鉱物学の今後の課題*

山 中 高 光**

Problems of Mineralogy in the Future*

Takamitsu YAMANAKA**

Abstract

Recently interests in mineralogical studies have been expanded and extended to the manifold fields, besides the descriptive mineralogy and crystallography. Materials for the research objects are now not only mineral but also molten salts and glasses, even gas phases, and further the matters of concern therein are enlarged to the extraterrestrial substances, such as moon rock or meteorites.

In these days applied mineralogy has been also developed due to the social requirement and mineralogical studies make a great contribution to many other sciences ; material science, crystal growth, solid state physics, etc.

Several personal wishes and proposals to the further subjects on mineralogy are submitted.

緒 言

諸科学の進歩は模索することから始まり、従って期待と不安はその学問の進歩発展に常に存在し、それらが原動力になって進んできたと言えましょう。日本鉱物学会創立30周年を迎え“鉱物学の将来への期待と不安”を考えることは意義深いことと思われます。

鉱物学は元来の記載、博物学的な研究ばかりではなく、物理化学を導入し研究分野も拡大し、多様化してきました。また研究対象も鉱物ばかりでなく融体、ガラス、さらに気相にまで広がり、また月や隕石など地球外物質など空間的にも広がってきました。

近年社会の要請によって応用面も発展し、材料科学、窯業化学、結晶成長論、固体物性論など関連科学に対しても大きな貢献をしてきたと思われます。

鉱物学の将来の展望について論ずるにあたり個人的な意見と見解をのべてみたいと思います。まず簡単に日本に於ける鉱物学の歴史的な変遷について振り返ってみます。原田先生が書かれました“わが国の鉱物学の歩み”に具体的に述べられていますが、第一期は欧米からの輸入と紹介として要約されるでしょう。第二期にはそれらの追従から改良が進められさらに応用面が発展したと考えられます。その後日本の経済発展に裏づけされ実験装置も充実し実験鉱物学が発展し現在に至ってい

* 1982年6月1日 日本鉱物学会30周年記念シンポジウムにおいて講演

** 東京大学理学部鉱物学教室

Mineralogical Institute, Faculty of Science, University of Tokyo, Hongo, Tokyo 113

と思われます。今後鉱物学を一層発展させるために、鉱物学の学問上の位置づけを把握する必要があります。鉱物学は地学に属し地球科学上の諸現象を解明するために地核の最小単位である鉱物を主に研究対象にしてきました。時間的また空間的に遍歴が残された鉱物を色々な観点から解析する学問として、他の学問と異った独自性を保っていると思われます。鉱物学は“物質”の学問としての一面も兼ねそなえ他の地学と異質になっています。すなわち地球科学と物質科学の二面性があり、その境界領域に位置するとも言えると思われます。将来とも鉱物学が存続していくためにはこれらの特徴や独自性を失わぬことが必要です。物理化学的な観点や法則だけでは解釈できぬ要素が地質現象には存在し、それを究明するのが鉱物学の役割の一つだと思われます。鉱物の生成の法則と鉱物の持つ特性の研究が過去未来ともに鉱物学では続けられねばならぬと思われます。鉱物学の発展のために我々に課せられた課題は上記の立場を認識し独創的な研究問題を捜し出すことでしょう。興味ある問題が学問の発展を促し、また後進の研究者を魅了することになり、鉱物学会の発展にもつながります。

(I) 鉱物学の将来の研究問題

a) データの系統的解析

鉱物種、結晶構造、相平衡図、光学や熱力学的なデータ等既に膨大なデータが報告されてきました。

鉱物学の一面には博物学的要素が大きく、記載を増していくことも今後とも重要な課題でしょうが一方既存の種々の資料を色々な観点から集大成することから新しい概念や法則も導びかれることが有ると思われます。しかし既存の方法手段を用いた安易にデータの作成にのみ慢心し銅鉄主義に安住することは許されぬことでしょう。

b) 技術や装置の先鋭化

前述したように研究が多様化して色々な機器が開発されてきました。諸々の測定機器にとって、計算機の導入によって能率化をはかりまた諸検出器の進歩によって測定精度も向上し、空間分解能や時間分解能が上がり、より精密な解析や分析が可能になってきました。その結果今後も鉱物の微視的な研究が発展することも期待され、また試料の囲りの環境条件の変動（温度、圧力、分圧、電場、磁場…）に即応した動的研究も一層盛んになると思われます。今後さらに装置の改善や開発による先鋭化によって現在の研究の次元を越えた分野も見出されます。例えばX線回折実験では、高エネルギー物理学研究所に新設されたシンクロトン放射による強力X線源の利用が色々考えられており新しい測定装置が種々考案されてきました。それらの共同利用が近々可能になります。超精密、超高压、超高温、超強力…等の ultra science も夢ある研究でしょう。新しい分野や高次元の研究がなされて始めて意味があるのだと思います。

しかし、上記の巨大科学を利用することばかりでなく、手近な実験系でバラック装置を作り独創的な実験もまだ沢山あると思われます。最近の機器は便利になると同時に複雑になり Black box 化した為、改造や工夫が難しいですが、手作業で作成した基本原理だけを満足させた実験装置は研究テーマの独創性が生かされるため新しい観点の実験ができます。

c) 鉱物の特性の演繹的説明

鉱物種を規定する要素は鉱物によって一義的に定まる特性であり、これらの要素を用いて鉱物鑑定がなされるわけですが逆に鉱物が何故それらの特性を示すか十分に解明されていないと思われます。一例を上げれば、鉱物結晶が持つ屈折率は鉱物を形成する原子種と三次空間中の配置、即ち結晶構造が与えられれば演繹的に決定されることだと思われます。結晶光学的なデータを基に帰納的に屈折率を論ずることも可能ですが、現在の諸科学の知識から充分研究できる課題だと思われます、この研究をする上に必要な理論（例えば、固体電子論、波動論、…）を理解せねばなりませんのできぬことではないと思われます。このような課題は他に鉱物の硬度、色、光学的異方性等幾つもあります。過去に“できぬこと”として放置されていたテーマで現在“できること”になったことを見出すことも一つです。

上記した例は“できること”になると思われ、その成果は単に、鉱物学だけでなく他分野に貢献することにもなります。

鉱物の物性はまだ充分研究されていないと思われます、固体物理、物性物理等で諸物性の測定や理論が過去 20 年の間に進歩してきましたが、それらの測定手段を用い、鉱物の諸物性を記載すること自身、鉱物学にとっては重要な研究テーマです。電気伝導度、半導性、誘電率、磁性、等他に幾つもあり、それらを鉱物種の記載事項に加え、今後集大成することによって、ある種の鉱物にまだ見いだされぬ特性の予言もできましょう、この点鉱物学者は“物質”を多く知っている利点を充分発揮することができると思われ、今後の材料開発の指針を与えることにもなります。過去に於いては鉱物学を学んだ先輩諸氏によって電子部品材料部門で“結晶をデザイン”することに多大な貢献がなされてきたことが良い例です。

d) 組成と組織の研究問題

鉱物の微視的な組織の観察は今後も発展する研究課題です。空間分解能や解像力が増した高分解能電顕、分析電顕や検出器を用いて、解析困難なため残されてきた微小領域の組織と組成変動を同時に精密に研究することが可能になってきました。離溶組織、双晶、転位、格子欠陥などと組成との関係や局在状態の研究から新しい現象の発見も期待できます。結晶表面組織や構造に関して表面原子の配列状態や機能のような微視的な次元からマクロな形態まで表面物理の研究は益々興味ある問題になります。凝固や析出硬化の過程の状態観察は結晶成長理論にも役立ちます。微視的な組成変動の測定は原子の拡散の機構に結晶構造を考慮した論が発展されましょう。結晶中ばかりでなくガラス中や融体中での挙動も未開拓なテーマが多く残っています。これらの動的な組成と組織の観察や測定からカイネティクスに空間座標を考慮した研究も意義深いテーマと思われます、このような地球科学ばかりでなく材料科学上も興味あるテーマです。

e) 材料物質と応用鉱物学の発展

鉱物の持つ特徴や特性を生かし古くから多面にわたって材料物質として鉱物が用いられてきました。また現在、資源、宇宙、海洋、電子情報、エネルギー、ライフサイエンスの開発の機能材料として用いられるようになってきた。その対象は酸化物、珪酸塩、炭化物、珪化物、ホウ化物など種類も多く、粉末、焼結体、単結晶、非晶質体、薄膜およびそれらの複合材料の形態で多岐に亘るた

め、研究手法、研究分野も多面的である。試料作成やキャラクタライゼーションにも鉱物の色々な手段、方法が生かされており今後も新しい開発や改良が応用鉱物学の発展にも役立つであろう。具体的各論に関して本誌にも紹介される他項目を参照下さい。

以上に将来の鉱物学の発展のために幾つかの私個人の興味ある研究課題を記しました、今後の研究課題を考えるにあたり、“分っていること”と“分っていないこと”を正しく判断せねばなりません。その為には日頃、学習することが要求されるでしょう。次に“できること”と“できないこと”を把握することが必要になります。多くの他分野や研究グループなどの状況を知ることも役立つでしょう。目的意識や氣力を失わない限りかなりの研究が可能でしょう。また既存の研究にとらわれず、野心的な研究に挑戦することや観点を変えて目的達成の為に遂行する努力と柔軟性も要求されると思われます。

一方研究の成果は世に発表する義務があり、新しく得られた法則や開発した方法は一般化したり普遍化していくことになります。そのため研究者はとどまることを許されず、常に前へ進まねばなりません。即ち科学の進歩と共に追われる立場にあり安住したら鉱物学の発展もなくまた研究者としての生命も断たれましょう。今後の鉱物学の発展を期待する研究者は他力本願でなく一人々々が以上のことを認識することが望ましいと思います。

(II) 鉱物学発展のための研究組織

研究とは一個人に負う所が大きいことは事実ですが、鉱物学にかぎらず、現代科学では1個人だけ遊離して研究を続けることは不可能です。必ず何等かの組織に属しているし、また実験施設や研究の能率上組織が必要であります。また実験鉱物学は総合科学的な面もあり一人でできることに限界があります。ここで将来の鉱物学の発展のため研究組織について考えてみたいと思います。

新しい学問体系が確立するために初期には先導者が有ったと思われ、そこに School ができたと言えましょう。鉱物学も現在は多様化してきております、そして分離独立して新しい学問体系や研究組織が生まれてきています。一方学問体系も多元化して、多くの分野での共通研究課題について相補的役割を相互に演じてきました。例えば鉱物の結晶構造の研究のため、また結晶合成の立場から結晶学会や結晶成長学会が生まれました。今後も新しい組織が生まれることを期待します。

今後も鉱物学発展のために、国内外での共同研究を盛んにすることや、研究目的を一つにした色々の分野の研究者からなるグループを形成することが一層望まれます。

以上に述べてきた研究組織の中では、追従や模倣ではなく、鉱物学としての独自性や個人としての独創性が維持されねばならぬと思われます。しかも鉱物学は不変な学問ではなく、時代と共に変化し、応用面では社会の要求に対応していく必要があります。

形骸化した学問体系や研究組織は淘汰されていくでしょう。必ずしも既存の形にこだわる必要はなく鉱物学自身変質することがあるのが当然だと思います。その結果新しい概念や法則も導かれることにもなりましょう。

日本の多くの大学で地学は米国のそれと異なって講座制をとっており、従って伝統が維持される反面、変革を好まぬ要素があり、また講座の存続が研究室制と異なり、ある程度保証されているた

め、研究課題の転換をこばんでいる点があると思います。学問的に存亡の危機を感じたら、形や既存の物にこだわらず他に目を向けることも必要でしょう。

最後に研究を進めるにあたり問題となる経済的側面について鉱物学の発展の観点から考えてみたと思います。アメリカでは地学も他の学問と同様に NSF や NASA さらに企業などの Grant によって研究がささえられているため、社会の要請に敏感に対応せねばならず、研究のテーマの変動も厳しいですが、日本では主に文部省の科学研究費で研究が維持されています。従って真に研究者個人の研究をすることができ、“理の究明”のため独創的な研究ができる利点があると思われます。しかし現在必ずしもその利点が充分活かされているとは思われません。同一の実験装置が全国に普遍的に設置されることが科学研究費の目的ではないはずで、特色ある研究、むだを覚悟の野心的研究にも補助金が投資されてもよいと思われます。既製品からは類似研究しか生まれません。新しい実験鉱物学が望まれる現在新しい視点に立つことも必要ではないでしょうか。

実験装置や技術は今後も進歩すると思われますが、ただそれらに追随することなく、はっきりとした視点と、目的意識を持つことが今後の鉱物学の発展にもつながりましょう。鉱物学の将来は必ずしも“バラ色”ではないと思われます、視野を広げ、興味ある問題を捜すこと、から新しい分野の開発がなされ、その結果、後進の研究者や他分野の人々にも魅力ある学問になるとと思われます。最後に鉱物学の発展のための私見を述べさせて戴く機会を与えられたこと感謝致します。

〔討 論〕

砂川一郎：鉱物学と地学分野以外の分野とのかかわりあいを中心として話をされたように聞こえますが、鉱物学の生れた母体である地学分野とのかかわりあいはどういうことなのでしょう。

山中：お話しした各論は応用に根ざしている。内に向うか外に向うかを先に指定すること自身がおかしいことのように思う。鉱物学者に魅力があれば自然に外から声がかかると思う。鉱物学はサービス機関ではない。

砂川：それは当然です。鉱物学の成果がたとえば地球の関連分野、地球化学や岩石学の研究者に魅力あるものとなるためにはどうすればよいか。若い人たちはそれをどう考えているかをお聞きしたかった。

山中：若手の鉱物学の研究者を大学や研究所などで研究活動が続けられるようにすることも必要だと思います。これは政治的な問題でもあり、先生方の世代がその問題に関して積極的に動いてほしい。

砂川：それは大きなまちがいです。たとえば米国でマルチン・バーガーの講座が無くなって別の分野に変わった。ヨーロッパ各国でも同様な現象が生じている。いわゆる鉱物学講座が、それ以外のものに侵されてきている。これは何から来ているかというと、鉱物屋がいわゆる古典的鉱物学のみ固まって、固体物理、あるいは応用の方面さらに地学関連の分野からも魅力が感じられなくなったことによる。

山中：同感です。

砂川：年寄りが文部省と交渉することとは違う問題である。

山中：前進させることはわれわれの問題であると思います。しかし、その機会と場所を与えるものとして先輩諸氏の役割があると思う。

砂川：一例を紹介すると、今、フランスでは鉱物講座が消えていっている。ところがアラン・パロネのような人が出ると、そのような講座を引きついでほしいという要望があちこちから出てくる。これは若い人たちが回りの科学者にいかに魅力のある仕事をしているかにかかっている。文部省から講座をもってくるというのは違う。

山中：鉱物学が他分野からの追隨や侵犯があること自体は喜ばしいことであり、鉱物学が意義ある証拠でしょうから。しかし保守的に防衛することより安住せずに進歩を要求されていると思われます。また積極的に材料科学や結晶化学などについても攻撃的な研究も必要であると思います。