

強磁性ホイスラー合金 Co_2NbSn の強磁場 NMR

High-field NMR Study of a Ferromagnetic Heusler Alloy Co_2NbSn

龍谷大理工¹, 東北学院大工², 東北大金研³

¹西原弘訓, ²鹿又武, ³高梨弘毅

H. Nishihara¹, T. Kanomata², K. Takanashi³

¹Faculty of Science and Technology, Ryukoku University,

²Faculty of Engineering, Tohoku Gakuin University,

³Institute for Materials Research, Tohoku University

1. はじめに

ホイスラー合金 Co_2NbSn においては $T_s=235\text{K}$ 付近で Co 基ホイスラー合金ではまれな立方晶から斜方晶への構造相転移があり, また $T_c=110\text{K}$ 付近で Co あたり $0.3 \mu_B$ のモーメントを持った強磁性相に転移する。この T_s での構造相転移のメカニズムに興味を持たれており, また電子比熱係数からフェルミ面でかなりの状態密度があるにもかかわらず電気抵抗の温度変化が金属的でない領域があり, 遍歴電子強磁性体としては 1.5 kOe と保磁力が大きく, 特異な熱磁氣的履歴現象がある, 試料により T_c が 20K ほど T_s が 50K ほども違っている, などの電氣的, 磁氣的異常があり, その起源を明らかにするためミクロな観点からの実験的研究が期待されていた。NMR の以前の報告によると, 高温の立方晶の相では ^{59}Co と ^{93}Nb の信号が1本ずつのはずが全部で4本出ており, 幅の狭い2本の信号が本来の ^{59}Co と ^{93}Nb のサイトからの信号で, 幅の広い信号は本来の格子位置にない ^{59}Co と ^{93}Nb の信号とされている[1]。しかし前者の共鳴周波数が強磁性相でもナイトシフトによるものと解釈されていて奇妙である。我々は強磁場を用いて分解能を上げることにより NMR の再実験を試みた。非常に幅の広い信号と内部磁場を受けていないサイトからの信号が重なってかなり複雑な結果について報告する。

2. 実験

実験のための粉末試料は東北学院大学工学部において合成された。複雑な NMR スペクトルにおいて分解能を上げるため, 強磁場超伝導材料研究センターに設置されている Oxford Instrument 社製の常用 $17.5\text{T}(4.2\text{K})$, 磁場均一度 $10^{-4}/10\text{mm}\phi$ の超伝導磁石とパルス法 NMR 装置を使用した。低温 4.2K の強磁性状態での ^{59}Co および ^{93}Nb の信号の重なった磁場掃引 NMR スペクトルの周波数 44.7MHz , 58MHz , 130MHz におけるデータをそれぞれ Fig.1, Fig.2 および Fig.3 に示す。比較のため以前に報告した Co_2TiGa 中の ^{59}Co の磁場掃引 NMR スペクトル[2]を Fig.4 に示すが, それに対して, Co_2NbSn の場合, 幅が1桁広いことがわかる。しかも弱いシャープな信号も重なっているのも特徴である。このような種々の周波数でとったスペクトルのピーク磁場をまとめて周波数対磁場ダイアグラムとして表したものが Fig.5 である。直線にフィットした場合の傾きは, フリーな ^{59}Co の $\gamma/2\pi=1.0054 \text{ MHz/kOe}$ よりもむしろ小さく, 文献[2]と同じ議論により, 内部磁場に対する軌道

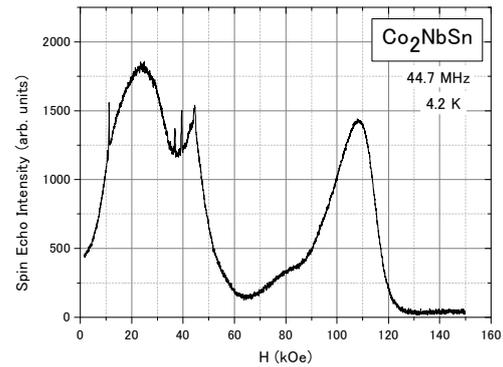


Fig.1. Field-swept spin-echo spectrum of ^{59}Co and ^{93}Nb in Co_2NbSn at 44.7 MHz and 4.2 K .

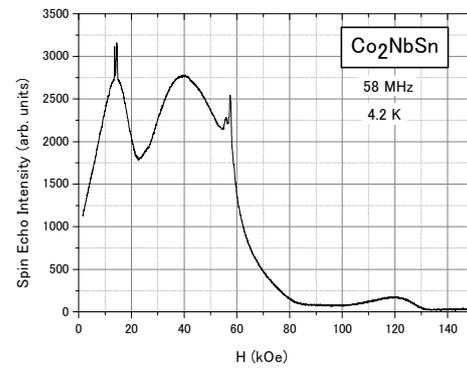


Fig.2. Field-swept spin-echo spectrum of ^{59}Co and ^{93}Nb in Co_2NbSn at 58 MHz and 4.2 K .

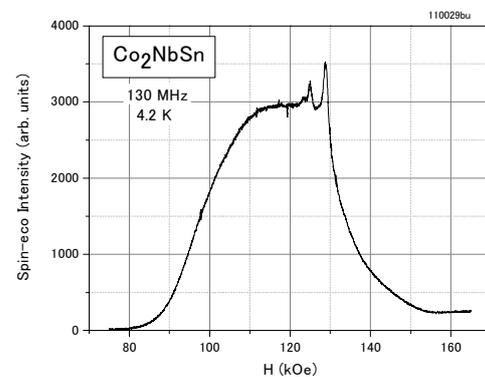


Fig.3. Field-swept spin-echo spectrum of ^{59}Co and ^{93}Nb in Co_2NbSn at 130 MHz and 4.2 K .

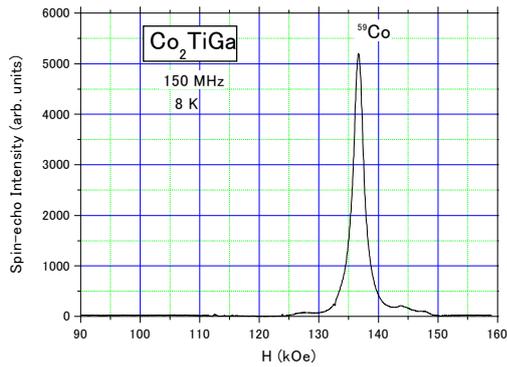


Fig.4. Field-swept spin-echo spectrum of ^{59}Co in Co_2TiGa at 150 MHz and 8 K[2].

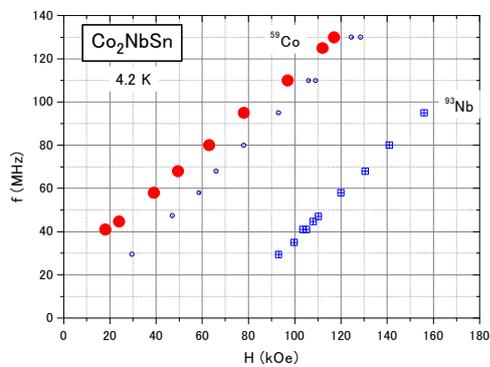


Fig.5. Frequency-field diagram for ^{59}Co and ^{93}Nb in Co_2NbSn at 4.2 K.

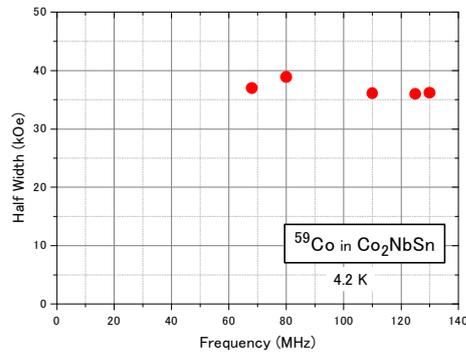


Fig.6. Half width versus operating frequency for field-swept NMR spectra of ^{59}Co in Co_2NbSn at 4.2 K.

部分の寄与は小さいと考えられる。

粉末試料の場合、磁場掃引スペクトルの幅が非常に広いのは、内部磁場の異方性の大きい軌道部分の寄与によることも考えられるので、半値幅の外部磁場依存性すなわち周波数依存性も調べた。強磁場中で磁場を増大させると磁場誘起モーメントと核スピンの相互作用による共鳴のシフトが異方的に大きくなり幅が広がることが期待される。結果を Fig.6 に示すが、半値幅は磁場に対してほぼ一定であり、このことから軌道部分は大きく

ないと推論される。

これらの実験より、 Co_2NbSn における ^{59}Co および ^{93}Nb の幅の広い NMR 信号は、 Co_2NbSn 結晶中の局所的な原子配列の大きな乱れによるものと考えられる。Wolter 等が観測した常磁性状態でのシャープな NMR 信号に対応する信号は、我々の試料においても弱いながらも低温の強磁性状態で内部磁場を持たずにそのまま観測され、構造相転移温度で異常もなく、 Co_2NbSn 固有の信号ではない可能性が高い。これらのことより Co_2TiGa 等他の Co 基ホイスラー合金より Co_2NbSn の完全な試料の合成は非常に難しいことが推測され、今後のよりよい試料の合成とそれを用いた研究が期待される。

参考文献

- [1] A.U.B. Wolter et al., Phys. Rev. **B66** (2002) 174428.
- [2] Y. Furutani, H. Nishihara, T. Kanomata, K. Kobayashi, R. Kainuma, K. Ishida, K. Koyama, K. Watanabe, T. Goto, Journal of Physics: Conference Series **150** (2009) 042037.