

## 温めると縮む新材料「ピロリン酸亜鉛マグネシウム」の微粒子化に成功 ～電子デバイスの内部部材など微小部材の熱膨張制御に期待～

### 【本研究のポイント】

- ・名古屋大学発の新材料を名古屋大学発ベンチャー(株)ミサリオとの共同開発で微粒子化
- ・粒径  $1\mu\text{m}$  ( $\mu\text{m}$ ; ミクロン)<sup>注1)</sup>レベルの微粒子としては最高性能の負熱膨張を実現
- ・これまで難しかった局所領域の熱膨張制御はじめ産業界の幅広い要請に対応可能
- ・(株)ミサリオより粒径  $1\mu\text{m}$  程度のミクロンクラスの量産品を試験供給

### 【研究概要】

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院工学研究科の竹中 康司 教授、加納 雅人 博士前期課程学生、春日井 涼太 博士前期課程学生、同大学工学部の金森 達也 学部生は、株式会社ミサリオ(代表取締役・事業担当;山田 展也)と共同で、竹中教授らが 2021 年 11 月に発見した、環境にやさしい、温めると縮む新材料「ピロリン酸亜鉛マグネシウム」の微粒子化に成功しました。

熱膨張の制御はあらゆる分野で求められていますが、とりわけ、微細化、複雑化が進む電子デバイス分野では、構成する異種材料間の熱膨張差が深刻な問題となっています。それを克服するために樹脂フィルム、接着剤、基板等といった微小な部材の熱膨張制御が不可欠であり、熱膨張抑制剤をサブミクロンから  $1\mu\text{m}$  程度に微粒子化することが必要でした。

ピロリン酸亜鉛マグネシウムは、 $-10\sim 80^{\circ}\text{C}$ の温度域で $-60\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ に達する大きな負の線膨張係数を示すなど、室温域を中心に広い温度範囲で強力に熱膨張を抑制できます。これまでは、大学の実験室レベルで得られていた粒径  $10\sim 50\mu\text{m}$  程度の粗粉末による評価結果に留まっていたことが、本研究により、大学内の粗粉末と同等性能を保持したまま、微粒子化することに成功しました。

本研究成果は、例えば電子デバイスの内部部材など、マイクロメートル( $\mu\text{m}$ ; ミクロン)レベルの微小部材や局所領域の熱膨張制御など、これまで難しかった分野の熱膨張制御を実現すると期待されます。

開発された微粒子は、PyroAdjuster(パイロアジャスター)<sup>注2)</sup>の商品名で、粒径  $1\mu\text{m}$  程度のミクロンクラスの量産品が、名古屋大学発ベンチャーである(株)ミサリオより試験供給されます。さらに、粒径が  $1\mu\text{m}$  より小さいサブミクロンクラスの供給も視野に入っています。

本研究成果は、2023 年 2 月 1 日より東京ビッグサイトで開催される展示会「nanotech2023」の科学技術振興機構(JST)ブース内において展示・発表されます。

## 【研究背景と内容】

通常材料は、温度が上がると体積が大きくなる「熱膨張」<sup>注 3)</sup>を示しますが、ごく稀に温度が上がると体積が小さくなる材料があります。この性質は「負熱膨張」<sup>注 4)</sup>と呼ばれ、先端機器・システムで問題となっている、部材の変形や異種材料間の剥離など、熱による様々な不具合を解消する役割が期待されています。このような「負熱膨張材料」としては、 $\beta$ -ユークリプタイト( $\text{LiAlSiO}_4$ )やタングステン酸ジルコニウム( $\text{ZrW}_2\text{O}_8$ )などの酸化物が知られ、これまでは、特に安価で環境にもやさしい $\beta$ -ユークリプタイトが実用されてきました。熱膨張制御の強い要求を背景に、近年ではこれら従来材料の数倍から十倍を超える巨大な負熱膨張が実現されました。しかし、これらの巨大負熱膨張材料は、高価な(Ru、Sc)、あるいは環境に有害な(Pb)元素を含むことや、合成にコストのかかる高圧力が必要など、実用上の課題が多く、大々的な社会実装には至っていませんでした。

名古屋大学の竹中教授らは、2021年11月に、これら巨大負熱膨張材料の抱えていた様々な課題を根本的に解決する、高性能かつ低コストで環境にやさしい新材料を発見しました<sup>\*</sup>。このたび、この材料のより広い産業利用を可能とするため、名古屋大学発ベンチャーである株式会社ミサリオとの共同研究により、性能を保ったまま、微粒子化を実現しました。この微粒子は、 $1\mu\text{m}$ レベルの熱膨張抑制剤としては世界最高水準の性能です。

※名古屋大学研究成果発信サイト:

<https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/2021/11/post-141.html> を参照ください。

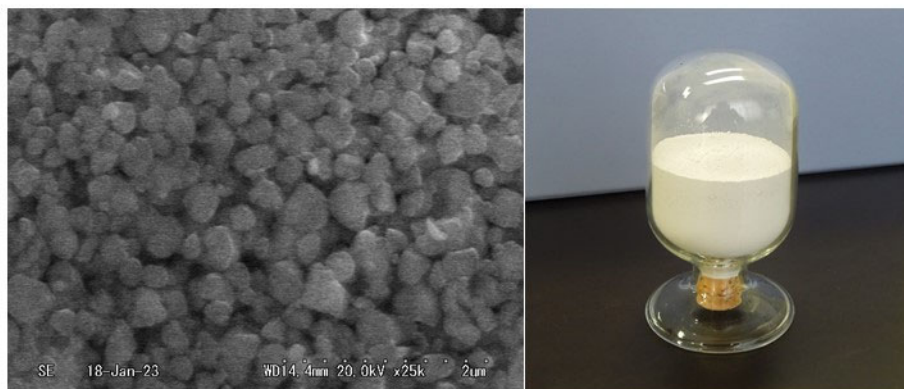


図 開発された負熱膨張微粒子の電子顕微鏡写真(左)と外観(右)。

## 【成果の意義】

熱膨張の制御は、プロセス、計測、光学、電子デバイス、航空宇宙など、今や産業のあらゆる分野で求められています。熱膨張を示す通常材料に、開発された材料を混ぜることにより、熱膨張の制御が求められるあらゆるニーズに応えることができます。とりわけ、微細化、複雑化が進む電子デバイス分野では、構成する異種材料間の熱膨張差が深刻な問題となっています。それらを克服するためには樹脂フィルム、接着剤、基板等といった微小な部材の熱膨張制御が不可欠とされていますが、それらの実現には熱膨張抑制剤をサブミクロンから  $1\mu\text{m}$  程度に微粒子化することが必要でした。当材料により、パワー半導体や3次元集積回路素子をはじめとした、先端電子デバイスの高機能化・省電力化・長寿命化に貢献できます。

なお、開発された微粒子は、2023年2月1日より東京ビッグサイトで開催される展示会「nanotech2023」の科学技術振興機構(JST)ブース内において展示・発表され、名古屋大学発ベンチャーである(株)ミサリオを通じて、PyroAdjuster(パイロアジャスター)の商品名で、粒径  $1\mu\text{m}$  程度のミクロンクラスの量産品から試験供給されます。さらに、粒径が  $1\mu\text{m}$  より小さいサブミクロンクラスの供給も視野に入っています。

本研究は、文部科学省・科学研究費助成事業 基盤研究(S)および JST・社会還元加速プログラム(SCORE)大学推進型 拠点都市環境整備型の支援のもとで実施されました。

### 【用語説明】

注1)マイクロメートル( $\mu\text{m}$ ; ミクロン):

$1\mu\text{m}=100$  万分の  $1\text{m}$

注2)PyroAdjuster(パイロアジャスター):

商標登録済(2022年8月)

注3)熱膨張:

温度の上昇に伴い物質・材料の体積が大きくなる現象のこと。「パウリの排他原理」という自然法則により、原子同士は極端に近づくことが許されない。このため、温度が上昇し原子の熱振動が大きくなると、反発力を受け、徐々に原子間の距離が広がる。これが熱膨張である。自然法則に由来するため、避けがたいと考えられている。

固体材料の熱膨張は線熱膨張  $\Delta L/L = [L(T) - L(T_0)]/L(T_0)$  で評価される。その温度微分、すなわち線熱膨張の傾きが、 $\alpha(T) = (dL/dT)L(T_0)$  で定義される線膨張係数であり、熱膨張の温度変化に対する割合を意味する。ここで、 $T$  は温度、 $T_0$  は基準温度、 $L$  は温度  $T$  での長さである。方向依存性がない等方的な材料の場合、線熱膨張は本質的に体熱膨張を表し、 $\Delta V/V = 3\Delta L/L$  の関係にある( $V$  は体積)。

注4)負熱膨張と負熱膨張材料:

通常とは逆に温度が上昇すると体積が小さくなることを負熱膨張、負熱膨張を示す材料を負熱膨張材料と呼ぶ。これらは、ごく稀に存在する。負熱膨張材料は、通常材料与組み合わせることで材料の熱膨張を特定の値、例えばゼロにできるため、熱膨張制御材料として工業的にきわめて価値が高い。

<参考> 株式会社ミサリオの会社概要(ホームページ:<http://www.misario.co.jp>)

設立: 2022年7月1日

資本金: 300万円

役員: 竹中 康司(代表取締役社長、CEO)

山田 展也(代表取締役・事業担当、CBO)

竹中 実沙(代表取締役・総務担当、CAO)

- 事業内容:
- ・名古屋大学で発明された知財である「負熱膨張材料」の社会実装を果たすため発明者自らによって設立された名古屋大学発ベンチャー
  - ・噴霧熱分解法はじめ様々な微粒子・粉体製造技術による機能性微粒子の製造と販売
  - ・「温めると縮むセラミック微粒子を活用した熱膨張抑制剤の事業化」が2022年度あいちスタートアップ創業支援事業費補助金(起業支援金)に採択