

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	4. 組織化膜
中項目	4-4. 界面物性
小項目	4-4-4. 機能界面 (分離機能膜など)

概要 (200字以内)	
機能界面は、分離膜、細胞膜、イオン選択性電極、液膜などの多様な機能膜において重要な役割を果たしている。しかし、実用面での普及に比べ、分子レベルでの界面の機能は未だ明確ではない。分離機能膜では、膜のバルク相の溶解力や保持力も支配的因子となっている。液液界面の機能は、最近かなり解明されており、その成果は分離機能膜や生体膜の理解に貢献している。固体機能界面は、電気化学的研究やナノ計測の進歩により、研究が進展している。	<p>機能界面 分離、触媒、検出</p>
現状と最前線	
<p>ここでは、分離機能、触媒機能、検出機能を有する機能界面について要約する。バルク相で発現する化学機能は、二次元機能界面においては、界面に垂直方向と平行方向で異なる機能を発現させることができる。</p> <p>① 分離機能</p> <p>膜表面のみで分離機能を有するものと、界面吸着と膜透過が組み合わさって分離機能を発現するものがある。また、分離膜は、ゼオライト膜やセラミック膜などの無機膜と、複合膜、非対称膜、多孔膜、荷電膜、イオン交換膜、モザイク膜などの高分子膜に分類される。分離対象も、液体中のイオン、分子の他、気体の分離も行われる。膜の形状には、平膜、管状膜、中空糸膜がある。分子の鑄型を高分子膜表面に形成することにより、表面に選択的分離機能を付与した分離材料が利用されている。アミノ酸やタンパク分子、生体分子、キラル分離、金属イオンなどの分離機能を付与することができる。PTFE 膜は、疎水性多孔膜の代表であり、気体分離にも利用されているが、疎水性以外の選択性を付与するには、分離試薬を有機溶媒とともに含浸させた液膜を利用する。複合膜や非対称膜には、様々な種類の製品が実用に供されている。バイポーラ膜は、正荷電層と負荷電層がサンドイッチ状に結合した荷電膜で、半導体ダイオードと同様にイオン整流作用、1価イオン選択透過性、水解離による酸、塩基同時生成現象等の特徴を持っている。特定イオンの輸送ベクトルが膜荷電構造により変化することが報告された。</p>	

分離用の膜は、通常、機械的強度を増すために数十ミクロン以上の厚さを有す。したがって、膜界面のナノ領域の機能は、十分には理解されていない。しかし、乳化液膜として利用されているものでは、液液界面ナノ化学の進展とともにその界面反応が理解されつつある。液液界面に生成する逆ミセルのタンパク質取り込み機能は、ナノレベルの分離と考えられる。特に、一旦有機相に抽出された逆ミセルが、界面単分子膜に阻止されて水相に戻る確率が減少することは、非平衡論的振舞いであることから、極めて興味深い。また、固体高分子型イオン交換膜は、燃料電池にも利用されている。

② 触媒機能

固体表面が様々な触媒機能を有することはすでによく知られ、利用されているが、ソフト界面である液液界面や、単分子膜界面も、反応物や中間体が吸着し、濃縮されることで、触媒として機能することが明らかになった。これは、生体細胞の機能に類似のものと理解されている。たとえば、細胞表面は、変性したタンパク質分子が付着する際、表面の界面活性剤分子がある特異的な配置をとることで、変性タンパク質分子を修復し、活性を回復すると考えられている。このような、界面における分子の再配置を利用する機能の発現は、キラル認識との関連からも興味深い。また、細胞表面のマノース鎖は、細胞の結合や認識にある役割を担っていると考えられるが、その真の機能は未だ明確ではない。

③ 検出機能

イオン選択性電極の応答機構が、様々な液膜を用いて研究され、最近ではプルトニウムイオン選択性電極も作られた。また、固体膜電極においては、フッ化ランタンの単結晶を利用したフッ素イオン選択性電極が市販され、半導体工業やフッ素樹脂工業の排水などの監視に使用されている。自己組織化により金表面に生成するアルキルチオール膜は、表面密度が増大するとトランス型が主体となり、疎水性を増した電極となる。金の蒸着膜における表面プラズモン共鳴は、その表面に様々なアクセプターを結合することで、高感度のバイオセンサーとなる。DNA やタンパク質の分析、免疫分析などに利用されている。固体機能界面の研究は、電気化学的研究やナノ計測法の進歩により、最近、著しく進展している。

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) 分離膜表面の機能計測法の開発、2) 膜表面における化学現象の分子動力学シミュレーション法の進歩、3) 生体膜表面の触媒機能の解明、4) 界面の磁気物性計測法の開発

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

1) ナノ分離膜の開発、2) 機能界面による元素分析デバイスの開発、3) 機能界面による生体小分子の分析法の開発、4) 機能界面における化学分析と物理分析の集積化

キーワード

分離膜、分子鑄型、表面プラズモン共鳴、界面触媒、イオン選択性電極

(執筆者：渡會仁)