

北 村 真 一 氏

(Shin-ichi KITAMURA
日本電子(株)電子光学機器本部 SA グループ 第 4 技術チームリーダー)

1962 年 3 月長野県に生れる。1986 年 3 月千葉工業大学大学院工学研究科修士課程を修了、同年 4 月日本電子株式会社に入社。1986～1989 年 3 月までオージェ電子分光装置の開発に携わった後、1989 年 4 月より超高真空走査型電子顕微鏡 (UHV-STM) の開発に従事し、1990 年に 800°C 以上の温度で原子像が観察できる UHV-STM 装置の開発に成功した。1992 年より超高真空原子間力顕微鏡 (UHV-AFM) の開発担当となり、従来は不可能であった原子像観察が可能なノンコンタクト型の AFM の開発に取り組み、1994 年にシリコン表面の原子像観察に成功し、STM では観察不可能な絶縁物の原子像観察にも成功した。この業績等で 2006 年 3 月に工学博士を得た。趣味は車とガーデニング



【業 績】

超高真空ノンコンタクト原子間力顕微鏡

北村真一君は 1986 年に日本電子株式会社に入社後、当時の代表的な表面分析装置の一つであったオージェ電子顕微鏡の開発に従事し、1989 年から超高真空走査型トンネル顕微鏡 (UHV-STM) の開発にも着手した。翌 1990 年 8 月には 800°C 以上でも原子像が観察できる UHV-STM の開発に成功し¹⁾、この技術を生かして 1992 年より今回授賞対象となった超高真空ノンコンタクト原子間力顕微鏡 (UHV-NC-AFM) の開発を開始した。従来の方法では原子分解能を得られないため、像の検出方法として FM (frequency modulation) 検出法を用いた NC-AFM を開発し、シリコン表面の原子構造を STM と同等以上の分解能で観察することに 1994 年 7 月に成功した²⁾。更に、この方法を STM では観察不可能な絶縁物の観察にも応用するとともに、NC-AFM を応用した走査型ケルビンプローブ顕微鏡 (SKPM) の開発にも 1996 年 5 月に成功した³⁾。以下に同君の主な業績について説明する。

1. FM 検出法を用いた NC-AFM での原子像観察の確立

半導体の表面とりわけシリコンのような活性表面の場合には UHV 中で原子レベルでの観察が必要とされるが、コンタクト方式の AFM では探針-試料間の相互作用が比較的大きいコンタクトモードで UHV 下の表面を観察すると、水等の吸着層の影響がなくなってしまうことによって探針-試料間の相互作用が強くなりすぎてしまい、高分解能が得られなかった。このためノンコンタクトモードの AFM が提案されていたが、NC-AFM はコンタクトモードに比べ探針-試料間距離が大きいため、原子像が得られなかった。

そこで、同君は STM 観察状態が保持できるばね定数の大きい導電性のカンチレバーを使用して、検出方法に工夫をこらし像の検出方法として FM 検出法を開発し、Si(111) 7×7 構造の NC-AFM 観察を試み、成功した。

さらに、STM と NC-AFM による同視野の観察比較では、STM 像で原子が抜けているように観察されているところが、

NC-AFM 像では盛り上がって観察されることを見いだした。そして、酸素を吸着させた Si(111) 7×7 構造での STM 像と NC-AFM 像を比較することにより、NC-AFM のほうが幾何学的な表面形状をより正確に反映していることを証明した。

同君はさらに、この手法を絶縁物の観察に応用し、サファイアやポリプロピレンフィルムの観察を行った。特にポリプロピレンフィルムの観察では、比較的広い領域の像ではポリプロピレンの繊維が絡み合っている様子が観察され、その繊維状の中で盛り上がった部分の拡大像ではポリプロピレンの分子鎖が凝縮し結晶化していると思われるフラットな面が観察できた。そして原子像レベルの像では、ポリプロピレンの分子鎖を観察することに成功した。

2. SKPM の開発

探針-試料間の静電気力を検出することによって仕事関数を測定する SKPM は、1996 年当時、大気圧下での観察が主であったが、ムーアの法則で律される半導体の開発等では清浄表面の仕事関数や、表面処理等による仕事関数の変化を正確に測定するために、UHV 下での測定が必要とされていた。当時の一般的な SKPM は原子レベルの分解能に達していなかったため、同君は、探針-試料間に生じる静電気力の勾配を検出する方式を採用し、Ag や Au を蒸着した Si(111) 7×7 表面で、CPD 像においても原子レベルのコントラストを得ることに成功した⁴⁾。

以上、北村真一君の超高真空ノンコンタクト原子間力顕微鏡の開発に関する業績は、ナノテクノロジーやバイオテクノロジーの基礎となる原子レベルでの物質の性質を得る手法を可能にしたものであり、我が国の分析機器開発の発展に貢献するとともに、表面科学や分析化学の発展に寄与したものである。

〔日本電子株式会社 小島建治〕

文 献

- 1) *Nature*, **351**, 215 ('91). 2) *Jpn. J. Appl. Phys.*, **34**, L145 ('95).
- 3) *Appl. Phys. Lett.*, **72**, 3154 ('98). 4) 表面科学, **22**, 292 ('01).

林 俊 一 氏

(Shunichi HAYASHI
新日本製鐵(株)先端技術研究所解析科学研究部 主幹研究員)



1960 年千葉県生まれ。1986 年 3 月東京工業大学大学院総合理工学研究科電子化学専攻修士課程修了。同年新日本製鐵株式会社第一技術研究所（現先端技術研究所）入所。主に、二次イオン質量分析法およびスパッタ粒子の光イオン化技術開発、半導体材料、デバイス要素技術開発に従事。近年、超音速分子ジェット多光子吸収イオン化質量分析法による環境負荷物質の高感度オンライン分析技術の開発に従事。2002～2004 年文部科学省イノベーション創出事業プロジェクト研究代表者、2004 年 JST 先端計測分析技術・機器開発プロジェクトサブリーダー。同社先端技術研究所解析科学研究部主幹研究員。東北大学環境科学研究科連携講座客員助教授。博士（工学）。趣味は野球、サッカー。

【業 績】

環境負荷物質の高感度オンラインレーザーイオン化質量分析装置の開発

林俊一氏は、入社後一貫して二次イオン質量分析法およびレーザーイオン化を基本とする荷電粒子の検出技術の開発に従事し、その経験を生かして、近年有害環境負荷物質のオンライン分析装置の開発を新たにプロジェクト提案し、研究代表者として本研究を推進してきた。

JST 独創的成果育成事業（平成 12 年度）、文部科学省産学官イノベーション創出事業補助金（平成 14～16 年度）を通して、環境負荷物質検出のための超音速分子ジェット多光子吸収共鳴イオン化質量分析（Jet-REMPI）装置の設計・開発を進めてきた。

極微量の有害環境負荷物質のオンライン分析を行うには、

- ① 分子を前処理なしに選択検出できるオンライン分子選択検出技術
 - ② 現象をリアルタイムに検出可能なオンライン分析技術
 - ③ 極微量の有害環境負荷物質を検出可能な高感度検出技術
 - ④ 実排ガス中に大量に存在する夾雑物やレーザーイオン化に伴って発生するフラグメントイオンの除去技術
- の四つの技術の融合が必要不可欠である。

①については、Jet-REMPI 法の特徴である分子選択検出を利用することを発案した¹⁾。

②については、Jet-REMPI では、一般的にパルスバルブを用いてパルスレーザーとの同期を取りつつ測定するが、この方法では煙道からガスを取り込んで検出する際に、ガスの装置内への導入に長時間を要し、現実的でないことが課題となった。そこで、ガスを装置内に連続的に導入する連続ガス導入チャンバーを設計・試作し、23 m の配管を介して、煙道—Jet-REMPI 装置を接続し、150 秒遅れで煙道内の現象を高い時間分解能で、追隨して検出できることを明らかにした^{2)～4)}。また、ガス化溶融炉において、モノクロロベンゼンが 3 ppb 程度のピークとして数十秒間だけ放出される現象をとらえ、その放出と一酸化炭素の放出挙動が一致するため、不完全燃焼起因でモノクロロベンゼンが放出されているであろうことを確認した。一方、モノクロロベンゼンが低濃度で、長時間にわたり放出される現象も本試作装置により観察できた。後者の放出は一

酸化炭素の放出と同期していないことを突き止めた。

③については、ダイオキシン等の生成前駆体であるモノクロロベンゼンをターゲットにし、検出限界 100 ppt 以下で観察可能な検出系の試作に成功した。具体的には、ジェットイオン化領域を近接可能なイオン光学系の設計・試作、高感度 Daly 検出器の試作等である^{5)～6)}。これにより、従来用いられてきた Wiley-McLaren 型イオン電極+マイクロチャンネルプレートとの組み合わせと比較して約 100 倍の高感度化を実現し、検出限界<100 ppt を達成した。

④については、イオン電極後段に、ポテンシャルスイッチ（高電圧パルススイッチ）を試作、設置し、注目する分子の飛行時間に合わせて、スイッチを動作することで、注目する分子のみの信号を検出器に到達させるシステムを設計・開発した。これにより、夾雑物の信号を除去可能となり、試作した高感度検出器や増幅器の飽和や数え落としを抑制可能となり、検出の高感度化に貢献した。

Jet-REMPI 法の環境評価への応用は、日本を始め、世界各国で検討されているが、高い選択性を保持しつつ、高い時間分解能でリアルタイムに極微量環境負荷物質をモニタリング可能とした本装置は、非常に高い技術レベルにあると評価できる。また、この装置を用いることにより、環境負荷物質の生成挙動と操業条件との因果関係を明らかにすることも可能であると期待される。このような成果はすべて知的財産化されている^{7)～10)}。

林 俊一氏は、この技術を更に深化すべく、JST 先端計測分析技術・機器開発事業のサブリーダーとして、イオンビームスパッタと共鳴多光子吸収イオン化法を組み合わせた環境微粒子の履歴解析装置の開発を担当しており、先端分析技術・機器開発賞に相応しい。

〔兵庫県立大学名誉教授 寺部 茂〕

文 献

- 1) 真空, **47**, 612 ('04). 2) Proc. 25th Int'l. Symp. Halogenated Environmental Organic Pollutants and POPs, Toronto, Canada, 2005.
- 3) *Environ. Sci. Technol.*, to be accepted. 4) レーザー研究, **34**, 283 ('06). 5) *Anal. Sci.*, **21**, 991 ('05). 6) 鉄と鋼, **92**, 262 ('06).
- 7) 特願 2000-258395. 8) 特願 2001-207261. 9) 特願 2002-276672. 10) 特願 2002-276927.