

JAERI-Tech
2002-073



JP0250410



NUCEF 分析業務報告書
—平成13年度—

2002年 9月

坂爪 克則・軍司 一彦・芳賀 孝久・深谷 洋行・蘭田 曜
境 裕・新妻 泰・白橋 浩一・佐藤 猛

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問合わせは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂
郡東海村）あて、お申し越しください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター
(〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内) で複写による実費頒布をおこなっ
ております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research
Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy
Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195, Japan.

NUCEF 分析業務報告書
－平成 13 年度－

日本原子力研究所東海研究所安全性試験研究センター安全試験部
坂爪 克則・軍司 一彦・芳賀 孝久・深谷 洋行・薗田 曜
境 裕・新妻 泰・白橋 浩一・佐藤 猛

(2002 年 8 月 1 日受理)

燃料サイクル安全工学研究施設(NUCEF)の分析設備では、定常臨界実験装置(STACY)、過渡臨界実験装置(TRACY)及び燃料調製設備の運転に当たって、溶液燃料(硝酸ウラニル溶液)に関する分析を実施している。

平成 13 年度は、STACY 及び TRACY における臨界実験前後の硝酸ウラニル溶液の性状分析、硝酸ウラニル溶液燃料調製のための分析を行うとともに、核燃料物質の計量管理のため計量槽に集めた硝酸ウラニル溶液の分析を行った。また、STACY を用いたプルトニウム臨界実験に備えて、硝酸プルトニウム溶液燃料の調製条件を確認するための予備試験が行われ、当該試験に係わる分析を行った。

平成 13 年度における総分析試料数は、322 試料であった。

本報告書は、平成 13 年度に実施した分析等の業務についてまとめたものである。

Annual Report on Analytical Works in NUCEF in FY. 2001

Yoshinori SAKAZUME, Kazuhiko GUNJI, Takahisa HAGA,
Hiroyuki FUKAYA, Takashi SONODA, Yutaka SAKAI,
Yasushi NIITSUMA, Koichi SHIRAHASHI and Takeshi SATO

Department of Safety Research Technical Support
Nuclear Safety Research Center
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received August 1, 2002)

Analytical results of uranyl nitrate solution are essential data for the operation of the Static Experiment Critical Facility (STACY), the Transient Experiment Critical Facility (TRACY) and the fuel treatment system in the Nuclear Fuel Cycle Safety Engineering Research Facility (NUCEF). Analytical works were carried out for the determination of fuel characteristics before and after criticality experiments, fuel preparation and nuclear material accountancy in FY. 2001. Moreover, as to preparation of plutonium nitrate solution for critical experiments at STACY, plutonium preliminary tests were carried out to confirm the treatment condition of plutonium nitrate solution. Analytical works were carried out on the preliminary tests.

A total number of analytical samples in FY. 2001 were 322 samples.

This report summarizes the data on analytical works in FY. 2001.

Keywords: Analysis, NUCEF, STACY, TRACY, Uranium, Criticality, MOX, Plutonium.

目次

| | |
|--|----|
| 1. まえがき..... | 1 |
| 2. 分析..... | 1 |
| 2.1 分析の概要..... | 1 |
| 2.2 平成 13 年度の分析実績 | 2 |
| 2.3 国際規制物資の計量管理..... | 2 |
| 2.4 原子炉施設 (STACY 及び TRACY) の定期検査に係る分析 | 2 |
| 3. Pu 予備実験(溶解・抽出分離特性試験)に係わる分析 | 3 |
| 3.1 U 濃度の測定..... | 3 |
| 3.2 Pu 濃度の測定..... | 4 |
| 3.3 遊離酸濃度の測定..... | 4 |
| 3.4 銀及び不純物元素濃度の測定..... | 4 |
| 3.5 Am 濃度測定..... | 5 |
| 3.6 Np 濃度測定..... | 5 |
| 3.7 Pu 原子価の測定 (定性分析) | 5 |
| 4. 施設の運転・保守・管理..... | 5 |
| 4.1 設備..... | 5 |
| 4.2 原子炉施設(STACY 及び TRACY)の定期検査及び定期自主検査 | 7 |
| 4.3 廃棄物の発生量..... | 7 |
| 5. 分析設備の整備..... | 7 |
| 5.1 イオンクロマトグラフ..... | 7 |
| 5.2 赤外分光分析装置 | 7 |
| 謝辞 | 8 |
| 参考文献 | 8 |
| 付録 分析管理データ | 22 |

Contents

| | |
|---|----|
| 1. Introduction | 1 |
| 2. Analysis | 1 |
| 2.1 Outline of Analysis | 1 |
| 2.2 Analytical Works in FY. 2001 | 2 |
| 2.3 Analysis on Material Accountancy | 2 |
| 2.4 Analysis on Regular Inspection of Nuclear Facilities | 2 |
| 3. Analysis on Plutonium Preliminary Tests (Characteristics of Dissolution and Extraction & Separation)..... | 3 |
| 3.1 Measurement of U Concentration | 3 |
| 3.2 Measurement of Pu Concentration | 4 |
| 3.3 Measurement of Free Acid Concentration | 4 |
| 3.4 Measurement of Silver and Impurities Concentration | 4 |
| 3.5 Measurement of Am Concentration | 5 |
| 3.6 Measurement of Np Concentration | 5 |
| 3.7 Measurement of Pu Valence (Qualitative Analysis)..... | 5 |
| 4. Operation, Maintenance and Management of Analytical Laboratory | 5 |
| 4.1 Equipment | 5 |
| 4.2 Regular Inspection of Equipment | 7 |
| 4.3 Formation of Radioactive Waste | 7 |
| 5. Arrangement of Analytical Apparatus | 7 |
| 5.1 Ion Chromatograph | 7 |
| 5.2 Infrared Spectrometer | 7 |
| Acknowledgments | 8 |
| References | 8 |
| Appendix | 22 |

1. まえがき

燃料サイクル安全工学研究施設(Nuclear Fuel Cycle Safety Engineering Research Facility: NUCEF)では、定常臨界実験装置(Static Experiment Critical Facility: STACY)において溶液燃料の臨界に関する系統的なデータを取得し、核燃料を取扱う施設の合理的な臨界安全設計・管理に役立てる研究を、過渡臨界実験装置(Transient Experiment Critical Facility: TRACY)においては臨界超過時の核熱流体挙動の解析、工程機器による放射性物質の閉じ込め性能評価等に関する研究を行っている。また、バックエンド研究施設(Back-end Fuel Cycle Key Elements Research Facility: BECKY)においては、分離プロセス、放射性廃棄物及びTRU化学に関する研究を行っている。

平成13年度の分析業務の背景となる各設備等の業務状況の概略を記述する。

STACY では、中性子相互干渉効果を明らかにするため、10wt%濃縮硝酸ウラニル溶液燃料を用いて、平板型炉心タンク2基での炉心タンク間の距離の違いや、炉心タンク間に配置した中性子吸収材や中性子隔離材の厚さ及びその組み合わせをパラメータとした臨界実験が行われた。TRACY では 10wt%濃縮硝酸ウラニル溶液燃料を用いて、臨界超過時の核熱特性、溶液燃料挙動及び放射性物質放出挙動に関する実験が行われた。また、燃料調製設備では、STACYにおいて、臨界実験に使用される、10wt%及び6wt%濃縮硝酸ウラニル溶液燃料の調製が行われた。

臨界実験では、燃料として用いる硝酸ウラニル溶液に関する種々の分析結果が実験等の基本条件となる。このため STACY 及び TRACY の臨界実験前後の硝酸ウラニル溶液性状分析、硝酸ウラニル溶液燃料調製のための分析等を行うとともに、国際規制物資としての核燃料物質の計量管理のため、計量槽の硝酸ウラニル溶液の分析及び計量を行った。

また、STACY でのプルトニウム臨界実験に備えて、燃料調製設備で硝酸プルトニウム溶液燃料の調製に向けた予備試験が実施された。これは少量の MOX 粉末を用いて粉末の溶解性、ウラン／プルトニウム抽出分離特性等を確認するための試験であり、平成13年度は、7月に MOX 粉末の溶解性の試験が、6月及び11月にはウラン／プルトニウム抽出分離特性の試験が行われ、当該試験に係わる分析を行った。

本報告書は、平成13年度に実施した分析業務についてまとめたものである。

2. 分析

2.1 分析の概要

STACY 及び TRACY では、種々のウラン濃度の硝酸ウラニル溶液燃料を用いて臨界実験を行う。臨界実験前の硝酸ウラニル溶液燃料は、燃料調製設備を用いて、硝酸ウラニル溶液の濃縮又は希釀により臨界実験に必要な濃度に調整され、STACY 及び TRACY に供給される。燃料の調製過程におけるウラン濃度、酸濃度等を分析により確認することは、臨界実験を行う際の基本条件となる。さらに、臨界実験終了後の硝酸ウラニル溶液燃料について、臨界実験の解析に必要なウラン濃度、硝酸濃度及び不純物濃度を分析している。また、実験の際の STACY と TRACY の原子炉出力を評価するための核分裂生成物(FP)に関する分析を行っている。これらは、いずれも精度の高い分析が必要とされる。

試料の分析方法は、分析の対象、濃度、共存元素の有無、要求される分析精度等によって異なる

り、これまでの経験に基づいて、最適な分析方法を選定している。NUCEFにおける分析法及び分析装置¹⁾をまとめたものを表1に示す。

また、STACYでのプルトニウム臨界実験、燃料調製設備による硝酸プルトニウム溶液燃料の調製に備えて、設備の工程管理、核物質の計量管理等に適用可能なプルトニウムに関する分析法を平成11年度までに調査、選定した。²⁾

平成12年度からは、入手したMOX粉末のうちの少量を用いて溶解試験が開始され、平成13年度からは、溶解試験に加えて、ウラン／プルトニウム抽出分離試験が開始された。これら一連の予備試験にともない要求される分析を基に、プルトニウムに関する分析法の確認を行った。詳細については、3.Pu予備試験（溶解・抽出分離特性試験）に係わる分析で述べる。

2.2 平成13年度の分析実績

平成13年度の試料分析実績を表2に示す。平成13年度の総分析試料数は322試料、分析総数は862件であった。本年度の分析試料は、燃料調製に係わるもののが43%、次いでSTACYの臨界実験に係わるもののが8%、TRACYの臨界実験に係わるもののが7%、本年度実施されたPu予備試験（溶解・抽出特性試験）に係わるもののが32%を占めている。また、本年度はNUCEF関連技術開発に係わる分析（項目の「その他」に分類）が試料数の10%を占めている。分析項目割合別でみると、ウラン濃度分析と硝酸濃度分析（酸分析）で全体の約6割を占め、次いで、トリブチルリン酸(TBP)分析、FP分析、不純物元素分析、全γ放射能分析、ジブチルリン酸(DBP)分析、同位体組成分析の順となっている。また、前述以外の依頼項目（分析項目にて「その他」に分類：水素イオン指数(pH)、硝酸ヒドロキシルアミン(HAN)、ヒドラジン(HDZ)測定等）が全体の3%であった。

表3及び図1に、STACY燃料のウラン濃度、密度及び硝酸濃度の変化を示す。表4及び図2に、TRACY燃料のウラン濃度、密度及び硝酸濃度の変化を示す。これらの結果からほぼ安定な燃料の調製ができているものと考えられる。

第1四半期の試料分析実績を表5に示す。分析試料数は54試料、分析総数は130件であった。

第2四半期の試料分析実績を表6に示す。分析試料数は82試料、分析総数は198件であった。この中には、国際規制物資としての保障措置上の計量管理に関する実在庫の確認(PIT; Physical Inventory Taking)のためのウラン濃度分析が含まれている。

第3四半期の試料分析実績を表7に示す。分析試料数は60試料、分析総数は139件であった。

第4四半期の試料分析実績を表8に示す。分析試料数は24試料、分析総数は42件であった。

なお、Pu溶解・抽出特性試験は、平成13年度全般にわたり分析を行ったため、各四半期ごとの分析件数には含めていない。

2.3 国際規制物資の計量管理

東海研究所国際規制物資計量管理規定に基づき、NUCEF施設内の物質収支エリアにおけるPITを平成13年9月3日～21日に行った。また、同年9月21日には、IAEA及び国による同一エリアのPIV(Physical Inventory Verification(実在庫の検認)が行われた。このため、計量槽(ダンプ槽)の硝酸ウラニル溶液燃料の計量、ウラン濃度の分析を行った。

2.4 原子炉施設(STACY及びTRACY)の定期検査に係る分析

STACY及びTRACYの定期検査に対応するため、硝酸ウラニル溶液燃料の分析（ウラン濃度、

ウラン濃縮度）を行い、判定基準（ウラン濃度：500 gU/L 以下、濃縮度：10±0.5 wt%）を満たしていることを確認した。

3.Pu 予備試験（溶解・抽出分離特性試験）に係わる分析

本年度は、平成 12 年 11 月～12 月に行われた MOX 溶解試験に引き続き、平成 13 年 7 月に行われた MOX 溶解試験、6 月及び 11 月に行われたウラン／プルトニウム抽出分離特性試験に係わる分析を平成 13 年 6 月～2 月にかけて、分析室（II）、（III）、（IV）にて行った。

分析項目は、ウラン濃度、プルトニウム濃度、遊離酸（硝酸）濃度、不純物元素濃度、 γ 線スペクトロメトリーによるアメリシウム・ネプツニウム濃度、プルトニウム原子価等である。主な分析方法の概略を以下に示す。

3.1 U 濃度の測定

① 同位体希釈質量分析法（IDMS）

表面電離型の質量分析計で、試料及びスパイクを加えた試料溶液のウランの同位体比 ($^{234}_{\text{U}}/\text{U}$, $^{235}_{\text{U}}/\text{U}$, $^{236}_{\text{U}}/\text{U}$) を測定し、試料及びスパイクを加えた試料溶液の同位体比の変化からウラン濃度を求める。

適用範囲はウラン濃度として $0.5 \mu\text{g}/\text{ml}$ 以上であり、精確さの高い分析法である。また、試料はあらかじめ U の同重体及び不純物を化学分離等で除去、精製する必要がある。

② 硫酸アンモニウム添加一アルカリ中和滴定法

適当量に希釈した試料溶液に硫酸アンモニウムを加えてウランを可溶性錯塩としてマスクした後、遊離酸を水酸化ナトリウム標準溶液で滴定する。続いて、過酸化水素水を加えて過酸化ウランを生成させ、この反応で遊離した酸を水酸化ナトリウム標準溶液で滴定する。求めた酸濃度と硝酸ウランの当量関係からウラン濃度を求める。

適用範囲は硝酸濃度として 0.01M 以上、ウラン濃度として $1\text{mg} \sim 30\text{mg}/\text{ml}$ であり、遊離酸とウランを同時に測定できるが後述の鉄（II）還元ニクロム酸カリウム酸化滴定法に比べて精確さは劣る。

③ 鉄（II）還元ニクロム酸カリウム酸化滴定法（デービス＆グレイ法）

9.8M 以上のりん酸溶液に調整した試料溶液に鉄（II）溶液を加え、ウランをIV価に還元し、過剰の鉄（II）は、モリブデンを触媒として硝酸で酸化しておく。次にバナジウムIV価を加えてウランを再びVI価に酸化し、反応に寄与して還元されるバナジウムIII価をニクロム酸カリウム標準溶液で酸化滴定し、クロムの消費量から同じく酸化還元反応で当量関係にあるウラン濃度を求める。

適用範囲は硝酸ウラニル溶液で、ウラン濃度として $1\text{mg} \sim 20\text{mg}/\text{ml}$ であり、精確さの高い分析法である。

④ ジベンゾイルメタン発色一紫外・可視分光光度法

試料にジベンゾイルメタン溶液を加えて発色し、波長 420nm における吸光度を紫外可視分光光度計にて測定する。あらかじめ既知濃度のウランを用いて同様な操作を行い、作成した検量線からウラン濃度を求める。

適用範囲は水溶液、有機相試料中の微量ウランで、ウラン濃度として $10 \mu\text{g} \sim 400 \mu\text{g}/\text{ml}$

であり、迅速性に優れた分析法であるが滴定分析法に比べて精確さは劣る。また、試料に塩酸ヒドロキシルアミンを加え、プルトニウムをⅢ価に還元した後、TOPO-酢酸エチル溶液を加え、TOPO-ウラン錯塩を形成させ酢酸エチル相に抽出することにより、Pu や鉄等の妨害元素を含む試料にも適用できる。

プルトニウム濃度の高い有機系試料への適用については、更に検討を要する。

3.2 プルトニウム濃度の測定

① 同位体希釈質量分析法 (IDMS)

表面電離型の質量分析計で、試料及びスパイクを加えた試料溶液のプルトニウムの同位体比 ($^{238}/^{239}\text{Pu}$, $^{240}/^{239}\text{Pu}$, $^{241}/^{239}\text{Pu}$, $^{242}/^{239}\text{Pu}$) を測定し、試料及びスパイクを加えた試料溶液の同位体比の変化からプルトニウム濃度を求める。

適用範囲はプルトニウム濃度として $0.5\mu\text{g}/\text{ml}$ 以上であり、精確さの高い分析法である。

また、試料はあらかじめ Pu の同重体及び不純物を化学分離等で除去、精製する必要がある。

② Ce (IV) 添加-紫外・可視分光光度法

試料に Ce(IV)を添加することにより、試料溶液中の Pu をすべてVI価へと酸化し、最終的に硝酸濃度が 1M となるように調整した後、波長 830nm における吸光度を紫外可視分光光度計にて測定する。あらかじめ既知濃度のプルトニウムを用いて同様な操作を行い、作成した検量線からプルトニウム濃度を求める。

適用範囲はプルトニウム含有量として $10\mu\text{g} \sim 400\mu\text{g}/\text{ml}$ であり、迅速性に優れた分析法であるが同位体希釈質量分析法に比べて精確さは劣る。

③ γ 線スペクトロメトリー

^{241}Pu (148.6keV) 並びに ^{239}Pu (203.5keV) を γ 線スペクトロメーターで測定し、質量分析計で測定した同位体比をもとにして Pu 濃度を算出する。

3.3 遊離酸（硝酸）濃度の測定

① 硫酸アンモニウム添加-アルカリ中和滴定法

適当量に希釈した試料溶液に硫酸アンモニウムを加えてウランを可溶性錯塩としてマスクした後、遊離酸を水酸化ナトリウム標準溶液で滴定する。

適用範囲は硝酸濃度として 0.01M 以上、ウラン濃度として $1\text{mg} \sim 30\text{mg}/\text{ml}$ であり、プルトニウムはマスクできないため妨害元素となる。

② フッ化カリウム添加-アルカリ中和滴定法

適当量に希釈した試料溶液にフッ化カリウムを加えてプルトニウムを可溶性錯塩としてマスクした後、遊離酸を水酸化ナトリウム標準溶液で滴定し溶液の酸濃度を求める。

本法は遊離酸として 0.1M 以上であり、ウランは定量的にマスクすることはできないため妨害元素となる。

③ アルカリ中和滴定法

適当量に希釈した試料溶液を水酸化ナトリウム標準溶液で滴定する。

適用範囲は硝酸濃度として 0.01M 以上であり、ウラン、プルトニウム濃度が低い試料に適用する。

3.4 銀及び不純物元素濃度の測定

銀及び不純物元素 (Fe, Ni, Cr 等) の測定は、ICP 発光分光分析法にて行った。

イオン交換法にてウラン及びプルトニウムから分離した後に目的元素の発光強度を測定し、別に作成した検量線から目的元素濃度を求める。

適用範囲は水溶液試料で、目的元素濃度として数 mg/l 以上であり、複数の元素を同時に定量できる。

3.5 アメリシウム濃度測定

^{241}Am (59.5keV) を γ 線スペクトロメーターで測定し濃度を算出する。

3.6 ネプツニウム濃度測定

^{237}Np の娘核種である ^{233}Pa を十分な時間（半年：およそ 6 半減期）放置し、放射平衡状態となった後に ^{233}Pa (312.0keV-36%, 300.2keV-6.2%) を γ 線スペクトロメーターで測定して ^{237}Np 濃度を算出する。

分析時間の迅速化の観点から、今後 ^{239}Np トレーサーを用いた分析法について検討を進めていく。

3.7 プルトニウム原子価の測定（定性分析）

Pu の各価数における特徴的なピーク (Pu (VI) : 833nm 近傍、Pu (IV) : 476nm 近傍) の吸光度を紫外可視分光光度計にて測定する。

4. 施設の運転・保守・管理

NUCEF における分析業務を行う分析室には、各種分析機器に加えて気送設備、試料搬送装置、後処理装置、グローブボックス及びフードがある（図 3 に示す）。分析業務を安全かつ円滑に行うため、これらの設備及び装置の保守管理を行っている。

4.1 設備

(1) 気送設備

気送設備は、STACY、TRACY、燃料調製設備等から分析室 (I) の受入グローブボックスに分析試料を搬送する設備である。分析用試料は気送子に入れられて気送管中を空気流を利用して送られる。ほとんどの試料はこの気送設備を利用して、分析室へ搬送されている。

平成 13 年度に気送設備を利用して STACY、TRACY、燃料調製設備から分析室 (I) へ分析試料を搬送した回数は 279 回、気送子の総走行距離は約 45km であった。月別の運転回数を表 9 に、気送系統毎の気送子走行記録を図 4 に示す。なお、平成 13 年度は、磨耗等により交換した気送子はなかった。

気送設備は、日常点検、週例点検及び月例点検により、設備の性能の維持管理に努めている。また、年 1 回の総合点検も行った。

(2) 試料搬送装置

試料搬送装置は、分析室 (I) のグローブボックス (15 台) と接続されている試料搬送用グローブボックス内を試料搬送用台車が移動し、グローブボックス間で試料を自動的に運搬する設備である。

試料搬送装置については日常点検、週例点検及び月例点検により、設備の性能の維持管理に努めている。また、年1回の総合点検も行った。

(3)分析機器

各分析機器については、機器の操作開始前及び終了後の点検、週例点検、月例点検等を行っている。また、機器の消耗品を補充管理することによって、常に全ての機器が使用できるように維持管理している。

質量分析計、ICP 発光分光分析計及び振動式密度計については、分析精度の保証の観点から、メーカーによる点検・調整を行った。

(4)後処理装置

後処理装置は、分析後の放射性溶液を燃料調製設備等へ移送するまで一時的に貯蔵しておく貯槽類から成り立っている。

後処理装置については、日常点検及び月例点検により、設備の性能の維持管理に努めている。また、メーカーによる計装盤の点検校正を行った。

(5)グローブボックス

分析室(I)には17台、分析室(II)には3台、分析室(III)には1台、分析室(IV)には2台の計23台のグローブボックスがある。主要な分析機器は、23台のグローブボックスに設置されている。グローブボックスは1日の作業開始前及び終了後に内部の負圧及び温度を点検しており、室内の圧力に対して負圧が-0.2~-0.4kPa、温度に関しては室温にあることを確認している。

グローブボックスのグローブ及びバッグポートのビニールバッグは、日常の分析作業の都度汚染検査を行っている他、一ヶ月に1度の割合で、ピンホールの有無、劣化によるひび割れ等について総合点検を行っている。点検の結果、前処理装置用グローブボックスのグローブ1本にピンホールが見つかり直ちに交換した。また、薬品の付着により使用しにくくなつたグローブ4双を交換した。また、劣化等のグローブの破損、総合点検の簡便化の観点から、使用頻度の低いグローブあるいは使用しないグローブについては、気密栓と交換した。

定期自主検査関係では、グローブボックスの気密漏洩検査、負圧計の作動試験及び警報試験を年1回行い、漏洩率が0.1 vol%/h以下であること、機器が正常に動作することを確認した。また、グローブボックス用計器（圧力指示計等）、グローブボックス警報盤について年1回点検校正を行った。

(6)フード

分析室(I)には3台、分析室(II)には2台の計5台のフードがあり、試料の分取、保管、前処理、後処理等に使用しており、グローブボックスと同様な性能の維持・管理に努めている。約3ヶ月に1度の割合で、フード前のエリアのビニル養生を交換している。また必要に応じ、フード内を養生しているビニルも交換した。分析室(II)のフード2台については、フィルターの差圧が高くなつたことから、フィルターの交換を行つた。

さらに、全フードについてフードの前面扉を1/2開口した時の流速が、0.5 m/s以上であることを確認した。また、メーカーによるフード電気計装関係の点検を行つた。

4.2 原子炉施設(STACY 及び TRACY)の定期検査及び定期自主検査

原子炉施設(STACY 及び TRACY)の分析設備に関する定期検査では、後処理装置の再使用水系試料貯槽と燃料調製設備の戻液受槽との送液隔離弁(G-VP-28001)のインターロック作動検査を行い、正常に作動することを確認した。

4.3 廃棄物の発生量

平成 13 年度に分析業務で発生した固体廃棄物量は、可燃物（赤カートンボックス）が 193 個、不燃物のうち白カートンボックスが 34 個、ペール缶が 4 個、フィルタが 2 個の合計 233 個であった。表 10 に、四半期毎での固体廃棄物発生量の内訳を示す。平成 13 年度も引き続き、管理区域に持ち込む物品を極力少なくする等の努力により、廃棄物発生量の低減化に努めた。

5. 分析設備の整備

平成 13 年度の分析設備の整備として、STACY でのプルトニウム炉心を用いた臨界実験に向かた、グローブボックス対応のイオンクロマトグラフの整備、燃料調製設備での MOX 溶解、抽出・分離運転に向けた、分析室（I）分析機器用グローブボックス（IV）に設置している赤外分光分析装置の更新を行った。

5.1 イオンクロマトグラフ

イオンクロマトグラフのシステム構成図を図 5 に示す。

本装置は試料中の無機陽・陰イオン、有機酸等の測定に用いる装置であり、2 台の送液ユニット、インジェクション部（オートサンプラ付き）、分離カラム及びカラムオーブン、電気伝導度検出器（ノンサプレッサ方式）及び示差屈折計の 2 種の検出器、システム制御部及びデータ処理装置（パーソナルコンピュータ）等で構成されている。これらのうち、インジェクション部、分離カラム（カラムオーブン）部、及び検出器はグローブボックス内に設置されている。さらに、本装置はバルブの切り換え及びカラムの交換により、無機陽・陰イオン種、ポストカラム pH 緩衝化法を用いた有機酸にも対応できる。

今後は、U、Pu 及び HAN、HDZ の同時定量に用いるための検討を行う予定である。

5.2 赤外分光分析装置

本装置は試料中の TBP 等の油分濃度測定に用いる装置であり、グローブボックス下部に設けた気密構造を有するセル室に、赤外分光分析装置の光源及び測光部を組み合わせて調整し、据付ける構造となっている。TBP 濃度の分析は、TBP が硝酸等と共に状態で加熱されることで爆発性物質を生じる可能性があるため、安全上の観点からもその分析にはより高い信頼性が要求される。既存の装置は、経年による劣化や測定方式の違いにより、要求される分析精度を満足することが難しくなってきた。このため、装置をより高精度かつ操作性に優れたものに更新する必要があった。

更新した装置を用いて TBP 濃度の模擬測定を行ったところ、要求される分析精度を満足することができ、実試料においても対応可能であることを確認した。

謝辞

試料の分析業務および分析設備の維持管理にご協力いただいた東京ニュークリアサービス(株)の寺門久雄氏、関根忠氏、後藤基次氏及び横塚邦弘氏に感謝致します。

また、本レポートの作成に対しご指導いただいた環境科学研究部分析科学研究グループ伊藤光雄課長代理に感謝致します。

参考文献

- (1) 宮内正勝、他、「NUCEF 分析設備」、JAERI-Tech 96-007(1996).
- (2) 園部保、「NUCEF プルトニウム臨界実験用分析方法の調査・選定」、JAERI-Tech 99-083(1999).
- (3) 丸善刊「無機化学全書XVII-2 プルトニウム」(昭和 42 年 9 月 20 日発行)

表 1 分析法及び分析装置

| 分析項目 | 分析法 | 分析装置 |
|------------|---|---|
| ウラン濃度 | 0.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ~ 数 mg/l ~数 100mg/l | 同位体希釈質量分析法 (IDMS) |
| | 10 μg / ~400 $\mu\text{g}/\text{ml}$ | 硫酸アンモニウム添加ーアルカリ中和滴定法 鉄 (II) 還元ニクロム酸カリウム酸化滴定法 |
| | 0.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ~ 10 μg / ~400 $\mu\text{g}/\text{ml}$ | ジベンゾイルメタン発色—紫外・可視分光光度法 同位体希釈質量分析法 (IDMS) |
| | Ce (IV) 添加—紫外・可視分光光度法 | 紫外可視分光光度計 |
| | ~400 $\mu\text{g}/\text{ml}$ | Ge 半導体スペクトロメーター |
| | 中和滴定法 | 自動電位差滴定装置 |
| | ICP 発光分光分析法 | ICP 発光分光分析装置 |
| | γ線スペクトロメトリー | Ge 半導体スペクトロメーター |
| | 不純物元素濃度 | 赤外分光光度計 |
| | 核分裂生成物 | イオンクロマトグラフ |
| TBP | 数 10mg/l ~数 1000mg/l | 分光光度法 (溶媒抽出法) |
| DBP | 数 % ~ 数 10% | 酸平衡ーアルカリ滴定法 |
| 全 γ | | Nal(Tl)シンチレーション計数装置 |
| 同位体組成 | 質量分析法 | 表面電離型質量分析装置 |

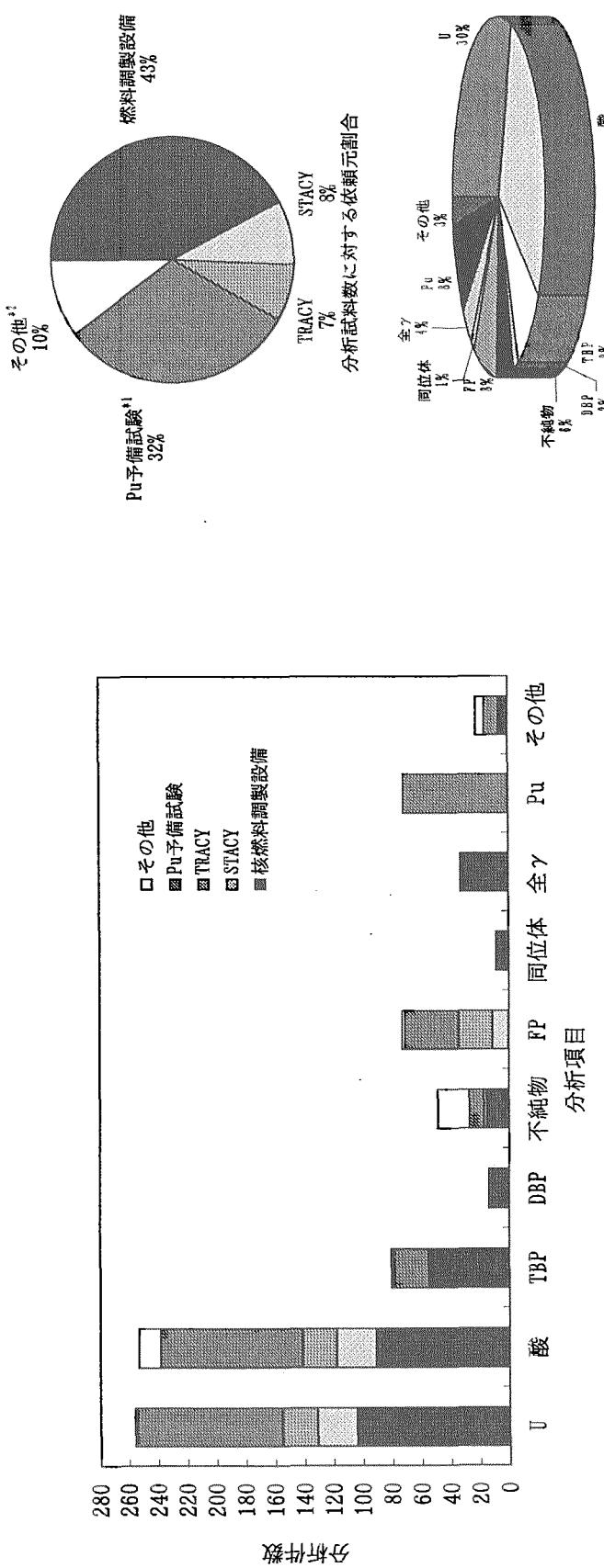
平成13年度の試料分析実績

| 依頼元 | 分析試料数 | 分析件数 | | | | | | | その他 | 分析総数 |
|------------------|-------|------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|------|
| | | U | 酸 | TBP | DBP | 不純物 | PP | 同位体 | | |
| 燃料調製設備 | 136 | 104 | 91 | 53 | 14 | 15 | 0 | 8 | 31 | 0 |
| STACY | 27 | 27 | 27 | 2 | 0 | 2 | 11 | 1 | 0 | 1 |
| TRACY | 24 | 24 | 23 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 1 |
| Pu予備試験* | 102 | 99 | 97 | 24 | 0 | 10 | 37 | 0 | 0 | 71 |
| その他 ⁿ | 33 | 2 | 15 | 2 | 0 | 22 | 2 | 0 | 2 | 51 |
| 計 | 322 | 256 | 253 | 81 | 14 | 49 | 73 | 9 | 33 | 862 |

*1 Pu予備試験（溶解・抽出特性試験）は13年度全般にわたって分析を行つたため、四半期ごとの分析件数にはカウントしていない。

*2 NUCEF関連技術開発に係わる分析等を示す。

| ** : 分析項目略記号 | |
|--------------|------------------|
| U | ウラン濃度分析 |
| 酸 | 硝酸濃度分析 |
| TBP | TBP濃度分析 |
| DBP | DBP濃度分析 |
| 不純物 | 不純物元素分析 |
| FP | γ 核種分析 |
| 同位体 | 同位体組成分析 |
| 全 γ | 全 γ 放射能測定 |
| その他 | 上記以外の分析 |



分析項目毎の分析件数

表3 STACY燃料の分析結果(ダンプ槽 I B)

| 試料番号 | 測定日 | 分析室(I) 温度(°C) | 密度 (g/cm ³) | U濃度 (gU/l) | 硝酸濃度 (N) |
|---------|--------|------------------|----------------------------|---------------|-------------|
| 600～601 | 4月23日 | 23.10 | 1.39491 | 273.8 | 0.800 |
| 602～603 | 4月25日 | 23.40 | 1.39406 | 272.847 | 0.823 |
| 604～605 | 5月7日 | 24.70 | 1.39449 | 274.59 | 0.827 |
| 606～607 | 5月11日 | 24.60 | 1.39504 | 274.177 | 0.836 |
| 608 | 5月28日 | 24.90 | 1.39496 | 274.959 | 0.816 |
| 609～610 | 6月1日 | 25.30 | 1.39532 | 275.131 | 0.825 |
| 611～612 | 6月8日 | 24.80 | 1.39553 | 275.388 | 0.801 |
| 613 | 6月18日 | 25.60 | 1.39512 | 274.876 | 0.779 |
| 614～615 | 7月4日 | 24.40 | 1.43484 | 303.679 | 0.849 |
| 616～617 | 7月10日 | 24.10 | 1.42338 | 295.665 | 0.857 |
| 618 | 7月17日 | 24.30 | 1.42380 | 295.811 | 0.853 |
| 619～620 | 7月23日 | 24.80 | 1.42432 | 296.736 | 0.854 |
| 621 | 7月30日 | 24.40 | 1.42489 | 296.218 | 0.860 |
| 622～623 | 8月6日 | 24.40 | 1.42569 | 297.449 | 0.821 |
| 624～625 | 8月20日 | 24.70 | 1.42597 | 298.381 | 0.869 |
| 626 | 8月27日 | 24.60 | 1.42688 | 297.71 | 0.859 |
| 627～628 | 9月4日 | 24.70 | 1.42806 | 298.111 | 0.875 |
| 632 | 10月2日 | 24.60 | 1.42657 | 296.954 | 0.865 |
| 634～635 | 10月10日 | 24.80 | 1.42708 | 297.567 | 0.849 |
| 636～637 | 10月15日 | 24.60 | 1.42772 | 298.788 | 0.859 |
| 638～640 | 10月22日 | 22.00 | 1.42845 | 299.618 | 0.849 |
| 641～642 | 10月30日 | 22.80 | 1.18482 | 116.307 | 0.914 |
| 643～644 | 11月6日 | 22.30 | 1.18635 | 117.362 | 0.911 |
| 645～646 | 11月13日 | 19.80 | 1.18666 | 117.561 | 0.911 |
| 647～649 | 11月20日 | 23.80 | 1.18633 | 117.581 | 0.895 |

表4 TRACY燃料の分析結果(ダンプ槽III A)

| 試料番号 | 測定日 | 分析室(I) 温度(°C) | 密度 (g/cm ³) | U濃度 (gU/l) | 硝酸濃度 (N) |
|---------|--------|------------------|----------------------------|---------------|-------------|
| 478～479 | 4月19日 | 25.80 | 1.53420 | 384.946 | 0.577 |
| 480～481 | 4月26日 | 22.90 | 1.53258 | 383.304 | 0.591 |
| 482～483 | 5月14日 | 26.10 | 1.53316 | 382.790 | 0.581 |
| 484～485 | 5月18日 | 24.80 | 1.53335 | 384.200 | 0.604 |
| 486～487 | 6月8日 | 24.80 | 1.53328 | 384.735 | 0.574 |
| 488～489 | 6月18日 | 25.60 | 1.53348 | 384.918 | 0.544 |
| 490～491 | 7月5日 | 24.70 | 1.53422 | 385.601 | 0.509 |
| 492～493 | 7月17日 | 24.30 | 1.53467 | 386.279 | 0.541 |
| 494～495 | 7月30日 | 24.40 | 1.53481 | 385.470 | 0.582 |
| 496～497 | 8月9日 | 24.40 | 1.53732 | 386.800 | 0.601 |
| 498～499 | 8月20日 | 24.70 | 1.53593 | 387.606 | 0.583 |
| 500～501 | 8月29日 | 24.60 | 1.53597 | 386.346 | 0.592 |
| 502～503 | 9月5日 | 24.50 | 1.53553 | 385.608 | 0.622 |
| 504～505 | 10月4日 | 24.10 | 1.53553 | 386.233 | 0.576 |
| 506～507 | 10月15日 | 24.60 | 1.53580 | 387.416 | 0.570 |
| 508～509 | 10月22日 | 22.00 | 1.53668 | 387.448 | 0.558 |
| 510～511 | 10月30日 | 22.80 | 1.53716 | 387.821 | 0.574 |
| 512～513 | 11月2日 | 23.50 | 1.53693 | 388.216 | 0.577 |
| 514～515 | 11月13日 | 19.80 | 1.54150 | 390.956 | 0.560 |
| 516～517 | 11月19日 | 23.90 | 1.54182 | 390.871 | 0.557 |
| 518～519 | 11月20日 | 23.80 | 1.55712 | 401.649 | 0.613 |

**：分析項目略記号

| | U | 酸 | TBP | DBP | 不純物 | FP | 同位体 | 全γ | その他 | 分析総数 | |
|--------|----|----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|------|-----|
| 燃料調製設備 | 35 | 28 | 25 | 17 | 0 | 1 | 0 | 2 | 7 | 1 | 81 |
| STACY | 7 | 7 | 7 | 0 | 0 | 1 | 4 | 1 | 0 | 0 | 20 |
| TRACY | 6 | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| その他* | 6 | 0 | 5 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 11 |
| 計 | 54 | 41 | 43 | 17 | 0 | 4 | 10 | 3 | 7 | 5 | 130 |
| その他 | | | | | | | | | | | |
| U | | | | | | | | | | | |
| 酸 | | | | | | | | | | | |
| TBP | | | | | | | | | | | |
| DBP | | | | | | | | | | | |
| 不純物 | | | | | | | | | | | |
| FP | | | | | | | | | | | |
| γ | | | | | | | | | | | |
| 同位体 | | | | | | | | | | | |
| 全γ | | | | | | | | | | | |
| その他 | | | | | | | | | | | |

*1：その他は、NUCEF内で実施されている、NUCEF関連技術開発に係わる分析等を示す。

表5 平成13年度第1四半期試料分析実績

| 依頼元 | 分析試料数 | 分析件数 | | | | | | | | | |
|--------|-------|------|----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|------|
| | | U | 酸 | TBP | DBP | 不純物 | FP | 同位体 | 全γ | その他 | 分析総数 |
| 燃料調製設備 | 35 | 28 | 25 | 17 | 0 | 1 | 0 | 2 | 7 | 1 | 81 |
| STACY | 7 | 7 | 7 | 0 | 0 | 1 | 4 | 1 | 0 | 0 | 20 |
| TRACY | 6 | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| その他* | 6 | 0 | 5 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 11 |
| 計 | 54 | 41 | 43 | 17 | 0 | 4 | 10 | 3 | 7 | 5 | 130 |

U ヴァン濃度分析
酸 硝酸濃度分析
TBP TBP濃度分析
DBP DBP濃度測定
不純物 不純物元素分析
FP γ核種分析
同位体 同位体組成分析
全γ 全γ放射能測定
その他 上記以外の分析

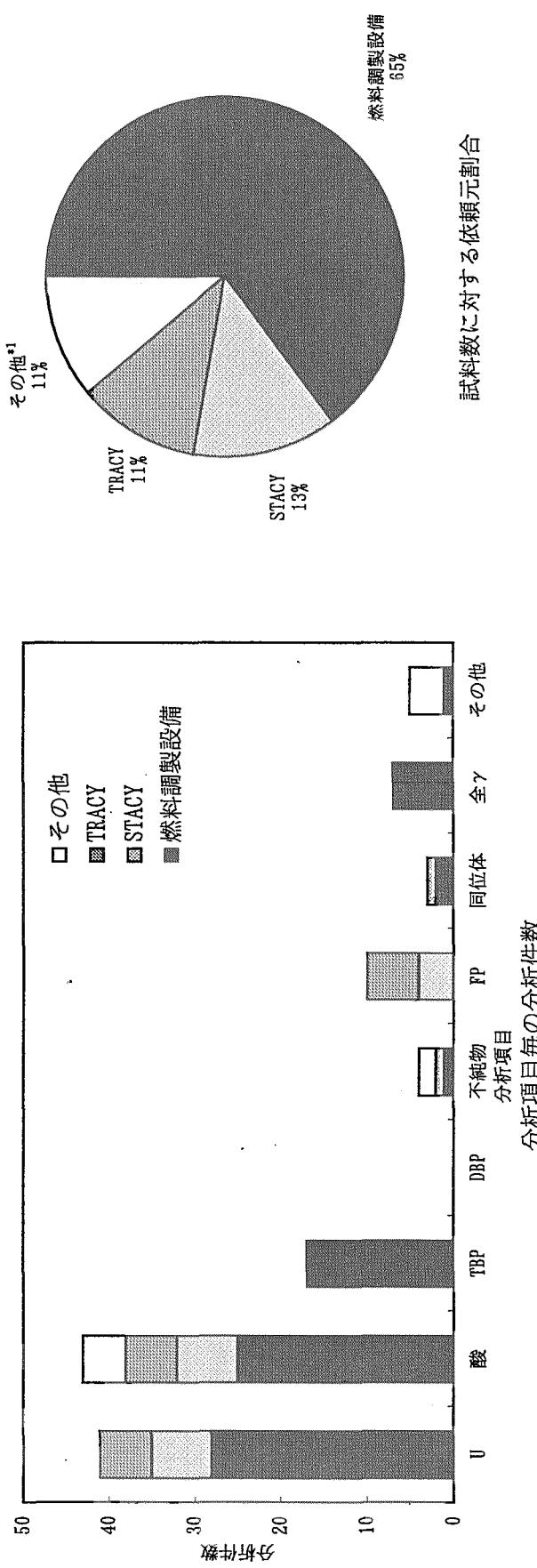


表 6 平成13年度第2四半期試料分析実績

| 依頼元 | 分析試験数 | 分析件数 | | | | | | |
|--------|-------|------|----|-----|-----|-----|----|-----|
| | | U | 酸 | TBP | DBP | 不純物 | FP | 同位体 |
| 燃料調製設備 | 57 | 46 | 43 | 22 | 14 | 5 | 0 | 3 |
| STACY | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| TRACY | 7 | 7 | 7 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 |
| その他* | 8 | 0 | 8 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 計 | 82 | 63 | 68 | 22 | 14 | 8 | 10 | 3 |
| | | | | | | | 8 | 2 |
| | | | | | | | | 198 |

*1: その他は、NCFE内で実施されている、NCFE関連技術開発に係わる分析等を示す。

| 分析項目略記号 | U | カジン濃度分析 |
|---------|-----|---------|
| 硝酸濃度分析 | | 酸 |
| TBP濃度分析 | TBP | TBP |
| DBP濃度測定 | DBP | DBP濃度測定 |
| 不純物元素分析 | | 不純物 |
| FP | FP | γ核種分析 |
| 同位体組成分析 | | 同位体 |
| 全γ | 全γ | 全γ放射能測定 |
| その他 | | 上記以外の分析 |

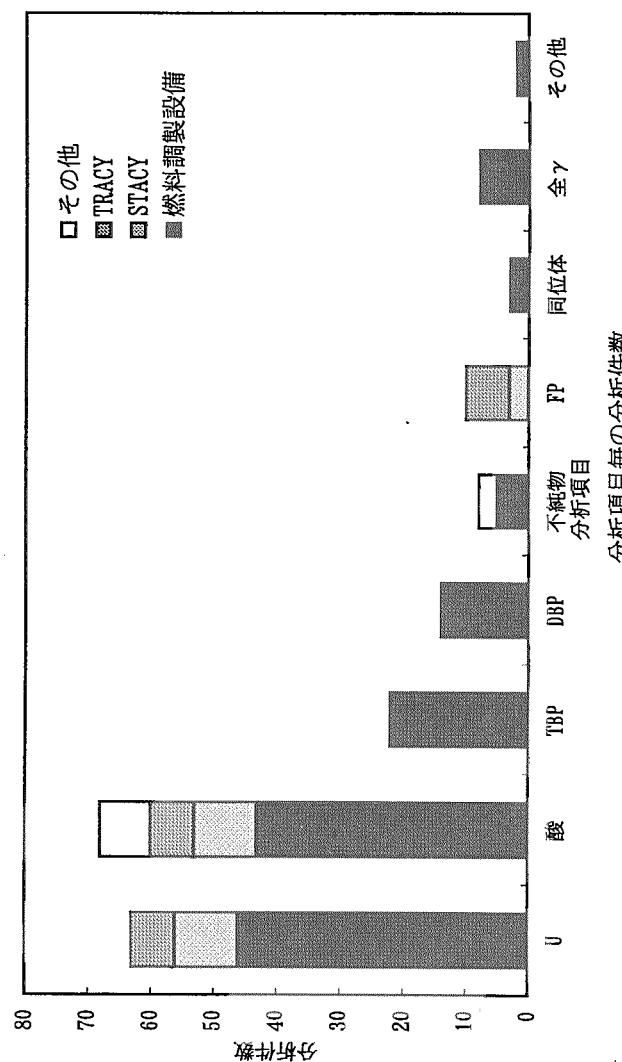


表7 平成13年度第3四半期試料分析実績

| 依頼元 | 分析試料数 | 分析件数 | | | | | | | | 分析総数 |
|-------------------|-------|------|----|-----|-----|-----|----|-----|----|------|
| | | U | 酸 | TBP | DBP | 不純物 | FP | 同位体 | 全γ | |
| 燃料調製設備 | 35 | 27 | 20 | 11 | 0 | 6 | 0 | 0 | 10 | 1 |
| STACY | 9 | 9 | 9 | 1 | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 | 24 |
| TRACY | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 30 |
| その他 ^{*1} | 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 5 | 1 | 0 | 1 | 10 |
| 計 | 60 | 46 | 40 | 13 | 0 | 12 | 15 | 0 | 11 | 139 |

*1: その他は、NUCEF内で実施されている、NUCEF関連技術開発に係わる分析等を示す。

| **: 分析項目略記号 | |
|-------------|---------|
| U | ガラス濃度分析 |
| 酸 | 硝酸濃度分析 |
| TBP | TBP濃度分析 |
| DBP | DBP濃度測定 |
| 不純物 | 不純物元素分析 |
| FP | γ核種分析 |
| 同位体 | 同位体組成分析 |
| 全γ | 全γ放射能測定 |
| その他 | 上記以外の分析 |

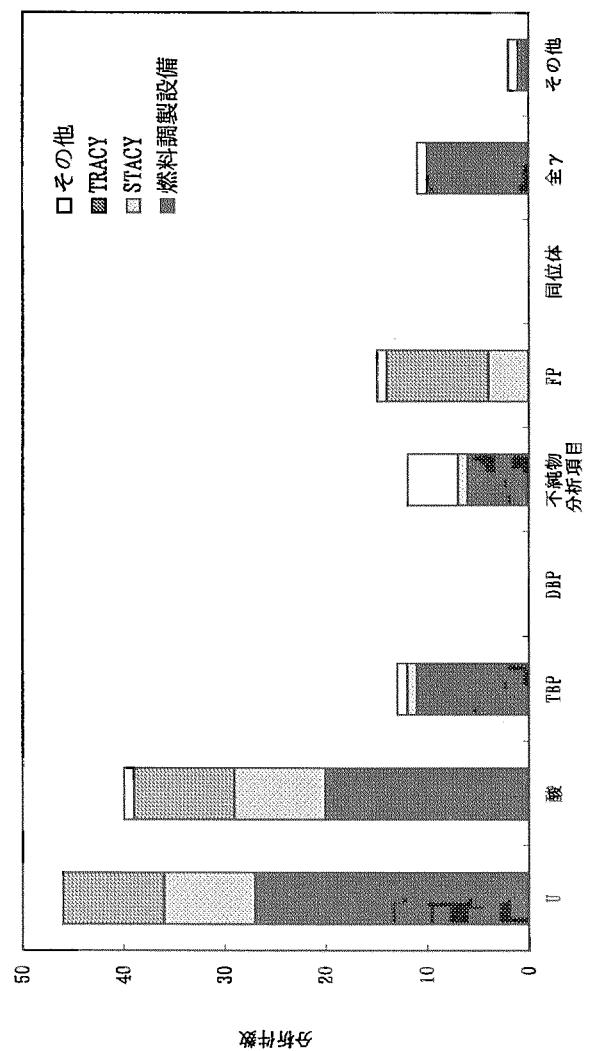
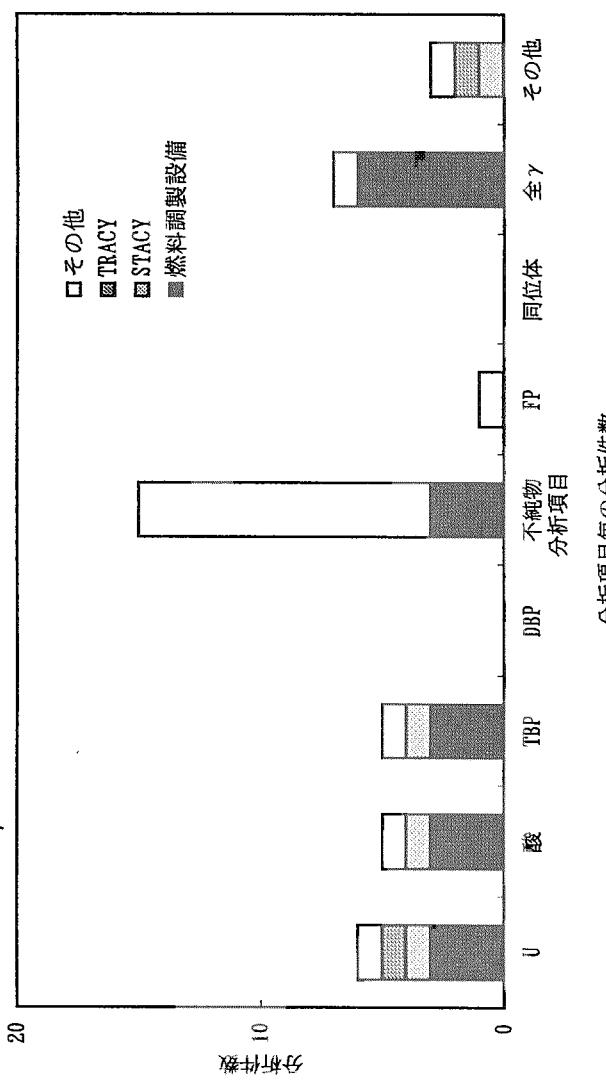


表 8 平成13年度第4四半期試料分析実績

** : 分析項目略記号

| 依頼元 | 分析試料数 | 分析件数 | | | | | | | その他 |
|--------|-------|------|---|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| | | U | 酸 | TBP | DBP | 不純物 | FP | 同位体 | |
| 燃料調製設備 | 9 | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 18 |
| STACY | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| TRACY | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| その他* | 13 | 1 | 1 | 1 | 0 | 12 | 1 | 0 | 18 |
| 計 | 24 | 6 | 5 | 5 | 0 | 15 | 1 | 0 | 42 |

*1: その他は、NUCEF内で実施されている、NUCEF関連技術開発に係わる分析等を示す。

その他
上記以外の分析

** : 分析項目略記号

| | U | 酸 | TBP | DBP | 不純物 | FP | 同位体 | 全γ | その他 | 分析総数 |
|------|---|---|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|------|
| 酸 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| TBP | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 |
| DBP | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 不純物 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| FP | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 同位体 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| 全γ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| その他 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 分析総数 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |

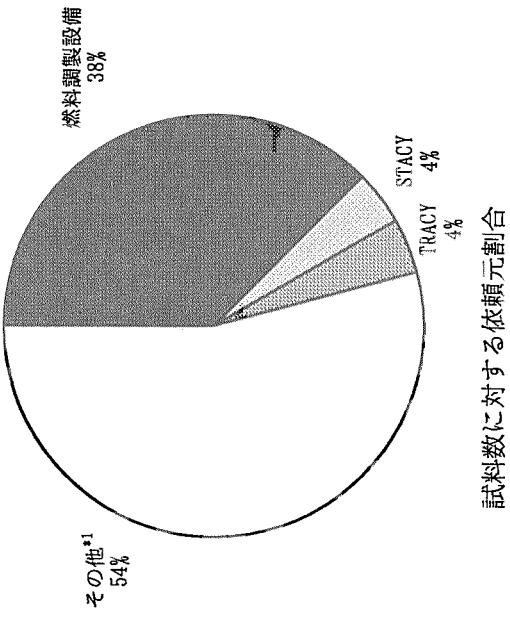


表9 平成13年度気送設備運転状況

| 送信側 | 気送子番号 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 年間運転回数 | 走行距離(km) |
|-----------|---------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|--------|----------|
| 試薬供給室(A) | 1系統Na6 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 4 | 0 | 11 | 2.420 |
| 実験室(II) | 2系統Na0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0.504 |
| 燃取室(V)3 | 3系統Na3 | 3 | 0 | 1 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 14 | 1.428 |
| 燃取室(V)4 | 4系統Na9 | 7 | 6 | 1 | 19 | 32 | 3 | 1 | 2 | 3 | 0 | 3 | 9 | 86 | 8.772 |
| TRACY | 6系統Na11 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 2 | 8 | 14 | 0 | 0 | 0 | 5 | 53 | 14.416 |
| STACY | 7系統Na10 | 4 | 5 | 5 | 8 | 5 | 6 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 3 | 56 | 14.112 |
| 燃取付属室(VI) | 8系統Na7 | 7 | 3 | 0 | 5 | 0 | 0 | 12 | 10 | 16 | 0 | 3 | 0 | 56 | 3.360 |
| 月間運転回数 | | 25 | 20 | 11 | 42 | 49 | 11 | 31 | 36 | 21 | 0 | 16 | 17 | 279 | 45.012 |

表10 平成13年度固体廃棄物発生量

| 種類 | | 発生量(個) | | | | | 合計 |
|------|-------|--------|-------|-------|-------|--|-----|
| | | 第1四半期 | 第2四半期 | 第3四半期 | 第4四半期 | | |
| 可燃物 | 赤カートン | 44 | 55 | 51 | 43 | | 193 |
| 不燃物 | 白カートン | 4 | 22 | 5 | 3 | | 34 |
| | ペール缶 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 4 |
| フィルタ | | 0 | 2 | 0 | 0 | | 2 |
| 合計 | | 49 | 80 | 57 | 47 | | 233 |

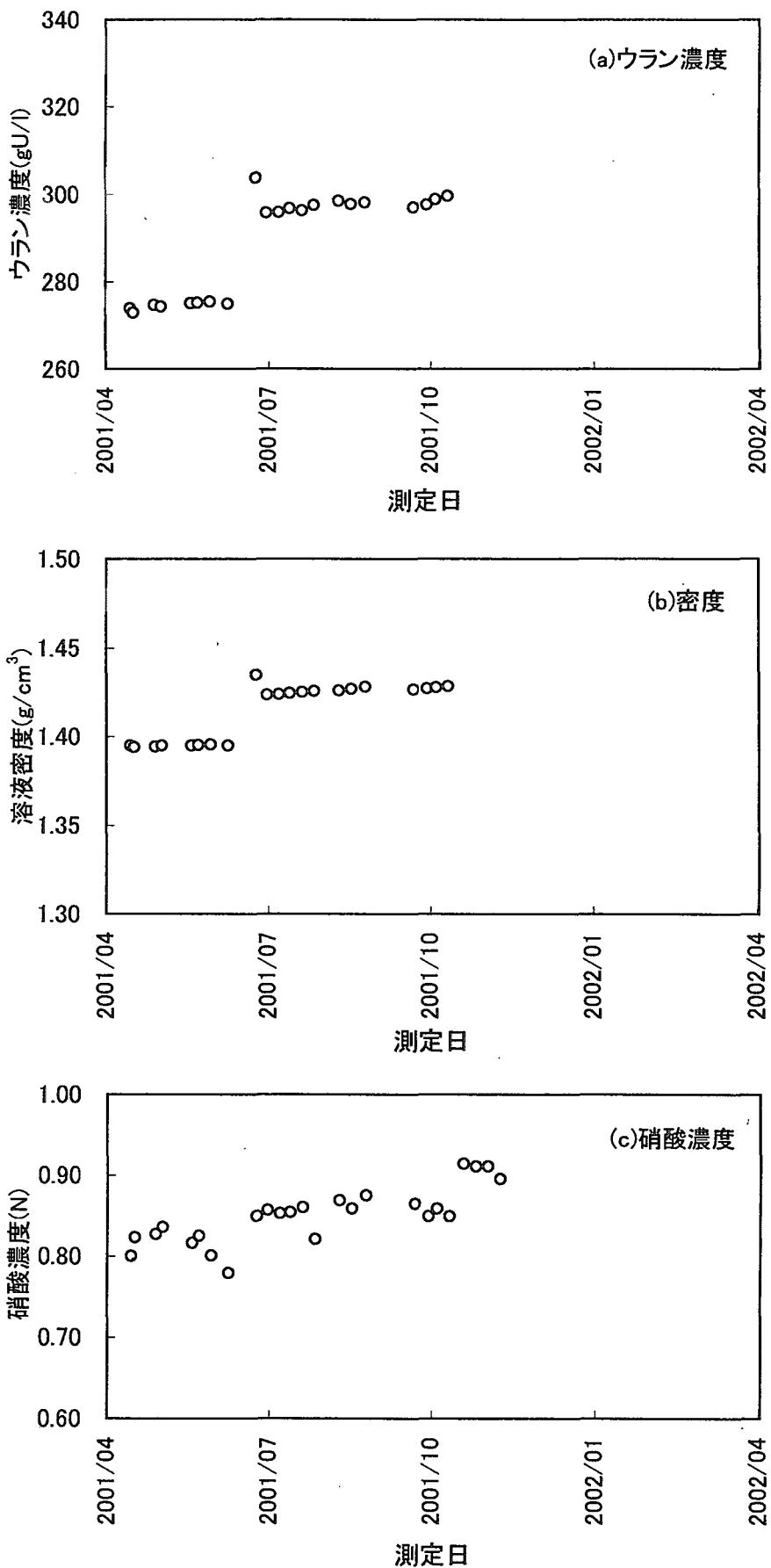


図1 STACY燃料分析結果

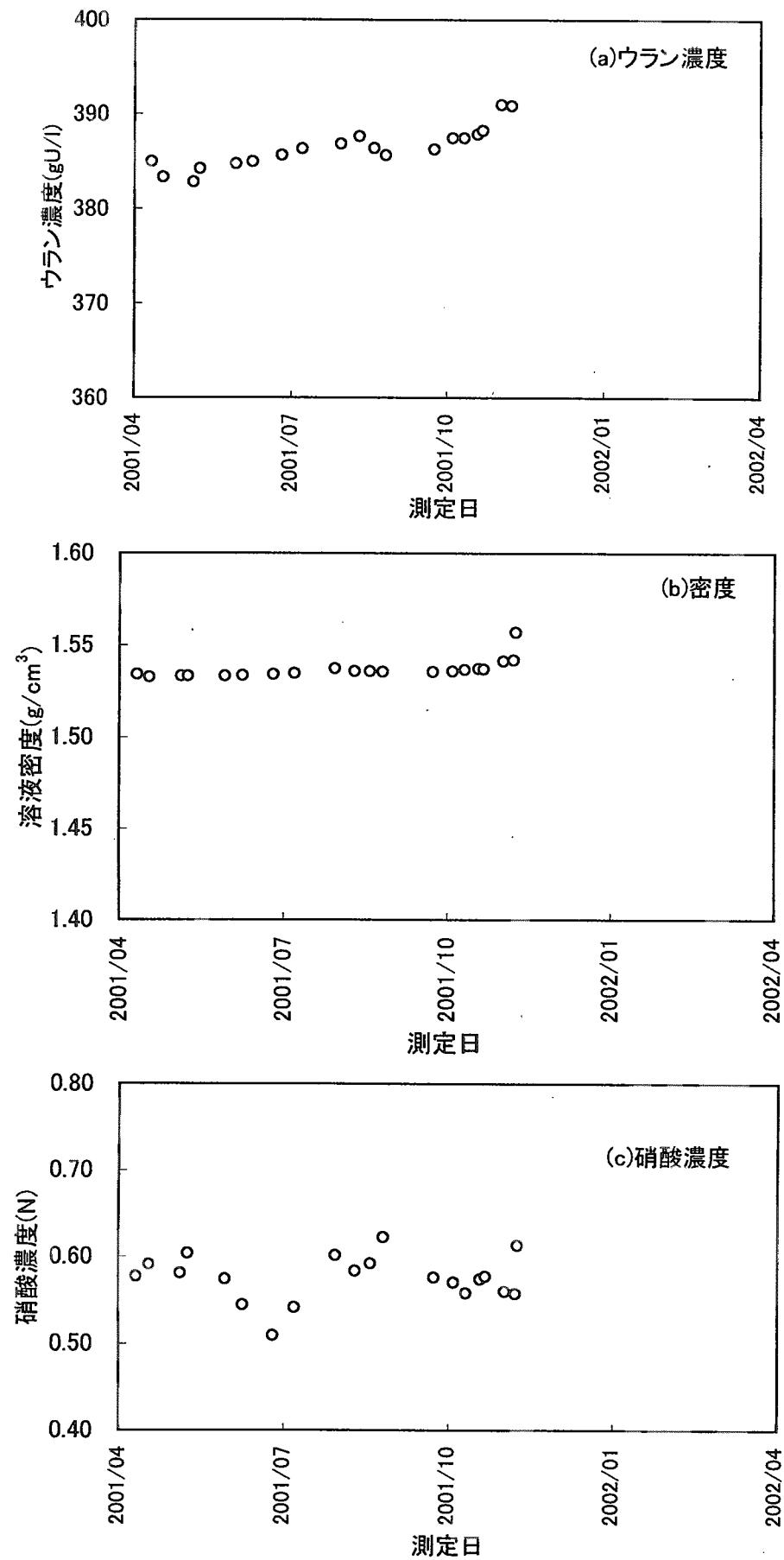


図2 TRACY燃料分析結果

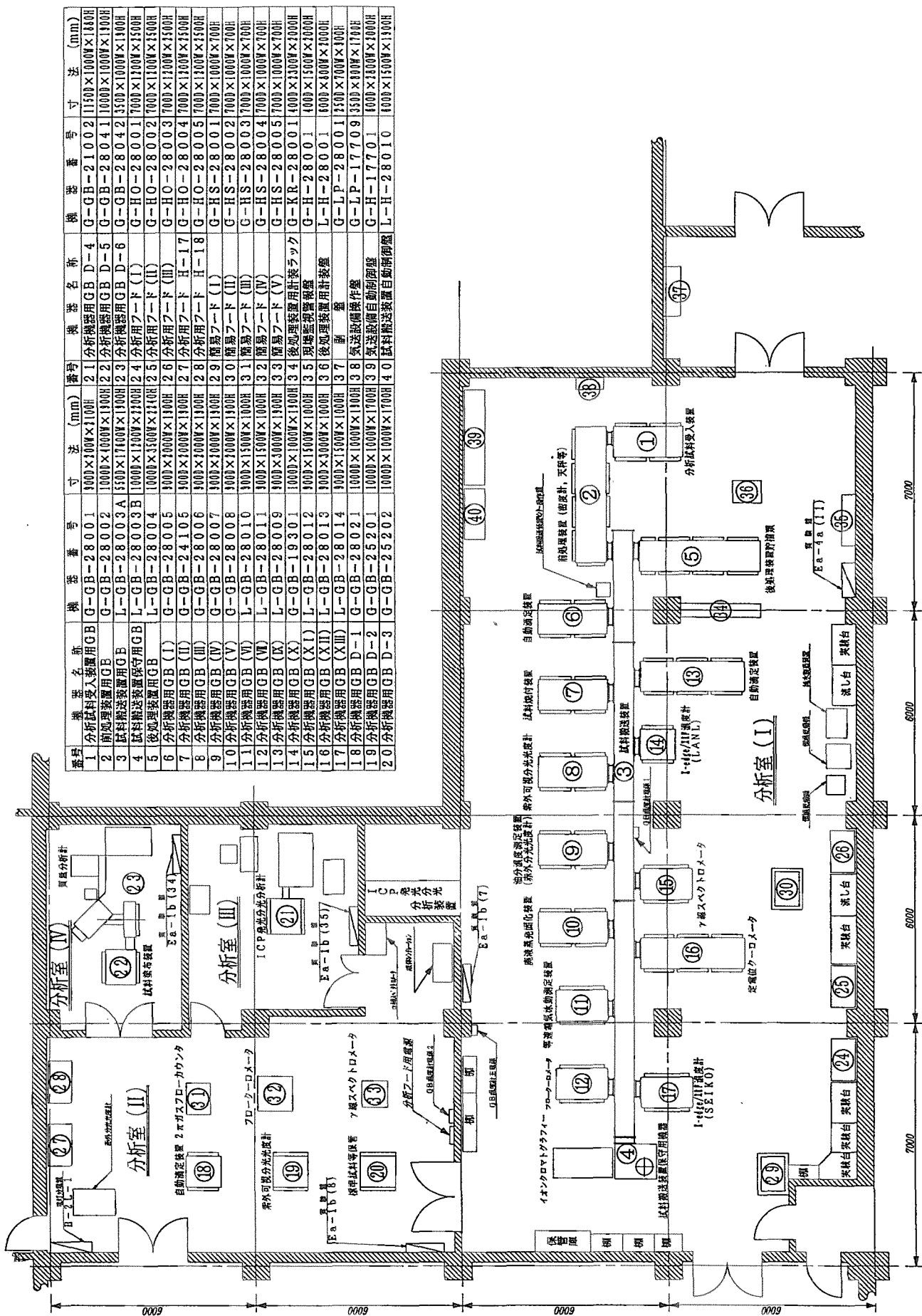


図3 分析室機器配置図

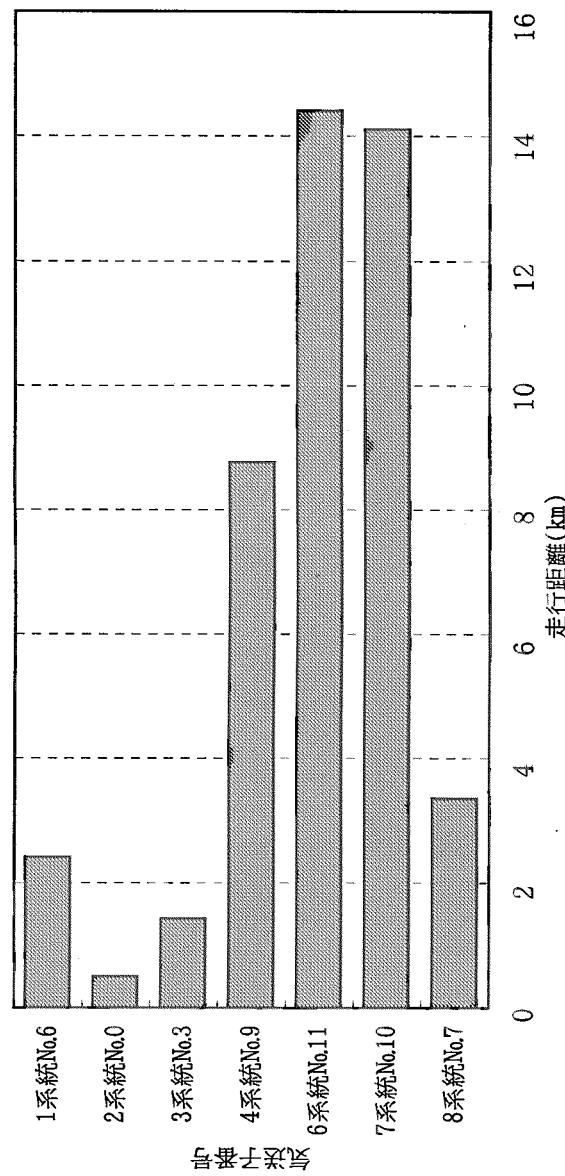


図4 気送系統毎の気送子走行距離

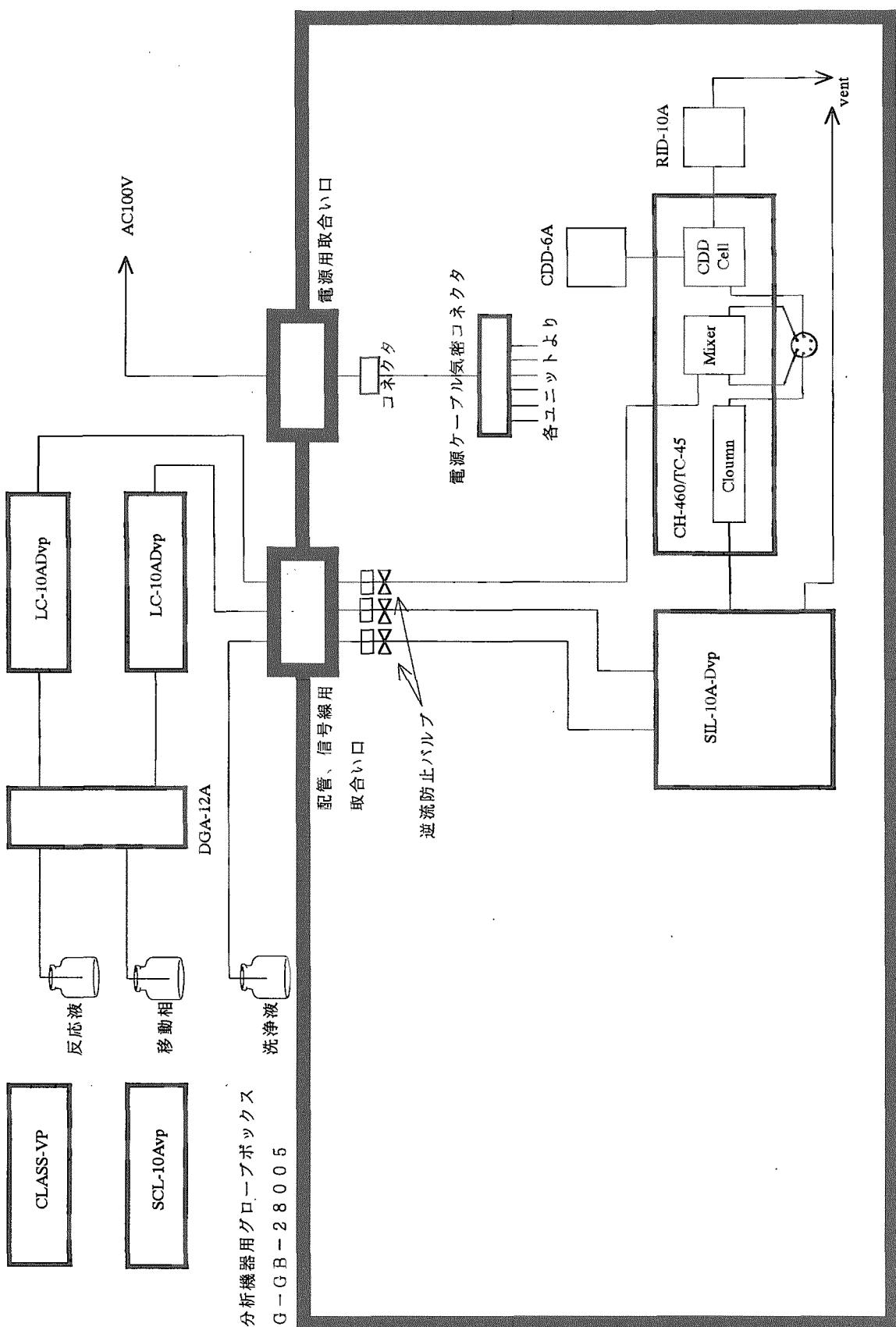


図 5 システム構成図

付録 分析管理データ

(1) 室温及び相対湿度

分析室（I）及び分析室（II）の室温及び相対湿度の年間変動を図A1に示す。分析室（I）及び分析室（II）の年間平均室温は約 24°C、相対湿度は約 45%であり、分析機器および試薬調製等にとって好ましい環境に保たれていると考えている。

(2) 自動電位差滴定装置の安定性

ウラン濃度分析は、重要な分析項目の一つである。そのため、日常的にウラン濃度分析に用いる自動電位差滴定装置の安定性を確認している。

NUCEF 管理課では、次のようにして装置の安定性を確認している。あらかじめウラン作業用標準溶液(WSD)を調製しておく、自動電位差滴定装置で調製日におけるウラン濃度(U_A)を求めておく。次に、試料の分析当日に WSD のウラン濃度(U_B)を測定する。そして、次式で ΔU を求める。

$$\Delta U = (U_A - U_B)/U_A \times 100(\%)$$

装置の安定性の判断基準として、 ΔU が 0.3%以下である場合装置は安定していると判断し、試料の分析を行う。

図 A2 に具体的なウラン作業用標準溶液の分析結果を示す。これらの結果は、自動電位差滴定装置が誤差の範囲で安定した結果となっていることを示している。

(3) 滴定分析に用いる標準溶液の調製及び標定

自動電位差滴定装置を用いた滴定分析では、滴定液としてウラン濃度分析には二クロム酸カリウム溶液を、硝酸濃度分析には水酸化ナトリウム溶液を用いている。滴定分析では、滴定液の濃度を正確に評価しておく必要がある。このため、滴定液の調製の都度、二クロム酸カリウム溶液については、ウラン濃度が既知の標準硝酸ウラニル溶液(JAERI-U4)を用い、また、水酸化ナトリウム溶液については、濃度が既知のアミド硫酸を用いて標定をしている。表 A1 及び表 A2 に、二クロム酸カリウム標準溶液及び水酸化ナトリウム標準溶液の標定結果を示す。

表A1 ニクロム酸カリウム標準溶液の標定結果

| 測定日 | 標準ウラン溶液U4による標定結果 | | | 備考 |
|----------|------------------|----------------------------|-------------|-----------|
| | 標定値 (N) | 標準偏差 σ_{n-1} (N) | 変動係数 (%) | |
| H13.4.20 | 0.03262 | 0.00003 | 0.08260 | 滴定装置No.5用 |
| H13.5.28 | 0.03266 | 0.00005 | 0.15010 | 滴定装置No.5用 |
| H13.8.17 | 0.03279 | 0.00007 | 0.19925 | 滴定装置No.5用 |
| H13.10.9 | 0.03264 | 0.00005 | 0.15310 | 滴定装置No.5用 |
| H14.3.20 | 0.03264 | 0.00001 | 0.02709 | 滴定装置No.5用 |

表A2 水酸化ナトリウム標準溶液の標定結果

| 測定日 | アミド硫酸による水酸化ナトリウムの標定結果 | | | 備考 |
|-----------|-----------------------|----------------------------|-------------|---------------|
| | 標定値 (N) | 標準偏差 σ_{n-1} (N) | 変動係数 (%) | |
| H13.4.17 | 0.09971 | 0.00010 | 0.1095 | 滴定装置No.1用 |
| H13.4.25 | 0.09983 | 0.00010 | 0.0693 | 滴定装置No.1用 * 1 |
| H13.4.26 | 0.10182 | 0.00020 | 0.1602 | 滴定装置No.4用 |
| H13.5.14 | 0.09873 | 0.00010 | 0.0720 | 滴定装置No.2用 * 2 |
| H13.5.18 | 0.11372 | 0.00010 | 0.0548 | 滴定装置No.1用 |
| H13.5.23 | 0.08931 | 0.00006 | 0.0723 | 滴定装置No.2用 |
| H13.6.6 | 0.10230 | 0.00010 | 0.1147 | 滴定装置No.4用 |
| H13.6.19 | 0.10016 | 0.00020 | 0.1553 | 滴定装置No.2用 * 3 |
| H13.7.5 | 0.10462 | 0.00008 | 0.0747 | 滴定装置No.4用 |
| H13.7.10 | 0.11491 | 0.00010 | 0.0619 | 滴定装置No.1用 |
| H13.8.8 | 0.10220 | 0.00010 | 0.0914 | 滴定装置No.1用 * 4 |
| H13.8.22 | 0.10037 | 0.00006 | 0.0642 | 滴定装置No.4用 * 5 |
| H13.9.20 | 0.10122 | 0.00003 | 0.0274 | 滴定装置No.4用 * 6 |
| H13.9.27 | 0.10143 | 0.00003 | 0.0336 | 滴定装置No.4用 |
| H13.10.15 | 0.10256 | 0.00000 | 0.0222 | 滴定装置No.1用 |
| H13.10.30 | 0.11310 | 0.00010 | 0.0941 | 滴定装置No.1用 |
| H13.12.10 | 0.10198 | 0.00015 | 0.1471 | 滴定装置No.4用 * 7 |
| H13.12.17 | 0.11415 | 0.00038 | 0.3315 | 滴定装置No.4用 |
| H14.2.12 | 0.12228 | 0.00008 | 0.0664 | 滴定装置No.4用 |
| H14.3.25 | 0.10509 | 0.00020 | 0.1882 | 滴定装置No.1用 |

*1 : 4/17の再標定

*2 : MOX溶解試験時における酸濃度分析の為、グローブボックスD1 (Tit.No.2) にて標定

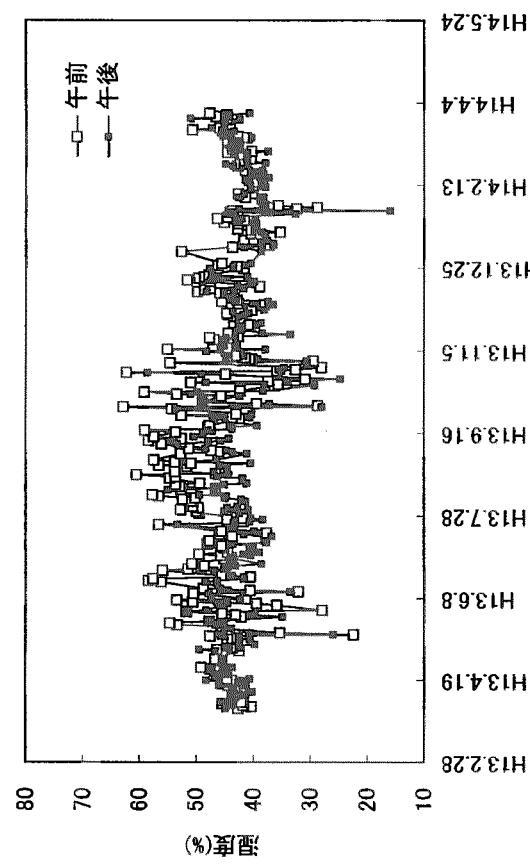
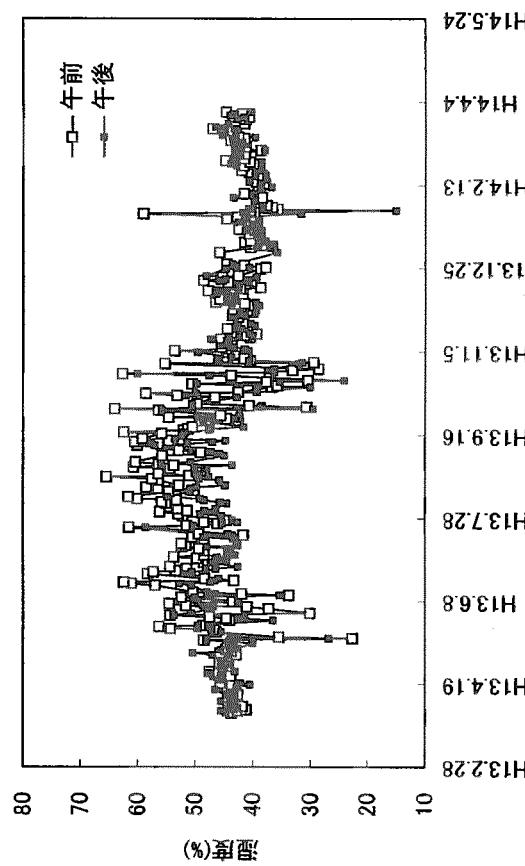
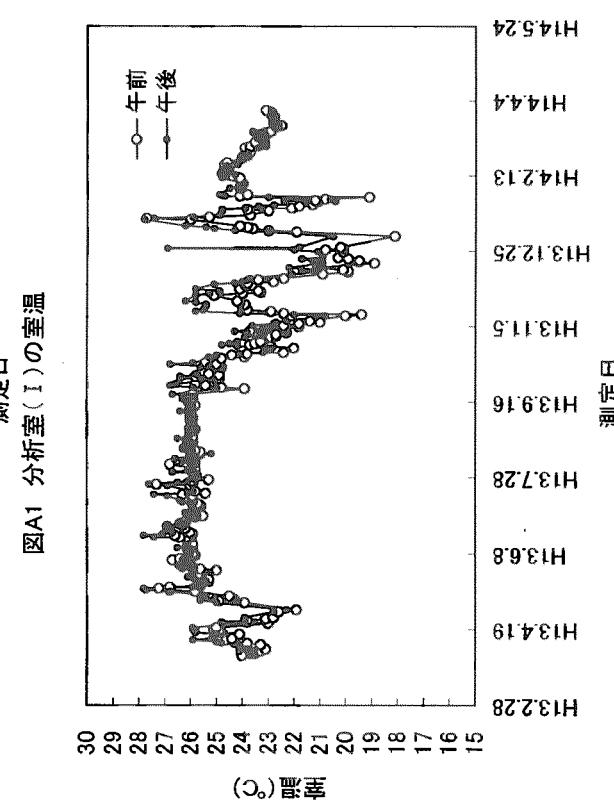
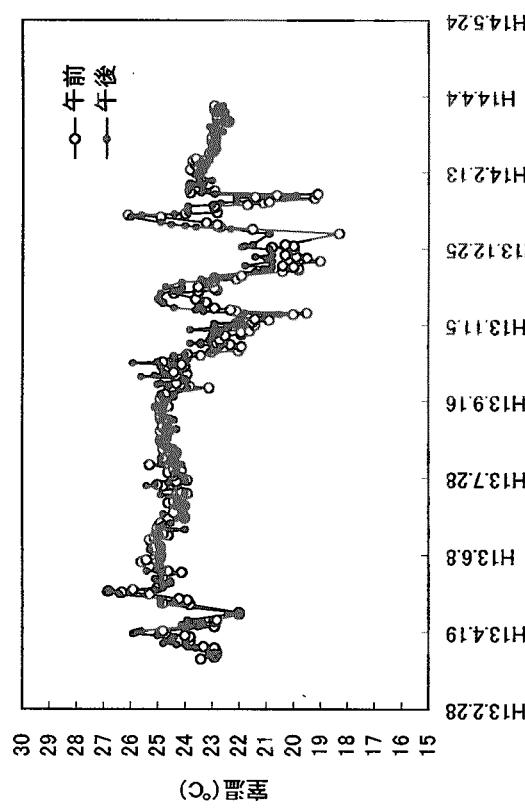
*3 : 5/23の再標定

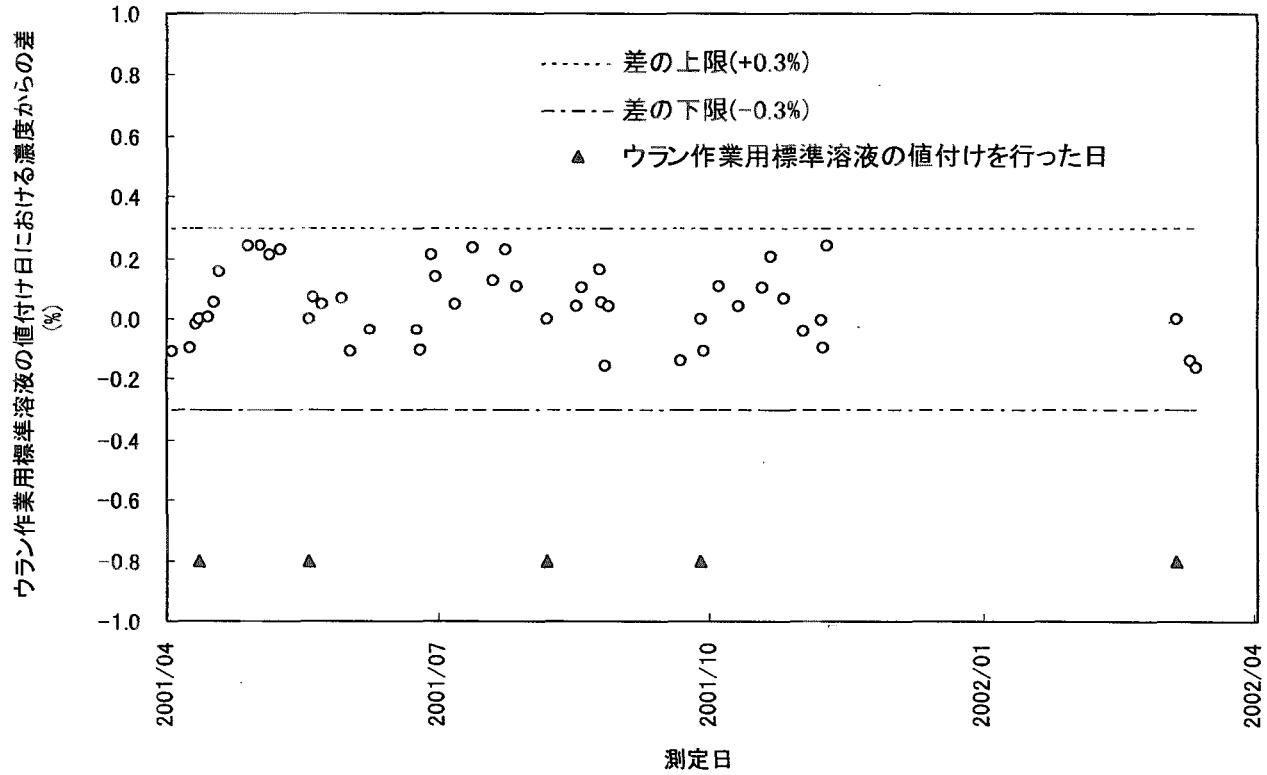
*4 : 7/10の再標定

*5 : 7/5の再標定

*6 : 8/22の再標定

*7 : 9/27の再標定





This is a blank page.

国際単位系(SI)と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

| 量 | 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 |
| 物質量 | モル | mol |
| 光度 | カンデラ | cd |
| 平面角 | ラジアン | rad |
| 立体角 | ステラジアン | sr |

表3 固有の名称をもつSI組立単位

| 量 | 名称 | 記号 | 他のSI単位による表現 |
|-------------|--------|----|---------------------|
| 周波数 | ヘルツ | Hz | s ⁻¹ |
| 力 | ニュートン | N | m·kg/s ² |
| 圧力、応力 | パスカル | Pa | N/m ² |
| エネルギー、仕事、熱量 | ジュール | J | N·m |
| 功率、放射束 | ワット | W | J/s |
| 電気量、電荷 | クーロン | C | A·s |
| 電位、電圧、起電力 | ボルト | V | W/A |
| 静電容量 | ファラード | F | C/V |
| 電気抵抗 | オーム | Ω | V/A |
| コンダクタンス | ジーメンス | S | A/V |
| 磁束密度 | ウェーバ | Wb | V·s |
| 磁束密度 | テスラ | T | Wb/m ² |
| インダクタンス | ヘンリー | H | Wb/A |
| セルシウス温度 | セルシウス度 | °C | |
| 光束度 | ルーメン | lm | cd·sr |
| 照度 | ルクス | lx | lm/m ² |
| 放射能 | ベクレル | Bq | s ⁻¹ |
| 吸収線量 | グレイ | Gy | J/kg |
| 線量当量 | シーベルト | Sv | J/kg |

表2 SIと併用される単位

| 名称 | 記号 |
|--------|-----------|
| 分、時、日 | min, h, d |
| 度、分、秒 | °, ', " |
| リットル | l, L |
| トントン | t |
| 電子ボルト | eV |
| 原子質量単位 | u |

$$1 \text{ eV} = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ u} = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

表5 SI接頭語

| 倍数 | 接頭語 | 記号 |
|-------------------|------|----|
| 10 ¹⁸ | エクサ | E |
| 10 ¹⁵ | ペタ | P |
| 10 ¹² | テラ | T |
| 10 ⁹ | ギガ | G |
| 10 ⁶ | メガ | M |
| 10 ³ | キロ | k |
| 10 ² | ヘクト | h |
| 10 ¹ | デカ | da |
| 10 ⁻¹ | デシ | d |
| 10 ⁻² | センチ | c |
| 10 ⁻³ | ミリ | m |
| 10 ⁻⁶ | マイクロ | μ |
| 10 ⁻⁹ | ナノ | n |
| 10 ⁻¹² | ピコ | p |
| 10 ⁻¹⁵ | フェムト | f |
| 10 ⁻¹⁸ | アト | a |

(注)

1. 表1-5は「国際単位系」第5版、国際度量衡局1985年刊行による。ただし、1eVおよび1uの値はCODATAの1986年推奨値によった。

2. 表4には海里、ノット、アール、ヘクタールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。

3. barは、JISでは流体の圧力を表わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。

4. EC閣僚理事会指令ではbar、barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

換算表

| 力 | N(=10 ⁵ dyn) | kgf | lbf |
|---------|-------------------------|----------|-----|
| 1 | 0.101972 | 0.224809 | |
| 9.80665 | 1 | 2.20462 | |
| 4.44822 | 0.453592 | 1 | |

$$\text{粘度 } 1 \text{ Pa}\cdot\text{s}(N\cdot\text{s}/\text{m}^2) = 10 \text{ P(ポアズ)}(\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{s}))$$

$$\text{動粘度 } 1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ St(ストークス)}(\text{cm}^2/\text{s})$$

| 圧力 | MPa(=10 bar) | kgf/cm ² | atm | mmHg(Torr) | lbf/in ² (psi) |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 力 | 1 | 10.1972 | 9.86923 | 7.50062 × 10 ³ | 145.038 |
| 0.0980665 | 0.0980665 | 1 | 0.967841 | 735.559 | 14.2233 |
| 0.101325 | 0.101325 | 1.03323 | 1 | 760 | 14.6959 |
| 1.33322 × 10 ⁻⁴ | 1.33322 × 10 ⁻⁴ | 1.35951 × 10 ⁻³ | 1.31579 × 10 ⁻³ | 1 | 1.93368 × 10 ⁻² |
| 6.89476 × 10 ⁻³ | 6.89476 × 10 ⁻³ | 7.03070 × 10 ⁻² | 6.80460 × 10 ⁻² | 51.7149 | 1 |

| エネルギー・仕事・熱量 | J(=10 ⁷ erg) | kgf·m | kW·h | cal(計量法) | Btu | ft · lbf | eV | 1 cal = 4.18605 J(計量法) |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------|------------------------|
| 1 | 0.101972 | 2.77778 × 10 ⁻⁷ | 0.238889 | 9.47813 × 10 ⁻⁴ | 0.737562 | 6.24150 × 10 ¹⁸ | = 4.184 J(熱化学) | |
| 9.80665 | 1 | 2.72407 × 10 ⁻⁶ | 2.34270 | 9.29487 × 10 ⁻³ | 7.23301 | 6.12082 × 10 ¹⁹ | = 4.1855 J(15 °C) | |
| 3.6 × 10 ⁶ | 3.67098 × 10 ⁵ | 1 | 8.59999 × 10 ⁵ | 3412.13 | 2.65522 × 10 ⁶ | 2.24694 × 10 ²⁵ | = 4.1868 J(国際蒸気表) | |
| 4.18605 | 0.426858 | 1.16279 × 10 ⁻⁶ | 1 | 3.96759 × 10 ⁻³ | 3.08747 | 2.61272 × 10 ¹⁹ | 仕事率 1 PS(仏馬力) | |
| 1055.06 | 107.586 | 2.93072 × 10 ⁻⁴ | 252.042 | 1 | 778.172 | 6.58515 × 10 ²¹ | = 75 kgf·m/s | |
| 1.35582 | 0.138255 | 3.76616 × 10 ⁻⁷ | 0.323890 | 1.28506 × 10 ⁻³ | 1 | 8.46233 × 10 ¹⁸ | = 735.499 W | |
| 1.60218 × 10 ⁻¹⁹ | 1.63377 × 10 ⁻²⁰ | 4.45050 × 10 ⁻²⁶ | 3.82743 × 10 ⁻²⁰ | 1.51857 × 10 ⁻²² | 1.18171 × 10 ⁻¹⁹ | 1 | | |

| 放射能 | Bq | Ci | 吸収線量 | Gy | rad | 照射線量 | C/kg | R | 線量当量 | Sv | rem |
|------------------------|-----------------------------|----|------|-----|-----|-------------------------|------|---|------|-----|-----|
| 1 | 2.70270 × 10 ⁻¹¹ | | 1 | 100 | | 1 | 3876 | | 1 | 100 | |
| 3.7 × 10 ¹⁰ | 1 | | 0.01 | 1 | | 2.58 × 10 ⁻⁴ | 1 | | 0.01 | 1 | |



古紙配合率100%
白色度70%再生紙を使用しています