

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12292 号
------	---------------

氏 名 天野 智貴

### 論 文 題 目

Synthesis of carbon nanomaterials by using in-liquid plasma and its application to fuel cell  
(液中プラズマを用いたカーボンナノ材料の合成と燃料電池応用)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	堀 勝
委員	名古屋大学	特任教授	石川 健治
委員	名古屋大学	教授	齋藤 永宏
委員	名古屋大学	教授	大野 雄高
委員	名古屋大学	准教授	近藤 博基
委員	名古屋大学	教授	岩田 聡

## 論文審査の結果の要旨

天野智貴氏提出の論文「Synthesis of carbon nanomaterials by using in-liquid plasma and its application to fuel cell(液中プラズマを用いたカーボンナノ材料の合成と燃料電池応用)」は、プラズマと液体との相互作用を介して生じる液中プラズマを用いてカーボンナノ材料を合成するとともに、その成長速度や構造を調べ、燃料電池への応用について学術かつ実用的な成果をまとめたものであり、全6章から構成されている。

第1章は、序論で、プラズマプロセスによって合成されたナノグラフェンの構造やその特徴を概観するとともに、燃料電池に関する研究開発の現状や将来の課題等を展望し、本論文の目的と意義、そして構成について述べている。

第2章では、本研究で用いた液中プラズマ装置、プラズマ計測の装置と原理、ナノカーボンの構造の解析方法について述べている。

第3章では、液中プラズマの原料として、エタノール、プロパノール、ブタノールを用い、電極材料としてカーボンおよび銅を用い、これらの条件に対するプラズマ特性を計測するとともに、合成したナノグラフェン構造を系統的に解析している。その結果、エタノールを原料に用い、銅を電極材料とすることで、結晶サイズの大きなグラフェンが合成できることやこれらのナノグラフェンに白金微粒子を担持したカーボン構造体が、燃料電池としての触媒活性を示すことを見出している。さらに、このナノグラフェンを電極に用いた燃料電池特性を評価した結果、10000サイクルの電池特性に対して、僅か10%しか劣化が起こらないことを明らかにしている。これらの成果は、学術のみならず工業的にも極めてインパクトの高い結果である。

第4章では、白金に替わる触媒として、低コストの鉄を含有したナノグラフェンの合成に挑戦している。鉄フタロシアニンを分散させた溶液をエタノール、プロパノールおよびブタノールに混合して、ナノ構造体の合成を試みた結果、鉄を含有したグラフェンの合成ができることを見出している。さらに、エタノールでは、数百ナノメートルサイズのグラフェンの合成に成功している。このような巨大なナノグラフェン結晶の合成は、これまで報告例がなく、燃料電池のみならず他の多くの電子デバイスへの応用が期待される有用な成果である。

第5章では、第4章の結果を基にして、鉄を含有したナノカーボン構造体の触媒特性を系統的に評価している。特に、鉄フタロシアニンの溶媒としてDMF (N, N-dimethylformamide) を用いてエタノールに混合させることによって合成したカーボン構造体が、高い触媒活性を示すことを明らかにするとともに、その化学構造や反応電子数を明らかにしている。これらの成果は、学術的のみならず工業的にも有用な知見である。

第6章では、本研究の結果を総括し、今後の課題および展望について述べている。

以上のように、本研究では、液中プラズマによるナノグラフェンの合成において、ナノ構造体およびその構造体への鉄のドーピング効果などの学術的な知見のみならず燃料電池への応用に対する重要な指針を明示している。これらの成果は、学術上、又工業の発展に寄与するところが極めて大きいと判断できる。よって、本論文提出者である天野智貴氏は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。