

～レアメタルを使わず燃料電池の低コスト化につながる～ 白金触媒の性能に迫る炭素複合材料 の合成に成功

芝浦工業大学(東京都港区/学長 村上雅人)材料工学科の石崎貴裕准教授は、ソリューションプラズマ処理を用い、窒素含有カーボン(NCNP)とカーボンナノファイバー(CNF)からなる「NCNP-CNF コンポジット材料」を新開発しました。

次世代電池として期待されている金属空気電池の開発や既存の燃料電池の高機能化に向け、白金等のレアメタルを使わない廉価な触媒の開発が求められています。今回、石崎准教授は溶液中でプラズマを発生させることで2つのカーボン素材を複合化させ、両者の利点を併せ持つ炭素複合材料を創製しました。(特許出願中)

レアメタルを使わず常温環境下で合成でき、触媒性能も白金担持カーボンに近く、長期安定性とメタノールに対する耐久性にいたっては既存の白金担持カーボンより優れた性能を示します。今後、次世代燃料電池の正電極触媒として使用することで、エネファームのような家庭用燃料電池や電気自動車の低コスト化が進み、低炭素社会への一助となることが期待されます。

※精製プロセスの動画はこちらからご覧下さい(11秒) <https://youtu.be/q5ETIzs3gfU>

ポイント

- ①白金担持カーボンと比較し、触媒能(電位)に差はあるものの、触媒活性(電流値)は同等レベル ※別添図1、2参照
- ②正極触媒として、白金担持カーボンより優れた長期安定性とメタノールに対する高耐久性がある ※別添図3、4参照
- ③特別な大規模設備を必要とせず、常温環境下のソリューションプラズマ処理で、安価に合成できる

背景

リチウムイオン電池などに代わる次世代電池として、容量の大きい金属空気電池の開発が進められています。正極で酸素を還元する触媒は、高価な白金等のレアメタルが使われており、代替としてカーボン素材が注目されていますが、既存の窒素含有カーボンは白金担持カーボンに比べ触媒性能が劣るため、より高性能なカーボン材料の開発が求められていました。

今回の成果

従来、窒素含有カーボンを合成するためには、真空プロセスであるCVD等によりグラフェン等のカーボン材料を合成し、アンモニアガス(高温処理)等で後処理を行う必要があったため、高コストでした。

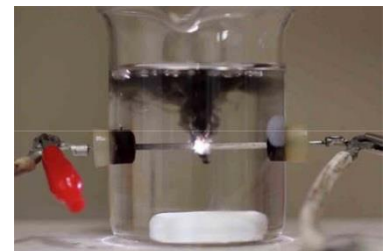
本技術では、常温環境下のソリューションプラズマ反応場である有機溶媒中に市販のCNFを混合し、ソリューションプラズマで処理することで窒素含有カーボンとCNFの複合材料を合成することができるため、低コストで済みます。加えて、カーボン材料を複合化させることで、NCNPの豊富な活性サイト(化学反応が起こる場所)とCNFの導電パス(電荷を移動させる)の相乗効果を生み出し、レアメタルなどを使用せずに、白金触媒に近い性能を引き出すことに成功しました。

※CNFと窒素を骨格にもつ有機溶媒に対してソリューションプラズマ処理を行うことで、NCNPをあらかじめ用意しなくても「NCNP-CNF コンポジット材料」を合成できる

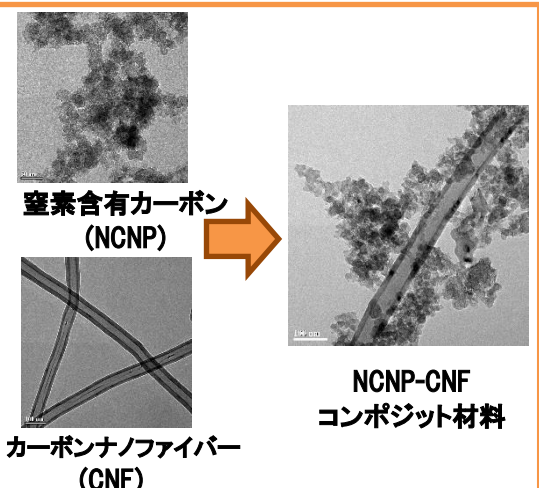
今後の展開

「NCNP-CNF コンポジット材料」は、電極材料の発展に寄与するレアメタルフリーな触媒で、白金触媒の代替に繋がる技術です。今後、企業等と連携し材料の応用や実用化に向けた研究を行っていきます。

※本研究の成果はJSTのCRESTの支援を受けて得られたものです。
※参考として、性能比較の図を2ページ目に添付します。

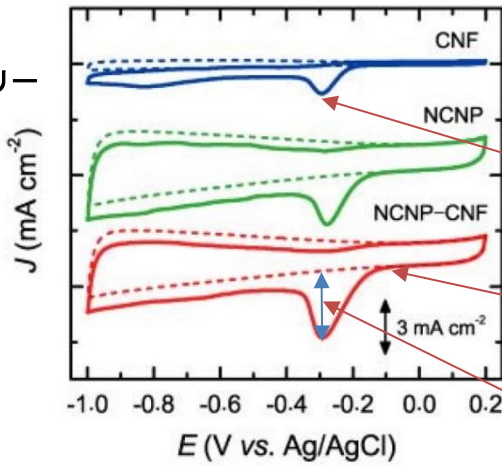


ソリューションプラズマ処理
溶液中の低温非平衡プラズマで合成
処理中の液温は室温～40℃程度



別添図

図1
触媒活性評価
サイクリック
ボルタンメトリー



使用装置 : CH Instruments製, ALS-CHI 832A

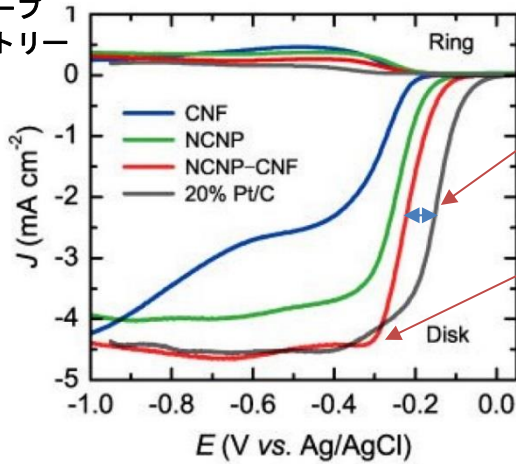
作用極 (W) : CNF, NCNP, NCNP-CNF
 参照極 (R) : Ag/AgCl (飽和KCl)
 対極 (C) : Pt
 支持電解質 : 0.1 M KOH
 走査速度 : 50 mV·s⁻¹
 走査範囲 : 0.2 ~ -1.0 V
 ガス : N₂飽和(点線), O₂飽和(実線)
 触媒担持量 : 0.4 mg·cm⁻²

突起部が酸素還元元のピーク

開始電位 : 正極のため、反応が開始する位置が貴な(正の値に近い)ほど高い電位を利用できる(触媒能が良い)

電流値 : この差が大きいほど触媒活性が高い
 アルカリ性溶液中の酸素還元反応は、4電子と2電子の反応があり、4電子反応が多い程、触媒活性が高く大電流が取り出せる

図2
触媒活性評価
リニアスイープ
ボルタンメトリー



使用装置 : CH Instruments製, ALS-CHI 832A

作用極 (W) : CNF, NCNP, NCNP-CNF, Pt/C
 参照極 (R) : Ag/AgCl (飽和KCl)
 対極 (C) : Pt
 支持電解質 : 0.1 M KOH
 走査速度 : 10 mV·s⁻¹
 電極回転速度 : 1600 rpm
 ガス : O₂飽和
 触媒担持量 : 0.4 mg·cm⁻² (カーボン)
 40 μg·cm⁻² (Pt/C)

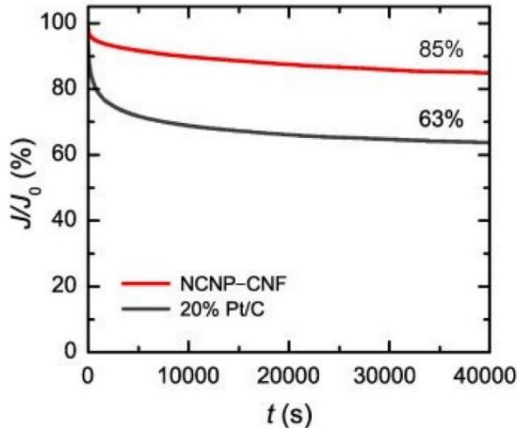
触媒能は白金と差がある

触媒活性は同レベル

Pt/C : Vulcan XC-72Cに20 wt%の白金を担持 (Sigma Aldrich)

市販の白金触媒「20Pt/C」と比べ、触媒能に差が見られるものの、触媒活性は同レベル

図3
劣化試験

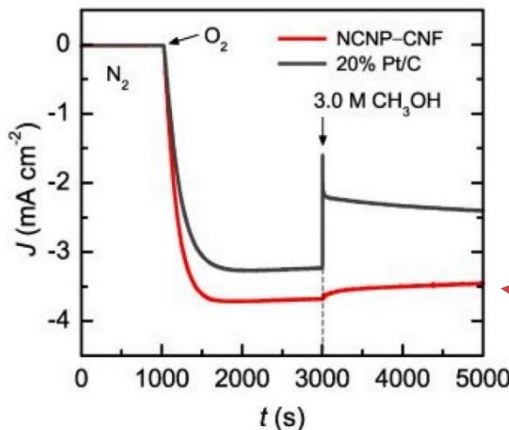


使用装置 : CH Instruments製, ALS-CHI 832A

作用極 (W) : NCNP-CNF, Pt/C
 参照極 (R) : Ag/AgCl (飽和KCl)
 対極 (C) : Pt
 支持電解質 : 0.1 M KOH
 電位 : -0.35 V
 電極回転速度 : 1600 rpm
 ガス : O₂飽和
 触媒担持量 : 0.4 mg·cm⁻² (NCNP-CNF)
 40 μg·cm⁻² (Pt/C)

電流の流れる値
 測定開始から 40,000 秒 (約 11 時間後) の
 電流密度は、NCNP-CNF コンポジット材料が高性能

図4
劣化試験



市販の白金触媒「20Pt/C」より高い長期安定性と、メタノールに対する高耐久性

測定中にメタノールを添加したところ、白金触媒は瞬時にカソード電流密度が減少したのに対し、NCNP-CNF コンポジット材料はほとんど変化がない

この件に関するお問い合わせ・取材については下記までお願い致します

発信元 : 経営企画部 企画広報課 豊田 〒108-8548 東京都港区芝浦 3-9-14
 TEL : 03-6722-2900 FAX : 03-6722-2901 E-mail : koho@ow.shibaura-it.ac.jp