



ホットプレス一体型燃料 電池試験装置

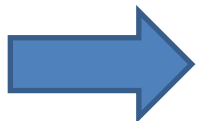
(株)つくば燃料電池研究所

Tel, FAX: 029-896-6381

E-mail: okada.f@angel.ocn.ne.jp

燃料電池研究の問題点

- 燃料電池業界からは、材料基礎研究者が扱う素材の評価として「最終的な**実用性**」が求められる
- 燃料電池による実証試験を行うには、大きなハードル(素材からシステム構成に移行するため、素材加工・構成に関する**ノウハウ**)
- 燃料電池システムの技術を理解し運転評価するために、既存装置では**高額の費用**
- 燃料電池モデルセルの出力は、素材の良否以前に、ガス(水素、空気)の流通確保(**流路設計**)及び運転条件に大きく左右



基礎研究と実用とのギャップを埋める

単セル小型化への課題

→最適値として、 $S = 2\text{cm}^2$ とする

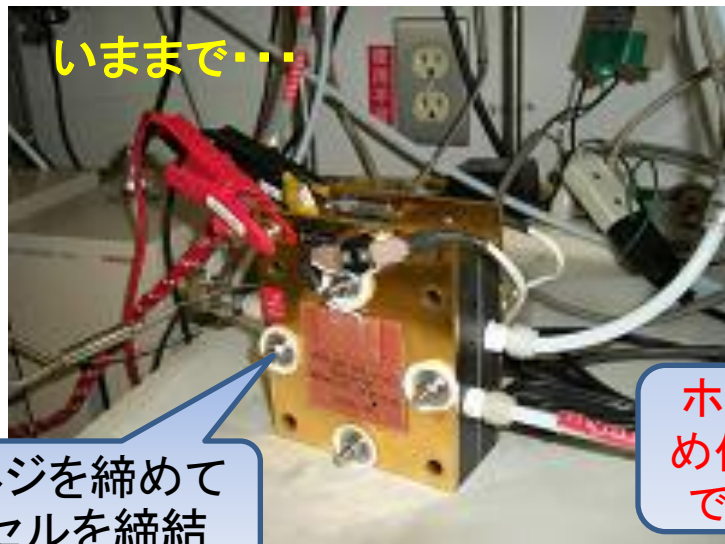
長所

- MEA小型化により、試験材料のサンプル量低減
- 装置の小型化によるコスト、スペース削減
- 計測器の小電力量化、簡易化
- MEA作製及びFC組み立てに熟練を要しない

短所(困難な課題)

- 電極周囲/電極面積比 L/S が大きく、ロスが大きい
 $L = 2(a+b)$, $S = ab$ として、
 $L/S = 2(a+b)/S = 2\{(a/S)+(1/a)\}$
は、 S が小さいほど大となる
- オーム抵抗による抵抗過電圧が相対的に増大
MEAの比抵抗 ρ 、厚さ t として、
抵抗過電圧 $\eta_{\Omega} = IR = I\rho(t/S)$ は S が小さいほど大
- ガス流路の組み込みが困難

ホットプレス一体型燃料電池計測単セル

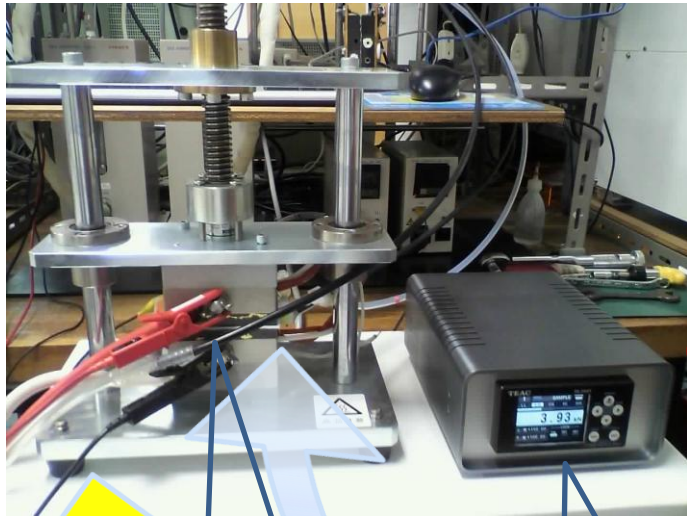


燃料電池単セル市販品
(ElectroChem社)



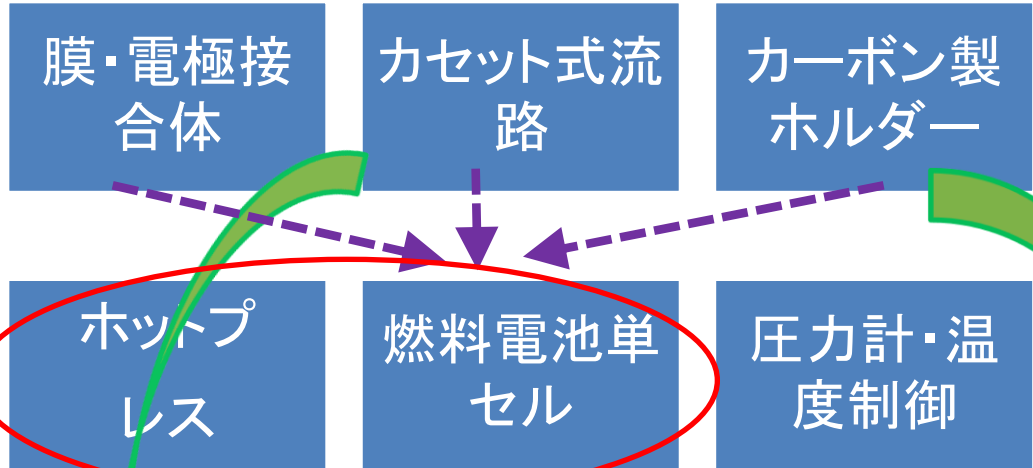
- 「単セル」と、MEA作製時に必須である「熱圧着用ホットプレス」を1台の機器で構成 → コスト、スペース及び使い勝手を著しく向上
- ハンドル式締め付けで、定量的・容易なセル締結圧の制御
- ハンドル締め付けの限界: $\sim 1,000\text{kg}$ → 3kN cm^{-2} にはMEA面積 2cm^2 以下

装置の構成 (ホットプレスと単セルを兼ねる)

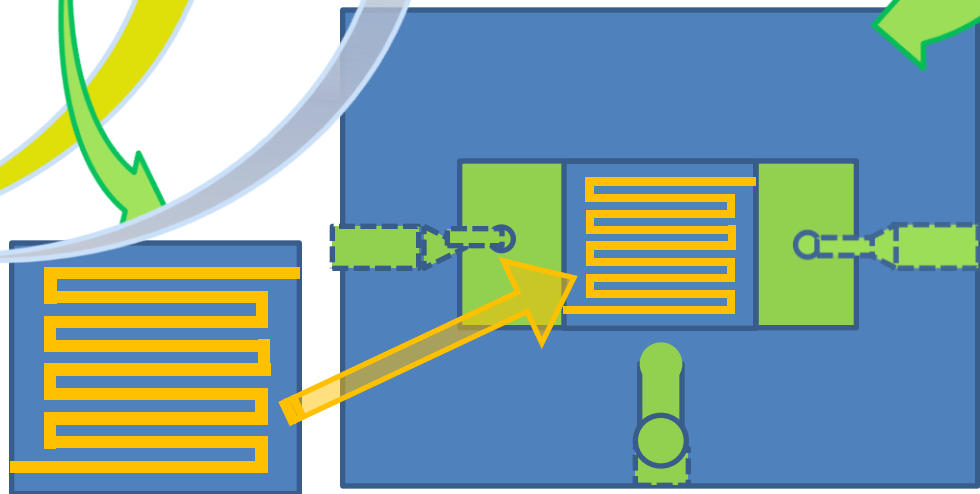


ホットプレス
一体型単セル

圧力計

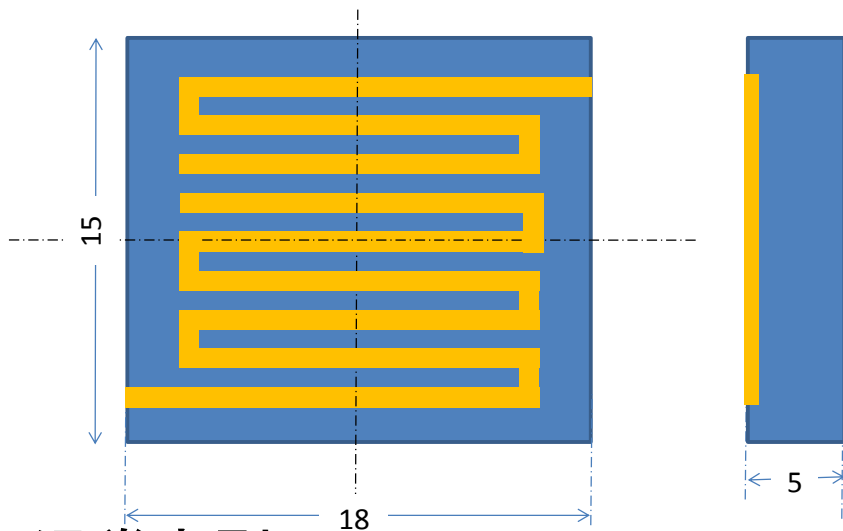


カセット式流路
MEA 2cm²

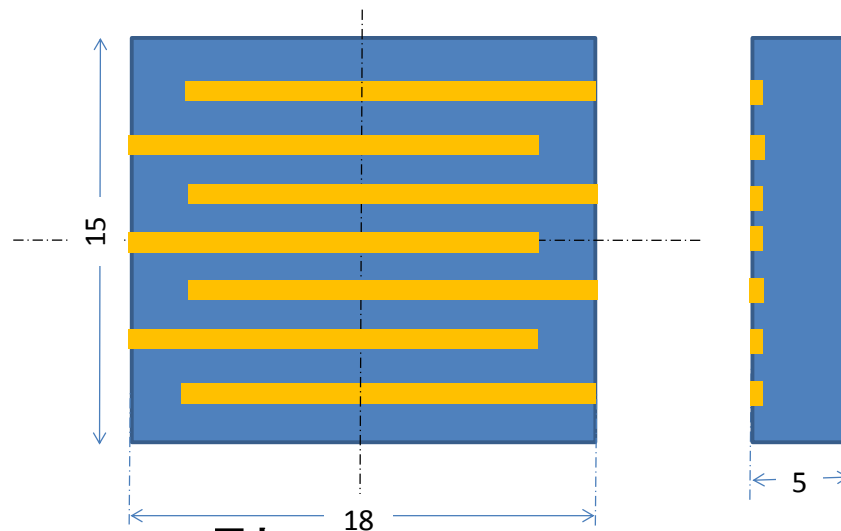


カセット式(はめ込み式)流路形状の例

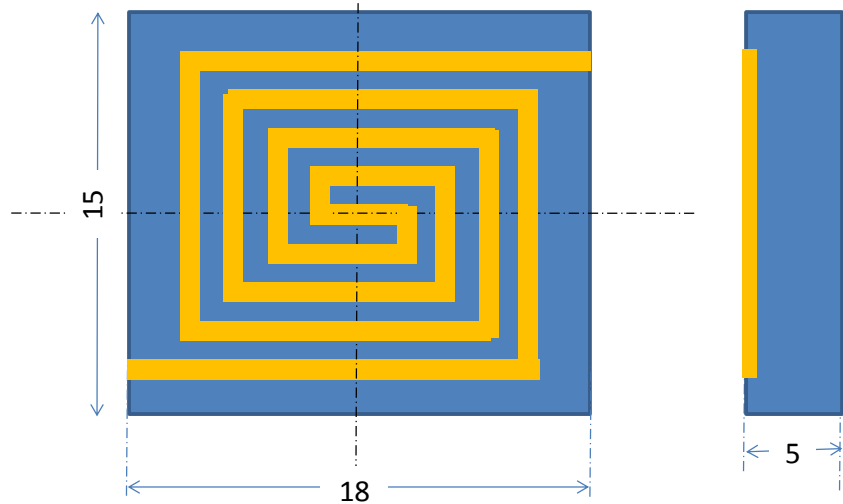
Surpentine型



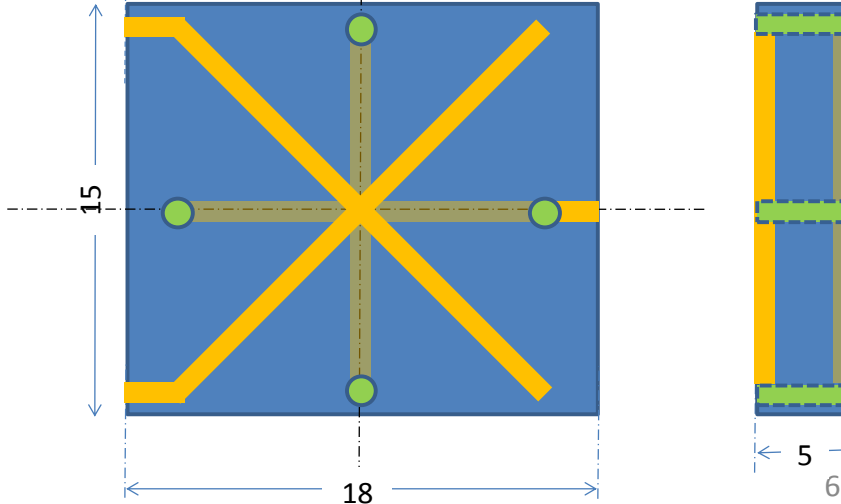
Submerge型



渦巻き型



Fractal型

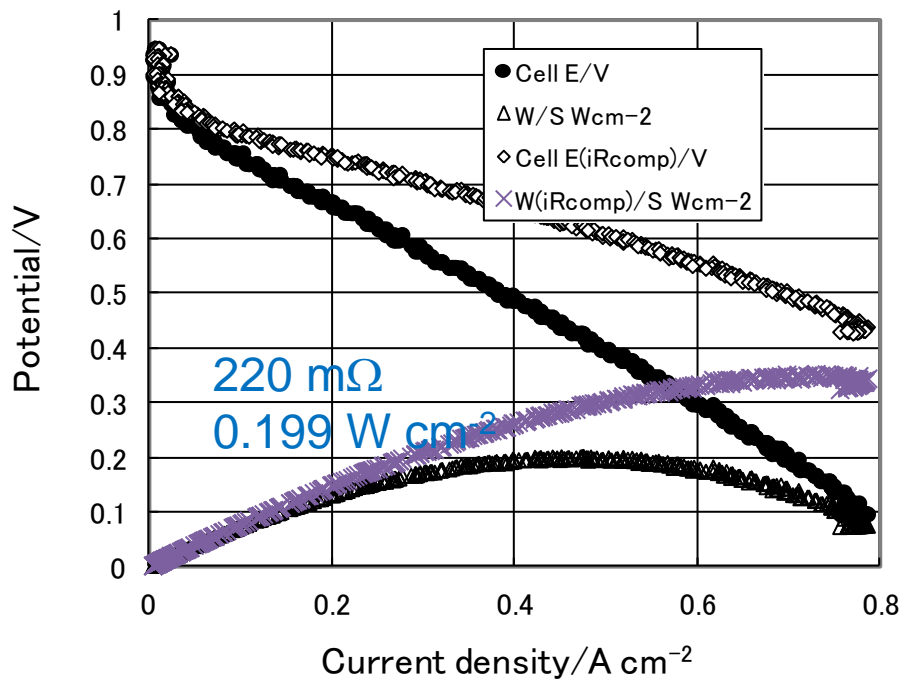


燃料電池運転条件

- 燃料および酸素ガス供給：
 - アノードガス： H_2 25 ml min⁻¹ 60°C加湿
 - カソードガス： O_2 50 ml min⁻¹ 60°C加湿
- 単セル運転条件
 - セル温度：70°C
 - セル締め付け圧力：1~3 kN cm⁻²
 - 分極曲線：定電位法 0.12 V min⁻¹
 - IR補償：カレントインタラプター法

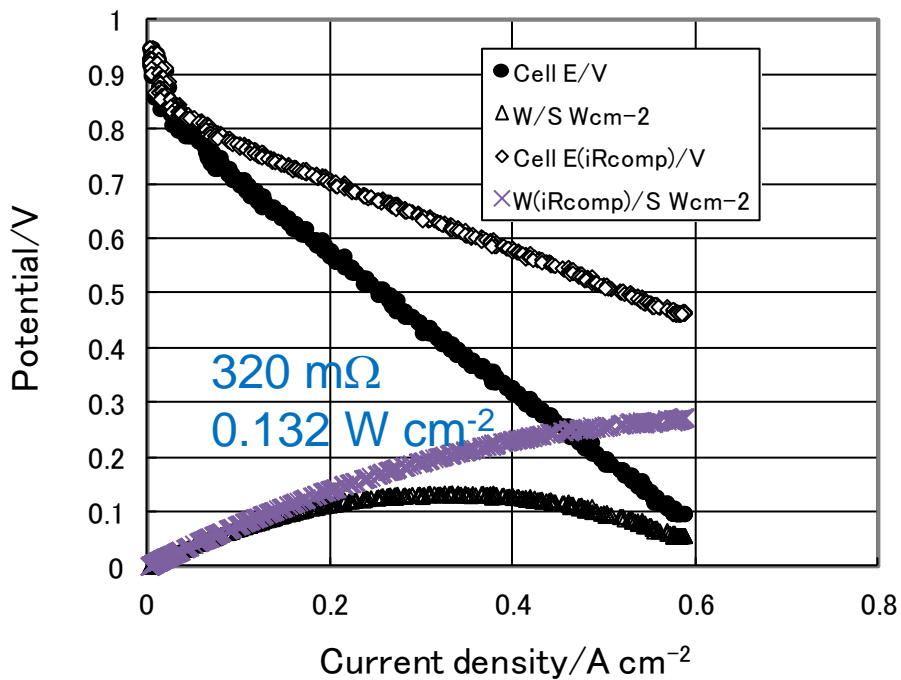
Submerge流路分極特性

Cell potential current density curve



$$P = 3 \text{ kNcm}^{-2}$$

Cell potential current density curve



$$P = 1 \text{ kNcm}^{-2}$$

- MEA: 1.0Pt/Nafion115/0.62Pt
- Polymer electrolyte: Nafion 115, Teflon spacer: 0.18mm
- セル抵抗は220-320mΩで、Surpentine型より低い
- Surpentine型、渦巻き型より発電性能良好

結果(1): 低流量での比較 (Nafion115)

流路	H ₂ -O ₂ 流量 /ml min ⁻¹	開回路電圧 /V	最大出力 /W cm ⁻²	最大電流 /A cm ⁻²	E=0.6Vでの 電流/A cm ⁻²
Submerge	13-25	0.961	0.193	0.65	0.23
Swirl	13-25	0.993	0.141	0.72	0.159
Surpentine	13-25	0.978	0.179	0.73	0.195
Fractal	13-25	0.970	0.174	0.64	0.180

1. Submerge流路: 最大出力、最大電流、低過電圧電流良好
2. 渦巻き型流路: 最大電流が良好であるが、最大出力、低過電圧電流が劣る
3. Surpentine流路: 最大電流が良好、比較的安定
4. Fractal流路: 安定しているが、最大電流が劣る

結果(2): 高流量での比較 (Nafion115)

流路	H ₂ -O ₂ 流量 /ml min ⁻¹	開回路電圧 /V	最大出力 /W cm ⁻²	最大電流 /A cm ⁻²	E=0.6Vでの 電流/A cm ⁻²
Submerge	25-50	1.014	0.143	0.68	0.083
Swirl	25-50	1.055	0.183	0.80	0.190
Surpentine	25-50	1.051	0.151	0.73	0.154
Fractal	25-50	0.989	0.180	0.66	0.183

1. Submerge流路: 高流量で安定度低下
2. 渦巻き型流路: 最大出力、最大電流、低過電圧電流が良好
3. Surpentine流路: 最大電流が良好であるが、低過電圧電流、最大出力が劣る
4. Fractal流路: 安定しているが、最大電流が劣る

結果(3): Submerge流路で流量変化

H ₂ 流量 /ml min ⁻¹	O ₂ 流量 /ml min ⁻¹	開回路電圧 /V	最大出力 /W cm ⁻²	最大電流 /A cm ⁻²	E=0.6Vでの 電流/A cm ⁻²
13	25	0.961	0.193	0.65	0.23
13	50	1.004	0.204	0.74	0.208
25	25	0.971	0.199	0.68	0.22
25	50	1.041	0.143	0.68	0.083

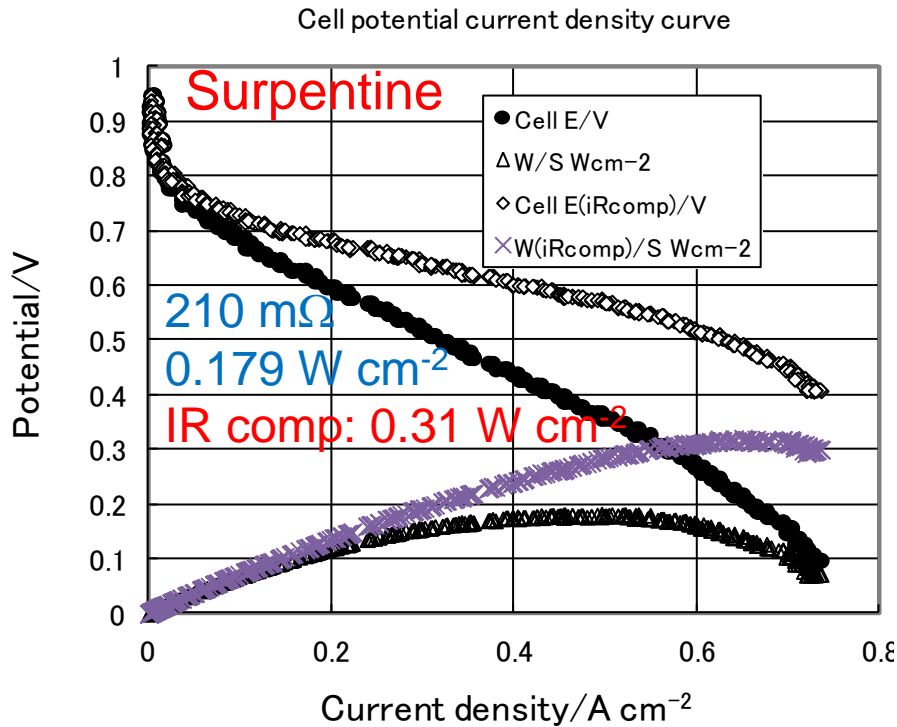
1. 最大出力、最大電流、低過電圧電流良好
2. H₂流量が低いと、最大電流、E=0.6Vの電流が高い
3. O₂流量が高いと、開回路電圧、最大電流が高いが、E=0.6Vの電流が減少
4. H₂流量が低く、O₂流量が高い条件が電池出力向上に適切

結果(4): Fractal流路で流量変化

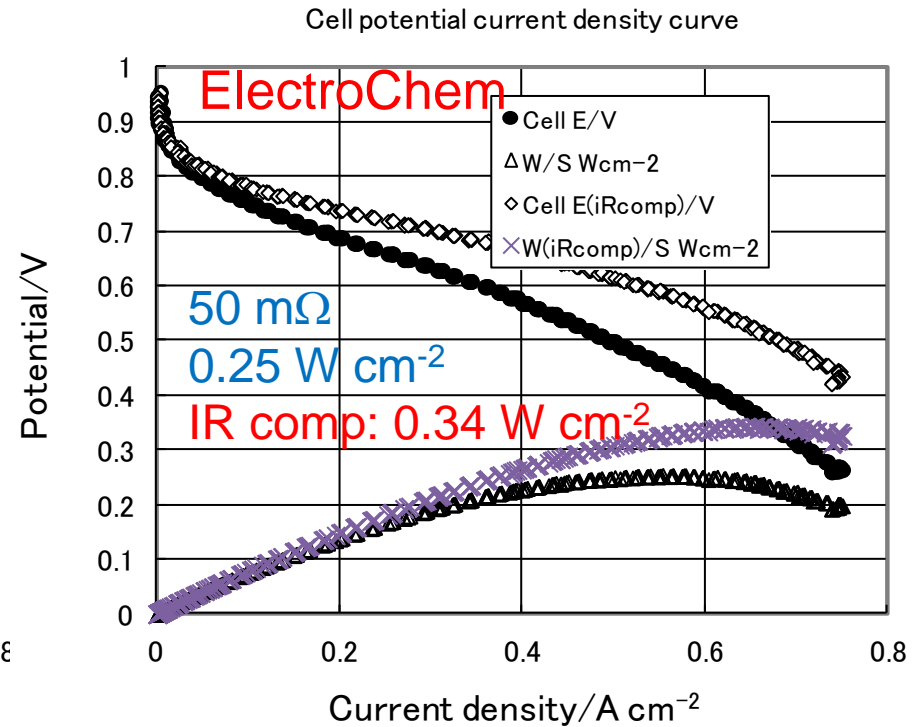
H ₂ 流量 /ml min ⁻¹	O ₂ 流量 /ml min ⁻¹	開回路電圧 /V	最大出力 /W cm ⁻²	最大電流 /A cm ⁻²	E=0.6Vでの 電流/A cm ⁻²
13	25	0.970	0.174	0.6	0.180
13	50	0.986	0.190	0.65	0.204
25	25	0.963	0.165	0.59	0.23
25	50	0.989	0.180	0.66	0.183

1. 最大出力、最大電流、低過電圧電流良好
2. H₂流量が低いと、最大出力、E=0.6Vの電流が高い
3. O₂流量が高いと、開回路電圧、最大電流が高いが、E=0.6Vの電流が減少
4. H₂流量が低く、O₂流量が高い条件が電池出力向上に適切

市販4cm²セルとの分極特性比較



H₂ 13ml min⁻¹(stoic 1), O₂ 25ml min⁻¹(stoic 2), S= 2.0cm²



H₂ 50ml min⁻¹, O₂ 100ml min⁻¹, S= 4.0cm²

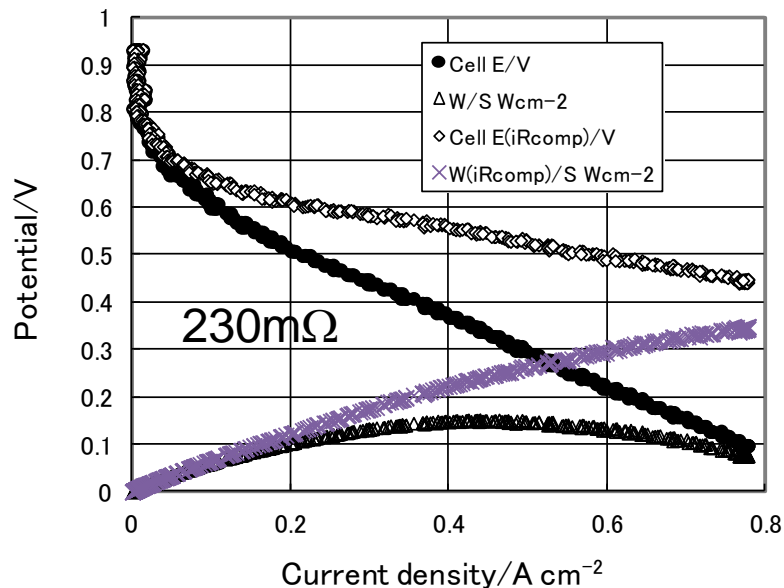
- 2cm²セルは、4cm²セルに比べてガス流量1/4にしても、オーム抵抗補正をすれば出力は同等
- セル抵抗は200-210mΩ
- Surpentine流路は低過電圧電流が低いが、最大出力、最大電流良好

熱fluxが分極特性に与える影響： 一方の電極のヒーターoffにして測定

Anode: 70°C, Cathode: 56°C

anode → cathode heat flux

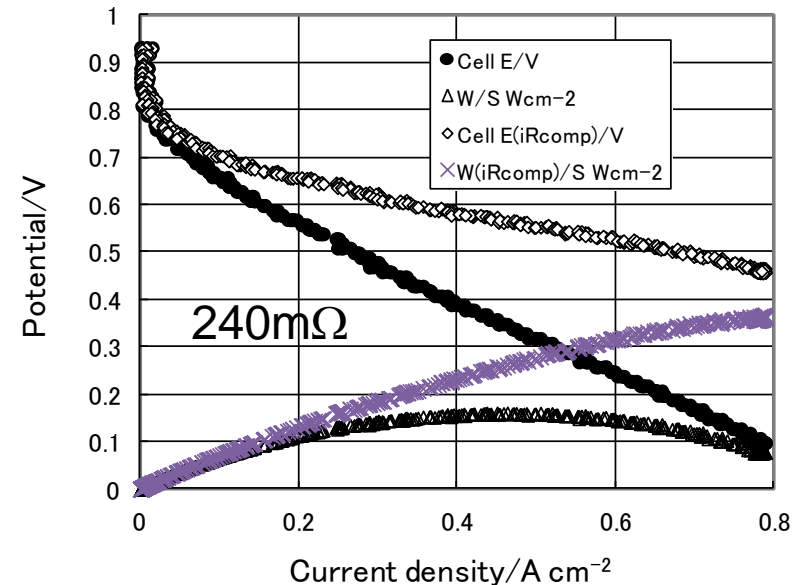
Cell potential current density curve



Anode: 61°C, Cathode: 70°C

cathode → anode heat flux

Cell potential current density curve

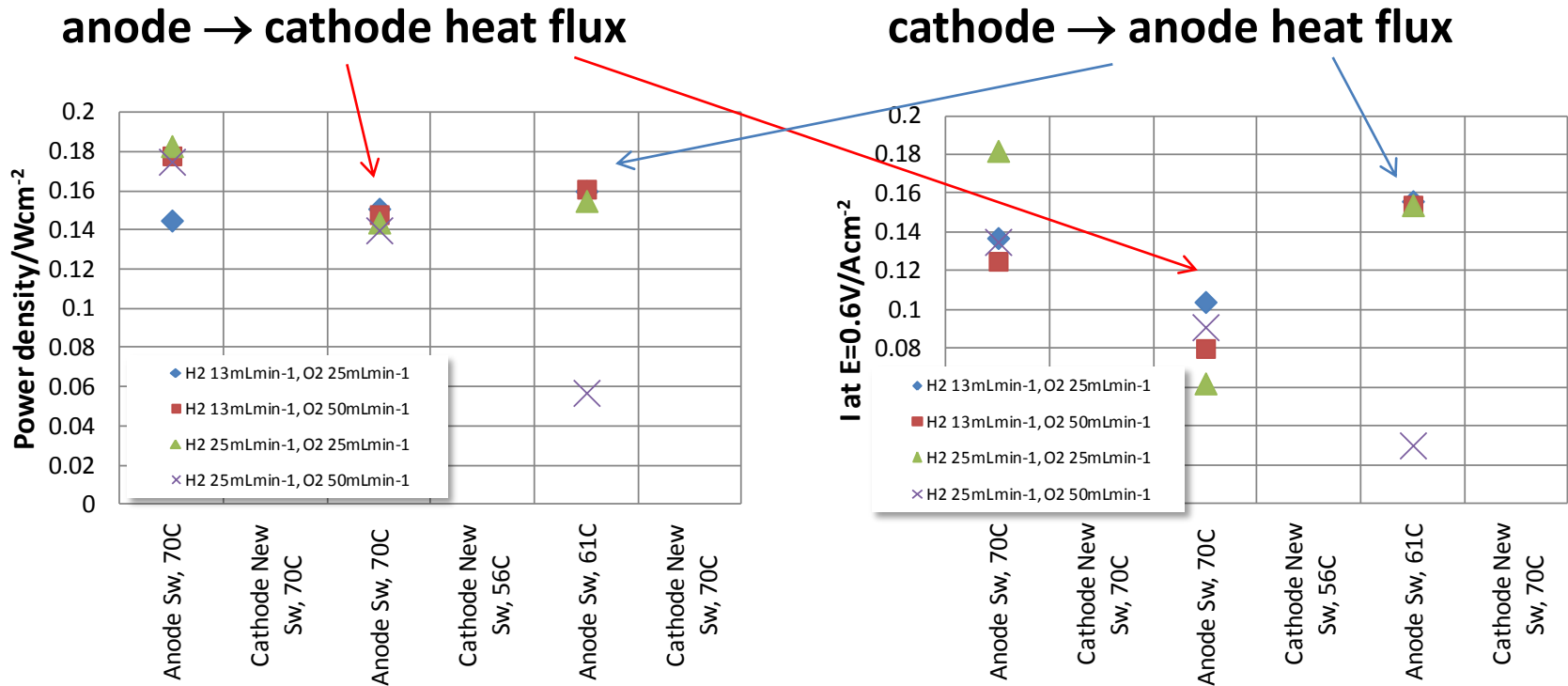


MEA: 1.0Pt/Nafion112/1.0Pt

Anode: 渦巻き, H₂流量13ml min⁻¹, Cathode: 渦巻き(細), O₂流量25ml min⁻¹,

Humidifier temp: 60°C, Cell temp: 一方の電極のみ70°C

熱fluxが分極特性に与える影響： 一方の電極のヒーターoffにして測定



Humidifier temp: 60°, Cell temp: 一方の電極のみ70°C

Cathode → Anodeへの熱flux存在下では、その逆より分極特性が高い傾向

ただし、両極とも70°Cの場合より特性は下がる

まとめ

- カセット式のSurpentine型、Submarine型、Fractal型、渦巻き型ガス流路を試作し、70°Cでの燃料電池試験を行った
- 流路の溝幅を1.0mmから0.5mmにすることで、電池性能は著しく向上した
- 流路としては、Submerge > Fractal > 渦巻き > Surpentineの順に優れる
- 安定性では、Fractal > Submerge > 渦巻き > Surpentineの順に優れる
- カソードガス湿潤を促進すると、電池性能は向上
- 2cm²セルは、4cm²セルに比べてガス流量1/4にしても、オーム抵抗補正をすれば同等な出力が得られた

本研究は、H29年度広沢技術振興財団の研究助成により実施された