

## CONTENTS

P2 中性子産業利用推進協議会の平成26年度の体制 P2 J-PARC施設ニュース P3 中性子実験装置の紹介 P4 ミュオン技術の紹介 P4-7 研究トピックス P7-8 活動報告 P8 お知らせ

## 中性子の産業利用拡大のための新たな方策

文部科学省 量子放射線研究推進室 工藤 雄之

J-PARC は、昨年5月23日に発生したハドロン実験施設の事故を契機に、その組織を見直し、安全を最優先とする文化を醸成させるなど事故の教訓を今後の運転に活かすよう努めてきたところ、本年2月17日に物質・生命科学実験施設の運転を再開いたしました。皆様には、ここに至るまでに多大なご迷惑をおかけしたことを心よりお詫びするとともに、様々な形でご支援・ご協力いただいたことをこの稿をお借りしてお礼申し上げます。

さて、J-PARC をはじめ近年の中性子の利用研究が応用研究や産業利用に広がりを見せている中、大型放射光施設「Spring-8」に隣接して設置されたX線自由電子レーザー施設「SACLA」の共用が2012年に開始され、複数の光・量子ビームを相補的に活用できる環境が整いつつあることは注目に値すると思います。文部科学省は、これら大型施設と小型光源を組み合わせた複数の光・量子ビーム技術の横断的利用研究お

よび基盤技術開発を進めるため、昨年度から委託事業「光・量子融合連携研究開発プログラム」を開始しました。具体的には、簡易に利用可能な小型中性子源・小型X線発生装置等の開発による装置のラボラトリーサイズ化、中性子とミュオンの連携による「摩擦」と「潤滑」の基礎原理の解明、放射光と中性子の連携による散乱・分光測定に基づいたソフトマテリアルを時間・空間・階層的に可視化する技術開発など、複数光源の相補利用を促進することによって中性子利用の裾野拡大に努めているところです。

このように、文部科学省では、中性子利用について従来の枠を超えた新たな手法を推進しております。しかしながら、中性子利用について国民一般の理解や支持を得るためには、産学官一体となってその意義を説明していくことが不可欠と考えております。このため、皆様には、積極的にJ-PARCをご活用いただくとともに、成果が創出された暁には適時適切に成果をアピールしていただき、中性子利用に対する機運を高めていただきますようご協力をお願いいたします。

## 材料開発への中性子利用の期待

株式会社 東レリサーチセンター 石切山 一彦

材料・素材分野でのイノベーションは、革新的な製品群の創出に繋がり、産業界全体へのインパクトは計り知れません。特に、先端材料の研究開発現場では、材料バルクの内部構造や表面構造の可視化が重要であり、先端的な分析により、これまで見えなかったものが見えるようになると、例えば、物性低下や劣化などの現象解明が進み、研究開発が進みます。メカニズムの原理原則の解明が進めば、それに基づいて仮説を立て、その仮説に基づいて新規材料を開発し、その妥当性を検証、そして再び仮説を立てて改善していく、というサイクルにより材料開発は加速します。本質解明や仮説立案のためにも構造の可視化がキーポイントとなります。先端的な分析機能の一つとして、中性子（回折、散乱、透過検査）が挙げられます。産業界での中性子利用は、徐々に進んでいますが、いまだにX線ほど活発に活用されている状況ではありません。しかし、X線では測定できない、中性子ならではの結果も得られることから、ナノテクやバイオなどの先端科学技術の分野で、世界的な厳しい競争に晒されている国内産業が生き延び、打ち勝つためにも、技術的優位性の高い中性子利用は産業界での重要な課題の一つと言えます。

最近、高分子分野では、ナノ分散やナノアロイの技術により、ミクロンサイズの分散とは明らかに異なる、単純な加成性（混合物や化合物のある性質を示す量が、それらを構成する成分の量の和に等しくなる性質）を遥かに凌駕した耐久性や強度に優れた材料が開発されています。現在、それらはX線等によって調べられていますが、中性子の利用によってメカニズム解明が進むものと期待しています。

海水淡水化に使われる逆浸透膜は、地球温暖化に伴う世界的な水不足により、年々需要は高まっています。逆浸透膜については高性能化、すなわち、水はよく通すものの、食塩イオンや人体に有害なホウ素は通さないことを基本的に求められます。それに加えて、運転中に逆浸透膜は汚れますが、その再生処理によるダメージが小さいという性能も求められています。高性能な分離膜を開発するためには透過機構の解明は欠かせません。現段階では透過機構について諸説あり、完全に解明されているわけではありません。高性能化を図った新規分離膜を創出するためにも、陽電子消滅寿命測定法によるイオンの分離に関わる空隙サイズの解析とともに、中性子の準弾性散乱等による透過機構の解明が大いに期待されるところです。

世界的な競争力を国内産業が確保するためにも、中性子の産業利用が益々進むことを願っています。

## 中性子産業利用推進協議会の平成26年度の体制

運営委員会委員運営委員長代理である鈴木榮一郎味の素(株)客員フェローが6月中旬をもって退職され、運営委員長代理を退任されることとなりました。それを受けて運営委員会と研究開発委員会幹事会の構成を見直しました。

運営委員長代理は、富士フィルム(株)取締役執行役員である古屋和彦氏に委嘱することになりました。鈴木榮一郎氏の後任の運営委員にはキヤノン(株)総合R&D本部分析技術研究部長である野間敬氏に委嘱することになりました。

研究開発委員会幹事については、鈴木榮一郎氏が所属されていた味の素(株)イノベーション研究所主席研究員である柏木立己氏に委嘱することになりました。なお、三菱レイヨン(株)赤井俊雄氏が組織変更に伴い、(株)MCHC R&Dシナジーセンターに異動されましたが、引続き幹事を委嘱することになりました。

以上の結果、中性子産業利用推進協議会の平成26年度の体制は下記の通りとなります(敬称略)。

### 会長

今井 敬 新日鐵住金株式会社 名誉会長

### 副会長

庄山 悦彦 (株)日立製作所 相談役  
内山田竹志 トヨタ自動車株式会社 代表取締役会長  
内藤 晴夫 エーザイ(株) 社長

### 会計監事

瀧澤 照廣 (株)日立パワーソリューションズ 顧問  
富田 祐介 (株)日本アドバンステクノロジー 社長

### 顧問

有馬 朗人 武蔵学園 学園長

### 運営委員会

委員長：須藤 亮 (株)東芝 代表執行役副社長  
委員長代理：古屋 和彦 富士フィルム(株) 取締役 執行役員  
運営委員(50音順)

(株)東レリサーチセンター	石切山一彦
住友化学(株)	岡田 明彦
(株)日立製作所	長我部信行
エーザイ(株)	川上 善之
(株)豊田中央研究所	杉山 純
キヤノン(株)	野間 敬
新日鐵住金(株)	日比 政昭

### 研究開発委員会

委員長：エーザイ(株) 川上 善之  
副委員長：(株)ブリヂストン 大月 正珠  
幹事(50音順)

(株)MCHC R&Dシナジーセンター	赤井 俊雄
味の素(株)	柏木 立己
トヨタ自動車(株)	金子美智代
JFEスチール株式会社	佐藤 馨
(株)東芝	佐野 雄二
サントリーグローバルイノベーションセンター(株)	田中 良和
三井金属鉱業(株)	田平 泰規
旭化成(株)	松野 信也

## J-PARC施設ニュース

### 直線加速器リニアックの400MeVへの増強

J-PARCでは、ビーム損失により生じる加速器本体の放射化がビーム強度を制限する大きな要因となるため、ビーム損失の低減が大強度化にとって重要な課題です。3GeVシンクロトロンにおけるビーム損失の原因の1つに、ビーム中の陽子が互いにクーロン力で反発し合うことによって生じる空間電荷効果があります。それはビーム電流の増加に伴って大きくなるため、今後、MLFの陽子ビーム強度を1MWに増強させる際の大きな障害になります。一方、この効果はリニアックから入射する陽子のエネルギーを高めることにより低減できます。そこでJ-PARCでは、リニアックのエネルギーを建設当初の181 MeVから400MeVへ増強することを計画し、昨年夏の実施に向けて準備を進めてきました。エネルギーを400MeVとすることにより、空間電荷効果は約3分の1に低減できます。

400MeVを実現するためにJ-PARCではACS(Annular-ring Coupled Structure)型加速空洞を開発しました。リニアックの加速空洞は陽子のエネルギーに応じて様々な型式を使い分けます。ACS型加速空洞は同じエネルギー領域で用いられてきたサイドカップル型加速空洞と比べて加速電場の軸対称性が良く、加速された陽子をビーム軸に垂直な方向へ蹴り出す加速電場の成分を非常に小さくすることが可能です(図1参照)。これにより陽子ビームの広がりを抑えて、リニアックでのビーム損失を低減しつつ入射エネルギーを増強することが可能となります。

J-PARCでは、2001年からJ-PARC用ACS型加速空洞とそれ

を駆動するための972MHzクライストロンの開発を開始しました。試作機を製作して性能を確認した後、2009年から量産体制に入り、2013年にすべての機器の製作を終了しました。400MeV機器の設置工事は、既設の181MeV機器の設置工書の経験から1年近くを要する見込みでしたが、J-PARCは供用運転を行っており、1年間もビームを止めて工事を行うことは不可能なため、数年前から設置工事工程を綿密に策定し、毎年行われる夏のメンテナンス期間を利用して導波管やケーブルの敷設などの準備工事を少しずつ進めてきました。その結果、2013年夏の本体機器設置工事を実質約3か月で完了することができました(図2参照)。

リニアックの性能確認は2013年12月16日に開始しました。まず5mAのビーム出力で上流の加速空洞から順番に、高周波源から入力する振幅と位相を調整しました。既設部の調整は順

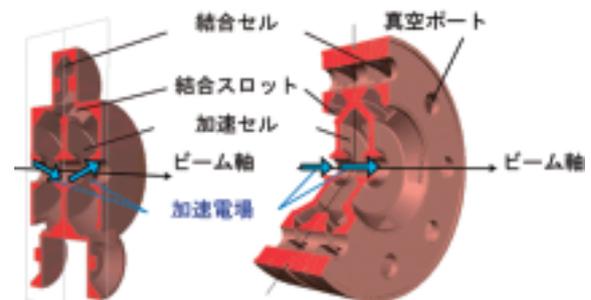


図1 サイドカップル型(左)とACS型(右)空洞 (加速電場の垂直方向成分は誇張している)

調に進み、12月21日には181MeVのビーム加速に成功しました。その後、ACS型加速空洞の調整に移りましたが、



図2 加速器トンネルに設置したACS型加速空洞

ほぼ全てのモニターが新設であるため、これらの動作確認を最初に行いました。その結果、一部モニターの校正にバグが見つかり、その対処に多少時間を要しましたが、2014年1月17日に400MeVのビーム加速に成功しました。その後、ビーム電流を15mAに上げてQ磁石の調整などを行い、1月30日から3GeVシンクロトロンへビームを供給しています。

J-PARCリニアックでは、今年度夏のメンテナンス期間中に初段加速部(イオン源および高周波4重極型リニアックRFQ)を50mAに対応した機器に交換します。これによりリニアックはMLFへ1MWの陽子ビームを供給するための入射器として整備されることになります。今後はビーム調整を精力的に進め、1MWのビームを供給できるように努めていきます。

## 中性子実験装置の紹介

### ●J-PARC/MLFの実験装置

#### 超高分解能粉末中性子回折装置BL08「SuperHRPD」の現状

高エネルギー加速器研究機構 鳥居 周輝  
神山 崇

J-PARC/MLFの超高分解能粉末中性子回折装置BL08「SuperHRPD」は、世界最高の分解能を誇る装置です(図1参照)。100mに及ぶ長尺ビームラインを有する本装置は、東日本大震災において、ビームライン建家の沈下と移動、機器中心位置のズレ、ガイド管の破損など、MLF内の実験装置の中で一番大きな被害を受けました。そのため、一般課題の利用を再開するまでに約1年を要してしまい、ユーザーの皆様には大変なご迷惑とご心配をおかけしました。

昨年の夏期シャットダウン中に、本格的な復旧工事を行い、装置の再調整を中心に、建家の沈下や移動に対応した遮蔽体の改良や機器中心のズレ対策などを行いました。並行して装置の高度化も進め、検出器を搭載可能数の80%近くまで増強しました。背面反射検出器バンクには、直径8mmの高分解能検出器を全面に導入し、更なる高分解能を目指しています。

装置の高分解能化は、データ解析の信頼性を向上させるために必要です。その典型的な例を図2に示します。SrRuO<sub>3</sub>は、ペロブスカイト型構造をとる4d遷移金属酸化物の中で、T<sub>c</sub>~160Kという高い転移温度を有する強磁性体で、500Kを超えても電気抵抗が飽和しない不良金属として知られています。また、T<sub>c</sub>以下でゼロ熱膨張を示し、ペロブスカイト型構造の格子定数の大小関係がGlazer則に従わないことなど、不明な点が多々あります。これらを解明するため、韓国のグループと共同でSuperHRPDを用いた実験と解析を行いました。図2はスイスのポールシェラー研究所(PSI)の高分解能中性子回折装置HRPTとSuperHRPDを用いたデータ解析の比較を示したものです[1,2]。ペロブスカイト構造の酸素八面体を構成するRuとOの結合長の温度依存性がHRPTでは認められなかったのに対して、SuperHRPDでは優位な温度依存性が認められました。これは、高分解能装置を用いることで、統計的なエラーが小さくなるのみならず、系統誤差も小さくなるからです。逆に、低分解能装置の不十分なピーク分離から生じる系統誤差は、精密構造解析には不利な情報をもたらすことを示しています。

現在、SuperHRPDは、一般課題を実施しながら更なる装置の高度化を進めています。今年度は、新たに14Tマグネットを導入し、様々な測定環境を整備する予定です。



図1 SuperHRPDのイメージ図

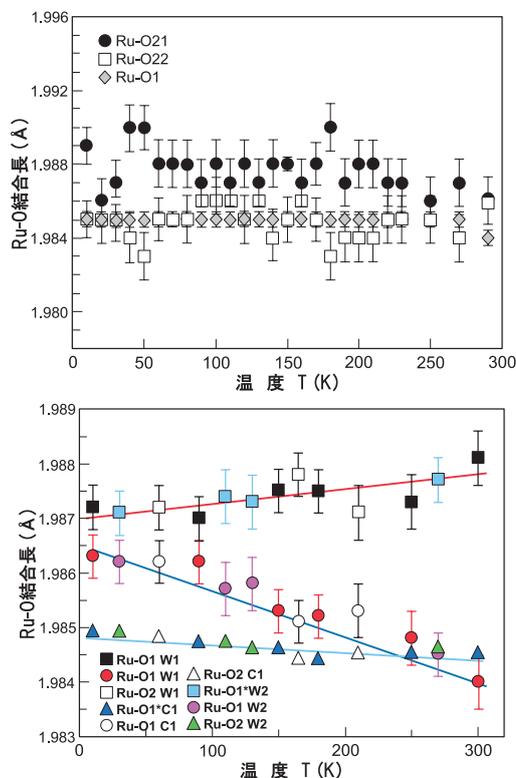


図2 SrRuO<sub>3</sub>のRu-O結合長の温度依存性 (上)PSIのHRPT (下)SuperHRPDのデータ解析結果

#### 参考文献

- [1] S.N.Bushmeleva, et al., Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Vol.305 (2006) pp.491-496
- [2] S.Lee, et al., Journal of Physics: Condensed Matter, Vol. 25 (2013) 465601

# ミュオン技術の紹介

## 実用アルミ合金の原子空孔挙動

富山大学 西村 克彦、松田 健二、布村 紀男  
理化学研究所 松崎 禎市郎、渡邊 功雄、友野 大  
東京工業大学 里 達雄

自動車産業においては、エネルギー効率を向上させ、かつCO<sub>2</sub>等の排気ガスを低減させるためにアルミニウム合金等の軽量素材を利用して車体の軽量化を図る動きがあります。特に6000系Al-Mg-Si合金は加工性と比強度が優れており有力な候補です。6000系アルミ合金の硬さは、時効温度と時間と添加元素の濃度に依存します。Al-1.6%Mg<sub>2</sub>Si合金は、200°Cで熱処理すると3時間ほどで硬さが最高になります(図1)。この合金の機械的・物理的性質は原子空孔(V:Vacancy)と溶質原子で構成されるMg-Si-Vクラスターに支配されると考えられていますが、それらを定量的に解析する有効な手法はありません。そこで本研究では、ミュオンスピン緩和法を応用することにより、6000系アルミ合金中の原子空孔およびMg-Si-Vクラスターの密度とその挙動を解明することを目的としました。

これまで3元系Al-1.6%Mg<sub>2</sub>Si合金、2元系Al-0.5%Si、

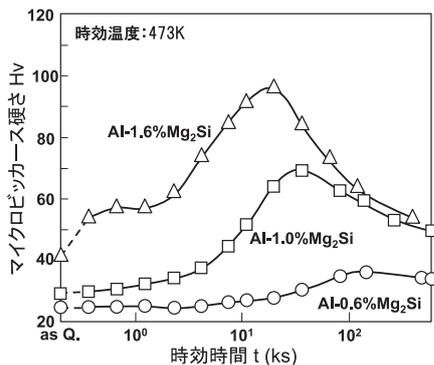


図1 Mg<sub>2</sub>Si濃度の異なるAl-Mg-Si合金を473Kで時効したときの硬さ変化(松田等, 軽金属 Vol.47, 1997, pp.493)

Al-0.5%Mg合金で実験を行いました。全ての試料は575°Cで1時間溶体化処理し、0°Cに焼き入れしたものを用いました。測定試料は、焼き入れ直後に測定した試料(AQ)、室温で12日間自然時効した試料(12d)、200°Cで1000分間熱処理した試料(200°C)など9種類です。ゼロ磁場ミュオンスピン緩和スペクトルを英国ISISの理研-RALミュオン施設ポート2-ARGUSで測定しました。測定温度範囲は20Kから300Kです。

観測された緩和スペクトルから特徴的なものを図2に示します。Al-0.5%Si試料においては自然時効の効果が明確に観測されました。灰色の丸は300Kで測定したAl-0.5%SiのAQ試料で、ミュオンが原子空孔等に捕獲されホッピングしていることが分かります。青い丸はAl-0.5%SiのAQ試料を12日間室温に放置した試料で、ミュオンはほとんど捕獲されていません。赤い丸はAl-0.5%Mgを12日間室温に放置したで、ミュオンが捕獲されホッピングしていることが分かり、Al中のSiとMg元素の違いも明確になりました。

将来は、この手法を工業的に利用可能な実体サンプルでMg-Si-Vクラスター分布の定量化装置に応用することを目指しています。

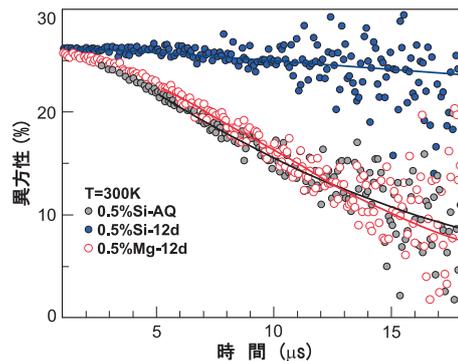


図2 2元系合金Al-0.5%SiとAl-0.5%Mgの緩和スペクトル

## 研究トピックス

### ●J-PARC

#### 燃料電池用電解質ナフィオンの膨潤過程の解明

九州大学 緒方 雄大、川口 大輔、田中 敬二  
高エネルギー加速器研究機構 山田 悟史

燃料電池は水素と酸素を化学的に反応させて電気エネルギーを取り出す発電装置です。エネルギー効率が高く、二酸化炭素を排出しないことからクリーンな次世代エネルギーとして注目されています。近年では、ノートパソコンや個人用携帯端末などの携帯機器用電源への応用を目指し、小型化と薄膜化に関する研究が盛んに行われています。

燃料電池は電解質とこれを挟む燃料極と空気極と呼ばれる電極で構成されます。電解質膜として、ナフィオンと呼ばれる部分的にスルホン化されたフッ素樹脂がよく用いられます。燃料である水素は燃料極で水素イオンと電子に分離され、電子は外部回路へと導かれます。燃料極で発生した水素イオンは、水分子と結合し、オキソニウムイオン(H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>)となつ

てナフィオン中に形成される水で膨潤したチャンネルを流れて空気極に到達し、外部回路を経由して到達した電子ならびに酸素と反応します。したがって、ナフィオン中に形成される膨潤相のチャンネル構造は水素と酸素の反応効率、ひいては発電効率を左右します。しかしながら、そのチャンネルが薄膜中でどのように形成されるのか、詳細なメカニズムは明らかになっていませんでした。本稿ではナフィオン薄膜における膨潤相の形成過程について調べた結果を報告します。

我々はナフィオンの薄膜が水を吸収してチャンネルを形成する過程を調べるため、銀や石英の表面にナフィオン薄膜を作製し、水がナフィオンに浸漬・膨潤していく過程を表面プラズモン共鳴(SPR)、およびJ-PARC/MLFに設置された中性子反射率計SOFIAを用いて測定しました[1]。SPR測定ではナフィオン薄膜が水で膨潤する過程を追跡できます。中性子反射率は深さ分解能に優れるため、膨潤したナフィオン薄膜の散乱長密度(屈折率

に相当)の深さ依存性、特に、ナフィオンと基板の界面の構造を観察することが可能です。その結果、スルホン酸基に水が吸着する初期過程、球状のクラスターが形成される中期過程、そしてクラスター間が連結してチャンネルが形成される後期過程の3段階を経てナフィオン膜が膨潤することが明らかになりました(図1)。銀基板に調製したナフィオン薄膜では基板界面に単層の水和層が形成されるのに対し、石英基板に調製したナフィオン薄膜では、15nm程度の多層構造が形成されることから、基板界面におけるナフィオン薄膜の構造は基板の種類に依存することが明らかとなりました(図2)。また、薄膜の膨潤速度は薄膜にしない場合と比較して非常に遅く、基板との相互作用によりナフィオンの動きが抑制され、

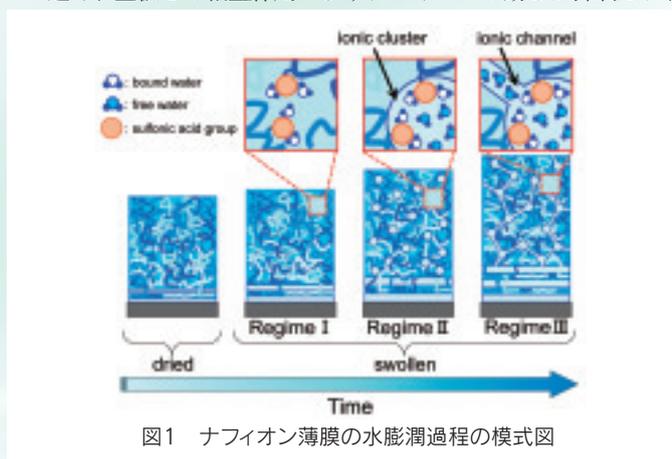


図1 ナフィオン薄膜の水膨潤過程の模式図

チャンネルの形成が阻害されることも分かりました。

本実験結果により、ナフィオン薄膜中で水素イオンが輸送されるチャンネルの形成が基板との相互作用によって抑制されることが示されました。つまり、基板の材質を考慮することによりナフィオンが水素イオンを輸送する効率を向上できると予想されます。今回得られた知見は高機能な燃料電池を開発する上での重要な指針になると期待できます。

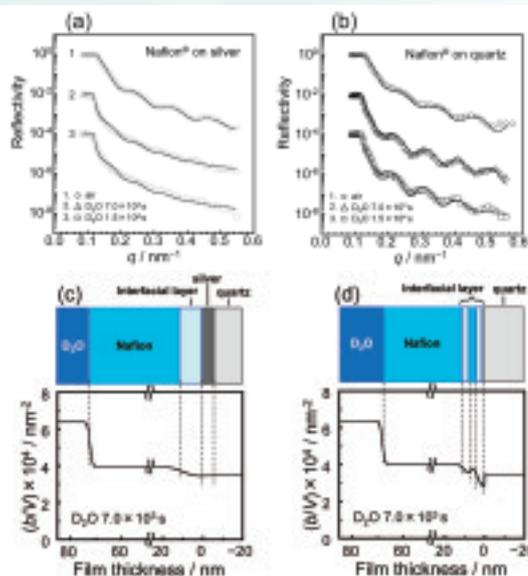


図2 ナフィオン薄膜の中性子反射率プロファイルと散乱長密度プロファイル

## 茨城県BL

### Nd-Fe-B系焼結磁石の高温その場中性子回折

日立金属株式会社 西内 武司、村田 剛志、榎 智仁、  
神田 喬之\* (\*現 ㈱日立製作所)

日立金属株式会社は、永久磁石のトップメーカーとして、Nd-Fe-B系焼結磁石の高性能化に取り組んでいますが、この材料では、自動車用途などの製品に添加されてきたDyを大幅に低減することが強く求められています。そのためには焼結や熱処理によって得られる組織を適正化することが重要であり、これまではほとんど解明されていなかった高温における相変化の過程を正確に把握できればプロセス改善指針が得られると期待されます。

このような背景に基づき、我々は、J-PARC/MLFのBL20 (iMATERIA) を利用して、Nd-Fe-B系合金の高温その場中性子回折を行いました。

試料組成は、高温における粒界相の相変化を観測しやすくするために、一般的な磁石組成よりもNd-richなNd<sub>20.0</sub>Fe<sub>74.1</sub>B<sub>5.9</sub> (mol%) としました。また、今回の測定ではJ-PARC/MLFの大強度中性子の特徴を活かして、Bには天然Bを用いました。BL20の周辺機器であるバナジウム炉を用い、室温からの昇温過程において、真空中、500~900℃の各温度に試料を保持しながら、ビーム強度300kW、Double frameで測定を行いました。各温度での測定時間は4時間としました。

得られた結果を図1に示します。試料中には主相の(Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B)回折ピークの他に、金属Nd相(dhcp-Nd)ならびに数種類のNd酸化物相のピークが確認されました。このうち、金属Nd相のピークは、600℃以下では明瞭に確認できるのに対し、700℃以上ではほぼ消失しました。これはNd-Fe-B三元共晶点(約680℃)以上でこの相が液相に変化することに対応します。一方、Nd酸化物については、

参考文献

[1] ACS Macro Lett., 2, 856-859 (2013)

今回の測定では明確な変化を確認できませんでした。

今回の実験では、バナジウム炉の制約のため、焼結を想定した温度領域(1100℃程度)まで昇温させることができず、やや不十分な実験に留まりました。他方、高輝度放射光でも技術開発が進み、同様の実験が焼結温度までできるようになってきています[1]。今後、中性子の特徴を活かした実験を推進するために、加熱炉などの周辺機器や解析技術の高度化など、施設関係者のさらなる改良にご尽力を期待しています。

本研究は、茨城県中性子ビームライン課題(2012BM0013他)として実施しました。実験に際しては、茨城県ならびに茨城大学にご支援をいただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

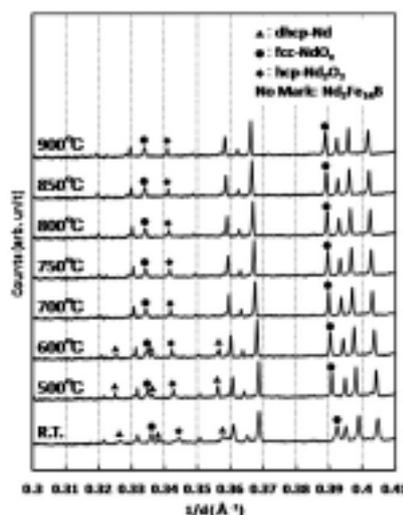


図1 各温度で測定した回折パターン

参考文献

[1] 上野若菜 他:日本金属学会2014年春期講演大会, 講演No.S7-14

(株)日産アーク 今井 英人

燃料電池自動車 (FCV) の本格普及に向け、材料・システムレベルの研究開発が推進されています。燃料電池は、水素と空気中の酸素が反応し、水が生成される時に放出されるエネルギーを電力に変換するデバイスで、温室効果ガスである二酸化炭素やNOx、SOxなどの有害物質を一切排出しない究極の電源です。FCV向けに開発されているプロトン伝導性ポリマーを電解質とした固体高分子形燃料電池は、室温付近の低温領域で動作しますが、電池反応を効率的に行うために、電極触媒が使用されています。

現在は、白金系 (貴金属系) の触媒が大量に使用されているためにコストが高く、燃料電池システム全体の低コスト化の障害となっています。また、埋蔵量にも限りがあり、本格普及期には十分に供給できない恐れがあるため、元素戦略の観点から白金系の貴金属を含まない代替触媒の開発が注目を集めています。

(株)日産アークは、横浜国立大学の太田健一郎教授がプロジェクトリーダーを務めるNEDO酸化物カソードプロジェクトに参加し、中性子回折を用いた酸化物カソード触媒の活性点構造解析を進めています。このプロジェクトでは、Ta、Zr、Nb、Tiなどの遷移金属の炭窒化物を低酸素雰囲気下で部分酸化した時に生成する酸化物に注目して触媒開発を進めています。

この酸化物は白金と同等の酸素還元電位を有し、耐久性にも優れています。ただし、酸素還元電流が小さく、大出力用途には向かないという課題があり、活性点の構造を明らかにして、その密度を上げる材料設計が必要になっています。

図1に示すように、Taなど重い元素と酸素からなる酸化物では、X線で観測するとほぼTaからの散乱で回折像が決まってしまう、酸素等の影響が見えにくいという問題があります。一方、中性子では、酸素の寄与も大きく、欠陥構造な

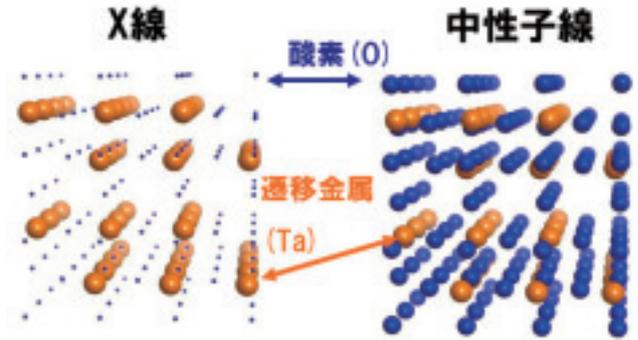


図1 散乱断面積を考慮して描画したTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の結晶構造

どを詳細に調べることができます。

J-PARC/MLFのBL20 (iMATERIA) において、活性の高い触媒と低い触媒の中性子回折実験を行い、構造解析を行ったところ、回折パターンには、明確な差が認められました (図2)。Rietveld解析を行うと特定の酸素サイトに欠陥があり、触媒活性が高い方が欠損量が大きいの、すなわち、酸素欠陥サイトが触媒活性点であることが分かりました。こういう酸素欠損が、酸素分子の吸着や表面の電子伝導を担っていると考えられます。今後、合成条件の最適化など進め、酸化物系非白金触媒の実用化を目指していく計画です。

本研究を実行するに当たり、茨城県の林眞琴技監と森井幸生コーディネータ、ならびに、茨城大学の石垣徹教授と星川晃範准教授にご助言を賜りました。この場を借りて感謝申し上げます。

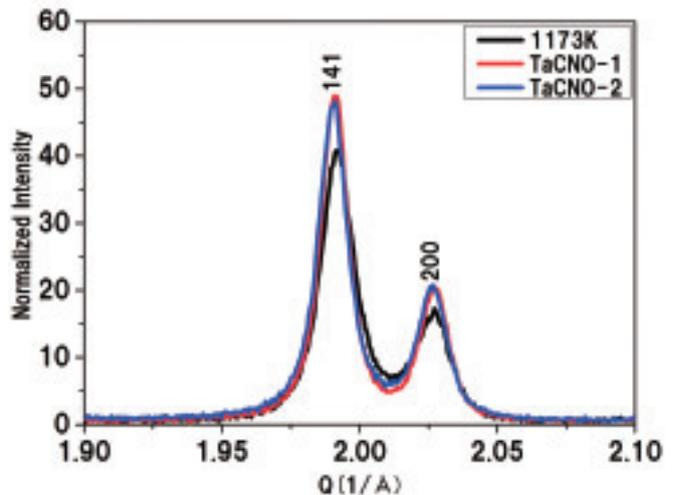
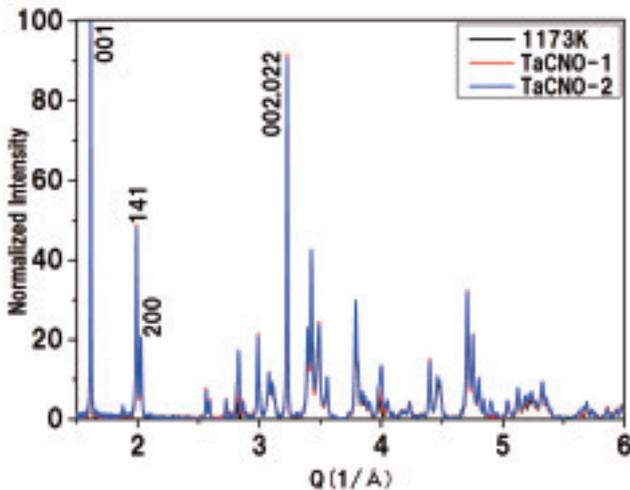


図2 中性子回折のRietveld解析結果  
右図は左図の部分拡大図 TaCNO-1の触媒活性はTa-CNO2よりも高い

# 中性子産業応用セミナー

中性子産業利用推進協議会では、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中性子産業応用セミナー、いわゆる「出前講座」を開催しています。セミナーでの講師はJ-PARCセンターや原子力機構、高エネルギー加速器研究機構、茨城県、大学、研究機関の中性子実験技術の専門家が務めています。現在、取り上げている講義は下記の11項目です。

1. 中性子源と中性子の産業利用
2. 中性子の基礎
3. 中性子粉末構造解析
4. 中性子小角散乱による材料内部の微細構造解析
5. 中性子小角散乱による高分子材料の構造解析
6. 構造物内部の残留応力測定
7. 中性子ラジオグラフィ
8. 即発ガンマ線分析
9. 中性子反射率測定
10. ガラス・非晶質材料の構造解析
11. 非弾性散乱による材料の機能解析

講義の項目については各企業の製品分野に応じて自由に選択できます。なお、企業側から技術相談したい内容を紹介していただくことも行っています。

平成25年度には2回開催しました。写真は1月21日(火)に大阪府茨木市にある日東電工株式会社機能設計技術センターで開催したセミナーの様子です。会場に50名、TV会議により豊橋事業所から9名の合計59名の参加があり活発な質疑が交わされました。

平成26年度も2回程度開催する予定です。開催を希望される企業は下記までご連絡ください。日程や講義項目についてはご相談に応じます。

中性子産業利用推進協議会 事務局長 林 眞琴

E-mail: m\_hayashi@pref.ibaraki.lg.jp

T E L: 029-352-3302

下記の協議会HPでも紹介してありますのでご参照ください。

<http://www.j-neutron.com/cat19/post-20.html>



日東電工におけるセミナーの様子

## 活動報告

### ●第5回小角散乱解析法研究会

3月3日(月)に研究社英語センターにおいて、中性子小角散乱解析法研究会、京都大学原子炉実験所、J-PARC/MLF利用者懇談会、中性子産業利用推進協議会、茨城県中性子利用促進研究会、および総合科学研究機構(CROSS東海)が主催し、SPRUC小角散乱研究会が共催し、SPring-8利用者推進協議会が協賛して、「金属材料への適用に向けた産・学・官の取組み」をテーマに開催しました。44名の参加者がありました。

北海道大学の大沼正人教授、CROSS東海の大石一城氏、ならびに高輝度光科学研究センターの佐藤真直氏からJ-PARCおよび

SPring-8における小角散乱解析法の現状と金属材料への適用の有効性について説明がありました。京都大学の奥田浩司教授にすれすれ入射小角散乱(GISAS)について基調講演していただいた後、九州大学の波多総教授から小角散乱と相補的な材料解析手法であるTEMの最先端技術をご紹介いただきました。その他に、新日鉄住金、JFEスチール、古河電工、京都大学、豊橋技術科学大学および首都大学東京から鉄鋼材料や銅材料などにおける最新の研究成果を6件発表していただきました。

### ●第2回ソフトマター中性子散乱研究会

3月4日(火)にエッサム本社こだまホールにおいて、中性子産業利用推進協議会、茨城県中性子利用促進研究会、および総合科学研究機構(CROSS東海)が主催し、J-PARC/MLF利用者懇談会とSPring-8利用推進協議会が協賛して、「散乱法と画像解析」をテーマに開催しました。34名の参加者がありました。

チュートリアルとして東北大学の川勝年洋教授により、ガウシアンランダム場の方法による構造解析について講義があり、続いて、日立ハイテクノロジーズの生頼義久氏と松本弘昭氏から、SEMの装置

原理と最新装置によるソフトマターの観察事例、ならびに、SEM/STEMによるガス雰囲気での場観察という最先端の電子顕微鏡技術について紹介していただきました。また、高分子材料での小角散乱法の活用事例や可能性について、京都工芸繊維大学の佐々木園准教授と豊田合成の中井孝憲氏に講演していただきました。最後に、茨城大学の小泉智教授から顕微鏡画像と散乱法を組み合わせた新たな解析手法の可能性について紹介があり、活発な意見交換がありました。

### ●第2回残留ひずみ・応力解析研究会

3月7日(金)に研究社英語センターにおいて、中性子産業利用推進協議会、茨城県中性子利用促進研究会、総合科学研究機構(CROSS東海)、ならびにSPring-8ユーザー協同体が主催し、SPring-8利用推進協議会とJ-PARC/MLF利用者懇談会が協賛して、「機械構造物における残留応力とひずみの評価」をテーマに開催しました。38名の参加者がありました。

<中性子・放射光利用の新たな展開>セッションでは、走査型

3DXRD顕微鏡法による多結晶金属材料の結晶方位測定に関する紹介があり、<残留ひずみ・応力の評価事例>セッションでは原子炉や核融合炉、切削工具における測定事例の紹介がありました。最後に、望月正人大阪大学教授に「溶接残留応力の数値解析に関する初歩から応用までと最近のトピックスについて」と題する基調講演を行っていただきました。実機部品・構造物における残留応力評価について活発な議論がありました。

### ●第3回ソフトマター中性子散乱研究会

3月14日(金)にエッサム神田ホールにおいて、中性子利用推進協議会、茨城県中性子利用促進研究会、総合科学研究機構(CROSS 東海)およびSPring-8 フロンティアソフトマター開発専用ビームライン産学連合体が主催し、J-PARC/MLF 利用者懇談会とSPring-8 利用推進協議会が協賛して、「準弾性、そろそろ本気で産業利用!」をテーマに開催しました。37名の参加者がありました。

初めに、CROSS 東海の山田武氏から中性子準弾性散乱の原理と装置について基本的な講義があった後、東京大学の雨宮慶幸教授にコヒーレントX線を用いたダイナミクス解析法(X線光子相関分光法)

について講演していただきました。次いで、住友ゴム増井友美氏、東京電気大学の山室憲子准教授、京都大学の金谷利治教授および井上倫太郎助教から自動車用タイヤや高分子ゲルなどにおけるダイナミクス解析の研究成果を紹介していただきました。最後に、東京大学の益田隆嗣准教授に磁性体などのハードマターにおけるミクロなダイナミクス解析について講演していただきました。企業の方々からも熱心な質問があり、ソフトマターでの準弾性散乱が産業利用に向けて着実に進展していることを窺わせる研究会となりました。

### ●第2回生物構造学研究会

3月17日(月)に研究社英語センターにおいて、中性子産業利用推進協議会、茨城県中性子利用促進研究会、総合科学研究機構(CROSS 東海)が主催し、日本学術振興会第169委員会中性子回折小委員会と新世代研究所水和ナノ構造研究会が共催し、SPring-8 利用推進協議会が協賛して開催しました。32名の参加者がありました。

本年度は、「タンパク質の重水素化と中性子生物構造学」をテーマとし、中性子散乱の「スピン」と「同位体効果」に着目して研究会を開催しました。今回は第1回のスピンの続き、同位体効果の代表であるタンパク質の重水素化に焦点を当てました。初めに、日下勝弘

城大学准教授から茨城県生命物質構造解析装置iBIXの現状について報告していただいた後、高山光男横浜市立大学教授に質量分析法によるヒドロニウム( $H_3O^+$ )と水和機構の解析について講演していただきました。続いて、水口峰之富山大学教授にタンパク質の部分重水素化法(EPL法)を、杉山正明京都大学教授に溶媒コントラスト変調と試料重水素化を駆使した中性子小角散乱法によるタンパク質構造解析の最新成果をご紹介いただきました。中性子生物構造学の構築に向けた活発な質疑応答と議論が交わされました。

### ●平成25年度Z-Code講習会

3月25日(火)と26日(水)にLMJ東京研修センターにおいて、中性子産業利用推進協議会とJ-PARCセンターMLFディビジョン、KEK物質構造科学研究所、茨城県、茨城大学フロンティア応用原子科学研究センター、ならびに総合科学研究機構(CROSS 東海)が共催して開催しました。

Z-Codeは茨城県からの委託でKEKが開発し、毎年のように改良を重ねています。今年度は、粉末構造解析ソフトウェアであるZ-Rietveldと、マキシマム・エントロピー法(MEM)による解析ツールZ-MEM、ならびに、解析結果を3次元表示するツールZ-3D、結晶模型表示ツール

Z-ATOMの最新版の使い方について講義と実習を行いました。

参加者は会員企業から12名、会員研究機関から3名、非会員企業から3名、非会員研究機関から4名、大学から20名の合計42名でした。全員が使えるようになるまで丁寧な指導があり、受講者には好評でした。

平成26年度は、磁気構造解析ソフトウェアであるZ-Rietveld-Mや、ある原子の周りでどれだけの距離にいくつ原子が存在するかを示す実空間の量である原子対相関関数(PDF)の解析ソフトなどについて講習会を開催する予定です。



講習会場の様子



神山KEK教授と米村KEK准教授の講義

## お知らせ

### ●平成26年度総会・平成25年度成果報告会

日時：平成26年7月24日(木) 13:00-17:00

会場：秋葉原コンベンションホール

中性子産業利用推進協議会の平成26年度総会を開催します。平成25年度の事業報告と決算、ならびに平成26年度の事業計画と予算などについて審議していただきます。総会のあと、平成25年度成果報告会を開催します。初めにJ-PARCの現況を報告していただき、

次いで、中性子の産業利用の現状を報告していただきます。そのあと、産業界の皆さまから中性子実験装置の利用による成果を5件発表していただきます。多くの皆さまのご出席をお願い致します。

詳しい情報については協議会HP

<http://www.j-neturon.com/>

に順次掲載しますのでご参照ください。

### ●物質科学研究会

日時：平成26年7月29日(火) 10:30-17:00

会場：エッサム神田ホール401会議室

中性子産業利用推進協議会、茨城県中性子利用促進研究会、総合科学研究機構(CROSS 東海)が共催し、SPring-8 利用推進協議会が協賛して「アモルファス材料と触媒材料」をテーマに開催します。これから益々多くの中性子利用が期待されるアモルファス材料と触媒材料に焦点を当て、午前中に中性子と放射光によるアモルファス

構造解析のチュートリアルを開催し、午後にはトピックスとして、中性子によるアモルファス材料と触媒材料のPDF解析などの事例を紹介いたします。

講演概要など詳細については協議会HP

<http://www.j-neturon.com/>

に順次掲載しますのでご参照ください。

### 中性子産業利用推進協議会 季報【14年・夏】Vol.23

発行日 2014年6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-neturon.com URL:http://www.j-neturon.com/