



Kanade

分子科学研究所 技術課活動報告 No.2

「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

卷頭言	岡崎国立共同研究機構長	井 口 洋 夫	1
特別寄稿			
食卓から米が消える日	岡崎国立共同研究機構管理局長	佐 藤 二 朗	2
シリーズ特集「S i」			
“合成石英” のはなし	界面分子科学部門教授	川 副 博 司	3
施設の活動報告			
(各施設の今年度の活動)			
電子計算機センター	電子計算機技術係長	西 本 史 雄	8
極低温センター	極低温技術係長	加 藤 清 則	9
機器センター	研究機器技術係技術主任	山 中 孝 弥	10
化学試料室	化学試料技術係	戸 村 正 章	12
装置開発室	装置開発技術係長	堀 米 利 夫	14
極端紫外光実験施設	極端紫外光実験技術係長	松 戸 修	16
技術活動報告			
装置開発マシンショップ設備紹介	装置開発室技術係	加 藤 真 治	17
UVSORにおけるF E Lの現状	極端紫外光実験技術係	山 崎 潤一郎	19
テクニカルサービス			
エレクトロニクスセクションについて	装置開発室技術係	内 山 功 一	21
大型コンピュータと10年			
—そしてUNIXの時代へ—	電子計算機技術係	田 中 邦 彦	23
技術講座「知らなきゃ損する技術の常識」			
真空用光学窓の話	分子構造研究系技術係長	岡 田 則 夫	27
最新技術情報			
高速原子衝撃イオン化法	化学試料室	野 村 幸 代	35
“声” (編集担当 永 田 正 明)			
「本音を言わせて、聞かせて」			40
科学講座「知って得する分子科学の常識」			
レーザーの話 (前回のつづき)	装置開発室助手	浅 香 修 治	43

卷頭言

分子研創設20年を目前にして

岡崎国立共同研究機構長 井 口 洋 夫

昭和49年4月、分子科学研究所創設準備室が東京大学物性研究所の中に設置された。“分子科学研究所”については、赤松秀雄教授、長倉三郎教授の許で、何年も何年もかけてその構想をかためており、その一つ一つを実行に移すための準備室であった。

創設準備室定員は3名；岡田修一、野田裕久、そして井口洋夫。このメンバーは、計画具体化への舞台廻しの役柄であった。全体の取纏めに創設準備会議（15名）がつくれられた。更に目的を絞って3つの専門分科会を組織した。分科会は組織・運営（9名）、研究・施設（11名）、土地・施設（12名）で綿密な組立てを行った。正に昼夜兼行で数十回の会合を重ねて、基本構想も個々の問題も丁寧にまとめあげて、昭和50年4月にその創設を迎えた。

その中に、研究所の構成員の3分の1を占める技官の活躍の場として、技術課の設置が計画され実現した。研究所であるから、研究で成果をあげ、共同利用の実を結ばせるための努力が重ねられるのが主眼である。しかし、研究の推進は、研究者だけ出来るものではない。技術者の強力な協力と、事務担当者との二人三脚による運営なくしては、すぐれた研究は出来ない。更に大切なことは、それを通じて構成員すべてがやり甲斐のある場を形成することにある

と思っている。

ここに、三本脚のかなえ（鼎）論が生まれたのである。云わざもがな、3本の脚を形成する研究系、技術系、事務系の守備する範囲、攻撃する目標は異なっている。それを相互に尊重し合って組立てた研究推進のための方策が必要と考えている。

この基本姿勢を守った上で、三者共、それぞれの分野で先見性に富んだ目標を立ててほしいと考えている。本冊子は、技術者の意見交換が目的であるから、話題を技術系に限定して話を進めてみたい。技術系担当者として、各々の職域で充分腕をふるっていただきたい。そして、それに加えて是非、各人が腕を磨いて戴きたい。それには、各人各様の方策があろう。全く新規の機械の設計もあれば、面白い合成法の開拓もあろう。ある場合には、グループをつくって推進しなくてはいけない場合もあり、一方、一寸した考え方方が思わぬ展開を見る場合もあろう。それを通じて“特殊技術”を身につけることである。そしてそれは、技術課の一員としての職責を果たすことと必ずや両立すること信じている。

そして、分子科学を背に受けた技術課発展の中での新しい技術開発を心より期待している。

特別寄稿

食卓から米が消える日

岡崎国立共同研究機構管理局長 佐藤二朗

平成5年産米の作柄は、近年経験したことのない大凶作となり、外国産米の大量輸入により日本国民の食卓が維持されております。（本機構職員食堂の御飯の量も少なくなっているとか。）

私は今回の大凶作の問題を例として、私の稻作経験（40年前）からの技術面に的をしぼって愚言を述べさせていただきます。

近年の稻作は、化学肥料、農薬に全面的に依存した栽培ですが、この方法は簡便なようで使用する量、時期の判断を誤ると危険を伴ないます。稻の原種は南方系であり高温多湿な地域に適した植物であることからわかるように、田植後の温度、開花期の温度、光が重要なことは御承知のことと思います。経験の浅い人か、欲の深い人は、田植後に低温が続くと稻の成育が悪く、すぐに追肥を行なってしまいます。先のお天気がどうなるかによって良い場合もあ

りますが、その後のお天気が高温続きで稻が伸びすぎ倒伏してしまいます。低温が続くと出穂が遅れ冷害となる危険があります。

一方、経験の豊富な人は、すぐに追肥を行なうことをしていません。水管理に十分な配慮を行ないつつ今後の天候を十分見極めて追肥、農薬の散布を判断します。このことは、今回の大凶作の反省として報じられているところです。

今日の科学技術の進歩はめざましいものがあります。しかし、科学技術の進歩そのものは、過去の数多くの失敗や成功の積み重ねの時間的経過にすぎません。科学技術の進歩が我々人間社会の幸福に貢献するためには、過去から多くのことを学ばなければなりません。

最近の印象として我々日本人は、謙虚に過去から学ぶ姿勢が薄くなっていることが気になっております。「食卓から米が消える日」を迎えないために。

シリーズ特集「Si」

我々技術者が各々の専門技術を向上させていくことは当然であるが、分子科学に必要な技術を研究に提供していくためには技術者も研究の内容を少しのぞいて見て勉強する必要があります。この冊子には“技術講座”や“科学講座”として平易に解説されたコーナーがありますが、ここでは「Si」に関連した研究者の立場からその研究に必要な技術などを語っていただき、そして、その中から分子科学に必要な新しい技術が獲得できるのではないか、と言う観点でこの特集を設けました。ところで、なぜSiの特集なのか、これには深い（？）訳があります。そもそもの発端は、「かなえ」創刊号が発行された後のことでした。次号の「かなえ」にガラス工作の技術を取りあげては、と言う話から。ガラス→ガラスの主成分は酸化ケイ素→ケイ素（Si）と言えば誰々が研究に使ってた→そういえばあの人もSiを→大勢いるけど何か面白いものがあるのだろうか→では、聞いてみましょう→いっそ「かなえ」の特集にしてしまおう。こんな具合で始めることになりました。勿論、当初のガラス工作技術についてはいずれ装置開発室の永田さんに登場していただくことにします。

シリコンは地球上で炭素に次いで2番目に多く存在する元素で、シリコンの応用は我々の生活の中にかなり浸透しています。シリコンと聞いて普通の人が連想するのはやはり半導体でしょう、ごく一部の人は美容整形に使うあれを思い浮べる方がいますけど。余談はさておき、今回は分子研内を見渡せばシリコンを扱った研究をされている方が多くおられる中で、前述のガラスと言うこともあり、界面分子科学部門の川副教授にお話を伺うことにしました。（編集担当 鈴井光一）

「“合成石英”の話」

界面分子科学研究部門 川副博司

1. 今号の「かなえ」は、Siの特集号だそうです。私がガラス屋と呼ばれることが多いからでしょうか、“合成石英”について何か技術課の方々に役立つことを書け、という依頼がありました。そんなこと大変だから困ったのですが、他ならぬ技術課からのお話とあっては逃げ出すわけにもゆかず、止むを得ず一席おうかがいをさせていただきます。

2. 呼び名のこと。“合成石英”は、分子研内でもUV、VUV領域の光透過UHV窓材として多用されています。耐熱性にすぐれ、熱衝撃や化学的腐食にも強い便利な素材です。通信用光ファイバの主成分であることもよく知られた事実です。まず、呼び名の交通整理をさせてください。ほぼ同じ意味で、溶融石英、石英ガラス、シリカガラス、 SiO_2 ガラスなどの表現が使われています。この中で、“石英”が含まれている言葉は不適当です。石英は、 SiO_2 組成を持つ結晶（鉱物）に対する呼び名ですから、ガラスに対しては使えません。私は、「シリカガラス」を用いています。 SiO_2 ガラスでもよいのですが、シリカガラスは他の酸化物に対するすぐれた固体溶媒でもありますので、微量の不純物が常に含まれています。 SiO_2 と書かれると、感覚的な抵抗を感じるのです。今後は、出来るだけ合成石英、溶融石英および石英ガラスという言葉を使用しないで頂きたいたいと思います。

3. シリカガラスの特性はどこからくるのだろうか？実用材料としてのシリカガラスの特性として、皆さんは何を思ひうかべますか？熱膨張係数が小さいこと($5 \times 10^{-7}/\text{℃}$)、

～140nm付近まで透明なこと、使用条件によっては～1300°C位までの耐熱温度を持つこと、いろいろな化学的環境下で耐久性があること、低誘電率であること、絶縁体であること、HeおよびH₂の透過性があること、などでしょうか。合成シリカガラスは、現在の工業製品のうちで最も高純度なもの、と云っても良いでしょう。高純度化は、勿論光ファイバの開発という巨大な工業的要請からもたらされたものですが、同時に微量の不純物や欠陥の存在を顕在化させました。その結果、基本骨格構造に依存する性質と、微量の不純物や欠陥に依存する特性との区別がかなり鮮明になったと思います。このはなしでは、なるべくシリカガラスの諸特性を総合的にまた感覚的に把握するように努力しましょう。

3.1 99.9%の構造。基本骨格に依存する性質を見るためには、基本構造に対する知識が必要です。図1に構造を模式的に示しました。Si (●) は4つの酸素（図を簡略化するため3つのみを示してある）と結合し、O (○) は2つのSiと結合しています。基本構造は、 SiO_4 面体が頂点酸素を共有した3次元重合体です。シリカガラスの構造は、しばしばランダムネットワークと呼ばれます。この言葉の響き現実はランダムではありません。 SiO_4 面体自身の構造(Si-O結合距離及び角度 ϕ)は結晶中のそれと殆ど同じで、構造の不規則性を持ちません。構造の不規則性は主にSi-O-Si結合角 ϕ の分布から生じているのです。 ϕ の分布は、 SiO_4 面体を単位としたリング構造、3員環、4員環、6員環など、の分布をもたらします。

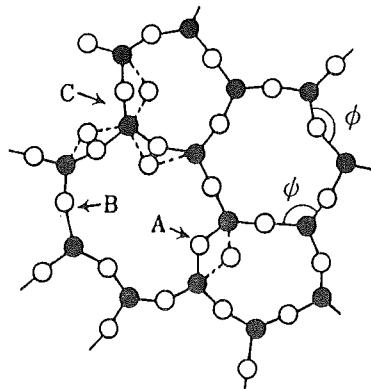


図1 SiO_2 ガラスの二次元模式構造。●はSi, ○は酸素原子を表す。A,B,Cは可能な原子変位の例。A,Bは酸素の位置変化、Cは SiO_2 グループの微小回転。

3.2 化学結合。3.1で骨格構造を感覚的に把握しましたので、今度は99.9%の構造をつくり上げている化学結合に注目します。これは、光学的性質に関係しています。シリカガラス中には、Si—Oという1種類の化学結合しかありません。図2に、この系の原子価電子の配置を模式的に示しました。Oの2sは価電子帯頂上から~18eVのところにあるので、これを準内殻とみなし、p電子のみを考慮しました。Siの3s、3pとOのpのあいだにSi 1個あたり4つの σ 結合(s-p σ 、p-p σ)が形成され、この上に酸素上の孤立電子対nが位置します。nとs-p σ^* の間にバンドギャップ

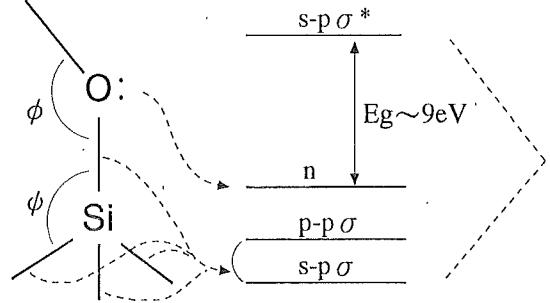


図2 シリカガラス中の化学結合
s-p σ : Siの3s、Oの2p間の σ 結合
p-p σ : Siの3p、Oの2p間の σ 結合
n: O上の孤立電子対
s-p σ^* : Siの3s、Oの2p間の σ^* 結合

(~9eV) が形成されます。この結果、VUV領域までの光透過性が実現されます。ギャップの大きさは、酸素の2p準位(n)のレベルが深いこと(真空準位からはじかって)、化学の言葉では酸素の電気陰性度が大きいこと、およびSi—O結合の部分的共有性による $\sigma-\sigma^*$ 分裂が大きいこと、によって決定されています。

3.3 作製法。ここで、userの方々のために、また後の話の準備のため、シリカガラスの作製法について簡単に説明しておきます。表1に作製法および製品の特徴を示しまし

表1 シリカガラスの製法と特性および主な用途

タイプ分類	Type (I)	Type (II)	Type (III)	Type (IV)		
1. 原 料	水晶 (水晶砂)	水晶 (水晶砂)	四塩化ケイ素 (その他、 ケイ素化合物)	四塩化ケイ素 (その他、 ケイ素化合物)	四塩化ケイ素 (その他、 ケイ素化合物)	アルキルシリケート Si (OCnHm)、
2. 溶融方法 製造方法	アーチ、プラズマ 電気炉霧囲気 (真空、イナート)	火炎(酸・水素) (炭化水素、酸素)	火炎(酸・水素) (炭化水素、酸素)	高周波誘導プラズマ 等 (O ₂ Ar+O ₂)	MCVD、OCVD、VAD SOOT→焼結	Sol→Gel→脱水 →焼結
	溶 融 法		合 成 法		SOOT法	Sol-Gel法
3. 化学的性質 (1)OH含有量 (2)金属性不純物 (3)その他	~10ppm 50~100ppm -	100~300ppm <100ppm -	800~1300ppm <1ppm Cl~100ppm	<5ppm <1ppm Cl~100ppm	<1ppm <1ppm Cl~200ppm	<2ppm <1ppm -
4. 物理的性質 (1)電気的性質 (2)光学的性質 紫外域 赤外域 紫外 (250nm励起)		誘電正接tan δ $6\sim20\times10^{-4}$ (1MHz)	誘電正接tan δ $<5\times10^{-4}$ (1MHz)	紫外域吸収無し	2.7 μm吸収なし なし	2.7 μm吸収なし なし
		240nmに強い吸収 有り(構造欠陥)	240nmに吸収有り		2.7 μm吸収なし なし	2.7 μm吸収なし なし
		2.7 μm吸収小 290nm, 372nm, 423nm	2.7 μm吸収やや大 290nm, 372nm, 423nm			2.7 μm吸収なし なし
5. 主用途	ランプ材(ハロゲン、キ セノン、水銀等ランプチ ューブ) 半導体用(炉芯管、治具 等) 光学用(赤外用) IC封止材	半導体用(炉芯管、治具、 洗净槽等) 光学用(窓板、レンズ、ブ リズム等) IC封止材 光ファイバー用 (管棒) シリカガラス繊維	光学用(レンズ、プリズム、 セル等) 光ファイバー用 (管棒) シリカガラス繊維 IC、マスク基板	光学用(赤外～紫外) ファイバー用 (棒、管)	光学用(赤外～紫外) ファイバー用 (棒、管)	IC、マスク基板 ディスプレイ シリカガラス繊維
6. メーカー	国内 東芝セラミックス(株) 日本石英硝子(株)	東芝セラミックス(株) 信越石英(株) 日本石英硝子(株) 金門製作所(株)	東芝セラミックス(株) 信越石英(株) 日本石英硝子(株) 金門製作所(株)			
	外 国 GE QS GTE	ヘラウス サーマル GE	ヘラウス サーマル QS コーニング ダイナジル	ヘラウス サーマル QS コーニング		

た。この中で、Type I と II とは天然水晶を原料に用いており、III、IV、ストート法、およびゾルゲル法は合成原料を用いています。I と II の製法の違いは、加熱方式にあります。I は、減圧下あるいは不活性ガス雰囲気下で dry な環境で溶融されるため、水酸基 (Si-OH) 濃度が低くなります。従って、 $\sim 2.7 \mu\text{m}$ 領域の吸収が見られません。また、溶融時の酸素分圧が低いため熱分解還元反応が促進され、酸素欠乏型欠陥が生じ、特有の光吸収・発光が観測されます。II は、酸水素炎中で加熱されます。当然 Si-OH 濃度が高くなり ($\sim 300\text{ppm}$)、 $\sim 2.7 \mu\text{m}$ に吸収帯が生じます。同時に、水酸基によって基本骨格ネットワークが切断されるため、耐熱温度が低下します。III と IV は SiCl_4 を原料とする方法です。III は酸水素炎中で SiCl_4 を加水分解・重縮合により SiO_2 とする方法で、生成した SiO_2 は溶融した SiO_2 インゴット上に直接堆積され溶融一体化されます。この場合も高濃度の水酸基 ($\sim 1000\text{ppm}$) が含まれます。原料の SiCl_4 は気体として導入されますから、金属性不純物は ppb レベルまで低下されています。IV は、無水合成石英とも呼ばれます。これは、 H_2O を含まぬ $\text{O}_2 + \text{Ar}$ プラズマ中で酸化され、ガラス化されるからです。ストート法は、III 同様 SiCl_4 の酸水素炎による加水分解により SiO_2 を得ます。III の違いは、生成した SiO_2 微粒子 (ストート；すす) を一度そのままの形で堆積させ、その後に別工程として焼結無孔化することです。堆積物は、表面積が $\sim 200\text{m}^2/\text{g}$ ある多孔体です。焼結工程が含まれることは一見したところ不利益に見えますが、実はそうではありません。焼結無孔化の雰囲気、温度を制御することにより、また第 2 成分を含浸させるなどの方法により、目的機能をもつシリカガラスが作れるからです。

3.4 シリカガラスはスカスカである。シリカガラスの熱膨張係数は $\sim 5 \times 10^{-7}/\text{℃}$ です。この値は炭素鋼のそれの $1/25$ 、アルミナの $1/15$ にしかすぎません。これが熱衝撃に強い原因です。実際、 $15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 6\text{mm}$ のシリカガラスは、 1000°C の急冷によっても破壊されません。このことは、シリカガラス(常圧安定 SiO_2 鉱物、クリストバライト、石英などを含

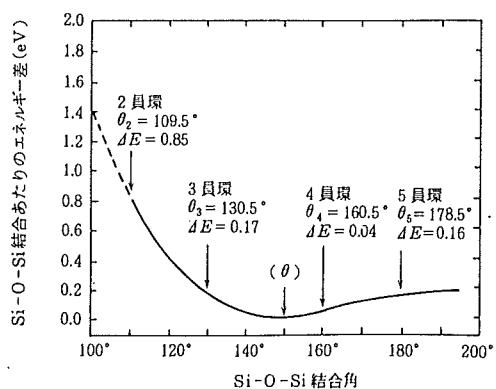


図 3 Si-O-Si結合のエネルギーの結合角 (ϕ) による変化 θ_n は、n員環中の結合角

め)の密度が異常に小さいことと深く関連しています。イオン性の強い酸化物の結晶は、大きい酸素イオンが密充填し、その空隙に陽イオンが位置するように形成されています。 SiO_2 では、高圧安定相のスティッショバイト (ルチル構造; Si^{4+} と O^{2-} からなるイオン結晶) がこれに相当します。この結晶の密度は 4.3 です。ところが図 1 に示した構造をもつシリカガラスの密度は 2.2 で、スティッショバイトの約半分です。いま熱膨張によって Si-O 結合が伸びたとしましょう。この伸びは、Si-O-Si 結合角 ϕ をかえる (図 1 参照) ことで吸収され、外部には膨張が見えません。角度の変化は、ガラスが低密度で酸素の位置の変化が許されること、および ϕ の変化に対するポテンシャルが浅いこと、とによっています。ポテンシャル曲線を図 3 に示しました。 ϕ は $\sim 150^\circ$ の最安定配置から $\pm 10^\circ$ の範囲では、Si-O-Si 結合あたり 0.1eV のエネルギー変化にとどまります。

シリカガラスは大きい熱衝撃抵抗をもつにもかかわらず Liq. He 用ジュワーには使えません。He 及び水素分子に対しては、このガラスはスカスカで、これらが拡散、透過してしまうからです。

4. 光ファイバの水素ロス増。シリカガラス中の水素の拡散は、光ファイバの開発過程で重要な問題をひきおこしました。それを御紹介しましょう。プロローグは 1980-1982 年の敷設試験です。これは、光ファイバケーブルの実使用条件下での信頼性の確認実験でした。敷設 2 年後に掘りおこしたファイバの損失スペクトルは、重大な問題を提起していました。 $\sim 1.4 \mu\text{m}$ 帯の損失が増大していたのです。このままでは実用化に踏みきれません。原因を究明し、対策を講じねばなりません。 $\sim 1.4 \mu\text{m}$ の吸収は、-O-H の第 2 高調波ですから、何らかの原因により OH が生成したことになります。そこで水素が原因と考え、光ファイバ心線の伝送損失を測定した結果が図 4 に示されています。ファ

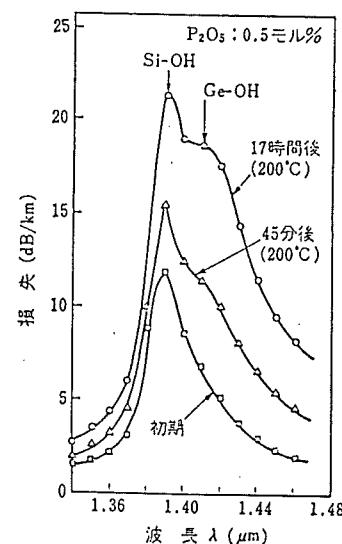


図 4 $90\text{SiO}_2 \cdot 10\text{GeO}_2 \cdot 0.5\text{P}_2\text{O}_5$ 組成の光ファイバを 200°C で水素 1 気圧下でアニールしたときの OH ピーク (第 2 高調波) の成長

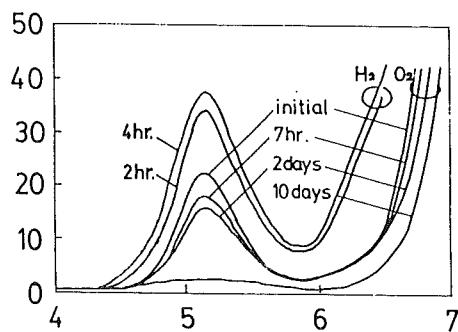


図5 9SiO₂ · GeO₂ガラスをO₂中で1000°C、7hあるいは10日アニールしたとき、あるいはH₂中で400°C、30分あるいは2hアニールしたときのVUV-UV吸収スペクトルの変化

イバ処理条件は200°C、1気圧の水素です。ファイバには、10モル%のGeO₂と0.5モル%のP₂O₅が含まれています。このように処理前（初期）のファイバに見られた1.4 μm帯の吸収（残留OHによる）は、水素雰囲気下での熱処理により著しく増大しました。よく見るとこのピークは、～1.39 μmのSi-OHによる吸収と～1.4 μmのGeOHによるピークの重ね合わせであり、両者はほぼ等強度です。ガラス中のSi/Ge原子比は10/1ですから、Geの方が選択的にOHに変わっていることがわかります。このとき真空紫外域の吸収スペクトルをとると（UVSORで測ったものです）、5.1eV及び6eV以上に強い光吸収帯が生じていることがわかります（図5）。この吸収帯の強度と、生成-OH基の赤外吸収強度とは比例しています。UV-VUV領域の吸収は、Ge²⁺によります。

そこでこの反応は、図6に示したようなものであることがわかりました。図中Tは、SiあるいはGeをあらわしています。つまり、ガラス中のGe⁴⁺が拡散してきた水素分子と反応してGe²⁺に変わり、同時に2個のT-OHが生ずる、というものです。生成したOHの濃度を赤外吸収から決定し、それからGe²⁺濃度を見積もり、実測UV-VUV吸収からモル吸光係数を算出すると、ほぼGe=O₂原子分子のそれと一致しました。光ファイバの水素ロス増という問題は、外界から拡散する水素が原因であることが判明した時点から精力的に研究され、外界からの水素拡散を防止し得るコーティング

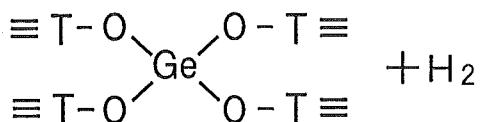


図6 9SiO₂ · GeO₂ガラスをH₂中でアニールしたときのT-OHとGe²⁺の同時生成のモデル。
TはSi or Geをあらわす。

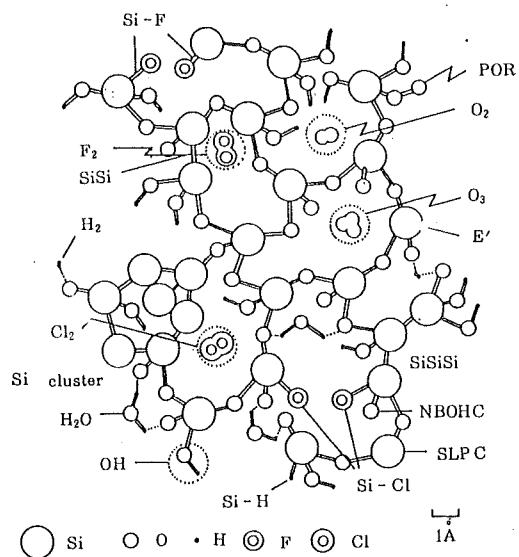
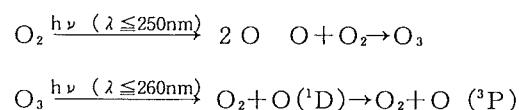
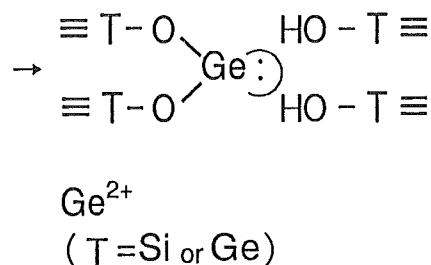


図7 シリカガラス中に存在する各種不完全構造の模式図
PRO;≡Si—O—O·,E';≡Si·,NBOHC;Si—O·,SLPC;Si:
を施すという、極めて工学的方法によって解決されました。

5. いろいろな不完全構造。図7にシリカガラス中に存在する各種の不完全構造を模式的に示しました。これらの生成、残存は作製法に依存していますので、特定ガラス中にこれらのすべてが存在しているわけではありません。平均組成がSiO_{2.1}とあらわされるような酸素過剰条件下では、これはO₂プラズマなどの条件下では特に顕著になりますが、その不定比性の原因は主としてO₂分子です。ガラス中のO₂は大気上層部での光化学反応と同じ反応を示します。



結局、オゾンが生成します。オゾンは勿論ガラス中に捉えられていますので、そのHartley bandと呼ばれる吸収が誘起されます。O₂は、X線、γ線あるいはArFなどの紫外線照射によって生じたE' center (≡Si·) と反応し、
≡Si· + O₂ → Si—O—O·



パーオキシラジカルをつくります。

酸素が不足の場合は、2種類の原因があります。ひとつは、微小なSiクラスター ($\equiv\text{Si}-\text{Si}\equiv$, $\equiv\text{Si}-\text{Si}-\text{Si}\equiv$ など) で、もう一方は Si^{2+} (SLPC) です。これらも特有な光吸収やルミネッセンスをもっています。ハロゲン (FやCl) は、大部分は $\equiv\text{Si}-\text{X}$ として存在しますが、これと平衡に X_2 のような分子の形でも存在します。水素も重要な不純物です。これは $\text{Si}-\text{OH}$ として存在するのが最も普通の存在形態ですが、 $\text{Si}-\text{H}$ や H_2 として含まれる場合もあります。

最後にこれらの不完全構造の光吸収帯を吸収断面積の形で表した図(図8)を掲げます。

6. 駆け足でシリカガラスの特徴を概観しました。これが技術課の方々にとって役に立つものかどうかは定かではありませんが、締切日を過ぎていますのでこの辺で一巻の読み切りとさせて頂きます。

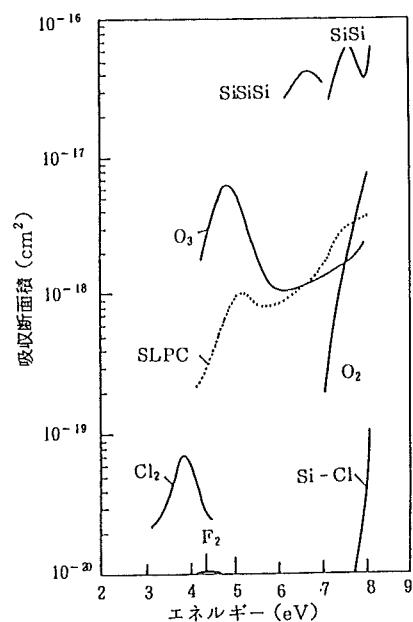


図8 シリカガラス中の各種不完全構造の吸収断面積 (SLPC: Si:)



施設の活動報告

電子計算機センター

電子計算機技術係長 西本史雄

平成5年度の電子計算機センター運用について

1. スーパーコンピュータの更新

平成5年度予算でスーパーコンピュータの更新が認められ、平成6年1月、新スーパーコンピュータシステムが導入された。旧システムと比較して、性能は飛躍的に向上している。基幹ソフトウエアであるOSはUNIX (SUPER-UX) になっている。既存の汎用機とともに、24時間1ヶ月の連続運転のサービスを行っている。

新スーパーコンピュータの概要は次のとおり。

新スーパーコンピュータの概要

メーカー・機種	NEC SX-3
演算性能	19.2GFLOPS
主記憶装置	2GB
拡張記憶容量	8GB
磁気ディスク装置	90GB
光磁気ディスク装置	790GB
磁気テープ装置	270GB

GFLOPS(ギガフロップス)

10億回浮動小数点演算／秒

GB(ギガバイト)

10億文字

2. センター棟の増築

平成5年度予算で電子計算機センターの増築が認められ、平成6年2月、新棟（2階建て、950平米）が完成した。1階に電算機室、電気・機械室。2階にワークステーション室、共同利用研究室などがある。

新棟の各部屋はユーザーのために開放されている。

3. 計算サーバーワークステーションの試験運用

平成5年10月より計算サーバーワークステーションの試験運用を行っている。

I BM PowerStation580	4台
日立 3050Rsv	4台

極低温センター (2/1/94現在)

極低温技術係長 加藤清則

この一年間の業務について、(1) 寒剤供給 (2) 高圧ガス製造所の維持管理 (3) ユーザーサービス (4) 技術開発について、年度途中ですが、概略報告いたします。

1 寒剤供給

今請求年度（1992.12—1993.11）の寒剤（液体窒素、液体ヘリウム）の供給高は以下の通りです。
液体窒素 65,143.4 ℥、液体ヘリウム 31,099 ℥です。価格は液体窒素 45円／ℓ、液体ヘリウム 210円／ℓです。昨年（会計年度1992.4—1993.3）の実績は、液体窒素と液体ヘリウムの供給量、供給価格はそれぞれ、60,376.9 ℥ : 40円／ℓ、23,029 ℥ : 310円／ℓです。ともに供給量の順調な伸びを示しています。液体窒素の供給価格は、前年度指数 112.5と上昇しましたが、液体ヘリウム価格については同、65と下がっています。このことは、ユーザーが“ヘリウムガスを逃がさずかつ高純度で回収することの重要性”を理解し始めたため、と考えます。センターは、これからも低価格かつ安定した寒剤供給を目指します。

液体ヘリウムの供給体制については、今年4月より自動供給装置2号機が本格稼動する予定です。同時に2箇所で供給できますので、週はじめの供給に余裕ができます。このシステムはIMSマシンとの協力で新システムとして誕生しました。

ヘリウムガスの回収に関して。コンパクトなヘリウムガス純度表示器を製作、貸与しました。個数は次の通りです。UVSOR 9台、機器センター 3台、装置開発室 1台、計13台です。実験現場で純度が監視できるので、リークの早期発見に非常に役に立っています。

寒剤の定期講習会（1993.5.14）には、液体窒素講習に40名、液体ヘリウム講習に45名が参加しました。臨時に行なわれる講習会でも今年度2月1日現在、窒素講習とヘリウム講習併せて27名が受講しました。

2 高圧ガス製造所の維持管理

- 定期自主検査 9月及び3月始め（予定）の2回
- 保安検査 3月4日（金）の予定です。愛知県庁の担当官が厳しく検査します。

- 開放検査 2月—3月始め。各高圧ガス設備について3年に1度行われます。今回は液化機とヘリウムガス高圧貯蔵庫になります。
- 高圧ガス地震防災訓練。9月1日、極低温センター主催。所内12名、生理研1名参加。
- 高圧ガス移動防災訓練。10月19日、愛知県主催（豊川市）。機構のマイクロバスで、9名が参加しました。
- CE安全講習。愛知県主催（名古屋市）。液体窒素破裂事故報告および安全指導。UVSORと極低温センターから各1名が参加しました。

3 ユーザーサービス

- 液体ヘリウム自動供給装置を増設しました。本格使用は4月からです。
- 極低温センターで実験されるユーザーのために、キニーポンプをオーバーホールしました。次年度にはもう1台整備する予定です。
- ストックルームの利用が順調に増えています。今請求年度の利用額は 494,707円です。これからも、IMSでしか手に入らない品物を装備し実費でお分けする方針です。
- 極低温実験機器の整備、管理。
所内外のユーザーは次に述べる装置を利用し、結果を発表しました。希釈冷凍機、12テスラ超伝導マグネット、SHEースクイッドマグネットメーター。
なお、カンタムデザイン社のスクイッドも管理しています。

4 技術開発

今年度に開発した3件を核融合科学研究所技術研究会（1994.3月、土岐市）で発表します。

- 液体ヘリウムトランスマッピングのモーター駆動ニードルバルブ
 - 液体ヘリウム移送用ポンプの開発
 - 極低温で使用できるカットオフシール
- aとbはIMSマシン推進機構との共同開発です。a、bの内容概略は、IMSマシン発表会で述べた通りです。

機器センター

研究機器技術係技術主任 山 中 孝 弥

平成5年度、機器センターでは6月1日にまず小型貸出機器の業務をオンライン方式に移行した。続いて9月1日に中型機器についても移行を行い、現在順調に稼動している。オンラインシステムの概略については機器センターの事務処理と共に本誌創刊号で紹介しているので参考にして頂ければ幸いである。オンラインに移行するにあたり、ご理解とご協力頂いた関係各位にここに改めて感謝したい。研究機器では昨年度導入された特別設備「光エネルギー変換力学解析システム」がテスト運転に入り、平成6年度に予定されている。一般利用開始に向けて準備を進めている。このシステムの中核とも言えるTi:サファイアレーザー／増幅器から、フェムト秒仕様において、出力光パルス半値幅180fsec、パルスエネルギー5mJの実測値を得ている。これにより、機器センターのパルスレーザーもフェムト秒領域に突入した。詳しい性能については次号以降に紹介したいと考えている。

機器センターの活動として、今回はエキシマーレーザーと可視紫外分光光度計の平成5年度上期の使用状況を紹介

して報告とする。

エキシマーレーザー

エキシマーレーザーは1983年度にラムダフィジック社のEMG50MSCが導入されて以来、利用者の増加に伴って、数年毎に同社の後継機が追加購入され、現在は合計5台が機器センター及び実験棟の各実験室で稼動している。特に週の初め（ほとんど月曜日）に、数名の人がオレンジ色の物体と数本のガスピンベを楽しそうに運んでいるのを見かけられた方もある。あれがエキシマーレーザーである。性能の概要を表1.a.に示す。フッ素系が1台、他はXeClであり表1.b.に示す色素レーザーと共に使用されている。利用者は極めて多く、1カ月に一度、利用者が参集してマシンタイムの打ち合わせ会を開いている。

今年度上期の研究グループ毎にまとめた利用状況を図1に示す。機器センターを含む7研究グループにおいて利用された。

EMG50MSCはFL2002との組み合せで用いられて来たが、

表1.a. エキシマーレーザーの概要

項目 型式	使用ガス (発振波長)	パルス エネルギー	最大発振 繰返し速度	購入年度	備考
EMG50MSC	XeCl (308nm)	100 mJ	200 Hz	1983年度	'92年9月までFL2002の 励起に使用
EMG104MSC	XeCl (308nm)	70 mJ	500 Hz	1986年度	FL3002の励起に使用
LPX110i	ArF (193 nm) KrF (248 nm) XeF (351 nm)	150 mJ 250 mJ 100 mJ	100 Hz	1989年度	主としてArFで使用
LPX105i	XeCl (308nm)	200 mJ	50 Hz	1991年度	LPD3002の励起に使用
LPX205i	XeCl (308nm)	400 mJ	50 Hz	1991年度	'92年9月よりFL2002の 励起に使用

表1.b. エキシマーレーザー励起色素レーザーの概要

項目 型式	スキャン	高調波の トラッキング	高調波結晶の種類	エタロン	購入年度
FL2002	△:外部信 号必要	×	KDP(270-348nm):2個 KDP(260-285nm):1個	×	1983年度
FL3002	○	- ○		○	1986年度
LPD3002	○	○	KDP, BBO1,BBO2	×	1991年度

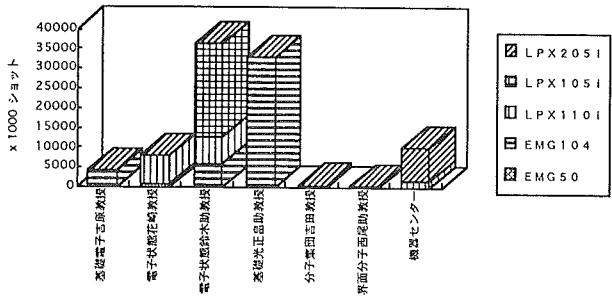


図1 平成5年度上期エキシマレーザー利用状況

現在は単体での使用となっていることから、他の型式に比べて利用度も低くなっている。色素レーザーが追加導入されれば、色素レーザー利用希望者のマシンタイム緩和に寄与すると思われる。EMG104MSCは、最大繰返し速度が500Hzと他に比べて高い事が特徴で、色素レーザーFL3002との組み合せで利用されている。LPX110iは唯一のフッ素系ガスによって利用されている。最近、利用希望者が多く、前述のマシンタイム打ち合せ会での調整に四苦八苦するレーザーである。今期の利用者は機器センターを含めて5研究グループあった。LPX105iは色素レーザーLPD3002と組み合せて利用されている。EMG104MSC/FL3002と同期させた実験に多く用いられている事も本レーザーの特徴である。LPX205iは、EMG50に変わって、FL2002と組み合せて利用されている。このレーザーはヘッドの長さが1m90cmあり、移動させることが困難であることから機器センター実験室内での利用を原則としている。

利用状況及び利用者の声から、 $XeCl$ /色素レーザーとフッ素レーザーをさらに1台ずつ導入することによってマシンタイムの緩和をはかる必要があると思われる。

可視紫外分光光度計

可視紫外分光光度計は同様な装置を2台保有している。ときどき利用希望者から「○×の試料を測定したいのですが、どちらを使った方がよいですか。」と質問を受ける。そんな時、気体試料の測定結果及び使用感から「希ガスの高分解能(～0.1nm)スペクトルを得る以外は、日立U-3400を使った方が、使い勝手の面で便利ですよ。」と答えている。

平成5年度の使用状況を図2に示す。気体を測定する利用者がいない事もあって、日立の利用が圧倒的に多い。

Cary及び日立共に購入後10年以上が経過し、更新の時期を迎えている。最近のカタログによれば、データのクオリティの向上は言うまでもなく、微小領域の反射や透過の測定が標準的に可能(むしろ10mmセルによる測定がオプション的になっている)であり、またマルチチャンネル型に対抗して高速スキャナによる測定時間の短縮など、さまざまな特徴を有している。導入を希望する利用者からの声も多い。

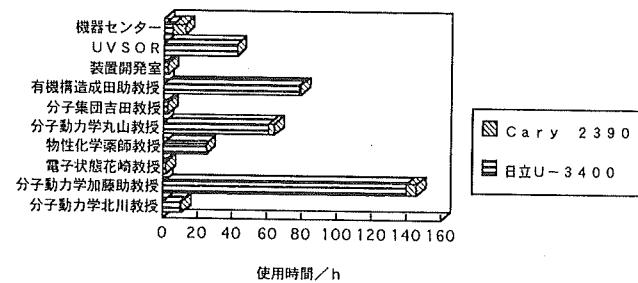


図2 平成5年度上期可視紫外分光光度計利用状況

化学試料室

化学試料技術係 田村正章

化学試料室では所内研究者を対象として、1.実験器具、試薬等の貸出しや蒸留水の供給、2.質量分析、元素分析の依頼機器分析、3.実験廃棄物の管理、等のサービス業務を行っている。そこで本稿では今年度の化学試料室の活動報告として、これらのサービスの平成5年度上半期（4月～9月）の利用状況をまとめてみた。化学試料室が分子研でどのように利用されているかということを知る一助となれば幸いである。

1. 実験器具、試薬類

化学試料室では備え付けのガラス器具やスターラーなどの様々な実験用汎用機器の貸出しを行っている。さらに、ストックルーム（化学試料棟201号室）には平成6年1月現在982種類の一般的試薬や溶剤が、高圧実験室（209号室）には塩素やアンモニア等のガスピンベがそれぞれ保管されている。合成実験や悪臭を伴う実験などの際には実験室（ドラフト）の利用も可能である。このような設備備品は所内のユーザーであれば正規の手続きを経て使用することができる。表1に今年度上半期のそれぞれの利用状況を示した。また、205号室に設置されている蒸留水製造装置によって供給できる蒸留水はその純度によって蒸留水、蒸留純水、超純水に分類できるが、その利用状況を表2に示す。

表1 実験器具、試薬類の利用状況（平成5年度上半期）

内 容	利用件数
ガラス器具・実験用汎用機器貸出し	53
ストックルーム試薬利用	107
ガスピンベ貸出し	8
実験室（ドラフト）利用	8

表2 蒸留水の利用状況（平成5年度上半期）

分 類	利用件数	供給容量(リットル)
蒸 留 水	79	1166
蒸 留 純 水	18	52
超 純 水	55	565

2. 機器分析

化学試料室で維持、管理を行っている分析、測定機器としては次のようなものがある。

- ◆島津ークレイトス CONCEPT IS 二重収束型質量分析計
- ◆柳本 MT-3 元素分析計
- ◇島津 QP-1000EX 四重極型質量分析計
- ◇パーキンエルマー MODEL 1640 フーリエ変換赤外分光光度計
- ◇バリアン EM-390 核磁気共鳴装置
- ◇島津 UV-2100 分光光度計

このうち上の2つ（◆印のもの）の機器は分析依頼を受け付けているもの、下の4つ（◇印のもの）の機器は所内にオープンにされており自由に測定できるものである。表3には依頼分析（質量分析と元素分析）の各部門別の利用状況を、図1には元素分析の依頼件数の最近2年間の推移を示した。

表3 依頼分析の利用状況（平成5年度上半期）

部 門	元素分析(件数)	質量分析(件数)
相 関 領 域	145	103
分 子 集 団	15	19
電 子 構 造	3	2
錯 体 化 学	160	76
化 学 試 料 室	87	15
装 置 開 発 室	1	4
そ の 他 (外 部)	4	14
合 计	415	238

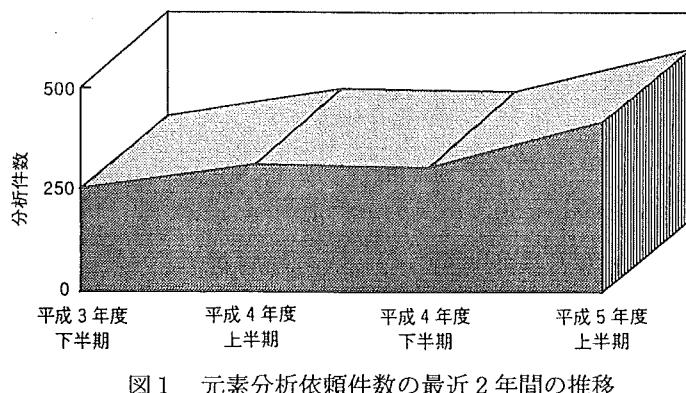


図1 元素分析依頼件数の最近2年間の推移

表3の質量分析の依頼数238件のうち低分解能測定は213件、高分解能測定は25件である。また、最近最も注目されているイオン化方法であるFAB法による分析依頼は全分析数の約80%を占めた。元素分析の依頼件数は増化の傾向があり、平成5年度上半期は平成3年度下半期の約1.7倍の件数となった。

次にルーチン測定用の4つの分析機器の利用状況について表4にまとめた。

表4 分析機器の利用状況(平成5年度上半期)

機種	測定件数
質量分析 (QP-1000EX)	450
FT-IR (MODEL 1640)	261
NMR (EM-390)	12
紫外-可視光 (UV-2000)	23

四重極質量分析計 (QP-1000EX) とFT-IRの利用頻度は非常に高く、これらは一日あたりそれぞれ2.5回、1.4回使用されたことになる。一方、NMRと紫外-可視分光光度計はあまり活用されていないが、これは、これらの機種が旧型であることと分子研の他の部署にも同様の装置が既に導入されているためであろう。

3. 実験廃棄物

化学試料室では現在のところ、表5に示すような14の分類に従って実験廃棄物を管理しており、液体廃棄物（記号A）に対しては20リットルポリタンク、固体廃棄物（記号B）用には10リットル広口ボリ容器を貸出している。今年度上半期の廃棄物分類別の容器貸出数を表5に示したが、炭化水素系廃溶剤（A-1）がほぼ半分を占めている。図

2の円グラフは廃棄物用容器の貸出数（分類は問わない）の部門別の割合を表わしている。このグラフから合成実験や色素レーザーを用いた研究を行っている部門の利用率の高いことを読み取ることができる。

表5 実験廃棄物の分類別利用状況(平成5年度上半期)

記号	廃棄物分類	貸与個数
A-1	炭化水素系廃溶剤	94
A-2	ハロゲン系廃溶剤、硫黄化合物廃液	26
A-3	難燃性含水有機廃液	14
A-4	重金属系廃液	12
A-5	水銀系廃液	1
A-6	シアン化合物廃液	2
A-7	フッ素化合物廃液	0
A-8	六価クロム化合物廃液	2
A-9	廃ポンプ油	6
A-9	特殊廃液	8
B-1	シアン系固体廃棄物	1
B-2	重金属系固体廃棄物	1
B-3	有機リン系固体廃棄物	0
B-4	有機水銀系固体廃棄物	2
B-5	有機、無機系固体廃棄物	27
	合計	196

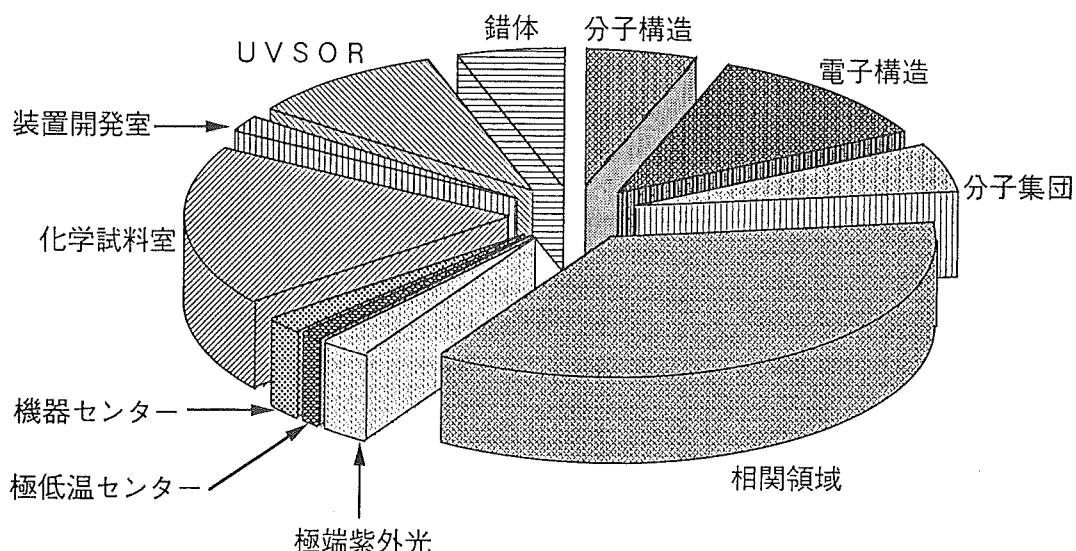


図2 廃棄物用容器貸出数の部門別割合(平成5年度上半期)

装置開発室

装置開発室技術係長 堀米利夫

平成5年度は長い間在籍されていた三谷助教授（12年？）が3月をもって北陸先端科学技術大学に移られ、新しい助教授が決まりず不安定な船出となりました。しかし、装置開発室が大きく変化することはありませんでしたが、日常的なことで少し変わったように感じられる。

その第一は、これまで助教授が総括していた装置開発室の運営を円滑に行うために、内部的にIMSマシン関係とサービス関係とに分けて運営していく体制の変化である。サービスは今までの各セクション（メカトロニクス、エレクトロニクス、ニューマテリアル）を一つにまとめ名前もセクションをやめ、新しく〔テクニカルサービス〕と改めた。技官5名で運営し、機械工作、回路工作、ガラス工作、写真撮影などを基本業務とし、研究系・他施設からの工作

A. テクニカルサービスの業務

1. 工作依頼……総件数177件（詳細依頼状況一覧を参照）

- ▼主な工作依頼
- ・フラー・レン製造装置：分子構造（進行中）
 - ・高感度質量分析装置：基礎光化学
 - ・ファブリペロー分光器：分子構造
 - ・Liq. Heクライオスタット：分子構造
 - ・高温パルスノズル：機器センター
 - ・300Vパルス電源：電子状態動力学（進行中）
 - ・磁場中2軸回転クライオスタット：分子集団（進行中）

2. 機器保守……各工作室に設備されている機器の保守・点検

- ▼主な修理項目
- ・理研施盤の変速器修理（メカトロニクス）
 - ・超音波加工機の発振器修理（ニューマテリアル）
 - ・プリント基板加工機のハードディスク交換（エレクトロニクス）
 - ・CAD/CAMシステムのディスク交換（メカトロニクス）

▼各工作室一般利用者数……装置開発室の設備を利用して自ら工作された件数

- ・機械工作室……約500件
- ・回路工作室……約10件
- ・ガラス工作室……約30件

3. ストックルームの管理……エレクトロニクス関係のストックルーム整備（進行中）

4. C₆₀供給……C₆₀を中心としたハイヤーフラーレンの供給（C₆₀供給一覧参照）

【C₆₀、C₇₀供給一覧】

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
C ₆₀	3.5g	1.5g	2g	5g	1g	3g	3g	*	*	*
C ₇₀	—	300mg	—	1g	—	200mg	—	—	—	—

*ハイヤーフラーレンC₇₀以上分離中
C₆₀を20mg分離、他については分離中

【平成5年度工作依頼状況一覧】

月	依頼件数	メカトロ	エレクトロ	マテリアル	写真	注1 外注利用	注2 設計	注3		注4 未処理
								7日以内処理(1ヵ月以上)	(1ヵ月以上)	
4	16	11	1	4	0	6	2	4	(6)	0
5	20	15	1	4	0	4	2	9	(3)	0
6	26	22	2	2	0	7	4	11	(3)	2
7	17	12	1	4	0	6	2	9	(1)	0
8	14	12	2	0	0	5	1	3	(2)	4
9	15	12	0	3	0	8	2	4	(3)	0
10	16	11	0	4	1	2	1	11	(2)	1
11	18	14	1	1	2	5	1	6	(2)	0
12	14	12	0	1	1	1	1	6	(1)	4
1	21	17	0	3	0	0	0	10	(0)	8
合計	177	138	8	26	4	44	16	73	(23)	19

平成6年1月27現在

注1. 依頼の製作の中で一部分のみ外注を利用した依頼も一件と計算した。

注2. 設計を必要とした工作依頼件数。

注3. 依頼されてから7日以内に製品を引き渡しを完了した件数、()内は製品の引き渡し完了までに1ヵ月以上を要した件数。

注4. 1994.1.27現在の未処理件数。

B.技術開発推進本部の業務

1.推進本部の活動経過

- 1993.4 平成5年度IMSマシン課題研究の公募を開始。
- 1993.5 分子研オープンセミナー『特許の考え方・取り方』を開催。
- 1993.6 平成4年度IMSマシン製作中間発表会開催。
- 1993.7 装置開発室で開発した光学窓シール技術について、推進本部と株式会社堀場製作所が共同で特許出願。
- 1993.9 平成5年度IMSマシン選考委員会（2回開催される）について、申請7件の中から2件が採択され、設計、製作を開始。

- ▼採択課題：1) 広帯域赤外窓付超高真空ビューポート
2) High-Mass用TOF型分析装置の試作

- 1993.12 平成4年度IMSマシン成果発表会開催。

- ▼発表課題：1) Fabry-perot干渉分光器の高速超安定化装置
2) 液体ヘリウム自動供給システム
3) 低温クライオスタット用光学窓
4) 中赤外光源・分光システムの開発

2.平成5年度のIMSマシンの担当技官

- 1) 広帯域赤外窓付超高真空ビューポート
担当技官：岡田則夫
- 2) High-Mass用TOF型分析装置の試作
担当技官：鈴井光一・吉田久史
- 3) ニューラルネットワークを用いた制御技術の開発（調査課題）
担当技官：吉田久史

3.特許関係……IMSマシンの製作及びテクニカルサービスの日常業務に依って培われた優れた技術について特許申請をするように努力をしている。

- 1) マルチチャンネルFT分光器（日本分光と共同）……出願中
- 2) パルスノズル（日本真空と共同）……………出願済
- 3) 光学窓シール技術（堀場製作所と共同）……………出願済

極端紫外光実験施設 (UVSOR)

極端紫外光実験技術係長 松 戸 修

1. はじめに

前号で酒井班長よりUVSORの技官の仕事の紹介がなされたが、諸般の事情により組織形態の変更が行われた。昨秋、二教官の転出、一教官の着任があり、それを機に技官グループの振り分けが行われた。今まででは技官全員が一室に住み、UVSORの仕事の全般にそれぞれが様々な形で関わってきたが、グループ分けと居室の配置替えが行われ、主たる仕事の分野を分けることになった。ただ、今までのいきさつや各人の持つ技術の関係で、いわば、ゆるやかな分離でお互いに協力しあう形態をとるという事になった。ちなみにグループの紹介をすると、加速器（木下・山崎）、観測系1（酒井・中村）、観測系2（松戸・蓮本）である。また、加速器の運転当番が3グループから4グループに改編された。ちなみに運転当番は施設職員全員に割り当てられる。

2. 活動報告

まず、加速器グループの活動であるが、昨春、自由電子レーザー（FEL）で世界で二番目に短い波長（300nm付近）の発振に成功した。現在は波長域を可視光に移してビーム・ダイナミクスの解明の実験を行っている。また、短波長（5 keV付近）で強い光が得られる超電導ウェイグラーの来年度からの本格利用を控え、改修、整備を行っている。ほかには、安定なSOR光をユーザーに供給するために、高調波加速空洞をはじめとする種々の装置の整備を行っている。また、今回の組織改編は加速器グループのパワーの強

化になり、今まで懸案事項とされてきた仕事がスタートしている。加速器予備部品のデータ・ベースによる管理、計算機制御の進展とそれに伴う不用物品の整理、電子ビーム・モニターの遠隔制御等である。

観測系においては、各自担当のビーム・ラインで毎週ユーザー実験の世話をを行い、実験ごとに新しく必要となる物品の整備、装置の改修を行った。具体的な事例では、BL3A2やBL7Bでの回折格子の交換と光軸調整、BL7Aでの分光結晶駆動機構のつくり直しによる性能向上、BL6A1の干渉計の送り機構の改修等があげられる。また、BL1Bでは前置鏡の遠隔操作化が行われる。新ビーム・ラインの建設では、BL8B1の15m定偏角斜入射分光器が完成し、現在はBL5Aの（定偏角斜入射+直入射）分光器の設計が進められている。両ラインとともに、新しいスタイルのビーム・ライン（究極の分光器）を目指し、最新の装置・部品をとりいれ遠隔制御・計算機制御化を図っている。組織改編による観測系への影響として、ビーム・ライン担当において1教官+1技官で担当する図式がより明確になってきた。

保守業務では、昨年9月の放射線発生装置の立ち入り検査に向けて種々の安全管理装置の点検・改修を行ったほか、定期的に行う加速器の電磁石電源等の点検を行った。UVSORでの液体ヘリウムの使用量は以前から多く、また、最近は量が増えると共に実験箇所も増え、ヘリウム回収純度不良を起こす可能性が高く、極低温センターの協力により各回収ラインにヘリウム純度計を設置し、純度不良事故の減少を図った。

技術活動報告

装置開発マシンショップ設備紹介

装置開発技術係 加藤 真治

装置開発では、ユーザーの依頼に応じて、実験装置を設計制作することを、日常業務としています。私の装置開発での仕事は、（1）受け取った工作伝票を処理すること、（2）突然装置開発を訪れる人への親切な対応（本人だけが、そう思っている？）、（3）担当している機械のメインテナンス及び、習熟、（4）メカトロニクスストックルームの管理です。

装置開発メカトロニクスは、たくさんの機械を備えております、フライス盤、施盤は言うに及ばず、SunワークステーションによるCAD、ワイヤーカット放電加工機、電子ビーム溶接機等々、所狭しと置かれています。そこで今回この機械の中でもあまり人に知られていない、ワイヤーカット放電加工機の一層の活用を願い、この機械の紹介をしようと思います。

放電加工機が、一般の工作機械と一番異なる点は硬い刃物を必要としないことです。加工は銅などで作った電極をワークに（被加工物）数ミクロンまで近づけ（水中又は油中）その間で放電を発生させ、加工します。その加工形状は、その電極を押しつけたような形状になります。

この電極に線状のワイヤーを用いたものが、ワイヤー放電加工機であり、ちょうど糸鋸で切るように加工できます。実際には数値制御装置と組み合わされ、2次元輪郭形状を加工します。尚ワイヤーは加工中、上から下へと常に流れ、使い捨てを前提に、可能な限り仕上げ面が良好で加工速度の速い条件を使用するので再利用はできません。もつたないように思われますが、加工には主に黄銅ワイヤーを用いるためワイヤーそのものランニングコストはあまり高くありません。

当室には三菱電機製DWC-90Hが入っております。加工エリアは250mm×200mmで厚さは100mmの物まで加工可能です。板厚にもよりますが、±5°のテーパー加工もできます、又テーパー加工のみならず、上下任意形状という上面と下面で全く形状の異なった加工をするという芸当もこなします。加工によりできる溝幅は狭く0.26mm程度です（直径0.2mmの黄銅ワイヤーで板厚10mmのSKD-11を加工速3.2mm/minで加工の場合）。加工面あらさは前記の条件で10~12μmRmaxになります、必要であれば2回、3回と条件を変え、繰り返し加工することにより3~5μmRmaxにすることも可能です。加工された面は加工時の高温高圧により変質層と呼ばれる、母材とは異なる性質を持った層ができます。この層の厚さはワイヤーカットの場合、仕上げ面荒さと同等か、厚くても2倍程度と考

えられます。この層は電解研磨で簡単に取り除けるため、試料の切断を依頼されたこともあります。

先に加工の様子を糸鋸にたとえましたが、実際にはワイヤーとワークは直接触れあうことがないため、加工中ワークにかかる力は極僅かです。そのため固定も軽く締め付けるだけです。変形しやすい物も加工できます。真空チャンバーのポート接合部など、昔はNCフライス等で加工していましたが、近ごろではワイヤーカットに変わりつつあります。又薄板への加工も簡単にできるのでゲージ、チャッパーなどもかなり精度良い物が製作可能です。

以上のように他の機械にない特徴をもつワイヤーカットですが、加工原理上できない工作も存在します、それは絶縁物への加工であります。非金属（宝石、ガラス等）の表面に針状電極を立て、コロナ放電による熱作用により、微小部分に孔を明けることが可能であると、文献にはありますが、一般的には不可能です。又ワイヤーカットは機構上上下にワイヤーを張り、それを電極としている関係上、パイプの様な形状は得意だが、コップの様に底のあるものはできない点です。しかし、この点は型彫放電加工機との併用により、かなりカバーできると思われます。

思いつくままに、ワイヤーカット放電加工機の特徴を書いてみました、もしワイヤーカットを活用できるような、装置なり部品を思いついた方は、どんどん装置開発に依頼してみてください。

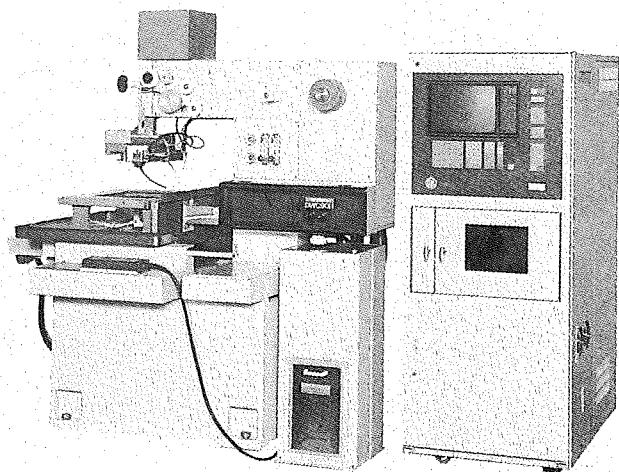


図1 三菱電機製ワイヤーカット DWC-90H

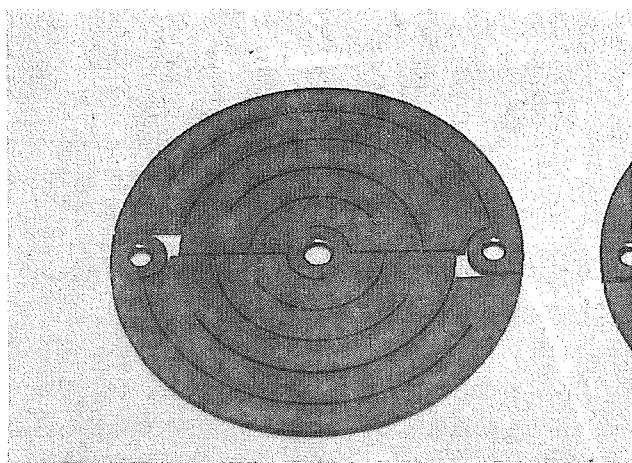


図2 タングステン基板ヒーター

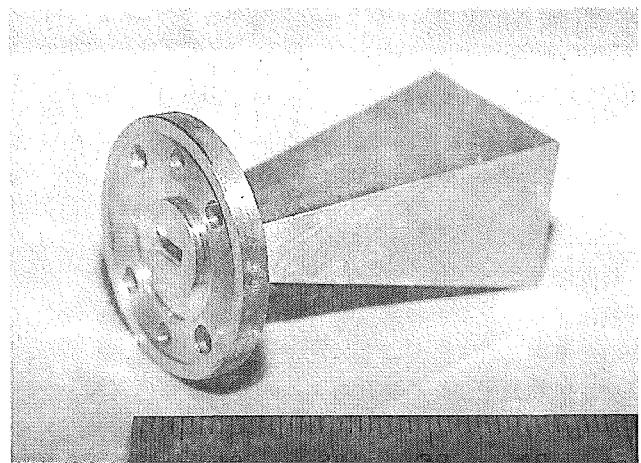


図3 ミリ波用立体回路ホーン

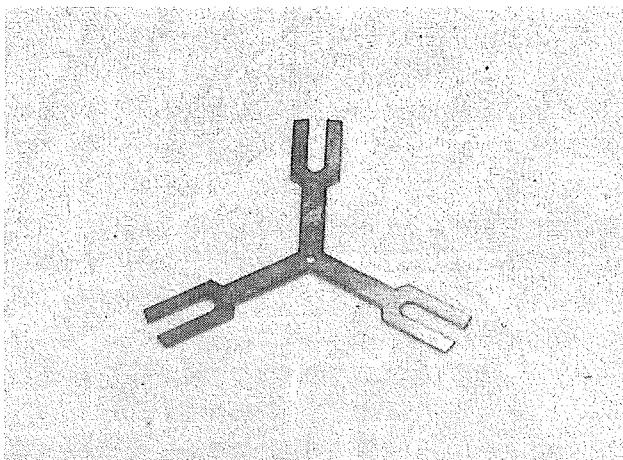


図4 ガスケット固定用バネ

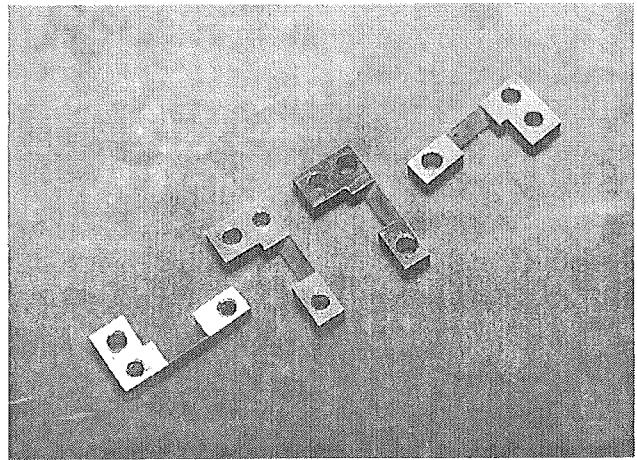


図5 热起電力測定用ホルダ

UVSORにおけるFELの現状

極端紫外光実験技術係 山崎潤一郎

1. はじめに

UVSORでは稼動期間40週のうち、36週がユーザータイム、4週がマシンスタディに割り当てられている。その他毎週月曜日がマシンスタディ（週の中に祝日、休日があるときは原則として行わない）になっている。その内容は光源に関するもので、最近ではバンチ長の測定、FEL（自由電子レーザー）実験、ハーモニックキャビティを用いた時の蓄積運転等を行ってきた。現在はより短波長の発振を目指してFEL実験を再開している。

今回、進行中のFEL実験について得られているデータをもとに中間報告する。

2. なぜ自由電子レーザーが必要か？

レーザーは一般には波長固定であり、実用化しているレーザーの波長範囲はとびとびである。また、波長可変の特殊なレーザーもあるが、可変範囲が限られていたり、大きな出力パワーを取り出せない場合もある。そこで、このような制限を解消するために研究がすすめられているのが、この新しい光源すなわち自由電子レーザーである。

また、主な特徴として

- (1) あらゆる波長範囲で動作する
 - (2) 波長を連続的に変えることが出来る
 - (3) 大出力パワーを取り出せる
- などが挙げられる。

3. 世界各国と日本の現状

自由電子レーザーの研究は世界各地で精力的に行われている。短波長領域において、ロシアでは1988年に紫外領域での発振に初めて成功し、波長は世界最短の240nmである。1991年にはフランスで、同じく紫外領域の波長350nmの発振に成功した。またアメリカとドイツにおいて、自由電子レーザー専用のストレージリングが建設中である。

日本では1980年代後半から研究が開始され、1991年に電

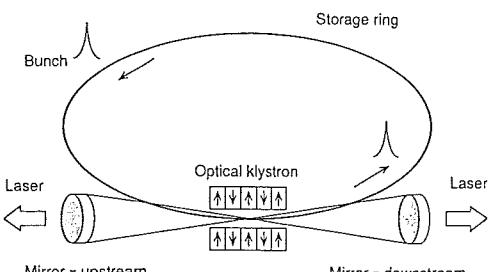


図1 UVSORにおける自由電子レーザーの概略図

子技術総合研究所において、可視領域である波長600nmの発振に初めて成功した。その後同研究所において自由電子レーザー専用のストレージリングを建設し、1992年に600nmと488nmの発振に成功した。

4. UVSORにおけるFELの現状

1985年頃から光源グループにより、短波長領域でのFEL開発の基礎研究を行い、1991年にアルゴンレーザーと挿入光源であるアンジュレータを用いて、光の増幅率を測定した。測定の結果、得られた増幅率(0.08%)が発振実験を行うには低すぎるので、アンジュレータをより高い増幅率の得られる光クライストロン型に改造した。光クライストロン型とは、2台のアンジュレータの間に強い磁場を持つ分散部を挟んだ装置で、この強い磁場の効果で、電子ビームのエネルギー変調を密度変調に変換する効果が増し増幅率が高くなる。これを用いて同様に増幅率を測定した結果、

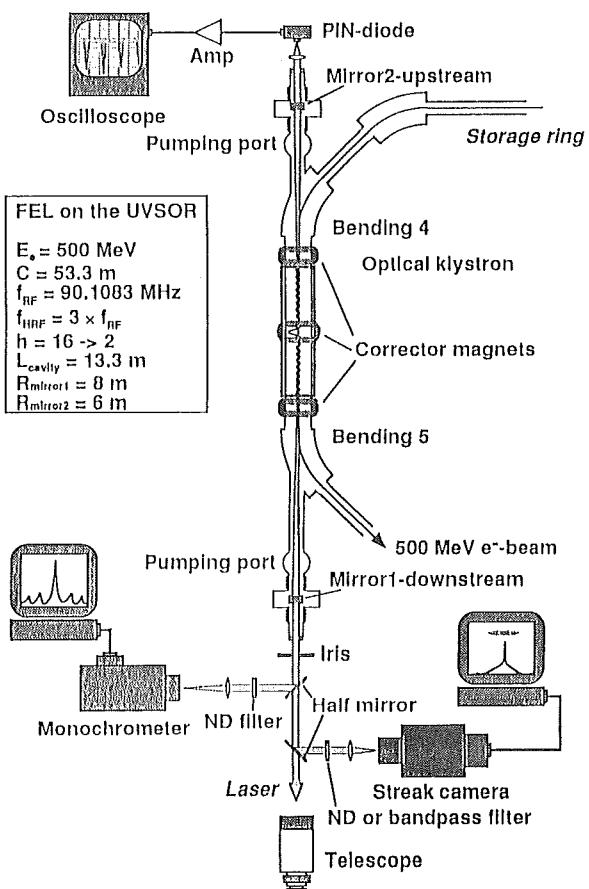


図2 FEL実験のレイアウト

通常型アンジュレータに比べ増幅率が5倍に上がった。その後、アンジュレータの上流、下流に光共振器（高反射率ミラー）を構成し、発振実験を行った。1992年3月、430nm～480nmの可視領域で最初のレーザー発振に成功した。その後、レーザー光の短波長化の研究を行い、1993年7月紫外領域である295nm～305nmの発振に成功した。

5. UVSORにおけるレーザー発振の原理

ストレージリングに、対角上に2バンチ貯蔵して運転を行う。光共振器の長さはストレージリングの周長の1/4に選んだので、光が光共振器を往復する毎に電子ビームと相互作用し、レーザー発振が行われる（図1）。尚、電子ビームエネルギーは500MeVを選んでいる。FEL実験のレイアウトを図2に示す。

6. 可視領域から紫外領域への短波長化

自由電子レーザーの波長を短くするには、電子エネルギーを高くする方法とアンジュレータの磁場を低くする方法の2通りあるが、今回は増幅率の低下が少ない後者を選んだ。その結果300nmでも、可視領域と同じ0.4%の増幅率が得られた。更に増幅率を高めるためには、ビーム電流を増やせばよいが、逆にミラーの反射率を低下させる。そこで高周波加速システム（ハーモニック・キャビティ）を用いて、増幅率を高める方法を採った。その結果、ビーム電流10mA/バンチで0.7%の増幅率が得られた。

この様な条件で発振実験を行うが、紫外光は目に見えないので最初のミラー調整の際に、蛍光板を用いて可視光に変換してアライメントを行ったが、感度が低く苦労した。

最初の発振実験は340nm付近で行った。この波長は一瞬発振するが、すぐ停止してしまった。原因は、多層膜ミラーがアンジュレータからの強い自発放射により損傷を受け、340nm～400nmの範囲において反射率が急速に低下したた

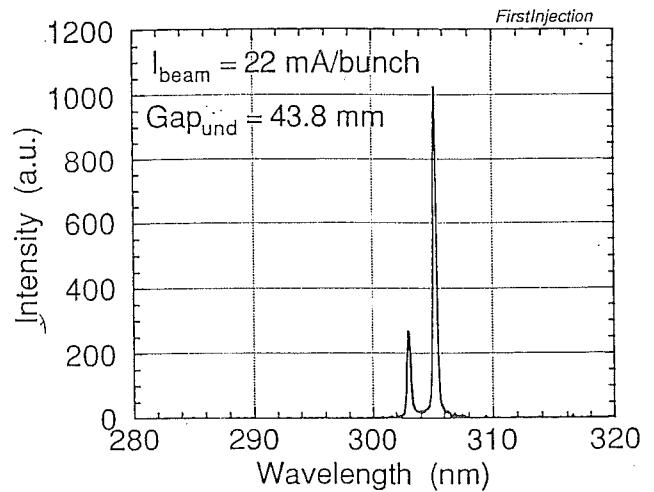


図3 紫外発振で得られた波長スペクトル

めと分かった。そのため目標波長を反射率低下の少ない300nmに変更して発振に成功した。（図3）。

今回の紫外領域での発振実験において、300nm付近ではビーム電流が減少する約30分の間レーザーが安定に発振することと、反射率の低下が少ないので何度も発振可能なことがわかった。

7. おわりに

自由電子レーザーは、まだ知られていない現象が多くある。これまでの実験で可視領域ではあるが、G-switching発振モードでマクロパルスの波形測定を行い、その波形変化により実行的な増幅率の時間推移などを知ることができた。

今後可視および紫外領域において、レーザー出力のビーム電流依存性測定、また発振下の増幅率変化とビームのエネルギー広がりの関係などさらに基礎研究を進めたい。

テクニカルサービスエレクトロニクスセクションについて

装置開発技術係 内山功一

1. はじめに

装置開発室では現在、研究者からの依頼によるサービス業務を担当するテクニカルサービスと、IMSマシンの開発室を担当する技術開発推進本部の2つのグループで運営されている。自分は、テクニカルサービスのエレクトロニクスセクションのスタッフとして業務にあたっている。業務内容としては、研究者からの依頼による伝票処理をはじめとし、装置開発室の各ストックルームにあるコンピュータの管理、エレクトロニクスパーツ・ストックルームの管理等があげられる。ここで活動報告として、自分がどの様な業務を行っているのかを報告する。

2. 業務内容について

テクニカルサービスの基本業務は研究者からの依頼による伝票処理業務が中心となる。過去2年間に私が担当した依頼リストを表1に示す。リストからも分かる様に、依頼内容には、電源等の単独で使用する回路から、コンピュータ制御による計測システムの様な大規模な回路まで多岐に渡っている。特に、結晶作成用微少電流源や、Fuel Injection Driverは入所以来相当数を製作してきた。その経験によって、OPアンプを用いたアナログ回路、及びデジタルICによる論理回路についての設計は、問題無く行えるようになっ

たと自負している。最近の依頼としては、高速高圧パルス電源の依頼が多くなってきている。高圧パルスのスイッチングには、MOSFETを使用して1.5KV出力で、立ち上がり120nsecのパルスを得ている。これ以上の高圧になると、MOSFETの多段接続やBEHLKE社の電子スイッチ（内部はMOSFETの多段接続と思われる）を使用して製作する事になる。BEHLKE社の製品は何度か使用してみたが、カタログ通りのスペックを実現するのは非常に困難であると言える。これは、高速高圧スイッチング時に発生するノイズによって、回路の動作がきわめて不安定になる為である。実際には、この電子スイッチへRCによるアブソーバーを挿入して、スイッチングスピードを低下させて使用している。この問題点は、MOSFETの多段接続においても同様であると思われるが今後は、より安定した高速高圧パルス電源の製作を目指していきたい。

また、計測システムにおいてコンピュータ制御などを行う場合には、必要となるソフトウェアの開発も行っている。

基本的には、アセンブリによるBASICやC等の高級言語とのハンドラを提供する。それを用いてユーザーはメインプログラムを開発することになる。また、プログラムを作成することが不可能なユーザーには、そのメインプログラムの開発もサポートしている。現在の依頼状況では、PC

表1 過去2年間に担当した依頼品リスト

受付年月日	依頼内容	台数	備考
平成4年4月	メカトロニクス・ストックルーム出庫管理プログラム	1	ストックルーム関連業務
	ガラスパーツストックルーム出庫管理プログラム	1	同上
	質量分析計用高圧パルサー	1	
平成4年8月	パルス高電圧電源	1	
	ジェネラルバルブ用パルスバルブドライバー	1	
	2 Channel (Dual) Timer	1	
平成4年9月	結晶作成用微少電流源	10	基板のみ作成
平成4年12月	高電圧高速パルススイッチ	1	
	DualMultiChannelScaler	1	PCとのハンドラ含む
平成5年2月	FuelInjectionDriver	2	
平成5年3月	同上	1	
平成5年4月	FuelInjectionDriver基板	1	基板のみ製作
平成5年6月	偏向電極用300Vパルス電源	1	
	荷電粒子加速用3KVパルス電源	1	
	電子エネルギーAnalizer偏向電極用電源	1	
平成5年8月	電源基板(4種類)	各1	
	フラーイン製造装置	1	駆動回路設計のみ
平成5年11月	IVアンプの基板	1	基板のみ製作

—9801を用いてBASICによる計測を行っているユーザーが大半を占めている。よって、エレクトロニクスセクションでは、BASIC及び86系のアセンブリでのサポートをするべく体制を整えている。今後、DOS/VマシンやMACのユーザーが増え、そのようなユーザーからC言語やPASCALによるプログラム開発の要求が増えると思われる。その様な事態に対処するため、現在勉強会を開いてC言語を学んでいる。

エレクトロニクスセクションの中で、一般利用可能な装置にプリント基板作成用CAD/CAMシステム（LPKFColorCAM）がある（図1）。このシステムは、CADによってプリントパターンを作成し、そのデータに基づいて機械的な加工によりプリント基板を製作する物である。この方法は、従来の化学的エッチングによるプリント基板作成に比べ、作業が楽である。また、CAD/CAMの操作は（図2）簡単に扱えるので、一般ユーザーの利用を許可している。高周波回路は、その性質上回路をプリント基板で製作する必要がある。その様な時に、このシステムを用いてプリント基板を作成する。また、結晶作成用微小電流源や、Fuel Injection Driver等は依頼件数が多いので、プリントパターンを作成しておくことにより、それ以降の依頼においては作業能率が向上する。更に、結晶作成用微小電流源（図3）においては、8chから50chのチャネル数を要求さ

れることがある。この場合、一つのチャネル部分をデザインしさえすれば、後はそれをチャネル数分複写するだけなので、これもまたプリントパターンの作業能率の向上につながる。この様な用途においても、このシステムの利用は有効である。

担当業務の中で忘れてはならないものが、ストックルームの管理である。内容は、各セクションのストックルームにあるコンピュータの管理、及びそのプログラムの製作、改良、移算の集計などである。それ以外に、エレクトロニクスパーツ・ストックルームの整備、在庫管理も含まれている。余談であるが、現在諸事上により、エレクトロニクスのストックルームにおいて稼動中である出庫管理プログラムのみ、コード入力方式となっているが将来的には、より使いやすいと思われるメニュー方式（他のストックルームで稼動中）に変更する予定である。

3. 最後に

以上で報告を終わりとするがこの報告により、エレクトロニクスセクションでは一体何をし、また何が出来るのか言うことが少しあは御理解頂けた事と思われる。これによって今後、エレクトロニクスセクションが更に有効利用され、自分も又より一層の努力をしていく所存である。

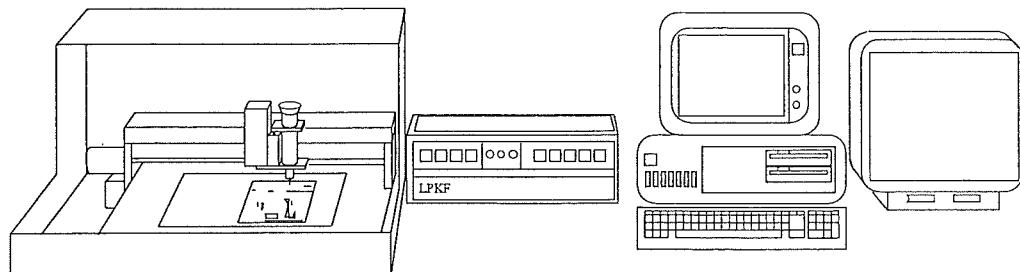


図1 プリント基板加工機

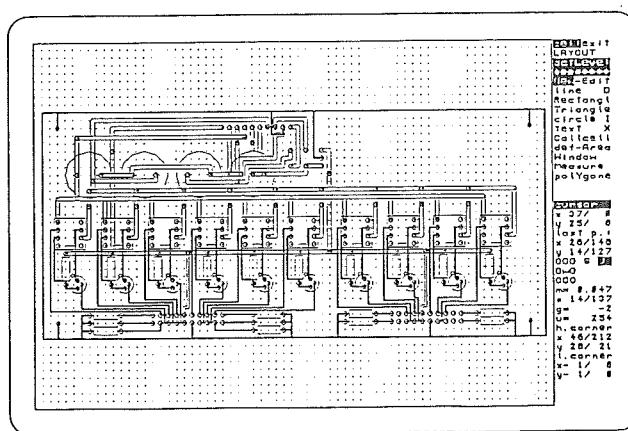


図2 パターンデザイン画面（結晶作成用微小電流源）

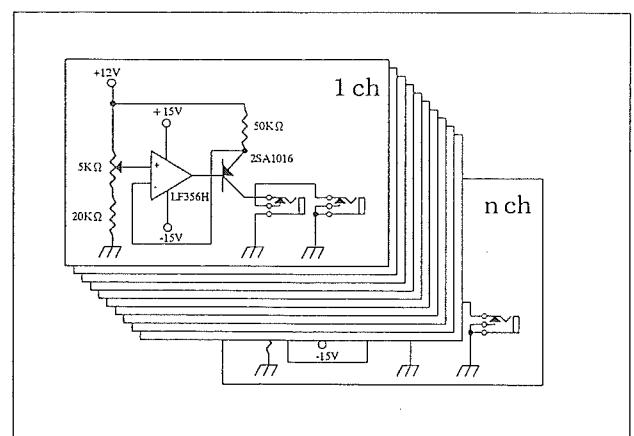


図3 結晶作成用微小電流源回路図

大型コンピュータと10年

—そしてUNIXの時代へ—

電子計算機技術係 田中邦彦

1 はじめに

私が、コンピュータの世界に入って10年が経過した。一番最初にコンピュータに触れたのは、HITAC8000シリーズのコンピュータで、プログラムなどは紙テープで入力し、補助記憶は磁気テープでディスクは取り外し可能なパック式のものだったように記憶している。他にはっきりとした記憶はないが、fortranやアセンブラーでプログラムを書かされたことはなんなく覚えている。私のコンピュータ環境との関わりにしても、コンピュータの歴史にしても、この10年の間に随分変わった。最初に私がコンピュータを操作したのは、シャープのMZという機種であり、5～6インチ程のCRTと本体が一体となったものだった。白黒ではあったが、Basicで簡単なゲームなどを作って遊んだり、雑誌のマシン語で書かれたプログラムを移したりしたものだ。8 bitパソコンでメモリが確か64KBくらいだったと思う。ハードディスクなどではなく、市販されているミュージックカセットテープを記憶媒体として使っていた。今から考えると信じられない構成である。その頃は特別に興味もなく、結局、しばらくパーソナルコンピュータには触れる機会もなかった。^{注1}しばらくして就職し、そこで本格的に大型コンピュータ^{注1}を扱うことになった。興味のあるなしにかかわらず仕事として関与したので、パソコンより先に大型コンピュータの世界を経験したことになった。おそらく、パソコンから大型コンピュータへと経験する人はいても、逆の人は数少ないのではないだろうか。そんな大型コンピュータとの出会いからダウンサイジングによる小型化が進んでいる今日までを、主にコンピュータ環境における運用面に着目し、私の目で見たその環境の変化と、それとともに変化する自分の身の回りも同時に振り返り、仕事における一つの区切りとして、現状のコンピュータ世界を率直に受け止めたいと思う。

2 大型コンピュータと私

就職して体験することとなった磁気テープによるオンライントランザクション処理やクローズバッチ処理などは初めてのものであった。その頃、使用していた大型コンピュータは、パロース（現ユニシスに吸収合併）の（機種名は忘れました）と、HITAC.M-260だった。主に、証券や銀行などの計算をクローズバッチ処理で行っていた。クローズバッチ処理とは受け付けたジョブを専門のオペレーターが順番に処理していくものであり、基本的にユーザー自身

がジョブを投入するオープンバッチ処理と区別されている。現在でもほとんどの民間の計算センターはクローズバッチ処理を行っている。その後、分子研に配属され、今度はオープンバッチ処理による運用を体験することになった。OSは、機種、メーカーの違いはある、一貫として、IBMのVMS系OSによる処理体系であった。小さな変化はあったが、今日のパソコンやWSのように、違ったOSのスタイルが次々とすることはなかったので、じっくりと1つのOSの勉強ができたものである。おかげさまで、ファイル管理、データ処理、ジョブ処理など、ひととおり理解できるまでに至った。また、OSの制御部分におけるプログラムもアセンブラーでいくつか作成したため、とりあえずエキスパートだと自己満足にうつつを抜かしていたものである。その後、分子研の職員としてお世話になることになり、3年と半年がたった。その間ずっと大型コンピュータを相手にする仕事であり、それまでの経験からシステム関連の勉強はほとんどせずに済んだ。その利用手段としてパソコンは使用したが、あくまでも利用手段として割り切って、特別OSなどを勉強するつもりもなかったし、その必要性も感じなかった。あとでこれが反省の原因となることに気が付くのであるが、その時は大型コンピュータのOSこそ、パソコンやEWSのモデルであり、基本はすべてそこにあると信じていた。その考えは今でも間違っていたとは思っていないが、ユーザーインターフェースは当時からひどかったと気がついていたにもかかわらず、重視していないかった。

3 ユーザインターフェース

計算機技術係では、運用その他の構成や手段を考えて、エンドユーザーの利用に際して最適な環境を提供することが仕事であるが、決してコンピュータのOS制御やプログラムの細部に渡って踏み込むことはなかった。もちろん、そんな余裕などないし、細部はほとんどプロ集団である常駐のメーカーSEさんたちがやってくれるからである。その時、まだまだOSの研究をしたかった私としては、どうにもやりきれないフラストレーションがたまってきたものだった。ユーザの立場からもっとOSを追及したかったからである。OSの追及ができない分、他に視野が向くようになり、OS以外をユーザの立場からいろいろ考え、システム環境も考えることができた。すると、ユーザインターフェースの壁に当たってしまったのである。ここで、初めてそ

^{注1} 特に断わらない限り、VMS系のOSを持つ、大型汎用機とスーパコンをさす。

の重要さに気付いた。それまで、「止むを得ない」とか「いやなら使わなければいい」とか、ユーザインターフェース以外にもっと重要な部分を提供しているんだなという傲慢な態度で見ていた。しかし、UNIX-OSやMac-OSに触れていくにしたがい、その基本コンセプトの違いなどを体験し、考えは完全に変わってしまった。現在人気のOSである、UNIX-OSやMac-OSなどは、ユーザインターフェースを第1に考えて作られている。大型コンピュータのOSは、専門のオペレータによるクローズバッチ処理が長年根付いてしまっており、ユーザインターフェースの改良ということには根本的な手が加えられていなかった。そのためその差は歴然であった。Mac-OSはシステム的に貧弱なところはあるが、ユーザインターフェースはまったく感心させられた。Mac-OSは機種限定のパソコンの特殊なOSであるが、UNIX-OSはマルチユーザモードを持っており、汎用的なOSである。エンドユーザを持つ計算機センターでも考慮する余地があった。しかし、UNIX-OSは、複数のユーザを抱えたバッチ処理などを支える運用ツールが桁はずれに少なかった（というより、存在しなかった）。よって、すぐに一般のコンピュータセンターにUNIX-OSを導入することは大変な覚悟が必要であり、ある程度の犠牲も払うという前提で導入するに他ならない。しかし、大学、研究所のエンドユーザの立場から考えると使い易いシステムが最良のものであり、研究に集中するためにもその手段であるコンピュータ利用はできるだけ安易なものがいいであろう。そう考えると現状のOSでは、UNIXしか考えられなかったのは事実である。UNIXの欠点である運用関係のツール類が整備されたらということはない。計算機センターとしても、当時の担当であった日立製作所に対して御前会議などで強くアピールしていた。

4 UNIX-OSによる運用

あっという間に3年が過ぎ、その間にご時勢も変化をとげ、スーパコンの更新に時期を同じくしてUNIX-OSにおけるセンター運用の話がでてきたのである。ついに、大型コンピュータの世界にもUNIX-OSが採用される時代になったのである。しかし、単純にWS上のUNIX-OSしか知らないかった私は、800人からのユーザを抱える大型コンピュータの運用にはたしてUNIXは耐えられるのだろうか？という疑問をもった。その頃使用していたSUNマイ

クロシステムズのワークステーションを思い浮かべながら、ジョブ管理にしても、ファイル管理にしても、個人で使用するなら気にならないことも、800人で共有するマシンとしてはどう考へても不十分だった。ましてや自動運転や自動ジョブスケジューリングなどは可能なのだろうか。管理側にたった様々な不安が頭をよぎったのである。将来はUNIX-OSも熟成され、足りない部分も補われていくであろうが、当時のそれはまだまだ物足りないのは否めなかつた。そのように、まだまだ先と思っていた大型コンピュータにおけるUNIX-OSの運用がすぐそこに来ているとは予想はしていても実現に向かうとは思わなかつたのである。また、OSに対する認識不足から来る不安もより一層の不信感を募らせた。

平成6年1月4日、計算機センターにスーパーコンピュータが導入された。それまで使用されていたHITAC-S-820/80からNECSX-3/34Rとなった。このスーパコンピュータのリプレースはご時勢を反映した選択になった。即ちUNIX-OSで稼動し、CPU (VPU)を3つ持つ、マルチCPUのOSなのである。簡単ではあるがその他の概要もついでに記しておいた。（表1参照）

このリプレースは迷っている他大学のセンター職員に対しても興味を引いたことであろう。大学、研究所にはUNIXワークステーションは普及しており、その利用環境は普及している、しかし、UNIX-OSによる大きなセンターでの運用はそんなに例がないのである。逆に言えば我々が成功するか、失敗するかを見ているのかも知れない。しかし、導入した以上、成功させる以外にないし、UNIXを基本にしたこれからの中長期運用をいかにするかといった先端の課題を課せられたチャンスと思って逆に意気込みを感じた。SX-3のOSであるSuper-UXはよくできたOSだった。バッチ処理はNQSと呼ばれるバッチキューリングシステムを持ち、エンドユーザはシェルスクリプトさえマスターすれば自由にジョブをコントロールできる。簡単ではあるがスケジューリングも可能だ。また、自動運転もAOCと呼ばれるシステムでシステムの停止から空調の電源まで制御できる。休日などの異常時には、外出していてもポケベルでどこにいても捕まってしまうシステムさえ構築可能である。データのバックアップなどもCRONと呼

表1 NECSX-3/34R (Super-UX^{II}) システム概要

主 記 憶 容 量	2 GB	磁 気 デ ィ ス ク 容 量	34.2GB
最大ベクトル演算性能	19.2GFLOPS	アレイディスク容量	68.7GB
ベクトルプロセッサ台数	3 台	光磁気ディスク容量／転送速度	790GB／10MB/Sec
拡張記憶容量／転送速度	8 GB／3.2GB/Sec	カートリッジ磁気テープ容量	1350本/200MB(非圧縮時)/本

^{II} Super-UX UNIXを基本としてNECが開発したオペレーティングシステム

ばれるシステムにより、コマンドを自動発行し、利用者が少ない深夜などに集中してバックアップをとれる。NECが一般のUNIXを独自に改良し、大型システムのセンター運用ができるようにしたものである。欲を言えば、ユーザ管理やセキュリティ管理、ジョブスケジューリングがもうちょっときめ細かにできればよいのであるが、今後、このあたりは熟成されていくであろう。基本的に必要な機能は一応揃っている。（導入仕様に今言ったことはすべて盛り込まれているのであたりまえといえばあたりまえであるが）。まだ、導入されて日が浅いのでこれらの機能が本当にこちらが期待した動きをしてくれるかどうかを現在も調査中である。ただ、今のところよくダウンするのでそちらの対策が優先されている。

このように、現在のUNIX-OSにおける運用ツールはNECのように随分サポートされており、スーパーコンピュータを含む大型コンピュータだけに限らず、ダウンサイジングがささやかれている今日のEWSの世界でもだんだんとサポートされてきている。私の不安も随分と解消され、今のUNIX-OSの進化に期待さえするようになってきた。従来の大型コンピュータのOSしか信じられなかった運用面のツール類もだんだんと整備されはじめている。「ここまで来たか」というのが率直な気持ちである。

主旨からはずれるが、ダウンサイジングについてちょっと触れたいと思う。今まで大型汎用機をメインフレームとして利用してきたユーザが最近、ネットワークでEWS^{#3}やパソコンを接続し、処理を分散し、ましてや処理性能も上回ろうという試みを行っている。このニーズに対して様々な製品が出荷されているが、一番先に行われたのが、「ネットワーク管理ツール」である。ネットワークで接続されたコンピュータやネットワーク機器などノードの構成、障害、性能などを管理するツールである。次に「システム管理ツール」である。ネットワークで接続された複数のコンピュータをノードとして管理するだけでなく、それらのコンピュータを構成する多くの資源を集中管理したいというニーズに答えたものだ。コンピュータのCPU、メモリ、ディスクなどの構成、障害、性能や、サーバから各クライアントに配信するプログラムやデータなどを管理する。ここまでは、EWSなどにとってむしろ得意な分野であり、特にネットワークを利用したシステム構成は飛躍的なコンピュータ時代を形成したと言ってもいいと思う。ただ、やはり一番遅れ、我々の心配のもとであった「システム運用ツール」は各社とも頭を濁しているようである。このあたりは、従来の大型汎用機が最も得意としたところであり、そのノウハウは数知れず存在する。支援する業務は、バッチジョブの運用、コンピュータの自動運転、ユーザ管理、データのバックアップ、などである。これらはUNIX-OSの適用領域そのものを大きく広げなくては実現不可能であるため、大型機のようにはなかなかいかないのである。ダウンサイ

ジングを決意するユーザはこれらをよく考え、自システムがそれに耐えられるかどうかの判断が必要であり、一度踏み切ったら決して後戻りできない覚悟が必要なのである。計算機センターはその決意をして、覚悟を決めた結果、UNIX-OSによる運用に踏み切ったのである。いま、現在の運用においても大型機で養われてきたノウハウは生かされている。ユーザ管理やバッチ処理スケジューリングなど、手段は違っても考え方は基本的に一緒である。

しかしながら基本的な難問もある。管理と利用は常に比例するものではなく、ときとしてよく反比例する。管理をしっかりとするとユーザは利用を限定されてしまうし、逆に野放しな管理をするとユーザは好き勝手に利用し、収拾がつかなくなる。このあたりの微妙な調整がそれぞれのセンター管理者の手腕であり、一番重要なことだと思う。このあたりを書き始めると数ページに渡ってしまうので、省略させて頂くが、センター運営で何が難しいかと聞かれるとき私はこの調整が一番難しいと答える。ちょっと横道にそれてしまったが、大型コンピュータで養つて来たノウハウは決して無駄にならないということがわかった。UNIXの世界で育ち、UNIXのユーザとして今日までいた人にとって、従来の大型コンピュータのOSは非常に使いにくかったにちがいない。しかし、それはユーザインターフェースが悪かっただけであり、運用面における管理ツールは現在でもUNIX-OSのよき目標として君臨していると私は思う。その大型コンピュータで養つた運用面における管理機能を常に考えつつ、現在のUNIX-OSに合ったよりよい運用環境の構築を今後も考えていきたい。

5 最後に

大型コンピュータがだんだん無くなっていくことに対して、ちょっと抵抗をしてみたいという気持ちを読み取って頂ければ幸いである。UNIX文化を正面から受け止めなかつた自分を反省し、いまは、UNIX-OSを根本的に研究したい気持ちである。両方を経験したことを生かして、お互いの良い面を融合させることができればいいと思っている。この10年間のコンピュータの進歩は大変な勢いであった。今後もこの勢いは止まないだろう。しかし、OSの基本は10年たった今もほとんど変わっていない。そういう基礎知識をもっと研究し、今後の変化にも対処できる力を養つていきたいと思う。

私は、この度、ネットワーク担当の指名を頂いた。ネットワーク担当になったからと言って、コンピュータの運用環境というものは無縁なものではない。ネットワークを中心としたシステム全体の運用環境の構築に少しでも協力できればいいと思っている。そしていづれ次世代のコンピュータシステムにおける運用業務に必ず生かすことができる何かをつかんで再びその職務に復帰できるよう努力したい。

^{#3} EWS Engineering WorkStation

お断り

急な話だったので事前の準備も十分でなく、徹夜で思いつきで書いたためちょっと乱雑な文章になったことをお詫び致します。また、今回、記述した内容は私個人の私見であり、計算機センターの方針や解釈とは何ら関係はありません。



技術講座「知らなきゃ損する技術の常識」

真空用光学窓の話

分子構造研究系技術係長 岡田則夫

1. はじめに

真空装置を用いて光を使った実験を行う場合、光の出入りすなわち真空用光学窓（ビューポート）が問題視されることがしばしば起こります。それはビューポートが大気と真空との隔壁になるため、真空気密が要求されることと、用いる窓板材の光透過特性により、実験での計測範囲が制限を受けてしまうことがあります。そこで、ここでは現在どのようなものが窓板材として使用されているのか、また、各々の特性はどのようなものであるかを述べると共に、それらを用いる際の真空気密（シール）方法等についても簡単に紹介いたします。

2. 窓板材について

光のエネルギーを表す単位には、使用する光のエネルギー領域によって電子ボルト (eV)、波数 (cm^{-1}) あるいは単純に波長 (Å) (μ) などが使われていますが、一般に紫外域から赤外域での光学結晶の光透過特性を表す場合には波長 (μ) が多く用いられているようです。

可視光域の窓板材として通常用いられる光学ガラスは、紫外域あるいは赤外域では吸収が強いため、これらの領域での実験には用いることができません。そこで紫外光や赤外光の透過には広い波長範囲で高い透過率を持つ種々の結晶材料の面板が主として用いられています。図1に種々の窓板材の光透過域を、図2に諸特性を示します。

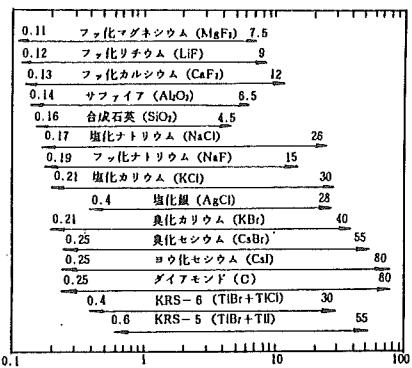


図1 種々の窓材(2mm厚)で10%以上の透過率の得られる波長域

窓板材の板厚は、光を透過する上では薄い程有利ですが、真空圧に耐える機械的強度を持たせなければなりません。そこで、板厚の決定は結晶耐圧計算式を用いて行います。図3に結晶耐圧計算式を示します。なお、計算式にて求められた値には安全係数4が加味されていますので、真空に用いる場合は、得られた値の半分程の板厚で十分なようです。

真空紫外域でよく用いられる窓板材には、 MgF_2 、 LiF 、 CaF_2 (VUV仕様) 等がありますが、特に CaF_2 は透過波長領域が非常に広く、機械的強度に優れ、価格も安価で入手し易いため使い勝手の良い結晶材料です。また、 CaF_2 はレーザー光の入射窓としてもよく用いられます、強度の強い短波長の光を照射すると色中心 (Color Center) が生成して、透過率が低下する欠点があります。しかし、この場合500°C程度のアニールで透過率が回復するとの報告があります。 LiF は若干の潮解性を有するため、取り扱いや保管には注意を要します。

可視域では、 SiO_2 、 Al_2O_3 、コバルトガラス等が用いられています。 SiO_2 は石英ガラスと石英クリスタルとに大別されます。石英ガラスには溶融石英ガラスと合成石英ガラスがあり、各々透過波長領域が異なります。また石英クリスタルは天然水晶と合成水晶があり、結晶軸での切り出し方向（例えはX軸カット、Z軸カット等）で特性が変わるために、購入する際には業者に確認することをお勧めします。

赤外域では、潮解性を有する結晶が多く、普段の環境下で使用できるものと、できないものとに分けられます。 BaF_2 、 Ge 、 ZnSe 、KRS-5（ドイツでできた5番目の結晶という意味）、KRS-6等は取り扱いが容易なため窓板材としてよく用いられています。しかし、KRS-5、KRS-6にはタリウムが含まれているので毒性が懸念されます。取り扱った後は手を洗う等の配慮が必要です。 NaCl 、 KCl 、 KBr 、 CsI 等はそれぞれ赤外域に優れた透過波長領域と高い光透過率を持っていますが、強い潮解性があり使用する際には高度の湿度管理が必要です。最近の外国製品には、これらの面板の表面に防湿処理（保護コーティング）を施したものも市販されているようですが、高湿度下では保護膜が剥がれ落ちやすいという報告があり、日本での実績は少ないようです。また、これらの結晶は機械的強度に劣るため、圧力（過負荷）を加えると変形や破損を起こしやすく真空気密（シール）方法にも特別な配慮が必要です。図4にこれらの透過率曲線を示します。

今後、光学結晶をご購入される場合に便利なように主な会社を下記に示します。

ピアーオプティクス(株)	0276-72-7371
日本結晶光学(株)	0276-72-1917
応用光研工業(株)	0425-52-4511
(株)オプトロン	0297-73-3551
日本パステック(株)	06-390-0690
(株)応用光電研究室	03-3380-0801

図2 光学結晶の特性表

物質名	透過波長 領域(μ)	結晶系	結晶構造 劈開面	比重	融点 (℃)	反射損失 (2面につい、て) (水100gに溶けるg数)	溶解度 (水100gに溶けるg数)	硬度(Knoop Number)	熱伝導率 (cal/cm sec °C)	比熱 (cal/g °C)	熱膨脹係数 (°C)	最大外径×高さ (mm)		
Lithium Fluoride (LiF)	0.11~9.0	零缺陷系	岩塗型	1.00	無色 (25°C)	2.639	870	4.4%(4μ)	18°C 0.27	2.7×10 ⁻² (41°C)	0.373 (10°C)	37×10 ⁻⁴ (0~-100°C)	150×100	
Magnesium Fluoride (MgF ₂)	0.11~7.5	正方晶系	致化セシ ン型	a又はc 軸に平行	3.1766 (18°C)	1255	4.8%(可視光)	18°C 0.0076	0°C 1.31×10 ⁻³ 20°C 1.51×10 ⁻³ 25°C 1.67×10 ⁻³	155.3×10 ¹ D 155.3×10 ¹ D	18.3×10 ⁻⁴ (C轴平行)	13.1×10 ⁻⁴ (C轴垂直)	150×100	
Calcium Fluoride (CaF ₂)	0.13~12.0	零缺陷系	萤石型	1.11	無色 (25°C)	3.179	1360	5.6%(4μ)	0°C 1.31×10 ⁻³ 20°C 1.51×10 ⁻³ 25°C 1.67×10 ⁻³	155.3×10 ¹ D 155.3×10 ¹ D	2.32×10 ⁻² (36°C)	0.204 (0°C)	24×10 ⁻⁴ (20~-60°C)	200×100
Barium Fluoride (BaF ₂)	0.15~15.0	零缺陷系	萤石型	1.11	無色 (20°C)	4.83	1280	6.0%(4μ)	0°C 0.159	82.0	2.8×10 ⁻² (13°C)	18.4×10 ⁻⁴ (0~-300°C)	150×100	
Quartz (SiO ₂)	0.15~4.5	六方晶系	モルタル 型	なし	無色 (25°C)	2.648	1470	8.2%(2μ)	不溶	741.0	2.55×10 ⁻² (C轴平行)	0.188 (12~-100°C)	9.79×10 ⁻⁴ (C轴垂直)	13.37×10 ⁻⁴ (C轴平行)
Sapphire (Al ₂ O ₃)	0.17~6.5	六方晶系	コランダ ム型	なし	無色 (20°C)	3.98	2030	12.096(4μ)	不溶	1370	6.1×10 ⁻² (C轴平行)	0.18 (25°C)	5.7×10 ⁻⁴ (C轴平行)	5.0×10 ⁻⁴ (C轴垂直)
Sodium Chloride (NaCl)	0.21~25.0	零缺陷系	岩塗型	1.00	無色 (20°C)	2.164	801	7.5%(10μ)	0°C 35.6	35.8	1.52×10 ¹ D	0.204 (16°C)	44×10 ⁻⁴ (0°C)	160×100
Potassium Chloride (KCl)	0.21~30.0	零缺陷系	岩塗型	1.00	無色 (28°C)	1.9865	776	6.8%(10μ)	0°C 37.0	39.1	18.2×10 ¹ D	0.204 (16°C)	44×10 ⁻⁴ (-50~-200°C)	160×100
Potassium Bromide (KBr)	0.23~40.0	零缺陷系	岩塗型	1.00	無色 (23°C)	2.75	730	8.4%(10μ)	0°C 53.5	53.5	6.56×10 ¹ D	0.162 (42°C)	36×10 ⁻⁴ (20~-60°C)	160×100
Fused Silica	0.2~4.5	無定形	なし	無色	2.202	1710	6.3%(2μ)	不溶	461.0	2.82×10 ⁻² (41°C)	0.22 (0°C)	0.5×10 ⁻⁴ (20~-900°C)	100×100	
Magnesium Oxide (MgO)	0.25~8.5	零缺陷系	岩塗型	1.00	無色 (25°C)	3.576	2800	11.62%(4μ)	不溶	632.0	6×10 ⁻² (20°C)	0.209 (0°C)	13.8×10 ⁻⁴ (20~-100°C)	50×50
Cesium Iodide (CsI)	0.24~70.0	零缺陷系	珪化セシ ン型	なし	無色	4.526	621	13.82%(10μ)	0°C 44.0	60°C 160.0	2.7×10 ⁻¹ (25°C)	0.048 (20°C)	50×10 ⁴ (25~-50°C)	100×100
Calcite (CaCO ₃)	0.3~5.5	三方晶系	斜絶ナイト リワム型	10.11	無色 (20°C)	2.7102	1239(102.5% 65.7°Cで5.7% 25°C)	10.62%(2μ)	60°C 0.17	30°C 0.32	12.8×10 ¹ D	0.203 (0°C)	1.32×10 ⁻⁴ (C轴平行)	26.31×10 ⁻⁴ (C轴垂直)
Thallium Chloride (TlCl)	0.44~34.0	零缺陷系	珪化セシ ンワム型	なし	無色 (25°C)	7.018	430.0	21.82%(10μ)	60°C 1.04	100°C 2.4	12.8×10 ¹ D	0.052 (38°C)	5.44×10 ⁻⁴ (C轴平行)	60×60
Thallium-Bromide Chloride(KRS-6)	0.41~34.0	零缺陷系	珪化セシ ンワム型	なし	無色 (18°C)	7.92	423.5	24.22%(10μ)	20°C 0.32	29.3×10 ¹ D	1.71×10 ⁻¹ (36°C)	0.0482 (20°C)	50×10 ⁴ (20~-100°C)	80×100
Thallium-Bromide Chloride(KRS-5)	0.44~40.0	零缺陷系	珪化セシ ンワム型	なし	淡黄色 (25°C)	7.453	460.0	29.02%(0.5μ)	50°C 0.2	11.8×10 ¹ D	1.4×10 ⁻¹ (43°C)	0.045 (20°C)	51×10 ⁴ (20~-60°C)	80×100
Silicon (Si)	1.2~15.0	零缺陷系	ダイヤモ ンド型	なし	全黒光沢 (25°C)	2.329	1420	45.1%(10μ)	不溶	1150	0.38 (40°C)	0.168 (25°C)	4.15×10 ⁻⁴ (10~-50°C)	150×100
Germanium (Ge)	1.8~23.0	零缺陷系	ダイヤモ ンド型	なし	全黒光沢 (25°C)	5.327	942	52.9%(10μ)	不溶	692	0.14 (20°C)	0.074 (0~-100°C)	5.5×10 ⁻⁴ (25°C)	150×100
Zinc Selenide (ZnSe)	0.5~22.0				淡黄色	5.27	1700		100	4.3×10 ⁻² (25°C)	0.081 (25°C)	7.57×10 ⁻⁴ (20~-170°C)	500×25 (500×1000×25)	

取付け方法			結晶	Fa(kg/cm²)
結晶の形状			NaCl	24.61
円形	$t/D = 0.866 \left(\frac{P}{Fa} \right)^{\frac{1}{2}}$	$t/D = 1.06 \left(\frac{P}{Fa} \right)^{\frac{1}{2}}$	KCl	23.20
角形	$t = 1.23b \left[\frac{P}{Fa(1+c^2)} \right]^{\frac{1}{2}}$	$t = 1.5b \left[\frac{P}{Fa(1+c^2)} \right]^{\frac{1}{2}}$	KBr	11.25

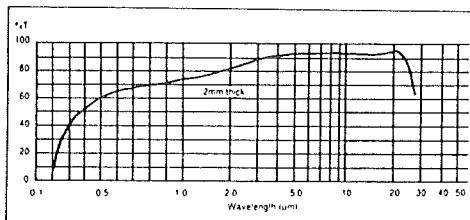
(安全係数: 4) t : 厚さ P = 単位面積当たりの圧力(kg/cm²)
 Fa : 見掛けの弾性限界(kg/cm²)
 D : 形状が円形の時の開放部の直径
 b,a : 形状が角形の時の2辺の長さ
 c : b/a ≥ 1

(Mechanical Engineers Handbook, 4th Ed.
 McGraw-Hill Book Co., Inc.)

図3 結晶耐圧力計算式

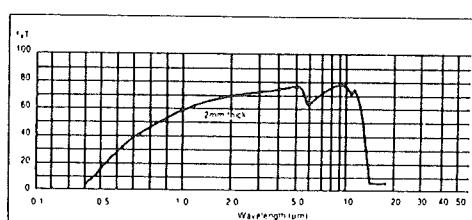
Potassium Bromide (KBr)

臭化カリウム



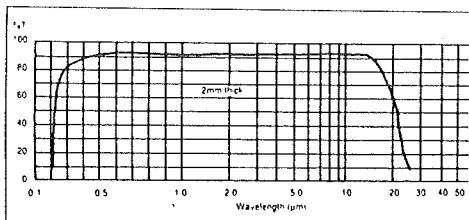
Zinc Sulphide (ZnS)

硫化亜鉛



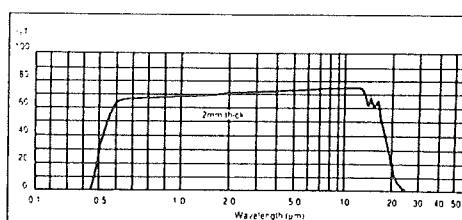
Potassium Chloride (KCl)

塩化カリウム



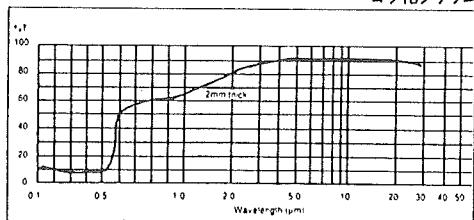
Zinc Selenide (ZnSe)

セレン化亜鉛



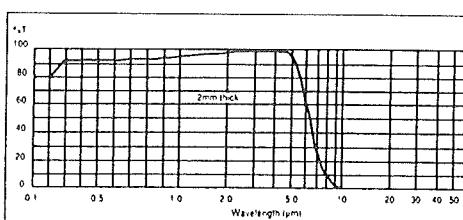
Thallium Bromoiodide (KRS-5)

臭化タリウム/
ヨウ化タリウム



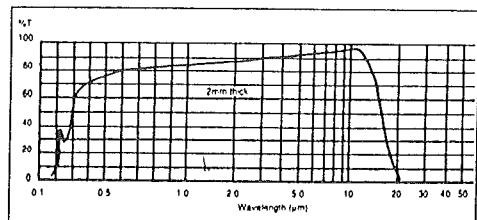
Barium Fluoride (BaF₂)

フッ化バリウム



Sodium Chloride (NaCl)

塩化ナトリウム



Caesium Bromide (CsBr)

臭化セシウム

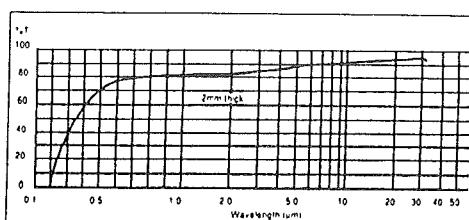


図4の1 主な板材の透過率曲線

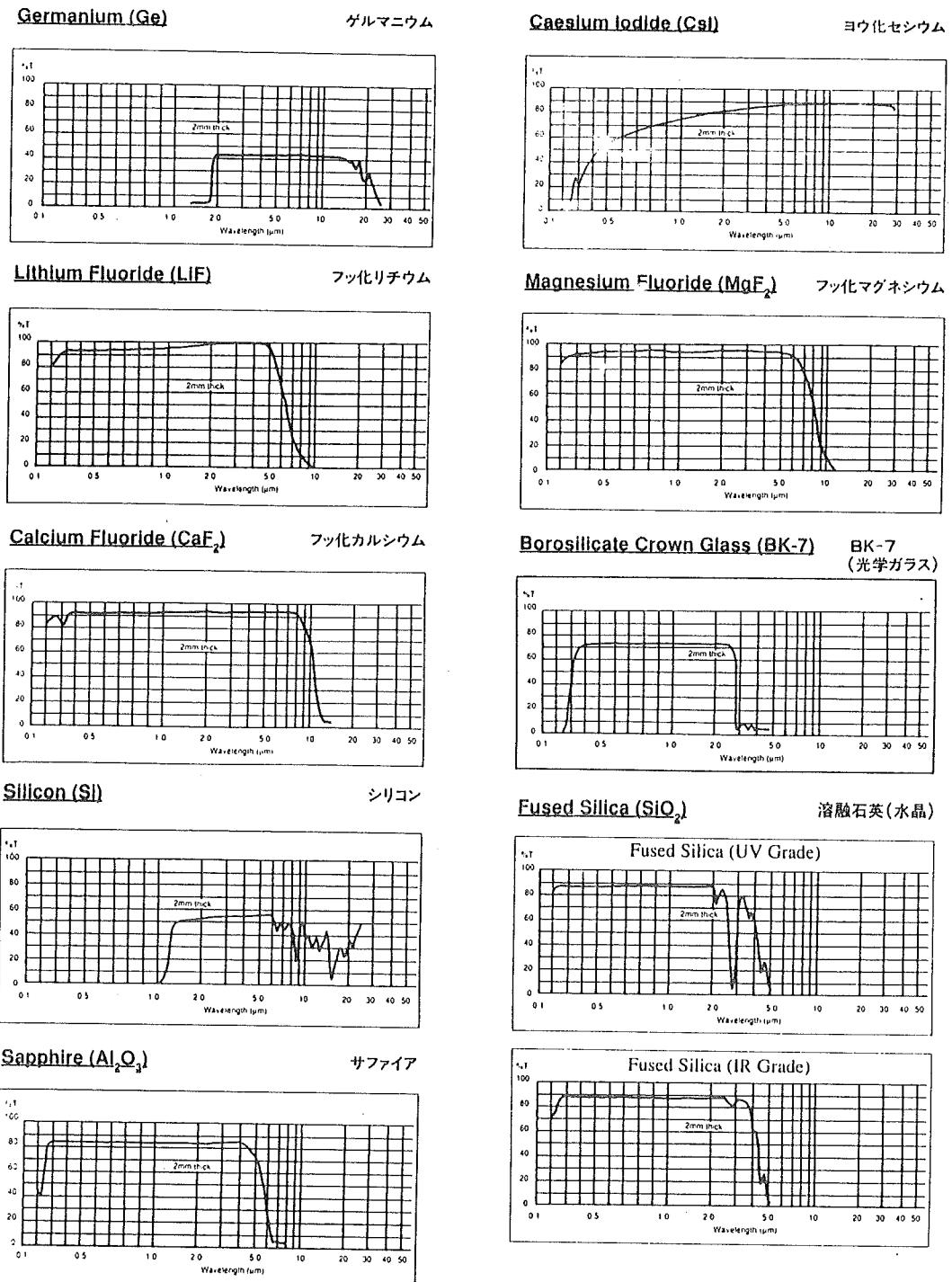


図4の2 主な板材の透過率曲線

3. 真空シール方法

窓板材の真空シールは、使用される真空領域（低真空・中真空・高真空・超高真空・極高真空）により種々の方法が採られています。ここでは方法毎に説明させていただきます。

(1) 接着剤

窓板材とフランジ等の間をアダルダイイト等を用いて封着する方法で、特に低真空から中真空までに用いられています。緊急を要する場合やあまり真空の質を問わない際には有効な手段です。潮解性を持つもの及び機械的強度の乏しい結

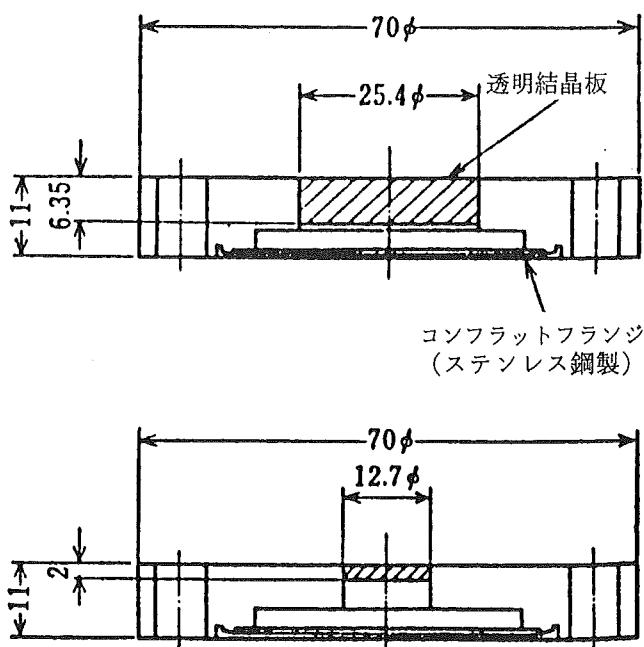
晶には向きません。フランジ等に窓板材が入る窓を施すと、接着剤が固まる間の窓板のズレを防止できます。またアダルダイトを使用した場合、ジメチルホルムアミドに浸して加熱すれば、窓板材を破損することなく取り外すことができます。

トールシールはアダルダイトと同じくエポキシ系の合成樹脂ですが、放出ガスが少ないので超高真空領域での窓板の封着に用いることができます。ただし使用温度限界は120℃までです。

バックシールはシリコン系の合成樹脂で、特に放出ガスが少なく使用温度限界も400℃までと高い性能を持っています。これを用いた赤外光透過窓の永久的な封着の実験がSchkolnickによって報告されています。その際の形状を図5に示します。装置開発室でもバックシールを用いてコンフラットフランジ114に外径60mm厚さ5mmのZnSeを独自の形状で封着に成功した経験がありますが、高温ベーキングの繰り返し耐久性に若干の問題を残しております。

低温機器（クライオスタット等）の窓板の封着には、スタイキャスト（金属粉などを配合して金属の熱膨張率に近づけたもの）等が有効です。

接着剤は上記以外にも関係各社より、さまざまなものが販売されています。日頃から情報を集め、仕様に適したものを見定しましょう。



(2) エラストマー (elastomer 弾力性の顯著な高分子物質、天然ゴムや合成ゴムを指す)

エラストマーのO-リングを用いた窓板の真空シールは、O-リングの柔軟さが窓板にたいして余りストレスを与えないのと、工作や保守及び交換が簡便であるため、広い真空領域で用いられています。材質的には中真空領域まではクロロプレンゴムやニトリルゴム（普通の工具屋さんに材

質を指定しないで注文すると、これらを持ってきます）が多く使用されているようです。高真空及び超高真空領域では、昇温真空焼き出し（ベーキング）に対応させるため、耐熱性に優れたフッ素ゴム（俗にバイトンと呼んでいます）を用います。また、カルレツ（デュポン社の開発 パーフロロエラストマー）は、耐熱温度が350℃までと高いため、特に高温のベーキングを行う際に使用されます。シリコングムは耐寒性に優れているため、真空を引きながら使用するクライオスタット等の窓板のシールに用いられる場合がありますが、空気透過性が他と比べて高いので注意が必要です。また、最近発売されたゴワテックスジョイントシーラント（四弗化エチレン樹脂 角形の線材を切って環状にして使用する）は、液体窒素槽の光学窓の真空シールで良好な素材であるという報告があり、有望視されます。真空装置に使われるエラストマーの性質を図6に示します。

O-リングに関する規格はJIS（日本工業規格）により定められていますが、我々は俗にタイプを表わすのにP（運動用）、G（固定用）、V（真空用）、S（固定用）、AS568（航空機用の一部）等と呼んでいます。注文する場合は例えば“Gの60（数字はO-リングの内径を指す）で材質はバイトン”という具合に行いますが、材質等の名称や成分は関係各社により様々であるため、事前に調べておくことをお勧めします。

窓板の有効径を大きく取りたい場合は、線径の細いSタイプやAS568等を用いると有利です。また、窓板材の横面をシール面として用いる場合もありますが、荒仕上げのままの状態が多く、真空洩れを起こしやすいため注意が必要です（特別に研磨してもらえば可）。図7に比較的に機械的強度の劣る窓板材を用いる際の代表的なO-リングの使用例を示します。超高真空領域ではO-リングからのガス放出や空気透過が、真空劣化の主な原因になるため、図8のような方法（差圧排気）がしばしば用いられます。これにより 10^{-11} Torr台を得た報告があります。

(3) 金属線

金属線を用いた代表的なものには、インジウムシールがあり、特にクライオスタット等の液体ヘリウム槽や液体窒素槽の光学窓に用いられています。受けフランジと窓板の間にインジウム線（線径1mm程度）を環状にして挟み、外フランジで押しつぶして真空気密を得ます。主に石英など強度があり熱膨張の小さな物に有効ですが、熱サイクル（室温～低温～室温）を行う際には受けフランジと窓板との熱膨張の差により、真空洩れを起こす場合があるので、数回に一度は増し締めや線材の取り替え等が必要です。また、線材の表面にアピエゾン（真空グリス）を薄く塗布すると真空洩れを起こしにくくなるという説もあります。インジウムは融点（150℃位）が低いため、ベーキング等を行う所には使用できません。図9に代表的な使用例を示します。

		天然ゴム (NR)	ステレンゴム (SBR)	クロロブレン ゴム (CR)	ブチルゴム (IIR)	ニトリルゴム (NBR)	シリコンゴム (SI)	弾性ゴム (FPM)
ガス透過係数 (25°C) (NTP-m³·m s⁻¹·Pa⁻¹m⁻²)				×10⁻¹⁷	×10⁻¹⁷, ×10⁻¹⁷		×10⁻¹⁷, ×10⁻¹⁷	×10⁻¹⁷
He				1.7	— 6.0		5.1 , 7.4	1.3
H₂				3.0	1.0 , 9.0		5.3 , 8.9	2.5
O₂				1.3	3.0 , —		0.7 , 1.8	2.1
N₂				4.7	0.9 , 0.78		0.18 , 0.45	1.0
CO₂				9.3	9.4 ,		5.6 , 14	1.3
CH₄				1.6	—		—	—
備考				(1)	(1), (2)		(1)*, (2)*	(3)
空気透過性(4) (NTP-m³·m s⁻¹·Pa⁻¹m⁻²)		×10⁻¹⁶	×10⁻¹⁶	×10⁻¹⁶	×10⁻¹⁶	×10⁻¹⁶	×10⁻¹⁶	×10⁻¹⁶
297K	0.47	0.25	—	—	—	1.2	—	—
353K	4.3	2.9	0.97	0.44	0.4~0.8	3.5	0.87	—
393K	6.9	4.4	—	1.8	—	4.9	3.5	—
450K	20	1.5	—	5.9	—	6.2	1.3	—
比重	0.92	0.93~0.94	1.15~1.25	0.91~0.93	1.00~1.20	0.95~0.98	1.80~1.82	—
引張り強さ(Pa)	30~300(×10⁵)	50~200(×10⁵)	50~250(×10⁵)	50~150(×10⁵)	50~250(×10⁵)	40~100(×10⁵)	70~200(×10⁵)	—
伸び(%)	1000~100	800~100	1000~100	800~100	800~100	500~50	500~100	—
硬さ(JIS A)(5)	30~100	40~100	40~95	40~75	30~100	20~90	55~80	—
反発弹性	◎	○	◎	△	○	◎	△	—
耐摩耗性	◎	○	○~◎	○	○	X~△	○	—
耐熱性(K)	390	390	400	420	400	550	570	—
耐寒性(K)	220~200	210~210	210~220	240~220	260~250	200~150	260~220	—
体積固有抵抗($\Omega \cdot m$)(5)	$10^8 \sim 10^{13}$	$10^{11} \sim 10^{14}$	$10^8 \sim 10^{10}$	$10^{14} \sim 10^{14}$	$10^8 \sim 10^{10}$	$10^9 \sim 10^{13}$	10^{11}	—
誘電率(1000Hz)(6)	2.37	2.8	6.5~8.1	2.38	1.9	3.2	2.0~2.5	—
耐老化性	○	○	○	○	○	○	○	—
耐光性	○	○	○	○	○	○	○	—
耐オゾン性	X	X	○	○	X	○	○	—
耐ガス透過性	○	△	○	○	○	△	○	—
耐油性	ガソリン	X	X	○	X	○	X~△	○
・耐溶剤性	ベンゼン	X	X	X	△~○	X~△	X~△	○
トリクロレン	X	X	X	X	X	X~△	○	—
アルコール	◎	○	○	○	○	○	○	—
エーテル	X	X	X~△	△~○	X~△	X~△	X~△	X~△
アセトン	○	○	○	○	○	△	○	△
耐アルカリ性	水	○	○	○	○	○	○	○
・有機酸	X	X	X~△	△~○	X~△	○	○	X
・無機酸	X	X	○	○	○	△	△	○
耐性	濃アルカリ	○	○	○	○	○	○	X

◎ すぐれている ○ よい △ あまりよくない X わるい

*ハイカ - OR15 **ハイカ - OR25

***ガス透過係数 Q (NTP-m³·m·s⁻¹·Pa⁻¹m⁻²) は次式の関係によるものである。

$$N = QA(t(P_1 - P_2)/d)$$

N : 透過ガス量 (NTP-m³), A : 膜面積 (m²), t : 時間 (sec)

$P_1 - P_2$: 膜両面の分圧 (Pa), d : 膜厚 (m) をあらわす。

$$1 \text{ NTP-m}^3 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} = 1.013 \times 10^9 \text{ NTP-cm}^3 \cdot \text{cm} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$$

図6 真空装置に使われるエラストマーの性質

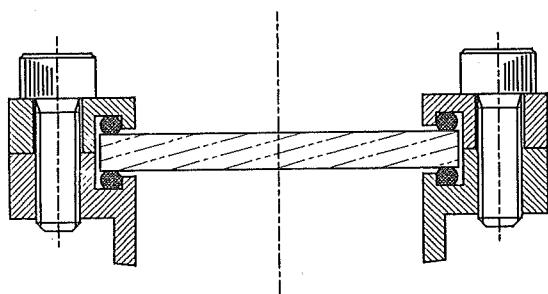


図7 O-リング使用例

・大気側にも同一のO-リングを用い、窓板に直接金属が触れないようにした図

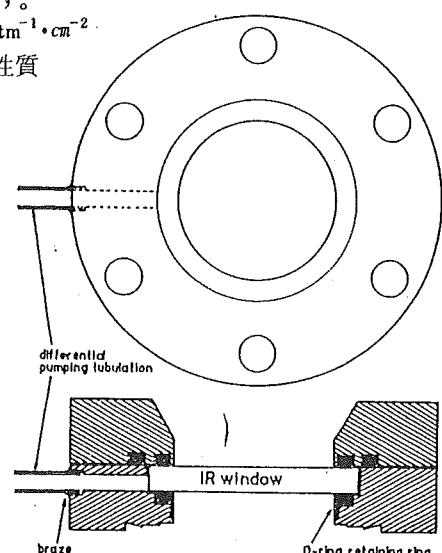


図8 二重リングを用いた差圧排気

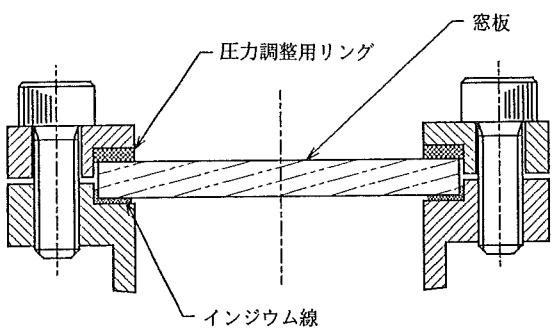


図9 インジウム シール使用例

(4) メタルリング

メタルリングは放出ガスが少ないため、真空の質を問われる場合は有用ですが、真空気密を実現するにはエラストマーオーリングに比べはるかに大きな圧縮力が要求されます。従って機械的強度に優れた窓板材（例えば SiO_2 , Al_2O_3 , MgF_2 等）しか使用できません。また、ベーキング等の温度変化に伴う膨張率の差から生じる接触面のズレにより、真空洩れを起こしやすいため、現状ではあまり使用されていません。以前に用いられたものにはメタルC-リングやヘリコフレックス等、比較的弱い圧縮で使用できるものでした。

(5) コバルト・シール

金属と窓板材の熱膨張率を近似させ封入することにより、ベーキング等の温度変化を可能にしたものです。コバルト金属（鉄・ニッケルーコバルトの合金）にコバルトガラス（硼珪酸ガラス）を溶着させて用いられます。またコバルトガラスに段継ぎ（徐々に熱膨張率の異なるガラスをつなぎ合わせる）することにより、パイレックスや石英ガラス等も窓板として用いることができます。普通の市販されているコンフラットフランジの内部観察用ビューポートは、ほとんどこの方法で作られています。ベーキング温度は400°Cまで可能なものがあります。図10に代表的な市販品例を示します。

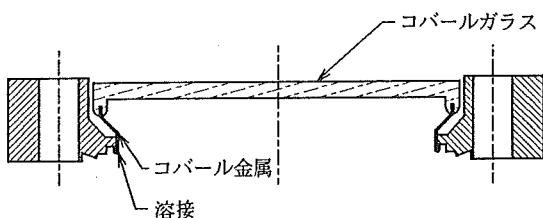


図10 コバルト・シール製品例

(6) コンプレッション・シール

窓枠（金属）と窓板材との熱膨張の差を利用した真空シール方法です。高温にした窓枠と窓板材とのあいだにシール材（錫や鉛）を置いておき、冷えてくる時の窓枠の収縮力（冷やしばめ）でシール材を圧縮させ真空気密をもたせています。しかし、この方法は構成素材の熱膨張率の関係が厳しいため、現状では合成石英を組み込んだもののみが市販されています。ベーキング温度は250°Cまで可能なようです。図11に代表的な市販品例を示します。

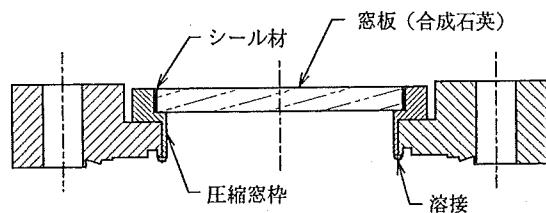


図11 コンプレッション・シール製品例

(7) 活性金属法

窓板材の表面に金属を拡散させ、それでできた膜と窓枠とのあいだをロウ材で封着する方法です。特に市販されている Al_2O_3 のビューポートは、ほとんどこの方法がとられています。この場合、活性金属には主にモリブデンやチタンが用いられ、窓枠材にはコバルト金属が用いられているようです。ベーキング温度は450°Cまで可能なものもあります。

(8) 塩化銀

塩化銀をシール材とした超高真空用ビューポートの製作は、装置開発室が最も得意とするものの内の一つです。今までに窓板材として LiF , MgF_2 , CaF_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , パイレックス, BaF_2 等を用い、350°Cベーキング可能なものを製作し実用化してきました。図12に構造図を示します。製作手順は、まず窓板のシール面にコロルド状金溶液を塗り、加熱して溶媒をとばして金膜を強固に付着させ、予め薄く削っておいた窓枠（銀）にはめ込んで電気炉で500°C位に昇温し、塩化銀を金膜と窓枠との隙間に注入するといった具合です。塩化銀の利点は柔らかさがあることです。窓枠材（銀）を薄くすることと塩化銀を使用することで、銅ガスケットを締め込む際に生じるコンフラットフランジの歪みや、ベーキング時などの窓枠材と窓板材との熱膨張率の差から発生する負荷を緩和させることができます。これにより比較的強度の乏しい窓板材でも、融点や金膜の形成に支障がなければ用いることができます。250°Cベーキングに耐える直径47mmの NaCl 単結晶窓（有効径45mm）も塩化銀を用いて製作経験を持っています。これは窓枠形状をさ

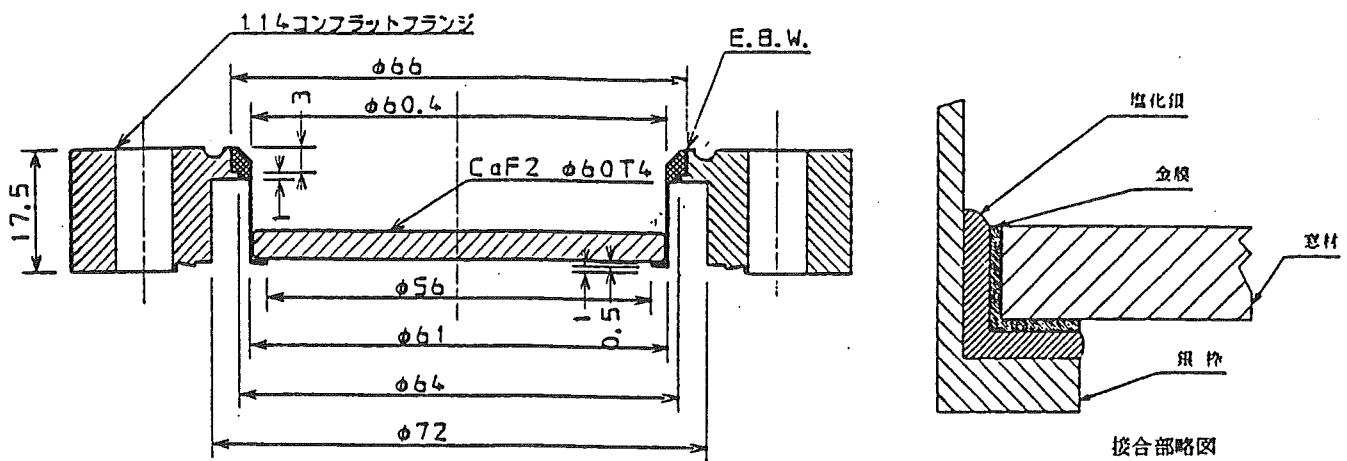


図12 塩化銀を用いたシール例

らに工夫すると共に金膜にはアイランド状真空スパッタ膜（潮解性が著しいため）を用いることによって製作しました。現在この窓は数十回のベーキングに耐え、 10^{-11} Torr台で活躍中です。また、平成5年度のIMSマシンで採択された「低温クライオスタット用赤外ビューポートの開発」では、塩化銀をシール材として用いた液体ヘリウム（スーパー）で使用できるCaF₂およびBaF₂（有効径23mm）の赤外透過窓の試作に成功しております。

4. おわりに

窓板材の保管は丁寧にしましょう。他人にも、それが何

であるか判るようにサイズや物質名を明記して透明ケース等に収納したり、長時間使わない時にはデシケーターで保管しておく等の配慮を心掛けましょう。

市販品を用いてる時にも油断は禁物です。特にコンフラットフランジの過度の締めすぎやベーキング時の保護カバー（温度の不均衡を防止）の付け忘れ等、ちょっとしたミスがビューポートの破損＝真空洩れという重大事故を招きます。ベーカブルなビューポートは絶えず熱膨張の差に耐えていることをお忘れなく。

以上、「知らなきゃ損する」かどうかはわかりませんが、私が知っている範囲で書かせていただきました。

高速原子衝撃イオン化法

化学試料技術係 野村幸代

反応生成物や生体試料など複雑な混合物の一粒、一滴を用いて、それが何かわかる装置があれば、化学、生命科学を始めあらゆる科学に大きな貢献をするに違いありません。未知成分が何かを知るには、まず分子量と構造に関する情報が必要です。質量分析は正確な分子量が測定できる唯一の方法です。しかしながら質量分析ではイオンにならない化合物の分析は出来ません。化合物をイオンにする時には、出来るだけ分解してしまわないように、試料分子全体をイオンにするのが最も良い方法です。試料分子がそのままイオンになったものを、その化合物の分子イオン (M^+) といいます。

従来から用いられているイオン化の方法では、分子イオンがほとんど検出されず、分解した断片的なイオンしか得られなかったり、うまくイオンにならない化合物が多くありました。この様なことを克服するために新しいイオン化法が次々と開発され、現在では種々の化合物について、それぞれに応じた色々なイオン化法が用いられており、石油

化学工業をはじめ、医学、薬学、遺伝子工学、生命科学など様々な分野で質量分析は用いられています。今回は、新しいイオン化法の一つである、高速原子衝撃イオン化法 (Fast Atom Bombardment:FAB) を紹介します。

古くから知られている代表的なイオン化法、電子衝撃イオン化法 (Electron Ionization:EI) 、化学イオン化法 (Chemical Ionization:CI) 、および今回ご紹介するFAB法についてイオン化の方法を図1に紹介します。

イオン化のしくみ

EI法、CI法では、試料を加熱し気化させなければならぬため、難揮発性の化合物の場合はイオン化することが出来ません。また、熱に不安定な化合物の場合は、加熱時に分解してしまい分子イオンが得られません。これらの問題を解決するイオン化法として、FAB法が開発され、現在用いられています。では、FAB法では具体的に、どのようにイオン化が行われているのか、そのイオン化の機構に

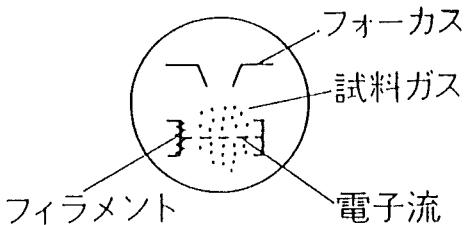
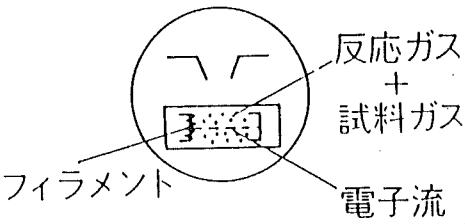
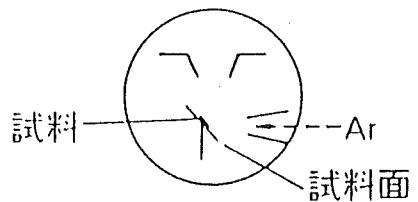
	イオン源の構造	原 理
EI (Electron Ionization) 電子衝撃 イオン化法		電子流が、気化した試料分子の電子1個をたたき出しイオン化が起こる。 $M \rightarrow (M)^+ + e^-$
CI (Chemical Ionization) 化学イオン化法		電子流により反応ガス（メタン、イソブタンなど）から生成した特定のイオン (CH_5^+ , $(CH_3)_2C^+$ など) が気化した試料分子と衝突し、主にプロトン化分子イオン (MH^+) を生成する。 $M + CH_5^+ \rightarrow (MH)^+ + CH_4$
FAB (Fast Atom Bombardment) 高速原子衝撃 イオン化法		試料を塗布した試料面に高速の中性原子 (Xe等) を衝突させて、試料分子をイオン化する。 高速Xe流 $M \rightarrow (M)^+ \text{ or } (MH)^+$

図1 EI, CI, FABイオン化法の比較

について説明します。

FABイオン化法は、次の3つの過程を経て行われます。
(図2)

1. キセノンガス (Xe) がイオン銃 (3 kV) 内で Xe^+ イオンとなります。
 2. 生成 Xe^+ イオンが電場勾配をもったイオン銃の中を高速で通過後、Xe で満たされたガスチャンバー (-3 kV) へ導入され電荷交換され、6 keV の高速中性原子 Xe が生じます。
 3. この高速中性原子がマトリックスと呼ばれる液体に溶かした試料を約20度の角度で衝撃し、イオン化が起こります。

高速原子あるいはイオン衝撃によるイオンあるいは中性原子の脱離は、いわゆるスパッタリング (Sputtering) と呼ばれるもので、イオンあるいは原子流が数keVのエネルギーで試料を保持したマトリックスを衝撃すると、マトリックス分子は次々と衝突を繰返し、マトリックスの表面を覆う試料分子を弾き飛ばします。（図3）イオン化機構は明確ではありませんが、 $[M+H]^+$ 、 $[M+Na]^+$ など擬分子イオンのスペクトルが、マトリックスのスペクトルを背景に得られます。マトリックスにはm-ニトロベンジルアルコール (NBA)、トリエタノールアミン、グリセロール、チオグリセロールなど粘性のある液体が主に用いられます。

良いスペクトルを得るにはマトリックスの選択が非常に重要です。マトリックスは粒子衝撃点を常に新鮮な面に保ち、マトリックスの蒸発により試料分子が常に衝撃点に供給され、また、試料に対してプロトンの授受を行います。FAB法の場合、試料がマトリックスに完全に溶解して透

明試料にならないと良いスペクトルを得ることは出来ません。

試料を分析する前に、標準試料と呼ばれる化合物（例えばヨウ化セシウム：CsI）を測定します。ヨウ化セシウムの場合は、FAB法でイオン化すると、 $Cs(CsI)_n^+$ 等のクラスターイオンピークが規則的に現われ、質量数約4000までの質量範囲をカバーすることが出来ます。（図4）それともとに、未知試料のイオンピークの質量数を決定します。従来のEI法、CI法では測定範囲がm/z1000程度までなのに對して、FAB法では高質量域まで測定可能なのが特徴の一つです。

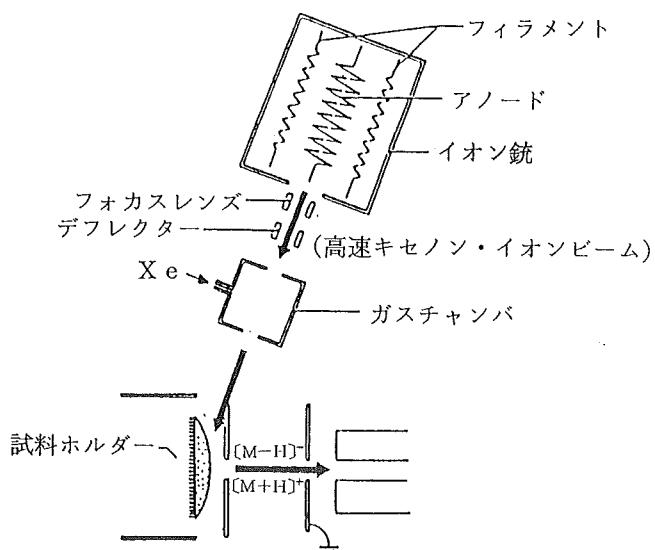


図2 FABイオン化室

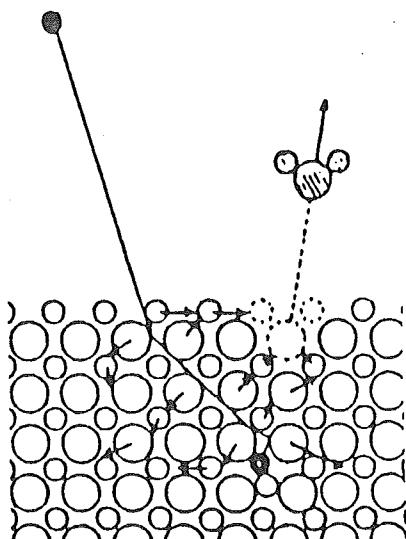
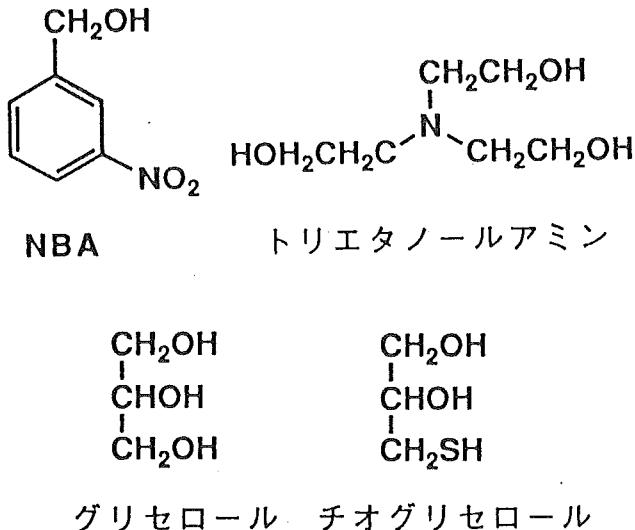


図3 スパッタリングの様子

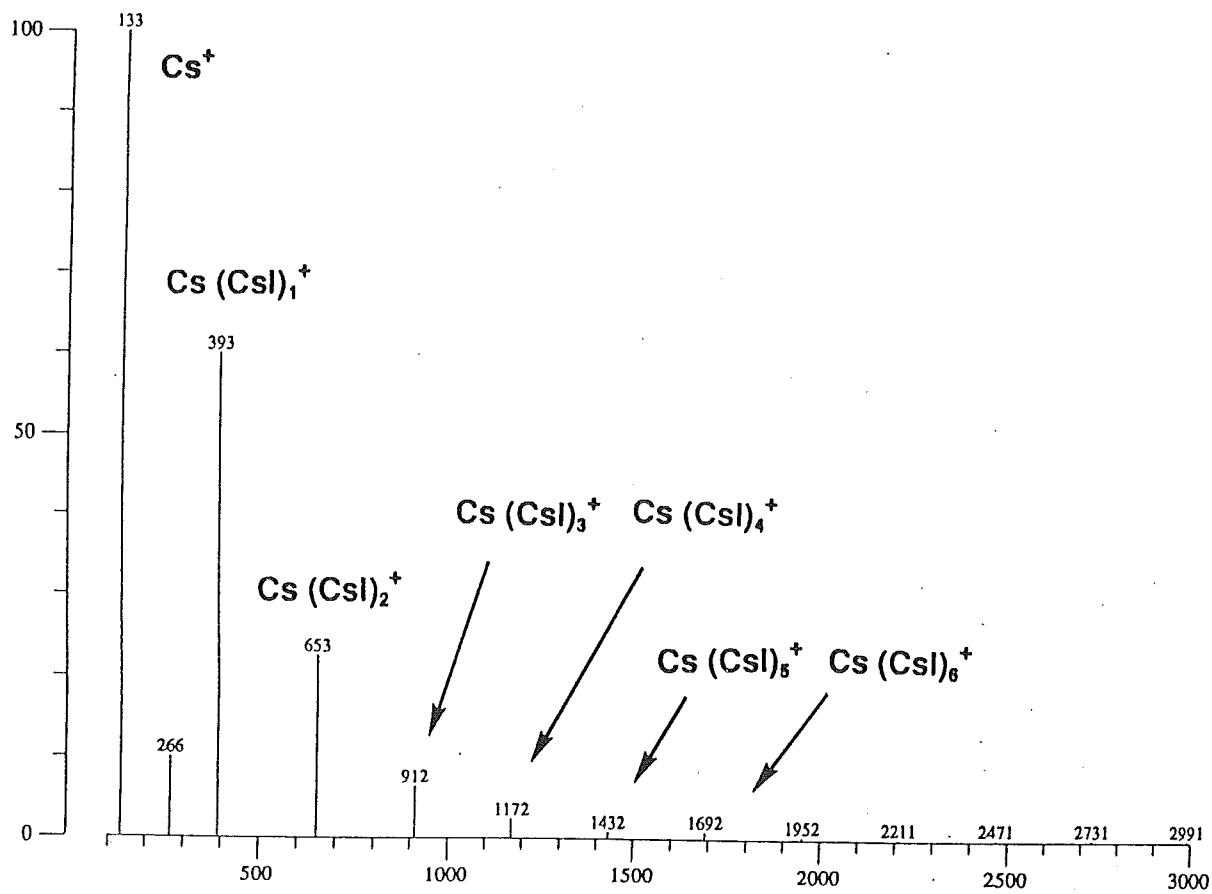
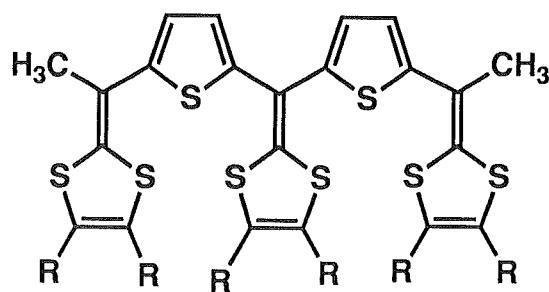


図4 ヨウ化セシウムのマススペクトル

ここで、私が測定したFABマススペクトルをいくつか紹介します。

具体例1

化合物AにおけるEI法およびFAB法のマススペクトルをそれぞれ図5、図6に示します。EI法では分子イオソピークが得られませんでしたが、FAB法では分子イオソピーク m/z 812を得ることが出来ました。なお、 m/z 460, 482, 613, 635などのイオソピークはマトリックス (NBA) のピークです。



化合物A 分子量 m/z 812

$R = SCH_3$

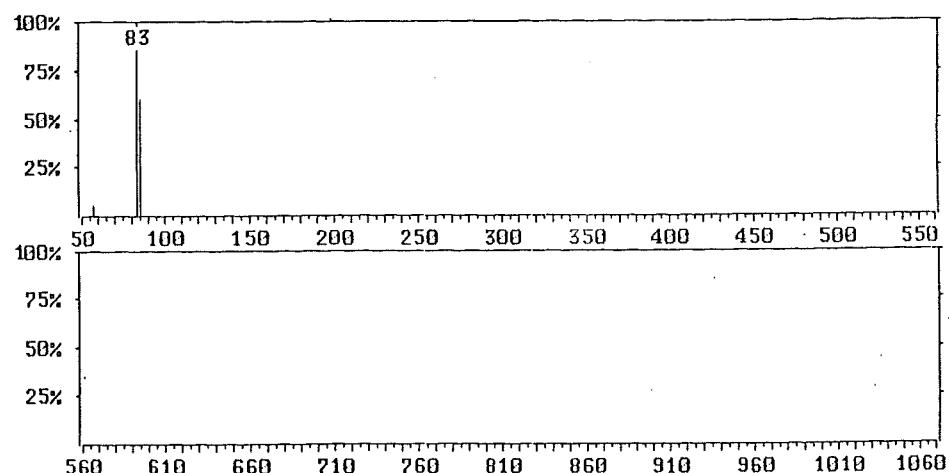


図5 EIマススペクトル

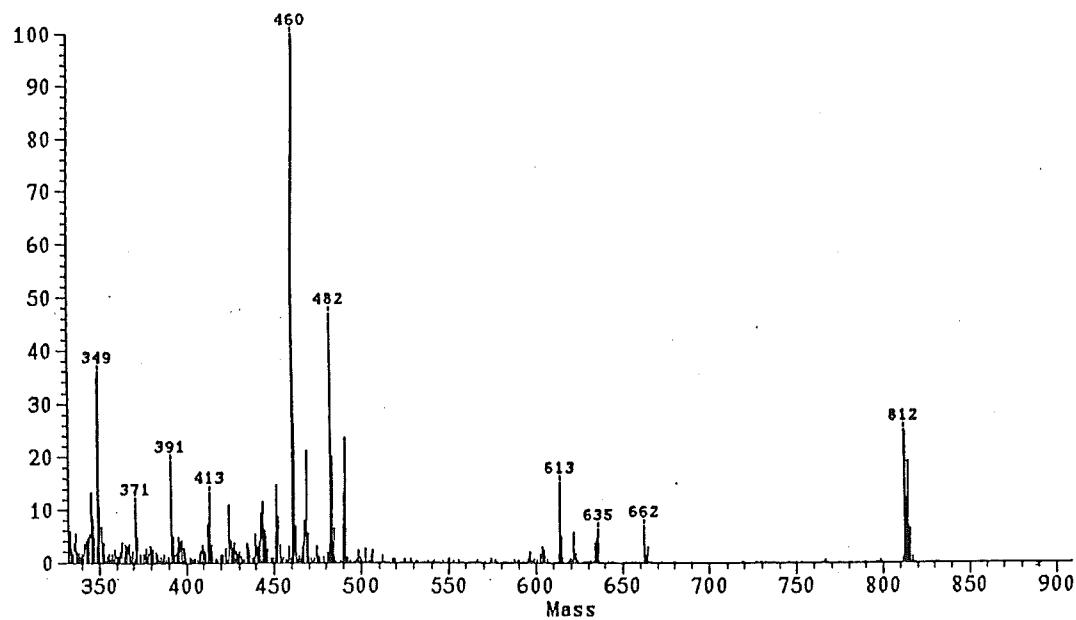
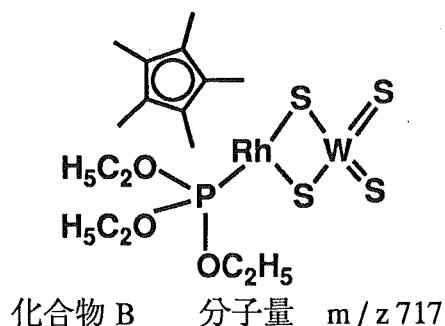


図6 FABマススペクトル (マトリックス:NBA)

具体例2

金属錯体化合物BにおけるFAB法のマススペクトルを図7に示します。この様な化合物は、従来のEI法、CI法ではイオノ化することが出来ませんでした。しかしFAB法では分子イオンピーク m/z 717を得ることが出来ました。また、 m/z 551のイオンピークは化合物の一部が脱離したピークです。



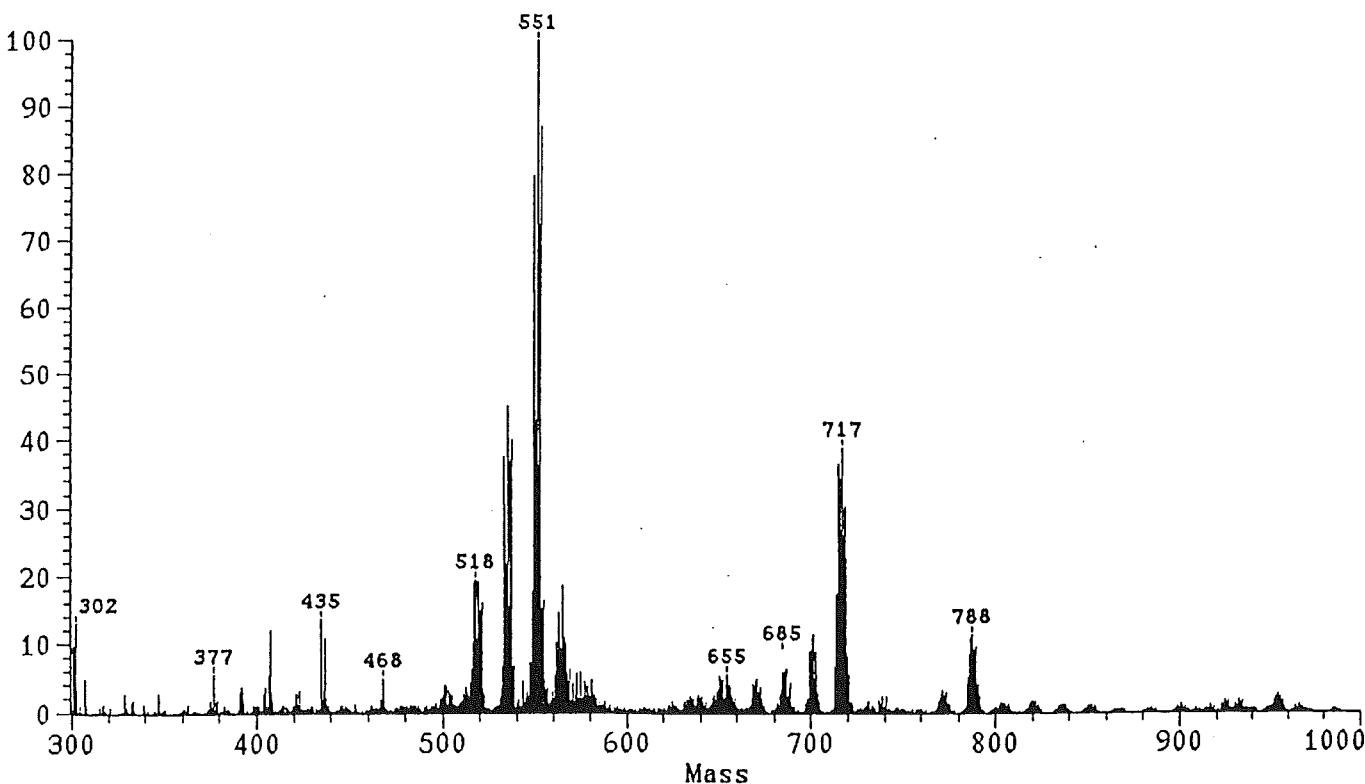


図7 FABマススペクトル (マトリックス:NBA)

この様にFAB法が開発され、今まででは質量分析に適していなかった難揮発性化合物、熱に不安定な化合物、高分子量化合物などについても、質量分析で構造に関する情報が得られるようになりました。FAB法は今後、ますます色々な分野の試料の測定に用いられていくことでしょう。

なお、化合物Aは化学試料室（山下グループ）の太田さん、化合物Bは相関研究系（磯部グループ）の小江さんに提供して頂きました。

参考文献

- 1) 質量分析の新展開、現代化学増刊15、東京化学同人 (1988)
- 2) 機器分析のてびき、化学同人 (1986)
- 3) 日本電子 アプリケーションノート、日本電子(株)

“声” 「本音を言わせて、聞かせて」

本音のコーナーの開設について

我々施設系技官は、研究支援技術の向上と提供を心懸けてまいりました。これからも、その努力を惜しむ持ちはありません。しかし限られた人員ですべての要求を解決しきれるものではなく、後回しにされた意見、改前案の提案者などとの間につまらない誤解が生まれる事もあるのではないでしょうか。そして提案者の声を正しく理解していたのか、実行に際して間違いはなかったのか、と考えると少しばかり不安があります。そこで施設等への注文、又施設からの意見等を率直に投稿していただく場所としてこのコーナーを開きました。筆者は原則として実名にしてあります。次回以降もこのコーナーは実名での掲載を続ける予定ですので御理解をお願いします。職員各位に投稿依頼のお願い伺いますので宜しく御協力をお願いいたします。

又、投稿も受付けておりますので編集担当の永田正明までお持ち下されば幸いです。

1. 簡単なこと

私がお世話になっている実験装置やそれを制御する周辺機器の半分ぐらいは既製品を使い、残りの半分は自分で部品や材料をそろえて自分自身で作ることになる。自分自身で作る必要があるのはお金が無いから買えないというよりもむしろ既製品では、そのやりたいことがなかなかできないからである。既製品ですぐにできるようなことは必ずどこかでだれかがやっていていることが多く、誰もまだやっていないようなことを考えるとどうしても既製品では不足である。自分自身で何かを作るときには、電気回路や機械工作など多種多様の作業が必要になるが、その道のプロの方からみれば非常に簡単で初步的なことのほうが大半であることが私の場合には多い。各種作業には初步的な解説書もあり、それを読めばもともと簡単なことであるからどうにかなるだろうと考えて、やり始めるとそれがなかなかうまくいかない。その果てにその道の専門家のところへ駆けつけて、その教えて欲しいことが簡単で初步的であることを恐縮しながら教わることになる。教わると、実は解説書には書いていないことがたくさん必要であることがだんだん分かってくる。それは初めに簡単で初步的であると勝手に自分で思ったところに原因があり、実際の現場の環境など読んだ解説書にはほとんど考慮されていないのである。もちろん実際の現場で必要な事柄を集めた虎の巻も本として探せばあるかも知れないけれど、滅多にお目にかかるない。結局自分自身が簡単に初步的だらうと思っていたことを実際の現場でやろうとするといろいろ技が必要であることを学習することになる。そして一度このようないい学習をすると経験値が上がり、次回は初めからまづその道のプロの方のところへ出かけていきやりたいことを相談する。そのときにいろいろなお話を聞いている間はなるほどなるほどそうやればよいのかと理解したつもりになり、いざ自分でやろうとするとなかなかできない。そこでまた出かけていき相談すると、先にやり方を教えて頂いた話の中

には、常識的に考えてやらなければいけないことややってはいけないことがすでに隠されていたのである。たとえ簡単なことでもなかなか素人の常識では不足することが多々あるのである。そこで素人はまた学習をしてしまうことになる。いづれにしても結局学習をしてしまう。簡単なことはいろいろな“人と技”との出会いを作り私を楽しませてくれるるのである。

電子構造 森 義 仁

2. 最近の雑誌を読んで

通勤電車の中で、歌人、俵 万智の写真を載せた雑誌『AERA』（以下、随所で引用）の広告が目にとまった。定価は小銭で買える程度。日頃、私が注目している企業の記事もある。早々、乗り換え駅の売店で購入し、乗り継いだ電車内で、まず大きな見出しとグラビアをチラチラ……。そこで目に止まったのは、その号の特集である「多数決」新時代。その内容は、政治改革関連法案の審議をめぐる議事運営で、55年体制の崩壊と共に国体政治がかけをひそめ、これまで全会一致であったものまでが多数決で決定されたことを例に上げ、国会における議決方法としての多数決方式と全会一致方式の表裏を紹介して、その長所及び短所を評しているものである。さらには現在、小学校で行われているディベートマッチを社会の国際化と関連づけた論評の他に、企業の取締役会あるいは大学の学科会議など一般社会での議決、江戸時代から普及したとされる多数決の歴史とそれぞれの時代の世相を、個人の意思決定にまで掘り下げて、さまざまな人のコメントと共に紹介している。

「55年体制」下の国会では、法案の賛否は最後は多数決で決めるが、議事運営は全会一致で決めるという慣例があったそうだ。それが連立政権の樹立に伴い、議事運営を含めてすべてが多数決で議決されるようになったと報じられている。衆議院で可決、参議院で否決、の政治改革関連法案

の審議におけるさまざまな出来事も様変わりした国会の副産物であろう。いずれにしても、その法案は両ボスの話合いの結果、修正可決されたようである。政治の世界には、各政党に党議拘束という問題もあり、国会における議決方法を論ずることは、特定政党の支持あるいは非難になりかねないので、コメントは避けたい。一般社会の会議として、企業体の取締役会における議決は全社一丸の決り文句のとおり全会一致が主流のようである。ある企業の取締役会事務局の人は「日本人は、総出で田植えをしてきた農耕民族。一致協力の伝統があるから、短期間に国際競争に通用する技術力を獲得できた。失敗に備えて責任の所在を明らかにするより、責任追及ムードで社内がぎくしゃくするマイナスの方が大きい」と話している。同じような全会一致を原則としている、日本相撲協会からの諮問に答申を出す横綱審議委員会の委員の1人も「ぶざまに対立した審議結果だと議論を尽くさないまま、力で押し切った印象を与えるでしょう」と述べている。いずれにしても、多数決によって発生する会議構成員の心理的ミゾを防止して、連帯責任でカバーできるというのがメリットのようだ。

多数決の歴史は、村役人の入札公選が普及の始まりのようだが、実質的には「五箇条の御誓文」の第一条「広ク會議ヲ興シ万機公論ニ決スベシ」に見られるように明治時代からであろう。しかし、明治政府は、日本が西欧列強の植民地となることを恐れて富国強兵を急ぐため、強権政治を行い、地租改正を行って近代化を強行した。つまり会議を無視した專制政治である。これに反発した民衆から百姓一揆や自由民権運動が起こり、最終的には国会開設を約束する詔勅が天皇から出されたことで事態は収拾した。民意から産まれた運動が国会開催を約束させた訳である。外国の指導によるものでもなければ、ある時代の政府が与えたものでもないとする現在の日本の議会制度を国民みんなで大切にしてゆきたいものである。

1人1人の意見を尊重しているのはとりも直さず「全会一致」（少数意見を持つ人が退席して行う議決を除く）であるが、国の最高議決機関である国会の運営をはじめとして、さまざまな会議で多数決が多く取り入れられるようになった。これは、国内的あるいは、国際的にしても、目まぐるしく様変わりする世の中の情勢に、素早い対応を求められるようになったらしい。全会一致の議決には時間がかかり過ぎるというのが最大の要因のようだ。つまり長い時間議論を重ね、出席者全員の意志統一を行ったとしても、世間からは「今ごろになって何を言っているの」とそっぽを向かれるのを恐れているらしい。こんな世相を反映してかどか小学校で授業としてディベートマッチが盛んに行われているそうだ。冷戦構造が崩壊し、対立図式が改まった昨今の国際社会に必要な、自分の考えを自分の言葉で表現し相手に伝える力、相手の話を聞いて真意を理解する力を養う教育、とある。教育として基本は、相手の立場に身をおきつつ、反論するところは自分の説をうまく相手に伝

えて、噛み合った議論をするところにあろう。

どれだけうまく議論が噛み合ったところで、コンセンサスが得られない限り多数決が必要になる。特に多数決では決議に少数意見をどのように反映させるかが重要な課題である。最高裁は議論を重ねた上で多数決をとる。'88年6月、自衛隊合祀拒否訴訟の大法廷判決で違憲だという少数意見を述べた、ある元裁判官は「少数意見は間違っているのではない。社会の変化で、いつか多数派に転じる可能性がある。簡単に捨て去ってはいけません」が持論のようだ。また、これまで全会一致が暗黙の了解になっていた、ある大学の学科会議もスピーディーな現在社会の風潮にあわず、採決が導入されるという。助手時代からその学科会議に参加してきた教授は「残念だが、やむを得ない時代の流れ。いつ議論を打ち切るか判断する議長の役割が一段と重くなる」とやはり少数意見反映に対する議長の重責を強調している。スピーディーな意思決定は我々が組織する会議であっても要求される。自分の説をうまく組み立て、短時間に相手に伝える必要があると共に、偏見をなくして相手の意見を素早く理解する必要があろう。このことは、議長など議事運営にあたる人にも必要とされることは述べるまでもなく、その上さらに、中立的な立場で少数意見をうまく取り入れた議決を下せることが重責をはたす上の必須条件であると思う。

化学試料室長の花崎教授は、本誌創刊号の『施設の技官に望む』において、「私ははなはだ個人主義的な人間であるから、集団で何かをやらかしたことなどというのは信用しない。ひとりの人間が、流れ去る時間に逆らって、この世界をどのようにとらえ、何を愛し、何を達成したか、がすべてであると思う。たとえそれが集団の中で行われたとしても、である。もし、よい集団、よい組織というものがあれば、それは一人、ひとりの、このような行為を妨害しない組織である。」と述べている。花崎教授だけが個人主義的な人間ではない。『自分のための人生』（ウェン・W・ダイアード／渡部昇一訳・解説、三笠書房）には「反対に直面したときの失望に対して免疫を持つことこそ、個人的自由を満喫できる人生への入場券なのである」と心理学者の立場から個人主義を説いている。さらに比叡山天台座主の山田恵諦師（本稿執筆後に逝去の報道があった）『和して同せず』（大和出版）の中で、書名の基になっている孔子の言葉「子曰、君子和而不同、小人同而不和」（先生は言われた、「君子は和して同せず、小人は同じて和せず」）を引用して、変貌著しい現代社会の生き方を説いている。同師は、「君子（徳行の備わった人、志の高い人）は道理にしたがって中睦まじくするけれども、道理にあわないことに対しては、はっきり意見を言い、むやみやたらに賛同しない。これに対して小人（その程度の低いもの）は不和雷同はするけれども、眞の調和はしない。」とその意味を説明し、「和するというのは、個人的に見れば、自分とは異なる考え方や行動に対しても中睦まじく協調していくこと

です。それが会社であるとか社会であるとかの集団の場合には、全体として団結してまとまりをつけていくということになります。」と忘己利他の宗教家らしい意見を述べているが、それには「道理にしたがって、いいことには賛同する。悪いことには反対する」という大前提が必要であることを強調した上で、「人にはみなそれぞれに違う考え方があるはずです。その自主性を無視し、個性を殺し、無定見な妥協をするならば、これは同することにはかならない。自分がなくなってしまう。」と述べている。人間だからこそ主義主張があり個人主義である。上述のように文献を引用し、解釈する私も個人主義である。そのような人間が集まり、組織を構成する。必須条件を備えた議長の下で構成員が議論をして、はじめてその組織は花崎教授の述べている「この世の中に存在しないかも知れない」組織に一步でも近づくものと思う。このようなことを述べていると、「おまえが議長をやれ」とどこからか聞こえてきそうだが、

必須条件を私は持ち合わせていない。それどころか多数決新時代の話を、いつの間にか議決における議長の責任重視や個人主義の論議にしてしまっている私はエゴイズムを含む個人主義であり、小学生と共にディベートマッチの訓練を受ける必要がありそうだ。

技術課における会議はどうであろうか。研究系及び施設の技官が一堂に集う連絡会の平成5年度議長は私が務めさせて頂いた。任期中、賛否両論に分かれる議題がなかったことは、必須条件を持たない私にとって幸いなことであった。施設系係長会議は、本誌の編集委員会を発足させ、創刊に導いた。この会議が「この世に存在しないかも知れない」組織に限りなく近づいているようだ。組織の一員として、業務に直結した技術的な事などのほかに、班長及び係長など諸先輩の会議に望む心構えなども学び、吸収してゆきたいと考えている。

研究機器技術係主任 山 中 孝 弥

告知板

成金治具ってご存知?

UVSORでは、超高真空を取り扱っています。狭い所での重い真空部品の組み付けは、ガスケットの取り付けがとても大変です。そこでUVSORでは、誰でも確実に取り付けられる治具を考案し、作業能率をぐんと向上させることが出来ました。日本真空(株)の作業者もこの治具を愛用しています。もしこれが、世界に普及したら、成金も夢ではありません。

真空作業でお困りの方は、すぐに下記へお電話下さい。UVSORの技官がご相談にのります。

TEL 7403	酒井、中村
TEL 7203	松戸、蓮本
TEL 7401	木下、山崎

科学講座「知って得する分子科学の常識」

レーザーの話

装置開発室助手 浅香修治

前号からの続きです。

4. レーザー光の性質

レーザー光の性質を端的に言い表すと、自然光に比較して「コヒーレンスの度合いが高い」ということになります。ここでいうコヒーレンス (coherence) とは、光の電場の位相がそろっていることです。コヒーレンスには時間的コヒーレンスと、空間的コヒーレンスがあります。

詳しく説明すると、たとえば時間的コヒーレンス関数の定義は、 $G(\Delta t) = \langle A(t + \Delta t) \cdot A^*(t) \rangle / \langle |A(t)|^2 \rangle$ で、 $A(t)$ は光電場強度を複素数で表示したもの ($\exp(i\omega t)$ の類)、 $\langle \rangle$ は時間平均を表します。（これは1次の自己相関関数とも呼びます）。一般に G は $\Delta t = 0$ で 1 であり、それ以外では 1 と 0 の間です。 G が 1 から単調に減少して 0.5 くらいになる $2|\Delta t|$ をコヒーレンス時間と呼び、この値が大きいほど時間的コヒーレンスがよいというわけです。この式を定性的に説明すると、ある時刻 t の波と、それから少し時間がたった $t + \Delta t$ のときの波を比べて、両者の間に、 t にかかわらず常に一定の位相関係が保たれていれば、その時間 Δt 内でコヒーレントなのです。たとえば、もし光電場が一つの正弦波で表され、周波数も位相も変化しなければ、コヒーレンス時間は無限大、スペクトル幅は 0 です。レーザー光はその時間が長いのが特徴です。（もちろん、そうなるような装置にすればの話です）。コヒーレンス時間に光速をかけたものをコヒーレンス長といいます。

空間的コヒーレンスも同様に考えることができます。光線の横断面に沿って、どれだけの距離まで離れても、波の位相関係が保たれているかという目安が、空間的コヒーレンスです。平面波ならばその大きさは無限大です。

コヒーレンスは可干渉性と訳します。一つの光線を 50% ミラーなどで半分ずつに分けて片方は時間遅延路を通らせ、それらの光軸を再び重ね合わせて、（平均強度を検知するような）光検出器で観測したとします。（図 6）。遅延路の長さがコヒーレンス長以内であれば、遅延路の長さを変えた際、遅延路が一一波長分長くなるごとに、周期的に光の強弱が観測されます（干渉波形）。ところが遅延路がコヒーレンス長よりも長くなると、もはや干渉波形は見えず、遅延にかかわらず一定の強度しか現われません。また、図 7 の配置で 2 本の光線をスクリーン上でぴったり重ねると干渉縞が見えます。両光線の間の遅延は不变のまま、両方のミラーを移動して重なりをずらしていくと、ずれの距離が

コヒーレンス距離よりおおきくなると、縞模様は見えなくなります。なぜ干渉波形が見えなくなるかというと、（コヒーレンスの定義から）互いに位相関係が定まっていない二つの波を重ねても、ある時は強めあい、ある時は弱めあいして、検出器や目には一定の平均強度しか検知されないからです。干渉縞の場合は、場所によって位相差が一定しないからです。というわけで「可干渉性」は意味そのままの訳語です（もともとの英語は、「首尾一貫している」という意味です）。

ついでに知っておくとよいのは、コヒーレンス関数とパワースペクトルが、互いにフーリエ変換の関係にあるということです。（パワースペクトルとは、電場のフーリエ変換の絶対値二乗です。）つまり、光のスペクトル幅とコヒーレンス時間とは、互いに逆数の関係だということです。これは比較的易しい計算で証明できますが、Wiener-Kinchin の定理と呼ばれています。

では、なぜレーザー光のコヒーレンスがよいのかという問題です。3 章で言ったように、レーザー発振するのは、光共振器で決まる縦、及び横モードだけです（いい忘れましたが、縦・横モードは互いに独立です）。縦モードは発振周波数を決めるモードですから、ひとつのモードに関して言えば、周波数の決まった正弦波です。ですから、理想的には、レーザーのコヒーレンス時間は原理的に無限大なのです。理想的にならない原因をいくつか挙げれば、まず、共振器の共振の鋭さ（Q 値）は無限大ではありません。共振器としての損失があるので、共振するモードのスペクトル幅は 0 にはなりません。というわけで、W-H の定理より、コヒーレンス時間が有限になります。また、波長選択が不十分なために、いくつかのモードが同時に発振することもしばしばあります（ちなみに、可視光領域では光の周波数は 10^{15} Hz 、モード間隔は 10^8 Hz 程度）。そのような状態では、レーザー媒質を介してモード間の結合が起こり、各モードがエネルギーの奪い合いをする事により、モードごとの強度が時間的に不安定になります。これもコヒーレンス時間を短くする一因です。

空間コヒーレンスに関しても同様のことがいえます。Q 値を下げているのはミラーの有限の大きさ、横モード選択が不十分だと、横モード間の競合を生じます。

さかのぼって考えてみると、まず、レーザーは誘導放出作用を利用しているので、光增幅作用がコヒーレントな増幅過程（3 章）になっている。レーザー媒質は共振器の中においてある。したがって、発振するのは、共振器の縦及

び横モードのみである。であるから、その出力光はコヒーレントである、ということです。

レーザー光の特徴的な性質の多くは、このコヒーレンスから導かれます。

時間的コヒーレンスの良さ：単色性、干渉性

空間的コヒーレンスの良さ：指向性、集光性、干渉性

単色性の点では、スペクトル幅 1 Hz 以下が実現しています。これはコヒーレンス長で言えば、数 10 万 km に達します。短パルスにできるのも時間的コヒーレンスが高いおかげで、最短で 10^{-14} 秒程度まで（光の波の数サイクル分）のパルス幅が可能です（これについては後述します）。平面波に近いということは、波の進む方向がそろっていることを意味します。この指向性を示す最たるもののが、地球と

月との距離測定用レーザーでしょう。アポロ宇宙船が月面においてきた反射プリズムに向けて地球からレーザー光を送るのですが、約 40 万 km とばしても数 km しか広がりません。また、平面波を集光すれば、理論的には光の波長まで集光でき、それに近い状態が実現しています。たとえば、波長 $0.5 \mu\text{m}$ の光を使って、コンパクトディスク原盤に約 $0.8 \mu\text{m}$ 幅の穴を開けています。時間的・空間的干渉性の高さを利用してるのがホログラフィです。原理はレーザーの発明以前から確立されていて、物体からの散乱光と既知の参照光との間の干渉を利用したものですが、レーザーがなければこれを実現するのは非常に困難です。

この章はここまで。

次回はレーザー装置の具体的構成の話をします。

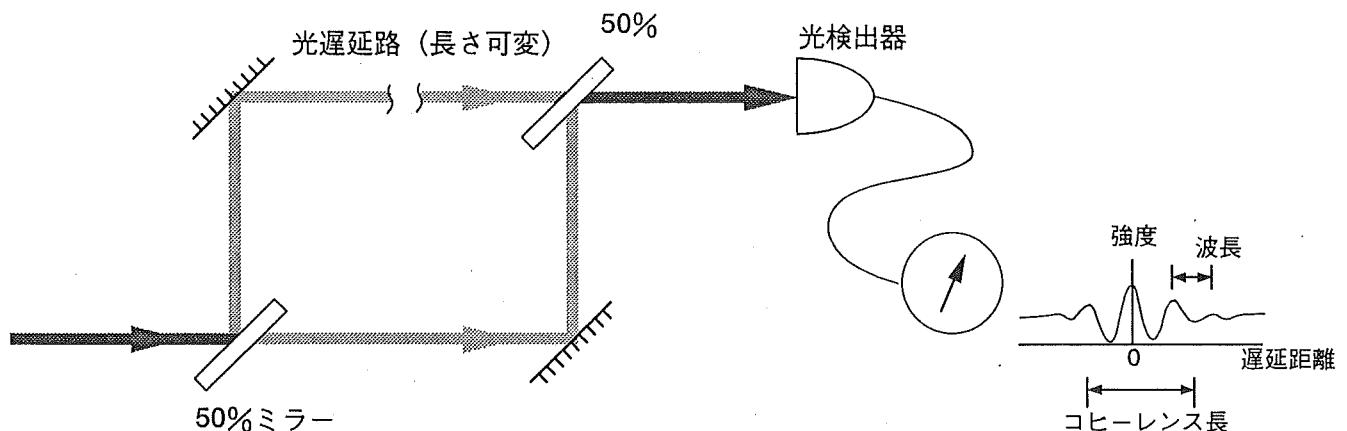


図 6 時間的コヒーレンス

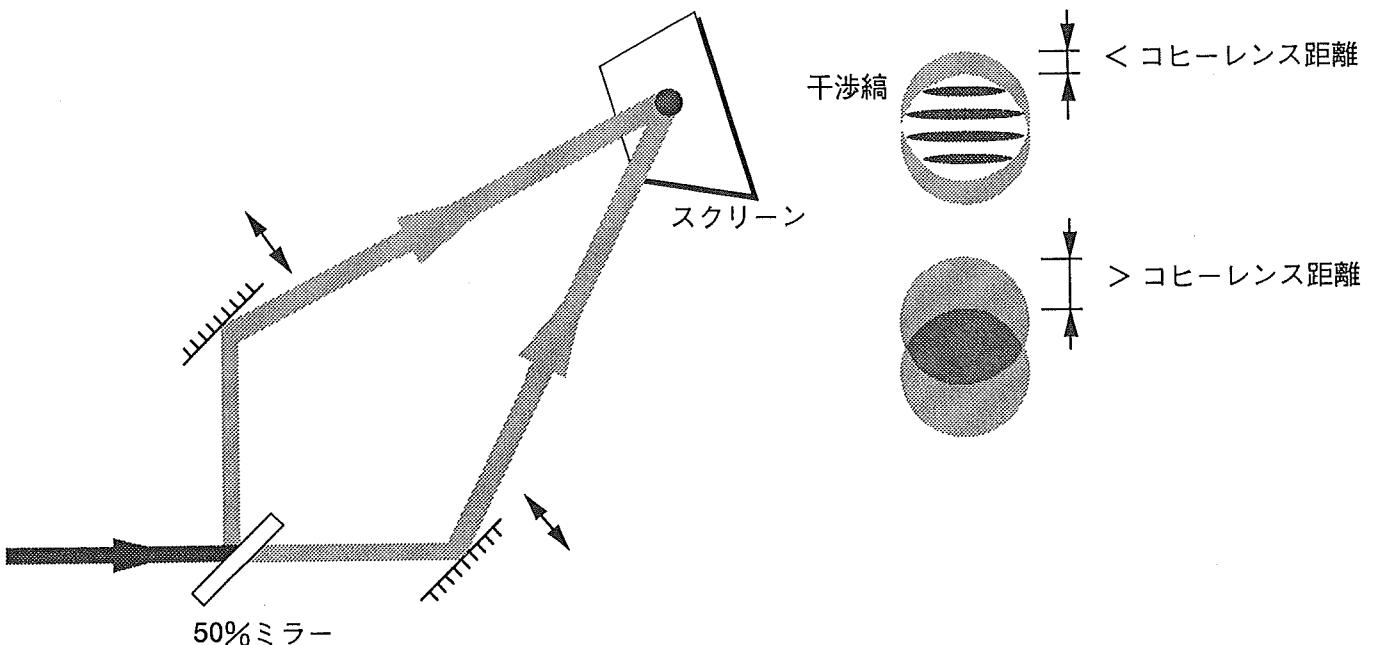


図 7 空間的コヒーレンス

編 集 後 記

先日テレビで、内視鏡の特集をやっていた。この内視鏡の発明は、医学界においては、100年以上前の麻酔の発見以上のものに匹敵するそうである。将来はマイクロマシンを組み込んで、血管の中まで治療出来るよう開発しているそうである。この中で解説者は、……この内視鏡の発明、開発は医者だけで行ったのでありません。現代の先端技術を駆使する技術者と一体となって成し遂げたのです。……と述べていた。技術課も研究者と一体となり、分子科学に貢献できる技術を目指して大いに頑張らなければならないと思った。

「かなえ」第2号をお配りいたします。技官、教官、事務官は研究を支える3本足の鼎となるために、われわれは技官として、つねにその技術の向上に努める所存です。その目的のために「かなえ」を刊行いたしました。どうかこれをお読みになり、技官、技術に対するご意見をどしどし頂ければ幸いです。

編集委員長

分子科学研究所技術課活動報告「かなえ」編集委員

早坂 啓一
酒井 楠雄（委員長）
加藤 清則
松戸 修
西本 史雄
掘米 利夫
木下 敏夫
永田 正明
岡田 則夫
山中 孝弥
吉田 久史
鈴井 光一

かなえ No.2

発行年月	平成 6 年 4 月
印刷年月	平成 6 年 4 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

