

2013年12月3日-4日 中性子イメージング専門研究会

# 固体高分子形燃料電池内における GDL内水分分布計測

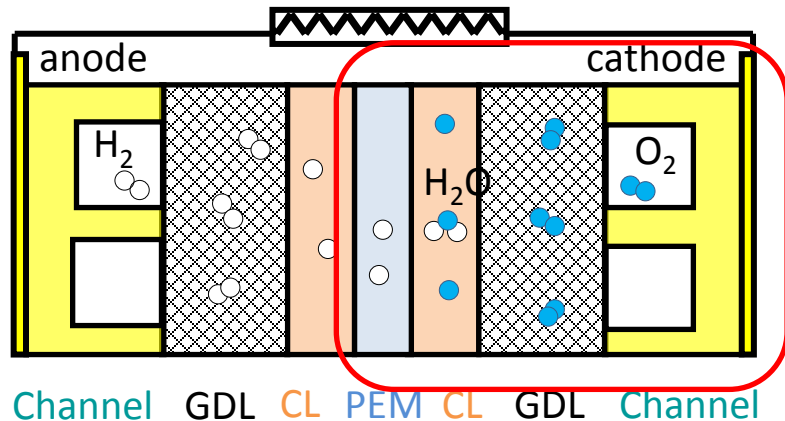
○北村 信樹, 澤田 将貴, 村川 英樹, 杉本 勝美,  
浅野 等, 竹中 信幸, 齊藤泰司\*

神戸大学大学院

\*京都大学原子炉実験所

# 研究背景

## 固体高分子形燃料電池 (PEFC)



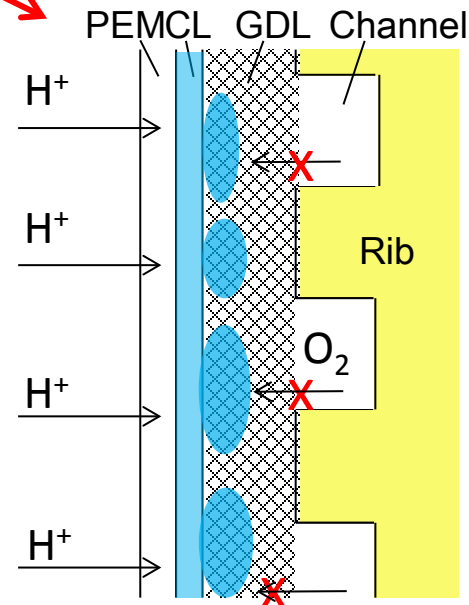
PEM : 電解質膜 } 90 $\mu$ m  
CL : 触媒層 }  
GDL : ガス拡散層 } 190 $\mu$ m

PEFCは作動温度が低いため、起動時間が短いが発電に触媒となる白金が必要

高電流密度での発電

電池反応により水が生成される

➡ GDL内に水が滞留すると、ガス供給が阻害され、発電性能が低下する



# 研究背景

発電性能の低下を抑止するために、マイクロポーラス層(MPL)の活用が多くなされているが、MPLが水輸送現象に与える影響は完全には明らかになっていない

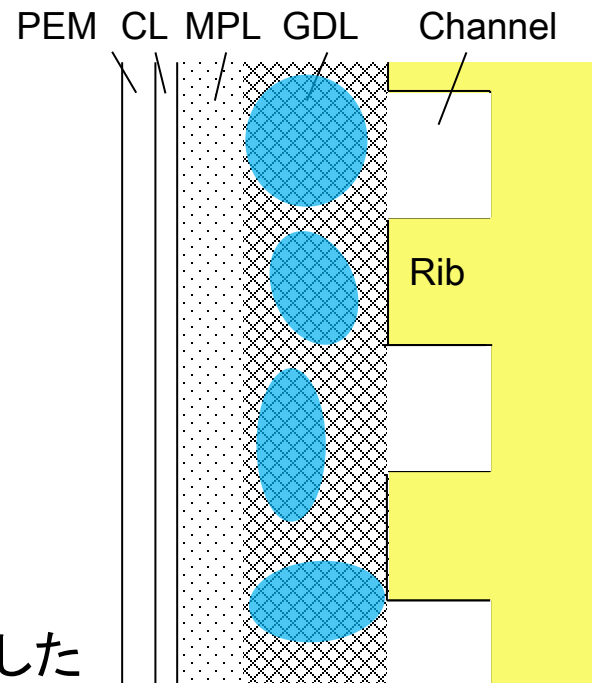
本研究グループでは、従来より

- ・ GDL内の水分布が発電性能に与える影響
- ・ MPLが水輸送現象におよぼす効果

常温無加湿条件下における、発電中のPEFC内水挙動の可視化計測を行ってきた



MPLなし : GDL内の触媒層付近で多くの水が滞留した  
MPLあり : GDL内全体で均一に水が滞留した

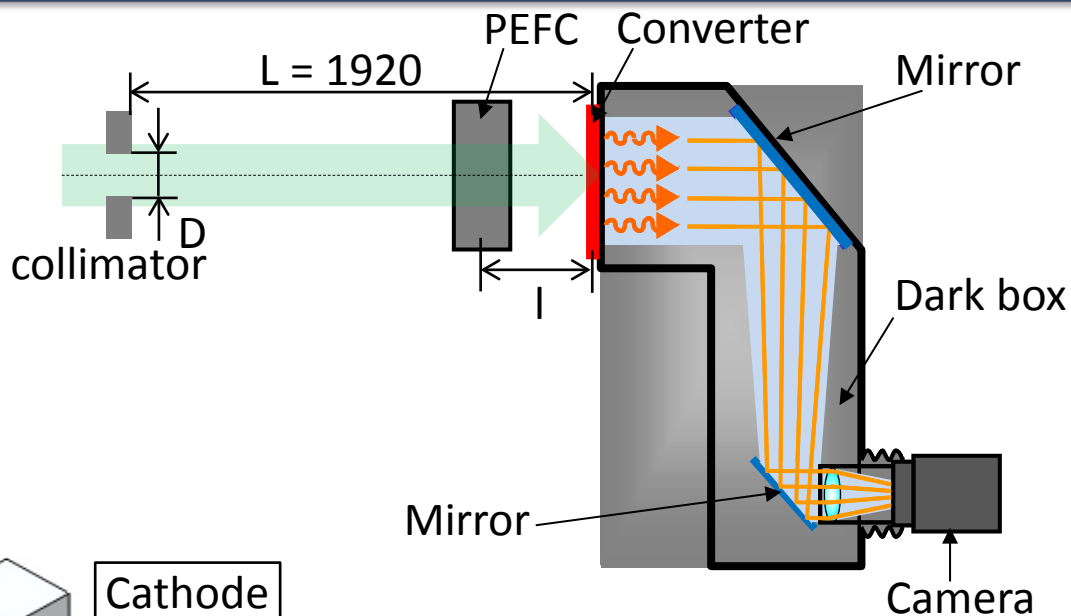


本実験では、より実機に近い条件でのMPLが電池内水分布へ与える影響を観察するために電池温度を上げ、供給ガスを加湿させて可視化実験を行った

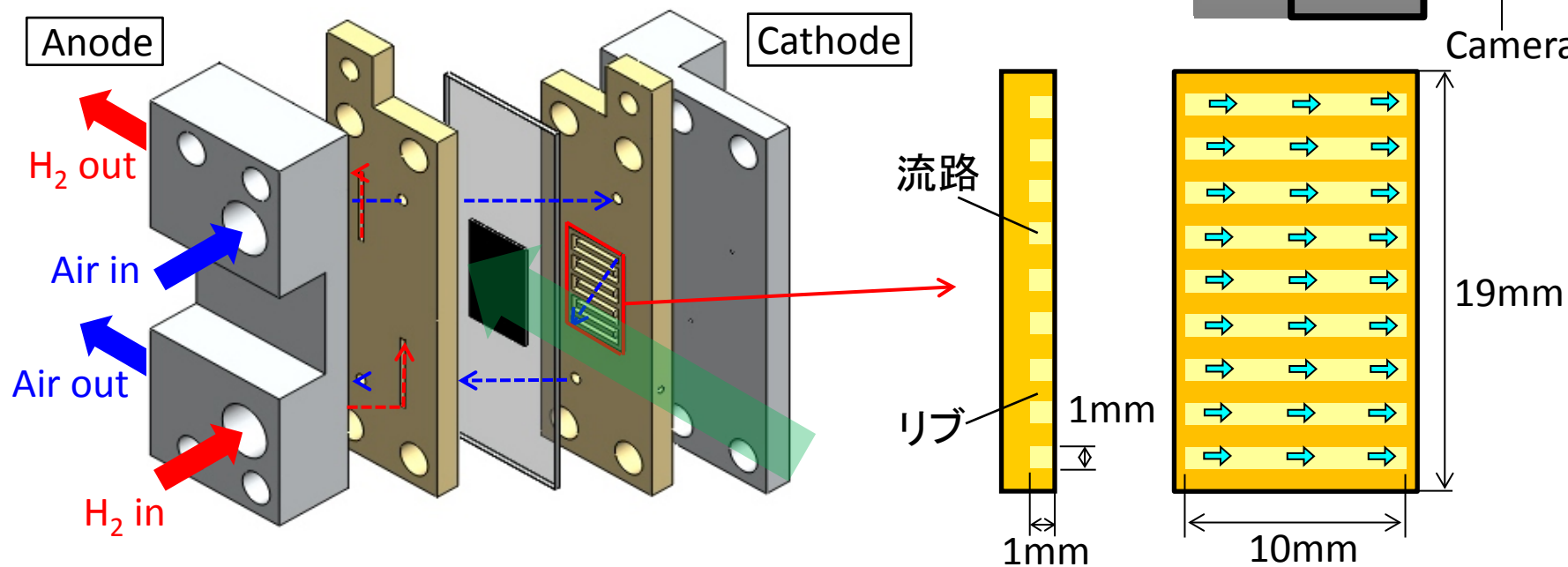
# 撮像システムおよび実験装置

## KUR B4実験孔(5MW運転)

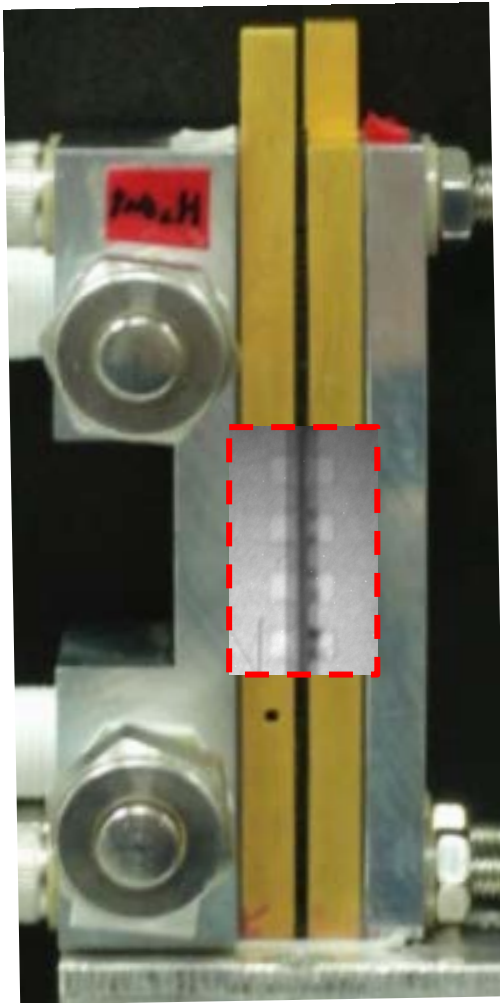
- ・検出器：コンバータ
- ・カメラ：冷却型CCD
- ・露光時間：60 [sec]
- ・画素寸法：8.7 [ $\mu\text{m}$ ]
- ・コリメータ：5 [mm]ピンホール(D)
- ・ $L/D = 384$ ,  $l = 20$  [mm]



## 小型PEFC



# 可視化画像および実験条件

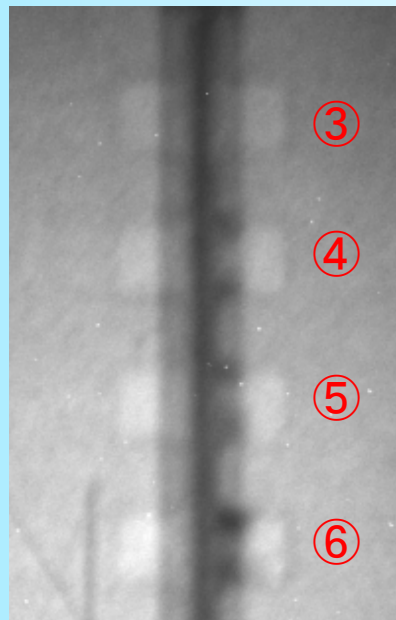


## 実験条件

電池温度: 60 °C      供給ガス: 40 RH%  
水素流量: 28Ncc/min    空気流量: 66Ncc/min  
電流密度: 316~474mA/cm<sup>2</sup>  
利用率: 15~22.5%

anode

cathode



9mm

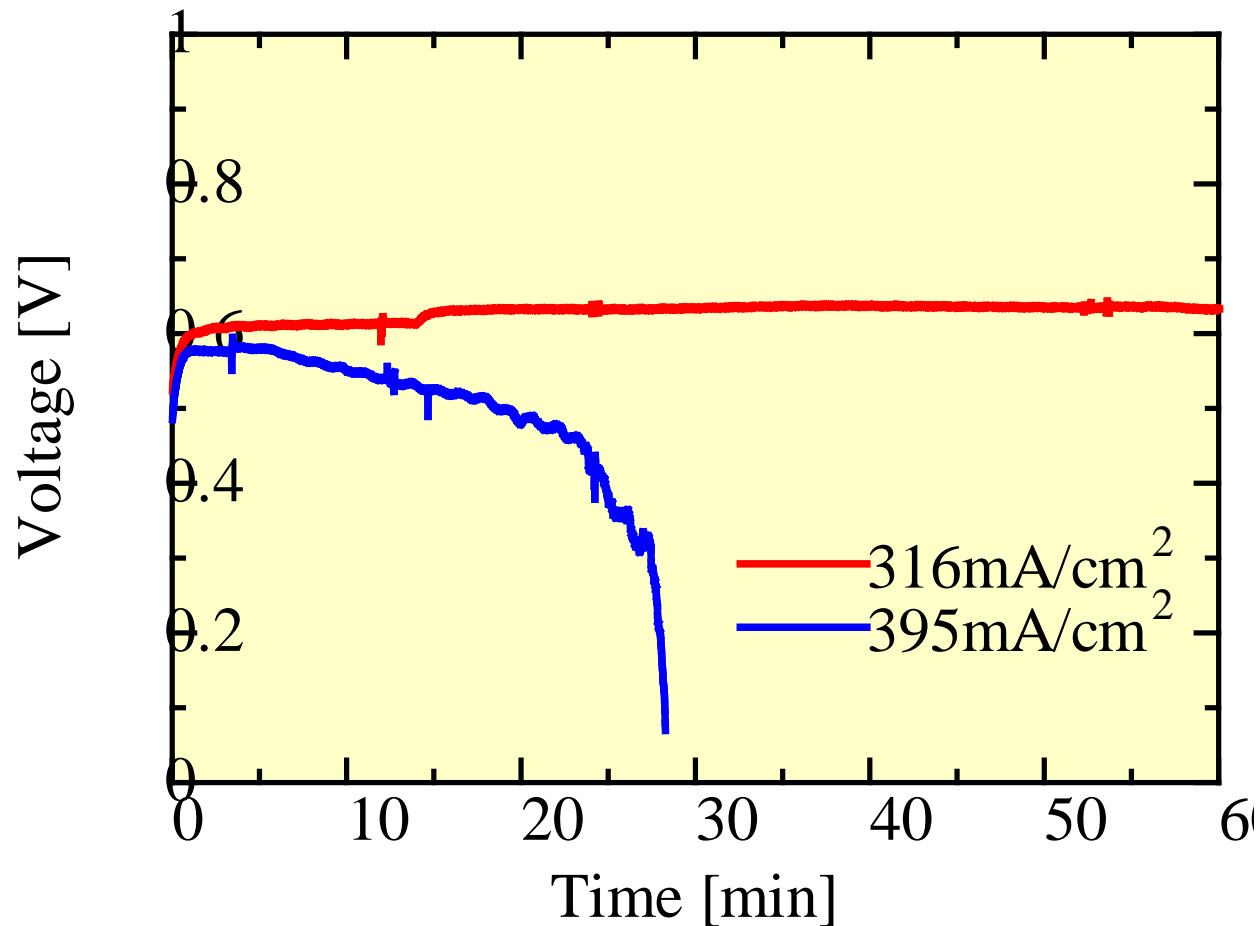
# 電流密度による性能差 (MPLなし)

電池温度: 60 °C

供給ガス: 40 RH%

水素流量: 28Ncc/min

空気流量: 66Ncc/min



# 膜厚方向水挙動 (MPLなし)

## 発電条件

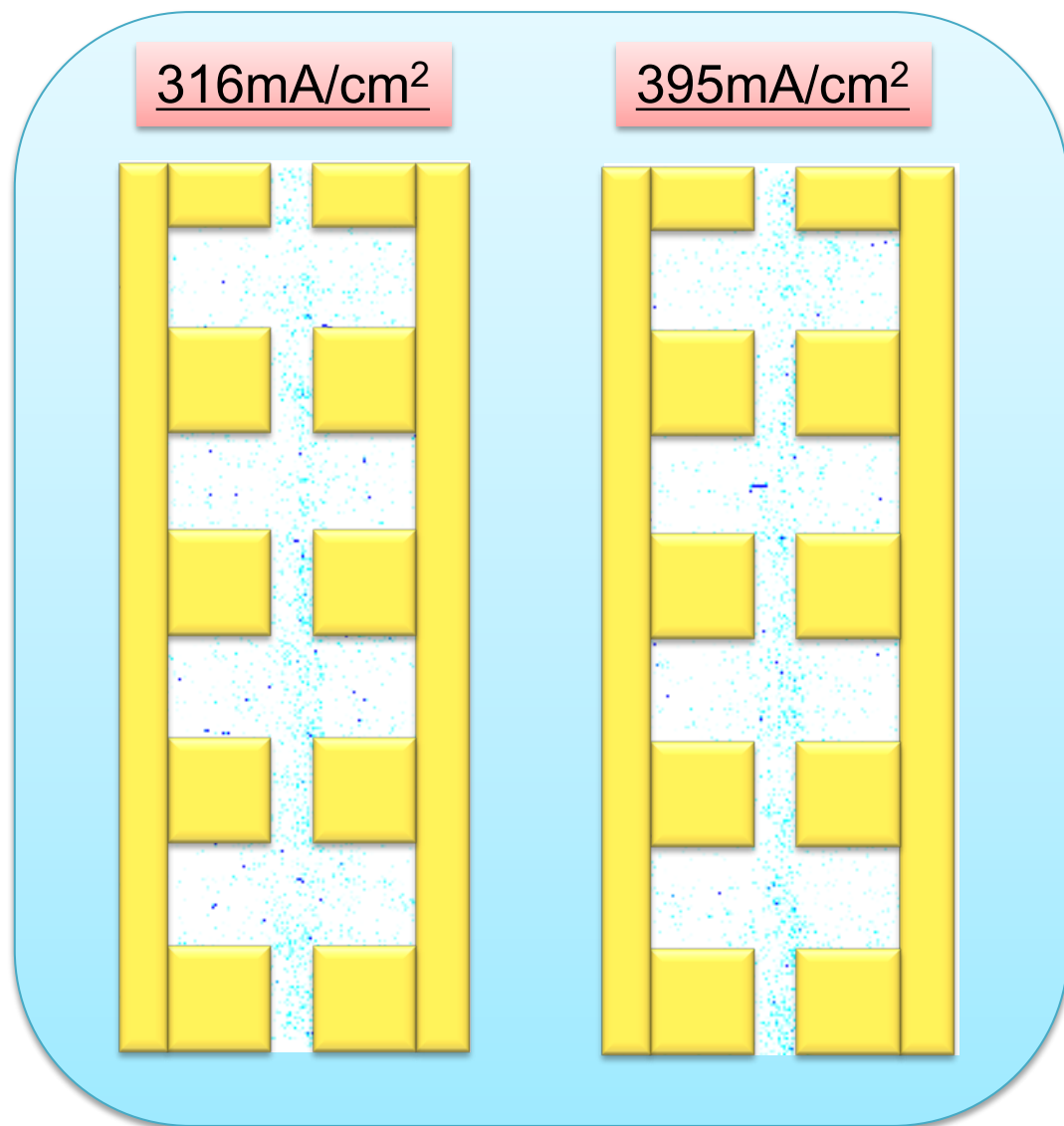
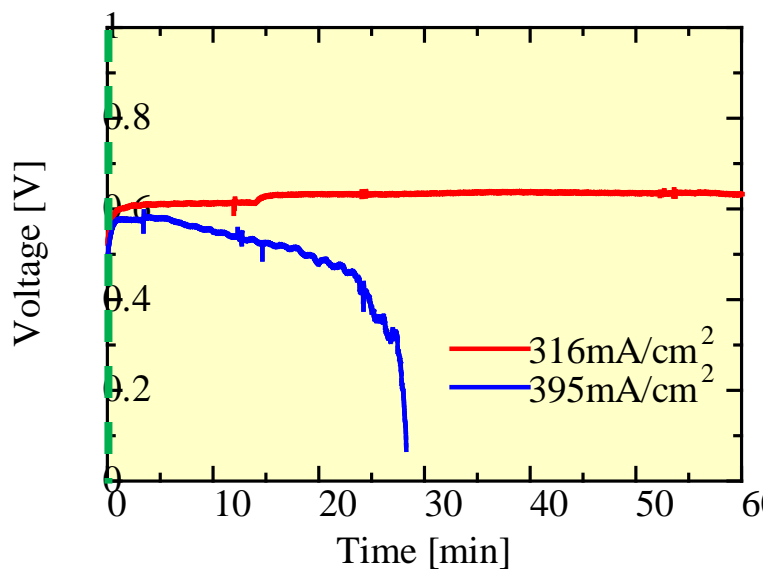
電池温度: 60°C

相对湿度: 40RH%

水素流量: 28Ncc/min

空気流量: 66Ncc/min

MPLなし



# 各時間における電池内水分分布

## 発電条件

電池温度: 60°C

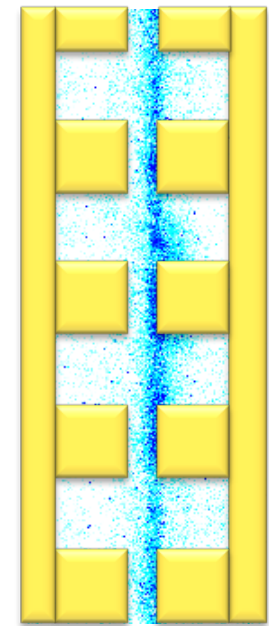
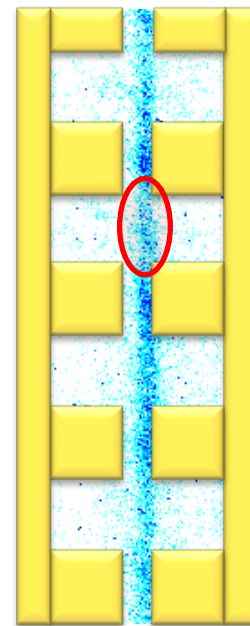
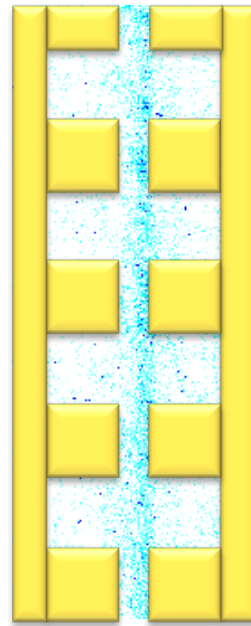
相对湿度: 40RH%

水素流量: 28Ncc/min

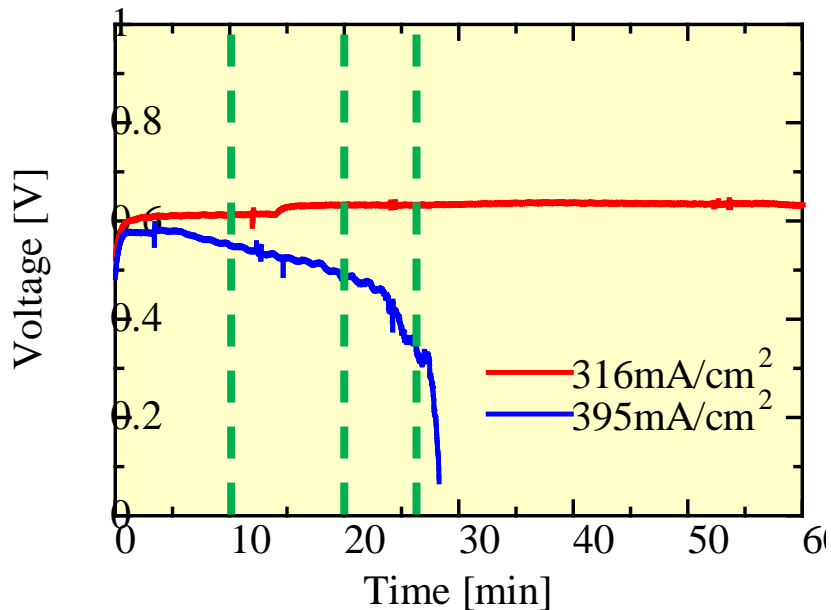
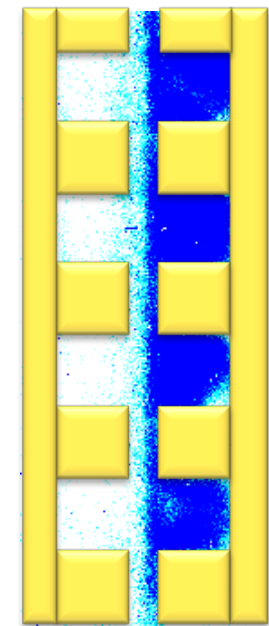
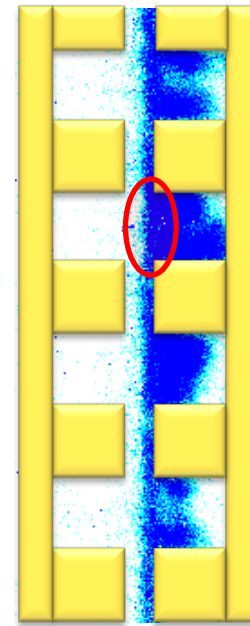
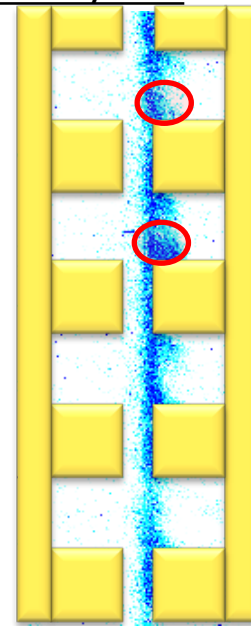
空気流量: 66Ncc/min

MPLなし

316mA/cm<sup>2</sup>



395mA/cm<sup>2</sup>





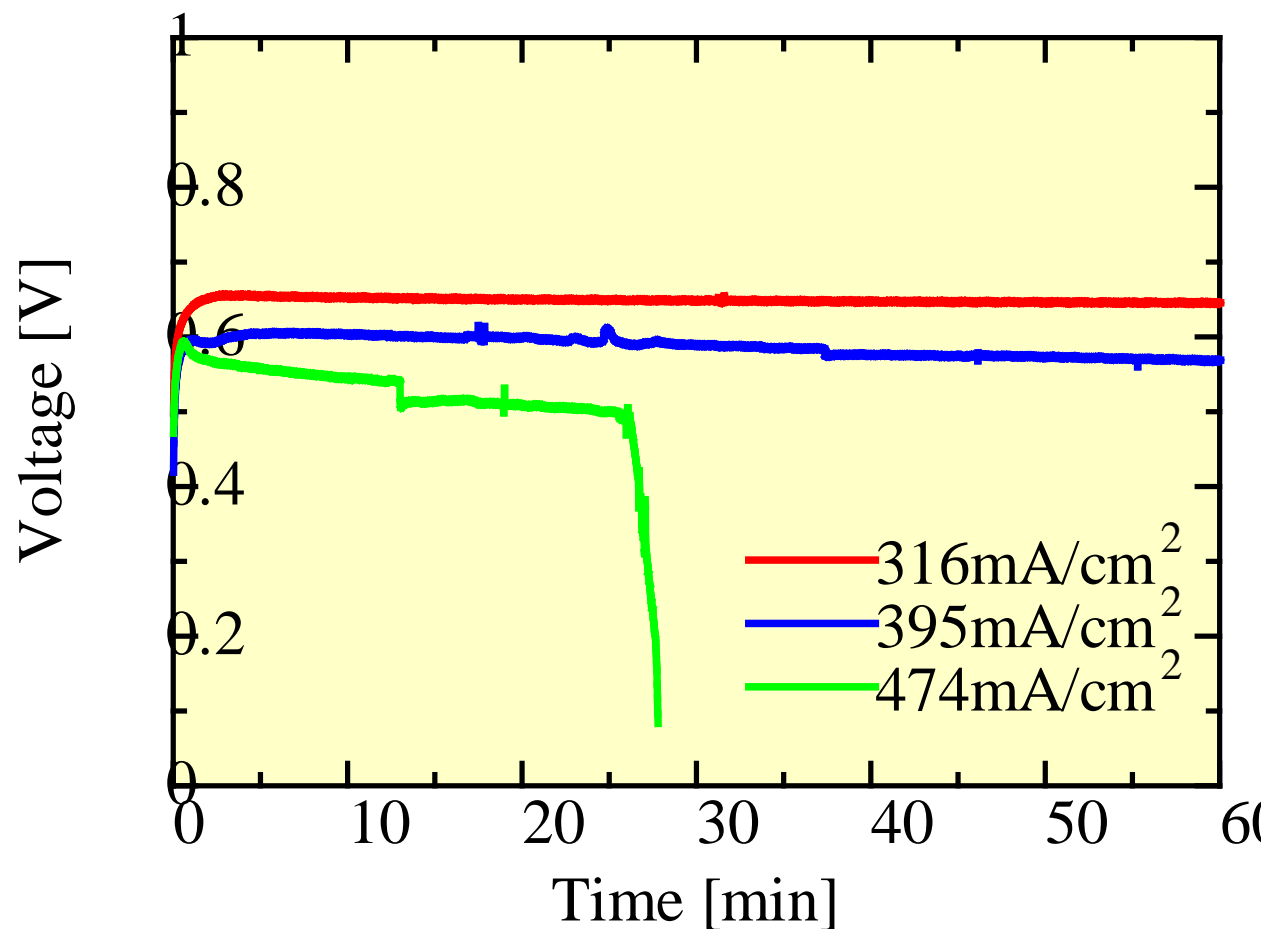
# 電流密度による性能差 (MPLあり)

電池温度: 60 °C

供給ガス: 40 RH%

水素流量: 28Ncc/min

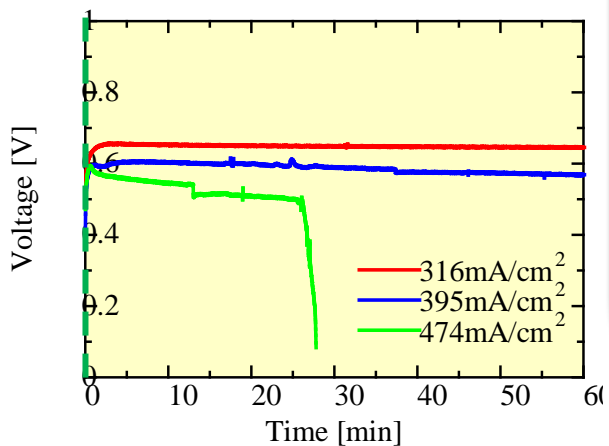
空気流量: 66Ncc/min



# 膜厚方向水挙動 (MPLあり)

## 発電条件

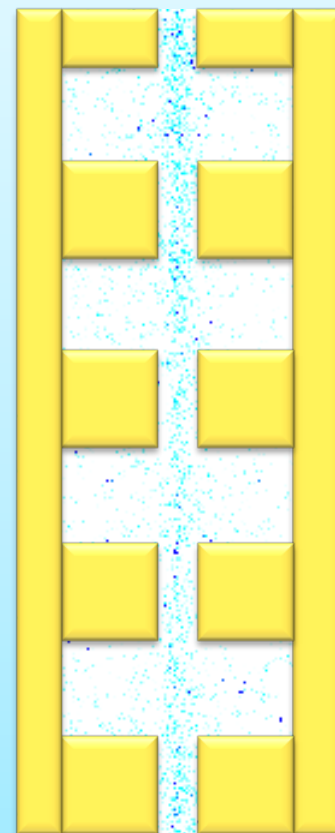
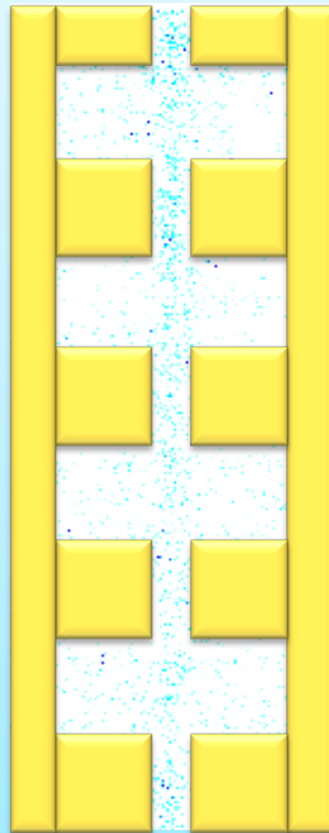
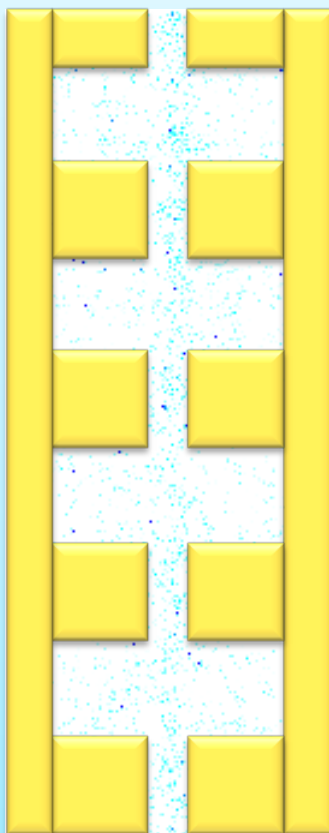
電池温度: 60°C  
相対湿度: 40RH%  
水素流量: 28Ncc/min  
空気流量: 66Ncc/min  
MPLあり



316mA/cm<sup>2</sup>

395mA/cm<sup>2</sup>

474mA/cm<sup>2</sup>



# 各時間における電池内水分分布

## 発電条件

電池温度: 60°C

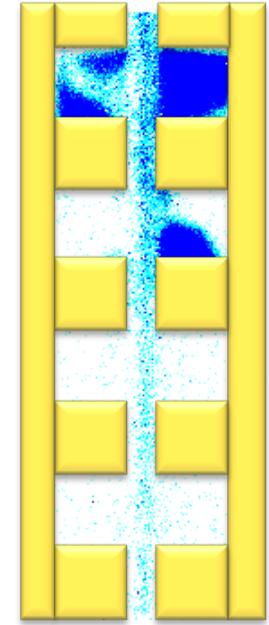
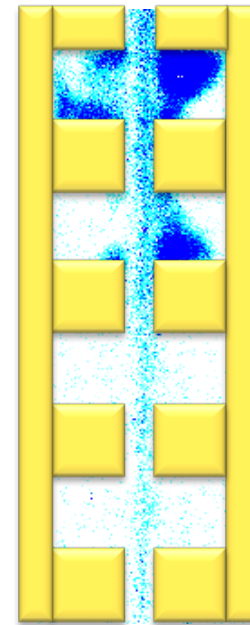
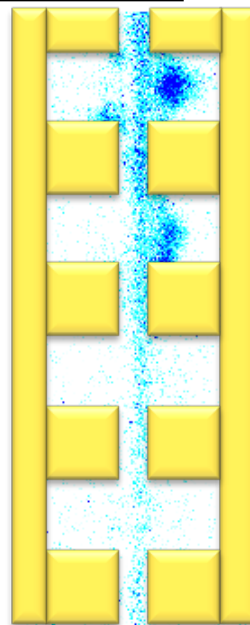
相対湿度: 40RH%

水素流量: 28Ncc/min

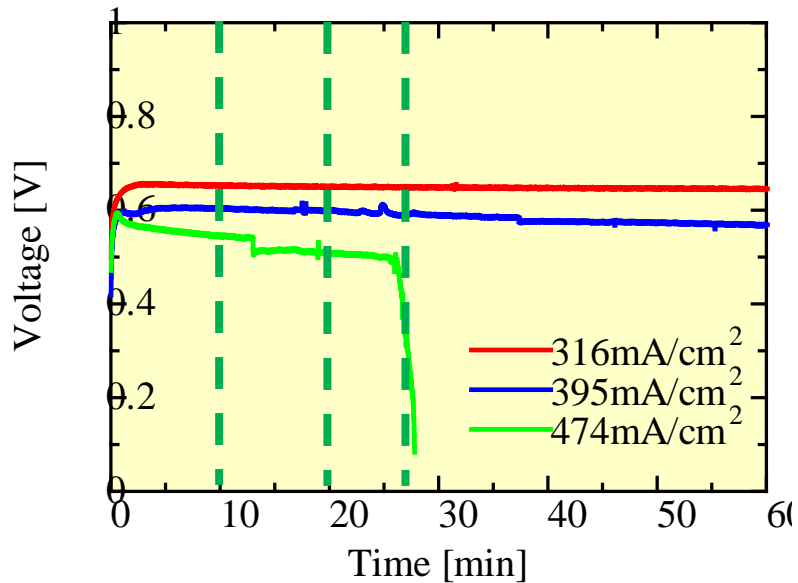
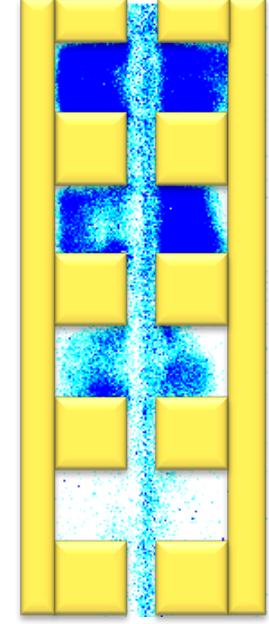
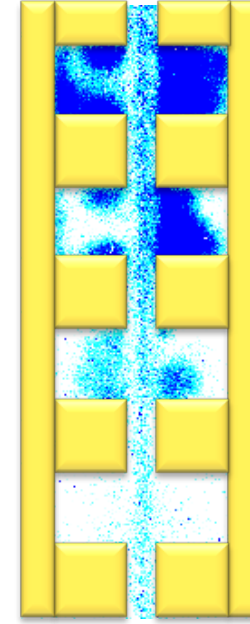
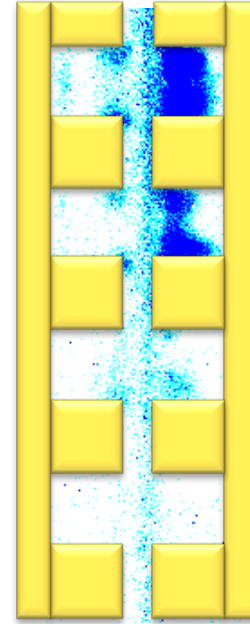
空気流量: 66Ncc/min

MPLあり

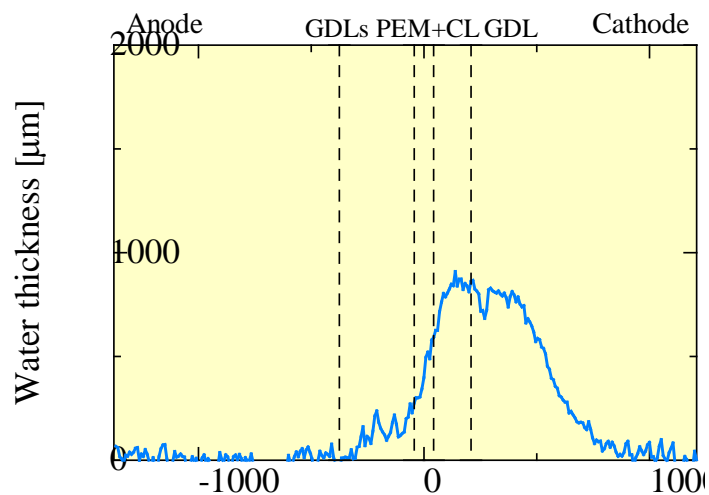
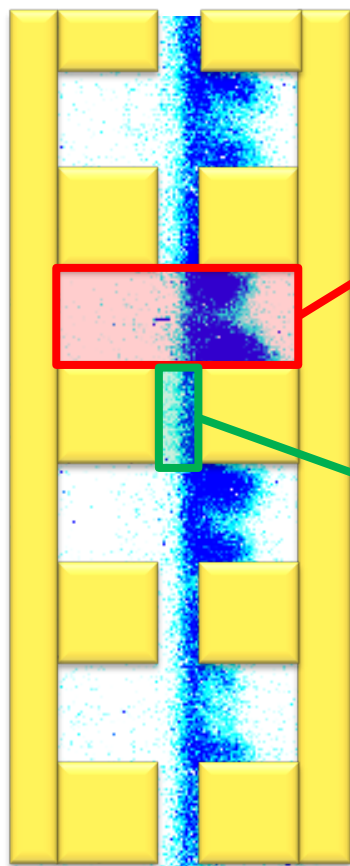
395mA/cm<sup>2</sup>



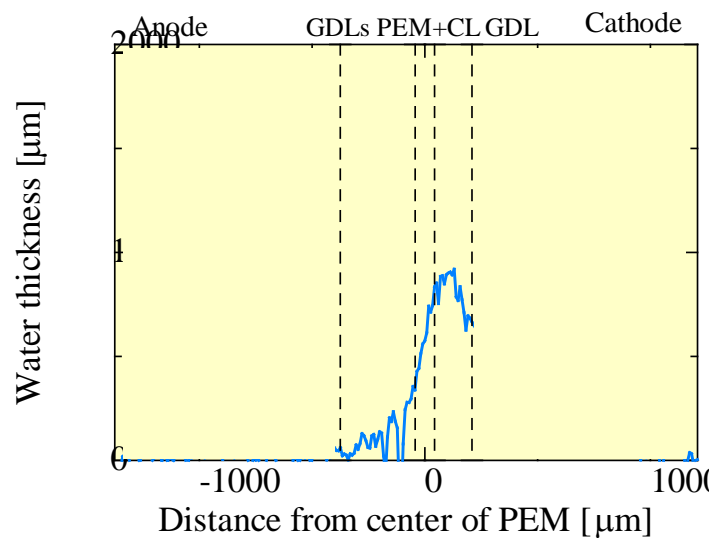
474mA/cm<sup>2</sup>



# 膜厚方向水分分布の時間変化



流路



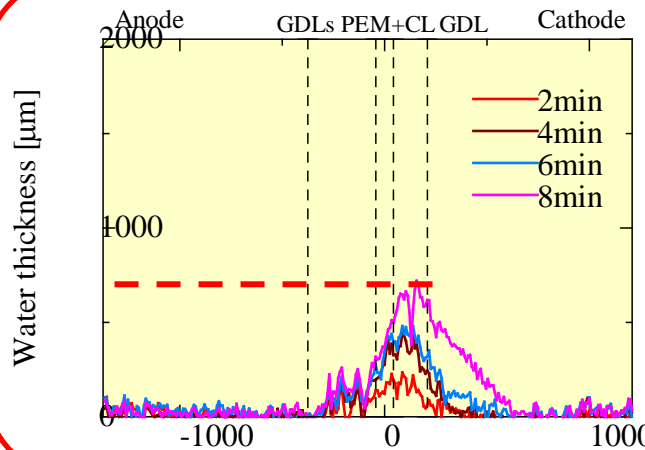
リブ

# 膜厚方向水分分布の時間変化 (395mA/cm<sup>2</sup>)

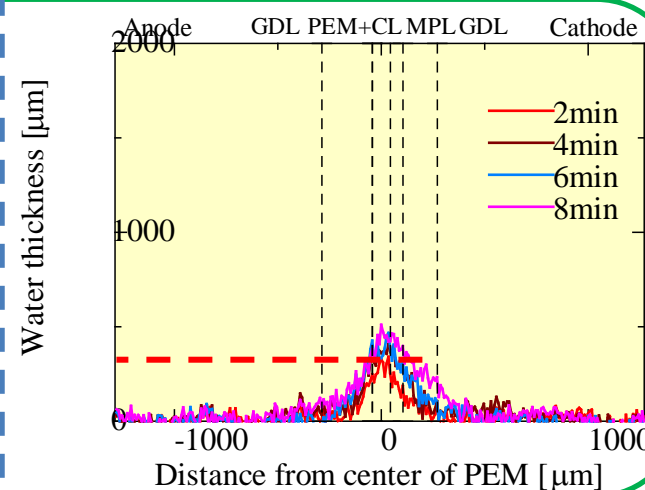
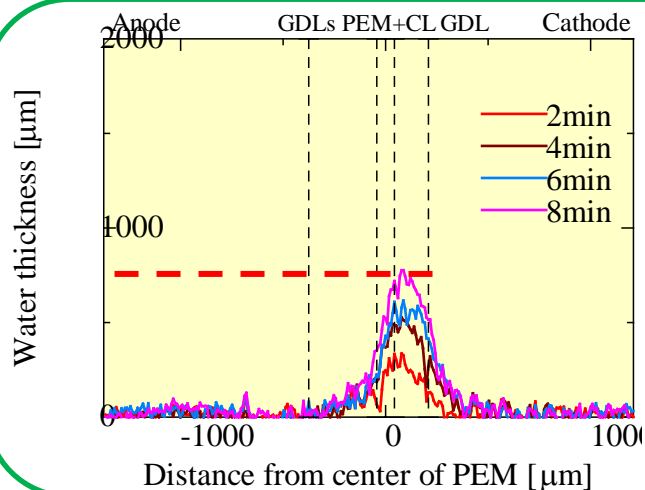
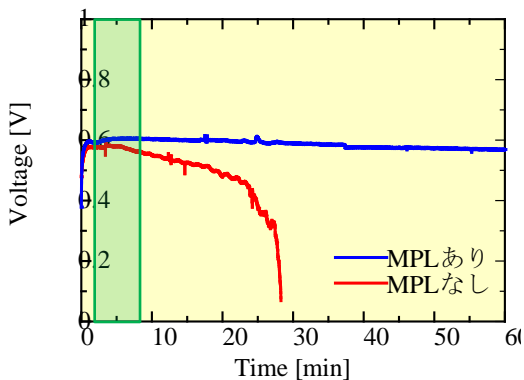
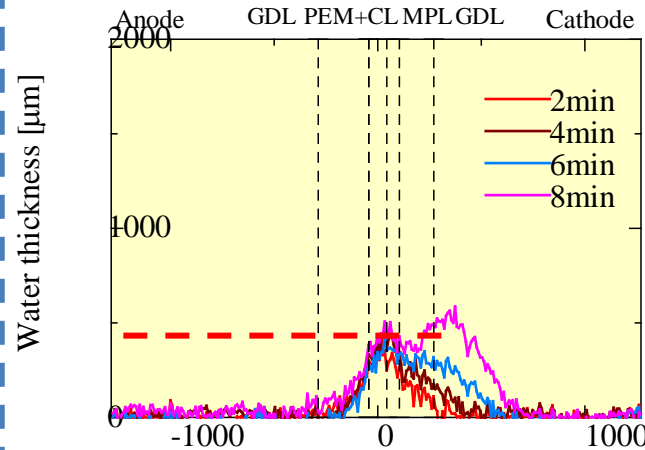
## 発電条件

電池温度: 60°C  
 相对湿度: 40RH%  
 水素流量: 28Ncc/min  
 空気流量: 66Ncc/min  
 電流密度: 395mA/cm<sup>2</sup>

### MPLなし



### MPLあり

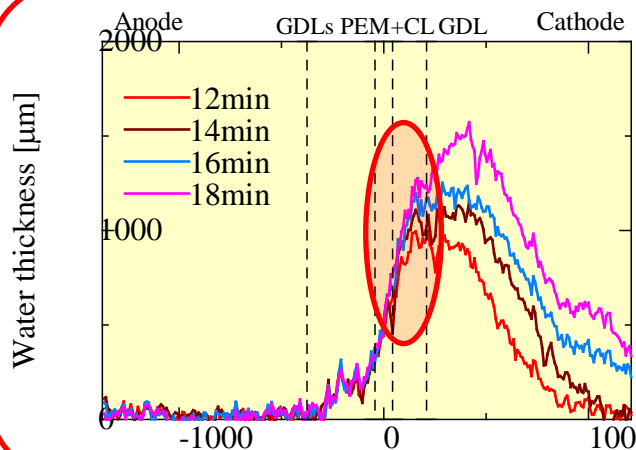


# 膜厚方向水分分布の時間変化 (395mA/cm<sup>2</sup>)

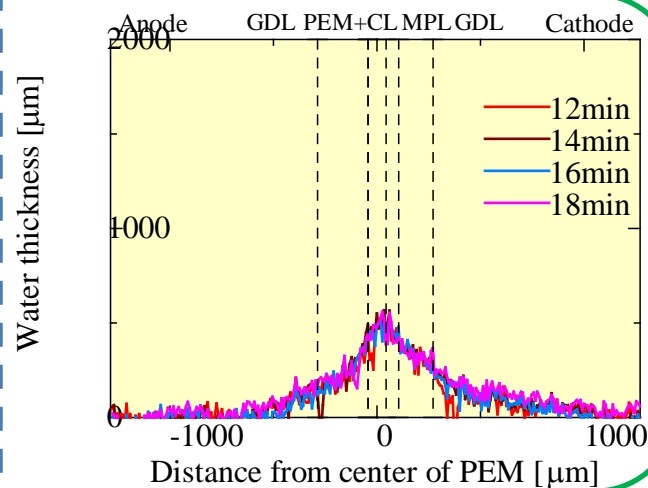
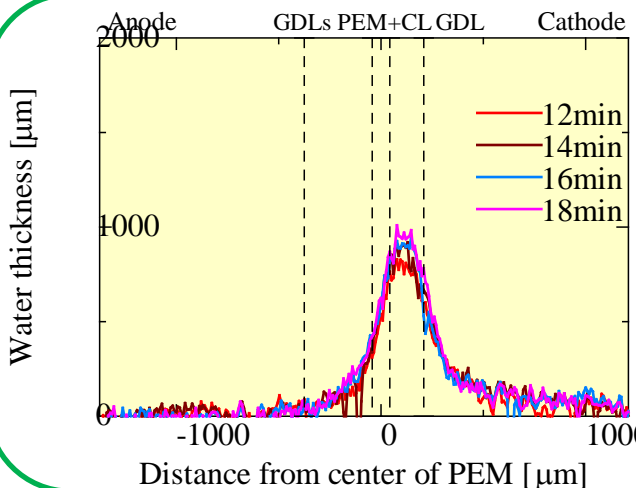
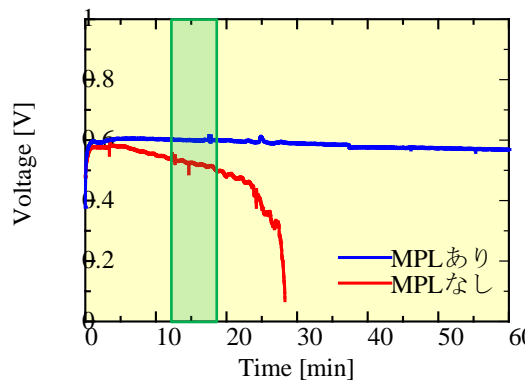
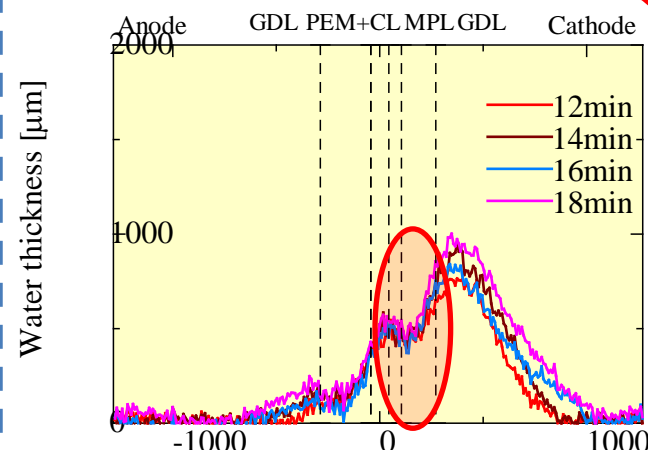
## 発電条件

電池温度: 60°C  
 相対湿度: 40RH%  
 水素流量: 28Ncc/min  
 空気流量: 66Ncc/min  
 電流密度: 395mA/cm<sup>2</sup>

### MPLなし



### MPLあり

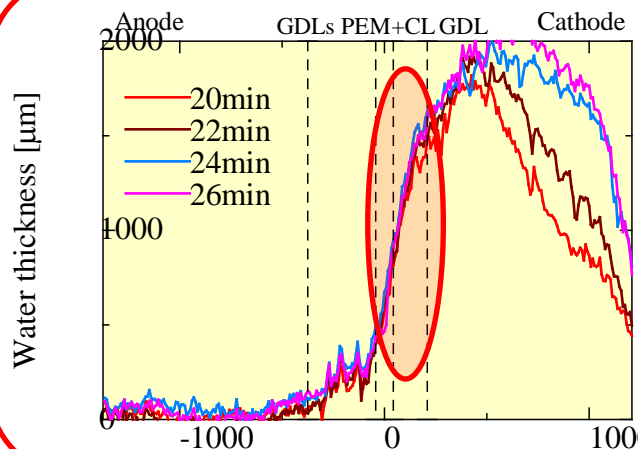


# 膜厚方向水分分布の時間変化 (395mA/cm<sup>2</sup>)

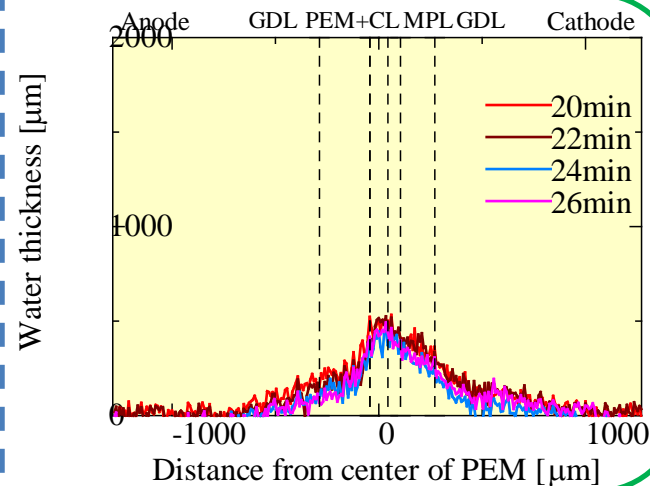
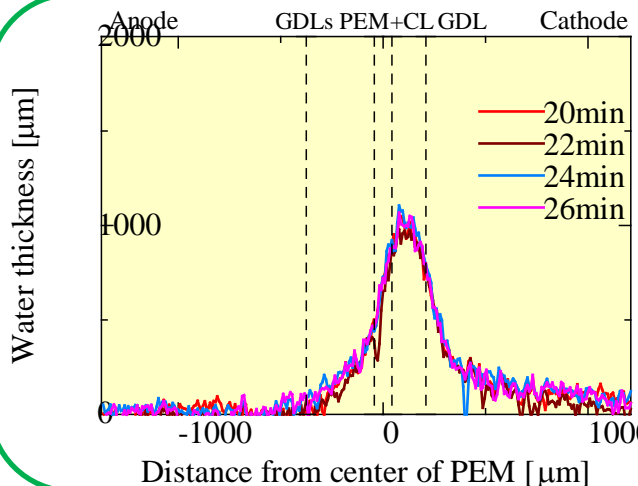
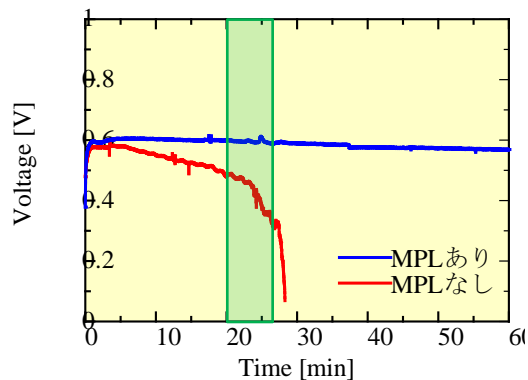
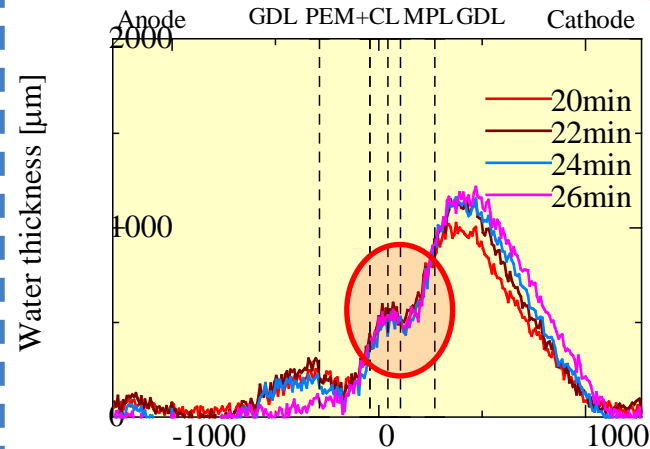
## 発電条件

電池温度: 60°C  
 相对湿度: 40RH%  
 水素流量: 28Ncc/min  
 空気流量: 66Ncc/min  
 電流密度: 395mA/cm<sup>2</sup>

### MPLなし



### MPLあり



# 結論

昇温加湿条件下における, MPLがGDL内の水分分布に与える影響を確認するために, 中性子ラジオグラフィを用いて可視化計測を行い, 以下の結果を得た

- ・MPLなしの条件では, 発電により生じた水がGDL内に滞留し, 触媒層付近でのフラッシングを引き起こした. そのため, 電圧が徐々に低下し, 発電性能の低下が見られた
- ・MPLを用いるとMPL内にはあまり水は滞留せず, GDL内に滞留する水の量も少なくなった. その結果, 発電性能は低下せずに発電が維持された