

# 物性研だより

第14卷  
第1号  
1974年5月

## 目 次

研究室だより	1
○ 竹内研究室	1
○ 伊藤研究室	8
昭和48年度共同研究報告	19
○ 物性研究専用 SOR-Ring の建設	19
○ ヒドロゲナーゼの活性と物性	20
○ 超伝導体における同位元素の体積効果に関する研究 - 低温における同位元素の格子定数の精密決定	22
○ 完全結晶による中性子の動力学的回折現象の研究	27
短期研究会報告	36
○ 中性子散乱	36
○ ヒドロゲナーゼの物性	49
物性研談話会	55
物性研ニュース	60
○ 昭和49年度前期外来研究員一覧	60
○ 昭和49年度前期短期研究会一覧	71
○ 昭和49年度共同研究一覧	72
○ " 概要 "	72
○ " 微小ギャップ半導体・縮退半導体及び半金属の物性 "	76
研究会のお知らせ	76
○ 昭和49年度後期共同利用について(公募案内)	77
○ 共同利用施設専門委員会委員	83
○ 人事選考協議会委員	84
○ 人事異動	84
○ テクニカルレポート新刊リスト	85

編集後記

東京大学物性研究所

## 研究室だより

### 竹 内 研 究 室

竹 内 伸

私達の研究室の研究目標は、一言で表現すれば、「結晶の強度がいかなる機構で定まっているか」を解明することにある。この目標に向って、種々の結晶をいろいろな角度から研究を行なっている。

塑性部門の研究設備は、殆んど鈴木研究室と共同で用いており、研究も一部共通のテーマに関して行なっている。コロキウムなども合同で行なっており、鈴木教授からは常々有益な助言やら激励の言葉を賜わっている。以下に、私達の研究室で過去5年間行なって来た研究の概略を紹介する。

#### (1) 体心立方金属の塑性：<sup>1)</sup>

このテーマは、物性研就任以前からの筆者の主要な研究テーマであった。BCC遷移金属の塑性が、微量の侵入型不純物原子の影響を強く受けるということは、これらの金属の塑性の特徴としてよく知られている。従って、低温塑性の基礎データを得るには侵入型不純物濃度を数 at. ppm以下に落す必要性は以前から認識されていた。このような目的のために、鈴木教授を中心に国内で初めて試作された超高真空中での電子ビーム floating zone 精製装置を用いて  $T_a$  の精製を試み、抵抗比約 1,000 の試料を得ることに成功した（なお、この方法のみでは、試料が徐冷されるという原理的欠陥のために  $V_a$  族の金属に関してはこれ以上純度を上げることは困難である）。当初は、これらの試料を基にして、侵入型不純物の低温塑性における影響を系統的に調べる計画であったが、当時西独および米国で相ついで同種の研究成果が発表されるにあたり、我々は、おもに、極低温での塑性異方性を中心て実験を行なった。

BCC金属は、低温で双晶変形が辻り変形に優先するのが通例であるが、我々の試料では双晶の発生が抑制され、He 温度で初めて辻りの結晶方位依存性を測定することに成功した。その結果、極低温では{112}双晶面にそった辻りが最も活動し易いことなど特徴的な実験事実を見出した。なお、極低温では、大きな応力低下を伴う不連続的な辻り変形を起すが、塑性仕事

に基く発熱を考慮に入れて降伏現象を解析した結果、この現象が、必然的に生ずる thermal instabilityであることが明らかとなった。

BCC 金属の低温塑性が、高い Peierls potential を越して運動するらせん転位の挙動で支配されているということは、転位の運動の電顕による直接観察などの結果から疑う余地がない。理論的には、連続体近似で転位を取り扱うかぎり、塑性異方性などの実験事実の説明是不可能である。そこで我々は、格子模型によるらせん転位の運動の computer-simulation を数年前より行なって来ている。らせん転位周辺の歪みの場は Burgers vector に平行な原子列の変位で近似できるため、用いたモデル結晶は  $<111>$  原子列間の二体間相互作用ポテンシャルで定義されたものである。個々の結晶について妥当なポテンシャルを決定するということは至難であるため、ポテンシャルとしては鈴木秀次氏が用いたパラメータを含む単純な函数型のものを利用させて頂いた。まず、モデル結晶に外力を作用させて転位を動かす、絶対零度のシミュレーションを行なったのち、現在は、応力下での Peierls potential を計算し、熱活性化過程による転位の運動の計算機実験を続けている。絶対零度のシミュレーションの結果は、Peierls stress の値、その方位依存性、活動する面の方位依存性に關して、He 温度の実験結果と一部を除きよく合致する結果が得られた。さらに、熱活性化過程を考慮すると、近年高純度 Nb, V で報告されている低温での異常性の現象（転位が力の作用する方向から  $60^\circ$  離れた方向に運動する）が見事に計算機実験で再現することが最近明らかとなった。かくして、BCC 金属の塑性に関する殆どの現象が、らせん転位の Peierls 機構による特徴的な運動の結果として理解できる見通しがついたと考えている。

## (2) 化合物結晶の塑性 : <sup>2)</sup>

化合物結晶の塑性実験を開始した動機は、従来の結晶塑性の研究対象が金属に偏しており、結晶塑性全般を把握するには variety に富んだ化合物結晶の研究が必要と考えたこと、金属などでは見られない興味ある現象がすでに二・三報告されていること、また、結晶構造が共通で結合様式の異なる一連の化合物に関する実験を行なえば結合様式と塑性との関連が明白にできると考えたことなどである。

まず、FCC 構造の  $L1_2$  型金属間化合物  $Ni_3Al$  の強度が異常な温度依存性を示す事実に興味を持ち、この現象がこの結晶構造固有の性質ではないかと考え、同じ構造の  $Ni_3Ga$  の単結晶を作成し、極低温から融点近くまでの広範な条件で実験を行なった。降伏強度は窒素温度から温度上昇と共に上昇し、 $600^\circ C$  附近で実に窒素温度の約 10 倍にも達し、それより高温

では、辺り面が {111} 面から {100} 面に変化して急激に降伏強度が減少した。この特異な現象に関して、結晶方位依存性の結果、電顕観察の結果から、我々は次のような解釈を行なった。一般に、転位はその芯のエネルギーを減少させるように部分転位に分解する傾向を持っているが、特に、Burgers vector の大きな化合物結晶中の転位は複雑な分解を起しうる。その分解の仕方に応じて energy および mobility が異なるが、FCC 純金属のように energy min. の configuration と mobility max. の configuration が常に一致している場合は何ら異常は起らない。しかし、特定の character の転位（例えばせん転位）について、mobile な configuration より energy の低い sessile configuration が存在し、しかもそれへの変換に potential barrier が存在する場合には、高温になる程熱活性化によって転位源から拡った辺り転位が不動化され易くなることになる。 $L1_2$  型結晶中の転位は逆位相境界エネルギーの面方位依存性の関係で、まさに上記のような特徴を有しており、転位の熱活性化による不動化を考慮した我々の降伏のモデルで実験がよく説明できることを明らかにした。六方晶の  $DO_{19}$  型化合物中の転位も上記のような特徴を有することから、この型の金属間化合物 Mn-Sn 単結晶に関する詳細な実験を行ない、底面辺りに関して同じく降伏応力の逆温度依存性を見出した。なお、 $Ni_3 Ga$  については、低温変形の際に多量の積層欠陥が形成される点も興味ある事実で、この点も含めて変形機構をより明白にする目的で、電子顕微鏡室の協力を得て超高压電顕の引張ステージを用いて種々の温度で変形の動的観察を試みている。

II-VI 化合物に関して、光照射が強度を大きく変えるという現象 いわゆる光塑性効果、が 5 年程前にソ連で発見された。我々は、この現象が光照射によって転位芯の電子状態が変化し、それが Peierls potential に影響をおよぼす結果ではないかと漠然と考えて実験を始めた。CdS 単結晶を用いて、 $\alpha$  転位が  $\beta$  転位より mobility が大きいこと ( $\alpha$  転位  $\beta$  転位とは刃状転位の extra-half plane の端がそれぞれ Cd 原子のみ S 原子のみで終っている転位)，  $\alpha$  転位  $\beta$  転位の両方に対して光塑性効果が生じること、などを示す予備実験を二年程前に行なっていた。しかし、その後 ZnO, CdTe などに関する実験データが次々に発表され、光塑性効果の原因が intrinsic defect の光照射による ionization に基づくものであろうことがほど明らかとなつたため、我々の関心が薄れ、現在この研究は中断している。

先にも述べたように、化合物結晶の塑性が結晶構造という幾何学的因素に強く左右されるほかに、結合様式や band 構造と密接に関連していると考えられる。このような観点から、band gap が連続的に変化し band inversion を起す PbTe-SnTe の全率固溶体に関する塑

性の実験を進めている。

(3) 1 K以下の温度での金属の塑性：<sup>3)</sup>

short range barrier を熱揺動の助けを借りて乗り越えながら進む転位の運動は、速度論的に取り扱われ、通常 Arrhenius の式に従って解析される。一方、極低温ではトンネル効果によって転位が barrier potential を越す可能性が古くから指摘されている。また、転位の零点振動の効果で、かなりの高温から Arrhenius の式に従わなくなるという理論も提出されている。これらの「転位の運動に対する量子効果」を実験的に明確にするためには、できるかぎり低温での実験が望ましい。我々の研究室では藏元が中心となって、<sup>3</sup>He cryostat を用いた引張実験装置を試作し、世界で始めて 1 K以下の塑性実験に成功した（0.4 K程度までの実験が可能である）。Al, Al 合金, Zn, Cd, Ta の引張実験を行なっているが、現在、実験および解析が進行中であり、現時点では量子効果に関する明確な結論は得られていない。

一方、小島一鈴木によって発見された、超伝導遷移に伴う変形応力変化の実験として、上記クライオスタットを用いることにより Al ( $T_c = 1.2$  K), Zn ( $T_c = 0.9$  K) などに関する実験が可能となった。今までに、おもに Al および Al 希薄合金 (Al-Mg, Al-Ga, Al-Ge, Al-Li) に関して系統的な実験を行なって来た。従来の Pb の結果では、超伝導遷移の際の応力変化  $\Delta\sigma$  は変形応力の上昇（加工硬化に伴う）と共に単調に上昇しているのに對し、Al での  $\Delta\sigma$  は stage I では高い level を保ったのち、stage I から stage II への遷移に伴って低い level に移行するという Pb と異った結果が得られた。Zn では stage II に至ると  $\Delta\sigma$  が殆んど消滅する。Cd では  $\Delta\sigma$  が観測されなかった（Cd に關しては  $T_c$  近傍しか実験ができないため  $\Delta\sigma$  が全く生じないと結論するのは、実験精度の点から尚早のようである）。Al, Al 合金に關する  $\Delta\sigma$  の温度依存性 ( $\Delta\sigma-T/T_c$  関係) に關しては、従来の Pb, In の結果と同様の傾向を示した。

超伝導遷移に伴う  $\Delta\sigma$  効果が、転位の運動に対する電子摩擦の変化に起因することには殆んど疑いの余地がない。問題は、電子摩擦の変化が結晶の変形応力とどのように結びついているかにあるのであって、物質による違いなどもこの点に関わっている。この結びつきに關しては、点障害を転位が通過する際の athermal process としての転位の慣性効果 (Granato らによつて) と、 thermal process としての振動数因子効果 (Natsik らによる) が主要な機構と考えられている。種々の理由から、恐らく前者が主要な役割を果していると考え

られるものの、現時点では、全ての現象を説明する明快な解釈はついていない。このことの原因は、元来 FCC, HCP 金属の変形の素過程そのものが明らかでない（少くとも筆者にとっては）ことにあると考えられ、むしろ、 $\Delta\sigma$  をもたらす機構の見通しがつけば、逆にこれら金属の加工硬化機構などを解明する手掛かりが得られる可能性があると考える。一方、Peierls 機構による転位の運動が変形を支配している BCC 金属での  $\Delta\sigma$  効果の方が、理論的には単純に取り扱える可能性があるため、Ta IC 関する実験を準備している。

#### (4) その他の：

(i)<sup>4)</sup> 結晶中の陽電子消滅が、点欠陥のみでなく転位の存在によっても大きな影響を受けることが知られている。そこで、我々は陽電子消滅の実験を転位芯の電気的性質に関する information を得る手段として利用できると考え、無機材研の津田氏のグループと共同研究を行なった。まず、n 型 GaAs 単結晶を曲げ変形して、 $\alpha$  転位（+転位）のみまたは $\beta$  転位（-転位）のみを導入した結晶中の陽電子の寿命のスペクトルを測定し、trapping model に従って転位の trapping cross width を求め、その結果と転位周辺の charge 分布に関する Read の model を用いて転位芯の dangling bond の電子占有率を求めた。得られた占有率は従来考えられていた値よりやや大きく、特に $\beta$  転位でもかなり大きな値が得られた点は予想外であった。続いて、undoped-Ge, n 型および p 型 Ge に種々の密度の転位を導入し、同様の測定を行ない、同様に占有率を求め、p 型 Ge IC 関しては Schröter-Labusch に従って転位レベルに関する大雑把な見積りを行なった。しかし、陽電子消滅をこの種の研究に用いることには、寿命の  $\tau_2$  成分から trapping probability を求める際の実験精度の問題、解析に用いるモデルの正当性（精度）などに問題が残されており、現在のところ dangling bond の占有率を求める手段として最良の方法とは云えないようである。

(ii)<sup>5)</sup> 蔡元は、Cu-Al 合金の曲げ試料について、etch-pit 法により応力パルス下での転位の運動の観察を行なった。降伏応力直下での転位の運動の分布状態は、4.2 K から降伏応力が逆温度依存を示す温度域を通り室温に至るまで大差なく、転位はいずれも数 m/sec 以上の高速度で運動する。特に、らせん転位が刃状転位に優先して運動を開始する事実を明らかにし、m sec の間に 1 つの転位源から数千本の転位の増殖が行なわれることを観察している。これらの事実は、matrix 中に一様分布した固溶原子と転位との相互作用から転位速度を論じそれから降伏を導く固溶体硬化理論を、この種の合金にそのまま適用することは不適

当であることを示唆している。降伏を支配していると考えられる増殖の問題に関しては曲げ変形による実験は不適当であるため、単純圧縮による実験を計画している。

(iii)<sup>6)</sup> B C C 金属のように、転位の粘性的な運動が変形応力や変形速度を支配しているような物質では、個々の転位の易動度とマクロな変形を結びついているのは可動転位密度  $N_m$  である。従来、 $N_m$  は歪量あるいは時間に関する個々の物質固有の函数として取り扱われて来たため、転位の易動度と結晶の変形応力や変形速度とを unique に関連づけることはできなかった。筆者は 5 年程前に  $N_m$  を支配する原則に関するモデルを提唱した。その後このモデルを発展させ、多くの物質について実験事実がよく説明できることを示した。上記の原則とは「定応力下では、結晶の変形速度が最大となるように  $N_m$  が定まる」とするもので、次のような考えに基づいている。すなわち、結晶中の多数の転位源から外力の下で次々に増殖した転位が、互に相互作用し交叉辯りを起しながら拡散的な運動を行なう場合に、転位源での増殖率が、転位の流れの flux が最大となった所で定常値に落ちつくと考えられるのである。しかし、今後このモデル自身の妥当性と適用範囲に関するより深い検討が必要であると考えている。

以上、充分意を尽せたとは思われないのが心残りであるが、私達の研究室で行なった、あるいは現在進行中の研究内容の概略を紹介して来た。全般的に見て、対象とする物質や手段等やや研究が雑多に過ぎるきらいがあるかも知れないが、我々はこのような模索の中から、何とか結晶塑性全般に関する総合的統一的な理解を得ようと努力している。

1) 竹内 伸 : 固体物理 6 (1971) 101.

竹内 伸 : 固体物理 8 (1973) 3.

S. Takeuchi, E. Kuramoto and T. Suzuki: Acta Met. 20 (1972) 909.

F. Minami, E. Kuramoto and S. Takeuchi: Phys. Stat. Sol.(a) 12 (1972) 581.

E. Kuramoto, S. Takeuchi and T. Suzuki: J. Phys. Soc. Japan 34 (1973) 1217.

F. Minami, E. Kuramoto and S. Takeuchi: Phys. Stat. Sol.(a) 22 (1974) No. 3.

E. Kuramoto, F. Minami and S. Takeuchi: Phys. Stat. Sol.(a)

22 (1974) No. 4. 熱・磁・電

- 2) S. Takeuchi and E. Kuramoto: J. Phys. Soc. Japan 31 (1971)  
1282.

S. Takeuchi and E. Kuramoto: Acta Met. 21 (1973) 415.

S. Takeuchi and E. Kuramoto: Metal. Trans. 3 (1972) 3037.

S. Takeuchi and E. Kuramoto: Acta Met. 22 (1974) in press.

S. Takeuchi, E. Kuramoto, T. Yamamoto and T. Taoka: Japan.

J. Appl. Phys. 12 (1973) 1486.

F. Minami, E. Kuramoto and S. Takeuchi: J. Phys. Soc. Japan  
33 (1972) 867.

- 3) E. Kuramoto, F. Iida, T. Hashimoto and S. Takeuchi: Scripta  
Met. 8 (1974) No. 4.

E. Kuramoto, F. Iida, S. Takeuchi and T. Suzuki: to be  
published.

- 4) E. Kuramoto, S. Takeuchi, M. Noguchi, T. Chiba and N. Tsuda:  
J. Phys. Soc. Japan 34 (1973) 103.

E. Kuramoto, S. Takeuchi, M. Noguchi, T. Chiba and N. Tsuda:  
J. Appl. Phys. 3 (1974) No. 5.

- 5) E. Kuramoto: Scripta Met. 6 (1972) 1227.

- 6) S. Takeuchi: J. Phys. Soc. Japan 35 (1973) 188.  
S. Takeuchi: Scripta Met. 7 (1973) 831.

## 伊 藤 研 究 室

伊 藤 雄 而

我々の研究室が、新設された中性子回折部門の一つとして発足したのは、1970年3月であるから、丁度丸四カ年が経過したことになる。新設部門の名が示す通り、中性子散乱を研究手段として物性の研究を進めていくことが部門の使命であるが、特に我々の研究室では、偏極中性子を用いて興味ある物性の問題を追求していくことをその目的と考えている。研究室発足当時の様子は、就任時の抱負も合わせて、既に「物性研だより」に着任の挨拶として書いたことなので、この研究室だよりは、いわばその後の4年間の研究室の活動報告をも兼ねる意味合いから、当初の勝手な希望、予定、等を対比せられて、御批判、御教示いただければ幸いと考えている。

先ず順序として研究室の整備の点から触れたい。実験を遂行していく上に当然のことながら、主力装置並びに付属設備の確立が先ず必要である。前者は偏極中性子回折装置であり、後者は偏極用低温クライオスタット、on-line 制御用コンピューター・システム、その他試料作成用装置等である。この内主力装置については、その性能が一応のレベルに達するのに約一年、その次ぎの年度には実験の on-line 化、並びに偏極解析用 3 軸付加が完成し、ほぼ現在の装置体制が出来上がった。その間 1970 年 9 月に助手の秋光君が、ついで 72 年 4 月からは技官の矢崎君が加わり、研究室のスタッフもととのった。更に約一年前からは秘書の鳴海さんにも来てもらい、ために文献整理等の能率もきわだって向上した。このように、スタッフ、装置両面とも研究室発足後 2 年の間に整備・確立出来たことは、特にこの部門がいわゆるビッグ・サイエンスに関連している関係上、装置の費用は一般物性実験のそれに比べてかなりな額を要し、又実験は東海村原研で行なうという特殊事情からの原研常駐スタッフ（現在技官の川村君に一任している）等の問題もあり、実はひとえに並々ならぬ研究所当局と関連各所員の御尽力のたまものであり、このことを深く感謝している次第である。

偏極中性子法は物性実験の方法としてはかなり特殊な実験手段であろう。特殊という意味は conventional ではないという意味である。中性子源は原子炉に依存しており、又装置も他の物性実験手段に比べてかなり大型である。通常の偏よりのない中性子散乱実験と比べてみても、中性子のスピンの自由度を含めての versatile な実験技術として特殊である。従がってごく限られた研究者のみがその特殊性を生かして実験を遂行出来得る立場にあり、その意味だからでも研究室の責任は重大である。加うるに偏極中性子法は物性研究の手段としては最も重要な

な実験テクニックの一つと言って過言ではあるまい。その特色は一口に言って、 ミクロな立場から物質内の素過程、 素励起を知るプローブとして理想的な熱中性子の特質に加えて、 中性子スピノの自由度の応用に基づき、 実に驚く程多種多様な実験方法が可能であり、 事実現段階に於いては、 その可能性の広さと深さのほんの一端が利用されているに過ぎず、 その真価を発揮するのはまさにこれからであると言える。この新しい実験技術としての可能性の開発を通して、 物性の未開の大きな分野を開拓していくこと、 勿論我々の義務と考えている。とは言え現状ではピーム強度の問題から、 偏極中性子を用いての非弾性散乱によるエネルギー解析は難しく、 以下に述べる諸問題は、 すべて偏極中性子回折法により調べられるものに限られる。その意味で、 物質中の素励起に關係する問題を取上げることは出来ない。むしろ現象の素過程を実空間での局所的（電子又は原子の）分布として理解していこうという立場を取る。この観点は、 つい先日、 臨時談話会で、 V. Heine 教授がその講演で述べた物性の新しい展開の一つの流れに沿うものと思う。偏極中性子回折法によれば、 中性子との相互作用のうち中性子の偏極に依存する項と、 偏極には無關係な部分との干渉効果を利用することから、 上述の局所的分布を非常に精密に決定することが出来る訳で、 以下我々の研究室で行なって来た研究内容について、 具体的に述べることにする。

#### (1) 合金内局在モーメントと環境効果

偏極中性子回折が強磁性金属 Fe, Ni, Co; Tb, Gd を始め、 各種の金属間化合物中の磁性電子分布の決定に最も重要な方法として適用されて来たのは良く知られている。しかし、 同じ強磁性体でも合金内の磁気モーメント分布を調べる方法としては当初あまりその例を見なかつた。それは、 不規則合金の磁性電子の状態という理論的にも非常にやっかいな問題があるため、 実験結果の整理に理論的な指針が得られ無かったことにもよる反面、 単に各組成の局在モーメントの大きさのみを問題にするならば、 中性子の不規則散漫散乱の方法が既に有力な方法として存在していたことにもよる。しかしながら、 磁気形状因子は単に各成分原子の局在モーメントの大きさのみならず、 それをになう磁性電子の分布に関する情報をも含むもので、 その正しい解析は合金の磁性の問題に重要な情報を提供するものであろう。他方、 多くの実験結果はすでに数多くの金属間化合物、 希薄合金、 規則・不規則合金中の局在モーメントの振舞いが、 局所的環境に依存することを明白として来ている。問題を  $T = 0^{\circ}\text{K}$  に限っても、 臨界濃度近傍での局在モーメントの振舞い、 特にモーメント・クラスターの存在と LRO の発生との様相、 言葉を変えて言えば、 局所的環境効果と統計効果との相互問題は依然として理論的にも実験的にも未解決の問題であろう。このような問題の理解に、 rigid band 的モデルは適応出来ず、

現在この方向への理論的アプローチとしては二通りあり、その一つは CPA の拡張であり、もう一つはアンダーソン・モデルより出発する Kim 等の方法である。

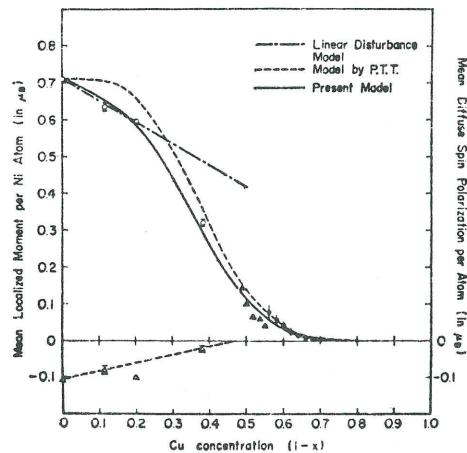
(a) Ni-Cu 合金の局在モーメントの振舞い

偏極回折装置が一応稼動し始めた 1970 年の後半から、我々が最初に取上げた研究テーマは、Ni-Cu 合金の磁気形状因子を測定することであった。この問題を最初に選んだ理由は、Cu は局在モーメントを持たないことから、形状因子の解析が容易であること、pure Ni の form factor はすでに精密に決定されているため、それとの比較ができるうこと、単結晶の作成が我々の研究室で可能であること、Ni-rich 領域では常温で測定出来、また低温クライオスタットの整備が出来次第、臨界濃度近傍での測定に延長できること、そして最も重要な点は、当時 Ni-Cu 合金に関する研究が実験、理論両サイドから一つの流行をなしていたことから、我々の測定が新しい情報提供に寄与出来ると考えたからである。測定結果は局在モーメントのみに関して言えば、その電子分布の状態は、Cu の濃度を増して行なってもあまり pure Ni の時の状態と変らず、その結果は CPA や Ni-Cu (pseudo) 規則合金のバンド計算の結果と consistent であるが、form factor 解析より得られた局在モーメントの濃度変化の様子は、bulk の磁化測定から知られるいわゆるスレーター・ポーリング式のカーブからは大巾にずれて、非線型的なモーメントの環境効果で始めて説明されることが明らかになった。(第 1 図)

(b) Ni-Cr 合金のモーメント・クラスター

—

スレーター・ポーリング・カーブによく乗り、rigid band で良く説明がつくとされていた Ni-Cu 合金の局在モーメントの様子も、実は案に相違して、かなり複雑な環境効果によることが分かつて來たので、次ぎの問題として今後はスレーター・ポーリング・カーブからはずれている Ni-Cr 合金について測定を行なった。この系は、いわゆるフリーデルの virtual bound state の考え方で説明がつくとされている系である。実験

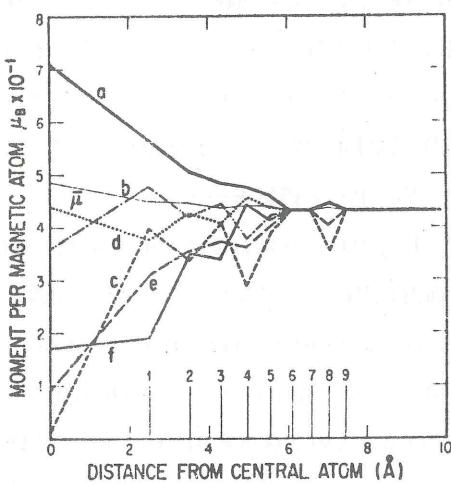


第 1 図 Ni-Cu 合金内の Ni の局在モーメントの振舞いが、非線型的環境効果により説明されることを示す。

J.Phys.Soc.Japan 35 (1973) 1000.

結果は事実その点をよく裏書きしているものであった。他方、臨界濃度に近くなると、局在モーメント間のクラスターが成長して、前方散乱のピークが大きくなることが散漫散乱で認められている。この現象は、いわば環境効果と統計効果との相互作用の端的な例として解釈し得、具体的な実験パラメータを用いてその様子を示すことが出来た。(第2図)。この間に、form factor 解析による局在モーメントの値と、不規則散漫散乱によるその値との consistency 及び pure 金属、規則合金の解析等を通じて、これら合金の form factor の解析の方法も徐々に確立して来たと言えよう。

現在はこれらの経験を踏まえて、その延長上の問題として、Ni-Pt 合金の局在モーメントの問題を阪大国富研究室の中井・留野、両氏と協力して行なっている。この系は臨界濃度近傍でのクラスター・パターンが顕著でなく、いわゆる itinerant weak ferro として取扱われているもので、一つの興味は、exchange enhanced システムとしての Ni-Pd 系と比較することであるが、preliminary な結果では、例えば Ni の局在モーメントの変化をみても両者はかなり異なる様子を示している。



第2図 Ni-Cr 合金内の Ni の局在モーメントが環境に依存したモーメント・クラスターを作る  
J. Phys. Soc. Japan 36 (1974) 431.

## (2) インバー合金

インバー合金とは一般に常温近傍で熱膨脹係数が異常に小さい合金の総称であるが、それに付随して磁気的な異常が現われる特徴を持っている。これらの異常は一口に言って、インバー組成領域で飽和磁気モーメントが急激に減少すること、又その温度変化が異常であること等に要約される。これらの磁気的異常が何に起因するか、又それがインバー効果とどう関連しているかは多数の理論的考察にもかかわらず依然として未解決の問題であり、合金の興味ある問題の一つである。

我々の研究室でも合金内の局在モーメントの様子を研究テーマの一つとしている関係上、当

然の興味としてこの問題を考えていたが、他方物性研内でも近角先生を中心としてインバー問題は一貫して追求されて来ており、早くからこの問題では近角グループとの共同研究を進めて来ている。勿論ここでも我々のアプローチは form factor の精密測定を通して、これら合金内の磁性電子分布の様子を知ろうとするにある。

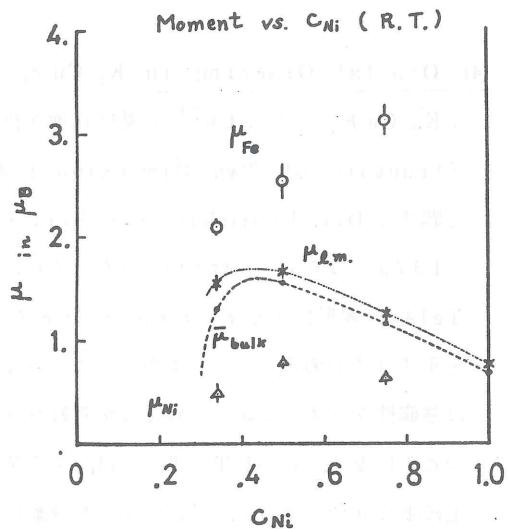
(a)  $\text{Fe}_3\text{Pt}$  の磁気モーメント

$\text{Fe}_3\text{Pt}$  の規則合金は  $\text{Cu}_3\text{Au}$  型の強磁性体で、f.c.c.格子のコーナーを Pt が占め、面内を Fe 原子が占める。インバー問題の一つの問題点に、Fe に 2 種類の Fe があり、それは concentration fluctuation に基づく環境効果によるためであるとする考え方を、環境のユニークに決まっている規則合金の  $\text{Fe}_3\text{Pt}$  がインバー効果を示す事実とどう結びつけるかという点があり、 $\text{Fe}_3\text{Pt}$  の規則合金はその観点から興味のもたれる物質である。にもかかわらず、いまだ Fe, Pt それぞれの磁気モーメントに信頼のおける値が決まっていないのは、Fe と Pt との中性子核散乱振幅の値がほとんど等しいために、超格子の強度を測定出来ないことによるものである。基本格子の粉末回折強度の変化を、キューリー点の上。下で測定することから求めた Kren, Szabó の値は、室温で  $\mu_{\text{Fe}} = 3.3 \pm 0.2 \mu_B$ ,  $\mu_{\text{Pt}} = 1.5 \pm 0.2 \mu_B$  と報告されているが、これらの値を信じると  $\mu_{\text{Fe}_3\text{Pt}} = 11.4 \pm 0.8 \mu_B/\text{unit cell}$  と室温での磁化測定から得られる値の 2 倍近くにもなってしまう。我々は当時近角研究室の助手であった溝口氏と共同して、このモーメントの決定を form factor の解析から行なうことを試みた。しかし当時(1971 年)のデータ解析の結果は、 $\mu_{\text{Fe}} = 2.23 \mu_B$ ,  $\mu_{\text{Pt}} = -1.30 \mu_B$ ;  $\mu_{\text{Fe}_3\text{Pt}} = 5.40 \mu_B/\text{unit cell}$  となり、Pt が Fe と反強磁的にカップルしているという不合理な結論が得られていた。その後溝口氏との共同研究として、実験の精度を上げ、特に Secondary Extinction の効果を無くすために、0.1 mm 程度の薄い試料を用いて再度実験を繰り返した結果、やはり Extinction の補正が不充分であるために上記のような結果が得られた点が判明した。実際に Extinction の補正の問題が偏極中性子回折法では最も嫌な問題である。最近のデータ解析の結果では室温で  $\mu_{\text{Fe}} = 2.05 \pm 0.02 \mu_B$ ,  $\mu_{\text{Pt}} = 0.40 \pm 0.05 \mu_B$ ;  $\mu_{\text{Fe}_3\text{Pt}} = 6.55 \pm 0.10 \mu_B/\text{unit cell}$ 。これは同じ試料について行なわれた磁化測定の結果に比べると、per atom 当り約  $0.1 \mu_B$  大きく、又結晶場の対称性のパラメータから決まる Fe の電子分布の様子を見ても、特に  $\text{Fe}_3\text{Pt}$  内の鉄が異常に振舞っている様子は見られない。これらの結果は Mossbauer 効果を用いた内部磁場の測定と consistent である。この問題を更に温度変化の観点から追求して行くため、現在低温での form factor の測定を東北大の石川研究

室と共同で進めしており、又 order-disorder phase の観点で調べるための計画を、近角研の佐々木君と共に進めている。

(b) インバー  $\text{Fe}_{0.66} \text{Ni}_{0.34}$  合金の form factor。

Ni-Fe 合金の 50% - 50% より Ni-rich 側については、規則  $\text{Ni}_3\text{Fe}$  を含めて不規則合金系の form factor 解析が Ork Ridge グループでなされた。(1973)。その結果、合金内 3d 局在モーメントはスレーター・ポーリング・カーブに従がず、bulk の磁化測定より得られるモーメントの値よりも約  $0.1\mu_B$  多く、これは non-local な磁化分布の負の偏極と考えられる。又 Ni の局在モーメントはほぼ濃度によらず一定であるのに対し、Fe のそれはキュリー温度の低下に相まって減少する。これに反して、我々が近角研究室(近角先生・松井氏)と共同して行なった  $\text{Fe}_{0.66} \text{Ni}_{0.34}$  合金については、同様な form factor 解析の結果、Fe, Ni 共にそのモーメントは減少し、且つ合金内のいわゆる non-local な磁化の部分が  $-0.26 \pm 0.07\mu_B/\text{atom}$  と 2 倍以上に変化していることが分かった。(第3図)。このモーメントの変化の様子は、最近ソ連で行なわれた中性子散漫散乱の結果と良く合っているが、異常に大きい non-local part をどう解釈するかが問題である。一つの考え方としては例えば、解析に用いた Fe の form factor 自体がインバー領域での Fe の中には必ずしも適用されない部分が存在すると考えることであるが、その為には、この non-local part を別の方で独立に決めてやる必要があり、現在データの直接 Fourier 変換を行なってこの解析を進めている。又低温でのデータ解析の結果はかなり違った様相を呈しているので、その点も合わせて検討中である。



第3図 インバー合金( $\text{Fe}_{0.66} \text{Ni}_{0.34}$ )での非局在モーメントの値( $\mu_{el.m.} - \mu_{bulk}$ )が、Ni-rich 側での Fe-Ni 合金のそれに比べて異常に大きい様子を示す。

(3)  $\text{K}_2\text{CuF}_4$  に於けるスピンドensity分布

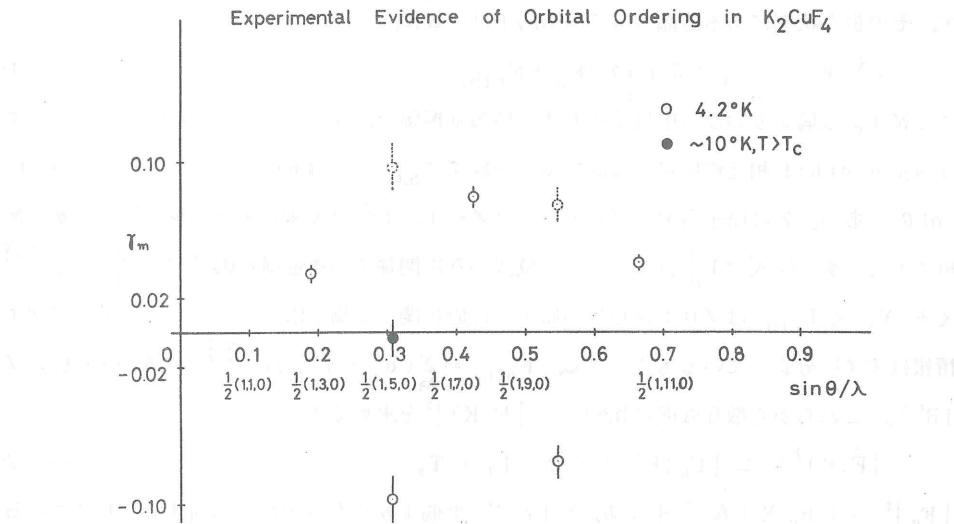
強磁性を示す化合物中のスピンドensity分布を調べることは、偏極中性子回折法の得意芸である。その意味から、我々は常に強磁性成分を持つ興味ある化合物を物色している訳であるが、正に

隣りにいる平川研究室でそのような化合物  $K_2 Cu F_4$  の単結晶を作成、研究していることは、全く幸運といわねばならない。この物質の二次元的 Heisenberg + XY like から来る臨界現象、その他興味ある磁性の問題は詳しく「研究室だより — 平川研究室 —」に述べられている。スピン密度分布の測定という観点から好都合なことは、 $T_c = 6.25^\circ K$  の強磁性体であり、且つヤーン・テラー変形のため  $Cu^{2+}$  の基底状態が簡単である点であろう。しかし実際に測定してみると、強度的に測定不可能な反射もかなり存在するため、Fourier 変換により直接スピン・マップを求めるることは断念せざるを得なかった。そこで基本的なモデルに立っての計算と、測定された形状因子との比較を行なう必要があるが、その際 ligand  $F^-$  イオンとの overlap 積分、excited level の mixing から来る軌道モーメントの unquenching をも正しく取り入れなければならない。この問題は秋光君が主体となって行なったもので、ほぼ完成の域に達しているが、その結果は平川先生が臨界散乱を利用した ingenious 方法で求めた前方での  $\langle 00\ell \rangle$  方向の解析とも良く一致している。尚、温度因子の様子を X 線で調べる点につき、齊藤研究室の田中君の協力を求めた。

#### (4) Orbital Ordering in $K_2 Cu F_4$

$K_2 Cu F_4$  の中の  $Cu^{2+}$  の基底状態を検討している際に、「Orbital and Magnetic Structure of Two-Dimensional Ferromagnets with Jahn-Teller Ions」と題する D.I. Khomskii and K.I. Kugel の論文 (Solid State Commun. 13, (1973) 763) に行き当たった。それによると、この物質中の  $Cu^{2+}$  イオンは Jahn-Teller 変形による  $F^-$  イオンのシフトに伴ない、軌道状態の ordering ( $\tau$ -antiferro) を示すはずである。もしも本当にこのような orbital ordering が存在するならば、それは強磁性を示すスピンとは異なった対称性を持つから、spin ordering の 2 倍の周期を持つことになる。しかし  $T > T_c$  では、その様子は  $F^-$  イオンのシフトのために同じ逆格子点上に重なり合っていて、X 線で見ても分離出来ないであろう。 $T < T_c$  となりスピン ordering が起きて始めてスピン分布の aspherical な部分として観測されよう。即ち、この問題は偏極中性子回折にとっては格好なテーマである。なぜならば、このような orbital ordering の様子を  $F^-$  イオンのシフトによる核散乱と、 $Cu^{2+}$  の軌道に乗る磁性電子の非球対称部分による磁気散乱との干渉効果として観測出来るからである。この結果の一部を第 4 図に示した。ここで面白いことは、干渉項の位相が交互に逆転していることで、これは全く結晶学的な domain に依ることで、分かって見ればあたりまえのことであるが、始めて観測された時は

大変奇妙であった。また符号をそろえた場合に見られるデコボコ近理論予測と良く一致している。目下くわしい解析は進行中である。



第4図  $\text{Cu}^{2+}$  軌道の orbital ordering による磁気散乱と、  
F<sup>-</sup> イオンのシフトに基く核散乱とによる干渉項  $r_m$  の  
実測値を示す。

#### (5) 化合物結晶中の水素の問題

化合物中の水素の挙動は、それが水素結合に関連した重要な問題であるにもかかわらず実験方法に決め手が無く、むずかしい問題とされている。それはX線の場合は電子1コの散乱によるため強度的に困難があり、又中性子の場合には、その大きな非干渉性散乱振幅のために重水素置換がどうしても必要となり、したがってこれらの方法では水素位置に関する精度が限られるからである。勿論、NMRのchemical shiftを通していわば間接的に情報を得る方法もあるが、それにしてもくわしく水素の平衡位置や thermal parameters を決める方法があれば、上述の諸方法と相補的な役割として意味深い。我々は以前からこの問題を考えており、偏極中性子法はこれに有力な手段を提供し得るものと思う。それは中性子とプロトンとの核相互作用が強くスピンに依存することを利用することである。このスピン依存性の目安は非干渉性散乱振幅  $b_{\text{inc.}} = \frac{2}{2I+1} (b_+ - b_-)$  で与えられると考えて良く、プロトンの場合はそれが  $(5.818 \pm 0.015) \times 10^{-12} \text{ cm}$  と非常に大きいのに対して、通常有機化合物を構成しているC, N, O等は核スピンがゼロかもしくは  $b_{\text{inc.}}$  が非常に小さいため、もしも何等かの方法で結晶中の核スピンを偏極することが出来れば、偏極中性子のスピン依存性から結晶中のプロ

トンのみを見ることが出来る訳である。今プロトンの核偏極を  $f_N$  とすると、それによる核散乱振幅の変化は  $\delta = \pm \frac{1}{4} b_{\text{inc.}} f_N$  となり、中性子の偏極の方向(±)に依存する。従がって、その様な状態にある結晶からの構造因子は一般に、

$$F^{\pm}(K) = (b_c \pm \delta \pm i\gamma) F_p^u + F_{\text{oth.}} \quad \dots \quad (1)$$

ここに  $b_c$  は偏よりのない中性子に対する核散乱振幅で、 $b_c = -0.374 \times 10^{-12} \text{ cm}$ 。 $i\gamma$  は spin-orbit 相互作用による虚数項で一般に  $r_{\text{S.O.}} = -1.4651 \times 10^{-16} \text{ cm} \cdot Z (1-f^X)$ 。 $\cot \theta$  である。Zは原子番号でプロトンではZ=1、 $f^X$  はX線に用いる形状因子、 $\theta$  は散乱角である。更に(1)式で  $F_p^u$  はプロトンの位置のみに関係する単位構造因子で、 $F_p^u = \sum_p e^{i\vec{K} \cdot \vec{r}_p} = X + iY$ 、又  $F_{\text{oth.}}$  はプロトン以外の原子の位置に関する構造因子で、ここではそれに関する情報はすでに分かっているものとする。 $F_{\text{oth.}} = \sum_i (b_i \pm ir_i) e^{i\vec{K} \cdot \vec{r}_i} = A + iB \pm i(A' + iB')$ 。これらから散乱強度に比例する  $|F(K)|^2$  を求めると、

$$|F(K)|^2 \cong |F_0(K)|^2 \pm 2(T_1 + T_2) \quad \dots \quad (2)$$

$|F_0|^2 = (b_c X + A)^2 + (b_c Y + B)^2$  で偏よりのない中性子に対する  $|F|^2$  である。 $T_1 = \{b_c(X^2 + Y^2) + AX + BY\} \cdot \delta$  でプロトン偏極に依存する。

$T_2 = b_c(YA' - XB') + (BA' - AB') + (BX - AY) \cdot \gamma$  でスピン・軌道相互作用からの寄与で、構造因子の虚数部分、即ち non-centrosymmetric な場合にのみ存在する項である。(2)式で中性子のスピンに依存しない、プロトン偏極並びにスピン・軌道の2次の項は無視したが、これは  $r_{\text{S.O.}}$  が一般には  $10^{-3} \sim 10^{-4}$  ( $\times 10^{-12} \text{ cm}$ ) のオーダー、又  $\delta$  も  $10^{-2} \sim 10^{-4}$  ( $\times 10^{-12} \text{ cm}$ ) のオーダーであることから justify される。先ず(2)でプロトン偏極を起こさない場合  $\delta = 0$  を考える。偏極比の測定から

$$R = \frac{1 + 2\Gamma_2}{1 - 2\Gamma_2} \cong 1 + 4\Gamma_2, \quad \Gamma_2 = \frac{T_2}{|F_0|^2}.$$

次ぎにプロトン偏極を起こさせると、

$$R' = \frac{1 + 2(\Gamma_1 + \Gamma_2)}{1 - 2(\Gamma_1 + \Gamma_2)} \cong 1 + 4(\Gamma_1 + \Gamma_2), \quad \Gamma_1 = \frac{T_1}{|F_0|^2}.$$

この様に、もしも一般に  $A, B$ ；従がって  $A', B'$  がX線等の測定で分かっているとすると、 $\Gamma_1, \Gamma_2$  の測定から原理的には  $X, Y$  が求まることになり、水素の位置の問題は解けたことになる。なぜならば、 $X, Y$  を決めるパラメータの総数は  $3n \times m$  であり、測定する反射の数をそれ以上用いれば常に正しい( $X, Y$ )の組を定めることが出来るからである。ここに  $n$  は unit cell 中のプロトンの数、 $m$  は 1 つのプロトンに必要な thermal parameter の

数である。ここで注意しておきたいことは、このような測定では、単に入射中性子の偏極方向を変えた時の強度比だけを測定すれば良く、従来の積分強度の測定と異なり、吸収、Lorentz factor 等の補正は一切不要である点で、その意味からも精度の向上が可能である。勿論原理的に可能であっても実際に不可能であれば意味がない。一例として結晶構造が centro-symmetric の場合を考える。(2)式で  $Y = B = B' \equiv 0$  から  $T_2 \equiv 0$ 、従がって偏極比は簡単となり

$$R = \frac{1+2\epsilon}{1-2\epsilon}, \quad \epsilon = \frac{\delta X}{b_c X + A}.$$

これから  $X$  がユニークに決まる。残る問題はどの様にしてプロトン偏極  $f_N$  を起こさせるかという点であるが、これには二通り考えられる。一つは高磁場・低温による brute force 法で、この時は一般に、 $f_N = \tanh(1.02 \times 10^{-7} \cdot \frac{H}{T})$ 。超伝導マグネットを用いて、50KG,  $T = 4.2^{\circ}\text{K}$  では  $f_N = 0.12\%$ ,  $\frac{\delta}{b_c} = -4.7 \times 10^{-3}$ 。これは適当な反射 ( $|F_0|$  が特に大きくなき) を用いれば充分測定可能である。しかし水素結合の問題等、水素の動きに関する情報を知るためにには、出来るだけ常温に近い温度領域での測定に意味がある。このためには dynamic nuclear polarization による solid effect を用いなければならない。先ず 1% 前後の paramagnetic impurity が混入している単結晶を作り、ESR pumping により電子スピンの saturation を起こさせる。今常温 ( $300^{\circ}\text{K}$ ) で 5KG (X バンドの領域) の条件では  $f_N = 1.7 \times 10^{-6}$  と問題にならないが、電子スピンの偏極は  $1.07 \times 10^{-3}$  であるから、もしも solid effect で  $f_N \approx 10^{-3}$  のオーダーに持つて行ければ上記の brute force 法と同程度となり、充分可能となろう。それにはプロトン偏極の enhancement factor E が約 600 近い必要がある。実際には E は 20 ~ 30 のオーダーであろうから、 $f_N \approx 5 \times 10^{-5}$ ,  $\frac{\delta}{b_c} \approx -1.9 \times 10^{-4}$ 。これは  $|F_0|$  が小さく (しかし充分統計が上げられる程度) X が大きい場合にのみ測定可能となる。従がって常温近傍で微妙なプロトンの温度変化を調べる場合、限られた反射について特定な位置パラメータの変化を追うことは出来よう。マイクロ波を mm 波領域にし、又 E を高める工夫が出来れば、一般に常温でも決して不可能とは思えない。なお、この dynamic proton polarization を極低温で行なえば、70 ~ 80% 近くもプロトンを偏極させ得ることが知られている。この程度プロトンを偏極させ得れば、ターゲットを通過させるだけで偏よりのない中性子を同程度迄偏極させることが可能であり、逆に偏極解析にも用いられ得る。その際、例えば先ずエネルギー解析を PG (パイロリティック・グラファイト) で行なって

から偏極解析を行なえば、あまり強度を失なわずにエネルギーと偏極とを同時に解析することが出来よう。これは今後の非常に大きな問題である。この最後の点については、最近  $\text{He}^3$  を  $\text{m}^\circ\text{K}$  で核偏極させる試みも有力視されている。とにかく、このような問題を目指して、我々の研究室では目下装置の整備を急ピッチで進めている段階である。

以上、過去 4 カ年に行なって来た研究活動の概要を述べたが、丁度 3 年目に当る 1972 年には約 1 年間に渡り原研 3 号炉が故障停止したため、その間実験が出来ず、ために、計画の一部、特に 3 軸機構付加による偏極解析の試みが大巾に遅れたことは残念であった。しかし偏極解析、及び上記の水素位置の問題は、現在の 3 号炉では多分にビーム強度が弱い憾みがあり、将来は是非よりビーム強度の強い、2 号炉、もしくは KUR-HFR（京大 2 号炉）で成果を上げたいものと願っている。ついでに将来の計画の一部を述べさせてもらうならば、ぜひ近い将来に物性研—原研を結ぶ遠隔 on-line 制御実験を実現させたいと考えている。これは特殊電話回線を用いて、物性研に居ながらにして炉室内実験操作、及びデータ伝送を行なおうというもので、すでにその詳細については共通実験室の高橋技官と共同で検討中であり、費用は予想外に少なくて済みそうである。原研装置の 3 ~ 4 台の回折装置、及び KUR 設置計画の回折装置をすべて物性研に居ながら on-line 制御することは決して夢ではない。

我々の研究室は中性子回折グループの一員として、常に平川・星埜両研究室、中性子共通実験室といわば共同生活を行なっている。曲りなりにもこの 4 年間に、ある程度の研究が出来たのは、ひとえにグループの協力のたまものであり、このことはいくら強調しても強調し過ぎることは無い。又この機を借りて、磁気 I 部門の好意にも深く感謝したい次第である。最後に、研究内容・研究計画について、ずいぶん独りよがりの点があるものと御批判、御教示を仰ぐとともに、施設利用、共同研究に関しては、何なりと我々（伊藤・秋光・矢崎）に御相談頂きたいものと考えている。

## 昭和48年度 共同研究

### 「物性研究専用ストレージリング ( S O R - R I N G ) の建設」報告書

代表者 東大・教養 佐々木 泰三

シンクロトロン軌道放射( S O R )を用いた分光学専用の電子ストレージリング( 略称SOR-RING )建設の計画は、昭和46年度に認められ( 特別設備費 )、48年度はその最終年度であった。本年度までビームトランスポート系、R I N Gの一部及びSOR-RING実験室の建設等を行なった。本年度は主にR I N G電磁石系の購入、据付及び昨年度製作したR I N Gドーナツのテストを行なった。一昨年来テストを重ねてきた電子のとり出し系は、近々電子シンクロトロンに設置する予定である。R I N G全体の試運転は49年度後半から入る計画である。

R I N G電磁石系は分離機能型で8個の偏向電磁石(  $45^\circ$  , 半径 1.1 m ) と12個の4極電磁石( 3個1組 ) からなっている。これら電磁石系の諸テストにより性能に関して良好な結果を得た。電磁石は電子エネルギーを300 MeVとして設計したが、磁場テストの結果から磁場を設計値以上に大きく出来る可能性を得、高周波加速部を増強すればエネルギーを360 MeVまであげができる見通しとなった。電子エネルギーを360 MeVにすると、スペクトル領域が20 Åまで拡張されるのみならず、貯蓄電子の寿命を延長し得る利点がある。

R I N Gドーナツは、昨年度設計、発注を行ない、立合い試験後搬入したものである。本年度に入ってSOR-RING実験室において再度組立て真空テストを行なった。ドーナツの主排気系は、直線部にとりつけたイオンポンプとサブリメイションポンプであるが、偏向部ドーナツの中には電磁石のもれ磁場を利用したポンプが組込んである。真空テストはこの組込みポンプ( 分布排気系 )を用いずに実行された。ドーナツの真空は簡単なベイキングの後に容易に  $1.2 \times 10^{-9}$  Torr に到達した。真空度の目標値は電子を貯えない状態で  $5 \times 10^{-10}$  Torr であるが、充分なベイキングを行えば分布排気系を動作させるまでもなく容易に達するものと思われる。

本研究は、都内研究者のみならず多数の都外研究者も参加しており、設計、発注、テスト、据付等には各担当者が核研に長期間滞在して作業を行なってきた。この作業のための旅費、滞在費は本共同研究費に負うところが非常に大きくここに感謝の意を表する次第である。

## 「ヒドロゲナーゼの活性と物性」報告

代表者 東大・物性研 井 口 洋 夫

本研究の目的はヒドロゲナーゼ特有の機能 — 分子状の水素を解離させ、オルト・パラ水素転換反応、水素・重水素平衡化反応、水と水素分子とのプロトン交換反応を触媒する白金族類似の機能 — を分子下レベルで理解し、物性面に応用しようとするものである。その構造と機能が解明されれば類似の機能を持つ新しい素材をつくる事も可能である。

昭和48年度に行なった上記表題の研究成果は下記の通りである。静岡大学において培養・精製されたヒドロゲナーゼ（分子量90,000）およびその基質であるチトクロームc<sub>3</sub>（分子量14,000）について、物性研の原子吸光分析器、メスパウアー分光分析器、ガスクロマトグラフィー分析器により次のような結果が得られた。

### (1) 原子吸光分析法による鉄含量の決定

チトクロームc<sub>3</sub>については可視吸収スペクトル法による結果と併せ1分子中4個のヘム鉄が含まれる事が決定された。一方ヒドロゲナーゼについては1分子中8個の鉄が含まれる事が判った。

### (2) メスパウアー分光法

チトクロームc<sub>3</sub>について調べた。四極子分裂、異性体シフトの値より酸化型では凍結乾燥したものも、水溶液中にあるものもいずれも低スピニ型に独有の値を示した。これらの値はヘムを含む種々の酵素と大凡と同じような特性を有している。又、数百ガウスの磁場をかけるとFe<sup>3+</sup>の低スピニ型に特有の hyperfine structureを示す事によっても確認された。一方この structure の温度変化より鉄一鉄間には磁気的な相互作用が存在する事が示され、分子内の4個のヘムが相互に重なりっていると考えられる。これは他のヘム蛋白にはみられないチトクロムc<sub>3</sub>独特の挙動であり、極低温下での物性が興味をもたれ、研究を続行中である。ヒドロゲナーゼについては、凍結乾燥試料について予備実験を行ない、四極子分裂、異性体シフトの値いずれも、いわゆるフェレドキシンと呼ばれている一群の酵素と同一である事が判った。これらの値からヒドロゲナーゼ中の鉄は3価の低スピニ状態にある事が示された。

(3) ヒドロゲナーゼの触媒活動

ヒドロゲナーゼは白金やパラジウム等の金属と同様、水素分子の解離反応に対して活性を持つ。水溶液中でのこの反応を触媒物性論の視点から調べる為固体ヒドロゲナーゼについてその活性が検討され、固体でも機能する事は既に明らかにされたがその詳細は未だ不明であり。研究を続行中である。またヒドロゲナーゼのこのような機能を積極的に利用して酸素一水素燃料電池を組み立て小型ながら  $1\text{mA}/1\text{cm}^2$  の電流密度を得る事に成功した。有機触媒を利用して燃料電池を構成する事は余り例がなく色々の可能性に富む興味あるものである。又、このような電池の電流密度が触媒活性に比例する事が判り、「電池法による酵素量の測定」という新しい方法を開発した。更にこの原理は他の酵素にも適用できる事が解り、臨床にも耐えるような測定法を現在開発中である。

又、この酵素の水溶液中での活性部位の雰囲気を調べる為に種々金属イオンの酵素活性に対する影響を調べた。一般的陰イオンおよび陽イオンは余り影響しないが  $\text{Pb}^{2+}$  やフェリシアンイオンは活性を一桁ほど小さくする事が判った。

なお、これらヒドロゲナーゼについては、更に分野の異った研究者グループの discussion の場を持つべく、昭和 49 年 2 月 25 日、物性研究所に於て、"Hydrogenase Meeting" を行ない、その報告を本誌 49 頁に掲載したので本共同研究の内容記述の一部を、その短期研究会報告に盛込んだことを付記する。

本共同研究参加者は下記の通りである。

物性研究所	大 野 和 男
"	田 村 正 平
"	斎 藤 喜 彦
"	木 村 啓 作
静岡 大学	八 木 達 彦
物性研究所	井 口 洋 夫

## 「超伝導体における同位元素の 体積効果に関する研究」報告

代表者 東北研・金研 中 島 哲 夫

### § 意義・目的

超伝導体の同位元素効果は、超伝導性の出現機構が電子一音子相互作用であることを直接示唆する効果として知られているが、その理解は質量効果のみ考え、体積効果は先駆的に小さいとして無視されてきた。同位元素効果を熱力学的に

$$\frac{d\ln T_c}{d\ln M} = \frac{\partial \ln T_c}{\partial \ln M} + \frac{\partial \ln T_c}{\partial \ln V} \cdot \frac{d\ln V}{d\ln M} \quad \dots \quad (1)$$

と展開すると、第一項は従来考えられてきた純粋な質量効果、第二項は体積効果を表わす。

$T_c \propto M^{-\alpha}$ ,  $T_c = 0.85 \theta \exp[-1/g]$  を使って(1)式は

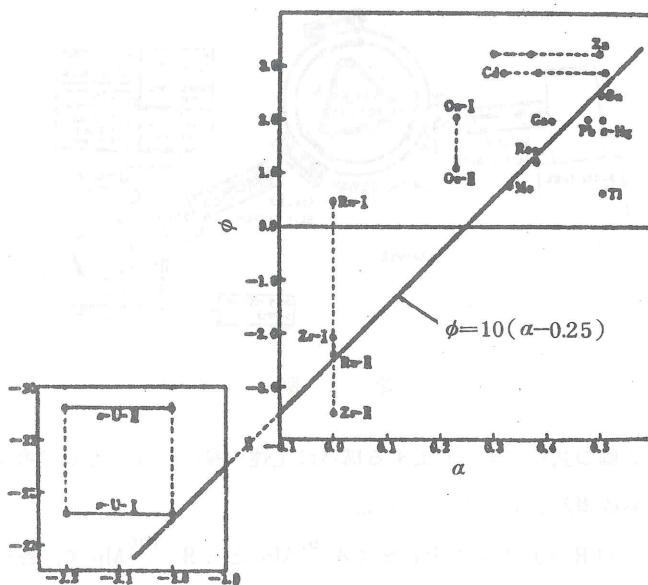
$$\alpha = \frac{1}{2} (1 - \zeta) + \gamma_G \eta - \frac{\eta}{g} \cdot \phi \quad \dots \quad (2)$$

となり、ここで  $\zeta = -2 \cdot \frac{\partial g^{-1}}{\partial \ln M}$ ,  $\phi = \frac{\partial \ln g}{\partial \ln V}$ ,  $\eta = \frac{d \ln V}{d \ln M}$ ,  $\gamma_G$  ;

Grüneisen 定数である。多くの超伝導体では  $\alpha = 0 \sim 0.5$  である。(1)式の第二項で  $\frac{\partial \ln T_c}{\partial \ln V}$

が  $1 \sim 10$  のオーダーであるから、この第二項が  $\alpha$  と同じオーダーになるには、 $\frac{d \ln V}{d \ln M}$  が

$10^{-2}$  の大きさであればよい。多くの同位元素で  $\Delta M/M \sim 10^{-1 \sim -2}$  と考えてよいから、  
 $\Delta V/V \sim 10^{-2 \sim -3}$  となり、格子定数の相対変化にして  $\Delta a/a \sim 10^{-3 \sim -4}$  となる。此の程度の微少変化があれば、体積効果を表わす(1)式の第2項、(2)式の第3項が無視出来ない。Olsen は  $\alpha = 0.25 + 0.1 \phi$  なる実験式を得たが、これは(2)式と同様  $\alpha$  と  $\phi$  の間の一次の関係を示している。 $\phi$  の正負とその大きさにより、 $\alpha$  の変化が統一的に理解出来る可能性がある。<sup>1)</sup>(第1図参照)。本研究では体積効果が有意に存在するか否かモリブデン(<sup>92</sup>Mo と <sup>100</sup>Mo)の  $\eta$  を測定し、直接検証しようとするものである。

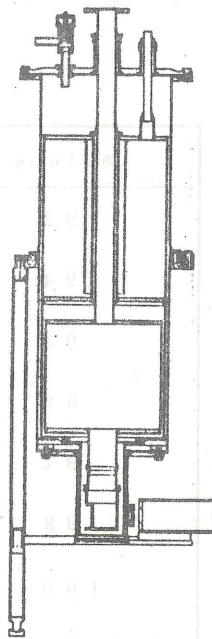


第 1 図

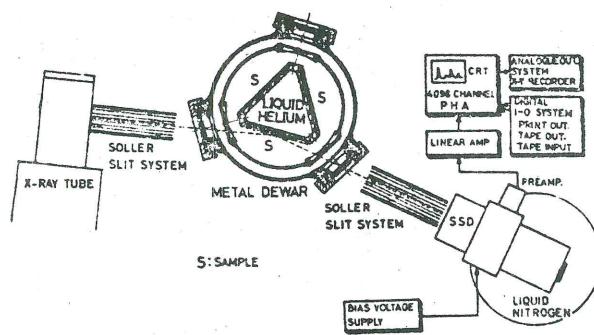
## § 実 験

同位元素の体積効果は格子の零点振動に関連し、低温程顕著であると考えられる。又 Olsen の式と(2)式を対応させると  $\gamma = -0.1 \text{ g}$  の関係が得られ、この関係から  $^{92}\text{Mo}$  と  $^{100}\text{Mo}$  の格子定数の相対変化を求めると  $\Delta a/a \sim 5 \times 10^{-4}$  となる。従ってこの研究のためには He 温度で 0.05% 以上の精度の測定が要求される。我々は細谷研で確立されたエネルギー分散型 X 線回折装置を用いた。<sup>2)</sup> 使用した金属デュワーとそれらの配置図を第 2, 3 図に示した。

この回折系の特徴は(i) 単一の散乱角で同時に多数の回折線が測定され、測定時間が短かいこと、(ii) 又比較的高エネルギーの X 線を使用するため媒質による吸収が少なく、(iii) 散乱角がソーラー・スリット系で定まり、試料のスリット幅内での動きに関して殆ど影響を受けない等々の長所があり、これらの長所は極低温での測定において種々の面で有効性を発揮した。例えば第 3 図に示され



第 2 図



第 3 図

たように同時に3個の試料がセット出来る構造は上述の長所によるものであり、格子定数の精密測定において系統誤差を小さくしている。

使用した試料は ORNL から入手した (A)<sup>92</sup>Mo と (B)<sup>100</sup>Mo で、各々の同位元素の分析値は第1表に示した。原子間不純物としてのO, N, H, C等を除去するため、これらに化学的親和力の大きい高純度ジルコニウム・フォイルで約10重に包み、 $10^{-6}$  torr で 950°C × 4 hr. の熱処理を行なった。試料は微量のため Al 単結晶の無反射板を作成し、試料ホルダードーとした。

第 1 表

isotope	(A) at %	(B) at %
92	98.27 ± 0.10	0.53 ± 0.03
94	0.46 ± 0.05	0.18 ± 0.03
95	0.37 ± 0.03	0.29 ± 0.03
96	0.26 ± 0.03	0.34 ± 0.03
97	0.13 ± 0.03	0.28 ± 0.03
98	0.27 ± 0.03	0.96 ± 0.05
100	0.25 ± 0.03	97.42 ± 0.05
平均原子量	92.02	99.83

## § 結 果

格子定数の測定で重要なエネルギーの較正は、Ge, Mo, Ag, Ba等の分離のよい螢光X線を標準線として行なった。(第4図参照)。

エネルギー分散型X線回折では  
プラックの条件が

$$E_{hkl} = 6.199 / d_{hkl} \sin \theta$$

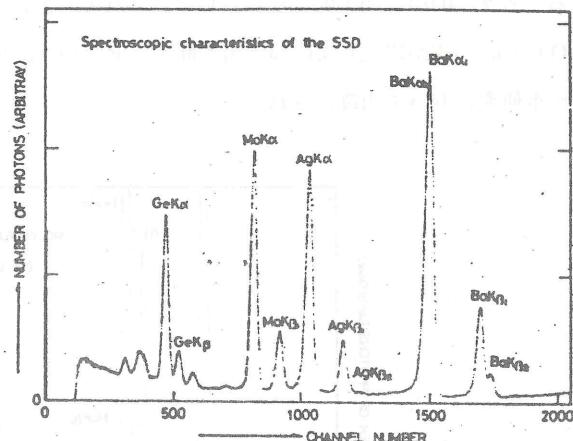
となり、定数としての散乱角 $\theta$ の決定には正確に格子定数の定まっているSiによって行ない、 $2\theta = 20.04^\circ$ を得た。(第5図参照)。

第6図には一例として<sup>100</sup>Moのliq·He温度での回折图形の全貌を示した。エネルギー分散型回折測定法のメリットの一つであるが、MoKa, K<sub>β1</sub>の螢光X線が観測されており、我々はこれらを用いて各回の測定のチャンネル・シフトの較正を行なった。

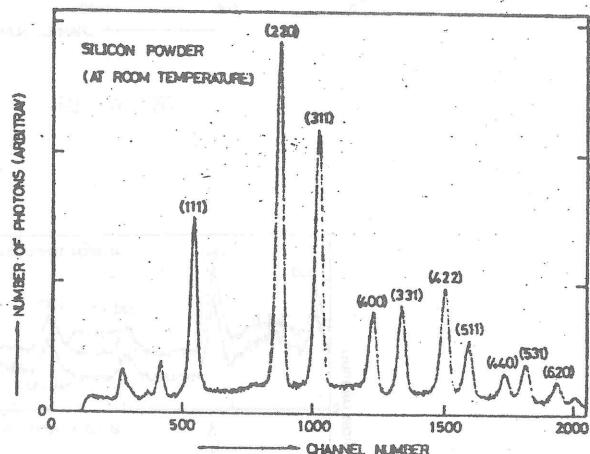
第7図には室温、liq·H<sub>2</sub>, liq·He温度における<sup>92</sup>Mo, <sup>100</sup>Moの回折图形を1024～

2048 channelにわたって示した。一見して明らかなことは、温度が低くなるにつれ、(i)アルミニウム無反射板のTDSによるバック・グラウンドが急激に減少し、且つ(ii)ノイズも非常に急激に減少してSN比が良くなっている。

我々は(211), (220), (310), (321)のピークの中心線より第2表の結果を得た。He温度の結果から $\gamma = -0.024$ となり、Olsenの式 $\gamma = -0.1g$ から推定される。 $\gamma = -0.017$ と大体良い一致を示している。 $\gamma = -0.024$ を用いて(2)式の第二、三項を求め



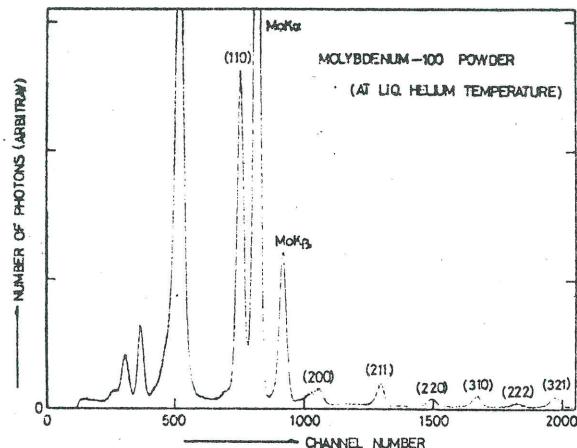
第4図



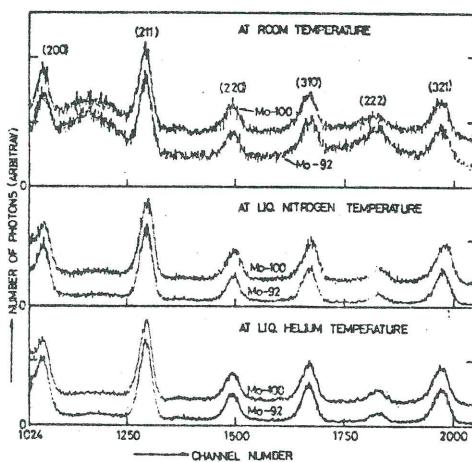
第5図

ると各々  $-0.04$ ,  $0.10$  となりモリブデンの  $\alpha = 0.33$  の各々  $12\%$ ,  $30\%$  に相当する。

Olsen の式が成立しているか否か断は下せないが、同位元素の体積効果は無視出来ないことが本研究において明確にされた。



第 6 図



第 7 図

第 2 表

	室 温	at liq. N <sub>2</sub> temp	at liq. He temp
a <sup>92</sup> (Å)	3.1465 ± 0.0035	3.1432 ± 0.0010	3.1426 ± 0.0009
a <sup>92</sup> - a <sup>100</sup> (Å)	0.0002 ± 0.0035	0.0047 ± 0.0013	0.0021 ± 0.0008
γ	~0	-0.053 ± 0.012	-0.024 ± 0.009

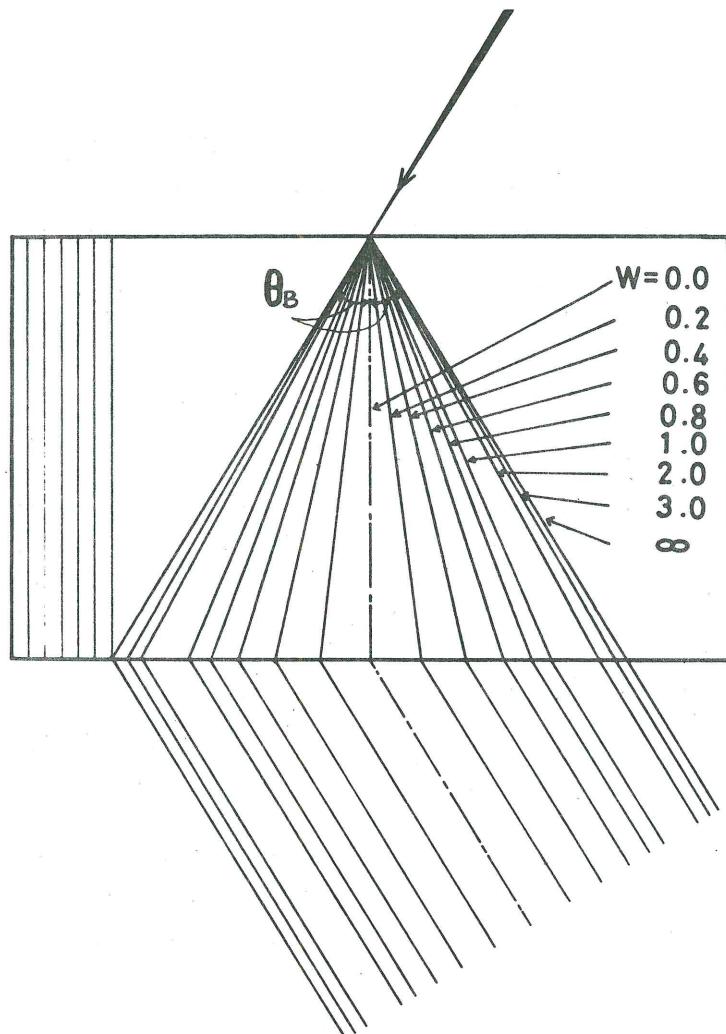
- 1) T. Nakajima : J. Phys. Soc. Japan 30 (1971) 932, ibid. 31 (1971) 1608.
- 2) T. Fukamachi, S. Hosoya and O. Terasaki : J. appl. Cryst. 6 (1973) 117.

## 完全結晶による中性子の動力学的回折現象の研究

東大生研 菊田惺志  
 同上 石川育夫  
 東大物性研 星埜禎男  
 東大工高良和武

中性子の動力学的回折現象の研究は比較的新しく、少数の例を除けば、ここ数年に本格的な研究がはじめられたと言ってよい。Sippel-Schulze のグループ（東ドイツ）は古くから、二結晶法を用いて各種の単結晶の回折強度曲線の精密測定を精力的におこなっている。<sup>1)</sup> Shull (アメリカ) はペンデル縞の構造を詳細にしらべ、さらにペンデル縞の波長による変化の測定から Si の核散乱振幅を 1/4000 の精度で求めている。<sup>2)</sup> また、二結晶法の角度分解能の高さに着目し、回折強度曲線の角度のずれを利用して、強磁性体などのプリズムによる屈折効果もしらべている。最近、Laue-Langevin 研究所でもこの分野の研究がはじめられている。

本研究は以下で述べる三テーマについておこなわれた。いずれの実験にも、動力学的回折に特徴的な現象の 1 つである wave fan を用いている。はじめに、これについて簡単に触れておく。ラウエ・ケースでプラッギ条件を満たして中性子線が結晶に入射すると、第 1 図のように、中性



第1図 ラウエ・ケースで対称反射のとき結晶中に生ずるwave fan。  
Si 440 反射,  $\lambda = 1 \text{ \AA}$ ,  $\theta_B = 31^\circ 23'$  の場合。

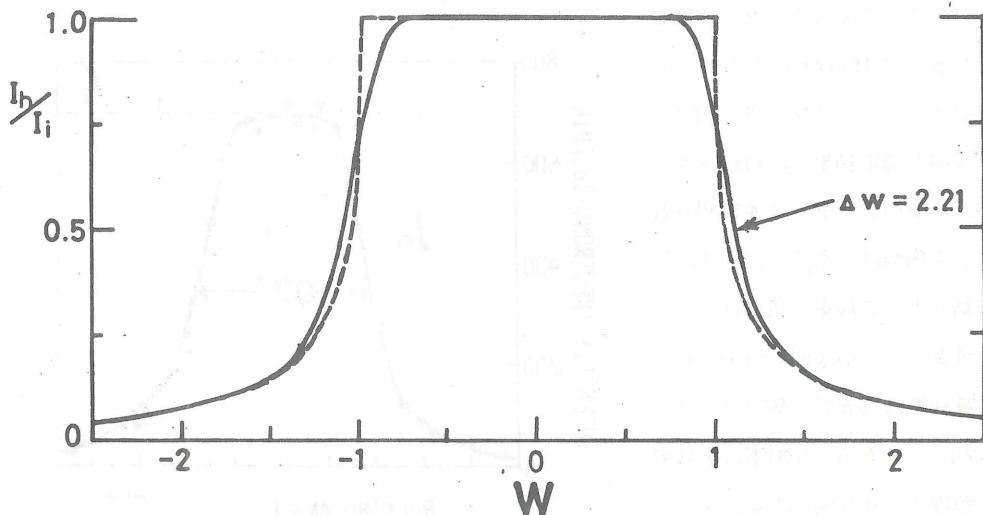
子線は格子面の方向を中心にしてプラック角  $\theta_B$  の2倍の頂角をもつ扇状の部分の中を伝播する。この扇状の拡がりが wave fan (Borrmann fan) と呼ばれる。図に示されているパラメータ  $W$  は回折条件からの角度のずれを表わすもので、 $W=0$  は厳密にプラック条件を満たすときであり、 $-1 \leq W \leq 1$  は吸収のない場合に全反射を起こす範囲に相当する。入射線がプラック角から  $W$  に相当する角度だけずれているときに、結晶中では  $\tan(\text{H})/\tan \theta_B = W/\sqrt{1+W^2}$  の関係をみたす、格子面と  $\text{H}$  の角をなす方向にエネルギーは流れる。すなわち、 $W=0$  では、エネルギーの流れは、格子面に沿って進み、 $|W|$  が大きくなるにつれて、wave fan の外側へ広が

る。さらに、中性子線のように吸収がほとんど無視できる場合には、結晶が十分に厚くとも、格子面から対称に $\pm\theta$ の角をなす二方向へ伝わることができる。第1図の例では、 $W=1$ （角度 $\theta$ のスケールで $0.27''$ ）の入射線は、結晶中では $\Theta=\pm 23^\circ 20'$ の方向に伝播する。したがって、角度に関して $3 \times 10^5$ 倍だけ拡大されていることになる。このように wave fan は、いわば「angular amplifier」の作用を持っている。

回折の実験に必要な装置一式。すなわち、高精度の回転機構をもつゴニオメータ、試料平行移動装置、スリット系、定盤つき架台、BF<sub>3</sub> 検出器駆動架台、計測制御装置などを製作・整備した。結晶は無軸位・高純度のSi単結晶を用いた。そのロッドは適当に加工し、一体のままで多重の回折をおこなわせるようにした。これは、複数個の結晶を独立に配置した場合、お互いの角度関係を秒以下の精度で長時間安定に保つことが現状のままでは不可能であることと、中性子線源が本実験に対しては弱いので最良の幾何学的条件にもってゆく調整が難かしいためである。実験には、日本原子力研究所（東海村）JRR-2原子炉HT-8水平実験孔に設置されている物性研究所のモノクロビーム孔を使用した。

#### I プラッグ・ケースの intrinsic な回折強度曲線の精密測定

動力学的回折理論によると、吸収が無視できる場合、intrinsicな回折強度曲線（単色で平行な波が入射したときの結晶本来のもの）のプロファイルはプラッグ・ケースでは、第2図

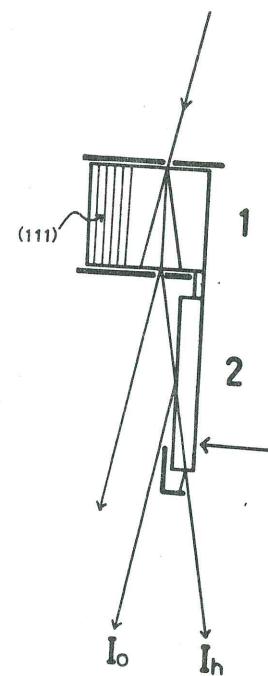


第2図 吸収がない場合のプラッグ・ケースの intrinsic な回折強度曲線（実験）と実験条件による入射線の僅かな角度ひろがりを考慮した回折強度曲線（破線）。

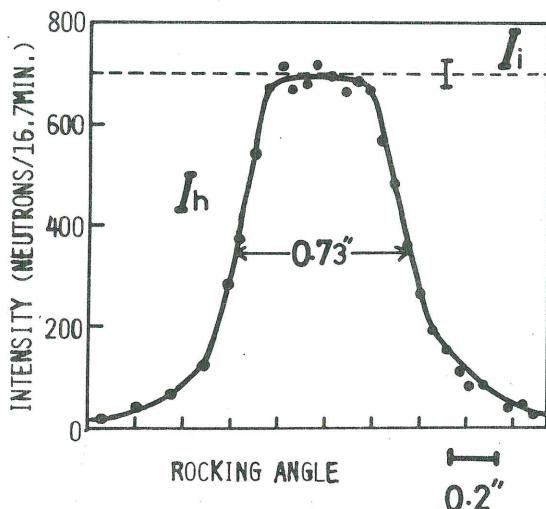
のように、いわゆるシルク・ハット型になると期待されるが、今まで実際に観測されていなかった。平行配置の二結晶法で、第一結晶からの回折線の角度ひろがりを十分に少くすれば観測することができる。第3図に示すように、第一結晶を対称ラウエ・ケースとし、結晶の前後にスリットをおいて、wave fan のうちの格子面に沿った方向に進む  $W=0$  近傍の中性子線だけを取り出すと、平行度のきわめて高い線束が得られる。その角度ひろがりは、結晶の厚さを  $t$ 、スリット幅を  $S$  とすると、 $\Delta W \approx S / (t \tan \theta_B)$  で与えられる。いまの場合、Si 111 反射、 $\lambda = 0.86 \text{ \AA}$ 、 $\theta_B = 7^\circ 51'$ 、 $t = 13 \text{ mm}$ 、 $S = 0.45 \text{ mm}$  であるから  $\Delta W \approx 0.25$  ( $\Delta\theta \approx 0.065''$ )。これに対して intrinsic な回折強度曲線の半価幅は  $W$  スケールで 2.12 ( $\theta$  スケールで  $0.55''$ ) であるから、入射線の角度ひろがりはそれの  $1/8.5$  である。第二結晶の微小回転には第一と第二結晶の間の薄い溝のたわみを利用した。回転駆動は第二結晶の先端部にリン青銅の板ばねをあて、それをマイクロメータで押すことでおこなった。角度目盛の較正は Hilger の  $0.1''$  目盛のオート・コリメータを用いた。

第4図が測定結果で、ほぼシルク・ハット型のプロファイルが得られた。半価幅は  $0.73''$  で、一方、第一結晶からの線束の角度ひろがりを考慮して convolution した計算結果は  $0.57''$  ( $W$  スケールで 2.21) である。反射率は全反射の領域で 100%になるはずであるが、測定でも誤差の範囲内で

100% であった。



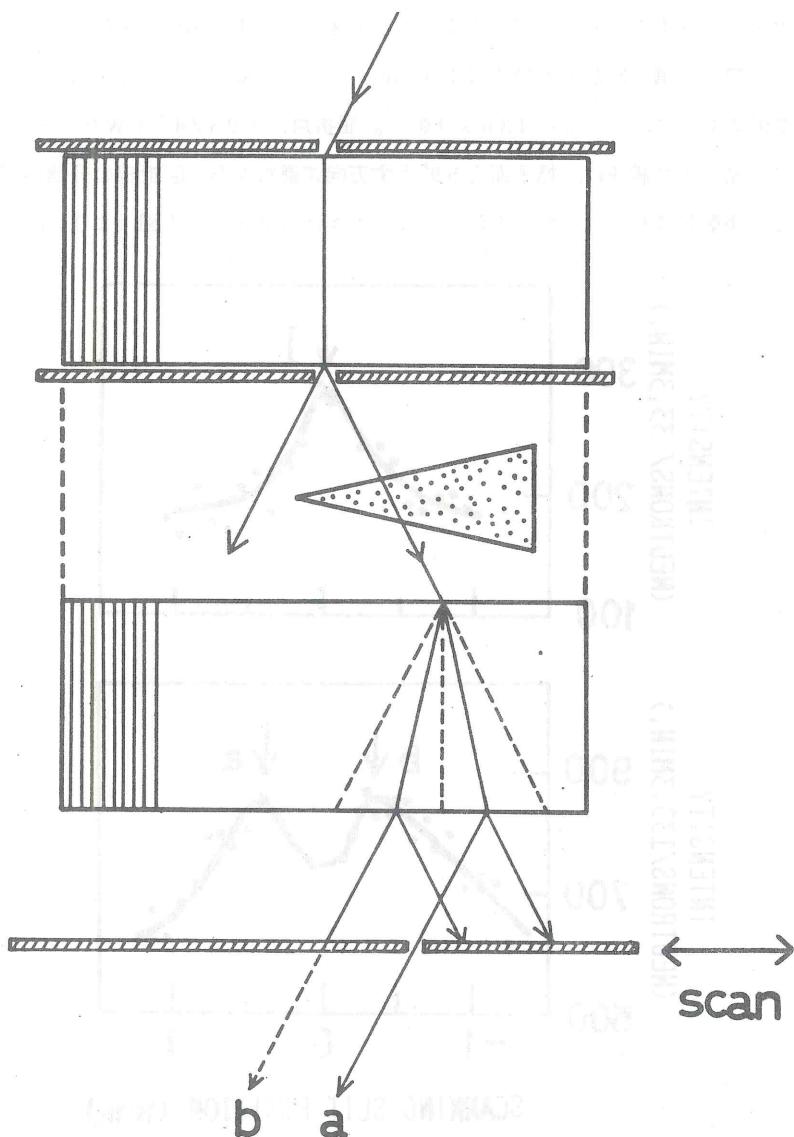
第3図 プラッグ・ケースの intrinsic な回折強度曲線を測定するための二結晶配置。



第4図 測定されたプラッグ・ケースの回折強度曲線

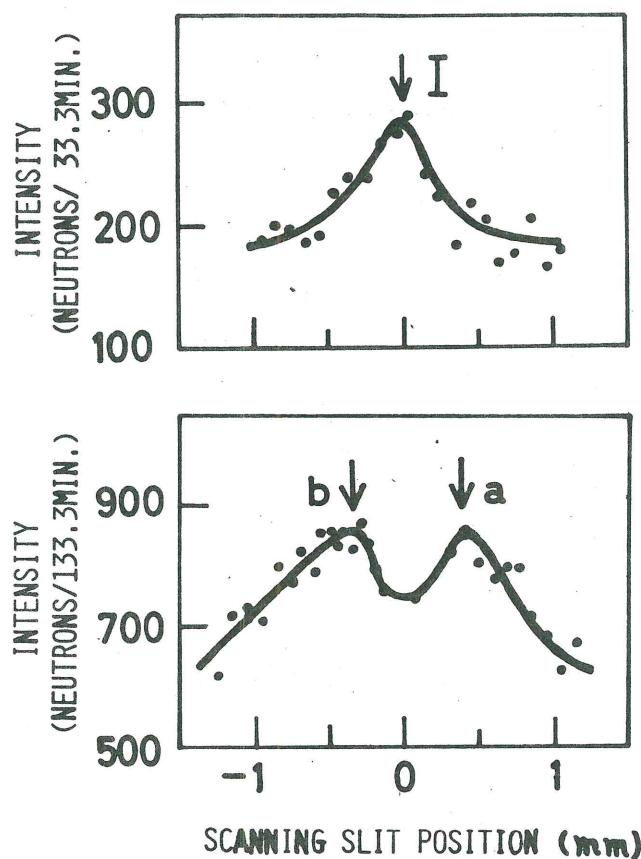
## II 屈折によって生ずる中性子線の極微小角度変位の測定

屈折率  $n$  は核散乱振幅  $b_{coh}$  と  $n = 1 - \frac{\lambda^2 N}{2\pi} b_{coh}$  の関係がある。ここで  $N$  は原子の密度である。この屈折率は普通 1 にきわめて近いので、くさび形をした試料での屈折効果による中性子線の角度変位はごく僅かである。これを測定するには、第 5 図のような二結晶配置を用いる。第一結晶がコリメータ、第二結晶がアライザーの役目をもっている。第一結晶では、そ



第 5 図 微小角度変位を測定するための wave fan を利用した方法

の前後においてスリットによって、格子面に沿って進みプラグ条件を厳密に満足した波だけがとり出される。その回折波が、第一結晶と溝でつながっている第二結晶に入射すれば、お互いの格子面は完全に平行であるから再び格子面に沿って進むことになる。次に、第一と第二結晶の間の光路にくさび形の試料を入れると、中性子線の方向が変化するので、第二結晶中ではwave fanの作用によって二方向に分れる。結晶の出口で分離した距離は、出口の面に平行においていたスリットを走査することで求めることができる。いまの場合、Si 111反射、 $\lambda = 0.86 \text{\AA}$  で、第一、第二結晶とも厚さは1.9 mm。スリット幅はすべて0.4 mm。くさび形試料は頂角20°のGeで、 $1-n = 4.36 \times 10^{-7}$ 。屈折角は0.0324''(Wスケールで0.125)。したがって、結晶中で線束は、格子面と59'なす方向に進むから、回折線の分離の間隔は0.65 mmになる。実験によれば、試料を入れていないときには第6図の上図のように、1個のピー



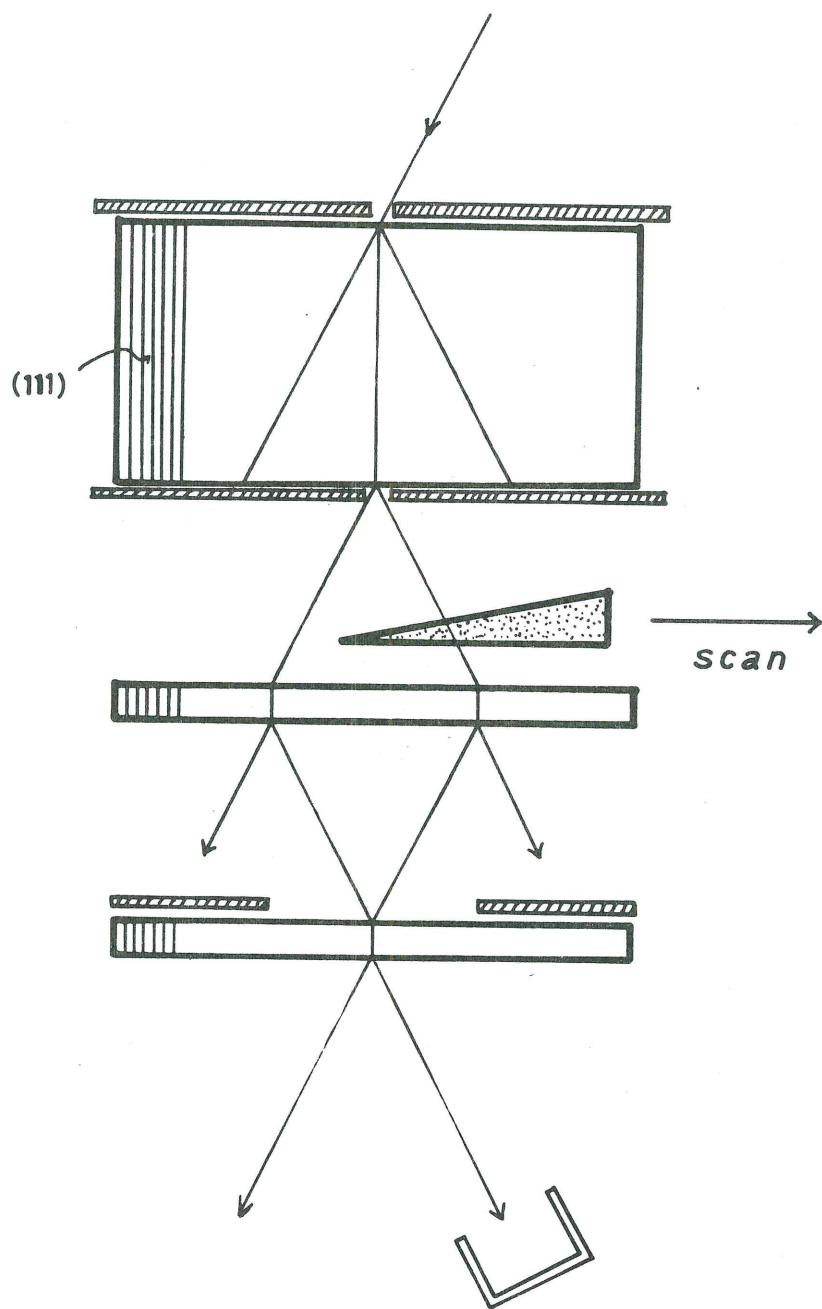
第6図 第5図の測定結果。くさび形試料を入れないとき（上図）の入れたとき（下図）

クであるが、試料を入れると下図のように、2個のピークに分離する。その間隔は 0.68mm で、計算とよく一致している。この方法によって、中性子線の強度さえ許せば、屈折による角度変位の測定から屈折率を求め、散乱振幅を決定することができる。試料の結晶の状態に関する制約がない利点もある。

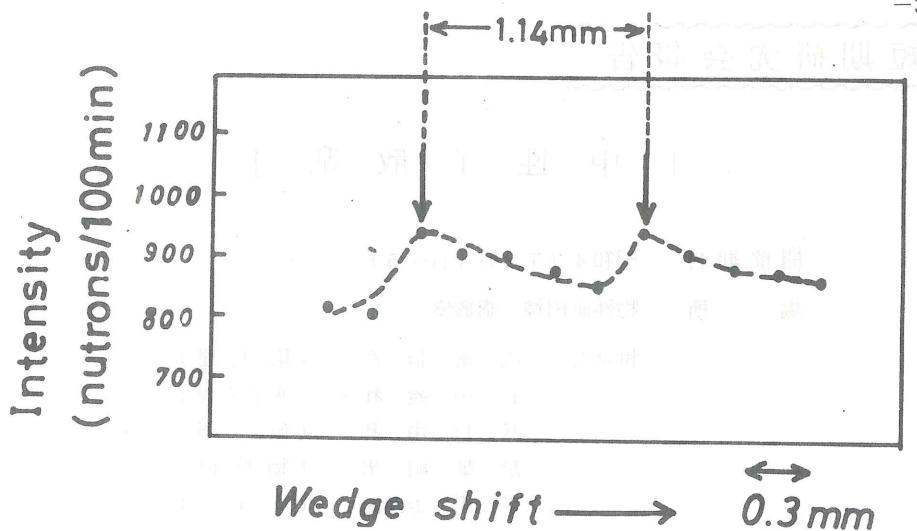
### III 中性子干渉計をつくる試み

X線干渉計は Bonse-Hart により考案され、応用的研究に盛んに用いられている。中性子干渉計も X線干渉計と類似の手法を用いれば、実現可能と思われる所以、試みた。以前に、中性子線の特徴を生かした干渉計、例えば、干渉計の三要素の厚さを適当にえらんで効率を高くしたもの、wave fan を利用した二要素のラウエ・ケースとプラグ・ケースの干渉計などを考案したが<sup>3)</sup>今回用いたのは、第7図の配置をもつ干渉計である。第一結晶 (Splitter) を厚くして wave fan の中心部分を取り出せば、平面波ができる、透過方向と回折方向に分かれる。それらはミラーの役目をする第二結晶 (Transmission-Mirror) に入射するが、2つの回折波は、2つの溝の間隔が等しければ、第三結晶 (Analyzer) の入射面で再び重なり合って干渉する。いまの場合、Si 111 反射、 $\lambda = 1.50 \text{ \AA}$ 。第一、第二、第三結晶の厚さはそれぞれ 1.6 mm, 2 mm, 2 mm で、溝の間隔はいずれも 9.85 mm である。中性子線の光路の1つに位相物体を入れる。位相物体中で位相が1周期だけずれる厚さは  $t_\lambda = \lambda / (1-n) = 2\pi / (\lambda N b_{coh})$  で与えられる。Si の場合、 $t_\lambda = 0.201 \text{ mm}$  である。頂角 10° のくさび形をした Si を第7図のように平行移動すると、1.15 mm の移動で  $t_\lambda$  だけ変わる。第8図が実験結果であるが、回折強度は位相物体の移動距離 1.14 mm の周期をもって変化しているようみえる。しかも、その値は計算値とよく一致しているので、干渉を起こしている徵候がある。しかし、S/N 比がきわめて悪く、また、マシン・タイムの制約のために十分なデータをとる余裕がなかったので、干渉を確認するには至らなかった。

おわりに、本研究のために Si 単結晶のお世話をしていた小松電子金属の秋山信之氏と結晶の加工をはかっていただいた計量研究所の中山貢氏に感謝致します。また、物性研の中性子回折グループの方々の御好意にも厚くお礼申し上げます。



第7図 中性子干渉計



第8図 中性子干渉計に位相物体を入れたときの回折強度の変化

#### 文 献

- 1) D. Sippel, K. Kleinstück ant G. E. R. Schulze :Phys. Letters 8 (1964) 241.
- 2) C.G. Shull :Phys. Rev. Letters 2 (1968) 1585.  
C.G. Shull and J.A. Oberteuffer :Phys. Rev. Letters 29 (1972) 871.
- 3) 菊田惺志, 高良和武 : 日本物理学会講演, 1970. 10.

~~~~~  
短期研究会報告  
~~~~~

「中性子散乱」

開催期日 昭和49年2月4日～5日

場 所 物性研旧棟 講義室

司話人	国富信彦	(阪大理)
	石川義和	(東北大理)
	浜口由和	(原研)
	星埜禎男	(物性研)
	平川金四郎	(〃)

中性子散乱を手段とする物性研究者は分野は違っても共通の問題を沢山かかえている。今日日本でも実験データが大分出るようになり、新しい発見や着想もあるし、それに原研2号炉がストップすることもあって、これまでの経験に基づき将来の研究計画を考えるために都合のよい機会があるので、研究会を開くことにした。今回は我国の研究の現状について、各大学、研究所単位で紹介してもらうことにし、一方又来日中の白根氏を中心とし、海外の研究活動の紹介もしていただることとし、その他に自由討議の時間をもうけて2～3の話題について討論を行なった。内容は次の通りである。尚折角原稿はいただいたが時間の都合で紹介していただけなかつたものも掲載することにした。

東北大金研における研究活動 渡辺 浩、山口泰男

金研において中性子回折を行なっているグループは磁性(渡辺研)、原子配列(平林研)、液体金属(竹内研)があるが、ここでは磁性グループの研究を報告する。このグループの主たる特徴は偏極中性子回折による化合物磁性体の研究で3d電子の軌道状態、陰イオン上の不対電子の分布が取上げられた。結果の主なものは、(1)MnSb<sub>4</sub>におけるMnの3d電子の空間対称性を決定し、Sb上に負の電子偏極があることが見出された。(2)CoS<sub>2</sub>について、Co<sup>++</sup>の不対電子の対称性はd<sub>7</sub>的である。 $\sin\theta/\lambda \rightarrow 0$ に外挿された時のCo当たりの磁化はstaticな測定値より少し小さい。S<sub>2</sub><sup>2-</sup>上にもCo<sup>2+</sup>の不対電子の1/100程度の不対電子がある。(3)Fe-V系合金の原子磁気モーメントをしらべVの低組成の所ではVはFeに對し逆向きに0.8μ<sub>B</sub>のモーメントをもち、40%Vでは0の、60%Vでは正に0.2μ<sub>B</sub>程度のモーメントをもつこと、又

Fe のそれはVの増加と共に減少し 6.0%V で  $0.5\mu_B$  になると、又Vの低濃度側で短距離秩序が大きいことを見出した。(3) f.c.c. Mn (Ge) の磁気臨界散乱を横成分のゆらぎについてしらべた。

### 東北大学理学部物理グループの研究活動 石川義和

このグループは核理研の中性子源を利用した研究もあるが、ここでは原研の分光器 (TUNIS) を用いた測定の結果が述べられている。目標は金属中の磁気モーメントを動的な立場で理解することにあり、次の3つの系即ち(i)局在磁気モーメントを持った系、(ii)準局在モーメントをもった系、(iii)遍歴型磁性系の研究に分けられる。

(i)については  $Pd_2MnSn$ ,  $Ni_2MnSn$  が取上げられ、スピン波分散関係を測定して  $J(r)$  を求めると  $r$  と共に振動しこれが RKKY 又は Calori-Blandin 型の相互作用によるものと解釈する。但し主たる相互作用 (近接の) は  $s-d$  相互作用では説明にくい。又  $Pd_2MnSn$  の常磁性非弾性散乱を求め、Z.B. で Gauss 型であって局在模型のイメージが Heusler 型合金では成立つ。

(ii)は Invar 合金系  $FePt$ ,  $Fe_{0.7}Ni_{0.3}$  でやはりスピン波を  $FePt$  系で測定すると  $J_{PtPt}$  が最大で  $J_{FeFe}$  は負という結果を得た。ただ低エネルギーのスピン波散乱強度が温度上昇と共に急激にへる。 $Fe_{0.65}Ni_{0.35}$  でもスピン波は Z.B. 近くまで存在し、単なる Band 理論では説明されそうにない。

(iii)  $\tau FeMn$  では  $T > T_N$  で高エネルギー変化 ( $E \sim 10\text{ meV}$ ) の集団励起的モードが存在し遍歴型の特徴を示している。

このほか  $\tau Fe_{0.7}Ni_{0.15}Cr_{0.15}$  の  $100$  散乱をしらべこれが Incommensable な periodicity を持つ準弾性散乱であることを提唱した。

東北大学核理研における研究活動 渡辺 昇

1 つのねらいは熱外中性子の使用により Gd のような吸収の断面積の大きいところをさけ、且つ共鳴に近いことを利用して位相決定にこの方法を用いようとするもので  $0.5\text{ cm}^3$  の  $Gd_{0.9}-Y_{0.1}$  で一応実験に成功し、さらに発展させようとしている。

もうひとつは  $q$  依存性の少い散乱を効率よくしらべるのにパルス中性子源 - bent graphite - TOF 方式の分光器を用いたもので、数時間の測定で  $MnGeO_3$ ,  $MnTiO_3$ ,  $MnO$  等の  $J_{NN}$  なら十分な精度で測定出来ることが示された。又ホイスラー合金  $Pd_2MnSn$  の Z.B. 近

くの常磁性非弾性散乱を行ないスピン波測定からの値との一致をみた。この他に  $CS_2$ ,  $CCl_4$  等の液体の静的分布関数  $g(r)$  が求められている。又偏極化磁気ミラーの試作が行なわれており、 $Mn_3Si$  の構造解析も行なわれている。いづれもライナックによるパルス源を用いたユニークな研究である。

この他新村氏らからのコメントがあるのでこれをのせておく。

東北大核理研での研究(コメント) 新村信雄

○ T OF 法中性子散乱データ集積用ソフトウエア(新村・渡辺・富吉他)

多グループの同時実験が可能なような上記ソフトウエアを製作した。計算機:  $\bar{O}KITA C - 4500$ , コアメモリー: 32 K語(内容: データ領域 16 K語, 各種バッファ領域約 5 K語, 本体プログラム約 5 K語), 処理データ数:  $512_{ch} \times 28$  個 +  $1024_{ch} \times 2$  個 の 30 グループ, CRT(4 台)表示, 出力: LP, 紙テープ, Digital plotter, 任意チャネル間の積分強度を計算可。

○ T OF 法中性子回折用四軸型自動回折装置(新村, 原田(名大工)他)

X線で得られると同程度の Bragg 反射数 精度を中性子回折で得て精密構造解析をするための自動回折装置を作製した。機械部製作: 名大工学部, 制御部製作: 核理研, 駆動: パルスモータ, 角度検出: エンコーダ, 精度:  $1/200$  度, 検出器:  $^3He$  カウンタ, ゴニオ制御:  $\bar{O}KITA C - 4300 C$ , 信号伝送: 電流ドライブ型 IC, とツイストペアケーブル(200m)現在 CuCl で実験中。

○ 液晶の dynamic scattering mode (新村)

液晶の構造因子  $S_m(Q)$  は

$$S_m(Q) = F_1(Q) + F_{2c}(Q) \{ S_c(Q) - 1 \} + C \left( Q, \frac{dS_c(Q)}{dQ} \right)$$

と表わされる。 $F_1$  は分子自身の構造因子,  $F_{2c}$  は分子の配向相関による項,  $S_c$  は分子の中間の相関による項, 第 3 項は補正項で相関の程度等による項である。

液晶に強電界を印加すると乳白色になり, dynamic scattering mode と呼ばれ, 分子集団が向きを変える現象と解釈されている。 $F_{2c}(Q)$  の時間変化を追うことでこれを検討する。

重水素置換した  $d_{13} - PAA$  で実験中。

原研における研究活動 浜口由和

原研ではフェリー反強磁性相転移を示す  $Mn_{2-x}Cr_xSb$  について, その上下の温度でのスピ

ン波分数関係がしらべられ、C軸方向の交換相互作用の温度変化を一次元的モデルで取扱い、最近接相互作用は相転移点近くで殆んど0になり inversion model を支持する結果を得ている。又 KMn F<sub>3</sub> や MnO の散乱関数 S(q,w)を常磁性領域でしらべている。又電子フォノン相互作用による相転移の一例として Ni Cr<sub>2</sub> O<sub>4</sub> Cooperative Jahn-Teller 効果では音速の異常がみられる(100) T<sub>1</sub> phonon mode には中性子散乱で異常が見出されなかつたことが報告された。又 band gap の狭い半導体 Sn Te, Pb<sub>1-x</sub> Sn<sub>x</sub> Te で NaCl → Ge Te 型転移が Carrier 濃度を十分低くした時おこることを確めた研究が報告された。この原因についてはプラズモン・フォノン相互作用が考えられるがまだ原因ははっきりつかめていない。

#### 海外における最近の研究から

##### 「Electron phonon Interaction in Superconductors」

B N L, 物性研 白根 元

超伝導体が電子フォノン相互作用によって特徴づけられる以上、T<sub>c</sub> を通過する際フォノン系に何らかの変化が生ずるであろうことは当然期待されるものであろう。白根、Axeは実際 Nb<sub>3</sub> Sn に於て中性子非弾性散乱でフォノンの life time に異常が現れることを発見した。Allen よりればこの相互作用に基づくフォノンの線巾<τ<sub>ep</sub>>は

$$<\tau_{ep}> = \pi N(0) <\omega_p^2> \lambda / 12N$$

で表わされる。ここで N(0) は Fermi 面における電子の状態密度、<ω<sub>p</sub><sup>2</sup>> は当該フォノンの平均 2 乗振動数、λ は coupling parameter、N は結晶内原子数である。今一定の acoustic phonon に目をつけ、T を下げ乍ら line width をみていくと、<ω<sub>p</sub>> が起伝導ギップ Δ よりも大きいと T → 0 迄異常はないが、小さいと ω<sub>p</sub> = Δ の近くで N(0) の増大に伴って、少し巾がふえ、さらに低温では 0 にむかう。Nb<sub>3</sub> Sn では [110] 方向のフォノン分枝に於てのみ (softening をおこす) 強い相互作用がみられ、[100] 方向のそれに於ては著変はない。このような実験が将来超伝導体研究の一層の発展につながることは論を俟たないであろう。

このほか、出席を予定していて来られなかった遠藤氏に代って最近 B N L でやられた、S = 1/2 1 次元 Heisenberg 系磁性体の常磁性領域 (S R O の発達した) で spin 波励起スペクトルが厳密解と合うという話がなされた。

中性子小角散乱の応用 広島大・教養 武田隆義, 好村滋洋

最近, ユーリッヒのFRJ-2, グルノープルの高中性子束炉での冷中性子小角散乱の研究報告が出始めている。冷中性子小角散乱ではX線では考えられない高分解能および逆格子空間の原点への接近が可能であり, 10~数10000Åの不均一が観測され, また多重プラック散乱が避けられること, 同位元素を用いることにより特定の分子にコントラストを与えることなどから, 磁性, 高分子また生物学や金属学等広範な分野での応用を考えられ今後の発展が期待される。

Schmatzらのレビュー (J. Appl. Cryst. (1974) 7)を中心析出, 格子欠陥, 転位等の固体中の空間的な成分のゆらぎ, 固体中の磁気的なゆらぎ, 第2種超伝導体の渦糸, 固体の高分子, 生体巨大分子についての中性子小角散乱の応用が紹介された。

Dubna のパルス炉 京大理 目片 守

Moscow で1973年8月に開かれた磁気国際会議の折に訪問した Dubna の原子核研究所で見学したパルス炉について報告した。1960年より稼動しているIBR-Iは現在平均出力25~30KWで運転中で30MeV, 150mAの電子ライナックでピーク出力150MW, 幅50~150μsecの中性子パルスを発生している。この中性子は7本の10mから1000mにおよぶ中性子飛行導管で外部にとり出されて原子核の実験と物性の実験に用いられている。中性子回折では非弾性散乱を含め定常炉と比較し得る結果がで始めている。現在IBR-IIが建設中で, 完成すると40MeV, 150Aの電子が加速器を用いて平均出力4MW, ピーク時の中性子束密度が $10^{18} n/cm^2 sec$ で運転される予定である。研究所の所員の総数3500人のうち400人が中性子物理部門に属し, その約1/4が研究者である。物性物理の分野ではパルス磁場を用いた中性子回折,  $He^3 - He^4$ 稀釈冷凍機によるKondo効果の研究, 稀土類結晶の結晶場の中性子分光などが行なわれている。

名大における研究活動 安達健五

相転移と原子対およびスピント相関

合金や磁性体などにおいて転移点以上の温度で現われる原子対およびスピント相間の挙動は, その物質における原子対間およびスピント間相互作用を反映するもので, これらの短範囲規則度による散漫散乱の研究は相互作用の性質およびその及ぶ範囲を知るために重要である。

原子対およびスピントの短範囲規則度として Warren-Cowley の定義  $\alpha_{0j} = 1 - (p_{0j}^{BA}/x_A)$  および  $\langle S_O \cdot S_R \rangle$  を用いる。これらの短範囲規則度による散漫散乱強度を(種々の補正を取り除い

た後)  $I(\mathbf{k})$ とする。これから  $\alpha_{0j}$  または  $\langle \mathbf{S}_0 \mathbf{S}_R \rangle$  は

$$\alpha_{0j} = \int I(\mathbf{k}) \exp 2\pi i (\mathbf{k} \cdot \mathbf{R}_j) d\mathbf{k} \quad \dots \quad (1)$$

のように求められる。

一方相転移における統計力学的考察より、  $T > T_c$  の散乱強度は

$$I(\mathbf{k}) = \frac{f(T)}{1 - \frac{T_c}{T} g(T) \frac{J(\mathbf{k})}{J(\mathbf{k}_m)}} \quad \dots \quad (2)$$

で与えられる。ここで  $J(\mathbf{k})$  は相互作用  $J(\mathbf{R}_j)$  のフーリエ変換

$$J(\mathbf{k}) = \sum_{\mathbf{R}_j} J(\mathbf{R}_j) \exp(-2\pi i \mathbf{k} \cdot \mathbf{R}_j) \quad \dots \quad (3)$$

で、  $J(\mathbf{k}_m)$  は  $J(\mathbf{k})$  の極小値である。  $f(T)$  と  $g(T)$  は系の相互作用の型 (Ising とか Heisenberg とか), 次元数, そして統計近似の種類によって決る。Mean field (Weiss) 近似では  $f(T)=\text{一定}=C$ ,  $g(T)=1$  である。以上の量を基にして相互作用の距離依存性  $J(\mathbf{R}_j)$  はつきの関係から求められる (平均場近似)。

$$(J(\mathbf{k}_m)/J_1) (T/T_c) \alpha_{0j} = \sum_{\nu} \alpha_{\nu j} (J(\mathbf{R}_{\nu})/J_1) \quad \dots \quad (4)$$

または

$$\frac{J(\mathbf{R}_j)}{J_1} + \text{const} = \int I^{-1}(\mathbf{k}) \exp(-2\pi i \mathbf{k} \cdot \mathbf{R}_j) d\mathbf{k} \quad \dots \quad (4)'$$

から得られる。ここで、  $J_1$  は最隣接相互作用である。散温散乱の現われ方によつて(4)または(4)'が用いられる。

具体的な例として、規則格子合金  $\text{Au}_4\text{Mn}$  と反強磁性合金  $\text{CoMn}$  をとりあげ、それらの対短範囲規則度と原子対相互作用、そして交換エネルギーをしらべる。

### 1. $\text{Au}_4\text{Mn}$ の原子散漫散乱

$\text{Au}_4\text{Mn}$  単結晶 ( $1 \text{ cm}^3$ ) 不規則状態 ( $fcc$ ) の原子散漫散乱が KUR の 4-circle goniometer を用いて為された。主な散漫图形の現われる ( $001$ ) 面の ( $1 \frac{1}{4} 0$ ), ( $1, \frac{1}{2}, 0$ ) と ( $1, \frac{3}{4}, 0$ ) の近傍で 3 次元スキャンを行ないその等高線を求めた。真の散漫图形  $I(\mathbf{k})$  を得るためにつぎの補正を行なった。①  $\lambda/2$ -contamination, ② Thermal-diffuse, ③ Atomic size effect, ④ 分解能関数 (プラック反射強度より推定) による deconvolution。(1)式により 14 番目の隣接対までの  $\alpha_{0j}$  を求めた。収束はほぼよろしい。つぎに(4)式によつて、Mn 原子対間相互作用、 $V(\mathbf{R}_j) = V_{\text{AuMn}}(\mathbf{R}_j) - (V_{\text{AuAu}}(\mathbf{R}_j) + V_{\text{MnMn}}(\mathbf{R}_j))/2$ , を得た。得られた対間相互作用は振動的で収束する。しかし Friedel

型振動には従わざまた異方的である。以上の結果より  $\text{Au}_4\text{Mn}$  の電子状態(特に伝導バンド)は自由電子的ではなく  $d$ -波動関数の影響を受けているものと推定される。

## 2. Co-Mn のスピン散漫散乱

反強磁性体 CoMn 単結晶(約  $1 \text{ cm}^3$ )の  $T_N$  以上のスピン散漫散乱がしらべられた。主な散漫图形は  $001$  近傍に現われる。3次元スキャンを行ない前述と同様の補正を行なって  $I(\mathbf{k})$  を求めた。フーリエ変換により  $\langle \mathbf{S}_0 \cdot \mathbf{S}_R \rangle$  を、そして(4)'により  $J(\mathbf{R}_j)$  を求めた(17番目の隣接対まで)。得られた結果は  $\langle \mathbf{S}_0 \cdot \mathbf{S}_R \rangle$  は、格子点によって正と負の値をとり、それぞれ、同じ曲線になる。 $J(\mathbf{R}_j)$  も同様に格子点の種類によって正または負の値をとり、 $R_j/a$ ( $a$  は格子定数)が約 2.5 の値で収束する。この系に働く主な交換エネルギーは

$$J(\mathbf{R}_{\frac{1}{2}\frac{1}{2}\frac{1}{2}}), J(\mathbf{R}_{\frac{1}{2}\frac{1}{2}\frac{1}{2}}), J(\mathbf{R}_{\frac{3}{2}\frac{1}{2}0}), J(\mathbf{R}_{\frac{3}{2}1\frac{1}{2}}) < 0 \quad (\text{反強磁性的})$$

$$J(\mathbf{R}_{100}), J(\mathbf{R}_{110}), J(\mathbf{R}_{111}) > 0 \quad (\text{強磁性的})$$

で与えられる。

本解析に用いた模型は Sing 模型の分子場近似に相当するもので  $J(\mathbf{R}_j)$  の数値は信頼性かけるが、その符号は正しいものと思われる。

物性研における研究活動 星埜禎男

Soft mode に関する相転移の研究として、 $\text{CsPbCl}_3$  の連続的相転移を中性子散乱により調べた。この結果は Phys. Rev. B9, May 15, 1974 に発表される。非調和熱振動と相転移の研究の手始めとして  $\text{ZnS}$  型の  $\text{CuCl}$  について、中性子弹性散乱強度の精密解析を行ない、 $\text{Cu}$  原子に対する3次の非調和項を求めた(ISSP A630, 1974)のに続き、 $\text{CuBr}$  について  $77^\circ\text{K} \sim 293^\circ\text{K}$  までの規準振動の phonon の分散関係を中性子非弹性散乱の測定から求めたが、この結晶では、 $190^\circ\text{K}$  において、すでに非調和性が示されることが phonon peak の幅などからわかった。これについては引き続き解析を進めている。異状に大きいイオン伝導度を示すので有名な  $\alpha$ -Ag I における Ag イオンの拡散による準弹性散乱のエネルギー幅の拡りを測定し、その温度変化が認められたが、引き続き実験中である。この外、DC1, DBr の研究も進行中である。

平川金四郎

低次元磁性体の相転移に関する研究をしらべているが、多くの準2次元ハイゼンベルグ系の臨界指数が普遍性の概念で統一的にうまく説明出来ることが中性子散乱の実験で示された。これに

関しては池田がすでに学会で報告したので、ここでは低次元性を利用し、その強い臨界散乱を用いて、原子磁気構造因子を ligand ion との covalency 効果を含めて測定し得たことを報告した。この臨界散乱を用いる点の長所は、第 1 因子  $\sin \theta / \lambda$  が極めて小さい所まで測定出来ることであるが、その他に異なる 2 つの温度での測定の差をとて、不都合な background をさけることが出来る点にある。物としては強磁性的  $K_2 Cu F_4$  を用い、ligand ion 上のスピンによる大きい前方散乱の突起が見出された。全 curve は NMR からきめられた covalent mixing parameter  $A\sigma^2$  を用いて、非常によく再現することが出来る。

#### Orbital Ordering in $K_2 Cu F_4$ 伊藤雄而

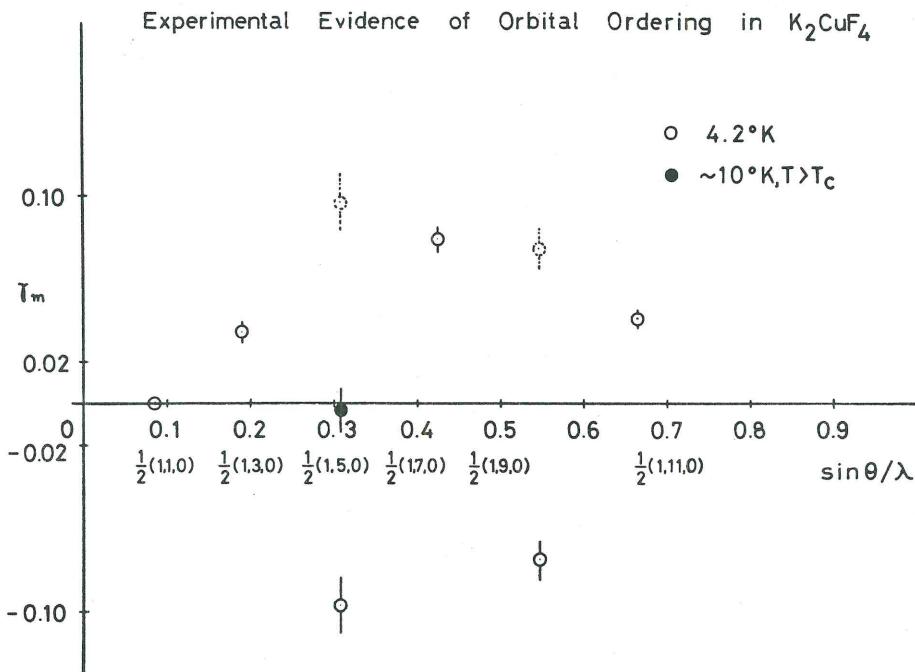
今基底状態で軌道が二重に縮退している原子に電子が 1 コ存在する場合を考える。これら軌道間の overlap、或いは super exchange の機構により隣り合った原子間に電子の hopping が起こるものとすると、この transfer integral  $t$  と intra Coulomb repulsion  $U$  及び intra Coulomb exchange  $V$  とのかね合いにより、原子間でのスピンは ferro 的にカップルしているが、軌道状態は互いに antiferro 的に order する状態が安定となる場合が存在する。(L.M. Roth, Phys. Rev. 149 (1966) 306)。その際、縮退している軌道間のどのような線型結合が実現するかは格子歪との Jahn-Teller カップリングで決まる。

このようなモデルで  $K_2 Cu F_4$  は理想的物質といえる。 $Cu^{2+}$  イオンの 1 コのホールは 6 コの  $F^-$  イオンの作る結晶場の中で、二重に縮退した  $Eg$  軌道をしめ、且つこの物質は  $T_c = 6.25^\circ K$  以下で強磁性を示すからである。従がって、この物質は Jahn-Teller 変形による  $F^-$  イオンのシフトに伴ない軌道状態の ordering ( $\tau$ -antiferro) を示すであろう。(D.I. Khomskii and K.I. Kugel, Solid State Commun. 13 (1973) 763).

もしも本当にこのような orbital ordering が存在しているとすると、それは強磁性を示すスピンとは異なる対称性を示す関係上、丁度 unit cell を 2 倍に取った周期を持つ逆格子点で観測され得る。しかし、 $T > T_c$  では、その様子は  $F^-$  イオンのシフトのためにマスクされ、 $T < T_c$  でスピンの ordering が起こると同時にスピン分布の非球対称な部分として始めて観測されることになろう。

我々はこのような orbital ordering の様子を  $F^-$  イオンのシフトによる核散乱と  $Cu^{2+}$  の磁性電子の非球対称項による磁気散乱との干渉として、偏極中性子回折で測定することに成功した。(図参照)。

なお、くわしい解析の結果は近日発表する予定である。



### Ni S<sub>2</sub> の磁気構造 宮台朝直, 滝沢孝一, 平川金四郎

Ni S<sub>2</sub> の磁気構造については、今まで不明<sup>1)</sup>であったが、単結晶についてのNDの結果、以下の諸点が明らかになった：

- 1) M<sub>2</sub> の  $T_{N_2}$  で、M<sub>1</sub> の強度に大きな異常が見出されたので、M<sub>1</sub> と M<sub>2</sub> は磁気的単相にもとづくものであると考えられる。
- 2) 副格子を4つに別けて、S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> ( $= -S_2$ ), S<sub>4</sub> ( $= -S_1$ ) とすると、M<sub>1</sub> と M<sub>2</sub> の磁気反射が共存できる。
- 3) 予備的計算によると、すべてのspinsは(001)面にあり、それぞれ<100>軸から約17°はなれている。
- 4) M<sub>1</sub> の  $T_{N_1} (> T_{N_2})$  では、M<sub>1</sub> 反射に利く1つの成分がorderし、次いで  $T_{N_2}$  では、それに垂直な成分がorderしてM<sub>2</sub>反射を生ずる、と考えると都合がよい(Erにおける

80 Kと52 Kの  $T_N$  と同様に考える)。

註 1)  $Ni^{2+}$  は fcc に配列する。Hastings, Corliss の ND の結果によれば、1型 ( $M_1$ ) と 2 型 ( $M_2$ ) の磁気反射があり、しかも、 $M_1$  の  $T_{N_1} = 40$  K,  $M_2$  の  $T_{N_2} = 30$  K である。さらに、彼等は、 $M_1$  と  $M_2$  は独立と報告した。

しかし、われわれの結果は、上記のように、 $M_1$  と  $M_2$  は一体のものであることを強く示唆している。したがって、ND より求められるスピンの大きさも、彼等の値と異なるであろう。

#### 京大原子炉実験所における研究活動

##### (1) 構造解析を主とした研究活動 渋谷 嶽

次の物質の解析が行なわれた。

- (a) ストーロライト,  $HmRn(Fe_{4-\delta}Al_e)(Al, Mg)_{16}Si_8O_{48}$
- (b) シーエリスリトル,  $CH_2OH \cdot C^*HOH \cdot C^*HOH \cdot CH_2OH$
- (c)  $SnCl_2 \cdot 2D_2O$
- (d)  $5PbO \cdot 3GeO_2$  (強誘電体)
- (e) ロッセル塩の Ferro 相の 3 次元解析

又相転移に関係して

- (a) 溶融鉄の構造変化
- (b)  $KH_2PO_4 \cdot KD_2PO_4$  の相転移に伴なう散漫散乱
- (c)  $NaN_2O_2$  の Sinusoidal Antiferro 相の解析
- (d)  $SbSI$  の準弾性散乱

##### (2) 磁性体の中性子回折 阿知波紀郎, 川野真治

###### 1) 重軽希土類合金の磁気構造と磁気相互作用

1-a) hcp 構造を有する色々な Tb-, Ho- 軽希土類合金の単結晶の中性子回折による一連の磁気構造の決定から、RKKY 交換相互作用が、重希土類合金同志に比して short range であり、特に重希土類-La 合金では、La のまわりの重希土類金属の磁気モーメントの向きをみだすため、平均の磁気モーメントは La が増すにつれ急速に減少する。これらは無秩序に存在する軽希土類金属と重希土類金属の伝導電子に対するポテンシャルの相違により、伝導電子の寿命がみじかくなる効果で説明出来る。

1-b) Sm 型構造に属する Tb- 軽希土類合金は、六方位置は磁気秩序を有するが、立方

位置は磁気秩序を起さず、磁気構造は c 軸方向に進む *sinusoidal* である事が中性子回折の結果分ったが、これはこの結晶構造での伝導電子の帯構造に密接に関係していると思われる。立方位置は交換相互作用が少ないので、中性子非弾性散乱による結晶場の測定が可能である。

2) スピネル型酸化物の陽イオン分布と磁気構造

2-a)  $\text{Fe}_{0.18} \text{Co}_{0.82} \text{O}_4$  の中性子回折の結果、 $(\overset{3+}{\text{Fe}}_{0.18} \overset{2+}{\text{Co}}_{0.82}) [\underset{\leftarrow}{\text{Fe}}^{3+}_{0.18} \underset{\leftarrow}{\text{Co}}^{2+}_{0.82} \overset{3+}{\text{Co}}_{0.18}] \text{O}_4$  のイオン分布と磁気構造が分った。

2-b) 正方晶正スピネル  $\text{ZnMn}_2\text{O}_4$  の磁気構造

$\text{ZnMn}_2\text{O}_4$  の中性子回折の結果、その磁気構造は Verwey order 型と uncorrelated antifeno の混合した状態(cubicなら理論的に縮退している)である事が分った。uncorrelated antiferro 構造は、2つの部分格子間の磁気モーメントの方向の相関が失なわれている構造なので、興味ある。

阪大理学部 国富信彦

### I 強磁性合金の磁気モーメント

主として CPA 理論と比較しうるような実験対象を選んだ研究を次の様な物質について行なっている。

1) *f.c.c.* Fe-Co-Ni の Co モーメント

偏極中性子を用いると  $\mu_{\text{Co}}$  を殆んど unique にきめることができる。実験の結果は CPA 理論と定性的にはよく一致する。特に down spin band の状態密度のピークのシフト、band の抜け、up spin band の空孔の形成の影響は実験から明らかである。

2) *b.c.c.* Fe-Mn の  $\mu_{\text{Fe}}$ ,  $\mu_{\text{Mn}}$

$\mu_{\text{Mn}}$  は hyperfine field できめた値 約  $1.5 \mu_B$  に対し  $0.7 \mu_B$  である。CPA の値は hyperfine できめた値に近い。T dependence は  $100^\circ\text{C}$  で殆んど消失する。以上の結果を解析するには理論的には intra atomic exchange の値を修正すべきであると思われる。温度変化は gaccarino モデルで解析は可能であるが、Mn と Fe との J は殆んど 0 に近くなる。

3) *f.c.c.* Ni-Co-Mn の diffuse 散乱

Mn の逆向きスピンと平行スピンが環境の相違によって発生する可能性の有無を実験中である。

4) Ni-Pt 系の force factor (Ni-Pt 系の hyperfine field の測定)

Ni, Pt site の hyperfine field の測定と合わせて hyperfine field の原因を明らかにする目的で研究を企画している。

5) 臨界濃度磁性体での臨界散乱 (AuCr, CoAl, NiPt の臨界濃度散乱)

合金では一般的には  $T_N$  が well define でない。しかし強磁性又は反強磁性の発生する臨界濃度では類似の臨界散乱が観測されこれから  $J(Q)$  を求めることができる。我々は前に AuCr の反強磁性臨界濃度散乱の異方性を求め、これから  $J(Q)$  の原因を明らかにした。さらに CoAl 系の 1 : 1 濃度の近傍で臨界散乱の存在を見出した。

## II 質量欠損型合金の phonon

AuCu, PtNi 系の phonon ( $\zeta 00$ )T を観測した。この phonon の挙動は dilute alloy 近似では説明できないが CPA ではよく説明できる。特に NiPt ではある運動量の範囲で phonon branch に energy gap が現われる。これは Ni like の振動をしている cluster と Pt like の振動をしている部分とが時間的空間的に fluctuate している為と考えることができる。

## III Cr の Strain 波

X-ray と Neutron を用いて測定した結果、Cr には S DW の領域で S DW の  $1/2$  の波長をもった歪の波が存在することが発見された。この波長は S DW と全く同様な温度依存性を示す。又反射の異方性から観測された反射は charge density wave ではなく、歪の波であることが実証された。

## 研究の将来

パルス中性子源の利用 東北大理 石川義和  
高エネルギー研のプロトンシンクロトロンの Booster 加速器 (500MeV) の主リング外に付てられるビームをターゲット (U) にあてると、現在の核理研の 100 倍のピーク値の中性子束がえられる可能性がある。これに適当なモデレーターを附加した場合  
1 eV でパルス巾を  $< 3 \mu\text{s}$  とした時、peak flux は  $\sim 2 \times 10^{14} \text{n/sec} \cdot \text{cm}^2 / \text{eV}$ , 熱中性子域では  $10 \sim 20 \mu\text{s}$  とした時  $\sim 1 \times 10^{14} \text{n/cm}^2 \cdot \text{sec}$ .  
Cold moderator を用いた時は  $0.5 \sim 1 \times 10^{16} \text{n/cm}^2 \cdot \text{sec/eV}$  となると予想される。  
この計画が実行される時 4 年程度かかり、約数億円の経費が見込まれる。

「Mezei の spin echo」 白根 元(物性研)

これは最近 Mezei が, Grenoble で試作した Polarized beam spectrometer で, エネルギー分解能を  $1 \mu\text{eV}$  以上に上げ得る。非常に独創的なアイデアで, Sample の前後で, スピンを  $180^\circ$  反転, Analyzer の所で空間的に polarization の echo を起させる。もし scattering が完全に elastic であれば, echo は 100% であるが, inelasticity があるとこれが 100% からずれ, それによって  $\Delta E$  の決定ができる。

最近 Brookhaven で, Kjems が中心になって試みた第一号での経験では, Weak precession field ( $\sim 200$  Gauss) での echo は難しくないが, 測定精度を上げる為に磁場を増すと, 一様性が問題となる。

問題点は:

- (A) 強度: ホイスラー合金の Monochromator と Analyzer で,  $2.5 \text{ \AA}$  の場合に bent graphite に比べ, 50 倍近くおちる。但し測定法が, Step scan ではないので, その点多少回復できる。
- (B) Precession Magnet: これは, 大きな Sample を使用する為には, ぜひ uniformity の高いものが必要であるが, known technique で(特に日本では)主として時間と予算の問題。
- (C) 広い巾の入射エネルギー: この広さが, 分解能に関係ない点がこの装置の特徴で, bent mirror で focus が利くと, 非常に有利になる。
- (D) Q に関しては resolution は, 他の spectrometer と同じで, 最初の応用は flat で  $\Delta E$  の狭い scattering の研究。Central mode, 2D critical scattering, diffusive motion etc.

Reference: F. Mezei, Z. Physik 255, 146 (1972)

$C_f$  を利用した新らしい中性子源 物性研 平川金四郎

$C_f$  は核崩壊時の発熱の極めて少ない優れた中性子源で  $\tau$  線の放出も少い。1 gr 当り毎秒  $2.3 \times 10^{12}$  箇の中性子が放出される。価格は  $1 \mu\text{gr}$  当り 10 ドル程度であるが将来利用がふえれば加速度的に安くなる傾向にある。研究会ではこれに対し, 現在の回折用原子炉並の flux を得ようすると, fission reaction はさけられないから, 核を分散させる等の技術が必要で, 結局 ultra cold neutron source とかの特殊の余り flux の高くないものをねらうなら別だが, 要するに特殊な目的にのみ利用が限定されるであろうということであった。

————☆————☆————☆————  
以上のごとく、内容が多岐に別れて、議論が多出し、時間も不足であったが、大変活発で有意義な情報が沢山得られた。

以 上

文責 平 川 金四郎

### “Hydrogenase Meeting”

東大物性研 井 口 洋 夫

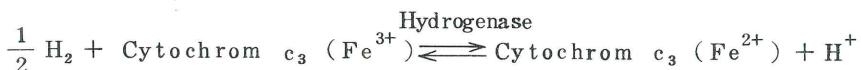
いささか場違いの感のある上記のような短期研究会を、東大物性研究所に於て、今年（昭和49年）2月25日開催できる機会を持った。その背景は、ここ7～8年、主として物性研（大野・田村・木下・井口・木村ら）と、静岡大（八木）との間で共同研究をつづけている酵素“ヒドロゲナーゼ”的所謂学際研究を、いまの時点で問題を洗い直そうと思ったことと、更に研究を発展させて行くためには、この酵素の構造を知ることが急務になったため、それを、どのようにして実現したらよいかと云う問題を解決しようと考えたからである。

参加者は10数名であったが、生物化学の専門家から、物理学専攻の者まできわめて幅広い層の意見交換の場をつくり得た。且つ相互に意識的に専門用語を使わないようにして、相互が場違いであると云う印象を持たないように努力した。参加者は、東北大学田宮信雄、北海道大学石本真・小林邦彦、大阪大学蛋白質研究所芦田玉一・田中信夫、松浦良樹・静岡大学八木達彦、物性研究所からは、大野和男・田村正平・木下 実・木村啓作・村野健太郎・市村憲司・井口洋夫及びこの問題に興味を持つ者10数名で、まづヒドロゲナーゼなるものが何故研究対象として“日本”で取上げられたかを皮切りに one day discussion を行なった。その会の印象記を、筆記したノートを頼りにここに記してみる。

ヒドロゲナーゼは、その英語名“Hydrogen-ase”が示すように、水素が関与する酵素（enzyme）である。発見されたのは既に40年も昔の1931年、イギリスの Stephenson と Stickland らの業績である。ヒドロゲナーゼの役目は、H<sub>2</sub> をとり込んで解離し、それを利用して、生体中にある電子伝達体を還元し、それらの反応を更に利用して生物生存の輪廻に加

っている酵素である。われわれが使用しているヒドロゲナーゼは、硫酸還元菌 (*Desulfovibrio vulgiris Miyakaki*) から取出したもので、普通の enzyme と異なる点は、嫌気性であると云うことである。すなわち、われわれと共に存しているイースト菌や、お酒の酵母などとは違つて酵素に触れると活性を失うと云うことである。

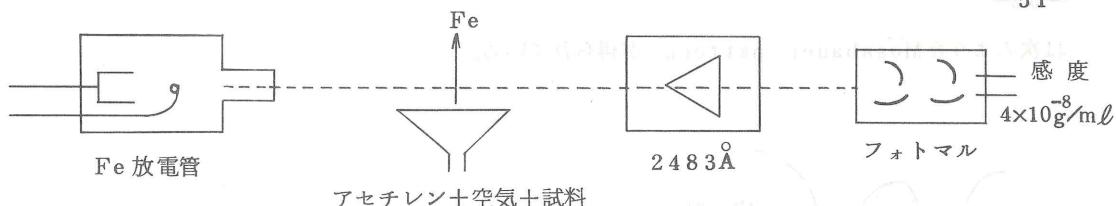
従つて、このヒドロゲナーゼを含むバクテリアは、空気に直接ふれない場所に生息している。現在利用しているヒドロゲナーゼは宮崎県の都城の“秋落水田”（水田が嵐などの影響で塩水をかぶると、秋になって稲穂が成長せず、落ちてしまう現象がみられる）の中から昭和24年に採取したもので、それを巧みに保存して次々と培養したものである。その場合、菌の中で起る反応は酸素をきらうから、泥の中にもぐって居て（或は水中の中で）



と云う反応を行ない、この Cytochrom c<sub>3</sub> (Fe<sup>2+</sup>) が再び酸化されて、Cytochrom c<sub>3</sub> (Fe<sup>3+</sup>) になると、廻りの SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> を還元して、H<sub>2</sub>S として発生する。なお、Hydrogenase は川が海にそそぐ河口付近でも発生がみられる。

このようにして得られた硫酸還元菌を培養して、多量の菌をつくり出すことが出来る。しかし、現状では一回に仕込む培養液が 30 ℥、これを 200 ℥まで増加すべく考慮中で、試料が豊富であることが今後の発展を助ける最も緊急な要求として準備している。その際、水道水の代りに蒸溜水に <sup>57</sup>Fe をとかしたものを入れると、Hydrogenase 中の Fe は <sup>57</sup>Fe で 60~80% も置換えることが出来る。これを Mossbauer 効果測定に利用している。培養によって多量につくったバクテリアをあつめて、超音波で cell を破壊し、可溶成分（全体の Hydrogenase 3% を含む）と沈殿成分（全 Hydrogenase の 97% を含む）にわけ、ampholine electrofocusing 法によって分離して行くことによって、最終的には高純度の Hydrogenase と cytochrom c<sub>3</sub> を分離することが出来る所まで来た。1931年発見された Hydrogenase が、30 年を経てやっと物理化学的研究対象として定量的測定に乗つて来たのは、この純度の著しい増加によるものと考えてよいであろう。

これら最純度の Hydrogenase や cytochrom c<sub>3</sub> の中に果してどれだけの Fe が入っているかと云う問題を原子吸光によって、測定した。よく知られているように、原子吸光の原理は太陽光のフランフォーファー線にその原理が置かれているのであって、次のような装置を用いている。



この方法によって得たものは、ヒドロゲナーゼ（分子量 90,000）中に Fe が 8 個、チトクロム c<sub>3</sub>（分子量 14,000）中に Fe が 4 個。

ここで、ヒドロゲナーゼは非ヘム鉄蛋白と呼ばれているもので Fe がヘム核でない形で入っているものである。すなわち、Fe がフェレドキシンの形で入っているのである。フェレドキシン (Fd) には 2 種類あって、

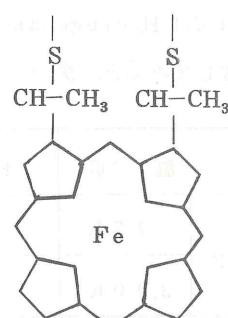
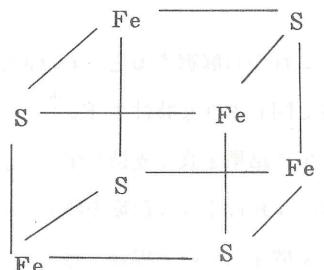
植物より： chloroplast Fd (分子量 20,000) Fe : S<sup>2-</sup> (2:2)

動物より： bacterial Fd (分子量 6,000) Fe : S<sup>2-</sup> (7~8:7~8)

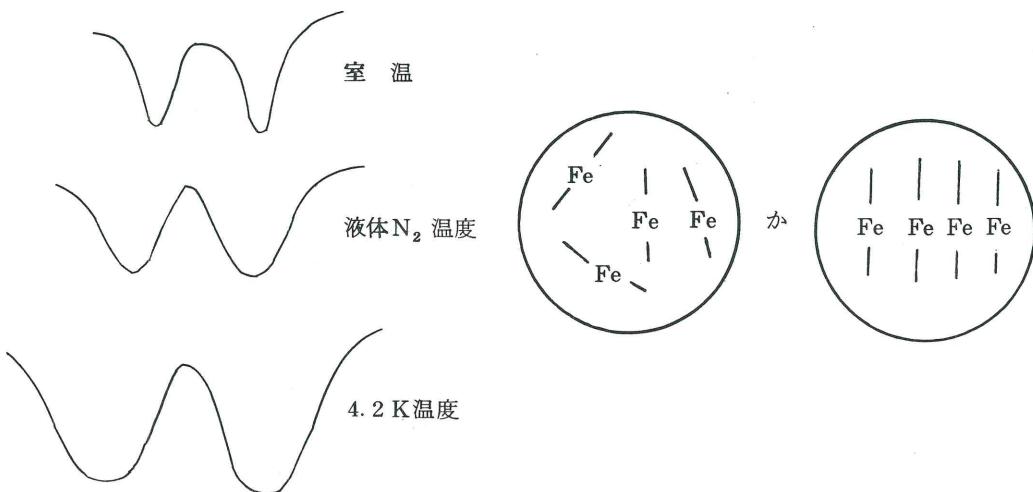
とされている。ヒドロゲナーゼには、この内動物中に見出される bacterial ferredoxin を含んでいることが知られており、その構造については、今迄何度か報告が出されているが、1973 年になって、今迄と異なり、次のような型が提案された。その核は： 下図

とされている。これらを含んだ分子量 90,000 の Hydrogenase がどんな型をしているかが、今後の問題であるが、ferredoxin をかこんだ立体構造を予想することが出来る。ただあとでのべる所謂“水素活性”を調べる手段として、H<sub>2</sub> + D<sub>2</sub> ⇌ 2 HD 反応は、勿論 Hydrogenase ではきわめて早い速度で進行するが、ferredoxin では反応は進行しない。これらの結果からも、Hydrogenase の反応性の原因は、きわめて不思議なもので、未だ解決の糸口はつかめていない。

一方 cytochrome c<sub>3</sub> は、分子量 14,000 で、濃赤色の比較的結晶しやすそうな物質である。この場合にはポルフィリン核の中 Fe を含んでいるものであって、それが 4 個存在している。これらが果してどんな状態で分子の中に存在しているかを知るには勿論、結晶構造をしらべる事が直接的である。それについてあとでのべるとして、cytochrome c<sub>3</sub> の Fe の状態を Mössbauer 効果の測定によって得た結果をまとめておこう。大体 <sup>57</sup>Fe を 60% 含んだ cytochrome c<sub>3</sub> で



は次のようなMossbauer pattern が得られている。



これから解釈すると、cytochrom c<sub>3</sub> 中に含まれる Fe は、ポルフィリン核中に含まれる鉄と同じような特性で Fe<sup>III</sup> の状態であることを知ることができる。この点は、今迄の分析を通しての結果を良く支持している。ただ温度を下げて行なった場合の特性が奇妙である。本来ならば、4 K近くまで温度を降下させると、若し図のようにポリフィリン核が random な状態で分子を構成している場合には、6本に分かれる筈である。しかし事実は室温の場合と同じ2本で、それがややプロードになったに過ぎない。この場合には、ポリフィリン核が相互に4個が比較的近接して—例えば平行につまっていることを意味している。これは物理にとっても化学にとっても興味深い。特に低温物性を考えるとき、或は予想外な方向に窓が開かれるかも知れない。

それでは Hydrogenase (90,000) の場合はどうであろうか？ その結果を ferredoxin と比較してみると、次のようになっている。

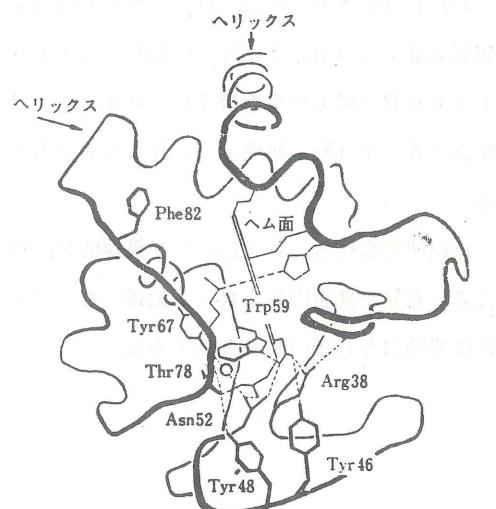
温 度		Ferredoxin	Hydrogenase	Euglena Spinach
$e^2 q Q / 2$	77 K	0.93	0.875	—
	300 K	0.70	0.754	0.65

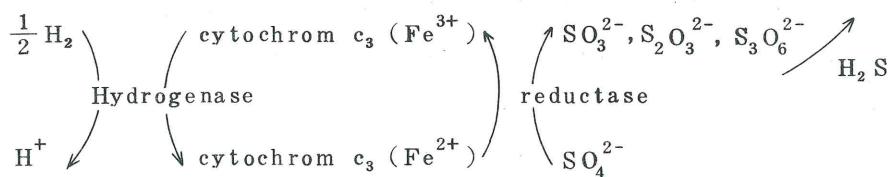
で大体 ferredoxin と同じ程度の値を示している。本来の一つの目標であるこの Hydrogenase と cytochrome  $c_3$  をまぜ且つ  $H_2$  の作用を組込んだときには、どんな影響がみられるか、今後の結果に期待出来る問題の一つであろう。

さて、この meeting の目的の一つである結晶構造の可能性はどうだろうか？ 過去 10 年以上の研究成果として、cytochrome c の結果が報告された。cytochrome c 分子 1 個の大きさは  $35 \times 30 \times 23 \text{ \AA}$  で、この化合物は幸い、かつての心筋から比較的多量に得られるので、出発時に於ける量は約 100 g、それから 10 ~ 20 g の安定な結晶（但し吸湿性）を得て、それを重原子置換して結晶構造解析用の試料を得ている。重原子置換としては経験を通して、 $K_3 UO_2 F_5$ 、 $(CH_3)_2 SnCl_2$ 、 $K_2 PtCl_4$ 、 $K_3 IrCl_6$  で 2 ~ 3 日或は 1 ~ 2 週間つけて、よい結果を得、結晶解析に成功した。その結晶構造は次のようなもので、疎水基は親水基の関係、ポルフィリン核の組立て等、きわめて上手に出来ており、その全体を眺めるとき自然の美しさを見ることが出来る。これらの方法が、cytochrome  $c_3$  にも適用出来ることを期待している。そして結局的には Hydrogenase への応用も期待できよう。

さて、Hydrogenase 自身の反応活性として、 $H_2 + D_2 \rightleftharpoons 2 HD$  を indicator として、測定することが出来る。その場合、水溶液中で（分子が 1 個づつ独立して、且つ適当な拡がりを持った場合）、 $H_2 + D_2$  反応が起ることは、今迄さんざんしらべられて来たものであるが、固体状態ではどうだろうか？ Hydrogenase を還元状態にした固相で、その活性をしらべてみると、かなりの  $H_2 + D_2$  反応がみとめられる。勿論、この dry state が、どこまで水分に対して "dry" であるか？ 水分の残渣はきわめて effective であるが、一応物性研究の土俵へ持込める糸口になると思う。

ところで、この Hydrogenase の活性を cytochrome  $c_3$  と組合せて書くと、(1)式を次のように見易く書きなおせる。





ここで  $\text{SO}_3^{2-}$  等を除くと、ここに  $e^-$  が遊離してくる。従って、これを他の物質にモデルをとってみると、Pt 黒と同じような作用が期待される。従って、 $\text{H}_2$  と Hydrogenase と cytochrome  $c_3$  (或は人工的な材料として methylviologen) を組合せると、一つの “Pt 黒電極” と同じ作用になると考えることが出来る。これを利用して電池を形成してみると、“酵素電池” を組立てることが出来る筈である。事実純度の高い（純度が悪いことは、電池で局部電流が生ずることを意味する） Hydrogenase を用いることによって、かなり高い電流密度を持った電池の作成が可能になっている。これに、現在非常に進んでいる燃料電池の技術を導入することは、酵素電池にきわめて有望な進歩をもたらすことであろう。

われわれのまわりには、 $\text{O}_2$  の反応に関与するオキシゲナーゼはきわめて多量に存在し、且つ研究も進んでいる。また  $\text{N}_2$  に関与するニトログナーゼについてもしかりである。同じ 2 原子分子であり且つ最も簡単な酵素ヒドロゲナーゼは、他の 2 者に比較して進歩はおくれている。この時点では異った分野の研究者が、異った考え方で、攻撃するには絶好の材料と考えている所謂である。

短期研究会報告としては、やや異端的に、個々の発言や発表をまとめて、文章にしたため、発言者の意見や発言内容と異った記述になってしまったかも知れない。その意味からも、記述の内容は要約者としての私の責任である。

(東大物性研 井口洋夫)

## 物性研談話会

日 時 3月4日(月)午後4時~

場 所 物性研A棟2階輪講室

講 師 小林 浩一

議 題 見て見た“不純物状態から混晶へ”

全域にわたって固溶体をつくる二成分系混晶では、一方の成分から他方の成分にうつるについて、状態は一様に連続的な変化をしている様に思われる。しかし、その変化を、電子構造を直接反映する光学的な性質を通して見ると、必ずしもなめらかな変化があるわけではない。

純粋な結晶に他方の成分を不純物として混入することが混晶への第一歩であるが、光学的性質に対するこの効果としては、普通よく知られている不純物中心による光吸収の他に、結晶中の  $k$  保存則が破れることを反映する光吸収やラマン散乱が現れることである。混合の度合いが更に増大すれば、混合原子間の相互作用が有効になり、それによる電子状態の変化によって光スペクトルに突然変化があらわれ、これより所謂混晶状態に入ってゆくのが観察される。

この辺の様子を種々の実験事実に基づいて解説し、その問題点に言及したい。

日 時 3月18日(月)午後4時~

場 所 物性研A棟2階輪講室

講 師 平川 金四郎

議 題 低次元磁性体の中性子散乱

相互作用をしている粒子(スピン)系の凝集機構を知る上で、低次元性に基づく諸現象をしらべることは有用である。特に2次元磁性体はこの意味から言って面白く、又重要でもある。2次元ハイゼンベルク系やXY系では Mermin-Wagner, Stanley - Kaplan の問題提起以来種々議論がたゝかわされて来たにもかゝわらず、未だに結論はみられず、また実験的にも出来るだけ理想的な2次元系を探し、この問題にメスを入れようとしているにもかゝわらず、まだ実験、理論共に定性的にさえ一致の傾向をみせていない。このような現状を紹介し、問題点を指摘し、解決の糸口を探る。

日 時 3月22日(金)10:30~11:30  
場 所 物性研旧棟講義室  
講 師 Professor J.R. Schrieffer  
University of Pennsylvania, U.S.A.  
題 目 Surface Density of States on Transition Metal  
Substrates

Prof. Schrieffer は超伝導のBCS理論建設者の一人としてよく知られているが、最近は遷移金属表面における化学吸着、触媒作用を多体問題の立場から解明することを試みておられ、その基本的なアイデアと成果について話して頂く。

日 時 3月25日(月)午後4時~  
場 所 物性研A棟2階輪講室  
講 師 Prof. H. Haken  
( University of Stuttgart )  
題 目 Stimulated Emission by Excitons

Prof. Haken は、レーザー理論の著書(Handbuch der Physik)でも知られているが、レーザー発振の統計力学的側面、相転移との類似、コヒーレンスの問題などのほか、理論物理の広い分野にわたって特色ある研究を手がけてこられた。今回はそれらの中から、本研究所にも関係の深いテーマをえらんで話して頂く。なお同教授は3月23日から27日まで物性研(A棟120A室)に滞在の予定。

日 時 3月27日(水)10:30 a.m. ~ 11:30 a.m.  
場 所 物性研A棟6階輪講室  
講 師 Dr. R.G. Jordan  
University of Birmingham  
Center for Materials Science England  
題 目 Collaboration Materials Science and Solid State  
Physics

Dr. Jordan は過去数年間希土類金属に関する研究を続けており、特に最近非常に高純度な重希土類金属の精製に成功し、そのために初めて、これら重希土類金属での de Haas-Van Alphen効果を測定した。その結果今迄とは異なったバンド構造の知見が得られている。これら興味ある最近の研究成果と希土類金属精製の技術とを合わせ話して頂く。

日 時 4月8日(月)午後4時～5時 場所 物性研A棟2階輪講室

講 師 Professor J. G. Dash (University of Washington, U. S. A.)

題 目 On He Monolayers

Dash 教授は過去約10年間にわたり、固体表面に吸着されたヘリウム膜の比熱測定を続けてこられたが、最近グラフアイトのへき開面上にきわめて一様な単原子膜を作ることに成功し、吸着原子の密度が小さいときにはヘリウムが2次元量子流体であり、密度が大きいとき2次元固体になることを明らかにされた。この研究の概要を話して頂く。

日 時 4月9日(火)午後4時 場 所 物性研A棟2階輪講室

講 師 Dr. Volker Heine (Theoretical Physics, Univ. of Cambridge)

題 目 Throwing out k space, or  
Electronic Structure of Solids from the Point of  
View of the Local Atomic Environment.

Reformulating the theory of electronic structure in terms of real space, not Bloch functions. Applications to surfaces, alloys and questions of bonding.

日 時 4月 15日(月)午後4時～  
場 所 物性研A棟2階輪講室  
講 師 三 浦 登  
議 題 超強磁場の発生と物性研究への応用

メガエルステッド( $10^6$  Oe)の領域のいわゆる超強磁場を発生し、これを物性研究に応用しようとする試みは最近国内外で急速に進展しつつある。物性研の強磁場委員会では数年前より電磁濃縮法(Cnare法)による数メガエルステッドの超強磁場の発生と応用に関する計画を進めってきたが、最近  $1.2 \times 10^6$  Oe程度までの強磁場が得られるようになった。このような超強磁場という極端条件のもとでは多くの興味ある研究が今後可能になると思われるが、一方持続時間(数μS)や有効磁場空間(直経数mm)の大きさ、又測定の際の試料の破壊等の点で今後解決しなければならない技術的問題もいくつか残されている。ここではこれまでに得られた実験結果を中心に、超強磁場発生方法とそれに関する諸問題、また物性研究への応用の可能性について紹介したい。

- 5月13日(月) Dr. H. K. Collan  
Experimental Work on the Superfluid Phases of  ${}^3\text{He}$
- 5月20日(月) Dr. T. W. Atkins  
Chemically Induced Electron Spin Polarization
- 6月 3日(月) Prof. H. Y. Fan  
半導体の光物性(仮題)
- 6月17日(月) Prof. S. Ushioda (Univ. Calif. Irvine)  
潮田 資勝  
Raman Scattering from Surface Polariton
- 7月 1日(月) Prof. J. Ferguson  
High Resolution MCD and Phosphorescence Excitation  
Spectra of Transition Metal Ions in Crystals
- 7月15日(月) 菅原 忠氏:題未定
- 9月24日(火) 長倉 三郎氏:題未定

日 時 5月13日(月)午後4:00より

場 所 物性研A棟2階輪講室

講 師 H. K. Collan

(Low Temperature Laboratory, Helsinki University of  
Technology)

題 目 Experiments on Superfluid Phases of  $^3\text{He}$

液体  $^3\text{He}$  の超流動相の性質を明らかにすることは現在の低温物理学の課題の一つである。とくに従来のポメランチュク冷却の方法では得られない 1.5 mK 以下の温度に冷して、その性質を調べることに多くの研究グループの努力が向けられている。この講演では Helsinki で行なわれた粘度の測定結果ならびに最近行なわれつつある Cu の核冷却によって  $^3\text{He}$  を冷却し、超流動を調べる実験の情況を紹介する。

~~~~~  
物性研ニュース  
~~~~~

外 来 研 究 員 一 覧  
( 4 9 年 度 前 期 )

嘱託研究員

所 属	氏 名	研究期間	研 究 題 目	関係所員
上智大 (理工) 教 授	伴 野 雄 三	49. 4. 1 49. 9. 30	磁性体の遠赤外分光	守 谷
阪 大 (工) 助 教 授	平 木 昭 夫	49. 4. 22 49. 7. 20	Si-Au 混合系にみられる Si の アモルファス状態	森 垣
相模工大 助 教 授	佐々田 友 平	49. 4. 1 49. 9. 30	強励起状態における光現象とコヒ ーレンス	菅 野
関学大 (理) 教 授	河 盛 阿佐子	49. 7. 15 49. 9. 9	断熱消磁温度での NMR	阿 部
理 研 研 究 員	林 久 治	49. 4. 1 49. 9. 30	光異性化反応の磁場効果	長 倉
明治学院大 非常勤講師	大 橋 ゆか子	// //	反射スペクトルによる固体ラジカル塩の電子状態の研究	//
横浜国大 (工) 教 授	樋 口 治 郎	// //	有機化合物励起状態の電子構造	木 下
横浜国大 (工) 助 教 授	栗 田 進	// //	イオン結晶の分光学的研究	小 林

所 属	氏 名	研究期間	研 究 題 目	関係所員
お 茶 大 (理) 助 教 授	伊 藤 厚 子	49. 4. 1 49. 9. 30	高磁場下におけるメスパウア効果	大 野
都 立 大 (理) 助 手	大 矢 とし江	〃 〃	低温・高磁場下でのメスパウア分光	〃
東 大 (工) 助 教 授	阪 本 甲子郎	〃 〃	合金の磁性	近 角
東 大 (農) 教 授	今 堀 和 友	〃 〃	可変波長赤外パルス光の発生と励起分子への応用	矢 島
東 大 (理) 教 授	佐 佐 木 行 美	〃 〃	金属錯体のCDスペクトルと精密解析	斎 藤
広 島 大 (理) 教 授	藤 原 浩	〃 〃	固体電子論	山 下
東 大 (養) 助 教 授	桜 井 捷 海	〃 〃	コヒーレント表示の物性への応用	中 嶋
立 大 (理) 教 授	石 森 達二郎	〃 〃	Mn <sup>53</sup> の放射化分析	本 田
京 大 (理) 助 教 授	長 谷 川 洋	〃 〃	超放射発生の機構について	菅 野

留 学 研 究 員

金 沢 工 大 講 師	三 島 昭 臣	49. 4. 11 49. 9. 30	金属絶縁体転移及び磁気転移の理論的研究	守 谷
----------------	---------	------------------------	---------------------	-----

所 属	氏 名	研究期間	研 究 題 目	関係所員
琉 球 大 (理工) 講 師	沢 岨 英 正	49. 5. 1 49. 9. 30	クロロフィルの第二励起・一重項 の蛍光寿命	櫛 田
埼 玉 大 (理工) 助 手	宮 本 芳 子	49. 4. 1 50. 3. 31	マグネタイトの低温変態	近 角
東大(工) 大 学 院 D. C. 2	八 田 真一郎	49. 4. 1 49. 9. 30	合金の磁性	"
東大(理) 大 学 院 D. C. 3	田 代 英 夫	" "	可変波長赤外パルスの発生と励起 分子への応用	矢 島
東大(理) 大 学 院 D. C. 3	黒 田 玲 子	" "	金属錯体のCDスペクトルと精密 解析	斎 藤
広島大(理) 大 学 院 D. C. 2	久 保 康 則	" "	固体電子論	山 下
東大(理) 大 学 院 D. C. 1	岡 部 豊	49. 4. 1 50. 3. 31	コヒーレント表示の物性研究への 応用	中 島
立大(理) 大 学 院 D. C. 2	西 泉 邦 彦	49. 4. 1 49. 9. 30	Mn <sup>53</sup> の放射化分析	本 田
京大(理) 大 学 院 D. C. 1	池 田 研 介	" "	超放射発生の機構について	菅 野

### 施設利用

学 習 院 大 (理) 教 授	川 路 紳 治	49. 4. 1 49. 9. 30	強磁場・極低温度下の2次元電子 ガスの量子輸送	田 沼
-----------------------	---------	-----------------------	----------------------------	-----

所属	氏名	研究期間	研究題目	関係所員
学習院大(理) 大学院 M.C.2	五十嵐 達治	49. 4. 1 49. 9. 30	強磁場・極低温度下の2次元電子 ガスの量子輸送	田沼
東理大 (工) 教 授	入江泰三	49. 4. 1 49. 6. 30	CdIn <sub>2</sub> S <sub>4</sub> のフェルミ面構造に関する研究	//
東理大 (工) 助 手	遠藤三郎	// //	// //	//
無機材研 技官	石沢芳夫	49. 4. 1 49. 9. 30	遷移金属カルコゲン化合物の電子 構造	//
神戸大 (理) 講師	山形一夫	49. 7. 1 49. 7. 31	蟻酸銅四水塩の磁化の測定	//
青山学院大 (理工) 講師	木村臣司	49. 4. 1 49. 9. 30	Josephson効果を用いた熱雑音 の研究	永野
東大 (海洋研) 教 授	友田好文	49. 4. 10 49. 9. 20	超電導重力計に関する研究	//
東海大 (工) 教 授	野島晋	49. 4. 1 49. 9. 30	rf SQUIDによる微小電圧の 測定法の研究	//
東大 (宇宙研) 助 手	古知政勝	49. 4. 1 49. 6. 30	耐熱性高分子の低温における比熱	生嶋
東大(理) 大学院 M.C.2	木村順治	// //	// //	//
阪大 (理) 講師	白鳥紀一	49. 6. 3 49. 8. 31	立方La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 相希土類-3d遷移 金属化合物の磁性	近角

所 属	氏 名	研究期間	研 究 題 目	関係所員
東 北 大 (金研) 助 手	浜 野 正 昭	49. 4. 1 49. 9. 30	Y-Co-Al合金の磁気測定	近 角
芝 浦 工 大 助 教 授	堀 富 栄	〃 〃	$\beta$ -Mn 合金の磁性	〃
京 大 (理) 助 手	小 川 泰	49. 4. 22 49. 9. 15	電子相關の理論的研究	守 谷
新 潤 大 (理) 助 教 授	加 賀 裕 之	49. 4. 22 49. 9. 21	遷移金属等の内殻励起による光スペクトル	豊 沢
東 大 (核研) 助 手	柳 田 昭 平	49. 5. 13 49. 9. 21	希軽元素の同位体比測定	本 田
東 大 (核研) 助 手	今 村 峰 雄	49. 4. 1 49. 9. 30	低レベル放射性核種の測定	R I (本田)
東 大 (理) 助 教 授	馬 澄 久 夫	49. 4. 1 49. 6. 29	隕石中の微弱放射能の研究	〃 (〃)
女子栄養大 講 師	中 山 博 明	49. 4. 1 49. 9. 30	重金属分子内錯塩の電子状態と物 性	井 口
女子栄養大 助 手	西 島 千 穂	〃 〃	〃 〃	〃
成蹊大 (工) 助 教 授	森 田 真	〃 〃	低次元性錯塩の発光	塩 谷
成蹊大 (工) 助 手	村 田 一 之	〃 〃	図書閲覧	図 書 (塩谷)

所 属	氏 名	研究期間	研 究 題 目	関係所員
関学大(理) 大学院 M.C.2	横田 健市	49. 5. 13 49. 9. 28	断熱消磁温度でのNMR	阿 部
京 大 (工) 助 教 授	森島 總	49. 5. 17 49. 9. 14	飽和ヘテロ環化合物における分子内相互作用の立体構造依存性に関する研究	長 倉
東大(理) 大学院 D.C.3	徳江 郁雄	49. 4. 1 49. 9. 30	低速電子線衝撃によるシアン化合物の発光スペクトル	木 下
九大(理) 大学院 D.C.3	新森 一実	49. 5. 10 49. 7. 22	P.M.D.R法による有機分子の最底三重項状態の研究	//
東京商船大 教 授	十川 先一	49. 4. 1 49. 9. 30	エネルギー分散形回折計による強度測定	細 谷
東北大 (理) 助 教 授	田中 通義	49. 5. 27 49. 6. 1	SSD回折計を用いた $TaTiO_3$ の構造解析	//
東北大 (金研) 助 手	中島 哲夫	49. 6. 17 49. 8. 31	超伝導体における同位元素の体積効果の研究	//
広島大 (養) 助 手	武田 隆義	49. 7. 8 49. 7. 10	3d遷移金属合金のX線吸収スペクトル	//
広島大(理) 大学院 D.C.3	大原 庄司	49. 6. 3 49. 7. 13	// //	//
東北大 (理) 教 授	渡辺 伝次郎	49. 5. 13 49. 5. 17	Critical voltage 法と菊池線交叉法による温度因子及び構造因子の測定	電 頭 (細谷)
東北大 (理) 助 手	寺崎 治	49. 5. 13 49. 5. 18	// //	// (//)

所 属	氏 名	研究機関	研 究 題 目	関係所員
東 大 (生研) 助 教 授	石 田 洋 一	49. 4. 1 49. 9. 30	超塑性変形の動的透過電顕観察	電 顕 (細谷)
東 大 (生研) 技 官	佐 々 紘 一	" "	イオン打ち込みをしたアルミニ ュームの組織観察	" (")
東 大 核 研	大矢根 剛	" "	イオン照射による固体表面の変化	" (")
長 崎 大 (養) 助 教 授	岩 永 浩	49. 7. 9 49. 9. 7	ZnO ribbon 結晶中にみられる 転位の研究	" (")
無 機 材 研 技 官	堀 内 繁 雄	49. 4. 22 49. 9. 14	電子線による無機結晶の構造因子 の精密測定とその応用	" (")
広 島 大 (理) 教 授	小 村 幸 友	49. 7. 20 49. 7. 31	$\alpha$ 相Cu-Al合金の短範囲規則性 の研究	斎 藤
広 島 大 (理) 助 手	北 野 保 行	" "	" "	"
阪 市 大 (工) 教 授	大 倉 熙	49. 6. 3 49. 6. 15	$F_A$ 中心の緩和励起状態の光吸収 の研究	神 前
阪市大(工) 大 学 院 M . C . 2	辰 巴 裕 一	" "	" "	"
広 島 大 (工) 助 手	藤 井 淳 浩	49. 6. 17 49. 7. 27	ハロゲン化タリウム混晶の光磁気 効果	小 林
広島大(理) 大 学 院 D . C . 2	多幾山 憲	" "	" "	"

所 属	氏 名	研究機関	研究題目	関係所員
京都教大 助 手	橋本 哲	49. 5. 21 49. 9. 30	リチウムハライドの光物性の研究	神 前
横浜国大 (工) 助 手	山口 益弘	49. 4. 1 49. 9. 30	アルミニウムのフォノン・ドラッグ移動度効果の研究	竹 内
埼玉大 (育) 助 手	津田 俊信	49. 4. 1 49. 9. 30	クロマイトのNMR	大 野
京 大 (理) 助 教 授	遠藤 裕久	49. 5. 22 49. 8. 26	高圧下における液体アルカリ金属の物性の研究	箕 村
京 大 (理) 研 修 員	辻 和彦	49. 5. 21 49. 8. 31	圧力下における液体金属のX線回折	"
無機材研 技 官	岡井 敏	49. 4. 1 49. 9. 30	Nb族非晶質の圧力誘起・半導体-金属転移機構	"
無機材研 技 官	小野田 義人	" "	非晶質半導体の高圧下での結晶化及び半導体-金属転移の機構の研究	"
岡山大 (温研) 助 教 授	松井 義人	49. 6. 23 49. 6. 30	Niを含む斜方輝石固溶体の合成	秋 本
北大(理) 大学院 D.C.2	岡田 修	49. 4. 14 49. 4. 26	Mn等をdopeしたZnS <sub>2</sub> の超高压合成	"
地質調査所 技 官	西沢 修	49. 4. 1 49. 9. 30	高圧下における珪酸塩鉱物の合成及び元素の分配	"
早 大 (理工) 助 教 授	近桂一郎	49. 4. 1 49. 8. 31	Se <sup>4+</sup> ・Te <sup>4+</sup> を含む遷移金属複合酸化物の超高压合成	"

所 属	氏 名	研究期間	研 究 題 目	関係所員
気象大学校 講 師	佐 藤 良 子	49. 4. 1 49. 9. 30	地球内部物質の高温・高圧下の物性	秋 本
東 大 (理) 助 手	水 谷 仁	// //	超高压下の造岩鉱物の弾性波速度 の測定	//
東大(理) 大 学 院 D . C . 2	伊 藤 久 男	// //	// //	//
東 大 (震研) 助 手	藤 沢 英 幸	// //	高圧下における造岩鉱物の弾性的 性質の精密測定	//
気象大学校 助 教 授	木 下 雄	// //	高圧下における造岩鉱物の弾性的 性質の測定	//
東 北 大 (理) 助 教 授	遠 藤 康 夫	// //	希土類金属の臨界点近傍の中性子 回折, 電気抵抗の同時測定	伊 藤
東 北 大 (理) 助 手	田 島 圭 介	// //	// //	//
東 北 大 (理) 助 手	神 木 正 史	// //	// //	//
東北大(理) 大 学 院 D . C . 2	池 田 進	// //	// //	//
東 北 大 (金研) 助 手	風 間 典 昭	// //	Mn As の偏極中性子回折実験	//
新 濑 大 (理) 助 教 授	田 卷 繁	// //	液体 Tl-Te 合金の中性子回折	//

所 属	氏 名	研究期間	研 究 題 目	関係所員
新潟大 (理) 助 手	飯田 恵一	49. 4. 1 49. 9. 30	液体Tl-Te合金の中性子回折	伊藤
新潟大 (養) 助 教 授	岡崎 秀雄	// //	$\alpha$ -Ag <sub>2</sub> Seの中性子回折	//
新潟大 (養) 助 手	本間 興二	// //	//	//
山形大 (理) 助 教 授	佐藤 経郎	// //	非晶質Ge-Seの中性子回折	//
阪市大 (理) 講 師	石井 広湖	49. 7. 5 49. 7. 20	磁性稀薄合金の理論的研究	芳田
横浜市大 (文理) 助 手	岡田 勇	49. 4. 1 49. 9. 30	磁性体の電子相関	//
群馬大 (工) 助 手	石村 礼和	49. 5. 20 49. 9. 28	固体ヘリウム	中嶋
東北大(理) 大学院 D.C. 2	浦田 信夫	49. 4. 15 49. 9. 11	液体 <sup>3</sup> Heの動的性質	//
芝浦工大 助 手	長谷川 正之	49. 4. 1 49. 9. 30	液体金属の三体力と静的構造	//
静岡大 (電子工研) 助 手	伊ヶ崎 泰宏	49. 4. 4 49. 6. 7	遷移金属窒化物の研究	試料作製 (本田)
静岡大(工) 大学院 M.C. 2	金子 誠	// //	//	// ( // )

所 属	氏 名	研究期間	研 究 題 目	関係所員
学習院大 (理) 助 手	宮 島 英 紀	49. 4. 1 49. 9. 30	アモルフアス稀土類合金の磁性の 研究	試料作製 (本田)
茨 城 大 (育) 助 教 授	吉 沢 熊	49. 7. 8 49. 8. 31	銅単結晶の作製	" ( "
阪 市 大 (工) 講 師	笹 沼 道 雄	49. 6. 3 49. 7. 14	SORの絶対強度測定	佐 川
阪 市 大 (工) 助 手	石 黒 英 治	" "	"	"
阪市大(工) 大 学 院 D . C . 2	岩 永 良 一	" "	"	"
阪 市 大 (原子力) 助 手	増 岡 俊 夫	" "	"	"
東 大 (RIセンター) 助 手	森 岡 正 名	49. 4. 2 49. 6. 15	鉛の質量分析によるマントル物質 の年代測定	本 田

## 昭和49年度前期短期研究会一覧

研究会名		開催期間	提案者
1	間接型強誘電性と構造相転移	49年 5月23日～25日 (2.5日間)	○早大(理工) 小林謙三 電総研 作道恒太郎 京大(理) 松原武生 東大(物性) 中村輝太郎 〃(〃) 星埜禎男
2	微小ギャップ半導体・縮退半導体および半金属の物性	49年 5月30日～31日 (2日間)	阪大(理) 川村肇 九大(理) 間瀬正一 東大(工) 田中昭二 ○〃(物性) 田沼静一
3	磁気円偏光二色性およびフアラデー効果	49年 6月28日～29日 (2日間)	東教大(光研) 尾中龍猛 東北大(金研) 仁科雄一郎 ○〃(非水研) 簿野昌弘
4	液体および非晶金属の物性	49年 7月上旬 (2日間)	○京大(理) 遠藤裕久 〃(〃) 松原武生 東北大(金研) 鈴木謙爾 〃(工) 田中実 東大(物性) 箕村茂

注) ○印は提案代表者

## 昭和 49 年度 共同研究一覧

研究題目		研究期間	提案代表者
1	物性研究専用ストレージ・リング (SOR-Ring) の建設	49. 4. 1 50. 3. 31 (継続)	東大、教養学部 佐々木 泰三
2	中性子スピニエコー法の開発実験	49. 4. 1 49. 12. 31	物性研 伊藤 雄而
3	強磁場中のビスマスにおけるエキシトニック相の研究	49. 4. 1 50. 3. 31	物性研 田沼 静一

## 共同研究概要

### 物性研究専用ストレージ・リング (SOR-Ring) の建設

#### 研究計画

真空紫外、軟X線(XUV-SX)の分光学は、実用的な光源を得ることがかなり難かしく、同時に高度の真空技術を必要とするため、他の波長域での分光研究に比較して全般的に立ち遅れているというのが従来の実状であった。

しかし光源についての種々の開発的研究、検討が進むにつれて、シンクトロン軌道放射(SOR)の有用性が広く認められるようになってきた。

近年、世界各地で電子シンクロtron(ES)、電子ストレージリング(Str)中を円運動する高速電子の発生するSORを光源として用い、多方面にわたる分光学的研究が展開され、したがってXUV域での光物性研究も従来の様相を変えつつあることは、この事情によると考えられる。同じSORといってもESとStrからのそれは多少性質が異なっている。ESの場合電子のエネルギーが数MeV以上になるとその速度は光速に近くなり、一定半径の軌道上での角速度はほぼ一定であるから一定周波数の加速電圧で加速することができる。

軌道半径を一定に保つために電子のエネルギー増加に合せて磁場を強くする必要があり、東大原子核研究所 ES では、この磁場の繰り返し周期は毎秒 21.5 サイクルである。したがって最高エネルギーに達した電子が毎秒約 21 回得られることになりそれゆえ SOR も 21 回点滅することになる。

一方、STR は最初から充分高エネルギーの電子（または陽電子、陽子）を打込み、電磁放射（SOR）によるエネルギー損失を高周波空洞で補いつ直流磁場中をまわす装置であり、電子を貯える STR からの SOR は、およそ直流的（実際は電子の周期に対応する数ナノ秒間隔のパルスの集まり、この事情は ES から SOR でも同じである。）であり、いくつかの点で ES からのそれに優るといわれている。現在、東大核研において建設中の SOR-Ring は ES から 300 MeV 電子線をとり出し、ほぼ一定のエネルギー（磁場をゆっくり上昇することでエネルギーを変えうるが）で電子を長時間貯えそれからの SOR を物性研究に利用するための STR の一種である。

SOR-Ring は昭和 46 年原子核研究所特別設備費によって 3ヶ年間計画で建設が開始され昭和 48 年度に終了している。これによって SOR-Ring の主要部分の製作はほぼ完了した。

また、SOR-Ring を設置し、実際に研究を行うための建物は、47 年度にすでに竣工し、使用可能である。

以上の建設作業は全国各大学からの作業グループと物性研客員部門のスタッフが共同であたり、核研において種々のしかも多量の作業を行なってきた。本年度はいよいよ、核研 ES から電子ビームをとり出して SOR-Ring 内に貯め、SOR の観測が可能になるまでにこぎつけることが主要な目的になる。

立ち上がりの早い（数十ナノ秒）パルス電磁石を用いて ES から 300 MeV 電子ビームを取り出すことは始めての試みであり、SOR-Ring も含めてその重要性が認識され、核研 ES 使用のメインマシンタイムが与えられることになった。これらの取出し系の組込み、調整等の準備作業には相当の人数と時間を要すると思われる。

加うるに、取り出された電子ビームの通路にあたるビームトランスポート系及び SOR-Ring 本体各部の最終的据付けには多数の微調を必要とし、したがってメンバーの核研滞在時間、回数は一層増加することであろう。

幸い、本共同研究は、昭和 47, 48 年度と継続して採択され、各共同研究者の機動性を実際に有効に援助してきた。

共同研究者

代表者	佐々木 泰三	教 授	東 大・教養
	山 口 重 雄	"	都立大・理
	三 谷 七 郎	助 教 授	阪市大・原子力
	石 井 武 比 古	"	東北大・理
	菅 原 英 直	助 手	" . "
	石 黒 英 治	"	阪市大・工
	塩 谷 繁 雄	教 授	東 大・物性研
	豊 沢 豊	"	" . "
	神 前 熙	"	" . "
	小 林 浩 一	助 教 授	" . "
	佐 川 敬	教 授	(客員・東北大・理)
	加 藤 利 三	助 教 授	(客員・京 大・")
	渡 辺 誠	助 手	東 大・物性研
	佐 藤 繁	"	" . "

共 同 研 究

中性子スピニエコー法の開発実験

研究計画

中性子スピニエコー法は近年(過去1~2年内)開発された新しい中性子散乱実験法で、それによるエネルギー分解能の飛躍的高精密化のためにとみに注目を集めている方法である。われわれはこの新しい実験方法の確立と、その可能性とを調査する目的で多々試作実験を試み、将来ビーム強度の強い実験孔に高分解能装置を作成する手始めをしたいと考える。

現在この方法はグルノーブルにおいて(ILL-HFR)作成、開発されているが、それは一つの可能な方法であり、BNLではまた違った可能性に着目して基礎的実験が行なわれている。たまたま将来のBNLの白根氏の協力を得てわれわれは又、われわれ独自のideaを生かしてこの方法の一側面を開発することを予定している。具体的には強度可変の precession 用磁場

をソレノイドで作製して、入射・散乱経路での echo-matching を起させて偏極 focussing を見、ついで既知の非弾性散乱巾を用いて装置の分確能 calibration を行ない、分解能の向上に必要な諸要因を調べていく。

共同研究者

代表者	伊藤 雄而	助 教 授	東 大・物性研
	遠藤 康夫	〃	東北大・理
	齋口 正	〃	学習院大・〃
	白根 元	客員教授	ブルックヘブン国立研究所
	平川 金四郎	教 授	東 大・物性研

共 同 研 究

強磁場中のビスマスにおけるエキシトニク相の研究

研究計画

間瀬グループは強磁場中のビスマスにおける超音波減衰の異常よりエキシトニクス相の発現と解される現象を発見した。田沼らは同じ磁場のオリエンテーションと強度においてアルフェン波速度の異常を見出し、エキシトニク相とする解釈に独立のサポートをえた。しかしながら前者はパルス磁場使用による精度上の難点をふくみ、後者は小さい変化量に対する解釈上の問題をなしとしない。

これらを克服するために物性研の大型超伝導マグネットと九大間瀬研究室の超音波測定装置を組合せて精度よい測定を行ない、とくに同一試料に対する以下のようなこととなる視点の実験から同時にエキシトニク相の発生を確認するため共同研究を行う。

- (1) 超音波減衰測定：電子・正孔のランダウ準位が 90 KOe 付近で一致するオリエンテーションをえらび 100 KOe までの静磁場内で 4.2 ~ 0.5 K の温度で縦波の減衰を精密測定して Tc をもとめ、Tc の上下での揺動的異常をくわしく研究する。
- (2) 同じインゴットの試料で、同じ磁場の強さとオリエンテーション、同じ温度範囲でアルフェン波の伝播の実験を行ない、エキシトニク相転移とともにキャリアー濃度の異常変化を研究する。
- (3) Bi のみならず、より低磁場で現象の期待される Bi - Sb 合金についても研究する。

共同研究者

代表者	田 沼 静 一	教 授	東大・物性研
	間 瀬 正 一	"	九大・理
	坂 井 武	助 手	" · "
	寿 栄 松 宏 仁	"	東大・物性研
	吉 田 喜 孝	大学院	九大・理

「微小ギャップ半導体・縮退半導体  
および半金属の物性」研究会

1. 趣 旨

最近ごく微小なエネルギー・ギャップをもつ半導体 ( $\text{Bi}-\text{Sb}$ , ( $\text{GeTe}$ )- $\text{Bi}$ ,  $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ ,  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ など) が注目されている。それは narrow gap の特徴的な性質として、(1)組成・圧力などで gap が正から 0 をへて負すなわち金属にまで変化するが、低次の相転移によらない、(2)ギャップが 0 の付近で誘電率の異常や結晶のソフトモードがあらわれる、(3)きわめて軽い質量と大きなスピン分離とそれに関連する特異な散乱機構などの問題がある。また半金属は小さなフェルミ面と電子正孔の補償のために、なお新しい現象を生み出す鉱床となっている。たとえば超電導と相転移的には相似であり、現象としては対比的であるエキシトニック相、量子極限近くの磁性や伝導などである。これら物質群の組成・圧力・磁場・電場などの外部パラメーターで制御されうる特質のバリティの発掘とそれらの間の系統的な理解のために、夫々の研究者が集まり研究内容の紹介・討論と今後の問題の質的発展のための展望をえたい。

2. 開催期日

昭和 49 年 5 月 30 日(木), 31 日(金) 2 日間

3. 研究会は公開で行ないます。

4. 世話人

川 村 肇	阪 大・理・教 授
間 瀬 正 一	九 大・〃・〃
田 中 昭 二	東 大・工・〃
○ 田 沼 静 一	〃・物性研・〃

○印は代表世話人

## 昭和49年度 後期共同利用について

このことについて、下記により公募いたします。

### 記

1. 公 募 事 項 (別添要項参照)

A. 外来研究員(10月～3月実施分)

B. 短期研究会(〃)

2. 申 込 資 格 : 国、公、私立大学、国、公立研究所等の研究機関の研究者及びこれに準ずる者。

3. 申 込 方 法 : 申請書1通提出(様式は別添のとおりですが、必要部数を下記申込先までご請求下さい)

4. 申 込 期 限 : 昭和49年7月31日(水)必着のこと。

5. 申 込 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 共同利用掛

電話(402)6231 内線503

6. 審 査 : 研究課題の採否、所要経費の査定等は共同利用施設専門委員会において行ない、教授会で決定いたします。

7. 採 否 の 決 定 : 昭和49年9月下旬

## 外 来 研 究 員 に つ い て

本所では共同利用研究所の使命として、外部研究者の研究遂行の便宜のため下記の各種研究員制度が設けられています。これら研究員の公募は、原則として半年ごとに行なっております。

なお、外来研究員制度は個々の申請を検討の上実行されておりますが、特別な事情のある場合を除いて、予め共同利用施設専門委員会の了承を得る立て前をとっておりますので、下記ご参照の上期日までに応募されるようお願ひいたします。

### 記

#### 1. 客員研究員

- (1) 所外研究者がやや長期にわたって、本所の施設を利用して研究を行なう便宜を提供することを目的としています。
- (2) 資格としては、教授、助教授級の研究歴に相当する研究者を対象とします。
- (3) 申請については、本所所員の申請にもとづいて、研究計画等を検討のうえ決定します。
- (4) 研究期間は最低1ヶ月とし、6ヶ月を限度としていますが、延長が必要なときは、その都度申請して更新することが出来ます。
- (5) 研究期間中は常時本所に滞在することを原則とします。
- (6) 居室の提供について所は出来るだけ努力します。

#### 2. 嘱託研究員

- (1) 所外研究者に本所の研究計画ならびに共同研究計画の遂行上必要な研究を嘱託することを目的としています。
- (2) 嘱託研究員の委嘱は、本所所員の申請にもとづいて、研究計画等を検討のうえ決定します。
- (3) 研究期間は6ヶ月を限度とし、延長が必要なときはその都度申請して更新することが出来ます。

#### 3. 留学研究員

- (1) 大学、官庁、その他の研究機関に在職する若い研究者に、長期にわたる留学の便宜を提供することを目的とした制度です。

- (2) 資格としては、大学院ないし助手程度の研究歴に相当する層を対象としています。
- (3) 研究期間は1年を原則とし、研究は所員の指導のもとで行ないます。
- (4) 従来からも数ヶ月間滞在される留学研究員が若干名おられます、46年度から次の要領で長期滞在留学研究員を募集しています。すなわち、東京（近郊の大学を含めます）以外の大学に所属する方で、長期留学研究員に応募される方は、旅費、滞在費が規定に従って支給されます。（所属される大学の場所によって異なりますが、平均（6ヶ月滞在）20万円程度になります）その場合、6ヶ月を原則とし、1ヶ年間に延長することが出来ます。この枠の研究員として年間5～6名を予定しておりますが、49年度前期においてすでに3名採用されております。

#### 4. 施設利用

- (1) 所外研究者が研究の必要上、本所の施設を短期間利用したい場合、その便宜を提供できるようにしております。
- (2) 受け入れについては、申請された研究計画等を検討のうえ決定いたします。

#### 5. 上記留学研究員、施設利用は本所指定の申請書（別紙様式、必要な方は直接物性研までご請求下さい）を提出して下さい。

なお、申請されるにあたって、お問い合わせがあればご相談いたしますので、共同利用掛へご照会ください。

#### 6. 各種研究員の受け入れ可否は、共同利用施設専門委員会において、申請された研究歴、研究計画ならびに所内諸条件を審査検討し、教授会で決定します。

#### 7. 旅費、滞在費ならびに研究に要する経費は、個々の申請にもとづいて、共同利用施設専門委員会で査定のうえ、共同利用研究施設運営費から支出します。

#### 8. 予算の支出、諸施設の利用、設備の管理等については、関係する所員の指示に従って下さい。

# 外 来 研 究 員 申 請 書

No.

昭 和 年 月 日

東京大学物性研究所長 殿

所属・職名

氏 名

(申請者)

等級号俸

等級号俸発令年月日( 年 月 日 )

下記研究計画により外来研究員として貴所で研究いたしたいので申し込みます。

研究題目

研究目的

研究の実施計画(使用装置方法等詳細に)

希望部門及び研究室名

部 門

研究室

研究予定期間

昭和 年 月 日 ~ 昭和 年 月 日

物性研究所出勤予定日	都外の場合							
	月	日～	月	日(泊)	日	月	日～	月(泊)日
	月	日～	月	日(泊)	日	月	日～	月(泊)日
	月	日～	月	日(泊)	日	月	日～	月(泊)日
	月	日～	月	日(泊)	日	月	日～	月(泊)日
都内の場合								
月	日～	月	日	1週	日	曜日		
月	日～	月	日	1週	日	曜日		
月	日～	月	日	1週	日	曜日		
所内へ宿泊を希望される場合はその日数を記入して下さい								
月	日～	月	日(泊)	月	日～	月(泊)		
月	日～	月	日(泊)	月	日～	月(泊)		
月	日～	月	日(泊)	月	日～	月(泊)		
月	日～	月	日(泊)	月	日～	月(泊)		
この出張の際物性研以外から鉄道賃・日当・宿泊料が支給されますか								
される <input type="checkbox"/>				されない <input type="checkbox"/>				
略歴								
上記職員を派遣いたしたいのでよろしくお願ひします								
申請者の所属長								
印								

## 短期研究会について

昭和49年度後期(10月～3月)に実施する研究会を公募いたします。  
斬新な企画のご提案を期待しております。  
ご希望の方は下記によりお申込み下さい。

### 記

#### 1. 提出書類

(1) 短期研究会申請書(様式は適宜)

(2) 記載事項

A. 研究会の名称

B. 提案理由

C. 開催希望期日

D. 参加予定者数

E. 参加依頼者(旅費支給者)

○ 所属、職名、氏名は必ず明記願います。

○ 参加依頼者未定の場合には旅費概算総額をお知らせください。

F. その他希望事項(予稿集、報告集の発行、公開、非公開の別等)

G. 提案者(所属、職名、氏名を明記し、代表者には○を付すこと)

2. 提案代表者は共同利用施設専門委員会において、開催主旨及び所要経費について十分説明していただきます。

3. 研究会の採否は共同利用施設専門委員会で審議され、教授会で決定します。

4. 所要経費は共同利用施設専門委員会で査定のうえ、共同利用研究施設運営費から支出します。

5. 提案代表者は研究会を終了したとき、報告書を出来るだけ早く提出していただきます。

## 共同利用施設専門委員会委員

所 属	職 名	氏 名	任 期	推薦母体
北大(理)	教 授	宮 原 将 平	4 8.4.1 ~ 5 0.3.31	物小委
東北大(〃)	〃	大 塚 泰一郎	〃	〃
〃(非水研)	〃	玉 井 康 勝	〃	化学会
新潟大(理)	助教授	田 卷 繁	〃	物小委
信州大(〃)	教 授	勝 木 澤	〃	〃
東教大(光研)	〃	尾 中 龍 猛	〃	〃
阪 大(理)	講 師	白 鳥 紀 一	〃	〃
〃(基礎工)	教 授	寺 西 士一郎	〃	化学会
東 大(工)	〃	高 良 和 武	〃	所員会
京 大(理)	〃	小 林 晨 作	〃	〃
北大(理)	教 授	三 井 惟 靖	4 9.4.1 ~ 5 1.3.31	物小委
山形大(〃)	助教授	上 川 友 好	〃	〃
東北大(工)	教 授	高 橋 實	〃	所員会
東 大(養)	助教授	真 隅 泰 三	〃	物小委
東工大(理)	教 授	安 盛 岩 雄	〃	化学会
名 大(〃)	〃	益 田 義 賀	〃	物小委
〃(工)	〃	中 野 藤 生	〃	〃
阪 大(理)	〃	川 村 肇	〃	〃
〃(〃)	〃	伊 達 宗 行	〃	〃
九 大(〃)	〃	間 瀬 正 一	〃	〃
〃(養)	助教授	中 山 正 敏	〃	〃

### 人事選考協議会委員(49年度)

所 属	職 名	氏 名
北大(理)	教 授	宮 原 将 平
名大(理)	助 教 授	長 岡 洋 介
京大(理)	教 授	松 原 武 生
阪大(理)	"	伊 達 宗 行
" (" )	"	金 森 順 次 郎

### 人 事 異 動

電波分光部門 教授 柿 内 賢 信 49. 4. 1 停年退官  
総務課長 吉 岡 徳 平 // 配置換 教養学部総務課長へ  
" 門 脇 淳 三 // " 東京工業高専庶務課長

より

Technical Report of ISSP 新刊リスト

Ser. A

- No.629 Yoji Hara, Ichimin Chirotani, Yukako Ohashi, Katsuyuki Asaumi, and Shigeru Minomura: Pressure Effect on Optical Spectra of Some One-Dimensional Pt-Compleses.
- No.630 Makoto Sakata, Sadao Hoshino and Jimpei Harada: Neutron Diffraction Study of Asymmetric Anharmonic Vibration of Copper Atom in Cuprous Chloride.
- No.631 Hiroshi Saito and Shigeo Shionoya: Luminescence of High Density Excitons in CdS, CdSe and ZnSe in the 4.2 90K Temperature Range.
- No.632 Kazuo Murayama, Kazuo Morigaki and Hiroshi Kanzaki: Exchange Effects in the Optical Detection ESR and Dynamics of the Optical Pumping Cycle of F-Centers in KCl.
- No.633 Hironobu Ikeda: Neutron Scattering Study of Critical Phenomena in Low-Dimensional Magnets - Universality and Scaling -

## 編 集 後 記

年度始めで編集委員会の発足が遅れたために、原稿をお願いした方には大変忙しい思いをしていただき申訳ありませんでした。物性研究よりに対する御意見、御希望を御待ちしております。

東京都港区六本木7丁目22番1号

東京大学物性研究所

三 浦 登

井 上 雅 博

次号の〆切は6月10日です。

