

第4回結晶成長国際会議と 第2回結晶成長国際セミナー

砂川 一郎

テオフラストス (B. C. 373—287) の「石について」が鉱物学の最古の文けんであるが この中に鉱物や宝石のもつ魔力や 医薬品としての効能が書かれているとともに 石がどのようにしてできたかという空想も書かれている。同じことは ローマの自然研究家プリニウス (A. D. 61—113) の有名な37巻にわたる「自然史」(そのうち最後の5巻が鉱物 金属 宝石 石材などにあてられている) についてもいえる。また 13世紀に発行されたアルベルトゥス・マグヌス (A. D. 1193—1280) の「鉱物の本」でも同様に アルベルトゥス・マグヌスはこの本の第1巻で 鉱物の構成 成長 成因について主としてアリストートルの考えをもとにした議論を展開し あげくのはてには 宝石が何故魔力をもっているかの証明まで行なっている。

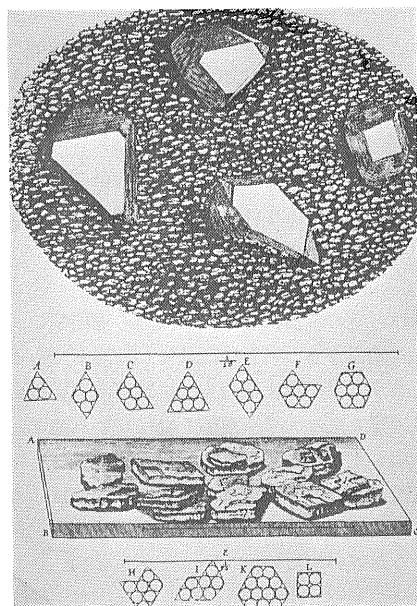
このように 鉱物の美しい結晶がどうしてできたかの疑問と これに対して説明を与えようとする試みは 紀元前から行なわれていた。結晶に関する科学の第一歩である面角安定の法則や アウイやロバート・フックの結晶の構造モデルも もとはといえば この種の疑問に説明を与えようとしてくださったものだといえるかも知れない。その証拠にロバート・フック (ROBERT HOOKES,

1635—1703) の構造モデルの説明図は ビーカーの底にできた明ばんの結晶の画とともに示されている。

天然の鉱物の美しい結晶がどうしてできたかを明らかにしようとするのは 人間のもつロマンの一つであつたらう。これに対して 美しい宝石や 高価な貴金属を安価な材料からつくりだそうという試みは 人間の欲望の産物であつたかも知れない。

宝石模造は古くエジプトやアラブの頃から行なわれていたらしい。古い文けんをみると エメラルド トパーズ ヒヤシンス サファイヤなどの模造宝石をガラスや樹枝を使って模造する処方がでている。これらはもちろん結晶ではない。しかし 結晶育成の仕事もまた行なわれている。その多くは水溶液からの結晶成長で塩や炭酸ナトリウムの結晶づくりは エジプト アラブの頃からはじまっている。硝石は8世紀にはすでに精製法が知られていた。

15世紀になると明ばんの結晶育成工場ができ 16世紀には氷砂糖の結晶が 17世紀にはロッシェル塩が工業的につくられるようになっていく。さらに19世紀になるとフラックス法やいわゆるベルヌーイ法が発明され あるいはダイヤモンドの合成が試みられるようになった。こうして いろいろな結晶が人間の手で育成されるようになったわけである。しかし 純粋な結晶を育成しよ



第1図 フックの結晶構造のモデル図 上 顕微鏡観察 下 構造のモデルと対応する結晶の形



写真1

ICCG-4 開会式

うとする努力は 半導体が発明されて以後 爆発的になったといえよう。

このように 結晶に対する関心は 結晶の構造に対する関心よりも まず結晶成長に対する関心からはじまったのである。ところが ラウエがX線に対して結晶が回折格子の役割を果すことを 1912年にはじめて明らかにし この発見を出発点としてブラッグ卿や ゴールドシュミットたちによって X線による結晶構造の解析がはじめられたすとともに 結晶学者たちの関心はもっぱら結晶構造解析に集中していった。これはごく当然のなりゆきであったかも知れないが 結晶のもつその他の興味深いことがらについては すっかりわきに追いやってしまうという雰囲気もかもしだしてしまっただ。結晶学とは構造解析学であるという雰囲気がしばらく続き それ以外の結晶に関する学問をしている人たちは 結晶学の枠外にはみだされるような状態が存在した。

もっとも この間に幅広い関心を示した結晶学者がいなかったわけではない。M.I.T.の M. J. BUERGERやソ連の SCHUBNIKOV などはその例であろう。SCHUBNIKOV が書いた「結晶学の将来」についての論文を 私はどこかで紹介した覚えがあるが大変示唆に富む論文で 結晶成長に関する研究の重要性をその頃すでに盛に強調していた。

一方 結晶成長自身の研究はどうだったかというこれはむしろ結晶学者自身の間で研究が進められていたというよりは 物理学者 化学者あるいは金属学や半導体などの工学の分野の研究者によって進められていたのである。いわゆる 結晶学そのものに関心をもっている人達によってではなく 結晶構造の知識をほかのものを理解するための道具として使う人達が結晶成長研究のおもな手であった。この人達の間で 結晶構造

にいささか偏りすぎている国際結晶学連合 IUCr や国際結晶学会議 ICCr に対して ある種のあきたらなさをもたれたのも無理からぬことだったかも知れない。

今度の開会式の記念講演で F. C. FRANK は中谷宇吉郎の雪の研究を紹介しながら その中で面白いことをいっている。彼の表現を借りれば

「中谷は双晶という術語を使ったことはない。中谷は結晶学的な指数をまったく使わなかった。これはなぜかというオルソドックスな結晶学者に対して彼自身小さな戦争をしていたからである。中谷の考えによると 結晶学者は内部の格子構造にばかりとらわれており 結晶の形に余り注意を払っていない。このために 彼はむしろ強情なまでに結晶学的な指数や双晶という術語を使わなかったのである。しかし これは結局双晶であり 結晶学的な指数は記載の役にはたつ。」

さて 結晶成長の理論的な研究の第1期として GIBBS, WULFF, CURIE らの熱力学的な取扱いをとるとすれば 結晶成長の原子論的な理論は KOSSEL, STRANSKI, VOLMER らの層成長理論によって第2期を迎え BURTON, CABRERA, FRANK らの渦巻成長理論によって第3期を迎えた。第3期は1948年から出発したのである。一方 実験的な研究や単結晶育成の仕事は 第2次大戦中に急速な進歩をみせた。電波兵器に使われる 水晶 ADP KDP などの単結晶に対する要請が強かったからである。これらの成果をまとめて戦後第1回の結晶成長に関する討論会が イギリスのプリーストールで ファラデー協会主催によって開催された。この討論会は FRANK の渦巻成長理論が発表されたという点で記念すべき討論会であった。

やがて 半導体工学が各国でぼつ興する。それまで使われていた真空管のかわりに 電気を伝える場として

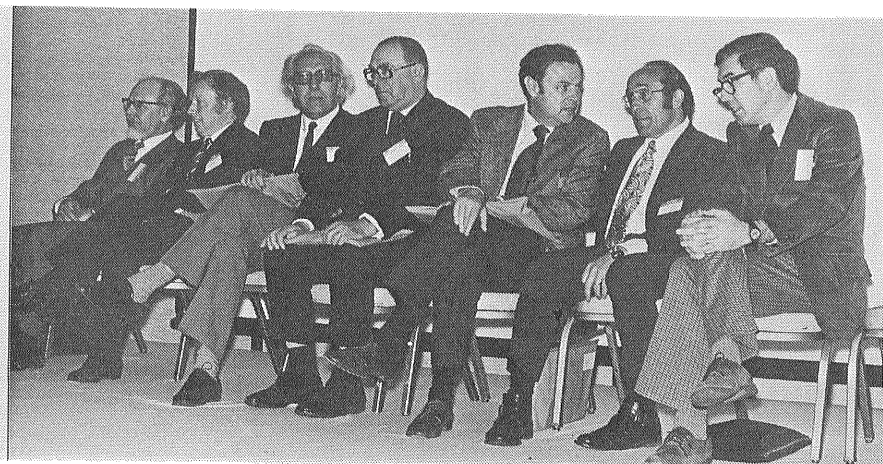


写真2
IOCG の要人 左から F. C. FRANK (U. K. 会長) W. BARDSLEY (U. K. 前会長) R. KERN (Frans) W. DEKEYSER (Belgium) M. SCHIEBER (Israel 総務幹事) C. SAHAGIAN (U.S.A. 会計幹事) R. A. LAUDISE (U.S.A.)

結晶を使おうという工学である。このためには 制御された性質をもった単結晶が必要である。単結晶育成に最大限の努力が払われるようになったのは当然であろう。一方 金属学の分野でも事情は似ている。多結晶である金属の研究は 単結晶の研究を基礎にしなければならぬという認識が深まり また結晶の格子欠陥に関する研究が進むにつれて 金属の単結晶育成の研究が盛に行なわれるようになった。高分子の研究でも 高分子単結晶上での KELLER による渦巻成長層の最初の観察によって 高分子のいわゆるミセル構造が解明された。こうして 結晶成長に対する関心が深まり 1958 年には New York 近郊の Cooperstown で再び結晶成長の国際会議が限られた少数の人を集めて開催された。この会議では ひげ結晶 高分子結晶の成長機構に焦点が集まったとともに FRANK がいわゆる束ね合い理論をだしたことで特徴づけられる会議であった。この会議の Proceedings は Growth and Perfection of Crystals という形で出版された。一方 ソ連でも SHUBNIKOV が中心となって 結晶成長に関するソ連圏の会議を1956年からはじめ すでに7回の Proceedings が英訳出版されている (Growth of Crystals vol. 1—7)。

このような情勢の中で 国際的な結晶成長に関する会議を定期的に開催し さらに結晶成長の国際組織をつくらうという動きが高まってきた。この動きはとくにアメリカで活発になった。既存の結晶学国際会議の中に入らないで これとは別個な会議を組織しようという動きになったのは 結晶成長を研究している人々が それまでの結晶学者の進み方に対して 中谷吉吉郎が感じたと同じような印象をもっていたからであろう。オーソドックスなアメリカの結晶学者たちの側にも 結晶成長

のグループも包含して 結晶学を幅広いものにしてゆこうとする空気は 当時もりあがらず むしろ 結晶学国際会議と平行して結晶成長国際会議が開かれるのは困るというマイナスの空気の方が強かったようである。このような雰囲気の中で アメリカの金属や半導体関係の研究者が中心となって 1966年にボストンで第1回の結晶成長国際会議が開催された。出席者は予想を上まわって500名に達し 日本からも10余名の研究者が参加した。

第1回の結晶成長国際会議 ICCG-1 で 以後3年に1度ずつ ICCG を開催することがきめられた。こうして第2回はイギリスの Birmingham (1968) で 第3回はフランスの Marseilles (1971) で開催され 第4回を1974年3月24日から29日まで 東京経団連会館で開催する運びになったのである。

ICCG-4 を日本で開催する見込みがたってからのこの会議をめざして気運を盛り上げるために 毎年国内結晶成長会議 NCCG を開催することにした。結晶成長ないしこれに関連する学会は それまでいくつかあった。化学会の中に所属し 毎年秋に学会を開催し来年は満20周年を迎えるという人工鉱物討論会はその代表的な例である。この討論会は化学会が中心になり 鉱物学会や結晶学会などが協賛して開催している討論会であるが 名前の示すとおり人工鉱物を中心とした討論会で 金属 半導体 高分子や生物などは範ちゅうに入りにくい。一方 物理学会や応用物理学会でも 年会には結晶成長のセッションがいくつかもたれるようになり 窯業協会の窯業基礎部会でも結晶成長に関心が深まるし 鉱物学会でも結晶成長をテーマにした討論会が何度か開催されている。このように 結晶成長の学問は真に学



写真3 FRANKの答礼をうける ICCG-4 組織委員 右から越智学術会議会長 橋口組織委員長 有任総務幹事 加藤(出版) 砂川(プログラム) 斉藤(展示) 小川(会計) 菅野(会場)の各委員長



写真4 開会講演を行なうFRANK教授

際的で 物理学 化学 鉱物学 などの理学分野から 金属 半導体 窯業 合成化学の工学分野まで さらに単体金属 合金 無機化合物などの無機材料から薬品 高分子から生物体までの広範囲の分野にまたがっている学問である。そこで 結晶成長というところに焦点をしばった講演会を開くためには 関連学会のすべてと等距離のところにある形をとることが必要と考えられ 12の学協会（応用物理学会 高分子学会 電気通信学会 日本鋳物協会 日本化学会 日本金属学会 日本結晶学会 日本鉱物学会 日本鉄鋼協会 日本物理学会 日本薬学会 窯業協会）の共催という形で NCCG を開催することになった。NCCG では それぞれの学会で既発表の論文でも発表してよいということにし 昨年で5回開催したのである。

結晶成長の研究を国内で急速にもりあげる原動力になったもう一つは 特定研究「結晶成長」の採択である。この特定研究は 結晶学研究連絡委員会と鉱物学研究連絡委員会の共同提案で学術会議に提出され 昭和47年度から3ヶ年計画で採択された特定研究である。これまた広範囲な分野の研究者の参加があった。

このような国内情勢の下で ICCG-4 は学術会議主催と決定されたのである。組織委員会の委員長は橋口隆吉東大教授（金属学）がなり 総務幹事を有住徹弥名大教授（半導体） プログラム委員長砂川一郎東北大教授（鉱物学） 出版委員長加藤範夫名大教授（結晶学） 会場委員長菅野卓雄東大教授（半導体） 展示委員長斎藤肇名大教授（無機合成化学） 科学展示委員長砂川一郎教授 会計委員長小川智哉学習院大教授（応用物理学）という組織をつくった。この会の準備は 少数の実際

に動く人が中心となって、合議制という体制をとることにした。

一方 ICCG の特徴の一つは 開催国だけですべてを決めるのではなく 国際的に相談しながら準備を進める点であろう。そのため International Advisory Committee (22ヶ国 45名)を設け 各国から招待講演者候補の推薦を求めた。もっとも決定は 当然国内のプログラム委員会の判断で行なった。一方 Proceedings は North Holland Pub. Co. から出版されている国際誌 Journal of Crystal Growth の特別号として出版するならわしである。そこでこれはすべて国際協力によって行なった。すなわちその編集者は加藤範夫 K. A. JACKSON (USA), J. B. MULLIN (UK) の3名で Proceedings に提出する論文は15名の国際的に選んだ Subject chairmen (日本人は入っていない)の処でレフェリーし Journal of Crystal Growth のスタンダードにあう原稿だけを採択するという方針をとった。こうして 結果として提出論文175編中 115編だけが Proceedings に採択されたのである。

招待講演者の候補のリストアップができ また 1972 年来日した国際結晶成長組織 (International Organization of Crystal Growth) の総務幹事であり ICCG-1 の組織委員長であった M. SCHIEBER 教授とも話し合いながら ICCG-4 プログラムの基本構想が徐々にできていった。これらの国外からの意見をもとに 招待講演者は1972年仙台で開かれた NCCG-4 の際のプログラム委員会で決定したのであるが その前のもとなる基本アイデアは 1972年夏京都での IUCr の際に数人で酒をくみかわしながら生れたのである。つまり 開会式の記念講演で過去をふりかえり 閉会式の講演で結晶成長の将来を展望し 中間の夜間の特別講演で結晶成長の理論と実験の現状をみようという全体構想と 招待講演者の選択では 今まで ICCG に参加していなかった分野の人をひきつけるため その種の分野からの人を入れるように努力しようということであった。また 平行セッションは最大限3つにしぼり ICCG-3 でみられたような5つの平行セッションを設けるという愚をくりかえすまいということもきめた。このようにして 次のような特別講演と招待講演者がきめられた。

開会講演

F. C. FRANK (Bristol, UK): Japanese Work on Snow Crystals

(日本の雪の結晶の研究を主として中谷宇吉郎の研究を通じて紹介。ただし 単純な科学史的な紹介ではなく 随所に FRANK 一流のするどい着眼で 結晶の外形の問題点を指摘し

独自の解釈を与えている。終了後 中谷先生のお嬢さんの中谷美二子さんが紹介されて 話を一層感銘深いものにした。また27日には3月に珍しく東京に大雪がふり FRANKが雪の話をしたからだろうと話題になった。なお FRANKの開会講演は中谷美二子さんのとったテープをもとに「自然」誌上で全文公開される予定である。）

閉会講演

R. A. LAUDISE (Bell. Lab., USA): Future Needs and Opportunities in Crystal Growth—Crystal Growth in the Year 2,000

(LAUDISE は熱水合成法その他でつとに著名な単結晶育成の専門家。最近 Growth of Single Crystals の著書がある。LAUDISE の統計によると 物理学全体としての論文発表数の増加率のほぼ倍のスピードで 結晶成長関係の論文が増加しているそうである。我々は 結晶成長学の将来に対して楽観的にみたらよいか それともペシミストでいるべきだろうか?)

3月27日の夜開かれた夜間特別講演は 次の2件である。

S. AMELINCKX (Antwerp, Belgium): The Characterization of Defects in Crystals

(AMELINCKX といえばまず誰でも頭に浮ぶのは 転位の美しい電子顕微鏡写真である。結晶の中の格子欠陥を電子顕微鏡的な方法で直接観察する研究で 彼の右にでる人間はいない。美しい電子顕微鏡写真をみせながら 結晶成長と結晶中の欠陥との関係を説明した。)

A. A. CHERNOV (Moscow, USSR): Singular facets Stability

(CHERNOV については 本誌上でも紹介したことがある一本誌1967年4月号参照。これからの結晶成長の理論面を背負う人間である。Morphological stability は最近特に関心を集めている問題で 円盤や円筒の形から出発して 時間や条件の変化とともに その形がどのように変わってゆくかを

解こうとする理論である。この面のおもな仕事は 招待講演者の中にいる Sekerka によって主に行なわれてきたがそれは円盤や円筒についてであり 金属のようなメルトからの成長には適用できるが 気相や溶液相から成長する結晶すなわち液一固の境界面が低指数のスムーズな結晶面—singular facets—で囲まれているような場合には適用できない。CHERNOVのこの講演は ここに焦点をしばったもので 気相や溶液相からの成長が支配的な天然の鉱物の結晶の形を考える上では特に役にたつ理論であるといえよう。)

招待講演は下記の17件で うち1件は講演者欠席のため取り消しになった。

R. KERN (France): Mechanism of epitaxy

M. J. STOWELL (UK): The initial stages of thin film formation

E. KALDIS (Switzerland): On the rate-determining steps in high temperature vapour growth

R. J. H. VOORHOEVE (USA): Use of molecular beams in studying crystal growth (取消し)

M. B. PANISH*, M. ILEGEMS, G. A. ROZGONYI, P. PETROFF (USA): Liquid epiaxy of III-V heterojunctions: System thermodynamics and fine tuning of the lattice parameters

J. CHIKAWA (Japan): The video display technique for X-ray topographic images and its application for study of crystal growth

R. UYEDA (Japan): Growth of fine particles

P. BENNEMA (Netherlands): Crystal growth from solution-theory and experiment

T. FUJIOKA, F. SEKERKA* (USA): Morphological stability of disc crystals

J. D. LIVINGSTON (USA): Unidirectional solidification of eutectic and eutectoid alloys

A. HIGASHI (Japan): Growth and properties of ice crystals

K. S. BAGDASAROV (USSR): Growth and perfection of high temperature oxides

A. R. LANG (UK): Glimpses into the growth history of natural diamonds

N. WATABE (USA): Crystal growth of calcium carbonate in biological systems

S. ASAKURA (Japan): Biological structures and their growth

K. A. JACKSON (USA): Present state of the theory of crystal growth from the melt

W. T. STACY (Netherlands): X-ray topographic characterization of garnet bubble materials

KERN の論文と STOWELL の論文は ともに下地の結晶上に ごく少量の金属を成長させ 2次元的な核形成過程を追いかけた研究である。この種の研究は 超高真空の電子顕微鏡下で核ができそれが育ってゆく過程を直接その場で観察することによって行なわれる。KERN は 下地の結晶上に定方位で落ちつく前に行なわれる径数十Åの微細粒子のブラウン運動に焦点をあてた話をした。微細粒子といえば 上田良二がまとめて話

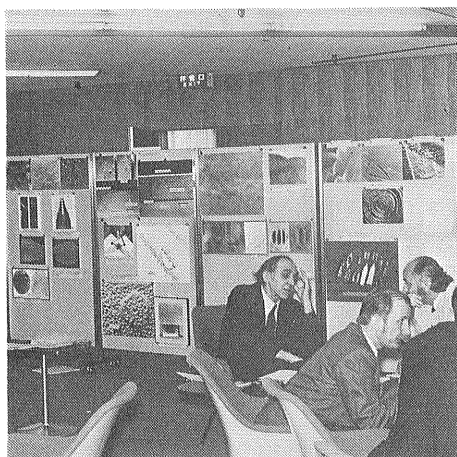


写真5 ICGG・ラウンジ(経団連会館)での科学展示

した Growth of fine particles の研究は 日本のお家芸の一つである。 熔の中で金属を気化させてできる超微細粒子の形や物性は 普通のサイズの結晶の性質とは違ってくる。 超微細粒子の研究は そもそも純然たる知的興味から出発したものであるが 最近では工業的な用途がひらけはじめてさえている。

KERN や STOWELL たちの話は 下地結晶上に定方位で成長させた (エピタキシャル成長) 薄い二次元的な結晶を使つての 核形成機構や結晶成長機構の研究という基礎的な研究課題であるが この種のエピタキシャル成長は IC の製造や化合物半導体での P 型と n 型のヘテロジャンクションを作る際の基本的な手法であるので 半導体工業分野では 盛んに研究が進められている。 PANISH や VOORHOEVE の講演はこれらの応用面での研究成果についてであった。 エピタキシャル成長は気相からも行なわれるが 最近では 下地結晶を液の中にどっぷりと漬けて 液相からエピタキシャル成長をさせる方法も発達した。 PANISH は液相エピタキシャル成長を中心として話した。 半導体の分野 ことに化合物半導体の研究で同様に深い関心をもたれているのは気相成長である。 KALDIS の講演は 気相成長で律速の役割を果たす成長層のステップに関する議論であった。

半導体材料だけでなく 金属や高温酸化物の大型単結晶をつくるには なんとといってもメルト相からの結晶成長が最も大事である。 エピタキシャル成長や気相成長では 薄い二次元的な結晶や小型の単結晶をつくることはできても 大型単結晶の育成にはもともと不向きである。 求める材料を溶融して それに種子結晶をつけて引上げるとか あるいは帯溶融するなどの方法を採用すれば 大型の単結晶が育成可能である。 メルト相からの成長では 液相と固相との間に 気相や溶液相からの成長にみられるような濃縮度のいちじるしい差がないので 液相—固相の境界面の構造 したがって結晶成長機構がいちじるしく違っている。 気相や溶液相からの成長では層成長や渦巻成長など 低指数の結晶面上に二次元的な成長層がひろがることによって結晶が成長する。 一方 メルト相では 液相—固相の境界面は原子的に凸凹な面であるのが一般であるため 二次元成長は行なわれず 界面が一樣に前進してゆく一樣成長が一般的な様相である。 これにともなつて いろいろな面が 気相や溶液相からの結晶成長とは違った様相を示す。 このようなメルト相からの成長機構について K.A. JACKSON が理論のレビューを行ない SEKERA が境界面の morphological stability の理論をまとめて話した。 一方 BAGDASAROV は種々の高温酸化物のおどろくべく大きい

単結晶を示して感銘を与えた。

両極端である気相とメルト相での結晶成長機構については かなりの程度理解が進んでいるが まだすっきりしないところが多いのは溶液相からの成長機構で この理論と実験をまとめたのが BENNEMA の話である。 一方共融系での成長も古くて新しい問題で LIVINGSTON の講演はこの面での現状をまとめたものである。

結晶の成長過程と結晶の完全性や物性は直接的な関係にある。 そこで 結晶の characterization という言葉が盛に使われ 不純物 転位などの格子欠陥が 結晶の中でどのように存在するかについての研究が行なわれている。 AMELINCKX の特別講演は 電子顕微鏡を使つての格子欠陥の characterization であったが 格子欠陥を直接観察するもう一つの重要な方法は X線トポグラフィーである。 CHIKAWA の発表は 強力 X線源を用い TV でビデオ撮りする方法を開発することによって 従来長時間を要していた X線トポグラフの撮影時間を一挙に大幅に短縮したもので これによって応力場で転位などの格子欠陥がどのような挙動を示すかを容易に知ることが可能になった。 HIGASHI の氷についての講演も X線トポグラフィーを活用して行なわれた氷の成長と物性についての研究結果であり STACY の発表は 液相エピタキシャル成長させた稀土類ガーネットの磁区と成長欠陥との関係を X線トポグラフィーで対応させた研究である。 稀土類ガーネットは マグネティック・バブル・ドメイン物質として 最近注目をあびている物質である。

さて 以上の招待講演は 今までの ICCG に積極的な参加がみられた分野の研究から選ばれたものであるが 従来余り参加がみられず 今回とくにとりあげたものとして 天然の鉱物の成長史に関する研究と 生物学に関連した結晶成長とがある。 鉱物の成長史では 天然ダイヤモンドの結晶に対して X線トポグラフィーを適用して明らかにしたダイヤモンドの成因に関する LANG の講演がえらばれた。 生物学に関連した問題では べん毛の成長 (これまた結晶の成長である) についての名大の ASAKURA による発表と 真珠や介殻などの生物体の中で行なわれる CaCO_3 の結晶成長機構についての WATABE の講演である。 WATABE は東北大岩鉱教室を卒業した鉱物学者であるが 早くから真珠の研究をはじめおり 現在は South Calorina 大学の生物学の教授になっているという変り種である。

さて このように 招待講演の内容をみると結晶成長の関連している範囲がいかに広いかが よく理解されるであろう。 金属や半導体 あるいは鉱物などの無機化

合物から有機化合物や高分子などさらにはべん毛や筋肉などの生物体までの広範囲な物質に結晶成長が関連しているのである。このことは一般講演についてもみられる。

一般講演は申し込み論文数が360余編になり3会場に限定するという大前提もあったため約30編の論文を断らざるをえなかった。このため代読は全く認めず可能な限り1人1論文に限定しまた1研究機関からの論文数にもある程度制限を加えた。私の研究室からも8論文の発表申し込みをしていたがプログラム委員長として卒業して切らざるをえず半分の4編にしぼったような次第である。こうして合計328編の一般論文がプログラムにのった。しかし国際会議の常として最後の段階で出席不能になる人も多く実際にはこのうち42編の論文発表がとりやめになってしまった。とりやめになった数はソ連からの論文が最も多く27編になる。これらの論文は次のような21のカテゴリーにわけた。それぞれのカテゴリーのセッション数を右側に示したがこれから現在の結晶成長研究の動向がうかがえよう。

1セッションの論文数は7~9編である。

	セッション数
1 結晶成長の分子的な機構についての理論と実験	2
2 モルフォロジー 理論と実験	4
3 成長過程と結晶の完全性および物性の関係	5
4 気相成長(気相輸送法 CVD 法)	6
5 薄膜の基礎的問題	3
6 エピタキシー(液相エピタキシーもふくむ)	5
7 溶液相成長(ゲル成長もふくむ)	2
8 フラックス成長	2
9 熱水合成 高温高压合成	1
10 メルト成長	6
11 共融系の成長 対流とセグレゲーション	2
12 固相成長 相転移	2
13 高分子と生物結晶の成長	2
14 天然鉱物の成長史	3
15 オプトエレクトロニクス結晶の成長	1
16 新しい育成法	1
17 科学映画 教育映画	1
18 雪と氷	1
19 ひげ結晶の成長	2
20 液相でとり囲んだチョクラルスキー法成長(LEC)	1
21 ガーネットの成長と性質	2

気相成長 エピタキシー メルト成長などのセッションの数が多いのは半導体工業の分野での結晶成長に対する関心の深さをあらわしている。半導体関係の結晶の中でとくに関心が集中した材料として新に設けたセッションが15のオプトエレクトロニクス材料21の

ガーネットでありまた20のLECは結晶育成の新しい方法として最近注目をあびている方法である。すなわちチョクラルスキー法でメルトから結晶をひき上げて単結晶を育成する際に結晶のまわりを不活性の液体でとり囲んで行なおうという方法である。

結晶成長の理論や成長機構の実験的研究を扱ったカテゴリーはカテゴリー番号の1 2 5などでありとくに結晶の外形に関するカテゴリー2への論文数が多くなっていることが注目される。FRANKの言葉を借りればモルフォロジーを理解すれば結晶成長は理解されたことになる。モルフォロジーは結晶成長機構にとって基本的な重要なポイントである。

モルフォロジーというと平らな面で囲まれた規則正しい結晶外形だけを想像するかも知れないがメルトから成長した円筒形の結晶のような曲面で囲まれた結晶の形も結晶のモルフォロジーである。これを規定するのは結晶化が進行する唯一の場所である液相と固相との境界面の構造で境界面がスムーズな低指数面であれば平らな面で囲まれた普通の結晶ができラフな原子的なオーダーの凹凸をもっていれば一樣成長を行ない曲面で囲まれた結晶ができるわけである。カテゴリー2の4つのセッションにはこのようなモルフォロジーも含まれている。

結晶を育成し大きな美しい単結晶ができればそれで全て終りであるとすれば結晶成長は芸術にしかすぎない。できた結晶がどのような特性完全性をもっているかのcharacterizationを行なわなければならない。characterizationとはこうした特性完全性と結晶成長の条件や機構とを関連づけて把握する作業である。このような積みあげがあつてはじめて結晶成長は芸術から科学・技術へと発展してゆくであろう。カテゴリー3にセッションが5つもできたことはcharacterizationの重要さの認識が深まっている証拠である。

今までのICCGでみられずICCG-5ではじめてとりあげられたカテゴリーとして13の高分子と生物結晶の成長14の天然鉱物の成長史18の雪と氷がある。雪と氷は中谷宇吉郎以来日本のお家芸である。鉱物の成長史がとりあげられしかも3つのセッションに相当するだけの論文が集まったのはわれわれとしては大変喜ばしいことである。成長史の解析が日本だけではなくイギリスやフランスでも注目をあびるようになり電子顕微鏡やX線トポグラフィーを応用して結晶中の種々の不完全性をしらべあげそれから結晶成長の履歴が解明されている。ダイヤモンドやガーネットトパーズ長石などについての発表があつた。



写真6 ISSCG-2の会場となった富士ビューホテル

結晶成長は動的過程であるから 映画が最も説得力がある。映画のセッションでは「Wonders of Crystals」という教育映画が上映されたほかに 毛髪状銀の成長プロセス 氷の結晶成長プロセス 薄膜での二次元的な結晶の成長と融合プロセスの電子顕微鏡によるその場観察 チョクラルスキー法での結晶回転速度の影響についてのシミュレーションなどの研究映画が上映された。

こうして 参加国25ヶ国 登録した人の数769名うち 外国からの出席者199名 随伴者36名という大会議になった ICCG-4は無事終了した。大成功だったと多くの人から賛辞をもらい 組織した人間の一人としてホッとしている。考えてみると 1970年の IMA-IAGOD Meetings '70からほとんどひき続いたような形で ICCG-4まで 大きな国際会議2つの開催に関与してきたわけで 5~6年はこの準備に相当な精力を費されたことになる。準備の最初には割合気楽な気持ちで役をひきうけてしまうが 終りになるにしたがって なんでこのような役をひきうけてしまったのかと思うようになる。しかし終ってみると 矢張ある種の満足感はある。ことに わが国の若い研究者が 語学のバリエーに打ちまかされずに 発表でも個人的な討論でも一層積極的になってきている姿をみると 満足感は一入である。

さて ICCG-4が終了してからひきつづいて 3月31日から4月7日まで河口湖畔の富士ビューホテルで第2回結晶成長国際セミナー (2nd International Spring School on Crystal Growth, ISSCG-2) が開催された。ICCGがいわば一種のお祭りであるとする ISSCGの方は 寝食を共にしながら1週間びっしりと結晶成長の基礎を勉強しようというわけであるから はるかに実質

的な会合である。

ISSCGの第1回は ICCG-3をフランスのマルセユで開催したのにあわせて その前の約10日間オランダのライデン近くの Noordwijk-erhoutで開催された。結晶の形態と構造との関係の研究で有名な P. HARTMANが組織し 私もこれに出席した。日本からの出席者も7~8名おり この人達の意見で 日本で ICCG-4を開催する際も是非 ISSCGを開催しようということになった。早大の上田隆三教授が委員長となって ICCG-4の組織とは別個に しかしリンクした形で準備された。

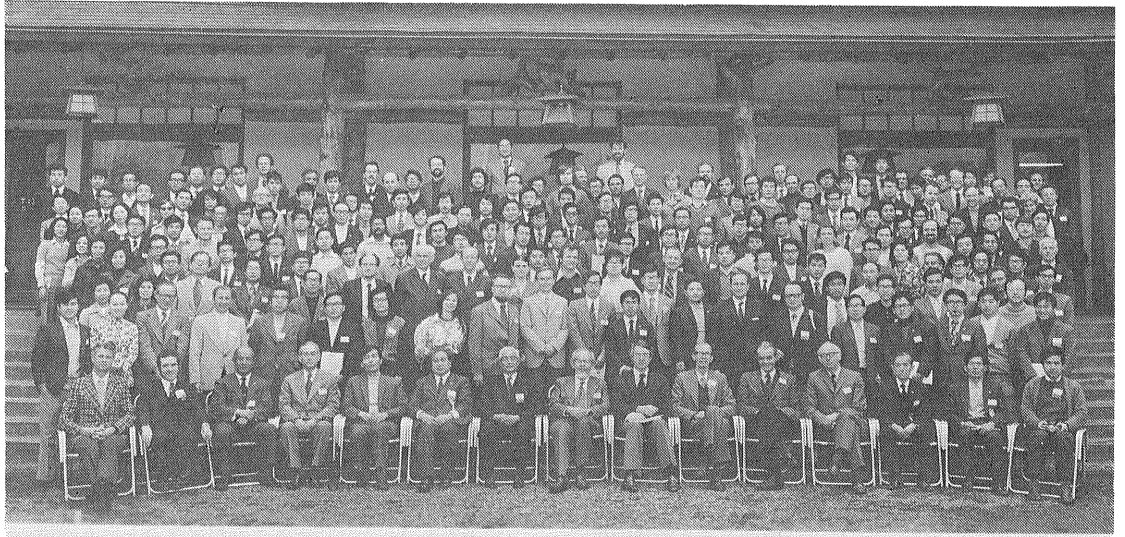
ISSCG-2は 富士山のみえる(おどろくべきことに会期中の大半の日が快晴で 連日美しい富士をまのあたりにすることができるという幸運に恵まれた) 静かな環境で 同じホテルに泊り込み 一緒に食事をして 基礎から勉強するわけであるから 極めて実質的であった。

講義は午前中と 午後3時から6時までで 長いひる休みをおくというシステムである。前日の講義に関する質疑応答を翌日の講義の最初に45分間行ない また 最終日には結晶成長に関する将来の展望についてのパネルディスカッションを開催した。

基礎事項についての講義を聞くこと自身が実り多かつたと同時に この学校での特色は 夜の informal meeting と ひる休みの個人的な討論である。夜間は 数人の人が語り合っ て 共通のテーマをつくり informal meeting をするぞという掲示を黒板にしておいて 集まるとい いわば自然発生的な討論会が 連日2つか3つづつもたれていた。自由な意見の交換と 論文には書かれない実験法などの機微も聞けるというこの種の会合は 大変に実りの多いものであったといえよう。こ



写真7 コーヒー・ブレイク風景



SECOND INTERNATIONAL SPRING SCHOOL ON CRYSTAL GROWTH

31st March-7th April, 1974
Fuji View Hotel on Lake Kawaguchi
Mt. Fuji District, JAPAN

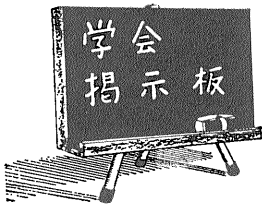
写真 8

ISSCG-2 参 加 者

れが成功したのは 一つには参加者の構成にもよっているかも知れない。 国外からの出席者は 旅費の関係もあり ある程度 establish された研究者が多かったので 日本の若手の出席者と これらのすでに establish された人々の間で 自由な意見の交換が行なわれ 実り多い

ものになったのであろう。 この意味で ISSCG-2は物を教わる学校の性格とともに セミナーの性格も兼ね備えていたわけである。

ISSCG-2 の出席者は合計で約 180 名 うち外国からの出席者は約 70 名であった。 (筆者は元所員 現東北大学)



・日本地質学会

1. 昭和 49 年 9 月 1 日 (日)~3 日(火)
2. 日本地質学会第 81 年総会ならびに学術大会
3. 北海道大学
4. 日本地質学会
5. 日本地質学会第 81 年総会準備委員会

☎065 札幌市北区北十条西八丁目
北海道大学理学部地鉱教室内 電話(011)-711-2111

・日本海洋学会

1. 昭和 49 年 10 月 27 日(日)~11 月 1 日(金)
2. 昭和 49 年度日本海洋学会秋季大会
3. 仙台市民会館
4. 日本洋学会
5. 東北大学理学部地球物理学教室海洋物理学研究室
☎980 仙台市青葉 電話(0222)-27-6200 内線 3255

・日本地下水学会

1. 昭和 49 年 10 月 4 日(金)~5 日(土)
2. 日本地下水学会昭和 49 年度秋季講演会および見学会
3. 秋田大学鉱業博物館 (☎010 秋田市手形大沢 28-1 電話(0188)33-5260)
4. 日本地下水学会
5. 川崎市高津区久本 135 (☎213) 地質調査所水資源課内 日本地下水学会 電話(044)-866-3171

・日本鉱物学会・日本鉱山地質学会・日本岩石鉱物鉱床学会

1. 昭和 49 年 10 月 14 日(月)~17 日(木)
2. 日本鉱物学会・日本鉱山地質学会・日本岩石鉱物鉱床学会 秋季連合学術講演会
3. 山口大学工学部本館 (755 宇部市常盤台)
4. 日本鉱物学会・日本鉱山地質学会・日本岩石鉱物鉱床学会
5. 山口大学工学部資源工学科 島 敏史
☎755 宇部市常盤台 電話(0836)-31-5100

[注] 1. 開催年月 2. 会合名 3. 会場 4. 主催者
5. 連絡先 (掲載順位は原稿到着順)