

# 宇部マテリアルズ株式会社

## —カルシア・マグネシアの特殊無機材料メーカー—

Ube Material Industries, Ltd. —The Leading Innovator in Advanced Inorganic Materials, Specializing in Calcia and Magnesia Solutions—  
**Key-words** : Calcium oxide, Magnesium oxide, Calcium carbonate, Catalyst, methanation

### 三谷 敦志

Atsuyuki MITANI (Ube Material Industries, Ltd.)

#### 1. はじめに

宇部マテリアルズ株式会社は、株式会社カルシードと宇部化学工業株式会社を前身とした(1997年合併)、カルシア・マグネシアを中核とする特殊無機材料メーカーであり、UBE三菱セメントグループの一員である。当社は企業理念として「創意と個性を活かして企業力を高め顧客と社会の信頼に応え、企業の使命を全うする」ことを掲げ、豊富に産出される高品質の石灰石を原料として生石灰(酸化カルシウム)や消石灰(水酸化カルシウム)といったカルシア関連製品を、また生石灰を利用して海水からマグネシウムを取り出して水酸化マグネシウムやマグネシアクリンカー(酸化マグネシウム)などのマグネシア関連製品を、顧客の皆様にお届けし産業基盤を支えている。さらにこうした材料から、新しい機能性用途向けの製品を展開しており、樹脂向けフィラー、超高純度品、当社独自の製造技術による高純度超微粉などを、放熱用樹脂、誘電体セラミックスの原料として幅広く使用いただいている。本稿ではこの内セラミックスに関係深い製品と将来のサステナブル社会に向けた環境貢献製品の研究開発への取組みを紹介する。

#### 2. 当社の製品と技術

ここでは当社製品の内、耐火物の原料として使用されるマグネシアクリンカー、クリンカーの物性制御技術を適用した熱伝導性フィラーMgO、および誘電体セラミックスの原料を始めとした各種用途に使用される気相法高純度超微粉マグネシア(酸化マグネシウム)、超高純度炭酸カルシウムについて特徴と技術を説明する(図1)。

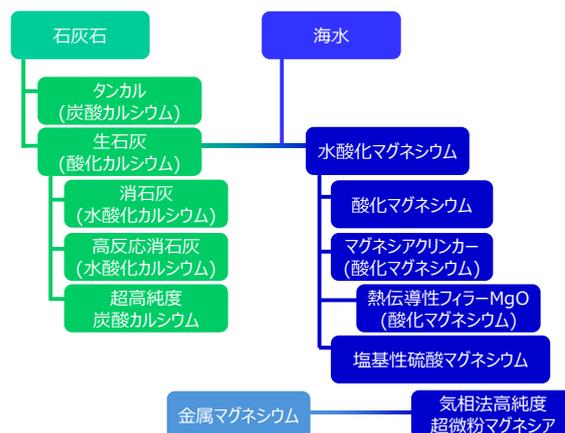


図1 宇部マテリアルズ製品の関連図

#### 2.1 マグネシアクリンカー

マグネシアクリンカーは、酸化マグネシウムの高融点(2800℃以上)を活かして、鉄鋼やセメントなどの窯炉で使用される耐火物原料として古くから使用いただいている。当社は国内唯一のマグネシアクリンカーメーカーとして純度90~99.5%、粒径として微粉~粒の各種グレードを揃えている。

酸化マグネシウムの製造方法はいくつか知られているが、当社マグネシアクリンカーは液相法の1つである海水法を用いている。これは、海水中のマグネシウムイオンとアルカリとの反応で生成した水酸化マグネシウムを焼成することで酸化マグネシウムを合成するものである<sup>1)</sup>。当社は組成、焼成条件の調整などにより、耐火物の各種用途に適したさまざまな特徴を持つクリンカーを製造する技術を有している。例えば副成分CaO、SiO<sub>2</sub>の含有量を調整し、キルン焼成技術の最適化を行うことで、クリンカーに高い耐スラグ性を付与することができる<sup>2)</sup>。

#### 2.2 熱伝導性フィラー MgO

熱伝導性フィラー MgOは電子部品の放熱用樹脂向けの酸化マグネシウムで、純度97%以上、体積平均粒径が4~10μm(最小シリーズ)から70~120μm(最大シリーズ)まで製品ラインアップを有し、高熱伝導性と耐吸湿性を両立させた点を特徴としている(図2)。

酸化マグネシウムは現在の主要フィラーである酸化アルミニウムと比較して熱伝導率が高く(40W/mK)、硬度が低く加工が容易であることから(モース硬度6)、放熱用フィラーとして好適な物性を有している。一方で、市販MgOでは水との反応性を有しており、樹脂中で水和に伴う体積膨張を起こすため、耐水性の改善が課題であった。前述のマグネシアクリンカーで培った物性制御技術を材料設計に適用することにより、熱伝導性フィラーMgOに高い耐水性を付

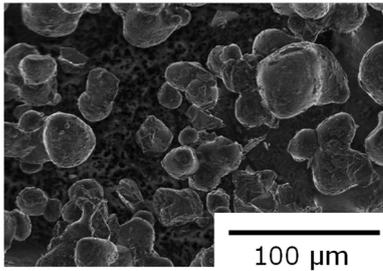


図2 熱伝導性フィラー MgO の SEM 像

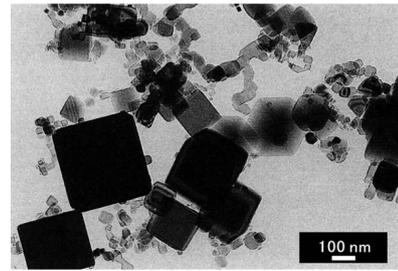


図4 高純度超微粉マグネシアの TEM 像 (200 nm)

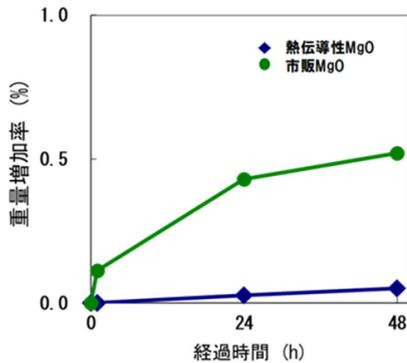


図3 熱伝導性フィラー MgO の重量増加率 (90 °C × 90 % RH)

与することが可能となり、シリコン、エポキシを始めとした各種樹脂のフィラーとして使用されている (図3)。

### 2.3 高純度超微粉マグネシア

高純度超微粉マグネシアは当社独自の技術である気相法により製造される約 99.99% の高純度かつ BET 比表面積換算径が 50, 200 nm と微細な酸化マグネシウムである。特徴として、一つ一つの粒子が独立した単結晶であり、反応活性が高いことが挙げられ、各種ファインセラミックスの原料に使用いただいている (図4)。

気相法は金属マグネシウムを溶融し発生した蒸気を直接酸化することで酸化マグネシウムを合成するものであり、高融点の不純物が低減可能で、微細粒子が得られることが特徴である。本法は酸化亜鉛の製造で一般的に使用されている技術である (フランス法)。しかし金属マグネシウムは金属亜鉛と比較して、融点が高く (Mg: 650 °C, Zn: 420 °C)、酸化反応における反応熱も大きく激しい酸化反応を起こす ( $\Delta H_f^\circ$ , Mg: -602 kJ/mol, Zn: -348 kJ/mol)。当社では酸化反応の速度など製造条件を精密に制御することで、気相法による酸化マグネシウム微粒子の製造を2種の粒径について安定して行っている。

高純度超微粉マグネシアを用いた応用展開の一例として、14面体の自形酸化マグネシウム粒子の合成を

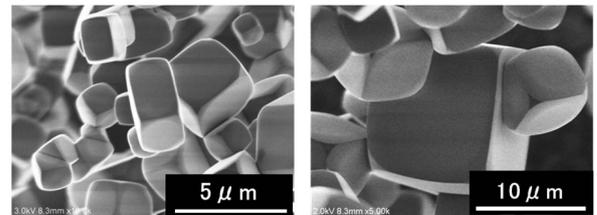


図5 14面体自形を有する酸化マグネシウム粒子例

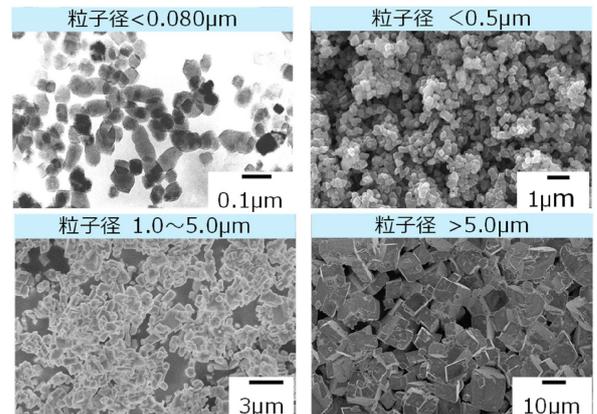


図6 超高純度炭酸カルシウムの TEM, SEM 像

紹介する。酸化マグネシウムの結晶構造は NaCl 型の立方晶であり、立方体の形状を持つ。ここに、フッ素、塩素、臭素などのハロゲン化合物、カルシウム、ストロンチウム、バリウムなどのアルカリ土類金属を微量に添加し結晶成長させることで14面体の粒子を得ることができる (図5)<sup>3)</sup>。これは添加元素により結晶面の成長速度、安定性が変化し、正方形の(100)に加えて三角形・六角形の(111)が発達するためである。酸化マグネシウムは結晶面によって反応性が異なることから、この特性を活かした新しいフィラーや担体などへの応用が考えられている。

### 2.4 超高純度炭酸カルシウム

超高純度炭酸カルシウムは純度 99.9% 以上を特徴として、粒径が 80 nm 以下のものから 5 μm を超えるものまで幅広く製造しており、積層セラミックコンデンサーなどの電子部品用セラミックスの原料、高感度

# サステナブル社会貢献に向けた研究開発の方向性

～環境貢献型製品の開発を軸に～

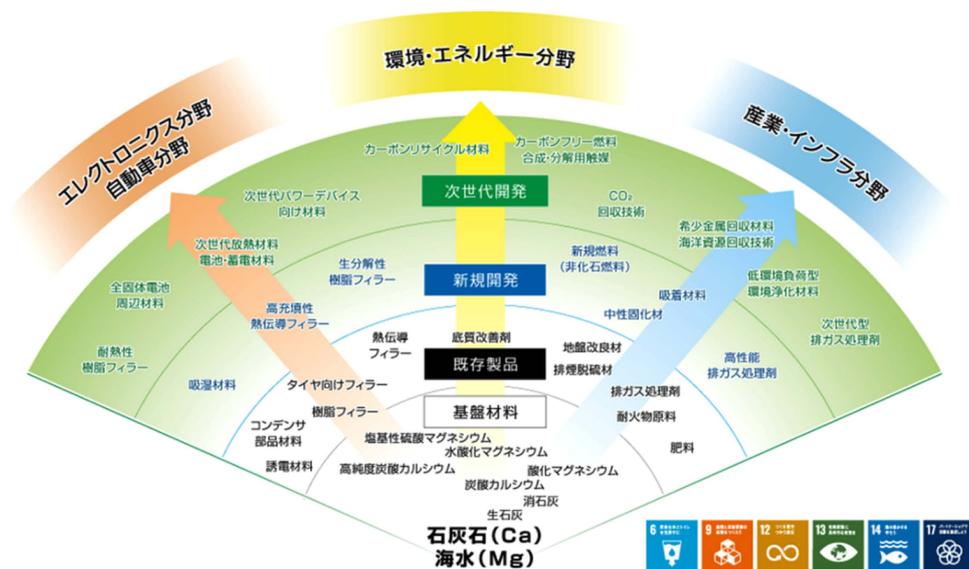


図7 研究開発の方向性

高品質レンズ用  $\text{CaF}_2$  原料，光ファイバー用原料として広く使用いただいている（図6）。

超高純度炭酸カルシウムは高品質の石灰石（炭酸カルシウム）を焼成した酸化カルシウムを原料とし，水和により水酸化カルシウムスラリーを得る溶液反応と炭酸ガス吹込みにより炭酸カルシウムを合成する炭酸ガス化合の2工程を経て製造している。溶液反応では水酸化カルシウムスラリーについて沈殿やろ過などの不純物除去技術を適用することで，Fe, Mn, Crの含有量が1 ppm以下，さらにCaとの分離が困難とされているSrも低減した高純度炭酸カルシウムを実現している。また炭酸ガス化合では，原料酸化カルシウムを最適化することで，高純度を維持しかつ粒子径80 nm以下の微細な炭酸カルシウムの合成を行っている。近年の積層セラミックコンデンサー高性能化におけるニーズに応えるための技術開発を進めている。

### 3. 研究開発の取組み

当社は，サステナブル社会への貢献を研究開発の方向性として掲げ，エレクトロニクス・自動車，環境・エネルギー，産業・インフラの3分野での取り組みを行っている（図7）。中でも近年はカーボンリサイクルに向けた環境貢献型製品・技術の開発に力を注いでいる。ここではその一例として，カーボンニュートラル燃料である合成メタン生成における新規反応系向け触媒の開発について紹介する。

表1 液化水素とアンモニアの比較

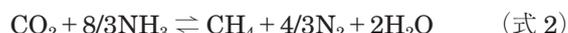
	液化水素	アンモニア
水素密度	70.9 kg- $\text{H}_2$ /m <sup>3</sup>	120 kg- $\text{H}_2$ /m <sup>3</sup>
液化条件	-253 ℃，常圧	-33.3 ℃，常圧
反応熱 (298 K)	-165 kJ/mol (式1)	-43 kJ/mol (式2)

脱炭素社会に向けてカーボンニュートラル燃料の普及に向けた動きが進んでおり，その1つとして合成メタンの需要が高まることが予想されている<sup>4)</sup>。合成メタン ( $\text{CH}_4$ ) は二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) とグリーン水素 ( $\text{H}_2$ ) を反応させる，メタネーション (式1) によって得られる。



ここで原料のグリーン水素のキャリアとしては，アンモニアが水素密度で液化水素の1.7倍と大きく，高温 (-33 ℃，常圧) で液化可能であることから<sup>5)</sup>，水素キャリアとして優れている (表1)。

アンモニアをキャリアとしてメタンを製造する場合，アンモニア分解とメタネーションの2段階のプロセスが必要であるが，二酸化炭素とアンモニアから直接合成する新規反応系 (式2) が検討されている。新規反応系は反応熱がメタネーションより小さく<sup>6)</sup>，熱設計上も利点が期待される。当社はこの新規反応系を実現するための高活性な触媒開発に取り組んでいる。



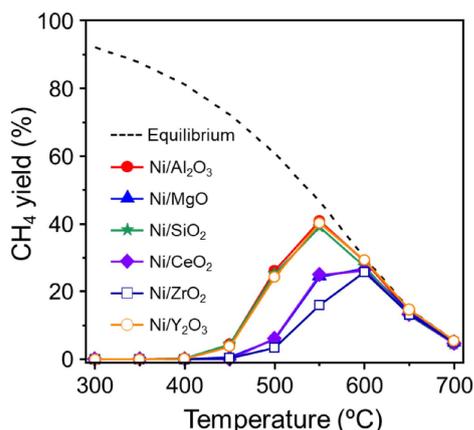


図8 さまざまな酸化担体による担持型 Ni 触媒の活性試験結果 ( $\text{CO}_2$ :  $5\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ,  $\text{NH}_3$ :  $13\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ,  $0.1\text{ MPa}$ ).

メタネーションに一般的に使用される、酸化担体に Ni ナノ粒子を担持した担持型 Ni 触媒において、新規反応系での触媒活性向上を目指した酸化担体の最適化を、マグネシア・カルシアを始めとした材料の知見と、固相法・液相法・気相法などの合成技術を活用し検討を行っている。検討の一例として、酸化担体の組成が異なる担持型 Ni 触媒の新規反応系における触媒活性を示す (図 8)<sup>7)</sup>。

同一反応条件下 550 °C でのメタン収率は最も高い  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$  に対し  $\text{MgO}$ ,  $\text{CeO}_2$  は約 6 割,  $\text{ZrO}_2$  は約 4 割の値となり顕著な差が認められる。これは酸化担体のガス吸着能, 電子供与能などの違いが触媒活性に影響することを示している。酸化マグネシウムを担体とした担持型 Ni 触媒では, 例えば担体の表面状態を最適化することにより Ni の担持状態が変化し触媒活性が向上する知見が得られている。このように酸化担体の最適化を, 反応メカニズムの解析を基に行い, 触媒のさらなる高活性化を進めている。

#### 4. 学生の皆様へ

宇部マテリアルズは企業理念に基づいて 3 つの “C”, Creation [創造], Cooperation [共生], Challenge [挑戦] を行動指針とし, 未来への可能性, 将来に向けて活躍の場を拡げていけるよう研究開発でもこの精神の下, 若い人に新規触媒などのカーボンリサイクル社会

づくりに貢献する製品の研究開発を担って頂いています。自らの着想がすぐに形になり, 成果が 2050 年のカーボンニュートラルに繋がっていくことを実感できるのは, 小さい会社ならではの, やりがいを感じていただけていると思っています。本稿が皆様の一助になれば幸いです。

#### 5. おわりに

宇部マテリアルズは, カルシア・マグネシアを基盤とした材料技術を核に, 耐火物から電子部品向け部材, さらにはカーボンニュートラル社会に向けた触媒開発まで, 幅広い分野で研究開発を進めている。セラミックスは単なる「硬い材料」ではなく, さまざまな物性を自在に設計できる高度な機能材料である。当社は, 触媒担体の高活性化や, 微粒子の純度制御などの材料設計に DX を含めた新しいアプローチで取組み, エネルギー変換, 環境負荷低減, 次世代デバイスの性能向上といった社会課題の解決に寄与していくと共に, 今後の持続可能な社会を実現するために関係者の皆様との協働によりセラミックス産業の発展に貢献して参ります。

#### 文 献

- 1) 耐火物技術協会編 “耐火物手帳改定 12 版”, 耐火物技術協会 (2015) pp.308-312.
- 2) 西田直人, 耐火物, 77[4], 156-161 (2025).
- 3) 特許 6199881 号.
- 4) 株式会社富士経済, カーボンニュートラル燃料の現状と将来展望 2024, (2024).
- 5) A. T. Wijayanta, T. Oda, C. W. Purnomo, T. Kashiwagi and M. Aziz, “Liquid hydrogen, methylcyclohexane, and ammonia as potential hydrogen storage: Comparison review”, *Int. J. Hydrogen Energy*, **44**, 15026-15044 (2019).
- 6) H. Saima, S. Imamura, R. Sunamoto, H. Miyaoka and T. Ichikawa, *J. Jpn. Petrol. Inst.*, **68**[5], 202-206 (2025).
- 7) 上田祐司, 石川広樹, 山田博史, 永岡勝俊, 佐藤勝俊, 第 134 回触媒討論会予稿, 2F04.

#### 筆者紹介

三谷 敦志 (みたに あつゆき)  
1991 年 九州大学大学院理学研究科修了。同年 宇部興産株式会社入社。  
2009 年より 宇部マテリアルズ株式会社。  
[連絡先] 〒755-8510 山口県宇部市大字小串 1985 番地 宇部マテリアルズ株式会社  
E-mail : atsuyuki.mitani@ubematerials.co.jp