

衝撃波により誘起されるセラミックスの壊れ方機能

研究代表者名

東京工業大学・応用セラミックス研究所・阿藤 敏行

1. はじめに

衝撃変成は大きな体積減少を伴う相転移や化学反応が、たかだか数百ナノ秒という極短時間で起こる、きわめて特異的なプロセスである。このような短時間での物理的および化学的変化は、我々の身近でも起こりうる高速物体の衝突や、地震などによる建造物の破壊などの現象と密接に関係しており、社会的見地からもきわめて重要な意味を持つ。本研究では、衝撃変成を原子レベルから理解することを目的とした。

2. 研究経過

近年、衝撃圧縮により、ムライト($3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$)セラミックスが相転移を起こし、その衝撃残留組織が特異的なナノ構造を示すことが明らかとされてきた。これまで、特異な微細組織の生成原因を探るべく、ムライトに結晶構造が類似したアルミノケイ酸塩鉱物であるシリマナイト族($\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$)について衝撃回収実験を行い、それらの相転移と微細組織の観察を行ってきたが、カイヤナイトについては、65 GPa までの衝撃実験でも相変化や特異な微細組織の変化は観察されていなかった。そこで、今年度はカイヤナイトについて、100 GPa 領域までの衝撃回収実験を行い、相の同定と微細組織の観察を行った。

3. 研究成果

実験に用いたカイヤナイトはブラジル産の天然鉱物で、粉末X線回折によりほぼ単相の試料であることを確かめた。試料は直径 10 mm 厚さ 1 mm の円盤状に整形し、純鉄製の回収カプセルに収納し、二段式軽ガス銃により 104 GPa までの圧力範囲で衝撃回収実験を行った。

図1に示すように、カイヤナイトは 78 GPa までの圧力範囲でも相転移を起こさず、TEM により観察した微細組織にも大きな変化は見られなかった。しかし、93 GPa では粉末 X 回折より γ -A アルミナがわずかに生成していることが明らかとなったが、明瞭なハロは観察されずアモルファス化相転移は起きていないと考えられる。また、この圧力領域では図2に示すように ~ 10 nm の幅を持った積層欠陥が観察された。

カイヤナイトは結晶構造中に 6 配位の Al^{3+} だけを持ち、稜共有した AlO_6 カラムを AlO_6 八面体と SiO_4 四面体が稜共有により接合していることが特徴である。このような構造は AlO_6 カラムを頂点共有のみでつなげているシリマナイトや一部のみ稜共有でつなげているアンダルサイトに比べて、構造的に“強固”であると言えよう。このような強固さに関しては、中性子照射によるアモルファス化の場合にも同様な傾向が見られており、構造の安定性という点を考える上で、きわめて興味深い。

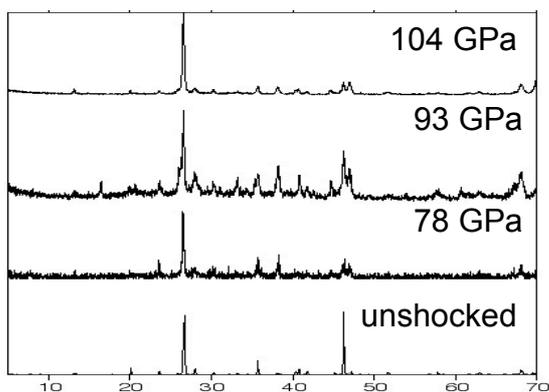


図1 104 GPa まで衝撃圧縮したカイヤナイトの粉末 X 線パターン

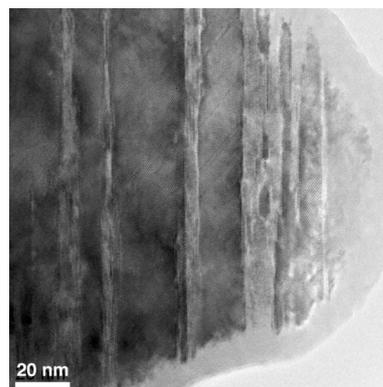


図2 104 GPa から回収したカイヤナイトの TEM 像

4. まとめ

今回の実験結果より、出発物質の化学組成は同じであっても、結晶構造によってパルス的な衝撃圧縮に対する応答は大きく異なることが明らかとなった。このような非平衡的な特徴は、新しい壊れ方機能を持った材料を探索する上で、重要な要因と考えられる。