

# 北風と太陽\*

## — 最終講義 第二部 —

京都大学 理学部 山田 耕作

(2005年8月22日受理)

### はじめに

第一部では基本的人権について述べた(物性研究2005年8月号)。個々の多様性を認めた上で、夫々が持つ個性を自立的に開花させ、人類性に基づく共生が人間の本性であることを述べた。北風のように、冷酷な業績主義に基づく解雇や労働の強制ではなく、太陽のように暖かい愛情を注ぐ中で人類にとって価値のある真の学問研究が発展することを述べた。

この第二部では私の研究生活を振り返る中で折々に私が受けた「太陽の恵み」を紹介し、私のような平凡な者でも無事定年が迎えられたこととお話したい。あわせて、私に対して、折に触れて力を与えてくださった皆さんに感謝したい。最後に混迷の時代にあって、唯物論哲学に基づく意識性の重要性を訴えたい。さらに科学の将来について私見を述べる。

### 1. 高校まで

私は兵庫県小野市に1942年に生まれた。加東郡来住(きし)村の西脇という当時100戸くらいの集落の農家の5人兄弟の長男であった。土蔵の中の古い様々な道具に「山田本家」と書いてあり、何代か続いた庄屋のようである。しかし、子供の生育が難しい時代であり、祖父・祖母は付近の名家から養子として迎えたものようであった。祖父は近代的な人であったらしく、加古川を利用して運送業を営んだようである。隣村の河合小学校の工事を請け負ったが、台風で大損を出し、挙句に夏の暑い日、日本脳炎でポックリ亡くなったそうである。多額の借金が残し、祖母と父と叔父の兄弟は儉約と厳しい労働で借金を返したそうである。私がもの心ついた時には祖父は亡くなっていたので、記憶は全く無いが、粋な帽子をハイカラにかぶった祖父の写真が残っている。社交家であつたらしい。かんぴょう削り器とか、祖父

---

\*本稿は、編集部の方から特にお願ひして執筆していただいた記事である。

の発明品というのが残っていた。叔父は兄である私の父の支えもあり、中学校にまでやってもらえたが、長男である父は尋常小学校までしかいけず、いつも残念がっていた。その分、自分の子供に対しては進学を認めることに寛大であった。しかし、学資の余裕はなく私の次の弟は夜間大学に通った。まず第一に両親、兄弟、姉妹に感謝しなければならない。特に、弟夫婦には、高校卒業以来、両親の世話を押し付け、実家を任せ、私は大学で好き勝手をさせてもらった。

私が入学した来住（きし）小学校は1学年100人くらいで、2クラスある小さな小学校・中学校がおなじ敷地にあった。西脇（現在は小野市西脇町）は加東郡と加西郡（現在加西市）との境にあり、来住村の西の外れにあったから、村はずれの神社に集合して皆で並んで1時間ばかりかかって徒歩で登校した。小野市はそろばんの産地で珠算や合唱の練習に早朝から登校した。この100人の同級生は仲間の色々な事故や不幸のたびに集合し、助け合い、数年に一度同窓会を開いてきた。

私は中学を卒業後、なんとなく学区内の唯一の普通高校である兵庫県立小野高校に進学した。現在はそれなりの進学校であるが、当時は就職する人も一緒に授業を受け、高学年になると英数理は進路別に授業を受けた。中学の同級生100人のうち10人くらいが同校に進学したと思う。小野校には自転車で30分位かけて登校した。高校では中学からやっていたことであるが新聞部で、学校新聞を発行した。教頭先生の原稿を勝手に字句修正をして改悪し、しかられたこともあった。時代は勤務評定の導入や安保条約が問題になっていた時期で、就職のため大阪、神戸に出かけた同級生から、大阪でのデモの様子などの情報もたらされたが、政治を自分達の問題として考えたことはなかった。安保賛成・反対で討論会を開いたがあくまで、討論の練習であった。

理科や数学が好きだったので、高校の先生になれば夏休みもあるので、先生になるため神戸大学の教育学部にでも入ろうと思った。その内、できるだけ大都会に出たいと思うようになった。狭い田舎ではなく、日本の中心、世界の中心に一度は行かなければ人生の目的が果たせないと思った。

当時、生物は分類学のように見え、物理は簡単な法則さえ知れば問題が解けるので物理の先生がよいと思った。小野高校では物理の先生は一人で、職人タイプの発明家の先生で立派な先生であったが、入試問題の指導はなかった。模擬試験の結果によると阪大くらいには入れるかも知れんというので阪大の理学部物理を受けることにした。ちょうどこの年、日本育英会の特別奨学生と言う制度ができ、高校3年

の時、東播地区の代表的進学校である加古川東高校に資格試験を受けに行った。このおかげで、入学後毎月 7500 円が支給され、2 食付 6500 円の下宿代を払って余りが出た。家庭教師のバイトを加えて、仕送りなしで卒業できた。免除職について大学院も含めて返還免除になったのは 15 年位前のように思う。

## 2. 阪大にて

1961 年に阪大に入ると田舎者であった私は 60 年安保後の活発な学生運動に驚いた。数週間前の入学式で、「学生時代は芝生に寝そべてゆっくり人生を考えろ」とっていた学生部長の M 先生が学生の前で平謝りで、泣きながら約束違反をわびていた。評議会で臨時教員養成課程新設の決定をする時は学生に知らせる約束をしていたようである。廊下に座り込んで休憩にでてくる評議員の伏見康治先生を皆で激励したことを覚えている。このとき以来、先生より学生の方がえらいのではないかと思うようになった。

ちょうどこの年から大阪大学理学部は学科ごとに定員を定め、入試を行った。物理学科は 36 人入学した。定員 35 名であるから 1 名多いのであるが、それが私であったかもしれない。私は自分の入試の成績を知らない。

入学から、学部の 4 年間、箕面市の如意谷の福井正明さん宅に下宿した。最初は 3 人で以後下宿生が増えたが、すえおばさんを中心とした家庭的な下宿で大変お世話になった。結婚したてのころ、家内を連れて訪問したが、ご無沙汰している。こまめな正雄おじさんは亡くなったが 90 歳を過ぎたおばさんはまだ、店番をしておられるという。このおばさんほどの大物は会ったことが無い。長男である正明さん夫妻が元気で下宿を続けておられることと思う。

入学早々から、自治委員の立候補者が数名いて、クラスの学生運動に対する意識は高く、クラスの圧倒的多数の賛成で授業放棄（授業辞退）でデモに参加した。自治委員の在日韓国人の R 君がデモで逮捕された時はクラスそろって曾根崎警察に不当逮捕に抗議し、釈放を求めた。大学管理法、政治的暴力取締法、原水爆禁止の平和運動、三井三池の炭鉱、国鉄の労働争議など、田舎者の私にはよくわからなかったが、いつもデモには参加した。必要性から、憲法や教育基本法について勉強した。このころ関西の学生運動は盛んで関西統一行動で京都の祇園坂下でデモをした。夏休みには大阪市立大学で行われる哲学の講座に通い唯物論哲学を勉強した。「全国物理学生懇談会」（ZBK）というのがあり、夏、春の休みには、全国から物理学科の

学生が合宿して自主的に勉強していたようである。私は4回生の時、後輩にエンゲルスの「空想から科学へ」の解説をしたこともある。

学部に進学し、物理の勉強は相変わらず、まあまあであった。キッテルの固体物理入門を数人で輪講した。どうも実験には向かないことは3回生の学生実験、4回生の卒業実験で確認された。M君と組んだ真空の実験では、器具を壊し、水銀を撒き散らし、岡野先生に注意された。原子核の理論に進もうかとも思ったが希望者が多そうであったので、物性理論の永宮研を志望した。このころは先生の人柄や分野の展望は眼中になかった。何でも自分でやれば道が開けると思っていた。先生と相談したことも無い。合格後のある日、たまたまエレベーターで永宮先生に出会った。自分は基礎工学部に移るが金森さんが代わりに理学部を指導する。金森さんは力があるから、その方がよいだらうといわれた。その後、フランスから帰国された金森先生に会った。あまり歓迎されなかったように思う。

このころの大阪大学の物性理論は理学部と基礎工と一緒にセミナーを開いていたがすごい陣容であった。永宮健夫、金森順次郎、中村伝、恒藤敏彦、望月和子、立木昌、三輪浩の諸先生方が喧々諤々の議論を行われていた。ただ、後に見る物性研での本郷の先生を加えた、批判を重点にした「土曜輪講」と違い、おなじグループ内の議論なので前向きに問題を解決する方向で厳しいながら暖かく議論されていたのが印象に残った。

金森研では静岡大学から進学した同級生の片岡光男君をはじめ、先輩・後輩の皆さんと楽しい大学院生活を送った。

1969年に、博士2年を終わるころ、金森先生の推薦で物性研の理論第一部門芳田・吉森研の助手に採用された。実はその直前に募集された磁気第二部門の守谷研にも推薦していただいたが、不採用であった。この時、採用されたのが守谷・川畑で有名な川畑有郷さんである。そのおかげで私は芳田先生と研究するチャンスを与えられたわけである。当時、採用時の面接もなかったし、着任前、先輩の石井広湖さんが探してくださったアパートに立ち寄った時に、はじめて芳田先生に物性研でお会いした。それまで阪大に集中講義に来られたことがあったが、三輪浩先生にずいぶんずけずけとものを言う人がいるものだと思ったくらいで、話しをしたことがなかった。1969年当時、大学は紛争中であったから、学問の世界をまじめに自分の世界として考えたことがなかったのである。金森、芳田等の先生方が私を学問の世界に引き入れてくださったのである。採用後、本郷に健康診断で行った時、廃墟と

なった安田講堂や時計台を見た。

### 3. 東京にて

夢にも思わなかった職が降ってわき、あわてて結婚し、東京に移った。すぐ次の年、長女が生まれたが、研究は進展しなかった。阪大の研究が最先端の重要問題だと思っていたが、他にも面白い問題があり、視野が狭かったことを痛感した。物理が本職になってしまったので、やっと本気で勉強しなければと思うようになった。芳田先生は近藤効果でできたシングレットと非磁性のシングレットは繋がるはずだから、磁気モーメントの形成の過程である Anderson Model を調べよということ言われた。問題は面白いが取り組む方法が不明であった。3年間論文もなく、組合の委員長などをしていたので職員の方々とは親しくなった。組合の執行部役員をしていた技官のA氏と助手のG氏が自殺されたのはショックであった。亡くなった2人は明るく親切で、犠牲的精神があり、さらに行動力のある人であった。委員長をやっていたとき書記長をやっていた技官のDさんは同年齢であるが私よりずっと大人の苦勞人であった。後に、ある会社に社長で迎えられたが、未だに親交がある。

3年たったころ、学位もとらないといけないし、研究に専念したらどうかと芳田先生に言われてしまった。それまでは「山田君は難しい問題をやっているからしょうがない」とかばって下さっていたが、学位なしでは将来を心配されたのであろう。幸い Anderson 模型の摂動計算が上手く行き、高温での磁気モーメントの有無によらず、基底状態は磁気モーメントの消滅したフェルミ液体であることを示すことができた。こうして、遅ればせながら、学位を得ることができた。

このころの研究については物理学会誌の近藤効果の特集に書いたものでそれを参照していただきたい。[1]

物性研究所助手を6年間勤めた後、1975年4月静岡大学工業短期大学部一般教育の物理の助教授として採用された。情報学科の新設に必要なスタッフとして阪大金森研の後輩である浅田寿生さんが申請時に予定してくれていたものである。このころ、物性研の助手には「栄転のために任期がある」といわれていたが、「栄転」先がなく、張紀久夫さん、黒田義浩さん、栗原康成さん、桜井明夫さんはもう物性研には戻らないということで海外のポスドクとして退職された。夫々ご苦勞の末、帰国された。

#### 4. 浜松にて

1975年4月から移動した私の新しい職場は浜松市にあり、夜間3年間の短大であったので昼間は自由時間が多かった。金曜日と土曜日に授業を計3コマ持つがそれ以外は自由であった。土曜日は5時から9時ごろまで2コマの授業があったが、昼は暇で小野主事（学部長に相当）と毎週囲碁を打った。私よりかなり強いと思われるが、淡泊な人で勝負より楽しむ事が主であった。囲碁は阪大のころ、箕面に下宿していた時、偶然隣の部屋に物理で1年先輩の高橋陽介さんがおられ、丁寧に教えていただいたものであった。品のよい碁の高橋さんは学部を卒業後日本光学に入り、活躍された。物性研に就職した時、家内と横浜の高橋さんの自宅を訪ねたことがあった。後に、日本光学の研究所の所長になられ、京大生のスカウトに訪ねてこられたことがあった。小野主事は65歳の定年後は読書をして暮らすということであったが、残念なことに定年後早く亡くなってしまった。

私の隣の部屋は電子工学科の田中郁夫さんの実験室であった。田中さんは電磁波の研究をされていた。このころ電磁波の生体への影響など議論した。テニスなど親切に教えていただいたが、40代で大腸がんで亡くなってしまった。実験で電磁波を浴びた結果かもしれない。

#### 5. フランスにて

この短大には7年いたが最後の一年はフランスに出張した。文部省の派遣で核磁気共鳴のアルールさん（H. Alloul）が世話をしてくださった。

当時の主事の影山先生にはフランス女性と結婚した教え子がパリにいるということで紹介していただき、家庭を訪問させていただいた。ソフィーという5歳ぐらいのお嬢さんと7歳ぐらいの坊ちゃんがいた。夫妻は大学の5月革命のデモでカルチエラタンで知り合ったとのことであった。歌手の五輪真弓にフランス語の発音を奥さんが教えているが苦労しているとのことであった。

当時、発達した資本主義国ではフランスがもっとも社会主義に近く、フランス語も知らないのにパリを目当てに出張した。ミッテランが大統領に選ばれオルセの研究所でも、フリーデル（J. Friedel）が所長であったが、政治的立場で部門のリーダーが入れ替わったようである。後に政権が保守に戻ると、今まで忠実な左翼と思われた弟子が裏切った例も聞いた。7月14日の革命記念日のパレードでミッテランを見た。フランス共産党の思想的危うさも実感した。昔からフランス人は理論よりも行

動が先立つ国民と言われているがその通りのように思われた。国際性よりも愛国心が強い。ある日、共産党機関紙「ユマニテ」を壁に貼っているのを見ていると、貼っていたL氏がそっと、「ここで見ているとお前もコミュニストと思われるぞ」といった。彼は戦時中、ユダヤ人として迫害された時、彼の家族を共産党員が守ってくれたとのことで、オープンな共産党員であった。党員も多様で、アメリカに行けなくなるというので隠している人や、中国寄りの党員や色々のものであった。L氏は共産党が選挙で負けると皆に冷やかされていたが、ミッテラン政権で共産党が入閣すると「政権を取った」と自慢げであった。私が滞在していたイラン館（イラン革命でフランス政府の管理になり、各国の年配の留学生が滞在していた）の北ベトナムのコミュニストらしい人は批判的であった。L氏は少なくとも3回は結婚していて、養育費が大変な様子であった。南米、フランスに夫々異なる妻の子供がいて、夏休みになると国際的な家庭になるということであった。

フランスで強く感じたことは彼らがほんとうに人生を楽しんでいるということであった。

この時の外遊の目的の一つはノジエールに会うことであった。その前の年、谷口シンポジウムの際に、当時グルノーブルにいたハルデー (F.D.M. Haldane) がノジエール (P. Nozieres) の手紙を持ってきたのである。山田・芳田で書いた直交定理の一般化の論文が間違っているというのである。確かに不注意でグリーン関数の変数に含まれる周波数が異なるグリーン関数は交換しないのに交換させて証明している。ハルデーがニコニコ笑いながら、ムスケリシュピリの特異積分方程式の教科書にも多次元になると解けないと書いてあるという。ノジエールは Abraham とラマン散乱と関連して4ヶ月も考えたが解けなかったという。交換しない演算子の入った証明は並べ替えが面倒である。さすがに芳田先生は落ち着いたもので、「連立でも何でも方程式がある以上、解があるはずだ」といわれた。1981年3月にフランスに着いてから、ずっとこの問題に取り組んだ。部分分数に分けることで何とか見通しがついた夏にノジエールに会いたいという手紙を書いた。突然、かれから電話があり、飛行機の時刻を読み上げ始めた。列車で行くつもりだったので、日程を打ち合わせ、宿を依頼した。当日朝、グルノーブルの宿で、ノジエールを待ったが現れなかった。忘れていたようで電話で呼び出すとあわてて車で現れた。いきなり、まず駅に行き帰りの列車を決めようとした。私はこの後、アルルに遊びに行く予定だったのがばれてしまった。当時アブリコソフとノジエール夫人をめぐる確執は有名で、

ノジエールがどのような生活をしているのか知らなかった。私と二人で議論を始めるとじっと聞いていて、半分くらい説明したところで、突然、もうホローできないから、それ以上話しても無駄だ。終わりにしようといった。他にグルノーブルで会いたい人はいるかと名前をあげて聞くので、会いたい人は他にはいないと言って別れた。数日、アルルを見物し、確かにアルルには目鼻の整った堀の深い、美人の多いことを確認してパリに帰った。ゴッホの跳ね橋の場所を見ようと思ったが距離の聞き間違いでいくら行っても到達しなかった。

帰ってすぐノジエールから長い手紙が来た。裏表8ページの手書きのもので、別れた金曜日に書かれたものであった。私がアルルで遊んでいる間、彼は計算をしていたようである。その手紙には伝導電子のバンド幅を縮めていくスケーリングを行うと我々が出した一般的な直交定理の結果が導出できることが示されていた。そして、「自分の計算はお前の結果をサポートするものであるが証明ではない。証明はお前の仕事である。」と書いてあった。

パリで訪問前、ノジエールに会いに行くというと「彼は議論できない人だから気を付けろ」といわれた。その理由がよくわかった。ノジエールは自分の頭でいつも自分流に考え、納得し、確認できないことは態度を保留するのである。自分でほとんど答えを導きながら、手柄を横取りしたりはしない。アプリコソフ・ミグダルの近藤効果の繰り込み群の仕事はノジエールのアイデアであったといわれている。

オルセの私の部屋には国際電話がなく、となりのブランダン (A. Blandin) が電話を取り次いでくれた。ノジエールはブランダンが元気かどうか尋ねた。彼らはその少し前、近藤効果に関するスケーリングの論文を書いている。私が日本に帰国後しばらくして、ブランダンが自殺したことを聞いた。薬を飲んでいるのは見たがひどいようには見えなかった。

フランスから応募した基礎物理学研究所の物性理論の助教授に幸い採用された。このころ、やはり、地方でなく研究の中心に移りたいという気持ちがあったのであろう。浜松で何不自由なく、家族で楽しんでいたのであるから、積極的に変わる理由は見出せない。

1981年の年末に帰国し、1982年4月より、京都に移った。帰国後、すぐに京都に行かなかったのは工業短大の影山主事から「留学中の経験をこちらの人に話してから移れ」といわれたからである。

## 6. 基礎物理学研究所にて

基礎物理研では長岡洋介さんが教授でおられた。後に名古屋大学に転出され、高山一さんが着任された。私は直交定理の延長で何とかこの定理を物理に応用したいと思い、対象を探した。ちょうど、ミュオンの金属中の拡散の実験が東大の中間子研究施設で博士課程の学生であった門野良典さんを中心に開始され、データが出始めていた。銅中では20 Kくらいで拡散が遅くなった正ミュオンがさらに低温では速く拡散する量子拡散が観測された。その拡散係数の温度依存性に少数のべきが観測され、その説明が問われていた。結論は次のようである。移動する正ミュオンが金属の伝導電子雲を伴って運動する。その電子雲の2サイト間の重なり積分が少数の温度のべきを与え、重要な役割を果たすことがわかった。それ以前に、イオンの運動に対する伝導電子の影響を研究されていた近藤さんがおなじ時期に同様の理論を提案され、競争になってしまった。

筑波で「フェルミ面効果」の国際シンポジウムがあり、久保亮五先生が「Fermi sea」は「dangerous」であるという話をされた。

この時期、一般的な直交定理の証明を完成した。その後、金属中の量子拡散の理論を桜井明夫さんと宮島佐助さんの協力を得て完成させることができた。後者では特異積分方程式の方法を用いてきれいに正しい結果が得られた。この論文が私の最も好きな論文であるが、大学院重点化に際して調べた時、引用は1つしかなかった。それ以前の不完全な論文は100くらいあるのにである。決定版は後にすることが無いから、後続の論文もなく、誰も引用しないようである。[3]

この基礎物理学研究所に居た期間には糟谷研出身の半澤克郎さんが阪大に湯川奨学生としてこられ、一緒に重い電子系の起源として、スケーリング則を用いて結晶場効果、軌道縮退の重要性を指摘する論文を書いた。同じく岡田耕三さんと周期的Anderson Modelを用いて、電子相関が電子を重くする機構を明らかにした。

## 7. 京都大学物理教室にて

1987年の11月より基礎物理学研究所から、京都大学物理学第一教室に移った。1982年の4月に基研に来たから5年半居たことになる。同じ助教授で、物性理論（後に凝縮系の理論）に所属した。当時、恒藤敏彦教授、長谷川洋助教授、福留秀雄教授、大見哲巨さん、町田一成さん、尾崎正明さんがおられた。

## 7.1 強相関電子系の輸送現象

この当時、1986年にベドノルツ・ミュラーによって高温超伝導が発見され大事件になった。この問題も簡単に解決するようには見えなかったが、長引いてしまった。根本的な原因はフェルミ液体に対する理解が不十分で、それを否定して超伝導を論じたところにある。その原因はホール係数の温度変化など強い電子相関のある系の輸送係数などのフェルミ液体に関する理論が不十分であったことにある。例えば従来のホール係数の理論ではそれは温度変化せず、キャリアー数の逆数として説明される。しかし、相関の強い電子系ではバーテックスの補正項があり、温度変化もする。したがって、従来のホール係数の理論が拡張されるがフェルミ液体が否定されるわけではない。これまでランダウのフェルミ液体論はヘリウム3を主に対象とし、格子がなくガリレイ不変な系であった。実際の電子系では格子によるウムクラップ散乱があり、ガリレイ不変でない。ウムクラップ散乱は運動量を格子系に移動させ、運動量保存を破る上で本質的である。

これは基礎物理学研究所にいた時、重い電子系の電気抵抗を計算した時に直面した問題と関係がある。門脇-Woods 則という経験則がある。電気抵抗の  $T$  の 2 乗の係数  $A$  が電子比熱係数  $\gamma$  の 2 乗に比例するという法則である。電子-電子の散乱は  $T$  の 2 乗の準粒子の減衰確率をもたらす。単純な準粒子の寿命を考えた理論では自由電子でウムクラップ散乱がなくても電気抵抗を生じてしまう。しかし、電子間の散乱はウムクラップ散乱を考慮しない時、運動量を保存するから電気抵抗は生じないはずである。つまり、単純な平均自由時間の近似では運動量の保存を破っているのである。運動量の保存則は Ward Identity を満たすようにバーテックス補正を考慮してはじめて回復される。こうして、自由電子で抵抗の無い式を導出した後、ウムクラップ散乱で抵抗を生じさせるのが正しい。

これをめぐっては重い電子系の研究者の間で論争があった。糟谷先生は久保公式が疑わしいという説であった。一方、Ziman の有名な *Electrons and Phonons* の教科書では Barbar 散乱が提案されていた。これは重さの異なる電子が衝突すると電流が減るというもので、極端なときの例として、質量の等しい電子とホールが衝突すると電流が減るという説明がなされている。しかし、これは誤りである。電場をかける前には熱平衡であるから、質量の異なる粒子の散乱は十分取り入れた後で線形応答を考えるのであるから、関係がない。結局、バーテックス補正が必要で、いったんゼロの抵抗にしてウムクラップ散乱で抵抗を出すのが正しい。この結論に到達

し、証明するのに1年かかった。問題は抵抗をゼロにするバーテックス補正のダイアグラムで、自己エネルギーのグラフから導出する方法であった。

このバーテックス補正を考慮して、高温超伝導のホール係数を対象にして、河野浩さんとホール係数の一般理論を完成した。後に、紺谷、神吉、上田によって高温超伝導体のホール係数が説明された。特に反強磁性揺らぎが強い時はホール係数が温度変化することが理解できる。この証明は紺谷・神吉の二人が独立に行ったものではほぼ同時に私は話を聞いた。このような強相関電子系の輸送係数や応答関数は久保公式から、正しくバーテックス補正を取り入れることによって導出できる。しかし、世界の理論家には理解されないようである。紺谷君がホール係数の理論を Eliashberg に話しても反応が鈍く、Vollhardt に至っては無限次元での輸送係数の計算を提案してきたということである。この無限次元のモデルではバーテックス補正が消えてしまうので電流を保存させることができないから、輸送現象には不適當である。パインズ (D.P. Pines) さんにも直接説明して、「重要だ。一連の論文を送ってくれ」ということで送ったが、高齢でもあり、理解していただいたか心配である。ズラチック (V. Zlatic) さんには Cambridge から出版する本 [10] に輸送係数導出の Appendix を付けるよう忠告され、付録で Eliashberg の理論を紹介した。

## 7.2 超伝導理論

高温超伝導のギャップの対称性に関しては、初期の頃、藤本聡君が超伝導ギャップの温度変化を仮定して、スピン格子緩和時間とナイトシフトの実験を説明するのに s 波と d 波のいずれが適切かを計算した。s 波では説明できないことが示された。

高温超伝導の機構に関してはいろいろ提案があったが、我々は Hubbard Hamiltonian や d-p Hamiltonian を用いてそのクーロン相互作用  $U$  に関して摂動展開して、 $T_c$  を計算した。3次摂動の方法で堀田貴嗣君が始め、Fluctuation Exchange 近似 (FLEX) で小池上繁君、両方で重城貴信君が計算した。特に重城君は有機導体  $\kappa$  BEDT-TTF に応用し、有機導体の d 波を導出した。これは木野・紺谷、守谷グループなど一連の理論と同様に、銅酸化物高温超伝導が特別異常な系では無いということを理解させるものであった。野村拓司君は  $Sr_2RuO_4$  の超伝導を  $\gamma$  面のみを考慮したモデルと、3バンドを考慮した多バンドモデルで相互作用の3次まで展開して p 波が実現されることを示した。

重い電子系の超伝導に関しては池田浩章、西川祐規氏によって研究され、 $CeCu_2Si_2$  や  $CeCoIn_5$  に対して妥当な結果が得られた。一般的な2次元、3次元系における相

図が深澤洋乃さんによって求められ、2次元層状構造の  $\text{CeCoIn}_5$  に比べて3次元系の  $\text{CeIn}_3$  の転移温度  $T_c$  が一桁低いことが示された。

野村君はさらに、4次まで相互作用の摂動展開を発展させ、d波とp波について摂動計算で妥当な結果が得られることを示した。この結果は高温超伝導を含めて相関の強い電子系の超伝導が弱結合から極めて自然に理解できることを示している。

銅酸化物高温超伝導体の低ドーピング側で見られる擬ギャップについては柳瀬陽一、重城貴信、紺谷浩氏、李貞姫さん、一宮尚志氏などが2次元超伝導揺らぎに基づく説明を発展させた。特に、銅酸化物はハーフ・フィールドに近く、高密度電子系であり、Nozieres-Schmitt-Rink の理論は適用できず、フェルミ液体の準粒子とクーパ対の状態が共鳴し、準粒子の寿命が著しく短くなることが示された。このことがフェルミ面近くの準粒子の状態密度を下げ、擬ギャップを形成するわけである。以上の強相関電子系の超伝導に関する理論は柳瀬君を中心として総説を書いた。[2] これは割合広く読まれているようである。

一方、田中和典君、池田浩章氏によって  $\text{PuCoGa}_5$  の超伝導が  $d_{x^2-y^2}$  であるd波であることが周期的 Anderson 模型を用いて示された。さらに彼らは、 $\text{CeMIn}_5$  ( $M=\text{Co}, \text{Ir}, \text{Rh}$ ) 系を3次元周期的 Anderson 模型を用いて  $d_{x^2-y^2}$  の対称性の超伝導であることを示し、超伝導を説明するには一様な有効質量の繰り込み因子と異方的相互作用が重要であることを示した。池田浩章氏は  $\text{CeCoIn}_5$  の大きな比熱の跳びを FLEX を用いて説明した。

銅酸化物の転移温度は LSCO 系 ( $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ) と YBCO 系 ( $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ) で転移温度  $T_c$  が異なるがその理由は d ホール数に由来する有効質量の繰り込み因子にあることが佐々木創太郎、新開章吾、伏見康雄によって明らかにされた。新開君は有効質量を  $U$  の4次まで計算し、実験値の大きさを説明できることを示した。宮澤守雄君は粘り強く重い電子系の理論、磁化率の計算に取り組んだ。新開君は  $\text{UPt}_3$  のスピン3重項超伝導の微視的な機構を研究し、オンサイトの斥力の重要性を指摘した。

結果的に見ると、当時我々は、強相関電子系の理論としては助手や学生諸君の活躍によって、世界中でも最大、最強のグループでなかったかと思う。京大理学部多くの学生諸君の協力の結果である。幸い、重要な研究テーマに恵まれ、それらを次々と若い人たちが解決していくのを楽しむことができた。ちょうど高温超伝導とともに物理教室に迎えていただいたことは私にとっては大変幸運なことであった。

自分の指導する学生を持つことなどそれまで考えたこともない私であったが、このような機会を与えていただいた恒藤先生はじめ物理教室の皆さんに感謝したい。この結果を見ても、学生は個性は夫々異なっているが、個人としてよりも集団として育つものであると思う。

以上、私の人生を振り返ると、折々に様々な人から受けた好意によって無事定年を迎えようとしていることがよくわかる。現在の北風の吹く競争社会では、私のような者が研究者になることは極めて難しいことであろう。あらためて皆さんに感謝する次第である。

## 8. 唯物論と弁証法

こうして色々書いて見ると思い出すことが多くあり、とどまるところがないくらいである。嫌な思い出もあったはずであるが、瑣末なことに思える。

嫌な思い出を一つあげると急逝された平井章先生の葬儀で、ある退官教授の言葉として「教授昇格が決まっていたのに残念でした」という言葉であった。それらの教授の反対で平井先生の昇格が遅れたことを知っていたので私は返事の仕様がなかった。大学は身分職階性を廃止して教員という身分に統一し、平等で、対等な構成員による民主主義を確立すべきであると思う。

結局、最終講義とは何を伝え、残そうとするのだろうか。人それぞれであるとすると私は何を残したいのか。

定年が近づきつつあることを自覚した時、後に何が残るかと考えたことがある。私の研究室にいた人で大学の助教授や助手になっている人がいるので、物性理論はある程度引き継いでいく人がいるように思う。最近の大学や社会の現状を見る時、私は研究者である前に、人格のある普通の人間になって欲しいと思うのである。いくら優秀であっても、いや優秀であればあるほど、他人とともに成長するような人であって欲しい。このような人がほんとうの将来の指導者としてふさわしい人になると思う。自分の出世のためだけに研究を利用したり、またはそれが主たる目的である研究者は要らない。そのような研究者はよほど人格の歪んだ人でなければ自滅してしまうだろう。しかし、歪んだ人では研究の価値判断が狂ってくるのである。現在は混乱した、いわば腐敗した時代であり、現在が永久に続くと思ってはならない。再び発展する将来に向けて、腐敗の中から、新鮮で生き生きとした発展の芽を見抜く力が必要である。

哲学を勉強していただきたいと思う。哲学的な判断は基本的で原則的な判断をするうえで、私の重要な指針となったと思う。哲学は詳細が解明されずともその原則的な答えを規定するものである。しいて言えば、哲学好きが学者の多様性における私の個性かも知れない。私は哲学的な考察なしにはやって来れなかった。しかし、大学時代以後、系統的に勉強していないので、学生達に継承できなかった。したがって、哲学的な問題を組織的に議論する機会もなく、個人的に、論理的にはではなく無意識に、直感的に選択してきた。「外れれば玉砕すればよい」といつてきたが、ほんとうは原則的な誤りは絶対に避けなければならない。その基準が哲学的判断である。エンゲルスの「反デューリング論」やレーニンの著作は100年以上も前のものであるが、依然として正しい普遍的な哲学、物質観がある。物質とその運動は不可分の関係にあり、相互作用しない物質は無い。たとえ、1個の電子といえども不断の運動と相互作用の中にあるから、理解しつくされることはない。科学の進歩によってどこまでも理解が進み深まるが、究極理論はありえない。宇宙は無限であり、境界は無い。宇宙は絶えず、生成・消滅を繰り返しており、「熱的な死」はありえない。このようなことは科学的な具体的な証明がなくても哲学的な推論で明らかになるのである。100年も前にエンゲルスは兵器の進歩は戦争ができない段階にまで発達することを予測している。このような哲学は最近の科学の進歩を踏まえて新たに発展させられる必要があると思われる。「物質の概念は、感覚において我々に与えられる客観的実在」であり、「世界は、我々の意識によって反映されているこの客観的実在の運動である」。<sup>[8]</sup> 通常 of 物理学者の物質の概念は狭く、「粒子」として理解され、光や真空を含めないことがあるが、哲学的には誤りである。物質は精神以外のすべてを含む哲学的概念である。そのことはエネルギーや運動量の保存を保証し、物理的にも正しいのである。自然は人間が考え工夫したものよりももっと、不思議であるが結果として至極自然にできているのである。「なるべくしてなる」のである。芳田先生は何よりも自然を真理の判定基準にする唯物論者であると思う。「真理は常に具体的である。抽象的な真理は無い」これは具体的な自然が問題を提出し、真理の判定基準であるからである。

「政治では力不足のために、どうしても避けられない妥協を拒否するのは馬鹿げたことである。しかし、思想上の妥協は許されない」。レーニンが「なにをなすべきか」のなかで強調していることは理論の重要性である。<sup>[9]</sup> 私は人生において迷いが生じたとき、この本を幾度も読み返して力づけられた。理論的な誤り、とりわけ

原則的な誤りをしてはならない。理論において「意識性」が失われる時、弱まる時、必ず実証主義、マッハ主義、経験主義に陥る。なぜなら、これらの思想が現実の社会で最も広く普及し、支配的であるからである。それ故、意識的に唯物論を発展させる努力が必要なのである。

その例を挙げてみよう。高温超伝導等で主張された「異常金属」という概念は異常と見える現象に基づいてそう呼んだだけでなんら原因を解明したわけではない。フェルミ液体論に基づいて異常と見える現象を説明してこそ理論である。スピン・電荷分離も近似理論の結果や NMR 等で見られるスピギャップをその原因を解明しないでその系の本質的な現象、実体にしてしまったものである。スピギャップの本質は 2 次元性が強い強結合の超伝導体で見られる超伝導揺らぎである。特にスピギャップが高温超伝導の起源であるという主張は間違っていることは次の議論から明らかである。相図を見た時、ドーパ量を多くしたり、電子ドーパにするとスピギャップが観測されないが超伝導は起こるということである。これはスピギャップが超伝導の必要条件でないことを示しており、なくても超伝導が起こるのであるから、非本質的な現象であることを示している。

他の例としては強相関電子系で見られる超伝導に対する理論である。超伝導機構を考える時、たまたま、観測されたボソン励起にその起源を帰す理論の最近の世界的傾向である。本質よりも観測を重視する実証主義、経験主義である。しかし、フォノンやマグノンのようなボソン励起が存在するのは当然である。それが超伝導に導く本質的な力になるかどうかはその物質に働く基本的な相互作用を考察しなければならない。個々の観測事実のみに振り回されるのではなく相関の強い電子系に働く統一的で本質的な相互作用を基礎にすべきである。私はそれは強相関電子系の起源であるクーロン相互作用そのものであると考える。

思想上は妥協は無い。妥協は解決するのではなく対立をあいまいにし、思想を混乱させるものである。物理において、次の性質は厳密に守らなければならない。磁性や超伝導、金属・非金属の相転移は不連続であり、フェルミ液体では相互作用の強さによらず、連続である。この点があいまいにされた点が高温超伝導の混乱の重要な原因である。たとえば、モット絶縁体と超伝導の間には金属・絶縁体転移があり、モット絶縁体から超伝導を導出することができないことは明らかである。

哲学的にはフェルミ液体を否定するスピン-電荷分離の誤りは明らかである。それは 1 次元の特殊性に過ぎない。本来、電子であり、自由度としてスピンと電荷を持

つがその両者の分離が真理であるとするのは根拠のない近似理論を現実としたもので、観念論的な幻想である。光電子分光の実験では電子自体が現実ギャップを持つことが示され、スピンギャップが一面的であったことがわかった。マージナルフェルミ液体もQCP（量子臨界点）も現象に名前を付けたのみで本質的な物理に発展するはずが無い。それらは相図の上では点や線であり、面とはならない。小市民的な趣味の対象であっても、このような瑣末な違いに精力を注ぐべきではない。自然は物質でできており、物質は統一的な法則に従って磁性や超伝導を示す。唯物論に基づき確固とした物質性を示す。それに基づく法則を解明すべきである。夏目漱石が晩年死をのり越えた後に、「則天去私」をモットーにしたとのことである。夏目漱石は立身出世を追及した後に、エゴイズムと言うものを真剣に考えてきた人である。定年を迎える歳になってやっとわかってきたような気がする。「明暗」のお延と清子の違いは明らかであり、清子のような無心の自然な心境になりたいものである。科学者は「天」を「自然」と理解し、自然の言うままに従うことが唯物論哲学に繋がるのではないかと思う。真髄は自然と言うものに対する信頼であり、人類に対する信頼である。しかし、それは観測される事象に対する検討もなく、追随することではない。

特にエンゲルスが述べているように、歴史上、世界観では2つの立場が常に対立してきた。[4] 唯物論と観念論である。物質が世界において第一義的か、精神が第一義的かの対立である。唯物論の立場に立つと物質の運動として精神を説明しなければならない。もし、観念論の立場に立てば精神の結果として物質を説明しなければならない。この対立を曖昧にしてはならない。昔は脳に関する科学が極めて不十分であったから、精神活動の起源が不明であり、魂の由来をどうしても説明できなかった。私は現在は唯物論に基づき、物質の運動としてすべてを説明する立場に立たなければならないと思う。

現在は唯物論や弁証法を勉強したことがなかったり、それらに不信感を持っている人が学問の中心を占めているので、哲学が絡む原理的な問題になると混乱してしまうのである。混乱は世界的である。ノンフェルミ液体とか、量子臨界点(QCP)はフェルミ液体という本流に対する泡のようなものである。このような思想の貧困化は世界的に唯物論哲学が無視された1つの結果であると思う。私はランダウの後継者やBohm, Pines, Nozieresの流れに期待したが、年齢的なものもあって、期待はずれであった。さすがにPinesはBottom upと云って実験事実を積み重ね、反強磁

性揺らぎの強いフェルミ液体の立場を主導した。守谷先生もスピンの揺らぎの立場で正しい理論を展開された。

正しい物質観、世界観が必要である。[5] 我々は森信成先生に習ったが、現在中心になって哲学を継承したはずの人たちが唯物論と観念論の区別をあいまいにしているのはどういうわけだろう。

唯物論に基づくと生命現象や意識・心理まで含めて精神活動は物質の運動形態の一つであり、物質の運動として統一的に理解し、説明されるべきものである。高度の運動形態であるため、現在ではその解明はいまだ不十分ではあるが、急速に発展しつつある分野である。[6] 経済学が混乱しているように正しく解析するためにはどうすればよいのだろうか。[7]

人間社会も含めた有機物の発展法則を理解する方法が弁証法に基づく分析なのである。「弁証法というのは、一言にしていうと、有機体の把握の論理です。わかり易くいえば、生成し、発展し、死滅する有機的な生命体の運動そのものを、我々の思惟において再構成する論理学が、弁証法の論理です」。[5]

弁証法はレーニンの哲学ノートにあるように「否定の否定」など具体的な個々の法則を挙げることができる。温度や圧力の変化によって生じる相転移は「量の質への転化」として弁証法の例とされる。近藤効果では磁性的で磁気モーメントが発生する時としない場合があり、対立するように見えるが、フェルミ液体として統一されるのである（対立物の統一）。単に否定されるだけでなくより高い法則として統一されるのである。それは自然そのものが弁証法的にできているからである。弁証法は自然を正しく統一的に理解するための指針であり、分析と総合が共に大切である。元々1つの本質である有機物が対立と統一を経て発展していくからに他ならない。

## 9. 終わりに —科学の将来—

生命を含めた自然の統一的理解、人間の心理、精神活動、社会、進化を唯物論に基づいて高度の物質の運動として説明すること。これが21世紀の科学の使命であろう。昔、フランスの唯物論者は機械的に唯物論を適用しようとしたために人間の持つ自由の起源を説明できなかった。人間の精神の自由の背景に肉体と環境としての物質があり、その物質の運動として人間の精神の自由も説明されるのであろう。人間は自由に行動できるが成功するかどうかは、物質的、社会的必然性によって拘束されている。人間は必然性を自覚することによって、自由となる。人間の精神活動、

社会の変遷を広い意味の物質の運動として説明すること、これが重要課題である。ともに物質の運動である人間と環境は互いに相互作用しながら同時に変わっていくのである。この運動形態の理解は不十分であり、今後の広い領域を統合した学問研究によって発展するものであろう。

特に現在、いわゆる環境ホルモンが脳まで含めて人間の現在と未来に影響を与えようとしている。[11] 電磁波の生体への影響 [12]、免疫反応の機構と過敏症の関連など現在科学が解決すべき課題が精神と物質の境界で起こっている。これの正しい解決は唯物論を貫徹して精神活動そのものを高度の物質の運動として説明する以外に解決は無い。唯物論と弁証法を導きの糸として、具体的な科学を発展させることが緊急の課題となっている。これは同時に人間自身の柔軟で豊かな洞察力、独創性に満ちた精神の進歩を伴うことなしには解決できないであろう。このような科学の進歩は一方で人間の精神を成長させ、人類性を回復、発展させるであろう。

最後にマルクスの言葉を引用しておこう。小市民（プチブル）を現在の大学教授と対応させるとよく当てはまっていると思われないだろうか。私の還暦の時、同窓会で皆さんに披露したものである。

### 小市民 [13]

小市民というものは、歴史家ラウマーがそうであるように「一方では」と「他方では」とで成り立っています。その経済上の利害でそうであり、したがってその政治のうえでもそうであり、その宗教上、学問上、芸術上の見解でもそうであります。道徳の上でもそうだし、何事によらずそうなのであります。小市民は、矛盾の化身であります。もしそのうえにプルドンのような奇知に富んだ人間の場合には、やがて自分自身の矛盾をもて遊ぶことを覚えて、その矛盾を材料として、その時々々の事情に応じて、あるいは奇抜な、あるいはぎょうぎょうしい、ときには醜悪な、ときには慄然とした逆説を仕上げることでしょう。学問の上での知ったかぶりと政治のうえでの順応主義とは、こういう立場と分かちがたく結びついているのです。何をするにも、個人を駆り立てるのはただ虚栄心だけであって、他には動機はひとつも残っていません。そして、すべての虚栄満々の人がそうであるように、その場限りの成功と、その時限りの人気だけが、関心のまよになっっているのです。このようにして素朴な道徳的節操というものは、当然姿を没してしまっています。そのよう

な節操があればこそ、たとえばルソーのような人間は、現存権力と見かけの上で妥協することさえ潔しとしなかったのです。(1865年1月24日 シュヴァイツアー宛)

## 参考文献

- [1] 山田耕作: 金属中の磁気モーメント、日本物理学会誌 60 巻 (2005 年) 88-95
- [2] Y. Yanase, T. Jujo, T. Nomura, H. Ikeda, T. Hotta and K. Yamada: Physics Reports **387** (2003), 1-149.
- [3] 山田耕作: 「金属中の荷電粒子の運動」(大槻義彦編、物理学最前線 20)
- [4] エンゲルス: 「フォイエルバッハ論」(大月書店、国民文庫)
- [5] 森 信成: 「唯物論哲学入門」(1972 年、新泉社)
- [6] 村瀬雅俊: 「歴史としての生命」(京大出版会)
- [7] 神野直彦 (編著): 「経済危機と学問の危機」(岩波書店)
- [8] レーニン (著)、寺沢恒信 (訳): 「唯物論と経験批判論 2」(大月書店、国民文庫)、126 ページ
- [9] レーニン (著)、村田陽一 (訳): 「何をなすべきか」(大月書店、国民文庫)
- [10] K. Yamada: Electron Correlation in Metals, Cambridge Univ. Press (2004)
- [11] 綿貫礼子、吉田由布子: 「未来世代への戦争が始まっている」(岩波書店)
- [12] 第 1 回研究会「電磁波と生体への影響」 物性研究 2004 年 4 月号, 45-192.  
第 2 回研究会「電磁波と生体への影響」 物性研究 2005 年 5 月号, 223-362.
- [13] カール マルクス: 「小市民」(1865 年 1 月 24 日、シュヴァイツアー宛)