

4-4. 燃料電池

目的

現在の発電システムは化学エネルギー（石油）→熱エネルギー（ボイラーなど）→機械エネルギー（タービンなど）→電気エネルギーへと多段変換プロセスである。一方、燃料電池（Fuel Cell）は化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換することができる。このため、発電効率が非常に高い、環境への影響が少ない、燃料の多様化が可能であるなどの多くの特徴をもつ。燃料電池は、電解質（Electrolyte）板を挟んで片面に燃料極（Anode）を、裏面に空気極（Cathode）を取り付け、水素を電気化学的に酸化するとき発生する水の生成ギブスエネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置である。燃料電池の概略を図1に示す。反応の駆動力は、燃料極と空気極との間の水素あるいは酸素の圧力差である。燃料電池は電解質の材質から幾つかの種類に分けられる。表1にはこれまで提案されている主な燃料電池の種類と特徴をまとめた。現在、自動車用燃料電池として注目されているのが固体高分子型燃料電池である。電解質材料には陽イオン交換樹脂が用いられている（図2）。ここではこの固体高分子型燃料電池の装置を作製し、実際に起電力（Electromotive Force）が発生（電池の働き）するかどうかを確認する。

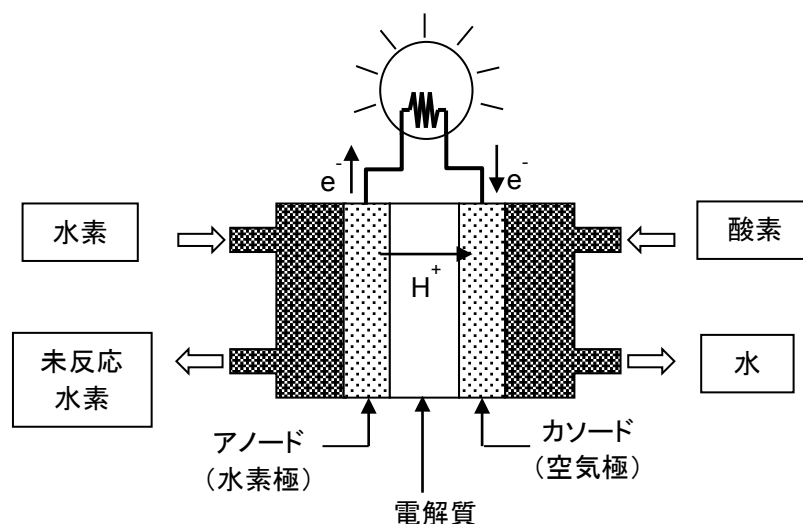


図1 燃料電池の概略

表1 燃料電池の種類と特徴

水素型

燃料電池の種類	固体高分子型	リン酸型	熔融炭酸塩型	固体酸化物型
反応温度 (°C)	60-80	160-210	600-700	900-1000
電解質	陽イオン交換膜	高濃度H ₃ PO ₄	Li ₂ CO ₃ , K ₂ CO ₃	安定化ZrO ₂
電荷担体	H ⁺	H ⁺	CO ₃ ²⁻	O ²⁻
発電効率 (%)	35-45	35-45	45-60	45-60
特徴	低温で作動, 電力密度が高い, 瞬時動作が期待できる, 電気自動車用として使える	排熱を給湯, 冷暖房に使える.	排熱を複合発電システムに使える.	電力密度が高い, 排熱を複合発電に利用できる, 燃料の内部改質 ^{注1)} が可能.

注1) 現在はまだ天然ガスを直接燃料として燃料電池で使うことができないので, 水素に変えて(燃料の改質)電池に供給する. 燃料電池内で発電と同時に改質を行う場合を内部改質という. 燃料電池の外で改質が行われる場合は外部改質と呼ばれる.

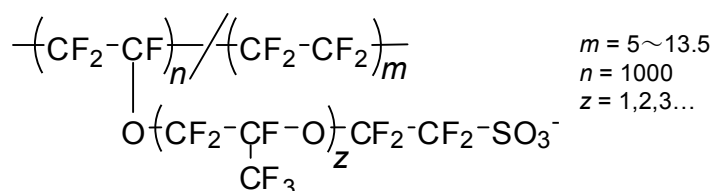


図2 ナフイオン[®]の構造式

実験装置

ナフイオン[®]膜 (20×20 mm²), パイレックスガラス管 (直径 30 mm, 1本; 直径 20 mm, 1本; 直径 5 mm, 2本), ゴム栓 (大2, 小1), 銅線¹ (200 mm, 2本), 導電性接着剤 (銀ペースト)¹, 電極ペースト (白金^{1,2}), エポキシ系接着剤, テープヒーター, スライダック, デジタルボルトメーター, 温度計, 電気分解装置, 電源, チューブ

1. 電極ペースト (白金) や導電性接着剤 (銀ペースト) は非常に高価であるので, 必要な分だけ使用すること. 銅線のかわりに白金線を用いる場合は可能な限り使い回すこと.

2. 白金には発火性があるので, 所定のところに回収すること.

実験方法

1. ナフイオン[®]膜を必要なだけ切り取る.
2. 電極ペーストをナフイオン[®]膜の両面に塗り, 導電性接着剤で銅線を両面に取り付ける.
3. パイレックス管 (直径 20 mm) とナフイオン[®]膜をエポキシ系接着剤で取り付ける.
4. ゴム栓に穴をあけてパイレックス管 (直径 5 mm), 銅線を通し, 図3の装置を作成する.
5. リボンヒーターを外側に巻きつけ, 70 °C 程度に制御する.
6. 空気極側に空気を, 燃料極に水素ガスを導入する.
7. 銅線の両端に発生する電圧 (起電力) をデジタルボルトメーターで測定する. また抵抗を繋いで電流を流す.

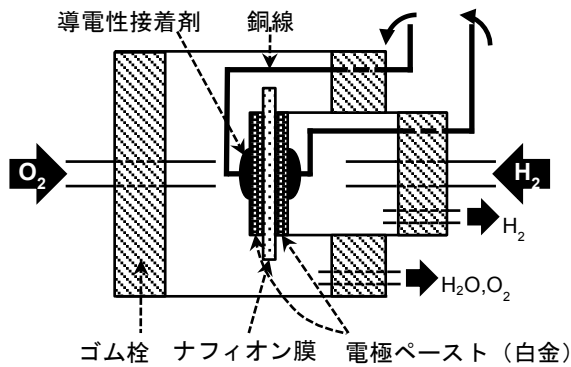
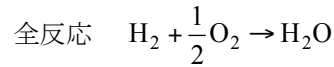
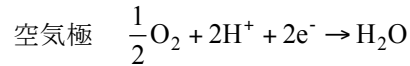
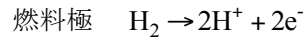
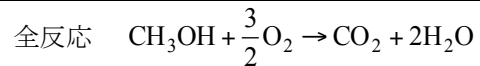
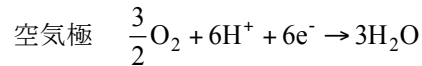
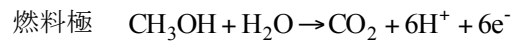


図3 装置図



$\Delta G^\circ = -237 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H^\circ = -286 \text{ kJ/mol}$ (at 25 °C)

直接メタノール型



$\Delta G^\circ = -702 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H^\circ = -727 \text{ kJ/mol}$ (at 25 °C)

考察

1. 電極ではどのような反応が進行しているのかを考察せよ.
2. 温度70 °Cで水素—酸素燃料電池を作動させたときの理論起電力を計算せよ. 温度が高くなると理論起電力はどのように変化するか? また, 実験で得られた起電力とのズレの要因について考察せよ.
3. 水素のかわりにメタノールも燃料に用いることができるが, その利点は何か? また, 理論起電力はどのようになるか?
4. 燃料電池の長所, 短所を考えよ.

参考文献

1. 「水素・燃料電池ハンドブック」, 水素・燃料電池ハンドブック編集委員会著, オーム社 (2006).
2. 「燃料電池: 熱力学から学ぶ基礎と開発の実際技術」, 工藤徹一, 山本治, 岩原弘育著著, 内田老鶴圃 (2005).
3. 「燃料電池と高分子 (高分子先端材料 One Point 7)」, 高分子学会燃料電池材料研究会著, 共立出版 (2005).
4. 「電気化学便覧」, 電気化学会編, 丸善出版 (2013).