

P103

電気化学ヒートポンプ低温側吸熱反応部の性能解析

(芝工大)○(正) 田中耕太郎*・(芝工院) 中山 和博・(芝工大) 島田 透・鈴木 秀一

1. 緒言

本研究では熱輸送・増熱効果が期待できるケミカルヒートポンプのなかで、固体電解質を用いる隔壁式電気化学ヒートポンプに注目している。この方式は熱入力だけを利用する方式と比較して装置体積あたりの反応熱量を大幅に増加させる可能性を特徴としている。200°C程度以上の中高温熱出力が可能であり、小規模加熱、電子素子冷却装置等への応用が考えられる。濃度差潜熱方式¹⁾ならびに電気化学反応熱方式が有望であり、本報では後者方式の低温側吸熱反応部に関する実験結果と性能の可能性に関して報告する。

2. 低温側吸熱電気化学反応槽の性能

隔壁式は、固体電解質をはさんで位置する電極間に電位差を与え、電気化学的に吸熱反応を起こすことにより作動する。低温側反応槽の実験装置を図1に示す。本研究ではプロトン伝導膜を用い、吸熱反応にはケミカルヒートポンプで実績のある2-プロパノール・アセトン系を選択した。この液相脱水素反応($\text{CH}_3)_2\text{CHOH}[l] \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CO}[l] + \text{H}_2[g]$ の吸熱量は $\Delta H = 70\text{kJ/mol}$ 、ギブス自由エネルギー $\Delta G = 0$ の温度は200°Cである。電極には触媒Pt, Ruを担持したカーボン繊維を用い、アノード側はPt/Ru=1、カソード側はPt/Ru=10、電極面積は 4cm^2 である。2-プロパノール液はアノード側電極部に電極面に沿う方向で流量0.46 ml/minでチューブポンプにより供給される。

図2はポテンシオガルバナスタットを用いて測定した供給電位差 ΔE に対する電流密度 i の測定結果例である。セル温度は反応面に挿入した熱電対測定値を示す。作動温度が高く、電位差の大きい条件の電流値は 100mAcm^{-2} と大きな値が可能であることが理解できる。この電流密度は反応熱量に換算すると電極面積あたり熱量 360W/m^2 に相当する。伝熱面に対する電極面積の比は構造上増加させることが可能であり、より高い熱流束も可能である。

一方、入力電位に注目すると分解反応温度300Kに対応して必要とされる理論分解電位差は0.13Vであり、固体電解質膜の伝導率による電圧降下は0.03V程度である。測定された電位差はその6~8倍と大きな値に相当する。電位差の大きい理由は、内部抵抗による電圧降下の大きいことに起因している。内部抵抗を高周波インピーダンス測定により測定した結果例を図3に示す。高周波側の測定値より、電流リード構造等による抵抗成分は約 $0.25\text{m}\Omega\text{m}^2$ であることが理解される。この抵抗値は 100mAcm^{-2} の際には0.25Vの電圧降下に相当する。今後、電極部の分極抵抗低減化と伴に電流リードの抵抗低減化が必要といえる。

今回の実験ではPt/Ru触媒を担持したカーボン繊維を金属網により電解質膜に押しつける構造を採用している。実験結果では、触媒担持量と担持方法により大きく性能に影響する結果が得られている。具体的には担持量が多く、電

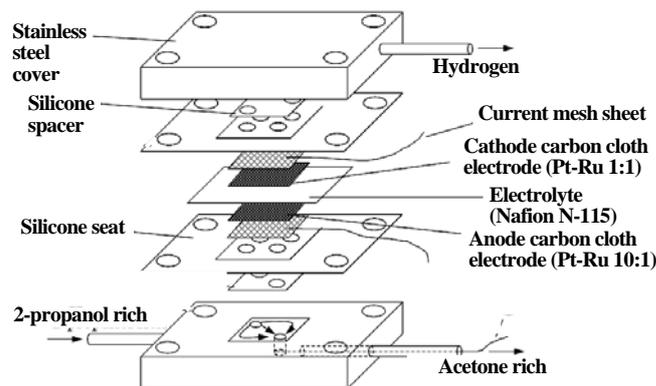


Fig. 1 Structure of experimental electrolysis cell

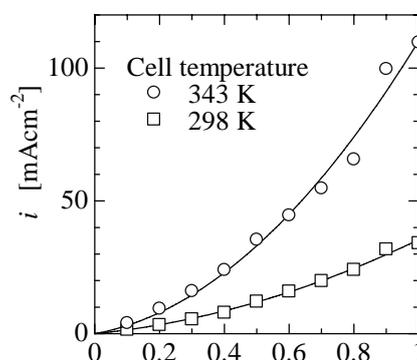


Fig. 2 Measured current density as a function of cell potential at reactor temperatures of 298 K and 343 K

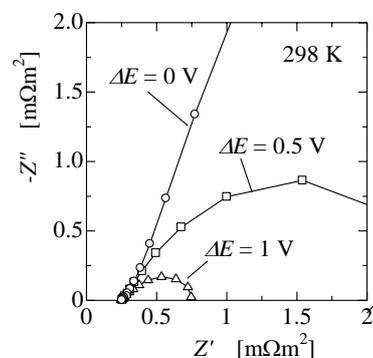


Fig. 3 Cole-cole plot data of the dehydrogenation reactor cell

解質膜との接触面に多く傾斜担持させた際に高い性能を示している。これらの結果より電解質膜上に直接触媒電極を形成する方法が抵抗低減方法の一つの解決策と考えている。

3. 結言

2-プロパノール・アセトン系の脱水素電気化学反応セルの特性を評価した。現状性能はヒートポンプCOP値に換算すると1以下と低性能である。現在のPEFCセル程度まで抵抗値が低減すると抵抗値は現状の1/5以下となり、COPとして2~3程度以上が期待できる。実際の電極部作製方法と抵抗低減方法の検討が今後の課題といえる。

【参考文献】(1)田中・藤井・塙, 化工エネルギー部会シンポジウム講演論文集, 8-1(2009), 17-20.

*Tel: 03-5859-8060 e-mail:k-tanaka@sic.shibaura-it.ac.jp