

大阪大学 COE「機能調和材料原子・分子プロセス研究拠点」

特集 プロジェクト研究

川合知二*

Osaka University COE "Highly harmonized functional materials research unit"

Key Words : Atomic scale processing, Harmonized functional materials, New materials

有機/無機/金属のワク組を越えて、多機能が集積した“しなやかな高機能材料”を創成することを目指したプロジェクトが学術審議会で認められ、1997年度からスタートしました。文部省 COE “高次機能調和材料創成の原子・分子プロセッシング”です。研究拠点は、大阪大学・機能調和材料原子・分子プロセス研究拠点で、研究グループは、大阪大学産業科学研究所の川合をリーダーとした14人です。“有機/無機/金属の枠をこえて機能調和した新材料の創成とそれを実現するための最先端の原子・分子プロセッシングの確立”を目指し研究を行っています。そのプロジェクトの内容を簡単に紹介します。

人類の歴史は材料の発展と深くかかわってきました。そして、現代の高機能材料はもっぱら単一機能の高感度化・高速化などを追求し開発されてきましたが、同時に、環境との不調和や歪みも生じ始めています。一方、生体機能は、環境に調和すべく、様々な機能が見事に組み合わせられ、極めて繊細な応答を示すことができます。ここでは、有機/無機物質が構造・機能において原子・分子レベルで組み合わせられ、高度な機能調和材料が形成されています。この様に様々な機能が融合し、人と環境に調和した材料の創成は、本来、機能材料が目指す究極的な目標となっています。一方、大阪大学産業科学研究所は、

材料・生体・情報の各部門が有機的に結びつき研究活動を行っている極めてユニークな研究所であり、今までに、有機、無機、金属材料の個別の分野において原子・分子・ナノレベルで制御した新しい機能材料を創成する成果をあげてきました。

本 COE は、このような成果にのっとり、研究リーダーを中心として生体・情報・材料の先端的研究者を選びめぐり研究拠点を形成し、有機/無機/金属の枠を越えた材料を組み合わせ、生体の高機能・多機能を併せもつ人と環境に優しい機能調和材料の設計・合成すること、又、その実現のための原子・分子プロセスを系統的に確立することを目的としています(図1)。

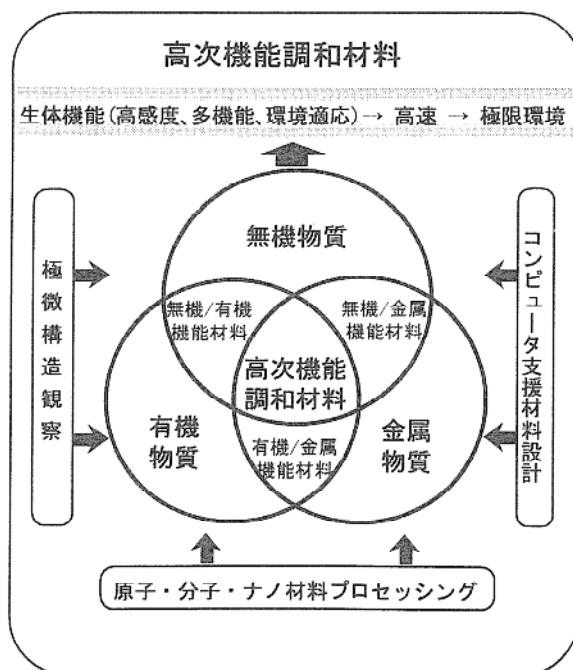


図1 有機/無機/金属の枠を越えた高次機能調和材料研究のスキーム。

* Tomoji KAWAI
1946年6月22日生
1974年(昭和49年)東京大学大学院理学系研究科化学専攻博士課程修了
現在、大阪大学産業科学研究所高次制御材料科学研究部門極微プロセス研究分野、教授、理学博士、人工格子材料、表面科学
TEL 06-6879-8445
FAX 06-6875-2440
E-Mail kawai@sanken.osaka-u.ac.jp

本研究では“人と環境に優しい機能調和材料”として、以下に示す具体的な材料開発とそれを実現するためのプロセッシングおよび材料設計を行っています。

1. 生体指向高感度センサ・メモリ材料開発

生体の持つ五感(味覚, 触覚, 視覚, 聴覚など)は, 外界の刺激に応答する機能とそれを電気信号などに変換する機能, さらに, それをメモリする機能などの調和によってできあがっています。生体指向高感度センサ・メモリ材料開発では, これら生体の五感にせまる感度を持ち, かつ, 多機能でフレキシブルなセンサ・メモリーの開発を1つの目標としています。生体指向センサや超五感物理センサなど, 圧電体, 誘電体, 半導体, 超伝導体の組み合わせにより新しい機能調和人工格子を創成し, 高感度多機能センサと新しいメモリーを創り出していきます。図2の左上を参照して下さい。この方向に向けて, 電場, 磁場, 光など様々な外場や刺激に敏感に応答し, 特

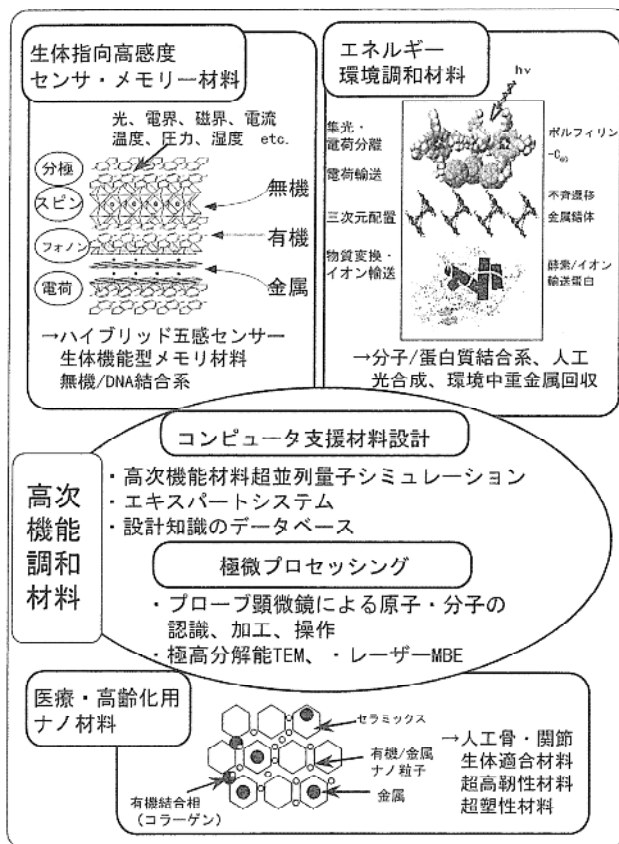


図2 「大阪大学COE：高次機能調和材料創成の原子・分子プロセッシング」の研究目標と具体的テーマ。

異なメモリー機能を示す無機人工格子材料, 半導体人工格子, 誘電体人工格子, 磁性体人工格子, 及び, それらを組み合わせた機能調和材料を開発しつつあります(図3)。

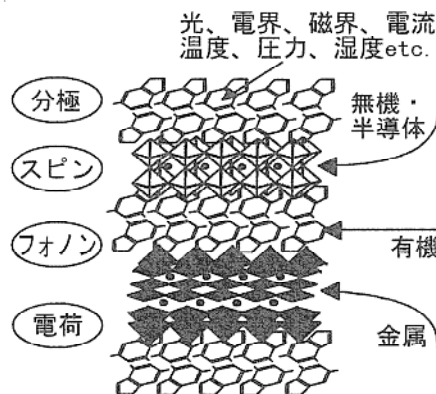


図3 有機/無機/金属を組み合わせたセンサ・メモリー

2. エネルギー・環境調和材料開発

光合成材料は, 光吸収, 電子伝達, 酸化還元反応などの機能が組み合わせられ, 調和することによって生まれる見事な“人と環境に優しい高次機能調和材料”です。エネルギー・環境調和材料開発では, 新規な電荷移動連結化合物を設計・合成し, それらを金属表面に単分子膜化させて光合成類似機能をもたせ, また, イオン輸送タンパク質などと合成有機分子の融合プロセスの開発を行い, 高効率および多機能なシステムの開発をめざしています。図2の右上をご覧下さい。現在, ①光エネルギー変換システム, ②化学反応システム, ③電子伝達機能を有する生体触媒システム, ④膜輸送システムの方面から興味深い成果が得られつつあります(図4)。

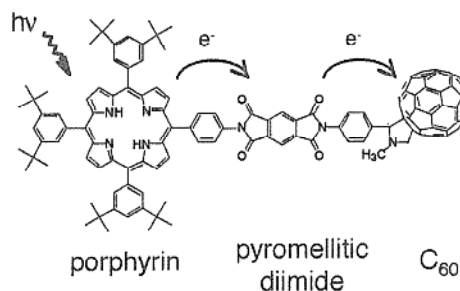


図4 高効率光電荷分離能を持つポリフィリンC60連結化合物

3. 医療・高齢化用ナノ材料開発

医療・高齢化用ナノ材料開発では、生体適合性のある機能調和材料として、有機、無機、金属をナノコンポジット化した人工骨、関節材料の形成など、ナノスケールで機械的特性と化学的機能を調和させた材料の創製を行います(図2の下)。この目標のもとに、①セラミックスのナノ複合化による機械加工性・超塑性変形能の実現、②マイクロマシン用金属素材の超塑性加工と生体適合ポーラス金属の創成、及び、③多孔質セラミックスへの金属含浸による強靱化とバイオガラス/チタン界面の高信頼性化を目指して研究を遂行しています。

4. 原子・分子プロセッシング

高次に機能が調和した材料の創成には、原子・分子スケールでの材料設計、物質操作と反応制御が必要です。原子・分子プロセッシングでは、コンピュータ支援材料設計に立脚した高次機能調和材料のデザイン、レーザー分子線エピタキシーなどの手法を用

いた極微構造形成プロセッシング、極度に絞った電子線や走査プローブ顕微鏡を用いた極微構造の観察などの最先端の原子分子プロセスを開発します(図2の中程です)。この目標に向けて、①走査プローブ顕微鏡を利用したDNAなどの分子操作・配列読み取り、②陽電子消滅を利用した界面原子・分子結合状態の評価、③量子ビームパルスを利用した分子反応過程の高時間分解分光測定、④超高分解能電顕、高輝度・高干渉極細束電子線を利用した人工格子、ナノ粒子の極微構造解析、などの新プロセス、評価法を展開しつつあります(図5)。

又、機能が調和した材料の効率的な創成のためのコンピュータ支援材料設計では、①第一原理計算による物性予測、②知的材料設計支援システムの概念設計のサイドからアプローチをしています。

これらを総合的に推進し、既存の枠組みをこえた新しい材料科学の体系化と高次に機能調和した新材料の創成およびそれを実現するための原子分子プロセッシングを確立することが本COE研究の目標です。

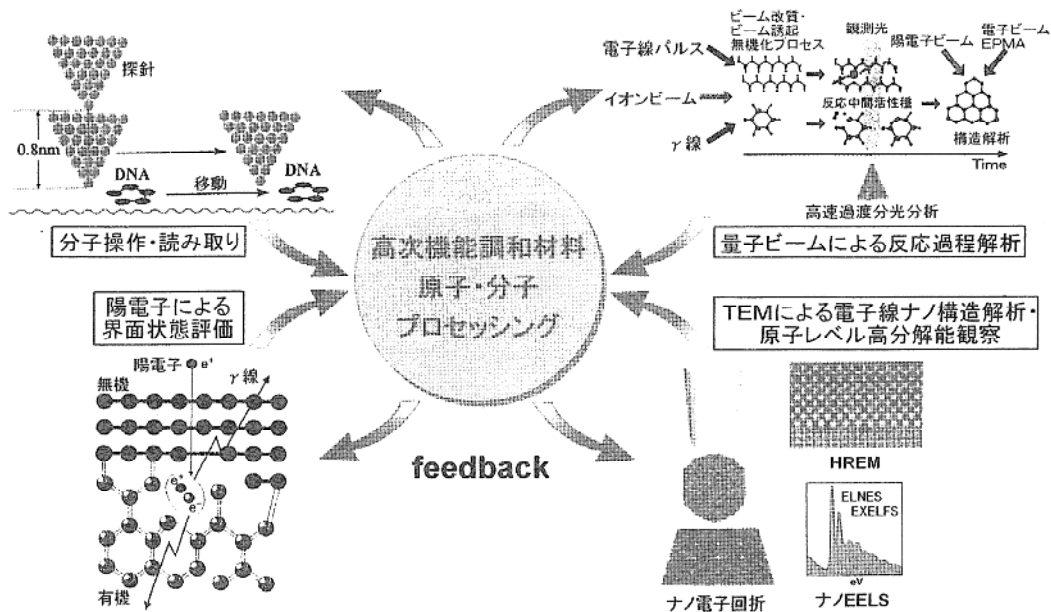


図5 プロブ顕微鏡, TEMなどを用いた極微観察と原子・分子プロセッシング