

# GdNiC<sub>2</sub>における電荷密度波と反強磁性転移

## Charge Density Wave and Antiferromagnetic Transition in GdNiC<sub>2</sub>

下村晋<sup>1,\*</sup>, 花咲徳亮<sup>2</sup>, 中尾裕則<sup>3</sup>, 小野寺秀也<sup>4</sup>

<sup>1</sup>京都産業大理, 〒603-8555 京都市北区上賀茂本山

<sup>2</sup>大阪大学大学院理学研究科, 〒560-0043 大阪府豊中市待兼山町 1-1

<sup>3</sup>物質構造科学研究所 構造物性研究センター, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

<sup>4</sup>東北大院理, 〒980-8578 仙台市青葉区 6-3

Susumu Shimomura<sup>1,\*</sup>, Noriaki Hanasaki<sup>2</sup>, Hironori Nakao<sup>3</sup>, and Hideya Onodera<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics, Kyoto Sangyo University, Kyoto 603-8555, Japan

<sup>2</sup>Department of Physics, Osaka University, Toyonaka 560-0043, Japan

<sup>3</sup>Condensed Matter Research Center (CMRC) and Photon Factory, Institute of Materials Structure Science (IMSS), Tsukuba 305-0801, Japan

<sup>4</sup>Department of Physics, Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai 980-8578, Japan

### 1 はじめに

複数の秩序の相関によって引き起こされる現象が、近年の物質科学において主要な研究テーマのひとつになっている。一方で、特異な性質が現れる低次元系も多くの研究者の興味をひいてきた。電子-格子相互作用を有する一次元金属では、格子変調を伴った電子の密度波（電荷密度波）が発生し、同時に金属-絶縁体転移がおこることが知られている。

希土類金属間化合物 SmNiC<sub>2</sub>において、電荷密度波と磁気秩序の相関によると考えられる現象が報告された[1]。T<sub>1</sub> = 148 K で電気抵抗率の温度依存性に異常が現れ、X 線回折により電荷密度波の存在を示唆する格子変調（波数ベクトル  $q_1 = (0.5, \eta, 0)$ ）の存在が明らかにされた。さらに、強磁性転移温度（17.7K）で、電気抵抗率の不連続な減少と格子変調の消滅という特異な現象が観測された[1]。この現象は、強磁性秩序の発生と同時に電荷密度波が消滅することを意味しており、両秩序の間に強い相関が存在することを示唆している。

SmNiC<sub>2</sub> は強磁性を示すが、他の多くの RNiC<sub>2</sub> 化合物（R は希土類元素）は反強磁性転移を示す。我々は、T<sub>N</sub> = 20 K で反強磁性転移を示す GdNiC<sub>2</sub> [2] を研究対象物質として、電荷密度波の振る舞いと、反強磁性秩序が電荷密度波とどのような相関を持つのかを調べることを目的として、放射光を用いた高分解能 X 線回折実験をおこなった[3]。

### 2 実験

Photon Factory BL-3A において、4 軸回折計を用いて X 線回折実験をおこなった。GdNiC<sub>2</sub> 単結晶試料を冷凍機に取り付け、13 keV のエネルギーを持つ X 線を試料に入射した。基本反射、衛星反射、散漫散乱の温度依存性を測定した。

### 3 結果および考察

電気抵抗率の温度依存性に異常が現れる温度 T<sub>1</sub> = 205 K 以下で、 $q_1 = (0.5, \eta, 0)$  で特徴づけられる衛星反射を見出した。 $\eta$  および衛星反射強度の温度依存性をそれぞれ図 1 (a) と (b) に示す。温度低下に対して  $\eta$  は連続的に変化するが、T<sub>1C</sub> 以下で 0.5 となる ( $q_{1C} = (0.5, 0.5, 0)$ )。以上から、GdNiC<sub>2</sub> は T<sub>1</sub> 以下で電荷密度波を形成すること、さらに T<sub>1C</sub> で不整合-整合転移を起こすことが明らかとなった。

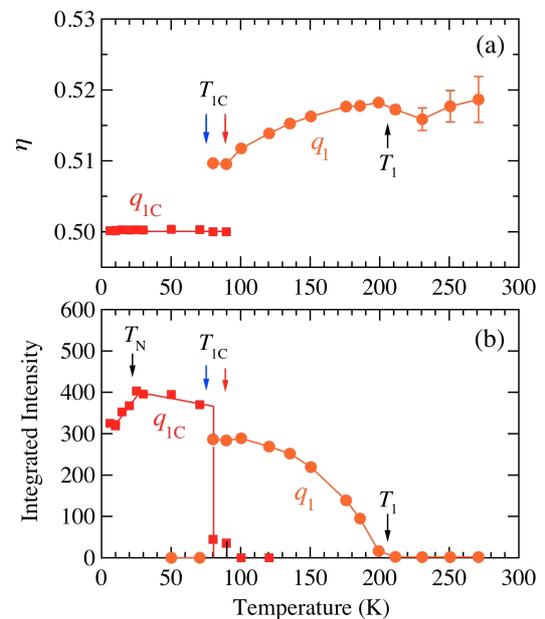


図 1 : GdNiC<sub>2</sub> における (a)  $\eta$  および (b) 衛星反射強度の温度依存性[3]。T<sub>1</sub>, T<sub>1C</sub>, T<sub>N</sub> は電気抵抗率の温度依存性から決定された転移温度を示す。T<sub>1C</sub> の赤色と青色の矢印はそれぞれ昇温および降温過程の転移温度を意味する。

図 1 (b)に示すように、衛星反射強度は  $T_N$  で折れ曲がりを示したあと、温度低下に対して減少していく。一方、電気抵抗率も  $T_N$  以下から急激に減少する[3]。反強磁性秩序は電荷密度波の秩序度を減少させるが、その一方で、最低温でも電荷密度波は存在しており、両秩序は共存していることがわかる。

$T_1$ 以上の温度では、 $q_1$ の位置に散漫散乱のピークが観測された[3]。その強度は  $T_1$ に向かって発散的に増大することから、電荷密度波転移の前駆現象であるフォノンのソフト化がおこっていると考えられる。また、 $q_2 = (0.5, 0.5, 0.5)$ で特徴づけられる位置にも散漫散乱のピークが観測された[3]。 $q_2$ 位置の散漫散乱は、温度低下に対して成長するが、最低温でも長距離秩序には至らず、 $T_N$ では異常を示さなかった。

以上のように、 $q_1$ の長距離秩序をもつ電荷密度波の秩序度は反強磁性秩序の発生により弱められるものの両秩序は共存している。一方、 $q_2$ の短距離相関は反強磁性転移の影響を受けない。これらのGdNiC<sub>2</sub>に対する結果は、強磁性転移で  $q_1$ の衛星反射も  $q_2$ の散漫散乱ピークも消失するというSmNiC<sub>2</sub>に対する結果[1]と対照的である。

#### 4 まとめ

希土類金属間化合物 GdNiC<sub>2</sub>について X 線回折実験をおこなった。電荷密度波の発生を示唆する格子変調を観測し、さらに不整合-整合相転移を見出した。電荷密度波の秩序度は反強磁性秩序によって減少するが、両秩序は共存することがわかった。

#### 参考文献

- [1] S. Shimomura, C. Hayashi, G. Asaka, N. Wakabayashi, M. Mizumaki, and H. Onodera, *Phys. Rev. Lett.* **102**, 076404 (2009).
- [2] S. Matsuo, H. Onodera, M. Kosaka, H. Kobayashi, M. Ohashi, H. Yamauchi, and Y. Yamaguchi, *J. Magn. Mater.* **161**, 255 (1996).
- [3] S. Shimomura, C. Hayashi, N. Hanasaki, K. Ohnuma, Y. Kobayashi, H. Nakao, M. Mizumaki, and H. Onodera, *Phys. Rev. B* **93**, 165108 (2016).

\* susumu@cc.kyoto-su.ac.jp