マイクロ燃料電池の技術課題と高分子

梅田 実

マイクロ燃料電池は、携帯電話からノートパソコン(1~50 W 程度)までをカバーできる新世代の超小型燃料電池を指すが、最近これが注目を集めている背景に現在のバッテリー技術の完成度の高さと電子デバイスの電力消費量の向上がある¹⁾。これは、リチウムイオン二次電池の数倍のエネルギー密度を有すると試算されており、新しいモバイルエネルギー社会を創製する技術として大きな期待を集めている。この技術は当初、固体高分子形燃料電池(PEFC)の一ダウンサイジング形と考えられていたが、電解質材料や燃料の多様性(水素、アルコール類、炭化水素類など)も相まってさまざまな形態の燃料電池構成が考えられるため、従来のPEFCにとらわれない新しい体系として受け止められる。高分子がかかわる技術課題は、第一に電解質膜であり、本稿では電解質膜研究を中心に述べる。

PEFC用の電解質には、パーフルオロアルキルスルホン酸型高分子膜(代表例としてナフィオン)がもっぱら使用されるが、これは高分子の主鎖にフッ素原子を化学結合することにより熱安定性を増し高耐久性を実現したものである。マイクロ燃料電池は常温付近での使用が想定されることから、高性能は必要とせずむしろ低コスト化が主要課題と考えられる。このような観点から、脱フッ素化ポリマーの開発、無機系材料(固体酸やフラーレン誘導体)の適用など多種多様な電解質材料が研究されている。高分子ブレンドは、複雑な合成を経ずに機能性電解質膜を作製する方法として注目されるところから、ナフィオンの構造に着目して三元系ブレンドを行った結果について以下紹介する。

ナフィオン膜は、単一高分子からなるにもかかわらず親水ドメインと疎水ドメインの間に中間領域が存在するきわめて特徴的な三相分離構造をとっている²⁾。この三相型構造を高分子ブレンドに展開した結果を図1に示す³⁾。プロトン酸基を有する高分子にポリアクリル酸(PAA)、疎水性高分子にフッ化ビニリデン-ヘキサフルオロプロピレン共重合体(*p*(VDF-HFP))そして中間領域を形成させるべくコンパチビライザーの機能を託してブチラール樹脂(PVB)を混合し、ジメチルホルムアミド溶液からキャスト製膜により高分子膜を作製した。各薄膜のプロトン伝導率を高分子の三元組成に対して示したものが図1であり、PAA-PVBおよびPAA-*p*(VDF-HFP)二元系ではナフィオンと同程度のプロトン伝導度を発現するためには70 wt%ほどのPAAを含有させる必要がある。これに対して三元系では、

図1 ポリマーブレンド組成に対するAC伝導率(20°C, 98% RH) ナフィオンの伝導率は $1.12 \times 10^{-2} \text{ S cm}^{-1}$ 。

30~50 wt%ほどの含有量でもナフィオンと同等の伝導度を発現することがわかる。電子顕微鏡による観察から三元組成の場合、適切な相分離構造を有していることがわかり、PVBの存在がナフィオンに類似の三相構造形成に重要な役割を演じていると考えられる。さらに、この三元高分子ブレンド膜の熱安定性も確認されている。

電解質膜に対する高分子ブレンドはひとつの切り口ではないが、マイクロ燃料電池は常温下の使用が前提となるため、高分子材料は種々のパーツにも使用できるキー技術であることは間違いがない。

文 献

- 1) 梅田 実, 内田 勇: 表面技術, 52, 576 (2002)
- 2) Z. Ogumi, T. Kuroe, Z. Takehara: *J. Electrochem. Soc.*, 132, 2601 (1985)
- 3) M. Umeda, S. Kishioka, A. Yamada, I. Uchida: *Jpn. J. Appl. Phys.*, 42, 680 (2003)