

京都大学教育研究振興財団助成事業
成 果 報 告 書

2023 年 4 月 7 日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会 長 藤 洋 作 様

所 属 部 局 大学院人間・環境学研究科

職 名 教授

氏 名 藤原直樹

助 成 の 種 類	令和4年度 ・ 研究活動推進助成			
申請時の科研費 研究 課 題 名	鉄セレン系における時間反転対称性の破れた超伝導の核磁気共鳴 による探究			
上記以外で助成金 を 充 当 した 研 究 内 容				
助成金充当に関 わる共同研究者	(所属・職名・氏名)			
発表学会文献等	(この研究成果を発表した学会・文献等) 日本物理学会 2022年秋季分科会 「NMRから見たS置換FeSe系の超伝導状態での異常な スピン揺らぎ」 Z.-Y.Yu, 藤原直樹、他 日本物理学会 2023年春季年会 「18%S置換FeSeの超伝導状態における異常なスピン揺らぎ」 Z.-Y.Yu, 藤原直樹、他			
成 果 の 概 要	研究内容・研究成果・今後の見通しなどについて、簡略に、A4版・和文で作成し、 添付して下さい。(タイトルは「成果の概要／報告者名」)			
会 計 報 告	交付を受けた助成金額	1,000,000	円	
	使用した助成金額	1,000,000	円	
	返納すべき助成金額	0	円	
	助成金の使途内訳	費 目	金 額	
		物品費	556,478	
		旅費	291,190	
謝金		152,332		
当財団の助成に つ い て	(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。)			

成果の概要 / 藤原直樹

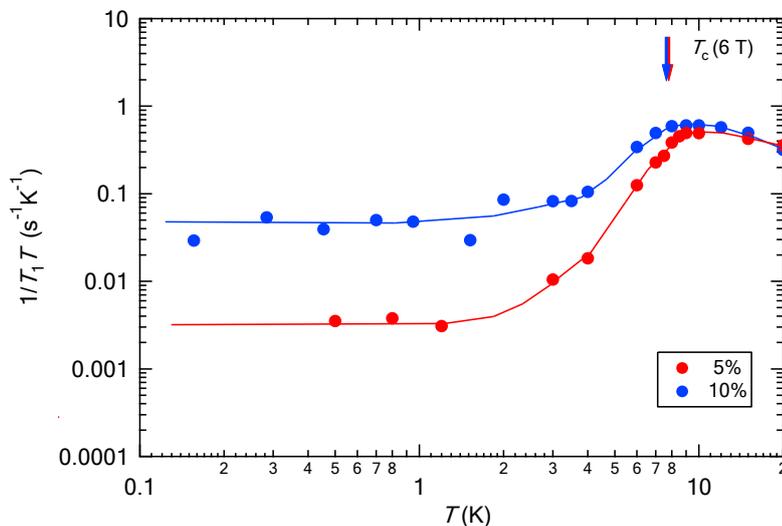
申請者は、鉄系高温超伝導体における新奇現象の発見及び超伝導機構の解明を目指している。高温超伝導体では、液体窒素(沸点 ≈ -196 °C)以上の高い温度で超伝導になる銅酸化物が有名であるが、鉄系物質は第二の高温超伝導体として知られている。本研究では、鉄系超伝導体の一つである $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ の電子状態を、核磁気共鳴(NMR)法を用いてミクロな観点から研究した。

$\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ では、超伝導転移点(T_c)よりも十分低温で、ボゴリューボフフェルミ面(BFS)と呼ばれている新奇現象が現れることが理論的に予言されている。BFS の存在は今までに実証例がなく、 $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ が比熱等の異常な振舞いから BFS の候補として注目されている。この BFS が存在するかどうかは、この系の超伝導機構を探る上で鍵となる。本来超伝導状態では、準粒子励起に有限のエネルギーが必要であるが、BFS が存在すると、エネルギーギャップを伴わない準粒子励起が可能になる。つまり、BFS が存在すると、クリーンな試料でも、 T_c 以下で超伝導状態と通常金属状態が量子力学的に共存することになる。

申請者は、 $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0.05, 0.10$)において NMR を行い、Se 核の核磁気緩和時間(T_1)を測定した。 $1/T_1$ を温度(T)で割った $1/T_1 T$ の結果を下の図に示す。この物理量はスピン揺らぎの尺度を与える。二つの S 置換量に対し T_c はほぼ同じで、6T の磁場ではおよそ 8 K である。 T_c 以下で $1/T_1 T$ が減少するのは、超伝導ギャップがあるために、低温で準粒子励起が起こりにくくなり、揺らぎも減少するためである。しかし、超伝導状態であるにもかかわらず十分低温で $1/T_1 T$ は一定値になる。これは通常金属状態によく現れる振舞いである。この事実は、BFS が現れていることを支持する証拠であると考えられる。

この成果は、以下のように物理学会で発表した。また現在、学術誌に投稿中である。

- [1] 日本物理学会 2022 年秋季分科会 「NMR から見た S 置換 FeSe 系の超伝導状態での異常なスピン揺らぎ」 Z.-Y.Yu, 藤原直樹、他
- [2] 日本物理学会 2023 年春季年会 「18%S 置換 FeSe の超伝導状態における異常なスピン揺らぎ」 Z.-Y.Yu, 藤原直樹、他



$\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ ($x=0.05, 0.10$)の $1/T_1 T$ の温度(T)依存性。 $1/T_1$ は Se 核の核磁気緩和率。