

# Knowe

「技官、教官、事務官は研究を支える三本足の鼎である。」



### 鼎（かなえ）

中国古銅器のうち食物を煮る三足の器。先史時代の土器を祖型とする。殷周時代には、祭器として尊ばれ、権威の象徴でもあって、奇怪な動物文や銘文をつけたものが多い。戦国時代には、貴族の日用の器となり、華美な装飾が施されたが、漢時代には無文となり、六朝時代には衰えた。隋唐以後は、本来の用途から離れ、香炉の形として面影をとどめるだけとなった。

（小学館「大日本百科事典、ジャポニカ」）

# 目 次

## 特別寄稿

分子科学の研究は何の役に立つの? ..... 管理局長 寺尾 繁美 ..... 1

## トピックス

科学技術有功賞 ..... 4

## 技術課活動報告

平成 11 年度 東海・北陸地区

技術専門職員研修 物理・化学コース ..... 5

基幹・環境整備工事 ..... 13

実験棟循環冷却水の調査について ..... 装置開発室技術係 林 勲志 ..... 17

## 技術講座「知らなきや損する技術の常識」

—ガラス工作を 10 倍楽しくする方法—

化学の実験に役立つガラス細工 ..... 分子物質開発研究センター 小丸 忠和 ..... 20

## 科学講座「知って得する科学の常識」

レーザーの話「第 8 回」 ..... 装置開発室 浅香 修治 ..... 26

## マイレビュー

光スペクトラム計測および (株) アドバンテスト 計測事業本部

分散測定技術について ..... 第 3 開発部 入澤 昭好 ..... 29

## “声”

常識と非常識 ..... 豊橋技術科学大学 角田 範義 ..... 34



# 特別寄稿

## 分子科学の研究は何の役に立つの?

管理局長 寺尾繁美

### (今のところありません)

小渕総理「研究は役に立つことがあるのか」。研究所長「今のところありません」。有馬文部大臣「増倍管などエレクトロニクス産業が進歩するような波及効果もあります」。平成11年8月、小渕総理大臣が岐阜県神岡町にある東京大学宇宙線研究所のスーパーカミオカンデを視察した時のやりとりです。新聞記事なのですべてを書いていないのかも知れませんが、学術研究についていくつかの問題を含んでいます。

1つは、学術研究については、説明する方もその意義をひとことで説明するのは難しいし、聞く方も何に役立つかという形で理解しようとするということです。小渕総理の質問も、生活への活用は、産業への展開はという観点ではないかと思えます。ましてや、一般の人々は目に見えて効果ができると期待しているのではないか。2つめは、国の政策・予算の最高責任者に対していい機会なのに、学術研究そのものの目的や意義が説明されなかつたことが残念です。3つめは、学術研究が何に役に立つかを波及効果でしか説明していない、説明できないもどかしさがあります。

学術研究は知的欲求でありその成果は知的財産である、そして人々に希望と豊かさを与えるものです。学術研究は知的存在の国際間の競争であり、ある種の国際戦略です。「これこれが分かる、そしてそれは…」というように、学術研究そのものの「何に役に立つか」を説明する必要があったのです。

### (岡崎国立共同研究機構の存在感は)

分子科学研究所、基礎生物学研究所および生理学研究所の3研究所からなる岡崎国立共同研究機構は、分子科学研究、バイオサイエンス研究の国際的に卓越した我が国の研究拠点を形成しているということができます。国際的に卓越した我が国の研究拠点と自らが言うのはおこがましいとい

うことなのか、それともバイオサイエンス研究についていえば、それぞれの研究所で行っているのであって、3研究所で拠点形成しているという認識になっていないのかも知れません。しかし、研究所の外からは一体として見られているのですから、研究拠点を形成しているという言い方をしてもいいのではないでしょうか。

例えば、平成11年度の科学研究費補助金の新規採択率は40.9%で並みいる大学、研究所のなかで第2位を占めています。それから、データはやや古いのですが1992年の「サイエンス」に載せられた過去10年間の科学論文の引用回数ランキングで、3研究所ともそれぞれの研究分野での上位にあります。現在、この論文引用の状況がその後も続いているかについて検証をしているところです。

私は、学術に関する世界にいたりしましたので、この機関の研究活動や主だった教授の先生の何人かを存じていました。しかし、はたして一般の人々は、分子科学研究所を、基礎生物学研究所を、生理学研究所を、岡崎国立共同研究機構を、どのくらい知っているのでしょうか。学術研究なのだからその分野の研究者に通じている、その研究分野の世界に通じておればよい、ということになっているのではないか。

### (大学における存在感をたかめる努力)

最近、大学では、広報誌を出すことはもとより、研究情報の公開や社会との交流が進んでいます。大学は学術研究機関ですが、教育、人材養成という大きな目的があるので少し状況は違うのですが、大学説明会の開催、公開講座の開講、研究者名簿の発行、オープン・シンポジウムの開催、共同研究センターを通じた民間との共同研究、大学博物館による成果の公開など、大学情報の公開と社会との交流が積極的に行われています。平成10年10月の大学審議会答申では、大学情報を分かりやすく提供することは、公共的な機関としての

大学の社会的な責務であると述べています。

大学の情報を知りたいというのは、自分が入学を希望している大学の教育研究活動が活発におこなわれているかといった個人的なものから、我が国の大が国際的に通用する教育研究水準にあるか、公財政が支出される組織として効果的な運営がなされているか、といった一般的なものまであります。このような大学の情報を知りたいという欲求は、見方を変えれば大学に対する期待であり、大学の存在が認識されているということだと思います。そして、大学に対して公財政が投入されることに、社会の大勢は賛成しているということだと思います。さらに、大学における学術研究のための奨学寄附金の申出というような社会からの積極的な支援も行われています。この機構では研究助成財団などからの研究助成はありますが、企業や一般の人々からの研究助成は少ないよう思います。

#### (学術研究は科学技術の基盤)

平成8年7月に策定された科学技術基本計画には、「活力ある豊かな国民生活を実現するため、経済フロンティアの拡大や高度な社会経済基盤の整備に貢献し、新産業の創出や情報通信の飛躍的進歩などの諸課題に対応する独創的・革新的な技術の創成に資する科学技術の研究開発を推進する。また、人間が地球・自然と共生しつつ持続的に発展することを可能とするため、人間活動の拡大、開発途上国を中心とする人口の大幅な増加等に伴い顕在化している地球環境、食糧、エネルギー・資源等の地球規模の諸問題の解決に資する科学技術の研究開発を推進する。」とあります。

さらに、「同時に、物質の根源、宇宙の諸現象、生命現象の解明など、新しい法則・原理の発見、独創的な理論の構築、未知の現象の予測・発見などを目指す基礎研究の成果は、人類が共有し得る知的資産としてそれ自体価値を有するものであり、人類の文化の発展に貢献するとともに、国民に夢と誇りを与えるものである。」と述べています。学術審議会答申でも、学術研究についてこれと同趣旨のことが述べられています。

科学技術と言った場合、科学技術を発展させ産業応用あるいは新産業の創出に結びつける、科学技術を発展させ地球規模の諸問題の解決を図る

というような認識が多いと思います。この意味での科学技術は目に見えますし、成果が生活の増進や産業への応用に直結しているので国民理解が容易であり、公財政の投入も理解が得やすいのです。

科学技術はさきの科学技術自書の後段の学術研究を含む概念ですが、科学技術ということばは前段の狭義の意味で使われることが多くあります。しかし、狭義の科学技術も学術研究の発展の上に成り立っているのです。学術研究の蓄積や成果が科学技術の発展を支え、学術研究の遂行を通して科学技術を担う研究者が育成されているのです。このことを一般の人々にも十分説明し、理解してもらう努力が必要です。

#### (学術研究の存在感をたかめるために)

平成11年6月の学術審議会答申でも、学術研究に関する国民理解の増進として、大学に関する大学審議会答申と同様に、「学術研究は人類の知的資産を形成するものであり、その成果はより多くの人々に共有されることが大切である。また、学術研究がもたらす負の部分も含め、研究活動の価値や意義が広く人々に理解され、学術研究に関する国民理解の増進を進め、学術研究を社会に開かれたものとする必要がある。」と述べています。

近年の学術研究の急速な進展や専門分化により、研究内容やその成果が専門外の人々にとって分かりにくいものとなっています。一般の人々に学術研究の内容、成果を説明するのは難しい面もあります。無理にかみ砕くことはしなくともよいと思います。分かりにくい学術研究だからこそ、いろいろな場面で、研究活動の状況、研究成果を公表して、国民理解の増進を進め、学術研究を社会に開かれたものとする必要があります。このことは、学術研究の資金が公財政の投入によっていることもありますですが、重要なのは、学術研究は人類の知的資産を形成するものでありその成果はより多くの人々に共有されることが大切である、という点にあると思います。そしてさらには、学術研究に対する社会や企業からの支援につながることも期待されます。

#### (研究は何の役に立つの?)

分子科学研究所をはじめとして岡崎国立共同研究機構では、研究部門での日常的な研究、大学研究者による共同研究、ポスドクや大学院生を交

えた指導を含めた研究、セミナー、シンポジウム、学会、国際会議などでの研究発表や研究交流、外国研究機関研究者との研究交流など、活発な活動が展開されています。しかし、これらの研究活動の動きは、研究所の外の一般社会から、あるいは地域からはなかなか見ることができず、ほとんど知られていないというのが実際ではないかと思います。

岡崎国立共同研究機構でも、研究所概要の配布、ホームページの開設などによって情報を発信していくことや、研究所の一般公開、小・中学校の教員や児童・生徒を対象としたセミナーの開催など

地域や社会との交流に努めています。学術研究に対する社会からの期待に応えるために、この機構の存在を示していくために、例えば、一般市民を対象にした公開講座を開くなど、研究所の活動の状況をいろいろな形で公開していくことを企画し、実行していくことが必要ではないかと思います。

それから、総理大臣に「分子科学の研究は何に役に立つの?」と聞かれることがいつかあるかも知れません。そのときに「今のところ役に立ちません」としか言えないのではダメです。くどくどと長い答えでもいけません。わたしだったらこう言うぞというのを、今のうちから考えておいて下さい。

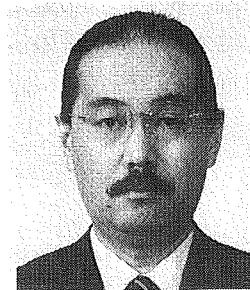
# トピックス

## 西本史雄技術班長に化学技術有功賞

技術課第二技術班長の西本史雄氏が日本化学会の平成10年度化学技術有功賞を受賞されました。関係者一同からお祝いと共に今後のご活躍をお祈りします。以下に「化学と工業」第52巻第3号からの抜粋ですが西本氏の業績を紹介させて頂きました。

### 化学技術有功賞

西本史雄氏〔岡崎国立共同研究機構分子科学研究所技術課班長〕



#### 〔業績〕 分子科学研究のためのスーパーコンピュータセンター運用管理技術の構築

(Development of Supercomputer Environments for Molecular Science Computations)

西本史雄氏は、昭和53年に名古屋大学大型計算機センターから分子科学研究所電子計算機センターに転任し、初代センター長の諸熊教授、柏木助教授とともに昭和52年に設置された全国共同利用の電子計算機センターを立ち上げた。昭和54年、最初の汎用大型計算機の導入、その後の数回にわたるハードウェア、ソフトウェアの更新を経て、昭和61年にはセンター初のスーパーコンピュータの導入を行うなど最新のハードウェア導入に際し、新たに要請される運用管理技術開発の中心的な役割を果たした。さらに新しいオペレーションシステム(OS)のために予想できない困難を伴うスーパーコンピュータの2度にわたる更新(昭和63年と平成6年)に際しては移行をスムーズに実現する中心的役割を演じた。

同センターは実験データの収集解析、分子科学プログラムライブラリの開発と整備、分子科学データベースの開発、広域ネットワークへの参加、基礎生物学研究所と生理学研究所の計算処理、とくに大学計算機センターでは実行の困難な分子科学の大規模理論計算などを重点に行うこととして設立された。設立以来毎年150近くのプロジェクト(研究課題)、600人を越える分子科学研究所内外の利用者が常時利用しており、毎年200報以上の原著論文に発表される研究が本センターのリソースによって遂行されている。西本氏はセンター創立以来このスーパーコンピュータセンターを24時間X365日故障なく運用する管理技術を先導してきた。そのおもな業績を説明する。

#### 1. 大型汎用計算機の導入と運用管理技術

同センターには昭和54年1月2台のHITACHI M180からなる大型汎用計算機システムが導入された。分子科学の大型計算を可能にする大学共同利用のセンターとして役割を果たすため、西本氏は日立製作所の協力を得て長期にわたる連続無人運転を世界で初めて可能とする運転管理システムを新たに開発した。このような運転管理システムは、当時世界中のいかなる汎用計算機にも付属しておらず、その後、西本氏らの開発したシステムが、東大・北大はじめ国内の大型計算機センターにも導入されるようになった。また当初数年間は職員数がきわめて少ないためシステム及び運用管理のソフトウェアは人手を要しない工夫が求められ、西本氏は計算機の利用者登録データベー

スの開発と運用管理に必要なプログラムを開発整備した。

#### 2. スーパーコンピュータの導入と運用管理技術

昭和61年1月、かねてから分子科学研究者の夢であったスーパーコンピュータが同センターに導入された。同センターのCPU使用効率は極めて高水準であり、大学計算機センターでは実行が困難な分子科学の大規模理論計算などを実行するために、メモリ等の計算機資源を効率的に利用することがきわめて重要であった。西本氏はジョブ及びジョブスケジュールに関する情報を研究者がすべて把握できるようなプログラムを開発し、メモリも含めた総合処理性能をさらに向上させた。また、ジョブの処理性能に大きな影響を与えるファイル入出力処理及びCPU時間分割単位の動作を解析し、最適な連続処理単位を求め、総合処理性能をさらに向上させた。

#### 3. 専門的技術による研究支援、研究のしやすい環境の整備

同センターでは専用回線及び一般電話回線を用いた研究所外からの計算機利用を早期に実現させたが、日立製作所の協力を得て西本氏は計算結果の出力検索、編集システム(SOM)を開発した。このシステムの完成により計算結果の確認が簡単にできるだけでなく、検索、編集、整理、格納を行う作業の面で研究所内外を問わず研究能率を大幅に向上させた。西本氏は、情報ネットワークが未発達であった時代から計算機の遠隔利用を可能にするソフトウェアも開発し、編集システムと共に研究上最も有用な統合システムとして発展させた。

以上のように西本史雄氏は長年にわたって電算機技術の向上に向けて研鑽をつみ、電子計算機技術を化学の分野に普及する事に努めると共に、計算機の有効利用に多くの実績をあげた。我が国の分子科学・計算化学研究に対する寄与は絶大である。研究所内外の研究者が文字通り、1年中24時間、安心して最高性能の計算機を利用できる環境を、20年以上にわたって維持してきた西本氏の業績は、高く評価される。そしてその成果をもって分子科学・計算化学の研究等を支援し、化学研究の推進に大きく貢献した。よって同氏の業績は日本化学会化学技術有功賞に値するものと認められた。

# 技術課活動報告

## 平成 11 年度 東海・北陸地区 技術専門職員研修 物理・化学コース

平成 10 年度より、国立大学等の教室系技術職員に新しく技術専門職制度が導入された。それは文部省訓令における技術専門官及び技術専門職員制度である。技術専門官は事務系でいう課長補佐あるいは課長、技術専門職員は係長または専門職員と同等の位置付けを与えられた職のことである。これらの新しい職が発足して 1 年が経過した今年度、これらの職に就かれている職員等を対象に初めての研修が実施され、岡崎国立共同研究機構は、主催する静岡大学と共に、東海・北陸地区技術専門職員研修の開催機関となり、物理・化学コースを担当することになった。岡崎国立共同研究機構では人事課の要請を受けて分子研・技術課が全面支援することになった。

そこで、岡崎コンファレンスセンターで開催された物理・化学コースのオリエンテーションから閉講式に至る様子を、写真を中心に紹介する。

<9月1日>

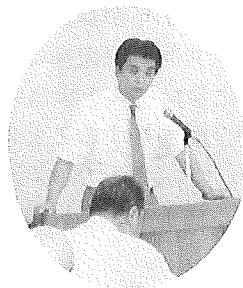


<オリエンテーション>



←  
オリエンテーションにおいて、研修概要の説明で配布資料の確認をする受講者

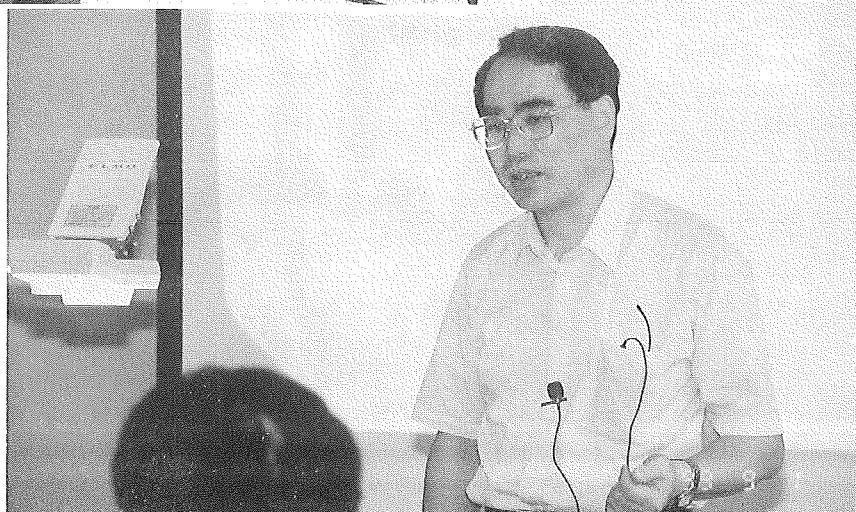
研修概要等を説明される人事課職員係 山本寛幸係長  
↓



<講義>

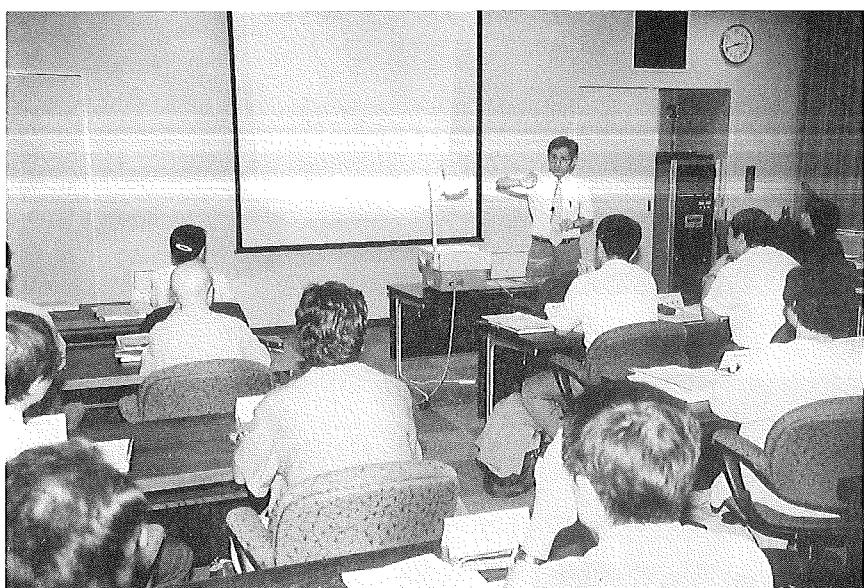


←↓  
「分子からつくられた、超伝導体」を講義される小林速男教授





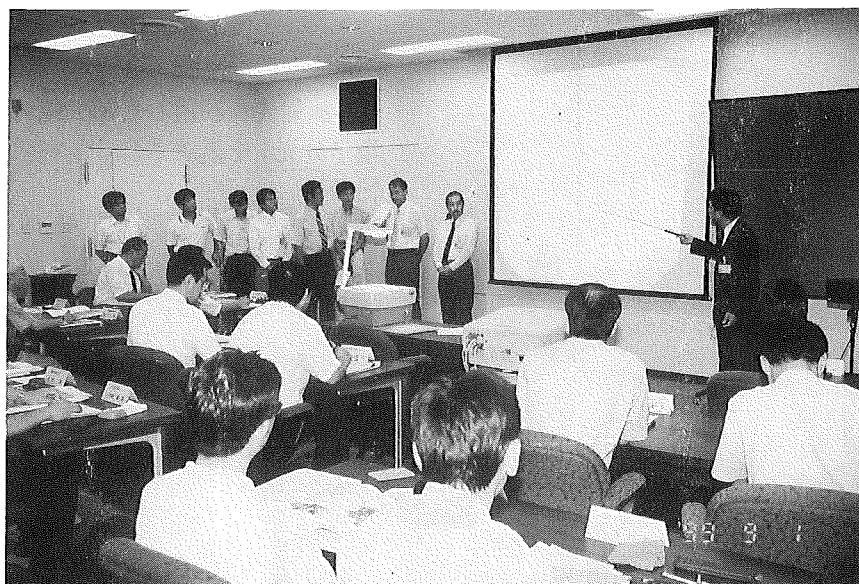
← ↓  
「放射光を利用した軟X線光電子分光」を講義される小杉信博教授



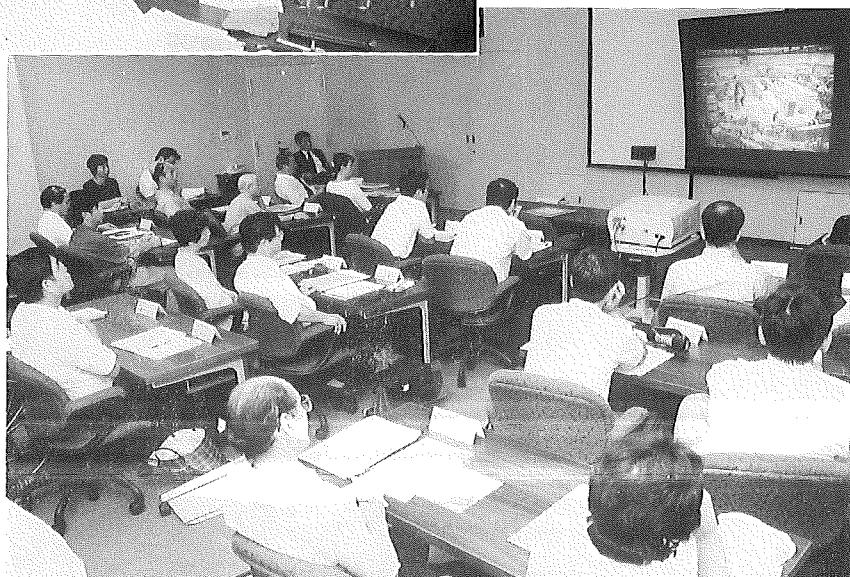
→ ↑  
「金属錯体を触媒とする二酸化炭素の還元反応」を講義される田中晃二教授



<先輩講話>



←  
「教育研究支援体制の役割」  
を講義する酒井楠雄技術課長  
講演では技術課組織の重要性とその役割などを、各班長及び係長の紹介を交えて話された。



→  
分子研のビデオも放映され、  
組織と技術の両面から教育研究  
支援体制の解説がなされた。

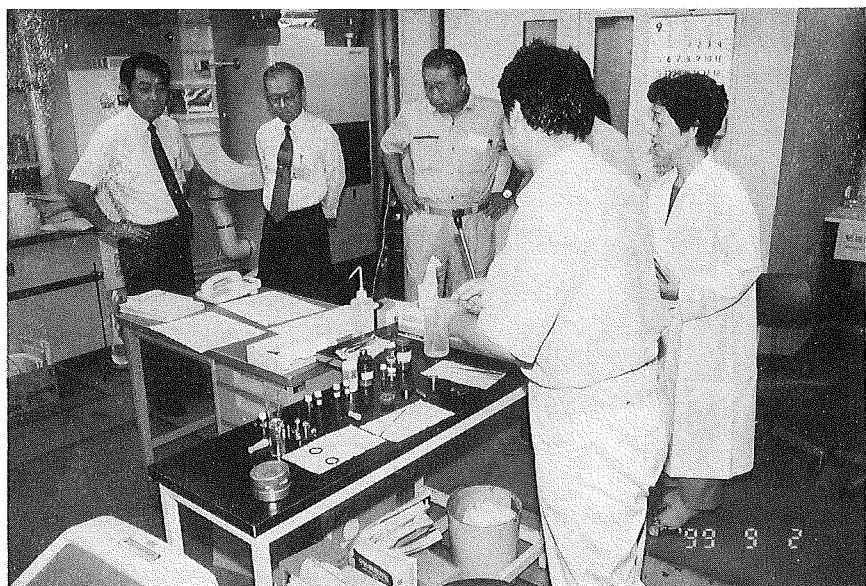
<9月2日 実験・実習>



←  
技術課係長の引率により、  
講義会場から実験・実習会場へ  
向かう受講者

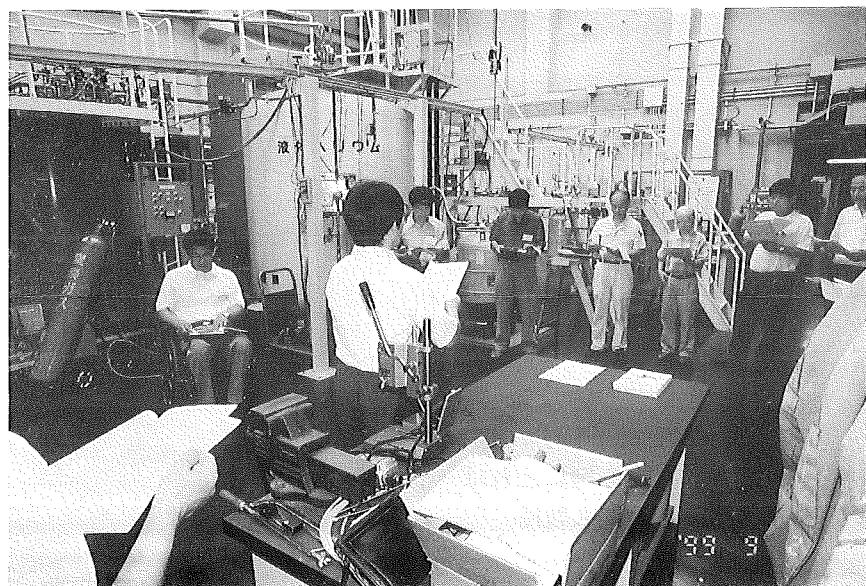
→

酒井技術課長の案内  
で実験・実習を視察され  
る位田敏夫人事課長

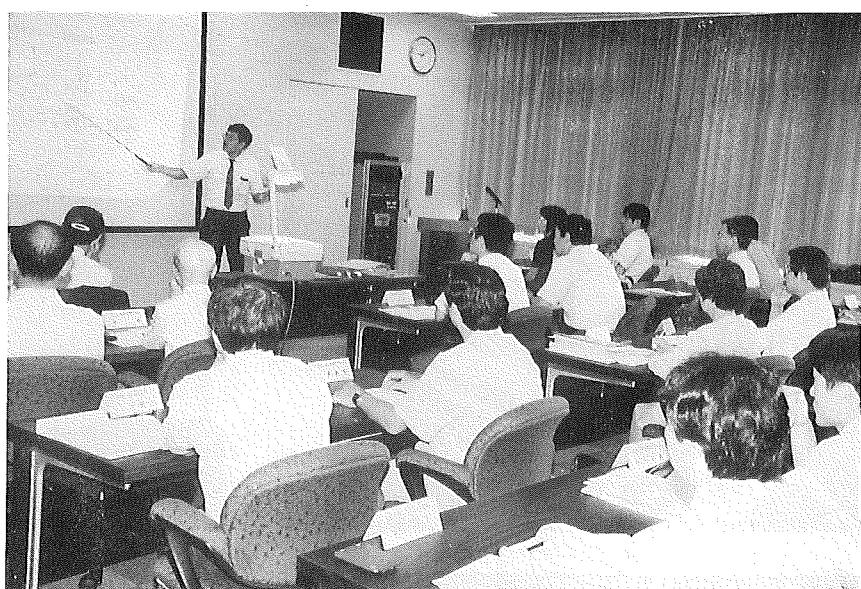


↑→

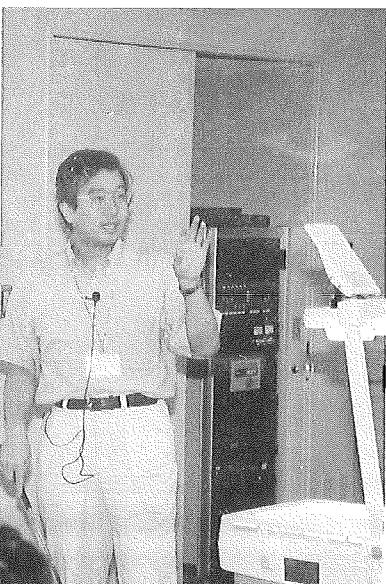
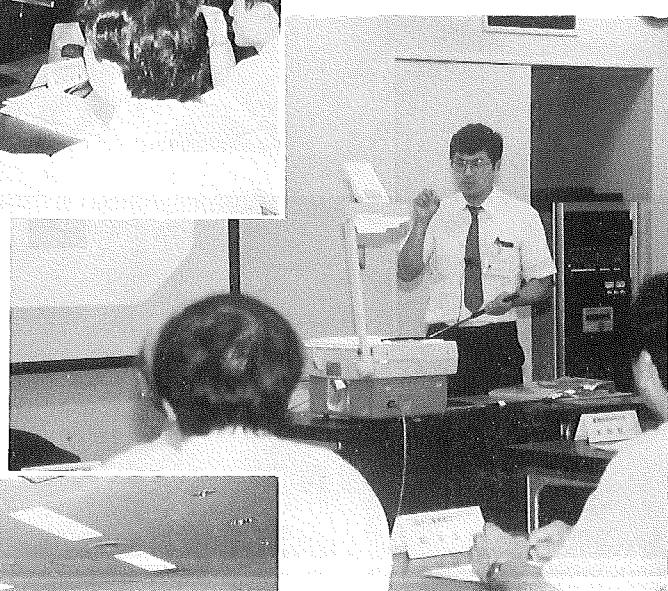
実験・実習は午前と午  
後、それぞれ2グループに  
分かれて行われた。



<9月3日 講義>

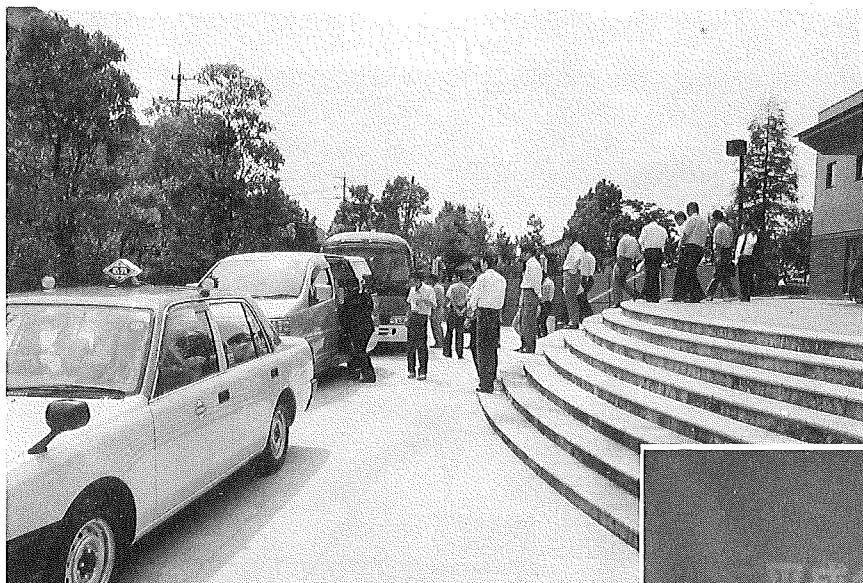


←↓  
「レーザー分光と光化学」  
を講義される藤井正明教授

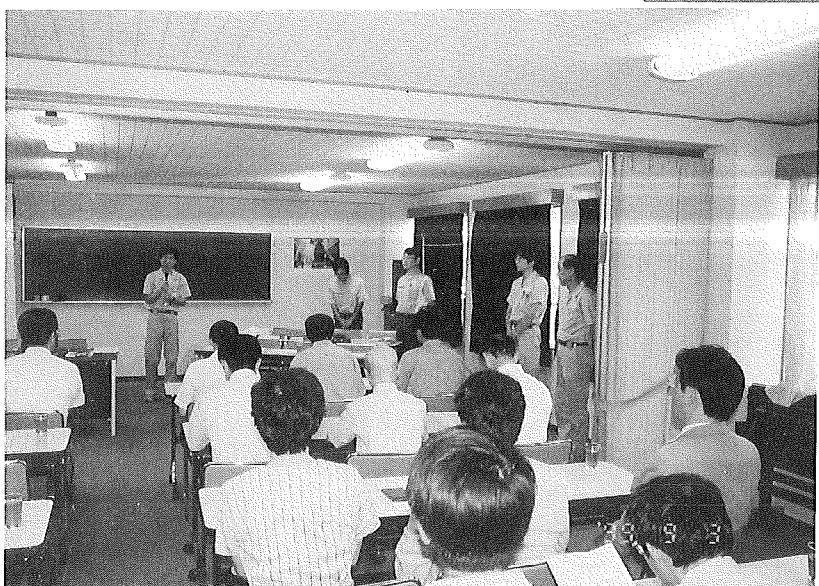
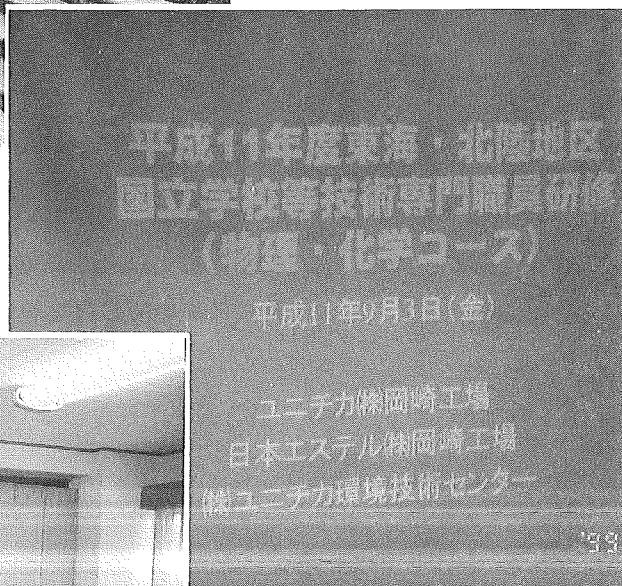


↑→  
「生化学と分子科学の接片  
—ヘム蛋白を例にとれば—」を講  
義される渡辺芳人教授

<見学・(株) ユニチカ環境技術センター>

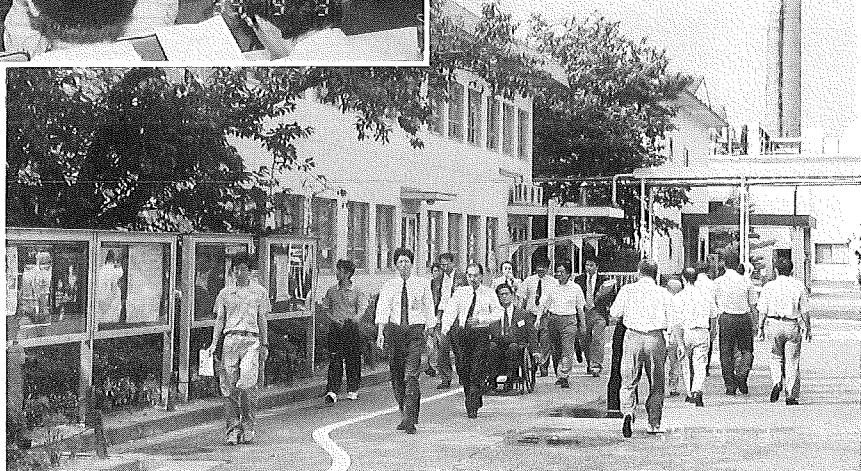


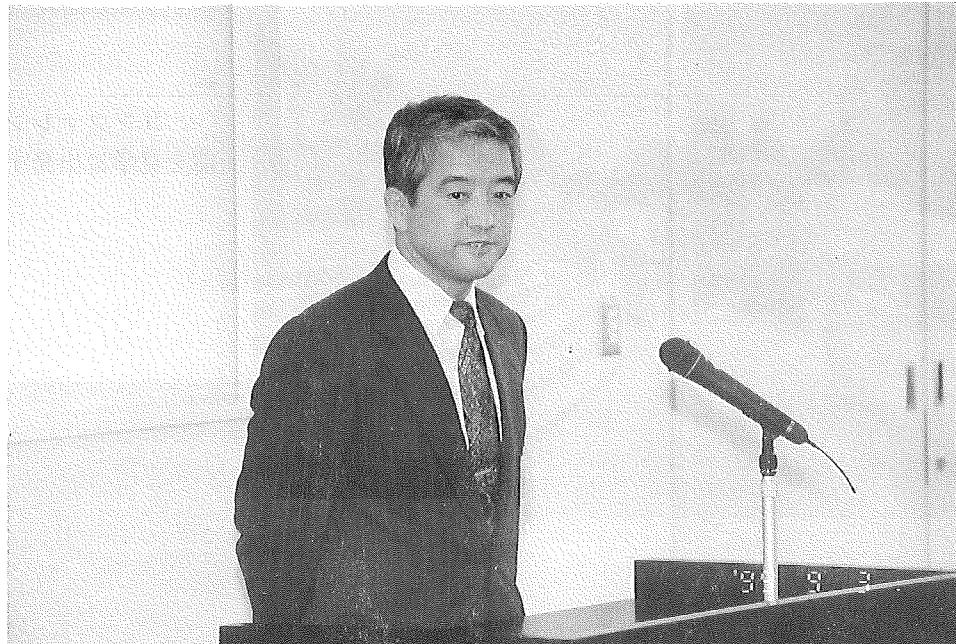
← コンファレンスセンター  
前を見学に出発する受講者



↑ まず最初に(株)ユニチカ環  
境技術センター中部事業所  
林 稔 所長(左側)の講義を  
拝聴した。

→ その後、環境計測のデモも  
含めて、各所を見学させて頂いた。





閉講式においてお言葉を述べられる寺尾繁美管理局長



受講者には、寺尾局長より受講者一人一人に終了証書が手渡された。

岡崎国立共同研究機構  
基幹・環境整備工事

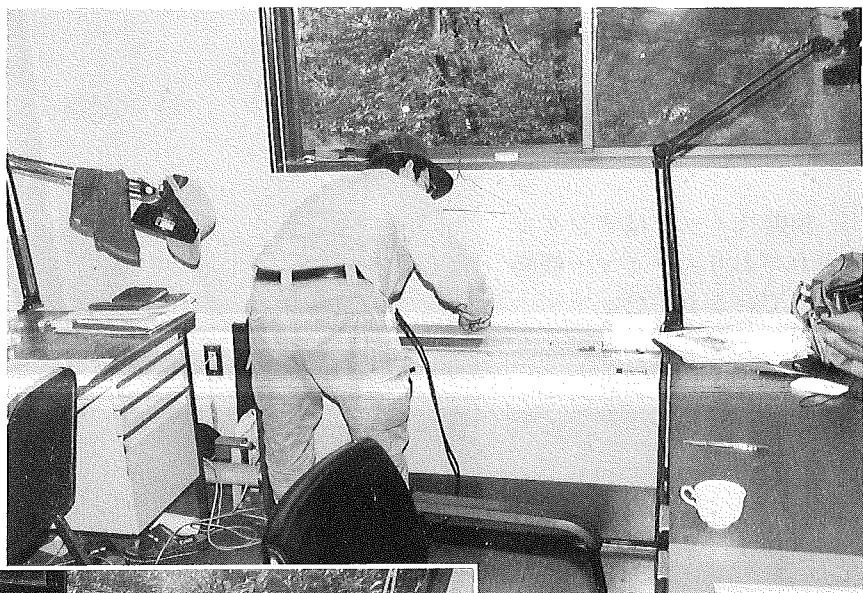
創設期に設置され、老朽化した空調設備などの取り替えを目的とした工事が実施された。分子研では、研究棟の床置きヒートポンプ92台、天吊りヒートポンプでは実験棟の52台、装置開発棟の19台、化学試料棟の21台、レーザーセンター棟の13台、極低温棟の15台、附属施設4棟全ての床置きパッケージ型空調機がその工事の対象となった。大まかに言って、UVSOR、南実験棟及び実験棟の半分を除いてすべての空調機を交換する工事である。設備課からの協力要請により技術課では班長・係長が分担して、設備課と各実験室担当者のパイプ役となり、工事概要の説明及び工事日程の調整にあたった。5月中旬から始まった工事は9月初旬までに分子研の該当個所すべてを終了した。

そこで、工事中の様子を、写真を中心に紹介する。

<研究棟>



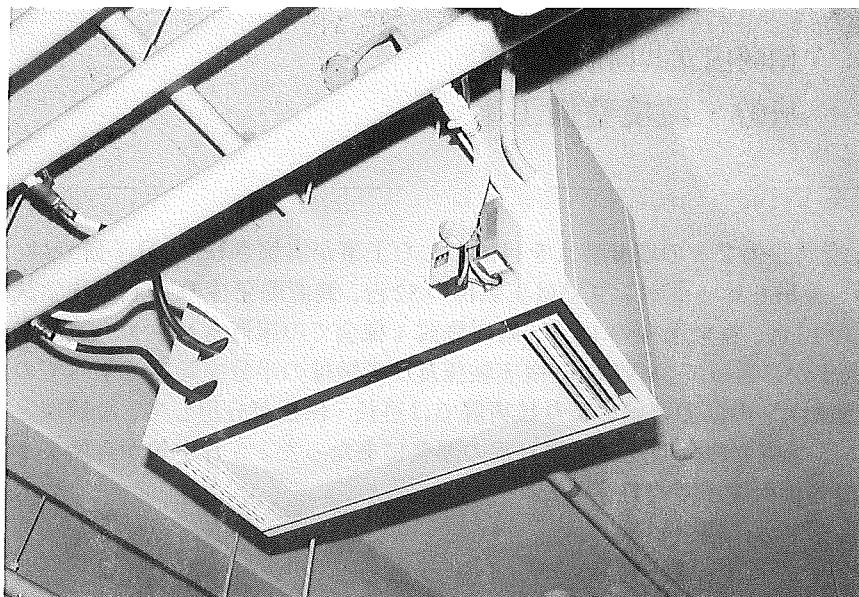
撤去作業中の古い床置き  
ヒートポンプ



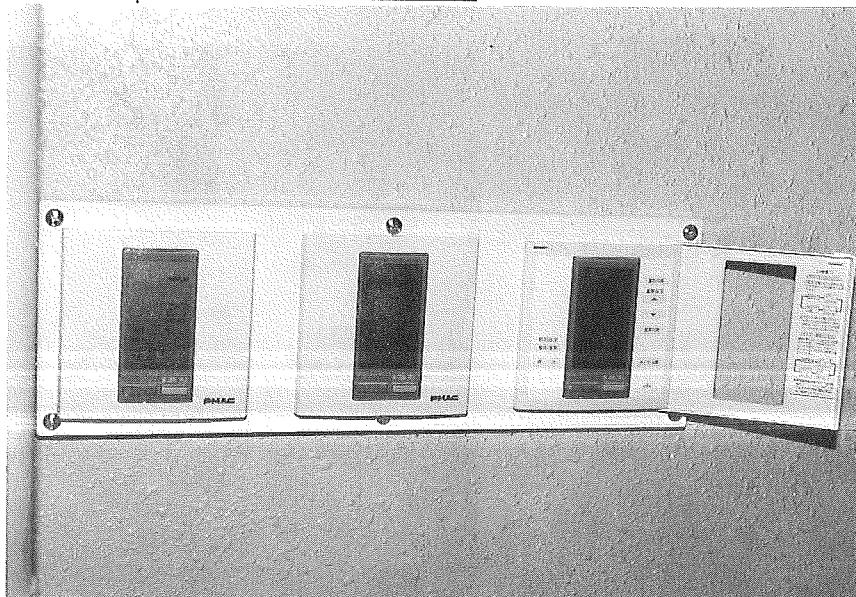
取り替えられた新しい床  
置きヒートポンプ、旧機の設  
置痕から、小型化しているこ  
とがわかる。



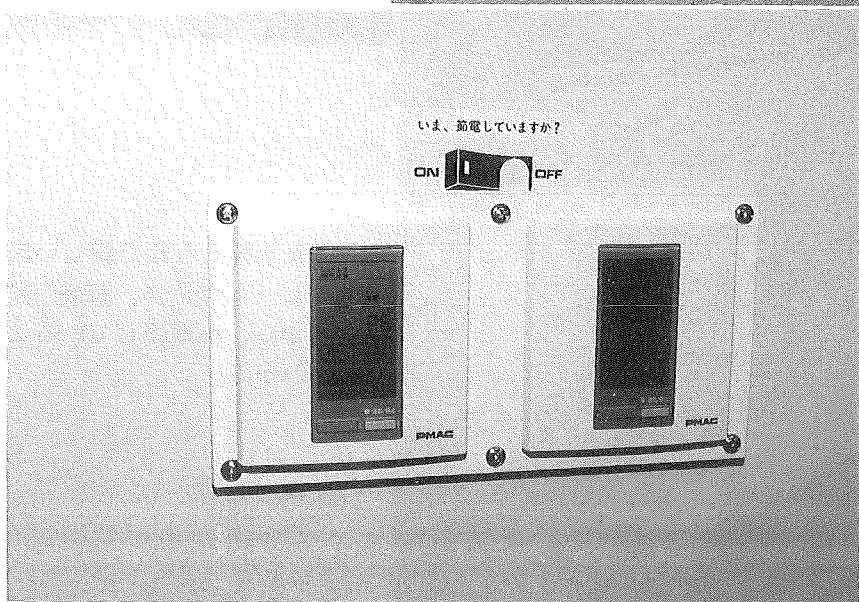
<実験棟>



←  
実験棟天吊りヒートポンプ  
は外装部を残して取り替えられた。外装部は再塗装された。



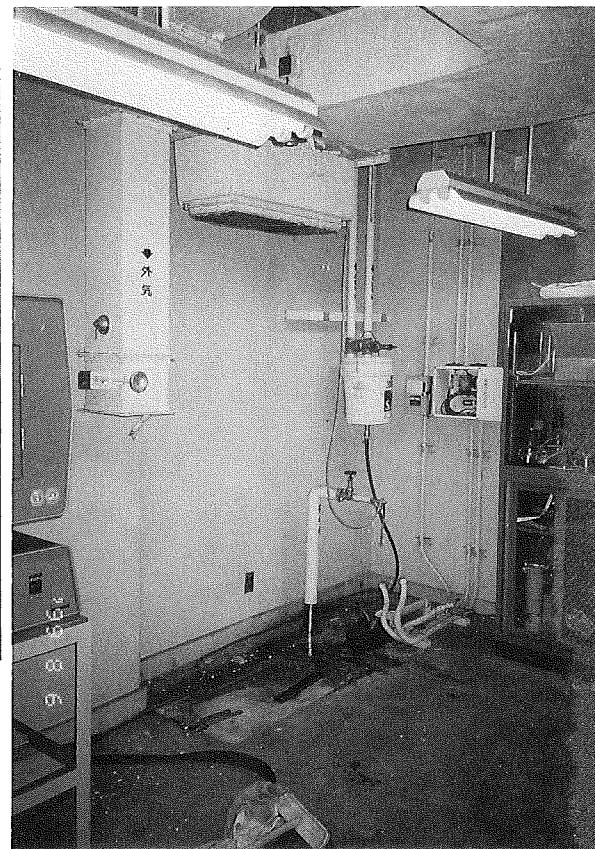
→  
制御スイッチはデジタル化されており、タイマー機能も付いているようだ  
↓



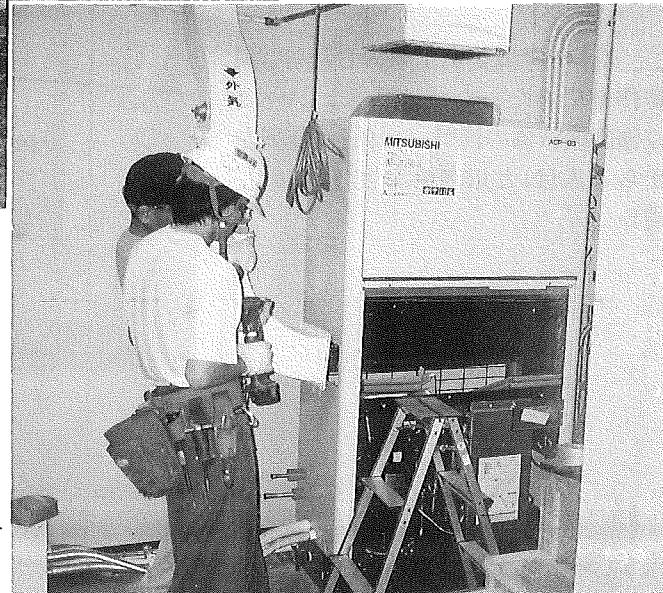
## &lt;附属施設&gt;



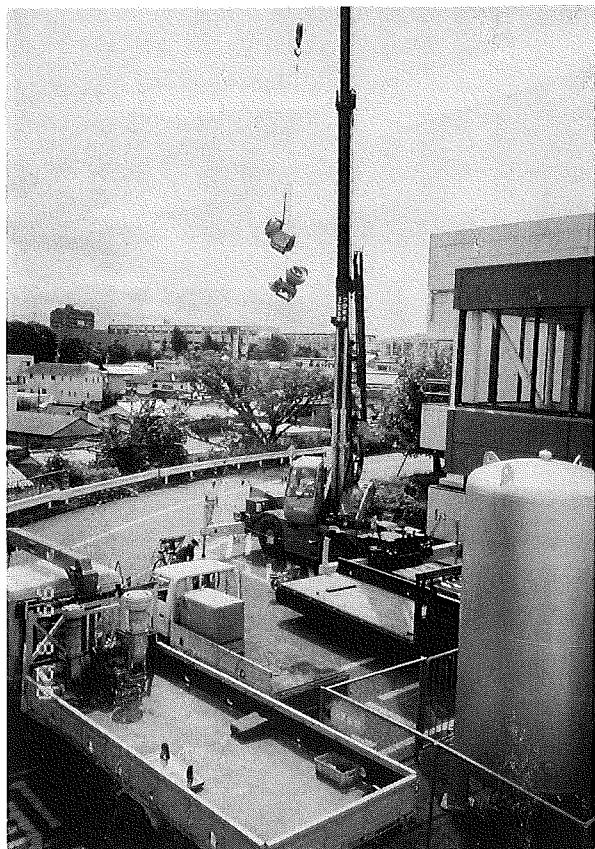
↑  
附属施設に取り付けられた天吊りヒートポンプ、天井の補修痕からサイズが小さくなっていることがわかる



↑  
化学試料棟とレーザー棟の間に設置された室外機、附属4棟では床置き型のほとんどが空冷式になった。



→  
据え付け作業中の床置きパッケージ型空調機



←

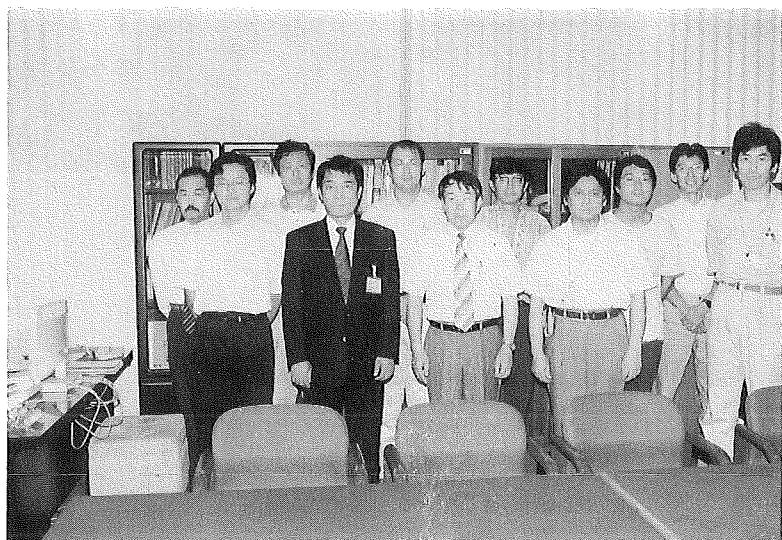
空調機の取り替えの他に、ドラフトチェンバーのケミカルファンなど、各種送風機の取り替え工事も行われた。

↓



→

基幹・環境整備工事の日程等、調整作業にあたった技術課メンバーと設備課機械係の浅野一夫係長(前列左から3人目)と川瀬康彰主任(前列左端)



# 実験棟循環冷却水に関する調査について

装置開発技術係 林 憲志

## はじめに

現在、実験棟の循環冷却水が汚れてきているために、漏水事故などが起きて問題となっている。そこで、循環冷却水の利用状況、水質、温度変化などを調べ、汚染原因の究明を試みた。

## 1. 利用状況

実験棟にある実験室115スパンのうち113スパンについて、循環冷却水の使用状況を調べた。調査項目は、冷却水利用の有無、装置内訳(装置名および必要流量・温度条件)であり、可能ならば使用状況の聞き取り調査を行った。

冷却水を必要とする機器の内訳は、大部分がレーザーと油拡散ポンプであり、その他に結晶回折装置やグローブボックスなどであった。

ほとんどの部屋では、バルブ付近に冷却水フィルターを取りつけていた。

## 2. 利用者からの情報

実際に循環冷却水を利用している方々に現在の状況を伺った結果、以下のような情報が得られた。ただし、すべての実験室に共通する現象というわけではない。

- 1) 循環冷却水は、1年ほど前から急に汚くなつた。それまでは、半年に一度程度(自前で取り付けている)フィルターを交換すれば十分であったが、現在では1~2週間に一回交換している。
- 2) 汚れの質が、以前は錆が主体であったが、泥ないしぬめり状のものに変化した。

表1

循環冷却水を使用している機器の冷却水必要量(A)	244 l/min
水道水を使用している機器の冷却水必要量(B)	223 l/min
全冷却水における水道水の割合 (B/(A+B))	0.477

項目1から、1年ほど前に何か大きな変化(配管工事など)があったことが疑われるが、設備課では当該工事を実施していないということであった。

項目2では、ぬめり状の汚れということから生物的な汚染が疑われたが、これについては後述する。

## 3. 水道水利用への切り換え

循環冷却水の汚染にともない、循環冷却水の利用をやめて水道水を垂れ流しで冷却水として利用する実験室が出てきている。どれだけの割合で水道水へ切り換えているかを調べるために、それぞれの機器が必要とする最低流量を実際の使用量に比例するとみなして集計した。結果を表1に示す。おおまかにいって全使用量の半分が水道水となっていることがわかった。

## 4. 汚れの質について

汚染物質の組成を調べるために、実験棟5階にある実験室のバルブ近傍に取り付けられている冷却水フィルター(写真1)を譲り受けた。このフィルターに付着していた粉末を採取して、2通りの分析方法で、汚染の質を調べた。

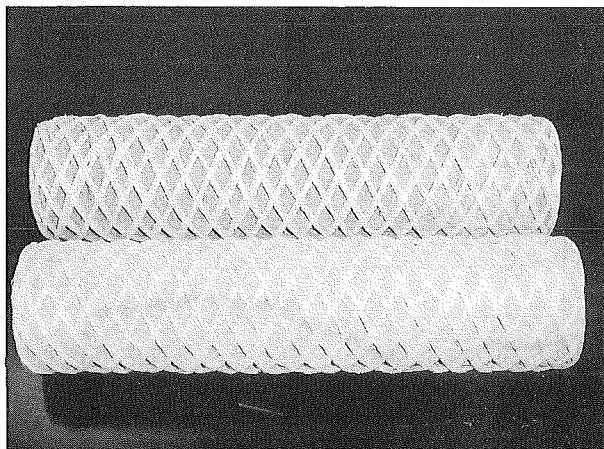


写真1

まず、分子物質開発研究センターの日立S-450走査型電子顕微鏡付属のEDX装置による解析を行った。結果を表2に示す。EDX解析では、C、Nなどの軽い原子は調べることができないので、無機物に関して調べることになる。結果の解釈としては、Siはもともと水道水に含まれる成分であり、Feは配管の素材であり、Cuは機器内の配管として使われており、またZnは通常の配管のメッキ材として使用されている。したがって、特に異常な成分は検出されていないといえる。

次に、有機物の含有量を調べるために、化学試料室にて元素分析を行っていただいた。この分析方法では、CとHとNの含有量が分かる。その結果を表3に示す。C・H・N合計で5%台の値を示した。この含有率の低さと、Nがまったく検出されないことから、生物的な汚染は主体ではない、と考えられる。

表2

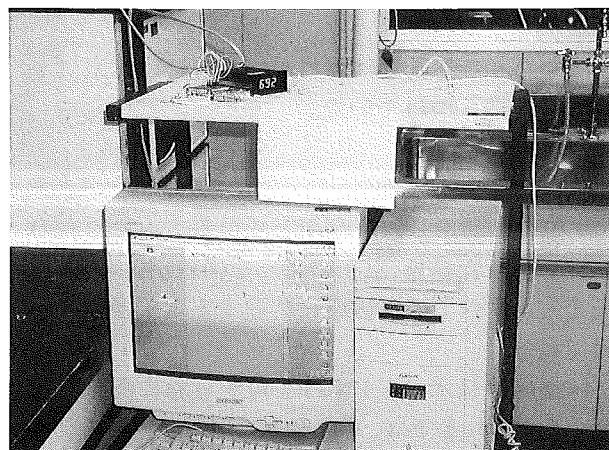
元素	重量%
Si	5.65
Fe	33.02
Cu	25.33
Zn	39.96

表3

元素	重量%
C	2.89
H	2.37
N	0
計	5.26

### 5. 水温変化について

冷却水の利用に当たっては、清浄性とともに温度変化の少なさも重要である。この点においても実験棟の冷却水は問題があるという意見があつたため、簡易的な温度モニタを作成し、調べた。温度モニタの概観を写真2に示す。センサは白金抵抗体であり、これに接続されたパネルメータが出力するデータを、パソコン(マッキントッシュ)でLabVIEWを使って取り込んでいる。測定結果の例を図1に示す。実線が水温であり、点で示されているのはエネルギーセンターより入手した外気温である。温度が特別に高くはない場合は左側のようにになだらかに外気温に追従するようなパターンを示すが、一日を通して高い気温を示す場合は、右側のように頻繁に制御がかかり、鋭い温度変化が起きるようであった。今回の測定で得られたデータでは、その温度変動幅は約3℃であった。温度の値としては、夏季のデータしかないが、24~27℃であった。



写 真

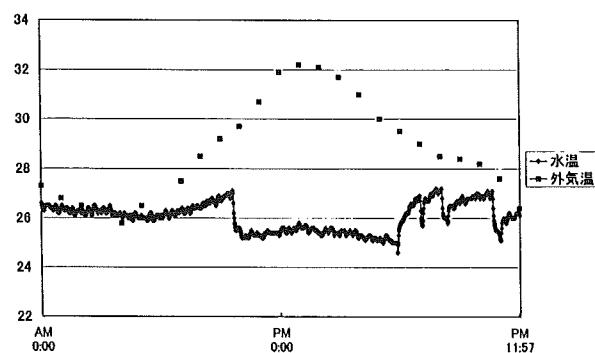
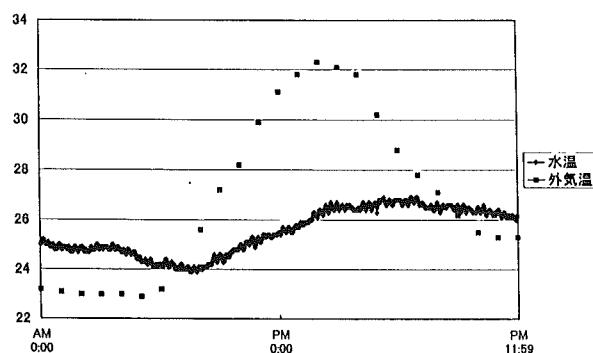


図1 温度測定結果

## 6.まとめ

現在、実験棟を使用されている一部の研究者には、漏水事故や頻繁なフィルターの交換などで、かなりの負担を余儀なくされている。そういう方々のためにも、なぜ冷却水の汚染が起きたのかを調べ、抜本的な改善を行うことが是非とも必要である。大掛かりな方法としては配管を外して調査するということも考えられるのであるが、現状の小規模な調査形態ではそういう直接的なアプローチはできない。手近に行える機器分析などの間接的な方法でヒントが見つからないため、本調査ではそこから先へ進むことが出来なかった。

今後新たなアプローチが行われない限り、利用者には

- 1) 各装置にチラーを取り付ける。
- 2) このまま頻繁にフィルターを交換しながら循環冷却水を使い続ける。
- 3) 水道水の垂れ流しに切り替える。(これは、本来許される使い方ではない！)  
の3つの選択肢しかないように思われる。  
せひととも、より高い立場から見直しが行われ、実験棟の循環冷却水、ひいては研究者の実験そのものの環境が改善されるよう切にお願いしたい。

一方で、循環冷却水に対する見方として、「循環冷却水は本来二次冷却水として使用されるべきものであり、もともと一定温度かつ清浄な水を供給することを目的としたものではない。そういう目的のためには、各装置ごとにチラーを備えて対処すべきである。」とする考え方もある。

いずれにしても、利用者側でも現状で、建物内の配管ではなく各機器から発生する汚染を防ぐことはできる、ということには注目する必要がある。それは、“使用していなかった装置を冷却水ラインにつなぐ前に装置内配管に水を十分に流し、汚れを洗い流す”ことである。徹底した御協力を是非ともお願いしたい。

最後になりましたが、今回の調査が、今後行われるであろう調査・対策に際して、わずかながらでも参考になれば幸いです。

## 7.謝辞

利用状況の調査などに快く応じていただいた方々、本調査の機会を与えてくださった技術課の山中班長、機器分析を教えていただいた技術課の酒井さんと野村さんに感謝申し上げます。

# 技術講座 「知らなきゃ損する技術の常識」

## —ガラス工作を10倍楽しくする方法—

### 化学の実験に役立つガラス細工

#### (基本的なガラス細工)

分子物質開発研究センター 小丸忠和

化学実験には硝子器具・装置が必要である。ガラス細工は高度な技術と豊かな経験を要するものであるが、いつも専門家の細工や市販のガラス細工に頼らず、簡単な硝子器具の製作は自分で実験室でやれることができ望ましい。複雑なガラス器具を取り扱うときや、新しいガラス装置を設計するときにも、ガラスに関する知識やガラス細工の技術の習得が役に立つことが多い。ここでは、ガラス細工の基本的な工作について述べる。

#### 1. ガラス細工の準備

化学実験に使うガラスの用途と性質を表1に示す。これらのうちで化学器具の細工に使われるものは、最近ではパイレックスである。ガラス細工には次のような工具(写真1)が必要である。工具の丸囲み数字は写真の数字と対応している。

- (1)酸素ガスボンベ及び減圧弁 (一次側圧力 250MPa、二次側圧力 2.5MPa程度)
- (2)都市ガス：1インチ径での配管が必要。
- (3)細工用バーナー：バーナーは使用するガスに合ったガラス細工バーナーを使用すること。  
分子研では、木下式ブルーバーナー①を使用している。

- (4)ヤスリ②(目立てヤスリまたは平ヤスリ)
- (5)ピンセット③
- (6)そのほかに細工の内容により、下記のものがある。
  - ・左官用小型コテ④。
  - ・ゴム栓：ガラス管やスリに蓋をする必要があるときに用いる。
  - ・シリコンチューブ：都市ガス・酸素などのガス延長用。柔らかいために作業性が良い。外径6～12mm程度のチューブを必要に応じて配置する。
  - ・物差し⑤：ステンレス製。300～500mm程度の長さ。
  - ・ノギス⑥。
  - ・コンベックス⑦(巻き尺)。
  - ・丈パス⑧(内径を測るゲージ)。
  - ・丸パス⑨(外形を測るゲージ)。
  - ・カーボンロッド⑩(クリボウ)：各種径のカーボンロッドにボーキサイトのハンドルをつける。熱したガラス管の整形に使用する。太さ6～25mm程度、長さ150～200mm程度。
  - ・カーボンこて：カーボンロッドの代わりに平板をつけたもの。

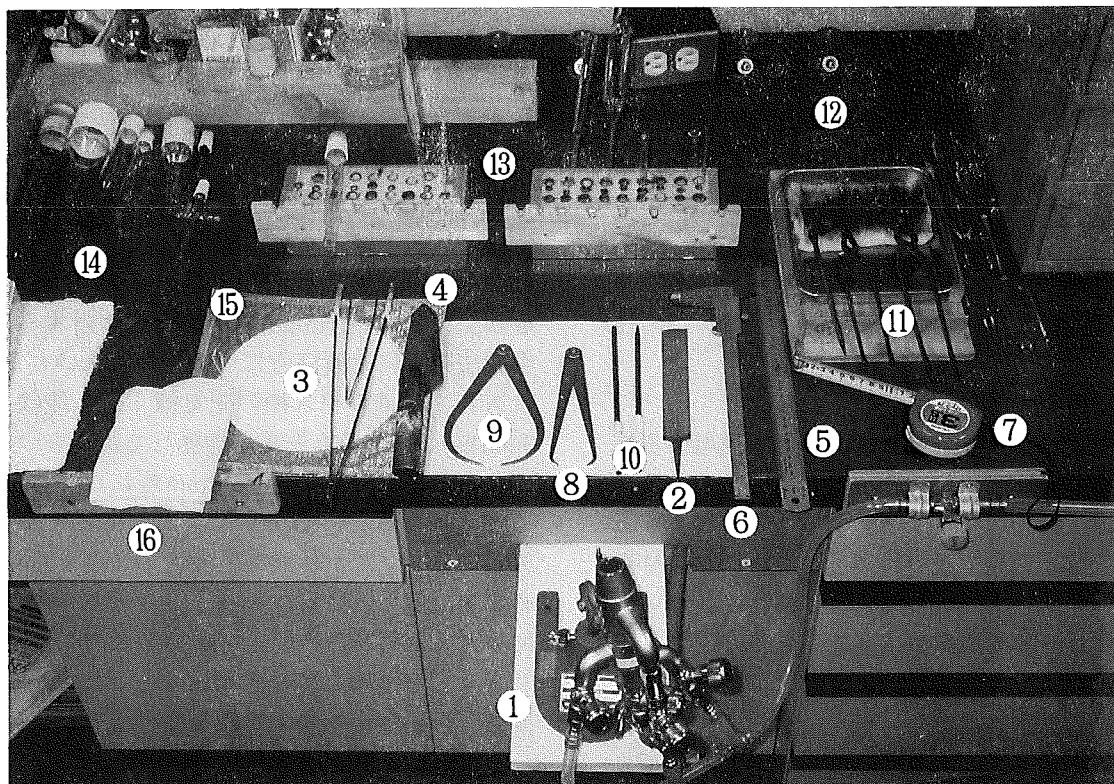
表1 ガラスの用途と性質

	鉛ガラス	硬質ガラス	パイレックス*	石英ガラス
用途	電子管、クリスタルガラス	一般理化学用	一般理化学用	放電管、半導体理化学用
熱膨脹係数 (cm/°C)	$91 \times 10^{-7}$	$45 \times 10^{-7}$	$32.5 \times 10^{-7}$	$5.6 \times 10^{-7}$
耐熱衝撃性**	65°C	180°C	250°C	1250°C
徐冷点***	432°C	500°C	565°C	910°C
軟化点	596°C	705°C	820°C	1500°C

\*Pyrex はアメリカの Corning Glass Works の商品名だが、ホウケイ酸ガラスの代表名としてよく用いられる。

\*\*破壊に導くような温度差

\*\*\*歪みをとる温度



写真

- ・金属箸⑪：ガラス端面処理に用いる。
- ・ひまし油⑫(ガーゼに浸して金属バットにいれる)：金属箸を用いて、ガラスの口開きを行うときに滑りをよくする。
- ・ガラス管立て⑬(木材片に各種径の穴をあけたもの)：木材片に穴径5～12mm、深さ50mm程度の穴をあけておき、中間製品を立てるのに用いる。
- ・セラミック布：柔らかくかつ不燃性であるため、熱せられる部分を保持するときの緩衝布として使用。
- ・各種ジグ⑭：直接手でもてない対象物を保持したりするためのガラス製ジグ。各種用途・サイズのジグを自作して準備しておく。
- ・セラミック金網⑮(250mm四方)：ガラス製品の補修のときに、前もってガラス器具全体を暖めておく。ガスコンロの上に乗せ、ガラス製品を乗せさらに金網をかぶせる。
- ・柔らかい布またはガーゼ⑯：ガラスを拭くときに用いる。ガラスは傷つきやすいのでブラシとかクレンザーを使用してはいけない。
- ・ガスこんろ：ガラスを予熱するときに用いる。

## 2. ガラス細工を行うときの一般的な注意点

- (1) 細工に使用するガラス管は、あらかじめ柔らかい布またはガーゼのような物で拭いてきれいにしておく。ブラシやクレンザー類はガラスを傷つけるので使用しないこと。
- (2) 古いガラス管や肉厚の一様でないもの、傷や石のあるもの、泡やスジのはいったものは使用しない。
- (3) 火傷に注意する。ガラスは炎の中で溶けているときは、高温であることが分かりやすいが、炎から出すと、見た目には色が付いていないので、手で触れて火傷をすることが多い。特に他人が知らずにふれることがあるので、よく注意する。また、大きな炎を使うとき、毛髪や袖口を焼くがあるので、きちんとした服装で行う。
- (4) ガラスは熱伝導が悪く、急に強い炎にいれると破損することがある。ゆっくり加熱し、加熱したガラスを冷却するときは、細工した部分を弱い炎で一様に加熱し、その後ゆっくり放冷する(徐冷またはナマシ)。

- (5) 細工の工作手順をよく考えておく。手順を間違えると簡単な細工でも失敗し易い。
- (6) ガラスの破片や引き延ばした先などだけがしないように、細工台や机は整理整頓しておく。

### 3. 基本的なガラス細工法

#### 3-1 切断法

ガラスは張力または熱衝撃に弱いので、この性質を利用して切断する。

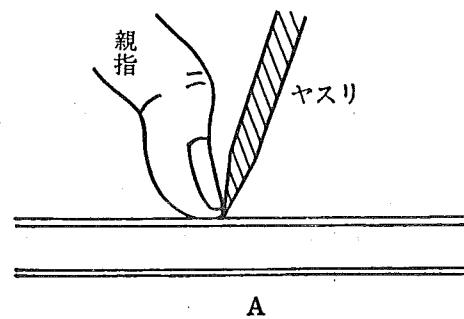
##### 3-1-1 手折り法

この方法はガラスが張力に弱い点を利用するものである。ガラス管を切断するのは、まずヤスリによって切断箇所にきずをいれる。切断しようとする箇所を左親指の爪で押さえ、これにヤスリを当ててきずをいれる(図1-A)。ヤスリが新しいちは、ガラスの面に垂直に立てて使うが、切れ味がわるくなったら図1-Bのようにグラインダーで先端を平らに磨きなおして使う。磨いたヤスリは新しい角を使う。このようにヤスリを使用してガ

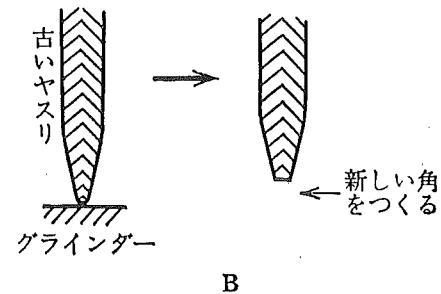
ラス管に3~4mmの傷をつけ、腹部の前面で図2のようにガラス管を握る。切断の時は左右に引く力を70%、折り曲げる力を30%くらい、同時に働くかせて引き離すような気持ちで切断する。ヤスリきずからの両側を握れる長さがあり、管径が12mmくらいまでの管がこの方法で切断できる。

##### 3-1-2 焼玉法または誘導切り

この方法はガラスが熱衝撃に弱い点を利用するものである。管径15mm以上の管を切断するには、手折法同様に切断箇所にヤスリきずをいれる。ガラス管またはガラス棒の先を細く引き伸ばし(径3mm位)、細い炎で先端を加熱して焼玉をつくる。これをやすりきずから1~2mm離れたところに軽く押し当てるとき、ピチッと音がしてヒビが入る。ガラス管を立てた状態で約60度の角度からヤスリきずを見ると、ヒビが入っていればキラキラ光って見える。再びこの焼玉をこのヒビの先に押し当ててヒビを誘導してゆき切断する。なお焼玉のガラス管は鉛筆を持つようにして行うと良い(図3)。



A



B

図 1

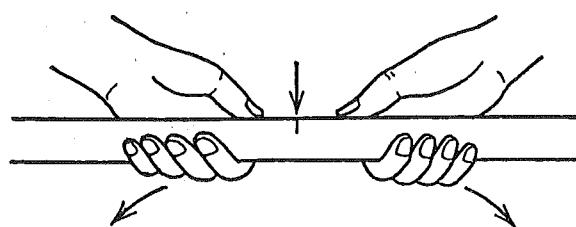


図 2

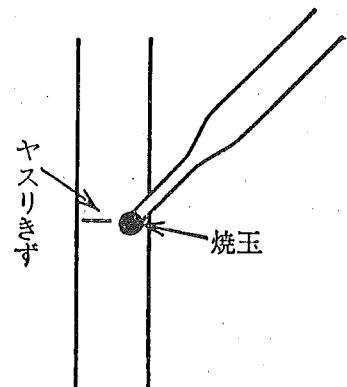


図 3

### 3-2 ガラス管の回転

ガラス管の回転は最も基本的な操作であり、第一に会得する必要がある。回転のよしあしによって細工の上手下手が決まる。ガラス管は左手でもち、親指のまわりと人差し指とで回転する。小指はガラス管のささえの役目をし、他の指は小指の補助をする(図4)。右手は回転軸が狂わないよう、加熱する個所から近い点を持つことが望ましい。回転は一方向に規則正しい速度で行う。

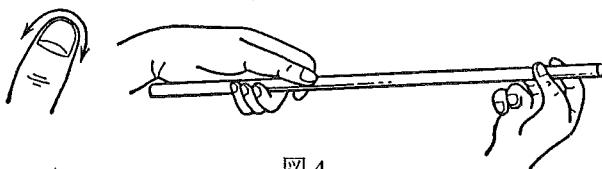


図4

### 3-3 足場作り

太さがある程度以上の細工をするときには、その一端を引き伸ばし細くすることで円周が小さくなるため回転しやすくなる。このように引き伸ばして細くした部分を足場といふ。この足場をつくるには、ガラス管を最初は弱い炎の中に入れ回転させながら徐々に加熱する。赤い炎が出始めガラ

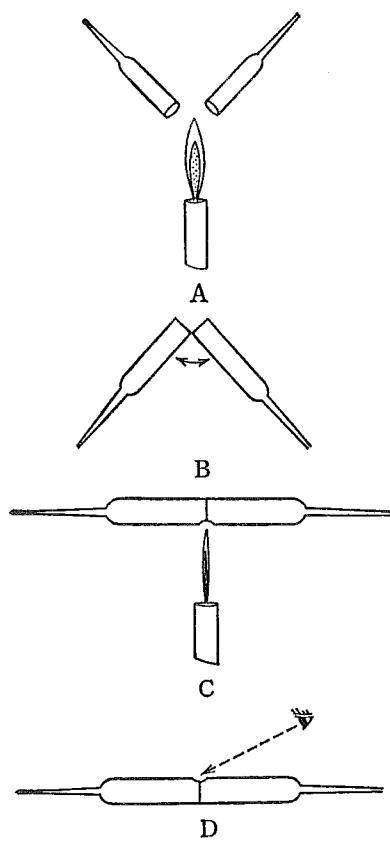


図5

ス自身が赤く溶けてきたら、炎からだし、回転させ中心をとりながら引き伸ばす。加熱の程度と、引っ張る速さで望みの太さや長さの足場を作ることができる。足場はあまり細くせず、ガラス管全体を持ちこたえる程度に丈夫にすることが大切である。

### 3-4 接合

#### 3-4-1 同径管の接合

- (1)両端に足場をつくったガラス管を誘導切り法で半分位に切断して、接合の練習を行う。足場の一端は溶かして閉じておく。
- (2)斜め上方より炎に入れ、切断した先端面だけを溶かす(図5-A)。
- (3)まず、接合面の一点をつけてから、全体をつけると接合面のずれが少ないと(図5-B)閉じていない右側の足場から軽く空気を入れ、接合面に穴があいていないか確かめる。
- (4)回転して接合しないで、一箇所ずつ接合線のみを溶かすような細い炎を使い、左右のガラスが液状になるまで加熱する。炎の圧によって接合部がへこみ、接合線が無くなるのを確かめる。次に溶かした部分を上に向けて見ながら空気をいれ、同じ径にする(図5-C,D)。
- (5)溶かしたまわりを少し大きな炎で加熱し歪みをとる。

#### 3-4-2 異径管の接合

- (1)太さの異なる管の接合は図6-Aのように、太い方の管の先を引き伸ばして接合しようとする細い管の径に合わせる。この場合引き伸ばし過ぎて肉薄にならないように注意する(T字管(6)図8-Bの接合方式も練習しておくといい)。
- (2)細く引き伸ばした管の適当なところを誘導切りで切断し、同径管接合と同様の操作をする(図6-B,C)。

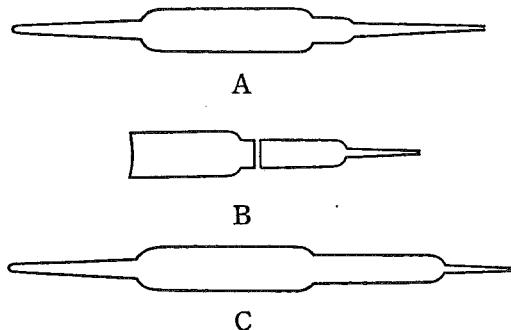


図6

## 3-5 ゴム管止め

ゴム管止めの形には1段型と2段型がある。真空・高圧用に使用する以外は1段型でまにあうが、ここでは2段型の細工法を説明する。2段型の細工ができれば、1段型の細工は容易である。

- (1)ゴム管の内径にあったガラス管を選ぶ。ガラス管の両端に足場をつくり一端を閉じる。閉じて

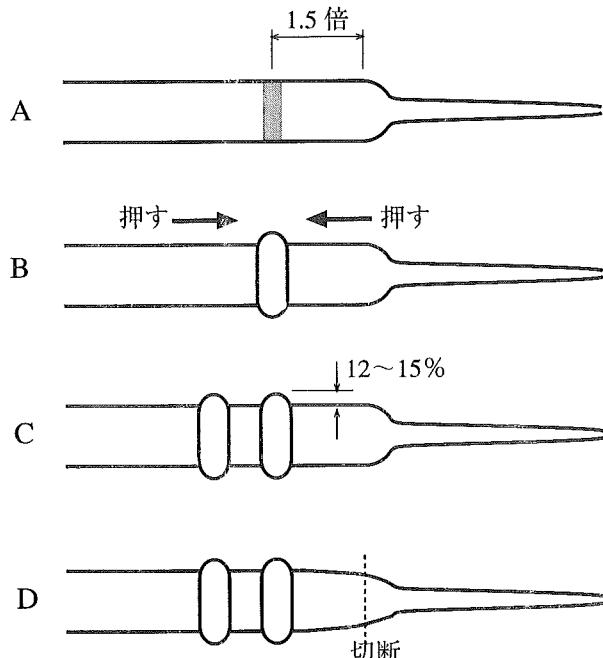


図 7

ない足場の根元から管の直径の約1.5倍のところ(図7-A)を細く強い炎で加熱し帯状に溶かし、そこを両方から押しつぶすようにすると肉が盛り上がり山ができる(図7-B)。山の高さは直径の12~15%程度がよい。

- (2)同様にして、この山から管の径だけ離れたところを同じように溶かし山をつくる(図7-C)。

(3)次に足場の根元をかるく溶かし、ゴム管が入りやすいように先端を細める(図7-D)。ゴム管の内径より細目のところで切断し、切断面をかるく溶かして完成させる。余談になるが、ゴム管止めからゴム管やシリコン管を外すときは、管の根元部分をハサミで切り離してからゴム管止めに残ったゴム管をカッターナイフで切り落とせばよい。無理にゴム管を外そうとすれば、ガラス器具そのものを破損させてしまうことが多いからである。

## 3-6 T字管

- (1)側管を、直角につけようとするガラス管の両端に足場をつくり、その一つを閉じておく。ゴム管止めが必要ならばあらかじめ作っておく。

- (2)接続しようとする箇所を細い炎で真下から溶かす。図8-Aに示したように、断面が対称になる

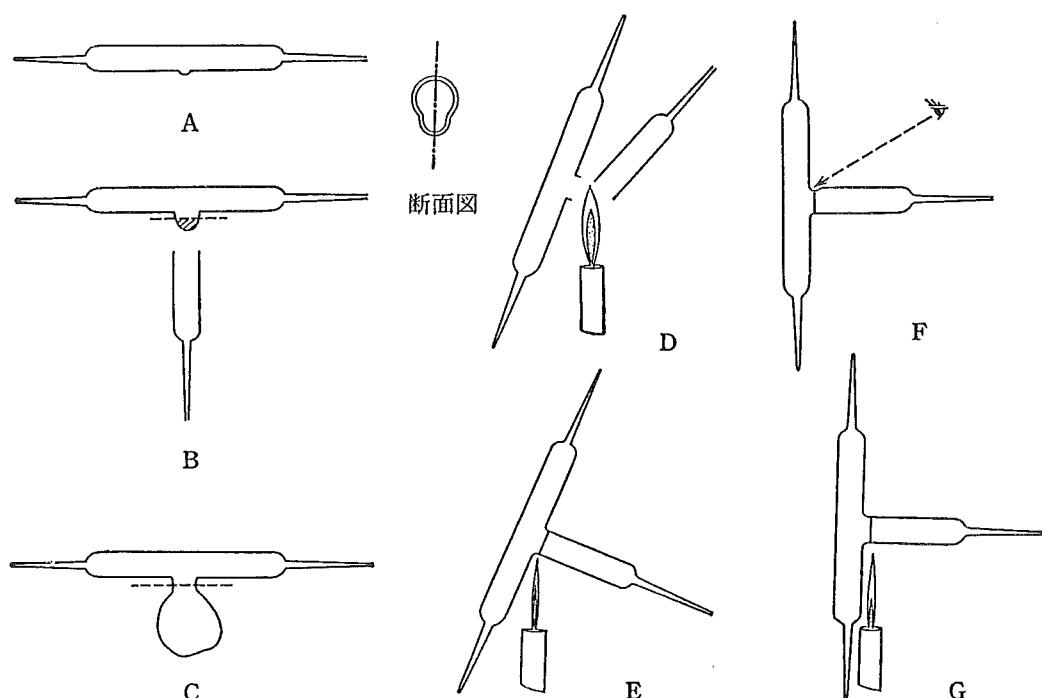


図 8

ように注意する。

- (3)炎から出して加熱箇所を見ながらかるく吹き、接続の場所を確認する。
- (4)炎の調節をしながら膨らんだ場所を加熱しかるく吹く。この操作を2-3回行い接続管の径よりやや小さめの半球ができたら(図8-B)、斜線の部分を溶かして吹き破る(図8-B)。
- (5)吹き破った薄いガラスを点線部分からピンセットで取り除き(図8-C)、足場を両方とも閉じる。吹き破った部分の先端面だけを溶かし、同径管接合と同様に接合面のみを溶かし、一点から接合する(図8-D)。
- (6)3-1-4項の(4)で説明したように、接合線がなくなるまで一ヵ所づつ溶かし、よく見ながら空気を入れる。加熱時にガラス管の角度に注意しながら炎が接合面にあたっているのを確かめながら溶かす(図8-E)。空気を入れるときは、溶かした箇所が見える位置にかえてから行う(図8-F)。図8-Gのようなガラス管と炎の位置で細工

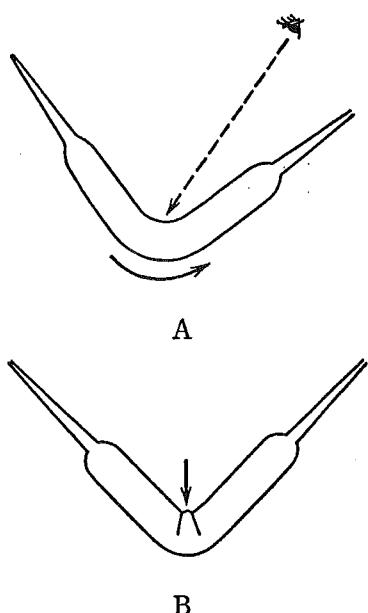


図9

を行うと、接合面に炎が入りにくく、側管を余分に溶かし、T字型が変形してしまうので、接合線以外にはできるだけ炎があたらないように注意する。

- (7)接合した箇所は前に(3-4-1の(5))で説明したように歪みを十分に取っておくこと。
- (8)各先端の適当なところを誘導切りで切断し、切断面をかるく溶かして完成させる。

### 3-7 管の曲げ方

- (1)細工するガラス管の両端に足場をつくり、中心を出し、一端をとじる。
- (2)曲げようとする個所を中心に、曲げる角度と内外周の差を考え、幅広い炎で加熱する。炎の中で回転中、右手の支えを十分に行い、引っ張ったり、捩れたりしないように注意する。十分に加熱しないうちに、炎から出して作業を進めても思うような曲げ方はできない。
- (3)バランスよく回転して、ガラスを溶かすことができたら、内外周の肉厚の差を考え、外周を外に向けて、滑らかな円を描くように曲げ、加熱部分をよく見ながら空気をいれる(図9-A)。
- (4)幅狭く加熱して急な曲げ方をすると図9-Bのようになる。このようなときには、矢印のところを細い炎で加熱し修正する。

### おわりに

これまで基本的なガラス細工について述べてきましたが、この文章を読んだだけではガラス細工の習得はできません。ガラス管の回し方、同径管のつなぎ方などを繰り返し繰り返し練習してこそガラスの溶かし方が身に付いていくのです。ガラス細工をする必要に迫られる研究者のみなさん、三日坊主にならないでガラスと仲良しになってください。また、専門家の仕事を見たり、話を聞いたりすることも大切なことです。是非ガラス細工を習得され化学の実験に役立ててください。

# 科学講座 「知って得する分子科学の常識」

## レーザーの話 (第8回)

装置開発室 浅香修治

前回の続きです。

### 5. レーザーの具体的構成と種類

#### 5.2 【各種レーザー装置の構成】

##### 5.2.6 チタンサファイア・レーザー

波長可変の固体レーザーとして現在最も多く使われているのがチタンサファイア(Ti:Sapphire)レーザーです。

チタンサファイア・レーザーのレーザー媒質はサファイア( $\text{Al}_2\text{O}_5$ 、無色)の単結晶に数%の  $\text{Ti}_2\text{O}_3$  を混ぜたもので、チタンのイオン  $\text{Ti}^{3+}$  が活性物質です。この系では  $\text{Ti}^{3+}$  の電子状態と母体であるサファイア結晶の格子運動状態とが強く相互作用しており、その結果、 $\text{Ti}^{3+}$  のエネルギー状態は多数の振動副準位に分かれています(図23)。熱平衡状態では  $\text{Ti}^{3+}$  のほとんどの電子は基底電子状態  $2\text{T}_{2g}$  の「底」つまり格子振動の振幅が最も小さい状態

(1)にあります。そこから励起電子状態  $2\text{E}_g$  に励起される電子はフランク・コンドンの原理<sup>\*</sup>により、「真上」に位置する状態、つまり格子振動の振幅が大きい状態(2)に遷移します(\*フランク・コンドンの原理：電子遷移に要する時間は原子核の振動にくらべてずっと速いので、電子遷移の際に原子核の位置は変化しないという法則)。この状態は直ちに周りの格子などにエネルギーを放出して振動振幅が小さくなり「励起状態の底」(3)に落ちていきます。その後、ある寿命( $\sim 3 \mu \text{sec}$ )をもって基底電子状態へと遷移しますが、その時に光を放出します。遷移先は「真下」であり、振動振幅が大きい状態(4)です。(1)や(3)の「底」にある状態は、振幅は小さいけれど温度で決まるある範囲で振動しています。そのため(4)に遷移する時には、真下に遷移とはいっても横方向(格子の座標)にある程度の分布を持ちます。その結果、この遷移に伴うエネルギーにも分布が生じます。こうして発光スペクトルは单一波長ではなくて分布を持ったものになるのです(図24)。色素レーザーと類似のこの性質により、波長可変レーザーとして動作させることができます。吸収がおよそ 500nm ~ 650nm の範囲にあり、母体の熱伝導が良くて強励起に耐えられるので、励起はアルゴンイオンレーザー(連続発振、488nm、514.5nm)やパルス発振または連続発振の Nd:YAG レーザーの第2高調波(532nm)等のレーザー光を使うのが一般的です。

図25(a)に連続光励起の場合の典型的な共振器構成を示します。10W程度の励起では波長 700nm ~ 1000nm の範囲の任意の波長で発振し、800nm近辺が一番強く、1W程度の出力が得られます。

最近あちこちの研究室で使われるようになった(市販品が容易に買えるようになった)レーザーにフェムト秒チタンサファイア・レーザーがあります。この共振器構成の一例を図25(b)に示します。図25(a)と比べるとプリズムとスリットが加わっているだけですが、この構成によってパルス幅 100 フェムト秒( $10^{-13}\text{sec}$ )、くり返し 100MHz 程度の超短レーザーパルス列が発生できるのです。この原

一  
ギ  
ル  
ネ  
工

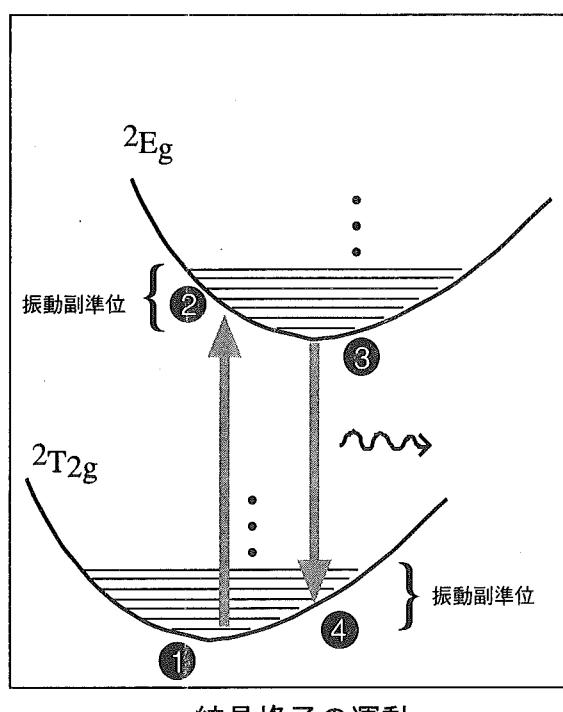


図23 チタンイオン  $\text{Ti}^{3+}$  のエネルギーレベル

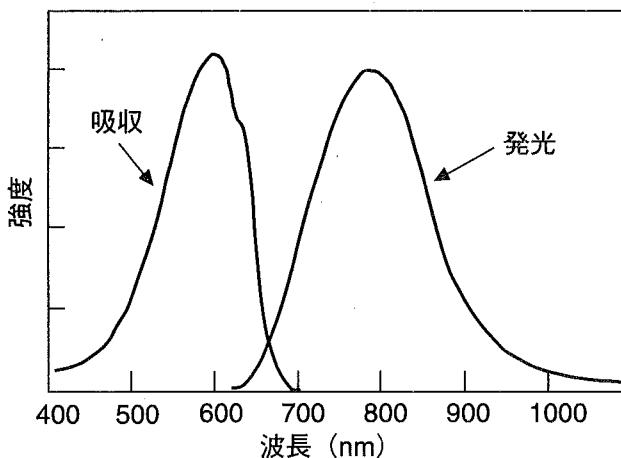


図24 チタンサファイア結晶の吸収・発光スペクトル

理を簡単に説明しましょう。

レーザー媒質として使用しているチタンサファイア結晶は非線形屈折率が比較的大きく、その符号は正であるという特徴があります。非線形屈折率というのは物質に光が入射した時に光の強さに応じてその場所の屈折率がその時だけ変化するという性質です。光が強くなれば屈折率も大きくなるのが「正」の方向です。

さて、チタンサファイア・レーザーが一定の強

さで連続発振しているとします。レーザー光の強さはビームの軸部分で強く周辺は弱いですから、チタンサファイア結晶の中での屈折率は、ビームの軸部分で大きく周辺は小さい(もともとの屈折率のまま)ということになります。これは凸レンズになっているということを表しています。しかし連続発振のときの光の強度はあまり強くないので、凸レンズ効果は無視できる程小さいと言えます。

ここでなんらかの外乱があって強度が変化し、瞬間に強く発振したとします。そうすると凸レンズ効果が強く起こり、共振器内のレーザービームが部分的に細くなるでしょう。このようにレーザーの発振が時間的にギザギザになる程、凸レンズ効果が強くなります。逆に、凸レンズ効果でレーザービームが細くなることを最初から想定しておき、その時のビーム径に合うようなスリットを設けてやると、連続発振よりもギザギザ発振の方が優先するようになります。最もギザギザな状態(ピーク強度の高い状態)は全部のエネルギーが時間的にたった一ヶ所に集中している時です。このような光、つまり時間的に集中したたった一つだけのパルス光が共振器内を往復しているという状態が最も安定な発振になります。この状態をモード同期とも呼びます。

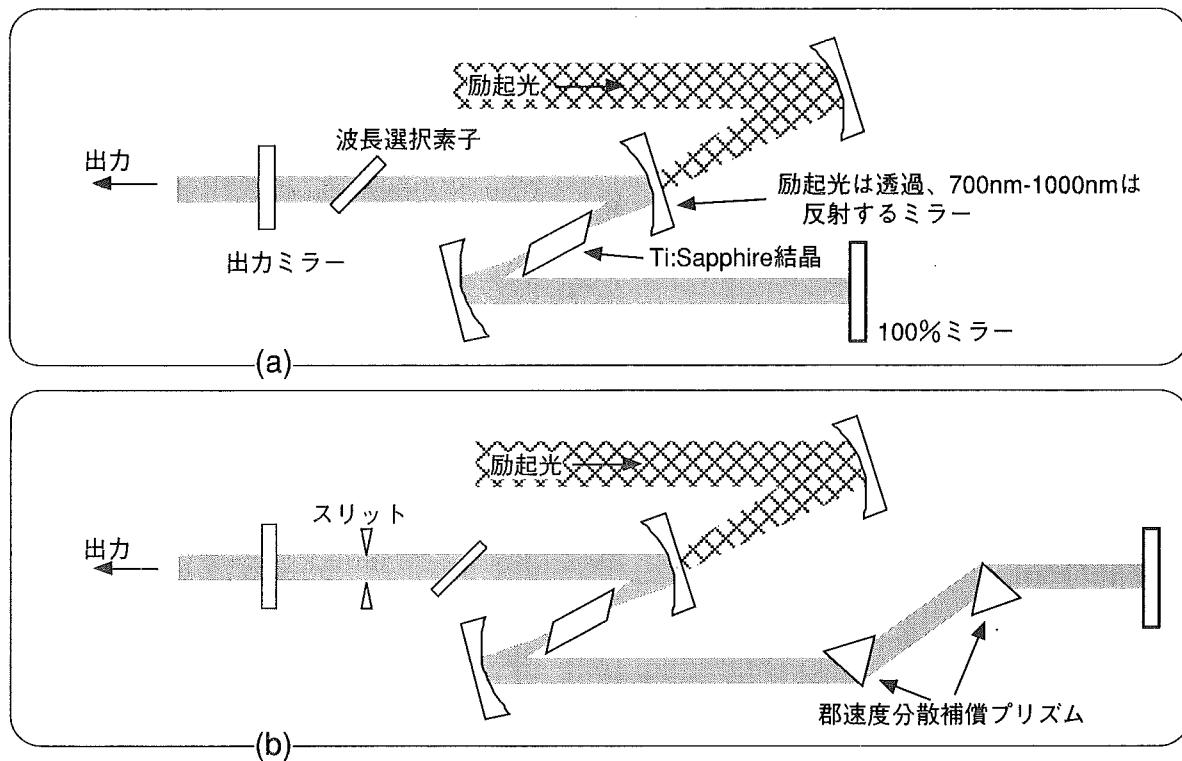


図25 (a)連続波発振チタンサファイア・レーザー、(b)超短パルス発振チタンサファイア・レーザー

時間的に一点に集中といつても無限に狭く集まるわけではありません。パルス幅を  $\Delta t(\text{sec})$ 、スペクトル幅を  $\Delta n(\text{Hz})$  とすると、原理的に積  $\Delta t \cdot \Delta n$  の最小値は0.5ぐらいにしかなりません。スペクトル幅はチタンサファイアで增幅できる波長範囲にしかなりませんから、これで最小のパルス幅が決まってしまいます。図24から計算するとおおよそ7フェムト秒( $7 \times 10^{-15}\text{sec}$ )です。しかし、パルス幅を広げてしまう要素はいろいろあるので、現実にはここまで短くはならず、せいぜい20フェムト秒ぐらいです。ちなみに共振器中にあるプリズムは、共振器中の結晶やミラーの反射面などが持つ分散のせいでパルス幅が広がってしまうのを補償してやるために挿入するものです。

チタンサファイア・レーザーは近年、研究用に多く使われるようになりました。それは1)波長範

囲の制限はあるにしろ、連続的に波長可変で連続光も超短パルスも発振できる、2)励起光源として半導体励起Nd:YAG レーザーの第2高調波を用いると、全固体化レーザーとなる(すべての部品が固体素子で半永久的に使える)、という特徴のためです。今後、他の波長の効率のよい波長可変固体レーザーがもっと開発されれば、研究用のレーザーはほとんどが固体レーザーにかわっていくのだろうと思います。

このシリーズはかなえ創刊号から途中休載を挟んで連載して参りましたが、今回で最終回と致します。長い間の御愛読(もしそういう人がいれば)ありがとうございました。いつも遅い原稿のせいで編集の方には御迷惑をおかけしました。ごめんなさい。ではさようなら。

# マイレビュー

## 光スペクトラム計測および分散測定技術について

(株) アドバンテスト 計測器事業本部  
第3開発部 入澤昭好

### 1.はじめに

急速に性能を進化させるパソコンの低価格化にも支えられ、インターネットが個人はもとより事業分野にも普及し、データ通信量を激増させている。こうした大容量通信を支える光ファイバ系伝送方式がDWDM(高密度波長多重通信)であり、基幹系を中心に運用がひろまるとともに、多重数の増加、伝送速度の上昇も進められている。

当社はDWDM通信分野に様々な光計測器を提案しているが、なかでも光スペクトラムアナライザはレーザ光源、光ファイバ増幅器、合分波フィルタなどのデバイスならびに伝送システムの評価に必要不可欠な基本測定器である。本稿では、方式の異なる2種類の当社光スペクトラムアナライザの特徴と性能、さらに最近重要性を高めつつある波長分散測定の必要性と測定技術についてDWDMアプリケーションを中心に紹介する。

### 2.モノクロメータ型光スペクトラムアナライザ

光スペクトラムアナライザの方式としては、ダイナミックレンジ、振幅特性、測定時間など総合的に優れた性能を有するため、モノクロメータを用いた分散分光型が最も一般的な方式である。図1にQ8383の分光部構成ブロックを示す。光学系はツエルニターナ型ダブルパスモノクロメータの

レイアウトとなっている。ファイバ(入射スリットに相当する)から入射した光は、第1放物面鏡、回折格子、平面鏡、第2放物面鏡の順序で第1のスリットまで到達し波長選択される。スリットを通過した波長成分は折り返されて、進行してきた経路を逆に進み受光部に入る。第1のスリットは波長分解能を設定するもので、設定分解能と波長に応じ $25 \mu m \sim 3mm$ の範囲において約 $0.8 \mu m$ ステップで制御される。これにより最高分解能0.1nmの設定においても±3%の波長分解能確度が保証され、後述するEDFAの高精度NF測定が可能となる。チョッパは受光部を遮光してオフセットをキャンセルするためと、高感度測定時に信号光を変調する役割をもつ。

回折効率は偏光(P偏光とS偏光)間で異なるため、測定光の偏光状態が変化するとレベル変動を生じ(偏光依存性)、安定度を悪化させる要因となる。偏光依存性を最小限に抑えるため、当社光スペクトラムアナライザでは次のような方法を採用し、全波長域にわたって±0.05dB以下を実現している。入力ファイバの直後で光路中にサバール板を挿入し、結晶の光学軸が回折格子の溝に対して45度になるよう調整する。測定光がサバール板を通過すると、回折格子の溝に対して45度と135度の角度をなす偏光状態に変換されるので、光バ

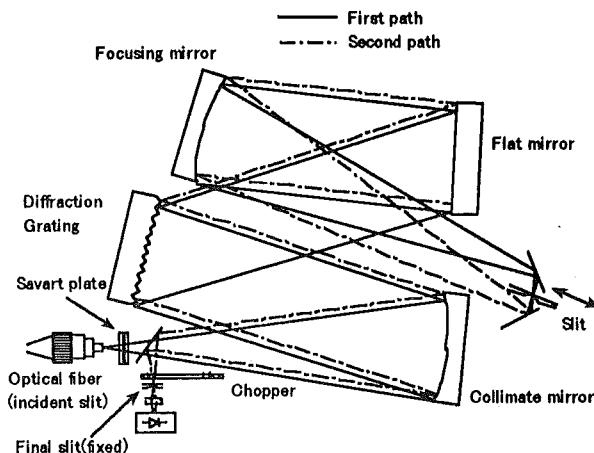


図1 Q8383の光学系ブロック

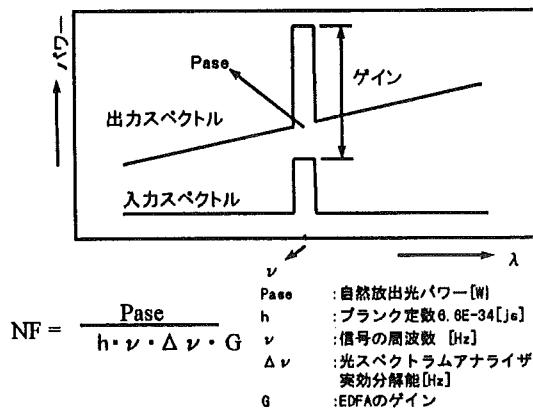


図2 EDFAのNF測定法

ワーのP成分とS成分とは常に同じ比率で回折格子に入射することになり偏光依存性が解消される。

Q8383の主要なアプリケーションにはEDFA(エルビウム添加ファイバアンプ)のNF(雑音指数)測定がある。EDFAは信号光のほかに雑音成分であるASE光(amplified spontaneous emmission、增幅された自然放出光)も発生する。NF測定法を図2に示す。光スペクトラムアナライザを用いてNFを求めるには、式中の各要素をできるだけ正確に測定しなければならない。Paseは信号波長における自然放出光パワーであり、補間法では信号両端のASE光レベルからフィッティングにより求める。DWDMではチャンネルが近接しているので、ASE光レベルを正しく分離するためには、近傍ダイナミックレンジと狭い分解能で測定する場合の分解能設定確度が重要となる。

伝送容量の増大にともないWDMコンポーネントの特性も高性能化するため、これらを評価する光スペクトラムアナライザにも波長精度、波長分解能、ダイナミックレンジ等、より高い基本性能

が必要となってきた。DWDMでは50GHz(0.4nm)もしくはそれ以上の高密度で波長多重されるが、各チャンネル毎に正確な波長、S/N、NFが測定できなければならない。また合分波器用コンポーネントとして多用されているAWG(Array Waveguide Grating)の評価では、クロストークを規定するために50dB以上のダイナミックレンジが必要とされている。

こうした市場要求に対応するため、当社では新たに高性能光スペクトラムアナライザQ8384<sup>\*1</sup>を開発した。波長軸は回折格子の制御角度に対応するので、新たに開発したサーボ機構により回折格子の回転角度検出分解能を $5 \times 10^{-5}$ 度以下まで高めた。またモノクロメータのレイアウトにおいては、回折格子への入射回数を従来の2回から4回にして分散量を増やし、Q8383の1/10にあたる10pmの分解能と60dB(ピークから0.4nm離れて)のダイナミックレンジを達成した。Q8384はまた、新たに波長校正用光源を内蔵しており、これを用いて定期的に校正を行うことで高い波長精度を保証する。校正用光源は広帯域光源(EE-LED)と、光源の帯域内に既知の吸収波長をもつガスを封印したセルとで構成され、ガスセルを透過させた信号を測定して特定の吸収線の中心が正しい波長になるよう波長軸が補正される。校正実行後の波長精度は1530～1570nmの波長範囲で±20pmとなる。アセチレン分子(<sup>12</sup>C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)には1510nm～1540nmの波長帯に吸収線が多数存在するので、1550nm通信帯域での波長基準に適している。図3はQ8384が内蔵している校正用光源の吸収スペクトルの1本(1532.8312nm)を測定したものである。校正用光源の広帯域光は外部にも出力されているので、デバイスの波長特性評価にも使用できる。図4にQ8384を用いて測定した4光波混合のスペクトルを示す。4光波混合とは、3次の非線形分極を介して3つの光波から第4の光波が発生する現象で、測定例では中心の2本がファイバに入力したパルス光、その他は4光波混合で発生した成分である。入力光の周波数を $\omega_1$ 、 $\omega_2$ とすれば、 $2\omega_1 - \omega_2$ 、 $2\omega_2 - \omega_1$ などの成分が発生している。通常4光波混合波は信号光波長に接近した微弱光なので、これを測定するためには近傍ダイナミックレンジが要求される。

### 3. フーリエ分光方式による高波長精度測定

図6にマイケルソン干渉計を用いたフーリエ分

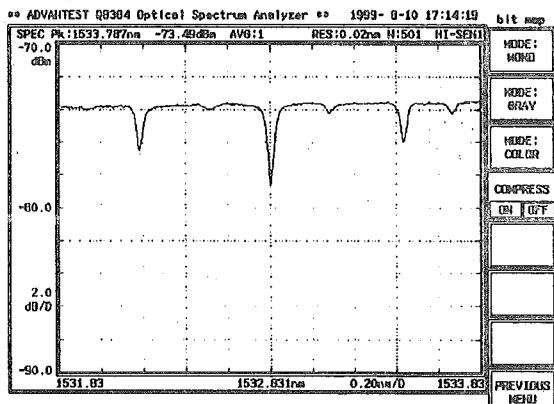


図3 基準光源吸収線スペクトル

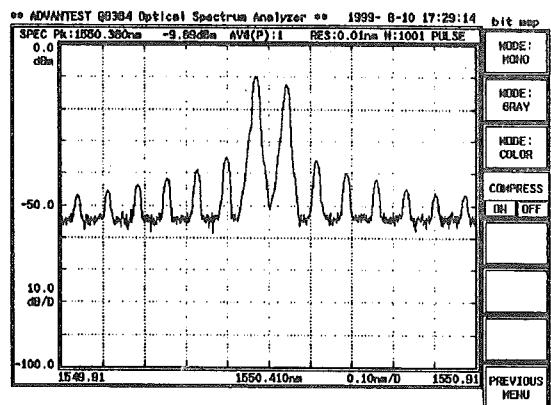


図4 4光波混合スペクトル

光方式の光スペクトラムアナライザQ8347の構成を示す。この分光方式は波長軸精度が非常に高く安定なことを特徴とする。

測定光はビームスプリッタで2光束に分割され1対の可動鏡に入射する。可動鏡で折り返された光線は、再びビームスプリッタで合成され検出器で光強度信号に変換される。可動鏡を連続的に移動

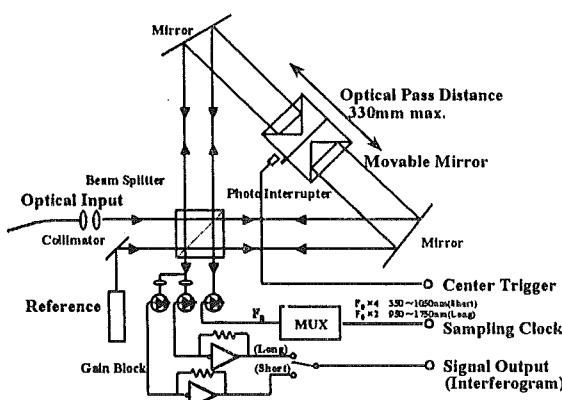


図6 Q8347 干渉計ブロック

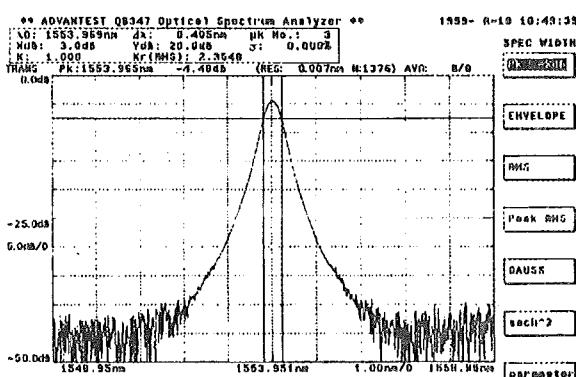


図7 狹帯域フィルタの測定例

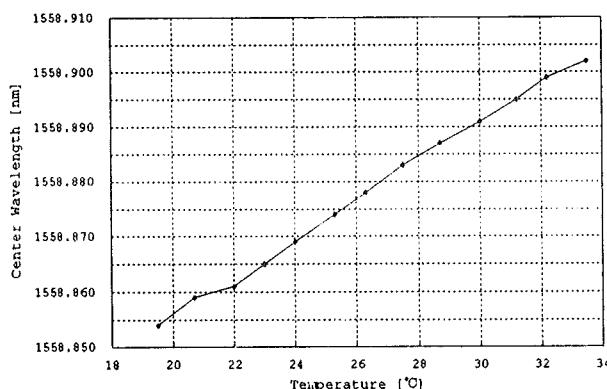


図8 フィルタ中心波長の温度依存性

し、2光束間の光路長を差動的に変化させ、発生するインターフェログラム(干渉信号)をA/D変換し、高速フーリエ変換(FFT)により光スペクトラムが得られる。基準光源であるHe-Neレーザー(633nm)の干渉信号は、信号光インターフェログラムのサンプリングクロックとして使われる。つまり信号光波長は基準光波長に対する比として求められる。He-Neレーザーの発振波長安定度は $10^{-6}$ 以下のオーダーであり、Q8347は波長校正を行うことなく長期間にわたり極めて高い波長精度と再現性を実現できるため、AWG、FBG(Fiber Bragg Grating)等波長選択デバイスの正確な波長特性の測定に用いられている。

光周波数分解能は2光束間の光路長差に反比例し、波長分解能で示せば次式で表される。

$$\Delta \lambda = \lambda^2 / 2D \quad D: \text{光路長差}$$

Q8347では光路長差を165mmとており、中心波1550nmでの分解能は7pm、750nmでは2pmとなる。図7に半値幅0.4nmの狭帯域フィルタの透過率測定例を示す。

FFTにより得られるスペクトルのダイナミックレンジは、AD変換器のビット数の制約をうける。フーリエ分光法では、測定光に含まれる全スペクトルパワーが同時にインターフェログラムに変換され、光路長0の位置における干渉振幅はトータルパワーに比例する。信号は有限の振幅でしか発生しないので、光スペクトルの帯域幅が拡がるに従い、相対的にAD変換時の振幅分解能が下がるためダイナミックレンジは低下する。この点においては分光後の波長成分のみをサンプリングするモノクロメータ型が有利である。

ダイナミックレンジが不足する場合には、繰り返し測定によりインターフェログラムを積算することでノイズレベルを低減することができる。この場合、各測定毎のデータのサンプリング位置を正確に同期させる必要がある。同期が不十分であるとスペクトルの各成分が正確に加算されず、レベル低下や波形歪みを生じる。ノイズ低減率は加算回数の平方根に比例する。

インターフェログラムは干渉計雰囲気中での波長周期で発生するため、空気の屈折率分散が反映されている。基準光との波長差が拡がるほどこの影響は大きくなり1550nm近傍では約5pmの誤差を生じる。Q8347は真空または標準大気中換算の波長を求めるために、マイケルソン干渉計を用いた波長計同様基準光及び測定光の屈折率比をもつ

て補正を行い、波長精度を向上させている。

図8にQ8347で測定した誘電体多層膜バンドパスフィルター(半値幅0.98nm)中心波長の温度依存性の測定例を示す。温度の上昇に伴い中心波長が長波長側にシフトしており、4pm/°Cの温度係数をもつことがわかる。次に図9では、バンドパスフィルターを一定温度にコントロールし、中心波長を長時間測定して、測定波長安定度を評価した。フィルターが定常温度に達した後には、±1pmのわずかな変動が見られるだけで非常に安定していることが確認できる。

マイケルソン干渉計のもう1つの特徴として可干渉度(ビジビリティー)測定があげられる。ビジビリティーはインターフェログラムの包絡線から求められる。CD、DVDといった光読み出し型メディアのピックアップは反射光検出型のため、反射光が光源のレーザーダイオードに漏れ込むと発振を不安定にさせる場合がある。従ってレーザー

ダイオードは干渉距離と干渉強度により評価される。

#### 4. 光ネットワークアナライザによる

##### 伝達特性の評価

DWDM通信では多波長化と伝送レートの高速化の両面から大容量化が押し進められているが、これに伴い光ファイバ中の非線形光学効果や分散の影響が無視できなくなってきたおり、各種光コンポーネントの低分散化や光ファイバー線路の分散マネージメントの必要性が高まっている。伝送速度に比例して占有帯域幅が広がるため、一般には群速度が一定でない媒質中では、光パルス中の各周波数成分は異なる伝搬時間で伝達し波形の劣化を生じる。ゼロ分散波長においては群遅延分散=0であるが、WDMでは4光波混合の位相整合条件となりクロストークを生じてしまうため好ましくない。

光キャリア周波数帯域におけるネットワークアナライザQ7750オプトスコープ<sup>\*2</sup>は、従来光スペクトラムアナライザで評価していた光デバイスの振幅特性のみならず、群遅延、波長分散といった位相特性の評価を可能にした。

波長分散の測定方法としてはパルス法及び位相シフト法が知られている。パルス法では、波長の異なる光パルスをDUTに入力し、出力端での光パルス伝達時間差をサンプリングオシロスコープで測定し、伝達時間差と波長差とから波長分散を求める。測定精度は系の時間分解能に依存するので、非常に広帯域でジッターの少ない測定系を必要とする。

一方、位相シフト法ではRFネットワーク・アナライザで築いたリソースが応用でき、パルス法に比較し測定系がシンプルである。位相特性だけでなく振幅特性も同時に評価できるため、Q7750では位相シフト法を採用している。図10に位相シフト法による測定原理図を示す。波長可変光源の発生するレーザー光を光強度変調器に通しRF変調信号fmで変調してDUTに入力する。DUTを伝達した信号光をOE変換し、強度ならびにRF参照信号との相対位相を検出する。変調周波数fmは、最適な分解能が得られるようにDUTの位相推移に応じて適切に設定する。光源の波長を掃引し各波長での位相差から相対群遅延時間を測定する。群遅延時間の変化量を波長変化量で微分することにより、波長分散が求められる。

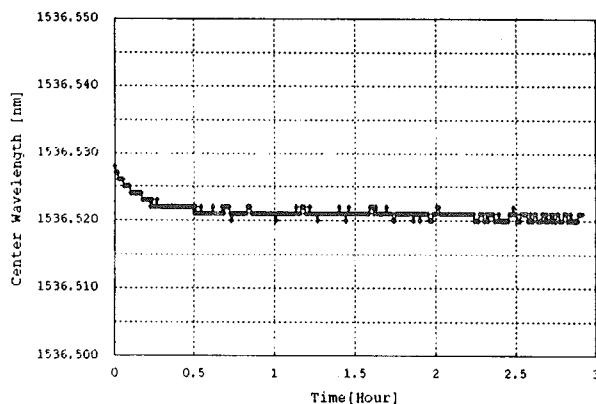


図9 測定波長の安定度

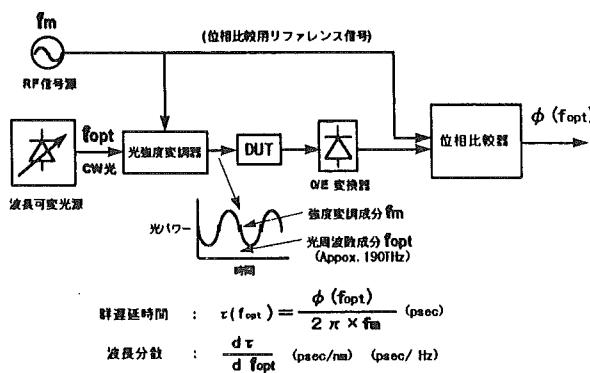


図10 位相シフト法による分散測定の原理

図11にQ7750のブロック・ダイアグラムを示す。波長可変光源は1530～1600nmの範囲で波長を掃引できるため、長波長帯に拡張したWDM通信帶全域に対応する。強度変調された信号光は、光カ

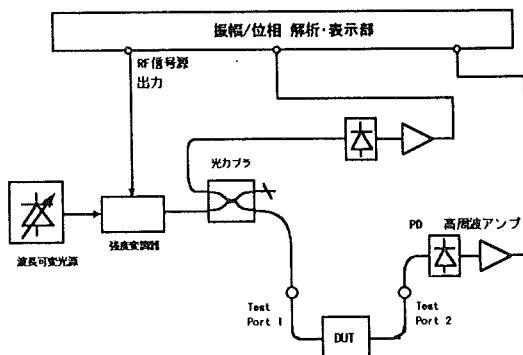


図11 Q7750のブロックダイアグラム

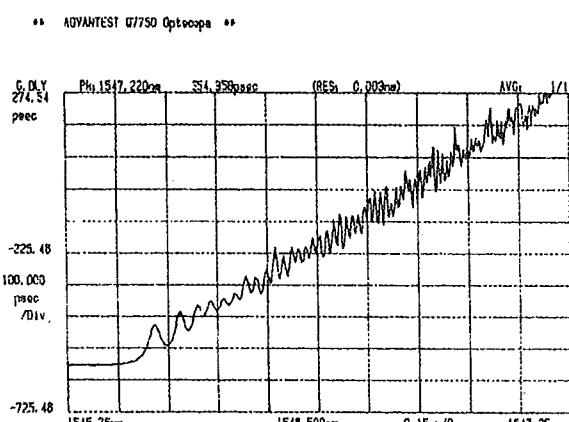


図12 FBG分散補償器の群遅延特性

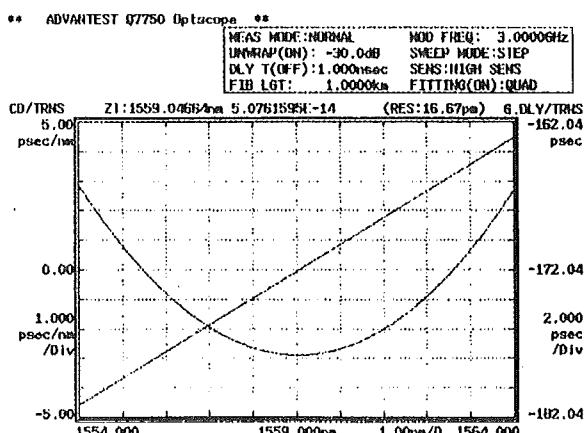


図13 分散シフトファイバの測定例

プラーを介してDUTに入力され、Test Port 2に通過した信号からは透過特性が測定される。一方信号の反射成分はTest Port 1から光カプラで分離され反射特性が測定される。両者は同時に測定が可能であり、また1回の測定で得られたデータから振幅、群遅延、波長分散およびその微分である波長分散スロープ特性の任意のフォーマットで結果を表示できる。

伝送特性の測定においては測定速度も重要である。温度やDUTに加わる応力の変化等の外乱は測定再現性を悪化させる。従来の波長可変光源が波長を離散的に設定するステップ掃引であるのに対し、Q7750が内蔵する波長可変光源は、連続的な波長掃引をモードホップなしに行い、測定時間も100倍以上短縮した。波長が連続掃引されるため微細な波形構造も正しく把握できる。光周波数分解能は最高で50MHz(0.4pm)である。

図12はFBG分散補償器の群遅延特性を示している。波長に対し群遅延がリニアに推移することが望ましいが、100psec程度の細かなリップルが重畠しているのが確認できる。

図13は1550nm帯分散シフトファイバー(長さ11km)の群遅延時間特性および波長分散特性の測定例であり、ゼロ分散波長1559.2nmが測定されている。光ファイバー測定時には、3次または5次のセルマイヤー多項式でフィッティング処理をおこない測定精度を向上させることができる。

## 5.まとめ

DWDM通信に関連したアプリケーションを中心に、光スペクトルならびにコンポーネント評価技術について解説した。めざましい進歩を続ける光応用技術に対応し、基本計測技術のさらなる向上と新たな評価技術の提案により、市場要求に的確にこたえていきたい。

## 参考文献：

- S.Ryu et al., "Novel chromatic dispersion measurement method over continuous gigahertz tuning range," IEEE Jour.Lightwave Technol., Vol.7, No.8, pp.1177-1180, 1989.
- \*1 Q8384は1999年9月デリバリー予定
- \*2 Q7750オプトスコープは、KDD株式会社殿との共同開発品です。

## 常識と非常識

豊橋技術科学大学 角田範義

昨年は、毒物の件が世間を騒がしていた。本学も同様な騒ぎに巻き込まれあわただしい一年となつた。化学の分野を対象として仕事をしているものとしてこの件について少し考えてみたいと思う。この騒動は、化学物質を扱う者に対していろいろなことを教えてくれた。それは、今までなんなくすましてきた化学薬品の取り扱いについてである。“なんとなくすましてきた”という意味は、ルーズであったということではなく、化学薬品を扱う者の常識と信頼にゆだねており、“あたりまえ”という共通の土壤で行ってきたことと言っている。化学薬品は、少量で人体に影響を及ぼすものを毒・劇物として指定しているが、それ以外は大丈夫かと言えばそうではなくどれも人体に影響を与えることは使用する者として当然知っていることである。これを他人に使用する等はもってのほかである。これは、倫理の問題であるが、それとは別に我々が常識と思っていることが現代の世代において常識と認識されてないことがあるようである。実際、常識は時代とともに変化するものもあれば時代にかかわらず不变なものもある。

これらはどのようにして身に付くかと考えると、“人に教えてもらう”や“行動の結果社会から学ぶ”であろう。よくある“誰も教えてくれなかつた”という弁明があるが、世代によつては“当たり前のことを教えてもらわなければわからないとはなきれない”というのもあるだろうが、当人たちにとっては、非常識なことでも常識となっているのである。これを避けるためには、我々が常識で当然と思っていることを相手も同じであると思わず、喚起することである。事が起こつてからの非難は、簡単であるがそれを未然に防ぐ手段は怠つてはいけない。毒物事件と何が関連するかというと、学生は、実際、化学薬品を使って卒業、修了研究を行つてゐる。その薬品一つ一つを監視下において実験を行うことは、現実問題として不可能に近く、お互いの常識の共有と信頼関係が無いことには研究が成り立たない。その常識の共有のためには、化学薬品の使用において“教えてもらわなかつた”という非常識な言葉が出ないように、良くも悪くも危険性の喚起が必要である。

## 編集後記

「かなえ」の連載の一つである技術報告ですが、締め切りまでに書いてとお願いしても、それぞれ忙しい中で執筆するわけですから、なかなか期日までに書くことは困難な事だと思います。その上、技術的な話は曖昧な表現ができませんから、ある程度結果が出ていないと書けません。さらに、僅かですが他機関にも出すわけですから、内容も慎重にならざるを得ません。そんなわけで次号へ持ち越しになつた技術報告原稿が幾つかありました。技術報告について楽しみにされていた読者は次号に期待して下さい。実は、こう書いている私も技術報告原稿を依頼されたのですが、次号送りにしてしまつた。反省。(鈴井)

ガラス工作の基本について小丸さんに原稿執筆していたいた。私自身、ガラス細工は体で腕で目で覚えなければならぬものだと思っている。実際、製作工程をそばでみていると、そういう思いを更に強くする。素人が実用的なガラス細工ができるようになるには、気の遠くなる時間が必要なのだ。だからといって、書物はいらないという訳ではないようだ。原稿を何回も読み直してみると製作工程での、作業の手順の理由が見えてくるのだ。製作作業の指針・行程が頭に入っていると手順そのものの合理性がわかつてくる。全体像を掴んでいるかいないのではガラス工作にたいする見方が違ってくる。この技術指南書はガラス細工への入門という意味でたいへん優れている。文章が平

明なのが良い。読んでいやにならない程度の分量なのが良い。図が多いのが良い。だけれども、入門書が優れているといつても、十回読んだからといつても、手を動かさなければガラス細工ができるようにならないのは事実である。(加藤)

”声”のコーナーを担当してから、一つの題材でもどの立場で書くと興味が増すだろうか? こういう話しにはどの人が良いかだらうか? いつも迷いながら依頼しています。今なら興味深い話しになる題でも時期がずれるとそうでもなくなったり、依頼後にもっと注目されるような話題が出てきたり。日頃から面白いことを言う人が文を書くとそうでなかつたり、意外な一面を見せる人がいたり。原稿が来るまでハラハラ、ドキドキの時間が、私の新聞や週刊誌に対する読み方にも出てきました。このコーナーを担当したおかげだと思います。・・・さて次号は誰に頼もうかしら・・・又いつもの悩みが、。(永田)

今年は豊橋で竜巻による大きな被害や、天候不順など自然の力にはなすすべもない我々が、秋になると自然から紅葉というプレゼントを受ける。思い起こせば、基幹環境整備による空調工事で、実験室や居室において季節感を味わうことができた。そんな今年の夏を思い出しつつ、秋の夜長に、光計測のレビューをお届けしました。(山中)

「かなえ」No.12の原稿を執筆して下さった方々に、編集委員一同心より御礼申し上げます。

### 分子科学研究所技術課活動報告

「かなえ」No.12編集委員

酒井楠雄(委員長)

加藤清則

山中孝弥

永田正明

吉田久史

鈴井光一



—かなえNo.12—

発行年月	平成11年12月
印刷年月	平成11年12月
発 行	岡崎国立共同研究機構 分子科学研究所・技術課
編 集	か な え 編 集 委 員 会
印 刷	有 限 会 社 研 文 印 刷

