

平成22年度 島根大学「萌芽研究部門」研究プロジェクト 計画書

1. プロジェクト名称	強相関電子系物質の新奇な超伝導機構の解明					
	(英訳名)	Study of Mechanism on Exotic Superconductivity in Strongly Correlated Electron Systems				
2. プロジェクトリーダー	所属	総合理工学部	職名	准教授	氏名	藤原 賢二
	現在の専門	磁気共鳴			学位	工学博士
3. プロジェクトの概要						
<p>①本研究プロジェクトで何をどこまで明らかにするか、②当該分野の国内外の研究と比較して本プロジェクトのユニーク性・重要性・先見性、③島根大学で行う意義・大学の発展にとって期待される効果、について簡潔に記入してください。</p> <p>① 電荷揺らぎを媒介とした超伝導については、重い電子系 $CeCu_2Si_2$ の高圧相の実験から、初めてその可能性が指摘され非常に注目されている。また、パイロクロア酸化物 $Cd_2Re_2O_7$ では、高圧下で構造相転移と超伝導が密接に関係していることが明らかになっている。さらに、β-パイロクロア酸化物 KOs_2O_6 では、K イオンのオフセンター振動(ラトリング)が顕著に出現し、このラトリングと超伝導が密接に関係していることが報告されている。このように、電荷や構造の揺らぎと超伝導の新奇な相関現象が相次いで発見されている。最近になって鉄元素を含む高温超伝導物質が発見され、その超伝導機構に非常に注目が集まっている</p> <p>本研究では、ミクロな観点から電荷揺らぎや静的な電荷状態(電荷秩序を含む)を敏感に測定可能な NMR/NQR 測定を、マクロな観点から帯磁率、電気抵抗、熱測定を遂行することにより、新奇な超伝導機構の解明を目指している。NMR/NQR 実験からは圧力下での電荷の状態や結晶構造の変化を調べ、同時にマクロ測定から得られる超伝導の転移温度や体積分率、電子状態の変化を調べることで、理論的に正しい超伝導機構を確立する。</p> <p>② 電荷揺らぎや構造揺らぎを媒介とした超伝導機構は理論的には可能性があることが指摘されているが、実験的には見出されていない。このような新奇な超伝導機構が存在することが確定すれば、全く新しい超伝導物質開発の道を拓くことが期待される。NMR で測定される物理量は電気抵抗測定とは異なり、バルク超伝導かどうかを敏感に反映する点が重要である。また、NQR 周波数は周囲の金属イオン価数や配置を敏感に反映する量であり、格子の微細な変形や価数変化を調べることが可能となる。本プロジェクトでは、NMR のようなミクロな観点からだけでなく、磁化や熱測定等のマクロな観点から超伝導特性を明らかにし、電子状態の本質的な変化を理論的にも明らかにする点に大きな特徴がある。</p> <p>③ 高圧実験は非常に困難な技術開発が要求されるが、大型施設を必要としない点に特徴がある。したがって、地方大学からも世界レベルの研究が可能である。実際、藤原は高圧下 NMR/NQR で、三好は高圧下磁化測定において、世界トップクラスの技術を確立している。(その技術は、次ページの 2 つの研究成果として結実している。) 今回のプロジェクトにより、島根大学が国内における高圧物性の重要な研究拠点としての地位を確立できるものと考えている。</p>						
4. 本学の大学憲章・中期目標・計画またはアクションプランとの関係						
<p>本プロジェクトは、総合科学研究支援センターと連携しながら、実験・理論両面から超伝導の新奇な機構を明らかにすると同時に、世界レベルの高圧研究拠点を目指している。大学憲章の「分野間の融合による特色ある研究を強化、国際的に通用する創造性豊かな研究拠点を構築」の理念と一致し、学術面においても大きなインパクトを与え、外部資金獲得につながる可能性が高い。</p>						
5. 各年度の計画の概要 年度ごとに何をどこまで明らかにするのかを簡潔に書いてください。						
<p>(H22年度) 高圧下において強相関電子系物質の超伝導特性をミクロ(NQR/NMR)およびマクロ(帯磁率、電気抵抗)両方の観点から明らかにする。<u>申請備品により高圧下での電気抵抗測定実験を行える実験環境を整備する</u>。平成 22 年度は、重い電子系 $CeCu_2Si_2$ では、臨界圧力($P_C=4.5GPa$)近傍において、NQR による電荷揺らぎ超伝導機構の検証と同時に、超伝導のパリティの情報を得るために単結晶を用いた NMR を開始してする予定である。また、昨年発見された鉄系超伝導体は世界レベルでの研究が競われており、非常に注目度が高い。良質試料を育成して高圧 NMR・帯磁率・電気抵抗実験を遂行する。</p> <p>(H23年度) 5 万気圧までの高精度輸送特性(電気抵抗、熱測定、ホール効果測定)の実験技術を確立する。また、ダイヤモンド・アンビル・セル(DAC)を用いて 10 万気圧までの電気抵抗実験技術を確立する。パイロクロア化合物 $Cd_2Re_2O_7$ では、3.5GPa 付近における構造相転移の消失と同時に超伝導転移も消失する原因、結晶構造や Re の価数や電子状態の関係を調べる予定である。$CeCu_2Si_2$ および鉄系化合物では、引き続き高圧実験・理論計算を遂行して、超伝導の発現機構に迫りたいと考えている。</p>						
6. 配分経費 (単位:千円)23年度は22年度と同額をカッコ内に記入して下さい。						
平成(年度)	22	23	合計			
配分予定額(千円)	2,000	(2,000)	(4,000)			

7. 平成22年度の研究計画および達成目標

【研究項目】 研究項目には①,②,・・・の様に番号をつけて箇条書きしてください。

① 新規に高圧下電気抵抗測定技術を確立する。

② 4 万気圧以上の CeCu_2Si_2 の高圧 NQR 測定を遂行し、Ce の電荷状態の圧力変化を調べる。

③ 単結晶 CeCu_2Si_2 の高圧 NMR 実験を遂行する。

④ Fe 系超伝導体の超伝導機構の研究を行なう。

【達成目標】 対応する研究項目に対して第三者が本年度に達成できたと判断できる具体的な目標を記入してください。

(1) 圧力校正用 Pb(鉛)の 4 端子抵抗測定

圧力セル中の試料空間の圧力決定には、Pb の超伝導転移温度 (T_C) の圧力依存性から決定する。電気抵抗測定は最も高感度な測定手段の一つであり、高精度の圧力決定を可能とすることができる。

(2) 強相関電子系超伝導体の電気抵抗測定

$\text{Cd}_2\text{Re}_2\text{O}_7$ や Fe 系超伝導体の良質単結晶試料を合成し、高圧力下での超伝導特性の変化を観測する。

これまで圧力分布の大きかった 4 万気圧以上の領域において、静水圧性の良い新規圧力媒体ダフネオイル 7474 を使用し、Cu 核の NQR 周波数の圧力変化を高精度に測定する。これにより、NQR 周波数の圧力変化が相転移なのか、クロスオーバーなのかを決定する。

最近になって良質の CeCu_2Si_2 の単結晶試料が合成可能となった。そこで、Cu 核の NMR を圧力下で観測し、ナイトシフトを測定することにより、世界で初めて高圧相の超伝導のパリティに関する情報を得る。

昨年発見された鉄系超伝導体は世界レベルでの研究が競われており、非常に注目度が高い。良質試料を育成して、高圧 NMR・帯磁率・電気抵抗実験を遂行する。

8. プロジェクト推進担当者 平成22年度に限って記入してください。

計 名

ふりがな(ローマ字) 氏 名(年齢)	所属部局(専攻など)・職名	現在の専門 学位	役割分担
(プロジェクトリーダー) ふじわら けんじ (FUJIWARA Kenji) 藤原 賢二 (49)	総合理工学部 物質科学科・准教授	磁気共鳴・工学博士	プロジェクト総括, 高圧下磁気共鳴 (ミクロな観点からの実験)
みよし きよたか (MIYOSHI Kiyotaka) 三好 清貴 (40)	総合理工学部 物質科学科・准教授	低温物理学・博士(工学)	試料作製、高圧下磁化測定 (マクロな観点からの実験 I)
にしごり しじょう (NISHIGORI Shijo) 西郡 至誠 (42)	総合科学研究支援センター・准教授	低温物理学・博士(理学)	高圧下熱物性測定 (マクロな観点からの実験 II)
むとう てつや (MUTOU Tetsuya) 武藤 哲也 (39)	総合理工学部 物質科学科・准教授	低温物理学・博士(理学)	電子状態の理論的解明

9. 平成22年度経費明細 研究項目と達成目標ごとに使用する経費を記入してください。(単位:千円)

・経費は本研究プロジェクトの遂行に必要な経費です。

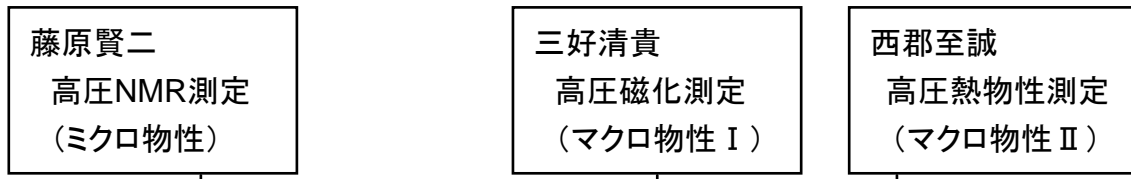
・経費は政策的配分経費(a)(今回配分された金額)とそれ以外の資金(学内経費、外部資金)とし、それ以外の資金で充当させる場合は「配分経費以外(b)」の欄に金額を記入してください。

・研究計画の項目番号ごとに設備備品、旅費、謝金、消耗品費などに分けて、それぞれの明細を出来るだけ具体的に記入してください。

・単品の設備備品は配分経費(a)と配分経費以外(b)を合算して購入することはできませんのでご注意願います。

事項(品名)	(対応する研究項目番号)	配分経費(a)	配分経費以外(b)	合計(a+b)
設備備品				
極微細マニピレータ (ナリシゲ)	①	500 千円		500 千円
スポットウェルダー (仁木工芸)	①	320 千円		320 千円
実体顕微鏡(ニコン、SMZ800)	①、④	530 千円		530 千円
乾式小型精密切断機 (平和テクニカ)	②、③		160 千円	160 千円
消耗品				
顕微鏡用消耗品	①	150 千円		150 千円
高圧実験用超硬材料	①、②、③	200 千円		200 千円
高圧実験用容器	②、④	100 千円		100 千円
圧力セル部品	②、③		110 千円	110 千円
低温用校正済温度計	②		130 千円	130 千円
旅費				
成果発表:国際会議 (開催地:東京都)	②	100 千円		100 千円
成果発表:日本物理学会 (開催地:大阪府・堺市)	②、④	100 千円	100 千円	200 千円
合 計		2,000 千円	500 千円	2,500 千円

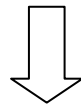
10. 研究の概念図 研究の目的, 計画, 効果, 研究期間終了後の成果の活用, 展望などをわかりやすく示す図を貼り付けて下さい。



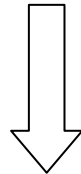
既に世界レベルの技術を確立

研究目的: 高圧電気抵抗(基礎マクロ物性)技術の確立

- 効果1: 良質試料合成への迅速なフィードバックが可能
(新超伝導物質の開発も期待される)
- 効果2: 超伝導機構研究のより一層の促進
- 効果3: ミクロ・マクロ両側面からの研究体制の充実
(高圧物性の研究拠点の確立)



多彩な実験手段による圧力誘起超伝導の豊富な知見が得られる.



武藤哲也
超伝導理論
(理論物性)

世界レベルの研究成果の地方からの発信を目指す.

成果の活用と展望

- (1) 著名雑誌への成果公表
JPSJ, PRL, Science, ...
- (2) 大型外部資金の確保
科研費B以上、新学術領域研究への参加