

ディビジョン番号	11
ディビジョン名	電気化学

大項目	1. エネルギー変換
中項目	1-1. 電池・燃料電池
小項目	1-1-6. 燃料電池

#### 概要（200字以内）

燃料電池はクリーンで高効率な次世代エネルギーシステムであり、地球環境保全の切り札として期待されている。リン酸形は污水处理場、ビール工場やホテル等に導入され始めている。熔融炭酸塩形もビール工場等への試験導入が始まった。固体高分子形は自動車、家庭用、携帯機器用への応用を目指して開発が急ピッチで進んでいる。固体酸化物形では高効率運転を目指した高温型に加え、800℃以下の低温作動型の開発も加速されている。



#### 現状と最前線

1. アルカリ形 (AFC) : 作動温度が低く高性能である。白金よりも安価な銀を電極触媒に用いることもできる。しかし、CO<sub>2</sub> を含まない純水素が必要なため、本格的な水素エネルギーシステムが到来するまではスペースシャトル等の宇宙用や軍用などの特殊用途に限られている。
  2. リン酸形 (PAFC) : 性能、寿命ともに実用段階に到達した。電池廃熱を有効利用できるホテル、レストランや工場等で 50 kW~200 kW 級機のフィールドテストを経て、最近では信頼性を求められる病院やコンピューターセンターの電源として、あるいは污水处理場やビール工場で発酵生成するメタン（バイオガス）を改質して発電するシステムとして導入されている。
  3. 熔融炭酸塩形 (MCFC) : 火力発電代替の高効率発電として期待され、オンサイト用 300 kW 級 MCFC がドイツの病院や日本のビール工場等で実証試験されている。着実に性能は向上しているが、カソードからのニッケルの溶解防止など信頼性向上への課題も多い。
  4. 固体高分子形 (PEFC) : フッ素樹脂系電解質膜に白金系高分散電極触媒と電解質バインダーからなる触媒層を接合して膜電極接合体 (MEA) を構成し、これを炭素系セパレータで積層したスタックが主流である。自動車 (FCV) や家庭定置用は実証試験が進行中である。携帯機器用メタノール直接型 (DMFC) は数年以内の市場導入を目指して活発に開発が進められている。
- 4.1. 電解質膜 : スルホン酸基を有するフッ素樹脂系イオン交換体膜は 90℃以下で安定である反面、価格が高いという欠点がある。PEFC 作動中に発生する OH ラジカルの攻撃により劣化することが確認され、機構解明と対策が急務である。100℃以上の高温が実現すれば、電極反応速度の促進（貴金属触媒量低減）、アノードの耐 CO 被毒性の向上、高品位排熱の冷暖房利用な

ど大きな利点があるため、炭化水素系膜や無機-有機ハイブリッド膜の開発が進められている。

4.2. 電極触媒：多量の白金ナノ触媒が使用されているが、コストに見合ったエネルギー変換効率は得られていない。非白金触媒は研究の緒に就いたばかりで、その性能は極めて低く、一足飛びにゴールできる状況ではない。白金代替触媒開発は地道に継続しつつも、電池性能を低下させることなく白金使用量を大幅に削減する研究が望まれている。最近、白金の合金化により電子構造が修飾されて活性化される作用が見出された。また、長期運転により触媒粒径粗大化と炭素担体の腐食が進行する。劣化抑制法確立のため機構解明が活発に研究されている。

4.3. セパレータ：低コスト化と高耐久性の両立ならびにスタックのコンパクト化を目指して、カーボン樹脂モールド型や耐食被覆金属材料などが開発されつつある。

5. 固体酸化物形 (SOFC)：最も高い総合変換効率が期待できる。在来の高温(1000℃付近)作動型は、イットリア安定化ジルコニア (YS) 固体電解質に Ni-YSZ サーマットアノードと La(Sr)MnO<sub>3</sub> (LSM) 系カソードを接合し、LaCrO<sub>3</sub> 系インターコネクで積層している。円筒型や平板型の実証試験や低コスト化が進行中である。インターコネクに耐熱合金が使用可能となる低温(800℃以下)作動型はコストの大幅な低減と多様な用途が期待でき、数 kW の家庭・事業所定置用から数 W の携帯用電源まで研究・開発が進められている。

5.1. 固体電解質：YSZ よりもイオン導電率の高いスカンジウム安定化ジルコニア (ScSZ) や LaGaO<sub>3</sub> 系電解質が開発された。また、600℃以下の運転を目指して多元ドープの LaGaO<sub>3</sub> やセリア系電解質も検討されている。これらの薄膜化技術の開発と耐久性の研究が重要課題である。

5.2. 電極材料：在来電極材料の微細構造制御による性能と耐久性向上に加え、新材料開発が進行している。LSM よりも高活性な La(Sr)Co(Fe)O<sub>3</sub> (LSCF) カソード、高温停止時に酸素が混入しても破壊されない Redox 耐性アノード、燃料ガス中の硫黄不純物に耐性のあるアノード、乾燥あるいは低加湿状態の炭化水素でも炭素析出せず作動できるアノードなどである。

5.3. インターコネク：耐熱金属材料からのクロム成分飛散による電極被毒やシール材料との反応を抑制するため、機構面からの研究が進められている。

将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題：[基盤] 材料特性と寿命の標準評価法の確立
- ・ PEFC 用低白金使用 MEA の耐久性の向上と低コスト化（高活性電極触媒、高温作動膜など）
- ・ SOFC 材料（電極、電解質、インターコネク、シール、燃料処理）の性能と耐久性の向上
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
- ・ PEFC 用白金代替触媒、高温無加湿膜、高耐食性金属セパレータの信頼性確立とシステム化
- ・ SOFC スタックの信頼性（長期安定性、耐熱サイクル性）確立とシステム化

キーワード

燃料電池、電極触媒、固体電解質、高分子電解質、燃料改質

(執筆：渡辺 政廣 )