

白金フリー燃料電池カーボン触媒実現のシナリオ

概要

燃料電池自動車の本格普及には高価な白金を使用しない触媒開発が必須である。本計画では、白金フリーカーボン触媒の基礎研究から産業化まで繋ぐ国内初の大規模研究拠点の設立を目指す。申請代表者の基礎研究成果(Science 2016)を発展させ、さらに実用化へ結びつけるために、TIA5研究機関含む組織が協同して、戦略構築、産業界との交流、情報収集、探索実験、ワークショップ開催および大型プロジェクト申請を行う。

燃料電池自動車の普及が始まった

今後10年の取り組みが水素社会の将来を決める

トヨタ、燃料電池車の特許5680件を全公開

2015/1/6 6:30

日本の自動車界がリード

燃料電池車世界市場、2030年に4兆7520億円の見通し 欧州市場が拡大

2016年1月16日

トヨタは水素と再生可能エネルギーを併用してクリーン工場を目指す

2016年1月16日

トヨタ、燃料電池車の特許5680件を全公開

2015/1/6 6:30

日本の自動車界がリード

燃料電池車世界市場、2030年に4兆7520億円の見通し 欧州市場が拡大

2016年1月16日

トヨタは水素と再生可能エネルギーを併用してクリーン工場を目指す

2015/1/6 6:30

日本の自動車界がリード

燃料電池車世界市場、2030年に4兆7520億円の見通し 欧州市場が拡大

2016年1月16日

トヨタは水素と再生可能エネルギーを併用してクリーン工場を目指す

2015/1/6 6:30

日本の自動車界がリード

燃料電池車世界市場、2030年に4兆7520億円の見通し 欧州市場が拡大

2016年1月16日

トヨタは水素と再生可能エネルギーを併用してクリーン工場を目指す

2015/1/6 6:30

日本の自動車界がリード

燃料電池車世界市場、2030年に4兆7520億円の見通し 欧州市場が拡大

2016年1月16日

トヨタは水素と再生可能エネルギーを併用してクリーン工場を目指す

2015/1/6 6:30

日本の自動車界がリード

燃料電池車世界市場、2030年に4兆7520億円の見通し 欧州市場が拡大

2016年1月16日

トヨタは水素と再生可能エネルギーを併用してクリーン工場を目指す

2015/1/6 6:30

日本の自動車界がリード

燃料電池車世界市場、2030年に4兆7520億円の見通し 欧州市場が拡大

2016年1月16日

トヨタは水素と再生可能エネルギーを併用してクリーン工場を目指す

2015/1/6 6:30

日本の自動車界がリード

燃料電池車世界市場、2030年に4兆7520億円の見通し 欧州市場が拡大

2016年1月16日

トヨタは水素と再生可能エネルギーを併用してクリーン工場を目指す

2015/1/6 6:30

日本の自動車界がリード

燃料電池車世界市場、2030年に4兆7520億円の見通し 欧州市場が拡大

2016年1月16日

トヨタは水素と再生可能エネルギーを併用してクリーン工場を目指す

2015/1/6 6:30

日本の自動車界がリード

燃料電池車世界市場、2030年に4兆7520億円の見通し 欧州市場が拡大

2016年1月16日

トヨタは水素と再生可能エネルギーを併用してクリーン工場を目指す

2015/1/6 6:30

日本の自動車界がリード

燃料電池車世界市場、2030年に4兆7520億円の見通し 欧州市場が拡大

2016年1月16日

トヨタは水素と再生可能エネルギーを併用してクリーン工場を目指す

2015/1/6 6:30

日本の自動車界がリード

燃料電池車世界市場、2030年に4兆7520億円の見通し 欧州市場が拡大

2016年1月16日

トヨタは水素と再生可能エネルギーを併用してクリーン工場を目指す

2015/1/6 6:30

日本の自動車界がリード

燃料電池車世界市場、2030年に4兆7520億円の見通し 欧州市場が拡大

2016年1月16日

トヨタは水素と再生可能エネルギーを併用してクリーン工場を目指す

2015/1/6 6:30

日本の自動車界がリード

燃料電池車世界市場、2030年に4兆7520億円の見通し 欧州市場が拡大

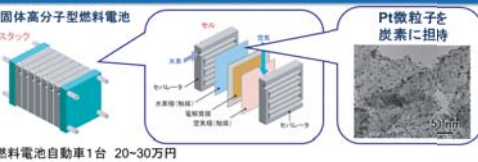
2016年1月16日

トヨタは水素と再生可能エネルギーを併用してクリーン工場を目指す

2015/1/6 6:30

日本の自動車界がリード

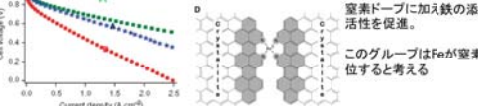
燃料電池では高価で希少な白金が触媒(カソードで多量使用)



燃料電池自動車1台 20~30万円

非白金カーボンアロイ触媒が注目 窒素ドーピンググラファイト系炭素

Dodelet et al., Nature Commun. (2011) Iron-based cathode catalyst with enhanced power density in polymer electrolyte membrane fuel cells



Science (2016年)で発表した研究を発展させるプロジェクト

レアメタル白金に代わる燃料電池炭素触媒の活性点を形成する窒素種を特定



ピリジン型窒素を導入すれば高活性触媒がつけられる。触媒開発が急速に進むと期待される。

窒素ドーピングカーボン触媒研究の現状と課題

窒素をドーピングしたグラファイト系炭素は皆、酸素還元触媒活性を示す

カソード反応機構が不明
 $O_2 + 4e^- + 4H^+ \rightarrow 2H_2O$ (4電子還元機構)
 $O_2 + 2e^- + 2H^+ \rightarrow H_2O_2$
 $H_2O_2 + 2e^- + 2H^+ \rightarrow 2H_2O$ (2+2電子還元機構)

活性窒素種の論争:ピリジン型かグラファイト型か

ピリジン型窒素 2配位
 グラファイト型窒素 3配位

FeやBの添加効果やグラフェンの歪効果についてメカニズムが不明

課題

- 触媒活性一桁以上の向上
- 耐腐食性・耐久性の向上
- 電極性能・グラフェン分散性の向上
- 活性点やメカニズムの解明

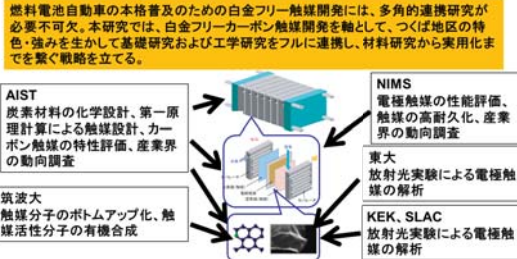
国内外の現状

P.Zelenay (2011年にポリアリレンを出発材料炭素触媒で世界最高活性触媒(Science))
 2013年にアルカリ雰囲気での論文
 Dodelet (2014年にZelenayとならぶ炭素触媒での世界最高活性をNat.Comm.に報告)
 M.Dai (グラフェン触媒、アルカリ雰囲気が多いが2015に炭素雰囲気での報告)

国内の現状

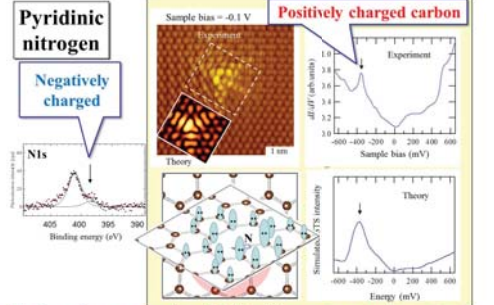
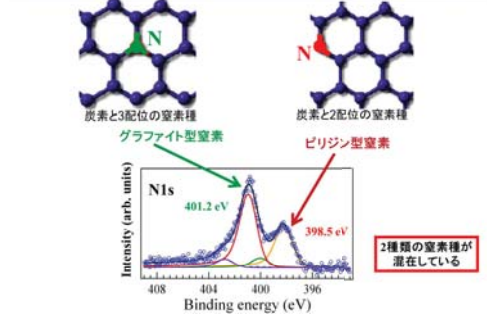
NEDOカーボンアロイプロジェクトは基礎研究は終了し応用中心で東工大が継続。
 ALCAで日産社と群馬大。

研究内容(全体)



高活性・高耐久性の窒素ドーピングカーボン触媒の候補材料・構造の選定、実用化戦略の立案後、本格研究拠点構築へ

どちらの窒素種が活性点をつくるのか?



Carbon atoms around pyridinic nitrogen has show localized states at occupied region! T. Kondo J. Nakamura et al., Phys. Rev. B 86 (2012) 035436

Carbon atoms around pyridinic nitrogen may act as Lewis base

TIAかけはしプロジェクト

白金フリー燃料電池カーボン触媒イノベーション

- 代表 筑波大学数理物質系 中村潤児
- | | | | | | |
|---|--------------------------------------|---|--------------------------|-------------------------------------|---------------|
| AIST
堀玉昌也
羽鳥浩章
曾根田靖
加登裕也
大谷実
藤谷忠博 | NIMS
森利之
有賀克彦
Jonathan Hill | ★筑波大
中村潤児
神原貴樹
鍋島達弥
岡田晋
近藤剛弘 | 東大
原田慈久
松田巖
山本達 | KEK
間瀬一彦
阿部仁
近藤寛(客員教授、慶応大) | SLAC
小笠原寛人 |
|---|--------------------------------------|---|--------------------------|-------------------------------------|---------------|

触媒的効果

デザインしたモデル触媒を用いた表面科学

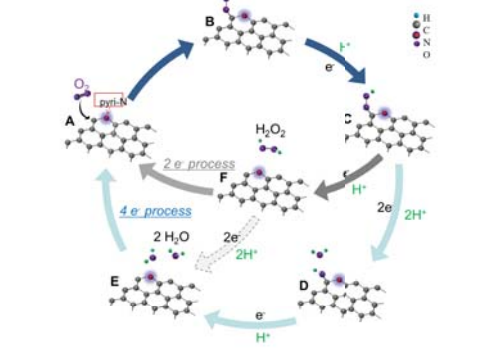
アルゴンイオンを炭素表面に衝突させ多数の溝をつくる。溝の側面にピリジン型窒素を導入する

ピリジニック N-HOPGの燃料電池酸素還元触媒活性が極めて高い

ピリジニック窒素が活性点を形成する

論争に終止符

提案する窒素ドーピングカーボン触媒のORRメカニズム



活動内容

1. ワークショップ (2016年10月31日@筑波大学)
2. プロジェクト内情報共有
3. プロジェクト内研究会 4回(5月、8月、12月、3月、研究紹介、共同研究化検討、戦略)
4. プロジェクト内共同研究
5. 個別産学共同研究
6. 産業界への情報発信(電子情報+個別訪問)
7. 国際共同研究
8. 拠点の拡大