

固体冷媒を用いた新しい冷却技術の開発に期待

中国科学院の BingLi らの研究グループ、原子力機構 J-PARC センターのほか、国立大学法人大阪大学、カルフォルニア大学アーバイン校 (UCI)、上海交通大学、フロリダ州立大学 (FSU)、国立研究開発法人物質・材料研究機構 (NIMS)、高輝度光科学研究センター (JASRI)、北京高压科学研究中心 (HPSTAR)、オーストラリア原子力科学技術機構 (ANSTO)、中国国家同步辐射研究中心 (NSRRC) は共同で、柔粘性結晶の中に巨大な圧力熱効果を持つものがあり次世代の固体冷媒の候補と成り得ることを示すとともに、その機能発現のメカニズムを原子レベルで解明しました。

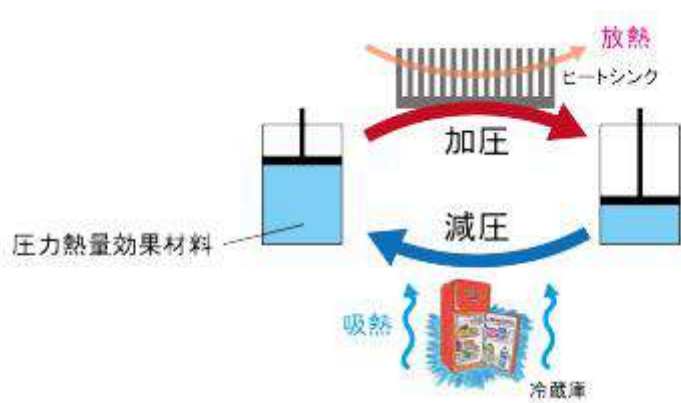


図1 圧力熱効果を用いた冷却方式の模式図

世界中で使用されている冷却技術の現在の主流は、気体冷媒を用いた蒸気圧縮方式です。気体冷媒は地球温暖化などの環境負荷が大きいため、代替手段が望まれていました。有望な代替手段として、熱効果に基づく固体冷媒を用いた冷却技術がここ数年広く注目されています。固体冷媒には磁場や電場の変化に応じて熱効果を示すものが着目されてきましたが、圧力変化に伴う「圧力熱効果」はあらゆる固体材料が持つ効果で、その意味で最も普遍的と考えられます。しかし、これまで検討された固体材料はいずれも熱効果がそれほど大きくありませんでした。

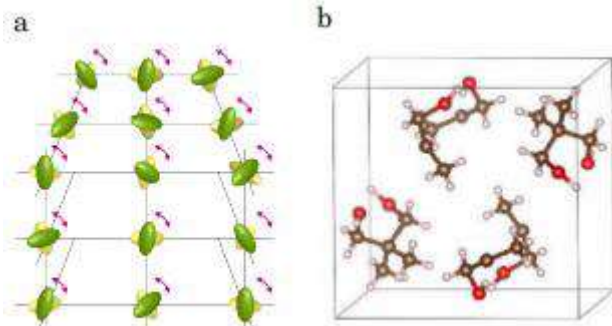


図2 柔粘性結晶の概念図

a：柔粘性結晶の概念図。結晶内で分子は規則正しく並ぶが、各々の位置で分子は重心を中心に自由に回転する。

b：NPGの結晶格子（低温相）。

研究グループは、「柔粘性結晶」と呼ばれる物質が比較的低い圧力で、従来の固体冷媒の10倍にも及ぶ発熱・吸熱を生じる巨大な「圧力熱効果」を持つことを確認した。

そのメカニズムとして、圧力をかけることで、柔粘性結晶内の分子や原子が「結晶格子内で自由に回転できる状態」から「結晶格子に固定され特定の方向のみに振動している状態」に相転移することで、巨大な圧力熱効果を生じることを、J-PARCの中性子線やSpring-8のX線などを利用した解析により原子レベルで解明しました。

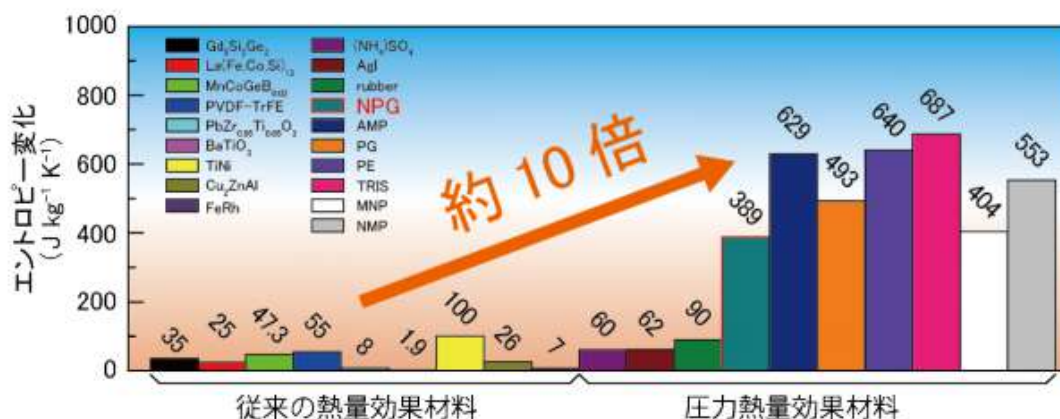


図3 熱量化材料のエントロピー変化

数種類の柔粘性結晶に対し、まず、圧力によるエントロピー変化を測定しました。その結果、柔粘性結晶は、従来の熱効果材料の約10倍にも及ぶ大きなエントロピー変化を示すことが分かりました

巨大な圧力熱効果は次世代の冷却技術への応用が期待されています。今回の研究で、柔粘性結晶が巨大な圧力熱効果を生じるメカニズムを原子レベルで解明できたことは、より巨大な圧力熱効果を生じる材料の探索など、新しい冷却技術の開発に役立つ非常に重要な成果です。

本研究成果は、2019年3月28日に、英国科学雑誌「Nature」に掲載されました。(日文发布全文 http://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2019/20190329_1)

文 JST 客观日本编辑部