

超音波キャビテーション合成によるドロマイトの合成とその応用

日本大学生産工学部 環境安全工学科 古川・亀井研究室
代表者 助教・亀井 真之介

特許出願2015-099176, 特許出願2015-100111

目的・背景

【ドロマイトとは】

ドロマイト (CaMg(CO₃)₂) は炭酸カルシウム (CaCO₃) と炭酸マグネシウム (MgCO₃) が1:1のモル比で組み合わされた複塩。カルサイト構造を示す四面体中心のCaがMgに置き換わった構造をしている。

使用用途: 鉄鋼, 土壌安定剤, フィラー, ガラス, 骨材

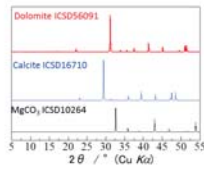
⇒ まだまだ, 利用用途が狭いことが挙げられる

しかしながら世界各地で産出される天然ドロマイトは, 化学組成がCaMg(CO₃)₂ではなく, SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃などをわずかながら含有しており, Ca/Mg比も1でないことが多い。

⇒ 純度の高いドロマイトは合成物しかない

一般に複塩構造を示す物質は, 固溶体と比較して物理的性質や化学的性質が高いことが知られている。

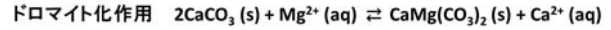
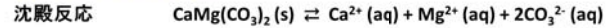
この複塩構造またはその物性を利用した新たな用途の開発が期待される。



Journal Society Inorganic Materials, Japan, 13, (2006).

小特集 ドロマイト より

【ドロマイトの熱力学】



【合成方法】

- ・水熱合成 (炭酸カルシウム懸濁法, 尿素添加, CO₂高分圧)
- ・固相反応 (アラボナイト, マグネサイト混合物を高温高压 (850°C, 3GPa))
- ・ソフトケミカルプロセス
炭酸水素塩水溶液からの脱炭酸 → プロドロマイト (CaCO₃-rich無秩序ドロマイト)
均一沈殿法 尿素1.0mol, 過酸化水素水1.0mol → 100°C, 2h → ドロマイト
超音波照射¹⁾ → 0~1200 kHz, 65~75°C, 24h → ドロマイト

※長時間, 高压力下, 高温といった合成条件が多く, 低エネルギー, 短時間でドロマイト単一相が得られる新規合成プロセスの確立が重要であると考えられる。

原理・方法

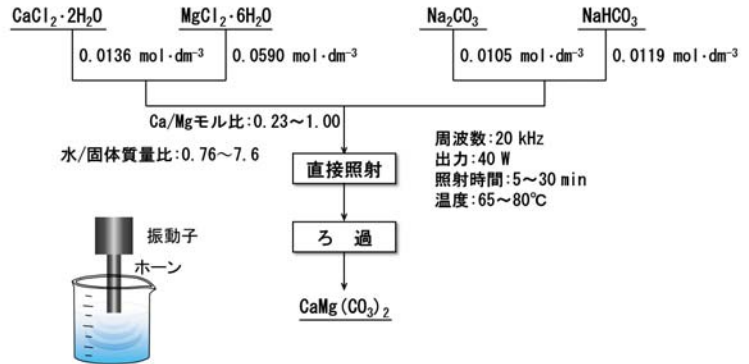
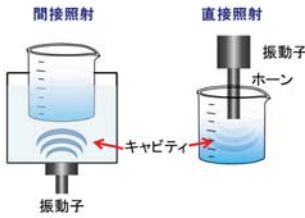
20 kHzを超える音

水や液体に周波数20 kHz以上の超音波を照射して生じるキャビテーションが発生

超音波により発生するキャビテーションは, 高温, 高压, 高速流動の極限状態の化学反応場を形成する。

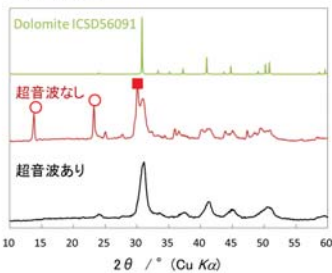
目的

キャビテーションを利用したドロマイトの新規合成を目的とした, ドロマイトの単一合成を目的とした種々の超音波照射条件の検討を行った。



結果・まとめ

Ca/Mgモル比: 0.5
水/固体質量比: 7.6
温度: 65°C
照射時間: 1h

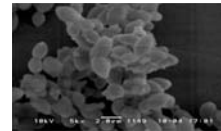
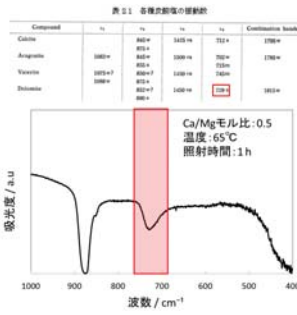


ドロマイトに限りなく近い単一相を得ることができた。

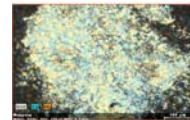
また, 超音波照射なしでは,

○炭酸マグネシウム3水和物
■塩基性炭酸マグネシウム

の生成が確認された



超音波照射を行うことにより, 1次粒子径は, 2μm程度の大きさが非常に多く観察された。



組成割合
Ca: 51.84 at%
Mg: 48.16 at%
生成物のCa/Mg原子比は1.08であった

・超音波照射を用いたドロマイトの合成を検討した
⇒ 直接照射により, 簡便な方法でドロマイトを合成することが可能であった
Ca/Mgモル比: 0.5,
20 kHz, 65°C, 30 min
の条件下でドロマイトの単一合成が可能であることを見出した

応用分野・用途

① ドロマイトを母体結晶とした新規蛍光体

【無機蛍光体とは】

蛍光体とは, 外部から受けるエネルギーを光として変換し発光する物質である。一般に, 無機蛍光体の組成の大部分は母体結晶であり, これに少量の発光中心となる付活剤, 増感剤を置換固溶させることで合成が行える。

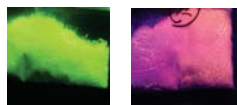
⇒ ドロマイトを蛍光体の母体結晶として適用した報告例はない。
※天然のものだと, Feがキラー元素となるためだと考えられる

【ドロマイトを用いる利点】

蛍光体の設計指針として, 母体構造と発光イオンの相関性は非常に重要である。とくに複塩構造を母体結晶とした蛍光体の合成および発光特性の報告例はほとんどない。もし, 複塩蛍光体を合成することができれば, 以下の知見を新たに得ることができると考えられる。

- ・複塩特有の発光現象を見出すことができる
- ・共付活型の合成ができれば共鳴エネルギー伝達の新たな知見が得られる可能性
- ⇒ 発光中心となる希土類元素の使用量を低減させても, 高効率発光する新規蛍光体の可能性

⇒ ドロマイトの有効利用の開拓となる?

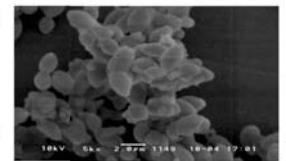


現在 合成検討中の
ドロマイト蛍光体

② 高比表面積ドロマイトとしての検討

超音波照射を行うことにより, 粒子サイズはかなり小さなものとなる。
超音波照射条件として,

「周波数」, 「出力」, 「ホーン系」の影響を変化させることで, ナノサイズドロマイトの合成も可能であると考えられる。



⇒ 高比表面積のドロマイトを合成できる可能性
ガス吸着剤, 触媒としての利用に期待

⇒ ドロマイトの有効利用の開拓となる?

周波数: 20 kHz
出力: 40 W
照射時間: 30 min
温度: 65°C