

# Kanace

分子科学研究所 技術課活動報告

No.17

「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

「スーパーかな工」の夢 ..... 基礎生物学研究所助教授 渡辺 正勝 ..... 1

## 特集

平成 13 年度核融合科学研究所技術研究会 ..... 2

総括 ..... 分子集団研究系技術係長 吉田 久史 ..... 2

分科会報告 ..... 3

工作技術 ..... 装置開発室 矢野 隆行 ..... 3

回路技術 ..... 装置開発室 内山 功一 ..... 3

極低温技術 ..... 分子スケールナノサイエンス技術係長 高山 敬史 ..... 4

情報・ネットワーク技術 ..... 電子計算機室 手嶋 史綱 ..... 4

発表講演者 ..... 6

LAN アダプタを用いた緊急通報装置の試作 ..... 分子集団研究系技術係長 吉田 久史 ..... 6

液体窒素貯蔵の新設と ..... 6

液体窒素 / 高純度ガス供給システム ..... 第五技術班班長 加藤 清則 ..... 12

技術研究会報告データベース化の検討 ..... 電子計算機技術係長 水谷 文保 ..... 15

分散冗長化 DNS system の構築 ..... 電子計算機室 内藤 茂樹 ..... 19

UVSOR の軌道変動 ..... UVSOR 林 憲志 ..... 23

## 技術報告

量子化学文献データベース QCLDB 用 ..... 24

エラーチェックプログラム (QCHECK) ..... 24

の WWW インターフェースの開発 ..... 電子計算機室 南野 智 ..... 24

分子制御レーザー開発研究センター ..... 24

～センターの歴史を振り返りながら～分子制御レーザー開発研究センター 上田 正 ..... 30

真空封止型軟 X 線アンジュレータの導入 ..... UVSOR 山崎 潤一郎 ..... 33

## 技術課活動報告

技術課セミナー 「走査プローブ顕微鏡技術」 ..... 装置開発技術係長 鈴井 光一 ..... 35

ワイヤー放電加工技術に関する会議 ..... 装置開発技術係長 鈴井 光一 ..... 36

## トピックス

ワイヤー放電加工機 ..... 装置開発技術係長 鈴井 光一 ..... 38

技術課新人紹介 - 人事交流 - ..... 42

技術課親睦会～平成 13 年忘年会 ..... 43

## 科学講座

“知って得する分子科学の常識” ..... 44

分子科学の世界へようこそ (4)

熱くない燃料電池を

目指す熱い戦い ..... 分子スケールナノサイエンスセンター助教授 永田 央 ..... 44



# 特別寄稿

## 「スーパーかなエ」の夢

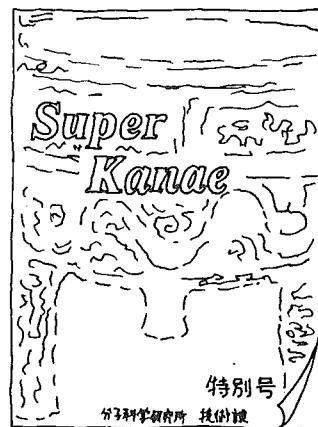
基礎生物学研究所 大型スペクトログラフ室 渡辺 正勝

UVSOR の一ユーザーとして、また有名なオアシス「い酒や酒い」の一顧客として、平素お世話になっています分子研技術課の酒井課長から「鼎（かなえ）」とは三本足の古代中国の神器で、赤松初代所長以来の分子研における「技術・研究・事務の三職」の密接な協力関係を象徴すると聞き、その格調高さと志の高さに感服いたしました。確かに、三という数字は機械工学における「三点支持」と言う言葉の通り、安定感のあるイメージですね。一方、「三角関係」などという若干危険なイメージの言葉もありますが。

「分・基・生」の三研究所が三本の足になった巨大な岡機構「マクロカナエ」をイメージしてみましょう。そのなかを覗き込んでみると、それぞれの足の中にまた「技・研・事」の「カナエ」が見えます。「技・研・事」の「カナエ」のそれぞれの足の中にはさらに、「老・壯・青」の「ミニカナエ」が見えます。ふと気がついてあたりを見回してみると、なんと、岡機構「マクロカナエ」自体が、さらに巨大な「大学共同利用機関法人」の「メガカナエ」の一本の足の中に存在していて、その外側も何重にもいわば「ウルトラカナエ」「スーパーかなエ」になっているようです。

あまりにも多層的で壮大な「マトリヨーシカカナエ」をイメージして、その果たすべき使命や来し方行く末に思いを馳せているうちに宇宙酔いのような目まいがしてきました。「マトリヨーシカ」ときたらこれだとばかりに酔い止めの逆療法にウォッカをぐびりとやってみますと・・・なんと、サイケデリックな空間に様々な「三文字熟語」や「四文字熟語」が、まるで宇宙クラゲか宇宙マンボウのようにふわふわと泳いでいるではありませんか！

気に入った順にそれらを捕まえて並べて見ましたら、以下のような、もっともらしくも新年度の春にふさわしい「文章」が自然に出来上がってしまいました：「一期一会」の縁を大切に「共生共榮」の精神で、「弱肉強食」や「羊頭狗肉」のグローバルスタンダードに堕することなく、「心技体」の充実と「運鈍根」の根性で、「天地人」の天の時・地の利・人の和を得て、「竜頭蛇尾」でなく「画竜点睛」を成就して、「松竹梅」で乾杯し、「万歳楽」で目出度し目出度し・・・。



# 特集

## 平成 13 年度核融合科学研究所技術研究会

分子集団研究系技術係長 吉田 久史

3月14日、15日の両日、岐阜県土岐市にあるセラトピア土岐にて、平成13年度の核融合科学研究所技術研究会が開催されました。研究会は工作技術、装置技術、計測・制御技術、低温技術、計算機・データ処理技術の5つの分科会で構成され、全国から技術者が集まり日頃携っている業務の成果や技術的問題点についての報告

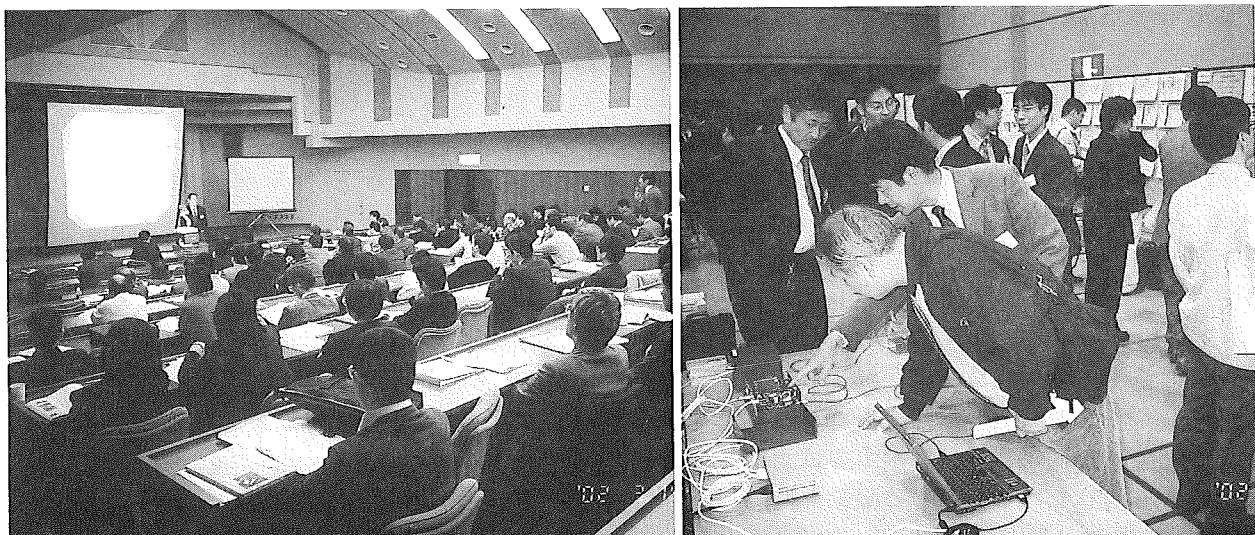
と質疑応答が行なわれました。本研究会には、分子研技術課より17名の技官が参加しました。また、5件の発表を行なっていますのでこの特集中で紹介したいと思います。表1には、過去5年間の技術研究会の開催機関と参加者数・発表件数をまとめました。また、研究会の様子を写真に示し各分科会の内容等について報告します。

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	高工ネ研	350	39	115
2000.3	分子研	411	47	112
2001.3	東北大学	538	57	165
2002.3	核融合研	331	43	136

表1. 技術研究会の開催機関と参加者数 / 発表件数



技術研究会の様子



技術研究会の様子

### 《工作技術部門》

技術研究会の第一分科会である工作技術は毎回いわれることはあるが、今回も参加数が多く、口頭発表は 17 件行われた。

今回の発表内容の特徴をあげるとすれば、従来多く行われてきた設計技術、加工技術、溶接技術に関する発表のほかに、大学や高等専門学校で行われている工作実習に関する発表が多くなってきたことである。その中で私が特に印象に残った発表は、名古屋大学工学部千田進幸氏による「工作実習とアドバンストコースの検討」であった。詳しい内容は後日報告集が発刊されると思うのでそちらに任せるが、「学生に機械作業の安全心得および現場における“ものづくり”的体験学習を提供する」という観点にたった工作実習内容の紹介と問題提議というものであった。

実習者の工作技術習得段階に応じた実習内容と製作物（やじろべえ、豆ジャッキ、ミニ旋盤）の設定はたいへんきめ細やかで、よく考えられていると感心した。その中の実習課題である「ミニ旋盤」は 280×380×200（ミリ）とほぼ A4 サイズに収まるもので実習課題の一つではあるが、被削物の固定方法を変更することにより充分通常の精密加工に耐えうるものと思われる。また真空槽内にこの旋盤を搭載することによって、従来では考えられなかつたような加工ができる可能性もあり、機械工作に携わるものにとって

は大変興味深い内容であったと思う。さらに、発表者の「発表のテクニック」には勉強させられるところが多くあったことも付け加えておく。

今回の研究会は工作技術部門とはいっても多岐にわたっており、個人の日常業務内容とは異なった分野の人たちの話も多かった。しかし、そんな人の話に耳を傾ける事によって得られた情報は多かったように思う。今後も、発表者側の方々には、だだ単に成功した事例を順序良く発表するのではなく、失敗した事例、あるいは苦労した事例をわかりやすく参加者に提供していただけることを心から期待したい。

（装置開発室 矢野隆行）

### 《回路技術部門》

平成 13 年度の技術研究会は核融合科学研究所主催でセラトピア土岐にて 3 月 14 日、15 日の二日間開催された。今回第 3 分科会（計測・制御技術）において 20 件の口頭発表があった。

講演内容として特に興味深かったのが「次世代型計測制御汎用カーネルの研究開発」をテーマとして開発された COACK (Component Oriented Accelerator Control Kernel) である。今回発表された 20 件のうち、6 件がこの COACK もしくはこれを利用したシステムについての発表であった。COACK は加速器の汎用制御カーネルとして高工

エネルギー加速器研究機構、東北大学、核融合科学研究所、及び民間会社との共同で開発されたWindowsベースのシステムであり、その柔軟さによって様々な分野への応用が期待されている。COACKプロジェクトは、現段階においても共同開発、及び利用者を募っているという事なので、興味のある方は一度アクセスされることをお奨めする。

計測・制御分科会での講演内容の傾向として、純粹に回路工作を扱った発表が減少しているように感じられた。計測・制御技術とうたつていて以上、発表内容が多岐にわたるのは止むを得ないのかもしれないし、むしろ奨励されるべきなのだが、回路工作に携わっている者としては回路技術の発表件数の割合が、もう少し増えて欲しいと思うところである。

(装置開発室 内山功一)

### 《低温技術部門》

平成13年度の技術研究会は、核融合科学研究所技術部主催により、平成14年3月14日、15日の2日間にわたり開催された。第4分科会(低温技術)の口頭発表は13件と、他の分科会と比較して発表件数は若干少なめであった。というのも、昨年末の12月13日、14日の2日間、分子研において極低温技術のミニ研究会が開催された影響が少なからず出たと言えよう。中には、発表内容が重複するという事態に陥った。というわけで、少し盛り上がりに欠けた面も否めないでもないが、参加した感想などを以下に報告する。

今回、共同研究者の一人として分子研における液体ヘリウム自動供給システムの紹介を行った。その中で、液体ヘリウムを移送するトランスマルチチューブの改良について研究発表したので簡単に紹介する。内容は、トランスマルチチューブの先端に焼結金属のフィルターを装着する事により、充填効率・充填速度ともに飛躍的にアップするものである。この効果は、必然的にヘリウム液化機の液化能力が向上する事につながり、結果、所内液体ヘリウム供給価格の低下にも貢献すると考えられる。液体ヘリウムの利用者で汲み出しを行う際に、なぜ先端にフィル

ターが着いているのか疑問に思った方もいたのではないだろうか。次に、液体ヘリウム自動供給の全自動化についても研究発表を行った。他の大学と比較して、液体ヘリウムの汲み出し作業の部分に関しては、分子研が一番進んでいるように思う。エアードリブ式のトランスマルチチューブを使用している大学は多いが、液体ヘリウムの供給開始から終了まで全自動で行っている大学は数少ない。分子研では液体ヘリウムの供給方式が伝統的にセルフサービスを主体に考えられているので、全自動化が発展したという経緯がある。

他の発表では、琉球大学の方が塩害による、各実験装置に及ぼす錆の発生の問題を力説していた。これは、地域限定の話題ではあるが、井戸水あるいは水道水を利用した冷却水が冷却設備に悪い影響を与える問題等含めて、非常に興味深く聴講することが出来た。また、「CERN(ヨーロッパ共同加速器機構)の液体ヘリウム供給事情」という発表もあり、グローバルな視点における話題にも事欠かなかった。あと、特に分子研では、液体ヘリウム供給システムにおいて、積極的にIT化を進めているところであるが、他の大学でもインターネットを使った遠隔監視システムを取り入れているところもあり、今後の発展に期待が持てる。さらに、北陸先端科学技術大学院大学では高圧ガスの取り扱いにおいて、ネットワークを用いた保安教育も検討中ということである。

技術研究会が開催された2日間は、他大学の技官の方々と直に交流する事ができ、有意義な時間を過ごせた。この研究会で得られた技術を自分の技術に応用できたら、大変に素晴らしいことだと思う。

(分子スケールナノサイエンスセンター  
高山敬史)

### 《計算機・データ処理技術》

今回の発表予定件数は19件であるが、そのうち1件は発表者の所属が変わられた(民間へ行かれた)とのことで、最終的な発表件数は18件で昨年と同じであった。今回の大まかな発表内

容の内訳を見てみると、インターネットサーバ関連が10件（Webシステム関連4件、データベース関連2件、Webとデータベースの連携1件）、ネットワーク関連4件、計算機システム関連1件などとなる。一昔前は、計算機システム、ネットワークシステムの紹介が花盛りであったが、時代とともにデータベース関連、そしてインターネット関連へと主流が移ってきてている。発表者の所属する肩書きも一昔前は、大型計算機センターの方がほとんどであったが、今ではほとんど見あたらない感じであり、小規模な研究室の方や計算機が専門でない方の発表が主流である。時代が情報技術、パソコンの高性能、

低価格へと変わってきているのを象徴している。だが残念ながら新規の技術での製作や新規開発したという発表は半分もない。雑誌にあるようなWebシステムを構築したことの発表が多く、聴講の方々もそのような発表を熱心に聞いている。といった感じである。計算機・データ処理技術利用者の裾のが広がるのはとってもいいことであるが、新しい技術への試みが少なく（自分も含めてですが・・・）分科会の発展を危惧するしだいで、自分ももっと新しいことにチャレンジしていかなくては！と思った。

（電子計算機室 手島史綱）

# 特集

## LANアダプタを用いた緊急通報装置の試作

分子集団研究系技術係長 吉田 久史

### 1. はじめに

実験机上でナスフラスコを加熱し合成実験をしていたところ、ナスフラスコが破裂し、ガラス破片と薬品が飛散し、実験者の腕を直撃した。腕にはガラス破片が突き刺さり、血が滴り落ちた。電話をかけようとしたが腕がしびれて指が思うように動かせず、受話器が取れない。プッシュボタンが押せない。そこへ、共同実験者が戻ってきて適切な処置を行った。共同実験者が所要で退出していたほんの十数分の出来事である。この事故を教訓に緊急通報装置の導入を検討した。各実験室に備える緊急通報の方式として、3つの方法が検討された。

- (1) 専用線による緊急通報スイッチを取り付ける。
- (2) 電話線を利用して、電話器に接続したスイッチを押すと警備員室の電話に個別メッ

セージが流れる。

- (3) 全室に張り巡らされたイーサネットを利用して、緊急通報システムを開発する。

本発表は(3)の方式に基づいた試作器の紹介である。

### 2. 緊急通報システムのハードウェア

図1に緊急通報システムの構成を示す。装置は、各実験室に設置する LAN アダプタを用いた緊急通報スイッチ端末（クライアント）とスイッチの状態を監視するためのパソコン（ホスト）から成る。一般的にパソコンやプリンタなどを LAN に接続するための LAN ボードのことを LAN アダプタと呼んでいるが、ここではネットワークのインターフェースを持たない装置をシリアル・ポートやパラレル・ポートを介してネットワークに接続するためのインターフェー

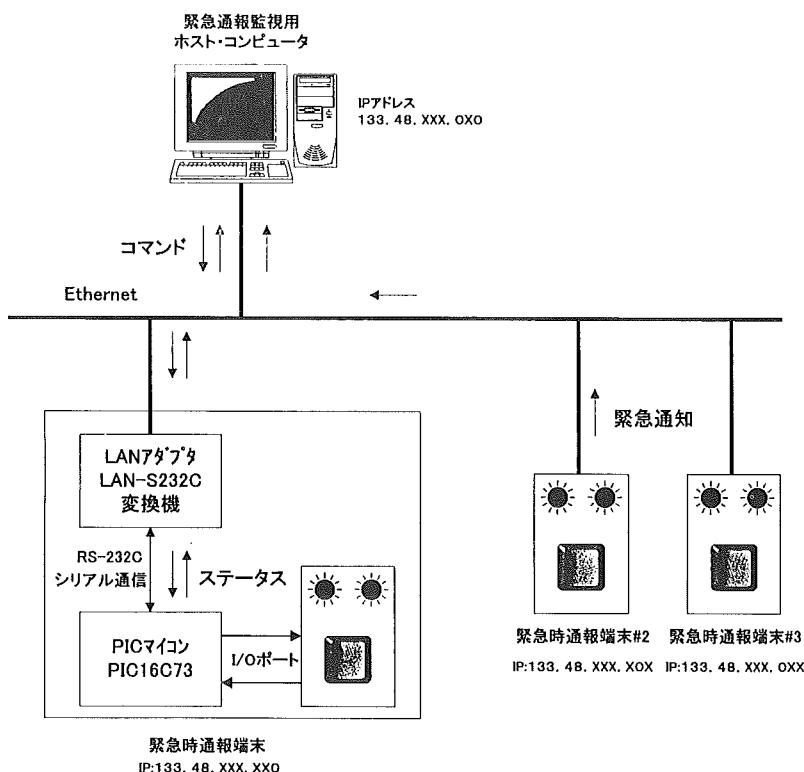


図1. 緊急通報システムの構成

スを指している。現在では、このような用途の組み込み型 LAN アダプタは多くの種類があり、安価な製品も市販されている。そこで本システムでは、(株)ラステーム・システムズの LCNV-232C(LAN-シリアル通信変換ボード)を使用することにした。写真1に LAN アダプタの概観を、表1にその仕様を示す。

緊急通報の手順には二通りの方法がある。手順①はホストがクライアントにスイッチの状態を問い合わせ、クライアントからの応答(ステータス)でスイッチが押されたかどうかを判断する方法である。また、手順②は緊急スイッチが押されたクライアント自身が、ホストに対して緊急通報(メッセージ)を発信する方法である。いずれの場合も、ホストはデータの送信元の IP アドレスを調べることで、何処の実験室からの通報であるかを特定することができる。このような二通りの通報手順を実現するために、LAN

のデータ通信プロトコルに UDP(User Datagram Protocol)を採用した。このプロトコルでは、TCP(Transfer Control Protocol)のようにデータ伝送に先立ってホストとクライアント間の接続を確立するという手順が無く、要求があればクライアントからでもホストからでも送信を開始することが可能となる。しかし一方では、通信の信頼性が低いプロトコルであり、データが確実に相手に伝わるという保証が無い。そこで手順②で発信されたメッセージをホストが受信できなかつた場合を想定し、手順①でそれを補うことにした。ホストークライアント間の緊急通報の手順を実行するには、端末側にある程度インテリジェントな回路が必要となる。そこで、マイクロチップ・テクノロジー社の PIC マイコンというワンチップのマイクロコントローラを用いることにした。多くの PIC シリーズの中から、USART(Universal Synchronous Asynchronous

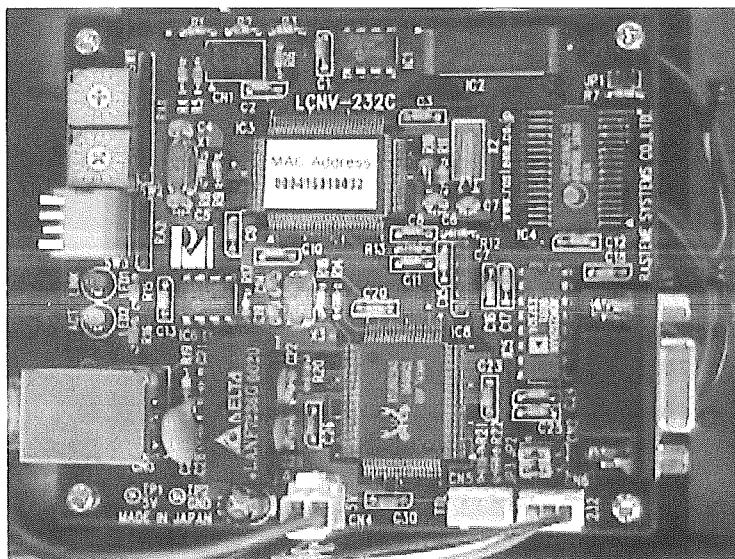
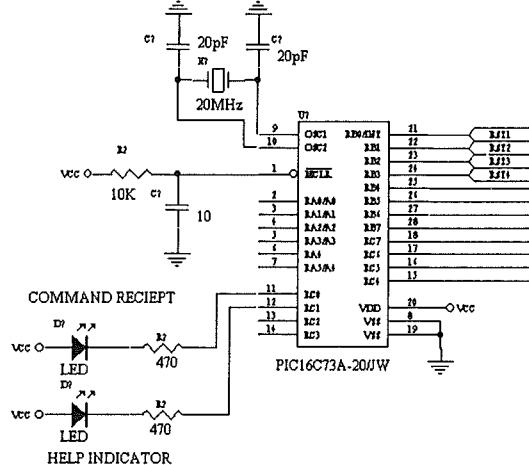


写真1. LCNV-232C 基板

イーサネット側スペック	
TCP/IPプロトコルの採用	
ソケットスルー	
TCP/UDPを切り替え可能	
10Base-Tインターフェイス	
IPアドレス、ネットマスクは専用ソフトで設定可能	
ボード内のロータリーコードスイッチでIPアドレスの変更が可能です。	
RS-232C側スペック	
最大ボーレート 230Kbps (RS232C 使用時)	
最大ボーレート 460Kbps (TTL レベル使用時)	
RS-232C (D-SUB、内部コネクタ)、TTLレベル信号を選択可能	
ボーレート、ビット数、パリティ等は専用ソフトで設定可能	
その他	
ボード寸法 100mm×90mm (突起部は含まず)	
電源電圧 DC+5V	

表1. LCNV-232C 仕様

Receiver Transmitter) というシリアル通信の周辺回路を内蔵した PIC16C73 を選択した。このマイクロコントローラに関しては、平成 9 年度核融合科学研究所技術研究会報告書 P.95 で紹介しているので参考にして頂きたい。製作した回路の図



面を図 2 に、回路基板を写真 2 に示す。回路図で分かるように PIC マイコンは、水晶振動子と僅かな RC の外付けだけで使用できる大変便利なチップである。LAN アダプタとのシリアル通信は、送信データ信号線 (TXD) と受信データ信号

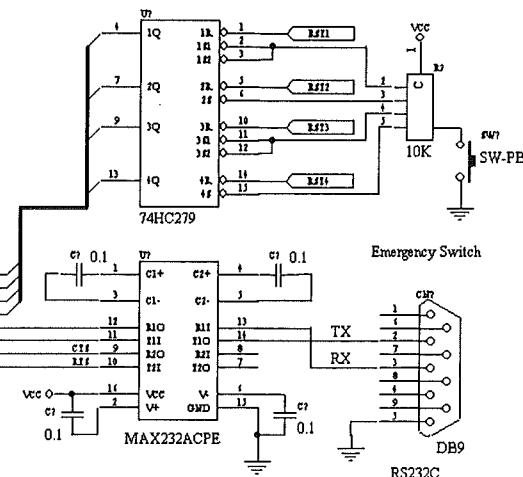


図 2

### 緊急通報端末のRS-232C設定(プログラムで変更可)

通信速度 9 6 0 0 b p s

ビット数 8 ビット

パリティ なし

ストップピット 1

### コマンドレスポンス機能

" S" コマンド受信時ースイッチのステータスを返信。

スイッチ開時：" 0 " 閉時：" 1 "

" C" コマンド受信時ースイッチをリセット。同時にステータス" 0 " を返信

コマンド受信時-LEDモニター（緑）を点燈。

### 緊急通報機能

スイッチが押されたとき、" HELP" 文字列をホストに送信

LEDモニター（黄）を点燈

表 2. 緊急通報スイッチ回路の仕様

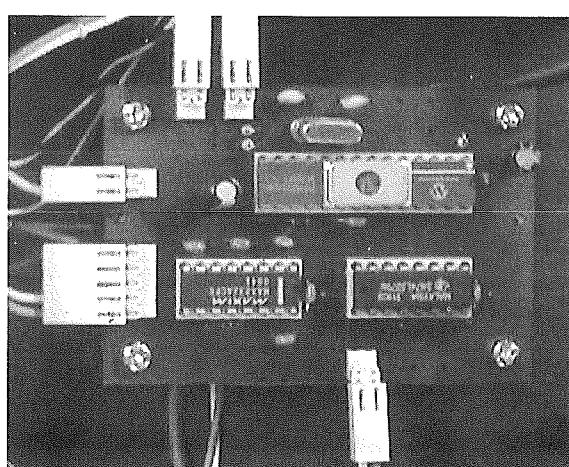


写真 2. 緊急通報スイッチ回路基盤

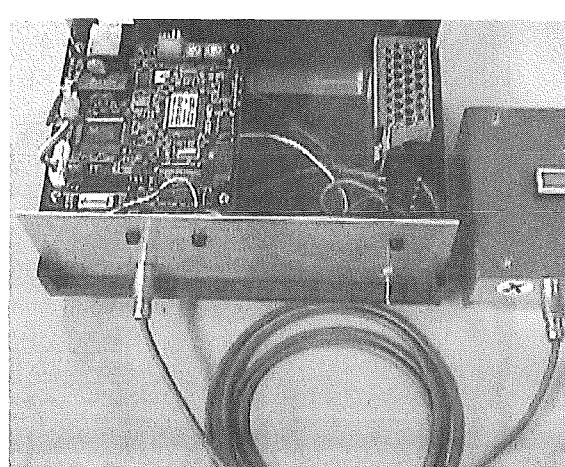


写真 3. 端末装置の外観

線(RXD)のみを使う簡易型の通信である。PIC16C73 のこの信号線は I/O ポート(RC6,RC7)と共に使われ、プログラム上でその切り替えを行う。そのポートに接続した MAX232ACPE は、RS-232C 信号のレベル変換用の IC であるが、LAN アダプタが TTL レベルのシリアル通信を提供しているので必ずしも必要ではない。筆者はパソコンのシリアル・ポートに接続して回路の動作テストをするのに使用した。74HC279 は NAND 回路で構成されるフリップ・フロップで、スイッチの状態をラッチするために用いた。こ

の出力は、入力ポート(RB4)で PIC マイコンに読み込まれ、出力ポート(RB0)によりクリアされる。I/O ポート(RC0,RC1)で駆動する LED は、スイッチの状態の確認用と、ホストからのコマンドを受信した際に点燈することで、システムが正常に動作していることを確認するのに使っている。表 2 に緊急通報スイッチ回路の仕様をまとめた。また、回路基板と電源モジュールを実装した端末装置とスイッチ部の外観を写真 3 に示す。

緊急通報の手順を制御するための PIC のプログ

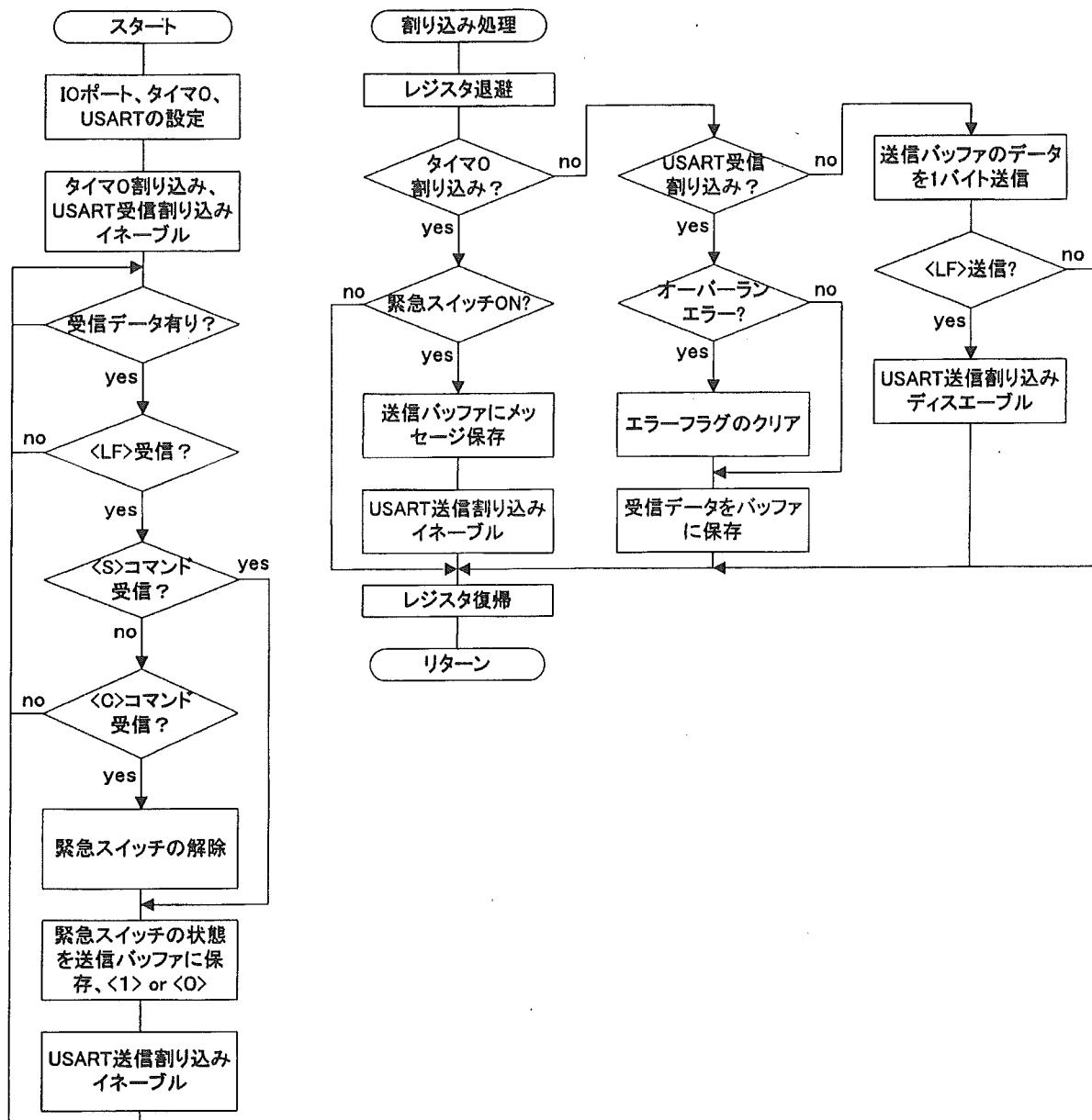


図3. PIC マイコンのプログラム・フローチャート

ラムをアセンブラーで開発した。ここでは、紙面の都合でそのフローチャートのみ記載する(図3)。メイン・ルーチンは、内部レジスタの初期設定を行なった後は、ホストから送られるコマンドを受信するまで待機する。スイッチの状態の調査やホストとの間のシリアル通信は、全て割り込みサービス・ルーチンの中で処理される。通常時の割り込み要因は、内部タイマ0による割り込みとUSARTの受信割り込み(1バイト毎)の二つである。前者の割り込みは、スイッチの状態を調査する処理に使用している。三番目の割り込み要因は、プログラムの中で発生させるUSARTの送信割り込みである。これはメイン・ルーチンの中でコマンドに応答してステータス

を返信する際と、割り込み処理の中でスイッチが押されたことにより緊急通知を発信する際に、送信割り込みをイネーブルに設定することで発生する。そして、この送信割り込みの設定は、割り込み処理の中で送信バッファにある文字列全ての送信が終わったとき解除する。以上がPICマイコンのプログラムの大まかな処理の流れである。

### 3. 緊急通報システムのソフトウェア

ホストとしてWindowsマシンを用意し、緊急通報システムの動作を確認するための簡易モニター・プログラムをVB(Visual Basic 6.0)で制作した。図4にそのプログラムのメイン・フォーム

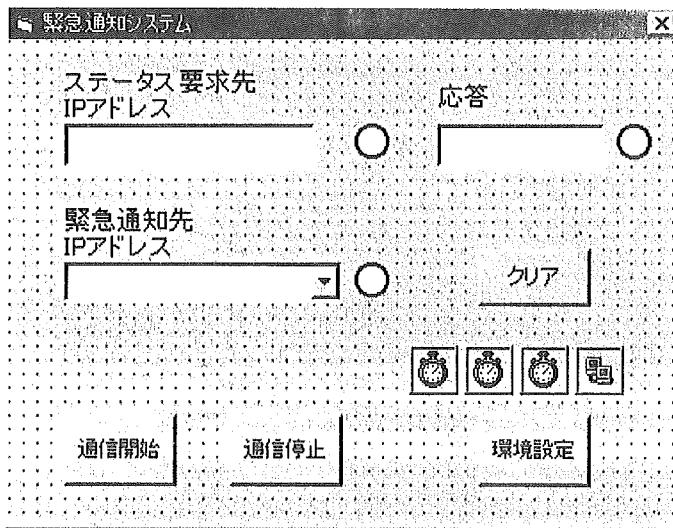


図4. 緊急通知システム・メインフォーム

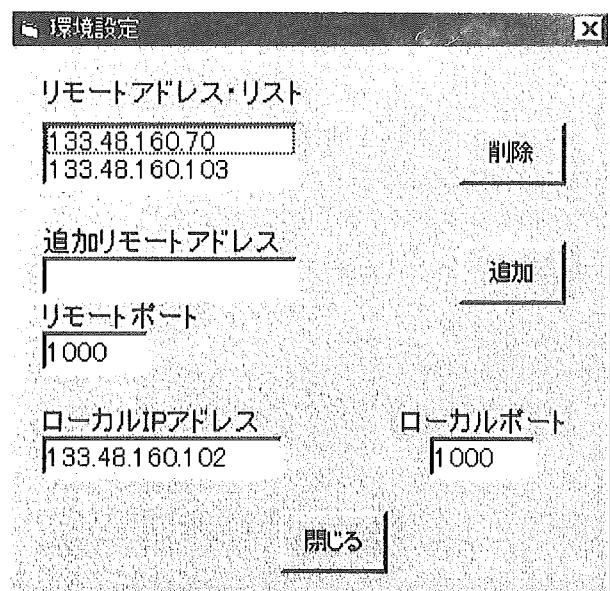


図5. 環境設定フォーム



図6. Winsock のプロパティ

を、図 5 に環境設定のためのフォームを示す。環境設定フォームは、クライアントの IP アドレスなどのネットワーク環境の設定を行うためのフォームである。メイン・フォームで通信を開始すると、ホストは環境設定で登録したリモートアドレス順にステータス・コマンドを送信し、その応答をテキスト・ボックスに表示する。その時、緊急通報のスイッチが押されていれば、クライアントの IP アドレスを緊急通知先のリスト・ボックスに保存する。また、緊急通知のメッセージを受け取った時も、同様の処理を行なって通報を知らせる。

TCP や UDP のネットワーク・サービスを利用したアプリケーションは、VB を利用すれば非常に簡単に制作できる。その手順は、Winsock コントロールをフォームに貼り付け、そのプロパティの通信プロトコルやポート番号などを設定する。そして、データを送信する場合には SendData メソッドを呼び出し、またデータを受信する場合には DataArrival イベントが発生するので、その中で GetData メソッドを呼び出してメッセージを受け取れば良いのである。図 6 はプログラム開発時の Winsock のプロパティ・ウィ

ンドウである。

#### 4. おわりに

今回は緊急通報スイッチ端末を 2 台製作し、ネットワークに接続したパソコンとの間で通信テストを行なった。結果は概ね良好であったが、時折クライアントからのデータをホストが受信できないことがあった。その原因を詳しく調べてはいるが、UDP というプロトコルを採用した時点で想定されたことであり、システムの運用上は問題ないと考えている。あくまで試作ということで、端末のハードウェアも監視側のソフトウェアも動作を検証するためだけの簡易的なものである。今後はもう少し試験運転を重ね、

- ・緊急通知を表示すると共にブザーなどの警報器と連動させる。
- ・実験室の部屋番号を知らせるための専用の表示装置を設ける。
- ・操作性や端末の管理がしやすいプログラムを開発する。
- などの改良を加えより実用的なシステムに近づけて行きたいと考えている。

## 液体窒素貯槽の新設と液体窒素 / 高純度ガス供給システム

第五技術班班長 加藤 清則

### はじめに

岡崎国立共同研究機構の拡張に伴い、通称 E 地区と呼んでいる空き地に新たな研究施設群を建設中である。E 地区は、分子科学研究所から地理的に離れたキャンパスになり、分子科学研究所との間には、小学校と高等学校があり、民家も密集している。2002 年 3 月に完成する建物群の一つである、統合バイオサイエンスセンターには、高圧ガス製造施設が設置され、ヘリウムガスの回収と液体窒素 / 窒素ガスの供給を行う。今回は、以下の 3 点に絞って報告をおこなう。

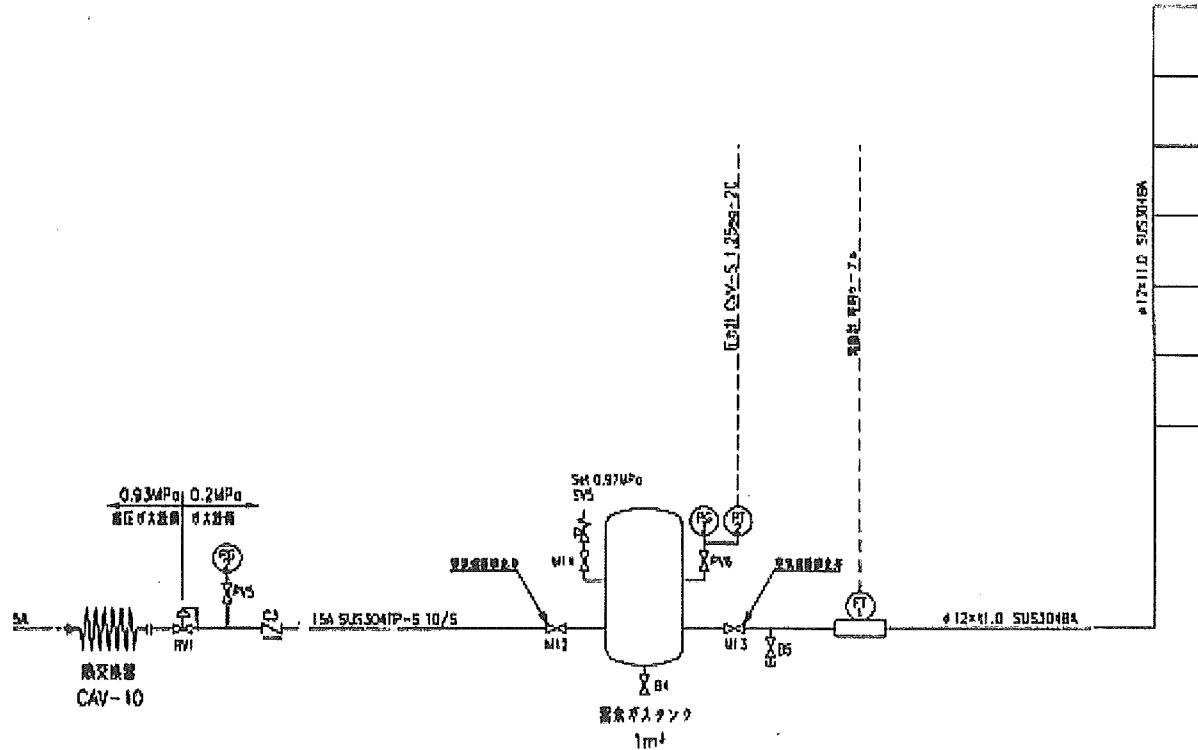
- (1) 高純度窒素ガスの供給
- (2) 液体窒素自動供給システム
- (3) i モード携帯電話端末による遠隔モニター

### 1. 高純度窒素ガスの供給

図表 1 に、高純度窒素ガス供給システムの機器

配置図を示す。液体窒素貯槽の自然蒸発ガス（図の左手）は、液体窒素貯槽のガス部分から熱交換器（蒸発器）、減圧弁、逆止弁、空気遮断排出弁（ブロー機能付弁）を経て、高純度のまま窒素ガスタンクに流入する。液体窒素貯槽の蒸発率は 0.6%/day（カタログ値、液量 1/2、外気温 15 度）で、1 日あたり、11m<sup>3</sup> 程度の不要なガスが発生すると見積もられる。貯蔵された窒素ガスは空気遮断排出弁、流量計を経て、統合バイオサイエンス棟（8 階建て）の外壁に沿い、パイプ専用部分を上に向かって配管される。各階外に分岐弁を設け、窒素ガスを統合バイオサイエンスセンターの各ラボに供給する。ユーザーはその弁から機器までと使用済み窒素ガスを排出するための配管をする。また、実験室には酸素濃度計を配置し、酸素欠乏事故を防ぐ。

錆による汚染を防ぐために、タンク・配管・弁



図表 1. 高純度窒素ガス供給システム

等はステンレスを使用した。窒素ガスの純度は、99.999%以上を保証する。主な機器構成は、蒸発器、タンク（内容積 1m<sup>3</sup>、圧力 0.2MPa(CE 内圧と同じ)）、流量計（電送式）、圧力計（ブルドン管および電送式）である。

納入時の純度測定は、半導体業界の基準を採用し、酸素濃度と露点を測定し、算出する。独自の測定器を備えて純度を常時モニターしながら利用することも可能である。

利用見込みであるが、アンケートで当面の消費量の目安を算出したところ、6.3m<sup>3</sup>/日程度であった。動物実験研究センター・アイソトープ実験研究センターへの配管も可能があるので、将来、需要は増えると見込まれる。

## 2. 液体窒素自動供給システム

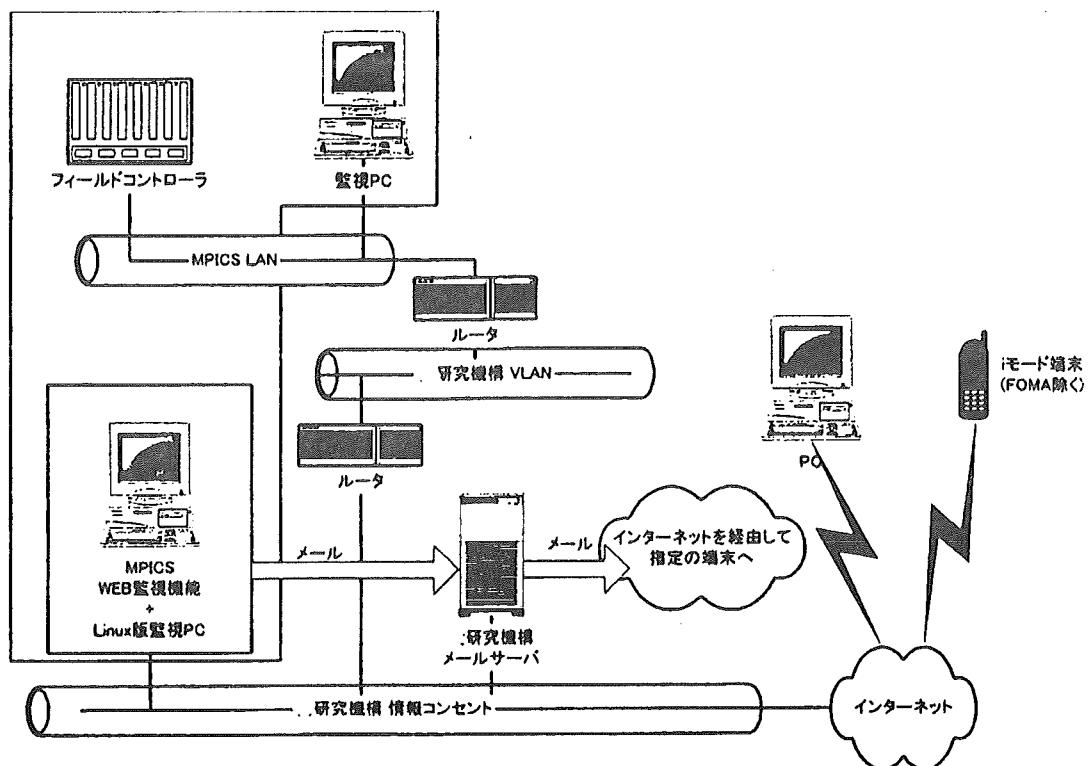
システムは分子科学研究所の既設装置と同じである。ロードセル上での自動充填方式を採用している。計量する容器ごとに停止重量が設定され、充填中の容器がその値に達すると充填は自動停止し、充填量を計量する[1]。システムは屋外に設置されるので、防水仕様である。集計パ

ソコンは、隣接するヘリウムガス回収室に置く。ユーザー情報と容器情報は、バーコードリーダーで読み取る。ユーザー情報は、岡崎国立共同研究機構の会計コード、下 7 桁 + 枝番 1 桁で、計 8 桁を使用する。IC カード式ネームプレートに、各個人が所属するグループの会計コードを表すバーコードを貼り付けておくので、ネームプレートにバーコードリーダーを当てるだけで個人情報入力ができる。ID カードの個人データを直接読み取ることのできる、バーコードリーダーもあるが、コスト面で採用を見合せた。コード体系は、コード 128 を採用した[2]。ネームプレート貼り付けのバーコードは、共通のサプライショップなどにも利用できる。

容器番号は、3 桁である。なお、液体窒素供給装置が設置される区域は、ルーバと扉で囲まれ、扉には電気錠が付いており、IC カードがなければ液体窒素供給区域には入れない。

### 3.i モード携帯電話端末による遠隔モニター

液体窒素貯槽と液体窒素供給装置の液量・圧力と装置状況のデータは、WEB ブラウザでモニ



図表 2. 送信システムのイメージ図

ターすることができる[3]。また、分子科学研究所と E 地区は民有地・小学校・高等学校挟んで離れているので、移動先でも液体窒素関連装置の情報が把握できるように、i モード携帯電話端末でもモニターできる。図表 2 に送信システムイメージを示す。図表 3 に、i モード端末への送信イメージを示す。

### おわりに

遠隔モニターは、ヘリウムガス回収設備関連のデータも合わせて受信できる。今回の報告では、液体窒素関連に限定したので、他のモニター部分は省力したが、将来導入される予定の液化設備全体の運転データも受信する予定である。

今回設置の高圧ガス製造施設の設置場所の余裕がないため、統合バイオサイエンスセンター棟の基礎上、建物を囲むルーバー内に設置せざるをえなかった。そのために、東海地震発生による二時災害発生を危惧する愛知県庁との間で行政指導に関するやりとりがおこなわれた。

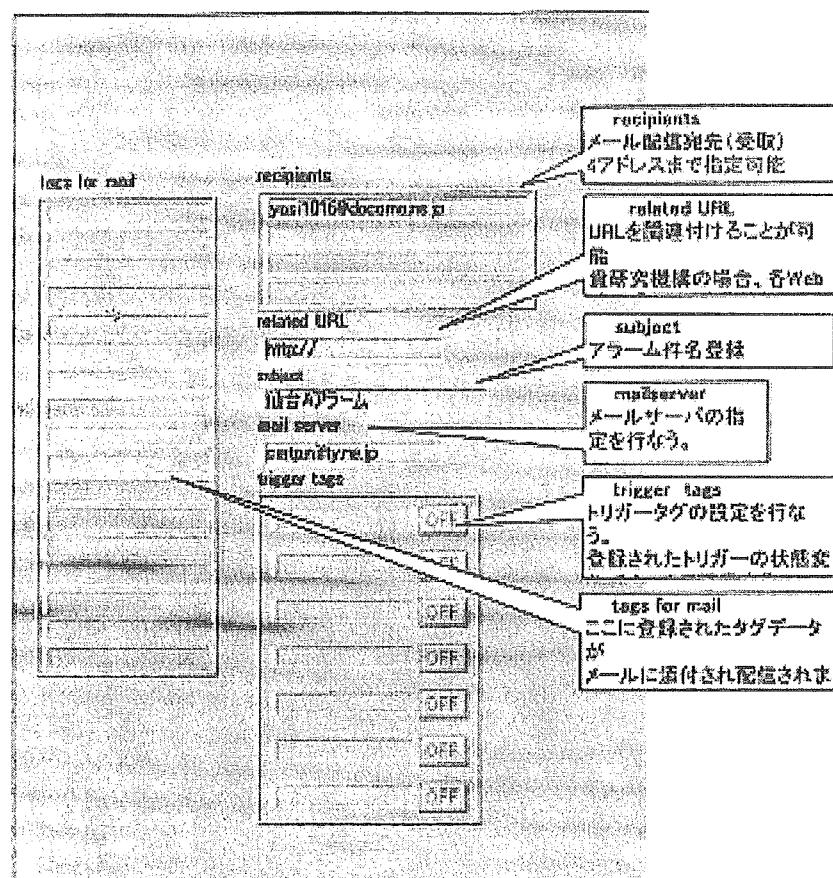
(1) CE の基礎、建物と CE は同一基礎である。

建築基準法と高圧ガス保安法とで耐震設計指針が異なるので、どちらの基準を採用するかで、県庁側（高圧ガス保安法側）と建築側（建築基準法側）とで意見が分かれた。その裁定が KHK にゆだねられた。結果として建築基準法での基礎が認定された。

(2) CE 上部の構造物（配管、ルーバ管など）が地震のときに落下して液体窒素貯槽の断熱真空部分に損傷をあたえる、という危惧にたいしては、貯槽上部に落下物を防ぐパネルを張ることで一応認められた。

### 参考文献

- [1]今枝、早坂、榎，“液体窒素自動供給装置”高エネルギー物理学研究所 技術研究会報告 p97(1983)
- [2]高山、早坂、加藤“液体窒素自動供給装置の改良”高エネルギー加速器研究機構技術研究会報告 p97(1992)
- [3]バーコードリーディング読本 キーエンス社(2001年)
- [4]ヘリウムガス監視機能計画書、日本酸素(2002年)



図表 3. 携帯電話への送信イメージ

## 技術研究会報告データベース化の検討

電子計算機室技術係長 水谷 文保

### 1. はじめに

過去 26 年間に 29 回の技術研究会が開催され、総数 1992 演題の発表がされてきた<sup>a)</sup>。毎回開催後には、報告書が出版されている。過去技術研究会で開催された「インターネット討論会」において、これらをオンライン検索・閲覧を望む声があった以外に、技術情報のデータベースとしてその重要性を指摘する声が多い。そこで技術研究会報告書のデータベース化を目指した時に存在する課題を整理してみた。また今年度所属機関で既刊誌の PDF 化を行った時の情報を元に、データベース化に必要な労力についても試算してみた。

### 2. 課題 1：著作権

技術研究会は、多機関で持ち回り開催されており、その報告書は、各開催機関によって出版されている。そこに寄稿された論文の著作権の帰属先は明確になっていないのが現状である。これらをデータベースとして一元管理するには、著作権の帰属先問題をまず解決しておかなければならぬ。考え得る帰属先は、発表者個人、開催機関、技術研究会の 3 カ所である。一般的には、報告書を出版した開催機関に帰属していると考えるのが自然であるが、著作権の帰属を明言していない以上個人に帰属していると解釈している人も多い。論文をデータベース化する面から考えれば、技術研究会に著作権を帰属し、構築したデータベースそのものの管理運営も技術研究会が行うのが都合が良い。現在「技術研究会運営協議会」という組織は存在しているが、「技術研究会」という組織は存在していない。これは今まで「技術研究会」を組織として意識する必要がなかったためだと思われる。しかし組織として「技術研究会」を認知しなければ、この問題を解決することはできない。さらに技術研究会に著作権を帰属するにあたっては、今までの経緯より組織間の合意とともに個人に対しても合意を取る必要があると思われる。そこで

データベースに向けてのルールについて以下に示す試案を作製した。これを過去に多数回開催してきた高エネ研、核融合研、分子研の技術部課長に提案したところ、了解を頂いた（2001 年 4 月）。この後は、過去開催機関全部への提案と、寄稿者全員への提案への了解が得られれば問題は解決すると思われるが、全体意志として統一するためには、技術研究会会員という認識が必要となってくることも考えられる。これは発想的には、学会などに近い。技術研究会開催機関がどんどん広まっていることより、運用的に転換期に来ていると思われる。

#### 技術研究会報告の電子化提案より

- i. 発表物の著作権の帰属について（著作権が個人や開催機関にあるのでは無く技術研究会にある点）を明確化し、今後の技術研究会開催において要項にその旨を記載する。
- ii. 過去の著作物に関しては、開催機関が著作権を有することとして、その著作権を技術研究会に譲渡する。
- iii. そのデータベース化等の活用行為に関しては、技術研究会の共有権利とする。
- iv. 発表物は、参加機関に参照を限定させることなく、一般に公開する。
- v. データベースを発展させるために報告書の作製方法など検討する。
- vi. 作製したデータベースの著作権は、技術研究会に帰属させる。

### 3. 課題 2：技術面

電子化された報告書は、過去に平成 10 年度高エネ研で開催された時に作製されたもの<sup>b)</sup>、および平成 12 年度東北大で開催された時に作製されたもの<sup>c)</sup>の 2 点が存在している。それ以外のものについては、既刊誌をイメージスキャンすることで対応するしかない。スキャナされたイメージデータは、取り扱いの便を考えると PDF 化しておくのが良い。今後の発表分につい

ては直接 PDF ファイルの回収を可能にすれば、テキスト情報で保管でき、全文内容に対して検索が可能となる。既刊分のイメージ情報しかないものに対しては、分科会名、演題名、発表者名、キーワードなどを収録したテキストデータベースを準備することで検索に対応できると考えている。テキスト情報のファイルに関しては、演題等の基本的な情報がデータベースに別途管理されている方が利用しやすいと考える。従って、論文の PDF 化とは別に、労力的に基本情報のデータベース構築とデータメンテナンスが必要である。さて検索の便を図るために、キーワードは必要な情報であるが、演題名や発表者ほど機械的にデータ抽出ができるものではない。これを補うために現在考えている方法は、当初キーワード情報は無い状態で登録され、その後著者自身または閲覧した利用者がキーワードを登録可能にしておいて、徐々に利便性を向上させる機構を作るというものである。ただしデータベースの質を維持するために、データベース利用時の前提として、ユーザ登録および認証が必要となるであろう。

イメージを OCR でテキスト化することも考えられるが、次項で取り上げる労力を考慮すると適切とは言えない。発表者個人が過去発表分につ

いてテキスト情報を提供可能ならばイメージ情報と差し替える、という運用も今後検討すべきであろう。

データベースを運用するには、マシン管理など労力および予算が必要となることは明確である。従って予算に裏付けされ組織によって管理されなければ運用は不可能である。運用技術の側面から考えても、それなりの組織必要であることは否定できない。

#### 4. 課題 3：労力

既刊紙をデータベース化するには、電子化してファイルにする作業が必要である。この章では、どれだけの労力が必要となるか見積もってみる。

計算科学研究センターでは、毎年「センターレポート」を発行している。3年前からは印刷時に PDF ファイル化（イメージデータ）も行っており、Web で公開している<sup>4)</sup>。PDF ファイルが存在しない過去 19 年の既刊分について今年度より PDF 化を依頼して現在までに 13 号分が終了している。PDF 化する手順は、裁断してページを切り離した後、以下の手順で行われた。

- ①. 読み取り 各ページをスキャナで取り込み  
イメージファイル化する読み取り濃度調整も含む

号 数	頁 数	読み取り	位置合わせ	ゴミ取り	PDF変換	リンク作成	CDROM化	分合計	分／頁
No.19	406	520	100	1,170	20	135	10	1,955	4.82
No.18	407	440	105	950	15	115	10	1,635	4.02
No.17	356	335	75	845	25	105	10	1,395	3.92
No.16	352	375	80	775	25	95	10	1,360	3.86
No.15	333	285	100	640	20	100	10	1,155	3.47
No.14	372	395	95	735	20	105	10	1,360	3.66
No.13	410	405	20	495	20	155	10	1,105	2.70
No.12	371	325	95	765	20	115	10	1,330	3.58
No.11	331	340	100	710	20	105	10	1,285	3.88
No.10	319	290	85	930	15	115	10	1,445	4.53
No. 9	315	265	65	795	15	95	10	1,245	3.95
No. 8	297	335	60	1,000	30	80	10	1,515	5.10
No. 7	364	280	60	750	20	105	10	1,225	3.37
合 計	4,633	4,590	1,040	10,560	265	1,425	130	18,010	3.89
比 率		25.5	5.8	58.6	1.5	7.9	0.7	100.0	

表 1

- ②. 位置合わせ読み取り時に発生するずれや回転を補正する
- ③. ゴミ取り 読み取り時に発生するノイズや紙面上の汚れ、裏写りを消す
- ④. PDF 変換 ファイル変換作業
- ⑤. リンク作成掲載先へ移動の便をはかるため目次の項目にリンク処理を行う
- ⑥. CDROM 化 1 冊分ごとに CDROM に記録する

それぞれの作業に要した時間（分）は以下の表1のとおりである。

上述の作業内容の場合、ゴミ取り作業に半分以上の労力がかかっていることが表より分かる。もしイメージデータからテキスト化をめざして OCR プログラムによる変換作業を加えるとすると、変換時間はそれほど必要では無いが、必ず発生するエラー（変換ミス）の修正作業と、テキストおよび別途切り出した図や写真などをレイアウトしてページの体裁を整える作業が必要となる。表よりゴミ取り作業は 1 ページあたり 2, 3 分必要としていることが分かるが、テキスト化には経験上ゴミ取り作業の 10 ~ 20 倍という労力が必要である。従って当初よりテキスト化をめざすのは時間・コスト的に困難だと言わざるを得ない。

以上の情報より推測すると、過去発表された約 2000 演題が 4 ページの論文を掲載していた場合、8000 ページの PDF 化にはのべ 520 時間が必要なことが分かる。この時間は、一人の技官が片手間に行う作業の範疇を遙かに超えている。従って、それなりの組織づくりを行い多人数で手分けして行うか、もしくは外注に頼る以外に方法は無い。後者の場合、それなりの予算確保が必要なことは言うまでもない。

#### 5. 課題 4：継続性

今後開催される分のデータの収録方法が確立しないければ、データベースの存在意味が半減してしまう。そのためには、報告書の形式を決定して開催機関に徹底するか、報告書の発行を技術研究会という組織側で行うようにするしかないと思われる。前者においては、データベースへの登録には、最終的にはデータベース管理組織に委託しなければならないという問題がある。後者の場合、予算的な問題などクリアすべき課題が多い。

#### 6. 課題 5：収録範囲

著作権問題が比較的少ないとと思われる分子研開催分から徐々にデータベース化していきたいと考えているが、それだけではあまり価値があるとは言えないであろう。少なくとも、今まで開催された 29 回分のすべてを収録したいと考えている。ただし、これだけで本当に良いのか、というところが課題である。数年前より開催されている機器分析技術研究会についても対象として考えられる。また岡崎国立共同研究機構の基礎生物学研究所および生理学研究所でも技術研究会を開催してきた歴史があり、それらを対象に組み入れるかも今後検討にあげられるであろう。さらに、全国いたるところで技官を中心とした技術者による様々な研究会が開催されている様なので、それらも検討対象となると思われる。従ってデータベース構築に当たっては、研究会名も情報としておく必要がある。

#### 7. さいごに

過去に開催された「インターネット討論会」では、インターネットが技官間の情報交換の場として利用できることに注目して、「技術情報ネットワーク」構想<sup>9)</sup>を議論してきた。その必然性は誰もが認めるところではあるが、その実現に對してインターネット自身が求心力を持っている訳では無いことが徐々に認識されつつあると思われる。「技術研究会報告データベース」が構築されれば、その利用以外に「技術情報ネットワーク」構築への求心力になりうる予感がある。近い将来、大学・研究所が法人化されることが確実となってきたが、「技術研究会報告データベース」が技術者にいろんな面でプラスとなり、また拠り所にもなりうると思われる。いくつもの課題があるものの、それらを 1 つづつ解消させて、ぜひデータベース構築を実現させたいと考えている。

さいごに、今回の発表にあたり貴重なデータの提供と公開を快諾して頂いたブラザー印刷株式会社に感謝いたします。以上の私案に対して、意見やアドバイスがありましたら連絡頂ければ幸いです。

#### 参考文献

- a) 技術研究会の記録、核融合科学研究所技術部、

## 特集

<http://etmikan.nifs.ac.jp/kiroku.htm>

b) 技術研究会報告，高エネルギー加速器機構，

<http://www-eng.kek.jp/giken/procedng/index.pdf>

c) 技術研究会報告，東北大学，

<http://platypus.LNS.tohoku.ac.jp/Program.htm>

d) センターレポート，岡崎国立共同研究機構計算科学研

究センター，<http://ccinfo.ims.ac.jp/report>

e) 大学および研究所の技術部におけるネットワーク環境  
とその利用状況について，伊藤篤，1999年技術研究会，  
<http://www-eng.kek.jp/giken/procedng/paper/met102.pdf>

連絡先

mailto: mizutani@ims.ac.jp

## 分散冗長化 DNS system の構築

電子計算機室 内藤 茂樹

### 1. はじめに

Network の重要性が高まるにつれ、ユーザは 24 時間 365 日 Network Service が利用できることを望むようになってきた。その中でも DNS は Network を利用する上で要となる Service であるため、DNS が停止すると Network 自身が停止していると思われかねない。そこで堅牢な DNS を導入し DNS の停止時間をより短くすることが必要となる。しかし一般的な冗長化を施した Server を導入するだけでは、棟別停電等により Server 自身への電源が断たれてしまうことへの対応が出来ない。そのため異なる棟に Server を分散させる必要がある。さらにユーザへの利便性を考えれば IP address を切り替えて使用し、同じ Service を提供する IP address は統一されていた方が望ましい。それは PC 等の設定によって複数の DNS を登録しておいたとしても、うまく切り変わらなかったり、切り替わるのに時間がかかったりするからだ。分子科学研究所の Network は、複数の IP Network を割り当てた 1 つの論理 Network で運用されているため、棟や階等の物理的な位置に関係なく IP address を使うことが可能であるという特徴がある。この特徴を生かして、1 つの IP address を自動的に切り替えて使用する、棟別停電にも対応した分散冗長化 DNS system を構築した。今回は分子科学研究所の Network の特徴を利用した分散冗長化 DNS system について報告する。

### 2. 分子研 ATM Network

分子科学研究所では現在二つの異なる Network が稼働している。一つは平成 5 年度導入の FDDI と 10BASE-5 を元にした Network で、もう一つが平成 7 年度導入の ATM を基幹部に使用した ATM Network である。

ATM Network では一つの ELAN 上で複数の IP Network address の運用が可能である。この運用形態の利点は同じ ELAN に所属する情報コンセントなら、同じ IP address を利用できる事である。

分子科学研究所では全ての情報コンセントが一つの ELAN に所属しているので、実質上所内全ての情報コンセントで同じ IP address を使用可能である。言い換れば設定の変更変更をしなくても、所内中の部屋を移動して Network を利用することが出来るということになる。この特徴の事を分子科学研究所では“どこでも Net”と呼んでいる。

### 3.DNS の重要性

近年ますます Network への依存度が増してきた。そして様々な Network 対応アプリケーションが利用されるようになった。そのような状況なので Network の管理者をしていると、利用者からの様々な苦情が増えてきている。その中に「Network が使えない」という内容の苦情があり、調査してみると ping は通るし、Router や Switch には対象となるマシンがしっかり認識されている。しかし利用者は「Network が使えない」と主張する。そこで詳しく状況を調べてみると、ただ DNS が引けないだけだったという経験が何度かある。管理者としては IP レベルでの疎通さえあれば、Network に問題は無いと考えてしまいがちであるが、一般的な利用者にとっては、普段使用しているアプリケーション、Mail であるとか WWW であるとかが使えない(たといただ DNS が引けないだけでしかなくとも)ならば、それは Network が使えないということになる。つまり利用者にとって Network とは、その上で利用出来る Service の事であり、Packet が届くかどうかと言う事ではない。その各種 Service の中でもっとも重要なのが、先ほどから述べている DNS である。何故ならばその他の殆どの Service は、DNS を利用するからである。言い換えば DNS が止まると、多くの Service が利用できなくなる。そこで障害に強い DNS System を構築し、利用者にとっての Network の停止を出来る限りなくすることにした。

障害に強いと言うと冗長化を思い浮かべる。し

かし実際の運用を考えてみると、単純に電源や NIC(Network Interface Card)等を二重化しただけでは余り意味が無いことが分かる。それは本体(Mother Board 等)そのものに障害が発生したら終わりだからである。他にも棟別停電等 UPS の能力を超える長時間停電には対応出来ない。それは DNS が設置されている棟以外の利用者は、その時でも DNS を必要とするからである。このような自体にも対応させようとすると、複数の筐体を使い、しかも各筐体を別々の棟に分散させる必要があるという結論になる。言ってみれば分散冗長化である。

#### 4. 分散冗長化 DNS System の実現方法

具体的にどの様にするかというと、main と standby の二つのマシンを用意し、Network 以外同一に設定する。そしてネームサーバ用の address を一つ用意し、main と standby で共用する。この address を Service 用 address と呼ぶことにする。2 台ともそれぞれ System 用 address を別に持つており、DNS を提供するときに System 用 address から Service 用 address へ移行する。つまり、あくまで System 用 address がマシン本来の address であり、Service を提供するときのみに使用するのが Service 用 address である。さらに main と standby をそれぞれ別々の棟に設置する。“どこでも Net”の機能により、棟は別でも IP address の共用が可能である。

もし、main が停止もしくは Network から孤立したと standby が判断した場合は、すぐさま System 用 address から Service 用 address に移行し DNS を引き継ぐ。利用者が設定するネームサーバ address はこの Service 用 address の事なので、DNS を受け持つマシンが交代したことは利用者には認識されない。このようにして、利用者に一貫

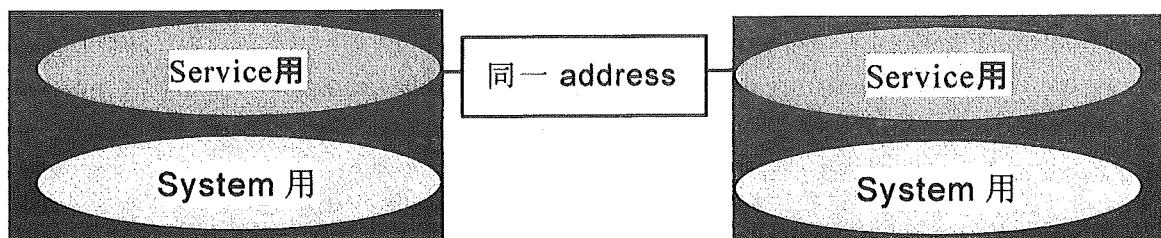
した DNS を提供する。さらに main が Network から孤立していた場合は、main 自身が Network から孤立したと判断した後、Service 用 address から System 用 address へ移行する。これは Service 用 address のまま Network へ復帰した場合、Service 用 address を使用するマシンが複数台存在してしまうことを防ぐためである。

問題は standby から main への復帰であるが、今回作成した System では次のようにした。main が復活したことを自動的に確認した standby は Service 用 address から System 用 address に移行する。次に main は自身が Network から孤立していないこと、且つ Service 用 address を使用しているマシンがないことを確認し、System 用 address から Service 用 address へ移行する。このようにするのは main を受け持つマシンと standby を受け持つマシンを固定しておくためである。理由は DNS へ host を登録するとき、片方の DATA を編集し、もう片方はその DATA をコピーして使うようになるからである。常に新しい DATA を持っている方を main とし、一定時間毎に DATA をコピーする方を standby としておく。こうすることによって、利用者に常に新しい DNS 情報を提供出来るようにする。なお、DNS を提供するソフトである named は、Service 用 address への移行時に立ち上げ、System 用 address 移行時に停止することによって、無用なサービスを立ち上げておかないようにする。従ってこの System では DNS の primary/secondly という形態では無い。どちらも primary として動作する。

#### 5 実際の構築

##### 5.1 動作方法

さて実際の System の構築であるが、main と standby が、それぞれ相手が停止もしくは Network



四角は NIC であり、一つの NIC で Service 用と System 用の二つの address を使用することを示す

から孤立しているかどうかを調べるのには ping を使った。今回は named 自身の状況を判断する機能は組み込んでいない。マシンを DNS 専用とし、しかも所外への公開をしないことにしたため、named 自身が障害を起こすほど、負荷が高くならないだろうと判断したためである。実際 1 年以上運用してきたが named 自身が障害を発生したことではない。Network が孤立しているかどうかの判断は、Router へ ping を打った時の反応の有無によった。反応が無いときに Network から孤立していると断定し、反応が有るときは孤立していないとみなしている。これは Router までの経路が確保されていれば、利用者からの通信は可能であろうとの判断による。実際の流れを図で示す。main が named の立ち上げのルーチンから始まっているのは、boot 時に standby が DNS をしている可能性があるためである。また main と standby はどちらもそれのみで動作し、他の機器の助けを借りない。理由はもしそれ自身以外の機器の助けを借りて動作していた場合、その機器の状態が System に影響してしまうからである。System に影響を及ぼす可能性がある因子は、出来る限り少なくしたほうが安定性は増すと考え

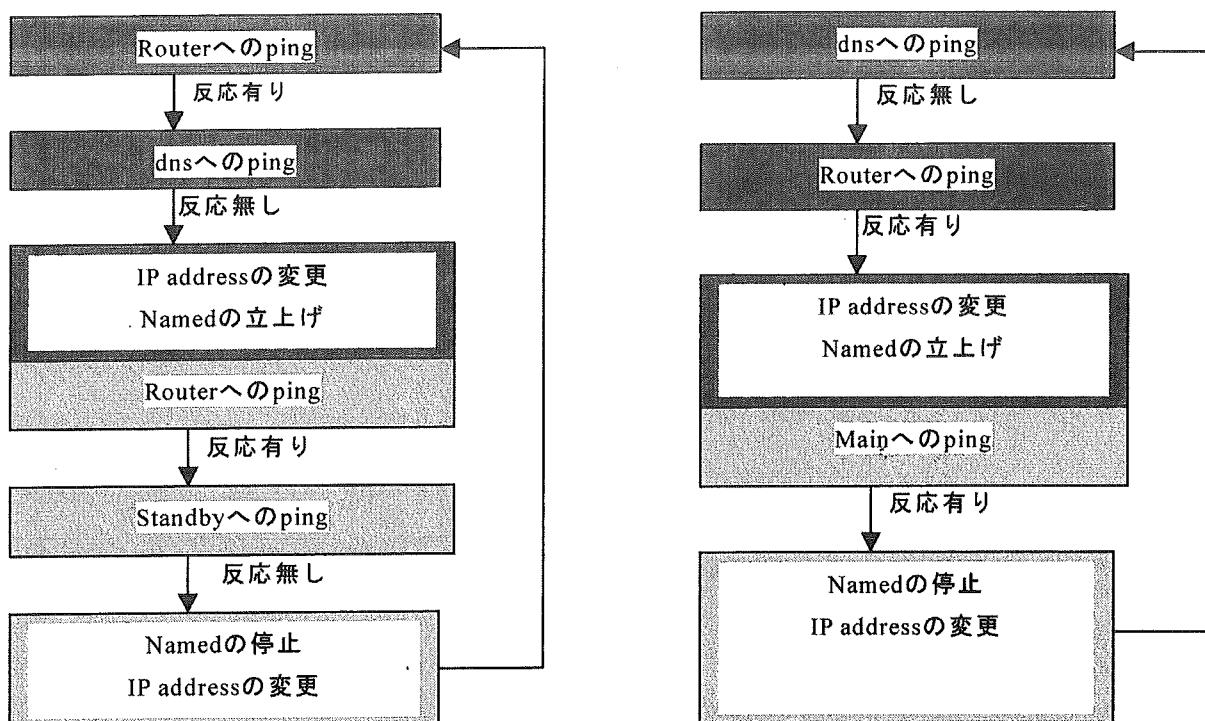
ている。

## 5.2 マシン本体

なお今回使用した機器は次の通りである。

- ・本体:IBM PC 互換機 (CPU=P5 200MHz/  
Memory=64Mbyte)
- ・OS:Linux
- ・NIC:10BASE-T×2

DNS 専用マシンであることから高性能なマシンは必要としない。また DNS の通信の負荷はそれほど高くないので、NIC は 10BASE-T(10Mbps) で十分である。OS は今後のメインテナンスを考慮して Linux とした。NIC が 2 枚なのは前述の DNS system に使うものと、普段のメインテナンス用である。DNS System 用の NIC 一枚のみだと、address が切り替わったときに通信が切断されてしまい、それまでの作業が台無しになってしまいうからである。実際の運用では各マシンの主 NIC をメインテナンス用に使用し、副 NIC を DNS System 用に使用している。従ってリモートで作業するときには主 NIC から login し、副 NIC は DNS System 専用として、こちらからの login は行わない。当然の事ながら、それぞれの NIC



左側が main の流れを示し、右側が standby を示す

は別の Network address を使用している。主 NIC の address は、管理者のマシンと同じ Network にしてある。それは Router が停止しても通信可能とし、メインテナンスをすることが出来るようである。一方の副 NIC で使用する System 用 address には、Service 用 address と同じ Network の address を使用している。従って Router が停止しても、DNS System 自体は動き続けることが可能である。つまり分散冗長化 DNS System は Router の状態に影響を受けない。これは「5.1 動作方法」の最後で述べた、System に影響を及ぼす可能性がある因子は出来る限り少なくする、ということを実践する上でも重要である。

### 5.3 実際の運用

運用テストで main を止めて standby が立ち上がるまでどれくらい掛かるかを見てみたところ、遅くとも 1 分以内、早ければ 20 秒程度で切り替わることが解った。実際の運用中に main から standby への切り替わりはたびたび発生している。その原因の殆どは Network が不安定になったために main が孤立したからで、機器本体の不調によるものではない。しかし、重要なことはたびたび切り替わりが発生しているにもかかわらず、利用者からの苦情が無いことである。つまり利用者が DNS の停止に気が付く前に切り替わりが

終了していると言ふことだと思われる。

### 6. まとめ

平成 8 年度から ATM Network とその上で実装した“どこでも Net”を運用してきた。その“どこでも Net”的特徴を生かして分散冗長化 DNS System というものを構築することが出来た。この DNS を運用開始してから 1 年以上立つが、この System の利用者からの苦情で、DNS に起因するものは全くと言っていいほど無い。これは目標とした、利用者への一貫した DNS サービスの提供が達成されている証拠だと思われる。作成者としてはこの結果に満足している。

ところで、平成 14 年度からは ATM に変わって GigaBitEther を基幹部に使った Network に変更される。しかし、“どこでも Net”は VLAN 機能を使って引き続き実現される。したがって分散冗長化 DNS System もそのまま運用可能である。実際平成 14 年 3 月 2 日に Network 機器の入れ替えが行われたが、特に何もしなくても分散冗長化 DNS System は、新しい GigaBitEtherNetwork でも問題なく運用出来ている。

これで DNS に関しては、利用者の苦情の原因となる可能性はかなり低くなつた。あとは他の Service にも応用が利くかどうかを検討していくたい。

## UVSOR の軌道変動

UVSOR 林 憲志

UVSOR のストレージリングは 16 組の Beam Position Monitor (BPM) を備えている。軌道調整に要する時間を短縮するため、また、UVSOR 高度化計画の実現後にいっそう重要性が増す軌道の安定化へ向けて、BPM の位置検出回路系を 2001 年に更新した。開発的要素を少なくし、かつ十分な精度と測定速度を得ることを考慮し、Bergoz 社の信号処理回路を採用した。そのビーム位置検出精度を検証した結果、10 mA 以上のビーム電流において、約 1 秒の測定で数  $\mu\text{m}$  以内の精度をもっていることが分かった（図 1）。

新しい BPM システムにより、さまざまな時間

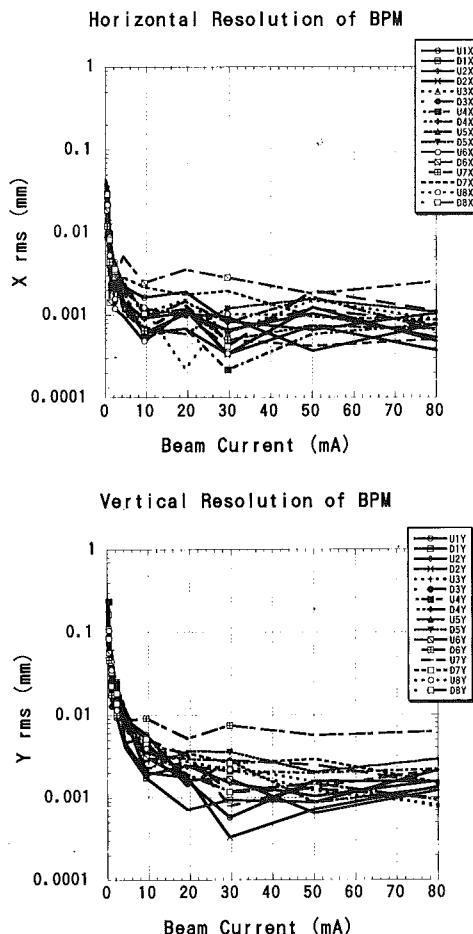


図 1. BPM の位置検出精度 水平(上)、垂直(下)  
(各測定電流値ごとに 5 回測定した標準偏差。計測時間は 1 秒)

スケール(秒～時間)での軌道変動が観察されるようになった。比較的長時間の軌道ドリフトの例を図 2 に示す。軌道変動には垂直、水平方向それぞれに特定の傾向があることがわかる。また、数分程度の周期の軌道変動も観測された。これは水温の変動によるものと特定され、観測系への影響の大きさから、変動を抑える対策を講じている。さらに、秒あるいはそれ以下の時間スケールでの軌道変動も存在していることが分かった。今後、これらの軌道変動の原因究明と対策の検討を進めていく予定である。

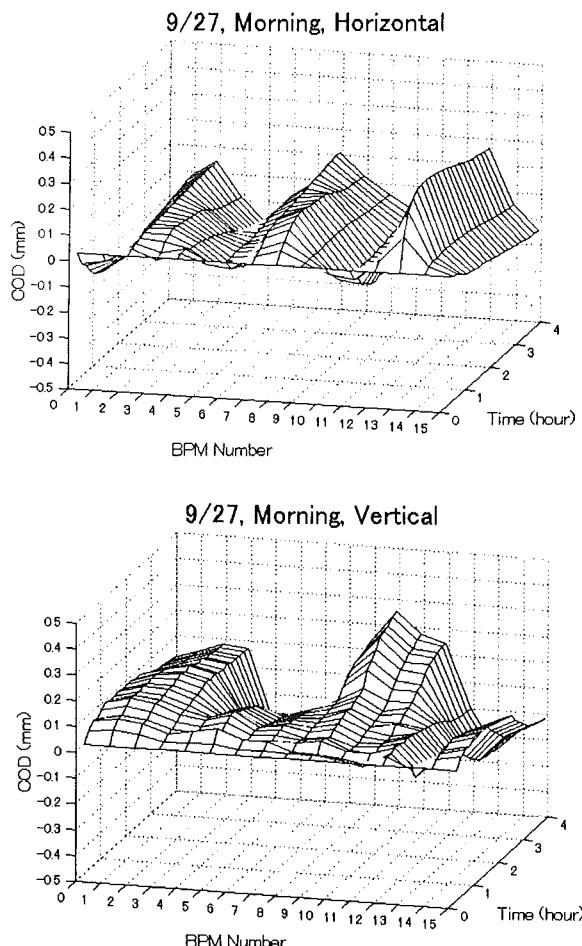


図 2. 軌道の変動例 水平(上)、垂直(下)

# 技術報告

## 量子化学文献データベース QCLDB 用エラーチェックプログラム (QCHECK) の WWW インターフェースの開発

電子計算機室 南野 智

### 1. はじめに

量子化学計算 (*ab initio* 分子軌道計算) は、今日において、実験とともに物性などの化学的所量を見積もる場合に、大きな威力を發揮する方法として確立している。計算の限界は主にハードウェアの制約によるものが大きいため、近年の著しいコンピュータの発展によって、日ごとに新たなブレークスルーが生み出されている。

またその応用分野は広く、基礎化学のみならず、工業化学や物理・生物・天文など、様々な分野で利用されている。1980 年代から 1990 年代の、Gaussian シリーズや、GAMESS、HONDO といった *ab initio* 計算用のプログラムパッケージの普及や、近年の DFT (密度汎関数法) 革命によって、*ab initio* 計算を行なっている論文数は、飛躍的に増加している。

データベースを構築する主な目的は文献検索の効率化であるが、文献検索によってもたらされる利点は、

(1) 無駄な計算を省略することができる。エネルギーなどの物性値のみでなく、最適化構造などが掲載されている場合もあり、文献値をそのまま利用することも可能だが、新たな計算を行う場合でも、初期構造として用いることができるなど、応用計算にも活用できる。

(2) 過去の有用な計算結果など、さまざまな経験が蓄積されている。過去の計算における有効性・問題点を、実際に計算することなく把握することができる。

(3) 計算の対象となる物がどのような物で、何の物性値がどの程度の精度で必要かで、最適な計算方法の選択肢が変化するが、そのような場合でも、過去の文献を調査することによって、最適な計算方法の選択にも重要な手がかりを与える。

等が考えられ、研究指針を立てる際や、実際に量子化学計算を行なう際にも、非常に有益な情報を提供する。

量子化学文献データベース (Quantum Chemistry

Literature Data Base: QCLDB) は、1976 年以降の化学、物理、計算科学などの主要な学術雑誌に掲載された、*ab initio* 分子軌道計算の文献データベースであり、最新バージョン (Release 2001) は 1976 年から 2000 年に学術雑誌に掲載された 57,037 件の *ab initio* 量子化学計算の文献に関する情報を収録している。

近年のインターネットの普及により、WWW インターフェースを用いたデータベースの要求が高まっている。データベースを限られたローカルなサービスに限定しないで、より広範な、全世界的な規模で公開サービスを行なうためには、WWW インターフェースを用いたデータベースの構築は必須である。筆者は、1976 年から分子研が継続的に開発を援助してきた QCLDB を、全世界に公開するために、WWW 版 QCLDB 検索システムの開発を行った。

また、QCLDB のデータ収集・査読は、QCDB 研究会及び量子化学の研究者の半ボランティア的活動によって支えられているが、近年の *ab initio* 論文数の急速な増加により、QCLDB データ収集の作業負担が大変大きくなってきたため、データ入力・エラー訂正等の作業の軽減を目的として、エラーチェック用プログラム及びデータ登録の WWW インターフェースの開発も併せて行った。

### 2. WWW 版 QCLDB の開発

コマンドラインによるインターフェース利用に対して、直接ログインする手間を省いて検索を行なうことができ、また、統一されたインターフェース環境を提供できるため、広く利用される傾向にある。さらに、セキュリティの面からも、WWW は信頼性が非常に高く、perl や SQL などと組み合わせることによって、データベースを活用する上で十分な機能を保有している。

高いセキュリティの確保と、ユーザーのサイト情報の取得のために、利用者のメールアドレスをアカウントとして利用する方法を用いた。ロ

グインのためのパスワード情報は、新規登録時のメールアドレスへ自動的に送信されるようにして、第三者が他人のメールアドレスを使用してアカウントを取得するのを防いだ。検索の方法は、著者名、雑誌名、分子組成や基底関数、計算方法や物性などのキーワードによる検索が可能で、AND や OR により絞り込み検索を行うことができる。また、雑誌や年号、分子組成ごとの登録論文数を検索できるコマンドも利用可能となっている。

WWW 版 QCLDB 検索システムを 1997 年 2 月に公開した (<http://qcldb.ims.ac.jp/>)。2002 年 2 月までの登録者人数は、ユーザー約 3,762 人 (74ヶ国)、月平均 1,300 回程度の検索利用がある。計算科学研究センターのユーザーがコマンドラインで利用できる QCLDB オンライン版 (年間 500 ~ 800 回、80 ~ 100 人程度) の利用に比べ、現在では圧倒的にインターネット利用が占めている。

### 3. WWW 版 QCHECK の開発

QCLDB データの作成には大きく分けて、(1)QCLDB データの収集 (STEP1)、エラーの訂正 (STEP2) (2) QCLDB データの査読・修正 (STEP3)、(3) 主要雑誌以外の漏れ落ち文献の収

集・査読（落穂拾い）(4) データベース化（統合）の 4 つの工程がある。

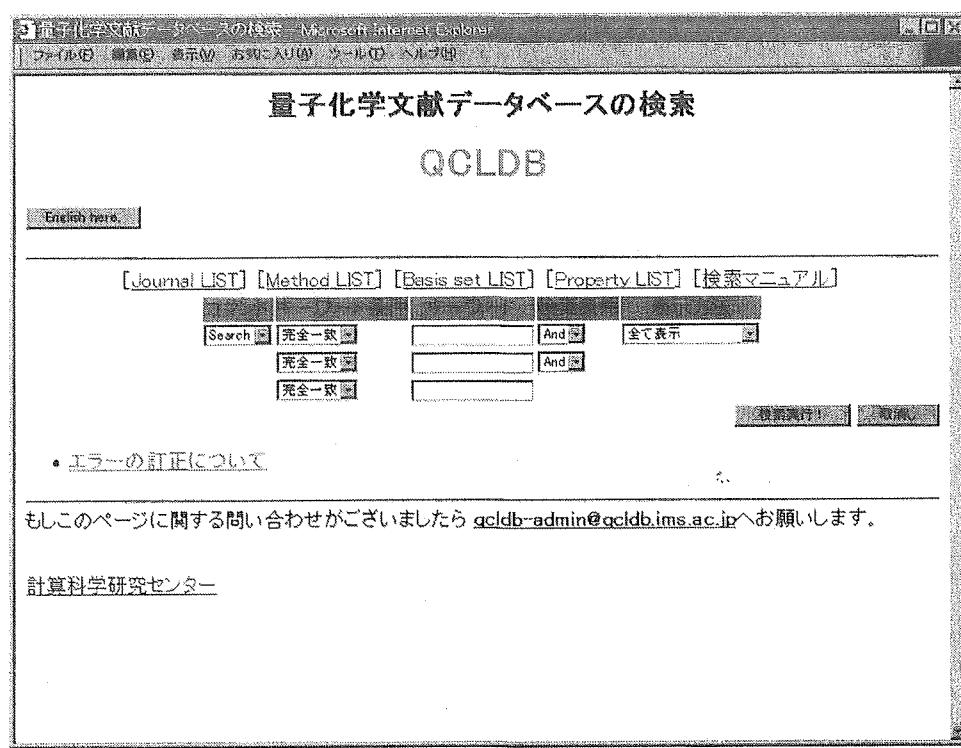
#### (1) データの収集

##### (1)-1 粗データの収集

QCLDB のデータ構造に従い、*ab initio* 論文が掲載されている主要学術雑誌ごとに、1 ないし数名の研究者・学生（もしくは研究グループ）ごとに、半年単位で QCLDB データの収集を行なう (STEP1)。

##### (1)-2 エラーチェック

筆者が作成した、インターネットの WWW の機能を用いた収集者用エラーチェックプログラム (WWW 版 QCHECK) を利用してエラーチェックを行なう。各収集者は、それぞれの端末から WWW ブラウザを用いて、各端末上にあるテキスト形式の QCLDB データを WWW-QCHECK にかける。syntax error があった場合は、ログファイルを参照してエラーの訂正を行なう。また、QCHECK は内部に独自の辞書を保有しており、辞書に無い単語が現れた場合は spell error としてその単語がファイルに出力される。収集者は出力ファイルを参考にして、spell check を行ない、スペルエラーとなるものを取り除く。辞書に登録されていない単語があった場合は、工



WWW 版 QCLDB 検索画面<sup>6</sup>

ラーチェックプログラムが認識する記号を加え、最終的に spell check も 0 error となるように粗データの訂正を行う (STEP2)。

### (1)-3 サーバへの転送

収集したデータを査読者に渡すため、(1)-2 で作成された STEP2 ファイルをメール形式で送信する。送信されたファイルは、特定のファイル名でサーバ内に登録される。登録されたデータは、直接 WWW 画面から参照できる。

### (2) データの査読

#### (2)-1 査読作業

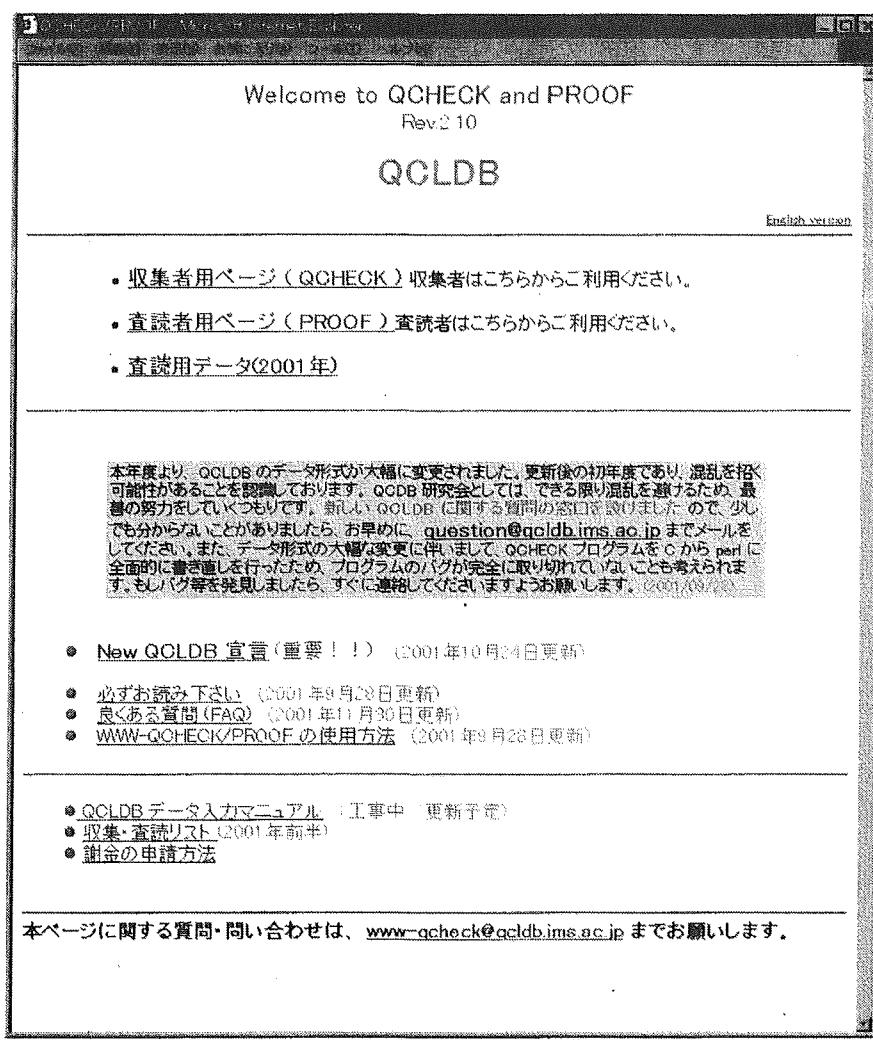
主要学術雑誌ごとに、1ないし数名の研究者（もしくは研究グループ）が査読を行う。この際、データの信頼性を向上させるため、原則的には収集者とは別の研究グループが担当する。また、この査読作業は、収集作業に比べてより厳密性が必要なので、*ab initio* 計算に関してより多くの経験と知識が必須である。このため、査読の担

当者は、*ab initio* 計算関連の研究を長年行なってきた研究者を割り当てるよう配慮している。

査読作業は、(1) で作成された STEP2 ファイルをサーバからインターネット経由で取ってきて、そのファイルを元に登録された文献の査読を行なう。この際には誤りの修正などの作業のほかに、収集段階で見落とされた論文の追加や、厳密には *ab initio* 論文と見なされないような文献の削除などの作業も必要となる。

### (2)-2 エラーチェック

WWW の機能を用いた査読者用エラーチェックプログラム (WWW 版 PROOF) を利用してエラーチェックを行なう。各査読者は、それぞれの端末から WWW ブラウザを利用して、各端末上にある査読済みの QCLDB データをエラーチェックプログラムにかける。収集と同様に、syntax check 及び spell check を 0 error にする (STEP3)。



WWW 版 QCHECK 画面<sup>7</sup>

## (2)-3 サーバへの転送

査読後のファイルを登録するため、(2)-2で作成した STEP3 ファイルをメールでサーバに送信し登録される。

(3) 漏れ落ちデータの収集・査読（落穂拾い）  
主要学術雑誌以外でも、*ab initio* 計算を行なっている文献があるので、これらに関しても、できる限り QCLDB データとして採録するため、オンライン版 Chemical Abstracts(CAS) を利用して、同様に収集・査読作業を行ない、STEP3 ファイルとして追加する。

## (4) データベース化（統合）

年に1回、収集・査読の工程を経た STEP3 ファイルを統合して、データベース化の作業を行なう。最終的にデータベースの形式にするため、まず、査読後の STEP3 ファイルを統合し、ID 番号を付けて、さらに最終的なエラーチェックを行ない、必要があれば原論文に返ってできる限り誤りをなくし、データベースの信頼性の向上に努める。統合され、新たに作成された QCLDB データを、前年までの分に追加して、最新版としてリリースする。

そのほかに、QCLDB ホームページ上において、*ab initio* 論文著者から、直接 QCLDB 形式のデータを送ってもらう "Author-made QCLDBdata" を随時募集している。現在のところ、この方法によるデータの登録件数は少ないが、今後この方法が普及することによって、収集・査読作業の大幅な軽減がなされる可能性は大きい。

QCLDB データの収集にはこのように非常に厳密な作業を経て作成されているため、高い信頼性を保持したデータベースであると言えるだろう。

1998 年度までは、データベースサーバに直接ログインして、コマンドラインでエラーチェックプログラムを起動し、登録を行なってきたが、使用方法が難しい、セキュリティ上問題が多いなど、様々な問題が発生したため、セキュリティの向上、分かりやすいインターフェースの提供、登録までの労力低減等の目的のため、筆者が WWW 版 QCHECK を作成し、1999 年度より運用している。使用マシンは、PC-LINUX(Redhat6.2 → 7.0,celeron366MHz) に

WWW サーバアプリケーション (apache) を導入し、HTML や perl、C-shell スクリプト等を使用してプログラムを作成した。登録までの作業の手順は WWW 画面上に直接表示され、syntax error や spell error があった場合はエラーを修正するよう表示して登録できないようにし、エラーが無くなったときだけ WWW からデータ登録ができるようにしたため、初めての学生でも容易に使用でき、混乱が少なくスムーズに移行が可能だった。査読用のデータも、WWW ページにアクセスするだけでダウンロードできるため、査読者が、直接ログインして ftp するなどの労力が短縮できた。また、質問・情報提供用のメーリングリストを準備したため、メンテナンス等即時性が要求される問題・障害が発生した場合にも、連絡の周知徹底がはかられるようになった。マニュアル等も WWW 化したため、以前のように印刷物による配布のみの場合に比べ、細かい仕様変更等の情報提供がスムーズに行えるようになった。

3. 新しいデータ形式への対応

QCLDB は 20 年以上に渡って、*ab initio* 論文に関する文献の収集を行なってきたが、20 年以上前に設計されたそのままのデータ形式を継承してきたため、時代にそぐわない点が生じてきた。

データ形式の例

## (旧 QCLDB データ形式)

AU	BREIDUNG J, THIEL W
JO	JMOSA3
VO	185
PA	115
YE	97
CO	C2CL. 2, CCL. N, C2H2, C2HCL. , C2HF, C2CL. F
ME	RHF, PRTB, MANY
BA	GEXT
PR	GEOM
COM	J. N.=J. Mol. Spectrosc. , DICHLOROETHYNE , SPECTROSCOPIC CONSTANTS , MP2 , CCSD(T) , FUNDAMENTALVIBRATIONS , ISOTOPOMERS , FORCE FIELD , CYANOGENCHLORIDE , ACETYLENE , CHLOROETHYNE , FLUOROETHYNE , FLUOROCHLOROETHYNE
ID	41305

## 技術報告

### (新 QCLDB データ形式)

AU Choi T H, Park T, Kim M S  
JO JCPA6  
VO 114  
PA 6051-6057  
YE 2001  
CO CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub><sup>+</sup>, CHNH<sup>+</sup>, H<sub>2</sub>  
MO [methaniminium cation], hydrogen  
ME HF, MP2, QCISD, B3LYP  
BA 6-31G(dd), 6-311+G(dd)  
PR GEOM, REAC  
COM dissociation dynamics, reaction path, bifurcation, potential energy surface, kinetic energy release, classical trajectory, mode-specific energy, hydrogen scrambling, transition state, TS energy  
ID 50,001

### (オンライン版 Chemical Abstract データ形式)

( 2) (c) 1997 Amer. Chem. Soc.  
CA: 128/02/017051b SC:73-001  
DT: J LA: Eng  
TI: Equilibrium structure and spectroscopic constants of dichloroethyne: an ab initio study  
AU: Breidung, Jurgen / Thiel, Walter  
LO: Org.-Chem. Inst., Univ. Zurich  
CI: Zurich PC: CH-8057  
NR: 1 PP: 115-122  
PY: 1997 CO: JMOSA3  
KW: chloroethyne equil structure spectroscopic const  
KW: ethyne dichloro equil structure spectroscopic const

現在においても、文献検索用データベースの多くは、抄録及びタイトルを主な情報として掲載しているが、QCLDB の大きな特長は、「研究者がデータを作成している」という点が他のデータベースと大きく異なっている。抄録をそのまま載せるのではなく、計算方法や基底関数などの分類を行なったり、研究者が必要と思われるキーワードを原論文から直接抽出してコメントに載せたりという作業を加えている（抄録ではまとめと結論が主な内容な）ため、抄録に掲載されていない場合が多い、計算方法に関する詳細や、物性値に関する情報が、QCLDB の検索のみで分かるので、20年たった現在において多くの研究者から重宝されている所以であろう。また、ほとんどすべての *ab initio* 論文の収集を行ってきたのも本データベースの有用性の大きな一つである。しかし、年間のデータ数が 5,000

件を越え、研究者の半ボランティア的活動では支えきれない面が生じてきたので、2001 年 8 月、QCLDB 会議において、収集に関する原則の一部変更、新データ形式への移行という大方針が決定した。

#### (主な仕様変更点)

- ・小文字対応（今まですべて大文字だった）
- ・新しい「化合物名フィールド」の追加
- ・計算方法、基底関数フィールドを分類記号から直接入力に変更
- ・終了ページを追加
- ・組成式の規則を変更

それに伴い、エラーチェックプログラム、検索システムとともに大幅な見直しが必要となった。QCDB 研究会で検索システムの開発と、収集・査読用チェックプログラムの開発チームが結成され、筆者らは、エラーチェックプログラムの開発を担当することになった。エラーチェックプログラムは、QCLDB 発足当初は長村氏の開発した pascal 言語版 QCHECK<sup>4</sup> を分子研汎用計算機にて運用していたが、C 言語への変換版（小原氏）を経て、2002 年度より、perl 版 QCHEC を筆者が開発し、運用を行っている。基本的機能は C 言語版より継承しており、主な機能は以下の通りである。

- (1) データ形式のチェック
- (2) キャラクター（文字）のチェック
- (3) 著者名・文献の重複チェック、著者名の辞書（スペル）チェック
- (4) 化合物名、基底関数、計算方法、コメント欄の単語の辞書（スペル）チェック
- (5) 組成式チェック
- (6) リストファイルの出力

perl 言語で書き直したことによって、C 言語で約 14,000 行あったプログラムが、約 1,500 行程度まで短縮できた。ただし、C のプログラムに比べ、perl プログラムは処理速度が遅いという欠点があるため、データ数が増加した場合に問題が発生する事も予想されるので、今後プログラミング等改良する必要がある。

今回の仕様変更に伴って、新たに化合物名辞書（約 2 万語）や、計算方法辞書、基底関数辞書などを作成する必要が生じたが、他の WWW サイトで、有用な化合物名データベースや基底関数データベースが存在するため、そちらからデータを取得し、必要な単語を適宜加え、QCHECK

用辞書の作成を行った。

#### 4. まとめ

QCLDB の配布・利用媒体として、コマンドライン版、及び、化学情報協会からテープ・CD-ROM 等による配布を行ってきたが、今後はこのような配布形態を完全に撤廃し、インターネット利用のみにしてく予定である。さらに現在は、主に日本の量子化学研究者が主体となってデータの収集等を行なってきたが、インターネットが普及した現代においては、全世界的な利用を視野に入れて、各国からもデータ収集の協力者を募る必要があると考えている。

現在、多くの学術雑誌が伝統的な本の形式から CD-ROM に、そして WWW の形式に移行しつつある。今後このような形態が普及すれば QCLDB の存在意義は薄くなるかもしれないが、パスワード認証や著作権保護の問題があるため、すぐに同等の検索が可能になるとは考えられないだろう。

この種のデータベースで特に重要な点はその継続性であることは言うまでもない。基礎科学の分野でこのような長期間にわたる実績と評価<sup>1-3,5</sup>を持ち続けることは大変貴重である。今後も多くの研究者の、研究の助けとなるよう、QCLDB サービスを継続運用し、さらなる発展を模索していく必要があるだろう。

#### (参考文献)

- 1.Matsushita T, etc., J. Mol. Struct. (Theochem) 575-576, 1, 2001.
- 2.Minamino S, etc., J. Mol. Struct. (Theochem) 533-534, 1, 2000.
- 3.以下、1982 年より毎年 J. Mol. Struct. (Theochem) を発刊
- 4.Osamura Y, etc., J. Chem. Inf. Comput. Sci., 21, 86, 81.
- 5.J. Comp. Chem., 7, 381, 1986. (QCLDB 印刷版に関する書評)
- 6.<http://qcldb.ims.ac.jp>
- 7.<http://qcldb.ims.ac.jp/qcheck>

## 分子制御レーザー開発研究センター ～センターの歴史を振り返りながら～

分子制御レーザー開発研究センター 上田 正

着任して2年あまりが過ぎた私の立場から、分子制御レーザー開発研究センターを紹介するとき、附属研究施設の改組による創設時のことや、その前身である機器センターのことを、いろいろな資料を参考にして、私自身が知らなかつた歴史を今一度勉強し、それを踏まえて分子制御レーザー開発研究センターの現況について報告したい。

私が着任した時、分子制御レーザー開発研究センターは4年目を迎えるようとしていた。

分子制御レーザー開発研究センターには3つの開発研究部がある。それぞれ助教授と助手の先生が1名ずつ配置されており、研究および教育に取り組まれている。その中の分子位相制御レーザー開発研究部の佐藤助教授は、私が着任してまもなく、北海道大学工学部に転出され、つづいて渡邊助手も東京大学の方へ転出された。分子科学研究所は、人事の流動性が高いと伺ってはいたものの、現実に周りの先生方が転出されるのを目の当たりにして、目を白黒させていたのを昨日のように覚えている。転出された佐藤助教授とは、2001年の秋、札幌で開催された分子構造総合討論会の会場で再会し、転出された先が分子制御レーザー開発研究センターの前身である機器センターの助教授をされていた山崎巖北海道大学工学部教授の研究室であることを聞き、まずは機器センターの歴史について紐といてみることにする。

分子科学研究所要覧によると、機器センターは昭和50年4月、分子科学研究所の創設と同時に発足した。記録によると、初代センター長の着任はそれから約1年後の昭和51年5月1日である。この年、私は保育所に入所したばかり・・・。また、インターネットでこの年にあった出来事を調べてみると、中国では周恩来首相死去、毛沢東主席死去、国内ではロッキード事件で田中角栄元首相逮捕、黒猫ヤマトの宅急便がスタートなどである。もちろん、当時の私の記憶にはほとんどなく、歴史の深さを感じ

させられる。

そんな時代にスタートした機器センターは、その役割として、分子科学の研究に必要とされる機器のうち共通性があり、かつ最高級のものを集中管理し、研究所内外の研究者に貸し出し、使用して頂くことにある。これによって、研究費の二重投資を防止するとともに、機器の性能維持を組織的に、なおかつ計画的に推進してきたことは、機器センターに在職された先輩諸兄のお話として、伺うことができた。

分子制御レーザー開発研究センターの事務室に保存されているA3サイズの台帳に目を通す機会があった。機器センター時代の機器使用予定表(図1)である。機器使用スケジュールの管理はこの台帳によって行われ、機器の予約手続きや貸出し状況等を知ることができたそうだ。また、小型貸出機器については、各機器に糸で結びつけられた機器貸出カード(図2)に利用者自らが予約・貸出しの記入及び参照する形で、管理を行っていたようだ。この方法の問題点として、予定表を閲覧するためには、その都度、機器センターの事務室に足を運ばなければならないことや、施設利用者など所外ユーザーは、機器センター事務室業務時間内に電話で問い合わせしなければならないなど、IT社会となった今では考えられない苦労があったようである。

今、何の躊躇も無く使っているWebによる予約システムにも、底知れぬ歴史があるようだ。現在の予約システムの基礎となった初代予約システムを企画提案し、施行した技術課の山中第四技術班長によれば、機器予約業務が最初にオンライン化されたのは、イエローケーブルが敷設されてまもなくとのこと。初代予約システムが稼動してからもいろいろな苦労があったと聞いている。当初、ネットワークケーブルが敷設されたとはいえ、実際にネットワークにぶら下がっているコンピューターは極めて少なく、各居室に1台あるかないかであった。そのため、なかなか予約システムを利用して頂けない環境

## 機器使用予定表

1981年4月

12日～18日

機器名	日(12)	月(13)	火(14)	水(15)	木(16)	金(17)	土(18)	備考
1. 重ね率測定装置								
2. 可視紫外光度計			← 中島 (修理中)				→	
3. ロボット分光度計								
4. 紫外紫外分光器								
5. フーリエ変換赤外分光度計			正名 (105340)					
6. 5万分光度計	←						→	
7. 14ハーフ光度計								
8. 円二色性分光計								
9. けい光寿命測定装置								
10. 色度計 Melting	←	高木 (修理)	17日	→	PAB DANCAP 162 164			
11. 精子×精子分析装置								
12. 超音波多頭取扱機								
13. 電子スピノ共鳴装置			工場 (修理)					
14. 走査型熱分解計								
15. X線装置								

図1. 機器センター時代の機器使用予定表

機器名	機器貸出カード					機器センター
	機器分類番号	OH-3	固有品番	L-7 54		
オックスロスコープ						
会社名	テクトロニクス					
モデル名	485					
貸出者氏名	所属名	内線番号	貸出日	返却予定期	返却日	備考
村屋俊郎	機器室	480	80.8.27	80.9.10	80.10.17	
近藤一信	会議室	345	80.10.17	80.10.27	80.11.24	
上野文吉	相談室	454	80.11.6	80.11.20	80.12.17	
正岡宏祐	ギヤ室	391	80.11.17	80.12.1	80.12.1	
上野文吉	本棟	451	80.12.8	80.12.22	80.12.23	
近藤一信	会議室	345	80.12.16	80.12.27	80.12.26	
寺澤	電気部	360	80.12.26	81.1.9	81.1.26	

図2. 機器センター時代の機器貸出カード

にあったそうだ。PC-9801全盛の時代で、インター（イントラ）ネットは、telnetを使って、テキストベースの情報をやりとりするぐらいで、10万円程度を費やして、ネットワークにぶら下げる価値が問われた状況のようだったらしい。このため機器センターでは、せっかく構築した予約システムを使ってもらえないくてはと、小型貸出機器保管室や事務室に自由に利用できる端末を用意したり、各研究部門の居室のコンピューターのネットワーク接続をお手伝いしに行ったり、さまざまなサービスを行って予約システムの定着を図ったそうだ。そんな努力の甲斐

があって、1ヶ月に200～250件のログインがあったとのことである。

現在では、至極簡単にネットワークに接続し、利用することができるネットワーク全盛の時代である。このような環境下では、数分、あるいは数十秒ネットワークが停止しただけで不快に感じる程、現在の予約システムをまるで空気を吸うかのように、有り難味を感じず当たり前のように使っている。これも一重に、ネットワーク敷設に伴い逸早く立ち上げられ、定着を図られたご努力によるものと敬意を称すると同時に、私自身今一度検証し、必要に応じてよりよいシ

ステムになるよう継承すべく提案を行っていきたいと考えている。

共同利用機器に関しては、旧機器センターのレーザー装置及び分光機器をそのまま受け継いでいる。その歴史を物語る機器リストが今でも大切に保管されている。「所蔵機器リスト 第1版」によれば、昭和53年当時のレーザーは、アルゴンイオンレーザー、ヘリウムネオンレーザー、パルス色素レーザーである。山中技術班長によれば、アルゴン及びヘリウムネオンレーザーは、ラマン分光光度計の励起光源として用いられていたものであり、パルス色素レーザーは、Molelectron 社の窒素レーザー (UV-24) により色素レーザー (DL14) を励起して、580nmにおいて、パルス幅が約10ns、パルスエネルギーが約1mJのレーザー光を発振させていたとのこと。当時、1台しかなかったパルス色素レーザーを、施設利用者など所外ユーザーを含めた多くの研究グループで利用されていたとのことである。Molelectron という文字は、現在では、私が利用しているパワーメーターでのみ見みることができ、今更ながら、その歴史に驚嘆している。

私が現在主として担当している超短光パルスレーザーについて機器リストを遡ってみると、昭和55年度にモードロックアルゴンイオンレーザー励起キャビティダンプ色素レーザーが導入されている。利用者から寄せられた施設利用実施報告書や論文の別刷によると、このレーザーは、82MHzという高い発振速度を利用して、時間相関单一光子係数法に応用され、いろいろな分子の蛍光減衰曲線が測定され、分子内あるいは分子間の電子移動やエネルギー移動に関連する速度定数の決定などに貢献したようだ。モードロックアルゴンイオンレーザーは、昭和63年にモードロック Nd:YAG レーザーに更新され、レーザー装置としては、比較的長い期間、愛用されていたように思う。そんなレーザーも平成4年に、モードロックチタンサファイアレーザー及びその增幅装置に、超短光パルスレーザーの主役を譲り、波長可変が色素の時代から固体レーザーの時代に移っていった。そして、私は分子研着任と同時に、このレーザー装置の担当となり、多くの技術を学んでいるところである。さらに、2度の\*学会発表を経験し、色々と勉強もさせて頂いた。当センターが所蔵する最も大掛かりな共同利用装置であり、他に誇れるレー

ザー装置となったわけであるが、詳細はかなえ前号を参照して頂ければ幸いである。

平成9年4月、旧機器センターは、今日の急速かつ高度に進歩し続けている分子科学に対応すべく、分子制御レーザー開発研究センターと名前を改めた。分子科学において、レーザー装置はその研究手段として非常に重要であり、レーザーの性能がそのまま研究結果に反映してしまうとしても言い過ぎではない。従って、市販のレーザー装置を購入し利用していたのでは、先端的分子科学の研究を推進するには不十分である。そこで当センターは、新しい分子科学研究を切り開くべく、高性能かつ新規なレーザーシステムを自ら開発することを目指している。

この春、創設から6年目を迎えるとしている。変革の時代と言われるように、分子制御レーザー開発研究センターでも多くの変化が見られる。冒頭で記述したとおり、分子位相制御レーザー開発研究部の佐藤助教授と渡邊助手が転出された。さらに特殊波長レーザー開発研究部の栗村助手も転出された。利用者の皆さんの中もあって、共同利用装置の担当が技術課主導による保守管理体制となった。我々の管理するレーザー装置の4割が年間300日以上ユーザーに使用されており、また、小型貸出機器においても、5割の機器が年間300日以上、実験に組み入れられている。21世紀を迎えた今日、新たな光計測機能が必要とされる。それは紛れもなく、ナノテクノロジー、ナノサイエンスに関連したものである。本研究所にも分子スケールナノサイエンスセンターが発足すると聞いている。これまで以上に高度極限化した光計測が進展するものと考えられる。私が職務として行っている共同利用の推進やその技術支援分野においても、レーザー装置などの単なる利便性の向上ではなく、ニーズを先取りした技術支援のあり方を今一度検討し、大学共同利用機関である分子科学研究所、そのまた共同利用の窓口的な役割を持つ分子制御レーザー開発研究センターを技術支援していきたいと考えている。

### <引用>

機器センター 利用のしおり

機器センター 所蔵機器リスト

\* <http://wisteria.ims.ac.jp/LC/index3.html>

真空封止型軟X線アンジュレータの導入

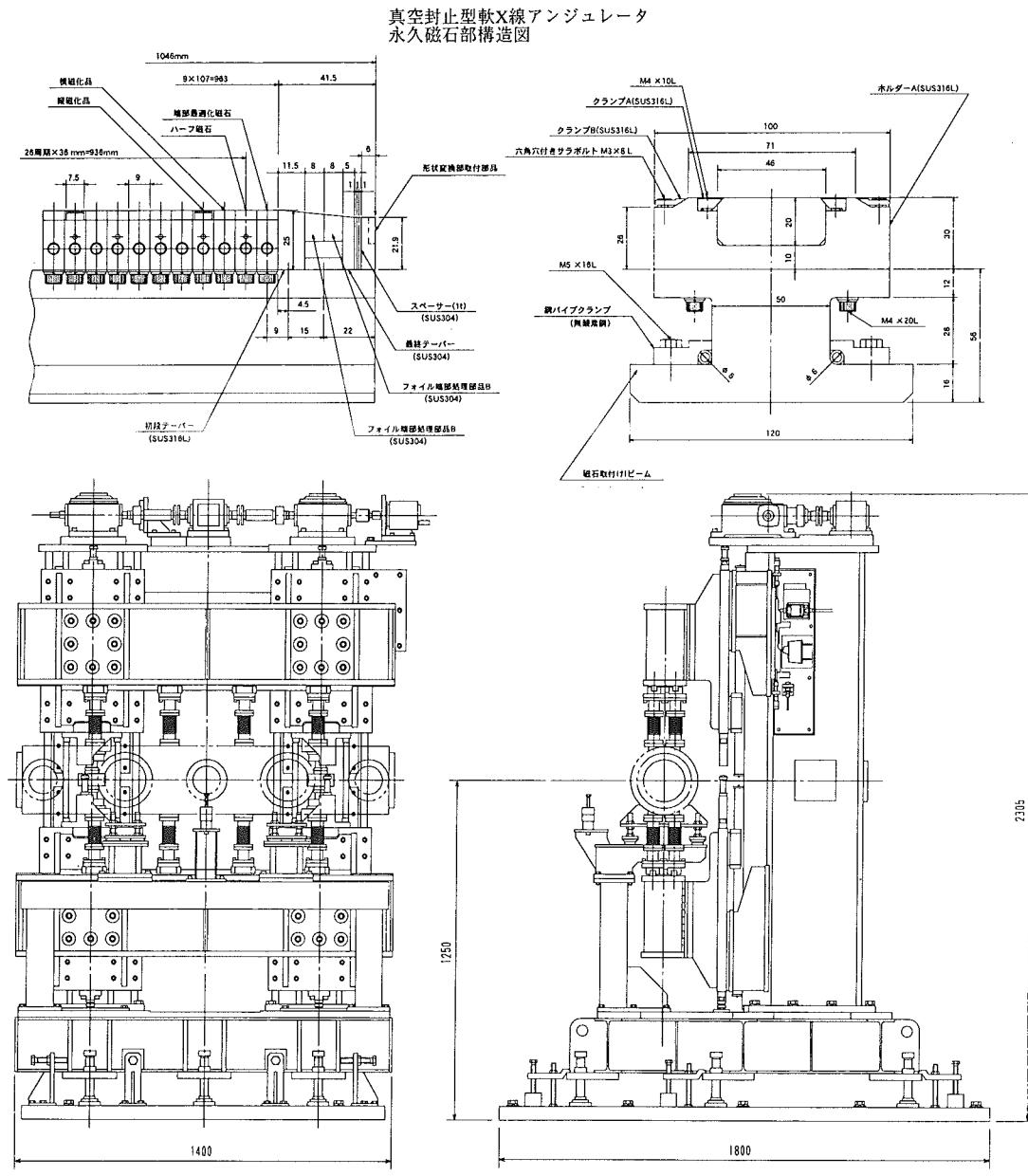
UVSOR 山崎 潤一郎

UVSOR は真空封止型の軟 X 線アンジュレータ(図 1)を開発し、これまで軟 X 線光源として利用してきた超伝導ウェイグラを撤去し跡地に設置した。

真空封止型アンジュレータは PF-AR に導入されたが、その後 SPring-8 ではアンジュレータの標準タイプとして導入されており、技術的には熟成されてきている。ただし、これを UVSOR のよ

うな低エネルギーーリングに導入した例はない。

真空封止型とすることの利点は、軌道上の磁場強度を保ちつつ周期長を短くできることである。従来の UVSOR のアンジュレータではカバーできなかった 100eV・超のエネルギー域でアンジュレータ光を発生することを目指す。基本波を 100eV 付近にもってくることで、宇理須グループからの要望に近い光が出せる可能性があると



四 1

考えている。

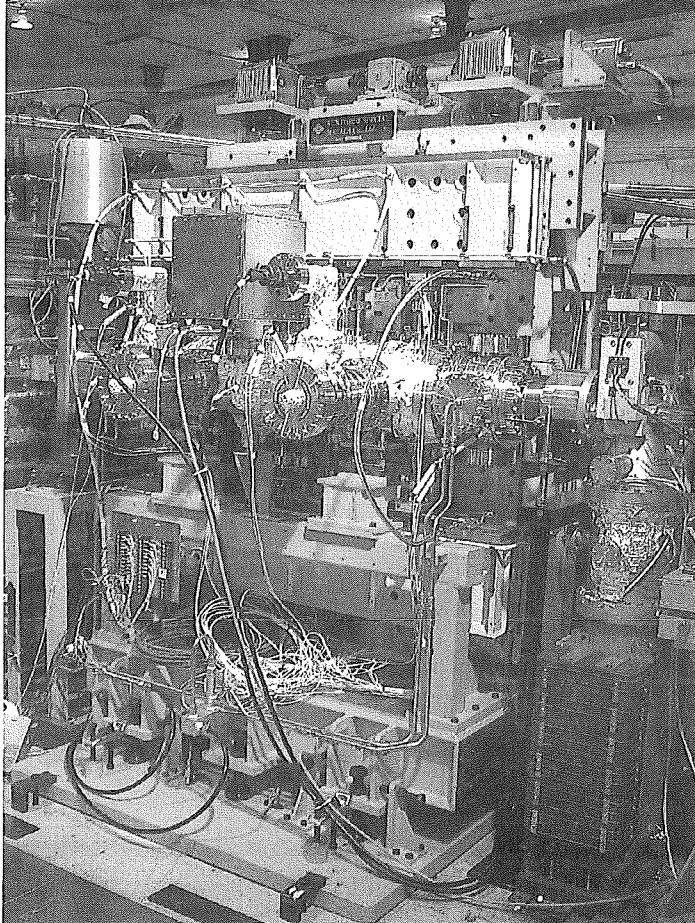
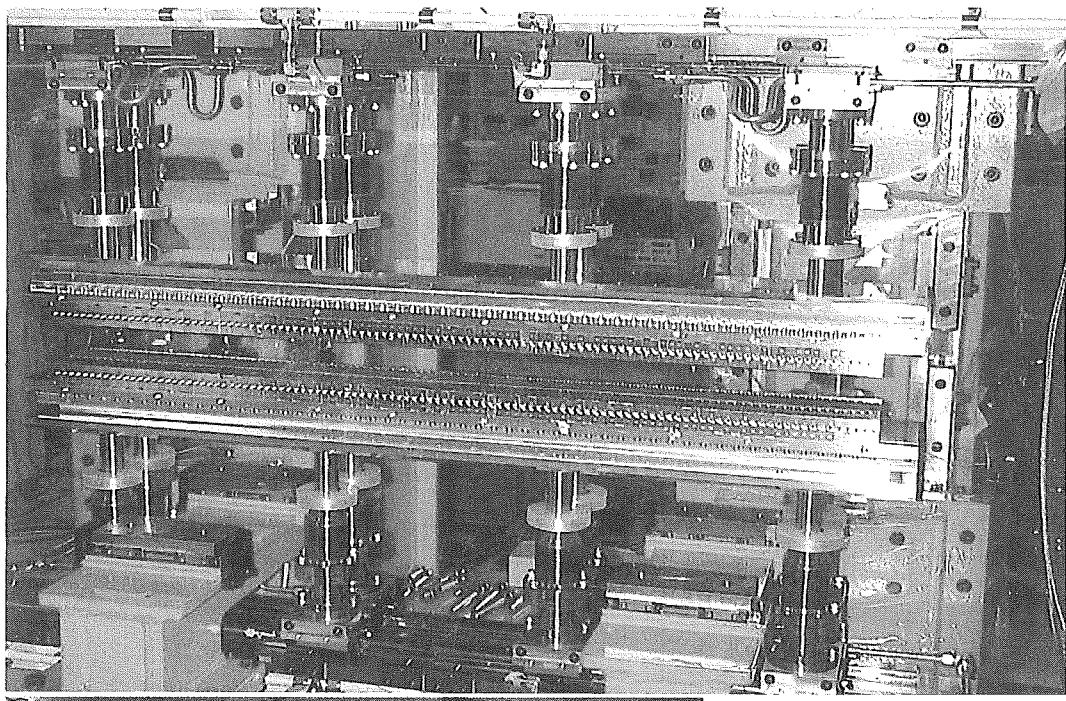
・周期数～25

・最小磁極間隙<20 mm

(注:最終的なパラメタは磁気回路の設計結果  
により決める)

アンジュレータ基本パラメータ

- ・磁極長～1 m
- ・周期長～4.0 cm



写真上. 真空封止型軟X線  
アンジュレータ永久磁石部

写真左. 電子蓄積リングに設置された  
アンジュレータ

# 技術課活動報告

## 技術課セミナー

### —「走査プローブ顕微鏡技術」—

技術課では各研究施設または研究系に配属された技官が様々な技術や専門知識で研究をサポートし、それぞれの技官は急速に進展する研究の支援のために常に技術向上を目指している。さて平成13年の初め頃、分子科学研究所は新たな研究領域「分子スケールナノサイエンス」をスタートすべく準備が進められていた。この研究領域は第2期科学技術基本計画における重点分野として「ライフサイエンス」「情報通信」「環境」そして「ナノテクノロジー・材料」が提言され、その4項目の中で特にナノテクノロジー・材料分野を基盤から支える基礎研究として期待されるものである。この新しい研究領域に対して技術課も研究支援組織として対応していく準備が酒井技術課長を中心に始められた。その準備計画の一つとしてナノサイエンス研究を支え

る技術習得を目的にこの技術課セミナーを企画し平成13年11月19日に開催された。

このセミナーは茅所長をはじめ現在分子スケールナノサイエンスセンター助教授の多田博一先生の協力で、表題の「走査プローブ顕微鏡技術」における各分野の先端的研究をされている先生方を研究所内外から講師として招き開催された。

走査プローブ顕微鏡（SPM）は原子・分子を扱うナノテクノロジーを推進する上では必要不可欠なツールとされており、前述の多田助教授のグループを初め分子研でも多くの研究グループがこの技術を必要としている。そこで技術課の支援技術として確立するナノテクノロジー関連からこのSPM技術をセミナーのテーマに取り上げた。

(装置開発技術係長 鈴井光一)

#### 「走査プローブ顕微鏡技術」

—ナノメーターの世界を創る、観る—

■日時：平成13年11月19日（月）13:00～17:30

■場所：岡崎コンファレンスセンター小会議室

#### ■プログラム

13:00～13:10 挨拶 茅 幸二（分子研 所長）

13:10～13:20 趣旨説明

13:20～14:05 走査プローブ顕微鏡概論 小宮山 政晴（分子研）

14:05～14:50 超高真空、極低温環境での原子・分子レベルSTM  
観察技術 横山 崇（物質材料研究機構）

休憩

15:05～15:50 超高真空NC-AFMによる原子レベルの電位像観察  
北村 真一、鈴木 克之、岩瀬 正志（日本電子）

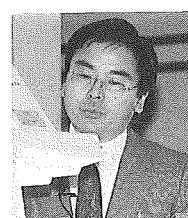
15:50～16:35 原子間力顕微鏡による分子薄膜の高分解能観察と電子  
物性測定

小林 圭（京大・国際融合創造センター）

16:35～17:20 走査プローブ顕微鏡によるナノ加工・操作  
多田 博一（分子研）

17:20～ 閉会挨拶 酒井 楠雄（技術課長）

#### 講師の方々



分子研  
小宮山教授



日本電子  
北村研究員



分子研  
多田助教授



京大・国際融合創造センター  
小林助手



物質・材料研究機構  
横山研究員

## ワイヤー放電加工技術に関する会議

装置開発技術係長 鈴井 光一

平成13年の師走も押し迫った頃、装置開発室の機械設備として新規にワイヤー放電加工機の導入が確定し、平成13年度中に設置される運びとなった。年が明けて新年を迎えると同時に加工機導入の準備を開始した。その一環として、新しい加工機の性能を十分に發揮させ、かつ将来的にも有効に利用することを目的とし、以下の点について検討を行なう会議を開催した。

- 1) 加工機の効率的運用について
- 2) 高精度低歪加工方法の検討
- 3) 導入機種での加工例とノウハウ
- 4) 新しい加工法への展開
- 5) 国内外の加工技術の調査等について

会議は平成13年2月22日に開催した。それぞれの検討項目に関して所外からワイヤー放電加工機に精通した方々を招き講演形式で発表していただき、その内容について議論し検討を進めた。参加者は装置開発室の機械工作グループのメンバーをはじめ所外から東京大学、名古屋大学、宇都宮大学、北陸先端科学技術大学院大学の技術職員及び民間から（株）オオイシ、タニカワプロダクツ社、の2社を交え約20名の会議となった。

上記項目の会議内容について簡単にまとめておく。

1) 分子研装置開発室としての現状報告を行なった。ワイヤー放電加工機はすでに昭和63年度に設置され、以来各種装置部品の製作を行なってきたが、従来機での加工品内容や稼動状況からみて新加工機の運用をどの様に行なえばより効率的利用ができるか等の点について意見交換を行なった。

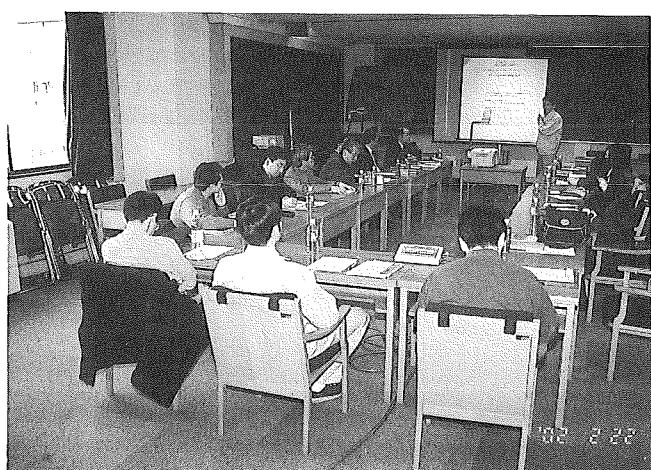
2) 名古屋大学理学部で現在開発中のX線望遠鏡用多層膜ミラー枠部品の開発を例として、形状精度を確保するための加工方法について検討

を行なった。加工歪を極力抑えるための手順及び加工条件等について経験的な知見から幾つかの加工方法を提案し最適な方法を模索した。また今後の要求に対して無歪みで高精度な加工を実現して行くための考え方について議論された。

3) （株）オオイシにおいてX線望遠鏡用多層膜ミラー支持部品の製作がすでに完了している。その製品及びその加工状況を事例として、加工治具の工夫、ワイヤー経路のプログラミング等について報告を受け、質疑応答、意見交換を行なった。

4) 東京大学生産技術研究所では分子研で導入するワイヤー放電加工機と同等の機種を用い、すでに業務を行なっている。その使用状況から分子研として参考できる事項について意見交換が行なわれた。また、電気加工学会における最近の放電加工、絶縁材に対する放電加工例および微細加工について報告された。

5) タニカワプロダクツ社より欧米の放電加工機事情ならびに放電加工を利用した産業製品の事例、加工後の表面改質処理、コーティングワイヤーについて報告を受け質疑応答と意見交換が行なわれた。



装置開発室の機械工作が今までの経験や独自の調査で運用等の準備検討を重ねてきたが、本会議を行なうことにより、より多角的な観点から考えなければならない事項が浮き彫りにされた。したがってこの会議はたいへん有意義であった。

ことを、あらためて機械工作室スタッフ全員感じている。なお、この会議は、技術課の研修制度を利用して実施したこと併せて報告しておく。

# トピックス

## ワイヤー放電加工機

装置開発技術係長 鈴井 光一

本原稿は分子研レターズ No.46 の「新装置紹介」の項で平成 13 年度に更新したワイヤー放電加工機について紹介した内容とほとんど同じです。ここではレターズの内容に少し書き加えてワイヤー放電加工機についてより解りやすくしたつもりです。さらに、読んでいただいたあと、もし時間がありましたら装置開発棟へ機械を見に来て下さい。装置作りで良いアイデアが浮かぶかもしれません。

### まえがき

すでにご存知のように、分子科学研究所の装置開発室は所内の研究に必要な実験装置の設計、開発、及び装置部品を内部で製作する支援を行なっています。特に機械工作室では旋盤、フライス盤などの一般的な工作機械をはじめ NC (Numerical Control) 工作機械等も設置し、多様化する依頼工作に対応できるよう機械設備を整えています。ところが、その設備は古いものが多く、分子研創設の頃の工作機械や、新しいと言われている NC 機械でも 10 年以上前に設置された工作機械です。1 年ほど前に分子研の見学で岡崎鉄工会という市内の鉄工所の社長らが訪れた

ことがありました。そのとき「すごいね昭和時代の博物館クラスの機械が沢山ある」などと言われたことがあります。確かに近頃の超精密加工や極微細加工などを視野に入れた先進的加工設備とは掛け離れた存在であります。しかし、所内での依頼工作の多くは現有の機械設備で対応しています。つまり、先端研究を支えるものづくりは昭和の機械から始まると言っても間違いないと思います。しかしそうは言うものの、老朽化した工作機械の更新は常々希望しておりましたし、特に、微細加工において最新の機械がないために装置開発室では対応できない場面もありました。この様な状況の中、茅所長の多大なご配慮を頂き平成 13 年度末に更新機械としてワイヤー放電加工機が設置されました。

### ワイヤー放電加工

ワイヤー放電加工機について簡単に説明します。知っている方はここを斜め読みして下さい。まず、放電加工について触れておきます。加工液に用いられるケロシンや脱イオン水などの液中で導電性材料の工具電極と加工物を数 10 ~ 100  $\mu\text{m}$  の間隔で対向させておきます。次いでその

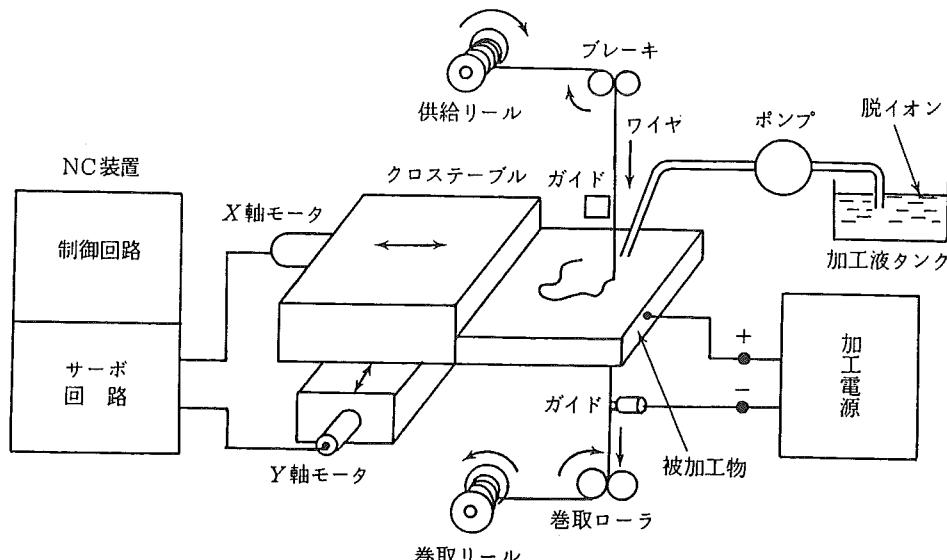


図 1 ワイヤー放電加工機の原理図

電極と加工物の間に 60 ~ 300V のパルス電圧を印加して間欠火花放電を起こさせます。この放電の火花で発生する異常消耗現象を利用して加工物を消耗（削る）させ、様々な形状に加工します。

さてワイヤー放電加工機はというと、上記のような放電を行う際に、工具電極にワイヤーを使用します。原理図（図 1）を参照してください。電極として用いる線径 300 ~ 100  $\mu\text{m}$  の黄銅や銅線（細い径ではタンゲステン線が用いられる）と加工物との間で放電させながら、糸鋸の要領で加工物の加工を行ないます。さらに、その加工物とワイヤーは数値制御された X-Y テーブルで移動し、形状を CAD などを用いて定義したデータを与えると、任意の加工物が得られます。こまかく言うとワイヤーガイド上部も加工物と独立して X-Y テーブル（正しくは U-V テーブル）で移動するため、ワイヤーが傾斜し、写真 1 のような上下異形形状を作り出せます。ワイヤーは常に新しい面で放電させるためリールから送り出され、放電後は巻き取られ排出されます。使用済みワイヤーは使い捨てなので運転経費が少々気になるところです。

この加工を様々な機械加工法から見てみると、金属加工としてはユニークな加工法です。その放電加工の発明は旧ソ連だそうですが、そこには何とか防ぎたかった放電による電気接点の異常消耗現象を、発想の転換で放電加工に応用したようです。ワイヤー放電加工機は 1960 年頃やはり旧ソ連で発明され、さほど普及はせず、やがて制御技術や半導体技術が進みそれらを融合した加工機の出現で発展してきたようです。日本でも 1978 年頃から生産台数も増加し始め、工業製品の金型製作には今でも不可欠な機械であり、試作加工でも有用な機械となっています。

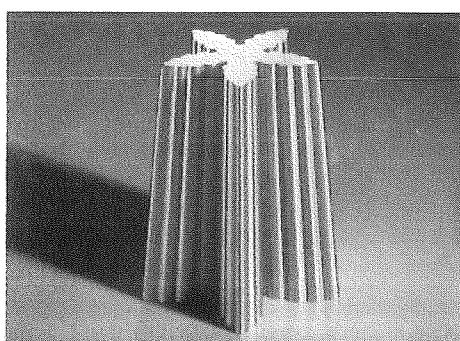


写真 1

### 従来機と導入機

装置開発室でも実際にはワイヤー放電加工機を昭和 63 年に三菱電機製 DWC90H を導入し、各種の装置部品製作に利用しています。ここで、従来からあった機械と比較しながら今回導入したワイヤー放電加工機を簡単に紹介していくことにします。

従来機はワイヤー放電加工機として普及型のもので機械精度や微細加工サイズに限界がありました。使用するワイヤーのガイドは 200  $\mu\text{m}$  線用しか搭載していないので加工線幅として 250 ~ 270  $\mu\text{m}$  以下の加工は不可能でした。新ワイヤー放電加工機はワイヤー径が 250 ~ 30  $\mu\text{m}$  まで使用できるので、30  $\mu\text{m}$  細線を用いることによりかなりの微細加工が可能となるはずです。加工精度に関しても従来機と導入機ではかなりの差があります。まず、導入機では加工物をすべて加工液中に投じて加工を行う浸漬式（現在では当たりまえ）で、液の温度を設定値 ±0.2°C に制御した脱イオン水を使っています。加工物全体を一定温度に保ちながら加工するので温度変化による変形が少なくなります。従来機は脱イオン水を使うのは同じですが放電部分に液を吹きかける噴流式のため液の温度に関しては環境に左右されます。さらに噴流式では放電ギャップ量が変化し易く、放電の安定性に影響するので高精度加工は望めませんでした。また、機械本体の精度も従来機に比べて向上しているので、形状精度においても長さ 150mm で約 ±5  $\mu\text{m}$  以下が実績として報告されています。

以下に新ワイヤー放電加工機の仕様と機械本体（写真 2）および加工例（写真 3）を示しておきます。

### 仕様

- ・機種 CHARMILLÉS 社製 ROBOFIL2020SI  
(スイス製)
- ・機械サイズ (mm) 3690 × 2520 × 2295 (D × W × H)
- ・機械重量 (kg) 3700
- ・テーブル移動量 (mm)  
320 × 220 × 110 (X × Y × Z)、50 × 50 (U × V)
- ・スケール分解能 (mm) 0.0005
- ・テーパー加工角度 (degrees) ±30 / ワーク高さ 66mm
- ・ワイヤー径 (mm) 0.25 ~ 0.03
- ・ワークエリア (mm) 900 × 520 × 270 (D × W × H)

余談になりますが、導入機はスイスのシャルミー(CHARMILLES)社製です。そのシャルミー社について我々はつい最近まで知りませんでした。この会社名、日本人で聞いた人は化粧品メーカーか通信販売の会社と想像するそうです。分子研によく出入りする工作機械も扱う機械工具屋の3社にたずねてみても皆知りませんでした。シャルミーの営業所長に聞いたところ国内でシェアは7~8%しかないそうです。あとはすべて日本製の加工機だそうで、これでは工具屋も知らないのはうなづけます。ワイヤー放電加工機は前述の旧ソ連の発明のあと1969年のパリで開催された欧州工作機械見本市でスイス

のメーカー(残念ながらシャルミーではない)が始めてNC装置付ワイヤー放電加工機を出品したそうです。その点から考えるとスイスは放電加工の老舗的な国なのでしょうか。

放電加工機を含む工作機械だけでなく自動車にしろ電子機器にしても日本製はかなり良い製品を世界に送りだしています。ワイヤー放電加工機はその性能の範囲内で通常の使い方をするならば、ライバル機と比較してもたぶん日本製でもスイス製でも大きな差はないと思います。性能の限界値に近い物を狙うときはどんな機械でも同じですが、扱う技術者の持っている技術力が大きく影響します。ところで今回、工作室の

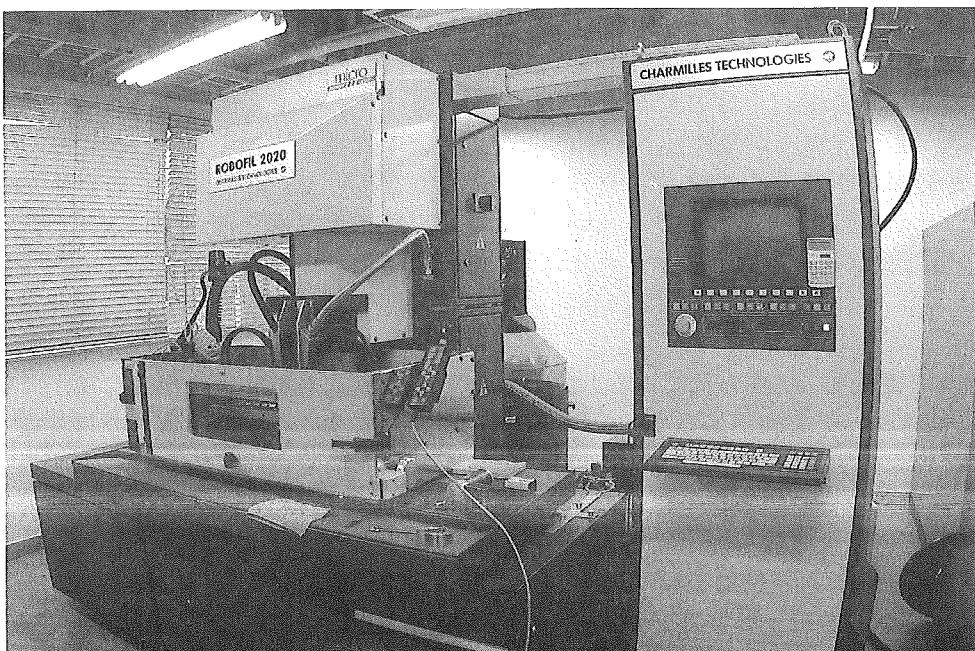


写真2 ワイヤー放電加工機 ROBOFIL2020SI。シャルミー社の放電加工機ラインナップの中で ROBOFILX0X0 (Xは数字)シリーズはトヨタの自動車で言えば高級車セルシオぐらいのハイエンドモデルに位置します。

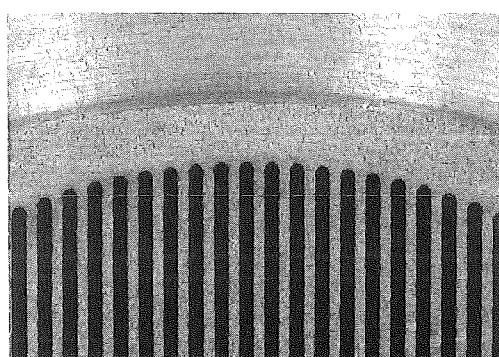
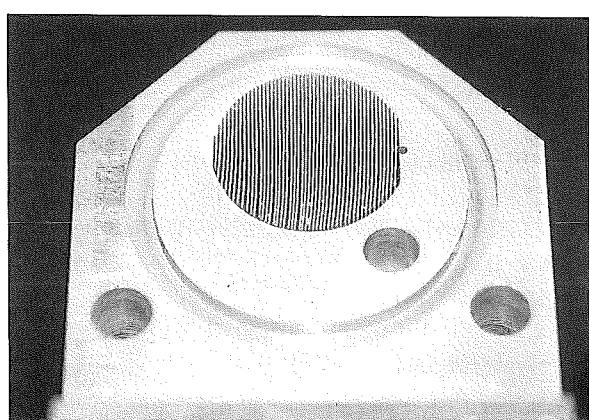


写真3

レーザー素子冷却用マイクロチャンネルブロック。熱交換器として冷却効率を上げるために多数の横状の溝加工を行った。右の写真は溝部分の拡大。溝の幅(黒い部分)はおよそ  $150\mu\text{m}$ 、奥行き 8mm、材質は銅タングステン合金。

古い機械のなかで更新する機械がワイヤー放電加工機であり、しかもシャルミー社製を導入する事になったのは実はここに大きなポイントがあります。これについては話が長くなるので詳しくは別の機会に報告する事にします。

#### 現在の状況と今後

この新ワイヤー放電加工機は通常線径の $250\mu\text{m}$ ワイヤーでの加工はすでに稼動を開始しています。しかし前述の $30\mu\text{m}$ ワイヤーを用いた微細加工及び高精度形状加工などには、加工技術がある程度必要です。たとえば加工機の設置環境による機械本体の熱変形を抑え、放電電源の状態を常に把握し、加工物の残留応力等による加工歪や熱歪に対する処置（これはかなりの経験が必要）などを総合しなくてはいけないからです。 $30\mu\text{m}$ 線の取扱いは、細すぎて見難いので老眼が出た人には無理、ではなく機械を使い込んだ経験が左右するようです。シャルミー

社でも日本国内に $30\mu\text{m}$ を扱うことができる加工技術を持ったエンジニアは数名しかいないようです。当たり前の事ですが着実に経験を積み上げてはじめて高精度かつ微細加工が実現します。

従って機械性能を十分に発揮して行くために、14年度中頃までの間、通常ワイヤー（ワイヤー径 $250\mu\text{m}$ ）加工と並行して、機械の調整と装置開発室の技官の熟練度向上のための立ち上げ期間として運用して行く予定であります。

#### 参考文献等

監修 小林 昭 他：「超精密生産技術大系」第2巻：フジテクノシステム  
豊田工業大学名誉教授 三菱電機(株)技術顧問 斎藤長男：技術情報 Web ページ  
<http://www.diax-net.com/japanese/diax/fromdiaz/index.html>  
カタログ：株式会社アジェ・シャルミー・ジャパン

## 技術課親睦会 平成13年忘年会

平成13年、年の瀬もおしせまる12月14日金曜日、技術課親睦会の忘年会を行った。年度を通じて技術課親睦会の最大のイベントである。その準備等は親睦会会長を中心となって行うのだが、分子研に来て2年目にして親睦会会長の大役を仰せつかった私にとって、もりあげることができるとどうか・・・プレッシャーであった。

昨年同様、場所は職員会館2階大会議室、出席者26名、18時~??時、終了時刻は未定、つまり気の済むまでということである。もちろん司会進行は私である。

最初に酒井技術課長から、一年を振り返りご挨拶を頂き、次に加藤班長による乾杯のご発声であるが、周りの空気を察してか、短い挨拶であった。

乾杯の後は、班長から順にマイクを渡し、まずは大暴露大会となる。公私関係なく、日ごろ思っていることや秘密にしていたことを暴露、または自供して頂く。うかうか料理なんぞ食べてはいられない状態?である。今年は、一人の技官が集中攻撃にあったようだ。

それが一段落すると、技術課忘年会では恒例のbingoゲームである。師走ともなるとよく巷では、もう忘年会か、一年経つのは早いなあ~、なんて声をよく耳にするが、技術課親睦会(某係長の話)では、もうbingoの日か、一年経つのは早いなあ~、というらしい。bingoの景品は、参加費の中から、すべて私の独断と偏見で選ばせて頂いた。景品総額46,208円、全員に当たるよう、空クジ無しで、この年注目された商品を中心にそろえたつもりである。この平成大不況も考慮して、金券も容易した。最も高額な景品は、2億円相当(当たれば)のものであつた・・・が、私が予め控えておいた番号から、残念ながら2億円を手にした人はいない。

圧巻だったのは、ひとり通り皆さん出来上がったころを見計らって、私が家から持参し、会の途中まで隠し持っていた高級シャンパンを抜いた

ところ、一瞬で無くなってしまったこと。また、クリスマスが近いこともあり、少々場違いと思いつながらも、お酒が飲めない人や甘いものが好きな私のような人のために、デコレーションケーキ(2個)を用意したが、これもアッ!という間に無くなってしまったことである。

会の終盤には、全員で記念撮影。そのときの写真を載せておく。皆さんかなりのハイテーションで、なかなかシャッターが押せず、ようやく撮った写真である。

その後、お開きの挨拶を課長がされたかどうか?一応最後に、司会である私が閉めたことは記憶している。

平成13年の技術課忘年会、皆さんにご満頂けたかどうか、些か不安ではあるが、私なりに精一杯やらせて頂いた。特に、bingo景品の準備は、事前の買出しと当日のセッティング等で苦労したが、当日は親睦会幹事の手助けもあり、かなり盛り上げることができたのではないか。これはなりより、参加して頂いた皆々様のお陰でもあると感謝している。

最後に、夜遅くまでお付き合い下さいました、サングリアマスターをはじめ、サングリアの方々にお礼申し上げる。

(技術課親睦会会長 上田 正)



## 新人紹介 ー人事交流ー

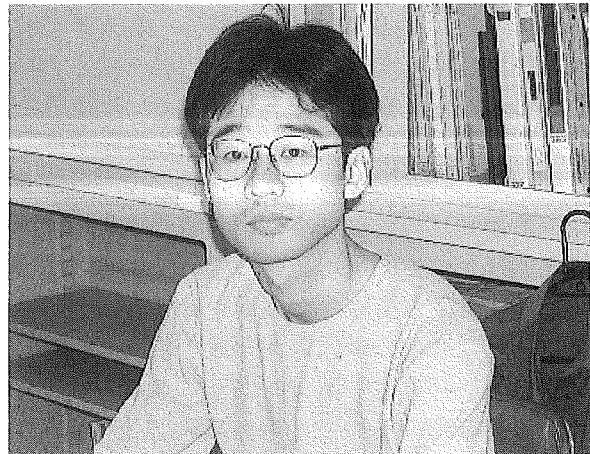
平成7年度から継続して行なわれている名古屋大学との技官人事交流として4月1日付けで新たに技術課装置開発技術係に着任された松下幸司技官を紹介します。松下技官は平成9年に名古屋大学理学部装置開発室に新任者として採用され、以後分子研に異動するまで、実験装置の開発設計や製作、また新たな加工技術の開発等に従事されていました。

名古屋大学の装置開発室は宇宙天文関係の機器開発に重点を置き、研究者と共に新しい天文観測装置等の開発を進めています。その中で松下技官は分子研へ赴任する直前まで国立天文台ハワイ観測所「すばる望遠鏡」の第二期観測装置である中間赤外線高分散分光器（IRHS）に用いるゲルマニウム（Ge）あるいはガリウムヒ素（GaAs）のImmersionグレーティング製作に携わっていました。このGeやGaAs材料のグレーティング製作にELID（電解インプロセスドレッシング）研削法を用いた超精密加工技術が採用されています。松下技官は、そのELID研削について担当していたそうです。このグレーティング開発は名古屋大学と理化学研究所と共同で進められており、これからいよいよ佳境に入るぞと言うところで分子研に赴任してきました。ところでこのELID技術は脆性材料の超精密加工として、ナノテクノロジーを支える重要な要素技術とされています。その詳細は次号の「かなえ」で紹介していただくことにして、この技術は分子研におけるナノサイエンス関連の技術支援にも大きく貢献できるのではと期待しています。

今回の人事交流で分子研から名古屋大学に転任した近藤聖彦技官も名古屋大学でこの技術開発に携わってELID技術を習得することになっています。

今回の人事交流の期間は2年間であり、この2年の間に松下技官には分子研特有の装置技術を習得していただき、新たな技術開発に取り組んでいただこうと考えています。まず装置開発室としての日常業務に加えて、13年度末に新たに導入したワイヤー放電加工機を用いた微細加工技術の開発、14年度に入って装置開発室で請けたUVSORのビームライン観測装置の機械設計依頼について、研究者と共に開発業務を担っていただき、幅広い活躍を期待したいと思います。

(技術課装置開発技術係長 鈴井)



# 技術講座

## 分子の世界へようこそ（4） 熱くない燃料電池を目指す熱い戦い

分子スケールナノサイエンスセンター 永田 央

ナノテクノロジーは日本経済の救世主になるか、と囁かれているそうだ。1980年代から脈々と続けられてきたナノテクノロジー関連の基礎研究がここ数年で一気に結実し、長らく低迷を続けた日本経済は華麗なる復活をとげる・・・という虫のいいことを考えているらしい。ナノテクノロジーを応用した製品がすぐ手の届くところまで来ていることは事実だが、それは別に日本経済を復興させるためにやってくるわけではない。テクノロジー関連企業は経済の動きに関わりなくーーというよりは動きに抗しながらーー脈々とナノテクノロジー関連の基礎研究を続けてきた。言いかえれば自分の仕事をきちんとやってきた。ナノテクノロジー応用製品の登場はその当然の帰結なのである。経済人は自分の不始末（バブル崩壊）の尻ぬぐいをテクノロジーに押し付けてはならない。色目を使うのはやめてきちんと自分の仕事をやっていただきたい。

さて、まもなく登場するであろうナノテクノロジー関連製品の1つに小型燃料電池がある。燃料電池はかつて家庭用発電や電気自動車の電源として注目されてきたが、最近はノートパソコンや携帯電話の充電式電池を置き換えるものとして小型燃料電池の開発が盛んに進められている。充電器を持ち歩いて時々コンセントを探すかわりに、メタノールのびんを持ち歩いて時々電池に注入する、というわけである。最先端のテクノロジーといいつつも、何となくハッキンカイロを連想させるレトロな趣があるではないか。最新の燃料電池技術については解説記事があふれているので、ここでは泥臭く燃料電池の基礎について解説してみよう。それにはまず1世紀半以上時間をさかのぼらなくてはならない。

最初に燃料電池について記述したのはイギリスのグローブ卿である（1841年）。当時すでに、電気分解によって水が酸素と水素に分解できることは知られていた。グローブ卿は、電気によって水が分解できるのなら、逆に酸素と水素から

水を合成する時に電気が取り出せるのではないか、と考え、図1のような装置を作って酸素と水素を通じてみたところ、確かに電流が流れることができ確認された。2つの電池を直列につないで、その出力を使って別の容器で水の電気分解をして見せたそうである。今ならさしつめ発光ダイオードでも光らせて見せるところだろうが、化学の達人グローブ卿ともなるとデモのやり方もひと味違うのである。発光ダイオードが発明されていなかっただけじゃないか、などと俗っぽい突っ込みをしてはいけない。

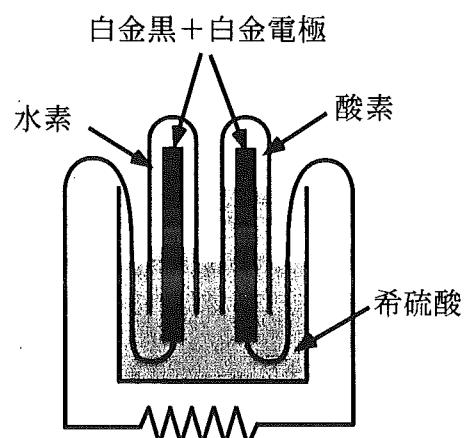
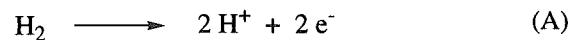


図1

図1の装置でどうして電気が発生するのか。原理は実はごく簡単に説明することができる。水素側の電極上では次の化学反応が起こる。



ここで  $\text{H}^+$  は水素イオンで、溶媒の水とくっついて  $\text{H}_3\text{O}^+$  という形になり溶液中に拡散していく。 $\text{e}^-$  が電子で、これは電極上に残る。一方、

酸素側の電極上では次の化学反応が起こる。



水素イオン  $\text{H}^+$  は、水素側の電極で発生したものが溶液中を拡散してきて酸素側の電極に到達する、と考えればよい。もう少し正確に言うと、水の中では常に一定の割合で水素イオンが存在しているので、酸素側の電極の近くにある水素イオンが消費され、その減少分を水素側の電極で発生した水素イオンが補って全体の濃度バランスを保っている。そして、電子  $\text{e}^-$  は 2 つの電極を結ぶ回路を通って水素側電極からやってくる。回路を通って電子が移動するというのはつまり電流が流れるということ、つまりこの装置で電気が発生できたわけである。電子は水素側電極から酸素側電極に向かって流れるが、これは電流が酸素側電極から水素側電極に向かって流れることと等価だから、電池としては酸素側電極が正極、水素側電極が負極となる。

以上の原理をまとめると、この電池（水素燃料電池）は 4 つの要素から構成されていることがわかるだろう。

- (1) 物質から電子を引き抜く化学反応 (A)
- (2) 物質に電子を与える化学反応 (B)
- (3) 電池内部を通るイオンの流れ（水素イオンの溶液中の移動）
- (4) 外部回路を通る電子の流れ

これらの要素は実のところ、燃料電池だけでなく化学変化を利用するあらゆる電池が必要とするものである。実際、われわれになじみの深い乾電池や鉛蓄電池、ニッケル水素電池などはすべてこの 4 要素を持っている。(4) は電池として機能するために当然必要な要素であり、他の 3 要素が具体的にどのようなものであるかによって電池の種類が区別される。われわれが知っている電池の特性（たとえば乾電池は充電できないこと、鉛蓄電池は放電し過ぎると再充電が困難なこと、など）は主に (1), (2) に関わる化学物質の特性を反映している。このあたりの話も非常に面白いのだが、話がそれるのでここでは立ち入らない。

化学の用語では、(A) のように物質から電子を引き抜く化学反応を「酸化反応」、(B) のように

物質に電子を与える化学反応を「還元反応」という。「酸化反応」とはもともと物質と酸素が化合する反応を指して使われていた言葉だったが、現代の化学ではより広い意味でこの言葉が使われている。これらの用語を使うと、電池とは「酸化反応と還元反応を対にして進行させ、その際にやりとりされる電子を外部に取り出して仕事をさせる装置」ということができる。酸化反応・還元反応は無数の可能性が存在し、それらのどれを組み合わせても原理的には電池を作ることが可能である。

燃料電池に話題を戻そう。燃料電池の特徴は、上の (2) に空気中の酸素を利用する点にある。他の電池は (1), (2) に関わる化学物質が電池の中に閉じ込められていて外界との物質の出入りはないのだが、燃料電池は外から燃料と酸素を供給し、反応物を外界に放出することによって電気エネルギーを得ている。もう少し具体的に書いてみよう。メタノール燃料電池では、(1) の反応は次のようになる。



一方、(2) の反応は水素燃料電池と同様に (B) 式で表される。電池が定常的に動作している時は (C) で発生した電子はすべて (B) で消費されるから、両式から電子の項を消去して次の全反応式が得られる。



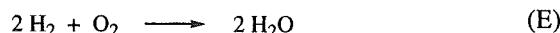
これはまさにメタノールの燃焼を表す式である。メタノール燃料電池の内部で起こっている過程とメタノールを空気中で燃やす過程とが化学的に等価であることがおわかりいただけるだろう。

メタノールのような有機物と空気中の酸素との反応は、酸化反応の中でも最も古くから知られているものである。実際、人類は火の獲得とともにこの酸化反応を利用し始めたといつてもよい。ところが、電池への応用に限って言えば、このもっともなじみの深い酸化反応は実用化がずっと遅れている。燃料電池の実用化がすぐ目

の前にある、と言ったが、他の方式の電池ならとくの昔に実用化されているものがたくさんあるのだ。一見簡単そうに見える(A)～(C)式の、何がいったいそんなに難しいのだろうか？

鍵を握っているのは、「結合を切るために外からエネルギーを与えることが必要」という単純な事実である。この連載の第一回で、結合エネルギーの話をしたのを覚えておられるだろうか。炭素-炭素結合は窒素-窒素結合や酸素-酸素結合よりも強い、それは結合を切るために必要なエネルギーを較べてみればわかる、という話だった。どんな化学結合も、それを切るために何がしかのエネルギーが必要なのだが、燃料電池の主役になっている分子の場合、そのエネルギーが格別に大きいのである。

別の角度からこの問題を眺めてみよう。水素と酸素を2:1の割合で反応させると水ができる。反応式は下の通りである。ちなみに、この式は(A)式と(B)式から電子を消去して導くことができる（係数を整数にするために全体を2倍してあるが、本質的な違いはない）。



ところが実際問題として、水素ガスと酸素ガスを室温で2:1で混ぜても何も反応は起こらない。単に物理的に混じった混合ガスができるだけである。この混合ガスを加熱すると、激しい反応が起こって当量の水が生成する（注意：決して試さないでいただきたい。非常に危険な実験である）。どうして加熱が必要なのか。(E)の左辺と右辺を見比べて、結合がどのように組み替わっているかに注目してみよう。左辺には水素-水素結合が2本、酸素-酸素結合が1本ある。右辺には水素-酸素結合が4本ある。つまり、(E)の反応が進行するためには、全部で3本の結合を切って4本の結合を作ることになる。結合を切るとエネルギーが吸収され、結合を作るとエネルギーが放出される——実際、(E)式では吸収されるエネルギーよりも放出されるエネルギーの方が多いため、全体としては発熱反応であり、いったん反応が始まってしまえばエネルギーを外から供給し続ける必要はない。問題は

どうやって最初の一歩を踏み出すかである。最初に水素か酸素の結合を切らないと反応は始まらないのだが、何の助けもなしにこれらの結合を切ろうとすると高い温度に加熱するしかない。たとえば放電で一瞬火花を散らすと、局所的に強い加熱が起こるため、一部の分子（水素または酸素）の結合が切れる。これが引き金になつて反応が開始し、同時に熱が発生していっそ温度が上がり、ますます激しく連鎖的に反応が続く。この現象を爆発と呼ぶ。

高い温度に加熱するかわりに、結合を切ることを促進する物質を少量加えることもできる。たとえば(E)式の場合、白金の微粒子を加えると、白金の表面で水素-水素結合の切断が起り、室温付近でも反応が進行する（注意：これも爆発を伴う場合があり危険。試さないでいただきたい）。水素-水素結合の切断と同時に水素-白金結合が生成するため、必要なエネルギーが低くなると考えられている。このように、反応の進行に必要なエネルギー（活性化エネルギー）を下げることによって反応を促進する物質のことを触媒と呼ぶ。触媒はあらゆる化学産業にとって鍵であり、よい触媒を開発することは常に重要なプロジェクトと位置付けられている。

燃料電池においても触媒は重要である。よい触媒を見つけられるかどうかが燃料電池の実用化的成否を握っていると言ってよい。図1をもう一度ごらんいただきたい——電極のところにさりげなく「白金黒」と書いてある（白金黒はある種の白金微粒子）。これが触媒として作用し、室温での動作を可能にしているのだが、いかんせん白金は高価であり、また不純物によって活性を失いやすい。さらに、メタノールを燃料として使いたい場合は白金は大して効果を持たないため、別の触媒を開発する必要がある。安価で、動作温度が低く、長寿命の触媒を開発するために、メーカー各社がまさにしのぎを削っている最中である。それと同時に、大学などの研究から全く新しい動作原理を持った触媒が生まれてくる可能性もある（分子研でもいくつかのグループで燃料電池触媒の基礎になりうる化学を研究している）。燃料電池の開発は化学のいろいろな分野を巻き込みながら今や佳境に入りつつある。

ところで、空気中の酸素による酸化反応を利用

した過程で、もう一つ忘れてはならない重要な  
ものがある。身近と言えばこれほど身近なもの  
はない——何しろわれわれの体の中で日夜起

こっているのだから。しかし、残念なことに今  
回はここで紙数が尽きた。続きはまたの機会に。

## 編 集 後 記

いよいよ梅雨の季節となりましたが、今年4月の桜は開花が極端に早かったり、夏の風物詩であるカブト虫が5月上旬に神奈川県で発見されたりと今年上半期の気象は少々奇妙な気がします。気象庁の3ヶ月予報によると梅雨明けは7月後半で、6月はぐずつく天気が多く7～8月は晴れの日が多く気温は高めだそうです。

私の所属するUVSORは来年度より高度化が決定致しました。高度化することでより高効率で安定なビーム入射、より高輝度なSR光を安定に供給できるようになります。電子蓄積リングより順次グレードアップしていきます。大型放射光施設では実現できない今まで以上に魅力あるUVSORになると思いますのでご期待下さい。

本号が発行される頃にはもう2002 FIFA WORLD CUPは閉会式を終えている？さて日本は？（山崎潤一郎 記）

お忙しい中「かなえ」No.17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」編集委員

酒井楠雄（委員長）

山崎潤一郎（編集）

鈴井光一

高山敬史

—かなえNo.17—

発行年月	平成14年7月
印刷年月	平成14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

