



「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、ジャボニカ」）

# 目 次

## 巻頭言

思い出のテクニシャンたち ..... 岡崎国立共同研究機構長 毛利 秀雄 ..... 1

## 特別寄稿

「鼎」をつくるコミュニケーション ..... 岡崎国立共同研究機構管理局長 鎌田 徹 ..... 3

## 技術活動報告

MALDI-TOF MS (マトリックス支援

イオン化・飛行時間型質量分析計) 紹介 ..... 分子物質開発技術第一係 牧田 誠二 ..... 5

計算科学研究センターユーザー情報管理

データベースの再構築 ..... 電子計算機技術係 手島 史綱 ..... 8

モードロック Ti:サファイアレーザー /

増幅システムの整備を通じて ..... 分子制御レーザー開発技術係 上田 正 ..... 11

FEL 利用実験を目指して～ FEL ラインの改修と

レーザー光安定化のための Feedback システム ..... UVSOR 山崎 潤一郎 ..... 15

## トピックス

平成 13 年度東海・北陸地区国立学校等技術専門職員研修報告 ..... 20

平成 13 年度東海・北陸地区国立学校等教室系技術職員合同研修報告 ..... 24

技術課新人紹介 ..... 27

アルミニウム溶接研修 ..... 装置開発技術係長 鈴井 光一 ..... 28

「水素化反応精密測定装置の製作について」、

「選択的不斉水素化反応の開拓 - 反応機構の解明に

向けて -」の紹介 ..... 第 5 技術班班長 加藤 清則 ..... 30

## 科学講座

“知って得する分子科学の常識”

分子科学の世界へようこそ (3)

甘いものはみのがさない ..... 分子物質開発研究センター助教授 永田 央 ..... 33



# 卷頭言

## 思い出のテクニシャンたち

岡崎国立共同研究機構長 毛利 秀雄

私がはじめて出会った技官（?）はおそらく松尾さんであろう。彼は戦前、戦後を通じて東大理学部の動物学教室で旧式な写真機でさまざまな写真をとっていた。この他にも教室によりガラス工や金工など、欧米の制度を真似てわが国の大学にもけっこう技官のような人たちはいたのである。物理学教室の金工室にいた成茂さんは、後に独立して顕微操作の装置を開発し、いまやナリシゲの装置は世界中の生物系の研究室で使われている。

次の出会いは私が最初に就職した三崎の東大理学部付属臨海実験所であることである。臨海実験所にはさまざまな生物材料を採ってくれる採集人という技官がいる。当時の採集人は重さん、貞ちゃん、英さんの三名であった。三崎には明治の創設以来熊さんという世界的に有名な採集人がいたが、重さんは直接熊さんの指導を受けた。といっても何も教えてくれないので、熊さんが何か珍しいものを採りに行く時には密かにあとをつけて、海上や磯など彼が採集している場所の見当をつけ、いちいち自分で覚えていったということである。動植物の名前はラテン語でたちどころに答えるので、臨海実習に始めて行った学生たちは皆ど肝を抜かれた。どこの大学の臨海実験所にもこういう名採集人がいたものである。私も含め彼らの世話になった研究者たちは数知れない。

その後長年過ごした東大の教養学部にもガラス工や木工などがあり、基礎科学科ができてからは工作室に何人かの技官を抱えていた。木工の松さんが入学試験の合格発表のたびに掲示板を作っていたのを思い出す。しかし研究者の数に比べて技官の数はとるにならないもので、何事も皆自分でするのが当たり前であった。

こういう状況で外国に行ってみると、そこには専門のテクニシャン（技官）が何人もいて研究者の仕事を支援しており、身分制度もきちんとしていることが実感された。まずイタリアのナポリおよびアメリカのウッズホールの臨海実験

所では、専門の採集人たちが注文通りの材料を翌朝には間違いなく研究室にとどけてくれる。上述のように、採集人についてはわが国でも結構よくやっているといえよう。しかし僅かな間ではあるが、研究の支援のみを専門にするテクニシャンなるものに、個人の実験の手伝いをしてもらったのはナポリがはじめてである。同じイタリアのパレルモ大学でも、短期間ではあったが教授がテクニシャンを一人つけてくれたおかげで、論文を二つ仕上げることができた。彼はよくやってはくれたが、ラテン系の国の常で昼休みが長いのにはいささか閉口した。

次に過ごしたスウェーデンのストックホルムの研究所では、テクニシャンの数も多く、それぞれの役割がきちんと決まっていた。しかもその多くは女性であった。そして実によく働く。マニュアル通りということはあるが、新人でも来たその日から忠実に仕事をこなしていく。中には教授にとって研究者よりもはるかにかけがえのないようなベテランのテクニシャンもいた。ということで彼女たちはよくアメリカの大学や研究所にスカウトされていった。家内も電子顕微鏡の手伝いをしたが、驚いたことに週3日のパートということになつたら、それなら給料は正規のテクニシャンの半分という次第で、しかも健康保険つきであった。正規の職員とパートタイマーの給与の格差が大きいわが国の現状とは比較にならない。もう40年も前のことである。帰国して身分は助手から助教授になったが、当時の教養学部には科学研究費もなくまわってこない。技官を使うなどということは考えられもしなかった。やむおえずアメリカの財団から研究費を得て、始めて自分でテクニシャンを雇った。こうして来てもらった長谷川さんは新設された4年制大学の最初の卒業生であったこともあり、きわめて優秀であった。前の日に誰かと話をしていると、それを聞いていて翌朝にはその線に沿った実験の準備をしておいてくれた程である。仕事は勤務時間中にきちんと終え

た。次に来た下村さんとともに、私の主な仕事となった微小管のタンパク質、チューブリンについて一緒に苦労した仲間である。

この後オーストラリアのシドニー大学で一年ばかりを過ごしたが、ここもテクニシャンの制度はきちんとしていた。教室にはロンとラルフという親方のようなのが二人いて、それぞれ実験関係と施設設備関係を担当していた。私の実験の手助けをしてくれたのは、オナーズディグリーをとってこれからケンブリッジ大学の大学院に進むという学部卒業生であったが、親方の下では特別扱いはなかった。彼も一年間その自分で働くことを納得していた。この人物はさすがにてきぱきと仕事を片付けてくれた。また女性のテクニシャンが他研究所のより高給なポジションに応募して採用となり、大喜びしていたのを思い出す。テクニシャンという横断的な枠の中でも色々な経歴の者がおり、また能力次第で移動や出世ができるのである。

オーストラリアから帰ってきてからは、子離れた家内が研究室を手伝ってくれるようになっ

たので、それ以後はテクニシャンの代わりに秘書を頼むことになった。結局残念ながら私は国内においては正規の技官についてもらって仕事をしたことはない。

ここ岡崎国立共同研究機構では、スタッフ2名に対し約1名の技官が配属されている。諸外国の1対1に比べればまだ少ないが、国内の諸大学に比べれば恵まれた数字である。しかもそれぞれの専門分野のベテランでよく働いている。これで優れた研究成果があがらなければおかしな話である。とはいえた員削減で貴重な技官のポストも減らされるのみで、増員要求はまったく認められない。最近大学院生をリサーチアシスタントとして研究支援者に含めることが行われているが、大学院生は研究者であってこの考えは根本的に間違っている。独立法人になったら技官をふやすよい方法があるのかどうか。競争的資金の獲得で生ずるオーバーヘッド分を利用するくらいであろうか。研究者、研究支援者の両方にとて少しでもよい方向に向けていきたいものである。

# 特別寄稿

## 「鼎」をつくるコミュニケーション

岡崎国立共同研究機構管理局長 鎌田 徹

先日、SCSを通じて河合隼雄先生の「日本人・日本文化とグローバリゼーション」と題する講演が配信されましたので、興味深く聴きました。内容は、グローバリゼーションが進む中で、日本人の持つ文化的背景が異文化コミュニケーションに及ぼす影響、葛藤について考えるというものでした。

思えば、私たちの周りでは、一昔前には考えられなかつたような文化の違いに根差す様々な摩擦、円滑なコミュニケーションの阻害といった状況が生じています。それが生じた背景には、言うまでもなく、異なる文化的背景を持つ人々との接触がいやおうなしに増え続けてきていることがあります。

同質の文化的背景を有する人々の間では暗黙のうちに当然の前提とされている言動であっても、異なる文化的背景を持つ人々との間では、コミュニケーションを妨げるばかりでなく、偏見や嫌悪をすら生じさせることができます。

私たちの東アジア世界でも、中国、韓国と日本とでは、文化の共通的基盤を強調するよりも、それぞれの文化の独自性、違いを相互に正しく認識することが大切になってきているのではないかでしょうか。一例を挙げてみましょう。中国で生まれた漢字は、やがて漢字（漢籍）文化圏を東アジアに作り出しましたが、現在、漢字の字体は、中国は簡体字、韓国は中国清朝のときに纏められた康熙字典体に典拠した正体字、そして日本は第二次大戦後に当用漢字を経て現在の常用漢字へと一部略体化が図られました。現在は、表意文字である漢字を媒介しても誤ったコミュニケーションが行われる恐れがあると言えます。ましてや自国の字体の正当（正統）性を声高に主張することは、いたずらに摩擦を生むだけでしょう。

同じことは、日本国内においても言えます。昨年末現在で、我が国における外国人登録者は、総人口の1.33%を占めるに至っています。この10年間で、外国人登録者は57%も増加していま

す。私たちの身の回りで、日本国籍を有しない人々との接触は確実に増えていると言えます。そしてそれに伴い、日常生活の上でも様々な文化的摩擦が生じています。

異なる文化との接触では、受容と発信の双方向性が成立することが大切だと言われています。一方的な関係は、軍事や経済といった力関係に基づく文化的支配と被支配という不幸な状況を意味するからです。

異なる文化の受容は、それを無条件に受け入れるということではありません。大切なのは、違いは違いとして、他者の文化の存在を認識し、その上で自らの文化をより豊かにする多様性の観点から受け止めて、自らの文化を更に発展させていくことだと思います。

また、文化の発信は、強制、強要にわたるものであってはいけませんが、逆にいたずらに文化発信に慎み深くあることは、文化摩擦をより増長させる要因になります。異なる文化を有する人々との接触が避けられないものである以上、自分の文化の背景をなす規範や行動を客觀化し、それを説明する努力、理解を求める努力が必要となります。

さて、以上述べた異文化コミュニケーションの問題は、日本人対外国人の関係だけで現われるものではありません。外国人との接触の中でより顕著に現われるというだけで、実は私たちの社会の中すべてに大なり小なり潜んでいる問題であると言えます。

なぜなら私たちが社会生活を送る上で、あるコミュニティに属することで、そのコミュニティの文化を意識的にせよ、無意識的にせよ身に纏っていることは否めないからです。そのコミュニティは、三河というある地域であったり、若者というある年齢層であったり、そして研究者や技術者という職能集団であるかもしれません。いわゆる仲間内の文化というものです。

あるコミュニティが持つ文化は決して否定さ

れるべきものではないと思います。その文化こそがコミュニティを特徴づけ、活性化させ、文化の多様性の源になると考えるからです。更にいえば、その文化こそがコミュニティの成員に精神的安定と絆をもたらしているからです。

問題は、コミュニティの外の異なる文化を持つ人々との接触の中で現われてきます。私たちの身の回りには、異文化摩擦という仰々しい言い方をしなくとも、他のコミュニティの人々との間では円滑なコミュニケーションがなかなか成立しないという事態が生じがちです。自分の文化を尺度にした思い込みや誤解、偏見、またコミュニティの外の人に対して仲間内での

言葉遣いをしたり説明不足になるなど、文化の適切な受容と発信が行なわれないためにコミュニケーション障害が起きることが往々にしてあります。更には、甚だしくは、独善的に自分の文化の優越性を主張し、他のコミュニティの人々と積極的に交わろうとしないといった傾向すら生じことがあります。

岡崎機構、分子科学研究所という一つのコミュニティ、その中には更にいくつかのコミュニティがあるのでしょうが、鼎（かなえ）が一つの器であるがごとく、一人ひとりが意識して、日々円滑なコミュニケーションが行われる場をつくり上げていってほしいと願っています。

# 技術活動報告

## MALDI-TOF MS

### (マトリックス支援イオン化 - 飛行時間型質量分析計) 紹介

分子物質開発技術第一係 牧田 誠二

1997年4月より発足した分子研・分子物質開発研究センターは分子科学に発展をもたらし得る新たな分子物質を開拓し、分子科学における物質研究を先端的に推進する事を目的としている。また同時に本センターは分子科学研究所内外の研究者の活動を支援するための業務をあわせ行う。即ち、分子科学の研究に共通性のある物性機器の集中管理、低温冷媒の供給、化学試料の分析を行い研究者の利用に供する。また実験廃棄物の管理、処理を行っている。今回、平成11-12年度に新規導入された2台、KRATOS MALDI4/島津製作所(写真1)、Voyager DE-STR/Applied Biosystems(写真2)の質量分析装置MALDI-TOF MS(マトリックス支援イオン化-飛行時間型質量分析計)について報告する。

分子の質量を測定することを目的とする質量分析装置の構成は主として、試料導入部(直接導入

法、GC、LC)、イオン化部(EI、CI、FAB、ESI、MALDI)、質量分離部(磁場型、四重極型、TOF型、ICR型)、検出部(SEM、MCP)、データ処理部に大別され各々を組み合わせることにより機器の特色および測定許容範囲が異なっている。ここで紹介する MALDI-TOF MS はイオン化部に MALDI (Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization)、質量分離部に TOF (Time Of Flight) を組み合わせたものである。

MALDI 法とはイオン化を促進する試薬としてマトリックスと呼ばれる一連の化合物を使用する方法である。マトリックスはサンプルと同じ溶媒に溶けかつ、溶媒と共にサンプル分子を取り込みながら結晶化し、さらに使用するレーザーの波長に対して吸収を持つ特性を有することによってサンプルをイオン化させるのである。イオン化機構の概念は完全に解明されてはいな



写真1. KRATOS MALDI4 (島津製作所)

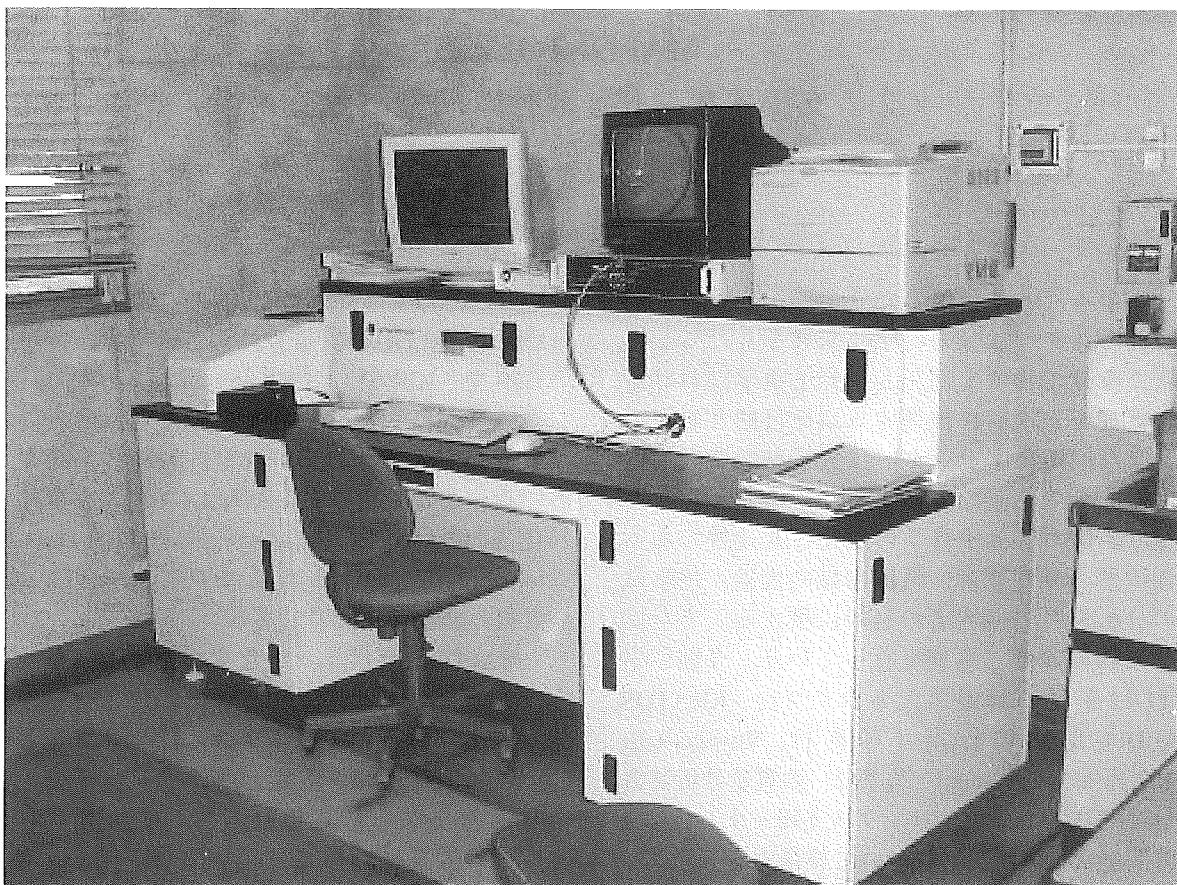


写真 2. Voyager DE-STR (Applied Biosystems)

いが次のように類推されている。

1. レーザー光の照射を受けてマトリックス分子は共鳴吸収して励起状態となる。
2. 励起状態になったマトリックスから得られたエネルギーによってサンプルは瞬時に蒸発する。
3. 真空中に蒸発されたサンプルは気相反応(プロトン移動など)によってイオン化する。

上記のような機構概念を有する MALDI 法では、マトリックスに吸収させた脱離エネルギーをサンプルが間接的に得るソフトなイオン化 (Soft Ionization) 方法の一種である。

質量分離部に使用されている TOF MS (飛行時間型質量分析計) とは、サンプルプレート上でイオン化したサンプルが加速電圧によって運動エネルギーを与えられ高真空のフライトチューブ内で自由飛行を始める。サンプルプレートの反対側には MCP (Micro Channel Plate) ディテクターが設置されており、このディテクターに分子量の低い分子が早く到達し高い分子は後から

到達することで分離が行われ、ディテクターまでの時間を測定することによってその分子の分子量が決定するのである。TOF MS の特徴として生成された全質量数範囲イオンの大部分が検出器に導かれるため極めて高感度の測定が容易であり、原理的には測定可能な質量数範囲に制限がないのである。

この MALDI-TOF MS の応用範囲は生体関連物質(蛋白質、ペプチド、多糖類、複合脂質、核酸関連物質など)を扱う生化学研究者だけでなく、合成高分子(オリゴマー、ポリマー)や低分子を扱う有機化学者にとっても活用できる装置である。実際の測定にあたって注意しなければならないことは、サンプル分子を効率良く気化させることにより安定して分子イオンを多量に発生させるため、サンプル溶液とマトリックス溶液が均一に混合し結晶化されることが必要条件と考えられている。そのためにはサンプルとマトリックス双方が溶け合う溶媒を用いることが望ましい。また同一サンプルを測定する場

合でもマトリックスによって得られるデータが異なるのでそれぞれのサンプルに適したマトリックスを選定する必要がある。

#### 【仕様】

KRATOS MALDI4 (島津製作所)

〈測定質量範囲〉

1 ~ 350000 Da (Linear mode )

1 ~ 60000 Da (Reflector mode )

〈質量分解能〉

1500 (Angiotensin2; Linear mode )

2500 (Angiotensin2; Reflector mode )

〈質量数精度〉

0.02% 以内 (内部標準; Linear mode)

0.05% 以内 (内部標準; Reflector mode)

Voyager DE-STR (Applied Biosystems )

〈測定質量範囲〉

≥ 300000 Da

〈質量分解能〉

≥ 80 (BSA; Linear mode )

≥ 1000 (Myoglobin; Linear mode )

≥ 3000 ((Angiotensin1; Linear mode)

≥ 3500 (ACTH18-39; Linear mode )

≥ 15000 (insulin; Reflector mode)

≥ 1200 (Thioredoxin; Reflector mode )

≥ 7000 (Angiotensin1; Reflector mode )

≥ 10000 (ACTH; Reflector mode )

〈質量数精度〉

0.02% (内部標準; Linear mode)

0.05% (外部標準; Linear mode)

0.001% (内部標準; Reflector mode)

0.008% (外部標準; Reflector mode)

## 計算科学研究センターユーザ情報管理データベースの再構築

電子計算機技術係 手島 史綱

### はじめに

組織の改組によって、分子科学研究所の電子計算機センターが平成 12 年に岡崎国立共同研究機構 計算科学研究センター（以下、センターとする）となった。それに伴って、我々の係は引き続き計算科学研究センターの業務をすることになった。去年 1 年間は特に今までとは変わりはなかったが、これまでの分子科学分野に特化したシステム構成から生物学の研究者も利用できるシステムへの移行や増強に伴い、利用ユーザの増強や運用形態の多様化に対応していく必要が生じてきた。現在、センターには平成 5 年から運用している「ユーザデータベース」、「グループデータベース」（以下、この 2 つをあわせてユーザ DB とする）と平成 10 年 12 月から運用している「電子申請システム」<sup>[1]</sup>がある。もともとスタンドアロンで他システムとの連携を考えずに作成したユーザ DB を、ネットワーク利用が主目的の「電子申請システム」と組み合わせたことによりいろいろな問題を抱えてきたが、修正や割り切った使い方で使用してきた。しかし、今後のユーザの増強や運用の多様化を考えるとユーザ DB を他システムとの連携、ネットワーク利用を考えて構築し直す必要があると考え管理システムの再構築にとりかかった。

### 1. 現在のユーザ DB の概要と問題点

現在のユーザ DB は平成 5 年に作成した。当時、ユーザの情報は書類としてファイリングされているだけであり、閲覧や郵便発送などにはとても苦労をしていた。このことから、コンピュータ上にデータベースを構築してこの問題点を解決するのを狙ったのである。このころはまだ、ネットワークもまだまだ整備されておらず、利用も汎用計算機システムへの端末接続であったので、ネットワーク利用を考慮したデータベース構築することは全く考えずにスタンドアロンのデータベースを構築した。そのころセンターには Macintosh が多くあり、その機種上で比較的

安価でユーザフレンドリーなインタフェースで手軽に使えるカード型リレーションナルデータベースのファイルメーカー Pro（以下 FMP）という市販ソフトを使うことにした。データベースの中身は単純にユーザ個人情報を扱った「ユーザデータベース」と、ユーザが属するグループ情報を扱った「グループデータベース」の 2 つで構成した。「ユーザデータベース」には、個人の情報から所属したグループの履歴情報などあらゆるものを一つのテーブルに含んでいる。同じように「グループデータベース」もそのグループのあらゆる情報が一つのテーブルに含まれている。このユーザ DB の利用の仕方は主にユーザ、グループ内情報の検索・閲覧と郵便ラベルの出力であった。これにより、郵便発送などの事務処理がしやすくなった。

その後、コンピュータネットワーク（以下、ネットワークとする）が発展してきて、電子メールの利用、ホームページの閲覧が一般的となってきて、ネットワークを利用した複数の情報システムの連携も主流となってきた。そんな中、平成 10 年 7 月に計算科学研究センターでは、それまで、書類で行ってきた「計算機利用申請」の電子化（以下、「電子申請システム」とする）を決め、ユーザ DB を利用して、ユーザ情報の利用、変更や新規登録などに活用した。スタンドアロンであるユーザ DB をネットワークから利用できるようにするために、Macintosh に Web サーバソフト WebStar、Web サーバから FMP を操作するためのインターフェースソフト Tamgo という 2 つのソフトを利用した。ユーザ DB を、ネットワーク利用を考慮したものに構築し直すことをこの時に一度考えたが、自分の知識不足もあって短期間に構築し直すのが困難と判断し、ユーザ DB にあわせた「電子申請システム」を構築し現在に至っている。この「電子申請システム」から見たユーザ DB 利用において、種々の問題が発生してきた。

・次年度の申請処理をしてしまうと今年度の

## ユーザ情報が失われる

これは、ユーザデータベースの各ユーザレコード上に所属プロジェクトの履歴情報をもっており、その情報をもとにして、現時点での利用ユーザかどうかのフラグを立てさせており、このフラグを使って郵便ラベルなどの印刷に使用している。このため、2月や3月に次年度の申請処理をしてしまうとこの情報が失われ、郵便ラベルの印刷に支障をきたした。

### ・外部操作でテーブル作成ができない

先の問題点の解決としては、ユーザとプロジェクトとの対応テーブル（年度毎に必要）をユーザデータベースと切り離して持つていれば解決出来そうであることは分かるが、それに伴い「電子申請システム」の改修もかなり広範囲に及ぶこととFMPでは、その対応テーブルが外部のプログラムから作成出来ないので、毎年手動でこの対応テーブルを作成しなければいけない。自動化を目指しているセンターとしてはこの点は問題である。

これらの根本的な問題としては、一つのテーブルにいろいろな情報を詰め込みすぎた為に、種々のシステムとの連携がとりにくくものとなってしまったことである。またこのデータベースは、MacOS上にあるので、将来的に不安感もある。というのも、世の中のコンピュータOSはWindows、Linux(UNIX)が業界を2分していると言ってもいいくらいでありMacOS上で動いているユーザDBはこのままではダメな感じを受ける。また、FMP自体が外部からのテーブル、レコード操作機能を未だに充実していないので、FMPにこれ以上望を持ってないからである。

## 2. 新しいデータベースの設計概要

以上の問題点を解決するために、新しいデータベースソフトの選定から始まった。候補に挙げたデータベースソフトは次の通りである。

- ・ Oracle
- ・ MS SQLserver
- ・ PostgreSQL
- ・ MySQL 他

これらのデータベースソフトはもちろんRDBであり、世界標準のデータベースアクセス言語のSQL(Structured Query Language)が使用できるものである。SQLはデータベースに対してデータ

の取得、登録やテーブルを新たに作成したり出来るので、このSQLが使用できるのは現時点では重要である。

MS SQLserverはWindowsのみしか動作しないが、その他はWindows、Linux(UNIX)で動作する。OracleとMS SQLserverは市販のソフトで、その他は、フリーソフトなどである。最近のフリーソフトもそれなりのサポート体制は出来ているが、重要なデータベースをいきなりフリーソフトで構築するのは心配であるので、OracleとMS SQLserverのどちらかと考えた。最終的には、データベースとしての実績がかなりあり、信頼度を含めてOracleに決めた。

作成するテーブルは下記のものを考えている。

- ・ユーザ固有情報テーブル (personal)
- ・ユーザ固有情報変更履歴テーブル (personal\_his)
- ・各年度のユーザ・プロジェクト対応テーブル (u2gYYYY)
- ・各年度のプロジェクト固有情報 (group\_YYYY)
- ・各年度のプロジェクト固有情報変更履歴テーブル (group\_his\_YYYY)
- ・各年度のプロジェクト所有資源情報テーブル (group\_resorce\_YYYY)
- ・各年度のプロジェクト所有資源情報変更履歴テーブル (rugroup\_res\_his\_YYYY)
- ・各年度のプロジェクト実施計画等情報テーブル (group\_plan\_YYYY)
- ・各年度のプロジェクト実施計画等変更履歴テーブル (group\_plan\_his\_YYYY)

※ YYYYは西暦年である。

この中で、ユーザ固有情報テーブルとユーザ固有情報変更履歴テーブル以外は、各年度毎に作成する必要があるが、SQLを使えば外部プログラムから作成出来るので、問題を解消することが出来る。なお、Oracleは、ODBCやJDBC、DBIなどあらゆるAPIに対応しているので、WindowsのAccessでもユーザDBのデータ操作ができるのも利点である。ユーザDBのデータの検索、更新や新規入力などのデータ操作を行うためのユーザインターフェースはWebブラウザにする予定である。

### 3. 最後に

SQL、ODBC などが使えることにより、データベースの活用範囲が増えるという効用が期待できる。ODBC のメリットとしては、Excel からでも接続できてデータの閲覧が可能なので、表やグラフへの加工なども出来る。Access を利用すればいろいろな形式のラベル印刷も適宜用意出

来る。SQL のメリットとしては、標準言語なので、より多くの人にユーザ DB を利用したシステムの構築が容易になると思われる。

### 参考資料

- [1]手島 史綱、「計算機利用申請の電子化」、分子科学研究所技術課活動報告 NO.9、27-32(1998)

# モードロック Ti:サファイアレーザー／増幅システムの整備を通じて

分子制御レーザー開発技術係 上田 正

## 1. はじめに

平成12年3月1日に分子科学研究所技術課に採用され、分子制御レーザー開発研究センターに配属されて1年半が経過した。この間、各種レーザー、分光光度計、小型貸出機器など、分子制御レーザー開発研究センターが集中的に管理している共同利用機器全般の保守管理に携わってきた。半導体レーザーを用いた計測装置の開発に従事していたとはいえ、初めて調整する理化学用レーザーの感触は、壊してはいけない、という恐怖が先走る反面、これまで展示会などでしか見たことがないレーザーをこの手で触っているという喜びが職務遂行の意欲を後押しした。しかし、意欲ばかりが先走り、技術的なものがなかなかついて来ない。出力を上げようと思って触ったミラーであったが、自分の意図とは反対に出力ダウン、慌てて戻そうとしている間に発振が止まってしまったようで、・・・、このようになると私の力だけではどうしようもない。そんなことを繰り返す日々がしばらく続

いたが、自分なりに感覚を受け止めて、発振していないレーザーでも性能を引き出す調整技術が備わってきたと実感している。その中でも、モードロック Ti:サファイアレーザー／増幅システムの整備は、さまざまな問題に直面し、結果として多くの技術を習得できたと思う。そこで今回は、このシステムの技術的な紹介を通して、レーザーと格闘した1年余りを振り返ってみたい。

## 2. モードロック Ti:サファイアレーザー／増幅システム

本システムは、レーザー装置3台、増幅器1台が図1に示すように配置されている（写真1参照）。半導体レーザー励起 CW グリーンレーザー（Spectra-Physics Millennia V）を励起光源としたモードロック Ti:サファイアレーザー（Spectra-Physics Tsunami）から、発振繰り返しが82MHz、パルス幅約130fs、平均出力500mWの近赤外領域における超短光パルスが得られる。このパル

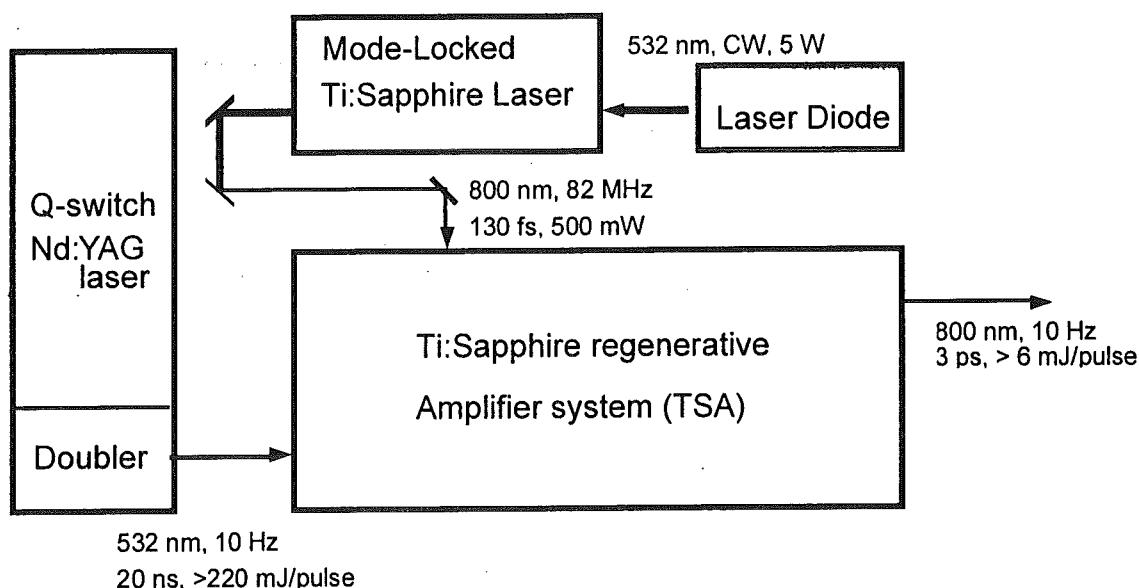


図1. サファイアレーザー / 増幅システム

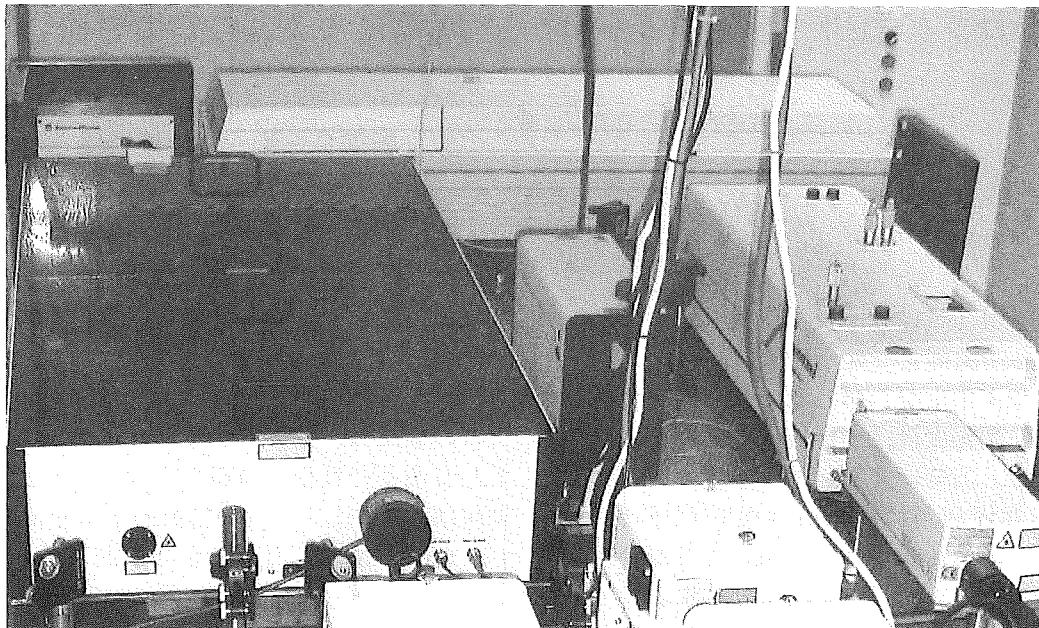


写真1. モードロック Ti:サファイアレーザー / 増幅システム

ス列は再生増幅器とダブルパス線形増幅器で構成される増幅器（Spectra-Physics TSA-10）に導かれ、Q-Switch Nd:YAG レーザー（Spectra-Physics GCR-130）の2倍高調波を励起光源として増幅され、最終的に波長 800nmにおいて、発振繰り返し 10Hz、パルス幅 3～4ps（ピコマスク使用）、パルスエネルギーは 6mJ を超える。

ここで増幅器の光学配置（図2）について述べる。モードロック Ti:サファイアレーザーからの光パルスは、ファラデーアイソレーターを通り、ストレッチャ―に入射される。ストレッチャ―はグレーティング、凹面及び平面ミラーで構成されており、これら光学素子内の反射を4回繰り返すことによって、入射されたフェムト秒光パルスは数 100ps まで拡幅される。このストレッチャ―では、エネルギー分解能を向上させるため、ピコマスクを備えており、さらに光学素子のダメージを防止するため、入力光パルスが正常にストレッ칭されていないときは、入力光パルスを遮断するインターロック機構が組み入れられていることが、旧来型の増幅器と比較した場合の特徴である。ストレッチャ―で拡幅された光パルスは再生増幅器で、約 3.3 mJ まで増幅されたあと、ダブルパス線形増幅器で約 5.5 倍増幅され、コンプレッサーによって、光パルス幅が 3～4 ピコ秒まで圧縮されて出射口より

取り出される。

### 3. 安定動作への格闘

本システムは、OPA システムなど波長可変固体レーザーシステムの励起に用いることを視野に入れた性能が求められた。言い換えれば、高い出力が長時間安定に得られるように本システム全般を調整することが課せられた責務であるとも言える。

レーザー装置の安定性は、適切なミラー調整や、設置環境に影響される。特にミラー調整技術は、レーザーの保守管理に携わる上で、基本的な業務であるが、高度な技術を必要とする。完璧に調整したつもりで出力をアップさせたが、何時間後には出力ダウンしてしまっていた・・・なんてこともあった。そうした実践を重ねることにより、調整の微妙な感覚が自分なりに身についたと思う。その他、レーザーや増幅器の原理等々、実務を通じ色々と勉強をさせて頂いた。

安定性に関して具体的な例を挙げると、YAG レーザーの2次冷却水の水温変化による本システムの出力変動がある。その2次冷却水の水温が 0.1°C の単位で変動しても、システム最終端のレーザー出力では無視できない変動を生じていることが分かった。さらに、この2次冷却水の

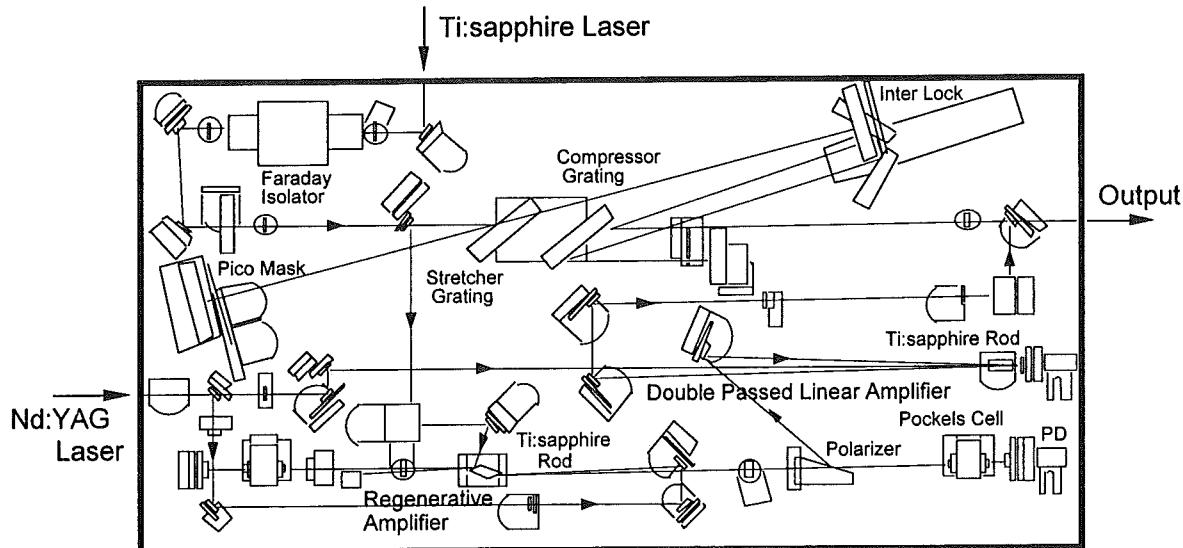


図2. 増幅器

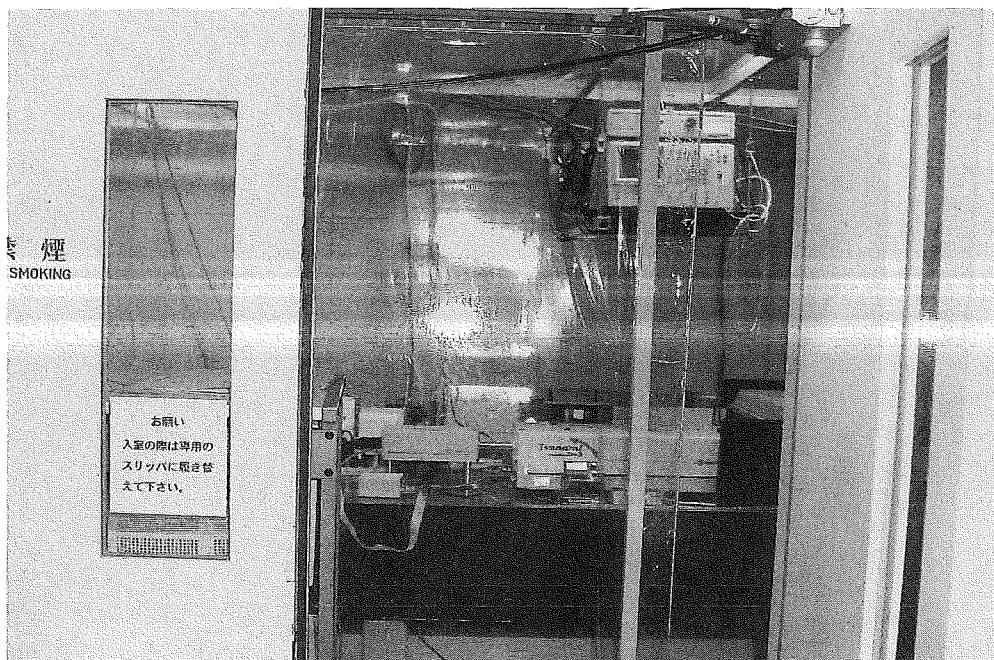


写真2. レーザーセンター 104 室入口、ビニールシートで囲われたレーザーシステム

水温変化による YAG レーザーのパワーの変化は特に見られず、ビームのダイバージェンスが影響しているということも分かった。

また、設置している実験室の環境整備にも力を注いだ。特に防塵対策のために、実験室内に配電用の鋼材と厚さ 0.2mm のビニールシートを利用して簡易的なクリーンルームを作成した（写

真2参照）。ヘパフィルターを装備した喚起ファン 2 機により、クリーン度はクラス 10,000 程度になっていると思われる。さらに、この種のレーザーシステムが安定に動作するためには、室温の変化が 3℃ 以内とされている。本システムを設置した実験室の空調設備は、恒温高湿の空調設備を備えており、室温の変化は 3℃ 以内に保

たれているが、我々の利用目的としては更なる安定性が要求されたので、レーザー装置の電源など、熱を発生するものは、クリーンルームの外に配置し、レーザー本体への影響を出来る限り抑制するように努めた（写真3参照）。その結果、クリーンルーム内の温度変化は、1℃以内に保たれており、防塵対策と合わせてレーザーシステムを設置するに相応しい環境が保たれています。

#### 4. あとがき

レーザーや分光光度計の保守管理に携わり始め

て、春夏秋冬が二順目を迎える。この間、上述のように、レーザーシステムの設置環境の整備、移設、立ち上げ、調整をすべて経験できたことは、自分にとって幸運であったに違いない。この経験を肥やしにして、更なる技術の向上に努力したい。

最後に、レーザーシステムの整備など、日頃、ご高配を頂戴している藤井正明センター長をはじめ、分子制御レーザー開発研究センター諸氏に感謝申し上げます。また、本報告執筆の機会を与えてくださいました酒井楠雄技術課長をはじめ、技術課の先輩諸兄に感謝申し上げます。

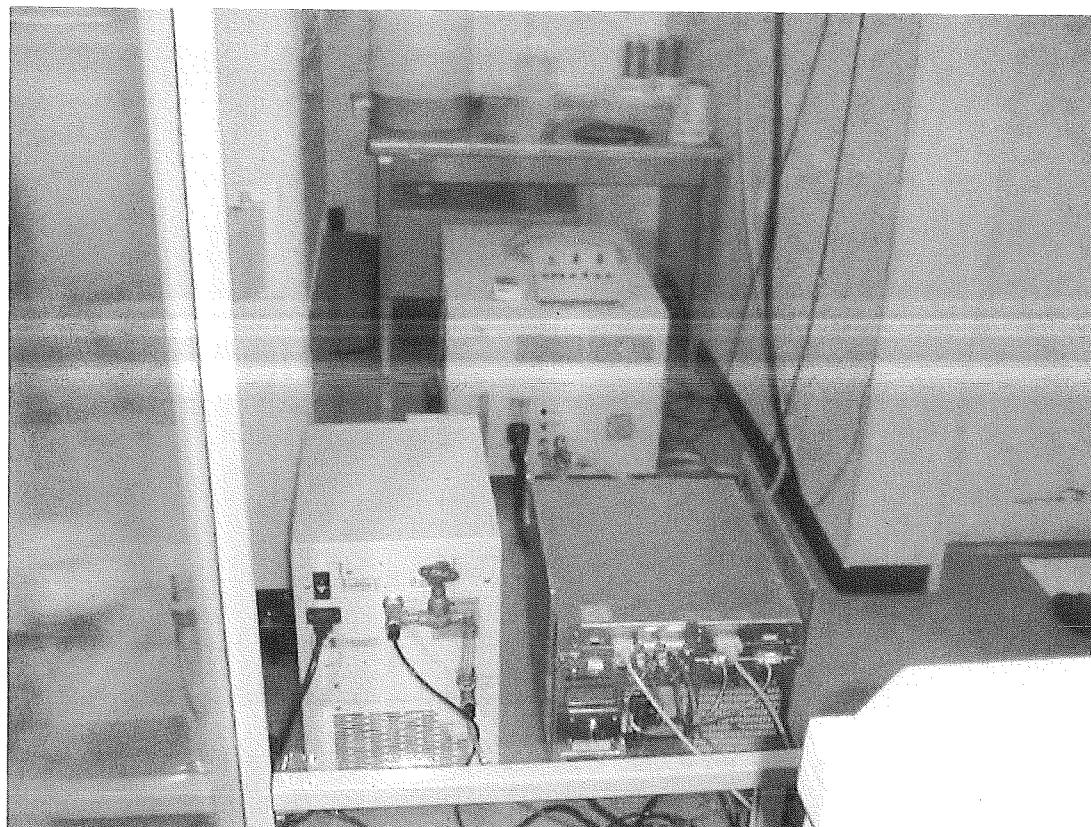


写真3. ピニールシートの外に置かれている電源、チラー

# FEL 利用実験を目指して～FEL ラインの改修と レーザー光安定化のための Feedback システム

UVSOR 山崎 潤一郎

## 1. はじめに

UVSOR-FEL ではこれまで光共振器周辺の外乱によって発生する”振動”に悩まされ続けてきた。この”振動”は主に 60 ~ 120Hz の低周波であることがわかっている。この振動が光共振器長を実質上可変していることになり実験上大変都合が悪い。レーザー発振は光共振器のわずかな実効長の変化に極めて敏感であり、光パルスと電子バンチのピーク位置がずれるとレーザー出力は急激に減少する。実際に応用実験を行う上では発振安定性の長時間にわたる維持が不可欠であり重要な技術的課題となっている。本報告では光共振器の大幅な振動制御をめざしハーフ面の全面的改良、またよりレーザー発振を安定にするためのフィードバック制御を開発したので報告する。

## 2. FEL ラインの改修

改修した FEL ラインを図 1 に示す。FEL ラインの上流下流とも光共振器鏡架台をそれまでの鉄フレームから重さ約 2 トンの黒ミカゲ（密度 3g/cm<sup>3</sup>）に更新した。またミラーマウント部は複雑な機械的共振を避けるため共振器ミラーの制御軸を 10 軸から 5 軸に大幅に減らし構造を単純化した。加えて防振ゴムによる防振対策等も行った。その結果、それまでの鉄フレーム架台では問題となっていた FEL マイクロパルスのタイムジッタが大きく改善され、10ps 程度にまで減少させることに成功した。これによりこれまで問題にされなかった 1 秒以上の長いタイムスケールでの発振不安定性を抑えることが安定発振のための次の重要な課題となった。

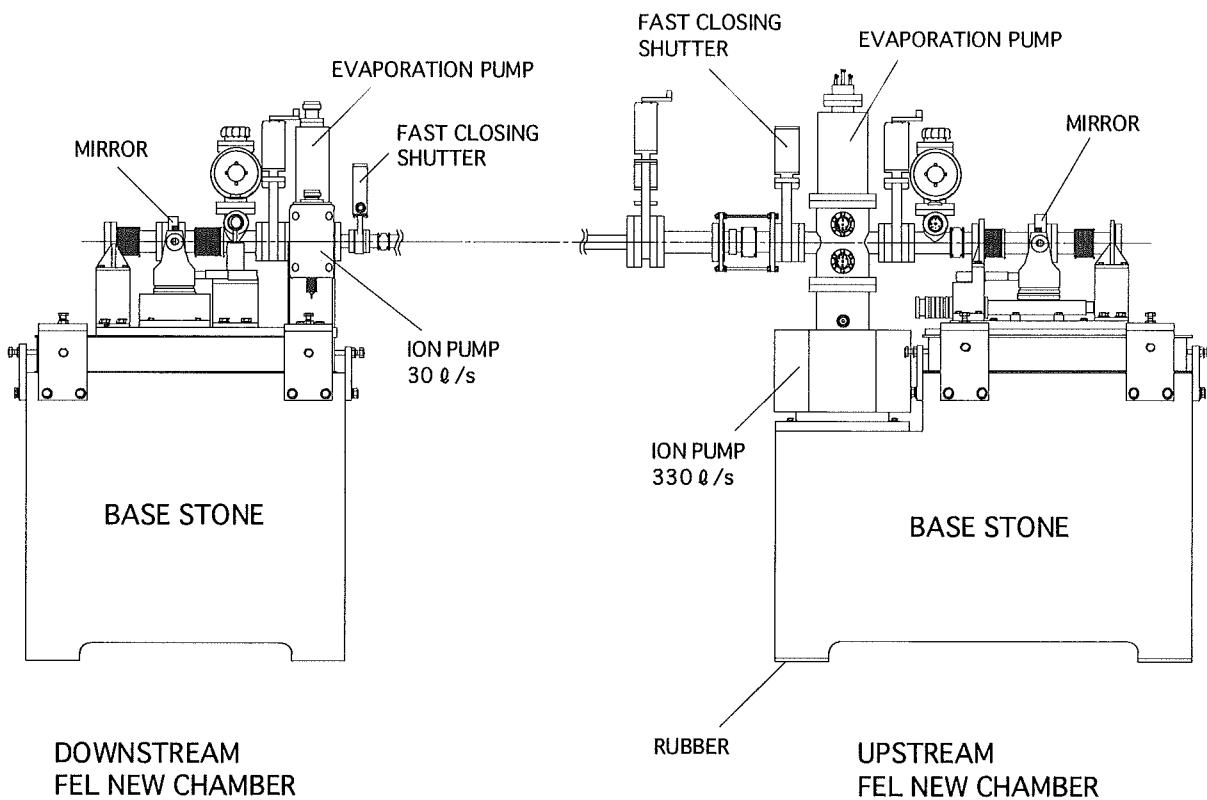


図 1. New Optical Cavity of the UVSOR-FEL

### 3. レーザー発振安定化のためのフィードバックシステムの開発

UVSOR-FEL の長時間運転における主な不安定性としては光共振器の実効長のドリフトがあげられる。発振直後に FEL マイクロパルスと電子バンチを高い精度で同調させても、数秒も立つとその同期は明らかに崩れてくる。この変動の原因は主に光共振器の熱変形と考えられている。また光共振器のそばに人が立つだけでも光共振器の実効長は変化し同調は乱される。

我々は電子バンチと FEL マイクロパルス間の時間的ズレを、夫々の検出信号の高調波成分間の位相として取り出し、これを蓄積リングの RF 周波数にフィードバックすることで同調を維持するシステムを開発した。ここで用いた位相検出の方法は単純かつ高精度で連続測定が可能という特徴を持っている。SRFEL のフィードバックシステムとしては FEL 横方向発振安定性を維持するために光共振器鏡の傾きを参照レーザー光に基づきピエゾ素子でフィードバックする Duke 大学のシステムと、UVSOR-FEL 同様の FEL と電子バンチの同期性を維持する縦方向

フィードバックを行う disector を使用したフランス Super-ACO のシステムが開発されている。UVSOR-FEL で開発された位相検出法は Super-ACO とは同期性検出の原理がまったく異なったものであり、SRFEL における新しい同期性検出技術といえる。

このフィードバックにより UVSOR-FEL の発振安定性は向上し長時間応用実験に FEL 光を提供することが実用的な意味で可能となってきた。現在は放射光を併用する pump-probe 実験に FEL 光を供給するためのスタディを行っている。

図 2 にフィードバックシステムの概略を示す。FEL パルスと電子バンチの信号をそれぞれフォトダイオード、ピックアップ電極によって検出し、それらパルス間の時間的ズレを測定する。このズレに応じて電子バンチの周回時間を蓄積リングの RF 周波数を変えることによって調整し FEL と電子バンチの同調を維持する。電子バンチ -FEL パルス間の同調のズレを測定する方法として我々は位相検出という方法を採用した。位相検出法を使用したフィードバックシステムの実際の回路系構成を図 3 に示す。図中の位相検

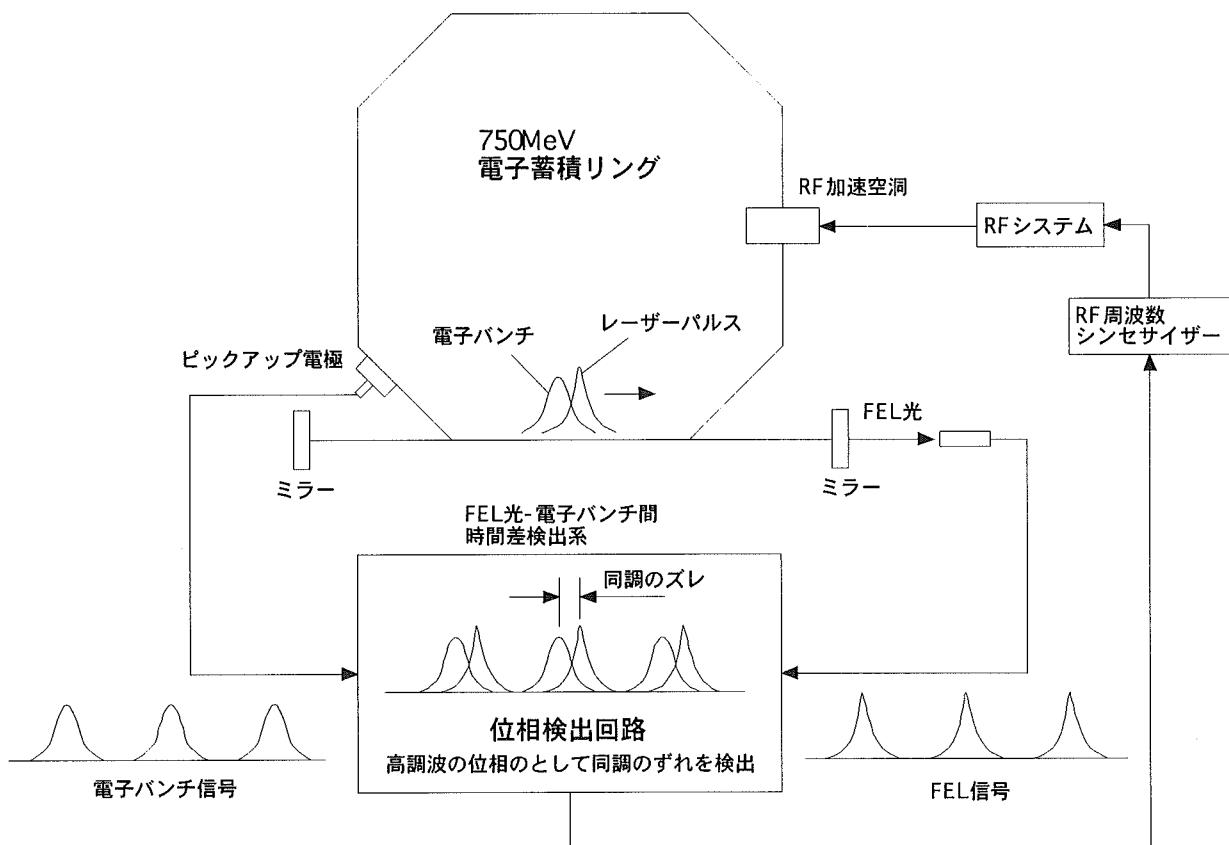


図 2. フィードバックシステム概略

出部では、電子バンチ及びFELパルスそれぞれの信号の特定の高調波成分をバンドパスフィルターで選択し、その出力信号間の位相の変化をベクトル電圧計で測定する。本システムでは高調波成分の信号強度を考慮し24次高調波(270MHz)を選び、時間分解能は10ps以下が得られた。このようにして得られた位相の変化をパソコンコンピュータでADCを介し読み出し、電子バンチ、FELパルスのタイミングのずれが

設定した値を超えると同調のずれを減少する方向へRFシンセサイザーの周波数を制御することによってフィードバックを実行する。

### 3.UVSOR-FELの性能

フィードバックを動作させ長時間FEL発振を行った例を図5に示す。発振が長時間安定に維持されているのがわかる。また現状のフィードバック運転時の発振性能を表1に示す。電子蓄

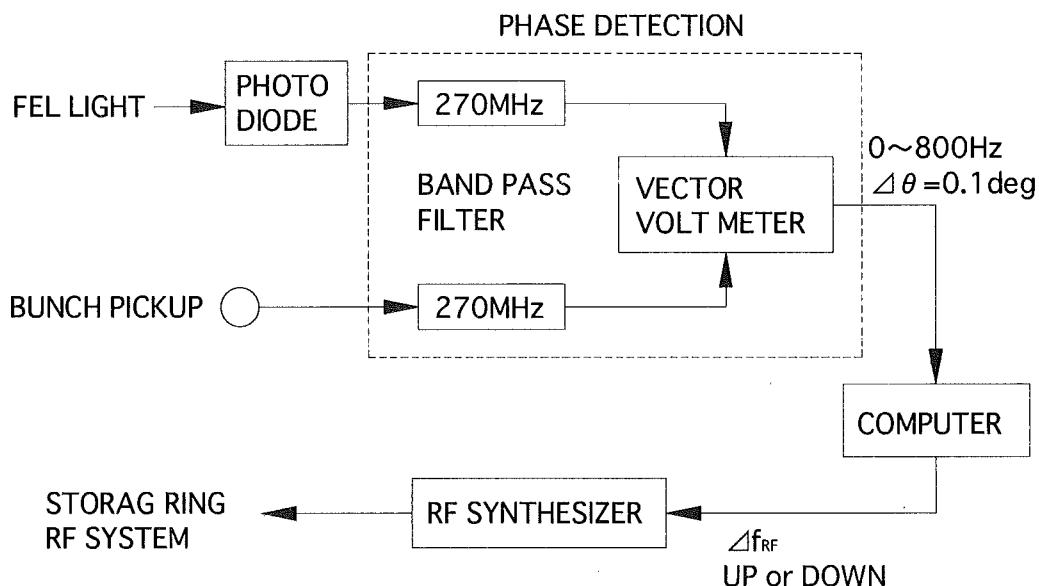


図3. フィードバックシステム回路図

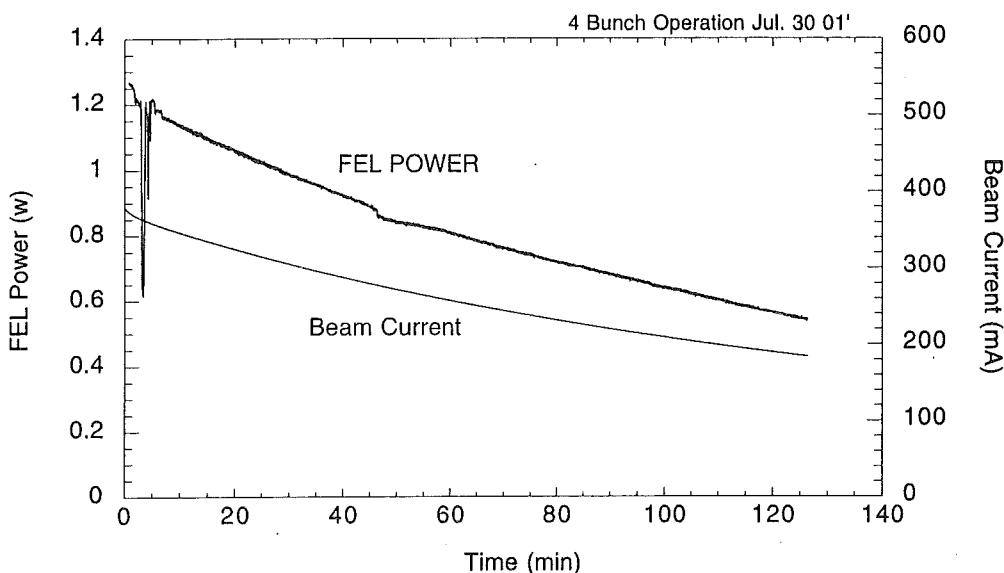


図4. フィードバックを使ったFEL長時間発振例。上図は光共振器上流側取り出しポートにおけるFELパワー、下図は蓄積リングのビーム電流値を示す。

積リングを用いた FEL ではレーザー出力が世界最高記録となった。これまで Super-ACO (南パリ大学) での 0.3W が最高出力であった。

#### 4.FEL を用いた実験

フィードバックにより長時間安定した FEL 光を供給することが可能となり、いよいよ FEL を用いた実験が視野に入ってきた。分子科学分野での応用として pump-probe 実験の提案がなされこの実験に向けたスタディを行った。実験の目

的是は Xe 原子の高励起状態において特定の中間状態の電子間相互作用の寄与を調べることである。今まで行われることがなかった波長の光を使った二重共鳴が、またこれら二つの光のタイミングを変化させることで時間分解の観測が可能となる。

実験用真空槽は UVSOR 放射光ビームライン BL3A1 下流に設置された。放射光に同期した FEL 光を供給するための FEL 輸送系を図 5 に示す。FEL 光は半周遅れの放射光と同期して Xe ガ

波長	570 nm	繰り返し周波数	11.26MHz
線幅 ( $\sigma$ )	0.1 nm	放射光との同期制度 ( $\sigma$ )	10 ps
可変波長幅	~20nm	FEL発振時間	~2時間
光パルス幅 ( $\sigma$ )	~10nm		
レーザーパワー			
入射直後 (500mA / 4 Bunch)			
	1.2W		
平均	0.9 W		

表 1. UVSOR が達成したレーザー性能

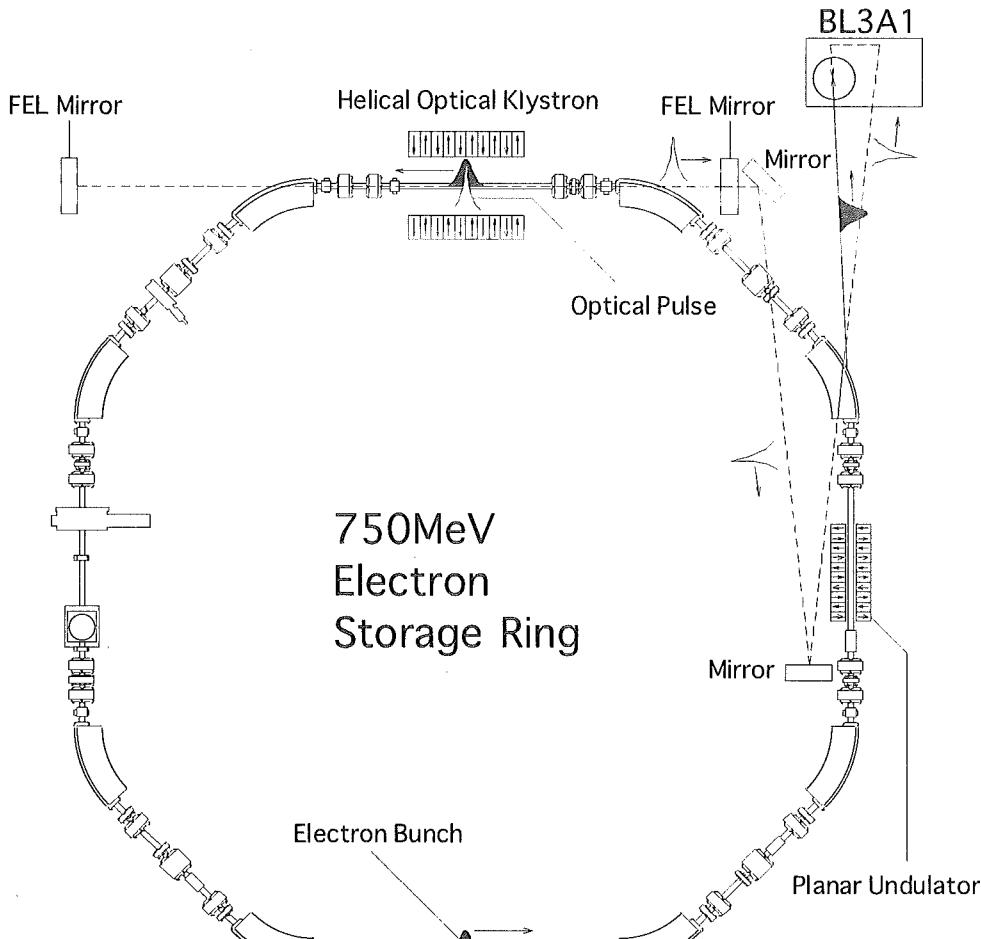


図 5. 放射光との同期照射のための FEL 輸送系

スジェットターゲットに照射される。

## 5. まとめと今後の課題

位相検出法を用いたフィードバックシステムにより長時間の安定した CW 発振の維持が可能になった。これにより pump-probe 実験に FEL 光を

供給するためのスタディを行った。当初の実験見積もりで要求されたレーザー性能にほぼ達した。今後は実験の S/N 比を改善するため Q スイッチ連続運転についてもスタディし、その実験への応用の可能性を探っていきたいと考えている。

東海愛知新聞 2001.9.14(金) 朝刊 / 面

9月14日付け東海愛知新聞

世界最高出力を記録

蓄積リング自由電子レーザー

岡崎国研の  
研究グループ

の仕組みを解析すること  
にも役立つといふ。  
加藤助教授は「将来は  
医療の分野で役立たせる  
のが目標です」と話して  
いる。

可能になつた。チューイー

10

10

10

1

新新聞

— 6 —

三

Business & Technology

蓄積リング自由電子レーザー

岡崎分子研  
UVSOL

期待できることになりました。併用実験は、わが国で初めてで、世界ではフランスに次いで2番目という。

kanae No.16 2001

# トピックス

## 平成 13 年度東海・北陸地区国立学校等 技術専門職員研修報告

東海・北陸地区国立学校等の技術専門職員及び技術専門職員相当の職にある者に対し、その職務遂行に必要な基本的、一般的知識及び新たな専門的知識、技術等を習得させ、職員としての資質の向上を図るとともに職員相互の交流に寄与することを目的として行われている職員研修。今年度は研究所から 6 名参加し、受講した。

日程:平成 13 年 7 月 24 日 (火) ~

7 月 27 日 (金)

場所:名古屋工業大学 (物理・化学コース)

受講者:山中孝弥、永田正明、鈴井光一、

蓮本正美

場所:核融合科学研究所 (情報処理コース)

受講者:吉田久史、水谷文保

場所:名古屋大学 (生物・生命科学コース)

受講者:なし

や技術研究会などを振り返ってみると、これまでに例のない新たな取り組みが名古屋工業大学技術部において行なわれていることに気付く。今回の研修においても、2 時間程度の討論会が設定された。研修受講者全員が輪になり、発言者の表情を伺いながら意見を聞き、また、それに答える。各大学・機関におけるそれぞれの立場からの討論は、2 時間で幕を閉じるには名残惜しさを残すものになったが、集約された発言内容は、名古屋工業大学技術部でさらなる新たな取り組みとなって花を咲かすに違いない。

新たな取り組みを企画するとき、さまざまな問題にぶち当たることが多い。しかし、そのような壁をひとつひとつ崩され、本研修を企画された名古屋工業大学技術部の先輩諸兄に感謝申し上げると共に、その技術部をひとつにまとめ上げている、藤井末男技術専門官に敬意を表し、研修報告とする。

(第四技術班班長 山中孝弥)

### 物理・化学コース

『熱中症、3 人死亡 連日酷暑 佐久間 40.2 度 岐阜 38.2 度』というのは、平成 13 年 7 月 25 日の朝日新聞朝刊の見出しである。そんな猛暑の中で平成 13 年度東海・北陸地区国立学校等技術専門職員研修を受講した。物理化学コースの化学実験では、その暑さを忘れさせてくれるかのごとく、熱血講師（名工大技術部の皆様）による指導で実習が行なわれた。実習中、全身から絶え間なく汗が湧き出たが、それをタオルでぬぐった時に、薬品の酸の香と共に、これまでに経験したことがない爽快な気分になった。また、実験内容は、私に『初心忘れるべからず』を暗に忠告しているかの内容であった。特にランベルト・ペールの法則との再会は 20 年ぶりのことであり、これもまた猛暑を吹き飛ばす一助であったと言える。

東海・北陸地区において技術職員が関わる研修

表記の研修に参加したので報告する。ここでは研修内容や実習の結果などではなく、研修後に感じた事について書くことにする。また、詳細な研修内容及びスケジュール等については別資料を参照して頂きたい。

研修ではテーマのひとつにエネルギー環境問題があったように思われる。環境問題を背景にした材料開発や応用研究、また関連化学物質の講義があり、それ以外の講義でも環境問題を話題に取り入れて話される場面があった。今まで特に気にも留めなかったこれらの環境問題に対して本当に再認識する良い機会であった。講義内容も大変分かりやすく、いずれも興味深く聞くことができた。地球環境問題は新聞、テレビなどで報じられ、身近には日常のゴミ問題があるのでこれらに関してまったくの無関心という訳ではない。しかし、講義の中で多用されたキーワード、たとえば「アジェンダ 21」「COP3」「京

都議定書」など環境問題関係のこの単語について、記憶の片隅に残り、あとから思わず現代用語の基礎知識で調べたりして本当に再認識といった感じである。その環境問題を背景にした講義と共に工場見学としてプラスチック系資源ゴミを新たに製品材料として再生させるプラント（新日鉄リサイクルセンター）を訪問した。ここでも新たにゴミ環境問題について勉強させていただいた。研修内容としてはたいへん上手い企画をされたと思う。

環境問題とは別に安全管理についての講義がひとつあり、そこでは日本の大学は企業に比べまったく安全に対してずさんであるとの指摘であった。この「安全」についても先の工場見学で感じた事がある。リサイクルセンターにおいて工場内（新日鉄名古屋工場の敷地内）では見学者でもヘルメットを着用する。プラスチック粉碎機など大型機械の間を歩くのでこれは当然と言えるが、案内をしてくださったセンター社員の方の身づくりが印象的であった。作業着、ヘルメット、安全靴、この辺までは当たり前として、さらに名札、安全管理担当表示の腕章、ヘルメットには血液型と氏名の記入、そしてズボンの裾から靴までを保護する足カバーを装着していた。溶鉱炉を見学する訳でもないのにここまでするのかと、企業はやはり違うなという感じであった。もっとも「備えあれば憂いなし」で、これが普通であってこんな事で感心してはいけないのかもしれない。

講義及び実習以外に研修では技術部組織についての討論会が最終日に行われた。技術職員にはさまざまな職種があり、各機関のなかで置かれた立場もさまざまなので、技術部組織の問題はその組織があってもなくても多くの問題点があるようである。今後の独法化も含め技術職員や研究支援業務のあり方そのものが大きく変化していく可能性があると言われている。その様な状況に対応するために総合的な議論も必要だろう。しかし、今はとにかく内外の厳しい評価に耐えられるよう業務の実績を積み上げるしかないと考えている。

いろいろ書き連ねたが、最後に研修の担当者及び講師の方々、また名古屋工業大学技術部の方々にこの場を借りてお礼を申し上げます。

(装置開発技術係長 鈴井光一)

今回参加しました物理コースは薄膜の振動法による厚さの測定と薄膜断面の電子顕微鏡による観察を行ってきました。原理説明、作業手順等、良く練れていて判りやすかった。準備をして下さった名工大の方々に感謝いたします。

講義概要は、センサーの開発とその応用から始まって、安全教育、保守管理の考え方、盲点、維持管理の思想について、統計、事故例を挙げながらの講演は、安全管理に関わっていない人も、聴いて欲しいなと思いました。

講義の中では、名工大学長の話を興味深く聴きました。

非常に短い寿命の我々が地球の時間にどのように対応しているのか疑問が湧いたので、研究所でいろいろ質問したところを簡単にまとめる、神戸の地震より、関東大震災の方が小さい、この地方の尾張、三河地震（約60年前）等は知らない愛知県生まれがいたのに吃驚した。

適切な答えではないが、直接体験または見聞したことはよく覚えているので、判断の基準が経験によって、違いが大きい事が改めて判った。

以上の様な事を、思い出しながら、次回の設備安全委員会に臨みます。

(分子物質開発技術第一係長 永田正明)

この研修でとても印象深かったのは、安全管理についての講義であった。大学における安全管理は企業に比べて驚くほどずさんであり、大学には安全管理関連の規則が多数あるにもかかわらず、安全教育や訓練がほとんどなく、各種の法律や規則を無視している研究室が多い。廊下に多数のガスボンベを鎖止めもなく立てていたり、足の踏み場もないような実験室等の例などが枚挙にいとまがない。もしこのまま何らかの対策もなされないならば、地震発生によるボンベや装置の転倒、有毒ガスの漏洩により、人身事故の危険性が高いことが想像される。企業では安全管理は全てに優先という経営方針であり、社長または工場長が安全管理の責任者となり、安全訓練は定期的に全員参加で実施し、初心者は訓練後でないと現場に配属されることなく、厳しい消防署の査察があり法律遵守を徹底している。これに対して、大学では規則は作るが、実行は研究室の自主性まかせであり、安全管理

の責任者は規則上は学長であるが、実際は研究室の教授あるいは助教授（？）とあいまいであり、事務部門と研究室間の分担が不明である。消防署の査察も官庁同士の馴れ合い査察（？）のせいか非常に甘いものである。という内容であった。この講義を聞いて、安全管理に対する意識を高める必要があるがあると痛感した。

（極端紫外光実験技術係長 蓮本正美）

### 情報処理コース

去る7月24日から4日間の日程で平成13年度国立学校等技術専門職員研修・情報処理コースの研修を受けてきました。初日は全コース（生

物・生命科学、物理・化学、情報処理）の参加者が名古屋大学に集まって開講式が行われ、2日目以降は核融合科学研究所にて講義や実験実習の研修を受けてきました。受講者は東海・北陸地区の大学、高等専門学校、大学共同利用機関の技術系職員で、情報処理コースには28名の参加がありました。近年、仕事上で計測器のデータ転送や機器の制御にネットワークを利用するケースが増えているので、今回の研修はとても興味を持って受講することができました。実験実習では、実験データ処理というテーマで、アナログ信号をコンピュータに取り込むための方法とそのデータの解析方法を学びました。この事に関しては、まさに私の本業とするところでしたが、核融合科学研究所ならではの大規模な



研修第1日目は名古屋大学において専門職員研修各コース受講者全員の合同研修が実施された。その日の夕方には懇親会が開催され、その席上で参加各機関ごとの自己紹介がおこなわれた。この写真は岡崎国立共同研究機構から山中技術班長が代表し機構の紹介をしている様子である。山中技術班長はマイクを持ち慣れている??

実験データ処理システムに触れられたことは大変参考になりました。研修内容以外のことで感想を述べさせて頂くならば、1日中ずっと椅子に座って講義を受けることや長時間かかる朝夕の通勤は、私にとって学生時代以来の出来事で、久しぶりに日常生活を離れて良い気分転換ができたと思います。最後に、この研修に携わった多くの関係者の方々に深く御礼申し上げます。

(分子集団研究系技術係長 吉田久史)

核融合研で行われた技術専門職員研修の情報処理コースで、3種類用意された実習のうち「オブジェクト・データベース」を受講した。折しも今年初頭より、オブジェクト指向プログラミングを中心として、オブジェクト指向の考え方を取得するための会議を発足させて活動してきていたこともあり、大変興味深く受講することができた。

核融合研では、発生する膨大な計測データを効率よく採取するために、数年来オブジェクト・データベースを活用してきた実績があり、その利点・欠点を具体的に提示して頂けたことは書籍等では得られ難い情報であり、部局もちまわりの研修制度ならではの効果であると言える。さて実習では、オブジェクト指向プログラミン

グ言語として評価が高いJavaを使い、まずリレーショナル・データベースをSQLを使って操作する方法について実習した。実際には、Java上でJDBCを使用し、ODBCを介してMySQLに対してデータ格納や読み出しを行った。次に目的である、オブジェクト・データベース用にプログラムを修正し、同じ機能を実現した。データベースには、ObjectStoreを使用した。オブジェクト指向プログラミングからみれば、オブジェクト・データベースは極めて親和性が高く、プログラミング負荷が少なくてすむことが実感できた。何よりも、データの追加がインスタンス化されたクラスへの登録だけで良く、オンメモリ処理の感覚でディスクへの書き出しも行われている点が今までリレーショナル・データベースと全く異質であり、新鮮に感じることができた。研修の講義中に指摘されたのは、オブジェクト・データベースは単純にデータ入出力を行うには大変効率的だがデータ検索には難があり、現状では検索を必要とする部分にはリレーショナル・データベースを併用している、とのことで、それぞれの特徴を生かした利用方法が必要である、という点が大いに参考になった。

(電子計算機技術係長 水谷文保)

## 平成 13 年度東海・北陸地区国立学校等 教室系技術職員合同研修報告

東海・北陸地区国立学校等の教室系技術職員に対し、その職務に必要な専門的知識、技術等を習得させることにより、地区全体の教室系技術職員としての資質の向上を図るとともに技術職員相互の交流に寄与することを目的として行われている職員合同研修。今年度は研究所から 4 名参加し受講した。

日程:平成 13 年 8 月 22 日 (水)  
～ 8 月 24 日 (金)

場所:福井大学地域共同研究センター

(電気・電子コース)

受講者:小林和宏、手島史綱、上田 正

場所:金沢大学工学部 (装置開発コース)

受講者:近藤聖彦

を呈しているべき JR 福井駅周辺も人影はまばらで少し寂しい街という印象を受けました。

受講者たちの顔ぶれはと言うと、上は 53 歳から下は 27 歳までと幅広い年齢層でしかも彼らの普段の仕事内容はてんでバラバラと言う事で共通項は技術職員というだけの何だかまとまりに欠けるものでした。

講義によっては殆ど理性では抗しきれない過酷な睡魔に襲われて睡眠研修になってしまった人もいたようですが事故もなく無事終了しました。

私の普段の仕事とは異なった電気・電子コースの研修は良い経験になりました。

今回この研修を主催してくださいました福井大学及びその他の関係機関、施設見学をさせていただいた財団法人若狭湾エネルギー研究センターの方々にお礼を申し上げます。

(装置開発技術係 小林 和宏)

### 電気・電子コース

8/22～24 にかけて上記表題の研修を福井大学地域共同研究センターにて受講しました。タイムテーブルや講義内容、実習内容等については他の受講者の方が書かれるとと思われますので私は福井の街の印象や研修の雰囲気などについて簡単に記したいと思います。

今回受講場所となった福井大学は非常にこぢんまりとした大学で地方独特ののんびりとした何かほっとさせてくれる空気が漂っており、私は大変好感が持てました。また、歩道と車道の区別がない道が私共の宿泊したホテル近くには多く存在していたのですが、車を運転する人のマナーに対するモラルは高く、安心して道を歩くことが出来るのは、岡崎とは全く異なった感覚であり、これも安心感を与えてくれる理由の一つになっていました。

こういったほっとする心境とは裏腹に、福井の中心地近くの片町をほんの少し離れると不況の影響かシャッターの降りた店が目に付き、活況

3 日間の日程の中で、2 日間は公務員倫理を含む講義で実習は 1 日である。講義では、基本から最先端な技術までの話題があった。ただ、ほとんどの内容が中途半端で終わり講義の内容を理解出来たとは言い難い。実習においても回路キットを組み立てて、正常に動作するかを確認するだけで終わる内容で、プラモデルを組み立てただけという印象であり、実習を終えて得たものは無いと言っていい。なぜ、研修を終えても得るものか無いのか?と考えてみると、研修の内容が的を絞ったものでないこと。研修を受ける方々の知識・技能・技術がどの程度なのかが不明なところにあると思う。

今後の技術的な研修の実施として望むものは、的を絞った内容のもので、研修を受ける者の前提既知レベルを定めれば、充実した内容の研修が行われ、研修を終えて「ものに出来そうだ!」と思えるものになるのでは?と思った。公務員倫理についての講義内容というのは、全公務員が知るべきことと思うので、それは技術系研修

とは離して、各機関で全職員を対象として行うものだと思った。

(電子計算機技術係 手島史綱)

大型で強い台風 11 号が三重県から愛知県沿岸を進行している最中、平成 13 年 8 月 22 日から 24 日、東海・北陸地区国立学校等教室系技術職員合同研修（電気・電子コース）が福井大学内、地域共同研究センターにて行われた。幸い福井県は台風の影響は少なく、無事研修を迎えることができた。

初日は、開講式のあと 4 コマの講義が行われた。最初の講義は、ISO14001（環境マネジメントシステム国際標準規格）取得に関する講義であった。現在、福井大学ではこれを取得するため懸命に努力しているところであり、他の大学や県内でも福井市をはじめ、多くの企業が取得、または取得するための準備を進めているとのことであった。世の中が ISO 取得の方向に進んでいる昨今、独立行政法人化を間近に迎えた分子研の技官としては、興味深い内容であった。2 コマ目は、研修では必須の国家公務員の服務と倫理に関する講義とビデオであった。最近では、連日マスコミ等で公務員の不祥事が相次いでいるためか、総務課長から講義時間を超えて懲戒等に関する色々な事項の確認があった。最も身近である交通法規違反に関しては、特に注意を促された。3 コマ目は、光センサーの動作原理と題し、主に大学で学んだ半導体物理の基礎理論を数式で分かり易く説明された。昔の記憶が呼び戻され、フムフムと納得しながら受講した。初日最後の 4 コマ目は、レーザーとその応用と題して行われた。レーザーの基本的な特徴と、講師の先生自身の研究が紹介された。レーザーセンター所属の私としては、講義内容の理解というよりむしろ、どのように説明されるのかを勉強させて頂いた。研修初日の締め括りは恒例の意見交換会である。乾杯発声の後、すぐに会場のあちらこちらで技術的な話に留まらず、様々な意見交換がなされていたようで、終了まで熱気に包まれていた。

2 日目は実習である。テーマは、半導体レーザー駆動回路の製作と基礎実験であった。若干

の説明の後、ユニバーサル基板での回路製作、レーザー発振、及び出力特性の簡単なデータ取りを行った。私は、分子研に来る前まで、電子回路及び半導体レーザーを用いたセンサー等の設計・開発に携わっていたこともあり、久しぶりの電子回路工作にその頃を思い出し、楽しみながら半田付けをした。

最終日は、講義が 2 コマと施設見学である。1 コマ目は、電力システムの最適化と題し、電力システムとその最適化の方法の説明があった。また、最適化の計算を、実際にコンピューターを使ってシミュレーションを行った。2 コマ目最後の講義は、ナノテクノロジーの世界と題し、量子的な話、半導体の構造、半導体レーザー結晶、及び走査型トンネル顕微鏡（STM）等の解説があった。研修最後は、施設見学である。午後から、敦賀にある財団法人若狭湾エネルギー研究センターへ場所を移した。このセンターは、平成 10 年に開所したばかりで、シンクロトロン加速器をはじめ透過型電子顕微鏡等、最新の様々な装置や設備を有し、研究開発、研修、交流を行っている。装置や設備は基本的に自由に借りて研究を行うことはできるそうだが、非常に稼働率が悪い状態が続いていることであった。残念ながら、メインである加速器は運転中とのことで見学することが出来なかった。

以上、すべての講義・実習を簡単に振り返った。それぞれ基本的な内容で、分かり易い講義であったように感じた。今回、私にとって専門分野の部分が多く、余裕をもって望むことができ、内容的にも十分理解できた。中には最先端技術の話もあり、時間を忘れて聴き入るところも多く、盛り沢山の内容で 3 日間が短く感じられた。また、知識や技術面のみならず、技術職員相互の交流も深められた点においても、非常に有意義であった。今後も研修等、積極的に参加し自己啓発に努めていきたいと考えている。最後に、研修のお世話を頂いた、福井大学総務課の天谷さんをはじめ、福井大学関係者の皆様方に改めてお礼申し上げます。また、今回の研修の機会を与えて下さいました、技術課長、中山班長に感謝致します。

(分子制御レーザー開発技術係 上田 正)

### 装置開発コース

8/22～8/24の3日間、加賀100万石の町金沢で東海北陸教室系技術職員合同研修が開催された。装置開発室コースを受講したため、機械系の専門講義8講、一般講義2講、実験2つならびに会社見学という構成で実施された。

専門講義8講の中から2テーマを選んで実験をした。私は『機械振動の概要と振動解析』、『エレクトロニクス』を選択した。実験の前半はインパクトハンマーによる加振実験をした。これは身の回りにある様々な振動を身じかに感じるこための実験であった。はじめ、数式にはりの長さなどを代入し固有振動数を計算した。次に、インパクトハンマーではりを加振しFFT Analyzerで固有振動数を測定した。そして、理論値と実験値の比較を行った。この実験を行ったことで固有振動数の概念をより深く理解することができた。後半はオシロスコープでオペアンプの動作チェックを確認する実験であった。実験に使った回路はレーザ光を反射板にあて反射光をプラスチック光ファイバーで集光しオペアンプ回路を通してダイオードを発光させるという設計であった。既に製作ずみの回路が用意されていて、受光した時としない時のオペアンプ動作

をチェックした。オシロスコープを使用して電流の波形などを具体的に観察することができた。そのためオペアンプ回路の基本的な動作をわかりやすく理解することができた。センサーを使った機械システム設計をするときなどにこの経験を生かしたい。

最終日の午後からは、ボトリングシステムのトップメーカーである渋谷工業株式会社へ見学に行った。ペットボトルに飲料水を充填する機械を主に製造している会社である。工場でボトリングシステムの動作テストなどを見学した。ボトリングシステムの機械には様々なメカトロニクス技術が使われていた。アクチュエータなどの機械的動作を間近で見られたことはシステム構築の参考になった。このため、システム設計をするときには一手段として取り入れて行きたい。また、半導体製造システム工場を見学して、機械のあらゆる所に様々なアイデアが取り入れてあり非常に勉強になった。

3日間という非常に短い期間ではあったが、順調に研修を終える事ができ、普段では経験することのできないことを多く経験させていただき非常に有意義な研修であった。

(装置開発技術係 近藤聖彦)

## 新人紹介

平成13年6月1日付けで装置開発室の機械グループに配属された高松宣輝（よしてる）研究支援推進員を紹介いたします。高松さんには旋盤加工を中心とした機械加工で装置製作を支援していただいています。前職は株式会社デンソーに勤務され、技術的な面では我々も教えていただく事が多く心強い存在であります。特に旋盤では国家検定1級の資格を有しておられ、着任早々、即戦力として依頼工作を処理していただいています。また、企業の厳しい安全管理体制を経験されておられるので工作室の安全面で幾つか助言を頂いた事もありました。

もう一つキャリアを感じた事（私だけそう思っている）があります。西尾市から電車で通勤されており出勤時の姿をしばしば見掛けると、よくスポーツ新聞を小脇に挟んで歩いておられます。これが実にさまになっている。車中で新聞

を読む姿を拝見したことはないのですが、たぶんその姿は長年のキャリアがにじみ出ていることと思います。

（装置開発技術係長 鈴井光一）



## アルミニウム溶接研修

装置開発技術係長 鈴井 光一

装置開発室ではこれまでに多くの真空装置製作を行ってきた。ステンレス製の超高真空用チャンバにおいても多くの製作を手がけ、その溶接の品質はそれなりに高く評価できると思う。しかしながら、アルミニウム製のチャンバとなると、そのアルミニウム溶接における経験が浅いため、製作に多くの時間を費やすことになってしまふ。そもそも、アルミニウム溶接はステンレス鋼や鉄鋼の溶接に比べて、一般的にも難しいと言われている。これは確かに、装置の架台や真空漏れに関係しない箇所の溶接は「少し練習」でなんとかなるが、真空漏れの無い溶接となると「少し練習」では本当にできない。教科書や技術書でもアルミニウム特有の性質から溶接欠陥が発生しやすいとしている。さらに、アルミニウムは熱伝導が良いため構造物全体が高

温となり大型の溶接では溶接作業者は危険に曝される。このアルミニウム溶接は出来れば避けたかったが、分子クラスター部門からの強い要請もあり、装置の一部ではあるがアルミニウムを使うことになった。

平成13年の初頭から機械工作グループのスタッフが練習を兼ねて、工作依頼業務の中でアルミニウム溶接を行ってきたが、やはり真空漏れのない高品位溶接の完成度は低い状況であった。そこで、本年の8月に技術課の受入研修制度を利用して高度なアルミニウム溶接技術を持っておられる高エネルギー加速器機構の安島泰雄氏をお招きし溶接技術について我々が研修を行った。実際には事前に装置設計の段階で溶接部の形状設計についていろいろ相談させて頂いていたのだが、やはり見本を見てワザを修得

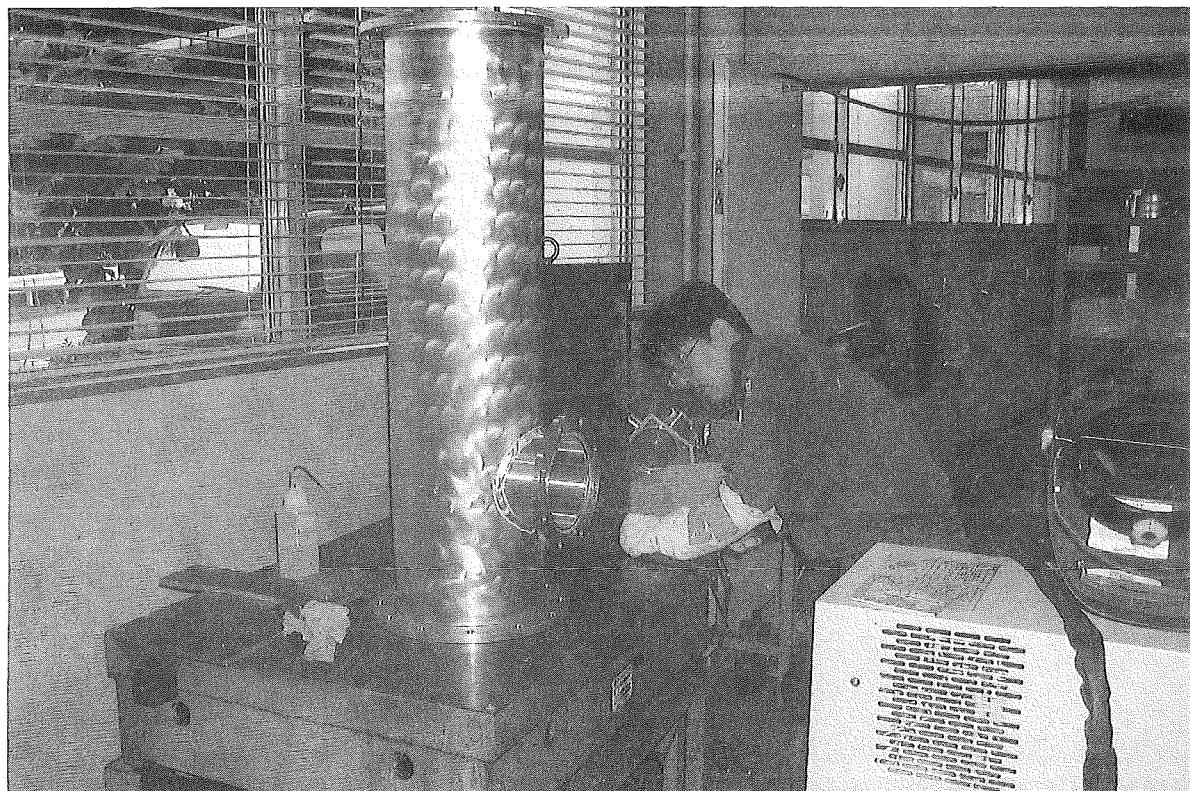


写真1

することが必要と感じ、今回の研修となった。本来ならばこちらから出向いて行かなければならぬところだが、無理を言って来ていただい

た。その甲斐あって分子クラスター部門の配向分子線発生装置が完成し9月から実験装置が稼働できる状況となった。

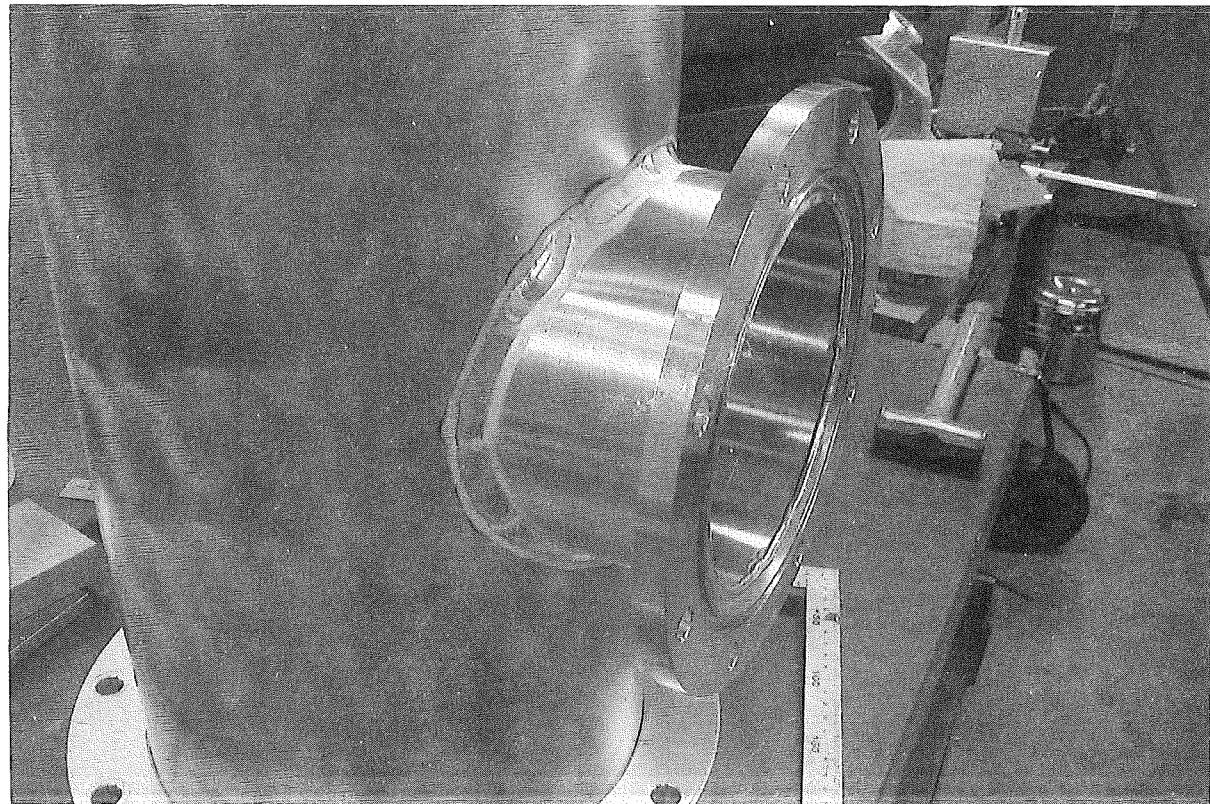


写真2

写真1～2 TIG溶接（Tungsten Inert-Gas arc welding）はアーク電極と溶加棒を両手に持ち、その溶接姿勢は練習しないとうまくいかない。右の写真のようなパイプにパイプが接合する部分はかなり熟練を必要とする。

## トピックス

名古屋大学の野依良治教授が2001年のノーベル化学賞を受賞されたことは、化学の分野だけでなく、科学界、いや日本全体の明るいニュースでした。特に、NYのテロに始まる紛争拡大への不安が拡大するなかでの、明るいニュースがありました。

野依教授のノーベル賞受賞をひときわ喜んだ人が分子研においています。分子物質開発研究センターでガラス工作を担当されている、小丸忠和氏です。小丸氏は名古屋大学在職中（1992年）に、野依教授の依頼で、今回の受賞対象となった研究を装置面で支えた“水素化反応精密測定装置”を製作し、野依教授のノーベル賞受賞に多大な貢献を致しました。

このたび、関係者の了承を得て、小丸氏の技術論文“水素化反応精密測定装置の製作について”及び名古屋大学教授、北村雅人氏の解説論文“選択的不齊水素化反応の開拓--反応機構の解明に向けて--”を掲載致します。

反応機構解明のためには、その出発点として、速度論実験および重水素化実験は必須でした。研究の内容は当時書かれた北村教授の解説論文に分かりやすく記載されています。これらの実験のために、水素化反応精密測定装置が考案され、その製作を任せられたのが小丸氏でした。その製作過程は、小丸氏の報告に詳しく記載されています。

また、触媒 BINAP を配位子にもつ錯体触媒を合成することが当時の 1 つの目標でありました。BINAP-Ru 錯体の合成には、当時の分子科学研究所、化学試料室が深く関わっていることは周知のとおりです。

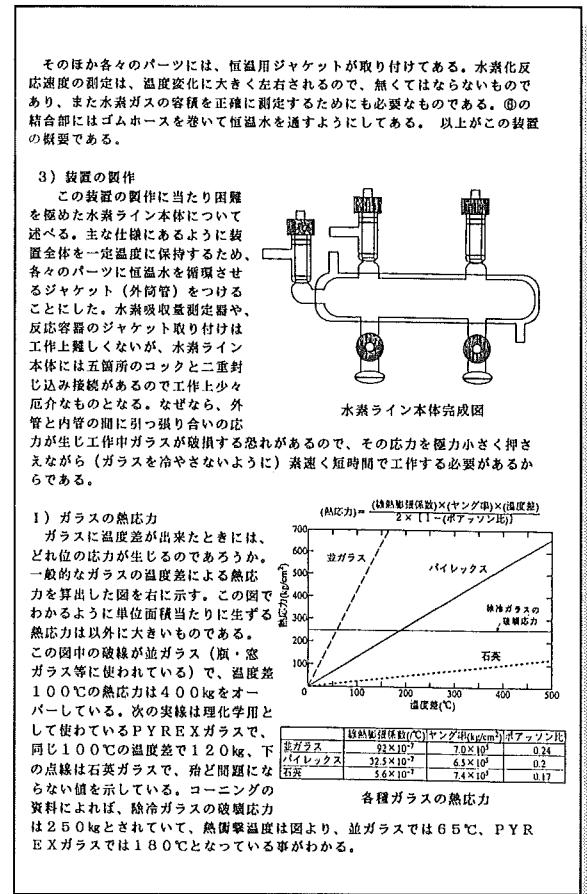
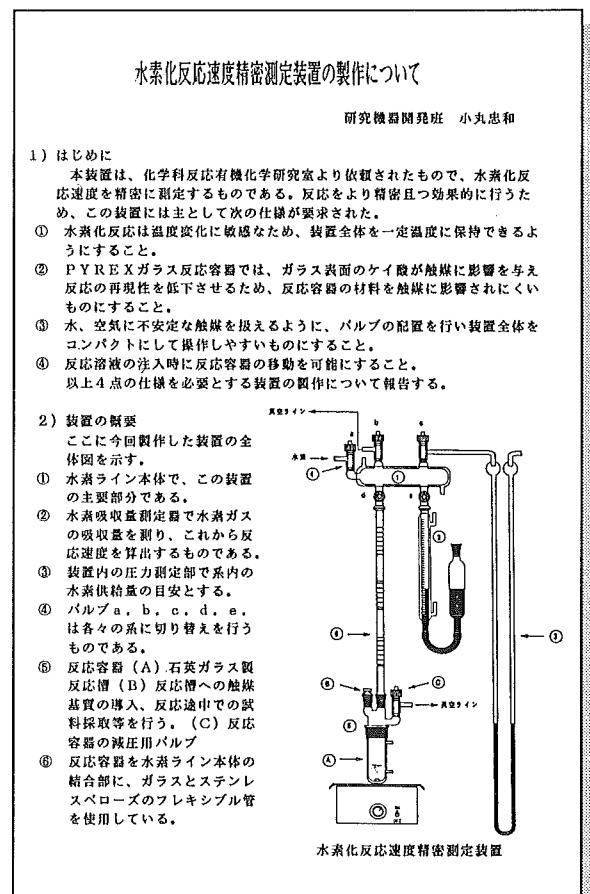
野依教授の成果は、研究者のアイデアが技術者の力で実現し、それがノーベル賞につながったという、研究と技術の融合的共同の典型的な例でしょう。水素化反応精密測定装置の製作報告には、研究者の難しい要求を受け入れ、それを実現していく過程が淡々とした文章で記述されておりますが、報告のあちこちに点在する、コメント的な短い文に、それらの困難の克服過程が凝縮されています。是非、ご一読ください。

最後に、水素化反応精密測定装置は、いまも無くてはならない測定装置として稼働していることを付け加えておきます。

（技術課第 5 技術班長 加藤清則）

## 技術論文「水素化反応速度精密測定装置の製作について」転載

（名古屋大学理学部技術報告 Vol.3 1992 より）



## II) 工作手順

研究用ガラス器具はオリジナルなものが多く、仕事に見合うような特具は市販されていない。研究者からの要求に応じその都度、それに見合うものを用意せねばならず、どのような特具を作るのか、それにより仕事の進行が左右されることが多い。次に、工作手順を説明する。

## 手順-①

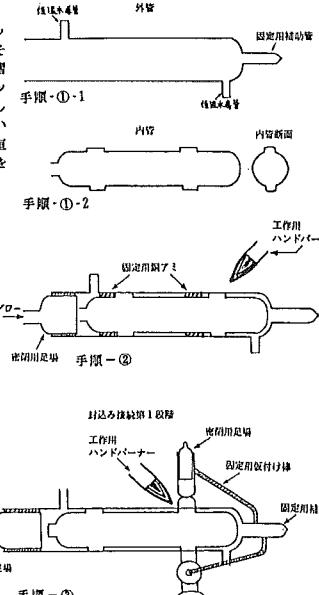
最初に作るのは、内管にコック5箇所の接続部を作り、それを外管の内径に合うよう組り合わせ、その組り口をフッ化水素酸で処理し軽く溶かしておく。作業がスムーズにいくように前もって外管には恒温水の導管と固定用補助管を取り付けておく。

## 手順-②

次に、内管と外管の接続を行う際、内管が工作中に動かないようするために、内管と外管の隙間に鋼の金網を詰め内管を固定して工作する。網の金網は次の作業前に硝酸で溶かしておこう。

## 手順-③

工作中ガラスが溶け出したら、接続しようとするコックが動き出し、仕事がしきいでのコックを仮付け棒で固定したり、仮付け棒を固定する補助管を付けて、工作し易いようにする。このように前以て準備することで手順良く作業を進める工夫をする。水素ライン本体の工作は5箇所の封じ込み接続を行うので時間的にも条件的にも難しく、工作は2度に分けて行う。初めの段階で2箇所のコックの封じ込み接続を行い電気炉(580°C)で徐冷して加工面を完全に除去し、残り部分を第2段階で仕上げる。



## 手順-④

第2段階の最後に取り付けるコックを、ガラス旋盤で工作し易いように、中心を出しチャギング出来るように前以て作つておく。

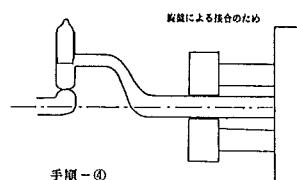
## 手順-⑤

封じ込み接続部第2段階である。電気炉で加工面を完全に除去してあるので、ガラスの破損を、それほど心配せずに、再加熱することが出来る。手順③同様に内管と外管の接続を行い、2箇所のコックの取り付けを完了する。

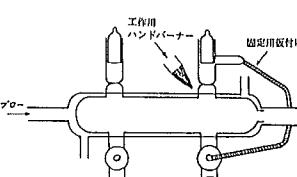
## 手順-⑥

内管と外管の接続を行い、手順④で前以て中心を出しておいた、コックの接続をガラス旋盤で接続し、全体を電気炉で徐冷し水素ライン本体の工作を完了する。

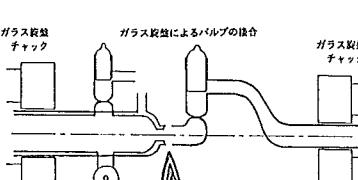
バルブの中心(センター)出し  
装置による接合のため



## 手順-④



## 手順-⑤



## III) 主な仕様について

- ① 装置全体を一定温度に保つことは、ジャケットを取り付けることで解決した。
- ② 触媒に影響されにくい石英ガラスを、反応槽の材料として、使用することにした。
- ③ 装置全体をコンパクトなものにして操作し易いものにする。これはバルブの取り付け角度や校管の曲げ方向において工夫をこらし、装置全体をコンパクトなものにすることが出来た。
- ④ ガラスとステンレスボルトのフレキシブル管を使用することで、反応容器の移動を可能にした。

## IV) 結果と考察

水蒸化反応速度精密測定装置を用いて、光学活性二座ホスフインBINAPを配位子とするルテニウム錯体を触媒に用いた時の、各種不飽和有機化合物の不齊水蒸化および重水蒸化反応の速度を測定した。

モデル基質としてN-メチル-N-ビニルアセトアミドを用いた反応系においては、反応速度は触媒濃度に一次、基質濃度に対しては0次という興味深い結果を得た。

重水蒸化実験による生成物への重水素取り込み率および取り込み位置の割定、さらに気相と液相の重水素原子含有量の割定の結果と合わせて、世界的に懸念課題となっている、ルテニウム錯体を触媒に用いるオレフィン類の水蒸化反応機構に関する新しい知見を得つつある。

装置の恒温性的の高さ、無水・無酸素条件下での操作性の高さ、そして必要十分の機能をもつ装置の簡潔性に加えて、石英ガラス性の反応槽の使用が再現性の高い結果を得ることに直結したと考えている。

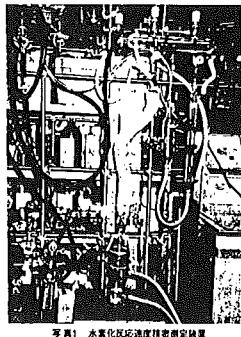
現在、水蒸ガス吸収量は水銀柱の移動距離によってアナログ的に割定しているが、本装置と高精度の圧力計を連携することによって機械的に水蒸ガス吸収量を測定できるように改良を加えていきたい。

# 解説論文「選択性的不斉水素化反応の開拓 - 反応機構の解明に向けて -」| 転載

(名古屋大学理学部技術報告 Vol.3 1992 より)

はじめに

医学化学や応用化学研究では、既存技術を軸に中心にして分子生物学的問題を行っている。この研究の一環として、本研究者はこれまで「高純度の水素気泡(氷水)」に着目してきた。多くの生物学的研究では、既存技術でも各種ガス(スルッギ等)を目的的に使用する事が多い。合成生物学の基礎研究では、水素、無機酸、無機炭酸ガスと共に水素ガスも利用される。また、水素の供給は、微生物の活性化や増殖、発酵、無公害化等の手法をはじめとする有機化学研究における反応条件の改善のための手段として確立している。また、合成生物学技術の基礎研究の水素を著しく向上したといえる。1992年東京学術研究会において、これらの一つである「高純度氷水と微生物活性化」(東野)の重要な意義と、他の二つである汎用酵母内において“化学”をとおして示したい。純粋の由来およそ微生物に対する由来は小川氏の発表である。



## キラリティーの質變性

キラリティーとは、簡単にいえば右手と左手の関係のことであり、鏡に映した像を実像と決して重ね合わすことができない性質のことである。キラリティーは自然界の重要な構成要素であり、分子レベルの自然科学ならびに

-108-

開発技術の基礎をさす。情報やエネルギーの受容・変換・伝達などからわかる在命・生存現象は極めて複雑なキリティーの二つによる分子構造とを組合して發揮されるためと、くに分子構造が外的条件において手形か、手形手筋が化合物の構造に大きな影響を及ぼす。例によれば、因圖に示すように、人工蛋白質アバーリーの異なるアラバーリングの左手指の化合物は多く、その構成要素は氨基を呈する。右手系のストリッポンは水素結合を有するが、左手系は親水的結合を有する。右手系のストリードマテルは酸性結合を有するが、左手系は吸着的結合の親水的結合を有する。合成的意義をもたらす手形と左手系の化合物の組合物と認識して使用したために、他の必要な情報を付記した。光学活性基及び分子の左側と右手側の化合物の組合物と認識して使用したために、他の必要な情報を付記した。

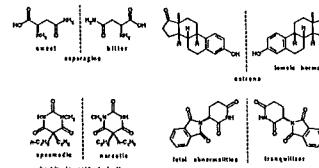


図1 キラリティーと生理活性（仮に右側の鏡は体を右手系とする）

キラリティーの増殖

である水素化機能を付与することができる。

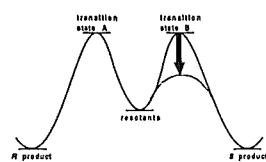


图3 不锈钢样反应

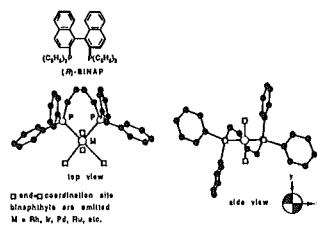
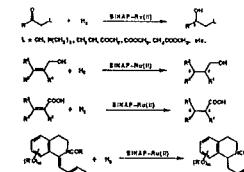


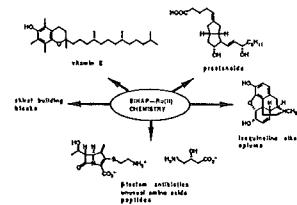
図3 光学活性配位子BINAPを有する金属錯体

### 触媒的不齊水素化反應

-110-



卷之三十一



図E 有用生薬活性物質の合計

反応実験の結果に因る

-111-

# 科学講座

## 分子の世界へようこそ（3） 甘いものは見のがさない

分子物質開発研究センター 永田 央

本誌の読者のみなさんはよくご承知のことと思うが、最近ロボットが花盛りである。2001年7月から11月にかけて、大阪と神奈川の全部で5つの会場にまたがって「ロボフェスタ2001」が開かれた。これは正式名称を「ロボット創造国際競技大会」といい、ロボットの展示や競技会を通じて科学技術への理解を深め、人間と科学技術の共生を推進するための祭典である。私はインターネットで紹介記事を読んだだけなのだが、それでも各社工夫をこらしたロボットを開発して展示している様子を見てとれた。競技会ではロボットのサッカーというのもあるらしい。これは「ロボットの情報学～2050年ワールドカップ、人間に勝つ」という本（松原仁+竹内郁雄+沼田寛著、NTT出版）に詳しいので、興味のある方はぜひどうぞ。

こういったロボット業界の動きを見ていて気付く顕著な傾向は、「動物や人間の形態・動作を模倣しているものが増えてきた」ことである。ソニーのAIBOやホンダの（CMに出ている）ASIMOなど完成度の高いものも現れてきた。ちょっと（だいぶ？）路線が違うけど、インターネット世界で今年もっとも話題になったロボット「先行者」もまた二本足人型である（「先行者」をご存知の方はインターネット検索で探してみられるとよい。「侍魂」ウェブサイトがお薦め）。機械工学的な研究が進んで動物に似た動きが可能になった、ということもあるが、形態や動作を動物・人間に似せることによって、より人間に受け入れられやすくなる、という心理的効果も大きいといふ。

そうはいっても、似せようとしているのは主に形態や動作であって、体は金属やプラスチックでできているわけだし、動力は電気である。ロボット工学の立場からはこれらはいわば「枝葉末節」だからこれでいいわけだし、実用的なコスト面から考えても当然のことなのだが、素人の立場からすれば、体自体や動力源までも動物や人間に似せてみたらどうなのか、というすこ

ぶる無責任で楽しい空想にふけることができる。だいたい、金属製のロボットと一緒にサッカーをする気になれますか。タックルされたらこっちが壊れてしまうではないか。ペットや「お手伝いさん」ロボットにしても、ご飯を食べる代わりにコンセントにつないで充電、というのではなくだか味気ない。エネルギー源として食物をとるのは機械としては非能率かも知れないけど、一緒におやつなど食べてくれれば可愛さも増すというものだし、ついでに台所の余り物を整理してくれたら便利だろう。しかし、体の素材を動物に似せることなら材料の選択だけの問題だから簡単そうだが、食物を動力源にすることなんて可能なんだろうか。

イギリスの「ニュー・サイエンティスト」誌2000年7月22日号に"Feed me"という記事が掲載された。ここで紹介されたのは「食物のみで動く最初のロボット」で、サウスフロリダ大学タンパ校のウィルキンソン氏が開発したものである。ロボットとは言っても12個の車輪のついた列車のような格好のものだが、角砂糖を「食べ」て、それを体内にある微生物が分解して電気エネルギーを生成する。機能といえば車輪をモーターで回して走ることだけで、しかも時間あたりのエネルギー生成量が少ないために電池の助けを借りないと自走できないとあっては、ロボットというよりは「動くおもちゃ」に近い。それでも、食事をとって動くロボットが原理的には可能だということを実証したわけだから立派なものである。

さて、どうすればこういうロボットが作れるのだろうか。この問い合わせをもう少しつきつめれば、「食物のエネルギーを電気のエネルギーに変換するにはどうすればいいのだろうか」というところに行きつく。上記のロボットは微生物を使っているわけだが、「そうか、微生物を使えばそういうことができるんだな」と簡単に納得してしまうわけにはいかない。食物のエネルギーはとりもなおさず「化学エネルギー」であり、

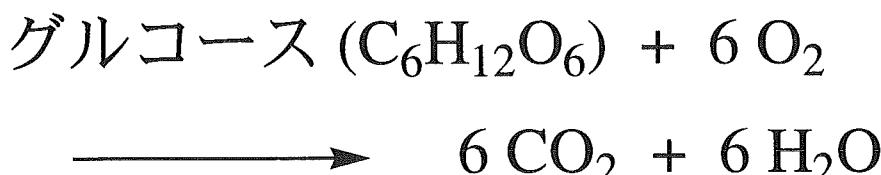
それを電気エネルギーに変換する方法は分子科学の言葉で記述できるはずだから。

食物はどういうエネルギーをどれだけ貯えているのか。それは、食物を構成している物質の熱力学的データを調べれば知ることができる。ブドウ糖（グルコース）を例にとろう。適当な教科書を参照すれば、下図のような記述が見つかる。（図1）

これは何を意味しているのだろう。上半分はまあよいだろう。グルコース1分子が酸素6分子と反応して二酸化炭素6分子と水6分子を生成する、という化学反応である。矢印の両辺でちゃんと原子の数が合っていることを確かめていただきたい。問題はその下の式だ。これは、上の化学反応に伴って放出されるエネルギーの量を表している。もう少し正確に言おう。最初の $\Delta$ は「変化量」を表す。 $\Delta G$ で「Gの変化量」というわけだ。それではGは何かというと、「自由エネルギー」と呼ばれる熱力学量である。自由エネルギーというのは、ある条件のもとで「系が外部に向かってすることができる仕事量」を表す。どのような条件を考えるかによっていくつか種類があるのだが、ここでは系が「一定温度・一定圧力」であることを前提とする「ギブズの自由エネルギー」を使っている（GはGibbsの頭文字である。某一流狙撃者とは無関係）。右上のまる十字は、この値が「生理的条件」つまり温度37°C、大気圧、pH（水素イオン濃度）=7の条件での値であることを示す記号である。なんである十字なのか、という質問は勘弁していただきたい。私も知らない。右下の“m”は、この値が1モル当たりの値であることを示す。「モル」の定義についてはお話をかしら

ん？ 分子や原子を数える時に $6.02 \times 10^{23}$ 個を単位として「1モル」と呼ぶ。なんでこんな中途半端な個数？と思われるだろうが、こうするとほとんどの原子について1モル個の重さをグラム表示した時に整数値に極めて近くなるのだ。1モル中の粒子の個数は「アボガドロ数」と呼ばれ、正確な定義は「12グラムを質量数12の炭素同位体原子1個の重さで割ったもの」である。前の式にもう一度もどろく。右辺の単位「kJ mol<sup>-1</sup>」は「1モルあたり…キロジュール」の意味である。値(-2880)がマイナスだということは、グルコース+酸素（これが系の最初の状態）が持っている自由エネルギーよりも二酸化炭素+水（これが最終状態）の自由エネルギーの方が少ない、つまりこの過程に伴って系が外部に2880 kJ mol<sup>-1</sup>ぶんの仕事をできる、ということを示している。まとめると、上の式の意味するところは「グルコースが燃焼して二酸化炭素と水になるとき、外部に対して1モルあたり2880 kJの仕事をすることができる」となる。

ここでちょっと大事なのは「外部に対して……の仕事をすることができる」という表現である。上の式を見て「ああ、グルコースの燃焼熱ね」と簡単に納得してしまった人は注意していただきたい。「燃焼熱」と「燃焼にともなう自由エネルギー変化」は同じではない。後者は系のエントロピー変化まで考慮に入れた量であり、化学反応に伴って取りだせる仕事量を問題にする場合はこちらを使わなければいけない。グルコースの燃焼の場合は燃焼熱と自由エネルギー変化は5%ぐらいしか違わないから大差はない、と言ってしまえばそれまでだが、熱変化が小さくエントロピー変化が大きい反応も世の中には存



$$\Delta G_m^\oplus = -2880 \text{ kJ mol}^{-1}$$

図1

在するので念のため。

グルコース 1 モルは 180 グラムである（上の化学式で C = 12, O = 16, H = 1 として計算するとこの値が得られる）。これだけのグルコースを完全燃焼させると 2880 kJ のエネルギーが取りだせる。これは 800 ワット時に相当する。60 ワットの電球を半日以上連続点灯できる。かなりのものじゃないですか。ただし、ここまであくまでも理論的な話で、ここから先は現実がわれわれの前に立ちふさがるのである。おなじみのパターンだ。

実際問題としてどうすればグルコースからエネルギーを取り出すことができるのか。一番考えやすいのは、燃やして熱を出させることだろう。上の反応式もグルコースの燃焼を表していた。燃やして熱を出し、それでタービンなり内燃機関を動かし、発電機を回せば電気が取り出せるし、そのまま車輪を回してもよろしい。グルコースを燃料にして内燃機関を動かすのはかなり無理があるが、まあ原理的な話ということで大目に見てください。これは簡単に実現できるが、問題になるのはエネルギー変換効率である。

エントロピーについて知識のある方ならおわかりのことと思うが、熱というのは一番低品質のエネルギー形態なのである。考えてみていただきたい、熱力学の第一法則=エネルギー保存則は「孤立系の全エネルギーは保存される」と教えてているが、それならどうして「エネルギー危機」なんてことが起こりうるのか。地球が熱力学的な孤立系ではないからか。いやそうじゃない（まあ、地球の熱力学において太陽の存在が非常に重要なのは確かなのだが）。すべてのエネルギーが平等なわけではなくて、「使える」エネルギーと「使えない」エネルギーとがあるからだ。熱になって散逸してしまったエネルギーを集めてきて仕事をさせるのは容易ではない。たとえば、系のどこにも温度差がなければどんなに系の温度が高くて熱エネルギーをたくさん持っていてもそこから仕事を取り出すことはできない。他にも使えるはずのエネルギーをいつ

たん熱に変えてから改めて仕事に使う、というのは原理的に無駄が多いプロセスと見なすべきである。

別の視点から見てみよう。現在実用化されている発電形態の中でもっともエネルギー変換効率が高いのはおそらく水力発電である。これはダムにたまつた水の位置エネルギー（重力による力学的エネルギー）を電気エネルギーに変換するが、タービンの摩擦や発電機・送電線の電気抵抗による発熱を除けばほとんど 100% に近い効率でエネルギー変換を行っている。仮に落ちてくる水で直接発電機を回す代わりに、水車にブレーキをかけながら回して、ブレーキドラムで発生する熱で水を沸かして別のタービンを回してそちらで発電したらどうなるか。発電効率は悲惨なまでに落ちることは目に見えている。でも、火力発電で石油や石炭を燃やしてタービンを回す、というのはこれと同じことをやっているのである。化学エネルギーを電気エネルギーに直接変換するよい方法がまだ見つかっていない、というただそれだけの理由で。これは何とかしないといけないですね。

こういう現状を見て、研究者たちが黙っているわけではない。何とかしよう、と世界中で進められているのが「燃料電池」の研究である。内燃機関や火力発電所を燃料電池に置き換えることで消費した燃料に対する二酸化炭素の排出量が減るわけではないが、エネルギー変換効率を高めることで燃料の消費自体を減らせる可能性は大きいにある。特に資源小国で環境問題に関心の高い日本やヨーロッパで研究が盛んである。最初に述べた「食物から電気を取り出す」こともこれらの研究に通じている。燃料電池の原理は純粹に化学的なものであるから、燃料が水素ガスであろうと石油であろうとグルコースであろうと原理に変わりはない。

今回はここまでで結構な分量になってしまったので、燃料電池の原理を分子科学の立場から解きあかすのは次回に回そうと思う。キーワードは「酸化と還元」！ 刨目して待たれたい。

## 編集後記

秋色が日々深まる季節となりましたが、本号を編集中今までに例を見ないテロ事件のニュースが突然入ってきました。また日本国内においては狂牛病の疑いがある牛が発見されました。いずれも解決には時間がかかりそうな様相で長引く不況に今後どのような影響が出てくるのか深刻な事態となっています。今年も残すところ数ヶ月となりましたが2002年は明るいニュースや話題が一つでも多い年であってほしいと思います。(山崎)

「かなえ」No.16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.16 編集委員  
酒井楠雄（委員長）  
山崎潤一郎  
高山敬史  
鈴井光一

—かなえNo.16—

発行年月	平成13年11月
印刷年月	平成13年11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

