

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名 「高温運転メタノール直接型燃料電池の開発」
2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）  
研究代表者 渡辺 政廣（山梨大学クリーンエネルギー研究センター）  
主たる共同研究者  
藤波 達雄（静岡大学工学部 教授）  
中尾 真一（東京大学大学院工学系研究科 教授）  
田口 久富（(株)リタケカンパニーリミテド 主任研究員）

### 3. 研究内容及び成果：

自動車排ガスによる地球環境汚染対策として期待されている。燃料電池電気自動車(FCEV)は、従来のエンジン自動車に比べ、高効率で完全無公害である。中でも液体メタノールを直接供給して電気を得る高分子電解質型燃料電池(DMFC)は、改質ガス型と異なり燃料改質器関連機器が一切不要であるため、システム全体の構造が簡略化され、また、起動とメンテナンスが容易となるため、小型移動(動力)電源、携帯機器用電源としても最適である。しかし現状では、燃料を電気化学的酸化する反応が遅いため、改質ガス型に比べてアノード性能が著しく低い。さらに、電解質膜を浸透したメタノールがカソードで非電気化学的に酸化される燃料浪費と、それによるカソード性能の低下も大きな問題である。

本研究では、高温作動(～150℃)可能な直接型燃料電池の実現に向けた基礎的研究を実施する。このような高温運転によって、電極反応(アノード及びカソード反応)速度の促進による電池の高性能化、高品位廃熱の利用拡大による電池の総合効率の向上、触媒量の低減、電池のコンパクト化、コストダウン等、極めて大きなメリットがもたらされる。

#### (1)高温運転 DMFC 用電極触媒と高分子電解質膜の設計・開発(電池評価グループ)

- A. 白金合金電極のメタノール酸化活性評価法の開発と活性の温度依存性の解析
- B. その場赤外分光法による Pt-Ru 合金電極でのメタノール酸化機構の解明
- C. 直接酸化型燃料電池用メタノール代替液体燃料の安定性と電気化学酸化の評価
- D. 酸素還元特性評価法の開発：白金電極特性の温度依存性の解析
- E. 白金合金電極の酸素還元活性の温度依存性
- F. Pt 合金の耐 CO 被毒作用のナノスケール多角的解析
- G. 白金高分散電解質膜によるメタノールのクロスオーバー抑制
- H. 高温燃料電池用 ab-PBI 電解質膜の特性
- I. 耐熱性炭化水素系電解質膜の合成とキャラクタリゼーション
- J. スルホン酸化ポリイミド系イオノマーを用いたガス拡散電極の設計
- K. BSO 系イオノマーを用いたガス拡散電極の設計
- L. 新規スルホン酸化ポリイミド系電解質を用いた DMFC 運転試験について成果が得られた。

#### (2)プロトン導電性無機・有機ハイブリッド電解質材料の開発(ハイブリッド電解質グループ)

- A. ポロシロキサン電解質の調製と特性
- B. 橋かけポロシロキサン電解質の調製とプロトン導電性について成果が得られた。

#### (3)細孔フィリングプロトン伝導膜の開発と DMFC 設計(コンポジット電解質グループ)

- A. プラズマグラフト重合法による細孔フィリング電解質膜の開発
- B. 充填重合法による細孔フィリング電解質膜の開発
- C. 細孔フィリング電解質膜を用いた燃料電池性能
- D. 計算モデルによる細孔フィリング膜透過性の予測
- E. マイクロ燃料電池に向けての電解質膜・電極一体型システムについて成果が得られた。

#### (4)電解質膜 - 触媒層一体型基膜の開発(基膜開発グループ)

- A. 一体型電解質層製膜用多孔質電極基膜の開発
- B. 触媒担持カーボン膜の開発
- C. 電解質充填用多孔質無機膜の開発について成果が得られた。

#### 4. 事後評価結果

##### 4 - 1. 外部発表(論文、口頭発表等)、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

燃料電池の高温作動(~150℃)化は、近年、特に自動車や定置用燃料電池の次世代技術課題として最重要視されている。高温化によって電極反応速度が促進され電池の高性能化が可能、

高品位排熱の利用拡大によるシステム総合効率の向上、触媒量の低減、電池のコンパクト化、コストダウンが可能、などのメリットが生まれる。「高温運転メタノール直接型燃料電池(DMFC)」は、本研究の提案当時、国内外に於いて、ほとんど類を見ない極めて挑戦的な取り組みであった。電極触媒の設計・機構の実用性評価、高温運転のための炭化水素系新電解質の開発などについては世界を先導してきた研究代表者らも、本研究を通じて、未だ実用性を実証したと言える段階ではないものの、耐食性に優れ、且つ単独でもある程度の活性を有する白金族金属と、単独では不活性で耐食性もない卑金属とを合金化することで、そのいずれにも優る新触媒を設計し、高温運転条件下でも安定な新触媒を作り出すことに成功した。さらに高温運転条件下でも、導電性が高く、メタノール浸透が抑えられる細孔フィリング膜などを開発し、その膜中に、微量・超高分散した白金触媒でメタノールを酸化除去できる新しい電解質を開発することにも成功した。

研究期間中に国際燃料電池ワークショップ1回、研究チーム全体会議2回、審査付原著論文国内4件、海外27件、学会発表:海外38件(うち招待講演25件)、国内89件(うち招待講演21件)、ポスター発表:国際会議13件、国内学会1件、プレス発表1件、特許出願:国内7件。

##### 4 - 2. 成果の戦略目標・科学技術への貢献

高活性で高温運転条件下でも安定な新型電極触媒の探索と評価、高温運転可能な高伝導性、低メタノール透過率の新電解質膜の開発、これらの材料を組み合わせた新型MEAによるDMFC運転の実証、を目指し、研究が行われたが、在来の電解質膜に比し、高温運転条件下でも、導電性が高く、メタノール浸透が抑えられる細孔フィリング膜の開発と、その膜中に、微量・超高分散した白金触媒でメタノールを酸化除去できる新しい電解質の開発に成功したこと、耐食性に優れ、且つ単独でもある程度の活性を有する白金族金属と、単独では不活性で耐食性もない卑金属とを合金化することで、そのいずれにも優る新触媒を設計し、高温運転条件下でも安定な新触媒を作り出すことに成功したことは、究極の目標にあと一步と迫る成果である。

##### 4 - 3. その他の特記事項(受賞歴など)

(1)渡辺政廣(研究代表者、山梨大学教授):山梨科学アカデミー賞「燃料電池の基礎および応用研究」:2001年5月28日。

(2)内田裕之(山梨大学教授):電気化学会学術賞「低温作動固体酸化物型燃料電池用高性能電極に関する研究」:2003年4月2日。

(3)宮武健治(山梨大学助教授):高分子学会高分子研究奨励賞「芳香族高分子電解質膜の合成とプロトン伝動特性に関する研究」:2003年5月29日。

(4)山口猛央(東京大学助教授):日本膜学会膜学研究奨励賞「溶媒分離膜および燃料電池用電解質膜としての細孔フィリング膜の開発・設計」:2004年5月21日。