Osaka University Knowledge Archive

Title	低温と重い電子系の物理
Author(s)	大貫, 惇睦
Citation	大阪大学低温センターだより. 1997, 100, p. 9-10
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/10779
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

低温と重い電子系の物理

理学研究科　大 貫　惇 睦（内線5368）
E－mail:onuki@phys.sci.osaka－u.ac.jp

f電子系が関係する「重い電子系*」の物理をこの10年余研究している。研究経過のある段階で何かが見えてくるときがある。最初は$CeCu_6$の発見であった。

筑波大学の小松原武美教授に誘われて、講師で赴任し、２年間経ったときである。セリウム化合物の4f電子は局在性が比較的強く、伝導電子と混成して近藤効果*を引き起こす。ただし、低温ではRKKY*の磁気的相互作用が打ち勝って、反強磁性になってしまう。当時は反強磁性にならない近藤物質はあるのか、それはどういう性質なのかということが話題であった。近藤効果そのものを知らなかったので、$Ce_xLa_{1-x}Al_2$（$x=0\sim1$）の単結晶を10種類ぐらい育成し、Ceの温度が比較的希薄な$Ce_{0.1}La_{0.9}Al_2$で起こっている近藤効果が、はたしてCeの濃度xを増やしていっても近藤効果は実現するのかの研究から開始した。初歩から始めたこの研究は、自分にはいい勉強になった。3d電子系で起った近藤効果は希薄系でのみ実現する。しかし、Ce化合物では高濃度でも実現し、$CeAl_2$でも起きていることが、電気抵抗や帯磁率から実証できた。

しかし、この研究でしみじみ思ったのは、低温では反強磁性になることであった。立方晶の結晶構造に原因があるのではないか、出来るだけCe間の距離が長い方が良いのではないのかというのが最初の閃きであった。これが斜方晶の$CeCu_6$の発見に至る経緯である。電子比熱係数が1600mJ／K^2・molあり、磁気秩序がない重い電子系の典型物質であると今日認知されているが、この分野の研究に足を踏み入れて３年目の研究成果である。

ある時期、毎年のように新しい実験手段、例えば、磁化、磁気抵抗、比熱等々と実験装置を作っていた。そうするうちに気が付いたのは、そこそこの温度とそこそこの磁場での実験は誰にでもできることだと思えた。この実験手段にこの人ありと際立つことが重要ではないのか。$CeCu_6$の物質を発見したとき、我国のいろいろな研究グループに測定の共同研究を願ったが、その時自然とお頼みした方々は、その測定が希釈冷凍機の温度まで可能な一流の方々であった。やはり、磁場とか温度とかに関して、先鋭化した研究環境を作ることであろうと実感した。それは重い電子系は１K以下の低温で形成されるからである。私が目指したのは、ドハース・ファンアルフェン効果という伝導電子の磁場による量子現象の実験手法であり、20mKの低温と15Tの強磁場下での実験ができる環境をその後整備した。電子の静止質量m_0の120倍も重い伝導電子を金材技研の青木晴善さんと$CeRu_2Si_2$で検出したのも大きな励みとなった。一部の人を除いて、アイデアだけで研究が創造できる時代は過ぎたのではないか。それ相当の研究設備のもとで、緊張の中に身をおいて研究しないと、アイデアも予期せぬ出来事もないということである。

また、最後に自分を変えたいと思うときがしばしばある。大げさにいうと自己変革である。合成科学者と昔、インターカレーションの化合物の合成やバッテリィーの研究をしたことがあるが、考え方や実

験方法に異質なものを感じた。考える言葉も違うのである。外国の大学や研究所に長期間滞在し、向こうの研究者と一緒に仕事をすると異質な考え方に触れることになるが、これも大きな刺激になる。どんな研究でもある程度研究を行うと、それ以上進歩しなくなる。そのためには、自己変革が必要ではなかろうか。筑波大学から大阪大学に移ったのは、上述の意味もあった。大阪大学は研究者の層が厚いので、いろんな方々と接するが、なかでも基礎工の北岡良雄さんなどとしょっちゅう議論することが多い。

最近の北岡さんとの成果はUPt_3の奇パリティ超伝導であろう。フォノンを媒介とする電子対のs波のBCS超伝導に変わって、パラマグノンや何らかのマグノンが媒介となる新しい超伝導である。超伝導の混合状態でもドハース・ファンアルフェン振動が、$CeRu_2$やURu_2Si_2で検出できるようになった。異方的なギャップを持つ超伝導*を、もうしばらく研究したいと思う。

用語説明

近藤効果　局在スピン（3d，f電子）が伝導電子のスピンによって打ち消されるような相互作用

RKKY（Ruderman－Kittel－Kasuya－Yosida）相互作用　希土類やウラン化合物の局在したｆ電子が伝導電子を媒介として磁気秩序を起こす相互作用。

重い電子系　局在4f電子は結晶場で分裂する。その基底状態の二重項の磁気エントロピーRln2が、近藤効果によって伝導電子の電子比熱係数に変貌した電子系を言う。

異方的超伝導　s波のBCS超伝導以外に、d波（スピン一重項、偶パリティ）、p波（スピン三重項、奇パリティ）の超伝導が重い電子系や高温超伝導体で発現している。