

# 物性研だより

第18卷  
第2号

1978年7月

## 目 次

○物性研を辞任して	櫛田孝司	1
研究室だより		
○斯波研究室	斯波弘行	6
○安岡研究室	安岡弘志	17
物性研談話会		34
物性小委員会報告		37
物性研ニュース		
○助手公募		42
○人事異動		43
○テクニカルレポート新刊リスト		44
編集後記		

東京大学物性研究所

## 物性研を辞任して

阪大・理 極 田 孝 司

物性研に丁度 8 年間お世話になり、昨年夏、現在の職場に移りました。この 3 月までは物性研に修士の学生を残していたり論文のまとめの仕事が残っていたりでゆっくりできず、やっと最近どうやら落着いて新しい仕事に着手したところです。

思い返せば物性研での 8 年は長いようでもあり、あっと云う間に過ぎたような気もします。大学を出てすぐ企業の研究所に入り 10 年間を過ごした後に物性研に移りましたから、最初は環境の違いなどで大変苦しみました。日本では未だ会社をやめること自体が普通のことではありませんでしたし、物性研らしい研究をやらねばならないと云う大きな責任を感じながら、力不足は勿論のこと、それまで企業にあっては自ら興味の持ち方も違っていましたし、新任と云っても分光器 1 台を購入したら（それもお金がないからと約 3 割の大幅な値引きをしてもらってですが）何も残らないと云った研究費の状態でしたから何事も思うようにはならず、そのストレスは大変なものでした。その上、通勤に時間を取られてくたくたにはなるし、父をなくしたショックも重なってとうとう急性胃炎から肝炎を起こして数ヶ月入院するはめになりました。このような状態から抜け出してどうにか研究らしきものができるようになったのは塩谷先生を初めまわりの方々の激励や援助のお陰であり、また光波物性の特別設備費によって共通に使える装置が入ったこともあります、更に助手、技官、院生など若い諸君の活発な仕事が大きな力となりました。

その様な苦しい経験をしながら、やっと少し余裕ができ始めた時にまた職場を変えるのですから、私はよほど移り気なかもしれません。二回の転職とも、それまでの仕事場に不満があった訳でもなく、むしろ大変恵まれていると思っていましたし、移ることにより条件が格段に良くなると云う訳でもなく、何か別の新たな展望が開けるのではないかと云うことにつまらない魅力を感じたと云うことだと思います。もちろん人事交流の事も頭にありましたし、丁度助手が入れ替り、DC コースも空になるというチャンスは滅多にないことでもありました。しかし一方、移るとなると他の方に色々と御迷惑を掛けることもありますし、物性研としても転換を計るべく将来計画を真剣に論じている時期もあり、さらに家の問題だの家族の問題だの大変なことも沢山あって随分迷いました。多くの方々にも相談にのって頂きましたが、結局はより広い世界が開けられるのではないかという期待（と云うより幻想かもしれません）に自分自身が抗することができず移るという結果になりました。

最近になってやっと少し余裕をもってまわりを見まわすことができるようになったばかりで、未だ外から見た物性研について書けるような状態ではありませんが、物性研について何か一言述べることが私の義務かと思います。物性研に移って私がまず初めに驚いたのは非常な真剣さを持って全国の物性研究者のものとしての物性研と云うものを議論していたことでした。将来問題として共同利用のあり方、大学院問題、人事交流と任期制など色々の事柄が何度も分けて所員会で夜おそくまで議論されました。それまで殆ど何も知らなかった私にも、その議論を通して物性研と云うものが段々と分かってきました。しかし、そもそも真の共同利用とは一体どんな事なのかと云うことになると、これが仲々難問で、未だにこうだと云うすっきりした答が容易には出できません。私がどうにか到達した結論は広い意味での人の交流、研究の交流こそが物性研の共同利用として最も期待されるものではないかと云うことです。実際に、これまで研究会、共同研究、施設利用と云った有形のものは云うに及ばず、外国研究者との具体的な交流などから、物性研でどんな研究が行われているかを外から興味をもって眺めると云った事まで含めて、この面で果した物性研の役割は大きなものがあると思います。全国至る所で物性研OBの方にお目に掛かりますから、しばらくでも滞在して研究された人も含めるとその数は相当なものになるでしょう。

最近では助手の転出もかなり困難となり、人事交流を支えている助手の任期制に色々と問題が出て来ていることは事実です。さしたるあても無いまま任期延長を繰返したり外国へ出て行ったりする助手の精神的な負担は非常に大きいものでしようし、それはまた、研究にとっても大きなマイナスです。また、自分達だけに任期がついていると云う意識がきわだち、助手層には自分達をお客さんと云った感覚でとらえている人もかなり居ると聞きます。これは助手は所の運営に余りタッチしないようになっていると云った面からも来るのでしょうか、それもできるだけ研究の方に全力投球して転出の際にも少しでも有利になるようにと所員の方で気を使っているためもあるのであって、助手の任期制は所員にもかなりの負担になっています。

しかしながら私自身は、やはり人事交流は共同利用の一つとして物性研に課せられた使命であり、助手の任期制は全国の物性研究者の協力を得て今後とも維持すべきものであると思います。（尤も全国的に助手、講師層の年令も上がっており、任期を5年とせず、5年から7年といった幅をもたせるなどの手直しはすべきかもしませんが）。そして、これを円滑にするには、既に多くの人々によって指摘されているように、全国的に人事交流を活発にするようにすることが最も良い手立てでしょう。全国的な人事交流を促進させるためにこそ物性研の助手の任期制はあるのだと云うことが一般にもっと認識される必要がありそうです。事実、最近では全国的に物性研究者の人口はかなりふえ、また全体的にレベルも上がって来てますから、若い研究者を物性研から全国へ供給すると云う効用は初期にはかなりあったかもしませんが現在ではその必要性は

大幅に薄らいでいると思います。むしろこれからは、地方でも必要とされるのは一つのグループを作つて個性的な仕事をリードして行ける所員クラスの人の供給と云うことになるのではないでしようか。

所員にも任期をつけるべきであると云う議論は物性研だよりもしばしば登場しています。実際に物性研の若い層には、任期が助手のみにあって所員ではないこと、所員には認めて助手・院生には内部昇格を認めないこと、そしてこれからの方々には物性研の運営に一切タッチさせないこと、などの点にかなりの不満が集中するようで、私も若い連中とこうした問題を明け方まで夜を徹して議論しあったものでした。人事の回転を精神的に義務づけると云つてもうまく機能させることは非常に難しく、日本人はどうしても慣れあいになるので制度として一律に任期をつける必要がある、と云う意見には確かにそのような面が否定できないのは事実です。しかしながら、単に任期をつけると云つたことは物性研究者全体のアクティヴィティを上げると云う観点から見ても必ずしもプラスにはならないよう私には思えます。むしろ大切なのは転出を助けるシステムを作り、自主的な回転がスムーズに行なわれるようにすることであり、その為に全国の物性研究者も協力する必要があるのではないかでしょうか。

物性研での討論会で、なぜ所員に任期をつけないのかと云う若い人の質問に答えて或る所員が云われた、所員クラスの年令の人の場合、職場を変えることは個人の利益に反する、と云う言葉は強い印象で私の記憶に残っています。これはまことに尤もなことで、住宅事情や子弟の教育の問題などを考えれば明らかですが、さらに日本のシステム全体が農耕文化的ですから同じ所にずっといる建前になっており、それは実際に移つてみれが実感として感じることです。このようなバリアーを越えて人事交流を促進させるとなると、道義的責任とか任期制とか云つたこともさることながら、むしろ転出にメリットを持たせることを考えるべきで、例えば転出する所員には物性研から或る程度の装置をもつて移れるように制度化するとか、移転先ではかなりの新規予算が得られるように全国的な規模で考えると云つたことがどうしても必要であるように私は思います。さらに物性研に若手の所員の数をもっと多くすること、予算の配分を工夫して新任の所員に十分の予算をつけることにより細く長くではなく、太く短かく思い切り研究ができるようにすることなども必要でしょう。研究者と云うものは或る程度の期間一つの問題をつっこんで研究した場合、チャンスがあれば別の新しい問題に挑戦してみたいと考える性向をもつてゐるのが普通だと思いますから、この様な方法で自然な形で自主的な人事交流が可能になると思います。物性研でも委員会など作つてこう云つた方法を検討したりもしましたが、実現する所まで行かなかつたのは残念なことでした。

ところでそれほどまでして全国的な人事交流を促進する必要があるかと云うことは決して自明

ではないと思うのですが、色々考えてみるとやはり答は yes になりそうです。研究活動を常に若々しくする点で研究所のアクティビティを保つための人事交流の必要性は勿論あり、又、研究のマンネリ化を防ぎ、新しい分野をアタックするチャンスを与える意味で研究者個人にとっても移ることは大きなメリットがありますが、さらに全国の大学にとっても積極的に人事交流を計ることは研究や教育活動を新鮮に保つと云う面ばかりでなく、色々の経験をもつ人が加わると云うことで大学改革など今後の大学のあり方を探って行く際にも重要なことだと思います。さらに大学間の格差の解消とか現在のゆがんだ学歴社会と受験戦争のは正と云ったことともこの問題は係わっているでしょう。研究の面から云えば、交流が色々の形の共同研究を促進すると云うことも当然期待されます。共同研究は日本人の最も下手な事だと云われます。実際に、多くの物性研究者が一諸に居る物性研を例にとっても所内での共同研究と云ったことは余り活発ではありません。しかしながら、物性研の存在のお陰もあって日本人も共同研究と云うものに大分慣れて来ているので、この面での人事交流の成果も時間は掛かってもきっと上がるだろうと思います。

共同利用と並ぶ物性研のもう一つの柱は研究のピークを出すことだと云われています。これについては所内で将来問題が色々検討され、今後の方向として技術開発を前面に押し出した重点主義の研究体制で行くと云う方針が打ち出されていることは御存知の通りです。このようにプロジェクト的なものを取り上げて行くことに私は賛成ですが、これについては自由な意志に基づく研究をさまたげ個人の創造性の芽をつむ可能性があるという反対論もあります。しかし、これも人の動きがスムーズになれば問題は解消するのではないかでしょうか。勿論、プロジェクト的研究に於いても個人の創造性は發揮できると思いますが、もしかなり違った方向に創造性の芽が現われれば他に移ってそれをやればよい訳です。それに関連して、私はプロジェクト的研究以外にもいくつかの研究室を残して、そこは分野を余り限定せずに公募して自由な研究ができるようになるのが良いと思います。予算的にも考慮して太く短かくの精神でやり、適当な時期が来たら交代する（この場合は 7 ~ 10 年程度の任期をつける），その際、実験屋なら原則としてそこで作った装置などは持って移る、と云ったシステムです。物性らしい小回りの利く研究も可能となり、自由な研究の雰囲気も残されますが、人事交流の促進にも役立つでしょう。何よりも全国の物性研究者の誰しもがそこで自分のアイデアを十分に試みるチャンスを持つと云うことは共同利用の精神に沿うものだと思います。

ふり返りますと、私が物性研で過ごした数年は光物性としても大変面白い時期ではなかったかと思います。半導体の高密度励起状態の光物性がトピックスとなり、励起子系のポース擬縮が話題となったり、共鳴ラマン散乱の研究がラマンとルミネッセンスの関係の問題に発展したり、ピコ秒分光が可能となり色々と興味あるデータが出て来るなど、多くの非常に面白い研究にタッチ

することができたのは大変幸せでした。一つの実験手段として取り上げた偏光相關の方法が、半導体の励起子の光スピン整列の問題だけでなく、 $\text{Eu}^{3+}$  イオンの共鳴螢光の問題から、さらには光散乱とルミネッセンスの区別の問題へと色々と役立ったのも面白いことでしたし、波長可変レーザーも共鳴ラマン散乱への応用から終いにはピコ秒の波長可変レーザーの開発にまで進みました。私自身は大したことできませんでしたが、若い優秀な研究者が次々と育ってくれたことは何よりも大きな喜びでした。助手だった岡泰夫君は共鳴ラマン散乱で良い仕事をしてくれましたし、技官の田中佑一君はピコ秒の波長可変レーザーシステムを完成させました。又、3人のDC学生は、それぞれ半導体の高密度励起状態、光スピン整列、ピコ秒分光に関して優れた業績を上げて巣立って行きました。

大変に恵まれた環境から装置的に何も無く、しかも同じ方面の研究者も殆ど居ない大学に移りますと、どこから手をつけてよいか戸惑っていますが、一方、再びゼロから出発する楽しさも非常に大きなものです。また、ふだんは仲々新しい分野に挑戦する勇気など出ませんので、新しい問題を取り上げる又とないチャンスもあります。さらに、やはり物性研は全国の研究者から見られており、オーソドックスな物性研究をやらなければならないと云う精神的な圧迫感があり、また、共同利用研として自らを律する厳しさから時には息が詰まるような雰囲気ももっていますから、大学に移ると非常に自由になったようなほっとした気分になることも事実です。私の場合は職住接近により随分身体も楽になりました。自分自身で実験ができることが楽しくて仕方なく、効率が悪いことは承知しているながら論文を書いたりする仕事を放りなげ、学生を押しのけて装置をいじりまわしているこの頃ですが、恐ろしく刺激が少ないと云う精神的な圧迫感がありますから、いつ安逸をむさぼることになり兼ねないと自らを戒めているところです。

紙数も尽きましたので、終りに物性研在職の間、色々とお世話になった方々にお礼を述べさせて頂きます。物性研の事務が優れていることは定評のある所ですが、ストックルーム制度の便利さなども、移ってみてその良さがよく分かったことも一言つけ加えたいと思います。

## 研究室だより

### 斯波研究室（理論第3部門）

斯 波 弘 行

守谷編集長より、三年程前に「物性研に着任して」を書いて以後の研究室の活動について書くように、という御命令である。「研究室だより」というのは、最近の「物性研だより」の誌面ではお目にかかるないが、七、八年前のものを見ると出ているので、それにならって書いてみたいと思う。

「研究室」とは言っても、私の他は、1975年秋に着任した助手の中西一夫君だけである。幸いな事に、こゝは共同利用研究所であるので、共同利用で来所して刺激を与えて下さる方もある。もし、この「研究室だより」の読者で、何か似た問題に関心をお持ちで、共同利用で来所して一緒に討論したり共同研究をしたりして下さる方があれば、もちろん大歓迎である。

私としては、研究の方向は、固体物理の中の多体問題に向けていと思っている。多体問題と言っても、1950年代末から1960年代初頭などと比較すると、現在では、次元の低い系で新しい概念が見出されて、それが抜けられていくという流れを否定するのは困難である。従って、我々の関心も、主として低次元性と関係した多体問題、あるいはその様な視点から見た現実の三次元系にある。

以下、物性研に着任して以来の活動を上の様な視点でまとめることにする。

#### [1] 零次元、一次元系

物性研に来てまずとりかかったのは近藤問題であった。1975年当時、近藤問題は、Wilsonの繰り込み群の適用による、近藤温度  $T_k$  の上下を統一的に記述する理論<sup>1)</sup>の提出と、それに基づく、低温 ( $T \ll T_k$ ) で「局所フェルミ流体」的記述が出来ることを示したNozieres 理論<sup>2)</sup>を受けて、「局所フェルミ流体」的記述の微視的理論が、Andersonの共鳴軌道模型<sup>3)</sup>を用いて、YamadaとYosida<sup>4)</sup>によって見事に展開された時期に当っていた。この発展に基づいて、近藤合金の不純物のダイナミックスをとりあげた<sup>5,6)</sup>。（近藤問題は局所的多体問題で、零次元多体問題と呼ばれることもあるので上記の表題をつけた。）

1) 稀薄近藤合金の不純物スピン・ダイナミックス

$T_k$  と比べて十分低温、十分低振動数の領域では不純物スピン帶磁率の虚数部分と実数部分に一定の関係が成りたつことを、一般的に示すことが出来る。<sup>5)</sup>これによって、稀薄近藤合

金の不純物核スピン共鳴で、核スピン-格子緩和時間  $T_1$  と Knight シフト  $K$  の間にいわゆる「Korringa の関係式」が  $T_k$  より十分低い低温で成り立つことが言える。もう少し補足すれば、「Korringa の関係式」と言うのは、 $T_1$  及び  $K$  に対して、主たる寄与を与える共鳴軌道の d-スピン、d-軌道モーメントの二つの機構について

$$\left\{ \begin{array}{l} K_{(d)}^2 T_1(d) = 5 S \\ K_{(orb)}^2 T_1(orb) = 10 S \end{array} \right.$$

が成り立つことをいう。ここで  $S = (2\mu_B/g_n\mu_n)^2 / 4\pi k_B$  は定数である。証明は Anderson 模型に基づいてなされた。この「Korringa の関係」は「局所フェルミ流体」についてのみ成り立つ。(空間的に一様なフェルミ流体の場合は、Moriya により示されている様に<sup>8)</sup>、 $K$  に対する電子間相互作用の効果と  $T_1$  に対するそれとは打ち消し合うことはなく、上の様な関係は成り立たない。) 上記の関係式を使えば  $T_1$ ,  $K$  という二つの測定量から物理的に意味のある  $T_1(d)$ ,  $T_1(orb)$ ,  $K_{(d)}$ ,  $K_{(orb)}$  への分離が可能になる<sup>7)</sup>。

$T_k$  と比べて、低温、低振動数という条件をはずすと、問題は、不純物スピンの搖ぎのスペクトルの温度依存性を調べることに帰着する。Anderson 模型に基づいて、電子間相互作用  $U$  の強さについての摂動展開が有効な、 $U$  が小さい範囲では、いわゆる localized spin fluctuation 理論と定性的には同じ事で  $U$  の増大と共にスピンの搖ぎのスペクトルはより低振動数側に移り、より巾が狭くなる事がわかる。<sup>6)</sup> 但し、単純な localized spin fluctuation theory と比べるとスピンの搖ぎは  $U$  の増大と共に小さくなることがわかる。

稀薄近藤合金でのスピン・ダイナミックスの上記の研究は、ほぼ同じ頃急速に成果を収めつつあったミクロな実験手段による研究、即ち都立大久米教授のグループによる CuMn 及び AuV の不純物 NMR 及び Alloul による CuFe の Fe の近傍の  $^{63}\text{Cu}$  の NMR、更に Loewenhaupt and Just の中性子非弾性散乱による CuFe の研究に関連していく<sup>10)</sup>。Korringa の関係式の証明は、NMR の解析に少しばかり役に立ったようと思われる。しかし、例えば、久米教授のグループの AuV ( $T_k \sim 300\text{ K}$ ) の低温から  $\sim 500\text{ K}$ までの広い温度範囲にわたっての NMR の研究結果<sup>10)</sup>などを拝見すると、未だ、考えなければならない問題があるようで、ref. 6 から更に考え方を進めないといけないと思っている。

## 2) 一次元 Heisenberg スピン系のダイナミックス

低次元磁性体の実験的、理論的研究は、1960 年代に静的性質を中心であったのに対し、1970 年代ではダイナミックスが中心問題になっていると言つて過言でないだろう。<sup>11)</sup> そんな研究の中の一つに、東北大学遠藤康夫氏ら<sup>12)</sup>によるスピン  $\frac{1}{2}$  の一次元 Heisenberg 反強磁性体

としてよく記述できる  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{N}(\text{C}_5\text{D}_5)$  (CPC) の中性子非弾性散乱の実験がある。この実験によると、この系のスピン波は、スピン  $\frac{1}{2}$  の一次元 Heisenberg 反強磁性体に対する有名な des Cloizeaux and Pearson (dC-P) の励起スペクトルの解<sup>13)</sup> とよく一致し、いわゆる Anderson の近似解（古典的スピン波）とは合わない。これは、dC-P 理論が厳密なものであるから当り前という人もいるかも知れないが、正しい理論の正しさをこの様に見せられると強い印象を受ける。これに魅せられて、この様な一次元 Heisenberg 反強磁性体に磁場をかけたら励起スペクトルはどうなるのだろうと、群馬大学の石村礼和氏と考えた。<sup>14)</sup> dC-P のスペクトルが磁場と共にどう変化するかを見ると、古典的スピン波の分散とは大分違っている。これについてはさっそく遠藤氏が Brookhaven で上記の CPC について 70 kOeまでの実験をされた。<sup>15)</sup> 70 kOe というのは CPC の一次元軸方向の交換相互作用の強さと比べると  $h = g\mu_B H / 2J = 0.21$  に対応する。（ $h = 2$  がスピンが完全に磁場方向に向く磁場に相当する。） $h = 0.21$  の場合の予備的実験結果は ref.14 のそれと矛盾ない<sup>15)</sup> とのことだが、実験はこれから更に条件を整備して続けられる様であるし、中性子散乱の強度など、我々が考えないといけないことがあって宿題になっている。その他、低次元スピン系のダイナミックスについては最近興味をひく実験があり、考えたいと思っている。

## [2] 二次元系など

1976年6月、物性研の短期研究会で「二次元系の集団運動」というのが開かれた。そこでは色々興味深い話があったが、とりわけ、大阪大学山田安定教授の層状遷移金属化合物の電荷密度波についてのお話が私には面白かった。一次元金属（TTF-TCNQ とか KCP とか）の電荷密度波については内外で沢山の仕事があるが、この二次元系の相転移については、特有の興味深い実験事実が報告されているにも拘らず、理論的研究は十分なされていない様に感じられ、さっそく、助手として着任して半年余の中西君と Wilson, DiSalvo and Mahajan の総合報告<sup>16)</sup>の勉強をはじめた。

我々にとってまず気になったのは、この一群の層状物質での逐次転移の系統性と、その中で  $1\text{T}-\text{TaS}_2$  のみが  $\sim 350^\circ\text{K}$  と  $\sim 190^\circ\text{K}$  の間に中間相として持つ nearly commensurate 相（準整約相とも訳しておく）の起原は何か、という事であった。Yamada-Takatera の X線による研究<sup>17)</sup>によると、この準整約相では一つの高調波の強度が大きくなることから、この中間相の理解には高調波の合理的取り扱いが要求された。そして高調波の問題を調べていくうちに、それは incommensurate-commensurate（非整約、整約）<sup>18)</sup> 逐次相転移の一般的問題、非整約状態（incommensurate state）の理解と結びついている事がわかり、

更に、周囲を見回してみると、非整約相というのは、二次元金属や一次元金属やCrのスピ  
密度波に限らず、強誘電体、あるいはMo(100)面の再構成、グラファイト上のKr単原子層  
など表面に関係した分野でも次々に見出されていて、非整約相というものの正確な把握が必要  
な段階にあることがわかった。そこで我々は、二次元金属の電荷密度波を中心にしつつ、広く  
非整約相全体に关心をもつ様になってきた。

以下に、残されたスペースで、この問題について、我々が今迄に得ている結果を記す。

1) 層状遷移金属化合物の逐次相転移<sup>19~22</sup>)

$1\text{T}-\text{TaS}_2$ ,  $\text{TaSe}_2$ ,  $2\text{H}-\text{TaSe}_2$ ,  $\text{NbSe}_2$ といった層状物質は電荷密度波による一連の逐次転移をする。<sup>16)</sup>その特徴をまとめると,

(a) 相転移の順序

1 T-TaS<sub>2</sub> : 非整約相(350°K以上), 準整約相(350°K~190°K), 整約相(190°K以下)

$T = \text{TaSe}_2$  : 非整約相 ( $470^\circ\text{K}$ 以上), 整約相 ( $470^\circ\text{K}$ 以下)

$2\text{H}-\text{TaSe}_2$  : 正常相(120°K以上), 非整約相(120°K~90°K), 整約相(90°K以下)

2H-NbSe<sub>2</sub>:正常相(30°K以上), 非整約相(30°K以下)

(b) 非整約相、整約相とともに triple-q 状態、即ち、3つの互いに  $120^\circ$  をなす波数ベクトルが共存した変調構造である。

(c) これらの相転移は基本的には二次元的なものである。これは 1T, 2H が混った 4Hb という構造でも、転移点が少し変化するだけで、1T, 2H の両者での相転移に対応する異常が帯磁率に見られることから推定出来る。

(d)  $1\text{T}-\text{TaS}_2$  の準整約相及び  $2\text{H}-\text{TaSe}_2$  の非整約相では、それぞれ、X線、中性子によって、その変調構造が純粋な正弦波で記述されるものではなく、高調波が混っていることが知られている。

これらを頭において、逐次転移を無理なく説明する理論をつくるのが我々の第一目標であった。議論の出発点としては、電荷密度波を秩序パラメタとしてとて（格子変位を代りにとってもよいのだが）、Landau流の現象論的自由エネルギーに基盤をおく McMillan の立場<sup>23)</sup>をとることにする。すると、自由エネルギーは、秩序パラメタ  $\alpha(r)$  の 4 次まで

$$F = \int d^2 r [ a(\vec{r}) \alpha^2(\vec{r}) - b(\vec{r}) \alpha^3(\vec{r}) + c(\vec{r}) \alpha^4(\vec{r}) + d(\vec{r}) ( | \psi_1(\vec{r}) \psi_2(\vec{r}) |^2 + | \psi_2 \psi_3 |^2 + | \psi_3 \psi_1 |^2 ) + \sum_{i=1}^3 \psi_i^*(\vec{r}) e_i (-i \nabla) \psi_i(\vec{r}) ] \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

とかける。 $\alpha(\mathbf{r})$ は電荷密度波で、 $\text{triple-q}$ 状態を扱うので3つの複素秩序パラメタ $\psi_i(\mathbf{r})$ によって $\alpha(\mathbf{r}) = \operatorname{Re} \left[ \sum_{i=1}^3 \psi_i(\mathbf{r}) \right]$ とかける。相転移は本質的に二次元的なものだから、 $\mathbf{r}$ は層内の二次元的ベクトルである。係数 $a(\mathbf{r}) \sim d(\mathbf{r})$ の $\mathbf{r}$ 依存性は格子の周期に対応する周期性であり、波数表示で自由エネルギーを書いたときUmklapp項を考慮に入れる事に相当する。(1式で、 $\alpha^3$ の項があること、及び電荷密度波間の反発(バンド的な言葉で言えば、フェルミ面の同じ部分に二つの電荷密度波がエネルギー・ギャップを作ろうとすることによる反発)に由来する $|\psi_1\psi_2|^2$ の様な項がある点がやゝ特別である。Landauの現象論では、温度は秩序パラメタの二乗の係数 $a$ のみに入っていて、他は定数とみなされる。

前に挙げた4つの層状物質では1Tと2Hで整約相の波数ベクトルが異なる。1T-TaS<sub>2</sub>, TaSe<sub>2</sub>では $\vec{Q}_{c1} = \frac{1}{13}(3\vec{G}_1 - \vec{G}_3)$ ( $\vec{G}_1, \vec{G}_3$ , は面内の逆格子ベクトルで互いに120°をなす)と120°, 240°回したもの, 2H-TaSe<sub>2</sub>, NbSe<sub>2</sub>では $\vec{Q}_{c1} = \frac{1}{3}\vec{G}_1$ と120°, 240°回転したものが変調構造の基本波数である。これから、しばらく話を1Tの方に限ることにする。<sup>19,20)</sup> 1T-TaS<sub>2</sub>の非整約相では $\vec{Q}_{lc1} \cong 0.282 \vec{G}_1$ <sup>19)</sup>で、1T-TaSe<sub>2</sub>でも、 $\vec{Q}_{lc1}$ は $\vec{G}_1$ の方向を向いて大きさはTaS<sub>2</sub>よりやゝ小さいと言われている。<sup>16)</sup> 1T-TaS<sub>2</sub>の準整約相の波数ベクトルは整約相でのそれに極めて近い。

秩序パラメタ  $\psi_i^{\rightarrow}(r)$  の代りに、整約相での変調構造からのずれを記述する秩序パラメタ  $\psi_i^{\rightarrow}(r)$  ( $\psi_i^{\rightarrow} = e^{i \vec{Q}_{ci} \cdot \vec{r}} \phi_i^{\rightarrow}$  で定義される) を導入して  $1T-TaS_2$ ,  $TaSe_2$  の逐次転移の記述に必要な部分のみを取り出すと、(1)より次の自由エネルギーをうる。

$$F = \int d^2 r \left[ \sum_{i=1,2,3} \phi_i^*(r) A_i (\vec{Q}_{c_i} - i \vec{\nabla}) \phi_i(r) + B (|\phi_1|^4 + |\phi_2|^4 + |\phi_3|^4) + C (|\phi_1 \phi_2|^2 + \text{cyclic}) + E \operatorname{Re} (\phi_1^* \phi_3^* + \text{cyclic}) + D \operatorname{Re} (\phi_1 \phi_2 \phi_3) \right] \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2)$$

ここで、E項は(1)の $\alpha^4$ から出てくるUmklapp項で1Tの整約相を安定化するエネルギーであり、D項は三つの秩序パラメタの共存を助ける項である。

この様に見ると、非整約-整約転移は、非整約状態を実現しようとする A<sub>i</sub>項と整約状態を実現しようとする E 項の競争である。A<sub>i</sub>(q) の q 依存性については 1 T-TaS<sub>2</sub> の非整約相での電子線回折に見られる各逆格子を中心として  $|\vec{Q}_{1i}|$  を半径とするリング状の散漫散乱があること<sup>16)</sup>を参照にして決める。あとは、各温度で F を一番低くする様  $\vec{\phi}_i(r)$  を決めるだけである。波数ベクトルが整約相でのそれからずれている時には  $\vec{\phi}_i(r)$  は r に依存しその依

存性を決める事が必要になる。これは非整約相での高調波の問題である。我々の問題では高調波は E 項によって誘起され、少し調べてみると高調波の系統的取り扱いが可能であることがわかる。

計算の細部は省略して、この様な議論から得られる結果をまとめると<sup>19,20)</sup>

- (1) 相転移は、高温から、正常相→(一次)→非整約相→(一次)→準整約相→(一次)→整約相。なお、途中の準整約相が抜かされることがありうる。 $1\text{ T}-\text{TaS}_2$ ,  $\text{TaSe}_2$  では、正常相は  $500 \sim 600^\circ\text{K}$  以上にあるといわれているが、しかしこの温度では  $1\text{ T}$  ポリタイプ自体が不安定なので、見出されてはいない。転移の次数が一次である点は  $\text{TaS}_2$ ,  $\text{TaSe}_2$  でのそれと一致している。
- (2) 準整約相の起原は、この様な立場から見ると、E 項を通じて誘起された  $-2\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{G}_1$  という波数ベクトルをもつ高調波と、上記のリング状の  $A_i(q)$  の  $q$  依存性によるということになる。 $\vec{Q}_i$  を変えながらこの  $-2\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{G}_1$  というベクトルを作図してみるとわかるのだが、 $\vec{Q}_1$  が  $\vec{Q}_{cl}$  にかなり近いが、少しずれたところで、 $-2\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{G}_1$  は  $|\vec{Q}_{I1}|$  を半径とする  $\Gamma$  点を中心としたリングにのることになる<sup>17)</sup> つまり、その様な  $\vec{Q}_i$  をもつとき、 $-2\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{G}_1$  の高調波がかなり大きくなり、この様な状態を安定化することになる。中間温度で準整約状態が安定な相として存在する為には、それが他の非整約状態や整約状態より自由エネルギーが低くなければならぬが、これはきびしい条件で、パラメタをわずかに変えると、準整約相をスキップして、非整約相から整約相へ直接に転移する。 $1\text{ T}-\text{TaS}_2$  と  $1\text{ T}-\text{TaSe}_2$  の相転移の違いはこんな事に関連しているのに違いない、というのが我々の現在の考え方である。
- (3) 上に述べた様に、準整約相では  $-2\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{G}_1$  という高調波が比較的大きく、実際  $1\text{ T}-\text{TaS}_2$  で X 線によって観測されている<sup>17,19)</sup> 我々のモデル計算では、他の高調波も、大きさは大分小さいが、混っている。高調波が混っているという事はその電荷密度波（あるいは格子変調）が正弦波からずれている事を意味する。（いま問題にしている高調波は、すべて整約相を安定化する E 項より誘起された波である事を注意しておく。）この高調波の問題は次の様に見る事も出来る。自由エネルギー(2)を見ると、 $A_i$  項は非整約状態を安定化し、E 項は整約状態を安定化することがわかるが、準整約状態は  $A_i$  と E との妥協によって安定化した状態である。この妥協はどの様に成立するかと言えば、局所的には整約状態をつくりつつ、大域的には整約相からはずれた波数ベクトルをもつ状態をつくるわけである。これはその波数が極端に整約相の波数に近いとき、周期的なドメイン境界でへだてられた整約状態というものにつながってゆく。

ここで興味あることは、現実の  $1\text{ T}-\text{TaS}_2$  の準整約相で、果して上に述べた様に“局所的に整約状態になっている”のかどうかということである。我々のモデル計算の結果は、局所的に整約状態になっているが、整約状態からはずれているドメイン境界の部分 (dis-commensuration<sup>24)</sup>(脱整約領域という訳語はどうだろうか)と呼ばれることが多い) の厚さも無視出来ない程度である(詳細は ref. 20 を見て頂きたい)。電荷密度波は回折によっていわば Fourier 分解して“見る”ほかに固体内の局所的プローブを使って、実空間で“見る”ことも出来る。(例えば XPS によってコア準位を通して見たり、 NMR によって核スピンを通して見ることがことになる)  $1\text{ T}-\text{TaS}_2$  については Ta の 4f コア準位についての XPS あるいは time differential perturbed angular correlation で  $^{181}\text{Ta}$  の核四重極作用を通して見た実験は<sup>28)</sup> 非整約相、準整約相、整約相についてなされていて<sup>25)</sup> それは、上に述べたモデル計算の結果を支持しているように見える。

$2\text{ H}$  ポリタイプについても、ほぼ同様な議論を展開することが出来る。<sup>21)</sup>  $2\text{ H}$  では非整約相は  $\vec{Q}_1 = \frac{1}{3}(1 - \delta) \vec{G}_1$  という波数をもち(  $\delta$  は数 % )  $\delta$  が温度の低下と共に減少する。 $2\text{ H}-\text{TaSe}_2$  についての Moncton ら<sup>26)</sup> の中性子散乱の実験では非整約相で温度が下がってくると、 $-2\vec{Q}_1 + \vec{G}_1$  という高調波が見られ、その強度を増している。 $1\text{ T}-\text{TaS}_2$  の準整約相のときの話から類推して、この様な高調波の混った電荷密度波(又は格子変調)を実空間で見たらどうかという事はすぐ思いつく。 $2\text{ H}-\text{NbSe}_2$  の  $^{93}\text{Nb}$  の核 ( $I=9/2$ ) を使って電荷密度波を NMR で核四重極相互作用によって見る実験がある。<sup>27)</sup> 正弦波的非整約な電荷密度波が止っていれば、それは NMR では不均一な線巾の広がりとして反映し、その広がりの形は電荷密度波の実空間での形を反映するわけである。整約相では、連続的分布でなく、同本かのラインにはっきり分裂して見えるはずである。(  $2\text{ H}-\text{NbSe}_2$  では整約相は見られないでのこの様な測定はないが)。整約相に近い高調波をかなり含む非整約相では、両者の中間的なものになるはずである。Berthier らは<sup>27)</sup>  $30^\circ\text{K}$  以下のデータは純粋に正弦波的な非整約電荷密度波によって完全に理解出来ると主張したが、これは discommensuration (脱整約領域) という概念の提唱以前の論文であるので局所的に整約状態になる可能性は念頭になかったようである。最近の彼らの本論文<sup>29)</sup> ではこの脱整約領域のことを大分気にしている様である。 $2\text{ H}-\text{NbSe}_2$  の代りに  $1\text{ T}-\text{VSe}_2$  でこの問題を調べることなどを考えているらしい。私としては、日本には沢山立派な NMR の実験家がいらっしゃるので Jerome のグループよりは日本の実験家によってこの問題が明らかにされることを期待している。

以上の話はすべて平衡状態に関するものであったが、平衡状態のまわりの微小振動の問題も興味がある。よく知られている様に、正弦波的非整約相では、位相モード、振巾モードと呼ばれる振動があり、前者は理想的に清浄な系では波数ゼロで振動数がゼロになる。整約相に入るとこの位相モードは整約相を安定化するエネルギー（整約化エネルギー）によってビン止めされ波数ゼロでも有限な振動数をもつ様になる。当然おこる疑問は、高調波がかなり混った様な非整約相での微小振動はどんな具合か、ということで、この問題は何人かの実験家からも出されている<sup>30)</sup>これに対する我々の答は ref.22 であるが、要約すれば、高調波がかなり混った非整約状態は、前に述べた様に、局所的に整約状態が出来て、その間に脱整約領域というドメイン境界がある状態であるから、微小振動も、ドメイン内部の振動（これは整約相でのそれに近い）とドメイン境界の振動に分離する。もともと、モードとして位相モードと振巾モードと二種あり（これは single-q の話で, triple-q の場合にはモードとして 6 つあるが）、一般に位相モードの方はドメイン内部と境界とにかくよく分離するが、振巾モードに関しては、大雑把に言えば、両者は混っていると言える。<sup>22)</sup> それならば実験はどうか、というと、層状化合物でラマン散乱の実験が一斉になされたが、仲々複雑で一部を除いて解明されていない。むしろ絶縁体である強誘電体  $K_2SeO_4$  がこの方面で一番かかりやすい結果を与えていたといえよう。それについては少し先で述べる。

ここに述べた我々の議論は Landau-McMillan の現象論的自由エネルギーに基盤をおくものであった。この様な複雑な系では現象論的議論はかなり有効であるがそれでもこれだけでは不十分である。最近問題になっている変調構造の微視的起原、あるいは 1 T -  $TaS_2$  の低温での輸送現象など考えるべき問題が多い。その他、搖ぎの問題や不純物の事などは、今迄の我々の取り扱いでは考慮に入れなかった点であり現在取りあげている問題である。

## 2) 強誘電体での非整約-整約相転移<sup>31,32)</sup>

強誘電体の分野でも以前から  $NaNO_2$  が非整約相をもつ事が知られていたが、最近  $(NH_4)_2BeF_4$ ,  $K_2SeO_4$  の非整約相の発見され<sup>33,34)</sup> 層状化合物とよく似た非整約-整約逐次転移を起すことがわかり、非整約相の問題がいわば注目を集める様になってきた。

特に、高調波がある程度混ったドメイン的な非整約状態の可能性まで考慮に入れた理論が逐次転移の議論には不可欠である様に感ぜられ、層状化合物の電荷密度波の場合と類似の理論を展開することを試みた。<sup>31,32)</sup> これは、名大工学部の石橋善弘先生が前から考えていらっしゃった事とかなり重なり合う部分があったので共同研究という形で色々御教え頂いた。

インプロバーな強誘電体  $(NH_4)_2BeF_4$  を例にとって Landau 流の現象論を出発点にすると、ドメイン的な非整約状態の特徴は一つには誘電率の温度変化にあらわれて、非整約-整

約転移点の近くで誘電率がかなり大きくなることがわかる。実験データを見るとその様な傾向があるように見える。但し、 $(ND_4)_2BeF_4$  の中性子散乱では高調波の存在が確認されている訳ではない。非整約-整約転移は、極く単純なモデルでは二次転移だが、これはそれに對する補正項が色々考えられて、一次転移になるのは自然に思える。 $K_2SeO_4$ も基本的には同じ様にして理解される。<sup>34,35)</sup>

$K_2SeO_4$  ではラマン散乱<sup>36)</sup>及び中性子<sup>30)</sup>による整約相と非整約相の一部についての微小振動の観測がある。非整約相については振巾モードがかかっている。その結果はこの系での整約化エネルギーが小さいということではほぼ理解出来そうである。<sup>35,36,22)</sup>

非整約相をもつ物質が絶縁体金属をとわずさらに見付かって、非整約相及びそこでの励起スペクトルについての知見がふえることを期待している。

文 献

- 1) K. G. Wilson, Nobel Symposia Vol. 24, p. 68 and Rev. Mod. Phys. 47, 773 (1975)
- 2) P. Nozieres, J. Low Temp. Phys. 17, 31 (1974)
- 3) P. W. Anderson, Phys. Rev. 124, 41 (1961)
- 4) レヴューとして芳田奎, 日本物理学会誌 31, 116 (1976)
- 5) H. Shiba, Prog. Theor. Phys. 54, 967 (1975)
- 6) H. Shiba, J. Low Temp. Phys. 25, 587 (1976)
- 7) A. Narath, Magnetism Vol. 5, p. 149.
- 8) T. Moriya, J. Phys. Soc. Japan 18, 516 (1963)
- 9) N. Rivier and M. J. Zuckermann, Phys. Rev. Letters 21, 904 (1968)
- 10) レヴューとして久米潔, 日本物理学会誌 32, 562 (1977)
- 11) 最近のレビューとしては M. Steiner, J. Villain and C. G. Windsor, Adv. Phys. 23, 1 (1974).
- 12) Y. Endoh, G. Shirane, R. Birgeneau, P. M. Richards and S. L. Holt, Phys. Rev. Letters 32, 170 (1974).
- 13) J. des Cloizeaux and J. J. Pearson, Phys. Rev. 128, 2131 (1962)
- 14) N. Ishimura and H. Shiba, Prog. Theor. Phys. 57, 1862 (1977)
- 15) I. U. Heilman, G. Shirane, Y. Endoh, R. J. Birgeneau and S. L. Holt, preprint
- 16) J. A. Wilson, F. J. DiSalvo and S. Mahajan, Adv. Phys. 24, 117 (1975).

- 17) Y. Yamada and H. Takatera, Solid State Comm. 21, 41 (1977)
- 18) incommensurate, commensurate という用語には定訳がない。ここでは  $K_2SeO_4$  の incommensurate 相の発見者, 飯泉仁氏が原研レポートの中で非整約, 整約という訳語を与えていらっしゃるのでそれに従う。
- 19) K. Nakanishi, H. Takatera, Y. Yamada and H. Shiba, J. Phys. Soc. Japan 43, 1509 (1977)
- 20) K. Nakanishi and H. Shiba, J. Phys. Soc. Japan, 43, 1839 (1977)
- 21) K. Nakanishi and H. Shiba, J. Phys. Soc. Japan, 44, 1465 (1978)
- 22) K. Nakanishi and H. Shiba, ISSP Technical Report No. 890.
- 23) W. L. McMillan, Phys. Rev. B 12, 1187 (1975)
- 24) W. L. McMillan, Phys. Rev. B 14, 1496 (1976)
- 25) H. P. Hughes and R. A. Pollak, Comm. Phys. 1, 61 (1976)
- 26) D. E. Moncton, J. D. Axe and F. J. DiSalvo, Phys. Rev. Letters 34, 734 (1975).
- 27) C. Berthier et al. Solid State Comm. 19, 131 (1976)
- 28) T. Butz et al. Phys. Letters 58A, 51 (1976)
- 29) C. Berthier et.al. J. Phys. C 11, 797 (1978)
- 30) 例えば, 飯泉仁, 固体物理 12, 390, 455 (1977)
- 31) H. Shiba and Y. Ishibashi, J. Phys. Soc. Japan, 44, 1592 (1978)
- 32) Y. Ishibashi and H. Shiba, to be published
- 33) M. Iizumi and K. Gesi, Solid State Comm. 22, 37 (1977)
- 34) M. Iizumi et al., Phys. Rev. B 15, 4392 (1977)
- 35) Y. Ishibashi, to be published in Ferroelectrics.
- 36) M. Wada et al., J. Phys. Soc. Japan, 42, 1229 (1977) and 43, 544 (1977)

## 安岡研究室（磁気Ⅱ部門）

安 岡 弘 志

### § 1. はじめに

『遷移金属強磁性、金属絶縁体転移とその周辺など強い電子相関に関連した磁性の基礎的な問題を微視的な測定手段によって研究する』これが1974年終り頃、磁気Ⅱ部門に新しい研究室を設立すべく物性研から提出された公募内容である。この主旨に則り、我々の研究室が1975年4月発足し早や3年有余の月日が流れてしまいました。微視的な実験手段による磁性の研究ということで、我々の研究室でやろうとした測定技術は、私の専門分野である関係上、核磁気共鳴（NMR）法でありました。つまりこの手段を駆使することにより磁性に於ける電子相関の役割を明らかにしようとするのが我々の研究室の研究目的であります。山下元所長、芳田現所長、守谷先生はじめ諸先生方の御理解と御指導、御援助のもとに研究室の建設は着実に進行し、現在では当初計画した実験装置も、ほぼ整備され、又研究室の陣容も充実して参りました。ここに研究室紹介が出来るようになりましたのは、私にとりましても大変幸運であると考えます。申すまでもなく、物性研は全国の共同利用研究所であり我々の研究室も多くの方々に利用して頂くべきもので、事実これまで幾つかの共同研究を行って参りました。以下に書きます内容が今後共同研究、施設利用に何らかの役に立ち、又、将来の研究室の発展につながればと考えております。御批判、御教示を頂ければ幸いです。

### § 2. 実験設備の概要

一般に磁性体は局在モーメントを持った絶縁体からそうでない金属まで幅広く分布している。又一つの磁性体を取り上げても磁気的にはいろんな側面があり、NMRを用いた測定においても微視的に夫々の側面を理解しようとすれば一種類の測定方法では不可能な場合が多い。そこで我々は以下のよろずな四つのタイプのNMR測定装置を設置し、あらゆる磁性体の動的、静的な微視的磁性を明らかにすべく計画し実行している。

#### ○定常（CW）法NMR測定装置

##### (1) Hybrid-T junction を用いたブリッジ型NMR装置

主として常磁性状態に於けるナイトシフトの温度変化を精密に測定するのに用いる。この方法はバランスを比較的容易に取ることが出来、又、周波数を任意に変化出来る特徴を持つ

ている。現在データ処理として信号の平均化ベース・ラインの平坦化、及び積分機能を持たせたマイクロ・プロセッサー・システムの設置を計画している。

(2) 周波数変調型再生及び超再生検波方式によるNMR装置

主として磁性体の秩序状態に於ける内部磁場、電気四重極相互作用による分裂及び夫々の温度変化を精密に測定する場合に用いる。周波数範囲は  $10\text{MHz} - 700\text{MHz}$  連続可変で、同一プローブで超再生検波も出来るように設計されているので特に反強磁性状態に於ける共鳴も容易に検出出来る特徴を持っている。但し、周波数変調の大きさに限界があるので周波数が広く分布している共鳴の場合は、この方法は適さない。

○非定常(Pulse)法NMR測定装置

(1) 非干渉型高出力パルスNMR装置

共鳴周波数が広く分布している磁性体の秩序状態に於いて、そのスペクトル及び核磁気緩和( $T_1, T_2$ )の測定に用いる。周波数範囲は  $5\text{MHz} - 1000\text{MHz}$ 、連続可変、高周波パルスのピーク・パワーが  $10\text{kW}$  であり、反強磁性に秩序した幅広い内部場の分布も容易に測定出来る。現在この装置を位相敏感型にし、かつ、観測時間を  $1\mu\text{sec}$  以下に短くすべく新しいタイプのシステムを開発中である。

(2) 干渉型高感度パルスNMR装置

高周波パルス磁場の位相を種々のパルス・シリーズで一定にし、NMRの信号検出にも位相検波方式を採用し、周波数の安定度及び受信信号強度の直線性を極めて良くした装置で、主に常磁性状態に於ける  $T_1, T_2$  の温度、磁場変化の測定に用いる。更に秩序状態にある磁性体に於いても内部磁場の小さなサイトの静的、動的な性質はこの装置を用いて測定している。現在周波数範囲は  $10\text{MHz} - 60\text{MHz}$  で高周波パルスのピーク・パワーは約  $5\text{kW}$  である。データ処理はマイクロ・プロセッサーを用い、所定のプログラムに従って  $T_1, T_2$  及び  $T_2^*$  を自動的に測定出来るようになっている。

以上4種類のNMR測定装置の周辺機器として以下の物が設置されている。

電磁石3台(内1台は借用)、NMR用  $60\text{kOe}$  超電導マグネット1台、温度可変装置3台(内2台は研究室製、尙測定温度範囲は  $1.2\text{K} - 600\text{K}$ )その他

現在出来上がったか、ほぼ出来上がっている装置を紹介したが我々はこれでほぼあらゆる磁性体のNMRによる研究が最近の技術範囲内で可能になったと考えている。但し一つ問題があるのは、非常に短い  $T_1$  を持つ核の共鳴が今のパルス法の装置で観測出来ないことである。それ故に例えば、常磁性状態にある局在モーメントを持った原子の  $T_1$  或は  $T_2$  は従来CW法の巾から評価されていた。又磁性体の転移点近傍では、 $T_1$  が極端に短くなり測定出来なかった。

我々の装置を用いて  $T_1$  を測定出来る限界は良い条件の場合で約  $10 \mu\text{sec}$  であり、何とかしてもう 1 桁ないし 2 桁短い  $T_1$  の測定が出来るような装置を開発したいと思っている。これは大変困難なことかも知れないが今年度よりこの技術開発を始めようと計画している。

### § 3 研究内容の概要

我々の研究は既に書いた如く、狭いバンド内に於ける電子相関を微視的に理解することである。一口に電子相関といつても結局は電子の運動エネルギー（遍歴性）と相互作用エネルギー（局在性）が拮抗する領域の問題であり金属強磁性や近年注目を集めてきた化合物磁性体に於ける金属・非金属転移とその周辺の問題等永年の難問が係り合っている。

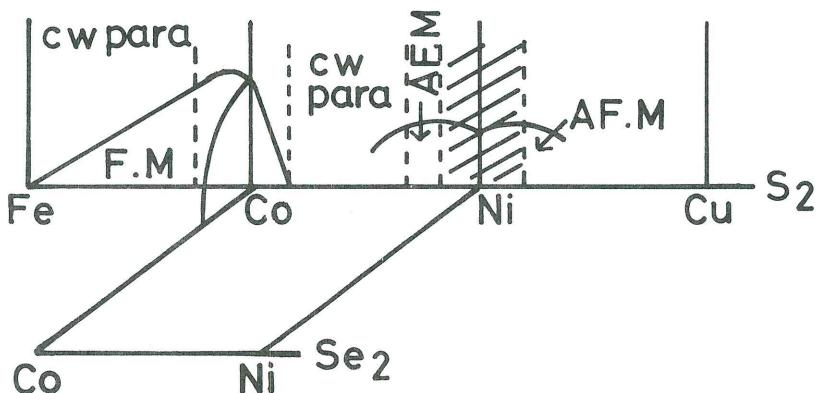
最近の理論的発展として、守谷研究室を中心としてこの電子相関を色々な波数、周波数或は振幅を持ったスピン密度のゆらぎという意味のはっきりした物理量で理解しようとする試みがなされている。この種の理論は、まず弱い強磁性、反強磁性やヘリカル磁性体或はそれらに近い磁性体の熱力学的な諸量を記述するのに数々の著しい成功を収めた。最近は更にスピンのゆらぎの振巾が大きい、つまり、より局在性の強い金属強磁性へと発展し数々の新しい磁性の本質が明らかになりつつある。

一方我々実験の立場からすれば、実在する物質或は物質系は電子相関という立場から眺めても、非常に強いものから非常に弱いものまでほぼ連続的に分布している。従って実際に実験を行なう場合は、この問題に関して重要と思われる特徴を持った物質系を選び、系統的な研究からその物質系固有のものもさること乍ら、一連の物質系に普遍的な物理量を引き出すことが重要になってくる。そのようなものから、新しい理論的なモデルも生まれるであろうし、又、理論の発展の根拠にもなり得ると思う。このような意味に於いて我々は出来る丈問題を単純化する為、狭い d バンドで、而も 4 s 自由電子による電子相関の遮蔽効果の無い金属的化合物に研究対象を置いた。そこでは伝導も磁性も d 電子のみが担っており、NMR により局所帶磁率の静的、動的な振る舞を明らかにし、電子相関の役割を議論しようとするものである。以下に現在我々の研究室で進行中の具体的な物質系を取り上げ、どこまでが明らかになり、今後どう進めようとしているのかを紹介する。

#### 3-1) パイライト系 ( $\text{MX}_2$ , M: Fe, Co, Ni, Cu, X: S, Se)

パイライト型結晶構造を持つ  $\text{MS}_2$  及び  $\text{MSe}_2$  系は antibonding  $e_g$  バンド内の d 電子が磁性に重要な役割を演じており、狭いバンド内での電子相関の問題を研究する上では最も適した物質系である。この系の磁気状態図を第 1 図に示す。 $\text{FeS}_2$  は半導体的性質を示し磁気的には温度無依存の常磁性体であるが、Co を混ぜると最初  $e_g$  電子数 n に比例したモーメ

## MS<sub>2</sub>—MSe<sub>2</sub>



ントを持つ強磁性が出現する。併し  $n = 0.8$  でモーメントの伸び方が小さくなり  $\text{CoS}_2$  では本来  $1 \mu_B$  なければいけないモーメントが  $0.85 \mu_B$  に減少した  $T_c = 140\text{K}$  の強磁性になっている。  $n$  をもう少し大きくし  $\text{NiS}_2$  に近づけると  $n = 1.2$  位で強磁性の飽和磁化及び  $T_c$  が零になってしまふ。この組成領域に於ける微視的な磁性は  $\text{Co}^{59}\text{-NMR}$  と  $\text{Fe}$  の Mössbauer 効果を用いて調べられ、  $\text{Fe}$  はモーメントを持たないこと、従って磁性は、  $\text{Co}$  電子に寄因していることが判明した。更に  $n = 1.1$  近傍に於ける急激な磁化の減少は  $\text{Ni}$  で囲まれた  $\text{Co}$  原子のモーメントが消失し  $n = 1.2$  で全ての  $\text{Co}$  原子が非磁性になっているためであることを見出した。更に  $\text{Ni}$  の濃度を増すと  $n = 1.7$  近傍まで磁気的秩序状態は現れないが帶磁率はキューリー・ヴァイス (C.W.) 則に従った温度変化をする。  $\text{Co}$  核のナイトシフトの温度変化を解析することにより  $\text{Co}$  及び  $\text{Ni}$  の局所帶磁率の温度変化はほぼ  $\text{Co}$  に対し、  $d$  電子 1 個  $\text{Ni}$  に對し  $d$  電子 2 個に對応するような局在モーメントを持った C.W. 則に従っていることが判った。金属でこのように局在モーメント的な振る舞をし、且つ低温でも磁気的に秩序化しないということは大変不思議なことであるが、後でもいわれる如く、このような事実は金属、非金属転移に近い状態の金属相での特徴である。つまりそこでは電子相関が強く、スピン密度のゆらぎの振巾が大きいことが期待される。

このような場合の理論は極く最近守谷研で発展し、温度上昇と共に、非磁性的な状態から局在モーメント的な状態にモーメントが誘起されることが示された。（後述の  $\text{Co}(\text{S}, \text{Se})_2$  系に於いてこのことはもつとはっきりした形で現れる）。更に  $\text{NiS}_2$  に近づくと  $n \sim 1.9$  近傍で金属から絶縁体への（M-I）転移を起こす。 $\text{NiS}_2$  は常圧では絶縁体であるが圧力を加えても又 S を Se で置換しても M-I 転移を起こす。 $\text{NiS}_2$  それ自身の磁性も未だはっきりしていないが M-I 転移の極く近傍の微視的磁性の解明は今後の問題として残されている。

一方  $\text{Co}(\text{S}, \text{Se})_2$  系は Ni の場合と同様に Se を置換することにより急激に強磁性が消失する。この機構はやはり  $^{59}\text{Co}$  NMR より Se の周りの Co 原子が非磁性的な状態に変化する為であると結論された。ところが大変興味あることはこのような Co の状態は磁場をかけると 1 次転移的に（磁場に対しひステリシスを持って）磁気的な状態に転移することが発見されたことである。このことが強磁性消失後の組成で以前から言われているメタ磁性の微視的な解明になっており同様のことが  $(\text{CoNi})\text{S}_2$  系でも起っている。更に Se を増し、 $\text{CoSe}_2$  までの磁性を眺めてみると、全系伝導は金属的であるが高温の帯磁率は C.W. 型の温度変化をする。Weiss 常数は  $\text{CoS}_2$  で +190 K,  $\text{CoSe}_2$  で -150 K と連続的に変化するが Curie 常数は変化せず d 電子 1 個による局在モーメント的な振る舞をしている。低温の帯磁率は組成によって異なるが  $\text{CoSe}_2$  側ではほぼ温度変化しない。これらの事実は、Co NMR のナイトシフトから求めた d-スピニン帯磁率からも明らかになり、ある臨界温度 ( $T^*$ ,  $\text{CoS}_2$  で 400 K,  $\text{CoSe}_2$  で 100 K) 以上で局所 d-スピニン帯磁率が局在モーメント的な振る舞をすることが判明した。以上の結果は前述の振巾の大きいスピニンのゆらぎの理論で説明出来る。詳しいことは別として、定性的には低温に於けるゆらぎの縦の成分が温度と共に急に成長し、ある決った電子数で飽和する。その後は横のゆらぎの成分が支配的になり、これが取りも直さず電子の数に対応する局在モーメント的な振る舞をする訳である。低温での温度変化や飽和温度  $T^*$  は、バンド構造によって決まるものであるが高温の Curie 常数は原子に有効な電子数のみで決定され実験事実と一致している。

更に  $\text{NiSe}_2$  は最近の帯磁性、比熱及び Se 核を用いた  $T_1$  の温度変化より、exchange enhancement された d バンドのパウリ常磁性体であることが判明した。

こうしてパイライト系を眺めてみると、いずれも狭いバンドで特徴づけられている大変面白い系であることが判る。特に  $\text{CoS}_2 - \text{CoSe}_2 - \text{NiSe}_2 - \text{NiS}_2$  で囲まれる四角形の組成領域は結晶構造は同じで d 電子数が 1 個異なる丈なのに、金属あり、絶縁体あり、強磁性あり、反強磁性あり、帯磁率が温度変化するものがあり、全くしないものがあるといった具合に磁性のありとあらゆる問題が含まれているように思う。今後更に NMR の技術を駆使する

ことによりこの系の磁性を明らかにして、磁性の本質に迫ろうと考えている。

### 3-2) MSi 系 (M: Cr, Mn, Fe, Co)

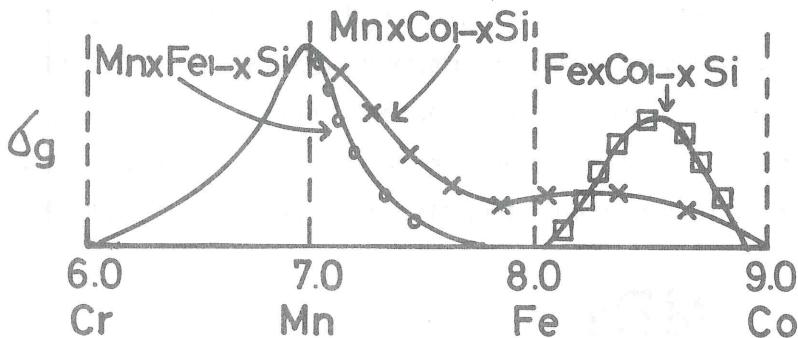
3d遷移金属を含む珪化物MSiは古くから磁気的或は電気的性質の研究対象となっている。結晶構造はCubic B-20で、CrSiは温度依存性のない帯磁率を示す金属である。MnSiは約30Kに転移点を持つこの系の中で単体として磁気配列を示す唯一の物質である。伝導は金属的であり、<sup>55</sup>Mn, <sup>29</sup>Si核のNMRより、更に石川グループによる中性子線回折の研究より非常にピッチの大きい遍歴型のヘリカル磁性体であることが判明している。常磁性状態に於ける帯磁率はC.W.型の温度変化をし、 $1.3 \mu_B$ の有効磁化を持つが低温での飽和磁化は $0.35 \mu_B$ と両者の間に大きな違いがある。 $T_1$ の実験より局在モーメントが存在しないことは明らかになっており、巨視的な磁性( $H_c = 6\text{ K}Oe$ で強磁性になり、高磁場帯磁率が大きい)と併せ考え非常に強磁性出現状態に近い遍歴型の磁性体である。従って磁場のかかった状態は弱い強磁性体であるZrZn<sub>2</sub>等と同様振巾の小さい而も比較的波長の長いスピンのゆらぎの理論で解釈出来る。この理論も守谷グループによって発展し基底状態がヘリカル構造である場合の種々の磁場温度に対する物理量がほぼ解明された。ここで特筆すべきことは常磁性状態で観測された<sup>55</sup>Mn核の電気四重極相互作用の大きさが帯磁率に比例して大きく温度変化する事実である。これは今まで例がない新しい実験事実であったが、やはり守谷グループによってスピンのゆらぎと電荷のゆらぎの結合を考慮した理論の発展の中からその機構が解明された。又、最近<sup>29</sup>Si核を用いた零磁場中に於ける共鳴周波数の温度変化より低温で強磁性的なスピン波励起の存在が確認されている。

この様にMnSiの磁性は実験的にも理論的にもほぼ解明されたが、残る問題として、温度一磁場面内での相転移近傍でのスピン・ダイナミックスがある。NMRでは観測時間の関係で、この領域は大変困難である故、ミュー中間子の磁場中での回転現象をプローブにしたいわゆるμSRの研究が進行している。

FeSiは約100K以下の温度で帯磁率はほぼ零であるが温度の上昇と共に増加し約500Kで極大をつくる異状な振る舞をする。伝導は低温で半導体的で、帯磁率の温度変化の様子と合わせて非磁性的な基底状態の少しエネルギーの高いところに磁気的な励起状態が存在しているように思われるが、理論的には良く判っていない物質である。CoSiは温度依存性のない負の帯磁率を示す反磁性反金属である。

以上のようにこれ等の金属間化合物は結晶構造が同じであるにもかかわらず色々特異な磁性を示す。更にこれ等のMSi間の固溶体をみてみると大変興味ある磁性が現われる。第2図にこれ等の系に於ける磁化の電子濃度依存性を示す。この図に於いて非常に特徴的なこと

# MSi

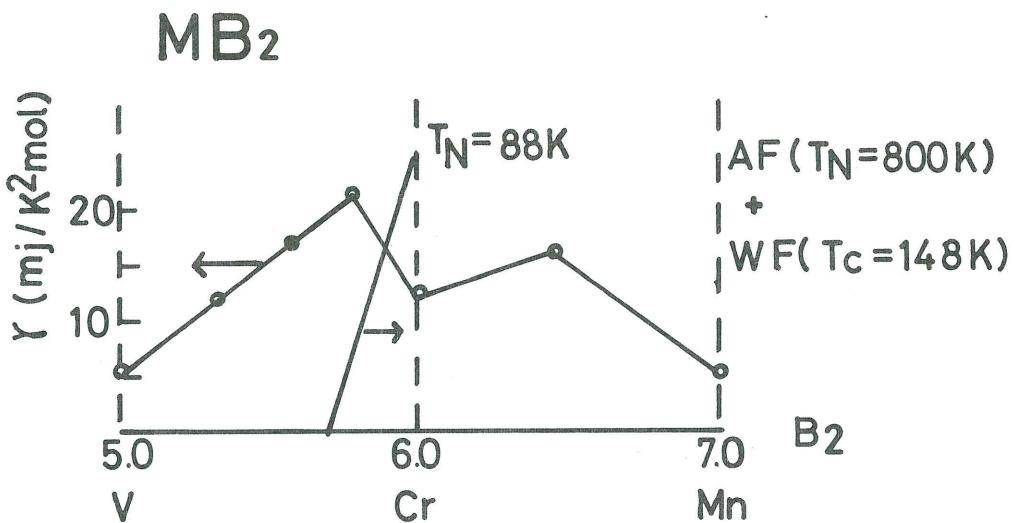


は FeSi と CoSi が夫々常磁性、反磁性であるにもかゝわらずそれ等を混ぜると磁気的に秩序した状態が現われることである。この状態は転移点が低く又飽和磁化が小さいことから弱い金属強磁性であると考えられるがこのようないわゆる disordered 合金系に於いて出現する強磁性というのはそれ自身大変注目すべきことである。<sup>59</sup>Co NMR の実験から CoSi に Fe を混ぜると Fe の周囲の Co 原子に小さなモーメントが誘起されることが判明し、この系の磁性は Co 原子に寄因する d バンドの分極によるものと考えられる。同様のことが Mn を混ぜた場合にも実験的に判明している。併しこの場合は中間組成で強磁性は出現しない。現在 (Mn-Co) Si, (Mn-Fe) Si 系の NMR による研究が進行中で、MnSi で見られたヘリカル状態の変化及び Co, Fe を混ぜた時の局所的な Mn 電子状態の変化を明らかにしようとしている。いずれにしてもこの系は比較的電子相關の弱い狭い d バンドの磁性体として特徴づけられると思うが、この系で残された最大の問題は FeSi の磁性及び伝導の解明であろう。この意味でも FeSi を中心として混晶系の研究が役立つであろうし、又直接的に Fe の Mössbauer 効果や <sup>29</sup>Si NMR 又  $\mu$  SR による微視的な研究の発展が期待されており現在進行中である。

### 3-3) MB<sub>2</sub> 系 (M: V, Cr, Mn)

MB<sub>2</sub> 系は C-32 の結晶構造を持つ金属間化合物である。CrB<sub>2</sub> は T<sub>N</sub> = 88 K の遍歴型反強磁性体であると言っていたが、高温での一様帯磁率が C.W. 型に大きく温度変化をしており、いわゆる弱い反強磁性金属とは考えにくい物質である。又この物質のバンド計算よりフェルミ面近傍の状態は主に d バンドの電子で決っており、而もスピン密度波 (SDW) が安定になりそうな構造をしていることが提案されている。一方 CrB<sub>2</sub> と VB<sub>2</sub> の混晶系を

みてみると第3図に示す如く  $T_N$  は V の増加と共に急に減少し、  $V B_2$  では帶磁率も温度変化のない d-バンドのパウリ常磁性となる。又低温での電子比熱係数  $\gamma$  は丁度反強磁性の出現組成付近で極大を持ち且つ、  $\gamma = \gamma_0 - \alpha T_N^{3/4}$  の関係が成り立っている。このような事実は弱い反強磁性及び反強磁性に近い金属に於ける長谷川等によるスピンのゆらぎの理論で説明されている。  $MnB_2$  は  $T_N$  が約 800 K で Mn 当りのモーメントも大きい。どちらかと言えば局在モーメントのモデルで説明出来る物質である。このように  $MB_2$  は非常に弱い磁性から強い反強磁性まで分布しており、特に (V, Cr)  $B_2$  系は、反強磁性及びそれに近い金属



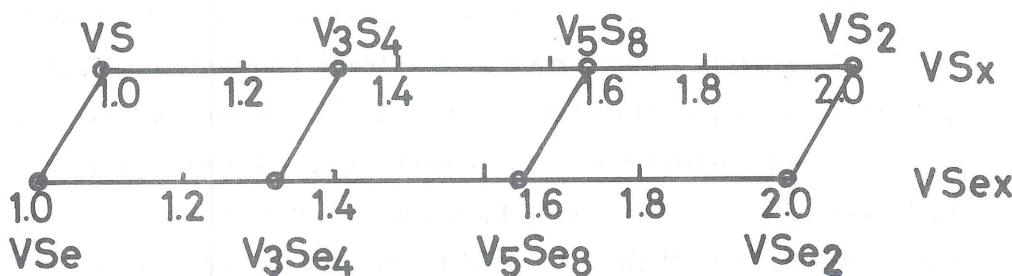
磁性に於ける電子相関の問題を研究するのに適した物質として考えられ、 NMR による研究に着手した。我々はまず  $CrB_2$  を取り上げ  $^{11}B$  核の NMR を調べた。 $T_N$  以下に於ける共鳴のスペクトルの解析から Cr 原子は各サイトで 同一の小さなモーメントを持っていること、従ってバンド計算で予想された S DW の状態は存在しないことが判明した。又、船橋、浜口等の中性子線回折の実験結果と合わせ検討した結果、  $CrB_2$  は、 [110] 方向に比較的大きい  $q$  ベクトルを持つ cycloidal な磁気構造を持つことが結論された。これは一種のヘリカル構造で  $MnSi$  に次いで発見された二番目の遍歴型金属磁性体に於ける特殊な構造である。従って  $CrB_2$  は  $MnSi$  の妹分にあたる物質で、ただ  $MnSi$  がより強磁性に近く、  $CrB_2$  が反強磁性に近いということであろう。一方  $T_1$  の温度依存性 (1.4–300 K) から、低温では  $T_1 T = \text{constant}$  で、  $T_N$  近傍で緩和率 ( $\gamma_{T_1}$ ) が発散的傾向を示し、常磁性状態ではほぼ温度に対して一定である結果を得た。特に高温での振る舞は弱い反強磁体の極限で、ス

ピンのゆらぎの理論から予想される  $1/T_1 \propto T / \sqrt{T - T_N}$  の温度変化では説明出来ない。絶対値はほぼ  $S = 1/2$  の局在モーメントの存在から期待される値とオーダー的に一致するが、低温での Cr 当りのモーメントが  $0.5 \mu_B$  以下であること等から、局在モーメントではこの磁性を説明することは出来ない。従って我々は  $\text{CrB}_2$  が弱い遍歴型磁性体ではなく、可成強いか、或は中間的な状態に位置しているものと結論した。そうだとすると、V や Mn を混ぜた試料で  $T_1$  の系統的な研究をすることは反強磁性金属でスピン密度のゆらぎの振幅を変化した場合の性質を探るうえで極めて興味ある。現在その方向で実験が進行している。更に  $T_1$  に関して、磁場効果の研究も  $\text{CrB}_2$  に対してなされている。特に注目すべきことは、低温で  $1/T_1$  が磁場に対して指數関数的に急激に減少することである。このことは  $\text{MnSi}$  でも実験的に見つかっており、多分遍歴型ヘリカル磁性の特徴と思われるが理論的な考察は現在のところなされていない。

### 3-4) $\text{VS}_x$ , $\text{VS}_{\text{ex}}$ 系

この系の磁性を理解する上では  $x$  の増加に伴う結晶構造の変化が重要である。NiAs 型の構造を基本とし、 $x$  の増加と共に金属層の一枚おきに Vacancy を導入し、而もそれが層的で規則的に配列するという特徴を持っている。従って V 原子の配列から言えば全部詰った層 (full layer) と、そうでない層 (vacant layer) が交互に積重なっている。各 V 原子は C 軸に 3 回対称を持つ 6 ケの S からなる変形した八面体で取り囲まれ、V のバンドは C 面内に広がった  $e_g$  バンドが基底状態である。 $\text{VS}_2$   $\text{VS}_{\text{e}2}$  は Vacant layer に全く V 原子がなく  $\text{TaS}_2$  と同様の 1-T poly tape の  $\text{CdI}_2$  型である。Vacancy も含めた結晶全体の規則化は第 4 図に示す如く  $x = 1.0$ ,  $x = 1.33$  ( $\text{V}_3\text{S}_4$ ) 近傍,  $x = 1.60$  ( $\text{V}_5\text{S}_8$ ) 近傍, 及び  $x = 2.0$  で知られており我々の研究もそれ等の物質を対象として始められた。

## $\text{VS}_x$ , $\text{VS}_{\text{ex}}$



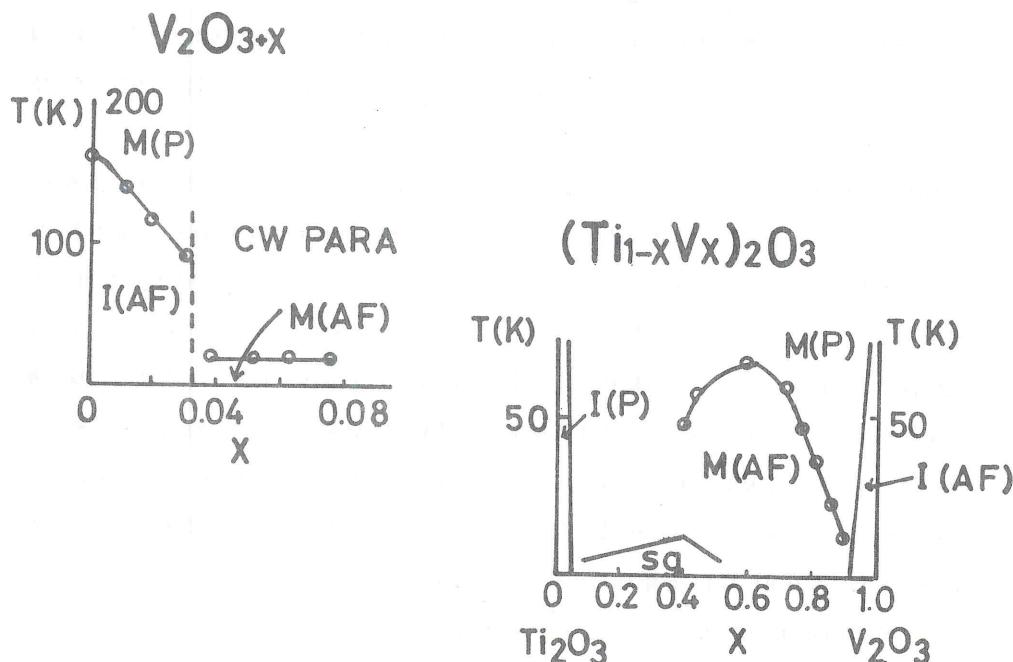
磁気的には、 $x = 1.0$  では磁気的秩序のない d バンドの常磁性、 $x = 1.33$  では帯磁率には温度変化が認められないが、 $V_3 S_4$  で 8 K,  $V_3 Se_4$  で 15 K に転移点を持つ反強磁性金属であることが NMR の結果から判明した。 $x = 1.60$  では高温の帯磁率が C.W. 的な温度変化をするようになり、Weiss 定数が正 ( $V_5 S_8$  で +21 K,  $V_5 Se_8$  で +7.9) であるにも係わらず夫々  $T_N$  が 32 K, 21 K の反強磁性秩序を示すことが判明した。反強磁性状態に於ける NMR の結果から  $V_5 S_8$ ,  $V_5 Se_8$  には局在モーメントは存在しておらず弱い遍歴型の反強磁性金属であると考えられる。 $x = 2.0$  になると  $TaS_2$  や  $NbSe_2$  等の場合と同様に、磁気的というよりも電荷密度波 (CDW) の存在が重要になり、事実帯磁率、比熱等の実験から、 $VS_2$  で 305 K,  $VSe_2$  で 112 K に commensurate な CDW の形式が報告されている。こうして眺めてみると、この系は帯磁率の  $q$  依存性が  $q = 0$  と  $q = Q$  に山を持ちその周辺のゆらぎの成分が共に磁気的性質に効いているように思われる。つまり、 $V_3 S_4$ ,  $V_3 Se_4$  では殆んど  $q = Q$  に於けるゆらぎが重要で  $V_5 S_8$ ,  $V_5 Se_8$  では  $q = 0$  の成分も可成重要である。この様な機構を持つ物質系の理論も守谷グループによって発展し、夫々の山の高さ及び形に依存した結合を考慮し興味ある結果が出ている。この意味に於て  $x = 1.33$  でみられた反強磁性は  $q = 0$  周辺のゆらぎによる性質が NMR の結果にも反映していることになる。 $V_3 S_4$ ,  $V_3 Se_4$  に於ける  $T_1$  の温度変化は、夫々の  $x = 1.0$  でみられた  $T_1 T = \text{constant}$  なるコリンハの関係にスピンのゆらぎによる効果が加えられたもので説明される。反強磁性体の場合、常磁性状態での  $\frac{1}{T_1}$  は  $\chi_Q$  が C.W. 則に従うことから  $\sqrt{T}$  に比例することが理論的に予想されており、事実  $V_3 Se_4$  ではこの関係が良く成り立っている。併し、 $V_3 S_4$  では温度変化が異常で、100 K までほぼ温度変化がなくそれ以上で  $\frac{1}{T_1}$  が増大するという傾向を示す。この理由は未だ明らかになっていない。 $T < T_N$  では  $\frac{1}{T_1}$  は  $T/M_Q$  に比例するので低温では  $T_1 T = \text{constant}$  が予想され実験結果と一致している。ここで一つ重要なことは  $V_3 S_4$ ,  $V_3 Se_4$  は化学的には 1 個の  $V^{2+}$  と 2 個の  $V^{3+}$  との mixed valence compound であるにも係わらず、低温でも夫々のサイトの区別が無いことである。帯磁率が低温でも温度変化しないことからも、各サイトの change differentiation は起こっていないと思われる。このことは後で述べる Valence fluctuation の研究につながっていく。 $V_5 S_8$ ,  $V_5 Se_8$  になると  $V^{3+}$  4 個と  $V^{4+}$  1 個の mixed valence になっているがこの場合は NMR のナイトシフト、内部磁場の測定より各サイトが分離されている。併し、各サイトは  $d^2$  とか  $d^1$  とかの状態にあるのではなく、やはり全体としてはモーメントの小さい遍歴型の反強磁性体である。現在夫々の  $T_1$  の温度変化の測定が進行中である。特に  $V_5 Se_8$  で報告されている磁場による  $T_N$  の急激な減少 (約 70 kOe で  $T_N = 0$  と

なる)は、前に述べた  $q=0$  と  $q=Q$  近傍のゆらぎの問題と関連して大変興味深い。

更に  $\text{VS}_2$ ,  $\text{VSe}_2$  は、電荷のゆらぎとスピンのゆらぎの関係という意味で興味があり、CDW転移温度の上下で、ナイトシフト、 $T_1$  の温度変化の測定が進行中である。

### 3-5) 酸化バナジウム系 ( $\text{V}_n \text{O}_{2n-1}$ )

この系に於ける最大の問題点は何と言っても  $\text{V}_2\text{O}_3$  を中心とした金属-絶縁体転移とその周辺の問題であろう。NMRによる研究は数年前、可成、集中的になされ数々の新しい事柄が判明した。併し、今だに転移の機構は解明されていない。その時我々が一番問題にしたのは金属相に於ける磁気的な振る舞である。 $\text{V}_2\text{O}_3$  以外にこの系には  $\text{V}^{5+}$ ,  $\text{V}^{4+}$  や  $\text{V}^{3+}$  等の混合原子価を持つ組成物質が数多く存在する。それ等の多くは高温で金属的性質を示す。その状態に於ける帯磁率や各サイトでのナイトシフトの温度変化は、金属状態であるにも係わらず、夫々のサイトのd電子数に対応するような有効磁気モーメントを持ったC.W.型であった。このことは大変理解しにくいことであり、長い間気になっていた。最近我々は酸素を過剰にしたり、Tiを添加することにより  $\text{V}_2\text{O}_3$  の金属相を低温まで安定化し、それらの $^{51}\text{V}$ NMRによる研究を行った。第5図に夫々の場合の磁気相図を示すが、実際に実験を行った  $\text{V}_2\text{O}_{3.06}$ ,  $\text{V}_2\text{O}_{3.036}$  及び 8% Ti :  $\text{V}_2\text{O}_3$  では全温度で金属であり、低温で反強磁性秩序が存在している。 $\text{V}_2\text{O}_3$  の金属相では  $T_1$  の温度変化の測定等から、局在モーメントは存



在しないことが判っているが、これらの試料でも母体はやはり  $V_2 O_3$  と同じ状態で、唯過剰な酸素の周りや、Ti の周りの V 原子がいわゆる局在モーメントを持った状態になっていることが NMR の結果から判った。更に著しいことは母体の帯磁率がいずれの場合も約 80 K 以下で急に減少していくことがナイトシフトの温度変化から判明したことである。このことと、 $V_2 O_3$  に圧力を加えて低温まで金属相を安定化した場合に如何なる磁気的秩序も現れない事実を考え合わせると、金属相  $V_2 O_3$  では低温でモーメントの死んだいわゆる d-バンドのパウリ常磁性であることが考えられる。そうだとすると、高温での C.W. 的振る舞は Co ( $S, Se$ )<sub>2</sub> 系で述べた狭いバンドで振幅の大きいスピンのゆらぎの縦成分が飽和し、約 80 K 以上で局在モーメント的になつていると解釈出来よう。このようにして、最近のスピンのゆらぎの理論の範囲内で酸化バナジウム系の金属相に対する局所帯磁率の振る舞が明らかになってきた。残る問題は何故金属一絶縁体転移が起こるかであるが、この解決にはまだ少し時間がかかりそうである。

我々は又  $VO_2$  と  $V_2 O_5$  の中間組成の酸化物である  $V_3 O_7$  も取り上げた。これは  $V_2^{5+} V^{4+} O_7$  で書き表わされるように混合原子価を持つが、伝導率は酸化物中最も悪く極めて良い絶縁体と考えられる。結晶構造は V 原子に対して一次元的性質が強く 5.2 K で反強磁性に秩序化する。各サイトに於ける  $^{51}V$  NMR の結果と磁化の温度磁場変化の結果を見ると、この反強磁性は 1 kOe 程度の磁場でスピン・フロップ転移を起こし、磁化 - 磁場曲線は低温で 15 kOe 程度で飽和する。又  $T_1, T_2$  が短いこと、低温での共鳴周波数が  $T^2$  で変化すること等が判った。これ等の特徴は異方性の小さい 1 次元強磁性鎖が反強磁性的に弱く結合しているという模型で定性的に説明された。

金属 - 絶縁体転移の問題に関して、 $Ba VS_3$  なる物質も取り上げた。この物質は  $CsNiCl_3$  型の構造を持つ 1 次元的化合物であるが、高温で  $\sim 10^2 \Omega cm$  程度の金属的な抵抗が約 70 K で 8 ケタほど増加し半導体的になる。又帯磁率も 74 K に鋭いピークを持ち反強磁性の出現を示している。この温度で結晶変態がないことから V-V 鎖の 1 次元的伝導バンドが反強磁性秩序の為にギャップを持ち転移を起こすのではないかと期待された。この種の転移機構は余り例はなく、もし本当ならば大変興味深い。 $^{51}V$  の NMR の結果は、低温で磁気秩序は存在せず、金属 - 絶縁体転移及び低温での帯磁率の減少は  $VO_2$  等で見られた V 原子の対形成によるものと思われる。併し転移の様子は  $VO_2$  とは可成異なり今後更に微視的な研究が必要である。現在 Fe や Ti を添加した試料も含め実験が進行中である。

### 3-6) Fluctuating Valence 化合物 ( $SmB_6$ )

金属化合物を研究する上で混合原子価の問題は避けて通ることが出来ないようだ。既

に述べた如く、異なる価数を持つ幾つかの金属元素で構成される化合物の中には、電荷が比較的各サイトに局在し、磁気的にも夫々のサイトでのd電子数に対応する局在モーメント的な振る舞をする物質から絶対零度でも各サイトの区別のない状態が基底状態で、帯磁率も温度変化の少ない物質まである。前述の  $V_3S_4$ ,  $V_3Se_4$  等は低温で反強磁性的秩序が出現するので、少し様子は異なるが、やはり後者の立場より考えてみるのも興味があると思う。最近この quantum fluctuation の問題は稀土類金属化合物の幾つかの物質で注目を浴び、実験、理論の研究が始まられている。この様な物質から典型的なものを見つけて NMRによる研究を行うことはそれ自身大変重要なことであると共に、他方我々の 3d遷移金属化合物の磁性と伝導の研究に何らかの示唆を与えてくれるものと期待出来る。この意味で典型物質としてまず  $SmB_6$  を取り上げ  $LaB_6$  と比較しながら  $^{11}B$  NMRの研究に着手した。quantum fluctuation の問題はその時間が  $10^{-13} \sim 10^{-15}$  sec と一般に NMRの観測時間より速いので、静的な実験は余り有効でないと考えられ、我々は主に  $T_1$  の温度変化に注目した。実験結果は、 $LaB_6$  は d バンドに寄因する  $T_1$   $T = constant$  のコリンハの関係で  $T_1$  の温度変化が説明出来るが  $SmB_6$  では、 $T_1$  は  $LaB_6$  より 1 衍から 2 衍程短い。更に緩和率の温度変化は 4.2 K から 20 K まではほぼ一定で 20 K から 100 K 位まで増大し、又その上では一定になるという特徴的な振る舞をする。高温での振る舞は熱エネルギーによる fluctuation が quantum fluctuation よりも大きくなり、 $T_1$  には  $Sm^{3+}$  の局在モーメント的な fluctuation がきくようになると考えられそうであるが、低温での温度依存性のない  $T_1$  は良く判らない。いずれにしろ  $T_1$  の実験結果は  $Sm$  原子の状態を強く反映していることを示しており、今後理論的な解釈がなされることを期待したい。今後  $CeAl_3$  や  $YbAl_2$  等他の典型的な物質でこのような実験を行い、quantum fluctuation の特徴  $T_1$  からみた特徴を明らかにしていきたいと思っている。

### 3-7) 低次元金属に於けるスピンドイナミックス ( $Ag_2F(C_{nH_{2n-1}}NH_3)_2CuCl_4$ )

低次元系特有の時間相関々数の Long time tail (LT T) の特徴は TMMC 等の 1 次元絶縁体の ESR の吸収線や NMR の  $T_1$  に現われていた。近年 TTF-TCNQ 等の 1 次元的金属に於ける NMR の実験でも  $T_1$  の温度変化に対するコリンハの関係が成り立たず 1 次元スピンドiffusion の特徴である  $T_1$  が  $\sqrt{\omega}$  の周波数依存性を持つことが報告されている。このような LT T の特徴が二次元金属ではどのように現われるかを調べる目的で  $Ag_2F$  を取り上げた。 $Ag_2F$  は反 CdI<sub>2</sub> 型の層状構造を持ち銀の 2 枚の層の内部の銀間距離は純銀のそれより短く、次の 2 枚の銀層とは F でへだてられている。<sup>19</sup>F の  $T_1$  を測定したところ 1.3 ~ 300 K で  $T_1 T = 9.3 \text{ sec K}$  で一定で、11 ~ 66 MHz の範囲で  $T_1$  の周波数依存性は観測されなか

った。これは2次元性が悪い為であるかも知れず比較の為2次元性の非常によい( $C_nH_{2n+1}NH_3)_2CuCl_4$ 系の実験を始めている。

3-8) その他

- KCoF<sub>3</sub> - 絶縁体の極限に於ける磁性の問題でNMRの立場より残されていたことは、軌道角運動量が消失していない場合の磁気励起である。これはNMRのシフトやT<sub>1</sub>の温度変化に特徴的な効果を与えることが期待され典型的な物質として、KCoF<sub>3</sub>(T<sub>N</sub>=114K)を取り上げ<sup>59</sup>Co, <sup>19</sup>FのNMRによる研究を行った。結果はT<sub>1</sub>の温度変化が従来のスピニ波励起では説明出来ないことや、OKの平行帶磁率が可成大きな値であり温度変化がMnF<sub>2</sub>等の場合と異なることを示した。理論的には阪大望月研究室で発展した有限温度でのcorrelated effective fieldの近似計算でNMRによるシフトの結果が定量的に解釈された。又、T<sub>1</sub>もこの系でmagnon-phonon相互作用を考慮することにより絶対値と温度変化が説明された。
- 二次元的磁性体( $CH_3NH_3)_2CuCl_4$ (面内、面間とも強磁性)と( $CH_3NH_3)_2CuBr_4$ (面間反強磁性)の混合系に於いて、帯磁率、比熱の実験からRandom Ordered Phaseが存在することが示唆されていた。その状態をより微視的に解明すべく<sup>1</sup>H, CuのNMRによる実験が留字研究員君島君を中心に進行している。

§ 4. 研究室の構成

現在に於ける研究室の陣容と主たる研究テーマ、及び実際に扱っている物質系を紹介していく。

助 教 授 安岡弘志(金属絶縁体転移とその周辺の問題。酸化バナジウム系他)。

助 手 西原弘訓(低次元系に於けるスピンドイナミックと金属絶縁体転移。 $Ag_2F$ ,  $BaVS_3$ ,  $V_3O_7$ )。

教務職員 北岡良雄(遍歴型反強磁性体に於けるスピントラップ。V(S, Se)系, MB<sub>2</sub>系)

大学院生 高木 滋(遍歴型弱強磁性及びそれに近い磁性体に於けるスピントラップ。 $MSi$ 系)

大学院生 滝川 仁(混合原子価状態に於けるダイナミックス。 $SmB_6$ 他)

研究 生 井上 望(強い電子相関を持つ磁性体に於けるスピントラップ。 $M(S, Se)_2$ 系)。

外来研究員 津田俊信(電荷密度波とスピントラップ。 $VS_2$ ,  $VSe_2$ )。

留学研究員 君島義英 (ランダム磁性体のスピノーダー。 $(\text{CH}_3\text{NH}_3)_2\text{Cu}(\text{Cl}, \text{Br})_4$ )。

## § 5 おわりに

既に述べて来たように、我々の研究室の研究目標は、金属磁性体に於ける電子相関の役割を微視的な立場より解明することである。この目的の為、夫々特徴のある典型的な化合物磁性体系に焦点を絞り研究を進めている。開設以来3年程の間に実験装置も一応世界的水準にまで達し、夫々の系で大変興味ある新しい事実が発見されてきている。それ等の中には従来の磁性理論では解釈出来ないような結果も多くあり、幾つかの新しいモデルも生まれつつある。この意味に於いて我々の研究には理論グループとの協力関係が不可欠である。幸いにも守谷研究室で発展している спинのゆらぎで代表される理論的考察が金属磁性に於ける統一的な解釈を与えてくれそうである。従って我々の電子相関に関する研究も全面的に守谷先生を中心とするグループからの理論的指導を受けている。又  $\text{KCoF}_3$  に於ける磁気励起の問題は阪大望月研のグループと協力して研究され、最近の Valence fluctuation の問題は東北大糟谷先生にもお世話になっている。

一方実験的立場としては、当然のことながら試料が重要になる。現在我々の研究室で、いわゆる“良い試料”を制作する技術はない。従って我々が着手した物質系はその系で世界的に一番権威のあると思われるグループとの協同研究をお願いしている（これは私の昔からの方針である。その代わり NMR に関しては良い研究をするという意味で、現在までこの種の協力関係はうまくいっていると考へている）。パイライト系は、名大安達研究室、電総研小川研究室、MSi 系はベル研究所 Wernick, VS<sub>x</sub>, VSe<sub>x</sub> 及び VO<sub>x</sub> 系は京大可知、小菅グループ、ベル研究所 Di Salvo 及び Remeika, SmB<sub>6</sub> を含む MB<sub>2</sub> 系は無機材研河合、石沢、田中グループ、又 BaVS<sub>3</sub> は、甲南大高野氏との協同研究である。又、低次元化合物、Ag<sub>2</sub>F 等は所内塩谷氏にお世話になった。

このように我々の研究は直接、間接を問わず又、理論、実験を問わず多くの方々の御援助、御指導のもとに発展している。又、最近の  $\mu\text{SR}$  による MnSi 等の研究は、東大山崎グループのお世話になっている。ここで関係各位に厚く御礼申し上げると共に金属磁性の本質が解明される日がそろ遠くないことを期待しつつ、今後ともよろしく御指導、御援助の程をお願い致したい。最後に過去2年間に我々のグループで発表した論文リストを紹介しておく。本文中、具体的な実験データを示すことが出来なかったので参考にして頂ければ幸いである。

- o Helical Spin Structure in MnSi - NMR Studies; K. Motoya, H. Yasuoka, Y. Nakamura and J. H. Wernick, Solid State Commun. 19 (1976) 529
- o Magnetic Properties of  $(Fe_{1-x}Co_x)_x Si$ ; S. Kawarazaki, H. Yasuoka, Y. Nakamura and J. H. Wernick, J. Phys. Soc. Japan 41 (1976) 1171
- o NMR of  $^{51}V$  in the Antiferromagnetic State of  $V_5S_8$ ; H. Nishihara, H. Yasuoka, Y. Oka, K. Kosuge and S. Kachi, J. Phys. Soc. Japan 42 (1977) 787
- o  $^{59}Co$  NMR in an Antiferromagnetic CoO Single Crystal; K. Okada and H. Yasuoka, J. Phys. Soc. Japan 43 (1977) 34
- o  $^{55}Mn$  and  $^{29}Si$  NMR in the Helically Ordered State of MnSi ; K. Motoya, H. Yasuoka, Y. Nakamura, V. Jaccarino and J. H. Wernick, J. Phys. Soc. Japan 44 (1978) 833
- o NMR and Susceptibility Studies of MnSi above  $T_c$ ; H. Yasuoka, V. Jaccarino, R. C. Sherwood and J. H. Wernick, J. Phys. Soc. Japan 44 (1978) 842
- o The Local Magnetic Fields Probed by  $\mu^+$  in hcp Ferromagnets : Co and Gd; N. Nishida, K. Nagamine, R. S. Hayano, T. Yamazaki, D. G. Fleming, R. A. Duncan, J. H. Brewer, A. Ahktar and H. Yasuoka, J. Phys. Soc. Japan 44 (1978) 1131.
- o Nuclear Magnetic Resonance of  $^{11}B$  in  $CrB_2$ ; Y. Kitaoka, H. Yasuoka, T. Tanaka and Y. Ishizawa, Solid State Commun. 26 (1978) 87

- o Magnetic Properties of MnSi-CoSi Solid Solution Alloys ; K. Motoya H. Yasuoka, Y. Nakamura and J. H. Wernick, J. Phys. Soc. Japan 44 (1978) 1525
- o  $^{59}\text{Co}$  NMR in an Antiferromagnetic  $\text{KCoF}_3$  Single Crystal ; T. Tsuda and H. Yasuoka, J. Phys. Soc. Japan 45 (1978) 115
- o Temperature Dependence of the Positive Muon Knight Shift in MnSi ; H. Yasuoka, R. S. Hayano, H. Nishida, K. Nagamine, T. Yamazaki and Y. Ishikawa, Solid State Commun. to be published
- o Microscopic Magnetic Properties of Nonstoichiometric  $\text{V}_2\text{O}_{3+x}$  - NMR and Inelastic Spin-flip Neutron Scattering Measurements ; Y. Ueda, H. Yasuoka, H. Nishihara, A. Heidemann, K. Kosuge and S. Kachi, J. Phys. chem. Solid. to be published
- o Magnetic Susceptibility of an Antiferromagnetic  $\text{KCoF}_3$  Single Crystal - -  $^{19}\text{F}$  NMR and Static Measurements ; T. Tsuda, H. Yasuoka and T. Miyauchi, J. Phys. Soc. Japan. to be submitted

## 物性研究所談話会

日 時 昭和53年5月12日(金) 午後4時  
場 所 物性研Q棟講義室  
講 師 Prof. H. Winick (Deputy Director of Stanford Synchrotron Radiation Laboratory, Stanford Univ., Cal. U.S.A.)  
題 目 「スタンフォード大学シンクロトロン放射研究所の紹介とその研究成果」  
要 旨

現在のSSRLの研究施設を紹介した後、現在進行中で1980年に完成予定の施設増設計画を説明し、これが完成の後は50%の時間が dedicated time になるとのことであった。今までに行なわれた種々の研究を簡単に広く紹介した。終りの方では新しい研究について二、三言及した。特にX線構造解析がなされていない、空中窒素固定に関与する酵素ニトログナーゼの活性部位におけるN<sub>o</sub>原子の周りのOとSについての配位状態をEXAFS測定で研究した例が特に関心をひいた。

日 時 昭和53年5月15日(月) 午後4時  
場 所 物性研Q棟講義室  
講 師 大野和郎  
題 目 「サブミリケルビンの開発」  
要 旨

物性研究所で将来計画の一環として建設の始まろうとしている超低温の開発を話の中心において以下のことについて述べた。

- 1) ミリケルビン、サブミリケルビンの生成の原理
- 2) 今までやってきた超低温の生成について
- 3) これからやろうとしているサブミリケルビンの生成についての計画
- 4) 3)を実現するための技術上の問題点
- 5) 温度測定
- 6) 超低温での物性研究

日 時 昭和53年5月22日(月) 午後4時

場 所 物性研Q棟講義室

講 師 前田 甫 (東芝総研)

要 旨

最初に東芝総研の組織と研究内容について紹介が行なわれた。開発研究の例として、東芝が国内1位、世界3位のシェアを占める発光ダイオードと現在興味を集めている超LSIがとり上げられた。

発光ダイオードについてはGaAaPの開発の歴史と問題点、難点をいかに克服して商品化に成功したかということが述べられた。つづいて物性的な面からみた研究成果、転位と効率、劣化などの問題がとり上げられた。

超LSIについては微細化、リソグラフィ(エレクトロン・ビームを中心としたもの)、種々のプロセス、dry etching、結晶欠陥の問題が述べられ、現象としては、short channel, hot electron、パワー消費の問題、界面における量子化の問題などがとり上げられた。

日 時 昭和53年5月26日(金) 午後4時

場 所 物性研 Q棟講義室

講 師 Professor A. G. Heeger  
(University of Pennsylvania)

題 目 Doped Polyacetylene  $(CN)_x$  : Electronic Material of Future.

要 旨

Lecture on recent exciting work on semiconducting  
and metallic polymers.

日 時 昭和53年6月12日(月) 午後4時

場 所 物性研 Q棟講義室

講 師 中田一郎

題 目 モノモレキュラーステップと結晶成長

要 旨

単位格子ステップ(モノ・モレキュラーステップ)による結晶成長は、コッセル・モデルとし

て古くから親しまれているが、1950年前後にGriffin, Verma Amelinckxらが緑柱石, SiCの表面に、この種のステップ群を、主に位相差顕微鏡を用いて観察した。これは当時, Frankらの提出した転位を媒介とする結晶成長のモデルを裏づけたものとして広く知られているところである。しかし、その後この種の研究はほとんど停滞してしまっている。

われわれは1972年に微分干渉顕微鏡を用いると人工結晶の表面に存在する単位格子ステップ群を容易に観察しうることを見出し、ステップ構造と結晶成長機構を結びつける研究を続けてきた。その後得られた新しい知見として  $\text{Cd}_2\text{S}_3$ ,  $\text{CdCr}_2\text{Se}_4$  における不完全転位を中心とする結晶成長過程に関して紹介を行った。

なお、単位格子ステップによる結晶成長研究は国外でも最近になって、活発になってきており、その動向について紹介した。

日 時 昭和53年6月19日(月) 午後4時  
場 所 物性研Q棟講義室  
講 師 近角聰信  
題 目 インバー合金の異常性と金属の弾性  
要 旨

インバーは35 at% Ni-Fe 合金で室温付近で熱膨張係数が殆んど零という実用上重要な性質を持っているが、その物理的な原因について未だ確定した解決はない。

ここでは最近我々<sup>\*</sup>が行った現象論的な解析から、この異常性はFe 原子の熱的及び磁気的な高スピン-低スピン状態の転移で解釈できることを述べ、次に金属の弾性を原子対モデルで解析した結果、Ni などの純金属は昔から云われていたように原子間力は殆んど中心力であるが、インバーでは著しく異方的になることが判明したことを論ずる。

更にこれに伴う相変態、中性子散乱の実験の解釈にも言及したい。

\* M. Matsui and S. Chikazumi : ISSP Rept No. 872 ('78)

## 第5回物性小委員会議事録

日時：1978年3月30日 13:00～19:30

場所：東北大金研会議室

出席者：横田，豊沢，齊藤，真隅，三輪，山田，遠藤，金森，佐々木，伊達，芳田，重松，目片

### 報告事項

#### 1. 委員長報告（横田）

物研連へ共同利用予算の増額について申入れをしたこと（1／14），物小委選出規定の改正については理論，実験が各5名，10名を下まわらないように選出する，物研連委員を追加することができるという二点とも可決されたことが報告された。委員構成を決定する主体が不明確であるとの白鳥百人委員の疑問にたいして，それが物小委であることが確認された。

選挙関係では物性研共同利用施設専門委員（市村，佐々木，長岡，本間，溝口，石川，長谷田の7氏を推薦，次点は齊藤，米沢，水崎の3氏），物性研人事選考協議会委員（長岡，中野，伊達，間瀬，松原の5氏を推薦），基研研究部員（渡部，井上，立木，森田，守谷の5氏を推薦，次点は碓井，上村の2氏）の投票結果が報告された。

本年度の国際会議に派遣する学術会議代表としては低温国際会議に信貴豊一郎氏を，半導体国際会議に植村泰忠氏を推薦した。

物性研究施設群については物研連につくられた作業委員会が開催された（11／26）。これには物小委側から佐々木，伊達，真隅，横田が，物研連側から小野周氏が出席した。小野氏は試案の主旨にたいして理解を示されたが，原案のままの形での制度化の困難性を指摘された。そして制度化の考え方の形態（例えば物性研究機構）やその問題点について意見交換をおこなった。また上記物小委側作業委員4名は文部省に手塚審議官をたずね，主旨の説明をおこなった（2／16）。手塚氏からは種々の助言があり，また今日の学術研究体制にかゝわる一般的な見解が述べられた。

佐々木：研究施設群について他分野の人から20年という期間が長過ぎること，「基礎教育の空洞化」という表現には問題があるということ，時間が過ぎた後そのままその大学へ帰属させるのはあくまでも例外措置と考えるべきだとのコメントがあった。

齊藤：この案は他の分野の人にも知られているか。

芳田：他の分野にも例がある。工学系では生産研に協力研究の拠点としての施設がすでにでき

ている。

横田：岡崎の研究機構のような形になった時物性研はどうなるか。

芳田：そのような機構は必要だがそれだけではすまないと思う。

佐々木：物性研の将来計画との関連性を明らかにすることが必要である。

## 2. 財政報告（真隅）

物性研の総合班が減っているので支出は増える一方なのに収入が減ってきてている。今年は学会に便乗したので楽だったが、来年以降は見通しが暗い。学会に便乗すると出費は半分ですが、時期によってはこの方法がとれないのが問題である。

伊達：物小委の財源として総合班の科研費に依存することは今後あらためて研究者の合意が必要だろう。それとともに総合班を増やす方策を物小委でも考えなければならない。

## 3. 物研連報告（金森）

新しい物研連の設置が4月に学術会議で決定される予定である。

IUPAPではCommissionの統合が提案されていて9月の総会で投票される。現在の Semiconductor, Magnetism, Solid State Physics の3 Commission を Physics of Condensed Matterといつ一つの Commission にし、その下に Subject division として Semiconductor (光関係だけ), Surface (LED等), Amorphous, Liquidを置くというのが原案である。これにたいして Magnetism Commission では強い反対がある。

9月のIUPAP総会はStockholmで開かれるが、そのための出張旅費は1人分だけなので場所的時間的に近い国際会議に出席される IUPAP Commission のメンバーは総会にも出席していただくなることになる。Semiconductor 国際会議へ派遣する人の人選にはこのことが考慮されている。

芳田：物小委でもIUPAP委員を優先することを考慮すべきである。

金森：Magnetism, Semiconductor, Statistical Mechanics, Low Temperature の四つは IUPAP 委員を出すようにしたらよい。

## 4. 特定研究報告（横田）

現在“原子過程科学の基礎”，“高速イオン物性”，“乱れた系の固体物性”の三つが特定研究として提案されている。白鳥、勝木の二氏から物小委のメンバーも関係している特定研究の案が物研連に提出されていると聞いているが、物小委でどのような議論があったかという質問を受けた。勝木氏の意見は慎重にやつて欲しいということだ。

佐々木：物小委が主体となって特定研究の立案、計画はやらないことになっているが、“乱れ

た系の固体物性”の提案については議論してほしい。計画全体で7億円、そのうち2/3が計画研究で残りが公募研究である。

横田：物研連に提出した後だからむしろ報告と考えて欲しい。後で議題とする。

山田：物小委としては積極的に特定研究を考えるべきで、そうしないと物性の地盤沈下はさけ得ない。

#### 審議事項

##### 1. 百人委、物小委の選挙日程

金森：新しい物研連が設置を要請してから選挙する方がよい。委員を届出るだけでは問題である。

三輪：前回と同様、物研連に関係なく日程を決めてよいのではないか。

芳田：設置されるのが決まっているのだから作戦的にする必要はない。

三輪：物性グループの再登録の期間が短か過ぎてはいけない。

以上のような議論の後、下記のような日程を決定した。

5月31日 物性グループ名簿再登録〆切

6月20日（6月10日）名簿発送、物性グループ百人委員選挙公示

7月20日（8月10日）百人委員選挙〆切

8月 1日（8月15日）百人委員選挙開票結果報告、物小委選挙公示

9月20日 物小委選挙〆切

10月 1日 物小委選挙開票結果報告

横田：なお日程については事務局の都合などにより、多少の変更がありうることはお認め頂きたい。（註）

##### 2. 物小委選挙規定の改正

三輪：理論と実験の区別があいまいな時はどうするか。

横田：事務局一任としたい。物研連の委員を物小委に委嘱できる件については物小委の諒解事項として議事録にとどめておきたい。

以上の議論の後改正案を決定した。

##### 3. 物性技術調査委員会

伊達委員より測定技術、試料作製技術に関する調査委員会設置の提案があった。物性研および物小委が推薦した委員で構成する委員会を物性研に設ける。客員部門および科研費の活用で実現し、物性研からいろいろな facility の便宜を計ってもらう。

芳田：内容がよく分らない。

伊達：例えば試料作製技術の遅れをとりもどす方法を考える。現在は情報、技術が偏在している。

豊沢：実行のお膳立てをするのか。

伊達：そうだ。現状を明らかにするだけでもよい。足で歩いて情報を集める。

芳田：物性研、無機材研、分子研がまわりもちで世話をしている活動があるがあまり効果があるとは思えない。

伊達：それ以前の問題で、必ずしも物性研でのを作れといっているのではない。各地でめばえた技術を encourage する窓口になって欲しい。

芳田：客員部門として試料作製を考えたこともあるから物性研が面倒をみる可能性はないわけではない。ただ調査というのはどのようなことをするのか分らない。

真隅：物性研が技術中心の将来計画を出したが、他の面での全国の技術レベル向上の足掛りを作ることにも協力してくれということではないか。

横田：その結果をどのように生かすかがはっきりしない。

伊達：委員の数は 10 名程度。半導体 2 名、磁性、誘電体、超伝導各 1 名………

斎藤：現状をなんとかしたいということはよく分る。物小委が initiative をとるべき問題だ。

芳田：日本にある芽を育てようとするなら特定研究“試料作製”のようなものを出す方向でやった方が効果的で物小委としての役割を果たすことになる。

伊達：そのためにも基礎調査が必要だ。

目片：例えば化学の分野では我々の知らない成果がたくさんあるので調査に意味がある。

佐々木：試料の qualification や evaluation を直接に手がけるような authority をつくるというのはまずいと思うし、今すぐ必要という訳でもない。むしろ伊達氏はそれ以前に問題があることを強調されるのではないか。

山田：試料作りに犠牲的精神が必要なことが問題である。

横田：継続審議にする。次回までにどうしたらよいか考えてきてほしい。

#### 4. 特定研究

横田：特定研究を物小委として積極的に出すべきだという意見もあるが、前回の議論は研究者が熱意をもって立てた計画を期待し、物小委主導型のものは考えないということであった。

芳田：物小委だけが皆のために苦労して種を考えることはないというのが本音で、研究者が積極的に発憤してくれるよ。

三輪：特定研究が終っても何が達成されたかが問題だ。物小委主導型はやるべきでないと思っ

ている。

芳田：前の結論から一年位しかたっていないのだから簡単に豹変するべきでない。

豊沢：次々と特定研究がでてくるのが望ましいが、discourageされるような議論が多いので困る。長期的にみて皆がうるおえはよい。

佐々木：特定研究は所詮特定の領域の問題。どこも万遍にうるおうようなものは困難だ。

齊藤：出て来た計画を議論して推薦した方がよい。小人数で計画したのが物小委を経ずに出るのは望ましくない。

三輪：“乱れた系の固体物性”は全てをうるおすかどうか分らないが物性研究として適當なもの一つである。

横田：“乱れた系の固体物性”は物性の分野として適當なテーマであり、必要性を認めてサポートする。

## 5. 研究施設群

横田：今までの方向でこれからも進めることを承認してほしい。

三輪：物性研究機構というのがこの問題とどのように関係するのか分らない。

芳田：文部省の意図は不明だが、小野氏は原子核で考えられているような将来計画の調整の場として機構を考えているのではないか。

横田：最初の計画通りにはいかないかも知れないが、趣旨を生かし得る道がひらけるのではないかと思っている。

註) その後事務局長と委員長とが相談の結果、選挙日程を（ ）内のように変更することになった。その理由は百人委員の選挙規定の「付記」の主旨をより生かすためである。

## 物性研ニュース

### 東京大学物性研究所の助手公募の通知

下記により助手の公募をいたします。適任者の推薦、希望者の応募をお願いいたします。

(1) 研究室名及び公募人員数

極低温部門 田沼研究室 助手 1名

(同部門には教授 田沼静一、助教授 永野弘、助手 小田祺景が在職)

(2) 内容

金属、半金属の伝導電子に関連する物性の実験的研究。特に極低温・強磁場などを用い、種々の電子の相転移など新しい物性の探究に意欲を持つ人を希望する。

(3) 資格

応募資格としては修士課程修了又はこれと同等以上の能力を持つ人。

(4) 任期

5年以内を原則とする。

(5) 公募締切

昭和53年7月31日(月)

(6) 就任時期

昭和53年11月1日を予定している。

(7) 提出書類

(イ) 推薦の場合

- 推薦書（健康に関する所見を含む）
- 履歴書（略歴で結構ですが、学位名・単位取得のみ・論文提出中等を明示のこと）
- 主要業績リスト（必ずタイプすること）、ほかに出来れば主な論文の別刷

(ロ) 応募の場合

- 履歴書（学位名・単位取得のみ・論文提出中等を明示のこと）
- 業績リスト（必ずタイプすること）及び主な論文の別刷
- 所属の長又は指導教授の本人についての意見書（宛先へ直送のこと）
- 健康診断書

(8) 宛 先

東京都港区六本木 7 丁目 22 番 1 号

東京大学物性研究所 総務課人事掛

郵便番号 106 電話 (402) 6231・6254

(9) 注意事項

田沼研助手公募書類在中、又は意見書在中の旨を表記し、書留で郵送のこと。

(10) 選定方法

東京大学物性研究所教授会で審査決定いたします。ただし、適任者のない場合は決定を保留いたします。

東京大学物性研究所長

芳 田 奎

人 事 異 動

誘電体部門	助 手	高 重 正 明	53. 5. 16	採 用
超高压部門	助 手	辻 和 彦	53. 5. 16	採 用
理論第三部門	助 手	黒 田 義 浩	53. 5. 31	辞 職

Technical Report ISSP 新刊リスト

Ser. A.

- No. 881 The Spacial Distribution of Local Magnetic Susceptibility in Pt with Addition of Transition Metal Solutes . by Nozomu Inoue and Tadashi Sugawara .
- No. 882 Pinning and Conductivity of Two-dimensional Charge Density Waves in Magnetic Fields . by Hidetoshi Fukuyama and Patrick A . Lee .
- No. 883 Orthogonality Catastrophe for a System of Interacting Electrons . by Kosaku Yamada and Kei Yosida .
- No. 884 Cyclotron Resonance in Deformed Lead Crystals . by Yoshichika Ōnuki and Sei-ichi Tanuma .
- No. 885 A New Channel of NMR Relaxation of Liquid  $^3\text{He}$  in Contact with Paramagnetic Salts . by Sadao Nakajima .
- No. 886 Effects of Long-range Coulomb Interaction and Br<sup>-</sup> Distribution on the Charge Density Wave and the Structural Change of KCP ( $\text{K}_2\text{Pt}(\text{CN})_4\text{Br}_{0.3} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) . by Hidetoshi Fukuyama .
- No. 887 Excitonic Phase and Gas-Liquid Transition of Semimetals in a Strong Magnetic Field . by Daijiro Yoshioka
- No. 888 Multiphonon Recombination Processes . by Yutaka Toyozawa .
- No. 889 Optical Absorption and Infrared Photoconductivity in Amorphous Si-Au System . by Naoki Kishimoto and Kazuo Morigaki .
- No. 890 Domain-like Incommensurate Charge-Density-Wave States and Collective Modes . by Kazuo Nakanishi and Hiroyuki Shiba .

- No. 891 Optical Observation of Adiabatic Magnetization in Rare-Earth Compounds . by Kiyoshi Aoyagi and Satoru Sugano.
- No. 892 Resonant Raman Scattering in (EXe) Jahn-Teller System. by Shinji Muramatsu and Keiichiro Nasu.
- No. 893 The Static Skin Effect in Bismuth II Field Dependence of the Transverse Magneto-resistance. by Masatsugu Suzuki and Sei-ichi Tanuma.
- No. 894 Electrical Conductivities of Niobium Iodides. by Haruki Kawamura , Ichimin Shirotan and Kyoji Tachikawa.
- No. 895 The Low-dimensional Electron Gas in a Strong Magnetic Field. by Hidetoshi Fukuyama , P. M. Platzman and P. W. Anderson
- No. 896 Lattice Relaxation and Time Resolved Polarization of Emission from Localized Electron with Level Crossing. by Keiichiro Nasu and Yōsuke Kayanuma .

## 編 集 後 記

本号の巻頭は昨年阪大に移られた櫛田さんの感想文で飾らせていただきました。

又、久しぶりの研究室だよりとして斯波、安岡、両研究室の現況を報告していただきました。いずれも充実した興味深い読みものとなっております。

〒 106 東京都港区六本木7丁目22番1号  
東京大学物性研究所

守 谷 亨  
栗 原 進

◎次号の〆切は8月10日です。

