

# 低温圧力下 X 線回折による CeMnSi の負の熱膨張の研究

## Study of Negative Thermal Expansion in CeMnSi by X-ray Diffraction under Low Temperature and Pressure

西山紗恵<sup>1</sup>, 伊藤魁<sup>1</sup>, 林純一<sup>1</sup>, 武田圭生<sup>1</sup>, 関根ちひろ<sup>1</sup>,  
高橋博樹<sup>2</sup>, 谷田博司<sup>3</sup>, 川村幸裕<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 室蘭工業大学, 〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1

<sup>2</sup> 日本大学文理学部, 〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40

<sup>3</sup> 富山県立大学工学部, 〒939-0398 富山県射水市黒河 5180

Sae NISHIYAMA<sup>1</sup>, Kai ITO<sup>1</sup>, Jun-ichi HAYASHI<sup>1</sup>, Keiki TAKEDA<sup>1</sup>, Chihiro SEKINE<sup>1</sup>, Hiroki TAKAHASHI<sup>2</sup>, Hiroshi TANIDA<sup>3</sup>, and Yukihiko KAWAMURA<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Muroran Institute of Technology, 27-1 Mizumoto-cho, Muroran-shi, Hokkaido 050-8585, Japan

<sup>2</sup>College of Humanities and Sciences, Nihon University, 3-25-40 Sakurajosui, Setagaya-ku, Tokyo 156-8550, Japan

<sup>3</sup>Liberal Arts and Sciences, Toyama Prefectural University, 5180 Kurokawa, Imizu-shi, Toyama 939-0398, Japan

### 1 はじめに

CeMnSi は正方晶 CeFeSi 型(空間群  $P4/nmm$ , No.129) の結晶構造を有し,  $T_N \sim 242$  K で Mn の反強磁性秩序を示す[1]。低温では重い電子状態を発現し, 電気抵抗  $\rho$  は降温とともに低下し,  $T^* \sim 30$  K 付近で肩構造を示す[2]。また比熱測定の結果から, 重い電子状態を反映した比熱係数  $\gamma = 54$  mJ/mol K<sup>2</sup> が報告されている[1]。

これまでに, 低温・常圧下での粉末 X 線回折実験により, 重い電子状態が発達する温度領域において, 空間群の変化を伴わない負の熱膨張が出現することを報告した[3]。圧力下電気抵抗測定により  $T^*$  は, 常圧で 30 K から 1 GPa では 20 K まで抑制され,  $T_N$  は 1.3 GPa で消失することを示した[2]。これらの結果から, CeMnSi において 1 GPa 近傍は電子状態の大きな変化を伴う領域であり, 加圧により重い電子状態が抑制されることで負の熱膨張にも影響が及ぶと期待される。

そこで本研究では, 加圧に伴う電子状態の変化が低温での負の熱膨張に及ぼす影響を明らかにするため, CeMnSi の低温・圧力下粉末 X 線回折実験をおこなった。

### 2 実験

CeMnSi の試料は, 自己フラックス法により育成した単結晶[1]を, 粉末 X 線回折実験用に乳鉢で粉末化した。低温・圧力下 X 線回折は BL-18C 設置の GM 冷凍機にメンブレン駆動式ダイヤモンドアンビルセルを取り付け, ヘリウムガスで加圧しておこなった。エネルギー  $E = 20$  keV(波長  $\lambda = 0.6200$  Å) の放射光を用いた。圧力媒体にはメタノール: エタノール = 4:1 の混合液を用い, 圧力はルビー蛍光法で校正した。

### 3 結果および考察

最大 0.8 GPa までの粉末 X 線回折実験の結果, 0.5 GPa では 40 K 以下で格子定数  $a, c$  および体積  $V$  が降温に伴い増大することが分かった。最低温 20 K における  $V$  は, 40 K と比較して  $\Delta V/V \sim 2 \times 10^{-3}$  増加した。この格子の負の熱膨張は, 低温常圧下で報告した挙動[3]と同様である。一方, さらに加圧した 0.8 GPa では, 格子定数  $a$  および体積  $V$  の降温に伴う増大は認められず, 体積変化率は  $\Delta V/V \sim 1 \times 10^{-5}$  程度と非常に小さく,  $\pm 0.1$  Å<sup>3</sup> の誤差範囲に収まった。すなわち, 低温での負の熱膨張は 0.8 GPa では抑制された。

### 4 まとめ

CeMnSi の低温圧力下粉末 X 線回折実験をおこなった。常圧低温で発現する格子の負の熱膨張は, 加圧により抑制され, 0.8 GPa では本測定条件の範囲内で観測されなくなった。これらの結果は, 電気抵抗測定で報告された電子状態の変化と, 本研究で明らかにした負の熱膨張の圧力応答との密接な関連を示唆している。

### 参考文献

- [1] H. Tanida et al., J. Phys. Soc. Jpn. **92**, 044703 (2023).
- [2] 川村幸裕, 他, 日本物理学会 2025 年年次大会, 17aPS-29.
- [3] 西山紗恵, 他, 日本物理学会 2024 年年次大会, 18aE301-8.

### 成果

1. 西山紗恵, 美馬はるか, 林純一, 武田圭生, 関根ちひろ, 高橋博樹, 谷田博司, 川村幸裕, 重い電子系反強磁性体 CeMnSi の圧力下電気抵抗と X 線回

折, 日本物理学会第 78 回年次大会, 2023 年 9 月,  
東北大学

2. 西山紗恵, 伊藤魁, 高森陽大, 林純一, 武田圭生, 関根ちひろ, 高橋博樹, 谷田博司, 川村幸裕, 重い電子系反強磁性体  $\text{CeMnSi}$  の負の熱膨張, 日本物理学会 2026 年春季大会, 2026 年 3 月, オンライン開催

\* [y\\_kawamura@muroran-it.ac.jp](mailto:y_kawamura@muroran-it.ac.jp)