

【 40 】

氏 名	岡 田 邦 英
	おか だ くに ひで
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 352 号
学位授与の日付	昭 和 50 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 一 専 攻
学位論文題目	A Study of Hyperfine Field at Co Nucleus in an Antiferromagnetic CoO (反強磁性酸化コバルト中のコバルト原子核の内部磁場の研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 端 恒 夫 教 授 富 田 和 久 教 授 恒 藤 敏 彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は超低温度 (1 K 以下) におけるメスバウアー分光の方法と NMR 法を用いて、反強磁性体 CoO 中の Co 核の位置での内部磁場について調べたものである。

申請者は、まず、超低温度におけるメスバウアー分光の実験をおこなうため、He³-He⁴ 希釈冷却機を試作しその運転に成功している。試作された冷却機は、最低到達温度は 80 mK であったが、運転が簡単で長時間安定に働くという特徴を有している。この冷却機を用いて得られた超低温度で母核 Co⁵⁷ に核分極をおこさせ、Fe⁵⁷ のメスバウアー分光の実験をおこなった。超低温度におけるメスバウアー分光の実験では、通常のものとは異って、母核 Co⁵⁷ の位置での超微細相互作用を問題にすることができる。即ち、この超微細相互作用によるエネルギー準位の分裂の大きさが熱エネルギー (kT) と同程度になれば、母核 Co⁵⁷ にスピン分極がおこる。この分極は β 崩壊及び γ 線の放出の際にも保存され、その結果得られる Fe⁵⁷ のメスバウアー・スペクトルは非対称になる。このメスバウアー・スペクトルの非対称の度合は母核の位置での内部磁場の大きさと温度との比の関数である。

申請者は、CoO 中に微量の Co⁵⁷ をうめこみ、それを線源として用いて、メスバウアー・スペクトルの非対称性を観測し、これより Co 核の位置での内部磁場を推定した。この際、スペクトルとしては、Fe²⁺ イオンに対応するものと Fe³⁺ イオンに対応するものとが同時に存在していた。その何れのスペクトルを用いても CoO 中での Co 核の位置での内部磁場は、その符号はプラスで大きさは約 600 KOe であった。この際、温度測定にはメスバウアー温度計を用いている。即ち、金属鉄中に希薄にとこされた Co の位置での内部磁場の値は既に NMR 法によって -270 KOe と測定されている。従ってこれを線源としたメスバウアー・スペクトルの非対称性から温度を知ることができるのである。

ついで、このメスバウアー分光で得られた内部磁場に関する知見をもとにして、NMR 法を用いて、直接 CoO 中の Co⁵⁹ の NMR の検出を試み、その検出に成功している。NMR から得られた内部磁場の値は、495.5 KOe であった。メスバウアーの分光による推定値は約 100 KOe 大きくみつもりすぎていた。

これはメスバウアー温度計の温度測定の見誤差によるものではないかと推論している。

最後に、CoO の単結晶の試料を用いて、それに外部磁場をかけ共鳴周波数の角度依存性を測定した。その結果 CoO 中には4種類の磁区が存在していること、及び内部磁場がc軸となす角が4.2Kでは 20.6° で、高温になるにつれて僅かに増加し77Kでは約 24° であることを見出した。

参考論文1は、本実験に使用した希釈冷却機に関する報告であり、参考論文2は、本論文と同様の方法で金属Cr中の希薄Coに対してその内部磁場の値の上限を推測したもの、参考論文3・4は、一次元強磁性鎖の化合物 $\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 中のCl核のNMRとスピン格子緩和に関するもの、参考論文5・6は、それぞれCoO中の Co^{59} 及びCoフェライト中の Co^{59} のNMRに関するものであり、参考論文7は、超低温度におけるメスバウアー効果に関する概説である。

論文審査の結果の要旨

CoOは290Kにネール点を持つ反強磁性体であるが、 Co^{2+} イオンが軌道三重項イオンであるため、特異な磁気的性質を示し、多くの研究者の興味を集めている。申請者はCo核の位置における内部磁場の測定によって、この磁気的性質の解明を試みている。内部磁場の最も直接的な測定法はNMR法であるが、CoOが反強磁性体であること、及び Co^{2+} イオンの振舞いが複雑であること等のために、NMR信号の検出は困難であるとされていた。そこで申請者は、まず(1)超低温度におけるメスバウアー分光の方法でその内部磁場の値を推定し、つづいてこの値を用いて(2)そのNMRの検出に成功している。

メスバウアー効果の実験は、その発見以来、非常に数多くおこなわれているが、殆んどのは娘核に関するものである。申請者がおこなった超低温度におけるメスバウアー分光の特徴は、超低温度におけるスピン分極を利用して、母核の位置での超微細相互作用(内部磁場)を問題にしている点である。即ち、母核 Co^{57} のスピン分極が β 崩壊及び γ 線放出の際も保存され、娘核 Fe^{57} のメスバウアー・スペクトルの非対称性となって現われることを利用している点である。このような研究例は現在迄の所極めて数少ない。又、超低温度を得る方法としては、 $\text{He}^3\text{-He}^4$ 希釈冷却機を用いているが、これについては未だ種々の技術的問題が多い。申請者は、最低到達温度はあまり低くないが、長時間安定性にすぐれ、メスバウアー効果の実験に適当な希釈冷却機の試作運転に成功しており、技術的にも評価すべき点が多い。

申請者は、(1)の方法により推定された内部磁場の値600 KOeを目安としてNMRの実験をおこない、CoO中の Co^{59} のNMRの検出に成功している。得られた内部磁場の値は495.5 KOeであった。CoOは反強磁性状態ではc軸方向に縮んだ正方対称性をもつ。中性子回折等により、スピンの向きはc軸からややずれており、4つの等価なこのずれの方向に対応して4種類の磁区(R-磁区)が存在することが知られている。申請者は、Co核の位置での内部磁場の方向とc軸とのなす角度が4.2Kで 20.6° であること、及びその角度が温度と共に増加していることを見出しているが、この結果はCoOの磁性を理解する上で重要な手がかりを提供したものと見える。

以上を要するに、本論文は系統的な一連の研究によりCoOの内部磁場に関する貴重な知見を得たものであって、磁性体物理、極低温物理の分野の発展に寄与する所が大きい。

参考論文は、CoO以外の物質に対する超低温度におけるメスバウアー分光の実験、低温磁性、及び超

低温生成技術に関するものであって、何れも価値あるものである。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。