

Knowledge

分子科学研究所 技術課活動報告

No.18

「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」）

●分子科学研究所技術課発行誌「かなえ 18 号」目次

巻頭言

科学の歴史と法人化 極端紫外光実験施設長 小杉 信博 1

特別寄稿

国立天文台から自然科学機構へ ... 国立天文台 天文機器開発実験センター 小林 行泰 3

技術課活動報告

第 4 回機構長招聘三技術課合同セミナーを終えて 第二技術班長 山中 孝弥 4

トピックス

西本班長退職 電子計算機室 手島 史綱 7

新人紹介 8

～研究会・学会報告～

PF & UVSOR Light Source Joint Meeting 極端紫外光実験施設 山崎 潤一郎 10

第 16 回日本放射光学会年会 極端紫外光実験施設 山崎 潤一郎 11

施設ニュース

電子計算機室 水谷 文保 13

ナノサイエンスセンター 高山 敬史 14

装置開発室 松下 幸司 16

レーザー開発研究センター 上田 正 18

UVSOR 山崎 潤一郎 22

技術レポート

機構第三世代 Network の特徴 電子計算機室 内藤 茂樹 26

分子ナノサイエンスセンター 35

のホームページ作成 分子スケールナノサイエンスセンター 戸村 正章 35

UVSOR upgrade 計画 (1) 極端紫外光実験施設 山崎 潤一郎 38

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 (5)

木星人との友好は深められるか

..... 分子スケールナノサイエンスセンター助教授 永田 央 44

科学の歴史と法人化

極端紫外光実験施設長 小杉 信博

西欧では、科学が認知されるまでの学問は、技術とは全く別の世界で構築され、その信憑性は宗教と政治の判断に基づいていた。その中で、学問を技術によって実証しようとしたのが鍊金術と言えるが、情報非公開のため秘術の域を出なかった。その後、学問を支える大学は徐々に大衆化され、技術も技術者養成学校等によって伝承レベルから脱していった。また、学問と技術の狭間で知的純粹性（道楽）を求めた人たち（職業化される前の科学者）は、再現性を実証し情報公開するという科学的方法論を体得した。19世紀後半には国家がパトロンとなって科学が制度化され、その結果、誕生した職業科学者によって、基礎物理学が発展し、基礎化学も追随した。20世紀末にはどちらもサイエンスとして成熟し、基礎科学に基づく技術革新が顕著となった。客観性や再現性の実証がそれほど簡単ではない基礎生物学や基礎医学も、成熟するのは時間の問題と考えられている。

19世紀以降、大衆化の中で客観性を目指して発展した科学は、時代とともに複雑化したため、言葉（業界用語）を同じくする専門学界に分岐し、専門ジャーナルも次々生み出された。また、20世紀後半には、科学の巨大化とともに、それぞれの研究者コミュニティを支える研究所が国家の威信をかけて次々生み出された。これらは各分野の権益を守るものとしても都合の良い仕組みとなった。しかし一方では、細分化された科学は同業者評価されるだけになり、蛸壺化、硬直化（人事も含む）が始まった。そのため、20世紀末になると、「道楽はいい加減にしろ」とパトロン側が科学に口を挟むようになり、社会に対する説明責任が色々な局面で強く意識されるようになった。例えば、19世紀半ばから発刊されている Nature や Science は、商業誌であるがゆえにもてはやされる。非専門家であっても科学ジャーナリストなど論客として活躍している人たちの意見が求められ、第三者評価として重

視される。Physical Review Letters のような評価の高い学術専門誌でも、知的純粹性だけでは充分ではなく、幅広い読者層へのインパクトの大きさが重要となる。巨大科学の大型施設計画についても、オリンピックや万国博覧会の誘致と同様、経済的側面からも議論されることなどから、説明責任重視の傾向がわかる。

21世紀の今、物理や化学の基本原理はすべてわかったと考えられ、真理を探究する動機が薄れつつある。競争社会的傾向が強くなるとともに、研究スピードが要求され、短期決戦型のプロジェクト研究が盛んとなる。それに合わせて若手研究者の任期も短期化している。基本原理を深く理解する必要はなく、金と人を投入して複数の専門分野の成果をうまく組み合わせると、社会から高い評価を得る。ある分野における新しい発見を他分野に応用するというような起業家のセンスが、特に重視される。時流に乗れば説明責任も大きな問題ではない。しかし、このような流れの中で科学がいびつになってきた。例えば、独創的研究能力より説明能力（偽善的説明）の高い人が生き残る。商業的側面が強化されたメディアにおいて、専門科学者を挑発するような偽造、捏造の発表が増える。監督責任のある研究者の責任の取り方が潔くない。競争的資金による個人経理の増加と共に使途不明金が増える。実証できないものに対する見込みの甘さによって、安全性が脅かされ、科学技術への不信感が募る。各専門分野のジャーナルに勇み足的発表が増え、著者の性善説を前提に内容評価できなくなる。論文の中身より数で評価される傾向が強くなり、ジャンクペーパーによるゴミ排出競争の場と化すような論文誌が現れるなどの現象がその例である。この21世紀にあっては、悪貨が良貨を駆逐する危険さえある。新たな鍊金術の時代の始まりかも知れない。

ノーベル賞を受賞された小柴先生のように「こ

の研究は役に立たない」と言い切っても説明責任が果たせるのならよいが、今の時代、清廉潔白な昔気質の科学者が短期的な市場価値を持たない「役に立たない」基礎科学に10年、20年とじっくり取り組もうとしても、そもそも居場所（分子科学研究所のようなところ）は少なくなってきた。歪んだ科学が社会から見放されたときに真理探究型科学の復活を期待する向きもないことはないが、まずその前に我々の眼前には平成16年4月から始まる法人化問題がある。その法人化の目的とするところに、トップダウン的経営手法による業務の効率化がある。しかし、効率化（切り捨て）によって科学の多様性を失うことは深刻な問題である。さらに、トップダウン的にアウトソーシング（外注）できる研究を推進したり、研究そのものをアウトソーシングしたりするようになったら、科学は消滅してしまう。そもそも効率化しなければならない業

務に基礎科学の研究が含まれることが間違っていると言える。一方、鼎（研究職員、技術職員、事務職員）の3本足の内、技術と事務に関しては、人材派遣会社の対応が充実しつつある。法人として、派遣人材を越えるような人材を育てていくメカニズムを織り込むことができないのであれば、法人自身が内部に人を抱え込む理由はなくなり、定員削減してアウトソーシングすることになる。しかし、技術に関しては、科学の現場から離れてしまうと伝承の世界に戻ってしまい、成長がほとんど期待できなくなる。これは将来的に基礎科学的研究の遂行上、大きな障害になってしまう。我々の目指す法人は、非効率だからと言って人材育成機能を切り捨てるものであってはならない。この観点から、技術職員、事務職員を法人の中に位置づけて、法人化問題を解く必要があると思う。

国立天文台から自然科学機構へ

国立天文台 天文機器開発実験センター 小林 行泰

ちかごろは、天の一聲で始まった国立大学の独立行政法人化とやらで、国立天文台も例外ではなく、上から下までもが、てんやわんやである。私のように、ほとんど法人化落ちこぼれ状態であっても、それはそれなりに大変なことになっている。「かなえ」の読者も含め、技術に関連する仕事をしている者にとって、最も気になることの一つは、技術系の職員の体制、身分の問題であるかも知れない。もともと大学に所属する国立大学共同利用機関は、大学のための制度を引きずっとあるため、実際の技術系職員の身分や待遇などが現状にそぐわなくなっているのであるが、法人化を機会にこれが現状に沿った形になる良い機会もあるからだ。それでも、法人化の制度の検討が、けっきょく、大多数を占める国立大学を中心に進められているので、肝心の共同利用機関の技術系の職員の検討が素直に進められるとも思えない。このまま安心するわけにも行かないようである。

ところで、国立大学法人化の大きな流れの中で、分子研と国立天文台も含め5つの研究所が統合されて自然科学研究機構なるものを形成することが、これまた急に決定的となってきた。現在、これの制度化の議論が急である。どのような制度になるかは、現時点ではなかなか予測はつかないのであるが、5つの研究所から構成される新しい機関ができることには違ひがないようだ。そこで、これを機会に、これらの研究所の間で、技術と技術者のいっそうの交流が行われ、新たな流れとなることを望みたい。なぜなら、それぞれの研究所で求める科学の方向はそれぞれ異なるものの、いずれの研究所も技術に支えられた装置を活用することが科学の中心であり、これを支える技術は、科学に比べて共通の部分が多いと思われるからである。天から降ってきた法人化とは言え、これを見逃す手はない。そこで、この場を借りて国立天文台で行われている科学と技術を紹介して、これから技術の交流の役立つことを願うこととしたいたい。

国立天文台が行っている事業の中心は、天体観測のための望遠鏡と観測装置を建設し、これを共同利用し、全国の天文学研究者による観測的

研究を推進することである。そのため国立天文台の行う事業に関連した技術の一番の特徴は、観測の適地に望遠鏡を建設することが重要となる。天文の観測であるので、当然人里離れた秘境ばかりである。かつては、晴天率が高く空の暗い岡山の山中に光学望遠鏡を建設し、緯度38度が条件の水沢の緯度観測所や、大気の散乱の少ない乗鞍の高山にコロナグラフを設置し、電波の吸収の少ない野辺山に電波望遠鏡を建設した。そして最近では、岡山よりさらに条件の良いハワイの4000mの高山にすばるという光赤外線望遠鏡を建設し、距離をかせぐことが必要な電波干渉計では、本土に加え父島と石垣島に干渉計を建設した。次期計画はチリの5000mの高山に建設予定の大規模な電波干渉計である。

国立天文台で行われる技術は、これら遠隔地での天文台の運用と観測装置の開発である。とは言うものの、少し考えれば、遠隔地での運用という特殊性があるだけで、基本となる技術は科学全般に共通のものである。天文台に限らず研究所での技術に関連した仕事は装置の運用に機器の開発であり、如何に装置の性能を引き出し、新しい技術の開発などによる機器の開発などであり、これらがうまくできるかによって、世界をリードできる科学が創造できるかが決まってくる。この基本は天文台でもどの研究所でも変わらないと思う。それぞれの研究所で異なった得意な分野があるだろうが、なおさら、知恵を出し、共に働くことで得ることが多いのではないか。ぜひとも今度の統合を機会に交流を深めたいものである。

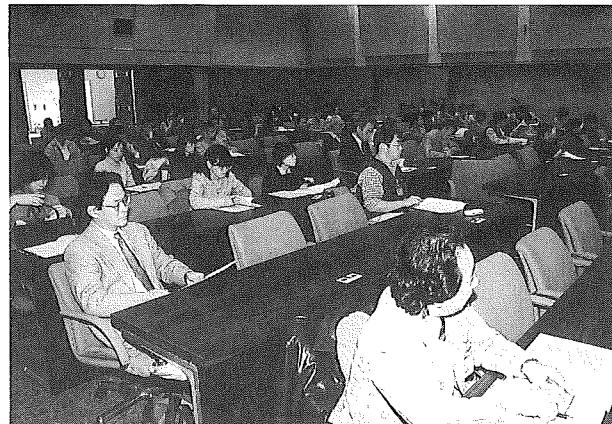
天文機器開発実験センターは国立天文台の進める機器開発の拠点としての機能を果たそうと整備を進めているものであり、国内や世界に分散したいいくつかの観測所とはいくらか異なった性格を持っている。望遠鏡ではなく観測機器の開発の拠点となる施設を目指すもので、適地にこだわる必要はない。プロジェクトを直接目指すことなく、自由な機器開発な場を提供するものとして考えている。ここが、機構が形成されながらと言わず、5研究所の技術の交流の場となれば幸いである。

一技術課活動報告

平成 13 年第 4 回機構長招聘三技術課合同セミナーを終えて

第二技術班長 山中 孝弥

毎年 12 月に開催されていた標記セミナー、今回は平成 14 年 11 月 26 日の開催となった。この合同セミナーは岡崎国立共同研究機構を構成する三つの研究所の各技術課が合同で開催してきたもので、生理学研究所の提唱によって第一回が開催されてから各研究所技術課を 1 巡し、再び生理研技術課が幹事となり、数えて 4 回目を



を迎えた。

今回のテーマは、「ライフサイエンス & ナノテクノロジー」で、講演にお越し頂いた先生及び講演題目はプログラムに示す通りである。講師の先生のお一人、東京大学先端科学技術研究センターの橋本教授は、分子科学研究所技術課よりお願いをしてお越し頂いた先生である。ご存知の方も多いと思うが、橋本先生は分子科学研究所技術課の OB であり、講演の前後には、先生と古参の技術課職員が当時を振り返りながら談笑する姿が見られた。また、ご講演の中でも、酒井課長をはじめ、当時の技術課職員とのエピソードがユーモラスに語られるなど、講演時間が非常に短く感じられた。御講演内容は、環境問題などへの取り組みに関する経済状況、酸化チタンなど、光触媒技術の基礎及び実験例、終盤には光触媒技術の最新応用技術などで、その概要については抄録集の抜粋を参照して頂きたい。

<< 講演抄録抜粋 >>

1. はじめに

ナノテクノロジーが日本再生のキーワードのように言われることも多い。ナノテクノロジーの代表的な応用分野として、電子部品や医療が言われているが、これら付加価値の高い部品や医薬品だけがナノテクノロジーの恩恵をこうむるわけではない。付加価値はそれほど高いわけ

合同セミナープログラム	
日 時：	平成 14 年 11 月 26 日（火） 13:00 ~
会 場：	岡崎コンファレンスセンター 大会議室
主 催：	岡崎国立共同研究機構 生理学研究所技術課 分子科学研究所技術課 基礎生物学研究所技術課
テーマ：	ライフサイエンス & ナノテクノロジー
13:00	岡崎国立共同研究機構長挨拶
13:10	生理学研究所技術課長挨拶
13:15	講演「単粒子解剖法による Na チャンネル 3 次元構造の決定」 講師：佐藤主税 先生（産業技術総合研究所 脳神経情報部門）
14:15	講演「発生現象、特に形態形成に関する数理的解析」 講師：望月敦史 先生（基礎生物学研究所 情報生物学研究センター）
15:15	休憩
15:30	講演「ローテク産業におけるナノテクノロジー」 講師：橋本和仁 先生（東京大学 先端科学技術研究センター）
16:30	講演「神経活動の超高速イメージング法の開発と適応」 講師：飯島敏夫 先生（東北大学 生命科学研究所）
17:30	分子科学研究所技術課長挨拶
18:00	懇親会

はないが、大量に使われる物質においてもナノテクノロジーが本質的な役割を果たしている場合も多い。本講演では特に「光触媒技術」という新しいテクノロジーをナノテクの立場から見していく。

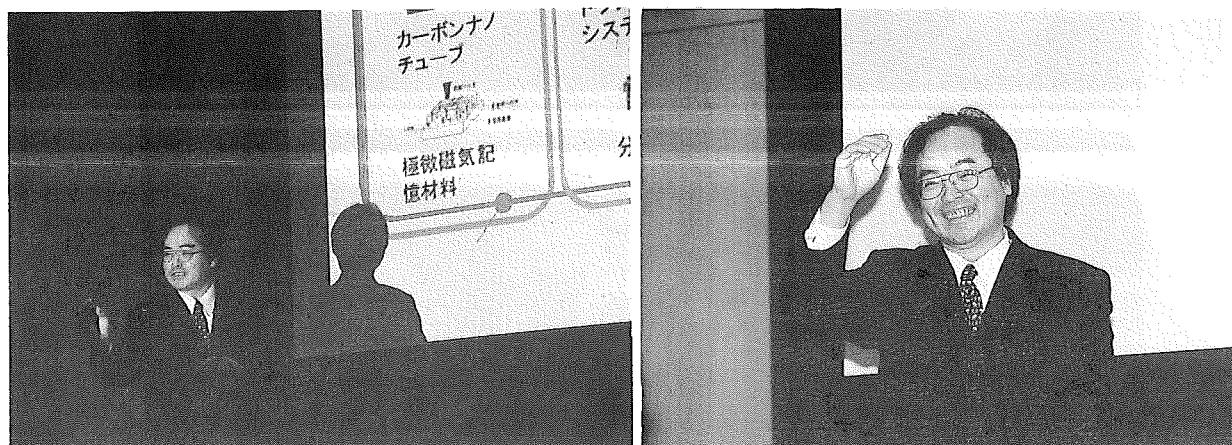
新聞、雑誌、テレビなどで光触媒技術という新しい技術を生かした製品の紹介が頻繁になされるようになってきた。これらの実用に使われている光触媒は、ほぼ全て酸化チタンというおしゃれいや塗料の原料としてこれまで大変よく使われてきた無機物質である。しかし、これら白色顔料として使われるのは、結晶型ガルチルで、粒径1ミクロン程度の粉体であるのに対し、光触媒で用いられる酸化チタンは、結晶型はアナターゼ型で、粒径が数ナノメートルからせいぜい10ナノメートル程度のいわゆるナノ粒子である。じつはこのナノ粒子ということに、光触媒が光エネルギーを有効に利用し、表面で化学反応を起こさせる本質が含まれている。

2000年度の光触媒を利用した製品の市場は日本国内で250億円程度（光触媒が関連した新市場

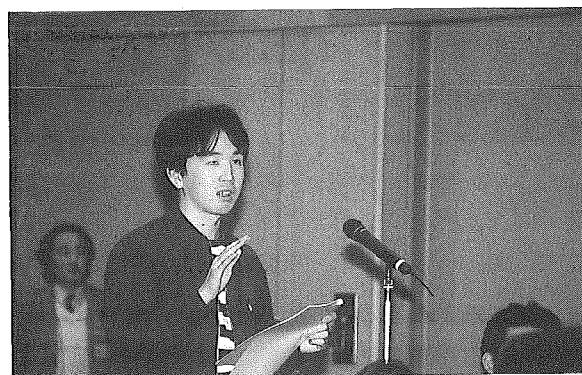
はその数倍程度）、ヨーロッパで30億円程度と推定されている。この分野はさらに成長し、数年のうちには全体で1,000億円市場にまで拡大することはほぼ間違いない。

新ビジネス市場が作られて、わずか10年足らずのうちに1,000億円市場が形成されるのだから大変なことであり、それ以降もまだ市場は伸びると見るむきもある。実際、1999年11月24日に出されたの三菱総研のレポートによれば、「2005年に光触媒関連市場が1兆円以上に」とされている。しかし筆者は現在利用されている技術の単なる延長では1,000億程度で市場成長は止まると見ている。この一桁の違いは何に起因するのであろうか？それは三菱総研のレポートでは水浄化や室内空気浄化など、現在はほとんど実用化されていない環境関連分野の市場も組み込まれているからである。当時、これは単なる期待に過ぎず、技術的な裏づけは全くなかった。

ところが、2001年になり可視光応答をする窒素ドープ酸化チタン、また、今年になり太陽光を大面積で捕らえて利用するなどの新しい展開



ユーモラスに講演される橋本先生



講演後、質問する分子研技術課牧田技官

が相次いで報告されており、室内 VOC や、汚染土壌、農業廃水などのさまざまな環境汚染物質の光触媒浄化に道を開きつつある。1兆円市場の創製も夢ではなくなってきたかもしれない。

2. 光触媒を利用する環境浄化

化石燃料という地球が数十億年の歴史の中で蓄えてきた財産を、私達、現代に生きる人間はわずか1世代で使い果たそうとしているのだから、生活が便利で裕福になったのは当然といえよう。しかし、一方で、エネルギー消費に伴い、膨大な量の熱量と廃棄物、化学汚染物質を生み出し、放出してしまった。

現在、環境対策が声高に叫ばれているが、多くの環境対策は使われるときには本来の目的が失われる結果になっていたり、さらには目の前の

問題を解決するために異なる問題を発生させたりしているのではなかろうか。ちょうど、目の前のごみを箒で掃くとごみは目の前からなくなるが、別の場所に移動しただけ、という状況に似ている。これが本質的な意味において環境浄化にならないであろうことはいうまでもない。しかし、そのような環境ビジネスがいかに多いことであろうか。また一見そのように見えなくとも、目の前の環境を浄化するために人工のエネルギーを使うと、そのエネルギーを生み出すために新たな環境問題を引き起こしている場合が多いことも述べてきた。すなわち、真の環境浄化のためには、自然エネルギーを使い、自然循環の中で解決する手段を開発する必要がある。光触媒技術はまさにそのような方法論になりうると考えられる。



トピックス

西本班長退職

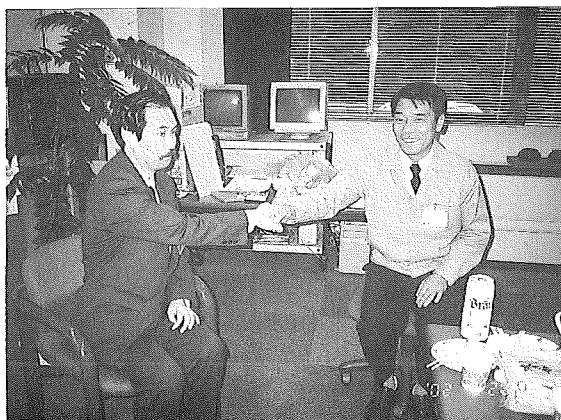
電子計算機室 手島 史綱

技術課第二技術班長の西本史雄氏が、平成14年6月30日付けで依願退職されました。西本氏は、平成10年度に化学技術有効賞を受賞されるなど、今後のご活躍を期待されておりましたが、本人の強い意志により退職されることになりました。簡単ですが西本氏の業績を紹介させていただきます（詳細は「鼎」NO.12 1999 4頁参照）。

昭和53年に名古屋大学大型計算機センターから分子科学研究所電子計算機センターに転任し、昭和52年に設置された全国共同利用の電子計算機センターの立ち上げに参加しました。昭和61年には、センター初のスーパーコンピュータの導入を行うなど最新のハードウェア導入に際し、新たに要請される運用管理技術開発の中心的な役割を果たしました。さらに新しいオペレーティングシステム(OS)のために予想できない

困難を伴うスーパーコンピュータの2度にわたる更新（昭和63年と平成6年）に際しては、移行をスムーズに実現する中心的役割を演じました。センター設立以来、センターのスーパーコンピュータ、汎用コンピュータを24時間×365日故障なく運用する管理技術を導入し、センターのコンピュータシステムが安定して稼働するように、また、ユーザが安心して利用できる環境の維持に24年間努めてきました。

西本氏は、以前から50歳前には、退職し次には「自分の好きなことをしたい」と考えられていました。センターを初め多くの関係者からは、退職を惜しまれる声がありました。本人の意思が固いため西本氏に多くのエールが贈られ退職されました。新たな世界でのご活躍を期待しております。



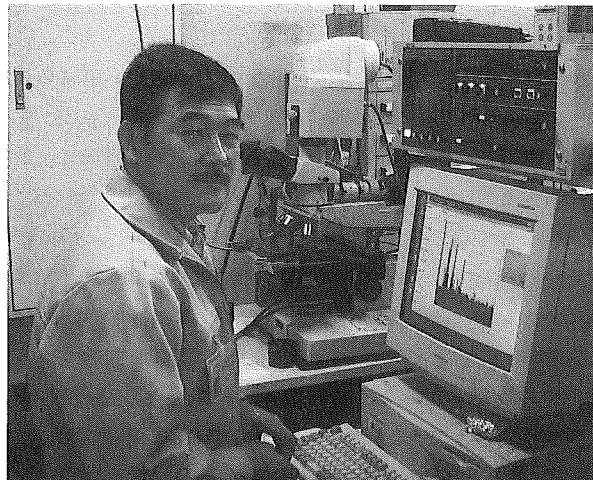
新人紹介

○ UVSOR

技官 堀米利夫班長

平成14年10月1日付けでUVSORに配属された堀米利夫第四技術班長を紹介致します。堀米班長は平成11年に長年在籍された装置開発室から人事交流という形で北陸先端科学技術大学院大学へ異動され、3年間の任務を果たされた後、UVSORへ着任されました。以前よりUVSORとは縁が深く、初代BL7Bにおける瀬谷・波岡型分光器、BL3A2定偏角斜入射分光器用測定装置、またBL5Bの平面回折格子分光器などの設計、開発および製作で大変お世話になっています。今後も技術的なサポートをよろしくお願いします。

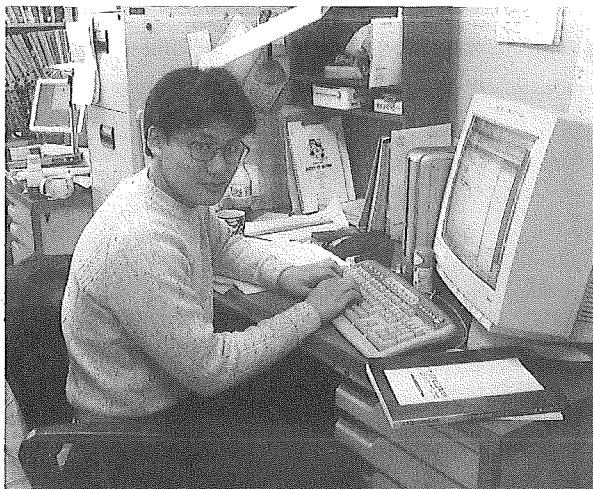
(極端紫外光実験施設 山崎潤一郎)



○極端紫外光科学 反応動力学

手老龍吾 技官

手老龍吾君は昭和51年に生まれ、宮城県仙台市で育った。東京大学理学部化学科を卒業後、東京大学大学院理学系研究科化学専攻にて修士課程を修了した。同博士課程に進学した後、平成14年11月より分子科学研究所に採用されて、極端紫外光科学研究系反応動力学研究部門の宇理須グループの一員として研究活動に携わることとなった。現在は微細加工Si基盤と生体膜の機能複合というグループにとっても、また大学院時代は超高真空下での表面科学がテーマだった手老君にとっても全く新しい分野での仕事をしてもらっている。他のいろいろな研究室に実験方法などを教えてもらいに行き出張していることが多かったが、そろそろ一段落して岡崎に腰を据えて測定システムの立ち上げにとりかかったところである。それでも実際に自分で試薬や物品を揃えようとすると名前や意味、その代理店を調べるところから始めなければならぬこともあるようで、遅くまでカタログやインターネットで調べていることもしばしばである。



いろいろと大変なことも多い様子ではあるが、新しい分野に関しての知識を身に付けたいという意欲は強く、早く良い成果を挙げができるよう期待している。

(極端紫外光科学系 反応動力学部門
宇理須恒夫)

○装置開発室

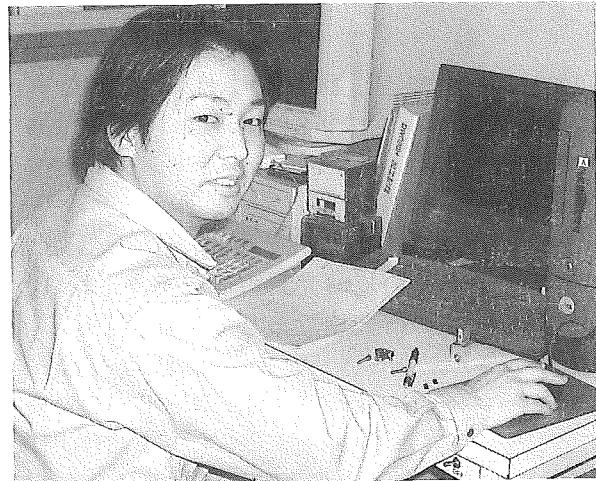
原田佳男 研究支援推進員

平成14年12月1日付けで技術課装置開発技術係に配属された原田佳男（はらだよしお）研究支援推進員を紹介します。

原田推進員には装置開発室の機械工作グループでCAD/CAM（装置の設計製図とNC工作機を用いた装置部品製作）を中心とした業務を担当していました。ただくことになっています。

そのCAD/CAMの現状と担当業務の内容について少し説明します。現在、機械工作グループでは汎用工作機械を用いた装置部品製作は概ね順調になってきていますが、少し大掛かりな機械設計を必要とする工作依頼に対しては、まだ順調とは言いがたい状況であります。設計製図の作業は装置を開発し作り上げて行く上では当然多くの時間が必要ですが、この作業に係わる人員を増加すれば工作依頼の納期を全体として短くすることが可能で。もう1つ、工作室には5台のNC工作機械があります。これらは曲面の加工など汎用機では対応できない場合にその威力を發揮してくれますが、それ以外の加工では汎用機に比べるとプログラミングや段取り工程の時間が多く納期をかえって遅らせる事になります。またNC工作機は部品の量産にも非常に効果的ですが、研究所の工作室という性質上、部品の量産加工の役目はほとんどありません。しかし、せっかくの財産ですから少し工夫して汎用機的な使い方も取り入れ稼働率を上げたいと考えています。

そこで、上記の業務に関して機械工作グループ



のメンバーと協力して原田推進員に担っていただくこととなりました。原田推進員はNC工作機械の操作には若干の経験があり、さらにCAD操作に関する講習を受け、昨年暮にCAD利用技術者検定試験1級を受験したそうです。検定試験の結果はまだ聞いていませんが、なによりも装置開発室での活躍を期待したいと思います。

さて、原田推進員は名古屋工業大学電子情報学科の夜間の学部生であり、勉学と昼間のパート先である分子研で仕事と充実した生活を送っているようです。そして、どうやら技術課のメンバーで一番若いため、「焼け石に水」ではありませんが平均年齢を少し下げてくれました。

（第三技術班長 鈴井光一）

UVSOR & PF Light Source Joint Meeting

UVSOR 山崎 潤一郎

2002年8月22日、23日の2日間にわたり UVSOR 光源グループと KEK Photon Factory は共同で第一回目の Light Source ミーティングを KEK Photon Factory にて開催した。

UVSOR と PF は共に放射光源リングとして長期に渡って数多くの放射光利用研究を支え続け、今日尚最先端の研究施設として稼動している。

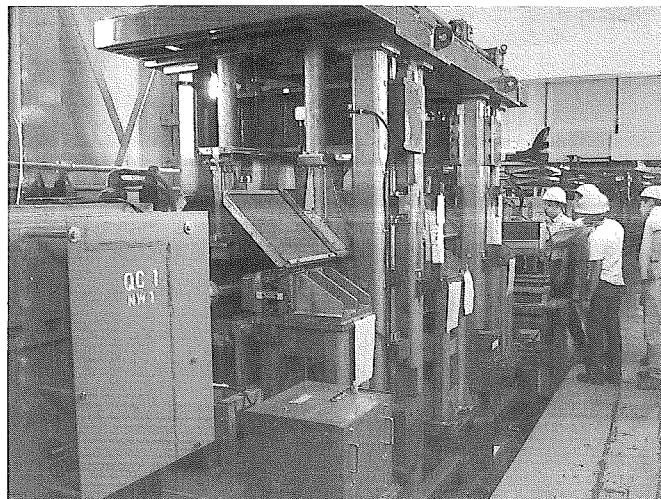
これは、常にユーザーの要望に耳を傾け、性能向上と運転安定化のための努力を惜しまなかつた賜物とい

光源加速器に関する合同研究会 プログラム

8月22日(木)		
1. 現状と評価、問題点 part1		
※ 駿速・夏治石系	UVSOR / 加藤	PP / 桐田、宮内
※ 入倉系	UVSOR / 加藤	PP / 上田
※ 萩原波加造系	UVSOR / 持坂	PP / 桐森
※ 井空系	UVSOR / 山崎	PP & PF-AR / 谷本
※ キニク系	UVSOR / 持坂、林	PP / 本田
※ 堀幹・ナシヘル	UVSOR / 持坂	PF / 宮内
		Coffee break
8月23日(金)		
2.R&D、高度化計画、将来構想 part1		
> UVSOR のイオン往復装置	持坂	(コメント) 坂中
> UVSOR におけるビーム力学；最近の話題	桐原	17:40 - 18:10
> RF 実験を用いたパンチ規格実験	宮内	18:10 - 18:40
懇親会 19:00	於：KEK 総合会館 2F 大集会室	
8月23日(金)		
3. 現状と評価、問題点 part2		
※ 入倉系	UVSOR / 佐板	PP & PF-AR / 土井、野上
※ 例岡系	UVSOR / 佐板	PP / 斎名
		Coffee break
4.R&D、高度化計画、将来構想 part2		
> PF 実験部出発計画の進捗状況	高橋、平井	10:30 - 10:55
> UVSOR 高度化計画の進捗状況	UVSOR / 佐板	10:55 - 11:20
加藤		
> PF-AR 高度化計画の進捗状況	宮内	11:20 - 11:45
> 各大放射光計画の現状	谷本	11:45 - 12:10
高崎		Lunch
> UVSOR における軌道変動	坂井	13:30 - 13:45
> UVSOR における冷氷水温度変動	佐板	13:45 - 13:50
> PP & PF-AR における軌道変動	野上、斎名	13:50 - 14:00
労資、寺田		
> UVSOR・各大放射光計画における放射線遮蔽	谷本	14:00 - 14:30
高崎		
> PF-AR におけるビーム影響	宮内	14:30 - 15:00
谷本、斎名		
> PP & PF-AR における各パンチ計画とパンチ統合	谷本	15:00 - 15:40
斎名	(コメント) 持坂	
		Coffee break
> UVSOR における FEL 実験	高橋	16:30 - 16:50
(コメント) 土井		
> 干渉計によるビームの transverse および longitudinal のサイズ、プロファイルの計測	三橋	16:50 - 17:10
(コメント) 持坂		
> 放射光照射によるミラー…の汚染	寺田	17:10 - 17:40
多田野		
> PF の首尾計画と PF-II、ERL 小井(季)	小井(季)	17:40 - 18:10

える。また光源に対する性能向上の要求が増す現在も、両光源では日々の運転と毎週のマシンスタディ、或いは装置の維持、改良が精力的に行われている。このような状況にあって、運転やマシンスタディの現状と問題点について情報や意見を交換し今後の方策や方針について議論することは、互いの研究の進展、さらには光源加速器の将来計画への展開にも極めて有意義ではないか、と両施設で意見が一致しこのような会合を提唱することになった。

両日とも大盛況でプログラム時間を大幅に超過する白熱した講演、活発な議論、意見交換が行われた。不完全な話や悩み事などざっくばらんに話し有意義な情報交換が出来た。



PF-AR 施設を見学する UVSOR 光源グループ

第 16 回放射光学会年会・放射光科学 合同シンポジウムに参加して

UVSOR 山崎 潤一郎

第 16 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムが 2003 年 1 月 9 日～11 日イーグレ姫路（姫路市）にて開催された。全会員のおよそ 1 割強が本シンポジウムに参加した。我々マシングループはほぼ毎年参加している。

第 1 日目は各放射光施設ごとの利用者懇談会、将来計画、総会などがメインで 2 日目以降口頭、ポスター発表となった。放射光学会では大きく分けてハード系（加速器）、測定系に分かれるが加速器は全体の約 3 割で測定系の発表が圧倒的に多いのが特徴である。

UVSOR マシングループの発表題目は、

- ・「UVSOR-FEL の現状」
- ・「UVSOR における極短パルスレーザーを利用したコヒーレント遠赤外線生成の可能性」
- ・「UVSOR 高度化における加速器改造計画」
- ・「UVSOR 高度化における真空系」
- ・「UVSOR 高周波加速空洞の現状と問題点」
- ・「UVSOR におけるイオン捕獲現象」

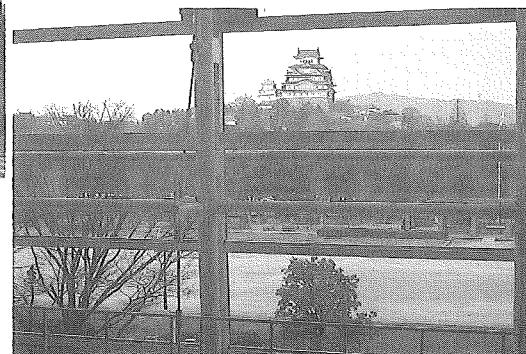
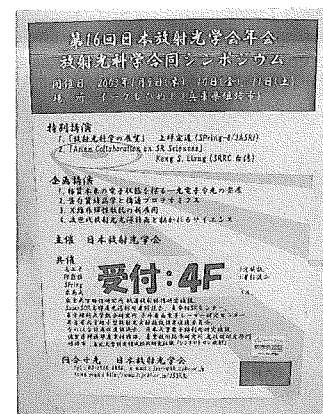


会場となったイーグレ姫路

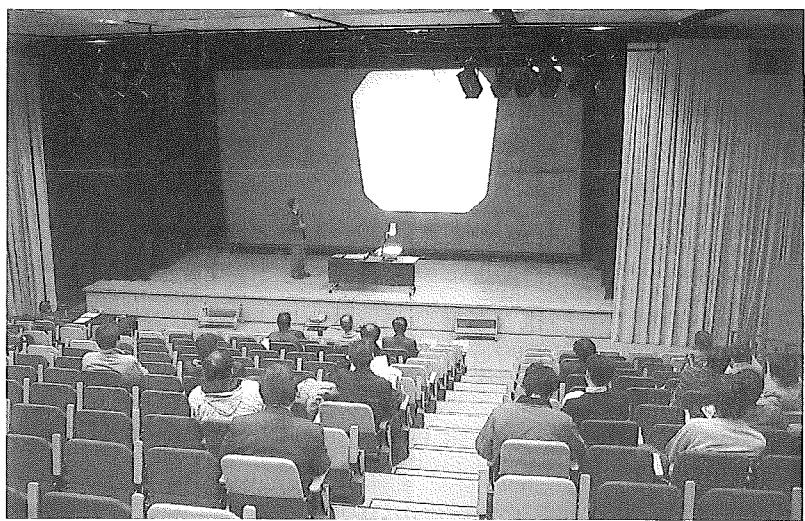
- ・「UVSOR 高度化における磁石系」
- ・「UVSOR におけるバンチ純化システム」
- ・「UVSOR の光位置モニター」
- ・「UVSOR における軌道変動」
- ・「UVSOR 高度化における挿入光源系」
- ・「UVSOR-BL7A 真空封止型アンジュレータの
コミッショニング」

以上 12 件の過去最も多発した。また企業ブースもアネルバ、浜松ホトニクス、東芝などあわせて 36 社の参加があった。

測定系は X 線を用いた発表がメインで、また加速器では Spring-8 において安定で高強度のパルス X 線を Light Source で実現する Top-up 運転の現場での苦労話が聴講でき、我々のように絶えず現場で張り付く人間にとておおいに共感できた。また現在佐賀県に建設中の放射光施設についても現状報告があり、平成 15 年度の完成が注目される。



会場より姫路城を望む



UVSOR 利用者懇談会で講演される
小杉 UVSOR 施設長



ポスター会場

計算科学研究センター 2003年1月版

電子計算機技術係長 水谷 文保

計算科学研究センターでは、スーパーコンピュータシステムおよび汎用高速演算システムの2システムを管理運用していますが、このうち後者の更新が今まさに行われています。今まさに、と言っても、調達すべき演算性能よりスーパーコンピュータ調達となるため、約1年半もの調達プロセス期間中、今まさに、という期間が継続するのですが、1月7日より機器が搬入され、2003年2月1日からの運用開始に向けて設定調整が行われているところで、この文章を書いている現在、今まさに、調達のクライマックスを迎えていました。

本システムの機器の構成は、以下の6機器より構成されます。

1. 主演算サーバシステム

型番: NEC SX-7/32 32CPU

256GB メモリ 1ノード

OS: SUPER-UX (現行 NEC SX-5 と上位互換)

理論性能: 282.5GFLOPS (8.83GFLOPS _32CPU)

ディスク容量: 4.5TB

2. 副演算サーバシステム

型番: NEC TX7/i9510 32CPU(Itanium2) 128GB

メモリ 2ノード

OS: IA-64 版 LINUX

理論性能: 256GFLOPS (4GFLOPS _64CPU)

ディスク容量: 3TB

3. ファイルサーバシステム

型番: NEC TX7/rp5430 1CPU(PA-8600) 1GB メモリ 2ノードクラスタ

総ディスク容量: 6TB

バックアップ装置: 4TB LTO チェンジャー x2

4. フロントエンドシステム

型番: NEC TX7/i6010 2CPU(Itanium2) 2GB メモリ 2ノード

OS: IA-64 版 LINUX

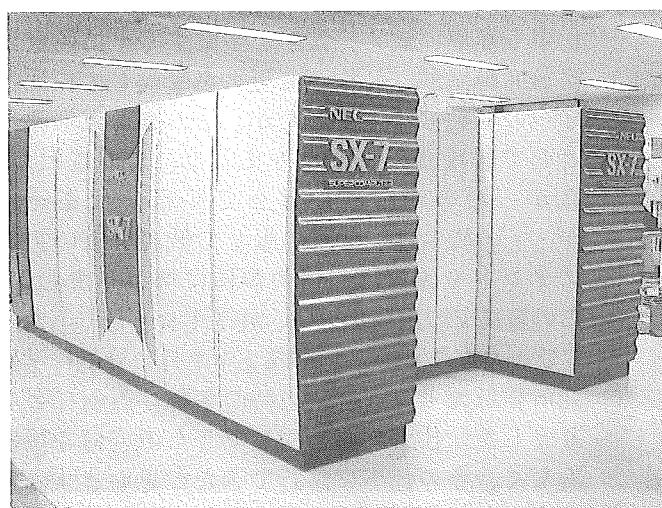
5. 高速ネットワーク装置

型番: CISCO Catalyst4006

6. 管理サーバ

型番: Sun Blade 100

従来汎用高速演算システムは、計算科学研究センター旧棟1階主機室へ設置されていましたが、今回のシステムは、昨年度末に完成したE地区山手1号館の2階分室にある主機室に設置しました。1階への搬入とは違い、大型クレーンで機器を載せたゴンドラをつるしての大がかりな作業となりました。



主演算サーバ 日本電気製 SX-7



機器搬入の様子

勤続 20 年表彰を終えて

分子スケールナノサイエンス技術第二係長 高山 敬史

平成 14 年 11 月に永年勤続 20 年表彰を受けました。その時に、被表彰者 3 名（他は管理局の 2 名）を代表して、私が謝辞を述べさせていただきましたので、その文章を以下に掲載します。

お礼の言葉

本日は、私どもの勤続 20 年にあたり表彰式を挙行していただき、誠にありがとうございます。

被表彰者 3 名を代表いたしまして、一言ご挨拶を申し上げます。

この研究機構が創設されてから約 4 半世紀が経過しようとしていますが、この 20 年間というものは、研究機構の歴史そのものと言っても過言ではありません。そして、本日、この席に望み、それぞれが、20 年の歴史の重みを感じ、感慨もひとしおであります。

思い起こせば、20 年前、公務員試験と言う難関を乗り越えて、それぞれの職場へと赴任したわけですが、右も左もわからない状況の中、一から仕事を教えていただいた諸先輩方のご指導があったからこそ、この席に望めるのだと思っております。

私が研究機構へ転入して参ったのは、機構が発足してから、ほぼ 10 年を経過した時ですが、今日のような発展を築き上げてきたことは、私ども技官、事務官が長年にわたり、微力ながらも係わってきた結果であり、現在の職務を遂行する上でも、大きな自身となっております。ここに、勤続 20 年を、無事に、迎えられることは、機構長、所長、管理局長をはじめ、諸先輩方のご支援があってからこそと、深く感謝しております。

これから、研究機構では、法人化という動きが控えていますが、私どもが歩んできた 20 年間にも増して、激動の時代を迎えることになるかと思います。

私どもは、これから研究機構のなお一層の発展のために、努力することを誓い、お礼の言葉

とさせていただきます。

本日は、誠にありがとうございました。

平成 14 年 11 月 19 日

分子科学研究所 高山 敬史

今、思えば長いようで短い、あっという間の 20 年でしたが簡単に過去を振り返ってみたいと思います。

私が、昭和 57 年、国家公務員初級試験（当時の名称）を受験して最初に採用されたのは「東京大学低温センター」でした。当時は、土曜日でも隔週で半日の勤務があり、俸給表も 8 等級から始まるものでした。もちろん、ボーナスの支給日も今とは違っていました。このことからみても、時代の流れを感じます。最初の赴任先是、名称のとおり寒剤を供給するのが主な仕事でした。もちろん、低温関係の仕事は初めてで、この時にお世話になった方が早坂さんでした。ご存知の方もいるかと思いますが、8 年前に分子研を定年退官された早坂さんの弟さんであります。その節は、大変お世話になりました。当時、低温の仕事を覚える傍ら、東京理科大学工学部へも通っていました。思い起こせば、仕事に勉学に励んでいたこの時代が、我が人生の中で非常に充実した時間だったかのように思います。仕事も順調に覚え、大学を卒業する年に国家公務員 II 種試験（名称が変更）を受験して、他省庁への転勤も考えましたが、そのまま大学職員として居残ることになりました。この選択が、良かったのかどうかは今でもわかりませんが・・・後半は、教官のもとで低温実験のアシスタントや希釈冷凍機の製作に携わりました。この職場での勤務年数は、計 7 年 9 ヶ月でした。

ひょんなことから、平成 2 年 1 月に分子科学研究所極低温センター（当時の名称）へ転任となりました。仕事内容も同じでしたので何の抵抗もなく、今の仕事に移行できたと思います。分子研に赴任して最初に驚かされたのは、寒剤供

給のシステムが非常に先進的だったことに感動したことを今でも覚えています。液体ヘリウムの供給がセルフサービスなことにも圧倒されました。技官の人数が少ないためか、あらゆる面で自動化が取り入れられているといった印象でした。ここで言えることは、私自身まったく異なった職場を体験するという貴重な経験ができて本当に良かったと、今では思っています。さて、分子研において一番心に残る出来事は、何と言っても今から7年前に起きたヘリウム液化機の重大事故でしょう。この時は、センターからの液体ヘリウム供給が1年以上できなくなりましたので、この状況ほど辛かったことは言うまでもありません。しかし、技術課においてプロジェクトチームを結成して、全面的に液化機の修復に関与できたことは大変すばらしいことで、よい経験ができたと思っています。また、「災い転じて福となす」ではないのですが、私自身も、この逆境によってヘリウム液化機の内部構造を良く理解することができ、今では、ちょっとしたトラブルにも柔軟に対応できる知

識が身についたのではないかと思っています。この液化機も、今では15年目を迎えて老朽化が甚だしいのですが、あと数年間は順調に稼動させる自信があります・・・と書けば、機器の更新が遅れそうなので、ここではあえて、いつ止ましてもおかしくありません！？とでもしておきましょう。

最近は、初期の寒剤供給システムを改良させて、さらに簡便なシステム構築を目指して努力しています。その一例が、IT技術を応用したサービスで、液体窒素および液体ヘリウムの供給にはWebを駆使した運用がなされています。それと同時に、寒剤の供給単価を下げる工夫を日頃から心がけていますので、特に液体ヘリウムを使用される時は、貴重なヘリウムガス資源をなるべく大気に放出することなく、使っていただけたらと願っています。

最後はお願いになってしましましたが、これからも寒剤の安定供給に心がけていきたいと思っていますので、何卒、よろしくお願ひいたします。

「かなえ」17号で紹介した松下技官の新人紹介の文中で、松下技官が携わっていたELID研削技術の件をおぼえておられるだろうか。詳しくは次号の「かなえ」で紹介と書いたので、約束どおり、ここで松下技官にそのELID研削技術について紹介していただく。

(第三技術班長 鈴井 光一)

ELID研削加工技術

装置開発室 松下 幸司

シリコンウェハやレンズなどの鏡面仕上げを必要とする部品は、研削加工による荒加工後、研磨で仕上げるといった複数の加工方法を経て製作される場合が多い。これに対し、ELID研削加工¹⁾は研削だけで鏡面仕上げまで行うことが可能である。ELID研削の名称は Electrolytic In-process Dressing(電解インプロセスドレッシング)から名付けられており、その名の通り電解作用を利用した研削技術である。その加工原理や性能について簡単に紹介する。

ELID研削加工で使用する砥石は、ダイヤモンドやCBN等の微細砥粒を鋳鉄などの金属粉に混ぜて固めたものである(図1)。この砥石だけでは加工すると砥石表面に切屑が付着し(目づまり)，加工できなくなる。目づまりを回避するために、ELID研削では加工中に砥石に電圧を印加する方

法を採っている。図2のように砥石と電極の間に電解液(研削液)を流しながら、電圧を印加することにより、砥石表面に不導体膜を生成させる。この不導体膜は元の砥石より脆く、材料を削る際の接触で切屑と共に少しずつ剥離していく。その作用により砥石表面の目づまりを防止し、継続した加工を可能にしている(図3)。

ELID研削で加工可能な材料は、石英ガラス、シリコンウェハ、超硬合金、サファイア、炭化珪素、ゲルマニウムなどの硬く脆い材料である。一方、アルミニウムや銅のような延性のある材料は不得意である。加工例としては、金型、LSI用シリコンウェハ、内視鏡レンズ、ハードディスクのガラス基盤、赤外線用グレーティングなどがある。

加工面の粗さは、機械精度や砥石の種類などに



図1 ELID研削用カップ砥石

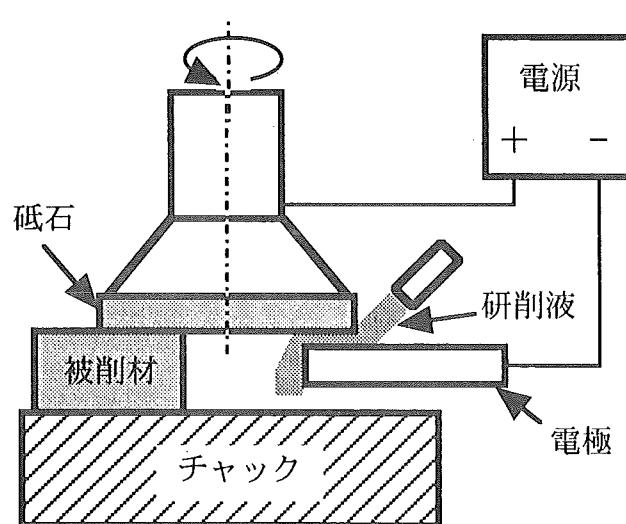
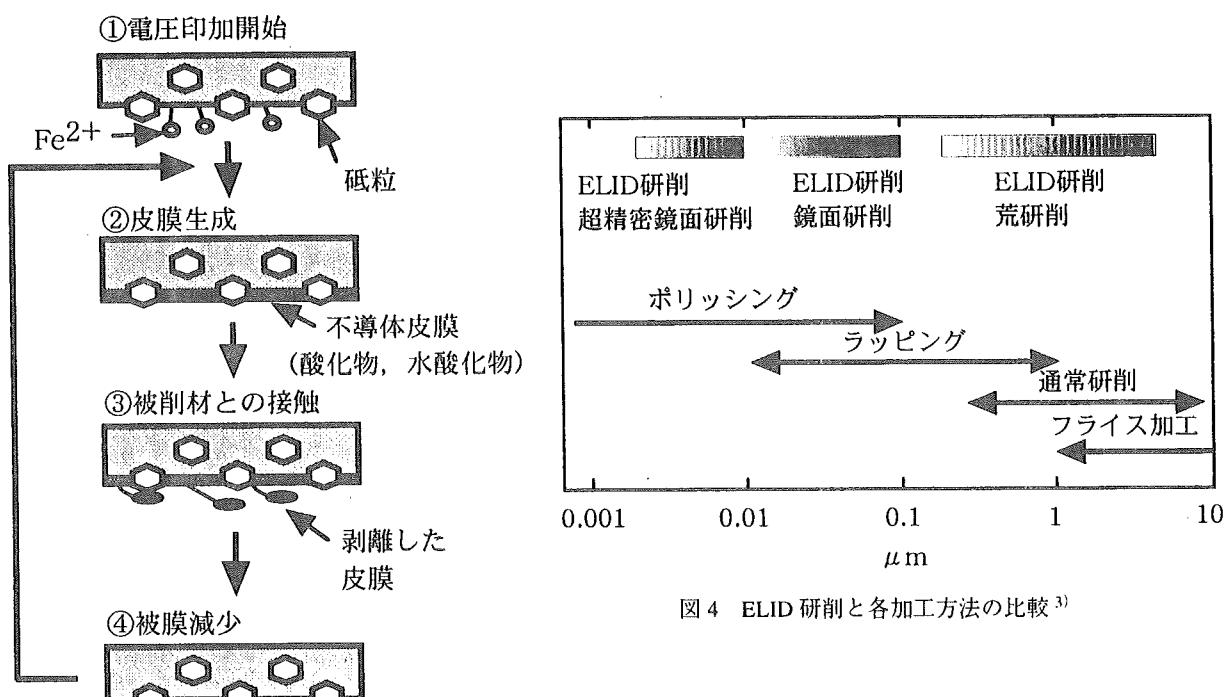


図2 ELID研削概略図¹⁾

より変わると、例として超精密平面研削盤を用いたELID研削加工面の粗さを表1に示す。また、図4にはELID研削と各加工方法の比較を示す。この図に示すように、従来は複数の加工方法を経て到達していた精度を、ELID研削のみで製作可能である。

参考文献

- 1) 大森, ELID研削加工技術, 工業調査会
- 2) 富士ダイス株式会社, ELID研削加工データ抄録
- 3) 大森, ELID研削, 日経メカニカルNo.541, 1999.10
p80 ~ p85

図3 ELID研削の仕組み¹⁾表1 表面粗さの例²⁾

被削材	砥粒	面粗さ (μm)
石英ガラス	CBN #4000*	Ra0.009, Ry0.049
シリコン	ダイヤモンド #4000*, #8000*	Ra0.013 (#4000) Ra0.008 (#8000)

* # の後の数値が大きいほど砥粒が小さい。

分子制御レーザー開発センター

分子制御レーザー開発センター 上田 正

1. はじめに

分子制御レーザー開発研究センターは、藤井正明センター長の下で、猿倉助教授が率いる放射光同期レーザー開発研究部、平等助教授率いる特殊波長レーザー開発研究部と、施設利用者の対応や共同利用に関わる業務、並びにセンターの全般的なことに対応するスタッフとして、山中技術班長を中心とする技官及び事務職員のグループから構成されている。各助教授グループの研究活動についての紹介は他の冊子¹⁾に譲ることとして、本稿では、我々技官グループの最近の活動について報告したい。

2. 共同利用装置

分子制御レーザー開発研究センターは、各種レーザー装置や分光光度計を、集中的に管理して、研究所内の研究者のみならず、国公私立大学の研究者にも広く利用して頂くべき、施設利用制度の運営にあたっており、大学共同利用機関としての窓口的な役割をになっている。共同利用装置の管理には、教官及び技官であたっているが、所内利用者の要望もあって、次の機種を技官グループが管理にあたっている。

- ・エキシマレーザー (Compex 110F)
- ・エキシマレーザー (Compex 110F)
- ・エキシマー色素レーザー
(Compex 110M/Scanmate)
(Compex 110M/Scanmate)
- ・エキシマーレーザー (LPX 205i)
- ・エキシマー色素レーザー (LPX 105i)
- ・Nd:YAG / OPO レーザー (INFINITY)
- ・Ti : サファイアレーザーシステム
- ・可視紫外分光光度計 (日立 U-3500)
- ・円二色性分散計
- ・干渉分光光度計 (BOMEM)

共同利用装置の管理では、できる限り故障予防の管理に努めている。これには、日頃から我々技

官グループが共同利用装置を積極的に利用することが肝要である。保守管理のために、単に共同利用装置を起動するのではなく、各装置における利便性の向上など、利用技術の開発を視野に入れて管理操作を行っており、結果として、波長走査範囲の拡大やレーザー光出力の向上などの性能^{2),3)}向上に貢献している。詳しくは筆者のホームページを参照して頂きたい。URLは
<http://wisteria.ims.ac.jp/LC/ueda/index.asp>

3. 小型貸出機器の管理

オシロスコープ、各種電源、ロックインアンプやボックススターなどの小型貸出機器は、総計130台程を保有し、所内研究者の各種実験や施設利用者及び共同研究者の共同利用装置の使用に合わせて、効率的に適応されている。

小型貸出機器の予約管理は、共同利用装置や他施設の共用設備と共に、予約管理システムMARSで行なわれてきたが、2001年の9月発生した一部の機能障害発生に伴い、急遽暫定的に、予約管理を分子制御レーザー開発研究センターのホームページ内に設けた貸出状況一覧表の閲覧と電子メールによる方式に切り替え、現在に至っている。障害回復に少々時間がかかるとの情報もあるので、単に閲覧だけではなく、機種別、オンラインNo.、利用者自身が借りているものだけ、あるいは現在貸出可能なものなど、多種多様な検索閲覧ができるように改善した。その概要是、画面例に示すように、まず、分子制御レーザー開発研究センターのホームページ <http://wisteria.ims.ac.jp/LC/index.html> から日本語メニューに入り、インデックスから「小型貸出機器の予約・返却」をクリックし、案内文にしたがってページを進めていくと画面1に示すログイン画面が表示される。その画面にメールアドレスを入力して、「ログイン」をクリックすると画面2の検索項目をプルダウンメニューにしたがって選択することができる表示に変わる。

ここでは、小型貸出機器リスト

小型貸出機器利用状況を表示します
(分子科学研究所職員専用)
メールアドレスを入力してください: ueda @ims.ac.jp
ログイン 取消

Copyright © 2002 Tadashi UEDA Laser Research Center for Molecular Science I.M.S. All rights reserved.

画面1. ログイン

小型貸出機器利用・予約状況の検索・表示
種別: 増幅器 積分器
オンラインNo.: 1-103 - 1-104 1-105 1-106
利用状況: 貸出可能 表示 取消
種別を「全機種」、オンラインNo.をすべて「*」、利用状況を「貸出可能」と(デフォルトのまま)とし、「表示ボタン」を押して頂きますと、すべての機器について表示されます。

画面2. 種別等選択

小型貸出機器利用・予約状況の検索・表示
種別: 増幅器 積分器
オンラインNo.: 1-103 - 1-104 1-105 1-106
利用状況: 貸出可能 表示 取消
種別を「全機種」、オンラインNo.をすべて「*」、利用状況を「貸出可能」と(デフォルトのまま)とし、「表示ボタン」を押して頂きますと、すべての機器について表示されます。

画面3. 種別等の選択例

オンラインNo.	機器名	利用者メールアドレス	利用開始年月日	返却予定期日	現在の利用者以外の予約の有無
5-102	ロックイン増幅器 Brokdeal 9503	貸出可能	- - - - -	- - - - -	- - - - -
5-103	ロックイン増幅器 Brokdeal 9503	貸出可能	- - - - -	- - - - -	- - - - -
5-803	ボックス式積分器 Brokdeal 8415/9425	貸出可能	- - - - -	- - - - -	- - - - -
5-861	ボックス式一積分器モジュール SR260/275	貸出可能	- - - - -	- - - - -	- - - - -
5-862	ボックス式一積分器モジュール SR250	貸出可能	- - - - -	- - - - -	- - - - -

画面4. 表示

(<http://wisteria.ims.ac.jp/LC/kogatahome.html>) の分類にしたがって、種別及びオンライン No. を選択することができる。種別は、

1. 増幅器 積分器
2. 変換器 カウンター
3. 発振器
4. エレクトロメーター
5. 光学機器
6. オシロスコープ
7. 電源
8. 記録計
9. NIM モジュール
10. マグネットメーター
11. その他

に分けられている。利用状況は、

1. 指定なし
2. 貸出可能
3. 自分が使用中

から選択できる。「貸出可能」を選択すると、現在、利用されておらず、小型貸出機器保管室(分子制御レーザー開発研究センター棟 201 号室)に保管されていて、直ちに利用できるものだけが表示されることになる。「自分が使用中」を選択すると、現在、自分自身(ログイン時に入力したメールアドレスの利用者)が予約・利用中のものを表示することができる。全体として、種別、オンライン No. の各桁、利用状況の OR をとったものが検索結果として表示されることになる。具体例として、画面3のように、種別を「増幅器・積分器」、利用状況を「貸出可能」を選択して「表示」をクリックすると、画面4のように表示される。

4. 観察・見学来訪者への説明及び案内

分子制御レーザー開発研究センターは 1 年を通して、観察及び見学のため、多くの御客様に御

来訪頂いている。その際、センター長が説明される場合であっても、内容がレーザー機器の具体的な性能などに及ぶ場合などは、我々技官グループが直接説明させて頂く時もある。

最近では、各大学においても地域と密着した産学連携や、学校教育における総合学習、体験実習など盛んになっている。そのようなこともあって、見学者には、中学校や高校、岡崎市商工会議所会員企業の皆様などの御来訪が多くなっており、このような方々の御説明には、我々技官グループが直接的かつ積極的に対応させて頂いている。

5. 研修

分子制御レーザー開発研究センターの業務とは一寸離れた話題になるが、業務を割いて受講してきた事でもあり、この紙面を借りて本年度も参加することができた教室系技術職員研修について報告する。筆者は、静岡大学農学部（静岡市）で開催された東海・北陸地区国立学校等教室系技術職員合同研修の化学コースを受講した。

研修は3日間行なわれ、初日の講義では、廃プラリサイクルに関する3つの講演が系統的に続き、その技術概要から物質環境社会の構築に至る内容が詳しく説明された。2日目の午前及び午

後、3日目の午前は実習で、班別に分かれて3つのテーマについて行なった。各テーマは静岡大学各学部や附置研技術部の方にお世話になった。「廃プラ（日用品）の化学構造同定」は工学部技術部、「再生紙及び排水中の COD 測定」は農学部技術部、「ガラス加工—ガラス切断と接合その基礎と応用—」は電子工学研究所技術部が担当されていた。お世話になった各技術部のみなさんにこの紙面を借りて感謝申し上げたい。3日目午後は学外の施設見学で、安倍川製紙株式会社の造水プラントの見学を行なった。ここで最も印象に残ったのは、社内に水族館があったことである。水族館の水は、製紙加工によって排出される汚水を浄化したもので、排水処理の水質管理に関する究極のバイオセンサーと言えよう。

3日間の研修において東海・北陸地区21人の受講仲間と共に、環境問題に関する講義や化学分析、及びそれに必要な支援技術の概要を知ることが出来た。日頃、レーザー関係の保守管理に従事していて、ウエット化学に縁のない筆者が、分子科学の6割は化学領域であることを再認識する良い機会になったと思う。また、研修にご尽力下さった静岡大学各技術部の先輩諸兄のみなさんと、実習や意見交換会でお話できたことは、講義以上の収穫であったと思う。

来訪機関	来訪者	人員
岡崎商工会議所	機械金属部会員、理財部会員	30名
(財) 中部科学技術センター	賛助会員、研究会メンバー	30名
(株) 豊田自動織機		6名
安城南高等学校		5名
千葉地方裁判所	司法修習生	12名
東京地方裁判所	司法修習生	54名
浜松西高等学校	理数科1年生	40名
開成中学・高等学校	科学部（部活動）	30名
鳥栖市議会	シンクロトロン光応用関連施設整備等企業誘致調査特別委員会	8名
岡崎高等学校	スーパーサイエンスハイスクール	

技官グループが御説明申し上げた主な来訪者

6. おわりに

分子制御レーザー開発研究センターの技官としてお世話になって3年程経った中での施設報告で、読者の皆さんのお役に立つ情報を網羅しているとは思えないが、自分なりに機器センターからの歴史を勉強し⁴⁾、現況を報告したつもりである。

法人化問題がクローズアップされていている中、技術職員の末端で研究支援技術業務に従事する筆者にその詳細は理解できないが、1年程で今までにない厳しい情勢を迎えるようである。ここで今一度、原点に立ち返り、今我々技術者に何ができるのか、分子制御レーザー開発研究セン

ターの技術者に何が求められているのかをよく考え、身に付けるべき技術は身に付け、分子制御レーザー開発研究センターの業務を遂行していきたいと考えている。

参考文献

- 1) Annual Review, 分子研レターズ, 分子制御レーザー開発研究センター Activity Report 2000 など
- 2) 分子構造総合討論会 講演要旨集 p556 講演 No. 3p014
- 3) レーザー学会学術講演会第22回年次大会 講演予稿集 p130 講演 No. E3-24p VII 5
- 4) 上田 正, 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~, かなえ No.17, 30(2002)

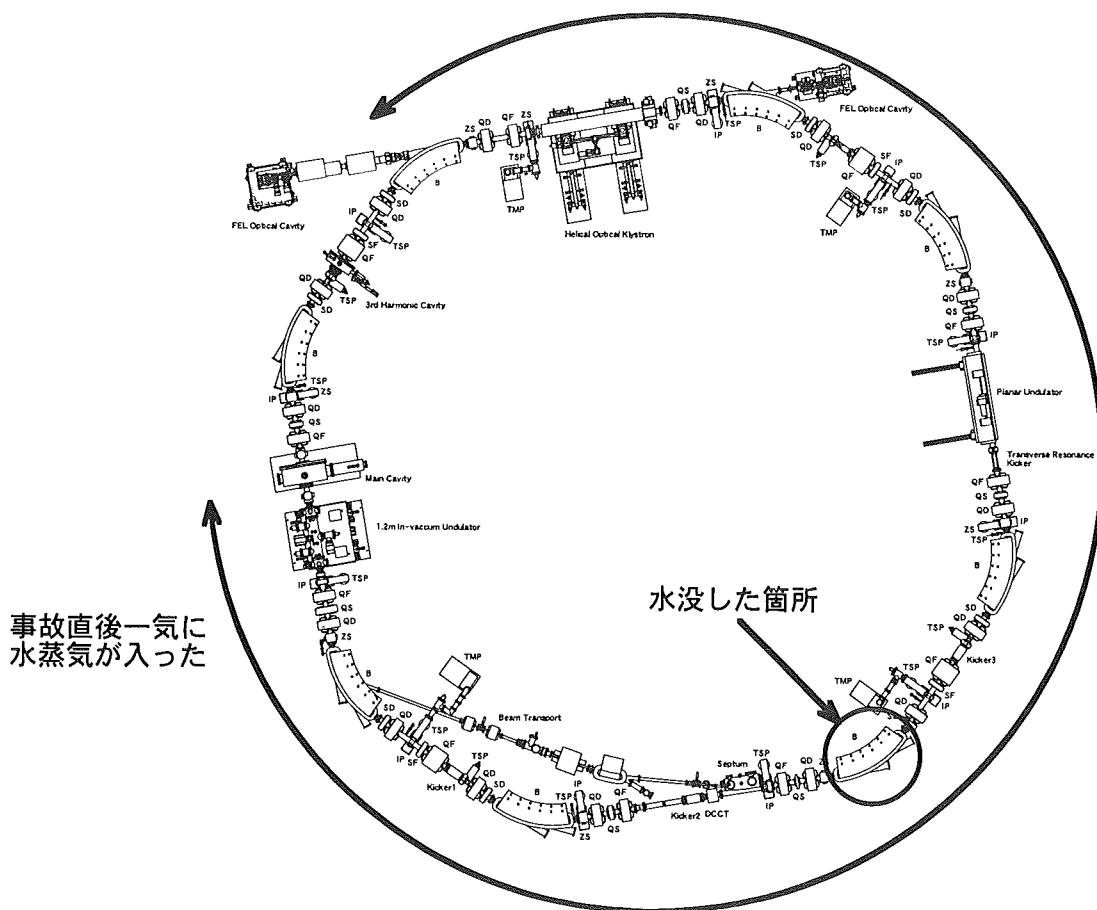
UVSOR 施設ニュース ～ UVSOR 史上最大の真空事故を乗り越えて～

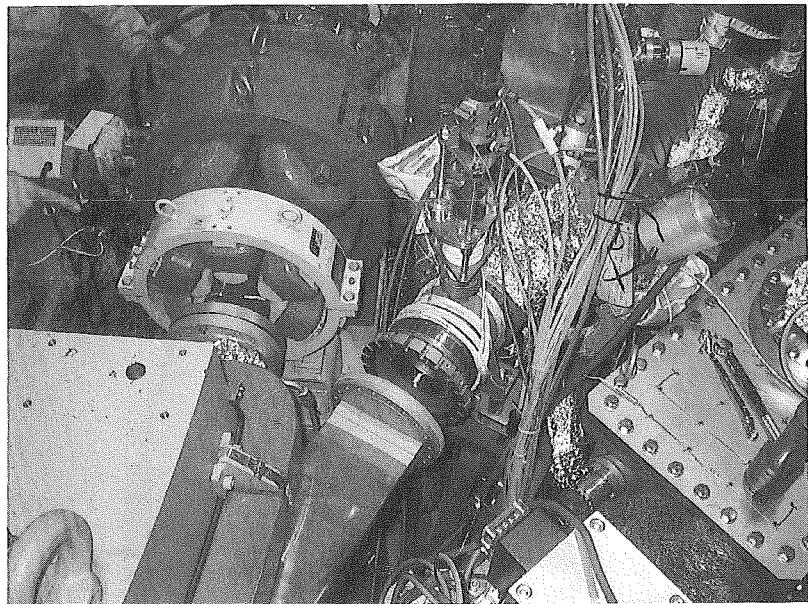
UVSOR 山崎 潤一郎

平成14年11月13日午後9時頃ストレージリングビームダクト内部に冷却水が流れ込んだことによる真空破壊事故が発生した。原因是ビームラインBL1BにおいてSOR光を遮断するためのビームシャッターに送り込んでいる冷却水がチャンバー内部で漏れたためこのような事故が起こった。完全に“水没”したところは、BL1A出射部、BL1B出射部、B1偏向部ダクトで、他のセクションはおそらく水蒸気が回り込んだと考えられる。原因となった冷却水漏れの様子を写真1～3に示す。冷却水を通す壁の厚みが極端に薄いことがわかる。おそらく製造工程においてこの部分に何らかの工作ミスが発生したと考えられる。このビームシャッターについては、今回事故の起こったBL1Bだけでなく一部を除き

ビームライン出射部基本セルの構成品として同時期にビームラインに組み込まれたものなのでおそらく全ビームラインにおいてビームシャッターの更新が必要であろうと思われる。これにより共同利用実験が長期にわたり停止せざるを得なくなった。

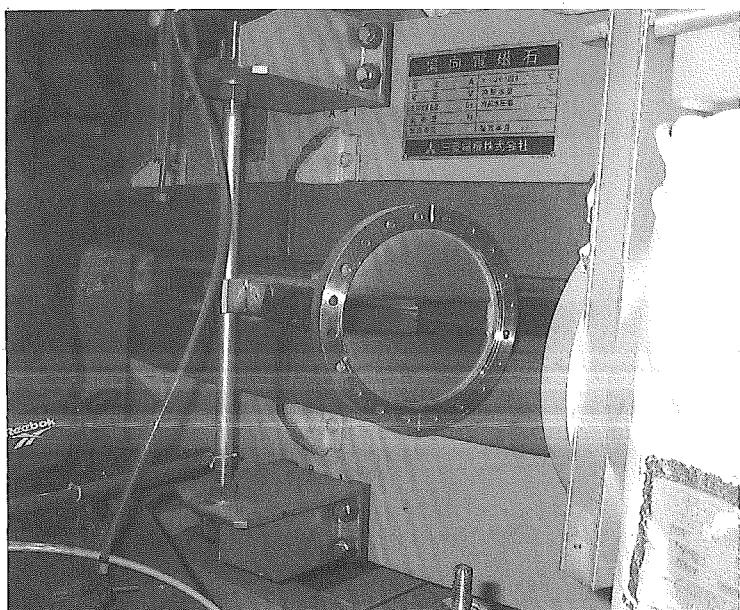
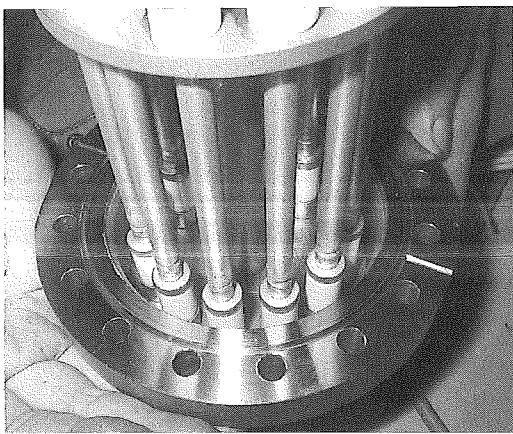
ビームラインに大気あるいはガスの突入による真空破壊事故はたびたび起こったが、今回のように突然水が突入したことによる事故はUVSOR史上例がない。被害を受けた領域は広範囲に及ぶものであった。結果的に復旧にはおよそ1.5ヶ月を要した。関係者には多大なご迷惑をお掛けした。今後同様な事故が起らぬよう努めていきたい。



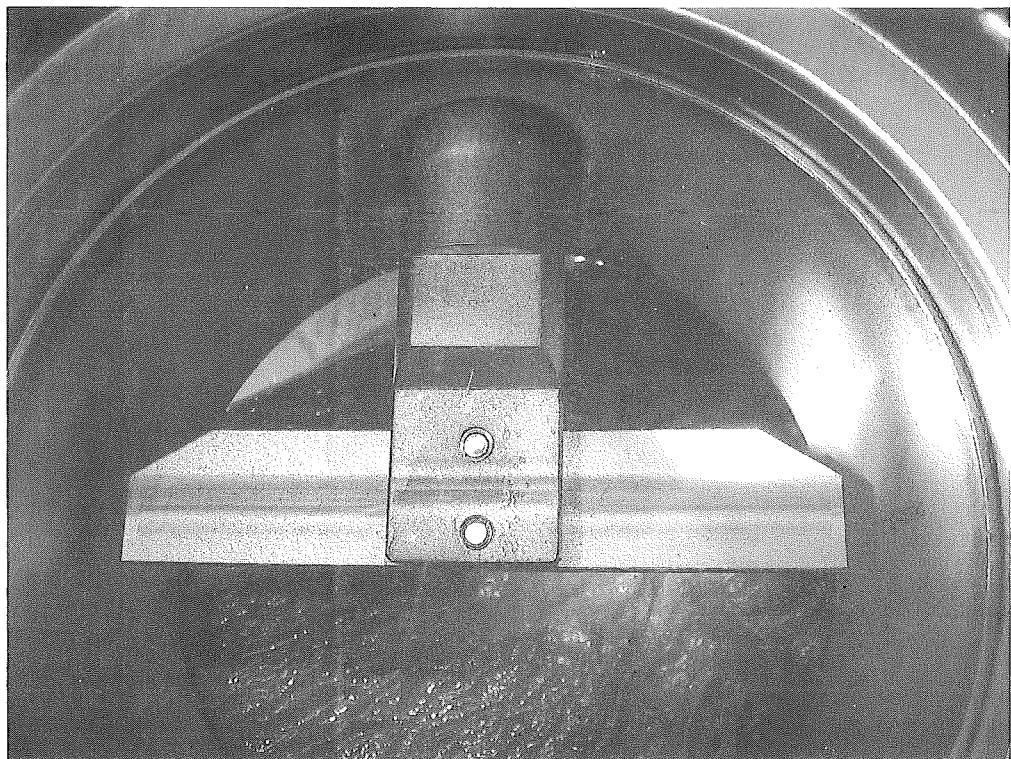


冷却水漏れを起こした BL1B 出射部

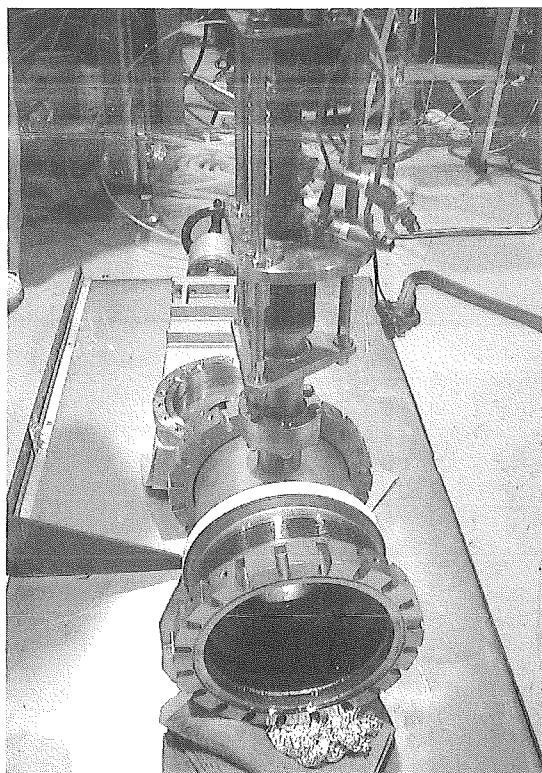
冷却水に浸かった B1 傾向部真空ダクト（右）
とチタンスッターポンプ（下）



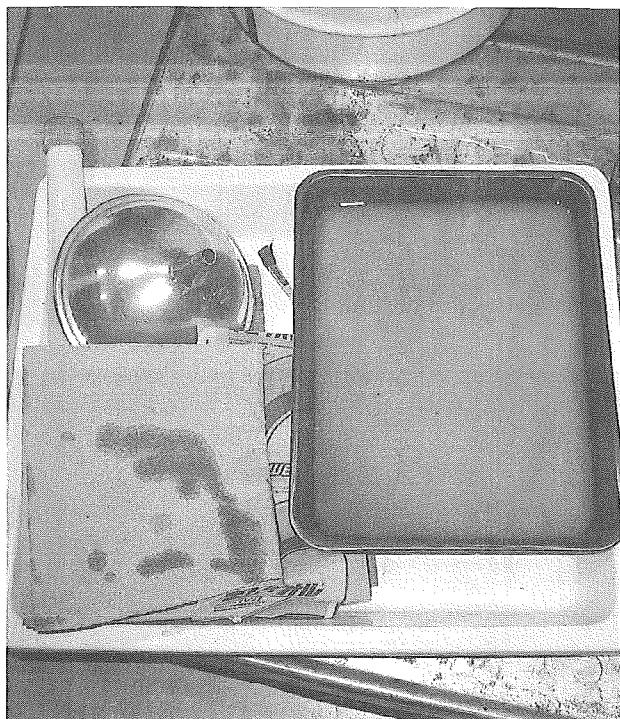
滝のように流れ出る冷却水をバケツで
受けける



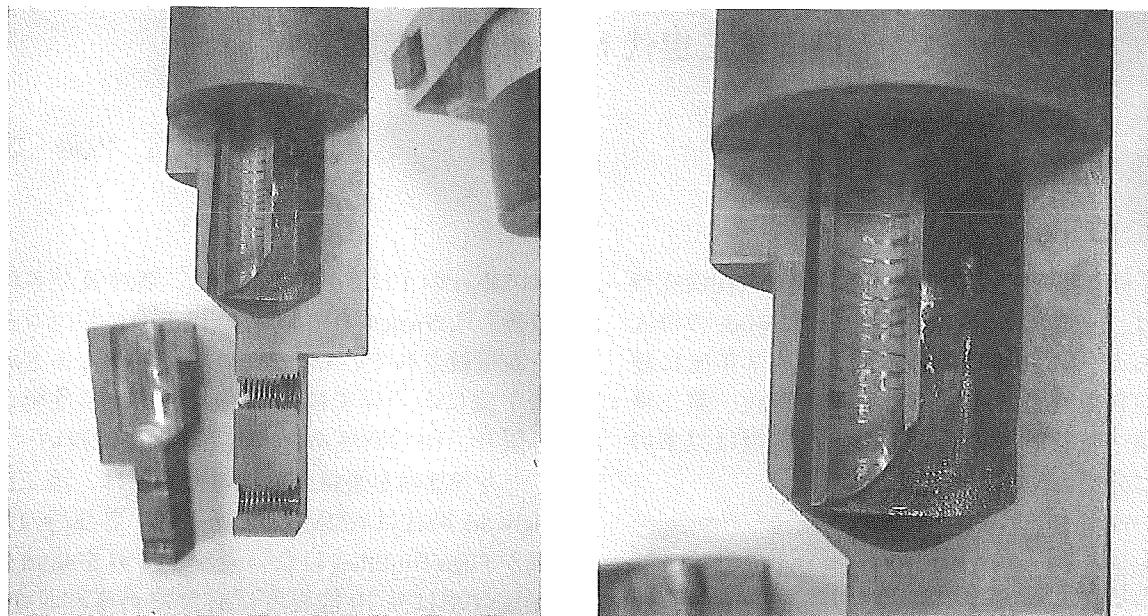
真空チャンバーの中で冷却水が噴き出している様子



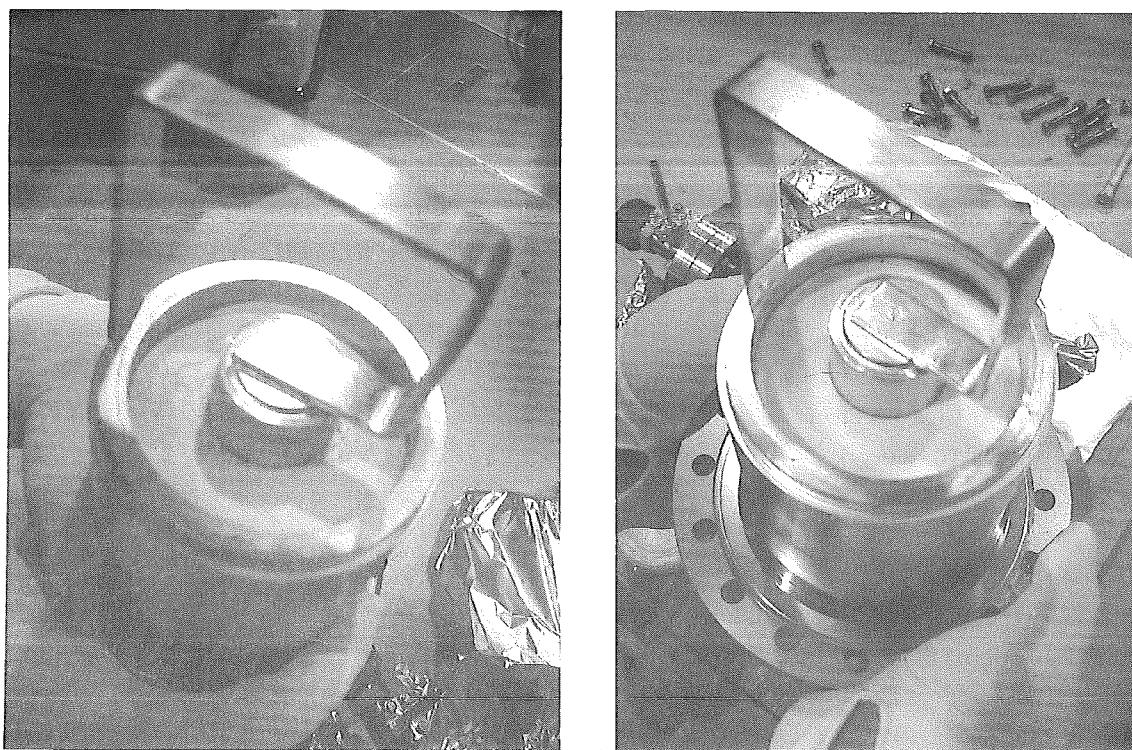
水漏れを起こしていたビームシャッター



蓄積リング粗引き用油回転ポンプのオイルすべて
白濁してしまった



装置開発室の協力を得て問題の箇所を切り開いた（左）。冷却水漏れを起こした部分の肉厚は0.2mm程度しかなかった（右）。



大気突入により破損した電子蓄積リング用高周波加速空洞用カプラ（左）。絶縁体を含むおよそ全体に銅がスパッターされたような形になり、結果のことにより高圧を印加しても放電が発生したため高周波加速空洞が運転不可能となり、急遽予備品と交換した（右）。

機構第三世代 Network の特徴

電子計算機室 内藤 茂樹

分子科学研究所の所属する岡崎国立共同研究機構では、平成 13 年度末に新しい Network の導入を行った。これで平成 5 年度、平成 7 年度に続き 3 回目となる。それぞれを第一世代、第二世代、第三世代とすると、その主な特徴は以下のように分類される。

世代	主な特徴
第一世代	FDDI と Yellow Cable(10BASE-5)による bus 型 Network
第二世代	ATM と 10BASE-T(一部 100BASE-T)による Switched Network
第三世代	Giga-Bit Ether と 10/100BASE-T による Full Ether/Switched Network

今回はこの第三世代 Network の特徴と新しい Server、そして強化された機構の Network Security 及び機構外からの access 手段として導入された VPN について報告する。また機構は平成 14 年の末に APNIC(Asian-Pacific Network Information Center) から IPv6 の address を取得し SINET の IPv6 Service へ接続したので、現在の機構の IPv6 の状況の報告も行う。

1. 第三世代 Network の特徴

平成 7 年度に導入した第二世代 Network の機器が老朽化し、また近年より増加した需要に耐えきれなくなったため、平成 13 年度に第三世代 Network への更新を行なった。詳細な調査の結果、基幹部を ATM から Giga-Bit Ether に変更することに決定した。第三世代 Network の特徴は以下の通りである。

1.1 広帯域

今や各端末 (PC/WS 等) の Network Interface は 100BASE-T(100Mbps) が当たり前となっている。したがって各部屋の情報コンセントには 100BASE-T を配布するのが望ましい。しかしその帯域を十分に發揮するためには、それらを集線した上流はより広帯域でなければならない。第二世代 Network の分子研基幹部は 155Mbps しかなく、100Mbps を集線した上流としては帯域が狭すぎる。一方 Giga-Bit Ether ではその名前の通り 1Gbps、つまり約 1000Mbps であり、各端末の

100Mbps の 10 倍の帯域を誇る。各棟及び各階に設置した Switch の中には 40 以上の情報コンセントが接続されているものもあるが、異なる Switch の下流にある端末間の access が同時に多発しない限り、10 倍程度あれば運用上問題は無い。

一方各部局を集線する機構基幹部は、第二世代 Network 時代は 622Mbps であった。各部局の基幹部が Giga-Bit Ether になった今、それを集線した上流はやはり 10 倍程度は必要である。しかし、導入時にはまだ 10Giga-Bit Ether は規格化されておらず導入を断念せざるを得なかった。そこで IEEE802.3ad(Link Aggregation) なる技術を用いて 8Gbps の帯域を実現することにした。この技術は複数の線を束ねて 1 つの太い線と見なす技術であり、機構基幹部では 1Giga-Bit Ether を 8 本束ねて 8Gbps の帯域としている。部局基幹部の 10 倍とまではいかないが、副次的な利点として、たとえ束ねた内の 1 本が切れたとしても、残り 7 本で 7Gbps の線として利用することが可能である。もし 10Giga-Bit Ether を導入していたとしたら当然線は 1 本なので、その線が切れたら access 不能の状況におちいることになるだろう。10Giga-Bit Ether ではなく、IEEE802.3ad を利用したことにより機構基幹部は障害に強い構造となった。ここで世代毎にその帯域を纏めると以下のようになる。

世代	機構基幹部	分子研基幹部	末端
第一世代	600Mbps	100Mbps	10Mbps(10BASE-5)
第二世代	622Mbps	155Mbps	10Mbps(10BASE-T)
第三世代	8000Mbps(8Gbps)	1000Mbps(1Gbps)	100Mbps(100BASE-T)

第二世代と第三世代では各部とも約 10 倍程度帯域が大きくなっている。

また平成 14 年の秋より機構は SuperSINET 接続 Site となった。接続帯域は 10Gbps であり、そのうち一般利用者用として 3Gbps を割り当てている。それまでの SINET 接続の時の帯域は 40Mbps であったので、凡そ 75 倍の帯域向上である。今まででは機構内部がどんなに高速でも、機構外の Site へ access した時には、SINET 接続口の帯域

が Bottle Neckとなっていたが、それは SuperSINET 接続に変更されたことにより解消された。ただし、接続先や通信経路の帯域の制限を受けるので、必ずしも通信速度が数十倍になるわけではない。それは接続先の Server が 10Mbps 程度で Network に接続されていたりとか、Internet 的に遠くにあるので途中で帯域の狭い ISP を経由したりした場合があるので、喻え機構側の帯域が広くても通信速度は遅いままである。

1.2 Full Ether Network

今までの Network はたとえ端末が Ether であっても、上流に Ether でない部分があった。第二世代 Network では ATM が使われ、さらに古い第一世代 Network では FDDI が使われていた。これは通信の途中でその媒体が不連続であることを意味している。当然のことながら、媒体が変わることで変換を行わなければならない。このとき変換する速度が遅ければ Network 全体の通信速度が低下し、変換効率が悪ければ破棄される packet が多く発生し通信品質の低下及び通信速度の低下を招く。したがって通信媒体は全 Network で統一されているのが望ましい。しかし平成 5 年度時には Ether は 10Mbps のものしかなく、平成 7 年度時でも 100Mbps が最大であり、基幹部を構成する媒体としては力不足であった。そのため第一世代 Network では FDDI を採用し、第二世代 Network では ATM を採用しなければならなかった。その後 Ether も 1Gbps の帯域を誇り、IEEE802.3ad を利用すれば 8Gbps の帯域も実現可能となっていた。これは他の媒体の力を借りなくとも Ether のみで高速な Network を構築することが可能であることを意味する。先に述べたように Network の利用効率を考えれば全 Network で媒体が統一すべきであることから、第三世代 Network は末端部から機構基幹部まで Full Ether Network となっている。したがって通信経路の途中で媒体変換は行われていない。以下に世代毎の媒体を挙げておく。

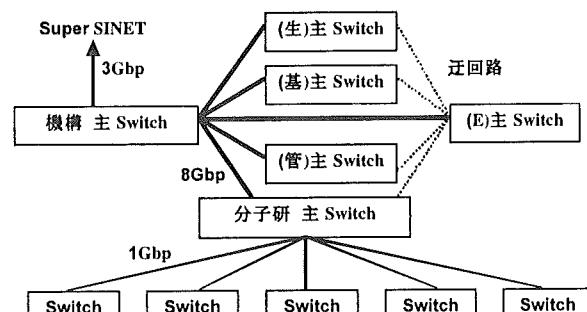
世代	機構基幹部	分子研基幹部	末端
第一世代	独自	FDDI	Ether(10BASE-5)
第二世代	ATM(oc-12)	ATM(oc-3)	Ether(10BASE-T)
第三世代	Ether(1000BASE-LX×8)	Ether(1000BASE-SX)	Ether(100BASE-T)

1.3 Full Switched Network

物理的な接続形態に着目すると、機構では第二

世代 Network から star 型の Switched Network になっている。第三世代 Network は第二世代 Network の更新であるから、当然 Switched Network で構築してある。一方第一世代 Network は Yellow cable(10BASE-5) を使った bus 型の Network である。bus 型の Network では 1 本の cable を複数台の端末で共有するため、ある 1 台が通信を行おうとするとき、cable をその 1 台が占有することになる。したがって複数のマシンが通信を行おうとすると cable の取り合いとなり、最悪 collision が発生し、その Network 自体が利用不能に陥ることもある。一方 Switched Network では、Switch と端末の間は 1 対 1 となり、その間の通信路は端末が常に占有することになる。したがって複数のマシンが通信を行っても（通信している端末の組が重ならない限り）通信経路は占有可能である。ただし、Switch と端末との間に HUB が存在し、HUB に複数台端末が接続されている場合はこの限りではないし、また通信を行っている組が重なれば占有することはできない。

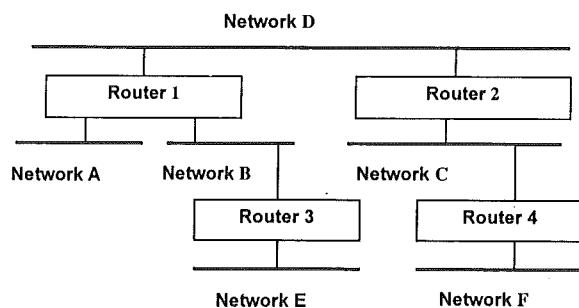
以下に第三世代 Network における Switch 間の物理接続の概念を図示する。



機構基幹部は、機構主 Switch を頂点として、各部局の主 Switch を Star 型に接続している。そして各部局基幹部は、各部局主 Switch を頂点として、各 Switch に star 型に接続している。しかし Star 型には、上流の Switch との接続が遮断された場合、Network から孤立してしまうという問題がある。第三世代 Network の場合、機構主 Switch との接続が切れると、その部局は孤立してしまう。その問題を回避するために、各部局主 Switch から E 地区主 Switch まで迂回路として 1Gbps で接続している。仮に分子研の主 Switch と機構主 Switch との間、もしくは機構主 Switch そのものに障害が発生したとしても、E 地区及び

E 地区経由で他部局との access が可能となる。機構主 Switch と分子研主 Switch 間のみ障害が発生し、機構主 Switch の他の機能には障害が無い場合、迂回路がないとそれだけのことで機構外(Super SINET)への access が出来なくなるが、迂回路があるので機構外への access が可能となっている。当然のことながら loop が出来てしまつたため、この E 地区への迂回路は普段遮断されている。したがつて常に各部局と E 地区とで直接 access 出来るわけではない。あくまで機構主 Switch と各部局基幹 Switch との間に障害が発生したときのみ、この経路は使用される。機構基幹部は Spanning Tree(IEEE802.1d)にて管理されており、障害が発生したときには自動的に迂回路へ変更される。

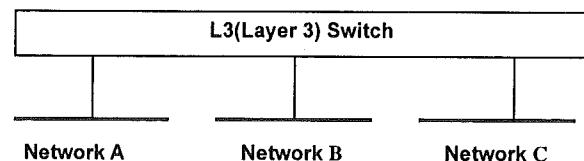
一方論理的な接続形態の面からみると、第一、第二世代 Network は複数の Router を用いた階層構造をしていた。したがつて、ある Network から違う Network へ access を行う場合、両方とも同じ Router の下流にあれば直接 access 可能である。しかし、別の Router の下流にある Network へ access を行う場合、第三の Network を経由する必要がある。



上の図で説明すると、Router 1 の下流にある Network A と Network B との間の access は、Router 1 によって直接可能である。しかし、Network A から Router 2 の下流にある Network C に access する場合は、一度 Network D を経由する必要がある。さらに Network E に access するには Network D、Network C と 2 つの直接関係のない Network を経由しなければならない。第一世代 Network では、Network D に該当する部分が分子研基幹部を構成する FDDI ring になつていて、Network E/F に該当する階層は無い。第二世代では Network D に該当する部分が機構基幹部であり、そこに直接接続されていたのは 4 Subnet しかない。あとは端末の接続されない Network B/C に該当する階層が

設定され、そこに接続する形で端末を接続する Network E/F に該当する階層が設定されていた。そのため同じ分子研の中にある端末にもかかわらず、最下層同士の access には直接関係のない 3 つの Network を経由する必要があった。

それに対して第三世代 Network では L3(Layer 3)Switch を使用して、論理的な接続も Switch 化している。そのため別の Network へ access を行う場合でも、第三者の Network を経由する必要がない。



上の図で、Network A から Network B/Network C への access は、L3 Switch によって直接行うことができる。したがつて、第三世代 Network では分子研の端末同士である限り、直接 access することができる。

以下に世代毎の物理的、論理的接続形態を纏める。

世代	物理的接続形態	論理的接続形態
第一世代	Bus 型	階層型(Router)
第二世代	Switched(star 型)	階層型(Router)
第三世代	Switched(star 型)	Switched(L3 Switch)

第三世代 Network は、物理的接続の面からみても論理的接続の面からみても、Switch を用いた Full Switched Network であると言える。

1.4 VLAN による “どこでもネット”

第二世代 Network 時代には、ATM の特徴である LANE(LAN Emulation)機能を使つた ELAN(Emulated LAN)によって、通称“どこでもネット”を実現していた。これは 1 つの ELAN に複数 Subnet を割り当て、その ELAN に所内すべての情報コンセントを参加させることによって、所内のどこに移動しても同じ IP address を使用し続けることを可能にしたものである。第三世代 Network でもこの“どこでもネット”は踏襲された。ただし ATM ではないので LANE ではなく、IEEE802.1Q/p による VLAN(Virtual LAN)にて実現している。方法は ELAN と同様に 1 つの VLAN に複数の Subnet を割り当て、所内すべての情報コンセントをこの VLAN に参加させて実現している。なお、第三世代 Network では所外公

開用 Server の為の VLAN を別に作成し、専用の Subnet を割り当てている。したがって所外公開用 Server を接続している情報コンセントは、この専用 VLAN に所属することになり、“どこでもネット”の適用範囲外となる。

1.5 第三世代 Network の問題点とその解決

第三世代 Network の特徴は広帯域と Full Ether Network、Full Switched Network、そして“どこでもネット”である。第二世代 Network 時代に比べかなり通信環境は改善されているが、逆にこの特徴故の問題も発生している。その問題がもっとも顕著に現れたのが、導入直後に多発していた“packet storm”である。この障害は以下の過程で引き起こされたものである。

- 1) ある機器から不正な Multicast packet が送信される
- 2)VLAN 全体にその packet が送信される
- 3) ある特定の機器(複数)がその Packet に反し、再びその packet を Net(VLAN) に送信する
- 4) このとき、最初は 1 つの packet だったものが、それに反応した機器分増えている
- 5) 再び特定機器が増加した不正 Multicast packet に反応し、再び送信し直す
- 6) これを繰り返したため、Net(VLAN) が不正な Multicast packet で埋まってしまった

根本的な原因は不正な Multicast Packet を送信した機器にあるが、この機器は導入前から Net に接続され、ATM を使っていった第二世代 Network 時代には“packet storm”は起きていたなかった。そのかわり、その機器が接続されていた ATM Switching HUB が、原因不明の reboot を起こすという現象が起きていた。どうやらこの ATM Switching HUB の reboot の原因は、この機器が送信した不正な Multicast packet によるものと推測される。そして Switching HUB の下流に当たる Ethernet 部分で“packet storm”が引き起こされ、その負荷に耐えられなくなり reboot したものと考えられる。その際に Switching HUB 自身の性能及び、Ether から ATM へ媒体が変換されるときの効率から、Network 全体への影響が出なかつたと推測されている。つまり第二世代 Network 時代は、その機器の性能と通信路の途中で媒体が交換されるという短所が逆に作用し、被害の規模を最小限に抑えていたとも言えるのである。

一方、第三世代 Network になり、通信路の途中で媒体が変換されるという短所がなくなると共に、各機器の性能も向上し packet loss も発生しにくくなつた。一般的の通信において、これは非常に喜ばしいことである。何故なら Data の送受信がより早く、より確実に行えることを意味するからである。しかし、その loss しなくなつた packet には、不正な packet も含まれる。もちろん規格に照らし合わせて駄目な packet は破棄されるが、上で述べた“packet storm”を引き起こした Multicast packet は、規格的には何等問題が無い。喻え運用上非常に問題があり、発信した機器も意図していない packet であっても、規格上問題が無ければ、各 Network 機器は正常な packet として送信してしまう。しかも今度は第二世代 Network 時代の短所は存在しないため、あっという間に全 Net(VLAN) 中に広まってしまう。本来はそのような packet を出すような機器を Network に接続させないのが正しいのであるが、現実問題として事前に確認できるものではなく、その機器の所有者自身もそのような不具合が起きるとは思っていないであろう。そこで次善策として、packet storm を起こす可能性がる broadcast と multicast を機械的に制限することにした。各 switch の各 port に、ある一定時間内に送信できる broadcast/multicast packet 数に閾値を設定し、それを上回った場合はその port 自身を使用停止にする設定を行つた。packet storm が起きかけたときには、その原因となる、packet を繰り返し送信している端末が接続された port が、自動的に使用停止になるため、それ以降 packet を送信することができなくなり、やがて問題ある packet が Network から消滅することになる。問題ある packet が無くなれば packet storm が収まり、一般的の通信が復旧する。なお使用停止になつた port は自動的に復帰するので、その後の使用には問題がない。この設定を行つた後、数回閾値を超えた port が使用停止になつたことがあったが、packet storm は発生していない。

2. 新 Server

今まで分子研では第一世代 Network と同時に導入した Sony 社製 NEWS WorkStation を Mail/DNS/

File/ 内部 WWW Server として使用してきた。流石に今となっては非力である上に、HDD(Hard Disk Drive)の容量も需要に対応できなくなってきたおり、尚且つ Sony は WorkStation 事業から撤退したことから、今後の Support も心許ない状況になっていた。そこで第三世代 Network の導入と同時に Server 類も更新した。

2.1 Hardware

新しい Server は、Sun Microsystem 社製の Sun Enterprise 220R を導入した。その主な仕様は以下の通りである。

2 次 cache memory	4MByte
主記憶容量	2GByte
Boot disk	36.4GByte(RAID1 構成)
Network Interface	100BASE-T(IEEE802.3u)×1, 1000BASE-T(IEEE802.3ab)×1
OS	Solaris8(64bit)

分子研では DNS/Mail Server と所内向け WWW Server をそれぞれ別筐体で運用している。DNS/Mail Server には外部に 210Gbyte の RAID5 装置を接続し、所内向け WWW Server には 480Gbyte の RAID5 装置を 2 台接続し、その 2 台を使って RAID1 を構築し運用している。各 RAID 装置は Fibre Channel で本体と接続されている。Sony NEWS は Desktop だったが、Sun220R は Rack Mount 型であるため、RAID System と併せて 19inch Rack に収納されている。また分子研の公式 WWW Server も同じ構成の Sun220R に更新され、同一の Rack に収納されている。

以上から明らかなように、新しい Server では RAID を採用している。Sony NEWS 時代は 7 台の HDD を接続し、それぞれ個別に運用していた。そのため最大で 4.3Gbyte の領域しか設定できず、容量不足を感じていた。また HDD の数が多いので、HDD の個別故障による対応作業が結構あり、HDD の台数を減らしたかった。より少ない HDD でより多くの容量、そして backup も容易にする目的から RAID を導入することにした。RAID にすることで DNS/Mail Server で外付け Disk 装置が 1 台、所内向け WWW Server でも 2 台で済み、さらに所内向け WWW Server では RAID1 を組むことにより Data の Backup が容易になったため、メンテナンス性がかなり改善されている。

2.2 Software

DNS(Domain Name Server) 用の Software は bind9 を使用している。これは次世代 IP(Internet Protocol) である IPv6 にも対応している。Mail

Server 用 Software は postfix を採用した。所内向け WWW Server は CIFS(Common Internet File System, Microsoft Corp.) と AppleTalk に対応し、Windows からも Macintosh からも File Share 可能である。この環境を実現するために Syntax 社製 TAS(TotalNET Advanced Server) を導入した。この Software を使えば CIFS と AppleTalk を WWW Browser から一元管理可能である。WWW Server 用 Software は、所内向け Server も公式 Server も共に apache2.0 である。Apache2.0 は Multi Thread 対応であるため、CPU を 2 個搭載し OS が Solaris である新 Server との相性がよいと思われ、高い処理性能が期待できる。

3. Security

第三世代 Network の導入に伴い、Security 装置も更新や新規導入を行った。ここで平成 15 年 1 月現在の機構の Security 関連について説明する。

3.1 FireWall

機構には以前から FireWall が設置されていた。しかし、この FireWall は容量が小さく Giga-Bit の帯域に対応できるものではなかった。そのため新規に Giga-Bit 対応の FireWall に更新することになった。新規に導入された FireWall は Nokia 社製の IP740 という Hard/Soft 一体型のもので、3 台並列運用することによって合計 3Gbps の処理速度を得ている。この IP740 は FireWall engine として、CheckPoint 社製の FireWall-1 を搭載している。機構では最初に FireWall system を構築した時から、この FireWall-1 を使用し続けているため、それなりに運用実績を得ている。

分子研では第三世代 Network 導入と共に、対外向けサーバ専用 VLAN を作成し、外部に Service を提供する Server は全て 133.48.192.0 の Subnet に集約することにした。そのため FireWall では、それ以外の端末が接続する一般用 VLAN への外部からの access を原則遮断している。また対外向けサーバ専用 VLAN でも、提供する Service 毎に Group を作り、原則提供する Service のみ外部から access 可能にしている。したがって対外向けサーバ専用 VLAN に所属していても、未登録の Service の提供はできない。今まで Service を提供していたマシンで、新たに別の Service を提供しようとする場合は不便であるが、管理者の不注意で立ち上がっていた Service を、外部から攻撃

されることを防ぐためには必要な措置である。

3.2 NIDS

FireWall は特定 Service に対し、通信を許可 / 不許可の制御をしているだけである。つまり水道の蛇口と同じで、ある特定 Service に対し、開けているか閉じているかの 2 者選択しかない(ただし水道の蛇口と違い流量の調節はできない)。したがって蛇口が開けられている限り水に泥が入っていようが、錆が入っていようが、鉛が入っていようが、トリハロメタンが入っていようがそのまま流してしまう。つまり例えば http Service が開いていたとしたら、WWW page を読みに来た一般の access と、悪意を持って Security Hole を突いてくる、所謂 Cracker による攻撃とを区別せず全て通してしまう。そのため、特に外に対して Service を提供している Server にとって、FireWall だけでは十分では無い。

本来ならば各 Server 管理者が各々 Security の向上に日々努力をしなければならないのであるが、仕事に追われておろそかになったり、そもそもメーカー側が patch の提供が遅れたりする可能性も考慮して、機構では NIDS(Network Intrusion Detection System) を導入した。これは Realtime に Network 上の packet を監視し、攻撃や Network の誤用、変化の兆候を探すものである。兆候を発見すると E-Mail 等で警告メッセージを通知し、対策を施すと共に分析に必要な log を採る。この log は、機構内の Server が踏み台にされ他の Site を攻撃し損害を与えた場合、その Server が第一犯人ではなく被害者でもあることを、法廷等で証明する時等にも有効である。攻撃など不正な access かどうかの判断は、Virus Check Soft と同様に Data を持っていて、packet の中身とその Data を照らし合わせて行われる。したがって未知の access には弱い側面を持つ。これも Virus Check Soft と同じである。

NIDS により FireWall を通過した、清濁混合した access を filter して、より正常な access のみに絞ることが可能になった。しかしそれでもなお完璧に防御することはできない。やはり各 Server 上での Security 向上及び log の収集が必要不可欠であることを強調しておく。特に log の収集は第 3 者への攻撃の踏み台にされた場合、踏み台にされたということを証明する上で必要不可欠である。これが無いと攻撃の第一犯人と認定されて

しまい、多額の賠償請求をされる可能性が高くなる。

3.3 InterScan

分子研でも Virus による被害が何件も出ている。その伝染経路は E-Mail が殆どである。そのため新規に導入した Mail Server には Anti Virus Soft として Trendmicro 社製 InterScan が組み込まれている。これにより所外より届いた E-Mail は、Mail Server 上で Virus Check を受けることになる。もし E-Mail 中に Virus が発見された場合、InterScan により Virus は除去され、受信者には除去された E-Mail と InterScan から Virus を発見し除去したと言う報告の E-Mail が届く。ただし、当然のことながら Virus Check されるのは E-Mail のみであり、その他の通信では行われないため引き続き個々の端末で Anti Virus Soft を動かしておく必要がある。E-Mail 等に頼らず Network Computer 経由で感染してくる Virus も存在する。これなどは所内の誰かの PC が何等かの方法で感染してしまうと、所内に簡単に広まる可能性が高い。

他の通信も NIDS のように、Network 上で Virus Check ができないかと思う方が居られるかもしれない。残念なことにそれは現実的には不可能である。何故なら各 Data は小さな packet に分割されているため、Virus に感染しているかどうかを調べるために、一度 packet を組たてて元の Data に直した上で Virus Check を行い、再び packet に分割して本来の宛先へ送らなければならない。この作業を行うには非常に大きな負荷がかかるため、実現するには大規模計算機が必要となる。E-Mail の Virus Check は local の HDD へ保存するため再 packet 化が必要でないことと、Service が限定されていることから可能であった。

4.VPN(Virtual Private Network)

機構では所員が外部から機構内に access するときの Security を高めるために VPN を導入した。導入した VPN Server は CISCO 社製 VPN 3000 である。VPN を利用するときには専用 Client を端末に Install し setup する必要がある。

4.1 VPN の目的とその仕組み

元々 VPN は企業が物理的に離れた場所にある支社同士や本社との通信を、料金の高い専用線をやめ費用の安い公衆網 (Internet) へ切り替える

ために考え出されたものである。専用線はその名前の通りその企業しか利用していないので、第3者に通信を傍受される心配はなかった。一方 Internet は途中の経路を占有している訳ではなく、自分が契約している ISP(Internet Service Provider)以外の ISP を経由する可能性もあり、通信品質及び Security はかなり低いと言わざるを得ない。そこで Internet 上で専用線と同等の通信品質及び Security を確保する方法として考え出されたのが VPN である。

VPN を実現する上で重要なのが Network 接続の Security の保証である。これを保証するには以下の機能が必要である。

- ・暗号化
- ・認証
- ・access 制御

このうち暗号化は、その情報を読むための鍵を保有するものだけが内容を復号化できるように Data を変更することであり、User が認証されることによって Data を暗号化し保護しなければならない。認証には送信者が間違いなく本人であることを確認する User 認証と、受信された内容と送信された元の内容との同一性を確保するための Data 認証の 2 通りある。access 制御は VPN の自由度を管理するものであり、各 User による Network 上の様々なものへの access を制御する。access 制御により VPN の利用者が確実に必要な情報に access できるようにすると共に、必要な情報への access ができないようにして、Data の Security だけでなく、Network そのものの Security も保護することができる。Network System としての VPN を考えた場合、access 制御は必要不可欠な機能である。

4.2 所員が VPN を利用することによる利点

では分子研所員が VPN を利用することの利点は何であろうか。現在自宅でも FTTH や ADSL 等の Broadband による Internet 通信が主流となりつつあり、その帯域に比べて計算科学研究中心 (RCCS) が提供する PPP は最大でも 56Kbps と貧弱である。最近は E-Mail での添付書類も大きくなっている為、56Kbps では E-Mail の受信だけでも大変である。その点 Broadband なら一昔前の機構の SINET 接続帯域と同等であり、速度だけを考えれば何等問題はない。しかし、PPP は電話回線によって直接所内に入るため、専用

線と同程度の Security は保たれているのに対して、Internet 経由による Broadband 接続は Security が高くない。そこで VPN を利用することによって、Broadband の広帯域を保持しつつ PPP 接続と同程度の Security を確保できる。

また VPN を利用すると仮想的に機構の IP address が割り当てられ、次に挙げた Site への通信は、その IP address を利用する。各 Site の接続相手先は、その IP address から機構内からの access だと認識する。

- ・機構内の Network
- ・図書館で Service している電子 Journal や Web on Science

これにより、機構内からの access のみに制限している分子研所内 WWW Server や、管理局の WWW Server、また License 形態が機構の IP address からとなっている、図書館が提供している各種 Service 等への access が可能となる。これは VPN を利用する以外は PPP 接続でしか実現できない。PPP では速度の問題と岡崎市から離れるにつれ電話代が嵩むという問題がある。その点 ISP からの接続となる VPN なら通信費は少なくてすみ、速度も十分である。

以上から、機構外から上記の Service の利用及び E-Mail を Secure に受信するためにも、VPN を是非利用してもらいたい。VPN を利用するときは以下の WWW page(分子研内専用) を参照し、各 OS の Client をそれぞれの端末に Install し setup を行う。

URL:<http://info.ims.ac.jp/CC/VPN/>

なお、電子 Journal/Web on Science が VPN 経由で利用できるのは、現在機構でも分子研のみである。また当然のことながら各 Service の利用規約は厳守してもらいたい。VPN 接続をする時は必ず自分自身の account で認証を行い、自分自身以外に VPN を利用させることは厳禁である。

5. IPv6

現在機構で使用している IP は 32bit の長さを持つ IPv4 と呼ばれるもので、全世界で約 40 億台の端末を接続可能である。40 億というと広大な範囲と思われるかもしれないが、全世界の人口よりは少なく、一人 1 個の IP address というわけにはいかない。しかもその多くがアメリカを中心として既に割り当て済みである。今後利用の増加が見込まれる中国等には十分な割り当てを行

うことができない状況にあり、そこでより広大な address 空間を持つ次世代 IP が必要となる。その解決策として策定されたのが IPv6 であり、今後世界的に普及していくものと考えられている。そこでこの IPv6 について簡単に説明すると共に、機構の IPv6 に対する取り組みを紹介する。

5.1 IPv6 とは

IETF(The Internet Engineering Task Force) で 1991 年頃 IP アドレスの枯渇が指摘され、1992 年に IPng(IP Next Generation) の候補として、複数の Protocol の検討が開始された。その際に次の Protocol が候補に挙げられた。

- ・ OSI(Open System Interconnection) ベースの TUBA(TCP and UDP with Bigger Addresses)
- ・ TP/IX(後に CATNIP(Common Architecture for the Internet) に発展)
- ・ IPAE(IP Address encapsulation) と SIP(Simple Internet Protocol) 、 Pip を統合した SIPP(Simple Internet Protocol Plus)

1993 年には IPNG area が設立され IPng に対する要求事項や選択基準への意見募集を行った。1994 年夏の IETF の会議で SIPP を元に検討をすることが発表され、次世代 Protocol に Version 番号として 6 が割り当てられた。以降次世代 IP は IPv6 として検討が進められた。1995 年末には Protocol Standard となり、1996 年には Testing Address の割り当てが行われると共に、6Bone(世界規模の IPv6 による実験 Network) の構築が開始された。1998 年には Draft Standard になり、1999 年には実 address の割り当てが始まり商用実験 Service が開始された。日本では 1996 年に IPv6 の実装が一般に公開され、6Bone の誕生と同時に接続が行われている。

IPv6 の特徴としてはその広大な address 空間が挙げられる。IPv4 の 32bit に対して IPv6 では 128bit にまで広げられている。また IPSec(IP Security) が Support され認証と改竄検出の機能が必須となっている(暗号化は Option)。また Global Unicast address(正確には 集約型 Global Unicast address) は次のような構造になる。

FP	TLA ID	Res	NLA ID	SLA ID	Interface ID
3	13	8	24	16	64

上が領域名、下が bit 数である。それぞれの領域名について説明する。

FP	[Format Prefix]IPv6 address の形式を表す
TLA ID	[Top-Level Aggregation Identifier]各 ISP に割り当てる
Res	[Reserve]将来用に予約されている
NLA ID	[Next-Level Aggregation Identifier]各 Site に割り当てる
SLA ID	[Site-Level Aggregation Identifier]各 Site 内の Subnet に割り当てる
Interface ID	[Interface Identifier]Interface の識別子で MAC address より生成

なお Global Unicast address の FP は、“001”の 3bit を用いる。Address 内部に ISP の情報が含まれるため、階層的な address 割り当てと経路の集約を可能にできる構造になっている。

Address の構造から明らかのように、上位 48bit は接続する ISP によって決定されてしまう。また下位 64bit は端末の MAC address より決定される。したがって各 Site によって自由にできるのは SLA ID 分の 16bit のみとなる。したがって構築可能な Subnet は約 6 万 5 千個となる。単純に現在の機構の IPv4 の Network と比べてみると、機構に割り当てられた address は 133.48.0.0 の Class B 一つであり、Class C を Subnet の単位とすると、256 個の Subnet を構築可能である。したがって Subnet 数で言えば 256 倍の規模となる。実際には IPv4 の Class C には 250 台程度の端末しか接続できないが、IPv6 では SLA ID の下の Interface ID が、個々の Network Interface に全世界で固有になるように管理され割り当てられた MAC address を元にしているため、理論的な制約はほぼ無いと考えてよいと思われる。つまり接続台数が無制限の Subnet を、約 6 万 5 千個も保有することができるということになる。なお Interface ID は、正確には IEEE(Institute of Electrical and Electronic Engineers) で管理されている EUI-64 形式を用いる。これは 64bit の MAC address であり、48bit の MAC address から変換可能である。

また IPv6 は Plug & Play を実装している。IPv6 で通信可能な端末を IPv6 Network に接続すると、その IPv6 address は自動的に設定される。Network address 部である上位 64bit 分の情報は Router から提供され、host address 部である下位 64bit 分は自身の NIC の MAC address から生成されるからである。そのため address を発行するためだけの DHCP は必要ない。この Plug & Play の機能により、接続するだけで Network の利用が可能となるため、利用者としては非常に便利であるが、その一方で当然のことながら NIC を交換すると address が変わってしまうことという問題がある。そのため NIC を変えると DNS の登録内容も変更

する必要が出てくる。それを解決するため、サーバ等のように固定された address を永続して使用したい場合等には、明示的な割り当ても可能である。

5.2 岡崎機構と IPv6 の現状

機構が接続している学術情報ネットワーク(SINET)も平成 14 年より IPv6 の接続 Service を提供するようになった。そこで機構でも IPv6 の運用技術の習得を主な目的とし、IPv6 に接続された Site への機構情報の提供を行うことも視野に入れ、IPv6 接続 Service の提供を受けることにした。平成 14 年 11 月 8 日に SINET 経由で APNIC より IPv6 address の割り当てを受け、平成 14 年 11 月 15 日に IPv6 over IPv4 tunneling により SINET IPv6 網に接続を行った。IPv6 網への機構からの接続帯域は 1Gbps である。今後は IPv6 用の DNS サーバの登録や、機構内の IPv6 用 VLAN の構築等が順次行われる予定である。将来本格運用する時には、IPv6 対応の FireWall 等の Security system 導入も必要となるだろう。

機構が APNIC より割り当てを受けた IPv6 address は、

2001:02f8:0019::/48

である。これに機構で Subnet を割り振って使うことになる。Subnet 用の領域は 16bit なので Network address 部は合計 64bit となる。Host address 部は各端末の NIC に割り振られている MAC address より自動的に作成され、それは 64bit 長となる。例えば端末の NIC に割り当てられた

MAC address の EUI-64 形式が、

0200:f4ff:fe90:0456

だとし、機構で割り当てた Subnet address(SLA ID)が 1f2e だとすると、その端末の IPv6 address 1 は、

2001:02f8:0019:1f2e:0200:f4ff:fe90:0456

となる。この例では address の自動取得の場合であるが、address を固定化する方法もある。その方法は OS 毎に違うので、興味のある方は OS の解説等を参照してほしい。

現時点では IPv6 が将来どうなるかはわからない。結局 IPv4 のままで IPv6 は広まらずに終わるかも知れない。しかし IPv6 に移行する可能性もある以上、その運用技術を習得しておく必要がある。技術革新の激しい Network を管理運用するためには、最新情報を収集するだけでなく、将来無駄になる可能性を覚悟しつつ新技術を身につけよう心がけたいと思う。

参考文献

- ・コンピュータネットワーク用語辞典、戸塚勤著、オーム社
- ・FireWall-1 管理(上級コース)受講者用 Check Point 2000 版 ((Check Point security courseware),Check Point Software Technologies LTD.
- ・セキュリティ・プロフェッショナルのための VPN-1 Check Point 2000 版 ((Check Point security courseware),Check Point Software Technologies LTD.
- ・IPv6 ネットワーク実践構築技法、オーム社開発局、オーム社

分子スケールナノサイエンスセンターのホームページについて

分子スケールナノサイエンスセンター 戸村 正章

2002年4月、分子物質開発研究センターが分子スケールナノサイエンスセンターに衣替えしてから半年後、ようやっとナノサイエンスセンターのホームページを作成・公開することができた。大学共同利用機関として施設利用等のユーザーにわかりやすい情報を発信していくことは、当センターにとっても重要な課題である。そこで本稿ではこのホームページについて簡単に紹介したい。

センターのホームページは、所内向け情報サーバー (<http://info.ims.ac.jp/NANO/>) と、外部公開用サーバー (<http://crystal.ims.ac.jp/NANO/>) の二ヶ所にあり、外部公開用ページは所内向けページと同一になるよう自動的に更新されている。所内向け情報サーバー上のデータは、ファイル共有システムにより所内から簡単にアクセスできることから、センターのメンバーによる更新も容

易に行うことができる。ただし、外部公開用サーバーは暫定的なものであり、平成14年度中にはアドレスも変更される予定である^注)。

図1にトップページを示す。フレームや画像、JavaScriptなどは使用せず、全体的にシンプルになるよう心掛けた。左下のセクションは所内に限定した情報であるため、外部公開ページではアクセス制限によって所外からの閲覧はできなくなっている。

【所有する物性機器】

この項目では、センターの所有する機器に関する情報公開を行っており、本ホームページの主眼といつても差し支えない。所外公開（施設利用）機器リストから、図2のように、所外に公開している機器の一覧とそれぞれの仕様を見ることができる。また、機器の設置場所もすぐにわかるように、各棟における装置配置図を載せ

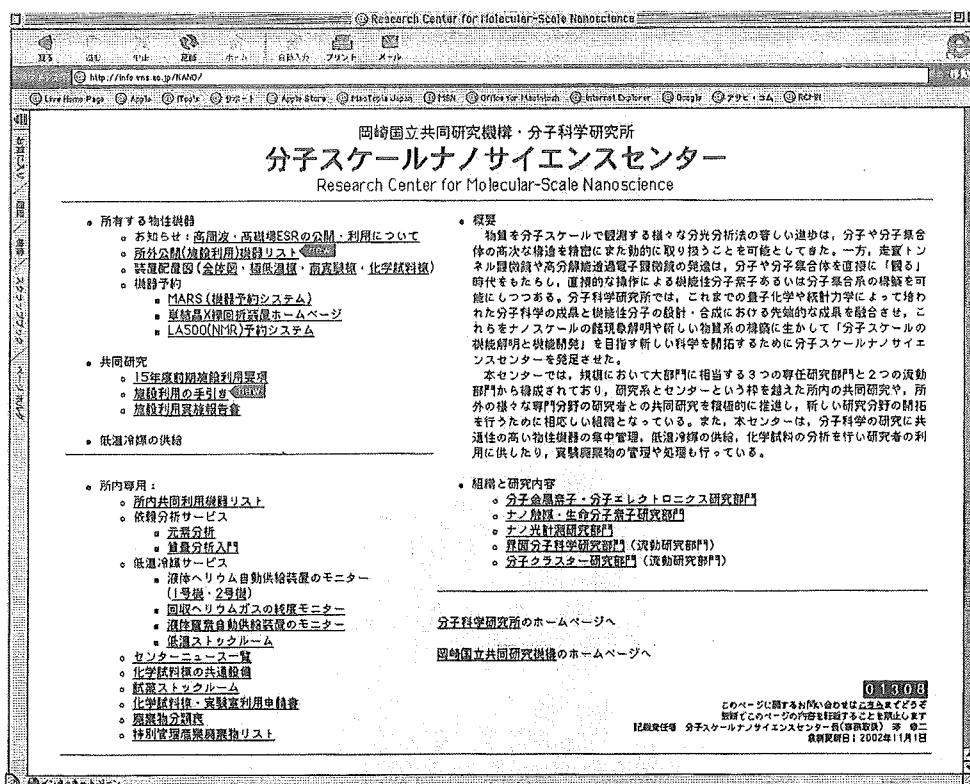


図1 トップページ

た。例として、図3に極低温棟のものを示す。それぞれの機器の予約ホームページへのリンクも入れ、すぐに移動できるようにした。

【共同研究】

ここでは、施設利用要項（分子研公式ホームページへのリンク）や、問い合わせの多かった施設利用実施報告書の書式をPDF化したものを持せた。さらに、あいまいであった施設利用のルールを明文化しまとめたものを施設利用の手引きという形で加えた。この手引きの最後で触れているように、これまで「ある装置に関する問い合わせを誰にすれば良いのかわからない」という苦情をよく耳にしたので、今回、所外公開装置担当者全員が含まれるrcmn-pub@ims.ac.jpというメールアドレスを新たに作成し、機器に対する問い合わせ先を一本化することにした。

【組織と研究内容】

この各項目は、現在のところ、分子研公式ホームページの研究組織のページへの単なるリンクであるが、今後、徐々に、各研究グループで独自に作成されたページへのリンクを増やしていく予定である。

【所内共同利用機器リスト】

図2 除外公開機器リスト

所内にのみ公開されているセンター所有の機器一覧とそれぞれの仕様を見ることができる。

【依頼分析サービス】

元素分析の依頼方法について説明されている。分析申込書もここから取り出すことができる。

【低温冷媒サービス】

ここから液体窒素やヘリウムの供給装置等の状況をリアルタイムで知ることができる。図4に液体ヘリウム自動供給装置のモニター画面を示す。また、低温ストックルームについての情報も得ることができる。

【センターニュース一覧】

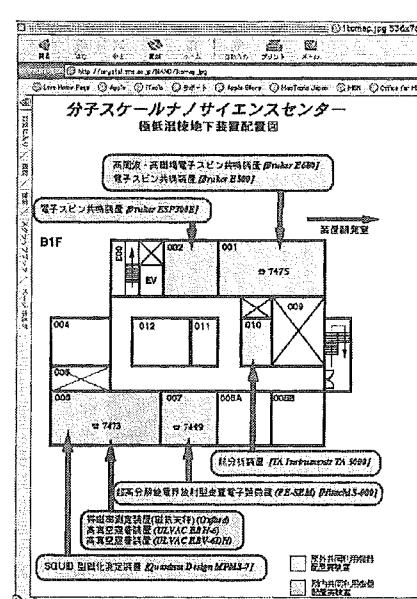
メール等で流されたセンターからのお知らせがアーカイブされている。

【化学試料棟の共通設備】

化学試料棟の共通設備について紹介している。(図5)。

【試薬ストックルーム】

試薬ストックルーム（化学試料棟201号室）にある試薬リストをABC順で表示する。JavaScriptによる検索も可能である(図6)。



【廃棄物分類表・特別管理産業廃棄物リスト】

センターで扱う廃棄物についての分類表を見る
ことができる。特に、特別管理産業廃棄物につ

いては注意が必要である（図7）。

注) <http://nano.ims.ac.jp/> に変更予定。

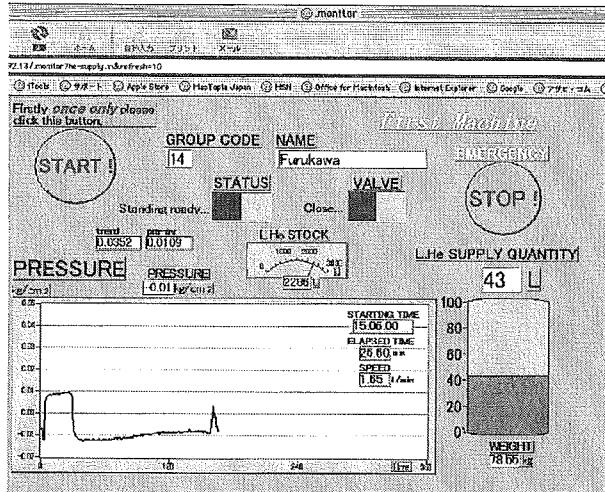


図4 液体ヘリウム自動供給装置のモニター

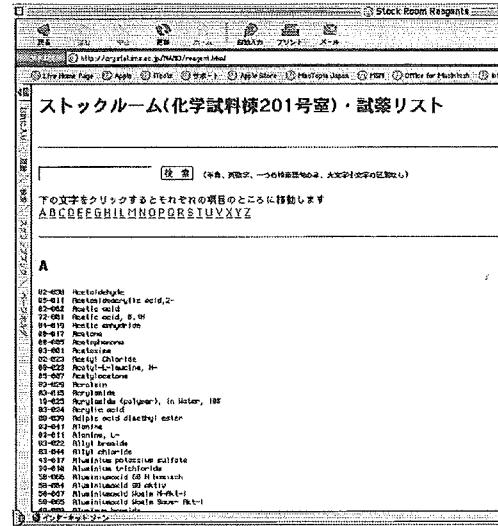


図6 試薬リスト



図5 化学試料棟の共通設備

既存物分類表	
A-1.機械式系留装置	20リットル・ボリューム 自己吸揚式機械式系留装置である。機械式モードは自動吸揚りと自発的放出、モードの変換は、全電気化され、回転も内蔵されること。
A-2.リバウンド式、底面吸着式	20リットル・ボリューム 自己吸揚式機械式系留装置である。
A-3.底面吸着式(水母)式	20リットル・A-1・ボリューム 底面吸着式機械式系留装置である。主に底面吸着アーム式、底面吸着式、アンシロ、アクシモなど適用範囲が広く、底面に付着しない場合でも利用できる。
A-4.底面吸着式水母式	20リットル・ボリューム クランク、水母状の機械式を複数台搭載する。
機械式系留装置(A)	20リットル・ボリューム 1本
	20リットル・ボリューム 自己吸揚式機械式系留装置である。
A-6.シーフラット式底面吸着	20リットル・ボリューム 底面吸着式である。
A-7.フック式底面吸着式	20リットル・ボリューム 底面吸着式である。
A-8.ガブソン式機械式系留装置	20リットル・A-1・ボリューム 底面吸着式である。
A-9.無動力式	20リットル・ボリューム 自己吸揚式の、底面吸着式機械式系留装置である。

図7 廃棄物分類表

UVSOR upgrade 計画 (1)

UVSOR 山崎 潤一郎

1. はじめに

2002年度に予算化され、スタートした UVSOR 高度化計画の実行が 2003年4月より開始される。高度化の目的は、

- (1) 挿入光源設置可能な直線部の増設
- (2) 低エミッタンス化による放射光高輝度化
- (3) 既設挿入光源およびビームラインの更新による高性能化
- (4) 加速器各部の更新による高性能化、信頼性向上

である。光源リングではラティス改造に合わせて、真空系も大幅に改造される。真空ダクトは従来どおり SUS で製作するが、これまで不十分であったペローズなどの RF シールドを強化する。高度化後のラティスでは偏向電磁石の両側に四極電磁石の doublet を配置するがその 2 台の四極電磁石の間に排気ポートを設け、チタンサブリメーションポンプ、スパッターリングイオンポンプを取り付ける。偏向電磁石ダクト 8 台のうち 5 台は既設品を流用するが、3 台についてはビームライン高度化に合わせて更新する。従来の分布型イオンポンプに加えてチタンサブリメーションポンプも併設し排気能力を向上する。直線部にはこれら電磁石ダクト排気系とは別に

排気装置を設ける。

UVSOR を第三世代光源と競争可能な放射光源に転換し、VUV 軟 X 線領域における最先端の放射光利用実験が行える施設として現在の地位を維持・強化する。

2. 低エミッタンス化について

光源リングのパラメータを表 1 に示す。高度化後のビーム寿命は Touschek 効果により短縮されるものと予想される。電子の寿命は、

- (1) 放射光の量子効果によるビーム広がりに起因する量子寿命（ゆらぎ）
 - (2) 残留ガスによる散乱
 - (3) バンチ内の電子散乱によるビームロス
- などによって決まる。これらのうち (3) による寿命短縮が問題となる。対策としては、
- ・3rd 高調波加速空洞を利用してバンチ長を延ばし Touschek 効果を緩和する
 - ・主高周波加速空洞の加速電圧を高くする
- これらの方法を用いてより長寿命化をめざす。

3. 光源リングの改造

現在の光源リングを図 1、高度化後の光源リングを図 2 に示す。

	Present	Upgrade
Circumference	53.2m	
Straight Sections	3m×4	4m×4, 1.5m×4
Beam Energy	750MeV	
Emittance	165nm·rad	27.4nm·rad
Betatron Tunes	(3.16, 1.44)	(3.75, 3.20)
Mom.Comp.Factor	0.026	0.028
RF Frequency	90.115MHz	
RF Voltage	46kV	>80kV
Max.Beam Current	300mA	>300mA
Beam Lifetime (200mA)	~6hr	>6hr

表 1 UVSOR 光源リングの主要パラメータ

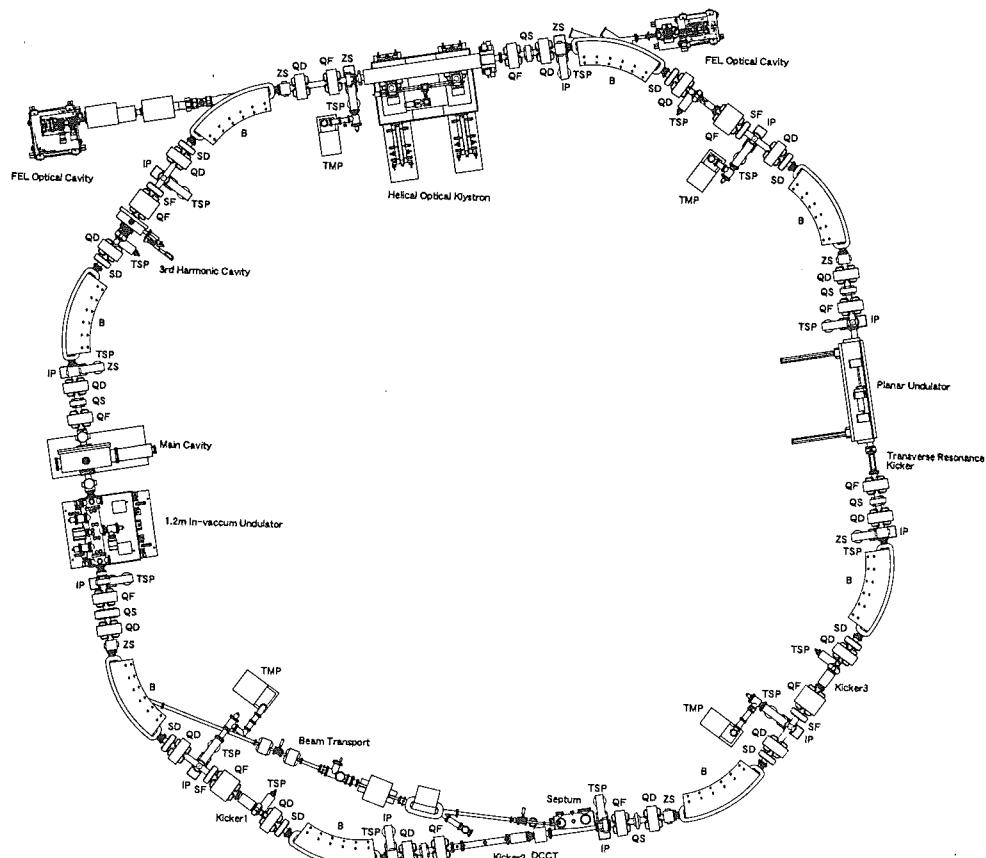


図1 現在の光源リング

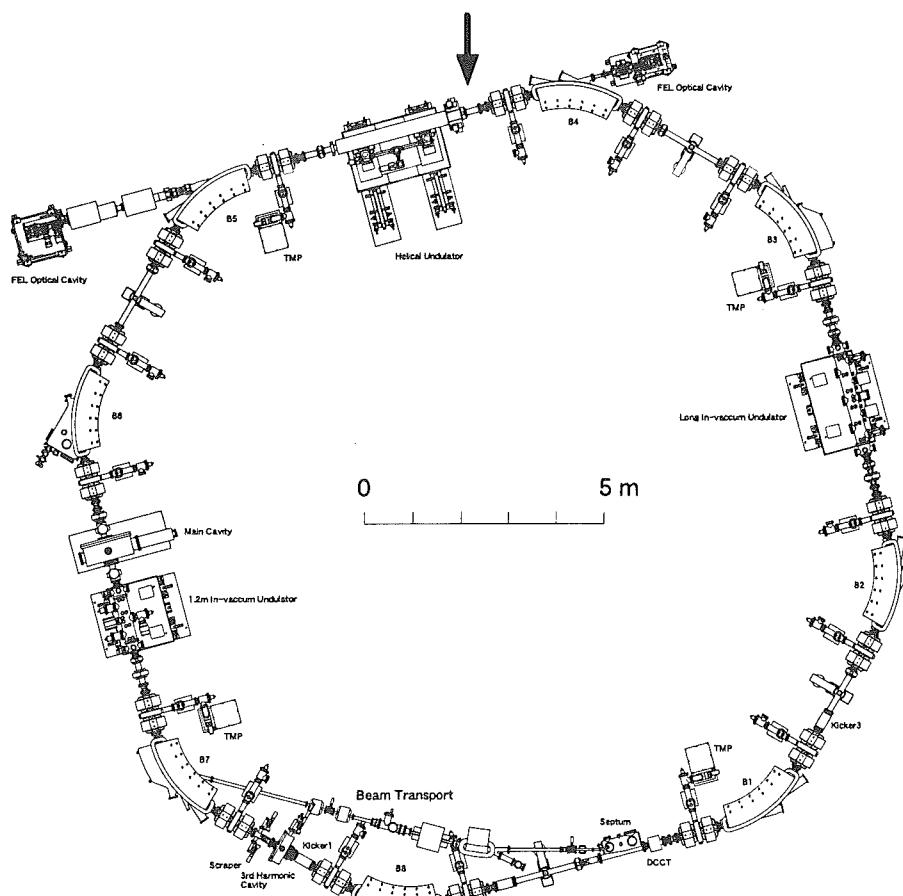
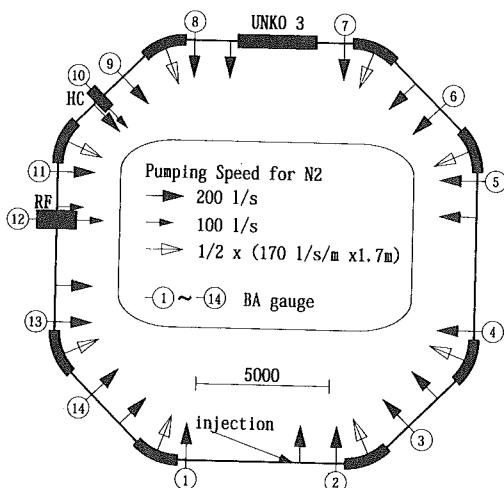


図2 高度化後の光源リング

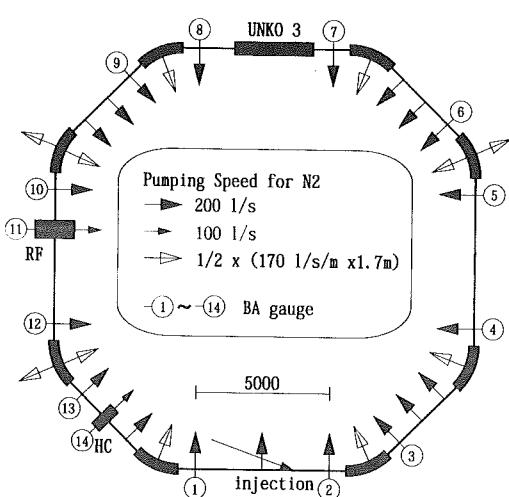
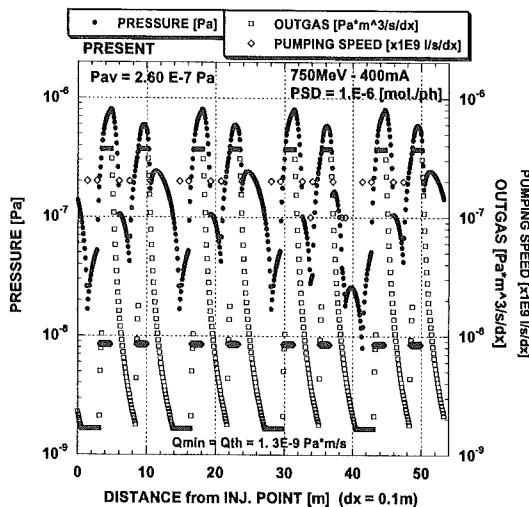
4. 高度化後の電子蓄積リングにおける排気速度分布について

DIPの排気速度は公称 170 l/s/m であるが、低圧力領域での実効値をその 50% と見積もった。また直線部の実効排気速度についてはコンダクタ

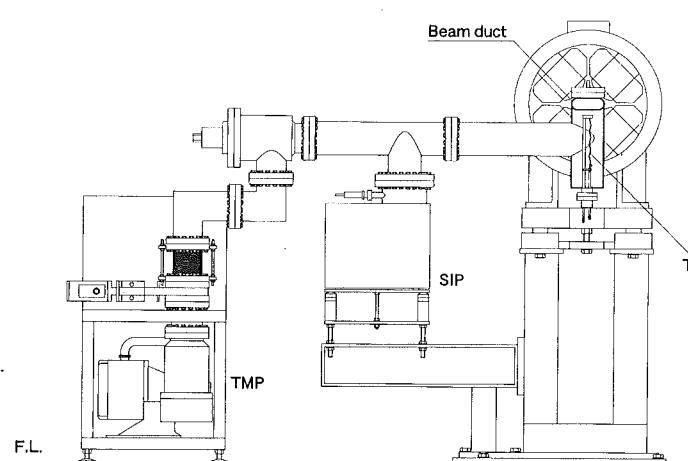
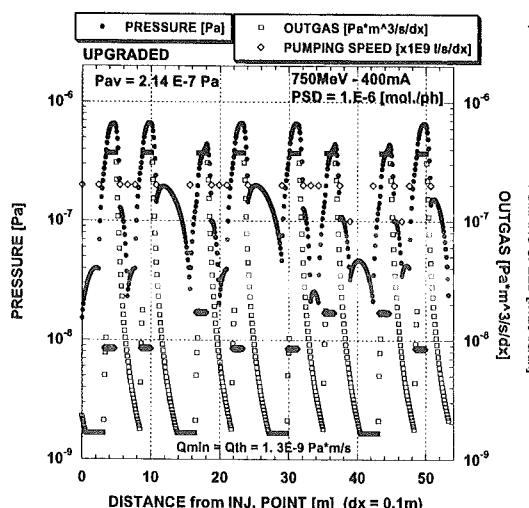
ンスを考慮して 1箇所で 250 l/s 、空洞部では 100 l/s と見積もった。リングの平均圧力は $1.3 \times 10^{-7}\text{ Pa}$ ($p/I = 6.5 \times 10^{-7}\text{ Pa/A}$)、CO 換算で $1.3 \times 10^{-7}\text{ Pa}$ (同 $3.2 \times 10^{-7}\text{ Pa/A}$) となるので、ビーム寿命は約 10.5 時間と予想される。



現在の排気速度分布



高度化後の排気速度分布



電子蓄積リングにおける排気系設計案。
ビームダクトの断面形状は現在と同じく内径 $110\text{mm} \times 39\text{mm}$ のレース トラック型とし、
真空排気ポートを増設する。

5. ラティス

直線部の増設と低エミッタンス化を実現するためにラティスは現在の図3から図4に示すように改造される。偏向電磁石には手を加えない。改造の中心は直線部の四極、六極電磁石および真空系となる。周長を一定に保ったまま挿入光源のためのフリースペースを作り出すために、限られた空間に加速器要素を効率よく配置する必要がある。このために六極磁場は四極電磁石磁極面に設けた補助コイルで発生する。新収束電磁石（四極、六極組込み）の主要パラメタは表

1に示すとおり。低エミッタンス化後のダイナミックアパーチャ最適化のために、4ファミリーの収束電磁石全てに六極磁場を組み込む。直線部のビームダクトの断面形状は現在と同じく内径110mm x 39mmのレーストラック型とし、真空排気ポートを増設する。現在ビーム位置検出器の電極は偏向電磁石ダクトに取り付けられているが、電磁石に対する位置精度が悪い。このため各直線部の収束電磁石近傍に新たに2台づつビーム位置検出器（BPM）を取り付ける。

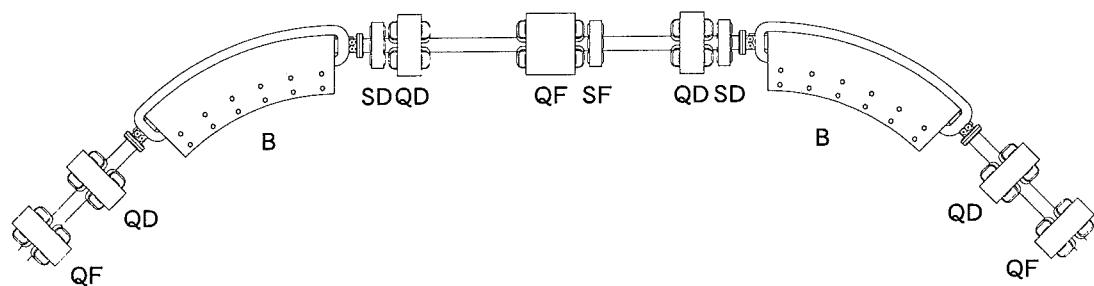


図3 現在のラティス（リング1/4周）

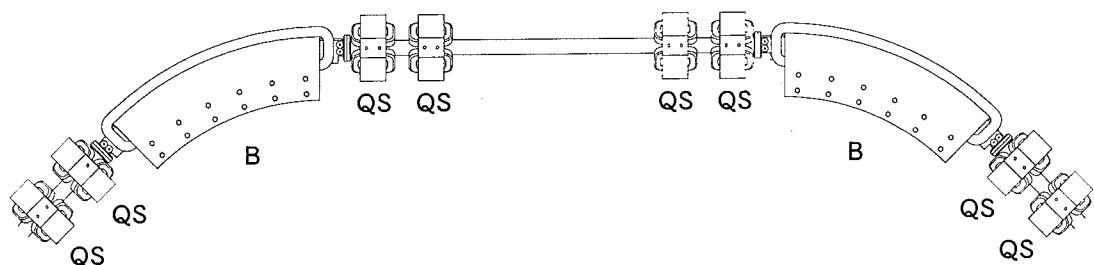
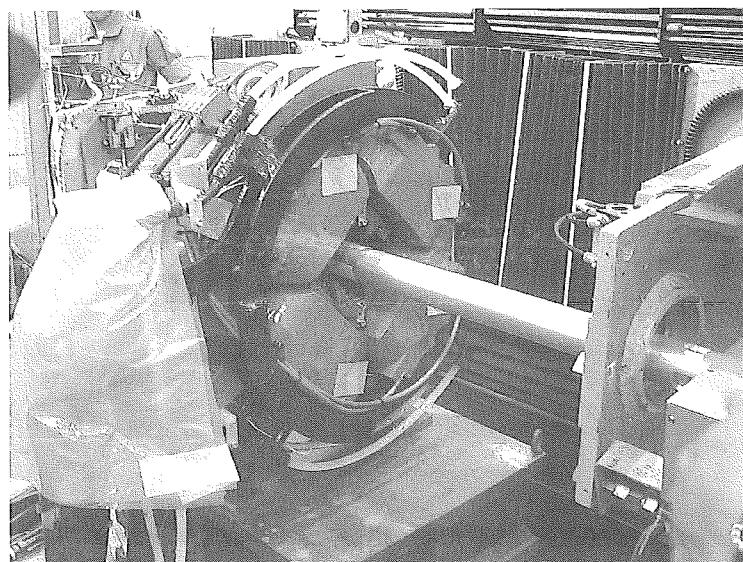


図4 高度化後のラティス（リング1/4周）



新収束電磁石

6. 偏向電磁石用ビームダクトの一部改造

光源リングの既設偏向電磁石のうち B3、B6、B7 のビームダクトを更新する。B6 はアンジュレータ光利用と将来 FEL 実験も出来るようポートを増設する。B3 は BL3A1, B6 は BL6A2 がアンジュレータ光利用ラインとなる。

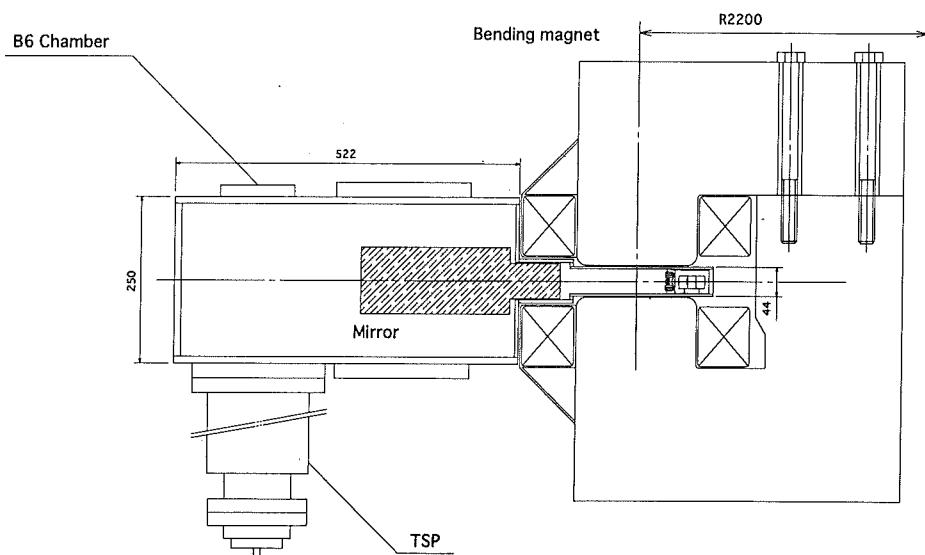
7. まとめ

UVSOR 高度化計画は、老朽化の進みつつある

既存の光源加速器を、安価に且つ効果的に高性能化しようとするものである。高輝度とビーム寿命の両立する適度な低エミッタンス化を実現し、また、増設した短直線部に短尺短周期のアンジュレータを導入し効率的に VUV 軟 X 線領域の高輝度ビームを生成する。また、新たに製造する加速器要素は、光源加速器を全面的に更新する場合にはできる限り転用可能なものとするなどの合理化を考えている。



現在制作中の B3 ビームダクト (2002.12.26 撮影)



光の取り込み角を大きくするためユニークなダクト形状
になった B6 ビームダクトの断面図

ラティス設計は完了し、加速器要素の詳細設計を進めている段階である。また電磁石や長尺アンジュレータ（写真1）は既に製作を開始している。これまで光源側の検討が先行してきたが、

本高度化計画終了後、増設された短直線部のビームライン計画に合わせて挿入光源を設計することになるので、利用側の検討が期待される。次号では高度化進捗状況を報告する。

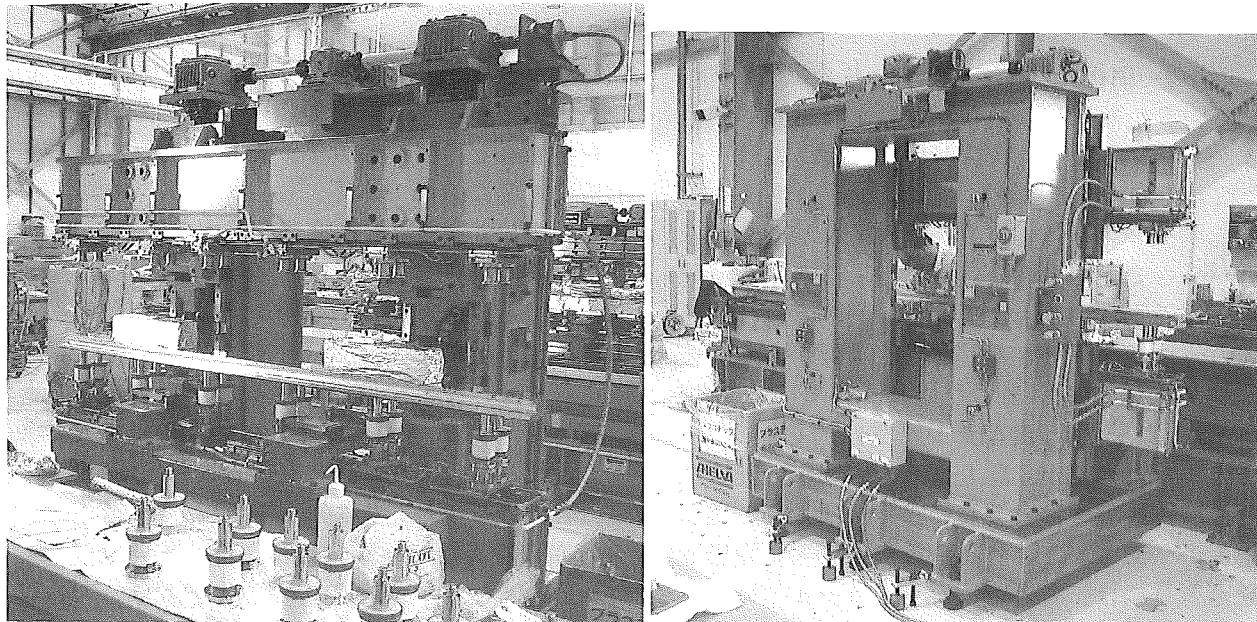


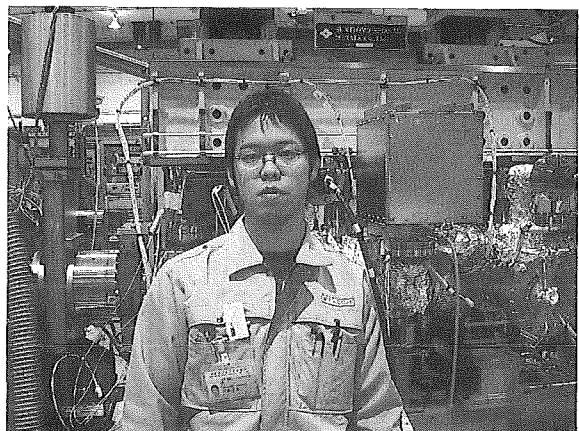
写真1 調整中の2m真空封止型アンジュレータ。ビームラインBL3A1で利用。

これまで使用してきたプラナー型アンジュレータは佐賀県に移管される。

掲示板

○ UVSOR発

平成14年10月15日付でUVSORに配属された村上天志（たかゆき）さんを紹介致します。村上さんは三菱電機の技術者で、UVSOR赴任前までPhoton Factory（高エネルギー加速器研究機構）、PF-ARの測定系グループで、主にビームラインの建設・保守（真空・電気）、実験機器の保守管理など幅広い分野で活躍されていました。ちなみにPFでは三菱電機から測定系で9人、光源系で6人の方がそれぞれ活躍されているそうです。UVSORでは光源系および測定系（観測系）全般にわたり業務委託をお願いしています。またUVSORの中では最年少であり、UVSORも大いに若返りました。



（極端紫外光実験施設 山崎潤一郎）

分子の世界へようこそ（5） 木星人との友好は深められるか

分子スケールナノサイエンスセンター助教授 永田 央

高橋源一郎氏は競馬エッセイを書く人だと思われているかも知れないが、デビュー当時は「ポストモダンの旗手」と言われた前衛小説家だった（今でも一応そうか）。彼の出世作「さようなら、ギャングたち」の中で、木星人と自称する男がやってきて主人公の詩人相手に木星と地球の文化についてひとしきり弁じた挙句に、「地球上の習慣は理解できん」と嘆く場面がある。彼は地球人になりますためにへんてこな名刺（表は「木星人」、裏はテレクラ広告のパクリ）まで作ったのだが、詩人にそのような名刺は地球では一般的とは言えない、と指摘されて困惑するのである。ここで高橋氏が木星人を登場させた背景には、あるいはかつてカール・セーガン博士が論じた「木星に高度な生命がいる可能性がある」という説があったのかも知れない。木星といえば、表面がメタンとアンモニアの雲で覆われたあの巨大惑星である。なんか考えただけでも息苦しくなりそうな環境ではないか。もちろん木星上で発生して環境に適応しつつ進化した生命があるとしたら、逆に彼らにとっては地球の環境なんてまさしく灼熱地獄で、あんなところにへばりついで生きているなんて信じられん、などと大赤斑の陰で呆れてるのかも知れない。

閑話休題。現代の天文学でどう考えられているかはともかくとして、当時のセーガン博士がなぜ木星に注目したのか。これは化学の眼から見てなかなか面白い発想を含んでいる。博士は、木星の表面の雲の下にアンモニアの海が広がっている、という仮定をおき、液体アンモニア中の化学過程と水中の化学過程が類似していることから、生命発生の可能性を論じたのだった。アンモニア NH_3 と水 H_2O は確かに似ている。どちらも、分子量（分子1つの質量を相対値で表したもの）の小ささを考えると突出して沸点が高い。これは、分子間の水素結合が原因である。水素結合というのは、窒素（N）や酸素（O）など電気陰性度の高い原子と、弱いプラスの電気を帶

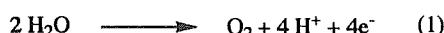
びた水素原子との間に働く結合で、共有結合やイオン結合よりも結合力は弱いが、タンパク質や核酸などの生体高分子の構造を決めている非常に重要なものである。従って、アンモニアが水と同じように高い水素結合能力を持つことは、生命現象の媒体として有利な条件となる。同じ液体でも、たとえばガソリンのような炭化水素は水素結合能力をほとんど持たない。化学者はこれを「炭化水素はつるつるだからね」などと言ったりする。「つるつる」というのは水素結合や配位結合のように「共有結合よりは弱いけど、ただの分子間力よりは強くて、しかも結合位置・方向に特異性がある」結合を持っていない、という様を表す言葉なのだが、化学者以外の人にはまず通じない。ちなみに、もっと「つるつる」度の高い分子として、炭化水素の水素をフッ素で置き換えたフッ化炭素類がある。これはこれで面白い話がいろいろあるのだが、今回は生命現象の話が中心なので置いておく。

さて、木星人である。彼らにとって地球はどんな世界に見えるだろうか。灼熱地獄と知りつつも好奇心には勝てず、地球の探検を目論んだ彼らは、まず環境を探るため地球の大気成分を分析する。どうやって分析したのかはよくわからないが、とにかく出された結果を見て彼らは仰天する。「なんやこれ、なんかの間違いとちゃうんか？」何を見たのかって？ 大気中に 20% も存在している酸素 O_2 である。太陽系中のどの惑星を見ても、大気中に遊離酸素が存在している例は他にない。「なんでこんなことになっとんねん、地球の奴らに聞いてみたいわ」木星人は呟く。地球人のあなた、うまく答えられますか？

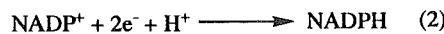
そう、答えは植物の光合成である。太古の時代に偶然のいたずらで発生した葉緑素（クロロフィル）分子は、初めは光を吸収して自分の生命活動に必要なエネルギーに充当するだけの機能しか持たなかった。当時の光合成の仕組みは現在でもある種の細菌の中に残されている。しかし、葉緑素と協力して働く酵素分子が進化す

るにつれて、一部の生物は光エネルギーを使って直接物質を生産する能力を獲得した。初めのうちは硫化水素から硫黄を作る、などという反応が使われたが、さらに進化が進んで、水から酸素を作る、という反応が光エネルギーを使って実現できるようになった。酸素発生型光合成の誕生である。最初にこの反応を実現できた生物はラン藻類で、その後緑色植物に受け継がれ、現在の隆盛に至っている。

せっかくだから反応式を書いておこう。まず、水から酸素を生成する反応。

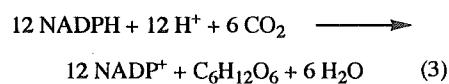


右辺に「 4e^- 」というのがあり、電子が4つ放出されることを表している。ただし、この電子は遊離の形でそこらへんに泳いでいるわけではなく、適当な媒介分子（自分は形を変えずに電子を受け取ったり出したりできる分子）に乗った形で放出される。次に、放出された電子が別の媒介分子 NADP^+ に渡される反応。



なぜ NADP^+ （と NADPH ）を媒介分子の中で特別扱いするのかというと、この分子は光合成だけでなく、生体反応のあらゆる場面で活躍する代表的な媒介分子だから。ちなみに、生化学の用語を使うと、媒介分子は「補酵素」の一種と見なされる。

光合成は二酸化炭素を吸って糖を作るはずじゃないか、と思ったあなたは正しい。その反応は次のように書ける。



ただし、この過程は光を必要としないため、暗所でも進行する。いわゆる「光合成の暗反応」である。本当はいきなり六炭糖（右辺の $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ）ができるわけではなく、間にたくさんの中間物質が絡む複雑な過程である。

ところで、酸素発生型光合成が機能することで地球の大気中の酸素濃度は増大し始めたわけだが、このことは地球上の生命に大きな影響を与えた。「酸素呼吸」の発生がその1つである。酸

素呼吸によって生物のエネルギー獲得効率は一気に上昇し、爆発的な進化の原動力が得られた。

酸素呼吸と光合成はちょうど裏返しの過程である。(1), (2), (3)の反応式をそれぞれ左右逆転させればそのまま酸素呼吸の反応式になる。しかしながら、光合成における(1), (2), (3)のそれぞれの反応は実際には数多くの素反応の連鎖であり、酸素呼吸におけるそれぞれの逆反応もまたそうである。そして、1つ1つの素反応を見れば、必ずしも光合成と酸素呼吸の反応が一対一で対応しているわけではない。むしろ、それぞれの素反応について、求める方向に（逆方向ではなく）反応がスムーズに進むように適当な酵素が選ばれている、と考えた方が実態に近いだろう。

ちょうど裏返しの過程を全く違った酵素で実現している印象的な例は、光合成の酸素発生複合体と呼吸のチトクロームc酸化酵素である。前者は水を四電子酸化して酸素を発生させ、後者は酸素を四電子還元して水に変える。前者の反応中心は4つのマンガンイオンから成り、後者はヘム鉄（鉄イオンに特別な有機分子が結合した形）と銅イオンである。なぜマンガン、なぜ鉄と銅なのか？ この問い合わせにすっきりと答えることはとても難しい。ただ、マンガンが「酸素を発生させる」という過程に向いていることは、たとえばマンガンカタラーゼ（過酸化水素を分解する酵素）の存在や、あるいはもっと単純に二酸化マンガン（これも過酸化水素を分解する）を思い出してみれば想像はできる。鉄についても、ヘモグロビン（酸素を吸着して運搬する）が同じヘム鉄を持っていることを考えれば、やはり「酸素を吸収する」過程に向いていることは予想できる。もう少し踏み込んでいけば、マンガンや鉄の電子配置（結局元素の化学的性質はこれで決まっている）と酸素のそれとの組み合わせで、結合ができたり切れたりする「しやすさ」が決まってくるわけであって、やっぱりただの偶然ではなくて、何らかの必然がそこに働いているのだ。

生化学者たちは、酸素呼吸や光合成に関わるそれぞれの酵素について、その仕組みを解明するために努力を重ねてきた。上に書いた2つの酵素はとりわけ強い興味を惹いたものだが、この他にも面白い酵素がたくさんある。たとえば、光合成の「フォトシステムII」。光のエネルギーを使ってキノンと呼ばれる補酵素を酸化型から

還元型に変えるが、光子を2つ吸収するごとに還元型キノン1分子を放出するため、一種のフリップフロップ機構を内蔵している。その仕組みはまだ詳しくはわかっていない。あるいは、ミトコンドリア内で酸化的リン酸化の一部を担っている「チトクローム bc₁複合体」。やってているのは「還元型キノンから電子2つと水素イオン2つを引き抜いて酸化型キノンに変え、電子を別の媒介分子（チトクローム c₂）に渡す」という過程なのだが、つじつまの合わせ方が凄い。素直に還元型キノンを1分子もらって酸化型を1分子放出するのではなく、還元型を2分子と酸化型を1分子もらって、還元型を酸化型に、酸化型を還元型にそれぞれ変換し、差額の電子2つをチトクローム c₂に渡すのである。しかもその時、水素イオン2つを細胞膜の内側から吸い出して、代わりに水素イオン4つを外側に吐き出す（足りない2つは還元型キノンからもらう）。膜の両側に水素イオン濃度勾配を作れば、それを利用してATP合成酵素を動かして、生命の維持に必要なエネルギー源であるATPを生産できるのである。そのATP合成酵素も凄い。細胞の中での酵素の働きをよく工場の機械の働きになぞらえて説明するけど、ATP合成酵素は本当にタンパク質の構成要素がぐるぐる回ってATPを生産していて、まさしく「分子機械」の名にふさわしい。ATP合成酵素を強力なプレス機だとすると、チトクローム bc₁複合体はさしづめ精密なNC工作機械だろうか。

今日の地球上の生物の繁栄の基礎は、このように分子の力で精密に組み立てられた光合成と酸素呼吸の装置である。緑色植物が可視光線のエネルギーで水と二酸化炭素から酸素と糖を作り、

他の生物はその酸素と糖を消費して水と二酸化炭素に戻す。現代は人類の活動による二酸化炭素濃度の急激な増大でこのバランスが崩れていますと言われているが、要するに先代の植物達が嘗々と築きあげてきた化学エネルギーの資産を、ほんくらな三代目（私やあなたのことだ）が放蕩の限りを尽くして食いつぶしている、という話である。二酸化炭素を削減すりやいいわけじゃないんだよ、自分の使うエネルギーを太陽からもらって来るところまでやらないと本当に持続可能な世界にはならないので、そのところは誤解のないように。何となくそのへんを誤魔化している人多いんだけどね。

そういうえば、木星人はどうなったんだ。分析結果を見た木星人は、こんな有毒ガスで満たされた惑星とはつきあいきれん、とばかりに地球を飛び越して金星に行ってしまったという。確かに、酸素というのは毒なのである。酸素濃度の増大にともなって地球上の生物が受けたもう1つの影響は、酸素の毒性から身を守るしくみを作ることを強いられたことだった。余分な酸素が入ってこないように壁を作ったり、酸素からできた活性種を分解するための酵素をせっせと作ったり、涙ぐましい努力を続けている。その証拠に、酸素の中で生活しはじめてもう何億年も立つのに、いまだに「活性酸素を除去します」なんて怪しげな商品がそこらじゅうで売られているではありませんか。ましてや、酸化作用を受けやすいアンモニア中心の生物であれば、酸素なんて我々にとっての塩素ガスぐらいに強烈な毒ガスに見えるんじゃなかろうか。異文化の交流とはかくも困難なものなのである。

編 集 後 記

昨年11月UVSORでの真空事故は決して忘ることのない出来事となりました。普段真空に封じきってあるチャンバーから水が滝のごとく流れ出てくるとは誰もが考えつかなかっただけだと思います。全く経験のない事故だっただけにかなり戸惑いもありましたが、全力で復旧作業を行い現在は通常の共同利用運転を再開しています。またユーザーの皆様からは数多くの励ましのお言葉をいただき大変感謝しています。

(山崎潤一郎 記)

お忙しい中「かなえ」No.18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

堀米利夫

—かなえNo.18—

発行年月	平成15年3月
印刷年月	平成15年3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

