

# 「ふげん」から採取した金属配管試料の放射能分析 (その4)

Radioactivity Analysis of Metal Samples Taken from Pipes of the Fugen  
- Part 4 -

原賀 智子 飛田 実 高橋 重実 石森 健一郎  
亀尾 裕

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

バックエンド研究開発部門  
原子力科学研究所  
バックエンド技術部

Department of Decommissioning and Waste Management  
Nuclear Science Research Institute  
Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management

March 2016

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, 2016

「ふげん」から採取した金属配管試料の放射能分析(その4)

日本原子力研究開発機構  
バックエンド研究開発部門 原子力科学研究所 バックエンド技術部

原賀 智子, 飛田 実\*<sup>1</sup>, 高橋 重実\*<sup>1</sup>, 石森 健一郎, 亀尾 裕

(2015年12月14日受理)

日本原子力研究開発機構 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「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データの収集を進めている。一方, バックエンド技術部 放射性廃棄物管理技術課では, バックエンド推進部門 廃棄物確認技術開発グループ(現 放射性廃棄物管理技術課)が開発した廃棄物放射能データの収集を効率よく行うための簡易・迅速分析法の実証試験を進めている。本報告では, 実放射性廃棄物試料として, 「ふげん」の重水系統の金属配管から採取した試料を用い, 開発した簡易・迅速分析法が金属試料に適用できることを示すとともに, 「ふげん」の金属配管試料に対する放射能データを整備した。

Radioactivity Analysis of Metal Samples Taken from Pipes of the Fugen -Part 4-

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

Department of Decommissioning and Waste Management  
Nuclear Science Research Institute  
Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management  
Japan Atomic Energy Agency  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 14, 2015)

Fugen Nuclear Power Station was shut down and now is under decommissioning. Many radioactivity concentration data of dismantled materials have to be accumulated to calculate the scaling factors of radioactive wastes and to verify that the cleared dismantled materials conform to the clearance levels. A simple and rapid radioactivity determination method for radioactive waste samples was developed by Department of Decommissioning and Waste Management. For its demonstration, the simple and rapid radioactivity determination method was applied to metal samples, which were taken from dismantled pipes of Fugen. This report summarizes the radioactivity data obtained from the analysis of those samples.

Keywords: Low-level Radioactive Waste, Non-destructive Gamma-ray Measurement, Radiochemical Separation, Solid Phase Extraction, Metal Samples, Advanced Thermal Reactor Fugen

---

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

## 目次

1. はじめに.....	1
2. 放射能分析方法及び分析結果.....	1
2.1 試料の概要.....	1
2.2 $^{54}\text{Mn}$ , $^{60}\text{Co}$ , $^{134,137}\text{Cs}$ , $^{152,154}\text{Eu}$ , $^{59,63}\text{Ni}$ 及び $^{90}\text{Sr}$ の分析.....	1
2.3 $^{234,235,238}\text{U}$ , $^{238}\text{Pu}$ , $^{239+240}\text{Pu}$ , $^{241}\text{Am}$ 及び $^{244}\text{Cm}$ の分析.....	4
2.4 $^{94}\text{Nb}$ の分析.....	5
2.5 $^{99}\text{Tc}$ の分析.....	6
2.6 $^3\text{H}$ 及び $^{14}\text{C}$ の分析.....	7
2.7 $^{36}\text{Cl}$ の分析.....	8
2.8 $^{129}\text{I}$ の分析.....	9
3. まとめ.....	10
謝辞.....	10
参考文献.....	10

## Contents

1. Introduction.....	1
2. Methods for radioactivity analysis and results.....	1
2.1 Overview of analytical samples.....	1
2.2 Analysis of $^{54}\text{Mn}$ , $^{60}\text{Co}$ , $^{134,137}\text{Cs}$ , $^{152,154}\text{Eu}$ , $^{59,63}\text{Ni}$ and $^{90}\text{Sr}$ .....	1
2.3 Analysis of $^{234,235,238}\text{U}$ , $^{238}\text{Pu}$ , $^{239+240}\text{Pu}$ , $^{241}\text{Am}$ and $^{244}\text{Cm}$ .....	4
2.4 Analysis of $^{94}\text{Nb}$ .....	5
2.5 Analysis of $^{99}\text{Tc}$ .....	6
2.6 Analysis of $^3\text{H}$ and $^{14}\text{C}$ .....	7
2.7 Analysis of $^{36}\text{Cl}$ .....	8
2.8 Analysis of $^{129}\text{I}$ .....	9
3. Conclusions.....	10
Acknowledgement.....	10
References.....	10

## 表リスト

表 1	金属試料の概要	12
表 2	分析法の概要及び測定機器等の情報	13
表 3	酸浸漬法又は研磨法による放射性核種の除去率	14
表 4	Mn, Cs, Eu, Sr 及び Ni の回収率	15
表 5	$^{60}\text{Co}$ , $^{54}\text{Mn}$ , $^{134,137}\text{Cs}$ 及び $^{152,154}\text{Eu}$ の分析結果	16
表 6	$^{59,63}\text{Ni}$ 及び $^{90}\text{Sr}$ の分析結果	18
表 7	U, Pu 及び Am の回収率	20
表 8	$^{234,235,238}\text{U}$ の分析結果	21
表 9	$^{238}\text{Pu}$ , $^{239+240}\text{Pu}$ , $^{241}\text{Am}$ 及び $^{244}\text{Cm}$ の分析結果	23
表 10	$^{94}\text{Nb}$ の分析結果	25
表 11	$^{99}\text{Tc}$ の分析結果	26
表 12	$^3\text{H}$ の分析結果	27
表 13	$^{14}\text{C}$ の分析結果	28
表 14	$^{36}\text{Cl}$ の分析結果	29
表 15	$^{129}\text{I}$ の分析結果	30

## 図リスト

図 1	金属試料の表面観察結果	31
図 2	試料前処理法(酸浸漬法)	41
図 3	試料前処理法(研磨法)	42
図 4	$^{54}\text{Mn}$ , $^{60}\text{Co}$ , $^{134,137}\text{Cs}$ , $^{152,154}\text{Eu}$ の分析フロー	43
図 5	$^{90}\text{Sr}$ , $^{59,63}\text{Ni}$ の分析フロー	44
図 6	$^{234,235,238}\text{U}$ の分析フロー	45
図 7	$^{238}\text{Pu}$ , $^{239+240}\text{Pu}$ , $^{241}\text{Am}$ , $^{244}\text{Cm}$ の分析フロー	46
図 8	$^{94}\text{Nb}$ の分析フロー	47
図 9	$^{99}\text{Tc}$ の分析フロー	48
図 10	$^3\text{H}$ , $^{14}\text{C}$ の分析フロー	49
図 11	$^3\text{H}$ , $^{14}\text{C}$ の分離装置	49
図 12	$^{36}\text{Cl}$ の分析フロー	50
図 13	$^{36}\text{Cl}$ の分離装置	51
図 14	$^{129}\text{I}$ の分析フロー	52
図 15	$^{129}\text{I}$ の分離装置	52

## 1. はじめに

日本原子力研究開発機構 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な解体撤去物等に関する放射能データの収集を進めている。一方、バックエンド研究開発部門 バックエンド技術部 放射性廃棄物管理技術課(以下「当課」という。)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)3)</sup>の実証試験として、実廃棄物試料に対する放射能分析を実施している<sup>4)6)</sup>。本報告では、「ふげん」の解体撤去物等のうち、重水系統の金属配管から採取した試料(以下「金属試料」という。)の中で、ステンレス鋼試料(8試料)、炭素鋼試料(2試料)に対する実証試験について記述する。測定対象核種のうち、<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</sup>Pu、<sup>239+240</sup>Pu、<sup>241</sup>Am 及び <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後、イオン交換樹脂、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、 $\gamma$ 線、 $\beta$ 線、 $\alpha$ 線測定又は質量分析を行うことにより、放射能を定量した。また、酸浸漬法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 及び <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、 $\beta$ 線測定又は質量分析を行うことにより、放射能を定量した。試験に用いた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」から採取した金属試料(10試料)を、本試験の対象とした。金属試料の種類、汚染面のサイズ、重量等の情報を表1及び図1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

当課で開発した放射能簡易・迅速分析法では、 $\gamma$ 線放出核種の分析法として、逆同時・同時 $\gamma$ 線測定法を組み合わせた多重 $\gamma$ 線測定装置を用いた非破壊 $\gamma$ 線測定法を採用している<sup>1)3)</sup>。本試験の対象とした金属試料においては、<sup>60</sup>Co 以外の $\gamma$ 線放出核種は微量であり、簡易・迅速分析法では検出限界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、ゲルマニウム半導体検出器(Ge 検出器)を用いた $\gamma$ 線測定により、その他の $\gamma$ 線放出核種を定量することとした。

また、当課で開発した放射能簡易・迅速分析法では、研究施設等廃棄物に対する<sup>90</sup>Srの分析法として、スペクトロメトリ法とミルクキング法が適用できることを報告している<sup>1)3)</sup>。しかしながら、核分裂生成(FP核種)を多量に含む試料に対しては、<sup>90</sup>Srと<sup>90</sup>Yの放射平衡を待つことなく<sup>90</sup>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、 $^{60}\text{Co}$ の濃度が高く、 $^{90}\text{Sr}$ の存在量が小さい場合には、スペクトロメトリ法では、 $^{90}\text{Sr}$ の検出限界値が大きくなり、分析値は検出限界値以下となることが予想される。このため、本金属試料では、ミルキング法を採用し、 $^{90}\text{Sr}$ と $^{90}\text{Y}$ 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(酸浸漬法及び研磨法)

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2に示す酸浸漬の手順に従って、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0.3~1.9 g程度であり、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21~103  $\mu\text{m}$ 程度であった。酸浸漬前後の $^{60}\text{Co}$ をGe検出器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 $^{60}\text{Co}$ 又は $^{137}\text{Cs}$ の除去率(酸浸漬前後の $^{60}\text{Co}$ 又は $^{137}\text{Cs}$ の計数率の差から求めたもの)は97%以上であった。ただし、試料管理番号11-15(10-17-A-1)、3(11-4-1)及び3(12-11-1)については、酸浸漬のみでは溶解することができなかつたため、また、8(11-16-1)は配管の湾曲が大きく、汚染面のみを酸浸漬することが困難であったため、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3に示す。本前処理による各試料に対する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(錆の多い試料の場合は、固体状の残さも含む)は、図4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。酸浸漬法又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(孔径0.45  $\mu\text{m}$ )でろ過し、ろ液(1)と残さ(1)に分離した。残さ(1)に、 $^{60}\text{Co}$ 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)においても $^{60}\text{Co}$ が検出される場合には、硝酸、塩酸及びフッ化水素酸を用いてマイクロ波加熱による再溶解を行った。ろ液(1)~ろ液(3)を合わせて200 mlに定容し、試料溶液とした。

### 2.2.2 分析操作

試料溶液から測定対象核種( $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{59}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{134}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ 及び $^{152}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ )を図4及び図5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 $^{60}\text{Co}$ 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、Mn及びNiについては、試料の成分として含まれるため、誘導結合プラズマ発光分光分析装置(ICP-AES)を用いて試料溶液の化学成分分析を行い、回収率測



定に十分な量が含まれていない場合のみ、安定元素を添加することとした。そのため、Mn及びNiはブランク試料、試料管理番号 11-05 (10-5)、8 (11-16) 及び 3 (12-11) にのみ添加した。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、陰イオン交換樹脂 (Dowex 製 1X8) を用いて、試料溶液に含まれる Fe や  $^{60}\text{Co}$  を除去した。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、 $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{134, 137}\text{Cs}$  及び  $^{152, 154}\text{Eu}$  の  $\gamma$  線測定用試料とした。

$\gamma$  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 用固相抽出樹脂 (Sr レジン, 容量 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、 $^{90}\text{Sr}$  と  $^{90}\text{Y}$  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。本金属試料の履歴から、短半減期の  $^{89}\text{Sr}$  は検出限界以下まで減衰していると考えられたため、 $^{90}\text{Sr}$  と  $^{90}\text{Y}$  の  $\beta$  線の合計を測定し、 $^{90}\text{Sr}$  の放射能を求めた。

$^{59, 63}\text{Ni}$  の分析に関しては、Sr レジンからの流出液を Ni 用固相抽出樹脂 (Ni レジン, 容量 5 ml, Eichrom 製) に通液することとした。Ni レジンに通液する Sr レジンからの流出液量は、吸着容量を考慮し、安定元素として Ni 含有量が 2 mg 以下となるように分取して調節した。レジンに吸着させた 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、 $^{59}\text{Ni}$  及び  $^{63}\text{Ni}$  の放射能測定用試料に取り分けた。 $^{59}\text{Ni}$  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、化学分離を行った後に測定した。Mn, Eu, Sr 及び Ni の測定には、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。各試料の Mn, Cs, Eu, Sr 及び Ni の回収率を表 4 に示す。

Mn 及び Ni については、試料の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、試料由来の Mn 及び Ni 考慮した回収率補正を行った。

### 2.2.4 放射能測定

$\gamma$  線測定には Ge 検出器を使用し、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 Ge 検出器を用いて放射能濃度を決定したものである<sup>7)</sup>。X 線測定には、低エネルギー光子検出器 (Ge-LEPS 検出器) を使用し、既知量の  $^{55}\text{Fe}$  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。 $\beta$  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。Ge 検出器による  $\gamma$  線放出核種 ( $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134, 137}\text{Cs}$  及び  $^{152, 154}\text{Eu}$ ) の測定時間は

160,000 秒, Ge-LEPS 検出器による  $^{59}\text{Ni}$  の測定時間は 160,000 秒を基本としたが, 定量するために十分なカウント(ネットカウント 10,000 以上)が得られる場合には, 測定時間を短縮した。LSC による  $^{63}\text{Ni}$  及び  $^{90}\text{Sr}$  の測定時間は 30,000 秒とした。金属試料に対する  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  及び  $^{152}$ ,  $^{154}\text{Eu}$  の分析結果を表 5 に,  $^{59}$ ,  $^{63}\text{Ni}$  及び  $^{90}\text{Sr}$  の分析結果を表 6 に示す。

### 2.3 $^{234}$ , $^{235}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{238}\text{Pu}$ , $^{239+240}\text{Pu}$ , $^{241}\text{Am}$ 及び $^{244}\text{Cm}$ の分析

#### 2.3.1 試料前処理(酸浸漬法及び研磨法)

2.2 項「 $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{152}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{59}$ ,  $^{63}\text{Ni}$  及び  $^{90}\text{Sr}$  の分析」で前処理した試料溶液を分取して,  $^{234}$ ,  $^{235}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  及び  $^{244}\text{Cm}$  の分析に供した。

#### 2.3.2 分析操作

$^{234}$ ,  $^{235}$ ,  $^{238}\text{U}$  の分析フローを図 6 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た後, 金属試料の主要成分である Fe などを 3 M 硝酸 40 ml で溶離した。UTEVA レジンに吸着した Pu を 3 価に還元して溶離させるため, 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 1 M 硝酸 15 ml で洗浄してから, 0.01 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。

$^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{244}\text{Cm}$  の分析フローを図 7 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 などを 2 M 硝酸-0.3 M アスコルビン酸溶液 20 ml で溶離した後, 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。次に, 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)にそれぞれネオジウム標準溶液とフッ化水素酸を加え, 30 分以上静置した後, 孔径 0.1  $\mu\text{m}$  のメンブレンフィルタで吸引ろ過し, フッ化ネオジウムとともに 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  $\mu\text{g}/\text{ml}$  Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Th, U, AccuStandard 製)を 50  $\mu\text{l}$  添加し, 化学分離を行った後, 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  $^{242}\text{Pu}$  及び  $^{243}\text{Am}$  をそれぞれ約 0.5 Bq 添加し, 化学分離を行った後, Si 半導体検出器(SSB 検出器)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 の回収率を用いることとした。U, Pu 及び Am の

回収率を表 7 に示す。

### 2.3.4 放射能測定

$^{238}\text{U}$  は、ICP-MS を用いた検量線法により定量した。 $^{234}$ 、 $^{235}\text{U}$  については、タンタル板に分離後の試料溶液を滴下し、乾燥させてから SSB 検出器により  $\alpha$  線を測定した。測定時間は 500,000 秒とした。 $^{234}$ 、 $^{235}$ 、 $^{238}\text{U}$  の分析結果を表 8 に示す。 $^{238}\text{Pu}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 $^{241}\text{Am}$ 、 $^{244}\text{Cm}$  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 SSB 検出器により測定した。測定時間は、500,000 秒とした。 $^{238}\text{Pu}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 $^{241}\text{Am}$ 、 $^{244}\text{Cm}$  の分析結果を表 9 に示す。なお、 $^{239}\text{Pu}$  及び  $^{240}\text{Pu}$  は  $\alpha$  線測定では弁別できないため、合計した値を  $^{239+240}\text{Pu}$  として記載した。

## 2.4 $^{94}\text{Nb}$ の分析

当課で開発した放射能簡易・迅速分析法では、 $^{94}\text{Nb}$  の分析法として、逆同時・同時  $\gamma$  線測定法を組み合わせた多重  $\gamma$  線測定装置を用いた非破壊  $\gamma$  線測定法を採用している<sup>1),3)</sup>。本金属試料においては、 $^{60}\text{Co}$  の濃度から推定した  $^{94}\text{Nb}$  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、 $^{60}\text{Co}$  を化学分離により除去した後、ゲルマニウム半導体検出器 (Ge 検出器) を用いた  $\gamma$  線測定により  $^{94}\text{Nb}$  の定量を行うこととした。

### 2.4.1 試料前処理 (酸浸漬法及び研磨法)

$^{94}\text{Nb}$  の分離にはフッ化水素酸を使用するため、他の  $\gamma$  線放射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  $^3\text{H}$  及び  $^{14}\text{C}$  を分析した後の試料) を用いて、前処理の段階から単独で  $^{94}\text{Nb}$  の分析操作を行った。分析フローを図 8 に示す。本試料は、燃焼法を適用した後であり、金属表面の酸化が進んでおり、酸浸漬法のみでは、汚染表面を除去できなかったため、研磨法も併用した。

酸浸漬によって得られた浸漬液及びマイクログラインダー研磨によつた得られた粉は、硝酸、過酸化水素水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 添加し、一旦乾固した後、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 (孔径 0.45  $\mu\text{m}$ ) で吸引ろ過して、Eu を沈殿として除去した。ろ液を陰イオン交換樹脂 (Dowex 製 1X8) に通液した後、7.8 M フッ化水素酸-4.1 M 硝酸溶液により Co と 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 に定容した後、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

$^{94}\text{Nb}$  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、化学分離を行った後、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

$^{94}\text{Nb}$  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。 $^{94}\text{Nb}$  の定量結果を表 10 に示す。

## 2.5 $^{99}\text{Tc}$ の分析

### 2.5.1 試料前処理 (酸浸漬法及び研磨法)

2.2.1 項「試料前処理 (酸浸漬法及び研磨法)」と同様の方法で、図 9 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溶解した。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。

### 2.5.2 分析操作

$^{99}\text{Tc}$  の分析フローを図 9 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 担体、沈殿回収用の Sr 及び 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。次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。 $^{137}\text{Cs}$  の除染係数 (除染前の線量当量率/除染後の線量当量率) が 1,000 を超えるまで、もしくは  $^{137}\text{Cs}$  が検出されなくなるまで、上記操作を繰り返した後、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 を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 程度に定容した後、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、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  ( $\gamma$  線放出核種,  $\beta$  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放射性同位元素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、化学分離を行った後、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

$^{99}\text{Tc}$  の回収率を表 11 に示す。

#### 2.5.4 放射能測定

定容した 20 ml の試料溶液から 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  $\beta$  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  $^{99}\text{Tc}$  放射能標準を用いて行った。 $^{99}\text{Tc}$  の定量結果を表 11 に示す。

### 2.6 $^3\text{H}$ 及び $^{14}\text{C}$ の分析

#### 2.6.1 分析操作

$^3\text{H}$  及び  $^{14}\text{C}$  の分析フローを図 10 に、分析に使用した分離装置を図 11 に示す。石英ボート上に Ni 箔を敷き、金属試料と炭酸ナトリウム担体 0.1 g を石英ボートに載せて Ni 箔で覆い、管状電気炉 I 側の石英管内に設置した。下流側の管状電気炉 II の石英管内には、酸化触媒(ホプカライト I) 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、エタノールドライアイスで約  $-70^\circ\text{C}$  に冷却した U 字管を 2 段設置し、試料の加熱により生成した水を捕集した。 $^{14}\text{C}$  が含まれる二酸化炭素ガスは、1 M 水酸化ナトリウムを 20 ml ずつ入れたインピンジャーを 4 段用いて捕集した。

水バブラーにより加湿した酸素ガスを分離装置内に 150 ml/min で流しながら、管状電気炉 II を  $500^\circ\text{C}$  に昇温した。ホプカライト I が十分乾燥されたことを確認した後、管状電気炉 I を  $110^\circ\text{C}$  に昇温して、金属試料を乾燥させた。金属試料が十分乾燥したことを確認した後、管状電気炉 I を  $500^\circ\text{C}$  まで昇温し 1 時間保持した後、 $900^\circ\text{C}$  まで昇温し、金属試料を  $900^\circ\text{C}$  で 1 時間加熱した。

加熱後、 $^3\text{H}$  トラップの U 字管を取り外し、純水 6 ml 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 5 mg を加えて蒸留しバイアルに回収した。蒸留後の水は 7 ml になるように調製し、シンチレータ(パーキンエルマー社製 Ultima Gold LLT)を最終的な体積が 20 ml となるように加えて  $^3\text{H}$  の測定用試料を調製した。 $^{14}\text{C}$  トラップについても精製のため、 $^{14}\text{C}$  を捕集した 1 M 水酸化ナトリウム溶液を攪拌子入りの三口フラスコに移し、窒素ガス雰囲気下でマグネチックスターラーを用いて攪拌しながら、2 M 硝酸を滴下し、溶液を酸性にして  $^{14}\text{C}$  が含まれる二酸化炭素ガスを追い出した。追い出した二酸化炭素ガスは、二酸化炭素吸収剤(パーキンエルマー社製カーボソープ E<sup>+</sup>)を 5 ml ずつ入れたインピンジャー 2 段に捕集した。捕集操作を 2 時間以上継続した後、各インピンジャーをシンチレータ(パーキンエルマー社製パーマフロー E<sup>+</sup>) 2 ml で 2 回、1 ml で 1 回共洗いし、よく混合したものを  $^{14}\text{C}$  の測定用試料とした。

#### 2.6.2 回収率測定

$^3\text{H}$  及び  $^{14}\text{C}$  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  $^3\text{H}$  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  $^3\text{H}$  の回収率を表 12 に示す。精製操作における  $^{14}\text{C}$  の回

収率は、これまでの実績から 100%として評価した。

### 2.6.3 放射能測定

$^3\text{H}$  及び  $^{14}\text{C}$  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  $^3\text{H}$  及び  $^{14}\text{C}$  放射能標準を用いて求めた。 $^3\text{H}$  の分析結果を表 12 に、 $^{14}\text{C}$  の分析結果を表 13 に示す。

## 2.7 $^{36}\text{Cl}$ の分析

### 2.7.1 分析操作

$^{36}\text{Cl}$  の分析フローを図 12 に、使用した分離装置を図 13 に示す。石英ボート上に金属試料と石英ウールを置き、塩化ナトリウム溶液 (塩素担体 5 mg) を滴下した後、Ni 箔で覆い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 段設置した。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°C に昇温して、金属試料を乾燥させた。金属試料が十分乾燥したことを確認した後、管状電気炉を 950°C まで昇温し 1.5 時間保持した。加熱終了後、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。次に 2wt% 硝酸銀水溶液 5 ml を加えてハロゲン化銀沈殿を生成させた後、沈殿をガラス繊維ろ紙 (孔径 0.7  $\mu\text{m}$ , 直径 21 mm) で吸引ろ過し、純水及び 1 M 硝酸で洗浄した後、必要に応じてメタノールで洗浄した。乾燥機で沈殿物を乾燥させ、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。

コンタミネーションが確認された試料については、再分離を行った。再分離操作では、沈殿物を亜鉛粉末 1 g と硫酸 (1+8) 2 ml で 1 時間溶解した。金属や残った亜鉛を水で洗浄しながらメンブレンフィルタ (孔径 0.45  $\mu\text{m}$ , 直径 25 mm) でろ別し、ろ液を硫酸 (1+8) で pH 1~2 以下に調整後、1,000 ppm ヨウ化カリウム水溶液 1 ml と 5wt% 亜硝酸ナトリウム水溶液 1 ml を加えて  $\text{I}_2$  を生成させた。この溶液を、PVP (ポリビニルピロリドン) に含浸させた 3M エムポアディスク (SDB-XD ディスク) に通液し、 $\text{I}_2$  を吸着させた。次にディスクを 5wt% 亜硝酸ナトリウム水溶液 1 ml で洗浄し、得られた溶離液の pH を確認し、2wt% 硝酸銀水溶液 5 ml を加えて塩化銀沈殿を生成させ、これを吸引ろ過した。乾燥機で乾燥させ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  $^{36}\text{Cl}$  の回収率を確認するため、金属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。 $^{36}\text{Cl}$  の回収率を表 14 に示す。

### 2.7.3 放射能測定

$^{36}\text{Cl}$ はガスフロー型 $\beta$ 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。 $^{36}\text{Cl}$ の定量結果を表14に示す。なお、コンタミネーションの確認では、 $\gamma$ 線放出核種は高純度ゲルマニウム半導体検出器(Ge 検出器)を用いて200,000秒、 $\beta$ 線放出核種は $\beta$ 線スペクトロメータ(ピコベータ)を用いて50,000秒測定した。コンタミネーションが確認された試料については再分離後に定量を行った。

## 2.8 $^{129}\text{I}$ の分析

### 2.8.1 分析操作

$^{129}\text{I}$ の分析フローを図14に、分析に使用した分離装置を図15に示す。金属試料にヨウ素酸カリウム溶液(ヨウ素担体20 $\mu\text{g}$ )を滴下した後、石英ボートに載せて管状電気炉I側の石英管内に置いた。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II)4.1g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、2%テトラメチルアンモニウムヒドロキシド(TMAH)水溶液を20ml入れたインピンジャーを2段使用した。水バブラーにより加湿した酸素ガスを200ml/minで流しながら、管状電気炉IIを500 $^{\circ}\text{C}$ に昇温した。ホプカライトIIが十分乾燥したことを確認した後、管状電気炉Iを110 $^{\circ}\text{C}$ まで昇温し、試料が十分乾燥したことを確認した後、200 $^{\circ}\text{C}$ 、300 $^{\circ}\text{C}$ 、500 $^{\circ}\text{C}$ で段階的に各30分間加熱し、さらに900 $^{\circ}\text{C}$ で1時間加熱した。加熱終了後、トラップに用いた2%TMAH水溶液を回収した。この溶液に、誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)測定の内部標準物質として1ppmロジウム溶液を100 $\mu\text{l}$ 添加し、20mlメスフラスコで定容し、測定用試料とした。

### 2.8.2 回収率測定

分離における $^{129}\text{I}$ の回収率を確認するため、金属試料表面に添加した安定同位体の $^{127}\text{I}$ の回収量を反応セル型質量分析装置(DRC-ICP-MS)を用いて測定することにより求めた。 $^{129}\text{I}$ の回収率を表15に示す。

### 2.8.3 放射能測定

$^{129}\text{I}$ は低エネルギーの $\gamma$ 線放出核種であるが、半減期が1,570万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、当課で開発した放射能簡易・迅速分析法では、 $^{129}\text{I}$ の分析法として、DRC-ICP-MSを用いた方法を採用している<sup>2)</sup>。

DRC-ICP-MS測定においてArガス中に含まれる $^{129}\text{Xe}$ の影響を低減するため、反応セルに導入するガスには酸素ガスを用い、流速は0.6ml/minとした<sup>2)</sup>。 $^{129}\text{I}$ 放射能標準溶液から検量線を作成し、検量線法により $^{129}\text{I}$ の定量を行った。標準溶液や測定溶液には、内部標準物質としてロジウムを添加し、2%TMAH溶液に調製した。 $^{129}\text{I}$ の分析結果を表15に示す。

### 3. まとめ

原子力科学研究所 バックエンド技術部において、研究施設等廃棄物を対象として開発した放射能簡易・迅速分析法の実証試験として、「ふげん」の解体撤去物等のうち、重水系統の金属配管から採取した試料(ステンレス鋼試料:8 試料, 炭素鋼試料:2 試料)に対して、 $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{59}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{94}\text{Nb}$ ,  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{134}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{152}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{234}$ ,  $^{235}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{244}\text{Cm}$ , の放射能分析を実施した。その結果、 $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{59}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{94}\text{Nb}$ ,  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{152}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{244}\text{Cm}$  については、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取得することができた。また、 $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{234}$ ,  $^{235}\text{U}$ , については、得られたデータは検出限界値以下であったものの、簡易・迅速法と同程度の検出限界値を得ることができたことから、本分析法がステンレス鋼及び炭素鋼試料に適用可能であることを実証できた。

### 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、副島吾郎氏に感謝の意を表す。

### 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, 81p.
- 2) 石森健一郎, 原賀智子, 島田亜佐子, 亀尾裕, 高橋邦明, セメント固化体およ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, 54p.
- 3) 亀尾裕, 石森健一郎, 原賀智子, 島田亜佐子, 片山淳, 中島幹雄, 高橋邦明, 研究施設から発生する廃棄物に対する体系的な放射能分析法, 日本原子力学会和文論文誌, Vol.10, No.3, 2011, pp. 216-225.
- 4) 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, 32p.
- 5) 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, 「ふげん」から採取した金属配管試料の放射能分析, JAEA-Data/Code 2012-031, 2012, 39p.
- 6) 原賀智子, 飛田実, 高橋重実, 酒谷圭一, 石森健一郎, 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(その 3), JAEA-Data/Code 2014-007, 2014, 52p.
- 7) 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.



- 8) 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.

表 1 金属試料の概要

管理番号	試料番号	試料名	重量 (g)	汚染面積 (cm <sup>2</sup> )	管理番号	試料番号	試料名	重量 (g)	汚染面積 (cm <sup>2</sup> )
11-13	10-16-A-1		71	21.4	4	11-7-1		354	22.7
	10-16-A-2		71	20.6		11-7-2		343	21.6
	10-16-A-3	重水循環系のCP除染前の配管A	27	9.3		11-7-3	原子炉冷却系 Aループ下降管 ※固体廃棄物貯蔵庫から	153	9.6
	10-16-A-4		27	9.0		11-7-4		149	9.5
	10-16-A-5		27	8.5		11-7-5		138	9.3
	10-16-A-6		26	8.3		11-7-6		136	8.8
11-15	10-17-A-1		77	22.9	11-8-1		437	24.5	
	10-17-A-2		75	22.6	11-8-2		409	22.0	
	10-17-A-3	重水循環系のCP除染後の配管A	32	9.8	11-8-3	原子炉冷却系 Aループ吐出管 ※固体廃棄物貯蔵庫から	162	9.1	
	10-17-A-4		29	9.1	11-8-4		150	8.4	
	10-17-A-5		30	9.6	11-8-5		180	9.9	
	10-17-A-6		29	9.9	11-8-6		167	9.0	
11-05	10-5-1		219	20.9	11-16-1		59	19.0	
	10-5-2		208	22.6	11-16-2		62	18.4	
	10-5-3	余熱除去系 A-余熱除去系ポンプ入口配管	77	8.1	11-16-3	シールドリーク検出装置 配管	22	7.1	
	10-5-4		76	7.7	11-16-4		21	6.3	
	10-5-5		86	7.8	11-16-5		22	7.2	
	10-5-6		90	9.0	11-16-6		23	7.2	
1	11-1-1		99	23.2	12-1-1		102	21.6	
	11-1-2		102	23.7	12-1-2		99	20.6	
	11-1-3	重水浄化系 A-ポイズン除去塔 入口配管	45	10.8	12-1-3	原子炉冷却系 Aループ入口配管 ※固体廃棄物貯蔵庫から	37	7.5	
	11-1-4		40	9.4	12-1-4		36	7.8	
	11-1-5		42	9.8	12-1-5		35	6.9	
	11-1-6		38	9.3	12-1-6		34	7.4	
3	11-4-1		98	23.8	12-11-1		115	24.4	
	11-4-2		100	24.7	12-11-2		117	25.1	
	11-4-3	重水浄化系 重水浄化塔 出口配管 (A塔B塔合流後)	39	9.7	12-11-3	給水, 復水, 補給水系 B-主復水器内部空気抽出配管	49	10.5	
	11-4-4		40	9.4	12-11-4		47	10.1	
	11-4-5		39	9.7	12-11-5		43	9.2	
	11-4-6		38	9.2	12-11-6		45	9.9	

表 2 分析法の概要及び測定機器等の情報

核種	分析法(概要)	測定器(型番)	校正日	測定日
<sup>3</sup> H	燃焼法による分離の後、H <sub>2</sub> O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 3110TR)	2014/05/21	2014/05/14 ~ 2014/05/20
<sup>14</sup> C	燃焼法による分離の後、CO <sub>2</sub> 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 3110TR)	2014/05/24	2014/04/04 ~ 2014/04/11
<sup>36</sup> Cl	燃焼法による分離の後、AgClの形で回収し、ガスフロー型β線測定装置を用いてβ線測定	ガスフロー型β線測定装置 (ALOKA製 LBC-4312)	2014/06/27	2014/06/30 ~ 2014/09/29
<sup>54</sup> Mn	溶解後、陰イオン交換樹脂で <sup>60</sup> Coを除去した後、ゲルマニウム半導体検出器を用いてγ線測定	ゲルマニウム半導体検出器 (ORTEC製 GEM-40P4-76)	2013/11/29	2013/12/02 ~ 2014/01/20
<sup>60</sup> Co	溶解後、ゲルマニウム半導体検出器を用いてγ線測定	ゲルマニウム半導体検出器 (ORTEC製 GEM-40P4-76)	2013/09/09	2013/10/17 ~ 2013/11/05
<sup>59</sup> Ni	溶解後、陰イオン交換樹脂で <sup>60</sup> Coを除去した後、SrレンジでSrを除去後、NiレンジによりNiを精製し、低エネルギー光子検出器(Ge-LEPS検出器)を用いてX線測定	Ge-LEPS検出器 (ORTEC製 GLP-36360/13P)	2014/11/19	2014/12/01 ~ 2014/12/24
<sup>63</sup> Ni	溶解後、陰イオン交換樹脂で <sup>60</sup> Coを除去した後、SrレンジでSrを除去後、Niレンジにより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)	2014/03/21	2014/03/13 ~ 2014/03/21
<sup>90</sup> Sr	溶解後、陰イオン交換樹脂で <sup>60</sup> Coを除去した後、SrレンジでSrを除去し、放射平衡が成立した後、 <sup>90</sup> Sr- <sup>90</sup> Yを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)	2014/03/21	2014/03/12 ~ 2014/03/20
<sup>94</sup> Nb	溶解後、陰イオン交換樹脂で <sup>60</sup> Coを除去した後、ゲルマニウム半導体検出器を用いてγ線測定	ゲルマニウム半導体検出器 (ORTEC製 GEM-40P4-76)	2014/07/23	2014/07/29 ~ 2014/08/12
<sup>99</sup> Tc	溶解後、Csを除去した後、鉄・炭酸塩共沈及びTEVAレンジ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β線測定	液体シンチレーションカウンタ (PerkinElmer製 Tri-Carb 3110TR)	2014/09/09 2015/05/20	2014/09/01 ~ 2015/07/22
<sup>129</sup> I	燃焼法による分離の後、反応セル型質量分析装置(DRC-ICP-MS)を用いて濃度測定	DRC-ICP-MS (PerkinElmer製 ELAN DRC-e)	2014/08/29	2014/08/29 ~ 2014/09/04
<sup>134</sup> Cs	溶解後、陰イオン交換樹脂で <sup>60</sup> Coを除去した後、ゲルマニウム半導体検出器を用いてγ線測定	ゲルマニウム半導体検出器 (ORTEC製 GEM-40P4-76)	2013/11/29	2013/12/02 ~ 2014/01/20
<sup>137</sup> Cs	溶解後、陰イオン交換樹脂で <sup>60</sup> Coを除去した後、ゲルマニウム半導体検出器を用いてγ線測定	ゲルマニウム半導体検出器 (ORTEC製 GEM-40P4-76)	2013/11/29	2013/12/02 ~ 2014/01/20
<sup>152</sup> Eu	溶解後、陰イオン交換樹脂で <sup>60</sup> Coを除去した後、ゲルマニウム半導体検出器を用いてγ線測定	ゲルマニウム半導体検出器 (ORTEC製 GEM-40P4-76)	2013/11/29	2013/12/02 ~ 2014/01/20
<sup>154</sup> Eu	溶解後、陰イオン交換樹脂で <sup>60</sup> Coを除去した後、ゲルマニウム半導体検出器を用いてγ線測定	ゲルマニウム半導体検出器 (ORTEC製 GEM-40P4-76)	2013/11/29	2013/12/02 ~ 2014/01/20
<sup>234</sup> U	溶解後、UTEVAレンジ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α線測定	Si半導体検出器 (ORTEC製 Soloist alpha spectrometer)	2014/03/12	2014/03/19 ~ 2014/03/31
<sup>235</sup> U	溶解後、UTEVAレンジ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α線測定	Si半導体検出器 (ORTEC製 Soloist alpha spectrometer)	2014/03/12	2014/03/19 ~ 2014/03/31
<sup>238</sup> U	溶解後、UTEVAレンジでマトリックス元素を除去した後、誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)を用いて濃度測定	ICP-MS (PerkinElmer製 ELAN DRC-e)	2014/11/12	2014/11/12 ~ 2014/11/12
<sup>238</sup> Pu	溶解後、TRUレンジ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α線測定	Si半導体検出器 (ORTEC製 Soloist alpha spectrometer)	2014/04/07 2015/04/30	2014/04/25 ~ 2015/06/11
<sup>239+240</sup> Pu	溶解後、TRUレンジ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α線測定	Si半導体検出器 (ORTEC製 Soloist alpha spectrometer)	2014/04/07 2015/04/30	2014/04/25 ~ 2015/06/11
<sup>241</sup> Am	溶解後、TRUレンジ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α線測定	Si半導体検出器 (ORTEC製 Soloist alpha spectrometer)	2014/04/07 2015/04/30	2014/04/07 ~ 2015/06/11
<sup>244</sup> Cm	溶解後、TRUレンジ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α線測定	Si半導体検出器 (ORTEC製 Soloist alpha spectrometer)	2014/04/07 2015/04/30	2014/04/07 ~ 2015/06/11

表3 酸浸漬法又は研磨法による放射性核種の除去率

管理番号	試料番号	重量 (g)	汚染面積 (cm <sup>2</sup> )	金属溶解量 (g)	溶解厚さ※1 (μm)	60Co又は137Csの計数率※2		除去率※4 (%)
						酸浸漬・研磨前 (cps)	酸浸漬・研磨後 (cps)	
11-13	10-16-A-1	71	21.4	1.4	81	$5.7 \times 10^1$	$1.2 \times 10^{-1}$	99.8
11-15	10-17-A-1	77	22.9	1.9	103	$5.1 \times 10^{-1}$	$1.2 \times 10^{-2}$ ※3	97.6
11-05	10-5-2	208	22.6	0.6	32	$3.6 \times 10^1$	$6.7 \times 10^{-2}$	99.8
1	11-1-1	99	23.2	0.5	25	$8.0 \times 10^1$	$3.5 \times 10^{-1}$	99.6
3	11-4-1	98	23.8	0.8	45	$1.5 \times 10^1$	$2.0 \times 10^{-1}$ ※3	98.7
4	11-7-2	343	21.6	0.8	45	$6.3 \times 10^1$	$1.1 \times 10^{-2}$	100
5	11-8-1	437	24.5	0.8	41	$5.2 \times 10^1$	$2.8 \times 10^{-3}$	100
8	11-16-1	59	19.0	0.3	21	$6.8 \times 10^1$	$1.4 \times 10^{-1}$ ※3	99.8
2	12-1-2	99	20.6	0.7	41	$5.3 \times 10^1$	$8.8 \times 10^{-2}$	99.8
3	12-11-1	115	24.4	0.9	47	$2.6 \times 10^{-1}$	$2.4 \times 10^{-3}$ ※3	99.1※5

※1 金属溶解量より算出した。

※2 Ge半導体検出器を使用した。

※3 前処理法として研磨法を併用した。

※4 酸浸漬(研磨)前後の<sup>60</sup>Co又は<sup>137</sup>Csの計数率より算出した。

※5 <sup>137</sup>Cs濃度の高い試料のため、<sup>137</sup>Csの計数率より算出した。

表 4 Mn, Cs, Eu, Sr 及び Ni の回収率

管理番号	試料番号	Mn ※1	Cs	Eu	Sr	Ni ※1
11-13	10-16-A-1	88	96	94	87	99
11-15	10-17-A-1	89	94	94	89	98
11-05	10-5-2	70	95	96	88	98
1	11-1-1	78	95	98	85	102
3	11-4-1	89	97	96	85	100
4	11-7-2	82	95	97	86	98
5	11-8-1	82	95	98	87	99
8	11-16-1	73	96	98	81	102
2	12-1-2	82	95	96	86	102
3	12-11-1	81	95	98	86	103

※1 試料由来のMn及びNiの量は、試料溶解液の化学成分分析から算出し、回収率の値を補正した。

表 5  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  及び  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{154}\text{Eu}$  の分析結果 (1/2)

管理番号	試料番号	(Bq/g) ※1							
		$^{60}\text{Co}$	$^{54}\text{Mn}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{152}\text{Eu}$	$^{154}\text{Eu}$		
11-13	10-16-A-1	測定日 2013/11/01	測定日 2014/01/15	$(6.4 \pm 0.1) \times 10^2$	$< 8.4 \times 10^{-4}$	$< 7.8 \times 10^{-4}$	$(4.0 \pm 0.6) \times 10^{-3}$	$(1.7 \pm 0.2) \times 10^{-2}$	$(1.4 \pm 0.2) \times 10^{-2}$
11-15	10-17-A-1	測定日 2013/11/01	測定日 2013/12/09	$(3.1 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	$< 7.5 \times 10^{-4}$	$< 7.3 \times 10^{-4}$	$< 9.3 \times 10^{-4}$	$< 2.7 \times 10^{-3}$	$< 1.9 \times 10^{-3}$
11-05	10-5-2	測定日 2013/10/17	測定日 2013/12/04	$(6.5 \pm 0.1) \times 10^0$	$(2.7 \pm 0.2) \times 10^{-3}$	$< 2.3 \times 10^{-4}$	$< 3.0 \times 10^{-4}$	$< 9.1 \times 10^{-4}$	$< 1.1 \times 10^{-3}$
1	11-1-1	測定日 2013/11/01	測定日 2014/01/17	$(1.4 \pm 0.1) \times 10^3$	$< 1.2 \times 10^{-3}$	$< 7.9 \times 10^{-4}$	$(4.0 \pm 0.6) \times 10^{-3}$	$(3.2 \pm 1.3) \times 10^{-3}$	$(3.4 \pm 0.9) \times 10^{-3}$
3	11-4-1	測定日 2013/10/17	測定日 2013/12/11	$(6.5 \pm 0.1) \times 10^0$	$< 5.8 \times 10^{-4}$	$< 5.6 \times 10^{-4}$	$(9.9 \pm 3.5) \times 10^{-4}$	$< 2.1 \times 10^{-3}$	$< 1.5 \times 10^{-3}$
4	11-7-2	測定日 2013/11/05	測定日 2014/01/08	$(1.4 \pm 0.1) \times 10^2$	$< 1.8 \times 10^{-4}$	$< 1.6 \times 10^{-4}$	$(3.7 \pm 1.0) \times 10^{-4}$	$(8.8 \pm 0.4) \times 10^{-3}$	$(5.5 \pm 0.3) \times 10^{-3}$
5	11-8-1	測定日 2013/11/01	測定日 2013/12/16	$(8.6 \pm 0.1) \times 10^1$	$< 1.5 \times 10^{-4}$	$< 1.3 \times 10^{-4}$	$< 1.7 \times 10^{-4}$	$(7.9 \pm 0.3) \times 10^{-3}$	$(2.9 \pm 0.2) \times 10^{-3}$
8	11-16-1	測定日 2013/11/01	測定日 2013/12/06	$(1.8 \pm 0.1) \times 10^3$	$(3.7 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	$< 1.1 \times 10^{-3}$	$(2.6 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	$(3.8 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	$(3.5 \pm 0.1) \times 10^{-1}$
2	12-1-2	測定日 2013/10/31	測定日 2013/12/13	$(3.6 \pm 0.1) \times 10^2$	$< 6.3 \times 10^{-4}$	$< 5.8 \times 10^{-4}$	$(1.2 \pm 0.4) \times 10^{-3}$	$(7.9 \pm 1.1) \times 10^{-3}$	$(1.3 \pm 0.1) \times 10^{-2}$
3	12-11-1	測定日 2013/10/29	測定日 2013/12/02	$(6.8 \pm 0.7) \times 10^{-3}$	$< 4.4 \times 10^{-4}$	$< 4.1 \times 10^{-4}$	$(7.1 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	$< 1.7 \times 10^{-3}$	$< 1.0 \times 10^{-3}$

※1 前処理前の金属試料1gあたりの放射能 (Bq) で表記した。

表 5  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  及び  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{154}\text{Eu}$  の分析結果 (2/2)

(Bq/cm<sup>2</sup>) ※1

管理番号	試料番号	測定日	$^{60}\text{Co}$	測定日	$^{54}\text{Mn}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{152}\text{Eu}$	$^{154}\text{Eu}$
11-13	10-16-A-1	2013/11/01	(2.1±0.1)×10 <sup>3</sup>	2014/01/15	< 2.8×10 <sup>-3</sup>	< 2.6×10 <sup>-3</sup>	(1.3±0.2)×10 <sup>-2</sup>	(5.5±0.6)×10 <sup>-2</sup>	(4.5±0.4)×10 <sup>-2</sup>
11-15	10-17-A-1	2013/11/01	(1.0±0.1)×10 <sup>0</sup>	2013/12/09	< 2.5×10 <sup>-3</sup>	< 2.5×10 <sup>-3</sup>	< 3.1×10 <sup>-3</sup>	< 9.1×10 <sup>-3</sup>	< 6.4×10 <sup>-3</sup>
11-05	10-5-2	2013/10/17	(6.0±0.1)×10 <sup>1</sup>	2013/12/04	(2.5±0.2)×10 <sup>-2</sup>	< 2.1×10 <sup>-3</sup>	< 2.7×10 <sup>-3</sup>	< 8.4×10 <sup>-3</sup>	< 9.8×10 <sup>-3</sup>
1	11-1-1	2013/11/01	(6.0±0.1)×10 <sup>3</sup>	2014/01/17	< 5.1×10 <sup>-3</sup>	< 3.4×10 <sup>-3</sup>	(1.7±0.3)×10 <sup>-2</sup>	(1.4±0.6)×10 <sup>-2</sup>	(1.5±0.4)×10 <sup>-2</sup>
3	11-4-1	2013/10/17	(2.7±0.1)×10 <sup>1</sup>	2013/12/11	< 2.4×10 <sup>-3</sup>	< 2.3×10 <sup>-3</sup>	(4.1±1.4)×10 <sup>-3</sup>	< 8.7×10 <sup>-3</sup>	< 6.0×10 <sup>-3</sup>
4	11-7-2	2013/11/05	(2.2±0.1)×10 <sup>3</sup>	2014/01/08	< 2.9×10 <sup>-3</sup>	< 2.6×10 <sup>-3</sup>	(5.9±1.6)×10 <sup>-3</sup>	(1.4±0.1)×10 <sup>-1</sup>	(8.8±0.5)×10 <sup>-2</sup>
5	11-8-1	2013/11/01	(1.5±0.1)×10 <sup>3</sup>	2013/12/16	< 2.7×10 <sup>-3</sup>	< 2.4×10 <sup>-3</sup>	< 3.1×10 <sup>-3</sup>	(1.4±0.1)×10 <sup>-1</sup>	(5.2±0.4)×10 <sup>-2</sup>
8	11-16-1	2013/11/01	(5.6±0.1)×10 <sup>3</sup>	2013/12/06	(1.2±0.1)×10 <sup>-1</sup>	< 3.5×10 <sup>-3</sup>	(8.1±0.3)×10 <sup>-2</sup>	(1.2±0.1)×10 <sup>0</sup>	(1.1±0.1)×10 <sup>0</sup>
2	12-1-2	2013/10/31	(1.7±0.1)×10 <sup>3</sup>	2013/12/13	< 3.0×10 <sup>-3</sup>	< 2.8×10 <sup>-3</sup>	(5.9±1.8)×10 <sup>-3</sup>	(3.8±0.6)×10 <sup>-2</sup>	(6.4±0.5)×10 <sup>-2</sup>
3	12-11-1	2013/10/29	(3.2±0.3)×10 <sup>-2</sup>	2013/12/02	< 2.1×10 <sup>-3</sup>	< 1.9×10 <sup>-3</sup>	(3.3±0.1)×10 <sup>-1</sup>	< 7.7×10 <sup>-3</sup>	< 4.6×10 <sup>-3</sup>

※1 金属試料の汚染面1cm<sup>2</sup>あたりの放射能(Bq)で表記した。

表 6  $^{59}\text{Ni}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ 及び $^{90}\text{Sr}$ の分析結果(1/2)

(Bq/g) ※1

管理番号	試料番号	測定日	$^{59}\text{Ni}$	測定日	$^{63}\text{Ni}$	測定日	$^{90}\text{Sr}$
11-13	10-16-A-1	2014/12/10	$< 1.5 \times 10^{-2}$	2014/03/13	$(1.6 \pm 0.1) \times 10^0$	2014/03/12	$< 8.2 \times 10^{-4}$
11-15	10-17-A-1	2014/12/03	$< 1.9 \times 10^{-2}$	2014/03/13	$< 1.3 \times 10^{-1}$	2014/03/12	$< 7.3 \times 10^{-4}$
11-05	10-5-2	2014/12/15	$(2.0 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	2014/03/13	$(2.7 \pm 0.1) \times 10^0$	2014/03/12	$< 2.8 \times 10^{-4}$
1	11-1-1	2014/12/12	$(2.0 \pm 0.3) \times 10^{-2}$	2014/03/13	$(2.7 \pm 0.1) \times 10^0$	2014/03/12	$< 6.0 \times 10^{-4}$
3	11-4-1	2014/12/05	$< 6.5 \times 10^{-3}$	2014/03/13	$< 4.4 \times 10^{-2}$	2014/03/12	$< 6.1 \times 10^{-4}$
4	11-7-2	2014/12/22	$(2.3 \pm 0.1) \times 10^0$	2014/03/13	$(2.8 \pm 0.1) \times 10^2$	2014/03/12	$< 1.7 \times 10^{-4}$
5	11-8-1	2014/12/19	$(1.4 \pm 0.1) \times 10^0$	2014/03/13	$(1.7 \pm 0.1) \times 10^2$	2014/03/12	$< 1.3 \times 10^{-4}$
8	11-16-1	2014/12/01	$(1.5 \pm 0.1) \times 10^1$	2014/03/13	$(1.9 \pm 0.1) \times 10^3$	2014/03/13	$(1.7 \pm 0.1) \times 10^{-2}$
2	12-1-2	2014/12/17	$(3.9 \pm 0.1) \times 10^0$	2014/03/14	$(4.9 \pm 0.1) \times 10^2$	2014/03/13	$(6.2 \pm 2.0) \times 10^{-4}$
3	12-11-1	2014/12/08	$< 6.1 \times 10^{-4}$	2014/03/14	$(5.7 \pm 1.5) \times 10^{-3}$	2014/03/13	$(5.4 \pm 0.1) \times 10^{-2}$

※1 前処理前の金属試料1gあたりの放射能(Bq)で表記した。



表 6  $^{59}\text{Ni}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ 及び $^{90}\text{Sr}$ の分析結果 (2/2)

管理番号	試料番号	$^{59}\text{Ni}$			$^{63}\text{Ni}$			$^{90}\text{Sr}$		
		測定日	測定日	測定日	測定日	測定日	測定日	測定日	測定日	測定日
11-13	10-16-A-1	2014/12/10	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/12	2014/03/12	2014/03/12	2014/03/12	< $2.7 \times 10^{-3}$
11-15	10-17-A-1	2014/12/03	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/12	2014/03/12	2014/03/12	2014/03/12	< $2.5 \times 10^{-3}$
11-05	10-5-2	2014/12/15	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/12	2014/03/12	2014/03/12	2014/03/12	< $2.5 \times 10^{-3}$
1	11-1-1	2014/12/12	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/12	2014/03/12	2014/03/12	2014/03/12	< $2.6 \times 10^{-3}$
3	11-4-1	2014/12/05	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/12	2014/03/12	2014/03/12	2014/03/12	< $2.5 \times 10^{-3}$
4	11-7-2	2014/12/22	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/12	2014/03/12	2014/03/12	2014/03/12	< $2.7 \times 10^{-3}$
5	11-8-1	2014/12/19	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/12	2014/03/12	2014/03/12	2014/03/12	< $2.4 \times 10^{-3}$
8	11-16-1	2014/12/01	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/13	$(5.4 \pm 0.2) \times 10^{-2}$
2	12-1-2	2014/12/17	2014/03/14	2014/03/14	2014/03/14	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/13	$(3.0 \pm 1.0) \times 10^{-3}$
3	12-11-1	2014/12/08	2014/03/14	2014/03/14	2014/03/14	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/13	2014/03/13	$(2.5 \pm 0.1) \times 10^{-1}$

※1 金属試料の汚染面 $1\text{cm}^2$ あたりの放射能(Bq)で表記した。

表 7 U, Pu 及び Am の回収率 (%)

管理番号	試料番号	U	Pu	Am
11-13	10-16-A-1	101	109	101
11-15	10-17-A-1	96	98	116
11-05	10-5-2	100	94	96
1	11-1-1	98	104	99
3	11-4-1	108	97	96
4	11-7-2	100	95	79
5	11-8-1	97	97	91
8	11-16-1	101	104	69
2	12-1-2	100	102	96
3	12-11-1	98	100	89

表 8  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  の分析結果 (1/2)

管理番号	試料番号	$^{234}\text{U}$		$^{235}\text{U}$		$^{238}\text{U}$	
		測定日	濃度	測定日	濃度	測定日	濃度
11-13	10-16-A-1	2014/03/25	$< 8.2 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$< 9.8 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$(1.5 \pm 0.1) \times 10^{-6}$
11-15	10-17-A-1	2014/03/19	$< 9.3 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$< 7.8 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$(3.4 \pm 0.1) \times 10^{-6}$
11-05	10-5-2	2014/03/19	$< 2.9 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$< 3.4 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$(5.6 \pm 0.2) \times 10^{-7}$
1	11-1-1	2014/03/25	$< 7.1 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$< 6.0 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$(3.6 \pm 0.9) \times 10^{-8}$
3	11-4-1	2014/03/19	$< 7.4 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$< 8.3 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$(4.8 \pm 0.1) \times 10^{-6}$
4	11-7-2	2014/03/19	$< 1.8 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$< 2.1 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$(3.0 \pm 0.1) \times 10^{-7}$
5	11-8-1	2014/03/19	$< 1.9 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$< 1.9 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$(2.1 \pm 0.1) \times 10^{-7}$
8	11-16-1	2014/03/25	$< 1.2 \times 10^{-3}$	2014/11/12	$< 1.0 \times 10^{-3}$	2014/11/12	$(1.3 \pm 0.1) \times 10^{-5}$
2	12-1-2	2014/03/19	$< 7.1 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$< 6.0 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$(6.5 \pm 0.1) \times 10^{-6}$
3	12-11-1	2014/03/19	$< 6.3 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$< 5.3 \times 10^{-4}$	2014/11/12	$(9.4 \pm 0.1) \times 10^{-6}$

※1 前処理前の金属試料1gあたりの放射能 (Bq) で表記した。

表 8  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ の分析結果 (2/2)

(Bq/cm<sup>2</sup>) ※1

管理番号	試料番号	$^{234}\text{U}$		$^{235}\text{U}$		$^{238}\text{U}$	
		測定日	濃度	測定日	濃度	測定日	濃度
11-13	10-16-A-1	2014/03/25	< 2.7 × 10 <sup>-3</sup>	2014/03/25	< 3.2 × 10 <sup>-3</sup>	2014/11/12	(5.0 ± 0.1) × 10 <sup>-6</sup>
11-15	10-17-A-1	2014/03/19	< 3.1 × 10 <sup>-3</sup>	2014/03/19	< 2.6 × 10 <sup>-3</sup>	2014/11/12	(1.1 ± 0.1) × 10 <sup>-5</sup>
11-05	10-5-2	2014/03/19	< 2.6 × 10 <sup>-3</sup>	2014/03/19	< 3.1 × 10 <sup>-3</sup>	2014/11/12	(5.1 ± 0.2) × 10 <sup>-6</sup>
1	11-1-1	2014/03/25	< 3.0 × 10 <sup>-3</sup>	2014/03/25	< 2.6 × 10 <sup>-3</sup>	2014/11/12	(1.5 ± 0.4) × 10 <sup>-7</sup>
3	11-4-1	2014/03/19	< 3.0 × 10 <sup>-3</sup>	2014/03/19	< 3.4 × 10 <sup>-3</sup>	2014/11/12	(2.0 ± 0.1) × 10 <sup>-5</sup>
4	11-7-2	2014/03/19	< 2.8 × 10 <sup>-3</sup>	2014/03/19	< 3.3 × 10 <sup>-3</sup>	2014/11/12	(4.7 ± 0.1) × 10 <sup>-6</sup>
5	11-8-1	2014/03/19	< 3.4 × 10 <sup>-3</sup>	2014/03/19	< 3.4 × 10 <sup>-3</sup>	2014/11/12	(3.8 ± 0.1) × 10 <sup>-6</sup>
8	11-16-1	2014/03/25	< 3.7 × 10 <sup>-3</sup>	2014/03/25	< 3.1 × 10 <sup>-3</sup>	2014/11/12	(4.0 ± 0.1) × 10 <sup>-5</sup>
2	12-1-2	2014/03/19	< 3.4 × 10 <sup>-3</sup>	2014/03/19	< 2.9 × 10 <sup>-3</sup>	2014/11/12	(6.0 ± 0.1) × 10 <sup>-6</sup>
3	12-11-1	2014/03/19	< 2.9 × 10 <sup>-3</sup>	2014/03/19	< 2.5 × 10 <sup>-3</sup>	2014/11/12	(9.4 ± 0.1) × 10 <sup>-6</sup>

※1 金属試料の汚染面1cm<sup>2</sup>あたりの放射能(Bq)で表記した。

表 9  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  及び  $^{244}\text{Cm}$  の分析結果 (1/2)

管理番号	試料番号	$^{238}\text{Pu}$		$^{239+240}\text{Pu}$		$^{241}\text{Am}$	$^{244}\text{Cm}$ ※2
		測定日	濃度	測定日	濃度		
11-13	10-16-A-1	2014/04/25	$< 7.2 \times 10^{-5}$	2015/04/30	$< 3.6 \times 10^{-5}$	$< 8.2 \times 10^{-4}$	$(9.7 \pm 0.2) \times 10^{-3}$
11-15	10-17-A-1	2014/04/28	$< 2.9 \times 10^{-5}$	2014/04/07	$< 2.6 \times 10^{-5}$	$< 1.9 \times 10^{-5}$	$< 2.3 \times 10^{-5}$
11-05	10-5-2	2014/05/01	$< 7.9 \times 10^{-6}$	2014/04/14	$< 7.9 \times 10^{-6}$	$< 9.1 \times 10^{-6}$	$< 9.4 \times 10^{-6}$
1	11-1-1	2014/05/07	$< 5.7 \times 10^{-5}$	2015/04/30	$< 3.0 \times 10^{-5}$	$< 1.3 \times 10^{-4}$	$(1.2 \pm 0.1) \times 10^{-3}$
3	11-4-1	2014/04/28	$< 1.6 \times 10^{-5}$	2015/06/05	$< 2.2 \times 10^{-5}$	$< 4.5 \times 10^{-5}$	$(1.8 \pm 0.2) \times 10^{-4}$
4	11-7-2	2015/06/05	$< 6.8 \times 10^{-6}$	2015/06/05	$(2.8 \pm 0.4) \times 10^{-5}$	$(3.2 \pm 0.5) \times 10^{-5}$	$< 5.5 \times 10^{-6}$
5	11-8-1	2015/06/05	$< 4.4 \times 10^{-6}$	2015/06/05	$(2.3 \pm 0.4) \times 10^{-5}$	$(1.8 \pm 0.3) \times 10^{-5}$	$< 3.9 \times 10^{-6}$
8	11-16-1	2015/06/05	$(1.6 \pm 0.3) \times 10^{-4}$	2015/04/30	$(7.2 \pm 0.5) \times 10^{-4}$	$(8.8 \pm 0.8) \times 10^{-5}$	$(5.6 \pm 0.7) \times 10^{-5}$
2	12-1-2	2014/05/01	$< 1.5 \times 10^{-5}$	2014/04/07	$< 2.9 \times 10^{-5}$	$< 2.1 \times 10^{-5}$	$< 1.6 \times 10^{-5}$
3	12-11-1	2014/05/01	$< 2.0 \times 10^{-5}$	2014/04/07	$< 1.8 \times 10^{-5}$	$< 1.8 \times 10^{-5}$	$< 1.5 \times 10^{-5}$

※1 前処理前の金属試料1gあたりの放射能(Bq)で表記した。

※2 回収率補正には、Amの回収率を使用した。

表 9  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  及び  $^{244}\text{Cm}$  の分析結果 (2/2)

管理番号	試料番号	$^{238}\text{Pu}$			$^{239+240}\text{Pu}$			$^{241}\text{Am}$			$^{244}\text{Cm}$ ※2	
		測定日			測定日			測定日				
11-13	10-16-A-1	2014/04/25	< $2.4 \times 10^{-4}$	< $1.2 \times 10^{-4}$	2015/04/30	< $3.4 \times 10^{-3}$	( $4.0 \pm 0.1$ ) $\times 10^{-2}$					
11-15	10-17-A-1	2014/04/28	< $9.7 \times 10^{-5}$	< $8.8 \times 10^{-5}$	2014/04/07	< $6.5 \times 10^{-5}$	< $7.7 \times 10^{-5}$					
11-05	10-5-2	2014/05/01	< $7.2 \times 10^{-5}$	< $7.2 \times 10^{-5}$	2014/04/14	< $8.4 \times 10^{-5}$	< $8.7 \times 10^{-5}$					
1	11-1-1	2014/05/07	< $2.5 \times 10^{-4}$	< $1.3 \times 10^{-4}$	2015/04/30	< $2.0 \times 10^{-3}$	( $1.9 \pm 0.1$ ) $\times 10^{-2}$					
3	11-4-1	2014/04/28	< $6.7 \times 10^{-5}$	< $8.9 \times 10^{-5}$	2015/06/05	< $1.8 \times 10^{-4}$	( $7.5 \pm 0.8$ ) $\times 10^{-4}$					
4	11-7-2	2015/06/05	< $1.1 \times 10^{-4}$	( $4.5 \pm 0.7$ ) $\times 10^{-4}$	2015/06/05	( $5.1 \pm 0.8$ ) $\times 10^{-4}$	< $8.7 \times 10^{-5}$					
5	11-8-1	2015/06/05	< $7.8 \times 10^{-5}$	( $4.1 \pm 0.6$ ) $\times 10^{-4}$	2015/06/05	( $3.2 \pm 0.6$ ) $\times 10^{-4}$	< $6.9 \times 10^{-5}$					
8	11-16-1	2015/06/05	( $5.0 \pm 0.8$ ) $\times 10^{-4}$	( $2.2 \pm 0.2$ ) $\times 10^{-3}$	2015/04/30	( $1.6 \pm 0.2$ ) $\times 10^{-3}$	( $9.9 \pm 1.2$ ) $\times 10^{-4}$					
2	12-1-2	2014/05/01	< $7.3 \times 10^{-5}$	< $1.4 \times 10^{-4}$	2014/04/07	< $1.0 \times 10^{-4}$	< $7.6 \times 10^{-5}$					
3	12-11-1	2014/05/01	< $9.1 \times 10^{-5}$	< $8.4 \times 10^{-5}$	2014/04/07	< $8.4 \times 10^{-5}$	< $7.1 \times 10^{-5}$					

※1 金属試料の汚染面1cm<sup>2</sup>あたりの放射能(Bq)で表記した。

※2 回収率補正には, Amの回収率を使用した。

表 10  $^{94}\text{Nb}$ の分析結果

管理番号	試料番号	回収率 (%)	測定日	放射能 (Bq/g) ※1	放射能 (Bq/cm <sup>2</sup> ) ※2
11-13	10-16-A-3	95	2014/08/04	$(5.3 \pm 2.1) \times 10^{-3}$	$(1.5 \pm 0.7) \times 10^{-2}$
11-15	10-17-A-3	98	2014/08/11	$< 3.1 \times 10^{-3}$	$< 1.0 \times 10^{-2}$
11-05	10-5-3	84	2014/07/29	$(6.9 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	$(6.6 \pm 0.1) \times 10^0$
1	11-1-3	87	2014/07/31	$< 2.7 \times 10^{-3}$	$< 1.1 \times 10^{-2}$
3	11-4-3	75	2014/08/08	$(1.6 \pm 0.2) \times 10^{-2}$	$(6.3 \pm 0.7) \times 10^{-2}$
4	11-7-3	95	2014/08/04	$(1.6 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	$(2.6 \pm 0.1) \times 10^0$
5	11-8-3	89	2014/08/06	$(2.7 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	$(4.7 \pm 0.1) \times 10^0$
8	11-16-3	99	2014/08/01	$(5.5 \pm 0.1) \times 10^0$	$(1.7 \pm 0.1) \times 10^1$
2	12-1-3	79	2014/08/07	$(1.4 \pm 0.1) \times 10^0$	$(6.8 \pm 0.1) \times 10^0$
3	12-11-3	73	2014/08/12	$(6.6 \pm 1.5) \times 10^{-3}$	$(3.0 \pm 0.7) \times 10^{-2}$

※1 前処理前の金属試料1gあたりの放射能(Bq)で表記した。

※2 金属試料の汚染面1cm<sup>2</sup>あたりの放射能(Bq)で表記した。

表 11  $^{99}\text{Tc}$ の分析結果

管理番号	試料番号	回収率 (%) ※1	測定日	放射能 (Bq/g) ※2	放射能 (Bq/cm <sup>2</sup> ) ※3
11-13	10-16-A-6	82	2014/09/01	< 1.9 × 10 <sup>-3</sup>	< 6.0 × 10 <sup>-3</sup>
11-15	10-17-A-6	79	2014/09/02	< 1.8 × 10 <sup>-3</sup>	< 5.2 × 10 <sup>-3</sup>
11-05	10-5-6	83	2014/09/02	< 5.4 × 10 <sup>-4</sup>	< 5.4 × 10 <sup>-3</sup>
1	11-1-6	78	2014/09/02	< 1.4 × 10 <sup>-3</sup>	< 5.7 × 10 <sup>-3</sup>
3	11-4-6	78	2014/09/02	< 1.4 × 10 <sup>-3</sup>	< 5.7 × 10 <sup>-3</sup>
4	11-7-6	75	2014/09/02	< 3.9 × 10 <sup>-4</sup>	< 6.1 × 10 <sup>-3</sup>
5	11-8-6	76	2015/07/17	< 2.2 × 10 <sup>-3</sup>	< 4.2 × 10 <sup>-2</sup>
8	11-16-6	81	2014/09/02	< 2.2 × 10 <sup>-3</sup>	< 7.1 × 10 <sup>-3</sup>
2	12-1-6	75	2014/09/02	< 1.5 × 10 <sup>-3</sup>	< 7.4 × 10 <sup>-3</sup>
3	12-11-6	84	2014/09/02	< 1.1 × 10 <sup>-3</sup>	< 4.9 × 10 <sup>-3</sup>

※1 Reで回収率を算出した。

※2 前処理前の金属試料1gあたりの放射能(Bq)で表記した。

※3 金属試料の汚染面1cm<sup>2</sup>あたりの放射能(Bq)で表記した。



表 12  $^3\text{H}$  の分析結果

管理番号	試料番号	蒸留操作の 回収率 (%)	測定日	放射能 (Bq/g) ※1	放射能 (Bq/cm <sup>2</sup> ) ※2
11-13	10-16-A-3	95	2014/05/14	$(1.2 \pm 0.1) \times 10^2$	$(3.4 \pm 0.1) \times 10^2$
11-15	10-17-A-3	97	2014/05/14	$(9.5 \pm 0.2) \times 10^{-2}$	$(3.1 \pm 0.1) \times 10^{-1}$
11-05	10-5-3	96	2014/05/14	$(6.8 \pm 0.4) \times 10^{-3}$	$(6.6 \pm 0.4) \times 10^{-2}$
1	11-1-3	97	2014/05/15	$(6.7 \pm 0.1) \times 10^0$	$(2.8 \pm 0.1) \times 10^1$
3	11-4-3	94	2014/05/15	$(7.7 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	$(3.1 \pm 0.1) \times 10^0$
4	11-7-3	93	2014/05/15	$(1.9 \pm 0.2) \times 10^{-3}$	$(3.0 \pm 0.3) \times 10^{-2}$
5	11-8-3	96	2014/05/15	$< 4.7 \times 10^{-4}$	$< 8.3 \times 10^{-3}$
8	11-16-3	98	2014/05/15	$(3.6 \pm 0.2) \times 10^{-2}$	$(1.1 \pm 0.1) \times 10^{-1}$
2	12-1-3	92	2014/05/15	$(2.6 \pm 0.7) \times 10^{-3}$	$(1.3 \pm 0.4) \times 10^{-2}$
3	12-11-3	84	2014/05/15	$(1.6 \pm 0.6) \times 10^{-3}$	$(7.6 \pm 2.5) \times 10^{-3}$

※1 前処理前の金属試料1gあたりの放射能 (Bq) で表記した。

※2 金属試料の汚染面1cm<sup>2</sup>あたりの放射能 (Bq) で表記した。

表 13  $^{14}\text{C}$  の分析結果

管理番号	試料番号	測定日	放射能 (Bq/g) ※1	放射能 (Bq/cm <sup>2</sup> ) ※2
11-13	10-16-A-3	2014/04/04	$(1.5 \pm 0.1) \times 10^1$	$(4.4 \pm 0.1) \times 10^1$
11-15	1-17-A-3	2014/04/04	$(4.2 \pm 0.3) \times 10^{-3}$	$(1.4 \pm 0.1) \times 10^{-2}$
11-05	10-5-3	2014/04/04	$(3.5 \pm 0.2) \times 10^{-3}$	$(3.3 \pm 0.2) \times 10^{-2}$
1	11-1-3	2014/04/04	$(2.4 \pm 0.1) \times 10^0$	$(9.8 \pm 0.1) \times 10^0$
3	11-4-3	2014/04/05	$(9.6 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	$(3.9 \pm 0.1) \times 10^{-1}$
4	11-7-3	2014/04/05	$(1.9 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	$(3.1 \pm 0.1) \times 10^{-1}$
5	11-8-3	2014/04/05	$(3.3 \pm 0.1) \times 10^{-3}$	$(5.9 \pm 0.2) \times 10^{-2}$
8	11-16-3	2014/04/05	$(3.5 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	$(1.1 \pm 0.1) \times 10^0$
2	12-1-3	2014/04/05	$(1.1 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	$(5.4 \pm 0.2) \times 10^{-2}$
3	12-11-3	2014/04/05	$(2.7 \pm 0.2) \times 10^{-3}$	$(1.2 \pm 0.1) \times 10^{-2}$

※1 前処理前の金属試料1gあたりの放射能 (Bq) で表記した。

※2 金属試料の汚染面1cm<sup>2</sup>あたりの放射能 (Bq) で表記した。

表 14  $^{36}\text{Cl}$ の分析結果

管理番号	試料番号	回収率 (%)	測定日	放射能 (Bq/g) ※1	放射能 (Bq/cm <sup>2</sup> ) ※2
11-13	10-16-A-4	41	2014/6/30	$< 4.1 \times 10^{-4}$	$< 1.2 \times 10^{-3}$
11-15	10-17-A-4	66	2014/6/30	$< 2.5 \times 10^{-4}$	$< 7.8 \times 10^{-4}$
11-05	10-5-4	71	2014/6/30	$< 8.8 \times 10^{-5}$	$< 8.7 \times 10^{-4}$
1	11-1-4	90	2014/9/19	$< 1.4 \times 10^{-4}$	$< 6.1 \times 10^{-4}$
3	11-4-4	85	2014/6/30	$< 1.4 \times 10^{-4}$	$< 6.1 \times 10^{-4}$
4	11-7-4	94	2014/7/29	$< 3.6 \times 10^{-5}$	$< 5.7 \times 10^{-4}$
5	11-8-4	93	2014/7/29	$< 3.7 \times 10^{-5}$	$< 6.5 \times 10^{-4}$
8	11-16-4	93	2014/7/29	$< 2.6 \times 10^{-4}$	$< 8.7 \times 10^{-4}$
2	12-1-4	59	2014/7/29	$< 2.2 \times 10^{-4}$	$< 1.1 \times 10^{-3}$
3	12-11-4	96	2014/6/30	$< 1.1 \times 10^{-4}$	$< 5.1 \times 10^{-4}$

※1 前処理前の金属試料1gあたりの放射能(Bq)で表記した。

※2 金属試料の汚染面1cm<sup>2</sup>あたりの放射能(Bq)で表記した。

表 15  $^{129}\text{I}$  の分析結果

管理番号	試料番号	回収率 (%)	測定日	放射能 (Bq/g) <sup>※1</sup>	放射能 (Bq/cm <sup>2</sup> ) <sup>※2</sup>
11-13	10-16-A-5	81	2014/09/04	< 1.4 × 10 <sup>-4</sup>	< 1.3 × 10 <sup>-4</sup>
11-15	10-17-A-5	82	2014/09/04	< 1.2 × 10 <sup>-4</sup>	< 1.3 × 10 <sup>-4</sup>
11-05	10-5-5	89	2014/09/04	< 4.3 × 10 <sup>-5</sup>	< 9.7 × 10 <sup>-5</sup>
1	11-1-5	87	2014/09/04	< 8.8 × 10 <sup>-5</sup>	< 1.2 × 10 <sup>-4</sup>
3	11-4-5	89	2014/09/04	< 9.4 × 10 <sup>-5</sup>	< 1.2 × 10 <sup>-4</sup>
4	11-7-5	83	2014/08/29	< 2.7 × 10 <sup>-5</sup>	< 7.9 × 10 <sup>-5</sup>
5	11-8-5	73	2014/08/29	< 2.1 × 10 <sup>-5</sup>	< 7.0 × 10 <sup>-5</sup>
8	11-16-5	74	2014/09/04	< 1.7 × 10 <sup>-4</sup>	< 1.5 × 10 <sup>-4</sup>
2	12-1-5	98	2014/08/29	< 1.0 × 10 <sup>-4</sup>	< 1.5 × 10 <sup>-4</sup>
3	12-11-5	95	2014/09/04	< 8.7 × 10 <sup>-5</sup>	< 1.3 × 10 <sup>-4</sup>

※1 前処理前の金属試料1gあたりの放射能 (Bq) で表記した。

※2 金属試料の汚染面1cm<sup>2</sup>あたりの放射能 (Bq) で表記した。







試料の写真	材質及び特徴	試料の写真	材質及び特徴
	<p>管理番号:11-13                      試料番号:10-16-A-1                      材質:ステンレス鋼                      特徴:茶色の錆があり、一部錆の薄いところがある。                      α核種, γ核種 (<math>^{94}\text{Nb}</math>除く), <math>^{59}\text{Ni}</math>, <math>^{63}\text{Ni}</math>及び<math>^{90}\text{Sr}</math>分析用</p>		<p>管理番号:11-13                      試料番号:10-16-A-2                      材質:ステンレス鋼                      特徴:茶色の錆があり、全体的に均一に広がっている。                      予備</p>
	<p>管理番号:11-13                      試料番号:10-16-A-3                      材質:ステンレス鋼                      特徴:茶色の錆があり、一部錆の色は薄い緑色をしている。  <math>^3\text{H}</math>, <math>^{14}\text{C}</math>及び<math>^{94}\text{Nb}</math>分析用</p>		<p>管理番号:11-13                      試料番号:10-16-A-4                      材質:ステンレス鋼                      特徴:茶色の錆があり、一部錆の色は薄い緑色をしている。                      表面に傷がある。  <math>^{36}\text{Cl}</math>分析用</p>
	<p>管理番号:11-13                      試料番号:10-16-A-5                      材質:ステンレス鋼                      特徴:半分に茶色の錆があり、もう半分には、茶色と薄い緑色の錆がある。  <math>^{129}\text{I}</math>分析用</p>		<p>管理番号:11-13                      試料番号:10-16-A-6                      材質:ステンレス鋼                      特徴:茶色の錆があり、一部錆の色は薄い緑色をしている。  <math>^{99}\text{Tc}</math>分析用</p>

図1 金属試料の表面観察結果 (1/10)



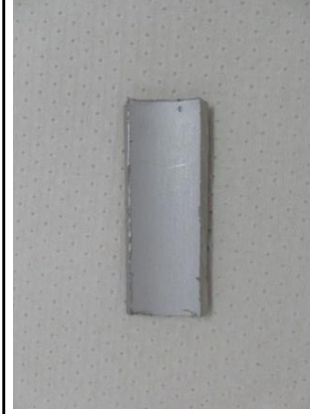
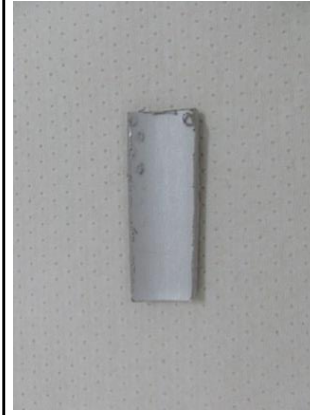
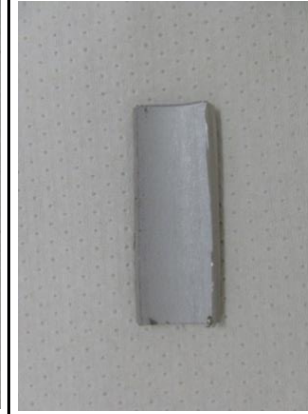
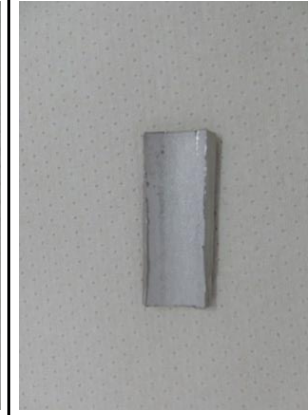
試料の写真	材質及び特徴	試料の写真	材質及び特徴
	<p>管理番号:11-15                      試料番号:10-17-A-1                      材質:ステンレス鋼                      特徴:光沢のない銀色で、一部汚れがある。                      α核種, γ核種 (<sup>94</sup>Nb除く),  <sup>59</sup>, <sup>63</sup>Ni及び<sup>90</sup>Sr分析用</p>		<p>管理番号:11-15                      試料番号:10-17-A-2                      材質:ステンレス鋼                      特徴:光沢のない銀色で、一部汚れがある。                      予備</p>
	<p>管理番号:11-15                      試料番号:10-17-A-3                      材質:ステンレス鋼                      特徴:光沢のない銀色で、一部汚れがある。  <sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C及び<sup>94</sup>Nb分析用</p>		<p>管理番号:11-15                      試料番号:10-17-A-4                      材質:ステンレス鋼                      特徴:光沢のない銀色で、一部汚れがある。  <sup>36</sup>Cl分析用</p>
	<p>管理番号:11-15                      試料番号:10-17-A-5                      材質:ステンレス鋼                      特徴:光沢のない銀色をしている。  <sup>129</sup>I分析用</p>		<p>管理番号:11-15                      試料番号:10-17-A-6                      材質:ステンレス鋼                      特徴:光沢のない銀色で、一部汚れがある。  <sup>99</sup>Tc分析用</p>

図1 金属試料の表面観察結果 (2/10)

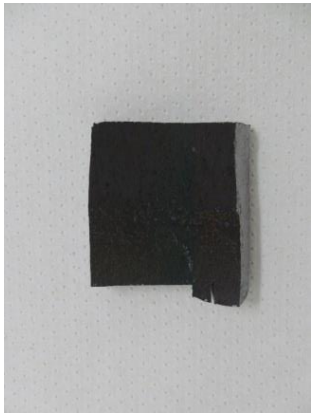
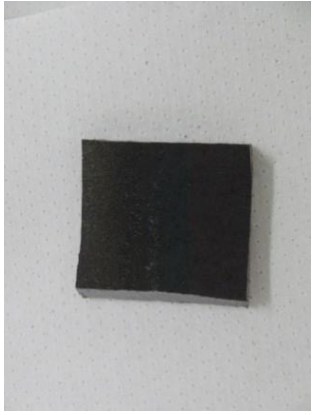
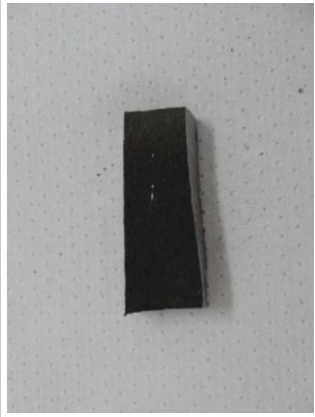
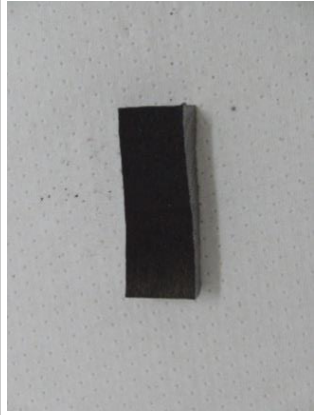
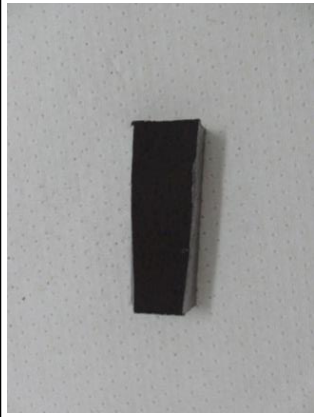
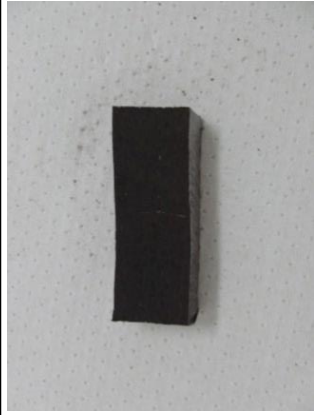
試料の写真	材質及び特徴	試料の写真	材質及び特徴
	<p>管理番号:11-05                      試料番号:10-5-1                      材質:炭素鋼                      特徴:黒い錆と凹凸があり、一部に斑模様の点がある。                      予備</p>		<p>管理番号:11-05                      試料番号:10-5-2                      材質:炭素鋼                      特徴:黒い錆と凹凸があり、一部に斑模様の点がある。                      α核種, γ核種 (<sup>94</sup>Nb除く),  <sup>59</sup>Ni及び<sup>90</sup>Sr分析用</p>
	<p>管理番号:11-05                      試料番号:10-5-3                      材質:炭素鋼                      特徴:黒い錆と凹凸があり、一部に斑模様の点がある。  <sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C及び<sup>94</sup>Nb分析用</p>		<p>管理番号:11-05                      試料番号:10-5-4                      材質:炭素鋼                      特徴:黒い錆と凹凸があり、一部に斑模様の点がある。  <sup>36</sup>Cl分析用</p>
	<p>管理番号:11-05                      試料番号:10-5-5                      材質:炭素鋼                      特徴:黒い錆と凹凸があり、一部に斑模様の点がある。  <sup>129</sup>I分析用</p>		<p>管理番号:11-05                      試料番号:10-5-6                      材質:炭素鋼                      特徴:黒い錆と凹凸があり、一部に斑模様の点がある。また表面中央に傷がある。  <sup>99</sup>Tc分析用</p>

図1 金属試料の表面観察結果 (3/10)

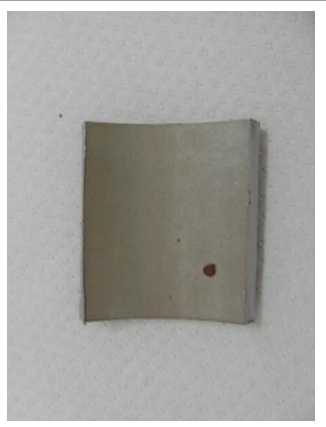

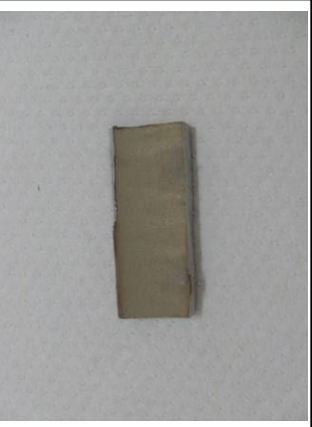

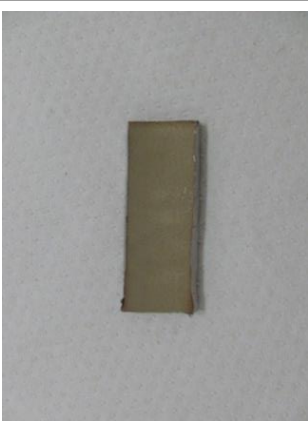

試料の写真	材質及び特徴	試料の写真	材質及び特徴
	<p>管理番号:1                      試料番号:11-1-1                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に薄く黄土色の錆があり、一部スポットの濃い茶色の錆がある。                      α核種, γ核種 (<sup>94</sup>Nb除く),  <sup>59</sup>, <sup>63</sup>Ni及び<sup>90</sup>Si分析用</p>		<p>管理番号:1                      試料番号:11-1-2                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に薄く黄土色の錆があり、一部スポットの濃い茶色の錆がある。                      予備</p>
	<p>管理番号:1                      試料番号:11-1-3                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に薄く黄土色の錆がある。  <sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C及び<sup>94</sup>Nb分析用</p>		<p>管理番号:1                      試料番号:11-1-4                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に薄く黄土色の錆がある。  <sup>36</sup>Cl分析用</p>
	<p>管理番号:1                      試料番号:11-1-5                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に薄く黄土色の錆がある。  <sup>129</sup>I分析用</p>		<p>管理番号:1                      試料番号:11-1-6                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に薄く黄土色の錆がある。  <sup>99</sup>Tc分析用</p>

図1 金属試料の表面観察結果 (4/10)



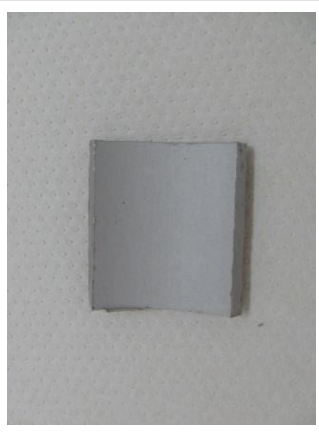
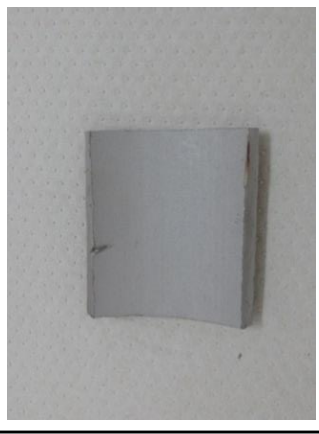
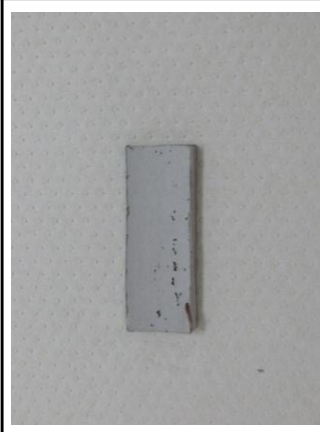
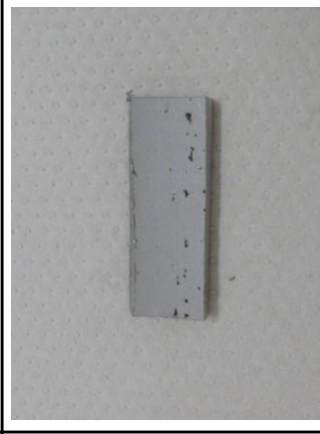
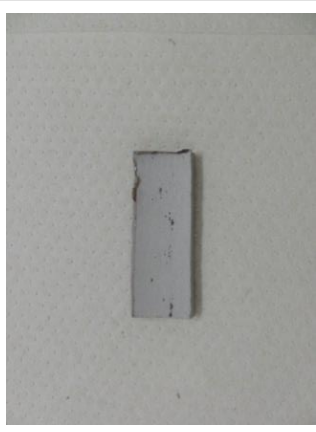

試料の写真	材質及び特徴	試料の写真	材質及び特徴
	<p>管理番号:3                      試料番号:11-4-1                      材質:ステンレス鋼                      特徴:光沢のない銀色をしている。                      α核種, γ核種 (<sup>94</sup>Nb除く),  <sup>59</sup>, <sup>63</sup>Ni及び<sup>89</sup>Sr分析用</p>		<p>管理番号:3                      試料番号:11-4-2                      材質:ステンレス鋼                      特徴:光沢のない銀色をしている。                      予備</p>
	<p>管理番号:3                      試料番号:11-4-3                      材質:ステンレス鋼                      特徴:光沢のない銀色をしており、                      一部に黒い点の錆がある。  <sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C及び<sup>94</sup>Nb分析用</p>		<p>管理番号:3                      試料番号:11-4-4                      材質:ステンレス鋼                      特徴:光沢のない銀色をしており、                      一部に黒い点の錆がある。  <sup>36</sup>Cl分析用</p>
	<p>管理番号:3                      試料番号:11-4-5                      材質:ステンレス鋼                      特徴:光沢のない銀色をしており、                      一部に黒い点の錆がある。  <sup>129</sup>I分析用</p>		<p>管理番号:3                      試料番号:11-4-6                      材質:ステンレス鋼                      特徴:光沢のない銀色をしており、                      一部に黒い点の錆がある。  <sup>99</sup>Tc分析用</p>

図1 金属試料の表面観察結果 (5/10)

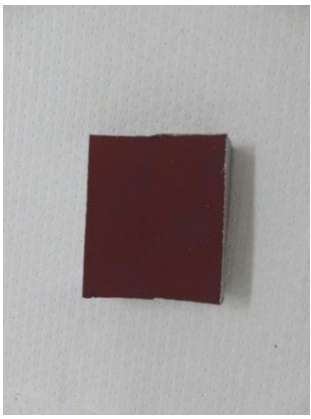
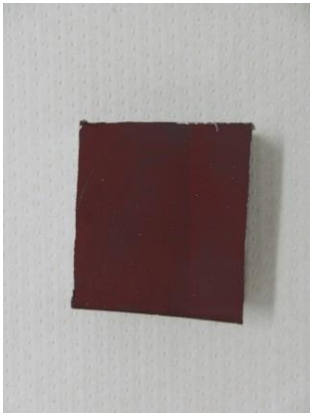
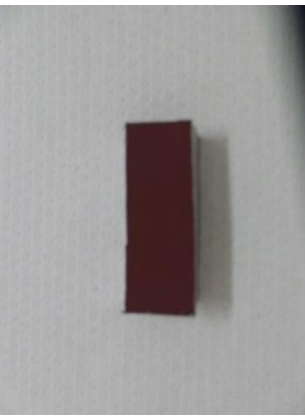
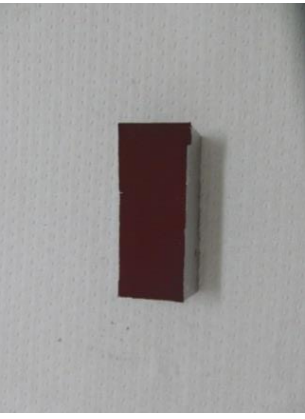

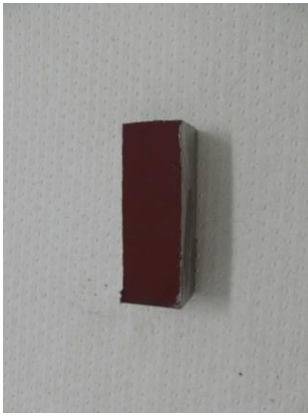
試料の写真	材質及び特徴	試料の写真	材質及び特徴
	<p>管理番号:4                      試料番号:11-7-1                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に赤茶色の錆があり、一部色が濃くなっている。                      予備</p>		<p>管理番号:4                      試料番号:11-7-2                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に赤茶色の錆があり、一部色が濃くなっている。                      α核種, γ核種(<sup>94</sup>Nb除く),  <sup>59</sup>, <sup>63</sup>Ni及び<sup>90</sup>Sr分析用</p>
	<p>管理番号:4                      試料番号:11-7-3                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に赤茶色の錆があり、一部色が濃くなっている。  <sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C及び<sup>94</sup>Nb分析用</p>		<p>管理番号:4                      試料番号:11-7-4                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に赤茶色の錆があり、一部色が濃くなっている。  <sup>36</sup>Cl分析用</p>
	<p>管理番号:4                      試料番号:11-7-5                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に赤茶色の錆があり、一部色が濃くなっている。  <sup>129</sup>I分析用</p>		<p>管理番号:4                      試料番号:11-7-6                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に赤茶色の錆があり、一部色が濃くなっている。  <sup>99</sup>Tc分析用</p>

図1 金属試料の表面観察結果(6/10)

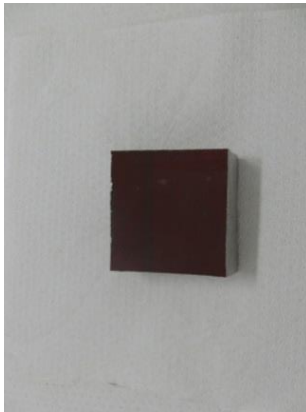
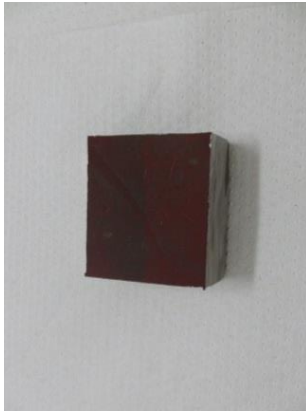
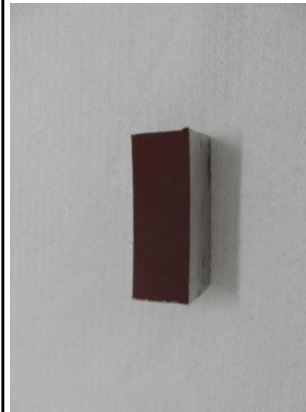
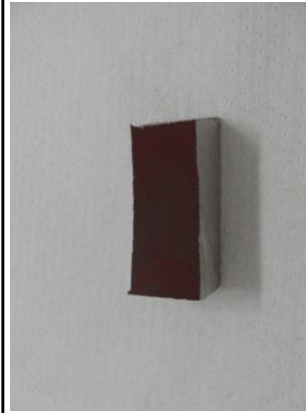
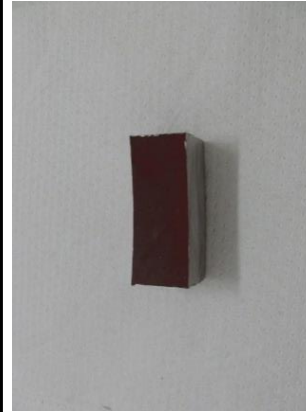
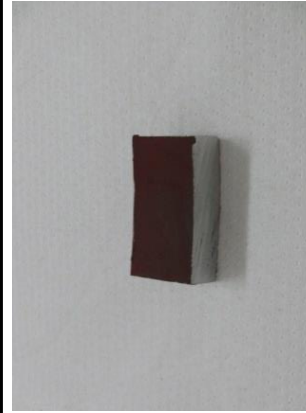
試料の写真	材質及び特徴	試料の写真	材質及び特徴
	<p>管理番号:5                      試料番号:11-8-1                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に赤茶色の錆があり、一部色が濃くなっている。                      α核種, γ核種 (<sup>94</sup>Nb除く),  <sup>59</sup>, <sup>63</sup>Ni及び<sup>90</sup>Sr分析用</p>		<p>管理番号:5                      試料番号:11-8-2                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に赤茶色の錆があり、一部色が濃くなっている。                      予備</p>
	<p>管理番号:5                      試料番号:11-8-3                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に赤茶色の錆があり、一部色が濃くなっている。  <sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C及び<sup>84</sup>Nb分析用</p>		<p>管理番号:5                      試料番号:11-8-4                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全的に赤茶色の錆があり、一部色が濃くなっている。  <sup>36</sup>Cl分析用</p>
	<p>管理番号:5                      試料番号:11-8-5                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に赤茶色の錆があり、一部色が濃くなっている。  <sup>129</sup>I分析用</p>		<p>管理番号:5                      試料番号:11-8-6                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体に赤茶色の錆があり、一部色が濃くなっている。  <sup>99</sup>Tc分析用</p>

図1 金属試料の表面観察結果 (7/10)






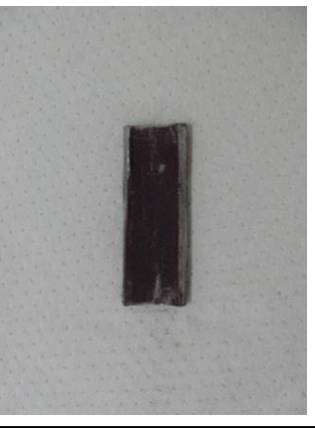
試料の写真	材質及び特徴	試料の写真	材質及び特徴
	<p>管理番号:8                      試料番号:11-16-1                      材質:ステンレス鋼                      特徴:暗赤色の粉状の錆がある。                      予備</p>		<p>管理番号:8                      試料番号:11-16-2                      材質:ステンレス鋼                      特徴:暗赤色の粉状の錆がある。  <math>\alpha</math>核種, <math>\gamma</math>核種 (<math>^{94}\text{Nb}</math>除く),  <math>^{59}</math>, <math>^{63}\text{Ni}</math>及び<math>^{90}\text{Sr}</math>分析用</p>
	<p>管理番号:8                      試料番号:11-16-3                      材質:ステンレス鋼                      特徴:暗赤色の粉状の錆がある。                      一部に銀色をした錆のない部分がある。  <math>^3\text{H}</math>, <math>^{14}\text{C}</math>及び<math>^{94}\text{Nb}</math>分析用</p>		<p>管理番号:8                      試料番号:11-16-4                      材質:ステンレス鋼                      特徴:暗赤色の粉状の錆がある。                      銀色をした錆のない部分がある。  <math>^{36}\text{Cl}</math>分析用</p>
	<p>管理番号:8                      試料番号:11-16-5                      材質:ステンレス鋼                      特徴:暗赤色の粉状の錆がある。                      一部に銀色をした錆のない部分がある。  <math>^{129}\text{I}</math>分析用</p>		<p>管理番号:8                      試料番号:11-16-6                      材質:ステンレス鋼                      特徴:暗赤色の粉状の錆がある。                      一部に銀色をした錆のない部分がある。  <math>^{99}\text{Tc}</math>分析用</p>

図1 金属試料の表面観察結果 (8/10)

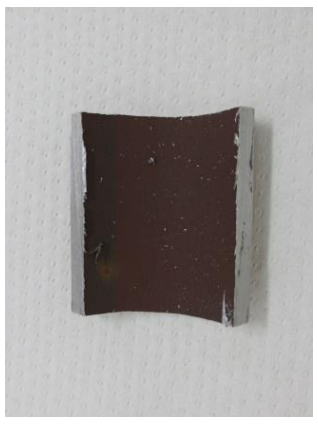
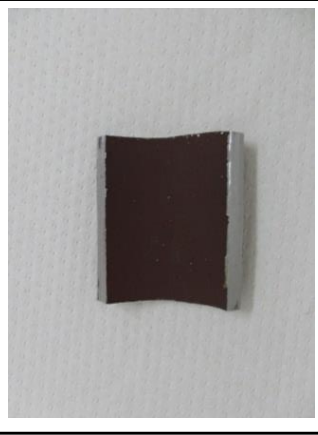
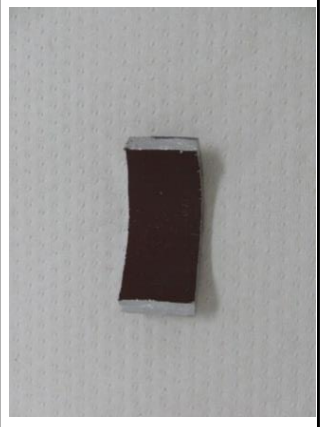
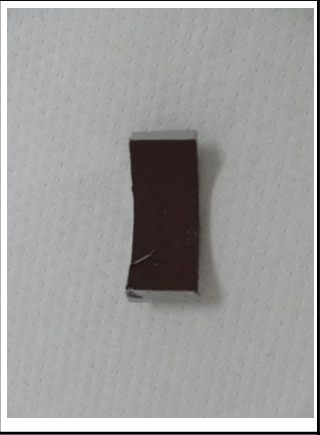
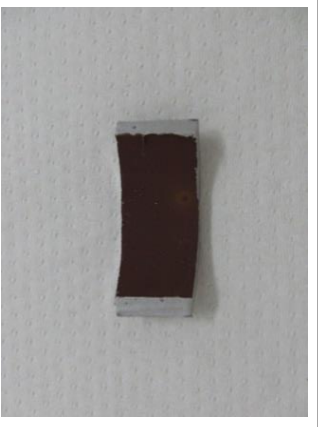
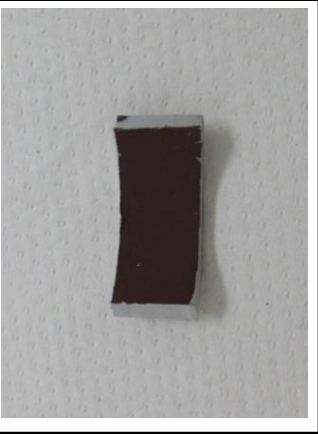
試料の写真	材質及び特徴	試料の写真	材質及び特徴
	<p>管理番号:2                      試料番号:12-1-1                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体にこげ茶色の錆があり、一部黄土色に変色している。                      予備</p>		<p>管理番号:2                      試料番号:12-1-2                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体にこげ茶色の錆がある。                      α核種, γ核種 (<sup>94</sup>Nb除く),  <sup>59</sup>, <sup>63</sup>Ni及び<sup>90</sup>Sr分析用</p>
	<p>管理番号:2                      試料番号:12-1-3                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体にこげ茶色の錆がある。  <sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C及び<sup>89/94</sup>Nb分析用</p>		<p>管理番号:2                      試料番号:12-1-4                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体にこげ茶色の錆がある。  <sup>36</sup>Cl分析用</p>
	<p>管理番号:2                      試料番号:12-1-5                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体にこげ茶色の錆があり、一部黄土色に変色している。  <sup>129</sup>I分析用</p>		<p>管理番号:2                      試料番号:12-1-6                      材質:ステンレス鋼                      特徴:全体にこげ茶色の錆がある。  <sup>99</sup>Tc分析用</p>

図1 金属試料の表面観察結果 (9/10)

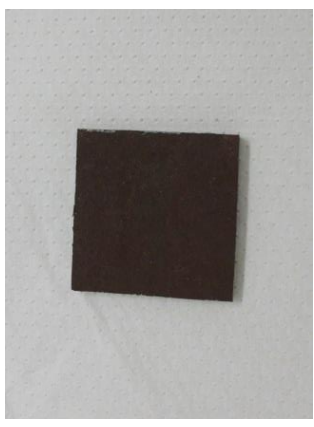
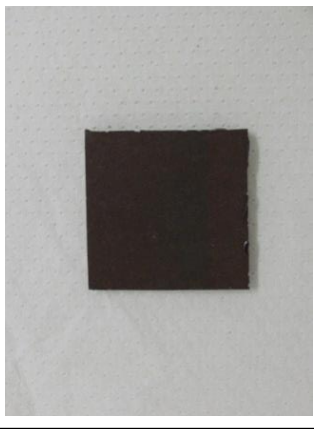
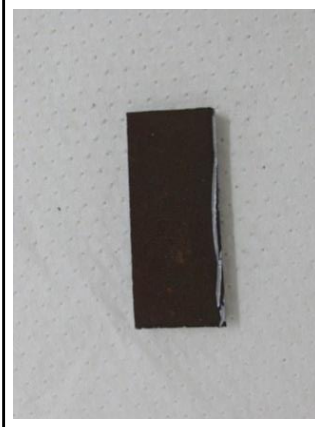
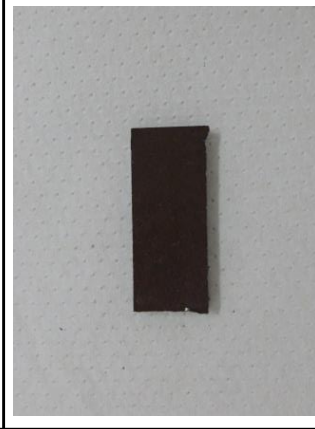
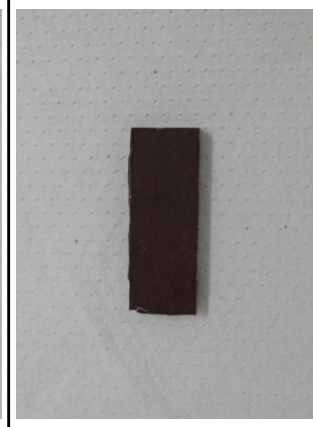
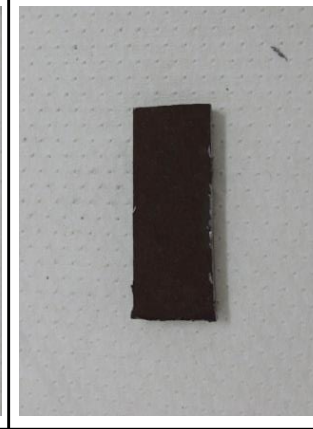
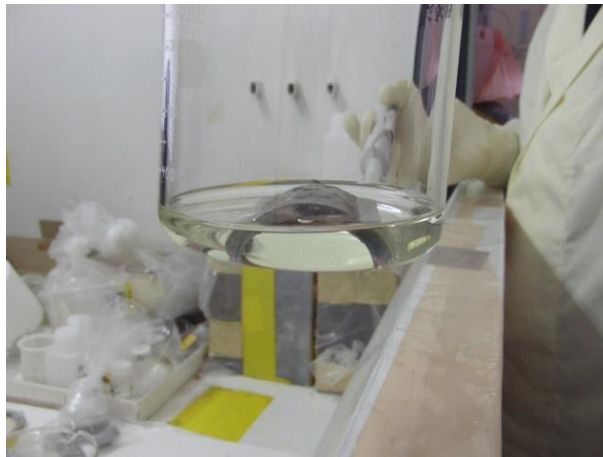
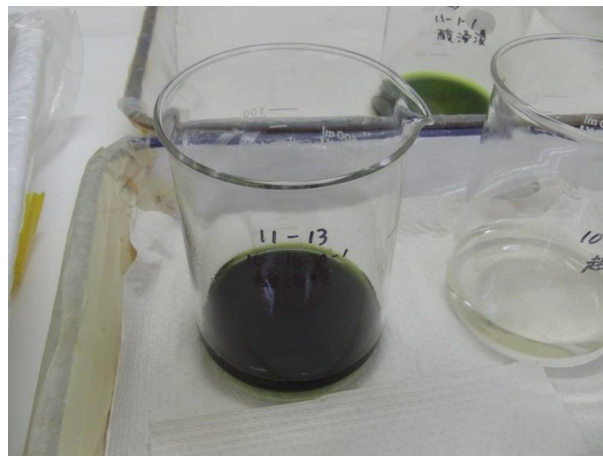
試料の写真	材質及び特徴	試料の写真	材質及び特徴
	<p>管理番号:3                      試料番号:12-11-1                      材質:炭素鋼                      特徴:全体にこげ茶色の錆があり、凹凸がある。                      α核種, γ核種 (<sup>94</sup>Nb除く),  <sup>59</sup>Ni及び<sup>90</sup>Sr分析用</p>		<p>管理番号:3                      試料番号:12-11-2                      材質:炭素鋼                      特徴:全体にこげ茶色の錆があり、凹凸がある。                      予備</p>
	<p>管理番号:3                      試料番号:12-11-3                      材質:炭素鋼                      特徴:全体にこげ茶色の錆があり、凹凸がある。  <sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C及び<sup>94</sup>Nb分析用</p>		<p>管理番号:3                      試料番号:12-11-4                      材質:炭素鋼                      特徴:全体にこげ茶色の錆があり、凹凸がある。  <sup>36</sup>Cl分析用</p>
	<p>管理番号:3                      試料番号:12-11-5                      材質:炭素鋼                      特徴:全体にこげ茶色の錆があり、凹凸がある。  <sup>129</sup>I分析用</p>		<p>管理番号:3                      試料番号:12-11-6                      材質:炭素鋼                      特徴:全体にこげ茶色の錆があり、凹凸がある。  <sup>99</sup>Tc分析用</p>

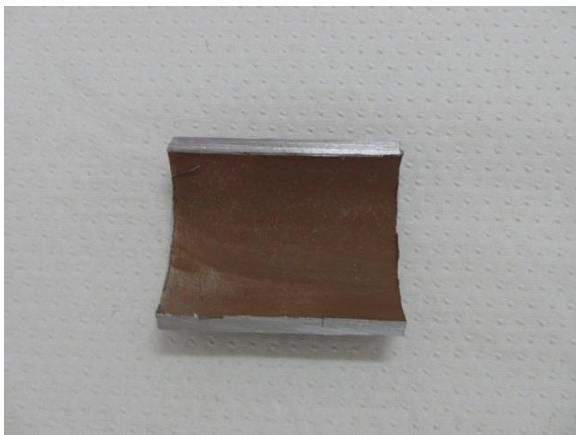
図1 金属試料の表面観察結果 (10/10)



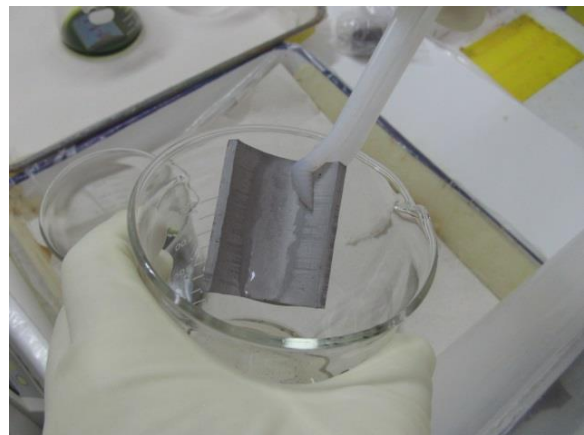
酸浸漬開始



酸浸漬終了



酸浸漬前  
(管理番号:11-13)

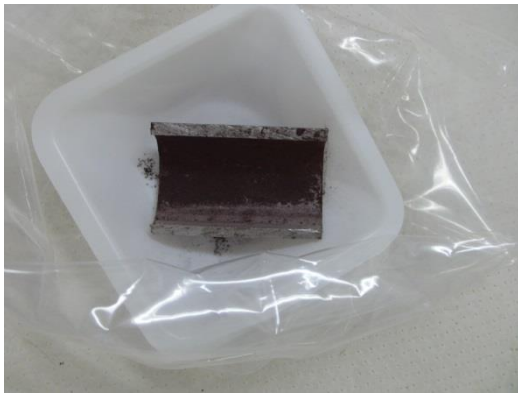


酸浸漬超音波洗淨後  
(管理番号:11-13)

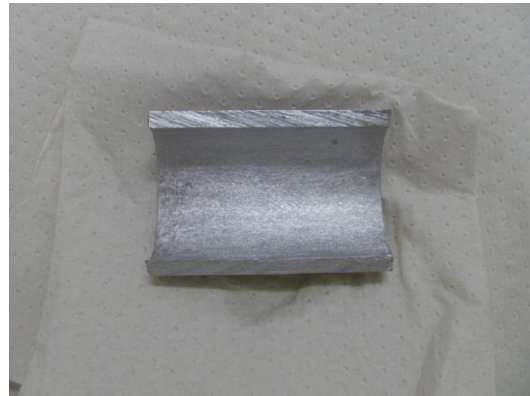
図 2 試料前処理法(酸浸漬法)



マイクログラインダーによる研磨の様子(純水中で研磨)



酸浸漬後研磨前  
(管理番号:3)



研磨後  
(管理番号:3)

図3 試料前処理法(研磨法)



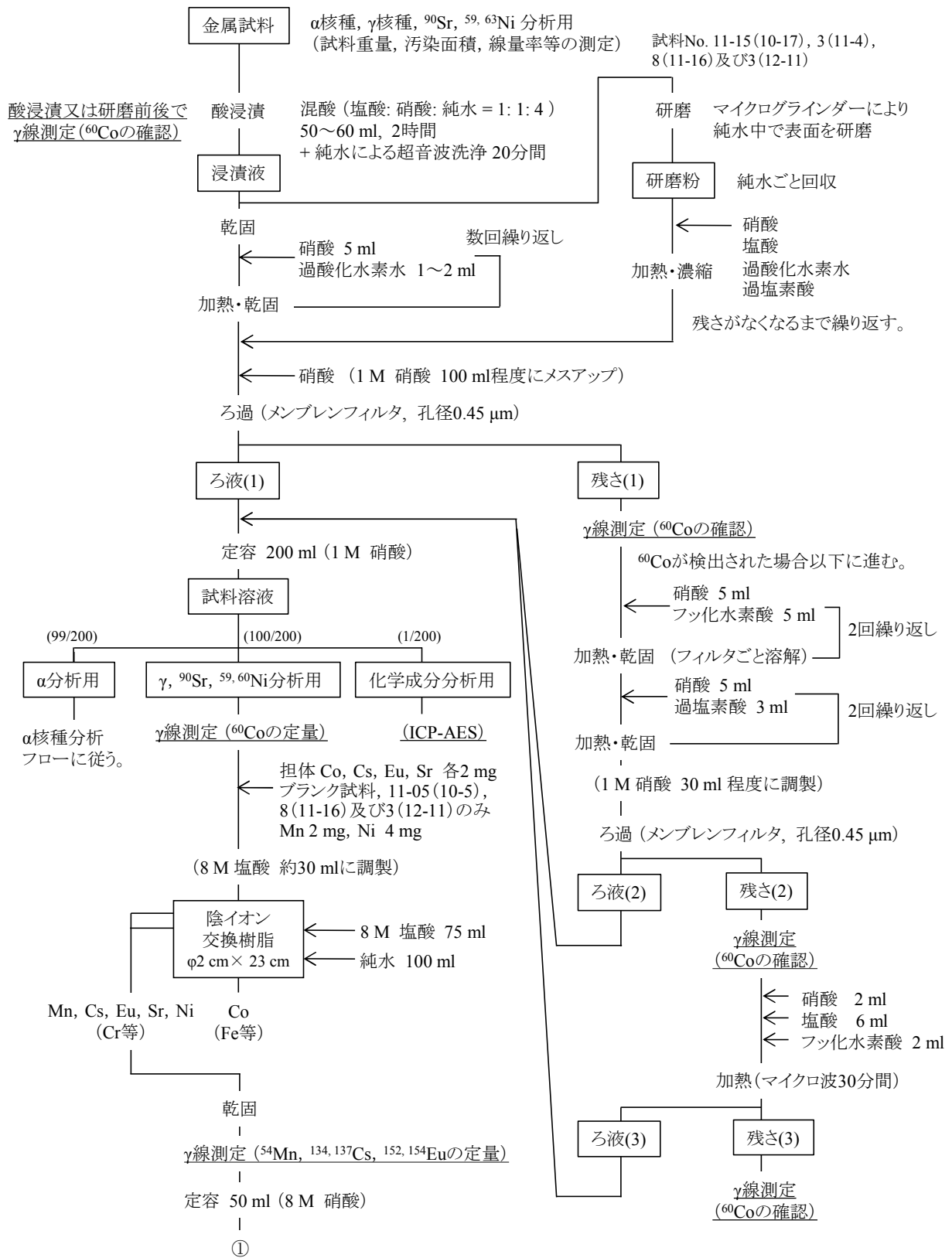


図 4  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134,137}\text{Cs}$ ,  $^{152,154}\text{Eu}$ の分析フロー

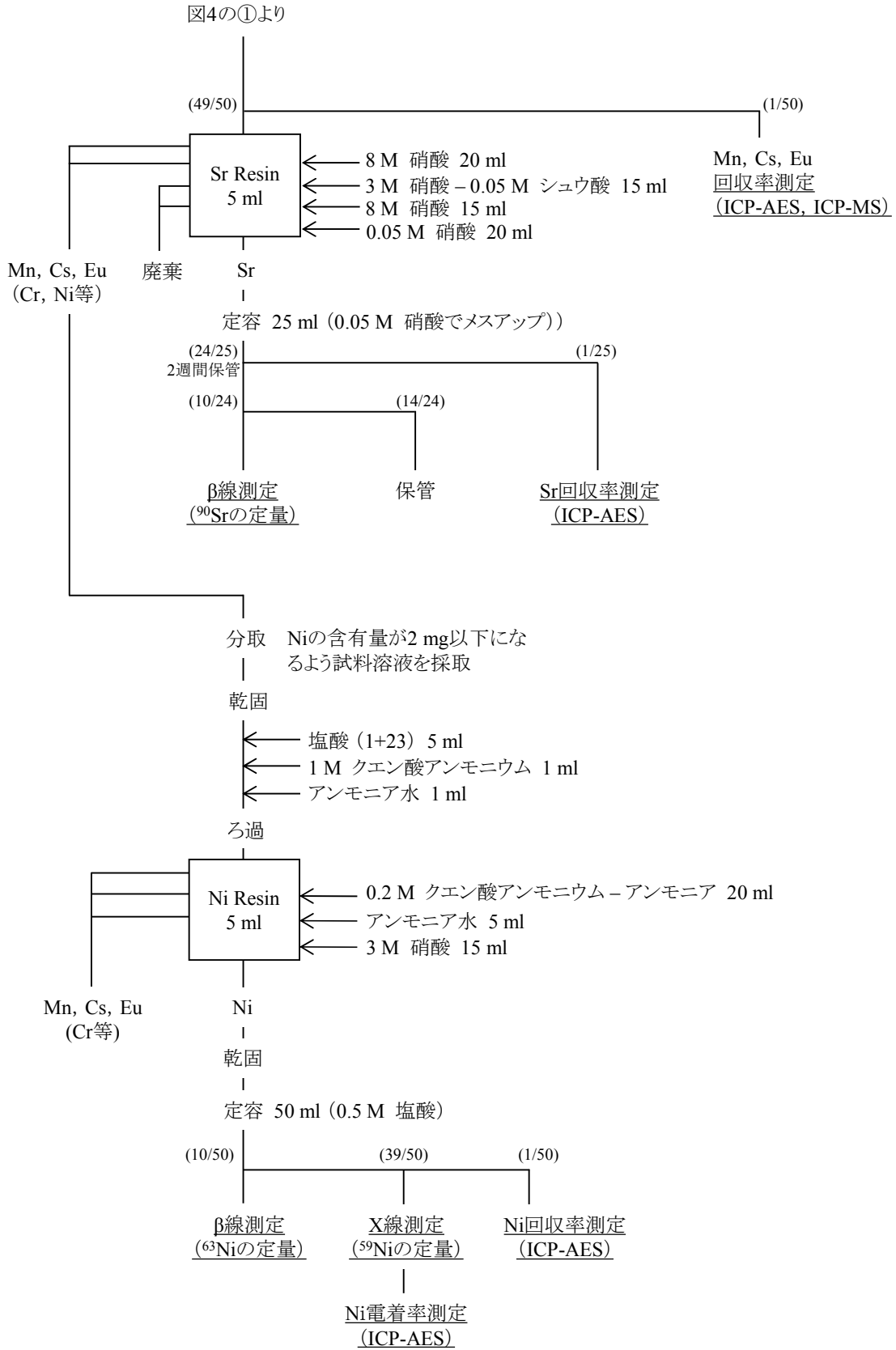


図 5 <sup>90</sup>Sr, <sup>59</sup>Ni, <sup>63</sup>Niの分析フロー

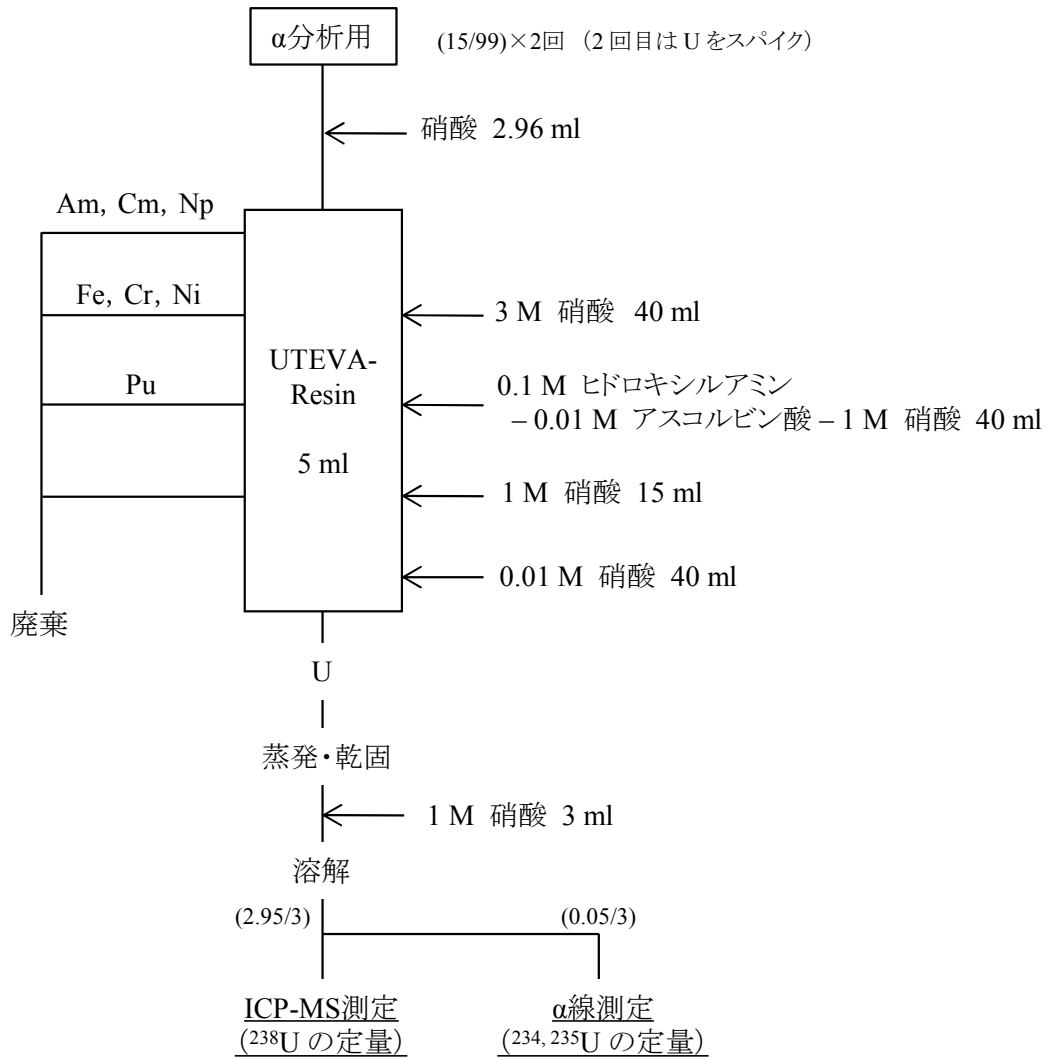
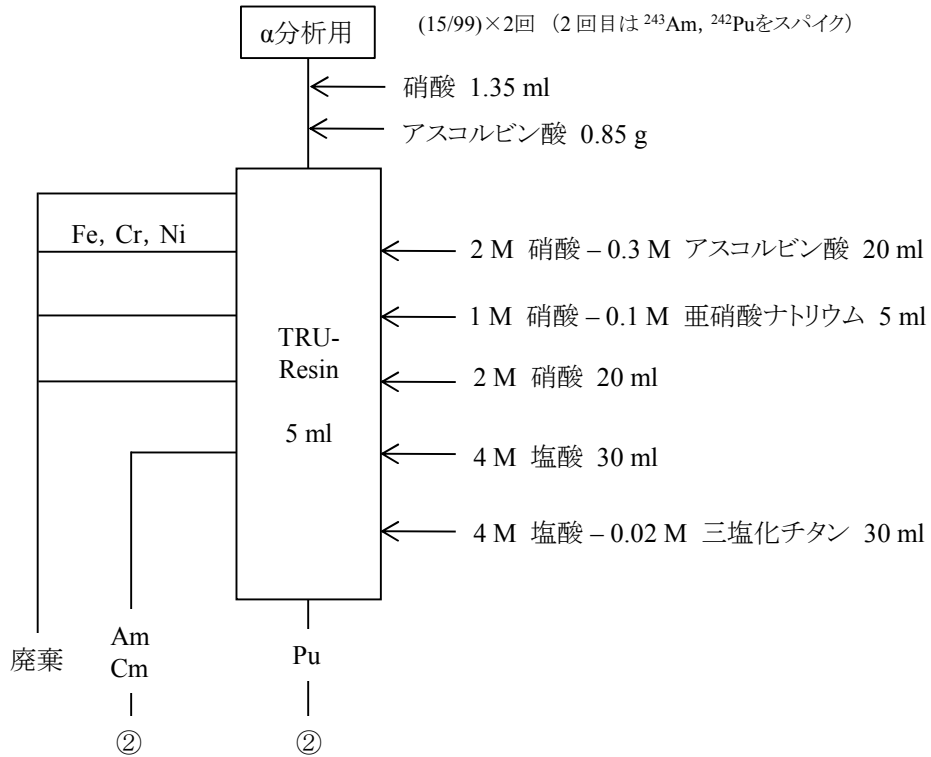


図 6 234, 235, 238Uの分析フロー



② (PuおよびAm+Cmの各フラクションに対して)

- ← ネオジウム標準液 0.3 ml
- ← フッ化水素酸 2 ml

攪拌 30分以上静置

ろ過 (メンブレンフィルタ, 孔径0.1 μm)



図 7 <sup>238</sup>Pu, <sup>239+240</sup>Pu, <sup>241</sup>Am, <sup>244</sup>Cmの分析フロー

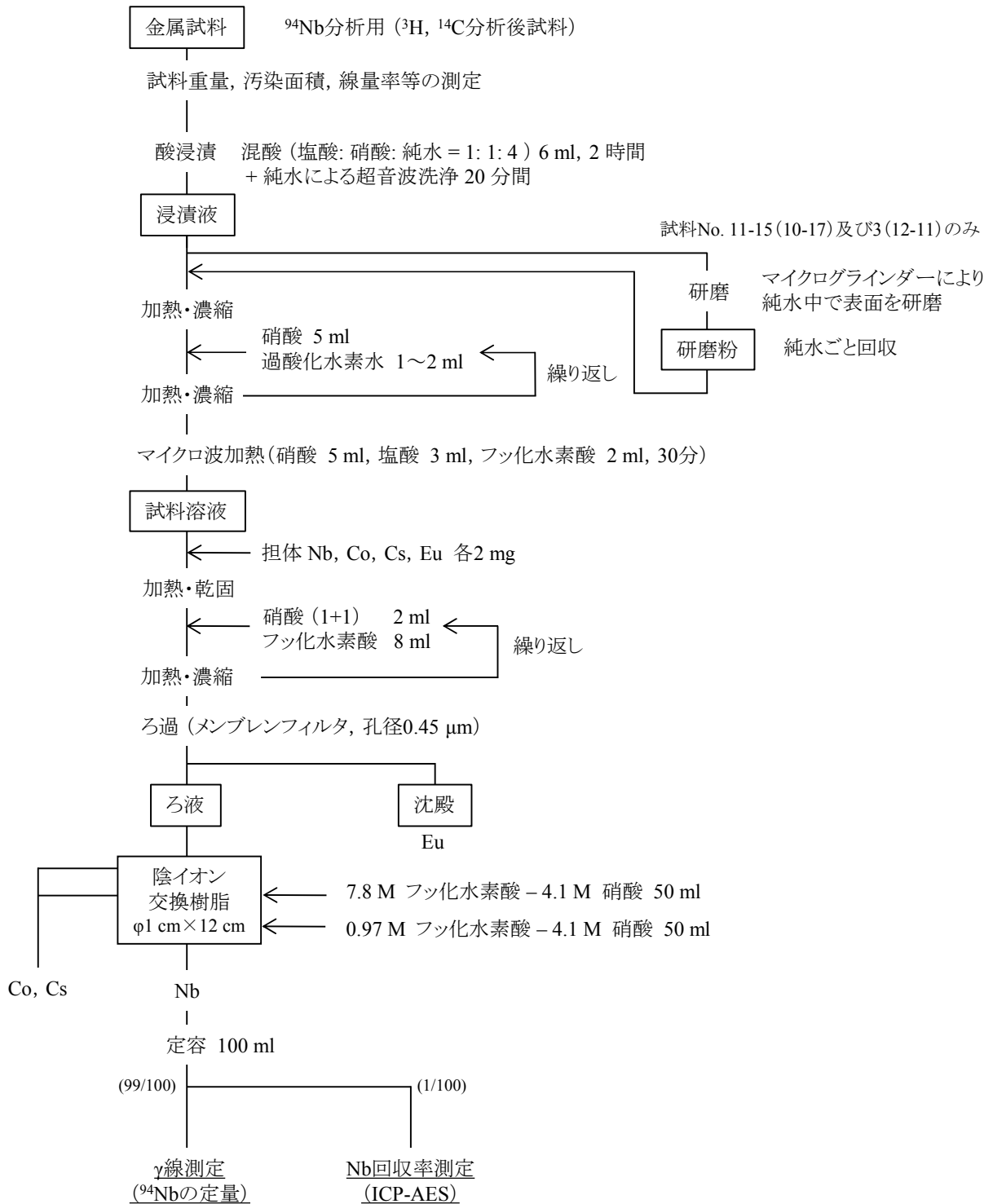


図 8  $^{94}\text{Nb}$ の分析フロー

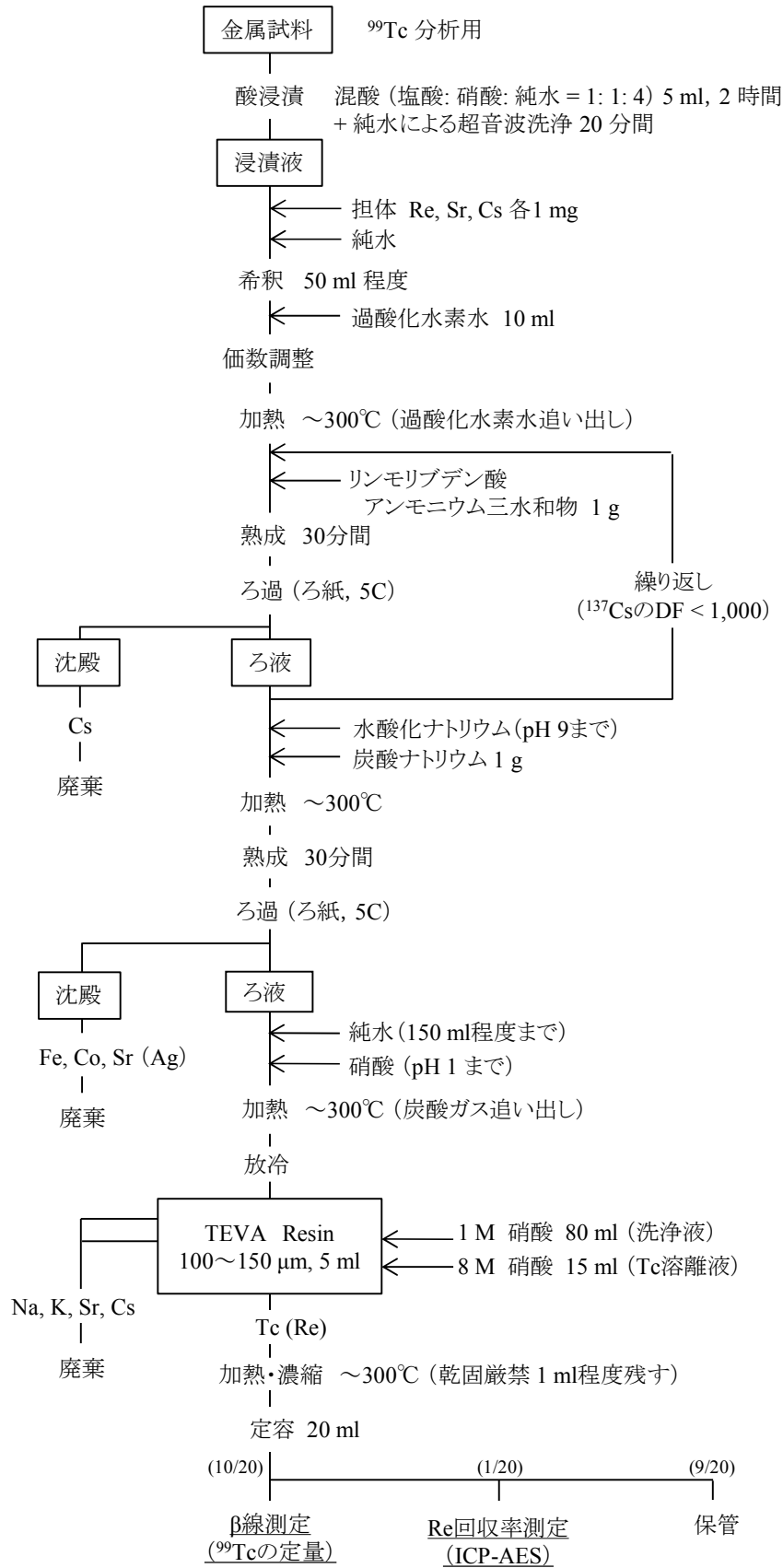


図 9 99Tcの分析フロー

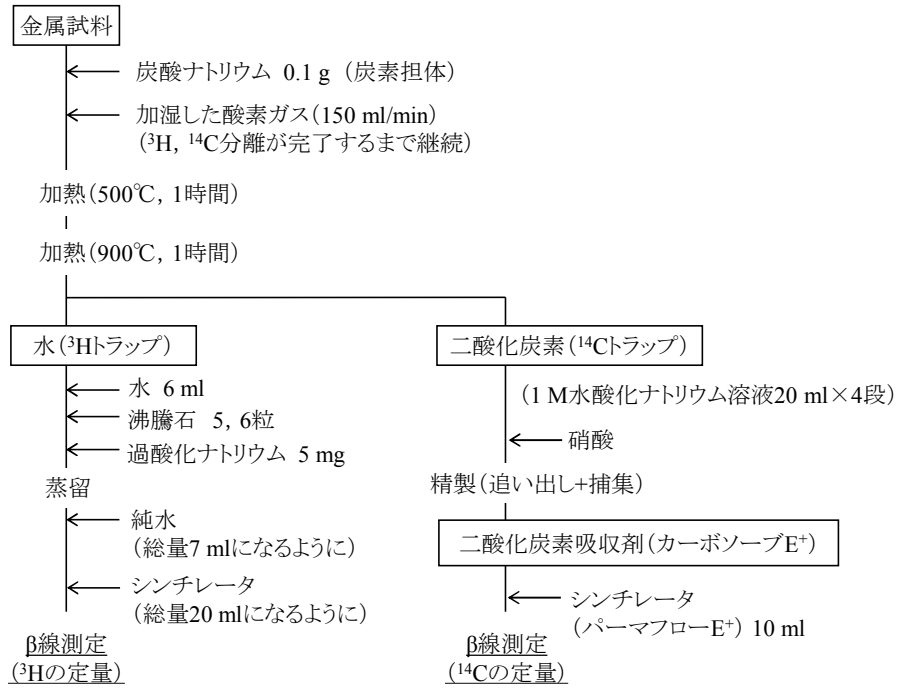


図 10  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ の分析フロー

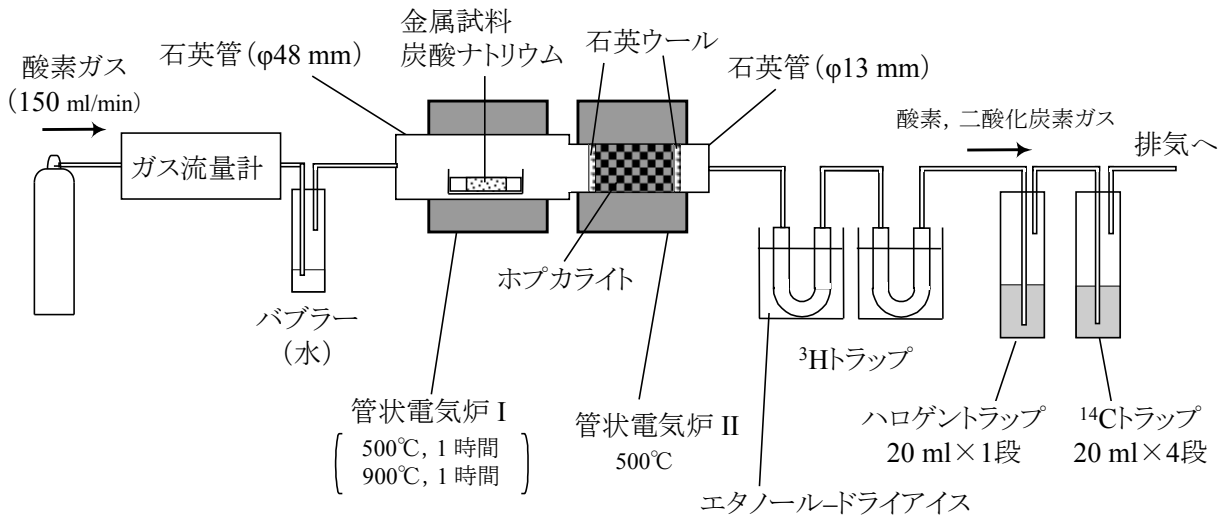


図 11  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ の分離装置

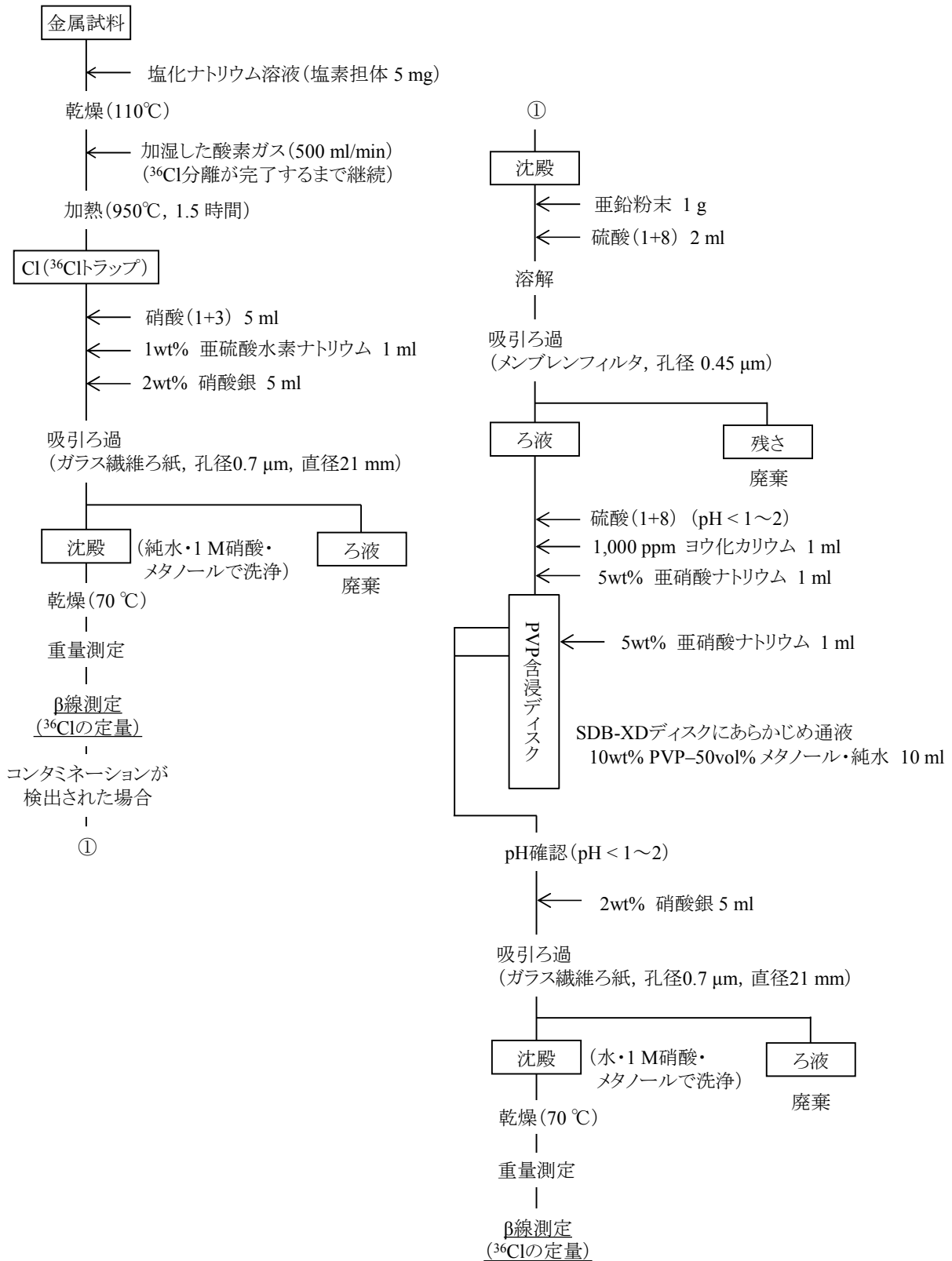


図 12 <sup>36</sup>Clの分析フロー



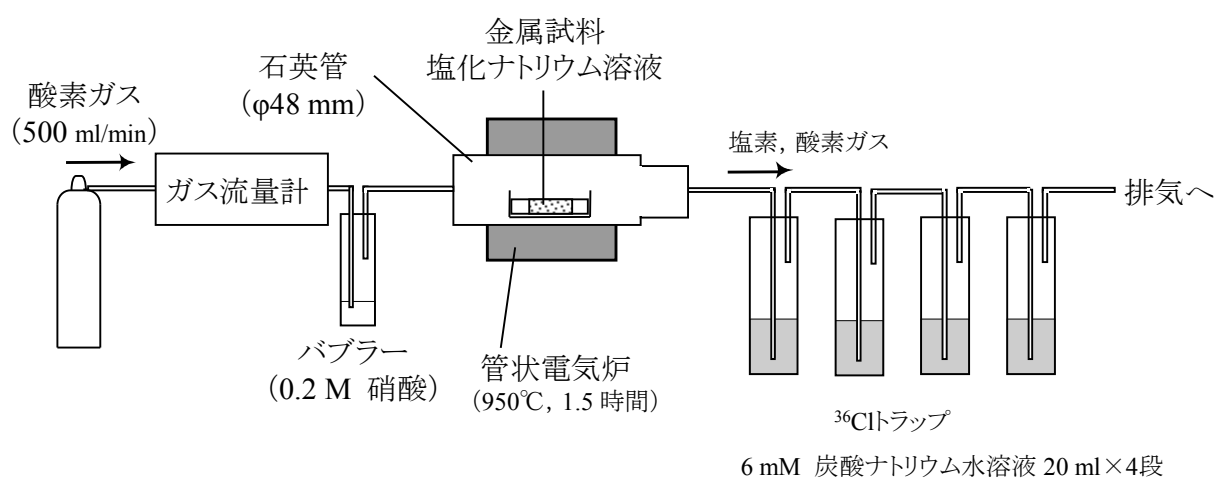


図 13 <sup>36</sup>Clの分離装置

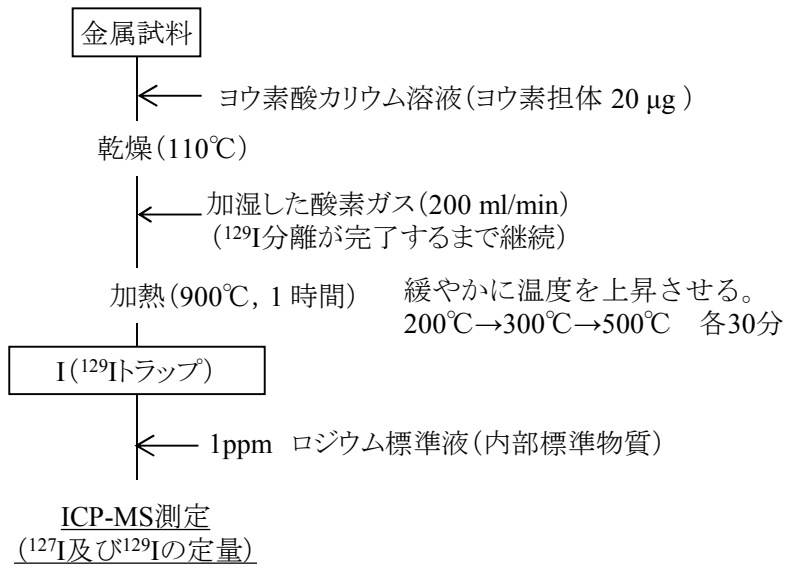


図 14  $^{129}\text{I}$ の分析フロー

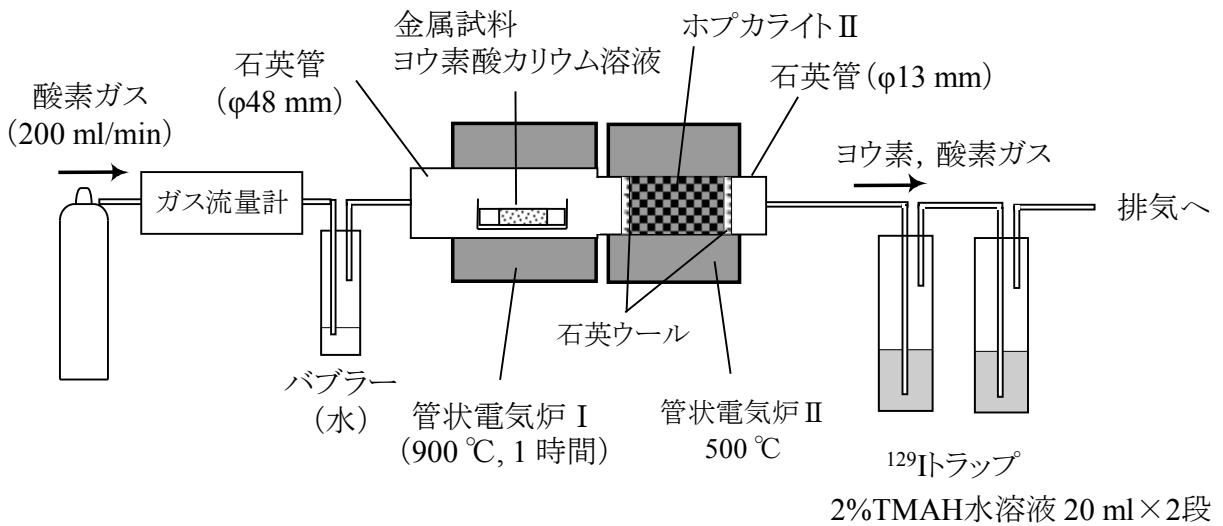


図 15  $^{129}\text{I}$ の分離装置

# 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	モル	mol
光	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 <sup>2</sup>
体積	立方メートル	m <sup>3</sup>
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s <sup>2</sup>
波数	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	立方メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m <sup>2</sup>
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 <sup>(a)</sup> , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m <sup>2</sup>
屈折率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1
比透磁率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1

表5. SI 接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10 <sup>24</sup>	ヨタ	Y	10 <sup>1</sup>	デシ	d
10 <sup>21</sup>	ゼタ	Z	10 <sup>-2</sup>	センチ	c
10 <sup>18</sup>	エクサ	E	10 <sup>-3</sup>	ミリ	m
10 <sup>15</sup>	ペタ	P	10 <sup>-6</sup>	マイクロ	μ
10 <sup>12</sup>	テラ	T	10 <sup>-9</sup>	ナノ	n
10 <sup>9</sup>	ギガ	G	10 <sup>-12</sup>	ピコ	p
10 <sup>6</sup>	メガ	M	10 <sup>-15</sup>	フェムト	f
10 <sup>3</sup>	キロ	k	10 <sup>-18</sup>	アト	a
10 <sup>2</sup>	ヘクタ	h	10 <sup>-21</sup>	ゼプト	z
10 <sup>1</sup>	デカ	da	10 <sup>-24</sup>	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 <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm <sup>3</sup> =10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
トン	t	1 t=10 <sup>3</sup> 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 <sup>-19</sup> J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> 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 <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
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100 kPa=10 <sup>5</sup> 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 <sup>-10</sup> m
海里	M	1 M=1852m
バトン	b	1 b=100fm <sup>2</sup> =(10 <sup>12</sup> cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> =10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的關係は、 対数量の定義に依存。
ベクレル	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	erg	1 erg=10 <sup>-7</sup> J
ダイナ	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> =10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
ストルブ	sb	1 sb=1cd cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> cd m <sup>-2</sup>
フォット	ph	1 ph=1cd sr cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm s <sup>-2</sup> =10 <sup>-2</sup> ms <sup>-2</sup>
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm <sup>2</sup> =10 <sup>-8</sup> Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm <sup>-2</sup> =10 <sup>-4</sup> T
エルステッド <sup>(a)</sup>	Oe	1 Oe $\hat{=}$ (10 <sup>3</sup> /4π)A m <sup>-1</sup>

(a) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、符号「 $\hat{=}$ 」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 <sup>10</sup> Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 <sup>-4</sup> C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 <sup>-9</sup> T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 <sup>-15</sup> 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 <sup>-4</sup> 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 <sup>-6</sup> m

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		他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
	名称	記号		
平面角	ラジアン <sup>(b)</sup>	rad	1 <sup>(b)</sup>	m/m
	ステラジアン <sup>(b)</sup>	sr <sup>(c)</sup>	1 <sup>(b)</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
周期	ヘルツ <sup>(d)</sup>	Hz		s <sup>-1</sup>
	ニュートン	N		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>
	ジュール	J	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
仕事率, 工事率, 放射束	ワット	W	J/s	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
	クーロン	C		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>
	ファラド	F	C/V	m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
静電容量	オーム	Ω	V/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-2</sup>
	ジーメンズ	S	A/V	m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>3</sup> A <sup>2</sup>
磁束	ウエーバ	Wb	Vs	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
	テスラ	T	Wb/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
	セルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C		K
光線度	ルーメン	lm	cd sr <sup>(c)</sup>	cd
	ルクス	lx	lm/m <sup>2</sup>	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>
	グレイ	Gy	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	シーベルト <sup>(g)</sup>	Sv	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
	カタール	kat		s <sup>-1</sup> 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でも使用できる。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間は同一である。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		SI基本単位による表し方
	名称	記号	
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-1</sup>
	ニュートンメートル	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	kg s <sup>-2</sup>
	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 <sup>2</sup>	m m <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> =s <sup>-2</sup>
	ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-3</sup>
熱流密度, 放射照度	ジュール毎ケルビン	J/K	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
熱容量, 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 <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
比エネルギー	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>
熱伝導率	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>	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> s A
電荷密度	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> s A
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> s A
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
透磁率	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 <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> mol <sup>-1</sup>
モルエンタロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup>
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> s A
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup>
放射線強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> =m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m <sup>2</sup> 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 <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> mol

