

# Konae

分子科学研究所 技術課活動報告

No.8

「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

## 巻頭言

技術課のみなさんへ .....	岡崎国立共同研究機構長 濱 清 .....	1
特別寄稿		

岡崎研究機構雑感 .....	管理局長 大坂 紘一郎 .....	2
----------------	-------------------	---

## 技術課の業務

分子物質開発研究センター発足 .....	第五技術班長 加藤 清則 .....	3
機器センターから分子制御レーザー開発研究センターへ .....		
	分子制御レーザー開発技術係長 山中 孝弥 .....	7
新人紹介 .....		10

## トピックス

加藤清則氏に日本化学会化学技術有功賞 .....	16
--------------------------	----

## 技術活動報告

分子研新Network 概要 .....	電子計算機技術係 内藤 茂樹 .....	17
真空用ダイヤモンド窓の改良 .....	装置開発技術係長 堀米 利夫 .....	25
イメージングプレートX線回折装置 .....	分子物質開発技術第一係 戸村 正章 .....	29

## 技術講座「知らなきや損する技術の常識」

回路工作を10倍楽しくする方法(その3) .....	分子物質開発技術第二係長 吉田 久史 .....	34
----------------------------	--------------------------	----

## マイレビュー

高速デジタルオシロスコープを用いたレーザー・システムの調整、評価 .....		
	レクロイ・ジャパン株式会社 田村 昌信 .....	41

## 科学講座「知って得する分子科学の常識」

レーザーの話(第7回) .....	装置開発室 浅香 修治 .....	50
-------------------	-------------------	----

“声”「本音を言わせて、聞かせて」 .....	装置開発技術係 豊田 朋範 .....	52
「科学」を装った「非科学」—血液型性格判断批判		



## 巻頭言

### 技術課のみなさんへ

岡崎国立共同研究機構長 濱 清

1957年にNSFの援助でアメリカに留学した時のことです。当時日本から持つて行けたのは僅か30ドルで、アメリカでの給与は月120ドルでしたので、シアトルに着くとすぐ借金をして、食事付き、月80ドルの学生ドミトリーに入りました。同室の学生は理学部数学科の1年生でした。はじめの頃彼が勉強している数学の内容を見て、私たちが旧制の中学校で2年か3年頃習った程度だったのであまり程度が低いのに驚いたのを記憶しています。ただ毎日山のように宿題を抱えて夜遅くまで勉強していました。数学の単位を落とすと大学からキックアウトされるということでお死に物狂いのようでした。

一方研究室ではドクターコースの学生とポスドクが混じったグループでしたが、そこでは彼らの実践的な知識の豊富さに驚いてしまいました。物理、化学などの各種の定数、標準値から計測装置のモニター値のたぐいまでを実によく知っていて即座に使いこなせるし、又すぐ異常値に気付くことが出来るのです。ドミトリーで見ている入学当時の学生のレベルからそこまで仕上げるために、あれだけの宿題と試験で苦しめられていたのだということが納得できました。同時に、私はそれまでハンドブックに書いてあるようなことはおぼえなくてよいとズボラを決め込んでいましたので、頭と体にたたき込んだ基本知識がどんなに大切かということが身に沁みて分かりました。日本の教育で丸暗記が百悪の元のように言われますが、理解して使いこなせないのが悪いのであって、基礎的なことは頭と体にたたき込んで憶えるしかありません。

これに関係のあることですが、人間は鍛えれば非常にすぐれた勘を身につけることができるものです。学生の頃同居していたかなり年をとった大工の棟梁さんは、1/200の長さの狂いが一目で分からんようではまともな指し物大工にはなれないと言っていました。長さはメジャーで測れば分かるはずですが、いちいち測って確かめるよ

うでは現場では仕事にならないと言うのです。

実験の現場でも同じようなことが言えます。良い実験結果を得るためには良い実験データを集める必要があります。悪いデータをもとにいくら処理を繰り返しひねくりまわしても、所詮操作者の頭の程度を出ないので新しい発見にはつながりません。自然是それ程甘くはないのです。良い実験データを得るためにには実験の技術が大切なことは言うまでもないことですが、もっと大切なのは鋭い実験の勘を働かせて要所をおさえる実験を組むことです。実験の勘は自分の手と頭を使った実験操作の中でしか身に付かないものです。

私は生物系のことしか分かりませんが、私たちの分野では、近頃、関連するあらゆるファクターを一網打尽に調べあげるという言葉をよく聞きますし、実際に試みられているようです。そのためには莫大な人手と時間と研究費が必要となり、本来生物をじっと観察することから出発した生物学が年と共に巨大科学へと変身してしまいました。この方法で多くの素晴らしい発見がなされましたのでこれも一概に悪いとは言えません。然しながら何もかも一網打尽という発想だけでは実験の勘は身につかないでしょう。無闇にサンプル数を拡げれば良いというものではないことは明らかで、もう少し勘を働かせて要所をおさえたエレガントな実験が出来ないものかと思うことがしばしばあります。

私がお正月に岡崎では品の良い研究をしてほしいと言ったのは、そういうエレガントな実験をしてほしいということであります。大きな研究システムを支えるために研究費の争奪に狂奔したりするのはあまり品のよいことではありません。エレガントな実験を支えるのは技術課のみなさんであります。みなさんが基本的で実践的な知識と実験の勘を鍛えて、優れた研究の発想を実験の面で支えて下さることを願っています。

## 特別寄稿

### 岡崎研究機構雑感

管理局長 大坂 紘一郎

「かなえ」編集委員長の酒井技術課長から突然の原稿依頼を受けた。赴任してから日も浅く何を書けばよいかとまどっているが、最近の学術研究の動向を踏まえ、機構での感じたことを思いつくままとおりあえず筆を執ることとした。まとまりのない文章となったが、読者の皆様方でその真意を読みとって頂ければ幸いである。

さて、岡崎国立共同研究機構に赴任して五ヶ月が経過した、機構の皆様方の心温まるご配慮を頂き単身赴任生活を快適に過ごしている。また、ご縁とは不思議なもので20数年前に3研究所の創設を文部省でお手伝いさせていただいたのが昨日のことのように思われ懐かしく感じている。

20年も経れば研究所も一定の落ち着きが出来て何も問題はないのではないかと思っていたが、赴任早々、本年3月にまとめられた機構の将来計画の実現、特にE地区の利活用を推進するため、機構長および3研究所長を初め教職員のご協力を得て、文部省と平成10年度の概算要求を中心に精力的に折衝を重ねてきた。その結果、平成10年度概算要求において20年来の懸案事項であったE地区利用の可能性が生じ、一步前進したことはうれしく思っている。近年の学術研究環境は、21世紀の我が国を支える基盤として基礎研究の重要性が強く認識され、社会の各分野において学術研究に対する期待が高まるとともに、我が国の国際的役割の増大に対応して独創的・先駆的な学術研究をより一層推進し、世界の学術研究の進展に積極的に貢献していくことが求められている。

このような状況の中、平成7年11月に科学技術基本法が制定され、これに基づき、平成8年6月に科学技術基本計画が策定され、大学等における学術研究を含む科学技術の振興に関する施策を総合的かつ計画的に推進していくため、21世紀初頭に現在の科学技術関係経費を倍増（5年間で約17兆円）することということで、期限と数値目標が明示されたことである。学術研究に対し国がその重要性を認識し、その推進方策が示されたことは、関係者にとって誠に慶ばしいことである。しかし、国はこれまでにない厳しい財政難によりその実現があやぶまれている。さらに、行財政改革への対応など国の機関にとってその状

況はますます厳しいものとなっている。これまで文部省直轄の大学共同利用機関は、文部省の理解を得て他の機関に比べ種々の面で研究環境の整備充実が図られてきた。

岡崎国立共同研究機構の各研究所もこの20年間、研究者をはじめ多くの関係者の努力により国内はもとより世界的に名の通った研究所に育ったことは、創設当時文部省においてお手伝いした私にとっても嬉しく思っている。

最近の学術研究の進み方は、以前にもまして急速に進展している。この様な状況の中で、21世紀を目指し岡崎国立共同研究機構をどのように整備し、その研究環境を充実していくかが、今後の重要な課題となっている。

そのため、本年3月にまとめられた岡崎国立共同研究機構将来計画を一つの指針として整備充実を進めていくこと。また、文部省の学術審議会が提言する学術研究の種々の推進方策を的確に捉え、機構の研究環境の整備充実に生かされるよう全力を傾けたいと考えている。

したがって、研究環境が厳しくなればなるほど、時宜を得た取り組みが重要となり研究者はもとより技術系職員および事務系職員がより一層緊密な連携をとって、より弾力的・機動的な対応ができるよう日頃からの積極的な取り組みが肝要となる。学術研究の重要性が認識され、理解された矢先にこれまでにない厳しい財政状況となり、特に平成10年度から3ヶ年間は、これまで経験したことのない超緊縮財政となったことは誠に残念といわざるを得ない。しかし、どのような状況になろうとも我が国が21世紀に向けて世界と伍して行くためには、学術研究の振興とそれを担う人材養成（研究者、技術系職員、事務系職員）を図ることが益々重要な課題となってくる。そのため、私としては学術研究の急速な発展に対し、岡崎国立共同研究機構の研究活動が円滑かつ、活発に進められるよう予算確保に努力するとともに、広い視野を持ち、柔軟な判断力、状況の変化に対応する臨機応変な能力を持った事務職員の養成が緊要であると考えており、様々な機会をとらえ、その養成に努めていきたいと思っている。

# 技術課の業務

## 分子物質開発研究センター発足

第五技術班長 加藤清則

### 1. 分子物質開発研究センターの概要

1997年4月1日、分子科学研究所の3センター、化学試料室、機器センター、極低温センターが廃止され、分子物質開発研究センター及び分子制御レーザー開発研究センターが発足しました。分子物質開発研究センターは、歴史と業務背景が異なる、化学試料室、極低温センター、及び機器センター・物性測定機器部門が統合して1つになり、更に研究開発部門が増設され一つのセンターになったものです。廃止された3センターの施設業務はそのまま引き継ぎ、その上に研究部門が乗る形です。開発研究センターの詳しい内容は「分子研レポート95」及び「分子研レポート96」をご覧下さい。

現在、分子物質開発研究センター所有の施設利用・所内利用関連機器は化学試料棟、極低温棟及び南実験棟地下室に分散配置されています。機器センターからは物性測定機器が大部分極低温棟地下実験室に移転してきましたが、まだ建築・設備工事の都合でやむを得ず、分子制御レーザー開発研究センターに置いている装置もあります。分子物質開発研究センターの研究は、4つの研究プロジェクトで行われます。各研究プロジェクトには、研究系の教授がプロジェクトリーダーとして兼任し、それぞれに、助教授、助手が新たに採用、配属されます。将来、当センターは、分子生命体科学の動向によってはE地区への新たな展開を迎える可能性もあり得ます。

分子物質開発研究センターにはセンター長、助教授4名及び所外委員、所内委員より構成される運営委員会があります（資料1）。今年度の施設維持管理・共同利用関連の予算は2200万円弱です。分子物質開発研究センターの運営は、「分子物質開発研究センター代表者会議」を開き諸事項の決定や事務連絡を行っています。今後、研究プロジェクトのメンバーが充実されるに従い、機器配置・人員配置や運用などにも相応の変更をもたらすかもしれません。

### 2. 人員構成

4月1日付けでの分子物質開発研究センター構成員は次の通りです。  
センター長：小林速男教授、助教授：山下敬郎、助手：田中彰治、坂東俊治、桑原大介、技官（実質）：加藤清則、（第一係）、戸村正章、野村幸代、（第二係）高山敬史、酒井雅弘、研究支援推進員：柴山日出男、秘書：

鈴木博子、糟谷さとみ、大学院学生：鈴木和治

現在の構成員は14名ですが、最終的には研究員・学生を加えると20名を越える大所帯になると思われます。

### 3. 分子物質開発研究センターの研究体制

分子物質開発研究センターには4名の助教授が配属されます。そのうち、1つのポストは既に決まっております。3つのポストには新たに募集された助教授が着任します。カッコ内はプロジェクトリーダーと助教授、助手です。大いに期待されているプロジェクトです。

バイ電子開発研究部

（薬師久弥教授[物性化学]、山下敬郎助教授、田中彰治助手）

融合電子開発研究部

（渡辺芳人教授[相関分子科学第一]、未定）

機能探索開発研究部

（田中晃二教授[錯体物性]、未定）

分子配列制御開発研究部

（小林速男教授[分子集団動力学]、未定）

### 4. 分子物質開発研究センターの施設業務内容

今までの3センターの業務をそのまま引き継いでいます。詳しい内容については、「鼎」6号、「鼎」創刊号及び「分子研レポート93」を参照してください。大きく分けて次のとおりです。

- ・高圧ガス製造施設（極低温棟）の維持管理・寒剤供給
- ・共同利用での研究者受入、共同利用機器の管理・性能維持
- ・合成施設（化学試料棟）の維持管理  
元素分析・質量分析（依頼分析）

分子物質開発研究センターが維持・管理する共同利用機器及び所内利用機器を列挙しておきます（資料2）。

### 5. 分子物質開発研究センターの準備から現在までの流れを箇条記述します。

◇1995年3月：「分子研レポート94」に開発研究センター構想が発表される。

◇1996年3月：「分子研レポート95」に分子物質開発研究センター及び分子制御レーザー開発研究センターの具体的構想が発表される。センター名称、研究プロジェ

クト内容及び人員要求。

◇1996年11月1日：「分析機器の移転をめぐる打ち合わせ」で、物性測定機器の配置案等が決まった。（資料3）この会議での合意事項もその後のヒアリング、建築・設備との打ち合わせに伴い内容が変更になった事項や、まだ実施されていない事項がある。

◇11月18日：新センター計画にかんして、所長をはじめとする分子科学研究所側と管理局課長とのヒアリングが行われた。（資料4）

◇11月25日：建築課総務係、司計第一係との建築・設備工事に関する打ち合わせ。（資料5）

◇12月4日：建築・設備課とのミーティング。分子科学研究所側の作成した調査シート（11月26日付け、建築総務係より調査シート作成依頼）の説明。（資料6）

◇1996年12月下旬：開発研究センター発足内示。H9年度より、分子物質開発研究センター及び分子制御レーザー開発研究センター発足することに決まる。助教授ポスト3増、他のポスト（技官、助手）は増加ならず、振り替え。

◇薬師（旧）極低温センター長から新センターに関して報告されたものをまとめる。

(1) 分子物質開発研究センターの人員配置案（現在の人員構成）

(2) （旧）機器センターから極低温センター地下室に物性測定機器が移設され、共同利用者を受け入れる場となる。

(3) 移設機器の管理担当者は各業者に機器の移設見積を依頼している。

(4) 事務室の場所として極低温棟に置くのが妥当である。

理由：今後、主な物性測定機器が多く配置されることになり、共同利用者にとって便利である。事務室は1箇所にまとめたほうが共同利用者にとって便利である。スペースに余裕がある。

(5) （旧）化学試料室秘書及び極低温センター秘書の後任を採用する。

(6) 物性測定機器の移設・配置に関し、配置案が決まった（ほぼ、現在の機器配置と同じ。1997年8月末日、建築・設備工事が未着工なので計画どおり配置されていない）また、居室・事務室についても骨格が定まった。103室を事務室にする。202室を共同利用者控え室兼分子物質開発研究センター会議室とする。

◇1997年2月：鈴木博子秘書着任。（旧）化学試料室、河合真由美秘書から事務引継開始する。

同年3月（旧）極低温センター、中口邦美秘書から鈴木秘書に事務を引き継ぐ。

◇2月25～27日：南実験棟101室の天井嵩上げ工事を行った。NMRの移設・設置のため。

◇3月6日：旧極低温センター101室（会議室）、102室（助手・技官・事務室）、103室（制御・休憩室）を

101室（助手室）、102室（技官室）、103室（事務室）へと配置替えをおこなった。

◇1997年3月：「分子研レポート96」所長の序言で新センター発足を表明。

◇4月、糟谷さとみ秘書着任。事務室は2名の秘書態勢となる。

◇4月22日：SQUID移設・調整（インデコ社、極低温棟202室より006室へ移動）

◇施設利用機器と所内共同利用機器の区分を確認した。

◇事務方式・手続き類基準作成。

◇経理部・司計第一係へ分子物質開発研究センターの予算書類作成、提出。

◇物品の供用替え手続き。

◇分子制御レーザー開発研究センターのオンライン予約方式を継続使用することに両センター長間で合意した。

◇業務分担を確認した。

◇予算案を作成した。

◇物品購入伝票は原則として、発注者が作成することに改めた。

◇5月9日：酸素濃度計を配置する（極低温棟、001,002,004,006,007,008A,008B,010,012,化学試料棟107）

◇6月9日：極低温棟地下実験室整備のため建築・設備課との交渉再開。ヒアリングを行うことを取り決めた。

◇6月12日：一部の機器の移設をおこなった（006室：帶磁率測定装置（磁気天秤）、010室：走査型熱解析計、008A室：走査型トンネル顕微鏡、表面粗さ計）

◇7月1日：建築課・設備課実務者レベルでの極低温棟地下実験室整備「調査シート」を提出し、ヒアリングを行い、工事内容について調整した。調査シートの不足分を後日提出した。（資料7）

◇7月9日：建築課・設備課に対して、分子物質開発研究センターに関し、「（資料7）の内容をセンター長が了承した」旨を通知した。

◇7月15日：極低温棟地下室007室及び004室の低周波振動調査。極低温棟地下は機器の能力低下をきたすような振動は存在しない模様。正式な調査報告書待ち。

◇8月9日：「分子物質開発研究センター化学試料棟」及び「分子物質開発研究センター極低温棟」の看板が完成了。

◇8月29日現在：極低温棟地下実験室改修後に移設するため待機中の共同利用機器は、大型装置6台。内訳：電子スピノ共鳴装置2台(001室へ移設見込み)、走査型電子顕微鏡、走査型分析電子顕微鏡各1台(007室へ移設見込み)、高真空蒸着装置2台(006室へ移設見込み)。建築・設備課の方々には移設に向けて、工事手配を急ピッチでやって頂いている。

## 6.おわりに

分子物質開発研究センターも発足してから5ヵ月が経過しました。はじめは先が見えず、試行錯誤の連続でなんとかここまできました。これは、新センター準備中から現在まで職員が一致協力して事に当たってきたおかげと思っております。また、技術課や分子制御レーザー開発

研究センターの方々及び管理局の方々のご協力もあってなんとか現在に至ることができました。これから先、分子物質開発研究センターはどう進展するのか皆目見当がつきませんが、引き続きみなさまがたの暖かいご援助をお願いいたします。

## 資料

### <資料1>

平成9年度分子物質開発研究センター運営委員氏名（敬称略）  
（分子物質開発研究センター委員）小林速男（センター長）、山下敬郎、助教授3名一未定、（所内委員）塩谷光彦、芳賀正明、野上隆、（所外委員）白川英樹、荻野博

### <資料2>

★施設利用機器（◎印は機器センターから移設済みまたは予定の機器。無印は移設の必要を要しない機器）

四軸型単結晶X線回折装置 AFC-7R-1  
四軸型単結晶X線回折装置 AFC-7R-2  
四軸型単結晶X線回折装置 ENRAF  
イメージング・プレート型X線回折装置  
フーリエ変換赤外分光光度計,Perkin Elmer1640  
四重収束質量分析計、島津QP1000EX  
ICP発光分光分析装置、セイコーSPS-7000  
◎電子スピン共鳴装置,Varian  
◎走査型電子顕微鏡、日立S-900  
◎走査型トンネル顕微鏡  
◎走査型熱解析計  
◎表面粗さ計  
固体表面解析装置  
◎高分解能核磁気共鳴装置、JNM-LA500  
◎走査型分析電子顕微鏡、日立S-450  
◎電気化学解析装置  
◎電子スピン共鳴装置,Bruker  
◎帯磁率測定装置  
SQUID  
粉末X線回折装置  
◎高真空蒸着装置、EBH-6  
◎高真空蒸着装置、EBV-6DH

### ★所内利用機器

高純度不活性ガス雰囲気装置  
分光光度計、島津UV210  
旋光計、日本分光DIP-4  
核磁気共鳴装置、日本電子EX-270  
分析用液体クロマトグラフ、島津LC-9A  
分析用ガスクロマトグラフ、島津GC-14B,15A  
二重収束質量分析計、島津CONCEPTIS  
元素分析計、Yanako, MT-3  
固体NMR  
希釈冷凍機（10テスマグネット付）

### 超伝導マグネット(12テスラ)

### <資料3>

「分析機器の移転をめぐる打ち合わせ」

#### 合意事項

- (1) 機器の配置について。酒井氏提案の「96.10.31G案」を採用する。
- (2) 現在の極低温センター地下の実験室におけるユーティリティの整備について。  
①電気 ②水道 ③循環冷却水 ④圧縮空気 ⑤換気設備の5つを原則としてすべての実験室に用意する。  
専用オイルミスト用のダクトをいくつかの部屋に装備する。  
詳細な具体化は加藤氏、酒井氏に一任する。
- (3) その他の工事  
①001に非常用脱出扉をつける。  
②007のシールドルームを撤去する。  
③機器運搬のため、装置開発室と極低温センターを結ぶ2階の扉を一時的に撤去する。  
④現在の極低温センターは夜間の防備が甘すぎるので、共同利用者の増加に対応できるよう電子ロックなどを整備する。
- (4) 上記（2）、（3）に関わる工事について、管理局が早期に着手してくれるよう働きかける。（主として薬師先生と所長にお願いする。）
- (5) 1階の事務室、居室の使い方については、関係者で今後、相談する。
- (6) 201室にある古い薬品については、使った人に処理するよう働きかける。

### <資料4>

#### ヒアリング

期日：1996年11月18日（月）9時30分～10時30分

分子研から、1.所長挨拶、2.中村教授による全体像説明、3.新センター担当者による各センター概略説明、を行った。

管理局側の希望により、今後の打ち合わせ窓口は、管理局側が、建築課総務の福井係長、分子研側が酒井技術課長になることを了承した。

### <資料5>

開発研究センター設置にともなう建築設備工事の打ち合わせ

日時：11月25日

この会は、平成8年11月18日のヒアリングの席での取り決めを受けて開かれた。今回の打ち合わせは次回以降の打ち合わせに向けての予備的な打ち合わせである。

(1) 分子研側から建築設備工事に関する説明が行われた。

分子物質開発研究センターにかかる項目については加藤班長が説明を行った。分子制御レーザー開発研究センターにかかる項目については山中係長が説明を行った。

(2) 上記工事の優先順位を決定した。極低温センターの整備が第1位になった。

理由：機器センターから物性測定機器を移設ならびに機器調整するためには、移設先の極低温センターが前もって機器の仕様に合ったユーテリティを備えておかなければならないため。

(3) 総務係長は建築ならびに設備課長に上記項目内容を説明する。両課長の要求があれば再度説明会を開催する。

<資料6>

建築・設備と分子研側のミーティング

開催日時：1996年12月4日（水）13時30分～15時30分

1.分子研側は緊急度の高い件について資料提出、及び説明をおこなった。緊急度の低い室の現状使用図\*については現在製作中である。

分子物質開発研究センターについては加藤班長が説明した。分子制御レーザー開発研究センターにかんしては山中係長が説明を行った。説明のあと、管理局側と質疑応答を行った。

2.管理局側は現資料に関して積算後、工事可能箇所を特定する。その後個別工事交渉にはいる。

3.分子研側は引き続き資料を作成し、提出する。

<注>\*緊急度の低い室現状使用図とは、現状のまま使用する部屋、物置、移動のみで済む部屋、である。

配布資料：極低温センター各室及び機器センター各室についての調査結果

<資料7>

平成9年度分子科学研究所営繕工事実施に伴う設計ヒアリング調査シートに基づく確認・検討事項及び問題点等についての打ち合わせ概略

1.分子物質開発研究センター極低温棟改修の確認・検討事項について

1) 001号室と102号室は、実験盤改修又は増設のみの工事。工事中の実験装置の養生は装置側で対応する。

2) 007号室の現状振動状況を調査する。振動は分子物質開発研究センターで対処する。

3) 007号室の窒素ガスの緊急排気は、既設機械排煙設備を使用（排煙用手動操作箱を開き中のレバーを引くことにより手動で排煙機を作動）する。

4) 007号室の電顕用冷却水（年間冷却温度23℃）の供給については、既設冷却水配管（夏期32℃と水温が高い）に別途ホースにて接続し、別途2次側冷却ユニットを介して電顕装置まで接続し使用する。

5) 007号室は、建・電・管の全面改修となるため、工事期間中の実験はできない。工事期間は3ヶ月程度。

6) 工事に伴い他の部屋の実験に有害な騒音・振動、停電・断水が断続的に生じることがある。

以下、分子制御レーザー開発研究センターに関しては省略。

# 機器センターから 分子制御レーザー開発研究センターへ ～人と装置、多くの出会いを振り返りながら～

分子制御レーザー開発技術係長 山中孝弥

## 1. はじめに

中庭で撮って頂いた写真、さて今年の写り具合は?、今年もそんな気持ちで刷り上がった分子科学研究所要覧<sup>1)</sup>のページを開いた。私自身相変わらずの写真写りとは裏腹に、周りの方々は大きく入れ替わっている。見方を変えれば、それはまるで孫悟空のご一行さまのようにも見えるのではと述べると、だれかさんからお叱りを受けるのであろうか。写真がどのような見え方をしたかは別として、そのご一行様によって分子制御レーザー開発研究センターがスタートした。(写真1)

要覧のページを右や左に送っている間に、「沿革」に目が止まった。それによると、分子制御レーザー開発研究セ

ンターの前身である機器センターは昭和50年4月、分子科学研究所の創設と同時に発足した。レーザーセンター棟の階段壁面に旧機器センターの銘板を装飾したメモリアルプレート(写真2)が掲げられている。その記載によれば、初代センター長である吉原經太郎教授(現北陸先端科学技術大学院大学教授)が着任されたのがその約1年後の昭和51年5月1日である。この年は、国内はもちろん世界的にもいろいろな出来事<sup>2)</sup>があった。日本国内では、だれもが目を細めて祝福した山下家の五つ子誕生、ロッキード事件、海外では激動の中国などが私の記憶にもっとも残っている。

旧機器センターの発足当時から現在に至るまでに身近

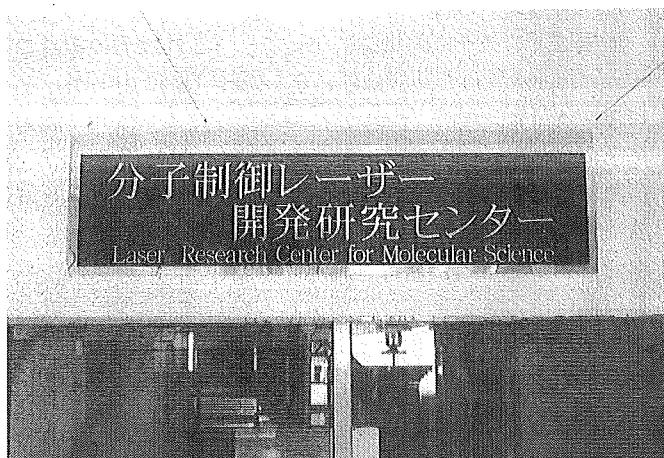


写真1 分子制御レーザーセンター玄関の銘板

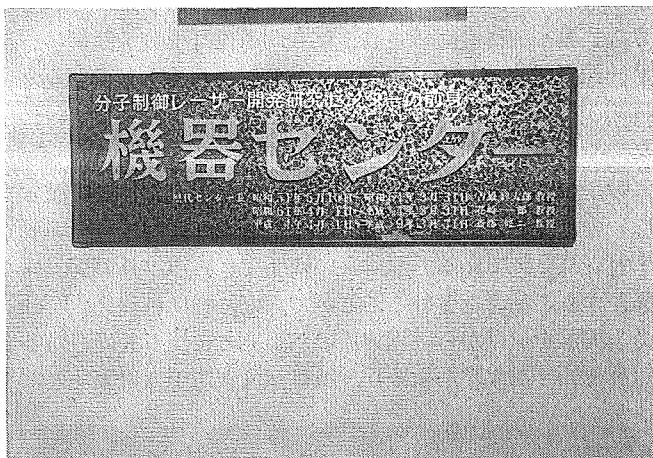


写真2 旧機器センターのメモリアルプレート

- ・中国の周恩来首相死去
- ・山下家の五つ子ちゃん誕生
- ・北京で民衆数万と警察・軍衝突(天安門事件)
- ・ロッキード事件で田中角栄元首相を逮捕
- ・毛沢東中国共産党主席 死去
- ・米大統領にジミー・カーター氏当選

- ・大和運輸 宅配システム「宅配便」を開始
- ・科技庁 超伝導で世界最強の磁場発生に成功
- ・電電公社 光ファイバー通信を開始と発表
- ・ソ連のミグ25戦闘機が函館空港に強行着陸
- ・中国で江青ら「四人組」逮捕
- ・国大協 54年度に共通一次試験導入と結論

資料1. 機器センター発足当時のできごと

で、目まぐるしく変化したものとしてパーソナルコンピューターがあげられる。今では、ネットワークの整備に関連して、職員それぞれの机上でMacあるいはDOS/Vマシンが稼働している。少し前までは、数人が共同で利用するPC-98、その前がPC-88、もっともっと遡ればコンポB S、そのコンポの中身で、TK-80というキットが最初に発売されたのが、昭和51年の秋<sup>3)</sup>であった。私は幸か不幸か、分子研で初めて制作した分光装置<sup>4)</sup>の制御をコンポB Sを使って行った。

そんな時代背景の中で、多くの先生方や装置との出会いと別離を繰り返す中で、機器センターは発展的に解消し、分子制御レーザー開発研究センターが誕生した。

## 2. 多くの先生に出会って

吉原先生に続いて、昭和61年4月1日より花崎一郎教授（現広島大学教授）が、平成4年4月1日より斎藤修二教授が旧機器センター長を務められ、多くの指導を受けることができた。

私が旧機器センター技官に採用されて三日目に、不慮の事故で亡くなられた初代助教授、曾田 元先生の一周年忌法要が営まれた。山崎 巖助教授（現北海道大学教授）のご指示でその準備をお手伝いしたことは今日でも鮮明に記憶している。山崎先生に引き続いだ、富宅喜代一助教授（現神戸大学教授）が着任された。富宅先生には、レーザー技術からセンターの運営に至る幅広い指導を受けることができた。富宅先生が離任され、猿倉助教授（現分子制御レーザー開発研究センター助教授）が着任されるまでの約6ヶ月間、助教授が不在であったが、この期間を無事乗り切ったのも富宅先生のご指導の賜物と感謝している。

分子研創設期に人材された助手、技官として忘れてならないのは木村啓作（現姫路工業大学教授）と村尾俊郎両博士（写真3）である。私は幸いにして、ある年月の間、両先生からご指導を受けることができた。特に村尾先生には分光実験をゼロからご指導頂いた。その後、玉井尚登助手（現関西学院大学助教授）、美齊津文典助手（現東北大学

講師）とともに分光装置を分担して担当した。このとき、センター業務を通じて、両先生の研究分野に関連した多くの技術を学ぶことができた。

分子制御レーザー開発研究センターでは3つの研究部（分子位相制御レーザー開発研究部、放射光同期レーザー開発研究部、特殊波長レーザー開発研究部）が創設され、各研究部に助教授、助手、各1名の定員がついた。レーザーに携わってきた私自身からすれば、人員は旧来の3倍になった。放射光同期レーザー開発研究部には、旧機器センター最後の助教授となつた猿倉信彦先生が大竹秀幸助手を率いて就任したことは、既にご存じのとおりである。

過去に出会った諸先生方の活躍を振り返りながら当時の面影を思い出したりして、ペンを進めているが、ふと、面白いことに気が付いた。あまり本質的なことではないので、お急ぎの方は行を飛ばして読まれることをお勧めする。機器センターの時代からレーザーセンターが発足した現在まで、ウルトラファーストレーザーに携わった助手・技官は、村尾、玉井、大竹の各博士である。観察力の鋭い方は既にお気付きのように、この3人の先生方は、皆さん光輝くものをお持ちなのである。そういう私も、最近抜けるものが非常に多くなってきたが、気にかけることなく、超短パルスレーザー技術に、よりいっそうの磨きをかけて、光輝く頭角を現すように努力したい。

## 3. 所蔵機器の変遷

旧機器センターにお世話になって、「これは君の担当です」と指示を受けた装置はけいりん光計（島津RF-502）と可視紫外分光光度計（Cary 17）であった。両装置共に設備更新によって、現在は跡形もなくなっている。このような所蔵機器の変遷は、旧機器センターにおいて発行された所蔵機器リスト（写真4）によって垣間見ることができる。機器リスト第1版が発行されたのが昭和53年である。それ以前には、どのような機器があったかは、昭和51年に木村啓作先生の筆跡と思われる資料（資料2）で伺い知ることができるが、この時はレーザーがまだ1台も入ってな



写真3 木村・村尾両博士（1982年、本宮山にて）

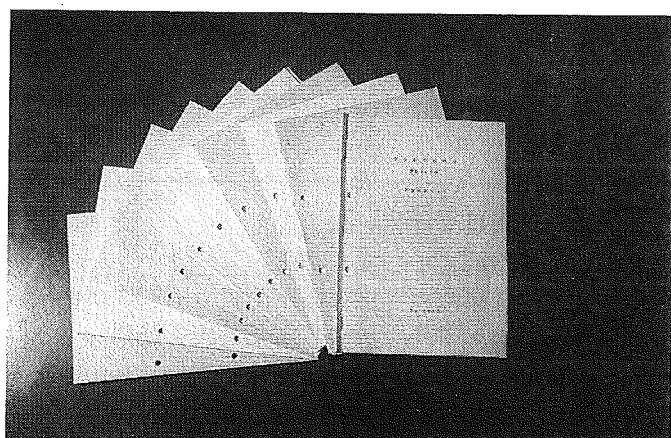


写真4 旧機器センターが発行した機器リスト

いのが印象的である。機器リスト第1版において、アルゴンイオンレーザー、ヘリウムネオンレーザー、パルス色素レーザーが登場している。中でも、このパルス色素レーザー (Molelectron UV24+DL14) は窒素レーザー励起の色素レーザーで、当時一世を風靡したレーザーである。私がレーザー装置として初めて保守管理を命ぜられた機種もあり、基本原理を含めて、レーザー技術の多くを学んだ。昭和58年度に新しいパルス色素レーザーとしてエキシマーレーザー励起色素レーザーが導入されたのを皮切りに、パルスNd:YAGレーザーも相次いで導入された。超短パルスレーザーでは、昭和55年度にモードロックアルゴンイオンレーザー励起キャビティダンプ色素レーザーが導入され、時間相関光子計数装置と共にピコ秒領域における蛍光減衰曲線の測定に用いられた。励起レーザーは昭和63年度にモードロックNd:YAGレーザーに更新され、現在も活躍している。

ここ数年、市場で入手できる波長可変レーザーが色素レーザーからチタンサファイアレーザーあるいはOPOなど、固体レーザーに移行しており、平成4年度に、モードロックチタンサファイアレーザー及びその増幅装置が導入された。平成7年度には同期励起OPOレーザーも新たに加わった。ナノ秒領域でも、色素シード型のOPOレーザーが導入され、実験に必要とする波長を手軽に発振させることができる。なお、これら最新レーザー等の仕様は、最新機器リスト<sup>9)</sup>に掲載されている。

#### 4. 限りない発展のために

分子制御レーザー開発研究センターは、旧機器センター棟を衣替えし、そこを母港として船出を行い、ほぼ半年が経過した。一つの羅針盤で出向したレーザー丸であるが、まもなく、新たな乗組員がおのおのの羅針盤を携えて乗船する。誠に喜ばしく待ち遠しい。3つの羅針盤を持った船が大海原に出て、それぞれの目的港を目指す。一瞬矛盾を感じるがそうではない。3つの羅針盤は、互いにそれぞれの寄港を理解し、それらを最短距離で結んで、最大で、最後の目的港に達するであろう。その港こそ、3つの羅針盤が共通に到達するところであると考えている。

これまで、機器センター時代を振り返りながら、分子制御レーザー開発研究センターへの変遷を紹介してきた。これらの思い出は、非常にになつかしく、私の宝でもあるが、扱い方を一つ誤れば、新しい3つの羅針盤に悪影響を与えるものになるであろう。思い出は思い出として胸の中に納め、最新式羅針盤の技術支援に努めたと考えている。

センター装備・販路名録	
可視紫外分光光度計 (Cary 17)	
二波長分光光度計 (日立 556)	
光電子分析装置 (Perkin Elmer PS-1P)	
真空紫外分光器 (GCA McPherson 225)	
シンクロモノクロメーター (Spect 1200)	
ダブルモノクロメーター (Spect 1401P)	
粉末X線回折装置 (理学電機 Guixx flex)	
表面粗さ計 (DEKTAk)	
フーリエ変換赤外分光光度計 (日本電子 JIR-10)	
けりりん光計 (島津 RF-502)	
高分解能核磁気共鳴装置 (日本電子 JNM-FX100)	
走査型熱解析計 (テクノ上 990型)	

分子科学研究所

#### 資料2

#### <参考文献>

- 1) 分子科学研究所要覧'97
- 2) 日録20世紀 1976年 昭和51年版
- 3) 上前淳一郎: 読むクスリ (文芸春秋)
- 4) 分子科学研究所 技術研究会報告 No. 10
- 5) 分子制御レーザー開発研究センター所蔵機器 リスト'97

## 新人紹介

今年度、新たに技官・研究支援推進員として採用になった方々を紹介します。職場の先輩からの紹介文・写真を併せて掲載します。どうぞ気楽に声をかけてみて下さい。

### 技官

近藤 直範 (極端紫外光実験技術係)

#### 極端紫外光実験施設新人紹介

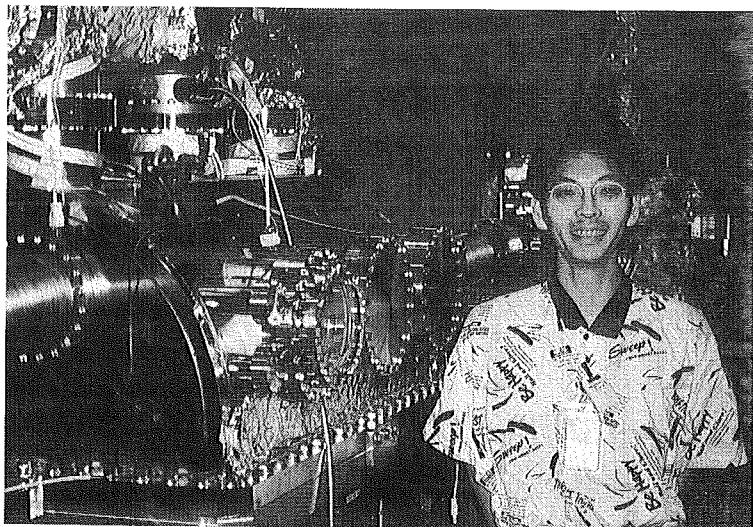
極端紫外光実験施設では今年度、4人の新人が加わった。4月1日に近藤直載君が技官として新規採用され、また、4月24日に松尾末吉さんが、5月1日には神本文市さんが研究支援推進員として加わった。さらに、6月1日には技官の交流として北陸先端科学技術大学院大学の工作室より、林憲志君が転任してきた。施設全体では学生を含めると18人の大所帯となった。

近藤直載君は昭和45年に愛知県尾張旭市で生まれ、愛知県春日井市で育った。名古屋の名城大学理工学部電気電子工学科を卒業して、静岡大学大学院工学研究科電子工学専攻（修士課程）に1年通った。そして、分子科学研究所に採用されて極端紫外光実験施設に配属された。加速器に関わるのは、もちろん初めてであり、超高真空装置を扱うことも初めてであった。また、BASICやCなどのプログラム言語を多少は勉強したことはあるが、パソコンと測定装置をGP-IBやRS232Cで接続して、測定プログラムを作成するということは経験がなかった。そこで少しづつ仕事に馴れていく、必要な知識を身につけて、来年度になってからどこかのビームラインを担当してもらう予定だったが、4月半ばになって、突然、ビームラインBL3A2を担当していた中村君が技官の交流として、北陸先端科学技術大学院大学の工作室に転任することが決まったために、急に近藤君がビームラインBL3A2を担当することになった。引継ぎを行う時間は1ヶ月程しかなく、BL3A2を十分に把握することが出来ないうちに担当しなければならなかつたので、初めのうちは、不慣れなこともあって戸惑うことが多かったが、BL3A2の利用に慣れたユーザーの実験に付き合ったりするなど、



### 技官

林 憲志 (極端紫外光実験技術係)



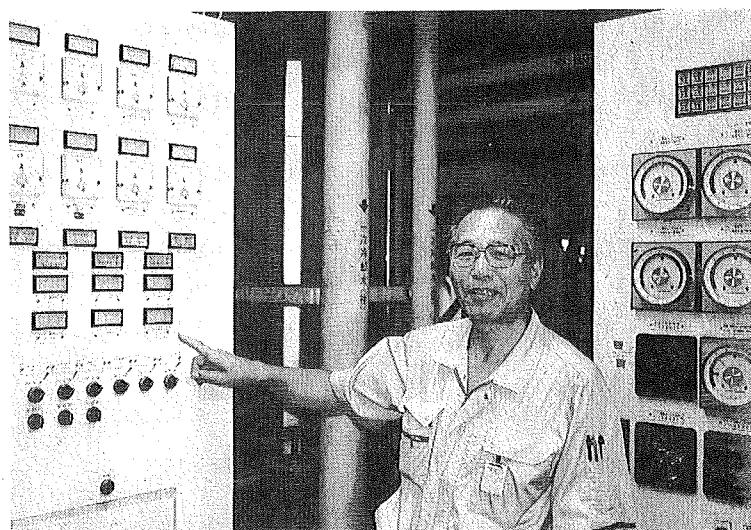
少しずつ経験を積むことによって、真空装置の取扱いや分光器の操作など、徐々に慣れてきたようである。ユーザーから測定プログラムをもっと使いやすいものに改良して欲しいという要望があるので、ビームラインの世話に余裕が出てきたら Visual Basic、Visual C++、Lab VIEWなどのプログラム言語を学んで分光器のコントロールや測定プログラムをユーザーの要求を十分に満たしたもののが作れるようになることを期待している。また、第1種放射線取扱い主任者や電験1種の資格を取りたいという希望を持っており、暇を見つければ、こつこつと勉強している。現在は春日井市住んでいて通勤時間が1時間15分ほどかかり、朝が早く、帰りが遅くなることも、よくあるので無理をして体調を壊すことがないように、余裕をもって学ぶようにしてもらいたい。

林憲志君は昭和45年生まれ、東京都東久留米市で育った。東京理科大学理工学部応用生物科学科を卒業、そして、東京理科大学理工学研究科応用生物科学専攻（修士課程）を出て、平成8年4月に北陸先端科学技術大学院大学に就職して、機械工作の仕事に従事していた。平成9年6月に技官の交流で分子科学研究所に転任して極端紫外光実験施設に配属された。6月中旬から3週間ほど装置開発室で機械工作の研修を受けてから、極端紫外光実験施設での機械工作関係の仕事をしながら、真空蒸着装置の立ち上げを行っている。北陸先端大ではあまり学ぶことのできなかった、超高真空に関するいろいろな知識を身につけたいという意欲にあふれていて、ビームラインを順番に回りながら、超高真空技術やいろいろな分光器の構造やコンピューターによる自動計測システムについても学びたいと言っている。また、放射線取扱主任者の資格を取りたいという希望を持っている。しかし、交流の期間は2年間と短いので、それほど多くのものは学べないだろうから、あれもしたい、これもしたいと意欲だけが空回りしてしまわないように、一つずつ学んで欲しい。この2年間で真空技術やメカトロニクスの技術を身につけて、北陸先端大へ戻ってからも、ここで学んだことを、活用できるようにしてもらいたい。

松尾末吉さんは昭和9年生まれ。滋賀県大津市で生まれ育ち、昭和25年に東レ株式会社に入社され、働きながら滋賀県立瀬田工業高校の定時制電気科を卒業された。第1種電気工事士、1級ボイラー技師、危険物取扱（2種第4類）、消防設備士（甲種第4類　乙種第7類）、特定化学物質取扱免許、高圧ガス取扱免許（乙種

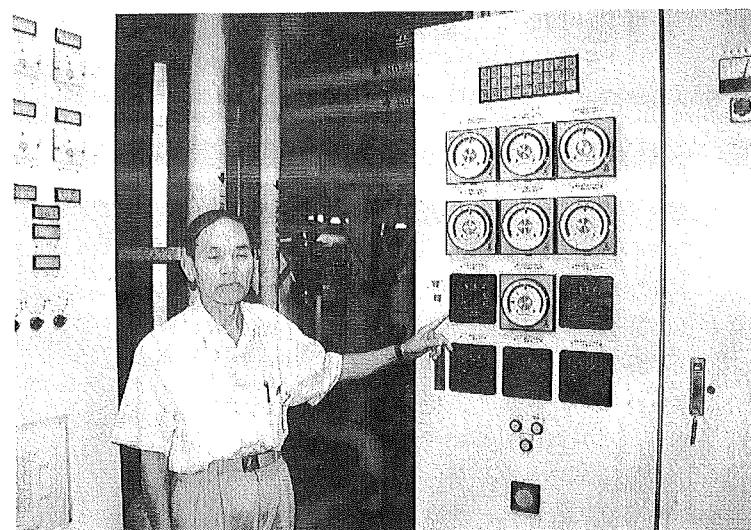
### 研究支援推進員

松尾　末吉　（極端紫外光実験施設）



### 研究支援推進員

神本　文市　（極端紫外光実験施設）



機械、冷凍第3種）、普通自動車運転免許、自動二輪車運転免許と多くの免許を取得された。平成元年に東レ株式会社を定年で退職され、平成2年にコニックス株式会社に入り、平成9年4月まで岡崎国立共同研究機構のエネルギーセンターで働かれていた。旅行、日曜大工、将棋、釣り、と趣味も多彩で、さらに、アマチュア無線の免許を取りたいと意欲を燃やしておられる。現在は岡崎市内で、奥さんと息子さん夫婦と2才と5才のお孫さんと一緒に住んでおられる。声が大きくて、明るく、好奇

心が強くて、極端紫外光実験施設に来られてすぐに、加速器のことをよく知りたいと、加速器の立ち上げに少しの間参加されていた。

神本文市さんは昭和8年生まれ。長野県北安曇郡美麻村で生まれ育ち、安曇郡美麻中学を卒業して、昭和29年から昭和58年までユニチカ株式会社に勤務されていました。昭和58年11月にコニックス株式会社に入られ、平成9年4月まで岡崎国立共同研究機構のエネルギーセンターで働かれていた。ボイラー2級、危険物乙種4類、普通自動車運転免許を持っておられ、スキーが趣味だとおっしゃっていた。現在は奥さんと二人で岡崎市内に住んでいらっしゃる。口数が少なめで職人かたぎの生真面目な感じの人である。

松尾さんと神本さんは、シンクロトロン及びストレーリングの冷却水設備の点検、シンクロトロン室とストレージリング室の空調設備の点検、圧縮空気設備の点検を毎日おこなっている。これらの設備は常に安定して動いていなければならないものであり、万一これらのもに障害が発生すれば、加速器の運転が出来なくなってしまう。したがって、毎日、点検することによって、小さな異常に早く気づいて対処することによって設備の故障を未然に防ぐことは、その働きは表面には現れないことであるが、たいへん重要な働きである。また、非常灯や非常用の懐中電灯の点検、シンクロトロン室やストレージリング室の床下にある電灯の交換や汚水槽の点検など、ふだん見落としがちな所もしっかりと見てもらっている。これらの日常点検に余裕ができたら、寒剤関係のこと、いろいろな工具や部品の整備、電気関係のストックの管理などをやってもらえるようになれば大変有り難いことである。

( 極端紫外光実験技術係長 蓮本正美)

### 研究支援推進員

高松 軍三 (装置開発室)

### 手仕上げ加工の師匠

今年度5名の研究支援推進委員の方が採用されました。その内の一人の「高松軍三」氏をご紹介いたします。

高松氏は平成8年3月に名古屋大学理学部装置開発室を定年退官されました。名古屋大学では40年以上も理学部等の研究者や学生の研究・教育にかかる実験装置の開発の業務を行ってこられ、機械工作以外に真空、低温、高圧等幅広い技術を持っておられます。私が名古屋大学に採用された当時(20年前)は、仕事に対して非常にきびしく怒られる毎日が続きました。しかし、昭和64年に心筋梗塞で入院され、無事に退院されてからは昔ほどの恐さがうすれてくれました。

高松さんの主な仕事は、装置開発室で若手技官と一般利用者の機械工作を中心とした指導をしていただいている。現在の機械工作ではNC機械が主流になっているため、手仕上げ加工(やすり、キサゲ等)ができる技術者が減少しています。高松さんは手仕上げ加工の超ベテランのため、やすり加工を修得されたい方はお尋ね下さい。親切に指導していただけます。

(装置開発技術係 鳥居龍晴)



## 研究支援推進員

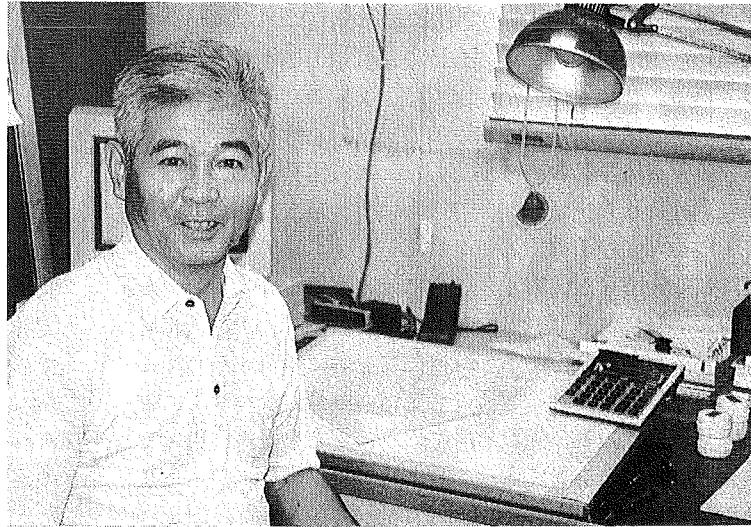
高田橋 昇（分子制御レーザー開発研究センター）

### 設備の助つ人

#### 1. 助つ人をお願いして

鮮明に残っている印象とは裏腹に、時が経つのは早く、岡崎のキャンパスを去られて既に2年が経過していた。平成元年4月から平成7年3月までの期間を思い出しながら写真を見て頂ければ、「あー、あのときの」、「配電盤のチェックのときの」など、異口同音に思い出して頂けるであろう。実験装置に電力が安定かつ安全に供給され、空調設備などの機械設備が深刻な不具合なく稼働するのも、エネルギーセンター（コニックス株式会社）のスタッフの方々の日常的な点検と異常発生時における敏速な対応によるものであることは今更述べるまでもない。特に岡崎のキャンパスでは、電力は中部電力より地下ケーブルにて77,000Vで供給されている。この場合、電気事業法によって第2種電気主任技術者の資格を持った者を配置しなければならない。上述の6年間、この責務を果たしておられたと紹介すれば、どのような技術をもった方であるかが容易に想像して頂けるであろう。特に研究支援推進員に必要とされる「熟練した技術」というのは、エネルギーセンターに来られるまでの約40年間、部長を最後に退社された大手総合繊維会社において蓄積されたものである。

私の脳裏にある印象は平成4年に焼き付いたものであった。旧機器センター棟の2階にあった電磁遮蔽室を解体して、恒温恒湿の分光実験室へ改修する営繕工事のための打ち合わせに入っている時期であった。改修後に設置するレーザーに必要な電力容量に関連して、設備課電気係から消費電力を測定させてくださいとの連絡があり、電気係員の方とエネルギーセンターの方が測定器を持って実験室に来られた。と紹介すれば、そのエネルギーセンターの方がどなたであるかは申し上げるまでもない。鹿児島県のお生まれだそうだが、九州なまりはほとんどなく、お人柄を象徴するかのようなやんわりとした関西なまり、私自身が関西弁に近い（伊勢弁）せいか、お話していて非常に心地よく感じたのだ。電力測定は順調に終了し、その結果（自記録のチャート）を見せて頂いた。データは約5時間程測定したものであったが、その5時間内に2回、消費電力がディップしていた。もしかしたら消費電力の測定を行ったレーザー装置の異常かもしれないということで、事情を話して、もう一度測定して頂くことにした。今度はレーザー出力との同時測定である。結果として、1日に2回程度しか発生しないレーザー装置の電源不調を発見することとなつた。



このようなエピソードを紹介すれば、私以外にも、こんなお手伝いをして頂いた、有益なアドバイスを受けたなど、思い出される方もいるのではないだろうか。

豊橋において日々自適の生活をされているところへご無理申し上げ、研究支援推進員として登板頂くことになった。本年5月1日に着任して頂いて以来、新しく発足した分子制御レーザー開発研究センターにおいて電気及び機械設備の保守及び安全管理をお願いしている。その一部を紹介する。

#### 2. 電気設備

電気・ガス・水道はライフラインと呼ばれているように、我々の生活になくてはならないものだ。とりわけ、電気は生活には言うに及ばず、実験など研究活動には安定した供給が必要となる。電力の安定供給は、計測器の高精度化及びコンピューターの高速化などにより、今日ますます重要視されている。そんな観点からすると、デリケートとも受け取れる電気だが、そのエネルギーは莫大であり、大電流を流しているケーブルは一見なんの変哲もないようだが、扱い方を誤れば、火災など大きな災害を引き起こしたり、最悪の場合、殺傷力をもった兵器にもなりかねない。

そんな恐ろしい力をもった電気だが、便利であることは最近の電力需要の上昇をみれば理解できよう。そんな便利でいいものは、お互いに有効的にかつ安全に使いたいものである。各実験室には分電盤があり、そこに接続されたケーブルによって各実験装置に電力が供給されている。

何番の端子にどのような装置が接続されているかご存じですか？、という問い合わせに、自分が接続したものなら分

が使用する共同利用施設では、安全確保の上で極めて重要なことである。

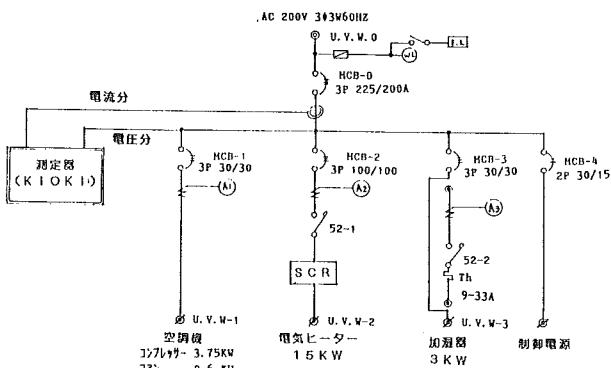
そこで、各実験室では分電盤から各装置にどのように給電されていて、消費電力はいくらかなど、レーザーセンター職員が必要に応じて閲覧できる電力関係の基礎資料づくりをお願いした。その一部を図1に示す。これはレーザーセンター棟210号室の空調設備(図1a)と実験用分電盤(1b)の配線図及び接続装置の消費電力等をまとめたものである。空調設備の消費電力は、実験等に直接影響を及ぼすものではないが、空調設備の更新等、今後の保守管理の参考資料にするために測定した。実験用分電盤の図は、接続された各レーザー装置等について、最大出力にて動作しているときの消費電力等を測定し、マニュアル等に記載された仕様値(設備容量)と共に配線図下の表にまとめたものである。「ヨビ」と記載されているのは、共同利用者が持ち込む真空装置あるいは観測装置等に給電するためのもので、持ち込まれる装置の必要電力容量と合わせて、主幹ブレーカーの容量等を考慮に入れ、電力を安定に供給できるかどうか、本表によって判別できる。また、持ち込まれる装置の消費電力容量が不明の場合は、予め実測を行い、レーザー装置と同時使用が可能かどうかを判断し、過負荷によって生じるブレーカーのトリップを未然に防ぐ。これはレーザー装置の安定した動作とレーザー装置自身の

長寿命化に寄与するものと考えている。

### 3. 機械設備

機械設備の中でも、レーザー分光実験に特に重要なのが空調設備である。近年、パルスレーザーの超短パルス化及び固体波長可変レーザーの開発により、その重要性はますます大きくなっている。この種のレーザーには設置する実験室の温度及び湿度の変化に関する条件が、その仕様書などに記載されている。その代表的な値は、温度変化が3°C以内、湿度が45%±5%である。もちろん、この範囲内におさまっていなければ、レーザーがまったく動作しないというものではなく、この値はむしろ理想値と言つてもいいだろう。では実際問題として、どのような空調環境であれば、レーザー分光実験に支障がないのであろうか。一言で言えば恒温低温であればよい、低温と言つても、至る所で静電気による放電が起こるのであれば問題であるが、そんな嬉しい悲鳴を一度上げてみたいものである。何がともあれ、空調の現状を把握する必要がある。そこで、実験室の温湿度変化と空調機の運転状況を測定して頂くことにした。レーザーセンター棟108号室において測定して頂いた結果を、エネルギーセンターから提供を受けた外気の温湿度変化と比較できるようにまとめて頂いた。図2に示すように、空調機の消費電流が8.0数A流れているときは2台、

210室(AC-0.9) 単線構成図



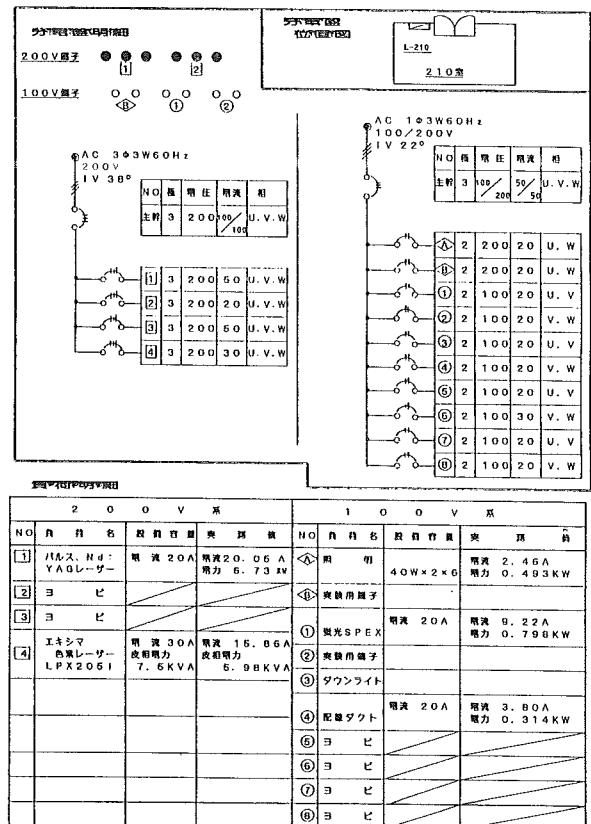
相	3 相	冷房	周波数	能 力	消費電力	運転電流
定格電圧	200 V	60Hz	15,000kcal/h	5.2 kW	16.7 A	
定格周波数						
電動機の定格消費電力	5.2 A	90%	105A			

測定用電力表

1: 測定年月日	平成9年8月5日
2: 測定箇所	主幹ブレーカー-2次側
3: 測定器	HIOKI (クランオンパワーハイテスター・3166)
4: 測定値	(1) : 最大電流 69.61A (2) : 最大電力 24.43kW

a) 空調機単線結線図

210室(AC-0.9) 分電盤明細



b) 210号室分電盤明細

図1 電気設備関係作成資料

60数A流れているときは1台のコンプレッサーが稼働していることを示している。これによって実験室温度は、2度以内の変化範囲である。湿度はコンプレッサーの稼働にほぼ同期して、50%から70%の範囲を変化している。

#### 4. 紹介を終わるにあたって

高田橋さんと出会った当時を思い出しながら、ご本人を紹介すると共に、現在お願いしている業務について、さらには得られた結果の一部について紹介した。これら一連の作業は、本の一部であって、日常的な実験室の整備、例えば蛍光灯、防塵マットの交換、エネルギーセンターが行う諸設備点検の立会など、いろいろな事をお願いしている。特に蛍光灯の交換をお願いしたときに、「セードを洗うと明るくなりますよ」とおっしゃって、その作業後、「明るくなったりでしょ」の一言に、筆者自身、実験室の基盤整備のというものの根元を思い知らされたような気がした。

このように高田橋さんには設備のプロ中のプロの仕事から非常に泥臭い仕事まで、極めて広範な職務について頂いている。しかし、どのような仕事であっても、たえずフレッシュな気持ちで全力投球されるいることを最後に記しておきたい。

#### <謝辞>

高田橋さんの諸設備測定にあたって、管理局設備課各位より適切な助言を賜りました。ここに深く感謝申し上げます。エネルギーセンタースタッフ各位、とりわけ鈴木氏には、外気温湿度等のデータを提供して頂きました。厚く御礼申し上げます。

(分子制御レーザー開発技術係長 山中孝弥)

温湿度の変化と空調機の運転状況

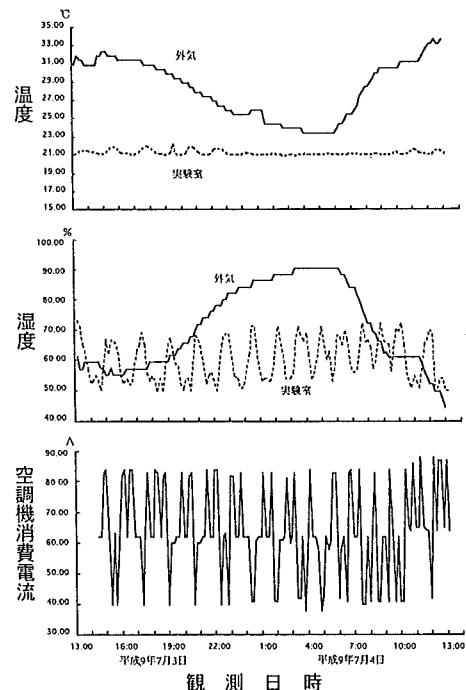


図2 空調設備運転状況調査

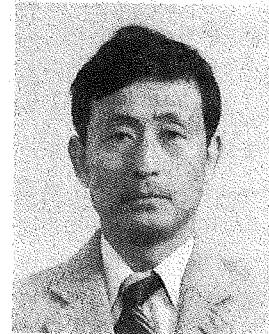
# トピックス

## 加藤清則氏に日本化学会化学技術有功賞

技術課第五技術班長の加藤清則氏が日本化学会の平成8年度化学技術有功賞を受賞されました。技術課の一員として誠に喜ばしい限りであり、以下に加藤氏の業績を紹介し、お祝いの意を表します。業績紹介は「化学と工業」第50巻第3号からの抜粋ですがそのまま記載させていただきます。

### 化学技術有功賞

加藤清則氏 [分子科学研究所技術課第二技術班長]



#### 〔業績〕 極低温技術の開発と普及

(Development and Popularization of Techniques for Handling Low Temperature Materials)

加藤清則氏は、昭和48年4月東京大学に技官として採用され、同大低温センターに配属された。昭和59年岡崎国立共同研究機構・分子科学研究所に異動し、極低温センターに配属された。分子科学研究所極低温センターでは、寒剤としての液体ヘリウムの化学分野への普及に努め、液体窒素と同じ簡便さで液体ヘリウムを取り扱えるようさまざまな工夫を加えた。自動供給システム、新しい液体ヘリウム液面計、移送管と液体ヘリウム容器をシールするためのダイナミックシールなど加藤氏の考案した装置は現在では分子科学研究所のみならず、日本全国さらに海外へも広まっている。また加藤氏は極低温実験機器の開発にも努力した。 $^3\text{He}$ 冷凍システムの改良と物性測定装置の開発や希釈冷凍機の導入に努力した。同氏は全国共同利用機関である分子科学研究所の極低温センターを通してこれら極低温技術を我が国の化学研究者に普及させるに大きな貢献をした。以下に同氏のおもな業績内容を紹介する。

##### 1. 液体ヘリウム液化機運転監視装置の製作

液体ヘリウムの液化装置は回収したヘリウムガスに含まれる空気や水分を除去した後に断熱膨張を行って液化を行っているが、これら一連の複雑な工程は液化機によって自動的に行われている。しかし不純ガスの混入などのトラブルを未然に防ぐには液化の各工程を常時監視していかなければならない。加藤氏は液化機の各工程での動作を画像としてパソコンに表示する監視装置を開発した。このため液化機の現状を容易に把握でき事故を未然に防いでいる。

##### 2. 液体ヘリウム移送管自動昇降装置の製作

液化された液体ヘリウムは極低温センターの3000 lの貯槽タンクに貯えられている。この大型タンクからユーザーの小型容器に移送管を使って汲み出しを行っているが、この汲み出しには熟練が要求される。加藤氏はこの移送管を自動的に昇降させるシステムを開発した。このシステムにより移送管を挿入する時に発生する大量のヘリウムガスの蒸発を押さえる事ができ、また移送管を引き抜く時に発生するOリングシールの凍結・破損を防ぐ事ができた。このシステムにより初心者でも容易に汲み出しを行えるようになった。

##### 3. 液体ヘリウム自動供給システムの開発

加藤氏は上述の移送管自動昇降装置をさらに進めて液体ヘリウム自動供給システムを完成させた。ユーザーが小型液体ヘリウム容器を所定の場所に設置すると、システムは自動的に移送管を挿入し、次に液体ヘリウムを移送し、満量になれば自動的に停止して、移送した液体ヘリウムの量を計量するシステムであり、初心者でも容易に操作する事ができる。近年の液体ヘリウムの需要の増加に伴い、全国の大学・研究所では自動供給システムへの関心が高まっているが、この方式も幾つかの大学で取り入れられている。

##### 4. 新しいヘリウム液面計の考案

小型容器の液体ヘリウムの現在量を正確に把握しておく事は次の実験を計画する上で必須の事であり、液体ヘリウムユーザーなら誰でも経験する事である。従来はヘリウムガスの熱音響振動の振動数と振幅を指先で検知する事によって液体ヘリウムの液面の位置を検出していた。この指先の感覚の微妙な変化をとらえられるようになるにはある程度の経験を必要としていた。加藤氏はこの音響振動を音の振動数変化としてとらえる液面計を考案した。この液面計は極めて簡単に安価に製作でき、初心者でも容易にその音の変化を聞き分けられる。この方法はその後大阪大学の脇坂氏による改良を経て、日本全国さらには海外へも広まっており、現在でも最も標準的な液面計となっている。

##### 5. ダイナミックシールの考案

小型容器からクライオスタットへ液体ヘリウムを移送するための移送管を小型容器に挿入する際、極低温のヘリウムガスが発生し、機器の凍結や指先の凍傷を引き起こす事がある。これをシールするために、従来シリコンチューブの上から銅線で縛るかワイルソンシールとよばれるOリング内蔵のステンレス製の道具が使用されていた。これらの方は移送管を上下に動かす際に銅線やOリングの締め具合を調節するのが難しく、初心者はしばしばシール部分を凍結させてしまうというトラブルを起こしていた。加藤氏は内部にOリングを埋め込んだテフロン製のシールを考案した。このシールは極低温のヘリウムガスを完全にシールした状態で容易に移送管を動かす事のできる極めて便利な道具である。このダイナミックシールは現在全国の大学・研究所で使用されている。

##### 6. 極低温実験装置の整備

0.5 Kまでの極低温実験を行うための $^3\text{He}$ 冷凍システムを完成させ、有機導体のフェルミ面を決定するための有力な方法である電気抵抗と磁化の量子振動を観測する装置を製作した。3 K以下の温度はヘリウム3の蒸気圧によって知る事ができるが、加藤氏はこの蒸気圧を制御する事によって3 K-0.5 Kの温度を正確に制御する装置を考案し完成させた。

50 mKまでの極低温は希釈冷凍機によって実現する事ができるが、まだ一般には普及していない。加藤氏は極低温センターの希釈冷凍機の導入・立ち上げに努めた。現在順調に稼動しており、電気抵抗、比熱の実験に供せられている。

以上のように加藤清則氏は長年にわたって極低温技術の向上に向けて研鑽をつみ、低温技術を化学の分野に普及する事に努めると共に、限られた資源であるヘリウムの有効利用に多くの業績をあげた。そしてその成果をもって物理化学の実験研究を支援し、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。

# 技術活動報告

## 分子研新 Network概説

電子計算機技術係 内藤茂樹

### 1はじめに

平成7年度(1995)に、ATM(Asynchronous Transfer Mode)を基幹部に採用した、新Networkを構築した。この新Networkはそれまでの既存Networkとさまざまな点で異なっている。しかし、利用者には、二つのNetworkの違いが、なかなか目に見えては来ないだろうと思われる。また、購入したホストを、どちらに接続して使用するのがより良いか、判断し辛いかも知れない。そこで、新Networkを構築することになった背景や、現在の運用形態に至るまでの経緯をまとめながら、新Networkの紹介を簡単に行うこととした。

### 2新Network構築の経緯

#### 2.1 分子研Networkの歴史

分子研では昭和61年(1986)に電子計算機センターの端末用として、光ファイバーループによるバックボーンと、各棟に1本の10BASE-5を支線として施設し、独自プロトコルによって、仮想端末とファイル転送を実現するNetworkを構築した。その後、平成2年(1990)6月に、既設ファイバーを流用しつつ、このループをFDDI(Fiber DistributesData Interface)に変更して、Network全体をTCP/IP化し、分子研のバックボーンとした。また、それと一緒にファイバーを分子研外にも延長して、機構全体のバックボーンとしての役割を果たした。

平成5年(1993)には、幹線だけでなく支線まで含めた岡崎機構の全Network整備のための補正予算が付き、Networkの再構築を行った。旧Networkが、FDDIループ一つで分子研のバックボーンと機構のバックボーンを兼ねており、すぐ下流に各部局の支線部が接続されていたのに対し、再構築したNetworkでは、600Mbpsの1次幹線を施設し、その下に各部局毎にFDDIによる2次幹線を設置した。このように2段構成とることにより、各部局の独立性を高めた。さらに、部局間のトラフィックを出来るだけ抑え、それらを各部局に分散させるために、ファイルサーバーシステム、電子メールシステム及び、マルチメディアシステムを各部局に設置、接続した。

#### 2.2 新Networkの構築を決定することになった理由

平成5年度に構築したNetworkを運用していくうちに、1次幹線は速度的にまだ余裕があるのに対して、2次幹線が接続台数の増加や、Networkアプリケーションの充実と利

用者の増加、そしてデータのマルチメディア化等により非常に込み合って來た。今後機構の全構成員が日常的にマルチメディア通信を行うようになると、このNetworkが破綻する可能性が高く、何らかの解決策が必要と考えられるが、共有型(バス型)のNetworkでは限界を感じるため、回線の高速化と同時に専有型(スイッチ型)のNetworkへ移行することにした。そこで、学術情報センターをはじめ、各方面で導入が始まっているATMを用いてNetworkの高速化をはかることにした。

第一段階として、平成6年度にATMハブを導入し、ATMによる通信実験を行った。その結果、2次幹線だけをATM化しても、近い将来再びNetworkが飽和してしまうことが判明した。そこで第二段階として、平成7年度には、基幹部から支線部に至るまで全てを専有型とし、1次幹線、2次幹線ともATMを使用したNetworkを構築した。そして、既存のNetworkと新Networkを並列に共存させ、高速性を要求するNetwork利用と、高速性を要求しないNetwork利用を分散処理できる統合的なNetworkシステムを構築することになった。

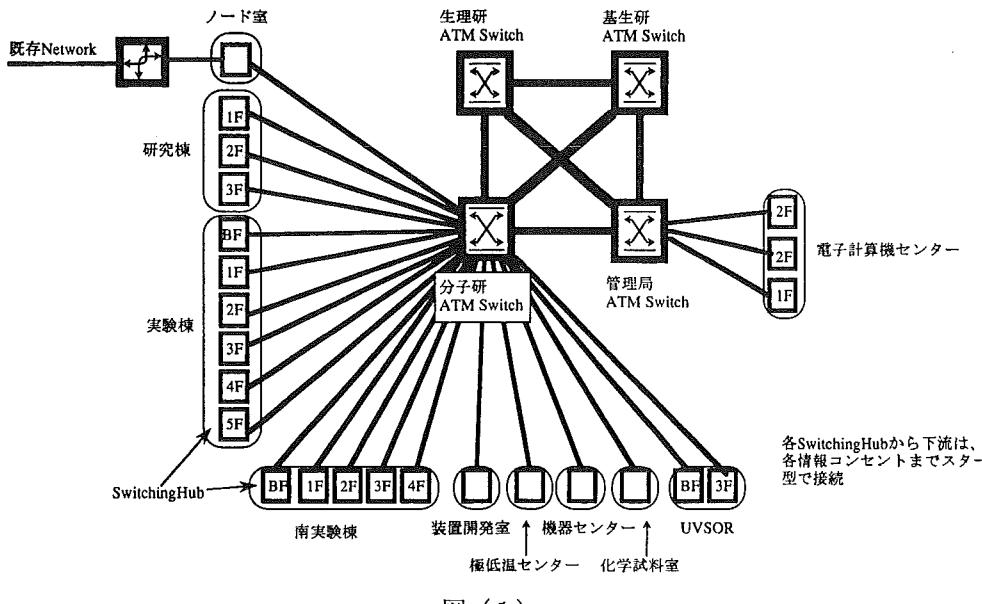
#### 2.3 新Networkの構築

新Networkで使う機器はATM交換機がFore Systems社製Fore ASX1000、スイッチングハブが日立HS200となった。岡崎機構の基幹部にForeASX1000を4台使い、それぞれシングルモードファイバーを使用して、OC-12(622M)でフルメッシュに接続した。各部局ともForeASX1000と日立HS200の間は、マルチモードファイバーを使用して、OC-3(155M)でスター状に接続している。スイッチングハブから各部屋まではUTP(Unshielded Twisted-pair Cable)ケーブルを使用して、同じくスター状に各情報コンセントへ接続している。

図(1)のように、電子計算機センターは管理局のATM交換機の下流に継っている。これは、分子研ATM交換機と電子計算機センター棟との距離が離れていることと、所外の電子計算機利用者を考慮して、なるべく機構の出口に近くするためである。新Networkでは10BASE-T、100BASE-TX、CDDI(Copper Distributed Data Interface)が利用可能であるが、標準は10BASE-Tである。

基幹部にATMを使用した専有型の新Networkでは、論理的なNetworkの構築が可能であり、物理的な接続よりも論理的な接続の方が重要である。論理的な接続をするた

分子科学研究所ATMネットワークMAP



図(1)

めの通信路をVC(Virtual Circuit)と言い、その接続形態にはPVC(Permanent Virtual Circuit)と、SVC(Switched Virtual Circuit)がある。PVCとは各ATM機器間のVCを固定して運用する方法であり、SVCは通信要求が発生する都度VCを張って運用する方法である。機構では、導入までの期間の短さ等から、設定条件が少なく構築が容易なPVCで論理Networkを構築することにした。

この時に構築した論理Networkは各研究系、研究施設系毎にNetworkアドレスを一つ割り当て、スイッチングハブ

のポートにそのアドレスを割り振ることにより、各部屋単位でNetworkのセグメントを設定することができるものだった。したがって同じ研究系ならば研究棟でも実験棟でも同じアドレスでPCを使うことが可能となる

### 3 PVCからSVC+LANEへ

#### 3.1 PVCでの運用時の問題

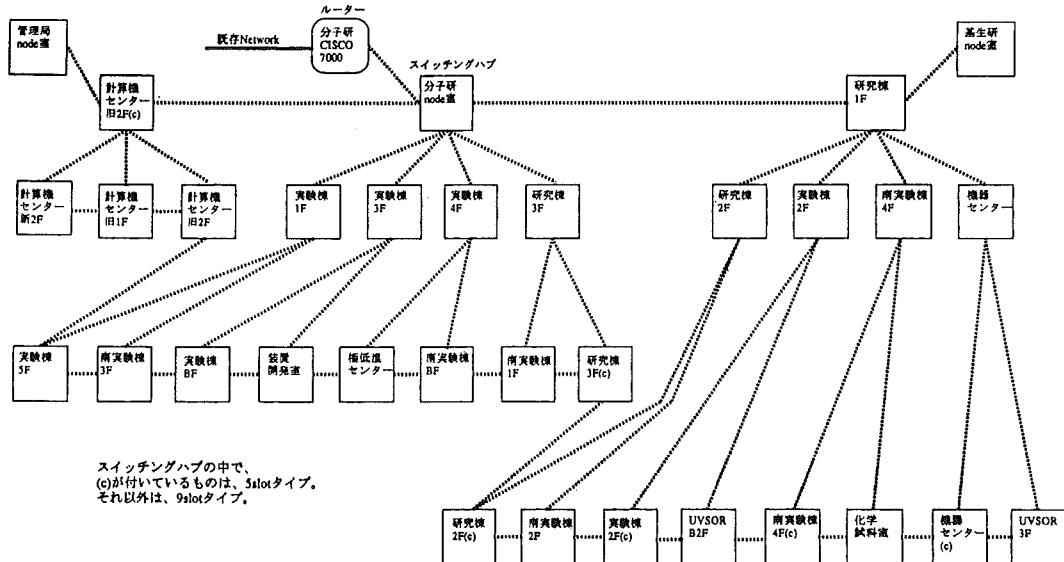
PVCによってNetworkの構築をしてはみたものの、実際に運用しはじめるとさまざまな問題が出てきた。

最初、スパニングツリー機能を使用して、論理的なループの無い構造となる運用を試みた。スパニング・ツリーを実現するためには、Networkに複数存在する通信路の中か

ら最適な通信路を見つけ、2点間の通信をその通信路のみに制限しなくてはならない。そして障害時には、その通信路を破棄し、あらたな最適な通信路を見つけ、制限を加える必要がある。当初予定していた分子研のVCI (Virtual Channel Identifier)の接続トポロジーは、全体を3分割した3段のtree構成をとり、最上段と最下段に位置するスイッチングハブは横方向にも通信路を設定して、迂回路を考慮したものだった。

ところが、実際に運用を始めたところ、この最適な通

分子研ATMスイッチングハブ VCI接続トポロジーマップ



図(2)

分子研ATMスイッチングハブ VCI接続トポジーマップ

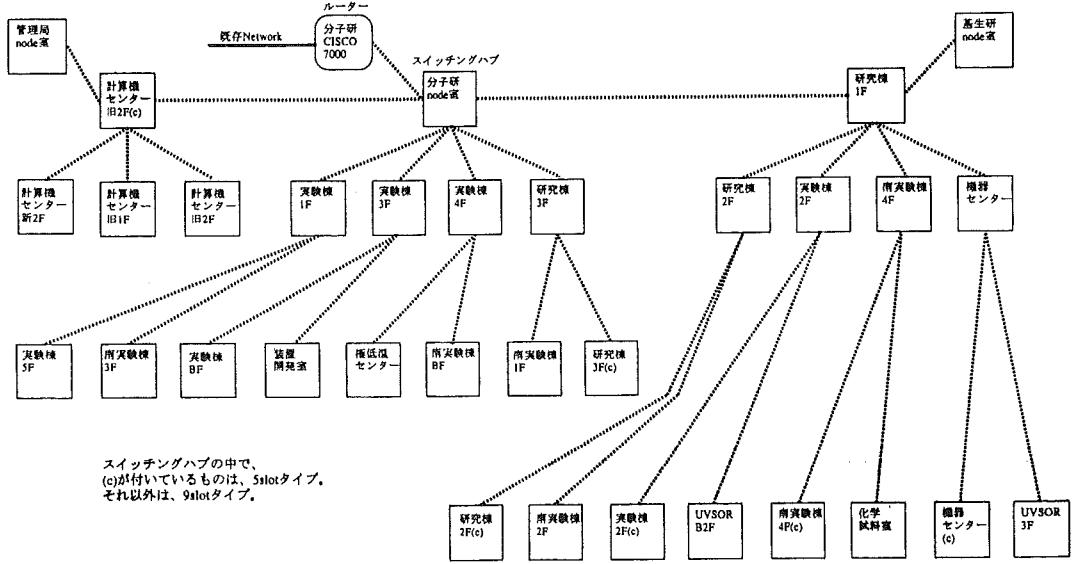


図 (3)

信路を見つけるための計算に時間がかかりすぎ、最適な通信路を見つけ出すことが出来ない状態に陥ってしまった。通信路を制限出来なければ、パケットが途中でループしてしまう可能性が高く、実際に通信は不可能であつた。スパンニング・ツリーが実現できない以上、バックアップ用のVCをあらかじめ用意しておくことが不可能となつた。そのため、障害にとても弱いNetworkとなってしまった。

結局、分子研のVCIの接続トポロジーは、図(2)の最下段の接続を切り離した形態になった。図(3)で判るように、上流のスイッチングハブで障害が発生すると、下流のスイッチングハブはNetworkから孤立してしまう。しかも、上流のスイッチングハブは同じ棟内にあるとは限らないので、たとえユーザーのいる棟が問題無くても、上流のスイッチングハブのある棟が停電になると、Networkから孤立してしまうことになる。

また、この接続トポロジーだと、最下段のスイッチングハブ同士の通信において、最上段のスイッチングハブが異なる場合、実際のセルの流れは図(4)に示すようになる。図(4)において、実線が物理的な接続、破線が論理的な接続、矢印がセルの流れである。例として研究棟2F(c)から、

研究棟3F(c)への通信を現してある。それぞれのセルの流れには番号が振ってあり、1と2、3と4、5と6、7と8、9と10はそれぞれ同じVP(Virtual Path)内の流れとなる。研究棟2F(c)から研究棟3F(c)へのVC(Virtual Channel)は、1から10までの流れを繋ぎ合わせたものになる。

図(4)にあるように、通信路の途中のスイッチングハブを通る時は、ATM交換機からスイッチングハブへ向かう流れと、その逆向きの流れが必要となる。したがって、

#### PVC接続時の物理的な通信路例

研究棟2F(c)→研究棟3F(c)

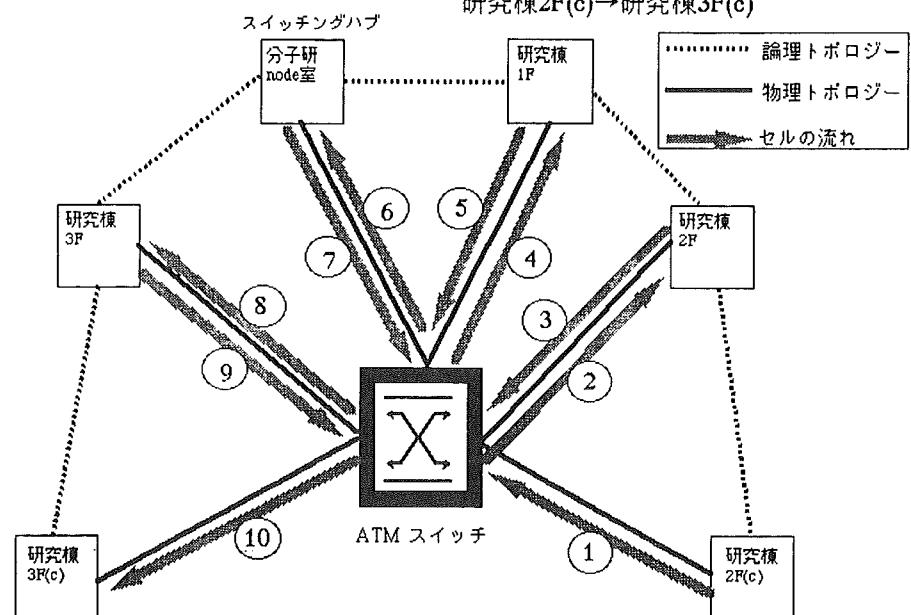


図 (4)

通信路の途中にあるスイッチングハブは、両端のスイッチングハブに比べて、2倍の帯域を取られることになる。このことは、通信路の集中する上段のスイッチングハブほど、それ自身に接続されている端末の通信用も含め通信帯域が狭められてしまうことを示す。つまり、たとえ各スイッチングハブとATM交換機が155Mで接続されていても、最上段での通信帯域によって制限されてしまうため、専有型なのに共有型的な運用となってしまい、専有型のメリットが活かせない。

このままの形態で運用を続けることは、非常に不安であることから、VCの運用をPVCからSVCでの運用に変更することにした。SVCは普段はVCを張っておらず、接続要求がある度にVCを張る運用方法である。そのため通信を開始する時にVCが張られるまでに少し時間を必要とする。そのかわり迂回路の問題がなく、そのためPVC時に問題となったスパニングツリーを運用する必要もない。しかも通信をするスイッチングハブ同士は、直接VCが張られるので、図(4)で示したような問題も無くなる。つまり、図(4)の2から9までのセルの流れは無くなり、1からすぐに10に流れる。

### 3.2 VLAN運用の問題

専有型Networkで運用できる機能の中に、VLAN(Virtualz LAN; LAN=Local Area Network)がある。VLANを使用することによって、物理的な接続にとらわれずに、比較的自由なセグメントを構築することができる。そのため、分子研では各研究系、研究施設毎にセグメントを分け、居室、実験室単位で設定した。これにより居室

分子研セグメント(VLAN)(表1)		
IPアドレス	IPXアドレス	VLAN名称
133.48.136.0	00136000	分子研既存 AppleTalk 専用
133.48.138.0	00138000	電子計算機センター旧棟 1F
133.48.139.0	00139000	電子計算機センター新棟 2F
133.48.141.0	00141000	電子計算機センター旧棟 2F
133.48.142.0	00142000	node 室
133.48.145.0	00145000	所長保留+共通研究室
133.48.146.0	00146000	分子研
133.48.149.0	00149000	分子構造研究系
133.48.150.0	00150000	電子構造研究系
133.48.153.0	00153000	分子集団研究系
133.48.154.0	00154000	極端紫外光科学研究所
133.48.157.0	00157000	相関領域研究系
133.48.161.0	00161000	装置開発室
133.48.162.0	00162000	極低温センター
133.48.165.0	00165000	機器センター
133.48.166.0	00166000	化学試料室
133.48.169.0	00169000	理論研究系
133.48.170.0	00170000	錯体化学実験施設
133.48.180.0	00180000	CDDI 専用

と実験室で、同じNetworkアドレスを使用することが可能になった。分子研で設定したV A L N を表(1)に示す。UVSORは極端紫外光科学研究所のサブネットに所属している。また、分子研既存AppleTalk専用というのは、既存NetworkからAppleTalkZoneの情報を新Network側に引き込むための、専用セグメント(VLAN)である。分子研と言うのは、技術課長室、名譽顧問室など、どの系にも所属しない部屋のためのVLANである。

VLANの運用は、スイッチングハブの機能をつかっていたところ、さまざまな問題が出て来た。主なものは、以下の3点である。

- ① オートトラッカーの問題
- ② ルーティングが事実上不可能
- ③ 同一グループ内のVLANにおいて、ブロードキャストの洩れがある

①のオートトラッカーと言うのは、各ホストのMAC(Media Access Control)アドレスを学習しておいて、そのホストが違うポートに接続した時に、そのMACアドレスからホストの所属するVLANをそのポートに割り振る機能である。この機能のおかげで分子研内のホストをある程度移動させても、スイッチングハブのポートの設定を変更する必要はなかったのであるが、この機能を使っていると学習テーブルの更新時にNetworkに無視できない負荷がかかる事が判明した。

②のIPXのルーティングが事実上不可能と言うのは、ルーティングする時に各ルーター同士で交換する経路情報が大きすぎて、時には通信不可能になるほどの負荷をNetworkにかけてしまう事が問題となつた。つまり常時通信可能な状態にNetworkを保つためには、IPXのルーティングを止めなければならない。幸いなことに、分子研ではIPXを使用していないので、IPXのルーティングを停止してもそれほどの実害はない。

③の問題がもっとも重要である。この時構築した論理Networkは、複数のVLANをまとめて1つのグループを構成し、そのグループ内でオートトラッカーを使ってホストの移動をサポートしていた。本来ブロードキャストはVLAN内部で閉じていて、外部へ洩れてはいけないにもかかわらず、同一グループ内の他のVLAN内部のホストへも届いてしまつたのである。せっかく各研究系、施設毎にVLANを設定して、各系内の情報が他の系に流れないようにしたにもかかわらず、この情報の制御は出来なくなつた。

### 3.3 LAN Emulationへの移行

そのためSVCへの移行と同時に、セグメントの運用をLANE(LAN Emulation)を用いたものに変更することにした。しかしLANEへの変更作業中に問題が発生した。PVC

で運用していたセグメントの区分をそのままLANEでのELAN(Emulated LAN)の区分とすることが、スイッチングハブの制限から出来なくなってしまった。

スイッチングハブで制御可能なATM論理パスは上限値があり、実際の運用でATM論理パスはその上限値を超えない事が望ましい。もし、超えてしまった場合は、超えた分のATM論理パスは張る事が出来ないため、通信の保証は出来ない。実際の運用で使用するATM論理パスは次の算術式で計算が出来る。

$$A \geq B + C \times \text{LEC数} + D \quad (1)$$

#### A スイッチングハブから張れるATM論理パス

- ATMボードのバッファサイズにより本数が変化する

#### B スイッチングハブからATM交換機に張られる制御用論理パス

- シグナリング用:1本
- ILMI(Interim Local Management Interface)用:1本

#### C スイッチングハブ内LECからATM交換機内サーバーに張られる制御用論理パス

- LES(LAN Emulation Server)用:2本
- BUS(Broadcast and Unknown Server)用:2本

#### D スイッチングハブ間データ通信パス

- データ転送しない状態:0本

式(1)の右辺が左辺を超えない用にELANを構築しなければならない。

ところで左辺(A)は全てのスイッチングハブで同じではない。FDDIボードを搭載している装置は、搭載していない装置に比べて19本ほど少ない。これは、etherのフレーム長が1.5Kbyteであるのに対して、FDDIは4.5Kbyteと大きいことが原因である。装置がetherのみをサポートすれば良い場合、バッファサイズは片面1.5Kbyteの2倍で3Kbyteを送受信分合せて6Kbyteあれば良いのだが、FDDIの場合は4.5Kbyteの2倍で9Kbyteを送受信分合せて18Kbyte必要となる。ところが、スイッチングハブに設定できるバッファサイズは、8Kbyte、16Kbyte、32Kbyteと固定されているため、etherの場合は8Kbyte、FDDIの場合は32Kbyteに設定するしかない。必要な最小のバッファの大きさが3倍でも、実際に装置に設定出来る大きさでは4倍にも開いてしまう。この差がATM論理パスの上限値の差(19本)として現れる。バッファが8Kbyteの時のAの値は51になり、32Kbyteの時は32となる。

一方右辺であるが、Bで自動的に2本消費されてしまう。またCからLEC1個あたり4本消費する。したがって、Dの値はバッファが8Kbyteで最高45、32Kbyteで26となる。結構余裕があるよう見えるが、実はそれほどでもない。例えば、ELAN1、ELAN2、ELAN3に所属する、ある

スイッチングハブがあるとする。式(1)から、バッファを8Kbyteとすると、Dは、

$$\begin{aligned} D &= A - (B + C \times \text{LEC数}) \\ &= 51 - (2 + 4 \times 3) \\ &= 37 \end{aligned} \quad (2)$$

と計算される。したがって、各ELANに平均12台のクライアント(スイッチングハブ)へパスを張ることが可能である。ところが、バッファが32Kbyteだと、Aが19少なくなるので、Dは18になる。これだと各ELANは平均6台のクライアントへしかパスを張れない。

ここで、もっともELANが込み合ってる実験棟2Fを考えてみる。実験棟2Fには分子構造研究系、極端紫外光科学研究系、錯体化学実験施設、電子計算機センターの所有する部屋があり、さらにノード室、そしてストックルームがある。これをもとにして系毎にELANを区切ると、実験棟2Fのスイッチングハブは6つのELANに参加することになる。するとDは、バッファが8Kbyteで25、32Kbyteでは、6しかない。ここにはバッファが8Kbyteのタイプが1台、32Kbyteのタイプが1台設置されている。そして8Kbyteのタイプには10BASE-Tのボードしかなく、100BASE-TX、CDDIのボードは32Kbyteのタイプに搭載されている。ここに部屋をもつ系のELANは10BASE-Tのみでも、平均5台しかそのELAN内にスイッチングハブを参加させることができず、100BASE-TXやCDDIを利用するにはほとんど不可能である。

この時点で、PVC時代のセグメントの考え方でELANを構築するのは、かなり難しく、また最適解を見付けたとしても、変更の自由が効かない、将来性の無いものになってしまうだろうと予測された。

#### 3.4 ELANの決定

そこで発想を変え、それまでのELAN設計を捨てるにした。ATM LANの論理Networkをセグメントに区分けする理由を考えると、今までのFDDIループを元にしたNetworkではClassCを元にしてセグメントを分割して運用していたために、1セグメントにはホストを250台程度しか接続できない。したがってより多くのホストをATMLANに接続するためには複数のセグメントを作るしか方法がない(もちろん接続するホストの台数を増やすだけなら、IPアドレスのネットワーク部を短くしてやれば1セグメントあたりに接続することができるホスト数は増える。しかしその場合、今すでに運用されている既存のNetworkとの共存ができない)。と言うことは、1つのELANに複数のClassCアドレスを割り当てれば、接続可能なホスト数の問題は解決できる。しかも、たとえNetworkアドレスが違っていても同じELAN内ならば、どのポートでも接続可能である。つまり分子研を1つのELANで全てカバーし、そのELANに必要なホスト数分のClassCの

Networkアドレスを割り振ればホスト数の問題は解決され、移動先でPCを使う時にアドレスを変更する必要もない。そしてそのELANを図書館や職員会館まで伸ばせば、PCをそこで使う時に設定変更することなしに使用可能となる。

そもそもっとも重要なELAN内のクライアント数の問題であるが、基本的に各クライアントは1つのELANにしか参加しないので、バッファが8Kbyteのタイプなら45本、32Kbyteのタイプなら26本のパスを張ることが可能である。分子研内のスイッチングハブの台数は26台で、図書館と職員会館、岡崎カンファレンスセンターを含めても、8Kbyteのタイプでは余裕がある。32Kbyteのタイプでは少しオーバーするが、同時に全てのスイッチングハブの下流に、同じSubNetworkのマシンが存在してNetworkにアクセスする可能性はかなり低く、問題視するほどではない。また、SubNetworkが違えば、各ホスト間の通信はルーター経由で行われるために、ルーターまでのパスを張ればすむ。そのため、全スイッチングハブ同士にパスが張られることはなく、したがって、パスの上限値の問題はクリアされる。

こうして1つのELANに複数のNetworkアドレスをつけるという、分子研の特徴的な新Networkが構築された。

#### 4 新Networkの構成

##### 4.1 ELANとNetworkアドレス

分子研のELAN(ELAN名称m-main)はホスト接続用に1つ、ルーティング用に3つのELAN(それぞれm-r1、m-r、2m-r3)が設定されている。ルーティング用のELANはスイッチングハブのポートに定義しておく、ユーザーは利

用できない。ホスト接続用のELAN(m-main)には複数のNetworkアドレスが割り振られている。そのアドレスを使用するルーター、サブネット名称(そのアドレスを使用する研究系、研究施設)を表(2)に示す。UVSORは極端紫外光科学研究系のサブネットに所属している。

表(2)にあるサブネットのうち、電子計算機センターを除いた9つのサブネットは表(3)に示すルーティング用ELANを用いてルーティングを行う。各サブネット間のルーティング方法を図(5)に示す。図中のR1～R10は表(2)に対応する。

新Networkと既存NetworkはCISCO7000ルーターにて接続される。R1、R2、R5、R8は機構幹線ELANにも参加していて、この4つのルーター間は機構基幹ELANを用いてルーティングする。133.48.150.0に所属しているホストAから133.48.170.0に所属しているホストBまでの経路は、ホストA→R4→R2→機構幹線ELAN→R8→R10→ホストBとなる。

なお新Networkではスイッチングハブの仕様により、IPのみルーティングを行いAppleTalkのルーティングはしないことになった。しかし既存Networkで運用している各AppleTalk Zoneの情報は引き込んでいるので、新Networkでもマシンを各Zoneへ設定することが可能である。ただし既存Networkではそのサブネットに関係しないZone情報は遮断されていたが、新Networkでは分子研の全てのZone情報が出てしまうため、マシンの設定時に間違わないよう充分注意してほしい。

##### 4.2 新Networkを利用する上での注意点

新Networkでは以下の利用を禁止することになった。

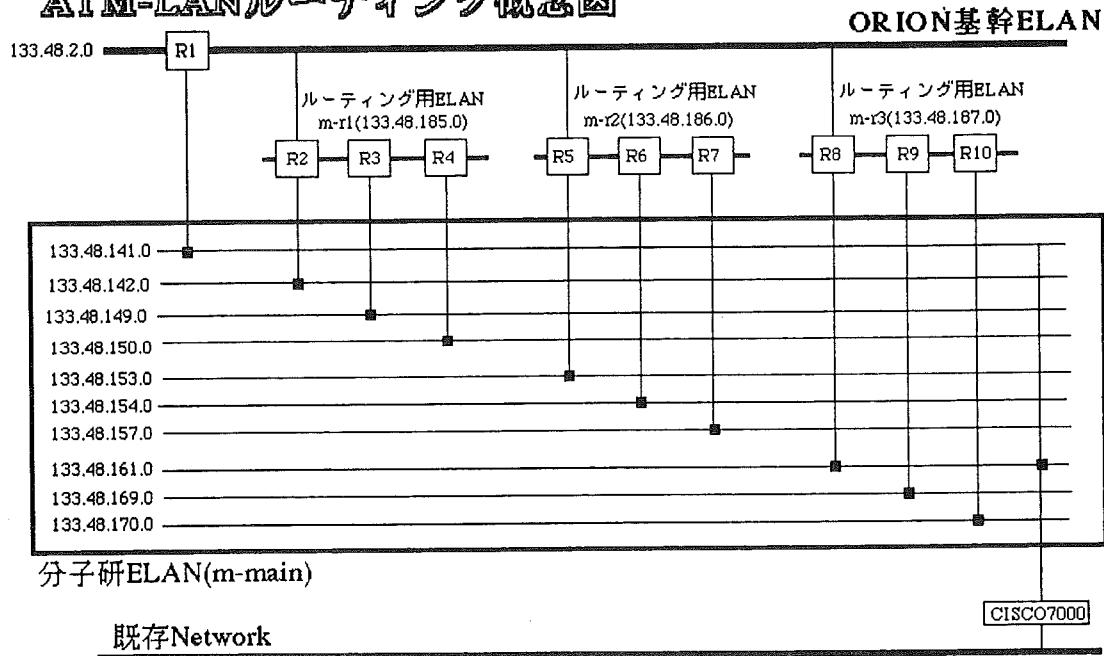
- ①一般ユーザーがDHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)サーバーを立ち上げること
  - ②ブロードキャストを多用するソフトの使用
  - ③IPXの使用
- ①、②の理由は分子研のELANを1つにしたことによる。まず1についてであるが、同一ELAN内に複数のDHCPサーバーがあると、クライアントがどのサーバーから情報を得るのか解らないため、クライアントを使用する人が所属しているサブネットと違うサブネットのアドレスを使ってしまう可能性がでてくる。また各DHCPサーバー間で情報の衝突が起こり、場合によってはクライアントがNetworkに接続出来なくなることが解ったためである。

②の理由は、ブロードキャストはELANを超えることはないがELAN全体に行き渡る。分子研は全体で1つのELANなので、1つのホストが発したブロードキャストは分子研全体のマシンに送られる。したがってブロードキャストを多用されると、新Networkへの負荷が高くなり分子研全体

ATM Network address (表 2)		
アドレス	使用するルーター	サブネット名称
133.48.141.0	R1 (133.48.141.254)	電子計算機センター
133.48.142.0	R2 (133.48.142.254)	node、CDDI、分子研 DHCP
133.48.149.0	R3 (133.48.149.254)	分子構造研究系
133.48.150.0	R4 (133.48.150.254)	電子構造研究系
133.48.153.0	R5 (133.48.153.254)	分子集団研究系
133.48.154.0	R6 (133.48.154.254)	極端紫外光科学研究系
133.48.157.0	R7 (133.48.157.254)	相関領域研究系
133.48.161.0	R8 (133.48.161.254)	研究施設
133.48.169.0	R9 (133.48.169.254)	理論研究系
133.48.170.0	R10 (133.48.170.254)	錯体化学実験施設

ルーティング用 ELAN (表 3)		
ELAN 名称	ルーティングするサブネット	ELAN 使用アドレス
m-r1	142.0、149.0、150.0	133.48.185.0
m-r2	153.0、154.0、157.0	133.48.186.0
m-r3	161.0、169.0、170.0	133.48.187.0

## ATM-LANルーティング概念図



に迷惑がかかるのである。

③のIPXの使用を禁止するのは、ルーター同士がIPXの各種情報をやりとりする時にブロードキャストするのであるが、この時に送り出す情報データが大きすぎてELANに多大なる負荷を与えるからである。そもそもIPXというプロトコルは分子研では使われていないため、禁止しても問題はないものと考えられる。しかし最近多くなって来たMicrosoft社のWindows95では、標準でIPXを使用する設定になっているので、注意が必要である。Windows95でIPXについて設定してあるかどうかは、次の手順で確かめられる。

1. コントロールパネルのネットワークを開く
2. 使用しているネットワークアダプタのプロパティを見る
3. バインドの設定でIPXのチェックがされているか確かめる

最後の項でチェックされていた場合は、チェックを外してもらいたい。

また、Windows95ではファイルやプリンターの共有ができるが、もし設定をする時にはしっかりとパスワードなどのセキュリティをかけておいてほしい。パスワードを設定していないと、他者からMicrosoft Networkを使ってそのホストのディレクトリが丸見えになるばかりか、重要なファイルを削除されてしまう可能性がある。

### 5 まとめ

既存Networkに比べて、新Networkでは細かな規制をしなければならないのは残念である。しかしその規制もマシンの初期設定時に一度設定てしまえばその後は気に

しなくても大丈夫なものがほとんどである。新Networkには既存Networkにはない便利な特徴が幾つもある。例えば、分子研内はもとより、図書館や職員会館へも分子研ELANが設定されている。したがって、手元のノートPCをもっていって、アドレスを変更せずに、Networkへ接続することが可能である。図書館で集めた資料を、持ち込んだノート

PCに手入力や、ハンディスキャナ等で取り込み、そのデータを居室のサーバーに転送して、居室でお茶を飲みながら読むことも可能である。逆に居室のサーバーに研究データをデータベース化して入れておき、図書館に持ち込んだノートPCからサーバーにアクセスして、データベースを見ながら資料を調べることも可能である。

また、岡崎カンファレンスセンターまで分子研のELANを延長することを希望しているが、もしそれが達成されれば、岡崎カンファレンスセンターで講演する時に、ノートPCを持ち込んで新Networkに接続すると、居室にあるサーバーから必要なデータを瞬時に会議室の大型スクリーンに表示することもできる。OHPベースでは、質問の内容によっては、データが用意してなかつたりして、満足な回答が出来ない場合も想像されるが、ノートPCと新Networkを使えば、質問内容に合わせてデータを表示できる。しかも、新Networkは基幹部にATMを用いた高速専有型Networkであるから、データの転送も瞬時であり、質問者を待たせる時間も少なくてすむ。

新Networkでは、今までのNetworkのように、端末は固定でメールを読み書きしたり、WWWpageを閲覧したりすると言った利用形態から、端末は持ち歩いて移動先で使用し、資料作成やプレゼンテーションツールとして使うと

といった新しい利用方法を提供することが可能である。このような利用方法を実際にしていただくためにも、新Networkを気軽に利用してもらいたい。

## 6 謝辞

この文章を作成するにあたり、数々の助言や、原稿の間違いを指摘していただきました、電子計算機センターの水谷さんに感謝いたします。また、原稿に目を通していただき、貴重な助言を下さいました、電子計算機センターの青柳先生と、機構情報ネットワーク管理室助手の大野先生に感謝いたします。そして、共に新Networkの構築を行った機構情報ネットワーク管理室の皆様と、日立製作所の皆様に感謝いたします。

## A 簡易用語集

**Asynchronous** お互いに独立したクロックを元にした複数の信号の関係。これらの信号は通常お互いに異なる周波数や位相を持つ。

**ATM:Asynchronous Transfer Mode** データ、音声、画像などの多種類の情報を高速に転送する為の技術。それらの情報はデジタル化され、固定長のセルと言う単位で送られる。

**BUS:Broadcast and Unknown Server** LAN Emulstionの構成要素の1つ。LANE Clientから送信された全てのブロードキャスト、マルチキャスト及びATMアドレスが解決されていないユニキャスト・データを受信し、Virtual LAN(emulated LAN)に参加しているメンバーであるすべてのLANE Clientにそれらを送信する。

**DHCP:Dynamic Host Configuration Protocol** 動的ホスト構成プロトコル。TCP/IP環境において、IPアドレスを動的に割り振ることを可能とする機能である。

**LANE:LAN Emulation** ATM網を、イーサネットやトークン・リングのような既存のメディア共有IEEE LANプロトコルのようにエミュレートする為の技術。LAN Emulationにより、ATM網上の既存の上位レイヤ・プロトコルやアプリケーションは、イーサネットやトークン・リングLANとトランスペアレントに通信することができる。

**LEC:LAN Emulation Client** LAN Emulationのために、ワークステーション、ルータ、LANスイッチなど、ATM網上の各LAN装置に実装されたソフトウェア。LAN EmulationClientは、ATM網上の他のクライアントのアドレスを解決してコネクションを張り、データを送信する。

**LECS:LAN Emulation Configuration Server** LAN Emulationの構成要素の一つ。ATM網の構成情報を維持し、LAN Emulation Clientを設定情報に基づきVirtual LAN(Emulation LAN)に割り当てる。

**LES:LAN Emulation Server** LAN Emulationの構成要素の一つ。ATM網上のLAN Emulationに対して、MACアドレスとATMアドレスのマッピング情報サービスを提供する。

**MAC:Media Access Control** データリンク・レイヤの下位レイヤで、既存のIEEEやANSIのLANメディアへのアクセス制御を規定している。

**PVC:Permanent Virtual Circuit** 通信相手が固定された接続形態。実際に通信がなくてもコネクションは確立された状態である。

**SVC:Switched Virtual Circuit** ソース(発信もど)またはルートからのコネクション要求により確立された、エンドポイント間の論理的なコネクション。ATMフォーラムのUNIに規定されており、Q.2931シグナリング・プロトコルのよりコネクションが確立される。

**VC:Virtual Circuit** エンドユーザー間の論理的な通信路。

**VCI:Virtual Channeel Identifier** ATMセルのヘッダにあるフィールドの1つで、コネクションを識別するために使用する。

**VLAN:Virtual LAN** 1つの自立的なブロードキャスト/マルチキャスト・ドメイン空間内にグループ化されたユーザまたはポートの集まり。あるVirtual LAN(VLAN)への参加は物理的な位置に制限されることはなく、複数のLANスイッチやATM装置をまたいで定義することが可能である。ATM網におけるVLANは、LAN Emulationセグメントという形で実現される。

**VP:Virtual Path** ATM網を構成するための仮想的なリンクの1つ。1つのVirtual Pathは複数のチャネルをもつ。Virtual Path Connection(VPC)と呼ばれるエンド・エンド間コネクションを張るために使用される。

**VPI:Virtual Path Identifier** ATMセルのヘッダ内の1フィールドで、コネクションを識別するために使用する。

マルチメディアATMへの展望(日経BP社)、[最新]ネットワーク用語辞典(技術評論社)より引用。

## 参考文献

- (1)水谷文保.生理学研究所コンピュータネットワークの歩み.生理学研究所技術 課報告 No.10,1995.
- (2)Cisco Systems,Mordechai B.Fester,Anthony Alles 著.日本シスコシステムズ,林田朋之,米澤寿員 監訳.マルチメディアATMへの展望.日系BP.1996.
- (3)Peter Dyson著,テクニカルコア訳.[最新]ネットワーク用語辞典.技術評論社.1996.

# 真空用ダイヤモンド窓の改良

装置開発技術係長 堀米利夫

## はじめに

平成5年度のIMSマシン課題に採択された“超高真空対応・広帯域赤外ビューポートの開発”によってベーカブルなダイヤモンド窓の製作が可能になった。この技術は、岡田則夫氏（現在、国立天文台 天文機器開発実験センター）が装置開発室の独自の技術として長い間積み上げてきた光学用超高真空窓技術の窓材を0.2mm厚の気相合成ダイヤモンド膜に置き換えることによって実現した。真空用フランジに融着するために、銀と塩化銀の柔軟性によって気相合成ダイヤモンド膜にかかる歪み（応力歪み、熱歪み）を緩和し超高真空シールを実現したビューポートである。

IMSマシンの開発課題として試作されたダイヤモンド窓（「ダイヤモンド窓1号」と呼ぶことにする）が完成した直後、岡田氏は国立天文台に転勤したが、その技術を引き継ぎ改良を加えた。以下ではその当たりを少し書いて見たいと思います。

## I. ダイヤモンド窓1号の試作

窓材をNaCl、LiF<sub>2</sub>、BaF<sub>2</sub>などとした光学用超高真空ビューポートの概略を図1に示す。その製作方法は次の通りである。

- ① 真空用フランジに銀枠を電子ビーム溶接する。
- ② 銀枠を0.2mm～0.5mm程度に薄く加工する。
- ③ 窓材の外縁部に水金（コロイド状金溶液）によって金膜を形成する。（炉中にて500°C程度に加熱）
- ④ 銀枠に窓材を塩化銀によって融着する。（炉中にて550°C程度に加熱）
- ⑤ 炉冷、リークチェック。

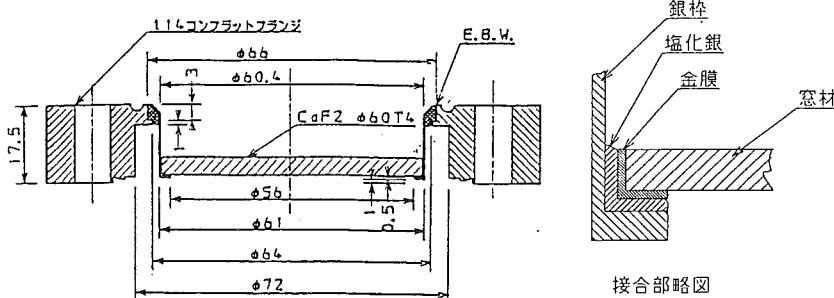


図1 光学用超高真空ビューポートの概略図

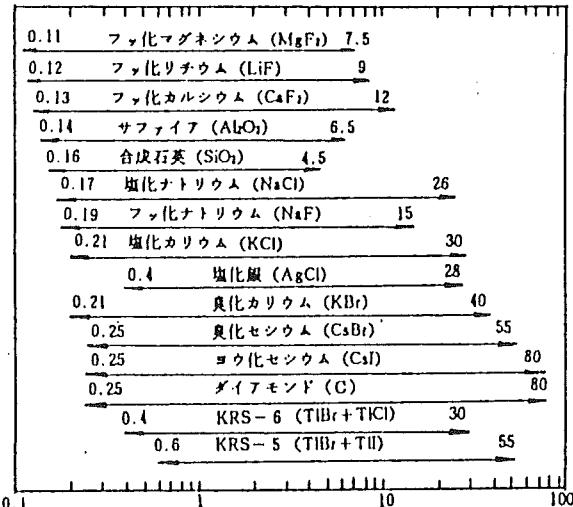


図2 各種窓材（2mm厚）の10%以上の透過率が得られる波長領域

⑥ 金（遮光膜）を接合部にスパッタリングして完成。

なお、製作に関する詳細は既に岡田氏によって技術研究会等で報告されているので、そちらを参考にされたい（参考文献(1)(2)）。

超高真空対応・広帯域赤外ダイヤモンド窓はこの接合技術をベースに、窓材を気相合成ダイヤモンド膜としたものである。窓材の気相合成ダイヤモンド膜（以下、ダイヤモンド）は250nm～80μmと広帯域の光波長透過領域を有しており、力学的に強く、吸湿性や毒性も無いため赤外用の光透過窓材として非常に適している。図2に各種窓材（2mm厚）の10%以上の透過率が得られる波長領域を示す。

使用されたダイヤモンド材は住友電気工業（株）から購入した。表1に使用されたダイヤモンドの仕様、図3にダイヤモンド窓の概略図をそれぞれ示す。

最初のダイヤモンド窓（1号）の有効径は18mmでコンフラットフランジ70mmにマウントされている。

## II. ダイヤモンド窓1号の改良点

ダイヤモンド窓1号は超高真空対応・広帯域光学窓として完成したが製作上改良すべき点がでてきた。

製作法	マイクロ波プラズマCVD法
厚さ	0.2mm
外径	20mm
研磨	両面光学研磨

表1 気相合成ダイヤモンド仕様

(1) 接合に必要な金膜の形成を水金に依っているが光学研磨されたダイヤモンドへの水金の濡れ性が悪いために良好な金膜の形成が大変難しく、形成された金膜厚も均一でない。均一な金膜を得るために何回もこの工程を繰り返さなければならない。他の光学窓材においてもこの問題点は同様であったが窓材が柔らかいためプラスショットなどにより形成する面をナシ地状に荒らして濡れ性を良くすることで解決したが、ダイヤモンドは素材が硬いためにこの方法では解決できない。

(2) ダイヤモンドが高温にさらされると、結晶粒界が酸素によって浸食され本来持っている特性の低下を招きやすい。製作上、水金で金膜を形成する時、塩化銀を注入する時の最低2回500°C～550°C程度の温度にダイヤモンドを加熱する。さらに、(1)で述べたように均一な金膜を得るために何回か加熱しなければならない場合もある。非常に短時間であれば問題ないと言われているがよりよい方法を選択できないものか?。

この2点を解決するために金膜形成法として水金に代わる以下の手法を試みた。

### III. メタライズ処理による金膜形成

ダイヤモンド面に直接金膜をコーティングする技術があれば良いのだがダイヤモンドと金との相性によりこれはかなり無理であることが明らかになっている。中間層を挿入することによって金膜を最終的に金膜を得る方法を探したところ住友電気工業(株)のメタライズ処理によって金膜形成が可能であることがわかった。この技術

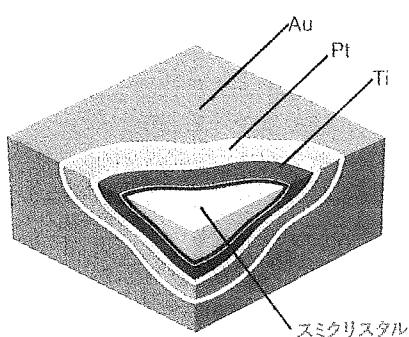


図4 メタライズ処理概念図

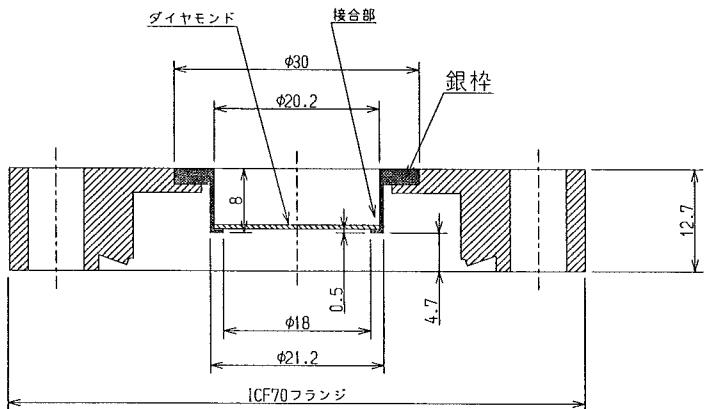


図3 ダイヤモンド窓概略図

層	膜厚
Ti	2000Å
Pt	5000Å
Au	3μ

表2 メタライズ処理の膜厚

はダイヤモンド上にPt,Tiの2種類の中間層をのせ、その上に金膜を形成する。図4に住友電気工業(株)のメタライズ処理の概念図を示す。

### IV. メタライズ処理による方法の試作

ダイヤモンドの縁をメタライズ処理した素材を利用した窓の試作を行った。メタライズの膜厚等は住友電気工業(株)の技術を採用する事にした。表2に今回採用したメタライズ処理の膜厚を示します。メタライズの幅をどの程度にするかを決める必要があった。メタライズの幅は完成後の窓の有効径を制限するので狭い方が良い。

#### (1) 1枚目の試作

メタライズの幅を水金の幅(ダイヤモンド1号窓)と同じ幅1mmで製作した。出来映えは水金と遜色ないが、リークを起こしてしまった。リーク試験は常温でHeリーク試験と200°C加熱後のHeリーク試験を行った。リーク試験には感度  $3 \times 10^{-11} \text{ torr} \cdot \ell / \text{sec}$  のHeリークディテクターを使用し、シール部にHeガスを吹き付ける方法を探った。最初の1枚は常温でのリーク試験ではリークは起らなかったが加熱試験中にリークを起した。

#### (2) 2枚目以降の試作

メタライズの幅を1.2mmと広げて2枚試作した。その結果、1枚にリークがでてしまい結果が別れ、結論がはっきりしないため、再度1.5mmに変更して試作を行った。その結果、一応リークのない窓ができるが、それ以後メタライズ幅は1.5mmを採用している。余裕があれば最適な幅を検討しようとは考えている。

現在までに製作したダイヤモンド窓は12枚ある。表3にリーク試験の結果を示す。写真1に製作したダイヤモンド窓の外観を示す。

#### V. ダイヤモンド窓製作の問題点の検証

12枚のダイヤモンド窓を製作した結果、次の問題点が明らかになった。

(1) ダイヤモンドの厚さが薄いために真空圧により湾曲してしまう。そのために融着部に微妙な動きが起こり接合力の弱い塩化銀接合部に影響があるのではないか?。表3からも膜の厚いダイヤモンド(厚さ240μm以上)にはリークが起こっていない。計算上は直径20mmであるならば厚さが200μmで真空圧に十分なのですが気相合成ダイヤモンドということで強度が合成時の条件によってそれぞれ異なる。さらに加熱によって塩化銀が軟化をし、この現象が顕著に成るとも考えられる。ならば、厚いダイヤモンドを使えば良いのですが、高価になってしまいます。

(2) ダイヤモンドが軽量なために塩化銀を注入する事によって浮き上がってしまう。一般的な窓材(CaF<sub>2</sub>, BaF<sub>2</sub>など)であればある程度の自重があるためにこの様な現象が起きにくい。この問題を解決するために塩化銀注入後に銀製の重石を載せて密着をよくしようとしたが冷却後に滲み出た塩化銀或いは蒸気化して付着した塩化銀によって銀の重石が窓中心に接着してしまい、冷却後とれないなどなかなか上手くいかない。

(3) 銀枠面と反対のメタライズ部の一部が剥離をおこす(図5参照)。塩化銀注入時は剥離は起こらないのである

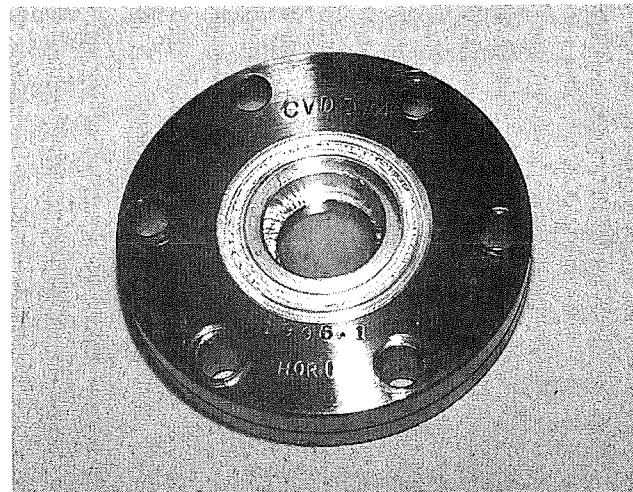


写真1 製作したダイヤモンド窓

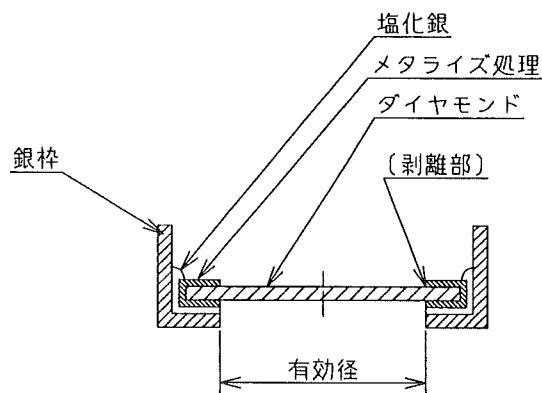


図5 融着部概念図

1	サンプル	板厚	メタライズの幅	常温リーク有無	ベーク後リークの有無	真空時の湾曲量
2	WHT3-20-1	180 μ	1 mm	無	有	30-33 μ
3	A9-20	330	3	無	無	1-3
4	WHT2-20Y	240	1. 2	無	無	15-18
5	A111	210	1. 2	無	有	20-23
6	A101-3	250	1. 5	無	無	13-15
7	A#7-6	240	1. 5	無	無	18-20
8	A101-1	250	1. 5	無	無	18-20
9	101-2	250	1. 5	無	無	20-22
10	A100-2	250	1. 5	無	無	13-15
11	A101-3	250	1. 5	無	無	14-16
12	A#7-3	250	1. 5	無	無	13-15

サンプル：ダイヤモンドの素材を識別するためのもの

板厚：ダイヤモンド素材の厚さ

ベーク後リークの有無：200°Cに加熱後（加熱中）冷却したときのリークの有無

真空時の湾曲量：真空引きしたときのダイヤモンドの窓中心部の湾曲量を示す  
(測定器 ダイヤルゲージ)

表3 製作したダイヤモンド窓のリーク試験結果

が冷却した後剥離している部分が見受けられる。これはメタライズの接着力が小さく塩化銀の冷却時の収縮力が大きいために起こると考えられる。ただし、この現象が直接的にリークに関与する訳ではないようだが、見栄えを悪くしている。むしろ、塩化銀により中間層のTiが浸食されることによりメタライズがダメージを受けてリークの原因になることである。

メタライズ処理したダイヤモンド窓の問題点を検証してきたが、もっとも困難な点は試作枚数が限定される点である。ダイヤモンドは高価であり、限られた枚数の中でしか検証ができない。しかしながら、水銀による金膜成形をメタライズ処理に代えたことによって、いくつか

の問題点は解消されてきた。多くの問題点を抱えながらも、製作に細心の注意を払い製作することによりリークがないものが供給できている状況である。

#### 終わりに

今後はこの様な技術が装置開発室にあるということを多くの方に知っていただき、多くの研究者の方々に実験装置に組み込んでいただきたい。さらに、使用上の問題点を克服し、よりよい光学窓となればと思う。

最後に今回の執筆にあたり、岡田則夫氏に貴重な助言をいただきました。この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

#### 参考文献

- (1) 岡田、技術研究会報告（分子科学研究所）No.12 (1987) 1.
- (2) 岡田、技術研究会報告（核融合研究所）(1988) 29.
  - ・ 岡田、分子科学研究所技術課活動報告「かなえ」、No.2 (1994) 27.
  - ・ 住友電気工業株式会社 販売カタログ（合成ダイヤモンド単結晶編）  
(メタライズ処理の図を抜粋させていただきました。)
  - ・ 分子研レターズ、No.33 (1995) 42.

# イメージングプレートX線回折装置

分子物質開発技術第一係 戸村正章

## 1. はじめに

単結晶X線構造解析の分野では、1960年代に4軸型回折装置が出現して以来、構造解析された結晶の数は飛躍的に増加している。これは第一に4軸型自動回折装置が普及したこと、第二に解析ソフトウェアの進歩とコンピュータの高速化、グラフィック化によるものである。それまでの写真法から4軸型自動回折装置（写真1）へと進化したことにより、測定精度が大きく向上し、測定時間は短縮され、さらに測定が自動制御で操作が容易になり専門家でなくても使用できるようになった。分子研でも1979年に理学・4軸型X線回折装置AFC-5が導入されて以来、所内外の研究者によって精力的に利用されてきた。

しかし、この4軸型回折装置でも一つの結晶の全データを収集するのに2~7日という測定時間が必要であり、最近ではこれが長すぎるという場合が出てきた。例えば、結晶中に溶媒が存在しがれが時間とともに失われたり、結晶が重原子を含むときにX線の照射によって結晶がこわれていくような場合である。このような不安定な結晶では長時間の測定の間に結晶が劣化してしまい満足な測定が行えない。また、高温、低温、高圧など長時間維持することが困難な条件下ではできるだけ速く測定する必要がある。さらに、数時間で終了する結晶相（固相）反応の追跡も4軸型回折装置では不可能である。もう一つの4軸型X線回折装置の欠点は、比較的結晶性がよく回折斑

点の形がシャープなものでないと測定が困難になることがある。結晶性が悪く回折斑点が割れていったり、双晶で回折斑点が近接して存在するといった4軸型X線回折装置が自動的に測定不能と判定してしまうような結晶の場合でもそれなりの精度で構造解析できれば大いに研究の手助けとなるであろう。

以上のような4軸型X線回折装置の欠点を克服するためには、現在4軸型で用いられている0次元のカウンタでは限界がある。そこでイメージングプレートと呼ばれる2次元X線検出器が考案され注目を集めている。これは原理的には、古くから用いられてきた写真法を現代の技術で蘇らせたものと言え、特に、10年前からシンクロトロン放射光施設の超強力X線源によるX線回折実験での検出器として盛んに利用されている。昨年、分子研の単結晶X線構造解析装置が更新されたが、この際に従来の4軸型回折装置に加え、新しくイメージングプレートX線回折装置、理学・R-AXIS-IV（写真2）が導入された。そこで本稿では、イメージングプレートの原理と特性、イメージングプレートを用いたX線回折装置、その測定の実際について紹介する。

## 2. イメージングプレートの原理と特性

イメージングプレート(IP)は、富士フィルム(株)により元来医用画像診断用として開発されたもので、発光中

心としてユウロビウム( $\text{Eu}^{2+}$ )をドープしたバリウムフロロハライド系蛍光体( $\text{BaFBr:Eu}^{2+}$ )の微結晶を高密度に塗布した柔軟なフィルムである。X線がIPに照射されると、蛍光体中の $\text{Eu}^{2+}$ の電子が伝導帯に励起され $\text{Eu}^{3+}$ が形成される。伝導帯に励起された電子は結晶中に存在するF<sup>-</sup>あるいはBr<sup>-</sup>が欠けた格子点に捕獲され準安定な着色中心が形成される。つまり、X線像が着色中心の密度分布としてIP上に記録されるわけである。

次に、この着色中心に可視光を照射すると、捕獲されていた電子は再び伝導帯に解放される。そして、この電子は $\text{Eu}^{3+}$ に捕獲され $\text{Eu}^{2+}$ の励起状態を経て $\text{Eu}^{2+}$ の基底状態にもどる。このときPSL(Photo Stimulated Luminescence)と呼ばれる照射した可視光よりも短波長の光が放出される。このPSL(波長390nm)は $\text{Eu}^{2+}$ の5d→4f許容遷移によるもので、発光寿命が0.8μs程度であるため高速の画

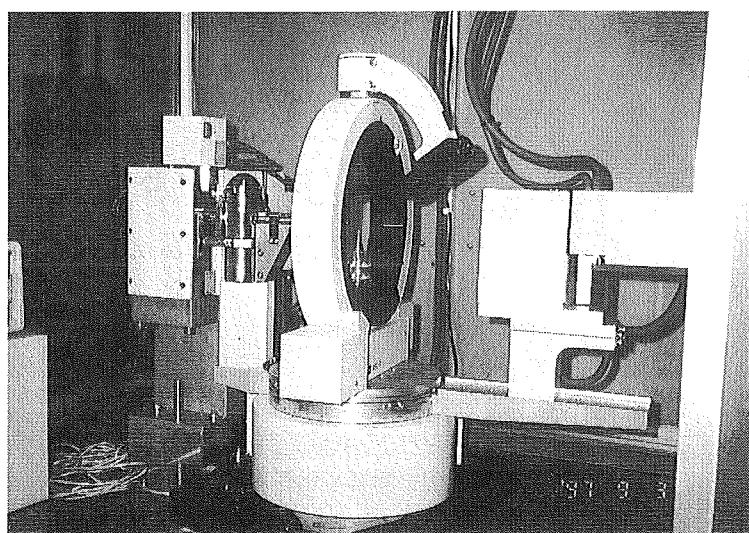


写真1. 分子研の4軸型X線回折装置（理学・AFC-7R）

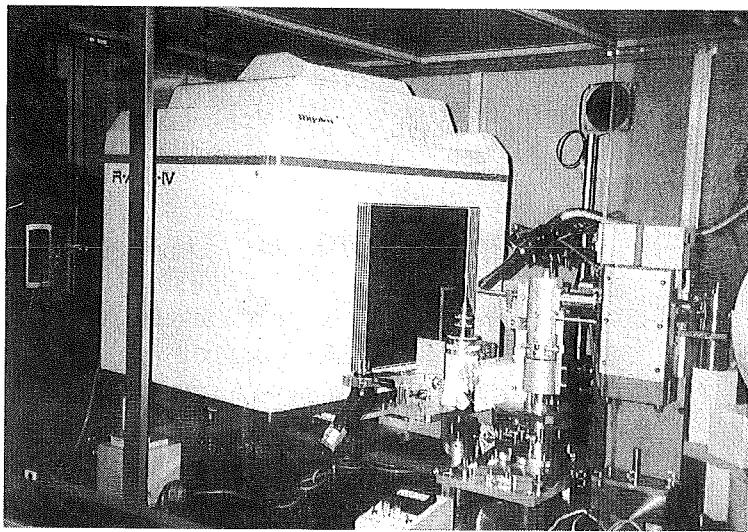


写真2. 分子研のイメージングプレートX線回折装置  
(理学・R-AXIS-IV)

像読み出しが可能である。通常は可視光としてレーザー光を用い、これを移動させながらIP蛍光面に照射して放出されたPSLを光電子増倍管で測定する。着色中心の約80%はこの読み出し時に消去される。残りの着色中心はIPにハロゲンランプなどの可視光を均一に数分間照射することにより完全に消去することができるので、IPは繰り返し使用することができる。

IPのX線に対する特性を一言で表すと、高感度、低雑音、広いダイナミックレンジと直線領域、高分解能といふことづくめである。実験によく用いられる20keV以下のエネルギーのX線に対する吸収効率は蛍光体の厚さが300 μm以上の場合、ほぼ100%である。さらに、ケミカルフォグと呼ばれるノイズもX線フィルムが1画素あたり1000個程度であるのに対してIPでは3個以下であるため、IPはX線フィルムよりも1桁高い感度をもつ。つまり、IPは、極微小試料のようなX線散乱強度の弱い試料の実験に適しているといえよう。また、X線フィルムや高性能X線テレビのダイナミックレンジ(X線強度に応答する領域)がたかだか2.5あるいは4桁であるのに比べ、IPは5~6桁にわたるダイナミックレンジをもつ。さらに、入射X線強度に対するIPのダイナミックレンジの直線領域は誤差5%以内では3.5桁で、このことは瞬時に強力なX線が入射してもパルス計数方式の検出器でよく見られるような数え落としが起こらないことを示している。また、IPは他の2次元検出器と違って容易に大型のものが利用でき(分子研のIPは30cm×30cm)、これを湾曲させて使うこともできる。以上のように、IPは最も優れたX線検出器であると言っても過言ではない。

### 3. イメージングプレートを用いたX線回折装置

IPを用いたX線回折装置は、カメラ部、読み取り部、画像処理部(コンピュータ)からなる。図1に分子研のIP装置(理学・R-AXIS-IV)の概念図を示す。IPや読み取り部は、写真2の箱形の中にある。試料とIPとの距離は目的に応じて可変できるようになっている。IPは2枚を1対とし、1枚が露光中に他方のIPの読み取り操作を同時に実行して測定の効率化を図っている。4本のローラーが回転することによりIPが露光位置から読み取り部側に移動し、その途中側面の位置で30秒停止させてIPの残像を消去する。

カメラ部のIPは、平板型と湾曲したシリンドラー型のものがあるが、分子研の装置は平板型である。平板型のIPは高角の反射がかなり斜めに入射してくるために記録される反射の大きさが伸びて強度が薄くなってしまい読み取りが困難になるという短所をもつが、結晶とIPとの距離が自由に変えられるため様々な大きさの単位胞をもつ結晶の測定が可能である。

図2にシリンドラー型IPカメラ(理学・R-AXIS-CS)の概念図を示す。このカメラでは1枚のIPにできるだけ多くの反射を記録するために、結晶の回転軸と結晶の軸を合わせておいて結晶の回転と同期してIPが水平に移動するというワイセンベルグ機構を採用している。

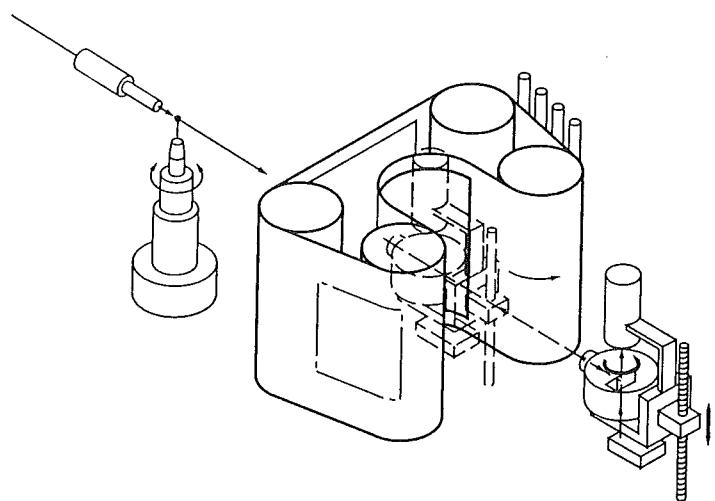


図1. R-AXIS-IVの概念図

### 4. イメージングプレートX線回折装置による測定

始めに、測定手順を簡単に述べる。

- (1) 小さな振動角(2°)、3分程度の露光時間で振動写真を2、3枚とり、得られた100~200点の反射から結晶の軸を立て格子定数を決定する。

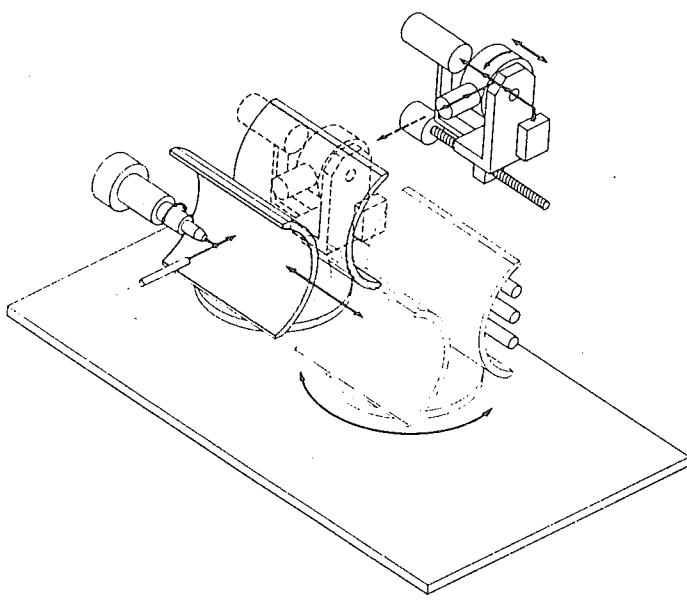


図2. シリンダー型IPカメラの概念図

- (2) この結晶データを基にして、独立な空間を測定するためには必要な測定条件（測定開始角度、振動角、測定枚数）を求める。
- (3) 本測定を行う。
- (4) 得られた画像データから反射強度を読み取り、平均化などのデータ処理を行う。
- (5) 通常の解析ソフトウェアで読み込むことができる形式の反射データファイルを出力する。

格子定数や測定条件の決定、写真測定、各種データ処理などはソフトウェアによりほぼ自動化されている。本測定における振動写真1枚についての露光時間は、結晶の種類や大きさ、観測される反射強度、振動角に依存する

が一般的には10~30分程度である。測定に必要な枚数と振動角は晶系、格子定数、結晶の対称性から決まるが、筆者の行った測定からいくつか例をあげてみると、

(a) triclinic,  $P\bar{1}$

$$a = 11.158, b = 12.274, c = 11.103 (\text{\AA}),$$

$$\alpha = 95.50, \beta = 114.04, \gamma = 74.01 (\text{°}),$$

$$V = 1329 (\text{\AA}^3)$$

→ 12枚、振動角16°、露光時間20分

(b) monoclinic,  $P2_1/n$

$$a = 7.096, b = 25.720, c = 11.134 (\text{\AA}),$$

$$\alpha = 90, \beta = 100.99, \gamma = 90 (\text{°}), V = 1982 (\text{\AA}^3)$$

→ 35枚、振動角4°、露光時間15分

(c) orthorhombic,  $Pbcn$

$$a = 20.208, b = 8.737, c = 14.280 (\text{\AA}),$$

$$\alpha = 90, \beta = 90, \gamma = 90 (\text{°}), V = 2521 (\text{\AA}^3)$$

→ 30枚、振動角3°、露光時間15分3°

のようになる。いずれの場合も測定に用いたX線源はMo-K $\alpha$ 線、出力は50kV、100mAである。これらの例からもわかるように、ほとんどの場合、測定は12時間以内に終了する。(b)の結晶を4軸型X線回折装置で測定すると必要な反射数は5146点で、これらの反射を集めるために4日要した。IP測定による解析結果が測定時間が1桁少ないにもかかわらず4軸型回折装置のものとほぼ同程度の精度であったことを考えると、IP型X線回折装置を使った迅速測定の威力が理解できるであろう。

実際にIP型X線回折装置を使用してみて、測定時間が大幅に短縮されることは以前に優れていると感じた点としては以下のようなものがある。

- (1) 15分程かけて1~2枚の振動写真を撮るだけで結晶の良し悪しや双晶であるかどうかなどが明瞭に判断でき

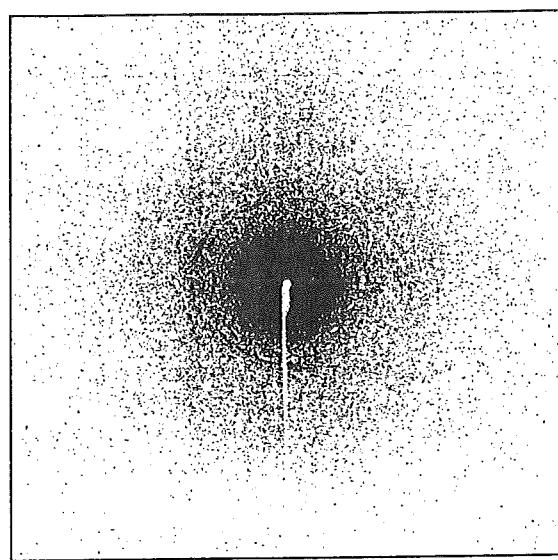
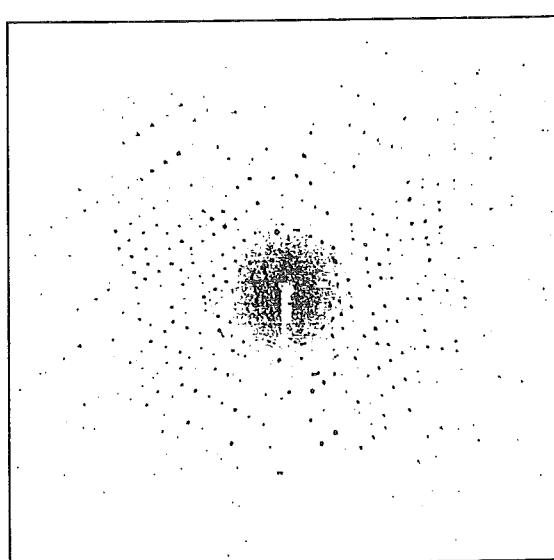


図3. 良い結晶（左）と悪い結晶（右）の振動写真的例

る。良好な単結晶では図3左のようにきれいな回折斑点が高角側（写真の端の方）まで含めて数多く観測されるが、結晶性の悪い試料では図3右のように回折斑点は中心部にのみ見られるだけである。しかも回折斑点はいびつな形をしている。

(2) IP型X線回折装置では、結晶をマウントするゴニオヘッド部回りの空間が空いているため吹き付け型低温装置のノズルを簡単にセットすることができ、温度可変（低温）測定が非常に容易に行えるようになった。4軸型回折装置ではゴニオメータの $\chi$ サークルがあるため低温装置の取りつけには手間がかかる。また、吹き付け型低温装置の最大の問題点は長時間低温ガスを吹き付けていると結晶に霜がついてしまうことであるが、IP型装置では短時間で測定が終了するので霜などの心配はない。

(3) 結晶のサイズが小さく十分な反射強度が得られない場合、4軸型回折装置ではX線の出力を上げるしか手段がなくこれには限界があるが、IP型回折装置の場合、測定時間（露光時間）を長くするだけで同等の効果が得られ高角側の弱い反射を精度良く記録できるので解析の精度を上げることができる。実際に、4軸型回折装置ではうまく測定、構造解析できなかつた小さな結晶が、IP型回折装置で長時間露光（1枚60～90分程度）の測定を行い構造がきちんと解けたという報告も受けている。

次に、IP型X線回折装置の応用例として、フラーん化合物の粉末X線回折について述べる。フラーんC<sub>60</sub>にアルカリ金属やランタニド金属をドープさせると超伝導などの多彩な物性を示すことが最近注目されている。通常、このような試料は粉末でもミリグラム単位でしか合

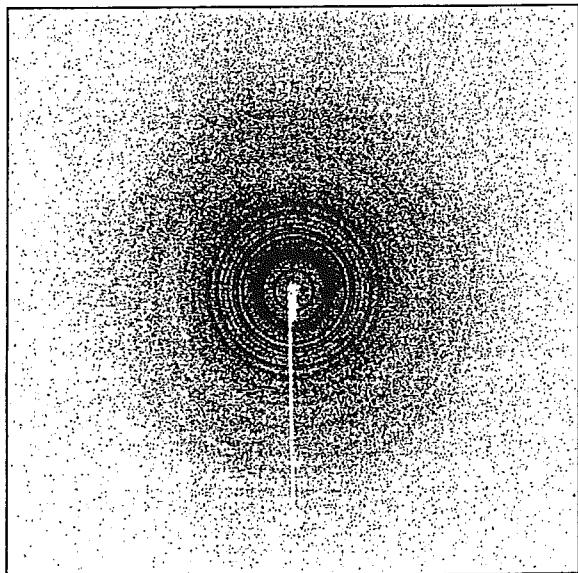


図4. C<sub>60</sub>-NaH粉末試料のIP写真

成できず、また、空气中で不安定であることが多いので、一般的な粉末X線回折装置で測定するのは困難である。しかし、IP型回折装置を用いればサンプル量が少なく微弱な回折X線でもS/N比の良いデータを得ることができるので構造解析が可能になった。

図4は、C<sub>60</sub>に水素化ナトリウムをドープした粉末試料から得られたデバイリングである。これは微量の粉末試料を不活性ガス雰囲気下でキャピラリーに詰め、IP型回折装置を用いて100Kで測定したものである。このイメージデータを積分して回折プロファイルを求め、種々の解析を行うことにより晶系、格子定数、原子座標などを決定することができる。

一方、IP型X線回折装置にはもちろん問題点も存在する。最もよく指摘されるのは吸収補正と格子定数の精度についてであろう。吸収補正是結晶が重金属原子を含むときに特に問題となってくるが、現在のところIP型回折装置でこれを実験的に測定することはできない。4軸型回折装置ではPSI-Scanと呼ばれる結晶の吸収補正の測定を自動的に行うことができる。IP測定で吸収補正を行いたいときは、F<sup>2</sup><sub>obs</sub>とF<sup>2</sup><sub>calc</sub>の差、あるいはラウエ対称で等価になるべき反射の強度差から吸収効果を見積もり、これを最小化するといった経験的な手法に頼らざるを得ない。

格子定数の精度に関してはIP型回折装置は不利な状況にある。4軸型回折装置の場合、格子の精密化（高角側の反射をいくつか選び出し、これらを再測定することにより反射のピークトップを精密に求め、このデータに基づいて格子を決定する）を実験的に行うことができるのに得られた格子定数は信頼性の高いものとなる。IP型回折装置では、特に振動写真の場合、反射のピークトップの位置を厳密に決めることができず、格子定数の精度は4軸型でのものよりも落ちてしまう。静止写真であれば反射のピークトップを決めることができるのだが有機低分子結晶の場合、静止写真では観測できる反射の数が少なくなり格子定数を決定するのが困難になってしまう。参考として表1に4軸型とIP型回折装置でそれぞれ決定した同一の結晶(monoclinic)の格子定数を示す。最も長いc軸の誤差がIP型では4軸型のものより1桁大きくなっている。

	4軸型	IP型
a(Å)	13.1113 (31)	13.1510 (24)
b(Å)	8.0112 (63)	8.0452 (15)
c(Å)	27.3278 (23)	27.5678 (196)
$\beta(^{\circ})$	102.188 (12)	102.290 (35)

表1. 4軸型とIP型回折装置による格子定数

また、結晶性が少し悪い結晶、あるいは双晶からの複数の回折斑点がある場合などでは格子定数の候補が何通りも現れたり、格子がまったく得られなかつたりと軸を立てる（格子定数を決定する）ために非常に試行錯誤しなければならなかつた。軸立てだけは4軸型装置で行ったという例もある。これに関しては、回折斑点の形を見ることができるという2次元検出器の利点を生かした、より優れたソフトウェアの開発が待たれるところである。

## 5. さいごに

以上述べてきたように、IP型X線回折装置は短い測定時間を始めとする多くの優れた特徴をもち、不安定な結晶や特殊条件下での測定などに大いに利用され、今後数々のブレーカスルーを生みだすであろう。しかしながら、従来の4軸型X線回折装置に取って代わる存在ではないと思う。最近、もう一つの2次元X線検出器であるCCD

検出器を搭載した4軸型X線回折装置が製品化されつつあり、4軸型とIP型の両方の長所を兼ね備えたものとして注目されている。これらの装置を目的に応じてうまく使い分けていくことが重要であると考えられる。

$C_{60}$ -NaH粉末試料のIP写真は分子集団研究系の中野千賀子氏に、良い結晶と悪い結晶のIP写真は分子物質開発研究センター・山下Gの総研大生、鈴木和治氏にそれぞれ提供していただきました。この場を借りてお礼申し上げます。

## 参考文献

1. 山口敏男: ぶんせき, 1995, 542.
2. 植草秀裕: 日本結晶学会誌, 37, 42 (1995).

# 技術講座「知らなきや損する技術の常識」

—回路工作を10倍楽しくする—

## はじめての回路工作入門（その3）

分子物質開発技術第二係長 吉田久史

### III. 回路設計に便利なパソコン・ツール

以前には大型計算機やワークステーションを必要としていたCAD(Computer Aided Design)や回路シミュレーションのソフトが、パソコンのCPUが16ビットから32ビットへと高速化されたことや、OSがMS-DOSからWindowsになって大量のメモリが使えるようになったことで、今ではパソコン上で使用できるようになりました。現在では、CADソフトを中心として、PCB(Print Circuit Board)の開発、PLD(Programmable Logic Device)の開発、回路シミュレータなどのソフトを統合した開発環境であるCAE(Computer Aided Engineering)が支援されています。これにより、以前では実際に試作回路を製作して動作を検証していた作業工程が、CADで設計した回路をシミュレータ・ソフトで確かめるという具合に、パソコン上で短時間に回路の評価ができるようになりました。また、パソコンが高性能化される一方では、ネットワークの高速な普及があります。以前では、エレクトロニクス関連の雑誌やメーカーからカタログを取り寄せて集めていた情報は、今ではネットワークのホームページを利用して集めることができるようになっています。今回の特集では、こうしたエレクトロニクス回路の設計に役立つパソコン・ツールについて紹介したいと思います。

#### 1) 電気回路用CAD

パソコンを利用した回路設計用のツールとして、まず

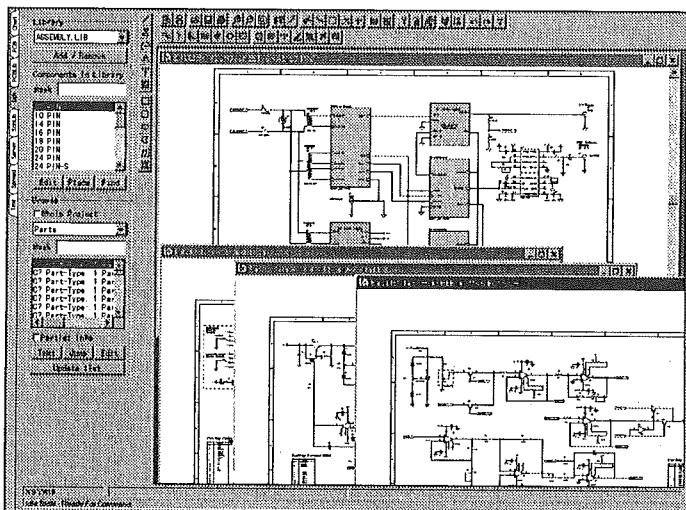


図1 CADによる階層構造の回路図面

始めにCADが上げられます。勿論、お絵描きソフトを使っても回路図を描くことができます。また、プリントアウトされた回路図を見る限りでは、お絵描きソフトも専用CADも違いはありません。しかし、CADとお絵描きソフトとの大きな違いは、第一に、豊富なパーツ・ライブラリを持つこと、第二に、ネットリストが出力できることです。以下には、回路室で使用しているProtel社のAdvanced Schematicを例として、CADの持つ幾つかの機能について解説したいと思います。CADを選定するときの評価としては、その操作性が一番重要ですが、以下の点についても参考にされると良いでしょう。

#### a. 階層構造の回路図面の作製

回路規模が非常に大きくなると、全体の回路図だけでの機能を把握することが難しくなってきます。こうした場合には、回路を幾つかの機能ブロックに分けたブロック図と、その機能ブロックごとに描いた回路図を用意するのが良いと思います。回路用CADでは、機能ブロックとその回路図といった関係の図面を階層化することができます。そして、このように階層化された複数の図面を、一つのプロジェクト・ファイルとして一括管理する事ができます。図1は、階層構造の図面を複数のWindow上に表示させた様子を示しています。

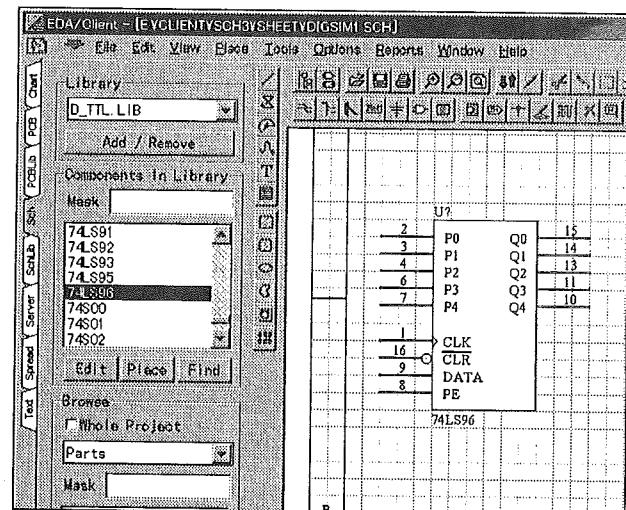


図2 TTLライブラリのリストボックス

### b. パーツライブラリ

回路用CADは、受動部品、CMOS,TTLなどの標準的なパーツライブラリは勿論のこと、ICメーカー毎のパーツライブラリも持っています。CADによる回路図の書き方は、基本的にこのライブラリの中から必要なパーツを呼び出して図面上に配置し、それらのパーツの入出力ピンを配線ツールを使って結ぶことになります。従って、そのCADが標準（またはオプション）で、どの程度のライブラリを提供しているかが、CADを選定するときの一つの評価になります。勿論、ライブラリに無いパーツは、ライブラリ・エディタを使って新たに登録することもできます。また、膨大なライブラリの中から、必要なパーツを探し出すことは結構大変ですから、パーツの検索機能も合わせて評価すると良いでしょう。ライブラリには、パーツの端子名、ピン番号、端子の種別(入力端子、出力端子、電源端子など)などが登録されています。CADを使って回路図を作成すれば、データブックを見てICのピン配置を調べるといった手間を省く事ができます。図2は、T T L ライブラリからリストボックスに表示された74LSシリーズのICを選択している様子を示しています。

### c. ネットリストの作製

ネットリストとは、回路図面の情報（使用している素子名、配線のルート情報など）を表したテキスト形式のファイルです。ネットリストは、他社製品のCADで作成されたファイルを呼んだり、PCBの開発ソフト、シミュレータ、PLDの開発ソフトなどとの間で回路図情報を受け渡すために使用します。図3はネットリスト作製時のリスト・ボックスを示しています。図に示したように、ネットリストの表記方法にはいろいろなフォーマットがあります。他のソフトとのリンクを考える場合には、そ

のネットリストの形式に対応しているかどうかに注意する必要があります。

### d. デザイン・ルール・チェック(DRC)

CADのツールには、デザイン・ルール・チェックと呼ばれる回路図の電気的な配線のチェックを行う機能があります。具体的には、入力ピンのフローティング、出力ピンの衝突やファン・アウトの不足などの配線チェックを行います。配線に誤りが見つかると、そのレベルに応じてウォーニングやエラー・メッセージを出力します。

### e. 部品番号の割付けとパーツリスト

CADのソフトでは、回路図上のパーツに対して部品番号を自動的に割り付ける機能があります。また、それと共に、回路図で使用されている部品のパーツリストを作成することができます。パーツリストは、部品の発注の際などに重宝します。

## 2) 回路シミュレーション

回路シミュレーション・ソフトを利用すれば、回路を実際に組み立てること無く、また、特別な測定器を必要としないで回路の動作をパソコン上で評価することができます。従って、回路を試作する際にシミュレータを活用すると作業の大幅な能率化が期待できます。また、シミュレータならどんな過酷な条件下でパーツを使用しても、そのパーツを壊す心配が無い事も嬉しい事です。一口に回路用シミュレータと言っても、解析する回路によってアナログ回路用、デジタル回路用、高周波回路用などがあります。ここでは、アナログ回路用とデジタル回路用のシミュレータについてその機能を簡単に紹介したいと思います。

### a. アナログ回路シミュレータ

1970年代、カリフォルニア大学バークリー校でIC設計のために開発されたシミュレータSPICE(Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)を基に、現在では、パソコン上で稼動する多くのSPICE系のシミュレータが開発されています。初期の頃のシミュレータは、回路の構成要素をテキスト文書で記述していましたが、パソコンがWindows環境になってからは、回路図エディタを使ってビジュアルに回路を記述できるものが多くなりました。勿論、前述のCADには、Spice用のネットリストを作成できるものがあって、そのネットリストを使ってシミュレータとリンクすることも可能です。最近のオペアンプなどのデータシートを見てみると、そのICのSPICE用マクロモデルが記載されている物もあって、シミュレータの普及をうかがい知ることができます。また、CPUの高速化に伴い、解析にかかる時間もずいぶん短くなりました。シミュレータは、回路設計の能率化を図る

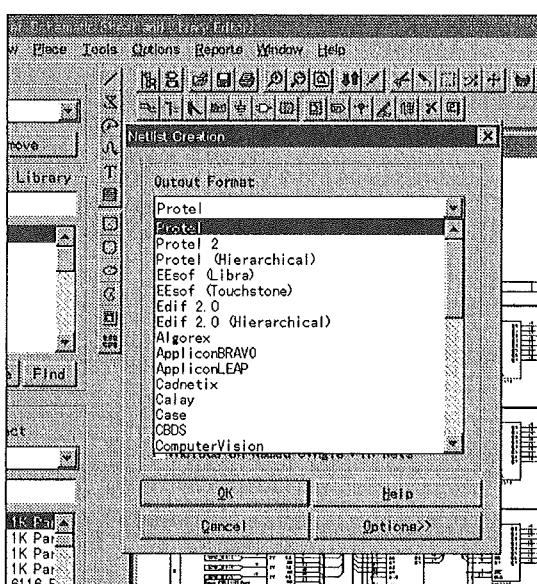


図3 ネットリスト作成時のリストボックス

と共に回路技術の教育用として利用することもできます。

シミュレータを利用すれば、誰でも簡単にかつ正確な回路が設計できるのかと言えばそうでもありません。シミュレータ使う場合においても、回路の知識は必要となります。また、解析時の解が収束しないとか、解析結果と実際に回路を組み上げたときの結果が大きく異なるなどの問題が生じる場合もあります。こうした問題の対処には、シミュレータならではの知識やノウハウが必要となります。最近では、回路シミュレーションに関する書籍がいろいろと出版されていますので、それらを参考にすることをお勧めします。

図4に、2個のダイオードを使った波形クリップ回路を示します。以下では、この回路をMicroSim社のPspiceでシミュレーションした結果を示して、アナログ回路シミュレータの基本的な解析方法を紹介したいと思います。なお、MicroSim社のホームページ(<http://www.microsim.com//products.html>)から、Pspiceの評価版がダウンロードできます。評価版は、その機能が限定されているもの的小規模な回路の評価や回路理論のお勉強用として使用できると思います。

#### a - 1. DC解析

DC解析は、回路図上の電圧源、電流源、温度などのパラメータをスイープして、そのときの応答を解析するものです。図5は、図4の回路の入力電圧 $V_{in}$ を-10Vから15Vまで1Vステップで走査したときの波形を示しています。図中の $V(In)$ 、 $V(Mid)$ は、入力電圧と2個のダイオードの結合点での電圧を表し、左端のY軸値がそのスケールを示しています。 $V(In)$ の変化に対して、 $V(Mid)$ が負側で約-0.7V正側で約5.7Vの所でクリップされている様子が分かります。また、 $I(D1)$ と $I(D2)$ は、ダイオードD1とD2に流れる電流値を示し、左から2番目のY軸値がそのスケールを表しています。

Mid点の電位がD2の順方向電圧 ( $V_f=$ 約0.7V) より低い場合には、D2が導通状態になりD2に順方向電流が流れます。また一方、Mid点の電位が $V_{cc}+V_f$ を超えると、今度はD1の方が導通し始める様子が分かります。

#### a - 2. 過渡解析

過渡解析は、入力信号に対する回路の応答を時間ゼロから指定した時間まで解析するものです。これは、オシロスコープを使って回路の動作波形を観測するのに相当します。図6は、図4の電圧源 $V_{in}$ に代えて、振幅10V、周波数1KHzの正弦波形を入力したときの過渡応答を解析したものです。図では、時間ゼロから2mSまでの $V(In)$ 、 $V(Mid)$ 、 $I(D1)$ 、 $I(D2)$ の波形をプロットしています。過渡解析では、オシロスコープによる観測が困難な、電源投入時の過渡的な応答を見る

ことができます。また、波形をフーリエ変換してその周波数成分を調べるといったこともできます。

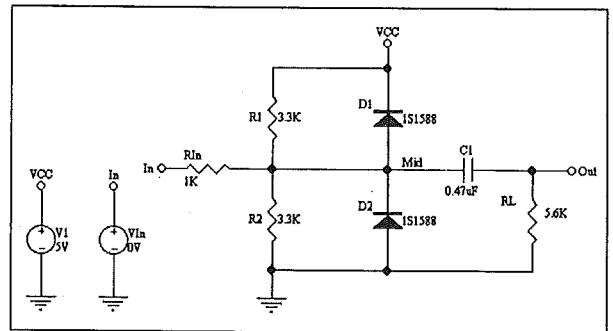


図4 ダイオードを使った波形クリップ回路

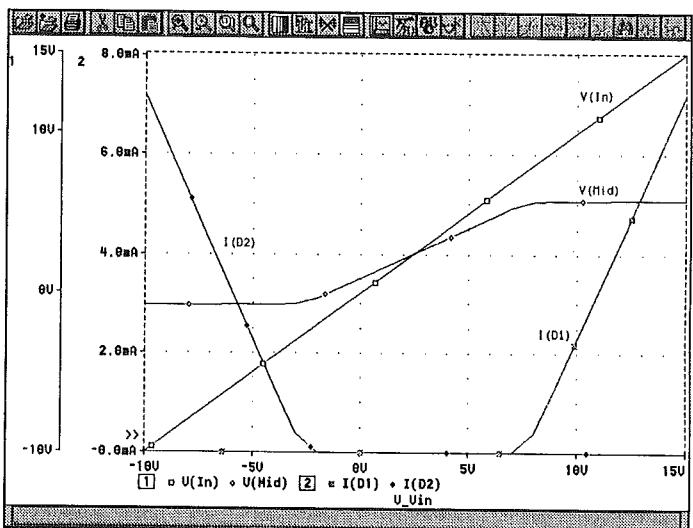


図5 DC解析結果

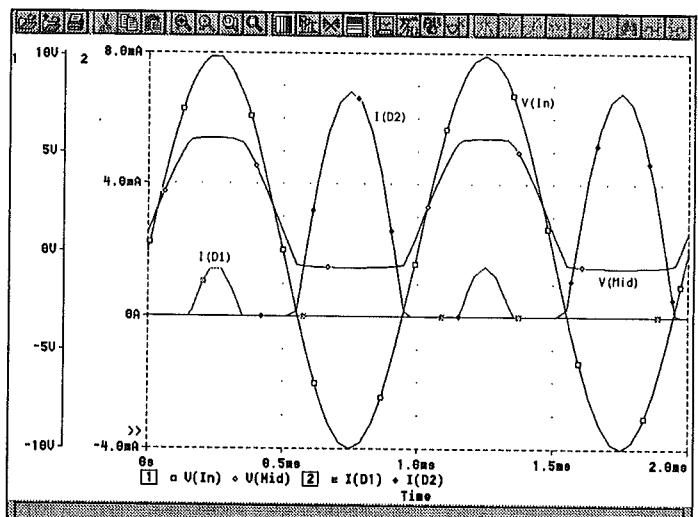


図6 過渡応答解析結果

### a - 3. AC解析

AC解析は、入力信号の周波数をスイープしたときの回路の小信号応答特性を解析するものです。これは、ゲイン/フェーズ・アナライザを使って、増幅器やフィルタ回路などの周波数特性を調べるために相当します。図7は、入力信号の周波数を10Hzから100MHzまでスイープしたときの応答を調べたものです。ここでは、出力点(Out)での電圧をデシベル値VDB(Out)でプロットしたものとその位相P(V(Out))も合わせてプロットしています。出力容量と負荷抵抗で形成されるハイパス・フィルタで低周波側のゲインが下がり、入力抵抗とダイオードの寄生容量で形成されるローパス・フィルタで高周波側のゲインが低下しているのが分かります。

### a - 4. パラメトリック解析

回路上のあるパラメータの値(例えば温度、抵抗値、容量値など)を変化させながら、回路の特性を調べたい場合があります。こうした場合、Pspiceでは前述のDC解析、過渡解析、AC解析において、ある回路上のパラメータを更新しながら解析することができます。図8は、入力抵抗Rinの値を100Ω、1KΩ、10KΩ、50KΩに代えて、AC解析を行ったものです。入力抵抗が大きくなるに連れて、回路のゲインと高周波側の特性が低下しているのが分かります。

### a - 5. その他の解析

Pspiceでは、以上の4つの基本的な解析の他に、小信号DC伝達特性、ノイズ解析、モンテカルロ/ワーストケース解析、フーリエ解析などを行うことができます。また、最近のアナログ回路シミュレータの中には、デジタル回路が混在している回路の解析も行なえるものがあります。これらについての解析法は、また別の機会に紹介したいと思います。

### b. デジタル回路シミュレータ

デジタル回路シミュレータは、その名の通りデジタル回路の論理検証やタイミング検証を行なうものです。製作したロジック回路の動作を、オシロスコープやロジック・アナライザで検証することに相当しますが、シミュレータを使った場合には、素子の入出力間の遅延時間を見て、回路のベストケースやワーストケースの解析が行える点に有効性があります。アナログ回路の場合には、シミュレータを回路設計の道具として使用しますが、デジタル回路の場合には、設計した回路を検証する道具として使う意味合いが大きいと思います。

図9には、74LS76(J-Kフリップフロップ)を使った同期

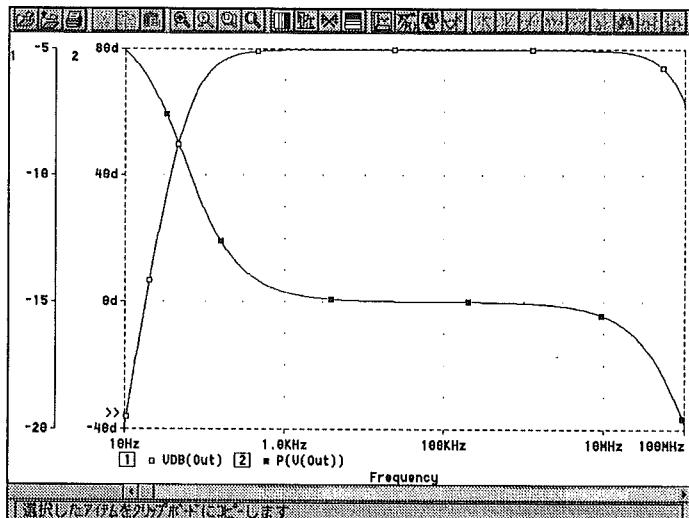


図7 AC解析結果

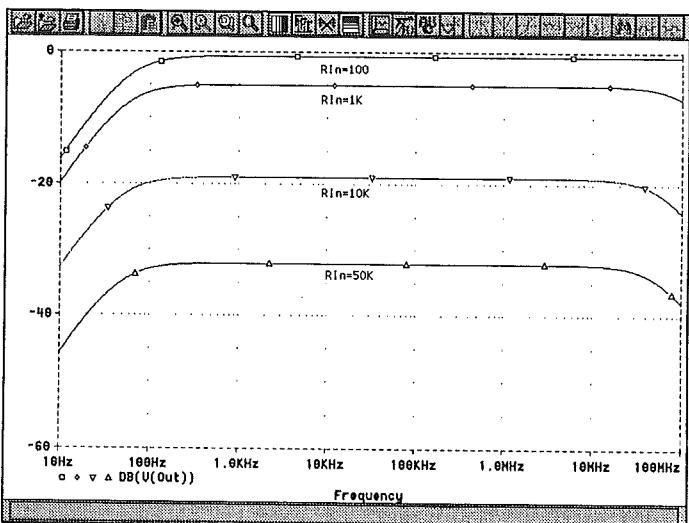


図8 パラメトリック解析結果

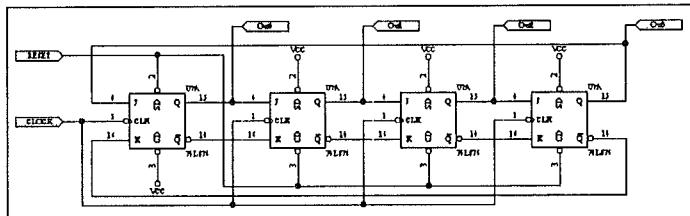


図9 同期式リングカウンタ回路

型のリングカウンタ回路を示します。この回路は、RESET端子をHighレベル"1"にすると、CLOCKパルスの1周期分の幅のパルスが、Out0からOut3の出力端子へと順番にCLOCK信号に同期して出力されます。それでは、この回路をBeige Bag Software社のB<sup>2</sup>Logicを使ってシミュレーションして見ましょう。

図10には、CLOCK、RESET、Out0～Out3の端子のシ

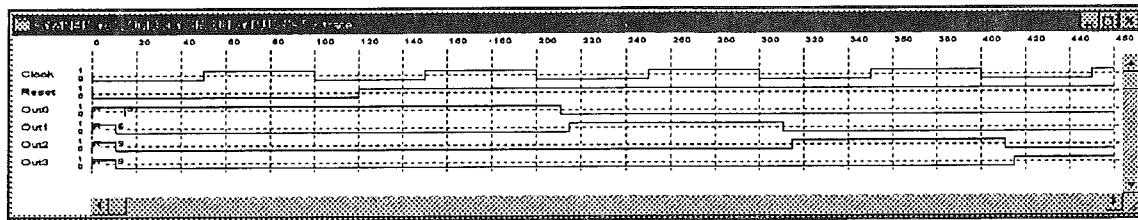


図10 デジタル回路シミュレータによる解析結果

ミュレーション結果がプロットされています。CLOCKには、100nS周期のデューティ50%の信号を使っています。RESET端子は初期状態でLowレベル"0"になっていますが、120nS(時間軸の単位はnS)経過した時点で、マニュアルによりHighレベル"1"にしています。RESETが"1"になった後、CLOCKの立ち下がり同期してOut1からOut3へと順番にパルスが出力されて行く様子が分かります。74LS76の場合、CLOCK入力の立ち下がりで出力端子の状態が変化しますが、ここで、そのCLOCKの立ち下がりからOut端子の状態が変化するまでに時間差があることに注意して下さい。これは、使用している素子の入出力間の遅延によるものです。この遅延時間は、カーソルを使ってグラフ上から読み取ることができます。また、シミュレーションの結果は、図11に示すようにデータテーブルとして表示することができます。このデータテーブルから、遅延時間を読み取ることもできます。データテーブルには、各端子の状態(ロジックレベル、結合強度で示される)と経過時間が打ち出されています。左端の経過時間は、モニタしている端子の中のどれかの状態が変化したときの時間を示しています。データテーブルの9行目(200nS)と10行目(211nS)の時間差から、74LS76のCLOCK入力の立ち下がりから出力が"1"から"0"に変化するまでに、11nSのディレイがあることが分かります。この素子の遅延時間は、素子毎に最小値、標準値、最大値がライブラリに登録されています。これらの値を使って、回路のベストケースやワーストケースの検証を行なうことができます。こうしたことでも、設計した回路が論理的にもタイミング的にも設計通りに働くかどうかの検証を行います。

### 3) WWWブラウザを使った回路情報の収集

冒頭で述べたように、現在では様々な情報の発信源としてインターネットが使われ始めています。これは、回路に関する情報も同様です。コンピュータに関するハード/ソフトの情報、拡張ボードの情報、ICの規格やアプリケーション情報など、様々な情報をインターネット上から簡単に入手することができるようになりました。ここでは、WWWブラウザを利用したICの規格の入手例とそれに関連したURLを紹介したいと思います。

Time	Clock	Reset	Out0	Out1	Out2	Out3
0	0,S	0,S	1,R	1,R	1,R	1,R
11	0,S	0,S	1,S	0,S	0,S	0,S
15	0,S	0,S	1,S	0,S	0,S	0,S
50	1,S	0,S	1,S	0,S	0,S	0,S
100	0,S	0,S	1,S	0,S	0,S	0,S
120	0,S	1,S	1,S	0,S	0,S	0,S
150	1,S	1,S	1,S	0,S	0,S	0,S
200	0,S	1,S	1,S	0,S	0,S	0,S
211	0,S	1,S	0,S	0,S	0,S	0,S
215	0,S	1,S	0,S	1,S	0,S	0,S
250	1,S	1,S	0,S	1,S	0,S	0,S
300	0,S	1,S	0,S	1,S	0,S	0,S
311	0,S	1,S	0,S	0,S	0,S	0,S
315	0,S	1,S	0,S	0,S	1,S	0,S
350	1,S	1,S	0,S	0,S	1,S	0,S
400	0,S	1,S	0,S	0,S	1,S	0,S
411	0,S	1,S	0,S	0,S	0,S	0,S
415	0,S	1,S	0,S	0,S	0,S	1,S
450	1,S	1,S	0,S	0,S	0,S	1,S

図11 データテーブル

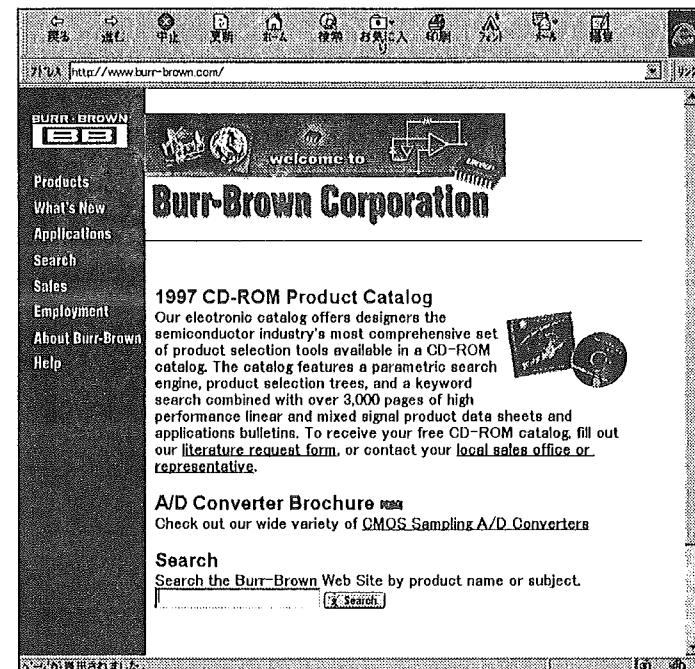


図12 Burr Brown社のホームページ

#### a. ICデータシートの入手事例

図12は、オペアンプなどのアナログICやA/D、D/AコンバータなどのICを製造しているBurr Brown社のホームページを示しています。このホームページでは、新製品情報やアプリケーション情報、ICのデータシートなどの情報を提供しています。ICのデータシートは、このページの最下行にある検索サービスを利用して、必要なパー

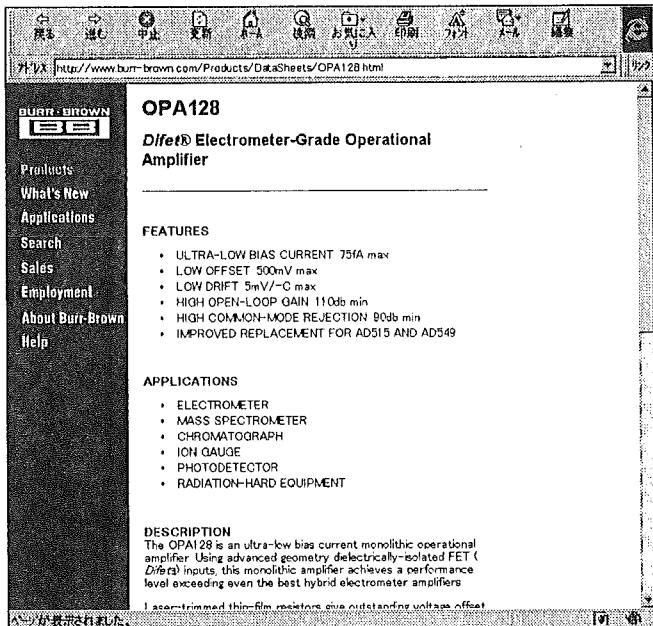


図13-(a) オペアンプOPA128の検索結果一その1

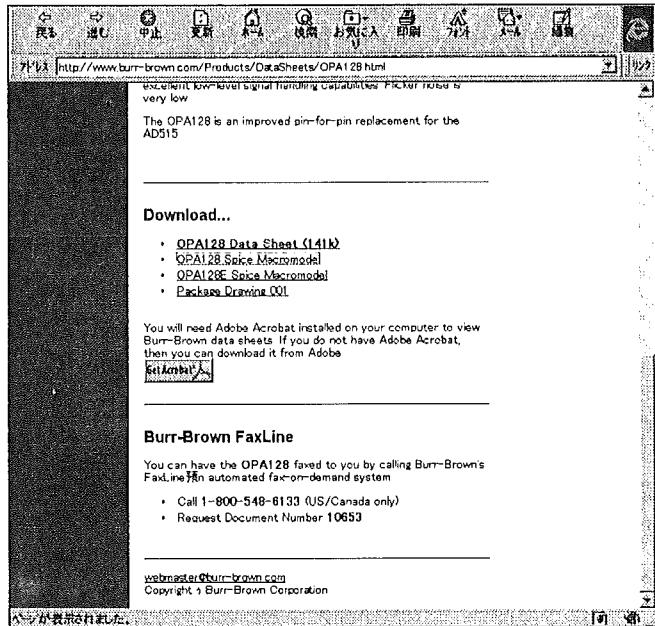


図13-(b) オペアンプOPA128の検索結果一その2

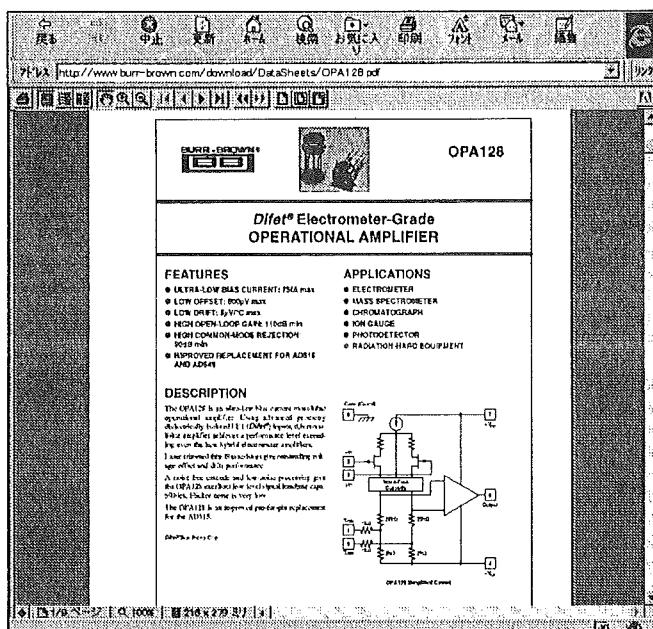


図14 オペアンプOPA128のデータシート

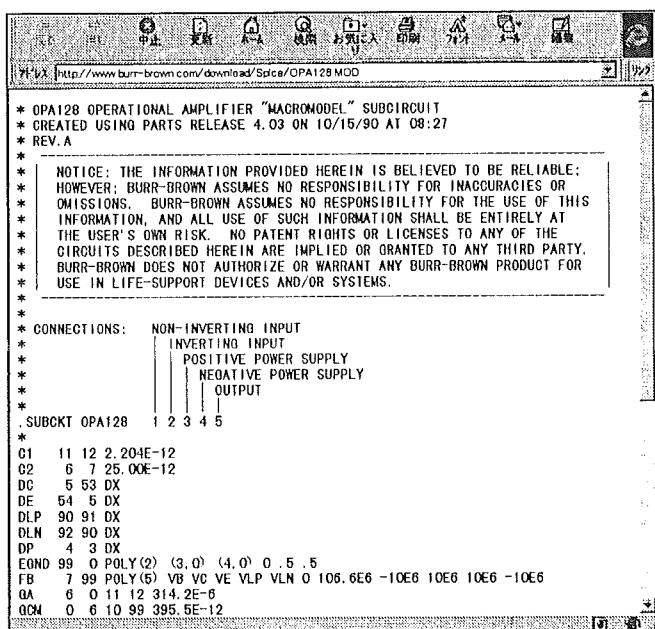


図15 オペアンプOPA128のSPICE用マクロモデル

ツを簡単に検索することができます。図13-(a)は、ICの検索サービスを使って、オペアンプOPA128を検索したもので、このページでは、OPA128の特徴や応用例などの製品に対する概要が記載されています。また、このページからは、図13-(b)に示すように、OPA128のデータシートやシミュレータ(SPICE)用のマクロモデルをダウンロードすることもできます。ここで提供されるICのデータシートは、PDFと言う形式のファイルが使用されるのが一般的になっています。PDFファイルには、WindowsやMacintoshなどのプラットホームを意識すること無く提供

できる点や、高品位の印刷ができる点などに特徴があります。このPDF形式のファイルを読むには、Adobe社のAcrobat Readerがパソコンにインストールされている必要があります。このページには、そのAcrobat Readerをダウンロードするためのページにもリンクが貼られています。図14は、ダウンロードしたOPA128のデータシートをAcrobat Readerを使って表示したものです。数ページに渡るOPA128の詳細なデータを見ることができます。また、図15は、OPA128のSpice用マクロモデルを示しています。マクロモデルとは、その素子の等価回路をFETやダ

イオードといった個別部品を使って構成したもので、SPICE用のネットリストの形で提供されます。このネットリストを、シミュレータのライブラリに登録することで、OPA128のシミュレーションをすることが可能となります。

b. 半導体情報に関連したURL  
表1に半導体デバイスに関連したURLを紹介します。国内メーカーなど、この他にも半導体デバイスに関連したホームページは沢山ありますが、ここではデータシートなど詳細な情報を提供している主なメーカーのみを取り上げました。ICの製品情報や規格を調べる時の参考にして下さい。

IC製造メーカー	URL	備考
Burr Brown	<a href="http://www.burr-brown.com/">http://www.burr-brown.com/</a>	オペアンプなどのアナログIC A/D、D/Aコンバータなど
National Semiconductor	<a href="http://www.national.com/">http://www.national.com/</a>	オペアンプなどのアナログIC 旧Fairchildの製品など
Harris Semiconductor	<a href="http://www.semi.harris.com/">http://www.semi.harris.com/</a>	オペアンプなどのアナログIC CMOSロジックICなど
Analog Devices	<a href="http://www.analog.com/">http://www.analog.com/</a>	オペアンプなどのアナログIC A/D、D/Aコンバータなど
Texas Instruments	<a href="http://www.ti.com/">http://www.ti.com/</a>	CMOSロジックIC DSP、ASIC、Memoryなど
Motorola Semiconductor	<a href="http://design-net.com/my-mot/moto.cgi">http://design-net.com/my-mot/moto.cgi</a>	アナログIC、ロジックIC トランジスタ、FET、ダイオードなど
MAXIM	<a href="http://www.maxim-ic.com/">http://www.maxim-ic.com/</a>	アナログスイッチ/マルチブレクサ 通信用インターフェースICなど
Linear Technology	<a href="http://www.linear.com/">http://www.linear.com/</a>	オペアンプなどのアナログIC A/D、D/Aコンバータなど

表1 主な半導体メーカーとそのURL

# マイレビュー

## 高速デジタルオシロスコープを用いた レーザ・システムの調整、評価

レクロイ・ジャパン株式会社 田村 昌信

### 1. 概要

紫外線から赤外線までの広い領域にわたって様々な波長の光を出せるレーザ・システムは化学反応の解明においてなくてはならない存在となりました。官民を問わず、その研究分野は化学、物理学、電子工学、生物学、医学など多方面に広がっています。

特に、光化学の初期過程で起こる重要な現象を解析することは次世代の新しい材料開発において重要な研究と位置づけられております。ここではパルス幅が狭くハイ・パワーで、ノイズの少ないパルス・レーザが求められています。

レーザ発振に使える各種の材料開発とパルス幅を短くする技術の進歩により、今では「ピコ秒」のみならず「フェムト秒」単位の超短パルスが発生できるようになりました。

このようにレーザ装置の発展はめざましい限りですが、装置が高性能になればなるほど、その装置の性能を十分に發揮して使いこなすのには、それなりのテクニックが必要になってきたことも否認できません。

本稿では、現在最も普及していると思われる「ナノ秒」のNd:YAGパルス・レーザの出力を高速デジタルオシロスコープで観測するときの基本的な手法を紹介いたします。

また、パルス・レーザを励起光とする「蛍光分光法」の一例として「MCP検出器」（マイクロ・チャンネル・プレート）を使用した「時間分解蛍光分光法」におけるデジタルオシロスコープの有効性についても考察します。

最後に最新のレーザ技術の成果として、波長可変の固体超短パルス・レーザ・システムを取り上げます。「再生モード同期法」を用いたチタンサファイア・レーザ装置の調整においてデジタルオシロスコープを活用した例を紹介いたします。

本稿に記載した波形は次のレクロイ社製デジタルオシロスコープで観測したものです。

#### @ 1 Model 9362 :

サンプル速度	10 GS/s
周波数帯域	750 MHz
メモリ	500 - 25 kW

#### @ 2 Model 9384L :

サンプル速度	4 GS/s
周波数帯域	1 GHz
メモリ	4 MW

### 2. QスイッチYAGレーザの出力波形の観測ー1

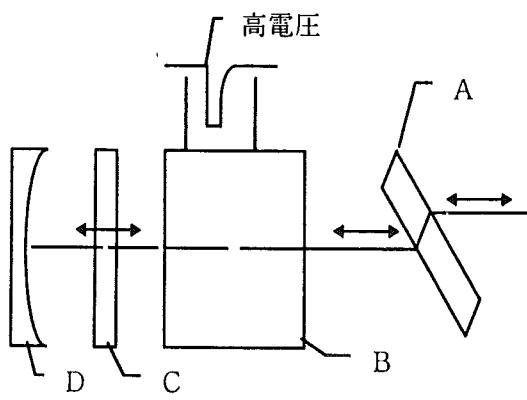
#### 2-1 高速デジタルオシロスコープによる

##### 出力パルスの観測

レーザに使われる材料は固体、液体、気体とさまざまですが、固体レーザは最も分子含有量が多く、通常パルス動作のレーザとして使われます。中でもネオジウムイオン ( $Nd^{3+}$ ) をドープしたYAG（イットリウム・アルミニウム・ガーネット結晶）レーザがよく研究され普及しています。他にはネオジウムイオンをドープしたガラス・レーザ、クロムイオンをドープしたルビー・レーザなどがあります。

固体パルス・レーザではレーザ発振を起こすのに必要なエネルギー順位差に相当するエネルギーを外部から光などで与えます。これを「光ポンピング」といいます。光エネルギーを繰り返し与えるたびにレーザ発振が得られますが、そのパルス幅は十分に短くなく、またピーク・パワーも大きくありません。

レーザ增幅部に戻すフィードバック部をはずしてポンピングを行い、エネルギーが蓄えられたところで急にフィードバックを正常に戻すと、この大きな逆転エネルギーは非常に短時間に爆発的に発振し、「ジャイアント・パルス」を放射します。パルス幅は数nsと狭くなり、出力のピーク・パワーは非常に大きくなります。この目的に使われるのが「Q-スイッチ」とよばれる機構です。



A:偏光子、B:ポッケルス・セル  
C:λ/4波長板、D:反射鏡

図A 電気光学Qスイッチの構造

図Aに電気光学式Qスイッチの構造を示します。ある結晶に電圧を印加するとその材料の屈折率が電圧に比例して変化するような現象を「ポッケルス効果」、「カーリー効果」などといいます。Qスイッチにはこれらの「ポッケルス・セル」や「カーセル」などが組み込まれています。図Aでは、Aの偏光子を通って入力されたレーザ・ロッドからの光はポッケルス・セルを往復しますが、屈折率の変化のためにAの偏光子を通過できずエネルギーが蓄えられています。十分にエネルギーが蓄えられたところでポッケルス・セルの効果により屈折率を変えて、光が偏光子を通過するようにして一気に大きな出力を得ます。

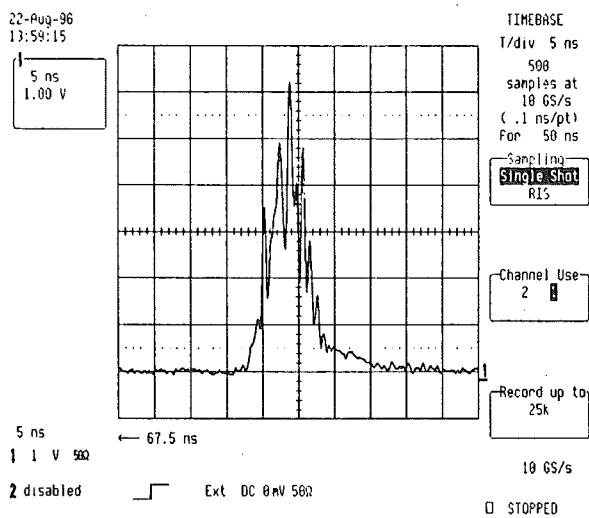


図1 Q-SW-YAG レーザの出力時間波形

図1はNd: YAG パルス・レーザの出力を高速デジタルオシロスコープで観測した波形です。Qスイッチからの同期出力をオシロの外部トリガ入力としています。パルスの半值全幅 (FWHM) は 2.5 ns - 9 ns、繰り返し周波数は10 Hzです。

このレーザ・パルスのような单発信号は、アナログオシロスコープでは非常に観測しづらい現象です。トリガ・レートが10Hzと低速でありTime/Div. = 5 ns/div.と非常に高速であるために、アナログオシロスコープでは輝度が暗く、フォーカスが甘くなるためです。

デジタルオシロスコープであれば輝線もシャープでフォーカスの調整も必要なく、レーザ・パルスの形状がよく把握できます。ここでは、单発サンプリング速度が10 GS/s (時間分解能=100 ps) という世界最高の速度を有するModel 9362を使いました。分解能が100psあればパルス幅が1 nsでも1周期に10ポイントのデータが取れます。このような高速パルス・レーザの出力波形の観測には、第一に数ギガ・サンプル/秒以上の高速のサンプル速度が求められます。あわせて1 GHzくらいの広い周波数帯域が必要です。

## 2-2 パルスの変動ワースト・ケースの観測

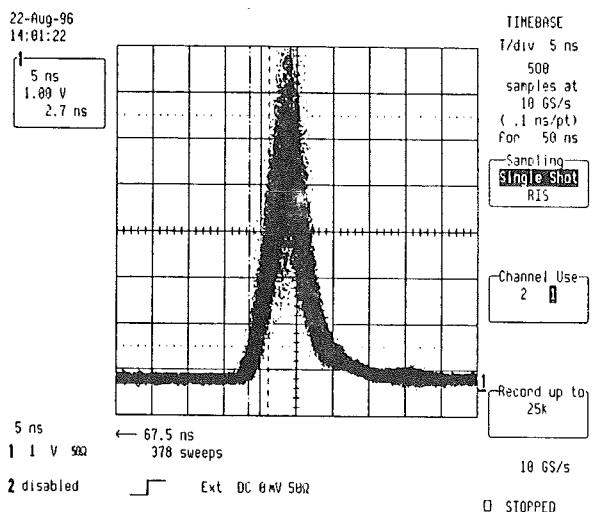


図2 レーザ出力パルスの重ね書き

図2には、10 Hz でポンピング出力されるレーザ・パルスをデジタルオシロスコープの画面上で重ね書き表示した波形です。Model 9362 では捕捉した過去の波形を画面上に表示しておく時間を選択することができます (0.5 s, 1 s, 2 s, 5 s, 10 s, 20 s, 無限の7種類の選択肢があります)。このような重ね書き表示にすればレーザ・パルスのジッタのワースト・ケースを把握することができます。

## 2-3 パルスの半値幅、ピーク電圧、出力エネルギーの計算

パルス・レーザは低繰り返し (10 - 50 Hz) でハイ・パワーのタイプと、高速繰り返し (数kHz以上) でロー・パワーのタイプのふたつがあります。前者は主に「クラスター」の研究や「TOF-MS」の実験に使われ、後者は主に「ラマン分光法」や「蛍光分光法」などで使われます。

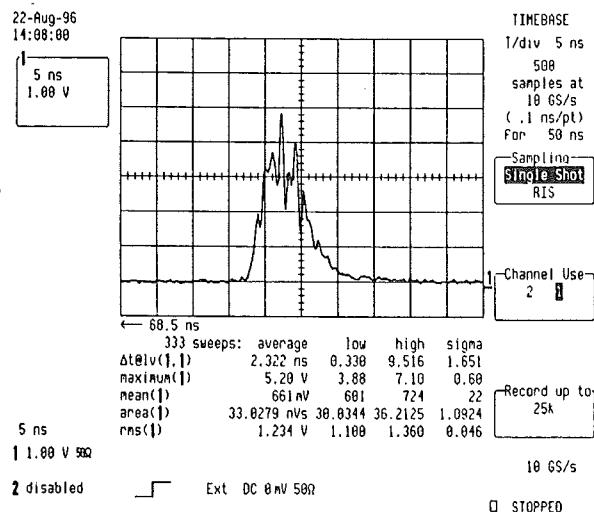


図3 パラメータ演算表示

デジタルオシロスコープのパラメータ演算機能を使ってレーザ・パルスの測定をした例を図3に示します。

" $\Delta t@1v(1,1)$ "というパラメータでパルスの半値全幅(FWHM)を測定しています。このパラメータは立ち上がり、立ち下がりの各エッジでのスレショールド・レベルを任意に設定することができます。レーザが「横方向単一モード」出力の場合(ガウス・ビームなど)、ビーム境界点( $1/e^2 = V_p-p$ の13.5%)でのパルス幅に設定することも可能です。半導体レーザなどでビーム・スポット径を小さく絞り込みたい場合には非常に有効です。

"area"パラメータではパルスの面積、すなはちエネルギー値を読みとれます。

Model 9362ではパラメータ演算時に統計処理機能を使うことができます。40種類以上の波形パラメータから任意に5種類のパラメータを選択して表示させることができます。統計処理機能を使うと、過去に捕捉した波形データも演算の対象となります。

図3の例は "average"、"low"、"high"、"sigma"でそれぞれ、過去の333スイープの波形データの平均値、最小値、最大値、標準偏差を表しています。

通常、Nd-YAGのような高速Q-Switch・パルス・レーザはノイズなどの影響を受けて、パルス形状がそろっていないのが普通です。ピーク電圧やパルス幅も変動しがちです。そこで、個々のパルスを積算処理(アベレージ)した結果波形をパラメータ演算することにより平均値を求めることが簡単にできます。

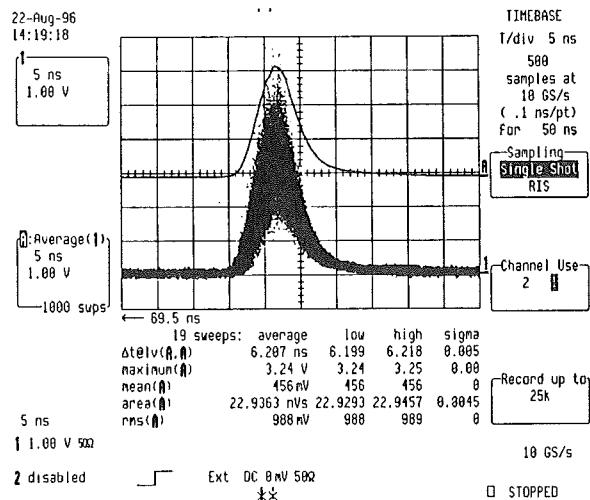


図4 アベレージ波形のパラメータ演算

図4は上の波形が個々のパルス波形、下の重ね書きした波形がアベレージした波形です。パラメータ演算はアベレージした波形で行っています。レクローイModel 9362では積算処理をしながら重ね書き表示をし、さらに波形パラメータ演算を同時にを行うことができます。

## 2-4 Qスイッチからのディレイ時間の変動など

レクローイ社のModel 9300シリーズでは、波形パラメータ演算のほかに、波形レベルの様々な演算機能を内蔵することができます。ここでは積分を使った例を示します。

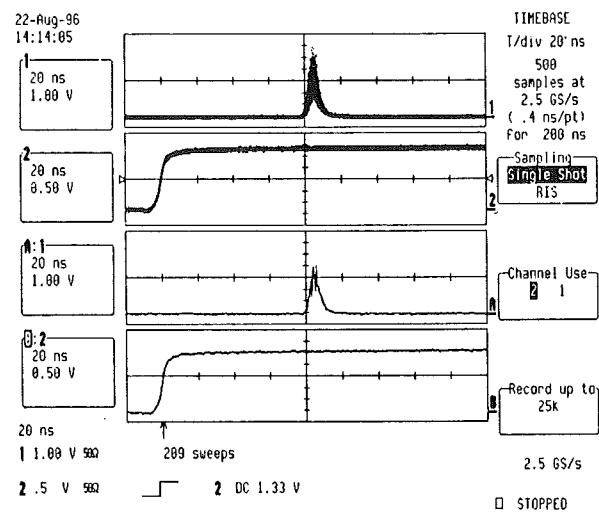


図5 トリガ信号とパルスのディレイ

パルス・レーザの出力波形を観測する場合に、トリガ信号としてQ-Switchの「ポッケルス・セル」からの同期信号を使います。上の図5ではチャンネル2に同期信号を入力してトリガとし、チャンネル1に出力パルスを取り込んでいます。最上段と2番目の波形は重ね書き表示、3段目と最下段の波形は重ね書きをしていません。

この表示モードを使えば、トリガからのディレイ時間のバラツキやパルス自身のジッタやピーク変動のバラツキを同時に観測することができます。

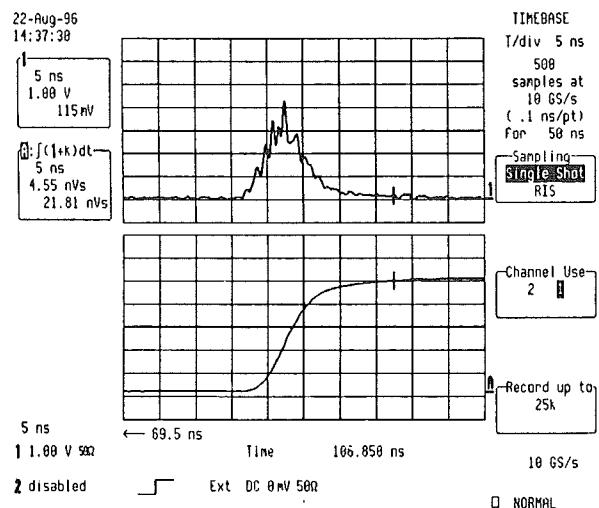


図6 積分によるエネルギー計算

パルス・レーザの出力エネルギーを求めるには先に述べた波形パラメータ演算機能で "Area" 計算をする方法の他

に、パルス波形を積分する事によりエネルギー波形を得て、カーソルで値を読む方法もあります。図6にはパルス波形とそれを積分した波形の両方を表示しています。絶対値を読みとるカーソルでエネルギー値を計測することができます。

## 2・5 「シーディング」について

パルス幅をより狭く、出力エネルギーをより大きくすることはパルス・レーザ研究のひとつのテーマです。また、エネルギーをポンピングして打ち出されるひとつひとつのパルス形状が安定していてノイズが少ないと、各パルスの出力エネルギーが等しいことも重要です。これは、材料研究などで光化学反応の初期過程の分析などでは特に重要なとなります。

最近の「Q-スイッチYAG レーザ」ではパルス形状を安定させる為に「インジェクション・シーディング」とよばれる方法がしばしば使われるようになってきました。「種を注入する」という意味ですが、レーザの共振器内に半導体レーザ等で励起されたエネルギーの小さいきれいな固体レーザ光をあらかじめ種光として通しておくものです。こうすることによって、メインのレーザの発振線幅が非常に狭くなり、縦モードで单一波長に近づきます（例えば、 $1\text{cm}^{-1}$ の発振幅が $0.003\text{ cm}^{-1}$ くらいになります）。その結果、ポンピング後に打ち出されるパルスはノイズの少ない非常にきれいな形状になります。

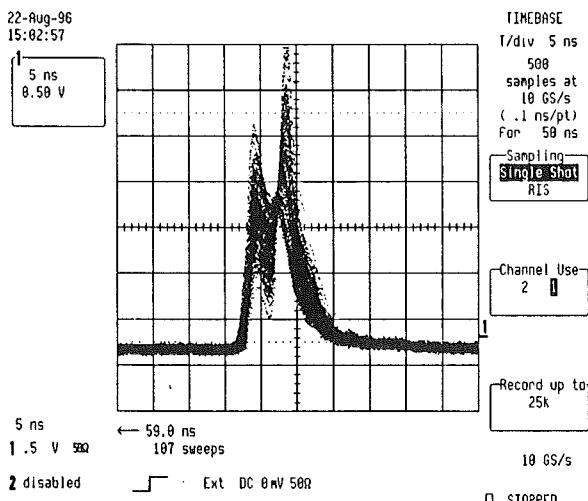


図7 シーディングの無いパルス

図7はModel 9362で捕らえた「シーディング」をかけていないパルスの重ね書き表示です。ノイズの影響によってピーク形状がひどんでいます。また、パルスの半値幅は10 nsくらいあります。

図8には「シーディング」をかけたパルスの波形を示しています。1秒間だけ過去の波形データを画面上に保持する「時間限定パースタンス表示」を使ってています。この表

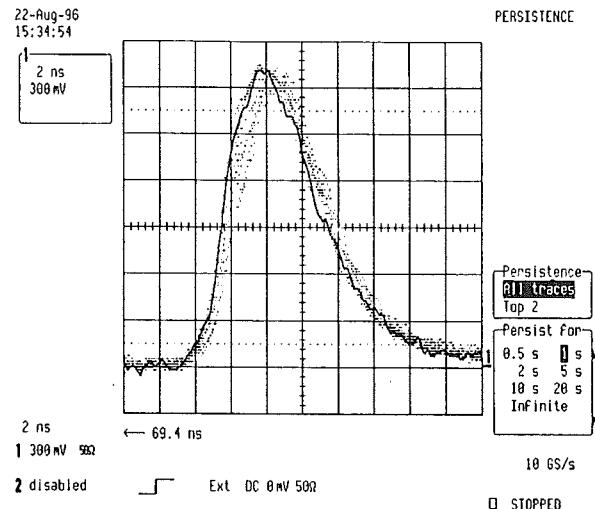


図8 シーディングをかけたパルス

示モードでは10Hzでポンピング出力されるレーザでは最新の10個のパルスの変動を表示することができます。

図7の「シーディング」をかけていないパルスの形状と比較すれば、ノイズが軽減されて非常にきれいな安定したパルスになっていることがわかります。パルスの半値幅も5 nsくらいになっています。

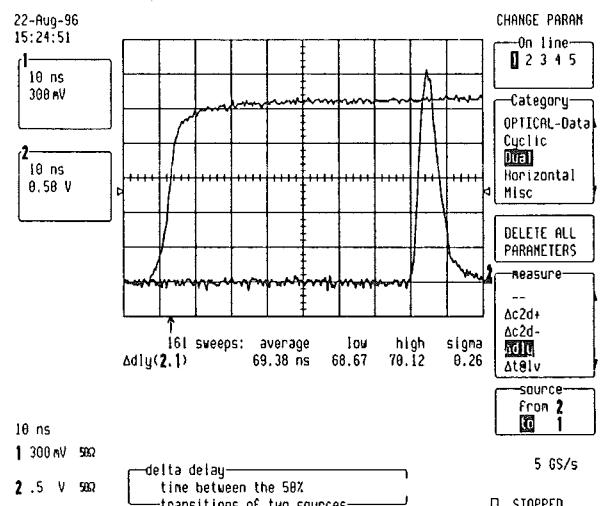


図9 トリガからのディレイ時間

Q-スイッチからの同期信号から出力パルスまでのディレイ時間を測定できます。図9では「 $\Delta \text{dly}(2,1)$ 」という波形パラメータを使ってリアルタイムでディレイ時間を測定しています。「シーディング」をかけるとQ-スイッチからの出力ディレイ時間も短縮されます。

### 3. QスイッチYAGレーザの出力波形の観測－2

#### 3-1 出力エネルギー変動の統計的解析

レクロイ社のデジタルオシロスコープ9300シリーズでは、オプションの演算機能「WP03」を組み込むことにより「ヒストグラム演算」を行うことができます。これにより波形パラメータを統計的手法に基づいた方法でよりビジュアルに解析することができるようになりました。

図10にModel 9362で面積パラメータ"Area"のヒストグラムを解析した例を示します。上の波形は個々のパルス出力波形で、下の波形がヒストグラム波形です。

ヒストグラムはパルス波形を取り込む度にリアルタイムで計算され、グラフが作成されてゆきます。ヒストグラムの横軸は「BIN」と呼ばれ最大2,000個まで設定することができます。この場合はひとつのパルス波形を取り込む度に "Area"パラメータで面積が計算され、相当するBINにデー

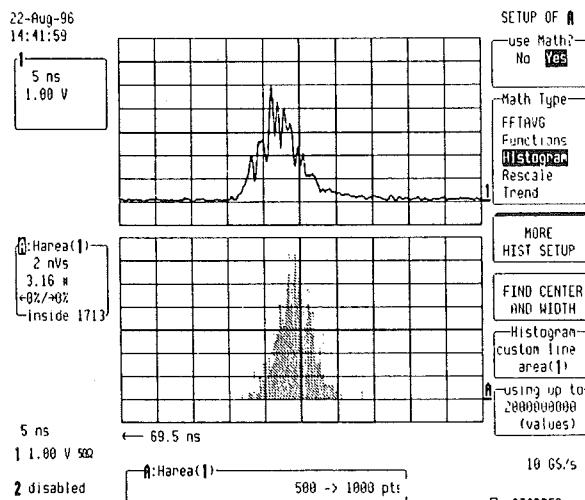


図10 ヒストグラム表示－1

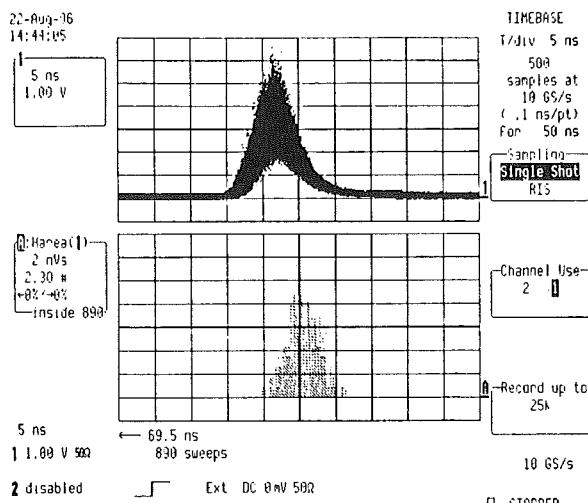


図11 重ね書き表示とヒストグラム

タが割り振られます。カウントできるデータ数は最大で20億カウントと非常に大きく、任意の数に設定することもできます。

こうして得られたヒストグラムのグラフは縦横に自在に拡大表示をして詳細な解析をすることができます。

図11ではパルス波形を「パーシスタンス表示」で重ね書き表示をしながらヒストグラムを計算しています。こうすれば時間軸上でのパルスの変動を把握しながらヒストグラムで統計的にバラツキの解析ができます。

#### 3-2 出力エネルギーの経時変化の解析

ヒストグラム解析機能では指定したパラメータ演算値のバラツキを統計的に把握することができますが、それが時間的にどのように変化したかを知ることはできません。これを可能にしたのが、「トレンド解析機能」です。レクロイModel 9300シリーズではオプションでこの機能を本体に組み込むことができます。トレンド解析では指定した波形パラメータの演算値を横軸に時間、縦軸にパラメータ値の単位としてグラフを作成します。

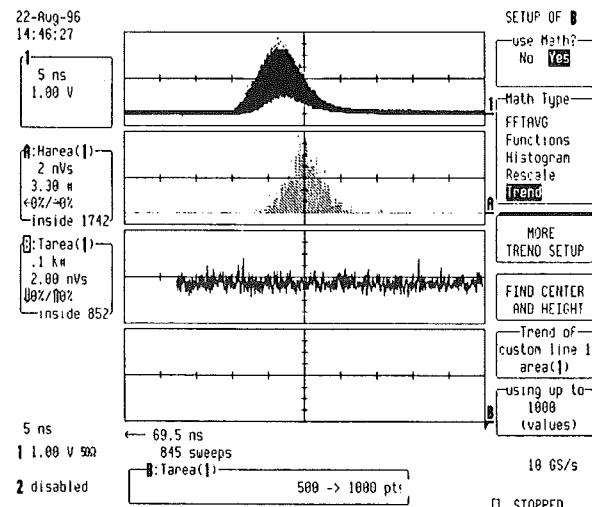


図12 トレンド解析機能

図12の3つの波形は、上から順番にレーザ・パルスの重ね書き表示、面積パラメータのヒストグラム表示、面積パラメータのトレンド・グラフ表示です。トレンド・グラフは画面の右から左方向へ作成されます。この仕組みは次のようにになっています。

まず、9300がトリガを検知して波形を取り込みます。直ちに指定した波形パラメータ値を計算します（この例では "Area"です）。その計算値をトレンド・グラフに反映します。オシロスコープは次のトリガを受け付けるようアーミングし直します。この一連の動作を高速に繰り返しながらトレンド・グラフが作成されていきます。ひとつのグラフは最高2,000個のデータを取り込むことができます。

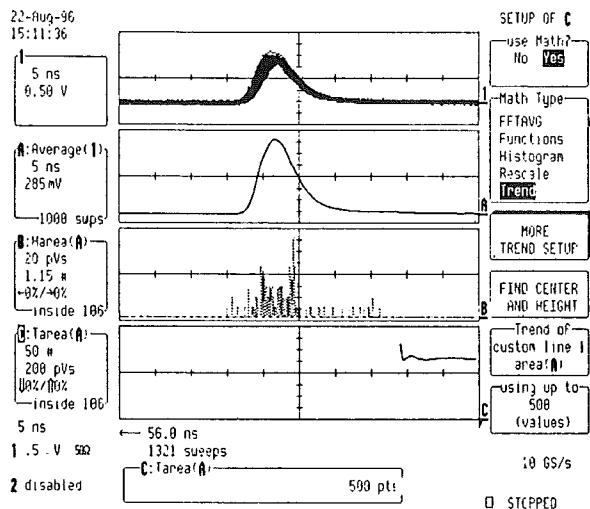


図13 ヒストグラムとトレンド

トレンド機能を使うメリットはその効率の良さにあります。従来のデジタルオシロスコープではポンピングによって出力されるひとつひとつの出力パルスをすべてコンピュータに取り込んで解析する必要がありました。しかしこのトレンド機能を使えば任意の測定パラメータ値の変動グラフだけをコンピュータに取り込めば、それで結果が得られます。転送するデータ容量もトレンド・グラフのわずか2kポイントのデータを転送するだけで良いのです。ヒストグラムと同様にトレンド・グラフは作成した後に縦軸、横軸に拡大して詳細に解析することができます。

図13には「シーディング」をかけたパルス・レーザの出力波形について面積（"Area"パラメータ）のヒストグラム（3段目）とトレンド・グラフ（4段目）を作成している例です。

#### 4. 時間分解蛍光分光法について

##### 4-1 MCP検出器のパルス観測

新しい機能材料として生体高分子、液晶材料、各種半導体薄膜材料などの研究がさかんに行われています。生化学分野では「光合成」のメカニズムの解明などがその例です。これらは分子集合体であり、その表面、界面についての動的な構造解析をする手段のひとつに「発光寿命の測定」があります。なかでも「時間分解蛍光分光法」は検出器の進歩により応答速度が飛躍的に向上し、物質のなかの分子の動的挙動を追跡するのに現在最適な手段となっています。

一般に「蛍光寿命」は数ピコ秒から数百ナノ秒と非常に短いのが普通です。これらの高速現象を直接捕らえることはできないので、現在では繰り返しパルス励起による積算を行うのがふつうです。しかし積算処理をナノ秒のオーダーで行うことは困難であるため、各種の方法が考えられています。高速A/D変換器を搭載した「トランジエント・

メモリ」を使った「時間相関光子計数測光法」もそのひとつです。ここでは高速デジタルオシロスコープを使って、この装置で使われるパルス・レーザの出力波形をモニターしました。検出器にはMCP光電子増倍管（マイクロチャンネル・プレート）を使いました。

デジタルオシロスコープを使うメリットはコンピュータの支援無しに高速で積算処理ができることが第一に挙げられます。また、後述するようなパルス・エッジのジッタ調整などがリアルタイムで行えることです。また、レクロイ社製デジタルオシロスコープ Model 9300 シリーズでは「ヒストグラム演算機能」を使って従来の装置ではコンピュータで処理する必要があった蛍光減衰曲線の作成が格段に効率よくできるようになります。

図14に蛍光分光に使われるパルス・レーザの出力波形を示します。Model 9362でサンプリング速度10 G/sで捕らえたものです。図15に重ね書き表示とパラメータ演算の例を

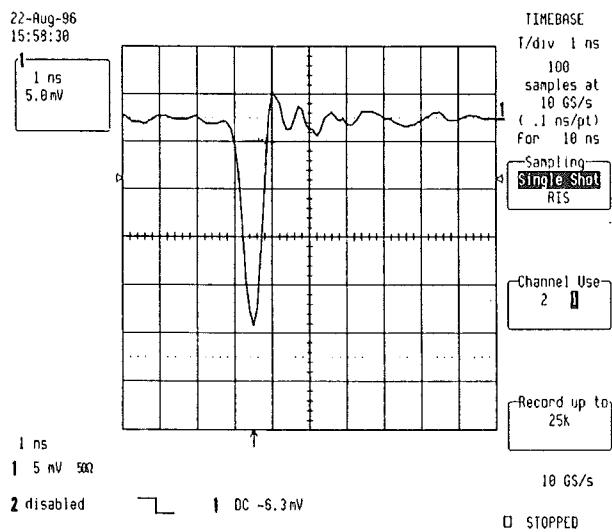


図14 MCP検出器の出力

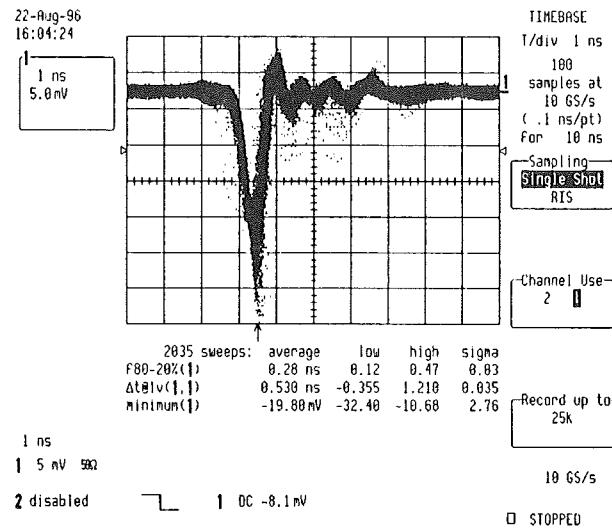


図15 重ね書き表示とパラメータ演算

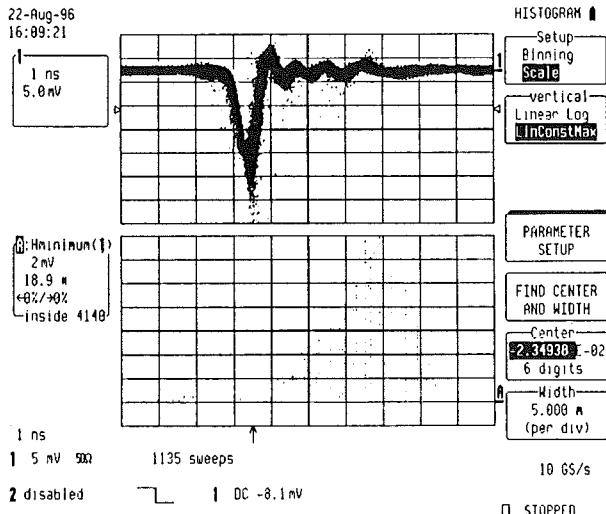


図16 ピーク値のヒストグラム解析

示します。立ち下がり時間、半値幅、最小値（負のピーケ値）を測定しています。

この例では立ち下がり時間（80%-20%）は0.26 ns、パルスの半値幅は0.530 ns、最小ピーケ値は-19.8mVと計測されています。

ジッタやピークの変動は重ね書き表示で把握することができますが、ヒストグラム演算機能を使えば、より定量的に解析することができます。

図16には "minimum" というパラメータを使って負のピーケ値のヒストグラムを作成しています。

#### 4-2 ディスクリミネータのジッタ調整

MCP検出器で捕らえられた信号はプリ・アンプで増幅されたあとにディスクリミネータによって波高弁別され、TAC（時間一電圧変換器）へ入力されます。このディスクリミネータは「コンスタント・フラクション・ディスクリミネータ（C.F.Discrim.）」といってDCオフセットの変動を吸収し常に一定の電圧レベルで波高弁別することができるものです。ディスクリミネータの調整には急峻な立ち上がりエッジのジッタを最小限に押さえることが重要です。

図17にはディスクリミネータの波形を示していますが、立ち下がりエッジに比べて初めの立ち上がりエッジのジッタは低く押さえられているのが解ります。

図18では時間軸をより速くして重ね書き表示モードで立ち上がりエッジをモニターしています。Model 9362 では重ね書きで過去の波形データを管面上に保持する時間を選択することができます。例えば10 sと指定しておけば10秒間のジッタ変動をモニターすることができるわけです。時間軸の設定は0.2 ns/div. です。

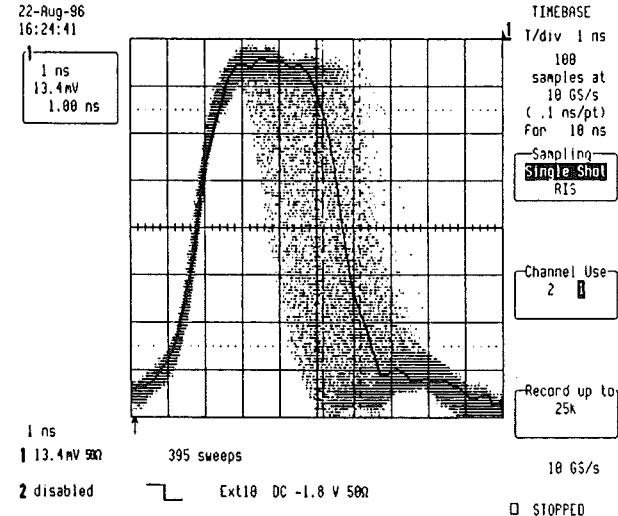


図17 C.F.Discrimのジッタジッタ調整

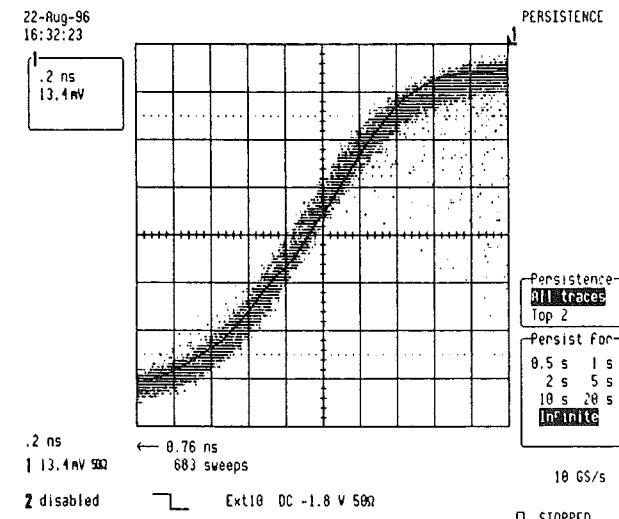


図18 時間限定パシスタンス表示

#### 5. 波長可変パルスレーザ・システムの調整

従来、レーザの超短パルス化には有機色素などのレーザ媒質が研究対象とされてきました。時間領域で短いパルスを発生させるには周波数領域でコヒーレントな（位相のそろった）広いスペクトル幅を持つ光が出せる必要があります。色素レーザはこの条件をみたすものです。

一方、色素レーザに代わる超短パルス光源としてチタンサファイア・レーザが研究され、現在では様々な優れた市販レーザシステムが入手可能となっています。チタンサファイアの特徴は、傑出して広い利得帯域幅を持ち有機色素に比べ利得飽和が起こりにくいこと、また通常の使用条件では媒質の劣化がないことが挙げられます。これらはレーザの安定性、ノイズレベルの低さにつながります。また、励起源としてArレーザ、銅蒸気レーザ、Nd:YAGレーザの第2高調波などの標準的な可視高出力レーザが使用可能であることも重要です。

ここでは最新のモード同期超短パルス波長可変固体レーザの一例として「再生モード同期法」によるチタンサファイア・レーザシステムを調整するのにデジタルオシロスコープを使った例を紹介いたします。このシステムではチタンサファイア増幅器を使っていますが、再生増幅とは、モード同期レーザのパルス列からの1パルスを再生増幅器の共振器に取り込み、飽和増幅に達するまで周回させ変調素子で取り出す増幅方法です。

モード同期法にはこのほかにも「セルフモード同期法」、可飽和吸収体を用いた「受動モード同期法」、「アクティブパルス・モード同期法」などいろいろな方法が考案されています。

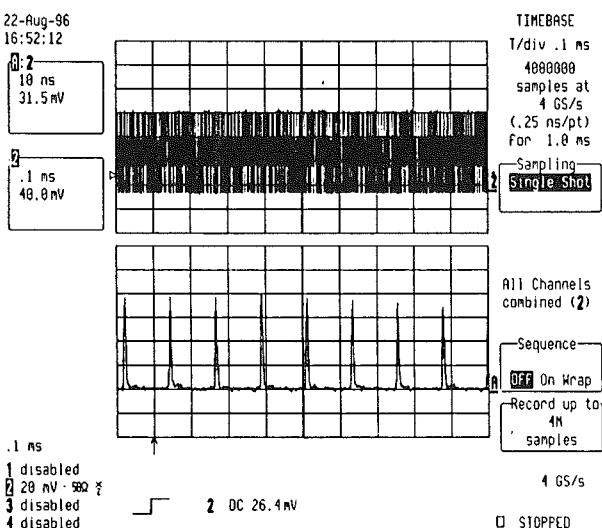


図19 レーザ出力パルス列の観測－1

図19には「再生モード同期法を使用したチタン・サファイア・レーザシステムの出力パルス列をロングメモリ、広帯域のデジタルオシロスコープModel 9384Lで観測したものです。この例はモード・ロッカーが適正に調整された例です。下段の波形は上段のパルス列を拡大したものですが、各パルスのピークがほぼ一定になっています。従来はアナログの高輝度オシロスコープでしか観測できなかったのですが、最新のデジタルオシロスコープなら、むしろアナログオシロ以上に見やすく観測することができます。オシロスコープの時間軸は1Div.が100マイクロ秒です。パルス列のエンベロープをみるのに数百マイクロ秒からミリ秒の観測ウインドウが必要です。メガ・ワード単位の大容量メモリが必要であることを意味します。また、ひとつひとつのパルスはナノ秒以下のパルス幅ですから1 GHzの広帯域、2 - 4 GS/sの高速サンプル速度が無いと捕捉できません。

図20はModel 9384Lで捕らえたチタン・サファイア再生増幅器の共振器内の波形です。このレーザ・システムでは共振器内にフェムト秒の光（ウルトラ・ショート・パルス）

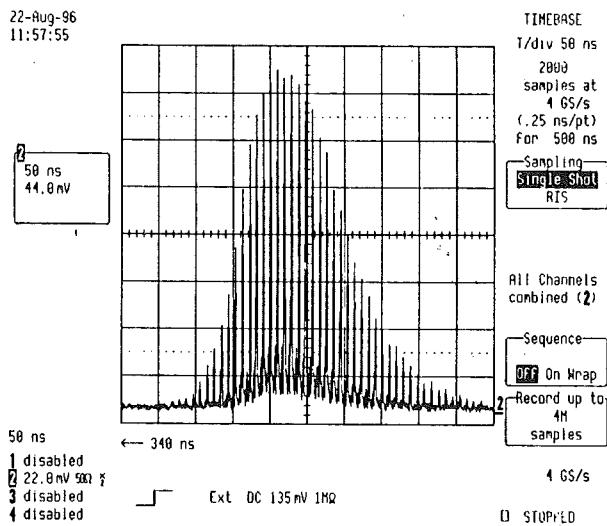


図20 アンプ共振器内の波形

をシーディングしています。このシーディングのかかり具合を見るのと、ジッタの調整をするのに高速デジタルオシロスコープが必要です。また、「切り出し」といって特定の波長のレーザ・パルスだけをとりだすタイミングを調整するときにもデジタルオシロスコープが有効です。

図21は前項に示したパルス列ですが、フェーズ・マッチングがとれていらない、チューニング不良の場合です。モード・ロックがはずれてしまっている為、個々のパルスのピークが変動しているのがわかります。これはレーザの「縦モード」の出力ビームの波長分布がばらばらで適正にチューニングされていないためです。

同じ出力を光スペクトラム・アナライザで観測した例を図22、図23に示します。スペクトルがきれいなガウス曲線になっているほうが適正に調整されたものです。

現在の波長可変固体レーザ・システムではピコ秒、フェムト秒の超短パルスを特定の波長範囲で出力できるようになりました。蛍光寿命の測定などでは特定の波長のレーザ光のみを選択して試料に照射する必要があります。

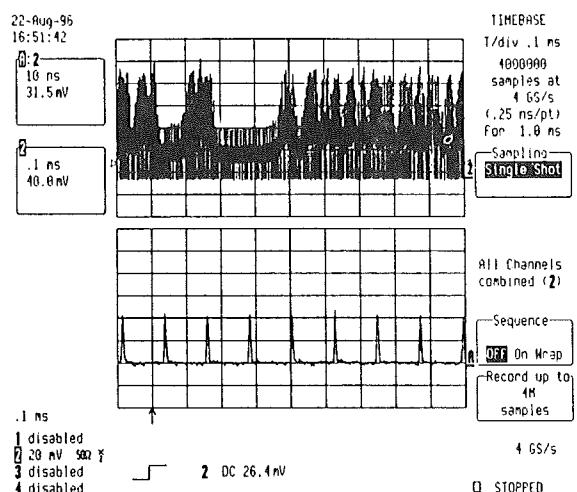


図21 チューニング不良のパルス列

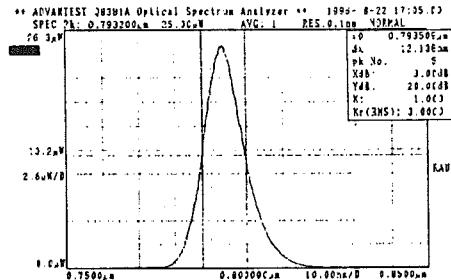


図22 縦モードの波長分布－1

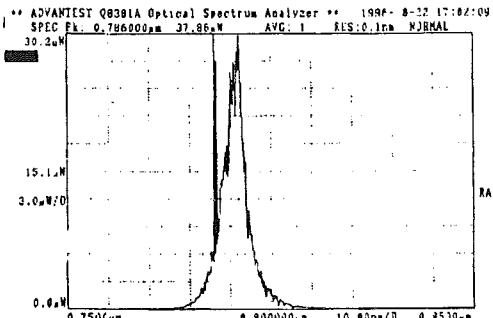


図23 縦モードの波長分布－2

図24はチタン・サファイア再生増幅器の共振器内のポッケルス・セルの切り出しのタイミングを調整しながら、希望する波長のレーザ出力が最大パワーで取り出せるように調整するときの波形です。図20の波形と比較して右側のパルス列がカットされている様子がよくわかります。この場合、チタン・サファイア再生増幅器の共新器内のエネルギーを効率的にかつコントラスト良く出力させる時にもデジタルオシロスコープが有効と考えられます。

## 6. 総括

ここでは、はじめにNd:YAGパルス・レーザ装置の出力波形をデジタルオシロスコープを使って観測するまでの測定技術について考察しました。また、応用分野として「時間分解蛍光分光法」で使われるパルスの観測、ならびに「ディスクリミネータ」のジッタ調整についても考察しました。終わりに今後の普及が期待される「波長可変個体レーザ装置」としてチタン・サファイア結晶を使った再生増幅器のタイミング調整にデジタルオシロスコープが使われる例をご紹介いたしました。

レーザ・システムは今後もますます進歩していくでしょう。

紫外線から赤外線領域までの広い波長範囲をカバーする、取り扱いが容易な完全固体レーザ・システムも実現できるよ

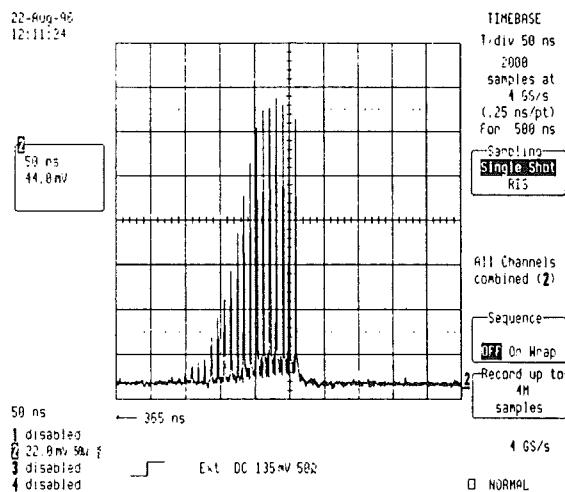


図24 再生増幅器内のパルス列の切り出し

うになりました。従来から求められている「パルス幅をより短く、出力パワーをより大きく、ノイズやジッタを少なく、しかも取り扱いが容易であること」が良いレーザ・システムの理想です。高度な技術をもちいたレーザ・システムを研究者が使いこなすのにはそれなりのテクニックが求められるのも事実です。例えば、再生増幅技術を使った波長可変レーザ・システムのほかに「パラメトリック・オシレータ技術」を使った波長可変のシステムなどでは高度な調整技術が要求されます。このようなシステムの調整には感度の良い、ノイズの少ない良い「ディテクター」と広帯域、高速サンプリング、ロングメモリのデジタル・オシロスコープが求められます。

パルス・レーザの超短パルス化とともにデジタルオシロスコープも現在最高の10GS/sを越える超高速サンプリングが実現されるでしょう。また、あわせて今後ますます数メガ・ワード以上のロングメモリー化、1GHz以上の広帯域化が実現されるでしょう。

レーザ材料についても新しい進展が期待されています。現在、波長可変システムとして「チタン・サファイア」が実用化されていますが、「LBO」、「BBO」などの新しい非線形光学材料が注目されています。全く新しい可能性を秘めた材料の研究開発も進んでいくでしょう。

システムとしてのレーザ装置に研究者が期待するのは、装置として優れた性能であることと合わせて、取り扱いの容易さ、すなわち「誰でもが簡単に調整できて、いつでも最高の状態でシステムを使用できること」であります。デジタルオシロスコープはレーザ・システムの発展とともに研究者の必須のツールとしてより普及していくことでしょう。

## マイレビュー編集担当から

今回初めて、民間会社の方に執筆をお願いしました。ここ数年、デジタルオシロスコープは急速に普及し、旧機器センターの小型機器貸出業務を引き継いだ分子制御レーザー開発研究センターにも、「こんな波形を測定したいのだけれども、デジタルオシロでも大丈夫か」などの問い合わせがよくあります。そんな質問に対する答えが今回の内容です。分子科学の実験を行う上で、役に立ちそうな話題をお持ちの方には、官民を問わず、執筆をお願いしていきたいと考えております。

# 科学講座「知って得する分子科学の常識」

## レーザーの話(第7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】

##### 5.2.5 ネオジム・ヤグ・レーザー

Maimanによる最初のレーザーの発振以来、遷移金属あるいは希土類金属をレーザー活性物質とした固体レーザー装置が数多く研究され、また実用化されてきました。その中でもっとも広く使用されているのがネオジム・ヤグ ( $\text{Nd}^{3+}$ : YAG) レーザーです。

これはイットリウム・アルミニウム・ガーネット (Yttrium Aluminum Garnet,  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ) の単結晶に1%程度ネオジム (Nd) をドープしたもので (イットリウムの場所に置換する) 、3価のイオン $\text{Nd}^{3+}$ がレーザー物質となり、4準位レーザーの動作を行います (図20)。おもな発振波長は $1.06 \mu\text{m}$ 、励起波長は720~830nmで最も効率が良くなります。母体材料 (YAG) の優れた熱伝導率、関係する波長での吸収がないこと、機械的に強いことなどが実用的な価値を高めています。また、最近は半導体レーザー (レーザーダイオード) で励起した $\text{Nd}^{3+}$ : YAG が注目を集めています。

$\text{Nd}^{3+}$ : YAG レーザーは連続発振、パルス発振のどちらも実用的に用いられています。

#### (1) CW発振

完全に連続な発振を起こせる場合と、10kHz程度の繰り返しのパルス列を発生させる場合とがありますが、いずれも通常はKr (クリプトン) 封入のアーケーランプを連続点灯して励起します (図21)。レーザーヘッド (ランプハウス) の内側は集光反射鏡になっていて、ランプとレーザーロッドが平行に配置されています。反射鏡は励起波長を効率よく反射するように金めっきまたは白色セラミックスでできています。レーザーヘッド内部は純水で満たされ、外部で冷却されて循環しています。

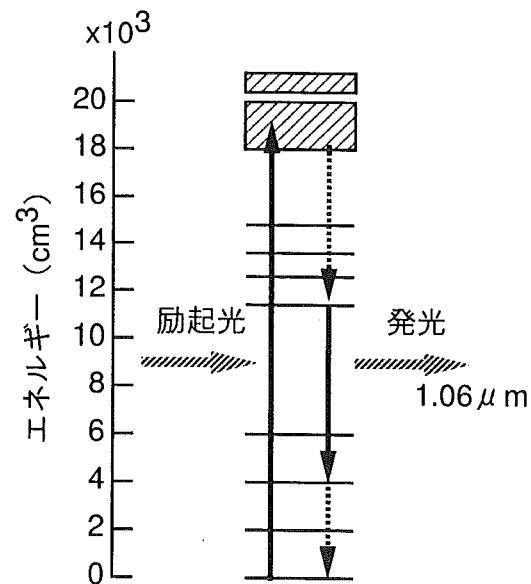


図20  $\text{Nd}^{3+}$ のエネルギー準位

直径数mm、長さ10cm程度の $\text{Nd}^{3+}$ : YAGロッドを用いてレーザー出力パワーは数W~100Wですが、複数のレーザーヘッドを一直線に並べたkW級の装置もあります。

高繰り返しパルスにするときは、共振器内に設置したA/O変調器 (音響光学変調器) を高繰り返しのシャッターとして用いることによりQスイッチ動作をさせ、

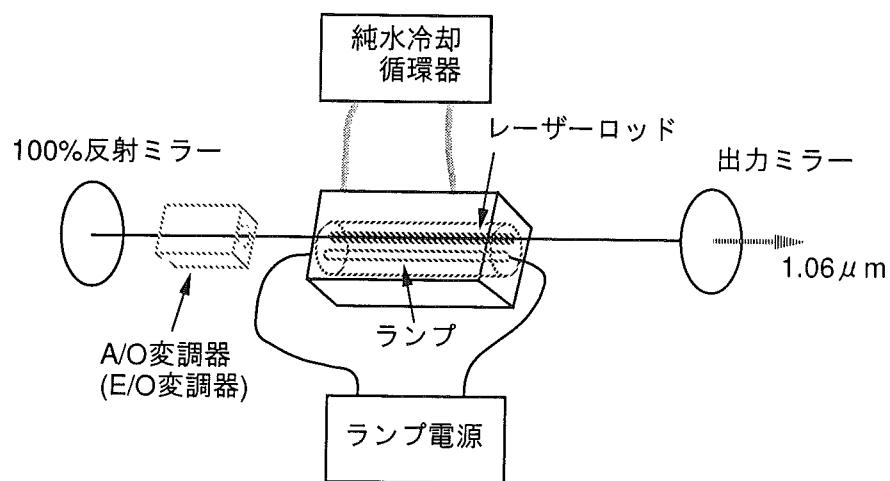


図21 ランプ励起 $\text{Nd}^{3+}$ : YAG レーザー

パルス幅100ns、繰り返し周波数10KHz程度のパルス列を得るようになります。

同じように共振器内A/O変調器を用いてモード同期動作をさせることにより、パルス幅100ps、繰り返し100MHz程度の超短パルス列を得ることもできます。

## (2)パルス発振

この場合には通常、Xe(キセノン)封入のフラッシュランプ(カメラのストロボランプと同類)をパルス点灯して励起します。ランプの特性のため、繰り返しは100Hz以下、レーザーパルス幅はms程度です。共振器構造は(1)と同じです。

この共振器内にE/O変調器(電気光学変調器)を挿入してQスイッチとして動作させると、数nsの短パルスを得ることができます(E/O変調器はA/O変調器よりもシャッター動作が速く、消光特性もよくできる)。レーザーのパルスあたりのエネルギーは数100mJ～数Jで、ピークパワーは100MW～1GWにも達します。

## (3)半導体レーザーによる励起

GaAlAs系の半導体レーザーは組成比を調整することによって発振波長を800nm近辺にできます。これをNd<sup>3+</sup>:

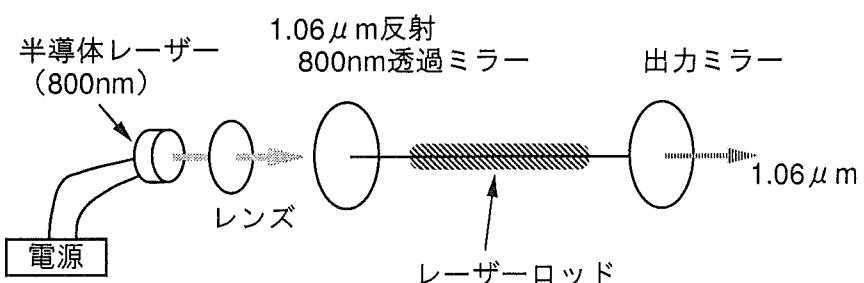


図22 半導体レーザー励起Nd<sup>3+</sup>: YAG レーザー

YAGレーザーの励起に用いると次のような利点があります。エネルギー効率が高い、小形軽量である、長寿命である、メンテナンス不要、などです。

励起の形態としては、半導体レーザー出力をNd<sup>3+</sup>:YAGレーザー共振器のエンド・ミラーを通してレーザーロッドを励起する構造が多く用いられます(図22)。小型の装置ではエンドミラーのすぐ後ろに半導体レーザーを配置し、中型機では半導体レーザー出力を光ファイバで共振器に導くというのが一般的です。

最近では1.06 μ mの出力が数10Wのものが市販されています。共振器内で効率よく第2高調波(532nm、緑色)を発生させるものもあります。

## “声” 「本音を言わせて、聞かせて」

### 「科学」を装った「非科学」－血液型性格判断批判－

「貴方の血液型は?」「日頃の行動から見ると、君の血液型は・・・。」日常会話の中で、このような一節を耳にすることは珍しくないように、A, B, O, ABの4つの血液型と性格との間に何らかの関係があるとする血液型性格判断なるものが、広く浸透している。数々の調査でも、血液型性格判断を「信じる」人の割合が優に過半数を超え、その傾向は年月が変わっても変化していない。

しかし、血液型性格判断が日常生活の話題程度にとどまっているならまだしも、血液型によって園児を「分類」したり、特性や実績などお構いなしに、ある特定の血液型の人間のみを採用したり、ある血液型は「好ましくない」性格の持ち主と決めつけたりするなど、教育（とりわけ幼少時）や人事に持ち込まれたり、対人観に大きな影響を与える段階になると、もはや「遊び」では済まない。血液型によって人間にレッテルを貼り、それによって「選別」することが「血液型人間学」（能見正比古氏による）と「科学」を標榜して半ば公然と行われていることは、決して無視できない。拙稿ではこの血液型性格判断について述べる。

1901年にラントシュタイナーによって発見されたいわゆるABO血液型は、赤血球の抗原（体内で免疫の働きをする物質）の相違を表したものである。肉眼では同じに見える血液が実は何通りかに分類できるというこの発見は、近代医学の発展に大きく寄与する画期的なものであることは間違いない。しかし、血液型性格判断が何故このABO式に基づくか、言い換えれば4通りの分類に基づく根拠は、一度も明示されていない。血液型性格判断を提唱する人物の代表格として、多数の著書もある能見正比古氏は、この4種類の分類に関して「根拠は全くないです」と述べ、辛うじて「（輸血の際にABO式の影響が大きいことから）多分そこから出た話だと思うんですが・・・」（「血液型と迷路」より）と何とも頼りない。

血液型はABO式だけでなく、その分類の基準や方法によってRh式、MN式、P式、H<sub>p</sub>式、T<sub>f</sub>式などがあり、さらに各式の各型でも分類がある（ABO式の場合、A型7種、B型5種、O型1種、AB型33種の計16種類）から、分類数は膨大な数にのぼる。血液型で性格が異なるというのなら、血液型の全種類に対して性格についての所見が用意されるべきであるし、少なくともA, B, O, ABの4種類の分類を取り上げた根拠—何故数ある基準の中の「4」なのか—は示すべきではないか。

ABO式は赤血球の抗原による分類であることは先に述

べたが、その抗原はA, B, Hの3種類があり、A, B, O, AB4種類の血液型はこの3種類の組み合わせ（AとHを持つとA型、BとHを持つとB型、Hのみを持つとO型、全てを持つとAB型）である。そしてこの抗原の相違は、赤血球の表面を覆う膜状の糖鎖（糖の鎖状の突起）の最末端部の連結の相違に過ぎない。これだけの相違が性格を決定づけるとは考えづらい。仮にそうだとすれば、人間の性格や意識を司る器官である脳に赤血球が入りしている必要があるが、脳には血液・脳門と呼ばれる一種の閂門があって、脳と血液成分が接触する機会はない。また、骨髄移植で血液型が変わった途端に性格が一変したという報告もない。

能見氏は著書で「私は電気工学の出身だから言うのではないが」と前置きした上で、「人間の気質とは、脳髄と神経細胞で作られた生体電気回路の回路特性と見ている。恐らく材料の違いが、一番響いているのは、このあたりであろう」（「血液型で人間を知る本」）と述べている。若輩ながら回路製作に携わる身から言えば、回路特性を左右する最大の要因は製作技術である。如何に回路図通りに同じ部品を使用したとしても、製作者の技術次第で設計以上の特性を引き出したり、その逆もある。人間の性格も「材料の違い」より「製作技術」、即ち周囲の環境や教育が「回路特性」である性格の形成を左右しているのではないか。また、ある出来事を境に性格が一変することがあるとよく言われるように、性格は一生不变のものではない。人間は電気回路とは違うのである。

それでも「実際に血液型性格判断は当たっている」と頑張る意見もあるだろう。これは数多く示されている血液型毎の所見が「当たっている」という実感があるからである。しかし、この「所見」そのものにも問題が多い。血液型性格判断に関しては諸説あるが、表明者によって所見がバラバラである。異なる血液型に同一の所見が出てくるものもあるし、表現の違いだけというもの（「慎重」と「決断が遅い」など）もあったり、さらには全く異なる傾向（「飽きっぽい」と「責任感」など）が同一の血液型にあったりする。未知のテーマについて研究者から諸説発表されるのはままあるが、「人間に關し、このような比較分析の分類基準として、恐らく初めて発見された」（「血液型エッセンス」で能見氏）とまで豪語する血液型性格判断というテーマにおいて、表明者個人の見解すら定まらないのは如何なものか。これでは誰がどのように読んでも、少なくとも一つは自分の血液型で「私はこうかな?」と感じている（或いは他人から指摘される）傾向に一致するだろ

う。自分の血液型の所見を聞かされると、その人は年齢と共にその所見に実際の性格が近づいていくという研究結果（坂元章氏による）もある。

これ以外にも、統計を利用する際にサンプルの取り方が妥当でない、主張そのものが事実と食い違っている、といった風に、およそ表明者が膨大なサンプル数や統計処理もどきを持ち出して、「科学」を装って自説に誘導しようとしているようにしか思えない。そもそもABO式を用いる際に何故「4」なのか、集合の根拠すら明示できないものが「科学」を標榜するなど笑止の一言である。

しかし、このようなまるで「科学」の体裁をなしていないものが何故世間一般に浸透しているのか。先にも触れたように、諸説の中に解釈次第で読者の考える性格の所見に一致するものが存在すること、「血統」「筋」という言葉や「○○家」挙式なる結婚披露宴の招待状に代表されるように、日本人が「血」にこだわる傾向が強いことも挙げられるが、大きな要因としては、芸能人やスポーツ選手といった著名人や男女の相性・結婚という、マスコミ（主に週刊誌）が興味本位で採り上げるテーマを利用して、ある種のエンターテイメントとしたことが挙げられるだろう。1970年代のブーム（能見氏もこの時代に登場した）はその端的な例である。血液型性格判断を信じる割合が男性より女性の方が高いという結果が様々な研究や調査で得られるのも、女性週刊誌が「恋愛」「金銭」「嫁姑」「ダイエット」という「基本テーマ」に血液型性格判断と各種の占い、特に星占い（夜空に輝く星やギリシャ神話などから連想されるロマンチックなイメージが受け入れられやすいためであろう）をジョイントさせていることに大きな要因がある。そして、「あの人はこの血液型だからこういう人間だ」と簡単に判断できる「手軽さ」が浸透を容易にしていると考えられる。

しかし、この「手軽さ」というのは逆に言えば、腰を据えた観察や思考なしにレッテルを貼ることであり、重大な判断の誤りを招くばかりか、往々にして便乗犯によって良からぬ方向に拡大するのが世の常である。

時代を遡ること1930年代、血液型性格判断の第1次ブームが日本を席巻したときには、「売血志願者の血液型分析」「犯罪者の血液型分析」「自殺者の血液型分析」などの物騒な説に加えて「思想犯にはA型が多いとする説（「社会医学雑誌」1930年527号）や「共産党員の血液型」という調査結果（「中央公論」1931年8月号）が発表されている。1930年代といえば、アメリカで始まった世界大恐慌の影響で日本に不況の嵐が吹き荒れ、労働運動や市民運動が活発になり、それに対抗して治安維持法の強化や特高警察の設置が行われた時代である。血液型性格判断は表明者の思想信条はどうであれ、何かを発言しようとすれば「あいつは思想犯だ」と罪人扱いされ、何か事件が起こると「あの血液型だから」と容疑者の肉親や親戚が白眼視されるような抑圧に加担したのである。その数数万ともい

われる「思想犯」とされた犠牲者を考えれば、単なる自己批判では決して済まされない。

このような血液型によるレッテル張りによる被害は現在でも形を変えて存在する。数ある説の何れにおいても「所見」が芳しくないAB型は研究や調査でも分が悪い結果が出ている。これだけ血液型性格判断が浸透すれば必然的な結果であるが、血液型による人事や教育が半ば公然と行われていることを含め、「血液型性格判断の一番の問題は、単なる性格類型を離れて、少数差別的な内容になること」

（「科学朝日」1991年11月号で佐藤達哉氏）という懸念が現実のものとなっている。

人々、血液型と性格との関連性が取りざたされたこと自体が、人種差別、軍事研究の口実としてでっち上げられたという「前歴」があることはあまり知られていない。最初は第一次世界大戦終了の年、ドイツの医師ヒルシュフェルトが「白人にはA型が多く、アジア・アフリカ人種にはB型が多い」という調査結果を、「黄禍論」を背景とした「優秀なA型が多い白人は優秀である」という白人の優越性の証明に利用したことに始まる。この調査もA型の「優秀性」の根拠がない、O型が調査から漏れているなど問題だらけであるが、この人種観はヒトラーによって「生きる価値のある人間」と「生きる価値のない人間」の分類、「生きる価値がない」とされたユダヤ人などの大量虐殺へと繋がっていく。

日本に輸入されると、第一次世界大戦の終了やシベリアからの撤兵などによる平和と軍縮の気運の高まりの中で軍隊の士気が低下するのを恐れた軍の上層部が、兵隊の「資質分類」に血液型を利用した。さらに第1次ブームが起こった1930年代に、ブームの火付け役でもある古川竹二氏が職業や結婚相手の選択にも血液型が役に立つと発表すると同時に、「B型が優秀」とするこれまでの日本における研究結果を踏襲して、民族の積極性を血液型で判定する「民族性係数」を定義し、これで「ドイツ民族は進歩的、進取的」としたことでヒトラー政権下のドイツで高く評価され、日独伊三国軍事同盟締結の精神的支柱となった。このように根拠や信憑性はともかく、「自分の属する民族は優秀である」ということが立証されれば良いという歪んだ民族主義意識の元に持ち出されたものが血液型性格判断なのである。

「十人十色」「百人百様」という言葉があるように、人間はそれぞれ異なるものである。それをたった4種類の、根拠すら明示できない集合に「分類」して決めつける必要はないし、何より、人生において血液型にこだわるあまり折角の機会を逃したり、逆に不本意な選択をするのはあまりに下らない。「科学」を装った「非科学」に振り回されることなく、自分で考えることを大事にしたものである一自戒を込めてー。

（とよだ ともり／装置開発技術係）

## 編集後記

お忙しいなか原稿を執筆して下さった皆様、どうもありがとうございました。これまで所内を中心に機構内の皆さんに執筆をお願いしておりましたが新しい試みとして、本号では「マイレビュー」に機構外の方に執筆いただきました。本冊子は、本来技術課の技官の業務を広く所内の方々に知っていただくことを主とした目的として刊行している冊子です。誌面では、具体的な技術を紹介しながら研究の手助けとなるような記事をより多く掲載できればと考えております。今回の試みもこのような主旨に沿った新しい試みです。ぜひ、読者の方々のご意見・ご感想を広くお寄せ下さい。

編集担当 堀米 利夫

### 分子科学研究所技術課活動報告「かなえ」編集委員

酒井楠雄（委員長）

加藤清則

松戸修

西本史雄

木下敏夫

堀米利夫

永田正明

山中孝弥

吉田久史

蓮本正美

かなえNo.8

発行年月	平成9年10月
印刷年月	平成9年10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

