

NATIONAL
INSTITUTE FOR
MATERIALS
SCIENCE

NIMS NOW

材料創製・加工ステーション

No. **2**
2013 MARCH

Engineer *for* Science

最先端研究を創造するエンジニアたち



Engineer *for* Science

最先端研究を創造するエンジニアたち

工業製品の製造現場の多くでは、機械化、オートメーション化がすすむ。半導体製造など、ほとんど人の手を介さずつくられるものも多い。しかし、最先端の材料研究において、エンジニアという人間はまだまだ不可欠だ。なぜか。

材料をつくる、たとえば金属を溶解して、圧延する。その作業にも、数値化できない未踏領域がまだまだあり、エンジニアの体内には暗黙知としてそれらが蓄積されているからだ。材料創製・加工ステーションでは、金属溶解から溶接まで、ものづくりの現場の技術を一貫して保持し、最先端研究の支援をおこなっている。このエンジニアは、材料ができあがる現場で何が起ころのかを知っている。それは、基礎研究が、使われる材料へと変貌を遂げるとき、なくてはならないものなのだ。

材料研究の競争力の根源には、 エンジニアリングワークがあります。

材料創製・加工ステーション ステーション長
鳥塚史郎



NIMSのみならず、日本の材料研究全体の支援を目指す材料創製・加工ステーション。ここでは金属の溶製から実験装置の製作まで、あらゆる研究のサポートをおこなっている。エンジニアには、研究に対して最先端の提案をおこなう高い技術力が求められる。

材料創製・加工ステーションはできてから6年になるのですが、エンジニアリングワークがますます重要視されてきていると感じています。ここでおこなわれている金属の溶解、塑性加工、レーザー溶接、機械工作など、装置があってもそれだけではだめで、優れたエンジニアのテクニックがあってはじめていってくる。最近、大学などでは高度な機器はあるのですが、高い安全技術を必要とするエンジニアリングワークは、教職員をはじめ、できる人が少なくなっただけで、NIMSの場合は、意識して環境を維持していますから、各大学や企業から、多くの依頼を受けるようになりました。

—— 環境維持のために必要なこととは。

従来の技術を継承しつつ、先端的な装置も入れ、それにあわせて人材育成をおこなうことでしょうか。ここでは浮揚溶解など、非常に先端的なこともやっており、新しい実験システムを自分たちでつくることもします。一例として金属の研磨も、これまで傷を取ればよかったのですが、今は組織結晶方位まで見ることが求められ、そのためには無はずみの鏡面をつくらなきゃいけない。それら材料製造・加工の手法を熟知して、研究者が目指すものを理解し、提案できる人材が重要です。ユーザーである研究者への教育や装置がいつでも使えるような日常保守も重要です。また、何よりも大事なことは安全です。日常的な安全活動に加え、外部の専門家の診断も受けています。

—— 人の力による研究支援が必須なのですね。

先端技術であるはずの半導体製造技術は、比較的簡単に海外に流出してしまいました。でも金属や材料は結構、競争力を維持している。それはなぜか、常々考えていたんですが、実はエンジニアリングという部分が深く関わっているんじゃないかと思うんです。装置の中には、エンジニア個人が持つ製造技術・ノウハウを全部入れ込めるわけではありませんから。

モノの製造プロセスで起こる現象は、実際にはとても複雑です。圧延ひとつとっても、表面に酸化膜がついているかどうかで摩擦係数が違ってくる。すると圧延のされ方はかわる。まだまだそこまではコンピュータにも予測できないのではないかと。エンジニアは自分の暗黙知でこのときはこう、ってわかる。鉄板でも内部組織を制御して超微細にすることも難しいですが、求められる板厚通りに圧延をすることも大変難しい。でもそれが製品なのですね。当たり前のように思うようなところがたいへんです。

—— 数値化できないものが重要ということでしょうか。

暗黙知が外部に出て、オートメーション化される。それは素晴らしいことですが、そうできないことが現場にはまだまだある、と思っています。実はこれこそが日本の競争力の根源であり、材料研究の根源であると思うので、高度な技術を要するエンジニアリングワークを大切にすることが、日本の材料関係の競争力を維持することにつながるのではないのでしょうか。

—— これからの夢はなんでしょう。

日本の材料研究をささえるハブになりたいですね。困ったことがあればNIMSにきてもらおう。そうすれば情報も集まりますし、次の技術がなにかということもわかる。それがひとつの夢ですね。もうひとつは、我々の技術が基盤となって、革新的材料の開発に寄与したいと考えております。現在、NIMS発の技術である超鉄鋼製のねじが実用化に至りスマートフォンに採用されていますが、次の実用化にも寄与したいものです。このステーションは溶解圧延からはじまって、溶接、試験片加工し、組織を見る、硝子工作や機械工作を利用した装置の設計試作まで、材料製造に関する一貫した技術があります。汎用技術が高度で、独自技術も持つ、その強さをこれからも維持し高めていきたいと思っています。

—— 若い人たちに対してはどうお考えでしょう。

扱う技術が世界の先端を走っていることがわかると、きっと面白くてたまらなくなってくると思うんですね。そこまではきつたいへんかと思うので、地道に努力してほしいと思っています。それから、研究者にフィードバックを求め、自らを高めることも大切です。エンジニアならではの提案ができる人になってほしいですね。そのためには研究をわかってないに代り、そういうことが求められる時代にもなっていますね。

—— 研究者の方へ、何かひとこと。

エンジニアは皆さんと共に研究することを待っていますと、この一言を伝えたいですね。

とりつかしろう 博士(工学)。1993年東京大学大学院博士課程修了。1985年日本鋼管株式会社入社、1996年NIMSの前身である金属材料技術研究所に入所。1997年より超鉄鋼プロジェクトに参画し、結晶粒超微細化研究に従事。現在、中核機能部門 材料創製・加工ステーション ステーション長、環境・エネルギー材料部門 材料信頼性評価ユニット 材料創製・信頼性グループ グループリーダーを兼務。

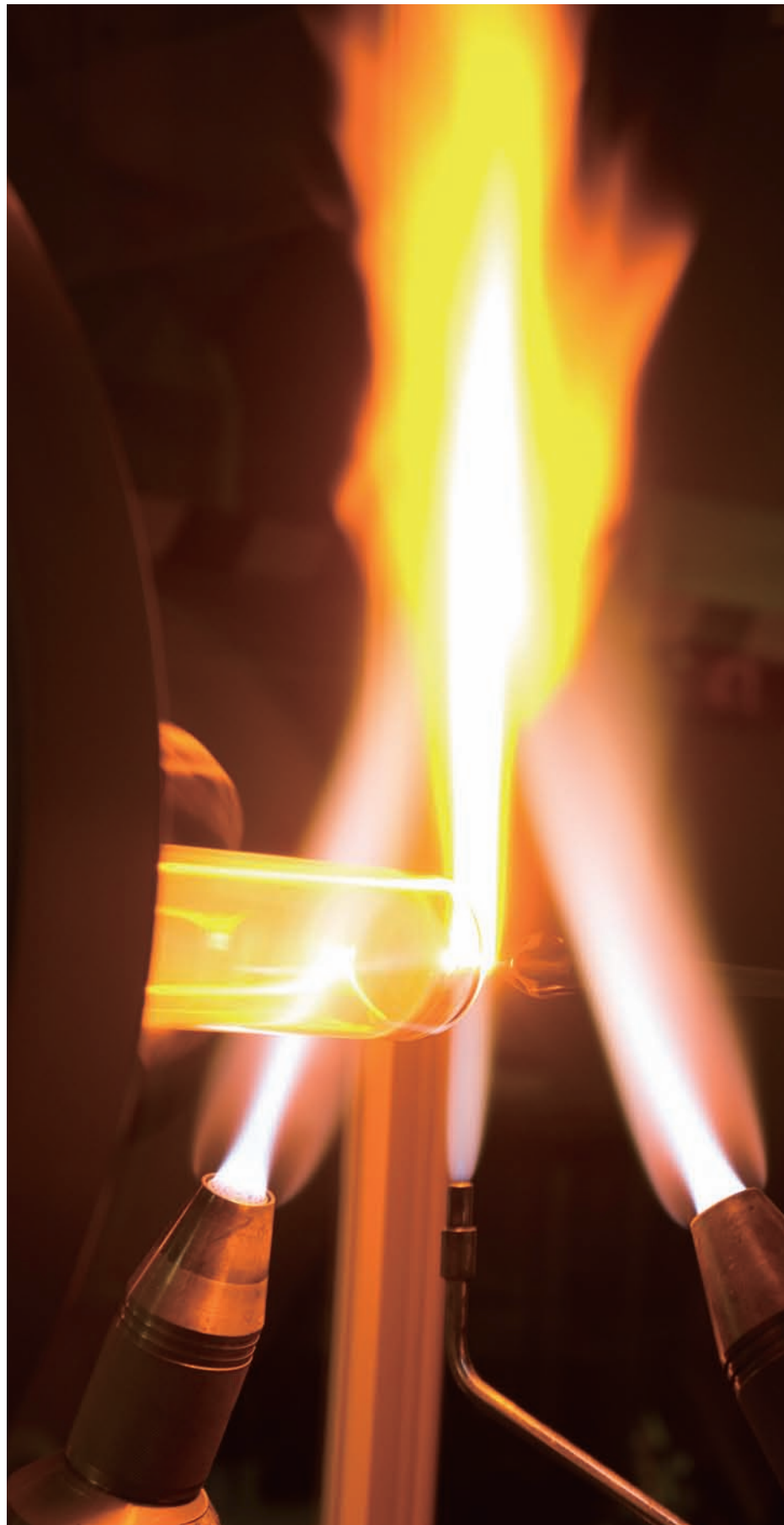
硝子工作

硝子工作室では、先導的研究開発・実用化研究に欠かせないガラスの機器・装置の設計・製作や、各種試料の真空封入、ガス置換封入、精密研磨、技術相談、素材の供給など幅広く研究技術支援をおこなっている。

主な設備は、硝子旋盤、高速精密切断機、平面研削機、内面外面円筒研磨機、超音波加工機、高真空排気装置、各種バーナーなど。これらを用いて付加価値の高い硝子器具の製作や実験装置の設計・試作もおこなう。

写真は硝子旋盤の作業で、パイレックスガラス管(外径65φ)を酸素・水素バーナーの高熱炎約1500°Cをあててガラス管を伸ばし切断、さらに底を閉じて平らに加工している様子。

このように、ガスバーナーの高熱炎でガラス管を熱し、伸ばしたり膨らませたりして、様々な実験用ガラス機器を製作する。大口径の硬質ガラスや石英ガラスの加工では、硝子旋盤を使用するが、機械はあくまでも補助であり、ほとんどがハンドワークである。製品をつくり上げていくのはエンジニアの長年の経験や勘によるところが大きい。







設計試作

千現地区には「千現加工室」、並木地区に「並木工作室」を置き、研究者からの加工依頼、技術相談などをおこなっている。

並木工作室はCADを用いた設計試作業務が特徴的。光学研磨装置、微小引張試験片研削ユニットなど、研究支援に不可欠な装置開発をおこなう。千現加工室は充実した設備による試験片加工、微細加工に特徴がある。特にCNC旋盤による引張・圧縮試験片加工や、ワイヤ放電加工機による微細試験片・スパッタ用マスク・微小電極加工、レーザー

加工機による超硬質材料・マイクロ加工など、さまざまな作業を精力的におこなう。千現加工室では英語・日本語による月例安全・技術講習を開催し、海外研究者へも機材の使用を促している。写真は、講習会を受けライセンスを得た研究者が、放電加工機を利用している様子。



試料作製

材料の組織観察・評価は材料研究の第一歩だ。試料作製室では、各種材料の切断・埋込・研磨から腐食や観察・硬さ測定・表面評価まで、高い水準での一貫した試料作製作業ができる場を提供している。機械研磨や電解研磨などにより、試料の鏡面の作製をサポートするとともに、3D観察などが可能だ。代表的な保有設備として、切断機6機種/9台、埋込機2機種/6台、自動研磨機17台、手動研磨機3機種/9台、表面研削機1台、電解研磨装置などを設置。最近では、金属

材料だけでなく、多種多様な材料や難加工材料を扱う研究者も多く利用しており、利用者の所属先は17ユニット/2ステーション/34グループと広範囲に及ぶ。さらに1年間のべ利用人数は6000人を超え、のべ総稼働時間は9300時間を超えている。ほかに短期間利用者やインターンシップの対応、試料作製技術の基礎知識・技術の向上と普及を目的とした体験実習や、試料作製技術講習会を企画・開催している。試料作製にかかわる個別の相談にも随時対応している。



溶解塑性加工／鍛造圧延

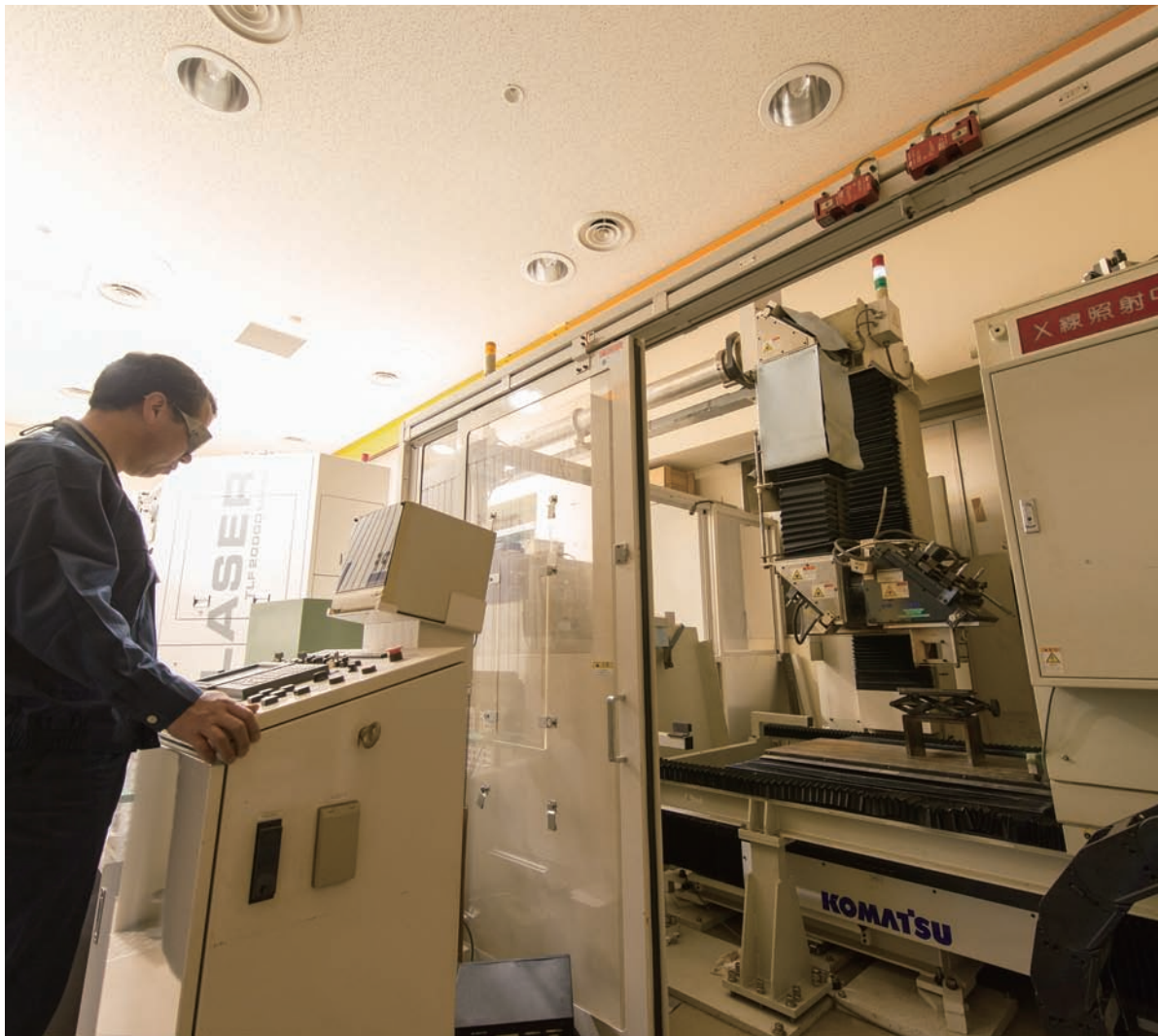
溶解塑性加工では、金属材料の溶製、その塑性加工を担当している。表紙の300トン鍛造機は、主に溶製された鋼塊（インゴット）を上下の金敷の圧縮によって研究目的に沿った形状に成形加工することに用いられる。同時に内部組織を緻密で均質にすることにより機械的性質を改善した研究素材をつくることが可能だ。型鍛造と違い自由に成形・

圧縮できることが特徴のひとつだが、反面、エンジニアの技量が必要だ。

鍛造のほかに、厚板から極薄板や棒鋼といった様々な圧延も多く扱い、圧延温度も熱間・温間・冷間とさまざまだ。圧延は板状、棒状への成形だけが目的ではない。結晶粒径や材料特性にどのような影響を与えるかも重要な研究課題のひとつだ。そのため、パラエ

ティーに富んだ材料や実験条件が多くなるが、基礎研究から応用研究まで、広範囲な研究目的にあわせた圧延実験を実現している。特に温間多方向・大ひずみ加工をもとにした結晶粒微細化圧延は様々な研究分野で活躍している。





高エネルギー加工

高エネルギー加工では、エネルギー密度の高いビームによる溶接をおこなっている。装置は、炭酸ガスレーザー溶接装置（最大レーザー出力20kW、連続発振(CW)およびパルス発振(0.1～100kHz)）、マイクロフォーカスX線透視装置（最大管電圧225kV、最大管電流1mA、鉄系材料での最大透過能力は約20mm）、電子ビーム溶接装置（加速電圧70kV、ビーム電流500mA）を所有している。

レーザー溶接は、細く長いキーホールと呼ばれる空洞が形成されるため（キーホール型溶接。ちなみに、アーク溶接は熱伝導型溶接）、大気中で唯一深溶け込み溶接が可

能な熱源であり、溶接速度が速く、溶接ビードも細い。そのため熱影響部（HAZ）が狭く母材の組織に与える影響が小さくなる。また、マイクロフォーカスX線透視装置を用いて、レーザー溶接中のキーホール挙動を観察することができる。

これらの装置を駆使し、研究者の溶接研究支援から、試験片作製のための接合まで幅広く対応している。



溶解塑性加工／浮揚溶解

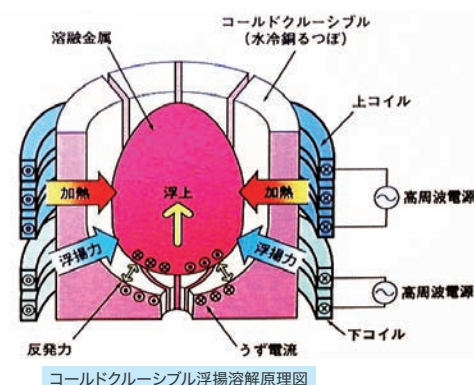
CCLM溶解による完全浮揚型の溶解装置。CCLM溶解とは、ワークコイルに高周波電流を流すことにより、水冷銅のつぼであるCold Crucibleと溶解金属に相反するうず電流を発生させ、その反発力で金属を浮上、さらに高周波による誘導加熱により、金属を加熱させ溶解に至る手法。

本装置は2重の高周波電源を利用して、下コイルに浮揚力を重視した数kHzの電源と、上コイルに加熱力を重視した数十kHzの電源を合わせることで完全浮揚の全容量溶解を可能とした装置である(図)。一般的な金属の溶解技術はアルミナなどの酸化物つぼを利

用した高周波溶解だが、本技術はるつぼに対して非接触溶解が可能だ。

特徴は、水冷銅のつぼを使用するため急速溶解が可能なこと、高純度、Nbなどの高融点金属やTiなどの化学的に活性な金属の溶解が可能なこと、磁気力による溶湯の活発な攪拌力を利用した精錬反応の促進、均一組成の合金溶製が可能なこと、るつぼ材との反応が無いので自由な成分、組成のフラックスが使用できることなど。また、電気伝導度の違いによる溶融中の介在物凝集作用での不純物除去も他の溶解法にはない特徴のひとつ。

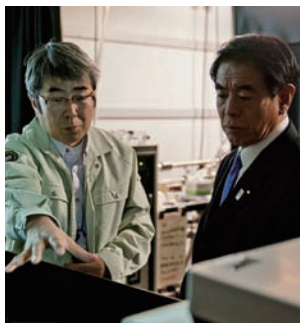
※CCLM: Cold Crucible Levitation Method



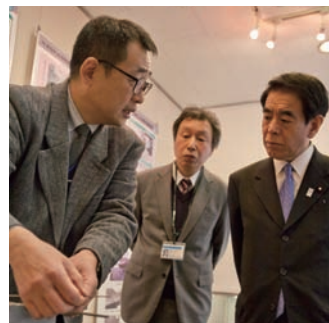
1 下村文部科学大臣が NIMS をご視察

1月23日、下村博文文部科学大臣がNIMSをご視察されました。はじめに潮田理事長によるNIMSの概要説明がおこなわれ、下村大臣はその際に、海外の研究機関との連携などについて質問されました。その後、2012年に文部科学省プロジェクトに採択された元素戦略磁性材料研究拠点の研究室を訪問されました。電気自動車などに必須の強力な磁石「ネオジム磁石」を、希少元素をいかに使わないでつくるのかの研究を磁性材料ユニットナノ組織解析グループ大久保忠勝研究者から説明を受けられました。ついで、材料信頼性評価ユニットの木村一弘ユニット長から、金属が高温、負荷条件

下での組織変化を評価するクリープ試験についての説明がおこなわれました。下村大臣は時折質問をはさみながら、興味深く説明を受けられていました。視察の最後に「百聞は一見に如かずですね」との趣旨の発言が下村大臣からなされ、有意義な視察に満足されたご様子でした。



元素戦略磁性材料研究拠点研究室にて説明を受ける下村大臣



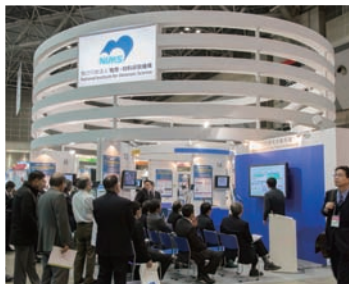
金属の組織変化について説明を受ける下村大臣

2 Nano tech 2013 第12回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議に出展

1月30日から2月1日までの3日間、東京国際展示場（ビッグサイト）において開催された「nano tech 2013 第12回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議」に出展しました。前年に引き続き、今年も「Life & Green Nanotechnology」10th Innovation」をテーマに掲げ、3日間で約47,000人が展示会に来場されました（同時開催展示会を含む）。

NIMSでは21件の研究成果や研究拠点紹介に関するポスター展示のほか、研究者によるミニ講演を連日おこないました。ポスター展示では燃料電池触媒や高性能熱電材料、単一電子素子などの研究発表に特に注目が集まりました。各ポス

ターには発表研究者が待機しており、来場者の質問に的確に答えていました。ミニ講演でも各回、観客から質疑がよせられるなど、活発な意見交換がおこなわれていました。また、1月31日には福井照文部科学副大臣もNIMSブースを訪れ、研究成果発表に注目されていました。



NIMSブース



研究者と歓談する福井文部科学副大臣

3 MANA 国際シンポジウム 2013 を開催

2月27日から3月1日まで、WPI国際ナノアーキテクトニクス研究拠点(MANA)は、つくば国際会議場においてMANA国際シンポジウム2013を開催しました。本シンポジウムはMANAの研究成果を国内外にアピールするために毎年開催しているもので、今回で第6回目です。ナノパワー、ナノライフ、ナノマテリアル、ナノシステムの各研究分野のセッションでは、MANAの主任研究者、MANA研究者、独立研究者、ICYS研究員による16件の口頭発表に加えて、ナノテクノロジー分野で活躍する国内外の第一線の研究者による19件の招待講演も行われました。ポスターセッションでは、MANAの若手研究者や若手国際研究センター研究員による87件の発表が行われました。

会期中の2月27日には2010年ノーベル化学賞受賞の鈴木章 北海道大学名誉教授による特別講演「Cross-coupling reactions of organoboranes: An easy way for carbon-carbon bonding」が、3月1日には1987年ノーベル物理学賞受賞のGeorg Bednorz 博士に

よる特別講演「High T_c Superconductivity - after a quarter century - a technology ready for Take Off」がそれぞれおこなわれ、会場は聴衆で満員となりました。3日間で計440名の参加者の間で活発な質疑応答や意見交換が行われ、本シンポジウムは成功裏に終了しました。



鈴木章 北海道大学名誉教授



講演中の会場内の様子



参加者集合写真(2月27日、エポカルつくば)