

物性研だより

第16卷
第2号
1976年7月

目 次

○ピークをつくれ	山下 次郎	1
○研究室と助手	山口 豪	4
○オーストラリア滞在記	斎藤 喜彦	8
短期研究会報告		
○超高压力スケール		11
世話人 川井 直人（阪大・基礎工）		
三井 寿雄（名大・工）		
熊沢 峰夫（名大・理）		
箕村 茂（物性研）		
秋本 俊一（物性研）		
○二次元磁性体 嵩酸銅塩		23
世話人 伊達宗行（阪大・理）		
阿部 英太郎（物性研）		
長谷田泰一郎（阪大・基礎工）		
物性研談話会		27
物性研ニュース		
○人事異動		30
○テクニカルレポート新刊リスト		31
編集後記		

東京大学物性研究所

ピーグをつくれ

山 下 次 郎

今から 19 年前に物性研究所が創設された時、私はたまたま理工学研究所の所員としてアメリカに出張しており、出張中に身分が変って物性研の所員となりました。帰国したのはその翌年（昭和 33 年）の 4 月であります。私は理工研では 16 号館という木造の老朽建物（？）に住んでおりましたが、帰ってみると、物性研究所はまだ理工研の変身した航空研究所に間借り生活をやっており、その中枢は 16 号館の南の正に老朽そのものの建物に存在していました。私は元の古巣に住み、中枢の 2 階で夜遅くまで会議を続けるといった状態であります。こんな時代から始まって、去る 4 月 1 日に停年退官するまで物性研で暮してきたわけです。暮してきた以上は物性研といふものについて種々の感想なり、意見なりを持つようになるのは当然です。それについてすこし述べたいと思いますが、内側の人間の言うことは外側の人間が聞けば、なんとも自分勝手なことに思われがちなものです。しかし、私は現在物性研の O.B. でありますから、内側の人でもなければ外側の人でもないわけであります。

物性研究所が設立された目的のひとつに「物性研究のピーグをつくる」というのがあります。これは物性研の内においてはすっかり定着している言葉であると思いますが、実際には意味のよく解らない言葉です。意味がよく解らないと申したのは「現実ばなれがしている」からであります。研究所の活動が高い水準に保たれている為に、第 1 に必要なものは人材です。ここで人材と申しますのは研究のリーダーである所員だけを指すのではなく、研究所に属する全員をいいます。次に、この人材が活動し得るためには財政的裏づけが必要であります。物性研ではこの両面がどう機能しているでしょうか。物性研が設立された時には当時としては巨額の投資がなされたといってよろしいと思います。私が身近に知り、また感じを知っているのは電子計算機のみですが、これは当時約 1 億円の投資がなされて、高橋・後藤両教授の開発されたパラメトロン計算機が設置されました。その時点では日本のどこの大学にもこれだけの大型計算機はありませんでした。アメリカの大学でもこれより性能の高い IBM 計算機が稼動していたところは少数であったと思います。しかし、今日ではどうであるか。物性研にはパラメトロン計算機の次に FACOM 270-30 という計算機が入りました。これはなかなか性能の良い計算機ですが、今日では小型計算機に分類されています。日本の大学においても、この程度の計算機を設置している教室はたくさんあります。いや、教室でもこれよりはるかに性能の進んだ計算機を動かしているところがたくさんあります。物性研は何年も前から FACOM 230-48 を入手したいと思って要求を続けていますが、ま

だ承認されておりません。これはひとつの事実であると共に、物性研の現状を象徴的に物語っています。物性研では電子計算機は共通実験室というところに分類されていますが、共通実験室はいうまでもなく重要な研究支援施設であって、物性研の活動の為にはこの支援体制の充実が最も望まれるわけです。物性研が設立されたさいには、この認識に基づいて共通実験室にはかなりの投資が行われたのですが、それから後がパッとしません。一般的にいって、共通実験室の設備更新は微々たるものであった為に、その設備は老朽化して行くのみであって、現状は誠に憂うべきものであります。私が所長でありました時に、この共通実験室の現状を何とかしなければならないと思いましたけれども、具体的にどうしたらよいのか名案がありませんでした。共通実験室の水準を高く保って行く為には恐らく年額約1億円の設備更新の費用が必要であると思います。また、共通実験室にはその中心となる人材として助教授クラスの研究者を配置しておかなくてはならない。この条件が充たされていれば、恐らくは共通実験室は常に活気にあふれているようになります、研究支援組織として充分に活動ができるでしょう。しかし現状は不幸にしてこの条件を充たすことは出来ませんので、これをどうすればよいのか非常に難かしいことになっています。共通実験室にはその室員がやる気を失ってしまうという危険性が常に存在します。やる気を失えば、共通実験室はじきに荒廃してしまいます。そして一度荒廃状態に陥ったならば、その建てなおしは容易なことではありません。

共通実験室がなぜジリ貧になってきたのかといえば、設備に関する新規投資が一般研究室に対して優先的に行われて、共通実験室に投資する余裕がなかったからであるといえるでしょう。それでは一般研究室に対しては設備投資は充分に行われていて、創設当時の相対的水準を保っているのかといえば残念ながらそうではありません。このような乏しい事情は勿論物性研にかぎらず一般的です。私は常々思っているのですが、物理の研究のように費用がかかり、設備更新の必要が急な分野においては、教室なら教室の全教授、助教授が「全力をあげて研究する」ということになったら、たちまち困ってしまうにちがいない。全員の半分以上が、遊んでいるか、お金の不要な研究をしているかでなければ、借金で首が回らなくなってしまうでしょう。（現実にそれに近い状態になっている所も多いと思います。）ところが物性研では研究が各研究室単位で独立に行われており、全所員が平等に研究をするのが建前であり、またそうしているのですから、どうにもならない。誤りがどこにあるのかといえば、「ピークをつくれ」という看板をかけて、研究好きの研究者を集めて（集めすぎてというべきかも知れません）、そして皆の意欲に見合だけの研究費がないという矛盾をやっているからである。つまり皆食欲が旺盛であって、大食であるのに食糧の用意は不足しているということです。勿論、毎年設備の充実はある程度確実に行われていますから、研究室の場合は共通実験室の場合よりも事情は良く、皆が飢えているという状

態まで悪いわけではありませんが。これを別の言葉でいえば、物性研が設立された時点と比較すれば、我が国の物性研究の水準は非常に高くなったといえるわけで、非常に貧しかった状態は過去のものとなったといえるでしょう。しかし、それからが大切なのであって、もし「ピークをつくれ」というのであれば、「ひどく貧しくはない状態」では駄目なのであって、惜しみ無く投資しなければならないのである。「おいつき、おいこせ」と簡単に申しますけれども、追いかけて追い越すとの間の差異は大変なものであります、「追い越せ」つまり「ピークをつくれ」といふのであれば、それを可能とする投資がなされねばならない。（ここでは物性実験分野についてのみ述べています。）投資については現状のままにとどめておいて「ピークをつくれ」といっても、これは現実的ではないのではあるまいか。これが私の疑問であります。これに対して、充分な投資が行われた上でピークを出すことなら誰にでも出来る。乏しい費用でピークを出してこそ優れた研究者なのであるというご意見があるかも知れません。しかし、「追い越す」ということはそれだけ大変なことなのであって、誰にでも出来るというほどの条件をつくって初めて誰かに可能になるのだと思います。研究者自身が研究費がないからおれは何も出来ない。やらないと居なおってはおかしい。研究費がなくてもやる心がけを持たねばなりませんけれども、ピークを出してほしいと希望する側からすれば、「誰にでも出来る」ほどの条件をととのえなければならないはずのものです。

「物性件だより」の5月号に芳田所長の「所長就任に当って」がありますが、憂を共にしておられるように思われます。また核研は「起死回生」を計っているとのことですが、「起死回生」とは岩波の国語辞典によりますと、「今にも死にそうな病人を生き返えらせること」とあります。これは大変です。今にも死にそうになっては困りますが、「追い付き、追い越せ」と口では勇ましいことを言っていても、逆にだんだん水があいてくるようだと、遂には死にそうな病人となってしまうわけでしょう。勿論、物性研の場合には水があいてきているとは思いませんけれども、「追い付き、追い越せ」はやはり重荷だと思わずにはいられません。「何か書け」というご要請に対しても面白くもないことを書きまして申訳ありません。またいつか愉快なことを書かせていただきます。

研究室と助手

山 口 豪

この四月から浜松にある静岡大学工学部応用物理講座に移ることになりました。物理は現在一講座しかありませんので、学生も居りません。週一乃至ニコマの講義をすることになり、愉しみにしています。物性研におりました間お世話になりましたことを改めて感謝いたします。物性研の各階層の住人の半数以上の方々と親しく言葉を交していただきました。去るにあたって、「大きな顔をして、肩を揺すって歩いているので七、八年居たと思った」と言われましたが、三年半しかおりませんでした。希土類の波動函数に譬えれば、葉巻型でなくアンパン型の顔なので大きな顔に見えるのだと思いますし、肩で風を切るのならまだしも肩を揺すって歩くのは、貧乏たらしく、猫背のくせにポケットに手をつっ込んで歩くからで、いかにもスマートとは言えません。物性研の口煩い女性陣の「清潔で感じがいい」という評価が何故でてきたか不思議でしょうがありませんが、結婚式などお目出度い時には必ず褒めるものだからと思います。

物性研は非常に居心地の良い所でした。先ず、遊びのことから書きますと、その第一は卓球です。僕も部員であった卓球部は、東大職員大会でⅡ部準優勝し、翌年はⅠ部で4位でした。僕は物性研のランキング3位であります。練習ではよく負けますが、大試合になればなる程強いです。また、それまで物性研内のⅡ部リーグ的存在であった理論チームは、次第に強くなって物性研内でも優勝を争うようになりました。遊びの第二は水泳です。夏は構内の水槽で、冬は代々木のオリンピック・プールで泳ぎましたが、二百バタ、四百メドレー、千五百自由形など困難な種目で、物性研一、二を争います。僕が最も自慢するのは、30才になってから急に泳げるようになります。オリンピック種目全部をコンスタントに泳ぐようになったことです。瘠せてひ弱で体力のない人間でもやれば卓球も水泳も出来るようになることを身をもって示したことで、最近の若い大学院生の人達も奮起しているようです。

次は趣味ですが、その第一は草木を育てるようになったことです。これには研究室のS先生の影響が甚だだと思いますが、草木を弄するようになってから精神的に余裕ができたように感じられます。但し、これに凝ってS先生のように権威にはなっていませんし、将来もなれないと思います。趣味の第二は、月一回音楽会に行き、ピアノを買い込んで休日に弾くではなく叩くようになったことです。思春期以来硬派で通し、芸術を意識的に避けてきた僕にとってこれは画期的なことです。これも30の手習いなので、絶対的に上手にはなれませんが、続ける積りです。

こういう話をすると、本郷のK先生が「物性研の助手は余程暇らしい」と仰しゃいますが、実

際五年の任期中に半年だけM1理論演習をすればいいだけでデューティはありませんし、多くの研究室のボスはその名前がテクニカル・タームになっている位ですから、研究し易いのは当然であります。有能な人材が多い上に、全国の研究者から見られていることもあり、研究は盛んであります。所謂物理の大問題でなく流行の最先端の物理をするという批判もありますが、物性研のその位置からして、逆に、カレント・フィジックスをするのが物性研の使命なのかもしれません。こういう所にいると学会発表と論文の数が増えるのは当然であって、他所のもっと研究条件の悪い人達に比べて何倍か数が多くてあたりまえなのでしょう。それで、僕の場合も幾つか数は増えました。

物性研においては、大学院生の数は少いし、助手が研究の実質的な中心であると思います。ですから、助手は、物性研の研究は我々が担っているという自覚に立って、研究者としては教授、助教授の所員と対等であるという認識から物事を考えるべきだと思います。その点で、立場上対抗意識がある為か、とくに技官や院生、秘書の人達が口にすることもあって五年の任期を延長した人が精神的に内向的になり「成るべく下を向いて歩くようにする」ことは、物性研全体の研究水準向上という見地からも好しいものとは思われません。ポストが相対的に供給過剰であった時代は去り、社会情勢から物性研の助手の半数近くが任期延長している現状を直視する必要があります。尤も、この春は七、八人の方が転出されるそうです。「オーバー助手の問題に熱心なのは、自分の為にやっているんだろう」と大分悪口を言わましたが、僕はもう少し広い立場から考えていた積りです。今度所長になられるY先生は物事をすばりと仰しゃるのでその時は頭にくるのですが、後で考えると全くその通りと思う場合が幾つかありました。「このような社会情勢では、自分は良い仕事をしていると思えば何年でも居ればよい」のであります。唯、周囲の人々が煩く、事ある毎に「あの人はオーバー助手だ」などと言わず暖く見守ってあげて欲しいと思います。物性研以外の古い助手は、面と向っては何も言わわれないので。

オーバー・ドクター問題は社会的にも取り上げられてそれなりに理解されていますが、オーバー助手の問題はこれからであります。しかし、物性関係ではスプートニク以後異常に良すぎたのが最近深刻になったわけですが、素粒子関係では、すでに数十年前からオーバー・ドクター、助手問題は普遍的にあったし、これからも続くようです。そこで、我々も素粒子の例を参考にするのも一考かと思います。素粒子論グループは戦後まもなく「疾風怒濤時代」というパンフレットを発行し、学問研究内容の現状分析からはじめて就職問題までを論じ、数年前にもその続編を出しています。そして現実に、恵まれた帝大から離れ、何もない当時の地方大学に、地方文化に根差した雰囲気の中で、新しい研究センターを若手が造り上げてゆきました。最近の我々の議論はともすればオーバー・ドクター、助手の量だけに終始する傾向がありますが、もっと質の面も論

じ合わなければならぬのではないかという気がします。

ともあれ、助手は、有能で経験がありしかし年令上ともすれば保守的になる所員と、未だ一人前の研究者とは言えないのが若くて斬新な考え方を出すしかし屢々失敗ばかりしている院生などの若手との間にあって、その両者の中間的な性格をもつていて、研究室の要であると思います。その助手の任務は二つあると思います。一つは無論自分自身が熱意をもって研究することであり、もう一つは、研究室の研究のアクティビティを昂めることだと思います。研究室のアクティビティを保つ為には研究室の和が必要で、このために年令的にも研究能力からも丁度いい位置にいるのが助手だと思います。それには、非協調的な若い人には苦言も呈しなければならないし、また所員に対しては諛うべきではありません。幾つかの場合、所員の面前では従順であるが外では逆のことを言うのを耳にしましたが、これは好しくないと思います。但し、所員に対して諛うことにはしませんでしたが、物理及び人生の二つの面で成功した有能な先輩として常に尊敬していることを付言します。こういう話をすると、本郷のU先生が「君は大分管理者的発言をするようになった」と言われましたが、助手という立場で素直に考えてその通りに生活しました。これから助教授になりますと、もっともっと保守反動的な言葉を吐くはずです。

本郷のK先生から居心地はどうだったかと尋ねられたとき、反射的に「非常に居心地が良かつた」と答えてしまったS研究室でやりました仕事について、内容には立入らずに簡単に纏めてみます。大学院生時代の光物性の理論から転向して磁性に移り、NHK基礎研の実験グループとの密接な協同作業の中で、一連の磁性体のスピン再配列という分野で一定の仕事をすることができました。この現象に関しては、それまでの現象論的段階から、希土類と鉄族イオン間の磁気的相互作用で惹起されるという実体論的段階に至ったものだと思います。また、このような二種類のイオン間の相互作用は階段状の磁化過程というちょっと面白い現象の原因にもなっていることが分かりました。それから相転移のことを新しく勉強して、ランダウの理論を磁気相転移の場合に少々発展させました。未だ終っていないものでは、光と磁性の両者が関与したもので励起子系とイシングスピン系との相互作用を調べるものと、X線による分光学があります。これから将来は、レーザーなどの強力な光で励起して磁気的な相転移を起そうという光誘起磁性と、光と磁性が何らかの形で関与した磁性体表面の研究を行いたいと夢想しています。

これらの研究は、研究室のボスのS先生と協同で行われましたことを付け加えておきます。また、助手はボスと協力して研究することはある意味で当然のことだと思います。

物性研短期研究会「磁性体のスピン再配列」の世話人をやりましたときに事務のMさんにお世話をになりましたが、Mさんは事務室の中でも研究者サイドに立って物事を考えてもらえる人の一人で文部官僚的ではありませんでした。物性研の研究会はスケジュールの密度の濃さと参加者の

多さの為に学会的で研究会的でないという批判があり、「磁気相の光学的研究」という研究会の世話人をやり伊豆に合宿して行いました。

なお、S研究室には外国から毎年1～2名のお客さんが1～2ヶ月滞在されましたが、直接研究に役に立たない場合でも、それぞれのお客さんから生活態度、物事の考え方など多大の教訓を得、大変有意義だったと思います。

最後に、いろいろお世話になりました今迄所長だったY先生は、スマートで威厳があるので離れてみると背が高く見えていたのですが、廊下などで立話しする時には視線が俯角になることを発見しました。

以上勝手なことを書き連ねてしまいました。これからも共同利用で物性研に来させていただきたいと思いますので、よろしくお願いします。

3月25日 記

オーストラリア滞在記

齊 藤 喜 彦

3月から5月末まで Leverhulme Visiting Fellow としてオーストラリアを訪問したので、何か書くようにとの御依頼があったから、その時の印象を少し記しておく。

オーストラリアは実に広い国である。その面積が我が国の約 21 倍であるが、総人口は東京都のそれを僅かに上まわるにすぎない。しかもこの人数がほとんど海岸附近に住んでおり、内陸部は大体において不毛の砂漠地帯である。

オーストラリアには 17 の大学と University College が一つある。これらは全部国立であって私立大学はない。我が国の大学と違う点は学生は授業料を支払わなくてよいことである。3 カ月の滞在期間中約 2 カ月はシドニー大学におり、残りは 12 の大学と CSIRO の研究所を 1 カ所訪問してセミナーを行った。全部航空機を利用したが、その距離を合計して見ると、12500 km となり、これは札幌と鹿児島の直線距離の約 8 倍である。

さて、シドニー大学は 1850 年の創立でオーストラリアではもっとも古く由緒正しい大学である。私はこここの無機化学教室に滞在した。host は教室主任の H. C. Freeman 教授であった。Freeman 教授は Pauling 先生の御弟子さんで蛋白質と金属イオンの相互作用の研究で有名である。この研究室には Nonius の四軸回折計が最近新しく入り、活動している。今はアミノ酸をはじめとして、ペニシラミンなど生化学的に重要な分子を配位した金属錯体の構造を研究中で、また別のグループは植物から抽出される結晶水を蛋白質で金属を含むプラスチックの結晶構造を解析中であった。

私の方は、この教室で大学院学生と honours students (学部 4 年生に相当) を対象として Aspects of Structural Coordination Chemistry という題目で 6 回の講義を行った。学生ばかりでなく教室のスタッフが参加したので聴衆は約 25 名位であった。我が国の講義とちがつて 1 回が 50 分なので割合に楽である。しかし、英語でやらなくてはならないので準備は楽でなかった。選択課目だから別に試験をする必要はないだろうと思っていたら、試験を受けて単位がほしいという学生が 2 名あらわれたので、問題を作って形のごとく試験をした。結果はお世辞でなくなかなかよく出来ていた。1 名はほぼ満点に近く、他の 1 名は大体平均的な出来映えであった。この結果から見ると、学力は本学の大学院学生とほぼ同程度かという印象を受けた。

このほか金属錯体の絶体配置と円偏光二色性や遷移金属錯体の結晶構造についてセミナーを行った。講義もセミナーも質問が多く、討論を通じて当方も大いに得るところがあった。

あとは Freeman 教授やそのグループの研究の相談相手をした。これは物性研の日常とまったく同じである。

研究の方は、Rh(Ⅲ) 錯体の大きい単結晶を持参したので、Lucas Heights にある原子力研究所で中性子回折強度を測定した。原子炉の規模は東海村のそれと大して変わらないようであった。Dr. Frank Moore の御好意によって、もっとも性能のよい四軸回折計を使用して約 40 日で実験は一応終了した。

シドニーにはこの他に大学がもう二つある。University of New South Wales と Macquarie 大学とである。両大学から招かれて講演を行ったが、University of New South Wales らは創立僅か 18 年にしかならないにも拘らず、世界的に有名なオーストラリア出身の錯体化学の研究者と関係が深いという特徴がある。すなわち Sir Ronald Nyholm, F.P.J. Dwyer, F.P. Mellor の 3 人の学者である。この大学にはこの 3 名の学者の名前をつけた記念講堂がある。この 3 名のうち最初の 2 名はすでに故人であるが、Mellor 先生はもう引退されたものの、まだお元気で家庭にあって執筆活動をつづけておられた。私のことを聞かれると一度会いたいと言って、研究室までわざわざお出下さって、お話をした後昼食をともにした。話の内容は主としてオーストラリアおよび我が国における錯体化学の発展の歴史に関することが中心であった。錯体の電子密度分布に関する我々の研究にも非常な興味と関心を示された。あとで最近執筆された “Chiral Discrimination” と題する (Australian National Univ. Craig 博士と共に著) の総説のゲラ刷を拝借した。読んでみると、これは光学活性な分子の物性や反応性の立体特異性を論じたユニークなもので大変興味があった。近く Topics in Current Chemistry Vol. 63, Bonding and Structure (Springer-Verlag, Berlin) として出版される予定である。

シドニー以外に方々の大学や研究所を訪問したが長くなるので、シドニーよりもっとも遠くはなれた大学二つについて書くこととする。

タウンズビルは南緯 18 度亜熱帯である。ここに James Cook University がある。教授も学生も半ズボン、袖なしのシャツで半分裸のような学生もいる。カレッジに泊めてもらったが、部屋の天井には 4 枚羽根の大きな扇風機があってそれが音を立てて廻る。ベッドには毛布があったが、使わないでも風邪もひかなかった。夜になって建物から建物へ移動するときには必ず車を使わなくてはならない。草叢には蛇がいるから気をつけなくてはならないという。この大学の Professor Power は蛋白質の中性子回折による構造解析を行っている。最近リゾチームの結晶構造解析を行い分解能 1.8 \AA に達したそうである。このように生化学的に重要な複雑な分子の構造を中性子回折によって決定するのは新しい流行となりつつある。こうすると水素原子の位置を明確に決定することができ、また水素結合や蛋白質の分子鎖のコンホメーションを明らかにする

ことができる所以、生物化学、生物物理学に大きい寄与があろう。

パースはオーストラリア南西端インド洋に流れこむスワン川の河口に発達した小都市で、西オーストラリア州の州都である。ここには University of Western Australia がある。物理教室には Dr. E. N. Maslen がいる。この人は結晶内電子密度分布の精密測定の研究で有名である。He 温度で単結晶のX線回折強度を測定する装置を組立てているところであった。これは結晶を Be の球でつつみ、内部を真空中にして結晶試料は伝導で冷却する方式であった。ここでは正式のセミナー以外に研究室のスタッフとともに討論した。Co(II), Rh(III) 錯体やアンモニウムイオン(NH_4^+)の電荷分布を実測したり、計算によって各原子の有効電荷を求めている。我々の方から送った Rh(III)錯体の X 線回折強度値にもとづいて計算した結果は、まだ途中ではあったが、我々の研究室で得られた結果と、解析の方法は異ってはいるが同一の結論となって満足であった。

各地でセミナーを行い討論した結果をまとめて一口にいえば、配位子場によって遷移金属の d 電子分布が球対称でなくなるという実験事実は、一般に認められたように思われる。

こうして各大学をまわって見ると、この国では大学同志の距離がひどく長いことが分る。そのため大学が孤立している場合があって、こんな遠くまでよく来てくれたと大歓迎を受けたことも何度かあった。大学間の往来も飛行機に頼らざるを得ない場合もあり、その費用も並大抵ではない。このような大学には、立派な実験工場が附属しており、ストックルームも大変大型である。

土地が広く人口が少いから、オーストラリア人は一般にひとなづこくて親切である。わが国とオーストラリアとは、人口、資源、産業の特質を比較すると相補的な面を多くもっている。将来いろいろな意味で協力しなくてはならない国であると思われる。

このたびのオーストラリア首相の来日に際し、学者の交流に関して何か決めが出来ると聞いている。これを機会に出来るだけ多くの研究者が往来できるようになってお互いの理解を促進することがのぞましいと考える。

シドニーのような大都市ではスモッグの公害があるといふものの、空は澄んでおり南十字星はよく見えた。私はシドニー大学の標語が好きである。 Constellation may change, mind of man remains the same.

短期研究会報告

「超高压力スケール」

開催期日 昭和 51 年 2 月 20 日, 21 日

開催場所 物性研旧棟講義室

司会人 川井直人（阪大・基礎工）
三井寿雄（名大・工）
熊澤峰夫（名大・理）
箕村茂（物性研）
秋本俊一（物性研）

超高压力発生技術の最近の進歩は目覚ましいものがあり、機械的な圧縮によって数 10 万乃至 100 万気圧の発生が世界各地の研究者によって報告されている。この分野の研究で、わが国の研究者の果している役割も極めて大きなものがあり、特徴ある超高压力発生装置が、阪大基礎工、名大理学部等で開発されつつある。

超高压力下の物性研究を精密化するためには、いまでもなく、すべての研究に優先して圧力スケールの確立が急務である。100 Kbar 以下の圧力定点は、1968 年に米国 NBS で開かれた国際会議で、ほぼ確立されたものの、100 Kbar 以上の圧力スケールの決定は将来の問題として残されていた。しかし、近年における超高压力発生技術の飛躍的進歩は、もはやこの問題を放置することを許さず、信頼できる超高压力スケール確立の機運が急速に熟してきた。また、地球科学の分野でも、室内高温高圧実験と地球とを結ぶために、圧力スケールの確立は不可欠であり、この問題に対する国際的関心も高まりつつある。私達は、このような時代の要請にこたえるために、国内の超高压力研究者に呼びかけて、「超高压力スケール」に関する短期研究会を企画した。超高压力研究者の専門分野は、物性物理学、材料工学、化学工学、機械工学、地球科学等多岐にわたっているが、「圧力スケール」はすべての研究者にとって共通の関心事であり、研究会は延べ 100 人をこえを参会者を集めて盛会であった。

以下の報告は、研究会の最終プログラムにもとづいて、セッションごとに、内容の簡単な解説をこころみたものである。この報告をまとめるにあたって、各講演者から講演内容について抄録を提出していただいた。ここに謝意を表したい。

プログラム

第1日 午前

- 圧力定点に関する問題点 箕 村 茂(物性研)
低温下の Bi 相転移と圧力尺度について 四 方 周 輔(東海大・札幌)
三 井 惟 靖(北大理)
熱起電力の圧力効果 藤 城 郁 哉(名大工)

一軸性高圧装置(ベルト・ガードルなど)における圧力・温度測定の問題点

- 赤 石 実, 遠 藤 忠, 神 田 久 生,
山 岡 信 夫, 福 長 修 (無機材質研)
高温下の圧力測定 市 瀬 多 章, 青 木 寿 男, 若 槻 雅 男(東芝総研)

第1日 午後

- 国際単位系(SI)にもとづく圧力単位 金 田 良 作(計量研)
室温 200 Kbarまでの NaCl スケールにもとづく圧力定点
八 木 健 彦(物性研)

エネルギー分散型X線回折法による高温における圧力スケール確立の試み

- 井 上 勝 彦(神鋼, 浅田基研)
NaCl スケールにもとづく高温における圧力定点 秋 本 俊 一(物性研)
NaCl スケールの問題点 井 田 喜 明(物性研)
X線回折のための八面体型高圧発生装置 小野寺 昭 史(阪大基礎工)
“より高い圧力”の発生に対する展望 熊 沢 峰 夫(名大理)

第2日 午前

- X線プリルアン散乱 鹿児島 誠 一(電総研)
高圧誘起の半導体—金属転移の理論
— Van Vechten の論文を中心に — 山 下 次 郎(物性研)

第2日 午後

- 擬ボテンシャル法による金属の P-V-T 関係の計算 妹 尾 允 史(名大工)
衝撃波実験による GaAs および GaP の相転移圧力の測定 後 藤 恒 昭(東北大金研)
動的高圧下での相転移決定の問題点 庄 野 安 彦(東北大金研)
高温をともなうメガバールオーダーの衝撃圧縮 澤 岡 昭(東工大工材研)
衝撃圧縮における温度計算方法 真 下 茂(東工大工材研)

フラッシュ X線回折と超音波による LiF の圧縮の観察

近藤建一(東工大 工材研)

X線回折用 position-sensitive proportional counter

泉 隆俊(中部工大)

研究会第 1 日午前は箕村(物性研)による圧力定点に関する概説にひきつづき、物性実験あるいは合成実験研究者の立場から、低温あるいは高温における圧力決定に際しての問題点が提出され、また高圧下における温度測定の問題が討論された。

四方(東海大札幌)は低温領域における Bi の圧力 — 温度相図を報告した。相境界は、プリッジマン・アンビルおよびガードル装置を用いて電気抵抗測定法により決定されたものである。Bi I — II 境界線を低温における圧力定点として用いるために、転移圧力の温度係数が求められた。このとき、高圧装置の機械的ヒステレシスと転移自身のヒステレシスが加圧過程と減圧過程で対称であると仮定して、温度系数は $-(4 \pm 0.5) \times 10^{-2}$ Kbar/K と求められた。また、Bi II — III 転移に同定できる電気抵抗変化を、160 K 以下の低温で観測することにも成功した。低温において、転移のヒステレシスが著しく増大することは、精密な転移圧力の決定を困難にしており、低温における圧力スケールの確立はなお未解決の問題である。

高圧装置では、通例、温度測定は熱電対を用いておこなわれる。その際、熱起電力の圧力効果の補正と、熱電対径路にそっての温度・圧力分布を考慮に入れたいわゆる gradient factor の補正が必要である。

藤城(名大工)は、立方形高圧セルの中心に Pt, Pt 10% Rh, Pt 13% Rh, Chromel および Alumel の熱電対素線を一点で溶接した接点をおき、ヒーターで接点を加熱した際の各熱電対の読み取り温度の比較を報告した。実験はキューピックプレスを用いて 1000 °C, 50 Kbar の範囲でおこなわれ、熱電対線はガスケット部分から取り出されている。ガスケット封止部の温度は約 120 °C と推定されている。図 1, 図 2 に主要な結果がまとめられている。

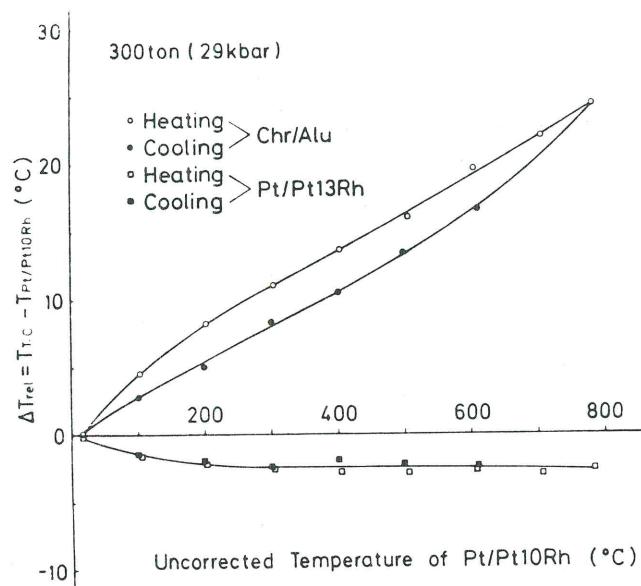


図 1.

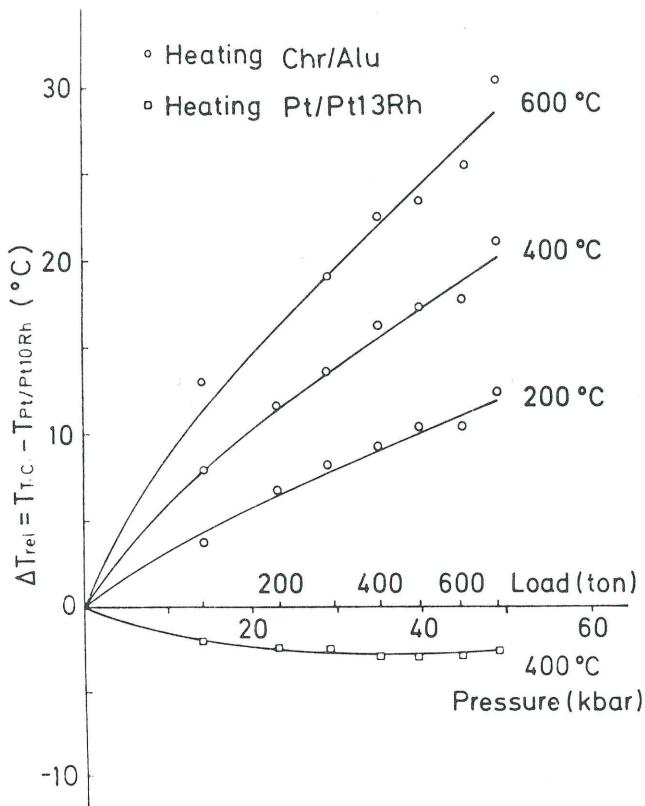


図 2.

ガスケット部をもつ一軸性装置（ベルト・ガードル等）では、試料部の温度上昇に応じて、ガスケットの力学的性質が変化することが予想され、室温と高温とでは圧力発生効率が異なることがかねて予測されていた。この問題を解決するもっとも直接的な方法は、高温高圧下のX線回折法（第1日午後の話題）であるが、すでに確立された純金属の融解曲線を基準にするのも一法である。

福長等（無機材質研）はガードル装置でのPb（99.99%）の融解曲線をC/A熱電対によるDTA法で求めた結果を報告した。Pbの融解曲線をfrictionの少ないピストン・シリンダーで測定した結果と比較すると、ガードル装置では、明らかに高温になるにしたがって、圧力発生効率の低下がみとめられた。

若槻等（東芝総研）もキューピック・プレスを用いて測定されたAgの融解曲線を報告した。融解温度の測定には、一対の熱電対（Pt 13%Rh）をAg中に直接埋め、温度測定曲線に融解信号を重畠させるよりも簡便な方法が開発された。この方法の特徴は、少量のAg試料で融点検出が可能な点にあり、温度分布の影響の少ない正確な測定が可能であり、また試料空間の有効利用（同時測定等）にも寄与している。Agの場合、感度 dT_M/dP が約 $4.9\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Kbar}$ と高いことも、高温高圧力のその場検定に適している。

第1日午後は、まず金田（計量研）により、最近、米国の研究者を中心に普及しつつある圧力のSI単位系に関する解説があった。現在超高压研究者にとって使い馴れているKbarは遠からずGPaに変るであろう。金田の解説にひきづいて、本研究会の最重要課題ともいべき、NaClの状態方程式に準拠する圧力スケールの問題が集中的に討議され、高圧下のX線回折実験をおこなっている研究者から最新の成果が報告された。

八木（物性研）はキューピック・プレスを用いて決定された、high Ba, Pb, Si, ZnS, GaAs, GaP点の転移圧を報告した。これらの標準試料をNaCl圧媒体（同時に圧力標準）中に埋め込み、相転移を電気抵抗変化で検出すると同時に、X線回折でNaClの格子定数を決定し、NaClに関するDeckerの状態方程式を基準にして、試料の転移圧を決定するというもっとも正統的な研究成果の報告である。圧力媒体やガスケット部分に改良を加えた結果、1段のキューピック・アンビルで最高233Kbar（NaClスケールで）までの実験が可能になったことは注目される。上記標準物質の今回決定された昇圧過程の転移圧は下表の通りである。

八木はこの測定結果を従来の報告と対比し, new Drickamer スケールは, 150 Kbar 以下の Ba, Pb 点附近で圧力をやや過少に評価しているのに対し, 200 ~ 300 Kbar 領域では, 圧力セルの相違から, 今回の実験と単純な比較をすることは無意味であるとしている。一方, 最近 Piermarini 等によって提唱されたルビースケール(実は Na Cl スケール)と比較すると, 本実験の結果は系統的に 7 ~ 8 %高い転移圧をあたえていることが指摘された。

標準物質	転移圧 (昇圧過程)	標準物質	転移圧 (昇圧過程)
high Ba	126 ± 2 Kbar	Zn S	162 ± 4 Kbar
Pb	142 ± 3	Ga As	193 ± 5
Si	133 ± 5	Ga P	> 233

井上(神鋼浅田基研)は, みずから開発に成功したエネルギー分散型高圧X線回折法の利点を生かして, 高温における圧力決定に関する最新の成果を発表した。高エネルギーのX線は, 通例の高温高圧実験に使用される葉蠣石圧媒体も透過するので, エネルギー分散法は高温領域の高圧X線回折に特別有利である。井上はキューピック・プレスを用いて, 実際に Na Cl の P-V-T 関係を基準にして, Pb の融解温度の圧力による変化を約 80 Kbar まで精密に決定している。結果はピストン・シリンダー方式によって Kennedy の研究室で得られた結果と良い一致を示している。また, Fe₂SiO₄ のカンラン石 — スピネル転移の相境界の決定もエネルギー分散法を用いておこなわれ, 境界曲線が $P(\text{Kbar}) = 34.6 + 0.025 T(\text{°C})$ と決定された。この結果は, 従来の試料急冷法による結果と比較して, 勾配は良い一致を示すが, 絶対値は約 10 kbar 高く見積るべきことを示している。さらに, キューピック・プレスの葉蠣石圧媒体中の圧力が, 一定荷重のもとで温度変化によって如何に変化するかを Na Cl の内部標準を用いて決定した井上の仕事は, 高温における圧力スケールの確立に貴重な情報をもたらした。葉蠣石には約 1000 °C 以上で急激な圧力低下現象が観測されたが, これは圧力媒体の流動特性の温度変化に起因するものと思われる。ガスケットのある高圧装置においては, 室温での圧力較正が高温では無効であることを明示したものとして注目される。

秋本(物性研)は, 同じくキューピック・プレスを用いた高温高圧X線回折法で, Na Cl を内部標準にして, 硅酸塩鉱物の相転移の境界曲線を決定した結果を発表した。通例の角度分散法を用いて, SiO₂ のコーナイト — スティショバイト転移曲線, ZnSiO₃ の輝石 — イルメナイ

ト転移曲線は、それぞれ、 $P(\text{Kbar}) = 80 + 0.011T(\text{°C})$, $P(\text{Kbar}) = 91 + 0.02T(\text{°C})$ と決定された。さきに井上によって報告された Fe_2SiO_4 のカンラン石 — スピネル境界曲線と、これらの結果を組みあわせることにより、高温領域ではじめて、ほぼ $50 \sim 120 \text{ Kbar}$ 領域の圧力定点が決定できることになる。これらの相境界が真に平衡状態をあらわしているか否かはなお多少の疑点はあるが、高温高圧実験を地球科学に応用する際に不可欠の高温における圧力スケール確立の第一歩が踏み出されたといえよう。

井田（物性研）は、Decker その他の研究者によって計算された NaCl の状態方程式について解説し、計算結果の信頼性について論評をおこなった。状態方程式の決定に必要なパラメータを確定する際に使われる実験データの中で、体積弾性率の値の精度が、結果に最も大きな影響をあたえることが明示された。室温での計算結果は、 100 Kbar までの圧力範囲では、弾性波速度の実測値からの予測値と一致するが、それ以上の圧力では現在のデータは、計算結果を支持しない。しかし、井田によれば、高次の弾性定数の値に含まれる不確定さを考慮すれば、この問題に対する現段階ではっきりした結論を下すべきではないという。井田はまた MgO の状態方程式にもとづいた圧力スケールと NaCl スケールとの比較もおこない、 150 Kbar 附近で 10 Kbar 程度の相違を示した。井田は結論として、Decker の圧力スケールの修正を要求する種々の事実は、現在のところどれも確定的とはいえないと述べている。

小野寺（阪大基礎工）は阪大川井研究室で開発されたX線回折のための八面体高圧発生装置について、主として技術的な観点からの解説をおこなった。これまでに試みられた種々の加圧形態が紹介された。円錐分割型装置は底面を共有する2個の円錐を合計8分割したものが基本型であり、この変型として最内部にダイヤモンド立方体を含む3段加圧装置も試みられたことが報告された。

熊沢（名大理）は圧力発生に関する材料力学の理論（条件増圧の理論）にもとづいて、近々達せられるであろう圧力範囲を推定した。材料強度を仮定すると、使用する静的荷重の大きさ F 、圧力 P 、および圧力を発生する空間の体積 V の関係が導き出せることが示された。プレス荷重をパラメータにして、今までに達せられたとされる圧力と体積をプロットした結果、先端を行く技術は以下の二群に分類された。

機 構*	アンビル材料	プレス能力	圧 力	体 積
(1) MA , AC , MASS	タングステンカーバイト	$10^3 \sim 10^4$ トン	～ 500Kbar	$10^{-3} \sim 10^{-1}$ cm ³
(2) OA	ダイヤモンド	～10°	～1000Kbar	$10^{-6} \sim 10^{-4}$

*MA : マルチ・アンビル

AC : アンビル・シリンドラー

MASS : 滑動マルチ・アンビル

OA : 対向アンビル

熊沢はまた、条件増圧の理論と照合して、アンビル材料の強度τの圧力変化率 $\partial\tau/\partial P$ を、タングステンカーバイトで 0.1～0.2、ダイヤモンドで 0.3～0.6 と推定した。これらの既知材料を用いて到達できる最高圧力は 2 Mbar 程度であり、この値に達するのは、ほぼ 5 年後であろうと予測された。

研究会第 2 日の午前は、世話人の企画で、まず、X 線プリルアン散乱に関する一般的解説を電総研鹿児島に依頼した。わが国には高圧下の X 線実験に关心のある研究者が多いことを考慮して、将来とりあげられるべき問題の一つとしてこのような企画がたてられたが、結果的には、現在の高圧実験技術は、すぐに X 線プリルアン散乱の実験が可能なほど、まだ精密化していないことが明らかにされたといえよう。以下には鹿児島（電総研）から寄せられた講演要旨を原文のままのせてある。

“X 線プリルアン散乱によれば、試料結晶中のフォノンの状態を知ることができる。光や中性子の散乱と比べて特徴的なことは、X 線ではいわゆるプリルアンシフトを観測することができないことがある。しかしこの制約は逆に、波数保存則を簡単化し、エバールト球のみを用いて考えることを可能にする。

波数 q のフォノンをとらえる散乱条件のもとで、散乱強度は定性的には次式で与えられる。

$$I \sim (S \cdot e)^2 \langle u^2 \rangle$$

ここで、 S は散乱ベクトル ($=q+R$, R は逆格子ベクトル), e および u は、それぞれ、観測しているフォノンの偏極ベクトルと振巾である。 $\langle u^2 \rangle$ は、量子的に扱えば、 $\langle u^2 \rangle \sim \langle n \rangle h\omega/\omega^2$ となり、さらに熱平衡条件のもとでは、 $\sim k_B T/\omega^2$ となる。ここで、 $\langle n \rangle$ は観測しているフォノンの数、 ω は角振動数である。上式を用いて、実験データから以下の知識を得ることができる。
(1) $(S \cdot e)^2$ の因子から、散乱ベクトルの方向を適宜選ぶことにより、任意の偏極ベクトルをもつフォノンをとらえることができる。
(2) とらえたフォノンに対し、その

分散関係を（異常が存在すればその異常も）知ることができる。（3） $k_B T$ の因子から試料の温度を知ることができる。（4） $\langle n \rangle$ の因子から、熱平衡分布をはずれたフォノンが存在するとき、その分布を知ることができる。

実験技術上の問題は、高い散乱強度を得て能率を高め、さらに、プリルアン散乱以外のバックグラウンドを下げるのことである。このためには、大出力のX線源とともに、最近普及しつつある S S D, P S P C (position-sensitive proportional counter) のような検出器が有効である。なお、粉末試料の場合には、逆格子点が球を作るため、平均化された情報が得られることになるが、おおまかな知識を得ることはできる。”

第2日午前には、もう一つ、世話人の企画で物性研山下所長（当時）に依頼した Van Vechten 論文の解説があった。Phys. Rev. に掲載された Van Vechten の高圧誘起の半導体 — 金属転移の理論は、すでに実験データのある Si, Ge, Al Sb, GaSb, GaAs, 等については、転移圧の理論的予測値が実験値と良い一致を示すことから、数 100 Kbar 領域に予測されている B P, Al N 等の半導体 — 金属転移は、高圧物性実験研究者の研究目標の一つとなっていた。また、理論が信頼性の高いものであれば、その予測値を圧力定点の近似値として考慮することも許されるであろう。このような観点から、Van Vechten 論文の信頼性に対する論評を山下（物性研）に依頼したわけである。山下は、丁寧に原論文を解説し、Van Vechten の philosophy は、（1）Simple model であること、（2）パラメータは少数個であること、（3）実験からパラメータをきめていること、にあることを指摘し、多くの物質について予測された転移圧も一応の目安として評価できることを示してくれた。（残念ながら筆者の能力をもってしては、講義を完全に理解できたわけではない。）

第2日午後は、主として衝撃波実験関係の報告にあてられたが、前後に妹尾（名大工）による擬ポテンシャル法による金属の P—V—T 関係の計算と、泉（中部工大）による新しいX線検出装置としての position-sensitive proportional counter の報告があった。

妹尾（名大工）は、Heine-Abarenkov のモデルポテンシャルを基礎にして、ポテンシャルパラメータの新しい決定法を工夫し、それを Na, K, Rb, Cs, Ca, Al, Si および Ge の立方晶金属に適用して P—V—T 関係を計算した結果を報告した。この結果は Mie-Grüneisen の状態方程式を使って高温域まで拡張され、293 K における P—V 関係は、Ca を除く全ての金属で既存の信頼できる実験値とよく一致することが示された。また、300 Kbar 以上の高圧領

域の圧力スケールとして、Al の計算値使用の可能性が示唆された。さらに P-V-P 関係が著しく異なる Al と Si の計算結果を使用し、同一温度、圧力において両金属の容積を測定することによる圧力と温度の同時決定法が提案された。 V/V_0 の誤差を 0.4% とすれば 1000 °C, 100 Kbar 程度における温度圧力の決定誤差は、それぞれ、150 °C, 5 Kbar 程度となるという。

後藤（東北大金研）は GaAs と GaP の半導体 — 金属転移の転移圧を衝撃圧縮曲線の測定から決定した。GaAs の傾斜鏡の実験は、最終圧縮圧力 220 ± 7 Kbar, 262 ± 5 Kbar の 2 回おこなわれ、いずれも三重の複合衝撃波が観測された。最初の衝撃波は弾性塑性転移による弾性先駆波、つづく 2 つは相転移とともに発生した二重の塑性衝撃波と考えられ、解析の結果、相転移圧力は 203 ± 11 Kbar となる。衝撃波実験の結果を静的高圧実験と比較するためには、弾性塑性転移を考慮に入れた補正（後述の庄野の項参照）が必要である。この補正を施すと、静水圧縮条件下の転移圧力は 162 ± 11 Kbar となる。この値は、本研究会第 1 日に八木（物性研）によって報告された 193 ± 5 Kbar よりやや低い。

GaP についてはアルゴン空隙閃光法によって、予備的な実験が $100 \sim 500$ Kbar の圧力範囲でおこなわれ、圧縮曲線の不連続から、転移圧力は 260 Kbar 近傍と推定された。この値は Piermarini and Block, および Homan et al. の静的高圧実験から決定した転移圧力 220 Kbar に近い。

庄野（東北大金研）は、衝撃波圧縮実験を静的等温圧縮実験と比較する際に必要な補正に関して解説をおこなった。補正としては、

(1) 温度効果 温度上昇が断熱圧縮で近似される範囲では、補正項は

$$\Delta P_t = (dP/dT) \times T_0 \left[\exp \left\{ \Gamma_0 (V_0 - V_t)/V_0 \right\} - 1 \right]$$

であたえられる。ここで dP/dT は相境界の勾配、添字 0 は初期状態、t は相転移点をあらわす。

(2) ずれ応力効果 降伏応力に関係したずれ応力による静水圧からの外れで、 $\Delta P_t = P_H - K \times (V_0 - V_H)/V_0$ であたえられる。ここで K は体積弾性率、添字 H は衝撃圧縮（一軸性歪み）条件での降伏応力点を意味し、 P_H はユゴニオ弾性限界と呼ばれる。

(3) 非定常効果 相転移に対応した二重衝撃波が定常状態に達する迄に時間を要する場合、みかけの転移圧が試料の厚み、最終応力に依存する現象をいう。

現在までに観測された衝撃誘起の相転移圧に上記の補正を加えた結果が、静的高圧下の転移圧と比較され、Bi I-II, Fe $\alpha - \epsilon$, KCl I-II 転移では、両者は実験誤差の範囲で一致

することが示された。しかし、Ⅳ族、Ⅲ-V族の半導体——金属転移の場合には、なお、検討を要する問題のあることも指摘された(±10%の精度では現段階でも転移圧の比較ができるという)。

澤岡(東工大工材研)は、衝撃インピーダンスの大きな物質では、発生圧力に対する温度上昇は、インピーダンスの大きなもの程低いことを指摘し、FeやCuの場合、1Mbarで1500°C程度と見積られていることを報告した。しかし、圧力が2Mbarになれば温度上昇は3000°Cに達することに注意を喚起した。一方、インピーダンスの小さい固体水素では、僅か0.8Mbarで4000°Cにも達することが示された。このようにメガバールオーダーの衝撃圧縮では、通例、かなりの高温発生をともなうので、固体物性の研究手段としては、必ずしも従来の研究目的を満足するものでないことが注意された。むしろ、メガバールオーダーの衝撃圧縮法は同時に高温発生手段としてすぐれていることが指摘され、地球内部や、天体、高密度プラズマ研究への応用が示唆された。

眞下(東工大工材研)は、衝撃圧縮の際には必ず温度上昇をともない、圧力が去った後にも温度上昇が残ることを強調した。衝撃圧縮の際の温度計算法として、Walsh, Al'tshulerの方法が紹介された。また、体積変化の大きな相転移がある場合には、内部エネルギーの増加が著しく、したがって温度上昇も著しいことが指摘された。なお、この場合の温度は以下の如くして求められることが示された。すなわち、高圧相が等エントロピー曲線にそって凍結され、残留温度(T_2)が常温まで冷やされたとすると次式が成り立つ。

$$\int_{T_0}^{T_2} C_p dT = E_{h_0} - E_{\ell_0} - \int_{V_{h_1}}^{V_{h_2}} (P dV)_s + \frac{1}{2} (P_1 + P_0) (V_{\ell_0} - V_{h_0})$$

$E_{h_0} - E_{\ell_0}$ は常温常圧下での高圧相と低圧相の内部エネルギー差

この式から残留温度が計算され、圧縮時の温度は、逆に等エントロピー圧縮したとして、

$$T_1 = T_2 \exp \left[\int_{V_{h_1}}^{V_{h_2}} \left(\frac{P}{V} dV \right)_s \right]$$

から求めることができる。Forsterite ($Mg_2 SiO_4$ オリビン) の場合、再結晶したと思われる残留温度の計算結果が再結晶温度とほぼ一致することが示された。

近藤(東工大工材研)は、衝撃圧縮中の結晶格子からの情報を得ることを目的として開発されたフラッシュX線回折実験について報告をおこなった。試作装置の概略が紹介され、LiF単

結晶と圧粉体試料についての実験結果が示された。実験結果は衝撃圧縮の際の非静水圧的異常の可能性を示唆している。

超音波による弾性測定は最も正確な体積弾性率をあたえ、また、その高次弾性の測定を高い圧力領域まで拡張することで、より精密な状態方程式が決定できる。近藤は時間間隔平均化法と呼ばれる新しい超音波測定法と、ピストン・シリンダー装置による LiF の 30 Kbar までの音速測定を紹介した。

研究会の最後の講演として、泉（中部工大）は、プロポーショナル・カウンターとX線写真の長所を兼ね備えている Position Sensitive Proportional Counter (PSPC)について、最新の開発の様子を紹介した。この装置は、超高圧下のX線回折への応用が可能であり、現在名大理学部熊沢研究室で大型チャンバーが試作されている。以下に泉の報告の要旨を原文のまま紹介する。

“X線回折に利用可能と思われる PSPC は信号読出法から大別すると、次の3つに分類できる。(1) multi-wire Proportional Counter (MWPC) の遅延線読出し、(2) 三角カソードチャンバー、(3) チャンネル毎信号読出し。これらの中で、(1), (2)について試作し、特に(1)の方法では新しい遅延線を提案し、チャンバー製作を容易にすることができた。次に MWPC は大型の2次元チャンバーが容易に作れ、空間分解能は x 方向で約 $300 \mu m$ (FWHM)， y 方向のそれはアノードワイヤーの間隔によって限定された値になり、現在 $1 mm$ まで製作可能である。(2)の三角カソードチャンバーは高い精度で2次元チャンバーや大型チャンバーを作ることは困難であるが、有効長 $5 cm$ までの1次元チャンバーなら分解能 $150 \mu m$ が得られ、そのエレクトロニクスは極めて単純である。”

(秋本 記)

「二次元磁性体 蟻酸銅塩」

開催期日 昭和 51 年 3 月 18 日, 19 日

開催場所 物性研旧棟講義室

司会者 伊達宗行(阪大・理)

阿部英太郎(東大・物性研)

長谷田泰一郎(阪大・基礎工)

本研究会は蟻酸銅4水塩あるいはその周辺の塩に直接手をつけたことのある研究者のほぼ全員が集った感じで、個々の研究課題が極めて多角的に、ある場合には細部にわたって議論が展開された。

蟻酸銅の4水塩(CuF_4H)、2ウレア2水塩($\text{CuF}_2\text{U}_2\text{H}$)あるいは2水塩(CuF_2H)とその周辺の銅塩は2次元格子モデルという興味を中心として多方面からの研究が集中している。

磁気的に比較的強い面内の相互作用とかなり弱い面間の相互作用の存在は先ず確立されたものと考えられており、又2次元格子構造については、結晶化学的あるいは構造化学的にプロトンの位置も含めて一段と解析が進んでいる。2次元格子磁性体——殊に $S = \frac{1}{2}$ の H スピン系——の特徴に関連して静的動的にスピン相関について多くの興味ある実験事実が集積されつつある。一方、結晶格子上の不等価イオンの存在に着目してスタガード磁化の磁化過程を中心に4部分格子又は2部分格子あるいはその相互の移行など多彩な現象全般にわたって、次第に理解が深まっている。殊に 4H については面間に存在するプロトンの配置に由来する反強誘電転移の存在があり、磁気的相互作用との関連が興味ある問題を含んでいるかも知れない。

2dH系の相転移という大問題は勿論、スピン収縮、磁場下でのぼやけた相転移などの課題と共に、個々のスピンの相互作用、異方性などについて構造化学的な知識を含めて完全な理解を目指す恰好な塩のシリーズとして当面の研究対象である。

プログラムは題目をなるべくルーズにして自由な討議を中心とした。

題 目

講 演 者

- | | |
|---------------------|-----------------|
| 1. 序論 | 長谷田 泰一郎(阪大・基礎工) |
| 2. 帯磁率($T > T_N$) | 山本 雄二(阪大・基礎工) |
| 3. NMR($T > T_N$) | 網代 芳民(京大・理) |

4. NMR ($T < T_N$) M~H	山形一夫(神戸大・理)
5. ESR 線シフト ($T > T_N$)	伊達宗行(阪大・理)
6. M~H (高磁場)	本河光博(阪大・理)
7. $Cu_x M_{(1-x)} (HCOO)_2 \cdot 2 H_2 O$ 結晶構造	大崎健次(京大・薬)
8. 銅オキソ酸塩の低温磁性	桐山良一(阪大・産研)
9. CuF ₄ H の ND (紹介)	遠藤康夫(東北大・理)

以上第1日(3月18日 午後)

序論では蟻酸銅塩の研究の歴史的経過をふり返りながら帯磁率、比熱、NMR、磁化過程とスピニ配列等の実験事実の全体を要約して紹介し問題点を拾った。

先ず山本は CuF₄H および CuF₂U₂H の帯磁率の広い温度域での精密な測定から 2dHaf の高温展開と比較して両塩とも $J/R = 33 \pm 1 K$ として非常によい一致を得たことを報告した。 U₂H 塩では面間距離を引き伸ばし、又面間結合の構造もかなり変えているにも拘らず面内相互作用は殆んど変化していないことを示した。

網代は常磁性領域におけるプロトンNMRの異常シフトについてその角度、温度磁場依存性が結晶中の二つのイオンサイトにおけるgテンソルの不等価に起因する大きなスタガード磁化の発生によって説明できることを導いた。

更にこの塩の 2dHaf としての性質も推論している。

山形は T_N 以下のプロトンNMRと磁化過程の測定結果を報告し、磁化過程が4部分格子から2部分格子へのスピン回転を伴う変化として理解されることを、二種のgテンソルを持つイオン系の磁場中エネルギーの解析から導出した。網代にしても山形にても二種のgテンソルの他に考えられる守谷・ディアロシンスキー型の相互作用はあったとしてもそう大きい寄与でないことを結論している。

本河は最近開発された強磁場装置によって 0.5 MGauss までの磁化測定を試みた。面内の J から期待される飽和磁場は 2 MGauss で事実飽和は見られなかつたが、容易軸附近での磁化過程に山形の定常磁場による結果との不一致がみられることを指摘した。

伊達は CuF₄H に関する 1 次元磁性体も含めて ESR の線シフトの種々の実験結果を整理して、その温度依存性の特徴から 1, 2 次元系の区別が可能であると述べテトラアミン硫酸銅 (CTS) と CuF₄H との類似性、TMMC と銅ベンゾエート等の類似を示した。

遠藤は CuF₄H の水分子の 2 次元的オーダーに関する課題を ND で解析した実験を紹介した。又常磁性域で磁場下に現われるスタガード磁化がスピン相関の短距離的なものから長距離的なものに移行する過程を ND で追跡する可能性について議論した。

結晶化学構造化学の面からの報告として桐山は銅オキソ酸塩を中心に磁性を構造化学的な立場から議論した。大崎は蟻酸塩の Cu-Mn, Cu-Zn, など混晶系の結晶解析の詳しい結果を報告した。殊に Cu-Zn 系では Zn の濃度と共に銅イオンの周囲の酸素イオンの配置が CuF₂H のそれから離れて CuF₄H のそれに近いものとなることを示した。4H と 2H の磁性の著しいいちがいに重要な示唆を与えるもので、定性的にはこの結果が磁性を説明する可能性のあることを山川がコメントした。

第2日(3月19日 午前・午後)

10. ESR 線シフト	永田一清(東工大・理)
11. ESR (2H)	阿部英太郎(東大・物性研)
12. CuF ₂ U ₂ H の結晶構造	桐山秀子(阪大・産研)
13. 超音波吸収	立木昌(東北大・金研)
14. 相転移比熱	山本雄二(阪大・基礎工)
15. コメント(比熱)	松尾隆祐(阪大・理)
16. 相転移(帯磁率)	松浦基浩(阪大・基礎工)
17. 熱伝導	三池秀敏(九大・工)
18. CuF ₂ H の磁性	竹田和義(阪大・基礎工)
19. 無水塩の比熱	松尾隆祐(阪大・理)

以上

永田は常磁性体における ESR 線シフトが 2 つの部分格子で異なる g テンソルを持つ系ではスタガードスピノン関連の発達に伴って大きく現われることを導出した。伊達グループによる 1, 2 次元系のシフトの異常が良く説明されること、又このような場合常磁性モードから反強磁性モードへ連続的に移行することを示し、実験事実を説明することに成功した。

阿部は ZnF₂H 中の Cu イオンの ESR (g 値) についてコメントした。

桐山は種々の蟻酸塩について構造化学的考察を解説紹介した。蟻酸基と磁性イオンとの結合様式によって多様な結晶化が可能なのである。特に CuF₂U₂F についての詳しい構造解析の結果を報告した。

立木はスタガード磁化関連の発達に連して磁場中の反強磁性相境界を超音波吸収によって検出する可能性について議論した。磁化率などの変化よりはるかに顕著になり得るという指摘である。

反強磁性への相転移点自体での仕事として山本は CuF₄H, CuF₂U₂H の T_N 近傍での比

熱の詳細な実験結果を報告した。転移点での非常に小さいエントロピー（全エントロピー $R \ln 2$ の 0.01% ($4H$) , 0.006% ($2U2H$))しか放出されないことが明かになったが、山本の conjecture は「 $2dHaf$ は極く僅かの異方性さえあれば $0K$ より充分高い温度でオーダーし、且つその転移点での比熱の変化は殆んど無視出来る程小さい」であった。

この微小な比熱の変化は松尾によっても確認された旨コメントがあった。

松浦は 2 つの異なる g テンソルを持った部分格子系にみられるスタガード磁化という観点から $CuF4H$ と $CuF2U2H$ の転移点近傍の帯磁率を解析し、 $2dHaf$ の性質を把え得るという見解を示した。

三池は九大平川グループの熱伝導の研究を紹介し次元性が熱伝導に反映することを示し、殊に $CuF4H$ の 2 次元性を議論した。

竹田は $CuF2H$ が $4H$ と非常に異なる磁性を示す彼自身の少し前の報告を紹介した。又低次元格子中での不純物による局在マグノンの検出の可能性について論じた。

松尾は $CuF4H$ の $T_C = 235.8K$ における反強誘電転移点の比熱を報告した。水素結合上の水素原子の位置のとる秩序配列の問題であるが磁性にも対称性の変化を通して大きい影響を与えていた。又無水塩 (CuF) の T_N は $30K$ まで高くなってしまっており比熱の値もかなり大きいが、尚比熱の全体の形は $CuF4H$ などと類似している。

以上文責 長谷田

尚、本研究会の内容はもう少し詳しい報告ノートにして近々まとめる予定です。

物性研究所談話会

日 時 昭和51年5月31日(月) 午後4時~

場 所 物性研究所A棟2階輪講室

講 師 田 中 昭 二

東大工学部物理工学科教授

題 目 二次元物質(遷移金属カルコゲナイト)の物性

要 旨

遷移金属カルコゲナイト(MoS_2 , NbSe_2 , TaS_2 等)は層状物質であって, d -bandと云う特異な電子構造を持ち, その二次元性は最近注目を集めている。 MoS_2 等の半導体における鋭いエキシトン系列, NbSe_2 , TaS_2 等におけるcharge density waveの存在や, 超伝導臨界磁場の大きな角度依存性等, 今後の話題となると思われる物性について総合的に述べてみたい。

日 時 昭和51年5月17日(月) 午後4時~

場 所 物性研究所A棟2階輪講室

講 師 伊 藤 雄 而 (物性研)

題 目 物性研中性子偏極解析装置の概要と研究計画

要 旨

目下東海村原研2号炉内に建設中の物性研所属の中性子偏極解析装置は従来の中性子散乱用装置に比べて, 特に次の2点で新しい特徴を備えている。その1つは動的プロトン核偏極を用いた偏極解析部を有することであり, 1つは pseudo statistical neutron spin modulation を用いて spin dependent ToFスペクトルを分析できることである。加えてスピニ・エコーや従来の3軸法にも使用できるようモノクロメーター部以外のゴニオ部には, すべて約 25 m^2 の花崗岩の床上を空気浮上により移動するいわゆるタンツ・ボーデン方式を採用している。

この装置では, 特に有機化合物中のプロトンの静的・動的挙動; 溶液, 非晶質, スピングラス等の構造解析; Enzyme active site spin-analog の電子状態等の諸問題に偉力を発揮する予定である。

日 時 昭和51年6月7日(月) 午後4時～
場 所 物性研究所 A棟2階輪講室
講 師 Marc Kastner
(MIT 物理教室助教授)
題 目 Chemical bonding in amorphous semiconductors
要 旨

アブストラクトが未着ですが、高圧下での化学結合の状態を分光学的手段で研究されているので、その方面の最近の仕事の紹介と思われます。

日 時 昭和51年6月14日(月) 午後4時～5時30分
場 所 物性研究所 Q棟講義室** (1階)
講 師 守 谷 亨 (物性研)
題 目 金属強磁性理論の最近の発展
要 旨

40年余り続いて來た金属強磁性の研究にもその解決に向って一つの突破口が開かれたと考えられる。それはスピンのゆらぎの理論の最近の発展とそれを支持する多くの実験的研究によっている。ここでは一つの重要な極限(典型)としての弱い強磁性、反強磁性金属を中心にして最近の研究を紹介すると共に、更に広い視野から金属強磁性研究の今後の問題点についても考察してみたい。

** 今回より試験的に場所を講義室に移し、午後3時30分より講義室及び準備室で開かれる「お茶の会」とつながるようにしました。

日 時 昭和51年6月28日(月)
場 所 物性研究所旧棟2階第1会議室
講 師 深 田 栄 一 (理化学研究所)
題 目 生体高分子の圧電性
要 旨

セルロース、コラーゲン、DNAなどの生体高分子の圧電性はその光学活性、分子配向、結晶性などに依存する。合成ポリペプチドでの温度および振動数による圧電率の変化は非晶相と結晶相とから成る複合系の構造を反映し、誘電緩和および力学緩和と対応しながら独自の緩和現象を示す。セルロース誘導体では、結晶相の圧電率が温度により符号反転する場合もある。蛋白質などの生体組織の圧電性および焦電性と生物的機能との関連について種々の推論や研究が行われている。

昭和 51 年 7 月, 9 月 物性研究所談話会予定表

月 日	講 師	題 目
7月 5日(月)	中 村 輝 太 郎 物 性 研 究 所	減衰の大きなフォノンのポラリトンによるラマン散乱
7月 19日(月)	H. Haug フランクフルト大学 理 論 物 理 研	On the phase Transitions for the Electronic Excitations in Semiconductors
9月 20日(月)	菅 滋 正 物 性 研 究 所	シンクロトロン放射を用いた物性研究の現状と将来

日 時 昭和 51 年 7 月 5 日(月) 午後 4 時 ~

場 所 物 性 研 究 所 旧 棟 講 義 室

講 師 中 村 輝 太 郎 (物 性 研)

題 目 減衰の大きいフォノンのポラリトンによるラマン散乱

要 旨

減衰の大きいソフトフォノンのラマン散乱スペクトルは $\omega = 0$ に極大をもつプロードなスペクトル線を与える、通常のピークを示さない。従ってそのようなスペクトルからはソフトフォノンに関する知見を直接的に得ることはできない。しかし、そのフォノンとフォトンを混合してポラリトンを作つてやると、スペクトルはピークを示すようになる筈であることを指摘し、実際実験によってそれを確認した。実験法としては準前方散乱を測定するのがよい。 I_2 フィルターを用いることによって、この測定方法を確立した。この方法によって $BaTiO_3$ のソフトフォノンについて研究した。

物性研ニュース

人 事 異 動

塑性部門 助手 蔵元英一 51.4.17 復職
軌道放射物性研究施設 助教授 菅滋正 51.5.1 採用
塑性部門 助手 蔵元英一 51.5.1 昇任 九大助教授(応用力学研)へ
磁気第1部門 助手 松井正顕 51.5.1 昇任 名大講師(工)へ

Technical Report of ISSP 新刊リスト

Ser. A.

- No. 750 Satellites in X-Ray Photoelectron Spectra of Transition-Metal Compounds by Susumu Asada and Satoru Sugano.
- No. 751 Emission Spectrum from the Bose-Condensed Excitonic Molecules by Masahiro Inoue and Eiichi Hanamura.
- No. 752 Magnetocrystalline Anisotropy of Low Temperature Phase of Magnetite, Koki Abe, Yoshiko Miyamoto and Sōshin Chikazumi.
- No. 753 Resonant Light Scattering and Luminescence in Weakly Coupled Localized Electron-Phonon System by Akio Kotani and Yutaka Toyozawa.
- No. 754 Temperature-Dependences of Second and Third Harmonics of the Spin-Density-Wave in Chromium by Akio Kotani.
- No. 755 Neutron Scattering Study of Lattice Dynamics in CuBr Part II. Anharmonic effect on Debye-Waller factor by Jimpei Harada, Haruo Suzuki and Sadao Hoshino.
- No. 756 Optically Detected ESR of the Excited States in Silver Halides by Kazuro Murayama, Kazuo Morigaki, Shiro Sakuragi and Hiroshi Kanzaki.
- No. 757 Resistivity Decrease Due to Electron Spin Resonance in The Metallic Region of Heavily Phosphorus-Doped Silicon by Naoki Kishimoto and Kazuo Morigaki.
- No. 758 Magneto-Optical Absorption in Thallous Iodide of CsCl Structure by Atsuhiro Fujii, Ken Takiyama, Jun'ichirō Nakahara and Koichi Kobayashi.
- No. 759 Cyclotron Resonance in Lead-II, Anisotropy, Line Shape, Relaxation Time and Identification of the Orbits by Yoshichika Onuki, Hiroyoshi Suematsu and Sei-ichi Tanuma.
- No. 760 X-Ray Intensity Measurements on Large Crystals by Energy-Dispersive Diffractometry. III. Fine Structures of Integrated Intensities and Anomalous Scattering Factors near the K Absortion Edges in GaAs by Tomoe Fukamachi, Sukeaki Hosoya, Takaaki Kawamura and Masahiko Okunuki.

- No. 761 Steady Propagation of a Coherent Light Pulse in Dense Dielectric Media I. by Okikazu Akimoto and Kensuke Ikeda.
- No. 762 Study on the Molecular Geometry of Phosphorescent Pyrazine by Optical Detection of Zero-Field Magnetic Resonance and T - S Excitation Spectroscopy. by Nobuyuki Nishi, Minoru Kinoshita, Tetsuto Nakashima, Ryoichi Shimada, and Yoshiya Kanda.
- No. 763 The Stabilized Fowler-Nordheim Type Tunneling Current through Double-Layer Insulator Film by Fumio Shishido.

編 集 後 記

前号の芳田新所長に続きまして本号にはこの3月で御退官になった山下前所長に原稿を頂きましたが、来年、創立20周年を迎える物性研のかかえる問題を指摘されています。また、齊藤先生、山口さんにはそれぞれオーストラリア滞在記、物性研生活記（？）を書いて頂きました。

次号の〆切りは8月10日です。所内外の方々の自由な御意見をお寄せ頂ければ幸いです。

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

稻 垣 睿

細 谷 資 明

