

◆ Contents

巻頭対談

水素談話 ..2

◆ 研究トピックス ..6

歯周病原菌を増殖させる酵素
立体構造を解明

リチウムイオン電池の新規正極材料

◆ 施設情報 ..7

J-PARC / MLF 物質生命科学ディビジョン長
就任挨拶

中性子磁気レンズの開発
Dライン超伝導ソレノイドを入れ替え

◆ お知らせ ..8

KEK 一般公開

第7回 AONSA School / 第3回 MLF School



大友 季哉 教授
KEK 物構研中性子科学研究系
水素貯蔵基盤研究グループ代表

折茂 慎一 教授
東北大学 原子分子材料科学高等研究機構
(WPI-AIMR)/ 金属材料研究所
材料工学を専門とし、高密度水素貯蔵材料をはじめ、
多様な水素化合物の機能設計、合成を行っている。

山田 和芳 教授
KEK 物構研所長

水素談話

水素元年と政府が位置付けた 2015 年、
水素について、何が分かって、何を知りたいと考えているのか。
そして観測するには、どうすれば良いのか。

水素に関わる研究者同士、率直に語り合いました。

折茂：私はドイツの南の方のシュトゥットガルトのマックスプランク研究所に一年半留学していたんです。そこでは材料中の水素の動きを NMR で調べる、ということをやっていました。材料というのは、マグネシウム系の合金とか、カーボン系の材料とか…水素貯蔵材料として、解析とか、開発をしていました。私が大学 4 年生の時は、丁度 YBCO（イットリウム系超伝導体）が見つかった直後だったので。そこに水素を入れて、超伝導特性がどう変わるかとか…。水素を入れると T_c （超伝導転移温度）が変化するんですよ。

山田：水素のドーピング？ それは最近の細野さんの（鉄系超伝導^{*1}）と同じだね。

折茂：ええ、結構近いですね。実はちょっと T_c 上がってたんですよ。



水素自動車、燃料電池自動車
一番右端、白のが水素ロータリーエンジン
搭載の RX-8 HYDROGEN RE © JHFC

—それがなぜ、水素貯蔵に？

折茂：元々、水素貯蔵やりたかったんですけど、4 年生の時に（超伝導体を）ちょっとやってみるか、ということで酸化物の中に水素を入れたら上手く行っちゃったんで、それをずっとやっていたんですけどね。その後、水素貯蔵材料関係で、マツダとの共同研究をやっていました。マツダには、元々コンセプトカー（写真、右端）があって、水素を燃やして走るという車だったんですけど。結構それは励みになりました。で、マツダに行って当時の研究室には無いような装置を借りたりして。SEM とか。あ、材料作っていくってこういうことなんだって。今だにこう、ワクワク感がありますね。

捉えどころのない水素

折茂：材料中に水素が入っていったときの、例えば拡散のダイナミクスとか、微量な水素の検出とか、揺らぎとか結合性とか、まだほとんどわかってないんですね。だから、まずはそこをしっかりと解析していきましょう、ということで、この 4 月から、いろんな企業の

方に入っていて委員会活動^{*2}を始めています。これからは水素社会ということで、水素と材料が接する機会が非常に増えてきている。金属だけでなく、ポリマーとか、あるいは無機材料とか…そういったものが水素と接した時に、材料中に水素が入ってくるんですよ。さっきも言いましたように、材料中、特に実用材料の中でのダイナミクスとか結合性とか濃度とか揺らぎとか、ほとんどまだ解析できていないんです。それを実験と計算の両面からきっちり解析をして、今後の材料開発につなげていこう、という委員会活動なんです。例えば今、過剰に法規制がかかっている部分を少しずつ緩和していったり、あるいは今まで使えないと思われていた材料を使えるようにしていったり、安い材料を使ったり…といったことが将来的にできるように、と企業の方は考えていらっしゃるね。

^{*1} 鉄系超伝導：鉄を含み超伝導を示す物質の総称。東京工業大学の細野秀雄教授により 2008 年に発見された。

^{*2} 学振 190 委員会「材料中の水素機能解析技術」：材料中の水素機能の本質的解明を目指し、産業界、学会から構成された委員会。代表、折茂慎一。

水素脆性、ppm の水素

— 材料中の水素というのは実際コントロールできるのでしょうか？

折茂：今はかなり難しいですね。コントロールする以前に、どのくらい入っているのか、材料中では水素が動いているのか止まっているのか、どんな結合をしているか、という解析がまだ出ていないんです。いろいろな現象が水素に伴った現象であるということは、もちろん、最近分かってきているんですけど、でもまだ、とてもとてもコントロールしたり、と言うところまでは行ってないですね。それはまさに、材料中に入った水素は捉えどころがないので…。

— 観測が難しいからでしょうか？

折茂：はい。不可能ではないのですが、観測が難しい。量でも、平均的な量なのか、あるいは局所的に濃いところ、薄いところというゆらぎがあるのか。それが温度条件とか、水素の圧力条件によって変わってくる可能性もあるし。今、興味が持たれているのは、例えば高压タンクに水素を詰めると、必然的にタンク表面と水素が接しますよね。高压タンクは金属製ですが、シールのためにポリマーが使われているんです。その中にも水素ガスが入ってきます。高压がかかっている状態では水素は閉じ込められているんですけど、圧力が下がると高分子中に入っている水素が、ボンッと膨らんで、ポリマー製のシール材が破裂してしまう。そういったことを防ぐ取り組みも必要だと思います。ポリマーの中に水素が入り込まないような表面処理とか、水素が入り込まないような結合性を持ったポリマーを作っていくとか。

山田：鉄鋼材料の中に入っていく水素っていうのは、どこから来ているんですか？ 鉄鋼を作るプロセスで水素が出てくるんですか？ 入れようとして入っているんじゃないよね。

折茂：大気中に置いておくと、水分という形で反応して、最終的には水素として内部に拡散して行くのでしょうか。

山田：水の分子が表面で分解して？

折茂：ある程度の深さまでは水として入っていて、最終的には水素として拡散していく。一番身近なところでは、電柱の中に入っている金属製の骨材ですね。少なからずコンクリートの表面

から水分が入っていつているので、骨材に水分、もしくは水素が入って行くんですね。それでもろくなって電柱が倒れたりすることが起きます。水素が悪さをする、いわゆる「脆性」ですね。山田：その水素ってどうゆう状態なんでしょうね？

折茂：材料中の水素というのは、中性に近い水素の状態もあるし、 H^+ もあるし H^- もあるし、共有結合している H もあります。で、材料中に入ったときに結合性が変わっていったり、あるいは中間的な結合状態をとったり…。

山田：それは周りの状態にもよるし、周りの元素にもよるし…。

折茂：あと環境にもよってきますね。鉄の中では、非常に濃度が薄い場合は、中性に近い水素ですね。だけど少しずつ増えてくると…、鉄の電気陰性度って 1.8 とか 1.9 ぐらいで、水素は 2.2 なので、基本的には少し水素が電子をもらう形になっています。なので、若干 H^- に近い状態だと思います。でも、実際、水素がどんな価数を持っているかというのは、正確には分かっていないです。鉄の中の水素は動き回るとも言えますし、少しでも欠陥があるとそこに水素がトラップされますし。で、少し温度上げていくとまた動きますしね。動き回るときの拡散速度は、水分子の拡散速度と同じくらいなんです。よくスパゲティを茹でるくらいの時間っていいです。スパゲティの太さありますよね、そこにあったかい水が入っていくくらい。もうちょっと速いか（笑）

山田：でも逆に、そういう欠陥があるとトラップされてもう動かないの？ 水素脆性っていうのが何で起こるかがよく分かっていないんですけど…。

折茂：水素脆性のメカニズムというのは、まだ研究対象として挙げられているくらいなので、完全にわかっているわけではないですね。大きく分けたら二つの考えがあって、亀裂の先端に水素が溜まってそこで材料が硬くもろくなるという考え。もう一つは材料自体が局所的に柔らかくなるという考え。これは全く違うものですよ。まだ本質的にどういったメカニズムで脆性が進むかは分かっていないです。

大友：水素の量が少なすぎて見えないんですよ。

折茂：水素脆性の場合は、ppb^{*3}でも影響してくるくらいですからね。少しの水素でも、亀裂の先端の機械的特性を変えていく。極端な話、水素原子数個分ですら影響があるとも言えますね。亀裂の先端部分に水素が濃縮されていることになるので。また、添加元素とか、周りの環境とか、どの程度応力がかかってくるのかによって、効果は変わってきますよね。

－ 材料中での、水素の状態、水素化物なのか、中性水素か、はどうやって見分けているんですか？

折茂：まず計算でしょうね、今は。非常に理想化したモデルでの計算でしか分からないですね。

－ 実質的に観測、測定をする手法がまだ無いということですか？

折茂：非常に局所的な領域にあって、しかも微量の水素であれば、その水素が共有結合しているのか、H⁻なのか、H⁺になっているのか、検出方法自体がまだないですね。でも、これからそういったことを研究していきましようというのが、先ほど申し上げた委員会です。企業の方は、水素エネルギー社会を迎えるために、先行していろいろな材料開発をしてらっしゃるんですけども、まだまだ基礎的に調べることは多そうです。

大友：水素はやっぱり、シンプルすぎるんですよ。原子核に陽子が一個しかなくて電子が一個しかない元素の、全体像を捉えないと水素がどうなっているのかが分からない。中性子だと原子核はある程度捉えられるんですけど、電子は分からない。だから、それが中性なのか、マイナスなのかプラスなのか分からないですよ。X線なら電子を捉えられるけど、水素は電子一個しかないから、X線でも検出が難しいです。特に金属中だと。

折茂：加えて、やっぱり動いているというのは確かですから。動くということは結合を変えるということですからね。局所的な領域で、微量の水素の結合性を捉えるということは、非常に難しいですね。**山田**：水素はなんでそんなに動くんでしょうね？

折茂：それはやっぱり小さいからですよ。

山田：格子振動なんかの影響？

大友：格子間にサイトがあって、波動関数の広がりがある隣のサイトまで広がっているんですよ。

山田：常に飛び移る確率が有限であるってことかな？

大友：そういうことですね。でも、トンネル効果で移ることも出来る、と言われているんです。波動関数が広がっている、ということが水素の場合、本質的に重要なことが多いです。

折茂：いわゆる、量子拡散ってやつですね。動かないようにするには、例えば温度を下げるとか…。

山田：あ、それで思い出した。新潟大の後藤さん^{*4}が、シリコン（ケイ素）の単結晶中のほんの微量な原子空孔の影響を超音波で観測してますよね。空孔が一個あると、周りのシリコンの状態が、低温ではものすごく変わるらしいんですよ。それで、超音波の音速がそこで変わっていく現象を彼がみつけて。しかも極低温で磁場をかけていたら非常に面白い現象が見えて、それが今単結晶シリコンを利用する企業で微量な欠陥を定量的に評価する手法として注目されているんですよ。物質中の微量な水素の影響を見るのにも、今まで考えもしなかった実験物理の手法が利用できるかもしれないね。

折茂：なるほど。シリコンといえば、まさに太陽電池、表面が水素で終端されていますよね。あとはディスプレイとか半導体も水素が鍵になっていたりしますね。本当に身近なところで水素というのは、材料の特性を変えていますよね。ポジティブにもネガティブにも。

量子ビームの可能性

山田：水素を見るためには、量子ビームをどう使っていけば良かったって考えるんですよ。極端に言えば、水素は見えなくても、水素の周りの…例えば結晶構造がどの程度の領域まで乱されているか、ぐらいい見えるんじゃないかと思っています。超音波ってというのは非常にいいアイデアでやったなと思って。しかも極低温。

折茂：先日もそれに関する講演を聞きましたね。理論計算なんですけど。非常に単純なセルを考えて、その中の一元素を他の元素と置換するとします。その周りの第一近接の水素、第二近接の水素、第三近接の水素を考える。で、影響を見たときに、基本的には水素は第一近接しか影響されていない。第二近接以降は、エネルギー的には、置換

した元素の影響をほとんど受けていない、という。そういったことも、やっと計算で分かってきたところなんです。そういう意味では材料中の水素というのは、まだまだ解明すべきことが多いですね。ただ、量子ビームだとある程度、水素の数が要りますよね…。

山田：そうそう、だからやっぱり水素を入れていかないとダメだと思うよ。

折茂：でも、材料中でも微量の水素が入ったときの影響と、たくさん入り始めたときの影響って、結合性から物性から変わってきますよ。

山田：うん、水素間の相互作用が起こり始めるとやっぱり変わるでしょう。

折茂：なので、濃度の薄い領域の水素の機能、あるいは物性を知りたいと思っている人は多いです。

山田：それは放射光で、数ナノメートルくらいにビームを絞ってバアーっとスキャンしていくとかね。

折茂：放射光はそこまで絞れる可能性はあるんですか？

大友：ナノビームまで行きますよ。

折茂：中性子、ミュオンはどうなんですか？

大友：ナノは難しいんじゃないですかねえ。ミュオンはマイクロメートルまではいけるんですかね。

山田：ミュオンのスピードをほとんど止めた超低速ミュオンを一回作って、それを再加速するんですよ。そうすると、リウヴィルの定理、ある方向のビームの角度の広がりや空間の広がりやの積としての体積が一定、という法則に従って、平行で、なおかつ絞ったビーム作れると。それでマイクロビームを作ろうっていうのが超低速ミュオンのひとつの売りなんですよ。

折茂：それは表面を見たりするため？

山田：狭い領域のイメージングですね。ただし放射光はそれの3桁4桁小さいところ…ナノメートルくらいまでは絞れる、将来的には。ただ、もうちょっと頭働かせて見ようとしないと、水素はなかなか…。そんな微量なものはなかなか見えないと思いますね。

大友：あんまりエネルギーが高くて、たぶん水素を弾き飛ばしてしまうし。ナノメートルのピクセルで、ある程度の体積をスキャンしながら水素を探す

*3 ppb：十億分の1

*4 新潟大学大学院 物質量子科学研究センター 後藤輝孝 名誉教授

ってのは結構大変ですね。

山田：僕はね、量子ビームが、物質探索に使えないんだろうかっていうところを考えてるんだよね。つまりね、室温超伝導体は作ることも難しいけど、その探索も難しいと思う。この様な場合、欲しい信号がバックグラウンドに隠されてしまう可能性もある。要するに局所的に超伝導になっている状態だよ。それをいかにピックアップするかというのがものすごい難しくなってくる。例えば偏極中性子を超伝導体に当てると、スピン偏極がバラバラになってしまう現象（depolarization、デポラリゼーション）があるんだけど、その方法でビームをずっと絞っていつてスキャンして、試料のこの辺のところに超伝導体がありそうだと、っていう探索が将来的に出来るんじゃないかと思って。

折茂：それは、表面だけの話ですか？

山田：いや、内部も含めて。水素を閉じ込めた状態で極端に圧力の高い状態が局所的にもしできていたら、そこで局所的に室温超伝導が起こったということを検知できるんじゃないかなと思って。こんな使い方が、量子ビームで将来的に出来ると非常に面白いよね。それはもう構造解析でも非弾性散乱でも何でもなくて、どっちかというとイメージングに近いかもしれないんだけど。

折茂：例えば材料中に欠陥みたいなものがあって、水素が内部に濃縮されていると。そういったところから3次元的にイメージングができると良いですね。

山田：そう、そういう使い方が将来の量子ビームの一つの使い方になるんじゃない？

折茂：材料中…バルクの中の水素の濃度のゆらぎとか、そういったことも3次元的に可視化できるようになるということですね。非常に、非常に大切なことだと思いますね。

大友：水素の核スピンを偏極させれば、見えやすくなる可能性がありますね。

山田：He スピンフィルターと二次元検出器を組み合わせると、depolarizationの空間分布が測れるので、物質中に局在した高温超伝導体を検出できるんじゃないかなと思って。

大友：偏極ビームは他のビームラインでも使えることは使えるので、予備実験的なことは始められると思いますよ。

山田：depolarizationって非常に敏感で、中性子のスピンってちょっとでも磁場があると、すぐに歳差運動するんですよ。

折茂：いきなり機能解析というのは難しいかもしれないですけど、まず、私の関心は、材料中の水素の、不均一性、局在性、揺らぎ。そういったところでもし分かるんだったら、画期的ですね。**大友**：でもね、微量な水素とか、微量なゆらぎを追究する時に、量子ビームだってまだどのくらいの精度でっていうのは、定量的に押さえられないでしょ。材料の方でも、ある程度水素の濃度をコントロールしたサンプルを量子ビームで測って評価して、そのフィードバックを繰り返して行かないと、精度はたぶん上がっていかないのだと思いますね。

折茂：そういう測定に適したサンプルというのは合成できますね。そしてフィードバックですね。

究極の水素貯蔵材料

大友：鉄系超伝導中の水素というのはどういう役割なんでしょう？

山田：鉄系超伝導では、キャリアをドーピングできますっていう、道具と考えたらいいんじゃないの。つまり、あるバンドの中にキャリアを入れることが本質であると。そのやり方の一つとしてたくさん水素を使うと、キャリアがたくさん入りますと。

大友：だから、やっぱりH⁻の状態にいる水素が面白いってことですか。

折茂：H⁻の状態に近くなってくると、それこそ、電子を抱えちゃうので。

大友：逆に束縛し過ぎなんですか？

折茂：ええ、ですね。今のお話うと。H⁺、あるいはH⁻以外に、高濃度に水素化物が出来るっていう。

共有結合的に水素を結合した材料としては、本当に世界で初めてのクロムH₇がすでにできていて、今、鉄とかクロムのH₉を作ろうとしています。たぶん、理論上それ以上は出来なくて、共有結合的に水素がトラップされている状態としては、おそらく究極だと思いますね。そういったものを、計算で予測して、元素を組み合わせで高压合成で作っていく、ということをしています。いろいろな物質探索、物質合成では、高压というのはとても大事な方法だと思いますね。

山田：どうして金属を使ってるの？

折茂：それはなぜ酸化物ではないか、という意味ですか？

山田：いや、最近の硫化水素（の超伝導体）みたいに、硫黄とかもありえるんじゃない？

折茂：そうですね。可能性としてはありますが、まずは遷移金属に対して水素がどこまで結合するかというところの、究極、極限を見ているので。それは、応用的な観点、例えば貯蔵とか考えたときにも良いんです。

山田：ああ、水素をたくさん貯蔵するという意味でね。でも、もっと軽い元素を組み合わせた方が良いんじゃないの、カーボン（炭素）とかさ…。

折茂：そうですね。これが終わったら、その先は軽元素かな、と思ってます。

折茂：水素のテーマというのは、本当に、求心力のあるテーマだと思ってます。そういう意味で、理学系の方も工学系の方も、生物系の方も、材料の方ももちろん、実験も計算も、水素というキーワードでまとまれるテーマだと思います。そこをうまく、水素の多面性を出して行けたらいいですね。

（聞き手・構成：餅田 円、宇佐美 徳子）



研究トピックス

物構研、および PF、MLF の共同研究・
共同利用による研究成果

■ もっと詳しく
物構研ニュース・成果
<http://www2.kek.jp/imss/news/>

生命

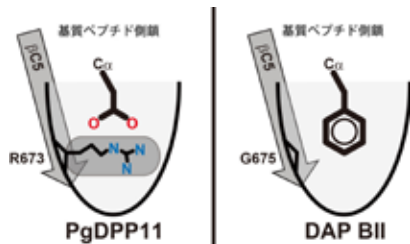
歯周病原菌を増殖させる酵素 立体構造を解明

岩手医科大学薬学部 阪本泰光助教、昭和大学薬学部の田
中信忠准教授、長岡技術科学大学、JAXA の研究グループは、
歯周病原菌の増殖や病原性に関与する酵素 PgDPP11 の立
体構造をフォトンファクトリー、SPring-8 を用いた放射光 X
線回折実験により解明した。

歯周病は、世界中で最も感染者数の多い感染症であり、
口腔疾患だけでなく、糖尿病や動脈硬化などの疾患
の悪化への関与も指摘されている。歯周病原菌の一つ、
Porphyromonas gingivalis は、タンパク質やペプチドを栄養
源とする細菌。この菌の酵素が、タンパク質やペプチドを分
解し、吸収する様子を分子レベルで理解することは、それら
を阻害して菌の生育を妨げる薬物の開発に役立つと考えら
れている。

研究グループは、病原体だけに大きなダメージを与えるた
め、ヒトに存在しない S46 ファミリーというペプチド分解
酵素類を標的とした抗生物質の開発に取り組んでいる。昨年、
S46 ファミリー酵素に共通の全体構造を解明したが、S46 ファ
ミリーには DAP BII とは全く異なり負電荷を持つ酸性アミノ
酸を認識してペプチドを切断する DPP11 という酵素が存在
し、歯周病菌の増殖や病原性に DPP11 が重要な役割を担っ
ていることが近年明らかになってきた。

今回、ISS「きぼう」日本実験棟にて結晶化したタンパ
ク質の結晶を用い、Porphyromonas gingivalis 由来 DPP11
(PgDPP11) の立体構造を X 線回折実験によって決定した。
その結果、基質結合部位に存在する正電荷を持つアルギニン
側鎖 (R673) が、基質ペプチドの酸性側鎖の認識に関与し
ていることが明らかとなり、R673 の酸性基質認識における
重要性が生化学実験でも検証された。疎水性アミノ酸を認識
して切断する DAP BII では、その位置がグリシン (G675) と
なり、DPP11 と DAP BII とでは、ポケットの深さが異なるこ
とが分かった (図)



PgDPP11 と DAP BII のペプチド認識部位の比較

これにより、これまでの抗菌薬と異なる新たな作用機序に
基づく歯周病原菌や多剤耐性菌に対する抗菌薬や、歯周病
の症状を改善する治療薬の開発が期待できる。

Scientific Reports 5, 11151 (2015) [DOI:10.1038/srep11151]

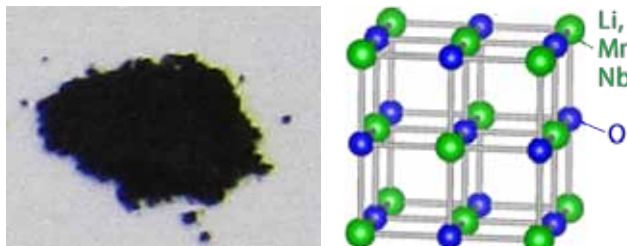
材料

リチウムイオン電池の新規正極材料

東京電機大学 工学部環境化学科の藪内 直明 准教授らの研
究グループは、ニオブとリチウムを主成分とした新規酸化物
を合成、リチウム (Li) イオン電池の新しい正極材料として
有望であることを発見、その充放電に伴うニオブとマンガン
の電子状態をフォトンファクトリーで観測した。

蓄電池である Li イオン電池は、小型の電子機器用 (～ 10
Wh) から大型の自動車用 (～ 20 kWh) まで、生活のあらゆる
場面で広く利用されている。電力スマートグリッドシステ
ムなどのため、Li イオン電池の高性能化が進められている。
蓄電池は、正極、負極、そしてイオン伝導体から構成され、
これらを Li イオンが移動することで、充放電される。電池
の大容量化には、電極材料に高エネルギー密度で Li イオン
を脱挿入することが必要である。これまでの研究で、負極材
料では従来技術を大きく上回る材料が開発されているが、正
極材料では、まだ高エネルギー密度のものはなく、次世代 Li
イオン電池開発の足かせとなっていた。

藪内氏らの研究グループでは、高エネルギー密度を可能に
する電池材料の開発に取り組んでおり、これまで注目されて
いなかったニオブを用いた新規材料の構成に着手し、一部の
ニオブをマンガンなど他の遷移金属イオンと置き換えると、
電気伝導度が向上、酸化物イオンから電子とリチウムを可逆
的に脱挿入できることを発見した。



鉄ニオブ系材料 ($\text{Li}_{1.3}\text{Nb}_{0.3}\text{Mn}_{0.4}\text{O}_2$) の粉末とその構造

この鉄ニオブ系材料 ($\text{Li}_{1.3}\text{Nb}_{0.3}\text{Mn}_{0.4}\text{O}_2$) を評価したところ、
既存の電気自動車用のリチウム電池で広く用いられているス
ピネル型リチウムマンガン酸化物 (LiMn_2O_4) やリン酸鉄リチ
ウム (LiFePO_4) を大きく上回る 950 mWh/g のエネルギー密
度 (正極重量ベース) が得られることがわかった。このエネ
ルギー密度は、これまでに報告されているトポタクティック
な反応様式で進行するリチウムインサージョン材料としては
非常に高い値である。充放電時の構造変化をフォトンファク
トリーを利用し、X 線吸収分光法 (XAS) で調べたところ、
これらの反応は電気化学的に不活性なニオブの存在により特
異的に安定化されるためと考えられる。

PNAS 5 112 (25) 7650-7655 [DOI:10.1073/pnas.1504901112]

施設情報

J-PARC/MLF

物質生命科学ディビジョン長 就任挨拶

平成 27 年 6 月 1 日より、
金谷 利治 KEK 物構研教授が、
J-PARC の物質生命科学ディビ
ジョン長に就きました。

高エネルギー加速器研究
機構 物質構造科学研究所に
異動いたしました金谷です。
J-PARC/MLF のディビジョン
長として中性子とミュオンの
お世話をさせていただいて
います。こちらに来る前は、
京都大学に 30 年以上勤務し、
関西が活動の拠点でした。
初めて箱根の関を越え、関
東にやってまいりました。
驚くこと、新しい発見も多
く、魚や納豆も美味しく、
新たな生活を楽しんでおり
ます。

J-PARC/MLF に来て驚いたことは、加速器、中性子・ミュ
オン源、分光器などハードが非常によく考えて作られており、
高い性能を持っていることです。この様なところで、働
けるのが嬉しくてたまりません。しかし、性能が良いだけで
は世界が驚くような成果は出ません。我々がこれからやる
べきことは、この素晴らしいハードを使って、世界が驚く
素晴らしいサイエンスの成果や産業応用に資する成果を創
出していくことです。施設スタッフの方々、ユーザーの方々、
そして事務の方々と協力して素晴らしい成果を創出してい
きたいと思います。ご協力をよろしくお願いします。

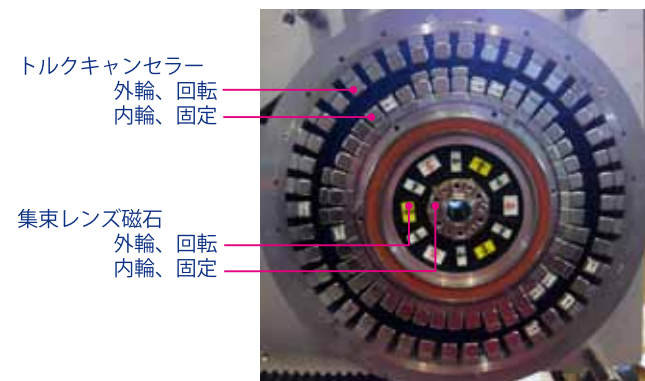


中性子

中性子磁気レンズの開発

京都大学 (現 PSI) の山田雅子氏は、KEK 物構研の三島
賢二 特別准教授らの中性子光学研究グループと共同で、中
性子ビームを集光する磁気レンズを開発した。

中性子は電荷を持たないため、陽子や電子のように電場によ
る集束、加速ができない。今回、広いエネルギー (波長
 λ) 分散をもつワイドバンドのパルスビームを色収差なく
集束できるレンズ「強度変調型永久六極磁石 (modulating-
Permanent Magnet Sextupole, mod-PMSx)」を実現した。六
極永久磁石をベースに、同軸状の二重リング構造として入れ
子になった固定内輪の周りで外輪を回転させることにより



回転六極磁気レンズ

ミュオン

D ライン 超伝導ソレノイドを入れ替え

J-PARC 物質・生命科学実験施設 (MLF) のミュオン D ラ
インでは、ミュオンを標的から実験ホールまで導くための超
伝導ソレノイドの交換が行われた。

ミュオンは、陽子ビームが炭素標的に衝突し、核反応した
パイ中間子が崩壊することによって得られる。ソレノイドは、
パイ中間子を効率よく運びながらミュオンに変換させるた
め、強磁場が必要である。新しい超伝導ソレノイドは、旧型
よりも内径がやや広がり、かつソレノイドの両端にあるコー
ルドウォールをウォームウォールに変更された。これにより、
ミュオンの輸送能力は向上することが期待される。特に、旧
型ソレノイドではコールドウォールにより遮られてしまっ
ていた、低エネルギー領域のミュオンが、新型ソレノイドで
は実験ポートまで輸送されることが期待される。

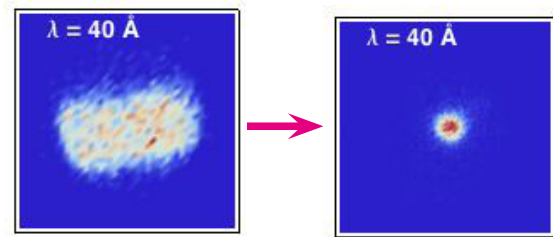
今後、冷却を開始し、性能試験などを行い、次の運転から
の運用を目指している。



上：黄色い円筒状のものが、
旧型超伝導ソレノイド。写
真左の壁の奥に陽子加速器
と標的がある。右側下流方
向に D1, D2 実験ポート。
下：新型超伝導ソレノイド。

磁場強度の変調を可能にし、集光力を波長によらず一定に保
つ。回転に必要なトルクを磁氣的に軽減するトルクキャンセ
ラーを導入した実機を製作し、極冷中性子ビームをこれまで
達成されたことのない 2 倍 ($\lambda_{\text{max}} / \lambda_{\text{min}} = 2$) の波長範
囲にわたって集束することに成功、中性子束として対象波長
域で 43 倍と高い集光効率を実証した。さらに集光型中性子
小角散乱や拡大イメージングのデモンストレーションにも成
功し、応用可能性の高さも実証した。

この磁気レンズは比較的安価で製作及びビームラインでの
取り扱いが容易な利便性の高いシステムを目指して開発され
た。冷中性子ビームへの応用も十分可能であるため、多くの
パルス中性子ビーム施設で利用されることが期待できる。



集束前 (左) と集束後 (右) の中性子 2 次元分布

イベント予定

9/6 (日)

KEK 一般公開

実験装置・施設の見学や、研究者による講演、実演など、楽しい企画を用意しています。加速器科学の最先端の様子をぜひご覧ください。

特別講演 11:00 ~ 12:00 (研究本館)

「放射光が明かす物質の不思議」

村上 洋一 (KEK 物質構造科学研究所 教授)

講演 15:15 ~ 16:00 (3号館)

「放射光で探る地球深部のマグマの構造と物性」

船守 展正 (KEK 物質構造科学研究所 教授)

展示・施設公開

フォトンファクトリー

国際光年である今年は、「光の工場」ことフォトンファクトリーへ!! 光を作って、分けて、見て、物質や生命の解明に挑む研究を紹介します。

・クイズラリー

展示をめぐりながら、クイズに挑戦! 全問正解で、ネコ先生缶バッジ (写真) プレゼント。

・目指せマイスター! 「スペクトル鑑定士養成講座」

光を分光し、スペクトル成分から光源を鑑定することができます。分光器工作と鑑定知識のミニレクチャー。各回 20 名、約 30 分。10 時 ~ 16 時、毎時 00 分開始。午後の回は整理券配布。

ERL 開発棟

次世代の光を作り出す加速器。技術開発の現場をご覧ください。

>>><https://www2.kek.jp/openhouse/>

一般公開フォトンファクトリーの詳しい情報は

>>><http://www2.kek.jp/imss/news/2015/topics/openhouse/>

12/1 (火) ~ 5 (土)

第 7 回 AONSA Neutron School /

第 3 回 MLF School

中性子、ミュオンを用いた実験に興味を持ちながらまだ足を踏み入っていない若手研究者を対象に、中性子、ミュオンを用いた物性実験に関する講義、演習を行う短期スクールです。

※参加申込 8/31 まで。

>>><http://www.cross-tokai.jp/7thAONSAschool/>



フォトンファクトリー
実験ホール

※写真は昨年のもので

