

固体電解質燃料電池の開発状況と今後の展開



羽田 壽夫*

1. ま え が き

火力発電や原子力発電は、化学エネルギーや核エネルギーを熱エネルギーさらに機械エネルギーに変えてから電気エネルギーに変換するのに対し、燃料電池は、化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する。この原理の違いは、燃料電池に多くのすぐれた特徴をもたらし、CO₂による地球環境問題の視点からも、将来の重要な発電システムとして考えられている。なかでも、最も高効率の期待できる固体電解質燃料電池 (Solid Oxide Fuel Cell 以下 SOFC) に夢を託す。

2. 構 造

電解質 (Yttria Stabilized Zirconia 以下 YSZ) と燃料極 (NiO/YSZ のサーメット又は NiO) と空気極 (LaMnO₃ 又は LaCoO₃) で単電池を構成し、インターコネクタ (LaCrO₃ 又は NiAl) で直列接続し集合電池を形成するが、これらの構成部品の形とガス流路の形成方法より円筒型と平板型と一体積層型がある。円筒型は

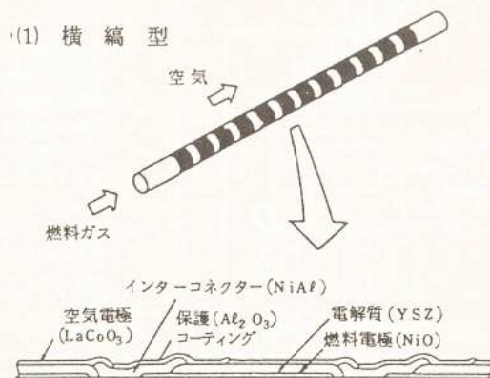


図1 円筒型 SOFC 構造例

通気性を有する円筒基体管 (Calcium Stabilized Zirconia 以下 CSZ) の表面に電極、電解質層を縞状に形成し、基体管の両側に燃料ガス、及び空気を流す。

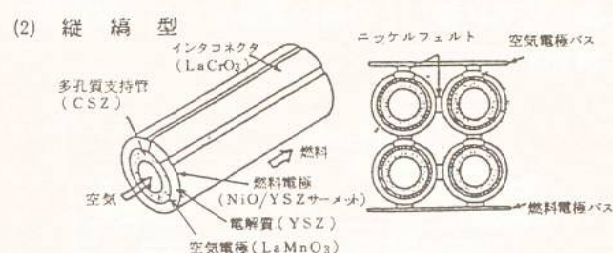


図1 円筒型 SOFC 構造例

平板型は電解質と電極の薄膜平板3層が発電層となり両面に溝を有する平板インターコネクタが直交流ガス流路を形成する。

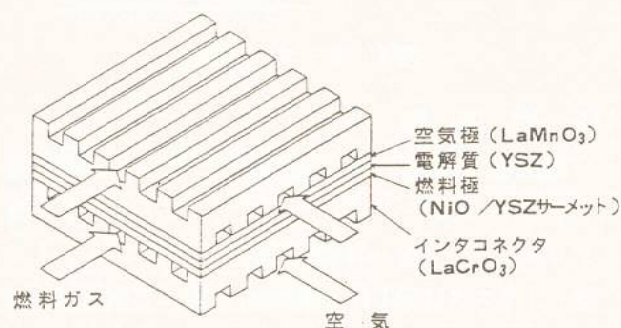


図2 平板型 SOFC 構造図

一体積層型は、それぞれの電極に接する各電極と同材の薄膜波形支持層で直交流ガス流路を形成し、その両端部は特殊な材料でシールする。インターコネクタは平板となる。

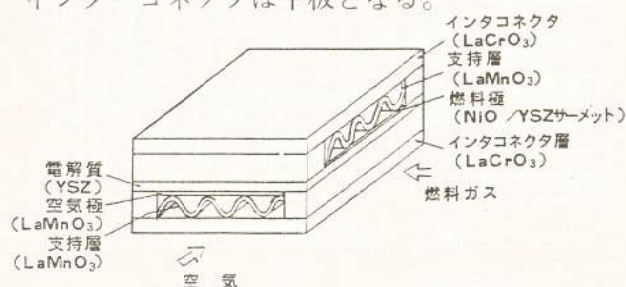


図3 一体積層型 SOFC 構造図

*羽田壽夫 (Hisao HANEDA), 三菱重工業(株), 神戸造船所, 火力部次長

3. 製 造

S O F C の型式により製造方法が異なる。

(1) 円 筒 型

横縞型は基体管上にプラズマ溶射法でマスキング治具を用い、各素子を順次積層していく。プラズマ溶射法は既知の如く、薄膜を形成させる最も実用性、汎用性のある技術であり、ここに用いる材料についても低圧化にて高密度、高密着力皮膜を形成しているが、超薄膜の形成と生産性の向上が今後の課題である。縦縞型はプラズマ溶射法のかわりに電解質を電気化学蒸着法 (E V D 法) その他の素子をスラリー塗布法で積層する。

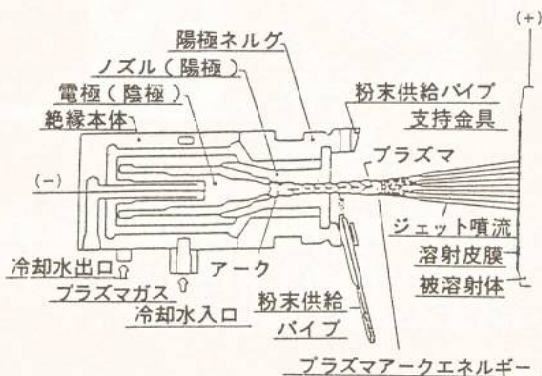


図4 プラズマ溶射法

(2) 平 板 型

電解質と電極の3層発電膜は例えば3層連続ドクターブレード法(キャストイング)による3層グリーンシートを一体焼結等して製作する。インターコネクタはHIPと機械加工等にて成形する。

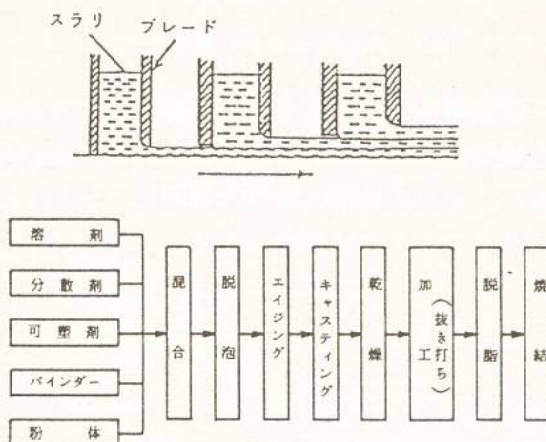


図5 3層発電膜製作方法

(3) 一体積層型

発電膜は平板型と同じ方法で製作し、波形支持層は単層ドクターブレードのグリーンシートをコルゲートマシンで波形成形し焼結する。インターコネクタは単層ドクターブレードのグリーンシートを焼結して製作する。今後の課題は一貫連続生産による生産性の向上である。

4. S O F C 発電プラント

燃料電池は、高効率、静粛運転、良好な環境特性などのすぐれた発電システムとして近年急速に開発が進められているが、特にS O F C 発電システムは1000℃以上の高温排ガスの熱回収を行いボトムリングサイクルにより電力として回収することによる高効率が期待できること、耐硫化腐食性が高く石炭ガス化ガスを容易に使える等の燃料の多様化が可能なること、白金等の融媒が不要でメタン等燃料ガスの電池内部での改質が可能である為改質装置が不要となることからプラントがコンパクトに構成できること、セラミックスで構成される為腐食の問題なし等の多くの特徴を有する。S O F C の発電効率は、石炭ガス化ガスで～50%、天然ガス (L N G) で～65%と非常に高くCO₂削減への寄与も大いに期待される。

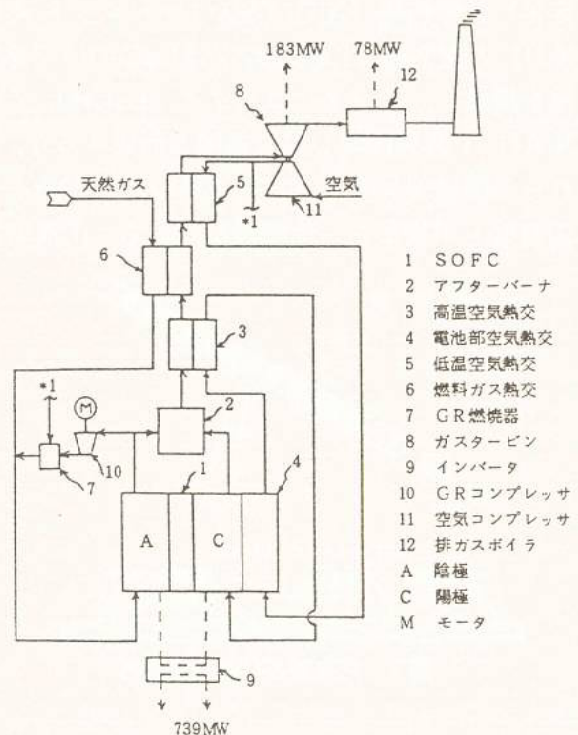


図6 1000MW級S O F C 発電システム

5. 1000MW級発電プラント

夢は大きく、S O F Cによる1000MW級発電プラントのイメージを描いてみた。

ガスタービンとコンバインドすることによりプラント送電端効率65%，ますます夢は広がる。これが実用化すれば現在の火力発電の方式は全てこの燃料電池複合発電システムに置き換えられるであろう。

6. 実用化へ向けて

S O F Cは第3世代の燃料電池と言われていたが、最近の技術的進歩は目覚しく、kW級クラス発電試験を既に終え、10kWクラス発電試験が行われるのも間もなくのことと予想されており、ここ数年の内には商用機が出現することが期待されている。三菱重工業㈱でもこの様な魅力あるS O F Cの実用化に向け鋭意開発を推進中である。

