

ダイレクトカーボン燃料電池開発に向けたセル設計

日大生産工(院) ○岡崎 あづさ 日大生産工 日秋 俊彦  
東大生研 望月和博

1. 緒言

バイオマスの有効活用として炭化リサイクルが注目されているが、炭化物市場が狭いことからリサイクルは進んでおらず炭化物の有効活用が必要とされている。有効活用として、材料化やエネルギー化が考えられる。我々は固体炭素を燃料としたダイレクトカーボン燃料電池(以下DCFCとする)に着目をした。バイオマス炭化を燃料とすることを最終的な目的とし、本研究はその基礎研究として炭素挙動を知るために炭素棒を用いて実験を行う。カソード素材、電解質、温度、圧力等の条件を変えて開回路電圧(OCV)・電流-電圧曲線等のエンジニアリングデータを収集し、評価・設計を行った。

2. 実験方法および測定方法

実験に用いた圧力容器を図1に示す。

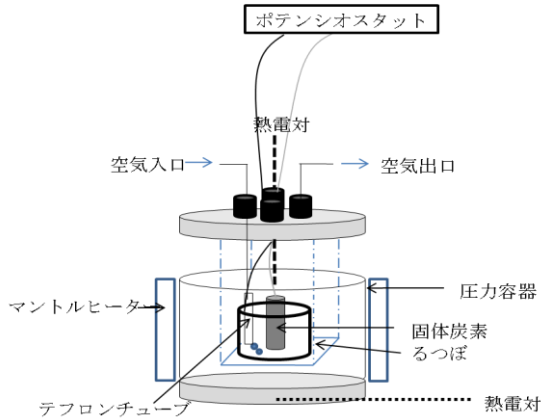


図1 圧力容器図

電気化学セルを圧力容器中に設置し実験を行った。目的とする温度・圧力に達するまでは出口側から空気を送入し、達した後に入口側に切り替え電解質中に流入した。空気は純空気を用い、メータリングバルブとニードルバルブで流量調整を行った。圧力は背圧弁で調整し、K型熱電対により圧力容器中の電気化学セル近傍と、圧力容器内側の底部の温度を測定した。

圧力容器内部の電気化学セルは炭素棒をアノード兼燃料とし、NiやAg等の金属をカソードとし、アルカリ溶液を電解質として実験を行った。アノードとカソードをセットした容器に、電解質溶液を注ぎ圧力容器に設置した。

開回路電圧(OCV)の測定はポテンシオスタット(Versa-stat 3: Princeton Applied Research)、電流-電圧曲線の測定は電流電圧発生測定器(ADVANTEST: R6240A)で行った。測定終了後の電解質中に存在するIC(無機炭素)はTOC計(SHIMAZU: TOC-500)で測定した。

実験条件を表1に示す。今回のセルでは、Ptなどを用いておらず、Niを電極素材とした。

表1 実験条件

番号	カソード	電解質	温度(°C)	圧力(MPa)
run-1	Niるつぼ	6M NaOH	180	3.5
run-2	Niるつぼ	6M KOH	180	3.5
run-3	Ni網	6M KOH	180	3.5
run-4	Ni網	6M NaOH	180	3.5

3. 結果と考察

DCFCは炭素の電気化学酸化により進行する。各々の電極反応と理論電圧は以下の通りである。

表2 電極反応

	反応	E°[V]
アノード	$C+4OH^- \rightarrow CO_2+2H_2O+4e^-$ (1)	0.621
カソード	$O_2+2H_2O+4e^- \rightarrow 4OH^-$ (2)	0.401
全反応	$C+O_2 \rightarrow CO_2$ (3)	1.022

表1の実験条件中で安定したデータが取れたRun1の結果を示す。

圧力容器内が180°C、3.5MPaに達した後に空気を流入に温度圧力一定の下で開回路電圧を安定するまで測定した。その結果を図2に示す。

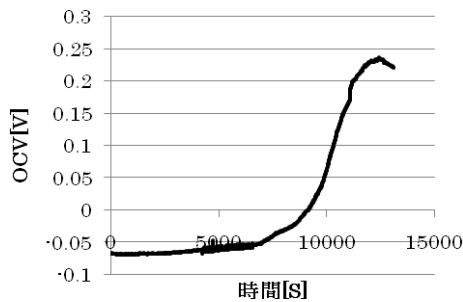


図2 180°CにおけるOCVの時間変化

経過時間150分付近から急激に値が上昇し始めている。OCVの理論値は1.02Vであるのに対し、最大値は200分付近で0.236Vであった。又、この時の電流 - 電圧曲線と電流 - 電力曲線は以下のように測定された。

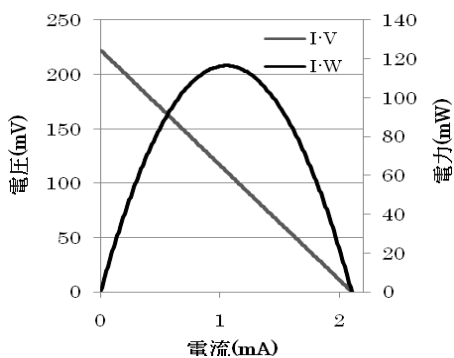


図3 180°Cにおける電流 - 電力、電力 - 電流特性

最大短絡電流は2.1mA、最大電力は1.04mAの時116.5mWであった。

ファラデーの式より実験中に消費される炭素の物質量を求める。

電気容量(Q)は以下の通りに示され、

$$Q = I \cdot t \quad (4)$$

(I[A];電流 t[s];時間)

消費される物質のモル数は次式であらわされる。

$$m = Q / z F \quad (5)$$

(m[mol];モル数 z;反応に関与する電子数

F[C/mol];ファラデー定数=96465)

ファラデーの法則とI-Vの結果から炭素の理論消費物質量は、 $2.5 \times 10^{-7}$ molであるのに対し、IC測定による実験値は、 $1.8 \times 10^{-7}$ molであった。詳細な物質収支の検証は今後の課題だが、これらの結果から電気化学反応に伴う炭素の消費が認められた。ただし、炭素の反応に伴う炭酸イオンの電解質への蓄積は、電気化学セル内の内部抵抗への影響が知られている。理論値よりも低いOCV値や、電流 - 電圧特性の低下を招いた原因の一つであると考えられる。

#### 4. 結言

Niをカソード、炭素棒をアノード兼燃料料として、Ptなどの高価な触媒を使わずに電池としての作動が実験的に検証できた。触媒や電解質の更なる検討を進めると共に、電気化学反応の挙動を明らかにしていくことで実用セルの開発に展開できることが示された。

#### 「参考文献」

- 1) Teppei Nunoura, Kiyoshi Dowaki, Chihiro Fushimi, Stephen Allen, Erika Meszaros, and Michael Jerry Antal Jr. (2007), *Ind. Eng. Chem*, pp. 734-744
- 2) J. BALEJ (1984), *Ind. J. Hydrogen 10* pp233-243
- 3) Dianxue Cao, Yong Sun, Guiling Wang. (2007) *Jornal of Power Sources 167* pp. 250-257