

研 究 主 論 文 抄 録

論文題目 衝撃反応合成法を用いた種々の化合物合成に関する研究
(Synthesis of various compounds through shock induced chemical reaction)

熊本大学大学院自然科学研究科 複合新領域科学専攻 衝撃エネルギー科学講座
(主任指導 外本 和幸教授)

論文提出者 和田直之
(Naoyuki Wada)

主論文要旨

《本文》

衝撃反応合成法とは、反応性の高い金属元素粉末の混合体に高エネルギーを負荷することで反応を誘起させ、高機能材料を創出する手法である。本研究では、衝撃反応合成法に基づいた幾つかの手法による材料合成の可能性に着目し、主に液中での材料合成実験を試みた。ここでは、衝撃大電流印加による金属細線爆発を利用する方法、レーザーアブレーションを用いる方法、コニカルシェプトチャージにより生じる金属ジェットを用いる方法の 3 種類の手法に着目し、それぞれの方法で得られた結果について検討した。本論文の概要は以下の通りである。

第 1 章では、本研究の背景と今までに報告されている高エネルギー状態下での材料合成法や衝撃反合成の概要を述べ、本研究を行う目的について記述した。

第 2 章では、本研究を遂行するに当たり、材料合成に用いた細線爆発やレーザーアブレーション、爆薬の爆ごう現象の概要や理論、衝撃波の理論について述べるとともに、実験で得られた材料の分析に利用した分析装置や数値計算の概要、水中爆発により生じるパルスバブルの理論についても簡単に解説した。

第 3 章では、衝撃大電流印加による金属細線爆発法を利用した幾つかの合成実験を行い、その詳細を述べた。ここでは Ti や Al の細線に大電流を印加させることで、液体窒素中や空气中、水中で合成実験を実施した。いずれの実験においてもナノサイズの微細粉末が析出し、それらが凝集していることが分かった。液体窒素中では TiN や AlN といった化合物の合成実験を試み、一定の条件において TiN や AlN が生じていることが確認された。また、液体窒素中で Ti と Al 細線を同時に用いた実験では、TiAlN または Ti(Al)N のような物質が析出していることが確認された。さらに、空气中または水中で酸化チタンの合成実験を試みた場合には、空气中では Anatase 型や Rutile 型の TiO₂ が回収されたのに対し、水中ではこれらの以外の未確定の相も多数確認された。

第 4 章では、水中でレーザーアブレーションを行った合成実験の結果を述べた。ここで

は 1J/Pulse 程度の比較的大きなエネルギーを、水中で Ti 細線に照射させることで酸化チタンの合成を試みた。回収された粉末は結晶性が高く、細長く伸長された特徴的な結晶組織を有する Anatase 構造の TiO_2 のナノ粉末であることが確認された。また、水中爆発により生じるパルスバブルの観察実験も同時に実施し、パルスバブルの挙動を明らかにするとともに、バブルが材料の結晶性に及ぼす影響についても考察した。

第 5 章では、爆薬で加速された金属の傾斜衝突（コニカルシェーブトチャージ）によって生じる金属ジェットを液体窒素中に突入させることで合成を誘起させる方法について研究を行った。ここでは特に、Al ジェットを Ti 粉末と混合した液体窒素中に打ち込むことを行った。実験の結果、いくつかの数 mm の塊状物が回収され、それらは TiN や TiAlN といった金属間化合物であることが確認された。また、得られた結果から合成プロセスについても議論した。さらにここでは、金属ジェットの速度測定実験や数値計算も行い、ジェットの挙動に関する議論も行った。

第 6 章は総括であり、本研究で行った異なる衝撃エネルギーを利用した合成プロセスの特徴について比較検討を行った。