

長期的に熱エネルギー保存できる蓄熱セラミックス

Heat storage ceramics preserving heat energy for a prolonged time

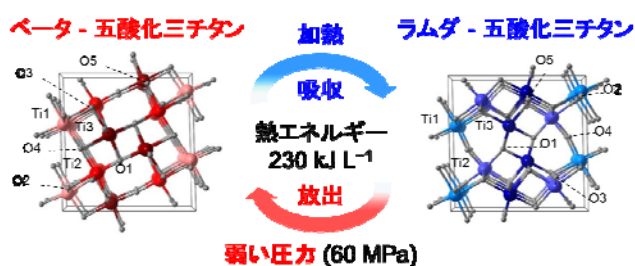
○大越慎一 (東大院理)

°Shin-ichi Ohkoshi (School of Science, The University of Tokyo)

E-mail: ohkoshi@chem.s.u-tokyo.ac.jp

省エネルギーという観点から蓄熱システムが現在注目を浴びている。高性能な蓄熱材料の開発は、工場などの廃熱を効率的に再利用できる可能性があるためエネルギー問題解決に重要な材料研究の課題の一つである。蓄熱材料のなかでも潜熱蓄熱材料は、固体-液体相転移などといった相転移における潜熱を利用したもので可逆的に利用できるが、蓄熱したエネルギーを長期間保存することはできないという課題がある。我々はこれまでに外部刺激に応答する相転移物質の研究を行ってきており[1-3]、その中で、ラムダ型-五酸化三チタン(λ - Ti_3O_5)という新種の酸化チタンを見出している[4]。これまでに相転移物質研究で得た知見を駆使し、「蓄熱セラミックス」という新概念の物質を見出すことができたので紹介する[5]。

この物質はルチル型 TiO_2 を水素雰囲気下で高温焼成することにより得られる λ - Ti_3O_5 相で、結晶構造は単斜晶 $C2/m$ であり、TEM 観察より $200 \times 30 \text{ nm}$ 程度の直方体ナノ結晶がストライプ状に集積した多結晶であった〔以降、この物質をストライプ型- λ - Ti_3O_5



と呼ぶ)。ストライプ型- λ - Ti_3O_5 は、圧力を加えると 60 MPa という圧力で、ラムダ構造からベータ型-五酸化三チタン(β - Ti_3O_5)へと圧力相転移し、生成した β 相は、 200°C 以上の熱を与えるると λ 相に再び相転移し、室温に戻しても λ 相を維持している。この λ 相は、極低温から高温まで温度を上げ下げしても変化しないが、圧力印加によって λ 相から β 相への圧力誘起相転移し、その際の放出エネルギーは、 230 kJ L^{-1} と、水の融解熱の約 70%、エチレングリコールの融解熱の約 140%に相当する大きな熱量であることが分かった。第一原理計算による電子状態計算、フォノンモード計算および Slichter-Drickamer モデルを用いた統計熱力学的解析により、 λ - Ti_3O_5 は双安定性を内在しており、圧力印加によるエネルギー障壁の喪失により、金属酸化物としては極めて弱い圧力で相転移が起こったことが明らかとなった。また、 β 相から λ 相への相転移は圧力のみならず、光照射や電流の印加によっても可能であることを見出している。

λ - Ti_3O_5 蓄熱セラミックスは、欧州などで進められている太陽熱発電システムや、工場での廃熱エネルギーを再生利用できる新素材として期待されている。

[1] S. Ohkoshi, et al., *Nature Chemistry*, 3, 564 (2011). [2] A. Namai, et al., *Nature Communications*, 3, 1035 (2012). [3] S. Ohkoshi, et al., *Nature Photonics*, 8, 65 (2014). [4] S. Ohkoshi, et al., *Nature Chemistry*, 2, 539 (2010). [5] H. Tokoro, S. Ohkoshi, et al., *Nature Communications*, 6, 7037 (2015).