



照射後試験施設から発生する廃棄物の放射能評価方法の検討

Study on the Evaluation Method to Determine
the Radioactivity Concentration Waste Generated
from Post-irradiation Examination Facilities

星野 譲 坂本 義昭 室井 正行 向井 悟

Yuzuru HOSHINO, Yoshiaki SAKAMOTO, Masayuki MUROI and Satoru MUKAI

バックエンド研究開発部門
廃棄物対策・埋設事業統括部

Radioactive Waste Management and Disposal Project Department
Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management

June 2015

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Institutional Repository Section,
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2015

照射後試験施設から発生する廃棄物の放射能評価方法の検討

日本原子力研究開発機構

バックエンド研究開発部門 廃棄物対策・埋設事業統括部

星野 譲、坂本 義昭、室井 正行^{*1}、向井 悟^{*2}

(2015年3月31日受理)

照射後試験施設から発生する廃棄物の処分に向けて、廃棄物中の放射能分析結果及びその解析結果に基づき、照射後試験施設に共通的な放射能評価方法を検討する必要がある。

そこで、ニュークリア・デベロップメント株式会社にて保管されている可燃性廃棄物を対象として、分析試料3点から17核種（H-3、C-14、Co-60、Ni-63、Sr-90、Tc-99、Cs-137、Eu-154、U-234、U-235、U-238、Pu-238、Pu-239、Pu-240、Pu-241、Am-241、Cm-244）の放射化学分析及び実搬入燃料のデータを用いた ORIGEN-2 計算による廃棄物の放射能評価を実施した。

本報告書では、実施した計算による廃棄物の放射能評価及び放射化学分析結果をまとめるとともに、計算結果と分析結果を比較し、適用する放射能評価方法を構築する上で課題となる点について整理した。

本報告書は、公益財団法人原子力バックエンド推進センターが独立行政法人日本原子力研究開発機構との契約により実施した業務成果に基づくものである。

原子力科学研究所：〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4

*1：公益財団法人原子力バックエンド推進センター

*2：ニュークリア・デベロップメント株式会社

Study on the Evaluation Method to Determine the Radioactivity Concentration
Waste Generated from Post-irradiation Examination Facilities

Yuzuru HOSHINO, Yoshiaki SAKAMOTO, Masayuki MUROI*¹ and Satoru MUKAI*²

Radioactive Waste Management and Disposal Project Department
Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received March 31, 2015)

In order to dispose of the radioactive waste which is generated from post-irradiation examination (PIE) facilities, the common evaluation method of radioactivity in wastes from PIE should be established by the actual data such as radioactivity values and the theoretical calculation.

In this study, the radioactivity concentrations of 17 nuclides (H-3, C-14, Co-60, Ni-63, Sr-90, Tc-99, Cs-137, Eu-154, U-234, U-235, U-238, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Am-241, Cm-244) in combustible wastes stored in NUCLEAR DEVELOPMENT CORPORATION were measured from 3 samples and the radioactivity was calculated by ORIGEN-2 based on initial contents and operation record of the spent fuel.

From the comparison of the obtained data by the radiological measurement with the calculated values, the subject to be solved for establishment of the radioactivity evaluation method for PIE was extracted.

Keywords: Post-irradiation Examination Facilities, Radioactivity Evaluation, Radioactive Waste Analysis, Nuclide Composition Ratio, Radioactivity Amount

This work was based on the study performed by Radwaste and Decommissioning Center under contract with Japan Atomic Energy Agency.

*1 : Radwaste and Decommissioning Center

*2 : NUCLEAR DEVELOPMENT CORPORATION

目次

1. はじめに	1
2. 燃焼計算による核種組成比の評価	2
2.1 核種組成比評価	2
2.2 実廃棄物の核種別放射エネルギー計算	15
3. 実廃棄物の分析	32
3.1 分析対象核種の選定	32
3.2 定量分析の実施	35
4. 計算結果と分析結果の比較	73
4.1 核種組成比の比較	73
4.2 保管容器の放射エネルギーの比較	79
5. まとめと今後の課題	85
参考文献	87
付録	88

Contents

1. Introduction	1
2. Nuclear Composition Ratios Evaluation by Activation Calculation	2
2.1 Nuclear Composition Ratios Evaluation	2
2.2 The Radioactivity Amount Calculation Nuclide of Waste	15
3. Waste Analysis	32
3.1 Selection of Analysis Target Nuclides	32
3.2 Analysis	35
4. Comparison of Calculation and an Analysis	73
4.1 Comparison of Nuclear Composition Ratios	73
4.2 Comparison of Radioactivity Amount of Safekeeping Container	79
5. Summary and Future Issue	85
References	87
Appendix	88

This is a blank page.

1. はじめに

日本原子力研究開発機構が進めている研究施設等廃棄物埋設事業の対象となる廃棄物の発生施設は、適用される法令や事業許可区分が多岐に亘っており、廃棄物に含まれる核種の種類・量も多様なものとなっている。このような廃棄物の埋設事業及び処理事業を円滑に推進するためには、廃棄物の特徴を踏まえた合理的な廃棄体確認の方法を確立することが必要とされている。また、合理的に廃棄体確認を行うためには、廃棄物発生事業所での利用核種と使用方法、廃棄物の発生起源を考慮した共通的な確認手法を設定することが必要である。

原子炉施設から発生するピット処分及びトレンチ処分の対象となる廃棄物については、放射能評価方法に関する検討が既に行われ、日本原子力学会標準にてその方法が示されている¹⁾。そこで、原子炉施設から発生する廃棄物と同様に燃料起源の汚染物と放射化物が主体である照射後試験施設から発生する廃棄物について、原子炉施設において確立された放射能評価方法の適用を主眼として、照射後試験施設での共通的な放射能評価方法を検討することとした。

照射後試験施設から発生する廃棄物のうち、研究施設等廃棄物埋設事業の対象となる廃棄物は、汚染源となる使用済燃料の種類は様々であるが、廃棄物中に含有する核種や発生する経緯、汚染状況に共通点が多い。そのため、共通的な放射能評価方法の設定のための基礎データの収集を目的として、計算による廃棄物の放射能評価と、国内ではこれまで実施例のない施設内で保管された可燃性廃棄物の分析による核種の放射能定量を実施した。

本報告では、ニュークリア・デベロップメント株式会社（以下、NDC という）にて保管されている可燃性廃棄物を対象として、実搬入燃料のデータを用いた ORIGEN-2 計算による廃棄物の放射能評価、分析用試料 3 点からの 17 核種 (H-3、C-14、Co-60、Ni-63、Sr-90、Tc-99、Cs-137、Eu-154、U-234、U-235、U-238、Pu-238、Pu-239、Pu-240、Pu-241、Am-241、Cm-244) を対象とした放射化学分析を実施した結果を取りまとめた。また、あわせて計算による廃棄物の放射能評価と放射化学分析の結果を比較し、適用すべき放射能評価方法と課題についてとりまとめた。

2. 燃焼計算による核種組成比の評価

照射後試験施設から発生する放射性廃棄物のうち、浅地中埋設処分の対象となる放射性廃棄物は、主に遮へいセル内の除染作業等やセルの外側での作業に伴い発生する物であり、汚染源は放射化した材料と照射済燃料が主体となる²⁾。そのため、実廃棄物分析による核種の放射能定量結果と比較することを目的とし、ORIGEN-2³⁾を用いた燃焼計算により廃棄物中の汚染核種の組成比を評価した。また、廃棄物保管容器の表面線量率測定結果と計算により求めた核種組成比から保管容器毎の核種毎放射エネルギーを評価した。

2.1 核種組成比評価

(1) ORIGEN-2 を用いた燃焼計算

NDC に搬入されている燃料又は燃料集合体は、表 1 に示す 12 種類であり、燃料集合体には Gd なしと Gd 入り燃料の 2 種類が含まれており、実質的には 17 種類の燃料がある。これらについて ORIGEN-2 コードを用いて、燃料中の生成核種の放射エネルギーを計算した。計算対象の 17 種類の燃料の主要仕様をまとめて表 2 に示す。なお、燃焼度は燃料集合体、燃料棒ともに燃料集合体平均の燃焼度、照射日数は受け入れた燃料の燃焼度と比出力から算出している。使用ライブラリは、UO₂ 及び Gd 入り燃料については、PWRU50 (米国核データライブラリ ENDF/B-IV から作成した ORIGEN 内蔵ライブラリ)、MOX 燃料については PWRPUPU (同左) を使用した。

計算条件は、表 2 に示した各燃料の仕様にに基づき設定し、燃料の放射エネルギーの評価日は、核種分析時期に近い日として、平成 26 年 10 月 1 日とした。燃料以外の構成材料は、燃料集合体で輸送されたものは、被覆管、グリッド、上下部ノズル及びシングルチューブを考慮し、燃料棒で輸送されたものは、被覆管のみとした。

本計算結果に基づき、燃料の種類毎に放射エネルギーを整理した結果を表 3 に示す。放射エネルギーは、ウラン、プルトニウム 1t あたりの放射エネルギー(Bq/t)とした。また、各燃料の放射エネルギーの内訳を表 4 に示す。内訳は、核分裂生成物(以下、FP 核種という)、放射化生成物(以下、AP 核種という)、アクチノイド元素(以下、ACT 核種という)に対する重金属 1t あたりの放射エネルギー(Bq)である。評価対象核種は、JAEA-Technology 2010-021⁴⁾において、照射後試験施設等から発生する廃棄物で、安全評価にて被ばく線量の寄与が大きい核種(以下、重要核種という)として選定された 30 核種とした。なお、上記の 30 核種には評価対象核種にコンクリートの放射化により生成される Ca-41 が含まれているが、今回、放射化したコンクリートは発生しないため省略した。

(2) 核種組成比の評価

NDC 燃料ホットラボでの作業はセル内での燃料照射後試験が主体であり、廃棄物の汚染源は作業に伴い発生する FP 核種が主要核種である。そのため、表面線量から保管容器内の放射エネルギーが評価可能な核種として Cs-137 を選定し、Cs-137 に対する核種組成比を評価した。表 4 の放射能計算の結果に基づいて Cs-137 に対する核種組成比の計算した結果を表 5 に示す。なお、燃料棒については Mo-93 の放射エネルギーがゼロとなっているのは、燃料集合体のグリッドであるインコネル材料に含まれる Mo が、燃料棒には含まれていないことによるものである。

表1 NDCに搬入された燃料又は燃料集合体の概要

PWR 燃料の種類*1	燃料タイプ	燃焼度 (Gwd/t) *2
燃料集合体 A	UO ₂ 燃料	21.6
燃料集合体 B	UO ₂ 燃料	37.4
燃料棒 A	MOX 燃料	24.9
燃料集合体 C	UO ₂ 燃料+Gd 入燃料	42.7
燃料棒 B	UO ₂ 燃料+Gd 入燃料	54.6 (UO ₂)/37.4 (Gd)
燃料集合体 D	UO ₂ 燃料+Gd 入燃料	37.6
燃料集合体 E	UO ₂ 燃料	30.5
燃料集合体 F	UO ₂ 燃料	9
燃料棒 C	UO ₂ 燃料+Gd 入燃料	34.3 (UO ₂)/23.9 (Gd)
燃料棒 D	UO ₂ 燃料	46.7
燃料棒 E	MOX 燃料	22.6
燃料棒 F	UO ₂ 燃料+Gd 入燃料	33.7 (UO ₂)/23.1 (Gd)

*1：燃料集合体/燃料棒の輸送形態で区別

*2：燃料集合体で受け入れている燃料は、集合体平均の燃焼度を用いた。

表2 計算対象燃料の主要仕様

対象燃料	燃料集合体 A		燃料棒 A		燃料集合体 C		燃料棒 B		燃料集合体 D	
	燃料集合体 A	燃料集合体 B	燃料棒 A	燃料棒 A	UO ₂	Gd入	UO ₂	Gd入	UO ₂	Gd入
燃料の種類**1	UO ₂	UO ₂	MOX	MOX	UO ₂	Gd入	UO ₂	Gd入	UO ₂	Gd入
燃焼度 (Gwd/t) **2	21.6	37.4	24.9	24.9	42.7	42.7	54.6	37.4	37.6	37.6
比出力 (MW/t)	17.7	31	23.5	23.5	37.6	37.6	41	28	44.9	44.9
濃縮度 (wt%)	3.2	3.4	4.2	4.2	4.1	2.6	4.5	2	4.8	3.2
冷却期間 (日) **3	9179	9035	8320	8320	7671	7671	4581	4581	2212	2212

対象燃料	燃料集合体 E		燃料棒 C		燃料棒 D	燃料棒 E	燃料棒 F	
	燃料集合体 E	燃料集合体 F	UO ₂	Gd入	UO ₂	MOX	UO ₂	Gd入
燃料の種類**1	UO ₂	UO ₂	UO ₂	Gd入	UO ₂	MOX	UO ₂	Gd入
燃焼度 (Gwd/t) **2	30.5	9	34.3	23.9	46.7	22.6	33.7	23.1
比出力 (MW/t)	14	16.9	37	28	35	23.4	37	28
濃縮度 (wt%)	3.28	3.1	3.2	1.7	3.2	4.2	4.1	2.6
冷却期間 (日) **3	11693	10556	10089	10089	9778	8321	8139	8139

※1：燃料集合体/燃料棒の輸送形態で区別

※2：燃料集合体で受け入れている燃料は、燃料集合体平均の燃焼度を用いた。

※3：平成26年10月1日時点

表 3 放射エネルギーの計算結果

単位 (Bq/t)

燃料の種類 燃焼度(GWd/t)	燃料 集合体A	燃料 集合体B	燃料棒A	燃料 集合体C		燃料 集合体D		燃料 集合体E	燃料 集合体F	燃料棒C		燃料棒D	燃料棒E	燃料棒F	
				UO ₂	Gd入	UO ₂	Gd入			UO ₂	Gd入			UO ₂	Gd入
対象核種	21.6	37.4	24.9	42.7	37.4	37.6	30.5	9.0	34.3	23.9	46.7	22.6	33.7	23.1	23.1
H-3	3.11E+12	5.78E+12	5.31E+12	8.03E+12	8.71E+12	1.65E+13	1.24E+13	1.73E+13	3.17E+12	4.61E+12	6.64E+12	4.85E+12	5.82E+12	4.20E+12	4.20E+12
C-14	2.06E+09	3.74E+09	9.24E+08	3.78E+09	4.88E+09	4.83E+09	4.68E+09	3.85E+09	3.07E+09	3.75E+09	3.47E+09	8.36E+08	3.03E+09	2.67E+09	2.67E+09
Cl-36	4.16E+03	1.31E+04	9.56E+01	1.35E+04	2.24E+04	4.30E+03	4.07E+03	1.19E+04	7.72E+03	2.52E+03	5.30E+03	7.66E+01	1.69E+03	1.29E+03	1.29E+03
Co-60	7.26E+12	1.38E+13	1.48E+12	2.30E+13	2.91E+13	2.70E+13	2.56E+13	7.17E+13	4.23E+12	3.33E+12	4.69E+12	1.36E+12	5.49E+12	4.92E+12	4.92E+12
Ni-59	1.33E+11	2.26E+11	2.42E+09	2.27E+11	2.81E+11	1.50E+10	1.46E+10	1.21E+11	1.50E+11	1.40E+10	1.81E+10	2.20E+09	1.15E+10	1.03E+10	1.03E+10
Ni-63	1.56E+13	2.80E+13	2.42E+11	2.91E+13	3.71E+13	2.10E+12	2.04E+12	1.33E+13	1.73E+13	1.68E+12	2.29E+12	2.19E+11	1.42E+12	1.26E+12	1.26E+12
St-90	1.02E+15	1.64E+15	6.44E+14	2.12E+15	1.79E+15	3.20E+15	1.80E+15	2.92E+15	1.17E+15	1.41E+15	1.79E+15	5.87E+14	1.72E+15	1.10E+15	1.10E+15
Zr-93	4.99E+10	8.30E+10	3.92E+10	9.46E+10	8.89E+10	1.16E+11	7.42E+10	8.61E+10	6.82E+10	7.50E+10	9.74E+10	3.56E+10	7.61E+10	5.13E+10	5.13E+10
Nb-94	3.93E+10	6.94E+10	8.73E+06	6.99E+10	8.85E+10	8.82E+06	8.25E+06	2.00E+10	4.14E+10	5.84E+06	8.80E+06	7.99E+06	4.74E+06	3.95E+06	3.95E+06
Mo-93	8.56E+08	1.56E+09	0.00E+00	1.57E+09	2.03E+09	0.00E+00	0.00E+00	4.45E+08	9.16E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99	3.29E+11	5.37E+11	3.94E+11	6.09E+11	5.89E+11	7.47E+11	5.21E+11	5.55E+11	4.50E+11	4.98E+11	6.40E+11	3.59E+11	4.99E+11	3.47E+11	3.47E+11
Ag-108m	5.20E+05	1.19E+06	1.70E+06	1.27E+06	1.82E+06	1.90E+06	1.84E+06	9.05E+05	8.34E+05	1.06E+06	1.80E+06	1.54E+06	8.30E+05	7.01E+05	7.01E+05
Sn-126	1.83E+10	3.37E+10	2.94E+10	3.66E+10	4.31E+10	4.77E+10	3.98E+10	2.93E+10	2.69E+10	3.12E+10	4.48E+10	2.68E+10	2.76E+10	2.14E+10	2.14E+10
I-129	7.65E+08	1.36E+09	1.22E+09	1.50E+09	1.64E+09	1.91E+09	1.49E+09	1.27E+09	1.10E+09	1.25E+09	1.73E+09	1.11E+09	1.17E+09	8.60E+08	8.60E+08
Cs-137	1.40E+15	2.46E+15	1.80E+15	3.07E+15	3.09E+15	4.75E+15	3.27E+15	3.84E+15	1.71E+15	2.13E+15	1.49E+15	1.64E+15	2.36E+15	1.62E+15	1.62E+15
Eu-154	2.26E+13	6.65E+13	3.53E+13	1.03E+14	1.26E+14	2.97E+14	2.17E+14	2.44E+14	2.61E+13	4.70E+13	8.41E+13	2.91E+13	5.95E+13	3.84E+13	3.84E+13
U-233	8.85E+05	1.67E+06	4.60E+05	1.71E+06	1.49E+06	1.45E+06	7.62E+05	5.56E+05	1.67E+06	1.67E+06	2.21E+06	4.27E+05	1.36E+06	8.47E+05	8.47E+05
U-234	2.67E+09	8.43E+09	6.51E+10	8.61E+09	1.01E+10	9.04E+09	5.59E+09	1.92E+09	6.44E+09	3.86E+08	4.70E+09	1.46E+10	5.09E+09	3.02E+09	3.02E+09
U-235	1.14E+09	6.42E+08	3.56E+08	7.29E+08	2.99E+08	5.14E+08	2.51E+08	1.23E+08	8.20E+08	6.63E+08	3.94E+08	3.62E+08	3.71E+08	1.07E+08	1.07E+08
U-238	1.18E+10	1.17E+10	1.14E+10	1.16E+10	1.17E+10	1.14E+10	1.17E+10	1.16E+10	1.18E+10	1.17E+10	1.19E+10	1.16E+10	1.15E+10	1.19E+10	1.19E+10
Pu-238	3.06E+13	1.03E+14	8.37E+14	1.25E+14	1.48E+14	2.20E+14	1.36E+14	8.60E+13	5.93E+13	8.24E+13	1.64E+14	8.18E+14	6.83E+13	4.04E+13	4.04E+13
Pu-239	1.19E+13	1.31E+13	4.66E+13	1.32E+13	1.34E+13	1.35E+13	1.34E+13	1.27E+13	1.28E+13	1.30E+13	1.35E+13	4.93E+13	1.27E+13	1.24E+13	1.24E+13
Pu-240	1.31E+13	2.00E+13	1.29E+14	2.08E+13	2.29E+13	2.41E+13	2.17E+13	1.77E+13	1.74E+13	1.91E+13	2.35E+13	1.30E+14	1.73E+13	1.51E+13	1.51E+13
Pu-241	1.07E+15	1.84E+15	9.40E+15	2.22E+15	2.59E+15	3.72E+15	3.85E+15	3.62E+15	1.13E+15	1.57E+15	1.92E+15	9.33E+15	1.70E+15	1.61E+15	1.61E+15
Am-241	8.64E+13	1.43E+14	7.51E+14	1.33E+14	1.55E+14	1.09E+14	1.14E+14	4.46E+13	1.38E+14	1.47E+14	1.72E+14	7.48E+14	1.11E+14	1.05E+14	1.05E+14
Am-242m	2.18E+11	3.71E+11	9.92E+12	3.42E+11	4.00E+11	4.12E+11	5.18E+11	2.18E+11	2.23E+11	2.82E+11	4.28E+11	9.71E+12	2.31E+11	2.09E+11	2.09E+11
Am-243	1.62E+11	9.41E+11	6.86E+12	1.00E+12	2.03E+12	1.81E+12	1.91E+12	4.41E+11	5.21E+11	8.06E+11	1.97E+12	6.30E+12	4.47E+11	3.28E+11	3.28E+11
Cm-242	1.80E+11	3.06E+11	8.18E+12	2.82E+11	3.29E+11	3.39E+11	4.27E+11	2.78E+11	1.84E+11	2.32E+11	3.52E+11	8.00E+12	1.90E+11	1.72E+11	1.72E+11
Cm-244	4.02E+12	4.78E+13	3.05E+14	6.13E+13	1.71E+14	2.06E+14	2.10E+14	3.45E+13	1.55E+13	3.38E+13	1.34E+14	2.53E+14	1.83E+13	1.15E+13	1.15E+13

表 4 燃料集合体 A の放射エネルギーの内訳の計算結果 (1/12)

燃料の種類	燃料集合体A(UO ₂)				
燃焼度(GWd/t)	21.6				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	1.20E-05	0.00E+00	8.41E+01	8.41E+01	3.11E+12
C-14	5.55E-02	0.00E+00	7.68E-05	5.55E-02	2.06E+09
Cl-36	1.12E-07	0.00E+00	0.00E+00	1.12E-07	4.16E+03
Co-60	1.96E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.96E+02	7.26E+12
Ni-59	3.59E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.59E+00	1.33E+11
Ni-63	4.22E+02	0.00E+00	0.00E+00	4.22E+02	1.56E+13
Sr-90	4.79E-04	0.00E+00	2.76E+04	2.76E+04	1.02E+15
Zr-93	1.17E-01	0.00E+00	1.23E+00	1.35E+00	4.99E+10
Nb-94	1.06E+00	0.00E+00	8.35E-05	1.06E+00	3.93E+10
Mo-93	2.31E-02	0.00E+00	0.00E+00	2.31E-02	8.56E+08
Tc-99	1.05E-03	0.00E+00	8.89E+00	8.89E+00	3.29E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	1.41E-05	1.41E-05	5.20E+05
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	4.94E-01	4.94E-01	1.83E+10
I-129	0.00E+00	0.00E+00	2.07E-02	2.07E-02	7.65E+08
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	3.78E+04	3.78E+04	1.40E+15
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	6.11E+02	6.11E+02	2.26E+13
U-233	0.00E+00	2.39E-05	0.00E+00	2.39E-05	8.85E+05
U-234	0.00E+00	7.21E-02	0.00E+00	7.21E-02	2.67E+09
U-235	0.00E+00	3.09E-02	0.00E+00	3.09E-02	1.14E+09
U-238	0.00E+00	3.20E-01	0.00E+00	3.20E-01	1.18E+10
Pu-238	0.00E+00	8.27E+02	0.00E+00	8.27E+02	3.06E+13
Pu-239	0.00E+00	3.22E+02	0.00E+00	3.22E+02	1.19E+13
Pu-240	0.00E+00	3.54E+02	0.00E+00	3.54E+02	1.31E+13
Pu-241	0.00E+00	2.89E+04	0.00E+00	2.89E+04	1.07E+15
Am-241	0.00E+00	2.34E+03	0.00E+00	2.34E+03	8.64E+13
Am-242m	0.00E+00	5.89E+00	0.00E+00	5.89E+00	2.18E+11
Am-243	0.00E+00	4.38E+00	0.00E+00	4.38E+00	1.62E+11
Cm-242	0.00E+00	4.85E+00	0.00E+00	4.85E+00	1.80E+11
Cm-244	0.00E+00	1.09E+02	0.00E+00	1.09E+02	4.02E+12

表 4 燃料集合体 B の放射エネルギーの内訳の計算結果 (2/12)

燃料の種類	燃料集合体B(UO ₂)				
燃焼度(GWd/t)	37.4				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	5.91E-05	0.00E+00	1.56E+02	1.56E+02	5.78E+12
C-14	1.01E-01	0.00E+00	1.33E-04	1.01E-01	3.74E+09
Cl-36	3.55E-07	0.00E+00	0.00E+00	3.55E-07	1.31E+04
Co-60	3.74E+02	0.00E+00	0.00E+00	3.74E+02	1.38E+13
Ni-59	6.12E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.12E+00	2.26E+11
Ni-63	7.57E+02	0.00E+00	0.00E+00	7.57E+02	2.80E+13
Sr-90	1.70E-03	0.00E+00	4.42E+04	4.42E+04	1.64E+15
Zr-93	2.31E-01	0.00E+00	2.01E+00	2.24E+00	8.30E+10
Nb-94	1.88E+00	0.00E+00	1.70E-04	1.88E+00	6.94E+10
Mo-93	4.21E-02	0.00E+00	0.00E+00	4.21E-02	1.56E+09
Tc-99	1.81E-03	0.00E+00	1.45E+01	1.45E+01	5.37E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	3.22E-05	3.22E-05	1.19E+06
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	9.10E-01	9.10E-01	3.37E+10
I-129	0.00E+00	0.00E+00	3.67E-02	3.67E-02	1.36E+09
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	6.65E+04	6.65E+04	2.46E+15
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	1.80E+03	1.80E+03	6.65E+13
U-233	0.00E+00	4.52E-05	0.00E+00	4.52E-05	1.67E+06
U-234	0.00E+00	2.28E-01	0.00E+00	2.28E-01	8.43E+09
U-235	0.00E+00	1.74E-02	0.00E+00	1.74E-02	6.42E+08
U-238	0.00E+00	3.16E-01	0.00E+00	3.16E-01	1.17E+10
Pu-238	0.00E+00	2.78E+03	0.00E+00	2.78E+03	1.03E+14
Pu-239	0.00E+00	3.55E+02	0.00E+00	3.55E+02	1.31E+13
Pu-240	0.00E+00	5.41E+02	0.00E+00	5.41E+02	2.00E+13
Pu-241	0.00E+00	4.96E+04	0.00E+00	4.96E+04	1.84E+15
Am-241	0.00E+00	3.88E+03	0.00E+00	3.88E+03	1.43E+14
Am-242m	0.00E+00	1.00E+01	0.00E+00	1.00E+01	3.71E+11
Am-243	0.00E+00	2.54E+01	0.00E+00	2.54E+01	9.41E+11
Cm-242	0.00E+00	8.27E+00	0.00E+00	8.27E+00	3.06E+11
Cm-244	0.00E+00	1.29E+03	0.00E+00	1.29E+03	4.78E+13

表 4 燃料棒 A の放射エネルギーの内訳の計算結果 (3/12)

燃料の種類	燃料棒A(MOX)				
燃焼度(GWd/t)	24.9				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	6.05E-07	0.00E+00	1.43E+02	1.43E+02	5.31E+12
C-14	2.49E-02	0.00E+00	8.97E-05	2.50E-02	9.24E+08
Cl-36	2.58E-09	0.00E+00	0.00E+00	2.58E-09	9.56E+01
Co-60	4.00E+01	0.00E+00	0.00E+00	4.00E+01	1.48E+12
Ni-59	6.55E-02	0.00E+00	0.00E+00	6.55E-02	2.42E+09
Ni-63	6.55E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.55E+00	2.42E+11
Sr-90	1.51E-04	0.00E+00	1.74E+04	1.74E+04	6.44E+14
Zr-93	3.84E-02	0.00E+00	1.02E+00	1.06E+00	3.92E+10
Nb-94	2.82E-10	0.00E+00	2.36E-04	2.36E-04	8.73E+06
Mo-93	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99	4.04E-07	0.00E+00	1.07E+01	1.07E+01	3.94E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	4.60E-05	4.60E-05	1.70E+06
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	7.96E-01	7.96E-01	2.94E+10
I-129	0.00E+00	0.00E+00	3.31E-02	3.31E-02	1.22E+09
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	4.88E+04	4.88E+04	1.80E+15
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	9.55E+02	9.55E+02	3.53E+13
U-233	0.00E+00	1.24E-05	0.00E+00	1.24E-05	4.60E+05
U-234	0.00E+00	1.76E+00	0.00E+00	1.76E+00	6.51E+10
U-235	0.00E+00	9.63E-03	0.00E+00	9.63E-03	3.56E+08
U-238	0.00E+00	3.09E-01	0.00E+00	3.09E-01	1.14E+10
Pu-238	0.00E+00	2.26E+04	0.00E+00	2.26E+04	8.37E+14
Pu-239	0.00E+00	1.26E+03	0.00E+00	1.26E+03	4.66E+13
Pu-240	0.00E+00	3.49E+03	0.00E+00	3.49E+03	1.29E+14
Pu-241	0.00E+00	2.54E+05	0.00E+00	2.54E+05	9.40E+15
Am-241	0.00E+00	2.03E+04	0.00E+00	2.03E+04	7.51E+14
Am-242m	0.00E+00	2.68E+02	0.00E+00	2.68E+02	9.92E+12
Am-243	0.00E+00	1.85E+02	0.00E+00	1.85E+02	6.86E+12
Cm-242	0.00E+00	2.21E+02	0.00E+00	2.21E+02	8.18E+12
Cm-244	0.00E+00	8.23E+03	0.00E+00	8.23E+03	3.05E+14

表 4 燃料集合体 C の放射エネルギーの内訳の計算結果 (4/12)

燃料の種類	燃料集合体C(UO ₂)				
燃焼度(GWd/t)	42.7				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	7.81E-05	0.00E+00	2.17E+02	2.17E+02	8.03E+12
C-14	1.02E-01	0.00E+00	1.52E-04	1.02E-01	3.78E+09
Cl-36	3.66E-07	0.00E+00	0.00E+00	3.66E-07	1.35E+04
Co-60	6.22E+02	0.00E+00	0.00E+00	6.22E+02	2.30E+13
Ni-59	6.14E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.14E+00	2.27E+11
Ni-63	7.86E+02	0.00E+00	0.00E+00	7.86E+02	2.91E+13
Sr-90	1.80E-03	0.00E+00	5.73E+04	5.73E+04	2.12E+15
Zr-93	2.14E-01	0.00E+00	2.34E+00	2.56E+00	9.46E+10
Nb-94	1.89E+00	0.00E+00	1.80E-04	1.89E+00	6.99E+10
Mo-93	4.25E-02	0.00E+00	0.00E+00	4.25E-02	1.57E+09
Tc-99	1.82E-03	0.00E+00	1.65E+01	1.65E+01	6.09E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	3.42E-05	3.42E-05	1.27E+06
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	9.90E-01	9.90E-01	3.66E+10
I-129	0.00E+00	0.00E+00	4.06E-02	4.06E-02	1.50E+09
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	8.29E+04	8.29E+04	3.07E+15
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	2.80E+03	2.80E+03	1.03E+14
U-233	0.00E+00	4.63E-05	0.00E+00	4.63E-05	1.71E+06
U-234	0.00E+00	2.33E-01	0.00E+00	2.33E-01	8.61E+09
U-235	0.00E+00	1.97E-02	0.00E+00	1.97E-02	7.29E+08
U-238	0.00E+00	3.13E-01	0.00E+00	3.13E-01	1.16E+10
Pu-238	0.00E+00	3.37E+03	0.00E+00	3.37E+03	1.25E+14
Pu-239	0.00E+00	3.56E+02	0.00E+00	3.56E+02	1.32E+13
Pu-240	0.00E+00	5.63E+02	0.00E+00	5.63E+02	2.08E+13
Pu-241	0.00E+00	5.99E+04	0.00E+00	5.99E+04	2.22E+15
Am-241	0.00E+00	3.59E+03	0.00E+00	3.59E+03	1.33E+14
Am-242m	0.00E+00	9.24E+00	0.00E+00	9.24E+00	3.42E+11
Am-243	0.00E+00	2.71E+01	0.00E+00	2.71E+01	1.00E+12
Cm-242	0.00E+00	7.62E+00	0.00E+00	7.62E+00	2.82E+11
Cm-244	0.00E+00	1.66E+03	0.00E+00	1.66E+03	6.13E+13

燃料の種類	燃料集合体C(Gd入り)				
燃焼度(GWd/t)	42.7				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	1.51E-04	0.00E+00	2.36E+02	2.36E+02	8.71E+12
C-14	1.32E-01	0.00E+00	1.52E-04	1.32E-01	4.88E+09
Cl-36	6.05E-07	0.00E+00	0.00E+00	6.05E-07	2.24E+04
Co-60	7.87E+02	0.00E+00	0.00E+00	7.87E+02	2.91E+13
Ni-59	7.58E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.58E+00	2.81E+11
Ni-63	1.00E+03	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+03	3.71E+13
Sr-90	2.98E-03	0.00E+00	4.85E+04	4.85E+04	1.79E+15
Zr-93	2.75E-01	0.00E+00	2.13E+00	2.40E+00	8.89E+10
Nb-94	2.39E+00	0.00E+00	2.35E-04	2.39E+00	8.85E+10
Mo-93	5.49E-02	0.00E+00	0.00E+00	5.49E-02	2.03E+09
Tc-99	2.26E-03	0.00E+00	1.59E+01	1.59E+01	5.89E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	4.92E-05	4.92E-05	1.82E+06
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	1.16E+00	1.16E+00	4.31E+10
I-129	0.00E+00	0.00E+00	4.42E-02	4.42E-02	1.64E+09
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	8.34E+04	8.34E+04	3.09E+15
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	3.40E+03	3.40E+03	1.26E+14
U-233	0.00E+00	4.02E-05	0.00E+00	4.02E-05	1.49E+06
U-234	0.00E+00	2.74E-01	0.00E+00	2.74E-01	1.01E+10
U-235	0.00E+00	8.08E-03	0.00E+00	8.08E-03	2.99E+08
U-238	0.00E+00	3.15E-01	0.00E+00	3.15E-01	1.17E+10
Pu-238	0.00E+00	4.01E+03	0.00E+00	4.01E+03	1.48E+14
Pu-239	0.00E+00	3.63E+02	0.00E+00	3.63E+02	1.34E+13
Pu-240	0.00E+00	6.18E+02	0.00E+00	6.18E+02	2.29E+13
Pu-241	0.00E+00	7.00E+04	0.00E+00	7.00E+04	2.59E+15
Am-241	0.00E+00	4.18E+03	0.00E+00	4.18E+03	1.55E+14
Am-242m	0.00E+00	1.08E+01	0.00E+00	1.08E+01	4.00E+11
Am-243	0.00E+00	5.48E+01	0.00E+00	5.48E+01	2.03E+12
Cm-242	0.00E+00	8.89E+00	0.00E+00	8.89E+00	3.29E+11
Cm-244	0.00E+00	4.61E+03	0.00E+00	4.61E+03	1.71E+14

表 4 燃料棒 B の放射エネルギーの内訳の計算結果 (5/12)

燃料の種類	燃料棒B(UO ₂)				
燃焼度(GWd/t)	54.6				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	3.70E-05	0.00E+00	4.47E+02	4.47E+02	1.65E+13
C-14	1.30E-01	0.00E+00	1.95E-04	1.30E-01	4.83E+09
Cl-36	1.16E-07	0.00E+00	0.00E+00	1.16E-07	4.30E+03
Co-60	7.29E+02	0.00E+00	0.00E+00	7.29E+02	2.70E+13
Ni-59	4.05E-01	0.00E+00	0.00E+00	4.05E-01	1.50E+10
Ni-63	5.69E+01	0.00E+00	0.00E+00	5.69E+01	2.10E+12
Sr-90	2.62E-03	0.00E+00	8.64E+04	8.64E+04	3.20E+15
Zr-93	2.03E-01	0.00E+00	2.93E+00	3.14E+00	1.16E+11
Nb-94	5.90E-09	0.00E+00	2.38E-04	2.38E-04	8.82E+06
Mo-93	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99	3.62E-06	0.00E+00	2.02E+01	2.02E+01	7.47E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	5.12E-05	5.12E-05	1.90E+06
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	1.29E+00	1.29E+00	4.77E+10
I-129	0.00E+00	0.00E+00	5.17E-02	5.17E-02	1.91E+09
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	1.29E+05	1.29E+05	4.75E+15
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	8.03E+03	8.03E+03	2.97E+14
U-233	0.00E+00	3.91E-05	0.00E+00	3.91E-05	1.45E+06
U-234	0.00E+00	2.44E-01	0.00E+00	2.44E-01	9.04E+09
U-235	0.00E+00	1.39E-02	0.00E+00	1.39E-02	5.14E+08
U-238	0.00E+00	3.09E-01	0.00E+00	3.09E-01	1.14E+10
Pu-238	0.00E+00	5.95E+03	0.00E+00	5.95E+03	2.20E+14
Pu-239	0.00E+00	3.65E+02	0.00E+00	3.65E+02	1.35E+13
Pu-240	0.00E+00	6.51E+02	0.00E+00	6.51E+02	2.41E+13
Pu-241	0.00E+00	1.01E+05	0.00E+00	1.01E+05	3.72E+15
Am-241	0.00E+00	2.93E+03	0.00E+00	2.93E+03	1.09E+14
Am-242m	0.00E+00	1.11E+01	0.00E+00	1.11E+01	4.12E+11
Am-243	0.00E+00	4.88E+01	0.00E+00	4.88E+01	1.81E+12
Cm-242	0.00E+00	9.18E+00	0.00E+00	9.18E+00	3.39E+11
Cm-244	0.00E+00	5.57E+03	0.00E+00	5.57E+03	2.06E+14

燃料の種類	燃料棒B(Gd入り)				
燃焼度(GWd/t)	37.4				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	3.41E-05	0.00E+00	3.35E+02	3.35E+02	1.24E+13
C-14	1.26E-01	0.00E+00	1.33E-04	1.26E-01	4.68E+09
Cl-36	1.10E-07	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-07	4.07E+03
Co-60	6.93E+02	0.00E+00	0.00E+00	6.93E+02	2.56E+13
Ni-59	3.95E-01	0.00E+00	0.00E+00	3.95E-01	1.46E+10
Ni-63	5.51E+01	0.00E+00	0.00E+00	5.51E+01	2.04E+12
Sr-90	2.45E-03	0.00E+00	4.87E+04	4.87E+04	1.80E+15
Zr-93	1.97E-01	0.00E+00	1.81E+00	2.01E+00	7.42E+10
Nb-94	5.75E-09	0.00E+00	2.23E-04	2.23E-04	8.25E+06
Mo-93	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99	3.30E-06	0.00E+00	1.41E+01	1.41E+01	5.21E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	4.98E-05	4.98E-05	1.84E+06
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	1.08E+00	1.08E+00	3.98E+10
I-129	0.00E+00	0.00E+00	4.02E-02	4.02E-02	1.49E+09
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	8.83E+04	8.83E+04	3.27E+15
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	5.86E+03	5.86E+03	2.17E+14
U-233	0.00E+00	2.06E-05	0.00E+00	2.06E-05	7.62E+05
U-234	0.00E+00	1.51E-01	0.00E+00	1.51E-01	5.59E+09
U-235	0.00E+00	6.77E-03	0.00E+00	6.77E-03	2.51E+08
U-238	0.00E+00	3.17E-01	0.00E+00	3.17E-01	1.17E+10
Pu-238	0.00E+00	3.69E+03	0.00E+00	3.69E+03	1.36E+14
Pu-239	0.00E+00	3.61E+02	0.00E+00	3.61E+02	1.34E+13
Pu-240	0.00E+00	5.87E+02	0.00E+00	5.87E+02	2.17E+13
Pu-241	0.00E+00	1.04E+05	0.00E+00	1.04E+05	3.85E+15
Am-241	0.00E+00	3.07E+03	0.00E+00	3.07E+03	1.14E+14
Am-242m	0.00E+00	1.40E+01	0.00E+00	1.40E+01	5.18E+11
Am-243	0.00E+00	5.15E+01	0.00E+00	5.15E+01	1.91E+12
Cm-242	0.00E+00	1.15E+01	0.00E+00	1.15E+01	4.27E+11
Cm-244	0.00E+00	5.68E+03	0.00E+00	5.68E+03	2.10E+14

表 4 燃料集合体Dの放射エネルギーの内訳の計算結果 (6/12)

燃料の種類	燃料集合体D(UO ₂)				
燃焼度(GWd/t)	37.6				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	7.27E-05	0.00E+00	4.30E+02	4.30E+02	1.59E+13
C-14	7.84E-02	0.00E+00	1.34E-04	7.85E-02	2.90E+09
Cl-36	1.85E-07	0.00E+00	0.00E+00	1.85E-07	6.83E+03
Co-60	1.94E+03	0.00E+00	0.00E+00	1.94E+03	7.17E+13
Ni-59	2.57E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.57E+00	9.50E+10
Ni-63	3.59E+02	0.00E+00	0.00E+00	3.59E+02	1.33E+13
Sr-90	1.50E-03	0.00E+00	7.89E+04	7.89E+04	2.92E+15
Zr-93	1.56E-01	0.00E+00	2.17E+00	2.33E+00	8.61E+10
Nb-94	5.42E-01	0.00E+00	1.31E-04	5.42E-01	2.00E+10
Mo-93	1.20E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-02	4.45E+08
Tc-99	5.30E-04	0.00E+00	1.50E+01	1.50E+01	5.55E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	2.45E-05	2.45E-05	9.05E+05
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	7.92E-01	7.92E-01	2.93E+10
I-129	0.00E+00	0.00E+00	3.42E-02	3.42E-02	1.27E+09
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+05	1.04E+05	3.84E+15
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	6.60E+03	6.60E+03	2.44E+14
U-233	0.00E+00	1.50E-05	0.00E+00	1.50E-05	5.56E+05
U-234	0.00E+00	5.20E-02	0.00E+00	5.20E-02	1.92E+09
U-235	0.00E+00	3.32E-02	0.00E+00	3.32E-02	1.23E+09
U-238	0.00E+00	3.13E-01	0.00E+00	3.13E-01	1.16E+10
Pu-238	0.00E+00	2.32E+03	0.00E+00	2.32E+03	8.60E+13
Pu-239	0.00E+00	3.44E+02	0.00E+00	3.44E+02	1.27E+13
Pu-240	0.00E+00	4.79E+02	0.00E+00	4.79E+02	1.77E+13
Pu-241	0.00E+00	9.79E+04	0.00E+00	9.79E+04	3.62E+15
Am-241	0.00E+00	1.21E+03	0.00E+00	1.21E+03	4.46E+13
Am-242m	0.00E+00	5.90E+00	0.00E+00	5.90E+00	2.18E+11
Am-243	0.00E+00	1.19E+01	0.00E+00	1.19E+01	4.41E+11
Cm-242	0.00E+00	7.52E+00	0.00E+00	7.52E+00	2.78E+11
Cm-244	0.00E+00	9.33E+02	0.00E+00	9.33E+02	3.45E+13

燃料の種類	燃料集合体D(Gd入り)				
燃焼度(GWd/t)	37.6				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	1.53E-04	0.00E+00	4.66E+02	4.66E+02	1.73E+13
C-14	1.04E-01	0.00E+00	1.34E-04	1.04E-01	3.85E+09
Cl-36	3.21E-07	0.00E+00	0.00E+00	3.21E-07	1.19E+04
Co-60	2.53E+03	0.00E+00	0.00E+00	2.53E+03	9.36E+13
Ni-59	3.27E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.27E+00	1.21E+11
Ni-63	4.70E+02	0.00E+00	0.00E+00	4.70E+02	1.74E+13
Sr-90	2.62E-03	0.00E+00	6.86E+04	6.86E+04	2.54E+15
Zr-93	2.06E-01	0.00E+00	2.00E+00	2.20E+00	8.15E+10
Nb-94	7.05E-01	0.00E+00	1.79E-04	7.05E-01	2.61E+10
Mo-93	1.59E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.59E-02	5.89E+08
Tc-99	6.79E-04	0.00E+00	1.46E+01	1.46E+01	5.38E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	3.70E-05	3.70E-05	1.37E+06
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	9.38E-01	9.38E-01	3.47E+10
I-129	0.00E+00	0.00E+00	3.74E-02	3.74E-02	1.38E+09
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+05	1.04E+05	3.86E+15
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	8.58E+03	8.58E+03	3.17E+14
U-233	0.00E+00	1.36E-05	0.00E+00	1.36E-05	5.02E+05
U-234	0.00E+00	6.53E-02	0.00E+00	6.53E-02	2.42E+09
U-235	0.00E+00	1.53E-02	0.00E+00	1.53E-02	5.67E+08
U-238	0.00E+00	3.16E-01	0.00E+00	3.16E-01	1.17E+10
Pu-238	0.00E+00	3.15E+03	0.00E+00	3.15E+03	1.17E+14
Pu-239	0.00E+00	3.57E+02	0.00E+00	3.57E+02	1.32E+13
Pu-240	0.00E+00	5.48E+02	0.00E+00	5.48E+02	2.03E+13
Pu-241	0.00E+00	1.27E+05	0.00E+00	1.27E+05	4.70E+15
Am-241	0.00E+00	1.56E+03	0.00E+00	1.56E+03	5.76E+13
Am-242m	0.00E+00	7.91E+00	0.00E+00	7.91E+00	2.93E+11
Am-243	0.00E+00	2.90E+01	0.00E+00	2.90E+01	1.07E+12
Cm-242	0.00E+00	1.11E+01	0.00E+00	1.11E+01	4.12E+11
Cm-244	0.00E+00	3.18E+03	0.00E+00	3.18E+03	1.18E+14

表 4 燃料集合体 E の放射エネルギーの内訳の計算結果 (7/12)

燃料の種類	燃料集合体E(UO ₂)				
燃焼度(GWd/t)	30.5				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	2.09E-05	0.00E+00	8.56E+01	8.56E+01	3.17E+12
C-14	8.29E-02	0.00E+00	1.08E-04	8.30E-02	3.07E+09
Cl-36	2.09E-07	0.00E+00	0.00E+00	2.09E-07	7.72E+03
Co-60	1.14E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.14E+02	4.23E+12
Ni-59	4.06E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.06E+00	1.50E+11
Ni-63	4.67E+02	0.00E+00	0.00E+00	4.67E+02	1.73E+13
Sr-90	8.84E-04	0.00E+00	3.17E+04	3.17E+04	1.17E+15
Zr-93	1.66E-01	0.00E+00	1.68E+00	1.84E+00	6.82E+10
Nb-94	1.12E+00	0.00E+00	1.32E-04	1.12E+00	4.14E+10
Mo-93	2.48E-02	0.00E+00	0.00E+00	2.48E-02	9.16E+08
Tc-99	1.09E-03	0.00E+00	1.22E+01	1.22E+01	4.50E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	2.25E-05	2.25E-05	8.34E+05
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	7.27E-01	7.27E-01	2.69E+10
I-129	0.00E+00	0.00E+00	2.98E-02	2.98E-02	1.10E+09
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	4.62E+04	4.62E+04	1.71E+15
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	7.05E+02	7.05E+02	2.61E+13
U-233	0.00E+00	4.51E-05	0.00E+00	4.51E-05	1.67E+06
U-234	0.00E+00	1.74E-01	0.00E+00	1.74E-01	6.44E+09
U-235	0.00E+00	2.22E-02	0.00E+00	2.22E-02	8.20E+08
U-238	0.00E+00	3.18E-01	0.00E+00	3.18E-01	1.18E+10
Pu-238	0.00E+00	1.60E+03	0.00E+00	1.60E+03	5.93E+13
Pu-239	0.00E+00	3.46E+02	0.00E+00	3.46E+02	1.28E+13
Pu-240	0.00E+00	4.71E+02	0.00E+00	4.71E+02	1.74E+13
Pu-241	0.00E+00	3.04E+04	0.00E+00	3.04E+04	1.13E+15
Am-241	0.00E+00	3.72E+03	0.00E+00	3.72E+03	1.38E+14
Am-242m	0.00E+00	6.04E+00	0.00E+00	6.04E+00	2.23E+11
Am-243	0.00E+00	1.41E+01	0.00E+00	1.41E+01	5.21E+11
Cm-242	0.00E+00	4.97E+00	0.00E+00	4.97E+00	1.84E+11
Cm-244	0.00E+00	4.19E+02	0.00E+00	4.19E+02	1.55E+13

表 4 燃料集合体 F の放射エネルギーの内訳の計算結果 (8/12)

燃料の種類	燃料集合体F(UO ₂)				
燃焼度(GWd/t)	9				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	8.53E-07	0.00E+00	2.88E+01	2.88E+01	1.06E+12
C-14	2.35E-02	0.00E+00	3.22E-05	2.36E-02	8.72E+08
Cl-36	1.05E-08	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-08	3.87E+02
Co-60	6.12E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.12E+01	2.26E+12
Ni-59	1.60E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.60E+00	5.93E+10
Ni-63	1.78E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.78E+02	6.60E+12
Sr-90	1.10E-04	0.00E+00	1.21E+04	1.21E+04	4.47E+14
Zr-93	4.99E-02	0.00E+00	5.50E-01	6.00E-01	2.22E+10
Nb-94	4.61E-01	0.00E+00	2.37E-05	4.61E-01	1.71E+10
Mo-93	9.82E-03	0.00E+00	0.00E+00	9.82E-03	3.63E+08
Tc-99	4.67E-04	0.00E+00	3.89E+00	3.89E+00	1.44E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	3.28E-06	3.28E-06	1.21E+05
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	1.87E-01	1.87E-01	6.93E+09
I-129	0.00E+00	0.00E+00	8.10E-03	8.10E-03	3.00E+08
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	1.48E+04	1.48E+04	5.48E+14
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	7.54E+01	7.54E+01	2.79E+12
U-233	0.00E+00	8.69E-06	0.00E+00	8.69E-06	3.21E+05
U-234	0.00E+00	1.04E-02	0.00E+00	1.04E-02	3.86E+08
U-235	0.00E+00	4.79E-02	0.00E+00	4.79E-02	1.77E+09
U-238	0.00E+00	3.24E-01	0.00E+00	3.24E-01	1.20E+10
Pu-238	0.00E+00	8.40E+01	0.00E+00	8.40E+01	3.11E+12
Pu-239	0.00E+00	2.30E+02	0.00E+00	2.30E+02	8.52E+12
Pu-240	0.00E+00	1.34E+02	0.00E+00	1.34E+02	4.94E+12
Pu-241	0.00E+00	5.57E+03	0.00E+00	5.57E+03	2.06E+14
Am-241	0.00E+00	5.50E+02	0.00E+00	5.50E+02	2.04E+13
Am-242m	0.00E+00	1.65E-01	0.00E+00	1.65E-01	6.10E+09
Am-243	0.00E+00	1.40E-01	0.00E+00	1.40E-01	5.19E+09
Cm-242	0.00E+00	1.36E-01	0.00E+00	1.36E-01	5.03E+09
Cm-244	0.00E+00	1.12E+00	0.00E+00	1.12E+00	4.13E+10

表 4 燃料棒 C の放射エネルギーの内訳の計算結果 (9/12)

燃料の種類	燃料棒C(UO ₂)				
燃焼度(GWd/t)	34.3				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	8.06E-06	0.00E+00	1.25E+02	1.25E+02	4.61E+12
C-14	1.01E-01	0.00E+00	1.22E-04	1.01E-01	3.75E+09
Cl-36	6.82E-08	0.00E+00	0.00E+00	6.82E-08	2.52E+03
Co-60	8.99E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.99E+01	3.33E+12
Ni-59	3.78E-01	0.00E+00	0.00E+00	3.78E-01	1.40E+10
Ni-63	4.55E+01	0.00E+00	0.00E+00	4.55E+01	1.68E+12
Sr-90	1.20E-03	0.00E+00	3.82E+04	3.82E+04	1.41E+15
Zr-93	1.79E-01	0.00E+00	1.85E+00	2.03E+00	7.50E+10
Nb-94	2.26E-09	0.00E+00	1.58E-04	1.58E-04	5.84E+06
Mo-93	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99	1.64E-06	0.00E+00	1.35E+01	1.35E+01	4.98E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	2.86E-05	2.86E-05	1.06E+06
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	8.42E-01	8.42E-01	3.12E+10
I-129	0.00E+00	0.00E+00	3.39E-02	3.39E-02	1.25E+09
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	5.75E+04	5.75E+04	2.13E+15
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	1.27E+03	1.27E+03	4.70E+13
U-233	0.00E+00	4.50E-05	0.00E+00	4.50E-05	1.67E+06
U-234	0.00E+00	2.05E-01	0.00E+00	2.05E-01	7.57E+09
U-235	0.00E+00	1.79E-02	0.00E+00	1.79E-02	6.63E+08
U-238	0.00E+00	3.17E-01	0.00E+00	3.17E-01	1.17E+10
Pu-238	0.00E+00	2.23E+03	0.00E+00	2.23E+03	8.24E+13
Pu-239	0.00E+00	3.51E+02	0.00E+00	3.51E+02	1.30E+13
Pu-240	0.00E+00	5.15E+02	0.00E+00	5.15E+02	1.91E+13
Pu-241	0.00E+00	4.24E+04	0.00E+00	4.24E+04	1.57E+15
Am-241	0.00E+00	3.96E+03	0.00E+00	3.96E+03	1.47E+14
Am-242m	0.00E+00	7.61E+00	0.00E+00	7.61E+00	2.82E+11
Am-243	0.00E+00	2.18E+01	0.00E+00	2.18E+01	8.06E+11
Cm-242	0.00E+00	6.27E+00	0.00E+00	6.27E+00	2.32E+11
Cm-244	0.00E+00	9.13E+02	0.00E+00	9.13E+02	3.38E+13

燃料の種類	燃料棒C(Gd入り)				
燃焼度(GWd/t)	23.9				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	6.54E-06	0.00E+00	9.35E+01	9.35E+01	3.46E+12
C-14	9.37E-02	0.00E+00	8.47E-05	9.38E-02	3.47E+09
Cl-36	5.73E-08	0.00E+00	0.00E+00	5.73E-08	2.12E+03
Co-60	8.37E+01	0.00E+00	0.00E+00	8.37E+01	3.10E+12
Ni-59	3.53E-01	0.00E+00	0.00E+00	3.53E-01	1.31E+10
Ni-63	4.22E+01	0.00E+00	0.00E+00	4.22E+01	1.56E+12
Sr-90	1.04E-03	0.00E+00	2.33E+04	2.33E+04	8.62E+14
Zr-93	1.66E-01	0.00E+00	1.20E+00	1.36E+00	5.05E+10
Nb-94	1.76E-09	0.00E+00	1.40E-04	1.40E-04	5.18E+06
Mo-93	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99	1.30E-06	0.00E+00	9.52E+00	9.52E+00	3.52E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	2.58E-05	2.58E-05	9.54E+05
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	6.87E-01	6.87E-01	2.54E+10
I-129	0.00E+00	0.00E+00	2.61E-02	2.61E-02	9.66E+08
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	4.03E+04	4.03E+04	1.49E+15
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	8.88E+02	8.88E+02	3.28E+13
U-233	0.00E+00	2.68E-05	0.00E+00	2.68E-05	9.91E+05
U-234	0.00E+00	1.27E-01	0.00E+00	1.27E-01	4.70E+09
U-235	0.00E+00	1.07E-02	0.00E+00	1.07E-02	3.94E+08
U-238	0.00E+00	3.22E-01	0.00E+00	3.22E-01	1.19E+10
Pu-238	0.00E+00	1.39E+03	0.00E+00	1.39E+03	5.13E+13
Pu-239	0.00E+00	3.47E+02	0.00E+00	3.47E+02	1.29E+13
Pu-240	0.00E+00	4.61E+02	0.00E+00	4.61E+02	1.71E+13
Pu-241	0.00E+00	4.26E+04	0.00E+00	4.26E+04	1.58E+15
Am-241	0.00E+00	3.99E+03	0.00E+00	3.99E+03	1.48E+14
Am-242m	0.00E+00	7.82E+00	0.00E+00	7.82E+00	2.89E+11
Am-243	0.00E+00	1.90E+01	0.00E+00	1.90E+01	7.03E+11
Cm-242	0.00E+00	6.44E+00	0.00E+00	6.44E+00	2.38E+11
Cm-244	0.00E+00	7.12E+02	0.00E+00	7.12E+02	2.63E+13

表 4 燃料集合体 D 放射エネルギーの内訳の計算結果 (10/12)

燃料の種類	燃料棒D(UO ₂)				
燃焼度(GWd/t)	46.7				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	2.06E-05	0.00E+00	1.79E+02	1.79E+02	6.64E+12
C-14	1.40E-01	0.00E+00	1.66E-04	1.40E-01	5.18E+09
Cl-36	1.43E-07	0.00E+00	0.00E+00	1.43E-07	5.30E+03
Co-60	1.27E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.27E+02	4.69E+12
Ni-59	4.91E-01	0.00E+00	0.00E+00	4.91E-01	1.81E+10
Ni-63	6.20E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.20E+01	2.29E+12
Sr-90	2.26E-03	0.00E+00	4.83E+04	4.83E+04	1.79E+15
Zr-93	2.44E-01	0.00E+00	2.39E+00	2.63E+00	9.74E+10
Nb-94	7.25E-09	0.00E+00	2.38E-04	2.38E-04	8.80E+06
Mo-93	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99	4.44E-06	0.00E+00	1.73E+01	1.73E+01	6.40E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	4.86E-05	4.86E-05	1.80E+06
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	1.21E+00	1.21E+00	4.48E+10
I-129	0.00E+00	0.00E+00	4.68E-02	4.68E-02	1.73E+09
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	7.92E+04	7.92E+04	2.93E+15
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	2.27E+03	2.27E+03	8.41E+13
U-233	0.00E+00	5.96E-05	0.00E+00	5.96E-05	2.21E+06
U-234	0.00E+00	3.94E-01	0.00E+00	3.94E-01	1.46E+10
U-235	0.00E+00	9.80E-03	0.00E+00	9.80E-03	3.62E+08
U-238	0.00E+00	3.13E-01	0.00E+00	3.13E-01	1.16E+10
Pu-238	0.00E+00	4.44E+03	0.00E+00	4.44E+03	1.64E+14
Pu-239	0.00E+00	3.65E+02	0.00E+00	3.65E+02	1.35E+13
Pu-240	0.00E+00	6.36E+02	0.00E+00	6.36E+02	2.35E+13
Pu-241	0.00E+00	5.20E+04	0.00E+00	5.20E+04	1.92E+15
Am-241	0.00E+00	4.64E+03	0.00E+00	4.64E+03	1.72E+14
Am-242m	0.00E+00	1.16E+01	0.00E+00	1.16E+01	4.28E+11
Am-243	0.00E+00	5.32E+01	0.00E+00	5.32E+01	1.97E+12
Cm-242	0.00E+00	9.52E+00	0.00E+00	9.52E+00	3.52E+11
Cm-244	0.00E+00	3.61E+03	0.00E+00	3.61E+03	1.34E+14

表 4 燃料集合体 E の放射エネルギーの内訳の計算結果 (11/12)

燃料の種類	燃料棒E(MOX)				
燃焼度(GWd/t)	22.6				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	4.53E-07	0.00E+00	1.31E+02	1.31E+02	4.85E+12
C-14	2.25E-02	0.00E+00	8.14E-05	2.26E-02	8.36E+08
Cl-36	2.07E-09	0.00E+00	0.00E+00	2.07E-09	7.66E+01
Co-60	3.68E+01	0.00E+00	0.00E+00	3.68E+01	1.36E+12
Ni-59	5.95E-02	0.00E+00	0.00E+00	5.95E-02	2.20E+09
Ni-63	5.93E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.93E+00	2.19E+11
Sr-90	1.25E-04	0.00E+00	1.59E+04	1.59E+04	5.87E+14
Zr-93	3.47E-02	0.00E+00	9.27E-01	9.61E-01	3.56E+10
Nb-94	2.03E-10	0.00E+00	2.16E-04	2.16E-04	7.99E+06
Mo-93	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99	3.00E-07	0.00E+00	9.71E+00	9.71E+00	3.59E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	4.17E-05	4.17E-05	1.54E+06
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	7.23E-01	7.23E-01	2.68E+10
I-129	0.00E+00	0.00E+00	3.01E-02	3.01E-02	1.11E+09
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	4.44E+04	4.44E+04	1.64E+15
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	7.85E+02	7.85E+02	2.91E+13
U-233	0.00E+00	1.16E-05	0.00E+00	1.16E-05	4.27E+05
U-234	0.00E+00	1.71E+00	0.00E+00	1.71E+00	6.32E+10
U-235	0.00E+00	1.00E-02	0.00E+00	1.00E-02	3.71E+08
U-238	0.00E+00	3.10E-01	0.00E+00	3.10E-01	1.15E+10
Pu-238	0.00E+00	2.21E+04	0.00E+00	2.21E+04	8.18E+14
Pu-239	0.00E+00	1.33E+03	0.00E+00	1.33E+03	4.93E+13
Pu-240	0.00E+00	3.51E+03	0.00E+00	3.51E+03	1.30E+14
Pu-241	0.00E+00	2.52E+05	0.00E+00	2.52E+05	9.33E+15
Am-241	0.00E+00	2.02E+04	0.00E+00	2.02E+04	7.48E+14
Am-242m	0.00E+00	2.62E+02	0.00E+00	2.62E+02	9.71E+12
Am-243	0.00E+00	1.70E+02	0.00E+00	1.70E+02	6.30E+12
Cm-242	0.00E+00	2.16E+02	0.00E+00	2.16E+02	8.00E+12
Cm-244	0.00E+00	6.85E+03	0.00E+00	6.85E+03	2.53E+14

表 4 燃料棒 F の放射エネルギーの内訳の計算結果 (12/12)

燃料の種類	燃料棒F(UO ₂)				
燃焼度(GWd/t)	33.7				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	6.44E-06	0.00E+00	1.57E+02	1.57E+02	5.82E+12
C-14	8.17E-02	0.00E+00	1.20E-04	8.18E-02	3.03E+09
Cl-36	4.57E-08	0.00E+00	0.00E+00	4.57E-08	1.69E+03
Co-60	1.48E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.48E+02	5.49E+12
Ni-59	3.12E-01	0.00E+00	0.00E+00	3.12E-01	1.15E+10
Ni-63	3.85E+01	0.00E+00	0.00E+00	3.85E+01	1.42E+12
Sr-90	9.19E-04	0.00E+00	4.65E+04	4.65E+04	1.72E+15
Zr-93	1.45E-01	0.00E+00	1.91E+00	2.06E+00	7.61E+10
Nb-94	1.48E-09	0.00E+00	1.28E-04	1.28E-04	4.74E+06
Mo-93	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99	9.22E-07	0.00E+00	1.35E+01	1.35E+01	4.99E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	2.24E-05	2.24E-05	8.30E+05
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	7.46E-01	7.46E-01	2.76E+10
I-129	0.00E+00	0.00E+00	3.15E-02	3.15E-02	1.17E+09
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	6.37E+04	6.37E+04	2.36E+15
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	1.61E+03	1.61E+03	5.95E+13
U-233	0.00E+00	3.68E-05	0.00E+00	3.68E-05	1.36E+06
U-234	0.00E+00	1.38E-01	0.00E+00	1.38E-01	5.09E+09
U-235	0.00E+00	2.88E-02	0.00E+00	2.88E-02	1.07E+09
U-238	0.00E+00	3.15E-01	0.00E+00	3.15E-01	1.17E+10
Pu-238	0.00E+00	1.85E+03	0.00E+00	1.85E+03	6.83E+13
Pu-239	0.00E+00	3.43E+02	0.00E+00	3.43E+02	1.27E+13
Pu-240	0.00E+00	4.66E+02	0.00E+00	4.66E+02	1.73E+13
Pu-241	0.00E+00	4.60E+04	0.00E+00	4.60E+04	1.70E+15
Am-241	0.00E+00	3.00E+03	0.00E+00	3.00E+03	1.11E+14
Am-242m	0.00E+00	6.24E+00	0.00E+00	6.24E+00	2.31E+11
Am-243	0.00E+00	1.21E+01	0.00E+00	1.21E+01	4.47E+11
Cm-242	0.00E+00	5.14E+00	0.00E+00	5.14E+00	1.90E+11
Cm-244	0.00E+00	4.96E+02	0.00E+00	4.96E+02	1.83E+13

燃料の種類	燃料棒F(Gd入り)				
燃焼度(GWd/t)	23.1				
対象核種	AP(Ci/t)	ACT(Ci/t)	FP(Ci/t)	合計(Ci/t)	合計(Bq/t)
H-3	4.60E-06	0.00E+00	1.14E+02	1.14E+02	4.20E+12
C-14	7.22E-02	0.00E+00	8.21E-05	7.23E-02	2.67E+09
Cl-36	3.49E-08	0.00E+00	0.00E+00	3.49E-08	1.29E+03
Co-60	1.33E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.33E+02	4.92E+12
Ni-59	2.79E-01	0.00E+00	0.00E+00	2.79E-01	1.03E+10
Ni-63	3.41E+01	0.00E+00	0.00E+00	3.41E+01	1.26E+12
Sr-90	7.29E-04	0.00E+00	2.97E+04	2.97E+04	1.10E+15
Zr-93	1.28E-01	0.00E+00	1.26E+00	1.39E+00	5.13E+10
Nb-94	1.02E-09	0.00E+00	1.07E-04	1.07E-04	3.95E+06
Mo-93	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99	6.40E-07	0.00E+00	9.38E+00	9.38E+00	3.47E+11
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	1.90E-05	1.90E-05	7.01E+05
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	5.78E-01	5.78E-01	2.14E+10
I-129	0.00E+00	0.00E+00	2.32E-02	2.32E-02	8.60E+08
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	4.38E+04	4.38E+04	1.62E+15
Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+03	1.04E+03	3.84E+13
U-233	0.00E+00	2.29E-05	0.00E+00	2.29E-05	8.47E+05
U-234	0.00E+00	8.16E-02	0.00E+00	8.16E-02	3.02E+09
U-235	0.00E+00	2.10E-02	0.00E+00	2.10E-02	7.77E+08
U-238	0.00E+00	3.21E-01	0.00E+00	3.21E-01	1.19E+10
Pu-238	0.00E+00	1.09E+03	0.00E+00	1.09E+03	4.04E+13
Pu-239	0.00E+00	3.36E+02	0.00E+00	3.36E+02	1.24E+13
Pu-240	0.00E+00	4.08E+02	0.00E+00	4.08E+02	1.51E+13
Pu-241	0.00E+00	4.35E+04	0.00E+00	4.35E+04	1.61E+15
Am-241	0.00E+00	2.84E+03	0.00E+00	2.84E+03	1.05E+14
Am-242m	0.00E+00	5.65E+00	0.00E+00	5.65E+00	2.09E+11
Am-243	0.00E+00	8.87E+00	0.00E+00	8.87E+00	3.28E+11
Cm-242	0.00E+00	4.65E+00	0.00E+00	4.65E+00	1.72E+11
Cm-244	0.00E+00	3.10E+02	0.00E+00	3.10E+02	1.15E+13

表 5 核種組成比 (対 Cs-137) の計算結果

燃料の種類 燃焼度(GWd/t)	燃料集合体A		燃料集合体B		燃料集合体C		燃料集合体D		燃料集合体E		燃料集合体F		燃料棒E		燃料棒F	
	UO2	MOX	UO2	Gd入	UO2	Gd入	UO2	Gd入	UO2	MOX	UO2	Gd入	UO2	MOX	UO2	Gd入
H-3	2.22E-03	2.95E-03	2.35E-03	2.82E-03	3.47E-03	3.79E-03	4.14E-03	4.48E-03	1.85E-03	1.93E-03	2.16E-03	2.32E-03	2.27E-03	2.96E-03	2.47E-03	2.59E-03
C-14	1.47E-06	5.13E-07	1.52E-06	1.58E-06	1.02E-06	1.43E-06	7.55E-07	9.97E-07	1.80E-06	1.59E-06	1.76E-06	2.33E-06	1.77E-06	5.10E-07	1.28E-06	1.65E-06
Cl-36	2.97E-12	5.31E-14	5.33E-12	7.25E-12	9.05E-13	1.24E-12	1.78E-12	3.08E-12	4.51E-12	7.06E-13	1.18E-12	1.42E-12	1.81E-12	4.67E-14	7.16E-13	7.96E-13
Co-60	5.19E-03	5.61E-03	5.61E-03	9.42E-03	5.68E-03	7.83E-03	1.87E-02	2.42E-02	2.47E-03	4.12E-03	1.56E-03	2.08E-03	1.60E-03	8.29E-04	2.33E-03	3.04E-03
Ni-59	9.50E-05	1.34E-06	9.19E-05	9.09E-05	3.16E-06	4.46E-06	2.47E-05	3.13E-05	8.77E-05	1.08E-04	6.57E-06	8.79E-06	6.18E-06	1.34E-06	4.87E-06	6.36E-06
Ni-63	1.11E-02	1.34E-04	9.48E-03	1.20E-02	4.42E-04	6.24E-04	3.46E-03	4.51E-03	1.01E-02	1.20E-02	7.89E-04	1.05E-03	7.82E-04	1.34E-04	6.02E-04	7.78E-04
Si-90	7.29E-01	3.58E-01	6.67E-01	5.79E-01	6.74E-01	5.50E-01	7.60E-01	6.58E-01	6.84E-01	8.16E-01	6.62E-01	5.79E-01	6.11E-01	3.58E-01	7.29E-01	6.79E-01
Zr-93	3.56E-05	2.18E-05	3.37E-05	3.08E-05	2.44E-05	2.27E-05	2.24E-05	2.11E-05	3.99E-05	4.05E-05	3.52E-05	3.39E-05	3.32E-05	2.17E-05	3.22E-05	3.17E-05
Nb-94	2.81E-05	4.85E-09	2.82E-05	2.86E-05	1.86E-09	2.52E-09	5.21E-06	6.76E-06	2.42E-05	3.12E-05	2.74E-09	3.48E-09	3.00E-09	4.87E-09	2.01E-09	2.44E-09
Mo-93	6.11E-07	0.00E+00	6.34E-07	5.11E-07	0.00E+00	0.00E+00	1.16E-07	1.53E-07	5.36E-07	6.62E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tc-99	2.35E-04	2.19E-04	2.18E-04	1.98E-04	1.57E-04	1.59E-04	1.45E-04	1.39E-04	2.63E-04	2.63E-04	2.34E-04	2.36E-04	2.18E-04	2.19E-04	2.11E-04	2.14E-04
Ag-108m	3.71E-10	4.84E-10	4.84E-10	5.89E-10	4.00E-10	5.63E-10	2.36E-10	3.55E-10	4.88E-10	2.21E-10	4.98E-10	6.40E-10	6.14E-10	9.39E-10	3.52E-10	4.33E-10
Sn-126	1.31E-05	1.37E-05	1.37E-05	1.39E-05	1.00E-05	1.22E-05	7.63E-06	8.99E-06	1.57E-05	1.26E-05	1.46E-05	1.70E-05	1.53E-05	1.63E-05	1.17E-05	1.32E-05
I-129	5.46E-07	6.78E-07	5.53E-07	4.89E-07	4.02E-07	4.56E-07	3.31E-07	3.58E-07	6.43E-07	5.47E-07	5.87E-07	6.48E-07	5.90E-07	6.77E-07	4.96E-07	5.31E-07
Cs-137	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
Eu-154	1.61E-02	1.96E-02	2.70E-02	4.08E-02	6.25E-02	6.64E-02	8.21E-02	8.21E-02	1.53E-02	5.09E-03	2.21E-02	2.20E-02	2.87E-02	1.77E-02	2.52E-02	2.37E-02
U-233	6.32E-10	2.56E-10	6.79E-10	4.82E-10	3.05E-10	2.33E-10	1.45E-10	1.30E-10	9.77E-10	5.86E-10	7.84E-10	6.65E-10	7.54E-10	2.60E-10	5.76E-10	5.23E-10
U-234	1.91E-06	3.43E-06	3.43E-06	2.80E-06	1.90E-06	1.71E-06	5.00E-07	6.27E-07	3.77E-06	7.04E-07	3.55E-06	3.15E-06	4.98E-06	3.85E-05	2.16E-06	1.86E-06
U-235	8.14E-07	2.61E-07	2.61E-07	9.68E-08	1.08E-07	7.68E-08	3.20E-07	1.47E-07	4.80E-07	3.23E-06	3.11E-07	2.64E-07	1.24E-07	2.26E-07	4.53E-07	4.80E-07
U-238	8.43E-06	4.76E-06	4.76E-06	3.79E-06	2.40E-06	3.58E-06	3.02E-06	3.03E-06	6.90E-06	2.19E-05	5.49E-06	7.99E-06	3.96E-06	7.01E-06	4.96E-06	7.35E-06
Pu-238	2.19E-02	4.19E-02	4.19E-02	4.79E-02	4.63E-02	4.16E-02	2.24E-02	3.03E-02	3.47E-02	5.68E-03	3.87E-02	3.44E-02	5.60E-02	4.99E-01	2.89E-02	2.49E-02
Pu-239	8.50E-03	5.33E-03	5.33E-03	4.30E-03	2.84E-03	4.10E-03	3.31E-03	3.42E-03	7.49E-03	1.55E-02	6.10E-03	8.66E-03	4.61E-03	3.01E-02	5.38E-03	7.65E-03
Pu-240	9.36E-03	8.13E-03	7.17E-02	6.78E-03	5.07E-03	6.64E-03	4.61E-03	5.26E-03	1.02E-02	9.01E-03	8.97E-03	1.15E-02	8.02E-03	7.93E-02	7.33E-03	9.32E-03
Pu-241	7.64E-01	7.48E-01	5.22E+00	7.23E-01	8.38E-01	1.18E+00	9.43E-01	1.22E+00	6.61E-01	3.76E-01	7.37E-01	1.06E+00	6.55E-01	5.69E+00	7.20E-01	9.94E-01
Am-241	6.17E-02	5.81E-02	4.17E-01	4.33E-02	2.29E-02	3.49E-02	1.16E-02	1.49E-02	8.07E-02	3.72E-02	6.90E-02	9.93E-02	5.87E-02	4.56E-01	4.70E-02	6.48E-02
Am-242m	1.56E-04	1.51E-04	5.51E-03	1.11E-04	1.29E-04	1.58E-04	5.68E-05	7.59E-05	1.30E-04	1.11E-05	1.32E-04	1.94E-04	1.46E-04	5.92E-03	9.79E-05	1.29E-04
Am-243	1.16E-04	3.83E-04	3.81E-03	6.57E-04	3.81E-04	5.84E-04	1.15E-04	2.77E-04	3.05E-04	9.47E-06	3.78E-04	4.72E-04	6.72E-04	3.84E-03	1.89E-04	2.02E-04
Cm-242	1.29E-04	1.24E-04	4.54E-03	1.06E-04	7.14E-05	1.31E-04	7.24E-05	1.07E-04	1.08E-04	9.18E-06	1.09E-04	1.60E-04	1.20E-04	4.88E-03	8.05E-05	1.06E-04
Cm-244	2.87E-03	1.94E-02	1.69E-01	5.53E-02	4.34E-02	6.42E-02	8.98E-03	3.06E-02	9.06E-03	7.54E-05	1.59E-02	1.77E-02	4.57E-02	1.54E-01	7.75E-03	7.10E-03

2.2 実廃棄物の核種別放射エネルギー計算

(1) 計算手法

核種組成比と表面線量率測定結果に基づく実廃棄物の核種毎放射エネルギー計算の手順を図1に示す。

表面線量率から Cs-137 放射能への換算は、保管容器の嵩密度を因子として、図2に示すように、QADコード⁵⁾にて線量当量率と放射能との関係を求めて算出している。

ビルドアップ係数として GP バージョン以前は、Goldstein & Wilkins のモーメント法による鉄、水、鉛、アルミニウム及びコンクリートのデータを多項式形式で内蔵しており、CGGP 及び CGGP2 バージョンでは、米国の標準データ GP 近似式で内蔵している。いずれも単一層の無限媒質中におけるビルドアップ係数を用いており、遮へい体工法での線量率評価には、ビルドアップ係数、遮へい体内での γ 線発熱評価等には吸収ビルドアップ係数を用いた。

遮へい体後方での線量当量率を評価するため、従来からビルドアップ係数と検出器レスポンス関数として線量当量率換算係数を用いる方法が採用されているが、評価線量当量率の誤差が大きいことが指摘されている。このため、CGGP バージョンでは、遮へい体後方での空気の吸収線量率から線量当量率への実効換算係数を導入することにより、安全側の線量当量率を評価できるようになっている。また、廃棄体中には Cs-137 以外に、よりエネルギーの高い γ 線を放出する Cs-134 や Co-60 を含むため、測定された線量当量率は他の核種の寄与を含む。したがって、測定された線量当量を Cs-137 に置き換えて求めた Cs-137 放射能は実際より高めの放射能になっていると評価される。

このように QAD コード⁵⁾を用いて求められた Cs-137 放射能と燃焼計算から求められる Cs-137 に対する各核種の核種組成比を用いて、対象廃棄物の核種毎放射エネルギーを評価した。

(2) 表面線量率測定結果に基づく Cs-137 放射エネルギー評価

1) 表面線量率測定値に基づく Cs-137 放射エネルギー算定手法の誤差

Cs-137 換算放射エネルギーの誤差には、Cs-137 以外の γ 線核種の影響による誤差、保管容器の表面線量率の測定ポイントによるばらつきが考えられるが、測定ポイントによるばらつきの影響が大きいと考えられる。これは、保管容器内には、種々の放射エネルギーをもった廃棄物が種々の場所に含まれていることによる。保管容器の放射エネルギー評価に表面線量率測定値を用いる場合、より定量的な誤差評価の実施が今後の課題である。今回実施した Cs-137 換算放射エネルギーの誤差に関する検討結果について付録-1に示す。

2) 保管容器毎の Cs-137 放射エネルギー評価

放射能計算結果に基づき、可燃性固体廃棄物を収納した 660 本の保管容器内の核種の放射エネルギーを図1と図2の評価手順と評価方法に従って評価した。

本評価では、全保管容器の放射エネルギー計算は燃料取扱い時期の代表燃料によることとし、表面線量率測定データ(R)に放射能への換算係数(k)を掛けて Cs 放射能(A)を求め、代表燃料の核種組成比(f)から各核種の放射エネルギー(Xi)を算出した。

ここで放射能への換算係数は、保管容器収納廃棄物の密度を考慮し、可燃物又は難燃物については水を、不燃物については鉄を内容物とした体系により、円柱体積線源モデルにより QAD コード⁵⁾を用いて廃棄物の密度をパラメータとして求めた換算係数を用いた。なお廃棄

物の密度は内容物重量(kg)を保管容器容量 200 リットルで除した嵩密度であるが、可燃物及び難燃物については圧縮減容後の内容物重量となっている。

また、特殊不燃物については各種遮へい体付廃棄物で個別に放射能を求めているため本換算表の対象外である。廃棄物の密度を考慮した換算表を表 6 及び表 7 に、換算図を図 3 に示す。

この評価方法により表面線量率より保管容器内放射能が求められ、各保管容器の表面に示すように表面線量率、保管容器内放射能等が記載されている。また、全保管容器の容器番号、封入日、廃棄物種別、内容物、発生場所、表面線量率、保管容器内放射能等が保管記録として記録されている。

(3) 保管容器毎の核種別放射能量

燃焼計算結果に基づき、可燃性の実廃棄物が入った 660 本の保管容器内の核種別の放射能量を図 4 の手順に従って評価した。

実廃棄物には、複数の燃料で汚染されたものが含まれている。この場合、燃料の取扱い数に応じて、それぞれの燃料に含まれる核種の放射能量を配分するのが妥当と考えられる。また、Gd 入り燃料を扱った場合には、 UO_2 燃料と Gd 入り燃料を考慮する必要がある。

そこで、複数の燃料で汚染された場合の検討例として、燃料棒 B(Gd 入り燃料であるが、 UO_2 燃料のみ取扱い)と集合体 D(UO_2 燃料と Gd 入り燃料を取扱い) を取り扱った場合について、放射能量を評価した結果を以下に示す。

これらの燃料は、2012 年～2014 年にかけて取扱い、廃棄物が発生している。各年でのそれぞれの燃料の取扱い実績から、取扱い数に応じて核種の放射能量を配分して、核種の放射能量及び Cs-137 に対する核種組成比を計算した結果を表 8～表 10 に示す。その配分に用いた数値は以下の通りである。

燃料棒 B(UO_2)/燃料集合体 D(UO_2) /燃料集合体 D(Gd) の取扱数(取扱比)

2012 年度：8 本(0.08)、17 本(0.24)、49 本(0.68)

2013 年度：1 本(0.03)、4 本(0.11)、32 本(0.86)

2014 年度：15 本(0.79)、0 本(0)、4 本(0.21)

これらの表の重みづけ放射能が、取扱い数に応じて核種の放射能量を配分した結果である。この重みづけ放射能から、Cs-137 に対する核種組成比を算出した結果が、同表の Cs-137 に対する重みづけ核種組成比である。これは図 4 の「Cs-137 に対する核種組成比 f」に相当する。

次に、発生した保管容器の表面線量率のデータ(表面線量率で最も高い値)から、各保管容器の放射能量を算出し、表 8～表 10 の Cs-137 に対する重みづけ核種組成比を用いて、保管容器に含まれる核種の放射能量を算出した。保管容器内の核種の放射能量の算出結果を表 11 に示す。また、評価に用いた保管容器内の Cs-137 のみの放射能量を表 12 に示す。封入時期が同じ保管容器で、核種の放射能量が異なるのは、保管容器の表面線量率が異なることによるものである。

複数の燃料で汚染された場合での重みづけで放射能量を評価した例(表 11)に対応する保管容器に対して、燃料取扱い時期の代表燃料の核種組成比を用いて放射能量を評価した結果を表 13 に示す。両者の核種の放射能量から、放射能量の相対値として(重みづけによる放射能量)

/ (代表燃料による放射エネルギー) を整理した結果を表 14 に示す。表 14 から、FP 核種、ACT 核種については、相対偏差は約 20%以内にある。一部、U-235、Cm-244 は偏差が少し大きい、これらの核種の放射エネルギーには燃焼度依存性があることによると考えられる。一方、AP 核種については、FP 核種、ACT 核種に比べると、偏差が大きくなっている。これは、燃料棒と燃料集合体で、構成材料に違いがあることによると考えられる。特に、2014 年封入時の評価では、燃料棒に比べて燃料集合体のインコネル材料に Nb が含まれているために、Nb-93 の(n, γ)反応で生成する Nb-94 の偏差が大きい。この評価では、Nb の少ない燃料棒 B を代表燃料としているのに対して、重みづけ評価では Nb の多い燃料集合体 D が約 20%混在していることを考慮しているために偏差が大きくなっている。

今後、複数の燃料で汚染された保管容器の放射エネルギーの計算値と分析値を比較する際には、上述の手法により重みづけを行い、手法の検証をする必要がある。

本報告書においては、全保管容器の放射エネルギー計算において、燃料取扱い時期の代表燃料によることとした。

表6 線量率から放射能への換算表（可燃物・難燃物）

内容物重量 (kg)	密度	係数	内容物重量 (kg)	密度	係数	内容物重量 (kg)	密度	係数	内容物重量 (kg)	密度	係数	内容物重量 (kg)	密度	係数
11	0.055	1.66	51	0.255	1.79	91	0.455	2.01	131	0.655	2.31	171	0.855	2.68
12	0.060	1.66	52	0.260	1.80	92	0.460	2.02	132	0.660	2.32	172	0.860	2.69
13	0.065	1.66	53	0.265	1.80	93	0.465	2.03	133	0.665	2.33	173	0.865	2.70
14	0.070	1.66	54	0.270	1.81	94	0.470	2.03	134	0.670	2.34	174	0.870	2.71
15	0.075	1.66	55	0.275	1.81	95	0.475	2.04	135	0.675	2.35	175	0.875	2.72
16	0.080	1.67	56	0.280	1.82	96	0.480	2.05	136	0.680	2.35	176	0.880	2.72
17	0.085	1.67	57	0.285	1.82	97	0.485	2.05	137	0.685	2.36	177	0.885	2.73
18	0.090	1.67	58	0.290	1.83	98	0.490	2.06	138	0.690	2.37	178	0.890	2.74
19	0.095	1.68	59	0.295	1.83	99	0.495	2.07	139	0.695	2.38	179	0.895	2.75
20	0.100	1.68	60	0.300	1.83	100	0.500	2.08	140	0.700	2.40	180	0.900	2.76
21	0.105	1.68	61	0.305	1.84	101	0.505	2.08	141	0.705	2.40	181	0.905	2.77
22	0.110	1.69	62	0.310	1.85	102	0.510	2.09	142	0.710	2.41	182	0.910	2.78
23	0.115	1.69	63	0.315	1.85	103	0.515	2.10	143	0.715	2.42	183	0.915	2.79
24	0.120	1.70	64	0.320	1.85	104	0.520	2.10	144	0.720	2.43	184	0.920	2.80
25	0.125	1.70	65	0.325	1.86	105	0.525	2.11	145	0.725	2.43	185	0.925	2.81
26	0.130	1.70	66	0.330	1.86	106	0.530	2.12	146	0.730	2.44	186	0.930	2.82
27	0.135	1.70	67	0.335	1.87	107	0.535	2.13	147	0.735	2.45	187	0.935	2.83
28	0.140	1.71	68	0.340	1.87	108	0.540	2.13	148	0.740	2.46	188	0.940	2.84
29	0.145	1.71	69	0.345	1.88	109	0.545	2.14	149	0.745	2.47	189	0.945	2.85
30	0.150	1.72	70	0.350	1.88	110	0.550	2.15	150	0.750	2.48	190	0.950	2.86
31	0.155	1.72	71	0.355	1.89	111	0.555	2.15	151	0.755	2.49	191	0.955	2.87
32	0.160	1.72	72	0.360	1.90	112	0.560	2.16	152	0.760	2.50	192	0.960	2.88
33	0.165	1.72	73	0.365	1.90	113	0.565	2.17	153	0.765	2.51	193	0.965	2.89
34	0.170	1.73	74	0.370	1.91	114	0.570	2.18	154	0.770	2.52	194	0.970	2.90
35	0.175	1.73	75	0.375	1.92	115	0.575	2.19	155	0.775	2.53	195	0.975	2.91
36	0.180	1.73	76	0.380	1.92	116	0.580	2.20	156	0.780	2.53	196	0.980	2.92
37	0.185	1.74	77	0.385	1.93	117	0.585	2.20	157	0.785	2.54	197	0.985	2.93
38	0.190	1.74	78	0.390	1.93	118	0.590	2.21	158	0.790	2.55	198	0.990	2.94
39	0.195	1.74	79	0.395	1.93	119	0.595	2.22	159	0.795	2.56	199	0.995	2.95
40	0.200	1.74	80	0.400	1.94	120	0.600	2.23	160	0.800	2.57	200	1.000	2.97
41	0.205	1.75	81	0.405	1.95	121	0.605	2.23	161	0.805	2.58	201	1.005	2.97
42	0.210	1.75	82	0.410	1.95	122	0.610	2.24	162	0.810	2.59	202	1.010	2.98
43	0.215	1.76	83	0.415	1.96	123	0.615	2.25	163	0.815	2.60	203	1.015	2.99
44	0.220	1.76	84	0.420	1.97	124	0.620	2.25	164	0.820	2.61	204	1.020	3.00
45	0.225	1.77	85	0.425	1.97	125	0.625	2.26	165	0.825	2.62	205	1.025	3.01
46	0.230	1.77	86	0.430	1.98	126	0.630	2.27	166	0.830	2.63	206	1.030	3.02
47	0.235	1.77	87	0.435	1.98	127	0.635	2.28	167	0.835	2.64	207	1.035	3.03
48	0.240	1.78	88	0.440	1.99	128	0.640	2.29	168	0.840	2.65	208	1.040	3.04
49	0.245	1.78	89	0.445	2.00	129	0.645	2.29	169	0.845	2.66	209	1.045	3.05
50	0.250	1.79	90	0.450	2.00	130	0.650	2.30	170	0.850	2.67	210	1.050	3.06

保管容器（200L ドラム缶）表面線量率 $1 \mu\text{Sv/h}$ 当たりの Bq 数 $1=10^6$ Cs-137 (H_2O)

表7 線量率から放射能への換算表 (不燃物)

内容物重量 (kg)	密度	係数	内容物重量 (kg)	密度	係数	内容物重量 (kg)	密度	係数	内容物重量 (kg)	密度	係数	内容物重量 (kg)	密度	係数	内容物重量 (kg)	密度	係数	内容物重量 (kg)	密度	係数	内容物重量 (kg)	密度	係数						
11	0.055	1.78	51	0.255	2.00	91	0.455	2.33	131	0.655	2.74	171	0.855	3.17	211	1.055	3.65	251	1.255	4.16	291	1.455	4.70	331	1.655	5.27	371	1.855	5.87
12	0.060	1.78	52	0.260	2.01	92	0.460	2.34	132	0.660	2.75	172	0.860	3.18	212	1.060	3.66	252	1.260	4.17	292	1.460	4.72	332	1.660	5.28	372	1.860	5.88
13	0.065	1.79	53	0.265	2.02	93	0.465	2.35	133	0.665	2.76	173	0.865	3.20	213	1.065	3.67	253	1.265	4.18	293	1.465	4.73	333	1.665	5.30	373	1.865	5.90
14	0.070	1.80	54	0.270	2.03	94	0.470	2.36	134	0.670	2.77	174	0.870	3.21	214	1.070	3.68	254	1.270	4.20	294	1.470	4.74	334	1.670	5.32	374	1.870	5.92
15	0.075	1.80	55	0.275	2.04	95	0.475	2.37	135	0.675	2.77	175	0.875	3.22	215	1.075	3.70	255	1.275	4.21	295	1.475	4.75	335	1.675	5.34	375	1.875	5.94
16	0.080	1.80	56	0.280	2.05	96	0.480	2.38	136	0.680	2.78	176	0.880	3.23	216	1.080	3.72	256	1.280	4.23	296	1.480	4.77	336	1.680	5.36	376	1.880	5.96
17	0.085	1.80	57	0.285	2.05	97	0.485	2.39	137	0.685	2.79	177	0.885	3.24	217	1.085	3.72	257	1.285	4.24	297	1.485	4.78	337	1.685	5.36	377	1.885	5.96
18	0.090	1.81	58	0.290	2.06	98	0.490	2.40	138	0.690	2.80	178	0.890	3.25	218	1.090	3.74	258	1.290	4.25	298	1.490	4.80	338	1.690	5.37	378	1.890	5.98
19	0.095	1.81	59	0.295	2.07	99	0.495	2.41	139	0.695	2.81	179	0.895	3.27	219	1.095	3.75	259	1.295	4.27	299	1.495	4.81	339	1.695	5.39	379	1.895	5.99
20	0.100	1.81	60	0.300	2.07	100	0.500	2.42	140	0.700	2.82	180	0.900	3.28	220	1.100	3.77	260	1.300	4.29	300	1.500	4.83	340	1.700	5.40	380	1.900	6.00
21	0.105	1.82	61	0.305	2.08	101	0.505	2.43	141	0.705	2.84	181	0.905	3.29	221	1.105	3.78	261	1.305	4.29	301	1.505	4.84	341	1.705	5.42	381	1.905	6.01
22	0.110	1.82	62	0.310	2.09	102	0.510	2.44	142	0.710	2.85	182	0.910	3.30	222	1.110	3.79	262	1.310	4.30	302	1.510	4.85	342	1.710	5.43	382	1.910	6.03
23	0.115	1.82	63	0.315	2.10	103	0.515	2.45	143	0.715	2.86	183	0.915	3.31	223	1.115	3.80	263	1.315	4.32	303	1.515	4.85	343	1.715	5.45	383	1.915	6.05
24	0.120	1.83	64	0.320	2.10	104	0.520	2.46	144	0.720	2.87	184	0.920	3.32	224	1.120	3.81	264	1.320	4.33	304	1.520	4.88	344	1.720	5.46	384	1.920	6.07
25	0.125	1.83	65	0.325	2.12	105	0.525	2.47	145	0.725	2.88	185	0.925	3.33	225	1.125	3.82	265	1.325	4.34	305	1.525	4.90	345	1.725	5.48	385	1.925	6.09
26	0.130	1.84	66	0.330	2.12	106	0.530	2.48	146	0.730	2.89	186	0.930	3.34	226	1.130	3.83	266	1.330	4.35	306	1.530	4.91	346	1.730	5.50	386	1.930	6.10
27	0.135	1.85	67	0.335	2.13	107	0.535	2.49	147	0.735	2.91	187	0.935	3.36	227	1.135	3.85	267	1.335	4.37	307	1.535	4.93	347	1.735	5.51	387	1.935	6.12
28	0.140	1.85	68	0.340	2.14	108	0.540	2.50	148	0.740	2.92	188	0.940	3.37	228	1.140	3.86	268	1.340	4.38	308	1.540	4.94	348	1.740	5.52	388	1.940	6.13
29	0.145	1.86	69	0.345	2.15	109	0.545	2.51	149	0.745	2.93	189	0.945	3.38	229	1.145	3.87	269	1.345	4.40	309	1.545	4.95	349	1.745	5.54	389	1.945	6.15
30	0.150	1.87	70	0.350	2.15	110	0.550	2.52	150	0.750	2.94	190	0.950	3.39	230	1.150	3.88	270	1.350	4.41	310	1.550	4.97	350	1.750	5.56	390	1.950	6.17
31	0.155	1.87	71	0.355	2.16	111	0.555	2.53	151	0.755	2.95	191	0.955	3.41	231	1.155	3.90	271	1.355	4.42	311	1.555	4.98	351	1.755	5.57	391	1.955	6.18
32	0.160	1.88	72	0.360	2.17	112	0.560	2.54	152	0.760	2.96	192	0.960	3.42	232	1.160	3.91	272	1.360	4.43	312	1.560	5.00	352	1.760	5.58	392	1.960	6.20
33	0.165	1.88	73	0.365	2.18	113	0.565	2.55	153	0.765	2.97	193	0.965	3.43	233	1.165	3.92	273	1.365	4.45	313	1.565	5.01	353	1.765	5.60	393	1.965	6.21
34	0.170	1.89	74	0.370	2.18	114	0.570	2.56	154	0.770	2.98	194	0.970	3.44	234	1.170	3.93	274	1.370	4.46	314	1.570	5.02	354	1.770	5.61	394	1.970	6.23
35	0.175	1.90	75	0.375	2.19	115	0.575	2.57	155	0.775	2.99	195	0.975	3.46	235	1.175	3.95	275	1.375	4.48	315	1.575	5.04	355	1.775	5.63	395	1.975	6.25
36	0.180	1.91	76	0.380	2.20	116	0.580	2.58	156	0.780	3.00	196	0.980	3.47	236	1.180	3.96	276	1.380	4.49	316	1.580	5.05	356	1.780	5.64	396	1.980	6.26
37	0.185	1.91	77	0.385	2.21	117	0.585	2.59	157	0.785	3.02	197	0.985	3.48	237	1.185	3.98	277	1.385	4.50	317	1.585	5.07	357	1.785	5.65	397	1.985	6.28
38	0.190	1.92	78	0.390	2.22	118	0.590	2.60	158	0.790	3.03	198	0.990	3.49	238	1.190	3.99	278	1.390	4.52	318	1.590	5.08	358	1.790	5.67	398	1.990	6.29
39	0.195	1.93	79	0.395	2.23	119	0.595	2.61	159	0.795	3.04	199	0.995	3.50	239	1.195	4.00	279	1.395	4.53	319	1.595	5.10	359	1.795	5.69	399	1.995	6.30
40	0.200	1.93	80	0.400	2.24	120	0.600	2.62	160	0.800	3.05	200	1.000	3.52	240	1.200	4.01	280	1.400	4.55	320	1.600	5.11	360	1.800	5.70	400	2.000	6.33
41	0.205	1.94	81	0.405	2.25	121	0.605	2.63	161	0.805	3.06	201	1.005	3.53	241	1.205	4.03	281	1.405	4.56	321	1.605	5.13	361	1.805	5.72			
42	0.210	1.95	82	0.410	2.26	122	0.610	2.64	162	0.810	3.07	202	1.010	3.54	242	1.210	4.04	282	1.410	4.57	322	1.610	5.14	362	1.810	5.73			
43	0.215	1.95	83	0.415	2.26	123	0.615	2.64	163	0.815	3.08	203	1.015	3.55	243	1.215	4.05	283	1.415	4.59	323	1.615	5.15	363	1.815	5.75			
44	0.220	1.96	84	0.420	2.27	124	0.620	2.66	164	0.820	3.09	204	1.020	3.57	244	1.220	4.07	284	1.420	4.60	324	1.620	5.17	364	1.820	5.76			
45	0.225	1.96	85	0.425	2.28	125	0.625	2.67	165	0.825	3.11	205	1.025	3.58	245	1.225	4.08	285	1.425	4.62	325	1.625	5.18	365	1.825	5.77			
46	0.230	1.97	86	0.430	2.29	126	0.630	2.68	166	0.830	3.12	206	1.030	3.59	246	1.230	4.10	286	1.430	4.63	326	1.630	5.20	366	1.830	5.79			
47	0.235	1.97	87	0.435	2.30	127	0.635	2.69	167	0.835	3.13	207	1.035	3.61	247	1.235	4.10	287	1.435	4.64	327	1.635	5.22	367	1.835	5.80			
48	0.240	1.98	88	0.440	2.31	128	0.640	2.70	168	0.840	3.14	208	1.040	3.62	248	1.240	4.12	288	1.440	4.66	328	1.640	5.23	368	1.840	5.82			
49	0.245	1.99	89	0.445	2.32	129	0.645	2.71	169	0.845	3.15	209	1.045	3.62	249	1.245	4.13	289	1.445	4.67	329	1.645	5.25	369	1.845	5.84			
50	0.250	2.00	90	0.450	2.33	130	0.650	2.72	170	0.850	3.16	210	1.050	3.63	250	1.250	4.14	290	1.450	4.68	330	1.650	5.26	370	1.850	5.86			

保管容器 (200L ドラム缶) 缶表面線量率 1 μSv/h 当たりの Bq 数 I=10E6 Cs137 (H₂O)

表 8 燃料棒B(UO₂)+集合体D(Gd) (2014 封入) のCs-137に対する重みづけ核種組成比

項目	単位	取扱数/ 取扱比	H-3	C-14	CL-36	Ca-41	Co-60	Ni-59	Ni-63	Si-90	Zr-93	Nb-94	Mo-93	Tc-99	Ag-108m	Sr-126	I-129
燃料棒B(UO ₂)	Bq/t	15	1.650E+13	4.830E+09	4.300E+03	0.000E+00	2.700E+13	1.500E+10	2.100E+12	3.200E+15	1.160E+11	8.820E+06	0.000E+00	7.470E+11	1.900E+06	4.770E+10	1.91E+09
集合体D(Cd)	Bq/t	4	1.730E+13	3.850E+09	1.190E+04	0.000E+00	9.360E+13	1.210E+11	1.740E+13	2.540E+15	8.150E+10	2.610E+10	5.890E+08	5.380E+11	1.370E+06	3.470E+10	1.380E+09
燃料棒B取扱比率配分(A)	Bq	0.789	1.303E+13	3.813E+09	3.395E+03	0.000E+00	2.132E+13	1.184E+10	1.658E+12	2.526E+15	9.158E+10	6.963E+06	0.000E+00	5.897E+11	1.500E+06	3.766E+10	1.508E+09
集合体D取扱比率配分(B)	Bq	0.211	3.642E+12	8.105E+08	2.505E+03	0.000E+00	1.971E+13	2.547E+10	3.663E+12	5.347E+14	1.716E+10	5.495E+09	1.240E+08	1.133E+11	2.884E+05	7.305E+09	2.905E+08
重み付け放射能(A+B)	Bq/t	-	1.667E+13	4.624E+09	5.900E+03	0.000E+00	4.102E+13	3.732E+10	5.321E+12	3.061E+15	1.087E+11	5.502E+09	1.240E+08	7.030E+11	1.788E+06	4.496E+10	1.798E+09
重み付けCs放射能比率		-	3.653E-03	1.013E-06	1.293E-12	0.000E+00	8.991E-03	8.179E-06	1.166E-03	6.709E-01	2.383E-05	1.206E-06	2.718E-08	1.541E-04	3.920E-10	9.855E-06	3.942E-07
(参考)																	
燃料棒BのCs放射能比率		-	3.474E-03	1.017E-06	9.053E-13	0.000E+00	5.684E-03	3.158E-06	4.421E-04	6.737E-01	2.442E-05	1.857E-09	0.000E+00	1.573E-04	4.000E-10	1.004E-05	4.021E-07
集合体DのCs放射能比率		-	4.482E-03	9.974E-07	3.083E-12	0.000E+00	2.425E-02	3.135E-05	4.508E-03	6.580E-01	2.111E-05	6.762E-06	1.526E-07	1.394E-04	3.549E-10	8.990E-06	3.575E-07

項目	単位	取扱数/ 取扱比	Cs-137	Eu-154	U-233	U-234	U-235	U-238	Pu-238	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Am-241	Am-242m	Am-243	Cm-242	Cm-244
燃料棒B(UO ₂)	Bq/t	15	4.750E+15	2.970E+14	1.450E+06	9.040E+09	5.140E+08	1.140E+10	2.200E+14	1.350E+13	2.410E+13	3.720E+15	1.090E+14	4.120E+11	1.810E+12	3.390E+11	2.060E+14
集合体D(Cd)	Bq/t	4	3.860E+15	3.170E+14	5.020E+05	2.420E+09	5.670E+08	1.170E+10	1.170E+14	1.320E+13	2.030E+13	4.700E+15	5.760E+13	2.930E+11	1.070E+12	4.120E+11	1.180E+14
燃料棒B取扱比率配分(A)	Bq	0.789	3.750E+15	2.345E+14	1.145E+06	7.137E+09	4.058E+08	9.000E+09	1.737E+14	1.066E+13	1.903E+13	2.937E+15	8.605E+13	3.253E+11	1.429E+12	2.676E+11	1.626E+14
集合体D取扱比率配分(B)	Bq	0.211	8.126E+14	6.674E+13	1.057E+05	5.095E+08	1.194E+08	2.463E+09	2.463E+13	2.779E+12	4.274E+12	9.895E+14	1.213E+13	6.168E+10	2.533E+11	8.674E+10	2.484E+13
重み付け放射能(A+B)	Bq/t	-	4.563E+15	3.012E+14	1.250E+06	7.646E+09	5.252E+08	1.146E+10	1.983E+14	1.344E+13	2.330E+13	3.926E+15	9.818E+13	3.869E+11	1.654E+12	3.544E+11	1.875E+14
重み付けCs放射能比率		-	1.000E+00	6.602E-02	2.741E-10	1.676E-06	1.151E-07	2.512E-06	4.347E-02	2.945E-03	5.107E-03	8.605E-01	2.152E-02	8.481E-05	3.626E-04	7.767E-05	4.109E-02
(参考)																	
燃料棒BのCs放射能比率		-	1.000E+00	6.253E-02	3.053E-10	1.903E-06	1.082E-07	2.400E-06	4.632E-02	2.842E-03	5.074E-03	7.832E-01	2.295E-02	8.674E-05	3.811E-04	7.137E-05	4.337E-02
集合体DのCs放射能比率		-	1.000E+00	8.212E-02	1.301E-10	6.269E-07	1.469E-07	3.031E-06	3.031E-02	3.420E-03	5.259E-03	1.218E+00	1.492E-02	7.591E-05	2.772E-04	1.067E-04	3.057E-02

表 9 燃料棒B(UO₂)+集合体D(Gd) (2013 封入) のCs-137 に対する重みづけ核種組成比

項目	単位	取扱数/ 取扱比	H-3	C-14	CL-36	Ca-41	Co-60	Ni-59	Ni-63	Sr-90	Zr-93	Nb-94	Mo-93	Tc-99	Ag-108m	Sr-126	I-129
燃料棒B(UO ₂)	Bq/t	1	1.650E+13	4.830E+09	4.300E+03	0.000E+00	2.700E+13	1.500E+10	2.100E+12	3.200E+15	1.160E+11	8.820E+06	0.000E+00	7.470E+11	1.900E+06	4.770E+10	1.91E+09
集合体D(UO ₂)	Bq/t	4	1.590E+13	2.900E+09	6.830E+03	0.000E+00	7.170E+13	9.500E+10	1.330E+13	2.920E+15	8.610E+10	2.000E+10	4.450E+08	5.550E+11	9.050E+05	2.930E+10	1.270E+09
集合体D(Gd)	Bq/t	32	1.730E+13	3.850E+09	1.190E+04	0.000E+00	9.360E+13	1.210E+11	1.740E+13	2.540E+15	8.150E+10	2.610E+10	5.890E+08	5.380E+11	1.370E+06	3.470E+10	1.380E+09
燃料棒B取扱比率配分(A)	Bq	0.03	4.459E+11	1.305E+08	1.162E+02	0.000E+00	7.297E+11	4.054E+08	5.676E+10	8.649E+13	3.135E+09	2.384E+05	0.000E+00	2.019E+10	5.135E+04	1.289E+09	5.162E+07
集合体UO ₂ 取扱比率配分(B)	Bq	0.11	1.719E+12	3.135E+08	7.384E+02	0.000E+00	7.751E+12	1.027E+10	1.438E+12	3.157E+14	9.308E+09	2.162E+09	4.811E+07	6.000E+10	9.784E+04	3.168E+09	1.373E+08
集合体Gd取扱比率配分(C)	Bq	0.86	1.496E+13	3.330E+09	1.029E+04	0.000E+00	8.095E+13	1.046E+11	1.505E+13	2.197E+15	7.049E+10	2.257E+10	5.094E+08	4.653E+11	1.185E+06	3.001E+10	1.194E+09
重み付け放射能(A+B+C)	Bq/t	-	1.713E+13	3.774E+09	1.115E+04	0.000E+00	8.943E+13	1.153E+11	1.654E+13	2.599E+15	8.293E+10	2.474E+10	5.575E+08	5.455E+11	1.334E+06	3.447E+10	1.382E+09
重み付けCs放射能比率		-	4.412E-03	9.722E-07	2.871E-12	0.000E+00	2.304E-02	2.971E-05	4.262E-03	6.695E-01	2.136E-05	6.372E-06	1.436E-07	1.405E-04	3.437E-10	8.879E-06	3.561E-07
(参考)																	
燃料棒BのCs放射能比率		-	3.474E-03	1.017E-06	9.053E-13	0.000E+00	5.684E-03	3.158E-06	4.421E-04	6.73E-01	2.442E-05	1.857E-09	0.000E+00	1.573E-04	4.000E-10	1.004E-05	4.021E-07
集合体UO ₂ のCs放射能比率		-	4.141E-03	7.552E-07	1.779E-12	0.000E+00	1.867E-02	2.474E-05	3.464E-03	7.604E-01	2.242E-05	5.208E-06	1.159E-07	1.445E-04	2.357E-10	7.630E-06	3.307E-07
集合体GdのCs放射能比率		-	4.482E-03	9.974E-07	3.083E-12	0.000E+00	2.425E-02	3.135E-05	4.508E-03	6.580E-01	2.111E-05	6.762E-06	1.528E-07	1.394E-04	3.549E-10	8.990E-06	3.575E-07

項目	単位	取扱数/ 取扱比	Cs-137	Eu-154	U-233	U-234	U-235	U-238	Pu-238	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Am-241	Am-242m	Am-243	Cm-242	Cm-244
燃料棒B(UO ₂)	Bq/t	1	4.750E+15	2.970E+14	1.450E+06	9.040E+09	5.140E+08	1.140E+10	2.200E+14	1.350E+13	2.410E+13	3.720E+15	1.090E+14	4.120E+11	1.810E+12	3.390E+11	2.060E+14
集合体D(UO ₂)	Bq/t	4	3.840E+15	2.440E+14	5.560E+05	1.920E+09	1.230E+09	1.160E+10	8.600E+13	1.270E+13	1.770E+13	3.620E+15	4.460E+13	2.180E+11	4.410E+11	2.780E+11	3.450E+13
集合体D(Gd)	Bq/t	32	3.860E+15	3.170E+14	5.020E+05	2.420E+09	5.670E+08	1.170E+10	1.170E+14	1.320E+13	2.030E+13	4.700E+15	5.760E+13	2.930E+11	1.070E+12	4.120E+11	1.180E+14
燃料棒B取扱比率配分(A)	Bq	0.03	1.284E+14	8.027E+12	3.919E+04	2.443E+08	1.389E+07	3.081E+08	5.946E+12	3.649E+11	6.514E+11	1.005E+14	2.946E+12	1.114E+10	4.892E+10	9.162E+09	5.568E+12
集合体UO ₂ 取扱比率配分(B)	Bq	0.11	4.151E+14	2.638E+13	6.011E+04	2.076E+08	1.330E+08	1.254E+09	9.297E+12	1.373E+12	1.914E+12	3.914E+14	4.822E+12	2.357E+10	4.768E+10	3.005E+10	3.730E+12
集合体Gd取扱比率配分(C)	Bq	0.86	3.338E+15	2.742E+14	4.342E+05	2.093E+09	4.904E+08	1.012E+10	1.012E+14	1.142E+13	1.756E+13	4.065E+15	4.982E+13	2.534E+11	9.254E+11	3.563E+11	1.021E+14
重み付け放射能(A+B+C)	Bq/t	-	3.882E+15	3.086E+14	5.335E+05	2.545E+09	6.372E+08	1.168E+10	1.164E+14	1.315E+13	2.012E+13	4.557E+15	5.758E+13	2.881E+11	1.022E+12	3.955E+11	1.114E+14
重み付けCs放射能比率		-	1.000E+00	7.949E-02	1.374E-10	6.556E-07	1.642E-07	3.009E-06	2.999E-02	3.389E-03	5.183E-03	1.174E-00	1.488E-02	7.422E-05	2.633E-04	1.019E-04	2.868E-02
(参考)																	
燃料棒BのCs放射能比率		-	1.000E+00	6.255E-02	3.053E-10	1.903E-06	1.082E-07	2.400E-06	4.682E-02	2.842E-03	5.074E-03	7.832E-01	2.295E-02	8.674E-05	3.811E-04	7.137E-05	4.337E-02
集合体UO ₂ のCs放射能比率		-	1.000E+00	6.554E-02	1.448E-10	5.000E-07	3.203E-07	3.021E-06	2.240E-02	3.307E-03	4.609E-03	9.427E-01	1.161E-02	5.677E-05	1.148E-04	7.240E-05	8.984E-03
集合体GdのCs放射能比率		-	1.000E+00	8.212E-02	1.301E-10	6.269E-07	1.469E-07	3.031E-06	3.031E-02	3.420E-03	5.259E-03	2.118E+00	1.492E-02	7.591E-05	2.772E-04	1.067E-04	3.057E-02

表 10 燃料棒B(UO₂)+集合体D(Gd) (2012封入) のCs-137に対する重みづけ核種組成比

項目	単位	取扱数/ 取扱比	H-3	C-14	CL-36	Ca-41	Co-60	Ni-59	Ni-63	Str-90	Zr-93	Nb-94	Mo-93	Tc-99	Ag-108m	Sn-126	I-129
燃料棒B(UO ₂)	Bq/t	6	1.650E+13	4.830E+09	4.300E+03	0.000E+00	2.700E+13	1.500E+10	2.100E+12	3.200E+15	1.160E+11	8.820E+06	0.000E+00	7.470E+11	1.900E+06	4.770E+10	1.91E+09
集合体D(UO ₂)	Bq/t	17	1.590E+13	2.900E+09	6.830E+03	0.000E+00	7.170E+13	9.500E+10	1.330E+13	2.920E+15	8.610E+10	2.000E+10	4.450E+08	5.550E+11	9.050E+05	2.930E+10	1.270E+09
集合体D(Gd)	Bq/t	49	1.730E+13	3.850E+09	1.190E+04	0.000E+00	9.360E+13	1.210E+11	1.740E+13	2.540E+15	8.150E+10	2.610E+10	5.890E+08	5.380E+11	1.370E+06	3.470E+10	1.380E+09
燃料棒B取扱比率配分(A)	Bq	0.08	1.375E+12	4.025E+08	3.583E+02	0.000E+00	2.250E+12	1.250E+09	1.750E+11	2.667E+14	9.667E+09	7.350E+05	0.000E+00	6.225E+10	1.583E+05	3.975E+09	1.592E+08
集合体UO ₂ 取扱比率配分(B)	Bq	0.24	3.754E+12	6.847E+08	1.613E+03	0.000E+00	1.693E+13	2.243E+10	3.140E+12	6.894E+14	2.033E+10	4.722E+09	1.051E+08	1.310E+11	2.137E+05	6.918E+09	2.999E+08
集合体Gd取扱比率配分(C)	Bq	0.68	1.177E+13	2.620E+09	8.099E+03	0.000E+00	6.370E+13	8.235E+10	1.184E+13	1.729E+15	5.547E+10	1.776E+10	4.008E+08	3.661E+11	9.324E+05	2.362E+10	9.392E+08
重み付け放射能(A+B+C)	Bq/t	-	1.690E+13	3.707E+09	1.007E+04	0.000E+00	8.288E+13	1.060E+11	1.516E+13	2.685E+15	8.546E+10	2.249E+10	5.059E+08	5.594E+11	1.304E+06	3.451E+10	1.398E+09
重み付けCs放射能比率		-	4.302E-03	9.435E-07	2.563E-12	0.000E+00	2.109E-02	2.698E-05	3.857E-03	6.832E-01	2.175E-05	5.722E-06	1.288E-07	1.424E-04	3.319E-10	8.782E-06	3.558E-07
(参考)																	
燃料棒BのCs放射能比率		-	3.474E-03	1.017E-06	9.053E-13	0.000E+00	5.684E-03	3.158E-06	4.421E-04	6.737E-01	2.442E-05	1.857E-09	0.000E+00	1.573E-04	4.000E-10	1.004E-05	4.021E-07
集合体UO ₂ のCs放射能比率			4.141E-03	7.552E-07	1.779E-12	0.000E+00	1.867E-02	2.474E-05	3.464E-03	7.604E-01	2.242E-05	5.208E-06	1.159E-07	1.446E-04	2.357E-10	7.630E-06	3.307E-07
集合体GdのCs放射能比率		-	4.482E-03	9.974E-07	3.083E-12	0.000E+00	2.425E-02	3.135E-05	4.508E-03	6.580E-01	2.111E-05	6.762E-06	1.526E-07	1.394E-04	3.549E-10	8.990E-06	3.575E-07

項目	単位	取扱数/ 取扱比	Cs-137	Eu-154	U-233	U-234	U-235	U-238	Pu-238	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Am-241	Am-242m	Am-243	Cm-242	Cm-244
燃料棒B(UO ₂)	Bq/t	6	4.750E+15	2.970E+14	1.450E+06	9.040E+09	5.140E+08	1.140E+10	2.200E+14	1.350E+13	2.410E+13	3.720E+15	1.090E+14	4.120E+11	1.810E+12	3.390E+11	2.060E+14
集合体D(UO ₂)	Bq/t	17	3.840E+15	2.440E+14	5.560E+05	1.920E+09	1.230E+09	1.160E+10	8.600E+13	1.270E+13	1.770E+13	3.620E+15	4.460E+13	2.180E+11	4.410E+11	2.780E+11	3.450E+13
集合体D(Gd)	Bq/t	49	3.860E+15	3.170E+14	5.020E+05	2.420E+09	5.670E+08	1.170E+10	1.170E+14	1.320E+13	2.030E+13	4.700E+15	5.760E+13	2.930E+11	1.070E+12	4.120E+11	1.180E+14
燃料棒B取扱比率配分(A)	Bq	0.08	3.958E+14	2.475E+13	1.208E+05	7.533E+08	4.283E+07	9.500E+08	1.833E+13	1.125E+12	2.008E+12	3.100E+14	9.083E+12	3.433E+10	1.508E+11	2.825E+10	1.717E+13
集合体UO ₂ 取扱比率配分(B)	Bq	0.24	9.067E+14	5.761E+13	1.313E+05	4.533E+08	2.904E+08	2.739E+09	2.031E+13	2.999E+12	4.179E+12	8.547E+14	1.053E+13	5.147E+10	1.041E+11	6.564E+10	8.146E+12
集合体Gd取扱比率配分(C)	Bq	0.68	2.627E+15	2.157E+14	3.410E+05	1.647E+09	3.859E+08	7.963E+09	7.963E+13	9.883E+12	1.382E+13	3.199E+15	3.920E+13	1.994E+11	7.282E+11	2.804E+11	8.031E+13
重み付け放射能(A+B+C)	Bq/t	-	3.929E+15	2.981E+14	5.938E+05	2.854E+09	7.191E+08	1.165E+10	1.183E+14	1.311E+13	2.000E+13	4.363E+15	5.881E+13	2.852E+11	9.832E+11	3.743E+11	1.056E+14
重み付けCs放射能比率		-	1.000E+00	7.586E-02	1.511E-10	7.262E-07	1.830E-07	2.965E-06	3.010E-02	3.336E-03	5.090E-03	1.110E+00	1.497E-02	7.258E-05	2.502E-04	9.525E-05	2.688E-02
(参考)																	
燃料棒BのCs放射能比率		-	1.000E+00	6.253E-02	3.053E-10	1.903E-06	1.082E-07	2.400E-06	4.632E-02	2.842E-03	5.074E-03	7.832E-01	2.295E-02	8.674E-05	3.811E-04	7.137E-05	4.337E-02
集合体UO ₂ のCs放射能比率			1.000E+00	6.354E-02	1.448E-10	5.000E-07	3.203E-07	3.021E-06	2.240E-02	3.307E-03	4.609E-03	9.427E-01	1.161E-02	5.677E-05	1.148E-04	7.240E-05	8.984E-03
集合体GdのCs放射能比率		-	1.000E+00	8.212E-02	1.301E-10	6.269E-07	1.469E-07	3.031E-06	3.031E-02	3.420E-03	5.259E-03	1.218E+00	1.492E-02	7.591E-05	2.772E-04	1.067E-04	3.057E-02

表 11 保管容器内の核種の放射エネルギーの評価結果 (1/2)

燃料種類	封入時期	容器番号	核種とその放射エネルギー (Bq)															
			H-3	C-14	CL-36	Ca-41	Co-60	Ni-59	Ni-63	St-90	Zr-93	Nb-94	Mo-93	Tc-99	Ag-108m	Sn-126	I-129	
燃料棒 (UO_2) + 集合体 (Gd)	2014	容器-60	1.129E+06	3.131E+02	3.996E-04	0.000E+00	2.778E+06	2.527E+03	3.604E+05	2.073E+08	7.364E+03	3.726E+02	8.398E+00	4.761E+04	1.211E-01	3.045E+03	1.218E+02	
		容器-55	8.731E+05	2.422E+02	3.091E-04	0.000E+00	2.149E+06	1.955E+03	2.787E+05	1.603E+08	5.696E+03	2.882E+02	6.495E+00	3.682E+04	9.368E-02	2.355E+03	9.420E+01	
		容器-57	7.818E+05	2.169E+02	2.767E-04	0.000E+00	1.924E+06	1.750E+03	2.496E+05	1.436E+08	5.100E+03	2.580E+02	5.816E+00	3.297E+04	8.388E-02	2.109E+03	8.435E+01	
		容器-54	5.955E+05	1.652E+02	2.108E-04	0.000E+00	1.465E+06	1.333E+03	1.901E+05	1.094E+08	3.885E+03	1.965E+02	4.430E+00	2.511E+04	6.389E-02	1.606E+03	6.425E+01	
		容器-56	5.480E+05	1.520E+02	1.940E-04	0.000E+00	1.349E+06	1.227E+03	1.749E+05	1.006E+08	3.575E+03	1.809E+02	4.077E+00	2.311E+04	5.880E-02	1.478E+03	5.912E+01	
		容器-58	4.932E+05	1.368E+02	1.746E-04	0.000E+00	1.214E+06	1.104E+03	1.574E+05	9.057E+07	3.217E+03	1.628E+02	3.669E+00	2.080E+04	5.292E-02	1.330E+03	5.321E+01	
		容器-53	2.250E+05	6.242E+01	7.966E-05	0.000E+00	5.538E+05	5.038E+02	7.184E+04	4.133E+07	1.468E+03	7.428E+01	1.674E+00	9.491E+03	2.415E-02	6.070E+02	2.428E+01	
		容器-59	3.324E+04	9.222E+00	1.177E-05	0.000E+00	8.181E+04	7.442E+01	1.061E+04	6.105E+06	2.169E+02	1.097E+01	2.473E-01	1.402E+03	3.567E-03	8.968E+01	3.587E+00	
		容器-52	5.589E+04	1.550E+01	1.978E-05	0.000E+00	1.376E+05	1.251E+02	1.784E+04	1.026E+07	3.646E+02	1.845E+01	4.158E-01	2.357E+03	5.997E-03	1.508E+02	6.031E+00	
		容器-51	8.692E+05	1.915E+02	5.657E-04	0.000E+00	4.539E+06	5.853E+03	8.395E+05	1.319E+08	4.209E+03	1.255E+02	2.829E+01	2.768E+04	6.770E-02	1.749E+03	7.016E+01	
	燃料棒 (UO_2) + 集合体 (UO_2 +Gd)	2013	容器-50	8.603E+05	1.896E+02	5.599E-04	0.000E+00	4.492E+06	5.793E+03	8.310E+05	1.306E+08	4.166E+03	1.243E+02	2.801E+01	2.740E+04	6.701E-02	1.731E+03	6.944E+01
			容器-48	2.634E+06	5.804E+02	1.714E-03	0.000E+00	1.375E+07	1.774E+04	2.544E+06	3.997E+08	1.275E+04	3.804E+03	8.574E+01	8.389E+04	2.052E-01	5.301E+03	2.126E+02
			容器-49	7.809E+05	1.721E+02	5.082E-04	0.000E+00	4.078E+06	5.258E+03	7.543E+05	1.185E+08	3.781E+03	1.128E+03	2.542E+01	2.487E+04	6.083E-02	1.572E+03	6.303E+01
			容器-44	1.937E+06	4.268E+02	1.261E-03	0.000E+00	1.011E+07	1.304E+04	1.871E+06	2.939E+08	9.378E+03	2.797E+03	6.305E+01	6.169E+04	1.509E-01	3.898E+03	1.563E+02
			容器-45	1.438E+06	3.169E+02	9.361E-04	0.000E+00	7.511E+06	9.685E+03	1.389E+06	2.183E+08	6.964E+03	2.077E+03	4.682E+01	4.581E+04	1.120E-01	2.895E+03	1.161E+02
		容器-40	9.486E+05	2.090E+02	6.174E-04	0.000E+00	4.953E+06	6.387E+03	9.163E+05	1.439E+08	4.593E+03	1.370E+03	3.088E+01	3.021E+04	7.389E-02	1.909E+03	7.657E+01	
		容器-43	7.986E+05	1.760E+02	5.197E-04	0.000E+00	4.170E+06	5.377E+03	7.714E+05	1.212E+08	3.867E+03	1.153E+03	2.600E+01	2.543E+04	6.220E-02	1.607E+03	6.446E+01	
		容器-42	5.471E+05	1.205E+02	3.561E-04	0.000E+00	2.857E+06	3.684E+03	5.284E+05	8.302E+07	2.649E+03	7.901E+02	1.781E+01	1.742E+04	4.261E-02	1.101E+03	4.416E+01	
		容器-47	1.213E+04	2.673E+00	7.896E-06	0.000E+00	6.336E+04	8.170E+01	1.172E+04	1.841E+06	5.875E+01	1.752E+01	3.950E-01	3.864E+02	9.451E-04	2.442E+01	9.793E-01	
		容器-46	1.999E+05	4.404E+01	1.301E-04	0.000E+00	1.044E+06	1.346E+03	1.931E+05	3.033E+07	9.678E+02	2.887E+02	6.506E+00	6.366E+03	1.557E-02	4.022E+02	1.613E+01	
		容器-41	1.588E+05	3.500E+01	1.034E-04	0.000E+00	8.294E+05	1.069E+03	1.534E+05	2.410E+07	7.691E+02	2.294E+02	5.170E+00	5.059E+03	3.196E+02	3.196E+02	1.283E+02	
		容器-31	2.818E+06	6.180E+02	1.679E-03	0.000E+00	1.382E+07	1.767E+04	2.527E+06	4.475E+08	1.425E+04	3.748E+03	8.433E+01	9.325E+04	2.174E-01	5.752E+03	2.331E+02	
		容器-34	2.336E+06	5.123E+02	1.391E-03	0.000E+00	1.145E+07	1.465E+04	2.094E+06	3.710E+08	1.181E+04	3.107E+03	6.991E+01	7.731E+04	1.802E-01	4.769E+03	1.932E+02	
		容器-38	2.000E+06	4.387E+02	1.192E-03	0.000E+00	9.808E+06	1.255E+04	1.794E+06	3.177E+08	1.011E+04	2.661E+03	5.987E+01	6.620E+04	1.544E-01	4.084E+03	1.655E+02	
		容器-39	1.979E+06	4.340E+02	1.179E-03	0.000E+00	9.702E+06	1.241E+04	1.774E+06	3.143E+08	1.000E+04	2.632E+03	5.923E+01	6.549E+04	1.527E-01	4.040E+03	1.637E+02	
		容器-28	1.742E+06	3.821E+02	1.038E-03	0.000E+00	8.542E+06	1.093E+04	1.562E+06	2.767E+08	8.808E+03	2.318E+03	5.214E+01	5.766E+04	1.344E-01	3.557E+03	1.441E+02	
		容器-36	1.295E+06	2.840E+02	7.713E-04	0.000E+00	6.349E+06	8.122E+03	1.161E+06	2.057E+08	6.546E+03	1.722E+03	3.875E+01	4.285E+04	9.992E-02	2.643E+03	1.071E+02	
		容器-29	1.217E+06	2.670E+02	7.252E-04	0.000E+00	5.969E+06	7.636E+03	1.092E+06	1.934E+08	6.155E+03	1.619E+03	3.644E+01	4.029E+04	9.394E-02	2.485E+03	1.007E+02	
		容器-30	1.204E+06	2.642E+02	7.175E-04	0.000E+00	5.906E+06	7.555E+03	1.080E+06	1.913E+08	6.090E+03	1.602E+03	3.605E+01	3.986E+04	9.295E-02	2.459E+03	9.963E+01	
		容器-27	1.149E+06	2.519E+02	6.842E-04	0.000E+00	5.632E+06	7.204E+03	1.030E+06	1.824E+08	5.807E+03	1.528E+03	3.438E+01	3.801E+04	8.863E-02	2.345E+03	9.501E+01	
		容器-37	8.302E+05	1.821E+02	4.946E-04	0.000E+00	4.071E+06	5.208E+03	7.445E+05	1.319E+08	4.198E+03	1.104E+03	2.485E+01	2.748E+04	6.407E-02	1.695E+03	6.867E+01	
		容器-32	7.012E+05	1.538E+02	4.177E-04	0.000E+00	3.438E+06	4.398E+03	6.287E+05	1.114E+08	3.545E+03	9.327E+02	2.099E+01	2.321E+04	5.411E-02	1.431E+03	5.800E+01	
		容器-33	6.753E+05	1.481E+02	4.023E-04	0.000E+00	3.311E+06	4.236E+03	6.056E+05	1.073E+08	3.415E+03	8.984E+02	2.021E+01	2.235E+04	5.212E-02	1.379E+03	5.586E+01	
		容器-35	2.220E+04	4.868E+00	1.322E-05	0.000E+00	1.088E+05	1.392E+02	1.990E+04	3.525E+06	1.122E+02	2.953E+01	6.644E-01	7.346E+02	1.713E-03	4.532E+01	1.836E+00	

表 11 保管容器内の核種の放射能量の評価結果 (2/2)

燃料種類	封入時期	容器番号	核種とその放射能量(Bq)														
			Cs-137	Eu-154	U-233	U-234	U-235	U-238	Pu-238	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Am-241	Am-242m	Am-243	Cm-242	Cm-244
燃料棒 (UO ₂) + 集合体 (Gd)	2014	容器-60	3.090E+08	2.040E+07	8.468E-02	3.178E+02	3.557E+01	7.763E+02	3.343E+07	9.100E+05	1.578E+06	2.659E+08	6.649E+06	2.621E+04	1.120E+05	2.400E+04	1.270E+07
		容器-55	2.390E+08	1.578E+07	6.550E-02	4.005E+02	2.751E+01	6.005E+02	1.039E+07	7.038E+05	1.221E+06	2.057E+08	5.143E+06	2.027E+04	8.665E+04	1.856E+04	9.820E+06
		容器-57	2.140E+08	1.413E+07	5.865E-02	3.586E+02	2.463E+01	5.377E+02	9.302E+06	6.302E+05	1.093E+06	1.842E+08	4.602E+06	1.815E+04	7.759E+04	1.662E+04	8.793E+06
		容器-54	1.630E+08	1.076E+07	4.467E-02	2.732E+02	1.876E+01	4.095E+02	7.085E+06	4.800E+05	8.324E+05	1.403E+08	3.507E+06	1.382E+04	5.910E+04	1.266E+04	6.697E+06
		容器-56	1.500E+08	9.903E+06	4.111E-02	2.514E+02	1.726E+01	3.769E+02	6.520E+06	4.417E+05	7.660E+05	1.291E+08	3.228E+06	1.272E+04	5.438E+04	1.165E+04	6.163E+06
		容器-58	1.350E+08	8.912E+06	3.700E-02	2.262E+02	1.554E+01	3.392E+02	5.868E+06	3.976E+05	6.894E+05	1.162E+08	2.905E+06	1.145E+04	4.895E+04	1.049E+04	5.547E+06
		容器-53	6.160E+07	4.067E+06	1.688E-02	1.032E+02	7.090E+00	1.548E+02	2.677E+06	1.814E+05	3.146E+05	5.301E+07	1.326E+06	5.224E+03	2.233E+04	4.784E+03	2.531E+06
		容器-59	9.100E+06	6.008E+05	2.494E-03	1.525E+01	1.047E+00	2.286E+01	3.955E+05	2.680E+04	4.647E+04	7.831E+06	1.958E+05	7.718E+02	3.299E+02	7.068E+02	3.739E+05
		容器-52	1.530E+07	1.010E+06	4.193E-03	2.564E+01	1.761E+00	3.844E+01	6.650E+05	4.506E+04	7.813E+04	1.317E+07	3.292E+05	1.298E+03	5.547E+03	1.188E+03	6.287E+05
		容器-51	1.970E+08	1.566E+07	2.707E-02	1.291E+02	3.234E+01	5.928E+02	5.909E+06	6.675E+05	1.021E+06	2.312E+08	2.922E+06	1.462E+04	5.186E+04	2.007E+04	5.651E+06
燃料棒 (UO ₂) + 集合体 (UO ₂ +Gd)	2013	容器-50	1.950E+08	1.550E+07	2.680E-02	1.278E+02	3.201E+01	5.868E+02	5.849E+06	6.608E+05	1.011E+06	2.289E+08	2.893E+06	1.447E+04	5.134E+04	1.987E+04	5.594E+06
		容器-48	5.970E+08	4.745E+07	8.204E-02	3.914E+02	9.800E+01	1.796E+03	1.179E+07	2.023E+06	3.095E+06	7.008E+08	8.856E+06	4.431E+04	1.572E+05	6.083E+04	1.712E+07
		容器-49	1.770E+08	1.407E+07	2.432E-02	1.160E+02	2.906E+01	5.326E+02	5.309E+06	5.998E+05	9.175E+05	2.078E+08	2.626E+06	1.314E+04	4.660E+04	1.804E+04	5.077E+06
		容器-44	4.390E+08	3.490E+07	6.033E-02	2.878E+02	7.207E+01	1.321E+03	1.317E+07	1.488E+06	2.276E+06	5.153E+08	6.512E+06	3.258E+04	1.156E+05	4.473E+04	1.259E+07
		容器-45	3.260E+08	2.591E+07	4.480E-02	2.137E+02	5.352E+01	9.810E+02	9.778E+06	1.105E+06	1.690E+06	8.827E+08	4.836E+06	2.420E+04	5.83E+04	3.222E+04	9.351E+06
		容器-40	2.150E+08	1.709E+07	2.955E-02	1.409E+02	3.529E+01	6.470E+02	6.449E+06	7.285E+05	1.114E+06	2.524E+08	3.189E+06	1.596E+04	5.660E+04	2.191E+04	6.167E+06
		容器-43	1.810E+08	1.439E+07	2.487E-02	1.187E+02	2.971E+01	5.447E+02	5.429E+06	6.133E+05	9.382E+05	1.212E+08	2.685E+06	1.343E+04	4.765E+04	1.844E+04	5.192E+06
		容器-42	1.240E+08	9.857E+06	1.704E-02	8.129E+01	2.036E+01	3.731E+02	3.719E+06	4.202E+05	6.427E+05	1.456E+08	1.839E+06	2.03E+03	3.265E+04	1.263E+04	3.557E+06
		容器-47	2.750E+06	2.186E+05	3.779E-04	1.803E+00	4.514E-01	8.275E+00	8.248E+04	9.319E+03	1.425E+04	3.228E+06	4.079E+04	0.041E+02	2.40E+02	2.802E+02	7.888E+04
		容器-46	4.530E+07	3.601E+06	6.225E-03	2.970E+01	7.436E+00	1.363E+02	1.359E+06	1.535E+05	2.348E+05	5.318E+07	6.720E+05	3.362E+03	1.193E+04	4.616E+03	1.299E+06
燃料棒 (UO ₂) + 集合体 (UO ₂ +Gd)	2012	容器-41	3.600E+07	2.862E+06	4.947E-03	2.360E+01	5.910E+00	1.083E+02	1.080E+06	1.220E+05	1.866E+05	4.226E+05	5.340E+05	2.672E+03	9.478E+03	3.668E+03	1.033E+06
		容器-31	6.550E+08	4.969E+07	9.897E-02	4.757E+02	1.199E+02	1.942E+03	1.971E+07	2.185E+06	3.334E+06	7.273E+08	9.804E+06	4.754E+04	1.639E+05	6.239E+04	1.761E+07
		容器-34	5.430E+08	4.119E+07	8.205E-02	3.943E+02	9.937E+01	1.610E+03	1.634E+07	1.811E+06	2.764E+06	5.030E+08	8.127E+06	3.941E+04	1.359E+05	5.172E+04	1.460E+07
		容器-38	4.650E+08	3.528E+07	7.026E-02	3.377E+02	8.510E+01	1.379E+03	1.400E+07	1.551E+06	2.367E+06	5.163E+08	6.960E+06	3.375E+04	1.163E+05	4.429E+04	1.250E+07
		容器-39	4.600E+08	3.490E+07	6.951E-02	3.341E+02	8.418E+01	1.364E+03	1.384E+07	1.534E+06	2.342E+06	5.108E+08	6.883E+06	3.339E+04	1.151E+05	4.381E+04	1.236E+07
		容器-28	4.050E+08	3.072E+07	6.120E-02	2.941E+02	7.412E+01	1.201E+03	1.219E+07	1.351E+06	2.062E+06	4.497E+08	6.062E+06	2.940E+04	1.013E+05	3.858E+04	1.089E+07
		容器-36	3.010E+08	2.283E+07	4.548E-02	2.186E+02	5.509E+01	8.925E+02	9.059E+06	1.004E+06	1.532E+06	3.342E+08	4.505E+06	2.185E+04	7.531E+04	2.867E+04	8.090E+06
		容器-29	2.830E+08	2.147E+07	4.276E-02	2.055E+02	5.179E+01	8.391E+02	8.517E+06	9.440E+05	1.441E+06	3.142E+08	4.236E+06	2.054E+04	7.081E+04	2.696E+04	7.607E+06
		容器-30	2.800E+08	2.124E+07	4.231E-02	2.033E+02	5.124E+01	8.302E+02	8.427E+06	9.340E+05	1.425E+06	3.109E+08	4.191E+06	2.032E+04	7.006E+04	2.667E+04	7.526E+06
		容器-27	2.670E+08	2.026E+07	4.034E-02	1.939E+02	4.886E+01	7.917E+02	8.036E+06	8.906E+05	1.359E+06	2.965E+08	3.996E+06	1.938E+04	6.80E+04	2.543E+04	7.177E+06
容器-37	1.930E+08	1.464E+07	2.916E-02	1.402E+02	3.532E+01	5.723E+02	5.809E+06	6.438E+05	9.825E+05	1.143E+08	2.889E+06	1.401E+04	8.29E+04	1.838E+04	5.188E+06		
容器-32	1.630E+08	1.237E+07	2.463E-02	1.184E+02	2.983E+01	4.833E+02	1.906E+06	5.437E+05	8.297E+05	1.810E+08	2.440E+06	1.183E+04	4.078E+04	1.553E+04	4.381E+06		
容器-33	1.570E+08	1.191E+07	2.372E-02	1.140E+02	2.873E+01	4.655E+02	1.725E+06	5.237E+05	7.992E+05	1.743E+08	2.350E+06	1.140E+04	3.928E+04	1.495E+04	4.220E+06		
容器-35	5.160E+06	3.915E+05	7.797E-04	3.747E+00	9.443E-01	1.530E+01	1.553E+05	1.721E+04	2.627E+04	5.730E+06	7.723E+04	3.745E+02	1.291E+03	4.915E+02	1.387E+05		

表12 保管容器内のCs-137 放射能量

燃料種類	封入時期	容器番号	Cs137 放射能 (Bq)
燃料棒B (UO ₂) + 集合体D (Gd)	2014	容器-60	3.09E+08
		容器-55	2.39E+08
		容器-57	2.14E+08
		容器-54	1.63E+08
		容器-56	1.50E+08
		容器-58	1.35E+08
		容器-53	6.16E+07
		容器-59	9.10E+06
燃料棒B (UO ₂) + 集合体D (UO ₂ +Gd)	2013	容器-51	1.97E+08
		容器-50	1.95E+08
		容器-48	5.97E+08
		容器-49	1.77E+08
		容器-44	4.39E+08
		容器-45	3.26E+08
		容器-40	2.15E+08
		容器-43	1.81E+08
		容器-42	1.24E+08
		容器-47	2.75E+06
		容器-46	4.53E+07
容器-41	3.60E+07		
燃料棒B (UO ₂) + 集合体D (UO ₂ +Gd)	2012	容器-31	6.55E+08
		容器-34	5.43E+08
		容器-38	4.65E+08
		容器-39	4.60E+08
		容器-28	4.05E+08
		容器-36	3.01E+08
		容器-29	2.83E+08
		容器-30	2.80E+08
		容器-27	2.67E+08
		容器-37	1.93E+08
		容器-32	1.63E+08
		容器-33	1.57E+08
		容器-35	5.16E+06

表 13 複数の燃料で汚染された廃棄物の収納された保管容器の核種の放射エネルギー (代表燃料で評価) (1/2)

燃料種類	封入時期	核種とその放射エネルギー(Bq)																		
		H-3	C-14	Cl-36	Ca-41	Co-60	Ni-59	Ni-63	Sr-90	Zr-93	Nb-94	Mo-93	Te-99	Ag-108m	Sr-126	I-129				
燃料棒B (UO_2 *) + 集合体D (Cd)	2014	容器-60	1.07E+06	3.14E+02	2.80E-04	0.00E+00	1.76E+06	9.76E+02	1.37E+05	2.08E+08	7.55E+03	5.74E-01	0.00E+00	4.86E+04	1.24E-01	3.10E+03	1.24E+02			
		容器-57	8.30E+05	2.43E+02	2.16E-04	0.00E+00	1.36E+06	7.55E+02	1.06E+05	1.61E+08	5.24E+03	4.44E-01	0.00E+00	3.76E+04	9.56E-02	2.40E+03	9.61E+01			
		容器-55	7.43E+05	2.18E+02	1.94E-04	0.00E+00	1.22E+06	6.66E+02	9.46E+04	1.44E+08	5.23E+03	3.97E-01	0.00E+00	3.37E+04	8.56E-02	2.15E+03	8.16E+01			
		容器-54	5.66E+05	1.66E+02	1.48E-04	0.00E+00	9.27E+05	5.15E+02	7.21E+04	1.10E+08	3.98E+03	3.03E-01	0.00E+00	2.56E+04	6.52E-02	1.64E+03	6.55E+01			
		容器-56	5.21E+05	1.53E+02	1.36E-04	0.00E+00	8.53E+05	4.74E+02	6.63E+04	1.01E+08	3.66E+03	2.79E-01	0.00E+00	2.36E+04	6.00E-02	1.51E+03	6.03E+01			
		容器-58	4.69E+05	1.37E+02	1.22E-04	0.00E+00	7.67E+05	4.26E+02	5.97E+04	9.09E+07	3.30E+03	2.51E-01	0.00E+00	2.12E+04	5.40E-02	1.36E+03	5.43E+01			
		容器-59	2.14E+05	6.26E+01	5.58E-05	0.00E+00	3.50E+05	1.95E+02	2.72E+04	4.15E+07	1.50E+07	1.14E-01	0.00E+00	9.69E+03	2.46E-02	6.19E+02	2.48E+01			
		容器-53	3.16E+04	9.25E+00	8.24E-06	0.00E+00	5.17E+04	4.02E+03	6.13E+06	2.22E+02	2.22E+02	1.69E-02	0.00E+00	1.43E+03	3.64E-03	9.14E+01	3.66E+00			
		容器-52	5.31E+04	1.56E+01	1.39E-05	0.00E+00	8.70E+04	4.83E+01	6.76E+03	1.03E+07	3.74E+02	2.84E-02	0.00E+00	2.41E+03	6.12E-03	1.54E+02	6.15E+00			
		容器-51	8.83E+05	1.96E+02	6.07E-04	0.00E+00	4.78E+06	6.18E+03	8.88E+05	1.30E+08	4.16E+03	1.33E+03	3.01E+01	2.75E+04	6.99E-02	1.77E+03	7.04E+01			
		容器-50	8.74E+05	1.94E+02	6.01E-04	0.00E+00	4.73E+06	6.11E+03	8.79E+05	1.28E+08	4.12E+03	1.32E+03	2.98E+01	2.72E+04	6.98E-02	1.75E+03	6.97E+01			
		容器-48	2.68E+06	5.95E+02	1.84E-03	0.00E+00	1.45E+07	1.87E+04	2.69E+06	3.93E+08	1.26E+04	4.04E+03	9.11E+01	8.32E+04	2.12E-01	5.37E+03	2.13E+02			
		容器-49	7.93E+05	1.77E+02	5.46E-04	0.00E+00	4.29E+06	5.55E+03	7.98E+05	1.16E+08	3.74E+03	1.20E+03	2.70E+01	2.47E+04	6.28E-02	1.59E+03	6.33E+01			
		容器-44	1.97E+06	4.38E+02	1.35E-03	0.00E+00	1.06E+07	1.38E+04	1.98E+06	2.89E+08	9.27E+03	2.97E+03	6.70E+01	6.12E+04	1.56E-01	3.95E+03	1.57E+02			
		容器-45	1.46E+06	3.25E+02	1.01E-03	0.00E+00	7.91E+06	1.02E+04	1.47E+06	2.15E+08	6.88E+03	2.20E+03	4.97E+01	4.54E+04	1.16E-01	2.93E+03	1.17E+02			
		容器-40	9.64E+05	2.14E+02	6.63E-04	0.00E+00	5.21E+06	6.74E+03	9.69E+05	1.41E+08	4.54E+03	1.45E+03	3.28E+01	3.00E+04	7.63E-02	1.93E+03	7.69E+01			
		容器-43	8.11E+05	1.81E+02	5.58E-04	0.00E+00	4.39E+06	5.67E+03	8.16E+05	1.19E+08	3.82E+03	1.22E+03	2.70E+01	2.52E+04	6.42E-02	1.63E+03	6.47E+01			
		容器-42	5.56E+05	1.24E+02	3.82E-04	0.00E+00	3.01E+06	3.89E+03	5.59E+05	8.16E+07	2.62E+03	8.38E+02	1.89E+01	1.73E+04	4.40E-02	1.11E+03	4.43E+01			
容器-47	1.23E+04	2.74E+00	8.48E-06	0.00E+00	6.67E+04	8.62E+01	1.24E+04	1.81E+06	5.81E+01	1.86E+01	4.20E-01	3.83E+02	9.76E-04	2.47E+01	9.83E-01					
容器-46	2.03E+05	4.52E+01	1.40E-04	0.00E+00	1.10E+06	1.42E+03	2.04E+05	2.98E+07	9.56E+02	3.06E+02	6.91E+00	6.31E+03	1.61E-02	4.07E+02	1.62E+01					
容器-41	1.61E+05	3.59E+01	1.11E-04	0.00E+00	8.73E+05	1.13E+03	1.62E+05	2.37E+07	7.60E+02	2.43E+02	5.49E+00	5.02E+03	1.28E-02	3.24E+02	1.29E+01					
容器-31	2.94E+06	6.53E+02	2.02E-03	0.00E+00	1.59E+07	2.05E+04	2.95E+06	4.31E+08	1.38E+04	4.43E+03	9.99E+01	9.13E+04	2.32E-01	5.89E+03	2.34E+02					
容器-34	2.43E+06	5.42E+02	1.67E-03	0.00E+00	1.32E+07	1.70E+04	2.45E+06	3.57E+08	1.15E+04	3.67E+03	8.29E+01	7.57E+04	1.93E-01	4.88E+03	1.94E+02					
容器-38	2.08E+06	4.64E+02	1.43E-03	0.00E+00	1.13E+07	1.46E+04	2.10E+06	3.06E+08	9.82E+03	3.14E+03	7.10E+01	6.48E+04	1.65E-01	4.18E+03	1.66E+02					
容器-39	2.06E+06	4.59E+02	1.42E-03	0.00E+00	1.12E+07	1.44E+04	2.07E+06	3.03E+08	9.71E+03	3.11E+03	7.02E+01	6.41E+04	1.63E-01	4.14E+03	1.64E+02					
容器-28	1.82E+06	4.04E+02	1.25E-03	0.00E+00	9.82E+06	1.27E+04	1.83E+06	2.67E+08	8.55E+03	2.74E+03	6.18E+01	5.64E+04	1.44E-01	3.64E+03	1.45E+02					
容器-36	1.35E+06	3.00E+02	9.28E-04	0.00E+00	7.30E+06	9.44E+03	1.36E+06	1.98E+08	6.36E+03	2.04E+03	4.59E+01	4.20E+04	1.07E-01	2.71E+03	1.08E+02					
容器-29	1.27E+06	2.82E+02	8.72E-04	0.00E+00	6.86E+06	8.87E+03	1.28E+06	1.86E+08	5.98E+03	1.91E+03	4.32E+01	3.94E+04	1.00E-01	2.54E+03	1.01E+02					
容器-30	1.25E+06	2.79E+02	8.63E-04	0.00E+00	6.79E+06	8.78E+03	1.26E+06	1.84E+08	5.91E+03	1.89E+03	4.27E+01	3.90E+04	9.94E-02	2.52E+03	1.00E+02					
容器-27	1.20E+06	2.66E+02	8.23E-04	0.00E+00	6.47E+06	8.37E+03	1.20E+06	1.76E+08	5.64E+03	1.81E+03	4.07E+01	3.72E+04	9.48E-02	2.40E+03	9.55E+01					
容器-37	8.65E+05	1.93E+02	5.95E-04	0.00E+00	4.68E+06	6.05E+03	8.70E+05	1.27E+08	4.08E+03	1.31E+03	2.95E+01	2.69E+04	6.85E-02	1.74E+03	6.80E+01					
容器-32	7.31E+05	1.63E+02	5.03E-04	0.00E+00	3.95E+06	5.11E+03	7.35E+05	1.07E+08	3.44E+03	1.10E+03	2.49E+01	2.27E+04	5.79E-02	1.47E+03	5.83E+01					
容器-33	7.04E+05	1.57E+02	4.84E-04	0.00E+00	3.81E+06	4.92E+03	7.08E+05	1.03E+08	3.31E+03	1.06E+03	2.40E+01	2.19E+04	5.57E-02	1.41E+03	5.61E+01					
容器-35	2.31E+04	5.15E+00	1.59E-05	0.00E+00	1.25E+05	1.62E+02	2.33E+04	3.40E+06	1.09E+02	3.49E+01	7.87E-01	7.19E+02	1.83E-03	4.64E+01	1.84E+00					

*:代表燃料

表 13 複数の燃料で汚染された廃棄物の収納された保管容器的核種の放射能量 (代表燃料で評価) (2/2)

燃料種類	封入時期	容器番号	核種とその放射能量(Bq)															
			Cs-137	Eu-154	U-233	U-234	U-235	U-238	Pu-238	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Am-241	Am-242m	Am-243	Cm-242	Cm-244	
燃料棒B (UO ₂ *) + 集合体D (Gd)	2014	容器-60	3.09E+08	1.93E+07	9.43E-02	5.88E+02	3.34E+01	7.42E+02	1.43E+07	8.78E+05	1.57E+06	2.42E+08	2.68E+04	1.18E+05	2.21E+04	1.34E+07		
		容器-57	2.39E+08	1.49E+07	7.30E-02	4.55E+02	2.59E+01	5.74E+02	1.11E+07	6.79E+05	1.21E+06	1.87E+08	2.07E+04	9.11E+04	1.71E+04	1.04E+07		
		容器-55	2.14E+08	1.34E+07	6.30E-02	4.07E+02	2.92E+01	5.14E+02	9.91E+06	6.08E+05	1.09E+06	1.68E+08	4.91E+06	1.86E+04	8.15E+04	9.28E+06		
		容器-54	1.63E+08	1.02E+07	4.98E-02	3.10E+02	1.76E+01	3.91E+02	7.55E+06	4.63E+05	8.27E+05	1.28E+08	3.74E+06	1.41E+04	6.21E+04	1.16E+04	7.07E+06	
		容器-56	1.50E+08	9.38E+06	4.58E-02	2.85E+02	1.62E+01	3.60E+02	6.95E+06	4.26E+05	7.61E+05	1.17E+08	3.44E+06	1.30E+04	5.72E+04	1.07E+04	6.51E+06	
		容器-58	1.35E+08	8.44E+06	4.12E-02	2.57E+02	1.46E+01	3.24E+02	6.25E+06	3.84E+05	6.85E+05	1.06E+08	3.10E+06	1.17E+04	5.14E+04	9.63E+03	5.85E+06	
		容器-53	6.16E+07	3.83E+06	1.88E-02	1.17E+02	6.67E-01	1.48E+02	2.85E+06	1.75E+05	3.13E+05	4.82E+07	1.41E+06	5.34E+03	2.35E+04	4.40E+02	2.67E+06	
		容器-59	9.10E+06	5.69E+05	2.78E-03	1.73E+01	9.85E-01	2.18E+01	4.21E+05	2.59E+04	4.62E+04	7.13E+06	2.09E+05	7.89E+02	3.47E+03	3.47E+02	3.95E+05	
		容器-52	1.53E+07	9.57E+05	4.67E-03	2.91E+01	1.66E+00	3.67E+01	7.09E+05	4.35E+04	7.76E+04	1.20E+07	3.51E+05	1.33E+03	5.83E+03	1.09E+03	6.64E+05	
		容器-51	1.97E+08	1.62E+07	2.56E-02	1.94E+02	2.89E+01	5.97E+02	5.97E+06	6.74E+05	1.04E+06	2.40E+08	2.94E+06	1.50E+04	5.46E+04	2.10E+04	6.02E+06	
燃料棒B (UO ₂) + 集合体D (UO ₂ +Gd*)	2013	容器-50	1.95E+08	1.60E+07	2.54E-02	1.22E+02	2.86E+01	5.91E+02	5.91E+06	6.67E+05	1.03E+06	2.37E+08	2.91E+06	1.48E+04	5.41E+04	2.08E+04	5.96E+06	
		容器-48	5.97E+08	4.90E+07	7.76E-02	3.74E+02	1.81E+01	1.81E+03	1.81E+07	2.04E+06	3.14E+06	7.27E+08	8.91E+06	4.53E+04	1.65E+05	3.7E+04	1.83E+07	
		容器-49	1.77E+08	1.45E+07	2.30E-02	1.11E+02	2.60E+01	5.37E+02	5.37E+06	6.05E+05	9.31E+05	2.16E+08	2.64E+06	1.34E+04	4.91E+04	1.89E+04	1.41E+06	
		容器-44	4.39E+08	3.61E+07	5.71E-02	2.75E+02	6.45E+01	1.33E+03	1.33E+07	1.50E+06	2.31E+06	5.35E+08	6.55E+06	3.33E+04	1.22E+05	4.69E+04	1.34E+07	
		容器-45	3.26E+08	2.68E+07	4.24E-02	2.04E+02	4.79E+01	9.88E+02	9.88E+06	1.11E+06	1.71E+06	3.97E+08	4.86E+06	2.47E+04	9.04E+04	3.48E+04	9.97E+06	
		容器-43	2.15E+08	1.77E+07	2.80E-02	1.35E+02	3.16E+01	6.52E+02	6.52E+06	7.35E+05	1.13E+06	2.62E+08	3.21E+06	1.63E+04	5.96E+04	2.29E+04	6.57E+06	
		容器-40	1.81E+08	1.49E+07	2.35E-02	1.13E+02	2.66E+01	5.49E+02	5.49E+06	6.19E+05	9.52E+05	2.20E+08	2.70E+06	1.37E+04	5.02E+04	1.93E+04	5.53E+06	
		容器-42	1.24E+08	1.02E+07	1.61E-02	7.77E+01	1.82E+01	3.76E+02	3.76E+06	4.24E+05	6.52E+05	1.51E+08	1.85E+06	9.41E+03	3.44E+04	1.32E+04	3.79E+06	
		容器-47	2.75E+06	2.26E+05	3.58E-04	1.72E+00	4.04E-01	8.34E+00	8.34E+04	9.40E+03	1.45E+04	3.35E+06	4.10E+04	2.09E+02	7.62E+02	2.94E+02	8.41E+04	
		容器-46	4.53E+07	3.72E+06	5.89E-03	2.84E+01	6.65E+00	1.37E+02	1.37E+06	1.55E+05	2.38E+05	5.52E+07	6.76E+05	3.44E+03	1.26E+04	4.84E+03	1.38E+06	
燃料棒B (UO ₂) + 集合体D (UO ₂ +Gd*)	2012	容器-41	3.60E+07	2.96E+06	4.68E-03	2.26E+01	5.29E+00	1.09E+02	1.09E+06	1.23E+05	1.89E+05	4.38E+07	5.37E+05	2.73E+03	9.98E+03	3.84E+03	1.10E+06	
		容器-31	6.55E+08	5.38E+07	8.52E-02	4.11E+02	9.62E+01	1.99E+03	1.99E+07	2.24E+06	3.44E+06	7.98E+08	9.77E+06	4.97E+04	1.82E+05	6.99E+04	2.00E+07	
		容器-34	5.43E+08	4.46E+07	7.06E-02	3.40E+02	7.98E+01	1.65E+03	1.65E+07	1.86E+06	2.86E+06	6.61E+08	8.10E+06	4.12E+04	1.51E+05	5.80E+04	1.66E+07	
		容器-38	4.65E+08	3.82E+07	6.05E-02	2.92E+02	6.83E+01	1.41E+03	1.41E+07	1.59E+06	2.45E+06	5.66E+08	6.94E+06	3.53E+04	1.29E+05	4.96E+04	1.42E+07	
		容器-39	4.60E+08	3.78E+07	5.98E-02	2.88E+02	6.76E+01	1.39E+03	1.39E+07	1.57E+06	2.42E+06	5.60E+08	6.86E+06	3.49E+04	1.28E+05	4.91E+04	1.41E+07	
		容器-28	4.05E+08	3.33E+07	5.27E-02	2.54E+02	5.95E+01	1.23E+03	1.23E+07	1.38E+06	2.13E+06	4.93E+08	6.04E+06	3.07E+04	1.12E+05	4.32E+04	1.24E+07	
		容器-36	3.01E+08	2.47E+07	3.91E-02	1.89E+02	4.42E+01	9.12E+02	9.12E+06	1.03E+06	1.58E+06	3.67E+08	4.49E+06	2.28E+04	8.34E+04	3.21E+04	9.20E+06	
		容器-29	2.83E+08	2.32E+07	3.68E-02	1.77E+02	4.16E+01	8.58E+02	8.58E+06	9.68E+05	1.49E+06	3.45E+08	4.22E+06	2.15E+04	7.84E+04	3.02E+04	8.65E+06	
		容器-30	2.80E+08	2.30E+07	3.64E-02	1.76E+02	4.11E+01	8.49E+02	8.49E+06	9.58E+05	1.47E+06	3.41E+08	4.18E+06	2.13E+04	7.76E+04	2.99E+04	8.56E+06	
		容器-27	2.67E+08	2.19E+07	3.47E-02	1.67E+02	3.92E+01	8.09E+02	8.09E+06	9.13E+05	1.40E+06	3.25E+08	3.98E+06	2.03E+04	7.40E+04	2.85E+04	8.16E+06	
容器-37	1.93E+08	1.59E+07	2.51E-02	1.21E+02	2.84E+01	5.85E+02	5.85E+06	6.60E+05	1.02E+06	2.35E+08	2.88E+06	1.47E+04	5.35E+04	2.06E+04	5.90E+06			
容器-32	1.63E+08	1.34E+07	2.12E-02	1.02E+02	2.39E+01	4.94E+02	4.94E+06	5.57E+05	8.57E+05	1.98E+08	2.43E+06	1.24E+04	4.52E+04	1.74E+04	4.98E+06			
容器-33	1.57E+08	1.28E+07	2.04E-02	9.84E+01	2.31E+01	4.76E+02	4.76E+06	5.37E+05	8.26E+05	1.91E+08	2.34E+06	1.19E+04	4.35E+04	1.68E+04	4.80E+06			
容器-35	5.16E+06	4.24E+05	6.71E-04	3.24E+00	7.58E-01	1.56E+01	1.56E+05	1.76E+04	2.71E+04	6.28E+06	7.70E+04	3.92E+02	1.43E+03	5.51E+02	1.58E+05			

*:代表燃料

表 14 保管容器の核種の放射能量の相対値 (重みづけ評価／代表燃料で評価) (1/2)

燃料種類	封入時期	容器番号	核種とその放射能量の相対値(-)															
			H-3	C-14	Cl-36	Ca-41	Co-60	Ni-59	Ni-63	Sr-90	Zr-93	Nb-94	Mo-93	Tc-99	Ag-108m	Sn-126	I-129	
燃料棒B (UO ₂) + 集合体D (Gd)	2014	容器-60	1.05E+00	9.97E-01	1.43E+00	-	1.58E+00	2.59E+00	2.64E+00	9.96E-01	9.76E-01	6.49E+02	-	9.80E-01	9.80E-01	9.81E-01	9.80E-01	
		容器-55	1.05E+00	9.97E-01	1.43E+00	-	1.58E+00	2.59E+00	2.64E+00	9.96E-01	9.76E-01	6.49E+02	-	9.80E-01	9.80E-01	9.81E-01	9.80E-01	
		容器-57	1.05E+00	9.97E-01	1.43E+00	-	1.58E+00	2.59E+00	2.64E+00	9.96E-01	9.76E-01	6.49E+02	-	9.80E-01	9.80E-01	9.81E-01	9.80E-01	
		容器-54	1.05E+00	9.97E-01	1.43E+00	-	1.58E+00	2.59E+00	2.64E+00	9.96E-01	9.76E-01	6.49E+02	-	9.80E-01	9.80E-01	9.81E-01	9.80E-01	
		容器-56	1.05E+00	9.97E-01	1.43E+00	-	1.58E+00	2.59E+00	2.64E+00	9.96E-01	9.76E-01	6.49E+02	-	9.80E-01	9.80E-01	9.81E-01	9.80E-01	
		容器-58	1.05E+00	9.97E-01	1.43E+00	-	1.58E+00	2.59E+00	2.64E+00	9.96E-01	9.76E-01	6.49E+02	-	9.80E-01	9.80E-01	9.81E-01	9.80E-01	
		容器-53	1.05E+00	9.97E-01	1.43E+00	-	1.58E+00	2.59E+00	2.64E+00	9.96E-01	9.76E-01	6.49E+02	-	9.80E-01	9.80E-01	9.81E-01	9.80E-01	
		容器-59	1.05E+00	9.97E-01	1.43E+00	-	1.58E+00	2.59E+00	2.64E+00	9.96E-01	9.76E-01	6.49E+02	-	9.80E-01	9.80E-01	9.81E-01	9.80E-01	
		容器-52	1.05E+00	9.97E-01	1.43E+00	-	1.58E+00	2.59E+00	2.64E+00	9.96E-01	9.76E-01	6.49E+02	-	9.80E-01	9.80E-01	9.81E-01	9.80E-01	
		容器-51	9.84E-01	9.75E-01	9.31E-01	-	9.50E-01	9.48E-01	9.45E-01	1.02E+00	1.01E+00	9.42E-01	9.41E-01	9.41E-01	1.01E+00	9.68E-01	9.88E-01	9.96E-01
燃料棒B (UO ₂) + 集合体D (UO ₂ +Gd)	2013	容器-50	9.84E-01	9.75E-01	9.31E-01	-	9.50E-01	9.48E-01	9.45E-01	1.02E+00	1.01E+00	9.42E-01	9.41E-01	9.41E-01	1.01E+00	9.68E-01	9.88E-01	9.96E-01
		容器-48	9.84E-01	9.75E-01	9.31E-01	-	9.50E-01	9.48E-01	9.45E-01	1.02E+00	1.01E+00	9.42E-01	9.41E-01	9.41E-01	1.01E+00	9.68E-01	9.88E-01	9.96E-01
		容器-49	9.84E-01	9.75E-01	9.31E-01	-	9.50E-01	9.48E-01	9.45E-01	1.02E+00	1.01E+00	9.42E-01	9.41E-01	9.41E-01	1.01E+00	9.68E-01	9.88E-01	9.96E-01
		容器-44	9.84E-01	9.75E-01	9.31E-01	-	9.50E-01	9.48E-01	9.45E-01	1.02E+00	1.01E+00	9.42E-01	9.41E-01	9.41E-01	1.01E+00	9.68E-01	9.88E-01	9.96E-01
		容器-45	9.84E-01	9.75E-01	9.31E-01	-	9.50E-01	9.48E-01	9.45E-01	1.02E+00	1.01E+00	9.42E-01	9.41E-01	9.41E-01	1.01E+00	9.68E-01	9.88E-01	9.96E-01
		容器-40	9.84E-01	9.75E-01	9.31E-01	-	9.50E-01	9.48E-01	9.45E-01	1.02E+00	1.01E+00	9.42E-01	9.41E-01	9.41E-01	1.01E+00	9.68E-01	9.88E-01	9.96E-01
		容器-43	9.84E-01	9.75E-01	9.31E-01	-	9.50E-01	9.48E-01	9.45E-01	1.02E+00	1.01E+00	9.42E-01	9.41E-01	9.41E-01	1.01E+00	9.68E-01	9.88E-01	9.96E-01
		容器-42	9.84E-01	9.75E-01	9.31E-01	-	9.50E-01	9.48E-01	9.45E-01	1.02E+00	1.01E+00	9.42E-01	9.41E-01	9.41E-01	1.01E+00	9.68E-01	9.88E-01	9.96E-01
		容器-47	9.84E-01	9.75E-01	9.31E-01	-	9.50E-01	9.48E-01	9.45E-01	1.02E+00	1.01E+00	9.42E-01	9.41E-01	9.41E-01	1.01E+00	9.68E-01	9.88E-01	9.96E-01
		容器-46	9.84E-01	9.75E-01	9.31E-01	-	9.50E-01	9.48E-01	9.45E-01	1.02E+00	1.01E+00	9.42E-01	9.41E-01	9.41E-01	1.01E+00	9.68E-01	9.88E-01	9.96E-01
容器-41	9.84E-01	9.75E-01	9.31E-01	-	9.50E-01	9.48E-01	9.45E-01	1.02E+00	1.01E+00	9.42E-01	9.41E-01	9.41E-01	1.01E+00	9.68E-01	9.88E-01	9.96E-01		
燃料棒B (UO ₂) + 集合体D (UO ₂ +Gd)	2012	容器-31	9.60E-01	9.46E-01	8.31E-01	-	8.70E-01	8.61E-01	8.56E-01	1.04E+00	1.03E+00	8.46E-01	8.44E-01	1.02E+00	9.35E-01	9.77E-01	9.95E-01	
		容器-34	9.60E-01	9.46E-01	8.31E-01	-	8.70E-01	8.61E-01	8.56E-01	1.04E+00	1.03E+00	8.46E-01	8.44E-01	1.02E+00	9.35E-01	9.77E-01	9.95E-01	
		容器-38	9.60E-01	9.46E-01	8.31E-01	-	8.70E-01	8.61E-01	8.56E-01	1.04E+00	1.03E+00	8.46E-01	8.44E-01	1.02E+00	9.35E-01	9.77E-01	9.95E-01	
		容器-39	9.60E-01	9.46E-01	8.31E-01	-	8.70E-01	8.61E-01	8.56E-01	1.04E+00	1.03E+00	8.46E-01	8.44E-01	1.02E+00	9.35E-01	9.77E-01	9.95E-01	
		容器-28	9.60E-01	9.46E-01	8.31E-01	-	8.70E-01	8.61E-01	8.56E-01	1.04E+00	1.03E+00	8.46E-01	8.44E-01	1.02E+00	9.35E-01	9.77E-01	9.95E-01	
		容器-36	9.60E-01	9.46E-01	8.31E-01	-	8.70E-01	8.61E-01	8.56E-01	1.04E+00	1.03E+00	8.46E-01	8.44E-01	1.02E+00	9.35E-01	9.77E-01	9.95E-01	
		容器-29	9.60E-01	9.46E-01	8.31E-01	-	8.70E-01	8.61E-01	8.56E-01	1.04E+00	1.03E+00	8.46E-01	8.44E-01	1.02E+00	9.35E-01	9.77E-01	9.95E-01	
		容器-30	9.60E-01	9.46E-01	8.31E-01	-	8.70E-01	8.61E-01	8.56E-01	1.04E+00	1.03E+00	8.46E-01	8.44E-01	1.02E+00	9.35E-01	9.77E-01	9.95E-01	
		容器-27	9.60E-01	9.46E-01	8.31E-01	-	8.70E-01	8.61E-01	8.56E-01	1.04E+00	1.03E+00	8.46E-01	8.44E-01	1.02E+00	9.35E-01	9.77E-01	9.95E-01	
		容器-37	9.60E-01	9.46E-01	8.31E-01	-	8.70E-01	8.61E-01	8.56E-01	1.04E+00	1.03E+00	8.46E-01	8.44E-01	1.02E+00	9.35E-01	9.77E-01	9.95E-01	
容器-32	9.60E-01	9.46E-01	8.31E-01	-	8.70E-01	8.61E-01	8.56E-01	1.04E+00	1.03E+00	8.46E-01	8.44E-01	1.02E+00	9.35E-01	9.77E-01	9.95E-01			
容器-33	9.60E-01	9.46E-01	8.31E-01	-	8.70E-01	8.61E-01	8.56E-01	1.04E+00	1.03E+00	8.46E-01	8.44E-01	1.02E+00	9.35E-01	9.77E-01	9.95E-01			
容器-35	9.60E-01	9.46E-01	8.31E-01	-	8.70E-01	8.61E-01	8.56E-01	1.04E+00	1.03E+00	8.46E-01	8.44E-01	1.02E+00	9.35E-01	9.77E-01	9.95E-01			

表 14 保管容器の核種の放射能量の相対値 (重みづけ評価 / 代表燃料で評価) (2/2)

燃料種類	封入時期	容器番号	核種とその放射能量の相対値(%)															
			Cs-137	Eu-154	U-233	U-234	U-235	U-238	Pu-238	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Am-241	Am-242m	Am-243	Cm-242	Cm-244	
燃料棒B (UO ₂) + 集合体D (Gd)	2014	容器-60	1.00E+00	1.06E+00	8.98E-01	8.81E-01	1.06E+00	1.06E+00	1.05E+00	9.38E-01	1.04E+00	1.01E+00	1.10E+00	9.38E-01	9.78E-01	1.09E+00	9.47E-01	
		容器-55	1.00E+00	1.06E+00	8.98E-01	8.81E-01	1.06E+00	1.06E+00	1.05E+00	9.38E-01	1.04E+00	1.01E+00	1.10E+00	9.38E-01	9.78E-01	1.09E+00	9.47E-01	
		容器-57	1.00E+00	1.06E+00	8.98E-01	8.81E-01	1.06E+00	1.06E+00	1.05E+00	9.38E-01	1.04E+00	1.01E+00	1.10E+00	9.38E-01	9.78E-01	1.09E+00	9.47E-01	
		容器-54	1.00E+00	1.06E+00	8.98E-01	8.81E-01	1.06E+00	1.06E+00	1.05E+00	9.38E-01	1.04E+00	1.01E+00	1.10E+00	9.38E-01	9.78E-01	1.09E+00	9.47E-01	
		容器-56	1.00E+00	1.06E+00	8.98E-01	8.81E-01	1.06E+00	1.06E+00	1.05E+00	9.38E-01	1.04E+00	1.01E+00	1.10E+00	9.38E-01	9.78E-01	1.09E+00	9.47E-01	
		容器-58	1.00E+00	1.06E+00	8.98E-01	8.81E-01	1.06E+00	1.06E+00	1.05E+00	9.38E-01	1.04E+00	1.01E+00	1.10E+00	9.38E-01	9.78E-01	1.09E+00	9.47E-01	
		容器-53	1.00E+00	1.06E+00	8.98E-01	8.81E-01	1.06E+00	1.06E+00	1.05E+00	9.38E-01	1.04E+00	1.01E+00	1.10E+00	9.38E-01	9.78E-01	1.09E+00	9.47E-01	
		容器-59	1.00E+00	1.06E+00	8.98E-01	8.81E-01	1.06E+00	1.06E+00	1.05E+00	9.38E-01	1.04E+00	1.01E+00	1.10E+00	9.38E-01	9.78E-01	1.09E+00	9.47E-01	
		容器-52	1.00E+00	1.06E+00	8.98E-01	8.81E-01	1.06E+00	1.06E+00	1.05E+00	9.38E-01	1.04E+00	1.01E+00	1.10E+00	9.38E-01	9.78E-01	1.09E+00	9.47E-01	
		容器-51	1.00E+00	1.06E+00	8.98E-01	8.81E-01	1.06E+00	1.06E+00	1.05E+00	9.38E-01	1.04E+00	1.01E+00	1.10E+00	9.38E-01	9.78E-01	1.09E+00	9.47E-01	
燃料棒B (UO ₂) + 集合体D (UO ₂ +Gd)	2013	容器-50	1.00E+00	9.68E-01	1.06E+00	1.05E+00	1.12E+00	9.93E-01	9.90E-01	9.90E-01	9.91E-01	9.86E-01	9.64E-01	9.94E-01	9.78E-01	9.55E-01	9.38E-01	
		容器-48	1.00E+00	9.68E-01	1.06E+00	1.05E+00	1.12E+00	9.93E-01	9.90E-01	9.90E-01	9.91E-01	9.86E-01	9.64E-01	9.94E-01	9.78E-01	9.55E-01	9.38E-01	
		容器-49	1.00E+00	9.68E-01	1.06E+00	1.05E+00	1.12E+00	9.93E-01	9.90E-01	9.90E-01	9.91E-01	9.86E-01	9.64E-01	9.94E-01	9.78E-01	9.55E-01	9.38E-01	
		容器-44	1.00E+00	9.68E-01	1.06E+00	1.05E+00	1.12E+00	9.93E-01	9.90E-01	9.90E-01	9.91E-01	9.86E-01	9.64E-01	9.94E-01	9.78E-01	9.55E-01	9.38E-01	
		容器-45	1.00E+00	9.68E-01	1.06E+00	1.05E+00	1.12E+00	9.93E-01	9.90E-01	9.90E-01	9.91E-01	9.86E-01	9.64E-01	9.94E-01	9.78E-01	9.55E-01	9.38E-01	
		容器-40	1.00E+00	9.68E-01	1.06E+00	1.05E+00	1.12E+00	9.93E-01	9.90E-01	9.90E-01	9.91E-01	9.86E-01	9.64E-01	9.94E-01	9.78E-01	9.55E-01	9.38E-01	
		容器-43	1.00E+00	9.68E-01	1.06E+00	1.05E+00	1.12E+00	9.93E-01	9.90E-01	9.90E-01	9.91E-01	9.86E-01	9.64E-01	9.94E-01	9.78E-01	9.55E-01	9.38E-01	
		容器-42	1.00E+00	9.68E-01	1.06E+00	1.05E+00	1.12E+00	9.93E-01	9.90E-01	9.90E-01	9.91E-01	9.86E-01	9.64E-01	9.94E-01	9.78E-01	9.55E-01	9.38E-01	
		容器-47	1.00E+00	9.68E-01	1.06E+00	1.05E+00	1.12E+00	9.93E-01	9.90E-01	9.90E-01	9.91E-01	9.86E-01	9.64E-01	9.94E-01	9.78E-01	9.55E-01	9.38E-01	
		容器-46	1.00E+00	9.68E-01	1.06E+00	1.05E+00	1.12E+00	9.93E-01	9.90E-01	9.90E-01	9.91E-01	9.86E-01	9.64E-01	9.94E-01	9.78E-01	9.55E-01	9.38E-01	
燃料棒B (UO ₂) + 集合体D (UO ₂ +Gd)	2012	容器-41	1.00E+00	9.68E-01	1.06E+00	1.05E+00	1.12E+00	9.93E-01	9.90E-01	9.90E-01	9.91E-01	9.86E-01	9.64E-01	9.94E-01	9.78E-01	9.55E-01	9.38E-01	
		容器-31	1.00E+00	9.24E-01	1.16E+00	1.16E+00	1.25E+00	9.78E-01	9.93E-01	9.75E-01	9.68E-01	9.12E-01	1.00E+00	9.56E-01	8.92E-01	8.79E-01		
		容器-34	1.00E+00	9.24E-01	1.16E+00	1.16E+00	1.25E+00	9.78E-01	9.93E-01	9.75E-01	9.68E-01	9.12E-01	1.00E+00	9.56E-01	8.92E-01	8.79E-01		
		容器-38	1.00E+00	9.24E-01	1.16E+00	1.16E+00	1.25E+00	9.78E-01	9.93E-01	9.75E-01	9.68E-01	9.12E-01	1.00E+00	9.56E-01	8.92E-01	8.79E-01		
		容器-39	1.00E+00	9.24E-01	1.16E+00	1.16E+00	1.25E+00	9.78E-01	9.93E-01	9.75E-01	9.68E-01	9.12E-01	1.00E+00	9.56E-01	8.92E-01	8.79E-01		
		容器-28	1.00E+00	9.24E-01	1.16E+00	1.16E+00	1.25E+00	9.78E-01	9.93E-01	9.75E-01	9.68E-01	9.12E-01	1.00E+00	9.56E-01	8.92E-01	8.79E-01		
		容器-36	1.00E+00	9.24E-01	1.16E+00	1.16E+00	1.25E+00	9.78E-01	9.93E-01	9.75E-01	9.68E-01	9.12E-01	1.00E+00	9.56E-01	8.92E-01	8.79E-01		
		容器-29	1.00E+00	9.24E-01	1.16E+00	1.16E+00	1.25E+00	9.78E-01	9.93E-01	9.75E-01	9.68E-01	9.12E-01	1.00E+00	9.56E-01	8.92E-01	8.79E-01		
		容器-30	1.00E+00	9.24E-01	1.16E+00	1.16E+00	1.25E+00	9.78E-01	9.93E-01	9.75E-01	9.68E-01	9.12E-01	1.00E+00	9.56E-01	8.92E-01	8.79E-01		
		容器-27	1.00E+00	9.24E-01	1.16E+00	1.16E+00	1.25E+00	9.78E-01	9.93E-01	9.75E-01	9.68E-01	9.12E-01	1.00E+00	9.56E-01	8.92E-01	8.79E-01		

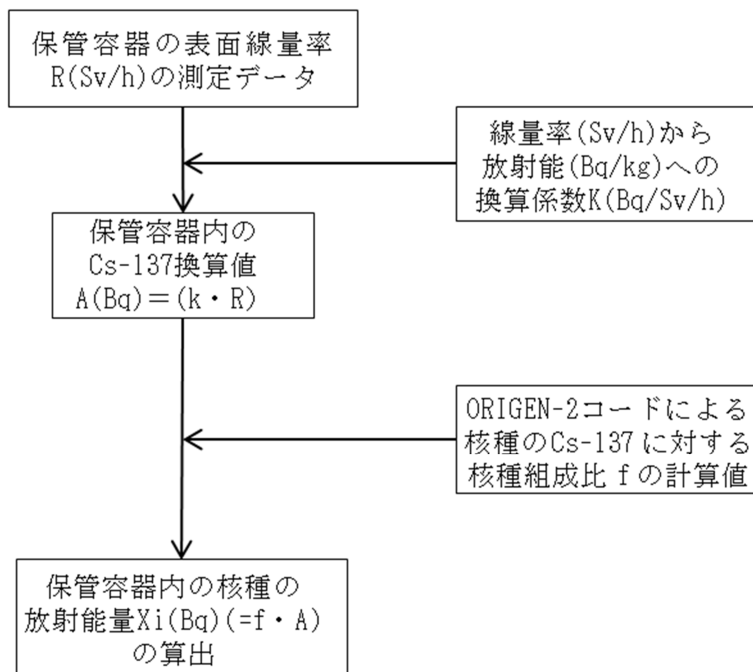


図1 保管容器内の放射エネルギーの評価手順

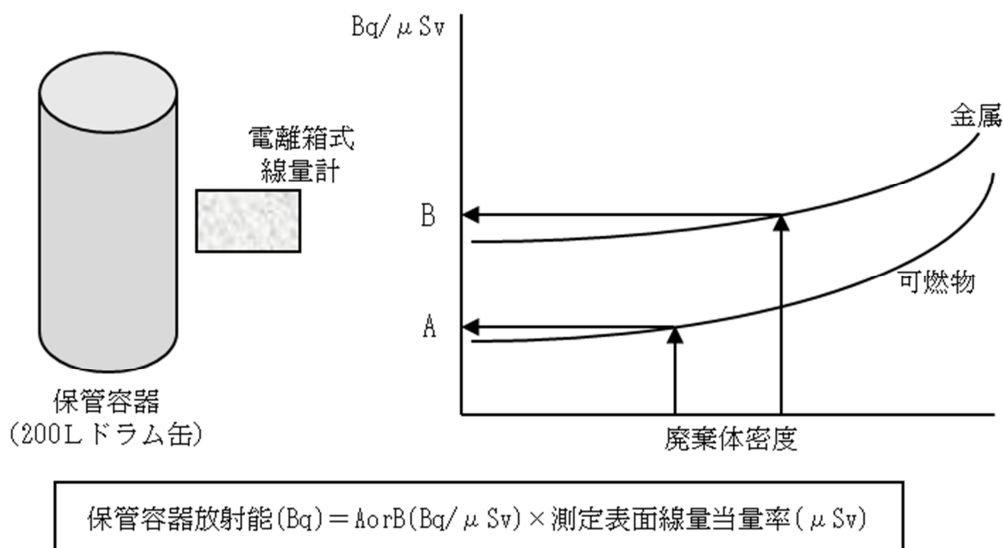


図2 保管容器収納物の放射能評価方法

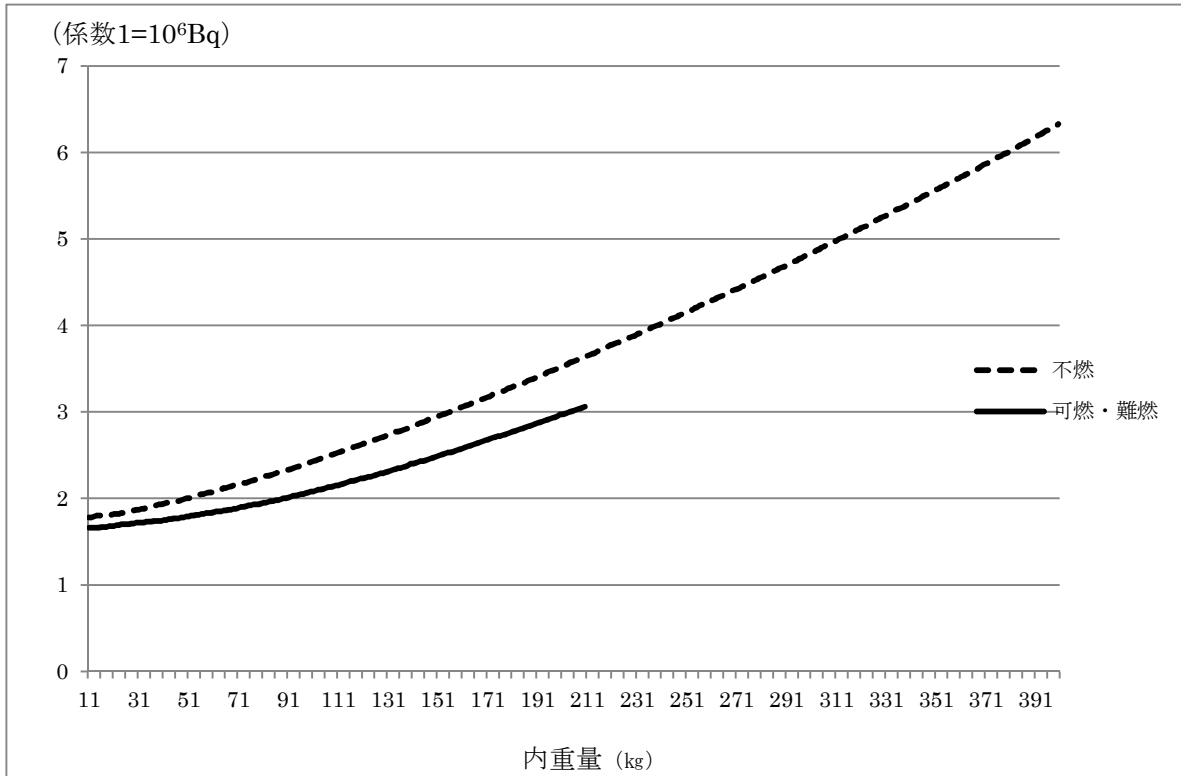


図3 線量率から放射能への換算図

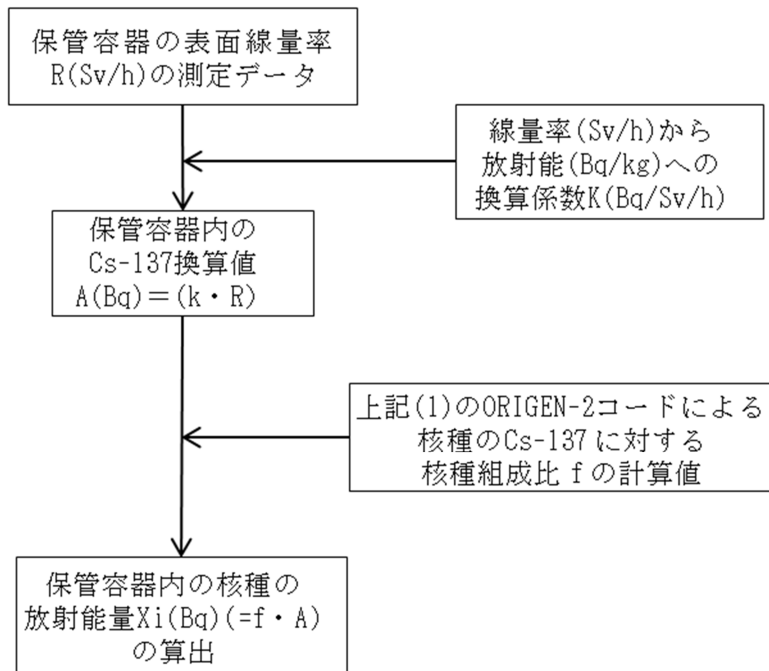


図4 保管容器内の放射エネルギーの評価手順

3. 実廃棄物の分析

今回行った実廃棄物の分析では、適用すべき放射能評価方法の方向性を検討するため、計算結果との相関性を確認しやすく、確実に分析値が得られる廃棄物として、以下の基準にて NDC の廃棄物保管庫に保管されている保管容器の中から選定を行った。

- ①分析の前処理が容易な可燃性廃棄物であること
 - ②内容物の汚染源としての受け入れ燃料が可能な限り特定できるもの
 - ③分析時の核種検出の容易さを考慮し表面線量率で $100 \mu\text{Sv/h}$ 前後あるいはこれ以上のもの
- その結果、分析対象として燃料棒 B が汚染源である可燃性廃棄物を封入している以下の 3 本を選定した。

容器-73 表面線量率 $400 \mu\text{Sv/h}$

容器-61 表面線量率 $270 \mu\text{Sv/h}$

容器-66 表面線量率 $140 \mu\text{Sv/h}$

以下に分析対象核種の選定方法、定量分析の方法とその結果について記す。

3.1 分析対象核種の選定

国内には機構のホットラボ、燃料試験施設、再処理特研及び民間では PWR、BWR それぞれの照射後試験施設があり、様々な燃料、材料が試験対象とされている。廃棄物に含まれる核種組成はこれらの試験対象物に依存したものとなっている。一方、廃棄体確認を合理的に行うためには、これらの照射後試験施設から発生する廃棄物の放射能濃度評価手法として共通の手法を確立することが求められている。分析対象とする核種については、共通的な放射能濃度評価手法確立の観点から、選定施設における核種組成を考慮するだけではなく、国内の照射後試験施設全体を俯瞰して、選定を行うことが重要である。ここでは、現時点で推定されている核種インベントリを基に、以下の情報を整理し、さらに核種の分析可能性等を考慮して分析対象核種の選定を行った。

- ・研究施設等廃棄物全体の安全評価における重要核種
- ・機構の照射後試験施設の重要核種
- ・対象施設の重要核種

(1) 分析対象核種の一次選定

JAEA-Technology 2012-031⁶⁾に示された埋設施設の概念設計における管理期間終了後の安全評価結果及び JAEA-Technology 2010-021⁴⁾に示された機構の照射後試験施設等での重要核種を原子力安全委員会報告書⁷⁾に示される方法で評価した結果から、以下の 30 核種を分析対象核種の一次選定結果とした。選定手順については付録-2 に示す。

H-3, C-14, Cl-36, Ca-41, Co-60, Ni-59, Ni-63, Sr-90, Zr-93, Nb-94, Mo-93, Tc-99,

Ag-108m, I-129, Sn-126, Cs-137, Eu-154, U-233, U-234, U-235, U-238, Pu-238, Pu-239,

Pu-240, Pu-241, Am-241, Am-242m, Am-243, Cm-242, Cm-244

(2) 対象施設の重要核種

(1) で選定した 30 核種から対象施設の核種組成を考慮した絞り込みを行う。

対象施設の代表的核種組成比を表 15 に、トレンチ及びピットの基準線量相当濃度を表 16 に示

す。これらから計算された最大線量核種、最大線量の1桁以内、2桁以内、3桁以内の核種を表17に示す。

(3) 分析対象核種

表17に挙げた核種の内、分析可能なNi-63、Sr-90、Tc-99、Cs-137、Pu-238、Pu-239+Pu-240、Pu-241、Am-241、Cm-244に、(1)で選定されかつ分析可能なH-3、Co-60、Eu-154、前処理の過程において比較的容易に分析が可能であるC-14及びウラン同位体(U-234、U-235、U-238)を加えた以下の核種を分析対象とした。

H-3, C-14, Co-60, Ni-63, Sr-90, Tc-99, Cs-137, Eu-154, U-234, U-235, U-238,
Pu-238, Pu-239+Pu-240, Pu-241, Am-241, Cm-244

表 15 核種組成比

核種	組成比
H-3	3.67E-03
C-14	9.69E-07
Cl-36	0.00E+00
Ca-41	0.00E+00
Co-60	9.33E-01
Ni-59	9.20E-04
Ni-63	1.38E-02
Sr-90	7.00E-01
Zr-93	2.40E-05
Nb-94	3.05E-05
Mo-93	8.25E-07
Tc-99	1.51E-04
Ag-108m	3.55E-10
Sn-126	9.16E-06
I-129	3.74E-07
Cs-137	1.00E+00
Eu-154	6.99E-02
U-233	3.01E-10
U-234	5.76E-06
U-235	1.23E-07
U-238	2.25E-06
Pu-238	4.51E-02
Pu-239	2.66E-03
Pu-240	4.66E-03
Pu-241	8.09E-01
Am-241	1.82E-02
Am-242m	1.02E-04
Am-243	3.13E-04
Cm-242	8.42E-05
Cm-244	3.71E-02

表 16 基準線量相当濃度

核種	ピット	トレンチ
H-3	2.8E+16	5.3E+08
C-14	2.8E+09	2.2E+07
Cl-36	3.4E+07	1.4E+06
Ca-41	1.6E+09	7.1E+07
Co-60	6.8E+12	7.6E+08
Ni-59	8.3E+10	2.7E+09
Ni-63	3.0E+11	1.6E+09
Sr-90	9.0E+10	4.2E+05
Zr-93	2.8E+10	1.2E+09
Nb-94	4.5E+08	1.7E+06
Mo-93	2.6E+08	1.1E+07
Tc-99	2.4E+07	1.1E+06
Ag-108m	5.7E+08	1.7E+06
Sn-126	3.1E+08	1.3E+06
I-129	1.4E+07	6.1E+05
Cs-137	5.2E+11	1.5E+07
Eu-154	1.6E+13	1.2E+08
U-233	4.2E+07	1.8E+06
U-234	1.4E+07	5.8E+05
U-235	4.7E+06	2.0E+05
U-238	8.4E+06	3.4E+05
Pu-238	7.9E+09	3.2E+07
Pu-239	6.3E+08	2.0E+07
Pu-240	6.5E+08	2.0E+07
Pu-241	3.7E+10	7.2E+08
Am-241	1.3E+09	2.4E+07
Am-242m	1.6E+09	2.2E+07
Am-243	7.9E+08	8.3E+06
Cm-242	1.5E+12	6.3E+09
Cm-244	2.3E+11	2.5E+08

表 17 対象施設の重要核種

	トレンチ	ピット
最大線量核種	Sr-90	Pu-241
1 桁以内	—	Sr-90, Tc-99, Pu-238, Pu-239, Pu240, Am-241
2 桁以内	Cs-137	Cs-137, U-234, U-238, Am-243
3 桁以内	—	Ni-63, Nb-94, Sn-126, I-129, U-235, Am-242m, Cm-244

3.2 定量分析の実施

(1) 雑固体廃棄物試料の放射能濃度の取扱い

汚染密度が不均一である雑固体廃棄物から、分析対象試料として一部を採取している都合上、試料の採取位置によって汚染密度が異なる。そのため、放射能濃度として求めた結果は、試料を採取した保管容器などの放射能濃度を代表する値とはならず、保管容器に充填された廃棄物の重量を乗じて保管容器の放射能濃度を正確に評価することはできない。

また、本検討で実施する核種分析の目的は、ホットラボ廃棄物の放射能濃度評価法の検討に資するためのデータを取得することであり、ここでは ORIGEN 計算結果と放射化学分析結果の比較を実施する。しかし、放射能濃度 (Bq/g) という単位では、燃料要素から廃棄物への物量移行を正確に評価する事は極めて困難である。

従って、保管容器に内包される分析対象核種の放射能濃度を評価するためには、非破壊測定法等により保管容器中の Cs-137 等の基準となる核種の濃度を求め、これに放射化学分析により得られた核種組成比を乗じて評価する方法が妥当である。

そこで、放射化学分析結果を比較的エネルギーの高い γ 線を放出し、保管容器の非破壊測定によりある程度の精度で、含有核種濃度を評価することが可能であるとともに、FP 核種、AP 核種の代表核種となる Co-60 及び Cs-137 を基準とした核種濃度比で放射化学分析結果を規格化した。

(2) 放射化学分析結果の規格化の考え方

試料の汚染源が同一であれば、汚染部位毎の核種組成比は比較的均一であると考えられる。この考え方は、放射性廃棄物の放射能濃度評価方法の1つとして適用されているスケーリング・ファクター法の基になっている。

そこで、基準となる代表核種と評価対象核種との比を用いて両者の比較を実施する。雑固体廃棄物で評価すべき核種の大部分は核分裂生成物である FP 核種と燃料集合体の構成材料や原子力発電プラントの構成材料の放射化で生成される AP 核種に大別され、FP 核種の代表核種は Cs-137、AP 核種の代表核種は Co-60 と考えられる。そこで、これら両代表核種を用いて、それぞれの分析対象核種の放射能濃度を規格化する。

図5に、雑固体廃棄物の核種分析結果の規格化法概念図を示す。同図において、C-14はH-3と同じ考え方で補正、Eu-154はSr-90と同様の補正方法となっているため、記載を省略した。

分析対象試料は、分析対象核種の分離精製法に合わせて試料を分割する。前述のとおり分割した試料は、分割試料毎に汚染密度が異なる。

そのため、各分割試料に対して、分析対象核種を分析すると同時に代表核種である Cs-137 と Co-60 についても分析する。

ここで得られる Cs-137 及び Co-60 は、各分割試料の単位重量当たりの放射能濃度 (Bq/g) として得られるが、汚染密度が異なる分割試料では、Co-60 等の分析結果が異なる。

核種分析結果の規格化は、分割試料のうち、最も試料量を多く割り当てた分割試料の放射能濃度 (Bq/g) を基準に、他の分割試料濃度を補正する。補正係数は、各分割試料間の Co-60、Cs-137 の放射能濃度比として求める。

(3) 分析方法

1) 核種分析手法

核種分析手法は、軽水炉及び再処理放射性廃棄物の含有核種分析に多くの実績がある分析手法を採用した。分析対象核種ならびに分析対象核種の前処理方法及び測定法を、表 18 に示す。ここでは、代表的な試料の分析実績を用いて、核種分析の方法を記載する。

① H-3 分析

H-3 分析は、三菱製 C-14 分析用燃焼装置を用いて試料を燃焼させ、酸化触媒を通過させた後、アセトンをドライアイスで冷却したコールド・トラップに回収することで、試料マトリクスから H-3 を精製した。

同装置では、C-14 も CO₂ まで酸化されてオフガスとして回収可能であることから、コールド・トラップを通過させた燃焼ガスはモノエタノールアミンを主成分とした CO₂ 吸収剤に回収した。

分析操作の代表例として、図 6 に容器-66 試料の H-3 分析時の方法を示す。回収した H-3 及び C-14 は、NaI シンチレーション検出器により測定し、それぞれのフラクションに γ 線放出核種が混在していないことを確認した上で、それぞれ液体シンチレーション・カクテルと混合し、液体シンチレーションカウンタで β 線を測定した。

なお、容器-61 及び、容器-73 試料については、H-3、C-14 の回収液から Cs-137 が検出された。そのため、H-3 については、回収液の蒸留処理を実施した。

また、C-14 については、H-3 を回収したコールド・トラップへの Cs-137 のキャリーオーバーが確認されたことから、コールド・トラップ後段にガス洗浄瓶（希硝酸）を設置し、同液を通過した炭酸ガスを CO₂ 吸収剤に回収し、回収液に γ 線放出核種が混在していないことを確認した。

② Ni-63 及び α 線放出核種分析

Ni-63 及び α 線放出核種の分析は、試料を硫酸により溶解した後、過酸化水素を酸化剤として添加することで湿式灰化し、析出物を二硫酸カリウムで溶融することにより試料を溶液化した。溶液化した試料は、Ni-63 分析、 α 核種分析用に分割し、それぞれ溶媒抽出、抽出クロマトグラフィーにより精製した。精製した Ni-63 は液体シンチレーションカウンタ、 α 線放出核種は α 線スペクトロメータにより、それぞれが放出する放射線を測定した。

なお、ウラン同位体に関しては抽出クロマトグラフィーにより回収されたウランフラクションの α 線スペクトロメトリにより U-234 を分析し、抽出クロマト分離を実施する前の溶解液中の ICP-MS 分析により U-235 及び U-238 を分析した。

前処理操作の代表例として、図 7 に容器-73 試料の湿式灰化時の方法を示す。

③ Tc-99、Sr-90、Eu-154 の分析

酸性酸化性溶液中で揮発性を示すテクネチウムは、三菱重工株式会社製揮散回収装置を用いて、試料の湿式灰化とともに揮発するテクネチウムを回収した。回収したテクネチウムについて沈殿分離精製を実施したのち、 γ 線放出核種が除去されていることを確認した上で、 β 線スペクトロメータにより Tc-99 の β 線を測定した。

また、Tc-99 を揮発させた残液から、Sr-90 及び Eu-154 を沈殿分離法により回収した。

Sr-90 は共存する γ 線放出核種が除去されていることを確認した上で、2 週間静置して Y-90 が放射平衡に到達した後、Y-90 を回収して β 線スペクトロメータにより、Y-90 の β 線を測定した。

また、Eu-154 は沈殿分離法により精製した後、ゲルマニウム半導体検出器により Eu-154 が放出する γ 線を測定した。

前処理操作の代表例として、図 8 に、容器-61 試料の Tc-99 分析時の方法を示す。

2) 含水率

含水率の測定は、恒温乾燥機を用いた乾燥減量法で実施した。乾燥前の試料は室温で重量を測定した後、105°C に設定した乾燥機にて 4 時間乾燥させた。乾燥後の試料は、デシケーター中で室温まで放冷し、室温にて重量を測定した。

これにより、各分析試料の乾燥前後の重量差から水分量を求め、乾燥前の試料重量から含水率を算出した。

3) 前処理手法及び分析試料の分割方法

核種毎の前処理・分割手法については、表 18 に示す手法又はそれに相当する手法を用いる。サンプルを分割して分析する場合は、将来放射能評価で非破壊測定可能な核種 (Co-60 及び Cs-137 等) との相関がわかるように分析する。

分析試料の配分フローを、図 9 に示す。

分析試料は、H-3 の分析用試料、Ni-63、Eu-154 及び ACT 核種 (Pu-238、Pu-240、Pu-241、Am-241、Am-243、Cm-244) の分析用試料ならびに Tc-99、Sr-90 の分析用試料に分割し、前処理を実施する。

なお、分析対象核種毎に分割した試料は、分析対象核種と同時に試料中放射能の支配的核種の放射能濃度 (Co-60、Cs-137 等) を、ゲルマニウム半導体検出器を用いて分析し、試料間の放射能濃度差を規格化する。

4) 核種分析における留意点

分析対象核種の測定にあたっては、各測定方法 (α 、 β 及び γ 線測定) の検出原理上、妨害となる因子を前処理操作により確実に除去し、測定試料中にこれらの妨害因子が存在しないことを十分確認した上で、定量を実施する。

また、スペクトル測定が可能な核種は、スペクトル測定法を採用し、測定放射能が分析対象核種に起因するものであることを客観的に示すデータを取得する。

なお、 α 線エネルギースペクトルが近接して相互分離が困難な場合に限り、2 核種の合算値として評価する。

(4) 試料準備

今回選定した 3 本の保管容器を開缶し分析対象試料を採取した。試料採取結果を以下に示す。

1) 保管容器の表面線量率

保管容器を開缶する前に、電離箱を用いて保管容器表面の線量率を測定した。保管容器表面の線量率の測定結果を表 19～表 21 に示す。

表面線量率は、測定場所によってばらつきがみられ、放射エネルギーが均一にはなっていないことが推測される。これは、種々の汚染廃棄物が保管容器内に混在しているためと考えられる。

なお、線量率の測定エリアのバックグラウンドは、 $0.5 \mu\text{Sv/h}$ 程度であり、保管容器の表面線量率へのバックグラウンドの影響は殆ど無視できる。

表 19～表 21 の表面線量率は、保管容器選定時の表面線量率よりも低めになっているが、 γ 線放出核種の減衰による影響が考えられる。

核種分析には線量率の高い試料が望ましいことから、保管容器を開缶して、線量率の高い試料を選定した。

2) 保管容器内の試料の線量率

保管容器内には、廃棄物が入ったポリ袋が数 10 個圧縮減容された状態で入っていた。これらの袋を保管容器から取り出して、各袋の重量及び表面線量率を測定した。

各袋は識別のため、試料を採取した保管容器の ID 番号と開封した袋番号から識別番号を付番した。

重量及び線量率の測定結果を表 22～表 24 に示す。各袋の重量は、いずれも 1～2kg の範囲であり、重量が大きく異なるものは見当たらなかった。

各袋の線量率を比較するために、単位重量当たりの線量率を算出してプロットしたグラフを図 10～図 12 に示す。図 10～図 12 から、袋によって線量率が大きく異なるが、線量率の高い試料は一部の袋に限定されることが確認できた。

3) 核種分析対象試料

核種分析には、線量率の高い試料が望ましいことから、図 10～図 12 のそれぞれの保管容器の中から、線量率の高い図 10～図 12 の丸で示した袋を核種分析対象として選定した。

なお、容器-73 の線量率の最も高いポリ袋(容器-73-21)は線量率の高い部分がわずかしがなく、分析用試料として適さないと考えられるため、線量率が次に高いポリ袋(容器-73-11)を分析対象に選定した。

分析対象として選定したポリ袋の内容物は、以下のものであった。

- ・ 容器-61-10 : ゴム手袋
- ・ 容器-66-8 : 養生シート
- ・ 容器-73-11 : 粘着テープ

これらの試料から、さらに分析用に試料を分取して、核種分析を実施した。

表 25～表 27 に、各分析対象試料の基本情報を示す。

① 試料(容器-61-10) : ゴム手袋

試料(容器-61-10)は、ゴム手袋 6 枚(3 双分)で構成される汚染試料(重量 : 106.1673g)であった。

この試料は、電離箱式サーベイメータの密着測定により最高 $120 \mu\text{Sv/h}$ の表面線量当量率が得られる試料であった。試料中の汚染部分は不均一で、6 枚それぞれの汚染密度が異なり、1 枚のゴム手袋においても指先部分と手のひら部分では、汚染密度が異なる。

各核種の分析に係わる試料の分割方法の詳細などは後述するが、より多くの分析対象核種で有効な検出データを得るとともに放射能濃度を適切に評価するために、本試料を分割して核種分析を実施した。

② 試料(容器-66-8)：養生シート

試料(容器-66-8)は、汚染作業現場の足下等の養生に使用される養生シートであり、そのうち、サーベイメータ (NaI シンチレータ) による測定や目視により汚れが激しい部分で汚染密度が高いと判断された部位を切り取ったものである。

この養生シートは、セルロース系と推察される吸湿面と疎水性樹脂でコーティングされた裏面から形成されるもので、分析施設に受け入れた同試料の重量は 43.1991g であり、この試料を裁断して各核種の分析に使用した。

同試料での非破壊測定で、最も高い値が得られた部位では、電離箱式サーベイメータによる密着測定で $500 \mu\text{Sv/h}$ の表面線量当量率が観測された。

③ 試料(容器-73-11)：粘着テープ

試料(容器-73-11)は、養生シートの固定などに用いられている粘着テープと推察される。粘着テープの粘着面には多くの粉状物が付着しており、分析施設に搬入した試料の重量は 2.0821g であった。

この試料も汚染部位は不均一であり、電離箱式サーベイメータによる密着測定で $100 \mu\text{Sv/h}$ の表面線量当量率が観測された。

4) 前処理及び分析対象試料の分割

分析施設に搬入した上記 3 試料は、分析対象核種の精製方法に合わせて分析必要量を採取し、各核種の分析試料とした。分析対象とした 3 試料から、分析対象核種を分析するための分割試料の採取実績を以下に示す。

① 試料(容器-61-10)：ゴム手袋

ゴム手袋 6 枚から構成されている 容器-61-10 (106.1673g) は、以下に示すとおり試料を裁断し、核種分析用に試料を分割した。

分割試料① (H-3 分析用) :	指先汚染部	0.3481g
分割試料② (Ni、 α 分析用) :	ゴム手袋 1 枚	17.5520g (規格化基準)
分割試料③ (Sr、Eu 分析用) :	指先汚染部分	1.7724g
分割試料④ (含水率分析用) :	指先汚染部分	0.7595g
分割試料⑤ (Tc 確認分析用) :	指先汚染部分	3.2680g

なお、容器-61 試料については、当初の分析で Tc-99 の回収率が低かったため、Tc-99 については分割試料⑤を用いて再分析を実施した。

② 試料(容器-66-8)：養生シート

養生シートから切り出した 容器-66-8 (43.1991g) は、以下に示すとおり試料を裁断し、核種分析用に試料を分割した。

分割試料① (H-3 分析用) :	0.5230g
分割試料② (Ni、 α 分析用) :	8.1332g
分割試料③ (Tc 分析用) :	10.6268g (規格化基準)
分割試料④ (含水率分析用) :	0.9139g

なお、容器-66 の Sr-90 と Eu-154 の分析は、Tc-99 分析用試料から分割して実施した。

③ 試料(容器-73-11)：粘着テープ

粘着テープである 容器-73-11 (2.0821g) は、以下に示すとおり試料を裁断し、核種分析用に試料を分割した。

分割試料① (H-3 分析用)：	0.0734g
分割試料② (Ni, α 分析用)：	0.3854g
分割試料③ (Tc 分析用)：	0.4331g (規格化基準)
分割試料④ (含水率分析用)：	0.2364g

なお、容器-73 の Sr-90 と Eu-154 の分析は、容器-66 の場合と同様に、Tc-99 分析用試料から分割して実施した。

(5) 核種毎分析結果

核種分析は、軽水炉廃棄物及び再処理廃棄物の含有核種分析に実績がある手法を用いて、選定した 3 本の保管容器から核種分析用に採取した試料について、試料分割等を行った後、H-3、Co-60、Ni-63、Sr-90、Tc-99、Cs-137、Eu-154、Pu-238、Pu-239、Pu-240、Pu-241、Am-241 及び Cm-244 の 13 核種について核種分析を実施した。分析試料毎の放射化学分析結果を以下に示す。また、H-3 の放射能濃度評価の参考とするため、乾燥減量法により分析試料の含水率も測定した。

本検討で核種分析を実施した 3 試料からは、分析対象とした全ての核種が検出された。また、H-3 と同時に前処理が可能な C-14、 α スペクトルで検出することが可能であるウラン同位体についても検出データが得られたことから、同核種も分析結果の一覧表に合わせて記載した。

各試料の放射化学分析結果を、表 28～表 30 に示す。また、含水率測定結果を、表 31 に示す。

1) 分析結果の誤差評価

雑固体廃棄物は、汚染密度が不均一なものである。そのため、雑固体廃棄物試料中の放射能濃度 (Bq/g) 誤差を正しく評価することは困難である。この様な雑固体廃棄物の放射能濃度評価では、絶対濃度ではなく核種組成比と非破壊測定を組み合わせることが現実的であると考えられることから、核種分析においても絶対濃度よりも、核種濃度比をより精度良く分析する方法を採用している。ここでは、放射化学分析により求められた核種濃度比の誤差を評価する。

① 放射化学分析の誤差要因

雑固体廃棄物の標準的な放射化学分析の流れを、図 13 に示す。放射化学分析では、主として試料中に含まれる分析対象核種が放出する放射線を測定することにより試料中の分析対象核種濃度を求めた。

この際、分析対象核種が放出する放射線を測定する測定器の特性に合わせて、必要に応じて測定上の妨害因子の除去や濃縮操作を実施する。これらの操作を放射化学分析の前処理と称している。分析対象核種が放出する放射線が適切に測定できる状態に前処理された試料は、校正された放射線測定器などにより分析対象核種の放射能濃度を測定した。

これらの放射化学分析過程においては、それぞれに誤差を発生させる要因が含まれている。放射化学分析結果の誤差は、これら放射化学分析の過程において発生する誤差を合成して評価する必要がある。以下に放射化学分析の各過程において発生する誤差要因とその評価

方法を整理する。

(a) 前処理工程における誤差

妨害因子の除去や濃縮操作の実施において、化学的な分離・精製操作を実施した場合は、その過程において分析対象核種をロスする可能性がある。これら分析対象核種のロス分を補正するために、既知量の分析対象核種の安定同位体をキャリア（担体）として添加した後、妨害因子（核種）の除去操作を実施する。

最終的に分析対象核種が放出する放射線を測定する際に回収されたキャリアの量から、妨害因子除去又は分析対象核種の濃縮操作時の化学回収率を求めている。

そのため、前処理工程においては、分析試料に添加するキャリアの添加量と前処理後に回収されたキャリア量の測定を実施する際に誤差が発生する。

また、前処理の過程において試料の希釈や分割を実施した場合には、これらの計量誤差も前処理の誤差として加算する必要がある。

(b) 放射線測定における誤差

分析対象核種が放出する放射線を測定する際に使用する放射線測定器は、適切な方法により校正する必要がある。特に核種固有の最大エネルギーまでの連続的なスペクトルを形成する β 線放出核種が放出する β 線を測定して β 線放出核種の放射能を定量分析する場合は、あらかじめ、分析対象核種が放出する β 線と同等のエネルギーを放出する校正線源により放射線測定器を校正しておく必要がある。

放射線測定の測定精度は計数値の平方根に相当する計測誤差をもつことから、分析対象核種を測定する際の分析対象核種の放射能が高くなると計測上の相対誤差は小さくなる。この様な場合、測定器の校正誤差が試料の放射線計測の誤差に比べて大きくなることから、放射線測定における誤差には、放射線測定器の校正誤差を含めた評価を実施する必要がある。

なお、一般に放射線測定器の校正に使用される校正線源には数%の不確かさがあるため、十分な計測時間により高い精度での測定を実施した場合においても、放射線測定より求められる放射能濃度の誤差は、校正線源の誤差を下回ることはない。

また、試料中の分析対象核種濃度が低くなるにつれて、試料の放射線計測誤差が支配的な誤差要因となる。

② 見かけ上の放射能濃度分析誤差

表 32～表 34 に放射化学分析の各過程における誤差（相対値）を核種及び試料毎に整理した結果を示す。

放射化学分析では、分析試料の採取から、溶解、分割、分離精製、放射線計測など一連の工程を経て放射能濃度を求めており、ここでは、各工程で発生しうる計量誤差を相対誤差として整理し、核種分析結果の不確かさは、一連の工程で発生しうる全ての誤差を二乗和の平方根により合成して、核種毎の分析誤差を算出した。

同表に記載した個々の分析誤差は 1σ として求められた誤差を記載していることから、68.3%の信頼区間を意味している。

なお、分離精製を必要とせず、評価上化学回収率を 100%としている核種については、こ

これまでの検証試験の実績などを考慮して分析精度を 10%とした。

効率トレーサ法により理論上 β 線の計数効率を 100%として測定を実施している Ni-63 についても、検証試験の実績を踏まえて分析精度を 10%とした。

また、プルトニウムの分析においては、分析の都度、標準物質を用いた回収率補正することができないことから、これまでの分析実績から求めた平均回収率による補正を実施し、これまでの回収率の変動を元に誤差を評価した。

なお、不確かさの評価方法には、タイプ A 評価とタイプ B 評価の 2 つがあり、タイプ A 評価は様々な不確かさの成分を、観測値の統計解析つまり標準偏差によって評価することである。タイプ B 評価はタイプ A 以外の方法による評価である。不確かさの評価で B タイプに分類される誤差を適用した項目は、表中数値を斜体で表記した。

雑固体廃棄物の分析結果として報告している放射能濃度 (Bq/g) は、同一試料から分割したそれぞれの核種分析用試料間の汚染密度差を Co-60、又は Cs-137 濃度の比を用いて規格化した値を用いていることから、ここで評価した分析誤差は、核種分析結果の見かけ上のものであり、規格化後の誤差として取り扱うことはできない。

③ 放射化学分析により求められた核種濃度比とその誤差

試料の汚染密度が不均一である雑固体廃棄物の核種分析では、分析対象核種(難測定核種)と、その指標となる Co-60 や Cs-137 は同一の部位から採取した分析試料について分析している。

分析試料は一度溶解処理して均一化(溶解等の前処理時に揮発する核種については、前処理後の残留物)後にそれぞれの核種を分析している。

したがって、Co-60 及び Cs-137 と分析対象核種の比の誤差を評価するために、前項で整理した見かけ上の放射能濃度分析誤差を用いて評価することは適切であると考えられる。

なお、容器-61-10 試料の Tc-99 及び Eu-154 の放射能濃度は、Cs-137 の放射能濃度を用いて規格化しているため、規格化後の Co-60 の放射能濃度から算出する Tc-99/Co-60 比、Eu-154/Co-60 とは値が異なっている。

同試料の分析結果は、他の試料に比べて分析部位により Co-60 と Cs-137 の規格化計数の差が大きく、試料の汚染源として燃料要素とそれ以外の比率が異なっているものと考えられる。

ここでは、分析対象核種のうち規格化前の放射能濃度を用いて、核分裂生成核種について Cs-137、それ以外の核種について Co-60 との放射能濃度比を評価し、その核種濃度比の誤差を算出した。

表 35 に各試料の核種濃度比とその誤差(相対値)をまとめて示す。表には、放射能濃度を規格化する前の放射化学分析結果から、各核種の Co-60 及び Cs-137 に対する放射能濃度比を整理し、両核種の分析誤差を合成した結果を相対値として記載した。

ここで整理した誤差は 1σ をベースに算出しているため、68.3%の信頼区間を意味している。一般には分析の不確かさを評価する場合には 2σ (95.4%) を取ることが多く、放射能評価(検出限界値の判定)では 3σ (99.7%) を用いている。誤差の信頼区間は、データの使用用途に合わせて設定するが、 σ の倍数として与える計数(2~3)を包含係数として、1

σ で整理した分析誤差に掛け合わせて用いられる。

2) 放射化学分析結果のまとめ

ホットラボ施設で発生した放射性廃棄物から3種類の分析試料を採取し、H-3、Co-60、Ni-63、Sr-90、Tc-99、Cs-137、Eu-154、Pu-238、Pu-239、Pu-240、Pu-241、Am-241 及びCm-244の13核種 (Pu-239とPu-240は合計値のため実質12核種) の分析を実施した。また、前処理の過程において比較的容易に分析が可能であるC-14 及びウラン同位体 (U-234, U-235, U-238) の4核種も合わせて分析を実施した。

放射化学分析を実施した結果、分析対象とした 17 核種全てに対して、有効な検出データを得た。

放射化学分析により得られた分析結果から、廃棄物中の放射能濃度を評価するために有効であると考えられる、Co-60またはCs-137に対する各核種濃度比を整理するとともに、核種濃度比の誤差を評価した。

放射化学分析により求められた核種濃度比の誤差は核種により異なるものの、概ね 10～30%程度の精度であると考えられる。

(6) 容器毎の核種組成比評価及び核種毎放射エネルギー評価

保管容器を開缶する前の保管容器表面の線量率、保管容器から取り出した小袋の線量率及び核種分析結果に基づいて、それぞれ保管容器の放射エネルギーを推定した。

最初に、保管容器表面の線量率と保管容器内の袋毎の線量率から、Cs-137換算放射エネルギーを算出し、放射エネルギーを比較した。袋毎の線量率から推定した Cs-137 放射エネルギーを、表 36～表 38 に示す。

保管容器の線量率からのCs-137放射エネルギーは、別途保管容器の体系に従って求めた換算係数を用いて算出した。袋毎のCs-137放射エネルギーは、袋を模擬した体系(直径0.2及び0.6m×高さ0.1m)で、上面に検出器(電離箱)を置いた状態でのCs-137放射エネルギーを概略評価した。

模擬体系の上面から検出器までの距離は、検出器の有効長として0.05mを仮定した。この体系での換算係数は、 $1.71\text{E}+5 \sim 5.05\text{E}+5$ (Bq/ μ Sv/h)であった。

この換算係数を用いて、袋毎の線量率からCs-137放射エネルギーを算出した。保管容器表面線量率の測定結果に基づいて求めたCs-137換算放射エネルギーを、小袋の線量率から求めたCs-137換算放射エネルギーと合わせて、表 39 に示す。

表 39 から分かるように、袋毎の線量率から算出したCs-137放射エネルギーは、保管容器の表面線量率の平均値から算出した放射エネルギーの2倍近い値となった。

次に、核種分析の結果から、次式を用いて保管容器の放射エネルギーを推定した。

$$A = \sum \left(\frac{R_i}{R_o} A_o \times r \right)$$

ここで、A： 保管容器内の放射エネルギー(Bq)

R_i： 保管容器内各小袋の線量率(μ Sv/h)

R_o： 核種分析対象の小袋の線量率(μ Sv/h)

A_o： 核種分析対象の小袋の放射エネルギー(Bq)

r： 線量率に占めるCs-137の寄与割合(-)

核種分析対象の小袋の放射エネルギー A_0 は、Cs-137放射エネルギーの分析結果を用いて、次式で推定した。

$$A_0 = M_0 \times f \times a$$

ここで、 M_0 : 核種分析対象の小袋の重量(g)

f : 小袋内の分析対象試料の放射能の不均一さ(-)

a : Cs-137の分析値(Bq/g)

上式で、 a の値には、各保管容器で分析した表 28～表 30 の Cs-137 放射エネルギーの分析結果を使用した。試料の放射能の不均一さ f については、定量的に評価することが困難なことから、ここでは $f=1$ （放射能は均一）と仮定した。

また、各保管容器から採取した試料の核種分析の結果(表 28～表 30 参照) から、容器-61の保管容器については、Co-60 の濃度が Cs-137 濃度より高いため、線量率には、 γ 線放出核種であるCo-60の寄与が無視できないと考えられることから、次式を用いて、線量率に占める Cs-137 の寄与割合 r を推定した。

$$r = \frac{k(\text{Cs} - 137) \times C(\text{Cs} - 137)}{k(\text{Cs} - 137) \times C(\text{Cs} - 137) + k(\text{Co} - 60) \times C(\text{Co} - 60)}$$

ここで、 k : 各核種の1cm線量当量定数 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

C : 各核種の分析値(Bq/g)

なお、他の保管容器(容器-66、容器-73)については、Co-60 の濃度が Cs-137 濃度より低い、同様の評価をした(表 40 参照)。

核種分析結果を用いて推定した保管容器の放射エネルギー(A_2)を、Co-60 の影響を考慮した小袋の線量率を用いて推定した放射エネルギー(A_1)と合わせて、表 41～表 43 に示す。

なお、小袋の線量率がバックグラウンド・レベル($<0.5 \mu\text{Sv/h}$)の小袋については、高めにバックグラウンドの値を使用した。

保管容器表面の線量率の最大値に基づく Cs-137 換算放射エネルギー及び Co-60 の影響を考慮した小袋の線量率から推定したCs-137放射エネルギーと核種分析の結果を用いて推定した放射エネルギーとの比較を、表 44 に示す。

表 44 から、核種分析結果に基づく推定放射エネルギー(A_2)は、Co-60の影響を考慮した小袋の線量率に基づく放射エネルギー(A_1)に比べてすべての保管容器で高くなっており、特に、容器-73において高くなっている。

一方、保管容器表面の線量率の最大値に基づく推定放射エネルギー(A_0)に対しては、容器-61において核種分析結果に基づく推定放射エネルギー(A_2)の方が二桁低くなっているが、容器-66及び容器-73では逆に核種分析結果に基づく推定放射エネルギー(A_2)の方が高くなっている。

因みに、保管容器表面の線量率に関し、容器-61及び容器-66ではスポット箇所と平均の比が2.2程度であるのに対し、容器-73ではこの比が5.5であり、分析試料を採取した小袋の線量率が突出して高くなっている(表 19～表 21 参照)。

また、容器-61及び容器-66では、突出して高い小袋は1袋であるが、容器-73では、線量率が突出して高い小袋が2袋入っている(図 10～図 12 参照)。

表 18 分析対象核種の前処理方法と対象核種の測定法

核 種	前処理法	測 定 法
H-3	燃焼法	LSC による β 線測定
Co-60	溶解・均質化	Ge による γ 線測定
Ni-63	DMG 溶媒抽出法	LSC による β 線測定
Sr-90	沈殿分離法	ピコ β 、又は GFC による β 線測定
Tc-99	揮散回収法	ピコ β 、又は GFC による β 線測定
Cs-137	沈殿分離法	Ge による γ 線測定
Eu-154	沈殿分離法	Ge による γ 線測定
Pu-238	抽出クロマトグラフ イー用樹脂分離	SSB による α 線測定
Pu-239	抽出クロマトグラフ イー用樹脂分離	SSB による α 線測定 (スペクトル分離が困難なため、2 核種の 合算値として評価する)
Pu-240	抽出クロマトグラフ イー用樹脂分離	
Pu-241	抽出クロマトグラフ イー用樹脂分離	LSC による β 線測定
Am-241	抽出クロマトグラフ イー用樹脂分離	SSB による α 線測定 または LGe による γ 線測定
Cm-244	抽出クロマトグラフ イー用樹脂分離	SSB による α 線測定

略称

DMG：ジメチルグリオ
キシム

LSC：液体シンチレーションカウンタ

GFC： 2π ガスフローカウンタ

Ge：Ge 半導体検出器

LGe：LGe 半導体検出器

ピコ β ： β 線スペクトロメータ

SBB：表面障壁型 Si 半導体検出器

表 19 保管容器（容器-61）の表面線量率

測定場所	表面 ($\mu\text{Sv/h}$)	at 1 m ($\mu\text{Sv/h}$)	備考
上面	45	-	
A-上	37	4.5	
A-中	63		
A-下	58		
B-上	56	4.6	
B-中	56		
B-下	35		
C-上	42	4.2	
C-中	46		
C-下	28		
D-上	38	4.2	
D-中	51		
D-下	36		
下面	28	-	
平均 A	45.5	-	上面と下面は、参考値のため除く。
スポット箇所 B	100	-	A から右に 100 度。 上と中央の真ん中
B/A	2.2	-	

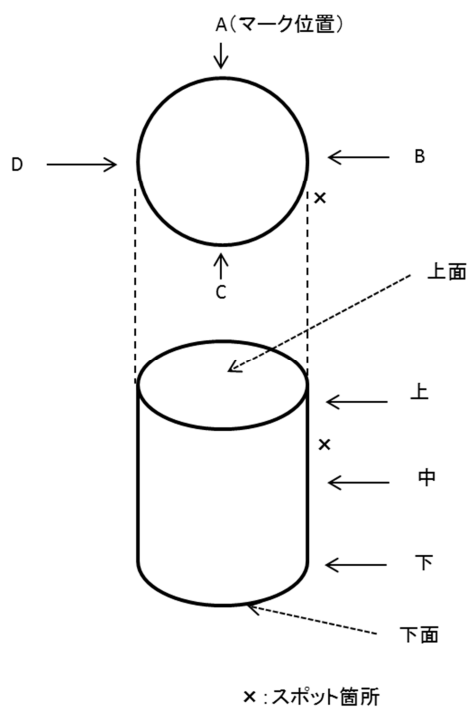


表 20 保管容器（容器-66）の表面線量率

測定場所	表面 ($\mu\text{Sv/h}$)	at 1 m ($\mu\text{Sv/h}$)	備考
上面	32	-	
A-上	28	4.5	
A-中	31		
A-下	19		
B-上	56	4.6	
B-中	70		
B-下	23		
C-上	37	4.2	
C-中	48		
C-下	20		
D-上	20	4.2	
D-中	25		
D-下	36		
下面	20	-	
平均 A	34.4	-	上面と下面は、参考値のため除く。
スポット箇所 B	80	-	A から右に 100 度。 上と中央の真ん中
B/A	2.3	-	

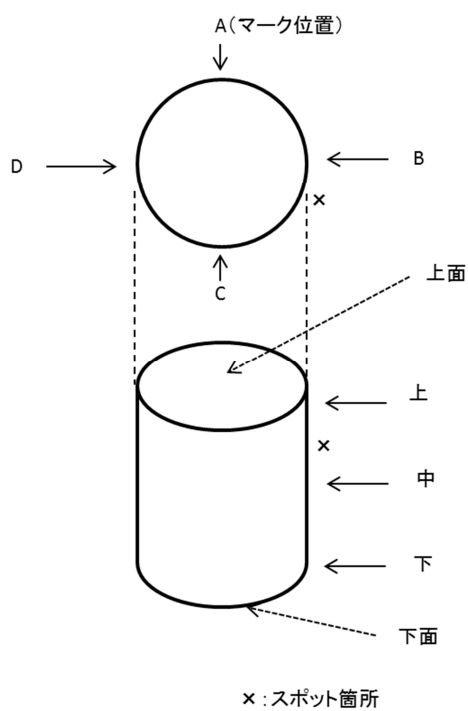


表 21 保管容器（容器-73）の表面線量率

測定場所	表面 ($\mu\text{Sv/h}$)	at 1 m ($\mu\text{Sv/h}$)	備考
上面	22	-	
A-上	52	5.2	
A-中	180		
A-下	30		
B-上	45	4.1	
B-中	62		
B-下	22		
C-上	20	2.8	
C-中	23		
C-下	15		
D-上	18	2.8	
D-中	20		
D-下	15		
下面	18	-	
平均 A	41.8	-	上面と下面は、参考値のため除く。
スポット箇所 B	230	-	A から右に 10 度。 中央
B/A	5.5	-	

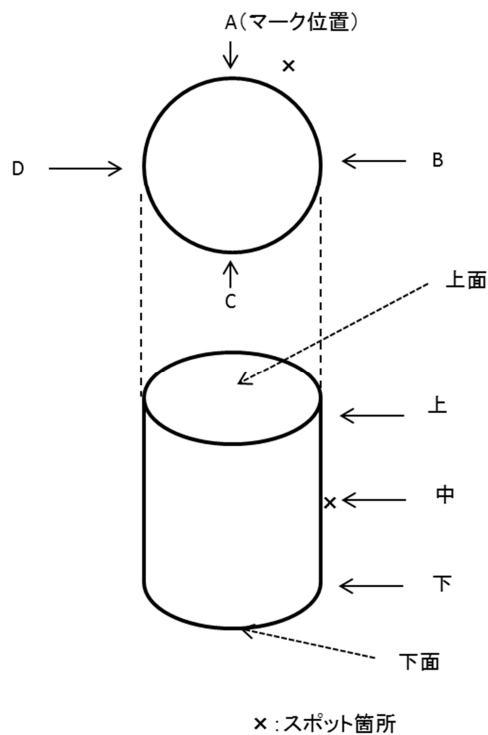


表 22 保管容器（容器-61）のビニール袋の線量率

試料 No.	グロス重量 M(kg)	表面線量率 R ₁ (μSv/h)	単位重量当たり の線量率(R ₁ /M)
容器-61- 1	1.9	<0.5	-
- 2	1.8	<0.5	-
- 3	2.2	5.0	2.3
- 4	2.5	2.0	0.80
- 5	2.2	80	36
- 6	2.2	2.5	1.1
- 7	2.5	<0.5	-
- 8	2.1	45	21
- 9	1.4	<0.5	-
-10	1.8	230	128
-11	2.0	50	25
-12	1.3	35	27
-13	2.0	<0.5	-
-14	1.8	1.5	0.83
-15	2.4	2.0	0.83
-16	2.4	<0.5	-
-17	1.8	<0.5	-
-18	1.0	30	30
-19	1.4	4.0	2.9
-20	1.7	<0.5	-
-21	1.5	30	20
-22	1.5	2.0	1.3
-23	1.4	45	32
-24	2.8	<0.5	-
-25	1.4	4.5	3.2
-26	1.9	1.5	0.79
-27	2.0	10	5.0
-28	2.1	13	6.2
容器-61-29	1.8	5.0	2.8

表 23 保管容器（容器-66）のビニール袋の線量率

試料 No.	グロス重量 M(kg)	表面線量率 R_1 (μ Sv/h)	単位重量当たり の線量率 (R_1/M)
容器-66- 1	1.9	26	14
-2	2.5	6.0	2.4
-3	2.5	20	8.0
-4	2.2	20	9.1
-5	2.0	20	10
-6	2.1	120	57
-7	2.1	2.0	1.0
-8	1.3	170	131
-9	2.5	110	44
-10	2.0	6.5	3.3
-11	1.8	0	0
-12	1.6	4.0	2.5
-13	1.6	15	9.4
-14	1.1	1.0	0.91
-15	2.0	0	0
-16	2.4	0	0
-17	1.4	0	0
-18	2.0	0	0
-19	1.3	2.0	1.5
-20	2.0	0	0
-21	1.0	6.0	6.0
-22	2.3	12	5.2
-23	2.1	0	0
-24	2.0	0	0
容器-66-25	2.0	11	5.5

表 24 保管容器（容器-73）のビニール袋の線量率

試料 No.	グロス重量 M(kg)	表面線量率 R ₁ (μ Sv/h)	単位重量当たり の線量率(R ₁ /M)
容器-73- 1	1.9	<0.5	-
-2	2.3	<0.5	-
-3	2.2	10	4.5
-4	0.9	<0.5	-
-5	1.4	<0.5	-
-6	1.5	<0.5	-
-7	2.5	9.0	3.6
-8	1.5	1.5	1.0
-9	2.6	9.0	3.5
-10	0.6	<0.5	-
-11	1.5	340	227
-12	1.9	<0.5	-
-13	1.7	<0.5	-
-14	1.8	<0.5	-
-15	2.6	12	4.6
-16	1.4	<0.5	-
-17	1.4	1.5	1.1
-18	1.5	1.5	1.0
-19	1.2	<0.5	-
-20	2.6	<0.5	-
-21	0.8	250	313
-22	2.4	3.0	1.3
-23	2.4	3.0	1.3
-24	0.7	<0.5	-
-25	1.4	<0.5	-
-26	1.7	3.0	1.8
-27	2.3	1.0	0.4
容器-73-28	0.9	<0.5	-

表 25 試料（容器-61-10）の基本情報

記録項目	記録内容	備考																						
1.選定試料データの記入	<p>外観記録</p> <p>シーケンシャルナンバー:容器-61-10 内容物記載事項:紙類、ポリ/酢ビ類、ゴム手 試料発生年月日:2014年10月01日</p> <p>登録所名称:NDC ホットラボ 分析対象核種:</p> <p>空容器重量+採取重量 — 空容器重量 = 選定試料重量(W₀) ()g ()g (106.1673)g</p>	<p>寸法、形状測定 小数点1位、単位cm。</p> <p>重量測定 有効数4桁</p>																						
2.選定試料の重量測定	 <p>使用測定器 機器No ① GM管(cpm) :TGS-133型 ② 電離箱(μSv/h) :ICS-313 ③ NaI(μSv/h) :TCS-161</p> <p>表面線量率 1 > 100 Kcpm (at 0 cm) 2 120 μSv/h (at 0 cm) 3 > 30 μSv/h (at 0 cm)</p> <p>添付資料-写真-() 材質の推定(ゴム手袋)</p> <p>選定試料からの採取操作 実施しない <input checked="" type="radio"/> 実施する</p> <p>記録紙下段に進む</p> <p>コメント</p>	<p>表面線量当量測定 記録紙上に図示、2点以上実施 NET COUNTで表示。</p> <p>外観写真 画面いっぱい試料を入れる。 基準寸法を入れる。 *試料全体を写真撮影すること *焼却灰はプランチェットに乗せて 撮影すること</p> <p>材質推定 記入要領に従う。</p>																						
3.表面線量当量測定 試料外観の観察記録		<p>採取方法の選定 優先順位 全量使用 重量比 表面積比 化学除染</p>	<p>採取方法の選定 優先順位 全量使用 重量比 表面積比 化学除染</p>																					
4.汚染箇所採取方法の選定		<table border="1"> <thead> <tr> <th>選定試料</th> <th colspan="2">汚染状況</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>汚染レベル</td> <td><input checked="" type="radio"/> 1Kcpm</td> <td><input type="radio"/> <1Kcpm</td> </tr> <tr> <td>汚染箇所</td> <td>全面</td> <td><input checked="" type="radio"/> 局部</td> </tr> <tr> <td>汚染範囲</td> <td>均一</td> <td><input checked="" type="radio"/> 不均一</td> </tr> <tr> <td>面積測定</td> <td>可</td> <td><input checked="" type="radio"/> 不可</td> </tr> <tr> <td>重量測定</td> <td><input checked="" type="radio"/> 可</td> <td><input type="radio"/> 不可</td> </tr> <tr> <td>化学除染</td> <td>可</td> <td><input checked="" type="radio"/> 不可</td> </tr> </tbody> </table> <p>採取方法○で囲む</p> <p><input checked="" type="radio"/> 全量使用 2 重量比 3 表面積比 4 化学除染</p>	選定試料	汚染状況		汚染レベル	<input checked="" type="radio"/> 1Kcpm	<input type="radio"/> <1Kcpm	汚染箇所	全面	<input checked="" type="radio"/> 局部	汚染範囲	均一	<input checked="" type="radio"/> 不均一	面積測定	可	<input checked="" type="radio"/> 不可	重量測定	<input checked="" type="radio"/> 可	<input type="radio"/> 不可	化学除染	可	<input checked="" type="radio"/> 不可	<p>表面積算出</p> <p>コメント</p> <p>外観、汚染部位等について特徴的なことを記入。</p>
選定試料		汚染状況																						
汚染レベル	<input checked="" type="radio"/> 1Kcpm	<input type="radio"/> <1Kcpm																						
汚染箇所	全面	<input checked="" type="radio"/> 局部																						
汚染範囲	均一	<input checked="" type="radio"/> 不均一																						
面積測定	可	<input checked="" type="radio"/> 不可																						
重量測定	<input checked="" type="radio"/> 可	<input type="radio"/> 不可																						
化学除染	可	<input checked="" type="radio"/> 不可																						
	<p>表面積算出</p> <p>コメント</p> <p>外観、汚染部位等について特徴的なことを記入。</p>																							

表 26 試料（容器-66-8）の基本情報

記録項目	記録内容	備考																						
1.選定試料データの記入	<p>外観記録</p> <p>シーケンシャルナンバー:容器-66-8 内容物記載事項:紙類、ポリ/酢ビ類、ゴム手 試料発生年月日:2014年10月01日</p> <p>登録所名称:NDC ホットラボ 分析対象核種:</p> <p>空容器重量+採取重量 — 空容器重量 = 選定試料重量(W₀) ()g ()g (43.1991)g</p>	<p>寸法、形状測定 小数点1位、単位cm。</p> <p>重量測定 有効数4桁</p>																						
2.選定試料の重量測定	 <p>使用測定器 機器No 1 GM管(cpm) :TGS-133型 ② 電離箱(μSv/h) :ICS-313 3 NaI(μSv/h) :TCS-161</p> <p>表面線量率 1 > 100 Kcpm (at 0 cm) 2 500 μSv/h (at 0 cm) 3 > 30 μSv/h (at 0 cm)</p> <p>添付資料-写真-() 材質の推定(シート)</p> <p>選定試料からの採取操作 実施しない <input checked="" type="radio"/> 実施する</p> <p>記録紙下段に進む</p> <p>コメント</p>	<p>表面線量当量測定 記録紙上に図示、2点以上実施 NET COUNTで表示。</p> <p>外観写真 画面いっぱい試料を入れる。 基準寸法を入れる。 *試料全体を写真撮影すること *焼却灰はプランチェットに乗せて 撮影すること</p> <p>材質推定 記入要領に従う。</p>																						
3.表面線量当量測定 試料外観の観察記録		<p>採取方法の選定 優先順位 全量使用 重量比 表面積比 化学除染</p>	<p>採取方法の選定 優先順位 全量使用 重量比 表面積比 化学除染</p>																					
4.汚染箇所採取方法の選定		<table border="1"> <thead> <tr> <th>選定試料</th> <th colspan="2">汚染状況</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>汚染レベル</td> <td><input checked="" type="radio"/> 1Kcpm</td> <td><input type="radio"/> <1Kcpm</td> </tr> <tr> <td>汚染箇所</td> <td>全面</td> <td><input checked="" type="radio"/> 局部</td> </tr> <tr> <td>汚染範囲</td> <td>均一</td> <td><input checked="" type="radio"/> 不均一</td> </tr> <tr> <td>面積測定</td> <td>可</td> <td><input checked="" type="radio"/> 不可</td> </tr> <tr> <td>重量測定</td> <td><input checked="" type="radio"/> 可</td> <td><input type="radio"/> 不可</td> </tr> <tr> <td>化学除染</td> <td>可</td> <td><input checked="" type="radio"/> 不可</td> </tr> </tbody> </table> <p>採取方法○で囲む</p> <p><input checked="" type="radio"/> 全量使用 2 重量比 3 表面積比 4 化学除染</p>	選定試料	汚染状況		汚染レベル	<input checked="" type="radio"/> 1Kcpm	<input type="radio"/> <1Kcpm	汚染箇所	全面	<input checked="" type="radio"/> 局部	汚染範囲	均一	<input checked="" type="radio"/> 不均一	面積測定	可	<input checked="" type="radio"/> 不可	重量測定	<input checked="" type="radio"/> 可	<input type="radio"/> 不可	化学除染	可	<input checked="" type="radio"/> 不可	<p>表面積算出</p> <p>コメント</p> <p>外観、汚染部位等について特徴的なことを記入。</p>
選定試料		汚染状況																						
汚染レベル	<input checked="" type="radio"/> 1Kcpm	<input type="radio"/> <1Kcpm																						
汚染箇所	全面	<input checked="" type="radio"/> 局部																						
汚染範囲	均一	<input checked="" type="radio"/> 不均一																						
面積測定	可	<input checked="" type="radio"/> 不可																						
重量測定	<input checked="" type="radio"/> 可	<input type="radio"/> 不可																						
化学除染	可	<input checked="" type="radio"/> 不可																						
	<p>表面積算出</p> <p>コメント</p> <p>外観、汚染部位等について特徴的なことを記入。</p>																							

表 27 試料（容器-73-11）の基本情報

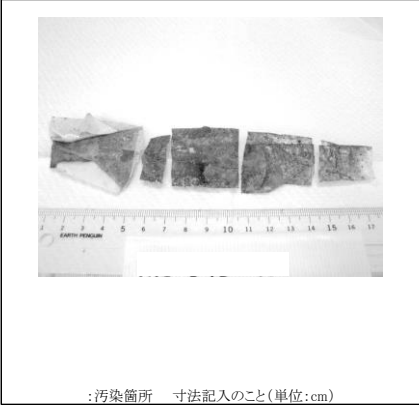
記録項目	記録内容	備考																					
1.選定試料データの記入	外観記録 シーケンシャルナンバー:容器-73-11 内容物記載事項:紙類、ポリ/酢ビ類、ゴム手 試料発生年月日:2014年10月01日	寸法、形状測定 小数点1位、単位cm。																					
2.選定試料の重量測定	登録所名称:NDC ホットラボ 分析対象核種: 空容器重量+採取重量 (5.4623)g 空容器重量 (3.3802)g 選定試料重量(W ₀) (2.0821)g	重量測定 有効数4桁																					
3.表面線量当量測定 試料外観の観察記録	 使用測定器 機器No ① GM管(cpm) :TGS-133型 ② 電離箱(μSv/h) :ICS-313 ③ NaI(μSv/h) :TCS-161 表面線量率 1 > 100 kcpm (at 0 cm) 2 100 μSv/h (at 0 cm) 3 > 30 μSv/h (at 0 cm) 添付資料-写真(-) 材質の推定(リガテープ) 選定試料からの採取操作 実施しない <input checked="" type="radio"/> 実施する 記録紙下段に進む	表面線量当量測定 記録紙上に図示、2点以上実施 NET COUNTで表示。 外観写真 画面いっぱい試料を入れる。 基準寸法を入れる。 *試料全体を写真撮影すること *焼却灰はプランケットに乗せて 撮影すること 材質推定 記入要領に従う。																					
4.汚染箇所採取方法の選定	<table border="1"> <thead> <tr> <th>選定試料</th> <th colspan="2">汚染状況</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>汚染レベル</td> <td><input checked="" type="radio"/> 1Kcpm</td> <td><input type="radio"/> <1Kcpm</td> </tr> <tr> <td>汚染箇所</td> <td><input type="radio"/> 全面</td> <td><input checked="" type="radio"/> 局部</td> </tr> <tr> <td>汚染範囲</td> <td><input type="radio"/> 均一</td> <td><input checked="" type="radio"/> 不均一</td> </tr> <tr> <td>面積測定</td> <td><input type="radio"/> 可</td> <td><input checked="" type="radio"/> 不可</td> </tr> <tr> <td>重量測定</td> <td><input checked="" type="radio"/> 可</td> <td><input type="radio"/> 不可</td> </tr> <tr> <td>化学除染</td> <td><input type="radio"/> 可</td> <td><input checked="" type="radio"/> 不可</td> </tr> </tbody> </table> 採取方法○で囲む <input checked="" type="radio"/> 全量使用 2 重量比 3 表面積比 4 化学除染	選定試料	汚染状況		汚染レベル	<input checked="" type="radio"/> 1Kcpm	<input type="radio"/> <1Kcpm	汚染箇所	<input type="radio"/> 全面	<input checked="" type="radio"/> 局部	汚染範囲	<input type="radio"/> 均一	<input checked="" type="radio"/> 不均一	面積測定	<input type="radio"/> 可	<input checked="" type="radio"/> 不可	重量測定	<input checked="" type="radio"/> 可	<input type="radio"/> 不可	化学除染	<input type="radio"/> 可	<input checked="" type="radio"/> 不可	採取方法の選定 優先順位 全量使用 重量比 表面積比 化学除染 コメント 外観、汚染部位等について特徴的なことを記入。
選定試料	汚染状況																						
汚染レベル	<input checked="" type="radio"/> 1Kcpm	<input type="radio"/> <1Kcpm																					
汚染箇所	<input type="radio"/> 全面	<input checked="" type="radio"/> 局部																					
汚染範囲	<input type="radio"/> 均一	<input checked="" type="radio"/> 不均一																					
面積測定	<input type="radio"/> 可	<input checked="" type="radio"/> 不可																					
重量測定	<input checked="" type="radio"/> 可	<input type="radio"/> 不可																					
化学除染	<input type="radio"/> 可	<input checked="" type="radio"/> 不可																					
	表面積算出																						

表 28 試料（容器-61-10）の放射化学分析結果

減衰補正日 2014/10/1		Bq/g		
容器-61-10	分割試料毎の分析結果	計測誤差	検出限界	規格化係数
H-3	1.23E+02	8.21E-01	1.10E+00	0.613
C-14	7.45E+01	6.25E-01	7.86E-01	0.613
Co-60	2.79E+04	1.81E+02	1.64E+02	0.613
Cs-137	8.94E+03	7.73E+01	1.90E+02	-
Sr-90	6.69E+02	4.24E+00	3.56E-01	0.216
Eu-154	2.89E+01	4.06E-01	7.91E-01	0.216
Co-60	9.45E+04	4.31E+02	1.94E+02	0.181
Cs-137	1.24E+03	5.85E+01	2.33E+02	0.216
Tc-99	2.59E+00	5.58E-02	2.92E-02	0.038
Co-60	3.08E+04	1.97E+02	1.15E+02	0.556
Cs-137	6.99E+03	5.34E+01	1.33E+02	0.038
Ni-63	9.96E+03	5.13E+01	5.47E+01	1.000
U-234	3.32E-03	3.98E-04	6.91E-04	1.000
U-235	1.08E-05	3.19E-07	1.09E-06	1.000
U-238	7.58E-04	1.70E-06	3.69E-06	1.000
Pu-238	2.03E+01	6.19E-01	2.06E-01	1.000
Pu-239+240	3.21E+00	1.65E-01	1.88E-01	1.000
Pu-241	3.16E+02	7.68E+00	1.84E+01	1.000
Am-241	1.87E+01	4.72E-01	1.15E-01	1.000
Cm-244	1.71E+01	4.44E-01	8.17E-02	1.000
Co-60	1.71E+04	5.62E+01	3.66E+01	1.000
Cs-137	2.68E+02	1.30E+01	4.12E+01	1.000

減衰補正日: 2014/10/1		Bq/g	
試料略称: 容器-61-10	放射能濃度	誤差	検出限界
H-3	7.57E+01	5.03E-01	6.74E-01
C-14	4.57E+01	3.83E-01	4.82E-01
Co-60	1.71E+04	5.62E+01	3.66E+01
Ni-63	9.96E+03	5.13E+01	5.47E+01
Sr-90	1.45E+02	9.18E-01	7.71E-02
Tc-99	9.92E-02	2.14E-03	1.12E-03
Cs-137	2.68E+02	1.30E+01	4.12E+01
Eu-154	6.25E+00	8.78E-02	1.71E-01
U-234	3.32E-03	3.98E-04	6.91E-04
U-235	1.08E-05	3.19E-07	1.09E-06
U-238	7.58E-04	1.70E-06	3.69E-06
Pu-238	2.03E+01	6.19E-01	2.06E-01
Pu-239+240	3.21E+00	1.65E-01	1.88E-01
Pu-241	3.16E+02	7.68E+00	1.84E+01
Am-241	1.87E+01	4.72E-01	1.15E-01
Cm-244	1.71E+01	4.44E-01	8.17E-02

表 29 試料（容器-66-8）の放射化学分析結果

減衰補正日 2014/10/1		Bq/g		
容器-66-8	分割試料毎の分析結果	計測誤差	検出限界	規格化係数
H-3	5.66E+02	1.38E+00	8.42E-01	1.251
C-14	6.07E+00	2.33E-01	5.77E-01	1.251
Co-60	2.19E+03	1.02E+02	9.89E+01	1.251
Cs-137	2.47E+05	6.01E+02	3.08E+02	0.704
Sr-90	1.16E+05	5.49E+02	2.70E+01	1.000
Tc-99	2.89E+01	4.40E-01	7.06E-02	1.000
Eu-154	4.58E+03	9.71E+01	1.22E+02	1.000
Co-60	2.74E+03	2.10E+01	3.29E+01	1.000
Cs-137	1.74E+05	4.41E+02	9.99E+01	1.000
Ni-63	8.00E+03	4.99E+01	6.15E+01	0.690
U-234	4.10E+00	2.12E-01	1.56E-01	0.558
U-235	2.44E-02	8.95E-05	1.18E-05	0.558
U-238	6.57E-01	4.30E-03	3.98E-04	0.558
Pu-238	2.58E+04	3.12E+02	3.21E+00	0.558
Pu-239+240	2.84E+03	3.88E+01	3.03E+00	0.558
Pu-241	2.89E+05	3.36E+02	9.91E+01	0.558
Am-241	6.16E+03	7.84E+01	1.01E+00	0.558
Cm-244	8.02E+03	1.01E+02	8.30E-01	0.558
Co-60	3.97E+03	2.02E+01	1.40E+01	0.690
Cs-137	3.11E+05	1.01E+03	6.18E+01	0.558

減衰補正日: 2014/10/1		Bq/g	
試料略称: 容器-66-8	放射能濃度	誤差	検出限界
H-3	7.08E+02	1.72E+00	1.05E+00
C-14	7.59E+00	2.92E-01	7.22E-01
Co-60	2.74E+03	2.10E+01	3.29E+01
Ni-63	5.52E+03	3.45E+01	4.24E+01
Sr-90	1.16E+05	5.49E+02	2.70E+01
Tc-99	2.89E+01	4.40E-01	7.06E-02
Cs-137	1.74E+05	4.41E+02	9.99E+01
Eu-154	4.58E+03	9.71E+01	1.22E+02
U-234	2.29E+00	1.18E-01	8.72E-02
U-235	1.36E-02	5.00E-05	6.59E-06
U-238	3.67E-01	2.40E-03	2.22E-04
Pu-238	1.44E+04	1.74E+02	1.79E+00
Pu-239+240	1.59E+03	2.17E+01	1.69E+00
Pu-241	1.61E+05	1.88E+02	5.53E+01
Am-241	3.44E+03	4.38E+01	5.67E-01
Cm-244	4.48E+03	5.63E+01	4.63E-01

表 30 試料（容器-73-11）の放射化学分析結果

減衰補正日		2014/10/1			試料略称: 容器-73-11		減衰補正日: 2014/10/1	
容器-73-11	分割試料毎の分析結果			Bq/g		Bq/g		
	目的核種	計測誤差	検出限界	規格化係数		放射能濃度	誤差	検出限界
H-3	1.66E+03	6.44E+00	5.71E+00	2.012	H-3	3.34E+03	1.30E+01	1.15E+01
C-14	3.73E+01	1.61E+00	4.08E+00	2.012	C-14	7.51E+01	3.25E+00	8.21E+00
Co-60	1.78E+04	2.82E+02	4.64E+02	2.012	Co-60	3.59E+04	1.43E+03	5.45E+02
Cs-137	7.53E+04	3.19E+02	5.49E+02	8.125	Ni-63	6.25E+05	1.39E+03	7.08E+02
Sr-90	3.29E+05	1.32E+03	5.48E+01	1.000	Sr-90	3.29E+05	1.32E+03	5.48E+01
Tc-99	9.93E+01	1.53E+00	3.89E-01	1.000	Tc-99	9.93E+01	1.53E+00	3.89E-01
Eu-154	1.48E+04	9.07E+02	1.63E+03	1.000	Cs-137	6.12E+05	1.23E+03	1.48E+03
Co-60	3.59E+04	1.43E+03	5.45E+02	1.000	Eu-154	1.48E+04	9.07E+02	1.63E+03
Cs-137	6.12E+05	1.23E+03	1.48E+03	1.000	U-234	4.97E+00	1.54E-01	7.29E-02
Ni-63	4.48E+05	9.97E+02	5.08E+02	1.395	U-235	5.69E-02	2.47E-04	1.04E-04
U-234	4.77E+00	1.48E-01	7.00E-02	1.042	U-238	1.49E+00	8.07E-04	3.50E-03
U-235	5.46E-02	2.37E-04	9.97E-05	1.042	Pu-238	2.66E+04	4.04E+02	2.82E+01
U-238	1.43E+00	7.75E-04	3.36E-03	1.042	Pu-239+240	3.04E+03	7.15E+01	2.66E+01
Pu-238	2.55E+04	3.88E+02	2.71E+01	1.042	Pu-241	2.73E+05	1.01E+03	8.71E+02
Pu-239+240	2.92E+03	6.87E+01	2.56E+01	1.042	Am-241	2.30E+04	3.19E+02	1.16E+01
Pu-241	2.62E+05	9.66E+02	8.37E+02	1.042	Cm-244	2.58E+04	3.53E+02	9.46E+00
Am-241	2.20E+04	3.06E+02	1.11E+01	1.042				
Cm-244	2.48E+04	3.39E+02	9.09E+00	1.042				
Co-60	2.58E+04	1.32E+02	1.06E+02	1.395				
Cs-137	5.88E+05	1.35E+03	2.56E+02	1.042				

表 31 含水率測定結果

試料名称	乾燥前			乾燥後				含水率(%)
	風袋	風袋+試料	試料(g)	風袋	風袋+試料	風袋+試料(後)	含水量(g)	
容器-61-10	3.3767	4.1362	0.7595	62.9660	63.6839	63.6799	0.0456	6.00
容器-66-8	3.3640	4.2779	0.9139	136.4000	137.1202	137.0761	0.2378	26.0
容器-73-11	3.3774	3.6138	0.2364	62.6991	62.9317	62.9287	0.0068	2.88

表 32 容器-61-10 試料の放射化学分析誤差（相対値）整理結果

分析対象核種 誤差要因	H-3	C-14	Co-60	Cs-137	Sr-90	Eu-154	Co-60	Cs-137	Tc-99	Co-60	Cs-137
分析試料質量	0.0393%	0.0393%	0.0393%	0.0393%	0.00846%	0.00846%	0.00846%	0.00846%	0.00438%	0.00438%	0.00438%
希積分取	0.825%	0.825%	0.831%	0.831%	-	-	0.826%	0.826%	-	0.826%	0.826%
化学回収率	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	2.16%	4.00%	4.00%
放射線測定既校正	6.40%	5.55%	4.56%	4.22%	1.27%	5.36%	4.22%	4.22%	1.52%	4.22%	4.22%
放射線測定	0.665%	0.839%	0.647%	0.864%	0.634%	1.41%	0.456%	4.73%	2.15%	0.639%	0.764%
放射化学分析誤差	11.9%	11.5%	11.0%	10.9%	4.25%	6.84%	5.89%	7.54%	3.41%	5.90%	5.92%
分析対象核種 誤差要因	Ni-63	U-234	U-235	U-238	Pu-238	Pu-239 +240	Pu-241	Am-241	Cm-244	Co-60	Cs-137
分析試料質量	0.000855%	0.000855%	0.000855%	0.000855%	0.000855%	0.000855%	0.000855%	0.000855%	0.000855%	0.000855%	0.000855%
希積分取	1.69%	0.0850%	-	-	0.801%	0.801%	1.14%	0.801%	0.801%	0.826%	0.826%
化学回収率	1.64%	2.17%	10.0%	10.0%	30.0%	30.0%	30.0%	3.47%	3.52%	10.0%	10.0%
放射線測定既校正	10.0%	10.1%	72.1%	15.7%	10.1%	10.1%	10.0%	10.1%	10.1%	4.22%	4.22%
放射線測定	0.515%	12.0%	2.95%	0.225%	3.05%	5.14%	2.43%	2.53%	2.61%	0.328%	4.87%
放射化学分析誤差	10.3%	15.8%	72.9%	18.6%	31.8%	32.1%	31.7%	11.0%	11.0%	10.9%	11.9%

*) 斜体を用いた数値は、不確かさ評価における B タイプの考え方にに基づき設定

表 33 容器-66-8 試料の放射化学分析誤差（相対値）整理結果

分析対象核種 誤差要因	H-3	C-14	Co-60	Cs-137	Sr-90	Tc-99	Eu-154	Co-60	Cs-137		
分析試料質量	0.0287%	0.0287%	0.0287%	0.0287%	0.00141%	0.00141%	0.00141%	0.00141%	0.00141%		
希積分取	0.825%	0.825%	0.812%	0.812%	-	-	0.826%	0.826%	0.826%		
化学回収率	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	4.00%	4.00%	3.06%	4.00%	4.00%		
放射線測定既校正	6.40%	5.55%	6.20%	5.95%	1.27%	1.52%	4.22%	4.22%	4.22%		
放射線測定	0.243%	3.85%	4.64%	0.243%	0.472%	1.52%	2.12%	0.767%	0.254%		
放射化学分析誤差	11.9%	12.1%	12.7%	11.7%	4.22%	4.54%	5.68%	5.92%	5.87%		
分析対象核種 誤差要因	Ni-63	U-234	U-235	U-238	Pu-238	Pu-239 +240	Pu-241	Am-241	Cm-244	Co-60	Cs-137
分析試料質量	0.00184%	0.00184%	0.00184%	0.00184%	0.00184%	0.00184%	0.00184%	0.00184%	0.00184%	0.00184%	0.00184%
希積分取	1.69%	0.802%	-	-	0.802%	0.802%	1.14%	0.802%	0.802%	0.807%	0.807%
化学回収率	1.64%	2.18%	10.0%	10.0%	30.0%	30.0%	30.0%	2.30%	2.37%	10.0%	10.0%
放射線測定既校正	10.0%	10.1%	7.17%	2.21%	10.1%	10.1%	10.0%	10.1%	10.1%	5.95%	5.95%
放射線測定	0.624%	5.16%	0.367%	0.655%	1.21%	1.36%	0.116%	1.27%	1.26%	0.510%	0.323%
放射化学分析誤差	10.3%	11.5%	12.3%	10.3%	31.7%	31.7%	31.7%	10.4%	10.5%	11.7%	11.7%

*) 斜体を用いた数値は、不確かさ評価における B タイプの考え方にに基づき設定

表 34 容器-73-11 試料の放射化学分析誤差（相対値）整理結果

分析対象核種 誤差要因	H-3	C-14	Co-60	Cs-137	Sr-90	Tc-99	Eu-154	Co-60	Cs-137		
分析試料質量	0.204%	0.204%	0.204%	0.204%	0.0346%	0.0346%	0.0346%	0.0346%	0.0346%		
希積分取	0.825%	0.825%	0.831%	0.831%	-	-	0.826%	0.826%	0.826%		
化学回収率	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	4.00%	4.00%	2.50%	4.00%	4.00%		
放射線測定既校正	6.40%	5.55%	4.56%	4.22%	1.27%	1.52%	4.22%	4.22%	4.22%		
放射線測定	0.388%	4.33%	1.58%	0.424%	0.400%	1.54%	6.11%	3.99%	0.202%		
放射化学分析誤差	11.9%	12.3%	11.1%	10.9%	4.22%	4.55%	7.88%	7.09%	5.87%		
分析対象核種 誤差要因	Ni-63	U-234	U-235	U-238	Pu-238	Pu-239 +240	Pu-241	Am-241	Cm-244	Co-60	Cs-137
分析試料質量	0.0389%	0.0389%	0.0389%	0.0389%	0.0389%	0.0389%	0.0389%	0.0389%	0.0389%	0.0389%	0.0389%
希積分取	1.69%	1.00%	-	-	0.804%	0.804%	1.14%	0.804%	0.804%	0.810%	0.810%
化学回収率	1.64%	2.14%	10.0%	10.0%	30.0%	30.0%	30.0%	4.32%	4.37%	10.0%	10.0%
放射線測定既校正	10.0%	10.1%	26.9%	7.51%	10.1%	10.1%	10.0%	10.1%	10.1%	5.95%	5.95%
放射線測定	0.223%	3.10%	0.433%	0.054%	1.52%	2.35%	0.369%	1.39%	1.37%	0.514%	0.230%
放射化学分析誤差	10.3%	10.8%	28.7%	12.5%	31.7%	31.8%	31.7%	11.1%	11.1%	11.7%	11.7%

*) 斜体を用いた数値は、不確かさ評価における B タイプの考え方にに基づき設定

表 35 各試料の核種濃度比とその誤差 (1σ)

核種組成比	試料名称	容器-66-8		容器-73-11		容器-61-10	
		核種組成比	誤差	核種組成比	誤差	核種組成比	誤差
対Co-60比	H-3	2.59E-01	17.4%	9.30E-02	16.3%	4.42E-03	16.2%
	C-14	2.77E-03	17.5%	2.09E-03	16.6%	2.67E-03	15.9%
	Ni-36	2.02E+00	15.6%	1.74E+01	15.6%	5.82E-01	15.0%
	Tc-99	1.06E-02	7.46%	2.76E-03	8.43%	8.40E-05	6.82%
	Eu-154	1.67E+00	8.21%	4.13E-01	10.6%	3.06E-04	9.02%
対Cs-137比	Sr-90	6.70E-01	7.24%	5.38E-01	7.23%	5.41E-01	8.65%
	Tc-99	1.67E-04	7.43%	1.62E-04	7.43%	3.70E-04	6.83%
	Eu-154	2.64E-02	8.17%	2.43E-02	9.83%	2.33E-02	10.2%
	U-234	1.32E-05	16.4%	8.11E-06	15.9%	1.24E-05	19.8%
	U-235	7.84E-08	17.0%	9.30E-08	30.9%	4.03E-08	73.8%
	U-238	2.11E-06	15.5%	2.43E-06	17.1%	2.83E-06	22.1%
	Pu-238	8.28E-02	33.8%	4.34E-02	33.8%	7.58E-02	34.0%
	Pu-239+240	9.14E-03	33.8%	4.96E-03	33.8%	1.20E-02	34.2%
	Pu-241	9.28E-01	33.7%	4.45E-01	33.7%	1.18E+00	33.9%
	Am-241	1.98E-02	15.7%	3.75E-02	16.1%	6.97E-02	16.2%
	Cm-244	2.58E-02	15.7%	4.21E-02	16.1%	6.36E-02	16.2%

表 36 小袋毎の線量率から推定した Cs-137 換算放射能量(容器-66)

試料 No.	グロス重量 M(kg)	表面線量率 R ₁ (μSv/h)	Cs-137 推定放射能量 A ₁ (Bq)	
			20cm*	60cm*
容器-66- 1	1.9	26	4.4E+06	1.3E+07
- 2	2.5	6.0	1.0E+06	3.0E+06
- 3	2.5	20	3.4E+06	1.0E+07
- 4	2.2	20	3.4E+06	1.0E+07
- 5	2.0	20	3.4E+06	1.0E+07
- 6	2.1	120	2.1E+07	6.1E+07
- 7	2.1	2.0	3.4E+05	1.0E+06
- 8	1.3	170	2.9E+07	8.6E+07
- 9	2.5	110	1.9E+07	5.6E+07
-10	2.0	6.5	1.1E+06	3.3E+06
-11	1.8	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-12	1.6	4.0	6.8E+05	2.0E+06
-13	1.6	15	2.6E+06	7.6E+06
-14	1.1	1.0	1.7E+05	5.1E+05
-15	2.0	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-16	2.4	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-17	1.4	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-18	2.0	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-19	1.3	2.0	3.4E+05	1.0E+06
-20	2.0	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-21	1.0	6.0	1.0E+06	3.0E+06
-22	2.3	12	2.1E+06	6.1E+06
-23	2.1	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-24	2.0	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
容器-66-25	2.0	11	1.9E+06	5.6E+06
合計			4.4E+06	1.3E+07

*:袋の直径 (概略値を仮定)

表 37 小袋毎の線量率から推定した Cs-137 換算放射能量(容器-61)

試料 No.	グロス重量 M(kg)	表面線量率 R ₁ (μSv/h)	Cs-137 推定放射能量 A ₁ (Bq)	
			20cm*	60cm*
容器-61- 1	1.9	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
- 2	1.8	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
- 3	2.2	5.0	8.5E+05	2.5E+06
- 4	2.5	2.0	3.4E+05	1.0E+06
- 5	2.2	80	1.4E+07	4.0E+07
- 6	2.2	2.5	4.3E+05	1.3E+06
- 7	2.5	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
- 8	2.1	45	7.7E+06	2.3E+07
- 9	1.4	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-10	1.8	230	3.9E+07	1.2E+08
-11	2.0	50	8.5E+06	2.5E+07
-12	1.3	35	6.0E+06	1.8E+07
-13	2.0	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-14	1.8	1.5	2.6E+05	7.6E+05
-15	2.4	2.0	3.4E+05	1.0E+06
-16	2.4	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-17	1.8	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-18	1.0	30	5.1E+06	1.5E+07
-19	1.4	4.0	6.8E+05	2.0E+06
-20	1.7	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-21	1.5	30	5.1E+06	1.5E+07
-22	1.5	2.0	3.4E+05	1.0E+06
-23	1.4	45	7.7E+06	2.3E+07
-24	2.8	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-25	1.4	4.5	7.7E+05	2.3E+06
-26	1.9	1.5	2.6E+05	7.6E+05
-27	2.0	10	1.7E+06	5.1E+06
-28	2.1	13	2.2E+06	6.6E+06
容器-61-29	1.8	5.0	8.5E+05	2.5E+06
合計			1.0E+08	3.0E+08

*:袋の直径 (概略値を仮定)

表 38 小袋毎の線量率から推定した Cs-137 換算放射能量(容器-73)

試料 No.	グロス重量 M(kg)	表面線量率 R ₁ (μSv/h)	Cs-137 推定放射能量 A ₁ (Bq)	
			20cm*	60cm*
容器-73- 1	1.9	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
- 2	2.3	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
- 3	2.2	10	1.7E+06	5.1E+06
- 4	0.9	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
- 5	1.4	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
- 6	1.5	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
- 7	2.5	9.0	1.5E+06	4.5E+06
- 8	1.5	1.5	2.6E+05	7.6E+05
- 9	2.6	9.0	1.5E+06	4.5E+06
-10	0.6	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-11	1.5	340	5.8E+07	1.7E+08
-12	1.9	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-13	1.7	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-14	1.8	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-15	2.6	12.0	2.1E+06	6.1E+06
-16	1.4	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-17	1.4	1.5	2.6E+05	7.6E+05
-18	1.5	1.5	2.6E+05	7.6E+05
-19	1.2	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-20	2.6	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-21	0.8	250	4.3E+07	1.3E+08
-22	2.4	3.0	5.1E+05	1.5E+06
-23	2.4	3.0	5.1E+05	1.5E+06
-24	0.7	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-25	1.4	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
-26	1.7	3.0	5.1E+05	1.5E+06
-27	2.3	1.0	1.7E+05	5.1E+05
容器-73-28	0.9	<0.5	8.5E+04	2.5E+05
合計			1.1E+08	3.3E+08

*:袋の直径 (概略値を仮定)

表 39 保管容器表面及び小袋の線量率から推定した Cs-137 換算放射エネルギーの比較

保管容器 No.	保管容器表面線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)*1	内容物重量 (kg)	換算係数 ($\text{Bq}/\mu\text{Sv/h}$)	Cs-137 推定放射エネルギー A_0 (Bq)*2	Cs-137 推定放射エネルギー A_1 (Bq)*3	Cs-137 放射エネルギー (参考) *4
容器-66	最大値	8.0E+01	4.5E+01	1.8E+06	1.4E+08	9.5E+07 ~ 2.8E+08 2.5E+08
	平均値	3.4E+01	4.5E+01	1.8E+06	6.1E+07	
容器-61	最大値	1.0E+02	5.2E+01	1.8E+06	1.8E+08	1.0E+08 ~ 3.0E+08 4.9E+08
	平均値	4.6E+01	5.2E+01	1.8E+06	8.2E+07	
容器-73	最大値	2.3E+02	4.8E+01	1.8E+06	4.1E+08	1.1E+08 ~ 3.3E+08 7.1E+08
	平均値	4.2E+01	4.8E+01	1.8E+06	7.4E+07	

*1: 保管容器表面の線量率測定結果 (平均値は、上面、下面及びスポット箇所を除く。最大値は、スポット箇所)

*2: 保管容器表面線量率の測定結果に基づく Cs-137 換算放射エネルギー

*3: 保管容器内の小袋の線量率に基づく Cs-137 換算放射エネルギー (袋の直径を 20~60cm と仮定)

*4: 保管容器発生時の放射エネルギー

表 40 Co-60の影響を考慮した Cs-137 の線量率への寄与割合

保管容器 No.	Co-60 分析値 (Bq/g)	Cs-137 分析値 (Bq/g)	Co-60/Cs-137 濃度比 (-)	Co-60/Cs-137 線量率比 (-)	Cs-137 の線量率への寄与割合 r
容器-66	2.7E+03	1.7E+05	1.6E-02	6.0E-02	9.4E-01
容器-61	1.7E+04	2.7E+02	6.4E+01	2.4E+02	4.1E-03
容器-73	3.6E+04	6.1E+05	5.9E-02	2.2E-01	8.2E-01

表 41 Co-60の影響を考慮した小袋の線量率及び核種分析結果を用いて推定した保管容器内の放射エネルギー（容器-66）*

試料 No.	グロス重量 M(kg)	表面線量率 R ₁ (μSv/h)	Cs-137 相当の 表面線量率 R ₁ (μSv/h)	Cs-137 推定放射エネルギー A ₁ (Bq)		Cs-137 推定 放射エネルギー A ₂ (Bq)
				20cm	60cm	
1	1.9	26	2.5E+01	4.2E+06	1.2E+07	3.5E+07
2	2.5	6.0	5.7E+00	9.7E+05	2.9E+06	8.0E+06
3	2.5	20	1.9E+01	3.2E+06	9.5E+06	2.7E+07
4	2.2	20	1.9E+01	3.2E+06	9.5E+06	2.7E+07
5	2.0	20	1.9E+01	3.2E+06	9.5E+06	2.7E+07
6	2.1	120	1.1E+02	1.9E+07	5.7E+07	1.6E+08
7	2.1	2.0	1.9E+00	3.2E+05	9.5E+05	2.7E+06
8	1.3	170	1.6E+02	2.7E+07	8.1E+07	2.3E+08
9	2.5	110	1.0E+02	1.8E+07	5.2E+07	1.5E+08
10	2.0	6.5	6.1E+00	1.0E+06	3.1E+06	8.6E+06
11	1.8	<0.5	4.7E-01	8.1E+04	2.4E+05	6.7E+05
12	1.6	4.0	3.8E+00	6.4E+05	1.9E+06	5.3E+06
13	1.6	15	1.4E+01	2.4E+06	7.1E+06	2.0E+07
14	1.1	1.0	9.4E-01	1.6E+05	4.8E+05	1.3E+06
15	2.0	<0.5	4.7E-01	8.1E+04	2.4E+05	6.7E+05
16	2.4	<0.5	4.7E-01	8.1E+04	2.4E+05	6.7E+05
17	1.4	<0.5	4.7E-01	8.1E+04	2.4E+05	6.7E+05
18	2.0	<0.5	4.7E-01	8.1E+04	2.4E+05	6.7E+05
19	1.3	2.0	1.9E+00	3.2E+05	9.5E+05	2.7E+06
20	2.0	<0.5	4.7E-01	8.1E+04	2.4E+05	6.7E+05
21	1.0	6.0	5.7E+00	9.7E+05	2.9E+06	8.0E+06
22	2.3	12	1.1E+01	1.9E+06	5.7E+06	1.6E+07
23	2.1	<0.5	4.7E-01	8.1E+04	2.4E+05	6.7E+05
24	2.0	<0.5	4.7E-01	8.1E+04	2.4E+05	6.7E+05
25	2.0	11	1.0E+01	1.8E+06	5.2E+06	1.5E+07
合計				9.0E+07	2.6E+08	7.4E+08

* ; 試料 No. 8 を核種分析対象に選定した。

; A₁ は、保管容器内の袋毎の線量率に基づく Cs-137 換算放射エネルギーについて、Co-60 の寄与分の補正を行った値である。

; A₂ は、核種分析結果を用いて推定した Cs-137 換算放射エネルギーである。

表 42 Co-60の影響を考慮した小袋の線量率及び核種分析結果を用いて推定した保管容器内の放射エネルギー（容器-61）*

試料 No.	グロス重量 M(kg)	表面線量率 R ₁ (μSv/h)	Cs-137 相当の 表面線量率 R ₁ (μSv/h)	Cs-137 推定放射エネルギー		Cs-137 推定 放射エネルギー A ₂ (Bq)
				A ₁ (Bq)		
				20cm	60cm	
1	1.9	<0.5	2.0E-03	3.5E+02	1.0E+03	1.0E+03
2	1.8	<0.5	2.0E-03	3.5E+02	1.0E+03	1.0E+03
3	2.2	5.0	2.0E-02	3.5E+03	1.0E+04	1.0E+04
4	2.5	2.0	8.2E-03	1.4E+03	4.1E+03	4.2E+03
5	2.2	80	3.3E-01	5.6E+04	1.7E+05	1.7E+05
6	2.2	2.5	1.0E-02	1.7E+03	5.2E+03	5.2E+03
7	2.5	<0.5	2.0E-03	3.5E+02	1.0E+03	1.0E+03
8	2.1	45	1.8E-01	3.1E+04	9.3E+04	9.4E+04
9	1.4	<0.5	2.0E-03	3.5E+02	1.0E+03	1.0E+03
10	1.8	230	9.4E-01	1.6E+05	4.7E+05	4.8E+05
11	2.0	50	2.0E-01	3.5E+04	1.0E+05	1.0E+05
12	1.3	35	1.4E-01	2.4E+04	7.2E+04	7.3E+04
13	2.0	<0.5	2.0E-03	3.5E+02	1.0E+03	1.0E+03
14	1.8	1.5	6.1E-03	1.0E+03	3.1E+03	3.1E+03
15	2.4	2.0	8.2E-03	1.4E+03	4.1E+03	4.2E+03
16	2.4	<0.5	2.0E-03	3.5E+02	1.0E+03	1.0E+03
17	1.8	<0.5	2.0E-03	3.5E+02	1.0E+03	1.0E+03
18	1.0	30	1.2E-01	2.1E+04	6.2E+04	6.3E+04
19	1.4	4.0	1.6E-02	2.8E+03	8.3E+03	8.4E+03
20	1.7	<0.5	2.0E-03	3.5E+02	1.0E+03	1.0E+03
21	1.5	30	1.2E-01	2.1E+04	6.2E+04	6.3E+04
22	1.5	2.0	8.2E-03	1.4E+03	4.1E+03	4.2E+03
23	1.4	45	1.8E-01	3.1E+04	9.3E+04	9.4E+04
24	2.8	<0.5	2.0E-03	3.5E+02	1.0E+03	1.0E+03
25	1.4	4.5	1.8E-02	3.1E+03	9.3E+03	9.4E+03
26	1.9	1.5	6.1E-03	1.0E+03	3.1E+03	3.1E+03
27	2.0	10	4.1E-02	7.0E+03	2.1E+04	2.1E+04
28	2.1	13	5.3E-02	9.1E+03	2.7E+04	2.7E+04
29	1.8	5.0	2.0E-02	3.5E+03	1.0E+04	1.0E+04
合計				4.2E+05	1.2E+06	1.3E+06

* ; 試料 No. 10 を核種分析対象に選定した。

; A₁ は、保管容器内の袋毎の線量率に基づく Cs-137 換算放射エネルギーについて、Co-60 の寄与分の補正を行った値である。

; A₂ は、核種分析結果を用いて推定した Cs-137 換算放射エネルギーである。

表 43 Co-60の影響を考慮した小袋の線量率及び核種分析結果を用いて推定した保管容器内の放射能量（容器-73）*

試料 No.	グロス重量 M(kg)	表面線量率 R ₁ (μ Sv/h)	Cs-137 相当の 表面線量率 R ₁ (μ Sv/h)	Cs-137 推定放射能量 A ₁ (Bq)		Cs-137 推定 放射能量 A ₂ (Bq)
				20cm	60cm	
1	1.9	<0.5	4.1E-01	7.0E+04	2.1E+05	1.4E+06
2	2.3	<0.5	4.1E-01	7.0E+04	2.1E+05	1.4E+06
3	2.2	10	8.2E+00	1.4E+06	4.1E+06	2.7E+07
4	0.9	<0.5	4.1E-01	7.0E+04	2.1E+05	1.4E+06
5	1.4	<0.5	4.1E-01	7.0E+04	2.1E+05	1.4E+06
6	1.5	<0.5	4.1E-01	7.0E+04	2.1E+05	1.4E+06
7	2.5	9.0	7.4E+00	1.3E+06	3.7E+06	2.4E+07
8	1.5	1.5	1.2E+00	2.1E+05	6.2E+05	4.1E+06
9	2.6	9.0	7.4E+00	1.3E+06	3.7E+06	2.4E+07
10	0.6	<0.5	4.1E-01	7.0E+04	2.1E+05	1.4E+06
11	1.5	340	2.8E+02	4.7E+07	1.4E+08	9.2E+08
12	1.9	<0.5	4.1E-01	7.0E+04	2.1E+05	1.4E+06
13	1.7	<0.5	4.1E-01	7.0E+04	2.1E+05	1.4E+06
14	1.8	<0.5	4.1E-01	7.0E+04	2.1E+05	1.4E+06
15	2.6	12	9.8E+00	1.7E+06	5.0E+06	3.2E+07
16	1.4	<0.5	4.1E-01	7.0E+04	2.1E+05	1.4E+06
17	1.4	1.5	1.2E+00	2.1E+05	6.2E+05	4.1E+06
18	1.5	1.5	1.2E+00	2.1E+05	6.2E+05	4.1E+06
19	1.2	<0.5	4.1E-01	7.0E+04	2.1E+05	1.4E+06
20	2.6	<0.5	4.1E-01	7.0E+04	2.1E+05	1.4E+06
21	0.8	250	2.0E+02	3.5E+07	1.0E+08	6.8E+08
22	2.4	3.0	2.5E+00	4.2E+05	1.2E+06	8.1E+06
23	2.4	3.0	2.5E+00	4.2E+05	1.2E+06	8.1E+06
24	0.7	<0.5	4.1E-01	7.0E+04	2.1E+05	1.4E+06
25	1.4	<0.5	4.1E-01	7.0E+04	2.1E+05	1.4E+06
26	1.7	3.0	2.5E+00	4.2E+05	1.2E+06	8.1E+06
27	2.3	1.0	8.2E-01	1.4E+05	4.1E+05	2.7E+06
28	0.9	<0.5	4.1E-01	7.0E+04	2.1E+05	1.4E+06
合計				9.1E+07	2.7E+08	1.8E+09

* ; 試料 No. 11 を核種分析対象に選定した。

; A₁ は、保管容器内の袋毎の線量率に基づく Cs-137 換算放射能量について、Co-60 の寄与分の補正を行った値である。

; A₂ は、核種分析結果を用いて推定した Cs-137 換算放射能量である。

表 44 保管容器表面及び Co-60 の影響を考慮した小袋の線量率ならびに核種分析結果を用いて推定した保管容器内の推定放射エネルギーの比較

保管容器 No	Cs-137 推定放射エネルギー A_0 (Bq)*1	Cs-137 推定放射エネルギー A_1 (Bq)*2	核種分析結果に基づく Cs-137 放射エネルギー A_2 (Bq)	A_0/A_2	A_1/A_2
容器-66	1.4E+08	9.0E+07 ~ 2.6E+08	7.4E+08	0.19	0.12 ~ 0.36
容器-61	1.8E+08	4.2E+05 ~ 1.2E+06	1.3E+06	142	0.33 ~ 0.98
容器-73	4.1E+08	9.1E+07 ~ 2.7E+08	1.8E+09	0.23	0.05 ~ 0.15

*1 : ドラム缶表面の線量率の最大値に基づく Cs-137 換算放射エネルギー

*2 : ドラム缶内の小袋の線量率に基づく Cs-137 換算放射エネルギー (Co-60 の寄与分の補正あり)

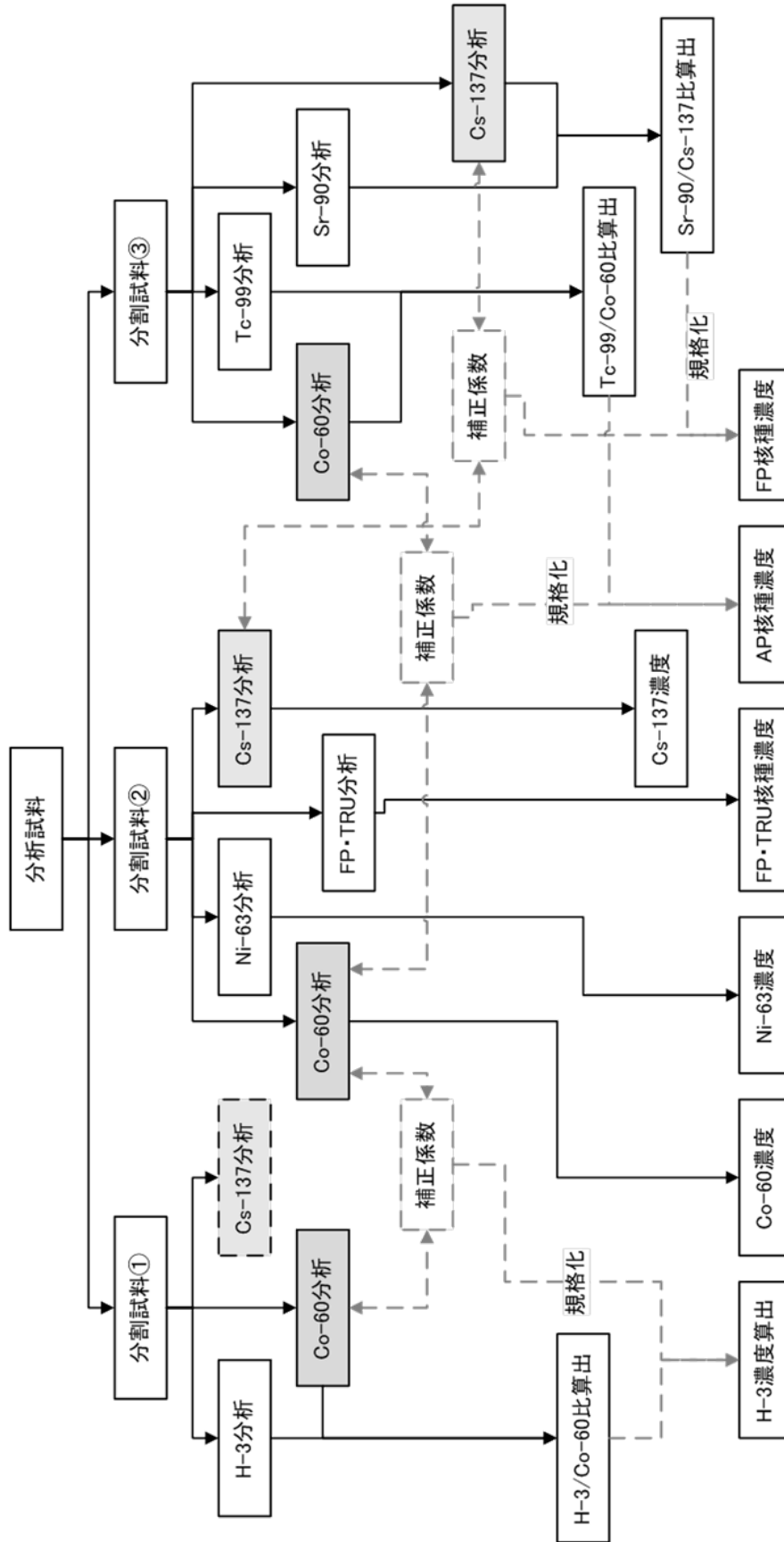


図5 雑固体廃棄物の核種分析結果の規格化法概念図

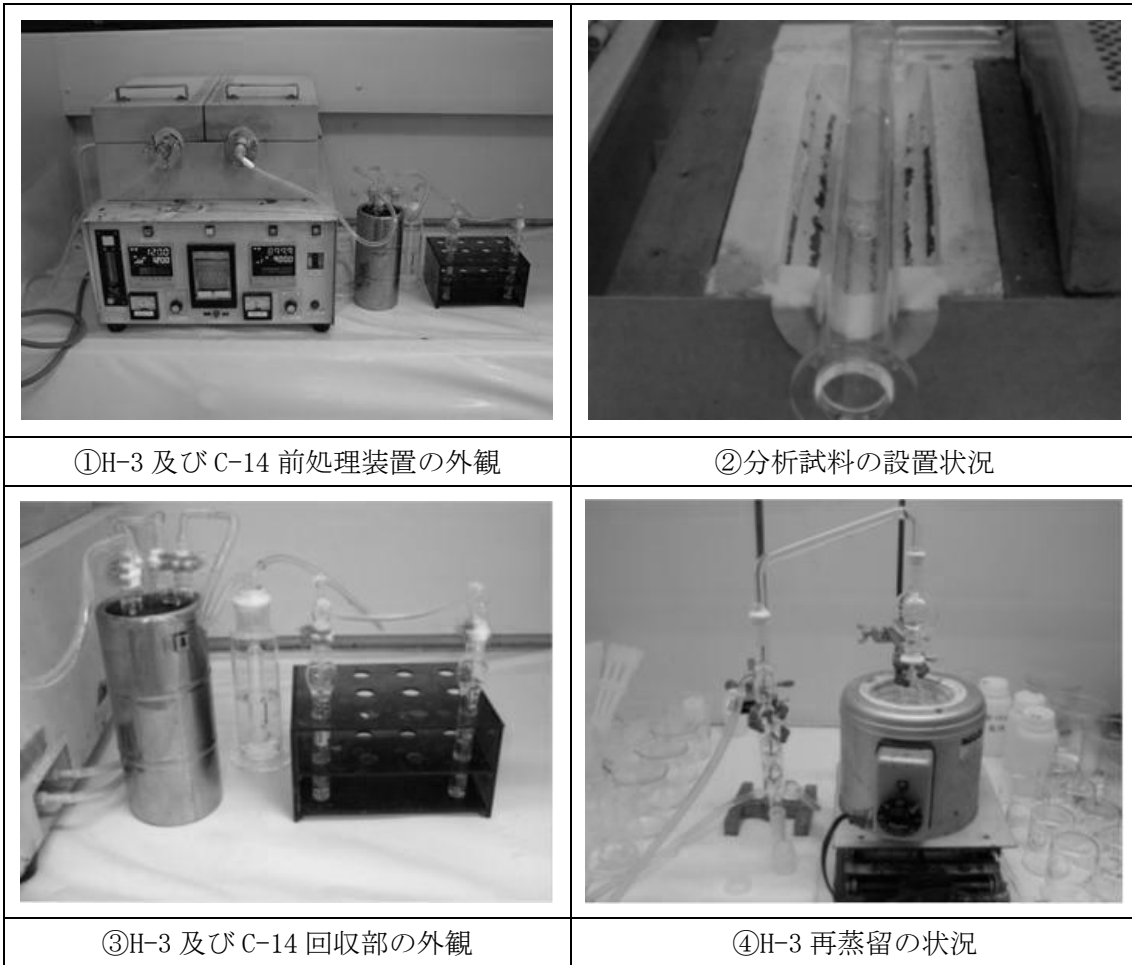


図 6 容器-66 試料 H-3 分析時の試料設置状況

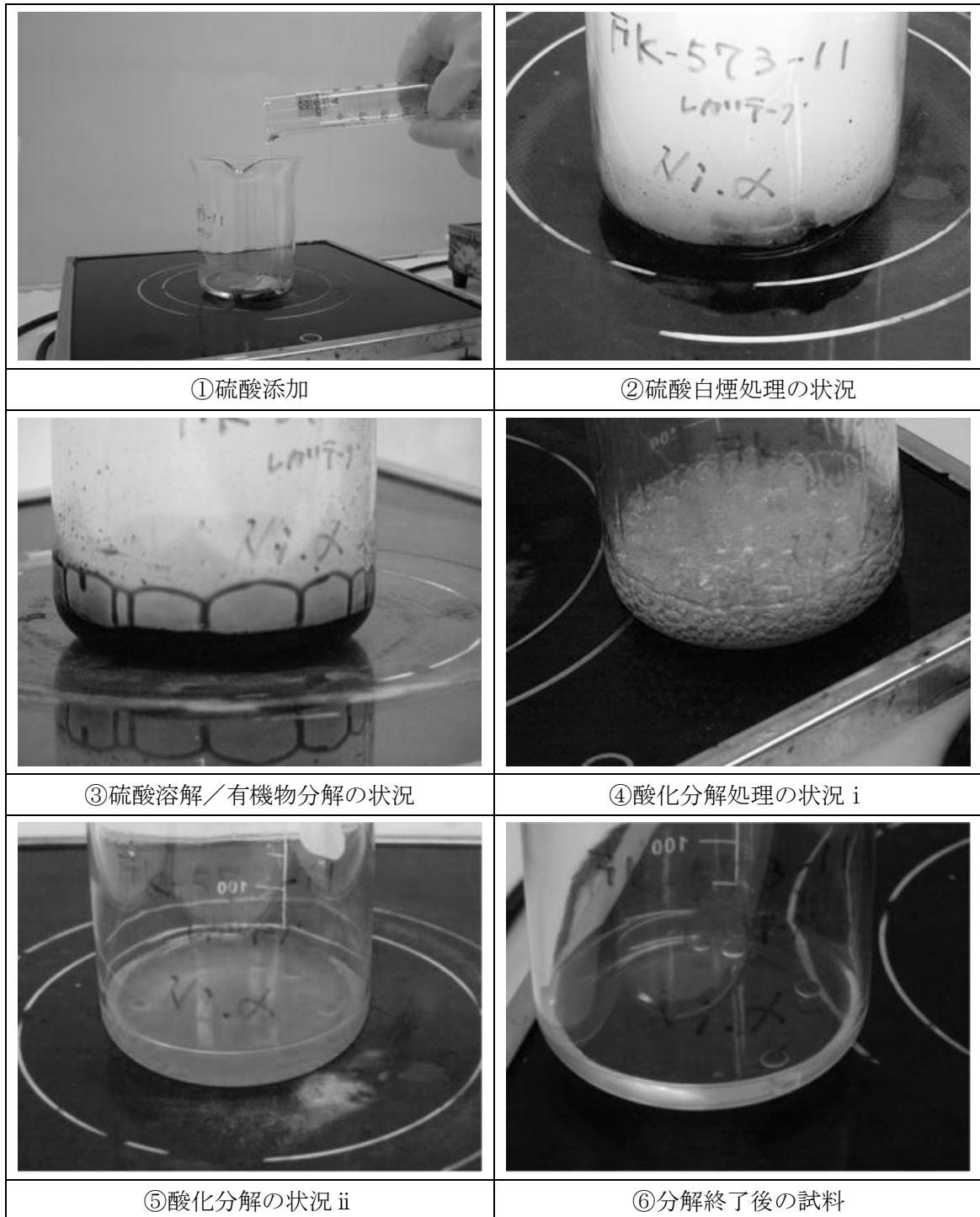


図7 容器-73 試料の湿式灰化時の状況

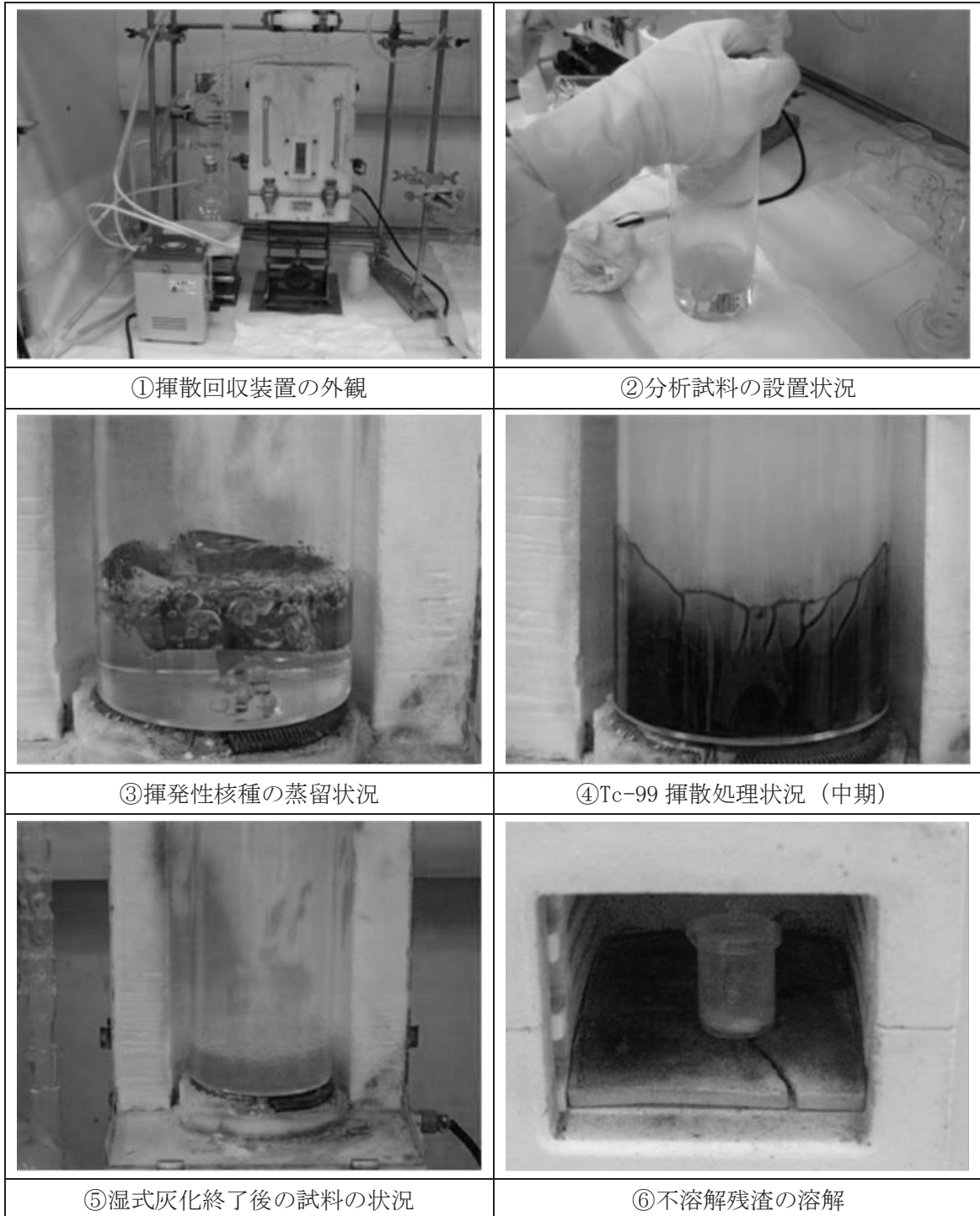


図8 容器-61試料のTc-99分析時の前処理操作状況

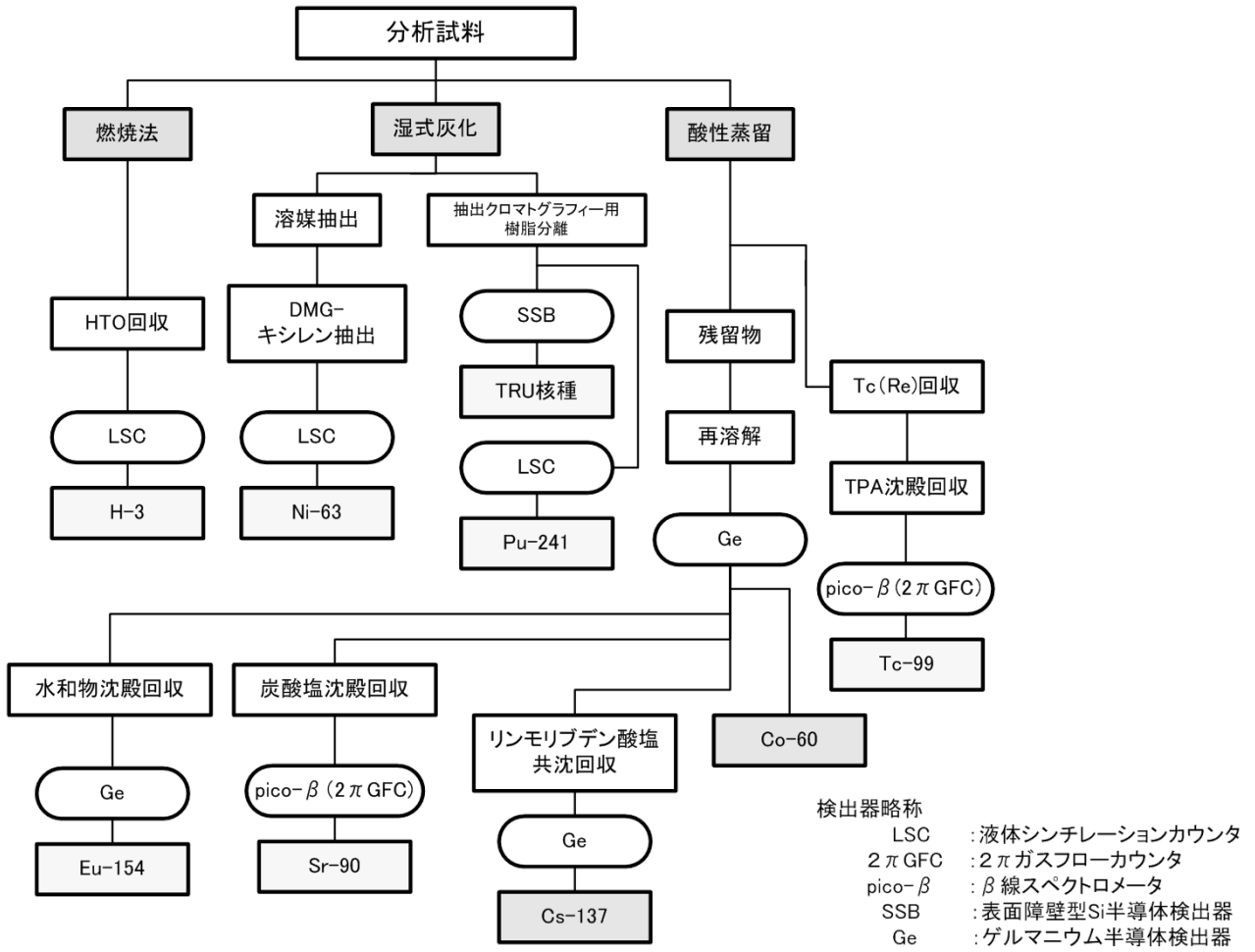


図9 分析試料の配分フロー

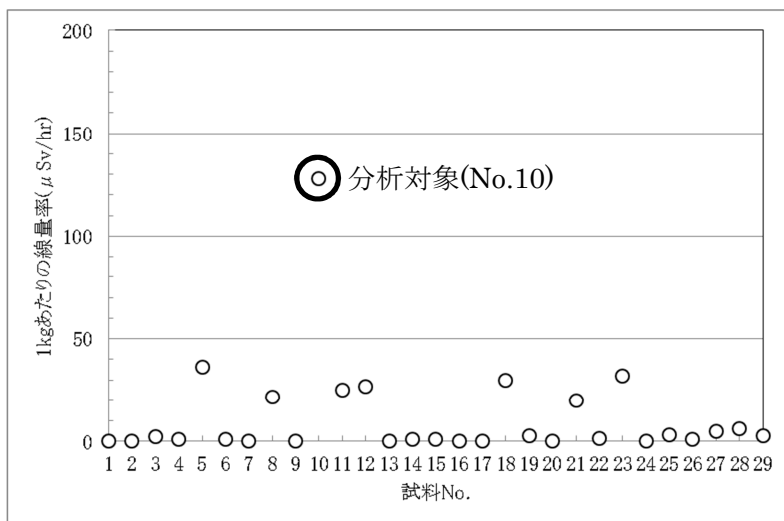


図 10 保管容器(容器-61)内のポリ袋の線量率

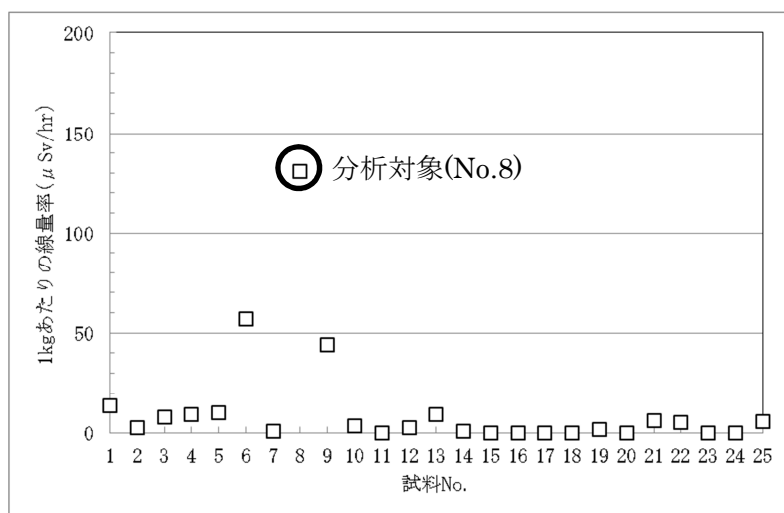


図 11 保管容器(容器-66)内のポリ袋の線量率

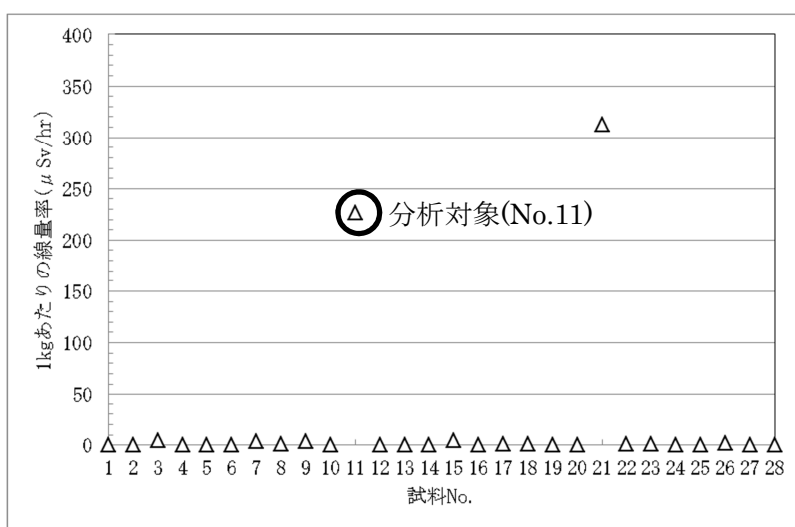


図 12 保管容器(容器-73)内のポリ袋の線量率

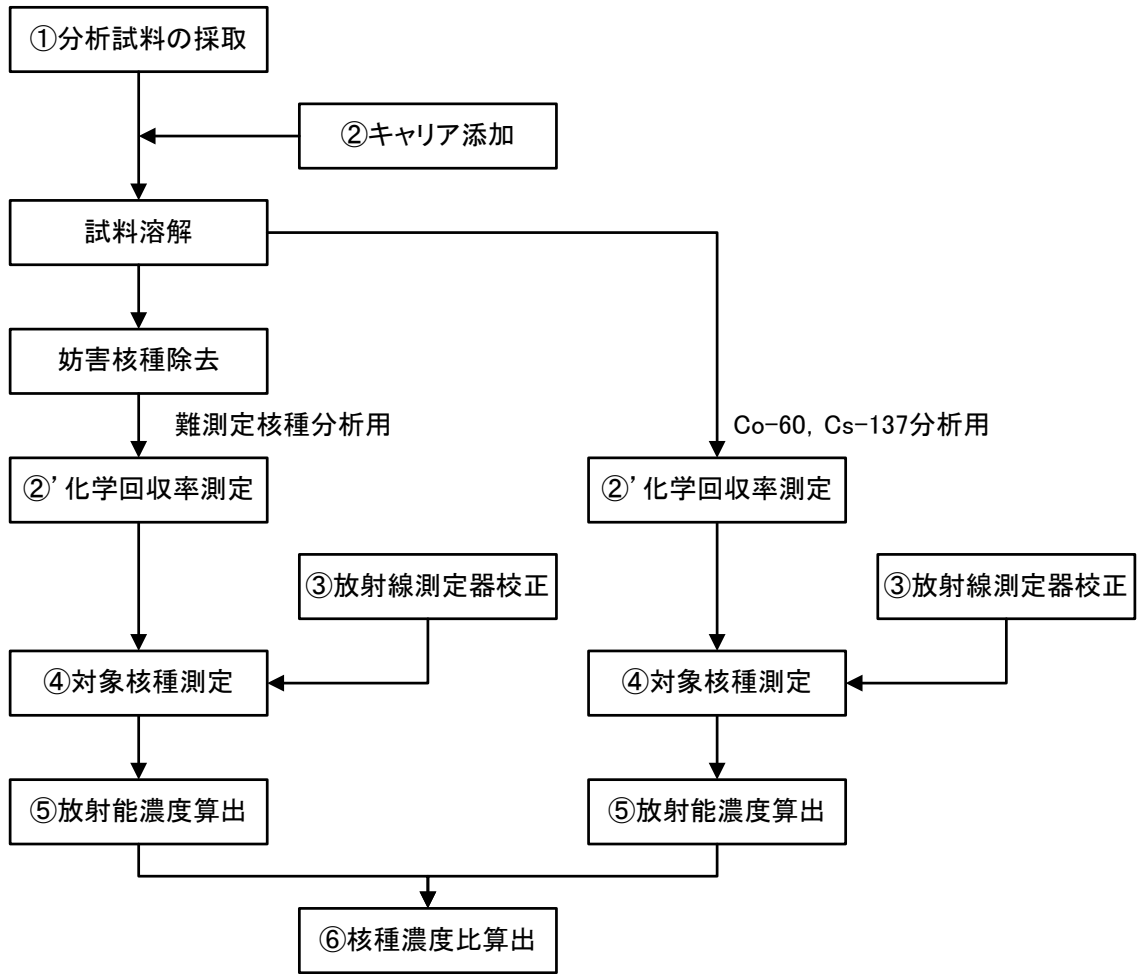


図 13 雑固体廃棄物の標準的な放射化学分析の流れ

4. 計算結果と分析結果の比較

2章で行った計算による廃棄物の核種組成比と3章で行った実廃棄物の分析結果を比較した。また、保管容器毎の核種毎放射エネルギーについて、保管容器・小袋の表面線量率と計算による核種組成比を基にした推定結果と、分析結果を基にした推定結果の比較を行った。

4.1 核種組成比の比較

(1) 今回行った計算結果と分析結果の比較

廃棄物中の分析結果に基づく Cs-137 及び Co-60 に対する核種組成比と燃焼計算に基づく計算結果の比較を表 45 及び図 14(1)、(2)に示し、FP 核種と ACT 核種の Cs-137 に対する核種組成比の分析値と計算値の比較を図 15～図 18 示す。燃焼計算の結果は、燃料棒 B(ウラン燃料棒 + Gd 入り燃料棒)の計算結果であるが、分析対象として選定した保管容器にはウラン燃料棒起源の廃棄物しか収納されていないので、UO₂ 燃料の計算結果を使用した。これらの結果から FP 核種及び ACT 核種の Cs-137 に対する核種組成比の分析値は比較的一致しており、分析値と計算値の差も U-234 等の一部を除いて比較的小さい。従って、Cs-137 に対する核種組成比を評価することで、廃棄物中の核種の放射エネルギーを評価できる可能性がある。

一方、表 45 及び図 14(2)から Co-60 の核種組成比は、分析値間でばらつきが見られ、計算値との一致もよくなく、その違いは C-14、Ni-63 で 2 桁程度である。Co-60 は、燃料構成材料以外に、一次冷却材中に生成するクラッドが燃料被覆管表面に付着している可能性があり、データがばらついたものと考えられる。従って、放射化物の放射エネルギーを評価する際には、燃料構成材料以外のクラッド等の寄与を考慮する必要があると考えられる。

(2) 機構の照射後施設等でのこれまでの検討結果と比較

機構の照射後試験施設を対象としたこれまでの検討結果として、以下の報告がなされている。

- ① JAERI-Tech 2000-012⁸⁾ ; 原子力科学研究所の燃料試験施設、ホットラボ施設を対象とした計算による核種組成の評価と、 γ 線スペクトル測定による核種の測定結果
- ② JAERI-Tech 2003-071⁹⁾ ; 燃料試験施設、ホットラボ施設を対象としたホットセル内の床、壁、装置等をスマヤ濾紙でふき取ったものの分析結果

JAERI-Tech 2000-012⁸⁾では照射済燃料由来の FP 核種、ACT 核種については、計算結果と測定結果の相関がよく、今回の結果と合致している。AP 核種については、計算結果と測定結果の相関がよく、照射済材料由来の AP 核種については、材料毎の核種組成比の変動は 1～2 桁程度であるとされているが、材料間での核種組成比は大きく変動している。今回の検討では照射済材料の混入はないとしているため単純な比較はできないが、単一の燃料棒での試験由来の汚染では複数の被覆管材料による汚染は考えにくく、今回の AP 核種の分析結果がばらついたことから、クラッド等の寄与だけでなく照射済材料の混入がないか確認が必要である。

JAERI-Tech 2003-071⁹⁾では Sr-90、Tc-99、U-238、Pu-238、Pu-239+240、Am-241、Cm-244 の分析結果と、JAERI-Tech 2000-012⁸⁾にて設定された機構の照射後試験施設での代表核種組成が示されており、これと今回行った図 14 に示す分析値、計算値との比較を図 19 に示す。JAERI-Tech 2000-012⁸⁾にて設定された核種組成と、今回の分析値、計算値では、Pu-238 と Am-241 を除き相

関がよい。また、JAERI-Tech 2003-071⁹⁾での分析値と今回の分析値では ACT 核種でのばらつきが比較的大きくなっている。これは、機構の照射後試験施設では MOX 燃料や複数の濃縮度の燃料が搬入されているが、今回の結果は一般的な UO_2 燃料単体であることが原因と考えられる。

表 45 核種組成比の分析値と計算値の比較

核種組成比	計算値	分析値										相対誤差(=1-(分析値)/(計算値))					
		容器-66-8		容器-73-11		容器-61-10		容器-66-8		容器-73-11		容器-61-10					
		核種組成比	誤差(σ)	核種組成比	誤差(σ)	核種組成比	誤差(σ)	核種組成比	誤差(σ)	核種組成比	誤差(σ)	核種組成比	誤差(σ)				
対Co-60比	H-3	6.11E-01	17.4%	9.30E-02	16.3%	4.42E-03	16.2%	58%	△	84.8%	×	99.3%	×				
	C-14	1.79E-04	17.5%	2.09E-03	16.6%	2.67E-03	15.9%	-1450%	×	-1069%	×	-1392%	×				
	Ni-63	7.78E-02	15.6%	1.74E+01	15.6%	5.82E-01	15.0%	-2494%	×	-22263%	×	-648%	×				
	Tc-99	2.77E-02	7.46%	2.76E-03	8.43%	8.40E-05	6.82%	62%	×	90.0%	×	100%	×				
	Eu-154	1.10E+01	8.21%	4.13E-01	10.6%	3.06E-04	9.02%	85%	×	96.2%	×	100%	×				
対Cs-137比	Sr-90	6.74E-01	7.24%	5.38E-01	7.23%	5.41E-01	8.65%	0%	○	20.2%	○	19.7%	○				
	Tc-99	1.57E-04	7.43%	1.62E-04	7.43%	3.70E-04	6.83%	-6%	○	-3.13%	○	-135%	△				
	Eu-154	6.25E-02	8.17%	2.43E-02	9.83%	2.33E-02	10.2%	58%	△	61.2%	△	62.7%	△				
	U-234	1.90E-06	16.4%	8.11E-06	15.9%	1.24E-05	19.8%	-593%	×	-326%	×	-551%	×				
	U-235	1.08E-07	17.0%	9.30E-08	30.9%	4.03E-08	73.8%	28%	○	14.1%	○	62.7%	○				
	U-238	2.40E-06	15.5%	2.43E-06	17.1%	2.83E-06	22.1%	12%	○	-1.42%	○	-17.8%	○				
	Pu-238	4.63E-02	33.8%	4.34E-02	33.8%	7.58E-02	34.0%	-79%	○	6.33%	○	-63.6%	○				
	Pu-239+240	7.92E-03	33.8%	4.96E-03	33.8%	1.20E-02	34.2%	-15%	○	37.3%	○	-51.4%	○				
	Pu-241	7.83E-01	33.7%	4.45E-01	33.7%	1.18E+00	33.9%	-19%	○	43.2%	○	-50.6%	○				
	Am-241	2.29E-02	15.7%	3.75E-02	16.1%	6.97E-02	16.2%	14%	○	-63.5%	○	-204%	×				
Cm-244	4.34E-02	15.7%	4.21E-02	16.1%	6.36E-02	16.2%	41%	○	2.86%	○	-46.7%	○					

*)○:相対誤差が分析誤差の3σの範囲に入っている。

△:3σの範囲を少し超えている。

×:相対誤差が大きい。

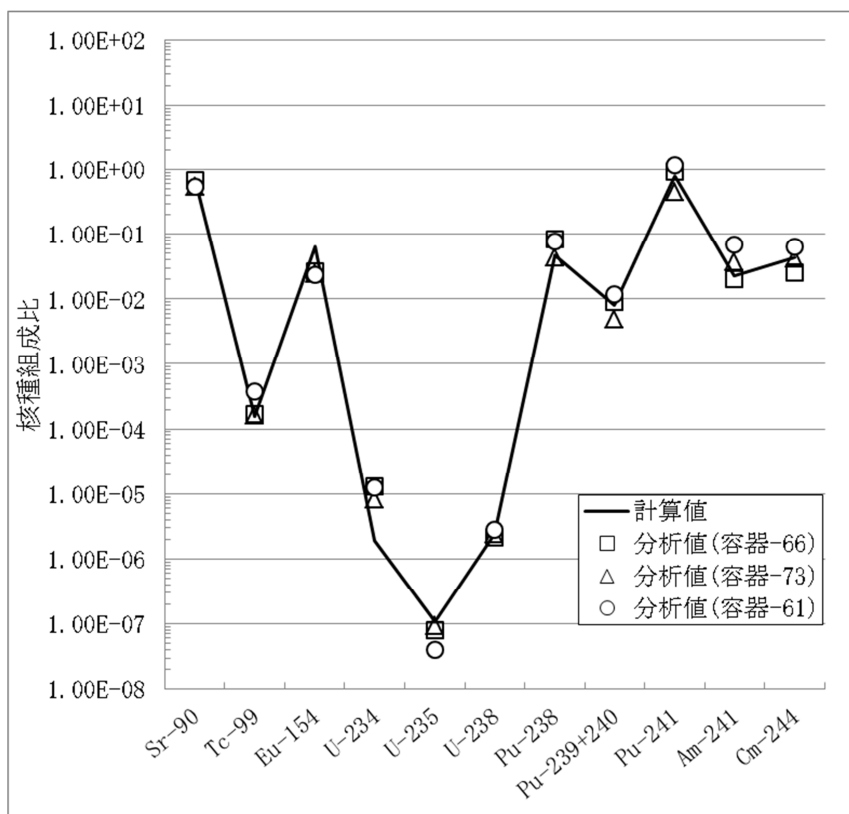


図 14(1) Cs-137 に対する FP 核種・ACT 核種の核種組成比の分析値と計算値の比較

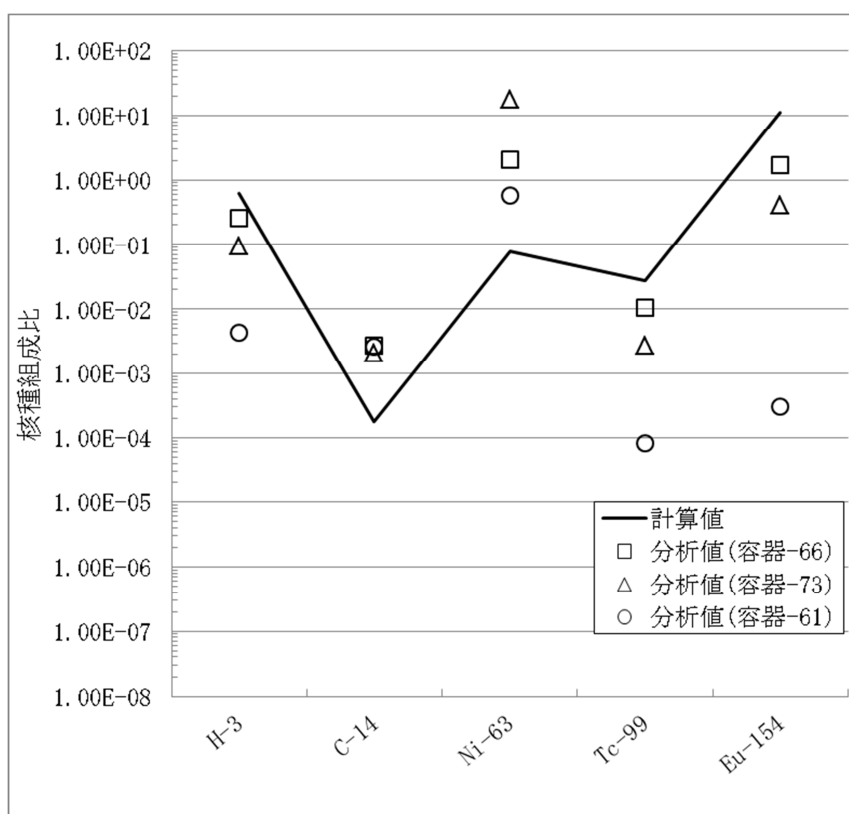


図 14(2) Co-60 に対する AP 核種の核種組成比の分析値と計算値の比較

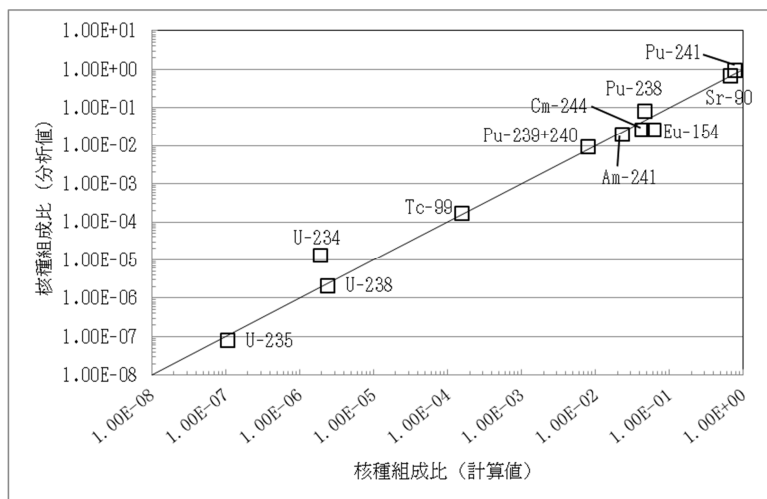


図 15 FP核種とACT核種の Cs-137 に対する核種組成比の分析値と計算値の比較 (容器-66)

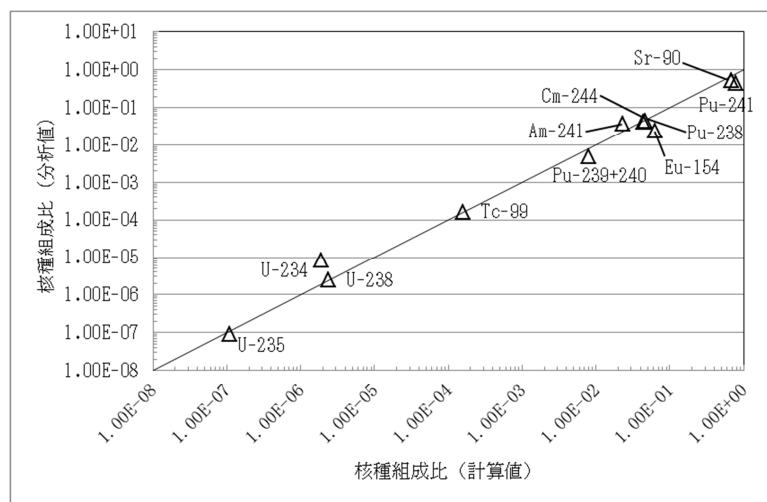


図 16 FP核種とACT核種の Cs-137 に対する核種組成比の分析値と計算値の比較 (容器-73)

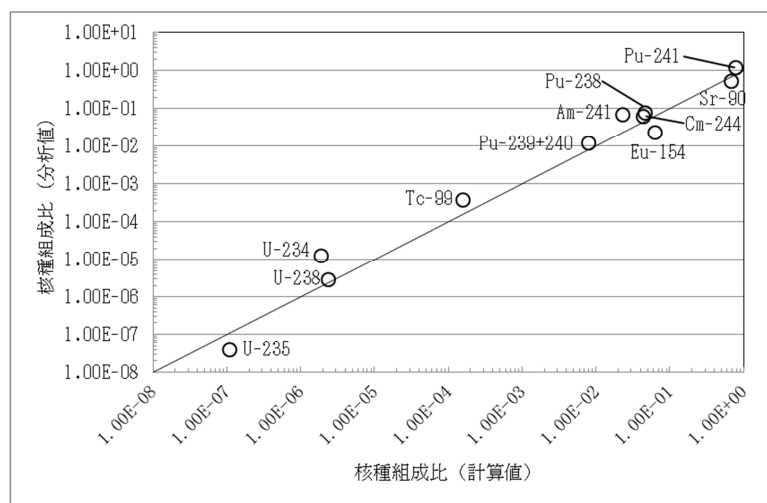


図 17 FP核種とACT核種の Cs-137 に対する核種組成比の分析値と計算値の比較 (容器-61)

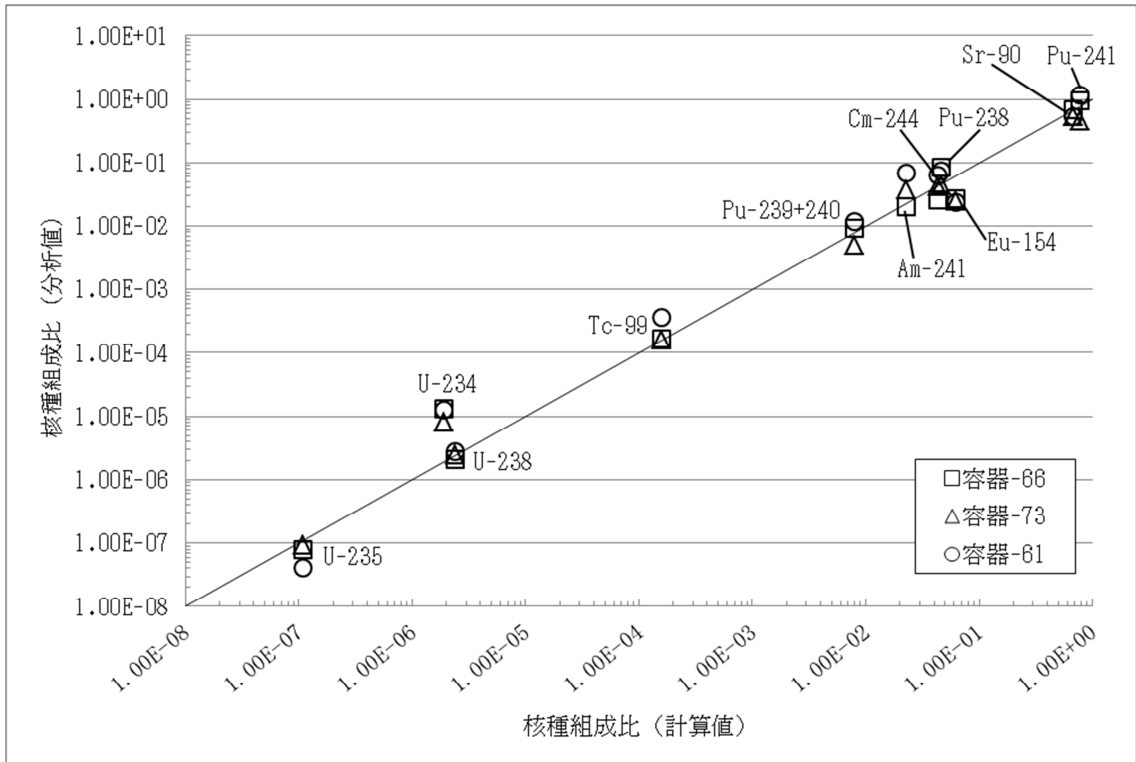


図 18 FP核種とACT核種のCs-137に対する核種組成比の分析値と計算値の比較 (全容器)

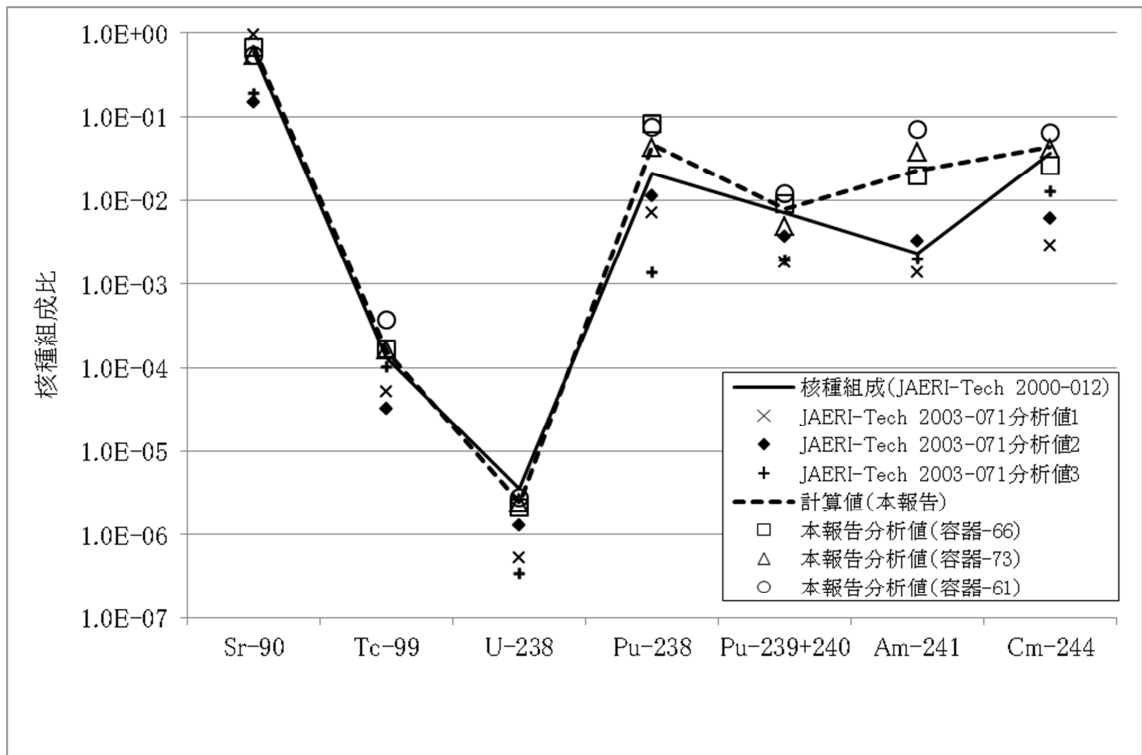


図 19 機構の照射後施設等でのこれまでの検討結果と比較
(Cs-137 に対する FP 核種・ACT 核種の核種組成比の分析値と計算値の比較)

4.2 保管容器の放射エネルギーの比較

上述のようにFP核種とACT核種は核種組成比の計算値と分析値が比較的よく一致しているの
で、保管容器毎核種毎放射エネルギーの計算値の予測精度は、保管容器内のCs-137換算放射エ
ネルギーの予測精度の寄与が大きいと考えられる。本作業では、下記の3種類の方法でCs-137換算放射
エネルギーを推定した。

- (i) 保管容器の表面線量率から推定
- (ii) 小袋の表面線量率から推定
- (iii) 核種分析結果に基づく推定

これら3種類の評価方法により推定した保管容器内のCs-137換算放射エネルギーの比較を表46に
示す。これらの結果から、現状では(i)保管容器表面線量率から推定したCs-137換算放射エ
ネルギーは、(iii)核種分析結果に基づく推定と比較すると2桁程度の幅がみられる。一方、(ii)保管
容器内の小袋を用いた推定値も保管容器内の放射エネルギーが必ずしも均一になっていないため、
(iii)核種分析結果に基づく推定と比較すると2桁程度の幅がみられる。

今回選定した保管容器は、各保管容器内の29個の小袋のうち極端に線量率が高いものが容
器-61で1個、容器-66で3個、容器-63で2個と少数である(表37～表39参照)。このため、
これらの高線量率の小袋の配置により、保管容器の表面線量率の空間分布が大きく影響を受け、
保管容器表面線量率から推定した保管容器内のCs-137換算放射エネルギーの誤差が大きくなる可
能性がある。そこで、保管容器内の小袋の偏在効果が保管容器表面線量率に与える効果を簡易モ
デルで検討した。簡易モデルは、距離の逆2乗則で線量が減衰するとした次元モデルであり、
保管容器寸法570mmとし、線源が均一に配置されたケースと、線源が一か所に集中配置された
ケースを保管容器からの距離をパラメータとして評価した。結果を表47に示すが、境界近傍
に配置されたケースは最も遠く配置されたケースの線量率の50倍程度であり、この効果は非
常に大きいことが分かる。

以上、各種評価方法による保管容器内Cs-137換算放射エネルギーの差の要因について検討した結
果をまとめて表48に示す。

小袋の表面線量率は保管容器の表面線量率に比べて高いので、計測上許せる範囲内で表面か
ら距離を離して測定すれば、小袋内で汚染物の線量の偏在があった場合でも表面線量率の汚
染物の偏在の影響を少なくできる可能性がある。今後、放射エネルギーの高いところを特定し、そ
こでの放射エネルギーをγ線スペクトルによる測定を用いる等にて精度よく測定すると共に、保管容器表
面線量率に関しては高線量率の小袋偏在効果についても検討する必要がある。

以上の結果、現状の評価結果では、保管容器毎核種毎放射エネルギーの誤差は、保管容器内Cs-137
換算放射エネルギーの予測精度の寄与が大きく、これらのばらつきから判断して一部を除いて2桁程
度を見積もる必要があると予想される。

表46のCs-137放射エネルギーと表49の核種組成比から、核種毎の放射エネルギーを評価した結果を表
50に示す。なお、Cs-137放射エネルギーは、保管容器表面線量率の最大値から評価した場合(ケー
ス1)、平均値から評価した場合(ケース2)、保管容器内の袋毎の線量率から評価した場合(ケー
ス3-1(袋の直径を20cmとした場合)、ケース3-2(袋の直径を60cmとした場合))について評
価した値を使用した。

表46 各種評価方法による保管容器内Cs-137換算放射エネルギーの比較

評価方法 (評価条件)		保管容器番号		
		容器-61	容器-66	容器-73
保管容器表面線量率から推定 (Bq) *1	A ₁ (最大測定値)	1.8E+08	1.4E+08	4.1E+08
	A ₂ (平均測定値)	8.2E+07	6.1E+07	7.5E+07
	A ₃ (発生時 (参考))	4.9E+08	2.5E+08	7.1E+08
小袋表面線量率から推定 (Bq) *2	B ₁ (袋直径 20cm 仮定)	4.2E+05	9.0E+07	9.1E+07
	B ₂ (袋直径 60cm 仮定)	1.2E+06	2.7E+08	2.7E+08
核種分析結果に基づく推定 (Bq)	C	1.3E+06	7.4E+08	1.8E+09
保管容器表面線量率から推定	A ₁ /C	1.4E+02	1.9E-01	2.3E-01
	A ₂ /C	6.5E+01	8.2E-02	4.2E-02
	A ₃ /C	3.9E+02	3.4E-01	4.0E-01
小袋表面線量率から推定	B ₁ /C	3.3E-01	1.2E-01	5.2E-02
	B ₂ /C	9.8E-01	3.6E-01	1.5E-01

*1 : 線量率の平均値は、上面、下面及びスポット箇所を除く。最大値はスポット箇所であった。

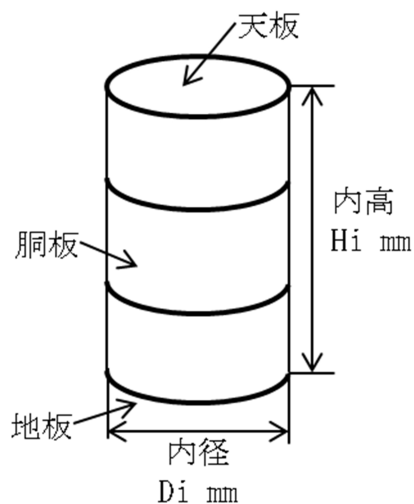
*2 : 保管容器内の袋毎の線量率に基づく放射エネルギー (Co-60 の寄与分の)

表 47 保管容器内の小袋の偏在効果の検討

境界からの距離 (mm)*	ケース番号(線原位置)							
	1 (均一)	2 (最近)	3	4	5 (中央)	6	7	8 (最遠)
71.25	1**	7**	0	0	0	0	0	0
142.5	1	0	7	0	0	0	0	0
213.75	1	0	0	7	0	0	0	0
285	1	0	0	0	7	0	0	0
356.25	1	0	0	0	0	7	0	0
427.5	1	0	0	0	0	0	7	0
498.75	1	0	0	0	0	0	0	7
境界での線量 (相対値)	3.0E-04	1.4E-03	3.5E-04	1.5E-04	8.6E-05	5.5E-05	3.8E-05	2.8E-05
線量比								
対ケース1	1.0E+00	4.6E+00	1.2E+00	5.1E-01	2.9E-01	1.9E-01	1.3E-01	9.4E-02
対ケース2	2.2E-01	1.0E+00	2.5E-01	1.1E-01	6.3E-02	4.0E-02	2.8E-02	2.0E-02
対ケース8	1.1E+01	4.9E+01	1.2E+01	5.4E+00	3.1E+00	2.0E+00	1.4E+00	1.0E+00

*保管容器直径 570mm、評価点間隔 71.25mm

**線源強度相対値



保管容器 (200L クローズドドラム缶 (JISZ1601))

級別: H 級

板圧(胴、天地): 1.6mm

内径(Di): 567±3mm

内高(Hi): 841±5mm

容量: 212L 以上

重量: 27.5kg 以上

表 48 放射能類推の差異の要因検討結果

評価法	要因	検討結果	可能性*
(i) 保管容器の表面線量率から推定	① 小袋の表面線率のばらつきから少数の高線量率の小袋が偏在していると考えられる。	保管容器の表面線量率に影響が大きい線量の高い小袋の数は少数で、この配置により保管容器の表面線量率が大きく変動する。	○
(ii) 小袋の表面線量率から推定	② 小袋の表面線量率のばらつき	保管容器の線量率に支配される小袋の数は少数に限定され、この表面線量率によって放射エネルギーが変動する。	△
(iii) 核種分析結果に基づく推定	③ 小袋内の分析試料の均一さ	採取した試料は、放射能の比較的高いところを選定しているが、汚染が均一にはなっていない。	△
	④ 核種組成比のばらつき	分析試料数は少ないが、主要核種の核種組成比は、各保管容器で傾向が類似しており、放射能がばらつく要因とは考えにくい。	×

*) ○：可能性高い、△：可能性あり、×：可能性低い

表 49 核種毎の放射能量の評価に使用した核種組成比

核種組成比	対象燃料	燃焼度(GWd/t)	燃料の種類	H-3	C-14	CL-36	Ca-41	Co-60	Ni-59	Ni-63	Sr-90	Zr-93	Nb-94
対象燃料	燃料棒B	54.6	UO ₂	3.47E-03	1.02E-06	9.05E-13	0.00E+00	5.68E-03	3.16E-06	4.42E-04	6.74E-01	2.44E-05	1.86E-09
核種組成比	対象燃料	燃焼度(GWd/t)	燃料の種類	Mo-93	Tc-99	Ag-108m	Sn-126	I-129	Cs-137	Eu-154	U-233	U-234	U-235
対象燃料	燃料棒B	54.6	UO ₂	0.00E+00	1.57E-04	4.00E-10	1.00E-05	4.02E-07	1.00E+00	6.25E-02	3.05E-10	1.90E-06	1.08E-07
核種組成比	対象燃料	燃焼度(GWd/t)	燃料の種類	U-238	Pu-238	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Am-241	Am-242m	Am-243	Cm-242	Cm-244
対象燃料	燃料棒B	54.6	UO ₂	2.40E-06	4.63E-02	2.84E-03	5.07E-03	7.83E-01	2.29E-02	8.67E-05	3.81E-04	7.14E-05	4.34E-02

表 50 核種毎の放射エネルギーの評価結果

燃料の種類	廃棄物 缶番号	評価ケース No.	Cs-137換算放 射エネルギー(Bq)	H-3	C-14	CL-36	Ca-41	Co-60	Ni-59	Ni-63	Sr-90	Zr-93	Nb-94
燃料棒B (U ₂)	容器-61	1	1.8E+08	4.9E+05	2.9E+02	2.1E-04	0.0E+00	6.2E+05	1.0E+03	1.3E+05	1.2E+08	5.5E+03	4.6E-01
		2	8.2E+07	2.2E+05	1.3E+02	9.5E-05	0.0E+00	2.8E+05	4.7E+02	5.9E+04	5.2E+07	2.5E+03	2.1E-01
		3-1	4.2E+05	1.1E+03	6.8E-01	4.9E-07	0.0E+00	1.5E+03	2.4E+00	3.0E+02	2.7E+05	1.3E+01	1.1E-03
		3-2	1.2E+06	3.4E+03	2.0E+00	1.4E-06	0.0E+00	4.3E+03	7.2E+00	9.0E+02	8.0E+05	3.8E+01	3.2E-03
燃料棒B (U ₂)	容器-61	1	1.8E+08	0.0E+00	3.7E+04	9.0E-02	2.4E+03	9.5E+01	1.8E+08	6.4E+06	9.9E-02	5.0E+02	4.7E+01
		2	8.2E+07	0.0E+00	1.7E+04	4.1E-02	1.1E+03	4.3E+01	8.2E+07	2.9E+06	4.5E-02	2.3E+02	2.1E+01
		3-1	4.2E+05	0.0E+00	8.6E+01	2.1E-04	5.7E+00	2.2E-01	4.2E+05	1.5E+04	2.3E-04	1.2E+00	1.1E-01
		3-2	1.2E+06	0.0E+00	2.5E+02	6.2E-04	1.7E+01	6.6E-01	1.2E+06	4.5E+04	6.8E-04	3.4E+00	3.2E-01
燃料棒B (U ₂)	容器-61	1	1.8E+08	9.2E+02	7.0E+06	1.0E+06	1.5E+06	1.6E+08	1.0E+07	2.4E+04	7.4E+04	2.0E+04	5.2E+06
		2	8.2E+07	4.2E+02	3.2E+06	4.6E+05	6.6E+05	7.2E+07	4.6E+06	1.1E+04	3.4E+04	9.1E+03	2.4E+06
		3-1	4.2E+05	2.1E+00	1.6E+04	2.4E-03	3.4E+03	3.7E-05	2.4E+04	5.7E-01	1.7E-02	4.7E-01	1.2E+04
		3-2	1.2E+06	6.3E+00	4.8E+04	7.0E+03	1.0E+04	1.1E+06	7.0E+04	1.7E+02	5.1E+02	1.4E+02	3.6E+04
燃料棒B (U ₂)	容器-66	1	1.4E+08	3.9E+05	2.3E+02	1.6E-04	0.0E+00	4.9E+05	8.2E+02	1.0E+05	9.1E+07	4.3E+03	3.7E-01
		2	6.1E+07	1.7E+05	9.8E+01	7.0E-05	0.0E+00	2.1E+05	3.5E+02	4.4E+04	3.9E+07	1.9E+03	1.6E-01
		3-1	9.0E+07	2.4E+03	1.4E+02	1.0E-04	0.0E+00	3.1E+05	5.2E+02	6.5E+04	5.7E+07	2.7E+03	2.3E-01
		3-2	2.6E+08	7.2E+05	4.2E+02	3.1E-04	0.0E+00	9.1E+05	1.5E+03	1.9E+05	1.7E+08	8.1E+03	6.8E-01
燃料棒B (U ₂)	容器-66	1	1.4E+08	0.0E+00	2.9E+04	7.1E-02	1.9E+03	7.5E+01	1.4E+08	5.1E+06	7.8E-02	3.9E+02	3.7E+01
		2	6.1E+07	0.0E+00	1.2E+04	3.0E-02	8.2E+02	3.2E+01	6.1E+07	2.2E+06	3.3E-02	1.7E+02	1.6E+01
		3-1	9.0E+07	0.0E+00	1.8E+04	4.5E-02	1.2E+03	4.7E+01	9.0E+07	3.2E+06	4.9E-02	2.5E+02	2.3E+01
		3-2	2.6E+08	0.0E+00	5.4E+04	1.3E-01	3.6E+03	1.4E+02	2.6E+08	9.5E+06	1.5E-01	7.3E+02	6.9E+01
燃料棒B (U ₂)	容器-66	1	1.4E+08	7.2E+02	5.5E+06	8.0E+05	1.1E+06	1.2E+08	8.0E+06	1.9E+04	5.8E+04	1.6E+04	4.1E+06
		2	6.1E+07	3.1E+02	2.4E+06	3.4E+05	4.9E+05	5.3E+07	3.5E+06	8.2E+03	2.5E+04	6.8E+03	1.8E+06
		3-1	9.0E+07	4.6E+02	3.5E+06	5.0E+05	7.3E+05	7.8E+07	5.1E+06	1.2E+04	3.7E+04	9.9E+03	2.6E+06
		3-2	2.6E+08	1.4E+03	1.0E+07	1.5E+06	2.1E+06	2.3E+08	1.5E+07	3.6E+04	1.1E+05	2.9E+04	7.6E+06
燃料棒B (U ₂)	容器-73	1	4.1E+08	1.1E+06	6.6E+02	4.7E-04	0.0E+00	1.4E+06	2.4E+03	3.0E+05	2.6E+08	1.2E+04	1.1E+00
		2	7.4E+07	2.0E+05	1.2E+02	8.6E-05	0.0E+00	2.6E+05	4.3E+02	5.4E+04	4.8E+07	2.3E+03	1.9E-01
		3-1	9.1E+07	2.5E+05	1.5E+02	1.1E-04	0.0E+00	3.1E+05	5.3E+02	6.6E+04	5.8E+07	2.8E+03	2.3E-01
		3-2	2.7E+08	7.3E+05	4.3E+02	3.1E-04	0.0E+00	9.3E+05	1.6E+03	1.9E+05	1.7E+08	8.2E+03	6.9E-01
燃料棒B (U ₂)	容器-73	1	4.1E+08	0.0E+00	8.4E+04	2.0E-01	5.5E+03	2.2E+02	4.1E+08	1.5E+07	2.2E-01	1.1E+03	1.1E+02
		2	7.4E+07	0.0E+00	1.5E+04	3.7E-02	1.0E+03	3.9E+01	7.4E+07	2.7E+06	4.1E-02	2.1E+02	1.9E+01
		3-1	9.1E+07	0.0E+00	1.9E+04	4.6E-02	1.2E+03	4.8E+01	9.1E+07	3.3E+06	5.0E-02	2.5E+02	2.4E+01
		3-2	2.7E+08	0.0E+00	5.5E+04	1.3E-01	3.6E+03	1.4E+02	2.7E+08	9.6E+06	1.5E-01	7.4E+02	7.0E+01
燃料棒B (U ₂)	容器-73	1	4.1E+08	2.1E+03	1.6E+07	2.3E+06	3.3E+06	3.6E+08	2.3E+07	5.5E+04	1.7E+05	4.5E+04	1.2E+07
		2	7.4E+07	3.8E+02	2.9E+06	4.2E+05	6.0E+05	6.5E+07	4.2E+06	1.0E+04	3.1E+04	8.3E+03	2.1E+06
		3-1	9.1E+07	4.6E+02	3.5E+06	5.1E+05	7.4E+05	8.0E+07	5.2E+06	1.2E+04	3.7E+04	1.0E+04	2.6E+06
		3-2	2.7E+08	1.4E+03	1.0E+07	1.5E+06	2.2E+06	2.4E+08	1.5E+07	3.6E+04	1.1E+05	3.0E+04	7.8E+06

5. まとめと今後の課題

最終的に廃棄物を処分するためには処分可能な状態に処理し廃棄体とする必要があり、廃棄体確認時に施設の安全評価結果に基づく重要核種の確認を受けることが必要となる。

本報告書では、照射後試験施設から発生する廃棄体の共通的な確認手法を確立するための準備として、廃棄物の放射能評価方法の方向性を検討するため、国内でこれまで実施例のない施設内で保管されている可燃性廃棄物における、燃焼計算による廃棄物中の核種組成比の評価と、実廃棄物の分析を行うとともに、結果について比較を行った。

今回得られた結果から、照射後試験施設から発生する廃棄物に適用する放射能評価方法を確立するため、検討が必要となる事項と今後の課題についてまとめる。

(1) 適用すべき放射能評価方法

① FP 核種、ACT 核種

FP 核種、ACT 核種については、計算による Cs-137 に対する核種組成比評価結果と実廃棄物分析による核種組成比の相関がよく、計算による評価結果が妥当である可能性が高い。そのため、保管容器表面線量率等から Cs-137 放射エネルギーへの換算結果と計算による Cs-137 に対する核種組成比から保管容器毎の放射エネルギーを設定する方法が適用できると考えられる。

② AP 核種

AP 核種では、計算値との相関が良くなく、分析値についてもばらつきが生じた。原因としては、燃料構成材料以外に、一次冷却材中に生成するクラッドが燃料被覆管表面に付着している可能性があり、データがばらついたものと考えられる。そのため、燃料構成材料以外のクラッド等の寄与を考慮した核種組成比の設定方法を検討した上で適用すべき放射能評価方法について検討する。

(2) 核種組成比の設定

① FP 核種、ACT 核種

FP 核種、ACT 核種については、引続き実廃棄物分析を進め、今回確認した燃料棒 B 以外の燃料集合体、燃料棒についても計算結果と分析結果の相関性が高いことを確認する。

② AP 核種

AP 核種については先に述べたとおり、燃料構成材料以外に燃料被覆管表面に付着している可能性がある一次冷却材中に生成するクラッド等の評価方法について検討する必要がある。評価方法としては、現在原子力発電所から発生する低レベル運転廃棄物のスケーリング・ファクター法を参考とすることが考えられる。

また、引続き実廃棄物分析を進め、今回確認した燃料棒 B 以外の燃料集合体、燃料棒での傾向を把握することも必要である。

(3) 保管容器内の放射エネルギーの推定

保管容器表面及び廃棄物中の核種分析結果から保管容器内の廃棄物中に含まれる放射性物質量を評価したが、その評価結果に放射エネルギーのばらつきが生じた。このばらつきの原因について今後検討する必要がある。

① 表面線量率の測定方法

保管容器の表面線量率測定は、保管容器内の放射能濃度を推定する上でのキー手順であり、検討している評価手法において最も重要な役割をするものと考えられる。今回は表面線量率の最大値を使用し、かつ、よりエネルギーの高い γ 線を放出するCs-134やCo-60の影響を考慮していない。

保管容器内には高線量率の小袋が偏在している。この偏在の影響を小さくするため、距離をとって線量率を測定するなど誤差の把握と誤差を最小とする測定方法の確立を図る必要がある。

また、表面線量率に対するCs-137以外の影響を確認するため、保管容器の外側からのゲルマニウム半導体検出器による測定等により測定誤差の小さくなる方法の検討が必要である。この際、あわせてCo-60の影響を評価し、AP核種の放射能評価方法検討の材料とすることも考慮する。

② 保管容器表面線量率からCs-137放射能への換算

QADを用いた線量率から放射能への換算手法は、既に確立された手法と思われるが、表面線量率の測定方法の検討と連動し、適用の妥当性を確認することが必要である。

(4) 汚染源が複数の燃料である保管容器内放射能の評価

将来的には、汚染源が複数の燃料である保管容器の放射能の計算値と分析値を比較する際には、各年でのそれぞれの燃料の取扱い実績から、取扱い数に応じて核種の放射能を配分することにより重みづけを行う手法の検証を行う必要がある。

低レベル放射性廃棄物埋設処分の事業許可申請では、廃棄物に含まれる放射性核種毎の最大放射能濃度及び総放射能に基づき、管理期間中及び管理期間終了後に地下水による核種の生活圏への移行、埋設施設の跡地利用等に起因して一般公衆が受ける被ばく線量を評価し、安全性を確認することが求められている¹⁰⁾。そのため、廃棄物に含まれる放射性核種毎の最大放射能濃度及び総放射能を正確に把握するために、早い段階で廃棄物の放射能評価方法を確立することが必要である。

また、本検討では廃棄物の放射能評価方法について検討を行ったが、最終的に廃棄物を処分するためには処分可能な状態に処理し廃棄体とする必要があり、廃棄体確認時に施設の安全評価結果に基づく重要核種の確認を受けることが必要となる。そのため、将来的には廃棄体の放射能評価方法について、JAEA-Technology 2011-028¹¹⁾にて示されている方法を参考に検討する必要があるが、廃棄物に含まれる放射性核種の種類と放射能が明らかとなれば、それに基づき廃棄体の放射能評価を効率よく行うことができると考えられる。

以上から、照射後試験施設から発生する廃棄物の放射能評価方法を確立するため、引続き廃棄物の分析を進めデータ拡充を図るとともに、課題解決のための検討を実施していくこととする。

参考文献

- 1) 日本原子力学会：“日本原子力学会標準 ピット処分及びトレンチ処分対象廃棄物の放射能濃度決定に関する基本手順：2011” (2012).
- 2) 原子力安全委員会：“核燃料使用施設（照射済燃料及び材料を取り扱う施設）におけるクリアランスレベルについて核燃料使用施設のクリアランスレベル”，(2003).
- 3) A. G. Croff：“A User’s Manual for the ORIGEN2 Computer Code”，ORNL/TM-7175，(1980).
- 4) 坂井章浩 他：“研究施設等廃棄物の埋設処分における安全評価上重要核種の選定（その3）—RI・研究所等廃棄物に係る主要放射性廃棄物発生施設毎の重要核種の予備評価—”，JAEA-Technology 2010-021, (2010)152p.
- 5) R. E. Malenfant：“QAD: A Series of Point-Kernel General Purpose Shielding Programs,” LA-3572 (April 5, 1967).
- 6) 天澤 弘也 他：“研究施設等廃棄物浅地中処分施設の概念設計” JAEA-Technology 2012-031, (2012)338p.
- 7) 原子力安全委員会：“低レベル放射性廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について”，(2007).
- 8) 坂井章浩 他：“研究施設等廃棄物の埋設処分における安全評価上重要核種の選定（その1）—主要放射性核種発生施設別の核種組成比の評価—”，JAERI-Tech 2000-012, (2000).
- 9) 浅井志保 他：“RI, 研究施設等廃棄物の埋設処分における安全評価上重要核種の選定（その2）—原子炉施設及び照射後試験施設から発生した廃棄物核種分析手法の検討—”，JAERI-Tech 2003-071, (2003).
- 10) 原子力安全委員会：“放射性廃棄物埋設施設の安全審査の基本的考え方（昭和63年3月）”，(1988).
- 11) 辻 智之 他：“研究施設等から発生する均質・均一固化体に対する放射能濃度評価方法の検討”，JAEA-Technology 2011-028, (2011).

付録-1 表面線量率測定値に基づく Cs-137 放射能量算定手法の誤差評価

(1) 誤差要因の検討

保管容器内の放射能量は、保管容器表面の線量率を測定し、その測定値をすべて Cs-137 に起因するものとして、Cs-137 換算放射能量を評価している。従って、Cs-137 換算放射能量には、以下の誤差を含んでいると考えられる。

- a. 表面線量率測定の誤差
- b. 表面線量率に及ぼす Cs-137 以外の γ 線核種の影響による誤差

(2) 表面線量率測定の誤差

表面線量率測定の誤差としては、測定器に起因するものと測定方法に起因するものが考えられる。

測定器としては、全期間を通して、同一仕様の電離箱を定期的な点検を実施しつつ用いており、測定器自体の測定誤差は、公称値である $\pm 3\%$ 以内が維持されていると考えられる。

一方、測定方法に起因する誤差について、保管容器には種々の放射能量をもった廃棄物が不均一に混在しているが、保管容器表面の線量率は、測定場所によって異なることが推定される。このため、保管容器表面の線量率を測定する際には、保管容器表面をまんべんなく測定して、その最大値をその保管容器の表面線量率として記録しているため、放射能評価に使用した保管容器の線量率は、保管容器表面の平均値よりも高めの値になっていると考えられる。今のところ最大誤差の定量的な評価は行われておらず、今後の課題と考えられる。今回、分析対象として選定した 3 本の保管容器につき、表面測定での最大値は、測定点の平均値の 1.8~2.3 倍程度であり、これまでに実施された他の保管容器の測定値に対しても同様の傾向があるものと推察される。

(3) 表面線量率に及ぼす Cs-137 以外の γ 線核種の影響による誤差

表面線量率から放射能量を評価する際には、QAD を用いて、保管容器内の Cs-137 放射能量と線量率の関係から算出した換算係数 ($\text{Bq}/\mu\text{Sv/h}$) を用い、Cs-137 換算放射能量を算出している。この際、Cs-137 は保管容器内に一様に存在するものとして、換算係数を算出している。このため、Cs-137 が測定ポイントに近い領域に偏在している場合に比べて、線量率は低くなり、放射能量として高め(保守的)に評価していると考えられるが、この誤差の定量的な評価も今後の課題である。

保管容器内の放射能量は、表面線量が全て Cs-137 に拠るものとして計算しているが、実際には、Cs-137 以外の γ 線放出核種が含まれているため、その影響を誤差として考慮する必要がある。

実廃棄物に含まれる核種のなかには Cs-137 のほかに幾つかの γ 線放出核種が存在する。主な γ 線放出核種は以下のようなものである。

Cl-36、Co-60、Nb-94、Cs-137、Eu-154、I-129、U-233、U-234、U-235、Pu-239、Pu-240、Am-241、Am-243、Cm-242、Cm-244

これらから放出される γ 線をすべて Cs-137 によるものとして Cs-137 換算放射能量を求めているので、実際よりも高い Cs-137 放射能量となり、燃焼計算結果に基づく核種組成比で配分

した各核種の放射エネルギーについても実際より高い保守的な評価となっている。

そこで、Cs-137 換算した放射エネルギーがどの程度保守的な評価となっているか、その誤差について検討した。

上記の γ 線放出核種が、本文表 5 の Cs-137 を基準とした核種組成比で保管容器に存在しているときを想定し、保管容器全体の放射エネルギー 100MBq としたときの各核種の放射エネルギーを表 A1-1 に示す。

このときの保管容器の表面線量率は、図 A1 の円柱体積線源の無遮へい体系を模擬したとき、表 A1-2 に示すとおりとなる。また、比較のため Cs-137 単独で 100MBq 存在するときの保管容器表面線量率についても表 A1-2 に示した。

表 A1-2 から、実際の放射線量と比べて、放出される γ 線をすべて Cs-137 によるものとしたときの放射線量は 5%程度高くなっている。これは保管容器の表面線量から Cs-137 換算したときの放射エネルギーは、実際よりも 5%程度保守的な放射エネルギーとなることを示している。なお、燃料の種類による誤差の相違はほとんどない。

(4) 誤差評価のまとめ

上記(2)項と(3)項の検討結果から、Cs-137 換算放射エネルギーの誤差には、保管容器の表面線量率の測定ポイントによるばらつきの影響が大きい。これは、保管容器内には、種々の放射エネルギーをもった廃棄物が種々の場所に含まれていることによる。今回、分析対象とした保管容器 3 本では、表面線量率の最大値は平均値の 2.2~5.5 倍程度となっており、Cs-137 換算放射エネルギーも測定された線量率によって同程度にばらつくと考えられる。保管容器の放射エネルギー評価に表面線量率測定値を用いる場合、より定量的な誤差評価の実施が今後の課題である。

表 A1-1 全放射能 100MBq のときの核種別放射能量

燃料の種類	燃料棒F		
	燃料集合体A	UO ₂	Gd
燃焼度(GWd/t)	21.6	33.7	23.1
対象核種	UO ₂	UO ₂	UO ₂
Cl-36	2.69E-10	6.54E-11	7.13E-11
Co-60	4.70E-01	2.13E-01	2.74E-01
Nb-94	2.55E-03	1.84E-07	2.19E-07
I-129	4.95E-05	4.53E-05	4.76E-05
Cs-137	9.06E+01	9.13E+01	8.96E+01
Eu-154	1.46E+00	2.30E+00	2.12E+00
U-233	5.72E-08	5.26E-08	4.69E-08
U-234	1.73E-04	1.97E-04	1.67E-04
U-235	7.37E-05	4.14E-05	4.30E-05
Pu-239	7.70E-01	4.91E-01	6.86E-01
Pu-240	8.48E-01	6.69E-01	8.35E-01
Am-241	5.59E+00	4.29E+00	5.81E+00
Am-243	1.05E-02	1.73E-02	1.81E-02
Cm-242	1.17E-02	7.35E-03	9.50E-03
Cm-244	2.60E-01	7.08E-01	6.36E-01

単位:MBq

表 A1-2 保管容器の表面線量率

燃料の種類	燃料棒F		
	燃料集合体A	UO ₂	Gd
全放射能 100MBq	45.9	46.5	45.7
Cs のみ 100MBq	48.0		

(単位: μSv/h)

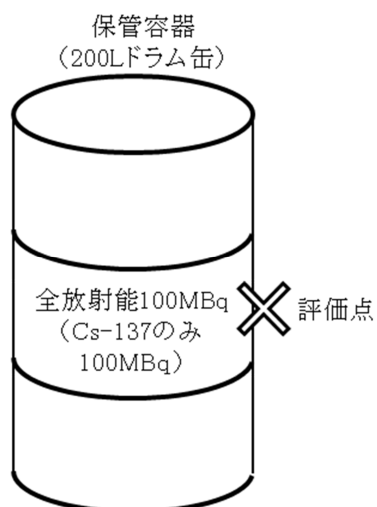


図 A1 線量率の評価体系

付録－2 分析対象核種の一次選定

(1) 研究施設等廃棄物全体の安全評価における重要核種

ここでは、JAEA-Technology 2012-031¹⁾に基づき重要核種を整理する。整理に当たっては、線量寄与が大きな核種が明示されている施設閉鎖後の安全評価を参考とする。

トレンチ及びピットのシナリオ毎の支配核種と線量寄与 10%以上の核種を表 A2-1 に示す。表に挙げられているのは以下の 20 核種である。

C-14, Cl-36, Co-60, Ni-59, Ni-63, Nb-94, Ag-108m, I-129, Cs-137, Eu-152, Po-210, Pb-210,
Ra-226, Ra-228, Th-228, U-234, U-238, Pu-239, Pu-240, Am-241

安全評価の核種インベントリーを表 A2-2 に示す。Po-210、Pb-210、Ra-226 の初期インベントリーはゼロかごく僅かであり、U-238 から生成したものである。同様に、Ra-228、Th-228 は Th-232 から生成したものである。したがって、初期インベントリーの観点から重要核種を選定すると以下の 15 核種となる。

C-14, Cl-36, Co-60, Ni-59, Ni-63, Nb-94, Ag-108m, I-129, Cs-137, Eu-152,
U-234, U-238, Pu-239, Pu-240, Am-241

(2) 機構の照射後試験施設の重要核種

JAEA-Technology 2010-021²⁾のなかに照射後試験施設（燃料試験施設、ホットラボ）及び照射後試験施設に類似の再処理特研からの廃棄物の重要核種について予備評価を行った結果が示されている。評価では、原子力安全委員会報告書³⁾のシナリオを採用している。また、最大線量核種濃度／最大線量核種の基準線量相当濃度に対する比率で重要度を定義し、重要度 1/100 以上のものを重要核種としている。施設毎の重要核種を表 A2-3～表 A2-5 に、Cs-137 に対する核種組成比を表 A2-6 に示す。これら施設全体の重要核種は以下の 29 核種である。

H-3, C-14, Cl-36, Ca-41, Co-60, Ni-59, Ni-63, Sr-90, Zr-93, Nb-94, Mo-93, Tc-99,
Ag-108m, Sn-126, Cs-137, Eu-154, U-233, U-234, U-235, U-238, Pu-238, Pu-239,
Pu-240, Pu-241, Am-241, Am-242m, Am-243, Cm-242, Cm-244

(1)の重要核種は I-129 と Eu-152 を除いて上記に包含されている。Eu-152 は、トレンチの地下水シナリオの河川岸作業員及び土地利用シナリオの帯水層土壌掘削の建設作業員で線量寄与 10%以上となるものであるが、Eu-152 のインベントリーは主に炉起源である。このため、照射後試験施設では重要核種にならなかったと考えられる。したがって、上記 29 核種に I-129 を加えた 30 核種を重要核種の一次選定結果とした。

付録－2 の参考文献

- 1) 天澤 弘也 他：“研究施設等廃棄物浅地中処分施設の概念設計” JAEA-Technology 2012-031, (2012) 338p.
- 2) 坂井章浩 他：“研究施設等廃棄物の埋設処分における安全評価上重要核種の選定（その 3）－RI・研究所等廃棄物に係る主要放射性廃棄物発生施設毎の重要核種の予備評価－”，JAEA-Technology 2010-021, (2010) 152p.
- 3) 原子力安全委員会：“低レベル放射性廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について”，(2007).

表 A2-1 概念設計の管理期間終了後安全評価における重要核種

トレンチ		
基本シナリオ	地下水	C-14, Cl-36, Sr-90, Ag-108m, U-234, U-238
	土地利用	C-14, Co-60, Sr-90, Ag-108m, Cs-137, Eu-152, U-234, U-238, Pu-239
変動シナリオ	井戸水利用	C-14, Sr-90, U-234, U-238
	施設底面掘削	Co-60, Sr-90, Cs-137
	帯水層掘削	Co-60, Sr-90, Eu-152
ピット		
基本シナリオ	地下水	C-14, Sr-90, Ag-108m, I-129, Ra-226, Ra-228
	土地利用	C-14, Sr-90, Ag-108m
変動シナリオ	河川流量減少 →地下水	C-14, Ni-59, Ag-108m, Po-210, Pb-210, Ra-226, Ra-228, Th-228, Pu-239
	河川流量減少 →土地利用	C-14, Ni-59, Ag-108m, Po-210, Pb-210, Ra-226, Ra-228, Th-228, Pu-239
	海水準変動 →土地利用	C-14, Ni-59, Ag-108m, Po-210, Pb-210, Ra-226, Ra-228, Th-228, Pu-239
	浸食・再堆積土 土地利用	Ni-59, Po-210, Pb-210, Ra-226, Ra-228, Th-228, Pu-239, Pu-240
	施設底面掘削	Pu-239, Pu-240, Am-241
	帯水層掘削	Sr-90, Ag-108m
	機能一部喪失 →地下水	C-14, Ag-108m, I-129, Ra-228, Th-228, Pu-239, Pu-240
	機能一部喪失 →土地利用	C-14, Sr-90, Ag-108m, Ra-228, Th-228, Pu-239, Pu-240
人為事象シナリオ	ボーリング →地下水	C-14, Ni-63, Sr-90, Ag-108m, I-129, Ra-228, Pu-239, Pu-240, Am-241
	ボーリング →土地利用	C-14, Ni-63, Sr-90, Ag-108m, Cs-137, Pu-239, Pu-240, Am-241
	ボーリング →帯水層掘削	C-14, Sr-90, Nb-94, Ag-108m, Cs-137, Pu-239, Pu-240, Am-241
	ボーリング →井戸水飲用	C-14, I-129

表 A2-2 概念設計安全評価の核種インベントリー

番号	核種名	半減期 (年)	インベントリ (Bq)		番号	核種名	半減期 (年)	インベントリ (Bq)	
			トレンチ 処分	ピット処分				トレンチ 処分	ピット処分
1	H-3	1.2E+01	1.45E+12	2.80E+14	28	Po-210 ^{*)}	3.8E-01	0	0
2	Be-10	1.5E+06	1.00E+07	1.75E+08	29	Ra-226	1.6E+03	1.96E+02	2.58E+05
3	C-14	5.7E+03	1.46E+10	9.20E+12	30	Ra-228	5.8E+00	3.44E+07	2.18E+09
4	Al-26	7.2E+05	1.17E+07	7.35E+07	31	Ac-227	2.2E+01	1.33E+03	1.59E+04
5	Cl-36	3.0E+05	2.27E+08	5.19E+09	32	Th-228 ^{*)}	1.9E+00	0	0
6	Ca-41	1.0E+05	4.21E+08	6.59E+10	33	Th-229	7.3E+03	1.92E+02	4.37E+04
7	Co-60	5.3E+00	1.94E+12	2.72E+14	34	Th-230	7.5E+04	2.31E+04	1.44E+05
8	Ni-59	1.0E+05	2.44E+09	2.44E+11	35	Th-232	1.4E+10	9.89E+04	7.00E+08
9	Ni-63	1.0E+02	3.45E+11	2.91E+13	36	Pa-231	3.3E+04	3.22E+03	3.98E+04
10	Se-79	3.0E+05	1.61E+05	6.02E+07	37	U-232	6.9E+01	1.28E+07	2.05E+06
11	Sr-90	2.9E+01	1.24E+10	9.84E+12	38	U-233	1.6E+05	3.21E+05	2.32E+07
12	Zr-93	1.5E+06	1.39E+06	1.79E+08	39	U-234	2.5E+05	3.84E+09	5.31E+08
13	Nb-94	2.0E+04	2.47E+07	1.99E+09	40	U-235	7.0E+08	1.66E+08	5.40E+08
14	Mo-93	4.0E+03	7.49E+07	6.45E+08	41	U-236	2.3E+07	8.55E+07	3.30E+07
15	Tc-99	2.1E+05	7.78E+08	7.54E+09	42	U-238	4.5E+09	3.15E+09	1.67E+10
16	Ag-108m	4.2E+02	2.21E+08	2.69E+10	43	Np-237	2.1E+06	8.93E+05	1.62E+08
17	Cd-113m	1.4E+01	1.01E+07	5.85E+09	44	Pu-238	8.8E+01	4.18E+08	3.07E+11
18	Sn-126	2.3E+05	1.44E+06	1.98E+08	45	Pu-239	2.4E+04	3.34E+08	1.12E+11
19	I-129	1.6E+07	4.08E+03	6.43E+09	46	Pu-240	6.6E+03	2.15E+08	1.39E+11
20	Cs-135	2.3E+06	3.75E+06	1.31E+08	47	Pu-241	1.4E+01	3.30E+07	3.69E+12
21	Cs-137	3.0E+01	6.41E+10	1.62E+13	48	Pu-242	3.8E+05	7.31E+05	4.67E+08
22	Ba-133	1.1E+01	2.47E+09	1.71E+12	49	Am-241	4.3E+02	5.12E+09	1.09E+11
23	Eu-152	1.4E+01	2.47E+10	3.16E+12	50	Am-242m	1.4E+02	1.25E+06	1.15E+09
24	Eu-154	8.6E+00	3.58E+09	2.07E+12	51	Am-243	7.4E+03	5.16E+06	3.27E+09
25	Ho-166m	1.2E+03	3.24E+06	5.00E+08	52	Cm-243	2.9E+01	5.82E+06	3.64E+09
26	Hf-182	9.0E+06	2.67E+04	3.62E+05	53	Cm-244	1.8E+01	6.88E+08	4.18E+11
27	Pb-210	2.2E+01	6.21E+01	3.23E+02	54	Cm-245	8.5E+03	5.11E+04	3.10E+07

(*)初期インベントリがゼロの核種は埋設処分後、親核種の崩壊連鎖で生成される子孫核種。上記の2核種以外は、線量換算係数で他の系列核種に含まれている。

表 A2-3 燃料試験施設の重要核種

トレンチ		
	跡地建設	Co-60, Nb-94, Cs-137, Eu-154, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241
	跡地居住	Co-60, Ni-63, Sr-90, Nb-94, Cs-137
	地下水	H-3, C-14, Nb-94, U-234, Pu-238, Pu-239, Pu-240
ピット		
	跡地建設	Nb-94, Sn-126, Cs-137, U-234, U-238, Pu-238, Pu-241
	跡地居住	C-14, Cl-36, Ni-59, Ni-63, Sr-90, Zr-93, Nb-94, Mo-93, Tc-99, Cs-137, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Am-241
	地下水	C-14, Tc-99, U-234, U-238, Pu-239, Pu-241, Am-242m, Cm-242

表 A2-4 ホットラボの重要核種

トレンチ		
	跡地建設	Co-60, Nb-94, Cs-137, Eu-154, Pu-238, Pu-241
	跡地居住	Co-60, Ni-63, Sr-90, Nb-94, Cs-137
	地下水	H-3, C-14, Nb-94, U-234, Pu-238, Pu-239
ピット		
	跡地建設	Nb-94, Sn-126, Cs-137, U-234, U-238, Pu-238
	跡地居住	C-14, Cl-36, Ni-59, Ni-63, Sr-90, Nb-94, Mo-93, Tc-99, Cs-137, U-233, U-234, U-238, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Am-241, Am-243, Cm-244
	地下水	C-14, Tc-99, U-234, U-238, Pu-238, Pu-241

表 A2-5 再処理特研の重要核種

トレンチ		
	跡地建設	Co-60, Ag-108m, Cs-137, Pu-239
	跡地居住	H-3, Co-60, Sr-90, Ag-108m, Cs-137
	地下水	H-3, U-234, U-238, Pu-239
ピット		
	跡地建設	Ag-108m, Cs-137, U-234, U-238
	跡地居住	Ni-63, Sr-90, Tc-99, Ag-108m, Cs-137, U-234, U-235, U-238, Pu-239, Pu-240, Am-241
	地下水	C-14, Ca-41, Ni-59, U-234, U-238

表 A2-6 照射後試験施設等からの廃棄物の核種組成比 (1/2)

核種	ホットラボ		燃料試験施設		再処理特研	
	FP核種等	放射化核種	FP核種等	放射化核種	FP核種等	放射化核種
H-3	6.5E-03	6.5E-04	5.5E-03	1.2E-03	1.3E-03	9.2E+00
Be-10	9.7E-11	2.1E-08	4.3E-11	1.2E-10	7.4E-11	1.7E-09
C-14	5.4E-07	1.2E-04	1.4E-04	1.6E-04	2.8E-09	9.5E-07
Na-22	---	---	---	---	---	---
Al-26	---	---	---	---	---	---
Si-32	7.3E-12	1.7E-11	---	7.5E-12	---	1.1E-09
Cl-36	---	1.0E-06	---	9.3E-07	---	---
K-40	---	8.2E-13	---	1.1E-12	---	9.5E-11
Ca-41	---	1.5E-08	---	1.6E-08	---	5.8E-05
Sc-46	---	1.4E-05	8.8E-08	1.6E-05	---	---
Mn-54	6.6E-05	5.6E-02	---	9.4E-02	---	---
Fe-55	6.7E-04	2.0E+00	---	2.8E+00	---	5.1E-03
Fe-59	8.7E-07	2.3E-03	---	2.2E-03	---	---
Co-58	3.6E-15	1.2E-02	---	2.2E-02	---	---
Co-60	3.9E-07	1.0E+00	---	1.0E+00	---	1.0E+00
Ni-59	---	2.8E-04	---	5.1E-04	---	1.5E-03
Ni-63	2.0E-07	3.5E-02	---	6.3E-02	---	1.4E-01
Zn-65	3.3E-04	4.2E-04	---	7.5E-04	---	---
Se-79	8.3E-07	2.1E-09	7.8E-07	2.3E-09	2.2E-06	---
Rb-87	2.1E-10	7.4E-12	1.5E-10	4.0E-12	6.4E-10	---
Sr-90	7.3E-01	3.6E-07	5.2E-01	2.0E-06	8.9E-01	---
Zr-93	1.7E-05	1.9E-05	1.5E-05	1.2E-04	5.0E-05	---
Zr-95	4.4E-01	4.1E-02	2.7E-01	1.8E-01	---	---
Nb-92	---	1.6E-10	2.9E-15	7.3E-10	---	---
Nb-93m	1.8E-06	2.2E-06	1.7E-06	2.2E-05	3.9E-05	---
Nb-94	4.4E-10	1.3E-03	1.7E-08	3.7E-03	1.1E-09	---
Nb-95	9.8E-01	9.3E-02	6.0E-01	4.0E-01	---	---
Mo-93	---	4.1E-07	---	3.9E-06	---	---
Tc-97	---	---	---	---	---	---
Tc-97m	---	---	---	---	---	---
Tc-98	6.0E-11	1.6E-15	4.7E-11	8.9E-15	3.7E-13	---
Tc-99	1.3E-04	1.2E-08	1.3E-04	9.1E-08	3.5E-04	---
Ru-103	2.6E-02	1.2E-10	2.9E-02	9.3E-10	---	---
Rh-101	---	---	---	---	---	---
Rh-102	6.0E-06	---	5.5E-06	4.9E-16	---	---
Rh-102m	---	---	---	---	---	---
Pd-107	1.0E-06	3.9E-15	1.9E-06	1.2E-14	7.9E-07	---
Ag-108m	2.6E-10	5.1E-07	1.3E-10	1.1E-06	3.5E-11	2.2E-02
Ag-110m	1.6E-02	2.6E-04	1.6E-02	7.1E-04	---	---
Cd-109	7.8E-07	4.1E-06	1.4E-08	1.2E-05	---	---
Cd-113m	5.8E-04	---	6.3E-04	---	8.3E-05	---
Sn-121m	3.1E-06	3.2E-05	2.0E-06	2.0E-04	1.2E-06	---
Sn-126	6.7E-06	---	8.2E-06	---	1.1E-05	---
Sb-124	1.9E-04	1.4E-04	1.5E-04	2.4E-04	---	---
Sb-125	8.3E-02	7.3E-02	1.1E-01	3.7E-01	1.2E-05	---
Te-123m	4.7E-05	1.1E-04	3.2E-05	5.0E-04	---	---
Te-129m	2.3E-04	3.5E-14	2.7E-04	1.6E-13	---	---
I-129	2.9E-07	9.6E-17	3.6E-07	2.8E-16	6.0E-07	---
Cs-134	1.2E+00	1.9E-04	9.8E-01	1.8E-04	3.4E-07	---
Cs-135	4.3E-06	1.6E-11	5.6E-06	1.8E-11	1.6E-05	---
Cs-137	1.0E+00	1.1E-11	1.0E+00	1.3E-11	1.0E+00	---
Ba-133	2.6E-11	1.4E-05	---	1.4E-05	---	---
La-137	---	3.6E-09	---	3.0E-09	---	---
La-138	1.4E-15	---	8.7E-16	---	---	---
Pm-143	---	---	---	---	---	---
Pm-144	---	---	---	---	---	---
Pm-145	3.8E-10	2.4E-09	---	6.4E-09	---	---
Pm-146	1.5E-05	---	1.4E-05	---	3.2E-09	---
Pm-147	1.2E+00	1.8E-12	1.2E+00	2.1E-12	2.7E-04	---
Pm-148m	4.1E-04	3.0E-16	3.9E-04	4.8E-16	---	---
Sm-145	1.1E-10	3.4E-08	---	7.1E-08	---	---
Sm-146	1.1E-12	---	1.1E-12	---	---	---
Sm-147	2.1E-11	5.2E-15	2.3E-11	7.7E-15	2.5E-10	---
Sm-151	3.7E-03	7.3E-08	5.9E-03	1.5E-07	1.5E-02	---
Eu-150	6.0E-12	---	1.0E-11	---	2.2E-12	---
Eu-152	6.5E-05	1.5E-05	1.2E-04	1.0E-05	3.7E-05	---
Eu-154	8.0E-02	1.3E-05	8.4E-02	2.5E-05	5.9E-04	---
Eu-155	6.2E-02	5.9E-06	7.9E-02	1.3E-05	2.5E-04	---
Tb-157	---	2.0E-08	---	1.9E-08	---	---
Tb-160	4.5E-04	5.8E-05	3.9E-04	4.7E-04	---	---

表 A2-6 照射後試験施設等からの廃棄物の核種組成比 (2/2)

核種	ホットラボ		燃料試験施設		再処理特研	
	FP核種等	放射化核種	FP核種等	放射化核種	FP核種等	放射化核種
Ho-163	---	---	---	---	---	---
Ho-166m	1.7E-07	1.2E-07	1.0E-07	1.5E-07	3.4E-10	---
Tm-171	9.8E-08	4.7E-08	5.7E-08	6.3E-08	---	---
Lu-173	---	---	---	---	---	---
Lu-174	---	---	---	---	---	---
Lu-176	---	3.2E-14	---	4.3E-14	---	---
Lu-177m	---	7.9E-07	---	8.7E-07	---	---
Hf-172	---	---	---	---	---	---
Hf-178m	---	---	---	---	---	---
Hf-181	---	9.6E-05	---	3.8E-04	---	---
Hf-182	---	4.9E-11	---	2.1E-10	---	---
Ta-179	---	---	---	---	---	---
Ta-182	---	2.5E-02	---	8.1E-02	---	---
Os-185	---	---	---	---	---	---
Os-194	---	6.8E-12	---	2.7E-11	---	---
Ir-192	---	1.3E-06	---	6.0E-06	---	---
Ir-192m	---	7.1E-11	---	3.2E-10	---	---
Pt-190	---	---	---	---	---	---
Pt-193	---	2.6E-08	---	1.1E-07	---	---
Tl-204	---	---	---	---	---	---
Pb-205	---	1.1E-12	---	1.4E-12	---	---
Pb-210	7.4E-14	---	7.9E-14	---	4.7E-10	---
Bi-207	---	---	---	---	---	---
Bi-208	---	---	---	---	---	---
Bi-210m	---	---	---	---	---	---
Ra-226	4.5E-13	---	3.6E-13	---	1.5E-09	---
Ra-228	1.5E-09	---	3.2E-11	---	---	---
Ac-227	5.5E-10	---	1.5E-11	---	7.4E-09	---
Th-228	4.8E-07	---	6.2E-08	---	7.4E-09	---
Th-229	9.9E-10	---	1.2E-11	---	9.2E-13	---
Th-230	6.6E-10	---	2.2E-10	---	1.7E-07	---
Th-232	1.0E-08	---	1.9E-10	---	---	---
Pa-231	1.5E-08	---	2.4E-10	---	1.7E-08	---
U-232	1.4E-06	---	1.5E-07	---	7.2E-09	---
U-233	9.5E-06	---	8.8E-08	---	3.5E-10	---
U-234	2.6E-05	---	5.6E-06	---	4.6E-04	---
U-235	7.0E-07	---	1.0E-07	---	2.0E-05	---
U-236	2.5E-06	---	1.2E-06	---	8.5E-06	---
U-238	4.0E-06	---	2.7E-06	---	4.7E-04	---
Np-235	3.2E-08	---	2.5E-08	---	---	---
Np-236	4.2E-11	---	3.3E-11	---	1.6E-13	---
Np-237	2.7E-06	---	2.2E-06	---	1.3E-06	---
Pu-236	5.4E-06	---	4.2E-06	---	8.6E-13	---
Pu-237	1.4E-07	---	1.1E-07	---	---	---
Pu-238	3.6E-02	---	6.8E-02	---	3.2E-04	---
Pu-239	2.2E-03	---	1.8E-02	---	4.3E-02	---
Pu-240	2.3E-03	---	2.8E-02	---	5.2E-03	---
Pu-241	7.5E-01	---	3.6E+00	---	1.1E-02	---
Pu-242	1.6E-05	---	5.9E-05	---	4.9E-08	---
Pu-244	2.9E-11	---	2.2E-11	---	---	---
Am-241	2.1E-03	---	1.6E-02	---	2.1E-03	---
Am-242m	1.1E-04	---	5.3E-04	---	1.8E-07	---
Am-243	3.4E-04	---	5.8E-04	---	7.1E-09	---
Cm-241	6.4E-11	---	8.9E-11	---	---	---
Cm-242	6.9E-02	---	2.8E-01	---	1.4E-07	---
Cm-243	2.5E-04	---	5.3E-04	---	3.9E-09	---
Cm-244	1.4E-01	---	1.2E-01	---	4.5E-09	---
Cm-245	2.9E-05	---	2.0E-05	---	4.2E-14	---
Cm-246	2.4E-05	---	1.4E-05	---	---	---
Cm-247	2.8E-10	---	1.4E-10	---	---	---
Cm-248	3.9E-09	---	1.9E-09	---	---	---
Cm-250	1.2E-14	---	6.2E-15	---	---	---
Bk-249	1.6E-05	---	7.8E-06	---	---	---
Cf-249	7.4E-08	---	3.5E-08	---	---	---
Cf-250	6.6E-07	---	3.2E-07	---	---	---
Cf-251	7.2E-09	---	3.4E-09	---	---	---
Cf-252	4.4E-06	---	2.1E-06	---	---	---
Cf-254	4.0E-10	---	2.1E-10	---	---	---
Es-254	8.9E-09	---	4.1E-09	---	---	---
Es-255	9.9E-12	---	5.2E-12	---	---	---

国際単位系 (SI)

表1. SI基本単位

基本量	SI基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質량	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の)	1
比透磁率 ^(b)	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V	m ² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光束	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
光度	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
 (d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
 (g) 単位シーベルト (PV, 2002, 70, 205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	SI基本単位による表し方
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角加速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加減	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ = s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² = s ⁻²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電荷密度	ジュール毎立方メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電表面電荷	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ² s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
吸収線量率	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ = m ² kg s ⁻³
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ = kg s ⁻³
	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ³ s ⁻¹ mol

表5. SI接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60 s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm ² =(10 ¹² cm ²) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的関係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デシベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フオト	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² =10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(a)	Oe	1 Oe _e =(10 ³ /4π)A m ⁻¹

(a) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「△」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=0.2 g=2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1μm=10 ⁻⁶ m

