

# 「ふげん」から採取した金属配管試料の放射能分析

Radioactivity Analysis of Metal Samples Taken from Pipes of the Fugen

原賀 智子 亀尾 裕 石森 健一郎 島田 亜佐子 飛田 実 高橋 重実 高橋 邦明

Tomoko HARAGA, Yutaka KAMEO, Ken-ichiro ISHIMORI, Asako SHIMADA Minoru TOBITA, Shigemi TAKAHASHI and Kuniaki TAKAHASHI

> バックエンド推進部門 バックエンド技術開発ユニット

Nuclear Cycle Backend Technology Development Unit Nuclear Cycle Backend Directorate

February 2013

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは独立行政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(<u>http://www.jaea.go.jp</u>) より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根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 Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department, Japan Atomic Energy Agency 2-4 Shirakata Shirane, 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, 2013

JAEA-Data/Code 2012-031

「ふげん」から採取した金属配管試料の放射能分析

日本原子力研究開発機構

#### バックエンド推進部門 バックエンド技術開発ユニット

原賀 智子, 亀尾 裕, 石森 健一郎, 島田 亜佐子, 飛田 実\*1, 高橋 重実\*1, 高橋 邦明

(2012年12月17日受理)

日本原子力研究開発機構 敦賀本部 原子炉廃止措置研究開発センターでは,新型転換炉原型炉 施設「ふげん」の廃止措置が進められており,解体撤去物等のクリアランス申請や廃棄確認のためのス ケーリングファクタ法の確立に向けて,解体撤去物等から採取した試料の放射能分析が必要となっている。 そこで,バックエンド推進部門 廃棄物確認技術開発グループでは,廃棄物放射能データの収集を効率 よく行うために開発した簡易・迅速分析法を用いて,「ふげん」から採取した金属配管試料の分析を行い, 解体撤去物等に対する放射能データとして整備した。本報告では,平成 22 年度に受け入れた金属配管 試料の放射能データを報告する。

原子力科学研究所(駐在):〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4

\*1 検査開発株式会社

JAEA-Data/Code 2012-031

#### Radioactivity Analysis of Metal Samples Taken from Pipes of the Fugen

Tomoko HARAGA, Yutaka KAMEO, Ken-ichiro ISHIMORI, Asako SHIMADA, Minoru TOBITA<sup>\*1</sup>, Shigemi TAKAHASHI<sup>\*1</sup> and Kuniaki TAKAHASHI

> Nuclear Cycle Backend Technology Development Unit Nuclear Cycle Backend Directorate Japan Atomic Energy Agency Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

> > (Received December 17, 2012)

The Fugen Nuclear Power Station was shut down and decommissioning of the Fugen has been implemented. Many radioactivity concentration data of dismantled materials have to be accumulated to calculate the scaling factors of radioactive wastes and advance the clearance of dismantled materials, For these reasons, the simple and rapid radioactivity determination method was applied for metal samples, which were taken from pipes of the Fugen. This report summarizes analytical procedures of radioactivity data obtained from the Fugen pipe samples.

Keywords: Low-level Radioactive Waste, Non-destructive Gamma-ray Measurement, Radiochemical Separation, Solid Phase Extraction, Pipe Sample, Fugen Nuclear Power Station

<sup>\*&</sup>lt;sup>1</sup> Inspection Development Company Ltd.

# 目 次

1. は	こじめに	1
2. 於	対能分析方法及び分析結果	1
2.1	試料の概要	1
2.2	<sup>54</sup> Mn, <sup>60</sup> Co, <sup>134, 137</sup> Cs, <sup>152, 154</sup> Eu, <sup>59, 63</sup> Ni 及び <sup>90</sup> Sr の分析	1
2.3	<sup>234, 235, 238</sup> U, <sup>238, 239+240</sup> Pu, <sup>241</sup> Am, <sup>244</sup> Cm の分析	3
2.4	<sup>94</sup> Nb の分析	5
2.5	<sup>99</sup> Tc の分析	6
2.6	<sup>3</sup> H 及び <sup>14</sup> C の分析	7
2.7	<sup>36</sup> Cl の分析	8
2.8	<sup>129</sup> I の分析	8
3. ま	とめ	9
謝辞		0
参考	文献1	0

# Contents

1. In	troduction	1
2. M	ethods for radioactivity analysis and results	1
2.1	Overview of analytical samples	1
2.2	Analysis of <sup>54</sup> Mn, <sup>60</sup> Co, <sup>134, 137</sup> Cs, <sup>152, 154</sup> Eu, <sup>59, 63</sup> Ni and <sup>90</sup> Sr	1
2.3	Analysis of <sup>234, 235, 238</sup> U, <sup>238, 239+240</sup> Pu, <sup>241</sup> Am and <sup>244</sup> Cm	3
2.4	Analysis of <sup>94</sup> Nb	5
2.5	Analysis of <sup>99</sup> Tc	6
2.6	Analysis of <sup>3</sup> H and <sup>14</sup> C	7
2.7	Analysis of <sup>36</sup> Cl	8
2.8	Analysis of <sup>129</sup> I	8
3. Co	onclusions	9
Ackn	owlegement1	0
Refer	ences	0

# 図表一覧

表一覧

表1 金属試料の概要	11
表2 分析法の概要及び測定機器等の情報	12
表3 酸浸漬法または研磨法による放射性核種の除去率	13
表 4 Mn, Cs, Eu, Sr 及び Ni の回収率	14
表 5 <sup>60</sup> Co, <sup>54</sup> Mn, <sup>59,63</sup> Ni, <sup>90</sup> Sr, <sup>134,137</sup> Cs 及び <sup>152,154</sup> Eu の分析結果(1/2)	
表 6 <sup>60</sup> Co, <sup>54</sup> Mn, <sup>59,63</sup> Ni, <sup>90</sup> Sr, <sup>134,137</sup> Cs 及び <sup>152,154</sup> Eu の分析結果(2/2)	
表 7 U, Pu 及び Am の回収率	16
表 8 <sup>234,235,238</sup> U, <sup>238,239+240</sup> Pu, <sup>241</sup> Am 及び <sup>244</sup> Cm の分析結果(1/2)	17
表 9 <sup>234,235,238</sup> U, <sup>238,239+240</sup> Pu, <sup>241</sup> Am 及び <sup>244</sup> Cm の分析結果(2/2)	17
表 10 <sup>94</sup> Nb の分析結果	
表 11 <sup>99</sup> Tc の分析結果	
表 12 <sup>3</sup> H の分析結果	19
表 13 <sup>14</sup> C の分析結果	19
表 14 <sup>36</sup> Cl の分析結果	20
表 15 <sup>129</sup> I の分析結果	20

# 図一覧

図 1	金属試料の表面汚染状況(1/7)	21
図2	金属試料の表面汚染状況(2/7)	22
図 3	金属試料の表面汚染状況(3/7)	23
図 4	金属試料の表面汚染状況(4/7)	24
図 5	金属試料の表面汚染状況(5/7)	25
図 6	金属試料の表面汚染状況(6/7)	26
図 7	金属試料の表面汚染状況(7/7)	27
図 8	試料前処理法(酸浸漬法)	28
図 9	試料前処理法(研磨法)	29
図 10	<sup>54</sup> Mn, <sup>60</sup> Co, <sup>134, 137</sup> Cs, <sup>152, 154</sup> Eu の分析フロー	30
図 11	<sup>90</sup> Sr, <sup>59,63</sup> Ni の分析フロー	31
図 12	<sup>234,235,238</sup> Uの分析フロー	32
図 13	<sup>238,239+240</sup> Pu, <sup>241</sup> Am, <sup>244</sup> Cm の分析フロー	33
図 14	- <sup>94</sup> Nb の分析フロー	34

図 15	<sup>99</sup> Tc の分析フロー	35
図 16	<sup>3</sup> H, <sup>14</sup> C の分析フロー	36
図 17	<sup>3</sup> H, <sup>14</sup> C の分離装置	36
図 18	<sup>36</sup> Cl の分析フロー	37
図 19	<sup>36</sup> Clの分離装置	.38
図 20	<sup>129</sup> Iの分析フロー	. 39
図 21	<sup>129</sup> Iの分離装置	. 39

# 1. はじめに

日本原子力研究開発機構 敦賀本部 原子炉廃止措置研究開発センターでは,新型転換炉原型炉 施設(以下「ふげん」という。)から発生した解体撤去物等のクリアランス申請や廃棄確認のためのスケーリ ングファクタ法等の確立に向けて,核種組成比の設定に必要となる解体撤去物等に対する放射能デー タの収集を進めている。そこで,バックエンド推進部門 廃棄物確認技術開発グループでは,研究施設 等廃棄物を対象として開発した放射能簡易・迅速分析法 <sup>1)</sup>の実廃棄物試料への適用性確認として,「ふ げん」から採取した金属配管試料の放射能分析を実施し,核種組成比設定等のための放射能データを 取得している<sup>2)</sup>。測定対象として設定した核種のうち、<sup>54</sup>Mn,<sup>60</sup>Co,<sup>94</sup>Nb,<sup>134,137</sup>Cs,<sup>152,154</sup>Eu,<sup>59,63</sup>Ni,<sup>90</sup>Sr, <sup>99</sup>Tc,<sup>234,235,238</sup>U,<sup>238,239+240</sup>Pu,<sup>241</sup>Am,<sup>244</sup>Cmの分析においては,試料前処理法として酸浸漬法を適用し て金属配管内表面を溶解したのち,イオン交換樹脂や抽出クロマト樹脂等を用いた化学分離を行った。 その後、それぞれの核種についてγ線、β線、α線測定または質量分析を行うことにより、放射能を定量し た。一方,酸浸漬により揮発することが予想される <sup>3</sup>H,<sup>14</sup>C,<sup>36</sup>Cl,<sup>129</sup>Iの分析については,試料前処理法 として燃焼法を適用し、それぞれの核種を分離した後、β線測定または質量分析を行うことにより放射能 を定量した。本報告では、平成 22 年度に受け入れ、平成 22 年度から平成 23 年度に実施した金属配管 試料の放射能分析方法及び結果について,以下に詳しく記述する。

# 2. 放射能分析方法及び分析結果

2.1 試料の概要

「ふげん」から採取した金属配管 6 試料(以下「金属試料」という。)を,本分析の対象とした。金属試料の種類,汚染面のサイズ及び重量等の情報を表1及び図1~7に示す。また適用した分析法の概要及び用いた測定機器等の情報を表2に示す。

2.2 <sup>54</sup>Mn, <sup>60</sup>Co, <sup>134, 137</sup>Cs, <sup>152, 154</sup>Eu, <sup>59, 63</sup>Ni 及び <sup>90</sup>Sr の分析

当グループで開発した放射能簡易・迅速分析法では、 ${}^{90}$ Sr の分析法として、スペクトロメトリ法とミルキング法を報告している<sup>1)</sup>。FP 核種を多量に含む試料に対しては、 ${}^{90}$ Sr と ${}^{90}$ Y の放射平衡を待つことなく ${}^{90}$ Sr の迅速な定量が可能なスペクトロメトリ法が有効であるが、原子炉から発生した廃棄物試料のように、 ${}^{60}$ Co の濃度が高く、 ${}^{90}$ Sr の存在量が小さい場合には、検出限界以下となることが予想されるため、本金属試料では、ミルキング法を採用し、 ${}^{90}$ Sr と ${}^{90}$ Y の放射平衡後に、 $\beta$ 線測定を行うこととした。

2.2.1 試料前処理(酸浸漬法および研磨法)

金属試料の内表面に付着した放射性核種を溶解するために、図8に示す酸浸漬の概要に従って、汚

染面を混酸(塩酸:硝酸:純水=1:1:4)に2時間浸漬した後,純水を用いて超音波による洗浄を20分間 行った。金属試料の溶解量は0.7~4gであり,この溶解量から推定した溶解厚さ(汚染面積が均一に溶 解したとして評価)は45~240 µm程度であった。酸浸漬前後の<sup>60</sup>Coを高純度Ge半導体検出器(HPGe) により計測したところ,金属試料の汚染面に付着していた<sup>60</sup>Coの除去率(酸浸漬前後の<sup>60</sup>Coの計数率の 差から求めたもの)は98%以上であった。ただし,試料管理番号10-9(インプラント材料試験装置①(両 面汚染))については,表面が耐食性の被膜で保護されており,混酸では溶解することができなかったた め,マイクログラインダーを用いて試料表面を機械的に研磨して汚染を除去した。このとき,粉末が飛散 することを防ぐため純水中で研磨を行った。マイクログラインダーによる研磨の様子を図9に示す。本前 処理における各試料の放射性核種の除去率を表3に示す。

酸浸漬法を適用して得られた浸漬液(さびの多い試料の場合は,固体状の残さも含む)は,図 10 に示 す分析フローに従って,一旦蒸発乾固した後,硝酸及び過酸化水素水を添加して加熱乾固した。マイク ログラインダーによる研磨では,粉末が飛散しないように純水中で研磨を行っており,研磨により得られた 粉と使用した水も回収して,硝酸,塩酸,過酸化水素水及び過塩素酸を用いて残さがなくなるまで加熱 乾固した。酸浸漬法または研磨法で得られた試料は硝酸溶液 100 ml 程度に調製した後,メンブレンフィ ルタでろ過し,ろ液(1)と残さ(1)に分離した。残さ(1)に,<sup>60</sup>Co が検出された場合には,硝酸,フッ化水素 酸及び過塩素酸による加熱乾固を行い,再度メンブレンフィルタでろ過し,ろ液(2)と残さ(2)に分離した。 残さ(2)では,<sup>60</sup>Co は検出されなかったため,ろ液(2)とろ液(1)を合わせて 200ml に定容し,試料溶液と した。なお,残さ(2)においても<sup>60</sup>Co が検出される場合には,硝酸,フッ化水素酸及び過塩素酸による再 溶解を行う必要がある。

#### 2.2.2 分析操作

測定対象核種(<sup>54</sup>Mn, <sup>60</sup>Co, <sup>59, 63</sup>Ni, <sup>90</sup>Sr, <sup>134, 137</sup>Cs, <sup>152, 154</sup>Eu)を図 10 及び図 11 に示す一連のフロー に従って分離した。200 ml に調製した試料溶液から 100 ml を分取し, はじめに <sup>60</sup>Co の放射能を定量し た。その後, 化学分離における回収率測定を行うために, 担体として安定元素の Mn, Co, Cs, Eu, Sr 及 びNiを添加した。ただし, Ni は本金属試料(材質:ステンレス鋼)に主要な化学成分として含まれており, 誘導結合プラズマ発光分光分析装置(ICP-AES)を用いた化学成分分析の結果から, 回収率測定に十 分な量が含まれていることがわかったため, 担体はブランク試料にのみ添加することとした。Mn もまたス テンレス鋼の成分として含まれているものの, 回収率測定には十分な量は含まれていなかったため, 試 料溶液およびブランク試料ともに担体を添加することとした。安定元素を添加した試料溶液は, 一旦蒸発 乾固させてから8 M 塩酸溶液に調製した。試料溶液 100 ml 中には, ステンレス成分が 0.2~2 g(Fe のみ では 0.1~1.5 g)と多量に含まれていたため, これらの Fe や <sup>60</sup>Co を, 陰イオン交換樹脂(70 ml, Dowex 製 1X8)を用いて除去した。イオン交換分離により得られた Mn, Cs, Eu, Sr 及び Ni を含む溶液を 20 ml ガラス製バイアル瓶に移して, <sup>54</sup>Mn, <sup>134, 137</sup>Cs, <sup>152, 154</sup>Eu の y 線測定用試料とした。

γ線測定後の試料は,8 M 硝酸溶液に調製して, Mn, Cs 及び Eu 回収率測定のための試料を分取し

た後, Sr レジン(5 ml, Eichrom 製)に通液した。Sr レジンに吸着させた Sr は 0.05 M 硝酸 20 ml によって 溶離させ、25 ml に定容し、Sr 回収率測定用に一部を分取した。残りの溶液は、 ${}^{90}$ Sr と ${}^{90}$ Y が放射平衡に なるまで 2 週間静置してから、 $\beta$  線測定を行った。試料の履歴から、短半減期の  ${}^{89}$ Sr は検出限界以下ま で減衰していると考えられたため、 ${}^{90}$ Sr 及び  ${}^{90}$ Y の  $\beta$ 線の合計を測定し、 ${}^{90}$ Sr の放射能を求めた。

<sup>59,63</sup>Ni の分析に関しては、この Sr レジンからの流出液を Ni レジン(5 ml, Eichrom 製)に通液すること とした。通液する流出液量は、Ni レジンの吸着容量を考慮し、安定元素の Ni 量が 2.5 mg 以下となるよう に分取して調節した。樹脂に吸着させた Ni は 3 M 硝酸 15 ml により溶離させ、蒸発乾固した後、0.5 M 塩酸で 50 ml に定容し、Ni 回収率測定用、 $^{59}$ Ni 及び  $^{63}$ Ni の放射能測定用試料に取り分けた。 $^{59}$ Ni に対 する X 線測定用試料の作製は、電着セルを用いて銅板上に 0.3 A で 3 時間、Ni を電着させることにより 行った。

#### 2.2.3 回収率測定

測定対象核種の回収率を確認するため,前処理後の試料溶液にあらかじめ添加した安定元素(Mn, Cs, Eu, Sr 及び Ni)の濃度を,化学分離を行ったのち測定した。Mn, Eu, Sr 及び Ni の測定には,誘導結合プラズマ発光分光分析装置(ICP-AES)を使用し, Cs の測定には,誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)を用いた。各試料における Mn, Cs, Eu, Sr 及び Ni の回収率を表 4 に示す。

Mn及びNiは、金属試料の化学成分としても含まれているため、ICP-AESを用いて本分析に用いた金属試料の化学成分分析を行い、金属成分由来のMn及びNiと添加したMn及びNiを合計して、回収率補正を行った。

#### 2.2.4 放射能測定

γ線測定には高純度ゲルマニウム半導体検出器 (HPGe)を使用し、検出器の効率校正は、測定用試料と同一形状で濃度が既知の放射能標準溶液を用いて行った。このとき使用した放射能標準溶液は、あらかじめ効率校正された HPGe を用いて放射能濃度を決定している<sup>3)</sup>。X線測定には、低エネルギー 光子検出器 (Ge-LEPS)を使用し、既知量の<sup>55</sup>Feを銅板上に電着した線源を用いて検出器の効率校正を 行った。β線測定には、液体シンチレーションカウンター (LSC)を使用し、クエンチング補正用の放射能 標準溶液により効率校正を行った。HPGe による測定時間は、<sup>60</sup>Co については 80,000 秒, <sup>54</sup>Mn, <sup>134,137</sup>Cs, <sup>152,154</sup>Eu については 160,000 秒, Ge-LEPS による測定時間は、160,000 秒, LSC による測定時間は 30,000 秒とした。金属試料に対する<sup>54</sup>Mn, <sup>60</sup>Co, <sup>134,137</sup>Cs, <sup>152,154</sup>Eu, <sup>59,63</sup>Ni 及び<sup>90</sup>Sr の分析結果を表 5 及び表 6 に示す。

2.3 <sup>234, 235, 238</sup>U, <sup>238, 239+240</sup>Pu, <sup>241</sup>Am, <sup>244</sup>Cmの分析

2.3.1 試料前処理(酸浸漬法および研磨法)

2.2 節「<sup>54</sup>Mn, <sup>60</sup>Co, <sup>134, 137</sup>Cs, <sup>152, 154</sup>Eu, <sup>59, 63</sup>Ni 及び <sup>90</sup>Sr の分析」で前処理した試料溶液を分取して,

<sup>234, 235, 238</sup>U, <sup>238, 239+240</sup>Pu, <sup>241</sup>Am, <sup>244</sup>Cmの分析に供した。

#### 2.3.2 分析操作

<sup>234, 235, 238</sup>Uの分析フローを図 12 に示す。あらかじめ 3 M 硝酸溶液を通液してコンディショニングを行った UTEVA レジン (5 ml, Eichrom 製) に試料溶液を通液し、つぎに金属試料の主成分である, Fe, Cr, Ni を 3 M 硝酸 40 ml で洗浄した。UTEVA レジンに吸着させた Puを 3 価に還元して溶離させるために 0.1 M ヒドロキシルアミン-0.01 M アスコルビン酸-1 M 硝酸溶液 40 ml を通液した。カラムに残っているアスコルビン酸を 3 M 硝酸 15 ml で洗浄してから, 0.01 M シュウ酸-0.1 M 硝酸溶液 40 ml を通液し, U を溶離させた。この溶液を蒸発乾固させ, 1 M 硝酸 3 ml に溶解し, 測定用試料を調製した。

<sup>238, 239+240</sup>Pu, <sup>241</sup>Am, <sup>244</sup>Cm の分析フローを図 13 に示す。あらかじめ 2 M 硝酸-0.3 M アスコルビン酸 溶液でコンディショニングを行った TRUレジン(5 ml, Eichrom 製)に試料溶液を通液した。Fe, Cr, Ni な どを 2 M 硝酸-0.3 M アスコルビン酸溶液 20 ml で洗浄した後, TRUレジンに吸着させた Pu を 4 価に調 整するために 1 M 硝酸-0.1 M 亜硝酸ナトリウム溶液を 5 ml 通液した。その後, 2 M 硝酸 20 ml を通液し てカラムの洗浄を行い, Am と Cm を溶離させるため 4 M 塩酸 30 ml を通液した。つぎに, 4 M 塩酸-0.02 M 三塩化チタン溶液を通液して 4 価の Pu を 3 価に還元し, 溶離させた。Pu を含む溶離液 (Pu フラクショ ン), Am と Cm を含む溶離液 (Am+Cm フラクション)にそれぞれネオジムとフッ化水素酸を加え, 30 分以 上静置した後, 孔径 0.1  $\mu$ m のメンブレンフィルタで吸引ろ過し, フッ化ネオジムとともに Pu, Am, Cm の フッ化物をフィルタ上に捕集した。

#### 2.3.3 回収率測定

U の回収率を確認するため,前処理後の試料溶液に誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)用多 元素標準溶液(各 100 µg/ml Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Th, U, AccuStandard.com.)を50 µl 添加し,化学分離を行ったのち,Uを ICP-MS で測定した。また,Pu 及びAm の回収率を確認するため,前処理後の試料溶液に<sup>242</sup>Pu及び<sup>243</sup>Amを約0.5 Bq添加し,化学分離を行っ たのち,Si 半導体検出器(SSB)で  $\alpha$ 線を測定した。本分離条件において,Cm は Am と同じフラクション に回収されるため,Cm の回収率は Am の回収率を用いて補正した。U,Pu, Am の回収率を表 7 に示 す。

#### 2.3.4 放射能測定

<sup>238</sup>Uは, ICP-MS を用いた検量線法により定量した。<sup>234, 235</sup>U については, タンタル板に分離後の試料 溶液を一部滴下し, 乾燥させてから Si 半導体検出器(SSB)により a 線を測定した。<sup>234, 235, 238</sup>U の分析結 果を表 8 及表 9 に示す。<sup>238, 239+240</sup>Pu, <sup>241</sup>Am, <sup>244</sup>Cm については, フッ化ネオジム共沈法により作製した 測定用試料を Si 半導体検出器(SSB)により測定した。測定時間は, 500,000 秒とした。<sup>238, 239+240</sup>Pu, <sup>241</sup>Am, <sup>244</sup>Cm の分析結果を表 8 及び表 9 に示す。なお, <sup>239</sup>Pu 及び <sup>240</sup>Pu は a 線測定では弁別できない ため, 合計した値を<sup>239+240</sup>Pu として記載した。また, <sup>239+240</sup>Pu の半減期補正には, 半減期の長い<sup>239</sup>Pu の 半減期を使用した。

2.4 <sup>94</sup>Nb の分析

当グループで開発した放射能簡易・迅速分析法では、<sup>94</sup>Nb の分析法として、逆同時・同時 γ 線測定 法を組み合わせた多重 γ 線測定装置を用いた非破壊 γ 線測定法を報告している<sup>1)</sup>。本金属試料におい ては、<sup>60</sup>Co の濃度から推定した<sup>94</sup>Nb の放射能濃度が検出限界値以下となることが予想されたため、<sup>60</sup>Co を化学分離により除去した後、通常の Ge 半導体検出器を用いた γ 線測定により<sup>94</sup>Nb の定量を行うことと した。

2.4.1 試料前処理(酸浸漬法および研磨法)

<sup>94</sup>Nb の分離には、フッ化水素酸を使用するため、他の  $\gamma$ 線放出核種の分析に用いた試料とは別の試料(本報告においては、燃焼法により<sup>3</sup>H 及び<sup>14</sup>C を分析した後の試料)を用いて、前処理の段階から単独で<sup>94</sup>Nbの分析操作を行った。試料の前処理には、2.2.1 項「試料前処理(酸浸漬法および研磨法)」と同様の方法で、図 14 に示す分析フローに従って酸浸漬法を適用した。また、2.2 節で示したように、本金属試料のうち試料管理番号 10-9(インプラント材料試験装置①(両面汚染))については、表面が耐食性の被膜で保護されており、混酸では溶解することができなかったため、マイクログラインダーを用いて試料表面を機械的に研磨して汚染を除去した。さらに、本分析では燃焼法を適用した後の試料を使用したため、表面の酸化被膜が混酸では溶解できない試料があり、試料管理番号08-Sal(再生熱交入口配管)についても、マイクログラインダーを用いた研磨法を適用することとした。

<sup>94</sup>Nb 分析用の試料は, 2.2 節「<sup>54</sup>Mn, <sup>60</sup>Co, <sup>134, 137</sup>Cs, <sup>152, 154</sup>Eu, <sup>59, 63</sup>Ni 及び <sup>90</sup>Sr の分析」で使用した試 料と比較して汚染面積が小さく, 残さの量も少なかったので, 酸浸漬によって得られた浸漬液, またはマ イクログラインダー研磨によった得られた粉は, 硝酸, 過酸化水素水及び過塩素酸を用いて加熱分解し た。本分析では, 燃焼法を適用した後の試料を使用したため, 残さが溶解しにくい場合があり, マイクロ 波加熱装置を用いた加熱法 <sup>4)</sup>も併用して加熱分解し, 試料溶液を調製した。

2.4.2 分析操作

試料溶液に,担体として安定元素の Nb, Co, Cs 及び Eu を各 2 mg ずつ添加し,一旦乾固したのち, 硝酸(1+1) 2 ml とフッ化水素酸 8 ml に溶解した。この溶液をメンブレンフィルタで吸引ろ過して, Eu を沈 殿として除去した。ろ液は陰イオン交換樹脂(12 ml, Dowex 製 1X8)に通液し, 7.8 M フッ化水素酸-4.1 M 硝酸溶液により, Co, Cs を溶離させた。Nb は 0.97 M フッ化水素酸-4.1 M 硝酸溶液を用いて溶離さ せ,この溶離液を 100 ml に定容し,放射能測定用試料と回収率測定用試料に取り分けた。 2.4.3 回収率測定

<sup>94</sup>Nb の回収率を確認するため,前処理後の試料溶液に添加した安定元素の Nb を,化学分離を行ったのち誘導結合プラズマ発光分光分析装置(ICP-AES)により測定した。Nb の回収率を表 10 に示す。

2.4.4 放射能測定

<sup>94</sup>Nbの測定は 2.2.4 項「放射能測定」と同様の手順で行い, 測定時間は 80,000 秒とした。<sup>94</sup>Nbの定量 結果を表 10 に示す。

### 2.5<sup>99</sup>Tc の分析

2.5.1 試料前処理(酸浸漬法および研磨法)

2.2.1 項「試料前処理(酸浸漬法および研磨法)」と同様の方法で,図15に示す分析フローに従って酸 浸漬法を適用し,汚染面に付着していた放射性核種を除去した。また,2.2 節でも示したように,本金属 試料のうち試料管理番号 10-9(インプラント材料試験装置①(両面汚染))については,表面が耐食性の 被膜で保護されており,混酸では溶解することができなかったため,マイクログラインダーを用いて試料 表面を機械的に研磨して汚染を除去した。

Tc は酸とともに強熱すると揮発損失しやすいため, 酸浸漬によって得られた浸漬液の加熱乾固は行わずに, 化学分離を行うこととした。また, マイクログラインダー研磨によった得られた粉は, 使用した水とともに回収し, 乾固させないように注意しながら, 加熱濃縮したものを化学分離に使用した。

#### 2.5.2 分析操作

<sup>99</sup>Tc の分析フローを図 15 に示す。前項の前処理操作で得られた液に Tc 回収率測定用の Re および Sr, Cs 担体を各 1 mg 加えた後,純水で 50 ml に希釈し,さらに過酸化水素水 10 ml を加えた。つぎにリ ンモリブデン酸アンモニウム 1 g を加え, ろ過することにより Cs を除去した。<sup>137</sup>Cs の除染係数(除染前の 線量当量率/除染後の線量当量率)が 1000 を超えるまで,もしくは <sup>137</sup>Cs が検出されなくなるまで繰り返し た後,ろ液を水酸化ナトリウムで pH 9 に調整し,炭酸ナトリウム 1 g 加えろ過することにより, Fe, Co, Sr を 除去した。このろ液を純水で 150 ml 程度にメスアップした後, pH 1 となるように硝酸を加え,さらに加熱し て炭酸ガスを追い出した。この溶液をあらかじめ 1 M 硝酸でコンディショニングした TEVA レジン(5 ml, Eichrom 製)に通液し、1 M 硝酸 80 ml で洗浄した。樹脂に吸着させた Tc は 8 M 硝酸 15 ml で溶離さ せ,溶離液は乾固寸前まで加熱・濃縮した後,純水で 20 ml に定容して,放射能測定用試料と回収率測 定用試料に取り分けた。

#### 2.5.3 回収率測定

Tc には安定同位体が存在しないため,回収率測定のためのトレーサーとして,<sup>99m</sup>Tc(γ線放出核種, β線の放出なし,半減期 6 時間)が利用されている。しかしながら,分析スケジュールに対して半減期が 非常に短いため,ルーチン分析での利用には不向きである。また,環境試料を分析対象とする RI の使 用許可のない施設等では、化学的挙動が類似する Re を用いて回収率測定が行われている。本分析フ ローにおいては、TcとReが同じ挙動をすることをあらかじめ確認しており、分離における回収率確認には Reを使用することとした。前処理後の試料溶液にReを添加し、化学分離を行ったのち誘導結合プラズマ 発光分光分析装置(ICP-AES)を用いて Re を測定して回収率を求めた。Re により評価した <sup>99</sup>Tc の回収 率を表 11 に示す。

2.5.4 放射能測定

定容した 20 ml の試料溶液のうち 10 ml を分取し, 乳化シンチレータ(アクアゾル-2)と混合して, 液体 シンチレーションカウンター(LSC)によりβ線測定を行った。測定時間は 30,000 秒とした。効率校正はク エンチング補正用の<sup>99</sup>Tc 放射能標準を用いて行った。<sup>99</sup>Tc の定量結果を表 11 に示す。

2.6<sup>3</sup>H及び<sup>14</sup>Cの分析

#### 2.6.1 分析操作

<sup>3</sup>H 及び<sup>14</sup>C の分析フローを図 16 に,分析に使用した分離装置を図 17 に示す。金属試料と炭酸ナトリウム担体 0.1 g を石英ボートにのせて管状電気炉 I 側の石英管内に設置した。下流側管状電気炉 II の石英管内には,酸化触媒(ホプカライト)4.1 gを詰めて,両端を石英ウールでゆるく固定した。ガス捕集ラインには,エタノールードライアイスで約-70℃に冷却した U 字管を 2 段設置し,水を捕集した。<sup>14</sup>C が含まれる二酸化炭素ガスは,二酸化炭素吸収剤(カーボソーブ E)を 5 ml ずつ入れたインピンジャー2 段で捕集した。

水バブラーにより加湿した酸素ガスを分離装置内に 50 ml/min で流しながら, 管状電気炉 II を 500℃ に昇温した。ホプカライトが十分乾燥されたことを確認した後, 管状電気炉 Iを 500℃まで昇温し1時間加熱したのち, 900℃まで昇温し, 900℃で1時間, 金属試料を加熱した。

加熱後,<sup>3</sup>HトラップのU字管を取り外し,純水8mlでU字管内を洗い,管内の水を回収した。回収した水はナス形フラスコに入れ,5,6粒程度の沸騰石と過酸化ナトリウム約5mgを加えて蒸留した。蒸留後の水は体積が20mlとなるように,乳化シンチレータ(アクアゾル-2)を加えて<sup>3</sup>Hの測定用試料を調製した。<sup>14</sup>Cについては,二酸化炭素吸収剤(カーボソーブE)のトラップをそれぞれパーマフローE<sup>+</sup>1mlで2回共洗いして20mlの液体シンチレーション測定用のバイアルに回収し,さらにパーマフローE<sup>+</sup>6mlを加えてよく混合したものを測定用試料とした。

2.6.2 回収率測定

<sup>3</sup>H 及び <sup>14</sup>C の分離回収操作における回収率は、これまでの実績から 100%として評価した<sup>1)</sup>。また、蒸 留操作における <sup>3</sup>H の回収率は、蒸留前のナス形フラスコ内の水の重量と蒸留後に回収したバイアル内 の水の重量から算出した。蒸留操作における <sup>3</sup>H の回収率を表 12 に示す。 2.6.3 放射能測定

<sup>3</sup>H 及び<sup>14</sup>C の測定は液体シンチレーションカウンター(LSC)により 30,000 秒間ずつ行った。また,計 数効率はクエンチング補正用の<sup>3</sup>H 及び<sup>14</sup>C 放射能標準を用いて求めた。<sup>3</sup>H の分析結果を表 12 に,<sup>14</sup>C の分析結果を表 13 に示す。

2.7 <sup>36</sup>Clの分析

2.7.1 分析操作

<sup>36</sup>Clの分析フローを図18に,使用した分離装置を図19に示す。金属試料に塩化ナトリウム溶液(塩素 担体 5 mg)を滴下し,石英ボートにのせて石英管内に設置した。ガス捕集ラインには,6 mM 炭酸ナトリ ウム水溶液を20 ml ずつ入れたインピンジャーを4段接続した。0.2 M 硝酸を通過させて加湿した酸素ガ スを 500 ml/min で流しながら,管状電気炉を110℃に昇温して,金属試料を乾燥させた。金属試料が十 分乾燥されたことを確認した後,管状電気炉を940℃まで昇温し1.5 時間加熱した。加熱後,トラップに用 いた炭酸ナトリウム水溶液を回収し,硝酸(1+3) 5 mlと1wt%亜硫酸水素ナトリウム水溶液1 mlを加えた。 つぎに 10wt%硝酸銀水溶液1 mlを加えてハロゲン化銀沈殿を生成させて加熱熟成した。沈殿はメンブ ランフィルタで吸引ろ過し,水で洗浄したのち,亜鉛粉末1gと硫酸(1+8) 2 ml で溶解した。

金属や残った亜鉛を水で洗浄しながらろ別し、ろ液をpH1以下に調整後、10,000 ppm ヨウ化カリウム 水溶液 0.1 mlと5wt%亜硝酸ナトリウム水溶液 1 mlを加えて I<sub>2</sub>を生成させた。この溶液を、PVP(ポリビニ ルピロリドン)を含浸させた 3M エムポアディスク(SDB-XD ディスク)に通液し、I<sub>2</sub>を吸着させた。つぎに ディスクを 5wt%亜硝酸ナトリウム水溶液 1 ml で洗浄し、得られた溶離液に 0.1 M 硝酸 40 mlと 10wt% 硝酸銀水溶液 1 mlを加えて塩化銀沈殿を生成させ、これを吸引ろ過した。沈殿表面をマイラーで覆いア クリルディスクとテフロンリングで固定することで測定用試料を作製した。

2.7.2 回収率測定

分離における<sup>36</sup>Clの回収率を確認するため, 試料表面に安定元素のClを添加した。回収率は分離後の溶液から塩化銀沈殿を生成させ, 乾燥重量を秤量することにより求めた。<sup>36</sup>Clの回収率を表 14 に示す。

2.7.3 放射能測定

<sup>36</sup>Cl はガスフロー型 β 線測定装置 (LBC) で 90,000 秒間測定した。LBC は, 塩化銀重量と計数率の関係をあらかじめ求めておき, 近似式から効率校正を行った。<sup>36</sup>Cl の定量結果を表 14 に示す。

2.8<sup>129</sup>Iの分析

2.8.1 分析操作

129 Iの分析フローを図 20 に、分析に使用した分離装置を図 21 に示す。金属試料に過ヨウ素酸カリウム

- 8 -

溶液(ヨウ素担体 1 µg)を滴下し、石英ボートにのせて石英管内に置き、ガス捕集ラインには、1 M 水酸 化ナトリウム水溶液を 20 ml 入れたインピンジャー4 段を使用した。水バブラーにより加湿した酸素ガスを 100 ml/min で流しながら、管状電気炉を 110℃に昇温して、金属試料を乾燥させた。金属試料が十分に 乾燥されたことを確認した後、管状電気炉を 900℃まで昇温し、1.5 時間加熱した。加熱終了後、トラップ に用いた 1 M 水酸化ナトリウム水溶液を回収した。I を回収したトラップ溶液に 5wt% 亜硫酸ナトリウム溶 液 1 ml を加えた後、あらかじめコンディショニングした 3M エムポア (Anion-SR ディスク)に通液(流速 220 ml/min 以下)した。ディスク上に吸着したヨウ素は、1 M 硝酸 15 ml を通液(流速 9 ml/min 以下)して溶 離させた。この溶液を、5 倍希釈し測定用試料とした。

#### 2.8.2 回収率測定

分離における<sup>129</sup>Iの回収率を確認するため,添加した安定元素の<sup>127</sup>Iを反応セル型質量分析装置 (DRC-ICP-MS)を用いて測定した。Iの回収率を表 15 に示す。

#### 2.8.3 放射能測定

<sup>129</sup>Iの測定は、反応セル型質量分析装置(DRC-ICP-MS)により行い、Ar ガス中に含まれる<sup>129</sup>Xeの影響を低減するため、反応セルに O<sub>2</sub>ガスを 0.6 ml/min 流した。<sup>129</sup>I 放射能標準溶液から検量線を作成し、 検量線法により<sup>129</sup>I の定量を行った。標準溶液や測定溶液は、テトラメチルアンモニウムハイドロオキサイド(TMAH)濃度を 1wt%に調製したものを使用した。<sup>129</sup>I の分析結果を表 15 に示す。

<sup>129</sup>Iは低エネルギーの γ線放出核種であるが、半減期が1570万年と非常に長いことから、放射線を計 測するよりも原子数を直接計測する方が有利であるため、当グループで開発した放射能簡易・迅速分析 法では、<sup>129</sup>Iの分析法として、反応セル型質量分析装置(DRC-ICP-MS)を用いた方法を報告している<sup>5)</sup>。 しかしながら、試料によってはバックグラウンド計数が高くなることがあり、本金属試料のうち、試料管理番 号 08-Sal(試料番号 08-Sal-104①)において、DRC-ICP-MS 測定では試料由来のバックグラウンド計数 が高くなったため、確認のために、液体シンチレーションカウンタによる放射能測定を実施し、検出限界 値を算出することとした。

### 3. まとめ

「ふげん」から採取した金属配管 6 試料に対して、これまでに開発した簡易・迅速分析法を適用し、 <sup>54</sup>Mn、<sup>60</sup>Co、<sup>134, 137</sup>Cs、<sup>152, 154</sup>Eu、<sup>59, 63</sup>Ni、<sup>90</sup>Sr、<sup>94</sup>Nb、<sup>99</sup>Tc、<sup>234, 235, 238</sup>U、<sup>238, 239+240</sup>Pu、<sup>241</sup>Am、<sup>244</sup>Cm、<sup>3</sup>H、 <sup>14</sup>C、<sup>36</sup>Cl、<sup>129</sup>Iの放射能分析を実施した。その結果、これらの核種の分析が、簡易・迅速法により問題なく 行えることを確認するとともに、スケーリングファクタの導出等に必要となる放射能データを効率よく取得 することができた。

# 謝辞

本分析を実施するに当たり, 試料の輸送, 試料履歴情報の調査等に協力いただいた原子炉廃止措置 研究開発センター 技術開発部 技術開発課の毛利 直人氏, 林 宏一氏に感謝の意を表する。

# 参考文献

- 1) 亀尾 裕,島田亜佐子,石森健一郎,原賀智子,片山 淳,星亜紀子,中島幹雄: "研究施設等廃 棄物に含まれる放射性核種の簡易・迅速分析法(分析指針)", JAEA-Technology 2009-051 (2009).
- 2) 亀尾 裕, 原賀智子, 石森健一郎, 島田亜佐子, 飛田 実, 高橋重実, 高橋邦明: "「ふげん」から採 取した金属配管試料の放射能分析", JAEA-Data/Code 2010-028 (2010).
- 3) S. Raman, C. Yonezawa, H. Matsue, H. Iimura, N, Shinohara: "Efficiency calibration of a Ge detector in the 0.1-11.0 MeV region", Nucl. Instr. and Meth. A 454 (2000) pp.389-402.
- 4) 原賀智子, 石森健一郎, 加藤健一, 亀尾 裕, 高橋邦明: "焼却灰及びセメント固化体の放射化学 分析のためのマイクロ波加熱装置を用いる試料溶解法", 分析化学, Vol. 60, No. 1 (2011) pp.87-90.
- 5) 石森健一郎, 原賀智子, 島田亜佐子, 亀尾 裕, 高橋邦明: "セメント固化体及び焼却灰試料の放射化学分析と標準試料の作製", JAEA-Technology 2010-016 (2010).

管理番号	試料番号	試料名	汚染面積(cm <sup>2</sup> ) ※1	重量(g)
	09-19-1		22	69
	09-19-4		22	68
00 10	09-19-2①	ヘリウム浄化系	7	24
09-19	09-19-2②	ベント配管②	9	29
	09-19-3①		8	28
	09-19-3②		8	27
	09-20-3		21	98
	09-20-4		21	99
00.20	09-20-5①	ヘリウム浄化系	8	36
09-20	09-20-5②	ヘリウム出口外隔離弁(MV34-3)⑤	9	41
	09-20-9①		8	38
	09-20-9②		9	42
	09-21-2		20	63
	09-21-8		20	66
00.21	09-21-1①	ヘリウム浄化系	9	26
09-21	09-21-12	真空ポンプ出口配管⑩	7	23
	09-21-5①		8	27
	09-21-5②		8	26
	09-22-9		46 **2	54
	09-22-10		47 <sup>**2</sup>	54
00.22	09-22-3①	ノールホ伊化ポ <b>D</b> 脳佐	19 **2	21
09-22	09-22-3②	<b>D-</b> 加温協ノイバク リーノ(NO.12) (両面汚氿)	19 **2	21
	09-22-8①	(阿田行朱)	19 <sup>**2</sup>	22
	09-22-8②		9 <sup>%3</sup>	20
	08-Sa1-101		21	149
	08-Sa1-103		21	153
08-591	08-Sa1-102①	再生執态入口配管(V22-22毛前)	9	65
00-541	08-Sa1-102②		7	55
	08-Sa1-104①		9	60
	08-Sa1-104(2)		8	56
	10-9-1		13 **2	35
	10-9-2		14 **2	38
	10-9-3		11 **2	31
	10-9-4		13 **2	35
	10-9-5		12 **2	30
10-9	10-9-6	インプラント材料試験装置①	12 **2	34
10-7	10-9-7	(両面汚染)	13 **2	34
	10-9-8		6 **3	35
	10-9-9		13 **2	33
	10-9-10		12 **2	30
	10-9-11		12 **2	29
	10-9-12		13 **2	35

表1 金属試料の概要

※1 ふげん輸送用試料情報より抜粋

※2 両面の面積(両面汚染のため)

※3 片面の面積

(<sup>99</sup>Tc分析操作の都合上片面のみ)

核種	分析法(概要)	測定器(型番)	校正日	測定日	
$\mathrm{H}^{\mathrm{s}}$	燃焼法による分離の後、HTOの形で回収し、液体シンチレーションカウンタを用いてβ線測定	液体シンチレーションカウンタ (PerkinElmer製 Tri-Carb 1600TR)	2011/12/17	$2011/12/18 \sim 2011$	/12/23
$^{14}$ C	燃焼法による分離の後、CO2の形で回収し、液体シンチレーションカウンタを用いてβ線測定	液体シンチレーションカウンタ (PerkinElmer製 Tri-Carb 1600TR)	2011/12/16	$2011/12/18 \sim 2011$	//12/22
36CI	燃焼法による分離の後、AgCIの形で回収し、ガスフローカウンタを用いてB線測定	ガスフローカウンタ (ALOKA製 LBC-4312)	2012/5/10	$2012/5/10 \sim 201$	2/6/4
<sup>54</sup> Mn	溶解後、陰イオン交換樹脂でe0Coを除去した後、Ge半導体検出器を用いてy線測定	Ge半導体検出器 (ORTEC製 GEM-20180-P)	2010/12/15	$2010/12/20 \sim 201$	1/2/2
6 <sup>0</sup> Co	溶解後、Ge半導体検出器を用いてy線測定	Ge半導体検出器 (ORTEC製 GEM-20180-P)	2010/11/12	2010/11/11 ~ 2010	0/11/26
5 <sup>9</sup> Ni	溶解後、陰イオン交換樹脂で@Coを除去した後、SrレジンでSrを除去後、NiレジンによりNiを精製し、X線検 出器を用いてX線測定	X線検出器 (ORTEC製 GLP-36360/13P)	2012/2/21	$2012/3/1 \sim 2012$	2/3/18
6 <sup>3</sup> Ni	溶解後、陰イオン交換樹脂でのOcを除去した後、SrレジンでSrを除去後、NiレジンによりNiを精製し、液体シンチレーションカウンタを用いてβ線測定	液体シンチレーションカウンタ (PerkinElmer製 Tri-Carb 3110TR)	2011/10/3	2011/9/2 ~ 201	11/9/6
$^{90}$ Sr	溶解後、陰イオン交換樹脂でのCoを除去した後、SrレジンでSrを精製し、放射平衡が成立した後、MSr-MYを液体シンチレーションカウンタを用いてB線測定	液体シンチレーションカウンタ (PerkinElmer製 Tri-Carb 3110TR)	2010/6/4	2011/3/4 ~ 201	11/3/9
$^{94}$ Nb	溶解後、陰イオン交換樹脂で60Coを除去した後、Ge半導体検出器を用いてy線測定	Ge半導体検出器 (ORTEC製 GEM-20180-P)	2012/2/29	2012/3/1 ~ $2012$	2/3/15
$^{99}\mathrm{Tc}$	溶解後、Csを除去した後、鉄・炭酸塩共沈及びTEVAレジンでマトリックス元素を除去した後、液体シンチレーションカウンタを用いてB線測定	液体シンチレーションカウンタ (PerkinElmer製 Tri-Carb 1600TR)	2011/11/1	$2011/11/1 \sim 2011$	/11/14
I <sup>29</sup> I	燃焼法による分離の後、AnionSRディスクを用いてヨウ素を精製し、反応セル型ICP-MSを用いて濃度測定	ICP-MS (PerkinElmer製 ELAN DRC-e)	2012/3/14	2012/3/14 ~ 2012	2/3/14
$^{134}Cs$	溶解後、陰イオン交換樹脂で40Coを除去した後、Ge半導体検出器を用いてy線測定	Ge半導体検出器 (ORTEC製 GEM-20180-P)	2010/12/15	$2010/12/20 \sim 201$	1/2/2
$^{137}Cs$	溶解後、陰イオン交換樹脂で60Coを除去した後、Ge半導体検出器を用いてy線測定	Ge半導体検出器 (ORTEC製 GEM-20180-P)	2010/12/15	2010/12/20 ~ 201	1/2/2
<sup>152</sup> Eu	溶解後、陰イオン交換樹脂で60Coを除去した後、Ge半導体検出器を用いてy線測定	Ge半導体検出器 (ORTEC製 GEM-20180-P)	2010/12/15	2010/12/20 ~ 201	1/2/2
<sup>154</sup> Eu	溶解後、陰イオン交換樹脂で60Coを除去した後、Ge半導体検出器を用いてy線測定	Ge半導体検出器 (ORTEC製 GEM-20180-P)	2010/12/15	$2010/12/20 \sim 201$	11/2/2
$^{234}$ U	溶解後、UTEVAレジンでマトリックス元素を除去した後、Si半導体検出器によりa線測定	Si半導体検出器 (ORTEC製 Soloist alpha spectrometer)	2011/1/24	$2011/1/11 \sim 201$	1/2/1
<sup>235</sup> U	溶解後、UTEVAレジンでマトリックス元素を除去した後、Si半導体検出器によりa線測定	Si半導体検出器 (ORTEC製 Soloist alpha spectrometer)	2011/1/24	$2011/1/11 \sim 201$	1/2/1
$^{238}$ U	溶解後、UTEVAレジンでマトリックス元素を除去した後、ICP-MSを用いて濃度測定	ICP-MS (Yokogawa Analytical Systems HP4500)	2010/12/8	2010/12/8 ~ 2010	0/12/8
$^{238}\mathrm{Pu}$	溶解後、TRUレジンでマトリックス元素やAmなどと分離した後、Si半導体検出器によりa線測定	Si半導体検出器 (ORTEC製 Soloist alpha spectrometer)	2011/1/24	$2010/12/1 \sim 2011$	1/1/11
<sup>239+240</sup> Pu	溶解後、TRUレジンでマトリックス元素やAmなどと分離した後、Si半導体検出器によりa線測定	Si半導体検出器 (ORTEC製 Soloist alpha spectrometer)	2011/1/24	$2010/12/1 \sim 2011$	1/1/11
$^{241}\mathrm{Am}$	溶解後、TRUレジンでマトリックス元素やPuなどと分離した後、Si半導体検出器によりa線測定	Si半導体検出器 (ORTEC製 Soloist alpha spectrometer)	2011/1/24	$2010/11/29 \sim 2011$	1/1/11
<sup>244</sup> Cm	溶解後、TRUレジンでマトリックス元素やPuなどと分離した後, Si半導体検出器によりa線測定	Si半導体検出器 (ORTEC製 Soloist alpha spectrometer)	2011/1/24	$2010/11/29 \sim 2011$	1/1/11

管理番号 試料番号 09-19 09-19-1 09-20 09-20-3 09-21 09-21-2	重量 (g) 86 86 86 87 87 87 87 87 87 87 87 87 87 87 87 87	汚染面積					
09-19         09-19-1           09-20         09-20-3           09-21         09-21-2	69 98	(cm <sup>2</sup> )	金属溶解量 (g)	を解厚さ **2 (µm)	酸浸漬 または 研磨前 <sup>%4</sup> (cps)	酸浸漬 または 研磨後 <sup>※4</sup> (cps)	除去率 **5 (%)
09-20         09-20-3           09-21         09-21-2	98 23	22	4.2	238	$1.0 \times 10^{-1}$	$5.2  imes 10^{-4}$	99.5
09-21 09-21-2	63	21	1.5	86	$4.2 \times 10^{-1}$	$8.3 \times 10^{-5}$	100
	20	20	2.5	159	$1.7 \times 10^{-1}$	$3.2 \times 10^{-4}$	8.66
09-22 09-22-9	54	46 *1	1.8	49	$6.6\! imes\!10^0$	$3.1  imes 10^{-3}$	100
08-Sa1 08-Sa1-10	1 149	21	0.7	45	$1.3 \times 10^{2}$	$8.1  imes 10^{-1}$	99.4
10-9-1	35	13 *1	0.7	63	$1.3 \times 10^{2  \%4}$	$2.6 \times 10^{0.\%4}$	98.0
10-9 10-9-2	38	14 *1	0.8	72	$1.3 \times 10^2  {}^{*4}$	$1.8 \times 10^{0}  {}^{*4}$	98.6
10-9 10-9-9	33	13 *1	6.0	86	$1.2 \times 10^2  {}^{*4}$	$2.3 \times 10^{0}  \%^{4}$	98.1
10-9 10-9-10	30	12 *1	0.7	75	$1.1  imes 10^2  \%^4$	$2.0 \times 10^0 \%^4$	98.1
10-9 10-9-11	29	12 *1	1.8	192	$3.5 \times 10^{1.84}$	$5.9  imes 10^{-1}$ % <sup>4</sup>	98.3
10-9 10-9-12	35	13 *1	1.2	112	$4.6  imes 10^{1 \ \%4}$	$8.9 \times 10^{-1}$ % <sup>4</sup>	98.1
				※1 司国の ※2 溶霜量 ※3 Ge半導	)面積 はり推定した。 真体検出器を使り	HL7c.	

酸浸漬法または研磨法による放射性核種の除去率

JAEA-Data/Code 2012-031

管理番号	試料番号	$Mn \overset{\ll 1}{=}$	Cs	Eu	Sr	Ni <sup>%1</sup>
09-19	09-19-1	69	81	95	86	98
<b>09-2</b> 0	09-20-3	81	93	94	91	93
<b>09-2</b> 1	09-21-2	74	92	95	93	96
<b>09-22</b>	09-22-9	63	88	95	92	93
08-Sa1	08-Sa1-101	99	92	66	96	89
10-9	10-9-1, 10-9-2 **2	61	91	96	94	95

JAEA-Data/Code 2012-031

		表 2	<sup>60</sup> Co, <sup>54</sup> Mn, <sup>±</sup>	59, 63Ni, <sup>90</sup> Sr,	<sup>134, 137</sup> Cs 及び	c 152, 154Eu6	の分析結果	₹ (1/2)		$[Bq/g] \stackrel{\mbox{\scriptsize \%1}}{=}$
管理番号	試料番号	00 <sup>00</sup>	<sup>54</sup> Mn	59Ni	63Ni	$^{90}$ Sr	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>152</sup> Eu	<sup>154</sup> Eu
09-19	09-19-1	$(9.6\pm0.2)\! imes\!10^{-2}$	$< 5.8 \times 10^{-4}$	$<\!2.0\! imes\!10^{-2}$	$< 2.9 \times 10^{-1}$	$< 1.0 \times 10^{-3}$	$< 5.3 \times 10^{-4}$	$(8.0\pm0.5)\times10^{-3}$	$< 1.6 \times 10^{-3}$	$< 1.1 \times 10^{-3}$
09-20	09-20-3	$(2.5\pm0.1)\times10^{-1}$	$< 3.8 \times 10^{-4}$	$< 6.1 \times 10^{-3}$	$< 8.4 \times 10^{-2}$	$< 6.8 \times 10^{-4}$	$< 3.4 \times 10^{-4}$	$<\!4.2\!\times\!10^{-4}$	$< 1.5 \times 10^{-3}$	$< 8.1 \times 10^{-4}$
09-21	09-21-2	$(1.7\pm0.1)\times10^{-1}$	$<\!6.3\!\times\!10^{-4}$	$<\!1.5\!\times\!10^{-2}$	$< 2.1 \times 10^{-1}$	$<\!1.0\!\times\!10^{-3}$	$< 5.1 \times 10^{-4}$	$<\!6.9\! imes\!10^{-4}$	$< 1.8 \times 10^{-3}$	$< 1.1 \times 10^{-3}$
09-22	09-22-9	$(5.4\pm0.1)\! imes\!10^{0}$	$(2.6\pm0.5)\times10^{-3}$	$< 6.6 \times 10^{-3}$	$(6.8\pm0.4)\! imes\!10^{-1}$	$< 1.2 \times 10^{-3}$	$<\!6.8\!\times\!10^{-4}$	$(2.1\pm0.1)\times10^{-2}$	$< 2.2 \times 10^{-3}$	$< 1.5 \times 10^{-3}$
08-Sa1	08-Sa1-101	$(4.2\pm0.1)\times10^{2}$	$(4.9\pm0.1)\times10^{-2}$	$(9.1\pm0.2) imes10^{-1}$	$(1.3\pm0.1)\times10^{2}$	$< 4.3 \times 10^{-4}$	$<\!2.7\! imes\!10^{-4}$	$< 3.4 \times 10^{-4}$	$(1.7\pm0.5)\times10^{-3}$	$(1.2\pm0.3)\times10^{-3}$
10-9	$10-9-1, 10-9-2^{*2}$	$(1.7\pm0.1)\times10^{3}$	$<7.2 \times 10^{-4}$	$(1.1\pm0.1)\times10^{0}$	$(1.6\pm0.1)\times10^2$	$<\!8.7\! imes\!10^{-4}$	$<\!5.2\!\times\!10^{-4}$	$<\!6.2\!\times\!10^{-4}$	$(1.5\pm0.2)\times10^{-2}$	$(2.5\pm0.1)\times10^{-2}$
		表 6	<sup>60</sup> Co, <sup>54</sup> Mn,	<sup>59, 63</sup> Ni, <sup>90</sup> Sr,	134, 137Cs 及 U	لاً 152, 154Eu	の分析結ら	<b>₹ (2/2)</b>		[Ba/cm <sup>2</sup> ] % <sup>1</sup>
										ا سم المرا
管理番号	試料番号	0O09	$^{54}Mn$	59Ni	63Ni	$^{1}\mathrm{S}^{06}$	$^{134}Cs$	<sup>137</sup> Cs	<sup>152</sup> Eu	$^{154}\mathrm{Eu}$
09-19	09-19-1	$(3.0\pm0.1)\times10^{-1}$	$<\!1.8\!\times\!10^{-3}$	$< 6.5 \times 10^{-2}$	$< 9.2 \times 10^{-1}$	$< 3.2 \times 10^{-3}$	$< 1.7 \times 10^{-3}$	$(2.5\pm0.2)\times10^{-2}$	$< 5.2 \times 10^{-3}$	$< 3.6 \times 10^{-3}$
09-20	09-20-3	$(1.1\pm0.1)\times10^{0}$	$< 1.7 \times 10^{-3}$	$<\!2.9\! imes\!10^{-2}$	$< 3.9 \times 10^{-1}$	$< 3.1 \times 10^{-3}$	$<\!1.5\!\times\!10^{-3}$	$<\!1.9\!\times\!10^{-3}$	$< 6.8 \times 10^{-3}$	$< 3.7 \times 10^{-3}$
09-21	09-21-2	$(5.4\pm0.1)\times10^{-1}$	$<\!2.0\!\times\!10^{-3}$	$< 5.0  imes 10^{-2}$	$< 6.7 \times 10^{-1}$	$< 3.3 \times 10^{-3}$	$<\!1.6\!\times\!10^{-3}$	$<\!2.2\! imes\!10^{-3}$	$< 5.8 \times 10^{-3}$	$< 3.7 \times 10^{-3}$
09-22	09-22-9	$(6.3\pm0.1)\times10^{0}$	$(3.1\pm0.5)\times10^{-3}$	$< 7.9 \times 10^{-3}$	$(7.9\pm0.4)\times10^{-1}$	$< 1.4 \times 10^{-3}$	$<$ 7.9 $\times$ 10 <sup>-4</sup>	$(2.4\pm0.1)\times10^{-2}$	$< 2.5 \times 10^{-3}$	$<\!1.7\! imes\!10^{-3}$
08-Sa1	08-Sa1-101	$(3.0\pm0.1)\times10^{3}$	$(3.5\pm0.1)\times10^{-1}$	$(6.4\pm0.1)\! imes\!10^{0}$	$(9.7\pm0.1)\times10^{2}$	$< 3.1 \times 10^{-3}$	$<\!1.9\!\times\!10^{-3}$	$<\!2.4\!  imes 10^{-3}$	$(1.2\pm0.4)\times10^{-2}$	$(8.4\pm2.0)\times10^{-3}$
10-9	10-9-1, 10-9-2 <sup>%2</sup>	$(4.6\pm0.1)\times10^{-3}$	$<\!1.9\!\times\!10^{-3}$	$(2.8\pm0.1)\times10^{0}$	$(4.1\pm0.1)\times10^{2}$	$<\!2.3\!\times\!10^{-3}$	$< 1.4 \times 10^{-3}$	$<\!1.6\!  imes\! 10^{-3}$	$(3.8\pm0.4)\times10^{-2}$	$(6.5\pm0.3)\times10^{-2}$
				※1 金属武 ※2 前処理	料の汚染面1cm <sup>;</sup> 後の2ピース分の	とあたりの放射 溶液を混合し	t能 (Bq) で表 ノて試料溶液	記した(定量値) とした(1試料を2	よ、2010/9/16 付( )ピースに分割した	受入日))。 ご試料のため)。

#### JAEA-Data/Code 2012-031

- 15 -

	AX / 0,1U A		Ļ	[%]
管理番号	試料番号	U	Pu	Am
09-19	09-19-1	66	92	97
<b>09-20</b>	09-20-3	100	98	91
<b>09-2</b> 1	09-21-2	66	101	66
<b>09-22</b>	09-22-9	96	66	87
08-Sa1	08-Sa1-101	98	96	83
6-01	$10-9-1, 10-9-2^{\%1}$	67	98	87
6-01	$10-9-9, 10-9-10^{\%1}$	66	97	86
6-01	$10-9-11, 10-9-12^{\%1}$	98	96	86

09-19								
	1-61-60	$<\!9.5\! imes\!10^{-4}$	$<\!1.3\!\times\!10^{-3}$	$(5.9\pm0.4) imes10^{-7}$	$< 4.1 \times 10^{-5}$	$< 3.7 \times 10^{-5}$	$< 4.5 \times 10^{-5}$	$< 2.1 \times 10^{-5}$
09-20	09-20-3	$<\!6.5\!\times10^{-4}$	$<\!8.6\!\times10^{-4}$	$(1.3\pm0.1)\times10^{-7}$	$<\!2.3\!\times\!10^{-5}$	$< 2.7 \times 10^{-5}$	$< 3.1 \times 10^{-5}$	$< 2.6  imes 10^{-5}$
09-21	09-21-2	$<\!8.7\! imes 10^{-4}$	$<\!1.3\!\times\!10^{-3}$	$(1.8\pm0.1)\times10^{-7}$	$< 6.3 \times 10^{-5}$	$< 3.6 \times 10^{-5}$	$<\!6.5\! imes\!10^{-5}$	$< 3.4 \times 10^{-5}$
09-22	09-22-9	$<\!1.0\!\times\!10^{-3}$	$<\!1.6\!\times\!10^{-3}$	$(4.9\pm0.4) imes10^{-7}$	$< 4.9  imes 10^{-5}$	$< 4.4 \times 10^{-5}$	$< 8.8  imes 10^{-5}$	$< 4.6 \times 10^{-5}$
08-Sa1	08-Sa1-101	$< 3.6 \times 10^{-4}$	$< 5.3 \times 10^{-4}$	$(1.1\pm0.1)\! imes10^{-7}$	$<\!1.5\!\times\!10^{-5}$	$<\!1.8\! \times \! 10^{-5}$	$<\!2.4\! imes\!10^{-5}$	$< 1.1 \times 10^{-5}$
10-9	10-9-1, 10-9-2 **3	$<$ 7.5 $\times$ 10 <sup>-4</sup>	$<\!1.1\! imes\!10^{-3}$	$(1.7\pm0.1)\! imes10^{-6}$	$< 3.0  imes 10^{-5}$	$< 3.6 \times 10^{-5}$	$< 6.5 \times 10^{-5}$	$< 3.4 \times 10^{-5}$
10-9	10-9-9, 10-9-10 *3	$<\!1.0\!\times\!10^{-3}$	$<\!1.4\!\times\!10^{-3}$	$(1.5\pm0.1)\! imes10^{-6}$	$< 3.5  imes 10^{-5}$	$<\!4.1\! imes 10^{-5}$	$<$ 5.5 $\times$ 10 <sup>-5</sup>	$< 2.6 \times 10^{-5}$
10-9	10-9-11, 10-9-12 **3	$<\!8.6\!\times10^{-4}$	$<\!1.3\!\times\!10^{-3}$	$(2.3\pm0.1)\times10^{-6}$	$< 6.5 \times 10^{-5}$	$< 3.7 \times 10^{-5}$	$< 5.1  imes 10^{-5}$	$<$ 4.2 $\times$ 10 <sup>-5</sup>
管理番号	試料番号	$^{234}$ U	$^{235}$ U	$^{238}$ U	<sup>238</sup> Pu	239+240 <b>Pu</b> %2	$^{241}\mathrm{Am}$	<sup>244</sup> Cm
09-19	09-19-1	<3.0×10 <sup>-3</sup>	$< 4.1 \times 10^{-3}$	$(1.9\pm0.2)  imes 10^{-6}$	$< 1.3 \times 10^{-4}$	$< 1.2 \times 10^{-4}$	$< 1.4 \times 10^{-4}$	< 6.6  imes 10
09-20	09-20-3	$< 3.0 \times 10^{-3}$	$< 3.9 \times 10^{-3}$	$(6.0\pm0.2) imes10^{-7}$	$< 1.0 \times 10^{-4}$	$< 1.2 \times 10^{-4}$	$< 1.4 \times 10^{-4}$	$< 1.2 \times 10$
09-21	09-21-2	$<\!2.8\!\times\!10^{-3}$	$< 4.0 \times 10^{-3}$	$(5.6\pm0.3) imes10^{-7}$	$<\!2.0\! imes\!10^{-4}$	$< 1.2 \times 10^{-4}$	$< 2.1 \times 10^{-4}$	$< 1.1 \times 10$
09-22	09-22-9	$<\!1.2\!\times\!10^{-3}$	$<\!1.8\!\times\!10^{-3}$	$(5.7\pm0.4) \times 10^{-7}$	$< 5.7 \times 10^{-5}$	$< 5.1 \times 10^{-5}$	$< 1.0 \times 10^{-4}$	$< 5.3 \times 10$
08-Sa1	08-Sa1-101	$<\!2.6\!\times\!10^{-3}$	$< 3.8 \times 10^{-3}$	$(7.6\pm0.3)  imes 10^{-7}$	$< 1.1 \times 10^{-4}$	$<\!1.3\!\times\!10^{-4}$	$< 1.7 \times 10^{-4}$	< 8.2 × 10
10-9	$10-9-1, 10-9-2 \overset{3}{*}{}_3$	$<\!2.0\!\times\!10^{-3}$	$< 2.9 \times 10^{-3}$	$(4.3\pm0.1) imes10^{-6}$	$<$ 7.9 $\times$ 10 <sup>-5</sup>	$< 9.3 \times 10^{-5}$	$< 1.7 \times 10^{-4}$	$< 8.9 \times 10$
10-9	10-9-9, 10-9-10 **3	$< 2.7 \times 10^{-3}$	$< 3.6 \times 10^{-3}$	$(3.8\pm0.1) \times 10^{-6}$	$< 9.0 \times 10^{-5}$	$< 1.1 \times 10^{-4}$	$< 1.4 \times 10^{-4}$	$< 6.6 \times 10$
10-9	10-9-11, 10-9-12 ※3	$< 2.2 \times 10^{-3}$	$< 3.4 \times 10^{-3}$	$(6.0\pm0.1) imes10^{-6}$	$<\!1.7\! imes\!10^{-4}$	$< 9.5 \times 10^{-5}$	$<\!1.3\!\times\!10^{4}$	$< 1.1 \times 10$

JAEA-Data/Code 2012-031

管理番号	試料番号	回収率 (%)	単位重量あたりの 放射能 <sup>※1</sup> (Bq/g)	単位面積あたりの 放射能 <sup>※1</sup> (Bq/cm <sup>2</sup> )
09-19	09-19-2①	85	$<\!1.3\! imes\!10^{-3}$	<4.1×10 <sup>-3</sup>
09-20	09-20-5①	69	$<\!1.4\! imes\!10^{-3}$	< 6.4×10 <sup>-3</sup>
09-21	09-21-11	85	$<\!1.6\! imes\!10^{-3}$	$< 5.0 \times 10^{-3}$
09-22	09-22-3①	82	$< 2.1 \times 10^{-3}$	$<\!2.5\! imes\!10^{-3}$
08-Sa1	08-Sa1-102①	78	$(1.1\pm0.1)\times10^{-1}$	(8.0±0.1)×10 <sup>-1</sup>
10-9	10-9-5	85	$(1.0\pm0.1) imes10^{-2}$	(2.6±0.3)×10 <sup>-2</sup>

表 10 <sup>94</sup>Nbの分析結果

※1 定量値は、2010/9/16付(受入日)

表 11 <sup>99</sup>Tcの分析結果

管理番号	試料番号	回収率 <sup>※1</sup> (%)	単位重量あたりの 放射能 <sup>※2</sup> (Bq/g)	単位面積あたりの 放射能 <sup>※2</sup> (Bq/cm <sup>2</sup> )
09-19	09-19-3②	80	$< 5.2 \times 10^{-3}$	<1.6×10 <sup>-2</sup>
09-20	09-20-92	81	$<\!1.3\! imes\!10^{-3}$	$< 5.9 \times 10^{-3}$
09-21	09-21-5②	77	$< 8.3 \times 10^{-3}$	<2.6×10 <sup>-2</sup>
09-22	09-22-82	87	<2.6×10 <sup>-3</sup>	$< 5.7 \times 10^{-3}$
08-Sa1	08-Sa1-1042	87	$< 9.2 \times 10^{-4}$	$<\!6.7\! imes\!10^{-3}$
10-9	10-9-8	83	$< 3.7 \times 10^{-3}$	$< 4.2 \times 10^{-3}$

※1 Reで回収率を算出した。

表 12<sup>3</sup>Hの分析結果

管理番号	試料番号	蒸留操作の 回収率(%)	単位重量あたりの 放射能 <sup>※1</sup> (Bq/g)	単位面積あたりの 放射能 <sup>※1</sup> (Bq/cm <sup>2</sup> )
09-19	09-19-2①	94	$(5.0\pm0.1) imes10^{-1}$	$(1.7\pm0.1) imes10^{0}$
09-20	<b>09-20-5</b> ①	94	$(1.4\pm0.1)\times10^{1}$	$(6.9\pm0.1)\times10^{1}$
09-21	09-21-1①	95	$(4.0\pm0.1)\times10^{0}$	$(1.3\pm0.1)\times10^{1}$
09-22	<b>09-22-3</b> ①	93	$(1.5\pm0.1)\times10^{-1}$	(1.8±0.1)×10 <sup>-1</sup>
08-Sa1	08-Sa1-102①	94	(2.6±0.1)×10 <sup>-2</sup>	$(2.0\pm0.1) imes10^{-1}$
10-9	10-9-5	93	< 2.3 × 10 <sup>-3</sup>	< 5.8×10 <sup>-3</sup>

※1 定量値は、2010/9/16付(受入日)

表13<sup>14</sup>Cの分析結果

管理番号	試料番号	単位重量あたりの 放射能 <sup>※1</sup> (Bq/g)	単位面積あたりの 放射能 <sup>**1</sup> (Bq/cm <sup>2</sup> )
09-19	09-19-2①	$(1.3\pm0.1)\times10^{-1}$	$(4.1\pm0.1)\times10^{-1}$
09-20	09-20-5①	(4.9±0.1)×10 <sup>-1</sup>	$(2.3\pm0.1) imes10^{0}$
09-21	09-21-1①	$(3.4\pm0.1)\times10^{0}$	$(1.0\pm0.1)\times10^{1}$
09-22	09-22-3①	(2.9±0.1)×10 <sup>-2</sup>	$(3.2\pm0.1)\times10^{-2}$
08-Sa1	08-Sa1-102①	(6.5±0.2)×10 <sup>-3</sup>	$(4.7\pm0.2)\times10^{-2}$
10-9	10-9-5	(2.8±0.1)×10 <sup>-2</sup>	$(7.1\pm0.1)\times10^{-2}$

※1 定量値は、2010/9/16 付(受入日)

管理番号	試料番号	回収率 (%)	単位重量あたりの 放射能 <sup>※1</sup> (Bq/g)	単位面積あたりの 放射能 <sup>※1</sup> (Bq/cm <sup>2</sup> )
09-19	09-19-22	29	< 5.1 × 10 <sup>-4</sup>	< 1.6 × 10 <sup>-3</sup>
09-20	09-20-5②	35	< 3.0 × 10 <sup>-4</sup>	< 1.4 × 10 <sup>-3</sup>
09-21	09-21-12	34	< 5.3 × 10 <sup>-4</sup>	< 1.7 × 10 <sup>-3</sup>
09-22	09-22-3②	44	< 4.6 × 10 <sup>-4</sup>	< 5.1 × 10 <sup>-4</sup>
08-Sa1	08-Sa1-102②	34	< 2.3 × 10 <sup>-4</sup>	< 1.7 × 10 <sup>-3</sup>
10-9	10-9-6	27	< 5.1 × 10 <sup>-4</sup>	< 1.3 × 10 <sup>-3</sup>

表 14 <sup>36</sup>Clの分析結果

表 15<sup>129</sup>Iの分析結果

管理番号	試料番号	回収率 (%)	単位重量あたりの 放射能 <sup>※1</sup> (Bq/g)	単位面積あたりの 放射能 <sup>※1</sup> (Bq/cm <sup>2</sup> )
09-19	09-19-3①	70	$< 5.9  imes 10^{-3}$	< 1.9 × 10 <sup>-2</sup>
09-20	09-20-9①	47	$< 4.4  imes 10^{-3}$	< 2.0 × 10 <sup>-2</sup>
09-21	09-21-5①	58	< 6.1 × 10 <sup>-3</sup>	< 2.0 × 10 <sup>-2</sup>
09-22	09-22-8①	42	$< 7.5 \times 10^{-3}$	$< 8.7 \times 10^{-3}$
08-Sa1	08-Sa1-104①	74	$< 5.4  imes 10^{-3}$	< 3.7 × 10 <sup>-2</sup>
10-9	10-9-7	65	$< 5.9 \times 10^{-3}$	< 1.6 × 10 <sup>-2</sup>

材質及び特徴	管理番号:09-19	管理番号:09-19	管理番号:09-19
	試料番号:09-19-4	試料番号:09-19-2②	試料番号:09-19-3②
	材質:ステンレス鋼	材質:ステンレス鋼	材質:ステンレス鋼
	特徴:付着物はなく、錆もない。	特徴:付着物はなく、錆もない。	特徴:付着物はなく、錆もない。
	予備	36CI分析用	<sup>99Tc</sup> 分析用
試料の写真	09-19-4 another and	1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 -	Seal Ansam
材質及び特徴	管理番号:09-19	管理番号:09-19	管理番号:09-19
	試料番号:09-19-1	試料番号:09-19-2①	試料番号:09-19-3①
	材質:ステンレス鋼	材質:ステンレス鋼	材質:ステンレス鋼
	特徴:付着物はなく、錆もない。	特徴:付着物は少なく、わずかに	特徴:付着物は少なく、傷に沿っ
	α核種、γ核種( <sup>94</sup> Nb除く)、	錆がある。	た錆や染み状の錆がある。
	<sup>59,63</sup> Niおよび <sup>90</sup> Sr分析用	<sup>3</sup> H、14Cおよび94Nb分析用	<sup>129</sup> 1分析用
試料の写真	anual area	08-18-20	entre area

- 21 -

材質及び特徴	管理番号: 09-20 試料番号: 09-20-4 材質: ステンレス鋼 特徴: 青色と茶色であり、色の境 が虹色をしている。 予備	管理番号:09-20 試料番号:09-20-5② 材質:ステンレス鋼 特徴:薄茶色と青色の錆がある。 *sCl分析用	管理番号:09-20 試料番号:09-20-9② 材質:ステンレス鋼 特徴:薄茶色と青色で色の境が 虹色をしている。 99Tc分析用
試料の写真	A-20-4-03/18 14 30	ALLE ALANDER	95.FT BURANDE
材質及び特徴	管理番号:09-20 試料番号:09-20-3 材質:ステンレス鋼 特徴:青色・緑色の錆があり、線 状の痕がある。 α 核種、y 核種(%Nb除く)、	管理番号:09-20 試料番号:09-20-5① 材質:ステンレス鋼 特徴:基本的には薄茶色で、青 色の錆がスポットである。 <sup>3</sup> H、 <sup>14</sup> Cおよび <sup>94</sup> Nb分析用	管理番号:09-20 試料番号:09-20-9① 材質:ステンレス鋼 特徴:青色と薄茶色で色の境が 虹色をしている。 <sup>129</sup> 1分析用
試料の写真	ACC-2 BURNING ALSO	10.1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	09-20-90 00-20-90 00-00-00 00-00-00 00-00-00 00-00-00 00-00-

図2 金属試料の表面汚染状況 (2/7)

- 22 -

材質及び特徴	管理番号:09-21 試料番号:09-21-8 材質:ステンレス鋼 特徴:薄茶色の錆がある。 予備	管理番号:09-21 試料番号:09-21-1② 材質:ステンレス鋼 特徴:くすんだ銀色である。 36Cl分析用	管理番号:09-21 試料番号:09-21-5② 材質:ステンレス鋼 特徴:少し錆が付いている。 <sup>99</sup> Tc分析用
試料の写真	actions	The second se	BOR HANGER
材質及び特徴	管理番号:09-21 試料番号:09-21-2 材質:ステンレス鋼 特徴:付着物を含む茶色の錆が ある。 α核種、y核種(94Nb除く)、	管理番号:09-21 試料番号:09-21-1① 材質:ステンレス鋼 特徴:銀色である。 <sup>3</sup> H、 <sup>14</sup> Cおよび <sup>94</sup> Nb分析用	管理番号:09-21 試料番号:09-21-5① 材質:ステンレス鋼 特徴:全体に茶色の錆があり、 部濃くなっている。 <sup>129</sup> 1分析用
試料の写真	100-2-E-90	18131 BIABODOS	03-24-50

図3 金属試料の表面汚染状況(3/7)

- 23 -

材質及び特徴	管理番:09-22	管理番号:09-22	管理番号:09-22
	試料番号:09-22-10	試料番号:09-22-3②	試料番号:09-22-82
	材質:ステンレス鋼	材質:ステンレス鋼	材質:ステンレス鋼
	特徴:わずかに錆があり、裏面に	特徴:わずかに錆があり、裏面に	特徴:わずかに錆があり、裏面に
	樹脂が塗られている。	樹脂が塗られている。	樹脂が塗られている。
	予備	36Cl分析用	<sup>99</sup> Tc分析用
試料の写真	n n strenne	18.31 SILOND	Seal aread
材質及び特徴	管理番号:09-22	管理番号:09-22	管理番号:09-22
	討料番号:09-22-9	試料番号:09-22-3①	試料番号:09-22-8①
	材質:ステンレス鋼	材質:ステンレス鋼	材質:ステンレス鋼
	特徴:錆はなく、裏面に樹脂が	特徴:わずかに錆があり、裏面に	特徴:わずかに錆があり、裏面に
	塗られている。	樹脂が塗られている。	樹脂が塗られている。
	α核種、y核種( <sup>94</sup> Nb除く)、	<sup>3</sup> H、14Cおよび94Nb分析用	<sup>129</sup> 1分析用
試料の写真	OU IN RUSS	DE-TRO	and the second sec

材質及び特徴	管理番号:08-Sal 試料番号:08-Sal-103 材質:ステンレス鋼 特徴:全体が茶色に錆びている。 予備	管理番号:08-Sal 試料番号:08-Sal-102② 材質:ステンレス鋼 特徴:全体が茶色に錆びている。	<sup>36</sup> Cl分析用 管理番号:08-Sa1 試料番号:08-Sa1-104② 材質:ステンレス鋼 特徴:全体が茶色に錆びている。	<sup>99</sup> Tc分析用
重五のは淫		Sal-10 30 min	Sal-iu2S aurora auso	Sal-104 @
材質及び特徴	管理番号:08-Sal 試料番号:08-Sal-101 対質:ステンレス鋼 時徴:全体が茶色に錆びている。 α核種、y核種(%Nb除く)、	<sup>3, 63</sup> Niおよび <sup>90</sup> Sr分析用 管理番号:08-Sa1 战料番号:08-Sa1-102① 有質:ステンレス鋼 春徴:全体が茶色に錆びている。	l、 <sup>14</sup> Cおよび <sup>sat</sup> Nb分析用 理番号:08-Sa1 約番号:08-Sa1-104① 質:ステンレス鋼 徴:全体が茶色に錆びている。	11分析用
			F. 管款材格	12

図5 金属試料の表面汚染状況 (5/7)

	材質及び特徴	試料の写真	材質及び特徴
	理産专:10-9 、料番号:10-9-1 ・質:ステンレス鋼 ・徴:黒く、裏面だけに模様があ る。 核種、y核種(94Nb除く)、 63Niおよび90Sr分析用	HEOL LINDO	官理査で:10-9 試料番号:10-9-2 材質:ステンレス鋼 特徴:黒く、裏面だけに模様があ る。 α 核種、y 核種( <sup>94</sup> Nb除く)、 <sup>59, 63Niおよび90Sr分析用</sup>
16 17 1 11 1	理番号:10-9 料番号:10-9-3 質:ステンレス鋼 徴:黒く、裏面だけに模様があ る。 備	10-5-5 Contraction of the second	管理番号:10-9 試料番号:10-9-4 材質:ステンレス鋼 特徴:黒く、裏面だけに模様があ る。 予備
	理番号:10-9 料番号:10-9-5 質:ステンレス鋼 徴:黒く、裏面だけに模様があ る。 、 <sup>14</sup> Cおよび <sup>94</sup> Nb分析用	9-2-01	管理番号: 10-9 試料番号: 10-9-6 材質: ステンレス鋼 特徴:黒く、裏面だけに模様があ る。 <sup>36</sup> Cl分析用

図6 金属試料の表面汚染状況(6/7)

真材質及び特徴	管理番号:10-9 該料番号:10-9-8 材質:ステンレス鋼 特徴:黒く、裏面だけに模様があ る。 99Tc分析用	管理番号:10-9 試料番号:10-9-10 材質:ステンレス鋼 特徴:黒く、裏面だけに模様があ る。 α核種分析用 α核種分析用	管理番号:10-9 試料番号:10-9-12 材質:ステンレス鋼 特徴:黒く、裏面だけに模様があ る。 α 核種分析用
試料の写	6-0-	01-2-00	6
材質及び特徴	管理番号:10-9 試料番号:10-9-7 材質:ステンレス鋼 特徴:黒く、裏面だけに模様があ る。	管理番号:10-9 試料番号:10-9-9 材質:ステンレス鋼 特徴:黒く、裏面だけに模様があ る。 α核種分析用	管理番号:10-9 試料番号:10-9-11 材質:ステンレス鋼 特徴:黒く、裏面だけに模様があ る。 α 核種分析用
試料の写真	SOLUTION STATE	6-6-6	11-8-01





酸浸漬の様子



酸浸漬前

酸浸漬後

図 8 試料前処理法(酸浸漬法)



マイクログラインダーによる研磨の様子(純水中で研磨)



研磨前(試料管理番号10-9)



研磨後(試料管理番号10-9)

図9 試料前処理法(研磨法)



図 10<sup>54</sup>Mn, <sup>60</sup>Co, <sup>134, 137</sup>Cs, <sup>152, 154</sup>Euの分析フロー(図 11につづく)



図 11 <sup>90</sup>Sr, <sup>59,63</sup>Niの分析フロー(図 10のつづき)



図 12 <sup>234, 235, 238</sup>Uの分析フロー





図 13 <sup>238, 239+240</sup>Pu, <sup>241</sup>Am, <sup>244</sup>Cmの分析フロー



図 14 <sup>94</sup>Nbの分析フロー

#### JAEA-Data/Code 2012-031



図 15 99Tcの分析フロー











図 18 <sup>36</sup>Clの分析フロー



# 図 19 <sup>36</sup>Clの分離装置

#### JAEA-Data/Code 2012-031







図 21<sup>129</sup>Iの分離装置

This is a blank page.

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例 表1. SI 基本単位

甘木県	SI 基本単位		
基个里	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	Α	
熱力学温度	ケルビン	Κ	
物質量	モル	mol	
光 度	カンデラ	cd	

	100			
组立量		SI 基本単位		
和立里		名称	記号	
面	積	平方メートル	m <sup>2</sup>	
体	積五	立法メートル	m <sup>3</sup>	
速さ,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	数每	毎メートル	m <sup>-1</sup>	
密度,質量密	度 =	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>	
面 積 密	度	キログラム毎平方メートル	kg/m <sup>2</sup>	
比 体	積ゴ	立方メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg	
電流密	度フ	アンペア毎平方メートル	$A/m^2$	
磁界の強	さフ	アンペア毎メートル	A/m	
量濃度 <sup>(a)</sup> ,濃	度刊	モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>	

第一の「濃度」での「海」で「シートル」 mol/m<sup>3</sup> 量濃度にの、濃度モル毎立方メートル mol/m<sup>3</sup> 量濃度キログラム毎立法メートル  $g^{\dagger}$  かンデラ毎平方メートル  $cd/m^2$ 折率( $b^{\dagger}$ (数字の) 1 1 透磁率( $b^{\dagger}$ (数字の) 1 1 質 輝 屈 透磁 比

(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

	SI 組立単位				
組立量	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	ヨラジアン <sup>(b)</sup>	rad	1 <sup>(b)</sup>	m/m	
立 体 牟	コテラジアン <sup>(b)</sup>	$sr^{(c)}$	1 <sup>(b)</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	
周 波 数	ベルツ <sup>(d)</sup>	Hz		s <sup>-1</sup>	
力	ニュートン	Ν		m kg s <sup>'2</sup>	
圧力,応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>	
エネルギー,仕事,熱量	ビュール	J	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>	
仕事率, 工率, 放射束	モワット	W	J/s	$m^2 kg s^{\cdot 3}$	
電荷,電気量	ローロン	С		s A	
電位差(電圧),起電力	ボルト	V	W/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>	
静電容量	マアラド	F	C/V	$m^{2} kg^{1} s^{4} A^{2}$	
電気抵抗	ī オーム	Ω	V/A	$m^2 kg s^{\cdot 3} A^{\cdot 2}$	
コンダクタンフ	ジーメンス	S	A/V	$m^{-2} kg^{-1} s^3 A^2$	
磁芽	ミウエーバ	Wb	Vs	$m^2 kg s^2 A^1$	
磁束密度	テスラ	Т	Wb/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>	
インダクタンフ	、ヘンリー	Н	Wb/A	$m^2 kg s^2 A^2$	
セルシウス温度	モルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C		K	
光 東	モルーメン	lm	cd sr <sup>(c)</sup>	cd	
照度	レクス	lx	$lm/m^2$	m <sup>-2</sup> cd	
放射性核種の放射能 <sup>(f)</sup>	ベクレル <sup>(d)</sup>	Bq		s <sup>-1</sup>	
吸収線量,比エネルギー分与,	グレイ	Gv	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>	
カーマ		сл <i>у</i>	0/11g	III 5	
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 相	カタール	kat		s <sup>-1</sup> mol	
				U 11101	

(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

(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。
 (o)剤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、セルシウス選びを大しに使用される。セルシウス度とケルビンの 単位の大きさは同一である。したかって、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、しばしば認った用語で"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

	S	I 組立単位	
組立量	名称	記号	SI 基本単位による 表し方
粘度	パスカル秒	Pa s	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-1</sup>
カのモーメント	ニュートンメートル	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
表 面 張 九	ニュートン毎メートル	N/m	kg s <sup>-2</sup>
角 速 度	ラジアン毎秒	rad/s	m m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> =s <sup>-1</sup>
角 加 速 度	ラジアン毎秒毎秒	$rad/s^2$	m m <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> =s <sup>-2</sup>
熱流密度,放射照度	ワット毎平方メートル	$W/m^2$	kg s <sup>'3</sup>
熱容量、エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2 kg s^{-2} K^{-1}$
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^2 s^{-2} K^{-1}$
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	$m^{2} s^{2}$
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup>
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	$J/m^3$	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
電 荷 密 度	クーロン毎立方メートル	C/m <sup>3</sup>	m <sup>-3</sup> sA
表 面 電 荷	クーロン毎平方メートル	$C/m^2$	m <sup>-2</sup> sA
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> sA
誘 電 卒	ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2$
透磁 卒	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	$m^2 kg s^2 mol^1$
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	$m^{2} kg s^{2} K^{1} mol^{1}$
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg <sup>-1</sup> sA
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	$m^2 s^{-3}$
放 射 強 度	ワット毎ステラジアン	W/sr	$m^4 m^{2} kg s^{3} = m^2 kg s^{3}$
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2 sr)$	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> =kg s <sup>-3</sup>
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m <sup>3</sup>	$m^{3} s^{1} mol$

表 5. SI 接頭語								
乗数	接頭語	接頭語 記号 乗数		接頭語	記号			
$10^{24}$	ヨ タ	Y	$10^{-1}$	デシ	d			
$10^{21}$	ゼタ	Z	$10^{.2}$	センチ	с			
$10^{18}$	エクサ	Е	$10^{-3}$	ミリ	m			
$10^{15}$	ペタ	Р	$10^{-6}$	マイクロ	μ			
$10^{12}$	テラ	Т	$10^{-9}$	ナノ	n			
$10^{9}$	ギガ	G	$10^{\cdot 12}$	ピョ	р			
$10^{6}$	メガ	М	$10^{.15}$	フェムト	f			
$10^{3}$	キロ	k	$10^{\cdot 18}$	アト	а			
$10^{2}$	ヘクト	h	$10^{.21}$	ゼプト	z			
$10^{1}$	デ カ	da	$10^{-24}$	ヨクト	У			

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=60s			
時	h	1h =60 min=3600 s			
日	d	1 d=24 h=86 400 s			
度	۰	1°=(п/180) rad			
分	,	1'=(1/60)°=(п/10800) rad			
秒	"	1"=(1/60)'=(п/648000) rad			
ヘクタール	ha	1ha=1hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>			
リットル	L, l	1L=11=1dm <sup>3</sup> =10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>			
トン	t	$1t=10^3 \text{ kg}$			

#### 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 オ	゛ル	Ч	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 <sup>-19</sup> J			
ダ	ル	ŀ	$\sim$	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> kg			
統-	一原子	質量単	〔位	u	1u=1 Da			
天	文	単	位	ua	1ua=1.495 978 706 91(6)×10 <sup>11</sup> 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	_	ル	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=10 <sup>5</sup> Pa					
水銀	柱ミリメー	トル	mmHg	1mmHg=133.322Pa					
オン	グストロ・	- 4	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 <sup>-10</sup> m					
海		里	М	1 M=1852m					
バ		$\sim$	b	1 b=100fm <sup>2</sup> =(10 <sup>-12</sup> cm)2=10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>					
1	ツ	ŀ	kn	1 kn=(1852/3600)m/s					
ネ		パ	Np	ロ光伝しの粉はめた眼接は					
ベ		ル	В	51単位との数値的な関係は、 対数量の定義に依存。					
デ	ジベ	ル	dB -	X19X ± 17 /C42(19) X110					

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					
エルク	erg	1 erg=10 <sup>-7</sup> J					
ダイン	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N					
ポアフ	P	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1Pa s					
ストークフ	St	$1 \text{ St} = 1 \text{ cm}^2 \text{ s}^{\cdot 1} = 10^{\cdot 4} \text{m}^2 \text{ s}^{\cdot 1}$					
スチルフ	sb	$1 \text{ sb} = 1 \text{ cd} \text{ cm}^{2} = 10^{4} \text{ cd} \text{ m}^{2}$					
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm $^{2}$ 10 <sup>4</sup> lx					
ガル	Gal	$1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm s}^{-2} = 10^{-2} \text{ ms}^{-2}$					
マクスウェル	Mx	$1 \text{ Mx} = 1 \text{G cm}^2 = 10^{-8} \text{Wb}$					
ガウジ	G	$1 \text{ G} = 1 \text{Mx cm}^{-2} = 10^{-4} \text{T}$					
エルステッド <sup>(c)</sup>	Oe	1 Oe ≜ (10 <sup>3</sup> /4π)A m <sup>-1</sup>					
<ul><li>(a) 2 元玄のCCCE単位</li></ul>	T LOIT	け直接比較できわいため 笶旦 [ △					

3元系のCGS単位系とSI Cは 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						
	3	名利	К		記号	SI 単位で表される数値
キ	ユ		IJ	ĺ	Ci	1 Ci=3.7×10 <sup>10</sup> Bq
$\nu$	$\sim$	ŀ	ゲ	$\sim$	R	$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C/kg}$
ラ				ĸ	rad	1 rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
$\nu$				Д	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
ガ		$\boldsymbol{\nu}$		7	γ	1 γ =1 nT=10-9T
フ	r		ル	i.		1フェルミ=1 fm=10-15m
メー	ートル	系	カラッ	ット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg
ŀ				ル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標	準	大	気	圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
力	Ц		IJ	_	cal	1cal=4.1858J(「15℃」カロリー), 4.1868J (「IT」カロリー) 4.184J(「熱化学」カロリー)
ŝ	ク			$\sim$	μ	$1 \mu = 1 \mu m = 10^{-6} m$

この印刷物は再生紙を使用しています