

### 第三章 原子力科学研究所の施設を利用する研究開発活動

#### I 研究炉、臨界実験装置及びタンデム加速器を利用する研究開発

##### 1 JRR-3 及び JRR-4 を利用する研究開発

JRR-3における7サイクル、及びJRR-4における37サイクルの施設共用運転をそれぞれ実施し、中性子ビームを利用する多くの分野の研究開発等が進められた<sup>16)</sup>。

###### 1.1 照射利用

JRR-3、JRR-4におけるキャプセル照射の実績を表Ⅲ-1に示す。照射キャプセルの総数は2,922個で、これは前年度より約15%の増加に相当する。照射目的別の利用実績を図Ⅲ-1に示す。図Ⅲ-2にこれまでの照射利用の推移を示す。

主な利用の内容は以下の通りである。

###### (1)放射化分析

機構内の研究開発部門や大学などのユーザーにより、大気浮遊塵・フィルター、動物・植物・魚介類、金属・無機化合物、土壌等の試料の放射化分析が多数実施された。機構内：機構外の照射キャプセル数の比は、約1：6、JRR-3：JRR-4の利用件数の比はほぼ1：1であった。

###### (2)シリコン照射

(財)放射線利用振興協会がJRR-3及びJRR-4を利用し、それぞれ180本及び155本(約3.6トン及び約1.7トン)のシリコンを照射した。

###### (3)RIの製造

(株)千代田テクノルがIr、Au等のRI生産をJRR-3及びJRR-4を用いて、それぞれ54キャプセル及び45キャプセル、照射した。

###### (4)原子炉燃料・材料照射

機構内の研究開発部門のユーザーが、ステンレス鋼中のボロン分布の調査、長寿命プラント照射損傷管理技術に関する研究開発などを目的とする照射を行った。

これらの照射利用のうち、放射化分析の分野で次のような成果が得られた。

量子ビーム応用研究部門中性子イメージング・分析研究グループは、茨城大学及び茨城県公害技術センターと協力して、茨城県内の大気浮遊粒子の地域差及び季節変動を把握するため、中性子放射化分析を実施した<sup>17)</sup>。 $k_0$ 法に基づく中性子放射化分析法により、試料中のNa, Al, V, Mn, Fe, Sbなど20元素を定量し、分析結果がICP-MS等による分析値と良く一致していることを確認した。定量値の正確さを評価するため標準物質(Coal Fly Ash)の分析を行った結果を図Ⅲ-3に

示す。ppb-ppm レベルの 27 元素について、認証値と分析値を比較し、それらの偏差が 5%以下であることを確認した。中性子放射化分析法等で得た結果から、採取場所の都市化傾向に関係なく首都圏に近いほど大気浮遊粒子濃度が大きいことや、その傾向は人口由来要素が強いと考えられている小粒径の粒子やアンチモン、臭素で顕著であることなどを明らかにした。これらの調査により茨城県内の大気浮遊粒子は、首都圏の影響を強く受けていることが示唆された。

専門職大学院が取りまとめる大学ユーザーによる利用<sup>18)</sup>については、「金属材料及び環境試料における微量元素分析の標準化に関する研究」で、砂鉄を原料として復元された平安時代の製鉄炉（たたら炉）を利用して、鉄製錬過程において生産された鉄塊及びスラグ中の含有元素濃度から同過程を評価する研究が行われた。また「胎児期及び成長期における亜鉛欠乏がその後の発育に与える影響」の研究では、亜鉛欠乏マウスの臓器等の元素分析を行い、亜鉛欠乏が他の微量元素の挙動に与える影響が検討された。「森林生態系での微量元素及び放射性核種の動態」の研究では、森林の樹木がまわりの環境に起こった変化を記録していることに着目し、年輪中の微量元素や放射性核種を定量することによって過去に遡った生育環境の情報を取得し、それによって過去の環境を知るための研究が行われた。

## 1.2 実験利用

### (1) JRR-3

JRR-3における主な実験利用の内訳は、原子炉建家内と実験利用棟内に設置された中性子ビーム実験装置等を用いる中性子散乱実験、中性子ラジオグラフィ実験、即発 $\gamma$ 線分析であった。JRR-3の実験利用実績を表III-2に示す。

原子力機構量子ビーム応用研究部門による研究の主な成果は次の通りである<sup>19)</sup>。

生命科学・先進医療分野では、新薬開発に重要な創薬標的タンパク質の中性子構造解析を目指し、その一環として大腸菌を用いた遺伝子組換えによる HIV プロテアーゼの大量調製に成功した。また、生体高分子用中性子回折計の高度化に向けた概念設計を行い、JRR-3の検出器の新型イメージングプレートの仕様を決定した。筋肉フィラメントの中性子繊維回折実験を行い、筋収縮制御に重要な役割を果たすタンパク質の1つであるトロポニンIについて、筋細胞内のCaイオンの有無によりトロポニンI分子に構造変化が現れることが分かった。

ナノテク・材料分野では、偏極中性子による非弾性散乱測定を可能にするため、3次元偏極中性子解析装置 CRYOPAD を用いて非弾性モードの整備を行った。この先進的測定法を用いて、フラストレート（競合）するスピンを持つスピネル磁性体  $\text{CdCr}_2\text{O}_4$  の磁気構造の決定に成功した<sup>20)</sup>。特に低温において、格子歪を伴って楕円らせん磁気構造が安定化することを見出した。同様の方法により、ナノ磁性薄膜の一種である Cr/Sn について、非磁性原子 Sn 一層で隔てられた磁性 Cr 原子層が、その厚さによって不連続的な周期をとる特異な磁気構造を持つことが分かった。

環境・エネルギー分野では、地球温暖化防止のための物質として期待されるメタンハイドレートについて、メタンガスと氷から生成するハイドレートを中性子でその場観察する装置を完成させ、生成速度に及ぼすメタンのガス圧及び氷の温度の影響を調べた。

先進的ビーム利用のための技術開発・装置整備として、中性子ラジオグラフィ法によって単一セル燃料電池内の水分の挙動を可視化するための基礎データを取得した。また、即発 $\gamma$ 線分析装

置に中性子集光導管を設置することにより、ピーク中心で従来の10倍程度の強度を有する中性子ビームの利用が可能になった。さらに、二次元試料駆動装置及び二次元即発 $\gamma$ 線分布測定システムにおいて1 mm程度の位置分解能を達成した。中性子残留応力測定については、収束型モノクロメータの高度化のための概念設計を終了した。また、産業界から急激に高まっている材料内部残留応力測定への要望に応えるべく、冷間圧延のステンレス鋼におけるひずみ測定等、様々な部材に対する非破壊測定・解析技術を開発した。中性子ビーム品質の飛躍的向上を目指して進めている中性子光学素子の開発について、Ni/Ti多層膜によるスーパーミラーの成膜に成功し、6.7Qc (Ni薄膜を単独で用いた場合の6.7倍) という世界最高の臨界角を達成した<sup>21)</sup>。

## (2) JRR-4

JRR-4における主な実験利用は、プール実験設備でのホウ素濃度測定、中性子検出器の感度試験等であった。また、中性子ビーム設備を利用して、中性子ビーム設備の特性測定、 $\alpha$ 線トラックを利用した鋼中ホウ素分布の研究、ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT)、動物照射実験 (4件) 及び細胞照射等が行われた。JRR-4の実験利用状況を表III-3に示す。

特に医療照射については、本年度中に12回 (第30~41回) の医療照射を実施した。従来、JRR-4を用いる医療照射は脳腫瘍に限られていたが、本年度からは皮膚がんやリンパ腫等の悪性腫瘍に対する照射 (6回) を実施するなど、脳腫瘍以外も対象にした照射が実施された。また、脳腫瘍に対する照射 (6回) は、いずれも熱外中性子モードによる非開頭照射であった。

また、本年度から東京大学大学院工学系研究科原子力専攻 (専門職大学院) が設立され、カリキュラムの一部である原子力実験・実習をJRR-4において実施した。実習内容は「Xe効果の測定」及び「即発 $\gamma$ 線分析」であった。

## 2 NSRR を利用する研究開発

安全研究センター燃料安全評価研究グループにより、軽水炉燃料のさらなる高燃焼度化に対応した安全基準の整備に向けて、反応度事故時の燃料の挙動に関するデータを取得する研究が進められている (経済産業省受託「高度化軽水炉燃料安全技術調査」)。本年度には、海外の発電所で長期間使用された燃料を対象としたNSRRでのパルス照射実験が4回実施された。パルス照射実験に供した燃料を以下に示す。

- ・米・マクガイア炉 (PWR) 照射 $UO_2$ 燃料 (燃焼度71 GWd/t) : MR-1実験
- ・スペイン・バンデロス炉 (PWR) 照射 $UO_2$ 燃料 (同79 GWd/t) : VA-2実験
- ・スウェーデン・リングハルス炉 (PWR) 照射 $UO_2$ 燃料 (同67 GWd/t) : RH-1実験
- ・スイス・ライプシュタット炉 (BWR) 照射 $UO_2$ 燃料 (同69 GWd/t) : LS-1実験

本研究により、現行の安全基準が今回試験対象とした新型被覆燃料に対して適切な安全余裕を配していることが明らかになり、今後進められる高燃焼度燃料の安全評価手法の高度化において有用な知見が得られた。研究成果の概要を以下に示す。

過去のNSRR実験の結果から、反応度事故における高燃焼度燃料の破損は、腐食により脆化した

被覆管が出力急昇時の燃料ペレットの熱膨張により押し上げられるために生ずるPCMI(ペレット被覆管機械的相互作用)破損であることが分かっている。燃料が破損に至る時の燃料エンタルピーは、燃焼度が高いほど低いというデータが得られており、この成果は、我が国の原子炉の安全評価の基準に反映された。近年、従来から用いられてきた被覆管よりも高い耐食性を備えた新型被覆管が実用化され、同じ燃焼度なら従来型被覆管よりも酸化及びそれに伴う水素吸収が少ないため、新型被覆燃料はより高いエンタルピーに耐えると予想された。今回、新型被覆を備えた高燃焼度燃料を対象とした実験を実施し、そのうち、燃焼度79 GWd/tのPWR燃料に対する実験VA-2の結果は、現行の安全基準が同燃料に対して適切な安全余裕を考慮していることを示した。図Ⅲ-4にVA-2実験で破損した被覆管の外観(燃料試験施設で実験を実施。本章2.3項も参照)、図Ⅲ-5に被覆管の腐食量を表す代表的な指標である外面酸化膜厚さと破損時エンタルピーの関係を示す。燃焼度と破損時エンタルピーとの相関は単純ではないが、酸化膜が厚くなると破損時エンタルピーが低下する傾向が明確に示されている。つまり、酸化膜厚さあるいはほぼそれに比例する水素吸収量は、高燃焼度燃料の反応度事故に対する安全余裕に対して重要なパラメータであると考えられる。この結果は、現在進めている、被覆管が破損に至る詳細過程の解明及び破損時エンタルピーの高精度予測に対して重要な知見である。

### 3 STACY を利用する研究開発

使用済燃料再処理施設では、溶解槽を十分安全な未臨界状態にするために、受入燃料の初期濃縮度や燃焼度の条件によっては、溶解時に可溶性毒物のガドリニウム(Gd)を添加することとなっている。実際には使用済燃料に含まれる核分裂生成物(FP)の中性子吸収効果により十分に未臨界である場合でも、現行の臨界安全設計ではその効果が考慮されておらず、Gdを用いざるを得ない場合がある。FPによる反応度低下を臨界安全管理に取り入れれば、Gdを用いる頻度を大幅に減らすことが可能であり、再処理施設溶解槽の運用を合理化することができる。しかし、このFPの反応度効果に関する臨界ベンチマークデータは極めて限られており、溶解槽に類似した非均質体系について、高精度の臨界データの拡充が必要となっている。

安全研究センター核燃料サイクル施設安全評価研究グループでは、燃料中に含まれるFPの中性子吸収効果が臨界条件に及ぼす影響を実験的に把握する目的の研究を進めている(電源開発促進対策特別会計法に基づく文科省からの受託事業として、原子力機構が実施した平成17年度「再処理施設臨界安全技術開発等」の成果)。今回、15mm間隔に配置した5%濃縮二酸化ウラン棒状燃料333本と、核分裂生成物を模擬した可溶性中性子毒物を添加した6%濃縮硝酸ウラニル溶液燃料から成る非均質炉心体系(図Ⅲ-6)で臨界実験を行った。実験では、中性子吸収効果が予測できる代表的な元素のうち、サマリウム(Sm)、セシウム(Cs)、ロジウム(Rh)、ユーロピウム(Eu)をFP模擬元素として溶液燃料に添加することとし、これらの元素の種類と濃度をパラメータとして臨界量の変化を測定した。図Ⅲ-7にSm、Cs、Rhを添加したときの臨界液位の測定結果を示す。

今後、実験データの誤差を詳細に評価して臨界ベンチマークデータとして取り纏めるとともに、添加した各元素の反応度効果のベンチマークデータとしての適合性についても検討する予定である。なお、Euについては中性子吸収効果が弱いので、測定結果の誤差評価には十分な注意が必要である。また、実験的には平成18年度に可溶性毒物Gdについて同様の中性子吸収効果の測定を行

う予定である。

### 3 TRACY を利用する研究開発

水反射体系での臨界事故条件下の核熱特性及び放射線量を明らかにするために、10%濃縮硝酸ウラニル溶液燃料を用いて、炉心を水反射体で囲んだ体系での臨界超過実験を実施した（電源開発促進対策特別会計法に基づく文科省からの受託事業として、原子力機構が実施した平成17年度「再処理施設臨界安全技術開発等」の成果）。前年度に実施した反応度投入量 1\$以下の水反射体実験に引き続き、本年度は反応度投入量 1\$を超える条件での実験に着手した。本実験で得たデータを、平成15年度までに取得した水反射体を用いない“裸の体系”での臨界超過データと比較し、JCO 臨界事故のように溶液燃料容器の外側に水が反射体として機能している体系での臨界超過データとして取りまとめる予定である。

### 5 FCA を利用する研究開発

中性子の漏洩を制御することによって高い安全性を得るとともに、長期間の燃料無交換の達成を目指している反射体制御高速炉炉心について、その核特性評価技術の確立を目的とした臨界実験を、前年度に引き続いて実施した。炉心の安全係数として重要なナトリウムボイド係数を評価するために、反射体が軸方向に移動した場合のナトリウムボイド反応度を測定した。また、増殖比を評価するための反応率比測定、緊急時用炉停止棒の反応度効果を評価するための測定等を実施した。今後、得られたデータを解析することによって現行高速炉設計手法の設計精度を評価するとともに、これらのデータを設計精度向上のための基礎データとしても利用する計画である。設計精度の評価と向上に関する研究は次年度に終了する予定である。

## II 核燃料使用施設等を利用する研究開発

### 1 BECKY を利用する研究開発

#### 1.1 TRU 高温化学に関する研究

原子力基礎工学研究部門MA熱物性研究グループは、燃料中及び乾式再処理におけるTRU挙動の評価のため、高純度なTRU塩化物の調製法を新たに開発するとともに、 $\text{AmO}_{2-x}$ の高温化学平衡などの燃料高温特性、Am、Np、Puなどの熔融塩中の電気化学的挙動等に関する基礎データを取得した。

Amの熔融塩中の電気化学的挙動の研究では、使用済み窒化物燃料を陽極溶解し、液体Cd陰極中にアクチノイドを回収する乾式再処理におけるマイナーアクチノイドの挙動の解明を目的に、Amの電極反応の詳細をサイクリックボルタンメトリーにより調べた。TRU高温化学モジュールのAr雰囲気鉄セル内の熔融塩電解槽を用いて、塩浴LiCl-KCl中におけるAmの電気化学的挙動から、

液体 Cd 陰極を用いた場合、 $\text{Am}^{3+}$  と Am 金属との酸化還元反応のみが起き、その反応の標準電位が Mo などの固体陰極の場合の電位よりも正側にシフトすることを明らかにした。これは、液体 Cd 陰極中で Am が Am-Cd 系合金となり活量が低下するため、熱力学的に安定となることに起因する。図Ⅲ-8(a)及び(b)に、各々、実験に用いた熔融塩電解槽の模式図、及び液体 Cd 陰極を用いた時のサイクリックボルタモグラムを示す。電位を負側に走引したときに記録したサイクリックボルタモグラム中に観測される、 $-1.5\text{ V}$  付近の負電流ピークが、Am(Ⅲ)の Am(0)への還元に対応している。

## 1.2 湿式分離プロセスに関する研究

使用済 MOX 燃料の溶解挙動を把握する目的で、使用済 U 燃料の小型溶解試験を実施し、溶解速度及び不溶解残渣組成についてのデータを取得した。また、アクチノイドの新しい分離手法として、低配位性の新規ピロリドン誘導体を用いる沈殿分離法を検討し、Pu が共存する溶液中からの U の選択的分離の効率向上に見通しを得た {低配位性の新規ピロリドン誘導体を用いる沈殿分離法は、旧電源開発促進対策特別会計法に基づく文部科学省からの受託事業として、東京工業大学(原子力機構が再受託)が実施した平成 17 年度「高選択・制御性沈殿剤による高度化沈殿法再処理システムの開発」の成果}。

## 1.3 環境試料等の微量分析に関する研究

文部科学省からの特別会計受託調査研究「保障措置環境分析開発調査」における保障措置ホットセルスワイプ試料の分析技術の開発を継続し、微量 U, Pu の精密同位体測定法及び微弱  $\alpha$  線測定によるマイナーアクチノイド核種の定量法を開発した。また、IAEA 及び文部科学省からの保障措置用依頼試料の分析に対応した。

## 1.4 廃棄物の非破壊測定に関する研究

ウラン廃棄物のクリアランスレベルの測定及び TRU 廃棄物の余裕深度処分の区分測定を対象として、「 $14\text{ MeV}$  中性子直接問いかけ法」を用いた非破壊測定装置の開発を産業界と協力して進めた。バックグラウンドの低減化による検出限界値の大幅改善に成功し、実用化の見通しを得た。

## 1.5 放射性廃棄物地層処分にに関する研究

放射性廃棄物地層処分の長期影響評価用のデータとして、ベントナイト内におけるトリウムの拡散係数、セレンの溶解度を制限する反応の平衡定数及び、地下深部から採取した岩石へのセシウムの分配係数を取得する試験を進めた(経済産業省受託「放射性廃棄物処分の長期評価手法の調査」)。

## 2 燃料試験施設を利用する研究開発

### 2.1 原子燃料工業(株)受託「燃料集合体信頼性実証試験 BWR9×9 B 型燃料照射実証試験」

国のプロジェクト(JNES 中期目標:燃料及び炉心安全性確認試験)に基づく標記受託業務にお

いて、燃料要素のペレット・被覆管の破壊試験、集合体部材のウォータチャンネル(W/C)及びスペーサ等の非破壊／破壊試験を実施した。また、同受託に関する以下の2件の照射後試験を実施した。「照射後燃料被覆管特殊引張試験及び被覆管周方向引張試験」では、5サイクル照射燃料被覆管のリング引張試験用試料の調製、及び「BWR9×9B型燃料集合体外周燃料要素非破壊試験」では、同燃料集合体外周燃料要素の非破壊検査を実施した。

## 2.2(独)原子力安全基盤機構(JNES)受託事業

高燃焼度燃料の中間貯蔵時の審査指針・技術基準策定に資するための「使用済燃料の機械特性等に関する試験」では、次年度に実施予定の燃料棒中の水素化物再配向に及ぼす時効効果の評価試験のための燃料要素の非破壊検査を実施した。

## 2.3 機構内の研究部門による利用

「高度化軽水炉燃料安全技術」(経済産業省受託調査)の一環として行っている原子炉安全性研究炉(NSRR)でのパルス照射実験に関して、の欧州で照射された高燃焼度燃料及び混合酸化物(MOX)燃料について、短尺加工前の非破壊検査及びNSRRパルス照射用短尺加工(4本)、外観観察等の非破壊検査を実施した。検査後に試料をNSRRに搬出した。パルス照射実験後の短尺燃料(4本)を受入れて、照射後試験を実施した。

また、冷却材喪失事故(LOCA)試験関連ではクエンチ試験3本及び酸化試験1本を実施した。

国内照射高燃焼度PWR燃料について、NSRRパルス照射実験後の燃料の非破壊／破壊試験を実施した。

照射済燃料からのFP放出(VEGA)実験では、VEGA-4実験後の燃料のSEM/EPMAを実施して、VEGA実験に関連した全ての試験を終了した。

新クロスオーバー試験では、パルス照射に供された燃料のレファレンス試料について、金相試験等の破壊試験を実施した。

Pu窒化物燃料に関しては、材料試験炉(JMTR)で照射した燃料の非破壊／破壊試験を行い、本件に係る一連の試験を終了した。

その他、むつ使用済燃料の被覆管の渦電流探傷試験等を実施した。

## 3. WASTEF を利用する研究開発

### 3.1 材料の研究

先進耐食材料を開発するための再処理施設用機器材料の耐食性評価に係るホット環境試験等を実施した。経済産業省受託研究「再処理施設安全技術調査等(耐食材料機器保守管理技術等調査)」で進める溶解槽材料のホット環境試験では、代替候補材の使用済燃料溶解液中及び模擬液中での伝熱面応力腐食割れ試験を実施した。また、日本原子力発電(株)との共同研究「高性能燃料被覆管材質の研究(フェーズ2)」の照射後試験として、前年度実施した<sup>60</sup>Co照射線場を付加した更なるBWR環境近似条件下で実施した伝熱面腐食試験の管材試料について、TEM観察を実施した。同様に、JRR-3照射ステンレス鋼材の低歪速度引張試験を実施した。WASTEFを利用した研究で以下の成果が挙げられた。

(1) 管材試料についての TEM 観察

管材試料における BWR 模擬環境近似試験後 TEM 観察結果では、原子力機構開発材である UHP 合金が比較材の SUS304ULC 鋼に対して優れた耐粒界腐食性を有することが確認できた。

(2) 使用済燃料溶解液中の模擬液中での伝熱面応力腐食割れ試験

六ヶ所再処理施設では、燃料溶解槽に耐食性の優れるジルコニウムが使用されているが、ジルコニウムは 6 価クロムなどの高酸化還元電位を持つ金属イオンが共存する硝酸溶液中で応力腐食割れを起こす懸念が指摘されている。それを確認するために、使用済み燃料溶解液の模擬液中での応力腐食割れ試験を行った。今回新たに、沸騰硝酸溶液中でジルコニウムの応力腐食割れ試験を実施できる設備（図Ⅲ-9）を WASTE F 内に設置した。この装置では、溶解槽で最も腐食が厳しいと考えられる蒸気加熱部の内面の部位を模擬する伝熱面での SSRT 試験がホット環境により可能なように考慮してある。実際の燃料を硝酸により溶解した溶液で試験した結果、再処理施設の燃料溶解槽条件においては、ジルコニウムが応力腐食割れを発生して機器の寿命を低下させる可能性が極めて低いことを明らかにした。

(3) JRR-3 照射ステンレス鋼材の低歪速度引張試験

超高燃焼度でも使用できる燃料被覆管用の高 Ni 系 UHP ステンレス鋼を開発し、その適用性を検討した。本開発鋼を JRR-3 において、約 2dpa まで照射し、WASTE F においてその高温高压水中複合環境下低歪速度引張試験（SSRT 試験）を実施した。その結果、開発材は比較材と比べて、照射誘起応力腐食割れ（IASCC）感受性が極めて低いことを確認した。

3.2 燃料の研究

マイナーアクチノイド（MA）の核変換用燃料の開発に関連して、照射済岩石型ウラン（U-ROX）燃料について浸出試験及び放射能測定を実施した。また、VEGA 実験に係る分析試験として、プラズマ発光分光分析法（ICP-AES）により、VEGA 実験装置配管洗浄液の FP 元素分析を実施した。その他、NSRR パルス照射済燃料の発熱量及び燃焼率測定用の試料作製を行った。

3.3 アクチノイド凝縮系物性の研究

文部科学省の公募特会受託研究「窒化物燃料と乾式再処理に基づく核燃料サイクルに関する技術開発」において、アメリカシウム系混合窒化物の調製試験、熱拡散率測定及び比熱容量測定を実施した。また、日本原子力発電㈱との共同研究「窒化物燃料中の超ウラン元素の挙動研究（フェーズ 2）」の一環として、超ウラン元素を含有した窒化物の調製、寸法測定・X線回折、熱拡散率測定及び比熱容量測定を実施した。

3.4 放射性廃棄物処分の研究

深地層を模擬した低酸素濃度環境での多様な地質化学条件下におけるプルトニウム（Pu）等の溶解度試験を実施した。

### Ⅲ 大型試験施設を利用する研究開発

#### 1 タンデム加速器を利用する研究開発

タンデム加速器施設は、①40種以上の元素のイオンが連続エネルギーで加速可能である、②放射性物質、核燃料物質がターゲットとして利用可能である、③照射試料が放射化しない最大エネルギーのイオンが利用出来る、などの他の加速器施設では得がたい特色を有している。これを利用して、タンデム加速器やブースターからの高エネルギー重イオンを用いた重元素領域の核物理、核化学、物性材料等の原子力基礎科学の研究が実施された。

「協力研究に関する課題審査作業部会」において、提案された課題を審査し、その審査結果をタンデム加速器専門部会に報告し承認を得た。また、機構内の研究部門等による利用の課題については、利用日数審査を機構外機関等との協力研究と同じ審査で行い、研究計画に反映させた。その結果本年度には、タンデム加速器及びブースターを用いて、原子核、核化学、原子・固体物理、材料物性等に関する研究課題68件が実施された。利用機関の数は45、利用者数は延べ約180人であった。本年度からは、超重元素を対象とした核物理的及び化学的性質の解明、核燃料体の核分裂片による照射効果の解明、放射性ビームを利用した材料開発の研究が開始された。

##### 1.1 利用状況

本年度のタンデム加速器の利用申込状況は表Ⅲ-4の通りで、近年の状況とほぼ同様であった。また、研究分野ごとの利用状況を表Ⅲ-5に示す。協力研究が全体の76%を占め、他に共同研究が15%、機構内研究者による単独利用が9%を占めた。

高エネルギー加速器研究機構(KEK)との放射性イオン加速実験装置(TRIAC)を用いた共同研究が本年度下期から始まったため、共同研究の件数が例年より増加した。加速器開発のための14日間の実験は、主にTRIAC関係のイオン源と放射性イオン加速の実験である。

##### 1.2 利用研究の成果

タンデム加速器を利用した研究開発の成果の公表状況を表Ⅲ-6に示す。主な研究成果の概要を以下に示す。

###### 1.2.1 核化学の研究

先端基礎研究センター 重元素単一原子化学研究グループが大阪大学、新潟大学、ドイツ重イオン研究所などと協力して実施した、原子番号 $Z=104$ のラザフォージウム(Rf)の化学的性質を単原子測定法で調べる研究で、次のような顕著な成果が挙げられた。この実験で用いた半減期が78秒の $^{261}\text{Rf}$ は、タンデム加速器を用いて加速した $^{180}$ イオンビームを $^{248}\text{Cm}$ ターゲットに照射し、 $^{248}\text{Cm}$ ( $^{180}, 5n$ ) $^{261}\text{Rf}$ 反応で合成されたものである。

周期表において同族の元素同士の化学的性質は通常お互いに類似しているが、Rfのような超重元素はこのような周期律に従わない可能性のあることが理論的に指摘されている。今回世界で始めて、Rf(IV)イオンの性質が、周期律表で同じ第4族に属するジルコニウム(Zr)やハフニウム(Hf)(IV)イオンの性質と大いに異なったものであることが判明した。

このことを実証した実験データを図Ⅲ-10 に示した。これは硝酸-フッ化水素酸混合溶液中の Rf(IV) のイオン交換樹脂への吸着挙動を、Zr(IV)、及び Hf(IV) イオンのそれと比較したものであり、分配係数  $K_d$  と硝酸イオン濃度  $[NO_3^-]$  との関係を示している。硝酸濃度が一定の条件下でも、Rf(IV) の  $K_d$  値が Zr(IV)、Hf(IV) のそれと大きく異なることが明らかになった。

### 1.2.2 固体物理・原子物理・照射損傷の研究成果

- (1) 物質科学研究部材料照射解析研究グループ（旧原研の組織）と高エネルギー加速器研究機構の研究グループの共同研究チームは、タンデム加速器で加速したリチウムの短寿命核種（ $^8\text{Li}$ 、質量数 8、半減期 0.8 秒）イオンのビームを利用し、LiGa（リチウムガリウム）等の超イオン伝導体中におけるリチウムイオンの拡散挙動を直接測定することに成功した。実験で用いた  $^8\text{Li}$  イオンビームは、質量数 7 の安定なリチウム（ $^7\text{Li}$ ）のイオンビームをベリリウムターゲットに照射することにより、核反応で生成した短寿命核種である  $^8\text{Li}$  を、質量分離器で分離して得られたものである。これを LiGa 試料に打ち込み（図Ⅲ-11）、 $^8\text{Li}$  が試料中を移動するうちに核壊変して放出するアルファ線を検出し、アルファ線の検出頻度の時間変化を求めることにより、 $^8\text{Li}$  の拡散係数を正確に決定した。試料の温度を 120°C から -60°C まで変えた時の拡散係数の変化を図Ⅲ-12 に示す。この結果から、-30°C 以下においてリチウムの拡散が室温における値の千分の 1 以下に急激に遅くなる現象を直接観察することに成功した。超イオン伝導体は電池材料などに応用が進み、電極材料中のリチウムイオンの拡散の速さが電池の特性向上につながるため、同イオンの高速拡散挙動の解明が求められており、今回用いた手法で固体中の毎秒 1  $\mu\text{m}$  程度の比較的速いイオンの動きを検知できるので、超イオン伝導体の拡散現象解明の有力な新手法として期待できる。（耐照射性原子力材料開発グループ、京都工芸繊維大学等との協力研究）
- (2) 物質中の高速イオンの挙動を調べる目的で、重イオンスペクトロメーター（ENMA）を用いて、入射エネルギー 2.0 MeV/u のイオンビーム S が電荷分布の非平衡領域である極薄い炭素薄膜（0.9-10.0  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ）を通過した後の多価 S イオンの電荷分布変化を系統的に測定した。（耐照射性原子力材料開発グループ、電中研等との共同研究）
- (3) 軽水炉  $\text{UO}_2$  燃料中で発生する照射欠陥と核分裂生成物の蓄積過程及び組織変化過程を解明するために、 $\text{UO}_2$  模擬物質である  $\text{CeO}_2$  への Xe イオン照射を行った。イオントラックの照射温度効果、照射量依存した表面の微細組織変化などについて情報が得られた。（耐照射性原子力材料開発グループ、電中研等との共同研究）
- (4) 磁性の変化などの測定から、絶縁体と金属のような異種元素間の高エネルギー重イオン照射下でのミルキング挙動が調べられた。（耐照射性原子力材料開発グループ、大阪府立大学との協力研究）

### 1.2.3 核物理の研究成果

- (1)  $Z=112, 113$  の超重元素の合成に関する参考データとなる  $^{70}\text{Zn}+^{208}\text{Pb}$  及び  $^{209}\text{Bi}$  の反応における核

融合障壁の分布を測定した。(極限重原子核の殻構造と反応特性の解明グループ、KEK 素粒子原子核研との協力研究)

(2) RMS 及び TRIAC からの  $^8\text{Li}$  ビームを用いて天体核反応  $^8\text{Li}(d, p)$ ,  $(d, p)$  及び  $(d, \alpha)$  の反応率を測定した。(極限重原子核の殻構造と反応特性の解明グループ、KEK 素粒子原子核研との共同研究)

(3) 核分光による核構造研究では、放射性核種ターゲットと 18.0MV で加速した  $^{18}\text{O}$  ビームとの 2 中性子移行反応でできる  $^{250}\text{Cm}$  の基底状態のバンド構造を明らかにした。(極限重原子核の殻構造と反応特性の解明グループ、東工大等との協力研究)

(4) 多重ガンマ線検出装置(GEMINI-2)を利用して、TRIAC を用いた放射性 Xe に関する入射粒子クーロン励起の予備実験を行った。(核変換用核データ測定研究グループ)

## 2 大型再冠水実験棟

### 2.1 BWR 核熱結合試験装置 (THYNC)

BWR 炉心不安定現象解明の研究のため、核熱結合時の熱水力挙動を模擬するボイド反応度フィードバック制御運転を行う BWR 核熱結合炉外試験を熱水力安全評価研究グループと共同で実施した。本年度は、BWR の定格運転条件(圧力 7.2 MPa、温度 286 °C)で、核熱結合現象時の不安定流動振動に伴う模擬燃料棒温度変化などを計測した。試験部は並列試験部 3 基と大型擬燃料集合体 1 基で構成した。試験のため電気式ボイド率計、出力分布可変模擬燃料棒を開発した。試験の成果は軽水炉燃料の安全審査用情報・ツールとして用いる予定である。

### 2.2 稠密炉心限界熱流束試験装置

平成 14 年度から文部科学省革新的原子力システム技術開発公募事業「超高燃焼水冷却増殖炉用燃料集合体に関する技術開発」において、稠密格子炉心の限界熱流束試験を実施している。試験では、水冷却増殖炉の開発研究のため、稠密格子炉心の炉心冷却性能を確認する稠密炉心限界熱流束試験を機構論的熱設計手法開発グループと共同で実施している。本年度は、水冷却増殖炉の定格運転条件(圧力 7.2 MPa、温度 286 °C)で曲がり効果試験部とスパーサ効果モデル試験部について限界熱流束試験を実施した。曲がり効果試験部は 37 本模擬燃料集合体で燃料棒の 2 箇所を接触させたものである。スパーサ効果モデル試験部は本年度に製作したもので、スパーサの配置、種類が可変の 6 本模擬燃料集合体である。試験結果から稠密格子炉心の冷却性能は設計性能を満たしていることを確認できた。また炉心のボイド率を計測して核燃料の転換比が設計値を満たすことを確認した。このためのボイド率計測技術を開発した。(特許出願・『高温高压流路のボイド率を瞬時計測する電気式ボイド率計』: 2005-212704)

## 3 大型非定常ループ実験棟(LSTF)

平成 17 年度から OECD/NEA（経済協力開発機構/原子力機関）の原子力施設安全委員会（CSNI）とで行なう国際共同研究 OECD/NEA ROSA プロジェクトを実施している。試験では、加圧水型原子炉（PWR）を模擬した世界最大の熱水力総合試験装置・LSTF を用いて、PWR 事故時の冷却材挙動に関する研究試験を熱水力安全評価研究グループと共同で行っている。本年度は、軽水炉の安全評価を高めるための国際協力 OECD/NEA ROSA プロジェクトを開始し、システム効果実験では压力容器頂部試験および底部破断試験、個別効果実験では過熱蒸気自然循環試験やウォーターハンマー試験を実施した。保守ではコールドレグの熱電対増設と、可視化用ビデオプローブを製作した。試験成果は軽水炉の安全評価技術の確認、開発・整備に用いられる。

## 4 二相流ループ実験棟（TPTF）

### 4.1 過渡ボイド試験装置

平成 16 年度から経済産業省特別会計事業『燃料等安全高度化対策事業』の「高精度熱水力安全評価技術調査」において、BWR 燃料の安全性評価に係わる「過渡ボイド挙動調査」を実施している。試験では、軽水炉燃料の高燃焼度化に対応した安全評価のため、軽水炉・反応度事故時のボイド反応度低下を定量評価し、燃料安全を確認するための過渡ボイド試験を熱水力安全評価研究グループと共同で実施している。本年度は、各種過渡ボイド試験部を用いて試験を実施し、一定の温度、圧力及び流量の条件下で模擬燃料棒に瞬時出力ピークを与えたときのボイドを、電気式ボイド率計で計測した。試験部は、低圧/高圧、短尺/長尺試験部（直接通電式模擬燃料棒）、10,000 ADC 電源、インピーダンス式ボイド率計測システムで構成される。高圧試験時には BWR 条件（圧力 7.2 MPa、温度 286 °C）で運転する。試験成果は軽水炉燃料の安全評価に反映される。

### 4.2 燃料集合体流動特性試験装置

平成 13 年度から日本原子力発電株式会社との共同研究「低減速スペクトル炉の研究」において、稠密格子炉心の流動特性試験を実施している。試験では、水冷却増殖炉の開発のため、炉心冷却性能を確認する燃料集合体流動特性試験を機構論的熱設計手法開発グループと共同で実施している。本年度は、炉心の流量分布、圧力損失、ボイド率分布等を計測する試験を圧力 2.5MPa、温度 250°C 条件下で実施した。試験体は 19 本構成稠密格子炉心模擬燃料体 2 基（流量分布試験用とボイド率計測試験用）で構成される。試験結果から流量分布は設計範囲であることが明らかになった。試験結果は新型炉設計データとして利用される。

【参考文献】

- 1) 平成 17 年度研究炉加速器管理部年報 (JRR-3、JRR-4、NSRR 及びタンデム加速器の運転、値用及び技術開発)、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研究炉加速器管理部、JAEA-Review 2006-036 (2006).
- 2) ホット試験施設管理部施設の運転管理 (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ホット試験施設管理部、JAEA-Review 2007-006.
- 3) M. Matsuda et al., JAERI Tandem Annual Report 2001(2002) p11-12.
- 4) M. Matsuda et al., JAERI Tandem Annual Report 2000(2001) p7-8.
- 5) 古渡意彦ら, 日本保健物理学会第 39 回研究発表会講演要旨集 (2006), p. 44.
- 6) 谷村嘉彦ら, 日本原子力学会 2006 年春年会講演要旨集 (2006), p. 44.
- 7) 志風義明ら, 日本原子力学会 2006 年春年会講演要旨集 (2006), p. 45.
- 8) 川崎克也ら, 日本原子力学会 2006 年秋年会講演要旨集 (2006), p. 45.
- 9) H. Higuchi et al., System of the Advanced Volume Reduction Facilities for LLW at JAERI, Proc. of GLOBAL2005, Tsukuba, Japan, 9-13 Oct., 2005, CD-ROM paper No. 277.
- (8) 小澤一茂ら、日本原子力学会 2005 年秋の大会講演要旨集 (2005), p. 467.
- 1) 原賀智子ら、放射性廃棄物から製作される溶融固化体の放射能迅速評価のための逆同時および同時  $\gamma$  線スペクトロメトリーの検討、JAERI-Tech 2005-050 (2005).
- 2) 平成 17 年度再処理施設解体技術開発成果報告書、日本原子力研究開発機構 (2005).
- 3) 小林忠義、再処理特別研究棟の廃止措置実績と経験、原子力施設デコミッションング技術講座 [第 17 回]、原子力研究バックエンド推進センター、RANDN 2005014 (2006).
- 4) 美留町厚ら、日本原子力学会 2006 年春の年会講演要旨集 (2006), p. 392.
- 5) 海老根守澄ら、日本原子力学会 2006 年春の年会講演要旨集 (2006), p. 393.
- 6) 「研究炉利用における研究成果集 (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研究炉加速器管理部 (編) 研究炉利用課、JAERI-Review 2007-018 (2006).
- 7) 宮田賢, 丹治輝, 井村久則, 松江秀明, 米沢伸四郎、「 $k_0$ 法を用いた中性子放射化分析法の信頼性評価と環境エアロゾル試料への適用」、分析化学、55 (2006) 689.
- 8) 平成16・17年度 原研施設利用総合共同研究成果報告書 (CD版)、東京大学大学院工学系研究科原子力専攻共同利用管理本部 (2006).
- 9) Y. Fujii, “Activities in big facilities (neutron facilities)”, IUCr Newsletter 13(2), (2005)13.
- 10) J. -H. Chung, M. Matsuda, S. -H. Lee, K. Kakurai, H. Ueda, T. J. Sato, H. Takagi, K. -P. Hong, S. Park, ” Statics and dynamics of incommensurate spin order in a geometrically frustrated antiferromagnet  $\text{CdCr}_2\text{O}_4$ ”, Phys. Rev. Lett. 95 (2005) 247204.
- 11) R. Maruyama, D. Yamazaki, T. Ebisawa, M. Hino, K. Soyama, “Development of neutron supermirrors with large critical angle”, to be published in Thin Solid Films.



図 I-1 原子力科学研究所の組織

(平成17年10月1日の新法人発足時の組織。旧部課室名は同年9月31日までの日本原子力研究所東海研究所の組織名を示す。)



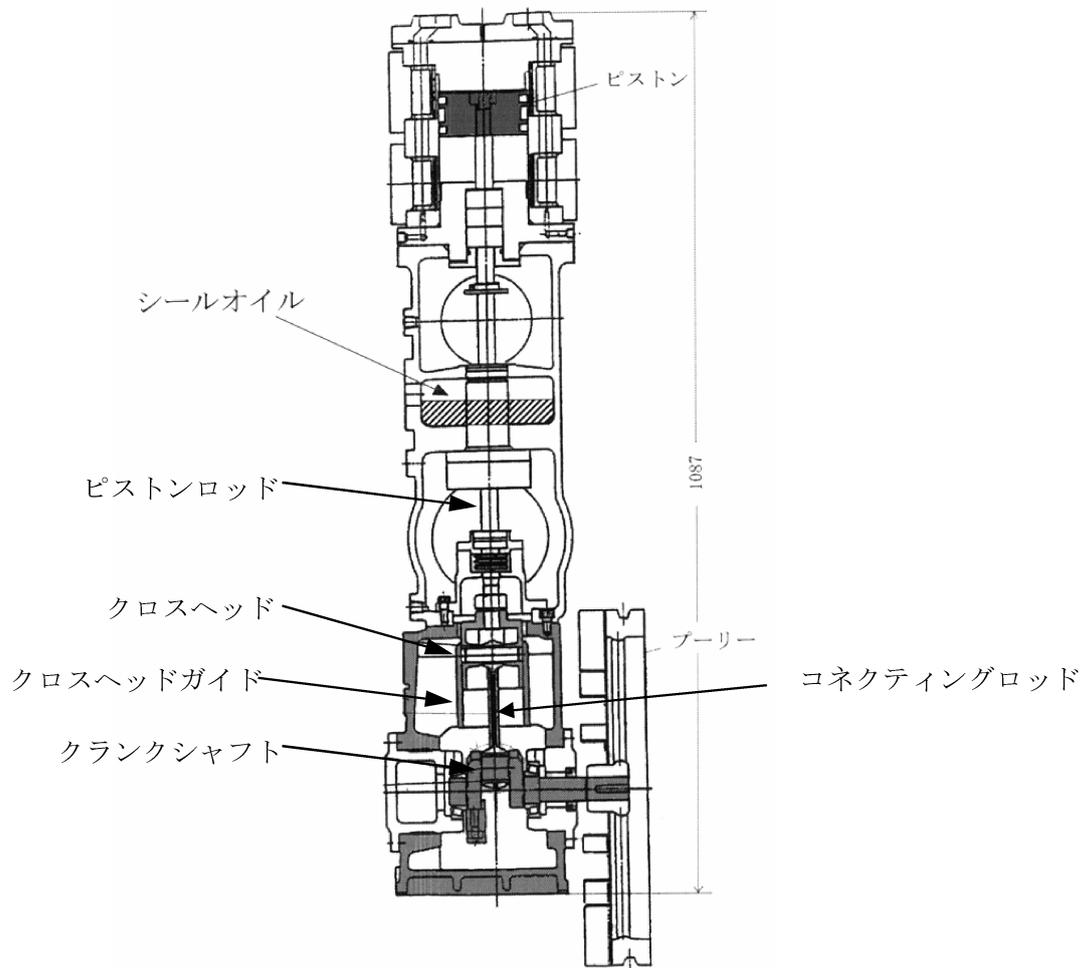
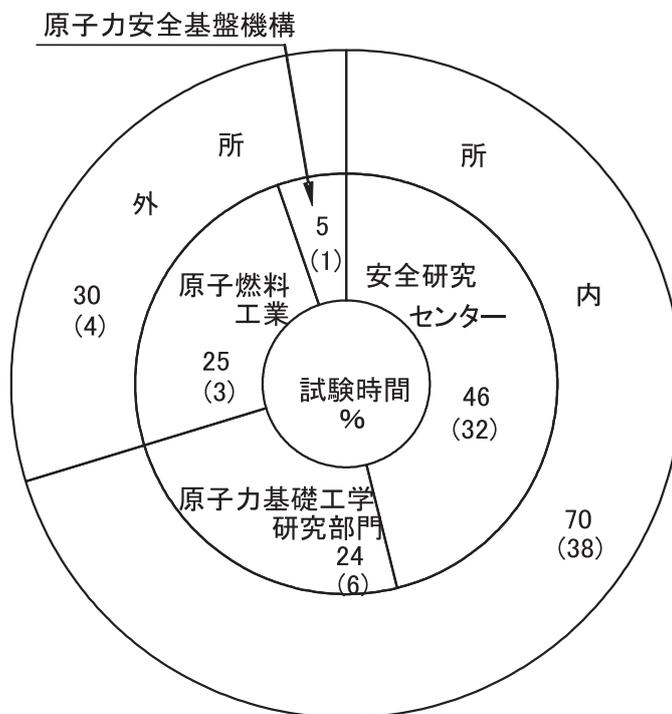


図 II-2 重水冷却設備ヘリウム系統ヘリウム圧縮機の構造



利用比率(試験時間)  
( )内は件数を示す

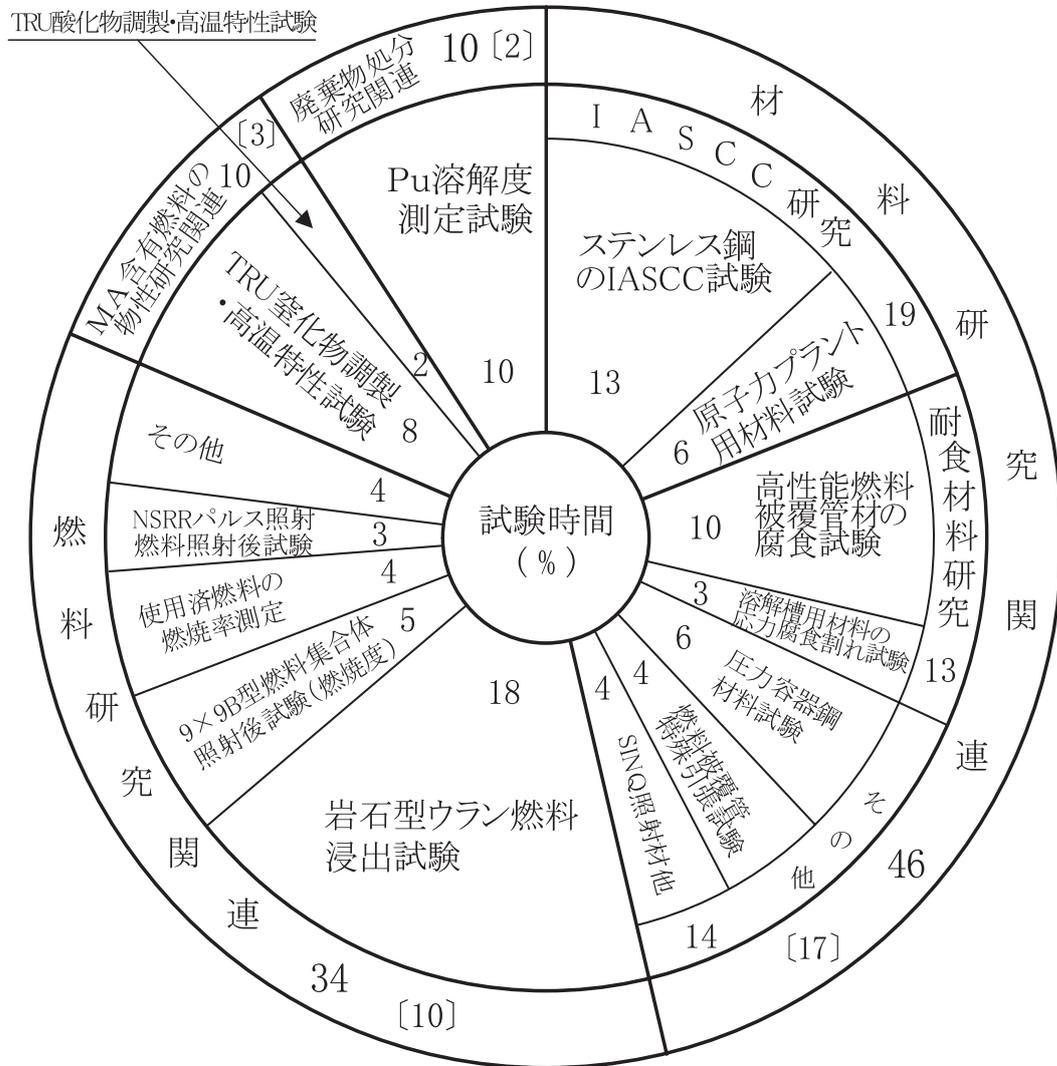
安全研究センター(32件): 高度化軽水炉燃料安全技術調査等

原子燃料工業(3件): 燃料集合体信頼性実証試験 BWR9×9B型燃料照射実証試験  
9×9B型燃料集合体照射後試験等

原子力基礎工学研究部門(6件): 窒化物燃料の照射後試験等

原子力安全基盤機構(1件): 使用済燃料健全性への水素化物影響等に関する機械特性試験

図Ⅱ-3 燃料試験施設の利用状況



利用比率

図 II-4 WASTEF の利用状況

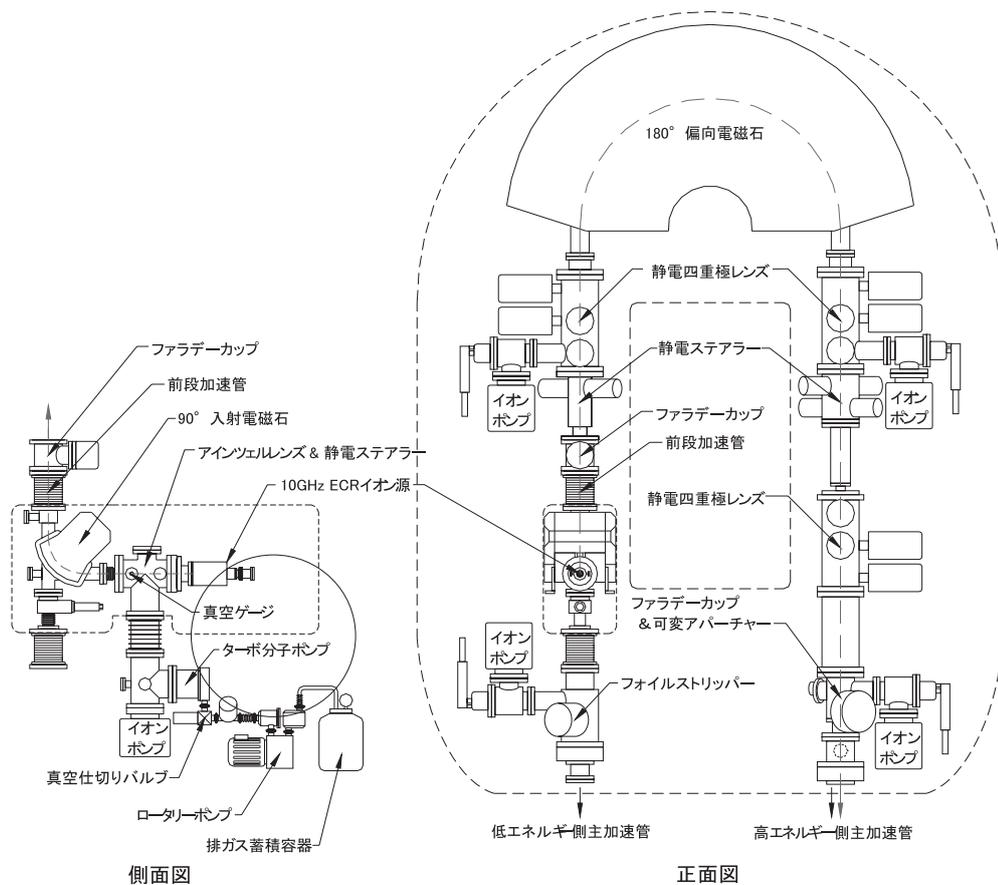


図 II-5 10 GHz-ECR イオン源の移設後の高電圧端子内配置図(タンデム加速器)

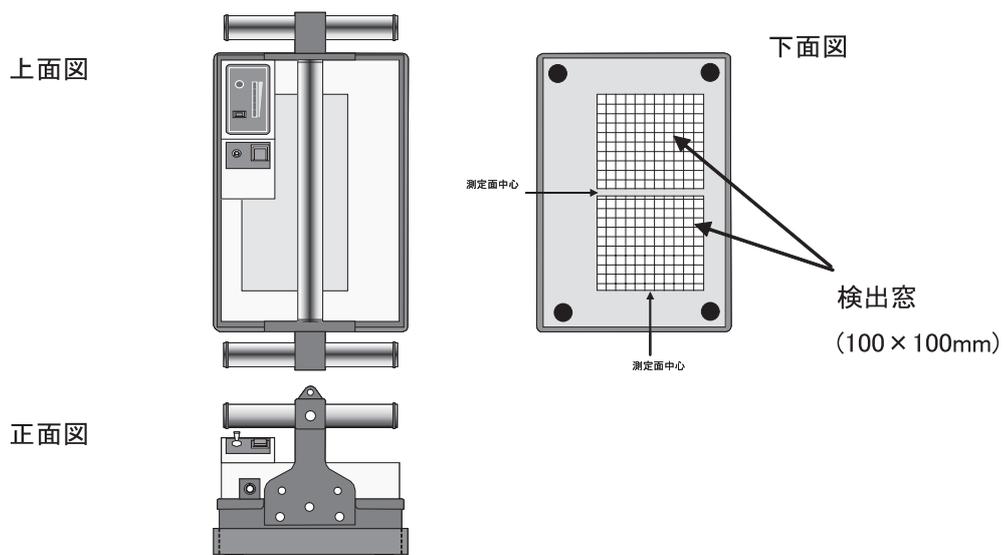


図 II-6 プラスチックシンチレータサーベイメータ

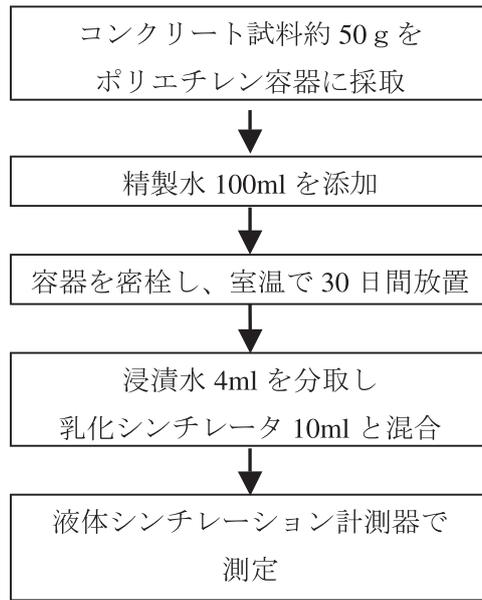


図 II-7 コンクリート中の  $^3\text{H}$  の分析方法

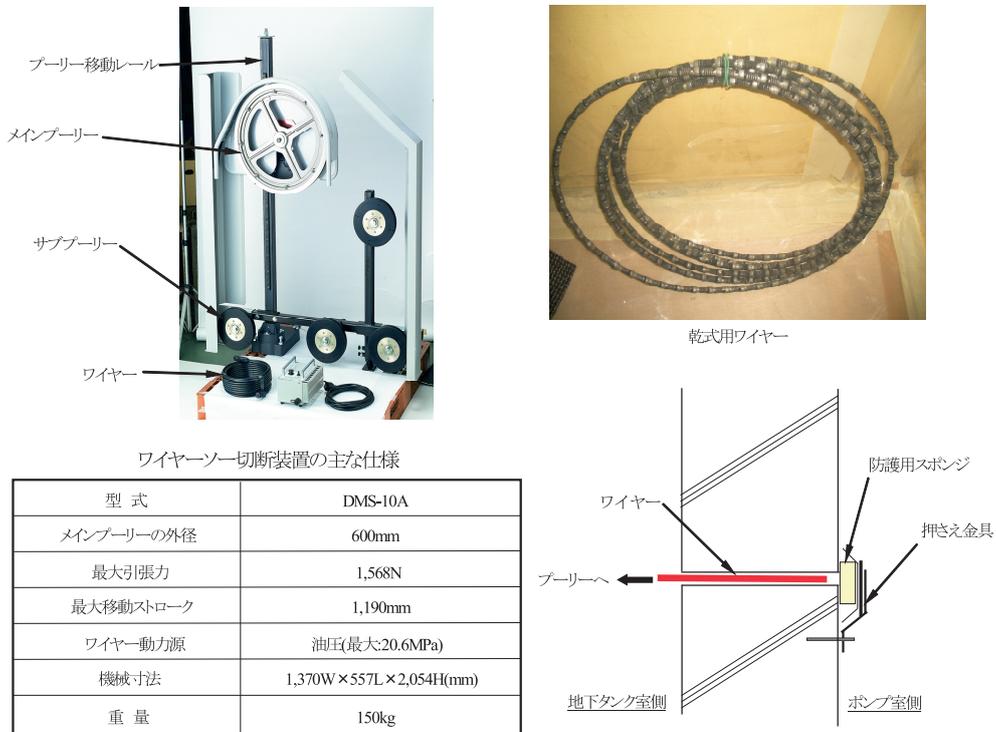
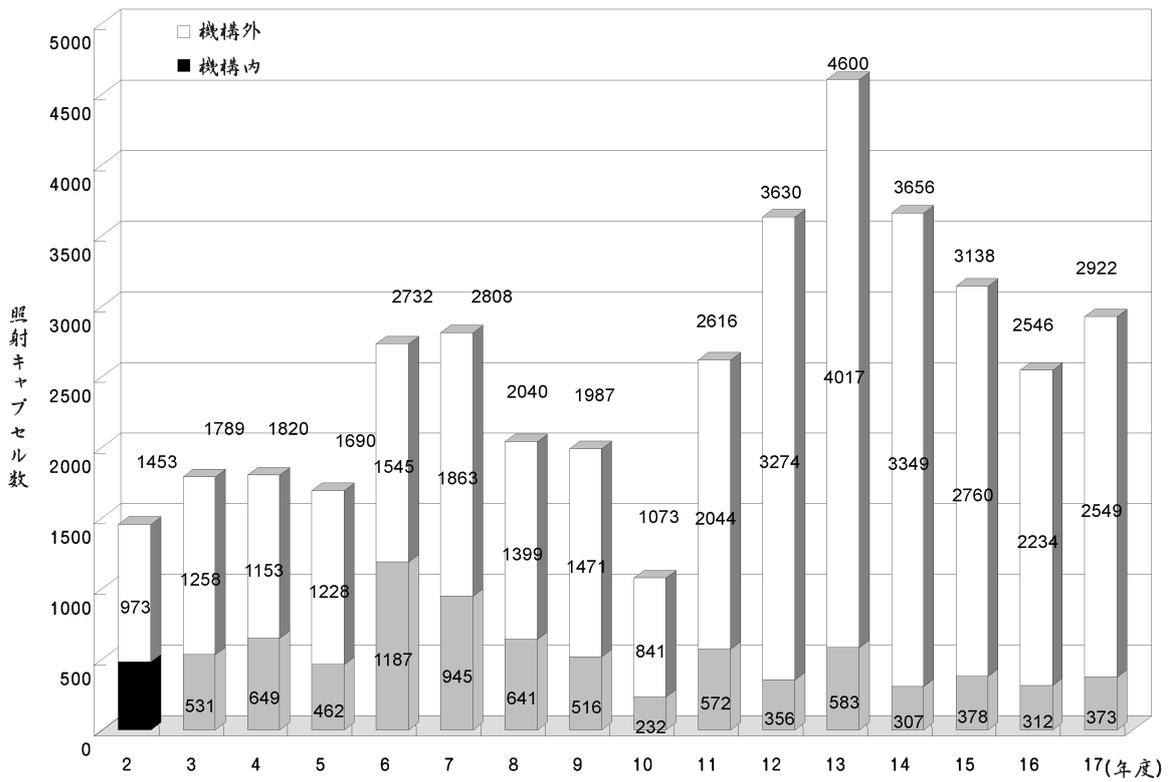
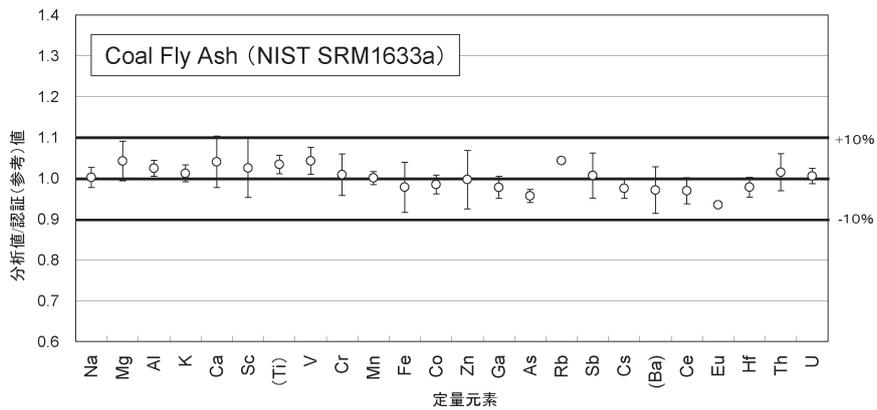


図 II-8 ワイヤーソー切断装置の概略及び仕様





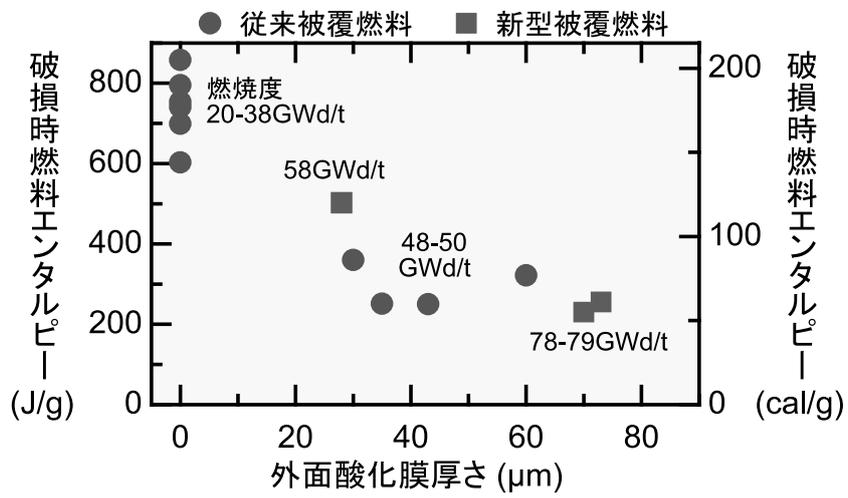
図III-2 JRR-3、JRR-4における照射利用の推移



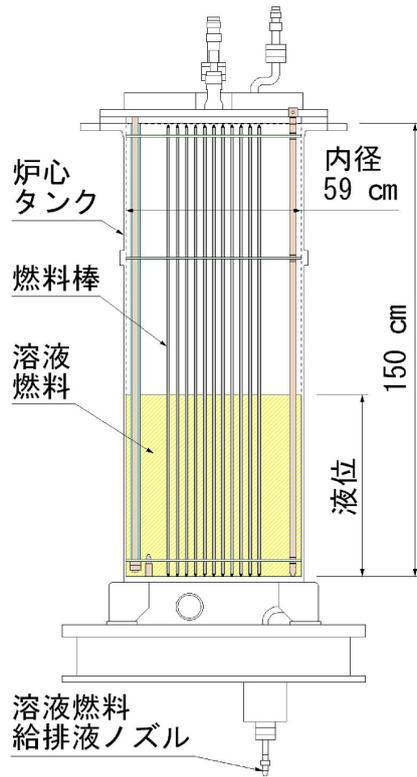
図III-3  $k_0$ 法に基づく中性子放射化分析法の正確さの評価



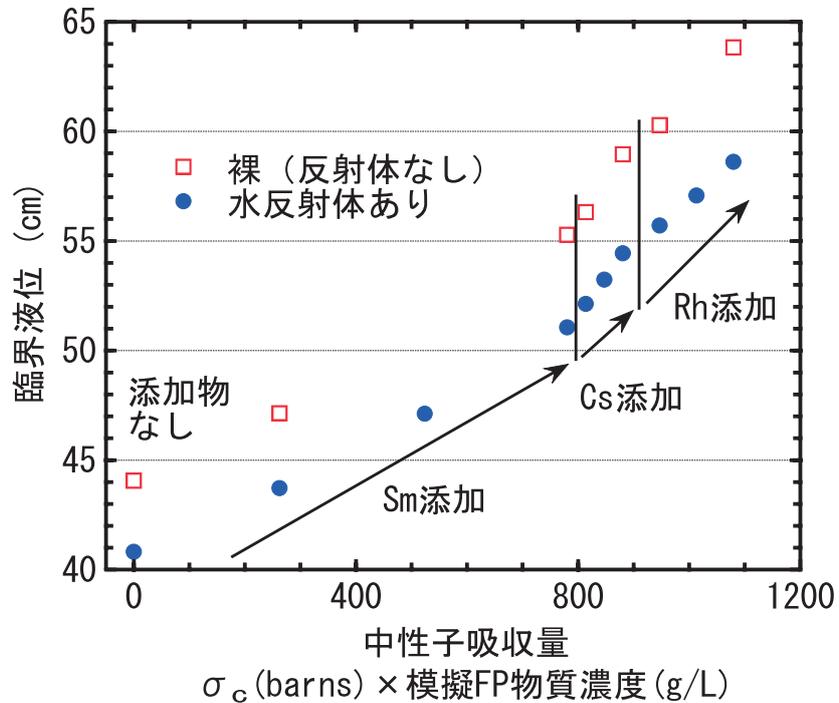
図III-4 NSRRにおけるVA-2実験で破損させた燃料棒の外観



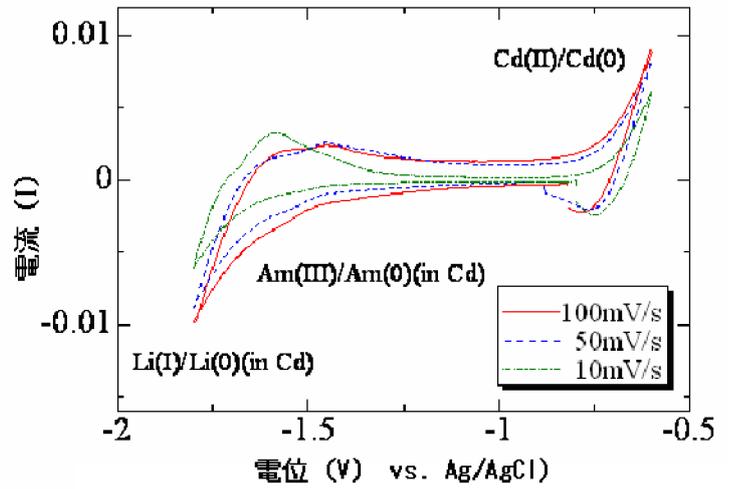
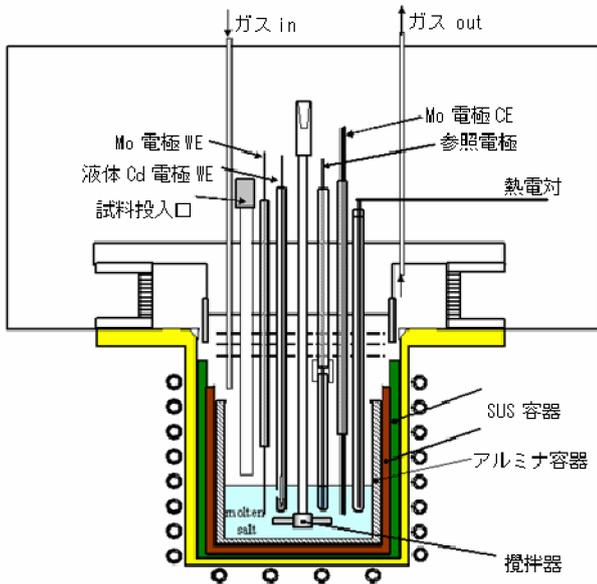
図III-5 被覆管の腐食量と破損時燃料エンタルピーの相関(NSRR照射実験)



図III-6 ウラン棒状燃料と硝酸ウラニル溶液燃料から成る STACY 非均質炉心体系



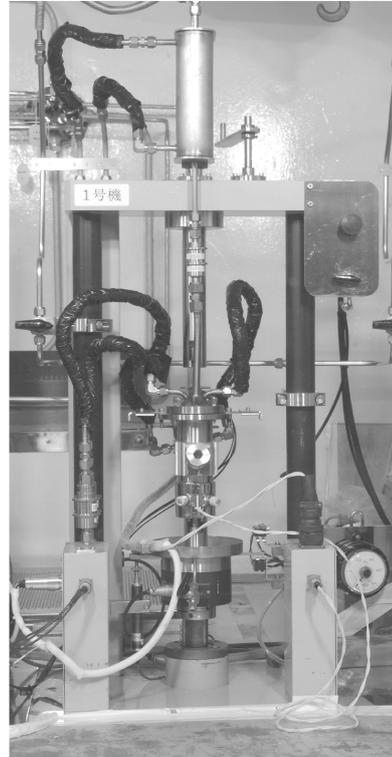
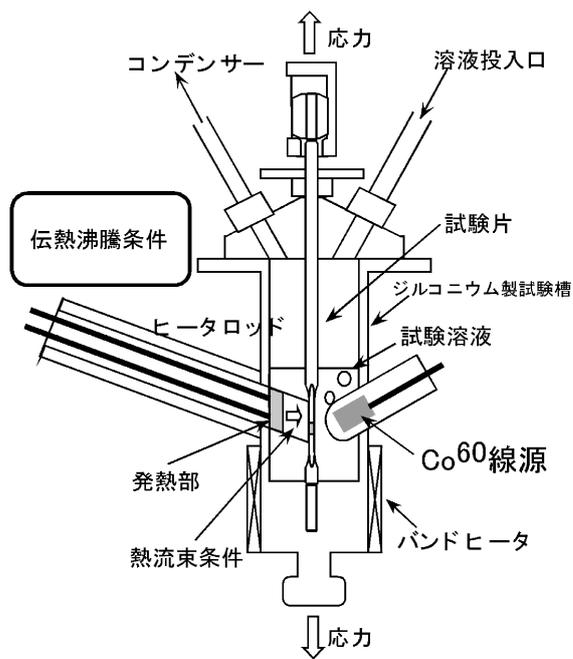
図III-7 FP 元素の中性子吸収量と臨界液位 (STACY での実験)



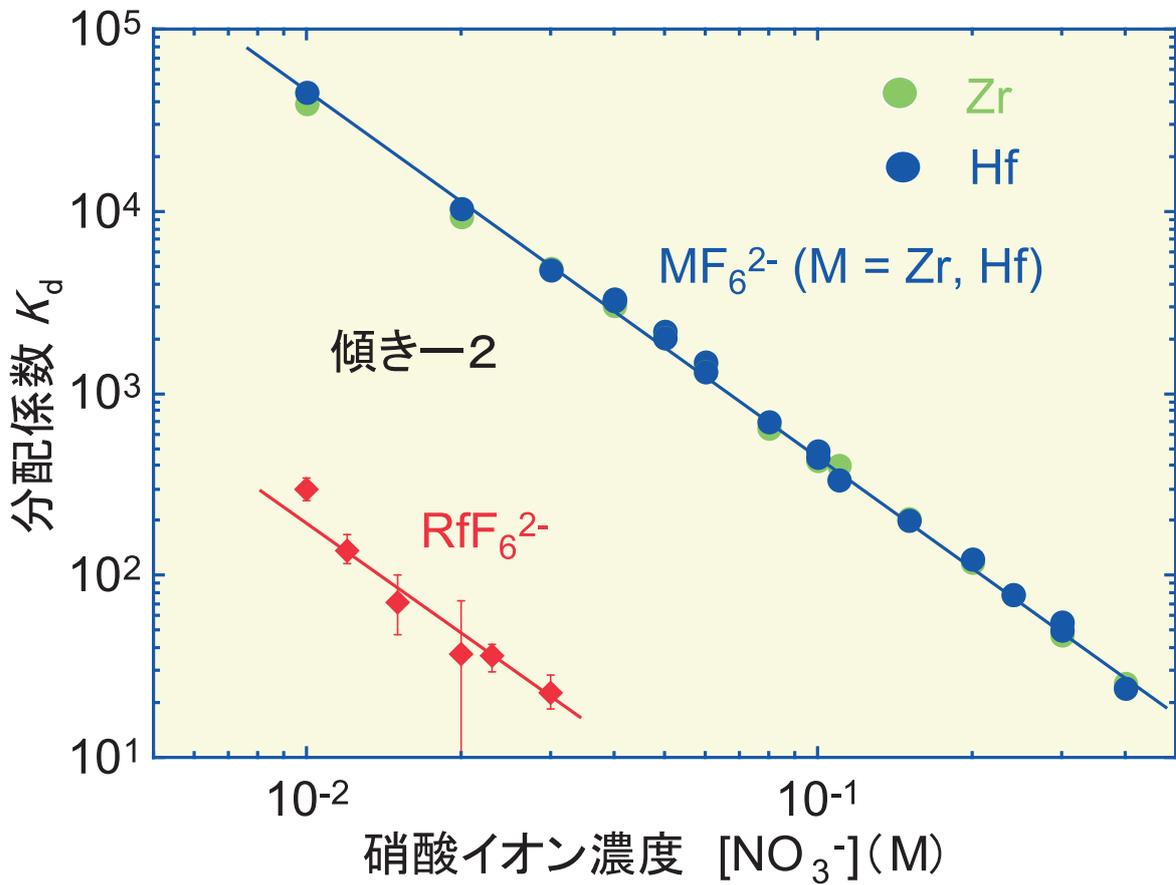
図III-8 溶融塩中の Am の電気化学的測定 (BECKY での実験)

(a) 実験に用いた溶融塩電解槽

(b) (LiCl - KCl) 共晶塩 - AmCl<sub>3</sub> のサイクリックボルタモグラム (陰極: 液体 Cd、塩浴温度: 723 K、Am 濃度: 約 0.03 モル%、電位掃引速度: 10~100mV/s)

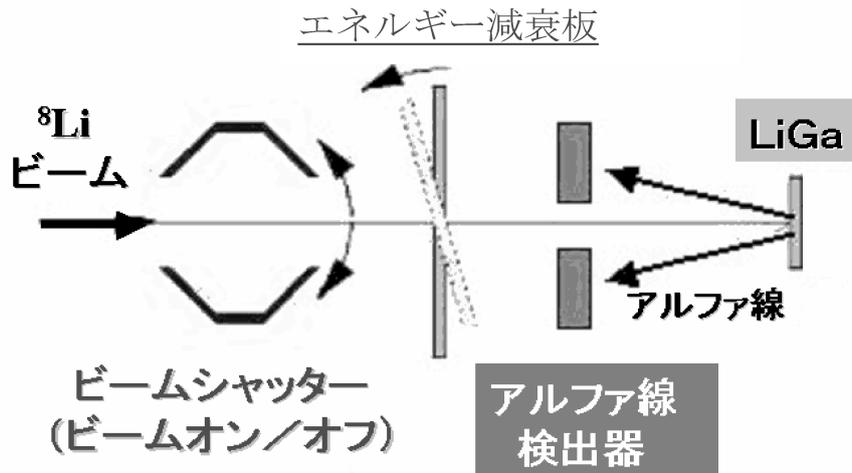


図III-9 WASTE-F に設置した沸騰伝熱面 SCC 評価試験装置および試験セル部

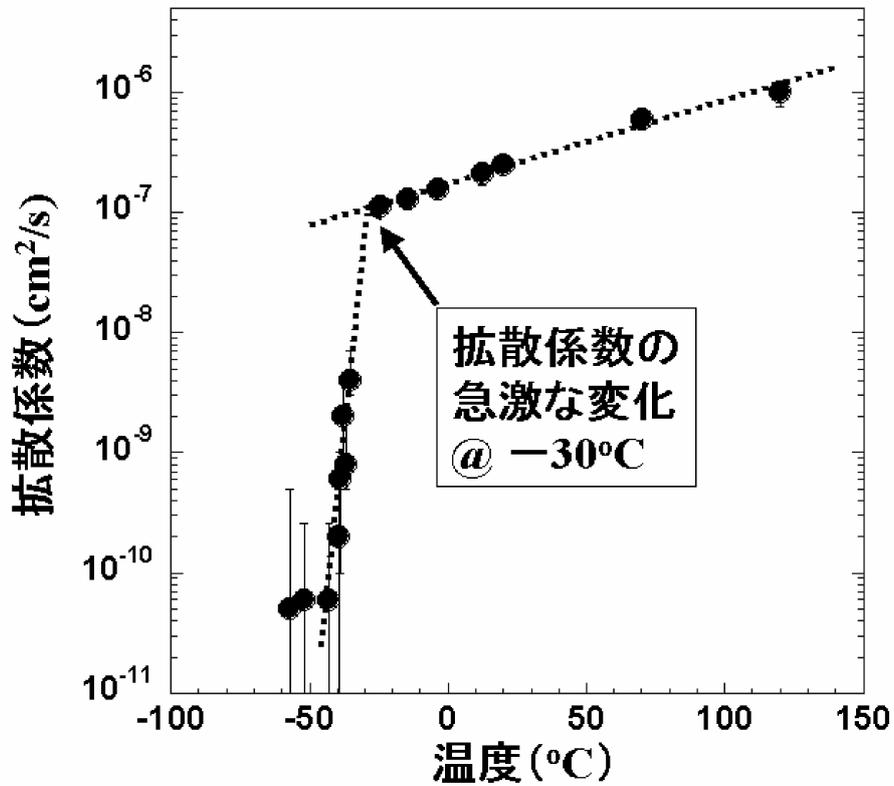


図III-10 タンデム加速器を用いて生成した Rf(IV)の陰イオン交換樹脂への吸着挙動 (Zr(IV)及びHf(IV)との比較)

分配係数  $K_d$  と溶液中の硝酸イオンの濃度 $[NO_3^-]$ との関係を示す。水溶液はフッ化水素酸と硝酸の混合溶液でフッ化物イオン濃度 $[F^-]$ は一定 ( $[F^-] = 0.003$  M)。



図III-11 LiGa 中のリチウムイオンの高速拡散挙動を直接測定するための装置 (タンデム加速器施設での実験)



図III-12 LiGa 中での  $^8\text{Li}$  拡散係数の温度依存性 (タンデム加速器施設での実験)

表 I-1 原子力科学研究所運営会議での議題一覧（平成17年度下期）

回数（年月日）	議 題
第1回(H17.10.5)	(1)第1回防護隊員の募集について(審議、保安管理部) (2)原子力科学研究所原子力事業者防災業務計画の要旨の公表について(審議、保安管理部)
第2回(H17.10.19)	品質保証月間の実施について(審議、保安管理部)
第3回(H17.10.26)	研究炉医療照射委員会の設置について(審議、研究炉加速器管理部)
第4回(H17.11.2)	平成17年度(第2回)非常事態総合訓練の実施について(審議、保安管理部)
第5回(H17.11.30)	(1)高減容溶融処理委員会の設置について(審議、バックエンド技術部) (2)平成17年度(第2回)非常事態総合訓練実施結果について(報告、保安管理部) (3)年末年始無災害運動行事の実施について(報告、保安管理部)
第6回(H17.12.14)	原子力事業所安全協力協定(東海ノア協定)に基づく緊急事態総合訓練の実施について(報告、保安管理部)
第7回(H17.12.21)	品質保証推進ワーキンググループの設置について(審議、保安管理部)
第8回(H18.1.18)	JRR-3、JRR-4及びNSRRの運転計画について(審議、保安管理部・研究炉加速器管理部)
第9回(H18.2.8)	NUCEF利用検討委員会の設置について(審議、安全試験施設管理部)
第10回(H18.2.15)	第2期防護隊員の募集について(審議、保安管理部)
第11回(H18.3.8)	平成18年度原子力科学研究所安全衛生管理実施計画について(審議、保安管理部)

表 I -2 原子力科学研究所に設置されている委員会

原子力科学研究所内委員会

委員会名称	担当部	備考
安全衛生委員会	保安管理部	原科研安全衛生管理規則に基づく。上期は安全委員会および衛生委員会で実施。毎月1回開催。
使用施設等安全審査委員会	保安管理部	核燃料物質使用施設等保安規定に基づく。原科研所長諮問による。4回開催。上期は使用施設等運転委員会として9回開催。
原子炉施設等安全審査委員会	保安管理部	原子炉施設保安規定に基づく。原科研所長諮問による。5回開催。上期は原子炉運転委員会として7回開催。
一般施設等安全審査委員会	保安管理部	原科研安全衛生管理規則に基づく。原科研所長諮問による。本年度の開催はなし。
請負業者安全衛生連絡会	保安管理部	原科研請負業者安全衛生連絡会会則に基づく。四半期に1回開催。
核物質防護委員会	保安管理部	原子炉施設及び核燃料物質使用施設等核物質防護規定に基づく。原科研所長諮問による。3回開催。
部安全衛生管理担当者連絡会議	保安管理部	原科研安全衛生管理規則に基づく。本年度は5回開催。
建屋安全衛生連絡協議会	保安管理部	原科研安全衛生管理規則に基づく。建屋ごとに四半期に1回開催。
防火管理委員会	保安管理部	原科研防火管理規則に基づく。2回開催。
エネルギー管理委員会	工務技術部	原科研エネルギー管理規則に基づく。
遺伝子組換え実験安全委員会	量子ビーム研究部門	原科研所長諮問による。原科研遺伝子組換え実験安全管理規則に基づく。2回開催。
アドホック委員会等		
溶融設備火災トラブル原因調査委員会	保安管理部、バックエンド技術部	平成18年2月13日に減容処理棟焼却・溶融設備で発生した火災の原因調査のために設置。H18.2.15～同3.31。
TCA 将来計画検討アドホック委員会	計画管理室	原科研所長諮問による。H17.12～H18.3。
スペース課金検討委員会	計画管理室	原科研所長諮問による。H17.12.14～。

外部委員も含む委員会

委員会名称	担当部	備考
NUCEF 利用検討委員会	安全試験施設管理部	NUCEF 利用検討委員会規則に基づく。第1回委員会：H18.3.20、於原科研で開催。
研究炉医療照射委員会	研究炉加速器管理部	研究炉医療照射委員会規則に基づく。医療照射専門部会：H17.4.14、H17.11.28、H18.2.27、H18.3.30。
放射線標準施設専門部会	放射線管理部	施設利用協議会の専門部会。放射線標準施設の共用の課題等について検討。H18.12.20。

表Ⅱ-1 JRR-3 の運転実績

サイクル No.	運転期間	運転時間 (hr:min)	出力量 (MWh)	出力量累計 (MWh)	計画外停止 回数
年度当初	—	58415:55	—	1,102,142.6	—
01	3/28~5/8	530:16	10,102.8	1,112,245.4	1
02	5/9~6/12	131:50	2,443.9	1,114,689.3	1
03	6/13~7/10	469:30	8,950.8	1,123,640.1	2
04	7/11~8/14	606:49	11,618.4	1,135,258.5	0
05	8/15~9/18	606:08	11,628.9	1,146,887.4	0
06	9/19~10/23	606:07	11,528.5	1,158,415.9	1
07	10/24~11/27	606:55	11,634.0	1,170,049.9	0
点検・保守	11/28~4/3	17:07	0.2	1,170,050.1	0
年度累計	—	3574:42	—	—	5
累計	—	61990:37	—	1,170,050.1	—

表Ⅱ-2 JRR-4 の運転実績

年・月 (year. month)	運転日数 (day)	運転時間 (hr:min)	月間積算出力 (kWh)	積算出力 (kWh)	計画外停止 回数
前年度末積算値	—	35630:36	—	73,208,589	—
2005 .4	15	88:50	199,471	73,408,060	0
.5	15	82:19	176,263	73,584,323	0
.6	11	61:53	142,370	73,726,693	1
.7	17	106:01	214,533	73,941,226	1
.8	12	79:29	173,100	74,114,326	1
.9	0	0	0	74,114,326	0
.10	0	0	0	74,114,326	0
.11	16	92:59	188,293	74,302,619	0
.12	15	88:53	158,475	74,461,094	0
2006 .1	16	104:16	242,031	74,703,125	0
.2	12	76:42	158,972	74,862,097	0
.3	16	86:08	220,624	75,082,721	0
本年度計	145	867:30	1,874,132	—	0
本年度末積算値	—	36498:06	—	75,082,721	—

表Ⅱ-3 JRR-3 の水・ガス管理の結果

系 統	項 目		管 理 基 準 値	測 定 結 果
1 次冷却水	水素イオン濃度指数 (pH)		5.0~7.5	6.42~6.80
	導電率 ( $\mu$ S/cm)	精製系入口	5.0以下	0.19~0.64
		精製系出口	—	0.07~0.10
	全 $\beta$ 放射能 濃度*1) (Bq/cm <sup>3</sup> )	1 次冷却水	—	$7.44 \times 10^2 \sim 8.09 \times 10^2$
		1 次系精製水	—	< 1.30
	全 $\gamma$ 放射能 濃度*2) (Bq/cm <sup>3</sup> )	1 次冷却水	—	$7.58 \times 10^2 \sim 8.47 \times 10^2$
		1 次系精製水	—	$1.16 \times 10^1 \sim 4.48 \times 10^1$
トリチウム濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )		—	$5.45 \times 10^2 \sim 8.36 \times 10^2$	
1 次精製系	水素イオン濃度指数 (pH)		5.0~7.5	6.68~6.83
SF プール	水素イオン濃度指数 (pH)		5.0~7.5	6.42~6.66
SF 精製水	水素イオン濃度指数 (pH)		5.0~7.5	6.61~6.89
ヘリウム	ヘリウム濃度 (vol%)		90 以上	97.47~98.22
	再結合器入口重水素濃度 (vol%)		2.0 以下	0.56~0.94
重 水	濃度 (mol%)		高濃度に維持	99.43~99.47
	水素イオン濃度指数 (pH)		5.0~8.0	6.44~6.59
	全 $\beta$ 放射能濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> ) *1)		—	$4.26 \times 10^2 \sim 4.53 \times 10^2$
	全 $\gamma$ 放射能濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> ) *2)		—	$4.74 \times 10^2 \sim 5.01 \times 10^2$
	トリチウム濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> ) *3)		—	$1.34 \times 10^8$
	導電率 ( $\mu$ S/cm)	精製系入口	2.0 以下	0.14~0.18
精製系出口		—	0.01~0.03	
2 次冷却水	原水水素イオン濃度指数 (pH)		—	6.7~7.9
	2 次冷却水水素イオン濃度指 数 (pH)		6~9	7.9~8.7

\*1) トリチウムを除く。原子炉出力 20MW サンプルング 1 時間後の値。

\*2) 原子炉出力 20MW サンプルング 1 時間後の値。

\*3) 平成 17 年 11 月 10 日現在の値。

表Ⅱ-4 JRR-4の水・ガス管理の結果

系 統	項 目		管 理 基 準 値	測 定 結 果
1次冷却系	水素イオン濃度指数 (pH)		5.5~7.0	5.58~6.26
	導電率 ( $\mu$ S/cm)	精製系入口	10.0以下	0.44~0.69
		精製系出口	—	0.01~0.56
	全 $\beta$ 放射能濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> ) *1)		—	$5.18 \times 10^1 \sim 7.48 \times 10^1$
	全 $\gamma$ 放射能濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> ) *2)		—	$1.28 \times 10^2 \sim 1.76 \times 10^2$
	トリチウム濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )		—	$9.07 \times 10^{-1} \sim 1.13 \times 10^0$
1次精製系	水素イオン濃度指数 (pH)		5.5~7.0	5.68~6.69
2次冷却系	原水水素イオン濃度指数 (pH) *3)		—	6.83~7.61
	2次冷却水水素イオン濃度指数 (pH) *3)		6~9	7.45~8.03

\*1) トリチウムを除く。原子炉出力3.5MW サンプルング後1時間後の値。

\*2) 原子炉出力3.5MW サンプルング後1時間後の値。

\*3) 試料サンプルング後卓上型pH計での測定。

表Ⅱ-5 JRR-3、JRR-4における使用済燃料の貯蔵状況\*1)

区 分 項 目	JRR-3				JRR-4
	SF プール	貯槽 No. 1	貯槽 No. 2	DSF	No. 1、2 プール
板状燃料*2)	約4割	約1割	満杯	-	約1割
棒状燃料 (二酸化ウラン燃料)	-	約9割	貯蔵 なし	-	-
棒状燃料 (金属天然ウラン燃料)	-	1割未満	貯蔵 なし	ほぼ満杯	-

\*1) 最大貯蔵量に対する占有割合

\*2) ウランシリコンアルミニウム分散型合金燃料、ウランアルミニウム分散型合金燃料及びウランアルミニウム合金型燃料

表Ⅱ-6 JRR-3、JRR-4に係る官庁許認可

炉名	件 名	申請 年月日 番 号	設置変更	設工認	使用前検査
JRR-3	JRR-3 取替用燃料体 (第L17次)の製作	年月日 番 号		H15. 5. 21 15原研19第12号	H16. 10. 21 16原研19第24号
		年月日 番 号		—	H17. 10. 14 17原機(科研)001
		年月日 番 号		H15. 6. 2 15諸文科第1190号	(H18. 6月に使用前 検査実施予定)
	冷中性子源装置クライ オスタットの一部分(交 換用部品)の製作及び 交換について	年月日 番 号		H16. 8. 5 16原研19第15号	H16. 11. 8 16原研19第27号
		年月日 番 号		—	H17. 10. 14 17原機(科研)005
		年月日 番 号		H16. 8. 27 16 諸文科第 1930 号	H18. 2. 16 16 諸文科第 2794 号
JRR-4	特殊反射体要素Ⅰ型の 製作	年月日 番 号		H18. 3. 28 17原機(科保)132	—
		年月日 番 号		—	—
		年月日 番 号		—	—

表 II-7 研究炉加速器管理部が実施した保安教育訓練

実施年月日	教育訓練件名	教育訓練内容	参加人数
平成 17 年 9 月 5 日	大規模地震対応 自主防災訓練	地震発生後の施設等の点検及び人員掌握。	161 名
平成 18 年 2 月 28 日	研究炉加速器管 理部総合訓練	JRR-3 使用済燃料貯蔵施設を対象施設 とした研究炉加速器管理部の事故対応 総合訓練。	28 名
平成 17 年 11 月 7 日	消火訓練	部内の職員及び委託業者等を対象に 各建家毎に実施した、消火器及び屋内 外消火栓を使用した消火訓練。 ＜テキスト＞ 消火器の取扱説明書	31 名
平成 17 年 11 月 18 日			15 名
平成 17 年 11 月 28 日			48 名
平成 17 年 11 月 30 日			3 名
平成 18 年 2 月 6 日			12 名
平成 18 年 2 月 23 日			12 名
平成 18 年 1 月 5 日 平成 18 年 1 月 6 日	核物質防護に関 する再教育訓練	JRR-3、4、NSRR の原子炉施設及び DSF 施設の防護区域に立入る職員及び業者 を対象にした、核物質防護に関する教 育訓練。 ＜テキスト＞ 研究炉加速器管理部核物質防護訓練資 料	223 名

表 II-8 NSRR の運転実績

項目	平成 17 年度実績	積算実績
運転時間	74 時間 02 分	5, 399 時間 17 分
出力量	1, 764. 5 kW・h	143, 821. 8 kW・h
パルス 運転回数	25 回 (内訳) 単一パルス: 16 回 台形パルス: 4 回 合成パルス: 5 回 (CP1 : 5 回) (CP2 : 0 回)	3, 033 回 (内訳) 単一パルス: 2, 505 回 台形パルス: 324 回 合成パルス: 204 回 (CP1 : 179 回) (CP2 : 25 回)

表 II-9 FCA に係る官庁許認可

件名		設置変更	設工認	使用前検査
模擬物質の製作	申請	年月日 番号	H17.12.27 17 原機 (科保) 092	H18.1.24 17 原機 (科保) 104
	認可 合格	年月日 番号	H18.1.19 17 水原第 770 号	H18.3.10 17 水原第 788 号

表 II -10 BECKY 施設に係る官庁許認可

件名		許可・認可	施設検査申請	施設検査
変更許可申請 東京大学大学院工学系 研究科原子力専攻（専 門職大学院）学生の実 習のための核燃料物質 の使用の変更について	申請	年月日 番 号 H17. 2. 16 17原研05第26号	—	—
	許可 合格	年月日 番 号 H17. 4. 22 17 諸文科科第3732号	—	—
保安規定変更認可申請 施設定期自主検査の項 目の見直しについて	申請	年月日 番 号 H17. 2. 28 17原研05第32号	/	/
	認可	年月日 番 号 H17. 4. 11 16機文科科第61号		
保安規定変更認可申請 東大学生実習のための 核燃料物質の使用の変 更について	申請	年月日 番 号 H17. 5. 26 17原研05第69号	/	/
	認可	年月日 番 号 H17. 6. 14 17機文科科第13号		
保安規定変更認可申請 新法人への移行にとも なう変更について	申請	年月日 番 号 H17. 8. 24 17原研05第106号	/	/
	認可	年月日 番 号 H17. 9. 6 17機文科科第38号		
保安規定変更認可申請 用語の変更について	申請	年月日 番 号 H18. 3. 13 17原機（科保）129	/	/
	認可	年月日 番 号 H18. 3. 23 17機文科科第86号		

表Ⅱ-11 タンデム加速器の運転実績

運 転 等	日 数
実験利用のための運転	182
その内、ブースターの利用	51
ブースターで加速	34
保守	8
故障により中止	12
諸事情による実験の中止	4
加速器の調整	10
休日	7

表Ⅱ-12 タンデム加速器の加速電圧ごとの運転日数

加速電圧 (MV)	日 数 (日)	(比率%)
17-18	10	5.4
16-17	41	22.5
15-16	44	24.2
14-15	30	16.5
13-14	11	6.0
12-13	18	9.9
11-12	2	1.1
10-11	11	6.0
5-10	20	10.9

表 II-13 タンデム加速器での加速イオン種ごとの運転日数

加速イオン種	運転日数(日)	加速イオン種	運転日数(日)
$^1\text{H}$	19	$^{40}\text{Ar}$	6
$^{6,7}\text{Li}$	19	$^{54}\text{Cr}$	3
$^{11}\text{B}$	4	$^{56}\text{Fe}$	5
$^{12}\text{C}$	6	$^{58}\text{Ni}$	4
$^{14}\text{N}$	5	$^{64,70}\text{Zn}$	7
$^{16,18}\text{O}$	45	$^{90}\text{Zr}$	1
$^{19}\text{F}$	2	$^{100,102,104}\text{Ru}$	8
$^{22}\text{Ne}$	1	$^{124}\text{Sn}$	3
$^{27}\text{Al}$	2	$^{132,136}\text{Xe}$	24
$^{30}\text{Si}$	2	$^{197}\text{Au}$	7
$^{32}\text{S}$	9		

表 II-14 原子力科学研究所全体を対象とした主な訓練

訓練	年月日	訓練内容
茨城県による無予告通報連絡訓練	H17. 6. 28	NSRR 原子炉施設の管理区域内で火災が発生したことを想定した訓練。
第1回非常事態総合訓練	H17. 7. 15	NUCEF において放射性物質の異常放出が発生し、原災法第10条の特定事象を想定した訓練。
大規模地震対応訓練	H17. 9. 1	震度6弱の地震が発生したことを想定し、施設の点検及び人員掌握に対応した訓練。
第2回非常事態総合訓練	H17. 11. 16	放射線標準施設棟の管理区域内で火災が発生したことを想定した訓練。
緊急被ばく医療処置訓練	H18. 2. 14	WASTEF において汚染を伴う負傷者が発生したことを想定し、東海村消防署の搬送、水戸赤十字病院における医療処置を実施した訓練。

表 II-15 施設の異常・故障等の発生状況

異常・故障等	年月日	事 象	備 考
JRR-3 施設の手動停止	H17. 4. 11	制御棒動作不能による手動停止	
JRR-3 施設の手動停止	H17. 5. 10	炉室給気系送風機の異音に伴う手動停止	
JRR-4 施設の手動停止	H17. 6. 10	制御棒挿入障害の警報発報に伴う手動停止	
JRR-3 施設の手動停止	H17. 6. 19	ヘリウム圧縮機の潤滑油漏れに伴う手動停止	
JRR-3、JRR-4、FCA 施設の自動停止	H17. 7. 7	落雷に伴う瞬時停電による 3 施設の自動停止	
JRR-4 施設の自動停止	H17. 8. 16	震度 4 の地震による自動停止	
再処理特研廃液長期貯蔵施設の火災	H17. 8. 31	レーザー装置による切断試験時の仮設排気ダクトの火災	法令報告
陽子加速器開発棟における発煙	H17. 10. 19	イオン発生源の電磁石の加熱に伴う電磁石コイル絶縁体の発煙	
JRR-3 施設の自動停止	H17. 10. 19	震度 4 の地震による自動停止	
減容処理棟における火災	H18. 2. 13	非放射性物質のプラズマ溶解試験中に溶解炉出口蛇腹付近の火災	法令報告

表 II-16 保安教育訓練及び講習会等の開催状況

保安教育訓練等	実施日時
放射線業務従事者再教育訓練	H17. 6. 9、H17. 9. 8、H17. 11. 8、 H18. 2. 7
放射線安全研修	H17. 4. 19、H17. 5. 13、H17. 7. 19、 H17. 8. 3、H17. 8. 15、H18. 3. 13
衛生講演会	H17. 7. 8
安全講演会	H17. 9. 16、H18. 1. 12
高圧ガス保安技術講習会	H17. 11. 9
防火管理講演会	H17. 11. 10
床上操作式クレーン講習会	H17. 11. 16～18
電気保安教育講習会	H17. 7. 27
交通安全講演会	H17. 12. 9

表Ⅱ-17 保安教育訓練の受講者の延べ人数

訓練内容		受講者数 (延べ人数)		合計人数(人)
		職員	業者	
原子炉等規制法に基づく保安教育訓練	原子炉施設の従事者	11,017	11,176	22,193
	核燃料物質使用施設の従事者	19,866	15,782	35,648
	廃棄物埋設施設の従事者	626	423	1,049
放射線障害防止法に基づく保安教育訓練		18,413	8,654	27,067
高圧ガス保安法に基づく保安教育訓練		1,813	726	2,539
消防法に基づく保安教育訓練		3,700	2,526	6,226
電気事業法に基づく保安教育訓練		776	267	1,043
事故対策規則に基づく防護活動訓練		4,404	1,393	5,797
労働安全衛生法に基づく保安教育訓練		7,244	3,850	11,094
その他の教育訓練(講演会等)		437	77	514
特別安全教育		172	449	621
技能講習		20	0	20
国家試験に係る講習会等		54	70	124
外国人に係る教育訓練				25
協力業者安全協議会による保安教育訓練				1,053

表Ⅱ-18 設備及び機器等の安全性協議の件数

区 分	件 数
(1) 吊り具・クレーン関係	4
(2) 高圧ガス・圧力容器関係	111
(3) 構造強度関係	0
(4) 放射線関係	26
(5) 購入試薬等関係	478
(6) その他	83
合 計	702

表Ⅱ-19 許認可等及び立会検査等の実施件数

区 分	許認可等件数	立会検査等数
(1) 一般高圧ガス関係	8	3
(2) 冷凍高圧ガス関係	57	71
(3) ボイラー関係	46	24
(4) 圧力容器関係	110	80
(5) クレーン関係	145	58
(6) ゴンドラ関係	2	2
(7) 特定機械関係	8	—
(8) 毒劇物・火薬関係	0	—
(9) 浄化槽関係	6	—
(10) 水質関係	4	0
(11) 大気汚染関係	1	0
(12) 廃棄物関係	1	—
(13) 振動・騒音関係	4	—
合 計	392	238

表Ⅱ-20 施設から放出された放射性塵埃・ガス中の放射能

施設名	放射性塵埃 (Bq)	放射性ガス (Bq)
第4研究棟 東棟	$^{241}\text{Am} : 0$ , $^{60}\text{Co} : 0$	$^3\text{H} : 0$
西棟	$^{241}\text{Am} : 0$ , $^{60}\text{Co} : 0$ $^{131}\text{I} : 0$	$^3\text{H} : 4.6 \times 10^8$
セラミック特研	$^{60}\text{Co} : 0$	$^3\text{H} : 4.0 \times 10^8$
冶金特研	$^{234}\text{U} : 0$ , $^{60}\text{Co} : 0$	—
タンデム加速器	$^{237}\text{Np} : 0$ , $^{60}\text{Co} : 0$	—
放射線標準施設棟 東棟	$^{241}\text{Am} : 0$ , $^{60}\text{Co} : 0$	—
西棟	—	$^3\text{H} : 0$
ホットラボ 主排気口	$^{238}\text{Pu} : 0$ , $^{137}\text{Cs} : 0$	$^{85}\text{Kr} : 0$
副排気口	$^{137}\text{Cs} : 0$	—
JRR-1	$^{60}\text{Co} : 0$	—
JRR-2	$^{60}\text{Co} : 0$ , $^{131}\text{I} : 0$	$^3\text{H} : 0$
RI製造棟 200番	$^{210}\text{Po} : 0$ , $^{60}\text{Co} : 0$	$^3\text{H} : 0$
300番	$^{131}\text{I} : 7.2 \times 10^4$ , $^{60}\text{Co} : 0$	$^3\text{H} : 0$
400番	$^{122}\text{Sb} : 7.7 \times 10^3$ , $^{124}\text{Sb} : 5.1 \times 10^4$	$^{85}\text{Kr} : 2.3 \times 10^8$
600番	$U_{\text{nat}} : 0$ , $^{60}\text{Co} : 0$	$^3\text{H} : 9.5 \times 10^9$
開発試験室 (VHTRC) (同位体分離研究室)	$^{60}\text{Co} : 0$ , $^{131}\text{I} : 0$	—
JRR-3	$^{60}\text{Co} : 0$ , $^{131}\text{I} : 0$	$^3\text{H} : 0$ , $^{41}\text{Ar} : 2.3 \times 10^9$
実験利用棟第2棟	$^{237}\text{Np} : 0$ , $^{60}\text{Co} : 0$	$^3\text{H} : 0$
核燃料倉庫	$U_{\text{nat}} : 0$	—
JRR-4	$^{60}\text{Co} : 0$ , $^{131}\text{I} : 0$	$^{41}\text{Ar} : 5.0 \times 10^8$
トリチウムプロセス研究棟	$U_{\text{nat}} : 0$	$^3\text{H} : 7.3 \times 10^{10}$
高度環境分析研究棟	$^{239}\text{Pu} : 0$	—
プルトニウム (スタックⅠ)	$^{239}\text{Pu} : 0$ , $^{106}\text{Ru} : 0$	—
研究1棟 (スタックⅡ・Ⅲ)	$^{239}\text{Pu} : 0$ , $^{106}\text{Ru} : 0$	—
再処理特研 (スタックⅠ)	$^{239}\text{Pu} : 0$ , $^{137}\text{Cs} : 0$	—
(スタックⅡ)	$^{90}\text{Sr} : 4.3 \times 10^1$ $^{239}\text{Pu} : 0$ , $^{137}\text{Cs} : 0$	—
プルトニウム研究2棟	$U_{\text{nat}} : 0$	—
再処理試験室	$U_{\text{nat}} : 0$	—
ウラン濃縮研究棟	$U_{\text{nat}} : 0$	—
廃棄物処理場		
液体処理場	$^{241}\text{Am} : 0$ , $^{137}\text{Cs} : 0$	—
解体分別保管棟	$^{241}\text{Am} : 0$ , $^{137}\text{Cs} : 0$	—
第1廃棄物処理棟	$^{241}\text{Am} : 0$ , $^{137}\text{Cs} : 0$	$^3\text{H} : 0$
第2廃棄物処理棟	$^{241}\text{Am} : 0$ , $^{137}\text{Cs} : 0$	—
第3廃棄物処理棟	$^{241}\text{Am} : 0$ , $^{137}\text{Cs} : 0$	—
減容処理棟	$^{241}\text{Am} : 0$ , $^{137}\text{Cs} : 0$	$^3\text{H} : 0$
汚染除去場	$^{241}\text{Am} : 0$ , $^{137}\text{Cs} : 0$	—
廃棄物安全試験施設	$^{241}\text{Am} : 0$ , $^{137}\text{Cs} : 0$	$^{85}\text{Kr} : 7.0 \times 10^7$
環境シミュレーション試験棟	$^{237}\text{Np} : 0$ , $^{137}\text{Cs} : 0$	—

施設名	放射性塵埃 (Bq)	放射性ガス (Bq)
FCA・SGL	$^{239}\text{Pu} : 0$ , $^{137}\text{Cs} : 0$ $^{131}\text{I} : 2.2 \times 10^4$	—
TCA	$^{234}\text{U} : 0$ , $^{60}\text{Co} : 0$ $^{131}\text{I} : 0$	—
FNS	$\beta(\gamma) : 0$	$^3\text{H} : 4.1 \times 10^{10}$ , $^{13}\text{N} : 3.2 \times 10^{11}$
バックエンド技術開発建家	$^{60}\text{Co} : 0$ , $^{243}\text{Am} : 0$	—
燃料試験施設	$^{239}\text{Pu} : 0$ , $^{137}\text{Cs} : 0$ $^{131}\text{I} : 0$	$^{85}\text{Kr} : 3.9 \times 10^{11}$
NSRR (原子炉棟) (燃料棟)	$^{60}\text{Co} : 0$ , $^{131}\text{I} : 0$ $^{60}\text{Co} : 0$	$^{41}\text{Ar} : 4.8 \times 10^9$ —
NUCEF <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <math>\left\{ \begin{array}{l} \text{STACY} \\ \text{TRACY} \\ \text{BECKEY} \end{array} \right.</math> </div>	$^{239}\text{Pu} : 0$ , $^{137}\text{Cs} : 0$ $^{131}\text{I} : 6.4 \times 10^4$	$^{85}\text{Kr} : 7.3 \times 10^8$ , $^{138}\text{Xe} : 4.7 \times 10^{11}$

0 : 不検出、 — : 測定対象外

表Ⅱ-21 排水溝に放出した廃液の放射能（単位：MBq）

区 分		第1排水溝	第2排水溝	第3排水溝	合 計
全 $\alpha$ $\beta$ ( $\gamma$ )		$4.6 \times 10^{-1}$	$4.2 \times 10^0$	—	$4.7 \times 10^0$
全 $\alpha$ $\beta$ ( $\gamma$ ) 内 訳	$^{54}\text{Mn}$	—	$5.5 \times 10^{-2}$	—	$5.5 \times 10^{-2}$
	$^{60}\text{Co}$	$4.5 \times 10^{-2}$	$6.2 \times 10^{-1}$	—	$6.7 \times 10^{-1}$
	$^{87}\text{Y}$	$7.2 \times 10^{-3}$	—	—	$7.2 \times 10^{-3}$
	$^{90}\text{Sr}$	$4.8 \times 10^{-3}$	$2.1 \times 10^0$	—	$2.1 \times 10^0$
	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	—	$6.7 \times 10^{-2}$	—	$6.7 \times 10^{-2}$
	$^{134}\text{Cs}$	—	$5.3 \times 10^{-2}$	—	$5.3 \times 10^{-2}$
	$^{137}\text{Cs}$	$3.5 \times 10^{-1}$	$1.3 \times 10^0$	—	$1.7 \times 10^0$
	$^{232}\text{Th}$	$3.0 \times 10^{-2}$	—	—	$3.0 \times 10^{-2}$
$^{234}\text{U}$	$2.5 \times 10^{-2}$	—	—	$2.5 \times 10^{-2}$	
$^3\text{H}$	$8.0 \times 10^0$	$2.7 \times 10^5$	$5.9 \times 10^1$	$2.7 \times 10^5$	
$^{14}\text{C}$	—	—	—	—	

表 II-22 実効線量に係る被ばく状況

作業区分*	放射線業務従事者実員(人)	線量分布 (人)					総線量 (人・mSv)	平均 実効線量 (mSv)	最大 実効線量 (mSv)
		0.1mSv 未満	0.1mSv 以上 1mSv 以下	1mSv を超え 5mSv 以下	5mSv を超え 15mSv 以下	15mSv を超えるもの			
職員等	1,111	1,048	59	4	0	0	26.1	0.02	2.5
外来研究員等	1,180	1,146	33	1	0	0	12.5	0.01	2.5
請負業者	1,620	1,434	152	34	0	0	107.4	0.07	3.1
研修生	341	341	0	0	0	0	0.0	0.00	0.0
全作業員	4,236	3,953	244	39	0	0	146.0	0.03	3.1

同一作業員が、当該年度中に作業区分を変更した場合、作業区分ごとに1名として実人員で全作業員を集計。

表 II-23 原子力科学研究所内廃棄物の搬入量

(単位：m<sup>3</sup>)

廃棄物区分	固体								液体						
	$\beta \cdot \gamma$							$\alpha$	$\beta \cdot \gamma$					$\alpha$	
	A-1				A-2	B-1 ・ B-2	A-1	B-2	A未満	A			B-1		B-2
	可燃物	不燃物							無機	無機	有機	スラッジ			
圧縮		フィルタ	非圧縮												
合計	396.376	10.96	-	150.492	2.93	5.63	0.626	1.6	420.89	213.868	-	-	28.2	-	-

-は該当なし

表 II-24 原子力科学研究所外廃棄物の搬入量

(単位：m<sup>3</sup>)

事業所名	固体							液体			
	$\beta \cdot \gamma$						$\alpha$	$\beta \cdot \gamma$			
	A-1				A-2	B-1 ・ B-2	A-1 ・ B-2	A未満	A		B-1
	可燃物	不燃物						無機	無機	海水	
圧縮		フィルタ	非圧縮								
日本アイソトープ協会	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
核物質管理センター保障措置 分析所	3.42	-	-	6.664	-	-	10.40	-	-	-	-
放射線医学総合研究所那珂湊 支所	1.60	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
東京大学工学部原子力工学研 究施設	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ニュークリア・デベロップメ ント(株)	2.60	-	-	-	-	0.12	-	-	0.28	-	-
(株)千代田テクノル	0.28	-	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-
合計	7.90	-	-	12.664	-	0.15	10.40	-	0.28	-	-

-は該当なし

表Ⅱ-25 放射性廃棄物の処理状況  
(1) 固体廃棄物

(単位：m<sup>3</sup>)

施設 区分	処理装置		焼却処理	圧縮処理Ⅰ	圧縮処理Ⅱ	解体処理	固化処理	直接保管
	レベ ル 区分	稼働日数 性状区分						
原 科 研 内 ( $\beta$ ・ $\gamma$ 、 $\alpha$ )	A-1	可燃物	147 (3) <sup>*1</sup>	-	60 (3) <sup>*1</sup>	177 (0) <sup>*1</sup>	-	-
		不燃物	-	-	-	-	-	
		フィルタ	-	-	-	-	-	
		雑固体	-	-	-	128.931	-	150.492 0.626 <sup>*2</sup>
	A-2	可燃物	1.89	-	-	-	-	-
		雑固体	-	-	0.84	-	-	0.23
	B-1,	雑固体	-	-	5.01	-	-	0.02
	B-2	雑固体 <sup>*2</sup>	-	-	-	-	-	1.6
	小計		474.325	0	5.85	128.931	0	152.968
	原 科 研 外 ( $\beta$ ・ $\gamma$ 、 $\alpha$ )	A-1	可燃物	7.9	-	-	-	-
不燃物			-	-	-	-	-	-
フィルタ			-	-	-	-	-	-
雑固体			-	-	-	-	-	12.664
雑固体 <sup>*2</sup>			-	-	-	-	-	10.4
A-2		雑固体	-	-	-	-	-	-
B-1, B-2		雑固体	-	-	0.15	-	-	-
小計		7.9	0	0.15	0	0	23.064	
合計		482.225	0	6	128.931	0	176.032	

-は該当なし

\*1) 括弧内は原科研外分の稼働日数(内数)

\*2)  $\alpha$  廃棄物

(2) 液体廃棄物

(単位：m<sup>3</sup>)

施設 区分	処理装置		希釈処理 (0) <sup>*1)</sup>	蒸発処理・I (0) <sup>*1)</sup>	蒸発処理・II (0) <sup>*1)</sup>
	レベル 区分	稼働日数 性状区分			
原 科 研 内 ( $\beta$ ・ $\gamma$ )	A 未満	無機	316.59	133.308	-
	A	無機	68	189.795	-
		スラッジ	-	-	-
	B-1, B-2	無機	-	-	48.9
		スラッジ	-	-	-
	小計		384.59	323.103	48.9
原 科 研 外 ( $\beta$ ・ $\gamma$ )	A 未満	海水	-	-	-
		無機	-	-	-
	A	海水	-	-	-
		無機	-	-	-
	B-1	無機	-	-	-
	小計		0	0	0
合計			384.59	323.103	48.9

-は該当なし

\*1) 括弧内は原科研外分の稼働日数(内数)

表 II-26 保管廃棄数量

容器形状区分		ドラム缶	コンクリートブロック	S-I 容器	S-II 容器	異形
$\beta \cdot \gamma$	0.5mSv/h 未満	722 本 (144.3 m <sup>3</sup> )	9 個 (9.0 m <sup>3</sup> )	18 個 (18.0m <sup>3</sup> )	0 個 (0 m <sup>3</sup> )	837 個 (83.476m <sup>3</sup> )
	0.5mSv/h 以上 2mSv/h 未満	25 本 (5.0 m <sup>3</sup> )	5 個 (5.0 m <sup>3</sup> )	0 個 (0 m <sup>3</sup> )	0 個 (0 m <sup>3</sup> )	1 個 (0.03m <sup>3</sup> )
	2mSv/h 以上	0 本 (0 m <sup>3</sup> )	0 個 (0 m <sup>3</sup> )	0 個 (0 m <sup>3</sup> )	0 個 (0 m <sup>3</sup> )	0 個 (0m <sup>3</sup> )
$\alpha$	0.5mSv/h 未満	63 本 (12.4 m <sup>3</sup> )	0 個 (0 m <sup>3</sup> )	0 個 (0 m <sup>3</sup> )	0 個 (0 m <sup>3</sup> )	3 個 (0.026m <sup>3</sup> )

表 II-27 プラスチックシンチレータサーベイメータの構成

項目	主要な仕様
構成	検出部、測定ユニット、接続ケーブル(2m) 付属品：予備バッテリー(2)、遮光膜 10 枚
検出部	寸法・重量：300×155×180mm、2.4kg 検出窓面積：200cm <sup>2</sup> 1 層目(β線用検出器)：100×100×1mm×2 個 2 層目(γ線用検出器)：100×100×3mm×2 個 光電子増倍管(6 本)：φ19mm ヘッドオン型
電源部	バッテリー(充電時間約 3 時間)：リチウムポリマー電池(60Wh), 2 台

表Ⅱ-28 原子力科学研究所の廃止措置対象施設と年次計画

対象施設名	H17年度	H18年度	H19年度	H20年度	H21年度	備考
ホットラボ	—————					核燃保管庫として再利用
セラミック特研 <sup>*1)</sup>		←————→				更地化
Pu 研究 2 棟 <sup>*1)</sup>		←————→				同上
冶金特研			←————→			同上
再処理試験室				←————→		同上
VHTRC				←————→		同上
同位体分離研究室				←————→		同上
JRR-2	- - - - -					第 4 段階の工事開始迄 は維持管理を実施
再処理特研	—————					

\*1)セラミック特研、Pu 研究 2 棟について、中期計画ではそれぞれ「平成 19 年度及び同 20 年度に解体着手」となっていたが、予算及び解体廃棄物発生量などの解体工事に係る各種要因の平準化のため、計画を変更。

表 II-29 JRR-2 の廃止措置工事期間と主要な工事内容

段階	工事期間	主要な工事内容
第1段階	平成9年8月～平成10年3月	原子炉の機能停止措置等
第2段階	平成10年11月～平成12年2月	原子炉冷却系等施設の系統隔離、原子炉本体の密閉等
第3段階	平成12年8月～平成16年2月	原子炉冷却系等施設の機器類撤去等

表 II-30 原子力科学研究所構内のユーティリティ施設の運転実績

施設	種別	平成17年度		
		上期	下期	合計
特高受電所	電力使用量(MWh)	57,893	57,577	115,470
	最大電力(kW)	29,400 (8月)	26,880(10月)	29,400 (8月)
第1ボイラ	重油使用量(kl)	60	712	772
	最大重油使用量(kl)	60 (4月)	169 (1月)	169 (1月)
第2ボイラ	重油使用量(kl)	1,052	3,145	4,197
	最大重油使用量(kl)	393 (4月)	734 (1月)	734 (1月)
構内各建家	ガス使用量(m <sup>3</sup> )	10,067	12,796	22,863
浄水場	上水使用量(m <sup>3</sup> )	204,980	212,920	417,900
	最大上水使用量(m <sup>3</sup> /日)	1,490 (4月)	1,480 (11月)	1,490 (4月)
	ろ過水使用量(m <sup>3</sup> )	479,360	375,890	855,250
	最大ろ過水使用量(m <sup>3</sup> /日)	4,140 (8月)	3,000 (10月)	4,140 (8月)
	雑水使用量(m <sup>3</sup> )	1,616,770	1,539,780	3,156,550

表Ⅱ-31 原子力科学研究所内施設の営繕等実施状況

区 分		平成 17 年度		
		上 期	下 期	合 計
50 万円未満	件 数	251	305	554
50 万円～100 万円未満	件 数	53	104	157
100 万円～1,000 未満	件 数	34	56	90
1,000 万円以上	件 数	8	11	19
合 計	件 数	346	474	820

表Ⅲ-1 JRR-3、JRR-4 でのキャプセル照射の実績

原 子 炉		機 構 内	機 構 外	合 計
JRR-3	件 数	63	183	246
	個 数	189	1,217	1,406
JRR-4	件 数	35	352	387
	個 数	184	1,332	1,516
合 計	件 数	98	535	633
	個 数	373	2,549	2,922

表Ⅲ-2 JRR-3 の実験利用実績

研究テーマ	実験グループ	実験装置	実験孔
多重環境下における中性子散乱実験法の研究	新エネルギー材料研究 Gr	高分解能粉末中性子回折装置	1G
機能性生体物質の水和構造の研究	生体分子構造機能研究 Gr	生体高分子用中性子回折装置	1G-A, 1G-B
先端偏極中性子散乱によるスピン格子物性の研究	中性子偏極解析磁性研究 Gr	三軸型中性子分光器	2G
多重環境下における中性子散乱実験法の研究	ソフトマター中性子散乱研究 Gr	中性子トポグラフィ及び精密工学実験装置	3G
中性子散乱による物性研究	東京大学物性研究所	汎用三軸型中性子分光器	4G
偏極中性子による物性の研究	東京大学物性研究所	偏極中性子散乱装置	5G
中性子散乱による固体物理の研究	東北大学	東北大学中性子散乱分光器	6G
中性子ラジオグラフィにおける開発研究	中性子イメージング・分析研究 Gr	中性子ラジオグラフィ装置	7R
中性子散乱による物性の研究	東京大学物性研究所	中性子偏極回折散乱装置	T1-1
単結晶中性子回折による物質構造の研究	東北大学	単結晶中性子回折装置	T1-2
粉末中性子回折による物質構造及び相転移の研究	東北大学	粉末中性子回折装置	T1-3
熱中性子による即発ガンマ線分析法の研究	中性子イメージング・分析研究 Gr	即発ガンマ線分析装置	T1-4-1
中性子のベータ崩壊による基礎実験	中性子光学研究 Gr	中性子ベータ崩壊基礎測定装置	T1-4-5
多重環境下における中性子散乱実験法の研究	中性子構造解析産業利用研究 Gr	残留応力測定中性子回折装置	T2-1
4軸回折装置 FONDER を使用した構造物性の研究	東京大学物性研究所	中性子4軸回折装置	T2-2
単色熱中性子ビームを利用して、物性研究、検出器デバイス研究開発	f 電子多体系のスピン・軌道複合ダイナミクスの解明 Gr	多目的単色熱中性子ビームポート	T2-3
先端偏極中性子散乱によるスピン格子物性の研究	中性子偏極解析磁性研究 Gr	高分解能三軸型中性子分光器	T2-4
高エネルギー分解能中性子散乱による固体物質の研究	東京大学物性研究所	高エネルギー分解能三軸型中性子分光器	C1-1
中性子小角散乱によるソフトマター・生物関連試料の構造研究	東京大学物性研究所	二次元位置測定小角散乱装置	C1-2
超分解能後方散乱中性子による固体、高分子などの分光及び2結晶法による高分解能結晶完全評価	東京大学物性研究所	超高分解能後方散乱装置	C1-3
多重環境下における中性子散乱実験法の研究	f 電子多体系のスピン・軌道複合ダイナミクスの解明 Gr	冷中性子散乱実験デバイス開発装置	C2-1
中性子による薄膜等の反射率測定	中性子制御・検出系開発研究 Gr	高Q領域対応中性子反射率計	C2-2
中性子スピンエコーによる物質のダイナミクスの研究	東京大学物性研究所	中性子スピンエコー分光器	C2-3-1
冷中性子による即発ガンマ線分析法の研究	核変換用核データ測定研究 Gr	多重即発ガンマ線分析装置	C2-3-2 -1

特性測定試験	中性子イメージング・分析研究 Gr	冷中性子ラジオグラフィ装置	C2-3-3-1
パルス中性子分光器開発	パルス中性子装置開発研究 Gr	パルス中性子機器開発装置	C2-3-3-2
冷中性子分光器 AGNES を用いた液体及び固体の中性子分光	東京大学物性研究所	高分解能パルス冷中性子分光器	C3-1-1
中性子光学システム性能評価に関する研究	中性子光学研究 Gr	中性子光学システム性能評価装置	C3-1-2-1
多層膜中性子干渉計／反射率計	東京大学物性研究所	多層膜中性子干渉計／反射率計	C3-1-2-2
先端偏極中性子散乱によるスピン格子物性の研究	ソフトマター中性子散乱研究 Gr	中性子小角散乱装置	C3-2

表Ⅲ-3 JRR-4 の実験利用実績

利用設備	利用者	実験内容	利用日数
プール実験設備	研究炉利用課	ボロン濃度測定、特性測定等	107
	東芝電子管デバイス(株)	中性子検出器の中性子感度試験	8
	首都大学東京	宇宙化学的試料の微量元素存在度に関する研究、'PGA と INAA を併用した大気浮遊粒子(PM10、PM2.5)の元素組成定量	6
	研究炉技術課	CdTe 検出器を用いた即発γ線分析法の検討	2
	三菱電機(株)	電離箱中性子照射	2
	鹿児島大学	九州産黒曜石に関する FT 年代測定と放射化分析	1
中性子ビーム設備	東京大学	α線トラックエッチング法による各種鉄鋼材料中微量ボロンの観察、ホウ素中性子捕捉療法における SOF 検出器と JCDS システムとの連携	17
	放射線影響解析研究 Gr	次世代 DDS 型悪性腫瘍治療システムの研究開発	6
	中性子制御・検出系開発研究 Gr	中性子イメージ検出器の特性試験	6
	研究炉技術課	簡易延長コリメータ特性測定、'SOF 検出器の特性測定、'Li 円盤照射特性測定実験	5
	筑波大学	中性子捕捉療法の新しい展開のための基礎的・臨床的研究	5
	京都大学	悪性腫瘍に対する硼素中性子捕捉療法の臨床的研究	4
	研究炉利用課	ファントム実験、マウスファントム特性測定	3
	徳島大学病院	再発悪性神経膠腫に対する非開頭硼素中性子捕捉療法	3
	学習院大学	ホウ素イオンクラスターリポソームの開発とホウ素デリバリーシステム	2
	放射線防護研究 Gr	水銀中生成トリチウムの性状に関する研究	1
	東京工業大学	鉛ビスマス合金への中性子照射実験	1
	三菱電機(株)	中性子照射による IC 損傷の確認	1
	(財)高輝度光科学研究センター	ラジオクロミックフィルムの中性子に対する感度特性	1
川崎医科大学	中性子捕捉療法の臨床的研究	1	
冷却水循環ループ	(財)放射線計測協会	N-16 γ線によるサーベイメータの高エネルギー感度試験	5
その他	原子力研究センター	JRR-4 運転実習(第65回原子炉研修一般過程)、原子炉基礎研修コース 原子炉物理実験	3
	研究炉利用課	原子力体験セミナー 基礎課程	2

表Ⅲ-4 タンデム加速器の利用実績

課題数・利用者数・利用機関数など		総数
課題審査会採択課題数	機構内利用	8
	共同・協力研究	43
実験課題申込み件数		68
機構外利用者延べ人数		180
機構内利用者延べ人数		180
利用機関数		45

表Ⅲ-5 タンデム加速器の分野別利用実績

研究分野	利用日数 [日]	利用回数 [回]
核物理	85	32
核化学	27	13
固体・原子物理・照射損傷	56	41
加速器開発	14	7
合計	182	93

表Ⅲ-6 タンデム加速器を利用した研究の成果の公表状況

研究分野	論文掲載件数	関連刊行物等	学会・研究会口頭発表
核物理	17	14	9
核化学	3	9	18
固体物理・原子物理・材料 の照射効果	17	15	32
加速器の運転・開発	7	4	3
合計	44	42	62

付 表 平成 17 年度の主な出来事

[平成 17 年]

4 月 7 日	在日フランス大使館原子力参事官ら、J-PARC 等視察
4 月 11 日	JRR-3 で制御棒駆動装置サーボアンプ異常により原子炉手動停止
4 月 15 日	文部科学省森口審議官、J-PARC 視察
4 月 20 日	科学論説懇談会、J-PARC 視察
4 月 22 日	文部科学省中村原子力研究開発課長、J-PARC 等視察
4 月 23 日	原研東海研施設一般公開及び植樹祭
5 月 6 日	橋本茨城県知事、J-PARC 視察
5 月 10 日	JRR-3 で炉室給気系送風機異常により原子炉手動停止
5 月 13 日	文部科学省研究振興局基礎基盤研究課齋藤量子放射線研究推進室長他、J-PARC 等視察
5 月 20 日	米国 NRC 原子力廃棄物諮問委員会 Ryan 委員長他、NUCEF 視察
6 月 1 日	James C. Warf 南カリフォルニア大名誉教授、NUCEF 等視察
6 月 10 日	JRR-4 で制御棒挿入障害により原子炉手動停止
6 月 19 日	JRR-3 で冷中性子源装置ヘリウム圧縮機油漏えいにより原子炉手動停止
6 月 23 日	鳥井東工大教授、JRR-3 等視察
6 月 27 日	経済産業省原子力安全・保安院武富総括安全審査官による「安全キャンペーン訓話」
6 月 27 日	平成 17 年度職員表彰式（原研）
6 月 29 日	平成 17 年度永年勤続職員表彰式
7 月 7 日	落雷に伴う瞬時停電により JRR-3、JRR-4、FCA が自動停止
7 月 15 日	平成 17 年度第 1 回非常事態総合訓練
7 月 17 日	村上東海村村長他、J-PARC 視察
7 月 19 日	内閣府佐藤審議官、NSRR 視察
7 月 21 日	所長安全衛生パトロール
8 月 16 日	地震により JRR-4 が自動停止
9 月 1 日	日本原子力技術協会石川理事長他、NSRR、LSTF 視察
9 月 9 日	(財)地球環境産業技術研究機構茅副理事長、FCA 等視察
9 月 9 日	電気事業連合会田中原子力部長、NSRR 視察
9 月 14 日	殿塚核燃料サイクル機構理事長、NSRR、タンデム加速器等視察
10 月 1 日	独立行政法人日本原子力研究開発機構発足
10 月 6-7 日	ICRP Menzel 委員放射線標準施設視察。講演会「ICRP の動向」。
10 月 7 日	中国原子能科学研究所 Liang ホットラボ部長、物材機構野田材料研究所長、燃料試験施設、WASTEF 視察。
10 月 11 日	放射線影響協会金子理事、放射線標準施設視察
10 月 12 日	文部科学省須藤放射性廃棄物企画室長ほか、保管廃棄施設、埋設施設、高減容施設、JRR-2、ホットラボ等視察
10 月 19 日	地震により JRR-3 が自動停止
11 月 16 日	平成 17 年度第 2 回非常事態総合訓練
11 月 17 日	科学技術振興機構干場審議役 JRR-3、NUCEF 視察
11 月 29 日	韓国原子力研究所原子炉研修センター B. J. Min センター長、TCA 視察

12月6日 河本副大臣 JRR-3 視察  
12月15日  
～1月15日 年末年始無災害運動実施  
12月19日 原研究所長安全パトロール  
12月20日 東原子力安全委員解体分別保管棟、減容処理棟視察  
12月22日 核融合研究所本島所長 JRR-3 視察  
12月26日 高減容溶融処理評価委員会開催

[平成18年]

1月17日 内閣府原政策統括官 JRR-4 視察  
1月25日 茨城県平常時立入調査  
1月31日 科学技術振興機構漆原審議役他2名 NUCEF 視察  
2月1日 内閣府山野参事官他2名 JRR-4、NUCEF 視察  
2月13日 高減容処理施設の減容処理棟における火災  
2月17日 茨城県原子力協議会 JRR-4 見学  
3月13日 内閣府政策統括官(科学技術政策担当)他2名 JRR-4 視察  
3月16日 近藤文部科学審議官他3名 JRR-3 視察  
3月20日 NUCEF 利用検討委員会  
3月22日 茨城県政策審議室政策監 JRR-3 視察



# 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
物質の量	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 <sup>2</sup>
体積	立方メートル	m <sup>3</sup>
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s <sup>2</sup>
波数	毎メートル	m <sup>-1</sup>
密度 (質量密度)	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
質量体積 (比体積)	立法メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m <sup>2</sup>
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
(物質量の) 濃度	モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m <sup>2</sup>
屈折率	(数の) 1	1

表5. SI 接頭語

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

表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	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン <sup>(a)</sup>	rad		m <sup>2</sup> ・m <sup>-1</sup> =1 <sup>(b)</sup>
立体角	ステラジアン <sup>(a)</sup>	sr <sup>(c)</sup>		m <sup>2</sup> ・m <sup>-2</sup> =1 <sup>(b)</sup>
周波数	ヘルツ	Hz		s <sup>-1</sup>
力	ニュートン	N		m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-2</sup>
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> ・kg・s <sup>-2</sup>
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N・m	m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-2</sup>
工率, 放射束	ワット	W	J/s	m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-3</sup>
電荷, 電気量	クーロン	C		s・A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-3</sup> ・A <sup>-1</sup>
静電容量	ファラド	F	C/V	m <sup>-2</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>4</sup> ・A <sup>2</sup>
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m <sup>2</sup> ・kg <sup>-3</sup> ・s <sup>-2</sup> ・A <sup>-2</sup>
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V	m <sup>-2</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>3</sup> ・A <sup>2</sup>
磁束	ウェーバ	Wb	V・s	m <sup>2</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>-2</sup> ・A <sup>-1</sup>
磁束密度	テスラ	T	Wb/m <sup>2</sup>	kg <sup>-1</sup> ・s <sup>-2</sup> ・A <sup>-1</sup>
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m <sup>2</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>-2</sup> ・A <sup>-2</sup>
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(d)</sup>	°C		K
光照射度	ルーメン	lm	cd・sr <sup>(c)</sup>	m <sup>2</sup> ・m <sup>-2</sup> ・cd=cd
放射能	ベクレル	Bq	lm/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> ・m <sup>-1</sup> ・cd=m <sup>2</sup> ・cd
吸収線量, 質量エネルギー当量, カーマ線量当量, 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	グレイ	Gy	J/kg	m <sup>2</sup> ・s <sup>-2</sup>
	シーベルト	Sv	J/kg	m <sup>2</sup> ・s <sup>-2</sup>

- (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った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。組立単位を形作る際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°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
粘着力のモーメント	パスカル秒	Pa・s	m <sup>-1</sup> ・kg・s <sup>-1</sup>
表面張力	ニュートンメートル	N・m	m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-2</sup>
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg・s <sup>-2</sup>
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m <sup>2</sup> ・m <sup>-1</sup> ・s <sup>-1</sup> =s <sup>-1</sup>
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎平方秒	rad/s <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> ・m <sup>-1</sup> ・s <sup>-2</sup> =s <sup>-2</sup>
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>	kg・s <sup>-3</sup>
質量熱容量 (比熱容量), 質量エントロピー	ジュール毎キログラム	J/K	m <sup>2</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>-2</sup> ・K <sup>-1</sup>
質量エネルギー (比エネルギー)	ジュール毎キログラム	J/kg	m <sup>2</sup> ・s <sup>-2</sup> ・K <sup>-1</sup>
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m・K)	m <sup>2</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>-3</sup> ・K <sup>-1</sup>
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>	m <sup>-1</sup> ・kg・s <sup>-2</sup>
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m <sup>2</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>-3</sup> ・A <sup>-1</sup>
体積電荷	クーロン毎立方メートル	C/m <sup>3</sup>	m <sup>-3</sup> ・s・A
電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> ・s・A
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m <sup>-3</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>4</sup> ・A <sup>2</sup>
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m <sup>2</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>-2</sup> ・A <sup>-2</sup>
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m <sup>2</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>-2</sup> ・mol <sup>-1</sup>
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol・K)	m <sup>2</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>-2</sup> ・K <sup>-1</sup> ・mol <sup>-1</sup>
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg <sup>-1</sup> ・s・A
吸収線量	グレイ毎秒	Gy/s	m <sup>2</sup> ・s <sup>-3</sup>
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m <sup>4</sup> ・m <sup>-2</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>-3</sup> =m <sup>2</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>-3</sup>
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m <sup>2</sup> ・sr)	m <sup>2</sup> ・m <sup>-2</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>-3</sup> =kg <sup>-1</sup> ・s <sup>-3</sup>

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	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	''	1''=(1/60)'=(π/648000) rad
リットル	l, L	1 l=1 dm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
トン	t	1 t=10 <sup>3</sup> kg
ネーパ	Np	1 Np=1
ベル	B	1 B=(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	1 eV=1.60217733(49)×10 <sup>-19</sup> J
統一原子質量単位	u	1 u=1.6605402(10)×10 <sup>-27</sup> kg
天文単位	ua	1 ua=1.49597870691(30)×10 <sup>11</sup> 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		1 海里=1852m
ノット		1 ノット=1 海里毎時=(1852/3600)m/s
アール	a	1 a=1 dam <sup>2</sup> =10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=1000hPa=10 <sup>5</sup> Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=10 <sup>-10</sup> m
バール	b	1 b=100fm <sup>2</sup> =10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>

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	erg	1 erg=10 <sup>-7</sup> J
ダイン	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N
ポアズ	P	1 P=1 dyn・s/cm <sup>2</sup> =0.1Pa・s
ストークス	St	1 St=1cm <sup>2</sup> /s=10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s
ガウス	G	1 G=10 <sup>4</sup> T
エルステッド	Oe	1 Oe=(1000/4π) A/m
マクスウェル	Mx	1 Mx=10 <sup>-8</sup> Wb
スチル	sb	1 sb=1cd/cm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> cd/m <sup>2</sup>
ホト	ph	1 ph=10 <sup>4</sup> lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm/s <sup>2</sup> =10 <sup>-2</sup> m/s <sup>2</sup>

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
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 <sup>10</sup> Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 <sup>-4</sup> C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
X線単位		1 X unit=1.002×10 <sup>-4</sup> nm
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 <sup>-9</sup> T
ジャンスキー	Jy	1 Jy=10 <sup>-26</sup> W・m <sup>-2</sup> ・Hz <sup>-1</sup>
フェルミ	f	1 fermi=1 fm=10 <sup>-15</sup> m
メートル系カラット		1 metric carat=200 mg=2×10 <sup>-4</sup> kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリー	cal	
マイクロン	μ	1 μ=1um=10 <sup>-6</sup> m

