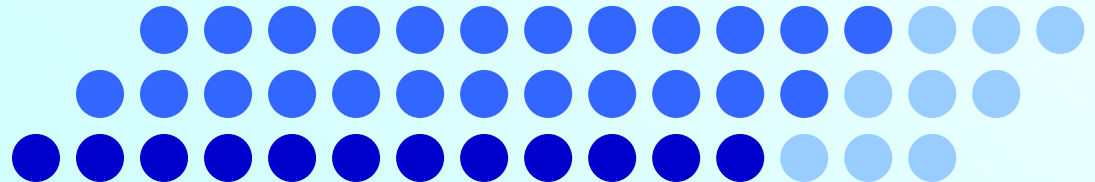


PEFC内部温度の計測手法の開発

九州大学大学院 工学研究院 #伊藤 衡平

コンテンツ

1. 研究の背景
2. 研究の目標・計画
3. 研究の成果
4. 今後の研究展開



(1) 研究の背景： 産業界からのニーズ



PEFCの本格的な市場導入段階

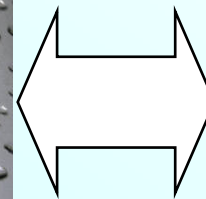
■ 研究開発：

- 性能実証 ⇒ ⇒ コスト低減
-代替白金
 -高電流密度化
 -補機、制御の簡略

内部の状態

- より深刻な、乾燥、フラッディング
 - ...何れも水の挙動
 - ...温度との強い関係。
 - ...飽和蒸気圧, 含水量.

■ 性能低下



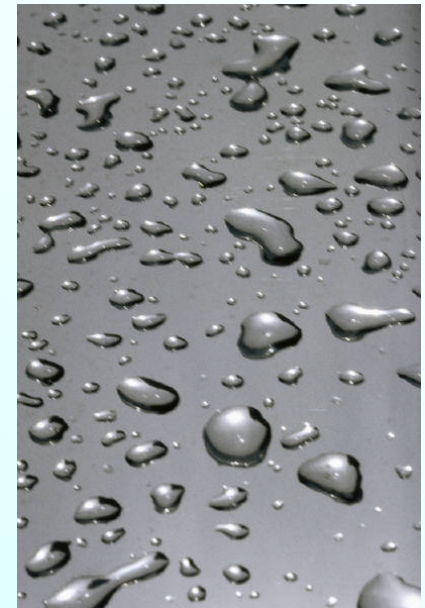
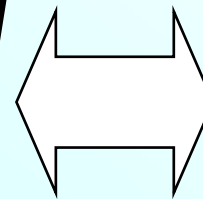
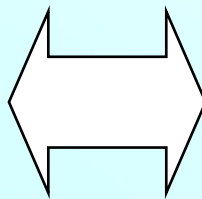
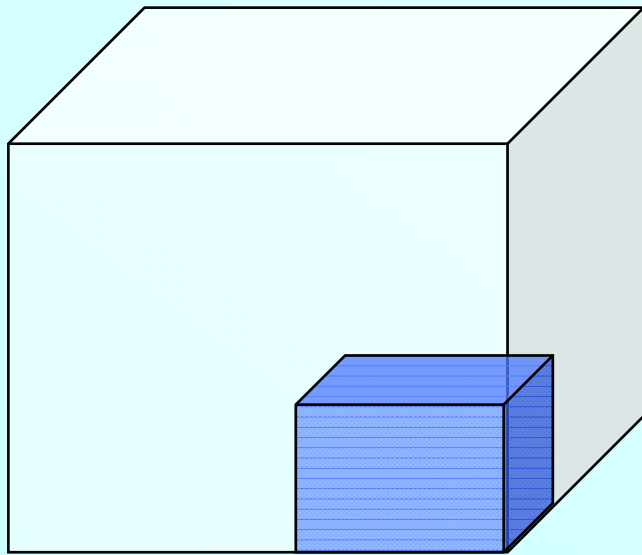
(1) 研究の背景： ひとつの解決方法



想定される開発のスキーム

- コスト低減を念頭に置きつつ、**水管理、熱管理。**
- 内部温度計測**が不可欠。

温度(分布, 時間変化)が事前に分かれば,
→平衡量, すなわち飽和蒸気圧, 含推量も分かる.
→適正な水の供給, 排出量を推算できる.
→フラッジングの予防



$$T \rightarrow P_{\text{sat}}(T)$$

(1) 研究の背景： これまでの方法と技術的な課題

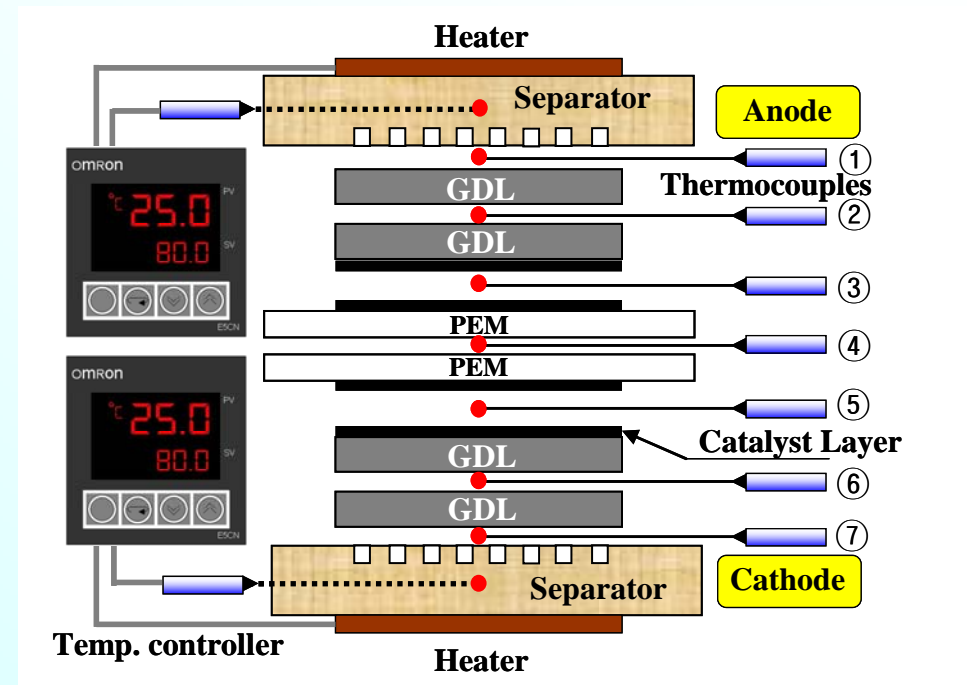
計測

■ 熱画像計測

- ・セパレーターの窓からの観察。
- ・問題： **面方向のみ。**

■ 熱電対

- ・片持ち型の極細熱電対他を挿入。
- ・**面方向、厚さ方向**の計測可能。
- ・技術的な課題：
 - ・煩雑。故障。
 - ・位置決めが難しい。



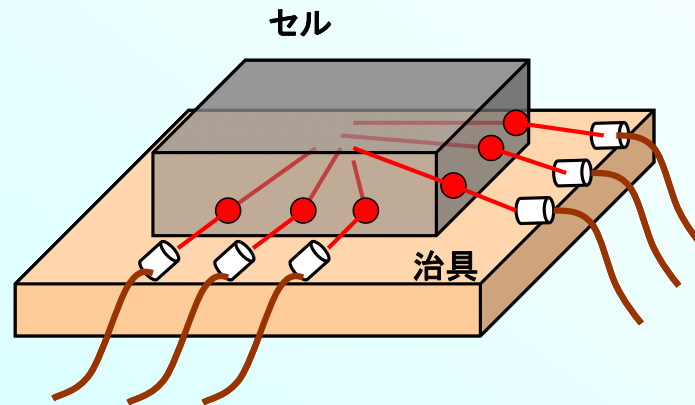
シミュレーション・・・限界がある

■ 輸送方程式、構成部材物性に基づいて計算

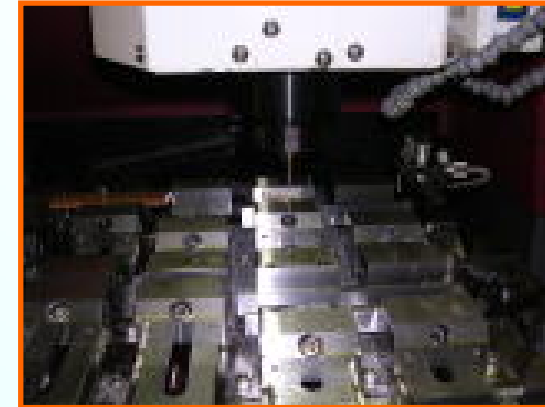
- ・一定の予測精度
- ・運転中に、熱抵抗の支配因子である **接触熱抵抗が変化**
- ・材料の膨張、変形。締結力の変化。通電効果。
→ 温度分布の予測は難しい。

(2) 研究の目標:

シース



九州大学 燃料電池



エムファイン 微細加工

目標

■空間分解能: 1次元(5点)→3次元計測(16点)

厚さ方向 4点

流路方向 2点

隣り合う流路方向 2点

■時間分解能: 16点/s

■計測精度: $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$

■熱電対の細線化。25 μm へ。

■熱電材料(被膜)の調査。

(2) 研究の方法1: 3次元計測用ジグの開発、対応するセルの開発

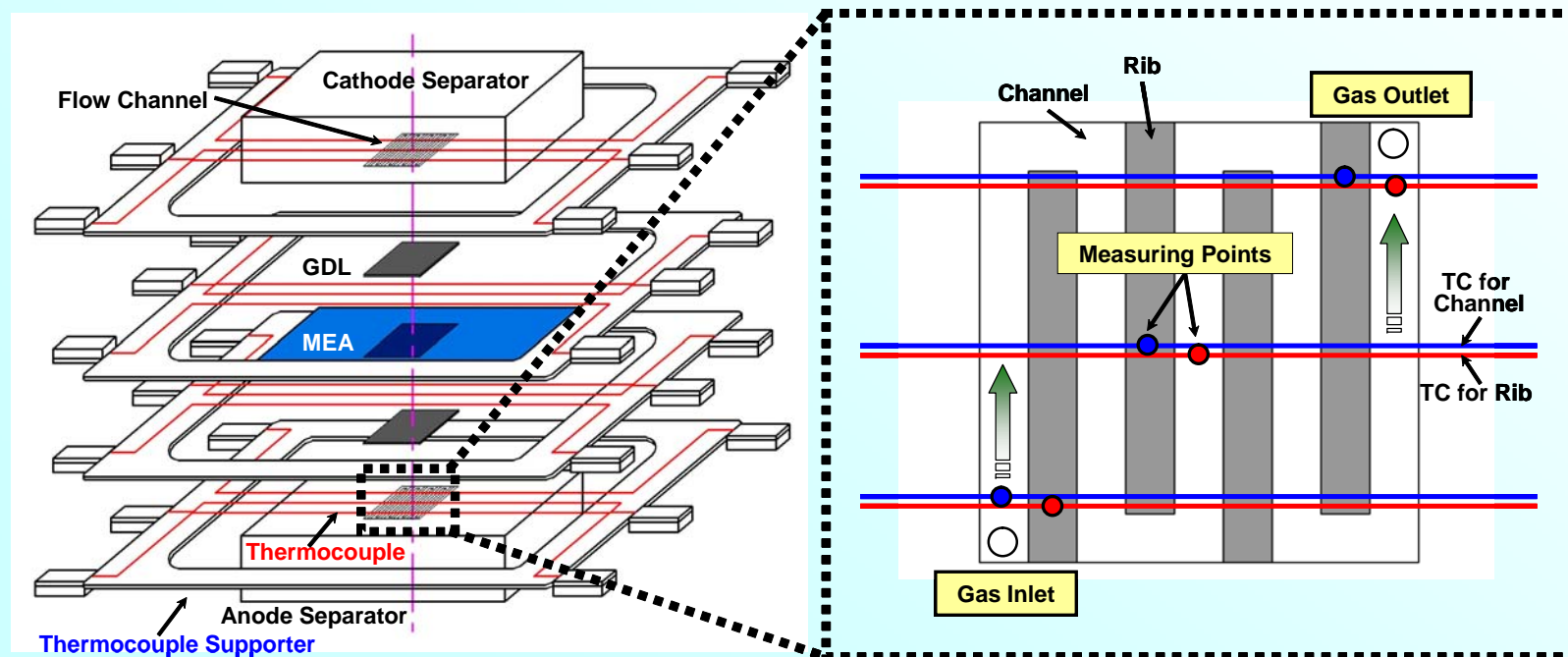


■ジグ

- ・作業性、位置決め精度の向上。
- ・リブ下、流路下を区別して温度計測可能。

■セル

- ・電極面積: 24cm², 2cm × 12cm.
- ・並行流路
 - ・リブ下、流路下の温度差
 - ・上流、下流の温度差



(2) 研究の方法2: 熱電対の細線化、温度分布計測



■ 熱電対の細線化 外径 50 → 25 μm へ

- ・ 熱電対材料(被膜)の調査
- ・ 被膜作業・評価
 - ・ 被膜材料の選定・・・機械強度、耐酸性、湿潤、
 - ・ 前処理・・・プラズマ、その他
 - ・ 被膜プロセスの確立
 - ・ 作業・評価

■ 温度分布計測

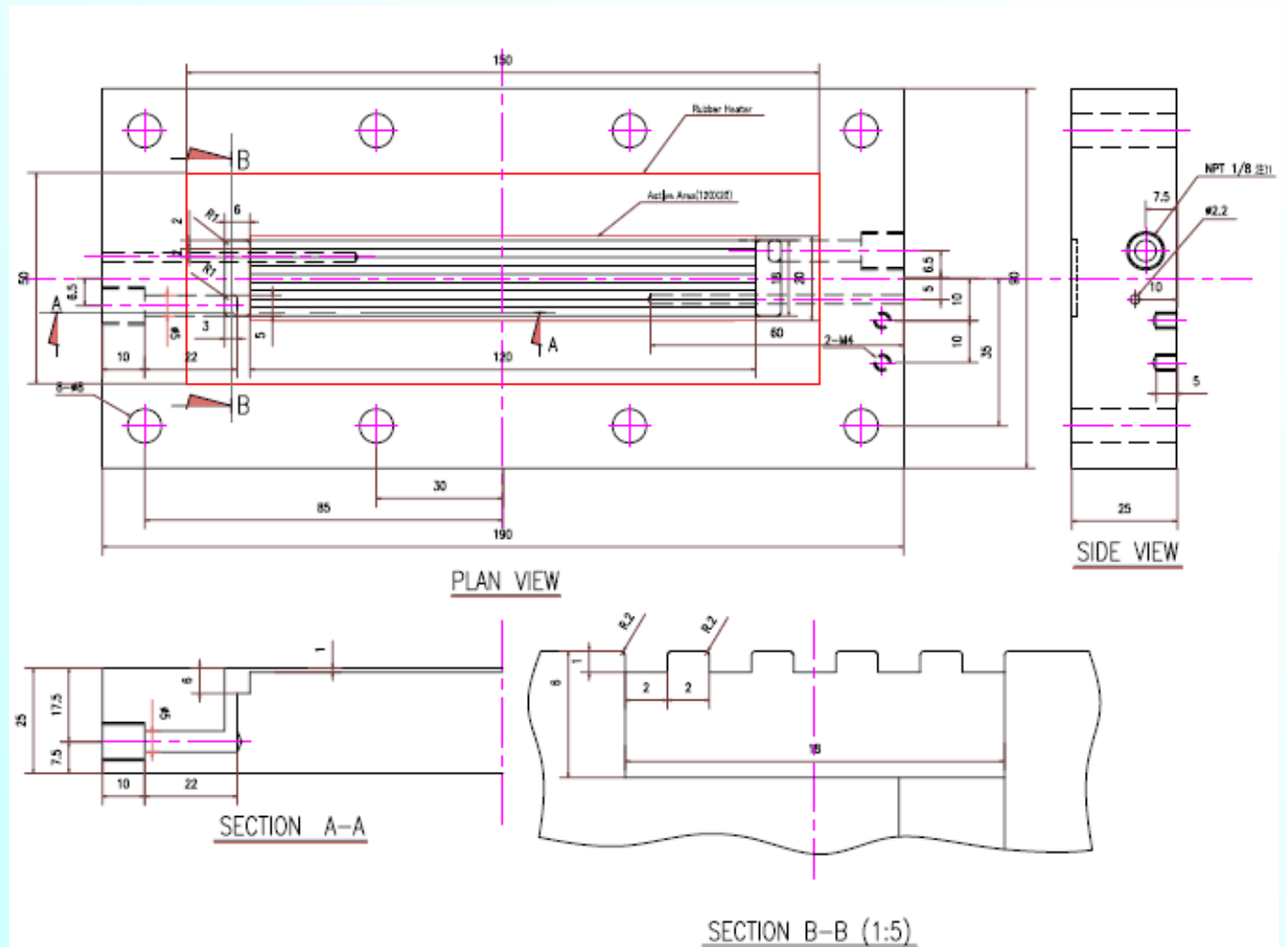
- ・ 熱電対の挿入によるセル出力への影響の評価
- ・ ノイズ源調査 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ の精度
- ・ 温度分布計測

(3) 研究の成果： セルの製作 その1



■ 電極面積 $2 \times 12 = 24 \text{ cm}^2$

■ 並行流路、5本並行、 $1 \times 2 \text{ mm}^2$ 断面・・・各流路の差圧 $> 200 \times$ マニホールドの差圧



(3) 研究の成果： セルの製作 その2

■セパレーター

SUS材:金メッキ

温調:室温~80°C

■温度分布・・・厚さ方向に加えて

・リブ下、流路下

・上流、中流、下流

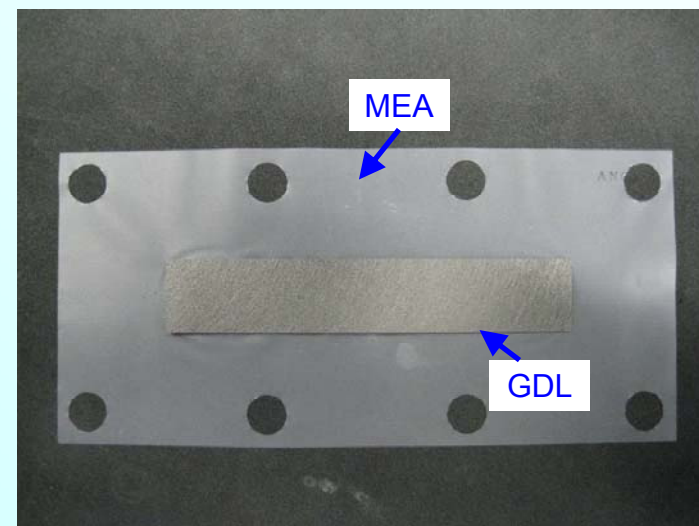
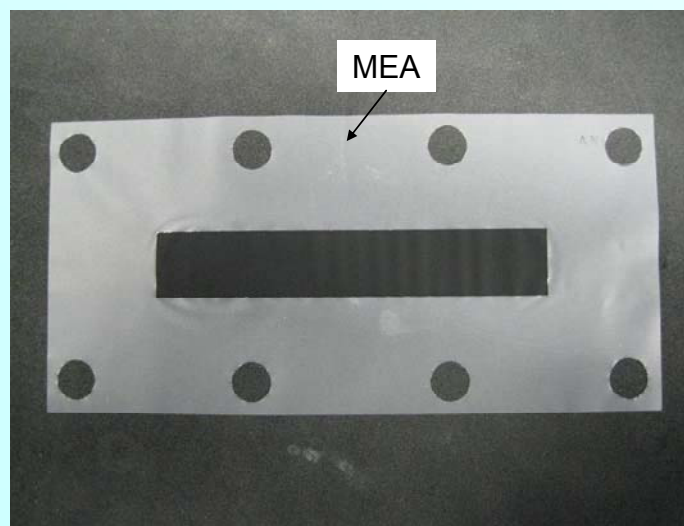
■MEA

JGI

PRIMEA5510

■GDL

CFP200



(3) 研究の成果: サポータープレート



■各サポータープレート6点計測

上流の、リブ下、流路下
中流の、リブ下、流路下
下流の、リブ下、流路下

■サポータープレート、4枚

アノード、セパレーター/GDL
アノード、GDL/MEA
カソード、GDL/MEA
カソード、セパレーター/GDL

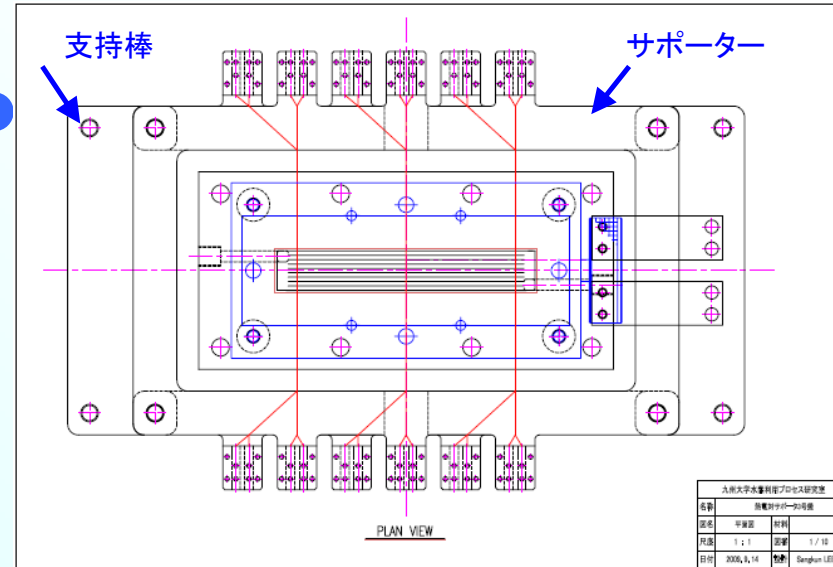
■計測点数

$$6 \times 4 = 24 \text{点}$$

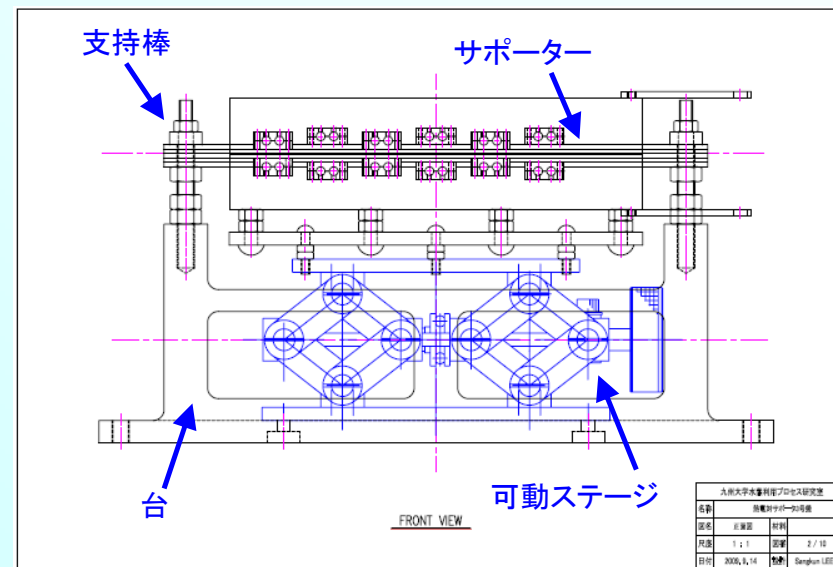
■端子台

極細熱電対と補償線との接合

■材質、ポリカーボネイト



正面図



側面図

(3) 研究の成果： プレート及び組み立て

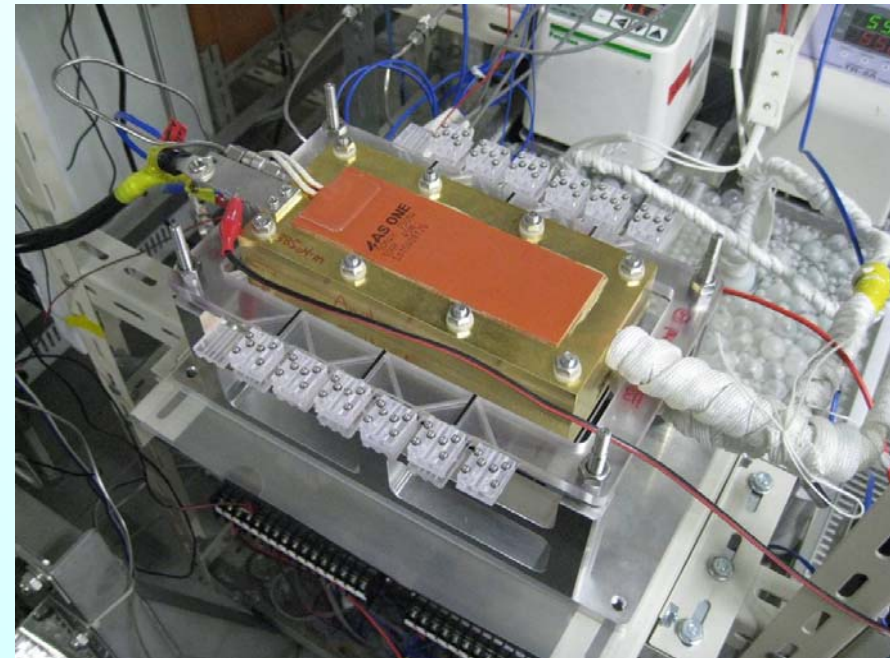
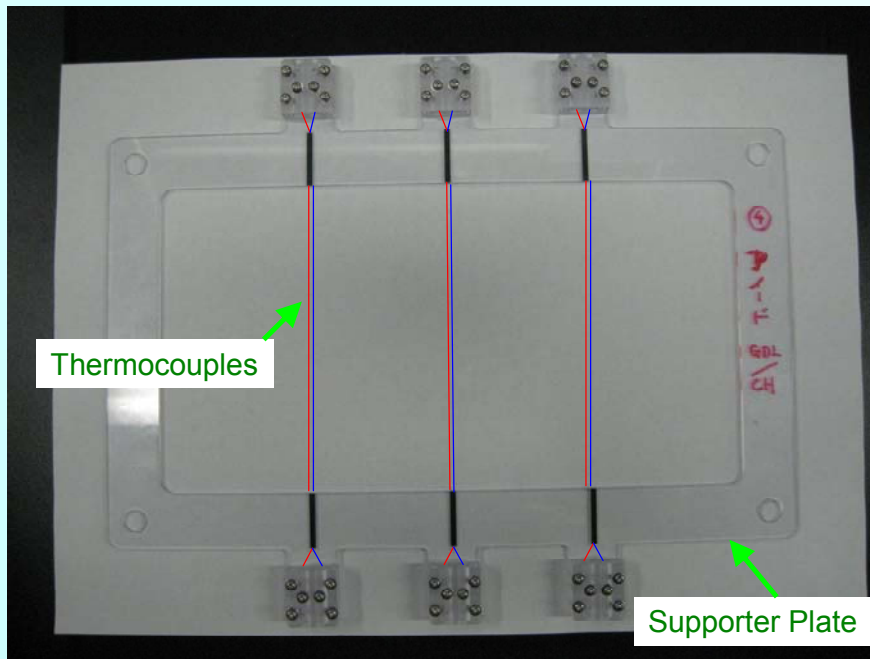


サポータープレート

- 端子台
極細熱電対と補償線との接合
- 材質、ポリカーボネイト

組み立て

- セル構成部材
セパレーター×2、GDL×2、MEA
- サポータープレート4枚 (TC、24)



(3) 研究の成果： 被膜材料の選定

■条件

- ・室温～80℃、湿潤状態
- ・電気絶縁性に優れること
- ・酸性に耐える化学特性
- ・曲げや、圧縮に耐える機械特性

■ポリイミド

- ・全ての条件を満足
- ・様々な塗布方式に対応できる
- ・膜厚 数～数10 μm に調節可能
- ・マグネットワイヤー電線被膜等の実績

■ウレタン樹脂

- ・回路基盤の補修材
- ・耐熱130℃
- 機械強度不足だった。不採用。



ポリイミドワニス



薄め液
(N-メチルーピロリドン)



ウレタン樹脂
(グリーンレジスト)



希釈液

(3) 研究の成果： 前処理

■ 熱電対素線への被膜塗布前の処理

- ・表面を清浄に、酸化被膜を飛ばす、・・・ぬれ性向上
- ・薬品(酸, 有機溶剤, その他)
- ・電解研磨
- ・プラズマ処理

■ プラズマ処理

- ・プラズマ照射器(キーエンス、ST-7000)
- ・プラズマジェット(空気をポンプで圧送、高電圧印加)
- ・強度、照射時間等可変

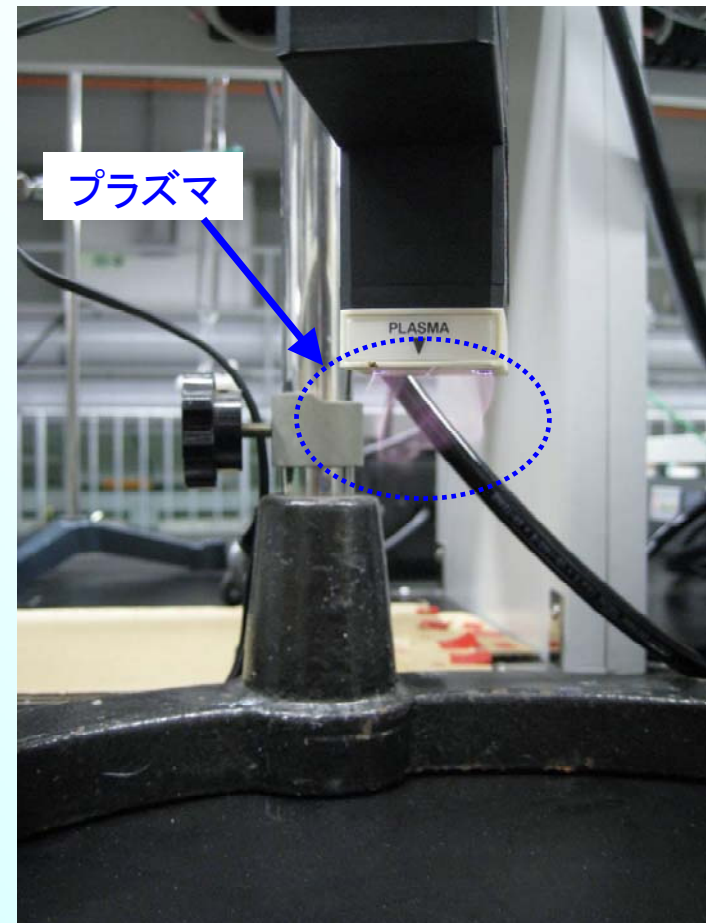
■ 評価

- ・ぬれ性向上得られなかった。
照射あり、なし、で被膜の塗布性に変化なし。
- ・機械強度が低下。
熱電対が切れやすくなった。

最適化に至っていない？

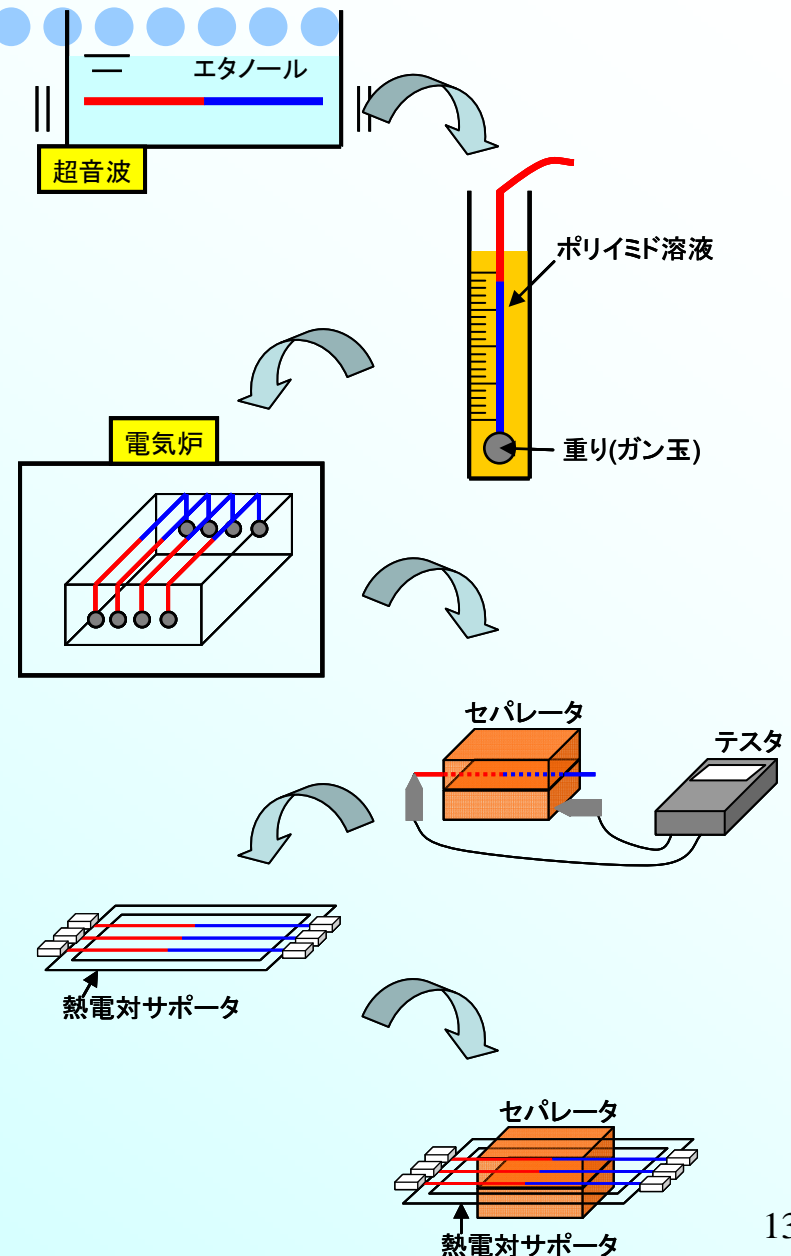
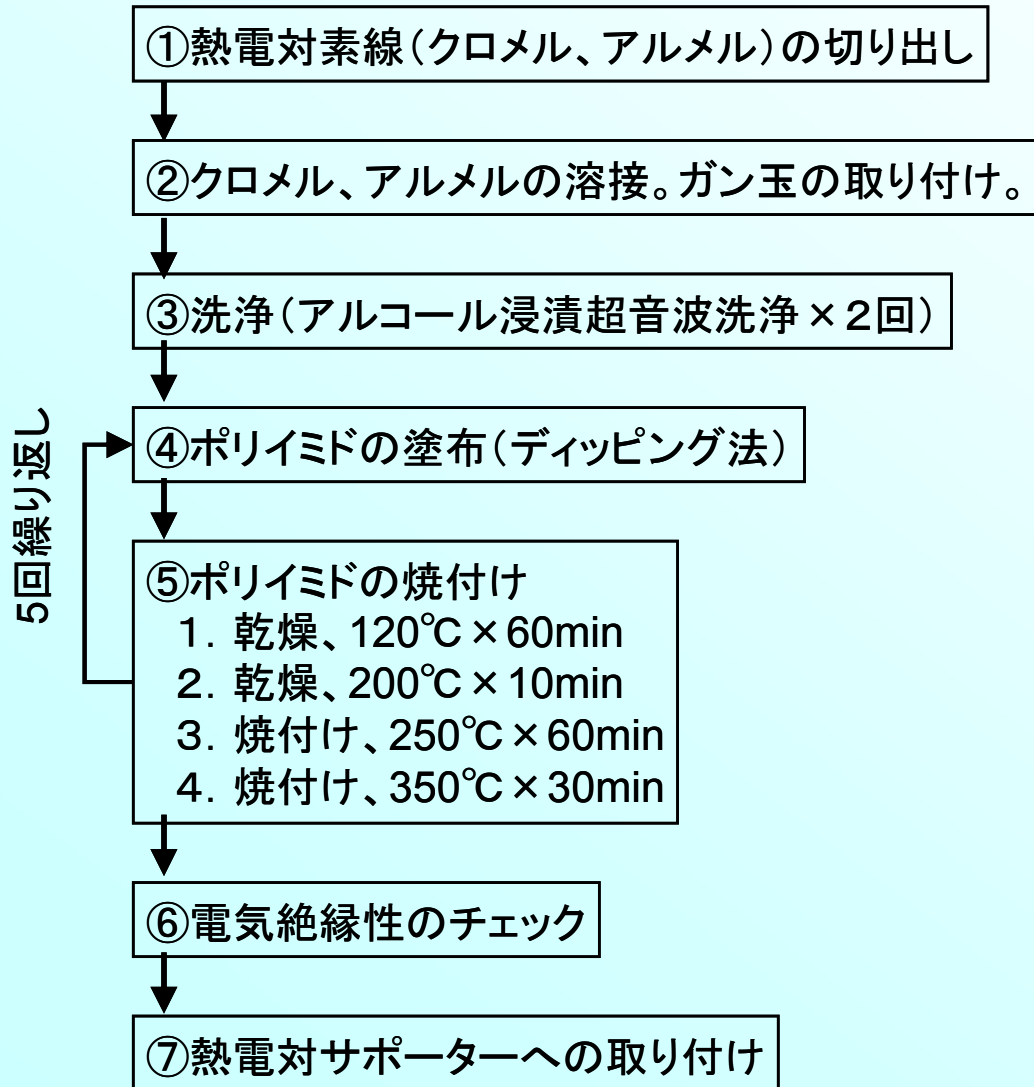


■ プラズマ照射前処理はしない。



(3) 研究の成果： ポリイミドの被覆作業

■ K型素線 (φ 12.5、25、50 μm)



(3) 研究の成果： ポリイミド被膜の評価 その1

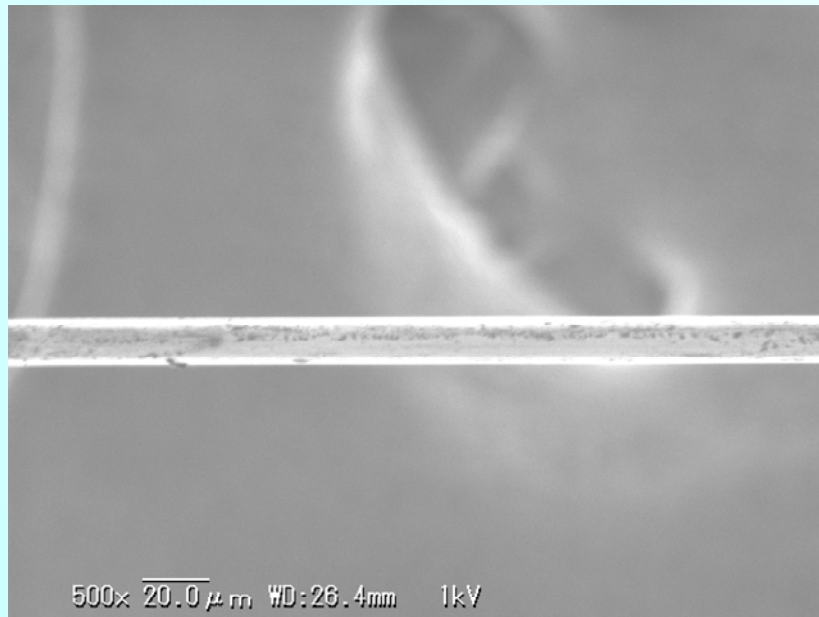


■電気絶縁性評価

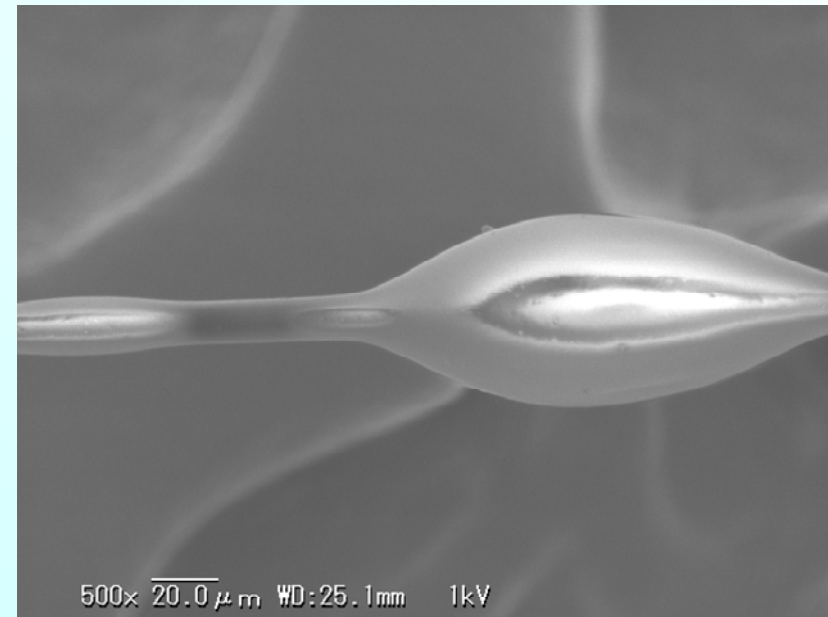
- ・セルの間に設置。所定の締結力(1MPa)で締結。セルとの絶縁性を評価。
- ・1回の塗布 …… 数Ω
- ・5回の塗布 …… 1MΩ程度。

■SEMによる観察

- ・ $\phi 12.5 \mu\text{m}$ の素線に対して、仕上がり径 $25 \mu\text{m}$ 以下。局所的に太い箇所も。断線の問題。



被膜前



被膜後

$\phi 12.5 \mu\text{m}$ 素線の場合

(3) 研究の成果： ポリイミド被膜の評価 その2

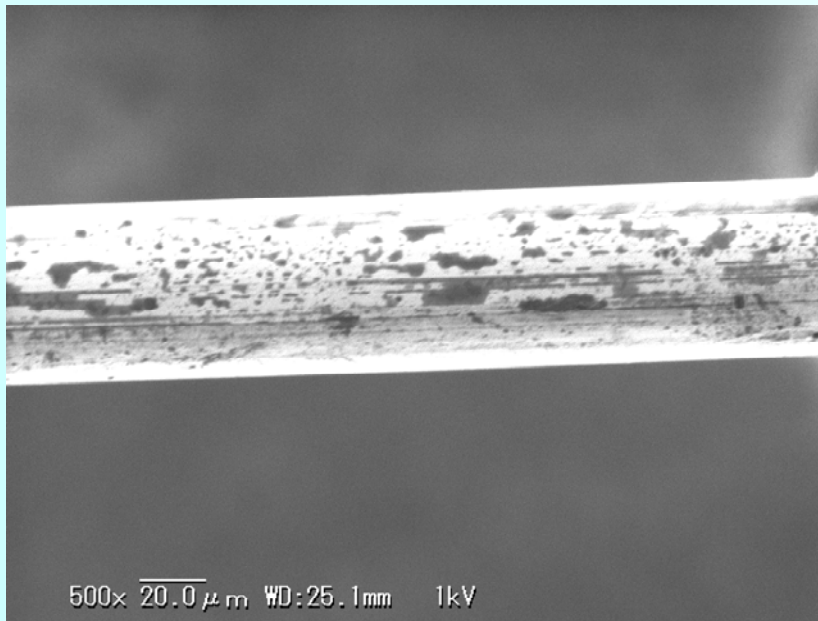


■電気絶縁性評価

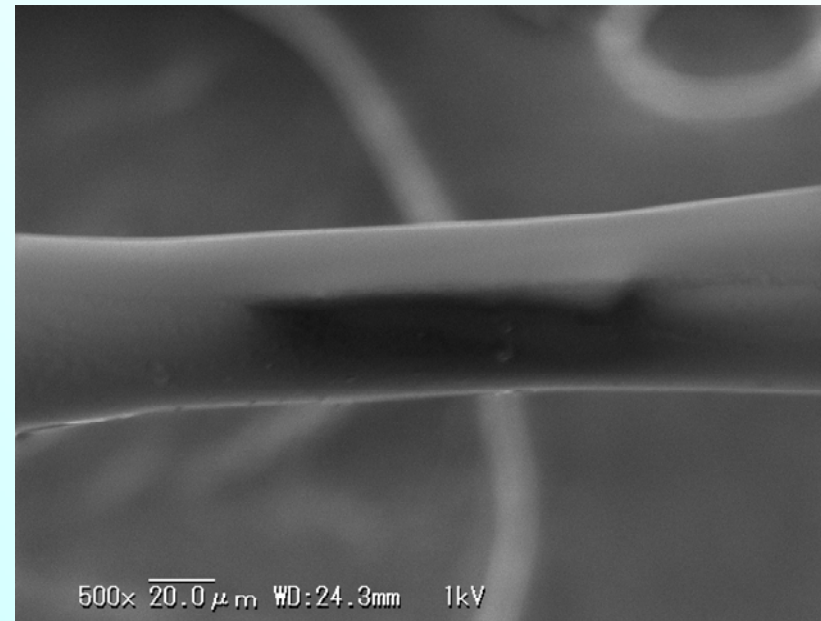
- ・セルの間に設置。所定の締結力(1MPa)で締結。セルとの絶縁性を評価。
- ・1回の塗布 …… 数Ω
- ・5回の塗布 …… 1MΩ程度。

■SEMによる観察

- ・ $\phi 50 \mu\text{m}$ の素線。比較的、薄い数 μm の被膜。局所的に太いところも。



被膜前



被膜後

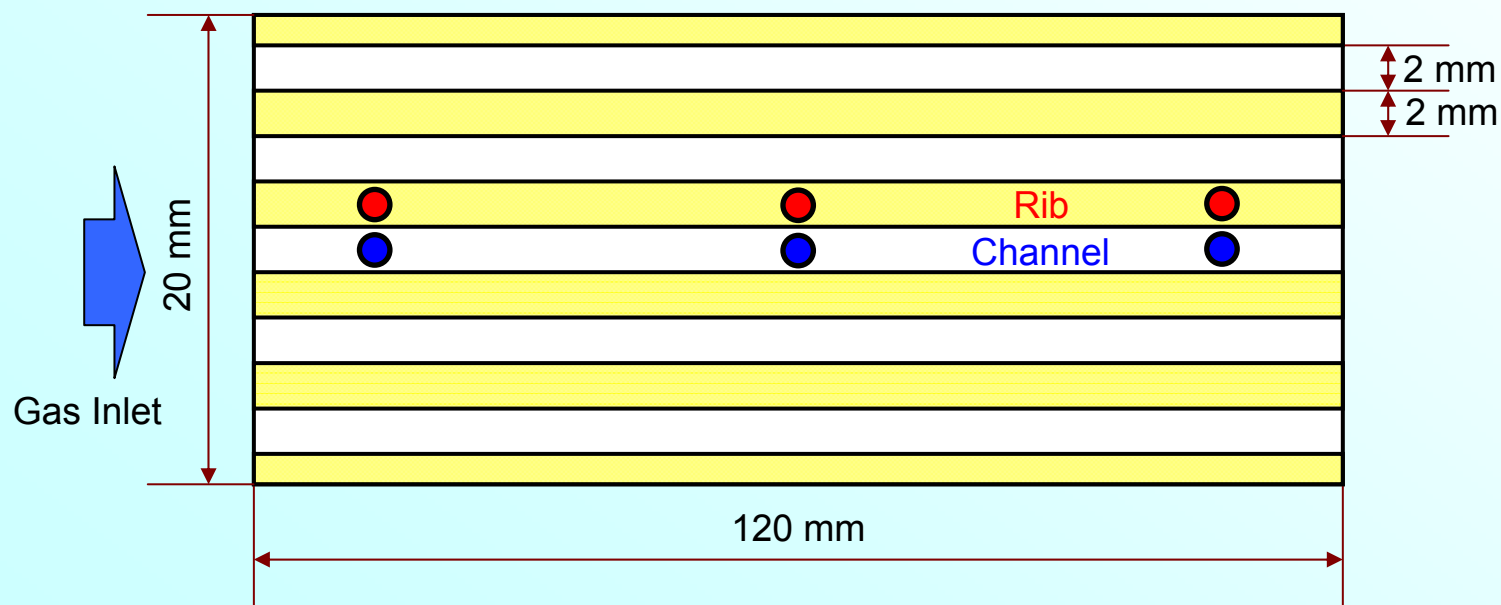
50 μm 素線の場合

(3) 研究の成果： 温度分布計測 熱電対の設置



■ 設置した熱電対

- ・ $\phi 50 \mu\text{m}$ 素線に被膜したもの。外径 $55 \mu\text{m}$ 、局所的に更に太い部分あり。
- ・ 24本挿入。
 - ・ うち、5本、設置時に故障。
 - ・ うち、5本、計測時に故障。

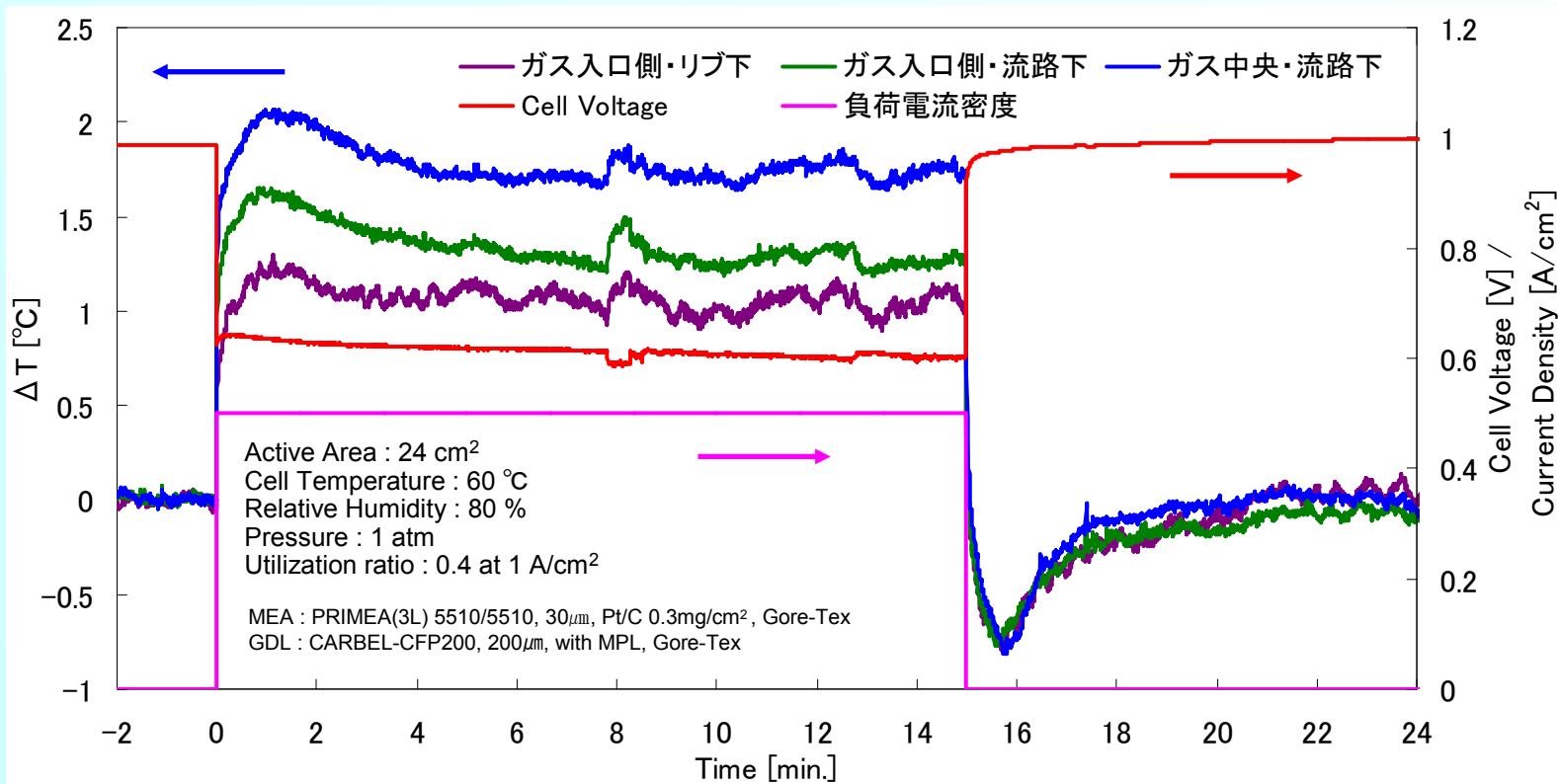


TOP VIEW

(3) 研究の成果： 計測能力の評価



- 時間分解能 24点を0.5秒以内で計測。
- 温度精度 トレンドより、 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。
- ノイズ対策
 - ・バブラーの温調をOFF。アースの取付け位置。
 - ・USBからLAN配線へ。



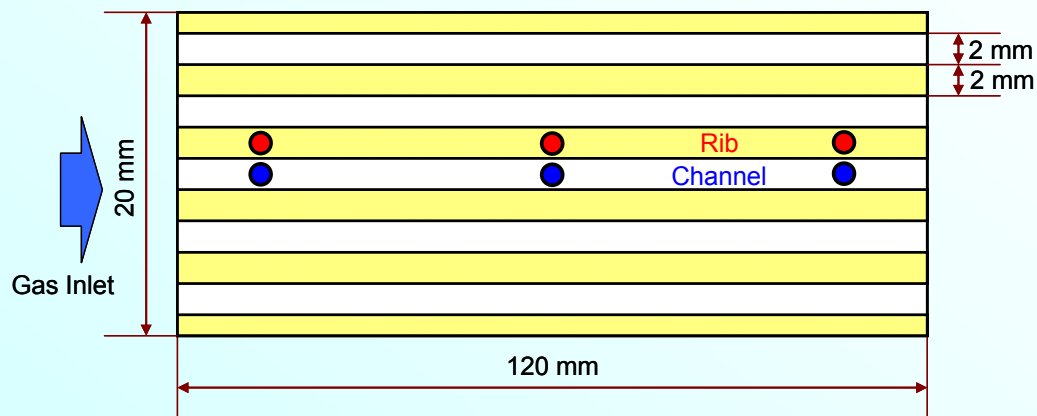
負荷電流ON/OFF時の温度変化

(3) 研究の成果： 厚さ方向、リブ下、流路下の温度



■リブ下、流路下の温度の大小は、不明瞭。

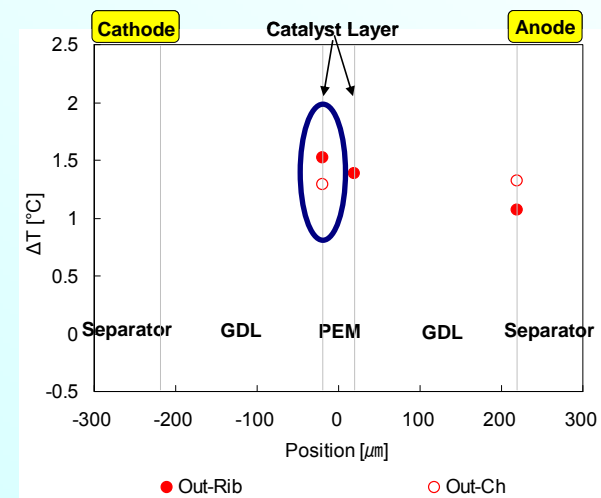
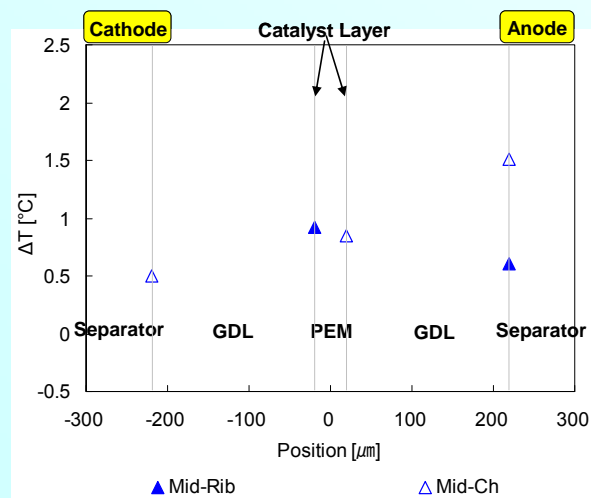
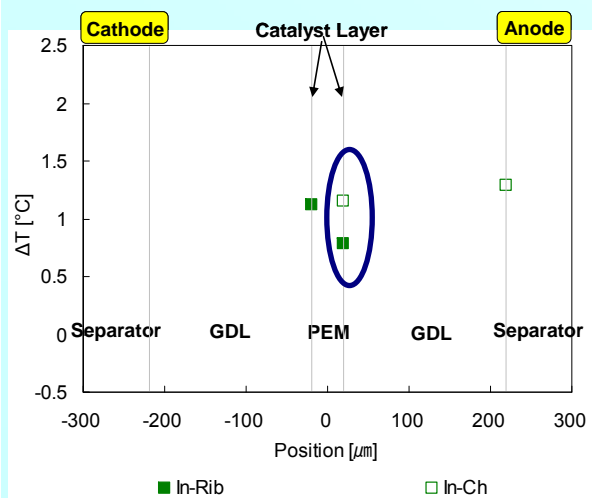
- ・計測の不具合。
- ・流路の上流、中流、下流で異なる？



入口

中央

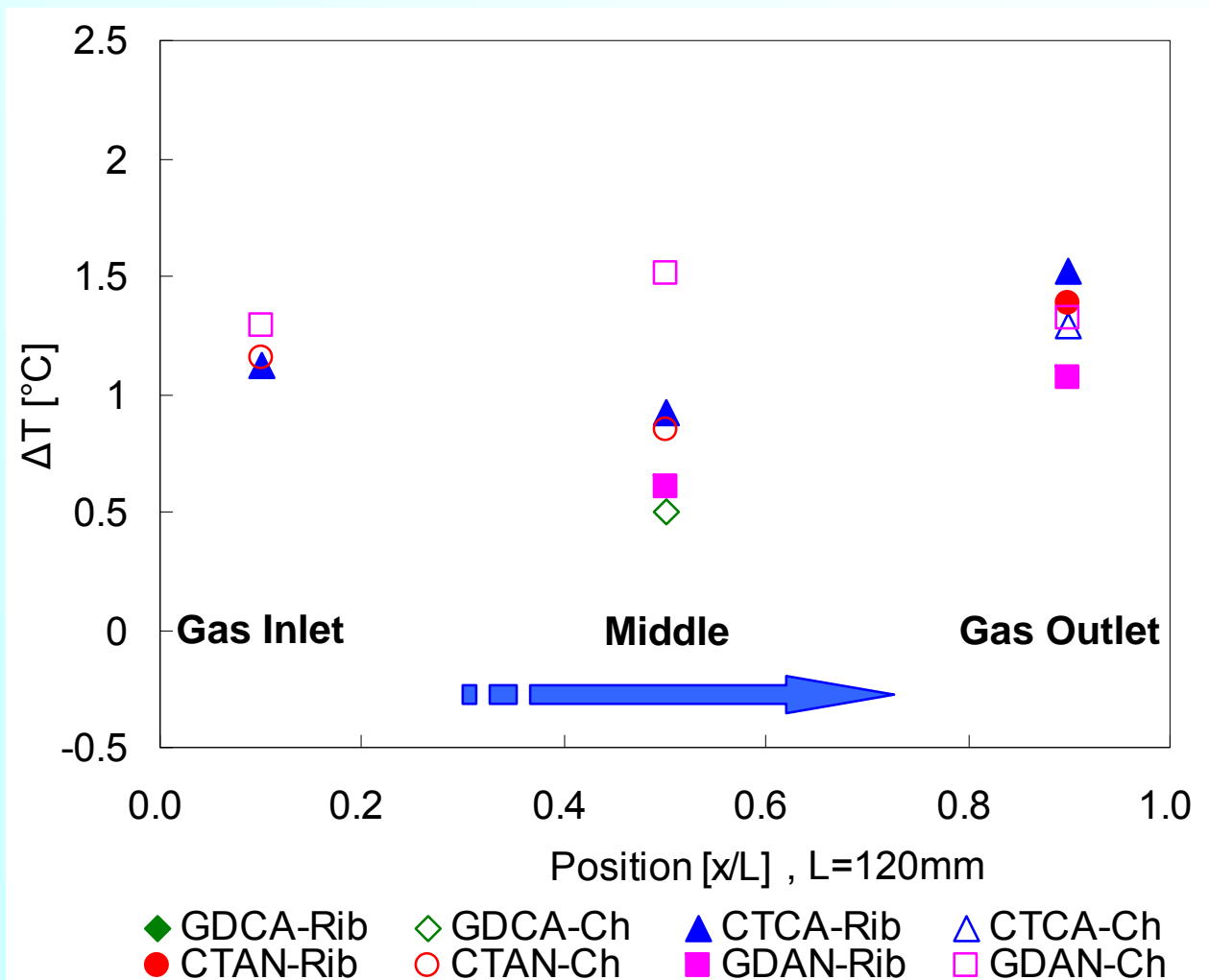
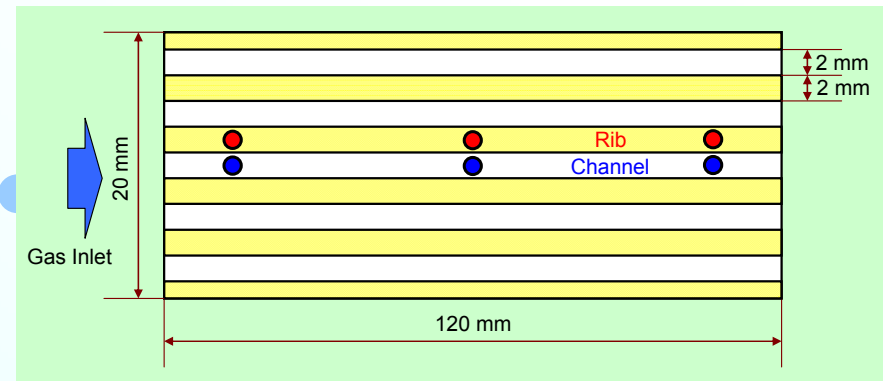
出口



(3) 研究の成果： ガス流れ方向の温度分布



- 下流に向かって温度が上昇することを予想。
- 明確に、この傾向が見られなかった。



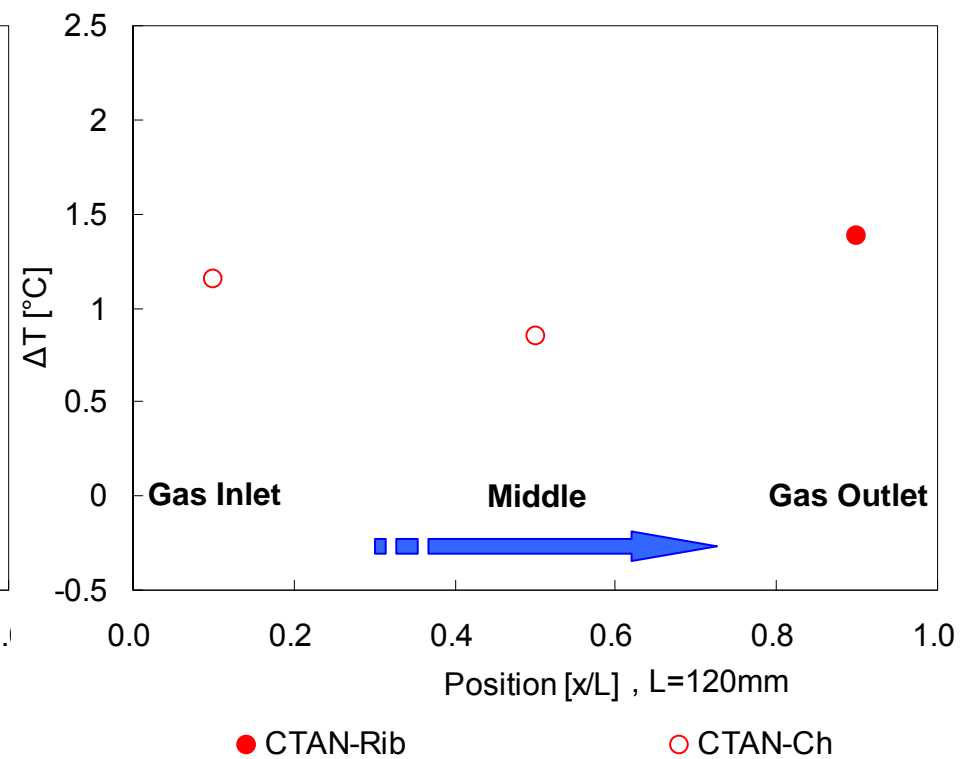
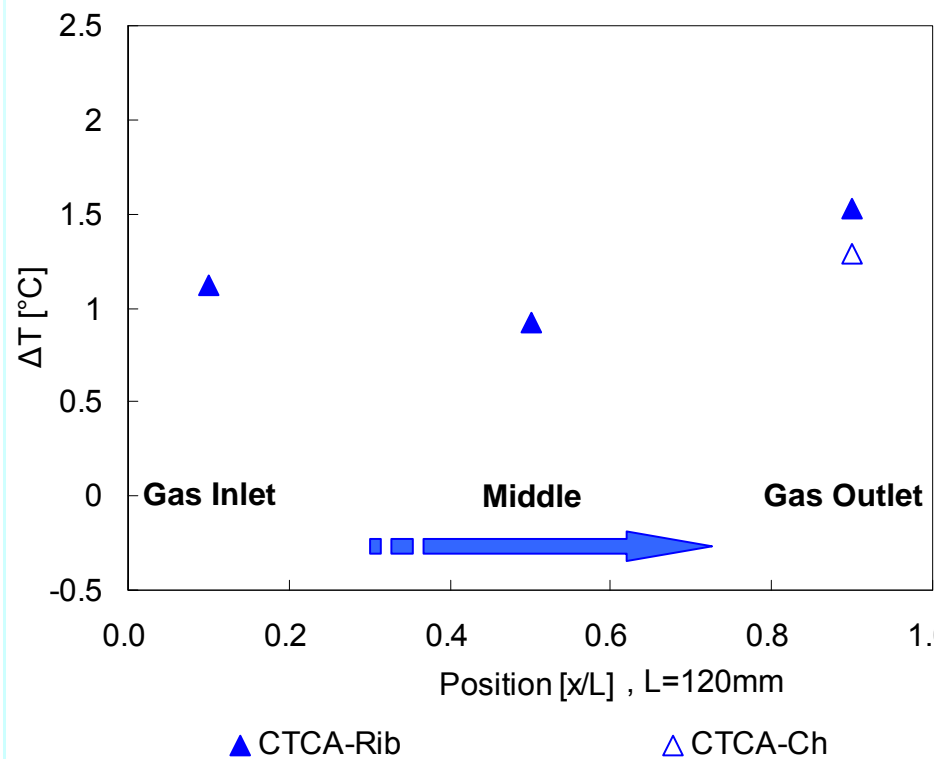
(3) 研究の成果： ガス流れ方向の温度分布。同一面内で検証。



■触媒層面方向において、カソード、アノードともに中流域の温度が低かった。

カソード触媒層

アノード触媒層



研究の成果： まとめ



目標	結果	課題、備考
16点の温度が計測可能な熱電対治具、およびセルを開発	○	
時間分解能を1s(16点分) 温度精度を±0.1°C	△	<ul style="list-style-type: none"> ■ノイズ源となる恒温水槽をOFFにした場合に限る。 ■熱電対の指示に不具合？もあった。要検証。
被膜の種類、加工条件の適正化により、直径25μm以下の熱電対を開発	×	<ul style="list-style-type: none"> ■φ12.5μm素線を基材に、仕上がり径25μm以下の被膜付インライン型熱電対を製作できた。 ■電気絶縁性も有した。 ■しかし被膜が斑で、部分的にはφ50μmに達した。 ■成膜中、組付、測定中に断線、故障。対策が必要。
熱電材料の調査、検討	△	<ul style="list-style-type: none"> ■プラズマ照射を検討。効果は得られなかった。 ■PEFC環境を踏まえ、ポリイミド系を選定。

終わりに



本研究は，福岡水素エネルギー戦略会議の研究助成の支援を受けました．関係各位に，お礼申し上げます．

また，エムファイン，黒田勇氏，九州大学の李相根君，水谷千晶君と共同で実施しました．

熱電対素線 ($\phi 25 \mu\text{m}$) に，絶縁皮膜をつける技術が未熟．
求む，パートナー．