起因する合成標準不確かさ (表 2 に示した) を二乗平均することで計算したが、土壤標準物質開発の場合と参加試験所がほぼ重なり、多くは同じ標準を参照されているので、ここでも

前回の値をそのまま用いた。

(3) 測定試料の測定

- ・ 試料と標準間の測定ジオメトリーの違い

すべての試験所においてピーク効率の校正や比較校正に用いる標準と玄米試料について同じタイプの試料容器が用いられているのでジオメトリーの違いによる不確かさは無視できるとした。

- ・ 偶発同時計数
- ・ サム効果（真の加算同時計数）(○)

今回の対象核種では Cs-134 が該当する。多くの試験所では、ソフトウェアに含まれる機能を用いて補正を行っている。

Lab 2, Lab 3 及び Lab 14 の 3 試験所は、Cs-134 を標準線源に用いているので補正は不要であった。

また、Lab 1 では、サム効果の補正は行わなかった。Lab 1 はサム効果の影響を減らすため試料と標準線源は検出器から 5 cm の距離をとって測定された。土壤標準物質測定時の報告によると、検出器に直上に置く場合に比べて、Cs-134 の放射能算出値が 12 % 程度増加したとされる。

全ての試験所で適切な処置が取られていると考え、不確かさには合成しないことにした。

- ・ 不感時間の影響
- ・ 壊変時間（サンプリングから測定までの冷却期間及び測定期間）の影響
- ・ 試料の自己吸収 (○)

もし測定される試料の組成と密度が計数効率校正用標準物質と異なる場合、検出効率に対する自己吸収補正が必要となる。それらの補正は、試料のジオメトリー、組成及び密度、そして検出器パラメータに依存する。この補正は大容量、高原子量、高密度試料、そして低エネルギー光子に対して大きくなる。玄米の密度として 0.829 g/cm^3 ~ 0.866 g/cm^3 が用いられている（1 試験所では玄米を粉砕して U8 容器に充填しており、密度は 0.973 g/cm^3 と報告された）。多くの試験所において標準線源に用いられている Al_2O_3 の密度は約 1.0 g/cm^3 で、両方の試料を U8 容器に同じ高さ 5cm で充填したとすると自己吸収の違いは小さい。多くの試験所は使用するソフトウェアで補正している。文献では、試料マトリックスの主成分元素が既知の場合、自己吸収補正係数の相対不確かさは 1 % 以下（エネルギー 60 keV 以上の線に対し）とされるので、ここでは 1 % とした。

- ・ ピーク面積計算
- ・ 計数の統計 (○)

計数による不確かさは主要な要因の一つである。特に検出効率が小さい K-40 核種についてはカウント数が小さく大きな要因となっている。この要因による不確かさが他の要因と重複して観測されるが、ここでの共同実験では報告値の標準偏差に含まれるものとしてかたよりとは考えないため直接に合成する要因には含めない。

(4) 核データ

- ・ 半減期による不確かさ

- ・ γ 線放出率による不確かさ

核データは添付資料 3 に報告されているように、3 桁～4 桁の精度を持っているため不確かさの要因としては無視した。

(5) 共同実験の不確かさ

報告値の標準偏差としては、室間再現標準偏差と NIQR による標準偏差が候補となるが、参加した試験所数が限られるのでここでは単純な標準偏差である室間再現標準偏差を用い、これを参加試験所数の平方根で割り、平均値の標準偏差として不確かさに合成する。

結論として、認証標準物質の合成標準不確かさは、共同実験の平均の標準不確かさ、参加試験所が用いた検出効率の校正の標準不確かさの二乗平均、自己吸収補正に含まれるかたより、均質性試験から推定された標準不確かさを合成して算出した。拡張不確かさを算出する包含係数として $k=2$ を用いた。

表 8 不確かさの要因と算出値

不確かさ要因	Cs-134 (%)	Cs-137 (%)	K-40 (%)
共同実験	1.24	1.33	3.79
検出効率校正	2.42	2.30	2.32
自己吸収補正	1	1	1
不均質性	1.5	1.5	1.5
合成標準不確かさ	3.26	3.21	4.80
拡張不確かさ ($k=2$)	6.53	6.43	9.59
	(Bq/kg)	(Bq/kg)	(Bq/kg)
拡張不確かさ ($k=2$)	9.18	13.49	7.16

認証書に記載する拡張不確かさは次の通り。

Cs-134 9 Bq/kg
Cs-137 13 Bq/kg
K-40 7 Bq/kg

ここで、拡張不確かさは、合成標準不確かさに信頼の水準約 95% に相当する包含係数 $k=2$ を乗じた値である。

図 1,図 2,図 3 に各核種の認証値と測定値の分布を示す。一部の測定値に付されたエラーバーは報告された拡張不確かさである。

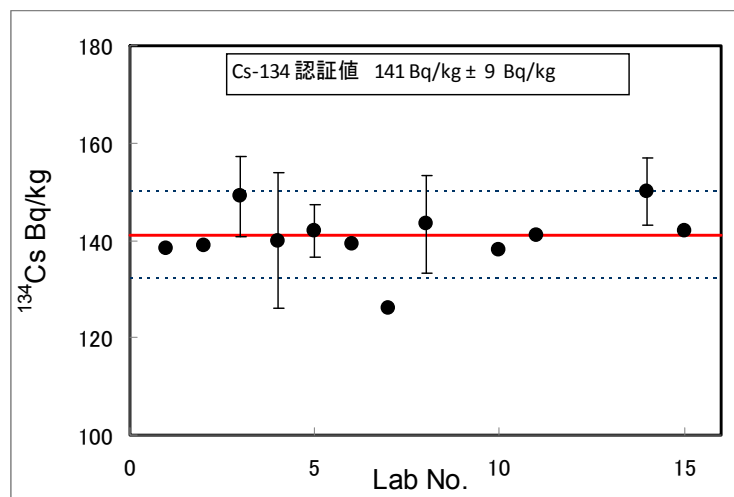


図 1 Cs-134 の認証値と測定値の分布

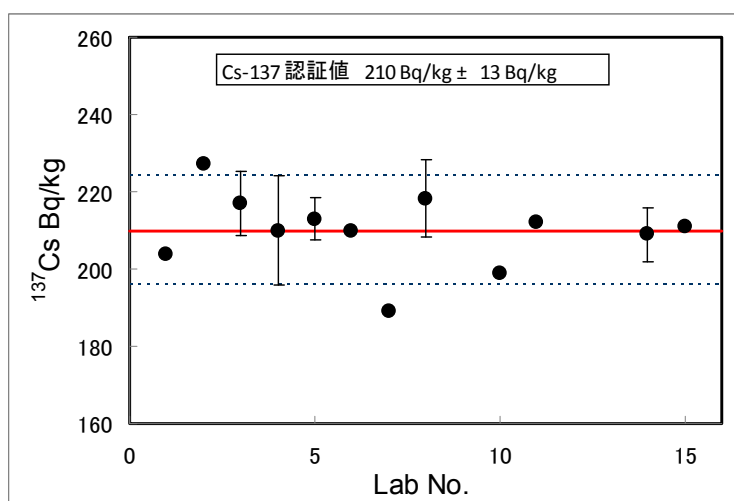


図 2 Cs-137 の認証値と測定値の分布

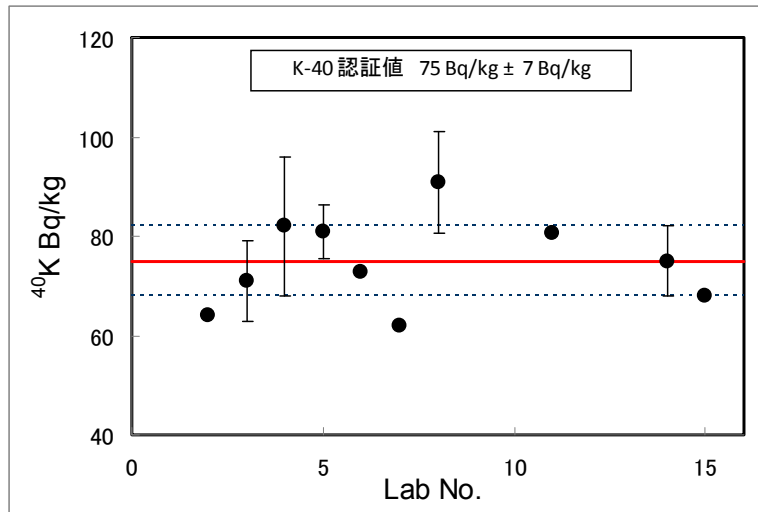


図 3 K-40 の認証値と測定値の分布

8. 標準物質の利用

8. 1 標準物質の利用の目的

線スペクトロメトリーによる放射能分析，及び他の標準物質作製のための放射能分析の妥当性確認，測定器の精度管理などに用いることができる。

8. 2 放射能測定用容器への詰め替え

本標準物質は通常の放射能分析に用いられる容器とは異なる容器に詰められている，そのため，試料は放射能測定用の容器に詰めかえて用いることが多いと考えられる．例えば，100mL 容器の試料は主に U8 容器，1L 容器の試料は主にマリネリ容器などに詰めかえられる．また，分取や複数の試料を合わせるにより，目的に合わせた容器・梱包状態で使用できる．詰め替えの際には，適切な道具を用い玄米粒子がこすりあうことによる粉末の生成を極力避けることが必要である。

放射能測定に用いられる最小の採取量は約 70g とするのが望ましい。

8. 3 妥当性確認や測定器の精度管理への利用の仕方

この認証標準物質には認証値の不確かさと所間（室間）再現標準偏差とが記載されている．そのため，本標準物質を測定し，次のような手順を利用して分析能力の妥当性確認や測定器の精度管理に用いることができる。

拡張不確かさを推定する場合：

本標準物質を測定して測定値の不確かさを求めるには，本開発成果報告書における 7 節あるいは文献を参照することができる．Cs-134 と Cs-137 が測定対象核種である限り，試験所が必要とする手順での，本報告書との違いは，計数誤差と不均質性の取扱いであろう．試験所は生産された多数の標準物質の内の一つを測定するので，不均質性についての配慮は不要である。

その他の要因については，本報告書の取扱いに準じて，あるいは必要なら文献値などを用いて算出することが可能であろう。

推定した拡張不確かさをを用いると，次の式から測定値の信頼性を評価することが可能で

ある。En 数の絶対値は、1 以下であることが望ましい。

$$En = (x - X) / (U_x^2 + U_X^2)^{0.5} \quad (6)$$

ここで x : 試験所の値
 X : 認証値
 U_x : 試験所の値の拡張不確かさ ($k=2$)
 U_X : 認証値の拡張不確かさ ($k=2$)

拡張不確かさをを用いない場合：

認証書の所間（室間）再現標準偏差（SD）を用いることができる。所間再現標準偏差は認証値決定のために共同実験に参加した試験所の測定値の平均値を基準として求めた標準偏差である。

一般に、試験所において標準物質を分析したとき、その結果と認証値との差は所間標準偏差の 2 倍（2SD）以内にあることが望ましい。これは技能試験において次の(7)式で求める z スコアの絶対値が 2 以下に入ることと同等である。

$$z = (x - X) / SD \quad (7)$$

ここで、 $SD = X \cdot RSD / 100$

また、スクリーニング法などにおける測定器の校正や日常管理に用いることが可能である。

9. 認証書

添付資料 9 に掲載する。

10. 結語

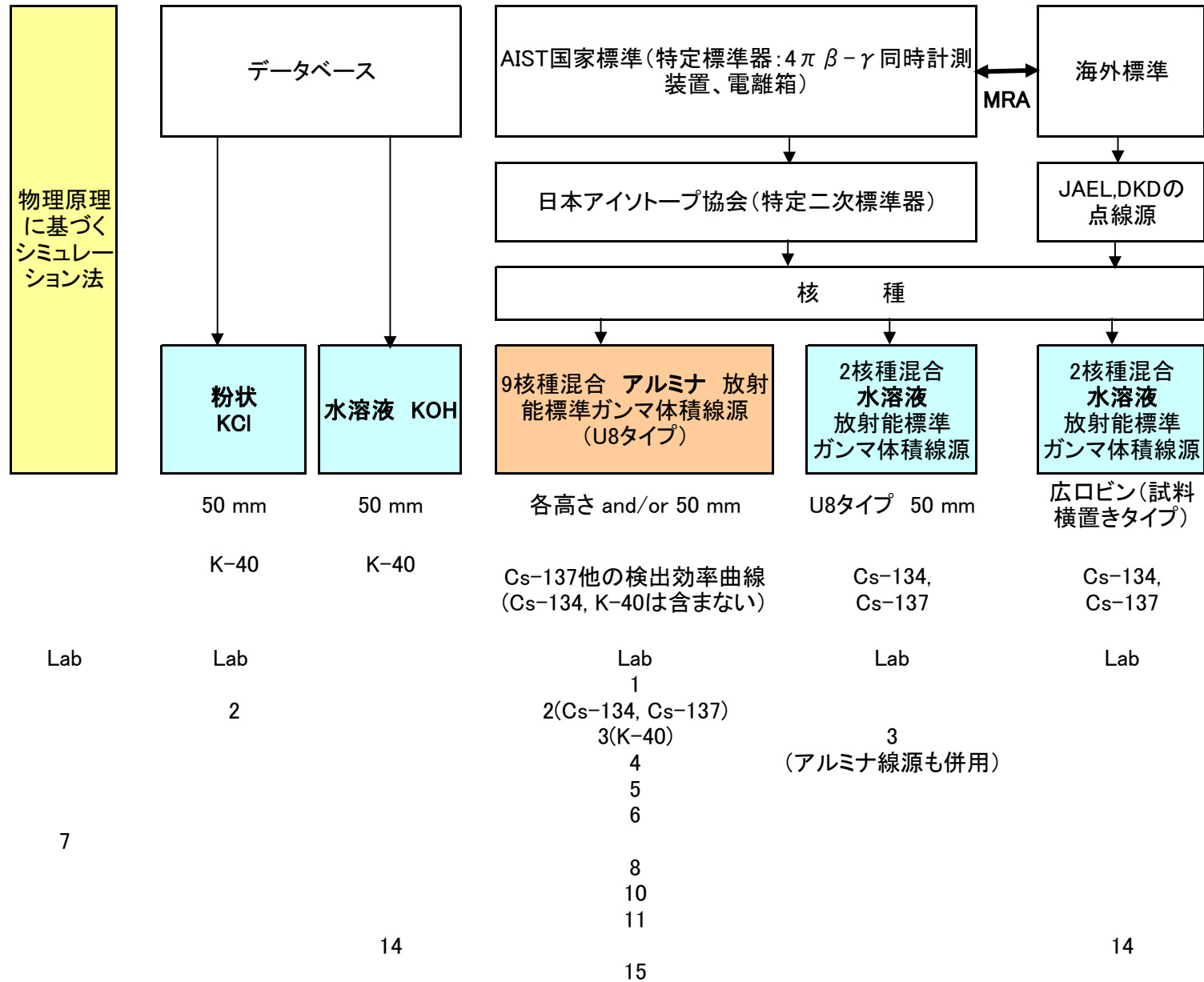
ここに放射能分析用玄米認証標準物質（粒状）、JSAC 0731～0732 を作製した。

原子力発電所の事故からすでに 1 年半が経過しようとしているが、食生活への放射能汚染を未然に防ぐための努力は引き続き必要な状態である。放射能分析の精確さはその基本となるものであり、特に日本人の食生活の安全のために本玄米標準物質が分析値の信頼性の確保に有効な役割を果たすことが期待される。

業務計画の立案と検討、製品の試作、そして共同実験への参加、データ解析その他多くの面でこの開発事業を支えていただいた関係者各位に深く感謝する。

添付資料

添付資料1 参加試験所が使用した参照標準(標準線源)の概略図



平成 24 年 6 月 1 日

玄米混合予備実験結果

環境テクノス株式会社

放射能標準物質（玄米）の調製において試料の均質化を図るために混合を行った。その際、放射線物質が多く付着していると考えられる皮部の剥がれが生じないかを確認するため、標準物質対象の放射能玄米を混合する前に、使用予定である V 型混合機にて通常の非放射能玄米の混合テストを行った。

テスト概要

300L V 型混合機(徳寿工作所 V-100 全容量 230L)に玄米試料(約 120kg or 60kg)を投入し、回転速度 31rpm (実測値)にて混合した(詳細条件は下記混合条件に示す)。混合終了後、V 型混合機下部から数 10 kg ずつ試料を取り出し、各部から 1kg 程度をサンプリングした(各条件 4 か所)。このサンプルを電磁振動篩い分け器により分級を行い玄米皮部の剥がれ具合の確認を行った。

混合

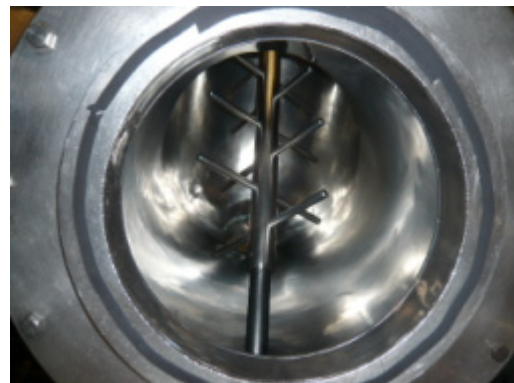


写真 1 : V 型混合機

内容量 230L

写真 2 : V 型混合機内部

回転速度 31rpm (実測値)

混合条件

- ①試料投入量 約 120kg 混合時間 30 分
- ②試料投入量 約 120kg 混合時間 30 分 (計 60 分)
- ③試料投入量 約 60kg 混合時間 30 分 (計 90 分)

*

の順に試験を行い、玄米試料は同一のものを使用した。

サンプリング

混合終了後、V 型混合機から玄米試料を下方に抜きながら、混合機内の各部分(底部、中部 2 箇所、頭部)の代表サンプルとして、1kg 程度ずつ、各条件において 4 点のサンプリングを行った。これらの試料を用いて以下の分級試験を行った。代表サンプルは混合機か

ら取り出した順に（底部より）① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿ として。

分級

1 mm目篩い、250 μ m 目篩いを用い、1mm 以上（米粒）、250 μ m 以上 1mm 未満、250 μ m 未満の3種に篩い分けを行った。



写真3：電磁振動篩い分け器
使用条件：連続振動5分間 振動強度8

分級結果

下記に示す分級後の写真のように、混合により玄米の皮部の剥がれは少ないようであった。各条件の全てのサンプルにおいて、1mm 未満の割合が0.05%未満であり、V型混合機における玄米試料の混合は皮部の剥がれに問題ないかと考えられる。詳細結果は次ページに示す。



写真4：分級後（左:1mm 篩い目上、中:250 μ m 目篩い上、右:受け皿）



写真5：分級後試料（左：250 μ m～1mm 試料、右：250 μ m 未満試料）

表1：分級結果

混合量	混合時間	篩処理量	サンプル	1mm以上	250 μ m～1mm	250 μ m以下
120kg	30分	約500 g	①	497.4	0.1	0.1
				99.96%	0.02%	0.02%
			②	497.3	0.1	0.1
				99.96%	0.02%	0.02%
			③	497.4	0.1	0.0
				99.98%	0.02%	0.00%
			④	497.8	0.1	0.1
				99.96%	0.02%	0.02%
120kg	60分	約500 g	①	497.5	0.1	0.0
				99.98%	0.02%	0.00%
			②	497.4	0.0	0.0
				100.00%	0.00%	0.00%
			③	497	0.0	0.0
				100.00%	0.00%	0.00%
			④	497.5	0.0	0.0
				100.00%	0.00%	0.00%
60kg	90分	約500 g	①	496.9	0.1	0.0
				99.98%	0.02%	0.00%
			②	496.6	0.0	0.0
				100.00%	0.00%	0.00%
			③	497.4	0.1	0.0
				99.98%	0.02%	0.00%
			④	497.1	0.0	0.0
				100.00%	0.00%	0.00%

補足情報

今回混合テストに使用した購入玄米と弊社にて保管している汚染玄米の写真及び含水率測定結果を以下に示す。見た目、状態、手触り、含水率等ほぼ同等に感じられた。



写真6：玄米写真（左:汚染米、右:テスト使用米）

表2：含水率測定結果（左:汚染米、右:テスト使用米）

保管中の4つの汚染米袋より各2点ずつ測定

使用した4つの米袋より各1点ずつ測定

(a, b, c, d)

試料	含水率(%)
RA	10.62
RA	10.88
RB	11.05
RB	10.96
RC	11.49
RC	11.33
RD	10.91
RD	10.36

試料	含水率(%)
a	10.56
b	10.33
c	11.15
d	10.88

平成 24 年 6 月 20 日

放射能汚染玄米標準物質試料調製報告

環境テクノス株式会社

概要

事前に行った V 型混合機による玄米の混合テストの結果から放射線物質が多く付着していると考えられる皮部の剥がれに問題は無いようであったため、放射能標準物質（玄米）候補の本試料において調製作業を行った。

放射能玄米試料

下表に示す 4 種類の放射能を帯びた玄米を購入した。

試料番号	測定時間 sec	測定順序	Bq/kg			重量 kg
			Cs-134	Cs-137	K-40	
RA	36000	1	153	224	103	30.5
RB	36000	2	147	225	60	30.7
RC	36000	3	146	222	61	31.1
RD	36000	4	146	225	87	30.7
平均値			148	224	78	
標準偏差			3.03	1.3	20.9	
RSD %			2.0%	0.6%	26.9%	

調製作業

放射能標準物質（玄米）候補試料の混合・分級・瓶詰め・サンプリング・滅菌（現在進行中）の調製作業を行った。詳細を下記に示す。

混合

容量 230 L V 型混合機に玄米試料(約 120kg)を投入し、回転速度 31rpm（実測値）にて 1 時間混合した。混合後、4 つの米袋に回収した。



写真1：V型混合機
内容量 230L 回転速度 31rpm（実測値）

分級

混合後回収した試料を 1mm 目篩いを用い、1mm 以上（米粒）、1mm 未満（粉状）の篩い分けを行った。篩い分け後の試料は今後行う予定である粉末用試料分に約 30kg 回収し、残りを今回の粒状用試料として 20kg 程度ずつ4つのステンレス製容器（a,b,c,d、外形、高さ 360mm）に回収した。



写真2：電磁振動篩い分け器
使用条件：連続振動 3 分間 振動強度 8
試料投入量 約 500g/回

分級結果

混合テストと同様に、玄米の皮部の剥がれは少ないようであった（1mm 以上約 117kg に対し 1mm 未満約 23g、0.02%程度）。

瓶詰め

使用瓶を洗浄後、下記 2 種の瓶詰めを行った。

90 g 瓶詰め	300 本(27 kg)	使用瓶：ねじ口瓶 褐色 SV-110
900 g 瓶詰め	50 本(45 kg)	使用瓶：サンボトル 茶 1000ml



写真3：使用瓶（左：90g、右：900g）

瓶詰め詳細

分級後の試料を20kg程度ずつ入れた4つのステンレス管（a,b,c,d,）から①90g入りを1,2,3,.....300の順に瓶詰めし、テプラにより番号ラベルを貼付した。また、①90g入りの6番号ごとに②900g入りの瓶詰めを行い、番号をM1,M2,M3,.....M50とし同様にラベルを貼付した。瓶詰めは下記に示す表のように、各ステンレス管より①90g入りを75本、②900g入り12本or13本とした。各ステンレス管の残りの試料は今後行う予定である粉状用試料に使用の予定である。（粉状用保管試料約45kg）

ステンレス管	瓶詰め番号	90g 本数	900g 本数
A	1~6,M1,7~12,M2・M12・,75	75本	12本
B	76~78,M13,79~84,M14・,150,M25	75本	13本
C	151~156,M26,157~162,M27・M37・,225	75本	12本
D	226~228,M38,229~234,M39・,300,M50	75本	13本
		計300本	計50本
		27kg	45kg

均質性試験及び共同実験用サンプリング

上記で瓶詰めした試料から、各ステンレス管の上部、中部、下部にあたるNo.1,37,75（ステンレス管a）、No.76,112,150（b）、No.151,187,225（c）、No.226,262,300（d）を抜き出し均質性試験用試料とした（計12本）。

また、大凡均等にNo.17,34,50,67,84,100,117,134,149,166,183,199,216,233,249,266,283,299を抜き出し共同実験用試料とした（計18本）。

試料滅菌1（均質性試験 及び 共同実験用試料）

上記で抜き出した均質性試験用試料（計12本）と共同実験用試料（計18本）を財団法人放射線利用振興協会 高崎事業所 照射事業部 担当：清水氏 に送付し滅菌を行った。照射条件はCo-60 線10kGy/h、前面1時間、後面1時間、計2時間、トータル20kGyの条件で行った。

試料送付日：平成24年6月15日

照射日：平成24年6月18日

滅菌詳細

写真4に照射室を上から見たものを示す。中央に板状線源（カバーに覆われている）、線源に近い所にあるラインが10kGy/h、その次のラインが5kGy/hとなる。線源からの距離が離れるにつれて、線量率が低くなっていく。線源の高さは45cmとなっている。

この条件に合わせ、写真5, 6のように縦30cm×横30cm×奥13cmの箱に均質性試験用試料と共同実験用試料（計30本）を5本×3段×2列に梱包した状態で、前面から1時間照射後、箱を裏返して後面から1時間照射した。返却後の試料は瓶の蓋が薄茶色に変色していた。

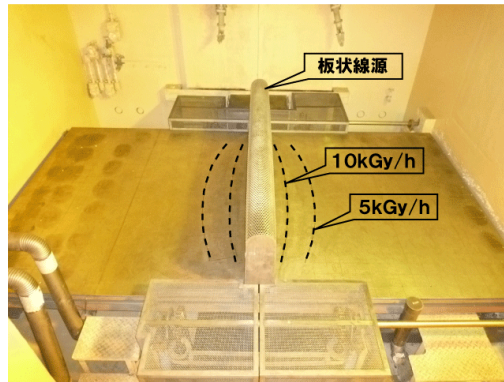


写真4：照射室



写真5：梱包箱



写真6：箱内（瓶の状態）



写真7：滅菌後瓶（左:滅菌後、右:滅菌前）

その後の工程

滅菌後の返却試料の均質性用 12 試料は、U8 容器に詰め替え、東京都市大学 岡田先生にて放射能均質性測定をした。また、共同実験用 18 試料は褐色瓶のまま、参加試験所に送付した。発送日：平成 24 年 6 月 22 日。製品の滅菌は均質性試験時と同じ機関にて、同じ条件で 8 月 9 日～10 日の間に実施した。

添付資料 3-1 共同実験参加試験所の測定条件など

試験所番号	測定方法名	検出器のメーカーと型番	コメント	Ge検出器の相対効率	検出効率(cps/Bq)を求めるために使用した標準線源	玄米試料測定方法
1	γ線スペクトロメトリ	Ge検出器 GEM20P4-70(相対効率20%, 半値幅1.8keV)	Cs-134の定量は2つのピークの平均値 バックグラウンドカウント数Nb,Nb'はピークフィッティングを行っているので、求めている。解析方法の詳細は文献(鈴木章悟, 伊下信也: Radioisotopes,57,429(2008))に記載	相対効率 20%	日本アイソトープ協会製放射能標準ガンマ体積線源Co-60,Mn-54,Cs-137等線源コードMX033U8PP, 線源番号0211	質量79.37g U8容器(内径48mm, 高さ50mm) サム効果や自己吸収の補正は行っていないが, サム効果を減らすため試料と標準線源は検出器から5cmの距離をとった。効率曲線は同じ高さの体積混合線源Co-60,Mn-54,Cs-137の合計4ピークの効率を両対数グラフで線形近似して求めた。
2	添付資料3-2を参照				Cs-134, Cs-137用には日本アイソトープ協会製放射能標準ガンマ体積線源(アルミナ、U8、9核種混合)	
3	γ線スペクトロメトリ	ORTEC GEM-130225	計数時間 100000秒 Cs-137 217 Bq kg ⁻¹ ± 5.5% Cs-134 149 Bq kg ⁻¹ ± 5.5% K-40 71 Bq kg ⁻¹ ± 7%		Cs-137及びCs-134の塩酸溶液の放射能をそれぞれ電離箱で測定した後、希釈してU-8容器に入れたものを自作して、それぞれCs-137及びCs-134に対するゲルマニウム半導体検出器の校正に使用した。自作線源の他に、日本アイソトープ協会が販売している放射能標準ガンマ体積線源(9核種)と、同じく日本アイソトープ協会が販売している放射能標準ガンマ体積線源(Cs-134+Cs-137)も参考にした。また日本アイソトープ協会が販売している放射能標準ガンマ体積線源(9核種)を用いて効率曲線を作成しK-40に対する効率を内挿により求めた。	質量 81.68 gをU8に充填。Cs-134の標準線源で配置を合わせて効率校正をしており、サム効果は織り込み済み。自己吸収はEGSで計算評価して補正した。
4	γ線スペクトロメトリ	CANBERRA社製 GC2519-7915-30	エネルギー依存性 : 日本アイソトープ協会製 MX402 53 測定試料形状依存性 : 日本アイソトープ協会製 CS-050 9903		測定試料形状依存性は ¹³⁷ Cs容積線源を、エネルギー依存性は混合核種点線源を、それぞれ測定して求めた。なお、 ⁵⁷ Co、 ⁶⁰ Co及び ⁸⁸ Yのピーク効率を求める際には、サム効果の影響について補正した。	測定試料によるγ線の自己吸収は、試料ごとに計算により補正した。また、 ¹³⁴ Csはサム効果の影響を補正した。

試験所番号	測定方法名	検出器のメーカーと型番	コメント	Ge検出器の相対効率	検出効率(cps/Bq)を求めるために使用した標準線源	玄米試料測定方法
5	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	GEM20-70 (ORTEC社製)		23%	・使用した標準線源 9核種混合 放射能標準ガンマ体積線源(U8タイプ) ・使用したソフト Gamma studio	質量:79.0g 密度:0.85g/cm ³ 充填高さ:50mm
6	同軸型Ge半導体検出器を用いた測定	Canberra GX2019 (S/N 03036329)	Canberra のGamma explorer(ソフト)を用いて、定量分析を行った。Cs-134は検出されたピークを「10.3.2 荷重平均の計算」、放射能測定法シリーズ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(H4改訂)、p.156		放射能標準ガンマ線体積線源(アルミナ)、日本アイソトープ協会	玄米:74.0020g、高さ 4.726cm (n=8)、密度0.866
7	添付資料4を参照					
8	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	メーカー: CANBERRA社 / 型式: GC2018	<Cs-134の定量方法> 放出効率が最も大きいエネルギー(604.70keV)での値を、Cs-134の値として採用した。(他のエネルギーも含む荷重平均値は、データの検証・確認用としてのみ使用)	24.50%	添付資料5を参照	・質量:71.2g ・充填高さ:4.7cm ・密度:0.855g/cm ³ <測定方法> 放射能濃度の計算方法は以下の通り。 ①求めるピークを含むスペクトルを「ベース関数」及び「ガウス関数」に近似させる。 ②「ガウス関数」の近似式より、ピーク面積を算出する。 ③以下の式により、放射能濃度を算出する。 放射能濃度=ピーク面積÷(放出効率×検出効率×測定時間×試料重量×自己吸収補正項×サム効果補正項)

試験所番号	測定方法名	検出器のメーカーと型番	コメント	Ge検出器の相対効率	検出効率(cps/Bq)を求めするために使用した標準線源	玄米試料測定方法
10	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	Ge検出器GEM 20190 26D1742B	自己吸収補正、サム効果補正あり。補正の有無などの比較データを添付資料3-4に掲載。		標準線源基準日:2007-02-22 使用した核種: Cs-137 Mn-54 Co-60 1173 keV, 1332 keV	試料高さ:50 mm 試料:92 g 材質設定:アルミナ 比重:0.829 g/cm ³
11	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法	オルテック GMX-60P4-83	解析システム:セイコー E G & G (株) Cs134の定量値について 795.76keVのピークは同核種の801.84keVのピーク及び、Ac-228のピークが重なるため、604.66keV、795.76keV双方の値に大差が無いことを確認した上で604.66keVの値を採用することとする。	68%	標準線源:放射能標準ガンマ体積線源(アルミナ)MX033U8PP((社)日本アイソトープ協会) 校正:標準ガンマ体積線源高さ5段階(5, 10, 20, 30, 50mm) 標準線源情報:別表1 校正に用いた核種:別表2 核種毎の検出効率:別表2(各別表掲載省略) 自己吸収計算:セイコー イージーアンドジー(株)製「γスタジオ」による	玄米試料をラボミルサーで粉砕し、U-8容器に隙間無く充填。 試料の充填高さ、密度、重量の情報を入力し、セイコー イージーアンドジー(株)製解析プログラムの登録情報(サム効果補正係数、自己吸収率補正係数)により定量する。 充填高さ:49.18mm 重量:0.0867508kg 密度:0.973g/cm ³
14	γ線測定	ORTEC GMX25P4 S/N: 47-TN12417A		28%	・下記のPE製広口ビンにCs134, Cs137,あるいはK40を含む水溶液100mLを入れて標準線源を自作。 ・Cs134とCs137の標準線源は、基になる線源溶液から100-200μL正確に秤量したものを100mLの水に滴下して作製。基になる線源溶液の放射能濃度は、その溶液で点線源を作製し、市販の点線源と比較測定し決定。 ・K40線源は、容量分析用水酸化カリウム溶液を用いて作製。 ・自己吸収の補正は、玄米試料、Cs溶液、KOH溶液それぞれのγ線吸収係数を実測した上で、積分法により自己吸収割合を計算し、各試料間での僅かな自己吸収の違い(1.4-2.5%程度)を補正。	100mLのPE製広口ビン(内径47.5mm)に試料を約100mL(90.29g)入れて、ビンの側面をGe検出器(横型)の前面アクリルキャップに密着させて測定。

試験所番号	測定方法名	検出器のメーカーと型番	コメント	Ge検出器の相対効率	検出効率(cps/Bq)を求めするために使用した標準線源	玄米試料測定方法
15	Ge半導体検出器による比較標準法	キャンベラ社 GCW21S		22.8%	SEIKO EG&G γ スタジオにより、自己吸収計算、サム効果補正等を行った。標準線源は(社)日本アイソープ協会より9核種混合標準溶液(MX010-0017JCSS証明済み、基準日2012年2月25日12時)を購入し、アルミナ粉末と混合し、U8容器に50mm高さで充填して作成した。	質量 0.07621 kg 密度 0.08623 kg/L 容器(充填高さ) 50mm

試験所番号	不確かさ					
	Cs-134		Cs-137		K-40	
1	正味計数	0.58%	正味計数	0.42%	正味計数	2.09%
	バックグラウンド計数	0.32%	バックグラウンド計数	0.06%	バックグラウンド計数	0.54%
	ピーク計数効率	2.25%	ピーク計数効率	2.25%	ピーク計数効率	2.25%
	装置の安定性	0.25%	装置の安定性	0.13%	ピーク計数効率エネ特	0.58%
	半減期補正	0.00%	半減期補正	0.00%	装置の安定性	0.13%
	測定時間	0.10%	測定時間	0.10%	半減期補正	0.00%
	試料高さによる効率の違い	1.29%	試料高さによる効率の違い	1.50%	測定時間	0.10%
	試料密度による自己吸収の違い	0.52%	試料密度による自己吸収の違い	0.14%	試料高さによる効率の違い	1.39%
	合成標準相対不確かさ	2.74%	合成標準相対不確かさ	2.75%	試料密度による自己吸収の違い	0.68%
	相対拡張不確かさ(95%、 $k=2$)	5.5%	相対拡張不確かさ(95%、 $k=2$)	5.5%	合成標準相対不確かさTotal検算	3.54%
					相対拡張不確かさ(95%、 $k=2$)	7%
	2					
3						
4						

試験所番号	不確かさ				
	不確かさの要因	Type	相対標準不確かさ(%)		
Cs-134(605keV)			Cs-137(662keV)	K-40(1461keV)	
5	計数統計	A	0.7	0.6	5.4
	ピーク効率校正	B	1.6	1.3	1.5
	減衰補正	B	<0.1	<0.1	<0.1
	校正位置の再現性	B	<0.1	<0.1	<0.1
	ガンマ線放出割合	B	0.1	0.2	1.0
	自己吸収補正	B	0.1	0.1	0.1
	カスケードサム効果補正	B	0.7	0.0	0.0
	相対合成標準不確かさ(k=1)		1.9	1.5	5.7
	相対拡張不確かさ(k=2)		3.8	2.9	11
	6				
7					
8	<p>不確かさの算出については、以下の1～5の不確かさの評価における要因ごとの基本的な考え方を参考に算出した。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.天秤目盛不確かさの評価 検査品の重量と天秤最小目盛から、下記評価方法にしたがい相対標準不確かさを算出した。 2.定規目盛不確かさの評価 U8容器を用いて高さ補正を行う場合、検査品の高さとその測定に用いた定規の最小目盛から、下記評価方法にしたがい相対標準不確かさを算出した。 3.標準線源不確かさの評価 標準体積線源のJCSS校正証明書における相対拡張不確かさから、下記評価方法にしたがい相対標準不確かさを算出した。 4.効率校正不確かさの評価 標準体積線源を用いたピーク効率の確認に係る定期監視データより、下記評価方法により相対標準不確かさを算出した。 5.計数誤差の評価 測定結果における放射能濃度と不確かさから、下記評価方法により相対標準不確かさを算出した。 				

試験所番号	不確かさ
10	
11	
14	<ul style="list-style-type: none"> ・^{134}Cs、^{137}Cs溶液の放射能濃度決定に使用した点線源 <ul style="list-style-type: none"> ① ^{152}Eu線源 (JAERI Eu427 A-7): 不確かさ$\pm 4\%$(3σ) ② 混合核種 γ線源 (DKD製 GF-ML-M-7601 S/N: 1560-47): 不確かさ$\pm 2.9\%$(2σ) (^{241}Am, ^{109}Cd, ^{57}Co, ^{139}Ce, ^{203}Hg, ^{113}Sn, ^{85}Sr, ^{137}Cs, ^{88}Y, ^{60}Coを解析に使用。) ・Ge検出器表面から77mm位置に点線源を置いて各γ線に対する検出効率を測定しそれらの値を指数関数の多項式で最小自乗フィットして検出効率曲線を作成。 検出効率曲線の推定不確かさは、実験値のばらつき具合から$\pm 2.0\%$(1σ)と推定。 ・^{152}Eu、^{57}Co、^{139}Ce、^{88}Y、^{60}Co及び^{134}Csの各γ線に対しては、カスケードサムによる計数損失を計算し補正。 計算に使用する全効率、積分法で計算したエネルギー依存曲線の絶対値を^{137}Csで測定した実験値に合うように調整したものを使用。 ・40K線源の放射能強度の不確かさは$\pm 0.9\%$(1σ)。40Kの同位体比の不確かさが主因。 ・玄米試料中の放射能強度は、自作した標準線源との間でγ線計数率を直接比較することで算出。 よって、体積線源に対する検出効率曲線を求める必要はなく、その不確かさは加算されない。 ^{134}Csに対するカスケードサムの補正も、同じ形状の標準線源との間でγ線計数率を直接比較しているのでキャンセルされ、不確かさは加算されない。 厳密には自己吸収の違いが1.5%程度あるので、それに起因する効率の違いだけカスケードサムの補正量も異なるが、それによるカスケードサムの補正量の違いは0.1%程度なので無視できる。 ・玄米試料、Cs溶液、KOH溶液の密度は、それぞれ約0.9、1.0、1.16g/cm³。 それぞれの試料に対してγ線吸収係数を実測し、自己吸収割合を積分法で計算。 自己吸収の割合は各試料間で1.4-2.5%程度異なり、この違いを補正。 補正の不確かさは、この1.4-2.5%の5%(0.07-0.125%)と推定。

試験所番号	不確かさ
15	解析ソフトによって計算された誤差の値を2倍して求めた。標準溶液自体の相対拡張不確かさ及び標準線源作成時の誤差要因は含んでいない。

添付資料 3 - 2 Lab 2 の測定結果

sample	試料重量(g)	測定時間(sec)	Cs-134 (605 keV)				Cs-137 (662 keV)				BG (796 eV)		
			カウント	err	cps	err	カウント	err	cps	err	BG 測定時間 (sec)	カウント	err
玄米std(JSAC) 12.7.19瓶34	78.0	325,264	31,562	178	0.0970	0.0005	41,512	204	0.1276	0.0006	247,514	137	12

試料高さ (mm)	Cs-134 (605 keV)			Cs-137 (662 keV)			Cs-134 (796 keV)		
	Eff.-Cs-134 (605 keV)	濃度(Bq/kg)	err	Eff.-Cs-137 (662 keV)	濃度(Bq/kg)	err	Eff.-Cs-134 (796 keV)	濃度(Bq/kg)	err
50	0.00918	139	1	0.00847	227	1	0.00720	139	1

K-40 (1462 keV)					
Eff.-KCl (1462 keV)	濃度(Bq/kg)-KCl	err	Eff. (1462 keV)	濃度(Bq/kg)	err
0.004779	56	2	0.00421	64	2

KCl
50 mm
2012.4.15
koi

容器 / g 24.3325
+ KCl / g 128.1297
KCl / g 103.7972
Live time /sec 30,000
count 25,915
cps 0.8638 0.0091

KCl 分子量 74.55
K 原子量 39.10
K/KCl 0.5244
半減期 1277000000 y
分岐比 10.67 %
存在比 0.0117 %
試料の質量 103.8 g
壊変定数 1.721E-17
原子数 N 9.811E+19
放射能強度 1689 dps
γ線計数率 180 cps
試料の計数率 0.8638 cps 0.8611
 0.0091 error
検出効率 0.004794 **0.004779**

BG (1462 eV)		
BG 測定時間 (sec)	カウント	err
247,514	666	26

添付資料3-3 測定結果

供試品作製時での換算放射能濃度 2012-06-01 JST 00:00:00

試験所番号	核種	半減期 (出典を記入する)	エネルギー	放出率	ピーク効率cps/ γ	サム効果補正有無	自己吸収補正有無	ピーク面積計算方法 (関数法又はコペール法、その他)	測定時間 live time(秒)	正味カウント数 N-Nb	ベースラインカウント数 Nb
1	Cs-134	2.0648y	<small>個々のエネルギーを記入する</small> 604.72	0.9762	0.34%	無	無	関数法	320000	11252.1	
	Cs-134	2.0648y	<small>個々のエネルギーを記入する</small> 795.86	0.8553	0.26%	無	無	関数法	320000	7881.08	
	Cs-134		<small>定量値(平均値など)を記入する。求め方の詳細は表紙のコメント欄へ記載する。</small>								
	Cs-137	30.07y	661.66	0.8551	0.31%	無	無	関数法	320000	14167.1	
	K-40	1.28E+09	1460.83	0.107	0.15%	無	無	関数法	320000	11917.7	
出典WWW Table of Radioactive Isotopes http://ie.lbl.gov/toi/											
4	Cs-134	2.06	<small>個々のエネルギーを記入する</small> 795.8	85.4	0.010982	有	有	コペール法	75882	8080.3	221.7
	Cs-137	30.14	661.6	85.1	0.013773		有	コペール法	75882	15841.5	397.5
	K-40	1277000000	1460.8	10.7	0.00715		有	コペール法	75882	400.3	55.7
		核データの出典 Atomic Data and Nuclear Data Tables(1983年)									
5	Cs-134	7.54.E+02	<small>個々のエネルギーを記入する</small> 605	97.63	1.26.E-02	有	有	コペール法	200000	26636	1629
	Cs-137	1.10.E+04	662	84.99	1.24.E-02	無	有	コペール法	200000	35207	1069
	K-40	4.57.E+11	1461	10.55	6.19.E-03	無	有	コペール法	200000	1433	193

試験所番号	核種	半減期 (出典を記入する)	エネルギー	放出率	ピーク効率cps/ γ	サム効果補正有無	自己吸収補正有無	ピーク面積計算方法 (関数法又はコペール法、その他)	測定時間 live time(秒)	正味カウント数 N-Nb	ベースラインカウント数 Nb
6	Cs-134	Y 2.06E+00	個々のエネルギーを記入する 475.35	個々に記入する 1.47		有 0.907934	有 0.886788	関数適合法	162000	404.6	2696.4
	Cs-134	Y 2.06E+00	個々のエネルギーを記入する 563.26	個々に記入する 8.38		有 0.877688	有 0.894057	関数適合法	162000	2019.0	1919.3
	Cs-134	Y 2.06E+00	個々のエネルギーを記入する 569.29	個々に記入する 15.43		有 0.87617	有 0.894511	関数適合法	162000	3573.9	1639.9
	Cs-134	Y 2.06E+00	個々のエネルギーを記入する 604.66	個々に記入する 97.56		有 0.921762	有 0.897080	関数適合法	162000	23630.6	1603.3
	Cs-134	Y 2.06E+00	個々のエネルギーを記入する 795.76	個々に記入する 85.44		有 0.923509	有 0.908618	関数適合法	162000	16171.0	714.7
	Cs-134	Y 2.06E+00	個々のエネルギーを記入する 801.84	個々に記入する 8.73		有 0.907934	有 0.908933	関数適合法	162000	1432.7	828.8
	Cs-134	Y 2.06E+00	個々のエネルギーを記入する 1038.5	個々に記入する 1		有 0.976623	有 0.919413	関数適合法	162000	171.5	362.3
	Cs-134	Y 2.06E+00	個々のエネルギーを記入する 1167.86	個々に記入する 1.81		有 1.078582	有 0.924010	関数適合法	162000	293.1	267.4
	Cs-134	Y 2.06E+00	個々のエネルギーを記入する 1365.13	個々に記入する 3.04		有 1.136731	有 0.929939	関数適合法	162000	488.3	154.8
	Cs-134	Y 2.06E+00	定量値(平均値など)を記入する。求め方の詳細は表紙のコメント欄へ記載する。								
	Cs-137	Y 3.02E+01	661.64	85.1		1	0.900897	関数適合法	162000	31600.5	877.2
	K-40	Y 1.28E+09	1460.75	10.7		1	0.93244	関数適合法	162000	685.3	204.9
	8	Cs-134	2.062Y	個々のエネルギーを記入する 569.32keV	個々に記入する 15.43	0.01482	有	有	関数法	43200	960.5
Cs-134		2.062Y	個々のエネルギーを記入する 604.70keV	個々に記入する 97.60	0.01474	有	有	関数法	43200	6106.0	448.0
Cs-134		2.062Y	個々のエネルギーを記入する 795.85keV	個々に記入する 85.40	0.01135	有	有	関数法	43200	4137.9	167.8
Cs-134		2.062Y	個々のエネルギーを記入する 801.93keV	個々に記入する 8.73	0.01109	有	有	関数法	43200	368.5	123.5
Cs-134			定量値(平均値など)を記入する。求め方の詳細は表紙のコメント欄へ記載する。 604.70keV	97.60	0.01474	有	有	関数法			
Cs-137		30.00Y	661.66keV	85.21	0.01469	-	有	関数法	43200	8383.2	258.0
K-40		1.277×10^9 Y	1460.75keV	10.67	0.00687	-	有	関数法	43200	205.0	23.1

試験所番号	核種	半減期 (出典を記入する)	エネルギー	放出率	ピーク効率cps/ γ	サム効果補正有無	自己吸収補正有無	ピーク面積計算方法 (関数法又はコベル法、その他)	測定時間 live time(秒)	正味カウント数 N-Nb	ベースラインカウント数 Nb
11	Cs-134	7.531×10^2 日	個々のエネルギーを記入する 604.66	97.56	2.1617	有	有	コベル法	80000	19740.0	1619.0
	Cs-134	7.531×10^2 日	個々のエネルギーを記入する 795.76	85.44	1.8004	有	有	コベル法	80000	14405.2	542.8
	Cs-134		個々のエネルギーを記入する								
	Cs-134		個々のエネルギーを記入する								
	Cs-134		定量値(平均値など)を記入する。 求め方の詳細は表紙のコメント欄へ記載する。 604.66								
	Cs-137	1.102×10^4 日	661.64	85.00	2.2638	無	有	コベル法	80000	28209.7	838.3
	K-40	4.664×10^{11} 日	1460.75	10.67	1.3060	無	有	コベル法	80000	779.2	173.0
K40の正味カウント(N-Nd)はバックグラウンドカウント(N'-Nb')を補正しています。											
14	Cs-134	Table of Isotope 2.0648(10) y	個々のエネルギーを記入する 563.25	0.835(4)	0.00098	Cs134を含む標準線源なのでキャンセルされる	密度の僅かな違いのみ補正	コベル法	167385	2182	1712
	Cs-134	Table of Isotope 2.0648(10) y	個々のエネルギーを記入する 569.33	0.1538(6)	0.00177	Cs134を含む標準線源なのでキャンセルされる	密度の僅かな違いのみ補正	コベル法	167385	3957	1696
	Cs-134	Table of Isotope 2.0648(10) y	個々のエネルギーを記入する 604.72	0.9762(3)	0.0112	Cs134を含む標準線源なのでキャンセルされる	密度の僅かな違いのみ補正	コベル法	167385	24906	1875
	Cs-134	Table of Isotope 2.0648(10) y	個々のエネルギーを記入する 795.86	0.8553(4)	0.0079	Cs134を含む標準線源なのでキャンセルされる	密度の僅かな違いのみ補正	コベル法	167385	17117	781
	Cs-134	Table of Isotope 2.0648(10) y	定量値(平均値など)を記入する。 求め方の詳細は表紙のコメント欄へ記載する。								
	Cs-137	Table of Isotopes 1998 30.07(3) y	661.66	0.851(2)	0.0103	無	密度の僅かな違いのみ補正	コベル法	167385	32969	1386
	K-40	ENSDF 1.248(3)E9 y	1460.83	0.1067(13)	0.00066	無	密度の僅かな違いのみ補正	コベル法	167385	2679	203
15	Cs-134	Table of isotope	個々のエネルギーを記入する 605	0.976	0.009052	有	有	コベル法	246868	22695.4	2083.6
	Cs-137	Table of isotope	662	0.851	0.008815	無	有	コベル法	246868	29694	1195
	K-40	(Table of isotop	1461	0.107	0.00448	無	有	コベル法	246868	611.2	148.5

*事前に測定した値でよい

試験所番号	ピーク計数率 (カウント数/秒)	測定時の放射能 Bq	供試品作製時の 放射能 Bq	供試品作製時の 放射能濃度 (Bq/kg)	拡張不確かさ (k=2) (Bq/kg)	試料がないときの 正味バックグ ラウンドカウン ト数 N'-Nb' *	試料がないときの ベースライン カウント数 Nb' *	バックグラウンド 測定時間* 秒	$\sqrt{(N+Nb+N'+Nb')}$ 但しN',Nb'はN,Nb の測定時間に換 算 ①	$(N-Nb)-(N'-Nb')$ 但 しN',Nb'はN,Nbの 測定時間に換算 ②	計数誤差 ①/②
1	0.035162813	10.28	10.89	137.2	求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。	84.9346		86150			
	0.024628375	10.43	11.06	139.3	求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。	86.0452		86150			
				138.3	求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。						
	0.044272188	16.12	16.18	203.9	求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。	90.6089		86150			
	0.037242813	-3.32	検出されず	検出されず	求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。	3254.92		86150			
4	0.106485069	11	12	140	14 求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。	38.5	228.0	145879	93.71	8060.27	1.163%
	0.208764924	18	18	210	21 求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。	-9.2	235.2	145879	129.91	15846.29	0.820%
	0.005275296	6.9	6.9	82	12 求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。	40.9	90.1	145879	25.03	379.03	6.605%
5	0.13	10.9	11.2	142	5.4 求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。	32	2327	930000	175.79	26629.12	0.660%
	0.18	16.8	16.9	213	6.2 求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。	387	1965	930000	195.64	35123.77	0.557%
	0.01	6.40	6.40	81.0	9.2 求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。	2805	628	930000	51.89	829.77	6.253%

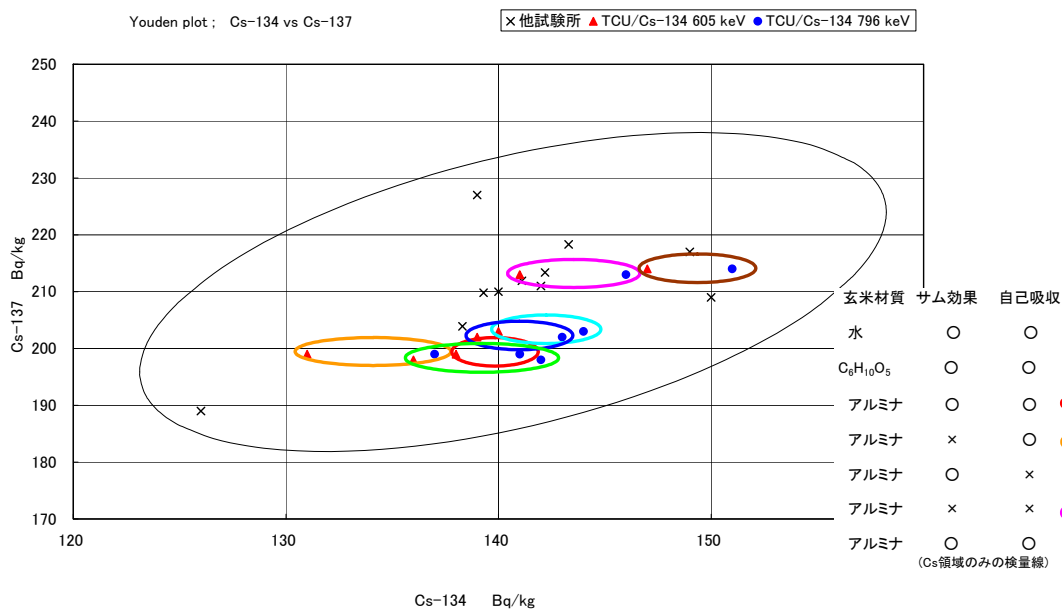
試験所番号	ピーク計数率 (カウント数/秒)	測定時の放射能 Bq	供試品作製時の 放射能 Bq	供試品作製時の 放射能濃度 (Bq/kg)	拡張不確かさ (k=2) (Bq/kg)	試料がないときの 正味バックグ ラウンドカウン ト数 N'-Nb'*	試料がないときの ベースライン カウント数 Nb'*	バックグラウンド 測定時間* 秒	$\sqrt{(N+Nb+N'+Nb')}$ 但しN',Nb'はN,Nb の測定時間に換 算 ①	$(N-Nb)-(N'-Nb')$ 但 しN',Nb'はN,Nbの 測定時間に換算 ②	計数誤差 ①/②	
6	0.002497531		0.1312	131.2	16.88							
	0.012462963		0.1377	137.7	4.319		939	1300000	78.05	2019.00	3.866%	
	0.022061111		0.1339	133.9	2.781							
	0.145867901		0.1404	140.4	0.9509		1692	1300000	165.10	23630.60	0.699%	
	0.099820988		0.1397	139.7	1.143		559	1300000	133.19	16171.00	0.824%	
	0.008843827		0.124	124	3.99		570	1300000	56.85	1432.70	3.968%	
	0.001058642		0.1514	151.4	24.79							
	0.001809259		0.1439	143.9	11.42							
	0.003014198		0.1549	154.9	8.159							
					139.3	0.6828						
	0.195064815		0.2098	209.8	1.205		818	1300000	183.19	31600.50	0.580%	
	0.004230247		0.07271	72.71	4.113		407	1300000	34.59	685.30	5.048%	
	8	0.022233796	9.725	10.10	141.8	14.46	-2.4	122.4	36000	46.15	963.38	4.790%
0.141342593		9.826	10.20	143.3	10.12	11.5	115.5	36000	85.40	6092.20	1.402%	
0.095784722		9.878	10.26	144.1	10.48	7.3	79.8	36000	68.37	4129.14	1.656%	
0.008530093		8.810	9.149	128.5	18.21	15.1	77.9	36000	28.65	350.38	8.176%	
					143.3	10.12	11.5	115.5	36000			
0.194055556		15.50	15.54	218.3	15.14	10.0	115.0	36000	95.85	8371.20	1.145%	
0.00474537		6.468	6.468	90.84	24.51	105.7	33.4	36000	21.41	78.16	27.387%	

試験所番号	ピーク計数率 (カウント数/秒)	測定時の放射能 Bq	供試品作製時の 放射能 Bq	供試品作製時の 放射能濃度 (Bq/kg)	拡張不確かさ (k=2) (Bq/kg)	試料がないときの 正味バックグ ラウンドカウン ト数 N'-Nb'*	試料がないときの ベースライン カウント数 Nb'*	バックグラウンド 測定時間* 秒	$\sqrt{(N+Nb+N'+Nb')}$ 但しN',Nb'はN,Nb の測定時間に換 算 ①	$(N-Nb)-(N'-Nb')$ 但 しN',Nb'はN,Nbの 測定時間に換算 ②	計数誤差 ①/②
11	0.24675	11.7	12.2	141	求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。 2.2	0	0	250000	151.58	19740.00	0.768%
	0.180065	11.7	12.2	141	求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。 2.4	0	0	250000	124.46	14405.20	0.864%
	#DIV/0!				求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。						
	#DIV/0!				求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。						
					求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。 2.2						
	0.35262125	18.3	18.4	212	求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。	0	0	250000	172.88	28209.70	0.613%
	0.00974	6.99	6.99	80.6	求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。 7.8	465	473	250000	39.71	630.40	6.299%
		(減衰補正係数)	0.955934 0.996925 1.000000	Cs134 Cs137 K40							
14	0.013035816	13.12			求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。	49	1521	300515	85.60	2154.71	3.973%
	0.023640111	13.12			求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。	132	1288	300515	94.11	3883.48	2.423%
	0.148794695	13.1			求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。	442	1124	300515	173.65	24659.81	0.704%
	0.102261254	12.67			求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。	489	776	300515	140.77	16844.63	0.836%
		Weighted average 12.93	13.5	150	求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。 7			300515			
	0.196965081	18.8	18.85	209	求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。 9	862	1220	300515	193.86	32488.87	0.597%
	0.016005018	6.74	6.74	75	求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。 13	3474	400	300515	73.93	744.00	9.937%
15	0.091933341	9.896321	10.25715	142	求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。 2	0	0	258891	163.90	22695.40	0.722%
	0.120282904	15.22948	15.2668	211	求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。 3	0	0	258891	179.12	29694.00	0.603%
	0.002475817	4.948312	4.948312	68.0	求め方は報告シート(不確かさ)に記入する。 8.6	191.1	138.9	258891	36.81	428.97	8.582%

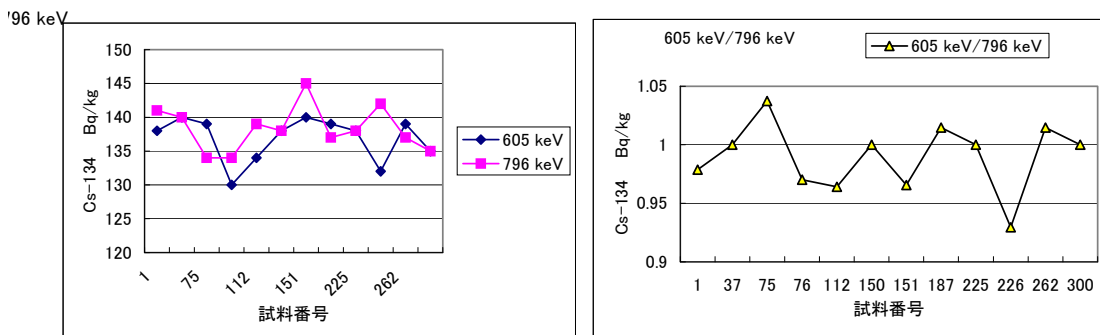
添付資料 3-4 Lab 10 における実験データ

試料 1 についてサム効果補正、自己吸収補正の有無や設定材質などの違いによる測定値比較を行った。

	Cs-134	試験所 10				
		Cs-137	設定材質	サム効果補正	自己吸収補正	検量線に使用した核種
10 Cs-134 605 keV	136	198	アルミナ	○	○	Cs-137(662 keV) Mn-54(835)
10 Cs-134 796 keV	142	198				
10 Cs-134 605 keV	138	199	アルミナ	○	○	Cs-137(662 keV) Mn-54(835) Co-60(1173) (1332)
10 Cs-134 796 keV	141	199				
10 Cs-134 605 keV	131	199	アルミナ	×	○	
10 Cs-134 796 keV	137	199				
10 Cs-134 605 keV	147	214	アルミナ	○	×	
10 Cs-134 796 keV	151	214				
10 Cs-134 605 keV	141	213	アルミナ	×	×	
10 Cs-134 796 keV	146	213				
10 Cs-134 605 keV	139	202	C ₆ H ₁₀ O ₅	○	○	
10 Cs-134 796 keV	143	202				
10 Cs-134 605 keV	140	203	水	○	○	
10 Cs-134 796 keV	144	203				



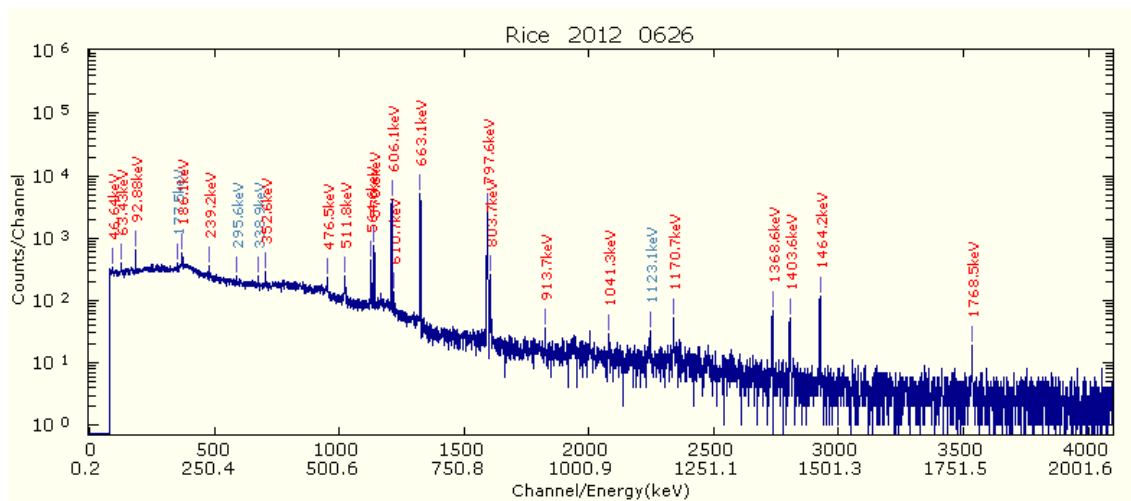
Cs-134 の測定値は、試料 1 では 605 keV が 796 keV より低い値であるが、他の試料については下図のようであった。



添付資料 4 : LAB 7 測定条件など

使用検出器 : Ge-P6:キャンベラ GC-2518 (11037695)

試料測定日 : 2012年6月26日 9:56:28 LT : 80000sec、RT : 80016.4sec



効率計算 : キャンベラ ISOCS

試料化学式 : (C6H10O5)

試料重量 : 0.0817548 kg

サム効果補正

バックグラウンド差し引き

6 / 1 に減衰補正

定量結果(Bq/kg)

Cs-134 : 126 ± 1

Cs-137 : 189 ± 2

K-40 : 62 ± 5

ISOCS-2012-07-Genmai

発行日 2012/7/10

試料名 玄米 U8 50mm

使用テンプレート
SimplifiedBeaker

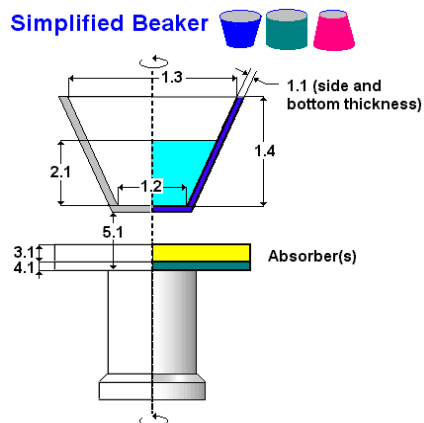
検出器
7695

サンプル 比重
starch 0.904
(C6H10O5)

寸法(mm) 試料高 50mm

アブソーバ アクリル 2.5mm

検出器からの距離(mm)
2.5



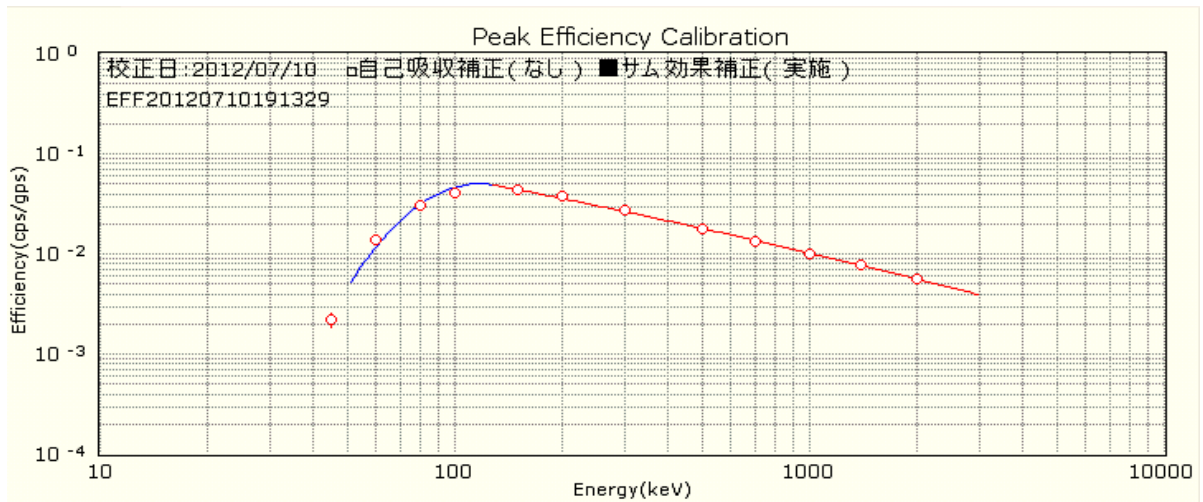
Description:

Comment:

Units: mm cm m in ft

Specify sample by its: Dimensions Volume Weight

No.	Description	d.1	d.2	d.3	d.4	Material	Density	Volume, ml
1	Beaker	1.5	48	48	60	nnlvstvr	1.06	
2	Sample	50				starrh	0.904	
3	Absorber 1	0.5				nnlvstvr	1.06	
4	Absorber 2	2				arrvllr	1.17	
5	Source - Detector	2.5						



$$\ln(eFF) = 0\text{次} + 1\text{次} \times \ln(\text{Ene}) + 2\text{次} \times \ln(\text{Ene})^2$$

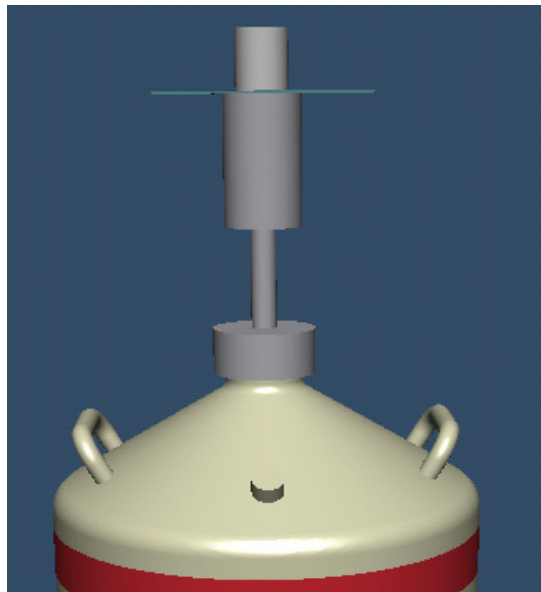
境界値 130keV

係数
低工ネ

0次	-7.70121E+01
1次	3.10978E+01
2次	-3.26588E+00

高工ネ

0次	-4.44327E-01
1次	-3.62829E-01
2次	-3.42055E-02



No	チャネル	エネルギー	核種名	キークライン	判定	放射能 (Bq/m3) (カウス)	±誤差(カ ウス)	放射能 (Bq/m3) (積算)	±誤差 (積算)	放射能 (Bq/m3) (カウス荷重 平均)	±誤差(カ ウス荷重 平均)	放射能 (Bq/m3) (積算荷重 平均)	±誤差 (積算荷 重平均)	検出限界 放射能 (Bq/m3)
1	92.76	46.5	Pb-210	1	*検出	1.94E+01	5.25E+00	2.10E+01	5.97E+00	1.94E+01	5.25E+00	2.10E+01	5.97E+00	1.78E+01
107	951.87	475.35	Cs-134	0	*検出	1.13E+01	1.85E+00	1.44E+01	2.62E+00	1.01E+01	7.16E-02	1.00E+01	7.50E-02	7.65E+00
127	1128.11	563.26	Cs-134	0	*検出	1.03E+01	4.33E-01	1.07E+01	5.62E-01	1.01E+01	7.16E-02	1.00E+01	7.50E-02	1.41E+00
128	1140.19	569.29	Cs-134	0	*検出	9.82E+00	2.82E-01	9.69E+00	3.36E-01	1.01E+01	7.16E-02	1.00E+01	7.50E-02	7.52E-01
137	1210.81	604.66	Cs-134	1	*検出	1.00E+01	1.01E-01	9.94E+00	1.04E-01	1.01E+01	7.16E-02	1.00E+01	7.50E-02	1.38E-01
157	1324.87	661.64	Cs-137	1	*検出	1.54E+01	1.31E-01	1.55E+01	1.32E-01	1.54E+01	1.31E-01	1.55E+01	1.32E-01	1.27E-01
201	1593.87	795.76	Cs-134	0	*検出	1.02E+01	1.20E-01	1.02E+01	1.22E-01	1.01E+01	7.16E-02	1.00E+01	7.50E-02	1.40E-01
202	1606.05	801.84	Cs-134	0	*検出	1.01E+01	4.14E-01	1.01E+01	4.61E-01	1.01E+01	7.16E-02	1.00E+01	7.50E-02	9.28E-01
244	2080.59	1038.5	Cs-134	0	*検出	9.79E+00	1.99E+00	8.43E+00	2.33E+00	1.01E+01	7.16E-02	1.00E+01	7.50E-02	6.85E+00
258	2339.26	1167.86	Cs-134	0	*検出	1.14E+01	1.24E+00	1.04E+01	1.50E+00	1.01E+01	7.16E-02	1.00E+01	7.50E-02	4.00E+00
273	2734.83	1365.13	Cs-134	0	*検出	1.03E+01	8.03E-01	1.00E+01	8.69E-01	1.01E+01	7.16E-02	1.00E+01	7.50E-02	1.84E+00
279	2804.84	1401.5	Bi-214	0	*検出	2.22E+01	1.99E+00	2.14E+01	2.12E+00	2.22E+01	1.99E+00	2.14E+01	2.12E+00	4.80E+00
284	2926.02	1460.75	K-40	1	*検出	5.05E+00	4.39E-01	5.03E+00	4.48E-01	5.05E+00	4.39E-01	5.03E+00	4.48E-01	1.12E+00

No	ネット面積(カ ウス)	±誤差(カ ウス)	ネット面積 (積算)	±誤差(積算)	検出限界 カウント	妨害カウント (カウス)	±誤差(カ ウス)	妨害カウント (積算)	±誤差 (積算)	検出効率	BGカウント	±誤差	自己吸収	サム補正
1	198.93	53.77	215.5	61.15	182.65	---	---	---	---	0.00316	---	---	1	1
107	226.16	37.11	288.83	52.47	153.49	---	---	---	---	0.0171	---	---	1	0.917
127	1003.24	42.19	1039.24	54.77	137.4	3.06	0.93	3.06	0.93	0.0145	---	---	1	0.889
128	1742.94	50.04	1718.71	59.71	133.5	---	---	---	---	0.0144	---	---	1	0.888
137	11190.63	112.64	11120.8	116.62	153.92	---	---	---	---	0.0143	225	22.3	1	0.929
157	15072.92	127.9	15082.2	129.08	123.8	---	---	---	---	0.0144	304	21.6	1	1
201	8004.99	94.18	8011.33	96.17	110.14	11.9	3.6	11.9	3.6	0.0115	189	18.2	1	0.931
202	789.95	32.58	792.65	36.21	72.94	---	---	---	---	0.0113	---	---	1	0.917
244	75.95	15.44	65.43	18.07	53.18	---	---	---	---	0.0097	---	---	1	0.979
258	158	17.3	144.43	20.79	55.6	---	---	---	---	0.00963	---	---	1	1.07
273	222.14	17.35	216.43	18.78	39.79	---	---	---	---	0.00888	---	---	1	1.13
279	189.62	17.02	182.81	18.12	40.99	---	---	---	---	0.00768	---	---	1	1
284	319.49	27.81	318.06	28.35	70.77	---	---	---	---	0.00741	160	14.5	1	1

No.117	26 June receive		measure ment	6月26日	9:58:28	8.00E+04		0.879167	
sammple weight	0.0817548	kg		ガウス加重平均					
T1/2				Activity	error	Bq/kg		Decay	
2.0648	0.00091972	1.02503	Cs-134	1.01E+01	7.16E-02	1.23E+02	8.76E-01	126	0.9
30.07	6.32E-05	1.001699	Cs-137	1.54E+01	1.31E-01	1.89E+02	1.60E+00	189	1.6
		1	K-40	5.05E+00	4.39E-01	6.17E+01	5.37E+00	61.7	5.4

添付資料5 Lab 8 追記

1.標準線源の高さ、重量、密度

高さ(mm)	重量(g)	密度(g/cm ³)
5.0	9.4	1.061
10	18.8	1.061
20	37.6	1.061
30	56.4	1.061
50	94.0	1.061

2.核種ごとの検出効率

核種名	エネルギー(eV)	放出比(%)	感度係数(cps/Bq)					検出効率(%)				
			5.0mm	10mm	20mm	30mm	50mm	5.0mm	10mm	20mm	30mm	50mm
Cd-109	88.03	3.79	0.601	0.560	0.387	0.308	0.215	15.868	14.766	10.220	8.133	5.665
Co- 57	122.06	85.6	13.653	12.929	9.005	7.245	5.127	15.950	15.104	10.520	8.464	5.989
Co- 57	136.47	11.10	1.685	1.594	1.116	0.901	0.642	15.178	14.358	10.058	8.119	5.780
Ce-139	165.85	79.90	10.428	9.797	6.961	5.650	4.068	13.051	12.262	8.712	7.071	5.091
Cr- 51	320.08	10.20	0.707	0.668	0.481	0.392	0.282	6.927	6.551	4.713	3.844	2.764
Sr- 85	514	99.27	4.386	4.154	2.992	2.443	1.758	4.418	4.185	3.014	2.461	1.771
Cs-137	661.64	85.00	2.962	2.804	2.016	1.646	1.186	3.485	3.299	2.372	1.936	1.395
Mn- 54	834.83	100	2.805	2.653	1.901	1.551	1.119	2.805	2.653	1.901	1.551	1.119
Y - 88	898.02	91.29	2.121	2.020	1.498	1.241	0.911	2.323	2.213	1.641	1.359	0.998
Co- 60	1173.21	100	1.782	1.695	1.254	1.040	0.767	1.782	1.695	1.254	1.040	0.767
Co- 60	1332.47	100	1.574	1.496	1.105	0.916	0.677	1.574	1.496	1.105	0.916	0.677
Y - 88	1836.13	99.34	1.161	1.099	0.803	0.665	0.493	1.169	1.106	0.808	0.669	0.496

3.自己吸収計算方法

自己吸収のあるピーク効率を、 ϵ_s 、自己吸収のないピーク効率を ϵ とすると、 ϵ_s と ϵ の関係式は

$$\epsilon_s = \epsilon \times f_{abs}$$

となる。 f_{abs} は自己吸収係数であり、以下の式により求める。

$$f_{abs} = \frac{\int \text{Eff}(x) \cdot \exp(-\mu x) dx}{\int \text{Eff}(x) dx}$$

ここに、 $\text{Eff}(x)$: 試料の底面から距離 x における微厚な円板 dx の効率で、 $\text{Eff}=A/(D+x)^2$

- A : 定数(先の計算式では分母子により相殺される)
- D : 検出器の実効中心から試料の底面までの距離(cm)
- μ : 着目エネルギーにおける試料の線減弱係数(/cm)

線減弱係数 μ については、以下の式によって求める。

$$\mu = \rho \times \{0.6023/M(2 \times \mu_{Al} + 3 \times \mu_O)\}$$

μ : 線減衰係数

ρ : 試料密度

M : 試料の原子量(アルミナ=101.96)

μ_{Al} : アルミニウム原子の全相互作用断面積

μ_O : 酸素原子の全相互作用断面積

4.使用ソフト名

Spectrum Explorer及びGamma Explorer(キャンベラジャパン株式会社)

添付資料 6 : Cs-134 と Cs-137 の相関について (ユーデン図)

図 1 に Cs-134 と Cs-137 の値を 95%信頼楕円とともに表示した(楕円は ISO 13528 による)。添付資料 1 において標準線源として日本アイソトープ協会の核種混合アルミナ放射能標準ガンマ体積線源を使用し、標準的な検出装置を使用した試験所を赤マークで示したが、よくまとまった値を示している。高感度検出器を使用した LAB 3、試料横置型検出器を使用した LAB 14 は (検出器によるものだけとはいえないが) Cs-134 が高めの値を示した。LabSOCS ソフトを使用した LAB 7 は Cs-134, Cs-137 とともに低めの値を示した。LAB 2 は Cs-137 が高めの値を示した。

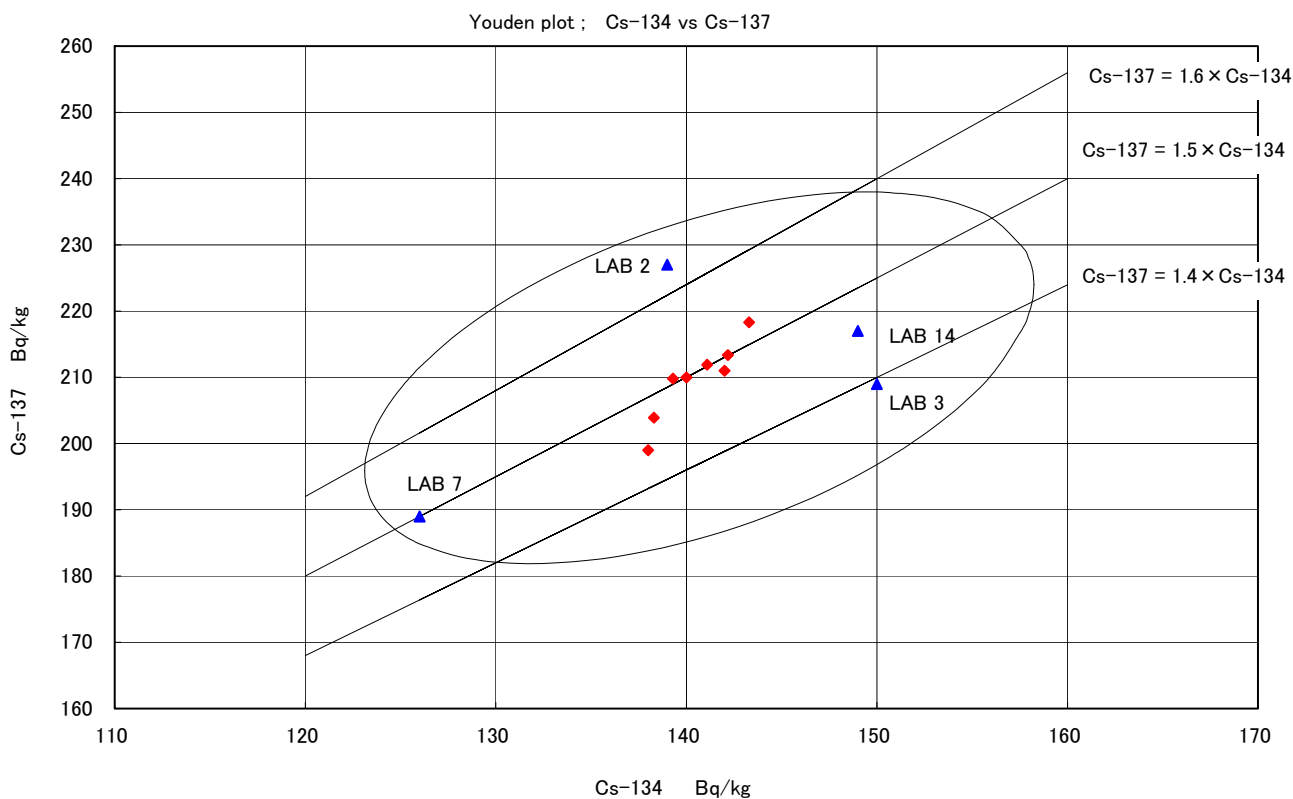
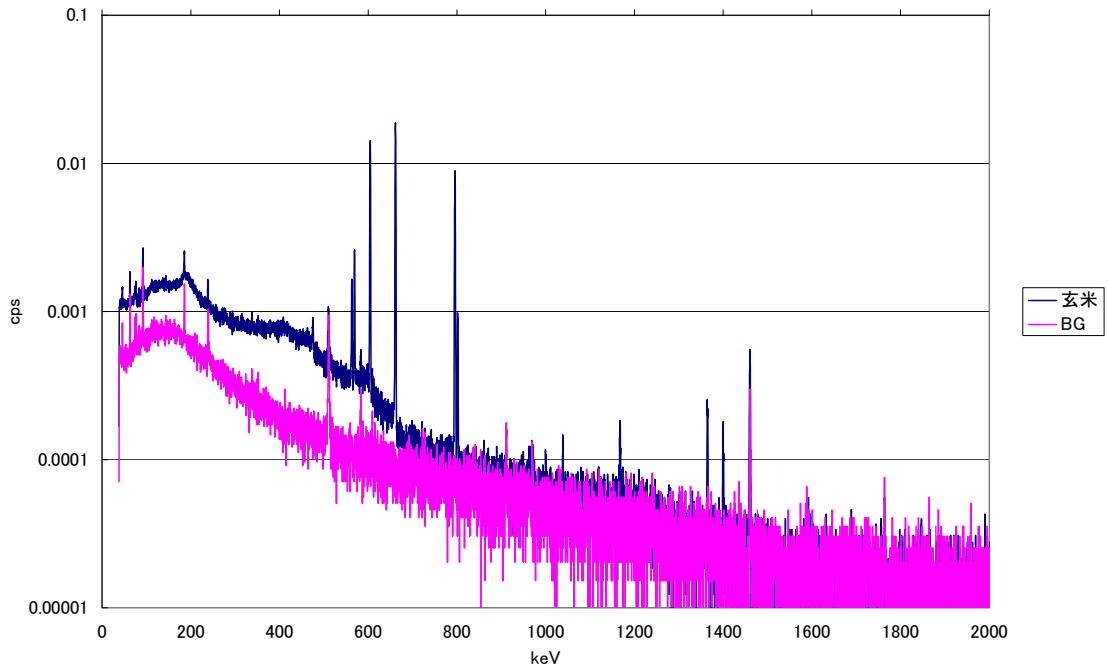


図 1 Cs-134 と Cs-137 のユーデン図

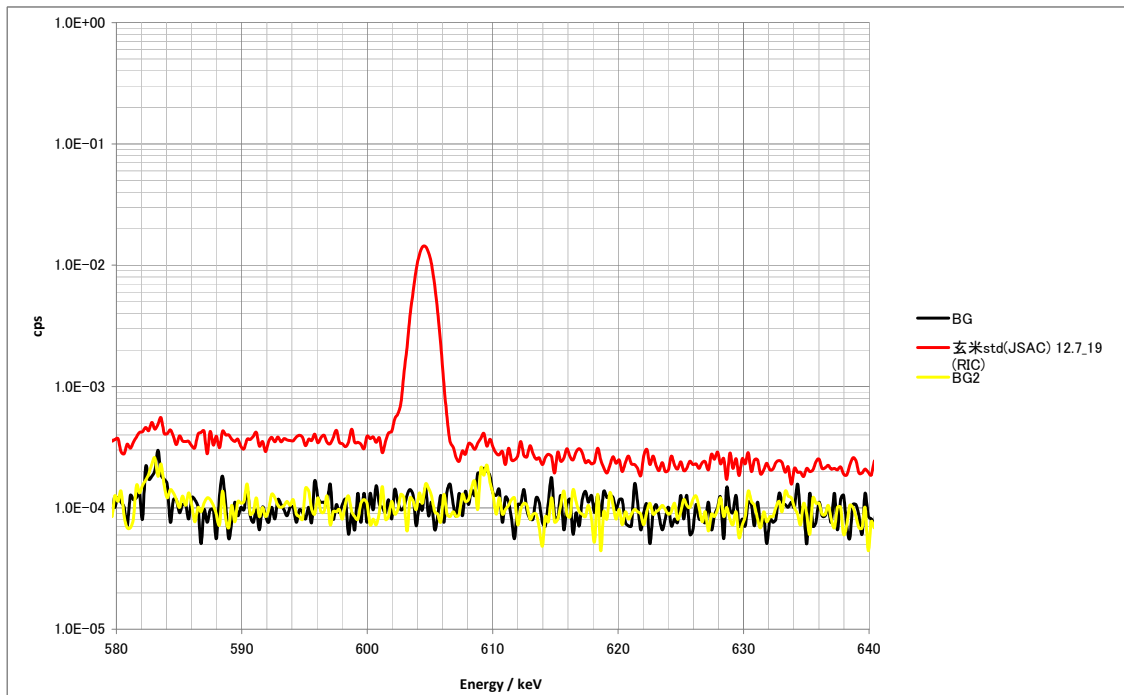
添付資料 7 : 報告された 線スペクトル例

スペクトルと Cs-134, Cs-137, K-40 の部分を拡大したいくつかの例を示す.

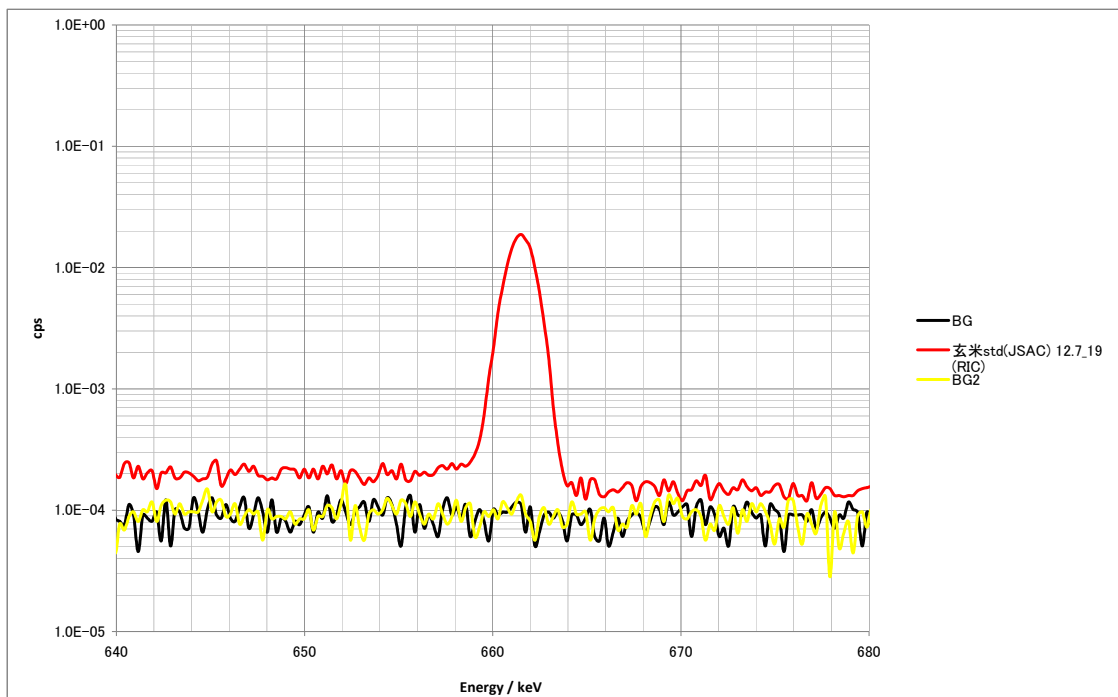
Lab 2 :



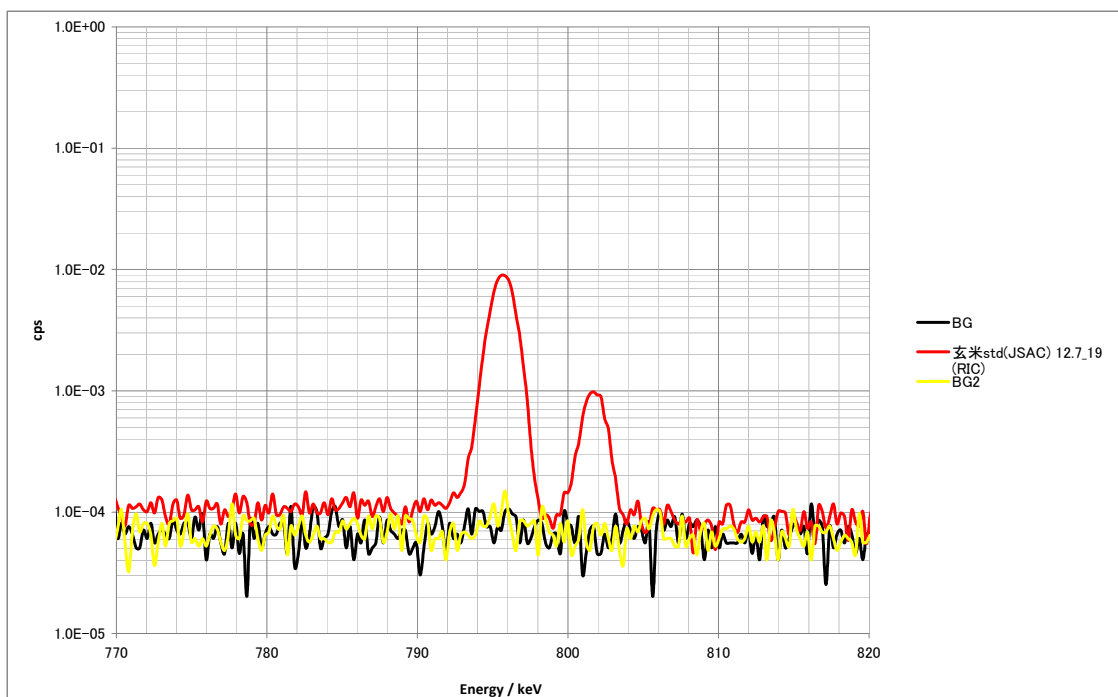
Cs-134 605 keV



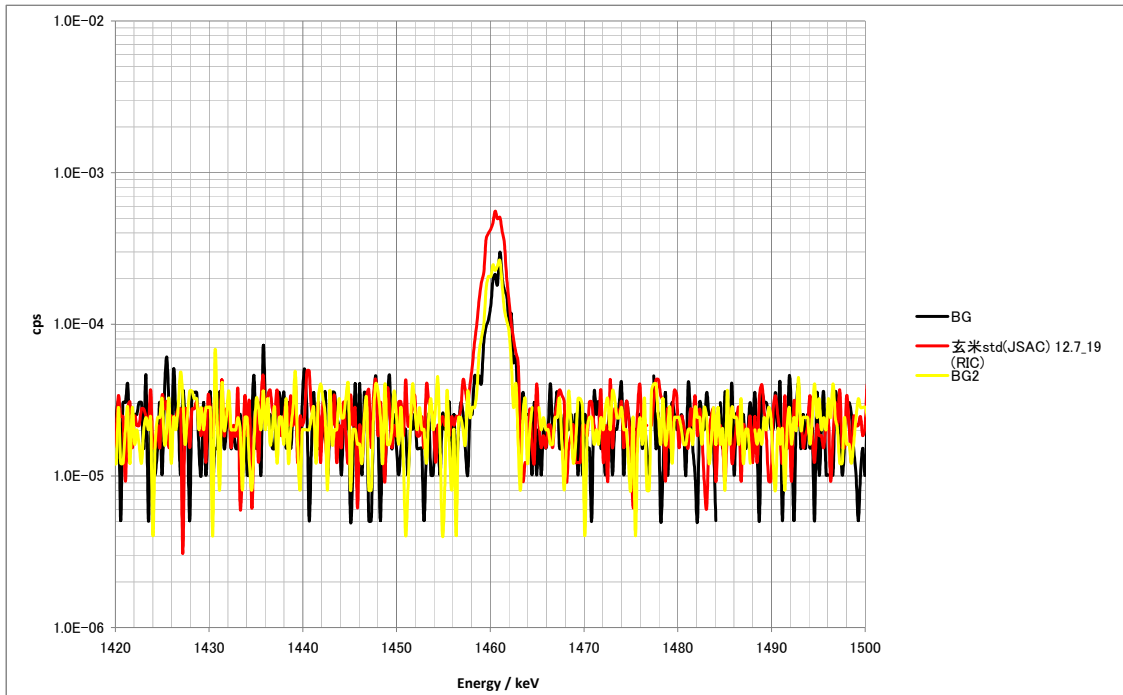
Cs-137 662 keV



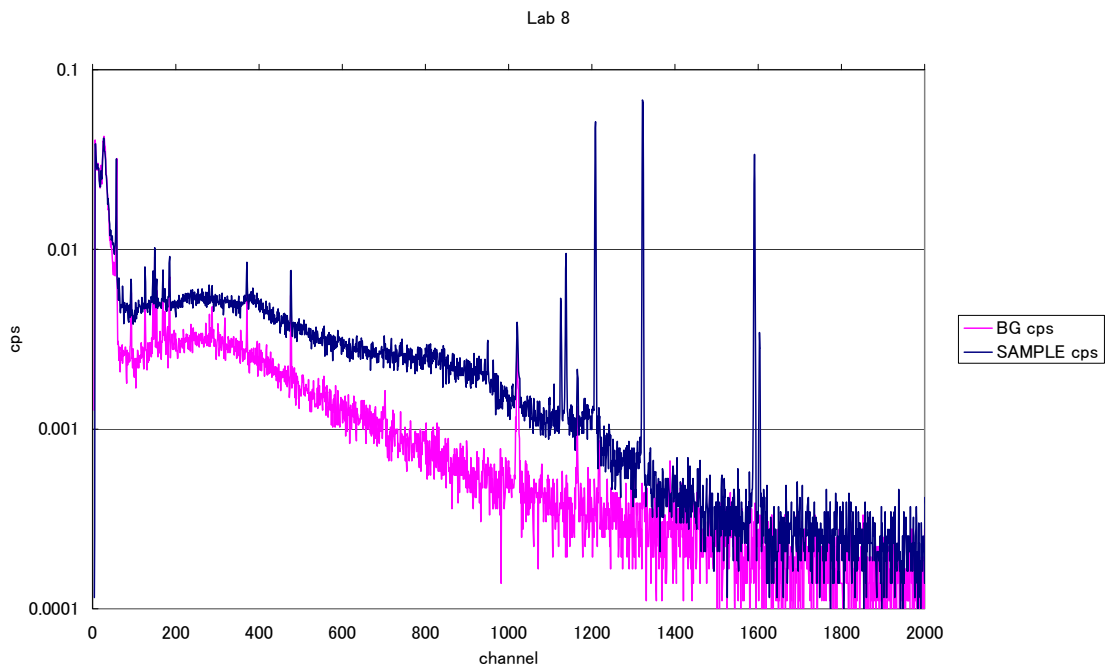
Cs-134 796 keV



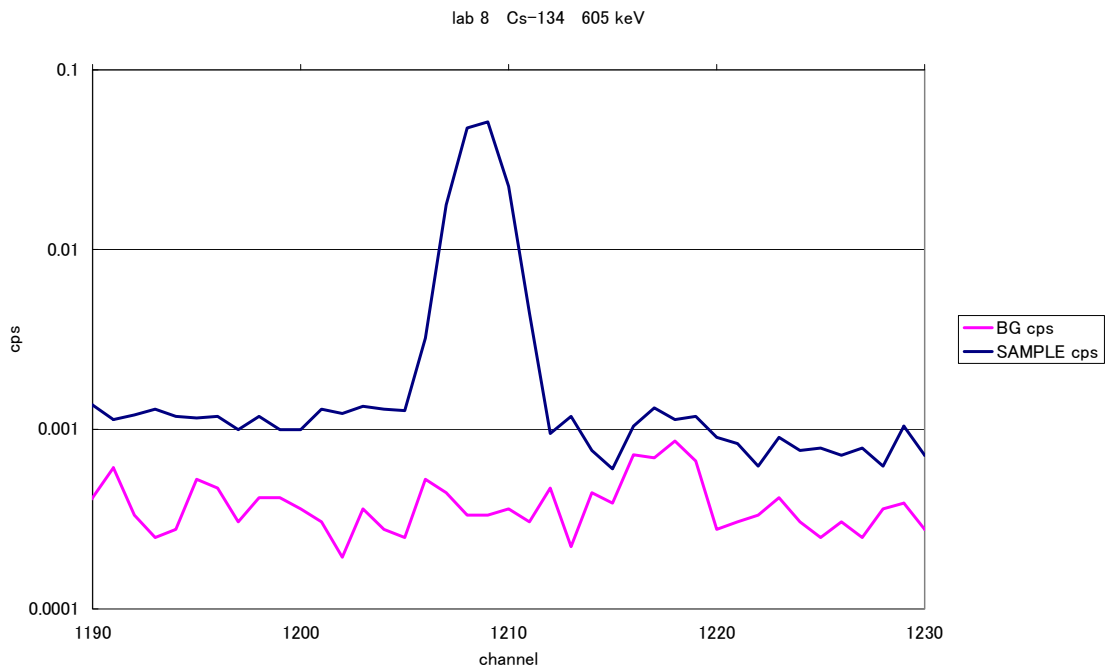
K-40 1460 keV



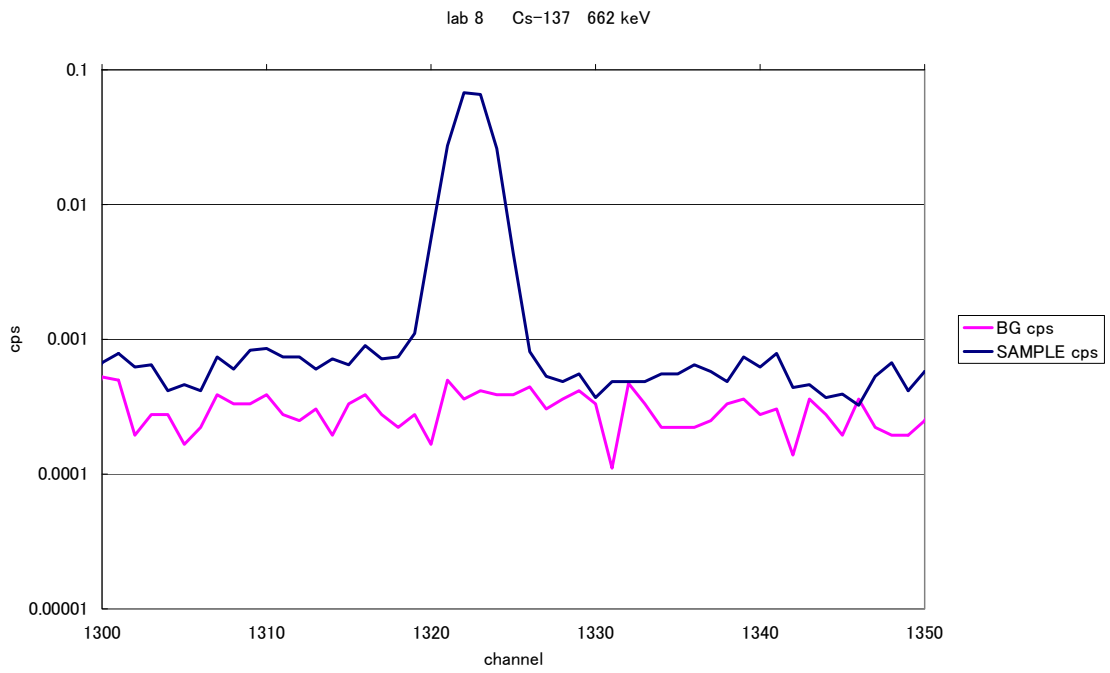
Lab 8



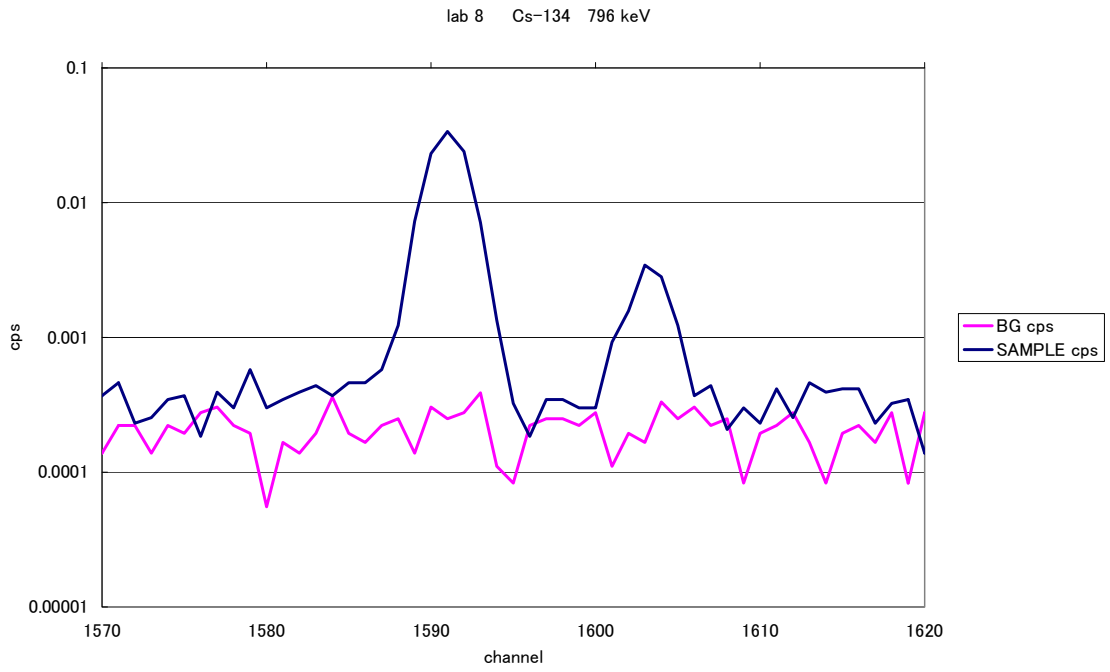
Cs-134 605 keV



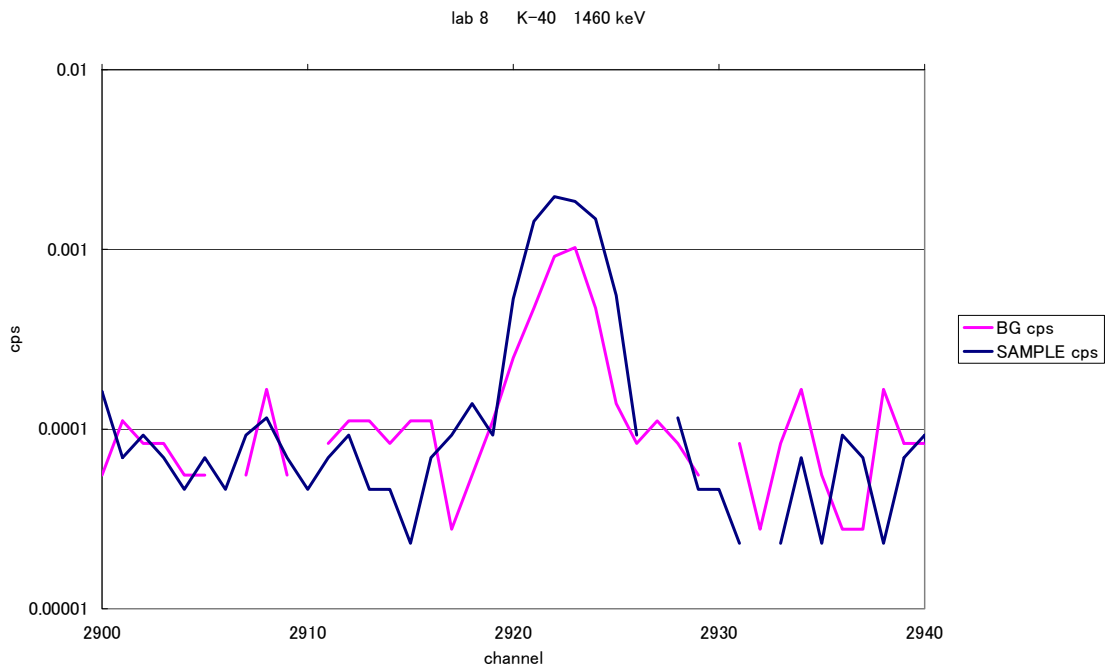
Cs-137 662 keV



Cs-134 796 keV



K-40 1460 keV



添付資料 8 計算に基づく方法 (LabSOCS)

Ge 半導体検出器の検出効率の校正方法には、測定試料と同一の条件の標準線源を用いて決定する方法の他に標準線源を用いることなく計算によって効率を決定する手法がある。この手法のうち放射能分析用として Canberra 社が開発、販売しているソフトウェアに LabSOCS (Laboratory Sourceless Object Calibration Software)がある。日本国内で LabSOCS は、100 台程度の Ge 半導体検出器と共に出荷されており相当数の Ge 半導体検出器の校正に活用されている。(情報提供：Canberra Japan)

野口ら(文献 1)によると、LabSOCS によって効率計算ができる Ge 半導体検出器はその検出器まわりにおける検出効率が予めモンテカルロ法で計算されており、三次元座標及びエネルギー(40 keV~7 MeV)に対するレスポンス関数としてソフトウェアに組み込まれている。測定試料に対する検出効率は、試料の位置、形状、マトリックスなどに応じて細分化(1024 個)された微小体積に対する検出効率が計算される。さらに物質中における線の減弱が補正されて、積分を行うことで検出効率が決定される。

Bronson ら(文献 2)によるバリデーションにより、LabSOCS で得られる効率の合成標準不確かさは<150 keV が 7.1 %、150-400 keV の範囲が 6.0 %、400 keV を超える線エネルギーでは 4.3 %と評価されている。Lab 7 が用いた定量に用いた線は全て 400 keV を超える線ピークを用いている。そのため、lab 7 における効率校正に起因する合成標準不確かさを 4.3 %とした。

また、文献 1 においても標準線源を用いて決定した検出効率との比較が行われている。その結果、標準線源による検出効率との比は±5 %以内で一致したものの、長期間室温保存された Ge 半導体検出器の場合、比の中心値が 1.02 を示した。これは長期間の室温保存により製造時と比較して Ge 結晶の不感層が増加したことによると推定されている。

参考文献

1. 野口正安、鈴木孝宏、酒井国博、村松勇：「線源不要の効率計算法 ISOCS による Ge 検出器の効率の検証」、2p-2、144 頁、第 42 回アイソトープ・放射線研究発表会要旨集。
2. Frazier L. Bronson, Ram Venkataraman : Validation of the Accuracy of the LabSOCS Mathematical Efficiency for Typical Laboratory Samples, 46th Annual Conference on Bioassay, Analytical, and Environmental Radiochemistry, Nov. 12-17, 2000, Seattle, Washington.
3. K. Abbas, F. Simonelli, F. D'Alberti, M. Forte, M. F. Stroosnijder, Reliability of two calculation codes for efficiency calibrations of HPGe detectors, Applied Radiation and isotopes, 56(2002)703-709.

The Japan Society for Analytical Chemistry

日本分析化学会

認 証 書

Certified Reference Material

JSAC 0731 (100 mL 容器)

JSAC 0732 (1 L 容器)

玄米認証標準物質(粒状)
放射能分析用

本標準物質は、セシウム 134 (^{134}Cs)、セシウム 137 (^{137}Cs)、カリウム 40 (^{40}K) の放射能濃度が認証された粒状玄米試料で、JIS Q 0035 (ISO Guide 35) に規定される共同実験方式を用いて認証値を決定したものである。

γ 線スペクトロメトリーによる放射能分析、他の標準物質作製のための放射能分析の妥当性確認、測定器の精度管理などに用いることができる。

認証値 基準日時 (日本時間) 2012 年 6 月 1 日 0 時 0 分 0 秒

標準物質 番号	成分	放射能濃度 ^{注1)} Bq/kg	拡張不確かさ ($k=2$) ^{注2)} Bq/kg	室間再現 標準偏差 (SD) ^{注3)} Bq/kg
JSAC 0731 JSAC 0732	^{134}Cs	141	9	6
	^{137}Cs	210	13	10
	^{40}K	75	7	9

注1) 認証値は、水分を含んだ試料質量をもとに計算している。

注2) 拡張不確かさは、合成標準不確かさに包含係数 $k=2$ を乗じたもので、信頼の水準約 95 % に相当する。

注3) 室間再現標準偏差は、認証値決定のために共同実験に参加した試験所の測定値の平均値を基準として求めた標準偏差である。

使用方法と使用上の注意

1. 本玄米試料は放射能測定用の容器に詰めかえて用いる。採取量は約 70 g 以上とする。例えば、100 mL 容器の試料は主に U8 容器、1 L 容器の試料は主にマリネリ容器などに詰めかえる。また、分取や複数の試料を合わせるにより、目的に合わせた容器・梱包状態で使

- 用できる。詰め替えの際には、適切な道具を用い玄米粒子がこすりあうことによる粉末の生成を極力避けることが必要である。
2. 未使用の試料及び測定用に詰めかえた試料も、容器を故意に振動・転倒させて試料を攪拌することを避ける。
 3. 本標準物質は、放射性核種を含むため取り扱いに注意し、廃棄の際には関連法規を遵守する。

保管上の注意及び認証値の安定性

本標準物質は、冷暗所に保管する。

日本分析化学会では定期的に安定性試験を行い、その結果から有効保存期間及び有効保存期限を決めて、学会の会誌又はウェブサイト等に公表するので、参照すること。

標準物質の調製方法及び均質性評価

30 kg 玄米 4 袋を V 型混合機(230 L 容量)により一括混合した後、1 mm 篩で篩分けし、粉末を除いたものを選別した。混合では、玄米試料を用いた事前調査が実施され、放射性物質が多く付着していると考えられる皮部の剥がれができるだけ生じない条件が検討された。このようにして得た試料は、2 種類のガラス製褐色ビン (100 mL 容器及び 1 L 容器) に充填された。100 mL 容器には約 90 g 入り、300 本を、1 L 容器には約 900 g 入り、50 本を調製した。その後、 γ 線照射による滅菌がなされた。

均質性試験は 2 試験所で実施された。一方の試験所では 12 試料の放射能濃度の測定により ^{134}Cs 及び ^{137}Cs の不均質性が調べられた。もう一方の試験所では化学分析により K 及び P の不均質性が調べられた。作製された候補物質は十分均質であることが示され、評価された不均質性は合成標準不確かさに含んだ。

乾燥減量による測定から水分は 105 °C、2 時間の乾燥条件で約 11 %、95 °C、12 時間の乾燥条件で約 14 %であった。

認証値の決定方法

認証値は、12 の試験所による Ge 半導体検出器を用いた γ 線スペクトロメトリー^{文献1)}による共同実験結果を JIS Q 0035 の手順に沿って統計的に処理して得られたものである。すなわち、ビン詰めした 300 本の 100 mL 容器から 12 本をほぼ均等に抜き取り、参加試験所に配付した。認証値は 12 の報告値の平均値であり (棄却したデータはなかった)、拡張不確かさは、共同実験の平均値の標準不確かさ、検出効率校正の標準不確かさ、自己吸収補正に含まれるかたより、均質性試験から推定された標準不確かさを合成して包含係数を乗じて算出した。また、室間再現標準偏差 (SD , 報告値の標準偏差に等しい) を記載した。

共同実験の実施期間

共同実験は 2012 年 7 月から 8 月の間に行われた。

計量トレーサビリティ

測定器の校正には計量トレーサビリティが確保された手順が用いられた。すなわち、国家標準へのトレーサビリティが取れた参照標準が用いられたほか、2 試験所では ^{40}K について KCl 及び KOH の学術的データ、1 試験所では妥当性が実証されている計算によって行われた。また、核データや自己吸収補正など、学術的データに基づく補正については不確かさを考慮した。詳細は開発成果報告書を参照のこと。

付記

本標準物質は、独立行政法人科学技術振興機構による2012年度研究成果展開事業（先端計測分析技術・機器開発プログラム）として受託し、開発されたものである。但し、当該委託費には、認証した標準物質の保存・頒布等に要する費用（管理費を含む）は含まれていない。

認証日付 2012年8月21日

認証値決定に協力した分析機関

東京都市大学工学部
 東京都市大学原子力研究所
 明治大学理工学部
 (大共)高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター
 (財)日本分析センター
 (公社)日本アイソトープ協会
 (独)放射線医学総合研究所
 (独)産業技術総合研究所
 (独)日本原子力研究開発機構
 (独)農業環境技術研究所
 エヌエス環境株式会社
 株式会社環境総合テクノス
 以上12機関

生産及び頒布機関 公益社団法人 日本分析化学会

調製・均質性試験機関

環境テクノス株式会社	(北九州市戸畑区中原新町 2-4)
東京都市大学原子力研究所	(川崎市麻生区王禅寺 971)
(独)産業技術総合研究所	(つくば市梅園 1-1-1 中央第 3)

認証責任者 公益社団法人 日本分析化学会
 標準物質委員会
 委員長 久保田 正明

作業委員会： 放射能標準物質作製委員会

	氏名	所属
委員長	平井 昭司	東京都市大学
委員	薬袋 佳孝	武蔵大学
委員	米澤 仲四郎	(公財)日本国際問題研究所
委員	三浦 勉	(独)産業技術総合研究所
委員	植松 慶生	(公財)日本適合性認定協会
委員	岡田 章	(株)テルム
事務局	柿田 和俊	(公社)日本分析化学会
事務局	小島 勇夫	(公社)日本分析化学会

科学技術振興機構 研究成果展開事業 放射能環境標準物質開発委員会

	氏 名	所 属
リーダー	葉袋 佳孝	武蔵大学
サブリーダー	岩本 浩	環境テクノス(株)
委 員	米澤 仲四郎	(公財)日本国際問題研究所
委 員	三浦 勉	(独)産業技術総合研究所
委 員	渋谷 雅美	埼玉大学大学院
アドバイザー	千葉 光一	(独)産業技術総合研究所
アドバイザー	北村清司	(財)日本分析センター
アドバイザー	山田崇裕	(公社)日本アイトープ協会
事務局	柿田 和俊	(公社)日本分析化学会
事務局	小島 勇夫	(公社)日本分析化学会

文献1) 平成4年改訂 放射能測定シリーズ No.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」

改定履歴

2012年10月15日 認証値の表記を変更した。

問合せ先

公益社団法人 日本分析化学会
〒141-0031 東京都品川区西五反田1丁目26-2
五反田サンハイツ 304号
Tel. 03(3490)3351
Fax 03(3490)3572
ホームページ : <http://www.jsac.or.jp/srm/srm.html>
e-mail : crmpt@ml.jsac.or.jp