



JAEA-Technology

2007-005



JP0750131

## NUCEF における分析 —平成17年度—

Analytical Work at NUCEF in FY2005

深谷 洋行 青木 博道 芳賀 孝久 西沢 英俊 薮田 晓  
坂爪 克則 清水 香織 新妻 泰\* 白橋 浩一 井上 猛

Hiroyuki FUKAYA, Hiromichi AOKI, Takahisa HAGA, Hidetoshi NISHIZAWA  
Takashi SONODA, Yoshinori SAKAZUME, Kaori SHIMIZU  
Yasushi NIITSUMA\*, Koichi SHIRAHASHI and Takeshi INOUE

東海研究開発センター  
原子力科学研究所  
安全試験施設管理部

Department of Criticality and Fuel Cycle Research Facilities  
Nuclear Science Research Institute  
Tokai Research and Development Center

March 2007

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Technology  
2007-005

JP0750131

K301001

本レポートは日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。  
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp/index.shtml>)  
より発信されています。このほか財団法人原子力弘済会資料センター\*では実費による複写頒布を行つております。

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4  
日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課  
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920

\* 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 日本原子力研究開発機構内

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency  
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to  
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,  
Japan Atomic Energy Agency  
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan  
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920

NUCEFにおける分析  
－平成17年度－

日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター 原子力科学研究所

安全試験施設管理部

深谷 洋行・青木 博道※・芳賀 孝久※・西沢 英俊※・菌田 晓  
坂爪 克則・清水 香織・新妻 泰\*・白橋 浩一・井上 猛

(2007年1月4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あたって、STACY 及び TRACY の溶液燃料である硝酸ウラニル溶液に関する分析を実施している。

平成17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、硝酸ウラニル溶液調整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の硝酸ウラニル溶液の分析も行った。また、MOX 燃料溶解液からのウラン（U）／プルトニウム（Pu）の抽出分離試験で発生した抽出廃液の処理に係わる分析を行った。

平成17年度における総分析試料数は、185試料であった。

本報告書は、平成17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。

---

原子力科学研究所：〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4

※ 出向職員（東京ニュークリア・サービス（株））

\* 平成18年9月退職

Analytical Work at NUCEF in FY 2005

Hiroyuki FUKAYA, Hiromichi AOKI\*, Takahisa HAGA\*, Hidetoshi NISHIZAWA\*

Takashi SONODA, Yoshinori SAKAZUME, Kaori SHIMIZU

Yasushi NIITSUMA\*, Koichi SHIRAHASHI and Takeshi INOUE

Department of Criticality and Fuel Cycle Research Facilities

Nuclear Science Research Institute

Tokai Research and Development Center

Japan Atomic Energy Agency

Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received January 4, 2007)

Analysis of the uranyl nitrate solution fuel is carried out at the analytical laboratory of NUCEF (Nuclear Fuel Cycle Engineering Research Facility), which provides essential data for operation of STACY (Static Experiment Critical Facility), TRACY (Transient Experiment Critical Facility) and the fuel treatment system.

Analyzed in FY 2005 were uranyl nitrate solution fuel samples taken before and after experiments of STACY and TRACY, samples for the preparation of uranyl nitrate solution fuel, and samples for nuclear material accountancy purpose. Also analyzed were the samples from raffinate treatment and its preliminary tests. The raffinate was generated, since FY 2000, during preliminary experiments on U/Pu extraction - pulification to fix the operation condition to prepare plutonium solution fuel to be used for criticality experiments at STACY. The total number of the samples analyzed in FY 2005 was 185.

This report summarizes work related to the analysis and management of the analytical laboratory in the FY 2005.

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

---

\* Research Staff on Loan (Tokyo Nuclear Services Co., Ltd.)

\* Retirement in September 2006

## 目次

1. まえがき .....	1
2. 分析 .....	1
2.1 分析の概要 .....	1
2.2 分析設備の概要 .....	2
2.3 平成 17 年度の分析実績 .....	2
2.4 国際規制物資の計量管理 .....	2
2.5 抽出廃液処理に係わる分析 .....	3
3. 分析法の検討 .....	3
3.1 模擬 FP 濃度の定量法の検討 .....	3
3.2 模擬 FP 添加によるウラン濃度及び硝酸濃度分析への影響の検討 .....	4
3.3 リン酸濃度分析法の検討 .....	4
4. 分析設備の運転・保守・管理 .....	5
4.1 分析設備 .....	5
4.2 廃棄物の発生量 .....	6
5. 分析設備の整備 .....	7
5.1 質量分析計データ処理装置 .....	7
5.2 自動電位差滴定装置 .....	7
6. あとがき .....	7
謝辞 .....	8
参考文献 .....	9
付録 分析管理データ .....	24

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Analytical activities .....	1
2.1 Outline of analysis .....	1
2.2 Outline of analytical laboratory .....	2
2.3 Analytical works in FY 2005 .....	2
2.4 Analysis for the nuclear material accountancy .....	2
2.5 Analysis related to the raffinate treatment .....	3
3. Study on analytical methodology .....	3
3.1 Study on the quantitative analysis of pseudo FP elements .....	3
3.2 Study on the interference of pseudo FP elements with the quantitative analysis of uranium and nitric acid .....	4
3.3 Study on the quantitative analysis of phosphoric acid .....	4
4. Operation, maintenance and management of analytical equipment .....	5
4.1 Analytical equipment .....	5
4.2 Radioactive waste from analytical work .....	6
5. Renewal and upgrade of analytical equipment .....	7
5.1 Data processing system of mass spectrometer .....	7
5.2 Automatic potentiometric titration equipment .....	7
6. Closing remarks .....	7
Acknowledgments .....	8
References .....	9
Appendix .....	24

## 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特性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、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、放射性廃棄物及び超ウラン元素（TRU）化学に関する研究を行っている。

平成 17 年度の分析業務の背景となる各装置等の稼働状況の概略を述べる。

STACY では、核分裂生成物（Fission Products : FP）を模擬した物質（以下、模擬 FP という）を添加した硝酸ウラニル（ $^{235}\text{U}$  濃縮度：6%）溶液燃料とウラン（ $^{235}\text{U}$  濃縮度：5%）棒状燃料を用いて、非均質炉心での臨界実験が行われた。TRACY では硝酸ウラニル（ $^{235}\text{U}$  濃縮度：10%）溶液燃料を用いて、臨界超過時の核熱特性及び溶液燃料挙動に関する実験が行われた。また、燃料調製設備では、STACY での臨界実験に使用される硝酸ウラニル（ $^{235}\text{U}$  濃縮度：6%）溶液燃料の調整、硝酸ウラニル溶液燃料への模擬 FP 添加作業及び同模擬 FP 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パラメータとなる。このため STACY 及び TRACY の臨界実験前後の硝酸ウラニル溶液の性状分析、硝酸ウラニル溶液調整のための分析等を行った。また、国際規制物資としての核燃料物質の計量管理のため、計量槽に集めた硝酸ウラニル溶液の分析を行った。

さらに、アルファ化学実験設備において実施した MOX 燃料溶解液からのウラン（U）／プルトニウム（Pu）の抽出分離試験での抽出廃液処理に係わる分析、模擬 FP 濃度及び NUCEF 関連技術開発に係わる分析法の検討、分析設備の保守・管理・整備に係わる作業も行った。

本報告書は、平成 17 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を用いて臨界実験を行う。これらの実験では、燃料調製設備により硝酸ウラニル溶液のウラン濃度等を調整後、STACY 及び TRACY に供給し、実験目的に応じた臨界実験が実施される。STACY 及び TRACY の実験解析にともなう分析項目は、密度測定、ウラン濃度分析、硝酸濃度分析、同位体組成分析、不純物元素濃度分析、FP 核種濃度分析等があり、燃料調製設備の運転管理に係わる工程管理分析は、先に挙げた項目に加え、リン酸トリブチル（TBP）濃度分析、全  $\gamma$  放射能測定等がある。また、保障措置上の計量管理分析項目は、密度測定、ウラン濃度分析、同位体組成分析である。これらの分析は、分析試料の性状、濃度及び共存物質の有無、依頼先から要求される分析精度、分析期間等の観点から最適な分析方法を選定している。分析項目別の分析方法一覧を表 1 に示す。

また、アルファ化学実験設備においては、平成 12 年度から少量の MOX 粉末を用いて溶解試験が、平成 13 年度からは溶解試験で得た溶解液を用いて U/Pu 抽出分離試験が実施された。本年度は、U/Pu 抽出分離試験で発生した抽出廃液の処理が実施され、当該廃液処理に係わる分析も行った。

## 2.2 分析設備の概要

分析設備<sup>1)</sup>は主に NUCEF 実験棟 B の 2 階の分析室（I）、分析室（II）、分析室（III）及び分析室（IV）に整備されている。分析室（I）の設備・分析機器は原子炉施設に附属する設備であり、分析室（II）～（IV）に設置されている設備・分析機器は、原子炉施設と核燃料使用施設との共用設備である。

分析設備は、気送設備、試料搬送装置、前処理装置、後処理装置、分析機器、グローブボックス及びフードで構成されている。分析設備の分析機器等の配置を図 1 に示す。分析機器はグローブボックス内に設置され、ほとんどの分析作業はグローブ操作によって行われている。

## 2.3 平成 17 年度の分析実績

平成 17 年度の試料分析実績を表 2 に示す。平成 17 年度の総分析試料数は 185 試料、分析総数は 556 件であった。分析試料の内訳は、燃料調製設備に係わるものが 54%、STACY、TRACY の臨界実験に係わるものが 21% 及び 13%、本年度実施された抽出廃液の処理に係わるものが 5%、NUCEF 関連技術開発等に係わる分析（項目の「その他」に分類）が 4% であった。分析項目別でみると、ウラン濃度分析と硝酸濃度分析（酸分析）が全体の約 50% を占め、次いで模擬 FP 濃度分析、不純物元素濃度分析、FP 分析、同位体組成分析、 $\alpha$  核種分析、全  $\gamma$  放射能測定、TBP 濃度分析、リン酸ジブチル（DBP）濃度分析の順となっている。また、前述以外の依頼項目が全体の 2% であった。

表 3 及び図 2、図 3 に STACY 燃料のウラン濃度、密度、硝酸、模擬 FP 濃度の分析結果を、表 4 及び図 4 に TRACY 燃料のウラン濃度、密度及び硝酸濃度の分析結果を示す。

第 1 四半期の試料分析実績を表 5 に示す。分析試料数は 52 試料、分析総数は 129 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 80 試料、分析総数は 229 件であった。なお、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（Physical Inventory Taking : PIT）のための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 48 試料、分析総数は 184 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 5 試料、分析総数は 14 件であった。

いずれも要求される精度で分析結果を得ることができた。

## 2.4 國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 17 年 9 月 26 日～10 月 13 日に行った。また、10 月 14 日には、IAEA 及び国による同エリアの実在庫の検認（Physical Inventory Verification : PIV）が行われた。これに対し、計量槽（ダンプ槽、U 溶液貯槽等）の硝酸ウラニル溶液の計量のため、ウラン濃度分析及び同位体組成分析を行った。

## 2.5 抽出廃液処理に係わる分析

平成 16 年 10 月下旬～12 月上旬、平成 17 年 5 月末～7 月末にアルファ化学実験設備において抽出廃液の処理作業が実施され、当該作業に係わる分析を行った。

抽出廃液の処理は、U/Pu 抽出分離試験で発生した抽出廃液からアメリシウム (Am) を分離・除去し、それを酸化物として処理するために、抽出廃液から除去した Am を酸化物として安定化させることを目的として行われたものである。分析項目は(a)遊離酸、(b)Am、(c)ネプツニウム (Np)、(d)不純物元素（銀、鉄、ニッケル、クロム等）濃度であり、それぞれについて(a)遊離酸濃度分析—アルカリ中和滴定法、(b)Am 濃度分析— $2\pi$  ガスフローカウンタ及び  $\alpha$  線スペクトロメータ併用による総アルファ放射能計測法、(c)Np 濃度分析— $\gamma$  線スペクトロメトリ ( $^{239}\text{Np}$  トレーサ添加による  $\gamma$  線スペクトロメトリ<sup>2)</sup>)、(d)不純物元素濃度分析—ICP 発光分光分析法を用いた。

## 3. 分析法の検討

模擬 FP を添加した溶液燃料による STACY での臨界実験に備えて、前年度に引き続き模擬 FP 濃度の定量法及び模擬 FP を添加したことによるウラン濃度、硝酸濃度分析への影響の検討を行った。また、平成 18 年度には STACY においてガドリニウム (Gd) を添加した燃料による臨界実験を実施する予定であることから、その定量法の検討も行った。

さらに、燃料調製設備において、NUCEF 関連技術開発の一つとして銀電解酸化法による廃溶液の分解試験が実施されており、当該試験に係わるリン酸濃度等の分析手法の検討を行った。

### 3.1 模擬 FP 濃度の定量法の検討

本年度、STACY 臨界実験に伴い、模擬 FP としてサマリウム (Sm)、セシウム (Cs)、ロジウム (Rh)、ユウロピウム (Eu) がそれぞれ 3 段階に分けて硝酸ウラニル溶液燃料に順次添加された。各模擬 FP 濃度の定量法には、Sm、Eu に同位体希釈質量分析法を、Cs にイオンクロマトグラフ法を、Sm、Rh、Eu に ICP 発光分光分析法を適用するための検討を実施した。

また、平成 18 年度に予定している Gd の定量には、同位体希釈質量分析法及び ICP 発光分光分析法を予定しており、本年度は同位体希釈質量分析法による検討を実施した。

#### (1) 同位体希釈質量分析法

質量分析計を用いて Sm、Eu の定量法について同位体希釈質量分析法 (IDMS) の検討を行った。前年度は、文献<sup>3)～5)</sup>の調査による各模擬 FP 元素の分離手順の検討、スパイク（元素濃度及びその同位体組成が正確に分かっている基準物質）に使用する濃縮安定同位体の選定、質量分析計における各元素の測定条件の検討を行っており、本年度は分離手順の確立、スパイクの入手及び調製、IDMS による Sm、Eu の確立を行い、STACY による臨界実験に伴う模擬 FP 分析への対応を実施した。

さらに、平成 18 年度に向けて Gd の定量法について検討を開始し、質量分析計における測定条件の検討及びスパイクに使用する濃縮安定同位体の選定、入手、調製等を行った。今後は測定条件及び分離手順を確立する予定である。

## (2) イオンクロマトグラフ法

陽イオン交換カラム及び電気伝導度検出器を用いたイオンクロマトグラフ法による Cs の定量法の検討を行った。

前年度は、文献 6)~12)の調査等で定量分析が可能であることを確認後、分析条件の検討を行った。分離条件については、移動相濃度及び流量を変化させ、Cs の分離状況の確認を、検出条件については、ピーク検出時における検出器の設定を行った。

前年度までの検討により測定時における過剰なウラン及び遊離の硝酸の存在が妨害となることを確認したため、本年度は引き続き前処理操作による分離方法の検討を進めた。これにより、定常分析に用いることが可能な定量手順を確立し、STACY による臨界実験に伴う模擬 FP 分析への対応を実施した。

平成 18 年度に予定されている模擬 FP 添加硝酸ウラニル溶液燃料の燃料調製設備・精製運転に伴い Cs 濃度分析が要求されると考えられるため、今後は定量下限値等について検討を実施する予定である。

## (3) ICP 発光分光分析法

ICP 発光分光分析装置を用いて Rh の定量法の検討を行った。

前年度は、多量のウラン共存下ではウランとの相互作用により測定が不可能であること、Sm, Rh 及び Eu の相互影響はないことを確認した。本年度は、上記 (2) と同様に前処理操作によるウランの分離方法の検討を進めた。その結果、分離方法として、TBP を用いた溶媒抽出法を適用することとし、定常分析に用いることが可能な定量手順を確立し、STACY による臨界実験に伴う模擬 FP 分析への対応を実施した。

今後は、平成 18 年度より STACY に添加が予定されている Gd の定量法を検討していく予定である。

### 3.2 模擬 FP 添加によるウラン濃度及び硝酸濃度分析への影響の検討

ウラン濃度及び硝酸濃度は、臨界実験解析に用いられるデータであり、高い分析精度が要求される。従って、ウラン濃度分析法には、高精度ウラン濃度分析法として一般的に用いられる鉄 (II) 還元一二クロム酸カリウム酸化滴定法<sup>13)</sup> を適用し、硝酸濃度分析には、硫酸アンモニウム・過酸化水素水添加一アルカリ中和滴定法<sup>14)</sup> によって測定した全酸濃度から、鉄 (II) 値還元一二クロム酸カリウム酸化滴定法で測定したウランの当量分を差し引くことで遊離の硝酸濃度を算出し、要求される分析精度を確保している。ここでは、ウラン濃度分析試料及び硝酸濃度分析試料に、各模擬 FP を臨界実験に用いる濃度と比較して 100 倍程度の大過剰に添加して分析を実施し、その影響を確認した。その結果、ウラン濃度分析には模擬 FP の影響は見られないこと、また、硝酸濃度分析には、Rh 添加試料に測定への妨害が見られたが、臨界実験に用いる濃度範囲であれば影響はほとんど見られないことを確認した。

### 3.3 リン酸濃度分析法の検討

本年度、燃料調製設備における技術開発として、銀電解酸化法による廃溶媒の分解試験が実施された。これに伴い、リン酸、TBP、リン酸ジブチル (DBP) 等の濃度分析が要求され、検討及び分析対応を実施した。TBP、DBP 濃度分析には赤外分光光度法を用いた。リン酸濃度において

は、分析試料中にリン酸以外に銀、TBP 及びその分解生成物等が存在することが予想され、検討した数種の分析法のいずれも測定への干渉があることから、分析操作性と妨害物質除去の簡便性を優先し、ペルオキソ二硫酸カリウム分解一モリブデンブルー（アスコルビン酸還元）吸光光度法を適用することとした。本法では、リン酸イオンのみを選択的に定量するために、ペルオキソ二硫酸カリウムによる分解操作を省き検討実験を行った。

本法は、分析試料中の銀が妨害することから、事前に銀の水酸化物を生成し、分離することとした。この銀除去操作におけるリン酸の損失を把握するために模擬試料を作製し、回収試験を行った。その結果、96%程度の回収率を確認し、測定においても良好なリン濃度を得られた。

実試料の分析においては、標準試料を 0~75  $\mu\text{g}$  の範囲で 5 点調製し検量線を作成し、相関係数で 0.9999 の直線性を確認した。さらに、実試料操作時に有意な損失がないことを確認するために回収試験に用いた模擬試料を併行して操作するとともに、数試料に標準添加法を併用した。標準添加した試料における回収率は 103% であった。得られた定量結果は、20%の不確かさを見積もって報告値とした。

#### 4. 分析設備の運転・保守・管理

NUCEFにおいて分析業務を安全かつ円滑に行うために分析設備の保守管理を行っている。

##### 4.1 分析設備

###### (1) 気送設備

気送設備は、STACY、TRACY 及び燃料調製設備から、分析室（I）の試料受入装置用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の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る。

平成 17 年度に気送設備を利用して STACY、TRACY 及び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 263 回、気送子の総走行距離は約 55km であった。気送設備の運転状況を表 9 に、気送系統毎の気送子走行距離記録を図 5 に示す。

日常点検及び月例点検により気送設備の性能の維持管理に努めている。また、メーカーによる気送設備全体（排風機、運転操作盤等）の総合点検及び気送子の移送・返送操作の作動試験を実施した。

###### (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）に接続する試料搬送用グローブボックス内をロボットが移動して、グローブボックス間で試料を自動的に運搬するための設備である。

日常点検及び月例点検により試料搬送装置の性能の維持管理に努めている。また、メーカーによる試料搬送装置全体（自動制御盤、ロボット等）の総合点検及びロボットによる模擬試料の移送・返送の作動試験を実施した。

### (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、常に消耗品の補充管理をすることにより、各分析機器の維持管理を行っている。

質量分析計、ICP 発光分光分析装置については、機器の故障発生の未然防止、性能及び精度の維持から、メーカーによる装置の点検を行うとともに、模擬試料により機器性能・精度の健全性を確認した。

### (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構成されている。

日常点検及び月例点検により後処理装置の性能の維持管理に努めている。また、メーカーによる後処理計装盤の点検校正（シーケンスの点検・設備・動作確認等）を実施した。

### (5) グローブボックス

分析室（I）に 17 台、分析室（II）に 3 台、分析室（III）に 1 台、分析室（IV）に 2 台の計 23 台のグローブボックスがある。グローブボックスには主要な分析機器が設置されている。グローブボックスは、1 日の作業開始前及び終了後にグローブボックス内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  $-0.2 \sim -0.4 \text{ kPa}$ 、温度に関しては室温の範囲にあることを確認している。また、毎月の月例点検で警報設備の作動試験を実施した。

グローブボックスのグローブ及びビニールバッグは、日常の分析作業の開始前及び終了後に汚染検査を行っている。また、ピンホールの有無、劣化によるひび割れ等は、毎月の月例点検により確認した。

施設定期自主検査では、グローブボックス用計器（圧力指示計等）及びグローブボックス警報盤の点検校正、負圧計の作動試験、グローブボックスの気密検査を実施し、機器が正常に動作すること、グローブボックスの漏洩率が  $0.1 \text{ vol\% / h}$  以下であることを確認した。

### (6) フード

分析室（I）に 3 台、分析室（II）に 2 台の計 5 台のフードがあり、試料の分取、保管、前処理及び後処理等に使用している。約 3 か月に 1 度の割合で、フード前作業エリアのビニール養生の交換を行い、また必要に応じ、フード内を養生しているビニールの交換を行った。

さらに、全フードについてフードの前面扉を  $1/2$  開口した時の風速が、 $0.5 \text{ m / s}$  以上あることを毎月の月例点検により確認した。また、メーカーによるフード用電源設備の点検校正（マノスターイゲージの校正・調整等）を実施した。

## 4.2 廃棄物の発生量

平成 17 年度に分析業務で発生した固体廃棄物の引渡量（ $\alpha$  固体廃棄物を除く）は、可燃物（赤カートンボックス）が 193 個、200L ドラム缶に封入した難燃性不燃物が 3 本、グローブボックス及びフード用フィルタが 10 個であった。また、 $\alpha$  固体廃棄物量は、可燃物が 33 袋、ビニルバッグが 43 袋、金属が 10 袋、ガラスが 8 袋、イオン交換樹脂が 3 袋、フィルタが 13 個であった（1 袋当たりの容量は約 5L）。四半期毎の固体廃棄物引渡量及び $\alpha$  固体廃棄物引渡量を表 10 に示す。

す。また、溶液燃料である硝酸ウラニル溶液の分析廃液を廃棄物処理場に引渡すため、分析廃液の中和・固化処理を行った。この分析廃液は主にリン酸、硫酸及び鉄等を多量に含有するもので、水酸化ナトリウムで中和し、生成した沈殿物を濾別し、沈殿物はセメントで固化して固体廃棄物として、上澄み液は液体廃棄物として各自を廃棄物処理場へ引渡すこととしている。中和処理作業を平成18年2月に実施し、セメント固化作業は平成18年度に実施する予定である。なお、中和処理を行った液体廃棄物量は約120Lであった。

平成17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17年度の分析設備の整備として、質量分析計データ処理装置及び自動電位差滴定装置の更新を行った。

### 5.1 質量分析計データ処理装置

質量分析計は、ウラン、プルトニウム等の同位体組成を分析するための機器であり、分析系、真空系、電気制御系及びデータ処理装置により構成されている。質量分析計は使用期間が10年を経過しており、データ処理装置のオペレーションシステムが古く、データ処理装置に異常が発生した場合のメーカーによる対応が困難となっていたため、データ処理装置の更新を実施した。質量分析計の基本仕様に変更は無いが、データ処理速度の向上及び解析方法の多様化等の改善を行った。

### 5.2 自動電位差滴定装置

本装置は、工程管理、計量管理、実験解析等に係わる分析のために、試料溶液中のウラン濃度、硝酸濃度等を測定する装置である。本装置は、データ処理部、システム制御部、サンプルチェンジヤ部及び試薬分注部から構成され、4台をグローブボックス対応に、1台をコールド分析用に設置している。分析設備で使用している自動電位差滴定装置はメーカーによる製造をすでに終了しているため、本装置に不具合が生じた場合に修理を行うことが困難な状況となっており、現時点では入手可能な本装置の後継機への更新を行う必要がある。前年度までに本装置の構成部のうち、データ処理部、システム制御部、サンプルチェンジヤ部についての後継機整備を実施しており、本年度は試薬分注部及び電極等消耗品類を整備した。

## 6. あとがき

平成17年度に実施したSTACY、TRACY及び燃料調製設備等の試験・運転に係わる試料分析、分析法の検討及び分析設備の運転・保守・管理等の実績をまとめた。平成18年度は、平成17年

度に引き続き STACYにおいて Gd 添加燃料による臨界実験が予定されており、高い分析精度が要求される。さらに、燃料調製設備においても平成 17 年度に STACYで使用した模擬 FP 添加燃料の精製運転が予定されており、分析作業量の増加が予想される。これらの業務を確実に遂行するため、次年度以降も引き続き技術の継承、分析の品質管理及び設備の保守・管理に努めることが重要であると考える。

### 謝 辞

試料の分析業務及び分析設備の維持管理にご協力いただきました、東京ニュークリア・サービス（株）の分析担当の方々に深く感謝致します。

## 参考文献

- 1) 宮内正勝, 他 : “NUCEF 分析設備”, JAERI-Tech 96-007 (1996)
- 2) 境裕, 他 : “NUCEF 分析業務報告書－平成 14 年度－”, JAERI-Tech 2004-006 (2004)
- 3) S.Usuda, N.Kohno : “Anion-Exchange Separation of Nd and the Transplutonium Elements in Spent Nuclear Fuels for Burn-up Determination”, Separation Sci. Technol., 23(10&11), pp.1119-1131 (1988)
- 4) H.Nathume, et al. : “Sequential Ion-Exchange Separation of Heavy Elements and Selected Fission Products for Burnup Measurement”, J.Nucl.Sci.Technol., 9(12), p.737-742 (1972)
- 5) H.Nathume, et al. : “Systematic Radiochemical Analysis of Fission Products”, J. Radioanal.Chem., Vol.7 (1971)
- 6) SHIMADZU Ion Chromatograph Application Data book
- 7) 液体クロマトグラフ研究会編 : “液体クロマトグラフィーデータ集 無機化学編”, 槻 ICP (1986)
- 8) 武藤義一, 及川紀久雄編 : “イオンクロマトグラフィー”, 講談社サイエンティフィック (1983)
- 9) 大高怜子, 他 : “HPLC 分析における内標準法の有効性について”, Yakugaku Zasshi 123(5), p.349-355 (2003)
- 10) 石森富太郎, 他 : “Data of Inorganic Solvent Extraction(1) ”, JAERI 1047 (1963)
- 11) 久保田益充, 他 : “高レベル廃液からの超ウラン元素の抽出に関する基礎研究”, JAERI-M 88-002 (1988)
- 12) D.Scargill, et al. : “Tri-n-Butyl Phosphate as an Extracting Solvent for Inorganic Nitrates-II”, J.Inorg.Nucl.Chem., Vol.4, pp.304-314 (1957)
- 13) ISO 7097-1 : “Nuclear fuel technology - Determination of uranium in solutions, uranium hexafluoride and solids - part1 : Iron(II) reduction/potassium dichromate oxidation titrimetric method”, ISO, Geneva(2004)
- 14) K.Motojima, K.Izawa : Anal.Chem., 36, 733(1964)
- 15) JIS K 0102 : “工場排水試験方法”, 日本規格協会(1998)

表1 分析項目別の分析方法一覧

分析項目	要求精度		濃度範囲	分析方法	分析装置
	実験解析分析	工程管理分析			
ウラン濃度	±0.05%	±0.05%	~3g/cm <sup>3</sup>	固有振動型密度計による密度測定法	固有振動型密度計
	±0.3%	—	1mg/L ~ 1mg/L ~	同位体希釈質量分析法 (IDMS)	表面電離型質量分析装置
	—	±5%	数mg/L ~ 数100mg/L	硫酸アンモニウム添加アルカリ中和滴定法	自動電位差滴定装置
	±0.3%	±0.3%	数g/L ~ 数100g/L	鉄(II)還元一二クロム酸カリウム酸化滴定法	自動電位差滴定装置
	—	±10%	10mg/L ~ 400mg/L	アルセナゾ発色-紫外・可視分光光度法	紫外可視分光光度計
	±3%	±5%	—	中和滴定法	自動電位差滴定装置
	—	±10%	—	数0.0mg/L ~ 数1000mg/L	赤外分光光度計
	TBP濃度	—	—	分光光度法 (溶媒抽出法)	赤外分光光度計
	DBP濃度	—	—	酸平衡-アルカリ滴定法	自動電位差滴定装置
	不純物元素濃度	±10%	±10% ~ 100mg/L ~	分光光度法 (溶媒抽出法)	赤外分光光度計
模擬FP濃度	Sm, Eu	±1%	±10% ~ 1mg/L ~	ICP発光分光分析法	ICP発光分光分析装置
	Cs	±5%	±1.0% ~ 2mg/L ~	IDMSまたはICP発光分光分析法	表面電離型質量分析装置またはICP発光分光分析装置
	Rh	±5%	±10% ~ 1mg/L ~	イオンクロマトグラフィー	イオンクロマトグラフ
	核分裂生成物	±5%	±5% ~	ICP発光分光分析法	ICP発光分光分析装置
	同位体組成	±0.1%	±0.1% ~	γ線スペクトロメトリ	γ線スペクトロメータ
	全γ	±10%	±10% ~ 1Bq/mL ~	全γ分析法	NaI(Tl)シンチレーション計数装置
	アルミニウム濃度	±0.3%	±5% ~ 1mg/L ~	同位体希釈質量分析法 (IDMS)	表面電離型質量分析装置
	α核種	±10%	±10% ~ 10mg/L ~ 400mg/L	Ce(IV)添加-紫外・可視分光光度法	紫外可視分光光度計
	アメリシウム濃度	±5%	—	γ線スペクトロメトリ	γ線スペクトロメータ
	ネプツニウム濃度	±20%	—	γ線スペクトロメトリ	γ線スペクトロメータ

表2 平成17年度試料分析実績

\*\*：分析項目略記号

依頼元	分析試料数	分析件数										U	ウラン濃度分析
		U	酸	TBP	DBP	不純物	FP	同位体	全γ	α核種	模擬FP	その他	分析総数
燃料調製設備	90	51	47	5	0	16	0	13	19	0	39	0	190
STACY	42*	42	42	1	0	7	6	8	0	0	93	2	201
TRACY	24	24	24	1	0	1	22	2	0	0	0	2	76
抽出廃液処理	22	0	22	0	0	22	0	0	0	22	0	0	66
その他*	7	1	2	6	5	0	0	0	1	0	0	8	23
計	185	118	137	13	5	46	28	23	20	22	132	12	556

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

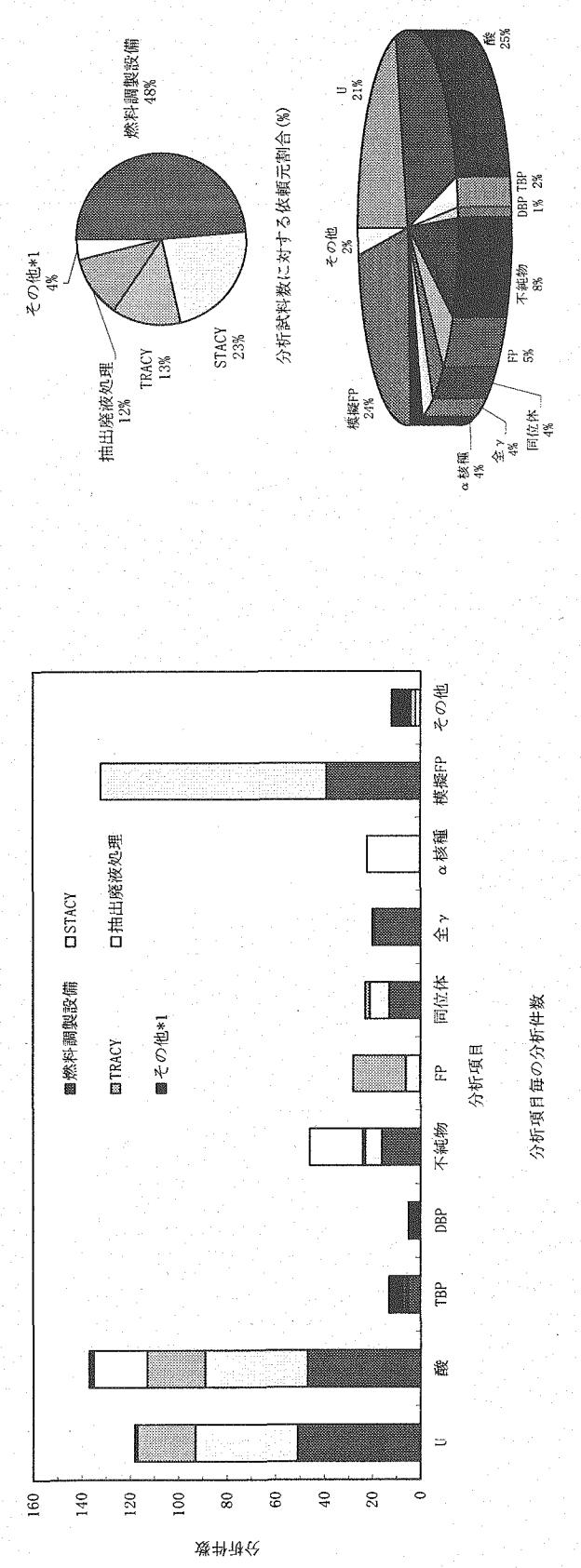


表3 STACY燃料の分析結果

試料番号	測定日	分析室(I)温度 (°C)	密度 (g/cm³)	ウラン濃度 <sup>*1</sup> (gU/L)	硝酸濃度 <sup>*2</sup> (N)	模擬FP濃度 (mg/L)				試料採取場所
						Sm	Cs	Rh	Eu	
844～846	H17.5.11	22.7	1.5035±0.0007	329.2±0.2	2.05±0.02	—	—	—	—	STACYダンプ槽IB
847～848	H17.5.18	22.2	1.5035±0.0007	330.3±0.5	2.01±0.01	—	—	—	—	STACYダンプ槽IB
849～850	H17.5.24	24.1	1.5045±0.0007	330.7±0.1	2.04±0.01	—	—	—	—	STACYダンプ槽IB
851～852	H17.5.26	23.0	1.5060±0.0007	331.5±0.7	2.03±0.01	—	—	—	—	STACYダンプ槽IB
853～854	H17.6.14	24.1	1.5096±0.0007	334.7±0.5	2.06±0.01	—	—	—	—	STACYダンプ槽IB
855～857	H17.6.20	24.3	1.5052±0.0007	333.4±0.8	2.02±0.01	—	—	—	—	STACYダンプ槽IB
858	H17.6.24	24.1	1.5053±0.0007	332.6±0.6	2.01±0.01	—	—	—	—	STACYダンプ槽IB
859～860	H17.7.5	24.4	1.5041±0.0007	329.9±0.4	2.00±0.01	46.7±1%	—	—	—	STACYダンプ槽IB
861～862	H17.7.8	24.5	1.5062±0.0007	331.9±0.4	2.03±0.02	46.6±1%	—	—	—	STACYダンプ槽IB
863～864	H17.7.13	24.6	1.5052±0.0007	330.6±0.4	1.98±0.01	93.3±1%	—	—	—	STACYダンプ槽IB
865～867	H17.7.19	24.2	1.5063±0.0007	331.6±0.5	2.02±0.01	93.4±1%	—	—	—	STACYダンプ槽IB
868～870	H17.7.20	24.1	1.5051±0.0007	330.3±0.4	2.04±0.01	139±1%	—	—	—	STACYダンプ槽IB
871～872	H17.7.22	24.0	1.5062±0.0007	330.7±0.6	2.03±0.01	140±1%	—	—	—	STACYダンプ槽IB
873～874	H17.7.26	24.0	1.4986±0.0007	325.6±0.4	1.98±0.01	139±1%	1120±4%	—	—	STACYダンプ槽IB
875～876	H17.7.29	24.0	1.4998±0.0007	325.5±0.4	2.01±0.01	141±1%	1110±4%	—	—	STACYダンプ槽IB
877～878	H17.8.2	24.3	1.4927±0.0007	320.4±0.2	1.96±0.01	140±1%	2210±4%	—	—	STACYダンプ槽IB
879～880	H17.8.5	23.9	1.4940±0.0007	320.8±0.2	1.97±0.01	140±1%	2260±4%	—	—	STACYダンプ槽IB
881～883	H17.8.9	23.9	1.4878±0.0007	316.0±0.3	1.95±0.01	140±1%	3370±4%	—	—	STACYダンプ槽IB
884～885	H17.8.16	24.1	1.4895±0.0007	317.1±0.2	1.93±0.01	141±1%	3410±4%	—	—	STACYダンプ槽IB
886～888	H17.8.16	24.1	1.4897±0.0007	316.1±0.6	1.94±0.01	135±1%	3280±4%	455±5%	—	STACYダンプ槽IB
889～891	H17.8.22	24.0	1.4908±0.0007	317.7±0.5	1.93±0.01	135±1%	3340±4%	461±5%	—	STACYダンプ槽IB
892～894	H17.8.23	24.0	1.4911±0.0007	316.5±0.5	1.96±0.01	130±1%	3130±4%	862±5%	—	STACYダンプ槽IB
895～897	H17.8.30	24.3	1.4925±0.0007	317.7±0.3	1.96±0.02	131±1%	3140±4%	876±5%	—	STACYダンプ槽IB
898～900	H17.8.30	24.3	1.4928±0.0007	317.6±0.6	1.96±0.01	126±1%	3010±4%	1320±5%	—	STACYダンプ槽IB
901～903	H17.9.7	24.1	1.4942±0.0007	318.5±0.3	1.95±0.01	126±1%	3000±4%	1310±5%	—	STACYダンプ槽IB
904～908	H17.9.12	24.4	1.4950±0.0007	318.8±0.3	1.98±0.01	126±1%	3000±4%	1310±5%	—	STACYダンプ槽IB
909～910	H17.9.26	24.8	1.4959±0.0007	320.5±0.4	2.00±0.02	—	—	—	—	STACYダンプ槽IB
911～913	H17.10.19	23.5	1.4983±0.0007	321.5±0.2	1.98±0.01	127±1%	3020±4%	1290±5%	—	STACYダンプ槽IB
914～916	H17.10.21	23.6	1.4992±0.0007	322.1±0.3	1.99±0.01	128±1%	3010±4%	1290±5%	—	STACYダンプ槽IB
917～919	H17.10.25	21.9	1.4987±0.0007	322.3±0.3	1.99±0.01	123±1%	2950±4%	1250±5%	7.38±1%	STACYダンプ槽IB
920～922	H17.10.31	22.8	1.5004±0.0007	323.1±0.3	2.00±0.01	124±1%	2980±4%	1250±5%	7.39±1%	STACYダンプ槽IB
923～925	H17.11.1	22.1	1.4994±0.0007	322.7±0.3	2.00±0.01	119±1%	2830±4%	1230±5%	14.9±1%	STACYダンプ槽IB
926～928	H17.11.8	22.2	1.5007±0.0007	323.4±0.3	2.00±0.01	120±1%	2850±4%	1210±5%	14.9±1%	STACYダンプ槽IB
929～931	H17.11.8	22.2	1.5000±0.0007	323.3±0.5	2.00±0.01	116±1%	2780±4%	1180±5%	22.3±1%	STACYダンプ槽IB
932～934	H17.11.15	22.4	1.5014±0.0007	323.9±0.8	2.00±0.01	116±1%	2770±4%	1200±5%	22.4±1%	STACYダンプ槽IB
935～937	H17.11.18	22.3	1.5018±0.0007	324.8±0.5	1.99±0.01	116±1%	2860±4%	1170±5%	22.4±1%	STACYダンプ槽IB
938～940	H17.11.29	22.4	1.5032±0.0007	325.2±0.6	2.02±0.01	116±1%	2780±4%	1160±5%	22.4±1%	STACYダンプ槽IB
941～943	H17.12.6	22.4	1.5047±0.0007	327.1±0.8	2.00±0.01	117±1%	2770±4%	1160±5%	22.5±1%	STACYダンプ槽IB
944～948	H17.12.6	22.5	1.0194±0.0005	7.4±0.2	0.37±0.01	<5	51.5±4%	25±5%	<5	STACYダンプ槽IA
949～953	H17.12.8	22.7	0.9983±0.0004	0.5±0.1	0.02±0.01	<5	<5	<5	<5	STACYダンプ槽IA
954～958	H17.12.12	23.0	0.9983±0.0004	0.4±0.1	0.02±0.01	<5	<5	<5	<5	STACYダンプ槽IA
959～963	H18.3.3	23.0	0.9999±0.0004	0.6±0.1	0.07±0.01	—	—	—	—	STACYダンプ槽IA

\*1 : ウラン濃度の分析精度は、希釈試料を5回繰り返し測定した標準偏差を記載している。

\*2 : 硝酸濃度の分析精度は、希釈試料を5回繰り返し測定した標準偏差を記載している。

表4 TRACY燃料の分析結果

試料番号	測定日	分析室(I)温度 (°C)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	ウラン濃度 <sup>*1</sup> (gU/L)	硝酸濃度 <sup>*2</sup> (N)	試料採取場所
675～677	H17.4.22	22.3	1.5205±0.0007	377.0±0.2	0.56±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
678～680	H17.5.9	22.3	1.5180±0.0007	375.2±0.4	0.56±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
681～682	H17.5.16	22.4	1.5183±0.0007	375.1±0.8	0.54±0.02	TRACYダンプ槽IIIA
683～684	H17.5.31	23.8	1.5181±0.0007	375.2±0.3	0.55±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
685～686	H17.6.9	24.8	1.5182±0.0007	375.0±0.5	0.55±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
687～688	H17.6.20	24.3	1.5185±0.0007	376.3±0.9	0.53±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
689～690	H17.6.27	24.1	1.5190±0.0007	375.4±0.4	0.54±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
691～692	H17.7.5	24.4	1.5190±0.0007	374.9±0.1	0.53±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
693～694	H17.7.13	24.6	1.5194±0.0007	375.1±0.3	0.54±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
695～696	H17.7.19	24.2	1.5195±0.0007	375.1±0.2	0.55±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
697～698	H17.7.26	24.0	1.5198±0.0007	375.3±0.6	0.54±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
699～700	H17.8.2	24.3	1.5196±0.0007	375.4±0.3	0.55±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
701～702	H17.8.8	24.0	1.5199±0.0007	375.4±0.4	0.55±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
703～704	H17.8.16	24.1	1.5201±0.0007	374.9±0.8	0.54±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
705～706	H17.8.22	24.0	1.5196±0.0007	374.9±0.5	0.55±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
707～708	H17.9.7	24.1	1.5200±0.0007	375.2±0.4	0.54±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
709～710	H17.9.12	24.4	1.5204±0.0007	375.3±0.9	0.54±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
711～712	H17.9.20	24.3	1.5204±0.0007	374.6±0.3	0.55±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
713～714	H17.9.27	24.5	1.5202±0.0007	375.3±1.0	0.56±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
715～716	H17.10.31	22.8	1.5202±0.0007	376.3±0.5	0.54±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
717～718	H17.11.4	22.1	1.5203±0.0007	375.6±0.2	0.55±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
719～720	H17.11.15	22.4	1.5206±0.0007	376.4±0.4	0.54±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
721～722	H17.11.21	22.4	1.5208±0.0007	375.7±0.5	0.54±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
723～724	H17.11.28	22.5	1.5229±0.0007	378.1±0.5	0.54±0.01	TRACYダンプ槽IIIA
725～729	H18.3.24	22.6	1.0412±0.0005	27.5±0.1	0.20±0.01	TRACYダンプ槽IIIB

\*1：ウラン濃度の分析精度は、希釈試料を5回繰り返し測定した標準偏差を記載している。

\*2：硝酸濃度の分析精度は、希釈試料を5回繰り返し測定した標準偏差を記載している。

表5 平成17年度第1四半期試料分析実績

\*\*：分析項目略記号

依頼元	分析試料数	分析件数										分析総数
		U	酸	TBP	DBP	不純物	FP	同位体	全γ	α核種	模擬FPP	
燃料調製設備	25	18	16	2	0	4	0	0	2	0	5	47
STACY	7	7	7	0	0	2	5	2	0	0	0	23
TRACY	6	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0	18
抽出廻波処理	8	0	8	0	0	8	0	0	0	8	0	24
その他*	6	0	1	5	5	0	0	0	0	0	0	17
計	52	31	38	7	5	14	11	2	2	8	5	129

\*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。

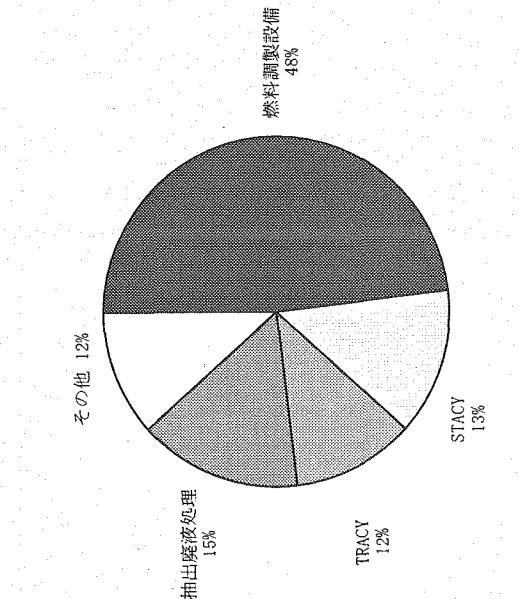
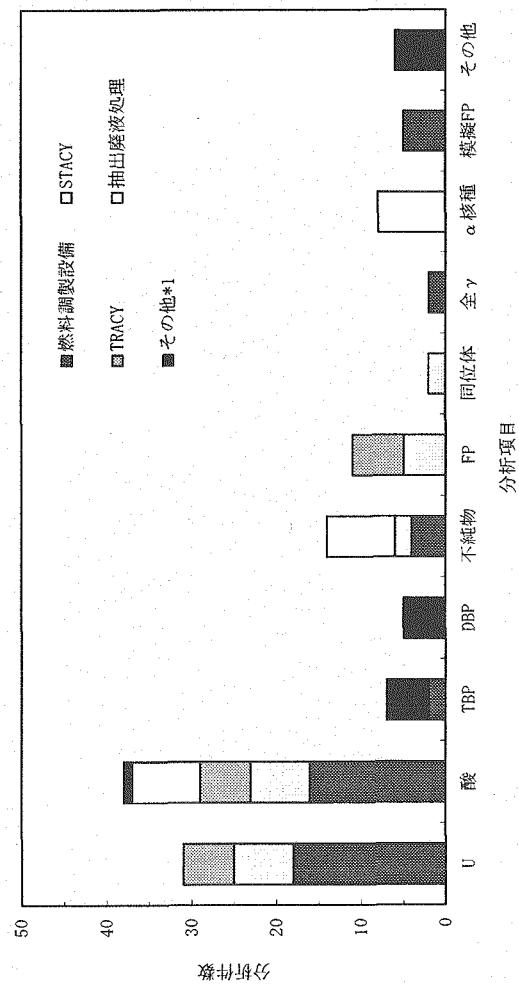


表6 平成17年度第2四半期試料分析実績

\*\*：分析項目略記号

依頼元	分析試料数	分析件数										分析総数
		U	酸	TBP	DBP	不純物	FP	同位体	全γ	α核種	模擬FP	
燃料調製設備	38	20	17	0	0	4	0	9	8	0	19	0
STACY	20	20	20	0	0	2	1	3	0	0	39	0
TRACY	12	12	12	0	0	0	10	1	0	0	0	35
抽出溶液処理	9	0	9	0	0	9	0	0	0	9	0	27
その他*	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
計	80	53	59	1	0	15	11	13	9	9	58	1
											229	

\*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。

U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
FPI	γ核種分析
同位体	同位体組成分析
全γ	全γ放射能測定
α核種	Pu, Am, Np等の分析
模擬FP	Sr, Cs, Rh, Eu濃度分析
その他	上記以外の分析

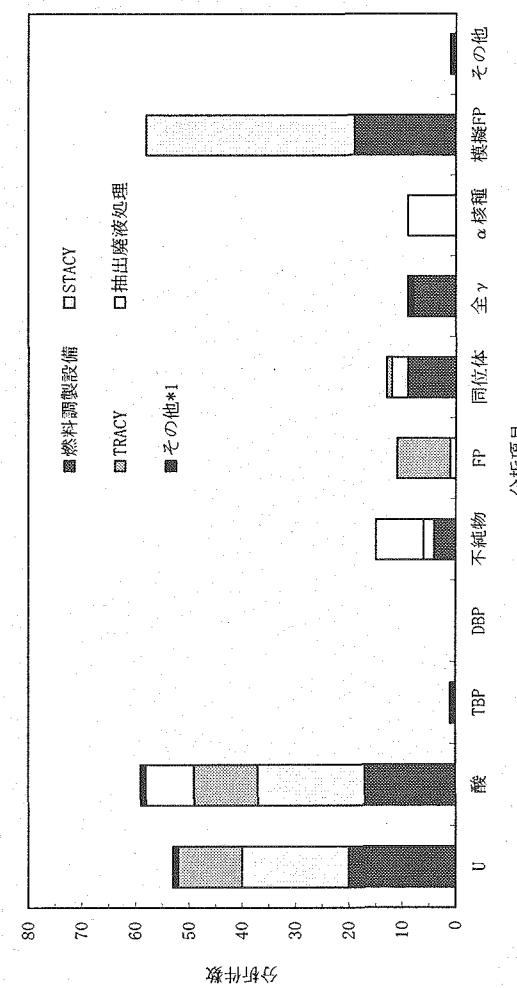
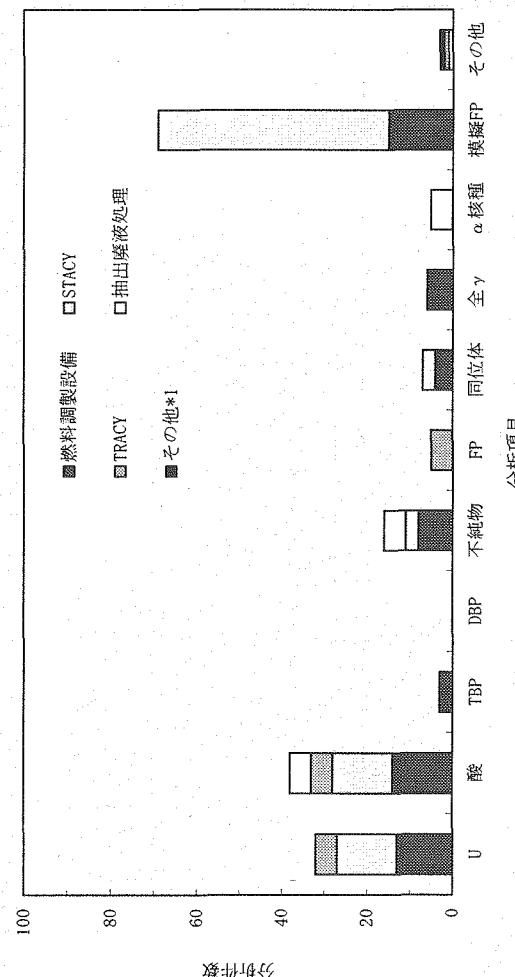


表7 平成17年度第3四半期試料分析実績

\*\*：分析項目略記号

依頼元	分析試料数	分析件数										U 酸 硝酸濃度分析 TBP DBP 不純物 FP 同位体組成分析 全γ放射能測定 α核種 模擬FP その他 Pu, Am, Np等の分析 Sm, Cs, Rh, Eu濃度分析 上記以外の分析
		U	酸	TBP	DBP	不純物	FP	同位体	全γ	α核種	模擬FP	
燃料調製設備	24	13	14	3	0	8	0	4	6	0	15	0
STACY	14	14	14	0	0	3	0	3	0	0	54	1
TRACY	5	5	5	0	0	0	5	0	0	0	0	16
抽出廃液処理	5	0	5	0	0	5	0	0	0	5	0	15
その他*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
計	48	32	38	3	0	16	5	7	6	5	69	3
												184

\*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。



U  
酸  
硝酸濃度分析  
TBP  
DBP  
不純物  
FP  
同位体組成分析  
全γ放射能測定  
α核種  
模擬FP  
その他  
Pu, Am, Np等の分析  
Sm, Cs, Rh, Eu濃度分析  
上記以外の分析

分析試料数に対する依頼元割合

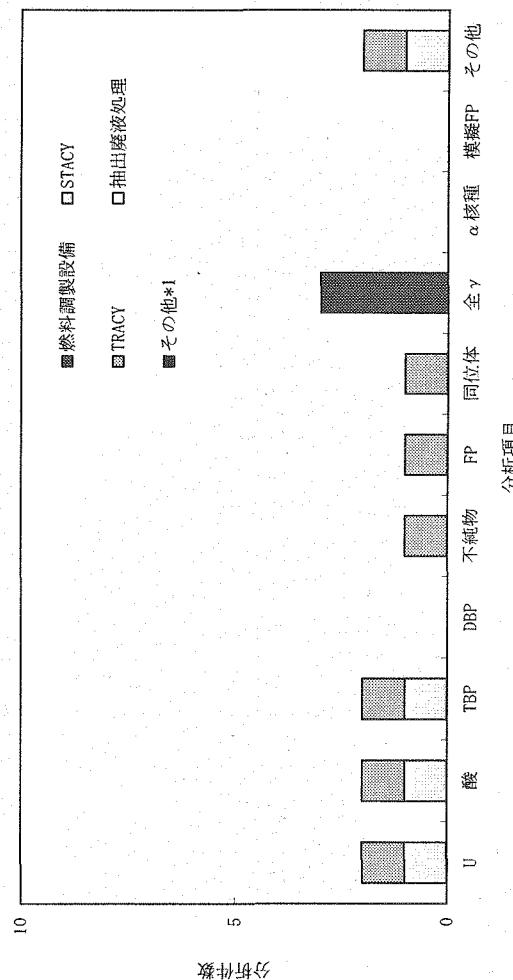
表8 平成17年度第4四半期試料分析実績

\*\* : 分析項目略記号

依頼元	分析試料数	分析件数									分析総数
		U	酸	TBP	DBP	不純物	FP	同位体	全γ	α核種	
燃料調製設備	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
STACY	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
TRACY	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1
抽出溶波処理	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	5	2	2	2	0	1	1	1	3	0	2

\*1：その他は、NICEF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。

上記以外の分析



分析試料数に対する依頼元割合

分析項目

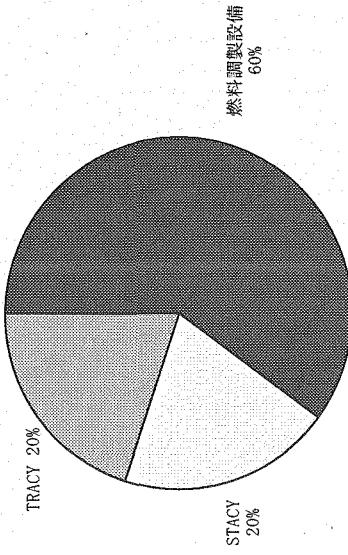


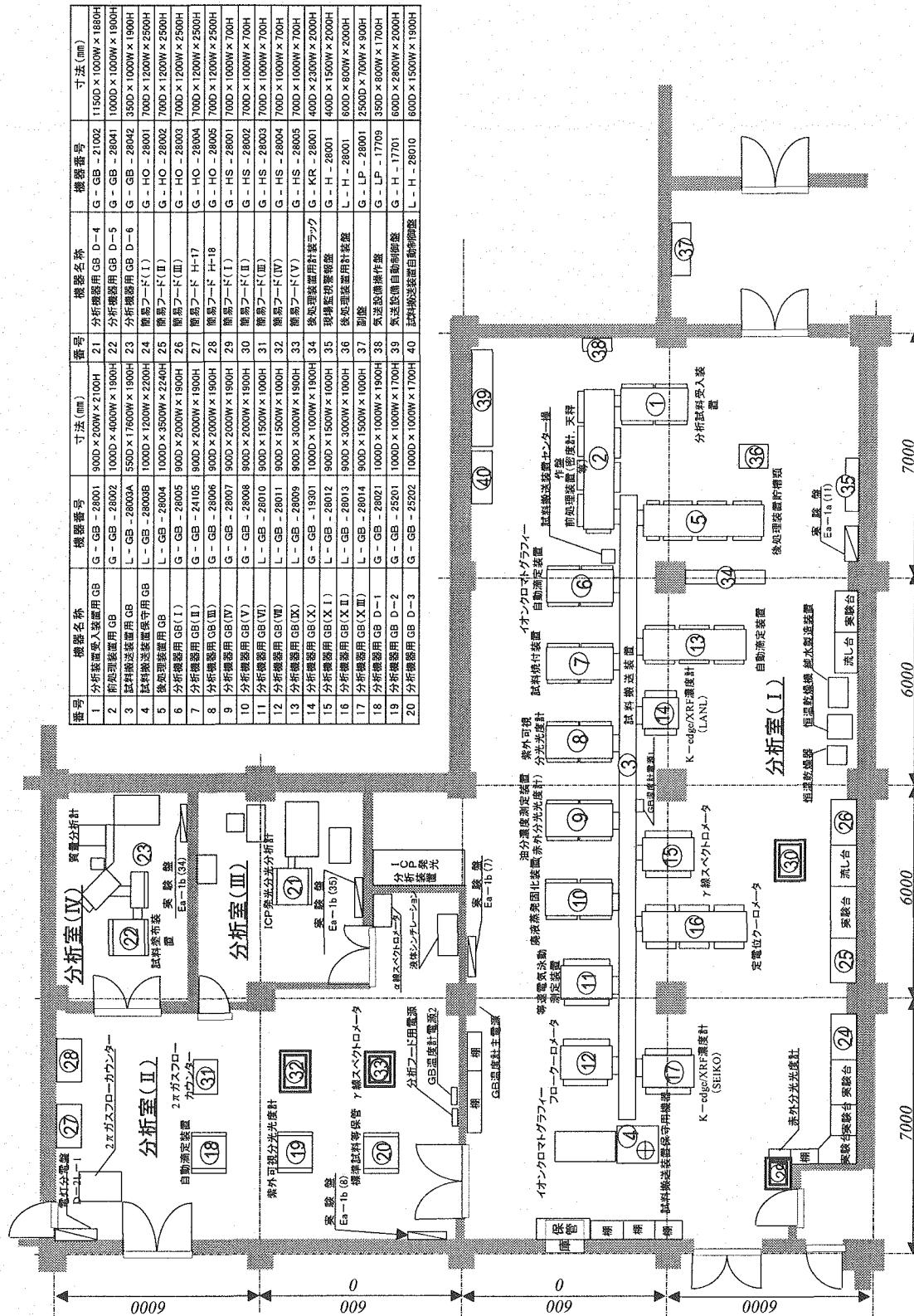
表9 平成17年度気送設備運転状況

系統	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)
1	試薬供給室 (A)	No. 6	1	4	4	8	1	1	0	4	0	0	0	0	23	5,060
2	実験室 (II)	No. 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
3		No. 3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0,306
4	燃取室 (V)	No. 9	2	0	2	1	8	10	0	0	9	0	0	0	32	3,264
5		No. 20	3	7	6	6	8	8	2	8	0	0	0	5	53	14,416
6	TRACY															
7	STACY															
8	燃取付属室 (VI)	No. 7	7	0	7	1	0	0	0	10	9	0	0	0	34	2,040
	月間運転回数		13	20	25	32	44	29	14	40	36	0	0	10	263	54,822

表10 平成17年度固体廃棄物引渡量

種類	$\alpha$		$\beta \cdot \gamma$			合計	
	第2四半期	第4四半期	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	
可燃物	9	24	46	62	48	37	226
不燃物	34	30	—	3*	—	—	67
フイルタ	1	12	0	10	0	0	23
合計	44	66	46	75	48	37	316

\* 200Lドラム缶に封入して引き渡した。



## 図1 分析機器等配置図

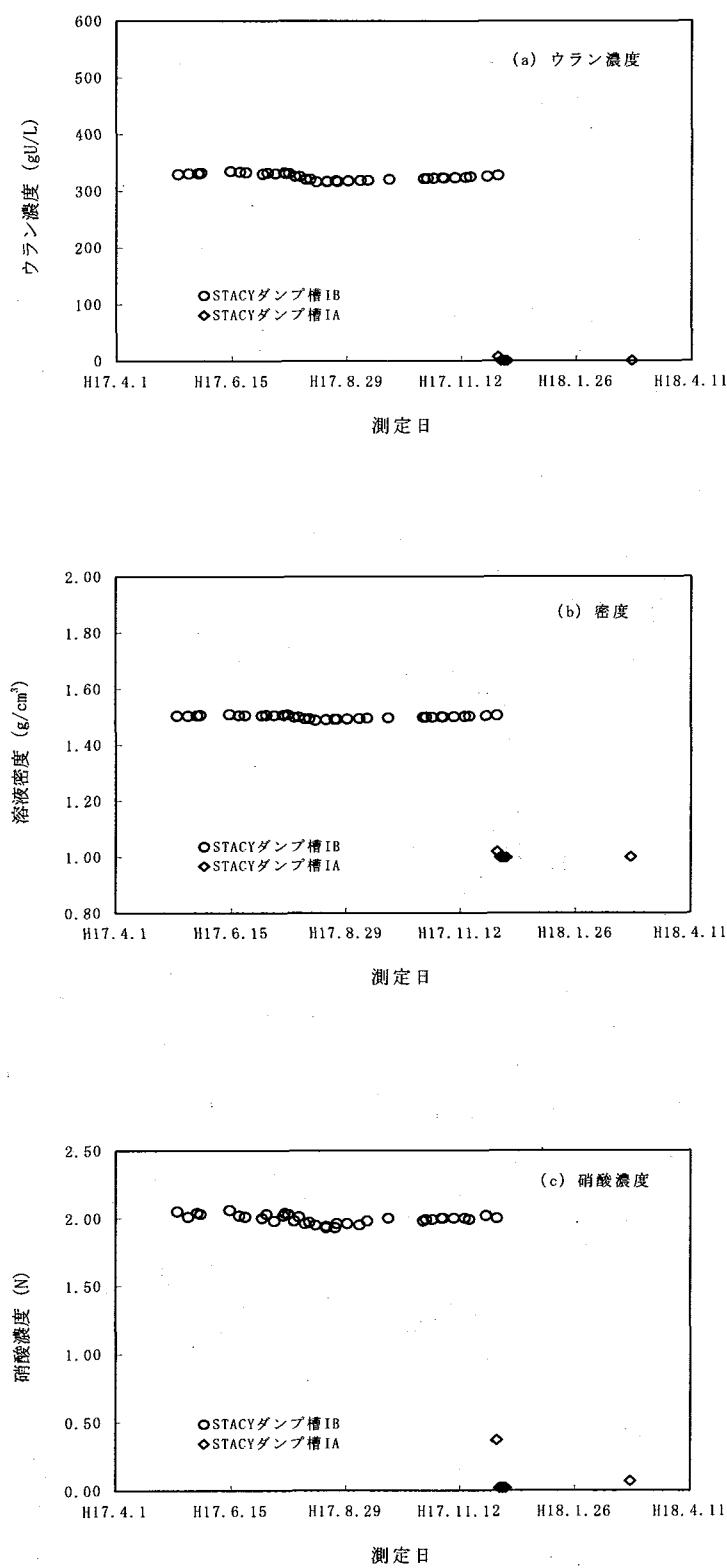


図 2. STACY 燃料分析結果

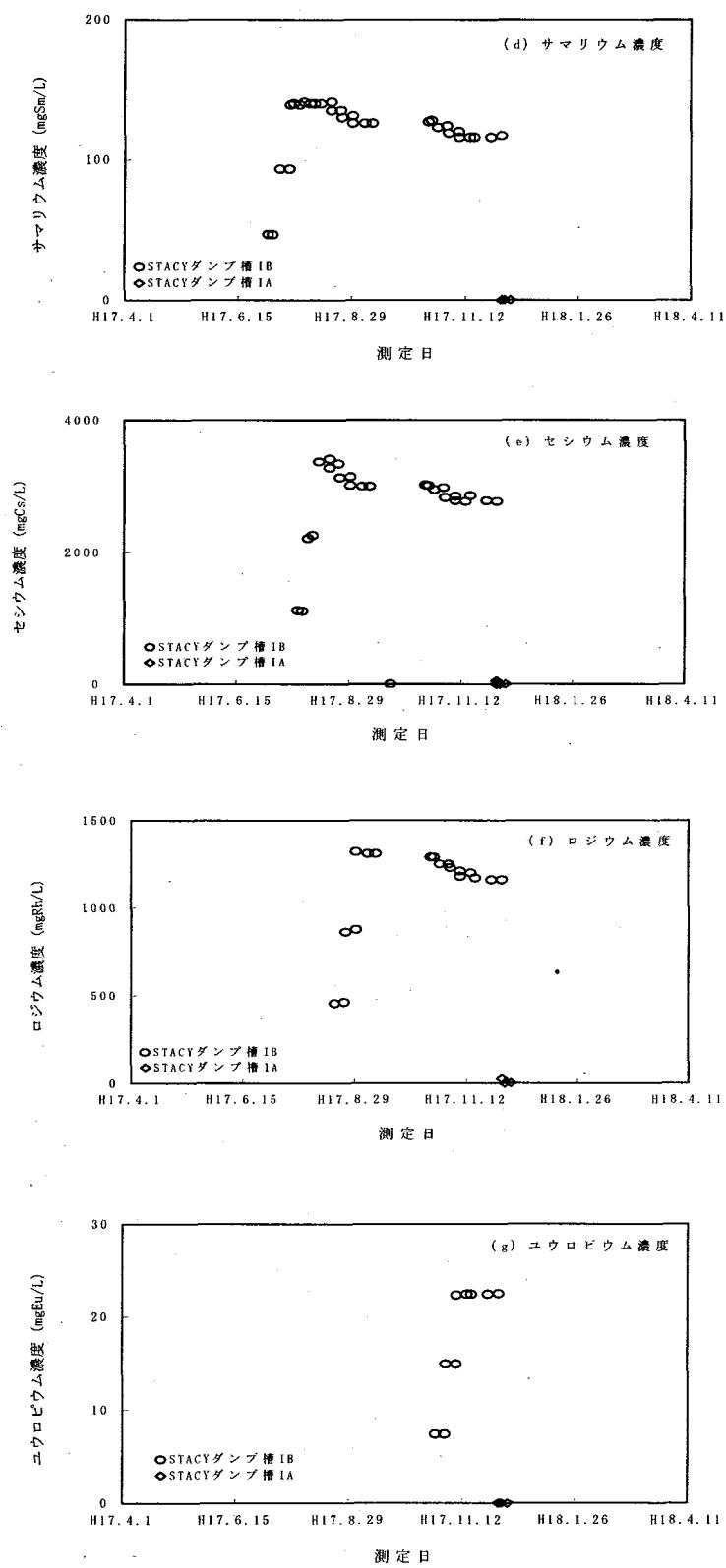


図 3 STACY 燃料中模擬 FP 濃度分析結果

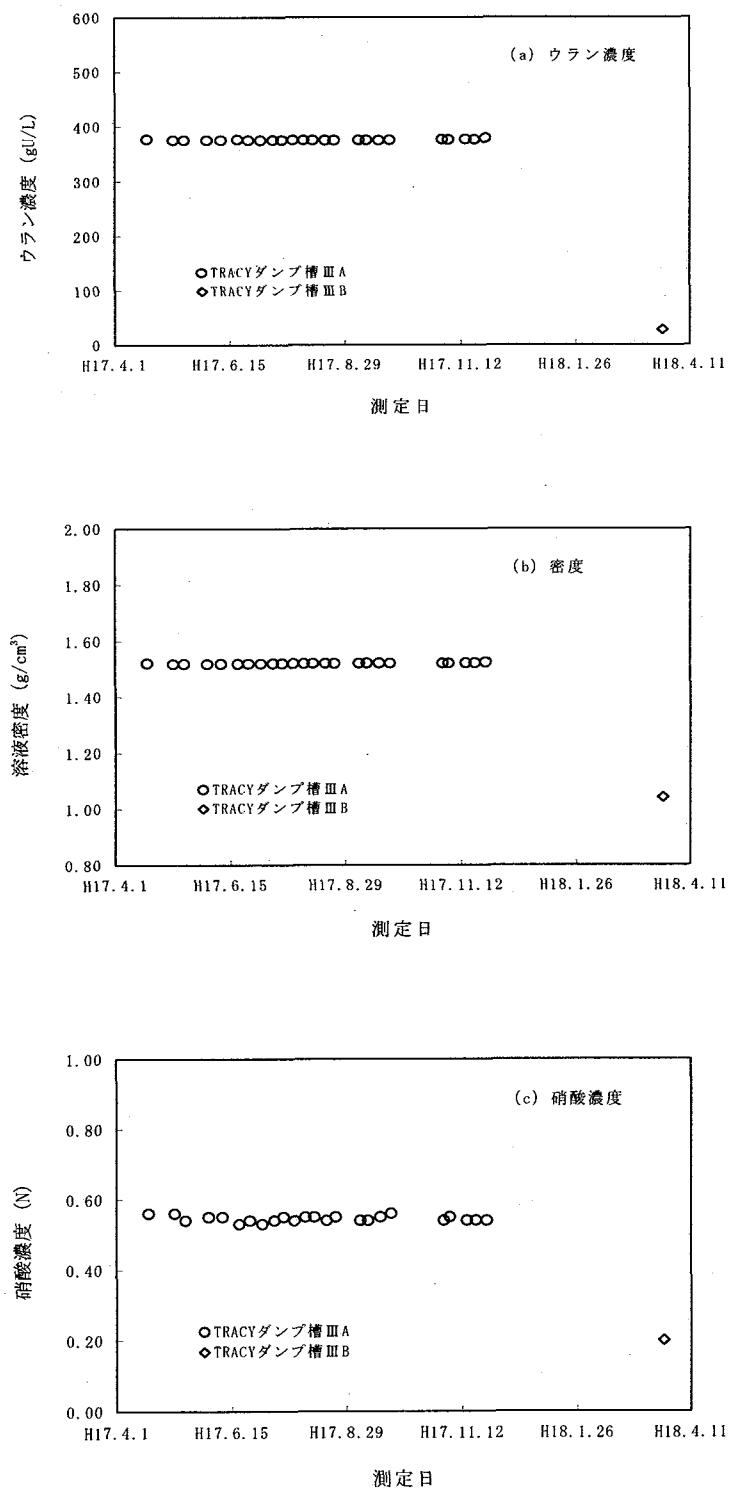


図 4 TRACY 燃料分析結果

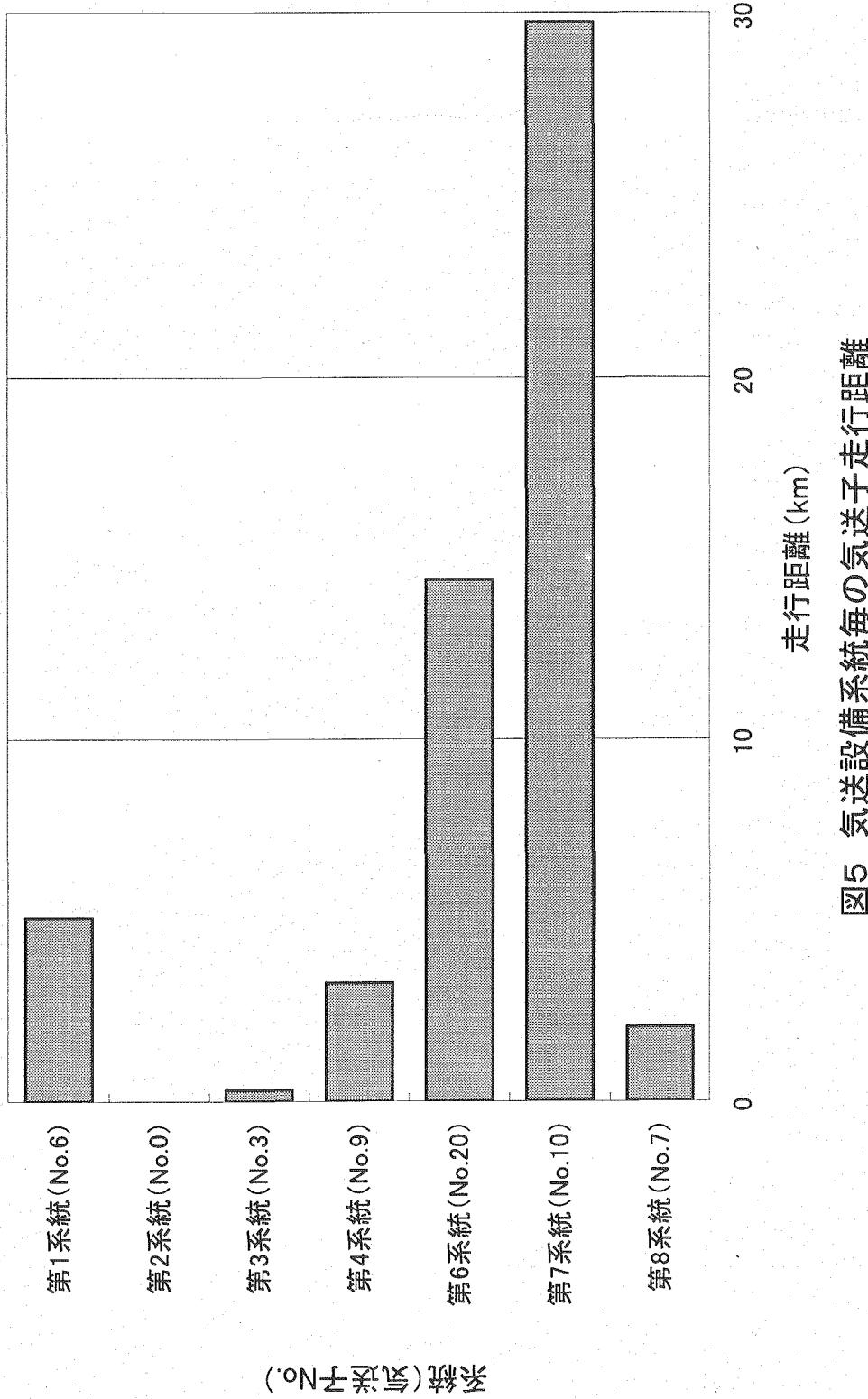


図5 気送設備系統毎の気送子走行距離

## 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、相対湿度約40%であり、分析機器運転及び試薬調製等分析操作に有効な環境に保たれていると考えられる。

### (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。計画管理課では、次のようにして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。

ウラン作業用標準溶液(WSD)の調製日におけるウラン濃度( $U_A$ )及び試料の分析当日のウラン濃度( $U_B$ )の測定を自動電位差滴定装置で行う。 $U_A$ と $U_B$ との誤差( $\Delta U$ )を式(1)で求め、 $\Delta U$ が0.3%以下である場合は装置が安定していると判断する。平成17年度は図A2より自動電位差滴定装置が誤差の範囲で安定したことが分かる。

$$\Delta U = (U_B - U_A) / U_A \times 100 (\%) \quad \cdots (1)$$

### (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、ウラン濃度分析には二クロム酸カリウム溶液、硝酸濃度分析には水酸化ナトリウム溶液を滴定液として用いている。滴定液の濃度を正確に評価するため、二クロム酸カリウム溶液については金属ウラン標準試料JAERI-U4から調製したウラン濃度が既知の標準硝酸ウラニル溶液、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、滴定液の調製の都度標定を行っている。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 二クロム酸カリウム標準溶液の標定結果

測定日	滴定装置	標準ウラン溶液U4による二クロム酸カリウム標準溶液の 標定結果			
		標定値	標準偏差 $\sigma n^{-1}$	変動係数	計算値との 差
		(N)	(N)	(%)	(%)
H17.05.13	No. 5	0.03268	0.00004	0.129	-0.111
H17.07.04		0.03268	0.00002	0.048	-0.163
H17.07.06		0.03269	0.00005	0.161	-0.185
H17.08.04		0.03261	0.00003	0.104	0.062
H17.09.22		0.03276	0.00002	0.052	-0.124
H17.10.20		0.03277	0.00002	0.076	-0.146
H17.11.11		0.03276	0.00002	0.062	-0.130
H17.11.14		0.03269	0.00002	0.061	0.083
H18.03.22	No. 4	0.03281	0.00006	0.174	-0.048

表 A2 水酸化ナトリウム標準溶液の標定結果

測定日	滴定装置	アミド硫酸による水酸化ナトリウムの標定結果		
		標定値	標準偏差 $\sigma n^{-1}$	変動係数
		(N)	(N)	(%)
H17.05.09	No. 1	0.10873	0.0002	0.151
H17.05.18		0.10917	0.0001	0.051
H17.06.21		0.08278	0.0001	0.039
H17.07.11		0.08323	0.0001	0.041
H17.07.19		0.08350	0.0001	0.076
H17.07.29		0.10345	0.0001	0.118
H17.08.08		0.10377	0.0002	0.173
H17.08.30		0.10395	0.0001	0.031
H17.09.20		0.10435	0.0001	0.056
H17.09.26		0.07846	0.0001	0.096
H17.09.28		0.07859	0.0002	0.262
H17.10.25		0.07878	0.0001	0.082
H17.11.11		0.10056	0.0001	0.078
H17.11.28		0.10091	0.0001	0.058
H17.04.13	No. 4	0.10912	0.0002	0.191
H17.06.03		0.10951	0.0004	0.359
H18.01.05		0.10140	0.0001	0.079
H18.03.03		0.09597	0.0002	0.183
H18.03.27		0.09628	0.0001	0.029

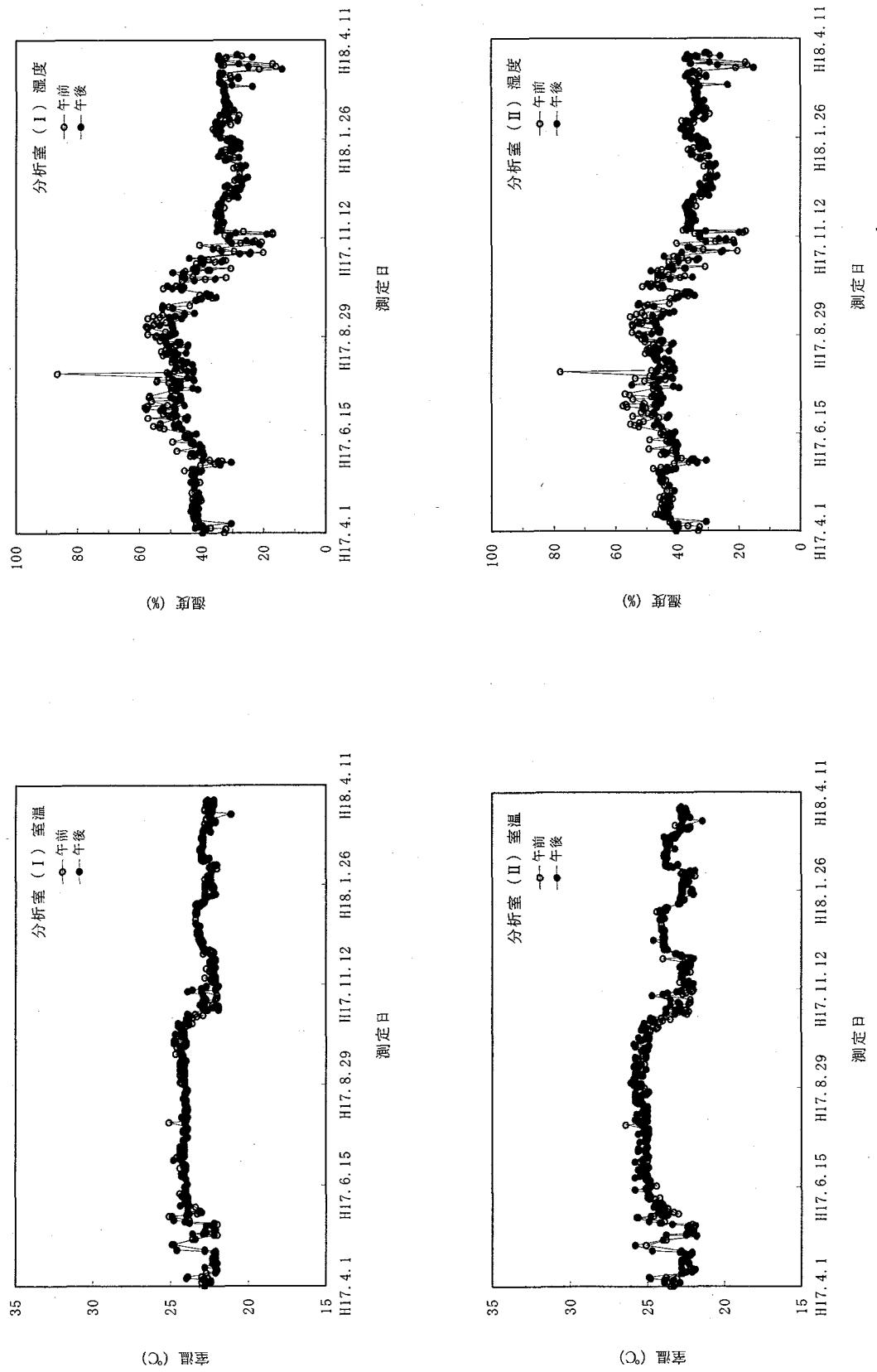
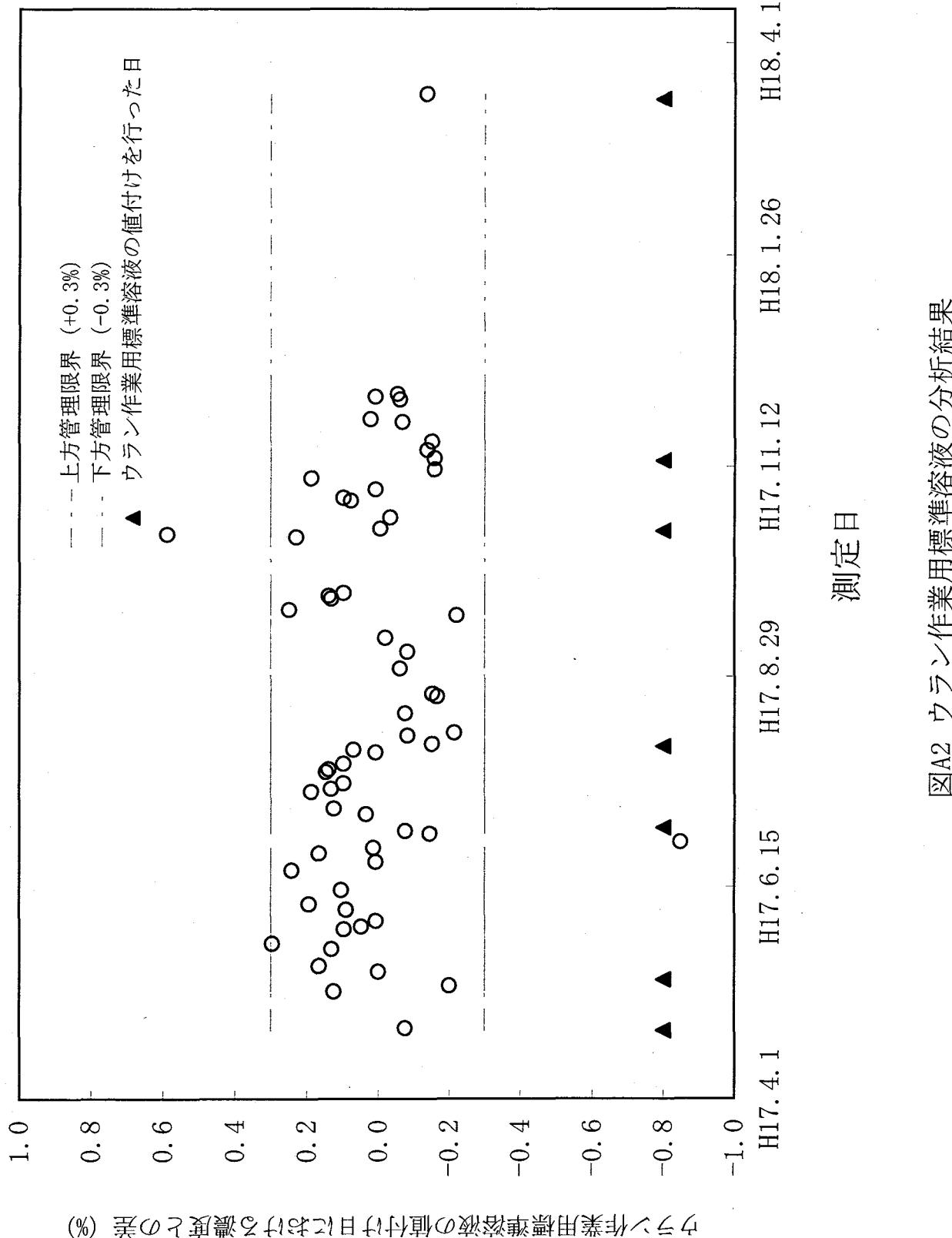


図 A1 分析室 (I) (II) の室温・湿度



図A2 ヴラン作業用標準溶液の分析結果

This is a blank page.

# 国際単位系 (SI)

表1. SI 基本単位

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

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	$m^2$
体積	立方メートル	$m^3$
速度	メートル毎秒	$m/s$
加速度	メートル毎秒毎秒	$m/s^2$
波数	メートル	$m^{-1}$
密度(質量密度)	キログラム每立法メートル	$kg/m^3$
質量体積(比体積)	立法メートル毎キログラム	$m^3/kg$
電流密度	アンペア每平方メートル	$A/m^2$
磁界の強さ	アンペア每メートル	$A/m$
(物質量の)濃度	モル每立方メートル	$mol/m^3$
輝度	カンデラ每平方メートル	$cd/m^2$
屈折率	(数の)1	1

表3. 固有の名称とその独自の記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	他のSI単位による表し方
平面角	ラジアン <sup>(a)</sup>	rad	$m \cdot m^{-1}=1^{(b)}$
立体角	ステラジアン <sup>(a)</sup>	sr <sup>(c)</sup>	$m^2 \cdot m^{-2}=1^{(b)}$
周波数	ヘルツ	Hz	$s^{-1}$
圧力、応力	ニュートン	N	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
エネルギー、仕事、熱量	ジユール	J	$N \cdot m$
功率、放射束	ワット	W	$J/s$
電荷、電気量	クーロン	C	$s \cdot A$
電位差(電圧)、起電力	ボルト	V	$N \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
電容量	ファラード	F	$C/V$
電気抵抗	オーム	$\Omega$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
コンダクタンス	ジーメンス	S	$A/V$
磁束密度	テスラ	T	$A \cdot V$
インダクタンス	ヘンリ	H	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(d)</sup>	$^\circ C$	$Wb/m^2$
光照度	ルーメン	lm	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
(放射性核種の)放射能吸収線量、質量エネルギー一分率、カーマ	ベクレル	Bq	$Wb/A$
線量当量、周辺線量当量、方向性線量当量、個人線量当量、組織線量当量	シーベルト	Sv	$kg \cdot s^{-2}$

(a) ラジアン及びステラジアンの使用は、同じ次元であっても異なる性質をもった量を区別するときの組立単位の表し方として利点がある。組立単位を形作るときのいくつかの用例は表4に示されている。

(b) 実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号“1”は明示されない。

(c) 測光学では、ステラジアンの名称と記号srを単位の表し方の中にそのまま維持している。

(d) この単位は、例としてミリセルシウス度 $m^\circ C$ のようにSI接頭語を伴って用いても良い。

表4. 単位の中に固有の名称とその独自の記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	$Pa \cdot s$	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$
のモノメント	ニュートンメートル	N·m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
表面張力	ニュートン每メートル	N/m	$kg \cdot s^{-2}$
角速度	ラジアン每秒	rad/s	$m^{-1} \cdot s^{-1} = s^{-1}$
角加速度	ラジアン每秒毎秒	rad/s <sup>2</sup>	$m^{-1} \cdot s^{-2} = s^{-2}$
熱流密度、放射照度	ワット每平方メートル	$W/m^2$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
熱容量、エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$kg \cdot s^{-3}$
質量熱容量(比熱容量)	ジュール每キログラム	J/kg	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
質量エントロピー	毎ケルビン	J/(kg·K)	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
質量エネルギー(比エネルギー)	ジュール每キログラム	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
熱伝導率	ワット每メートル每ケルビン	$W/(m \cdot K)$	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$
体積エネルギー	ジュール每立方メートル	J/m <sup>3</sup>	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
電界の強さ	ボルト每メートル	V/m	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
体積電荷	クーロン每立方メートル	C/m <sup>3</sup>	$m^{-3} \cdot s \cdot A$
電気変位	クーロン每平方メートル	C/m <sup>2</sup>	$m^{-2} \cdot s \cdot A$
誘電率	ファラード每メートル	F/m	$m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
透磁率	ヘンリー每メートル	H/m	$m \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^2$
モルエネルギー	ジュール每モル	J/mol	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot mol^{-1}$
モルエントロピー	ジュール每モル毎ケルビン	J/(mol·K)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
照射線量(X線及びγ線)	クーロン每キログラム	C/kg	$kg^{-1} \cdot s \cdot A$
吸収線量	グレイ每秒	Gy/s	$m^2 \cdot s^{-3}$
放射強度	ワット每ステラジアン	W/sr	$m^4 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3} = m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
放射輝度	ワット每平方メートル每ステラジアン	$W/(m^2 \cdot sr)$	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3} = kg \cdot s^{-3}$

表5. SI 接頭語

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

表6. 国際単位系と併用されるが国際単位系に属さない単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86400 s
度	°	$1^\circ=(\pi/180) rad$
分	'	$1'=(1/60)^\circ=(\pi/10800) rad$
秒	"	$1''=(1/60)'=(\pi/648000) rad$
リットル	L	$1L=1 dm^3=10^{-3} m^3$
トン	t	$1t=10^3 kg$
ネーベル	Np	$1Np=1$
ベル	B	$1B=(1/2) ln10(Np)$

表7. 国際単位系と併用されこれに属さない単位でSI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
電子ボルト	eV	$1eV=1.60217733(49) \times 10^{-19} J$
統一原子質量単位	u	$1u=1.6605402(10) \times 10^{-27} kg$
天文単位	ua	$1ua=1.49597870691(30) \times 10^{11} m$

表8. 国際単位系に属さないが国際単位系と併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
海里	里	1 海里=1852m
ノット	ト	1 ノット=1 海里每時=(1852/3600)m/s
アール	a	$1a=1 dam^2=10^4 m^2$
ヘクタール	ha	$1ha=1 hm^2=10^4 m^2$
バルス	bar	$1 bar=1 MPa=100kPa=1000hPa=10^5 Pa$
オングストローム	Å	$1 Å=0.1nm=10^{-10} m$
バーン	b	$1 b=100fm^2=10^{-28} m^2$

表9. 固有の名称を含むCGS組立単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
エルグ	erg	$1 erg=10^{-7} J$
ダイナ	dyn	$1 dyn=10^{-5} N$
ボアズ	P	$1 P=1 dyn \cdot s / cm^2 = 0.1 Pa \cdot s$
ストーカス	St	$1 St = 1 cm^2/s = 10^{-4} m^2/s$
ガウス	G	$1 G = 10^{-4} T$
エルステッド	Oe	$1 Oe = (1000/4\pi) A/m$
マクスウェル	Mx	$1 Mx = 10^{-8} Wb$
スチール	sb	$1 sb = 1 cd/cm^2 = 10^4 cd/m^2$
ホタル	ph	$1 ph = 10^4 lx$
ガル	Gal	$1 Gal = 1 cm/s^2 = 10^{-2} m/s^2$

表10. 国際単位に属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
キリスト	Ci	$1 Ci=3.7 \times 10^{10} Bq$
ラド	R	$1 R = 2.58 \times 10^{-3} C/kg$
レム	rad	$1 rad = 1 Gy = 10^{-2} Gy$
X線単位	rem	$1 rem = 1 Sv = 10^{-2} Sv$
ガンマ	γ	$1 \gamma = 1 nT = 10^{-7} T$
ジャンスキ	Jy	$1 Jy = 10^{-26} W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1}$
フェルミ	fm	$1 fermi = 1 fm = 10^{-16} m$
メートル系カラット	Torr	$1 metric carat = 200 mg = 2 \times 10^{-4} kg$
標準大気圧	atm	$1 Torr = (101.325/760) Pa$
カリ	cal	$1 atm = 101.325 Pa$
ミクロ	μ	$1 μ = 1 μm = 10^{-6} m$