

5. 将来計画及び運営方針

分子科学研究所は、物質創成、光科学および反応動力学を3つの柱とし、分子および分子集合体のもつ新奇な性質を解き明かす研究活動を行ってきた。創設以来27年が経過し、光科学では廣田榮治名誉教授の学士院賞、分子動力学では中村宏樹教授の中日文化賞、有機化学分野などの大きな影響力をもち、論文引用の多さで高い評価を受けた諸熊奎治名誉教授等に代表されるように、本研究所の研究成果が高く評価されて現在に至っている。井口洋夫名誉教授は、分子エレクトロニクス分野を開拓、分子素子という概念を導入され、分子科学研究所での物質創成研究を通して世界の物質科学分野での先導者としての役割を果たされている。その結果、同教授は平成13年度に文化勲章を受章された。平成13年3月末に閣議決定された第2期科学技術基本計画では、研究者の自由な発想に基づく基礎研究の推進とともに、ライフサイエンス、情報通信、環境分野に加えてナノテクノロジー・材料分野が重点領域として研究開発を推進することが提言されている。この現状で、分子スケールの科学、つまり分子科学研究の中核である分子科学研究所は、広義での物質科学研究の推進による21世紀の科学技術の基盤形成に重要な責務を担っている。特に、科学技術の急速な進展が予想される現況において、国際間での競争が激化し、ますます国際間の格差が広がる危機的状況に対応して、わが国の学術研究機関がアジアを含む学術研究体制の中核として、多国間の共同研究体制の拠点を目指すことが緊急の課題であり、平成15年度に考慮すべき、最も重要な課題である。

平成14年度から、分子科学研究所がいままで研究を展開してきたB地区に加え、岡崎国立共同研究機構の3研究所がE地区において統合バイオサイエンスセンターを先鞭として新たな研究を展開する。平成14年度の概算要求において、本研究所の光科学研究の柱である極端紫外光実験施設の高度化計画が認められ、新しい光科学がこの施設において展開されることになる。同じく、概算要求によって分子スケールでの物質科学研究の共同研究の中心となるべき分子スケールナノサイエンスセンターの組織が認められ、純増3名を含む20名の教官が、E地区を軸にナノサイエンスの新しい研究拠点を形成する。また、関連領域研究系および錯体化学実験施設が、統合バイオサイエンスセンターおよび分子スケールナノサイエンスセンターと協調しつつ、物質創成の発展を図る計画が進められている。これらに加え、わが国のIT重点計画の一環として的高速ネットワークであるスーパーSINETが、機構共通研究施設である計算科学研究センター（専用スーパーSINET）および岡崎国立共同研究機構（汎用スーパーSINET）に平成14年度後半から接続されることになった。分子科学研究所が他に際立って特徴とする強力な理論化学研究部門が、計算科学研究センターと協力しつつ、スーパーSINETを活用した理論化学研究のさらなる発展を試みる基盤が整備された。

このような状況を踏まえて、分子科学研究所の将来計画委員会は平成14年度の主要計画を以下のように項目別に設定した。

- (1) 多国間国際共同研究
- (2) 物質科学
- (3) 化学反応ダイナミクス
- (4) 光分子科学
- (5) 理論研究系と計算科学研究センター

(1) 多国間国際共同研究

分子科学研究所は、創設以来多くの国際共同研究を主催するとともに外国人客員教官を始めとする多数の外国人研究員を受け入れ、国際共同研究事業を積極的に推進し、国際的に開かれた研究所として高い評価を得ている。このよ

うな今までの活動の経緯を踏まえ、その問題点を明確にしつつ新世紀にふさわしい国際共同研究拠点としての体制を構築しなくてはならないと考える。その主要な論点は次の通りである。第一に、国際共同研究の多国籍化がますます進行しており、二国間のみでの共同研究では対応しきれなくなっている。これは、二国間協力を単に地域に拡大して解決される問題ではなく、国籍を全く問わない形での共同研究体制を構築する必要がある。第二には、分子科学研究所の様な国際的な研究機関は「世界の分子科学の拠点」として自らの企画と主導権の下に柔軟にそして臨機応変に共同研究を遂行し得る体制を持たなくてはならない。さもなくば、COE としての意味をなさないであろう。第三に、新しい世紀におけるアジアの重要性とその一員としての日本の役割を考えたとき、アジアの基礎科学を支援するとともに共同研究を推進していくことが極めて大事である。しかも、この共同研究は分子研が主導権を持った形で推進できることが肝要である。新しい世紀を迎え、アジアにおける基礎科学の高揚をうながすために日本が果たさなくてはならない役割と責任の大きさを考え、国際共同研究拠点として、アジアの若手研究者の受け入れと育成（特に博士研究員の受け入れと育成）、各種研究施設（特に電子計算機センター（平成12年度から岡崎国立共同研究機構・計算科学研究センターとなる）や極端紫外光実験施設）の提供、及び研究者の交流と共同研究の実施を効率良く遂行出来る体制と予算的裏付けを求める。具体的には、「物質分子科学」、「光分子科学」及び「化学反応ダイナミックス」の分子科学3大研究分野に関して国際共同研究ネットワークを構築し、経常的にそれぞれの分野で共同研究を2 - 3年計画で実施出来るようにするとともに、アジアの若手博士研究者を年間10名程度2年間受け入れる体制を構築いくべきであると考え。台湾、中国、韓国などにおける研究体制と若手研究者育成の国際化の活発な動きを目の当たりにする今、日本の果たすべき役割を正しく認識して、この提案が遅滞無く緊急に対応されるべきことが、我が国の基礎学術・科学技術政策の上からも必要不可欠であり、焦眉の急であると考え。さもなくば、日本の役割と責任を果たさないどころか、日本自身の存在価値そのものを無くすことにもなりかねない。

（2）物質科学

平成14年度の概算要求で分子スケールナノサイエンスセンターの組織が認められ、分子金属素子・分子エレクトロニクス部門、ナノ触媒・生命分子素子部門およびナノ光計測部門が2つの流動部門とともに組織化される。

本センターでは、原子・分子サイズでの物質の構造およびその形状の解明と制御、さらには新しい機能を備えたナノレベルでの新奇な分子系「分子素子」の開発とその電子物性の解明、またナノサイエンス研究を促進させる光測定技術などの方法論を開発し、分子スケールナノ構造体の性質を体系化した新しい分野を開拓する。すなわち、分子科学研究所の持つ分子集合体に対する多岐に涉った研究を集約して、理論的な機能予測、それに基づく物質合成、光計測を含む時空間的測定手段を開発・応用しつつ、共同研究機関として外部との連携を図りつつ、「分子の個性を制御した分子スケールナノ物質」の研究を行う。内部での設計、合成、物性測定などの協力を密にし、また、外部のナノサイエンス・テクノロジー研究グループとの分野を超えた連携の場として、全国の共同研究の拠点であり、支援の場としてのセンター作りが我々に課せられた使命である。このセンターは、多くの部分をE地区において展開するが、物質創成という立場からは、分子構造解析装置が、この新しい施設に必須であり、さらには、外部利用を配慮に入れたクリーンルーム、ナノ測定装置などを設置する先端的研究実験棟を設置することが必要である。

（3）化学反応ダイナミックス

化学反応は物質変換、エネルギー変換の基礎であり、正にこの世の有為転変の根本である。物質創生の基本としての化学反応の理論的及び実験的研究が分子科学研究所の永遠の重要な課題であり不変の使命であることに疑いの余地

はない。実際今まで、新しい理論の開発と先端的な実験研究が分子科学研究所において行われてきており、国の内外において高い評価を受けている。ノーベル賞を受賞した福井謙一のHOMO-LUMO理論に代表される化学反応の静的な側面に加え、21世紀にはその基礎の上になったダイナミックスの研究を推進して行くことが肝要である。化学反応ダイナミックスの基本メカニズムを理解することは、時間、空間、そして階層的物質構造の次元のそれぞれにおけるダイナミックスの基本を解明することに繋がる。即ち、言い換えれば、物質科学や光分子科学分野の基礎的理解に繋がり、これら分野との連携・協力が極めて重要な意味をもつものとなる。今後のナノサイエンス研究においても、単なる静的な物性がナノ物質の性質のターゲットではなく、より動的な側面から情報伝達やエネルギー伝達などの新しい動的物性のナノ構造制御に挑戦することが重要でありそのためにも、化学反応ダイナミックスの研究はなくてはならないものとなる。

さらに、化学反応の基本メカニズムを理解するということは、我々の手で反応を思うままに制御し、新しい反応を設計出来るようになり得る事を意味している。レーザーに代表される様々な外場を用いたり、あるいは触媒や反応場を上手く設計して化学反応を自在に制御・設計するための基礎的な理論の構築と実験的研究は今世紀の科学の極めて重要な課題である。

上述したような根源的学術研究は物質分子科学及び光分子科学に跨るものであり、分子構造研究系、電子構造研究系、極端紫外光科学研究系などの化学反応を研究対象とする研究系とともに分子スケールナノサイエンスセンター、分子制御レーザー開発研究センター及び極端紫外光実験施設などの実験施設とも密接な関係を保持しつつ、その活性をますます発展させていかななくてはならない。

(4) 光分子科学

分子科学研究所は光科学領域において、極端紫外光実験施設と、分子制御レーザー開発研究センターを中心とした活発な共同研究行なわれている。平成14年度の概算要求で、極端紫外光実験施設の高度化が実現されることとなり、ここではナノサイエンスを含む多くの分子科学研究所ならではの放射光を利用した先端的研究が具現化する。このような貴重な設備を効率よく共同利用に供するため、運転時間の延長およびテーマ数の拡充が求められている。一方、レーザーを利用した時間、空間の高度の制御による時空間ナノ計測への挑戦がなされようとしている。その成果を共同研究に供するためにも、レーザー設備のさらなる充実が求められる。

(5) 理論研究系と計算科学研究センター

本研究所は物理と化学にまたがる研究所として、他には見られないほど高度な理論分子科学研究グループを有している。そしてその連携の場としての計算科学研究センターは共同利用施設として先進的な研究を行い、国の内外から常に高い評価を受けている。理論分子科学分野におけるこのような我が国随一のアクティビティを中核的な基盤として、他の大学共同利用機関、大学付属研究所と連携して、分子軌道法、分子動力学法、統計力学理論などを駆使した巨大計算に基づいて、ナノ物質の成り立ちとふるまいを支配する自然原理を明らかにする。そこでは特に、従来のナノテクノロジーの枠を超えて分子や分子集合体からなる柔らかいナノ物質に注目する。たとえば分子やその集合体が熱ゆらぎなどにより自ら形態形成を行い、その形態に基づいて特異な機能を発現するプロセスを解明するなど、既設の計算機では全く不可能な質的に異なる研究を展開する。これらにより、ナノメータ程度の物質系に対する材料設計指針、機能予測を可能とするようなナノ物質科学、ナノバイオロジー分野の発展に不可欠な分子科学の新たな学術的基盤を形成する。このような観点から、我が国における物質科学研究の連携の環とスーパー SINET を活用した巨大計算機によるナノシミュレータの設置とその組織作りを提案する。

5-1 極端紫外光実験施設の将来計画

これまで、極端紫外光実験施設(UVSOR)では以下のような4つの将来計画を策定して実現に向けて努力してきた。

- (1) 光源, 分光器, 測定装置の高度化(upgrade)による世界的研究成果の達成
- (2) レザを併用した実験技術の開発と新しい放射光分子科学の展開
- (3) 第3世代高輝度軟X線光源(分子研外)を利用した先端的分子科学の遂行
- (4) UVSOR 次期計画としての次世代光源の建設と新研究分野の開拓

この4つの将来計画のうち(1)(2)(4)に関連して加速器分野の光源関係の組織の補強(特に教授を置くこと)が必要である。また、全国の放射光利用研究者の10年来の念願である(3)の高輝度軟X線光源計画の実現が大きく遅れているために、(4)を進める前に(1)で手つかずになっている光源加速器のupgradeの実現の緊急度が増している。

このような状況の中で、平成12年前半には、極端紫外光実験施設(UVSOR)の光源加速器を中心とした高度化計画(2年間~4年間で段階的に実施する)を平成13年度概算要求の重点事項として提案した。また、平成12年後半には施設の外部評価を実施し、上記将来計画(1)の緊急度が高いとの指摘を受けた。これらの報告は「分子研レポート2000」にある。しかし、平成13年度概算要求では高度化計画が認められなかったため、平成13年になって概算要求ばかりに頼らず競争的研究資金を含めて可能性を探った。幸いにして、このような努力に対して文部科学省の理解を得るところとなり、高度化計画を平成14年単年度の概算要求に変更することで一気に実現することになった。すでに平成14年度末に高度化設備が導入される予定で準備が始まっている。また、平成14年度から発足する分子スケールナノサイエンスセンターの中にUVSOR加速器を利用して輝度の高い光源を開発する教授職1名も認められた。以下では平成14年度に実施する高度化計画の概要とUVSOR運営委員会(2001.7.17, 2002.1.31), UVSORワークショップ(2001.11.26-27, 2002.3.5-6), 分子研将来計画委員会(2002.2.19)でその後の展開について議論した結果についてまとめておく。なお、第4章「点検評価と課題」に分子科学研究所外国人評議員A. M. Bradshaw博士によるUVSOR施設の評価レポートを掲載しているので、参照のこと。

5-1-1 光源加速器の高度化の概要

UVSORは1984年の共同利用開始以来、我が国における主要な放射光施設のひとつとして順調に稼動を続けている。多数の利用者に安定に放射光を供給する一方で、自由電子レーザー研究など光源加速器技術の開発研究においても目覚ましい成果を挙げてきた。しかしながらUVSORの放射光源としての基本的な性能は建設以来変わっていない。UVSORは典型的な第2世代の放射光源であり、最新の第3世代光源に比べると、挿入光源数や放射光輝度といった点で大きく劣っている。

UVSOR 高度化計画は、

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

を実現することで、UVSORを第3世代光源(エミッタンスが10 nm-rad 前後あるいはそれ以下で、挿入光源を中心とするもの)と競争可能な放射光源に転換し、今後10年前後、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・強化していこうとするものである。

(1) 新ラティス(上記(イ)(ロ)に対応)

UVSOR 高度化の中心となるのはラティス(電磁石配列)の改造による直線部の増設と低エミッタンス化である。現在3台の四極電磁石と2台の六極電磁石が設置されている短直線部で1.5 mのフリースペースを設け、その両側に補助コイルにより六極磁場も発生できる四極電磁石を2台ずつ配置するようにする。長直線部に関しても同様にしてフリースペースを現在の3 mから4 mまで拡大する。直線部数は、現在の3 m直線部4本から、4 m直線部4本、1.5 m直線部4本の合計8本へと倍増される。内2~3本は入射や高周波加速などに使用されるため、残りが挿入光源用となる。

新オプティクスのエミッタンスは現在の160 nm-radから27 nm-radと約1/6まで小さくできる。四極電磁石による収束を強めることに加え、全ての直線部に有限の分散を持たせ、効果的に低エミッタンス化する。

なお、すでに昨年、高度化の事前準備として、電磁石据付精度の精密測量を実施した。また、高速高精度のビーム位置検出システム(BPM)も導入済みである。

(2) 光源性能((ハ)に対応)

低エミッタンス化により放射光輝度は大幅に改善される。既設アンジュレータや偏向電磁石の放射光輝度が概ね一桁高くなる。磁極間隙は、ビーム寿命に影響を与えることなく、最小で10 mmまで狭めることができる。さらに、短周期の真空封止型アンジュレータが導入できるようになるので、これまでUVSORでは発生することの出来なかった100 eV超の領域でアンジュレータ光(基本波)を発生することも可能となる。近年、レーザー光の短波長化が進んでいるので、レーザーでは当分不可能な、このようなエネルギー領域でUVSORの特長を出すことができるようになる。

(3) 加速器改造((ニ)に対応)

加速器改造は、直線部の電磁石系、真空系の改造が中心となるが、直線部以外では、低エミッタンス化後のビーム寿命確保のために光源リングの高周波加速空洞の増強を行う。Touschek効果によるビーム寿命の短縮はUVSORのような低エネルギーリングを低エミッタンス化した場合には避けられない問題である。そのため、まず既設の3倍高調波RF空洞を利用しバンチ長を延ばすことでTouschek効果を緩和し、次に主RF加速空洞に投入できる電力を制限している入力カプラー部を改良し加速電圧を上げてRF bucket heightを高くすることで現在と同程度の寿命を確保するようにする。さらに、入射器も光源リングと同じく製造後20年近くが経過しており、施設の安定な運転のためには入射器の高性能化、信頼性向上を実現する必要がある。今回特に前段入射器である線形加速器の増強を行い、入射効率や信頼性の向上に加え、単バンチ入射のための短パルス発生も可能とする。直接単バンチで入射することで入射時間の短縮、蓄積電流値の向上が実現できる。これは蓄積リング自由電子レーザーなど単バンチを利用する光源開発にとっても重要である。

5-1-2 ビームラインの高度化の概要

平成12年度実施した施設利用ビームラインの外部評価によって、世界的競争力のあるビームラインがある一方、中には性能的にかなり時代遅れのものがあることの指摘を受けた。その結果を踏まえ、高度化後のビームライン再編の検討を開始した。基本的にはビームラインの再構築は学問の進展に従って概算要求や競争的資金によって、順次、やっていく予定である。

(1) 既設ビームラインのスクラップ&ビルドと高度化

光源の高度化によって現ビームラインそのままでも輝度が向上し、また、分光器の仕様によっては分解能向上も狙える。しかし、高度化のメリットは挿入光源（4長直線部、4短直線部の内、5カ所程度が挿入光源で使える）に顕著であり、挿入光源の性能をフルに引き出して初めて世界的な意味での競争力が出てくるので、既設長直線部アンジュレータの見直しや短直線部用アンジュレータの開発によってUVSORの挿入光源ビームラインの競争力を増す必要がある。ただし、現在、すべての放射光取り出し口が既設ビームラインで占められているため、新たにビームラインを建設するには既設ビームラインを撤去する必要がある。

現在、UVSORワークショップ等での検討の結果、方針がある程度固まっているところは以下のとおりである。挿入光源としては、すでに高度化に対応できる真空封止型短周期アンジュレータ（短直線部用に開発）を1台新たに製作してあり、平成13年度中にとりあえず長直線部のBL7Aに設置し、性能評価の後に共同利用に供する。さらにこの経験に立って、高度化計画の中で長直線部用の真空封止型短周期アンジュレータを平成14年度中に長直線部のBL3Aに設置する。

・分光照射ライン

現在、BL6Bで行われている研究はBL7A（建設予定のアンジュレータライン）に移行し、分光照射ラインとして高度化する。

・赤外・遠赤外線ライン

放射光を広く集めるため光の取出し口をBL6A1からBL6B側へ移設し、高度化する。

・真空紫外、軟X線（低エネルギー）ライン

BL7B（建設済み）とBL5A（建設済みの円偏光アンジュレータライン）を高度化する。

BL6Aにアンジュレータラインを建設できるようにBL6全体の再構築を検討する。

・軟X線（中・低エネルギー）ライン

現在、BL2B1とBL8B1で行われている研究は数年かけてBL4B（建設済み）とBL3A（建設予定のアンジュレータライン）に移行していく。

・軟X線（高エネルギー、二結晶分光器）ライン

現在、BL7Aで行われている研究はBL1A（集光ライン）に移行する。

(2) 高度化後の成果展開について

高度化が平成14年度で完了し、平成15年度には挿入光源ビームラインの利用が開始される。輝度の高い放射光を利用することで、これまでUVSOR施設では不可能であった顕微分光研究、固体表面等の希薄な系の研究、遷移確率の低い蛍光X線を使った状態分析研究、光学素子の汚れを克服した炭素内殻領域の分光研究などが可能となる。これらの装置を使えば、例えば、ナノサイエンス研究にも対応できるようになる。以下のような概算要求を考えている。

・3000時間の運転時間の確保

平成10年度より運転経費が15%カットされ、運転時間も年3000時間から15%前後、削減されている。高度化により施設のビームラインの競争力が格段に強化されるため、運転時間を元に戻して、競争力のある内に集中的に成果を挙げる必要が出てきた。

・研究分野の拡大

20本のビームラインがあるにも関わらず、認められている実験テーマは6研究分野9実験テーマだけである。高度化によって放射光分子科学に新たな展開が可能になったので、以下のように研究分野を7分野に拡大し、実験テーマを2つ追加する。

従来の研究分野

- ・分光実験
- ・光電子分光実験
- ・光化学実験
- ・化学反応素過程
- ・固体・表面光化学
- ・光誘起新物質合成実験

新たに追加する研究分野

- ・顕微分光実験

5-1-3 国内に於ける UVSOR 施設の今後の位置付け

(1) 日本放射光学会将来計画検討特別委員会での議論

日本放射光学会では国内の放射光科学とそれを担う光源施設の将来計画に関してグランドプランを策定するために将来計画検討特別委員会が発足した。主な検討項目は以下の通り。

1. 既存施設の将来計画
2. 極紫外・軟X線高輝度光源計画
3. 地域型放射光施設計画
4. 放射光利用（国際交流，産業利用，研究環境整備）
5. 将来の放射光源（X線 FEL など）

平成13年4月から平成14年1月までに7回、委員会が開催された。また、2001年8月19日に中間報告として「極紫外・軟X線高輝度放射光施設計画に関する提言」がまとめられた。これは上記検討項目の内、特に世界的に見て遅れの著しい極紫外・軟X線高輝度光源計画の検討の緊急度が高いため、他に優先してまとめたものである。この施設は現在の全国共同利用施設である UVSOR, Photon Factory (PF), SPring-8 の3施設に加わる第4の全国共同利用施設となるもので、東京大学と東北大学が立候補している。まだ、どちらに建設されるかは決まっていないが、この施設のカバーする領域はUVSORとPFのカバーする領域の間に来るので、UVSORとPFの位置づけについても以下のように留意事項が書かれている。

我が国の放射光利用研究者数は増加の一途をたどっており、その大半はSPring-8とPFの利用者である。UVSORの利用者数もPFの約3割程度の規模で増加している。各施設の統計を合わせてみると、国内全体で硬X線領域の放射光利用者が割合が非常に高い。そのため、高輝度の必要な実験の場合をのぞいて、関東・東北地方の硬X線利用研究者

はPFを利用する傾向が強い。一方、極紫外/軟X線領域の利用者は現在、UVSOR、PFおよびSPring-8(軟X線のみ)を利用しているが、新光源完成時には高輝度VUV・軟X線を必要とする実験研究者を中心として多く利用者が新光源施設に移行すると考えられる。そこで、既存の施設をより有効に利用するために、同時にPFでは、ビームラインを補強/再編成して硬X線実験ステーションを増強することが望ましい。また、UVSORでは、光量は必要だが、高輝度性は必要としない研究が多い極紫外光領域の多様な実験や時間のかかる実験に重点的に対応できるように、光源や実験ステーションを増強することが望ましい。

(日本放射光学会「極紫外・軟X線高輝度放射光施設計画に関する提言」2001.8.9より)

(2) UVSORの位置づけの変遷と今後

法人化の問題もあって、国内の放射光施設(特に全国共同利用施設)の位置づけを確立しておく必要があり、日本放射光学会をはじめとして分子研外での議論が進んでいる。以下ではUVSOR施設をどう位置づけるかについて、UVSOR運営委員会、分子研将来計画委員会、UVSOR利用者懇談会、日本放射光学会将来計画検討特別委員会等で意見交換している内容をまとめた。

硬X線、軟X線、極紫外域を広くカバーする大型汎用実験施設として高エネルギー物理学研究所放射光実験施設(Photon Factory)が設立されたのとほぼ同時期に、大学共同利用機関である分子科学研究所に中型放射光施設の極端紫外光実験施設(UVSOR)が設立された。両施設とも全国共同利用施設であるが、その設立の経緯や目的は異なる。UVSOR施設は、東京大学物性研究所軌道放射物性研究施設が物性研究に重点を置いたのに対して、分子科学研究所内外の関係者の要望に基づいて放射光利用が遅れていた化学研究のために建設されたもので、分子との相互作用が最も大きな極紫外域に重点が置かれた。そのため、必然的に施設の規模は中型となった。その後、国内では規模の大きなものとしてPhoton FactoryとUVSORの2施設しかない期間が10年以上続き、UVSORは分子科学のみならず汎用的に(特に西日本の研究者を中心に)極紫外域の放射光科学をカバーする施設としても整備されてきた。また、分子研の流動性の高さによって人材の供給源としても大いに貢献してきた。このような放射光科学の進歩とともに最近、6、7年の間にUVSORより西に、全国共同利用の大型汎用実験施設のSPring-8の他、立命館大学、広島大学、姫路工業大学に学内施設が設置され、また、佐賀県のように地方自治体が建設する施設もでてきた。さらに、平成14年度からは広島大学放射光科学研究センター(HiSOR)も全国共同利用施設として位置付けられることとなり、固体物理学を中心とする物質科学研究を強化・発展させるところとなった。放射光科学の研究がいろいろな施設で可能になっている現在、全国共同利用の中小型施設は研究分野を汎用的に広くカバーすることよりもその施設が所属している組織の特徴を最も生かせる分野に重点を置いた施設として整備すべきであろう。すなわち、中小型施設が特定分野のCOEとなっている大学共同利用機関に置かれる場合はその分野の学術研究のための研究者養成の先端設備として位置づけられ、大学に設置される場合は学部・大学院教育や研究者養成の設備として位置づけられる。また、硬X線利用実験に比較して、中小型施設がカバーできる極紫外線～軟X線の利用実験は数倍時間がかかり、測定装置も目的に応じて大きく異なるため、汎用化とは相容れない部分が多い。このように今後は汎用型の大型施設と利用分野に特徴を持たせた中小型施設が相補的に放射光科学を推進していくことが望ましい。

5-2 分子スケールナノサイエンスセンターの新設

分子科学研究所は、設立以来、分子素子や分子エレクトロニクスの基礎研究を特別研究の主題に取り上げるなど、井口洋夫教授を中心に有機半導体・有機超伝導体の研究において多くの成果をあげてきた。近年、化学と物理の分野では、分子を特有の引力を利用して集合化させたり、分子ビームエピタキシャル法やマニピレーションによる人工的積層法によって機能性の高い分子スケール構造体表面を作成したり、分子の機能を活かした分子スケールエレクトロニクスを実現しようという動きが世界的に高まっている。また、物質の機能や物性は、分子がナノメートル次元の大きさの集団になって初めて発現することが多いことが明らかになっている。即ち、分子科学がこれからの5年あるいは10年の間に解明しようとしている重要なテーマが、ナノスケールの分子構造体の問題であると言える。過去の10年間にも、研究所のメンバーによって世界的な研究が発表され、所内の多くのグループがナノサイエンス研究へその軸足を移行させてきた。

このような学問の急速な進展状況に対応するため、分子科学研究所でも積極的に大がかりなインフラ整備を行う必要性が高まり、最も効果的に研究を進展させるには、「分子スケールナノサイエンスセンター」を設置して適切な人材をここに集め、集中的に研究を推進させることが不可欠であるとの結論に至った。欧米に於いては、既にこのような研究センターが次々と設立されつつあり、今後熾烈な競争が展開されるであろう。世界の最先端に行く研究を継続し、更に大きな研究成果を期待するためには、全国の共同利用研究機関としての分子科学研究所が積極的に人材と設備を集中化させ、研究センターを設立し、周辺の研究者を巻き込んだ大きな研究体制を作り上げることが急務である。このセンターの実現によって、分子科学研究所は分子を扱う我が国の中心的研究所として、ナノサイエンス推進の中核としての真の責務を果たすことができ、更に多くの優秀な人材を育てることができるであろうと期待される。

平成13年4月24日の将来計画委員会で、分子スケールナノサイエンスセンターを設置し研究系と研究センターの枠を越えた新しい共同研究の場をE地区を中心として設置することが認められ、5月21日の運営協議員会議の議を得て、文部科学省との概算要求の交渉が開始され、年末の財務省原案に盛り込まれた。平成14年4月1日から発足予定のこの全く新しいセンターは、教授6、助教授8、助手6を正式な構成員として擁し、更に8名の助手が加わる予定であるし、技官の方も加えると、総勢30名以上の大所帯となる。特に、このうち8名は全国の国立大学からの流動教官によって構成される。

センターは3つの大部門と2つの流動部門から構成される。分子科学研究所に大部門が導入されるのは初めてであるが、大部門における教授・助教授の数は3名以上であり研究計画に応じて流動的な構成が可能となる。現在、計画されているのは、「分子金属素子・分子エレクトロニクス研究大部門」「ナノ触媒・生命分子素子研究大部門」「ナノ光計測大部門」であるが、前の2つは名前が長すぎるので、略称を考えなければならないだろう。何をやるようとしているかが、判るような名称になっている。いずれの大部門も1-2名の教授と2名の助教授が構成員となるが、3名の新規教授ポストが認められ、9名は、分子物質開発研究センター、電子構造研究系、分子集団研究系、などからの振り替えとなる。これに、「分子クラスター研究部門」と「界面分子科学研究部門」の2流動部門8名が加わる。これらの流動部門は、ナノサイエンスに適した看板をもつため研究内容の整合性が高い。全国の国立大学の分子科学あるいはその周辺領域の研究者の中で、積極的にこの分子スケールナノサイエンスセンターの中で研究を展開しようとするグループあるいは個人に対して、2年の間、場所と研究費を提供し、センターの中での活発な研究交流を通してより大きな成果を出せるような「場」を提供することになる。

平成14年度には、センターの建物も認められることとなった。もともとの計画では、分子物質開発研究センターとして移転する予定の建物として計画されたが、新センターの発足ということでその建設が予想より早まった形である。

現在，E地区に統合バイオサイエンスセンター棟および各種の研究支援棟が建設中あるいは計画中であるが，「分子スケールナノサイエンスセンター棟」はこの北東に6階建てで建設される予定である。しかしながら，建設計画は新規の教授3名の増加と流動2部門の参加を見込んでいないため，新たな建物を近くに建設する必要がある。これは，他の研究所と合同の建物として電子顕微鏡やSTMなど特別に振動を嫌う装置群専用の部屋を用意したものにしなければならないであろう。

ナノサイエンスは分子科学にとって辿るべき自然の道であると言えるが，既に，我々はポストナノサイエンスの時代に入っているといっても過言ではない。この道を更に先導して行くために着実な成果を重ねてゆくと同時に新たな扉を目指して進まなければならないであろう。

5-3 計算科学研究センターの将来構想

5-3-1 現在の計算機システムと運用

2002年2月現在の計算機システムの概要を下図に示す。図の左側は2000年3月に導入されたスーパーコンピュータシステムであり、来年度に更新が予定されている汎用高速演算システムが右側に示されている。

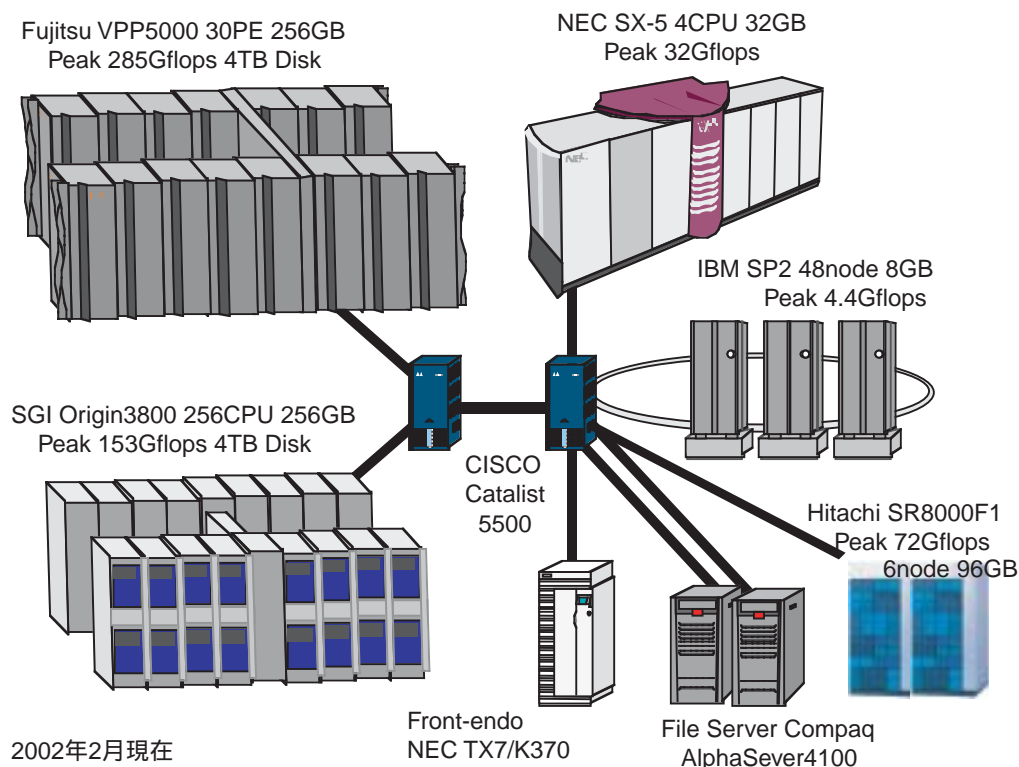


図1 計算機システムの概要

スーパーコンピュータシステムは、富士通製 VPP5000 と SGI 製 Origin から構成される。VPP5000 は 1 CPU 当たりの最高演算性能が 9.6 Gflops のベクトル演算装置 30 台から構成され、各 CPU に 8 ~ 16 GB の主記憶装置を持つベクトル並列計算機である。一方、SGI Origin は 1 CPU 当たりの最高演算性能が 0.6 ~ 0.8 Gflops のスカラ演算装置 320 CPU から構成され、CPU 当たり 1 GB の主記憶をそれぞれの CPU から共有メモリとしてアクセスが可能な分散共有方式の超並列計算機である。VPP5000 では高速なベクトル演算能力を活かした大型ジョブの逐次演算処理はもちろん、例えば 8 台以上のベクトル演算装置を使った大規模なベクトル並列演算が可能となる。Origin2800/3800 は Non Uniform Memory Access (NUMA) 方式と呼ばれる論理的な共有メモリ機構を有する。NUMA は主記憶装置が各 CPU に分散して配置されているため CPU から主記憶へのアクセス速度が非等価ではあるが、利用者プログラムから大容量のメモリを容易に利用することが出来、大規模な並列ジョブの実行が可能となる。1998 年度に導入された NEC SX-5 は 1 CPU 当たり 8 Gflops の最高演算能力を持つ共有メモリ型ベクトル計算機であり、SP2 は 48 CPU から成る分散メモリ型スカラ並列計算機である。現在、更新予定の汎用高速演算システムは、ベクトル演算に適したプログラムを高速に処理することが出来る“主システム”と、中大規模なスカラ並列演算処理が可能な“副システム”から構成される点は、既存の汎用システムと同様であるが、大幅な性能向上が期待されている。今後もこれらの計算機の特徴を活かしつつ、利用者ジョブの効率的な実行環境を構築することがこれからのセンターの課題である。

本計算科学研究センターの前身である「分子研電算センター」はこれまで全国700人におよぶ分子科学者に対して文字どおり「共同利用施設」としてサービスを提供してきた実績をもっている。これは、他の研究機関の「電算センター」がその利用者の大部分を事実上その機関内に閉じていることを思うとき、「分子研電算センター」が誇るべき偉大な実績であり、今後も「計算科学研究センター」が継承すべき特色である。しかし、一方、ワークステーションや高性能のパーソナルコンピュータの普及に伴って、これまで「計算機センター」が果たしてきた役割の一部が変更を迫られていることも確かである。これまで計算機センターを利用して行われていた計算のかなりの部分がワークステーションやパソコンで簡便に行えるようになり、「煩わしい手続きをして大型センターを利用するまでもない」と考えるユーザーも増えている。他方、国際的には米国を中心に超並列マシンの性能を極限まで使って初めて可能になるような計算が報告されつつあり、このままでは我が国の理論化学が国際的に遅れをとってしまうという危機感も生まれている。すなわち、一方では「できるだけ多くの研究者へのサービスの提供を維持」しながら、他方では「世界のピークを目指すような大規模計算を可能にする」という「二兎を追う」ことを要求されている。このような要請に応えるため一昨年、計算科学研究センター運営委員会では計算資源の利用枠を「一般利用」と「特別利用」に2本化することが提案され、昨年度から実運用と審査基準の準備を進めてきた。「一般利用」はこれまでとほぼ同様の計算機利用形態であり、同様の手続きで申請を行う。他方、「特別利用」は毎年少数の大規模計算プロジェクトに計算資源の一部を供するものであり、特別の申請手続きと審査を経て許可されるものである。平成14年度の例としては、SGI Origin 計算資源の約1/4に相当するリソースを1つの研究プロジェクトに割り当てられる特別申請が許可された。現在VPP5000の一部のCPU資源も特別申請の対象と出来る運用準備を進めており、今後ますますこの様な質の高い大規模計算プロジェクトに利用され研究成果を上げることが期待される。

5-3-2 計算科学研究センターを巡る状況

「計算科学研究センター」(以下、「センター」と略)が発足(機構化)して2年が経過しようとしている。昨年度の「分子研レポート」において、我々は「センター」の将来構想に関して二つの点を明確にした。ひとつは700名近い分子科学研究者の共同利用施設として旧「分子研電算センター」が果たしてきた役割は全く変わっていないこと。他のひとつは計算科学分野における生物関連の計算や情報処理の重要性が増大しており、今後、この傾向は益々強くなることが予想されることである。(このことが「電算センター機構化」の主な動機であったことは言うまでも無い。)そして、これら二つのファクターを満たすために、今後の「センター」の構想を「長期」と「短期」の二つに区別し、長期的には生物系2研究所との協力でいわゆる「生物情報」を含む生物関連の情報処理分野の充実を視野に入れながら、短期的には「分子科学」と「生物科学」の「境界領域」の計算科学を発展させることを提案した。この長期的構想に関しては、昨年度、基生研に「情報生物学研究センター」が発足し、そこに「生物情報」の専門家が招聘されることが予想されるため、その第一歩を踏み出したと言えよう。今後、「情報生物学研究センター」との連繋により、この分野のマシンやスタッフの充実を図る必要がある。一方、短期的構想については、その第一歩として「分子科学と生物科学の接点」と題するワークショップを開催し、分子、生物両科学の境界領域で働く研究者の交流を進めた。

「計算科学研究センター」を巡る内外の状況に、昨年度、いくつかの新たなファクターが加わった。そのひとつは分子研を含む物質科学系5研究所(分子研、東北大金研、東大物性研、京大化研、高エネ機構・物構研)が共同提案していた学術創成研究が認められ、この秋にはスーパーSINETを介して分子研・金研・物性研計算センター間のグリッド計算が可能となることである。もうひとつのファクターはナノテクノロジーに関わる国の施策が大きく進展し、分子研にもこの4月から「分子スケールナノサイエンスセンター」が発足することである。

「センター」ではこれらの発展をふまえて、上記5研究所が連携した「ナノサイエンス」を主題とする新しい「計算科学」プロジェクトを国に提案する方向で検討を開始した。現在、いわゆる「ナノテクノロジー」という言葉から想像されるのは、LSI加工技術や記憶媒体の高密度化など計算機製造にまつわる工学研究である。また、化学における「ナノテクノロジー」も「ナノチューブ」や「ナノワイヤー」など主としてその固体電子物性に着目した分野であり、実際、これらのナノ物質が示す新しい物性や機能は電子工学などの応用面で大きな期待がもたれている。これらのいわば「剛いナノ物質」の物性や機能を理論的に解明する計算科学も本提案のひとつの主題であり、主として、東大物性研と東北大金属研が分担することになる。一方、分子やその集合体の中には蛋白質や超分子あるいはミセルなどナノスケールである決まった形態をとったときに初めて機能を発揮する一連の物質が知られており、これらに関しては主として「センター」と分子研理論グループがこの問題を担当する。これらの物質は、通常、溶液中に存在し、ある平均的な構造（形態）のまわりで統計的に「揺らぐ」ことを特徴としており、この「構造・形態の揺らぎ」が機能と密接に関係している。われわれはこの意味でこれらの物質を「柔らかいナノ物質」と名づける。「柔らかいナノ物質」の代表格は蛋白質と細胞膜（リン脂質2重膜）であり、その意味で、本プロジェクトは昨年度「将来構想」で提案した短期構想である「分子科学と生物科学の境界領域」の具体化という側面ももっている。

以下、「センター」を中心にした「計算ナノサイエンス」プロジェクトの主旨を述べる。

5-3-3 計算ナノサイエンスの提案

生体内における化学反応は「酵素」というナノサイズの分子を触媒として起きており、酵素機能が発現するためには蛋白質が「自己組織化（フォールディング）」して特異な構造をとらなければならない。金属が「触媒」としての機能（電子物性）を示すためには金属原子が溶液中で集合してあるサイズになる必要がある。また、界面活性剤などの両親媒性分子が化学反応の反応場として有効であるためにはそれらが集まってミセルやベシクルなどのナノスケールの分子集合体を形成しなければならない。これらの例に見られるように、自然界にはナノスケールで初めて機能が発現する現象が数多くあり、これらの集合体ができるためには、まず、バラバラの分子や原子がエントロピーの障壁を越えて集まる必要がある。しかも、原子や分子がただ集まれば良いのではなく、例えば、「化学反応」という「機能」が発現するためには、「ナノ集合体」の化学的性質が原子レベルで制御されていなければならない。ナノ集合体を特徴づけるさらに重要な性質はそれら全部が同じサイズではなく、ある平均値の周りに分布していることである。自然界の化学過程はこのナノ集合体の「形態安定性」と「揺らぎ」を巧みに使ってコントロールされているのである。そして、ナノ粒子の形態安定性、揺らぎ、および機能は、ナノ粒子が置かれている溶媒環境によって支配されている。したがって、もし、われわれがこの自然界の化学過程に学びその法則を理解すれば、それが医療や生産など人間社会に有用な科学・技術の基礎と成り得ることは理解に難く無い。

本プロジェクトの第一目的は計算化学・物理と情報技術（Information Technology）の手法を駆使して、溶液中に起きるナノ集合体の自己組織化、形態変化、揺らぎ、機能発現の仕組みを支配している自然原理を明らかにし、その上でこれに基づいて形態、機能を予測するなど、ナノスケールの「柔構造」を特徴とする新規物質創製に有用な理論的方法論を構築することにある。本プロジェクトの意義は単に上に述べた「実用的」な目的の達成に止まらず、新しい基礎学問分野の確立という大問題への挑戦という側面ももっている。それはこの問題がこれまでの伝統的な物理・化学の理論的方法論の枠組みを大きくはみ出した研究対象だからである。

これまでの伝統的な方法論は、例えば、形の決まった1個の分子の電子状態や原子や分子が格子状に綺麗にならんだ結晶などいわば「硬い物質」に対しては極めて有効であった。また、多体系でも通常の水のように均一な液体系で

は分子シミュレーションや統計力学が定量的あるいは半定量的なレベルで現象を記述できる程度に確立していると言ってよい。また、いわゆる「自己組織化」という問題についてもこれまで理論的研究が行われなかったわけではない。例えば、ミセル形成のシミュレーションは界面活性剤分子の疎水基同士がお互いに「引き合う」ということを考慮した直感的（経験的）なモデルのレベルでは多数のシミュレーションが行われている。しかしながら、これらの方法は上に述べた実際の化学・物理プロセス（溶液中ナノ集合体の自己組織化、形態変化、揺らぎ、機能発現）のある側面を全体から機械的に切り出しすることを前提に構築されたものであり、その有機的連関を無視したことに起因する様々な問題を内包している。すなわち、「群盲、象をなでる」ことによる自然描像の誤った記述や実験の「後追い説明」に墮する危険性を免れ得ないのである。例えば、最後に述べたミセル形成のシミュレーションの例では、ミセル分子の「疎水基同士が、何故、引き合うのか」という基本的な疑問が説明されていない。これは界面活性剤分子が存在する「水」という溶媒環境を極端に単純化したためである。このようなモデル化では相互作用の本質が正しく捉えられていないため、溶液の組成や温度など環境の変化に対応できず、それらが変わる度に経験的な相互作用パラメータを準備しなければならない。すなわち、実験結果に「理屈」をつける理論ではあり得ても、実験を「予測」する理論とは成り得ないのである。ナノスケールの理論科学で、何故、このような問題が生じるのか？ それは「ナノ」がまさにミクロとマクロの中間にあり、量子力学や力学で全部を解くには大きすぎ、一方、統計力学や流体力学などの巨視系に対する方法論の対象としては小さすぎて「揺らぎ」や「不均一性」が本質的な位置を占めるからである。

このような問題を解決するためにはこれまでの伝統的な方法論だけに固執するのではなく、それらを融合した新しい「方法論」の確立が必要であろう。本プロジェクトは理論化学・物理における3つの流れ（統計力学、分子シミュレーション、量子化学）を「計算科学」というプラットフォームに統一して、溶液内ナノ現象を解明する新しい理論化学の構築を目指すものである。

5-4 装置開発室の将来計画

5-4-1 装置開発室の過去と現状

装置開発室は分子科学の新展開に必要な新しい装置を開発すると同時に、日常の実験に必要な部品類を迅速に製作するという二つの役割をもっている。研究所創設当時は前者に対する要請が多く様々な大型装置を製作してきた。また極端紫外光施設が発足した当時も分光器や大型真空容器などの製作を手がけてきた。しかし、超高真空仕様の真空槽や1990年以前は市販されていなかった種々の物性測定装置など、多くの装置を専門の製造業者がユーザーの注文に応じて製作する時代が来るにつれ、研究者側は納期の早い製造業者に依頼するようになり、装置開発室には後者の迅速性を求める部品的な依頼が多くなった。このような状況の中で、技官の製作意欲の向上を目指して平成3年度よりIMSマシン制度が導入され、また名古屋大学など他研究機関との技官の人事交流がなされた。IMSマシンは特許に結びつくような新規性のある装置のアイデアを公募し、それを具体化してゆく事を装置開発室が請け負った。それに伴い、IMSマシンの専任スタッフをおいた。しかし、10年の歳月が流れる中で装置開発室の人的な構成が変化して、アイデアを具体化する作業に時間を要するようになってきた。そのため、毎年積み残しの装置を抱えることになり、出来上がった頃には発案者は転出しているという事態も少なくないという状況になった。また、IMSマシンに応募される装置も新規性に乏しく、単に経費目的だけの提案も少なくない状況になった。「装置は作るだけでは無意味で、実験に供せられて初めて意味をもつ。」この簡単な原則が装置開発室で失われがちであった。これは結局研究者との一体感の欠如であり、アイデアを出した研究者にも責任のある問題である。

5-4-2 調査

このような状況の中で平成13年5月に西信之・薬師久彌両教授により「独立行政法人化後の装置開発室のあり方に対する調査」を所内グループリーダーと装置開発室技官に対して行った。これは独立行政法人化後に予想される厳しい評価に耐えられる体質をつけるために装置開発室の意識を改革すると同時に研究者の新装置開発に対する意欲を喚起する事を目的としたいわば所内での点検評価に相当する。実際には調査項目が装置開発室の独立採算制さえも求めるような非常に厳しい項目を含んでいたために、装置開発室に与えたショックはかなり大きく反発もあった。調査に対して様々な意見が出た。グループリーダーの意見としては「装置開発室を縮小して部品類の迅速な製作のみに専念したほうが良い」という極端な意見もあったが、大勢は「新規性に富む装置の製作は優れた分子科学研究に不可欠なので、開発的な役割も重視すべきである」という意見であった。技官側も開発的な仕事を期待している。この調査ではっきりしてきたことは研究者と技官の意思の疎通をよくし、一体感を持たせることの重要性であった。これは言うまでもなく新しい装置の開発に欠かせない事であるが、同時に日常業務を迅速に処理する上でも重要であり、教官、技官の両方にこの一体感を期待したい。

5-4-3 現在の取り組みと将来計画

上の調査で明らかになった「新規な装置の開発」と「部品類の迅速な製作」の両方をバランスよく処理するという装置開発室に課せられた課題を達成するために下記のような方策を講じつつあるが、早急に達成する必要がある。

(1) 装置開発

従来のIMSマシン制度を廃止し、これに替わるものとして「特別装置」の依頼を受け付け、今年度は500万円の予算措置を講じた。今やIMSマシン制度の欠点となったアイデアだけの丸投げをやめ、依頼した装置の実現には依頼

した教官が責任をもって対応し、装置開発室と一体となって製作にあたる事を条件とした。また製作期間を6ヶ月以内とし、一つの装置が完成するまでは次の公募は行わないことにした。平成13年度の特別装置は平成13年6月25日から7月23日まで、約一ヶ月間の公募期間を設け、薬師久弥教授と西信之教授が審査にあたった。その結果、分子集団動力学部門多田博一助教授の「ツインプローブ走査型顕微鏡」が採択された。今回はこの制度を設けてから実施までに十分な時間がなかったために上の2人で審査を行ったが、次回からは各研究系から選ばれた審査委員会の下で審査を行うことが必要である。

(2) 製作日数の短縮化

装置開発室の依頼業務は機械工作が全体の約7 - 8割を占めている。このような背景もあって先の調査で特に機械工作グループに対して多くの意見が寄せられた。特に部品類の製作日数の短縮が強く求められていたため、平成13年より高松宣輝氏を新たに技術推進員として迎えた。さらに短期間で処理するためには、簡単な部品の製図をCADシステムで書ける技術推進員の雇用が必要である。この増員により、技官は長期の製作日数を要する業務に専念できるため、設計にかかるまでの待ち時間を減らすことができる。平成14年1月下旬現在で、一ヶ月以上の製作日数を要する物品が特別装置を含めて20件ある。機械工作の技官は一人当たり5件の長期依頼物件を担当していることになる。現在、極端紫外光実験施設に一人を出向させているが、できるだけ早い時期に5人体制にして長期物件の製作時間を一日でも早く短縮することが望まれる。以下が早い時期に求められる装置開発室の人員構成である。

機械工作グループ：技官5，技術推進員4（工作3，製図1）

電気回路グループ：技官3

ガラス製作：技官1

事務補佐員：1

(3) 公開性

先の調査の結果を受けて装置開発室のホームページの中に機械工作グループのページを新たに設け、依頼物品の受け付け状況や進捗状況が分かるようにした。また、業務日誌も公開することにした。この他、機械設計に役立つ「基本的な資料」や「装置開発室ではどのような機械工作ができるかをアピールするための資料」を掲載する準備をしているが、これを平成13年度内に完成させる必要がある。このような取り組みは機械工作部だけでなく、電気回路部、ガラス製作部でも求められる。各グループをまとめたホームページを一日も早く完成することが求められる。

(4) 組織の再編

現在の装置開発室は機械工作部、電気回路部、ガラス製作部がそれぞれ独立に活動を行っているため、全体を統括する役割の技官がいない。そのため上のホームページ作りにも現れているようになかなか足並みが揃わない。装置開発室全体を統括する役割の技官を置くことが必要である。

(5) 今後の基盤技術

装置開発室は限られた人員で活動しているので、分子科学の全ての分野で最高の技術をもつことは不可能である。その時代の研究系の要請に応じて基盤とする技術を特化する必要がある。現在装置開発室のもつ基盤技術として超高真空技術があるが、これは、極端紫外光施設が設立されて以来、多くの超高真空容器を製作してきた経緯があるからで

ある。現在、この分野はかなり成熟しており、専門の製造業者に依頼したほうが速くて確実なものが入手できる状況になっている。分子科学研究所は平成14年度より分子スケールナノサイエンスセンターを新設する。この分野は技術的にも未成熟の状態であるので、装置開発室の重点技術をナノサイエンスで必要とされる微細加工に関連する技術へも向ける必要がある。

(6) 工作機械類の更新

新しい基盤技術の養成には新しい装置の導入が必要である。平成13年度は所長のはからいでワイヤー放電加工機を更新することができた。この装置により、切削溝の幅を従来の270 μm から40 μm へと大幅に縮小することができる。また、将来的には製作したものの形状を精密に測定するための3次元形状測定機とレーザー測長器(10 nmまでの測長可)が必要である。また、化学分析用のSEMは形状や表面粗さの観察を行う上で便利な装置であるので、老朽化したSEMを分子スケールナノサイエンスセンターで更新する事を希望する。この他、老朽化したNC旋盤の更新が必要である。この他、製図作業の迅速化のために、年次計画で一台ずつ更新しているCAD用のコンピューターの更新を急ぐ必要がある。電気回路グループでは平成12年度にプリント基板製作装置の更新を行った。現在、高速オシロスコープとロジックアナライザーが老朽化しており、早急に更新する必要がある。