

マグネシウム化合物を用いた 二酸化炭素の吸収およびその応用

日本大学 理工学部 物質応用化学科
教授 小嶋 芳行

2025年12月23日

従来技術とその問題点

2050年までにカーボンニュートラルを達成するための方策が様々な検討されている。

二酸化炭素のミネラル化固定

その一つとして二酸化炭素をmineralizationして炭酸カルシウムを合成することが進められている。

- (例 1) 炭酸塩とカルシウム塩との反応により溶解度の低い炭酸カルシウムを合成
- (例 2) コンクリート廃材、高炉スラグなどを用いることによる炭酸カルシウムの合成

従来技術とその問題点

コンクリート廃材等も有限。（限りある資源）

⇒カルシウム以外の元素の利用も検討が必要

マグネシウム

●クラーク数6位であり、カルシウムに次いで地表面に多い元素。

●海水中にはカルシウムの3倍量溶解。

⇒海水から水酸化マグネシウムの製造も行われており、

さらに海水から真水の製造においても生成される。

しかし、この場合、**マグネシウム化合物は有効利用されていない。**

従来技術とその問題点

二酸化炭素を吸収できるマグネシウム化合物

⇒酸化マグネシウムと水酸化マグネシウム

- ・酸化マグネシウムは水和速度が遅い。
- ・水酸化マグネシウムは炭酸化速度が遅い。

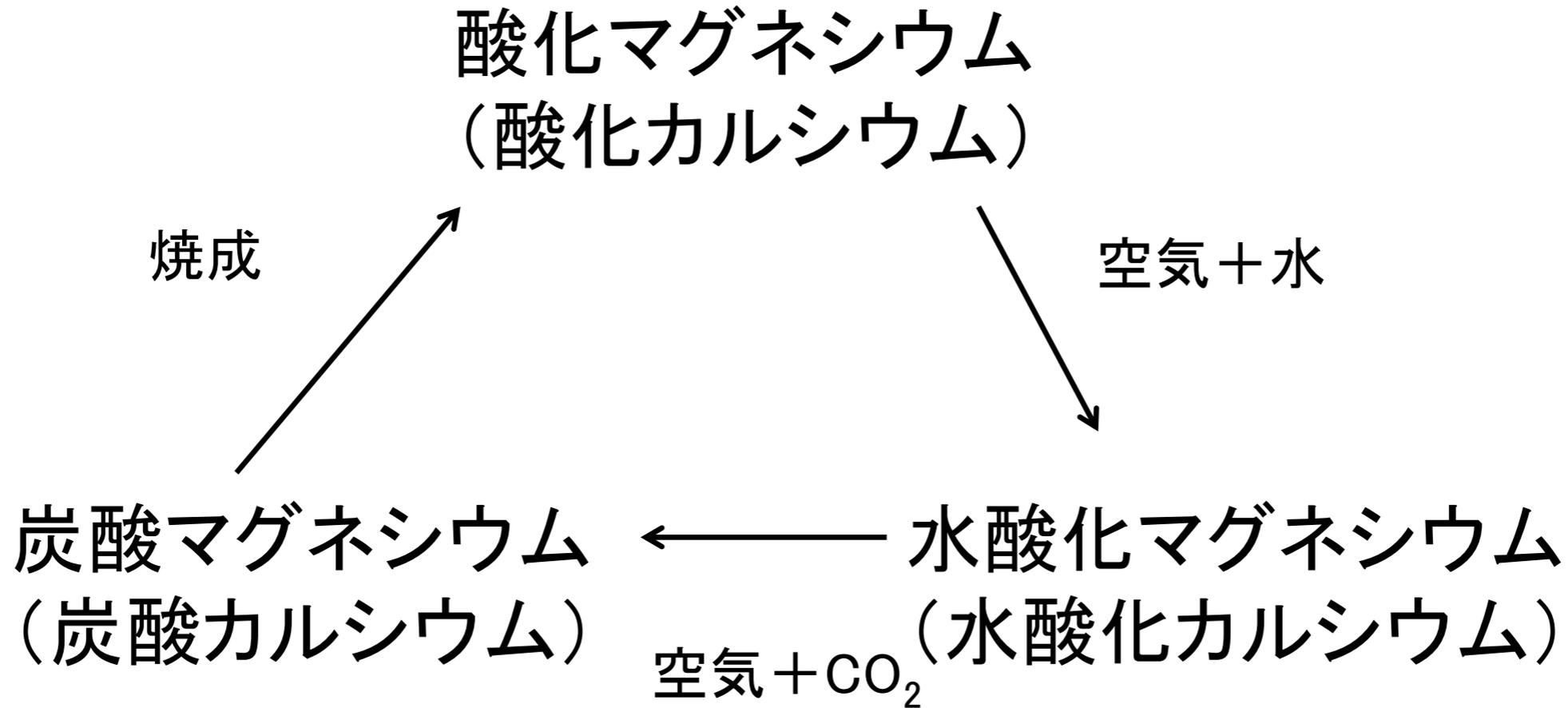
⇒炭酸マグネシウム

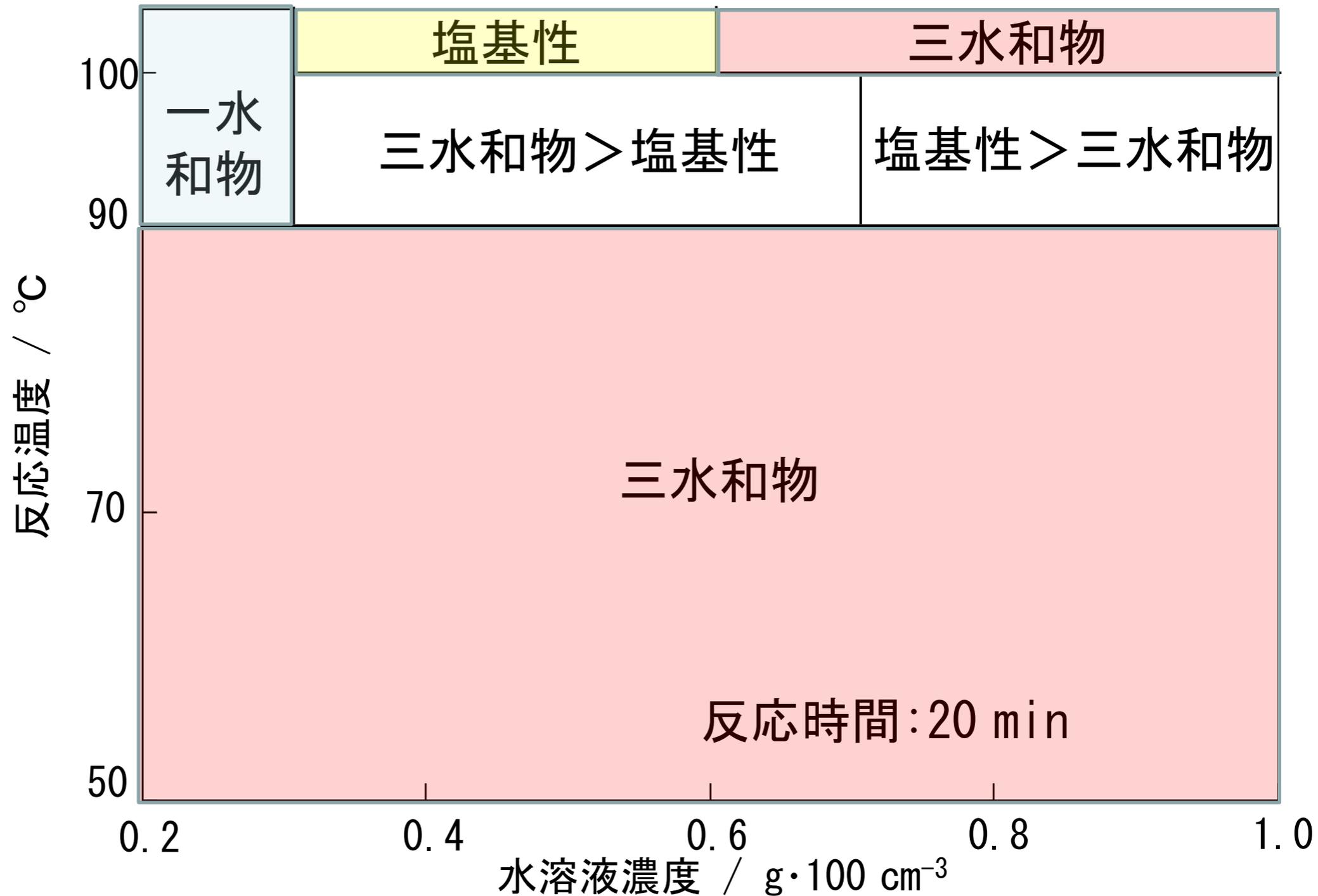
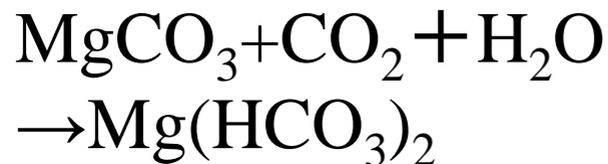
- ・炭酸マグネシウム三水和物は溶解度が高い。
- ・炭酸マグネシウム三水和物は安定性が低い。
- ・炭酸マグネシウムの脱炭酸に関するデータが不足している。

マグネシウム化合物の再利用がされていない

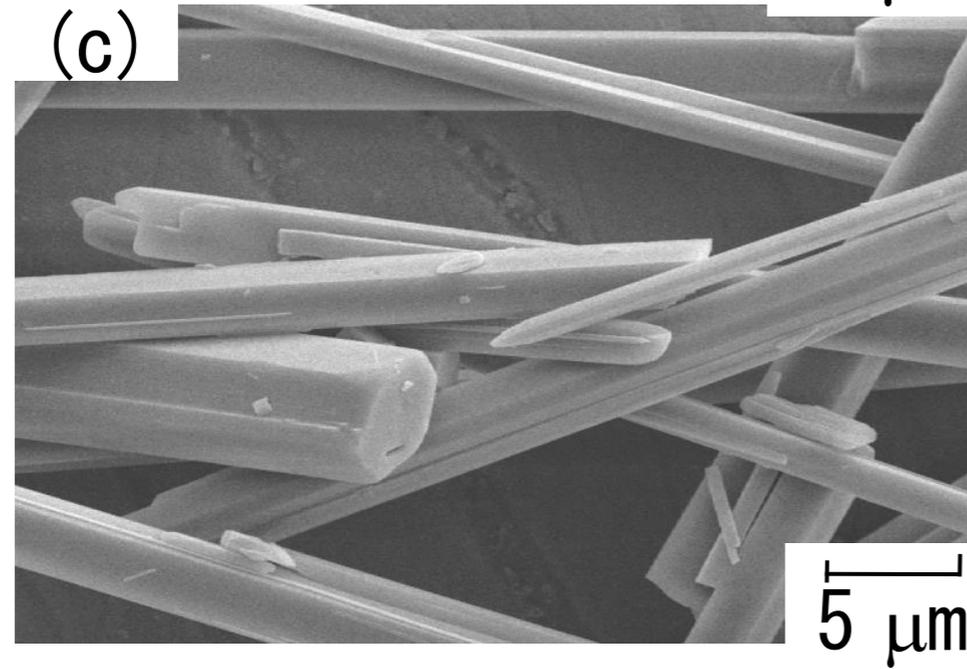
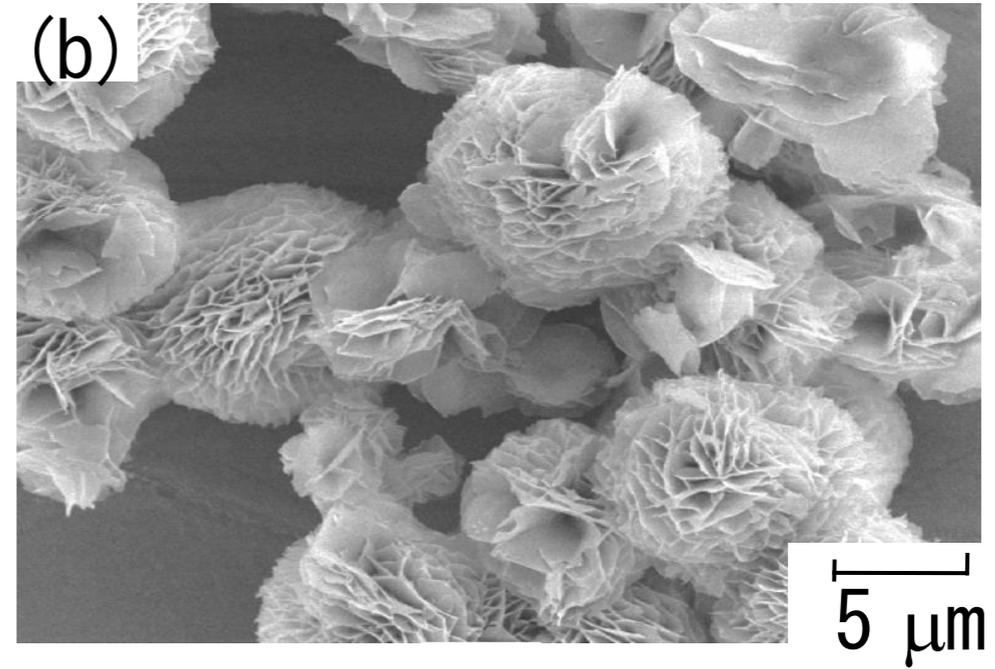
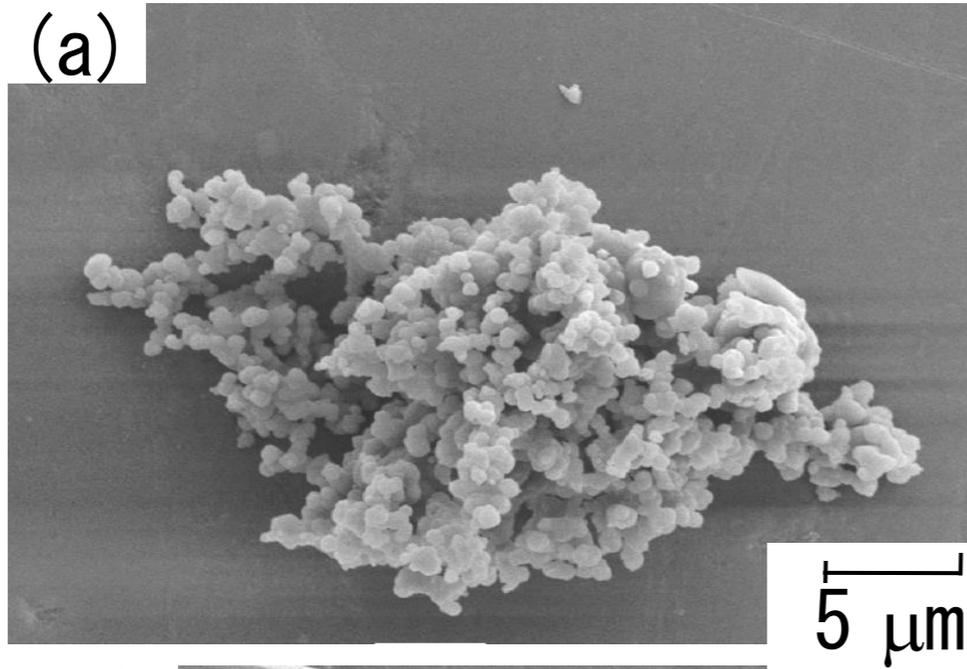
新技術の特徴・従来技術との比較

製造の比較





炭酸マグネシウム水合物に及ぼす反応温度と水溶液濃度の影響



反応時間 : 20 min

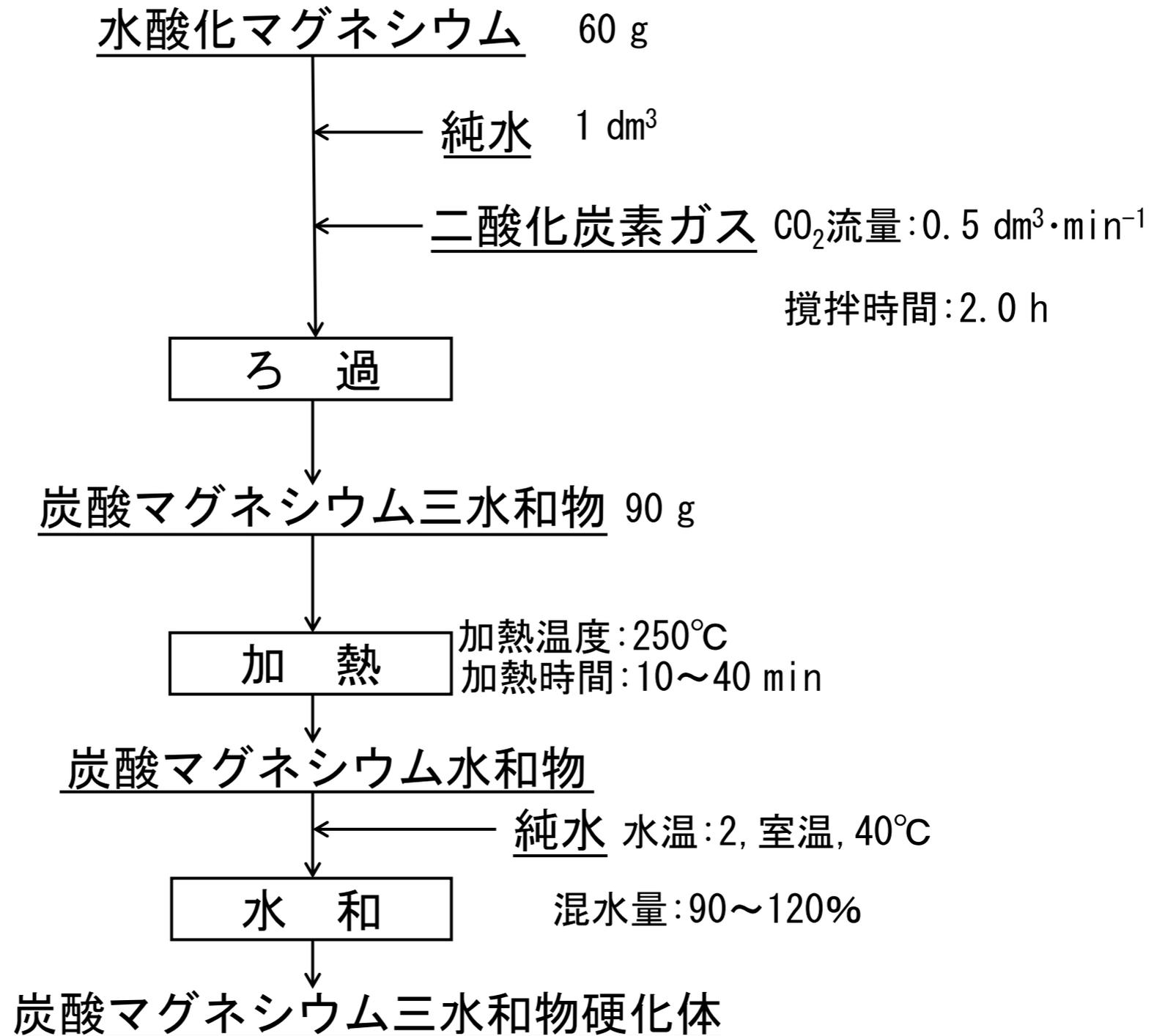
水溶液濃度 / $\text{g} \cdot 100 \text{ cm}^{-3}$

(a) : 0.18 (炭酸マグネシウム一水和物),

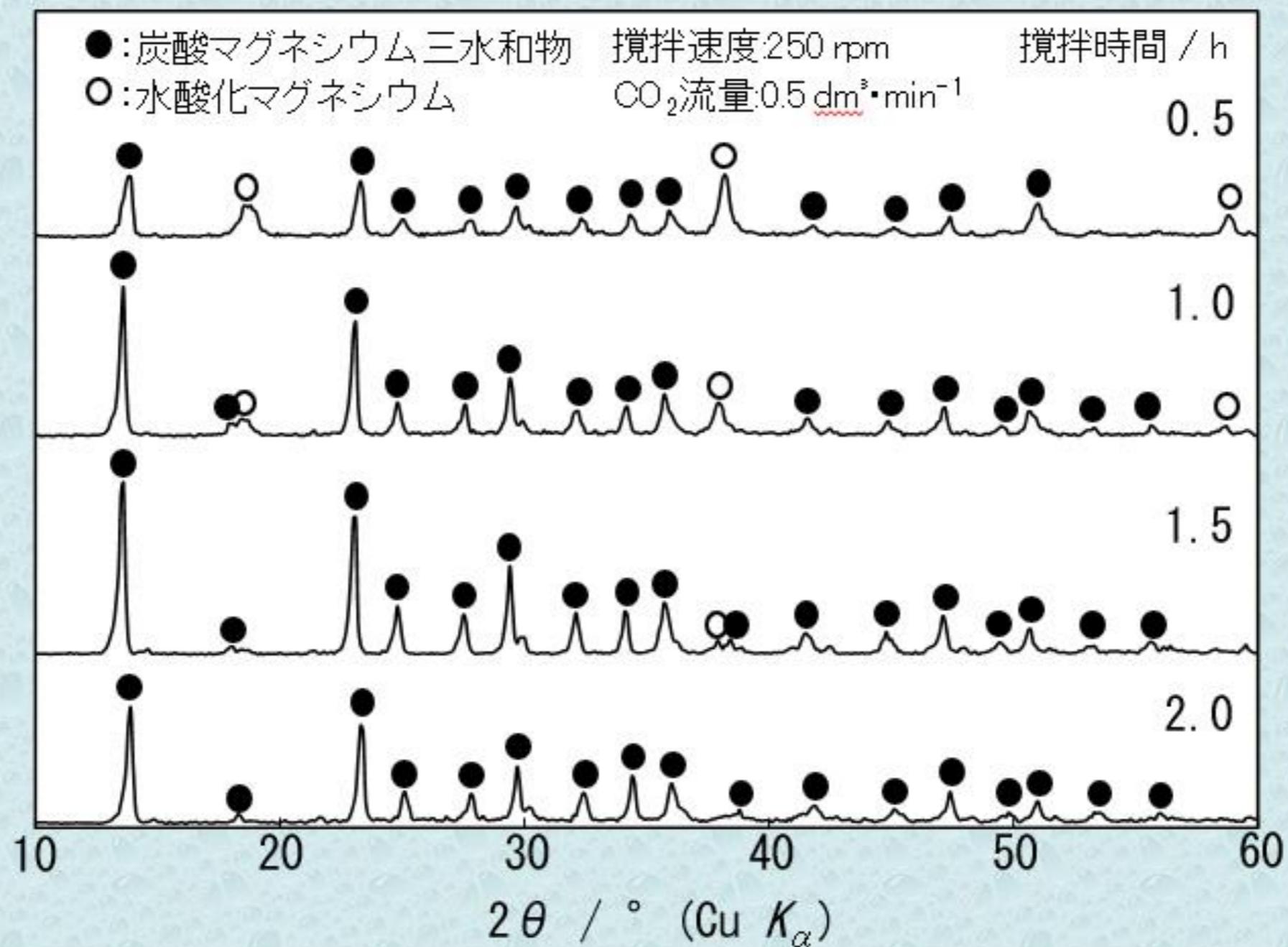
(b) : 0.60 (塩基性炭酸マグネシウム),

(c) : 1.03 (炭酸マグネシウム三水和物)

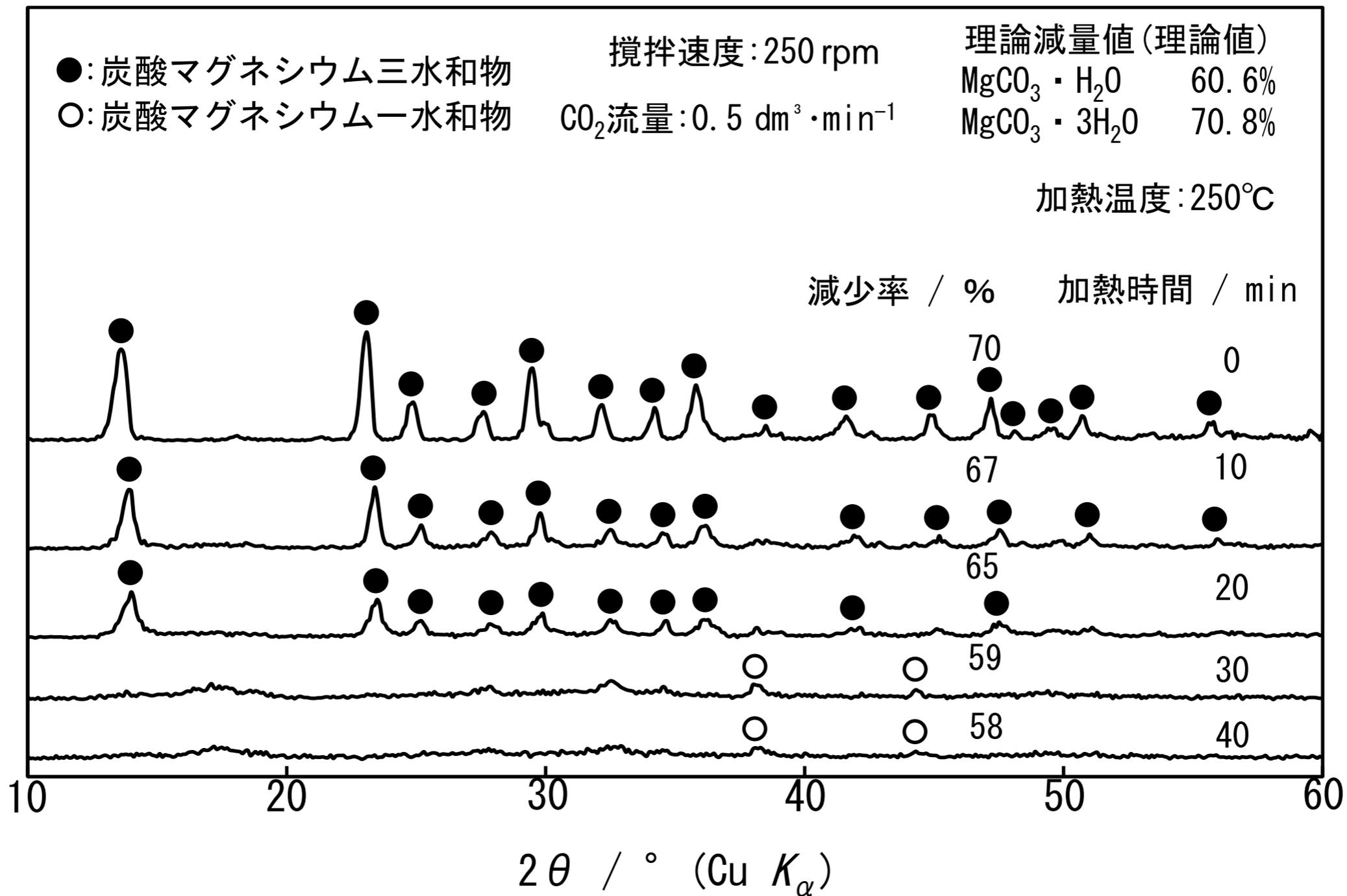
反応温度 100°C で得られた炭酸マグネシウム水和物の走査型電子顕微鏡写真



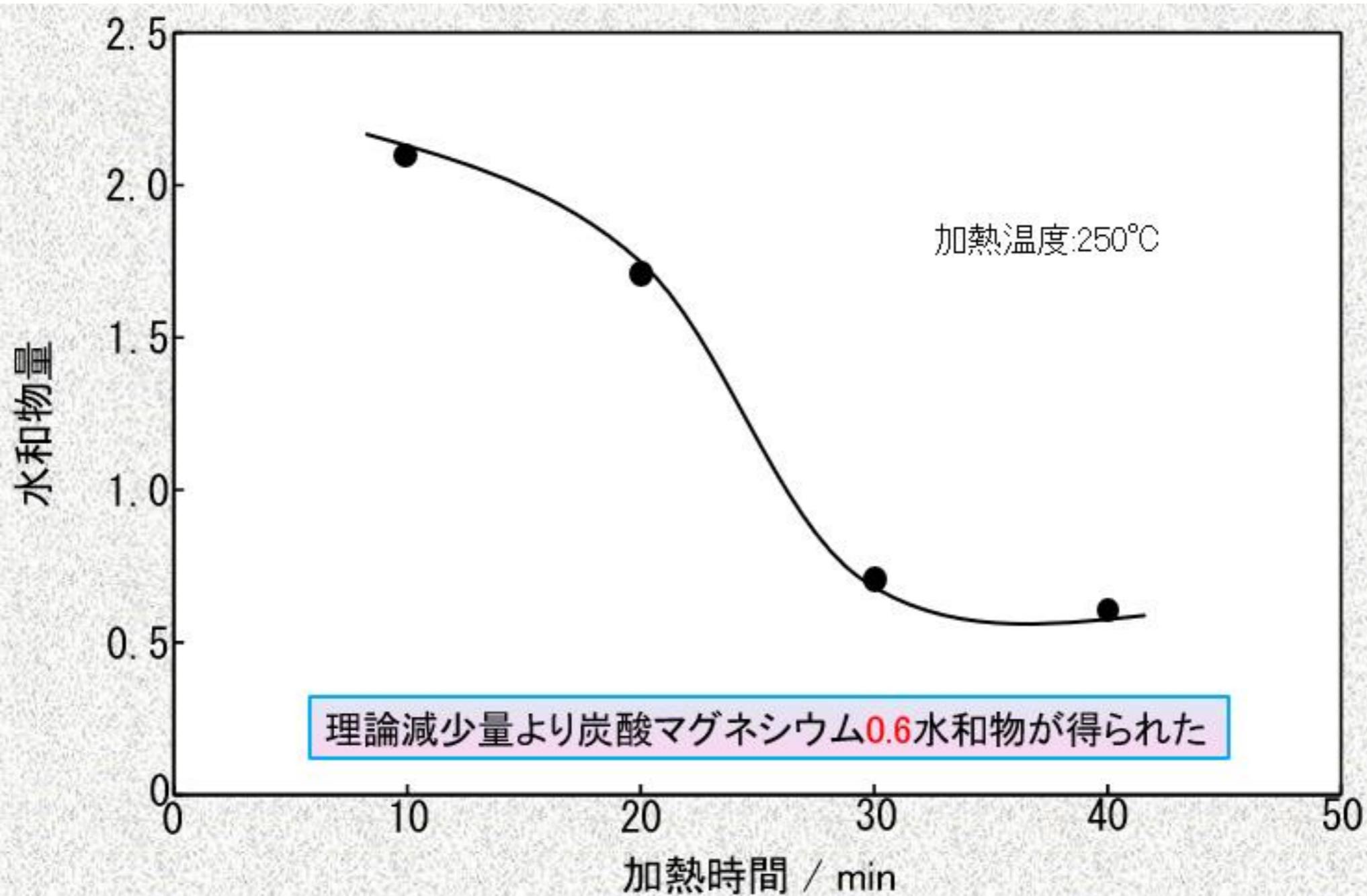
炭酸マグネシウム三水和物硬化体作製のためのフローシート



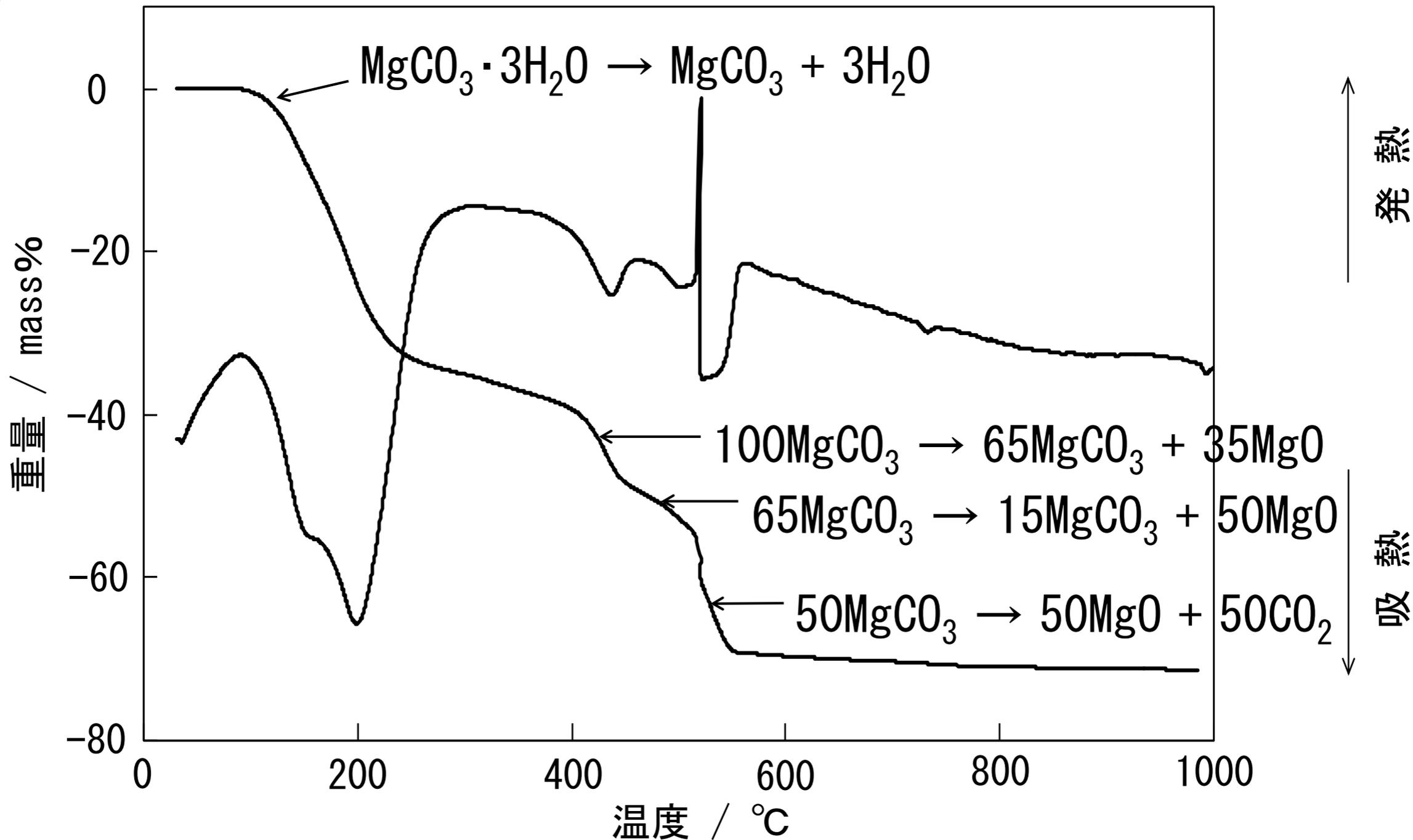
水酸化マグネシウムの炭酸化に及ぼすCO₂ガス吹き込みによる攪拌時間の影響



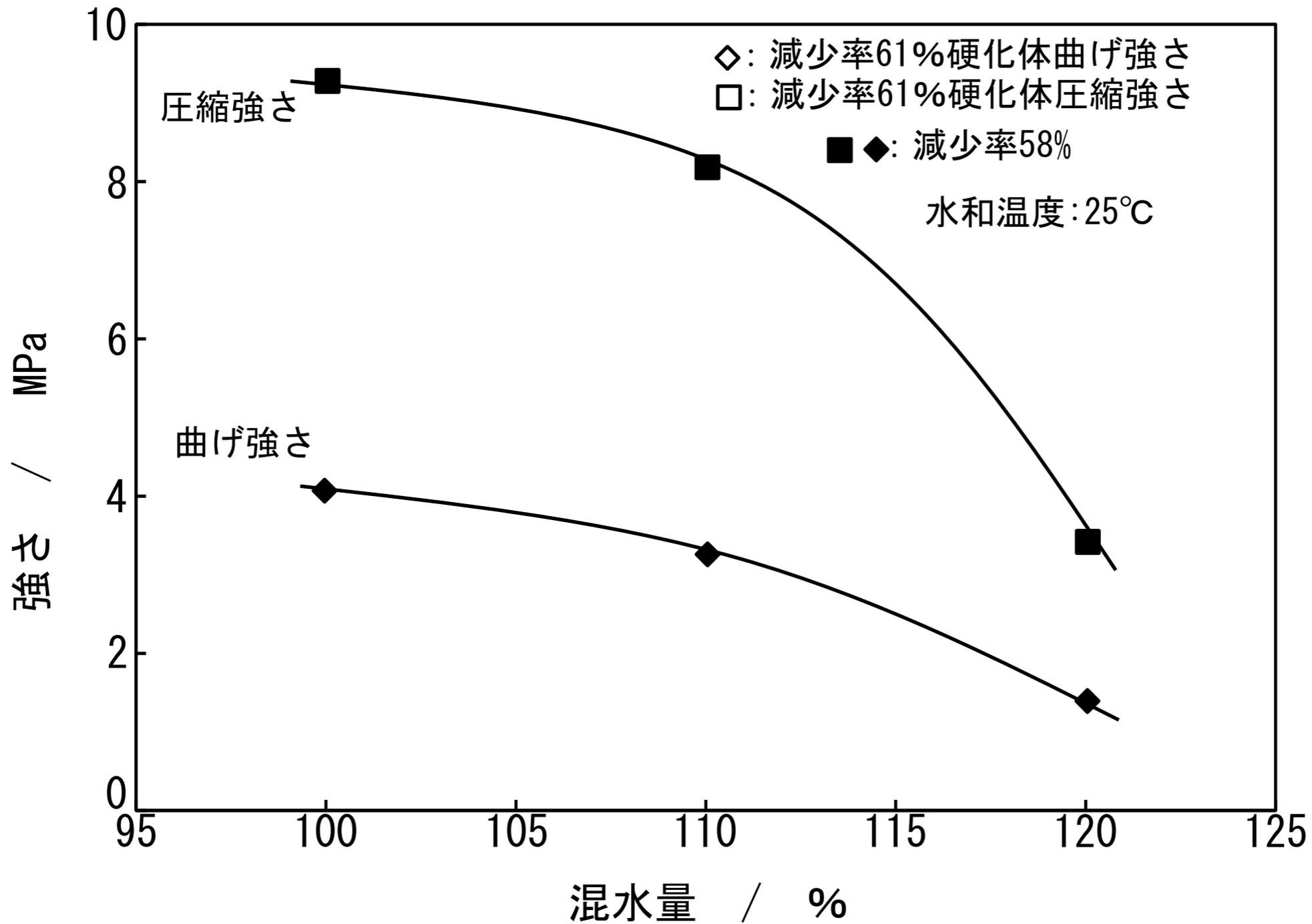
炭酸マグネシウム三水和物のX線回折図に及ぼす加熱の影響



炭酸マグネシウム三水和物の脱水率に及ぼす加熱の影響

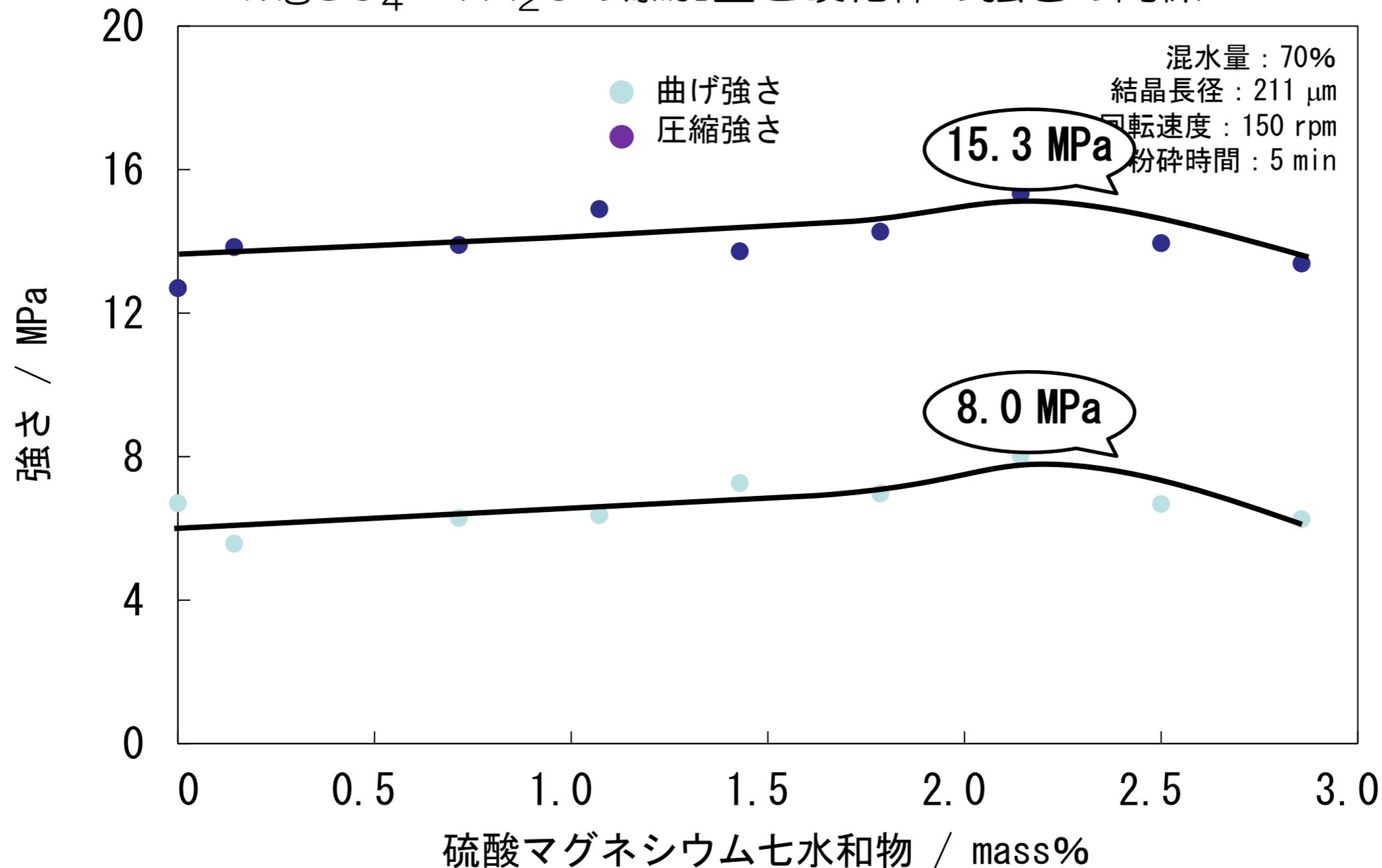


炭酸マグネシウム三水和物のTG-DTA曲線



炭酸マグネシウム三水和物硬化体強さに及ぼす混水量の影響

炭酸マグネシウム三水和物硬化体の強さの向上 炭酸マグネシウム n 水和物ペーストへの $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ の添加量と硬化体の強さの関係



新技術の特徴・従来技術との比較

マグネシウム化合物の炭酸化により生成した 炭酸マグネシウムの特徴

- 炭酸マグネシウムの脱炭酸温度は炭酸カルシウムのそれより200℃以上低い。
→ 脱炭酸のエネルギーが低い
- 二酸化炭素の含有量が炭酸マグネシウムのほうが高い
→ 炭酸カルシウム44%、炭酸マグネシウム52%
- 含水量は炭酸マグネシウム三水和物は39%と高い
→ 二水セッコウは21%

新技術の特徴・従来技術との比較

マグネシウム化合物の炭酸化により生成した 炭酸マグネシウムの特徴

- 炭酸マグネシウムの密度は炭酸カルシウムより軽い。
- 二水セッコウの混水量と比較すると炭酸マグネシウム三水和物の加熱物の混水量は高くなる。

想定される用途

- 脱炭酸量が多い
→空気中の二酸化炭素を除去するための吸収材として使用することが可能
- 脱炭酸量が多い
→工場などから排出される二酸化炭素を吸収することが可能
- 結晶水量が多い
→セッコウボードと同じように間仕切り材、天井材などとして利用することが可能
- 結晶水量が多い
→セッコウボードとセッコウボードの隙間に入れ、防火性能を高めることが可能
- 未利用のマグネシウム化合物の有効利用

実用化に向けた課題

- 炭酸マグネシウム三水和物を加熱し、それを水和させることにより硬化体を作製する。
しかし、この脱水量を制御するのが難しい。
ある程度の範囲で硬化体を作製することは可能になっている。
- 炭酸マグネシウム三水和物の室温での安定性を高める必要がある。
- (水) 酸化マグネシウムの確保。

社会実装に向けて

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装への取り組み
基礎研究	<ul style="list-style-type: none">硬化体に関する基礎研究（混水量、焼成温度）は終了	
現在	<ul style="list-style-type: none">二酸化炭素の吸収材としての利用に関する研究を行い妥当性を検討	
1年後	<ul style="list-style-type: none">酸化カルシウムに近い水和、炭酸化条件（1.5倍）の実現炭酸マグネシウム硬化体の硬化メカニズムの解明炭酸マグネシウム三水和物の安定性向上あるいは使用限界温度の設定	サンプル提供が可能
2年後	<ul style="list-style-type: none">酸化マグネシウムを用いた二酸化炭素の回収の実施	基礎データの提供

連携可能性があると考える企業

- 海水から真水の製造においてマグネシウム化合物が最終的に未利用資源として残る。そのマグネシウム化合物の使用を検討している企業
- 水処理プラントの開発企業
- 製塩を行い水酸化マグネシウムを合成している企業
- CO₂吸収材として利用できるため、CO₂排出の削減を考えている企業

企業への貢献、PRポイント

- 新たな二酸化炭素吸収材として使用可能
⇒DAC (Direct air capture) への適用可能性
- 硬化体の作製に関して結果が得られている。
- 新たな軽量防火材料として有用である。
- 社会実装まで短時間で行うことができる。
- 炭酸マグネシウム三水和物をCO₂吸収剤としての利用は行われていない。新規な手法としての利用を強調できる。

企業への貢献、PRポイント

- これまで委託研究の実績が多い。
- 研究に携わる学生が多い。

**長年の無機材料の研究知見を活かして、
CO₂削減、CO₂有効活用に貢献する研究中
企業との連携実績も多数！**

本技術に関する知的財産権

発明の名称	炭酸マグネシウム三水和物硬化体の製造方法、 並びに水和硬化性炭酸マグネシウム材料の製造方法
特許番号	特許6646313
出願人	学校法人日本大学
発明者	小嶋 芳行

産学連携の経歴

豊富な産学連携実績

- 今年も10件の委託研究および共同研究を行っている。
- 2005年からの20年間で延べ100件以上の会社と共同研究／委託研究を行っている。
- JSTサテライト茨城 2009年に「超音波照射によるナノカルシウム化合物の合成」採択

＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝

無機材料 × CO₂削減、CO₂有効活用に

関心のある企業様からのお問い合わせをお待ちしております。

＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝

お問い合わせ先

日本大学産官学連携知財センター

T E L 03-5275-8139

e-mail nubic@nihon-u.ac.jp