

物性研だより

第16卷
第5号

1977年1月

目 次

○中性子回折研究設備の現状と計画	星 埼 祥 男	1
	平 川 金四郎	
	伊 藤 雄 而	
○米国の高圧固体地球科学	秋 本 俊 一	10
○欧米の強磁場研究を訪ねて	三 浦 登	14
○「物性研だより」について思うこと	山 本 美喜雄	20
○物性研談話会 .....	.....	21
物性研ニュース .....	.....	24
○助手公募 .....	.....	24
○人事異動 .....	.....	25
○テクニカルレポート新刊リスト .....	.....	26
編集後記		

東京大学物性研究所

中性子回折研究設備の現状と計画

星 垒 複 男
平 川 金 四 郎
伊 藤 雄 而

(1) まえがき

物性研における中性子回折研究は、日本における中性子回折研究と時を同じくして発足した。すなわち、昭和 36 年に、日本で始めての高性能研究用原子炉 JRR-2 が東海村の日本原子力研究所で完成して運転を開始したが、その時、原研物理部固体物理研究室、電通研茨城支所と物性研の 3 台の中性子回折設備が相ついで建設されて、実験が始まられたのである。しかし当時は、日本における原子炉運転が、どのように行なわれるか不明の因子が多かったこともあり、物性研としては、研究の重要性は強調されていたが、特に大型の人員を配置することなく、結晶 II 部門の星塙研と、磁気 I 部門の石川研が、それぞれ、麻布キャンパスでの X 線回折、磁性測定の研究室づくりと平行して、東海村での設備建設と予備的実験研究の推進に当ったのである。このことは、今から考えても正しい判断であったと思う。すなわち、昭和 36 年に 1 MW の出力で試験運転に入った JRR-2 は、約 2 年間、出力上昇試験を繰返しながら昭和 38 年度から、やっと共同利用運転に入ったが、當時新聞紙上を賑わしたように、いろいろな障害にぶつかったために、実質的な稼動日数は極めて低く、本格的な中性子回折研究を行なうことには甚だ困難であったからである。

以上のような次第でスタートしたのであったが、その後、原研に JRR-3 が完成し、また京大原子炉実験所が設立され KUR-1 が建設された。これらの原子炉は、JRR-2 に比べると熱中性子線強度は、約一桁低いが、通常の中性子回折（弾性散乱）測定は十分行なえる。わが国においては、いろいろな規制がきびしいこともある、それぞれの原子炉の稼動率は、諸外国の炉に比べて極めて低いが、とにかく複数の原子炉を使えば、全体としてのマシンタイムは増加することになる。そのようなわけで、昭和 40 年頃から、回折装置の数も増え、次第に多くの研究者が、これらを共同利用して研究を行なうことができるようになった。物性研でも昭和 42、43 年度には、特別設備費によって JRR-3 に新しく装置を建設したので、所内における研究体制を整備する必要が強まり、昭和 45 年度に中性子回折部門が発足することになった。この時は、初期から尽力されて来た石川所員が東北大に転出されていたので、新部門に

來た平川, 伊藤に, 星埜が協力し, 3研究室でグループをなして, それからの中性子回折研究計画, 設備充実計画を推進することになった。新部門が発足した時には, JRR-2に最初に作った設備は, すでに方々にがたを生ずる時期となっており, 測定制御回路, 分光器とも更新の必要性に迫られていた。そのため, 設備充実(更新)費や, 科研費一般研究などによって設備更新を進めるとともに, JRR-3の方の設備にも多くの改良を加えつゝ研究の進展がはかられた。

以上極めて大ざっぱに物性研における中性子回折の歴史を設備の面で振り返って見たが, これは, これから述べようとする現在進行中の設備充実計画および将来計画を理解して頂くためのステップとして述べたものである。

(2) 現在進行中の設備計画のあらまし

昭和50年度より3年次計画で進行中の中性子回折特別設備計画は目下第2年次の下半期にあり, まさに設備建設のいわば最繁期にある。従って勿論まだ一部を除いて, 実験が遂行され, 研究成果が上がっているという段階ではない。しかし多額の経費を費して行なわれている本設備計画は当然のことながら, 過去20年余に亘る中性子散乱研究の歴史的推移を踏まえ, かつ今後数年の研究の動向と展望の上に立って計画されたもので, こゝにその計画の大綱と設備の特徴並びに研究内容を報告することは当事者としての義務と心得ている。したがってここで述べることは中性子回折特別設備費をどのような研究指向の必要性からどういった設備の建設に用いているかという基本的な事柄にとどまり, その設備の詳細とまたそれを用いての研究結果についての報告は別の機会に行なうことになる点を, 先ずは御承知いただきたい。

中性子散乱を用いての物性研究の特徴を考える時, それを他の実験技術と比較してみるとその特色が良く分る。ここではその比較に先日物性研だより(第16巻第3号)に報告された光波物性を取り上げて見る。

光特にレーザー光を用いた研究は大ざっぱに言って試料からの光の散乱, あるいは吸収を分光器で観測することから試料についての種々な情報を得る訳であるが, その際2つの研究態度が考えられよう。1つは入射光が出来るだけ試料を *disturb* しない配慮の下に試料の固有状態をくわしく知ろうとするものであり, 他方は入射光子と試料との強い相互作用に基づく色々な現象に焦点を置く場合である。前者はいわゆる線型応答理論を適用して試料の $\chi(q, \omega)$ を測定しようとするものであり, 後者では物質系-光子系の非線型現象に主眼が置かれている。これに対して中性子散乱の場合は即物質の $\chi(q, \omega)$ の測定と明言できる訳で, それは通常の実験条件下で中性子が試料に与える摂動が光子系に比べて充分弱いからである。そこで従来行

なわれてきた中性子散乱実験は中性子と物質との相互作用の特異性 — 光が主に電子系との相互作用であるのに對して、核並びに磁性電子との相互作用、従って例えは磁気構造の決定 — に加えて $\chi(q, \omega)$ 、それもブリュアン帶全域に渡る q 空間にについての $\omega(q)$ の測定、すなわち物質固有の素励起の分散曲線の観測に物性研究に必要な実験技術としての位置を占めてきたことは周知の通りである。この種の研究は物質面での研究対象の多様化に伴い、また特に最近多くの興味ある物質が見出されており、依然としてその重要性は強調されるべきであろう。特に中性子源の特殊性を考える際、多くの物性研究者への共同利用設備として合理化された高能率の $\omega(q)$ 測定装置はそれ自体に存在意義があるものと考える。

すでにこのような意図のもとに、物性研では、中性子回折特別設備計画がスタートする前に JRR-2, JRR-3 に合わせて 3 台の回折装置が設置された事情はまえがきに述べた通りである。そこにも見られる通り、これらの装置については科研費、設備充実費等の導入によりいくつかの改良が加えられ現在に至っているが、ここでその概略を紹介する。

(i) ND-1 号機(ダブルモノクロ型中性子分光器)

現在 JRR-2, HT-8 水平実験孔に設置されており、昭和 50 年度の特別設備費の一部を用いてモノクロメーター部をダブルモノクロ型に改造して、従来のエネルギー固定型 3 軸スペクトルメーターから面目を一新したのが本装置である。昭和 36 年の建設以来、段階的に改良、改造を重ねて來た訳であるが、上記のモノクロメーター部の改造により当初の設備は一部附属品を除き全て更新されたことになる。現在 2 号炉の再稼動に伴いフル運転が行なわれているが、多年の改造のかいあって満足すべき性能を発揮しており、すでに実験データの量産が始まっている。

装置の特徴としては、パイログラファイト (PG) を 2 枚用いたダブルモノクロ方式を採用したことにより、試料ゴニオの位置を動かさずに入射中性子のエネルギーを連続に変えられる点、と同時にそのため速中性子の混入が最小限に押さえられ S/N 比が向上した事があげられよう。入射中性子エネルギーは $30 \text{ meV} \sim 5 \text{ meV}$ (波長 $1.65 \text{ \AA} \sim 4.04 \text{ \AA}$) の間連続可変である。もっともよく使われている 13.7 meV (波長 2.44 \AA) (PG フィルターで高調波除去) の単色入射中性子線の flux は、試料の位置で $\sim 6 \times 10^5 / \text{cm}^2 \text{ sec}$ であり、非弾性散乱測定の条件下で、試料によらない background noise は $0.7 / \text{min}$ である。角度分解能 ($1 / 200$ 度) とその再現性を高めるため角度駆動は外周ギヤによるモーター自動方式を採用している。

装置の高分解能・低エネルギー特性に鑑み、研究対象としては素励起特にフォノンの分散

関係、臨界散乱や拡散に伴う準弾性散乱の測定に適している。現在 q , ω 空間の任意のスキャンはすべて小型計算機により on-line 測定されているが、data 解析の一部 on-line 化が今後のソフト上での計画である。

(ii) ND-2号機(偏極中性子回折装置)

国産一号炉としての天然ウランを燃料とする JRR-3号炉は、濃縮ウランを用いるJRR-2号炉に比べて 1 ケタ熱中性子の流束が弱いが、そこの H-3 水平実験孔に本装置が設置されており、当初から偏極中性子と構造解析用の非偏極中性子ビームの併用を考えて作られた装置である。しかし偏極中性子ビームの使用には中性子スピinn 反転装置やガイド系の調整が必要であり、また波長の選択もその調整にかなり時間がかかることから、特にビーム強度を必要とする構造解析実験以外の時は、主として偏極中性子装置として利用に供されている。従って装置の改良、改造も偏極中性子の利用の点からなされ、強度並びに S/N を考慮して特にプラグ反射の偏極比の測定に重点が置かれてきた。 $\text{Co}_{0.92}\text{Fe}_{0.08}$ ポーラライザーからのビーム強度は 1 \AA の波長で約 $10^4 / \text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ であり、ビーム偏極率は約 99%，スピinn 反転率は 98% である。偏極比の測定は小型計算機制御により on-line 自動化されており、磁気 form factor の測定、磁気構造の研究に適している。小型の 3 軸付加機構は偏極解析用でありプラグ反射の磁気散乱と核散乱の分離、及び試料内での depolarization の測定に有用である。本装置では偏極ビーム強度への配慮から、分解能を犠牲にしており、特に高い分解能を必要としない結晶構造、磁気構造、液体構造決定の問題にも広く共同利用に供されてきたが、その際には Ge, Cu 等の非偏極モノクロメーターを用いてビーム強度を 1 ケタ以上高めている。一般構造解析用へのソフト系の整備は今後の課題である。

(iii) ND-3号機(小型 4 軸型中性子回折装置)

上記の H-3 実験孔から出てくる熱中性子の一部は Be モノクロメーターにより 90° 垂直上方に取り出され、本装置の入射ビームとなっている。従って波長は約 1 \AA に固定されている。装置本体は X 線用の 4 サークル回折装置の改造型で、計測・制御系共にすべて ND-2 号機の上に作られた中二階上に設置されている。4 軸駆動はプログラム・テープコントロール方式によるため、計算機処理を用いていない点、利用上不便な所であるが、従来積分強度の精密測定による構造パラメーターの精密化等に役立って来ている。JRR-3号炉の将来性及び予算、人員の観点からも ND-3 号機の改良、充実計画については充分慎重に検討されるべきものであり、今後の問題点といえよう。

さて従来の中性子散乱研究はすでに述べた通り、物質系の固有状態としての $\chi(q, \omega)$ を調べるに尽きた訳であるが、それは熱中性子と物質との相互作用がボルン近似で充分記述できる程弱いことに起因している。しかしそれは物質系の特殊な励起状態や、非線型現象が中性子散乱では観察出来ないということを意味するものではない。逆にもしも物質系が何らかの外的要因で励起されたり、あるいは非線型状態にある場合、その状態の情報は中性子に依る擾乱が少ないので、よりくわしく知ることもできる訳である。今後の中性子散乱研究の大きな流れの一つはこのような試料を特殊な励起状態に置き、より複雑な系での応答を調べる方向にあると言えよう。具体的には例えば external pumping による特定原子あるいは、特定な素励起のラベリングが考えられる。現在特別設備費を用いて建設している偏極解析装置（ND-4号機）の持つ一つの大きな特徴は、新しい技術として、このような external pumping によるプロトン・ラベリングを用い、その動的挙動を調べることにある。そのため先ず paramagnetic center の周囲をとりまくプロトンを動的核偏極法で偏極させる。そこにスピンの向きが pseudo-random に変調された偏極中性子をあて、その飛行時間を時間分析し、その結果と入力変調との間の交差相関を取ると、偏極したプロトンだけの動的挙動を知ることができる。一方偏極したプロトンの位置の情報は単結晶試料を用いてのプラグ散乱での偏極比の測定から精密に知り得るから、このような実験から有機物質中のある種のプロトンに関して (\vec{r}, ω) の情報が得られることになる。 \vec{r} の範囲、あるいはプロトンダイナミックスの様子は pumping power を変えたり、温度を変えることによりコントロールできるはずである。今後この技術の開発が水素結合の研究に貢献することが期待される。

偏極解析装置は勿論その名の示す通り散乱中性子の偏極状態の解析をすることが主目的であるが、これは前述の ND-2 号機のもつ性能と内容との大幅なレベル・アップに対応し、特に偏極アナライザーとしての従来の結晶アナライザーを用いず、動的プロトン核偏極法を利用しての偏極プロトン・フィルターを用いる点に大きな特徴がある。ND-2 号機での偏極解析は高々透過ビーム又はプラグ散乱の偏極率の測定に限られていたのに比べて、新しい装置によれば、散漫散乱の偏極解析が可能になり、従って単に入射中性子スピンの向きを変えることで、干渉性散漫散乱と非干渉性散漫散乱の分離、核散漫散乱と磁気散漫散乱の分離を行なうことができ、その研究対象は例えば水溶液の構造、アモルファス物質、磁気不純物や常磁性の諸問題に広がる。

従来の偏極中性子法は入射あるいは散乱中性子ビームの全体としての偏極率 \vec{p} に関し、そのある特定の空間軸方向の成分、通常はアナライザー磁場の方向成分 (P_z) にのみ着目して、中性子スピンに依存する特定情報を得ようとするものであったが、中性子スピンの持つ自由度を

フルに利用するにはベクトル量としての \vec{p} 及びその時間的推移をも観測することが必要になる。この様な意味での中性子スピニ分光法 (spin spectroscopy) の一つに最近開発されたスピニ・エコー法がある。目下建設中の偏極解析装置ではこのような広い意味でのスピニ分光ができるように配慮されており、そのために後で述べるタンツ・ポーデン方式を採用している。

偏極解析装置はまた新らに改造された ND - 1 号機とも相補的役割を果たす。それは ND - 1 号機では PG ダブル・モノクロメーターを使用していることから、装置の性格が低エネルギー高分解能実験に適する訳で、例えはエネルギー変化のもっと大きいマグノンの測定や光学型フォノンの観測等には向かない。しかし ω (q) の測定においてさ程高分解能を必要としなくとも、エネルギー範囲が $30 \text{ meV} \sim 200 \text{ meV}$ (波長 $0.64 \sim 1.65 \text{ \AA}^\circ$) であるような場合も多数あり、必要度も高い。従って本装置では必要に応じて自動的に偏極ビームから非偏極ビーム用にモノクロメーターを交換できるよう、モノクロメーターゴニオ部に上下移動のエレベーター機構がある。言い換えると、本装置は従来の非弾性散乱用三軸型分光器としての性能も充分備えている。

このように特別設備計画で進めている偏極解析装置 (ND - 4 号機) には大きく分けて三つの特質がある。すなわち中高エネルギー領域にわたる ω (q) 測定機能、高性能中性子スピニ分光、そして偏極相関 TOF (飛行時間分析) がそれである。

装置の設計・計画に当っては、この三つの機能を研究目的の必要性に応じ、高能率且つ合理的に発揮できるよう考慮した。

(q , ω) 空間の任意の点に関し、q あるいは ω を一定に保ちながら他方をスキャンさせる、いわゆる一定 q (あるいは ω) 方式ができる 3 軸法は ω (q) の測定法として完成度の高いものになっている。もっとも最近 position sensitive detector (PSD) と大きなアナライザとを組合せた高能率な改造型 MARX spectrometer と称する中性子分光器も開発されているが、先ずもって従来からの完成された 3 軸法機能を備えるよう、本装置は 3 軸ゴニオメータ一部を持っている。この第 3 軸目のエネルギー・アナライザをそのまま偏極アナライザに変えれば、装置は今まで述べたスピニ分光器の働きをもする訳であるが、その際、ビーム偏極状態の保持、あるいは変調という単なるエネルギー解析には必要なない要素が入ってくる。従来の 3 軸分光器では強度的考慮から、試料とアナライザ間の距離はできる限り近づけるのが普通であるが、偏極解析の場合には上記の理由でそうもできない。この両方の要請から本装置では各ゴニオメータ間の距離を必要に応じて自由に変化できるようタンツ・ポーデン方式を採用している。タンツ・ポーデンとは英語でいえば dancing floor のことで、この方法はヨーロッパで開発・普及しているためそう呼ばれているが、呼び名の示

す通り、広い床（本装置では約 30 m^2 の花崗岩）の上を装置の各ゴニオメーター部分が互いに伸縮可能に接続されて、すべて動く方式である。各ゴニオメーター部（試料ゴニオ、アナライザーゴニオ、カウンターゴニオ）の下にはエア・パットがついていて、そこから吹き出す圧縮空気のためゴニオメーター（平均 500 kg 程度）が $\frac{2}{100} \sim \frac{3}{100}\text{ mm}$ 程度から浮上する。このように空気浮上したゴニオ部はゴム・ローラーの回転等で駆動制御されている。

ところで新しい装置機能としての偏極相関 TOF 法は上に述べた 3 軸法とはかなり違った面を持っている。特に中性子飛行時間分析に伴う時間分解能の問題と中性子偏極の相関変調とデーター解析での交差相関の問題とは結晶 3 軸法や、従来の偏極解析法とも異なる装置的配慮を必要とする。本装置ではその点を考慮して上記の 3 軸ゴニオ部とは独立に TOF 用の 2 軸ゴニオ部を設けており、それは 3 軸部と普通の試料ゴニオメーターと TOF カウンターゴニオとから成っていて、その駆動制御もまたタンツ・ポーデン方式によっている。

偏極中性子を用いるか、あるいは強度の強い非偏極中性子ビームを用いるかは実験目的により規制されるが、それはパネル上のスイッチ一つでモノクロメーター部中央の垂直移動エレベーター操作で変更できる。いずれのビームを使用するにしても、入射中性子波長の選択とその可変性は実験精度上非常に重要なことである。にもかかわらず実験には色々な制約から特に波長の連続可変性が取り入れられない場合が多い。特に偏極中性子については磁気的カップリングや、偏極反転装置の調整の問題も含めて波長可変は一層困難である。本装置ではフリッパーコイルを磁気ガイド中に入れ、モノクロメーター・ハウジングの一部に組入れし、偏極中性子ビームの場合にも波長を連続可変できるようデザインされている。そのため 20 トン以上もあるモノクロシールドを回転させている。

このように本装置では特に偏極中性子を用いた場合、従来の偏極中性子法から全く新しい技術の開発までを含めてフルにその機能を發揮できるように設計されているが、その際電子計算機による on-line 駆動制御が必須であることはその複雑さからも当然のことであろう。すなわちタンツ・ポーデン方式による 3 軸駆動、偏極相関変調の制御、データ交差相関解析並びに各種角度表示、データ表示、リミット監視等の CRT 集中表示はすべて電子計算機 CPU を中心に有機的に連絡し合っており、他の物性研中性子散乱装置の on-line 制御よりも格段の能率化が期待される。

ユーザーが偏極・非偏極、使用中性子波長、試料に関する情報、スキャン・モード等をテレタイプに入力すると、使用目的に応じたユーザー・プログラムが付属ディスクから計算機に収納され、以後はそのユーザー・ソフトの下に装置の on-line 操作が行なわれる。各種監視及びデーターのグラフ表示は CRT 入力で隨時指示できる。最終データー情報はライン・プリ

ンター又はテープ一定のフォーマットで出力され、以後の解析処理に廻される。勿論このようないい on-line 操作はすでに欧米ではルーチン化している場合も一部にあり、特に目新しいことではないが、本装置でも充実したソフト・プログラムによる合理的で高能率な装置管理を考えている。

この他に S/N 比の向上に特に留意して、JRR-2 廉室内の高い速中性子バックグラウンド・レベルに対応し、カウンター・シールドは普通以上に大型にした。約 1 トン近いカウンター・シールドを 1/100 度の精度で自由に駆動させるにもタンツ・ボーデンが最適である。

特別設備計画として現在進行中の偏極解析装置の概要は以上述べてきた通りであるが、始めに述べた通り何分にも建設中の段階であるため、本装置の実際の性能や研究成果等については、あらためて別の機会に報告することになろう。

(3) 将来計画

本来この報告では、特別設備費を用いての設備計画を述べることが主目的であり、中性子回折研究室全般の将来計画を披露することが目的ではないが、現在進行中の設備計画が今後とも充分に生かされて、物性研究の発展に役立っていくためには、中性子回折をとりまく種々の事情並びに今後の計画に多少とも触れずに置くことは画龍点睛を欠くうらみがある。というのは周知のことではあるが、中性子回折研究の特殊性は、何といっても測定装置を他所の大型設備（こゝでは原子炉）におかねばならないことにあり、これは SOR 研究でも似た事情にある。このような場合には、中性子回折装置の運転自体、設置される原子炉を持つ研究所の事情に大きく左右され、又当然ながらいろいろな管理、運営面での規制も受ける。これは特に我が国の場合には、予想以上に厳しく、中性子散乱研究を行なう者が等しく感じている場合である。それは具体的には原研研究炉の将来性および京大原子炉（KUR）における高中性子束炉（KUR-2 号炉）の建設にからむ諸問題である。このいずれの場合にも、当初の見通しを超えた厳しい事態に直面しているといえよう。加えて加速器利用によるパルス中性子の利用が東北大学グループを中心にして発展している事情があり、物性研が主力装置を原研研究炉に託している現状を今後とも長期に亘って維持し、且つその性能を充分に発展していくためには、単なる装置の設置とその利用だけではなく、むしろ原研における研究炉重視の姿勢への積極的な支援と裏付けが要求されているといえる。このような外的環境の他に中性子散乱研究の発展的過程から自ずと出てくる将来の問題がある。冷中性子源の確保とそれに伴う中性子導管の必要性、一次元、二次元 PSD の導入によるデーター収集の高能率化等がそれである。第三に人と場所の問題がある。現在(2)で述べた通り 4 台の装置があるが、原子炉が順調に稼動した場合、

共同利用も含めてこれら 4 台がフル運転すると、先ず実験準備段階での場所と付属機器の問題で現体制がピンチになることは容易に推測できる。現在所内中性子グループの研究準備はそれぞれが物性研で行なって後、原研に運び込む形をとっているが、すでに研究の複雑化に見合つてのクライオスタット、超伝導マグネットと電源、励起用 ESR、NMR 装置各種、液体ヘリウム等の整備や運搬にこのようなやり方の限界を感じている。加えて原研での準備室は居室を原研より借用しているのみで、それすら非常に手狭である。装置一般の管理を受持っている中性子共通実験室のスタッフ（内 1 名は原研常駐）の努力で不備を補なっているが、当然この点は今後研究体制の問題として考えるべきであろう。

ここで述べた現在直面している三つの問題は互いにからみ合っており、簡単に解決が見出される性質のものではないが、今後積極的に取組まねばならないものであろう。その意味からも我々 3 人は現在計画が終了した段階で考えるべき第 2 次将来計画について、よりより相談しているが、その中で考えている一つの方向は、原研研究炉の将来にわたる必要性を強調するためにも、物性研の中性子回折施設を東海村に作ることであり、そのことによって共同利用も考え入れた研究体制を整備することができるものと考えている。原研の研究用原子炉が順調に稼動を続け、且つ将来ともその存続が保証されることが、物性研における中性子回折研究の基盤であり、多額の経費を用いて特別設備を建設している当事者としては、それはどうしても必要な条件であると思う。また原研研究炉を利用する中性子回折施設の設立は単に物性研のみならず、原研に設備をおいている東北大等の研究グループとの関連もあり広く物性研究の将来のために慎重に計画した上で実現をはからねばならないと思う。このことは目下われわれグループの中だけで話し合っていることであり、まだ具体的な詳細内容まで検討してはいないが、いずれ中性子回折研究第 2 次将来計画としてまとめて、所内外の研究者の方々の御意見を聞きたいと考えている。

中性子散乱を用いる物性研究は大型装置を要することから、多額の費用を必要とする。加うるにその中性子源は更に大型の原子炉に依存している。もしも得られる情報が他の物性実験技術でも知れるものであったり、あるいは又さ程重要でないものなら高価な中性子を用いる意味がない。中性子を用いて研究をする者は常にこの点に心がけねばならない。ここに紹介した特別設備計画並びに将来計画についても、その意味から率直な御批判を仰ぐ次第である。

米国 の 高 壓 固 体 地 球 科 学

秋 本 俊 一

9月上旬から約6週間、日米科学協力事業の一環として米国各地の固体地球科学関係の高圧研究室を訪問する機会があった。筆者の参加したのは日米科学協力・著名科学者交流プログラムと呼ばれる大変大げさな名前のプログラムであり、たまたま、本年の主題が“固体地球科学”にまわってきたため、筆者に参加の機会が与えられることになった。このプログラムは、日米双方3名づつ相手国の希望で選ばれた科学者が1～3ヶ月間各地を旅行して10ヶ所程度の研究機関を歴訪し、セミナーで講演したり、少人数の討論会に参加したりするのが趣旨となっている。ちなみに“物性物理学”を主題にしたこのプログラムはすでに昨年度に実施されている。以下には、今回の旅行の印象記として米国における最近の高圧研究の一端を紹介したい。訪問したのが固体地球科学関係の研究室に限られたため、物性研究としての視野が狭くなるのは御許しいただきたい。しかし、今回の旅行で筆者が訪問した多くの高圧実験室は、研究対象としてたまたま地球に関係した物質をとりあつかっているだけで、研究の手法は物性物理学の研究室と何等異なることはない。

筆者の旅行日程は California Institute of Technology (パサデナ), Univ. of California Los Angeles (ロサンゼルス), Univ. of Colorado (ボルダー), Los Alamos Scientific Laboratory, Univ. of California (ロスアラモス), Univ. of Chicago (シカゴ), National Bureau of Standards; Geophysical Laboratory, Carnegie Inst. Washington (ワシントン), Penn. State Univ. (ステートカレッジ), Univ. of Rochester (ローチester) MIT, Harvard Univ (ケンブリッジ), Univ. of Hawaii (ホノルル) という順序で、平均して1週間に2ヶ所という強行日程であった。効率的な旅行を強制されたためいつもジェット機に乗っていたような印象が強く残っているが、数えてみたら延べ16回航空機を利用したことになっていた。

高圧実験はよく知られているように、機械的加圧による静的な高圧実験と、爆薬等を利用して動的な衝撃波加圧実験に分類されるが、今回訪問した研究機関の中で動的加圧実験をおこなっているのは, Calif. Inst. Tech. と Los Alamos Sci. Lab. だけである。どちらも物性高圧実験としては、固体の状態方程式（圧力一体積関係）に興味をもって実験をおこなっている米国の代表的機関である。Calif. Inst. Tech. では2段式衝撃銃を使用して、高圧相の回収実験

(合成実験)もおこなわれている。Los Alamos 研究所は、わが国では広島、長崎に投下された原爆の製造された場所として著名であるが、いまでも一部に兵器の研究をおこなっている部門があるため、かねて外国人の訪問は極端に困難な研究機関として聞かされていた。しかし、今回は大した障害もなく、かんたんな手続きで希望の衝撃波実験室が訪問できたのは幸であった。

Los Alamos 行くまでは、何となく New Mexico の砂漠の真中の研究都市を想像していたが、実際は大きなカルデラをもつた Jemez 火山の外輪山のすぐ外側に位置していることがわかった。ロッキー山脈のほぼ南端に相当するので海拔約 2200m の緑の松林にかこまれた風光明媚なところであった。研究所周辺は冬はスキーが楽しめるそうである。ロスアラモスの研究所群はメサと呼ばれる火山灰台地と、それが浸食によって数百米も深くきざまれた谷(キャニヨン)の底に点々と分布しているが、衝撃波実験場は、キャニヨンの奥深く、自然の地形をたくみに利用してつくられていた。火山灰は爆発による衝撃を吸収するのに最適の材料だそうである。ロスアラモスでは動的加圧実験を静的な加圧実験と比較するために、静的高圧下の X 線回折や超音波技術による弾性波の測定等、われわれの研究室の興味と共通の主題も熱心に研究されている。また、衝撃波実験室では、爆縮によってできる超強磁場下の物性研究もおこなわれているが、この方は筆者の直後に同じくロスアラモスを訪問された三浦所員に紹介していただくこととする。

ロスアラモス研究所はカリフォルニア大学に附属してはいても、原子力委員会のような政府機関に直結している研究部門が多いためか、国策的な研究活動が盛んであり、最近はエネルギー開発関係の研究費が相当につぎこまれているようである。核融合、太陽エネルギー、地熱エネルギーが主要な研究主題であり、筆者は地球科学者として地熱エネルギーの開発現場の見学を希望したら、Jemez 火山のカルデラの壁に近い geothermal site までつれていってくれた。深い井戸を掘ってポンプで水を注入し、岩石を破碎し、火山の地熱で水を蒸気にしてエネルギーをとりだす仕掛けであり、ロスアラモス地域は全米でも有数の地熱地帯であるため、開発が期待されているようである。エネルギー開発は、後におとづれた NBS でも盛んであり、また多くの大学でもその関係の研究が積極的におこなわれていた。日本からみたら、エネルギー問題ではまだまだ恵まれていると思われる、アメリカで多くの基礎科学者がエネルギー開発に取りくんでいるのは一寸した驚異であった(エネルギー問題と結びつけないと研究費が得にくい事情を考慮にいれても)。

物性研究所で筆者等がおこなっているような静的手段による高圧発生は、いまやアメリカではダイヤモンドアンビル全盛時代で、今回訪問した多くの研究機関で種々の型式の新型ダイヤモンド・アンビル装置を見ることができた。原理的には小粒(大体数分の 1 カラット)の単結晶ダイヤモンドを対向させただけの単純な装置で、しかも 1 Mbar をこえる圧力の発生(静水圧条件で

は約 100 kbar まで) も可能なこの装置の出現は、超高压下の物性研究に重大な意義をもつてゐる。とくにダイヤモンドの特性として、X線や光に透明なことが、物性研究用装置として、他の高圧装置にはみられない応用範囲をもつてゐる。最近の Physics Today 誌に NBS の Piermarini 博士等によってくわしく紹介されているように、ルビー蛍光線の波長が圧力に比例してシフトする性質を利用して、ダイヤモンド・アンビル装置では、内部標準としてルビーの小片を用いることで圧力の絶対値が容易に決定できるのも大きな利点である。とかく論議の多い超高压力の絶対値の決定に簡便な方法を開発した NBS の研究成果はきわめて大きな意義があると思う。さきに最高 1 Mbar 以上と書いたもの、ルビー蛍光線波長の圧力シフトにもとづいて外挿された値である。筆者の訪れた Geophysical Laboratory の Mao 博士は、筆者の眼の前で、ダイヤモンド・アンビルのねじを操作して、いつも簡単にルビー・スケールで 1 Mbar を実現してみせてくれた。(あとで聞くと、実際は筆者の訪問を意識して前日おそらくまで準備したそうである。やはり 500 kbar をこえる圧力領域はダイヤモンド・アンビルでも決して容易ではなく、器械の工作精度・ガスケット材の選択等に細心の注意をはらうことが必要なようである。)。

筆者にとって関心の深い超高压高温の同時発生も、ダイヤモンド・アンビルではレーザー加熱によって可能であり、ロチェスター大学では、実際に、200 kbar 近くまで加圧された Fe_2SiO_4 試料にレーザー光線をあてて、相転移が進行する様子を顕微鏡下で観察させてもらうことができた。また、ダイヤモンド・アンビルを使用した静水圧状態で、プリルアン散乱の実験もすでに NaSCl に関しては約 40 kbar 近くまでおこなわれており、近い将来、微小な結晶の弹性定数の決定にプリルアン散乱技術は大きな役割をはたしそうである。

わが国では、高圧装置の巨大化に熱心な研究者が多く、すでに推力 10^4 ton 級の大型研究用プレスも、何台か建設されている。国土の大きなアメリカで軽量超小型のダイヤモンド・アンビルが普及し、国土の狭小な日本で中型あるいは大型装置が普及しているのは、いちぢるしく対照的である。勿論、高圧装置にはそれぞれ一長一短があるので、優劣の判定は総合的に下すべきであり、目的に応じて最適の装置を選択すべきであろう。わが国の研究用高圧装置でとくに目立つ点は、比較的いたくな多数アンビル(たとえばキューピック・アンビル)装置が普及していることであるが、これはもともと物性研究所の筆者の研究室にわが国最初の大型高圧装置として設備されたテトラヘドラル・アンビル装置のすぐれた性能の認められた結果とも考えられる。しかし一方では、テトラヘドラル・アンビルの高性能はダイヤモンド・アンビルのような装置の開発を遅らせてしまったのかもしれない。物性研究所では、ダイヤモンド・アンビルを用いた高圧下の物性研究は最近箕村研究室で活発におこなわれており、すでにその技術レベルは米国の一般レベルとほぼ同程度に到達している。

筆者は今回の訪米では各地のセミナーで、物性研究所のキューピック・アンビルプレスを用いて得られた高温高圧X線回折実験の最新結果を紹介したが、半導体検出器を使用したエネルギー分散型の高温高圧X線回折実験と静水圧下の精密X線回折実験は大変好評であった。エネルギー分散型のX線回折を高圧装置と組み合わせる試みは、最初米国ではじめられたにもかかわらず、その後の発展は、わが国で急速であり、現在では完全に世界のトップレベルにあるといえる。この間に神戸製鋼浅田基礎研井上勝彦博士の開拓的研究のはじめた役割はきわめて大きなものがある。超高压高温状態での場観察X線回折実験ができる研究室として、物性研究所の筆者の研究室は、ここ当分世界的にも特異な存在意義があるであろう。

今回訪問した米国の高圧研究機関で、比較的大型の装置を用いて活動的に高温高圧合成実験をおこなっていたのは、UCLAのKennedy教授の研究室であった。大容積のピストン・シリンダー型装置を用いて50～60 kbarの領域で文字通りざくざくとダイヤモンドの合成をし、また多結晶質のダイヤモンドの焼結にも意欲的であった。ピストン・シリンダー装置は、多数アンビル装置にくらべて安上りな装置であるが、発生圧力限界が比較的低い（普通の使用法では30～40 kbar）のが常識だったので、常用50～60 kbarというのは、筆者にとって驚異であった。マレージング鋼のシリンダーを使用しているところに高圧発生の秘訣があるが、ピストン・シリンダー型装置について多年の経験をもっている Kennedy の実験室ではじめて可能になった技術の発展であろう。Kennedy 自身は将来、焼結ダイヤモンドでピストン・シリンダーをつくることが夢だと語っていたが、焼結ダイヤモンドの大型材料は全世界の高圧研究者から待望されているものである。

よく知られているように、米国の大学の研究システムはわが国とは相当に異なり、研究費は、NSFその他へ proposal を書いて、研究者自ら獲得しなければならない。Proposal が採択される確率は勿論研究者の実績に依存するが、今回、筆者が聞いたところでは、若年の研究者のある人は5件に1件といい、ある人からは2件に1件と聞いた。基礎研究に対する研究費支出の高度成長がとまった現在では、どうも平均3件に1件ぐらいの割合で採択されるらしい。そのためかどうか、米国の professor は教育義務の他に常に新しい proposal の作文と研究費の実績報告に追われているような印象を受けた。これに対してわが国の多くの大学では professor は会議に追われているのが現状ではなかろうか。筆者の研究分野に関していえば、物性研究所の研究環境は米国の普通の大学のレベル以上であり、持参したスライドで紹介された物性研究所の高圧研究設備は、今やわが国では最新式とはいえないものも多くあるにもかかわらず、多くの研究者からうらやましがられた。今後も器械に負けない仕事をつづけたいものである。

欧米の強磁場研究を訪ねて

三 浦 登

この 8 月から 10 月にかけて、ヨーロッパ、米国の国際会議や、研究所をまわる機会を得たが、その間、随分多くの人々と会い、いろいろな話を聞いて得る所も多かった。この文章は、題名が内容に比してやや大きさなのであるが、物性研だよりの編集部より、何か旅行の報告記事を書くようにとの依頼があったので、主に強磁場関係の話題にしほって、印象に残った点をいくつか述べてみたものである。

初めはヨーロッパで、Wurzburg での「強磁場の半導体物理への応用」国際会議、Rome での半導体物理国際会議、Amsterdam における国際磁気学会に出席し、この後渡米して MIT や Bell をはじめ 15 程の研究所を訪問した。旅行の目的は他にもあったのだが、幸い多くの場所で強磁場施設を見学したり、強磁場関係の研究者に接する事もできた。

Wurzburg 大学における強磁場の会議は、半導体国際会議の satellite meeting として開かれたものであるが、実は同種の会議が前 2 回の半導体会議の際にも、同じ Wurzburg で開かれており、今回の会議は 3 回目という事になる。筆者も 4 年前の第 1 回のこの会議には出席した事がある。Wurzburg という町は、日本では余り知られていないが、古くから、大学を中心に栄えた町で、特に Röntgen が出た事で有名である。Röntgen が研究を行った研究室が今でも記念に保存されており、また 1901 年に彼が受賞した第 1 回ノベル物理学賞や、初期の頃の X 線の実験装置などが、大学の物理研究所に展示されている。会議は 8 日 23 日から 27 日まで、5 日間にわたって行なわれたが、参加者は全部で 100 人足らずの小じんまりしたもので、会議場も物理研究所の中の普通の講義室であった。日本からは植村先生、木戸君と筆者、それにドイツ滞在中の安藤氏、滝田氏、西田先生などが参加した。この会議の特徴はほとんどの講演の長さが 50 分であり、またその内容はかなりの長さの論文として、あらかじめ配られるテキストに收められている事である。主催者は国際会議と夏の学校の中間的な性格をもった会議にする意図でそうしたようであるが、その意図通り、直接の専門外の話でも一応内容が理解されるように配慮されており、また時間的にゆとりがあるので、講演後の討論もかなり活潑であった。

会議のテーマは MOSFET の物理と、サイクロotron 共鳴に重点が置かれていて、特に MOSFET に関する講演が圧倒的に多かった。第 1 回会議の主なテーマはテルルの物性などで、それが第 2 回目と今回は MOSFET に重点が移ったのであるが、これは主催者である Landwehr 教授の興味の推移をそのまま反映したようである。MOS は人工的に作り得る典型的な 2 次元系と

して、物理的に多くの興味を集め、数年前から急速にその研究が発展してきたものである。特に強磁場のもとでは面内の電子の運動が量子化され、完全に量子化された系として Schubnikov - de Haas 効果などに、いろいろ興味ある現象が現われる。また、この系ではゲート電圧によってキャリア数が自由に変えられるので、制御し得る自由度が一つ増えた事になり、多様な実験が可能になる。最近はサイクロトロン共鳴やスピン共鳴など、バルクにおけるのと同種の実験も多数行われるようになり、これらの結果をめぐって活潑な討議が行われた。現在までに特に Si については研究が進んで通常の伝導機構については、ほぼ全体的に解明されつつあり、キャリア濃度が少ない領域における局在化の問題やウィグナー結晶の形成、残留応力の影響、またキャリア間に働く多体効果などに研究の中示が移ってきているようである。このようにかなり細かい点に立入った議論までが可能になったわけであるが、一方サイクロトロン共鳴の結果などには、たとえば München のグループと Bell のグループの結果の間にはかなりくい違いがみられるように、まだ試料による実験結果の違いもあるらしい。

MOS 以外の話題の中では、応力によって Ge の中に作った τ -電子正孔液滴が強磁場の中でいろいろに変形するという話 (Bimberg) や GaP のドナー準位のゼーマン分裂の話 (Stradling) などが印象に残った。また技術的には Button の CO₂ レーザー励起による遠赤外レーザーに関する諸技術の紹介が参考になった。

ほとんどの講演は最大約 150 kOeまでの定常的な強磁場を用いた実験に関するもので、今回はパルス磁場に関しては、筆者らの物性研の超強磁場の話が唯一のものであった。その意味で講演後、測定技術に関して多くの質問を受けたが、超強磁場中でも、相当精度の高い物性測定ができるという点に关心が多かったようである。定常的な磁場に関しては、水冷式空心マグネットや超伝導マグネット、それにこれらを組合せたハイブリッドマグネットによって 150 kOe 程度までの強磁場が多くの研究所で発生する事ができるようになり、これらを用いて得たデータもそう珍らしくなくなった感じである。Grenoble の強磁場研究所にいる Max - Planck の Bimberg とは、夕食を共にしながら話合う機会を得たが、ここでは水冷式マグネットを使った 200 kOe までの定常磁場が順調に稼働しており国際的な共同利用に開放されているそうである。200 kOe のマグネットは 2 年前に筆者が Grenoble を訪れた際にはちょうど完成したばかりのときであったが、いよいよ実際に半導体国際会議や磁気会議ではこれを使ったと思われる研究の発表が出始めている。

Würzburg は大学町らしく静かで清潔な町で、特にマイン河を背景にし色彩感に富んだたたずまいは、中世的な雰囲気も残していて大変美しい。戦争でほとんど全滅に近い打撃を受けたのだが、町はほぼもと通りの形に復元されているそうである。ここはまたフランケンワインの名産

地とし有名な所であるが、会議の social event としても古い酒蔵の中で wine tasting party というのがあって、実際に多種類のワインを満喫させてくれた。強磁場のこの会議は、次回は2年後の Edinburgh の半導体国際会議の際にも、Oxford で開かれるという事であるが、次はどんな物理が主なテーマになるか楽しみである。

半導体国際会議と、磁気学会は参加者数がそれぞれ約 600 人、800 人という大きなもので、特に磁気学会ではポスターセッションまで入れると、パラレルセッション数が 10 という盛況さであった。日本からの参加者も非常に多かったので、この小文では詳しい事は省略する。

ただ強磁場に関するものについていえば、やはり、大きな定常磁場施設をもっているところからの発表が断然多い。それに比べると 200 kOe 以上のパルス強磁場を用いたものは数は少なかつた。半導体会議には Toulouse の Askenazy らのグループの人達が来ていたが、Toulouse では2年前からエネルギー容量 1.25 MJ のコンデンサーバンクを建設している。Askenazy の話によると、これももうほとんど完成しているという事であった。このバンクを使って直径 25mm 最高 400 kOe、幅 1 秒という長大パルス磁場の発生を目指している。

アムステルダムの国際磁気会議では、アムステルダム大学の強磁場施設の責任者である、 Gersdorf や Shinkel に会った。この施設は階段状の持続時間の長いパルス磁場（1ステップあたり 60ms）を発生し得る事で有名であるが、最近このマグネットが壊れて、現在新しいものを巻き直しているそうである。古いマグネットが作られたのは約 10 年前であるが、今度壊られるまで、一度も壊れなかったという事である。最高 380 kOe という磁場の高さを考えると持久力は大したものである。（もっとも持久力は、使用頻度にもよるので、一がいに年数だけでは判断できない点もあるが）。この他パルス強磁場を使った研究としては、Leiden の de Klerk のグループによるパルス磁場の速い変化を利用した singlet 基底状態系における緩和の問題の研究、Southampton の Melville らによる Dy の面内異方性の磁場依存性の話、Leuven の Herlach のグループによる稀薄合金の負性磁気抵抗効果の話などが報告されていた。また超強磁場に関しては、Grenoble の Guillot らによる 1 MOe に至る超強磁場のもとでの TbIG のファラデー効果の報告がポスターセッションであった。Guillot のガーネットのファラデー回転に関するこれまでの論文は、我々のガーネットの仕事と大いに関係があるのだが、多くの点で我々のデータとは consistent でない。また彼らの磁場の発生や磁場測定法にも不明な点が多くだったので、これらの点を大いに議論しようと思っていたのであるが、Guillot 自身は会議に姿を見せてなかった事は残念であった。

アムステルダムの会議では、現在ベルギーにいる Herlach と、かなり長時間にわたって議論できた事も収穫であった。特に会議の遠足で船で運河下りをした日には半日行動を共にしながら

楽しい時を過した。この人は Frascati や Illinois 工科大学の超強磁場施設で長年超強磁場のパイオニア的研究に携わってきた人で、ごく最近は Grenoble で半年程 Guillot とも一緒に仕事をしたそうである。Los Alamos の Fowler とも親交があり、いわば世界の主な超強磁場研究所を一通り知っているという人である。もともとはドイツ人という事だが、非常に紳士的で、話も面白い人である。筆者は 2 年前に同教授の研究所を訪れた事があるので初対面ではないが、今度は特に各地の超強磁場研究所における経験や、爆縮法によって発生し得る磁場の高さなどについていろいろ興味ある話を聞く事ができた。それによると、爆縮法ではピックアップコイルによる磁場の測定にはいろいろ困難な問題があり、Grenoble のこれまでのデータにも問題が多いという事である。また Los Alamos 研究所で最初に発表された 14 MOe までの超強磁場の発生のデータにも、誤まりと思われる点を見出したという事であった。現在までに報告されている磁場の記録としては Los Alamos の 14 MOe またソ連の Sakharov らによる 25 MOe というのが最高の記録であるが、その中で何か物性が測られたものとしては Los Alamos のグループによる 5 MOe というのが最高である。米国、ソ連とも、5 MOe を越える磁場に関しては、その後全く報告も出ていない事をみると、やはり現在の所爆縮法によって発生し得る最高の磁場は、信頼性あるデータとしては 5 MOe 程度までという事らしい。もっとも Fowler 自身は 14 MOe という値に自信があるようである。Herlach は物性研の実験に多くの関心を示していた。彼は最初はクネール法という方法には余り大きな期待を持っていなかったそうだが、我々のデータを見てからは、クネール法を改めて見直したと言っていた。

ヨーロッパの 3 都市の三様の会議が終ると、すぐに大西洋を渡って米国の研究所巡りを始めた。MIT の National Magnet Laboratory, Naval Research Laboratory, および Pennsylvania 大学では、モーター発電機を備えた水冷式強磁場マグネット設備を訪問した。これらのマグネットは、すでにそれぞれに古い伝統があり、いろいろの成果を産み出してきたものである。特に MIT には 220 KOe という定常磁場マグネットとしては世界最強を誇るマグネットがあり、この他にも大小多数のマグネットが組織的に共同利用されている。最近の傾向として、これらの研究所では、超伝導マグネットと組合せたハイブリッドマグネットを製作し、より高い定常磁場を狙っている。超伝導マグネットの進歩によって、150 KOe 程度までの磁場は超伝導マグネットによって得られるようになってきた事や、ハイブリッドマグネット用の大口径超伝導マグネットで作り易くなった事による必然的な成行きともいえよう。この他 MIT ではモーター発電機が他の目的一 パルス磁場マグネット用電源や、トカマクプラズマ装置のための磁場などにも使われていたのが目に付いた。ここではまた、Foner 型のパルスマグネットを開発した事で有名な Foner にも会ったが、現在は 600 KOe までのパルス磁場を使って、もっ

ばら高臨界磁場超伝導材料の研究を行っているようである。

東海岸から西海岸へ渡る途中、New Mexico 州の Los Alamos 研究所に立寄った。この研究所は現在は一応カリフォルニア大学に所属しているが、昔最初の原爆が開発された所として知られている。現在では大規模なプロジェクト型研究が集められている事で有名である。ここで Fowler らのグループが古くから超強磁場の開発を行っている。最初に爆縮法によるメガガウス磁場の発生を報告したのもこのグループであるが、これまでに超強磁場、極低温のもとでのファラデー回転などの美しいスペクトル写真の撮影にも成功しており、超強磁場の研究の一つの中心地ともいえる所である。筆者にとって Los Alamos 研究所を訪れる事はもとより、Fowler 博士に会う事は、今回の旅行のうちでも、もっとも楽しみにしていた事の一つであった。New Mexico のあたりは米国の中でも、もっとも人口密度の少ない地帯で、ほとんどが沙漠や、山である。Albuquerque から専用の 20 人乗り位の小さな飛行機に乗り、西部劇にでも見るような大平原を見下ろしながら 20 分位揺られると、次第に景色は褐色から山岳地帯の緑色に変り、間もなく Los Alamos に着く。

Los Alamos は丁度高い山の中腹にあたるところに位置しており、海拔が 2200 メートルもあるそうである。そういわれてみると幾分息苦しい事に気づく。Los Alamos の町は研究所のためのみの小さな町で、ホテルやインも全部で 4 つしかないという事であるが、もちろん交通機関などはほとんどなく、自動車がないと、各地に点在する研究所の施設を渡り歩く事もできない。何か普通の文明社会と隔絶されたような感じさえする。空港に Fowler が出迎えてくれ、すでに夕方ではあったが、その日は大出力レーザーなどの研究所を案内してもらった。レーザー核融合のための CO₂ レーザーであるが、直径が 2 m もある巨大なもので、ほとんど一つの建物を専有している規模の大きさには驚かされた。将来は 100 kJ / ns の出力を目指しているという事である。

翌日はいよいよ超強磁場の研究所を訪問した。爆縮装置や、極低温クライオスタットや回転鏡を使った流し撮りスペクトロメータなど、さすがにしっかりした技術が確立しているのには感心させられた。ただ測定装置などは比較的旧式のものを使っているようで、たとえば物性研で我々が使用しているトランジエントレコーダやイメージコンバータカメラなどの装置はまだ入っていなかった。

現在このグループでは、物性用としてはもっぱら平板型爆縮法を使って、最大 1 MOe までの超強磁場を発生している。この方法による磁場は円筒型爆縮法に比べると、立上り時間が遅く、試料のセットも容易であるために使い易いのであるが、最大磁場は約 1 MOe に限定されてしまうようである。この装置と流し撮りスペクトロメータとを使って、MnF₂ の光吸収や、CdS の

ファラデー回転などを測定している。ただ、今は他のプロジェクトに追われて、超強磁場の方はやりたいのだけれども、余り実験が進んでいないという事であった。6 Kまでの低温における測定が行われているが、1回の実験で簡単な液体ヘリウム。ストーレイジや、アルゴンフラッシュ光源などをすべて吹飛ばしてしまい、毎回のショットに要するコストは\$ 1,000というから、そういう何回も実験を繰返すわけにはいかないのであろう。それにしても、この研究所の付近は爆縮の実験を行なうのには実に適している。爆発の際の破片は周囲数 kmにも飛び散るらしいが、周りは岩山ばかりで、その中に実験施設がぽつんとあるだけである。危険や音の公害などは全く気にせずに実験できそうである。

その他極低温研究所ではエネルギー問題に関連して、超伝導線による送電ラインを見学したり、100 MJというエネルギーを超伝導マグネットに蓄える計画の説明を聞いたりしたが、壮大な計画は非常に印象的であった。

Fowler 博士はいかにもアメリカ人らしく非常に気さくで友好的な人で、1日半の滞在の間、大変暖かくもてなしてくれた。夜には家にも呼んでくれたが、夫人ともどもすぐ~~in~~ first name で呼び合うような友人になってしまった。Los Alamos は他の都市から孤立して研究所以外には、何もないところであるが、冬はスキー、または夏には渓谷での釣りに絶好の所らしい。夫妻はこれらのスポーツの他、夏に近くの Santa Fe で開かれる野外オペラなどを楽しむといっていたが、大自然に囲まれたここでの生活を本当に楽しんでいる風だった。この付近は、スペインやインディアンの影響が強く残っていて、レストランなどでも古いスペイン風のものが多い。ともかく Los Alamos では研究所もまわりの環境もすべてが普通と違うので、大変面白かった。この点では、筆者より約一週間前にやはり同地を訪問された秋本先生と意見が一致した。

今回の旅行を通じて、物性研の超強磁場については、会議での発表の他、Bell や Los Alamos をはじめいくつかの研究所でセミナーを開く機会をもったが、どこでも予想以上の関心を持ってもらえた様で、多くの熱心な質問を受けた事には、大変元気づけられた。

「物性研だより」について思うこと

山 本 美喜雄

「物性研だより」を創刊号から寄贈して頂いて読んでいます。只今、その第1巻を引張り出して読んで居ますが、仲々面白い。特に物性研外の学者の意見が面白い。その頃はサロンという欄があって、編集の要望に依って書かれたのかと想像していますが、こういう所外の学者の意見は物性研の研究のよい刺げきになったと思います。最近はこの様な外部の研究者の意見がのらない様ですが、どうしたのでしょうか。

小生は既に停年退官の身ですが、まだ研究の意欲は衰えていません。理論的といつても大体現象論ですが、これは書斎で考えて居ます。実験のアイデアが浮ぶと、この合理性を検討した後、古巣の東北大金研に行って、やつて貰います。実は小生在職中にし残した研究が若干あります。また、新しい研究のアイデアも浮びます。

今、最も興味を持っているのは GeC 結晶の育成という事です。これは、云う迄もなく、理論的には可能な筈なのですが、この結晶は自然界に見当らず、また育成された事実もない様です。Ge は高価なので、よし GeC 結晶が育成されても、実用にはあまり向かないかもしれません。しかし、アカデミックな意味は大きいと考えられます。

GeC 結晶は SiC 結晶と同じく、立方型、六方型、菱面体型、その上後二者に於いては長周期構造が予想されます。それは SiC 結晶と同じ様な硬さと絶縁性をもつでしょう。しかし、その色については推測出来ません。

この結晶の育成には、SiC の場合と同じく色々な方法が考えられます。既に、小生の後任教授小松啓君が物理学的な方法を試みて失敗されました。しかし、彼はその古巣の無機材研の高温高圧グループと協同してやってみようとして居られます。この育成は仲々難物で大分年月が掛ると思っています。しかし、そんな結晶は出来る筈がないと考えられる方はそのわけを示して頂きたいと思って居ります。

「物性研だより」にサロン的な欄を復活して、所外の研究者の意見を多く取り入れ、それに依って物性研の発展を一層促したらよいのではないかと思って居ります。

題目と大分違った事を多多述べました。これも老人の習癖でしょう。若い研究者の寛容をお願い致します。

(1976 年 10 月 10 日記)

物性研究所談話会

日 時 1976年11月25日(木) 午後4時～
場 所 物性研旧棟講義室 (1階)
講 師 Prof. Dr. L. Genzel
(Max-Planck Institut für Festkörperforschung, Stuttgart)
題 目 Phonons in Mixed Crystals
要 旨 Mixed ionic crystals $AB_{1-x}C_x$ of NaCl-, CsCl- and Zincblende-structure exhibit three types of optical phonon mode-behaviour at the zone center vs. composition x: One-mode, two-mode and mixed type. It will be shown that the occurrence of these types is understandable from simple considerations of the phonon modes at certain symmetry points at the zone boundary.

日 時 1976年11月19日(金) 午後4時～5時半
場 所 物性研A棟2階輪講室(214号室)
講 師 Prof. William A. Bassett*
University of Rochester
題 目 ダイヤモンド・アンビルによる超高压の発生とその物性物理学への応用
要 旨 ダイヤモンドの単結晶を対向させたダイヤモンド・アンビルは、容易に数百 Kbar の超高压力を発生できる小型軽量の簡便な高圧装置である。最近では、金属ガスケットを使用して、約100 Kbarまでの静水圧実験も可能になっている。ダイヤモンドが光やX線に透明な性質を利用しておこなわれた、静水圧下のX線回折実験やブリルアン散乱実験等の最近の成果について報告する。また、レーザー加熱による珪酸塩鉱物の高温高圧相平衡実験にも言及する予定である。

* Bassett 教授は、日米科学協力事業の著名科学者交換計画による来所者です。

日 時 1976年11月29日(月) 午後4時～5時半
場 所 物性研旧棟講義室 (1階)
講 師 矢島達夫(物性研)
題 目 非線形分光学的手法による超高速緩和現象の研究
要 旨

固体・液体・高密度プラズマなどの凝縮体の励起状態に付随したミクロな動的過程は一般に超高速であり、それらは $10^{-12} \sim 10^{-14}$ 秒領域の時定数をもつ緩和現象として現われる。これらを解明することは固体物理、光化学、光生物学などの立場から重要である。しかし、これを時間領域で直接観測することは現在のピコ秒レーザー技術では困難である。我々の所ではこの種の緩和時間を周波数領域の分光学的測定によって決定する新しい方法として「共鳴レーリー型光混合」と呼ぶ手法を開発し、理論的及び実験的研究を進めてきた。それについて、これ迄行ってきたことと今後の問題について総合的に紹介したい。

日 時 1976年12月6日(月) 午後4時～
場 所 物性研旧棟講義室 (1階)
講 師 R. Vijayaraghavan
Tata Institute of Fundamental Research, Bombay, India
and Faculty of Engineering Science, Osaka University,
Toyonaka, Japan.
題 目 Resonance and Related Studies in Some Cerium and
Samarium Alloys.
要 旨
Some cerium alloys exhibit peculiar magnetic, electronic and transport properties. Many of them are characteristic of trivalent cerium ion with some behaving as diamagnetic tetravalent ion. Some compounds like CeSn₃ fall into neither of the two categories. Resonance and other results on such systems will be presented. In samarium alloys, the 4f contribution to the Knight shift of the nonmagnetic constituent is expected to pass through zero at about 300K. The absence of such a

cross over in SmSn_3 , SmAl_2 and SmF_3 will be explained as due to crystalline electric field effects. The CEF is expected to modify the magnetic moment, susceptibility and 4f induced hyperfine field at Sm and nonmagnetic sites drastically. Experimental and theoretical results and their importance will be presented.

講題大綱(略)
日 時 1976年12月20日(月) 午後4時～5時半
場 所 物性研Q棟講義室 (1階)
講 師 吉森昭夫 (大阪大学基礎工学部教授)
題 目 スピン4体力と反強磁性構造
要 旨 NiS_2 の反強磁性構造は実験によると大変複雑で、Heisenberg型の交換相互作用では到底説明出来ない。一般にこのような常磁性イオンを含む化合物で絶縁体極限から金属的な電子状態へ近づく場合を考えると、スピン間の2体力であるHeisenberg型の相互作用に加えて、スピン間の多体力が効いてくる可能性がある。その中4体力を取り上げ簡単なモデルで4体力を導き、反強磁性構造への効果を議論する。

昭和51～52年12月2月

物性研究所談話会予定表

月 日	講 師	題 目
12. 6(月)	R.Vijayaraghavan	Resonance and Related Studies in Some Cerium and Samarium Alloys.
12.20(月)	吉森昭夫	スピン4体力と反強磁性構造
1.24(月)	村田好正	低速電子回折における菊池パターン
2.14(月)	箕村茂	NaCl 構造 InSb の物性

2月下旬 多分、R.D.Lowdeの話があるはずです。

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

界面物性部門 村田研究室 助手 1名

(2) 内容

固体の清浄表面と吸着状態の構造と物性について、主に電子分光法、電子回折法を用いて研究する。その方面に意欲をもつ人を希望する。

(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52年3月31日(木)

(6) 就任時期

なるべく早い時期を希望する。

(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

村田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

理論第 I 部門 助教授 吉 森 昭 夫 51. 11. 1 昇 任 阪大・基礎工・教授へ

磁気第 I 部門 助 手 宮 島 英 紀 51. 11. 6 採 用

界面物性部門 助教授 村 田 好 正 51. 11. 16 採 用

テクニカルレポート新刊リスト

Ser. A.

- No.784 Experimental Determination of Thermal Expansivity of Several Alkali Halides at High Pressures. by Takehiko Yagi.
- No.785 Effect of the Magnetic Field on the des Cloizeau-Pearson Spin-Wave Spectrum. by Norikazu Ishimura and Hiroyuki Shiba.
- No.786 Theory of Valley Splitting in an N-Channel (100) Inversion Layer of Si I. Formulation by Extended Zone Effective Mass Theory. by Fusayoshi J. Ohkawa and Yasutada Uemura.
- No.787 Theory of Valley Splitting in an N-Channel Inversion Layer of Si II. Electric Break Through. by Fusayoshi J. Ohkawa and Yasutada Uemura.
- No.788 Theory of Valley Splitting in an N-Channel Inversion Layer of Si III. Enhancement of Splittings by Many-Body Effects. by Fusayoshi J. Ohkawa and Yasutada Uemura.
- No.789 Exciton Absorption Lines in Antiferromagnetic $YCrO_3$. by chikatoshi Satoko and Shuko Washimiya.
- No.790 Duality in Resonance Raman Scattering. by Yutaka Toyozawa, Akio Kotani and Atsuko Sumi.
- No.791 Measurements of Integrated Intensity near the Absorption Edge using Synchrotron Radiation. by Tomoe Fukamachi, Sukeaki Hosoya, Takaaki Kawamura and Jerome Hastings.

- No.792 Luminescence from Electron-Hole Drops in Heavily Doped n-type Germanium. by Arao Hakamura.
- No.793 An Experimental Study of the Martensite Nucleation and Growth in 18/8 Stainless Steel. by Taira Suzuki, Hideo Kojima, Kunio Suzuki, Tatsuo Hashimoto and Masaki Ichihara.
- No.794 Multiplet Structure in X-Ray 3p-Shell Photoelectron Spectra of Chromium Compounds. by Tsuyoshi Yamaguchi and Satoru Sugano.

編 集 後 記

本号には短期研究会報告が掲載されない時期にあたりました。設備紹介を
中性子関係にお願いしたほか、今回も訪問記2篇を間に合わせて頂きました。
なお投稿が一篇ありました、「物性研だより」にどのような記事を載せる
べきかについての御意見をお寄せ下さるようお願い致します。

次号の締切日は2月10日です。

〒106 東京都港区六本木7丁目22番地1号

東京大学物性研究所

細 谷 資 明

稻 垣 睿

