

## 評価条件

1. 酸の純度等：メーカー(関東化学), 酸の純度(Ultrapur)
2. 水の純度等：メーカーまたは製造機等(milipore MILLI-Q Advantage), 純度(抵抗率18.2 MΩ cm、TOC 4ppb)
3. 洗ビンの容器の材質：(PFA)
4. 電解槽および電気化学測定装置名等：(北斗電工 HZ-5000)
5. 電解槽の容積：ca. 300 mL
6. 電解槽の洗浄方法：(濃硝酸浴中で加熱、冷却後、超純水で洗浄)
7. 回転電極の電極部の大きさ：直径(5 mm), チャンネルフロー電極の場合には電極サイズ等：  
( )
8. 試験電極作製法：(a) GC電極上にイオノマーと触媒の混合物を載せる, b. GC電極上に触媒を載せた上にイオノマーを滴下, c. その他( )
9. 回転電極の試験電極部：Pt/C担持量(29.75 μg cm<sup>-2</sup>), イオノマー担持量(11.76 μg cm<sup>-2</sup>)
10. GC電極上への触媒担持方法(一回で担持、数度に分けて担持、その他の工夫などを簡潔に記述願います)：  
(自動滴下装置を使用し、触媒懸濁液10μLを3000滴に分けて滴下)
11. 試験電極作製時の加熱温度と時間：25 °C, 60 min
12. ORR特性評価における電解液中での電極の前処理：  
(CV:0.05~1.2 V、500 mV s<sup>-1</sup>、100 cycle(N = 1)、100 cycle(N = 2))
13. ORR評価測定前酸素吹込時間：30 min
14. ORR評価中の酸素吹込状況：a, 電解液中に吹き込み, (b) 液上部流通, c. 停止, d. その他  
( )
15. 特記事項：

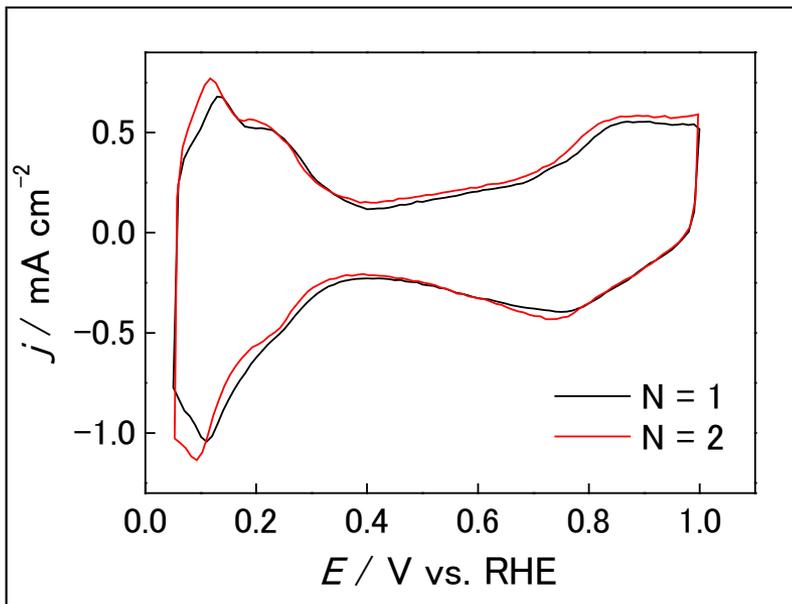


Fig.1 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

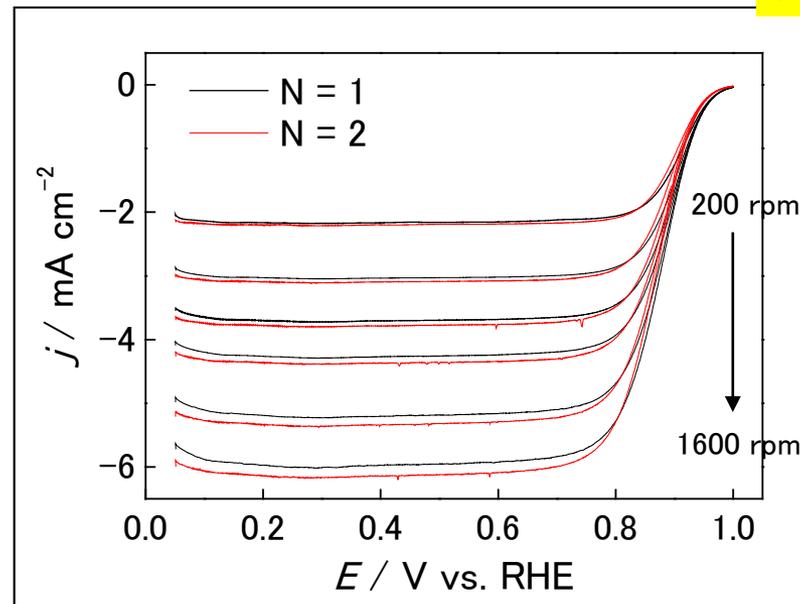


Fig.2 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

1. 触媒 (○印) : (a.) FC-I1, b. FC-I2, c. FC-T1, d. FC-J1
2. ECSA (電気化学活性比表面積) : 49.9  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}\text{-Pt}$  (N = 1)、49.4  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}\text{-Pt}$  (N = 2)
3. 縦軸:  $j / \text{mA cm}^{-2}$  (geometric) が望ましい
4. 横軸:  $E / \text{V vs. RHE}$  が望ましい
5. 電解液の種類と濃度: 種類 ( $\text{HClO}_4$ )、濃度 (0.1 M)
6. 電解液量と温度: 液量 (ca.270 mL), 温度 (30 °C)
7. ECSA の評価法 (○印) : (a.) 水素吸着波, b. 水素脱離波, c. 吸着COの脱離波, d. その他 ( )
8. 電位走査速度: 100  $\text{mV s}^{-1}$
9. 対極 (○印) : a. Pt板, (b.) Pt線, c. Pt黒, d. 炭素繊維
10. 参照電極 (○印) : (a.) RHE, b. Ag/AgCl, c. SCE
11. 上限電位、下限電位を変化させて測定した場合には、縦軸を少しずらして同一図に収める

1. 縦軸:  $j / \text{mA cm}^{-2}$  (geometric) が望ましい
2. 横軸:  $E / \text{V vs. RHE}$  が望ましい
3. ORR評価の電解液温度 (○印) : a. 60 °C, (b.) 60 °C以外で評価した場合の温度 (30 °C)
4. 電極回転速度: 200、400、600、800、1200、1600 rpm (例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)

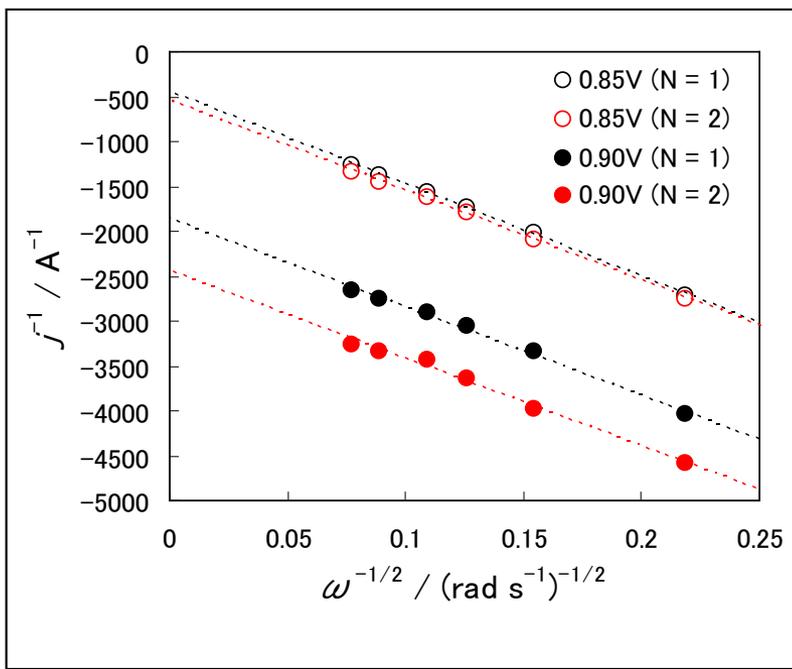


Fig.3 Koutecky-Levich プロット

(電位 0.85 V 及び 0.90 V vs. RHEにおける値)

1. 電位 0.85 V および 0.90 V vs. RHEにおける  
活性化支配電流密度:

@0.85 V; 969 A g<sup>-1</sup>-Pt, 1940 μA cm<sup>-2</sup>-Pt  
(N = 1)、730 A g<sup>-1</sup>-Pt, 1480 μA cm<sup>-2</sup>-Pt (N = 2)

@0.90 V; 234 A g<sup>-1</sup>-Pt, 469 μA cm<sup>-2</sup>-Pt (N =  
1)、178 A g<sup>-1</sup>-Pt, 359 μA cm<sup>-2</sup>-Pt(N = 2)

(再現性をみるため複数の結果を場合にはは  
数値を列挙)

2. 縦軸:  $j^{-1} / A^{-1}$  が望ましい

3. 横軸:  $\omega^{-1/2} / (\text{rad s}^{-1})^{-1/2}$  が望ましい

4. 電流値評価: a. カソード電位走査時,

(b. アノード電位走査時,

c. その他( )

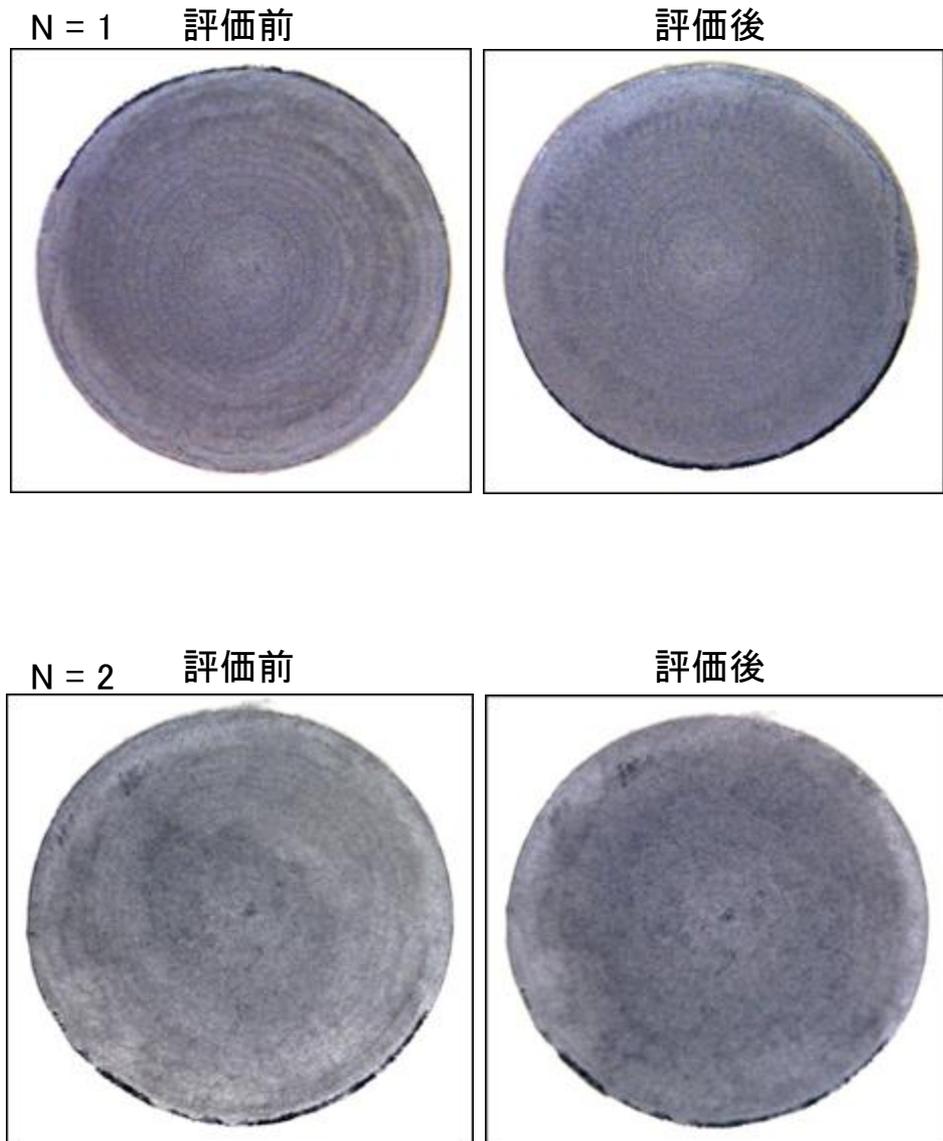


Fig.4 評価前後の試験電極表面の写真

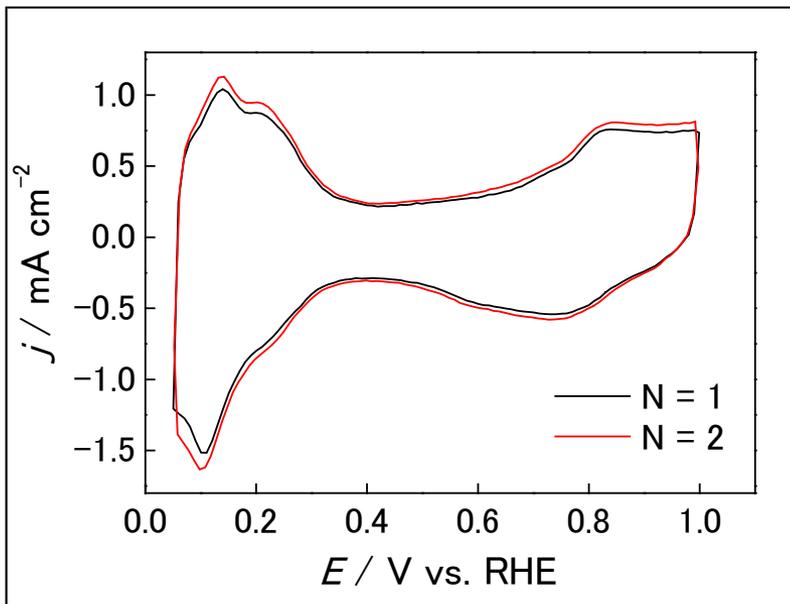


Fig.1 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

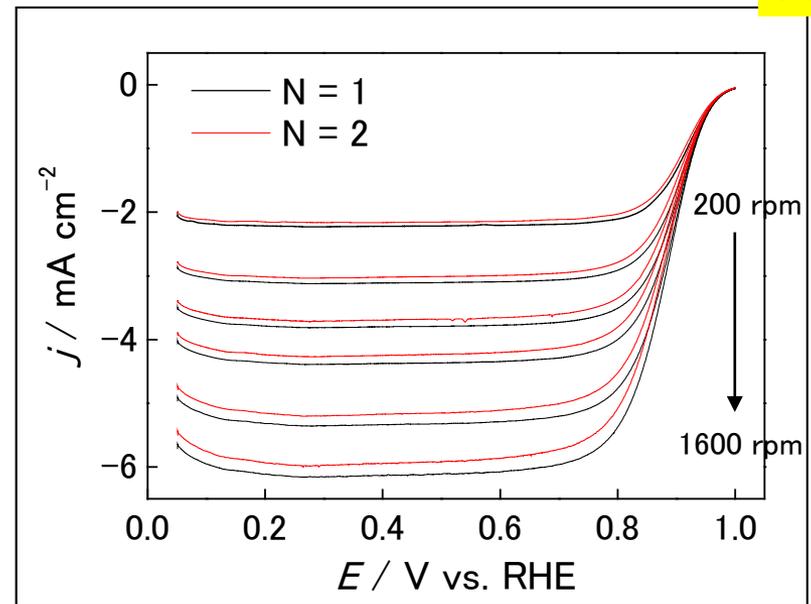


Fig.2 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

1. 触媒 (○印) : a. FC-I1, (b.) FC-I2, c. FC-T1, d. FC-J1
2. ECSA (電気化学活性比表面積) : 70.1  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}\text{-Pt}$  (N = 1)、74.5  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}\text{-Pt}$  (N = 2)
3. 縦軸:  $j / \text{mA cm}^{-2}$  (geometric) が望ましい
4. 横軸:  $E / \text{V vs. RHE}$  が望ましい
5. 電解液の種類と濃度: 種類 ( $\text{HClO}_4$ )、濃度 (0.1 M)
6. 電解液量と温度: 液量 (ca.270 mL), 温度 (30 °C)
7. ECSA の評価法 (○印) : (a.) 水素吸着波, b. 水素脱離波, c. 吸着COの脱離波, d. その他 ( )
8. 電位走査速度: 100  $\text{mV s}^{-1}$
9. 対極 (○印) : a. Pt板, (b.) Pt線, c. Pt黒, d. 炭素繊維
10. 参照電極 (○印) : (a.) RHE, b. Ag/AgCl, c. SCE
11. 上限電位、下限電位を変化させて測定した場合には、縦軸を少しずらして同一図に収める

1. 縦軸:  $j / \text{mA cm}^{-2}$  (geometric) が望ましい
2. 横軸:  $E / \text{V vs. RHE}$  が望ましい
3. ORR評価の電解液温度 (○印) : a. 60 °C, (b.) 60 °C以外で評価した場合の温度 (30 °C)
4. 電極回転速度: 200、400、600、800、1200、1600 rpm (例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)

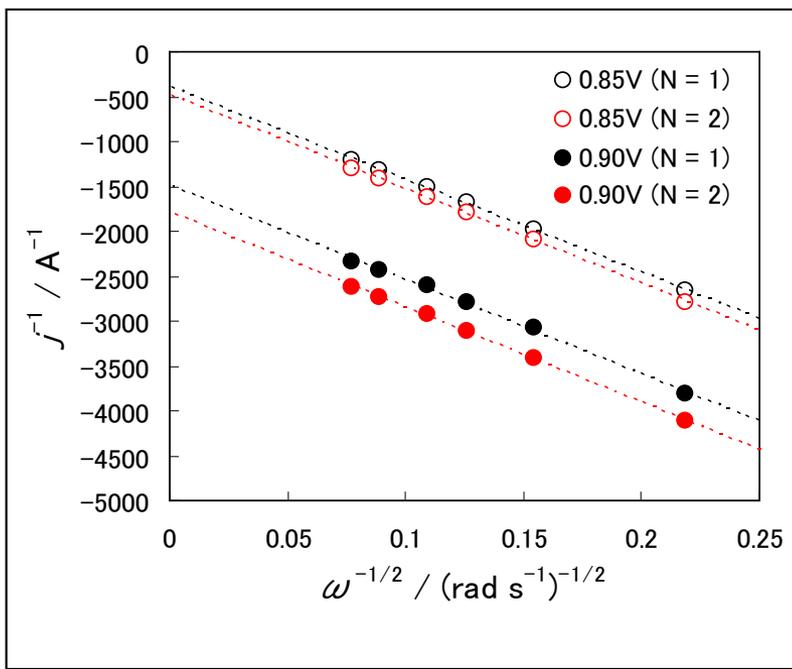


Fig.3 Koutecky-Levich プロット

(電位 0.85 V 及び 0.90 V vs. RHEにおける値)

1. 電位 0.85 V および 0.90 V vs. RHEにおける  
活性化支配電流密度:

@0.85 V; **1110** A g<sup>-1</sup>-Pt, **1590** μA cm<sup>-2</sup>-Pt  
(N = 1)、901 A g<sup>-1</sup>-Pt, 1210 μA cm<sup>-2</sup>-Pt (N = 2)

@0.90 V ; **292** A g<sup>-1</sup>-Pt, **417** μA cm<sup>-2</sup>-Pt (N =  
1)、243 A g<sup>-1</sup>-Pt, 327 μA cm<sup>-2</sup>-Pt(N = 2)

(再現性をみるため複数の結果を場合には  
数値を列挙)

2. 縦軸:  $j^{-1} / A^{-1}$  が望ましい

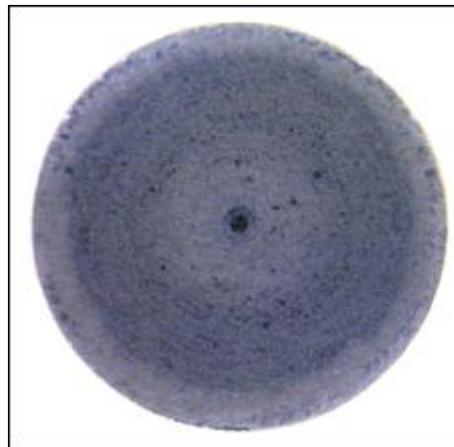
3. 横軸:  $\omega^{-1/2} / (\text{rad s}^{-1})^{-1/2}$  が望ましい

4. 電流値評価: a. カソード電位走査時,

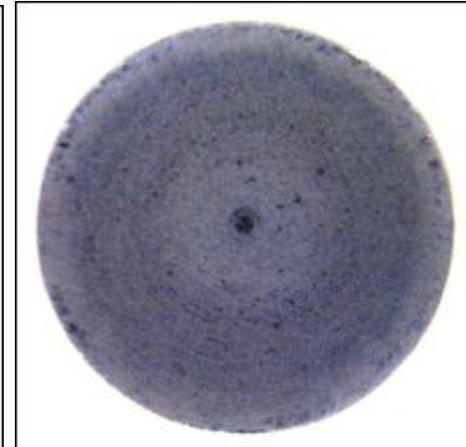
(b. **アノード電位走査時,**

c. その他( )

N = 1 評価前



評価後



N = 2 評価前



評価後

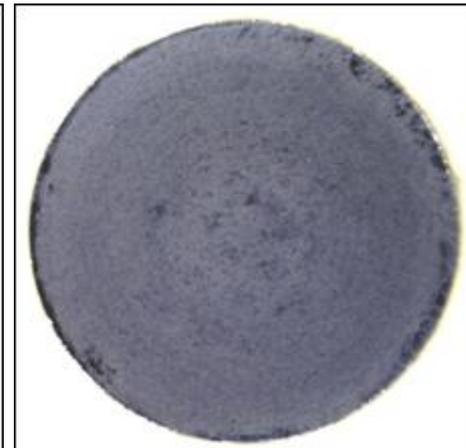


Fig.4 評価前後の試験電極表面の写真

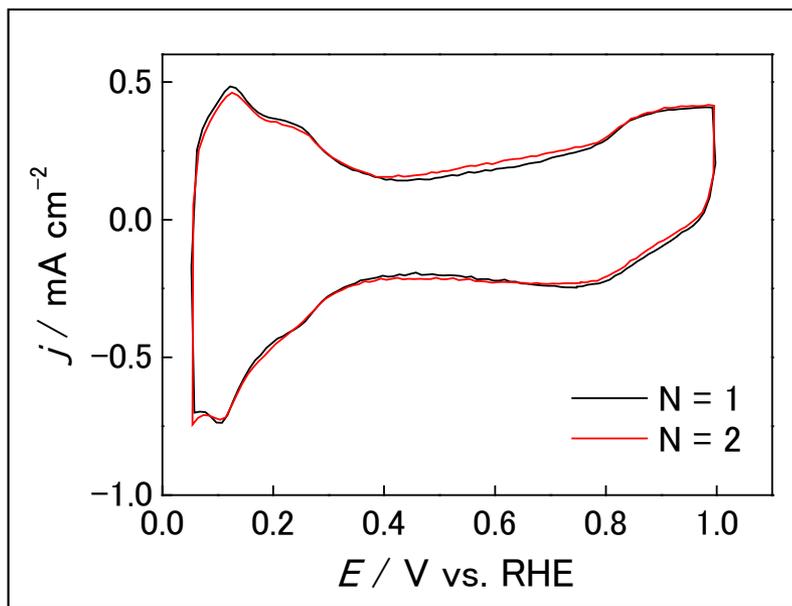


Fig.1 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

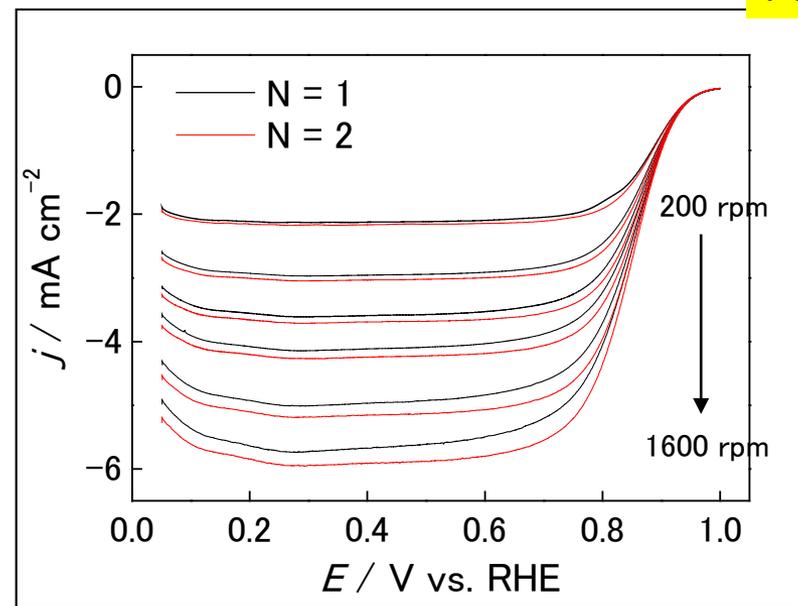


Fig.2 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

1. 触媒 (○印) : a. FC-I1, b. FC-I2, (c) **FC-T1**, d. FC-J1
2. ECSA (電気化学活性比表面積) : **34.4**  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ -Pt ( $N = 1$ )、**32.8**  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ -Pt ( $N = 2$ )
3. 縦軸:  $j / \text{mA cm}^{-2}$  (geometric) が望ましい
4. 横軸:  $E / \text{V vs. RHE}$  が望ましい
5. 電解液の種類と濃度: 種類 ( $\text{HClO}_4$ )、濃度 (0.1 M)
6. 電解液量と温度: 液量 (ca.270 mL), 温度 (30 °C)
7. ECSA の評価法 (○印) : (a.) **水素吸着波**, b. 水素脱離波, c. 吸着COの脱離波, d. その他 ( )
8. 電位走査速度: **100**  $\text{mV s}^{-1}$
9. 対極 (○印) : a. Pt板, (b.) **Pt線**, c. Pt黒, d. 炭素繊維
10. 参照電極 (○印) : (a.) **RHE**, b. Ag/AgCl, c. SCE
11. 上限電位、下限電位を変化させて測定した場合には、縦軸を少しずらして同一図に収める

1. 縦軸:  $j / \text{mA cm}^{-2}$  (geometric) が望ましい
2. 横軸:  $E / \text{V vs. RHE}$  が望ましい
3. ORR評価の電解液温度 (○印) : a. 60 °C, (b.) 60 °C以外で評価した場合の温度 (30 °C)
4. 電極回転速度: 200、400、600、800、1200、1600 rpm (例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)

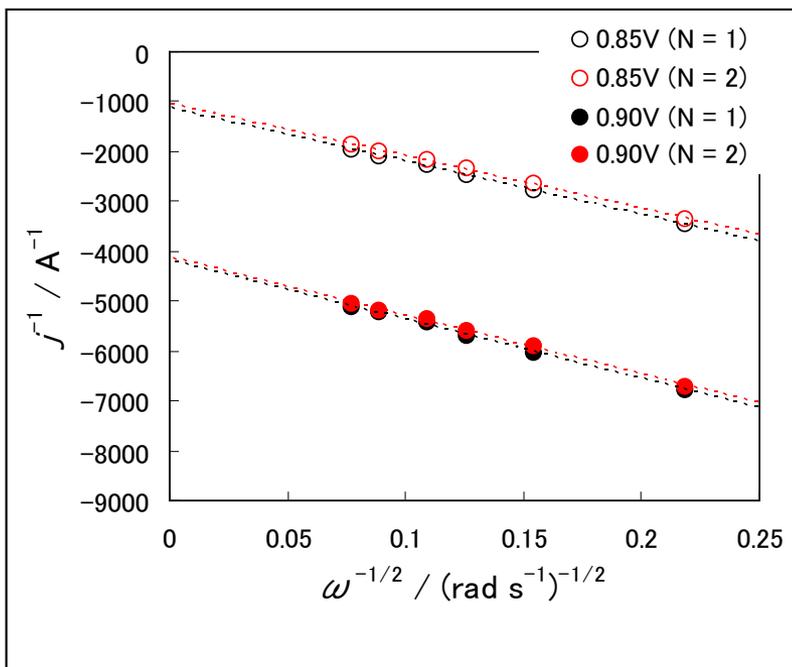


Fig.3 Koutecky-Levich プロット

(電位 0.85 V 及び 0.90 V vs. RHEにおける値)

1. 電位 0.85 V および 0.90 V vs. RHEにおける  
活性化支配電流密度:

@0.85 V; 384 A g<sup>-1</sup>-Pt, 1115 μA cm<sup>-2</sup>-Pt  
(N = 1)、415 A g<sup>-1</sup>-Pt, 1265 μA cm<sup>-2</sup>-Pt (N = 2)

@0.90 V ; 104 A g<sup>-1</sup>-Pt, 302 μA cm<sup>-2</sup>-Pt (N =  
1)、105 A g<sup>-1</sup>-Pt, 320 μA cm<sup>-2</sup>-Pt(N = 2)

(再現性をみるため複数の結果を場合には  
数値を列挙)

2. 縦軸:  $j^{-1} / A^{-1}$  が望ましい

3. 横軸:  $\omega^{-1/2} / (\text{rad s}^{-1})^{-1/2}$  が望ましい

4. 電流値評価: a. カソード電位走査時,

(b. **アノード電位走査時,**

c. その他( )

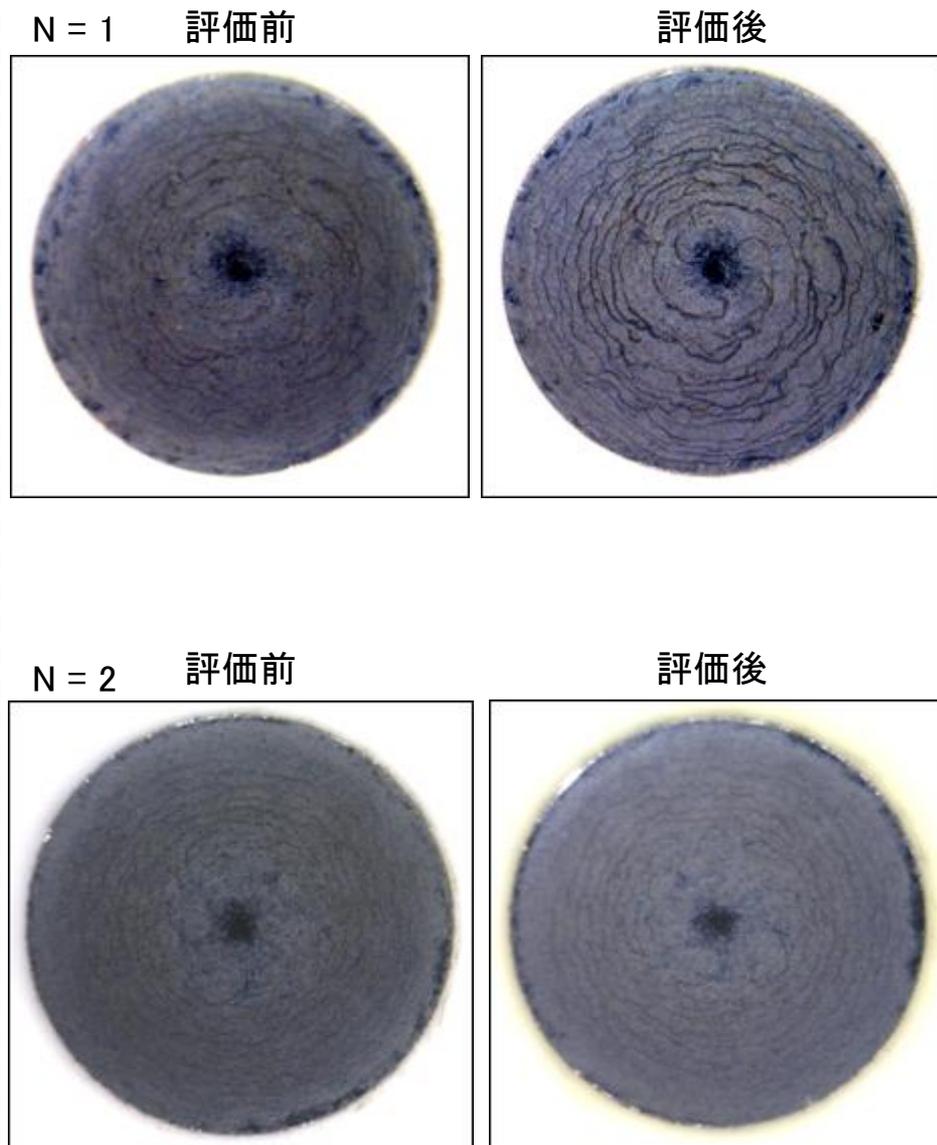


Fig.4 評価前後の試験電極表面の写真

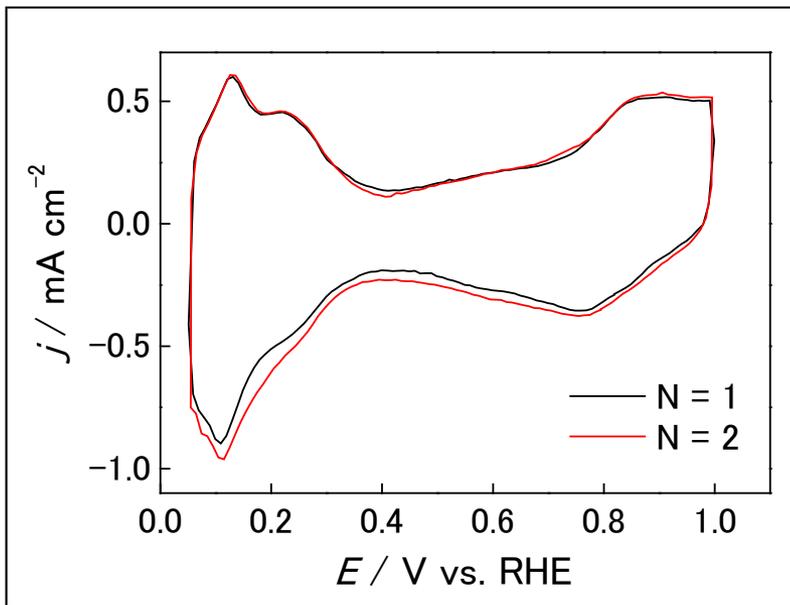


Fig.1 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

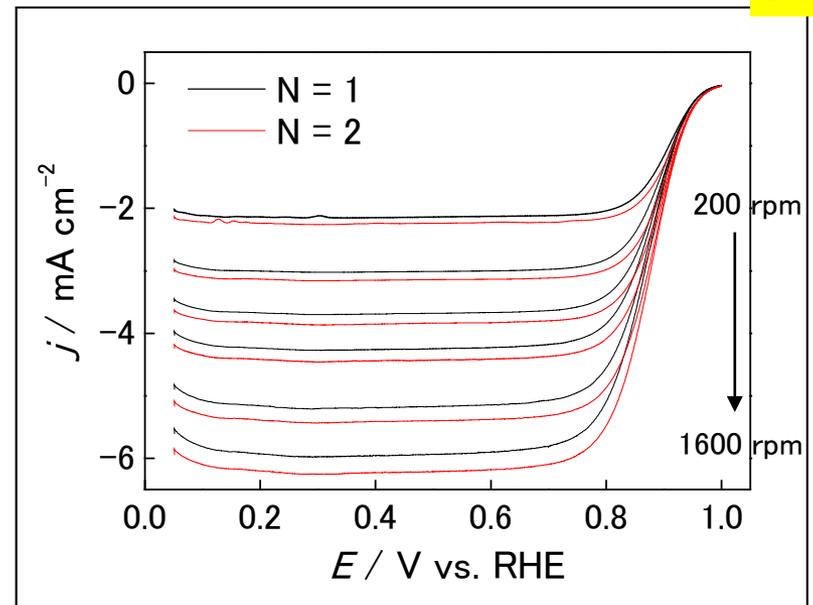


Fig.2 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

1. 触媒 (○印) : a. FC-I1, b. FC-I2, c. FC-T1, (d.) **FC-J1**
2. ECSA (電気化学活性比表面積) : **42.7**  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}\text{-Pt}$  (N = 1)、**45.6**  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}\text{-Pt}$  (N = 2)
3. 縦軸:  $j / \text{mA cm}^{-2}$  (geometric) が望ましい
4. 横軸:  $E / \text{V vs. RHE}$  が望ましい
5. 電解液の種類と濃度: 種類 ( $\text{HClO}_4$ )、濃度 (**0.1 M**)
6. 電解液量と温度: 液量 (**ca.270 mL**), 温度 (**30 °C**)
7. ECSA の評価法 (○印) : (a.) **水素吸着波**, b. 水素脱離波, c. 吸着COの脱離波, d. その他 ( )
8. 電位走査速度: **100  $\text{mV s}^{-1}$**
9. 対極 (○印) : a. Pt板, (b.) **Pt線**, c. Pt黒, d. 炭素繊維
10. 参照電極 (○印) : (a.) **RHE**, b. Ag/AgCl, c. SCE
11. 上限電位、下限電位を変化させて測定した場合には、縦軸を少しずらして同一図に収める

1. 縦軸:  $j / \text{mA cm}^{-2}$  (geometric) が望ましい
2. 横軸:  $E / \text{V vs. RHE}$  が望ましい
3. ORR評価の電解液温度 (○印) : a. **60 °C**, (b.) **60 °C以外で評価した場合の温度 (30 °C)**
4. 電極回転速度: 200、400、600、800、1200、1600 rpm (例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)

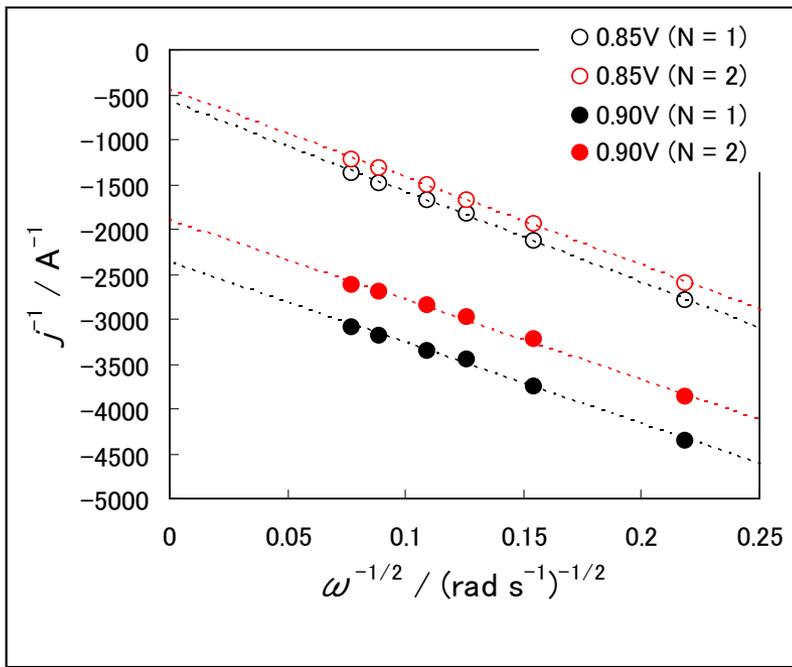


Fig.3 Koutecky-Levich プロット

(電位 0.85 V 及び 0.90 V vs. RHEにおける値)

1. 電位 0.85 V および 0.90 V vs. RHEにおける  
活性化支配電流密度:

@0.85 V; 755 A g<sup>-1</sup>-Pt, 1769 μA cm<sup>-2</sup>-Pt  
(N = 1)、952 A g<sup>-1</sup>-Pt, 2086 μA cm<sup>-2</sup>-Pt (N = 2)

@0.90 V; 183 A g<sup>-1</sup>-Pt, 430 μA cm<sup>-2</sup>-Pt (N =  
1)、229 A g<sup>-1</sup>-Pt, 501 μA cm<sup>-2</sup>-Pt(N = 2)

(再現性をみるため複数の結果を場合には  
数値を列挙)

2. 縦軸:  $j^{-1} / A^{-1}$  が望ましい

3. 横軸:  $\omega^{-1/2} / (\text{rad s}^{-1})^{-1/2}$  が望ましい

4. 電流値評価: a. カソード電位走査時,

(b. **アノード電位走査時,**

c. その他( )

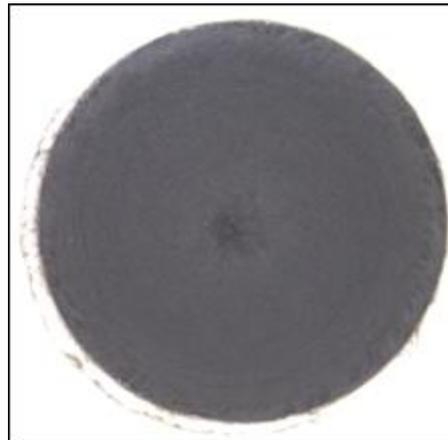
N = 1 評価前



評価後



N = 2 評価前



評価後



Fig.4 評価前後の試験電極表面の写真

# 評価条件

1. 酸の純度等：メーカー(関東化学), 酸の純度(Ultrapur)
2. 水の純度等：メーカーまたは製造機等(milipore MILLI-Q Advantage), 純度(抵抗率18.2 M $\Omega$  cm、TOC 4ppb)
3. 洗ビンの容器の材質：(PFA)
4. 電解槽および電気化学測定装置名等：(北斗電工 HZ-5000)
5. 電解槽の容積：ca. 300 mL
6. 電解槽の洗浄方法：(濃硝酸浴中で加熱、冷却後、超純水で洗浄)
7. 回転電極の電極部の大きさ：直径(5 mm), チャンネルフロー電極の場合には電極サイズ等：  
( )
8. 試験電極作製法：(a) GC電極上にイオノマーと触媒の混合物を載せる, b. GC電極上に触媒を載せた上にイオノマーを滴下, c. その他( )
9. 回転電極の試験電極部：Pt/C担持量(30.84  $\mu\text{g cm}^{-2}$ ), イオノマー担持量(11.76  $\mu\text{g cm}^{-2}$ )
10. GC電極上への触媒担持方法(一回で担持、数度に分けて担持、その他の工夫などを簡潔に記述願います)：  
(自動滴下装置を使用し、触媒懸濁液10 $\mu\text{L}$ を3000滴に分けて滴下)
11. 試験電極作製時の加熱温度と時間：25  $^{\circ}\text{C}$ , 60 min
12. ORR特性評価における電解液中での電極の前処理：  
(CV:0.05~1.2 V、500 mV s $^{-1}$ 、100 cycle(N = 1)、100 cycle(N = 2))
13. ORR評価測定前酸素吹込時間：30 min
14. ORR評価中の酸素吹込状況：a, 電解液中に吹き込み, (b) 液上部流通, c. 停止, d. その他  
( )
15. 特記事項：

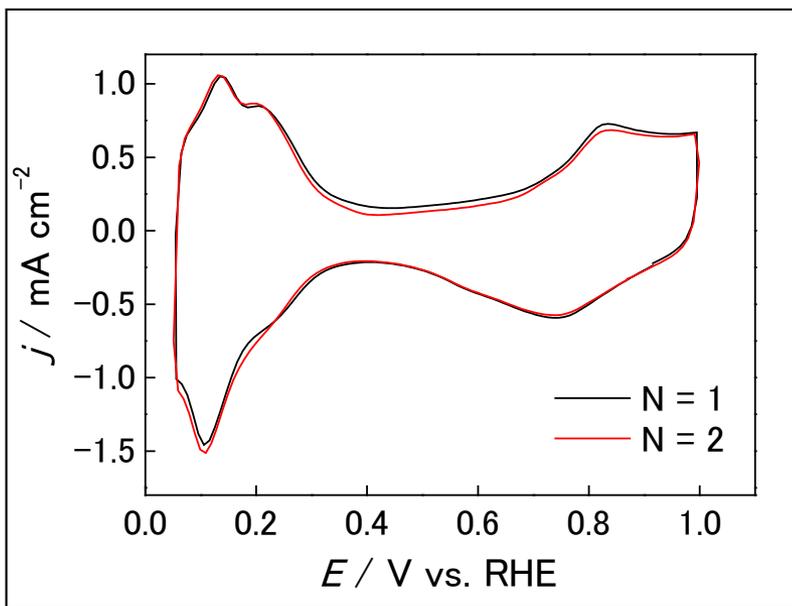


Fig.1 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

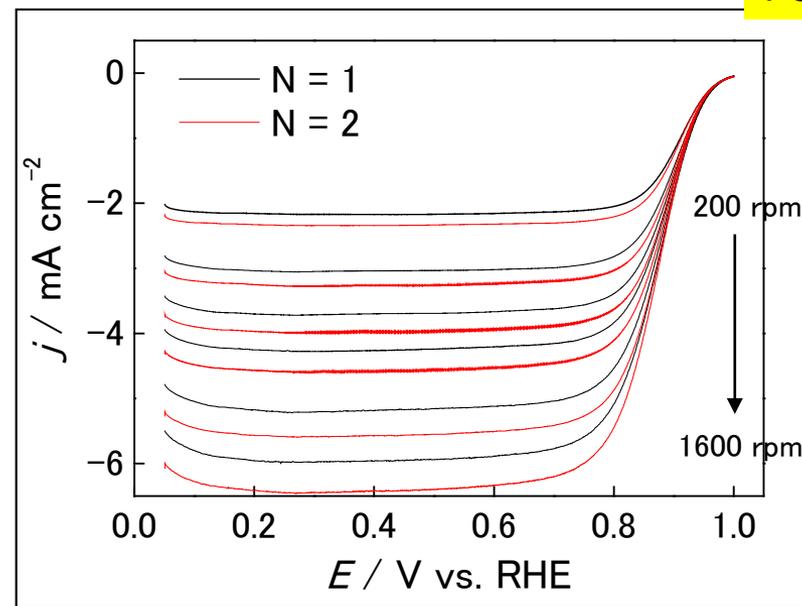


Fig.2 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

1. 触媒 (○印) : **TEC10E50E**
2. ECSA (電気化学活性比表面積) : **67.3  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ -Pt(N = 1)**、**71.9  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ -Pt(N = 2)**
3. 縦軸:  $j / \text{mA cm}^{-2}$ (geometric) が望ましい
4. 横軸:  $E / \text{V vs. RHE}$  が望ましい
5. 電解液の種類と濃度: 種類 ( **$\text{HClO}_4$** )、濃度 (**0.1 M**)
6. 電解液量と温度: 液量 (**ca.270 mL**)、温度 (**30 °C**)
7. ECSA の評価法 (○印) : (a.) **水素吸着波**, b. 水素脱離波, c. 吸着COの脱離波, d. その他( )
8. 電位走査速度: **100  $\text{mV s}^{-1}$**
9. 対極 (○印) : a. Pt板, (b.) **Pt線**, c. Pt黒, d. 炭素繊維
10. 参照電極 (○印) : (a.) **RHE**, b. Ag/AgCl, c. SCE
11. 上限電位、下限電位を変化させて測定した場合には、縦軸を少しずらして同一図に収める

1. 縦軸:  $j / \text{mA cm}^{-2}$ (geometric) が望ましい
2. 横軸:  $E / \text{V vs. RHE}$  が望ましい
3. ORR評価の電解液温度 (○印) : a. 60 °C, (b.) 60 °C以外で評価した場合の温度 (30 °C)
4. 電極回転速度: **200、400、600、800、1200、1600 rpm** (例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)

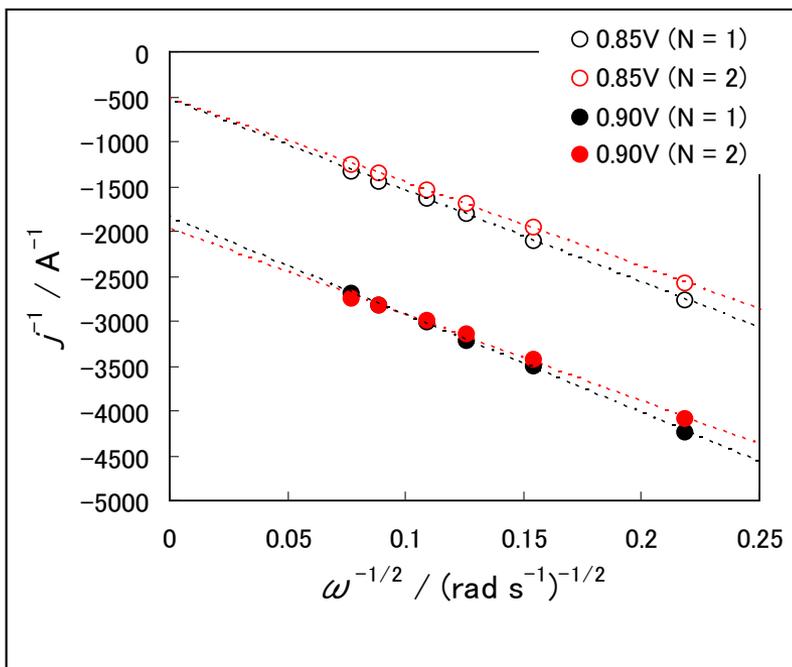


Fig.3 Koutecky-Levich プロット

(電位 0.85 V 及び 0.90 V vs. RHEにおける値)

1. 電位 0.85 V および 0.90 V vs. RHEにおける  
活性化支配電流密度:

@0.85 V; 807 A g<sup>-1</sup>-Pt, 1199 μA cm<sup>-2</sup>-Pt  
(N = 1)、826 A g<sup>-1</sup>-Pt, 1150 μA cm<sup>-2</sup>-Pt (N = 2)

@0.90 V ; 234 A g<sup>-1</sup>-Pt, 349 μA cm<sup>-2</sup>-Pt (N =  
1)、221 A g<sup>-1</sup>-Pt, 308 μA cm<sup>-2</sup>-Pt(N = 2)

(再現性をみるため複数の結果を場合には  
数値を列挙)

2. 縦軸:  $j^{-1} / A^{-1}$  が望ましい

3. 横軸:  $\omega^{-1/2} / (\text{rad s}^{-1})^{-1/2}$  が望ましい

4. 電流値評価: a. カソード電位走査時,

(b. **アノード電位走査時,**

c. その他( )

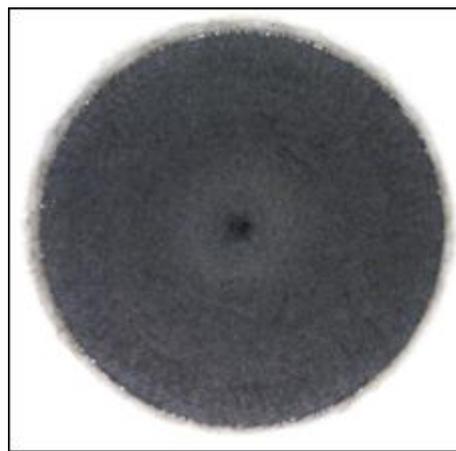
N = 1 評価前



評価後



N = 2 評価前



評価後

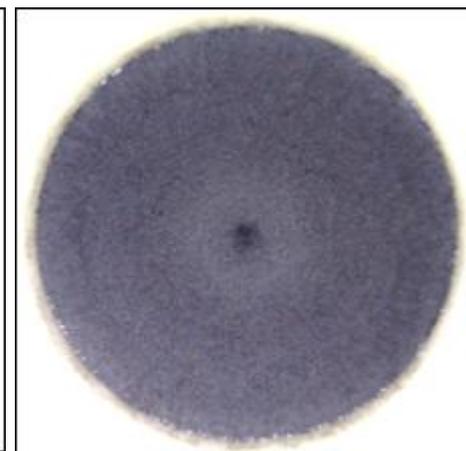


Fig.4 評価前後の試験電極表面の写真