

CONTENTS

P1 巻頭言 P2 J-PARC MLFの2019Bにおける課題採択結果 P3 J-PARC MLFの2020Aにおける課題申請状況
P4 J-PARCセンター情報 P5 JRR-3情報 P6 研究トピックス P9 中性子産業応用セミナー P10 活動報告 P12 お知らせ

スマート社会に向けた中性子線解析への期待と分析・解析の将来像

株式会社日産アーク 松本 隆

Society5.0が将来のスマート社会を提唱しています。これは人類に課せられた課題への夢のあるソリューションを示唆していますが、産業界の変革はIndustry4.0、即ち、「AIによる労働、思考の代替」として受け止めるのが分かりやすいでしょう。この「第四次産業革命」では多くの知的専門職がAIに取って代われ不要になるという、ブラックシナリオにも繋がりますが、私たち、材料分析・解析にかかわる専門職はどうなってしまうのか、不安になるのも事実です。スマート社会では、ものづくりも「仮説検証サイクルを回す」のではなく、AIを活用した「データ駆動型」に変革することは否めず、材料分析・解析もその位置づけは大きく変わり、また、機能的変革を求められることになるでしょう。

データ駆動型への移行は、エンジニアリングが、従来の実体に基づく仮説検証サイクルを回す方式から、機械による予測型に変革することを意味しています。バーチャルに材料の最適化を行うことは可能となりますが、蓄積したビッグデータ、計算による構造モデルなどに基づき、材料の「設計図」にあたる「記述子(特徴因子)」(Descriptor)と要求機能を紐付けた解析が必然となり、「設計図面」と「実体」の整合確認をスマートに行うことが材料分析・解析の使命となる、そうしないと私たちの地位が危ない…このように考えています。

記述子は多岐に渡り、また、階層化していることから、材料分析ラボの装置で全てを確認することは出来ませんが、中性子線はじめ量子ビームを活用することにより、例えば、スペクトル解析により複数の情報を

得ることが出来ます。また、量子ビームの活用は、マルチモーダル、マルチプローブ、マルチスケールの計測を可能にし、「データ駆動型」エンジニアリングにおける実体確認、即ち、要求機能と記述子の相関性や整合・不整合を瞬時に見極めることを容易にします。時間・空間分解能の高い放射光解析、材料透過能の大きい中性子線解析への期待は必然的に高まります。

一方、記述子と要求機能の紐付けは機械(AI)の仕事であるとしても、これをマネジメントする「人の脳」とAIとを橋渡しするメディアが必要です。人は決してスペクトルで物事を理解しているわけではありません。この橋渡しのためのメディアがイメージングの手法で、これもまた、量子ビームを用いた解析が得意とするところですが、そしてこのイメージングは膨大なスペクトル情報で構成されていますから、1回の実験で容易に「ビッグデータ」を蓄積できます。AIとビッグデータ解析は切り離せませんが、解析に見合った都合の良い公開データベースはありませんし、産業界はコストをかけて蓄積したデータを容易には公開しないでしょう。量子ビームは、まさにビッグデータ解析を切り開く「飛び道具」としても期待されます。

中性子線などの量子ビーム解析が、私たちの「不安」を払拭するだけでなく、積極的に産業界のスマート化を仕掛けていくための切り札となることを期待しています。

「中性子科学研究」の学問的シーズと社会ニーズとのマッチング

東京理科大学 福山 秀敏

2015年6月の第27号本欄で「中性子と産業」というテーマで書いてからあつという間に4年半が経ち、「中性子科学研究」の学問的シーズと社会ニーズとのマッチングの様子に変化が生まれたと思いますのでそのことについて紹介します。

2005年のJ-PARCセンター発足から10年経過した頃からセンターの「建設期から研究活動展開期」への変身が国際諮問委員会(IAC)でもたびたび課題として指摘されていました。IACのみならず文科省評価委員会等でも視点は多少異なるものの同様の指摘がなされ、それらに呼応してJ-PARCセンターにScience Promotion Board (SPB)が設置されました。紆余曲折がありましたがSPBは今年になって最終的に従来別個に(多くは「概念的」に)提起された様々な課題をカテゴリーごとに具体的な行動目標として明確に整理しました。並行して中性子科学会「ロードマップ特別検討委員会」からも提言が出されました。このような組織による活動とは別に先端サイエンスについて広い視点に立った活発な意見交換の場がJ-PARC MLF産業利用報告会で展開されてきていたことは大変印象的です。この産業利用推進協議会等の活動を視野に入れな

がら、しかしより広く「中性子科学研究推進の将来像」を考えるために、今年初めから非公式な「NS (neutron science)会」で意見交換が重ねられてきました。

7月の第5回においてJ-PARCを核とする施設、アカデミアのとりまとめ母体としての中性子科学会、そして産業利用等の社会貢献活動の幹としての中性子産業利用推進協議会と茨城県、そして国など、関係者が一体となって連携協力する場として仮称Materials Science Board (MSB)の設置が提唱され、関係者に報告されました。その名称をNeutron Science Boardではなく、より広い観点からMaterials Science Boardとした理由は、中性子のみならず放射光やスーパーコンピュータを含む大型研究施設を基盤とした総合的・俯瞰的な「開かれた場」が有する大きな可能性を意識した結果であり、その尖兵として中性子の位置づけが表現されています。MSBの具体的な制度設計は今後の課題ですが、先端的研究活動に関する情報交換が適切、かつ迅速に行われ、それが次への研究活動に反映され、さらにはそれを踏まえたコミュニティの将来設計が関係行政機関との共同作業の一環として実現することになれば、激化する国際競争の中での我が国の「中性子科学研究」さらには「物質材料科学研究」の立ち位置の明確化に必ず貢献すると思います。

J-PARC MLFの2019Bにおける課題採択結果

J-PARC MLFは2019年度下期(2019B) 84日間の運転を予定しています。MLF中性子装置全体では延べ1,628日間運転されますが、KEKのS型課題やJAEAのプロジェクト研究、および装置グループの利用などを除き、CROSSの新利用者支援事業(NUP)や調整枠などを含めて一般利用に供されるのは955日であり、比率では58.6%です。

一般利用課題(短期)公募においては、中性子課題の成果公開と成果専有、NUPを合わせて379件の申請があり、182件が採択されました。採択率は48%です。

産業界からは成果専有の2件を含めて36件の申請があり18件が採択されました。採択率は50%です。なお、CROSSのNUPに対しては産業界から1件の申請があり採択されました。

2019Bにおいて成果公開利用で採択された16件の産業利用課題を表1に示します。申請課題の題目は実

分類	ビームライン	実験責任者	所属機関
J-PARC 一般公募	BL-15 中性子小角・広角散乱装置 (TAIKAN)	高嶋 頼由	出光興産
	BL-16 ソフト界面解析装置 (SOFIA)	堀 耕一郎	住友ゴム工業
	BL-17 偏極中性子反射率計 (SHARAKU)	伊藤 恵利	メニコン
		首藤 靖幸	住友ベークライト
		大野 正司	日産化学
	BL-19 工學材料回折装置 (TAKUMI)	戸崎 裕	日東電工
		吉岡 昌洋	長谷工コーポレーション
		山田 明德	いすゞ自動車
	BL-21 高強度全散乱装置 (NOVA)	松崎 拓也	三和ドック
		塩田 佳徳	金属技研
滝本 康幸		AGC	
BL-22 エネルギー分析型中性子イメージング装置 (RADEN)	中田 克	東レリサーチセンター	
	笹田 星児	デンソー	
	木村 信治	JXTG エネルギー	
新利用者支援事業	BL-02 ダイナミクス解析装置 (DNA)	瀬戸山 大吾	豊田中央研究所
		三田 一樹	三井化学

表1 2018Bにおける産業利用採択課題

験実施されるまでは公表されません。

図1に2019B採択課題182件の申請元別分類を示します。最も多いのは大学で45%、企業は10%です。海外の大学・研究機関は25%を占めています。

図2には利用装置の分類を示します。BL16ソフト

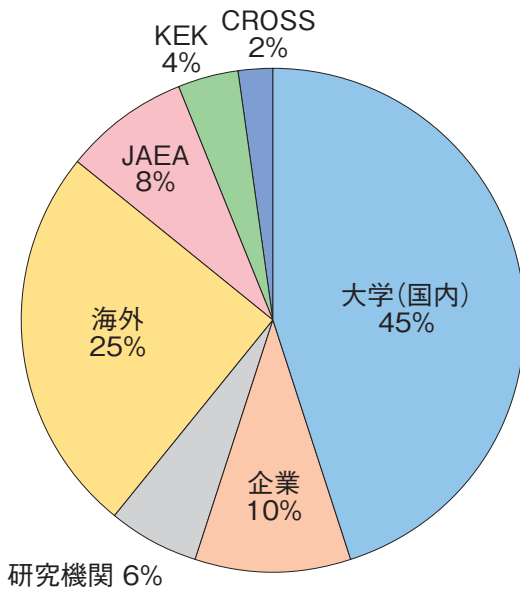


図1 2019B採択課題182件の申請元分類

界面解析装置「SOFIA」が11%で最も多く、次いで、BL19工学的材料回折装置「匠」が8%、BL15小角散乱装置「大観」、BL17試料垂直型偏極中性子反射率計「写楽」、BL21高強度全散乱装置「NOVA」がいずれも7%と、比較的多くなっています。

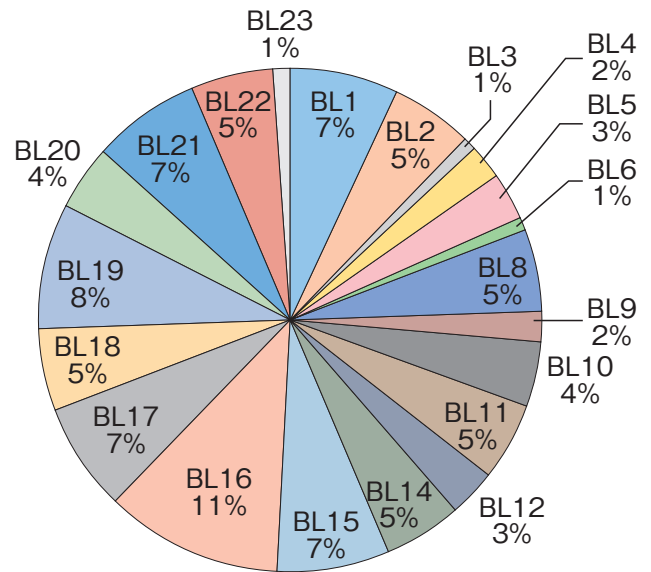


図2 2019B採択課題182件の利用装置分類

J-PARC MLFの2020Aにおける課題申請状況

J-PARC MLF一般利用課題(短期)2020A期の公募が10月17日から11月7日の期間に行われました。中性子課題は総数260件の応募がありました。2019B期の379件に比べ、119件減少しました。2019A期

の265件と同水準です。

図1に2019Bと2020Aの申請課題の申請元別分類を示します。これらは審査を経て、2月の選定委員会で採否が決定されます。

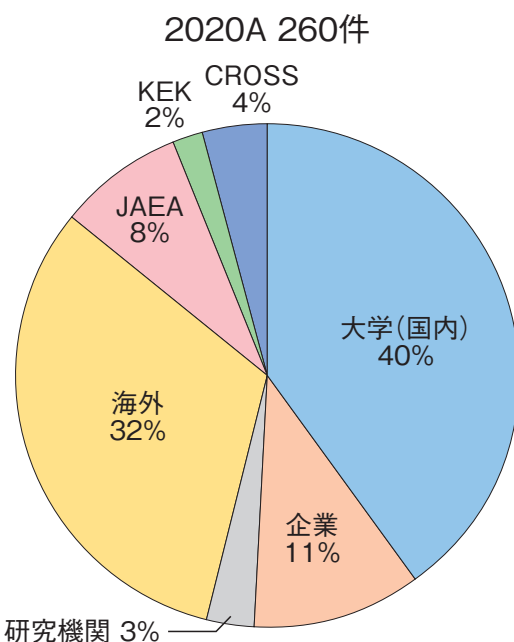
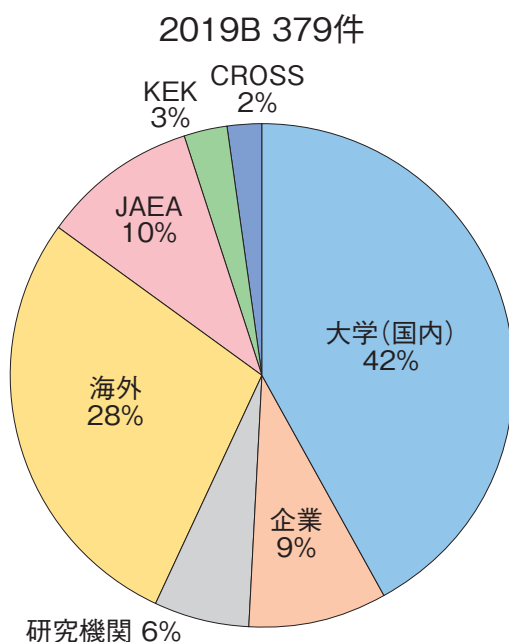


図1 2019Bと2020Aの申請課題の申請元別分類

J-PARCにおける負ミュオン研究(施設・装置の立場から)

J-PARCセンター 三宅 康博

J-PARCにおけるミュオン科学実験施設(J-PARC/MUSE)では、以下に示す2つの特徴を生かして、負ミュオン利用の実用化を図ろうとしています。

負ミュオンが物質中の原子に捕獲される過程で100%の確率で放出されるミュオン特性X線は其々の原子に固有のスペクトラムを持ち、しかも電子に比べて200倍重いこともあって、検出の容易な高いエネルギー(電子X線の~200倍)を持っています。負ミュオンを用いれば、リチウムをはじめとした軽元素であっても極めて高い収率で検出でき、原理的には、X線蛍光分析をはるかに凌ぐ超高感度の元素分析手段と考える事ができます。しかしながら、これまで負ミュオンによる分析法は、非破壊分析法としてあまり使われてきませんでした。従来のミュオン施設では十分な負ミュオン収量が得られなかったからです。

J-PARC MLF施設にあるMUSEでは、3GeVシンクロトロン(RCS)から得られる3GeV陽子ビームと、グラファイトミュオン標的の原子核反応(np反応、pp反応)によって、負(正)パイオンを作り出しています。負ミュオンは、3次粒子として負パイオン(平均寿命26ns)から得られます。意外と思われる方は多いかもしれませんが、3GeV陽子を用いてミュオンをつくりだしているミュオン施設は極めて珍しく、諸外国のミュオン施設では、500-800MeVの陽子ビームを用いています。これが、MUSEの第1の特徴として誇れる大強度負ミュオンが得られる所以です。

3GeV陽子の負パイオンの生成断面積は800MeV陽子と比べ、np核反応では10倍強、pp核反応に至っては200倍にも及ぶからです。

MUSEの第2の特徴は、20MeV/c以下の低運動量の負ミュオンを取り出す事ができるというものです。すなわち、長尺の超伝導ソレノイドの中を負パイオンを飛行させ、飛行しながら崩壊して生まれる負ミュオンを効率良く捕獲し、運動量を選択して実験室に輸送し、実験に供しています。MUSEでは、長尺の超伝導電磁石の断熱

方式をウォームボア方式に変更し、ビーム輸送系で低運動量のミュオン損失の原因となる窓を取り除く改造を行いました。その結果、低運動量2.6MeV/c(32keV)(最大120MeV/c(54MeV))の負ミュオンを得ることができるようになりました。(図1)。負ミュオンビームを物質中に打ち込み、任意の深さ(例えばグラファイト中で100nmから60mmの任意の深さ)に止めることにより、負ミュオン特性X線分析の短時間測定や3次元の元素分布イメージング測定までもが可能となり、Li電池のオペランド測定、考古学研究、半導体のソフトウェア研究などの様々な研究が展開されつつあります。

最後に、高度化の将来計画を紹介しましょう。加速器から直接に得られる負ミュオンは、大きな空間的な広がり大きなエネルギー分散とを有し、高々ミリメートル程度に収束させることしかできません。ミュオン特性X線による元素分析のナノスケール高分解能化や3次元高分解能化のためには、空間コヒーレンスに優れていて(=エミッタンスの小さな)且つ、時間コヒーレンスに優れた(=エネルギー分散の小さな)負ミュオンビームが必要です。この為に超低速負ミュオンビームを生成し、打ち込み深さの精密化を図るプロジェクトが新学術領域研究の枠組みで新しく始まりました。実現すれば、元素情報に加え、同位体や化学結合の情報を3次元ナノスケールで明らかにすることができます。従来の計測法(例えば、電子線やX線を用いるX線蛍光分析EDXやEDS)にはない全く新しい研究手段の誕生です。材料科学や生命科学に対して革命的な役割を果たすかもしれません。

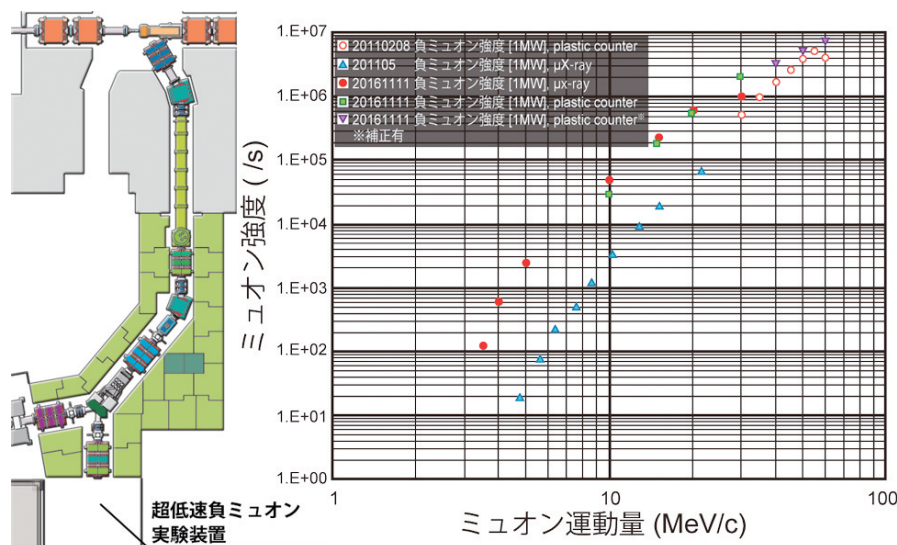


図1 MUSEにおける、運動量に対する負ミュオン収率

JRR-3 情報

JRR-3の現状と今後の予定

日本原子力研究開発機構 松江 秀明

研究炉 JRR-3は、定期検査のため平成22年11月に運転を休止し、その後、東日本大震災後に策定された試験研究炉にかかる新規制基準に適合するための審査対応を行い、昨年、平成30年11月7日には、運転再開の前提となる原子炉設置変更許可を取得したところです。

適合性審査の過程で定めた新たな基準地震動(当初の想定を上回るもの)を用いて、原子炉建家の耐震性を再評価した結果、原子炉建家の屋根の一部が損傷するおそれがあることが判明し、必要となった原子炉建家の補強工事に加え、原子力事業者として自らが率先して行う安全確保への取り組みのひとつとして、平成19年度に改正された建築基準法に適合させるため、ビームホール等の建家や周辺の構築物に対しても耐震補強工事を行うことといたしました。これらの工事が終了し、運転再開に必要な検査が全て終了するまでは、運転は引き続き休止となります。

なお、工事に対しては、令和元年度に「設計及び工事の方法の認可(設工認)」を順次取得するとともに、以下のURLに公開したスケジュールに基づき、令和3年2月末までに耐震補強工事に係る使用前検査の完了を目指しています。

https://snsr.jaea.go.jp/topindex/schedule_4_190329.pdf

令和元年10月現在、JRR-3原子炉建家等の耐震補強工事を計画どおり進めており、令和元年9月2日には、児玉敏雄理事長によるJRR-3の工事の視察と進捗状況の確認がありました。視察に先だって、JRR-3の早期運転再開は機構のミッションとして最優先の取り組みであることを肝に銘じ、安全第一を旨として耐震補強工事を完遂するよう職員への激励があったところです。図1に耐震補強工事と、児玉敏雄理事長視察の際の集合写真を示します。今後、令和3年2月末のJRR-3の運転再開を目指して、耐震補強工事等の管理を確実にを行い、予定どおり運転再開できるよう進めてまいりたいと思います。

また、JRR-3の国際競争力を高め、最先

端研究成果を維持するとともに、高強度パルス中性子施設J-PARCとの効率的な相補利用による独自性の高い研究成果創出のために、ビームの高強度化が重要となってきております。そのため、JRR-3では冷中性子導管C1～C3全ての導管の最上流部(インパイル部)12体及びC2冷中性子導管の上流部13体をスーパーミラーに更新し、高度化を図ることとしております。図2にスーパーミラーへの更新作業の様子を示します。

JRR-3に係る情報はJRR-3ユーザーズオフィスの下記ホームページにて公開しております。

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

また、令和元年9月末からJRR-3の公式Twitterを始めました。URLは以下のとおりです。

https://twitter.com/JAEA_JRR3

JRR-3に係る情報を随時ツイートしておりますのでフォローしていただければ幸いです。



図1 JRR-3の耐震補強工事の様子と児玉敏雄理事長視察の際の集合写真

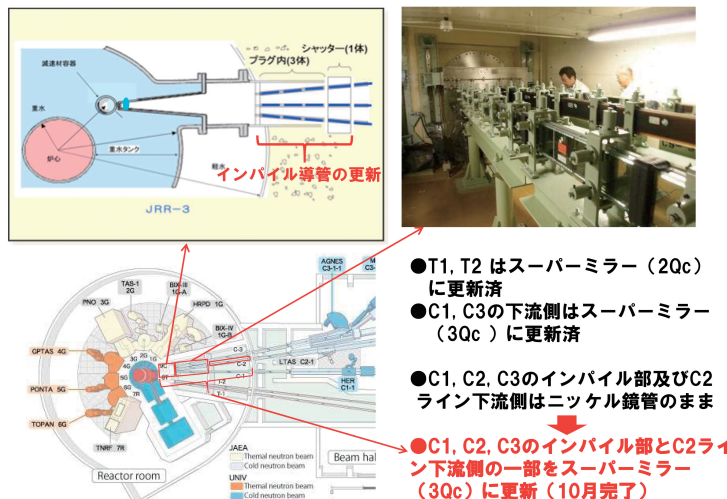


図2 JRR-3最上流部の冷中性子導管のスーパーミラー更新

社会インフラ予防保全を目指す理研小型中性子源による塩分非破壊検出技術

理化学研究所 大竹 淑恵

理化学研究所では、陽子線ライナックをベースとした理研小型中性子源システムRANSの整備・高度化開発ならびに、コンパクトな中性子源の強みを生かした中性子線による非破壊定量分析計測技術の研究開発を進めています[1,2]。RANSプロジェクトには大きく2つの目標があります。一つはものづくり現場や公設試験所、大学などで利用できる据置型中性子線分析システムの実現、もう一つは、橋や高速道路といった社会インフラ、大型構造物の予防保全を目指した屋外現場利用可搬型システムの実現です。ここでは、落橋などの大きな原因である「塩害」を未然に防ぐためのコンクリート内部の塩分濃度を非破壊に評価分析するRANSによる新たな計測技術ならびにさらなる小型化の実現であるRANS-IIについて紹介します。

中性子捕獲即発ガンマ線分析法(Neutron-captured Prompt Gamma-ray Analysis NPGA)は、隕石の元素分析など微量元素分析法として中性子利用者には広く知られています。RANSではこの技術を「塩害」に適用しようと考えました。沿岸部や山間部の橋梁は海風や凍結防止剤散布による塩害が深刻化し、2018年にはイタリアで落橋事故が発生しています。塩分が水分とともにコンクリート内部に浸透すると内部鋼材の腐食が進み、最終的には破断に至ります。構造物の表面は雨水などで洗い流されるため表面と内部では塩分濃度が異なることは知られています。コア抜きなどの破壊計測技術は存在しますが、橋梁を傷つけるため現場では積極的に実施されず、非破壊計測技術開発が喫緊の課題です。そこで我々はNPGAを適用し、現場利用可能なコンクリート内部塩分量の定量解析技術の開発ならびに大型コンクリートサンプル内部の塩分分布検出の新たな技術開発に挑戦しました。土木分野における全てのコンクリート構造物を対象としているコンクリート標準示方書によると、コンクリート内部の塩分量が約 1.0kg/m^3 を超えると内部鋼材腐食が始まります。非破壊分析下限はこれより低い値が必要ですが、我々は 0.36kg/m^3 か

ら 5kg/m^3 で検量線が得られることを示しました[3]。次に橋梁をモデル化した大きな体積のコンクリートサンプル内部の塩分濃度の見分けを可能とする検出技術を新たに開発し(図1 (a)参照)、図1 (b)に示すようにコンクリート深さ6cm未満、12cm深さの塩分を見分ける技術開発に成功しました[3]。これはコンクリート内部塩分濃度の深さ分布を非破壊で可視化する技術となります。

更に全体システムをコンパクト化したRANS-IIは中性子発生に成功しました。コンパクトな加速器開発は東工大大林崎研究室との共同研究による3枚構造RFQ加速空洞を用いて実現しました[4]。陽子線ライナックRFQ (2.49MeV)からターゲットステーションまでを図2に示します。現在中性子スペクトル計測を実施しており、年度内にはコンクリート反射イメージングトライアルを実施する予定です。

コンパクトな中性子源システムによる塩分計測や床版劣化可視化技術の実用化については、国交省土木研究所による特定を受けたコンソーシアムを立上げており、RANSにおける開発技術を基にした現場計測技術

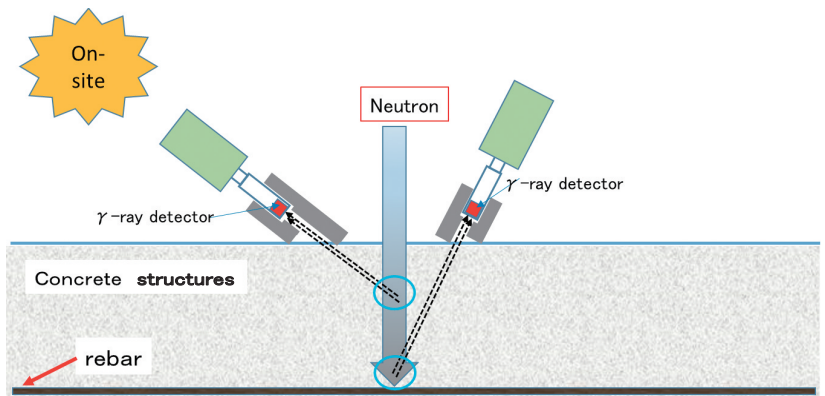


図1 (a) NPGAによるコンクリートサンプル内部の塩分濃度の計測方法

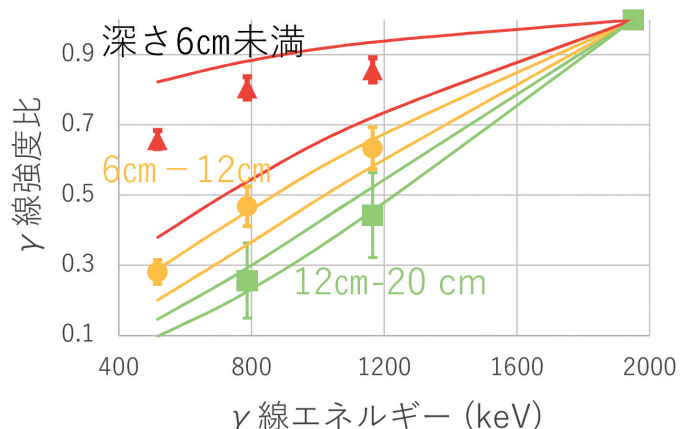


図1 (b) コンクリート内部塩分濃度深さ分布の計測結果

の標準化を目指しています。RANSの開発研究においては、J-PARCセンターとの協力関係が重要な役割を果たしており、今後も、大型と小型の実質的な協力が相乗効果をもたらす中性子利用のすそ野の拡大、中性子科学のピークを鋭く高くすることが期待されています。

参考文献

- [1] 四季 2015、No.28, 2019, NO.40
- [2] Y. Otake, "Applications of Laser-Driven Particle Acceleration" eds. P. Bolton, et al. (2018) Chapter 19 pp.291-314 CRC Press
- [3] Y. Wakabayashi et al. "Feasibility Study of Nondestructive Diagnostic

Method for Chlorine in Concrete by Compact Neutron Source and PGA" J. Adv. Con. Tech. Vol. 17, (2019) p571

- [4] 林崎規託、服部俊幸、石橋拓弥、特開 2011-086494

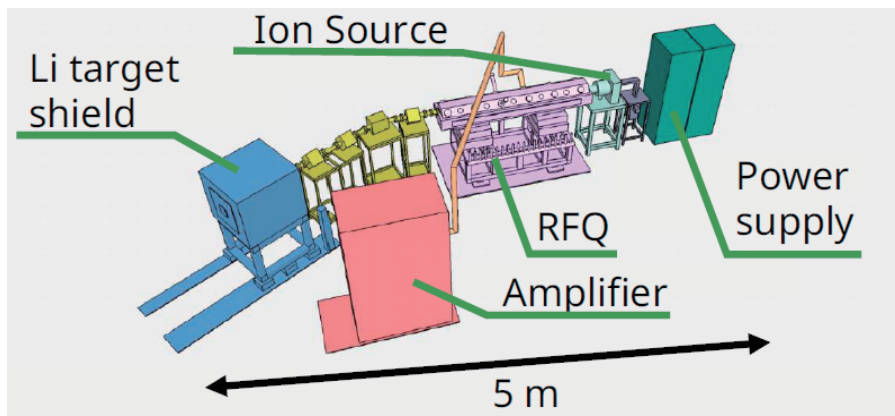


図2 RANS- II

磁場中中性子回折法による水素液化用磁気冷凍材料のミクロな磁化過程の観測

物質・材料研究機構 北澤 英明

我々はJST未来社会創造事業大規模プロジェクト型「磁気冷凍技術による革新的水素液化システムの開発」(研究代表者：西宮 伸幸NIMS招聘研究員、2019年度～最大10年間)に取り組んでいます。具体的なテーマの1つとして20K(水素液化温度)～77K(窒素液化温度)の温度範囲で大きな磁気エントロピー変化- ΔS_{mag} を示す材料探索を行っています。

液体水素は気体水素の1/800の体積であるため、大量輸送、大量供給、大量貯蔵、省スペース等の長があり、水素エネルギーの本格的な普及には欠かすことができないエネルギーキャリアの1つです。液体水素を広く普及させるためには、大幅なコストダウンが求められており、液化の高効率化が不可欠となっています。既存の気体冷凍方式による水素液化機は、圧縮機や液化方法に原理的な非効率性が内在しており、50%を超える液化効率の達成は容易ではありません。一方、磁気冷凍は、磁性体内の磁性原子が持っているスピンを磁場で磁化(消磁)を行う事で、発熱(冷却)を行っています。磁気冷凍では気体冷凍のよう大型のコンプレッサー等を使わないため、原理的に50%以上の高い液化効率が期待できます。

これまで実際に磁気冷凍に利用できる物質の必要条件としては、磁化が大きくなおかつ、比較的弱い磁

場で磁化の向きが揃えられる強磁性体が有望と考えられていました。ところが、立方晶 Dy_5Pd_2 型結晶構造を持つ Ho_5Pd_2 は、反強磁性体($T_N=28K$)であるにもかかわらず、磁気相転移近傍の34Kで非常に大きな磁気熱量効果(MCE)- $\Delta S_{mag}^{max}=0.15J/cm^3K$ (0-5T)を持ち、相対冷却強度(RCP)が $6.32J/cm^3$ あるとの興味深い報告がありました[1]。この物質は、水素液化に有望な磁気冷凍材料の1つと考えられます。これまで、我々の中性子粉末回折実験により、巨大磁気熱量効果(MCE)を示す Ho_5Pd_2 が、 $[\delta \delta \delta]$ ($\delta=0.18$)にグラス温度 $T_g=28K$ の3倍以上の温度から磁気相関を持ちながら発達し、ついに温度 T_g 以下で短距離秩序(クラスターグラス)相が形成されることを明らかにしてきました。最近、 Ho_5Pd_2 の短距離秩序が磁場印加中でどの様に磁気モーメントが揃っていくのかを調べるために、スイスPSIにある核破碎型中性子施設SINQの回折計DMCを用いた磁場中中性子回折実験を行いました。

図1に1.6Kにおける中性子回折パターンの磁場依存性を示します。結晶構造に由来する回折ピークは、ゼロ磁場の状態で $Fd-3m$ で許される角度(赤い棒)に表れています。また、赤い矢印で示されている小さなピークは、低角度側に現れている不整合ピーク($[\delta \delta \delta]$ 、 $\delta=0.18$)のサテライトピークとなっています。これらの不整合ピークは磁場の印加と共に減少し

ていくことがわかります。一方、結晶構造に由来するピークは磁場の印加とともに、増大していくことがわかります。さらに、磁場の印加と共に青い棒の箇所に単純立方晶系で許される回折ピークが成長していくことがわかります。詳細な磁場変化を捉えるために図2にピークの積分強度の平方根とピークの半値幅を外部磁場の関数としてプロットしました。不整合ピーク([$\delta \delta \delta$], $\delta=0.18$)の強度は、磁場0.7T付近で履歴を伴って大きく減少する事から、メタ磁性転移のような磁場誘起相転移が生じている事を意味しています。長周期構造として、らせん構造のようなものが実現していると仮定すると、らせんのピッチは磁場によって影響を受けませんが、らせんからコーンに変化していけば、らせん面に垂直方向に強磁性成分が発生

することで、上記のそれぞれのピーク強度の磁場依存性はおよそ説明できると考えています。クラスターガラスの様な状態は、様々な相互作用が拮抗した状態で実現していると考えられるため、わずかな外乱(磁場、圧力等)でより安定な状態に落ち込む事が予想されます。つまり、 Ho_5Pd_2 は本当の強磁性体ではないが、この特異な結晶構造に由来するクラスターガラスであるため、磁気熱量効果が低磁場で大きく現れているのではないかと仮説を立てることが出来ます。Hoサイトの欠陥依存性を調べると確かにHo欠陥量と磁気熱量効果に相関があることも上記の仮説を裏付ける傍証となると思います[2]。バルクの磁化測定では、物質全体の平均的な磁気特性は類推できても、なかなか各スピンのように磁場に応答しているかを調べる事は出来ません。一方、中性子は、スピンを持った原子レベルのプロブです。磁場中で中性子散乱現象を詳細に計測する事で、磁気冷凍サイクルに重要な磁化・消磁のマイクロピクな起源を解き明かす事ができるため、今回の事例のように磁気

冷凍材料開発に有効にフィードバックできると考えています。

謝辞：本研究は、JST、未来社会創造事業、JPMJMI18A3の支援を受けたものです。本研究の実施に際しては、PSIのL. Keller博士、NIMS中性子散乱グループの方々にご支援いただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

- [1] T. Samanta, *et al.*, Appl. Phys. Lett. 91, 082511 (2007).
- [2] S. Toyozumi, *et al.*, J. Appl. Phys. 117, 17D101 (2015).

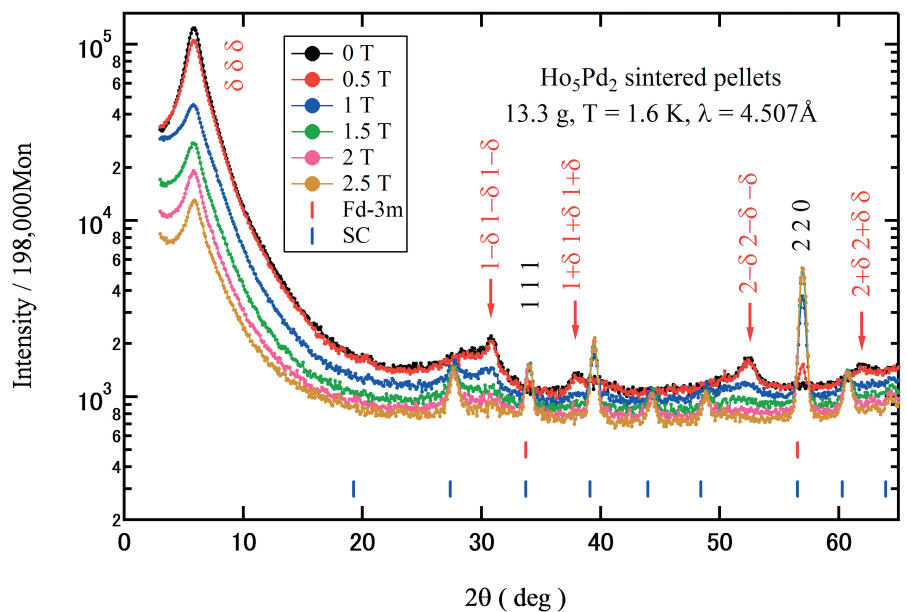


図1 Ho_5Pd_2 多結晶試料の1.6Kにおける中性子回折パターンの磁場依存性

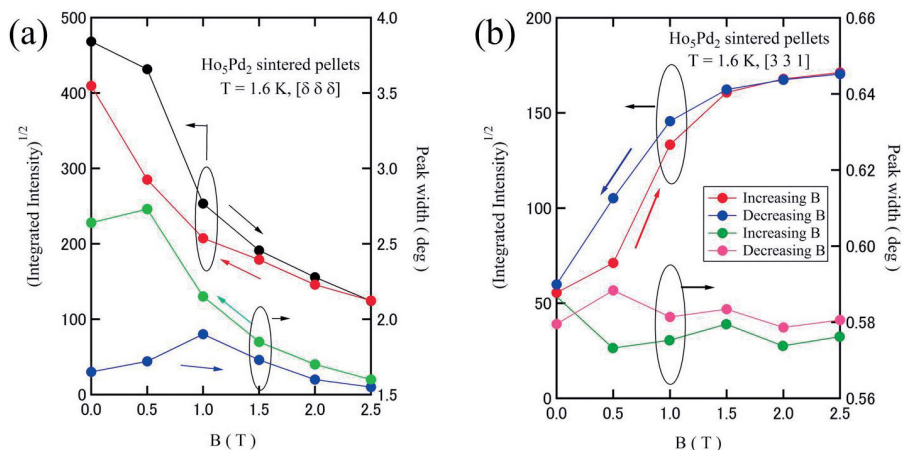


図2 Ho_5Pd_2 の1.6Kにおける(a)短距離秩序を示す不整合ピーク[$\delta \delta \delta$]と(b)結晶格子に由来する回折ピーク[3 3 1]の積分強度の平方根と半値幅の磁場変化

中性子産業応用セミナー

中性子産業利用推進協議会と茨城県、総合科学研究機構では、J-PARCセンター他のご協力をいただいて、中性子の産業利用に関わる測定技術を会員企業に出向いて講習するセミナー、いわゆる「出前講座」を開催しています。今回は3社においてセミナーを開催しましたのでご報告します。いずれの会場においても活発な質疑がありました。今後、さらに多くの分野で中性子実験装置を利用していただけることを期待しています。

●株式会社リコー

9月3日(火)神奈川県海老名市泉2-7-1にあるリコーテクノロジーセンターで中性子産業応用セミナーを開催しました。20名の方が聴講されました。

プログラムと講師は以下の通りです。

- | | |
|-------------------------|-------------|
| 1. 中性子の基礎 | 野間 敬(CROSS) |
| 2. 中性子粉末構造解析 | 石垣 徹(茨城大学) |
| 3. 中性子小角散乱による高分子材料の構造解析 | 小泉 智(茨城大学) |
| 4. ガラス・非晶質材料の構造解析 | 松江 秀明(JAEA) |
| 5. 中性子の産業利用 | 峯村 哲郎(茨城県) |



会場の様子

●花王株式会社

10月8日(火)東京都墨田区文花2-1-3にある花王株式会社 東京研究所で中性子産業応用セミナーを開催しました。

別の二か所の事業所にもインターネットで中継され、合計47名の方が聴講されました。

プログラムと講師は以下の通りです。

- | | |
|-------------------------|-------------|
| 1. 中性子の基礎 | 野間 敬(CROSS) |
| 2. 準弾性散乱による材料の機能解析 | 山田 武(CROSS) |
| 3. 中性子小角散乱による高分子材料の構造解析 | 小泉 智(茨城大学) |
| 4. 中性子の産業利用 | 峯村 哲郎(茨城県) |



会場の様子

●日本ゼオン株式会社

10月18日(金)神奈川県川崎市川崎区夜光1-2-1にある日本ゼオン株式会社総合開発センターで中性子産業応用セミナーを開催しました。16名の方が聴講されました。

プログラムと講師は以下の通りです。

- | | |
|-------------------------|---------------|
| 1. 中性子の基礎 | 野間 敬(CROSS) |
| 2. 中性子小角散乱による高分子材料の構造解析 | 小泉 智(茨城大学) |
| 3. 中性子反射率測定 | 阿久津 和宏(CROSS) |
| 4. ガラス・非晶質材料の構造解析 | 鈴谷 賢太郎(JAEA) |
| 5. 準弾性散乱による材料の機能解析 | 山田 武(CROSS) |
| 6. 中性子の産業利用 | 峯村 哲郎(茨城県) |



会場の様子

「出前講座」を希望される企業は協議会事務局(E-mail: info@j-neutron.com)までご相談ください。

◆研究会

●物質科学研究会

8月20日(火) エッサム神田ホール1号館401会議室において、2019年度物質科学研究会(第1回iMATERIA研究会 合同開催)を「太陽電池材料研究の最前線」をテーマとして開催しました。全部で9件の講演があり、参加者は32名でした。

再生可能エネルギーの代表格である太陽電池については、産業として成長するとともに、高効率化やニーズの多様性に応えるため、従来のSi系材料に替わる新たな材料の研究開発が活発に進められています。本研究会では、太陽電池産業とそれを支える材料・技術の最新の動向を概観するとともに新材料の物性や構造研究のトピックスを紹介し、太陽電池材料の物性・構造解明における中性子を始めとする量子ビームの利用貢献について議論しました。

午前中まず太陽光発電産業の最新動向と課題に関する講演が2件、続いて、本研究会主査の大山茨城大学教授が「中性子で何が見えるか」と題して講演され、材

料科学における中性子利用の有効性について解説されました。

午後は新材料の物性や構造研究と太陽電池開発課題に関するトピックスを紹介する6件の講演がありました。



会場の様子

●ソフトマター中性子散乱研究会

8月21日(水) エッサム神田ホール1号館401会議室において、2019年度ソフトマター中性子散乱研究会(第2回iMATERIA研究会 合同開催)を「動的核スピン偏極中性子小角散乱(DNP SANS)の現状と展開」をテーマとして開催しました。参加者は50名でした。

中性子小角散乱法は、サブミクロンからナノスケールの物質の構造を解析する手法として、産業界でも活用されています。これまでは、多成分系の構造を詳細に解析する手法として、重水等の同位体を用いたコントラスト変調中性子小角散乱法(CV-SANS)が盛んに利用されてきました。一方、J-PARC MLFに設置されている茨城県中性子構造解析装置iMATERIAでは、同位体置換法を用いることなくコントラスト変調を行う新手法として「動的核スピン偏極法」(DNP)を開発してきました。

このたび、7テスラの世界最高レベルの超伝導マグネットを用いてスチレンブタジエンゴム(SBR)のプロトン偏極度(90%)を達成しました。この手法を使えば「製品そのもの」が分析できるため、期待が寄せら

れています。本研究会では、DNP-SANSの開発経緯と、完成した技術の詳細が紹介され、今後の利用体制の提案に対して、活発な議論が行われました。

また招待講演として、理化学研究所の大竹氏による「小型中性子源RANSとSANS産業利用への期待」の話がありました。



会場の様子

◆講習会

●初級者向けZ-Code講習会

粉末結晶構造解析ソフトウェアZ-Codeの初級者向け講習会を11月7日(木)-8日(金)に東京神田のエッサム神田ホール1号館で開催しました。会員企業から5名、非会員企業から4名、大学から18名、研究機関から1名、合計28名が受講されました。

J-PARC MLFの粉末結晶回折装置を使い、本格的に結晶構造解析を始める方を対象に、Z-Rietveld、Z-3D、Conographの使い方について講義と実習を行いました。最新版ではZ-Rietveldの中でマキシマムエントロピー法(MEM)を用いた解析が出来るようになってきました。講習会の目標は、TOF粉末中性子回折、原子炉中性子回折、実験室X線回折、放射光X線回折データのリートベルト解析、X線と中性子データの同時リートベルト解析が一人できる。制約条件下でのリートベルト解析、構造パラメータやプロファイルパラメータ、補正パラメータ等を理解する、原子間距離・角度等を正しく求める、結晶模型を描く、MEM解析を行い、結果を表示する、指数付けや磁気構造の解析法を知る、ことです。

講習内容は以下の通りです

- (1) 回折結晶学の基礎
- (2) Z-Rietveldを用いたリートベルト解析の概要

- (3) Z-Rietveld解析+Z-3D描画の実習
- (4) 電子密度や核散乱長密度の求め方(MEM解析)
- (5) 結晶粒子径や歪の求め方(プロファイル解析)
- (6) 磁気構造解析
- (7) Conographを用いた指数付けの方法

講師をKEKの神山崇教授、東北大学の木村宏之教授、茨城大学の石垣徹教授、CROSSの石川喜久氏、KEKの萩原雅人助教、九州大学の富安亮子准教授に務めていただきました。



会場の様子

お知らせ

2020年1月～3月に開催を予定している研究会と講習会の予定を下の表に示します。

研究会や講習会のプログラムの詳細については協議会のHPに掲載してありますのでご参照ください。

月	日	行事名称	テーマ名	開催地	会場
1月	14日	金属組織研究会	金属材料における小角散乱法の活用	東京	エッサム神田ホール
	15日	金属組織中性子解析セミナー	金属材料の中性子小角散乱解析	東京	エッサム神田ホール
	17日	磁性材料研究会	磁性材料開発に役立つ中性子—歴史、原理、実用例—	東京	エッサム神田ホール
	29日	電池材料研究会&薄膜・界面研究会 (合同開催)	電池材料開発における薄膜・界面の課題	東京	エッサム神田ホール
3月		第26回 iBIX 研究会		東海	
	5日	残留ひずみ・応力解析研究会	残留応力測定の実業利用	東京	エッサム神田ホール
	9-10日	中級者向け Z-Code 講習会	中級者向け Z-Code 最新版の講習	東京	エッサム神田ホール
	14日	液体・非晶質研究会		水戸	ザ・ヒロサワ・シティ会館
	17日	第4回 iMATERIA 研究会 (鉄鋼協会春季大会)		東京	東京工業大学(大岡山)
		第2回構造生物学研究会			

主催者：黒字：協議会、CROSS & 茨城県、青字：茨城県研究会

協議会HP (<http://www.j-neturon.com/>)では、J-PARC MLFやJRR-3の運転情報などを提供するサイトや、研究成果を紹介するサイトなどが設けてあります。研究会や講習会などの詳細についてはHPに順次新規情報を掲載しています。是非HPにアクセスして活用してください。また、新規材料の発見や高度な測定技術の開発、ならびに、中性子に関係する重要な会議など皆様に周知すべき情報がありましたら、是非ご提供ください。

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)、山田 悟史(J-PARC)、水沢 多鶴子(CROSS)

事務局 野間 敬、大内 薫(中性子産業利用推進協議会)

中性子産業利用推進協議会 季報【19年・冬】Vol.45

発行日 2019年12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2F D201

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