

# マイクロセラミック燃料電池の開発

## コンパクトで高効率な燃料電池の実現へ向けて

高度なセラミック製造技術を用いて、500～600℃の低温領域でも動作する直径がミリメートルからサブミリメートルのチューブの固体酸化物型燃料電池(SOFC)を開発した。電極の微細構造の最適化により、セリア系セラミック材料では初めて570℃で1W/cm<sup>2</sup>の発電密度を達成した。このマイクロチューブの開発により、耐熱衝撃性が飛躍的に向上し、急速起動停止運転にも対応できるコンパクトなSOFCモジュールの開発が可能になった。

Micro tubular SOFCs of ceria based electrolyte with 0.8-1.6 mm diameter have been fabricated using an advanced ceramic processing technology. SOFC stacks of high volumetric power density at 500 - 600 °C can be built with the micro tubes. The single tubular SOFC showed cell performance of 1W/cm<sup>2</sup> at 570°C with H<sub>2</sub> fuel. The tubular SOFCs will be applied to a compact power device which can endure repeated rapid changes of electrical load and operating temperatures.

### 固体酸化物型燃料電池の問題点

燃料電池は高いエネルギー効率が実現できるため、地球温暖化の原因の1つと言われるCO<sub>2</sub>の発生を大幅に削減でき、次世代のエネルギー源として期待されている(図1)。現在、種々の材料を用いた燃料電池が開発されており、その中で最も効率が高いのが固体酸化物型(セラミック)型(SOFC)である。しかしながら動作温度が800～900℃と高温のため、これまでその応用は大型発電設備などに限られていた。そこでSOFCを家庭用分散電源、自動車などの補助電源、移動電子機器用電源にも応用できるように、動作温度の低温化の研究が広く行われている。これまでも500～600℃で作動するSOFC

がいくつか報告されている。しかし、頻繁に起動・停止が必要な機器には、熱歪みによる破損などの問題があり、抜本的な解決策が必要であった。

### マイクロチューブ型SOFC

そこでSOFCの形状に注目すると、燃料電池システムの小型化と熱歪みによる破損の問題を同時に解決する方法が見えてくる。それはSOFCをマイクロサイズのチューブ構造にすることである(図2)。燃料電池システムの総出力電力は電極の単位面積当たりの性能×電極の表面積であり、小型化、すなわち体積当たりの総出力をアップするには、電極そのものの性能の向上に加え、体積当たりの電極表面積を増加さ

鈴木 俊男 すずき としお  
toshio.suzuki@aist.go.jp

先進製造プロセス部門  
機能モジュール化研究グループ 研究員  
(中部センター)

2005年、産業技術総合研究所入所。これまでに米国 University of Missouri-Rolla にてイオン伝導性、混合伝導性セラミックスの研究に従事。特に薄膜の低温調製とその物性評価を中心に、その応用として、固体酸化物型燃料電池に関する研究に携わってきた。今後はさまざまな機能性をもつセラミックデバイスの高度集積技術を進展させ、日本の産業界に貢献できる製造技術をここ産総研から発信していきたい。

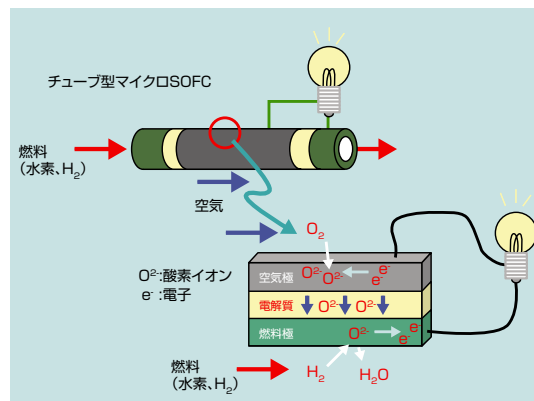


図1 燃料電池の原理

空気側と燃料側の酸素濃度差によって電池としての起電力が生じる。SOFCの性能は電解質の抵抗(酸素イオンに対する)、電極中の電気化学反応とガス拡散の速度によって決まる。

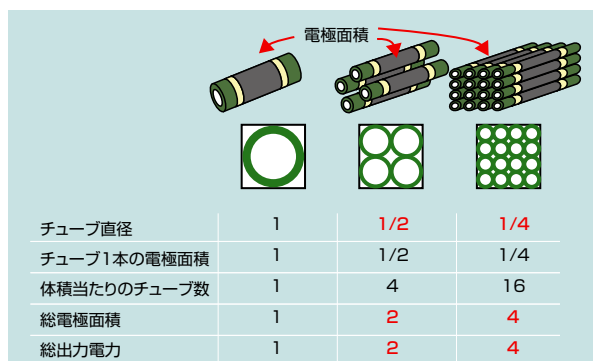


図2 チューブ径と体積当たりの電極総面積の関係

チューブ径を減少させることで、チューブの体積当たりの総電極表面積はチューブ径に反比例して増加する。総出力電力も総電極表面積に比例するため、同様の出力電力の増加が見込まれる。

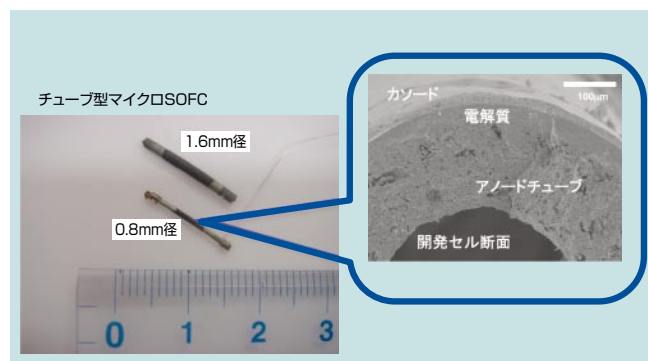


図3 今回作製したマイクロチューブ型 SOFC の写真

アノード材料にてマイクロチューブを作製、表面に緻密な電解質膜を作製した。セルをチューブ形状とすることで、これまでは実現が困難であったアノード電極の厚さと微細構造を実現した。

せることが効果的である。SOFC をマイクロチューブ化すると、体積当たりの表面積が飛躍的に増加するため小型化が可能になり、同時に、機械的強度も高まるため、熱歪みによる破損の問題も解決できる。

しかし、これまでに直径がセンチメートルから数ミリメートル程度のSOFCはいくつか報告されているが、チューブの直径をミリメートルからサブミリメートルのオーダーにしていくには、技術面に解決すべき多くの困難があった。

### 新型マイクロチューブ型SOFCの発電性能

われわれはマイクロチューブ型SOFCを高密度に集積化した燃料電池システムの開発に取り組んでいるが、今回はその基本要素となる直径がミリメートルからサブミリメートルのオーダーの高性能マイクロチューブ型SOFCの開発に成功した(図3)。実際に作製したSOFCは、セリア系セラミックで長さ1cm程度(電極長さ7mm)、直径が1.6mmのマイクロチューブで、450～570℃で水素を流したところ、0.06～0.35W(単位電極面積当たり0.17～1W/cm<sup>2</sup>)の電力が得られた(図4)。

この値は、これまでのセリア系セラ

ミックSOFCとしては世界最高レベルである。これは微細構造を制御できるマイクロチューブ製造技術と緻密膜コーティング技術を発展・高度化して、セリア系セラミック電解質を緻密化すると同時に、電極性能を飛躍的に向上させる構造を実現したことによる。さらに、これまで困難であった直径がサブミリメートルのマイクロチューブ型SOFC(直径0.8mm)の作製にも成功している。

### 今後の展開

直径0.8mm径のマイクロチューブ

型SOFCでは、1cm<sup>3</sup>あたり約100本のマイクロSOFCが集積可能と考えられ、1cm<sup>3</sup>あたり7W(500℃作動時)～15W(550℃作動時)の発電性能が期待できる。今後は、マイクロチューブ型SOFCの集積化について研究を進め、多数のマイクロチューブ型SOFCを正確に並べた立方体ユニット(キューブ)の作製、各チューブへの燃料ガス供給や電力回収を行う接続部分(インターフェース)の精密な作製技術を確立し、最終的には、耐衝撃性、急速運転に対応できる小型で高効率の燃料電池モジュールの製造を目指していく。

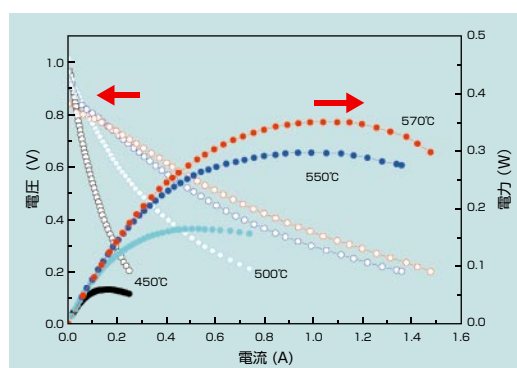


図4 マイクロチューブ型SOFCの発電試験結果

1本のマイクロチューブ型SOFC(1cm長、1.6mm径)で0.35Wを超える発電性能を実証、単位電極面積あたりではセリア系電解質を使用したSOFCで世界最高の発電性能を達成した。

### 関連情報:

- 本研究はNEDOプロジェクト「セラミックリアクター開発」(平成17～21年度)の一環として行われたものである。
- 共同研究者: 山口十志明、藤代芳伸、淡野正信(先進製造プロセス部門)
- プレス発表2006年1月18日: 「小型高効率のマイクロ燃料電池の開発に成功」