

各位

2009年9月10日
日本特殊陶業株式会社
取締役社長 加藤 倫朗
ファインセラミックス技術研究組合
理事長 加藤 太郎

**世界初 マイクロチューブ型固体酸化物形燃料電池を高密度で集積する製造技術を開発
～ 150 cm³の空間に 360 本のチューブを集積、動作を確認 ～**

日本特殊陶業株式会社（以下 日本特殊陶業）では、社内における平板型の固体酸化物形燃料電池（以下 SOFC）を用いた家庭用システム開発と並行して、ファインセラミックス技術研究組合に研究員を派遣し、マイクロチューブ型 SOFC の開発も行っております。この度、マイクロチューブ型 SOFC を高密度で集積するモジュール化技術および製造技術を開発しましたので、お知らせします。なお、本件は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）委託事業である「セラミックリアクター開発」プロジェクトにて開発が行われたものです。

発表概略

NEDO 委託事業「セラミックリアクター開発」では、家庭用小型分散電源や自動車用補助電源などへの SOFC の用途拡大を想定して、外径 2mm 以下のマイクロチューブ型 SOFC の開発を行っております。一般に、マイクロチューブ型 SOFC は、炎で直接加熱しても破損しない急速起動に強い構造である一方で、多数を集積しないと大出力が得られないのと同時に、比較的部品が小さく構成が複雑となるため、製造技術が課題となっておりました。本発表の技術により、複雑な電気接続やガス供給流路の形成を簡易な手法で実現できるようになったと考えております。150cm³の体積中に 360 本のマイクロチューブ型 SOFC を高集積しており、体積当たりの電極面積を大きくできるようになりました。本技術にて、低温作動、急速起動が可能となりますので、これまでは想定できなかった様々な用途への展開が可能となったと考えております。今後、本技術を基本として改良を行い、SOFC の多分野への適用検討を行って参ります。



多数集積
➔



発表の詳細

1. 開発の経緯

SOFC は、種々の燃料電池の中で最も高い効率が期待でき、地球温暖化の一因とされる CO₂ の排出量削減に有効な発電システムであるため、家庭用コージェネレーションシステムを中心に開発が近年活発化しております。日本特殊陶業も平板型 SOFC にて、家庭用システムを開発しておりますが、さまざまなアプリケーションへの展開を検討した場合、SOFC は割れやすいセラミックスで構成されていることから、急な起動停止にて破損しやすい課題を有していることも事実であり、様々な用途への適用ができない状況がございます。また一般には、運転温度が 800℃以上の高温であるため、断熱材やガス配管の運転温度対応によりシステムサイズが大きくなることや、SOFC システムに用いられる金属部品の耐熱性においても、課題がある状況です。そうした背景の下、作動温度 500～650℃を想定し、急速起動停止時に破損しにくいマイクロチューブ形状の SOFC により、欠点を克服するための開発を行って参りました。マイクロチューブ型 SOFC の技術が確立できれば、急な起動停止を繰り返し行う用途（自動車用補助電源など）への展開が可能となると同時に、SOFC の耐久性を飛躍的に向上する事ができます。

2. 特徴

このたび開発の「マイクロチューブ型 SOFC のモジュール化技術」は、以下のような特徴を有しております。

(1) 容易なマイクロチューブ型 SOFC の集積技術・電気接続技術

マイクロチューブ型 SOFC（以下 チューブ型セル）を高集積することで体積当たりの電極面積を向上できますが、小径のチューブ型セル一本ずつから電気を取り出すことは、構造上非常に複雑で困難な技術課題でした。チューブ型セルを容易に電気接続するため、主にふたつの技術を確立しております。

① チューブ型セルへの集電端子形成技術

検討しているチューブ型セルは、燃料極を外径が 2mm 以下の支持管として、その表面に薄膜電解質、空気極を形成した燃料極支持型のチューブ型セルです。各チューブ型セルの電解質を一部研削し、銀ペーストを塗布、焼き付けることで緻密な燃料極端子を形成しております。燃料極端子は、燃料極からの電気の取り出しが可能であると同時に、燃料極側と空気極側のガスを隔てる役割をしております。このチューブ型セル（説明資料 1）を用いて、集積体の作製を行っております。

② チューブ型セルの電気接続、集積技術

チューブ型セル配列用の溝を有する気孔率が約 80%の絶縁性多孔体上に、導電性、絶縁性 2 種のペーストを塗布しながら、チューブ型セルを配列、積層することで、電気接続しながら集積する技術を確立致しました。あらかじめ、絶縁性多孔体に穴を形成しておくことで、導電性ペーストがその穴を埋め、各層間の電気接続を実現しております（説明資料 2、3）。電気接続について、1 層の多孔体上に配列されるチューブ型セルは並列接続されており、多孔体の積層方向では、直列接続されております。

(2) 容易なモジュール組み付け技術

従来技術におけるチューブ形状の SOFC の組み付けは、チューブ型セル一本ずつにガスシールを施しながらガス流路を形成し運転されますが、外径 2mm 以下のチューブ型セルの場合、部品が細かく、一本ずつにガスシールを施すことは現実的でないため、ガス流路の形成も困難となります。しかしながら、チューブ型セルの集積体を一体でガラスシールすると同時に、集積体を 4 方向から金属部品で固定するのみで、集電構造、ガス流路形成ができるような構造と致しました(説明資料 4)。本構造には、以下のような特徴があります。

① ガスシール技術

チューブ型セルの集積に多孔体を用いていることを利用し、積層された多孔体により形成されたチューブ端部付近の平面を一体でガラスシールすることで、各チューブ型セル端部のガスシールを実現しております。この集積体のガラスシール部が平面であることは、燃料マニホールドを取り付ける際に有効に働き、コンプレッションシール材を挟みながら、チューブ型セル端部が挿入される穴の開いた燃料マニホールドの平面を接触させてボルト締めすることで、燃料マニホールド取り付け時のガスシールを完結する事ができる構造となっております(説明資料 4)。

② 空気供給流路

多数のチューブ型セルに均等に空気供給を行うことは困難と考えられますが、多孔体にてチューブ型セルの配列をしていることから、多孔体中へ空気供給を行う際、ガスの圧力損失が発生いたします。そのため、集積体の供給側と出口側の空気圧力差は均等となりやすく、全てのチューブに均等に空気供給されやすい構造となっております。なお、本技術においては、気孔率が 80%を超える多孔体を用いているため、市販の空気ポンプにてガス供給が可能な圧力損失に抑えられております。(説明資料 5)

③ 集電構造

集積体の内部で各チューブ型セルの電気接続を実現しているため、集積体の上下面が集積体からの集電部となっております。そのため、集積体上下面に集電板を接触させることで、容易に電気の取り出しが可能な構造となっております。

3. 展開計画

日本特殊陶業では、平板型 SOFC を利用した家庭用コージェネレーションシステムを開発しておりますが、それと平行してマイクロチューブ型 SOFC の開発を引き続き行うことで、多様な用途へ SOFC 技術の展開を行っていく予定です。

マイクロチューブ型 SOFC の開発については、現在、上記作製方法により組み付けたモジュールにて（説明資料6）、ほぼ理論値通りの開回路起電力、電流出力など発電動作を確認できており、基本的なモジュール製造技術を構築できたと考えております。今後、実用的な性能を得るためのモジュール構成部材の最適化を行い、多用途への適用の検討をしていきたいと考えております。

なお、今回の発表につきまして、日本セラミックス協会第 22 回秋季シンポジウム、および第 11 回 SOFC 国際シンポジウム (SOFC-XI)にて、詳細発表を予定しております。

以上

（問い合わせ先）

日本特殊陶業（株）総務部 広報課	中島 英次	TEL 052-872-5896
ファインセラミックス技術研究組合（出向員）	舟橋 佳宏	TEL 052-736-7665

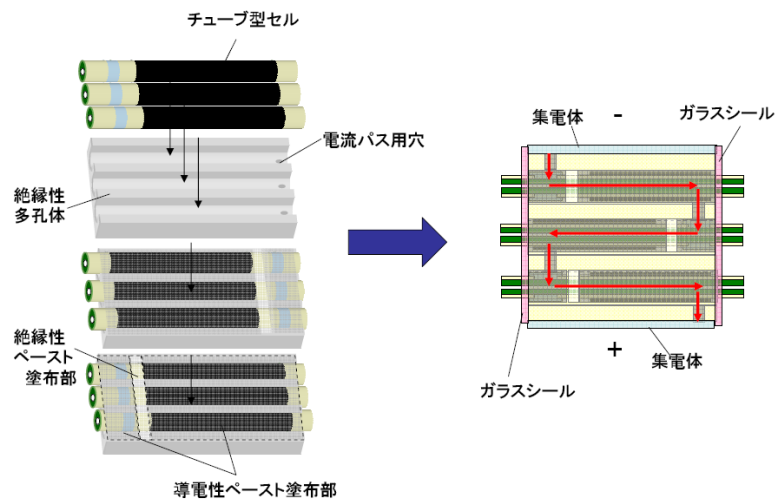
(説明資料 1)

燃料極と電解質を同時焼成した焼結体の電解質のみをセンタレスグラインダーにて研削して、空気極、燃料極端子を焼き付けて、写真のようなチューブ型セルを作製しております。



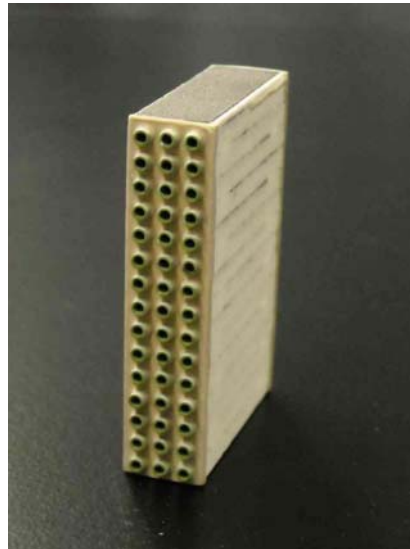
(説明資料 2)

チューブ型セルを電流パス用穴が形成された絶縁性多孔体の溝に 2 種のペーストを塗布しながら配列することで、電気接続しながら集積体を作製しております。このとき、燃料極端子の向きが各層交互に入れ違いとなるように積層することで、各層の直列電気接続を実現しております。また、集積体の外部に出ているチューブ型セルの付け根部平面にガラスシールを一体で形成しております。



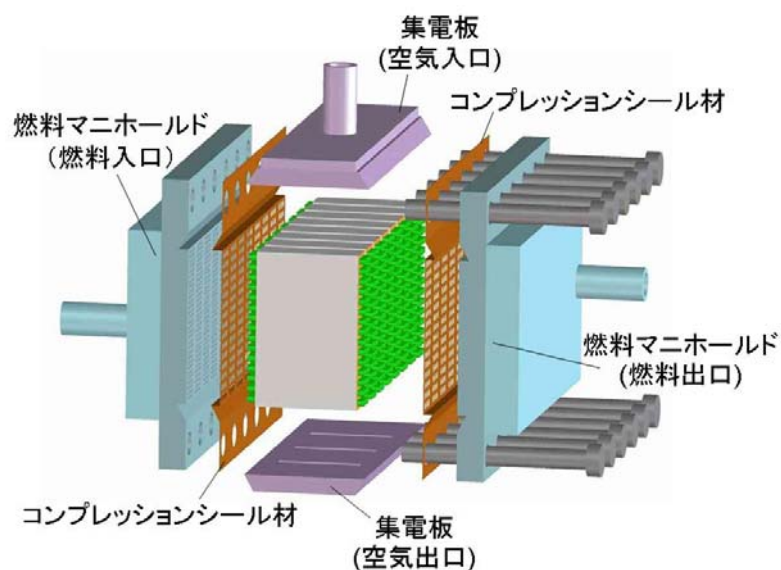
(説明資料3)

集積体から飛び出たチューブ型セルの付け根部は、ガラスシートを用いて一体でガラスシールされており、モジュール金属部品にてコンプレッションシールが可能な平面となっております。また、集積体上面、下面には、電気の取出しができるように、集電体が形成されています。添付の集積体外観写真は、チューブ型セル 45本を3並列×15直列した集積体です。



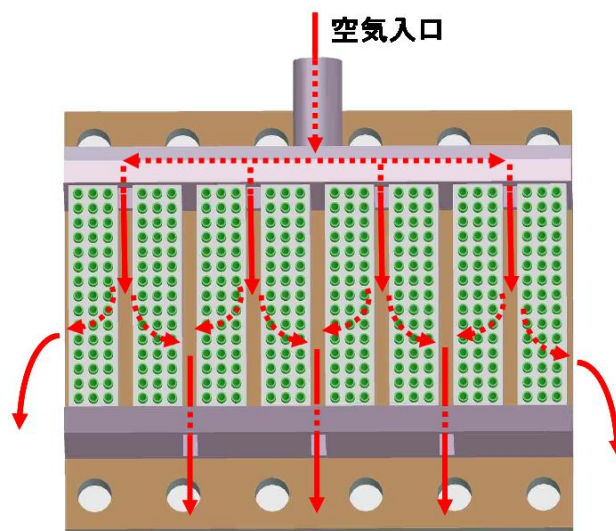
(説明資料4)

図のように、集積体の上下に集電板を配置し、集電板の位置決め用の溝が形成された燃料マニホールドを集積体との間に絶縁性を有するコンプレッションシール材を導入しながらボルト締めすることでモジュールを組み付けられました。この構造により、集積体からの集電と燃料流路、空気流路を同時に形成することに成功しております。



(説明資料5)

図のような空気流れにて、モジュール内部にて、集積体の空気供給が行われる構造となっております。集積体の隙間がガス流路となっており、空気の入口側、出口側が交互に配置されております。空気入口側は、多孔体の圧力損失により加圧状態となりますが、この差圧が各チューブ型セルへの均等な空気供給を促します。



(説明資料6)

モジュールは、説明資料3にて説明した集積体が8個並列接続されております。約 150 cm^3 の空間の中に360本のチューブ型セルを集積し、その電極面積は、約 500 cm^2 です。一般に比べ、体積当たりの電極面積を増やす事が出来ますので、SOFCでは性能の得にくい低温運転($500 \sim 650^\circ\text{C}$)でも、従来の 800°C 以上で運転するSOFCと同等の出力を得る事が可能となります。

