

## 新規機能性材料の圧力効果に対する微視的研究

Microscopic study for the effect of pressure in new smart materials

掛下 知行<sup>1)</sup> 福田 隆<sup>1)</sup> 寺井 智之<sup>1)</sup> 長壁 豊隆<sup>2)</sup>  
 Tomoyuki KAKESHITA Takashi FUKUDA Tomoyuki TERAJ Toyotaka OSAKABE

<sup>1)</sup>大阪大学 <sup>2)</sup>原子力機構

新規機能性材料(強磁性形状記憶合金Ni<sub>2</sub>MnGa)の一軸応力下における中性子回折を行い、その結晶構造解析を行った。

キーワード：強磁性形状記憶合金、応力誘起マルテンサイト、バリエント、ホイスラー合金

## 1. 目的

近年、強磁性形状記憶合金Ni<sub>2</sub>MnGaにおいて数%にも及ぶ巨大歪が見出され<sup>[1]</sup>、この現象を利用したセンサーおよびアクチュエータなどへの応用が期待されている。この合金は360K付近にキュリー温度を持つ合金であり、約250Kでホイスラー(L<sub>2</sub>型)構造の母相(P相)から中間相(I相)へと変態し、さらに約200Kにおいて10Mと呼ばれる構造へとマルテンサイト変態(無拡散の構造相変態)する。このNi<sub>2</sub>MnGa合金のI相あるいはP相に一軸応力を負荷すると、これまでに報告されていない新しい構造を有する相(X相)が生成していることを見出した<sup>[2]</sup>。しかしながら、この相の正確な結晶構造は不明である。本研究の目的は、上述した一軸応力下で生成する新規な結晶構造および磁気構造を、中性子線回折実験により明確にすることである。

## 2. 方法

Ni<sub>2</sub>MnGa単結晶に100Kから250Kの間において、母相の[001]方向に一軸応力を負荷しながら中性子回折測定を行い、応力および温度と結晶構造の関係を調べた。

## 3. 研究成果

作製したNi<sub>2</sub>MnGa単結晶試料を圧力セルにセットして一軸圧縮応力の負荷を試みたが、圧力セルに不具合があり、X相を誘起するだけの応力を発生することが出来なかった。しかしながら、試料に応力を加えて単一バリエントにした10Mマルテンサイト相(M相)の逆格子点 $h\ 2-h\ 0$ (M相、I相の長周期方向)の回折強度を求めると、100 Kにおける中性子回折プロファイルにおいて、衛星反射は $h\ 2-h\ 0$  基本反射( $h = 0, 2$ )間の $h = 0.427, 0.861, 1.139, 1.573$ の位置に現れることを見出した(図1)。これらは従来報告されている10層周期より期待される位置 $n/5$ ( $n = 2, 4, 6, 8$ )からずれており、むしろ14層周期の場合に予想される位置 $n/7$ ( $n = 3, 6, 8, 11$ )に近い。このことから、M相は14層周期に近い非整合周期を有することがわかる。なお、温度の上昇とともにこれらの衛星反射の位置は $n/5$ ( $n = 2, 4, 6, 8$ )の方向へずれていくことがわかった。さらにI相についても同様に中性子回折プロファイルと求めると、衛星反射は $h\ 2-h\ 0$  基本反射( $h = 0, 2$ )間の $h = 0.342, 1.658$ の位置に現れる。これらは6層周期で期待される位置 $n/3$ ( $n = 1, 5$ )からずれており、76層周期の場合に予想される位置 $n/38$ ( $n = 13, 63$ )に近い。このことから、I相は76層周期に近い非整合周期を有することがわかった。

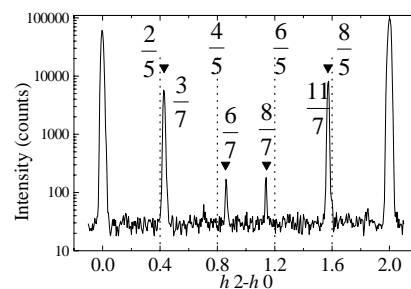


図1 100KにおけるM相の中性子回折プロファイル。点線で示したのが10層周期から予想される反射位置、が14層周期から予想される反射位置。

## 4. 結論・考察

上述したように、Ni<sub>2</sub>MnGaの中性子回折測定より、M相およびI相がいずれも非整合周期を持ち、そのうちM相は非整合周期に温度依存性があることが明らかになった。これらの結果は従来の観察手法である薄膜試料の電子顕微鏡観察などの結果とは明らかに異なっており、バルク試料をそのまま測定することの出来る中性子回折測定を用いることにより初めて得られた結果である。次年度は、Ni<sub>2</sub>MnGaがI相を示す温度で一軸圧縮応力を負荷し、今回の実験で得ることの出来なかったX相の結晶構造を明らかにする予定である。

## 5. 引用(参照)文献等

- [1] K. Ullakko *et al.*, Appl. Phys. Lett. **69**, 1966, 1966.  
 [2] J. H. Kim, T. Fukuda and T. Kakeshita, Scripta Mater. **54**, 585, 2006.