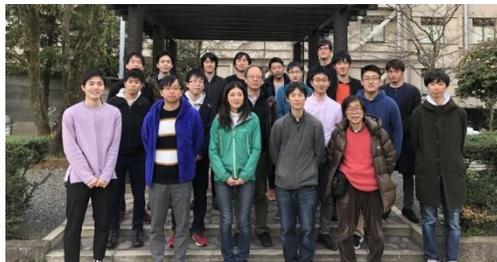
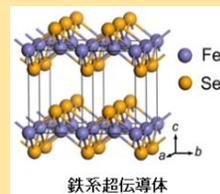


本研究室では、強相関電子系の様々な振る舞い、特に**高温超伝導現象**、**重い電子系**、**新奇電子状態**、**量子臨界現象**、**量子スピン系**等に興味を持って研究を行っています。実験手段として、**極低温・強磁場中における電子輸送現象測定**、**熱測定**、**磁気応答測定**、**走査型トンネル顕微鏡測定**などの各種精密測定により特異で興味深い電子状態の研究をしています。また、純良単結晶や、自然界に存在しない人工結晶の作製にも力を注いでおり、特に独自の**分子線エピタキシー法**を用いた**重い電子系の人工超格子の作製**にも取り組んでいます。



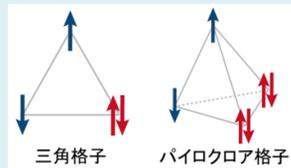
## 高温超伝導

超伝導は物質中の電子間に引力が働いてクーパー対と呼ばれる電子対を形成し、電子対がある種のポーズ・アインシュタイン凝縮することで発現する相転移現象です。超伝導の基本的なメカニズムは1950年代に提唱されたBCS理論によってほぼ解明され、対形成はフォノンを媒介した引力により起きていると説明されてきました。しかしながらここ30年ほどの間に新たに発見された銅酸化物や鉄系超伝導体などにおいては、従来のBCS理論では説明できないほど高い転移温度が実現しています。これらの非従来型の超伝導体で高い転移温度が実現するメカニズムが解明できれば、より高い転移温度を実現させるための物質設計が可能となるかもしれません。当研究室ではこのような高温超伝導現象の発現機構の解明を目的とした研究を長年にわたり精力的に行っており、数多くの重要な成果を挙げています。さらには、新しい超伝導現象の実験的観測を目指した研究も行っています。試料合成や磁気トルク、比熱、熱伝導などの様々な実験手法を駆使し、長年の問題を明らかにするだけでなく、超伝導研究に新展開をもたらすことを目指しています。



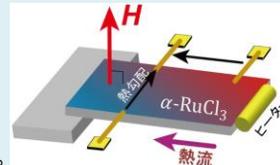
## 量子スピン液体

ほとんどの絶縁体スピン系を冷やしていくと、電子スピンは規則的に整列し、強磁性や反強磁性などの長距離秩序相への相転移が起こります。しかしある種の物質では、強い量子揺らぎの効果から絶対零度でも長距離秩序を示さず、スピンが揺らぎ続ける「量子スピン液体」という状態が実現する場合があります。量子スピン液体状態ではスピンの量子力学的に強くエンタングルしており、トポジカルな秩序で特徴づけられるなど、現代物理学の最重要課題を含む非常に興味深い研究対象となっています。さらには素励起としてスピンの分裂が新たな粒子として振る舞うことが明らかになってきました。当研究室では、極低温熱伝導や比熱測定を行い、絶縁体にも関わらず熱を運ぶ新奇な創発準粒子が存在していることを示してきました。



## キタエフスピン液体における熱ホール効果の測定

近年、物質中に準粒子として「マヨラナ粒子」が現れることが提唱され、注目されています。マヨラナ粒子は自分自身が反粒子という奇妙な粒子ですが、理論的提唱から80年以上も未発見であった謎の粒子です。ある条件の下ではマヨラナ粒子は「非可換エニオン」として振る舞い、ノイズに対して強く安定な「トポジカル量子コンピューター」への応用が期待されています。我々は最近、量子スピン液体候補物質である $\alpha$ - $\text{RuCl}_3$ における熱ホール測定を行い、マヨラナ粒子の決定的な証拠を与える熱ホール伝導度の半整数量子化を確認しました。素粒子としてはありませんが、マヨラナ粒子の発見に等しい成果です。さらに基礎研究の深化や応用展開を目指し、研究を進めています。

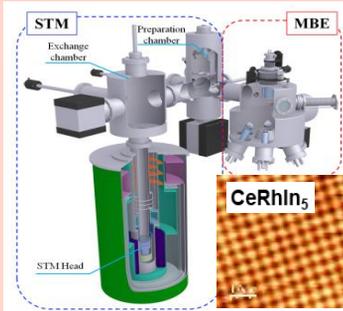


## 重い電子系

電子間に強い相互作用が働く系では、例えば電子の有効質量が自由電子の質量に比べ1000倍以上になる「重い電子系」と呼ばれる特異な電子状態が実現しています。当研究室では、分子線エピタキシー(MBE)法による重い電子系化合物の薄膜作製に世界で初めて成功し、さらに原子レベルの分解能を持つ走査型トンネル顕微鏡(STM)で試料を大気に晒すことなく清浄表面の電子状態を測定するシステムを構築し、重い電子系の研究を行っています。

## 人工超格子

MBEを用いて、異種物質を交互積層することにより、自然界には存在しない人工結晶の作製を行っています。例えば、超伝導と反強磁性秩序の二つの性質を併せ持つ超格子の作製に成功しています。圧力測定などにより物性変化を詳細に調べることで、重い電子系における磁性と超伝導の関係の解明、さらには超伝導発現機構の解明に取り組んでいます。



## 近藤絶縁体

重い電子系の一つである $\text{YbB}_{12}$ では、低温で絶縁体状態であるにもかかわらず、通常は金属で現れる量子振動現象を観測し、奇妙な電子状態が実現していることを明らかにしました。当研究室では熱伝導・比熱測定により、その特殊な励起状態を調べています。一方、 $\text{YbB}_{12}$ は近年物性物理学で盛んに研究されているトポジカル物性の概念から理解できる可能性が指摘されています。トポジカル絶縁体と呼ばれる物質は、バルクが絶縁体である一方で、その表面にはスピンと運動量が固定された伝導電子が存在するという特徴をもちます。 $\text{YbB}_{12}$ は従来の理論で説明できない新しいトポジカル絶縁体だとも考えられており、集束イオンビームを用いた超微細加工技術、欧米の強磁場(~100 T)施設を駆使して $\text{YbB}_{12}$ におけるトポジカルな性質に起因した特殊な表面状態を研究しています。