

CONTENTS

P2 中性子実験装置の紹介

P3 研究トピックス

P4 研究会活動報告／お知らせ

Small Science at Large Facility

日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用研究部門長
J-PARCセンター・アドバイザー(中性子利用)
東大名誉教授 藤井 保彦

基礎研究、産業利用を問わず、一つ一つの中性子(散乱)実験は、比較的少人数のグループで実施することができますのでSmall Scienceとすることにします。その対極のLarge Scienceは、数百人規模のグループが未知の素粒子発見などを目指す高エネルギー物理実験に代表されるものでしょう。Small Scienceの多くは、大学や企業の研究室の実験設備を利用して行われ、自分の好きなときにスイッチをオン/オフできるという意味でSmall Facilityと呼ぶことにします。以上をまとめて、このような研究スタイルを"Small Science at Small Facility"と言うことができます。これに対して大型の加速器や原子炉(スパコンもこれに入ります)などのLarge Facilityは、その運転に多数のスタッフと多額の経費を要しますので、通常運転期間が予めスケジュールされています。大型加速器を利用する高エネルギー物理実験は、"Large Science at Large Facility"の典型です。

欧米では1950年代、我が国ではそれから10~15年遅れて本格的に始まった中性子(散乱)実験は、中性子源として研究用原子炉を必要としましたので、当時は唯一の"Small Science at Large Facility"でした。1970~1980年代になると、X線では実

験室レベルのみならず加速器による放射光源が出現し、今では放射光実験は中性子実験を凌ぐ、"Small Science at Large Facility"となっています。

大強度陽子加速器を基盤として、中性子・ミュオンの物質生命科学実験ならびに、ハドロン・ニュートリノの原子核・素粒子物理実験を行うJ-PARCは、"Small and Large Sciences at Large Facility"という世界的にも稀な施設です。

"Small Science at Large Facility"は、"料理"に譬えることができます。すなわち、原子炉や加速器は"調理用ガスコンロ"、ビームを利用する実験装置は"調理器具"であり、それぞれのプロが世界最先端技術を駆使して考案しています。実験する対象の試料は"食材"であり、食材作りのプロには事欠きません。これらを知り尽くして実験する研究者は一流の"料理人"であり、食材を知り尽くして最大の味を引き出す料理を考え、最適な調理器具の選択と火加減によって"垂涎の一皿"が出来上がります。どれが欠けていても一流の料理は作れません。ましてやガスコンロの火力や調理器具の不足、料理人の腕の悪さのために、持ち込んできた一流の食材を台無しにしてしまっただけでは取り返しが付きません。逆に一流のガスコンロや調理器具を持ちながら、眼が利かない料理人が三流の食材を料理してまずい料理を作ったのでは、笑われ者になってしまいます。一流の食材を作るプロが、珍しいものができたらすぐ新しい料理作りの一流料理人を擁する施設に持ち込むようになればシメタものです。

中性子産業利用への期待

(株)旭化成 基盤技術研究所 松野 信也

物理学科に所属して金属や磁性体を扱っていた学生時代から中性子散乱にはなんともいえない憧れを抱きながら、側から眺めているだけでした。中性子回折がX線回折と同じブラッグの式で記述されることも頭ではわかっており、教科書、論文や学会発表の場で聞いて、興味を抱いていました。特に、磁気構造や相転移の研究に威力を発揮するというのも言葉伝いに聞いたりしていました。

そういう私も現在は、X線を使って、高分子の構造、特にその構造形成過程や使用状態でのin-situ計測を行っています。モノを調べるときに、それが使われている状態でどうなっているかを計測することで、もっとよいモノを創る手がかりが得られると考えています。それは、料理を温かいうちに味うのと冷めてから食べるのとでは、味がまったく変わっていることと似ています。リアルタイム計測をするのに、例えば今は、SPring-8という強力なX線源を使えば、秒のオーダーで構造変化を計測していくことは難しくありません。

一方、中性子といえば、やはり強度(輝度)が低く、構造変化のリアルタイム計測には不向きと思っていました。しかしながら、J-PARCという今までより格段に強度の大きい中性子を利用できる施設が建設され利用が開始されるに至り、中性子によるリアルタイム計測への期待が高まりました。最近、中性子はX線的にはコントラストの小さい高分子(有機物)同士の相分離構造が計測し易いと思い、一度トライアルユース制度の利用をお願いしてみて、確かにX線では見えないコントラストが見える(相分離構造が見える)ということを実感しました。その後、弊社においても、だんだんと中性子利用の機会が増えています。

まだ中性子利用の敷居は高い状況です。それは、実験室における測定ができない(X線回折装置のような市販の装置がない)ということにもよっていると思います。この季報を始めとした中性子産業利用推進協議会の活動を通して中性子利用の敷居が低くなり、またトライアルユース制度等を通して利用者が拡大(特に企業の新規ユーザーが増加)し、ユーザーがその有用性を体感し、更には企業における実際の開発に貢献できればと思っています。

中性子実験装置の紹介

●J-PARCの実験装置

茨城県の生命物質構造解析装置「iBIX」

茨城県BLプロジェクトディレクター 林 眞琴

生命物質構造解析装置の概要を以下に示します。この装置は基本的には単結晶構造解析装置で、測定試料を中心にして最終的には約30台の2次元検出器を放射状に配置することになっています。この装置は、主としてたんぱく質の機能・水化学反応に寄与する水素・水和構造を解明することにより難病治療の特効薬や副作用のない薬品の開発に繋げることを目的としています。本装置の特徴は以下の通りです。

- 1) X線では困難な水素原子位置の決定が可能
- 2) 従来装置 (JRR-3 の BIX3) の 50 ~ 100 倍の測定効率
- 3) 結晶体積が 2mm³ なら年間 100 個以上の測定が可能
- 4) 実験室 X 線装置並みの小さな結晶でも測定が可能

大型放射光実験施設SPring-8は極めて高輝度のX線源で

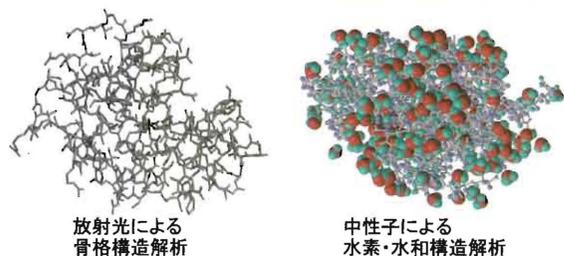


茨城県生命物質構造解析装置(iBIX)の概要

すので、たんぱく質の結晶の大きさが0.1mm角もあれば10分オーダーという短時間で結晶構造解析が可能です。しかし、JRR-3に比して100倍も明るいJ-PARCでも1mm角以上の結晶が必要です。SPring-8で必要な結晶の体積に対して1000倍以上の大きさであり、如何に速く綺麗な結晶を成長させるかが最重要課題になっていて、現在、結晶大型化技術の開発も装置の設計・製作に合わせて進めているところです。

本装置では、分子量の極めて大きいたんぱく質に限らず、生体高分子や有機分子などの構造解析も可能で、生分解性材料や発光プラスチックの開発、あるいは、冷凍食品の保存技術の開発などにも貢献できます。

この装置の責任者は茨城大学の田中伊知郎准教授 (i.tanaka@mx.ibaraki.ac.jp)で、産業利用コーディネーターは大橋裕二氏(前国際結晶学連合会長、東工大名誉教授: yohashi@ibaraki-neutrons.jp)です。装置の利用に関しては上記の2名の方にご相談下さい。



ニワトリ卵白リゾチームの立体構造 (中性子だけが水素(プロトン)の位置を正確に観ることができます。)

●JRR-3の実験装置

残留応力解析用中性子回折装置「RESA、RESA-II」

日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門 研究員 鈴木 裕士 (suzuki.hiroshi07@jaea.go.jp)

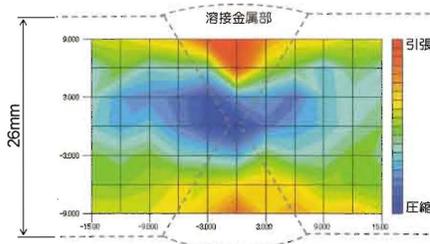
中性子応力測定法は原子間を標点間距離とする物理的な応力計測法であり、数mmから数cmオーダーの物質内部の応力・ひずみ状態を非破壊・非接触で測定することができる唯一の手段です。日本原子力研究開発機構の研究用原子炉JRR-3ガイドホールには、残留応力解析用として角度分散型の中性子回折装置が2台 (RESA、RESA-II) 設置されていて、様々な材料研究や産業応用が行われています。角度分散型回折装置は、研究用原子炉の炉心における核分裂連鎖反応により連続して発生する白色の熱中性子 (定常中性子) から、モノクロメータ結晶を利用して単一エネルギー (単一波長) の中性子のみを抽出し、測定試料によって回折される中性子の個数と回折角を検出器走査によって測定する方式の装置です。

測定の方法は、ある回折面 hkl の格子面間隔を d_{hkl} 、入射中性子の波長を λ とすれば、Braggの回折条件式 ($2d_{hkl}\sin\theta = n\lambda$) により決定される回折角 2θ を測定するための装置で、この回折角 2θ の変化を測定することで、格子面間隔 d_{hkl} の変化がわかり、格子ひずみを測定できます。

これまでに、各種溶接構造物、自動車エンジン部品、航空宇宙関連機器、鉄道関連部品など、実機、モデルサンプルを含めた各種機械部品に対する残留応力測定が行われるなど、高性能、高信頼性、長寿命化を目指した製品開発に大きく貢献しています。また、最近では、鉄筋コンクリート中の鉄筋のひずみ測定や、超伝導線材や金属ガラスなどの変形挙動評価のほか、塑性加工や熱処理に伴うマイクロ組織形成と残留応力発生に関する研究など、応力測定分野だけでなく、建築分野や材料開発分野など、様々な研究分野においてもRESA、RESA-IIが利用されています。



残留応力解析用中性子回折装置RESAの外観



板厚26mmの突合せ溶接試験体の溶接線直交方向ひずみ分布

研究トピックス

●J-PARC

J-PARC中性子源の性能を確認

J-PARCセンター 中性子源セクション
前川 藤夫

J-PARC/MLFの中性子源(図1)は、米国オークリッジ国立研究所のSNS施設の中性子源と並ぶ、世界最高レベルのMW級核破砕パルス中性子源です。中性子源の中心部にある水銀ターゲットには、エネルギー3GeV、出力1MWの陽子ビームが入射されます。このターゲットの中で水銀の原子核が陽子ビームに破砕されて多数の中性子が生成されます。しかし、生成したばかりの中性子のエネルギーはMeVオーダーと高過ぎるため、極低温(-253℃)の液体水素を循環させているモデレータにより、物質・生命科学の実験に適したmeVオーダーまでエネルギーを下げます。1kWの電気ストーブ1,000台が10リットル程度の小さな容積の中で炊かれたような状態の数百℃の水銀ターゲットと、極低温の液体水素モデレータとの距離は、わずか10cmです。

中性子源はこのような厳しい条件下で運転されるため、

水銀や水素の熱流動設計、構成機器の除熱設計、構造強度設計などを精度良く行なう必要があります。これらの設計に必要な発熱分布などは粒子輸送計算(図2)で求めます。粒子輸送計算では、1個1個の粒子(陽子や中性子)が中性子源の中でどの様に動き回るかを計算機上でシミュレーションしますが、その計算精度が中性子源全体の設計精度を左右します。粒子輸送計算では、どのような中性子ビームが実験装置に供給されるのかを求めることもできます。

MLFの特性試験装置(BL10)は、中性子源から供給される中性子ビームの特性を調べることのできる中性子実験装置です。平成20年度、本装置によってMLFで初めて中性子ビームの発生を確認することができました。図3は本装置で測定したエネルギー毎の中性子強度を予測計算値と絶対値と比較したのですが、両者は非常に良く一致しています。この結果は、予測通りの性能の中性子ビームが確実にユーザーに提供されていることを示すと同時に、中性子源の設計が確かで精度の高いものであったことを物語っています。

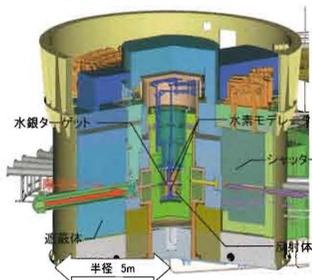


図1 J-PARC中性子源の概要

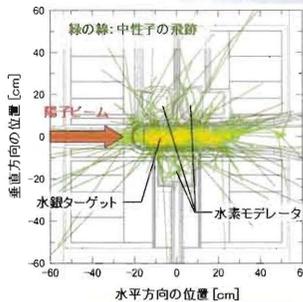


図2 粒子輸送計算による中性子の飛跡

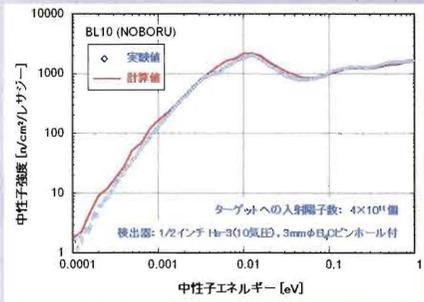


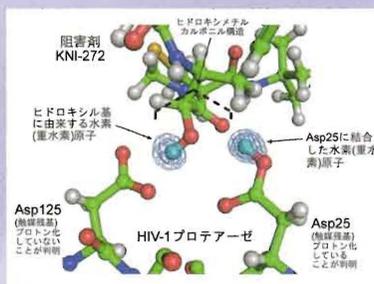
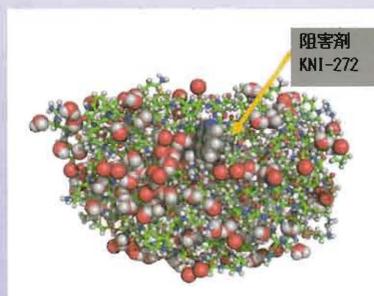
図3 中性子スペクトル強度の絶対比較

●JRR-3

中性子によるHIV-1プロテアーゼの全原子構造決定に成功

日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門
中性子生命科学ユニット長
兼 生体分子構造機能研究グループリーダー
黒木 良太

日本原子力研究開発機構、大阪大学、京都薬科大学及び(株)創品の研究グループは共同で、エイズ治療薬の標的となるHIV-1プロテアーゼ(タンパク質)とその機能を阻害するKNI-272(医薬品の候補となる化合物)の複合体結晶を作製し、水素原子を含む全原子の構造解析(中性子結晶構造解析)に世界で初めて成功しました。構造解析は、水素原子の観測を得意とするJRR-3の炉室に設置された生体高分子用中性子回折装置(BIX-4:「四季」Vol.1 P7参照)を用いて行いました。HIV-1プロテアーゼの機能に重要な役割を果たしている水素原子の配置情報を初めて明確に捉えたものであり、より治療効果の高いエイズ治療薬開発への貢献が期待されます。詳細は下記URLの日本原子力研究開発機構のプレス発表をご覧ください。



HIVプロテアーゼと阻害剤KNI-272複合体の水素原子を含む全原子構造(水素、炭素、窒素、酸素、硫黄を各々、白、緑、青、赤、黄色で示し

HIV-1プロテアーゼの触媒中心の立体構造(網目の部分は水素原子の存在を示していま

(URL: <http://www.jaea.go.jp/02/press2008/p09031001/index.html>)

●中性子バイオ・ソフトマターサイエンスワークショップ

最新の中性子を利用した計測機器によるソフトマター・バイオマテリアル研究およびその産業応用の発展が期待されています。そこで、中性子産業利用推進協議会と MLF 利用者懇談会に重複・分散して所属しているソフトマター・バイオマテリアル関連研究者・技術者に最新の中性子計測機器の情報提供を行うことにより、中性子サイエンスの発展、ならびに、産業応用の促進を目指したワークショップの開催を企画しました。

午前中は中性子小角散乱専門外の方を対象にしており、午後は、前者も包括したユーザーを対象としています。中性子散乱の経験がないか殆ど初心者であると思われる方は午前中から、一方、中性子散乱の経験のおありの方は午後からでもご参加いただければ幸いです。皆様のご参加をお待ちしております。

(URL:<http://issp.u-tokyo.ac.jp/labs/neutron/announce/BioSoftMeeting.html>)

[世話役]
柴山充弘 (東大物性研)
杉山正明 (京大原子炉)

日時: 2009年7月7日(火)
10:00~20:00

場所: 三菱総研会議室
東京都千代田区
大手町二丁目3番6号

詳しくは左記URLをご覧ください。

●中性子および放射光を利用した応力・ひずみ測定に関するセミナー

「残留ひずみ・応力解析研究会」では、茨城県中性子利用促進研究会の小角WG、集合組織WG、応力解析WGと合同で Tutorial Seminar を開催します。

本セミナーでは、世界の第一線で活躍されている、Donald Brown 氏 (LANL)、Philip Withers 氏 (University of Manchester)、ならびに Mark Daymond 氏 (Queen's University) により、中性子や放射光を用いた応力・ひずみ測定、得られた測定結果の評価・解析方法など、基礎を中心として応用にもつながる講義を行います。中性子や放射光を用いた応力評価に興味のある方はぜひご参加ください。

(URL:<http://nsrc.jaea.go.jp/mecasens-5/tutorial.html>)

日時: 2009年11月9日(月)

場所: 茨城県水戸合同庁舎
JR水戸駅南口から
徒歩約6分

詳しくは左記URLをご覧ください。

お知らせ

●J-PARC公開

昨年に引き続き、2度目の公開となります。構内では、食堂を始めさまざまな模擬店も営業します。

NSRR、WASTEF等の施設見学会や実験教室もあわせて開催しますので、ぜひお立ち寄り下さい。

日時: 8月1日(土) 9:30~15:00 (雨天決行、入場無料)
※当日は東海駅から現地までは送迎バスを運行します。(いばらき量子ビーム研究センターなどに大規模な駐車場完備) J-PARC 構内は循環バスを運行します。

公開施設: 3GeV シンクロトロン地下トンネル (前回未公開)、リニアック、50GeV シンクロトロン、物質・生命科学実験施設、ハドロン実験施設及びニュートリノ実験施設

※加速器トンネルはこの時期しかご覧になることはできません。

連絡先: 029-284-3715 または 029-284-3726



昨年の特別公開の風景(50GeVシンクロトロンにて)

J-PARC だけで 200 名以上のスタッフが、皆様をお待ちしています。

中性子産業利用推進協議会 季報【09年・夏】Vol.3

発行日 2009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-neutron.com
URL:<http://www.j-neutron.com/>