

# NIMS NOW

2008.Vol.8 No.1 January

## スペシャル インタビュー

ハロルド・クロトー × 板東 義雄

1996年ノーベル化学賞受賞者

NIMSフェロー

科学研究における創造性と  
セレンディピティを養う

## Research Highlights

- 遠紫外線発光六方晶窒化ホウ素の常圧合成
- ナノスケール無機自立膜の製造

## フェイス interview

スピントロニクス of キーマテリアル  
ハーフメタルにかける夢

NIMSフェロー 猪俣 浩一郎

2008年、Open Research Institute 構築宣言

— Plateau 状態からの大きな飛躍を目指して —

## 2008年、Open Research Institute 構築宣言

—Plateau状態からの大きな飛躍を目指して—



理事長 岸 輝雄

### 新年あけましておめでとうございます。

NIMSは昨年の独立行政法人・国立大学法人の科学技術関係活動に関する成果において、論文発表数、特許出願件数で研究者一人当たりの件数が国内で1位にランクされ、企業との連携、外部資金の導入においても上位にランクされるなど、研究の成果は順調に伸びてきました。これは大きな成果と言えます。しかしながら、これらの数値もマテリアル・サイエンス分野での論文の被引用数も国際的には未だ十分とは言えず、この2~3年は飽和的な横ばい状況(Plateau:プラトー)になりつつあります。このプラトーな状況はフロントランナーとなった研究機関が周期的に陥るものであり、こういう時期には、研究の方向、システムや評価のあり方を改めて見直す必要があります。数値的成果は研究の必要条件であっても十分条件ではありません。研究成果による社会的貢献である実用化、学術貢献として学問の体系化が強く求められます。もちろんNIMSでは、イノベーション即ち実用化に繋がる研究成果も着実に増加してはいますが、大事なことは本当に使える材料を意識して量から質の時代へと脱皮することです。

研究の方向については、これまで金属、セラミックス、半導体、有機・バイオと分けた研究が主導的でしたが、今後はそれらを融合したハイブリッド・複合材料が大きな目標になってきます。これからの研究の展開を考えると、NIMSとして伝統の浅い有機、バイオ、高分子の導入に引き続き注力していかなければなりません。

また一方、材料研究は理論、手法に負う部分が近年増えてきており、材料そのものとしてはナノマテリアルが注目されています。いずれにせよ、ナノテクノロジーが材料開発のキーテクノロジーであることをよく認識する必要があり、ナノテクと材料は切り離すことができない時代となっています。

研究の方向と同時にその進め方も非常に重要です。まず、すべての研究者が活性化された状態を創らなければなり

ません。そのために、2008年のひとつの目標としてOpen Research Instituteの構築を宣言したいと考えています。

あらゆる層に開かれた研究所として、国際的に、また大学や民間企業、一般市民に開かれていることが大きな要素となります。そして外に開かれるだけでなく、内側が開かれていることも重要です。研究者が好きなおとこで好きなだけ議論でき、自由に交流できる、ユニットが違うことによる壁がない研究所になることを強く望んでいます。

また、NIMSは先端的な施設・設備を整えて一般に開放していく義務を負っています。強磁場共用ステーション、超高压電顕共用ステーション、ナノテクノロジー融合支援センター、SPring-8などは、Open Research Instituteを支えるインフラと言ってもいいでしょう。特に昨年から今年にかけてナノテクのファウンドリーを新たに整備し、NIMS内外に開放することが可能になりました。

昨年の良いニュースのひとつとして、9月に「国際ナノアーキテクトゥクス研究拠点(MANA: International Center for Materials Nanoarchitectonics)」が、日本の伝統的な4大学とともに世界レベルの研究拠点に選ばれたことが挙げられます。MANAが国際化を推進することによって、同時にNIMS本体が大きく国内外に開かれることを期待しています。

国際化という点では、2003年にスタートした「若手国際研究拠点ICYS(International Center for Young Scientists)」が大きな成果を得ました。この活動がMANA採択に繋がっています。ICYS運営のためのキーワードである4つの「In」—Independent、Innovative、Interdisciplinary、Internationalは、これからもNIMSのモットーとしていきます。4つのInに加えて、私達は様々な国から若手研究者が集まる場をMelting potと呼んでいます。NIMSが国際的な研究拠点として大きく飛躍するという意味からも、より充実させたMelting potを創っていきたく望んでいます。ICYSは並木地区のMANAの中で継続すると同時に、千現地区にも開設します。

企業との連携も順調に進んでいます。隔週で開催しているイブニングセミナーが軌道に乗り、共同研究、受託研究も増えて、基礎研究の成果の普及がなされる体制が整いつつあります。また、国際連携として研究開発を行うためにNIMS内に設置したロールス・ロイス航空宇宙材料センターに続く、実用化を見据えた最先端の研究に力を注いで参ります。

本年も変わらぬご指導、ご支援をお願いするとともに、皆様の益々のご発展をお祈り申し上げます。

## Open Research Institute

## より開かれた研究所を目指して

NIMSは、「使われてこそ材料」を合言葉に研究成果を様々な形で社会へ還元していくとともに、世界でも最高レベルの研究施設・設備を外部の研究機関や研究者に開放しています。また、材料研究プラットフォーム構想のもとに独創性の高い基礎・基盤的研究に基づくNIMSの技術を産業界に橋渡しする活動や、施設公開および一般見学などの機会を通してNIMSに親しんでいただく活動を進めています。

### 共用基盤部門

高度な材料計測・創製技術によるブレイクスルーの創出を目的として、世界最高水準の大型施設および先端設備の外部への共用と基盤技術開発を行っています。超高压電子顕微鏡施設、強磁場施設、SPring-8内の専用ビームライン、材料創製支援装置群、分析支援設備等の高度な施設および設備の開発・整備を行い、広くNIMS内外の研究者への利用機会を提供しています。また物質・材料研究における主導的な役割を發揮し、新物質・材料の国際的な利用拡大に貢献するため、各種の材料データベースを計画的に整備するとともに、材料データシートを発行するなど、研究者や技術者が最適な材料選択等のために必要とする材料情報を発信し、知的基盤の充実・整備を行っています。

共用基盤部門には

- ①超高压電顕共用ステーション
- ②強磁場共用ステーション
- ③共用ビームステーション
- ④データシートステーション
- ⑤データベースステーション
- ⑥材料創製支援ステーション
- ⑦分析支援ステーション

があります。

超高压電顕共用ステーションは、「ナノテクノロジーと21世紀のための電子顕微鏡」を目指し、装置規模が大きいため一般の研究機関では導入が難しい各種の透過型電子顕微鏡の技術開発と共同利用を目的として設立されました。



超高压電顕共用ステーション  
イオン注入その場観察  
超高压電子顕微鏡



強磁場共用ステーション  
930MHz NMRマグネット



共用ビームステーション  
高輝度放射光施設 SPing-8



データシートステーション  
長時間クリープ試験機

原子・分子動的観察技術や収差補正による空間分解能の向上、分光的計測手法の高度化などを行っています。

強磁場共用ステーションは、930MHz高分解能NMRスペクトロメーターを始めとする世界最高レベルの強磁場マグネット群を集中配備した世界有数のNMR施設です。1998年以来、共同利用型研究施設として国内外の研究者に開放され、蛋白質の立体構造解析や鉄鋼スラグのリサイクル等の幅広い研究に活用されています。

共用ビームステーションでは、放射光を利用し高度な物質材料を解析する方法や新しい物質の創成法につながる研究を進めています。高輝度放射光施設SPing-8内に1999年に着工されたNIMS専用ビームラインBL15XU(広エネルギー帯域先端材料解析ビームライン/WEBRAM)は、広いエネルギー範囲にわたり高輝度単色X線が得られ、結晶構造解析、電子状態解析が全て一本のビームラインで実行可能です。

データシートステーションでは、機械構造物の安全性・信頼性向上を目的として、クリープ・疲労・腐食・宇宙関連材料強度に関する材料特性データを取得し構造材料データシートを作成しています。これらの成果は、「発電用火力設備の技術基準」の許容応力改訂や国産H-IIAロケットの設計等の各種規格基準に加え、事故調査等にも活用されています。2002年からは材料データシート作成並びにそれと密接に関係するクリープ受託試験や事故調査を対象にISO9001:2000品質マネジメントシステムの認証を取得し、データの信頼性向上と社会ニーズへの対応を推進しています。

データベースステーションは、物質・材料に関する世界最大級のデータベースをインターネットによって発信しています。NIMS物質・材料データベースはクリープや疲労のデータシートを基にした構造材料データベース、公表されている学術文献から有用な数値データを採取し、データベース化した高分子、結晶基礎、拡散、圧力容器材料データベースなどから構成されています。材料開発、材料の最適な使用、最適な材料選択ばかりでなく、材料の特性予測、材料特性比較、材料の同定(辞書機能)などとして役立てることができます。NIMS物質・材料データベースは平成19年11月末現在で世界110カ国10,293機関から33,518人(国内24,684人、海外8,834人)がユーザ登録し、毎月100万件を超えるアクセスがあります。

材料創製支援ステーションでは、NIMSの各研究ユニットで進められている最先端の研究を、主に「ものづくり」の

観点から推進する部署として設置されており、「設計試作セクション(実験設備試作、機械工作、ガラス工作等)」と「創製技術セクション(溶解・鍛造・圧延・熱処理等)」から組織されています。とくに創製技術セクションでは、NIMSの共用設備の有効利用と、NIMSで新たに開発された材料の高度な各種加工技術に関連して蓄積されてきたノウハウをもとに共同研究を含めた外部への開放を行っています。

分析支援ステーションでは、非常にエネルギーの低いLiの特性X線を高分解能で測定できる電子線励起超軟X線分光装置やHeグロー放電質量分析装置の開発・研究から、新物質に対応できる分析手法の開発まで行っています。これらを通じて、より信頼性の高い分析情報を物質・材料研究機構の研究者に提供すると同時に、機構外部の研究者にも共同研究として公開しています。さらに、得られた成果を基にデータの信頼性および再現性に関する国際標準化に向けた取り組みを積極的に進めています。



データベースステーション  
NIMS物質・材料データベース



材料創製支援ステーション  
超清浄特殊浮揚溶解装置



分析支援ステーション  
超軟X線分光分析装置

## 新たな共用施設

日本全国のナノテクノロジー研究者に対して、国内の最先端ナノテクノロジー施設・設備を利用する機会を提供し、イノベーションにつながる研究成果の創出を目指す文部科学省の委託事業「先端研究施設共用イノベーション創出事業“ナノテクノロジー・ネットワーク”」が2007年度から5年間の予定で始まりました。NIMSも第1期「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」(2002~2006)に引き続き参加しており、第2期においては、「NIMSナノテクノロジー拠点」を新たに設立し、委託事業の対象とされた4領域のうち、「超微細加工」、「ナノ計測・分析」、「極限環境」の3領域で技術支援サービスを提供しています。超微細加工領域では、シリコンから化合物半導

体、酸化物、磁性材料、有機・高分子材料、生体材料など様々な材料の超微細加工技術を提供するために、微細電極や流体デバイス構造の作製、フォトニッククリスタルなどの三次元加工が行える約200及び400m<sup>2</sup>のクリーンルーム、有機・高分子・生体材料を専門に扱う約400m<sup>2</sup>の実験室が整備された「ナノテクノロジー融合支援センター」を設置し、専門スタッフによる支援を提供しています。ナノ計測・分析領域では、電子顕微鏡を専門とする研究者を中心としたスタッフにより、特徴的な3台の世界最高水準の電子顕微鏡等を用いて、試料作製から解析までの支援を展開します。また大型放射光施設SPring-8内のNIMS専用ビームラインBL15XUの特徴を活かし、高輝度高平行度の単色光を



クリーンルーム(集束イオンビーム加工装置)



有機・バイオ系実験室

使った高分解能の粉末回折法による精密結晶構造解析などを用いた支援を提供しています。極限環境領域では、最先端の超強磁場環境下において各種構造解析・物性評価計測装置を利用した高度な分析技術によって、ナノ材料・ナノ構造の開発に貢献するために、世界最高の強磁場で運転している930MHz固体高分解能NMRマグネットをはじめとする5台のNMR等を用いて、ナノ構造解析・評価に関する支援を提供します。



NIMS-Leicaバイオイメージングラボ

## ニーズとシーズの出会いを大切に

NIMSは、基礎基盤研究に軸足を置きつつNIMSシーズの企業での実用化検討を支援しています。サンプル提供、技術コンサルティング、資金提供型共同研究、受託研究などの多彩な連携方式があります。企業との共同研究は年々増えており、それに伴い企業からNIMSに提供される資金も増加しています。

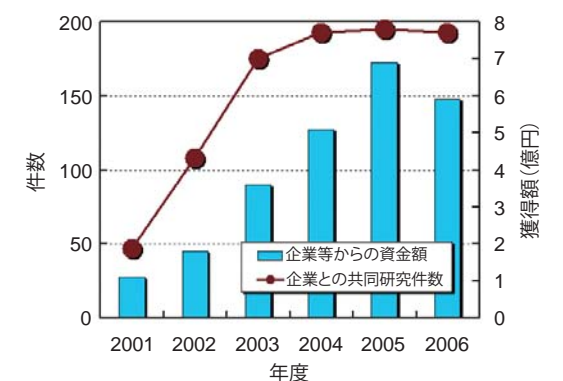
NIMSは、NIMSシーズと企業ニーズをマッチングさせる場に積極的に取り組んでいます。例えば、NIMSイブニングセミナーは個々のNIMS研究者の研究内容を研究者と差し向かいで知っていただくことを目的に開催しています。広く一般に公開し、これまでの開催回数は48回、参加者は789名に達しました(2007年12月現在)。



第7回 NIMSフォーラムの様子

また、二者間セミナーはNIMSと企業が対面で互いのシーズとニーズに関して情報交換を行い具体的な連携の道を探る場です。秘密保持契約を締結して行います。これまでに17社と36回開催し、共同研究や受託研究など具体的なテーマを設定した連携が成立しています。

さらに、NIMSから生まれた研究成果を紹介する「NIMSフォーラム」を毎年1回開催し、口頭による発表とポスターセッションの他、技術移転相談を行っています。

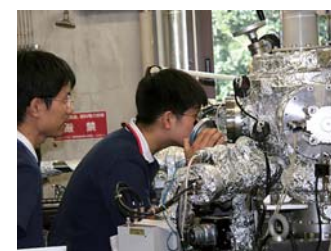


## 社会との共生

一般の方々にNIMSを紹介する活動は、毎年4月に行われる文部科学省の科学技術週間の一環として施設の一般公開を実施しています。NIMSが取り組んでいる研究を、気軽にどなたにでも興味深く見ていただけるように様々な工夫をしています。

また、小中高校生の夏休み期間には全国の高校生を対象としたサマーサイエンスキャンプ、茨城県の中中学生対象

の茨城県中中学生ミニ博士事業、つくば市の小学生対象のつくばちびっ子博士事業を開催する他、冬の筑波サイエンスワークショップにも子供たちが研究所を訪れる機会を提供しています。NIMSで物質・材料に関する様々な実験に積極的に取り組む中で科学技術に対する興味を高め、日本の科学技術を担う研究者の芽を育むきっかけとなることを期待しています。



サマーサイエンスキャンプ



ちびっ子博士



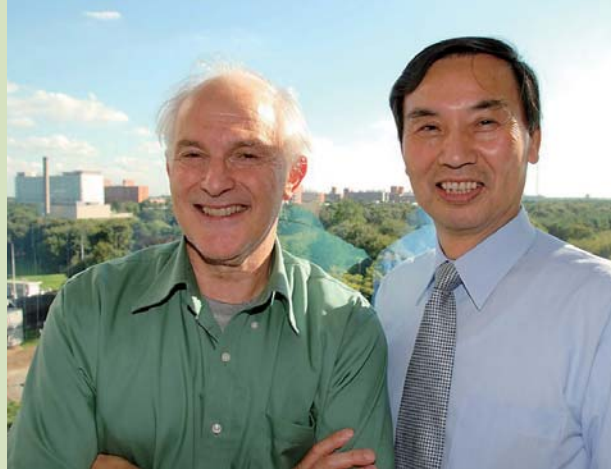
ミニ博士



筑波サイエンスワークショップ

## 科学研究における創造性とセレンディピティを養う

ハロルド・クロトー博士は世界で最も著名な化学者の一人です。1985年、ロバート・カール博士、リチャード・スモーリー博士および当時大学院生であったジム・ヒース、シーン・オブライエン、ユアン・リーらとともに、星間空間での巨大な低温赤炭素星の化学現象を調べている時に、偶然にもそれまで知られていなかった炭素原子クラスターであるフラレンの一つC<sub>60</sub>を発見しました。この物質は、現在バックミンスターフラレンあるいはバッキーボールと呼ばれ、ナノテクノロジーや太陽電池さらには量子化学分野での利用が進められています。この発見により、1996年にカール博士、スモーリー博士と共にノーベル化学賞を受賞しました。現在は科学教育、若い研究者の科学キャリア形成支援に熱意をもって取り組んでいるクロトー博士は、板東NIMSフェローがセンター長を務める若手国際研究拠点(ICYS)設立時からのエグゼクティブアドバイザーです。



ハロルド・クロトー 板東 義雄  
1996年ノーベル化学賞受賞者 NIMSフェロー

### Profile

ハロルド・ウォルター・クロトー卿 (Sir Harold Walter Kroto)  
イギリスの化学者。イギリスのサセックス大学でリン酸化学と分子電波天文学に関して大きな業績を上げ、現在アメリカのフロリダ州立大学教授。2001年に、イギリスの大衆に科学を普及させることに大きく貢献した科学者、技術者に与えられる名誉あるマイケル・ファラデー賞を受賞。1996年ノーベル化学賞を受賞。現在NIMSのICYSエグゼクティブアドバイザー。

板東 義雄 (Yoshio Bando)  
NIMSフェロー、ICYSセンター長、および2007年10月に設立された国際ナノアーキテクトニクス研究拠点の副センター長を兼務。ナノチューブや分析電子顕微鏡を用いた構造分析の専門家。2005年に「新ナノチューブの創製とナノ温度計の発見」で第16回つくば賞を受賞。

**板東** — 今日はこの対談においでいただきありがとうございます。この機会に是非お聞きしたいことが2つあります。ひとつはセレンディピティ(予期せぬ良いものを見つけ出す才能)の重要性について、もうひとつは予期しない結果が出た時にどう解釈するのか、またそれが大事な結果であることをどのようにして認識するのかという点についてです。研究者にとって最も大事な素質は何であり、研究に対する心構えはどうあるべきなのでしょうか。

**クロトー** — 私達がC<sub>60</sub>を発見する前の1984~85年頃、私は自分のリン酸化学や電波天文学での成果を誇りに思っており、とても楽しく大きな充実感をもって研究を行っていました。その中で大きなブレークスルーを達成し、ノーベル賞の対象でこそありませんが、それによりいくつか賞をもらいました。私は一介の教授でしたが、自分の成果に満足し、とても良い経験をしたと思っていましたし、さらに名誉のある有名な賞を受賞しようなどとは思っていませんでした。科学が得意で、それは生活費を稼ぐのにも都合が良かったから科学の道を選びましたが、私が最も興味をもっていた分野は科学ではなく、美術とグラフィックアートでした。それで私は今の若い人たちが感じているような、論文を発表するプレッシャー、大きな成果を上げるプレッシャー、自分自身の価値を示すプレッシャー等を感じていませんでした。そのようなプレッシャーを感じている人達をよく見かけますが、多くの場合、良い成果は生まれません。

セレンディピティに関しては、私は多くの発見をする幸運に恵まれました。最も大きな発見は、私にとって興味はありま

したがそれほど重要ではなく、研究のバックグラウンドにある二次的な実験やアイデアから生まれたものでした。私はセレンディピティ的な発見は、しばしばこのような背景から生まれてくるものだと思います。それは、自分が重要だと思っていることは他の人もそう思っていて、すでに研究されていることが多いからです。

**板東** — 往々にして新しい発見はセレンディピティの結果であり、製品として出てくるまでにはとても長い時間を要します。フラレンの場合には、日本でやっと利用されるようになりましたが、それまでに20年以上かかりました。材料科学では、新しい材料の発見には長い時間を要します。研究者、特に新しい材料を発見するようなパイオニアとなる人はこのような長い期間とどのように関わっていたら良いのでしょうか。

**クロトー** — それは大きな問題です。またC<sub>60</sub>を例にして話しましょう。C<sub>60</sub>は半導体産業に大きく貢献する可能性がありましたが、もしシリコン半導体がまだ未成熟期にあった50年前にC<sub>60</sub>が発見されていたなら、実際にそうになっていたでしょう。しかし現在では、すでにシリコンチップのインフラに何十億ドルという膨大な投資が行われています。ではC<sub>60</sub>は何に役立つのでしょうか。C<sub>60</sub>を用いた製品を生むには、分子エレクトロニクスという全く新しい概念が必要で、新たな大きな投資が必要です。それはシリコンをしのぐ金額となるでしょうし、そうでなければ産業界は尻込みなどしてはいけません。つまり、画期的なブレークスルーがなければ、分子エレクトロニクスはビジネスにはならないでしょう。

C<sub>60</sub>は、安価で大面積発電用の有機物太陽電池に大きな影響

を与える可能性もあります。印刷技術を用いてC<sub>60</sub>を印刷することができれば、とても安価に利用できます。そうなれば世界中の電気が来ない地域へ電気を供給することができ、利用の道が開けます。もう一度言いますが、ブレークスルーは往々にして予想外のところから生まれます。若い研究者がやりたいと思っている研究をやらせてみたら、ブレークスルーが生まれることがあります。その際、研究者が一つの研究に集中しすぎないように注意しなければなりません。研究には、一方に産業界の仕事である戦略的な応用研究があり、他方には、主として大学で行われる基礎研究があります。この両方の研究環境でアイデアと開発を相互に育成する確実な方法を見つけ出すことによって、さらに効果的な方法が見つかるに違いありません。

ところが現状は、大企業は小さなベンチャー企業による研究プログラムに研究を行わせた方がリスクも小さく利益が大きいのと考えて研究から手を引き、もっとも美味しい成果をつまみ食いしています。これはある程度まではいいでしょうし、大きな弊害が生じるかどうかはもう少し見ていく必要がありますが、私は企業が大規模な研究プログラムから手を引き、小さな起業家にリスクを迫らせることに危惧の念を抱いています。将来的にどのように作用するかは分かりませんが、大事なことは頭脳明晰な若手研究者に何か「クレイジーな研究」を自由に行わせることです。「クレイジーな研究」とは誰も重要だとは思わない研究のことです。C<sub>60</sub>がその良い例です。私でさえ、その発見をもたらした実験を提案した時にはそれが重要だとは思っていませんでした。私はかなり確信的にその答えが分かっていたのですが、既に得られていた電波天文学の結果を説明するために確認したいことがあり、また、その実験はよりエキサイティングな実験を進めるための予備的な実験でもあったので、何度か実験を提案したのです。

**板東** — ここで少しICYSと若手研究者の育成に関してのご意見をお聞かせ下さい。ICYSは海外から広い分野の多くの若手研究員を招聘し、自由に研究できる雰囲気をもつ、国際的にも魅力的な研究環境を作ることを目指しています。私達は、若手研究者が自らのアイデアに基づき自立的な研究ができるこ

のような研究環境が、若手研究者を育成する上でベストであると考えています。このICYSのプログラムについて、どう評価されますか。

**クロトー** — 私はICYSの多くの若い研究者と話をさせてもらいましたが、彼らが自分の研究について説明する態度、研究への熱意、その成果に好印象をもちました。彼らの境遇や状況は私が彼らの年代の時とは大きく変わっています。

私自身の経験を振り返ってみますと、私はいつも学生達に複数の研究をさせようとしてきました。メインとなるプロジェクトの他に少し冒険的なものや学生たちが特に興味を持っていること、あるいはうまくいかなくてもあまり構わないプロジェクトなどです。

また、若い人達が少なくとも一つの共同プロジェクト、つまり他の研究者と一緒に研究を進めるプロジェクトに関わるのが良いと思います。そこではアイデアを共有し、チームとして一体となり研究をすることが学べます。これは大きな進展をもたらすシナジー効果を作り出す良い方法です。

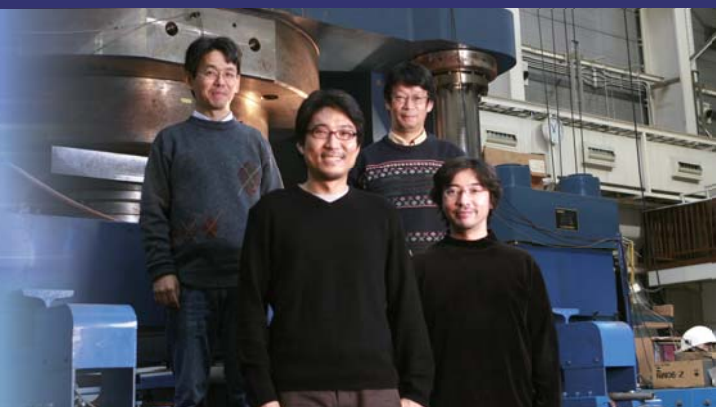
**板東** — 私達は、NIMSが世界中の研究者にとってさらに魅力的な研究所になることを願っています。そうなるための一つの課題が言葉の壁であり、それを克服すべく努力しています。この他に私達がすべきことには何があるのでしょうか。

**クロトー** — そうですね、社会的あるいは文化的なことも重要です。ここにいる海外からの研究者が孤独を感じないようにすることが大事です。今は東京へ短時間でいける「つくばエクスプレス」が開通しましたから、これはあまり問題とならないでしょう。私は日本の大きな文化施設を訪れるのが好きです。日本ではいつでも興味深い歴史的あるいは文化的な催しが行われていますから、それをうまく活用するのいいと思います。特に東京が好きですが、つくばが東京に近いのも若い人にとっては魅力的な点になるでしょう。グループで参加できる研究所外への旅行、歴史的な意味を持つ場所での科学交流会、また科学以外の文化的活動などをICYSで企画してはどうでしょうか。研究所から外へ出て科学以外の何かをすることは、科学における創造性を養うのにとても重要なことです。



# 遠紫外線発光六方晶窒化ホウ素の常圧合成

光材料センター 光電機能グループ  
ナノ物質ラボ 超高压グループ\*



窪田 陽一 (前列左) 渡邊 賢司 (後列左) 津田 統 (前列右) 谷口 尚\* (後列右)

私たちは遠紫外線領域の光(波長200-300nm付近)を発する材料を研究しています。近年、青色発光ダイオード開発(波長400nm近辺)により、信号機、大型カラーディスプレイ、照明、光記録デバイス等に新しい半導体発光素子の応用分野が広がりましたが、私たちの目指す遠紫外線発光素子が実現すると、例えば、難分解性の有害化学物質の分解、浄水・殺菌などの環境保全や医療など、様々な分野に応用範囲が広がります。

発光材料として用いられている半導体の多くは、周期表のIII族とV族の組み合わせの化合物です。その最上段元素の組み合わせである六方晶窒化ホウ素(hBN)は、熱的・化学的安定性に大変優れているので、耐熱材料や絶縁材料として古くから利用されてきましたが、良質結晶の合成が難しく、発光特性に注目した研究はほとんどされていませんでした。2004年、私達は高純度hBN単結晶を合成することに成功し、hBNが電子線励起により波長215 nmの遠紫外線を高輝度に発光する新規発光材料であることを明らかにしました。しかしながら、このような発光を示す高純度結晶は、高温高压合成法(1500-1750℃、4万気圧領域)という極めて特殊な合成技術でしか得られておらず、hBNの応用研究を進めるためには、より

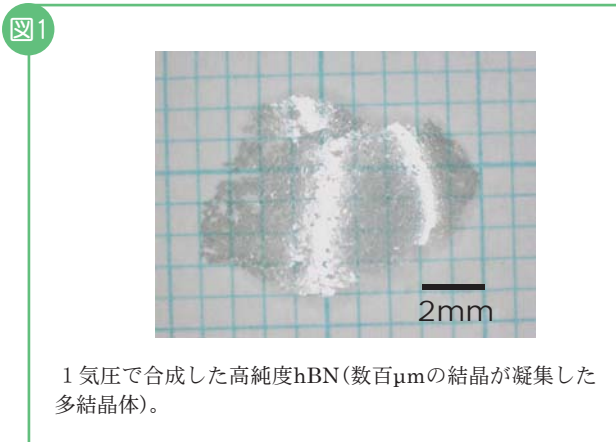
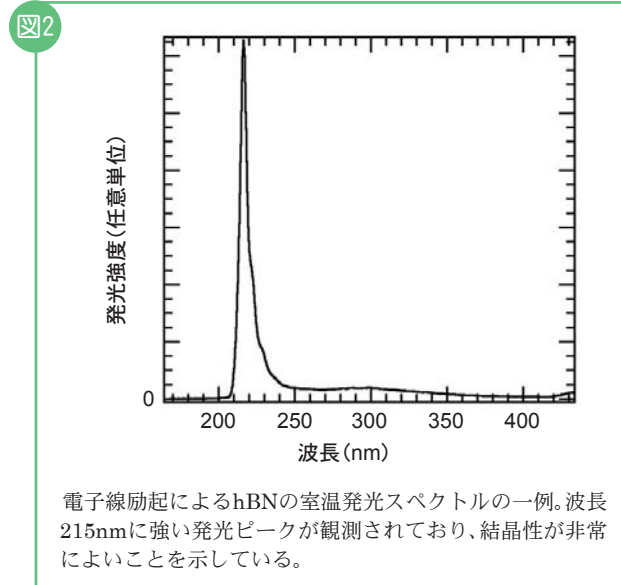
汎用的な合成手法の開発が重要でした。

今回、私たちはニッケル合金系溶媒を用いた溶液法により、高純度hBN結晶を1気圧下で合成できることを見出しました。溶液法とは、溶媒に原料を充分溶かし、ゆっくり冷却することで過飽和になった結晶を析出・成長させる方法です。得られた結晶は無色透明であり(図1)、高温高压合成で得られた高純度単結晶に匹敵する高輝度な遠紫外線発光を示しました(図2)。また、hBNをデバイスに供するためには適当な下地(基板)に成長させることが望まれます。本研究では、溶媒中に配置した基板にもhBN結晶の析出が見出され、液相から基板上へのhBN結晶成長の可能性が示唆されました。

今回見出した1気圧下での液相成長技術を大面積基板上への結晶成長プロセスに発展させ、気相成長用基板などに用いることで、新たな遠紫外線発光素子の開発が期待されます。

K. Watanabe, T. Taniguchi, and H. Kanda, *Nature Mater.* 2004, 3, 404-409.

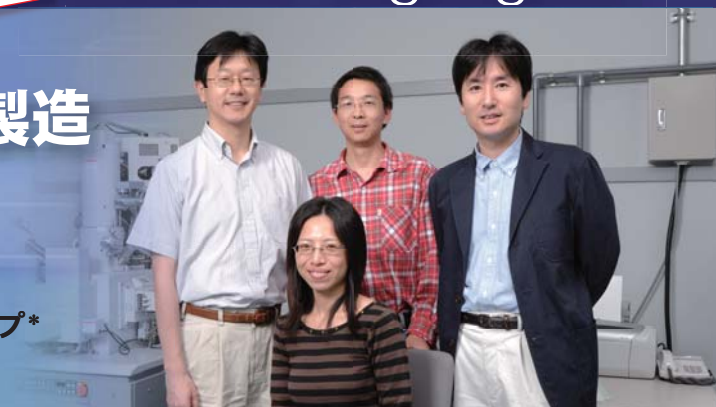
Y. Kubota, K. Watanabe, O. Tsuda, and T. Taniguchi, *Science*, 2007, 317, 932-934.



# ナノスケール無機自立膜の製造

—シャボン膜を利用する簡便なプロセス—

ナノ有機センター 機能膜グループ  
半導体材料センター 半導体デバイス材料開発グループ\*



若山 裕\* Jin Jian Peng Xincheng 一ノ瀬 泉

気体や液体を二つに仕切る自立膜は、バイオセンサーや分離膜などの重要な構成要素です。これらの微細化あるいは高性能化には、自立膜のサイズ(厚み)をサブミクロンオーダーにする必要があります。一般に、極薄の無機自立膜の製造には、フォトリソグラフィ法が用いられます。この方法は、複雑な形状をもつ自立膜の製造には最適ですが、デポジション、パターニング、エッチングなどの工程を何度も繰り返さなければなりません。一方、ナノ厚みの自立膜には、バイオエタノールの精製や温暖化ガスの削減のための分離膜としての期待が集まっていますが、このような目的には、安価で簡便、かつ環境負荷が小さな製造プロセスの開発が必要となります。

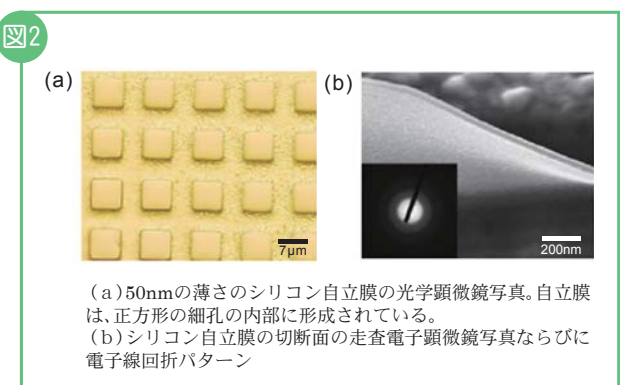
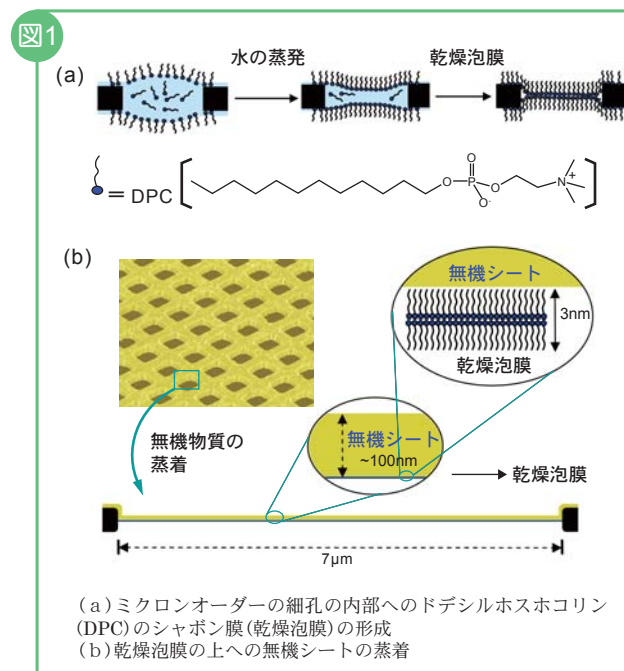
私達は、特定の界面活性分子の水溶液から高真空下でも安定なシャボン膜(乾燥泡膜)が得られることを見出していました。今回、このような乾燥泡膜を利用して、基板に配列したミクロンオーダーの穴の内部に無機の自立膜を製造するための簡便なプロセス

を開発しました。

この方法では、規則的に配列した細孔の内部に界面活性分子の水溶液を附着させ、これを乾燥して極薄のシャボン膜を形成させます(図1a)。この膜の上に、スパッタ法、電子ビーム蒸着法、熱蒸着法により様々な無機物質を蒸着させ、必要に応じて界面活性分子を水で洗い流します。このような操作により、カーボンやシリコンでは、1~100nm程度の均質な自立膜が得られることを実証しました(図1b)。図2は電子ビーム蒸着により形成した50nmの薄さのシリコン自立膜の光学顕微鏡ならびに走査電子顕微鏡写真です。回折パターンから均質なアモルファスシリコンの薄膜が形成されていることが分かります。今回の方法では、金属(Pt, Fe, In)や半金属(Te)、化合物半導体(CdSe)の自立膜を製造することも可能であり、複数の無機物質を積層化することもできます。

本技術は、無機自立膜の極めて簡便な製造プロセスを与え、フォトリソグラフィ法の代替方法として広く研究開発の現場で利用されることが期待できます。研究内容に関しては、下記のURLならびに論文をご覧ください。

<http://www.nims.go.jp/jpn/news/press/press192.html>  
J. Jin, Y. Wakayama, X. Peng and I. Ichinose, *Nature Mater.* 2007, 17, 886-891.



猪俣NIMSフェローは企業の総合研究所から大学教授を経て、現在NIMSで研究を行う、産学官のすべてを経験する研究者です。電気メーカーの研究所に入社したときに与えられたテーマは高性能磁石開発でしたが、その後のテーマはご自身で決め、磁石を含めすべて事業化してきました。アモルファス合金のソフト磁性体、世界初のGMRヘッドなどです。その後は大学でスピントロニクス関連の基礎研究を進め、現在はスピントロニクスのキーとなるハーフメタルに取り組んでいます。

## スピントロニクスの キーマテリアル ハーフメタルにかける夢

企業、大学、そしてNIMSと移っていらっしゃいましたが、何か違いはありますか。

企業では事業化が使命ですから、研究テーマ自体が「何かに使えることを想定」したものでなければなりません。また新材料は通常、新しい用途開発が必要です。そのため自分で社内のユーザ事業部を訪ねたり、時には外部企業とデバイスを共同開発し、用途を確定した上で開発材料を事業化しました。このような体験から、将来のデバイスイメージを描きつつ基礎研究を進めるといふ姿勢が身に付き、大学に移って外部資金を獲得するための応募書類書きなどに役立ったと思います。2年目にはCREST(戦略的創造研究推進事業)が採択され、研究室を立ち上げることができました。この姿勢はNIMSでも貫いています。**ハーフメタルの研究を始められたのは、大学に移られてからですか。**

企業でも少し取り組みましたが、本格的な研究は大学に移ってからです。ハーフメタルはバンド構造が特殊であり、上向きスピンの金属的で下向きスピンは半導体的にギャップをもっています。そのためフェルミ準位では上向きのスピンしかありません。2003年にCo基ホイスラー合金を用いて初めてTMR(Tunneling Magneto-Resistance: トンネル磁気抵抗)を得ることができ、その値は室温で18%ぐらいでしたが、現在、世界トップの220%まで高めました。基本的にはTMRは無限に大きな値が期待できますが、我々の当面の目標は1000%です。これを実現しデバイスにして、実用化したいと思っています。

**そのハーフメタルでどんなデバイスができるのですか。**

エレクトロニクスには電荷を利用した半導体デバイス、MOSFETが使われていますが、今、そのゲート長がどんどん短くなっており、近い将来オンしなくてもトンネル電流が流れて使えなくなり、MOSFET(CMOS)はもはや限界に達しつつあります。これは電荷を利用するからで、スピンを利用すればそういうことは起こりません。CMOSを超える技術を超えてBeyond CMOSと呼びますが、スピンを利用したCMOS(スピ



猪俣 浩一郎 (Koichiro Inomata)  
NIMSフェロー

ンMOSFET)はまさにBeyond CMOSです。ハーフメタルはその開発に欠かせません。スピンMOSFETが開発できると、不揮発性のロジックやメモリなどを創ることができます。半導体デバイスのDRAMやSRAMは電気を切ると記憶が消えてしまいます。そのため、例えばロジックではシステムごとに回路を組みますが、不揮発性のデバイスができれば回路を簡単に書き直すことができ、再構成可能な不揮発性ロジックが実現し、世の中に大きなインパクトを与えます。ハーフメタルはテラビット級超大容量HDDの読出しヘッドへの応用も期待できます。

**材料研究を進めていく心構えは何でしょうか。**

新しい材料を創っただけでは通常、すぐには世の中で使われません。コストが高いからです。新しい材料は従来にない特長をもっているはずですから、それを生かした応用を考え、場合によっては自分で応用分野もマーケットも開拓しなければなりません。自分でやらなくても、やれる人(キーパーソン)を見つけて共同でやっていくことが必要です。

**若い研究者にメッセージをお願いします。**

自分がやっている研究はこれでいいのだろうか、とまず「疑問を抱く」ことです。何をやりたいのかを自問自答した上で、シングルヒットではなくて二塁打を打つ意欲を持ち、少しハードルの高い研究に向かってチャレンジして欲しいですね。そして頭の柔らかい若いうちに、基礎を広く勉強することが大切です。私は研究というのは技術力と企画力の統合だと思っています。いいテーマがあっても技術力がなければいい物は創れませんし、技術力があってもいいアイデアがなければいい研究はできません。若いうちは新しいことに取り組むチャレンジ精神を養って技術力を徹底的に磨く。経験を積み重ねるうちに自ずから先が見えてきて、いいテーマが浮かんでくるし企画力も身につくと思います。

**最後に、夢は何ですか。**

ハーフメタルを完成させこの目で確認したいです。その先のシナリオは若い人に任せたいと思っています。

## 岸理事長がBarkhausen award 2007を受賞

NIMS理事長岸輝雄がBarkhausen award 2007を受賞し、その授与式が去る12月7日、ドイツのフ라운ホーファー研究機構の非破壊試験研究所(ドレスデン)で行われました。バルクハウゼン効果を見出したProf. Heinrich Barkhausenは日本からも多くの研究者が学んだドイツの著名な物理学者で、その名を冠する本賞は、物理学、材料科学、電気工学の分野を融合し、かつ卓越した研究に対して贈られます。

この度の受賞は、理事長が東京大学で注力してきた研究「アコースティックエミッションの逆問題解析を利用した材料非破壊評価法の開発とその実用化」が評価されたものです。授与式は弦楽器の調べで幕を開け、賞の内容と理事長の略歴についての説明の後、記念品と賞金が贈呈されました。その後、理事長自らが研究内容について40分間の記念講演を行うとともに、講演の最後には多くの聴衆の前でNIMSの紹介も行いました。



受賞に際し主催者と握手を交わす岸理事長

## NIMSとEMPAが姉妹機関協定に調印

平成19年10月29日、スイス連邦素材研究所(EMPA)の所長Louis Schlapbach所長とNIMSの岸理事長は、NIMSにおいて姉妹機関協定に調印しました。この協定に基づき、物質・材料科学に関する共同研究、人材交流を促進していきます。

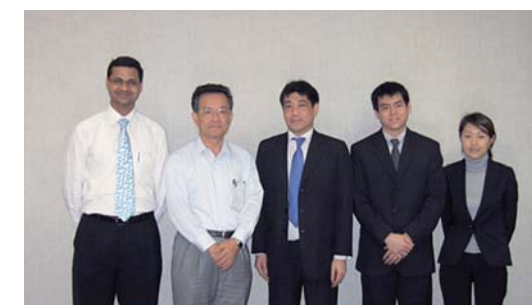
Schlapbach所長は10月初旬から1ヶ月間NIMSに滞在し、その間にNIMSの研究室を見学し、研究者と会い、意見交換を行ないました。



サインの後、握手をするSchlapbach所長と岸理事長

## シンガポール経済開発評議会本部長御一行がNIMSを訪問

平成19年10月23日、シンガポールの経済開発局(EDB)の本部長Kenneth Tan氏、Kelvin Ho次長、EDB東京センターの笠崎七生部長並びに国立シンガポール大学M3TC(Minerals, Metals & Materials Technology Centre)のJoshua Kuma部長がNIMSを訪れ、NIMSとの研究協力について北川理事と懇談しました。懇談の後、Tan本部長は新構造材料センターを見学し、向井軽量材料グループリーダーから説明を受けました。



写真左から Dr. Joshua Kuma、北川理事、Kenneth Tan本部長、Kelvin Ho次長、笠崎七生部長

## 米国国立科学財団(NSF)御一行がNIMSを訪問

平成19年10月29日、米国国立科学財団(NSF)よりDr. Carmen Huber(Program Director, Division of Materials Research)、Dr. Zakya H. Kafafi(Director, Division of Materials Research)がNIMSを訪問されました。岸理事長、野田理事らと懇談、NIMSおよび国際ナノアーキテクトニクス研究拠点について概要説明を受けた後、ナノテクノロジー融合支援センター、ICYS、強磁場共用ステーションの研究現場を視察されました。



花方信孝ナノテクノロジー融合支援センターソフトマテリアルライン総括マネージャーの説明を受けるDr. HuberとDr. Kafafi

## 2007年度 年末・年始イルミネーションの点灯

毎年恒例となっているNIMS千現地区研究本館北側壁面を利用した「クリスマスイルミネーション」および「年賀状イルミネーション(子)」の点灯が行われました。つくば市内ではよく知られるようになったこのイベントは、旧金属材料技術研究所時代の平成5年から行われており、今年で15回を数えます。

イルミネーションのデザインはNIMS正面にあるつくば市立竹園西小学校の6年生から募集しており、12月7日には児童や父兄をNIMSに招いて点灯式が行われました。さらに本年度は地域イベントである「つくばミニ光の森」事業にも協力いたしました。



児童の描く「夢」の実現を微力ながら後援し、これを機会にNIMSと近隣の方々との交流を一層深めることができれば幸いです。



サイズ:幅8m×高さ16m 使用した発光ダイオード数:約4000個

- クリスマスイルミネーション  
点灯期間:平成19年12月7日 17:30(点灯式)～12月25日 24:00  
(点灯時間は期間中の17:00～翌朝 5:00)
- 年賀状イルミネーション(子)  
点灯期間:平成20年1月1日 0:00～1月7日 24:00

※表紙は点灯式の様子

## 主な行事予定

### 1. 会議スケジュール

年月日	学会名・イベント名	開催場所
2007年度		
08.2.20-23	NIMS国際光触媒ワークショップ2008 & 第1回日中高機能光触媒材料シンポジウム	裏磐梯猫魔ホテル
08.2.21-22	第2回NIMSナノ計測センターシンポジウム ー凝縮系のコヒーレント制御ー	東京工業大学
08.3.10-13	MANA International Symposium 2008 & ICYS Workshop 2008	NIMS千現第一会議室、第二会議室
08.3.18	クリーブデータシートシンポジウム	NIMS千現第一会議室

### 2. イベントスケジュール

年月日	学会名・イベント名	開催場所
2007年度		
08.2.13-15	Nano tech2008 (NIMSブースを出展)	東京ビッグサイト展示場
08.2.13-14	ナノテクノロジー・ネットワーク事業説明会	東京ビッグサイト展示場メインシアター
08.2.15	第6回ナノテクノロジー総合シンポジウム ー役に立つナノテク・現状と将来ー	東京ビッグサイトレセプションホール A、B
2008年度		
08.5.29-30	環境・エネルギー材料研究展	東京ビッグサイトレセプションホール A、B