



Kanace

分子科学研究所 技術課活動報告

No.13

「技官、教官、事務官は研究を支える三本足の鼎である。」



鼎 (かなえ)

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

(小学館「大日本百科事典、ジャポニカ」)

目 次

特別寄稿

「研究と技術」	高エネルギー加速器研究機構 技術部長	三国 晃	1
「研究支援体制の再構築」	核融合科学研究所 技術部長	大竹 熱	2

トピックス

永年勤続表彰	4		
技術課 新人紹介	5		
北陸からの近況	北陸先端科学技術大学院大学 研究協力課技術室 名古屋大学 理学部	堀米 利夫	7
6ヶ月を振り返って	矢野 隆行	9	

技術課活動報告

第 16 回分子科学研究所技術研究会 平成 11 年度技術研究会を終えて	分子物質開発技術第二係長 吉田 久史	11
---	-----------------------------	----

技術報告

放射線画像解析装置を用いた トリチウムの測定解析	北海道大学 アイソトープ総合センター 笠原 茂	16
-----------------------------------	----------------------------------	----

技術講座

超高真空仕様 CMA (円筒鏡面型電子エネルギー分析器) 製作技術	物質構造科学研究所 間瀬 一彦	18
---	--------------------------	----

マイレビュー

燃焼式除害装置 TPU の特徴	日本 EDWARDS (株) マーケティング部 高橋 克典	30
-----------------------	---	----

特別寄稿

「研究と技術」

高エネルギー加速器研究機構 技術部長
三国 晃

広辞苑によれば「研究」とはよく調べ考えて真理をきわめること。「技術」とは科学を実地に応用して自然の事物を改変・加工し、人間生活に役立てるわざ。と記述されている。

この意味合いから科学技術の発展には研究と技術は相互関係にあって、どちらが上でどちらが下ということではなく、それぞれ個人が得意とする分野で研鑽し融合することが重要である。(本誌“かなえ”が意図する所以と合致する)

小生は、昭和37年から文部省の教室系技官として研究支援に携わってきた。当時の大学及び研究所は研究室と共通部門の充実が図られ研究室は研究者2名、技官1名が1ユニット、共通部門(規模にもよるが特に工作)には10~20数名が在職して、「研究」は教官、「技術」は技官と明確に分類され、特に物作りにおいては、実験室規模で使われる実験装置、測定装置は内部スタッフの技術によって制作され研究に供されていた。このため「研究」も「技術」も活況を帶び、技術継承もスムーズにおこなわれていた。

この時代の研究と技術は単能的要素が強かった。つまり研究は外国の追試的要素が強く実験すればそれがそのままデータとして評価された。技術においても実験装置は市販の物が少なく殆どが自前の手作りで賄わなければならぬ状況にあった。その後の科学技術の進歩はめざましく、中でもエレクトロニクス技術の進展は著しく、トランジスタの出現、ICの出現から量産化、大容量メモリー化等それに関わる周辺技術の発展は国民生活にも多大な影響を及ぼし、その流れは大学の研究と技術にも大きな影響を与えた。

大学の「研究」は技術の進歩によって高度化、効率化が進み高精度のデータが得られるようになった。しかし、一方では「技術」の発展は人減らしに作用し、大学技官の定員削減化が起こり、高齢化、技術の空洞化へと進んできた。このため研究に対する技術の対応がままならぬ状況に陥り、研究に支障を生ずることが危惧されると同時に若者の理科離れ、少子化等問題は深刻である。

また、最近の「研究」は昔と違って成果を出すのに金がかかるようになってきた。それは研究(実験)の複合化と精度を上げた精密実験に絞られてきたからである。これに対応する「技術」の考え方もえていかねばならない。それは単能技術(者)から複合技術(者)への変身を意味する。単能技術をおこなう者はテクニシャンであり、複合技術をおこなう者はエンジニアである。つまりテクニシャンとエンジニアの違いは学歴ではなく、技術の応用ができるかどうかの違いである。研究者に言われた(頼まれた)ことだけを実行するのはテクニシャンであり、エンジニアは幅広い分野の技術を持ち、「研究」が必要とする要素に答えうる「技術」を具備し、そのための情報収集を怠らず研鑽と努力をおこなっている。「研究」と「技術」は長年培った蓄積が大事である。いくら高等教育を受けたからといって明日から高等技術が発揮できるものではない。(ローマは一日にして成らずが如しである)。

21世紀は創造性豊かな「研究と技術」が求められている。これに答えうるより一層の努力が必要ではなかろうか。

「研究支援体制の再構築」

核融合科学研究所 技術部長
大竹 熱

当研が大学共同利用機関として創設して11年。私は建設に専念しすぎて大学の事情から遠ざかってしまい、浦島桃太郎になった感があります。最近の交流でそれを知る機会に恵まれ、大学などにおいても技術職員の組織化が進んでいることを知りました。

講座の技官という立場から独立することに戸惑うことがあると思います。一連の組織化は、共同利用研技術組織にとってもメリットがあり、将来の人材交流にお役に立てれば、と思って提案してみます。分子科学研究所は、早くからこのメリットを採入れてきたのでしょうか。

これまでの講座などから飛出すことによる不安があるかもしれません、結果の価値を優先して考えてみてはどうでしょうか。各講座に実験装置があって、それを永年専門的に扱うことによって専門技術者と呼ばれてきました。どこの実験装置でも大体電源を入れて、冷却をしてというような基幹技術の部分と、実験物理情報を電気情報に変換する部分と、あるいは電気情報をコンピュータで処理するための通信技術など、いくつかの技術の次元で分類できるのではないかでしょうか。それは講座名や研究分野とは異なる次元のものです。講座にいる限り研究の方向で仕事を進めますが、ひとつの実験装置という各種技術の集合体を扱っているながら専門技術という位置付けにすることに疑問があります。

講座では、技官が研究者と同じ土俵で相撲をとってきたのではないか。勝てるわけがありません。技官は土俵を造る側の責任を持つべきです。技術の次元で分類すれば技官の位置付けが整理されます。講座内の一般的な作業は他の人でもできる。技官でなければ出来ない仕事を専門的に受容されれば効率があがります。

事務官は客を呼込み、儲けを勘定する興行師の役割を担っている。決して土俵上で勝負しようとはしません。それぞれが自分の立場で役割を担つていけば全体の成果につながるのではないかでしょうか。

技術の次元で業務を進め、他の講座でも対応可能となれば大学間の人事異動も可能となり、技官の社会が開けて人間形成に役立つものと思われます。技術の次元で支援体制を築くことによってそれが可能となり、力量を發揮する機会が増えるのです。逆に、研究側の進展に伴って新たに出てくる需要に対して別の技術の供給が可能となります。

なんでも一元化することによって人材の活用、器具の活用、時間空間の活用などが図れる利点があります。効率を求めるることは責任が重くなるという意味で否定的に受止められるかもしれません、人手が減っても仕事を進めるためには効率を上げなければなりません。責任も自ら求めて高めていけば、支援体制の信用が得られ、欲しいものに手が届くのではないでしょうか。

学会の発表や論文につながる仕事では、結果を出すまでの時間は人によって違います。各大学や講座の事情によって、その人の力量によってマチマチです。それで技官の力量が全国レベルで統一された尺度で評価されなければ各種の食違いが生じます。人事交流によって違う条件を経験する機会を増やせば、技術力や人物情報が一元化でき全体のレベルアップにもなると考えられます。

これまででは講座の教官による研究的要素の評価が背景にあったでしょう。論文連名の数や技術研究発表数などで行政職としての待遇を要求することに矛盾が感じられます。雑用と称される大半の業務が評価の対象から遠ざけられている。そして、技官の力量や実績でなく研究者成果や先生の力関係で結果が左右される可能性があります。研究者でも事務官でもない、技術で支援する立場での評価基準が一律でなければならないと思います。

大学共同利用機関の間で人事交流を図っても限界があります。大学の技術職員が独立組織になれば人事交流の対象になります。短期長期に拘わらず人事交流で専門技術の有効活用を図れば、大学全体の活力が上がるよう思います。これをメ

リットと考えております。

組織になれば専門技術に閉篠もらず、所帯としての雑用を処理しなければ自立したとはいえない。専門技術しかできないロボットの集団ではなく、何でもこなせる人間の組織体として責任を分担していくべきが信用が得られるでしょう。技術が3本目の柱とするなら、3分の1の責任をとる意識が必要です。技官の意識改革ができれば、研究者や事務方が見る技術組織の信用が高まるのです。当方も含めて技術組織はまだ発展の可能性を持っています。理想が高すぎると白けるだけでは進歩はありません。毎日の努力が必要です。

実験装置を担当すれば仕事はどうしても研究の方向を向くことになります。しかし1つの装置でも各種の専門技術で分担しあい、協力して対処

すれば組織的活動の具体策が見つかるでしょう。特殊性とか事情が違うとかよく言われるのは、講座毎の違いを技術業務の違いと混同しているのではないかでしょうか。独立して運営するには研究側の理解も必要ですが、技官自身の意識改革が不可欠です。

何事につけても、樂をしようとする潜在意識が過去の延長上で考えさせてしまいます。傷みを伴うことを覚悟しなければ改革できません。赤信号みんなで渡っても機ねられる時代が迫りつつあります。逃げることも出来ないです。それは共同利用研も大学なども同じ条件です。向うから来る波に呑まれないために、双方が協力して波を立てる側にまわればどうでしょう。

トピックス

水谷伸雄係長 永年勤続表彰

平成11年11月19日、機構長より永年勤続者の表彰が行われ、分子研では極端紫外光科学的研究系技術係長の水谷伸雄氏がめでたく表彰を受けられました。水谷氏は分子研創設期に採用され、以来装置開発室で機械工作を中心に各種の装置製作に勤められました。これまでに培われた技術を駆使し数々の装置製作、依頼工作をこなし、さらに若い技術者の指導や装置開発室の中堅職員として日夜多忙な職務に専念されています。今後もますますご活躍されることを願っております。

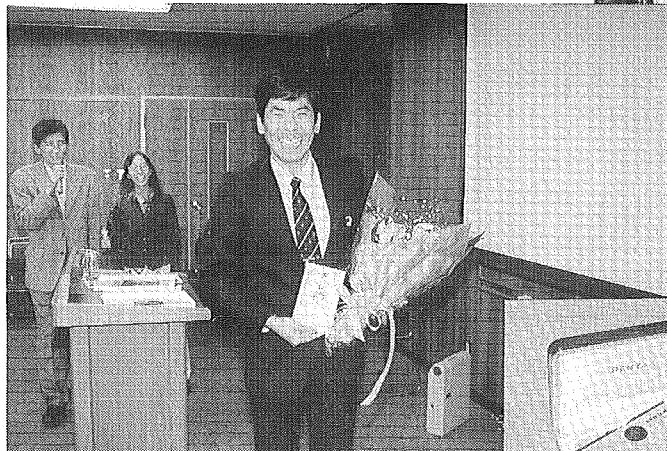
以下に表彰の当日催された祝賀会の様子を写真でご紹介いたします。



祝賀会記念撮影



茅所長と水谷氏



花束と記念品目録



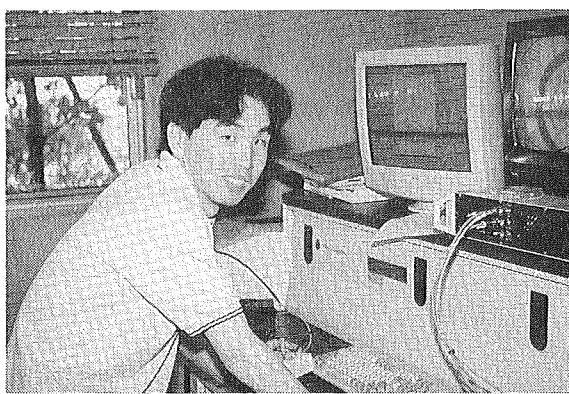
記念品は
超薄型コンパクト双眼鏡
が送られました

技術課 新人紹介

分子物質開発技術第一係

牧田誠二 技官

2000年2月1日、分子物質開発研究センター第五技術班に配属されました。配属されてすぐに、MARDI TOF 質量分析計が納入され、かなり多忙な日々を過ごしておりますが、北海道大学在学中に培った、有機化学の基礎/実践がものをいい、設置後1ヶ月足らずで依頼分析を開始しております。



分子制御レーザー開発技術係

上田 正 技官

大学・大学院、そして企業と、通算7年間に渡って、半導体レーザーを用いた測距技術の開発に力を注ぎ込んできた。そんな青年が分子制御レーザー開発技術係に配属された。

分子制御レーザー開発技術係における主な仕事は、共同利用装置である各種レーザー及び分光光度計の保守管理及び研究所内外の分子科学研究者に対する様々な技術支援である。そのような職務に必要とされる技術分野は、化学、物理、強電、弱電、情報通信と、非常に広い範囲に及んでいる。また、レーザーの基本調整は、長年の経験と感触に頼るところが多くあり、短期間で職務に対応できる技術を習得することは非常に困難であるが、冒頭で紹介した経歴をもつ上田技官は着任早々に最前線にて奮闘してもらっている。また、4年間の

また、元素分析計も4月下旬に納入される予定で、この装置も依頼測定を受付けることになります。短期間で2つの分析装置を立ち上げるのはなかなかプレッシャーがかかるのですが、たぶん、すんなりと立ち上げてもらえます。これからは、分子研の注文の多いユーザーにも鍛えられてどんどん腕を上げていくことと我々は期待しております。

テニスも牧田さんの趣味のひとつで、我とおもわん方は挑戦にきてください。火曜日は定例でテニスをやってます。思ったより手ごわいでですぞ。

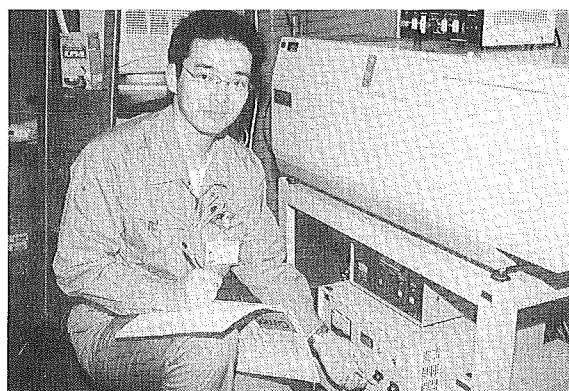
牧田さんが所有する、沼津ナンバーの赤い車は滋賀ナンバーの赤い車と駐車場で物言わず競っています。かなり趣味性の高い車のようです。なお、これは重要なことですが、酒も呑めます。

牧田さんの日中の仕事場所は化学試料棟103室(7487)及び106室(7488)です。居室は極低温棟202室(7470)にあります。

(第5技術班長 加藤清則)

企業組織で培われた誠心は、すべての技術を含めた職務全体を下支えするものであり、正に即戦力であると言えよう。

(第4技術班長 山中孝弥)



トピックス

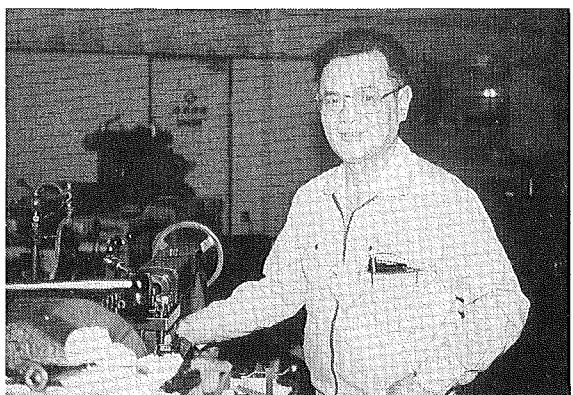
装置開発技術係
宮下治美 研究支援推進員

装置開発室の機械工作に新しいメンバーが加わりました。

研究支援推進員として5月15日付けで採用されました宮下治美さんです。おもに工作依頼の機械加工をお願いして部品製作等を行っていただいています。宮下さんは岡崎にある高木化学研究所(<http://www2.gol.com/users/takagic/index.html>)で機械工作の仕事に従事されておられました。そのため、当装置開発室にある汎用工作機械はほとんど使いこなすことができます。また、熟達した加工技術も持っておられます。工作室を利用される方は、いろいろ聞いて下さい、懇切丁寧に指導して下さいます。

聞くところによると、熱狂的な中日ドラゴンズファンで、ドラゴンズが負けると大変だそうです。何が大変か？というのをご本人におたずね下さい。

(装置開発技術係長 鈴井光一)



北陸からの近況

北陸先端科学技術大学院大学
研究協力課 技術室 堀米利夫

数年前から行われている分子研と北陸先端科学技術大学院大学(JAIST)との人事交流のために、先任の中村永研氏に代わり私が赴任しました。JAISTのある石川県の辰口町に引っ越ししてきた1999年9月30日は、東海村でJCO臨界事故がおこり、中日ドラゴンズが平成11年度のリーグ優勝を決めた歴史的な日でありました。昨年は名古屋大学理学部装置開発室に1年間お世話になり、晴れて分子研に戻れると思っていたのですが、ヒヨンなことから2年間北陸の地に勤務することになってしましました。JAISTには過去に2度出張で訪れたことがありましたが、まさかここで自分が働く事になろうとは思ってもいなかったので、その時は山あり、海ありの自然環境の良いところと内心羨ましさの様なものもあった気がしますが、実際に生活をすると岡崎・名古屋とは違った環境での生活となりました。

大学紹介

北陸先端科学技術大学院大学(JAIST)は石川県の金沢市と小松市の間にあり、やや小松市に近いあたりに位置している辰口町にあります。ここに来るのには車を使うのが一番ですが、公共の交通手段を使うとなると不便さを隠し得ない。北陸本線金沢駅から小松方面に一駅戻り、西金沢駅から北陸鉄道を使い鶴来駅へ、または金沢駅から北陸鉄道の野町駅へバスを利用し、野町駅から鶴来駅へ、そして鶴来駅からは大学のシャトルバスで大学への方法があります。金沢から大学へは大凡1時間かかります。

大学はバブル期に計画されたサイエンスパークの中核として設立されました。その後の経済の変化により民間企業の進出が足踏み状態の中で、現在はNTTの研究所と石川県の研究施設などの施設があるのみです。辺りには誘致が予定されていた土地の面影を見ることができます。その中にグリーン系のやや高めの数棟の建物の集まりがJAISTです。

JAISTは情報科学・材料科学・知識科学の3つの

研究科があり、修士・博士課程の学生約1000人と教職員350人程度の大学院大学です。

大学の概要について述べることはこれ以上は省きますが、材料科学研究科は分子研とのつながりも強く、吉原先生、三谷先生をはじめとして数人の方々が分子研から移ってこられています。

工作室と仕事

私の職場は大学で「工作室」と呼ばれているところで機械工作関係の仕事をしています。工作室の広さは分子研の装置開発室の機械工作室の広さの半分程度です。設備されている工作機械も一般的な汎用旋盤、汎用フライス盤、NC旋盤、NCフライス盤、ワイヤー放電加工機、ボール盤などが所狭しと配置されています。また、溶接室、組立調整室が別に設けてあり、その上をストックヤードとして利用しています。工作関係の職員は私を含めて技官が3名です。仕事の内容は大きく分類すると、1)工作依頼業務と指導、2)プロジェクト業務、3)雑用に分ける事ができるような気がします。

工作依頼業務は研究科からの工作の依頼を処理をする業務ですが、原則的にはなるべく自分で工作をしていただく事としていますが依頼工作が減ることはありません。利用者のために工作実習を行っているのですが、ある時間内で工作技術を習得するのは難しいのか、実習を受けた人も平気で簡単な工作依頼をします。それでも中には装置作りに熱心な職員・学生さんもおり、工作機械が占領(同種の工作機械が1台しかないとため)されるため、私たち技官が工作依頼の業務ができないという矛盾もあります。

プロジェクト業務は部品的な物でなく研究テーマの中で装置を作成するような場合に、プロジェクトの一員となり設計製作を担当する業務です。まだまだプロジェクト的業務は少ないと、一般的の依頼業務に時間がとられてしまい、この業務に時間を割くことができないのが現状です。今後は意識してプロジェクト業務のための時間を作っ

トピックス

て行ければ良いと思っています。

雑用はどこでもあるような事務的な雑用から設備機器の保守点検など様々です。人数が少ないので雑用に費やす時間も無視できない程です。

生活あれこれ

幸いに大学の宿舎に入れていただきしており、通勤時間は10分とかかりません。昨年名古屋大学に通勤していた頃の通勤時間は2時間弱でしたのでそれに比べれば格段に短縮されたわけです。しかしながら最初は早かった出勤時間も日が経つごとに定刻となっていました。

通勤には便利なのですが日常生活をするには不便さもあります。大学の近くには一軒の食堂と少し離れていますがコンビニがあるのみで急場しのぎにはなりますが、日常的な買い物は車を使って近く町のストアまで出かけることになり、車無くして日常生活が考えられない土地です。また、分子研のある岡崎と大きく違うのは冬になると雪が降ることです。こちらに来て最初の大きな出費の一つはスタッドレスタイヤを買うことでした。早い時期からタイヤを購入していたのですが、昨年の暮れは暖冬で雪がなかなか降らず拍子抜けしていましたが、いきなりクリスマスの少し前に大雪が降りタイヤの有り難さを痛感しました。

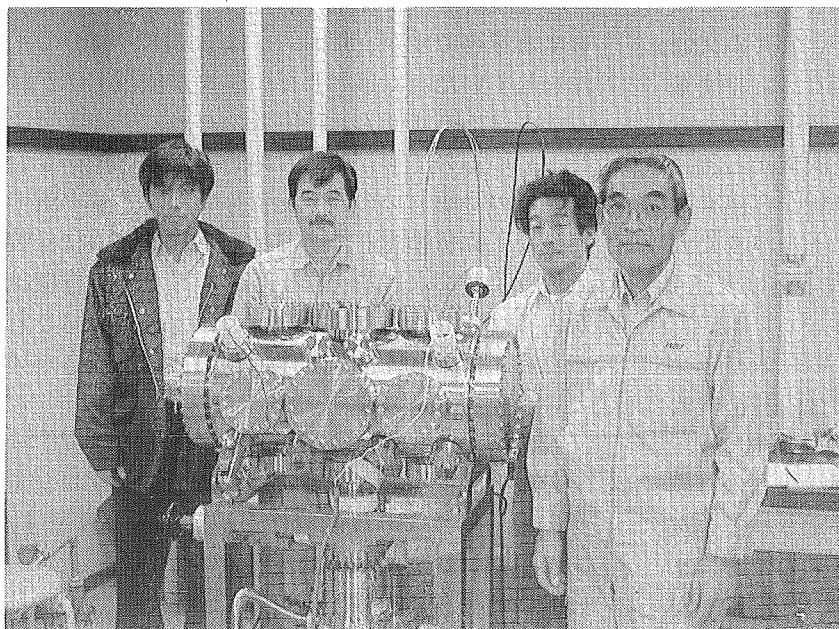
冬の生活に欠かせない物に「傘」と「長靴」があります。長靴は雪が降ると必要ですが場所に

よっては融雪装置が働き、水浸し状態の道路の中を歩くことになり長靴が必要品になります。私の冬の通勤靴は長靴です。もう一つの傘ですが北陸の天候は非常に変わりやすいのです。1時間程前は太陽の光が眩しいと感じていたかと思うといきなり雲行きがおかしくなり雨が降り出す始末です。ですから何時も雨を気にしながら、傘を手放せません。

気候的なことで言えば石川県は雷が多い所です。最初慣れない頃は寝てもびっくりして起きてしまうことが良くありました。大学の設備の中にも実験中の停電を心配し予想以上の充電設備がされている所もあります。

こちらに転勤して半年が過ぎましたが単身赴任の生活にも慣れつつあり、残りの1年半は昨年の名古屋大学との人事交流の時と同じように欲張らず、後々意義のある時間だったと思えるように努めたいと思います。

近況報告が断片的になってしまったことを御勘弁ください。まだまだ報告する事はありますが次の機会に回したいと思います。北陸は良いところです一度訪れてください。私はおもてなしを十分できませんが、豊かな自然と温泉がもてなしてくれると思います！



写真説明

途中まで中村永研氏が設計製作され、最近完成した“アニーリング装置”を囲んで撮影。

6ヶ月振り返って

名古屋大学 理学部
矢野隆行

1.はじめに

平成7年10月にスタートした名古屋大学(以下名大)理学部と分子科学研究所(以下分子研)との人事交流が昨年(平成11年)10月で三期目を迎えました。今回私は前任者の堀米氏の後を受け、現在分子研に所属されている小林氏との2年間の人事交流で名大に異動しました。「2年」という時間は考え方によって長くも短くも感じるものであると思います。「この時間をどのように過ごすのか」が今の私にとって大きな課題です。ここでは異動して感じたことや2年間の人事交流の目的について書こうと思います。

なお、これは先に発表した「理学部技術報告」に投稿したものと再構成したものです。

2.二つの機関の違い

名大に勤務して感じたことについて書きます。

(1)名古屋大学

名大の第一印象はやはりその規模の大きさです。3つのキャンパスの中に学生(大学生・大学院生)と教職員をあわせておよそ2万人がいるのだそうです。また、東山キャンパス一つだけをとってもその敷地は広く、毎日歩き回ってもあきないくらいのものがあります。まだ大学の中を一通り見て回ったことがないので、暇を見つけて出かけていきたいと思っています。

また、学内には大学生協が経営する食堂や購買が点在しています。お昼はその食堂にお世話になっていますが、この時間が一日のうちで楽しみな時間でもあります。

(2)ホワイトボード

はじめて装置開発室に入って目に付いたのはホワイトボードの数の多さです。ざっと数えただけでも17台もあります。対して分子研はと考えてみると4~5台しか無かったように思います。こちらにやってきたとき私自身「なぜこんなに多いのだろう?」と思っていました。でもいざ仕事に取

りかかってみてよくわかりました。

今まで私が行っていた設計作業は1つのアイディアが浮かぶとそれに固まってしまって、あまり人に相談することもなく進んでいました。そんな自分にとって「大きなボードに思いついた考えを絵や表にする」という行為は依頼者との相談をする場合にも、自分の考えをまとめるという場合でもそして他の人から意見を言ってもらう場合にも大変重要なことであるし、それ以上にこれは「装置を創造する」職場の人間にとっては欠かせないことだと思いました。

(3)スポーツ

三つめは昼休みや業務後おこなう職員や学生とのスポーツ交流のことです。ここにやってきてからいろいろな方が私に「スポーツと一緒にやらなさいか」と声をかけてくれました。スポーツに関しては下手なもの、嫌いではないのでうれしい一言でした。

分子研にいたころの私はこのようなスポーツ活動に積極的に参加することは少なかったように思います。特に事務系の方との交流に関してはほとんどありませんでした。このような交流を通して、仕事で関係するしないに関わらずいろいろな人に会えるということは楽しいものです。そして大学を卒業して以来ほとんどスポーツをしなかった私には身体を動かすことによって体調がよくなったり、気分転換になったりして仕事がはかどる要因にもなっています。

3.おわりに

現時点での人事交流の期間は後1年半ほどとなりました。先に投稿した理学部技術報告の中で私は人事交流を行う上で自分なりの3つの目標を掲げました。それは、

- 1)これまで、分子研では加工技術の習得に重点をおいてきたので、特に、理学部特有の装置開発技術のプロセスを学ぶ。

トピックス

- 2) 装置開発までにどのような試作実験を繰り返し行い、いかに研究に合うものを作り出すかという実験技術を学ぶ。
- 3) 大学の技術部(装置開発室)の運営方針等を学び、人と人との交流ができるだけ行う。
というものです。どれだけ達成できるかは正直言ってわかりません。しかしできる限りのことを

残りの時間で習得して分子研に戻りたいと思っています。

また私が名古屋大学にいたことで、装置開発室の人はもとより理学部の技官や研究者の方々に何らかのいい刺激になることができれば幸いと思います。

技術活動報告

第16回分子科学研究所技術研究会

－平成11年度技術研究会を終えて－

分子物質開発技術第二係長 吉田久史

第16回分子科学研究所技術研究会が、平成12年3月2日～3月3日の日程で分子研技術課の主催により開催されました。昨年夏に技術研究会実行委員とWEB技術班を組織してから約半年、技術研究会開催要領の発送、参加申込みの受付、研究会プログラムの作成、研究会案内の発送などの作業を経て何とか本番を迎えることができました。研究会は、従来からの4つの分科会(装置技術、回路技術、極低温技術、電子計算機技術)と、新たにガラス工作技術の分科会が加わりました。発表は口頭発表とポスターセッションの2つの形態で行われ、製作した装置についての創意工夫や装置のトラブル対策などの技術的報告がありました。また、2日目の講演終了後には、インターネット技術討論会やガラス工作討論会(課題:技術の継承)、極低温技術討論会(課題:液化・冷凍装置の水分対策について)が開催され、日常業務における技術的な問題や今後の課題などについて活発な議論や意見交換が行われました。

研究会1日目の終了後には、恒例となった懇親会が開催されました。懇親会は、酒井技術課長の挨拶に始まりセレモニーを含めて約2時間行われ、250名を超える参加者が集まって互いの親睦を深

めました。セレモニーの中では、名古屋大学と東北大学の有志の方による尺八の演奏が披露されて会場を大いに賑わせていました。

技術研究会への参加者は、大学や高専、共同利用研究機関に所属する技官のほか、他省庁や県に所属する技術職員なども加わり、全体では400名を越す過去最高の参加人数となりました。また、北は北大から南は琉球大まで、ほぼ全国的な地域から技術者が集まりました。参考までに、過去3年間の参加者数と発表件数の推移を表1に示します。参加者数が年々増え続け、技術研究会への関心と期待が高いことが分かります。技術研究会を開催して、そうした期待に少しでも貢献できたことを嬉しく思います。また一方では、研究会会場のキヤバシティの問題や研究会プログラムをこなす上での日程的な問題など、今後検討しなければならない課題が多くあることを感じています。それでは、技術研究会中に撮影した写真で、第16回分子科学研究所技術研究会の様子を振り返りたいと思います。

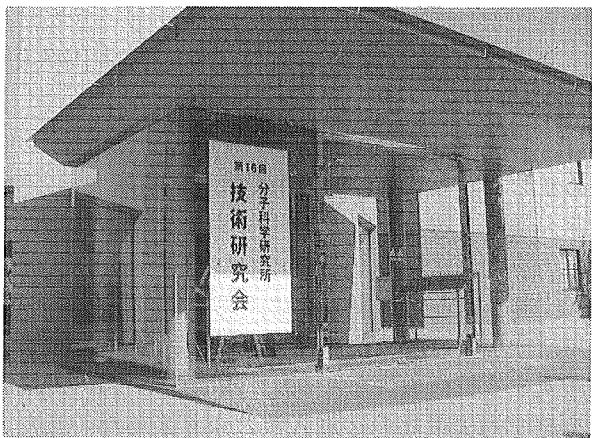
最後に、平成12年度の技術研究会は東北大学が主催することが決まり、2001年の3月に開催が予定されていることを報告して終わります。

開催日	開催機関	参加者数	参加機関数	発表件数
1997.9	核融合研	284	37	78
1999.3	高エネ研	350	39	115
2000.3	分子研	411	47	112

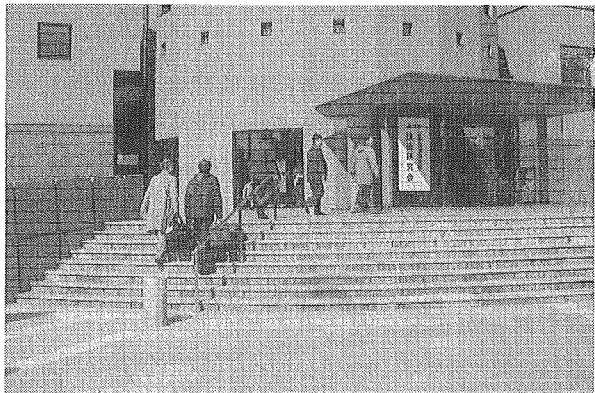
表1 過去3年間の技術研究会の参加者数

技術課活動報告

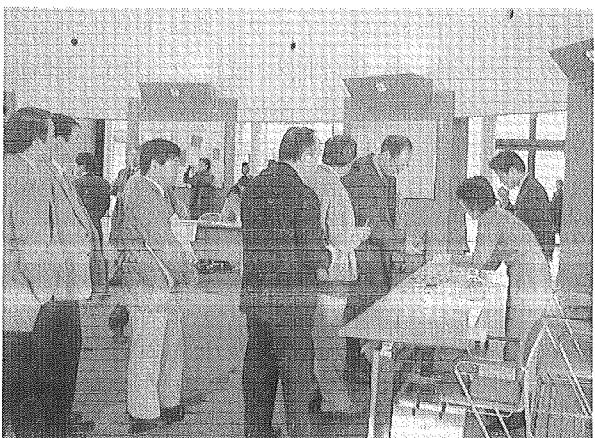
【技術研究会受付風景】



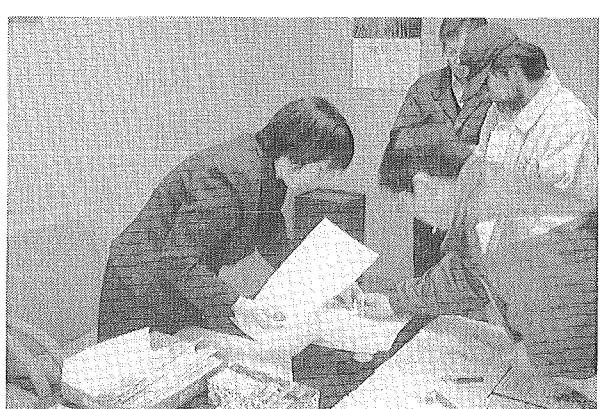
研究会は両日とも穏やかな好天に恵まれた



受付で参加登録する参加者

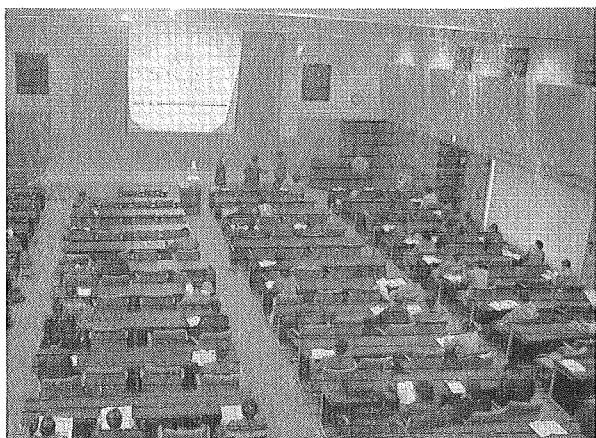


参加受付は機関別に3箇所で行いました



ロッジの宿泊手続きをする参加者

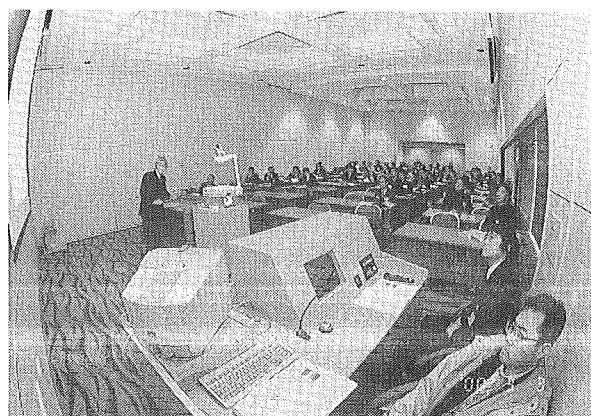
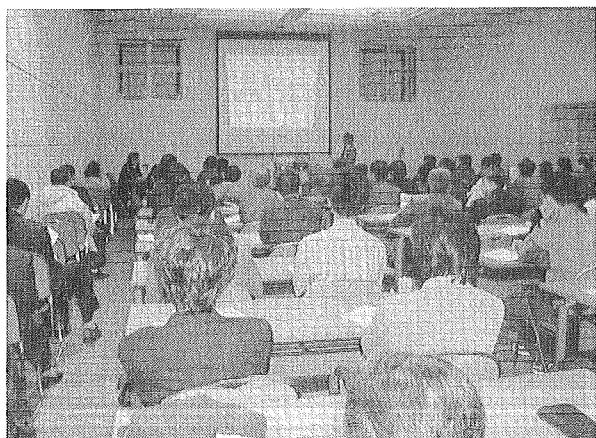
【分科会講演風景】



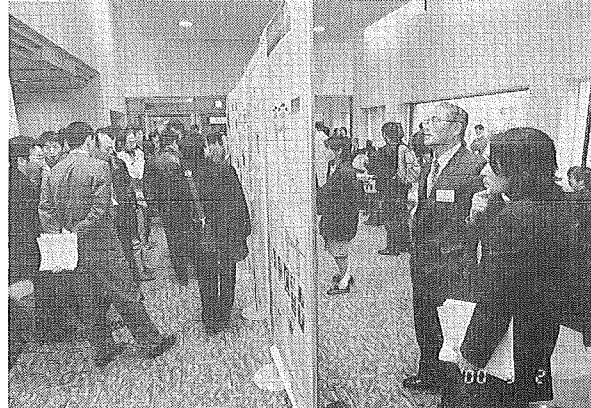
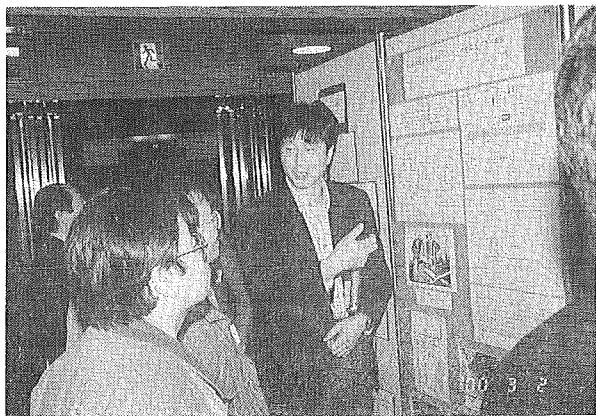
第1分科会会場(岡崎CC大會議室)



講演の中には立ち見の方がでることもありました



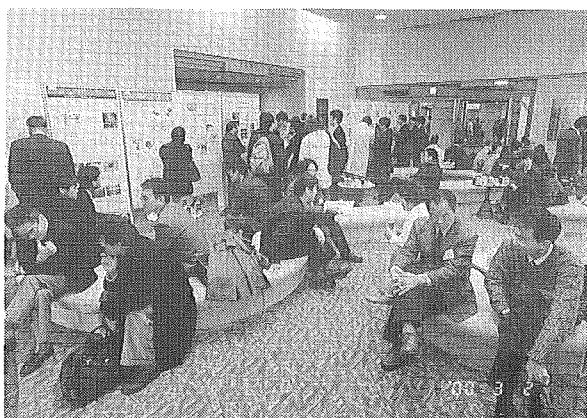
【ポスターセッション風景】



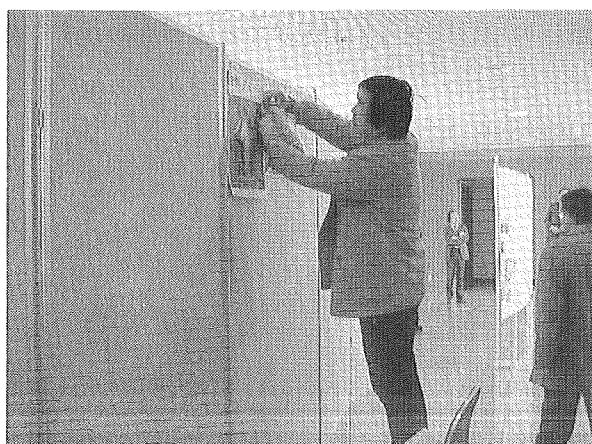
第15回の研究会から始めたポスターセッション。今回は41件の発表がありました。

技術課活動報告

【休憩時間の風景】



WEBコーナーでは用意したパソコンに加え、自前のパソコンを接続する方もいました



ポスターセッションの準備をする人



【懇親会風景】



懇親会には250名を越える参加者がありました



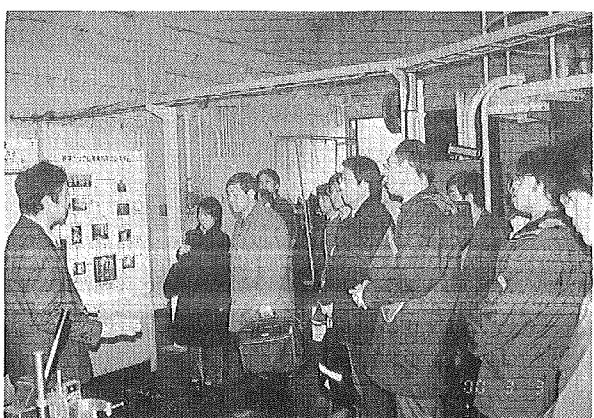
尺八を披露する佐々木さん(名大)と
平賀さん(東北大)



【施設見学風景】



レーザーセンターの説明をする山中班長



液化機について説明する加藤班長



装置開発室の説明をする鈴井係長



電算センターの紹介をする西本班長

技術報告

放射線画像解析装置を用いたトリチウムの測定解析

北海道大学 アイソトープ総合センター

○笠原 茂、大西 俊之

はじめに

イメージングプレートにベータ線やガンマ線等を照射して、それらのエネルギーの吸収を放射線画像解析装置で読み取り、放射線の分布画像からベータ線やガンマ線を定量、解析することは、バイオサイエンスの研究分野で最近行われている。しかしながら、放射線エネルギーが小さく、飛程が短いトリチウムを定量する場合は、トリチウム専用のイメージングプレートが必要となる。また、このトリチウム専用のイメージングプレートを繰り返して使用することは難しく、使い捨てとなる。

今回はトリチウムの放射線エネルギーを蛍光体で可視光線領域に変換し、その可視光線とトリチウム専用以外の一般的な市販品のイメージングプレートを用いて、トリチウムの測定効率、トリチウムの定量を研究する。

イメージングプレートはポリエステルの支持体上に輝尽性蛍光体の微結晶($BaFBr : Eu^{2+}$)を塗布してある。そのイメージングプレートに放射線を照射(露光)すると放射線のエネルギーを蓄積しつつ記録、保持する。また、露光されたイメージングプレートに光を照射(消去)すると記録、保持が無くなり繰り返し使用できるものである。放射線で露光したイメージングプレートは、410~770nmの可視光線領域で消去され、610nm付近で消去の割合が最も大きくなることが分かっている。トリ

チウムの放射線エネルギー(18.6keV)を蛍光体で600nm付近の波長で放射する試料を作成し、予め露光したイメージングプレートに照射(消去)し、その露光と消去の割合から測定効率を検討した。

1. 試料の作成

トリチウム、蛍光体、トリチウムと蛍光体の混合物を試料用容器に載せ、室温で乾燥して、試料を作成した。(表1)

2. 試料の測定方法

試料と試料用容器(材質:ポリスチレン)の相互作用から放出するX線をスーパーグラフィックMCA7700(セイコー・イージーアンドジー(株))、可視光線を分光蛍光光度計FP-777型(日本分光(株))の測定器を用いて行った。

3. X線及び可視光線の測定結果

試料がトリチウムの場合は、トリチウムの β 線と試料用容器の相互作用で生ずる制動X線が検出された。可視光線は検出されなかった。試料が蛍光体の場合は、X線、可視光線共に検出されなかった。試料がトリチウムと蛍光体の混合の場合は、制動X線の他にZnの特性X線も検出された。可視光線は、630nmをピークとする連続スペクトルを検出した。(表2)

試料種類	蛍光体(g)	水(μl)	トリチウム(MBq)	備考
トリチウム	-----	200	7.4	・試料面積 30.2 mm ²
蛍光体	0.0242	200	-----	・乾燥(室温)
蛍光体+トリチウム	0.0227	200	7.4	

表1 トリチウム; THYMIDINE

蛍光体; ZnS: Cu シンチレータ

試料用容器; マイクロタイタレーションプレート 96穴

(材質: ポリスチレン、厚さ: 1.3mm、透過波長: 350nm以上)

表2

試料	χ 線	可視光線
トリチウム	・連続スペクトル 制動 χ 線	N. D
蛍光体	N. D	N. D
トリチウム + 蛍光体	・連続スペクトル 制動 χ 線 ・単一スペクトル 特性 χ 線 $K\alpha_1 = 8.64 \text{ keV}$ $K\beta_1 = 9.57 \text{ keV}$	・連続スペクトル 450~600 nm ピーク(530 nm)

N.D ; 検出されず

4. イメージングプレートを用いたトリチウムの測定方法

3.X線及び可視光線の測定結果より、トリチウムと蛍光体を混合した試料はX線(制動X線、特性X線)及び可視光線(530nmをピークとする連続スペクトル)を放出することが分かった。

この試料をイメージングプレートに照射した場合は、X線により露光し、可視光線により消去する相反する関係が同時に生ずるため、測定効率が低くなる。そのX線を遮蔽体に吸収させ、可視光線だけをイメージングプレートに照射した。図1に概略を示す。

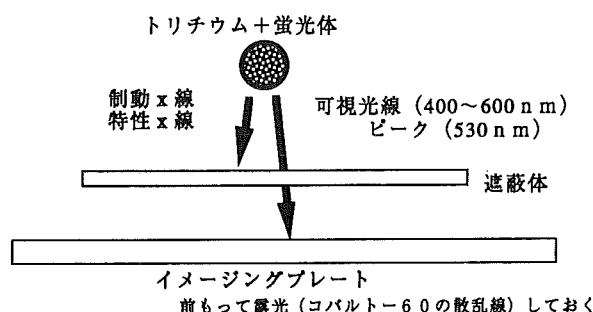


図 1

5. イメージングプレートを用いたトリチウムの測定効率の結果

トリチウム(THYMIDINE、放射能；7.4MBq/200 μ l水)と蛍光体(ZnS : Cu シンチレータ、0.0227g)を混合し、試料用容器(マイクロタイタレーションプレート96穴、材質；ポリスチレン、厚さ；1.3mm、透過波長；350nm以上、試料面積；30.2mm²)で乾燥(室温)し、遮蔽体(MICROSLIDEGLASS(厚さ：1.3mm))を挟んで、イメージングプレートに照射(約100回)し、PSL(光輝尽性発光(photo-stimulated luminescence))を測定した。測定効率は下記の式を用いて $2.6 \times 10^{-7}\%$ を得た。

$$\text{測定効率} = (\text{PSL}/\text{放射能}) \times 100(\%)$$

PSL；露光したイメージングプレートのPSLと消去したイメージングプレートのPSLの差である。

技術講座

超高真空仕様CMA（円筒鏡面型電子エネルギー分析器）製作技術

物質構造科学研究所 間瀬一彦

1.はじめに

分子研は優れた技術者を擁する装置開発室を有しており、独創的な装置を開発する環境に恵まれている。しかしながら優れた装置を製作するためには、研究目的と実験内容を十分に理解した研究者が参加し、製作担当の技術者とディスカッションを重ねることが不可欠である。そこで技術者はもちろん、研究者も装置製作に関する一通りの知識を学び、ある程度の技術を習得しておく必要がある。本稿では、筆者が分子研において光電子－光イオン・コインシデンス分光装置を世界で初めて開発したときの経験を基に、超高真空(ベーキング温度：150～200°C、到達真空度： $\sim 10^{-9}$ Pa)仕様のCMA(円筒鏡面型電子エネルギー分析器)製作技術について解説する。電子分光を利用した装置開発を志す研究者や技術者の一助となれば幸いである。

CMAはオージェ電子分光¹⁾や電子－イオン・コインシデンス分光²⁾など、さまざまな実験に使用されている応用範囲の広い機器であるが、構造は単純であるので初心者でも容易に製作することができる。市販品は性能に制約があり高価でもあるが、自作すれば実験の目的に合わせて装置を設計することもできるし、少ない費用と数日の労力で組立てることができる。また、製作を通して超高真空実験装置作りの基礎技術を習得できるので、さきざき独創的な超高真空実験装置を開発する場合に役立つ。本稿では基本技術の解説は省略したので、超高真空実験技術の解説書である文献3-5)も併せて参照してほしい。

2.CMAの設計

CMAの構造上のパラメーターは実験の目的に合わせて決定する。本稿で

紹介するCMAは電子－イオン・コインシデンス分光に用いることを目的としたので、

- ・ICF203 フランジ取付
 - ・分解能： $E/\Delta E=50$
 - ・取り込み角： $\alpha = 28^\circ \sim 55.6^\circ$
 - ・CMA先端から試料までの距離：11mm
 - ・ICF203 フランジから試料までの距離：200mm
 - ・位置微調整機構内蔵
 - ・飛行時間型イオン質量分析器内蔵可能
- という条件で設計した(図1a参照)。オージェ電子分光に用いるCMAは
- ・ICF152 フランジ取付
 - ・分解能： $E/\Delta E=500$
 - ・取り込み角： $\alpha = 42^\circ \pm 6^\circ$
 - ・CMA先端から試料までの距離：10mm
 - ・CMA端面の切り落とし角：40°

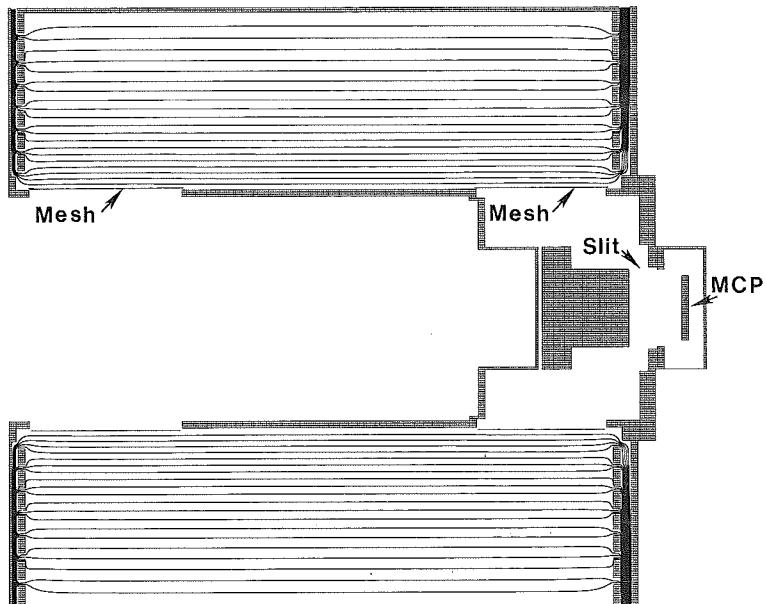


図1 a) SIMION 3D version 6.0によるCMA内部の電位シミュレーション。CMAの同軸を含む断面図で示した。外円筒の電位は-100V、補正電極の電位は外側から-85.8V、-74.8V、-63.8V、-51.6V、-38.0V、-22.3V、内円筒の電位は0Vである。外円筒、内円筒、補正電極によってCMA内に同軸状の等電位面が形成されていることがわかる。

- ・位置微調整機構内蔵、電子銃内蔵

という条件で設計するとよい。本稿で紹介する技術を応用すれば、オージェ電子分光用CMAも容易に製作することができる。

CMA内における電子の軌跡のシミュレーションには SIMION 3D version 6.0(定価 11万円、アカデミック版 9万円、ホームページ：<http://www.sisweb.com/simion.htm>)を用いる。本稿で紹介するCMAでは分解能が $E/\Delta E=50$ の条件で電子の捕集効率が最大になるようにスリットの形状を決定した。CMA内の電位と電子の軌道のシミュレーション結果を図1bに示す。

設計図の誤りは数分で修正できるが、部品が完成してしまってから修正しようとすると相当の主な材料の一覧と予算の概要を以下に示す。

- ・MCP(浜松ホトニクス、F4655、1個)、18万円
- ・MCP ホルダー部品(日本真空光学、1式)、4万円
- ・CMA 部品(日本真空光学、1式)、57万円
- ・CMA メッシュ(日本フィルコン、2枚)、17万円
- ・磁気シールド部品(日本真空光学、1式)、27万円
- ・ICF203 フランジ加工、支柱(日本真空光学、1式)、27万円

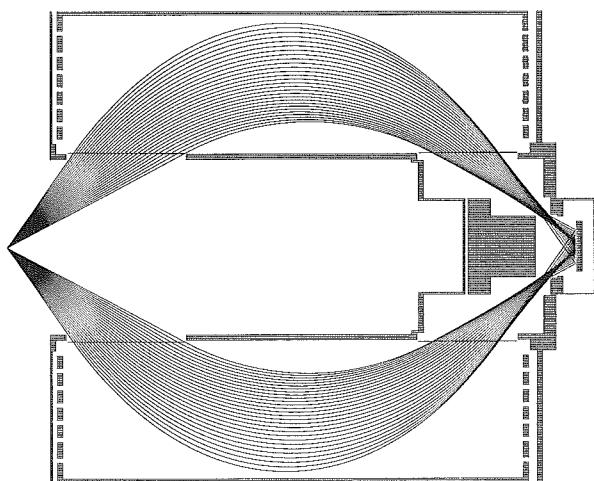


図1 b) SIMION 3D version 6.0 による電子の軌道のシミュレーション。電子の運動エネルギーは 145eV、CMA 内の電位は a)と同じである。方位角 $\alpha = 28^\circ \sim 55^\circ$ に放出された電子がスリットを透過して MCP に入射することがわかる。

- ・支板、カバー、取手(ミスミ、2式)、2万円
- ・位置微調整機構(ムサシノエンジニアリング、MAU、1個)、18万円
- ・10 ピン電流導入(ISI、1932004、1個)、5万円
- ・M H V 電流導入(山本真空研究所、MHR-1M、3個)、8万円
- ・配線部品(テフロン被覆 SUS316 線、同軸線用ステンレス網ケーブルなど)、1万円
- ・絶縁部品(ブッシング、数珠玉碍子、ポリイミドチューブなど)、10万円
- ・合計：167万円

浜松ホトニクスの小型 MCP アセンブリ F4655 はゲインが大きく、小型、廉価であるので CMA 用の電子検出器として最適である。CMA の金属材料としては SUS310S を用いる。SUS310S は、加工しても磁化しない、放出ガス量が少ない、加工しやすい、スポット溶接しやすいなどの点で CMA の電極材料として適している。筆者は日本真空光学に加工を依頼したが、依頼先は経験豊富な超高真空部品加工業者であれば問題ない。絶縁部品としてはアルミナ製ブッシング(友玉園セラミックス、CA-1)とステアタイト製数珠玉碍子(友玉園セラミックス、A-1)を使う(代理店：山本真空研究所あるいはアイリン真空)。絶縁特性がよい、放出ガス量が少ない、廉価である、という点で優れている。また、薄い絶縁スペーサーは Frialit degussit 社のアルミナ管を切断研磨して作ることもできる(代理店：パスカル)。地磁気を遮蔽するための磁気シールド部品は、厚さ 1mm 程度のミューメタルを加工後、水素雰囲気下で焼鈍して製作する(焼鈍は日本バックスメタル、代理店：アイリン真空)。配線材料としてはテフロン被覆 SUS316 線(ニラコ、781286)を用いる。さらにポリイミドチューブ(ケミックス、代理店：アイリン真空)、あるいは数珠玉碍子を被せると耐電圧が増大する。シグナル線のシールドにはステンレス網線(ISI、9941001)を用いる。

4. 準備

本稿で述べる水準の超高真空仕様装置の製作ではクリーンルームは必要ない。しかし、実験室は清浄に保つ、装置組み立て前に手を洗う、部品を洗净乾燥したらすぐに清浄なチャック付きポリ袋(井内盛栄堂研究用総合カタログ 30000(以下は井内カタログと記す、p923)に保管するなどの習慣を身につけた方がよい。洗净後の部品は洗净した専

用工具で扱う。また、作業の際は新しい使い捨て手袋を使う。工具と保管箱の内側は特級エタノールで洗っておく。工具の一例を以下に示す。使い捨て手袋(井内カタログ p1160)、ティシュワイパー(井内カタログ p950)。セラミック製ピンセット(井内カタログ p1338)、ステンレス製ピンセット(HOZAN, P-892)、精密ドライバーセット(HOZAN, D-22)、ニッパー(HOZAN, N-31)、ワイヤーストリッパー(HOZAN, P-952、テフロン被覆 SUS316 線のテフロン被覆を剥がすために使用する)、セラミック製はさみ(井内カタログ p1033)、ステンレス製はさみ(HOZAN, N-838)、専用工具用容器(井内カタログ p714)、超音波洗浄器(井内カタログ p1040)、スポット熔接機(井内カタログ p998、ピンセット型電極と足踏み型スイッチの品が使いやすい)。

加工後の金属部品は無リン中性洗剤(井内カタログ p1059)で5分間超音波洗浄して脱脂したのち、純水で2、3回超音波洗浄して洗剤をととする。トリクロロエチレンは有毒であるばかりでなく環境も汚染するので使用してはならない。洗浄用の有機溶媒としては生分解性で毒性の低い特級エタノール

ルが最善である。アセトンは手の脂や洗瓶容製のナベビスや小径ワッシャ、ナットはブンゼンバーナー(あるいはガスコンロ)で赤熱して消磁する(写真1)。絶縁部品は特級エタノールで5分間超音波洗浄したのち乾燥して使用する。セラミック部品を取り扱う場合は絶縁特性を劣化させないためにセラミック製ピンセットを用いる。

5.組立

5.1. MCP ホルダーの組立

MCP ホルダーを組み立てる場合は、MCP 表面上に埃が付着しないよう MCP を上向きにおいて放置しない、MCP の絶縁特性を劣化させないために金属製工具では触れない、などの点に気をつける。組立の手順を以下に示す。

- (1) MCP の電極(MCP-in, MCP-out, アノード)を 3mm 残してニッパーで切る(写真2)。
- (2) テフロン被覆SUS316線のテフロン被覆を 3mm程度剥がして MCP の電極(MCP-in, MCP-out, アノード)にスポット熔接する。このとき、スポット熔接の銅ピンセットが MCP の側面に触れないように十分注意する(写真3)。



写真1) SUS304 製のナベビスの消磁。ブンゼンバーナーで赤熱後冷却すると消磁される。表面は酸化されて黒くなるが、性能上は問題ない。金属技研に依頼して真空中で焼鈍すると表面を酸化させないので消磁できるが、コストが増える。

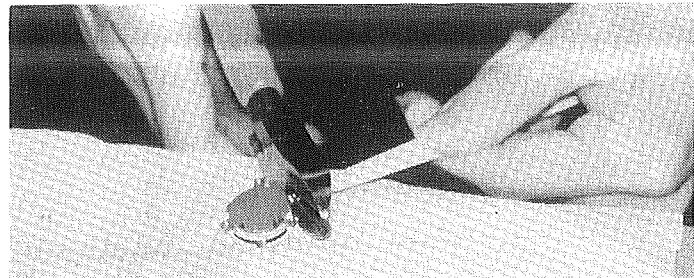


写真2) MCP の電極の切断。今回のCMA では MCP ホルダーをコンパクトにするために電極を切断したが、ホルダーを大きくしても差し支えない場合は電極を切断する必要はない。

(3) MCP ホルダーと MCP を組立る(写真4)。

(4) 各電極のテフロン被覆SUS316線には数珠玉碍子を被せて絶縁する。MCPアノードに繋げたシグナル線は数珠玉碍子を被せた上にステンレス網ケーブル(ISI)を被せてシールドする(写真5、図2)。

5.2. CMA 内円筒の組立

板メッシュ(図3)が内円筒(写真6)のふちにきち

んと垂直にあたるようにしながら、メッシュの中心を内円筒の支持部にスポット溶接する。ティッシュワイパーをつかい、メッシュを内円筒に巻き付ける。この際、メッシュと内円筒の間に隙間ができるないよう細心の注意を払う。隙間が出来るとメッシュ部がゆがむ。隙間がないことを確認して、端部をスポット溶接する。入射、出射メッシュとともに以上の手順で固定する。メッシュ部に力を加

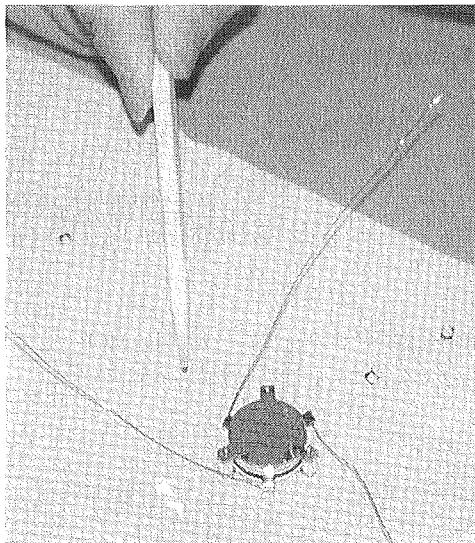


写真3) MCPの電極にテフロン被覆SUS316線をスポット溶接したところ。
テフロン被覆線の両端の被覆は3mm程度剥がしておく。

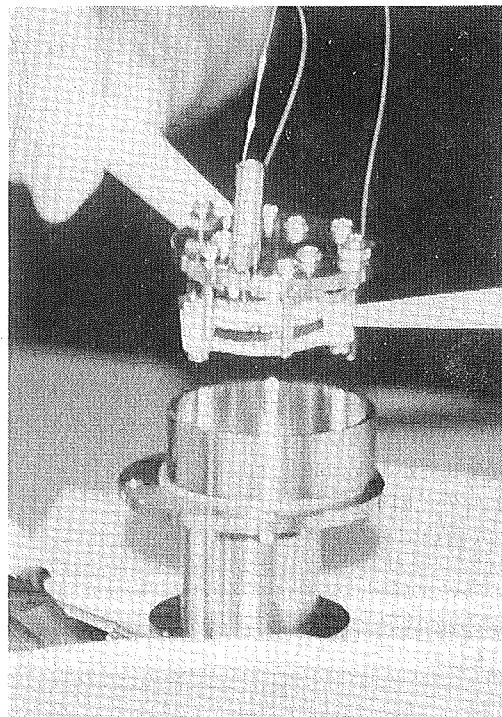


写真4) MCP ホルダー部品の組立。
MCPホルダー部品は上円盤($\phi 28 \times \phi 17 \times t1$ 、組立てのためのキリ穴、M2タップ付き、MCPの電子入射側に取り付ける)、円筒($\phi 28 \times \phi 26.2 \times t8.5$ 、上円盤と下円盤の間に挟む)、下円盤($\phi 28 \times t1$ 、組立てのためのキリ穴、テフロン被覆SUS316線を通すための $\phi 4$ の切り穴3箇所付き、MCPの背面側に取り付ける)から構成されている。

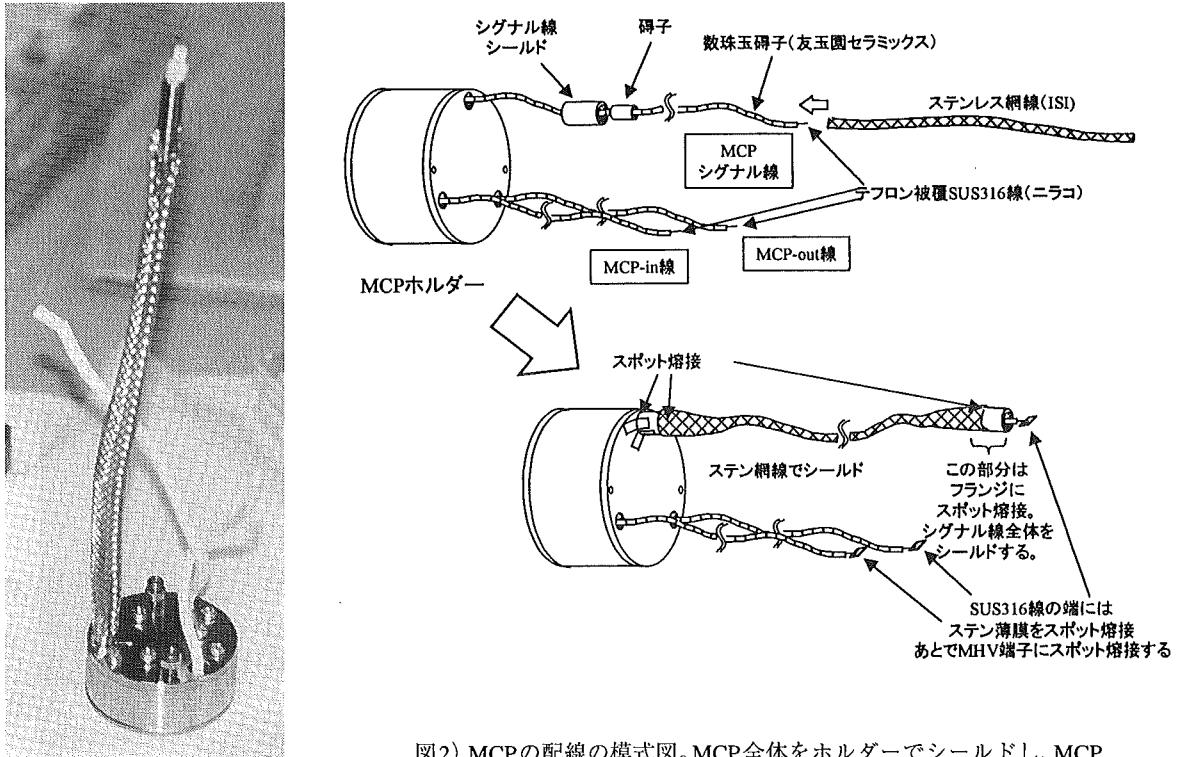


図2) MCPの配線の模式図。MCP全体をホルダーでシールドし、MCPシグナル線はステンレス網ケーブルを被せてシールドすることによってノイズを減らしている。

写真5) MCPの配線を行なったところ。MCPホルダー上円盤を下にして置いてある。

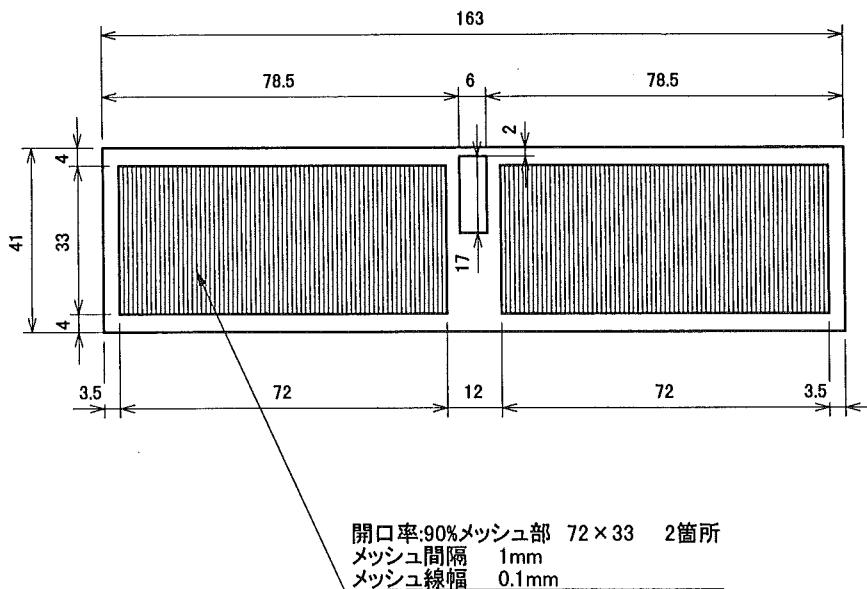


図3) 板メッシュ(SUS316, $t = 0.1$)の図面。中央の 17×6 の窓は本稿のCMA製作上は必要ない。

えるとメッシュがゆがむので注意する。

5.3. CMA 端板の組立

端板の 3.3mm ϕ のキリ穴の上にアルミナ製ブッシング(あるいはアルミニナスペーサー、 $\phi 4 \times \phi 2 \times t1.0$)を介して、補正電極をSUS304ナベビス(M2)で固定する(写真7、8)。力をかけすぎてブッシングを割らないように注意する。試料側の端板と MCP 側の端板をそれぞれ組立てる。

$\times 6\text{mm}$)で固定する(写真7、8)。力をかけすぎてブッシングを割らないように注意する。試料側の端板と MCP 側の端板をそれぞれ組立てる。

5.4. CMA 内円筒、端板、外円筒の組立

(1)補正電極を取り付けた端板を内円筒のつばにナ

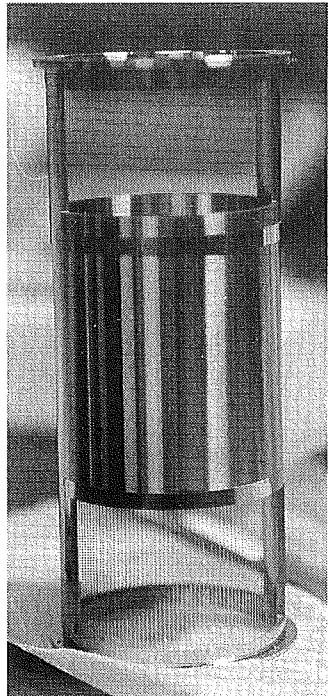


写真6) 内円筒。外径 $\phi 54.0$ 、内径 $\phi 50.0$ 、長さ139.7、両端に端板を取り付けるためのつば(外径 $\phi 60.0$ 、M2タップ付き)が付いている。電子が透過する部分に板メッシュをスポット溶接で取り付ける(図1b参照)。

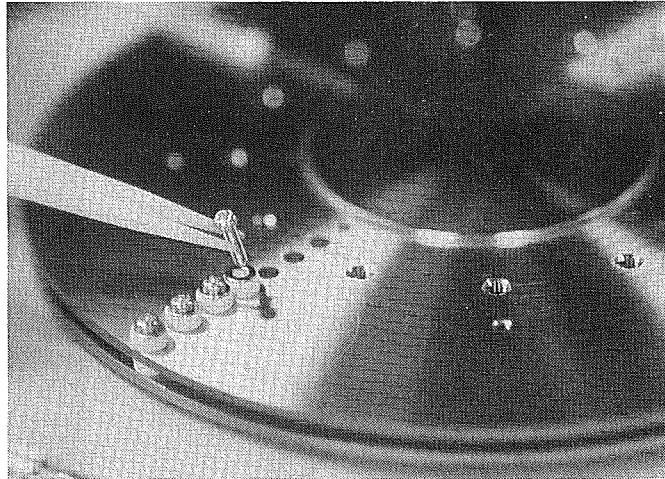


写真7) 端板と補正電極の組立。組立てやすいようにアルミ製の治具を端板中央に取り付けている。端板は外径 $\phi 134.0$ 、内径 $\phi 50.0$ 。補正電極を取り付けるためのキリ穴($\phi 3.3$ 、28箇所)、内円筒に取り付けるためのキリ穴($\phi 2.2$ 、8箇所)などが付いている。補正電極は6種類のドーナツ状の円盤で、それぞれの端板に取り付けるためのM2タップ4箇所がある。

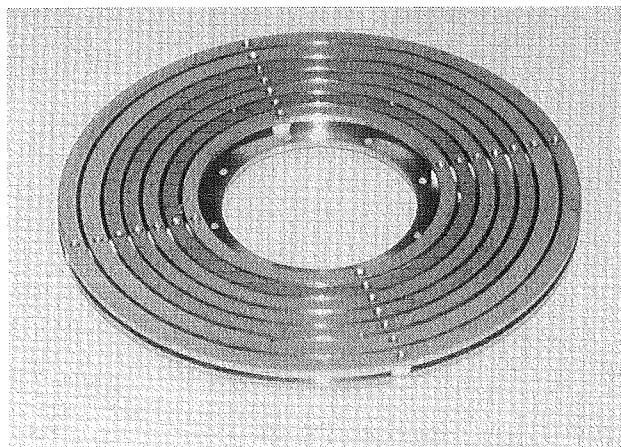


写真8) 組立てた端板と補正電極。

- ベビス(M2×4)で固定する(写真9)。次いで外円筒を挟んで反対側にもう片方の端板を取り付ける。もう片方の端板を取り付け、ナベビス(M2×4)で固定する。外円筒はSUS316箔t0.03を介して最外部の補正電極にスポット溶接して固定する。
- (2) テフロン被覆SUS316線を用いてCMAの両端の補正電極をスポット溶接によって配線する(写真10)。

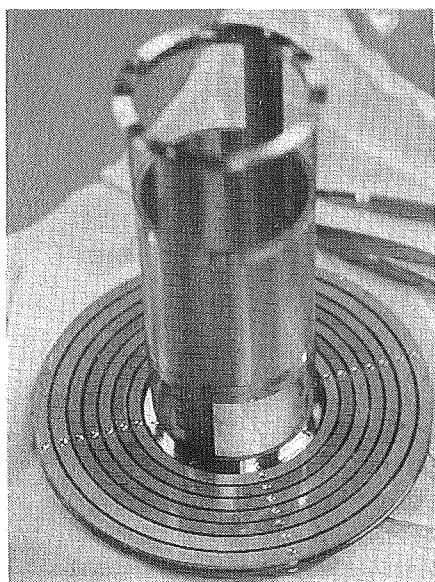


写真9) 端板を取り付けた内円筒。

- (3) MCP側の端板に磁気シールドをナベビス(M2×4)で取り付ける(写真11)。

5.5. スリットの組立

- (1) スリット部はスリット下板($\phi 36.0 \times \phi 18.0 \times t2.0$)にスリットスペーサー($\phi 4.8 \times \phi 2.1 \times 17.0$, 2本)、スリット上板($\phi 27.6 \times \phi 18.0 \times t7.0$)、スリット棒($\phi 18.0 \times 20.0$)から構成される。スリット上板はスリットスペーサーを介してスリット下板にM2×

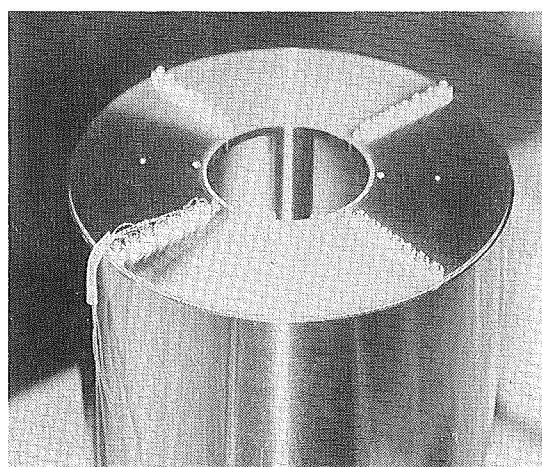


写真10) 内円筒、端板、外円筒を組立て、両端の補正電極を配線したところ。外円筒は外径 $\phi 136$ 、内径 $\phi 133.0$ 、長さ136.7、両端は補正電極とハメアイの加工を施してある。

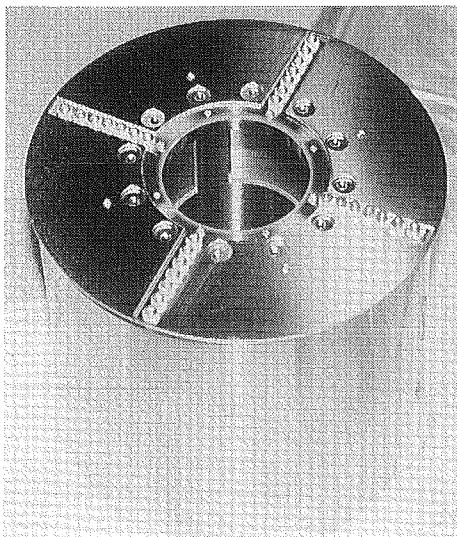


写真11) MCP側の端板に磁気シールドを取り付けたところ。

20のナベビスで取り付ける。スリット上板にスリット棒を通し、スリット上板側面のトメビス(M3)で固定する(写真12)。スリット下板とスリット棒の間のスペース($\phi 18.0 \times 4.0$)を透過した電子のみがMCPによって検出される(図1b参照)。

(2) スリット部をスリット支持板にナベビス(M2 × 4)で取付ける(写真13)。

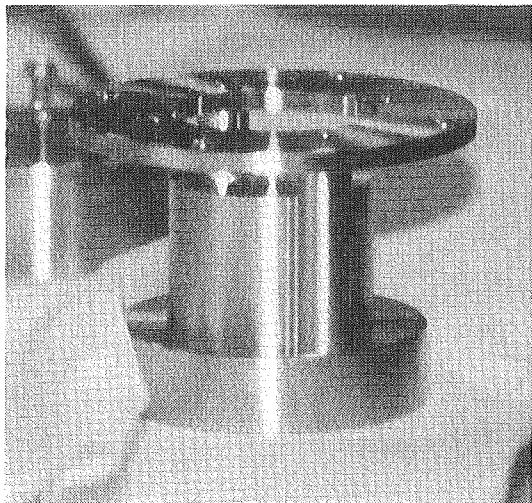


写真12) 組立てたスリット部。スリット上板が下になるようにおいてある。

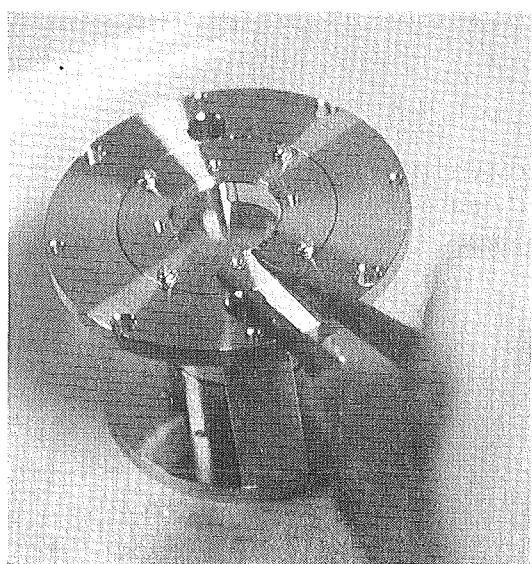


写真14) スリット下板にタングステン金メッキメッシュ(ニラコ、W-468071、100mesh)をスポット溶接したところ。

(3)スリット背面にメッシュをスポット溶接で取り付ける(写真14)。このメッシュの役割はMCPにかける電位による電場がCMA側に染み出ることを防ぐことである。

5.6. CMAのフランジへの組立

(1)CMAの組立て作業を考えると、取手と支持板も製作しておくと便利である。取手2組は取手(ミスミ、UAFL-20-141)、ジョイントプ

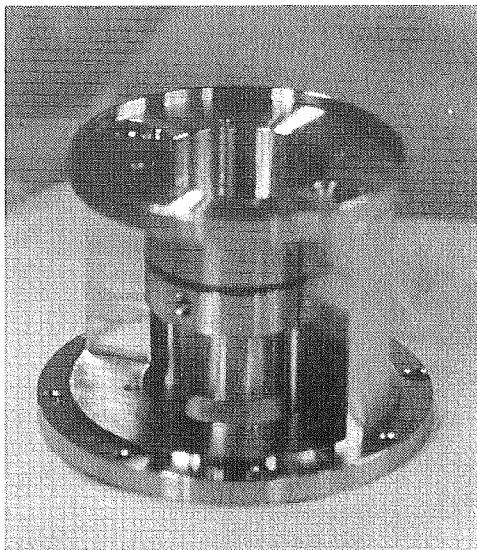


写真13) スリット支持板に取り付けたスリット部。スリット下板が下になるようにおいてある。スリット支持板にはCMA中央の空間に飛行時間型イオン質量分析器(TOF-MS)を取り付けるための TOF-MS 支持板が取り付けられている。スリット支持板は TOF-MS の配線を通せるように複雑な形状をしている。

レート(ミスミ、JTA-A-SP-A20-B140-T3.2-X10-Y6-G128-N6-L0-S40-W60-MA6)、スチールブレケット(日本エヌ・アイ・シー、BLSM-3085-6)、とキャップスクリュー M6 × 8 を用いて製作する。フランジ支持板はスチールブレケット(日本エヌ・アイ・シー、BLSM-3085-6)、ジョイントプレート(ミスミ、SLDA-SP-A160-B100-T4.5-X30-Y20-M6)とキャップスク

リュー M6 × 6 を用いて製作する。取手と支持板を ICF203 フランジに取り付ける(写真 15)。

- (2) 磁気シールドを ICF203 フランジにスポット溶接して固定する。SUS316 箔(厚さ 0.03mm)を介してスポット溶接すると固定しやすい(写真 16)。
- (3) CMA 支柱を取り付けた ICF70 加工フランジ(写真 17)を位置微調整機構(ムサシノエンジ

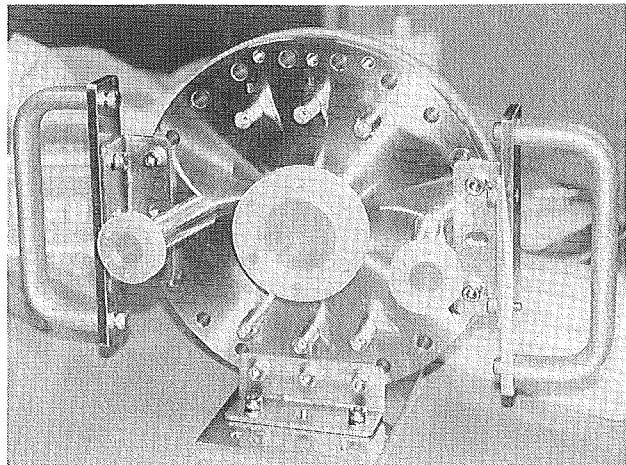


写真 15) 取手と支持板を取り付けた ICF203 フランジ。ICF203 フランジには MCP の配線用の MHV 端子 6 個、電流導入取付のための ICF34 ポート 2 個、位置微調整機構取付用の ICF70 ポート 1 個が溶接されている。

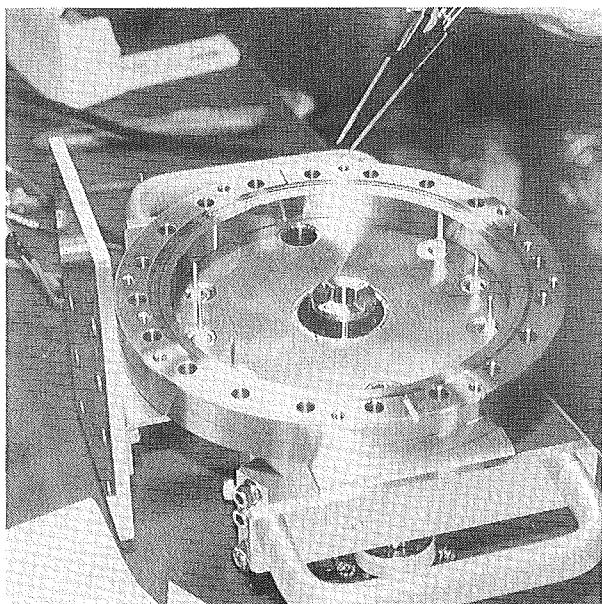


写真 16) 磁気シールドを ICF203 フランジにスポット溶接したところ。

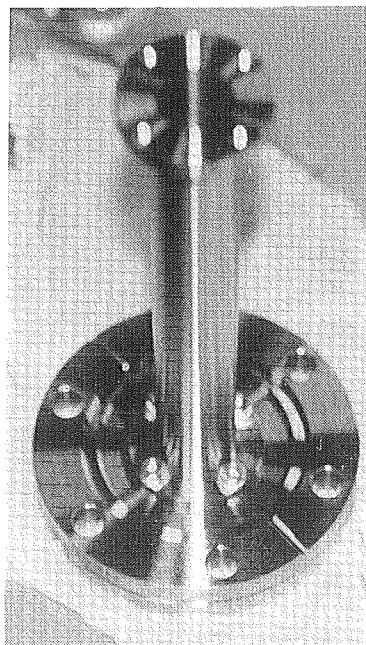


写真 17) CMA 支柱を取り付けた ICF70 加工フランジ。

ニアリング、写真18)に取り付ける。

- (4) CMAの後ろ側の端板に支柱を4本取り付け、支板を介してCMA支柱に固定する(写真19)。CMAの位置調整が必要な実験では位置調整機構は必須である。

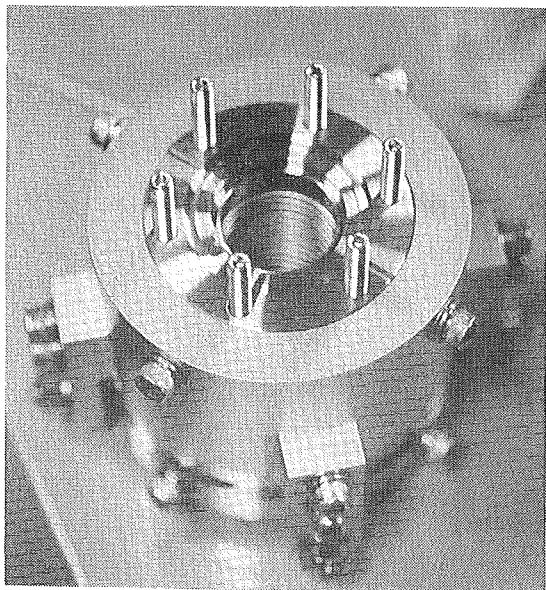


写真18) ムサシノエンジニアリング製の位置微調整機構。

(5) ICF203 フランジのMHV端子にMCPの配線

をスポット溶接する(写真20)。

- (6) ICF203 フランジのICF34ポートに10ピンの電流導入を取り付け、CMAの外円筒と補正電極の配線をスポット溶接にて行なう。

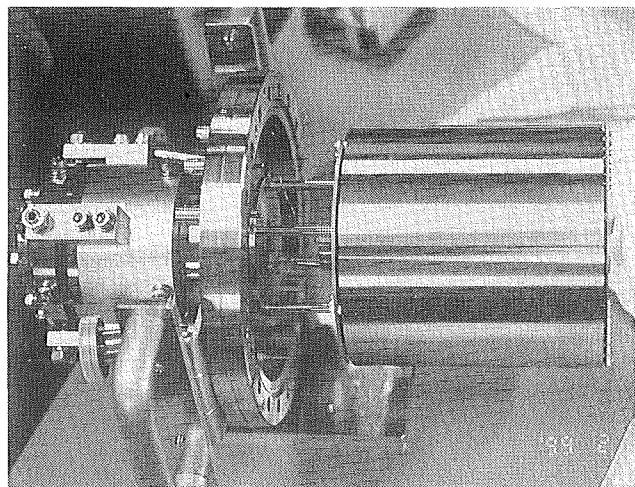


写真19) 支柱と支板、CMA支柱、ICF70加工フランジ、位置微調整機構を介してICF203 フランジに取り付けたCMA。

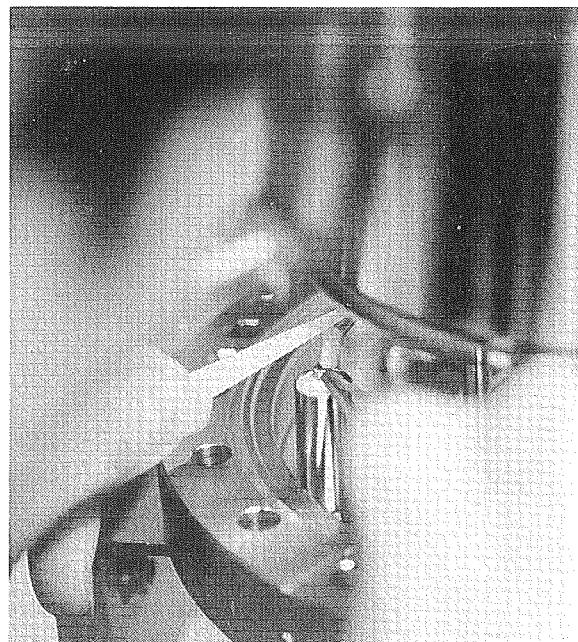


写真20) MHV端子にMCPの配線をスポット溶接しているところ。

(7) CMAの保管を考えると、アクリル製防塵カバーも製作しておくと便利である。アクリル製防塵カバーはペアリングカバー(ミスミ、BCAA-AM-H200-T14-V149.4-Q181.1-M8)、アクリルパイプ(井内カタログp905、 ϕ 150 ×

ϕ 144 × 300、実際の外径は ϕ 149.2くらい)、アクリルカバープレート(ミスミ、PNPA-AP-A149-B149-T3-X49.5-Y49.5-J50-G50-M3-WRC74.5)とアクリル用接着剤(井内カタログp1029)を用いて製作する(写真21)。

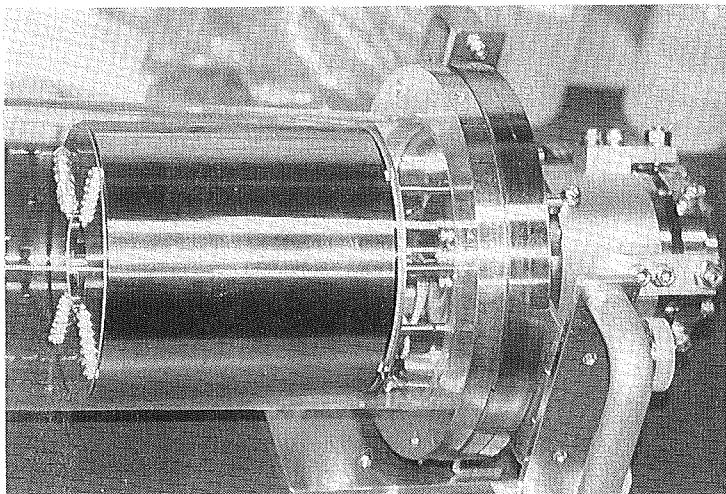


写真21) アクリル製防塵カバーを被せたCMA。磁気シールドは外してある。

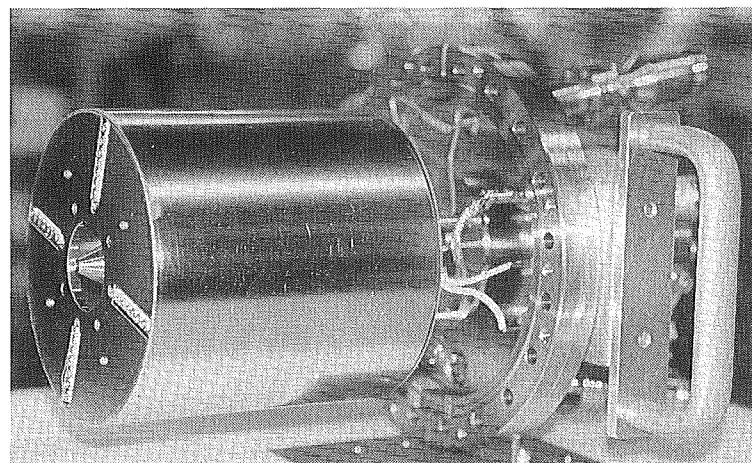


写真22) 本稿の手順にしたがって製作したCMAの内部にTOF-MSを組み込んだ電子・イオン・コインシデンスアナライザ。磁気シールドは取り付けてある。紙数がないのでTOF-MSの製作組込み手順については省略する。

6. おわりに

本稿では実用的なCMA製作技術を具体的に解説した。紙数の関係で実際の図面とCMA用電源や測定系の製作については省略したので詳細を知りたい方は筆者まで問い合わせてほしい。本稿は筆者が分子科学研究所にて開催したCMA製作技術講習会(計2回、それぞれ3日間)のテキストに基づいて執筆した。講習会参加者のほとんどは初心者であったにもかかわらず、完成したCMAは設計どおりの性能を發揮し、現在も分子科学研究所UVSORで電子一イオン・コインシデンス実験に用いられている(写真25)⁶⁾。

謝辞

CMA製作技術を詳しく教えてくださった山本進一郎氏(山本真空研究所)に感謝いたします。また、山本倫氏(山本真空研究所)とCMA製作技術講習会に参加した下條竜夫、林憲志、渡辺一也、田中慎一郎(分子研)、高見知秀(東北大科研)、池永英司(広大理)、下山巖(原研先端研)、松家則孝(名大理)の各氏には本稿をまとめるにあたり、いろいろ協力していただきました。本研究は日本学術振興会、未来開拓学術研究推進事業、「光科学」内激励起による化学反応制御分子メスの支援を受けました。

文献

- 1) D. ブリッグス、M. P. シア編、「表面分析(上・下)」(アグネ承風社、1990).
- 2) 間瀬一彦、永園充、田中慎一郎、真空、42(1999) 84. 間瀬一彦、永園充、田中慎一郎、長岡伸一、放射光、10(1997) 375.
- 3) 日本真空協会編、「超高真空実験マニュアル」、(日刊工業新聞社、1991).

- 4) J. T. Yates, Jr., Experimental innovations in surface science. -A Guide to Practical Laboratory Methods and Instruments- (Springer Verlag, New York, 1998).
- 5) 青野、塚田、八木、小間編、「表面物性工学ハンドブック」丸善、1987.
- 6) 間瀬一彦、化学と工業、53(2000) 111.

業者リスト

- ・アイリン真空、TEL: 052-401-2061、FAX: 052-401-6960、日本真空光学、友玉園セラミックス、日本バックスメタルなどの代理店。
- ・金属技研、TEL: 03-3318-1271、FAX: 03-3314-3966、SUS304部品の真空焼鈍による消磁、磁気シールド部品の水素焼鈍。
- ・ケミックス、TEL: 045-742-2092、FAX: 045-742-8192、ポリイミドチューブの販売。
- ・テックサイエンス、TEL: 0489-64-3111、FAX: ムサシノエンジニアリング、TEL: 048-756-8792、FAX: 048-756-8793、位置微調整機構など。
- ・山本真空研究所、TEL: 0427-92-6960、FAX: 0427-92-6970、M H V、B N C付きICF34フランジなど、CMAの製作も行なう。
- ・友玉園セラミックス、TEL: 03-3726-4455、FAX: 03-3726-4458、ブッシング、数珠玉碍子など。
- ・リッチモアインターナショナル、TEL: 03-3440-0027、FAX: 03-3440-0127、M D C / I S I の日本輸入総代理店。

マイレビュー

燃焼式除害装置TPUの特徴

日本 EDWARDS (株) マーケティング部
高橋克典

1 はじめに

一昨年の京都会議を境に、半導体ラインで使用されるPFCの使用、除害に対する見直しが進んでいます。但しこの様な気運にも係わらず、半導体ラインで使用されるPFCの使用量は増加の一途を辿り、結果としてPFCの除害に対する期待が強くなっています。

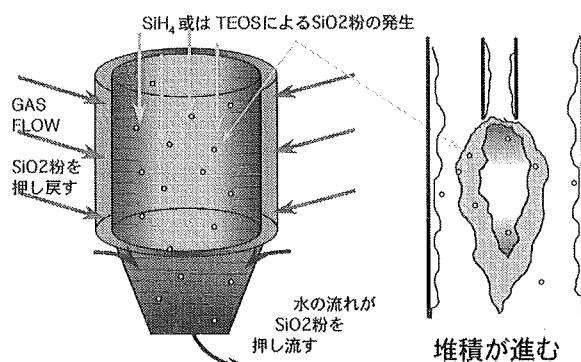
現在のトレンドとしては、PFC処理に対する対処とし燃焼除害、吸着回収、プラズマ分解の3方式が提案されています。但しCVDのクリーニングプロセスを考慮すると、現実的な選択肢としては、燃焼除害しか選択肢が無いのが現状です。

燃焼除害の優位性としては、PFC除害に対する安定した除害効率の他に、長期安定動作、可燃ガス、支燃ガス同時処理(切り替えバルブ不要)、COOの低さ等が大きな特徴として上げられます。但しこれらの特徴に対しても、各社のハードの違いによりその性能は大きくばらついているのが現状です。

2 TPUの特徴

2-1 ハードウェア上の特徴

TPUは図1の様に、コンバスター表面からのガス+空気の流れがコンバスター内で形成された堆積物を押し戻す、大変ユニークな構造を持っています。この構造により以下の様な特長を得ています。



*The TPU successfully handled all solids resulting from the use of silane and TEOS in CVD.. quote from Sematech report #95113010B

図1

- ・金属と酸が接触しない為、酸による腐食が発生しない
- ・燃焼に必要な空気が600slpmと少なく、既設のダクトにたいする負荷が少ない
- ・可燃、支燃ガスの同時処理が可能になり、切り替えバルブが必要無い
- ・安価な都市ガスの使用により、圧倒的にCOOを低く抑える事が可能

2-2 除害性能

TPUは米国 SEMATECH と PFC 除害を主眼に共同開発された燃焼除害装置であり、PFCの除害能力としては、表1の様な性能を確保しています。

この除害効率を確保しながら、シリカ等の堆積物を形成するガスも、内部に堆積物を堆積する事無く処理出される為、除害に必要な費用を圧倒的に低く抑える事が可能になります。

表1 主なPFCガスの除害効率

ガス名	保証値	実績
C ₂ F ₆	95%以上	99%以上
C ₂ F ₄	90%以上	93%以上
SF ₆	95%以上	99%以上
NF ₃	TLV値以下	1 ppm以下

3 ハードウェア上の原理

それでは上で上げた特徴をもう少し原理に追跡して、オープンフレーム燃焼方式との比較を交えながら、説明を加えたいと思います。

3-1 燃焼領域の制御

TPUのコンバスターは、僅か13mm程度しかありません。但しこの程度の厚さで、コンバスターの内側は約800°C、外側は40°C程度に維持されたままで燃焼を維持しています。

本来燃焼領域は、燃焼可能なガス組成内に有っては、自然に拡散してしまう物です。違う言い方をすると、中心部は800°Cで燃焼しているのに、何

故外部は高温にならないのでしょうか？これはどうやって制御しているのでしょうか？

燃焼の原理としては、TPUは燃料ガスの燃焼速度と送り込む気体の流速、コンバスター表面の開口率の違いを利用し、コンバスター表面の燃焼を制御しています。図2、図3を参照願います。TPUは通常残留酸素濃度10%（燃焼後10%の残留酸素。すなわちプロパンならプロパン混合比が約5%。）の領域で燃焼を制御しています。この場合の燃焼速度は、メタンで10cm/秒、プロパンで25cm/秒となります。

一方コンバスターへ送り込む空気の量は、通常600slpm程度になっています。コンバスターの内径は約15cm、高さは約30cmです。従って表面積は約5300cm²になります。ここに約600slpmの空気を送りこみます。この際コンバスターの開口率は十分の一以下となっており、コンバスターの表面は単位面積当たりの流速を約40cm/秒に保つことが可能になります。

この気体の流速(40cm/秒)と燃焼速度(メタン10cm/秒)の差が、燃焼領域をコンバスターの表面に維持し、上記の様な温度分布を可能にします。すなわちいくら炎が外部へ燃え広がろうとしても、その燃焼速度以上の速さで混合気が送り込まれる為、燃焼領域がコンバスターの表面に限定されてしまう事になります。

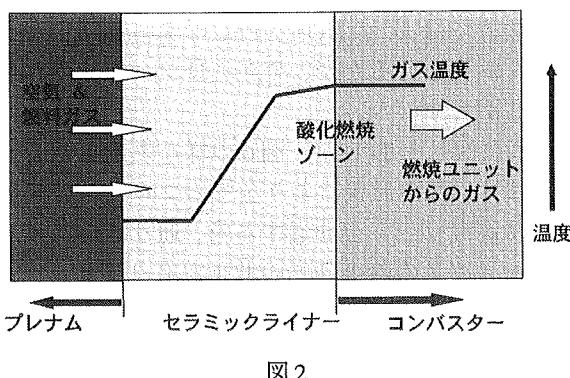


図2

3-2 シリカ堆積の制御

上記した様に、TPUのコンバスター表面からは常に定量の空気+燃料が涌き出ています。この状態は調度エアーホッケー（ボーリング場に良くある赤い板を打ち返すゲームです）の赤い板に似ています。エアーホッケーの板は、下から空気が涌き出てくる限り、絶対に床に接触することは有りません。

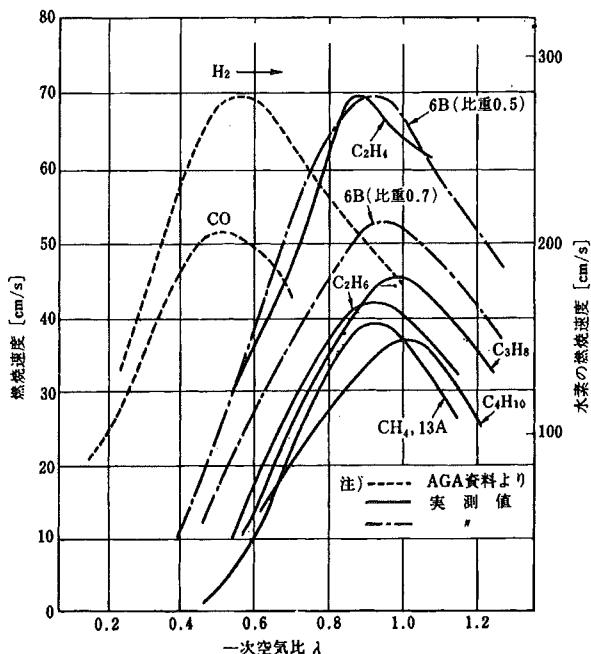


図3

例えばコンバスターにSiH₄が導入された場合、このSiH₄はたちまちシリカになってしまいます。このシリカはコンバスターの表面に付着してしまうと、その部分の空気の流れを乱します。この結果益々シリカの形成が助長されてしまい、その結果非常に短期間でシリカの大量付着が起こってしまいます。多くの燃焼式除害装置では、このシリカがメンテナンスの期間を決めていると言っても過言ではありません。

TPUは上記の様に40cm/秒で混合気(空気+燃料)が涌き出てくる為、このシリカがコンバスター表面に付着出来ず、従って大量のSiH₄を処理しても、コンバスター内部にはシリカの堆積は殆ど観察されません。我々はこれをTPUのセルフクリーニング機構と呼んでいます。

又TPUは図4の様に内部に水スクラバーを持っている為、コンバスター直下にウォーターカーテンが形成されています。コンバスター内で形成されたシリカは、このウォーターカーテンで水に取り込まれます。形成直後のシリカはその粒径も大変小さく(通常は20μ以下)、水の中で沈殿しない為、一般の酸廃液として扱っても全く問題有りません。

3-3 低温通りぬけの防止

オープンフレーム方式を採用した燃焼除害装置では、通常単体燃焼ガスをそのままコンバスター

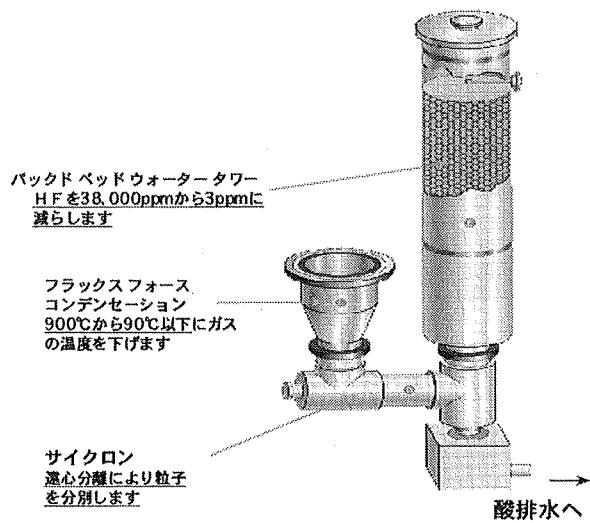


図4

に送り込みます。これは燃焼ガスを燃焼可能な混合比(例えばメタンガスと空気を予混合したもの)で供給すると、配管の中で燃焼が起こってしまい大変危険だからです。

一般的な例を上げますと、一番ポピュラーな例として、水素による燃焼が考えられます。表2を参照願います。色々なガスが有りますが、水素はその爆発限界(燃焼限界と読み直しても問題ありません)が4%～75%です。4%以下に希釈した水素を燃焼させるのは非常に難しい為、通常100%濃度の水素が供給されます。

この時の問題として、プロセスガスの通り抜けが問題になります。上記した様に、水素は75%以下で燃焼しますが、100%から75%の間は燃焼しません。

プロセスガスが水素と一緒にコンバスター内へ導入された場合、図5の様な温度分布を示すと考えられています。すなわち燃焼が充分起きていないゾーンにおいては、プロセスガスがこのゾーンで

・火炎の温度分布による通り抜け効果

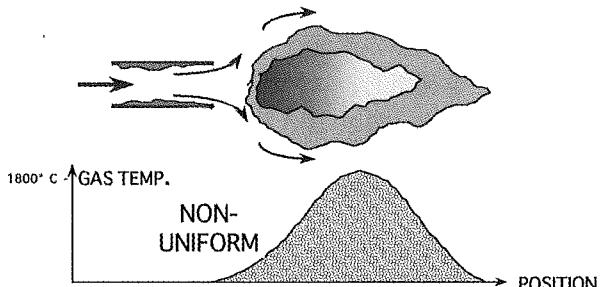


図5

拡散してしまい、十分な除害効率を得られない事が有ります。

又この通り抜け効果を低減する為、良く用いられる方法に、炎の大型化が上げられます。すなわちオープンフレームの炎を大きくする事により、相対的にフレームの中を通過するプロセスガスの比率を向上させる事が可能になります。所がこの方法を採用すると、フレームの回りの金属部の温度が上昇してしまうと言う、別の問題が発生してしまします。この結果大量のNOxが発生してしまい、除害しているのかどうか分からなくなってしまいます。セマテックの報告では、C₂F₆で90%程度の除害効率が得られる迄オープンフレームの炎を大きくした所、その時のNOxは5000ppmを越えてしまったとの報告もあります。すなわち燃焼式除害装置では、このNOxとPFCの除害効率をどうやって両立させるかが、テクノロジーの分かれ目になる訳です。

これに対してTPUは、図6の様な燃焼形態をしています。この形状により全てのプロセスガスは確実に高温ゾーンを通過する為、通り抜けによるプロセスガスの除害効率の低下が有りません。又

表2 主なガスの爆発限界

分類	可燃性ガス	分子式	爆発限界 (vol%)	
			下限	上限
無機化合物	水素	H ₂	4.0	75
	アンモニア	NH ₃	16	25
炭素水素	メタン	CH ₄	5.0	15.0
	エタン	C ₂ H ₆	3.0	12.5
	プロパン	C ₃ H ₈	2.1	9.5

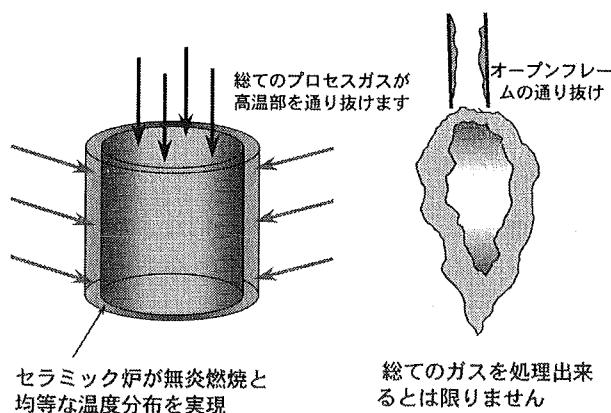


図6

金属面が無い為、NO_xを非常に低く抑える事が可能になります。(詳しくは下記3-5を参照願います)

3-4 コロージョン対策

ハロゲン化物を処理した場合、燃焼処理では強酸が形成されてしまいます。通常のオープンフレーム方式の様にむき出しの金属面があると、この部分が強酸にアタックされ、金属面の腐蝕が進んでしまいます。但し除害装置の機械的強度を考えると、金属面の使用は避けて通れません。

TPUでもこの機械的強度を確保する為やはり金属を使用しています。但しTPUではこの金属面に常時水を流し、酸と金属が触れ合わない様な構造になっています。

燃焼コンバスターはセラミックで出来ている為、基本的にはコロージョンの心配は有りません。又図4で述べたようにスクラバー部はポリプロピレンで出来ている為、この部分も腐蝕の心配は有りません。

3-5 NO_xの抑制

金属面が介在する場合、1200°C近辺でどうしてもサーマルノックスが形成されてしまいます。所がPFCを分解する場合、どうしても1200°C近辺の温度が必要になります。

オープンフレームではPFCの除害効率を上げる為、どうしてもNO_xを犠牲にした除害方式を採用せざるを得ない場合が多く見うけられます。これに対しTPUは基本的には金属面の露出を最低限に抑え、非常に高いPFCの除害効率を確保しながら、NO_xの抑制に非常に大きな成果を収めています。

具体的対応策としては、TPUは高温コンバスターに接する金属面を出来るだけ少なくしていま

す。実際にはノズルの先端数mm²の面積のみが高温部に晒される設計になっています。又コンバスター直下の金属部(クエンチ部)はコンバスター高温部に直接触れていますが、この表面は上記した様に常に水で被われている為、金属面と見なす必要はありません。

したがって金属面を触媒としたサーマルNO_xを、非常に低く抑える事が可能になっています。例えばC₂F₆を99%以上除害しても、通常NO_xは数ppm程度に押さえる事が可能になっています。

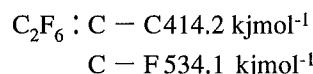
4 PFC除害効率に関する考察

それではTPUの使用方法、すなわちソフト面の説明も加えたいと思います。

現在燃焼式除害装置に求められている事は非常に多岐に渡りますが、そのうちの一つとしてPFCの高い除害効率が上げられます。具体的に言うとNO_xを抑えながらのC₂F₆、CF₄等のPFCガスを高い除害効率で分解する要請が非常に強くなっています。

それではこれらのガスを除害する際の解析を行ってみたいと思います。

今C₂F₆を除害する際、TPUを使うと、コンバスターの温度表示で約850°C程度で99%以上の除害効率を得る事が可能な事が分かっています。又燃焼除害をボンディングリングエネルギー以上のエネルギーで結合を破壊すると考えると、アレニウスの式に当てはまる事が分かります。例えばC₂F₆にはC-CボンディングとC-Fボンディングがあります。それぞれのボンディングエネルギーは次の様になっています。



すなわちC₂F₆の分子構造では、初めにC-Cボンディングを断ち切れば、容易にC₂F₆を除害する事が可能になります。

所がEDWARDSが初期にCF₄の除害を行う為、同じ条件でCF₄を除害した所、殆どCF₄を除害する事が出来ませんでした。これをボンディングエネルギーの観点から見ると以下の様になります。



すなわちこの130kJmol⁻¹程度のボンディングエネルギーの違いが、除害効率に大きく影響していることが予想されます。

アレニウスの式からそれぞれの除害効率を比例

マイレビュー

式で解くと以下の様になります。すなわち CF_4 の除害効率 95% を目指すとすると。

C_2F_6 除害効率 : D1

CF_4 除害効率 : D2

C_2F_6 ボンディングエネルギー : BE1

CF_4 ボンディングエネルギー : BE2

とすると

$$D1 : D2 = e(BE1/TR) : e(BE2/TR)$$

いまここで、 C_2F_6 は 850°C で約 99% の除害効率が得られる事が分かっていますので、この数値を導入すると、

$98 : 95 = e(-414 \times E3/1123R) : e(-548 \times E3/RT)$ となります。すなわちこの式より CF_4 の燃焼温度としては、約 1210°C が必要なことが分かります。これは装置の現状と良く合うことが分かっています。

す。同様な手法により、燃焼除害した事の無いガスでも、所定の温度での除害効率効率をある程度予測する事が可能になっています。

5 今後の展開

現在 TPU は、エッチング装置で形成されるダイオキシンの除害、或いは NF_3 マイクロ波プラズマで形成される OF_2 の除害にも比非常に有効な除害装置である事が分かってきています。

今後はさらなるプロセスチューニングを進め、より安価で、より安定性に優れた除害装置になるよう TPU の改善を進めて行きたいと考えています。

以上

編 集 後 記

本号 No.13 は、桜の時期に配布する予定でしたが予定時期をはるかに越えてしまい原稿執筆していただいた方々をはじめ各方面の方に御迷惑をおかけしました。この編集後記のページなどは梅雨のまっただ中につくると言う状況でしたが、とにかくお配りする事ができました。

さて、本号から「かなえ」制作の実行メンバーとして山崎係長、高山係長を新しく加えて編集を行うこととなりました。技術課の活動報告誌として、あるいは技術資料やアイデア発掘の話題提供として活用していただけるような「かなえ」づくりを、新メンバーと共にめざしして行きたいと思います。

(鈴井)

本号よりかなえの編集をお手伝いさせて頂くことになりました山崎です。どうぞよろしくお願ひ致します。お忙しい中原稿をお寄せ頂いた皆様には厚くお礼を申し上げます。またご意見、ご感想など積極的に取り入れてより多くの方に読んで頂ける魅力ある「かなえ」にしたいと思いますので皆様の熱いフィードバックを編集委員の方までよろしくお願ひします。

(山崎)

今回から編集部の一員として仲間入りしました。編集作業というのはその人の美的センスが問われます。見ている人が美しいと思えるような図表のレイアウトを考えながら編集ソフトと格闘しなければなりません。自己満足の世界ですが・・・今後ともよろしくお願ひいたします。

(高山)

「かなえ」No.13 の原稿を執筆して下さった方々に、編集委員一同心より御礼申し上げます。

分子科学研究所技術課活動報告

「かなえ」No.13 編集委員

酒井 楠雄（委員長）

加藤 清則

山中 孝弥

吉田 久史

山崎潤一郎

高山 敬史

鈴井 光一

—かなえNo.13—

発行年月	平成12年7月
印刷年月	平成12年7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

