

## 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( Millipore ), 純度( 18.3M $\Omega$  )
3. 洗ビンの容器の材質：( 高純度テフロン(PFA)製 )
4. 電解槽および電気化学測定装置名等：( 北斗電工(株) )
5. 電解槽の容積：( 300 mL )
6. 電解槽の洗浄方法：( 60wt% 硝酸 で80°C × 6h )
7. 回転電極の電極部の大きさ：直径( 5 mm), チャンネルフロ-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( 8.0(FC-I1, I2, J1)  $\mu\text{g cm}^{-2}$ 、10.0(FC-T1)  $\mu\text{g cm}^{-2}$ ),  
イオノマー担持量( 0.05wt% 25  $\mu\text{L cm}^{-2}$  )
10. GC電極上への触媒担持方法( 電極部を回転させながら、マイクロシリンジポンプを使用し少量ずつ塗布 )
11. 試験電極作製時の加熱温度と時間：25 °C, 約30 min
12. ORR特性評価における電解液中での電極の前処理：  
( 窒素中で0.05-1.2Vを0.5V/secで~100回(ECSAが最大値になるまで) )
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( 30分間電解液中でバブリング後、液上に引き上げORR測定 )
15. 特記事項：

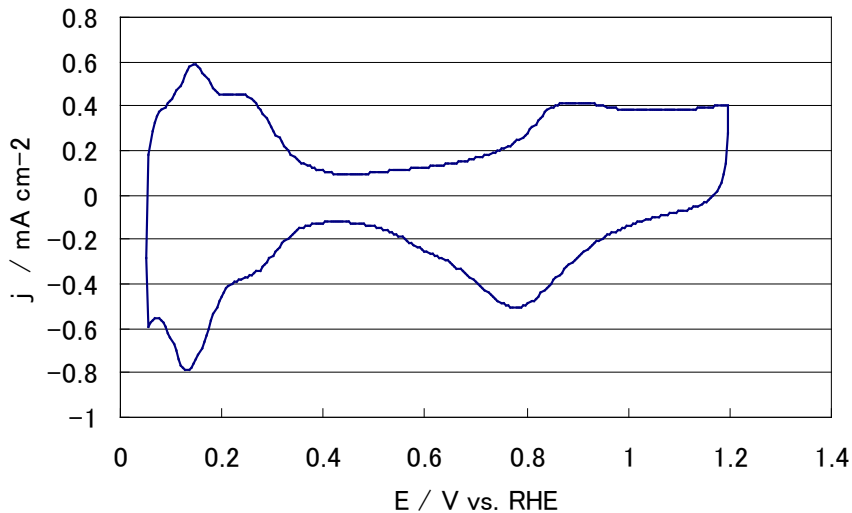


Fig.1 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

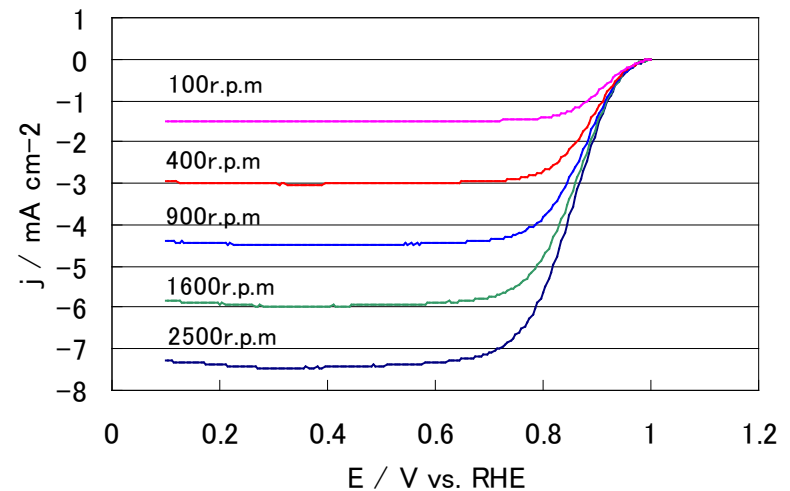
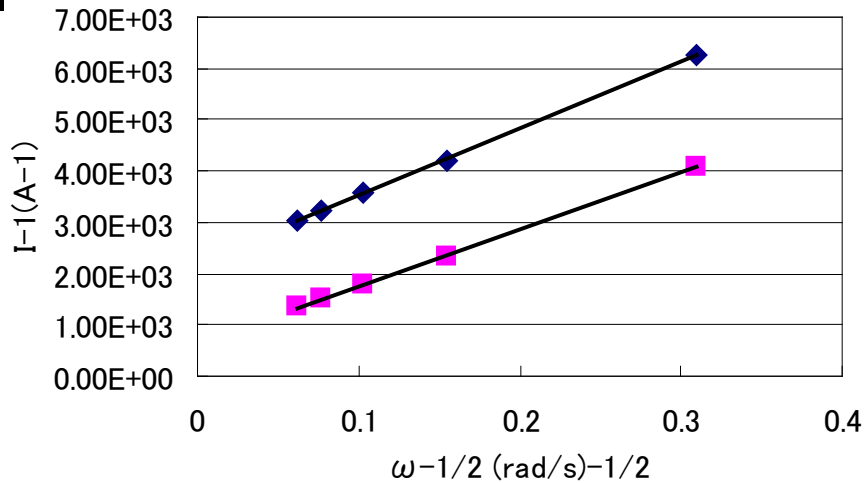


Fig.2 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

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) :  $58.0 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ -(Pt)
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(過塩素酸)、濃度(0.1M)
6. 電解液量と温度: 液量(300 mL), 温度(25 °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 (25 °C)
4. 電極回転速度: 任意(例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)



- ◆ 1/ $j$  (0.9V)  $y = 13061.873498 x + 2221.297657$
- 1/ $j$  (0.85V)  $y = 11125x + 645.38$

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; **981 A g<sup>-1</sup>-Pt, 1690  $\mu$ A cm<sup>-2</sup>-Pt**  
 @0.90 V; **285 A g<sup>-1</sup>-Pt, 490  $\mu$  A cm<sup>-2</sup>-Pt**  
 (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( )

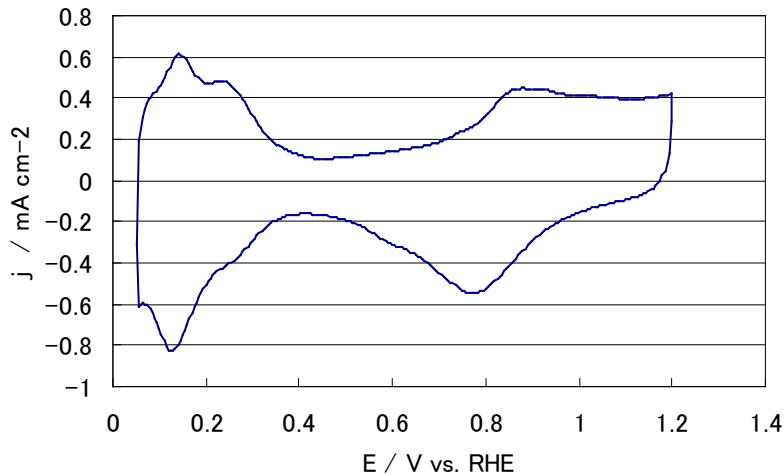


Fig.4 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

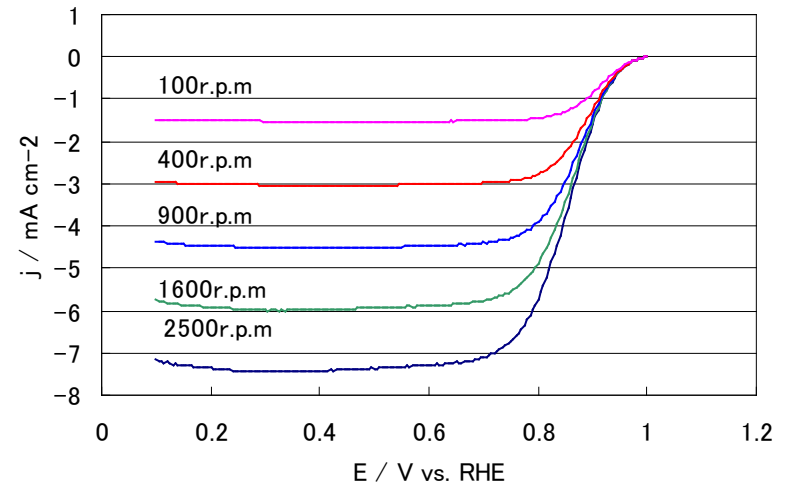


Fig.5 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

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) :  $58.5 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ -(Pt)
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(過塩素酸)、濃度(0.1M)
6. 電解液量と温度: 液量(300 mL), 温度(25 °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 (25 °C)
4. 電極回転速度: 任意(例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)

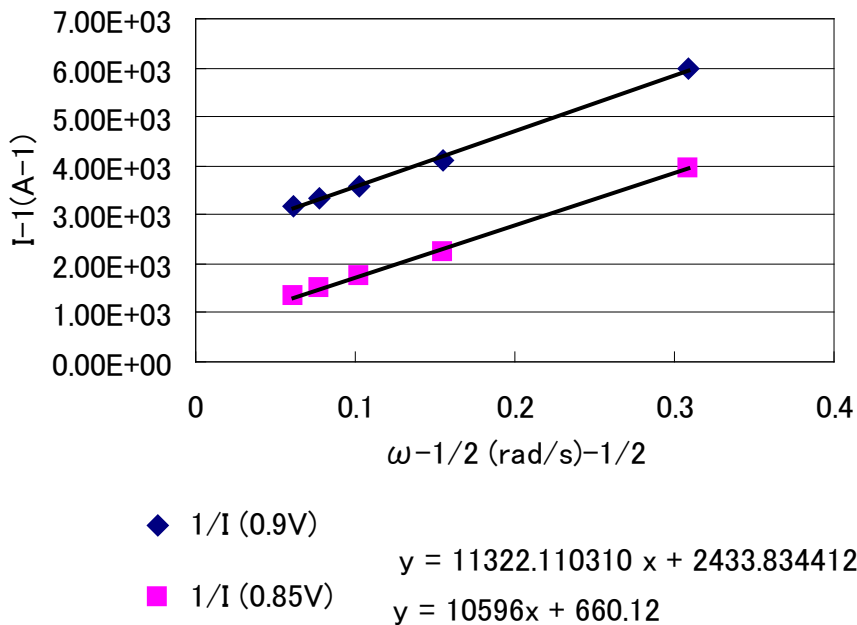


Fig.6 Koutecky-Levich プロット  
(電位 0.85 V 及び 0.90 V vs. RHEにおける値)

- 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; 959 A g<sup>-1</sup>-Pt, 444 μA cm<sup>-2</sup>-Pt  
@0.90 V; 260 A g<sup>-1</sup>-Pt, 1640 μA cm<sup>-2</sup>-Pt  
(再現性をみるため複数の結果を場合には  
数値を列挙)
- 縦軸:  $j^{1/2}/A^{-1}$  が望ましい
- 横軸:  $\omega^{-1/2}/(\text{rad s}^{-1})^{-1/2}$  が望ましい
- 電流値評価: a. カソード電位走査時,  
① アノード電位走査時,  
c. その他( )

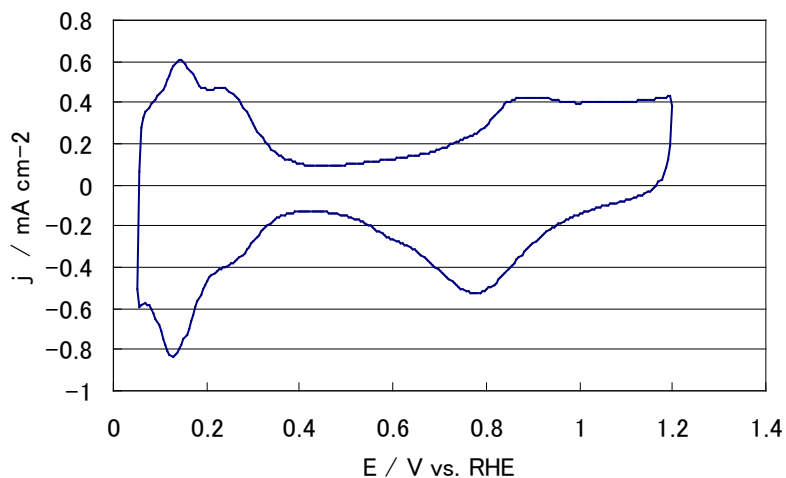


Fig.7 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

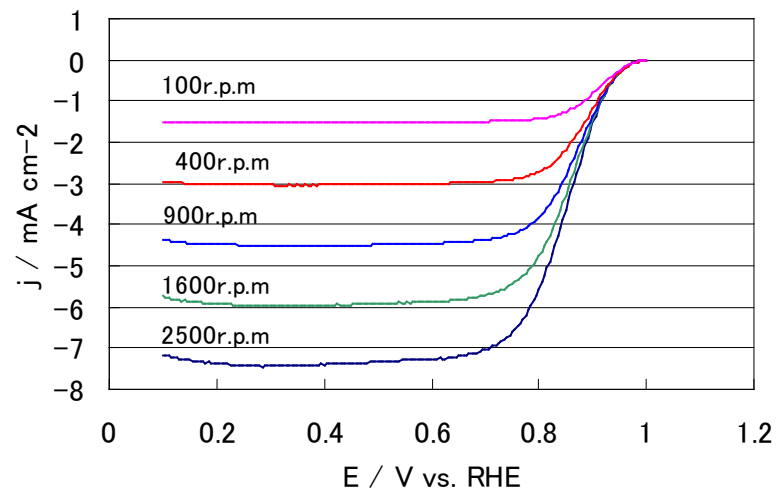
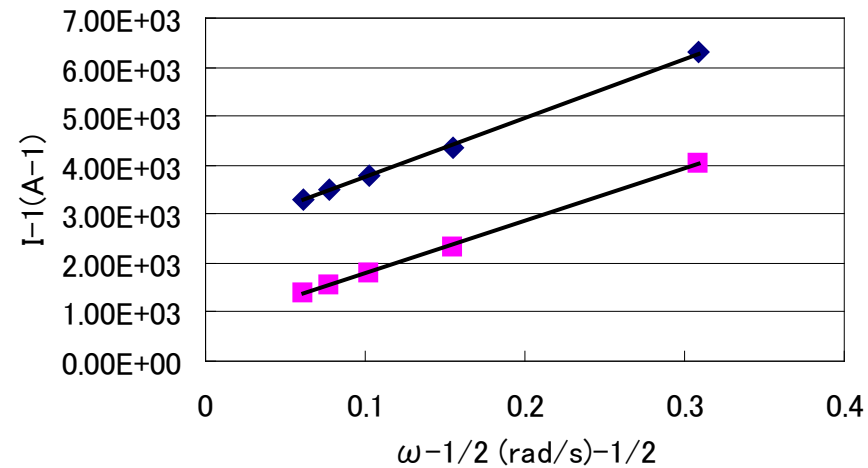


Fig.8 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

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) :  $61.3 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ -(Pt)
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(過塩素酸)、濃度(0.1M)
6. 電解液量と温度: 液量(300 mL), 温度(25 °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 (25 °C)
4. 電極回転速度: 任意(例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)

B



- ◆ 1/I (0.9V)  $y = 12105.814757 x + 2537.155938$
- 1/I (0.85V)  $y = 10756x + 707.41$

Fig.9 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; **895A g<sup>-1</sup>-Pt, 1460 μA cm<sup>-2</sup>-Pt**  
@0.90 V; **249A g<sup>-1</sup>-Pt, 406 μA cm<sup>-2</sup>-Pt**  
(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,  
    **ⓑ** アノード電位走査時,  
    c. その他( )

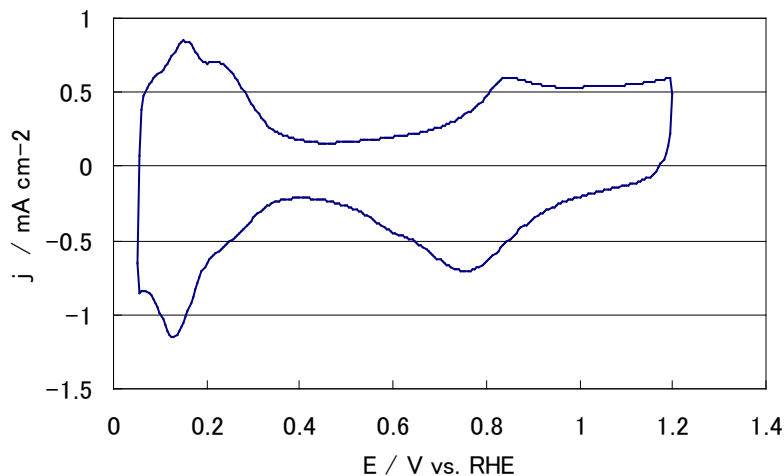


Fig.10 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

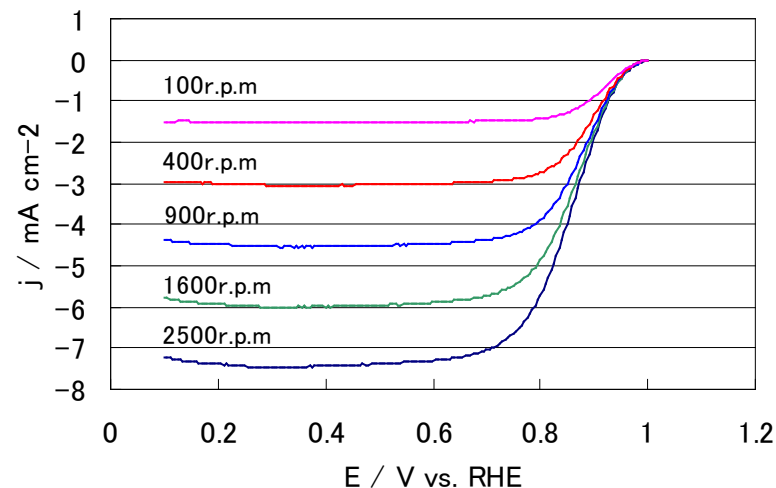


Fig.11 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

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) :  $79.5 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ -(Pt)
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(過塩素酸)、濃度(0.1M)
6. 電解液量と温度: 液量(300 mL), 温度(25 °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 (25 °C)
4. 電極回転速度: 任意(例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)





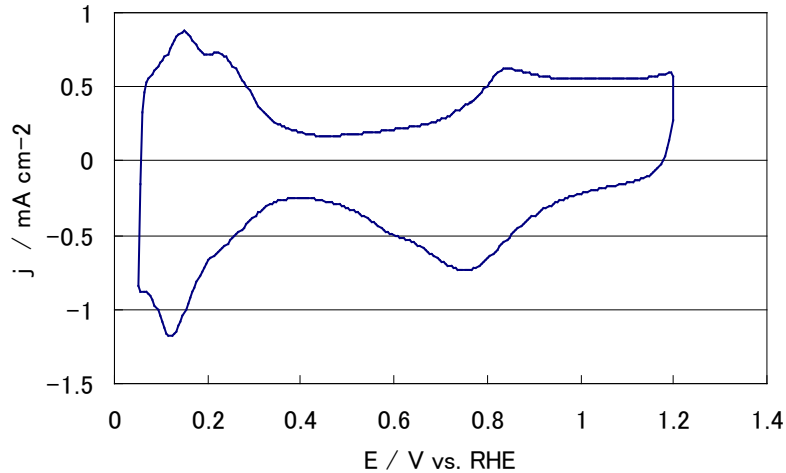


Fig.13 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

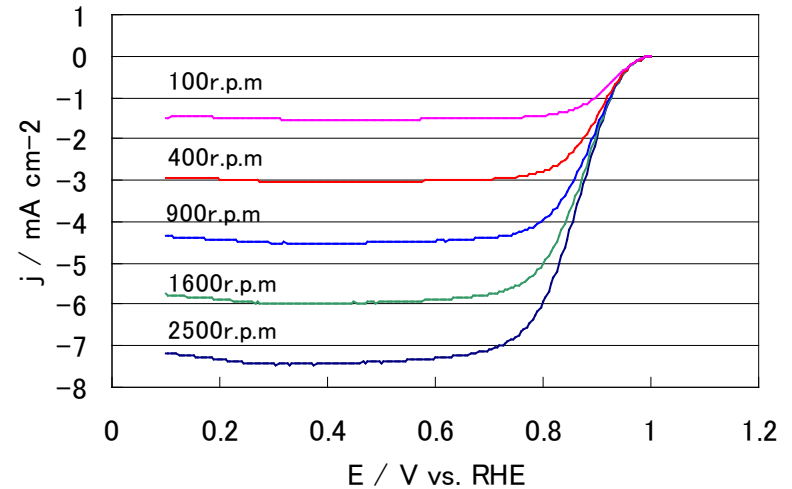


Fig.14 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

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) :  $77.3 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ -(Pt)
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(過塩素酸)、濃度(0.1M)
6. 電解液量と温度: 液量(300 mL), 温度(25 °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 (25 °C)
4. 電極回転速度: 任意(例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)



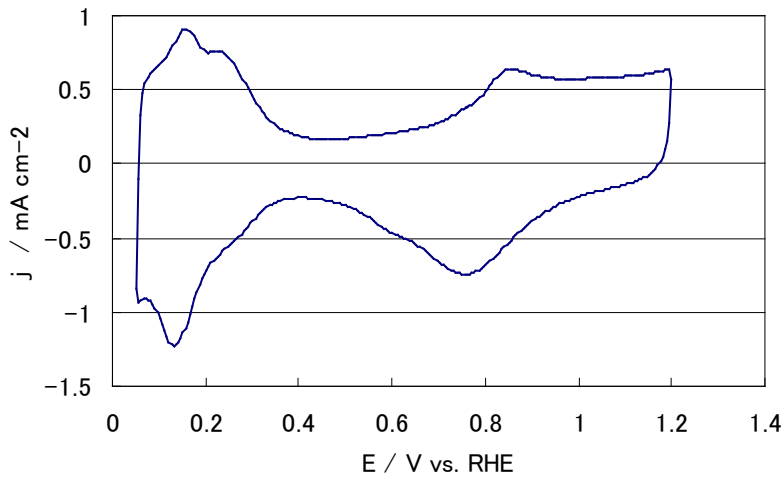


Fig.16 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

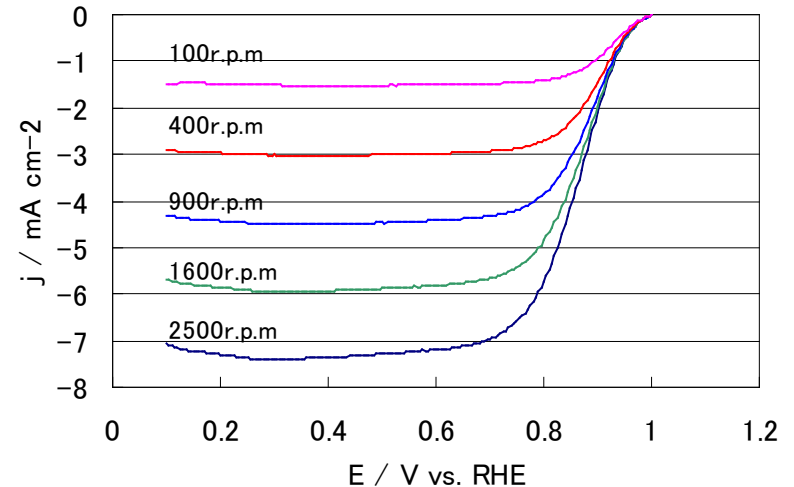


Fig.17 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

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) :  $84.7 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ -(Pt)
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 (過塩素酸)、濃度 (0.1M)
6. 電解液量と温度: 液量 (300 mL), 温度 (25 °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 (25 °C)
4. 電極回転速度: 任意 (例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)

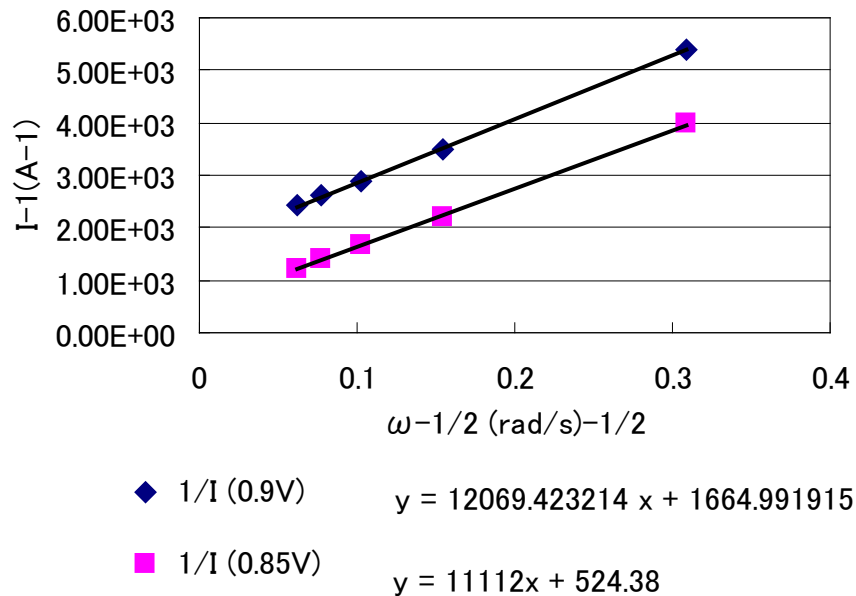


Fig.18 Koutecky-Levich プロット  
(電位 0.85 V 及び 0.90 V vs. RHEにおける値)

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; 1208A g<sup>-1</sup>-Pt, 1430 μA cm<sup>-2</sup>-Pt  
@0.90 V; 380A g<sup>-1</sup>-Pt, 449 μA cm<sup>-2</sup>-Pt  
(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,  
    **ⓑ** アノード電位走査時,  
    c. その他( )

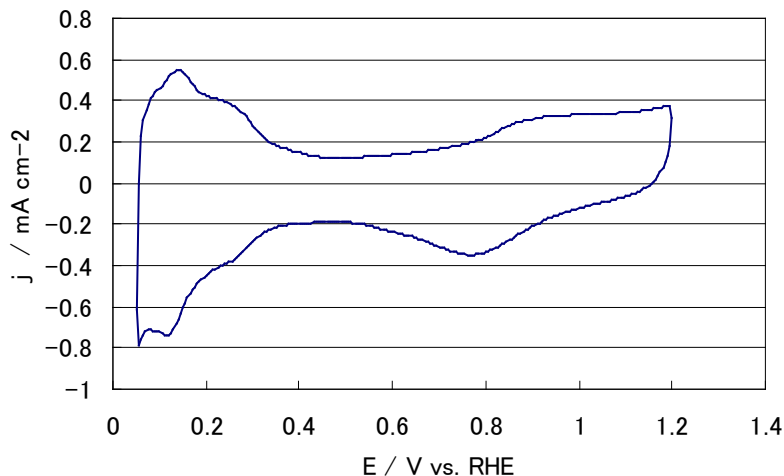


Fig.19 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

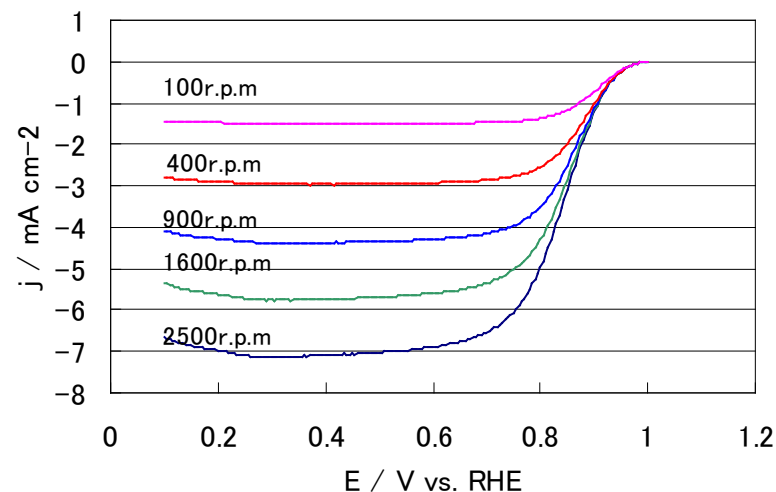


Fig.20 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

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) :  $36.3 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ -(Pt)
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(過塩素酸)、濃度(0.1M)
6. 電解液量と温度: 液量(300 mL), 温度(25 °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 (25 °C)
4. 電極回転速度: 任意(例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)

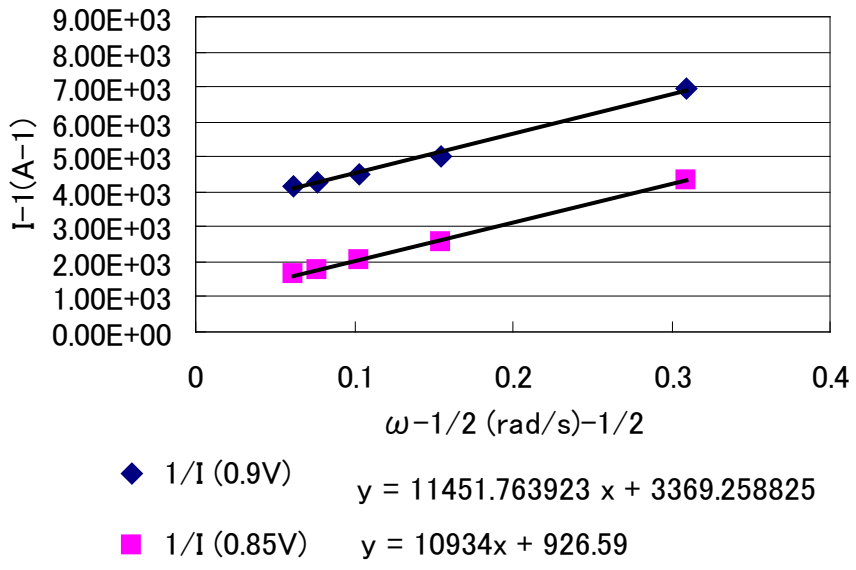


Fig.21 Koutecky-Levich プロット  
 (電位 0.85 V 及び 0.90 V vs. RHEにおける値)

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; **546 A g<sup>-1</sup>-Pt, 1500 μ A cm<sup>-2</sup>-Pt**  
 @0.90 V; **150 A g<sup>-1</sup>-Pt, 413 μ A cm<sup>-2</sup>-Pt**  
 (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:  $j^{1/2}/A^{-1}$  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( )

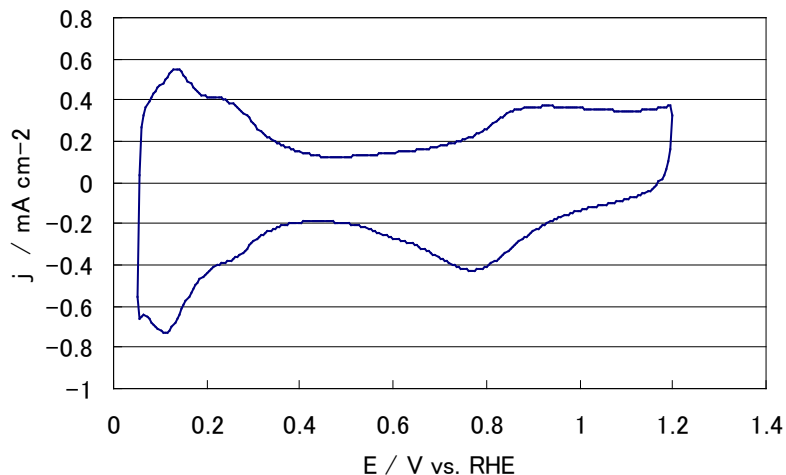


Fig.22 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

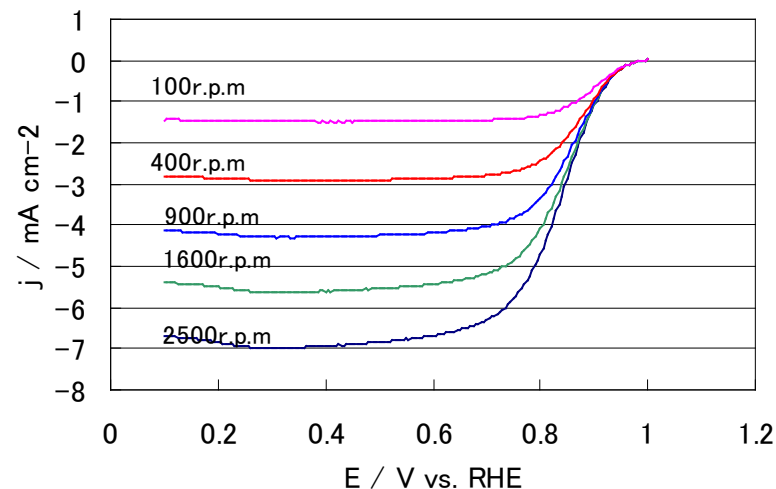


Fig.23 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

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) :  $37.5 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ -(Pt)
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(過塩素酸)、濃度(0.1M)
6. 電解液量と温度: 液量(300 mL), 温度(25 °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 (25 °C)
4. 電極回転速度: 任意(例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)





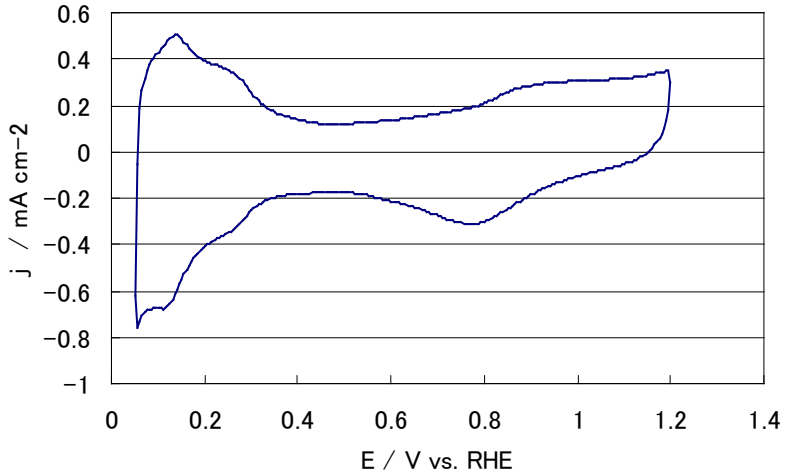


Fig.25 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

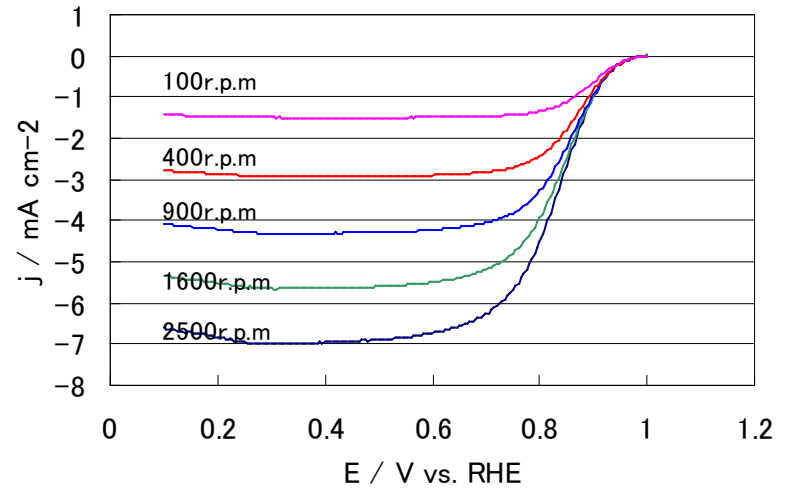


Fig.26 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

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) : 28.4 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>-(Pt)
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(過塩素酸)、濃度(0.1M)
6. 電解液量と温度: 液量(300 mL), 温度(25 °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 mV s<sup>-1</sup>
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 (25 °C)
4. 電極回転速度: 任意(例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)

B

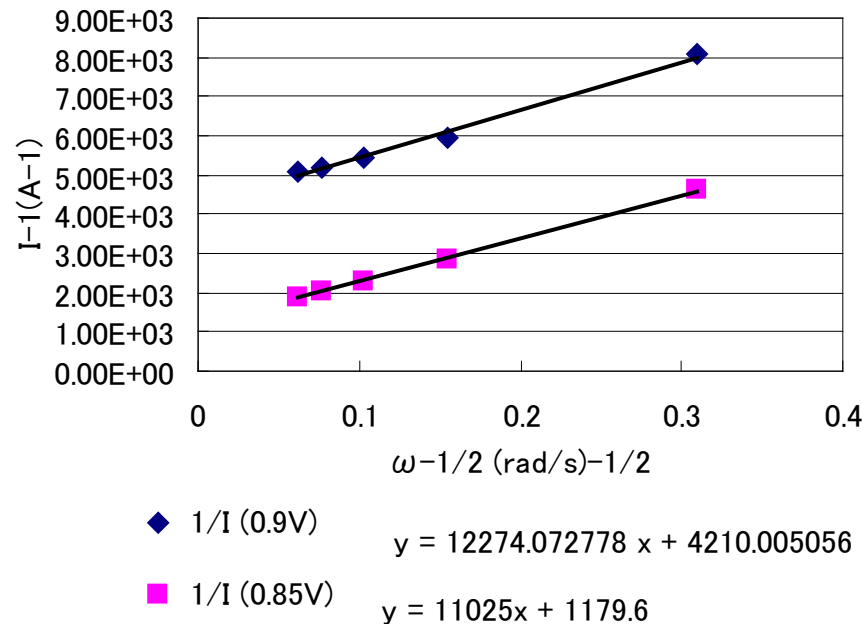


Fig.27 Koutecky-Levich プロット  
(電位 0.85 V 及び 0.90 V vs. RHEにおける値)

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;  $429 \text{ A g}^{-1}\text{-Pt}$ ,  $1510 \mu \text{ A cm}^{-2}\text{-Pt}$   
@0.90 V;  $120 \text{ A g}^{-1}\text{-Pt}$ ,  $423 \mu \text{ A cm}^{-2}\text{-Pt}$   
(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:  $j^{-1}/\text{A}^{-1}$  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,  
    **ⓑ** アノード電位走査時,  
    c. その他( )

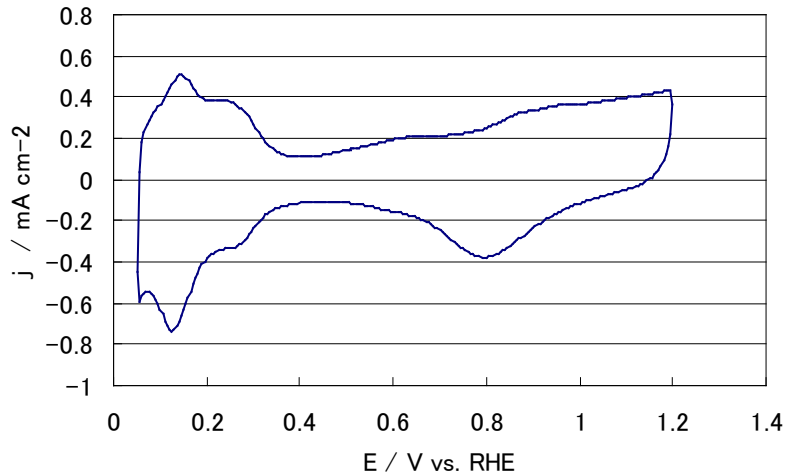


Fig.28 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

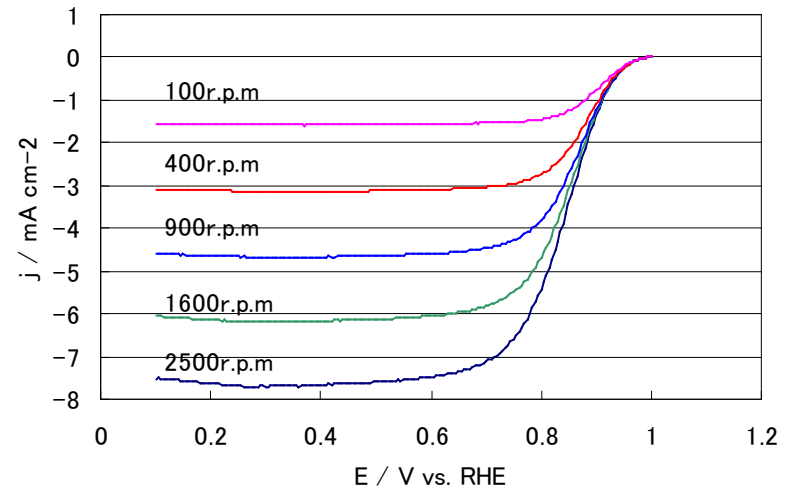


Fig.29 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

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) :  $54.9 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} \text{-(Pt)}$
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(過塩素酸)、濃度(0.1M)
6. 電解液量と温度: 液量(300 mL), 温度(25 °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 (25 °C)
4. 電極回転速度: 任意(例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)



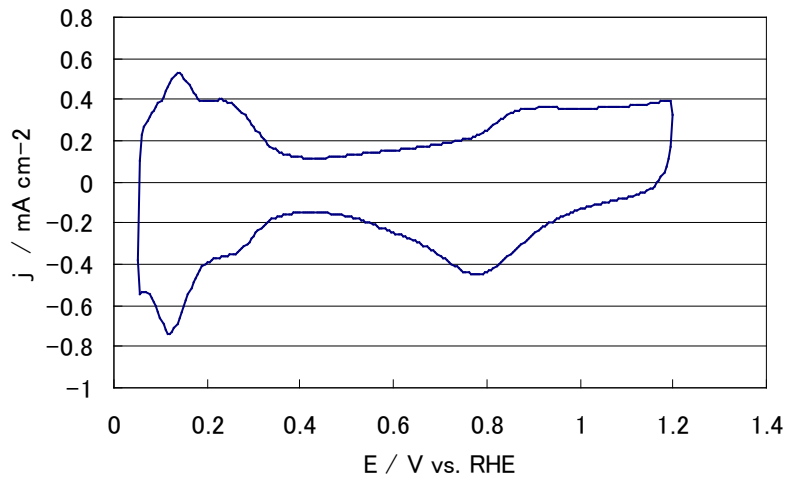


Fig.31 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

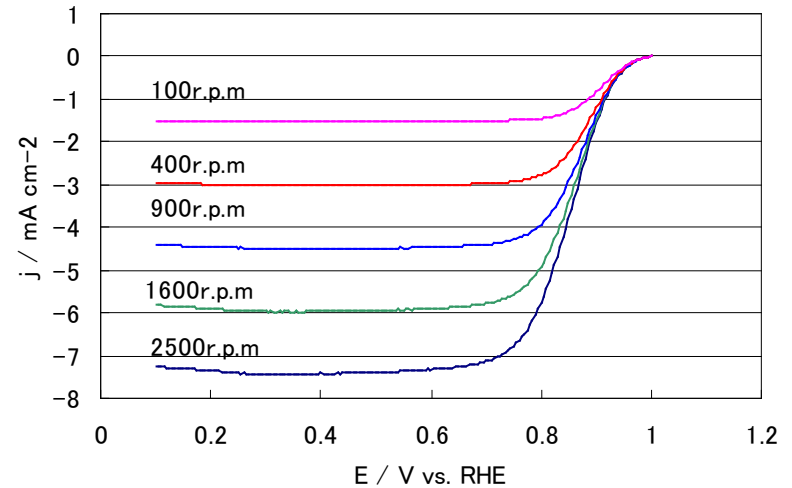


Fig.32 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

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) : 51.3 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>-(Pt)
3. 縦軸:  $j$  / mA cm<sup>-2</sup> (geometric) が望ましい
4. 横軸:  $E$  / V vs. RHE が望ましい
5. 電解液の種類と濃度: 種類(過塩素酸)、濃度(0.1M)
6. 電解液量と温度: 液量(300 mL), 温度(25 °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 mV s<sup>-1</sup>
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:  $j$  / mA cm<sup>-2</sup> (geometric) が望ましい
2. 横軸:  $E$  / 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 (25 °C)
4. 電極回転速度: 任意(例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)

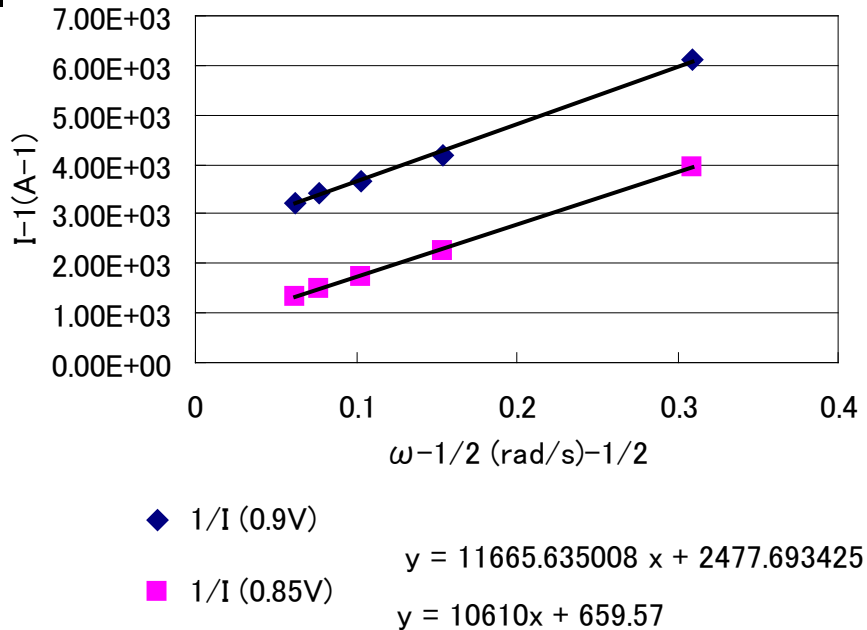


Fig.33 Koutecky-Levich プロット  
(電位 0.85 V 及び 0.90 V vs. RHEにおける値)

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;  $1009 \text{ A g}^{-1}\text{-Pt}$ ,  $1970 \mu \text{ A cm}^{-2}\text{-Pt}$   
@0.90 V;  $269 \text{ A g}^{-1}\text{-Pt}$ ,  $524 \mu \text{ A cm}^{-2}\text{-Pt}$   
(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:  $j^1/\text{A}^{-1}$  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,  
    **ⓑ** アノード電位走査時,  
    c. その他( )

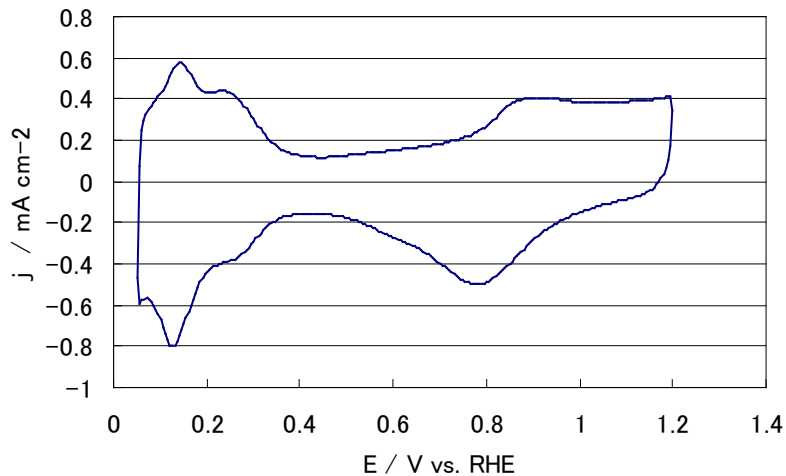


Fig.34 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

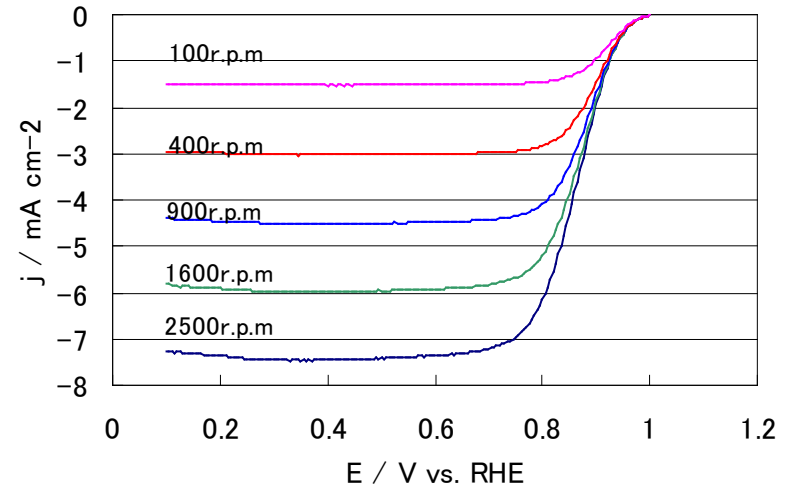


Fig.35 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

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) :  $55.9 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}(\text{Pt})$
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(過塩素酸)、濃度(0.1M)
6. 電解液量と温度: 液量(300 mL), 温度(25 °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 (25 °C)
4. 電極回転速度: 任意(例えば500~3000 rpmの範囲で6種類の速度)



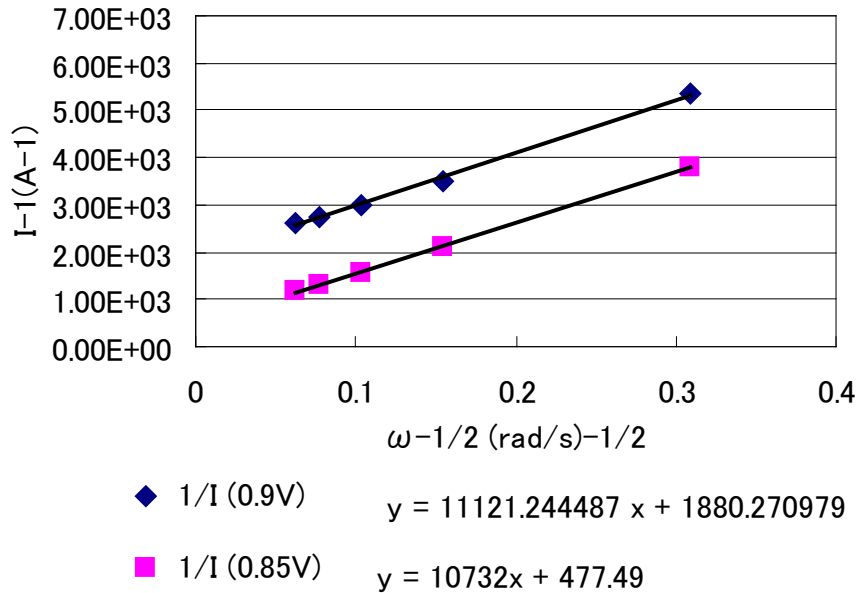


Fig.36 Koutecky-Levich プロット  
(電位 0.85 V 及び 0.90 V vs. RHEにおける値)

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;  $1397 \text{ A g}^{-1}\text{-Pt}$ ,  $2500 \mu \text{ A cm}^{-2}\text{-Pt}$   
@0.90 V;  $354 \text{ A g}^{-1}\text{-Pt}$ ,  $633 \mu \text{ A cm}^{-2}\text{-Pt}$   
(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:  $j^{-1}/\text{A}^{-1}$  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,  
    **ⓑ** アノード電位走査時,  
    c. その他( )

## 付属データ

Table.1 各触媒の物性値と活性値

		FC-T1	FC-I1	FC-I2	FC-J1
CO吸着量からの Pt表面積(m <sup>2</sup> /g-Pt)		41.3	58.6	89.2	46.7
ECSA (m <sup>2</sup> /g-Pt)	1	36.3	58.0	79.5	54.9
	2	37.5	58.5	77.3	51.3
	3	28.4	61.3	84.7	55.9
	平均	34.1	59.3	80.5	54.0
Ik@0.9 (A/g-Pt)	1	150	285	327	228
	2	133	260	338	269
	3	120	249	380	354
	平均	134.7	264.9	348.6	283.6
Ik@0.85 (A/g-Pt)	1	546	981	1080	835
	2	488	959	1229	1009
	3	429	895	1208	1397
	平均	488	945	1172	1080
SA@0.9 (A/m <sup>2</sup> -Pt)	1	4.14	4.91	4.11	4.15
	2	3.56	4.44	4.38	5.24
	3	4.24	4.07	4.49	6.34
	平均	3.98	4.48	4.33	5.24
SA@0.85 (A/m <sup>2</sup> -Pt)	1	15.0	16.9	13.6	15.2
	2	13.0	16.4	15.9	19.7
	3	15.1	14.6	14.3	25.0
	平均	14.4	16.0	14.6	20.0

# 付属データ

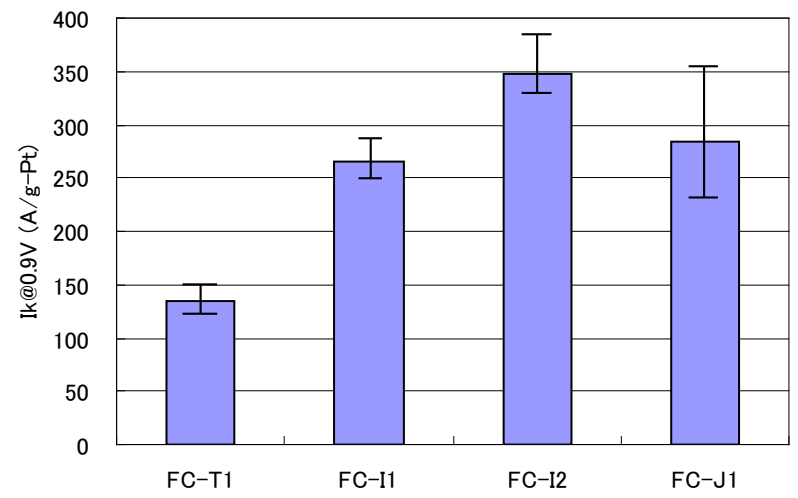


Fig.37 各触媒のIk@0.9V

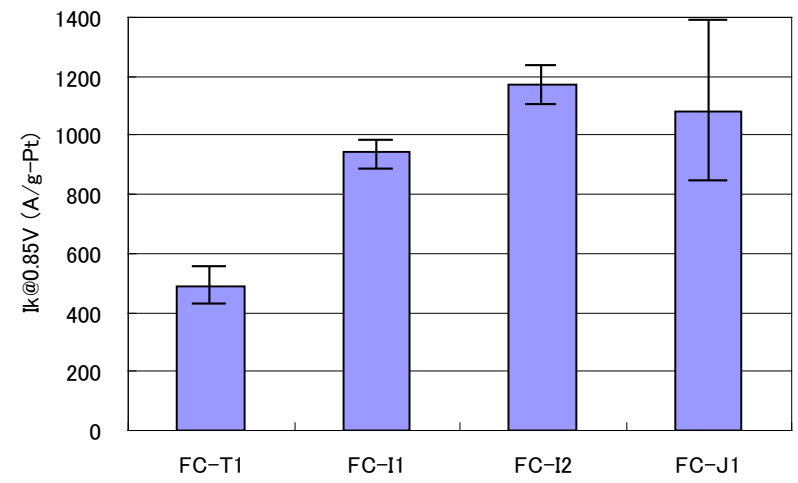


Fig.38 各触媒のIk@0.85V

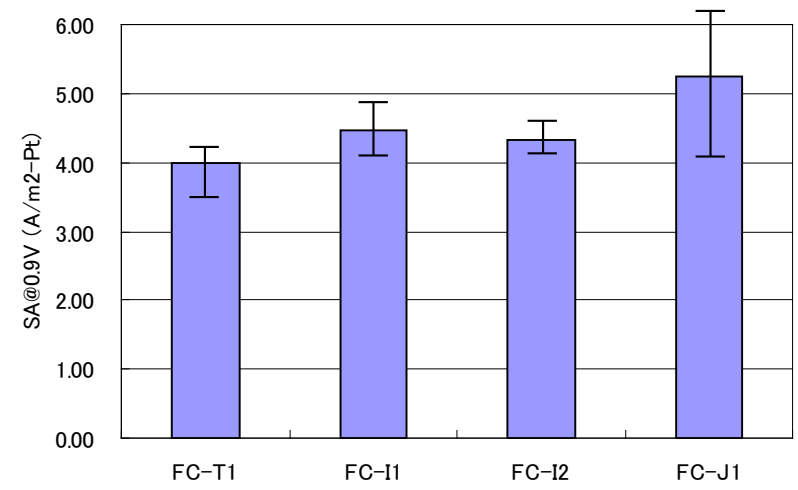


Fig.39 各触媒のSA@0.9V

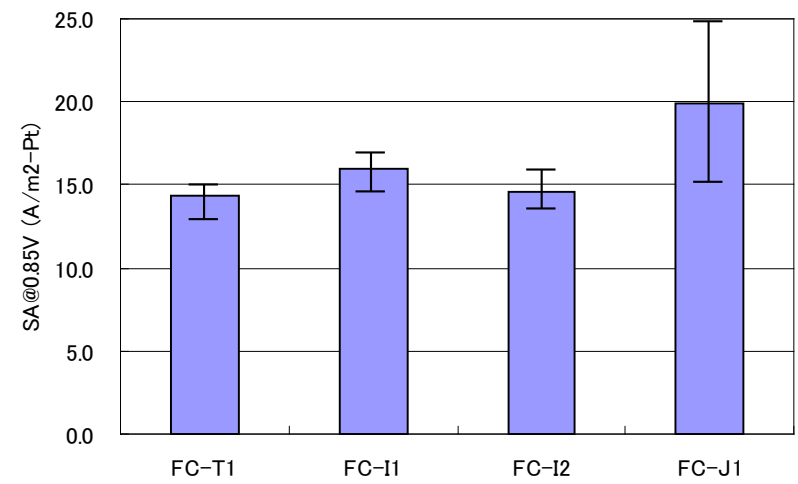


Fig.40 各触媒のSA@0.85V

- FC-I1, I2, T1のばらつき\*1はIk、SAともに±10%程度
- FC-J1のばらつき\*1はIk、SAともに±30程度

\*1 ばらつき=(最大、最小値-平均値)/平均値×100

# 付属データ

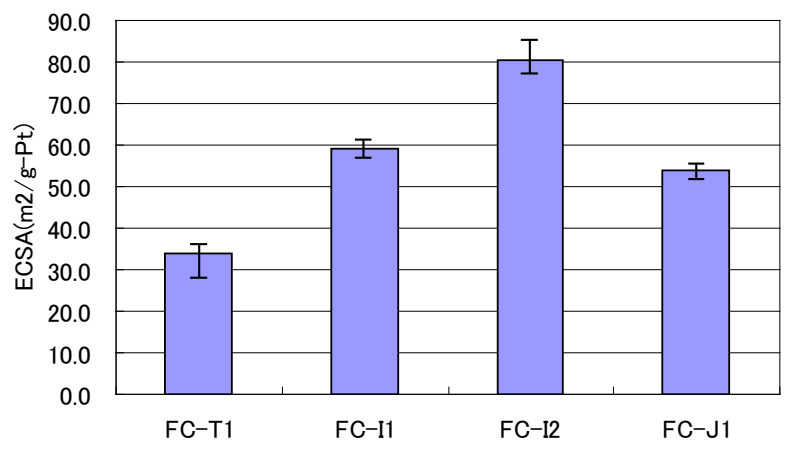


Fig.41 各触媒のECSA

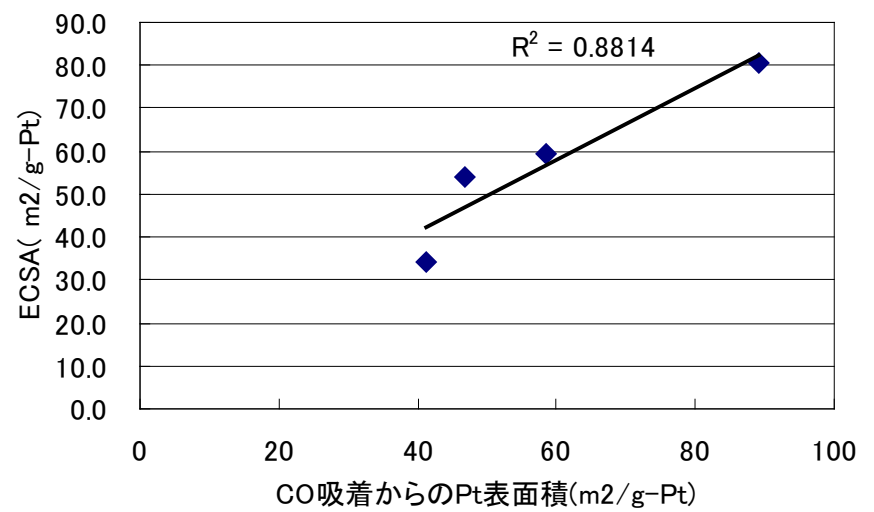


Fig.42 各触媒のECSA

- ・ ECSAのばらつき\*1は各触媒とも約±5%
- ・ CO吸着量から求めたPt表面積(日本ベル様ご教示データ)とRDEで得られたECSAの相関性は高い

## 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( **Millipore** ), 純度( **18.3M $\Omega$**  )
3. 洗ビンの容器の材質：( **高純度テフロン(PFA)製** )
4. 電解槽および電気化学測定装置名等：( **北斗電工(株)** )
5. 電解槽の容積： **300 mL**
6. 電解槽の洗浄方法：( **60%硝酸で80°C6h → 純水煮沸** )
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( **FC-T1, FC-T2: 32  $\mu\text{g cm}^{-2}$**  )  
イオノマー担持量( **FC-T1, FC-T2: 1.9  $\mu\text{g cm}^{-2}$**  )
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)：  
( **電極部を回転させながら、マイクロシリンジポンプを少量ずつ塗布** )
11. 試験電極作製時の加熱温度と時間： **25 °C, 30 min**
12. ORR特性評価における電解液中での電極の前処理：  
( **波形が安定するまで、N<sub>2</sub>中0.05-1.2Vを0.5V/secにて数百サイクル走引** )
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：

FCCJが提案した評価方法プロトコルに準じた場合には、該当する箇所にその事を記述してください。

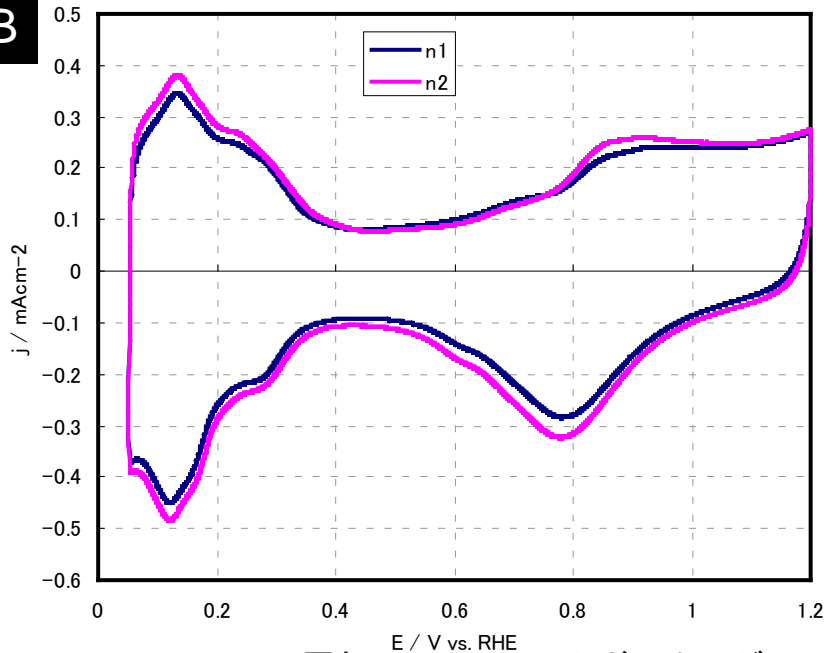


Fig.1 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

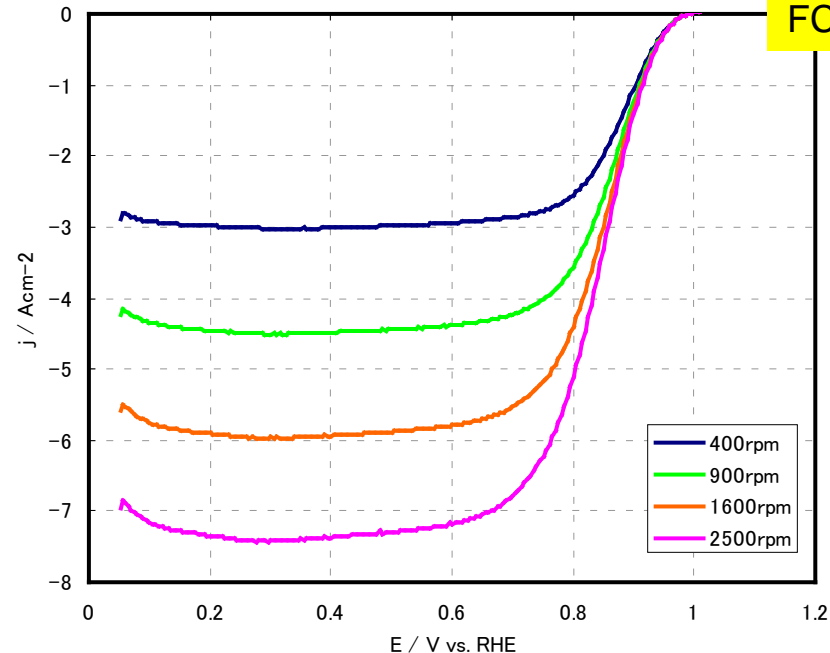


Fig.2 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

- 触媒 (○印) : a. FC-I1, b. FC-I2, **c. FC-T1**, d. FC-T2, e. FC-J1
- ECSA (電気化学活性比表面積) : 39.6, 43.8  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ -Pt
- 縦軸:  $j / \text{mA cm}^{-2}$  (geometric) が望ましい
- 横軸:  $E / \text{V vs. RHE}$  が望ましい
- 電解液の種類と濃度: 種類 (過塩素酸)、濃度 (0.1M)
- 電解液量と温度: 液量 (300 mL), 温度 (25 °C)
- 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 ( )
- 電位走査速度: 50  $\text{mV s}^{-1}$
- 対極 (○印) : a. Pt板, **b. Pt線**, c. Pt黒, d. 炭素繊維
- 参照電極 (○印) : **a. RHE**, b. Ag/AgCl, c. SCE
- 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

- 縦軸:  $j / \text{mA cm}^{-2}$  (geometric) が望ましい
- 横軸:  $E / \text{V vs. RHE}$  が望ましい
- 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 (25 °C)**
- 電極回転速度: 400, 900, 1600, 2500rpm
- 電位走査速度: 10  $\text{mV s}^{-1}$

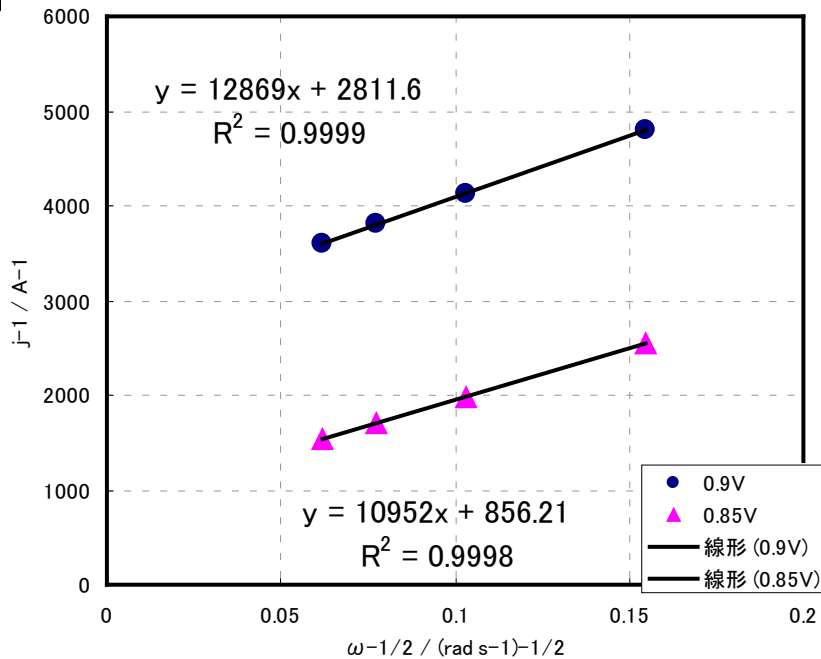


Fig.3 Koutecky-Levich プロット (n=1のみ)  
(電位 0.85 V 及び 0.90 V vs. RHEにおける値)

- 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; 344 A g<sup>-1</sup>-Pt, 868 μA cm<sup>-2</sup>-Pt(n1)  
 449 A g<sup>-1</sup>-Pt, 1020 μA cm<sup>-2</sup>-Pt(n2)  
 @0.90 V; 90.7 A g<sup>-1</sup>-Pt, 229 μA cm<sup>-2</sup>-Pt(n1)  
 137 A g<sup>-1</sup>-Pt, 312 μA cm<sup>-2</sup>-Pt(n2)
- 縦軸:  $j^1/A^{-1}$  が望ましい
- 横軸:  $\omega^{-1/2}/(\text{rad s}^{-1})^{-1/2}$  が望ましい
- 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( )

結果、実験方法、評価方法などについて何か付記すべき事項がございましたら、ここに、図、表、写真、文章等で記載してください。次ページにわたってもかまいません。

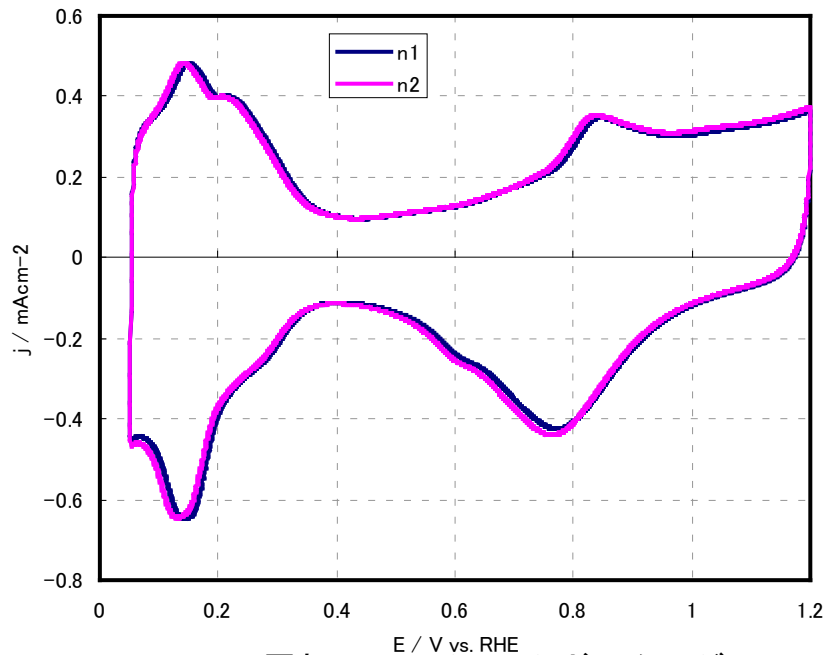


Fig.1 Pt/C 電極のサイクリックボルタモグラム

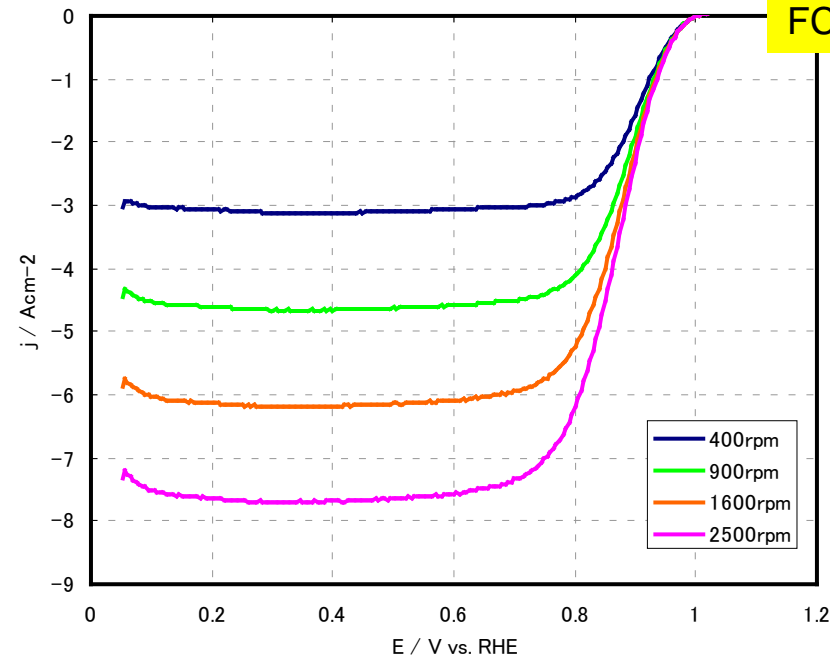


Fig.2 RDE-ORR 対流ボルタモグラム

1. 触媒 (○印) : a. FC-I1, b. FC-I2, c. FC-T1, **d. FC-T2**, e. FC-J1
2. ECSA (電気化学活性比表面積) : 59.1, 57.2  $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ -Pt
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 (過塩素酸)、濃度 (0.1M)
6. 電解液量と温度: 液量 (300 mL), 温度 (25 °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: **50  $\text{mV s}^{-1}$**
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 (25 °C)**
4. 電極回転速度: **400, 900, 1600, 2500rpm**
5. 電位走査速度: **10  $\text{mV s}^{-1}$**



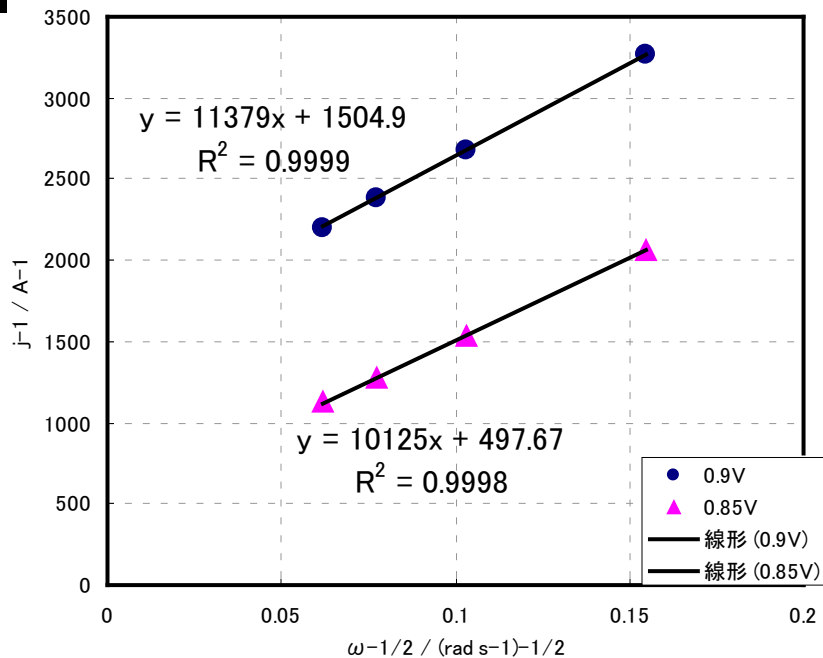


Fig.3 Koutecky-Levich プロット (n=1のみ)  
(電位 0.85 V 及び 0.90 V vs. RHEにおける値)

- 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; 787  $\text{A g}^{-1}\text{-Pt}$ , 1330  $\mu\text{A cm}^{-2}\text{-Pt}(n1)$   
 696  $\text{A g}^{-1}\text{-Pt}$ , 1210  $\mu\text{A cm}^{-2}\text{-Pt}(n2)$   
 @0.90 V; 260  $\text{A g}^{-1}\text{-Pt}$ , 440  $\mu\text{A cm}^{-2}\text{-Pt}(n1)$   
 222  $\text{A g}^{-1}\text{-Pt}$ , 389  $\mu\text{A cm}^{-2}\text{-Pt}(n2)$
- 縦軸:  $j^{-1} / \text{A}^{-1}$  が望ましい
- 横軸:  $\omega^{-1/2} / (\text{rad s}^{-1})^{-1/2}$  が望ましい
- 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( )

結果、実験方法、評価方法などについて何か付記すべき事項がございましたら、ここに、図、表、写真、文章等で記載してください。次ページにわたってもかまいません。