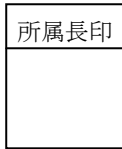


(特研様式5)



早稲田大学総長 殿

年 月 日

所 属 先進理工・応用物理
資 格 教授
氏 名 角田 頼彦 印

特別研究期間研究成果報告書

1. 研究課題： FeNi インバー合金の中性子散漫散乱の研究
2. 研究期間： 2007年10月2日 ～ 2008年3月21日
3. 研究場所(国/都市・機関名)：
アメリカ合衆国・テネシー州 オークリッジ国立研究所
4. 研究成果概要(2,000字以内)：

金属のインバー効果は、室温付近に於ける熱膨張係数がほぼ0になる現象で、鉄を母体とした合金で見られるため精密機械の材料として応用上きわめて重要な現象である。この現象は100年以上昔にフランス人・ギョームによって発見され、彼はこの業績によってノーベル賞を受賞している。しかし、この現象の原因をミクロな立場から説明することには現在まで成功していない。これまで多くの理論および実験的研究がなされてきたが、最終的な結論に到達していない。現在、多くの支持を得ているモデルは、 $2-\gamma$ モデルと呼ばれるもので、鉄の磁気モーメントには2種類の状態、すなわち体積の大きいHigh-Spinと体積の小さいLow-Spinが存在し、この二つの状態の転移が熱膨張をキャンセルしていると考えられている。

我々はこの現象に興味をもち、最も典型的なインバー合金であるFeNi合金の単結晶を作成し、訪問先である米国のOakRidge国立研究所のHFIR (High Flux Isotope Reactor)原子炉において中性子散乱実験をおこなった。その結果、FeNi合金がインバー効果を示す領域で、Braggピークの近傍に散漫散乱が現れることを見つけた。この散漫散乱は、広角の散乱ほど強度が強く、磁気散乱ではなく核散乱が原因である。すなわち、局所的な格子歪が存在することを意味している。散漫散乱のパターンの詳しい解析から、この格子歪は結晶が面心立方構造から体心立方構造に転移する際の前駆現象としてあらわれるものと同じであることが判明した。インバー効果を示す合金はFeNiでもFePtでもいずれもFe合金が面心立方構造から体心立方構造に転移する相境界の近くにあり、この実験結果は、局所的な格子歪がインバー効果と重要な関係が存在することを示唆している。

この実験で見つかった局所的格子歪そのものは、結晶の体積を変化させるものではないのでインバー効果の直接的な原因ではない。しかし、別の点で重要な意味を持っている。これまでの研究でインバー効果の原因が $2-\gamma$ モデルという、鉄の磁性に起因するという考えは、過去の研究でインバー合金の磁性に、通常の磁性体とは異なった現象が数多く見出されるからである。しかし、局所的な格子歪は、その系の磁性に強い影響を与える。インバー合金でこれまで観測されてきた磁気的な異常は、この局所的格子歪とスピン系との結合で殆ど説明が可能である。

※研究終了後2ヶ月以内に提出してください。ワープロ原稿の貼付けも可。なお、学術研究活動情報(学術年鑑 Web)のホームページに掲載しますので、電子メールでも研究支援課まで(tokkenseika@list.waseda.jp)ご提出くださるようご協力をお願いします。

したがって、これまで 2- γ モデルの支えとなっていた実験事実が、根拠を失うことになるのである。では、インバー効果の原因は何か？が問題であるが、我々は次のように考えている。そもそも鉄が面心立方構造から体心立方構造に転移する原因は、面心立方構造で、キャリア数が増加するにつれて電子相関が強くなり、それを避けるために最近接原子数の少ない体心立方構造に転移すると考えられる。そこで、相転移が近づくと、電子間の衝突を避けるために電子の飛び移りを減少させようと原子間距離を広げて膨張すると考えられる。これがインバー効果であると考えている。

以上の実験結果、データ解析、および磁性との関係、インバー効果の原因についての主張は、米国物理学会の Journal である「Physical Review B」誌に投稿し、受理され 1988年9月号に掲載された。

Physical Review B 78 (2008) 094105

Y. Tsunoda, L. Hao, S. Shimomura, F. Ye, J.L. Robertson and J. Fernandez-Baca
“Elastic Diffuse Scattering of Neutrons in FeNi Invar Alloys”