



実験装置の図：極低温・高圧下赤外テラヘルツ反射分光を行うためのクライオスタットとダイヤモンドアンビル高圧セル（DAC）の図（a）、DAC内の試料等の図（b）およびUVSOR-IIのテラヘルツ顕微ステーションでの実験写真

磁性と“重い電子”は共存するか？

極低温・高圧力下の電子の状態

分子研グループ 直接観測に成功

重い電子系の分野では、磁性が現れる状態と現れない状態の境界で電子構造の大きな変化が現れるかどうかの研究がなされてきた。分子科学研究所極端紫外光研究施設の木村真一准教授および総合研究大学院大学物理科学研究科博士課程学生の飯塚拓也氏、韓国・大邱慶北科学技術院（DGI）のSeung Yon教授らの研究グループは、インジウム化セリウム（CeIn₃）の重い電子を生み出す電子の状態が磁性を持つ反強磁性相内でも存在し、スピンドensity波模型と呼ばれる理論で説明できることを明らかにすることに成功した。

磁性が現れる状態と現れない状態の境界を測定するためには、従来行ってきた温度を変えながらの赤外テラヘルツ反射分光の測定ではなく、試料に外部から高い圧力を加えながらの測定を、磁気転移温度以下の極低温で行う必要がある。また、高圧を発生させることができない空間が極めて狭く、その空間にテラヘルツ光を集光するためには、高輝度な光源が必要となる。

そこで研究グループでは、CeIn₃の電子の状態を、外部から圧力を加えて混成強度を変化させながら、詳細に調べた。実験は、-267℃（6K）の温度下と高圧力という複合環境下においても電子の状態を決定できる低温・高圧下テラヘルツ反射分光法という手法を開発。分子研の極端紫外光研究施設（UVSOR-II）のシンクロトロン光に組み合わせることで行われた。テラヘルツ帯は、光と電波の狭間の領域で、これまで強い光源がなかったために「テラヘルツギャップ」と呼ばれていた。UVSOR-IIからのシンクロトロン光は、そのギャップを埋める強力な光源である。

実験の結果、重い電子の存在を裏付けるc-f混成（伝導電子と4f電子の混合）は、磁性を持った状態からすでに現れ、c-f混成の大きさは、圧力とともに連続的に増加することを初めて観測できた。このことは、圧力によって重い電子が成長することを直接観測したものだ。また、c-f混成が磁性を持った状態ですでに観測されることが、磁性のある状態ですでに重い電子が存在することを見いだすことができた。この成果は、CeIn₃の電子構造変化は、近藤崩壊模型ではなくスピンドensity波模型で説明できるとしている。

木村准教授の話「今回はインジウム化セリウムという重い電子系の典型物質の測定でしたが、さらに多くの試料の測定を行い、普遍的な結論を得たいと考えています。このような圧力による電子構造変化の測定は、遷移金属酸化物や有機伝導体のエキゾチックな物性の起源を調べるのにも有効であり、これらの物質の測定も行っていきたい」