

2012.02.09

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

国立大学法人名古屋大学

独立行政法人理化学研究所

株式会社高純度化学研究所

熱膨張が極めて小さな樹脂複合材料ペレットの量産化に成功 -加工性はそのまま、熱膨張を制御可能に-

NEDO の若手研究 Grant⁽¹⁾ の一環として、名古屋大学の竹中康司准教授は、独立行政法人理化学研究所、株式会社高純度化学研究所と共に、大きな負熱膨張特性⁽²⁾を示すマンガン窒化物を熱膨張抑制剤として配合した樹脂複合材料ペレットを、産業利用に対応できる 100 kg レベルで製造することに成功しました。

この材料は室温を含む広い温度域で熱膨張が低く抑えられており、とりわけ 20~70 では線膨張係数がおよそ 5 ppm/⁽³⁾と、樹脂単体に比べて 1/10 程度、一般的に低膨張材料とされるセラミックと比べてもより小さくなっています。マンガン窒化物の組成や樹脂の種類、それらの配合比を調整することで、熱膨張特性を制御することが可能です。

製造されたペレットは、通常の射出成形のラインで加工が可能であり、部材のわずかな歪みがピントのぼけなどにつながる光学機器はじめ、製造・加工設備、計測機器など今後の広範な実用が期待されます。

この成果は、2012 年 2 月 15 日~17 日に開催される「nano tech 2012」(東京ビッグサイト)で展示を予定しています。



量産に成功した負熱膨張性マンガン窒化物を配合した樹脂複合材料
(左)ペレット (右)射出成形された抗折試験片

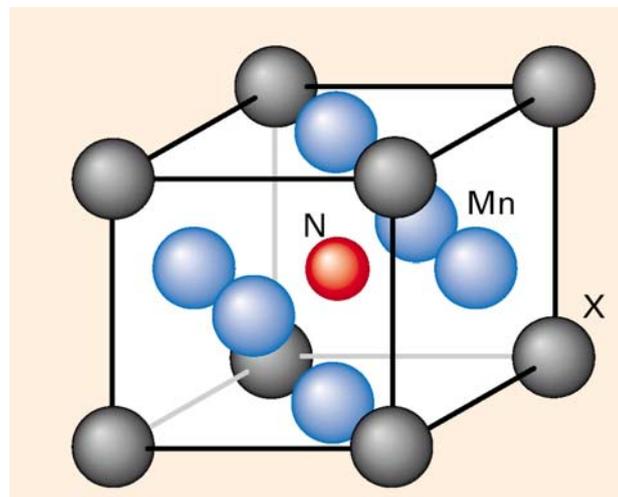
- (1) 産業技術研究助成事業(若手研究 Grant)。
- (2) 負熱膨張特性とは、一般とは逆に、温度が上がると縮む性質のことを指す。
- (3) 固体の熱膨張特性を表す指標。通常 α で表す。 $\alpha = 5 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ とは、1メートルの棒が温度 1 $^\circ\text{C}$ 上がったとき 5 マイクロ・メートル(1 マイクロ・メートルは 1/1000 ミリ・メートル)伸びることに相当する。シリコンが 3 ppm/ $^\circ\text{C}$ 、セラミックのアルミナが 7 ppm/ $^\circ\text{C}$ 、鉄が 12 ppm/ $^\circ\text{C}$ 、アルミニウムが 23 ppm/ $^\circ\text{C}$ などとなっている。

1. 背景

近年における産業技術の高度な発達には、熱膨張といういわば固体材料の宿命ともいえる性質すら、制御・抑制することを求めています。例えば、代表的な材料である鉄は線膨張係数が $12 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ となっており、これは長さ 10 cm の鉄棒が、温度が 1°C 上がると $1.2 \text{ }\mu\text{m}$ ($1 \text{ }\mu\text{m}$ は 100 万分の 1) 伸びることに相当します。一般的な感覚からすればわずかですが、ナノメートル (1 nm は 10 億分の 1) というレベルの高精度が求められる半導体デバイス製造や、部品のわずかな歪みが機能に深刻な悪影響を与える精密機器などの分野では、この程度のわずかな伸びでも致命的になります。また、複数の素材を組み合わせたデバイスでは、構成素材それぞれの熱膨張の違いから、界面剥離や断線といった深刻な障害が生じることがあります。このため、例えば加工機械、半導体製造装置、光学機器、計測機器、電子デバイスなど多くの産業分野で、熱膨張制御への強い要請があります。最近精力的に研究開発が展開される熱電変換や燃料電池といったエネルギー・環境技術についても、それらの機能安定化のためには熱膨張制御が必須とされています。

2. 成果の特徴

竹中准教授 (理化学研究所客員主管研究員) らは、 2005 年に「逆ペロフスカイト」という構造を持つマンガ窒化物 Mn_3XN (下図) が、室温で大きな負熱膨張特性を持つことを発見しました。この負熱膨張性マンガ窒化物には上記組成の X として、銅 (Cu)、亜鉛 (Zn)、ガリウム (Ga) などを含む材料系があり、これまで原料コストや製造の容易さから銅系が主流でした。これに対して竹中准教授らは、銅系マンガ窒化物よりも大きな負熱膨張特性を持つものの、製造途中での亜鉛揮発により大量合成が難しかった亜鉛系に着目し、若手研究グラントの一環として、その製造技術開発を進めてきました。



逆ペロフスカイト構造 Mn_3XN

(1) 亜鉛系熱膨張抑制剤の大量合成に成功

これまでよりも低い温度で合成する方法を見出し、製造途中での亜鉛揮発を抑えることができる製造技術を確立しました。その結果、通常の電気炉を使って製造が可能となったため、本技術を基に (株) 高純度化学研究所に製造委託を行い、亜鉛系熱膨張抑制剤を 100 kg レベルで大量合成することに成功しました。なお、本抑制剤は、(株) 高純度化学研究所が商業販売^()を開始することになりました。

() マンガン窒化物熱膨張抑制剤の商業販売について、理化学研究所の発明実施許諾契約が締結されています。

(2) 熱膨張の大きな様々な素材に適用可能

亜鉛系の場合、負熱膨張の大きさがこれまでの銅系 ($= -10 \sim -20 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$) に比べて倍 ($= -15 \sim$

-40 ppm/)になり、より強力な熱膨張抑制効果が期待されます。また、負熱膨張性マンガ窒化物の著しい特徴の一つは、その組成を調整することで、負熱膨張の温度域や大きさを自在に変えられることです。そのため、様々な用途や素材に合わせて複合材料の熱膨張特性を調整できる熱膨張抑制剤として適用可能です。

(3) 樹脂の加工性を保持した低膨張樹脂複合材料

半導体製造装置や家電・電子部品に広く使用されているポリアミドイミド系合成樹脂に、亜鉛系熱膨張抑制剤 Mn-Zn-Sn-N を 60～80% (重量割合) 配合したペレットは、室温を含む広い温度域で熱膨張が低く抑えられます。とりわけ 20～70 ℃ では $\alpha = 5 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ と、樹脂単体と比べて 1/10 程度の熱膨張に抑えられることがわかりました。この熱膨張は、一般的に低膨張材料として知られるセラミックのアルミナより小さいものです。マンガ窒化物の組成や樹脂の種類、それらの配合比を調整することで、熱膨張特性を自在に変えることも可能です。通常の射出成形のラインで加工が可能であり、部材のわずかな歪みがピントのぼけなどにつながる光学機器や半導体製造装置などの製造・加工設備、計測機器など、今後の広範な実用が期待されます。

3. 今後の予定

今後は、樹脂だけでなく金属など他の素材との複合化技術を開発し、このマンガ窒化物熱膨張抑制の適用可能性を広げます。これらマンガ窒化物の特徴である「特性制御のしやすさ」を活かし、様々な産業分野から出される熱膨張制御の要請・要望に応えるとともに、新しい用途を提案してゆきます。

4. お問い合わせ先

(本プレスリリースの内容についての問い合わせ先)

国立大学法人名古屋大学 大学院工学研究科 結晶材料工学専攻 竹中康司

TEL 052-789-3853 E-mail: takenaka@nuap.nagoya-u.ac.jp

(本材料の知的財産権についての問い合わせ先)

独立行政法人理化学研究所 社会知創成事業 連携推進部 知財創出・活用課 鷹津俊一

TEL 048-467-9762 E-mail: toshikazu.takatsu@riken.jp

(本材料の製造・販売についての問い合わせ先)

株式会社高純度化学研究所 営業部 加藤、池田

TEL 049-284-1511 E-mail: MNN_sales@kojundo.co.jp

(NEDO 制度内容についての一般的な問い合わせ先)

NEDO 技術開発推進部 若手研究 Grant グループ 鍵屋、松崎

TEL 044-520-5174

(その他 NEDO 事業についての一般的な問い合わせ先)

NEDO 広報室 田窪、遠藤

TEL 044-520-5151 E-mail: nedo_press@ml.nedo.go.jp