

研究種目：特定領域研究

研究期間：2007～2011

課題番号：19051010

研究課題名（和文） 配列ナノ空間物質の極限環境下（強磁場・高圧）物性

研究課題名（英文） Material Studies in Regulated Nano-Spaces under Extreme Conditions

研究代表者

萩原 政幸 (HAGIWARA MASAYUKI)

大阪大学・極限量子科学研究センター・教授

研究者番号：10221491

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・物性 II

キーワード：配列ナノ物質、極限環境、強磁場磁化、強磁場 ESR、高圧物性

1. 研究計画の概要

物質開拓グループで創製された配列ナノ空間物質について、強磁場磁化測定や多周波数にわたる電子スピン共鳴(ESR)測定を通して、磁気物性を調べ電子状態や磁気構造の知見を得ることと超高圧力下で電子状態の変化をもたらし、ナノ空間中の物質（クラスターや超分子）と周りの環境が如何に関わり合い、どのように作用しあっているのかを解明することを目的とする。具体的には極限環境下（超強磁場、超高圧）における配列ナノ空間スピン系、電子系の応答を研究する。常圧下の強磁場磁化測定、多周波 ESR 測定、高圧下の強磁場磁化測定、そして超高圧下での磁化、電気抵抗測定などを計画し、分担者のそれぞれの専門分野と専門分野を超えた協力関係で実験を進めて行き、配列ナノ空間物質の強磁場、高圧物性を明らかにする。

2. 研究の進捗状況

ゼオライト中にアルカリイオンをロードした試料での強磁場磁化測定及び多周波 ESR 測定を行った。ゼオライト A 中 K クラスターの強磁場磁化は 1.3 K で 25 テスラあたりから急激な増加が観測され、キュリー定数から予想される最大磁化より大きな磁化が観測されたが、これはこのゼオライトの K クラスターの特異な電子状態を反映しているものと考えられる。大きなスピン軌道相互作用を考慮した解析により少なくとも定性的な解釈を得ることはできた。

ゼオライト LSX 中に Na や K クラスターをロードした試料ではこれらの組成比でフェリ磁性転移する温度や磁化の振る舞いが異なり、また、飽和磁化の大きさも大きく異なる

ことがわかった。

ゼオライトの一種であるソーダライト中 Na クラスターの反強磁性共鳴シグナルを観測し、弱い容易面型異方性をもつハイゼンベルグ型スピンの反強磁性共鳴で実験結果をシミュレートできた。

FeSe の低温・高圧力下の放射光 X 線回折実験と電気抵抗測定により、 T_c が圧力下で 2 元系超伝導体の中ではかなり高温に達して再び降下することや、層状結晶構造の面間・面内の圧縮の異方性と圧力誘起構造相転移を見だし、超伝導と結晶構造の関連について議論した。また、 $\text{FeSe}_{0.25}\text{Te}_{0.75}$ の焼結体試料では 50 T までの磁場中の電気抵抗測定から上部臨界磁場を決定し、常磁性対破壊効果によるものとわかった。

3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している。

（理由）

多周波 ESR を用いたゼオライトの研究ではソーダライト中 Na クラスターからの反強磁性共鳴で論文発表もすでに二報されているが、LSX 中 NaK クラスターの強磁場磁化では実験データは出ているものの解釈が難しく論文発表には至っていない。圧力下での物性研究も 3 年目になってゼオライト、クラスレート系での成果が出てきている。鉄系超伝導体の研究ではすでに超強磁場電気抵抗測定と圧力下電気抵抗測定の結果が二報論文になっている。

4. 今後の研究の推進方策

物質開拓グループとの連絡をさらに密にして研究を加速させる。3 年目になって実験結

果がやっと出てきたものもあるのでそれらに関して論文記載を急ぐ。ゼオライトやクラスレート以外の配列ナノ空間物質での実験も視野に入れ、測定対象を広げる。ゼオライトにおいてパルス強磁場下での ESR 測定結果が出ていないので試料セッティングに工夫をこらして何か成果を出したいと考えている。

5. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕(計5件)

1. T. Kashiwagi, T. Nakano, A. Hanazawa, Y. Nozue and M. Hagiwara, Antiferromagnetic resonance studies of sodalite loaded with sodium by multi-frequency ESR, *J. Phys. Chem. Solids* **71**, (2010) 544-547. (査読有)
2. S. Margadonna, Y. Takabayashi, Y. Ohishi, Y. Mizuguchi, Y. Takano, T. Kagayama, T. Nakagawa, M. Takata, and K. Prassides, Pressure evolution of the low-temperature crystal structure and bonding of the superconductor FeSe ($T_c=37$ K), *Phys. Rev. B* **80**, (2009) 064506-1-10. (査読有)
3. T. Kida, T. Matsunaga, M. Hagiwara, Y. Mizuguchi, Y. Takano, and K. Kindo, Upper Critical Fields of the II-System Iron-Chalcogenide Superconductor FeSe_{0.25}Te_{0.75}, *J. Phys. Soc. Jpn.* **78**, (2009) 113701-1-4. (査読有)
4. T. Nakano, T. Kashiwagi, A. Hanazawa, K. Watanabe, M. Hagiwara, and Y. Nozue, Antiferromagnetic Resonance in Sodium Clusters in Sodalite, *J. Phys. Soc. Jpn.* **78**, (2009) 084723-1-5. (査読有)
5. T. Nakano, D. Kiniwa, A. Matsuo, K. Kindo and Y. Nozue, Anomalous magnetization of potassium clusters incorporated into zeolite A at high magnetic field, *J. Magn. & Magn. Mater.*, **310**, (2007) E295-E297. (査読有)

〔学会発表〕(計20件、5件記載)

1. T. Kashiwagi, T. Nakano, H. Hanazawa, Y. Nozue, and M. Hagiwara, Antiferromagnetic resonance studies of sodalite loaded with Na by Multi-frequency ESR, ISIC15 satellite meeting, Peijing, China, May 14-15, 2009.
2. K. Nakama, T. Kagayama, K. Shimizu, High Pressure Synthesis and Electrical Resistance Measurement of Ba_{1-x}K_xBiO₃, 2nd SKLSHM-KYOKUGEN workshop, Changchun, China, Dec. 9-10, 2009.
3. 三宅厚志、田中茂揮、加賀山朋子、清水克哉、谷垣勝己、クラスレート超伝導体Ba₂₄Ge₁₀₀の高圧力下電気抵抗・比熱測定、日本物理学会秋季大会、熊本、9月25日(2009).
4. 中野岳仁、ズオン・ティ・ハン、後藤輝生、松尾晶、金道浩一、野末泰夫、ゼオライトLSX中のNa-Kクラスターのフェリ磁性強磁場磁化過程 III、日本物理学会秋季年会、熊本、9月25日、(2009).
5. 中野岳仁、花澤宏文、柏木隆成、萩原政幸、野末泰夫、ソーダライト中アルカリ金属クラスターの反強磁性共鳴、日本物理学会 2008 年秋季年会、盛岡、9月23日、(2008)