

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 14500 号
------	---------------

氏 名 牛 江 奇

論 文 題 目

Multivariate Analysis of Synthesis Process and Material Structure for Carbons containing Nitrogen using Solution Plasma
(溶液プラズマを利用した窒素含有炭素の合成プロセスと材料構造の多変量解析)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	未来社会創造機構	教授	齋藤 永宏
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	市野 良一
委員	九州大学	工学研究院	教授	渡辺 隆行
委員	名古屋大学	工学研究科	准教授	竹岡 敬和
委員	名古屋大学	未来社会創造機構	准教授	澤田 康之
委員	Technical University of Denmark	National Centre for Nano Fabrication and Character	教授	Eugen Stamate
委員	Technical University of Denmark	Department of Environmental and Resource Engineeri	准教授	Wenjing Zhang

論文審査の結果の要旨

牛江奇君提出の論文「Multivariate Analysis of Synthesis Process and Material Structure for Carbons containing Nitrogen using Solution Plasma (溶液プラズマを利用した窒素含有炭素の合成プロセスと材料構造の多変量解析)」は、高窒素含有量及び高結晶性グラフェンを合成するためのプラズマ条件を明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、窒素ドーピング炭素材料について、現在の状況を分析し、本研究目的を述べている。従来の合成方法では、窒素含有量を増せば増すほど、結晶性が低下し、一方、結晶性が増せば増すほど、窒素含有量が低下するとしている。この原因として、従来のプロセスが熱平衡プロセス、あるいは、その状態に近いためであり、非平衡プラズマであるソリューションプラズマを用いた高窒素含有量及び高結晶性グラフェン合成プロセスの開発を研究目的としている。

第2章では、ソリューションプラズマ反応場の発光分光法(OES)を行い、原料分子とプラズマ中励起種、及び、生成物との関係を、多変量解析を行い、明らかにしている。励起種の中で、条件により、Hラジカル、C₂ラジカル、CNラジカル、C₂ラジカル及びCNラジカルが主要であるグループに分類できる。Hラジカル及びC₂ラジカルはグラファイト構造形成に関わる励起種である。CNラジカルは高窒素含有量グラフェンの合成に重要な励起種である。

第3章では、ソリューションプラズマ反応場における中間種と炭素生成物の構造パラメータとの相関を見出している。5員環、6員環などのσ結合比率が高い有機分子は、線状構造を持つ中間体を多く形成した。5員環と6員環のπ結合比率が高い有機分子は、ソリューションプラズマ反応中も主に環構造を維持した。

第4章では、ソリューションプラズマ反応場のプラズマポテンシャルと生成物の構造との相関を明らかにしている。プラズマポテンシャルが高い場合、グラファイト状炭素が生成される。一方、ソリューションプラズマと炭素生成物中の窒素含有量との相関は不明であった。

第5章では、第2章から第4章で得られたプロセスパラメータと構造パラメータの多変量解析を総合的に実施し、高窒素含有量及び高結晶性グラフェンの合成のためのソリューションプラズマ装置を提案した。この装置では、モル比率で約19%窒素含有かつ結晶性を有するグラフェンの合成に成功した。

第6章では、本研究の結論を述べている。高窒素含有量及び高結晶性グラフェンの合成ため、プラズマ電流を低減させるプロセス条件が重要であることを示している。

以上のように本論文では高窒素含有量及び高結晶性グラフェンを合成するためのプラズマ条件を明らかにしている。これらの評価方法並びに得られた結果は、ソリューションプラズマによるグラフェン合成への応用を実現するために重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である牛江奇君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。