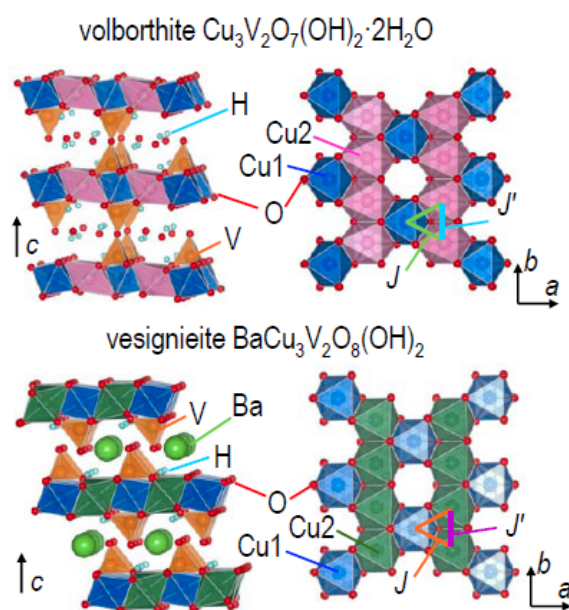


平成20年度の領域の研究成果

フラストレーション研究のコアとなってきた磁性分野において近年大きな興味を集めているトピックとして「**量子スピン液体**」がある。フラストレーションと量子効果のためスピンの極低温まで秩序化できず、新しい量子状態を形成するのではないかと期待されている。広井（エ班分担者）、岡本、吉田誠、瀧川（以上、東大物性研）らは、volborthite として知られる僅かな結晶歪を伴った **S=1/2 カゴメ反強磁性体**の純良試料合成に成功し、この系が低温まで通常の長距離スピン秩序を示さないスピン液体状態にあることを示すとともに、 $T=1\text{K}$ で NMR 緩和時間に相転移的なアノマリーが観測されること、また低温磁化過程に特徴的な多段ステップが現れることを明らかにした [H.Yoshida et al, J. Phys. Soc. Jpn. **78**, 043704 (2009)]。この系の低温量子状態の解明に、大きな興味を持たれるところである。広井、岡本らは、結晶歪が極めて小さい **S=1/2 カゴメ反強磁性体 vesignieite** の合成に成功し、この系が低温まで、通常の長距離スピン秩序を示さないスピン液体状態にあることを示した [Y.Okamoto et al, J. Phys. Soc. Jpn. **78**, 033701 (2009)]。中澤（公募班代表者）、鹿野田（東大工）らは、**S=1/2 3角格子有機反強磁性体** κ -(BEDT-TTF)₂Cu₂(CN)₃ の比熱の精密測定を行い、この物質がモット絶縁体であるにもかかわらず、有限の電子比熱係数を持つ温度に比例した低温比熱を示すことを明らかにした [S.Yamashita et al, Nature Physics, **4**, 459 (2008)]。また、東（キ班分担者）、松田（キ班分担者）らは、**S=3/2 のハニーコム格子反強磁性体** Bi₃Mn₄O₁₂(NO₃) を合成し、この系が低温まで通常の長距離スピン秩序を示さないスピン液体状態にあることを示した [O.Smirnova et al, J. Am. Chem. Soc., in press]。



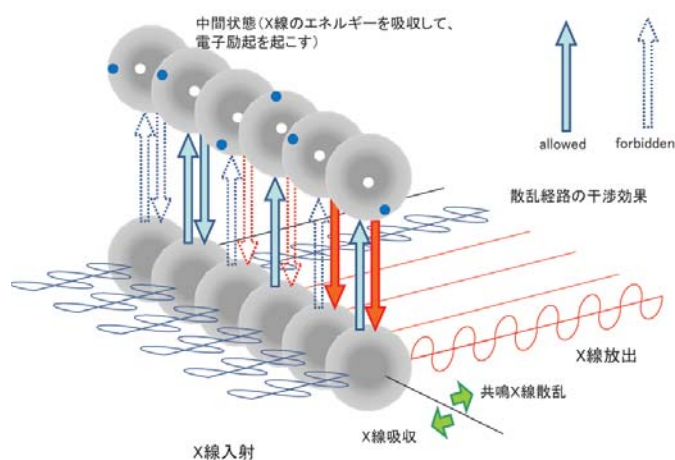
フラストレート磁性体は低温で何らかの秩序を形成する場合も多いが、そこで実現する秩序はしばしばフラストレーションがない場合とは異なった新奇なものとなる。中辻（エ班分担者）、MacLaughlin (UC)、萩原（阪大極限セ）らは、**S=1 3角格子反強磁性体** NiGa₂S₄ の磁気秩序化を μ SR および ESR で実験的に調べ、この系が、磁化率に弱いアノマリーが現われる温度 **8.5K** において動的諸量に顕著なアノマリーを伴う相転移を示すことを見出した [D.E. MacLaughlin et al, Phys. Rev. **B78**, 22403(R) (2008); H. Yamaguchi et

al, Phys. Rev. B78, 18404(R) (2008)]. ただし、低温相でもスピンは完全には凍結せず、MHz程度の周波数を持って揺らいでいる。8.5 Kの転移は、スピングラスを含めた通常の磁気転移とは異なる**新しい2次元の磁気転移**である可能性が高く、その解明に興味を持たれる。

スピングラスは、フラストレートしたランダム系として、長年その秩序化の問題が、磁性物理・統計物理分野で中心課題となってきた問題である。川村（イ班代表者、領域代表）らは、カノニカルスピングラスの標準モデルとして知られる3次元ハイゼンベルグ・スピングラスに対し大規模モンテカルロシミュレーションを行い、この系で「**スピン-カイラリティ分離**」が起きている、即ちカイラリティのガラス転移がスピンのガラス転移より高温で起きていることの数値的証拠を得た [D.X. Viet and H. Kawamura, Phys. Rev. Letters **102**, 027202 (2009)]. この結果は、スピングラス転移のカイラリティ機構を支持するものである。

磁性が強誘電性と共存する所謂「**マルチフェロイック系**」は、応用上の興味もあって、近年特に大きな注目を集めている。その際、フラストレーションが誘起する**ベクトル・スピンカイラリティ**が電気分極とカップルする機構が、マルチフェロのメインの機構として認識されてきた。小野田（公募班代表者）らは、 $S=1/2$ のジグザグ鎖1次元ハイゼンベルグモデルの量子ダイナミクスを、擬1次元マルチフェロイック物質 LiCuVO_4 を念頭に理論的に解析し、カイラリティのソリトン対の励起がギャップレスの誘電応答として観測される可能性を指摘した [S.Furukawa et al, J. Phys. Soc. Jpn. **77**, 123712 (2008)].

5d 電子系は、物性物理分野では比較的研究が立ち遅れている系であるが、フラストレート系としても大変注目される物質群を含んでいる。有馬（オ班代表者）、高木（キ班分担者）らは、 Sr_2IrO_4 の磁気構造を**X線散乱**のみで決定することに成功するとともに、Irの基底状態が $S=1/2$ ではなく、 $J_{\text{eff}} = L-S = 1/2$ という5d電子系特有の状態であることを、Irの共鳴散乱強度スペクトルから明らかにした [B.J.Kim et al, Science **323**, 1329 (2009); 朝日新聞、日経産業新聞]。この結果から、5d電子系の実験手法としてのX線散乱の有用性が示された。



伝導性を有するフラストレート物質の輸送特性も本特定のターゲットの1つであるが、井口（公募班分担者）、花咲（エ班分担者）、田口（公募班代表者）、十倉（評価者）らは、希土類イオン半径の変化によって強磁性金属-スピングラス絶縁体転移を示す一連のモリブデン・パイロクロア酸化物 $R_2Mo_2O_7$ ($R=Nd, Sm, \dots Dy$) において、16-18GPa までの超高压下での抵抗率、磁化率の測定を行い、圧力によって増強された反強磁性相互作用に伴うフラストレーションにより、散乱確率が低温でも減少しない**非フェルミ液体的な異常金属相**を新たに見出した [S.Iguchi et al, Phys. Rev. Letters **192**, 136407 (2009)]。

フラストレート系の新物性を探求する上で、**新物質合成**はその成否を握る重要なファクターである。陰山（ウ班代表者）らは、新しい低温還元反応によって、前年度の $SrFeO_2$ に引き続き、鉄が**梯子格子**を組む $Sr_3Fe_2O_5$ の合成に成功した。これによって、フラストレーションを持つような平面正方配位の鉄酸化物が自在に設計できる途が拓けた [H.Kageyama et al, Angew. Chem. Int. Ed. **47**, 5740 (2008); 朝日新聞、日本経済新聞]。