

# 高圧下(3万気圧超)におけるNMRを用いた物性研究

理学研究科 物質科学専攻

◎D1 よしだしょうご 吉田章吾、教授 みとたけし 水戸毅

## キーワード

磁性, 磁化測定, 磁気秩序構造, 核磁気共鳴(NMR), 超高圧下, 極低温, 高磁場下

## 研究概要

物質の性質を決めるのは、主に物質中の電子の振る舞いであり、温度や磁場、圧力などの外的環境を変えることによって変化する。近年注目を集める超伝導物質は低温にすることで電気抵抗がゼロになる性質を持ち、盛んに研究されている。しかし、高温超伝導物質の原理は未解明のままであり、物性を織りなす複雑な電子構造の理解が必要である。核磁気共鳴(NMR)は原子核スピンを観測する手法である。原子核は周りの電子と互いに相互作用を及ぼし合っており、核スピンのミクロな電子状態を観測することができる。NMRはMHz~GHzの振動磁場を照射するため非破壊かつ非接触の測定が可能である。また、図1に示すようにNMR測定は高圧技術との相性が良く、極低温下や高磁場下の測定環境に加え、超高圧下での測定を可能とし、物性を変える3つのパラメータを比較的広範に変化させて測定することが可能である。

本研究では、最大3.2万気圧下での硫化サマリウム(SmS)の<sup>33</sup>S-NMR測定を行った。SmSは2万気圧以上の高圧下かつ-252°C以下の低温において、核スピンの規則的に並ぶ磁気秩序転移を示すことが知られている。しかし、高圧下における磁性検出に長けた測定が困難なことから転移の詳細は未解明であった。<sup>33</sup>S-NMRスペクトルはS核位置で感じる磁場を反映する。この測定により今まで困難であった高圧下での磁化率の測定に成功した。また、<sup>33</sup>S-NMRスペクトルから磁気秩序状態では、S核位置で内部磁場がキャンセルする磁気秩序構造であることを初めて明らかにした。

## アピールポイント

核磁気共鳴(NMR)は、測定に用いる振動磁場は低エネルギーなため、試料の状態を変えずに高分解能なミクロの電子状態を測定することができる。また、試料と非接触の測定が可能のため粉末試料や、ナノサイズの試料の測定も可能である。物性を操作する温度、磁場、圧力の3つのパラメータ操作が容易なため広範な条件での測定を可能とする実験手法である。超伝導をはじめとする最先端科学の発展には欠かせない測定手法の一つである。

希土類化合物である硫化サマリウム(SmS)は、圧力を加えることで多彩な物性が現れ、中でのSmイオンの価数が圧力に従って変化する事が興味深い。常圧ではSmイオンはほぼ2価を示すが、0.6万気圧以上では2~3価の間接価数を示し、さらに圧力を加えると3価に近づく。この価数の変化に伴い物性が大きく変化していると考えられている。近年、理論の研究から、中間価数状態のSmSがトポロジカル絶縁体の性質を示す物質の候補として挙げられ、再び注目を集め、高圧下の電子状態の解明が期待される。

SmSの研究について発表者のこれまでの論文2報

-S. Yoshida *et al.*, JPS Conf. Proc. **29**, 012008 (2020). -S. Yoshida *et al.*, Phys. Rev. B. **103**, 155153 (2021).

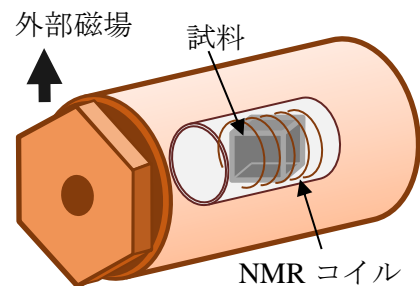


図1. 圧力発生容器を用いた高圧下NMR測定の様子。