

(1) f 元素国際会議

まずイントロとして、主題にまつわる最近の話題からはじめよう。希土類に関係ある国際会議に IREC と ICL A がある。ICL A は前回リスボンで第 2 回会議が行われ、IREC は前回第 18 回会議がウィスコンシンで開かれた。この 2 つの会議は f 元素という点で共通の基盤をもっているため、次回からは合同して IC F E (International Conference on f-elements) として拡大再出発することとなった。その第 1 回会議が 1990 年 9 月ベルギーはルクセンブルグの東 20 キロの風光明媚の地ロイフエンで開催される予定である。

この会議でとりあげられるセッションを次に示すが、これで f 元素の学術展開の様相をほぼ把握することができるであろう。

- (A) f 電子理論, スペクトロスコピー
- (B) 配位化学
- (C) 分析, 環境化学
- (D) 活性触媒, 有機金属化学
- (E) 固体物理化学
- (F) 精錬, 新希土合金, 超電導

さて……何故このような前書きを書いたのであるか。それは実は新しい磁性材料の開発の理念がここにあるからである。これら f 元素の物性を支配するものが fermion であり、その異常な挙動は理論家にとっても物理学のフロンティアと云ってよいが、材料開発者にとっても、未来指向型磁性材は、この辺から発生すると信ぜられるのである。

(2) fermion とは何か?

まず原子を構成する電子の準位構造を示せば、附表の通りである。ここでは d 系及び f 系の遷移元素が示されている。表に示されて

いる通り、一般に s, p 電子は結晶を構成した場合には放出されて伝導電子となり、これらの物質は金属あるいは半導体として、電子材料の主役をなしていることは、周知の通りである。

表 d-f ハイブリッドの基礎

No.	元素	系 列	3s 3p 3d	4s 4p 4d 4f	5s 5p 5d 5f	6s 6p 6d	7s	
21	Sc	3 d 系	磁性 電子	2 2 2 1 2 2 2 2	伝導電子			
22	Ti							
23	V							
24	Cr							
25	Mn							
26	Fe							
27	Co							
28	Ni							
39	Y	4 d 系		磁性 電子	2 2 1 1 2 1 1	伝導電子		
40	Zr							
41	Nb							
42	Mo							
43	Tc							
44	Ru							
45	Rh							
58	Ce	4 f 系	磁性電子	1 2 4 5 6 7 7 8 10 11 12 13	伝導 電子	1 1 1 1	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	
59	Pr							
60	Nd							
61	Pm							
62	Sm							
63	Eu							
64	Gd							
65	Tb							
66	Dy							
67	Ho							
68	Er							
69	Tm							
71	Lu	5 d 系			磁性 原子	1 2 3 4 5 6 9 9	2 2 2 2 2 2 1	
72	Hf							
73	Ta							
74	W							
75	Re							
76	Os							
77	Ir							
78	Pt							
88	Ra	5 f 系			磁性原子	2 3 5 6 7	伝導 電子	1 2 2 1 2 2 2
89	Ac							
90	Th							
91	Pa							
92	U							
93	Np							
94	Pu							
95	Am							

他方 d, f 電子は角運動量が大きく、従って遠心力で核に強くおしつけられた形となり、強い局在性を保つことになる。これら d 及び f 電子は、どのような特徴をもつであろうか。

3 d 元素を例にとると、最外殻の 4 s 電子が放出されて伝導電子となる。その結果 3 d 電子は外界に対して裸となり、外界の影響を受けやすくなる。ゆえにエネルギー準位は広がってバンドを形成し、このバンドは隣の原子のバンドと重なり、結局 3 d 電子は局在することなく、各原子を巡廻し、固有の軌道モーメントをもたない。ゆえに磁性はスピンのみによって発生する。

4 f 元素を例にとると、この電子準位の一般構造はつぎの通りである。

(Xe 殻) + 4 fⁿ 5 s² 5 p⁶ 5 d¹ 6 s²
 結晶中では外側の 5 d¹ 6 s² の 3 個の電子が自由電子として放出される。しかし肝心の 4 f 準位は外側に 5 s, 5 p で守られた形となる。ゆえに 4 f バンドの広がり是小で、4 f 電子は各原子に局在した形となり、従って磁気としては、軌道とスピンの両方の磁気モーメントを持つことになる。

以上で説明したように、f 電子は磁性として特異であるのみならず、他の物性においても多くの異常性が認められるようになった。そこでこれらの特異物性を解明するための理念が樹てられるようになり、これを heavy fermion 説という。

例えば希土類物質の中で、LaB₆ は f 電子をもたないので、正常な伝導挙動を示すが、CeB₆, GdB₆ などは 4 f 電子をもつため、電気伝導に異常があり、超電導的挙動を示す。また新しい Kondo 効果を示すことも論議されている。

これらの現象は 4 f 電子のみならず、5 f 電子系のアクチナイド物質にも展開する。これらの解明は、最近の新超電導材料の機構解明、強反磁性体の発展に寄与するであろう。

(3) f-dハイブリッド材料へ拡大

以上のように、f 系電子が磁性材料として注目の中心となり、これに対して d 系電子が協力する形で磁性材料は展開して行く。f 系電子としては従来は希土 R が主体であり、d 系電子としては 3 d 系 Fe, Co, Ni 及びその前後の元素が主体となり、いわゆる RT ハイブリッド型の材料が、今日の希土類磁石として実用材料として認知されている。この RT ハイブリッドは f-d ハイブリッドの 1 例にすぎない。他に 6 d 系として 4 d, 5 d があり、f 系として 5 f がある。従って今後の新磁性材料はこれらの新しい f-d ハイブリッドの中より展開すると考えられ、すでに幾つかの萌芽が見られている。これらの状況を示せば図の通りである。特にボンド磁石関係は、異質のハイブリッドとして、有機磁性体あるいは医薬品として注目されている有機ハイブリッド磁性体の新分野への展開が期待される所である。

