

# 無機材研ニュース

第40号

昭和51年8月

## 赤外線集中加熱炉による単結晶育成

### —分解溶融化合物の融液成長—

最近の材料科学発展の根幹をなす単結晶育成技術は、1900年、ベルヌーイによるルビーの合成以来、素晴らしく発達し、種々な合成法が目的に応じて考案され、それぞれ互いに競い合って新しい単結晶を世にだしてきた。今日なお一層、より品質の良い、特性づけされた単結晶を育成する努力がなされており、当研究所の主要な研究目標の一つともなっている。

単結晶の合成法としては、融液法（引上法、引下法、帯域溶融法等）、溶液法（融剤法、水熱法、水溶液法等）気相法等があるが、これらのうち、最も広く適用されているのは、融液法であり、特に高融点酸化物の良質単結晶は、二、三の例外を除いて専ら引上法で育成されている。しかるに、最近、集光方式を用いた浮遊帯域溶融法（FZ法）が注目を浴びている。これは、次のような利点を有するからであろう。

- (1) イリジウム、白金等のルツボを使用しなくてすむので経済的であり、これらルツボ材の生成結晶中への混入の恐れが全くないこと。
- (2) 雰囲気は何ら制限がなく、酸化側から還元側まで全ての雰囲気中で使用できる。
- (3) 適当なルツボ材のない超高融点物質にも適用可能である。

本研究所に、昭和49年7月導入された赤外線集中加熱単結晶製造装置（以下赤外炉と呼ぶ）は、数ある合成装置の中では珍しく、日本で開発に成功した装置で、世界的にも極めてユニークで優れた特性を発揮している。本赤外炉は、概略図1に示すように、集光炉であり、FZ法によって単結晶を育成しようとするものである。従来の集光炉は、熱源の不安定性、（カーボンアーク炉、太陽炉）、もしくは加熱の不均一性（一方向ないし二方向加熱による）のために、単結晶育成には必ずしも適当で

なかったが、本赤外炉は、集光効率を上げると同時に、加熱の均一性を良くするために、回転楕円鏡の内面を全反射面とし、熱源としてハロゲンランプを使用して全方向から試料を加熱するようになっており、融点  $1,800^{\circ}\text{C}$  以下で、特に加圧、もしくは腐食性ガスを使用する必要のないものならば、直径10mm、長さ80mm程度の単結晶を得ることが可能である。本装置を用いて、単結晶育成を行う際の要点は、原料棒の作製にあり、最終的に結晶育成の成否を決定する場合さえある。これについては、無機材研で独自に開発したハイドロスタティックプレス法によって、必要な原料棒は自由に製作できるようになっている。

これまでに、本赤外炉を用いて育成された単結晶は、高温型五酸化ニオブ、 $(\text{H}-\text{Nb}_2\text{O}_5)$ 、オルソフェライト  $(\text{RFeO}_3, \text{R}:\text{Y}, \text{Sm}, \text{Dy}, \text{etc})$  等があり、方位を決めて

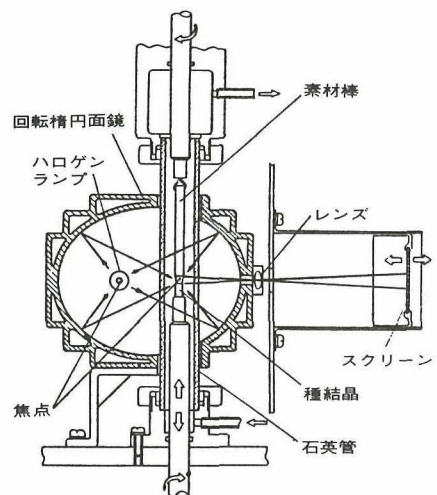


図1. 装置の概略図

切出した単結晶種子を使用しての育成が行われ、五酸化ニオブは、双晶を含まない大型単結晶の育成に世界で始めて成功し、オルソフェライトについては、成長方位とファセットとの相関関係や転位密度について精細に調べられており、この方式による単結晶育成法が、他の引上法等に劣らない優れた方式であることが証明された。法

ところで、大型単結晶を育成する上で、最も有利な、融液成長法が、實際上適用されていなかった、分解溶融物質の単結晶を本赤外炉によるFZ法によって育成することに成功したので、概略を述べておく。代表的な分解溶融化合物であるイットリウム鉄ガーネット(YIG)の相図を図2に示す。相図から理解できるように、YIG組成の液相から、温度を下げたとき生ずる最初の固相は、 $YFeO_3$ で、YIGは $YFeO_3$ の析出が終了後で生成するので、YIGのみを単体の単結晶として析出させることはできない。このような分解溶融化合物の単結晶育成に、引上法が適用できない理由はここにある。しかるに、図2のA'B'間は、YIGの組成からはずれているが、この範囲では、固相として析出するのは、YIGのみである、したがって、この範囲の液相から、連続的に固相を析出せしめれば、YIGの単結晶が得られるはずである。注1)

このような考え方は、既に1961年、米国のAbernethy等によってYIGの育成に試みられているが、余り発展せず、他への応用例もなかった。この原因は、加熱方式が $MoSi_2$ をサセプターとして使用する高周波加熱方式であったため、安定性に劣り、結晶性が悪かったためと、このような系での結晶成長のメカニズムについての精細な検討がなされなかったためであると思われる。本赤外炉が、結晶育成装置として、極めて安定性に優れていると確信できたので、本格的に分解溶融化合物のFZ法による育成を試み、現在までに、 $YFe_2O_4$ 、 $YbFe_2O_4$ 、 $Yb_2Fe_3O_7$ 、YIG、 $Mg_2TiO_4$ 、 $MgTiO_3$ 等の単結晶育成に成功した。

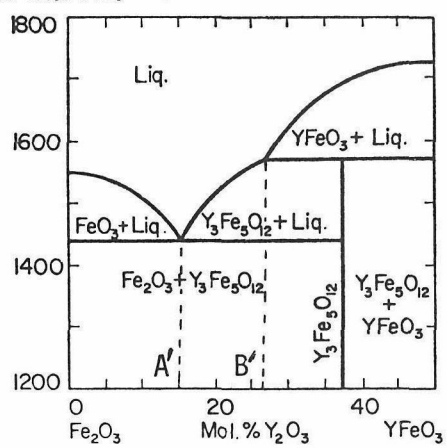


図2.  $Fe_2O_3$ - $YFeO_3$ 系の相図

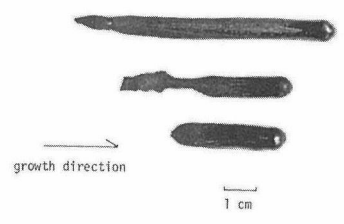


図3. FZ法により育成された $YFe_2O_4$ 単結晶

例1.  $YFe_2O_4$  単結晶の育成

君塚等によって見出された $RFeO_3 \cdot n \cdot FeO$ なる一般式を有する一連の化合物は、層状構造を有し、鉄原子が五配位の位置を占める特異な構造の新化合物であったため、物性測定用の単結晶育成が望まれた。しかるにこの物質は、(a)分解溶融すること、(b)生成する雰囲気範囲が極めて狭いこと( $CO_2/H_2=0.65\sim0.95$ ) (c)  $1,150^\circ C$ 以下では $YFeO_3$ と $FeO$ とに分解してしまう。という三つの困難があり、FZ法以外では、単結晶育成は不可能に近いと予想された。数ヶ月間、種々と実験を重ねた結果、直径6.5mm、長さ70mm程度の単結晶棒の育成に成功した。育成条件は、雰囲気; $CO_2/H_2=0.8$ の混合ガス、回転速度;原料棒,種子棒いずれも互いに逆に30rpm、ゾーン移動速度:2mm/hrであった。結晶は層に平行方向(c軸に垂直方向)への成長速度が極めて早く、したがって、生成結晶は、常にc軸に垂直方向に成長した結晶粒の集合であった。c面が完全なへき開面となっており、切出した単結晶の大きさは、3mm×1.5mm×0.5mm程度のものであった。 $YbFe_2O_4$ 、 $Yb_2Fe_3O_7$ いずれも分解溶融化合物であるが、 $YFe_2O_4$ と同様にして、単結晶棒の育成に成功した。

例2. YIGの単結晶育成

YIGは、磁気共鳴吸収の半値巾が極めて狭く、この特性を活かしてマイクロ波回路素子として実用化されているが、これまでは、専ら融剤法で合成されてきた。8~10lの大型白金ルツボに原料を満たし、約1ヶ月かかって、にぎりこぶし大の結晶を析出させ、これの品位の良い部分を切出して使用している。融剤法であるために、Al, Ga等実用上必要な不純物を必要量導入することが困難であった。図2から、YIGのFZ法による育成に必要な液相は、A'B'間のどの組成でも良いことが判るが、液相の組成として、 $Y_2O_3$ 15モル%、 $Fe_2O_3$ 85モル%のものを使用し、これを原料棒の先端に付着せしめ、種子結晶と結合させて結晶育成を行い、直径7mm、長さ80mmで、空隙のない良質の単結晶育成に成功した。雰囲気:注1) このように、融液の組成と生成結晶の組成が異なる場合、厳密には、融液成長法と呼ばず、トラベリング溶剤法と呼ぶべきであろうが、ここでは便宜上、融液法の範囲に入れておく。

酸素ガス、成長速度：1 mm/hr，原料棒及び種子棒の回転速度：互いに逆に30rpmであった。

### 例3. $Mg_2TiO_4$ , $MgTiO_3$ の単結晶育成

$MgO-TiO_2$ の系には、 $Mg_2TiO_4$ ,  $MgTiO_3$ ,  $MgTi_2O_5$ の三つの化合物が存在することが知られているが、この系については、全く異なる相図が報告されており、米国NBSのCoughanour等は、三つ共調和溶融、逆にイタリアのMassazza等は前二つは分解溶融すると報告している。本装置を用いて調べた結果、NBSのCoughanour等の相図は全くデタラメであることが判明した。 $Mg_2TiO_4$ ,  $MgTiO_3$ いずれも、直径6mm，長さ80mmの単結晶が育成できた。両方共に透明結晶で、 $MgTiO_3$ は持異な光学現象を呈することが見出されたが精細は検討中である。

このように、本赤外炉は、取扱いの手軽さ、維持費の

低価さの他に、分解溶融化合物の単結晶育成に使用できるという利点を備えたが、熱源の性質上、1,800°C以上を必要とする場合には、適用不可能である。これからの高融点物質に関する研究の発展を考えると、3,000°C付近まで使用できる装置が望まれるが、熱源にケセノンランプを使用した、同型の装置が開発され、実用に供されている。最近注目を集めているSOS素材、レーザー材料としてのサファイア、スピネル、YAG、ルビー等の良質単結晶は、引上法で育成されており、これらは米国メーカーに先んじられているが、本方式によるFZ法によって良質の大型単結晶の育成が可能になるならば、引上法の主要部品であるイリジウムルツボ製造技術をもたないという致命傷をもつ我国の単結晶育成技術に一つの道を開くことになると期待される。

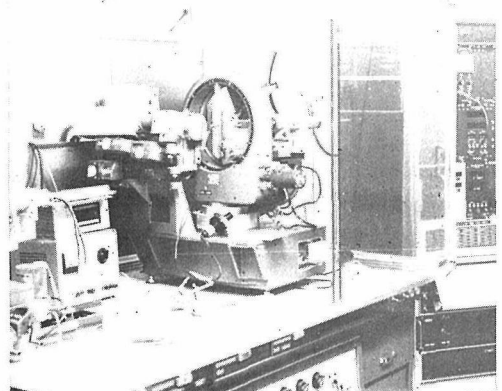
## ニューヨーク州立大学に学んで

### 第3研究グループ主任研究官 井上善三郎

ニューヨーク市の中心部マンハッタンから車を飛ばして約2時間、大都会の騒音と汚染から離れたロング・アイランドのほぼ中央にストーン・ブルックという小さな町がある。手元の地図で捜しても多分それを見つけないほどの小さな田舎町であるが、深い緑と美しい海に囲まれた美しいところである。冬の厳しい寒さの中では閑散としていたこの辺りも、ひとたび春が訪れるや、レンギョ、タンポポ、モクレン、ドッグウッド、その他名も知らぬ多くの花がいつせいに咲き始め、この自然のよみがえりに人々は歓喜してイースターを迎えるのである。やがて春が過ぎ夏がやってくると、ロング・アイランドの海辺はニューヨーク市からの海水浴客でどっとにぎわう。今までひっそり閑としていた海辺の別荘にも、その家の主が舞い戻り、一軒一軒の家々が再び活気を取りもどす。—花いっぱい春、海のきれいな夏—これがロング・アイランドの自慢だと地元の人が話してくれた。この小さな田舎町に1962年、当時のニューヨーク州知事だったN. A. Rockefellerが強力に後押しをして、州立大学のキャンパスが建設された。14年後の現在、それは学生数15,000人（この内学部学生9,800人、大学院生5,200人）教職員数1,200人の総合大学へと急速に発展し、工学部、医学部、理学部、生科学部、等々の10学部が設立されるに至った。ちなみに1975年度の年間予算は5,500万ドル（165億円相当で、主としてNSF、原子力エネルギー委員会、国防省及びNASAからその財政援助がくる）にも達し、ニューヨーク州の慢性的財政危機にもかかわらず年々その規模を拡張している。歴史こそ浅いが新進気鋭の大学といえそうである。

筆者はこのニューヨーク州立大学（正しくはNew

York State University at Stony Brook)の理学部内にある地球宇宙科学科(ESS)に1974年9月から1976年4月までの間、学ぶ機会を与えられた。ESSはその名が示すごとく、宇宙の無限のかなたの世界から、造岩鉱物の結晶構造という原子の世界までの研究を扱い、天体望遠鏡、天体分光器、RIを用いた古代化石の年代測定装置をはじめ、X線回折装置、EPMAなど、極大から極小の世界を探る機器が一応そろえられている。11名の正教授がそれぞれ助手、大学院生を擁し、各自の専門分野を受持つて研究している。筆者はC. T. Prewitt教授とJ. J. Papike教授の教室に出入りして、結晶の転移に関する研究に従事した。Prewitt教授は、有名なM. J. Buerger教授の弟子で、鉱物の結晶構造解析はじめ、高温高压状態での構造変化や転移現象を巾広く研究している人である。静かなもの腰の中にも黙として研究に打ち込む姿は多くの学生に慕われ、筆者



四軸自動X線回折装置

も短期間ではあったが、その温かい人柄に接し、彼からの学びを得たことを感謝している。もう一人の指導者、J. J. Papike 教授は、人並み外れた体力に物をいわせてバリバリ仕事を進めるブルドーザ型である。毎朝6時には必ず一番に登校し、冬など外のまだ暗い内から自分の研究室で静かに読書している姿は、やはり筆者に強い印象を与えずにはおかなかった。ここの学生の80%はユダヤ人といわれている。それはニューヨークがユダヤ人の多い地域社会であることを考えると当然なのかもしれない。ともあれ学生は一般にまじめで、大学院生ともなると女子学生でも夜中の11時まで実験を続けていること

がある。「何故そんなにやるのか」と尋ねると「自分はこれが好きだから」と笑って答える。入学さえすればあとはところてん式に卒業させてくれるどこかの国の大学とは大部様子が違うようである。

今年で建国 200年を迎えたアメリカの表情が日本のテレビなどで時々報道されている。それを見ているとニューヨークやその近郊の友人達の姿がふと思い出されて、自分が今映っているテレビの画面の世界に今も住んでいるような妙な錯覚に落入る今日このごろである。

終りに、筆者にこの留学の機会を与えて下さった関係各位の方々に深くお礼を申し上げます。

## 無機材質研究所における7ヶ月

### グラハム・ウォーカー

#### 1. 緒言

私は1975年10月から1976年4月までの7ヶ月間科学技術庁による国際科学協力のための特別給費を得て無機材質研究所に留学した。この間同研究所における研究の進め方や職員の社会的慣習などについて多くの印象を得た。以下はその概要である。

#### 2. 私の個人的環境について

1975年秋初めて日本にきて、私は多くの事柄について、私がオーストラリアで慣れ親んできたものと大変異質であると思った。私は日本語は極くわずしか話せず、漢字の知識は零に近い。これらの事実によって、最初の数週間は生活が非常に困難に感じられたが、この間の研究所の多くの職員の方々からの援助一住居、銀行の手続や通勤のための車の手配等まで一は特にうれしく思われた。土浦市に用意された私の宿舎は3坪の部屋が二つ、それに台所、浴室及び便所がついており、家族をオーストラリアに残して単身できた私に極く適した寸法である。それに比較的狭いということで冬期の暖熱費が少なく、掃除にも便利であった。またこれが土浦の中心街に近い点で、夕方勤務を終えてからスーパーマーケットやデパートで買物するのも都合良かった。これらの店が土曜の午後と日曜日にも開かれているのは一寸した驚きであったが、理由はすぐわかった。つまり日本では多くの人々は週休1日で、その休日が買物日になっているからだろう。

#### 3. 研究所について

無機材質研究所は非常に新しく、また非常に印象的な筑波科学都市の一角にある。この新都市は現在日本の各地に散在している数十の国立研究所をここに収める目的で建設されつつある。未だ自然を多く残し、かつ首都東京への交通も容易という点で理想的な位置と思われる。研究所は本館、高温実験棟、高圧力実験棟、無塵実験棟、超高圧電子顕微鏡棟その他からなり、それぞれの建物は

木々に囲まれて美しく自然な配置を示している。

#### 4. 所内の雰囲気について

研究所内の職員（特に研究員）の居室は私共オーストラリアの研究所以と大いに異なっている。最初私はグループリーダーやその他の各研究員が独立した居室を持たないことに驚いた。つまりここでは、利用できるスペースのほとんどは実験室になっており、研究員は“共同居室”に入っている。しかし直ぐに、私はこのシステムに多くの長所を見出した。大学から訪れる教授達と議論したり、研究上の話合いをしたり、あるいはまた勤務の後のひとときの休息も、この共同居室の一隅に備えられた快適なソファと肘掛椅子の上で行われるのである。好きなきに茶を飲めるといのもいい考えである。オーストラリアの研究所以ではお茶はきまった時間にきまったところで飲むが、これが仕事の流れを中断する弊害は実に大きいのである。ただしこの共同居室も、時として騒々しくデスクワークに不適な場所となるのが欠点といえよう。

その他オーストラリアの研究所以ない厚生上の利点と



無機材研実験室にて

して次のようなものがある。まず週二回の嘱託医と理髮屋の巡回システム、職員のための通勤バスサービス、テニスやバレーボールなどのスポーツ施設、あるいはマージャンや囲碁の大会、運動会、タコ上げ大会等に見られる活発な同好会活動などがそれである。これらの活動が人々の人間的つながりを強める上で有効であることは疑いのないことである。

#### 5. 研究活動について

研究所に備えられた器機群は非常に印象的である。種々の研究プロジェクトを遂行するための高度で最新の装置、器機がそろえられている。その中には1250kVの電子顕微鏡、無塵室、E S C Aなどが含まれている。これら優れた器機整備とともに、研究をより効果的にするために本研究が採用している独特のシステムがある。それは(1) 特に専門的な問題について研究討議を依頼する客員研究官制度 — これは両方の側にとって利益があり、かつ刺激的であるという点で、特に優れたアイデアである。(2) 海外の著名な科学者の数多い来訪、及び彼らと

との討論、講演会。(3) 研究者がその研究の進展あるいは変換に応じ所属グループを替える自由を持つこと。(4) 研究状況あるいは研究見通しについて定期的に行われる全体的会議。

#### 6. 結論

結論として私は、この研究所が採用している研究体制は大変弾力性があり、各研究員がその優れた器機設備を最高度に活用しつつ、各自の欲するタイプの研究に専念できるよう個人指導的な体制をとっている印象を得た。私は無機材質研究所における7ヶ月間を研究の上でも交友や社会的意味でも大いに楽しく生活することができた。研究所のすべての人々が極めて親切で協力的であったことに改めて感謝したい。

アリガトウゴザイマシマ。

*Graham S. Walker.*

## 創立十周年記念行事

当研究所は、非金属無機材質に係る超高純度材質及びこれに類する材質の創製に関する研究を行うため、科学技術庁の付属機関として、昭和41年4月1日に発足し、本年4月1日をもって満十年を迎えた。これを記念して6月10日無機材質研究所創立十周年記念式典及び祝賀会を挙行了。式典は、午後0時30分から久良知章悟科学技術庁事務次官をはじめ、来賓として鈴江康平、井上啓次郎、藤波恒雄各元事務次官の臨席のもと田賀井秀夫当研究所長のあいさつ、引続いて佐々木義武科学技術庁長官の告辞（久良知章悟事務次官代読）があり、引続き来賓を代表して坪井誠太郎日本学士院会員（当研究所運営会議座長）の祝辞が述べられた。また式典終了後の祝賀会では、式典参列の来賓のほか、地元県会議員及び市町村長をはじめ国立私立大学教授、当所の運営委員、関係する省庁、特殊法人の関係者、報道関係者等多数参加し、山内俊吉前当研究所長の発声による幹杯、多数の来賓祝辞等があり、極めて盛況のうちに行われた。

### 科学技術庁長官告辞要旨

本研究が発足以来、新しい研究体制を採用し、その運営の実をあげるとともに、昭和47年には他の研究機関に先がけて筑波研究学園都市に移転し、それに伴うさまざまな困難を打開して、他の研究機関の円滑な移転を大きく助けてきた。また、創立以来各界の要請に応じて組織

人員の充実、施設・設備の整備に努めるとともに、非金属無機材質に関する基礎から応用に至る多彩な研究を推進し、数多くの優れた研究成果を収め、我が国科学技術の発展に大きく貢献してきたことは深く敬意を表する次第である。更に非金属無機材質は先端科学技術を支える材料として、今後ますますその重要性を高めていくものであり、本研究に対する期待も更に一段と大きくなるものと考えている。このような状況の下にあって創立十周年を契機に関係各方面からの大きな期待に応えるべく心を新たにして、更に一層の研さんに努められるよう切望する。



# — 外部発表 —

## ※ 投稿

題 目	発 表 者	掲 載 誌 等
Preparation of a Dielectric and Ferromagnetic Mirror Surface on Stainless Steel	山口 成人	J. Appl. Phys. 47 2 783 (1976)
The Polymorphic Crystallization of TiO <sub>2</sub> under Hydrothermal Conditions. I. The Effect of Phosphate Ions on the Selective Crystallization of Anatase Microbands in 80% Drawn Copper Single Crystals with (111) and (100) Starting Orientations	泉 富士夫・藤木 良規	Bull. Chem. Soc. Japan 49 3 709 (1976)
ウルツ鉱型窒化硼素の高温高圧下での相転移	堀内 繁雄・朝倉健太郎 G. Wassermann J. Grewen	Texture 2 17 (1975)
On the Final Stage in Pressure Sintering Process	平岡 秀雄・福長 脩 岩田 稔 酒井 利和・岩田 稔	窯業協会誌 84 4 163 (1976) Japan. J. Appl. Phys. 15 3 537 (1976)
Decomposition of CaFe <sub>3</sub> +AlSiO <sub>6</sub> Pyroxene at High Pressure and Low Oxygen Partial Pressure	大橋 晴夫・針谷 有	J. Japan. Assoc. Min. Pet. Econ. Geol. 70 10 347 (1975)
Reaction between Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> and Silicon in Nitrogen Atmosphere	和田 寿章・吉三・雪野 健	窯業協会誌 84 5 254 (1976)
Characterization of Crystal Surfaces by Optical Microscopy (I)	和田 寿章 小松 啓	Crystal Growth and Characterization, Proceedings of the ISSCG 2 Spring-school, Japan, 333 (1974) 鉱物学雑誌 12 5 316 (1976)
Lineage 構造について Oxygen Vacancies in Nb <sub>22</sub> O <sub>54-x</sub> , Nb <sub>25</sub> O <sub>62-x</sub> and Nb <sub>28</sub> O <sub>70-x</sub>	小松 啓 菊地 武・後藤 優	J. Solid State Chem. 16 3-4 363 (1976)

## ※ 口頭

題 目	発 表 者	学 ・ 協 会 等	発表日
弾塑性体における亀裂の伝播	下平高次郎・戸室 昇	粉体粉末冶金協会	5月12日
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> 中の窒素の自己拡散	木島 式倫・白崎 信一	窯業協会	5月20日
電顕格子像に観察されたV <sub>1-x</sub> S'結晶の長周期構造の遷移	堀内 繁雄・松井 良夫	日本電子顕微鏡学会	5月21日
アルミナ電解着色皮膜の乾湿変色現象	和田 健二	金属表面技術協会	5月27日
塊状ポロトランス-1, 4-ブタジエンの相転移および形態に対する圧力効果	木島 剛・楠本 直 今村美樹雄	分子学	5月31日
Non-Quenchability of Some Transition-Metal Chalcogenides	小野田みつ子・芝田研爾 中平 光興・林 宏哉	8th International Symposium on the Reactivity of Solids	6月16日
Phase Relation in the System, VSe-VSe <sub>2</sub>	中平 光興・林 宏哉 佐伯 昌宣	International Symposium on the Solid Compounds of Transition Elements	6月22日
Monalbite の 980℃における結晶構造	岡村富士夫・S. Ghose	日本鉱物学会	6月23日
輝石のスピネル離溶現象について	岡本富士夫・ I. S. McCallum S. Ghose・J. Stroh	日本鉱物学会	6月23日
輝石・カンラン石における各種遷移元素の席占有率と結晶化学	岡村富士夫・S. Ghose C. Wan・大橋 晴夫 J. R. Weidner	日本鉱物学会	6月23日
低温型tridymiteの構造	貫井 昭彦・加藤 克夫	日本鉱物学会	6月23日
硫化鉄微粒子の chain formation	広田 和士 大坂 敏明・中沢 弘基 畑野 東一・坂口 幸助	日本鉱物学会	6月23日
Brookiteの合成(II)	三橋 武文・渡辺 達	日本鉱物学会	6月25日
ルチル単結晶の晶相変化(II)	藤木 良規・大塚 芳郎	日本鉱物学会	6月25日
アナターゼの水熱合成とPo <sub>2</sub> 制御	大塚 芳郎・藤木 良規	日本鉱物学会	6月25日

## ★ MEMO ★

### 運営会議

5月17日, 第60回運営会議が「昭和52年度重要事項について」の議題で開催された。

### 研究会

高圧合成研究会(第4回), 5月18日, 「光物性材料の研究の動向」の議題で, 三菱電機(株) 中央研究所 伊

吹順章氏を招いて講演が行われた。

### 来訪

6月14日, ソ連, 鉄鉱及び合金研究所 Dr. A. A. Blistanovが来訪して所内を見学した。

### 最近の出版物

無機材質研究所十年史

発行日 昭和51年8月1日 第40号

編集・発行 科学技術庁 無機材質研究所

NATIONAL INSTITUTE FOR RESEARCHES IN INORGANIC MATERIALS

〒300-31 茨城県新治郡桜村大字倉掛

電話 0298-57-3351