

## 原子論的生産技術の創出拠点

— ナノメートルレベルの表面創成システムの開発 —



遠藤 勝義\*

Center for Atomistic Fabrication Technology

— Development of Surface Creation System to realize Nanometer-Level Accuracy —

**Key Words** : Production Technology, Ultra-Precision Machining,  
Perfect Surface, Quantum Mechanics, Nanotechnology

### 1. はじめに

工学研究科の超精密科学研究センターと精密科学専攻、物質・生命工学専攻応用表面科学講座は、平成15年度21世紀COEプログラムに採択され、「原子論的生産技術の創出拠点」— ナノメートルレベルの表面創成システムの開発 — を形成することになった。

21世紀の日本を担う先端産業や自然の根源を明らかにする基礎科学からは、従来の製造技術では不可能な、原子レベルの精度を実現する“物づくり”の技術が要請されている。たとえば、光学素子では重力波望遠鏡、硬X線顕微鏡、次世代EUV(Extreme Ultra-Violet)リソグラフィ等の高精度ミラーを作るための技術、また電子素子ではSOI(Silicon on Insulator)やGaN, SiCを基板とする次世代半導体デバイス等を作るための技術が必要である。それらに応えるためには、自然現象を原子・電子レベルから理解して利用する「原子論的生産技術」というべき製造技術の開発が不可欠である。

ここでは、「原子論的生産技術」とは何か、またこれまでの文部省COE「大阪大学・超精密加工研究拠点」— 完全表面の創成 — において開発に成功した原子論的生産技術とその成果について、さらに21世

紀COEプログラムの拠点形成計画について紹介したい。

### 2. 原子論的生産技術

「原子論的生産技術」とは、有史以来続いてきた機械加工等の製造技術では製作できない、21世紀の先端科学技術から要請される「原子レベルの精度が求められる電子・光デバイス等の物」を創るために、物理・化学現象を原子・電子論的立場から理解し、精密に制御することによって極限まで活用する、新しい製造プロセスおよび計測評価技術のことである。

原子論的生産技術を開発するためには、加工・材料・計測・制御・計算物理等の学問領域を結集する必要がある。具体的には、まずプロセスに利用する表面を舞台にした物理・化学現象を原子・電子の振舞から理解することが必要である。そのために、量子力学の第一原理に基づく計算機シミュレーションを駆使して、プロセスに活用する表面反応過程を解明する。また、この表面反応過程を表面科学の手法を用いた原子構造・電子状態の観察から実証する。そして、原子・電子のレベルから理解された物理・化学現象を活用して新しい超精密加工プロセスを開発するとともに、超精密加工によって創製された表面上に多層膜や微細構造を形成するための成膜・微細加工プロセスも新しく開発する。当然、これらのプロセスによって作られた表面や膜、微細構造の機能を評価する極限計測技術の開発も不可欠である。最終的には、開発したプロセスを組み合わせ、目的を達成するデバイスを作製して、そのデバイスを評価すべきである。このように、プロセスに活用する物理・化学現象を原子・電子レベルから解明することに始まり、その現象を制御する独創的なプロセス



\* Katsuyoshi ENDO  
1958年1月生  
1982年大阪大学大学院・工学研究科・精密工学専攻(修士課程)修了  
現在、大阪大学・大学院工学研究科・附属超精密科学研究センター、センター長・教授、工学博士、精密科学、物理計測  
TEL 06-6879-7292  
FAX 06-6879-7292  
E-Mail endo@upst.eng.osaka-u.ac.jp

装置を開発し、実際に“物”を作り、計測評価するところまでを一貫して研究開発し、原子論的生産技術として完成する。

### 3. 文部省 COE「大阪大学・超精密加工研究拠点」 —完全表面の創成—

本研究グループは、既に文部省COE「大阪大学・超精密加工研究拠点」、テーマ「完全表面の創成」(平成8年度～平成14年度)において、多くの研究成果をあげている。

まず、世界最高の超高純度ガスと超純水を供給できる最先端研究施設ウルトラクリーンルームを完成した。そして、世界で最も平坦な表面を創製するEEM(Elastic Emission Machining)や大気圧プラズマによる高精度・高効率加工法であるプラズマCVM(Cheical Vaporization Machining), 超高速成膜を可能にした大気圧プラズマCVD(Cheical Vapor Deposition), 超純水だけであらゆる金属

を加工する超純水のみによる電気化学加工の四つの独創的な「原子論的生産技術」である加工・成膜プロセスの開発に成功した。また、開発した手法を具現化する世界で唯一の加工・成膜装置を完成するとともに、これらのプロセスで作製された表面を計測評価する方法を確立した。

そして、新たに開発した加工・成膜プロセスによって“物づくり”を実践することから、多くの世界初の成果をあげ、文部科学省による事後評価においても極めて高く評価されている。

### 4. 21世紀 COE プログラムの拠点形成計画

21世紀COEプログラムの目的は、前のCOEの成果を実用化して社会に貢献するとともに、さらに新しい「原子論的生産技術」を創出することである。すなわち、新しい加工・成膜プロセスの設計を可能とする大規模第一原理分子動力学計算プログラムを開発するとともに、設計したプロセスを制御された

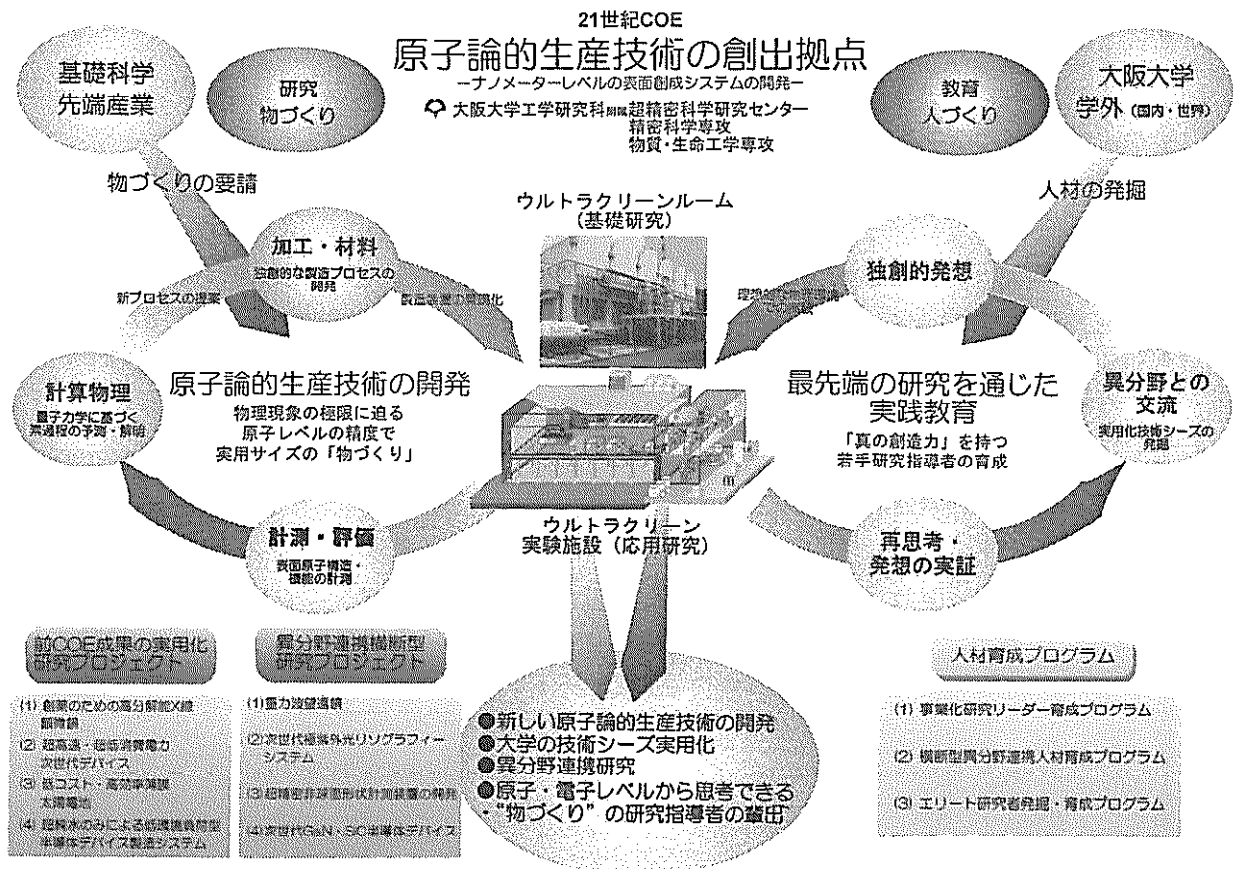


図1 21世紀 COE プログラム「原子論的生産技術の創出拠点」の概要

高潔環境において実証することにより、新たな「原子論的生産技術」を研究開発する。また、科学技術の最先端を進む異分野の研究グループと連携・協力して、要求される究極の精度の“物”を製作し、世界的な研究成果を達成する。

たとえば、これまでの成果を実用化するために、(1)放射光用高精度光学素子の製造プロセスの開発、(2)超薄膜SOIウエハを用いた次世代半導体デバイスの開発、(3)大気圧プラズマCVDによる機能薄膜の高効率形成技術の開発、(4)半導体デバイス製造のための超純水のみによる低環境負荷型加工・洗浄技術の開発、を実施する。さらに、異分野との連携プロジェクトとして、(1)東京大学宇宙線研究所とは重力波望遠鏡用超低損失ミラーの開発、(2)SPRING-8と国立国際医療センターとは放射光を用いた細胞観察による生体機能の解明と分子標的薬剤の開発、(3)経済産業省主導の技術組合EUVAとは次世代EUVリソグラフィ用光学素子の開発、(4)大阪大学内や民間企業とは次世代デバイス用高品位単結晶GaN・SiC基板の製造プロセスの開発、を推進して未踏領域の開拓に貢献する。

また、教育では、様々な基礎科学や先端技術の分野で必要とされる“物”を原子論的生産技術の研究開発によって実用化する能力を持つ人材を育成する。そのために、以下の三つの教育プログラムを実施する。(1)事業化研究リーダー育成プログラムでは、企業との連携研究を通じて基礎研究の成果を実用化・事業化する能力を有する人材の育成、(2)横断型異分野連携人材育成プログラムでは、具体的な“物”を必要とする様々な分野との連携研究に携わらせ、

その分野の学問的・技術的な背景や知識を理解し、実用化に必要な“物づくり”技術を開発する能力を有する人材の育成、(3)エリート研究者発掘・育成プログラムでは、学部3年生の能力選抜制による研究への参画制度を実施し、大学院博士課程まで進学させ、長期間かけて高度な研究能力を有する人材の発掘・育成を行う。このように、最先端研究に若手研究者を参画させ、研究を通じた実践教育によって、次世代の“物づくり”を担う研究指導者を育成する。図1に本21世紀COEの概要を示す。

## 5. おわりに

21世紀COEプログラムに採択され、超精密科学研究センターには世界最高性能のウルトラクリーン実験施設(約500m<sup>2</sup>)が平成16年3月に竣工する。このように、研究環境は十分に整い、いよいよ「原子論的生産技術」を実用化する本格的な研究プロジェクトを推進することになる。とはいえ、研究プロジェクトの成否は個々の研究者の目的意識と力量で決まることは言うまでもなく、研究の進展は研究者個人の創造力が不可欠であることを忘れてはならない。個々の研究者、特に学生を含めた若手研究者の成長に期待する。

このように、本拠点が独創的な「原子論的生産技術」を継続的に創出し、世界中の研究者が「一度はそこに行って研究したい」と思うような魅力的な研究教育拠点、まさにセンター・オブ・エクセレンスに発展し、我が国の将来を担う研究者の研鑽の場となる、という夢を実現したい。

