

Title	窒化ほう素ケージ物質の合成・構造解析及び磁気特性評価に関する研究
Author(s)	成田, 一人
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/1593">http://hdl.handle.net/11094/1593</a>
DOI	
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	なり 成	た 田	いち 一	ひと 人
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)			
学位記番号	第 1 9 4 7 4 号			
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科知能・機能創成工学専攻			
学位論文名	窒化ほう素ケージ物質の合成・構造解析及び磁気特性評価に関する研究			
論文審査委員	(主査) 教授 菅沼 克昭			
	(副査) 教授 掛下 知行    教授 中谷 彰宏    助教授 奥 健夫 教授 安田 秀幸    教授 石黒 浩    教授 黄地 尚義 教授 浅田 稔    教授 南埜 宜俊			

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、研究報告例が少なく、実用化のなされていなかった窒化ほう素 (BN) ケージ物質について、新規合成プロセスの開発、ナノ構造に関する基礎研究及び磁性材料としての応用を検討したものであり、以下に示す全 5 章から構成されている。

第 1 章では、本研究の位置づけと目的について述べた。

第 2 章では、アーク溶解法を用いて BN ケージ物質を合成し、構造と触媒金属との関連性を周期律表上にまとめた結果、BN ナノチューブの合成に適した触媒金属が 3～5 族に集中していることを明らかにした。また、窒化物の標準ギブス自由エネルギー変化より、BN ナノチューブの合成に適した触媒金属が窒化物を形成しやすい傾向にあることを見出した。本研究により、アークプラズマを用いた BN ケージ物質合成における金属触媒能について設計指針を示すことができた。

第 3 章では、ジグザグ型とアームチェア型 BN ナノチューブの実空間での 6 員環網目構造を高分解能電子顕微鏡 (HREM) 観察により撮影し、画像処理後の HREM 像から BN ナノチューブのカイラリティーを直接決定した。構造モデルを用いた像シミュレーションからは、BN ナノチューブの中央部と輪郭部分の像コントラストを解析することにより、カイラリティーの決定が可能であることが導かれた。画像処理した HREM 像と構造モデルを用いたシミュレーションにより、BN ナノチューブのように軽元素で構成されているナノ物質も、原子配列を直接的に観察できることを示した。

第 4 章では、Fe 及び Co のメタル磁性粒子を内包した BN ケージ物質を熱処理により合成し、その構造と磁気特性を調べた。メタル磁性ナノ粒子を BN ケージ物質中に内包するために 2 種類の新規合成プロセスを開発した。まず、窒化物のエリンガム図より選択した  $\text{Fe}_4\text{N}$  と B からなる混合粉末を窒素ガス気流下で熱処理することにより、 $\alpha\text{-Fe@BN}$  ナノカプセル及び竹型 BN ナノチューブを合成した。また、金属錯体である  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  と  $\text{KBH}_4$  粉末を窒素ガス気流下で熱処理し、 $\text{fcc-Co@BN}$  ナノカプセルと BN ナノケージを合成した。磁気測定の結果、内包したメタルのソフト磁性が得られ、PC 試験後の減磁率の比較から、BN 層の形成による耐酸化性及び耐食性の効果がみられた。また、竹型 BN ナノチューブと  $\text{Co@BN}$  ナノカプセルの形成メカニズムを提案した。

第5章では、得られた結果を総括し、今後の展望について述べた。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、研究報告例が少なく実用化のなされていなかった窒化ほう素 (BN) ケージ物質について、新規合成プロセスの開発、ナノ構造に関する基礎研究及び磁性材料としての応用を検討したものであり、その結果を要約すると以下の通りである。

(1)アーク溶解法を用いて BN ケージ物質を合成し、構造と触媒金属との関連性を周期律表上にまとめた結果、BN ナノチューブの合成に適した触媒金属が3～5族に集中していることを明らかにしている。また、窒化物の標準ギブス自由エネルギー変化より、BN ナノチューブの合成に適した触媒金属が窒化物を形成しやすい傾向にあることを見出している。本研究により、アークプラズマを用いた BN ケージ物質合成における金属触媒能について設計指針を示している。

(2)ジグザグ型とアームチェア型 BN ナノチューブの実空間での6員環網目構造を高分解能電子顕微鏡 (HREM) 観察より撮影し、BN ナノチューブのカイラリティーを直接決定している。画像処理した HREM 像と構造モデルを用いたシミュレーションにより、BN ナノチューブのように軽元素で構成されているナノ物質も、原子配列を直接的に観察できることを示している。

(3)Fe 及び Co のメタル磁性粒子を内包した BN ケージ物質を熱処理により合成し、その構造と磁気特性を調べ、 $\alpha$ -Fe@BN ナノカプセル及び竹型 BN ナノチューブや fcc-Co@BN ナノカプセルと BN ナノケージを合成している。磁気測定から内包したメタルのソフト磁性が得られ、BN 層の形成による耐酸化性及び耐食性を向上させている。また、竹型 BN ナノチューブと Co@BN ナノカプセルの形成メカニズムを提案している。

以上のように、本論文は BN ナノケージ物質の合成と高分解能電子顕微鏡観察を主とする解析により、新たな合成プロセスの開発、ナノ物質の開発とナノ構造の決定、及び解析方法を開拓し、今後のナノ材料合成や解析技術への寄与は大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。