JAEA-Data/Code
2023-002
DOI:10.11484/jaea-data-code-2023-002

JAEA-Data/Code

JRR-2、JRR-3及びホットラボから発生した放射性廃棄物に対する放射化学分析

Analysis of the Radioactivity Concentrations in Radioactive Waste Generated from JRR-2, JRR-3 and Hot Laboratory

青野 竜士　水飼 秋菜　土田 大貴　今田 未来
原賀 智子　石森 健一郎　亀尾 裕

Ryuji AONO, Akina MITSUKAI, Daiki TSUCHIDA, Miki KONDA
Tomoko HARAGA, Ken-ichiro ISHIMORI and Yutaka KAMEO

原子力科学研究部門
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 Nuclear Science Research

May 2023

Japan Atomic Energy Agency　日本原子力研究開発機構

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。
本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際ライセンスの下に提供されています。
本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の
条件で利用してください。（https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja）
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（https://www.jaea.go.jp）
より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構　JAEA イノベーションハブ　研究成果利活用課
〒 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.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en).
Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.
For inquiries regarding this report, please contact Institutional Repository and Utilization Section, JAEA Innovation Hub, 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, 2023

JAEA-Data/Code 2023-002

JRR-2、JRR-3 及びホットラボから発生した放射性廃棄物に対する放射化学分析

日本原子力研究開発機構
原子力科学研究部門　原子力科学研究所　バックエンド技術部
青野　竜士、水飼　秋菜、土田　大貴、今田　未来、原賀　智子、石森　健一郎、亀尾　裕

(2023 年 1 月 11 日受理)

日本原子力研究開発機構の研究施設等から発生する放射性廃棄物は、放射能レベルに応じて将来的にトレンチとピットに分けて浅地中処分される予定であり、埋設処分を開始するまでに、廃棄体の放射能濃度を評価する方法を構築する必要がある。そこで、原子力科学研究所バックエンド技術部では、研究施設等廃棄物に対する放射能濃度評価方法の検討に資するため、原子力科学研究所内に保管されている JRR-2、JRR-3 及びホットラボから発生した放射性廃棄物より分析試料を採取し、放射化学分析を実施した。本報告書は、令和 2 年度に取得した 20 核種（^{3}H、^{14}C、^{36}Cl、^{60}Co、^{63}Ni、^{90}Sr、^{94}Nb、^{99}Tc、^{108m}Ag、^{129}I、^{137}Cs、^{152}Eu、^{154}Eu、^{234}U、^{238}U、^{238}Pu、^{239}Pu、^{240}Pu、^{241}Am、^{244}Cm）の放射能濃度データについて整理し、放射能濃度評価方法の検討のための基礎資料としてまとめたものである。

本報告書は、ニュークリア・デベロップメント株式会社が国立研究開発法人日本原子力研究開発機構との契約により実施した業務成果に基づくものである。
原子力科学研究所：〒319-1195　茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地 4

JAEA-Data/Code 2023-002

Analysis of the Radioactivity Concentrations in Radioactive Waste Generated from JRR-2, JRR-3 and Hot Laboratory

Ryuji AONO, Akina MITSUKAI, Daiki TSUCHIDA, Miki KONDA, Tomoko HARAGA, Ken-ichiro ISHIMORI and Yutaka KAMEO

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

(Received January 11, 2023)

Radioactive wastes generated from nuclear research facilities in Japan Atomic Energy Agency are planning to be buried in the near surface disposal field as trench and pit. Therefore, it is required to establish the method to evaluate the radioactivity concentrations of radioactive wastes until the beginning of disposal. In order to contribute to this work, we collected and analyzed the samples generated from JRR-2, JRR-3 and Hot laboratory facilities. In this report, we summarized the radioactivity concentrations of 20 radionuclides (^{3}H, ^{14}C, ^{36}Cl, ^{60}Co, ^{63}Ni, ^{90}Sr, ^{94}Nb, ^{99}Tc, ^{108m}Ag, ^{129}I, ^{137}Cs, ^{152}Eu, ^{154}Eu, ^{234}U, ^{238}U, ^{238}Pu, ^{239}Pu, ^{240}Pu, ^{241}Am, ^{244}Cm) which were obtained from radiochemical analysis of the samples in fiscal year 2020.

Keywords: Low-level Radioactive Waste, Radioactivity Concentration, Radiochemical Separation, Metal Samples, Concrete Samples, JRR-2, JRR-3, Hot Laboratory

---

This work performed by Nuclear Development Corporation under contract with Japan Atomic Energy Agency.

目　次

1.　はじめに……1
2.　放射能分析……2
2.1 分析概要……2
2.2 分析試料の前処理……2
2.2.1 粉砕・ふるい分け・均一化 ……2
2.2.2 表面削り取り ……2
2.2.3 揮散回収処理 ……3
2.2.4 酸溶解処理 ……4
2.3 ^{3}H 及び ^{14}C 分析 ……4
2.4 ^{36}Cl 分析 ……5
2.5 ^{60}Co 分析 ……5
2.6 ^{63}Ni 分析 ……6
2.7 ^{90}Sr 分析 ……6
2.8 ^{94}Nb、^{152}Eu 及び ^{154}Eu 分析 ……6
2.9 ^{99}Tc 分析 ……7
2.10 ^{108m}Ag 分析 ……7
2.11 ^{129}I 分析 ……7
2.12 ^{137}Cs 分析 ……7
2.13 α 線放出核種（^{234}U、^{238}U、^{238}Pu、$^{239+240}$Pu、^{241}Am 及び ^{244}Cm）分析 ……8
3.　分析結果……9
4.　まとめ……9
謝辞……9
参考文献……10

Contents

1. Introduction ····· 1
2. Radioactivity analysis ····· 2
2.1 Overview of analysis ····· 2
2.2 Preprocessing for analytical samples ····· 2
2.2.1 Pulverization, screening, homogenization ····· 2
2.2.2 Grinding the surface ····· 2
2.2.3 Processing for volatilization collection ····· 3
2.2.4 Processing for dissolving with acid ····· 4
2.3 Analysis of ^{3}H and ^{14}C ····· 4
2.4 Analysis of ^{36}Cl ····· 5
2.5 Analysis of ^{60}Co ····· 5
2.6 Analysis of ^{63}Ni ····· 6
2.7 Analysis of ^{90}Sr ····· 6
2.8 Analysis of ^{94}Nb, ^{152}Eu and ^{154}Eu ····· 6
2.9 Analysis of ^{99}Tc ····· 7
2.10 Analysis of ^{108m}Ag ····· 7
2.11 Analysis of ^{129}I ····· 7
2.12 Analysis of ^{137}Cs ····· 7
2.13 Analysis of ^{234}U, ^{238}U, ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu, ^{241}Am and ^{244}Cm ····· 8
3. Results ····· 9
4. Conclusions ····· 9
Acknowledgement ····· 9
References ····· 10

表リスト

表 1　放射能分析で使用した測定機器一覧 …… 12
表 2　分析試料リスト …… 13
表 3　分配グループの記録 …… 35
表 4　粉砕・ふるい分け処理前後の外観写真 …… 36
表 5　削り取り前後の外観写真 …… 37
表 6　^{3}H の分析結果 …… 45
表 7　^{14}C の分析結果 …… 45
表 8　^{36}Cl の分析結果 …… 46
表 9　^{60}Co の分析結果 …… 46
表 10　^{63}Ni の分析結果 …… 47
表 11　^{90}Sr の分析結果 …… 47
表 12　^{94}Nb の分析結果 …… 48
表 13　^{99}Tc の分析結果 …… 48
表 14　^{108m}Ag の分析結果 …… 49
表 15　^{129}I の分析結果 …… 49
表 16　^{137}Cs の分析結果 …… 50
表 17　^{152}Eu の分析結果 …… 50
表 18　^{154}Eu の分析結果 …… 51
表 19　^{234}U の分析結果 …… 51
表 20　^{238}U の分析結果 …… 52
表 21　^{238}Pu の分析結果 …… 52
表 22　$^{239+240}$Pu の分析結果 …… 53
表 23　^{241}Am の分析結果 …… 53
表 24　^{244}Cm の分析結果 …… 54

図リスト

図 1　分析概要フロー …… 55
図 2　コンクリート試料の粉砕・ふるい分け・均一化の処理フロー …… 56
図 3　金属試料の前処理及び試料区分の判別フロー …… 57
図 4　Tc 揮散回収装置概略図 …… 58
図 5　コンクリート試料の揮散回収処理フロー …… 59
図 6　金属試料の揮散回収処理フロー …… 61
図 7　加熱溶解処理フロー …… 63
図 8　Ni、α線放出核種前処理フロー …… 64
図 9　燃焼装置 …… 65
図 10　金属試料の ^{3}H 及び ^{14}C 分析フロー …… 66
図 11　コンクリート試料の ^{3}H 分析フロー …… 67
図 12　コンクリート試料の ^{14}C 分析フロー …… 68
図 13　^{36}Cl 分析フロー …… 69
図 14　^{63}Ni 分析フロー …… 70
図 15　^{90}Sr 分析フロー …… 71
図 16　^{94}Nb、^{152}Eu 及び ^{154}Eu 分析フロー …… 73
図 17　^{99}Tc 分析フロー …… 74
図 18　^{108m}Ag 分析フロー …… 76
図 19　^{129}I 分析フロー …… 77
図 20　^{137}Cs 分析フロー …… 78
図 21　α線放出核種分析フロー …… 79

1. はじめに

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和32年法律第166号）」においては、廃棄物埋設事業者は埋設対象となる放射性廃棄物が法令に定める基準を満たしていることについて、原子力規制委員会による確認を受けなければならないと定められている。埋設しようとする放射性廃棄物に係る技術上の基準は、「核燃料物質又は核燃料物質によつて汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則（昭和63年総理府令第1号）」において定められており、このうち、放射能濃度に係る項目は、放射性物質の種類ごとに埋設事業許可申請書等に記載された最大放射能濃度を超えないこととされている。

埋設処分を先行して実施している原子力発電所では、運転保守に伴って発生する均質・均一固化体及び充填固化体の放射能濃度について、廃棄体一体ごとに、スケーリングファクタ法または平均放射能濃度法のような簡便な評価方法により評価している[1)]。日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という。）の研究施設から発生する放射性廃棄物（以下「研究施設等廃棄物」という。）についても、将来的に浅地中埋設処分の実施が予定されており、合理的な埋設処分を実施するためには、原子力発電所と同様に簡便に廃棄体の放射能濃度を評価する方法を構築する必要がある。

廃棄体の放射能濃度を評価する方法を構築する取り組みの一環として、これまでに原子力機構原子力科学研究所（以下「原科研」という。）で発生したアスファルト固化対象の濃縮廃液の放射化学分析を実施し[2)]、放射能濃度評価方法について検討した[3)]。また、原子炉施設から発生する放射性廃棄物を対象として、原科研内で保管廃棄されている動力試験炉（JPDR）、研究用試験炉（JRR-2、JRR-3及びJRR-4）及び照射後試験施設（ホットラボ）から発生した放射性廃棄物より採取した試料の放射化学分析を実施し[4)-14)]、実施した放射化学分析の結果をもとに放射能濃度評価方法について検討した[15)-18)]。

本報告では、JRR-2、JRR-3 及びホットラボから発生した放射性廃棄物に対する放射能濃度評価方法を検討するための基礎データ拡充を目的とし、保管廃棄した放射性廃棄物より採取した試料に対して分析を実施し、その放射化学分析の手法及び分析結果について記述した。放射化学分析を実施した核種は、JRR-2、JRR-3 及びホットラボにおいて安全評価上重要な核種として予備評価された 20 核種（^{3}H、^{14}C、^{36}Cl、^{60}Co、^{63}Ni、^{90}Sr、^{94}Nb、^{99}Tc、^{108m}Ag、^{129}I、^{137}Cs、^{152}Eu、^{154}Eu、^{234}U、^{238}U、^{238}Pu、^{239}Pu、^{240}Pu、^{241}Am、^{244}Cm）である。ただし、エネルギー弁別のできない核種（^{239}Pu 及び ^{240}Pu）は、合算値（$^{239+240}$Pu）で表した。

2. 放射能分析

2.1　分析概要

JRR-2、JRR-3 及びホットラボから採取した 10 試料を本報告の対象とした。分析試料は分析核種毎に燃焼、揮散回収、酸溶解など異なる化学的な前処理を実施するため、金属試料であれば試料の枝番毎に、コンクリート試料は粉砕・ふるい分け・均一化を実施した後に、前処理方法に合わせて分析試料を分配（以下「分配グループ」という。）した。コンクリート、金属試料それぞれの分析概要について図 1 に示す。また、表 1 に使用した測定機器等の情報を、表 2 に分析試料の形状、材質、外観等を示す。ただし、コンクリート中の ^{3}H は粉砕処理によって微粉化することで水分とともに蒸発してしまう可能性があるため、^{3}H 分析試料のみ粉砕前の試料を所定量採取した。さらに、各処理に分配した試料の放射能濃度の偏在がないことを確認するため、分配グループ毎の ^{60}Co 及び ^{137}Cs の放射能濃度を測定した。

2.2　分析試料の前処理

分配グループの記録について表 3 に示す。前述したように、本分析では分析試料の材質等に応じて、異なる前処理方法を適用している。各工程で処理後の ^{60}Co 及び ^{137}Cs の放射能濃度を Ge 半導体検出器（以下「Ge 検出器」という。）で測定した。

2.2.1　粉砕・ふるい分け・均一化

コンクリート試料の前処理フローを図 2 に示す。粉砕・ふるい分けをした後、混合して均一化したものを各核種の放射能分析に供した。なお、ふるい分けにはメッシュが 355 μm のふるいを使用した。粉砕・ふるい分け前後の外観の変化を表 4 に示す。

2.2.2　表面削り取り

金属（アルミニウム、普通鋼）試料に対する前処理フロー及び試料区分の判別フローを図 3 に示す。精密グラインダーで表面の削り取り処理を繰り返し行い、削り取った金属粉を回収し、放射能分析に供した。ただし、NY-972-241 については、試料形状が複雑であったため、酸溶解による溶解液を放射能分析に供した。金属試料は、原子炉施設の配管、機器等を解体して発生したものである。したがって、試料に含まれる放射性物質は原子炉施設の稼働に伴い冷却材等に含まれる放射性物質と接触したことによる表面汚染に加えて、金属材料自体やその中に含まれる不純物元素が中性子照射によって放射化された影響（放射化汚染）も考慮する必要がある。そこで、放射化汚染の有無について判別するため、金属の表面を削り取る処理の前後で Ge 検出器による放射能測定（全係数率（cps））を実施した。分析試料の初期放射能（A_0）と比較して、削り取り後の金属表面の放射能（A_n）がバックグラウンド相当まで低減できたものは、「(1) 表面汚染（放射化による影響なし）」と判断した。一方、初期放射能（A_0）と削り取りの放射能（A_n）に大きな変動が無かったものは、「(2) 表面汚染（放射化による影響あり）」と判断した。また、初期放射能（A_0）が既にバックグラウンド相当であったものは、「(3) 表面汚染（初期の

計数率が十分に低く、放射化による影響は判断できない)」と判断し、それぞれの分析試料を区分した。削り取り前後の外観の変化及び上記（1）～（3）の試料区分を表 5 に示す。

2.2.3　揮散回収処理

^{60}Co、^{90}Sr、^{94}Nb、^{99}Tc、^{108m}Ag、^{129}I、^{137}Cs、^{152}Eu 及び ^{154}Eu に対する前処理として揮散回収処理を実施した。^{99}Tc で使用する揮散回収装置の概略図を図 4 に示す。なお、揮散回収させる核種に応じて、適切な回収容器に交換して使用した。

コンクリート試料において揮散回収処理を実施する分析対象核種は ^{60}Co、^{99}Tc、^{108m}Ag、^{129}I 及び ^{137}Cs である。コンクリート試料の揮散回収処理フローを図 5 に示す。粉砕・ふるい分け・均一化後の分析試料を反応槽に入れ、担体としてコバルト、レニウム（テクネチウム担体の代替)、ヨウ素及びセシウムを添加した。なお、銀については AgI として沈殿を生成してしまうことを避けるため、ここでは銀担体を添加していない。ヨウ素回収容器を揮散回収装置にセットし、硫酸酸性下で過酸化水素を加えた。ヨウ素は I_2 の形態で揮散させて水酸化ナトリウム溶液にトラップし、^{129}I 分析用試料として回収した。次に、反応槽に銀担体を添加後、水を入れたテクネチウム（レニウム）回収容器を揮散回収装置にセットし、ヨウ素を揮散させた後の反応槽に過酸化水素を加え、硫酸と過酸化水素の沸騰溶液中で有機物を分解するとともに ^{99}Tc とレニウムを過テクネチウム（レニウム）酸として揮散回収した。この操作を繰り返し、凝集液を ^{99}Tc 分析用試料とした。残渣中の硫酸塩化した金属イオンを回収するため、次の操作を実施した。残渣を硝酸で加熱溶解し、ろ過して得られた沈殿を更にフッ化水素酸で加熱溶解した。硝酸溶解後のろ液とフッ化水素酸溶解後のろ液を合わせたもの及びフッ化水素酸溶解後に溶け切らなかった沈殿を用いて、本分配グループにおける ^{60}Co 及び ^{137}Cs の放射能濃度を、Ge 検出器で測定した。硝酸溶解後のろ液とフッ化水素酸溶解後のろ液を合わせたものは塩酸を加えて加熱し、塩化銀の沈殿を生成させ、^{108m}Ag 分析用試料として回収した。

次に、金属試料の揮散回収処理フローを図 6 に示す。金属試料において揮散回収処理を実施する核種は、^{60}Co、^{90}Sr、^{94}Nb、^{99}Tc、^{108m}Ag、^{129}I、^{137}Cs、^{152}Eu 及び ^{154}Eu である。削り取り後の金属粉を反応槽に入れ、担体としてコバルト、ストロンチウム、ニオブ、レニウム（テクネチウム担体の代替)、ヨウ素、セシウム及びユウロピウムを添加した。ヨウ素回収容器を揮散回収装置にセットし、硫酸酸性下で過酸化水素を加えた。ヨウ素は I_2 の形態で揮散させて水酸化ナトリウム溶液にトラップし、^{129}I 分析用試料として回収した。次に、反応槽に銀担体を添加後、水を入れたテクネチウム（レニウム）回収容器を揮散回収装置にセットし、ヨウ素を揮散させた後の反応槽に過酸化水素を加え、硫酸と過酸化水素の沸騰溶液中で有機物を分解するとともに ^{99}Tc とレニウムを過テクネチウム（レニウム）酸として揮散回収した。この操作を繰り返し、凝集液を ^{99}Tc 分析用試料とした。残渣中の硫酸塩化した金属イオンを回収するため、次の操作を実施した。残渣を硝酸で加熱溶解し、ろ過して得られた沈殿を更にフッ化水素酸で加熱溶解した。硝酸溶解後のろ液とフッ化水素酸溶解後のろ液を合わせたものに塩酸を加えて加熱し、塩化銀の沈殿を生成させ、^{108m}Ag 分析用試料として回収した。また、塩化銀沈殿をろ過した際のろ液は、水酸化ナトリウム及び炭酸ナトリウムを加えた後、再度ろ過し、NY-87Y-1694 のみ、ろ液を ^{137}Cs 分析用試料として回収した。沈殿は 8 M 硝酸で加熱溶解した後、Sr レジン

に通液して Sr を吸着させ、さらに 8 M 硝酸でカラムを洗浄した。通過液と洗浄液は合わせて ^{94}Nb、^{152}Eu 及び ^{154}Eu 分析用試料（NY-866-350 のみ ^{60}Co 分析を含む）として回収した。その後、Sr レジンに 0.05 M 硝酸を加えて ^{90}Sr 分析用試料として回収した。

2.2.4 酸溶解処理

コンクリート試料中の ^{90}Sr、^{94}Nb、^{152}Eu 及び ^{154}Eu 分析の前処理として酸溶解処理を実施した。そのフローを図 7 に示す。コンクリート試料に、コバルト、ストロンチウム、ニオブ、セシウム及びユウロピウム担体を添加し、塩酸、硝酸を加え、分析試料を加熱溶解した。ろ過して得らえた沈殿は、フッ化水素酸、塩酸及び硝酸、二硫酸カリウム、硫酸及び過酸化水素の中から適切な試薬を加えて加熱溶解後にろ過する操作を繰り返した。それぞれのろ液は混合してメスアップした。ろ液、沈殿それぞれについて ^{60}Co 及び ^{137}Cs の放射能を、Ge 検出器で測定した。放射能はろ液と沈殿を合計して算出しているため、いずれも回収率 100%とした。メスアップしたろ液にはアンモニアを加えて再度ろ過を行い、その後、水酸化ナトリウム及び炭酸ナトリウムを加えて生じた沈殿とアンモニアを加えた際に生じた沈殿を合わせ、8 M 硝酸を加えて加熱溶解した。溶解液を分取して、^{152}Eu 及び ^{154}Eu 分析用試料とするとともに、Sr レジンに通液して Sr を吸着させ、さらに 8 M 硝酸でカラムを洗浄した。通過液と洗浄液は合わせて ^{94}Nb 分析用試料として回収した。その後、Sr レジンに 0.05 M 硝酸を通液して ^{90}Sr 分析用試料として回収した。

図 8 に ^{63}Ni 及び ^{234}U、^{238}U、^{238}Pu、$^{239+240}$Pu、^{241}Am、^{244}Cm（以下「α 線放出核種」という。）分析の前処理フローを示す。分析試料に塩酸及び硝酸を加えて加熱溶解した後にろ過し、ろ液を回収した。沈殿はフッ化水素酸、または、塩酸と硝酸、二硫化カリウム、または、硫酸と過酸化水素を加えて加熱溶解を繰り返した後、ろ過してろ液を回収した。回収したろ液を ^{63}Ni 分析用試料及び α 線放出核種分析用試料とした。本分配グループにおける ^{60}Co 及び ^{137}Cs の放射能を、Ge 検出器で測定した。放射能はろ液と沈殿を合計して算出しているため、いずれも回収率を 100%とした。

2.3 ^{3}H 及び ^{14}C 分析

図 9 に燃焼操作に使用した装置を示す。また、図 10 に金属試料の ^{3}H 及び ^{14}C 分析フローを示す。分析試料を燃焼装置にセットし、コバルト及びセシウム担体を追加したのち、空気中で 950℃まで昇温して燃焼処理を行った。試料中の炭素化合物は酸化触媒により CO_2 の化学形として ^{14}C 吸収剤に回収し、メスアップして ^{14}C 測定用試料とした。並行して、^{3}H はコールドトラップで HTO として回収し、凝縮水を ^{3}H 測定用試料とした。それぞれの測定試料は NaI 検出器で測定して妨害となる γ 線放出核種が混在していないことを確認した後、液体シンチレータと混合して ^{3}H は最大 18.6 keV、^{14}C は最大 156 keV の β 線を液体シンチレーションカウンタ（以下「LSC」という。）で測定した。燃焼処理後の残渣を塩酸、硝酸、フッ化水素酸で溶解した後、ろ液と沈殿それぞれの ^{60}Co 及び ^{137}Cs の放射能濃度を Ge 検出器で測定した。^{60}Co の放射能濃度はろ液と沈殿を合算して回収率 100%とし、一方で ^{137}Cs の放射能濃度は溶解液の一部を原子吸光光度法で測定したセシウム濃度から求めた回収率で補正した。

コンクリート試料の ^{3}H 分析フローを図 11 に示す。^{3}H 分析フローは金属試料と同じ分析法を適用したが、^{14}C 分析は骨材中に放射化した ^{14}C が存在している可能性が考えられるため、アルカリ融解を適用して分析した。コンクリート試料の ^{14}C 分析フローを図 12 に示す。るつぼに分析試料、炭酸ナトリウムを入れ乾燥させた後に、水酸化ナトリウムをかぶせるようにして加え、電気炉で融解するまで加熱する。放冷した融解物に純水を加え三口フラスコに移した。三口フラスコの 2 方からそれぞれ硝酸を加え窒素ガスを導入して、分離させた ^{14}C を吸収液に回収した。吸収液はメスアップした後、液体シンチレータと混合して LSC で測定した。残った融解溶液は塩酸、硝酸、フッ化水素で溶解した後、ろ液と沈殿それぞれの ^{60}Co 及び ^{137}Cs の放射能濃度を Ge 検出器で測定した。^{60}Co の放射能濃度はろ液と沈殿を合算して回収率 100%とし、一方で ^{137}Cs の放射能濃度は溶解液の一部を誘導結合プラズマ質量分析装置（以下「ICP-MS」という。）で測定したセシウム濃度から求めた回収率で補正した。^{3}H の放射能濃度及び ^{14}C の放射能濃度は、950℃の燃焼処理で試料中の ^{3}H 及び ^{14}C は全てオフガスへ移行しているものと考えられ、オフガス回収系でリークがないことを確認しているため、いずれも回収率を 100%として算出した。

2.4　^{36}Cl 分析

図 13 に ^{36}Cl 分析フローを示す。分析試料を反応槽に入れ、揮散回収装置に塩素回収容器をセットした。担体として、塩素、コバルト、セシウムを加えた後、硫酸を加えて硫酸酸性にし、沸石及び酸化剤として過酸化水素添加した。加熱し、HCl として揮発した塩素成分を水酸化ナトリウムが充填されたトラップで回収した。回収液は放冷し、炭酸ナトリウムと硝酸を加え酸性（pH = 1）とし、炭酸脱気した後に鉄共沈させ、デカンテーションにより上澄み液を回収した。上澄み液に妨害となる γ 線放出核種が存在しないことを NaI 検出器で確認し、硝酸銀水溶液を加えて塩素を AgCl 沈殿として回収した。アンモニア水を加えて沈殿を再度溶解し、溶解液には硝酸銀水溶液と硫化アンモニウムを加えてろ過し、硝酸を加えて酸性（pH = 1）にした後、硝酸銀水溶液を加え AgCl の沈殿を回収した。これらの操作をさらに 1 回繰り返して、^{36}Cl の精製を行った。沈殿の ^{36}Cl を β 崩壊に伴って放出される最大 709 keV の β 線を β 線スペクトロメータ（以下「picoβ」という。）で測定した。AgCl 沈殿質量を測定して求めた回収率で ^{36}Cl の放射能濃度を補正した。本分配グループにおける ^{60}Co 及び ^{137}Cs の放射能濃度を、Ge 検出器で測定した。放射能濃度はろ液と沈殿を合計して算出しているため、いずれも回収率を 100%とした。

2.5　^{60}Co 分析

2.2.3 項の揮散回収処理で回収した硝酸溶解液のろ液及び沈殿を Ge 検出器で測定し、^{60}Co の放射能濃度を算出した。^{60}Co は 1173 keV 及び 1333 keV の γ 線を Ge 検出器で測定した。ろ液及び沈殿の放射能濃度を合計して、^{60}Co の放射能濃度は回収率を 100%として算出した。このほか、各分配グループでコバルト担体を添加して ^{60}Co の分析を実施しており、放射能量が最大となった結果を ^{60}Co の定量値とした。

2.6　^{63}Ni 分析

図 14 に ^{63}Ni 分析フローを示す。2.2.4 項の前処理で回収した Ni 分析用試料にニッケル担体と 30%クエン酸アンモニウムを加え、攪拌した。水酸化ナトリウムで pH = 9.3 に調整した後、1 ジメチルグリオキシム-エタノール溶液を添加し、生成したニッケル-ジメチルグリオキシム錯体（以下「Ni-DMG 錯体」という。）をキシレンで抽出した。抽出した Ni-DMG 錯体を温イオン交換水で十分洗浄した。この操作を繰り返した後、NaI 検出器で測定して妨害となる γ 線放出核種が混在していないことを確認した。液体シンチレータと試料を混合し、一昼夜静置した後、β 崩壊に伴って ^{63}Ni が放出する最大 66.9 keV の β 線を LSC で測定した。有機相の一部を分取し、分光光度計で測定した回収率で ^{63}Ni の放射能濃度を補正した。

2.7　^{90}Sr 分析

図 15 に ^{90}Sr 分析フローを示す。2.2.3 項の Sr レジンにより分離精製した抽出液に対し、鉄担体を加えた後、加熱した。アンモニア水を加えて pH を調整し（pH = 10）、鉄共沈させ、^{90}Sr の娘核種である ^{90}Y を除去した。ろ液を NaI 検出器で測定し、妨害となる γ 線放出核種が混在していないことを確認した。^{90}Sr と ^{90}Y との放射平衡を成立させるため約 2 週間放置した。ろ液に硝酸を加え酸性にし、イットリウム担体を加えた後、アンモニア水を加えて pH を調整（pH = 10）し、沈殿を生成させた。ろ過した沈殿に硝酸とストロンチウム担体を加えた後、アンモニア水を加え pH を調整し（pH = 10）、再度ろ過した。この沈殿をさらに 3 M 塩酸で溶解し、シュウ酸アンモニウムで再度沈殿させた。ろ過したシュウ酸塩の沈殿中で ^{90}Y が放出する最大 2.2 MeV の β 線を picoβ で測定した。一部分取したろ液と沈殿を溶解した溶液を高周波誘導結合プラズマ発光分光分析装置（以下「ICP-AES」という。）でイットリウム濃度を測定し、^{90}Sr と ^{90}Y の放射能濃度を補正した。

2.8　^{94}Nb、^{152}Eu 及び ^{154}Eu 分析

図 16 に ^{94}Nb、^{152}Eu 及び ^{154}Eu 分析フローを示す。2.2.3 項の金属試料の揮散回収処理で回収した ^{94}Nb、^{152}Eu 及び ^{154}Eu 分析用試料及び 2.2.4 項のコンクリート試料の加熱溶解収処理フローで回収した ^{152}Eu 及び ^{154}Eu 分析用試料にアンモニア水を加えて五酸化ニオブ水和物及び水酸化ユウロピウムの沈殿を生成させて回収した後、再度フッ化水素酸で加熱溶解し、ろ過をした。ろ液にテトラフェニルアルソニウムクロリド（以下「TPAC」という。）を添加してニオブ沈殿を生成させ、妨害となる高エネルギーの γ 線放出核種を除去した。コンクリート試料の揮散回収処理で回収した ^{94}Nb 分析用試料についても、同様に処理した。その後、^{94}Nb の β 崩壊に伴い放出される 871 keV の γ 線を Ge 検出器で測定した。測定後の沈殿に塩酸を加え再度溶解した。ニオブ濃度を ICP-AES で測定して求めた回収率で ^{94}Nb の放射能濃度を補正した。フッ化水素酸で加熱溶解後の沈殿は EuF_3 沈殿であり、^{152}Eu が放出する 1408 keV の γ 線及び ^{154}Eu が放出する 1274 keV の γ 線を Ge 検出器で測定した。塩酸でフッ化ユウロピウム沈殿の全量を溶解し、ユウロピウム濃度を ICP-AES で測定して求めた回収率で ^{152}Eu 及び ^{154}Eu の放射能濃度を補正した。

2.9 ^{99}Tc 分析

図 17 に ^{99}Tc 分析フローを示す。2.2.3 項の揮散回収処理で回収した ^{99}Tc 分析用試料に純水と過酸化水素を加えた後、加熱した。チオアセトアミドを加え、沈殿をろ過し、硝酸と過酸化水素を加えた後加熱し溶解した。溶解した液をろ過したろ液に硝酸酸性下で鉄担体を加えた後、アンモニア水で pH を調整し（pH＝10）、共沈により不純物を分離した。ろ液は硝酸で pH を調整した後（pH＝1）、過酸化水素と TPAC を加え、氷冷して沈殿を熟成させてからろ過した。沈殿を NaI で測定し、妨害となる γ 線放出核種が存在しないことを確認し、picoβ で β 線を測定した。^{99}Tc は安定同位体が存在しないため、テクネチウム担体の代替として同族元素であるレニウム担体を添加している。よって、沈殿を溶解した溶液のレニウム濃度を ICP-AES で測定して求めた回収率で ^{99}Tc の放射能濃度を補正した。

2.10 ^{108m}Ag 分析

図 18 に ^{108m}Ag 分析フローを示す。2.2.3 項の揮散回収処理で回収した ^{108m}Ag 分析用試料に対して ^{108m}Ag が放出する 434 keV、614 keV、723 keV の γ 線を Ge 検出器で測定した。^{108m}Ag の放射能濃度は沈殿をアンモニア水で溶解した溶液の銀濃度を ICP-AES で測定して求めた回収率で補正した。

2.11 ^{129}I 分析

図 19 に ^{129}I 分析フローを示す。2.2.3 項の揮散回収処理で回収した ^{129}I 分析用試料に還元剤として亜硫酸水素ナトリウムを加えて分液ロートに入れ、さらに抽出剤としてキシレンを加え、硝酸及び酸化剤として亜硝酸ナトリウムを加えて IO_3^- や I^- の形態のヨウ素を I_2 としてキシレンに抽出した。（1+9）硝酸での洗浄操作を繰り返し行った後、亜硫酸水素ナトリウムで水相に逆抽出した。^{129}I の抽出液を NaI 検出器で測定し、妨害となる γ 線放出核種が混在していないことを確認した。その後、硝酸銀溶液を加え AgI 沈殿として回収し、^{129}I が β 崩壊に伴い放出する最大エネルギー194 keV の β 線を 2π ガスフローカウンタ（以下「GFC」という。）で測定した。また、水相に逆抽出した抽出液の一部を分取して生成させた AgI 沈殿を加速器質量分析で高感度分析した。^{129}I の放射能濃度は AgI 沈殿の質量を測定して求めた回収率で補正した。

2.12 ^{137}Cs 分析

図 20 に ^{137}Cs 分析フローを示した。揮散回収処理で回収した ^{137}Cs 分析用試料に塩酸を加えて pH を調整（pH＝7）し、液量に対して 5%の塩酸を添加した。さらに、りんモリブデン酸アンモニウムを添加して沈殿を生成することによって妨害となる他の γ 線放出核種と分離して ^{137}Cs の娘核種である ^{137m}Ba が放出する 662 keV の γ 線を Ge 検出器で測定した。なお、金属試料における一連の揮散回収処理において Ge 検出器での測定で ^{137}Cs が検出されなかった試料については、コンクリート試料と同様に、測定効率の改善を図るため、^{137}Cs 分析フローにしたがって沈殿分離を行った。^{137}Cs 放射能濃度は、沈殿の溶解液のセシウム濃度を ICP-AES で測定して求めた回収率で補正した。このほか、各分配グループで ^{137}Cs の放射能濃度を測定しており、放射能量が最大となった結果を ^{137}Cs の定量値とした。

2.13　α線放出核種（^{234}U、^{238}U、^{238}Pu、$^{239+240}$Pu、^{241}Am 及び ^{244}Cm）分析

図 21 に ^{234}U、^{238}U、^{238}Pu、$^{239+240}$Pu、^{241}Am 及び ^{244}Cm 分析フローを示す。α線放出核種は 2.2.4 項で酸溶解した分析用試料を UTEVA レジンと TRU レジンの 2 種類の固相抽出樹脂を使用して、U、Pu、Am 及び Cm の各フラクションに分離した。試料の溶解液を一度乾固し、1 M の硝酸アルミニウムを含む 3 M 硝酸で再溶解した。0.6 M スルファミン酸鉄を加えた後、アスコルビン酸を加えて Pu を 3 価に調整して、硝酸でコンディショニングした UTEVA レジンに通液し、Pu、Am 及び Cm の溶出液を回収した。9 M 塩酸及び 0.05 M のシュウ酸を含む 5 M 塩酸で測定の妨害となる不純物（Fe、Np、Th 等）を除去し、1 M 塩酸を通液して U を回収した。得られた Pu、Am 及び Cm の溶出液は硝酸でコンディショニングした TRU レジンに通液し、カラム上で亜硝酸ナトリウムにより Pu を 4 価に調整した。測定の妨害となる不純物を取り除いた後に 4 M 塩酸で Am 及び Cm を回収した。4 M 塩酸+0.1 M フッ化水素酸でカラムを洗浄した後、Pu は 0.1 M シュウ酸水素アンモニウムで回収した。α線測定は表面障壁型 Si 半導体検出器（以下「SSB」という。）で核種毎に行った。ただし、^{238}U は半減期が長いため、SSB によるα線測定より高感度に測定可能な ICP-MS を用いた質量分析を適用した。^{238}U 分析では、分離精製操作を行わないため、2.2.4 項で酸溶解した分析用試料の一部を分取し、希釈して測定した。なお、回収率は 100%として ^{238}U の放射能濃度を算出した。^{234}U 分析では、UTEVA レジンで分離精製した U の溶出液をステンレス板に電着し、SSB で測定した。^{234}U の放射能濃度は、試料自体に ^{238}U が含まれているコンクリート試料及び一部の金属試料では、^{238}U 標準溶液の添加はせず、分離精製前の酸溶解液を ICP-MS で測定した ^{238}U 放射能濃度と、UTEVA レジンで分離精製した溶出液をステンレス板に電着して SSB で測定した ^{238}U 放射能濃度から求めた回収率で補正した。^{238}U の濃度の低い金属試料では、UTEVA レジンによる分離精製時に試料溶解液を 2 分し、一方に ^{238}U 標準溶液を添加して、試料と同一の分離精製操作を実施した。その後、SSB で測定した ^{238}U の放射能濃度から求めた回収率で補正した。^{238}Pu 及び $^{239+240}$Pu 分析では、UTEVA レジン及び TRU レジンで分離精製した Pu の溶出液をステンレス板に電着し、SSB で測定した。通常、^{238}Pu 及び $^{239+240}$Pu の放射能濃度を補正する際は、分離精製操作前後の試料を ICP-MS で測定し、M/Z = 239 の信号強度の変化から分離精製時の Pu の回収率を算出するが、今回の試料では ^{239}Pu の放射能濃度が極めて低いため、過去の Pu 分離精製操作における平均回収率（79.3%）で補正した。^{241}Am 及び ^{244}Cm 分析は、UTEVA レジン及び TRU レジンで分離精製した Am 及び Cm の溶出液をステンレス板に電着し、SSB で測定した。^{241}Am の放射能濃度は、試料溶解液を 2 分し、一方に ^{241}Am 標準溶液を添加した上で、試料と同一の分離精製操作を行い、SSB で測定した ^{241}Am の放射能濃度から求めた回収率で補正した。また、^{244}Cm は今回の分離精製条件では ^{241}Am と同じ溶出液に回収されるため、^{244}Cm の放射能濃度は Am の回収率を用いて補正した。

3. 分析結果

令和 2 年度に 20 核種（^{3}H、^{14}C、^{36}Cl、^{60}Co、^{63}Ni、^{90}Sr、^{94}Nb、^{99}Tc、^{108m}Ag、^{129}I、^{137}Cs、^{152}Eu、^{154}Eu、^{234}U、^{238}U、^{238}Pu、^{239}Pu、^{240}Pu、^{241}Am、^{244}Cm）の放射化学分析を行い、200 点の分析データを取得した。核種ごとの分析結果を表 6 から表 24 にまとめた。

4. まとめ

本報告では、研究施設等から発生する放射性廃棄物を対象とする放射能濃度評価方法検討のための基礎資料として、JRR-2、JRR-3 及びホットラボから発生した放射性廃棄物について放射化学分析を実施し、得られた放射能濃度評価方法検討のためのデータが取得できた。今後も、研究施設等から発生した放射性廃棄物の分析を行い、放射能濃度データの蓄積を継続していく。

謝辞

本報告書作成にあたり JRR-2、JRR-3 及びホットラボの保管廃棄物から分析用試料を採取していただいたバックエンド技術部高減容処理技術課の方々に感謝の意を表する。

参考文献

1） 原子力安全基盤機構規格基準部, 均質・均一固化体及び充填固化体の廃棄のための確認方法について（一部改正）, JNES-SS-0801, 2008.

2） 星亜紀子, 亀尾裕, 片山淳他, 研究施設等から発生する均質・均一固化体に対する放射化学分析, JAEA-Data/Code 2009-023, 2010, 84p.

3） 辻智之, 亀尾裕, 坂井章浩他, 研究施設等から発生する均質・均一固化体に対する放射能濃度評価方法の検討, JAEA-Technology 2011-028, 2011, 66p.

4）星亜紀子, 辻智之, 田中究他, JPDR 保管廃棄物試料に対する放射化学分析, JAEA-Data/Code 2011-011, 2011, 31p.

5） 田中究, 安田麻里, 渡辺幸一他, JPDR 保管廃棄物試料に対する放射化学分析（2）, JAEA-Data/Code 2013-008, 2013, 16p.

6） 安田麻里, 田中究, 亀尾裕他, JPDR 保管廃棄物試料に対する放射化学分析（3）, JAEA-Data/Code 2014-011, 2014, 59p.

7）大森弘幸, 根橋宏治, 島田亜佐子他, JPDR 保管廃棄物試料に対する放射化学分析（4）, JAEA-Data/Code 2014-029, 2015, 31p.

8） 原賀智子, 下村祐介, 水飼秋菜他, JRR-2 及び JRR-3 から発生した放射性廃棄物に対する放射化学分析, JAEA-Data/Code 2019-004, 2019, 48p.

9） 水飼秋菜, 原賀智子, 石森健一郎他, 照射後試験施設から発生した放射性廃棄物に対する放射化学分析, JAEA-Data/Code 2019-012, 2020, 70p.

10） 飛田実, 原賀智子, 佐々木誉幸他, JRR-2、JRR-3 及びホットラボから発生した放射性廃棄物に対する放射化学分析, JAEA-Data/Code 2019-016, 2020, 72p.

11） 青野竜士, 水飼秋菜, 原賀智子他, JPDR 及び JRR-4 から発生した放射性廃棄物に対する放射化学分析, JAEA-Data/Code 2020-006, 2020, 70p.

12） 土田大貴, 原賀智子, 飛田実他, JRR-3及びJPDRから発生した放射性廃棄物に対する放射化学分析, JAEA-Data/Code 2020-022, 2021, 34p.

13） 土田大貴, 水飼秋菜, 青野竜士他, JPDR、JRR-3及びJRR-4から発生した放射性廃棄物に対する放射化学分析, JAEA-Data/Code 2022-004, 2022, 87p.

14） 飛田実, 今田未来, 大森剛他, JRR-3、JRR-4及び再処理特別研究棟から発生した放射性廃棄物に対する放射化学分析, JAEA-Data/Code 2022-007, 2022, 40p.

15） 辻智之, 亀尾裕, 坂井章浩他, JPDR保管廃棄物に対する放射能濃度評価方法の検討（1）, JAEA-Technology 2012-045, 2013, 37p.

16）辻智之, 坂井章浩, 出雲沙理他, JPDR 保管廃棄物に対する放射能濃度評価方法の検討（2）, JAEA-Technology 2015-009, 2015, 46p.

17） 林宏一, 出雲沙理, 仲田久和他, JRR-2 及び JRR-3 保管廃棄物に対する放射能濃度評価方法の検討, JAEA-Technology 2018-001, 2018, 66p.

18） 水飼秋菜, 原賀智子, 石森健一郎他, 照射後試験施設から発生した廃棄物に対する放射能濃度評価方法の検討, JAEA-Technology 2019-015, 2019, 52p.
19） 坂井章浩, 天澤弘也, 仲田久和他, 研究施設等廃棄物の埋設処分における安全評価上重要核種の選定（その 3）－RI・研究所等廃棄物に係る主要放射性廃棄物発生施設毎の重要核種の予備評価, JAEA-Technology 2010-021, 2010, 152p.

表 1　放射能分析で使用した測定機器一覧

No.	測定器	略称	メーカ，型式	測定核種又は用途
1	Ge半導体検出器	Ge検出器	ORTEC GEM-30P4	^{60}Co, ^{94}Nb, ^{108m}Ag, ^{137}Cs, ^{152}Eu, ^{154}Eu
	低エネルギーGe半導体検出器	LE-Ge検出器	ORTEC LOAX　51370/20	
2	液体シンチレーションカウンタ	LSC	PerkinElmer Tri-Carb 4910TR	^{3}H, ^{14}C, ^{63}Ni
3	β線スペクトロメータ	picoβ	Fuji Electric NDD10001	^{36}Cl, ^{90}Sr, ^{99}Tc
4	2πガスフローカウンタ	GFC	HITACHI LBC-4612	^{129}I
5	表面障壁型Si半導体検出器	SSB	AMETEK BU-020-450-AS	^{234}U, ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu, ^{241}Am, ^{244}Cm
6	誘導結合プラズマ質量分析装置	ICP-MS	PerkinElmer ELAN　DRCⅡ	^{238}U 化学回収率確認測定
7	NaIシンチレーションカウンタ	NaI検出器	BICRON 3M3/3	γ線妨害核種除去確認測定
8	誘導結合プラズマ発光分光分析装置	ICP-AES	Agilent 5110	化学回収率確認測定
9	分光光度計	—	SHIMADZU UV-1850	化学回収率確認測定
10	原子吸光分析装置	AAS	PerkinElmer AAnalyst400	化学回収率確認測定
11	加速器質量分析装置	AMS	東京大学 タンデム加速器研究施設	^{129}I（高感度同位体測定）

表 2　分析試料リスト（1/22）

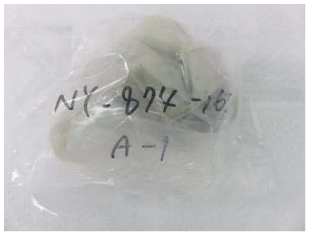
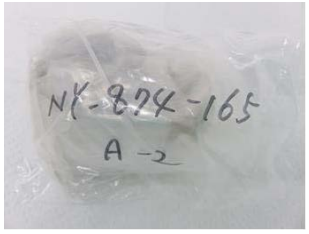
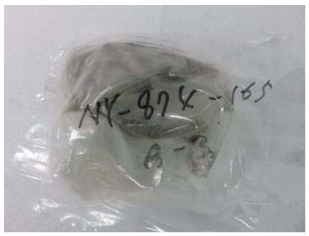
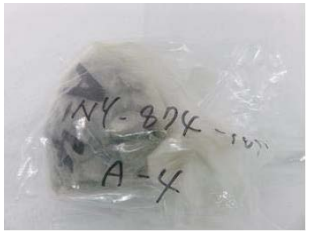
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-874-165	JRR-3	粒状	コンクリート	A-1	
				A-2	
				A-3	
				A-4	
				B-1	

表 2　分析試料リスト（2/22）

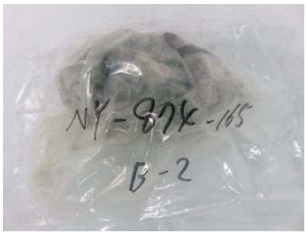
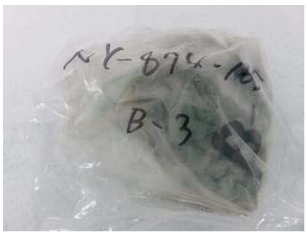
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-874-165	JRR-3	粒状	コンクリート	B-2	
				B-3	
				B-4	
				C-1	
				C-2	

表 2　分析試料リスト（3/22）

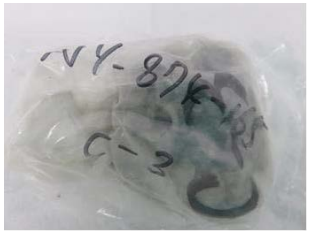
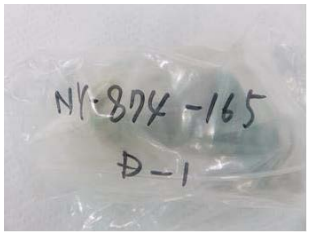
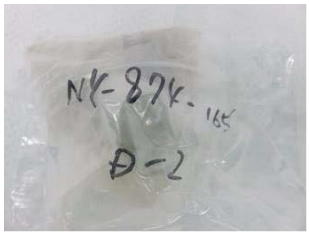
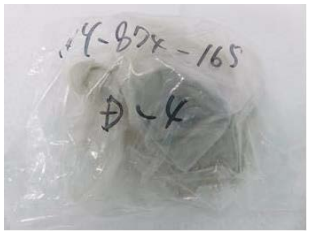
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-874-165	JRR-3	粒状 粉状	コンクリート	C-3	
				C-4	
				D-1	
				D-2	
				D-3	
				D-4	

表 2　分析試料リスト（4/22）

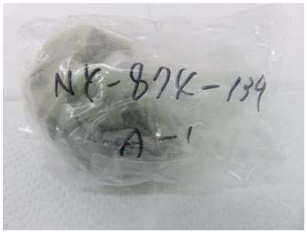
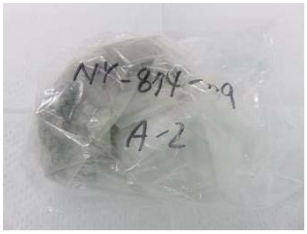
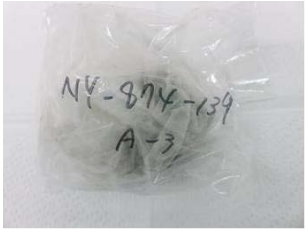
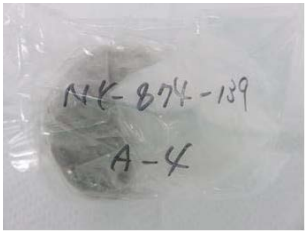
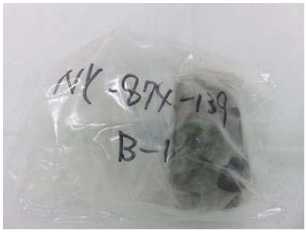
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-874-139	JRR-3	粒状 粉状	コンクリート	A-1	
				A-2	
				A-3	
				A-4	
				B-1	

表 2　分析試料リスト（5/22）

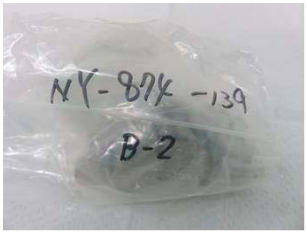
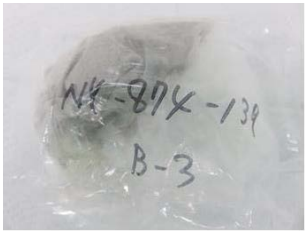
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-874-139	JRR-3	粒状 粉状	コンクリート	B-2	
				B-3	
				B-4	
				C-1	
				C-2	

表 2　分析試料リスト（6/22）

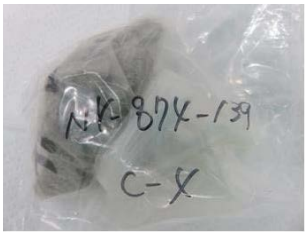
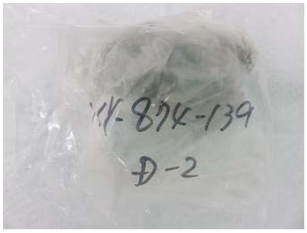
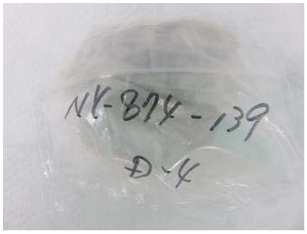
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-874-139	JRR-3	粒状 粉状	コンクリート	C-3	
				C-4	
				D-1	
				D-2	
				D-3	
				D-4	

表 2　分析試料リスト（7/22）

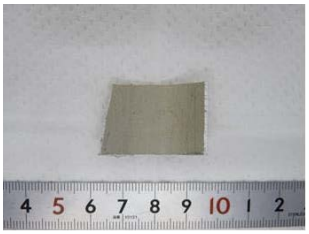
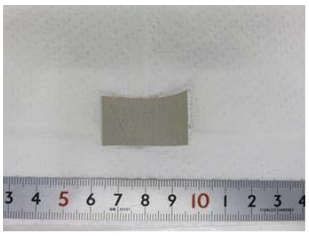
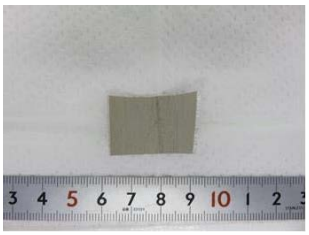
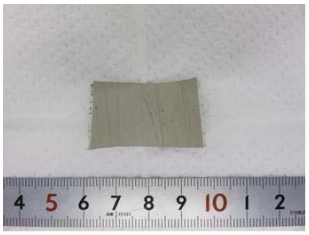
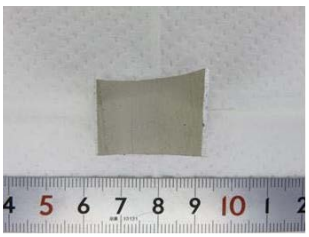
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-867-407	JRR-3	筒状	アルミニウム	11	
				12	
				13	
				14	
				15	

表 2　分析試料リスト（8/22）

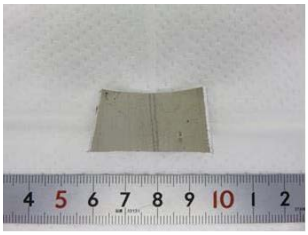
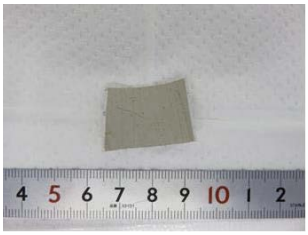
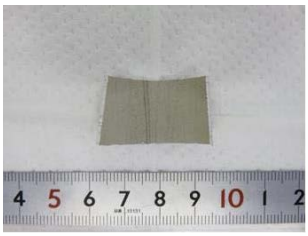
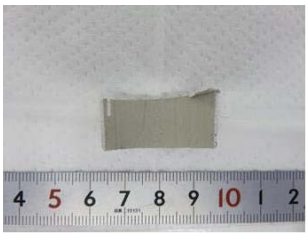
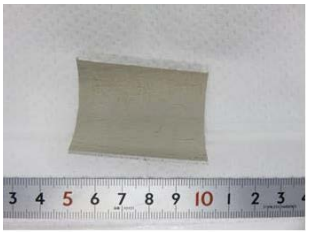
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-867-407	JRR-3	筒状	アルミニウム	16	
				17	
				18	
				19	
				20	

表 2　分析試料リスト（9/22）

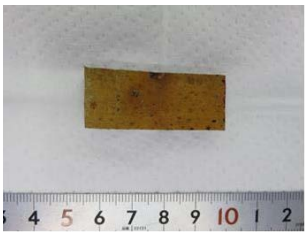
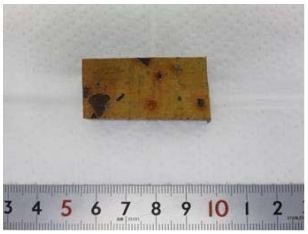
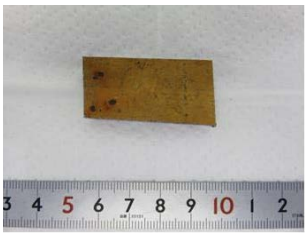
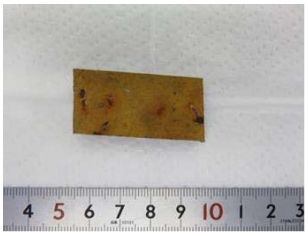
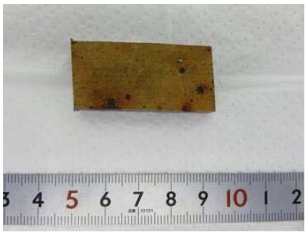
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-866-350	JRR-3	板状	普通鋼	21	
				22	
				23	
				24	
				25	

表 2　分析試料リスト（10/22）

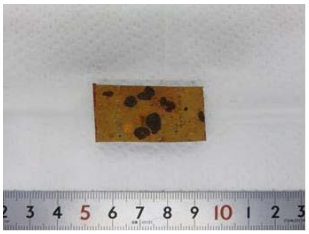
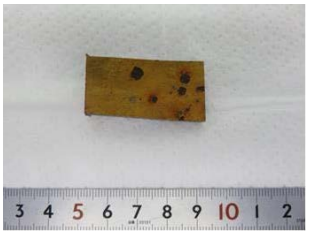
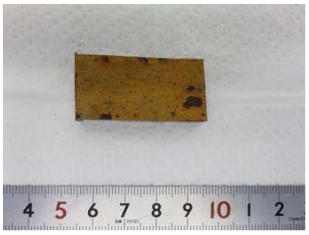
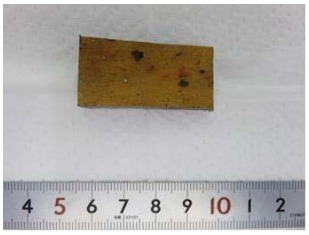
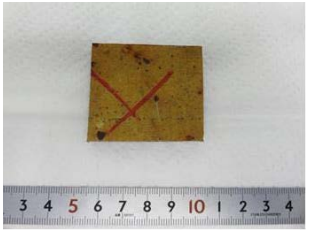
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-866-350	JRR-3	板状	普通鋼	26	
				27	
				28	
				29	
				30	

表 2　分析試料リスト（11/22）

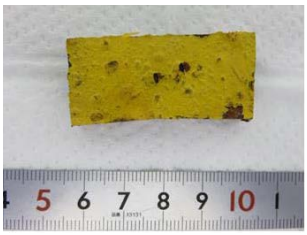
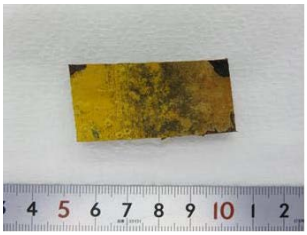
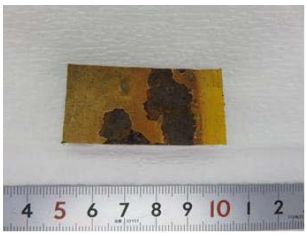
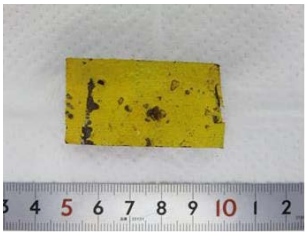
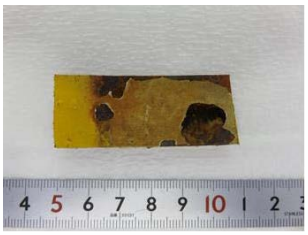
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-866-349	JRR-3	板状	普通鋼	1	
				2	
				3	
				4	
				5	

表 2　分析試料リスト（12/22）

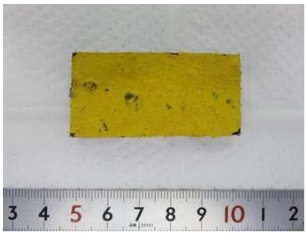
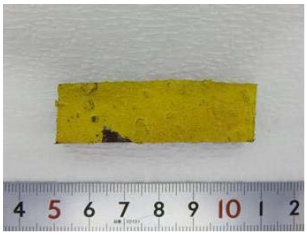
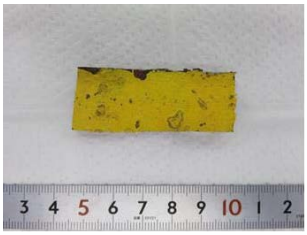
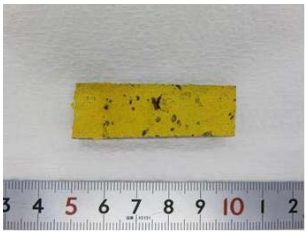
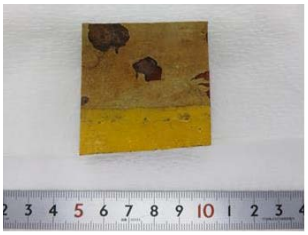
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-866-349	JRR-3	板状	普通鋼	6	
				7	
				8	
				9	
				10	

表 2　分析試料リスト（13/22）

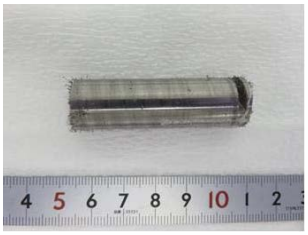
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-87Y-1694	JRR-2	棒状	ステンレス	1	
				2	
				3	
				4	
				5	

表 2　分析試料リスト（14/22）

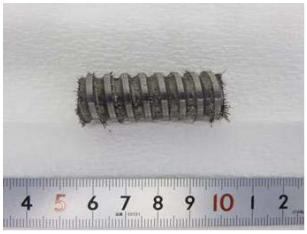
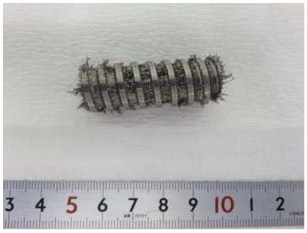
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-87Y-1694	JRR-2	棒状	ステンレス	6	
				7	
				8	
				9	
				10	

表 2　分析試料リスト（15/22）

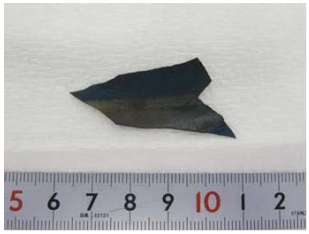
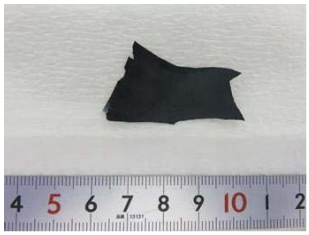
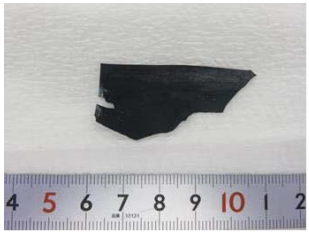
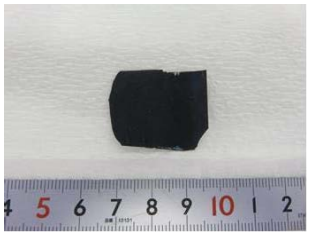
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-972-241	ホット ラボ	板状	普通鋼	11	
				12	
				13	
				14	
				15	

表 2　分析試料リスト（16/22）

保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-972-241	ホット ラボ	板状	普通鋼	16	
				17	
				18	
				19	
				20	

表 2　分析試料リスト（17/22）

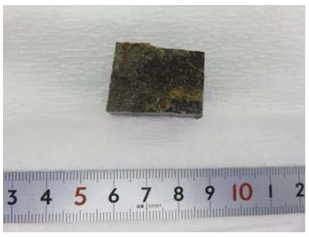
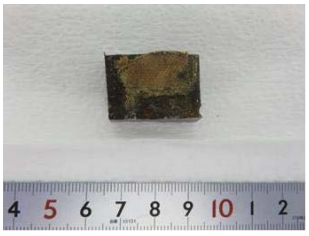
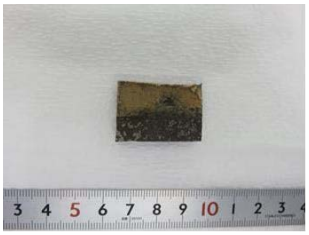
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-972-242	ホット ラボ	板状	普通鋼	1	
				2	
				3	
				4	
				5	

表 2　分析試料リスト（18/22）

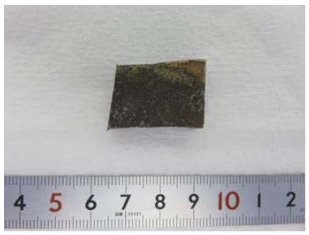
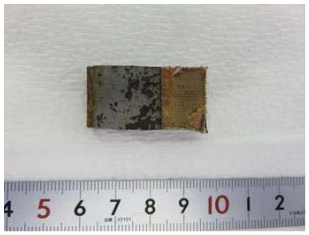
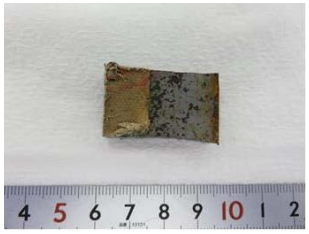
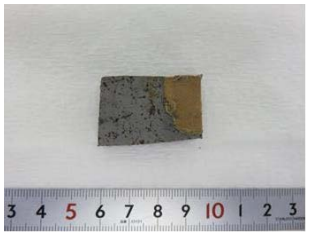
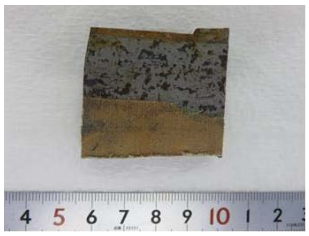
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-972-242	ホット ラボ	板状	普通鋼	6	
				7	
				8	
				9	
				10	

表 2　分析試料リスト（19/22）

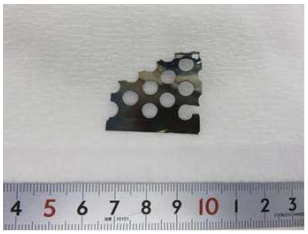
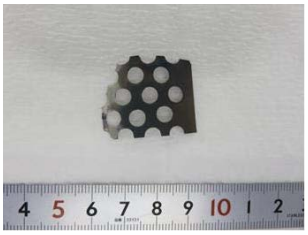
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-972-241	ホット ラボ	板状	ステンレス	1	
				2	
				3	
				4	
				5	

表 2　分析試料リスト（20/22）

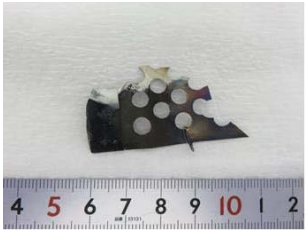
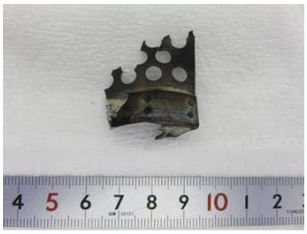
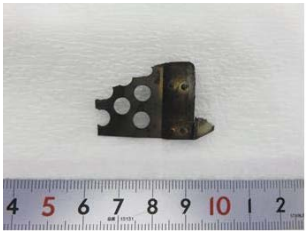
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-972-241	ホット ラボ	板状	ステンレス	6	
				7	
				8	
				9	
				10	

表 2　分析試料リスト（21/22）

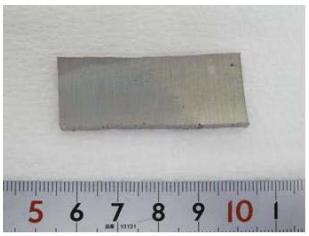
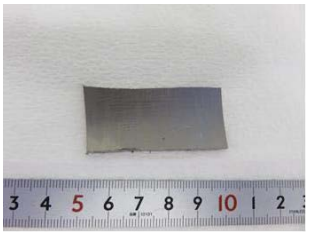
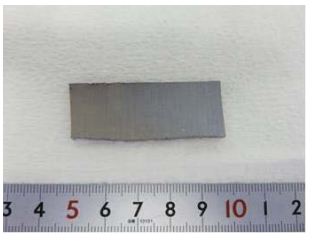
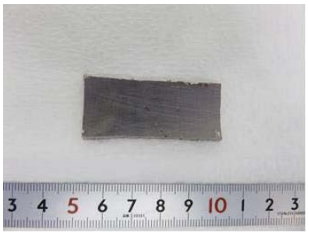
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-971-179	ホット ラボ	筒状	ステンレス	1	
				2	
				3	
				4	
				5	

表 2　分析試料リスト（22/22）

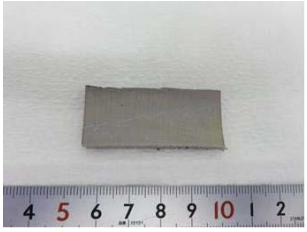
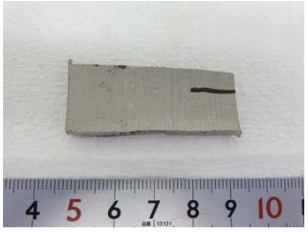
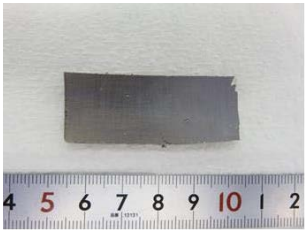
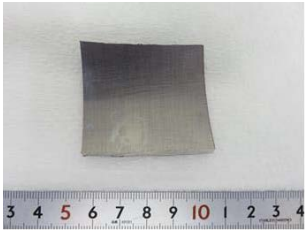
保管体番号	発生施設	形状	材質	枝番	外観写真
NY-971-179	ホット ラボ	筒状	ステンレス	6	
				7	
				8	
				9	
				10	

表 3　分配グループの記録

保管体番号	発生施設	材質	枝番	分析核種　※1
NY-874-165	JRR-3	コンクリート	A-2	^{3}H
				^{14}C
				^{36}Cl
				^{99}Tc, ^{108m}Ag, ^{129}I
				^{63}Ni, ^{234}U, ^{238}U, ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu, ^{241}Am, ^{244}Cm
				^{90}Sr, ^{94}Nb, ^{152}Eu, ^{154}Eu
NY-874-139	JRR-3	コンクリート	C-3	^{3}H
				^{14}C
				^{36}Cl
				^{99}Tc, ^{108m}Ag, ^{129}I
				^{63}Ni, ^{234}U, ^{238}U, ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu, ^{241}Am, ^{244}Cm
				^{90}Sr, ^{94}Nb, ^{152}Eu, ^{154}Eu
NY-867-407	JRR-3	アルミニウム	16	^{3}H, ^{14}C
			13	^{36}Cl
			14,15,20	^{90}Sr, ^{94}Nb, ^{99}Tc, ^{108m}Ag, ^{129}I, ^{152}Eu, ^{154}Eu
			11	^{63}Ni, ^{234}U, ^{238}U, ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu, ^{241}Am, ^{244}Cm
NY-866-350	JRR-3	普通鋼	28	^{3}H, ^{14}C
			26	^{36}Cl
			30	^{90}Sr, ^{94}Nb, ^{99}Tc, ^{108m}Ag, ^{129}I, ^{152}Eu, ^{154}Eu
			21	^{63}Ni, ^{234}U, ^{238}U, ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu, ^{241}Am, ^{244}Cm
NY-866-349	JRR-3	普通鋼	3	^{3}H, ^{14}C
			5	^{36}Cl
			10	^{90}Sr, ^{94}Nb, ^{99}Tc, ^{108m}Ag, ^{129}I, ^{152}Eu, ^{154}Eu
			2	^{63}Ni, ^{234}U, ^{238}U, ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu, ^{241}Am, ^{244}Cm
NY-87Y-1694	JRR-2	ステンレス	4	^{3}H, ^{14}C
			3	^{36}Cl
			1	^{90}Sr, ^{94}Nb, ^{99}Tc, ^{108m}Ag, ^{129}I, ^{152}Eu, ^{154}Eu
			2	^{63}Ni, ^{234}U, ^{238}U, ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu, ^{241}Am, ^{244}Cm
NY-972-241	ホットラボ	普通鋼	19	^{3}H, ^{14}C
			13,16	^{36}Cl
			15,17,20	^{90}Sr, ^{94}Nb, ^{99}Tc, ^{108m}Ag, ^{129}I, ^{152}Eu, ^{154}Eu
			18	^{63}Ni, ^{234}U, ^{238}U, ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu, ^{241}Am, ^{244}Cm
NY-972-242	ホットラボ	普通鋼	3	^{3}H, ^{14}C
			4	^{36}Cl
			1	^{90}Sr, ^{94}Nb, ^{99}Tc, ^{108m}Ag, ^{129}I, ^{152}Eu, ^{154}Eu
			10	^{63}Ni, ^{234}U, ^{238}U, ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu, ^{241}Am, ^{244}Cm
NY-972-241	ホットラボ	ステンレス	2	^{3}H, ^{14}C
			7	^{36}Cl
			3,4,6,8	^{90}Sr, ^{94}Nb, ^{99}Tc, ^{108m}Ag, ^{129}I, ^{152}Eu, ^{154}Eu
			10	^{63}Ni, ^{234}U, ^{238}U, ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu, ^{241}Am, ^{244}Cm
NY-971-179	ホットラボ	ステンレス	5	^{3}H, ^{14}C
			1	^{36}Cl
			10	^{90}Sr, ^{94}Nb, ^{99}Tc, ^{108m}Ag, ^{129}I, ^{152}Eu, ^{154}Eu
			2	^{63}Ni, ^{234}U, ^{238}U, ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu, ^{241}Am, ^{244}Cm

※1：分配グループの全てで^{60}Co及び^{137}Csの分析を実施

表 4　粉砕・ふるい分け処理前後の外観写真

保管体番号	枝番	外観写真	
		粉砕前	粉砕・ふるい分け後
NY-874-165	A-2		
NY-874-139	C-3		

表 5　削り取り前後の外観写真（1/8）

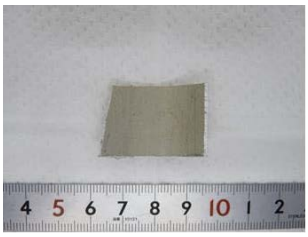
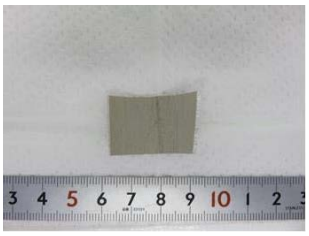
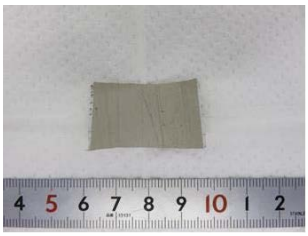
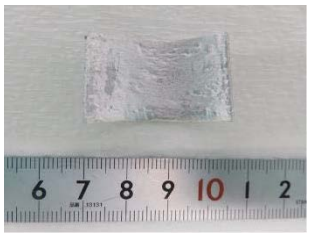
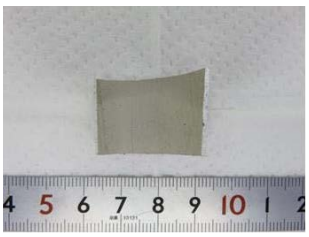
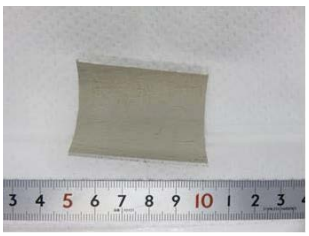
保管体番号	枝番	外観写真		試料区分
		削り取り前	削り取り後	
NY-867-407	11			（2）表面汚染（放射化による影響あり）
	13			
	14			
	15			
	16			
	20			

表 5　削り取り前後の外観写真（2/8）

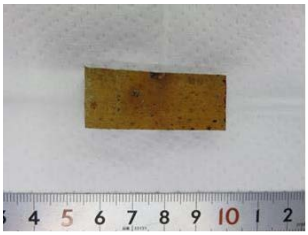
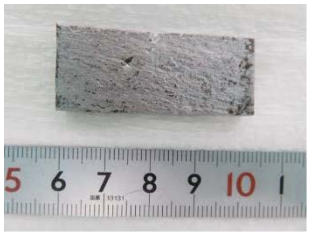
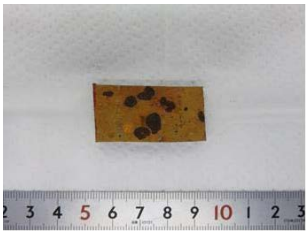
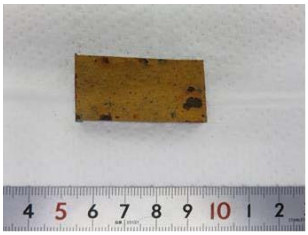
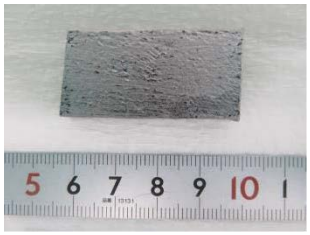
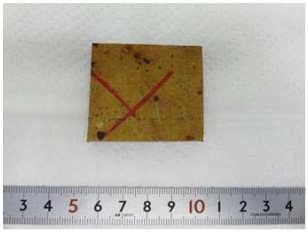
保管体番号	枝番	外観写真		試料区分
		削り取り前	削り取り後	
NY-866-350	21			（3）表面汚染（初期の計数率が十分に低く、放射化による影響は判断できない）
	26			
	28			
	30			

表 5　削り取り前後の外観写真（3/8）

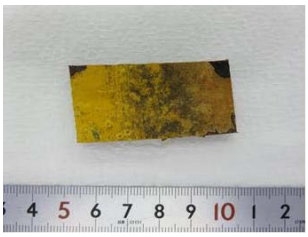
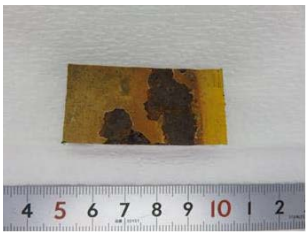
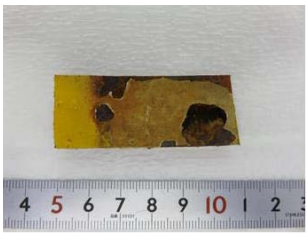
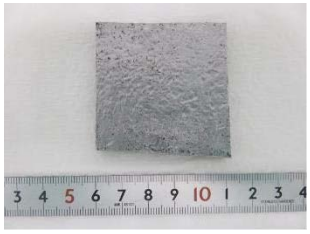
保管体番号	枝番	外観写真		保管体番号
		削り取り前	削り取り後	
NY-866-349	2			（3）表面汚染（初期の計数率が十分に低く、放射化による影響は判断できない）
	3			
	5			
	10			

表 5　削り取り前後の外観写真（4/8）

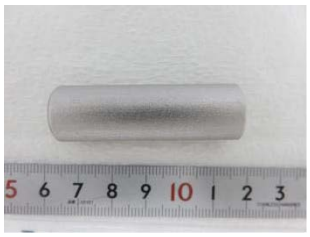
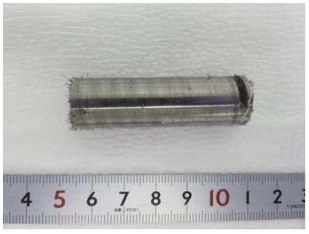
保管体番号	枝番	外観写真		試料区分
		削り取り前	削り取り後	
NY-87Y-1694	1			（2）表面汚染（放射化による影響あり）
	2			
	3			
	4			

表 5　削り取り前後の外観写真（5/8）

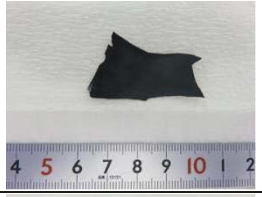
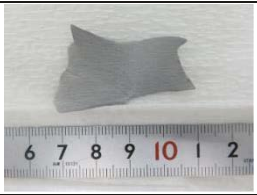
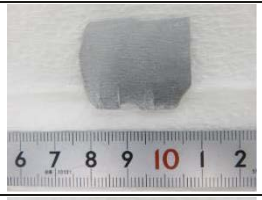
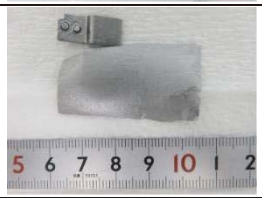
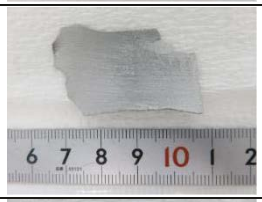
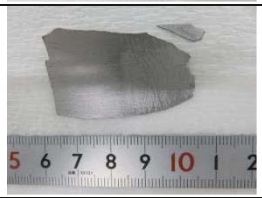
保管体番号	枝番	外観写真		試料区分
		削り取り前	削り取り後	
NY-972-241	13			（1）表面汚染（放射化による影響なし）
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
	20			

表 5　削り取り前後の外観写真（6/8）

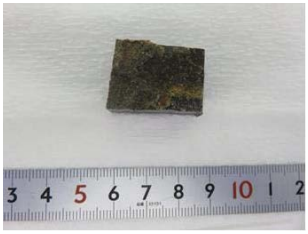
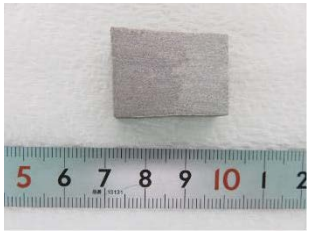
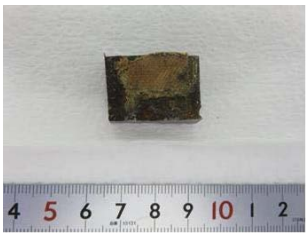
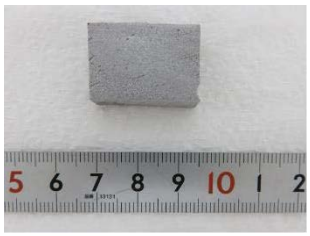
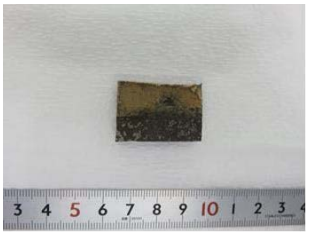
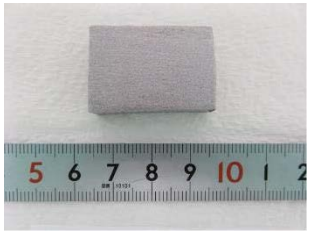
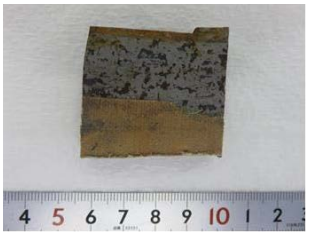
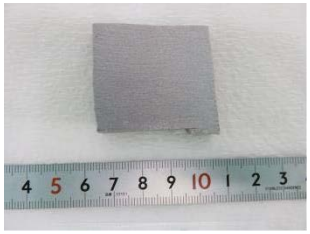
保管体番号	枝番	外観写真		試料区分
		削り取り前	削り取り後	
NY-972-242	1			（1）表面汚染（放射化による影響なし）
	3			
	4			
	10			

表 5　削り取り前後の外観写真（7/8）

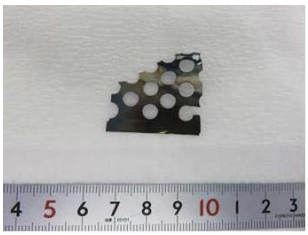
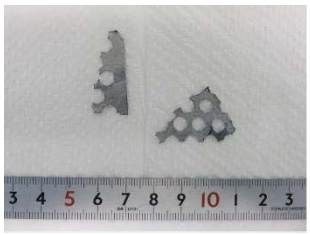
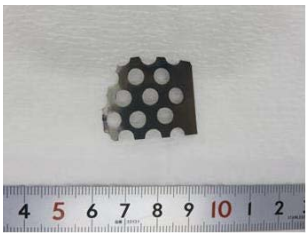
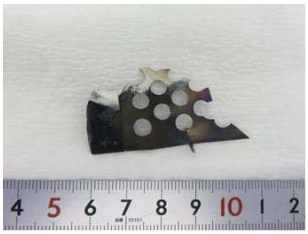
保管体番号	枝番	外観写真		試料区分
		削り取り前	削り取り後	
NY-972-241	2			（1）表面汚染（放射化による影響なし）
	3			
	4			
	6			
	7			
	8			

表 5　削り取り前後の外観写真（8/8）

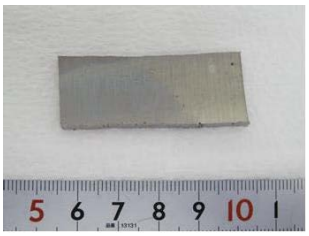
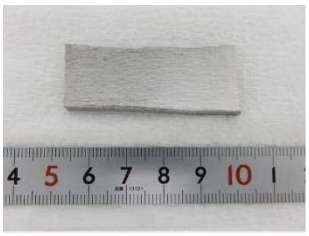
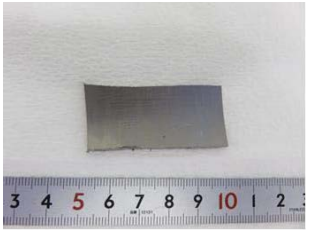
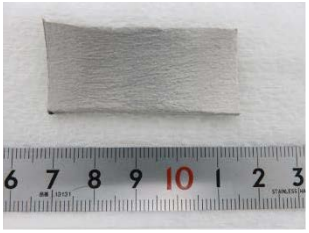
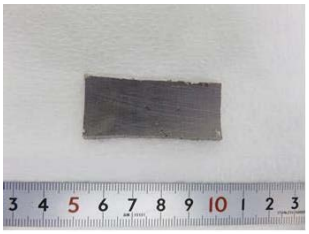
保管体番号	枝番	外観写真		試料区分
		削り取り前	削り取り後	
NY-971-179	1			（2）表面汚染（放射化による影響あり）
	2			
	5			
	10			

表 6　^{3}H の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	1.1716	100	2020/9/23	$(7.6\pm0.2)\times10^{0}$	3×10^{-1}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	1.2580	100	2020/9/23	$(2.7\pm0.1)\times10^{0}$	3×10^{-1}
NY-867-407	16	JRR-3	アルミニウム	2.6999	100	2020/9/23	$(2.8\pm0.1)\times10^{1}$	1×10^{-1}
NY-866-350	28	JRR-3	普通鋼	36.1852	100	2020/9/23	$(8.0\pm2.5)\times10^{-3}$	8×10^{-3}
NY-866-349	3	JRR-3	普通鋼	54.3431	100	2020/9/23	$(1.9\pm0.2)\times10^{-2}$	5×10^{-3}
NY-87Y-1694	4	JRR-2	ステンレス	54.8013	100	2020/9/23	$(8.3\pm0.3)\times10^{-2}$	5×10^{-3}
NY-972-241	19	ホットラボ	普通鋼	2.7873	100	2020/9/23	$(1.1\pm0.4)\times10^{-1}$	1×10^{-1}
NY-972-242	3	ホットラボ	普通鋼	31.4332	100	2020/9/23	ND	9×10^{-3}
NY-972-241	2	ホットラボ	ステンレス	0.9558	100	2020/9/23	$(3.2\pm1.0)\times10^{-1}$	3×10^{-1}
NY-971-179	5	ホットラボ	ステンレス	24.3654	100	2020/9/23	$(3.7\pm0.4)\times10^{-2}$	2×10^{-2}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。

表 7　^{14}C の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	1.0688	100	2020/9/16	ND	2×10^{-1}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	1.1172	100	2020/9/16	$(5.1\pm0.6)\times10^{-1}$	2×10^{-1}
NY-867-407	16	JRR-3	アルミニウム	2.6999	100	2020/8/29	$(1.8\pm0.1)\times10^{2}$	7×10^{-2}
NY-866-350	28	JRR-3	普通鋼	36.1852	100	2020/8/29	$(1.7\pm0.1)\times10^{-1}$	5×10^{-3}
NY-866-349	3	JRR-3	普通鋼	54.3431	100	2020/9/5	$(4.1\pm0.1)\times10^{-1}$	4×10^{-3}
NY-87Y-1694	4	JRR-2	ステンレス	54.8013	100	2020/8/29	$(1.3\pm0.2)\times10^{-2}$	4×10^{-3}
NY-972-241	19	ホットラボ	普通鋼	2.7873	100	2020/9/5	ND	7×10^{-2}
NY-972-242	3	ホットラボ	普通鋼	31.4332	100	2020/9/5	$(3.1\pm0.3)\times10^{-2}$	6×10^{-3}
NY-972-241	2	ホットラボ	ステンレス	0.9558	100	2020/9/5	ND	2×10^{-1}
NY-971-179	5	ホットラボ	ステンレス	24.3654	100	2020/8/29	ND	8×10^{-3}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。

表 8　^{36}Cl の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	5.0740	96.5	2020/8/20	ND	8×10^{-3}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	5.0591	90.7	2020/8/21	ND	8×10^{-3}
NY-867-407	13	JRR-3	アルミニウム	2.4371	79.9	2020/8/28	$(4.3 \pm 0.7) \times 10^{-2}$	2×10^{-2}
NY-866-350	26	JRR-3	普通鋼	35.6506	88.0	2020/8/21	ND	2×10^{-3}
NY-866-349	5	JRR-3	普通鋼	59.9734	95.1	2020/8/25	ND	7×10^{-4}
NY-87Y-1694	3	JRR-2	ステンレス	65.2983	79.4	2020/8/25	ND	7×10^{-4}
NY-972-241	13,16	ホットラボ	普通鋼	3.5467	93.4	2020/8/26	ND	2×10^{-2}
NY-972-242	4	ホットラボ	普通鋼	43.1189	80.9	2020/9/10	$(3.7 \pm 0.5) \times 10^{-3}$	1×10^{-3}
NY-972-241	7	ホットラボ	ステンレス	1.8221	96.5	2020/11/9	ND	9×10^{-3}
NY-971-179	1	ホットラボ	ステンレス	21.6010	96.6	2020/8/27	ND	2×10^{-3}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。

表 9　^{60}Co の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	15.0306	80.4	2020/7/17	ND	3×10^{-2}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	15.0458	80.5	2020/7/17	ND	3×10^{-2}
NY-867-407	11	JRR-3	アルミニウム	2.8488	100	2020/8/30	$(2.9 \pm 0.1) \times 10^{1}$	4×10^{-1}
NY-866-350	30	JRR-3	普通鋼	86.4711	77.5	2020/8/31	$(8.0 \pm 2.1) \times 10^{-3}$	6×10^{-3}
NY-866-349	2	JRR-3	普通鋼	56.0281	100	2020/8/5	$(2.7 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	2×10^{-2}
NY-87Y-1694	1	JRR-2	ステンレス	65.0119	100	2020/7/30	$(2.2 \pm 0.1) \times 10^{1}$	4×10^{-2}
NY-972-241	18	ホットラボ	普通鋼	2.5245	100	2020/7/27	$(8.7 \pm 0.8) \times 10^{-1}$	2×10^{-1}
NY-972-242	1	ホットラボ	普通鋼	35.0826	100	2020/7/28	$(1.0 \pm 0.1) \times 10^{2}$	1×10^{-1}
NY-972-241	3,4,6,8	ホットラボ	ステンレス	6.9729	100	2020/8/19	$(1.3 \pm 0.1) \times 10^{0}$	1×10^{-1}
NY-971-179	2	ホットラボ	ステンレス	26.4075	100	2020/7/16	$(2.3 \pm 0.1) \times 10^{0}$	2×10^{-2}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。

表 10　^{63}Ni の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	5.0726	82.8	2020/9/9	ND	2×10^{-1}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	5.1521	93.7	2020/9/9	ND	2×10^{-1}
NY-867-407	11	JRR-3	アルミニウム	2.8488	96.8	2020/9/9	$(1.8 \pm 0.1) \times 10^{2}$	1×10^{1}
NY-866-350	21	JRR-3	普通鋼	31.5321	83.5	2020/9/9	ND	4×10^{-2}
NY-866-349	2	JRR-3	普通鋼	56.0281	93.1	2020/9/9	$(1.2 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	5×10^{-2}
NY-87Y-1694	2	JRR-2	ステンレス	67.7783	95.8	2020/9/9	$(1.0 \pm 0.1) \times 10^{1}$	7×10^{-1}
NY-972-241	18	ホットラボ	普通鋼	2.5245	95.4	2020/9/9	$(2.8 \pm 0.1) \times 10^{0}$	7×10^{-1}
NY-972-242	10	ホットラボ	普通鋼	99.2629	91.5	2020/9/9	$(5.5 \pm 0.1) \times 10^{1}$	2×10^{-2}
NY-972-241	10	ホットラボ	ステンレス	22.1369	98.2	2020/9/9	$(4.7 \pm 0.1) \times 10^{0}$	5×10^{-2}
NY-971-179	2	ホットラボ	ステンレス	26.4075	98.0	2020/9/9	ND	6×10^{0}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。

表 11　^{90}Sr の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	15.0306	68.1	2020/7/14	ND	2×10^{-3}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	15.0458	66.1	2020/7/14	ND	2×10^{-3}
NY-867-407	14,15,20	JRR-3	アルミニウム	12.0966	63.1	2020/8/27	$(2.6 \pm 0.1) \times 10^{1}$	3×10^{-2}
NY-866-350	30	JRR-3	普通鋼	86.4711	79.6	2020/8/27	$(1.7 \pm 0.1) \times 10^{0}$	2×10^{-3}
NY-866-349	10	JRR-3	普通鋼	126.0384	85.8	2020/8/27	$(8.4 \pm 0.1) \times 10^{0}$	9×10^{-3}
NY-87Y-1694	1	JRR-2	ステンレス	65.0119	74.3	2020/8/6	ND	4×10^{-4}
NY-972-241	15,17,20	ホットラボ	普通鋼	12.3445	77.2	2020/8/6	$(2.1 \pm 0.1) \times 10^{0}$	4×10^{-3}
NY-972-242	1	ホットラボ	普通鋼	35.0826	82.5	2020/8/6	$(1.2 \pm 0.1) \times 10^{1}$	6×10^{-3}
NY-972-241	3,4,6,8	ホットラボ	ステンレス	6.9729	84.4	2020/8/27	$(2.3 \pm 0.1) \times 10^{1}$	2×10^{-2}
NY-971-179	10	ホットラボ	ステンレス	51.8430	67.9	2020/8/6	$(2.6 \pm 0.3) \times 10^{-3}$	5×10^{-4}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。

表 12　^{94}Nb の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	15.0306	80.3	2020/7/10	ND	1×10^{-2}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	15.0458	80.8	2020/7/10	ND	9×10^{-3}
NY-867-407	14,15,20	JRR-3	アルミニウム	12.0966	73.3	2020/9/8	$(1.4 \pm 0.3) \times 10^{-2}$	9×10^{-3}
NY-866-350	30	JRR-3	普通鋼	86.4711	77.5	2020/8/31	ND	2×10^{-3}
NY-866-349	10	JRR-3	普通鋼	126.0384	73.3	2020/9/4	ND	2×10^{-3}
NY-87Y-1694	1	JRR-2	ステンレス	65.0119	86.1	2020/8/23	$(7.3 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	3×10^{-3}
NY-972-241	15,17,20	ホットラボ	普通鋼	12.3445	90.2	2020/8/23	ND	1×10^{-2}
NY-972-242	1	ホットラボ	普通鋼	35.0826	100	2020/7/28	$(2.9 \pm 0.1) \times 10^{1}$	2×10^{-1}
NY-972-241	3,4,6,8	ホットラボ	ステンレス	6.9729	82.5	2020/9/2	$(7.6 \pm 2.2) \times 10^{-3}$	8×10^{-3}
NY-971-179	10	ホットラボ	ステンレス	51.8430	79.0	2020/8/23	ND	3×10^{-3}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。

表 13　^{99}Tc の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	7.0828	69.6	2020/9/9	ND	6×10^{-3}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	7.1241	84.7	2020/8/26	ND	6×10^{-3}
NY-867-407	14,15,20	JRR-3	アルミニウム	12.0966	85.2	2020/9/7	$(4.7 \pm 0.2) \times 10^{-2}$	4×10^{-3}
NY-866-350	30	JRR-3	普通鋼	86.4711	93.2	2020/9/8	ND	1×10^{-3}
NY-866-349	10	JRR-3	普通鋼	126.0384	85.4	2020/9/3	$(4.5 \pm 0.4) \times 10^{-3}$	8×10^{-4}
NY-87Y-1694	1	JRR-2	ステンレス	65.0119	85.6	2020/9/4	ND	2×10^{-3}
NY-972-241	15,17,20	ホットラボ	普通鋼	12.3445	83.3	2020/9/9	ND	8×10^{-3}
NY-972-242	1	ホットラボ	普通鋼	35.0826	81.6	2020/9/4	$(4.8 \pm 0.3) \times 10^{-2}$	3×10^{-3}
NY-972-241	3,4,6,8	ホットラボ	ステンレス	6.9729	88.1	2020/9/3	$(1.1 \pm 0.2) \times 10^{-2}$	6×10^{-3}
NY-971-179	10	ホットラボ	ステンレス	51.8430	86.9	2020/9/7	ND	2×10^{-3}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。

表 14　^{108m}Ag の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	7.0828	96.8	2020/7/18	ND	7×10^{-3}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	7.1241	99.0	2020/7/19	ND	7×10^{-3}
NY-867-407	14,15,20	JRR-3	アルミニウム	12.0966	94.2	2020/8/28	$(1.5 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	5×10^{-3}
NY-866-350	30	JRR-3	普通鋼	86.4711	96.8	2020/8/21	ND	6×10^{-4}
NY-866-349	10	JRR-3	普通鋼	126.0384	100	2020/8/22	ND	4×10^{-4}
NY-87Y-1694	1	JRR-2	ステンレス	65.0119	95.2	2020/8/22	ND	8×10^{-4}
NY-972-241	15,17,20	ホットラボ	普通鋼	12.3445	99.4	2020/7/22	ND	4×10^{-3}
NY-972-242	1	ホットラボ	普通鋼	35.0826	75.0	2020/9/3	$(2.0 \pm 0.6) \times 10^{-3}$	2×10^{-3}
NY-972-241	3,4,6,8	ホットラボ	ステンレス	6.9729	99.8	2020/8/29	ND	7×10^{-3}
NY-971-179	10	ホットラボ	ステンレス	51.8430	87.8	2020/7/19	ND	1×10^{-3}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。

表 15　^{129}I の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	7.0828	58.1	2020/12/22	$(2.5 \pm 0.1) \times 10^{-6}$	4×10^{-9}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	7.1241	62.4	2020/12/22	$(1.1 \pm 0.1) \times 10^{-6}$	4×10^{-9}
NY-867-407	14,15,20	JRR-3	アルミニウム	12.0966	67.2	2020/12/22	$(2.2 \pm 0.1) \times 10^{-4}$	3×10^{-7}
NY-866-350	30	JRR-3	普通鋼	86.4711	61.8	2020/12/22	$(2.5 \pm 0.1) \times 10^{-4}$	5×10^{-6}
NY-866-349	10	JRR-3	普通鋼	126.0384	55.9	2020/12/22	$(6.0 \pm 0.2) \times 10^{-5}$	4×10^{-6}
NY-87Y-1694	1	JRR-2	ステンレス	65.0119	76.4	2020/12/22	$(1.1 \pm 0.1) \times 10^{-8}$	5×10^{-10}
NY-972-241	15,17,20	ホットラボ	普通鋼	12.3445	82.6	2020/12/22	$(5.9 \pm 0.1) \times 10^{-8}$	3×10^{-9}
NY-972-242	1	ホットラボ	普通鋼	35.0826	71.0	2020/12/22	$(5.1 \pm 0.1) \times 10^{-6}$	1×10^{-7}
NY-972-241	3,4,6,8	ホットラボ	ステンレス	6.9729	75.3	2020/12/22	$(4.1 \pm 0.1) \times 10^{-7}$	4×10^{-9}
NY-971-179	10	ホットラボ	ステンレス	51.8430	74.0	2020/12/22	$(2.0 \pm 0.1) \times 10^{-7}$	6×10^{-10}

※1 測定開始日を示す。

表 16　^{137}Cs の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	15.0306	65.5	2020/7/16	ND	2×10^{-2}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	15.0458	65.5	2020/7/17	ND	2×10^{-2}
NY-867-407	11	JRR-3	アルミニウム	2.8488	100	2020/8/30	$(4.5 \pm 0.1) \times 10^{1}$	4×10^{-1}
NY-866-350	21	JRR-3	普通鋼	31.5321	100	2020/8/3	$(2.3 \pm 0.1) \times 10^{2}$	1×10^{-1}
NY-866-349	2	JRR-3	普通鋼	56.0281	100	2020/8/5	$(1.6 \pm 0.1) \times 10^{2}$	8×10^{-2}
NY-87Y-1694	1	JRR-2	ステンレス	65.0119	74.8	2020/8/6	ND	4×10^{-3}
NY-972-241	18	ホットラボ	普通鋼	2.5245	100	2020/7/27	$(3.9 \pm 0.1) \times 10^{2}$	4×10^{-1}
NY-972-242	1	ホットラボ	普通鋼	35.0826	100	2020/7/28	$(9.0 \pm 0.2) \times 10^{0}$	2×10^{-1}
NY-972-241	3,4,6,8	ホットラボ	ステンレス	6.9729	100	2020/8/19	$(7.8 \pm 0.1) \times 10^{2}$	5×10^{-1}
NY-971-179	2	ホットラボ	ステンレス	26.4075	100	2020/7/16	$(3.9 \pm 0.9) \times 10^{-2}$	3×10^{-2}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。

表 17　^{152}Eu の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	15.0306	94.6	2020/7/14	ND	5×10^{-2}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	15.0458	88.4	2020/7/9	ND	5×10^{-2}
NY-867-407	14,15,20	JRR-3	アルミニウム	12.0966	70.0	2020/9/3	$(6.1 \pm 0.5) \times 10^{-1}$	8×10^{-2}
NY-866-350	30	JRR-3	普通鋼	86.4711	70.0	2020/9/1	ND	9×10^{-3}
NY-866-349	10	JRR-3	普通鋼	126.0384	78.0	2020/9/1	ND	6×10^{-3}
NY-87Y-1694	1	JRR-2	ステンレス	65.0119	80.0	2020/9/1	ND	2×10^{-2}
NY-972-241	15,17,20	ホットラボ	普通鋼	12.3445	93.0	2020/9/2	ND	5×10^{-2}
NY-972-242	1	ホットラボ	普通鋼	35.0826	70.0	2020/9/9	$(4.8 \pm 0.6) \times 10^{-2}$	2×10^{-2}
NY-972-241	3,4,6,8	ホットラボ	ステンレス	6.9729	79.0	2020/9/3	ND	1×10^{-1}
NY-971-179	10	ホットラボ	ステンレス	51.8430	77.0	2020/9/2	ND	2×10^{-2}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。

表 18　^{154}Eu の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	15.0306	94.6	2020/7/14	ND	3×10^{-2}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	15.0458	88.4	2020/7/9	ND	3×10^{-2}
NY-867-407	14,15,20	JRR-3	アルミニウム	12.0966	70.0	2020/9/3	$(9.2 \pm 1.5) \times 10^{-2}$	5×10^{-2}
NY-866-350	30	JRR-3	普通鋼	86.4711	70.0	2020/9/1	ND	7×10^{-3}
NY-866-349	10	JRR-3	普通鋼	126.0384	78.0	2020/9/1	ND	4×10^{-3}
NY-87Y-1694	1	JRR-2	ステンレス	65.0119	80.0	2020/9/1	ND	9×10^{-3}
NY-972-241	15,17,20	ホットラボ	普通鋼	12.3445	93.0	2020/9/2	ND	3×10^{-2}
NY-972-242	1	ホットラボ	普通鋼	35.0826	70.0	2020/9/9	$(2.6 \pm 0.4) \times 10^{-2}$	9×10^{-3}
NY-972-241	3,4,6,8	ホットラボ	ステンレス	6.9729	79.0	2020/9/3	ND	7×10^{-2}
NY-971-179	10	ホットラボ	ステンレス	51.8430	77.0	2020/9/2	ND	1×10^{-2}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。

表 19　^{234}U の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	5.0726	100	2020/9/2	$(1.8 \pm 0.2) \times 10^{-2}$	1×10^{-3}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	5.1521	96.7	2020/9/3	$(1.0 \pm 0.2) \times 10^{-2}$	1×10^{-3}
NY-867-407	11	JRR-3	アルミニウム	2.8488	84.0	2020/9/17	$(1.9 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	3×10^{-3}
NY-866-350	21	JRR-3	普通鋼	31.5321	89.9	2020/9/23	$(6.6 \pm 0.2) \times 10^{-2}$	2×10^{-4}
NY-866-349	2	JRR-3	普通鋼	56.0281	96.1	2020/9/24	$(4.6 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	1×10^{-3}
NY-87Y-1694	2	JRR-2	ステンレス	67.7783	100	2020/9/10	ND	8×10^{-5}
NY-972-241	18	ホットラボ	普通鋼	2.5245	89.7	2020/11/6	ND	4×10^{-3}
NY-972-242	10	ホットラボ	普通鋼	99.2629	100	2020/9/16	$(3.7 \pm 0.5) \times 10^{-4}$	6×10^{-5}
NY-972-241	10	ホットラボ	ステンレス	22.1369	72.1	2020/10/27	$(2.1 \pm 0.4) \times 10^{-3}$	5×10^{-4}
NY-971-179	2	ホットラボ	ステンレス	26.4075	89.2	2020/9/14	ND	3×10^{-4}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。

表 20　^{238}U の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	5.0726	100	2020/9/18	$(2.0 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	3×10^{-3}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	5.1521	100	2020/9/18	$(1.1 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	2×10^{-3}
NY-867-407	11	JRR-3	アルミニウム	2.8488	100	2020/9/18	$(1.9 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	2×10^{-2}
NY-866-350	21	JRR-3	普通鋼	31.5321	100	2020/9/18	$(6.8 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	8×10^{-3}
NY-866-349	2	JRR-3	普通鋼	56.0281	100	2020/9/18	$(4.6 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	5×10^{-2}
NY-87Y-1694	2	JRR-2	ステンレス	67.7783	100	2020/9/18	ND	8×10^{-6}
NY-972-241	18	ホットラボ	普通鋼	2.5245	100	2020/9/18	$(2.1 \pm 0.1) \times 10^{-4}$	2×10^{-4}
NY-972-242	10	ホットラボ	普通鋼	99.2629	100	2020/9/18	$(2.8 \pm 0.1) \times 10^{-5}$	1×10^{-5}
NY-972-241	10	ホットラボ	ステンレス	22.1369	100	2020/9/18	$(5.2 \pm 0.1) \times 10^{-4}$	9×10^{-5}
NY-971-179	2	ホットラボ	ステンレス	26.4075	100	2020/9/18	ND	2×10^{-5}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。

表 21　^{238}Pu の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	5.0726	79.3	2020/9/2	ND	7×10^{-3}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	5.1521	79.3	2020/9/3	ND	7×10^{-3}
NY-867-407	11	JRR-3	アルミニウム	2.8488	79.3	2020/9/18	$(3.7 \pm 0.7) \times 10^{-2}$	2×10^{-2}
NY-866-350	21	JRR-3	普通鋼	31.5321	79.3	2020/9/23	ND	1×10^{-3}
NY-866-349	2	JRR-3	普通鋼	56.0281	79.3	2020/9/24	$(9.7 \pm 0.4) \times 10^{-2}$	2×10^{-3}
NY-87Y-1694	2	JRR-2	ステンレス	67.7783	79.3	2020/9/11	ND	5×10^{-4}
NY-972-241	18	ホットラボ	普通鋼	2.5245	79.3	2020/11/6	ND	2×10^{-2}
NY-972-242	10	ホットラボ	普通鋼	99.2629	79.3	2020/9/17	$(3.8 \pm 0.2) \times 10^{-2}$	4×10^{-4}
NY-972-241	10	ホットラボ	ステンレス	22.1369	79.3	2020/10/28	$(2.0 \pm 0.3) \times 10^{-2}$	3×10^{-3}
NY-971-179	2	ホットラボ	ステンレス	26.4075	79.3	2020/9/15	$(2.8 \pm 0.7) \times 10^{-3}$	2×10^{-3}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。

表 22　$^{239+240}$Pu の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	5.0726	79.3	2020/9/2	ND	7×10^{-3}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	5.1521	79.3	2020/9/3	ND	7×10^{-3}
NY-867-407	11	JRR-3	アルミニウム	2.8488	79.3	2020/9/18	$(1.2 \pm 0.1) \times 10^{1}$	2×10^{-2}
NY-866-350	21	JRR-3	普通鋼	31.5321	79.3	2020/9/23	$(1.8 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	1×10^{-3}
NY-866-349	2	JRR-3	普通鋼	56.0281	79.3	2020/9/24	$(1.8 \pm 0.1) \times 10^{1}$	2×10^{-3}
NY-87Y-1694	2	JRR-2	ステンレス	67.7783	79.3	2020/9/11	ND	5×10^{-4}
NY-972-241	18	ホットラボ	普通鋼	2.5245	79.3	2020/11/6	ND	2×10^{-2}
NY-972-242	10	ホットラボ	普通鋼	99.2629	79.3	2020/9/17	$(2.7 \pm 0.2) \times 10^{-2}$	4×10^{-4}
NY-972-241	10	ホットラボ	ステンレス	22.1369	79.3	2020/10/28	$(8.5 \pm 0.5) \times 10^{-2}$	3×10^{-3}
NY-971-179	2	ホットラボ	ステンレス	26.4075	79.3	2020/9/15	ND	2×10^{-3}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。

表 23　^{241}Am の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	5.0726	80.5	2020/9/2	ND	7×10^{-3}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	5.1521	75.2	2020/9/3	ND	7×10^{-3}
NY-867-407	11	JRR-3	アルミニウム	2.8488	69.1	2020/9/18	$(1.4 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	2×10^{-2}
NY-866-350	21	JRR-3	普通鋼	31.5321	61.3	2020/9/23	$(7.3 \pm 1.1) \times 10^{-3}$	2×10^{-3}
NY-866-349	2	JRR-3	普通鋼	56.0281	80.2	2020/9/24	$(4.6 \pm 0.2) \times 10^{-1}$	2×10^{-3}
NY-87Y-1694	2	JRR-2	ステンレス	67.7783	63.3	2020/9/11	ND	6×10^{-4}
NY-972-241	18	ホットラボ	普通鋼	2.5245	65.0	2020/11/6	ND	3×10^{-2}
NY-972-242	10	ホットラボ	普通鋼	99.2629	96.4	2020/9/17	$(8.4 \pm 0.3) \times 10^{-2}$	3×10^{-4}
NY-972-241	10	ホットラボ	ステンレス	22.1369	67.6	2020/10/28	$(1.3 \pm 0.1) \times 10^{-1}$	3×10^{-3}
NY-971-179	2	ホットラボ	ステンレス	26.4075	64.5	2020/9/15	$(4.1 \pm 0.9) \times 10^{-3}$	2×10^{-3}

※1 測定開始日を示す。

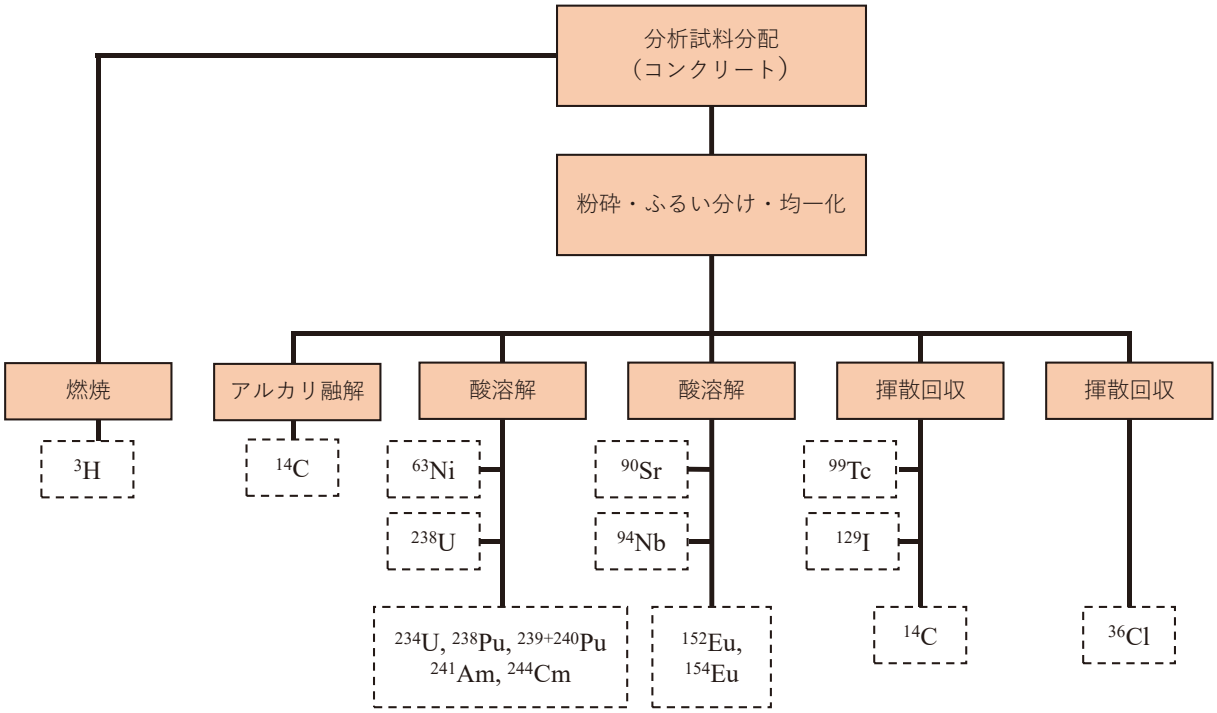
ND：検出限界であることを示す。

表 24　^{244}Cm の分析結果

試料番号		発生施設	材質	試料量 (g)	回収率 (%)	測定日※1	放射能濃度(Bq/g)	検出限界 (Bq/g)
保管体番号	枝番							
NY-874-165	A-2	JRR-3	コンクリート	5.0726	80.5	2020/9/2	ND	7×10^{-3}
NY-874-139	C-3	JRR-3	コンクリート	5.1521	75.2	2020/9/3	ND	7×10^{-3}
NY-867-407	11	JRR-3	アルミニウム	2.8488	69.1	2020/9/18	ND	2×10^{-2}
NY-866-350	21	JRR-3	普通鋼	31.5321	61.3	2020/9/23	ND	2×10^{-3}
NY-866-349	2	JRR-3	普通鋼	56.0281	80.2	2020/9/24	ND	2×10^{-3}
NY-87Y-1694	2	JRR-2	ステンレス	67.7783	63.3	2020/9/11	ND	6×10^{-4}
NY-972-241	18	ホットラボ	普通鋼	2.5245	65.0	2020/11/6	ND	3×10^{-2}
NY-972-242	10	ホットラボ	普通鋼	99.2629	96.4	2020/9/17	$(1.7 \pm 0.1) \times 10^{-2}$	3×10^{-4}
NY-972-241	10	ホットラボ	ステンレス	22.1369	67.6	2020/10/28	ND	3×10^{-3}
NY-971-179	2	ホットラボ	ステンレス	26.4075	64.5	2020/9/15	$(2.5 \pm 0.7) \times 10^{-3}$	2×10^{-3}

※1 測定開始日を示す。

ND：検出限界であることを示す。


分析試料分配
（コンクリート）
粉砕・ふるい分け・均一化
燃焼
アルカリ融解
酸溶解
酸溶解
揮散回収
揮散回収
^{3}H
^{14}C
^{63}Ni
^{238}U
^{90}Sr
^{94}Nb
^{99}Tc
^{129}I
^{234}U, ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu
^{241}Am, ^{244}Cm
^{152}Eu,
^{154}Eu
^{14}C
^{36}Cl

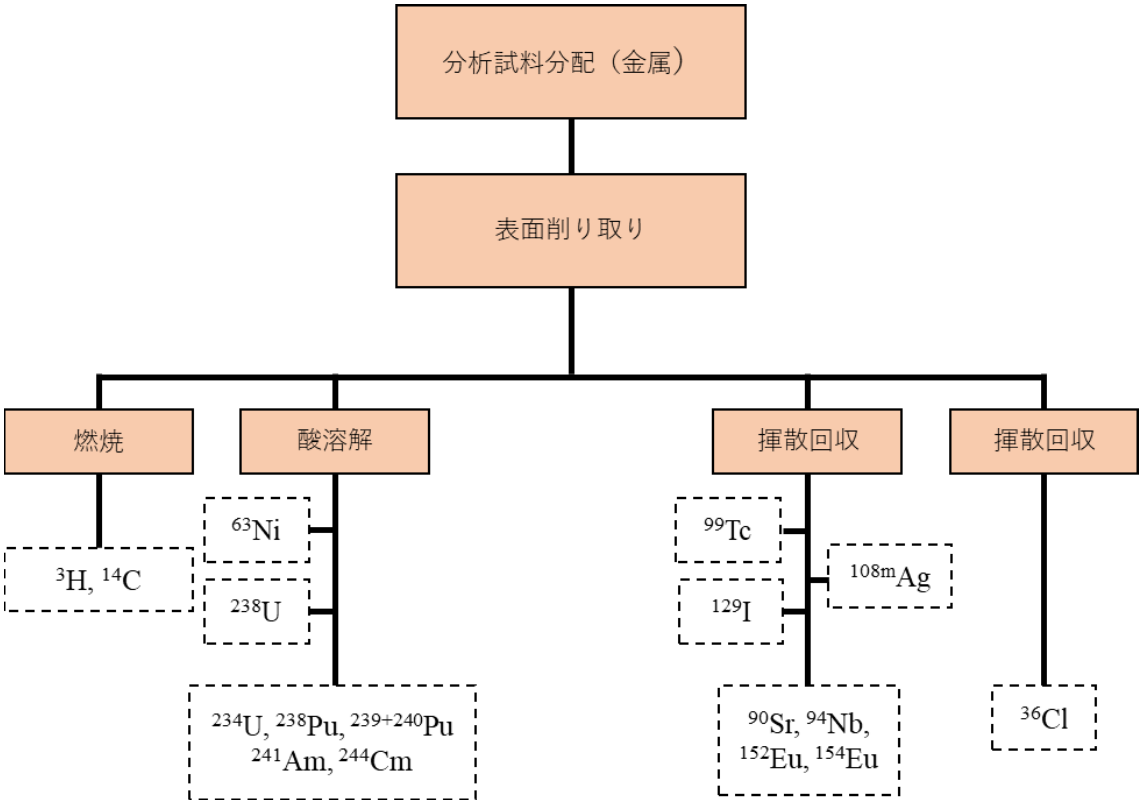

分析試料分配（金属）
表面削り取り
燃焼
酸溶解
揮散回収
揮散回収
^{3}H, ^{14}C
^{63}Ni
^{238}U
^{99}Tc
^{129}I
^{108m}Ag
^{234}U, ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu
^{241}Am, ^{244}Cm
^{90}Sr, ^{94}Nb,
^{152}Eu, ^{154}Eu
^{36}Cl

図 1　分析概要フロー

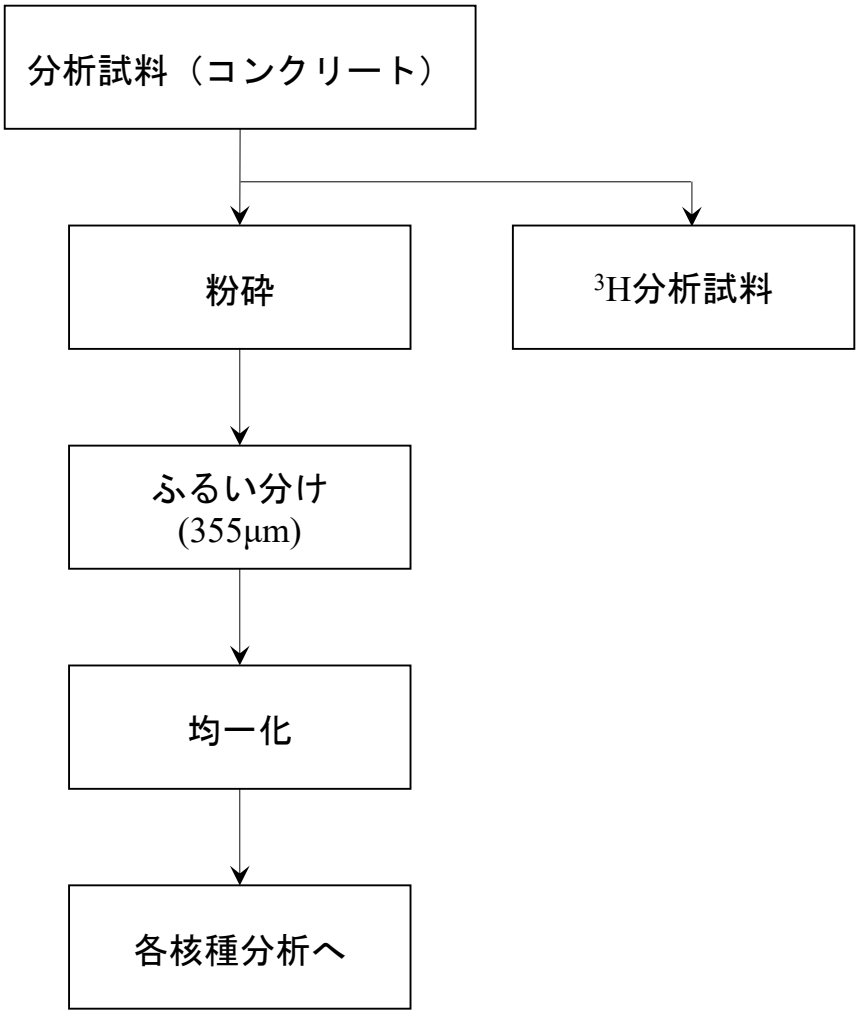


図 2　コンクリート試料の粉砕・ふるい分け・均一化の処理フロー

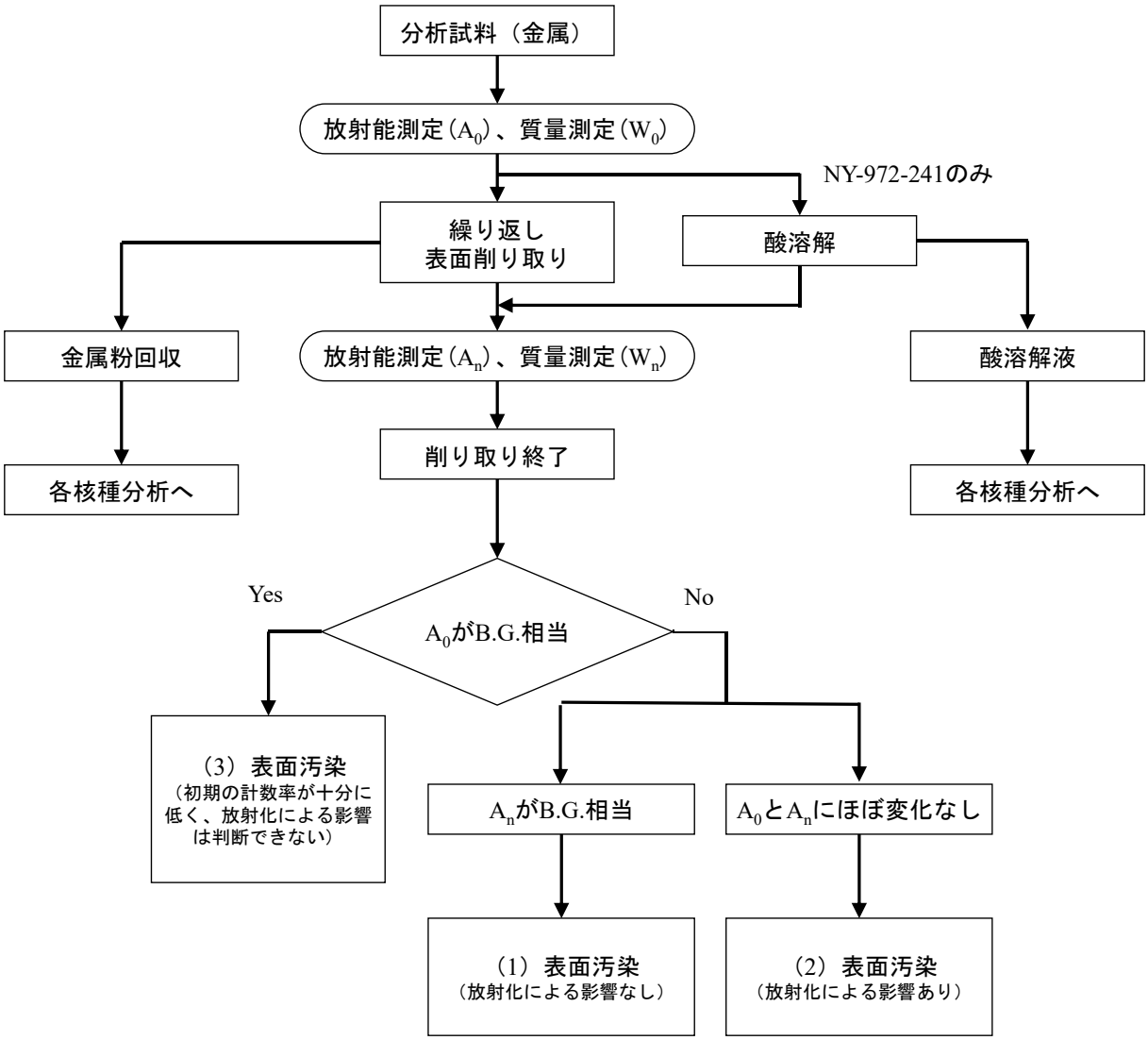


図 3　金属試料の前処理及び試料区分の判別フロー

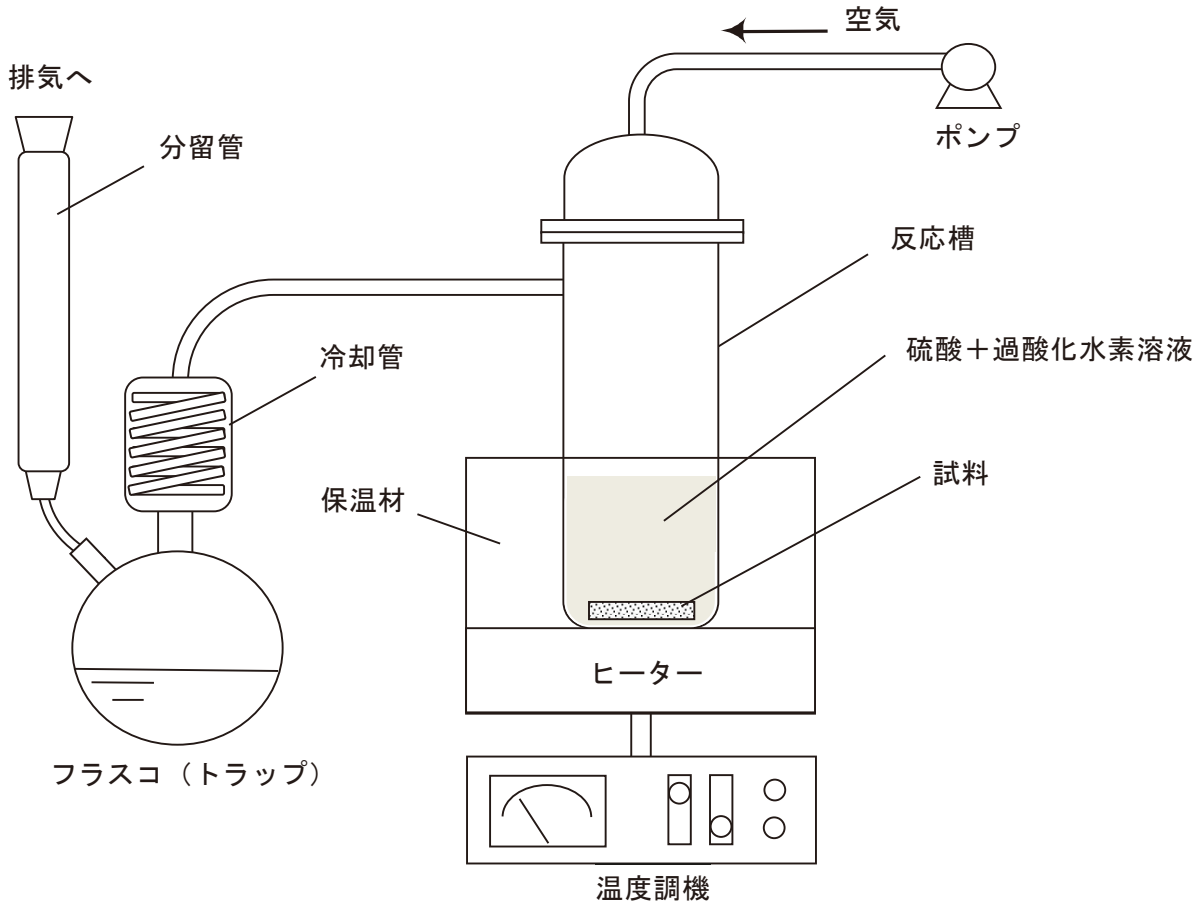


図 4　Tc 揮散回収装置概略図

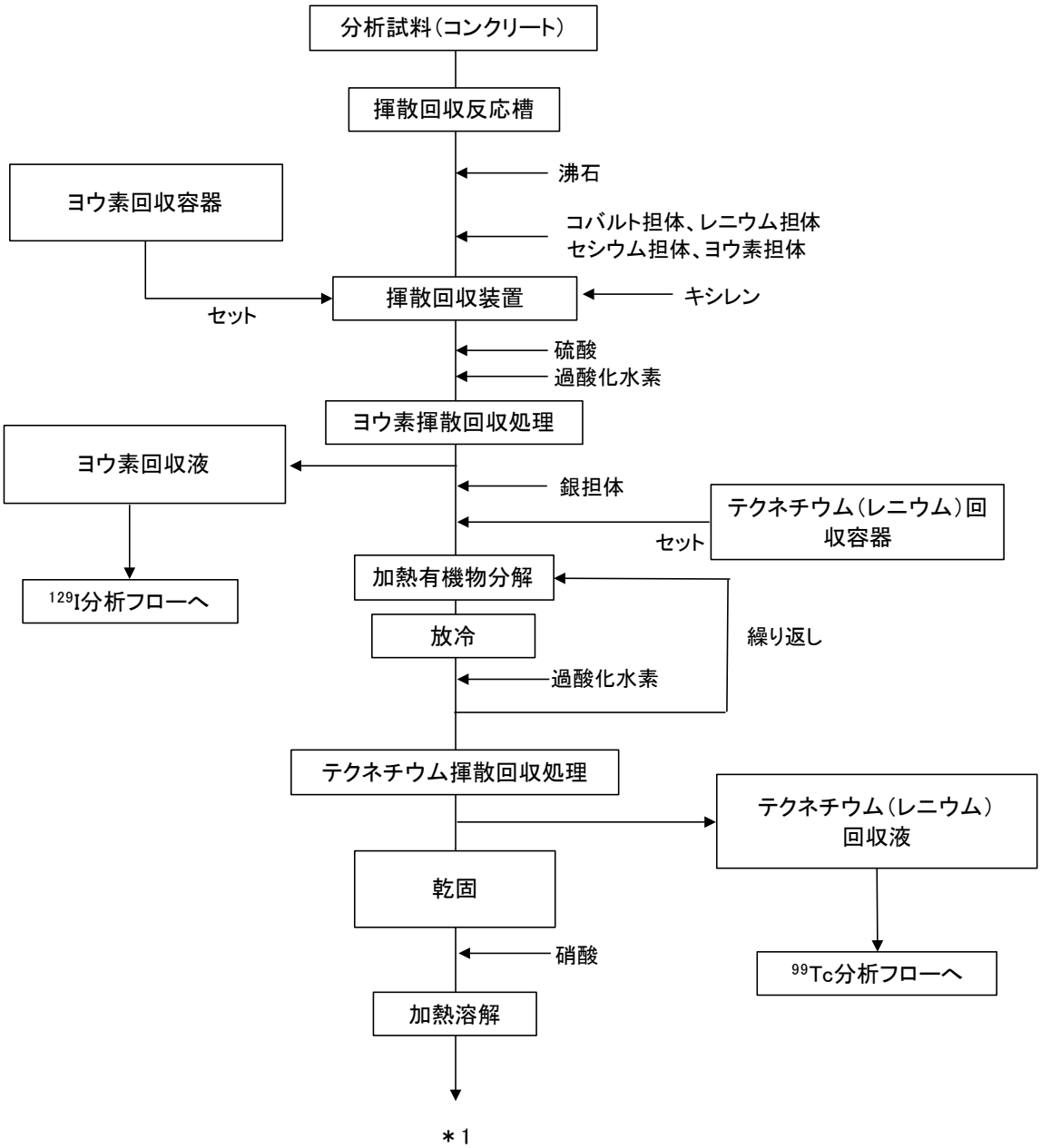


図 5　コンクリート試料の揮散回収処理フロー（1/2）

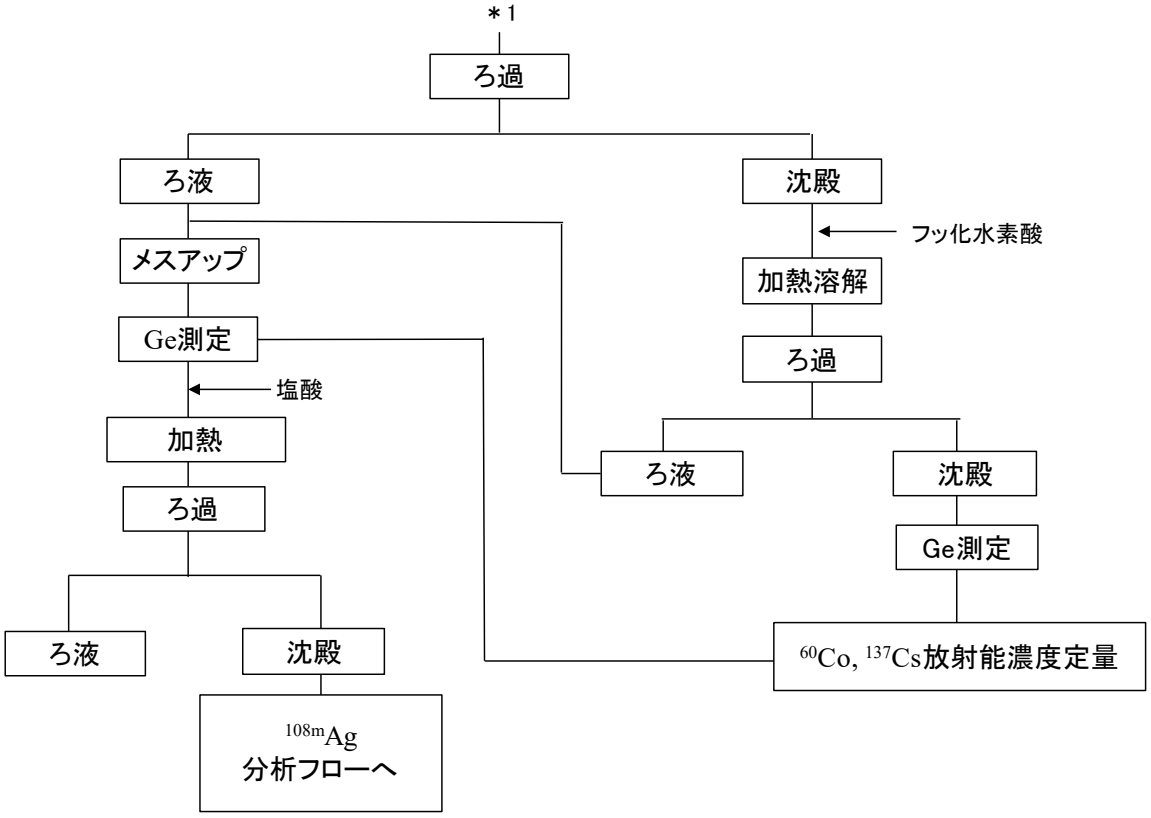


図 5　コンクリート試料の揮散回収処理フロー（2/2）

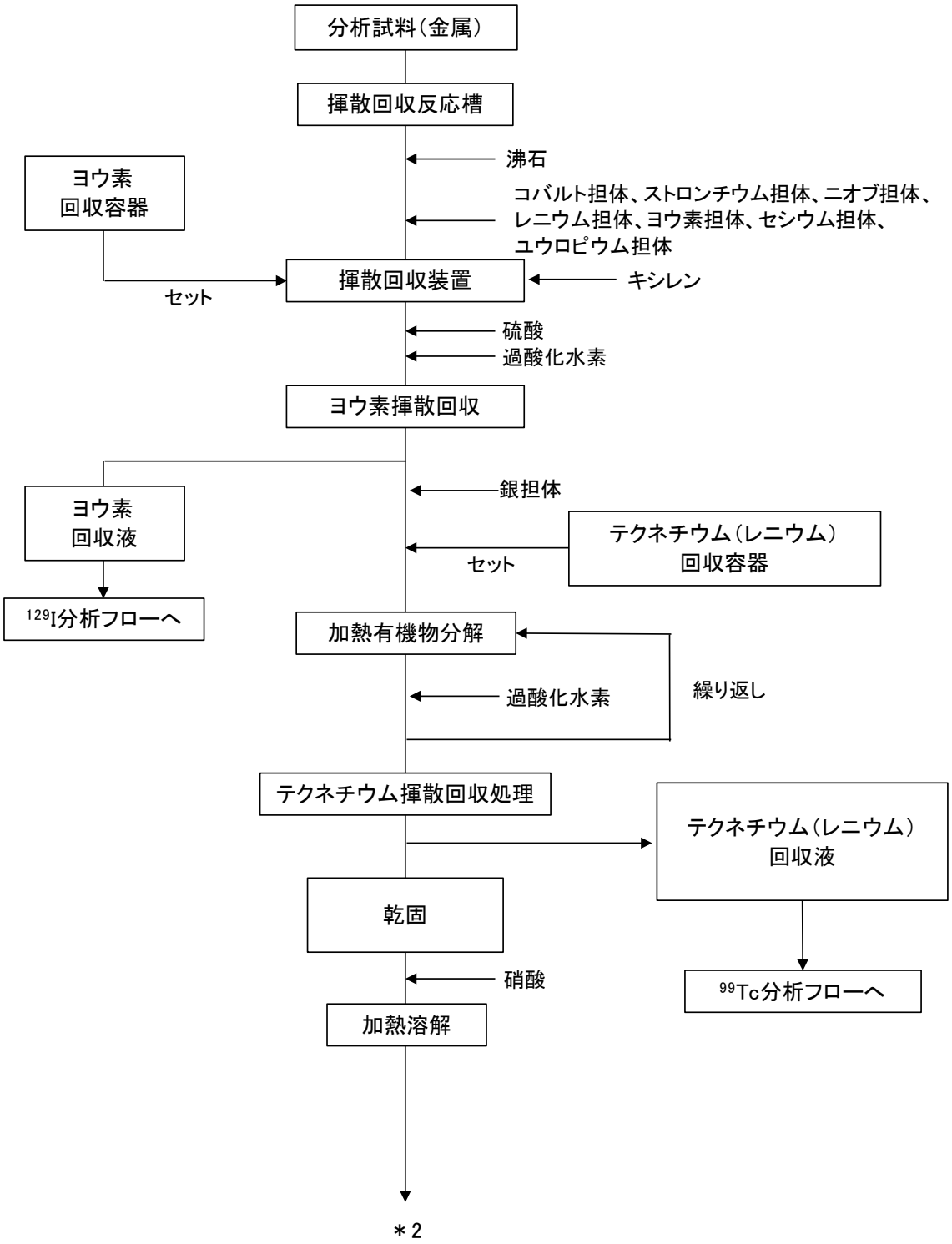


図 6　金属試料の揮散回収処理フロー（1/2）

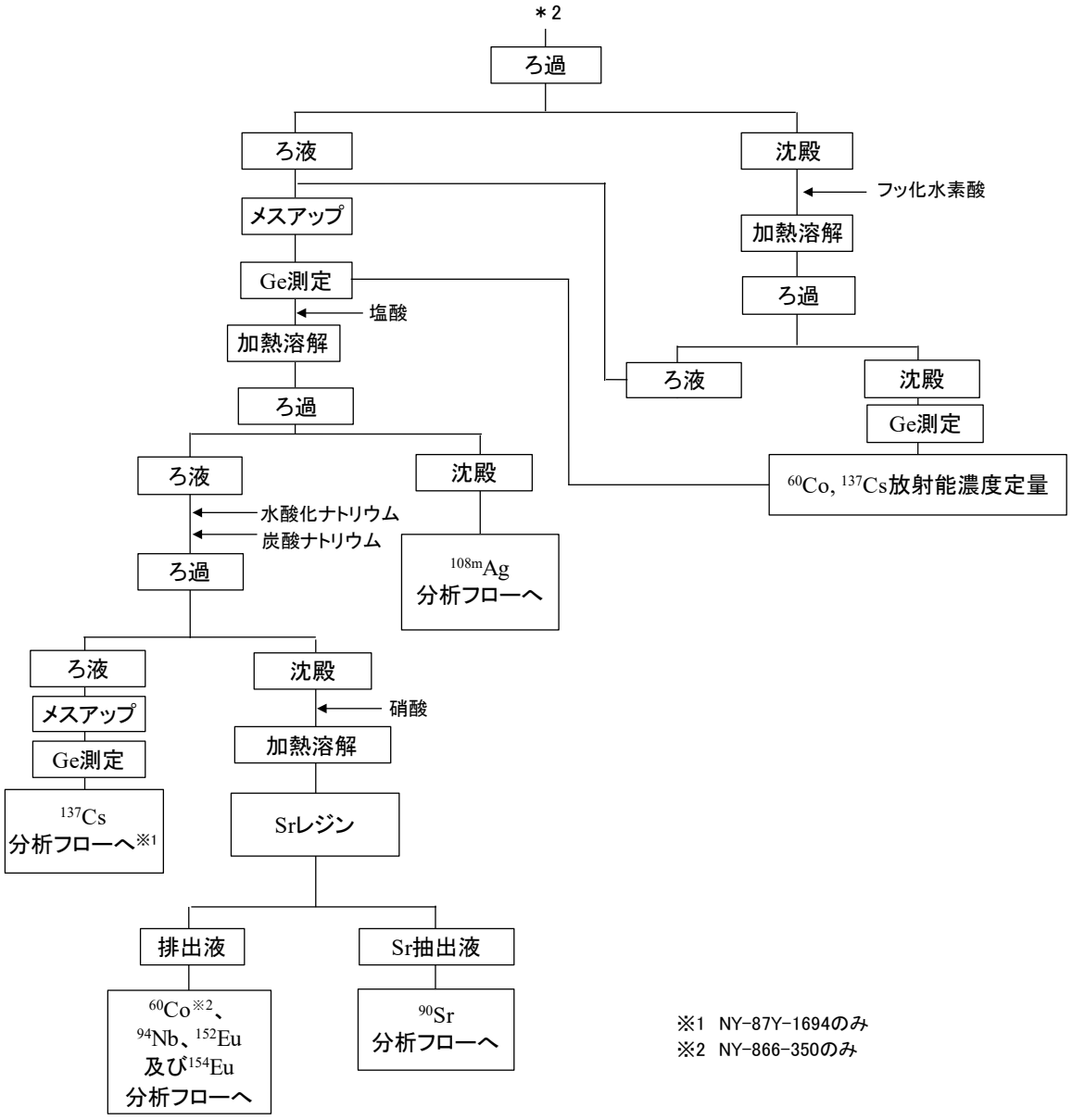


図 6　金属試料の揮散回収処理フロー（2/2）

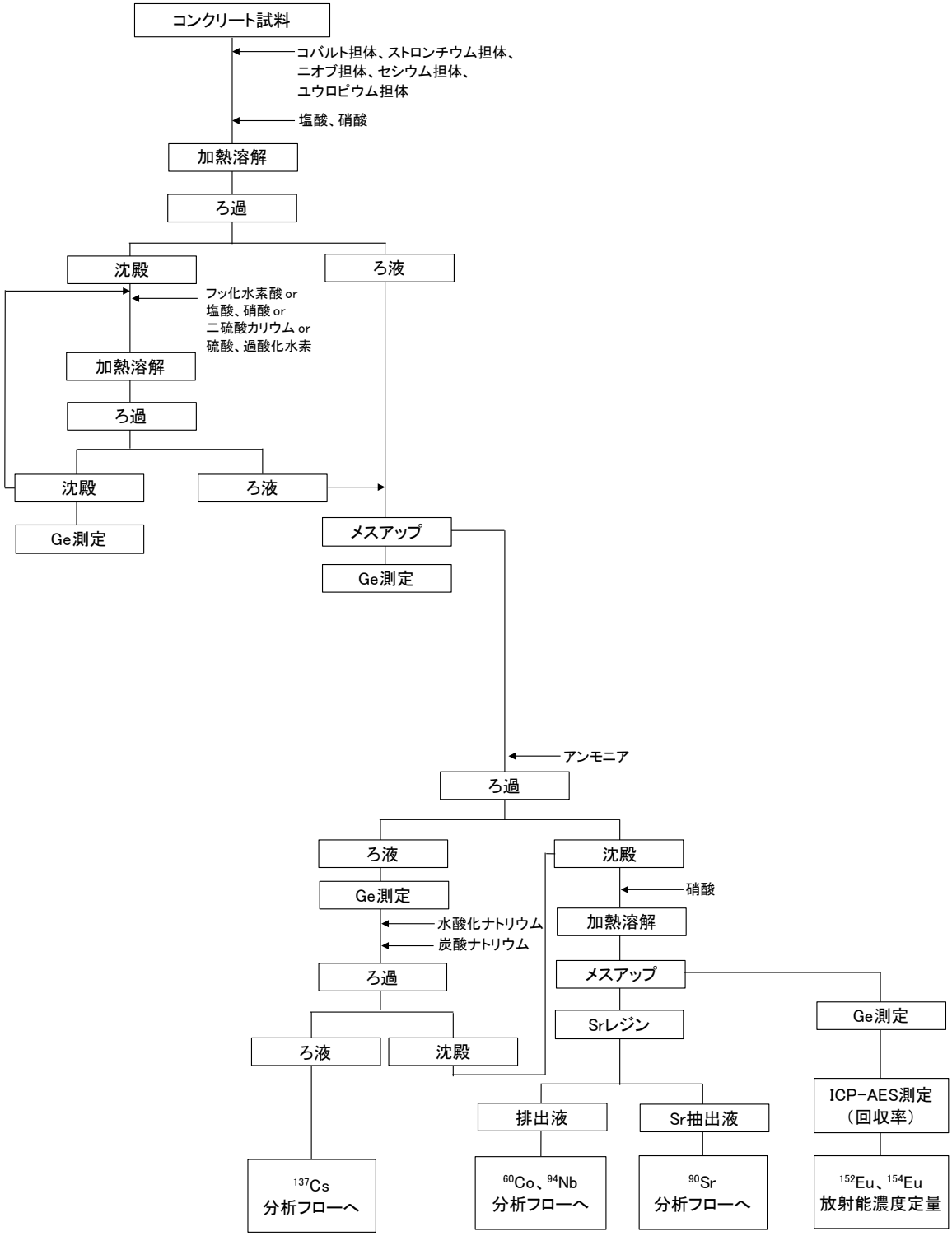


図 7　加熱溶解処理フロー

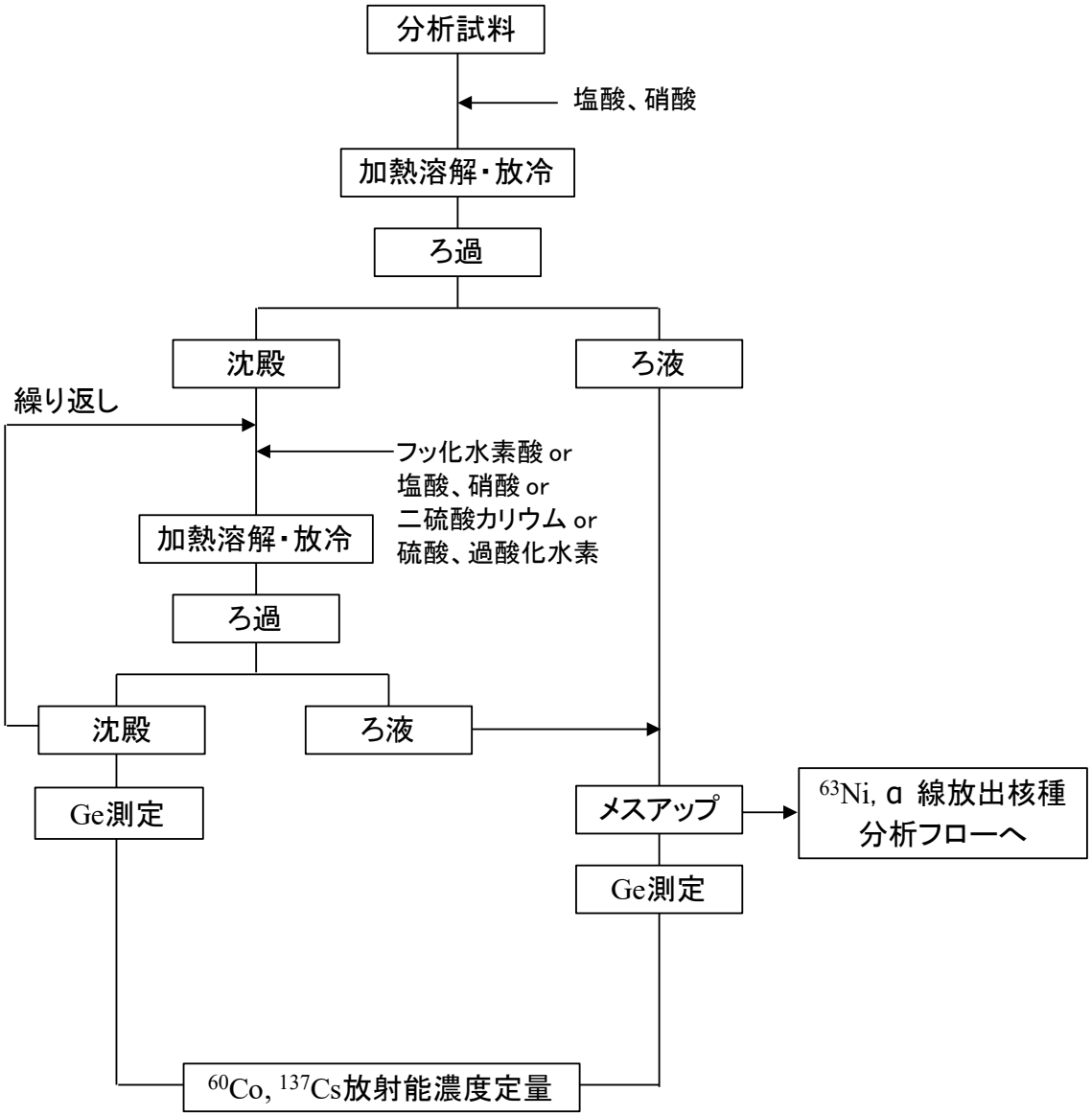


図 8　Ni、α線放出核種前処理フロー

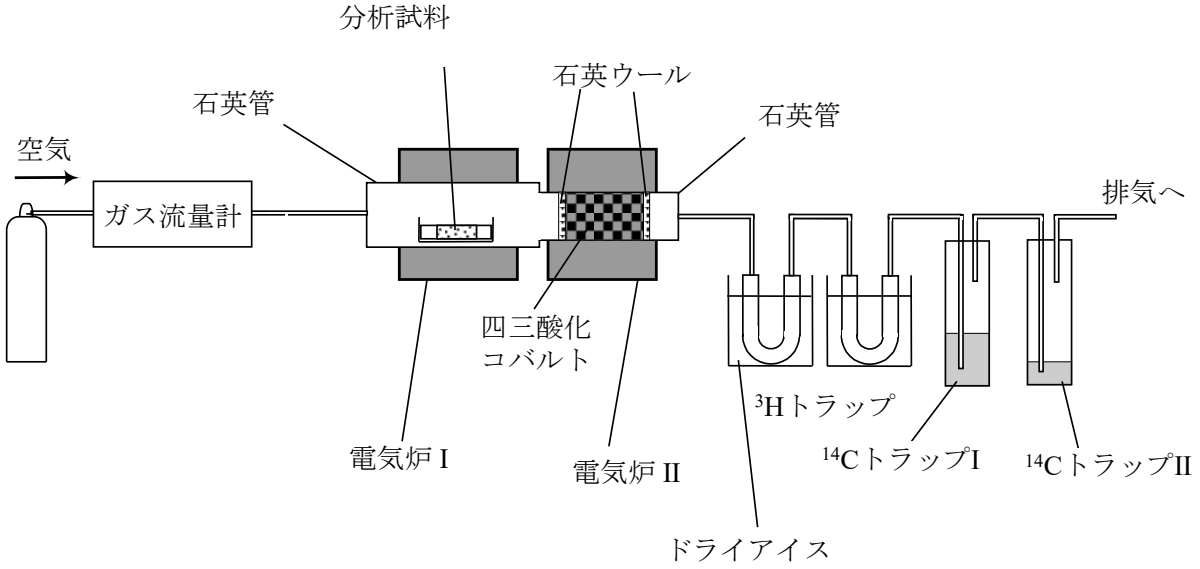

分析試料
石英ウール
石英管
石英管
空気
ガス流量計
排気へ
四三酸化
コバルト
^{3}Hトラップ
電気炉 I
電気炉 II
^{14}CトラップI
^{14}CトラップII
ドライアイス

図 9　燃焼装置

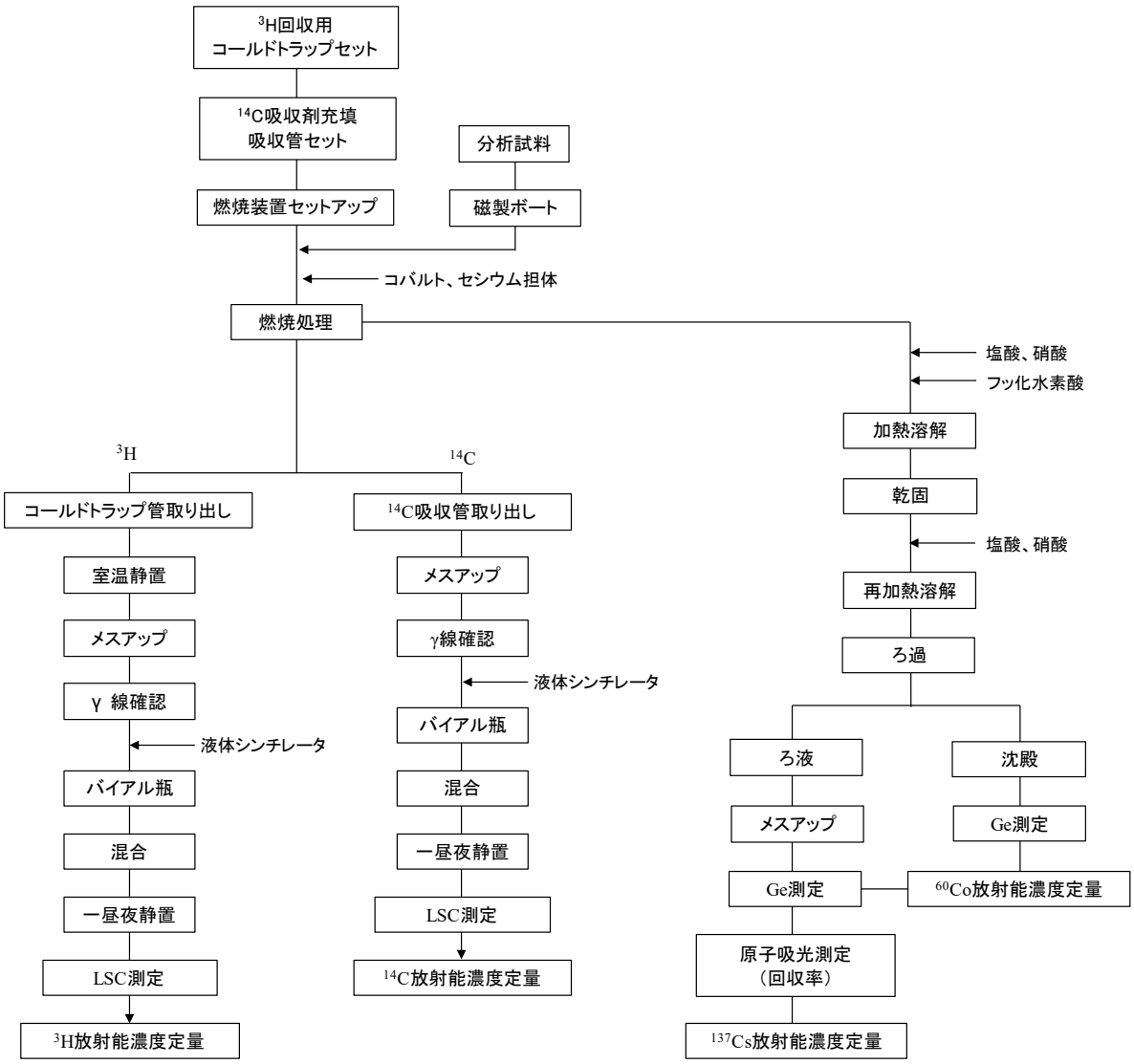


図 10　金属試料の ^{3}H 及び ^{14}C 分析フロー

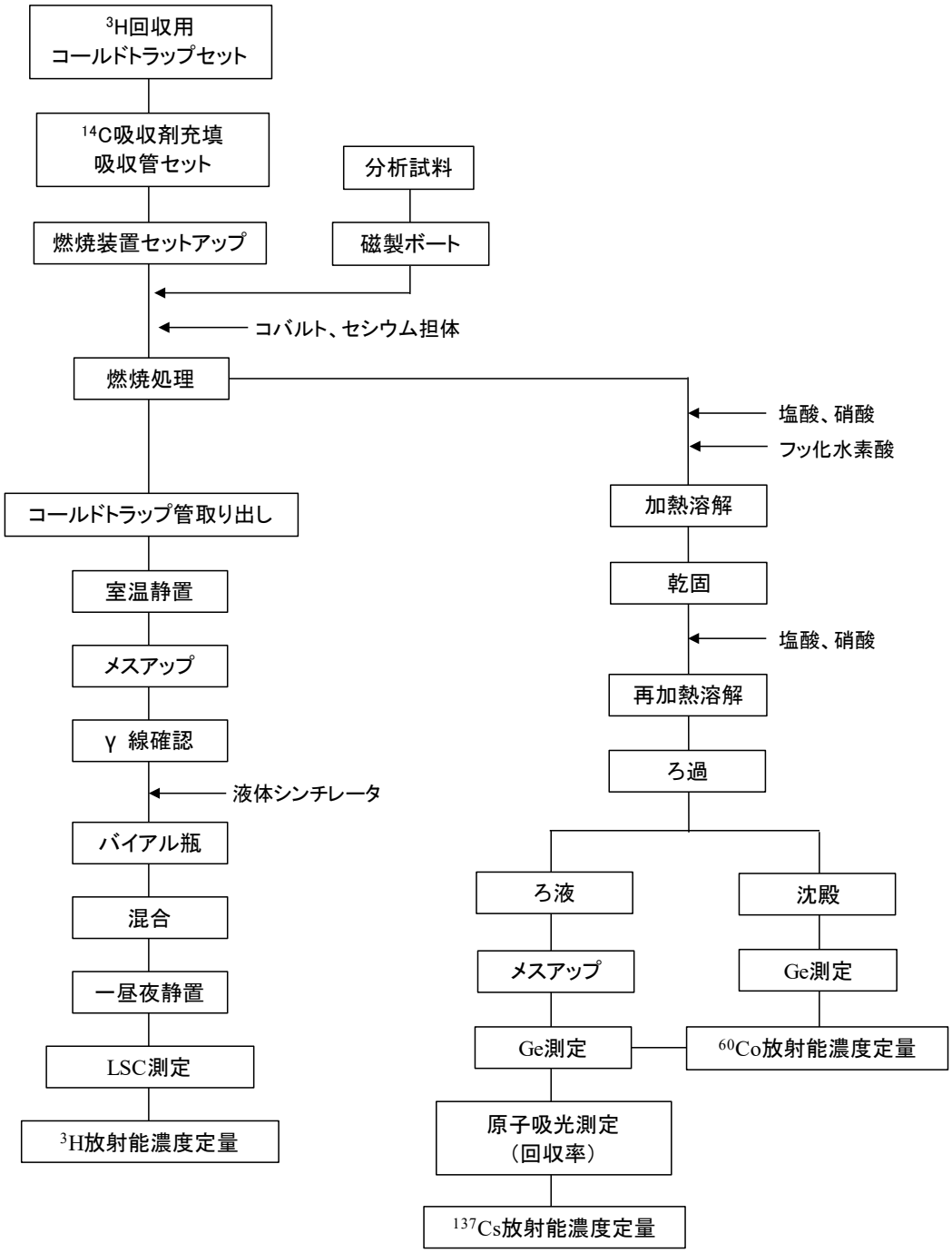


図 11　コンクリート試料の ^{3}H 分析フロー

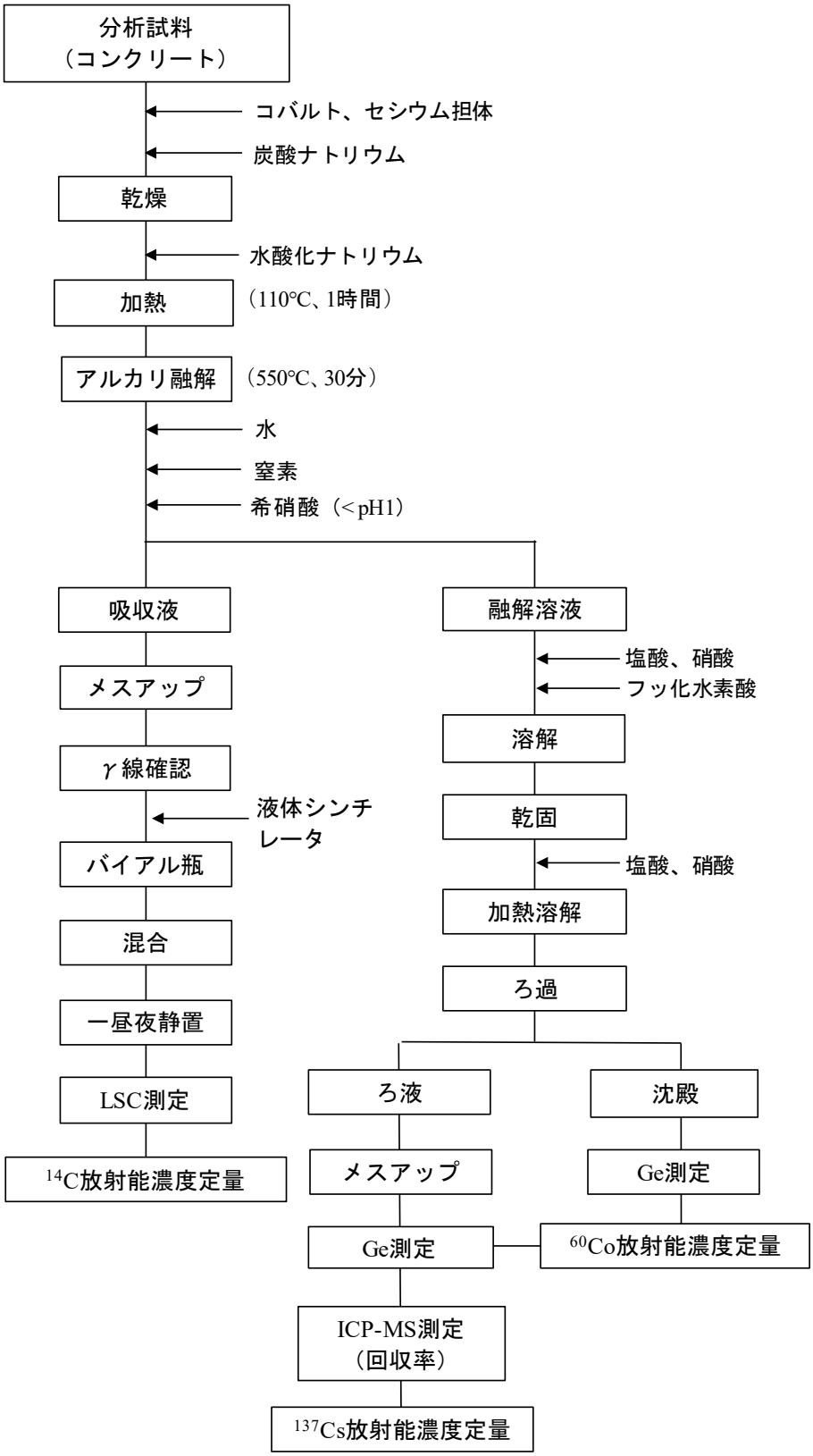


図 12　コンクリート試料の ^{14}C 分析フロー

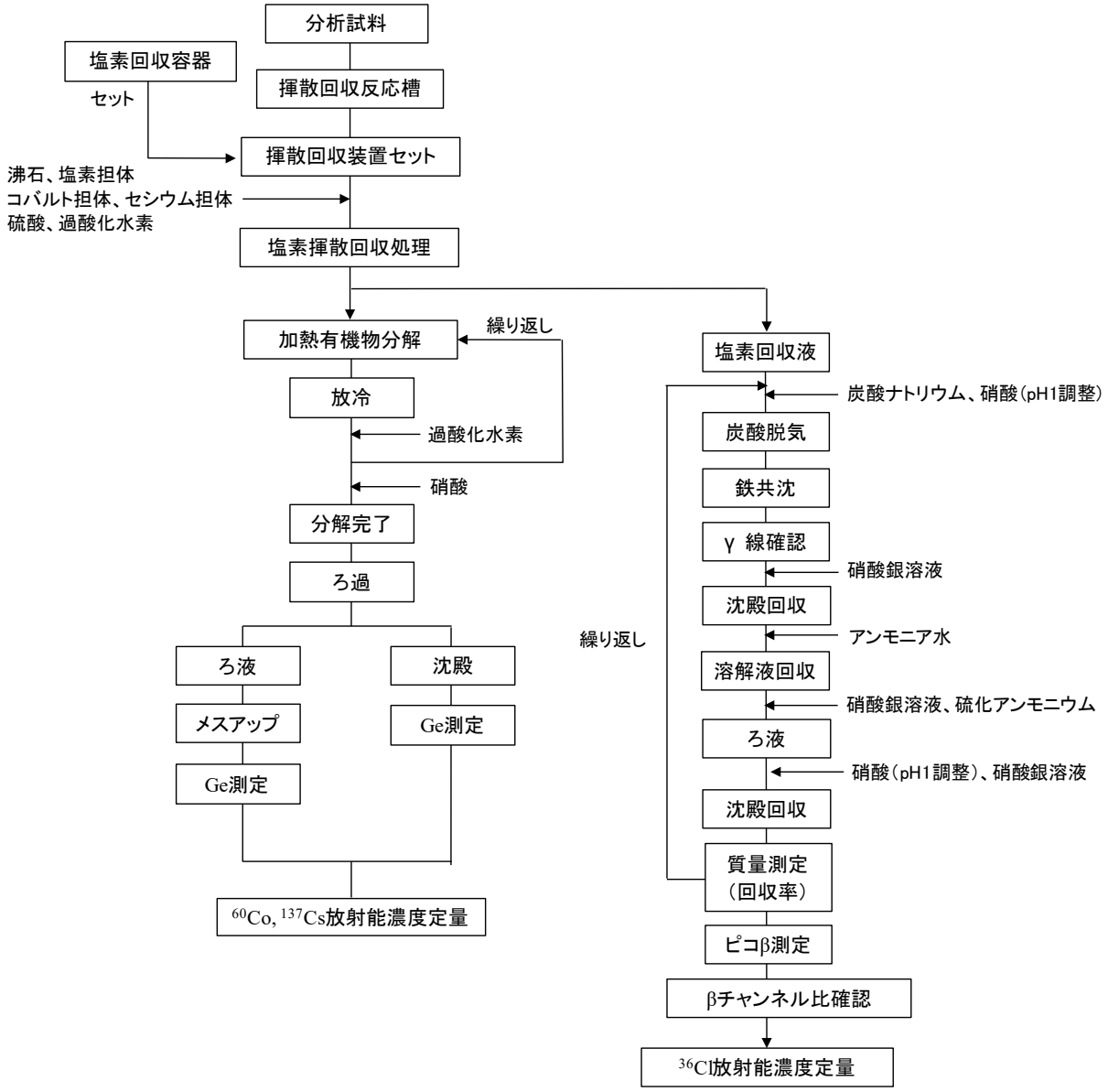


図 13　^{36}Cl 分析フロー

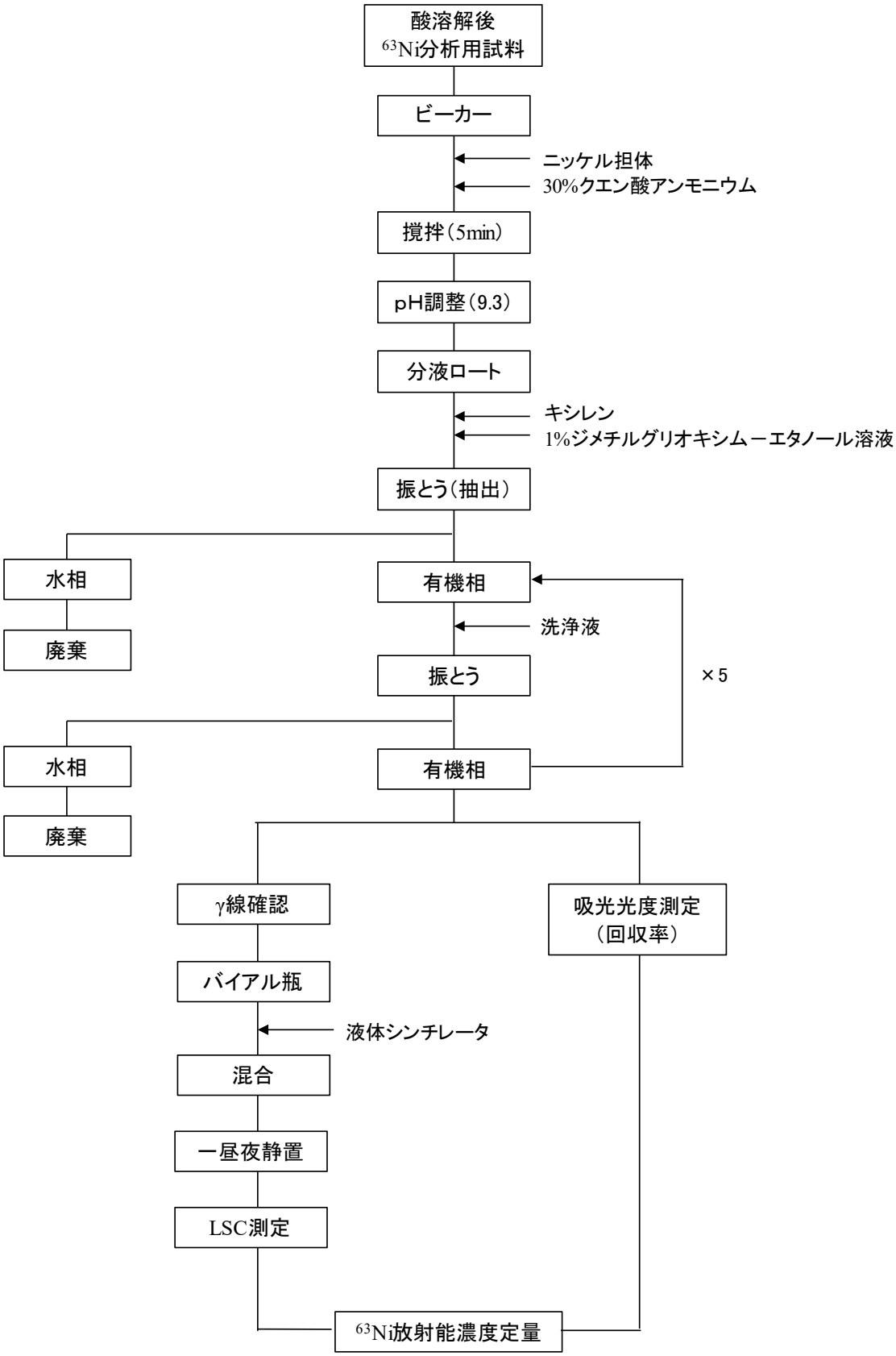


図 14　^{63}Ni 分析フロー

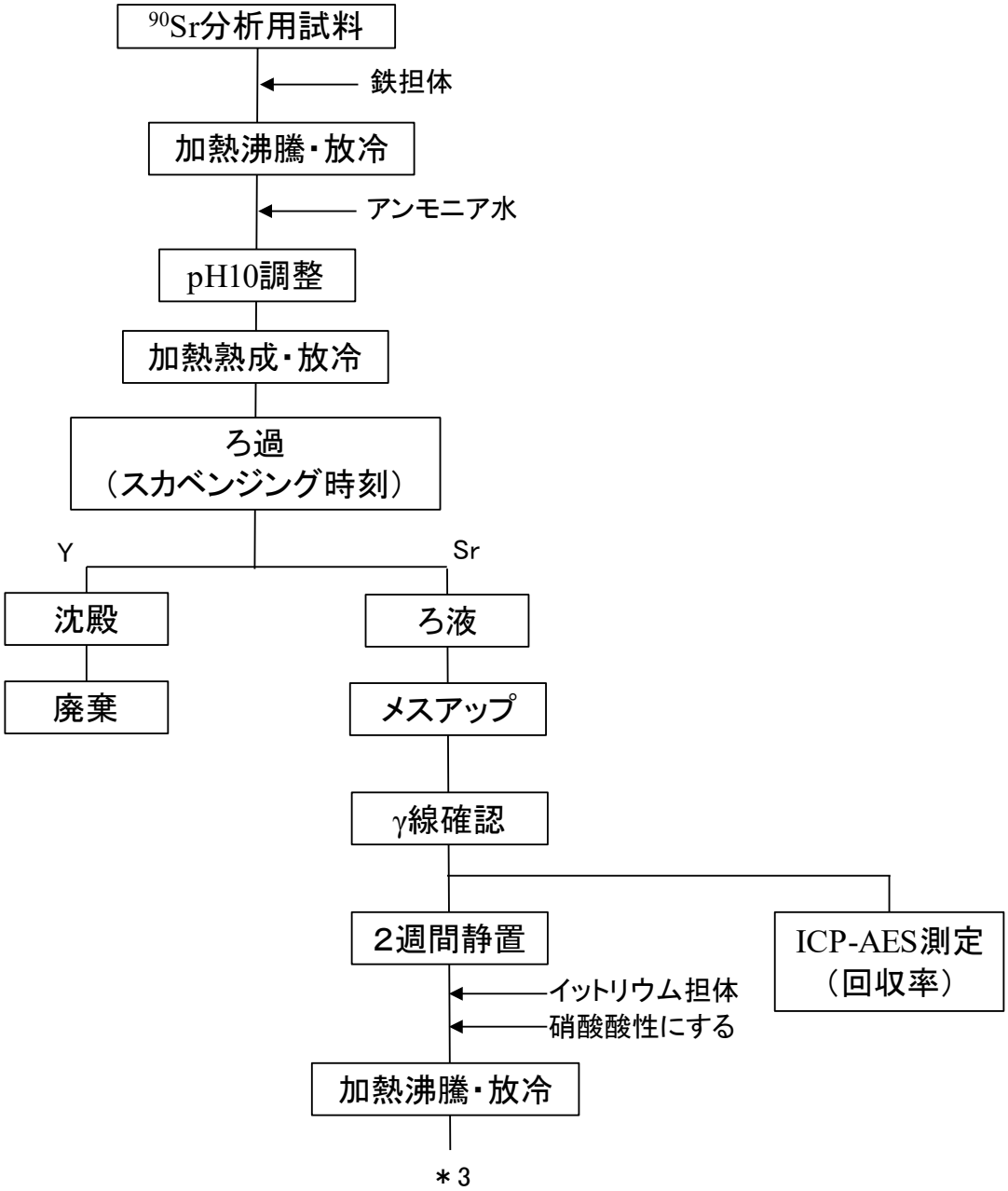


図 15　^{90}Sr 分析フロー（1/2）

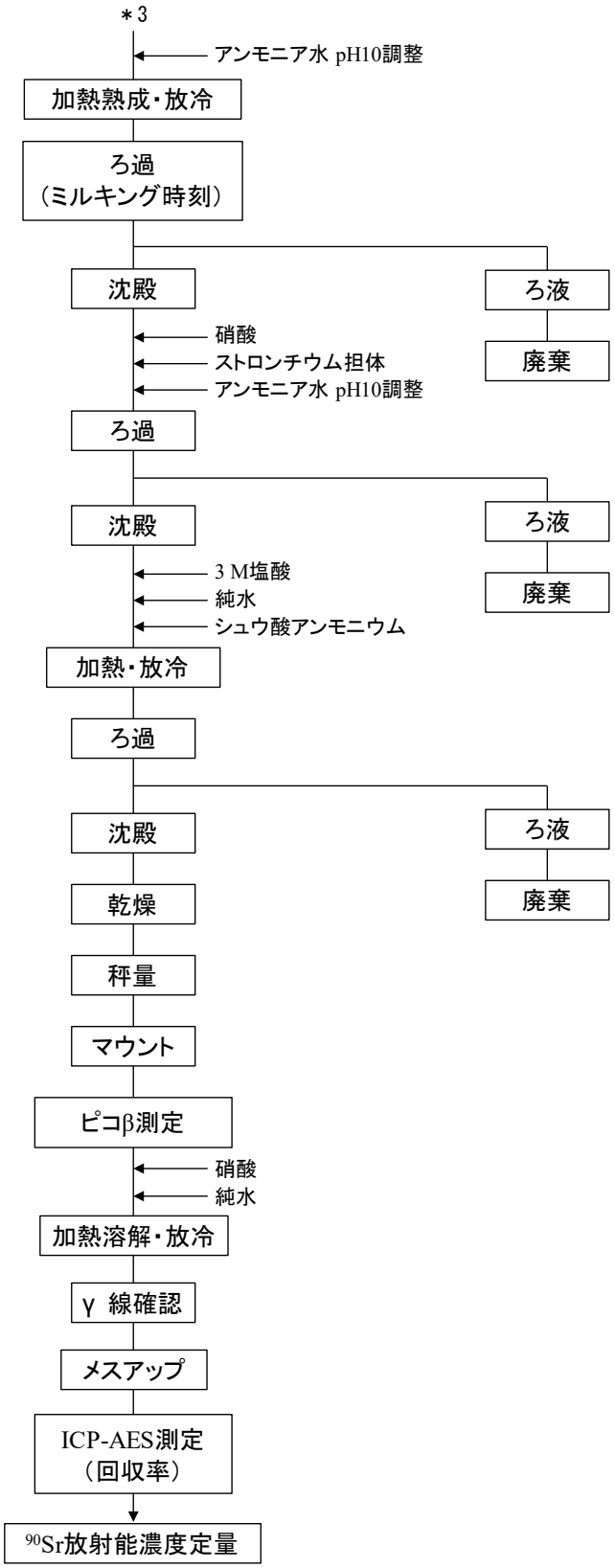


図 15　^{90}Sr 分析フロー（2/2）

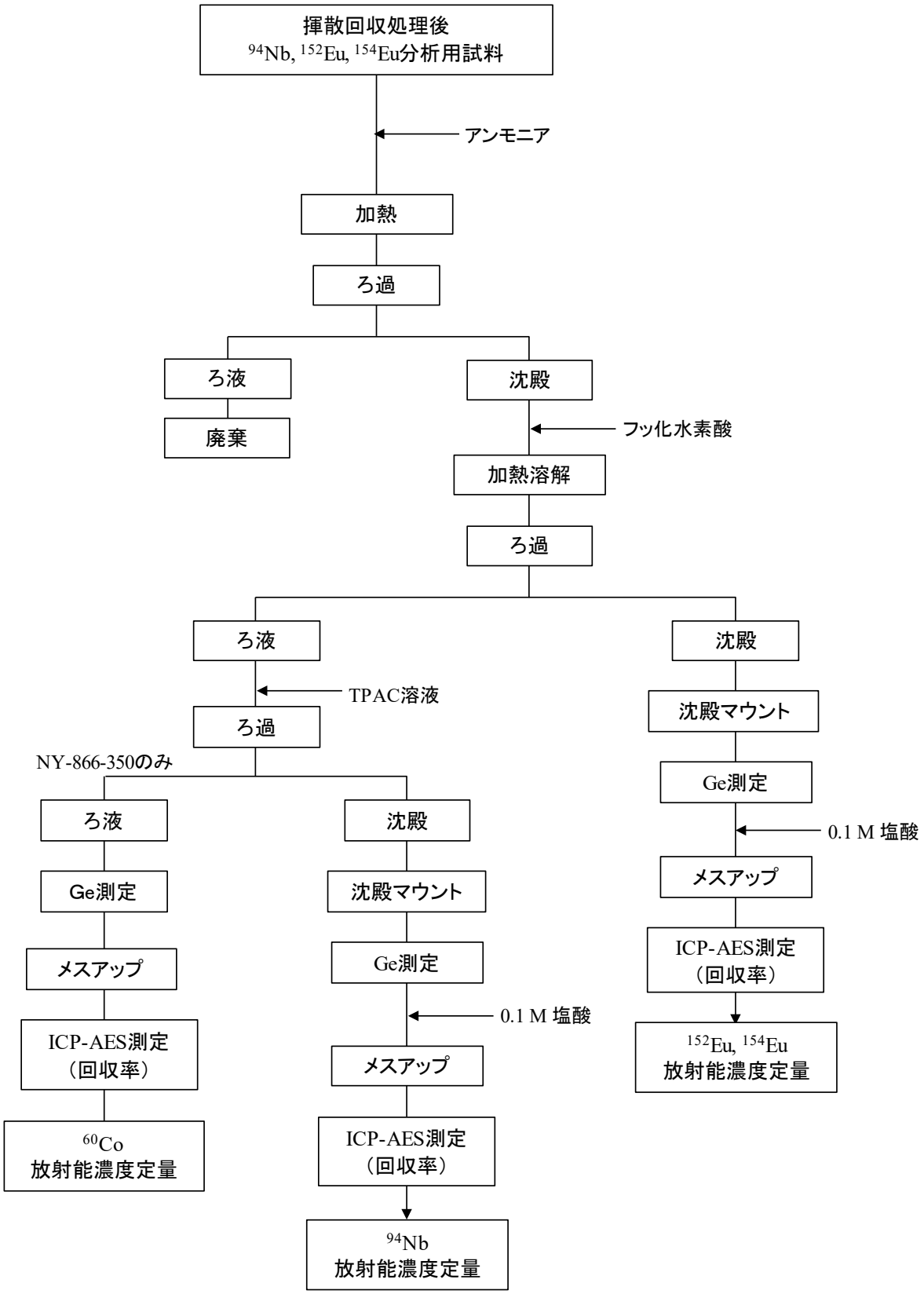


図 16　^{94}Nb、^{152}Eu 及び ^{154}Eu 分析フロー

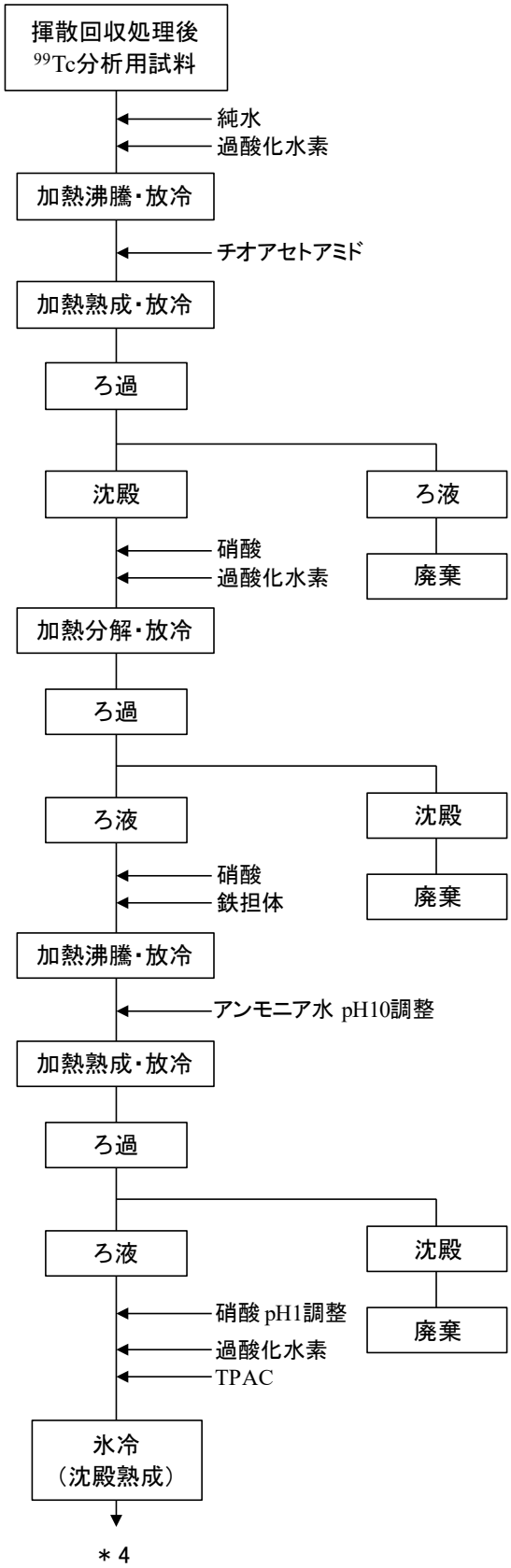


図 17　^{99}Tc 分析フロー（1/2）

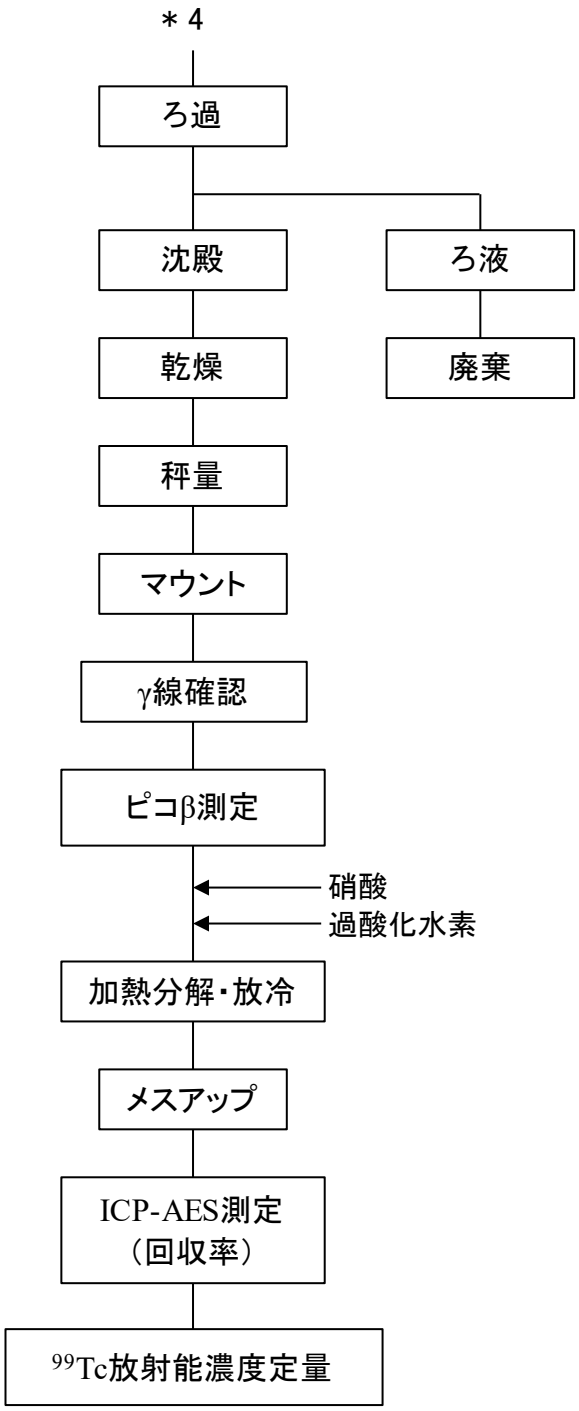


図 17　^{99}Tc 分析フロー（2/2）

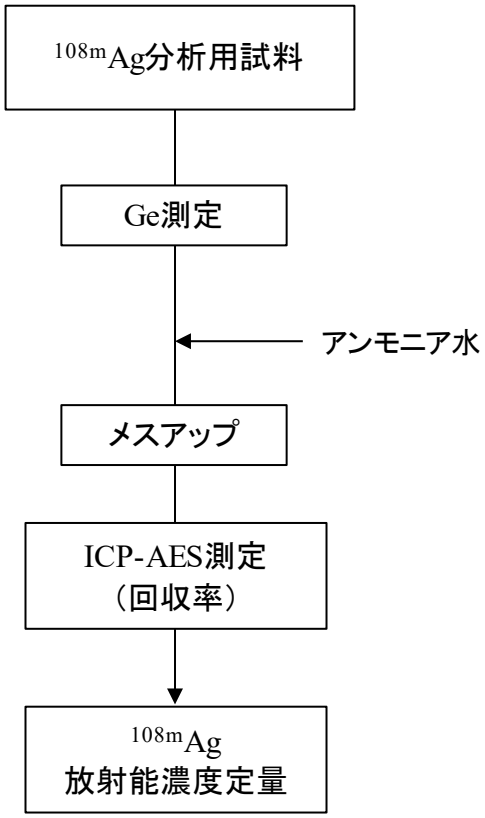


図 18　^{108m}Ag 分析フロー

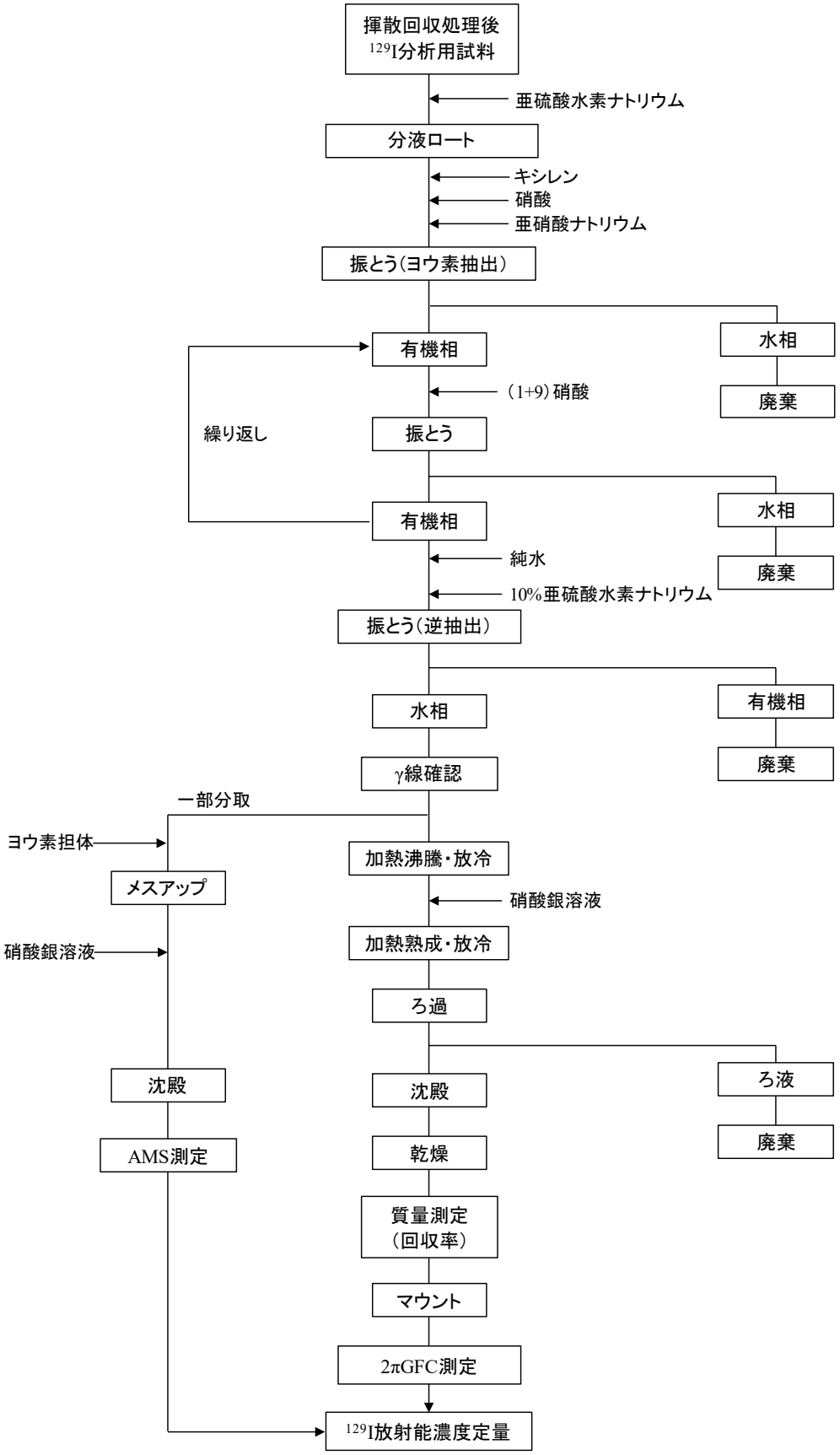


図 19　^{129}I 分析フロー

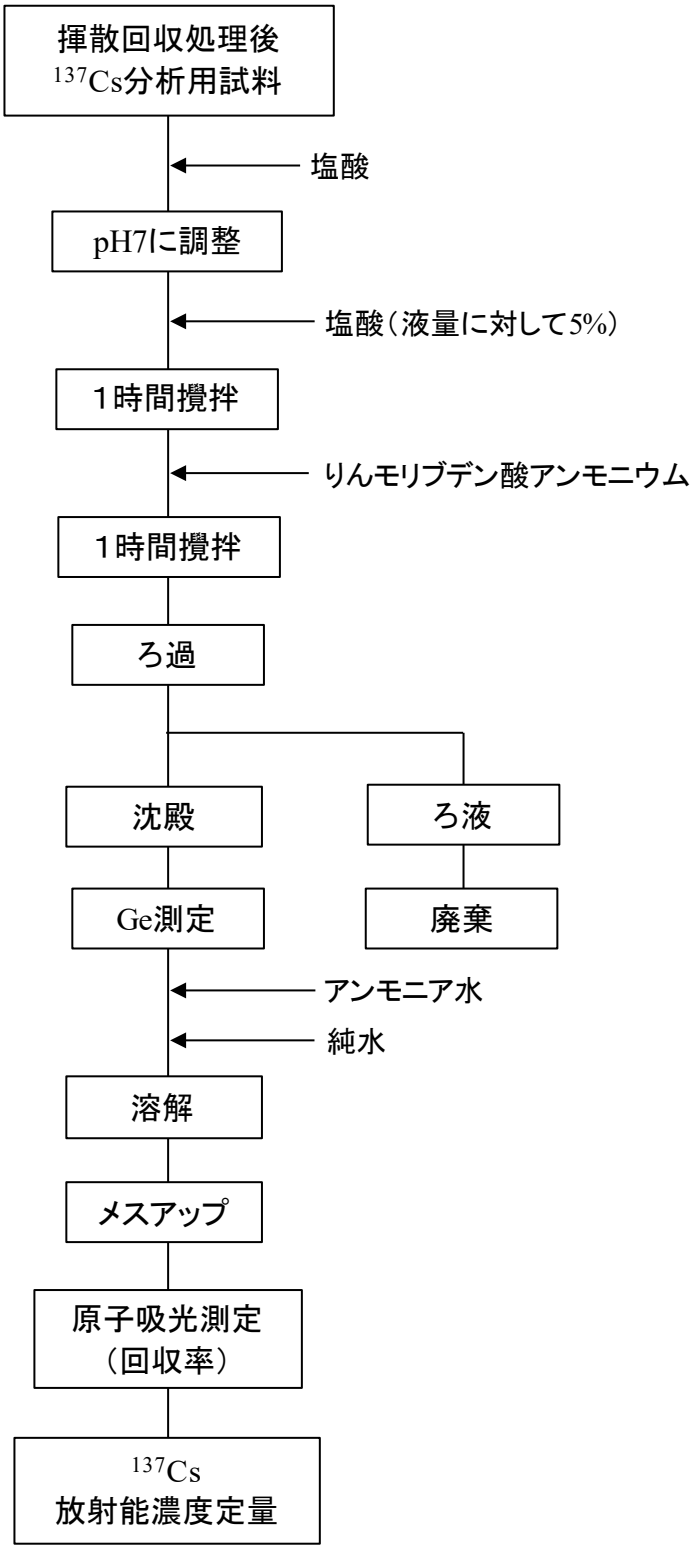


図 20　^{137}Cs 分析フロー

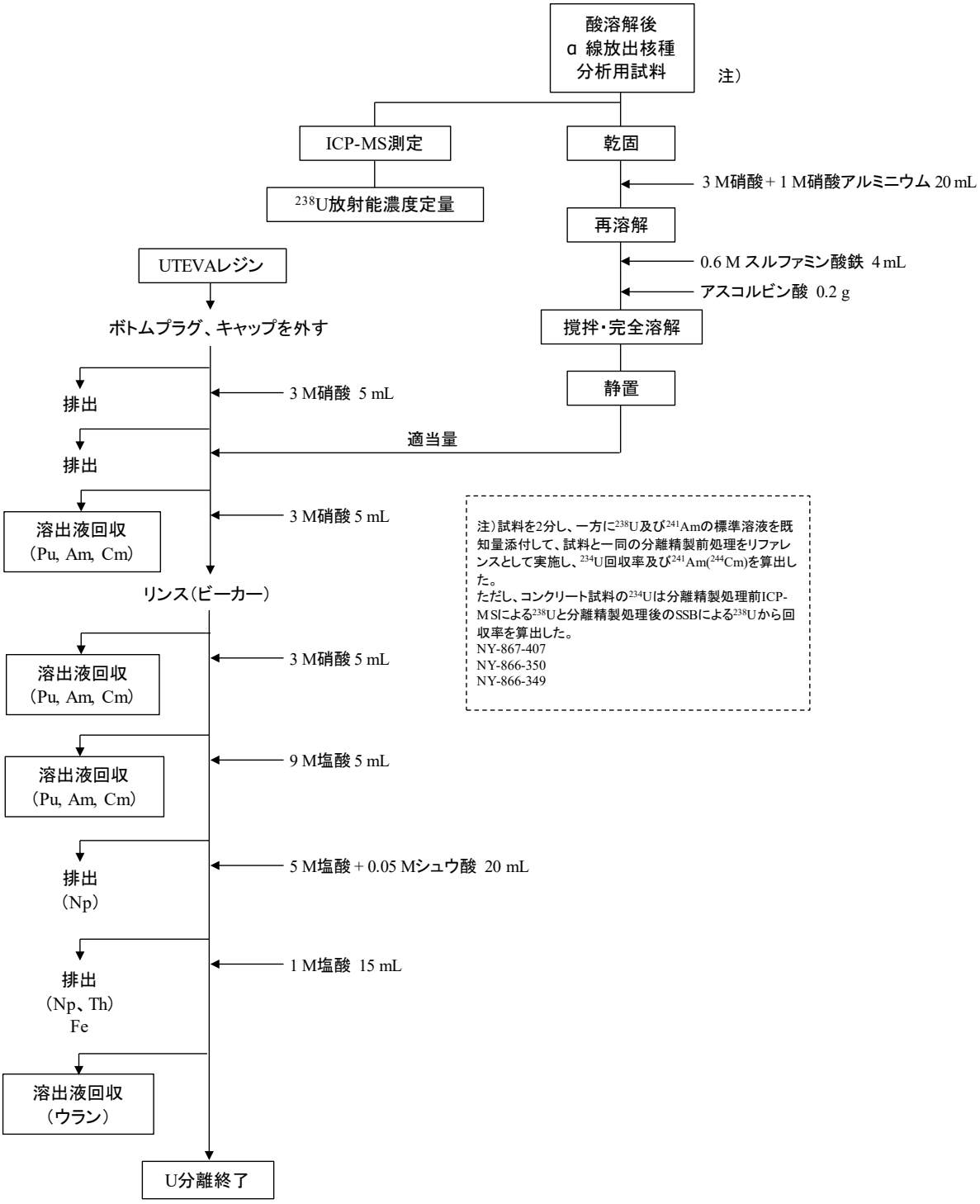


図 21　α 線放出核種分析フロー（1/3）

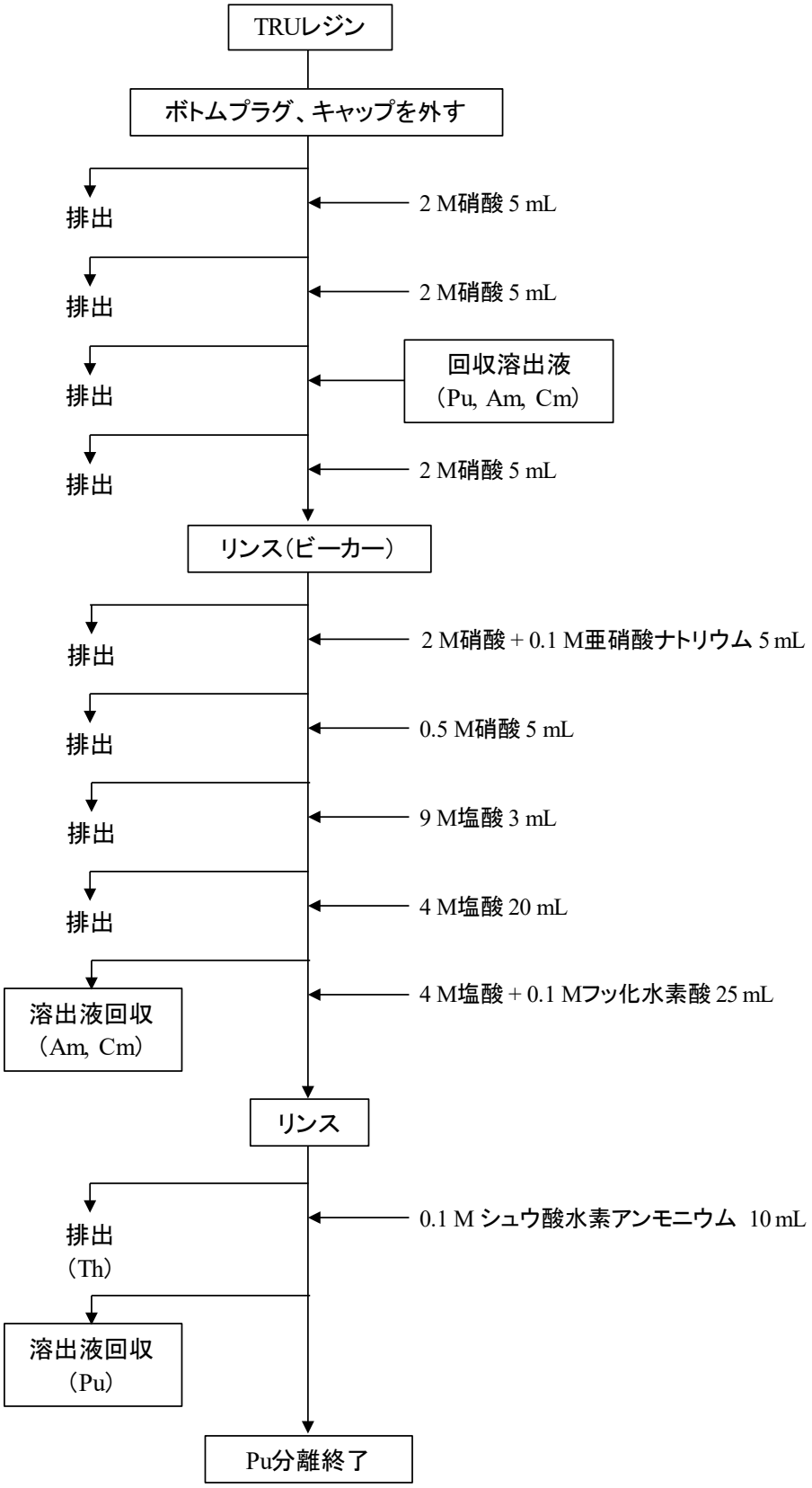


図 21　α 線放出核種分析フロー（2/3）

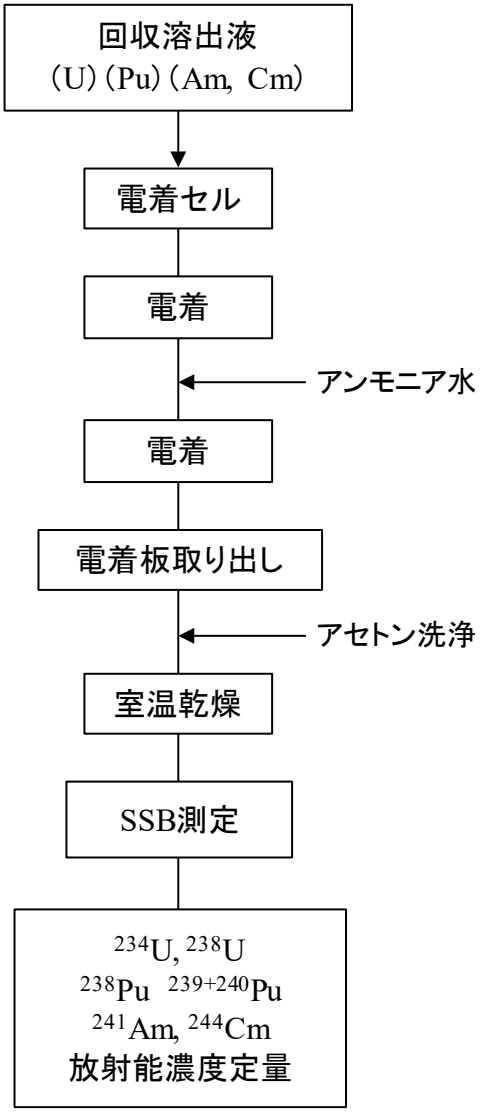


図 21　α 線放出核種分析フロー（3/3）

This is a blank page.