

令和5年度 中性子イメージング専門研究会プログラム

高温作動時の固体高分子型燃料電池内 液水挙動の可視化評価

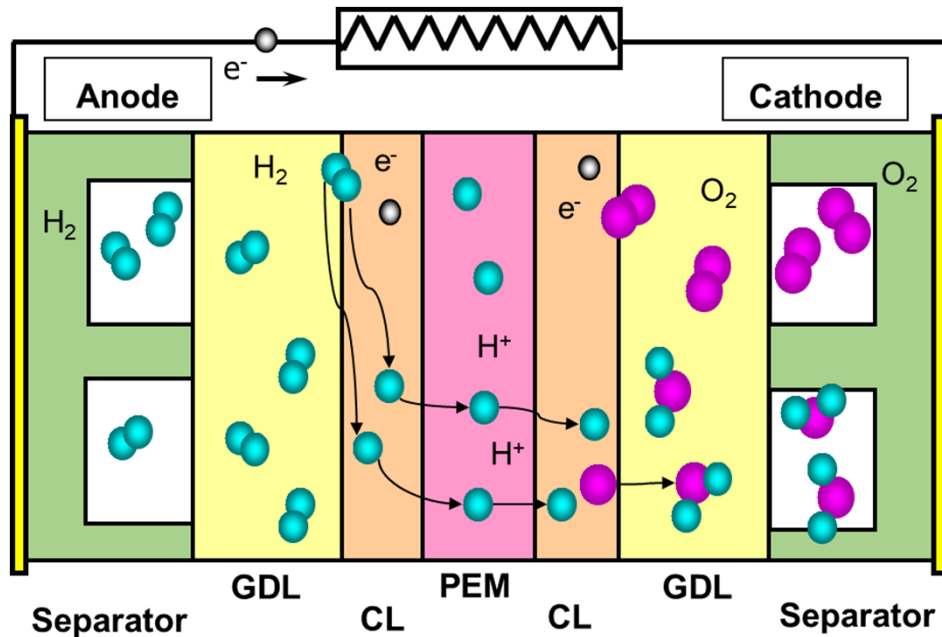
大林 優斗※¹, 中川 勝文※¹, 村川 英樹※¹, 杉本 勝美※¹,
浅野 等※¹, 白勢 裕登※², Schreiber Christopher ※²,
Wakolo Solomon ※², Dzramado Eric ※², 犬飼 潤治※²

※¹ 神戸大学大学院 工学研究科

※² 山梨大学大学院

研究背景

固体高分子型燃料電池(PEFC)



特徴

- ・ 発電密度が高い
- ・ 発電過程で水が排出される

PEFCの普及拡大に向けて^[1]

大型・商用モビリティ(HDV)を対象としたPEFC
例) 大型トラック, 鉄道, 船舶

研究背景

HDVを対象としたPEFCの技術課題

FCV用よりも**高い温度域**での動作や高耐久性

要求性能

従来の動作温度80°C~90°Cから**最大120°C(高温)**での運転

メリット

- ・ 触媒での電気化学反応が促進され発電性能が向上する.
- ・ 大電力が必要な移動体の発熱に対応できる.

水管理

温度上昇に伴う, 運転パラメータの変更

➡**背圧をかける必要性**

背圧をかけた状態での水輸送現象の解明が重要

従来研究

高温作動時のPEFCに関する研究^[2]

- ・ 背圧の違いによる，電気性能の低下からPEFC内部の液の状態を考察.
- ➡ 内部の水分布や過渡的な変化が計測されておらず，液水と電気特性の関連性の評価が不十分.

研究目的

高温条件下($\sim 120^{\circ}\text{C}$)において，PEFC内の過渡的な水分布と発電性能の関連性評価

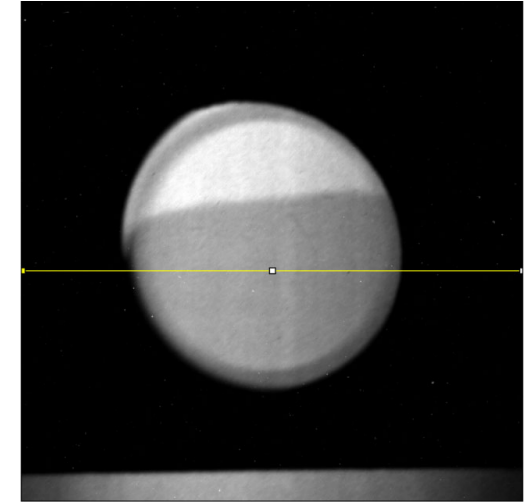
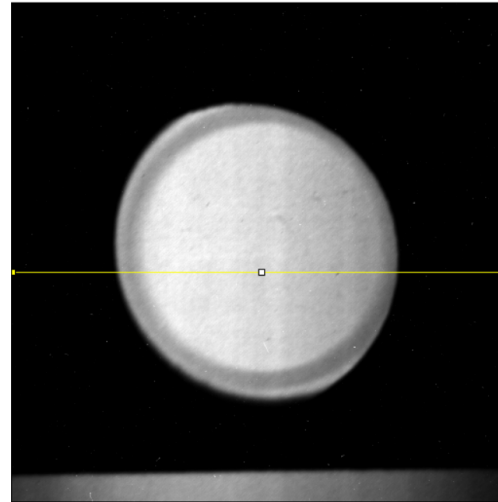
方法

中性子ラジオグラフィによる，水分布計測

Calibration cell

① 0.5 mm, ② 0.1 mm
③ 0.01 mm, ④ 1 mm

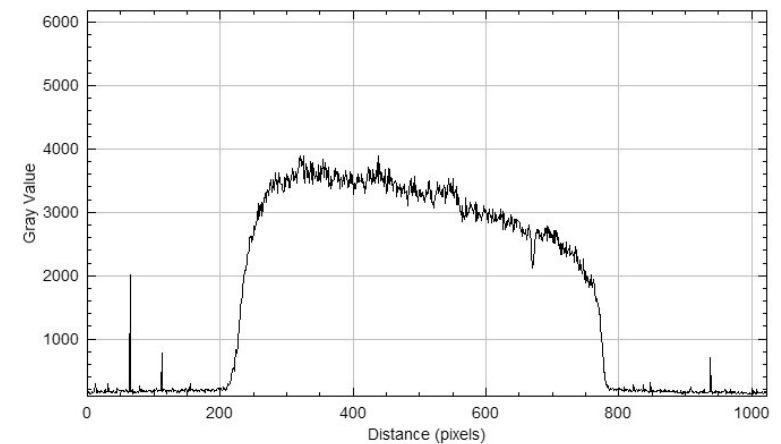
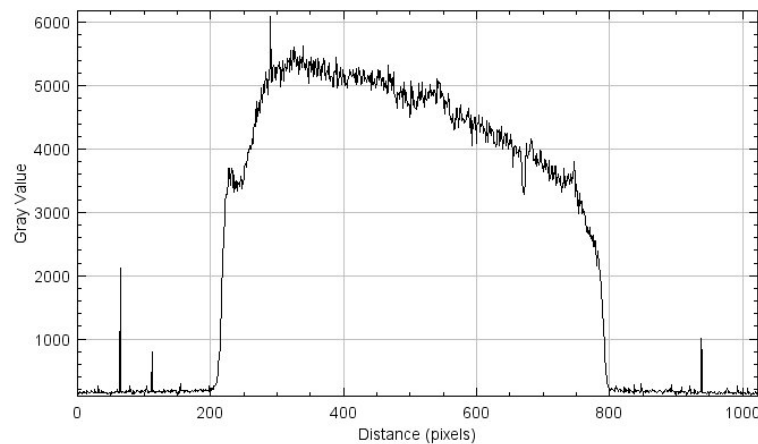
④検量線厚さ 1mm



検量栓

Empty

Liquid



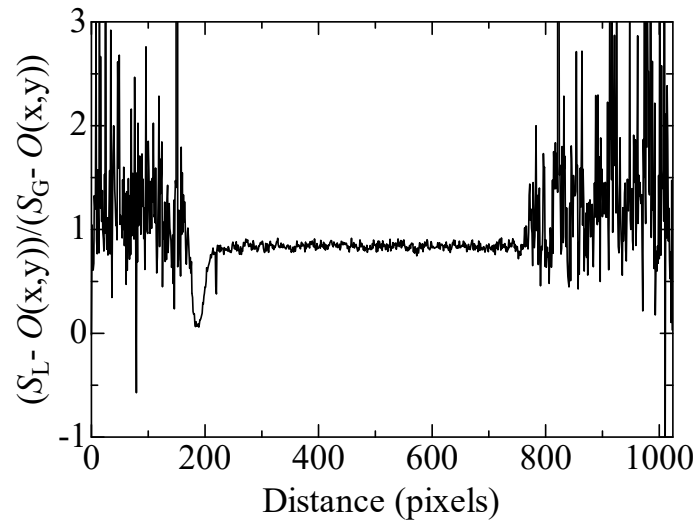
Empty

Liquid

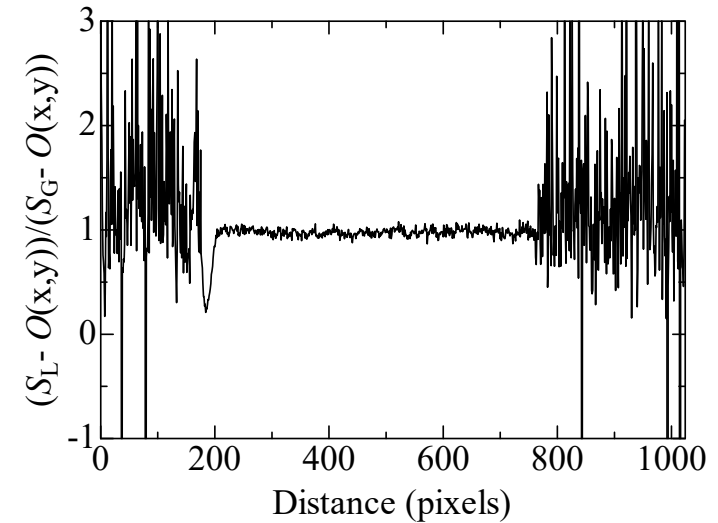
Calibration cell

割算結果 $\left(\frac{S_L - O(x,y)}{S_G - O(x,y)} \right)$

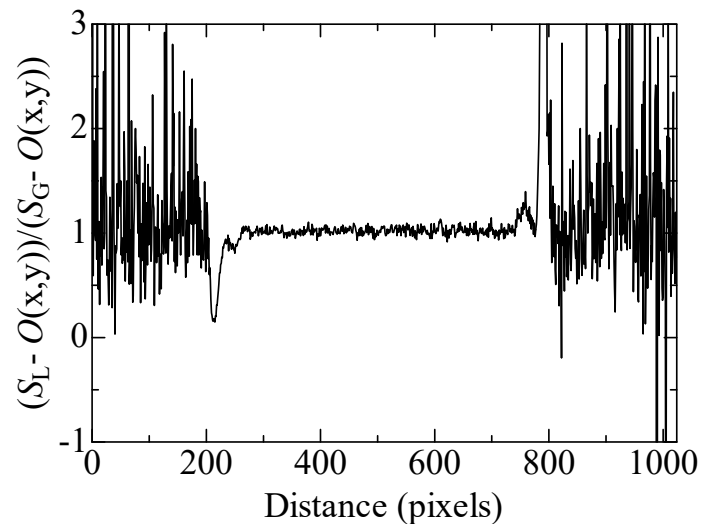
① 検量栓厚さ 0.5mm



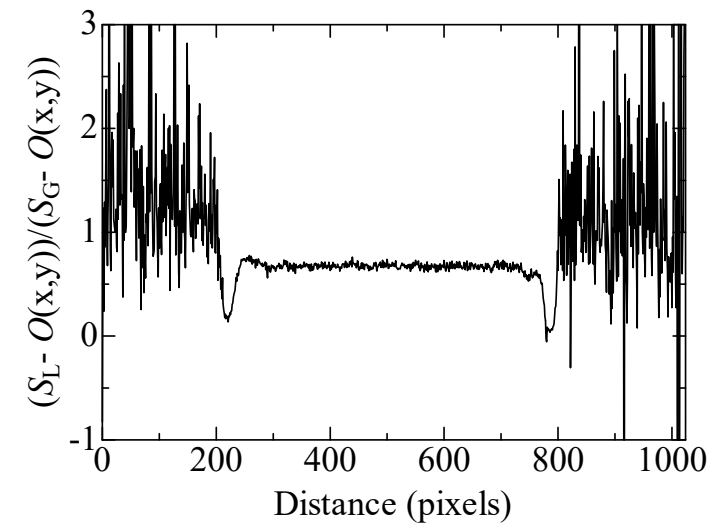
② 検量栓厚さ 0.1mm



③ 検量栓厚さ 0.01mm



④ 検量栓厚さ 1.0mm

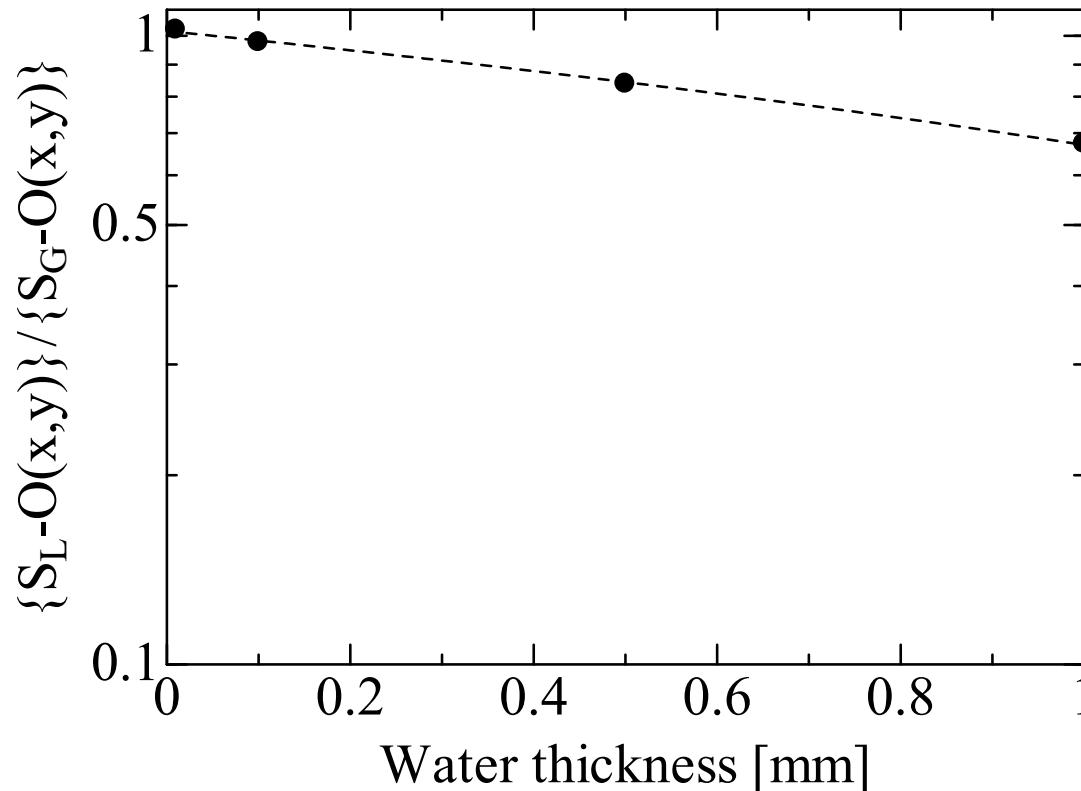


Calibration cell

300~700pixel間での平均値より算出

	検量栓厚さ [mm]	$\frac{S_L - O(x,y)}{S_G - O(x,y)}$
①	0.01	1.0223
②	0.1	0.97658
③	0.5	0.83858
④	1.0	0.67344

$$\log \left\{ \frac{S_L - O(x,y)}{S_G - O(x,y)} \right\} = -\rho_L \mu_{mL} t$$
$$\rho_L = 998.233 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$



近似直線の傾き: -0.34724

近似直線の傾きより求めた
質量減衰係数

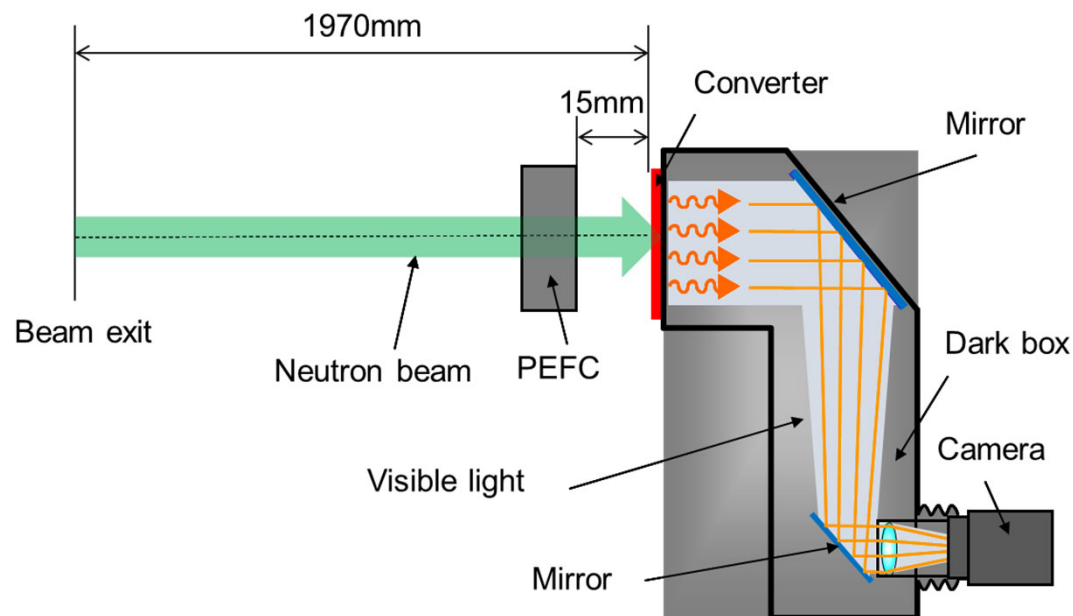
$$\mu_{mL} = 3.479 \text{ [cm}^2\text{/g]}$$

水厚み算出に用いた
質量減衰係数

$$\mu_{mL} = 3.482 \text{ [cm}^2\text{/g]}$$

撮影条件

京都大学原子炉実験所B4ポート



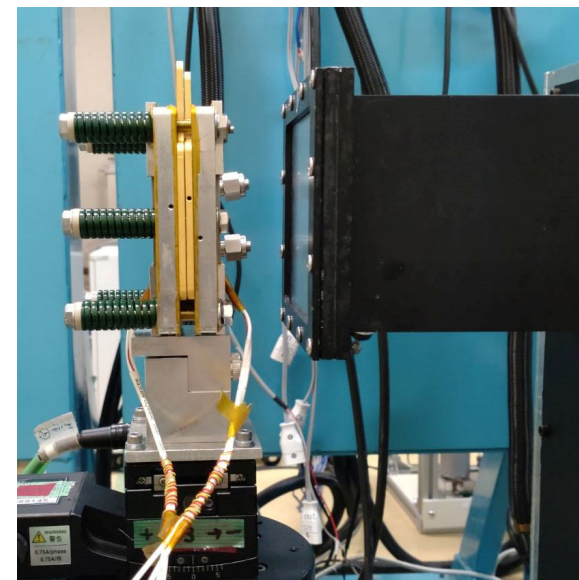
撮像装置

冷却型CCDカメラ

(画素数: 1024×1024 pixel, レンズ: $180\text{mm} \times 2$,
輝度諧調: 16 bit)

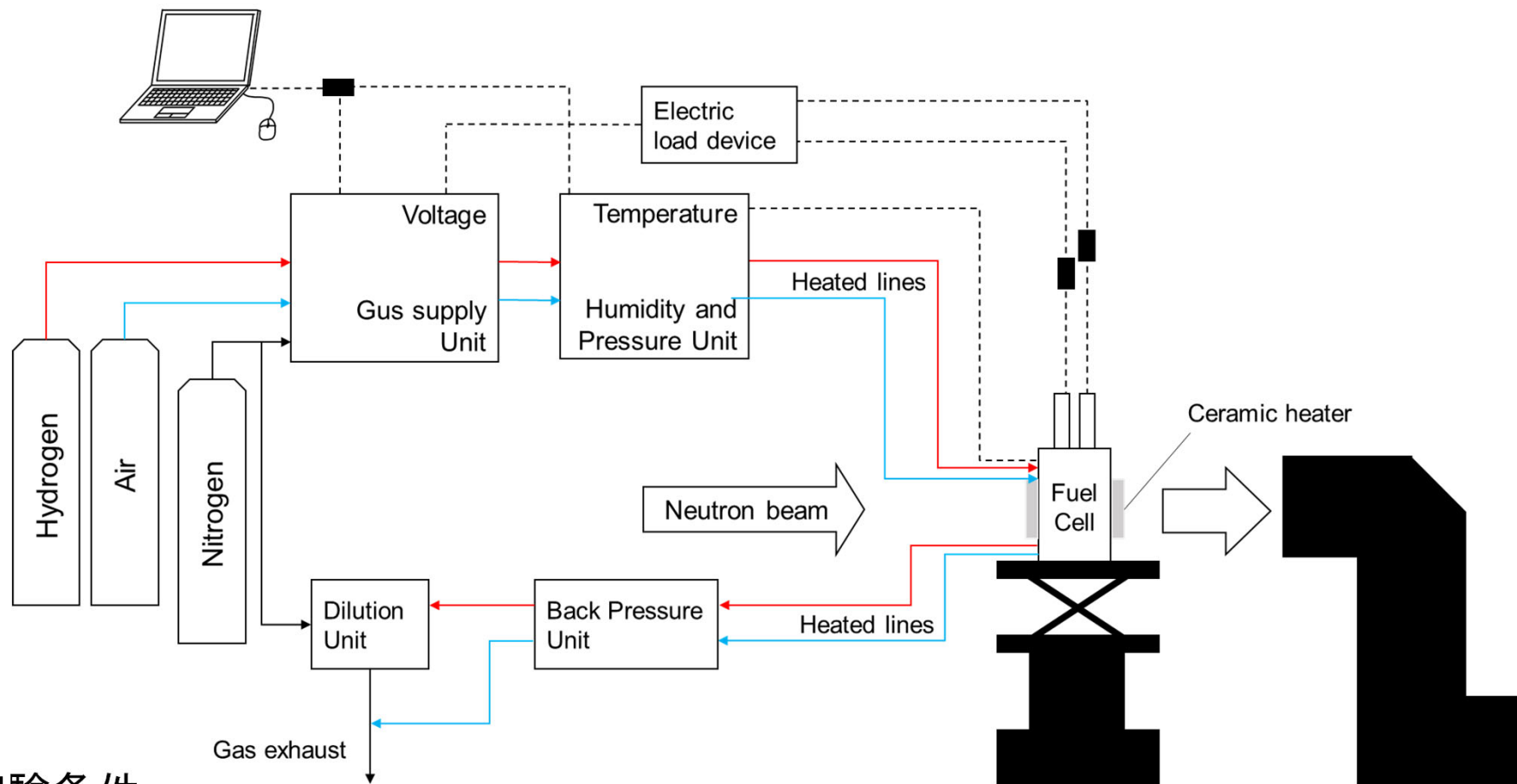
撮影条件

ビーム出力 [MW]	5
露光時間 [s]	6
撮影時間 [min]	16
空間分解能 [μm]	26.6



PEFC

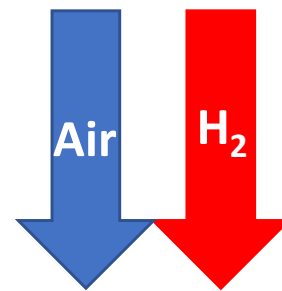
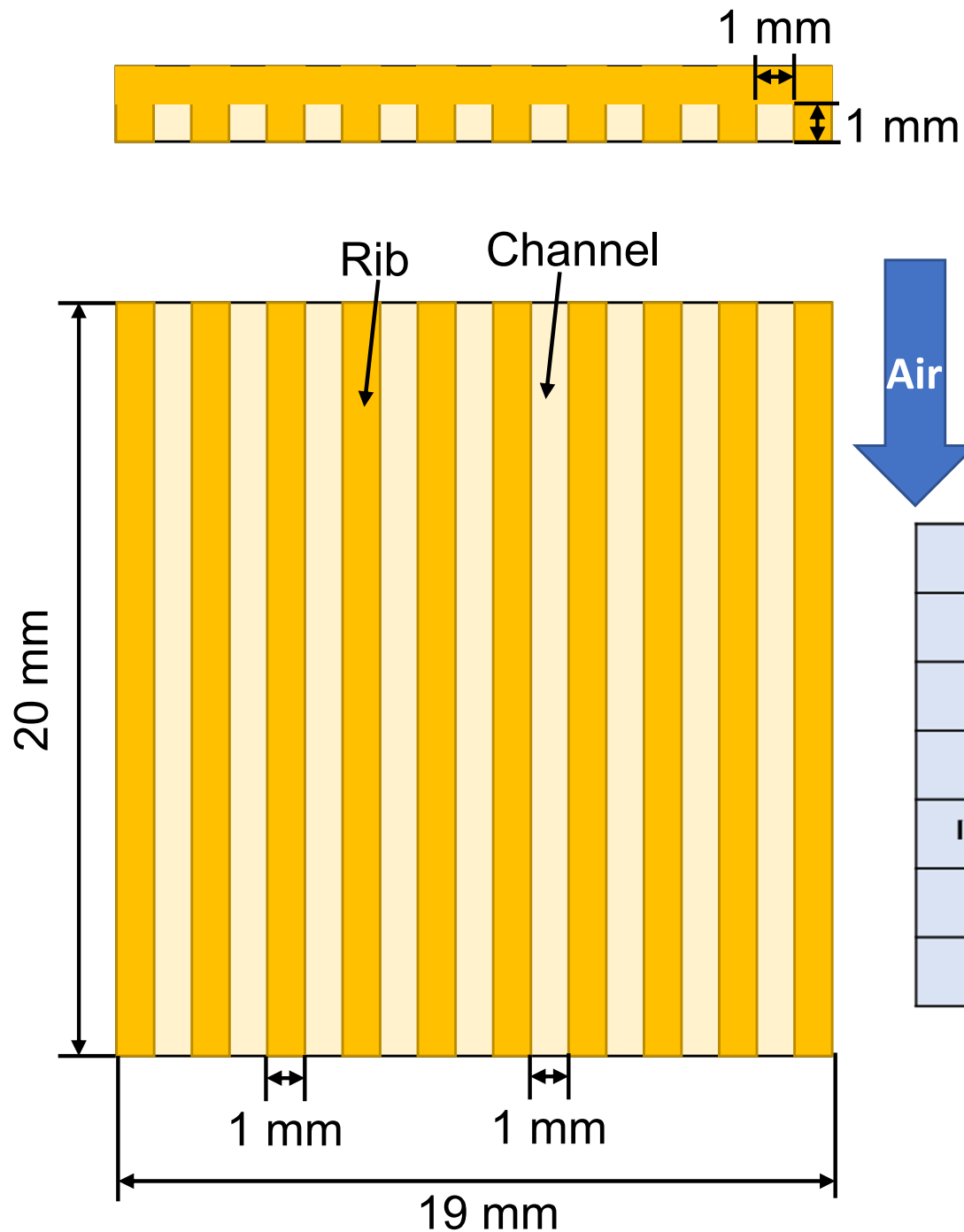
実験装置



実験条件

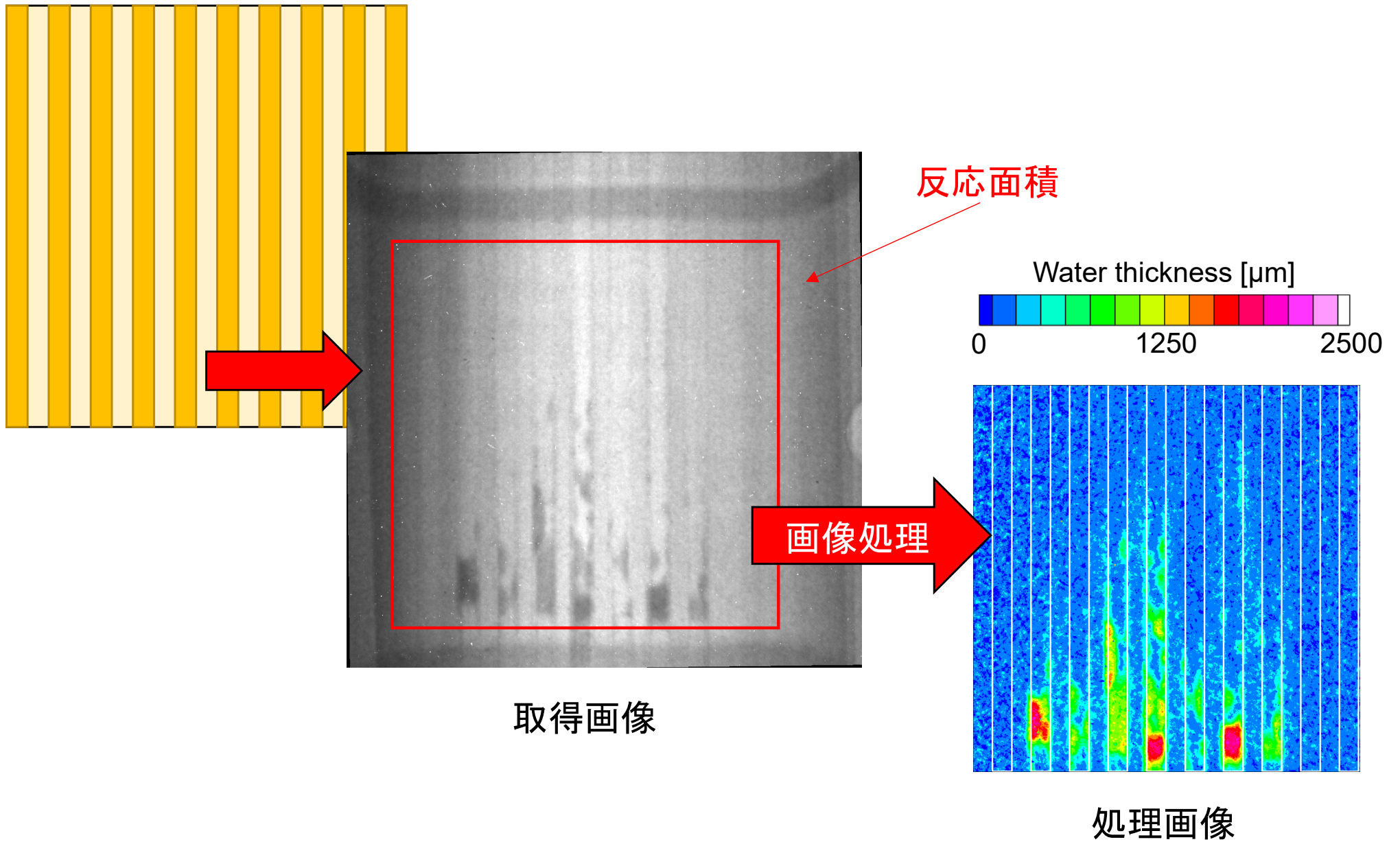
セル温度 [°C]	80~105	バブラー温度 [°C]	74.6
電流密度 [A/cm ²]	0~1.2	加熱配管温度 [°C]	100~120
水素, 空気流量 [sccm]	200	相対湿度 [%]	80
背圧(ゲージ圧) [kPa]	0~250		

試験部



セル形状	ストレート型
流動様式	並行流(Air↓,H ₂ ↓)
反応面積 [cm ²]	2×2
リブ, 流路幅 [mm]	1
リブ, 流路厚さ [mm]	1
GDL厚さ [μm]	215
PEM+CL厚さ [μm]	50

画像処理



まとめ

高温条件下($\sim 120^{\circ}\text{C}$)において、PEFC内の過渡的な水分布と発電性能の関連性評価のために、中性子ラジオグラフィによる水分布計測を行い、以下の知見を得た.

- ・ セル温度 $105 \rightarrow 80^{\circ}\text{C}$ 条件

温度が 80°C まで下がると、供給されたガスが上流側から生成水により徐々に加湿され下流で過飽和を起こしたことにより、次第に液水が生成され最終的に中流でも液水がみられた.

- ・ 平均の水厚み

上流では、リブと流路とで水厚みに差がみられなかったのに対し、下流では、時間経過に従って水厚みが増加した. また、ある地点まではリブ下の水厚みのほうが流路の水厚みよりも大きいことから、凝縮はリブ下から起こり、流路に排出された.