



「役に立つ新酸化物を創りたい」 究極の分解性能の実験装置を駆使

一杉太郎 准教授

「新しい実験装置向けに特別な基礎工事を施しても良かった」と、一杉太郎准教授は語る。同氏が今いる実験室がある東北大学のWPIインテグレーションラボ棟を建てた時のことだ。

新実験装置は原子レベルの微妙な測定を行うために、原子レベルのわずかな揺れが厳禁となる。このため、実験装置を支える基礎部分は、建物の基礎に固定するのではなく、地中の岩盤に直接打ち込む究極の防振工事となった。「この基礎工事だけで数1000万円もかかったが、建物の下の地層に頑丈な岩盤があったことは本当に幸運だった」と笑う。

究極の防振工事ができなければ、高精度な実験そのものができない。費用がかかっても実現できたことを、一杉准教授は素直に喜ぶ。かかった費用は、新物質の発見によって報いられれば済むと考えているからだ。

これまでにない最新鋭STMで 極低温・高磁場環境を実現

一杉准教授は、これまでにない新しい物質をつくらせて、新しい性質を発見するために、高性能な走査トン

ネル顕微鏡 (STM) *とパルスレーザー蒸着 (PLD) *装置を組み合わせた実験装置を用意した (図1)。

新物質をつくるために、PLDによって原子や分子を1層ずつ精密に積み上げていく。その際に、原子や分子を1個単位の 10^{-10} mレベルで操作することもケースによっては必要になる。新物質をつくり出すことが、新しい性能を発見する出発点になるからだ。

このように作製した物質の特徴を原子レベルで調べるため、原子の大きさの微小な振動を防ぐことが不可欠になる。基礎部分に加えて、実験装置内にも当然、最新の防振装置のアクティブダンパーを組み込んでいる。また、実験装置全体は防音室に収められている。振動厳禁のため、「良い成果を得る実験は気合いを入れないとできない」と真顔で語る。

新実験装置の中心となるSTMは新しい顕微鏡としてはある程度普及している。しかし、一杉准教授が今回組み上げたSTMは観測装置部分に電界イオン顕微鏡や電子線回折などの別の観察装置を組み合わせた独自のSTMに仕上げる工夫を施した。

観察する試料室の環境も極低温・高磁場をつくり出せる独自のものに仕上げた。極低温は0.4Kを達成できるように液体ヘリウムを用いる冷凍機を組み込んだ。高磁場は磁束密度7Tをつくり出せる超伝導マグネットを組み込んである。極低温・高磁場の環境でないと、姿を現さない物質の性質もあるからだ。

「これまでにない実験装置をつくり上げて研究開発することが新発見のカギになる」と一杉氏は説明する。

透明性と導電性を兼ね備えた 2酸化チタンを発見

一杉准教授の名前を材料科学分野で一躍有名にした研究開発成果は、2酸化チタン (TiO_2) の透明導電材料を見出したことだった。2003年10月に東京大学大学院の理学系研究科の助教に就任し、長谷川哲也教授の研究開発グループの一員に加わった。その研

(注)

* STM (Scanning Tunneling Microscope) は走査トンネル顕微鏡と呼ばれる精密な計測機器。一般に電気伝導性を持つ試料表面に、針状のプロブ (探針) を限りなく近づけた時に流れるトンネル電流を測定する。探針と試料表面の距離を一定に保つように計測するなどの測定法を利用する。

究開発の中で、2酸化チタンにニオブ (Nb) を添加すると、透明性と導電性を両立させる組成があることを見出した (図2)。2005年のことだった。

酸化物では透明性と導電性を兼ね備えることは一般的には相反する性質なので、実用性のある物質では4種類しか見出しされていない。中でも2酸化チタンは、液晶パネルなどの透明電極材料の有力候補として注目を集めている。現在、透明電極として利用されているインジウム・スズ酸化物 (ITO) の代替材料として注目され、研究開発が盛んになっている。

こうした研究開発の先駆けとなったのが一杉氏の研究開発成果だった。発見できたポイントは、結晶がきちんと成長した高品質な薄膜をつくる技術だった。ガラス基板の上に2酸化チタンとニオブの混合物を原子の並び方がバラバラなアモルファス (非晶質) 状態の薄膜をつくり、これを加熱して微細な結晶で構成される薄膜にする。

このつくり方が発見の基となった高品質な酸化物の薄膜づくりは大学院生だった当時に、高温超伝導で話題を集めた酸化物超伝導体の研究で会得した技術だった。こうした幸運なセレンディピティーは、運を引き寄せる努力の上に花開く見本のようなのだ。

企業勤務の経験を生かし 研究成果を応用開発につなげたい

2007年12月に東北大学のWPIに異動した一杉准教授は、現在の研究開発目標を三つに絞っている。第一はSTMベースの新実験装置を用いた酸化物薄膜の研究開発だ。チタン酸ストロンチウム (SrTiO_3) などの古くて新しい酸化物を相手に精密に測定することで新しい性質を見出し、有用材料であることを示す。第二は電気自動車などで最近事業化が一気に進み始めたリチウムイオン2次電池の電極となるリチウム (Li) イオン酸化物の研究開発テーマだ。この分野は新しい正極材料の開発が活発化しているホットな分野だ。

第三は、東京大学と連携している2酸化チタンの透明導電材料としての研究開発テーマだ。「透明性と導

* PLD (Pulsed Laser Deposition) 装置はパルスレーザー蒸着装置と呼ばれ、真空室内に置いたターゲット材料表面に強力なパルスレーザー光を照射すると、アブレーションと呼ばれる急激な蒸発現象が起こり、蒸発した原子群が向かい合う基板表面に蒸着して堆積 (たいせき) し薄膜をつくる。何回もパルスレーザーを照射し、堆積層の厚さを増やす。また、蒸発させるターゲットを複数にすると、異なる元素 (分子) などを層状に堆積させることができる

電性を両立させた新物質を見出したい」という。文部科学省・科学技術振興機構 (JST) が現在進めている元素戦略プログラムの一つとして東大の長谷川教授の研究提案が選ばれ、透明電極材料としての可能性を追究しているからだ。

一杉氏は東大大学院工学系研究科で博士号を得て修了した1999年4月にソニーに就職した。この時の経験から、「大学と企業をつなぐ研究開発を実践したい」という。たとえば、2酸化チタン系の透明導電材料でも、単なるインジウム・スズ酸化物の代替材料を狙うのではなく、2酸化チタン系の特徴である屈折率が高い点や、還元雰囲気でも劣化しない、耐薬品性に優れているなどの「独特な性質を生かす用途開発を手がけたい」という。

企業人の考え方が分かる大学の研究者としてインターフェース役を務めることも、自分の独自性を発揮する強みと信じているようだ。

大学と企業の研究者の違いは、大学の研究者は自分の責任で研究テーマを選び、自分の責任で研究開発計画を立てて実行し、その成果を論文などのかたちで公表する。すべて自分の責任で行い、その記録が個人名で残る。独自の発想でどれだけ工夫したかなどが、かなりオープンになるだけに、やりがいがある仕事だと語る。

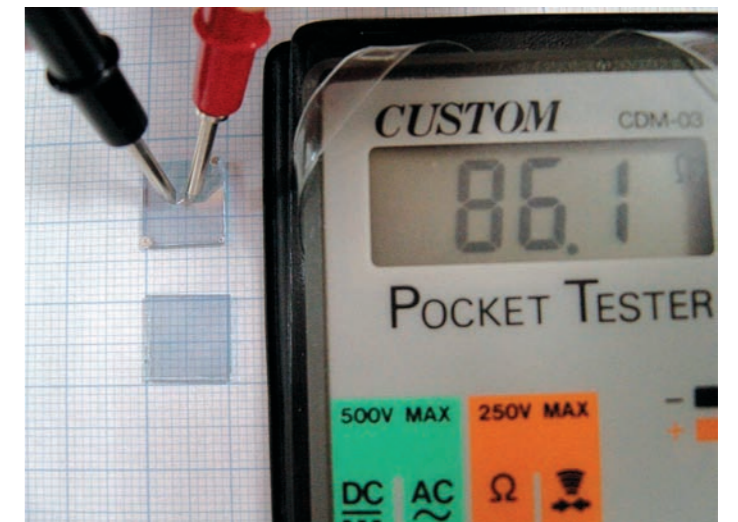


図2 ●透明性と導電性を持つ TiO_2 膜

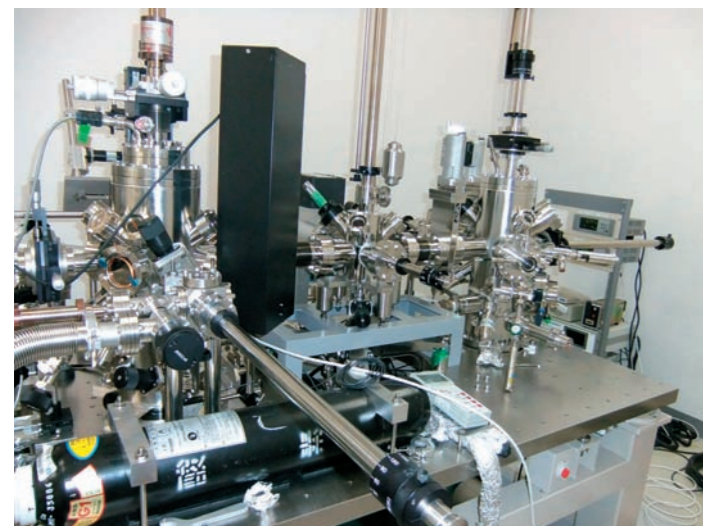


図1 ●STM (走査トンネル顕微鏡) とPLD (パルスレーザー蒸着) 装置を組み合わせた新しい実験装置の上部。この下側に主要な機構が配置されている