

ディビジョン番号	15
ディビジョン名	コロイド・界面化学

大項目	5. 固体表面・界面
中項目	5-6. 新材料
小項目	5-6-2. 有機-無機ハイブリッド表面

<p>概要（200字以内）</p> <p>有機無機ハイブリッド表面では、金属や半導体表面に有機分子を直接結合させナノメートルオーダーで制御された人工構造を構築する。有機分子と無機基板のもつ性質の単なる足しあわせではなく、構成要素間の相互作用を利用した新しい物性や機能の発現が期待されている。これまでに金表面におけるアルカンチオール自己組織化単層膜、シリコン表面に共有結合した有機分子などの構築が確立しており、基礎的な物性が研究されている。</p>	
<p>現状と最前線</p>	
<p>有機分子は精密分子合成でその構造と機能を自在にデザインできる。また有機分子集合体については、個々の分子設計と結晶設計の二段構えで集合体の構造を構築でき、絶縁体から超伝導体まで多様な物性が得られている。有機分子の大きさはサブナノメートルから数ナノメートルの大きさなので（1nm=10<sup>-9</sup>m=10Å），人工ナノ構造を作製するための機能単位として適している。一方、無機物質（金属、半導体、酸化物など）は、古くから機械部品、電気部品、電子デバイスなどの材料として広く用いられており、堅牢性・安定性に優れている。原料から「かたまり」（バルク）として製造され、必要な大きさや形状に加工される。例えば現在の電子化社会を支えるシリコン半導体の集積回路は、まず直径数10cmのシリコン単結晶の棒が作製され、次に厚さ1mm以下のウェファーにスライスされ、鏡面研磨された基板表面上に微細加工技術を駆使してμmオーダーのデバイス構造が構築される。さらに、最先端技術では、ゲートのためのシリコン酸化膜厚を数ナノメートルまで薄くすることができる。このように、無機材料の多くはバルクからトップダウンで微小な部品やデバイスに加工・作製されている。</p>	

有機無機ハイブリッド表面では、金属や半導体表面に有機分子を直接結合させ、ナノメートルオーダーで制御された人工構造を構築する。機能をもった有機分子と、無機基板のもつ物性の単なる足しあわせではなく、構成要素間の相互作用を積極的にした新奇物性や機能の発現が期待されている。すなわち、金属基板や半導体基板は特徴ある電子状態を持つ電極としての役割を果たし、有機分子の分子軌道と基板のバンド構造との相互作用の結果新たに出現する混成状態や電子状態の変化を積極的に利用する。

これまでに金表面におけるアルカンチオール自己組織化単層膜、表面に水酸基をもつ半導体や酸化物表面への有機ケイ素化合物のカップリング反応、シリコン清浄表面のダングリングボンドとアルケン、アルキン、アミン、アルコール分子との反応、水素終端化した Si 表面と有機分子の溶液中のラジカル反応などが開拓され、かなり質の良い配向のそろった有機分子単層膜を無機基板表面に構築することができるようになった。

現在では、構築された「基板-有機単分子層」の最表面に、電極あるいは局所プローブを接触させ、「基板-有機分子-プローブ電極」の電気伝導測定が活発に行われている。伝導特性は、オーム的な特性ではなく非線形な伝導特性を示すことが多く、整流特性や負性微分抵抗 (NDR) などの興味深い電気伝導物性も報告されている。これらのメカニズムを解明するため、電極に接合された有機分子のコンフォメーション、分子軌道のエネルギー、基板-分子間の結合様式などについて、実験・理論の両サイドから活発に研究が行われている。分子エレクトロニクスが実用化するためには、有機無機ハイブリッド表面の探索と本質的な理解が不可欠である。

#### 将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

1. 電極に接合した有機分子の電子状態と伝導特性の解明。
2. 光や特定分子の認識機能を持つ「有機無機ハイブリッド表面」デバイスを構築し、機能を実証すること。

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

1. 有機分子を用いた室温単電子デバイスの実証。
2. 生体膜や葉緑体などを含む生体層状組織体のモデルとして、有機分子多層膜を無機基板に構築。
3. 生体物質の機能をまねたナノメートルオーダーの人工材料の探索と開発。

#### キーワード

自己組織化膜、有機無機ハイブリッド構造、分子エレクトロニクス、接合

(執筆者：吉信淳)