

## CONTENTS

P1 J-PARC センター副センター長就任のご挨拶 P2 研究開発委員長就任のご挨拶  
P2 バルク有機相と界面における抽出剤の組織化と希少金属の溶媒抽出特性 P6 「要望書」を提出 P7 令和6年度総会 会長挨拶 P8 令和6年度総会 運営委員長挨拶  
P8 R6 年中性子産業利用報告会開催報告 P10 研究会・講習会の開催報告 P10 施設からのお知らせ P11 新会員企業の紹介 P11 今後の行事予定

## J-PARCセンター副センター長就任のご挨拶

J-PARC センター 副センター長  
金正倫計

2024年4月にJ-PARCセンター 副センター長に就任いたしました金正倫計(きんしょう みちかず)でございます。1996年に日本原子力研究所(現、日本原子力研究開発機構)に入所し、J-PARCの立上げ時から、加速器、特に3 GeVシンクロトロン設計、製作、ビーム調整、及び運転に関わってきました。J-PARC MLFでのビーム利用運転は、2008年12月からビーム強度5 kWで開始され、ビーム強度を徐々に増加させながら、加速器及び中性子発生ターゲットの性能を継続的に向上させ、2024年4月から設計ビーム強度1 MWで実施されています。

J-PARC副センター長に就任し、皆様からご支援をいただきながら、まもなく半年を迎えることができます。この半年間での業務を通じて実感したことがいくつもありますが、特に実感したことは、J-PARC MLFにおける産業利用に関する取組は大変進んでいるということです。そもそも産業利用推進協議会という団体があり、産業利用報告会といったイベントも開催されています。CROSSのご尽力も極めて大きいと感じていますが、様々な勉強会が実施され、分析アライアンスが立ち上がるなど、具体的な活動が展開されています。このような貴重な活動の立ち上げには関係者、諸先輩方大変なご努力があったものと思います。

J-PARCは産業界との繋がりにおいて非常に恵まれた環境にあると思います。この関係を発展させつつ、前進していくために、ユーザーコミュニティとの継続的な対話が重要であると思います。特に毎年提出いただいている要望書の内容における、利便性の向上、アクセス道路、人材育成といった課題に対しては施設としてもしっかりと取り組んでいきます。

ユーザーの利便性向上の取り組みの一つとして、令和6年度から、成果公開課題及び成果専有課題それぞれに、以下の課題を追加いたしました。

## ● 成果公開課題

## ① 優先課題

国プロなどの研究資金に審査を経て採択された課題で、安全性及び実施の技術的可能性が確認できた課題

## ● 成果専有課題

## ① 産業利用促進課題

中性子産業利用推進協議会やCROSS等が主催・支援する勉強会やコンソーシアム等に対して、一部減額した料金による成果専有利用を可能とする課題

## ② 有償随時課題

産業界ユーザーを対象とし、産業利用の観点で緊急性、産業利用発展の観点で簡便かつ早期に実施することが適切である課題

アクセス道路建設については、令和4年度に詳細設計に着手し、令和6年度にモニタリングポストの移設手続きを実施する予定であり、令和9年度の利用開始を目標に着実に実行していく所存です。利便性向上の点ではJ-JOINがMLFとJRR-3を横通しした利用相談窓口として令和4年度に開設されております。引き続き、JRR-3とも連携しつつ利便性を向上させることが肝要であると考えております。また、人材育成の観点においては、企業との人事交流を継続・拡大していく必要もあると考えています。

今後に向けては上記のような取組の具体化に加えて、J-PARC全体の運転に関しては、1 MWでの安定・安全を前提としつつ、必要な研究開発を進め、現在MLFで進んでいる将来構想の検討結果を具体化していく道筋をつくることなど、J-PARCのマネジメントとして取り組んでいこうと思っています。引き続きのご指導ご鞭撻をいただきますよう、よろしくお願い申し上げます。

### 中性子産業利用推進協議会 研究開発委員長 久米卓志（花王株式会社）

中村道治会長のご指名を受け、本年4月より研究開発委員長を拝命いたしました久米卓志です。どうぞよろしくお願い申し上げます。2008年に設立された中性子産業利用推進協議会は、今年で16年となります。数年間様々な活動の抑制を余儀なくされていた新型コロナウイルス感染症の影響もほぼ無くなってきました。中性子計測・解析の分野では、JRR-3の供用運転が再開、J-PARCの1MWの安定運転が軌道に乗りつつあり、また小型中性子源も増えてきております。さらにより広く量子ビームの分野を眺めますと、放射光軟X線を中心としたNanoTerasuの稼働、さらにSPRING-8-IIへのアップグレードなどの大きな量子ビーム境界の状況が大きく変わりつつある現在の状況がうかがえます。

そのような状況において、中性子・ミュオンの産業利用の目指すところは、SDGsに示されるような21世

紀の持続可能な開発、そこでの社会的課題の解決に向けた取組みと考えます。そこで、協議会では昨年に、研究開発委員会のもとにあります11の研究会にて谷山明 前研究開発委員長、各研究会主査・幹事のご尽力で5年、10年、15年先を見据えた将来ビジョンが作成されました。将来ビジョンは、各中性子施設や日本中性子科学会等の学術分野の皆様と協議をさせていただき、定期的に改訂していく予定です。また、中性子利用の人材育成、実験・解析方法の知見取得、課題解決に繋がる有用な利用例を想定した研究会における合同実験が、金属材料研究会にて昨年度より開始され、イメージング研究会では今年度の実施が計画されています。

このような新たな活動を通じて、協議会では中性子・ミュオンのさらなる活用を通して卓越したものづくりを実現し、産業競争力の向上と社会的課題の解決に貢献することを目指します。協議会会員の皆様には、今後ともご支援・ご協力を賜りますよう、何卒よろしくお願い申し上げます。

## バルク有機相と界面における抽出剤の組織化と 希少金属の溶媒抽出特性

原子力機構 物質科学研究センター  
上田祐生、ミシヨ シリル、元川竜平

### 1. はじめに

日本の重要課題の1つである金属資源の安定確保（資源セキュリティの強化）のために、金属資源の精錬・リサイクル技術の更なる向上が求められている。湿式分離法の1つである溶媒抽出法は、金属リサイクルにおいて利用されている主要な分離技術であり、水と油のように互いに混じり合わない二液間における物質の分配現象を利用した分離・精製技術である。

金属分離のための溶媒抽出プロセスでは、特定の金属イオンに対し抽出能力を有する有機化合物（抽出剤）を脂肪族または芳香族炭化水素などの希釈剤に溶解した有機相と、金属イオンが塩酸や硝酸などの無機酸に溶解した水相を用意する。両相を混合接触させたのち、二相を相分離することで目的の金属イオンを抽出する。通常、溶媒抽出の抽出能力や選択性は、単一の錯体の形成のみに焦点を当てた配位化学や化学平衡論に基づいて説明される。しかしながら、このような方

法は金属イオン濃度が低い理想溶液での適用に限定されており、高濃度の金属イオンを取り扱う実用プロセスでは、従来の配位化学や化学平衡論のみでは説明がつかない現象が報告されている<sup>1</sup>。近年の研究で、単一の錯体だけでなく、バルク有機相や界面において、複数の抽出剤や抽出錯体がつくる超分子組織化が抽出性能、選択性、および抽出速度に大きく寄与していることが明らかになりつつある。

マロンアミド化合物は、使用済み核燃料の再処理におけるアクチノイドやランタノイドの分離や電子廃棄物からの白金族金属のリサイクルなどの溶媒抽出プロセスで広く研究されている<sup>2,3</sup>。マロンアミドは、メチレン架橋された2つのアミド基が、金属イオンに対し配位結合を錯形成し、各アミド基に結合したアルキル鎖が有機相に溶解するための脂溶性を与えている。なかでも、4つの直鎖ヘキシル基を有する*N,N,N',N'*-テトラヘキシルアロンアミド（THMA）のトルエン溶液は、硝酸溶液からのパラジウム（Pd）とネオジウム（Nd）抽出において、Pdに高い選択性を示すが、抽出速度が遅いという特長がある（図1）。その一方で、同一の

分子体積を有する異性体である *N,N'*-ジブチル-*N,N'*-ジメチル-2-テトラデシルマロンアミド(DBMA)の *n*-ヘプタン溶液は、PdもNdも抽出するが、抽出速度が速い。これらのマロンアミド抽出剤のPdとNd抽出に関する抽出平衡反応式に違いはなく、この選択性と抽出速度の違いは、古典的な配位化学だけでは説明ができない。本稿では、2種類のマロンアミド抽出系における選択性と抽出速度の違いを理解するために、バルク有機相と界面における抽出剤の組織化について調べた結果について紹介する<sup>4</sup>。バルク有機相における抽出剤の組織化は、X線小角散乱法(SAXS)により、界面における抽出剤の組織化は、有機相-水相界面における界面張力測定(IFT)と空気-有機相界面における中性子反射率測定(NR)により検証した。

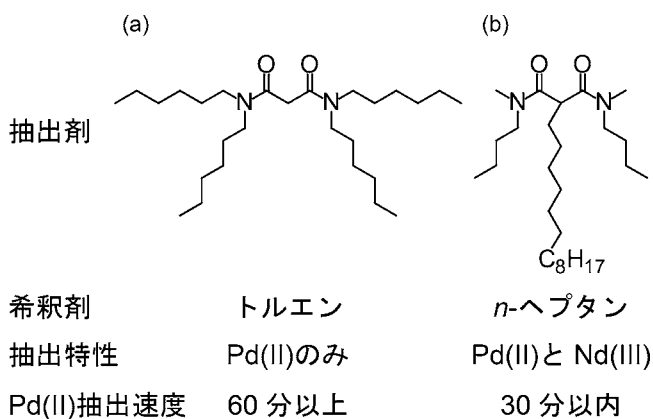


図1. 2つのマロンアミド抽出系の抽出剤の化学構造, 希釈剤, 抽出特性, およびPd(II)抽出速度. (a)トルエン中のTHMA, (b)*n*-ヘプタン中のDBMA.

## 2. バルク有機相における抽出剤の組織化

トルエン中のTHMAと *n*-ヘプタン中のDBMAから構成される2つのマロンアミド抽出系での、バルク有機相における抽出剤の組織化を検証するために、3 M硝酸との接触前後のSXASプロファイルのマロンアミド抽出剤濃度の影響を比較した。SAXS測定は、モリブデン線源(GENIX, Xenocs, 50 W, 50 kV, 1 mM)を用い入射X線波長( $\lambda_x$ )は0.071 nmとした。試料から検出器までの距離は、 $Q$ 領域が $Q = 0.2\text{--}20 \text{ nm}^{-1}$ となるように750 mmに設定した。散乱X線の検出には、2次元イメージングプレート検出器(直径345 mm, MARResearch)を使用した。試料からの散乱データは、検出器の検出効率、装置由来のバックグラウンド、空気散乱を考慮し補正した。X線散乱強度を円環平均した後、透過率と試料厚みを考慮し空セルからの散乱を差し引いた。試料からの散乱強度は、ルポ

レン標準試料(LyondellBasell)を用いて、絶対強度化( $\text{cm}^{-1}$ )した。試料は、壁厚み0.01 mmの石英キャピラリーに充填し、試料厚み2.0 mmとし、測定はすべて20°Cで行った。

図2aと2bに水相と接触していないトルエン中のTHMAと *n*-ヘプタン中のDBMAのバルク有機相に関するSAXSプロファイルを示す。低 $Q$ 領域I ( $Q < 5.0 \text{ nm}^{-1}$ )のSAXSプロファイルは、マロンアミド抽出剤の分子間相互作用を反映しており、その一方で、 $Q = 10.5 \text{ nm}^{-1}$ 付近にピークをもつ高 $Q$ 領域II ( $Q > 5.0 \text{ nm}^{-1}$ )は、マロンアミド抽出剤および希釈剤の分子内相互作用を反映している。 $Q$ 領域Iの散乱強度はマロンアミド濃度が高くなるにつれて増加したが、 $Q$ 領域IIではマロンアミド濃度変化してもほとんど変化はなかった。0.6 M THMAにおいて $Q \approx 4.5 \text{ nm}^{-1}$ 付近に明確な散乱極大が観られ、 $Q$ 領域I全体の散乱強度が増加していた(図2a)。この散乱極大ピークは、2~3分子からなるTHMA会合の形成を示しており、散乱極大の位置からTHMA分子間平均距離は1.4 nmと評価された<sup>5</sup>。この会合は、主にマロンアミドの極性アミド基間の双極子-双極子相互作用から生じ、親水性のコア(アミド基)と疎水性のシェル(ヘキシル基)で構成されていると予想される。一方、DBMA濃度が増加しても $Q \approx 4.5 \text{ nm}^{-1}$ 付近に散乱極大は観られなかったが、 $Q < 4.0 \text{ nm}^{-1}$ 付近では、散乱強度が増加した(図2b)。*n*-ヘプタン中のDBMAにおいて、 $Q \approx 4.5 \text{ nm}^{-1}$ 付近に散乱極大がないのは、低 $Q$ 領域での比較的大きな凝集体に由来する散乱が強く、低分子会合の信号が埋もれてしまったためであると考えられる。*n*-ヘプタンは双極子モーメントをもたないため、DBMAの極性部位の可溶化には不利であるために、*n*-ヘプタン中でDBMAの大きな凝集体を形成したと考えられる。

図2cと2dに3 M硝酸水溶液との接触後のトルエン中のTHMAと *n*-ヘプタン中のDBMAのSAXSプロファイルを示す。図2cの $Q$ 領域IのSAXSプロファイルは、水相と接触してもトルエン中のTHMAが大きな凝集体を形成しないことを示していた。一方で、散乱極大の位置が $Q \approx 4.0 \text{ nm}^{-1}$ 付近にわずかにシフトしており、これは親水性のTHMAコアに硝酸分子や水分子を取り込むことによりTHMA会合体のサイズがわずかに大きくなったことを示している。その原因は、水素結合や双極子-双極子相互作用を介した極性分子の取り込みであると予想されている。図2dから、 $Q$ 領域IにおけるSAXSプロファイルの強度は水相との接触前(図2b)よりも明らかに増加していた。*n*-へ

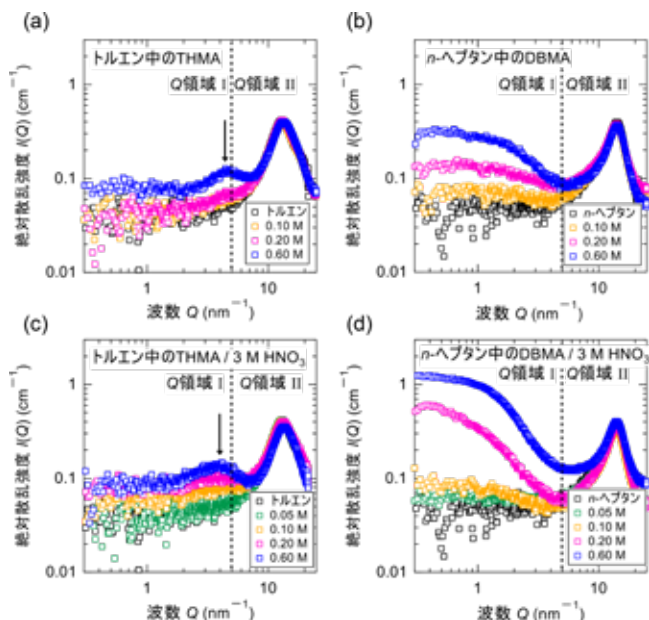


図2. 水相と接触前(a, b)および3 M HNO<sub>3</sub>と接触後(c, d)のトルエン中のTHMAおよび(a, c)*n*-ヘプタン中のDBMA(b, d)のX線小角散乱プロファイルに及ぼす抽出剤濃度の影響. [THMA] = 0–0.6 M, [DBMA] = 0–0.6 M. (a, c)の矢印は散乱極大を示している.

ブタン中のDBMAの凝集体の場合においても、硝酸分子や水分子の取り込みにより凝集体のサイズが大きくなったと予想される。

### 3. 界面における抽出剤の組織化

2つのマロンアミド抽出系での界面における抽出剤の組織化を検証するために、まず、各希釈剤のみと各希釈剤の0.2 M マロンアミド溶液の有機相–水相界面張力を比較した。IFT測定は、スピニングドロップ界面張力計(SDT, Krüss Scientific)を用いて行った。有機相をあらかじめ各硝酸濃度の水溶液で平衡化し、硝酸溶液で満たされたキャピラリー測定セルにシリンジを用い有機相試料を1滴注入した。20 ± 1 °Cで、液滴の球状形状を変形させるのに十分な5,000 rpm以上で回転させ張力測定を行った。

図3にトルエン、*n*-ヘプタン、トルエン中の0.2 M THMA、および*n*-ヘプタン中の0.2 M DBMAにおける有機相–水相界面張力 $\gamma$ の硝酸濃度の影響を示す。まず、*n*-ヘプタン–水の $\gamma$  (47 mN/m)は、トルエン–水の $\gamma$  (34.5 mN/m)よりも高かった。これは、トルエンの双極子モーメントが*n*-ヘプタンよりも高いことや四極子相互作用や芳香環の分極性 $\pi$ 電子から生じるポテンシャル相互作用により水に対する親和性が高いことに起因する<sup>6</sup>。0.2 M DBMAを含んだ*n*-ヘプタン–水界面では、0.2 M THMAを含んだトルエン–水

界面よりも小さな $\gamma$ を示した。SAXSの結果を鑑みると、[THMA] = [DBMA] = 0.2 Mは、どちらの抽出系においても、THMA会合体やDBMA凝集体を形成し始める濃度よりも高く、すなわち、両分子が表面過剰濃度の最大値に達していることを示唆している。以前の研究から、飽和界面の表面過剰濃度は、抽出剤の構造変化にはほとんど影響されないことが報告されている<sup>7</sup>。さらに、ヘキサンからヘキサデカンまでの脂肪族炭化水素–水界面とトルエン–水界面におけるDBMAの吸着を比較した研究では、トルエン–水界面の最大表面過剰濃度の方が低いことが報告されている。これらの報告から、*n*-ヘプタン–水界面におけるDBMA分子の局所濃度は、トルエン–水界面におけるTHMAの局所濃度よりも高いと結論付けられる。すなわち、トルエンへのTHMAの添加は、バルク有機相で小さな会合体を形成するだけで、 $\gamma$ への影響が小さかったのに対し、*n*-ヘプタンへのDBMAの添加は、大きな凝集体を形成することで、 $\gamma$ をより減少させた。これらの違いは、界面におけるマロンアミド抽出剤の組織化に違いがあることを示唆していた。

次に、2つのマロンアミド抽出系での界面における抽出剤の組織化を検証するために、NR測定により界面深さ方向の中性子散乱長密度(SLD)プロファイルと比較した。NR測定は、大強度陽子加速器施設(J-PARC)物質・生命科学実験施設(MLF)に設置されている水平型飛行時間法中性子反射率計(BL16, SOFIA)で行った。入射中性子波長( $\lambda_N$ )は0.22–0.88 nm とし、入射角度を液面に対し0.5°と1.5°にすることで、測定した界面に垂直な移行運動量 $Q_z$ の範囲を0.13–1.5 nm<sup>-1</sup>とした。試料界面上の中性子ビームのフットプリントサイズを15 × 20 mmに調整し、反射

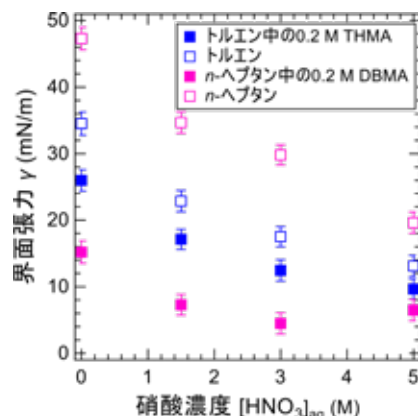


図3. トルエン中の0–0.2 M THMAおよび*n*-ヘプタン中の0–0.2 M DBMAの有機相–水相界面における界面張力の硝酸濃度の影響. [THMA] = 0, 0.2 M, [DBMA] = 0, 0.2 M.

中性子データの検出は、2次元シンチレーション検出器を使用した。得られたNRプロファイルは、Motofitプログラムを使用して解析し、界面の厚さ $t_{\text{layer}}$ 、界面のSLD  $\rho_{\text{layer}}$ 、およびバルク有機相のSLD  $\rho_{\text{bulk}}$ を評価した。およそ4 cm<sup>3</sup>の試料は、テフロン製の皿が入った石英製サンプルセル(60 × 60 × 40 mm)に注入され、NR測定を行うのに十分な平滑な界面を保持した。測定はすべて20°Cで行った。

図4aおよび4bは、THMA- $d_{19}$ を含んだトルエン- $d_8$ -空気界面とDBMA- $d_{25}$ を含んだ $n$ -ヘプタン- $d_{16}$ -空気界面のNRプロファイルの抽出剤濃度の影響を示す。どちらのNRプロファイルにおいても $Q_z \approx 0.15 \text{ nm}^{-1}$ 以上で反射率 $R(Q_z)$ は急激に減少し、その後、 $Q_z > 0.2 \text{ nm}^{-1}$ でべき乗則に従って減少した。すべてのNRプロファイルは、界面における構造情報を得るために、Motofitプログラムを用いて定量的に解析した。表1にNRプロファイルに最も適合したフィッティング曲線のパラメータをまとめている。フィッティング時は、空気のSLDを0とし、界面における層数を0または1とした。図4cおよび4dに、フィッティングにより得られたSLDプロファイルの深さ方向に対する分布を示す。図4cから、[THMA- $d_{19}$ ] = 0.01-0.1 Mでは、THMA- $d_{19}$ 分子の界面への特異的な吸着は観られなかった。表1にも示すように、[THMA- $d_{19}$ ]

= 0.2 Mでは、 $\rho_{\text{bulk}}$ が $5.61 \times 10^{-4}$ から $5.14 \times 10^{-4}$ に減少したことに加え、界面相が現れた。界面厚み $t_{\text{layer}}$ はおよそ3 nmであり、これはTanfordの式によって推定されたTHMA中のヘキシル基の最大分子長の約3倍であった<sup>8</sup>。それに対して、 $n$ -ヘプタン- $d_{16}$ 中のDBMA- $d_{25}$ は異なる挙動を示した(図4d)。 $[\text{DBMA-}d_{25}] = 0.01 \text{ M}$ 以上では、厚さ1.5 nmのDBMA相の形成が示唆され、この $t_{\text{layer}}$ は $[\text{DBMA-}d_{25}]$ が増加しても一定であったが、 $\rho_{\text{layer}}$ はトルエン- $d_8$ 中のTHMA- $d_{19}$ よりもはるかに低かった。THMA- $d_{19}$ とDBMA- $d_{25}$ のSLDは、それぞれ $2.74 \times 10^{-4} \text{ nm}^{-2}$ および $3.50 \times 10^{-4} \text{ nm}^{-2}$ であることを考慮すると、 $n$ -ヘプタン- $d_{16}$ 中の界面層はより高密度であることが示唆されている。この結果は、図3の $n$ -ヘプタン系で得られた $\gamma$ 値が小さいことと一致している。

表1. 図4aおよびbのNRプロファイルから得られたフィッティングパラメータ.

[THMA- $d_{19}$ ] (M)	$t_{\text{layer}}$ (nm)	$\rho_{\text{layer}}$ ( $10^{-4} \text{ nm}^{-2}$ )	$\rho_{\text{bulk}}$ ( $10^{-4} \text{ nm}^{-2}$ )
0	–	–	5.61
0.01	–	–	5.42
0.05	–	–	5.31
0.1	–	–	5.25
0.2	3.0	4.59	5.14
[DBMA- $d_{25}$ ] (M)	$t_{\text{layer}}$ (nm)	$\rho_{\text{layer}}$ ( $10^{-4} \text{ nm}^{-2}$ )	$\rho_{\text{bulk}}$ ( $10^{-4} \text{ nm}^{-2}$ )
0	–	–	5.86
0.01	1.4	3.38	5.77
0.05	1.5	3.30	5.70
0.1	1.5	3.29	5.51
0.2	1.6	3.29	5.47

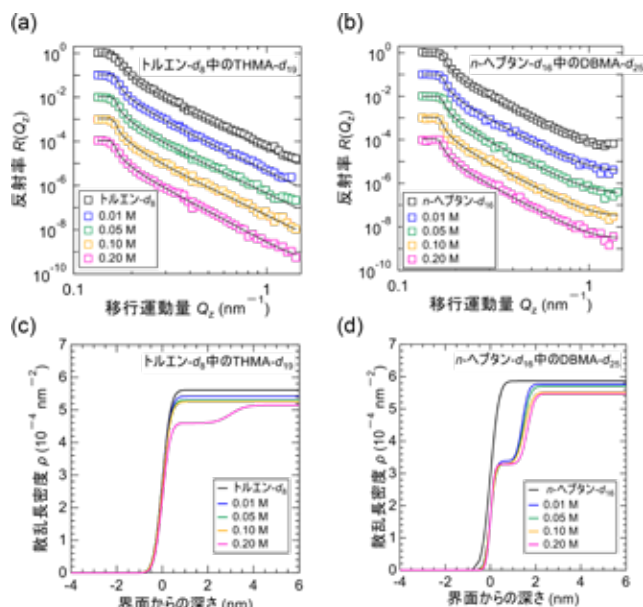


図4. トルエン中のTHMA- $d_{19}$ (a, c)および $n$ -ヘプタン中のDBMA- $d_{25}$ (b, d)の気-液界面中性子反射率プロファイル(a, b)に及ぼす抽出剤濃度の影響およびフィッティングにより得られた中性子散乱長密度の深さ方向に対する分布(c, d). [THMA- $d_{19}$ ] = 0-0.2 M, [DBMA- $d_{25}$ ] = 0-0.6 M.

## 4. まとめ

2種類のマロンアミド抽出系における選択性と抽出速度の違いを理解するために、SAXS測定によるバルク有機相での抽出剤の組織化とIFTとNR測定による界面での抽出剤の組織化について検討した。トルエン中のTHMAは、バルク有機相では2~3分子から構成される会合体を形成し、抽出剤濃度や水相の硝酸濃度が増加しても大きな凝集体を形成することはなかった。界面活性が比較的低いTHMAは、有機相-水界面において比較的厚い疎な界面相を形成していた。それに対して、 $n$ -ヘプタン中のDBMAは、バルク有機相で大きな凝集体を形成しており、これは抽出剤濃度や水相の硝酸濃度の増加に伴ってより大きく成長した。THMAよりも界面活性が高いDBMAは、 $n$ -ヘプタン-水界面において、薄く密な界面相を形成してい

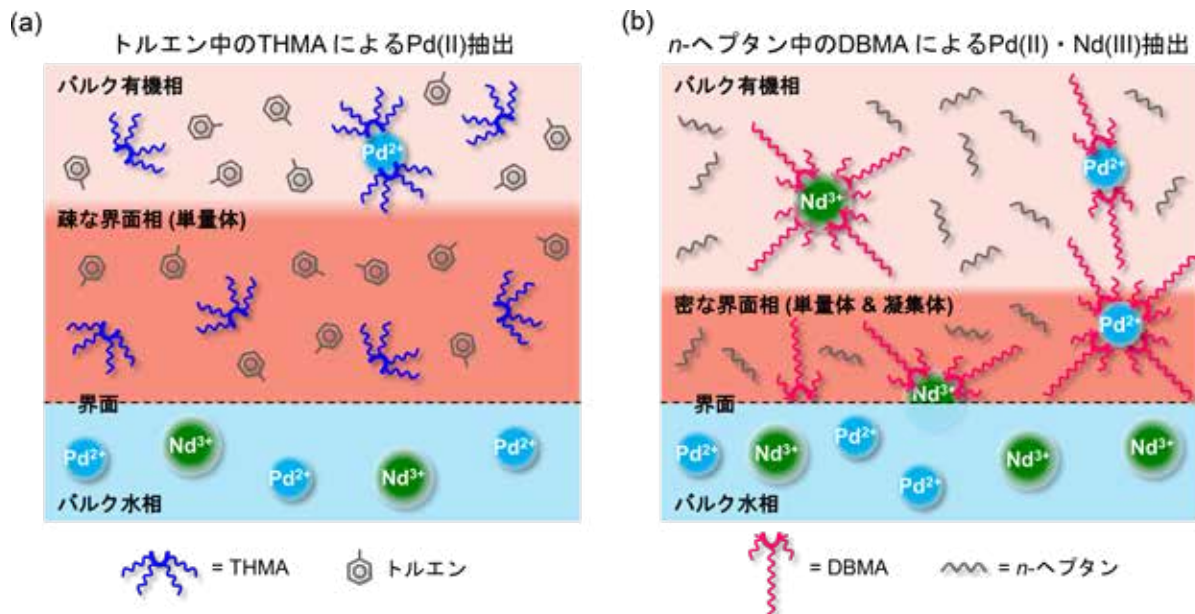


図5. トルエン中のTHMAによるPd(II)抽出(a)および*n*-ヘプタン中のDBMAによるPd(II)とNd(III)抽出(b)におけるバルク有機相および界面の状態。

た。図5にSAXS、IFT、およびNR測定から導かれるバルク有機相と界面におけるPd(II)とNd(III)の抽出メカニズムの概念図を示す。トルエン中のTHMAによるPd(II)の抽出では、トルエン-水界面にTHMA分子やその会合体が蓄積し、厚い拡散層を形成する。水相でのPd(II)に対するTHMAによる配位は、この疎な界面でゆっくりと起き、やがてバルク有機相へPd(II)を抽出する。トルエン中のTHMAは、Nd(III)を抽出できないが、これはNd(III)の抽出には凝集体の形成が必要であるという以前の報告とも一致している。*n*-ヘプタン中のDBMAでは、DBMAの凝集体が*n*-ヘプタン-水界面に現れ、1 nm程度の密な界面を形成し、その極性コアにNd(III)とPd(II)イオンを速やかに取り込む。その後、金属イオンを取り込んだ凝集体はバルク有機相に拡散する。これらの実験結果から得られた洞察は、トルエン中のTHMAと*n*-ヘプタン中のDBMAによる選択性や抽出速度の違いを上手く説明している。これまでの溶媒抽出研究では、古典的な化学平衡論や単一錯体の配位化学に基づいた議論に留まっていた。今後、バルク有機相や界面における複数の抽出剤や抽出錯体による超分子凝集体にも着

目した研究開発が進められることで、国際的なエネルギー・資源確保にとって重要な金属分離回収プロセスを改善するための知見が得られることを期待する。

### 参考文献

- [1] R. Ganguly, et al., *J. Colloid Interface Sci.*, **355**, 458 (2011)
- [2] D. Bourgeois, et al., *Hydrometallurgy*, **191**, 105241 (2020)
- [3] R. Mastretta, et al., *Solvent Extr. Ion Exch.*, **37**, 140 (2019)
- [4] C. Micheau, et al., *J. Mol. Liq.*, **401**, 124372 (2024)
- [5] M. J. Servis, et al., *J. Phys. Chem. B*, **124**, 10822 (2020)
- [6] J. Szymanowski, et al., *Solvent Extr. Ion Exch.*, **12**, 873 (2007)
- [7] J. Szymanowski, et al., *Solvent Extr. Ion Exch.*, **18**, 729 (2000)
- [8] C. Tanford, *J. Phys. Chem.*, **76**, 3020 (1972)

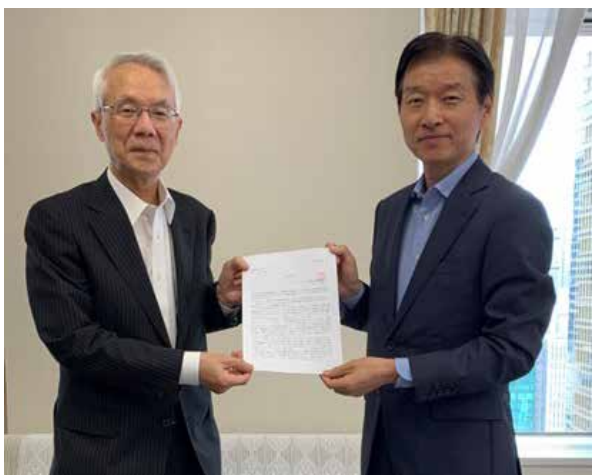
## 「要望書」を提出

本年度も協議会から文部科学大臣宛の「要望書」を提出しました。内容は、中性子施設が産業界の様々な

視点から見て、より使いやすくなるための提案です。2024年6月27日に中村道治会長が文部科学省を訪

問し、柿田恭良 科学技術・学術政策局長、千原由幸 研究開発局長に提出しました。高出力安定運転、電気

料金高騰対策、国内課題実施件数確保など産業界の要望を中村会長から説明いただきました。



科学技術・学術政策局 柿田恭良局長に提出



研究開発局 千原由幸局長に提出

## 令和6年度総会 会長挨拶

中村 道治

本日は、昨年度の活動報告と今年度の事業計画について議論していただくことになっています。ぜひ、忌憚のないご意見をいただければと思います。また、ご来賓として、文部科学省研究開発局の井出太郎研究開発戦略官様に、ご多忙中、ご出席いただいております。21世紀も、すでにファースト・クォーターを過ぎようとしています。気候変動等の地球環境課題の解決や、人々の安寧の実現に向けて、科学技術イノベーションの実現がますます期待されるようになりました。また先日は、骨太の方針2024が閣議決定されましたが、成長型の新たな経済ステージへの移行のために、技術の徹底した社会実装がアクションプランの一つに挙げられております。このような中で、私たちは、科学的知識に基づく卓越したものづくりを通じて、社会の期待に応えたいと思います。我が国では、J-PARC、JRR3が安定稼働し、小型中性子源も開発されて、確実に産業応用が根付いています。さらに、福井県の新試験研究炉の建設に向けた準備が進められていると伺っております。今後さらに、我々にとっても有力な武器になることを期待しています。中性子産業利用推進協議会では、今後5年、10年、15年先を

見た将来ビジョンを昨年度から作成してきました。特に、研究会将来ビジョンでは、これからの中性子ミュオン計測の解析装置、あるいは手法、応用に関して詳細に議論していただきました。今年からは、産官学の連携のもとに、これらを有限実行していきたいと思えます。特に、中性子ミュオン計測をさらに多くのユーザーに活用していただくために、運営体制の在り方や、ビームラインの新設等について、国や施設側と議論を重ねる必要があると考えております。新しい計測分析技術や、それらの産業応用に関しては、特に大学研究機関との連携が不可欠である、国の研究開発プログラムへの新規参加等も含めて、皆で知恵を絞る必要があるのではないかと思います。成果の可視化も重要なテーマになっています。今や、量子技術は様々なところで議論されていますが、中性子ミュオン計測に関しても、研究開発ビジョンと実績をタイミングよく発信して、この大きな潮流に乗るべきだと思います。このために、広報活動や関係者とのコミュニケーションの拡大が重要であります。また、人材育成に力を入れて、多くの企業研究者が中性子ミュオン計測を活用できるようにしていく必要があります。ぜひ皆様方のご理解とご協力をお願いします。

## 令和6年度総会 運営委員長挨拶

志満津 孝

本日は、総会にご参加いただいた皆様、ありがとうございます。また、文部科学省 井出様にもご参加いただき誠にありがとうございます。この場をお借りしましてお礼申し上げます。2008年度に発足した本協議会は、2024年度で16年目を迎えます。24年4月時点で49社、3研究機関と多くの会員企業に参加していただいております。今回は、24年度総会として23年度の事業報告と24年度の事業計画を議論していただきます。ここ数年、中性子の利用環境は、J-PARC MLFに加え、JRR-3、小型中性源などを加わり、活性化してきております。一方で中性子の産業利用率は、まだまだ十分なレベルに達していないと考えています。これは施設の使いやすさなどのいくつかの課題もありますが、産業界からの申請数が伸び悩んでいることが要因の一つであると考えています。本質的な改善が望まれています。どうしたら産業利用を推進できるかということについて、協議会での議論を進めてきています。産業利用の促進のためには、産業界の皆さんに中性子の有用性を紹介するとともに、産業界が積極的に競争力強化に向けて取り組むことを応援

することが必要だと考えています。昨年度は、15年目の節目として、研究会の皆さんを中心に、今後の中性子活用に対する将来ビジョンを作成しました。各研究領域において、5年、10年、15年の将来を見据え、ステップアップするイメージで示しています。併せて、協議会において産業界と施設側で意見交換・議論を進めています。本日午後の産業利用報告会でも、その活動内容が報告されます。是非ご覧いただき、ご意見などお聞かせください。現在、研究会は11例運営されております。産業界と施設側からリーダーが選出され、研究領域ごとに、今注目すべき重要課題は何か、また求められる計測技術は何かということを中心にテーマが設定されております。ぜひ皆さんの関心が高い研究会に参加いただき、最新の情報に触れてください。その経験が産業界の多くの課題を解決するきっかけになることを期待しております。また、ご覧になった上で、今の時点で必要なテーマがないと感じることもあるかと思えます。その場合は、協議会にお伝えください。一緒に考えていければと考えています。本日から明日にかけて参加いただき、積極的なご議論をよろしくお願いたします。

## 令和6年度中性子産業利用報告会開催報告

日本原子力研究開発機構／J-PARC センター  
高田 慎一  
令和6年度中性子産業利用報告会実行委員長

7月11日(木)-12日(金)に東京秋葉原コンベンションホールにおいて、中性子産業利用報告会を開催しました。本年度から、参画しました東大物性研究所を含め、J-PARC センター、研究用原子炉 JRR-3、茨城県、総合科学研究機構(CROSS)、中性子産業利用推進協議会の6機関が主催となりました。現地及びオンラインのハイブリットで開催され、現地参加者247名、Web参加者135名の合計382名が参加しました。

報告会1日目はJ-PARC センター長の小林隆氏による開会挨拶後、文部科学省科学技術・学術政策局の井上諭一局長より挨拶をいただきました。セッション1

(産業利用の現状と施設報告)では、中性子産業利用推進協議会の中村道治会長より、中性子の産業利用について講演がありました。次にJ-PARC MLF デイビジョン長の太友季哉氏より、J-PARC MLFの現状と産業利用について報告がありました。また、JRR-3を代表して東大物性研附属中性子科学研究施設長の山室修氏より、最近の研究成果に加え、JRR-3内の大学が管理運営する装置において、産業利用課題の受付を開始することについて紹介されました。次に、茨城県のAYA'S LABORATORY 量子ビーム研究センター長の小松崎園子氏より、茨城県中性子ビームラインの現状と産業利用について報告されました。さらに、CROSS 中性子科学センター長の柴山充弘氏より、J-JOINの活動と量子ビームゲートウェイの取り組みについて紹介されました。特別講演1として、トヨタ自動車株式会社の庄司哲也氏が、材料開発におけるマ



テリアルズインフォマティクス(MI)の活用や考え方、MIの今後の展開について講演されました。次に、セッション2(電池材料Ⅰ)では、株式会社豊田中央研究所の近藤広規氏が、中性子イメージングを用いたリチウムイオン電池の熱暴走解析の結果について報告されました。また、JAEAの大澤崇人氏が、中性子深さ方向分析：Neutron Depth Profiling (NDP)を用いた全固体電池中のリチウムイオン動態の可視化について、講演されました。次に、セッション3(電池材料Ⅱ)では、株式会社デンソーの久野敬司氏が、FC用配位高分子材料のプロトン伝導機構評価について発表されました。次に、物質・材料研究機構/東京工業大学の館山佳尚氏が、蓄電池内部のカチオンダイナミクスに関する高度分子動力学シミュレーションの結果について講演されました。さらに、KEKの幸田章宏氏が、ミュオンで探るペロブスカイト太陽電池の高効率化に関して講演されました。

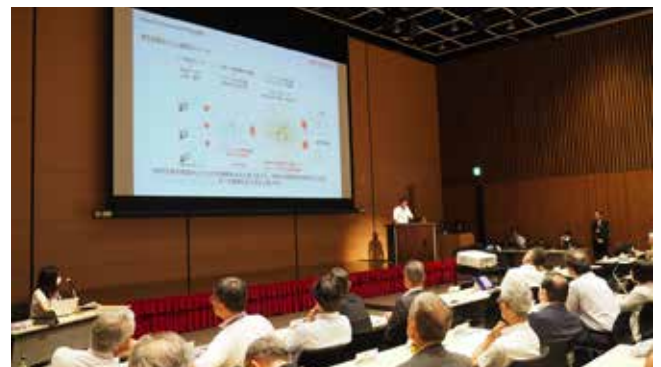
2日目冒頭の特別講演Ⅱでは、京都大学の平山朋子氏が、トライボロジー現象解明に向けた中性子線分析の活用と題して、潤滑油が金属などの境界面でのどのような構造と物性を示すのかについて、X線や中性子を用いて解析した結果について講演されました。セッション4(生体物質、有機・高分子材料)では、奈良県立医科大学/モルミル株式会社の森英一朗氏が、「分子の動きを見る」新しい創薬基盤技術の開発について講演されました。次に、大阪医科薬科大学の村川武

志氏が、中性子結晶構造解析に基づく銅含有アミン酸化酵素の触媒機構に関して発表されました。さらに、JSR株式会社の田路智也氏が、AGNESを活用したポリマー材料の機能分析―産業利用の立場から―と題して、中性子準弾性散乱を用いて、液晶配向膜と不純物のダイナミクスを評価した結果について報告されました。利用相談会として、ポスター発表が行われ、J-PARC MLF実験装置、JRR-3実験装置を中心とする装置性能のポスターが35枚、その他の施設・産業界の成果ポスターが35枚、全70枚のポスターが展示され、産業界と施設間で活発な議論の場となりました。

セッション5(材料特性評価Ⅰ)では、JAEA(現：検査開発株式会社)の加藤正人氏より、CaF<sub>2</sub>の中性子高温非弾性散乱と機械学習分子動力学による評価に関する発表がありました。次に、J-PARCセンターの川崎卓郎氏が、「中性子回折を用いた工学材料の研究―可能性及びトレンド―」と題して、J-PARC、JRR-3、海外の中性子工学回折装置の研究動向に関して講演されました。さらに、茨城大学/CROSSの小泉智氏が、「鉄鋼・プラスチック加工のための非破壊検査-茨城県内の話題から-」と題して、茨城県材料構造解析装置にて得られた産業利用の成果に関して発表されました。セッション6(材料特性評価Ⅱ)では、旭化成ホームズ株式会社の高木菜津子氏が、中性子小角散乱によるトバモライト層状構造の解析として、軽量気泡コンクリートの材料であるトバモライトの層間空隙に



ポスターセッションの様子



講演会場の様子



参加者の集合写真

水分子が吸着する様子を捉えた結果に関して報告されました。また、JAEAの菅蒲敬久氏が、中性子を用いたあと施工アンカー付着強度特性評価に関して講演されました。セッション7(新事業分野への展開)では、理化学研究所/T-RANSの大竹淑恵氏が、理研中性子線によるインフラ非破壊計測実用化、事業化について、

講演されました。さらに、株式会社インキュベーション・アライアンスの村松一生氏が、革新的中性子反射材用ナノサイズグラフェンの開発に関して講演されました。最後に、JAEA物質科学研究センター長の中島健次氏の挨拶で閉会となりました。

(9ページの写真は報告会当日の様子)

## 研究会・講習会の開催報告

- ◆中性子実験技術基礎講習会(レベル1講習会)を中性子産業利用推進協議会と日本中性子科学会、総合科学研究機構、茨城県の主催で6月25日にオンライン開催しました。中性子実験の初心者の方を対象に、中性子実験技術について9件の講義がありました。参加者は133名でした。
- ◆中性子イメージング研究会を8月22,23日の2日間、新橋ビジネスフォーラムで開催しました。1日

目は現地開催、2日目はハイブリッド形式での開催でした。副題を「ラジオグラフィ・共鳴吸収を利用したイメージング技術」とし、中性子イメージング実験施設の最新情報や利用事例ならびに、ラジオグラフィ全般および中性子共鳴吸収法の研究事例に関する報告に続いて、今後の産業利用推進について議論しました。また、2日目には中性子イメージング活用に関する相談会がありました。2日間の延べ参加人数は166名でした。

## 施設からのお知らせ

### ◆J-PARC MLF

2024B期課題公募の申請数は367件、採択数は135件、そのうち企業からの申請は26件、採択は16件でした(中性子、ミュオン合計)。

2025A期の課題公募は一般利用課題(短期・1年、産業利用促進課題)の公募は10月から、優先課題の公募は9月から行われる予定です。詳しくはMLFホームページをご参照ください。

<https://mlfinfo.jp/ja/user/proposals/>

### ◆JRR-3

令和6年度の供用運転を11/25(月)から再開予定です。

令和7年度の定期課題の募集を11月に予定しております。詳しくはJRR-3ユーザーズオフィスのホームページをご参照下さい。

<https://jrr3uo.jaea.go.jp/index.htm>

### ◆茨城県ビームライン

産業利用課題を常時公募しております。

希望する実験時期の公募スケジュールをご確認いただき、募集要項をお読みの上、ご応募ください。

直近は第5回募集(12月に実験実施予定)で締切は令和6年10月15日(火)12:00です。

詳細は茨城県ビームラインのウェブサイト

[https://www.pref.ibaraki.jp/sangyo/kagaku/tyusei/procedure\\_industrial\\_use.html](https://www.pref.ibaraki.jp/sangyo/kagaku/tyusei/procedure_industrial_use.html)



をご覧ください。

※中性子・ミュオン実験のご相談をJ-JOINで受付けています。(秘密厳守)

<https://jrr3ring.jaea.go.jp/jjoin/>

## 新会員企業の紹介

NOK株式会社が8月27日に、株式会社アイシンが9月17日に入会しました。会員数は54（51社・3研究機関）となります。

## 今後の行事予定

日時	会議名	場所	その他
10月1日	第1回金属材料研究会	航空会館ビジネスフォーラム（新橋）	<a href="https://j-neutron.com/posts/activity47.html">https://j-neutron.com/posts/activity47.html</a>
10月1日	第29回CROSSroads Workshop 「固体化学と固体物理の先端量子ビーム利用研究」	AYA'S LABORATORY量子ビーム研究センター（東海村）およびオンライン配信(Zoom)	<a href="https://neutron.cross.or.jp/ja/events/20241001/">https://neutron.cross.or.jp/ja/events/20241001/</a>
10月8日 ～11日	The JCNS Workshop 2024, Trends and Perspectives in Neutron Scattering: Functional Interfaces	Tutzing (Germany)	<a href="https://iffindico.fz-juelich.de/event/6/">https://iffindico.fz-juelich.de/event/6/</a>
10月14日 ～18日	J-PARC シンポジウム (J-PARC2024)	水戸市民会館 (水戸市)	<a href="https://j-parc.jp/symposium/j-parc2024/">https://j-parc.jp/symposium/j-parc2024/</a>
10月15日 ～17日	High Current Accelerator-driven Neutron Sources (HiCANS)	Leioa (Spain)	<a href="https://www.imoh.eu/">https://www.imoh.eu/</a>
11月3日 ～8日	XIX edition of the International Small-Angle Scattering Conference (SAS2024)	Taipei International Convention Center (TICC) (Taiwan)	<a href="https://www.sas2024.tw/site/page.aspx?pid=901&amp;sid=1535&amp;lang=en">https://www.sas2024.tw/site/page.aspx?pid=901&amp;sid=1535&amp;lang=en</a>
11月5日 ～7日	the MDanse School	Institut Laue-Langevin (France)	<a href="https://workshops.ill.fr/event/425/">https://workshops.ill.fr/event/425/</a>
11月20日 ～22日	Workshop Announcement: Energy Materials in Circular Economy Meet X-rays & Neutrons	ESRF (France)	<a href="https://www.esrf.fr/home/events/conferences/2024/Remade-24.html">https://www.esrf.fr/home/events/conferences/2024/Remade-24.html</a>
11月24日 ～28日	13th AONSA Neutron School	Bhabha Atomic Research Centre (India)	<a href="https://www.aonsa.org/neutron_schools/">https://www.aonsa.org/neutron_schools/</a>
11月24日 ～30日	2024 International Workshop on Magnetic Crystallography	the Dongguan Exhibition International Hotel (China)	<a href="http://iwmc2024.ihep.ac.cn/index.html">http://iwmc2024.ihep.ac.cn/index.html</a>
12月4日 ～6日	日本中性子科学会 第24回年会	名古屋国際会議場	<a href="https://www.jsns.net/jsns2024top">https://www.jsns.net/jsns2024top</a>
12月23日	電池材料研究会	航空会館ビジネスフォーラム	<a href="https://j-neutron.com/posts/activity47.html">https://j-neutron.com/posts/activity47.html</a>
2025年 7月6日 ～10日	ICNS2025	Bella Center (Denmark)	<a href="https://www.icns2025.dk/">https://www.icns2025.dk/</a>
2025年 7月17日	令和7年度中性子産業利用推進協議会総会	秋葉原コンベンションホール	

日時	会議名	場所	その他
2025年 7月17日 ～18日	令和7年度中性子産業利用報告会	秋葉原コンベンションホール	
2025年 7月20日 ～25日	16th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation and Resonance ( $\mu$ SR2025)	St. John's, Newfoundland (Canada)	<a href="https://indico.triumf.ca/e/muSR2025">https://indico.triumf.ca/e/muSR2025</a>

## ◆リンクのご案内

中性子・ミュオン利用ポータルサイトJ-JOIN：<https://jrr3ring.jaea.go.jp/jjoin/>

J-PARC：<https://j-parc.jp/c/index.html>

J-PARAC MLF (Meet @ MLF)：<https://mlfinfo.jp/ja/>

J-PARAC MLF (Meet @ MLF)パンフレット：<https://mlfinfo.jp/ja/reports/published.html>

J-PARCセンターユーズオフィス：<https://is.j-parc.jp/uo/ja/index.html>

茨城県中性子ビームライン：<https://www.pref.ibaraki.jp/sangyo/kagaku/tyusei/bl-top.html>

J-PARC MLF 成果検索：<https://mlfinfo.jp/ja/publications.html>

JRR-3：<https://jrr3.jaea.go.jp/>

JRR-3 Twitter：[https://twitter.com/JAEA\\_JRR3](https://twitter.com/JAEA_JRR3)

JRR-3 ユーザーズオフィス：<https://jrr3uo.jaea.go.jp/>

(一財)総合科学研究機構(CROSS)中性子科学センター：<https://neutron.cross.or.jp/ja/>

J-PARC MLF 利用者懇談会：<https://is.j-parc.jp/MLFuser/>

いばらき量子線利活用協議会：<https://www.ibaraki-quantum.com/>

日本中性子科学会：<https://www.jsns.net/>

日本中性子科学会「国内の中性子実験施設」：<https://www.jsns.net/facilities/>

日本中間子科学会：<http://jmeson.org/>

### 季報「四季」編集委員会

委員長 杉山 純(CROSS)

委員 勅使河原 誠(J-PARC)、佐野 亜沙美(J-PARC)、水沢 多鶴子(CROSS)、  
坂本 直紀(旭化成)、佐々木 宏和(古河電工)

事務局 小室 又洋、綿引 美知枝(中性子産業利用推進協議会)

※「四季」のバックナンバーは下記のサイトでご覧いただくことができます：<https://j-neutron.com/siki.html>

## 中性子産業利用推進協議会(IUSNA) 季報「四季」【24年・秋】Vol.64

発行日 2024年9月25日

発行元 中性子産業利用推進協議会

〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方162-1 いばらき量子ビーム研究センター D201

TEL:029-352-3934 FAX:029-352-3935 E-mail:info@j-neutron.com

<https://j-neutron.com/>(2022年2月1日よりURLを変更しました)

本誌掲載物の著作権は著者が保有します。本誌の複写、転載等に際しては著者の許可が必要です。