

談話室

アトムテクノロジー研究体での表面研究

市川 昌和

アトムテクノロジー研究体 ☎305 つくば市東 1-1-4
産業技術融合領域研究所気付

(1995年2月21日受理)

Study of Surfaces at Joint Research
Center for Atom Technology

Masakazu ICHIKAWA

Joint Research Center for Atom Technology
c/o National Institute for Advanced Interdisciplinary
Research, 1-1-4 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305

(Received February 21, 1995)

アトムテクノロジー研究体(JRCAT)は平成5年1月に発足した工業技術院の産業技術融合領域研究所(融合研)と、同2月に発足した民間企業30社出資による技術研究組合オングストロームテクノロジー研究機構(ATP)とがイコールパートナーシップのもとに、融合研内において集中共同研究を行うためのプロジェクト組織である。

融合研は、アトムテクノロジーグループが本プロジェクトに参加している。一方、ATPでは組合参加企業が

研究者を出自させ、ATP研究所を組織している。この二つの組織が、融合研内においてアトムテクノロジー研究体を構成している。

この組織は、産官学の研究者を研究設備の整った場所で集中研究を行えるように考案されたものである。国立大学の教官も融合研併任の形で、現職のままプロジェクトに参加できるので、産官学の研究者が自由に交流できる。

このような組織のもとで10年間約250億円の予定で平成4年度にスタートした本プロジェクトは、原子・分子を精密に観察し操作する技術を確立することを目指した基礎研究プログラムであり、新素材、エレクトロニクス、バイオテクノロジーなどの各種産業分野の共通基盤技術を開発するプロジェクトとして位置づけられている。

図1に示すように、第I期では平成9年度までの6年間に要素技術および支援基礎技術の研究開発を行い、主として下記の目標が挙げられている。

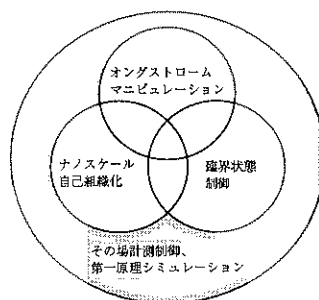
(1) 固体表面原子・分子観察操作技術

走査プローブ顕微鏡技術や電子ビーム技術などを用いて、超高真空中、あるいは高温から極低温下などの各種条件下で種々の物質表面上の原子・分子の種類を識別して、制御・操作する技術を開発する。また表面反応過程や走査プローブと表面との相互作用の動的過程を、実時間で計測・制御する技術を開発する。さらに新物質探索により、電子・原子過程を制御する技術開発を目指す。

(2) 空間内原子集団観察操作技術

3次元空間内におけるナノスケールの原子集団の形成や集合・離散・反応を、その場で計測する技術、また原

研究開発項目	H4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. 固体表面原子 分子観察操作技術	走査プローブ技術、 ビーム技術利用による 原子レベル計測 制御形成技術	サブナノ構造創製	表面局所反応制御				原子・分子操作 物性制御			
	表面界面反応過程 の動的計測制御 技術	成長表面界面観測制御			中		膜構造形成			最
	新物質探索による 電子・原子過程の観察 制御技術	基礎的知見の集積			研		新物質			究
	原子集団反応制御				研		ナノメータ 構造作製			究
2. 空間内原子集団 観察操作技術										
3. 有機分子等構造 観察操作技術										
4. 原子・分子プロセス 理論技術										



(a) 研究スケジュール

(b) 共通テーマ

図1 JRCAT 研究計画の概要

子集団間の電子の移動を制御する技術を開発し、原子集団からなる自己組織的な集合構造の形成を目指す。

(3) 有機分子等構造観察操作技術

有機分子などを対象に、走査プローブ技術やレーザー技術を用いて、個々の分子の種類を識別し、その分子内の化学結合などを操作する技術を開発する。それらの技術を用い、DNA鎖の塩基配列の高精度読み取りとその操作のための基礎的知見を得る。

(4) 原子・分子プロセス理論技術

計算機と情報処理システムを複合化した「理論実験装置」を構築し、固体表面などでの個々の原子・分子の吸着・脱離・拡散反応プロセスを第一原理計算に基づき理論的に解明する。これにより、原子・分子観察操作のための指針を得る。

以上の研究開発項目は図1(b)に示す共通テーマで互いに有機的に結び付いている。一つ目はオングストロームスケールの操作であり、これは主に走査プローブ技術により個々の原子・分子の操作を目指すものである。二つ目は、個々の原子の操作ではなく、ナノスケールでの自己配列、自己集合、自己停止などの自己組織化現象を用いて短時間で極微細構造、新材料を作製することを目指すものである。三つ目は、物質を相転移のような臨界状態付近にもってこることにより、外部からの微小な刺激により電子状態や物質構造を大きく変化させることを目指すものである。さらに、その場計測制御技術と第一原理シミュレーション技術が共通の技術としてこれらを支える形で研究が進められている。

上記に述べた研究開発項目の中で、本文の主題である表面研究に深く関係するものは、固体表面原子分子観察操作技術、および原子・分子プロセス理論技術開発である。現在、JRCATの研究人員は約90名であるが、その中で約50名が表面の研究に携わっている。

この中で、走査プローブ技術を利用した原子レベルの計測制御形成を目指すグループが最も大きく、徳本氏がグループリーダーを務めている。ここでは、多種多様な探針/試料間相互作用や光・ビーム・マイクロ波などによる相互作用制御・試料表面制御を利用した走査プローブ技術を完成させ、従来の表面・界面評価技術と複合化することにより、原子・分子種を同定して原子・分子状態を解明制御する技術の開発を目指している。さらに、液体、空気、極低温から高温にわたる極限環境下で、原子・分子レベルの構造制御形成を行い、それらの構造が発現する新現象の発掘も目指している。すでに、原子間力顕微鏡を用いた摩擦係数測定による相分離高分子の同

定、水素終端化Si表面でのSTMによる原子操作や断面STMによる化合物半導体中のドーパントの観察など、興味ある結果が得られつつある。

つぎに、ビーム技術を利用して極微細構造の計測制御形成を目指すグループがあり、筆者がグループリーダーを務めている。ここでは、主に1nm程度に細く絞った電子線を用いた電子線励起反応などを利用して、表面・界面における原子・分子の吸着・脱離・拡散・反応過程を制御する技術を開発し、これらを用いてナノメータスケールの構造を形成する基本技術を開発することを目指している。現在までに、電子線の干渉縞を試料表面上に形成して表面反応を引き起こすことにより、10nmレベルの極微細周期構造が形成できることを確認している。

さらに、表面界面反応過程の動的計測と制御を目指すグループがある。尾関氏のグループと田中・八百氏のグループの一部がこの研究に従事している。ここでは、主に化合物半導体薄膜の成長中の原料分子やその励起種と表面界面との反応過程、および反応の結果できた原子層の表面吸着構造や結晶構造の変化を実時間で計測する方法を開発し、これらを用いて動的反応過程を原子レベルで解明することにより、極微細構造プロセス技術の基礎となる新しい表面界面反応過程の発見を目指している。

最後に、寺倉、宇田、浜田氏をグループリーダーとする原子・分子プロセス理論技術グループの中に、固体表面での原子・分子の吸着・拡散・反応やSTMによる原子操作などの解析を第一原理シミュレーションにより行うグループがある。JRCATには、平成5年度にスーパーコンピュータと超並列計算機が導入され、世界でも10指に入り、一人当たりでは世界一と考えられる計算処理環境が構築されている。現在までにSi(111)の7倍周期構造表面の熱振動解析を第一原理シミュレーションで行うという、従来では考えられなかった大規模な理論解析が行えるようになりつつある。

アトムテクノロジー研究体における表面研究では、実験グループと理論グループが有機的に協力している。さらに、漫然と表面を研究するのではなく、制御・形成のために表面を研究するというように目的も明確になっている。表面を研究するうえで非常に良い環境にあると考えられる。初年度は調査研究で、実質的には2年経過してようやく装置などのインフラが整ってきた状況である。これからが本番であり、JRCATの表面分野での今後の活躍が期待できる。

なお、本プロジェクトは主にNEDOからの委託費によって推進されている。