

## 4-2 極端紫外光科学研究系

国内評価委員会開催日：平成17年12月1日

委員 太田 俊明（東大院，教授）  
大門 寛（奈良先端大，教授）  
宇理須恒雄（分子研，教授）  
小杉 信博（分子研，教授）  
加藤 政博（分子研，教授）  
オブザーバ 見附孝一郎（分子研，助教授）  
菱川 明栄（分子研，助教授）  
繁政 英治（分子研，助教授）  
木村 真一（分子研，助教授）

国外評価委員面接日：平成18年1月9日～11日

委員 Joseph Nordgren（Professor, Uppsala University）

### 4-2-1 点検評価国内委員会の報告

国内委員による評価は，面接により，以下の研究グループの研究活動に関して行った

#### （1）極端紫外光科学研究系

- ・宇理須グループ（反応動力学研究部門）
- ・小杉グループ（基礎光化学研究部門）
- ・見附グループ（反応動力学研究部門）
- ・菱川グループ（基礎光化学研究部門）

#### （2）UVSOR

- ・加藤グループ（光源加速器開発研究部、電子ビーム制御研究部）
- ・繁政グループ（光化学測定器開発研究部）
- ・木村グループ（光物性測定器開発研究部）

#### 全体討論

委員 E：分子研で行う放射光科学やUVSORの今後の問題についてご意見をいただきたいと思います。率直なご意見をお願いします。外部の放射光科学研究者はどのようなことを分子研あるいはUVSOR施設に期待されるのでしょうか。

委員 A：日本にとって VUV 軟 X 線の高輝度光源は絶対必要である。東大の計画はなくなったので，分子研で高輝度光源を作っていただけるとよいのですが。

委員 B：技術的には問題ないが，建設費の要求が認められるかが最大の問題である。

委員 C：場所も問題である。

委員 A：UVSORは学術的に幅広く VUV 軟 X 線の光源として，日本で UVSOR でしかできない実験のできるビームラインがある。国内に大きな軟 X 線リングができるまで，VUV 軟 X 線領域の研究の中心として，頑張ってもらいたい。

- 委員 A：今は UVSOR をアップグレードしてトップアップ運転が出来るようにする事は重要である。
- 委員 D：マイクロスペクトロスコピーは備え付けの実験ステーションでなくてはできない。日本には、共同利用で使えるマイクロスコピーのビームラインが皆無であり、分子研で整備すると良いのではないかと思う。
- 委員 E：マイクロスコピーではサイエンスとしてはどういうことが重要ですか。
- 委員 D：2原子分子、3原子分子などのシンプルな分子についてはすでに多くの研究がある、新しいフィールドという問題を考えるとしたら、気体と表面の間だと思う。表面特有の問題は面白い。表面は据え付けの装置でなくてはできない研究が多い。なかなか、共同利用でそのようなことが出来るところはなく、UVSOR はその点やりやすい。赤外と真空紫外の領域で日本で一番良いビームラインが出来ている。UVSOR ならではという仕事が沢山出来ると思う。
- 委員 D：ユーザーと加速器の人の距離が近いのも実験がやりやすく、UVSOR の長所である。
- 委員 E：東大計画の資料を送ってくださったが、応用という意味ではバイオの研究はUVSORでできますでしょうか。
- 委員 B：赤外は SPring-8 よりビームの性質が良い。軟 X 線より高いところでは SPring8 の方がよい。分子研の人も SPring-8 をどんどん使うべきだ。生物分野については、X 線顕微鏡で、ウォーターウィンドウの 350 eV ~ 500 eV 付近で UVSOR を利用した非常にユニークなことが出来るのでは。
- 委員 C：UVSOR はビームエミッタンスが 10 nm ラジアンを切るリングではないのでマイクロスコピーを本格的にやるのはむづかしい。
- 委員 B：マイクロスコピーについては企業のニーズが高い。
- 委員 C：この分野ではカナダのヒッチコックが活躍しているが、全部応用研究である。
- 委員 D：単なるマイクロスコピーではなく、マイクロスペクトロスコピーでサイエンスを行うことを考えるべきである。
- 委員 B：マイクロスコピーで役立つと思われることはドメインの問題などがあるが、分子研でやる問題は少ないのではないか。
- 委員 B：分子研は分子研としての、化学の問題をやれる強みがある。
- 委員 B：分子研そのものの存在意義を考えその中で UVSOR の役割を考えればよい。その意味ではアップグレードで十分機能している。分子研が放射光専門の研究所になる必要は無い。
- 委員 D：そういう観点からは、レーザーと放射光の二重共鳴の研究はもっとすすめられなかったのか。世界で見てもそのようなことがやれる所はない。そこにレーザーの先端グループがいてそれと組み合わせられる場所はない。
- 委員 B：放射光と FEL の組み合わせでポンププローブをやったが、レーザーで出来ないことをやるのは難しい。
- 委員 B：それくらいなら、UVSOR でコヒーレント発振が可能なテラヘルツ領域でやる方が戦略的に有利だ。また、X 線 FEL が理研で始まるが、その利用のための要素研究を分子研でやれると良いのではないか。理研の FEL が出来た段階でメインユーザーとなれるのではないか。日本は加速器は出来るが、それを使う人が十分育っていないのではないか。
- 委員 E：理研 FEL のエネルギー領域はどのようなですか。
- 委員 B：プロトタイプ機は 20 eV (60 nm) であるが、そのあとは一気にハード X 線の FEL に行く。
- 委員 C：X 線 FEL は放射光の延長ではなく、レーザーの延長としてとらえるべきである。そこで、分子研ならではのアイデアを出せると利用研究でリーダーシップをとれる。

委員 B：理研がやろうとしてはいるが、ユーザーのポテンシャルは外国の方が高い。理研はトップダウンでやろうとしている。5～6年先に出来たときに使える人が日本にいないのではないかと。今提案されているのは外国でやっていることばかりだ。

委員 B：分子科学としてX線 FEL を使える問題があるのではないかと。世界のどこでもやっていないことに挑戦して欲しい。ユニークな提案をしていただけると素晴らしい。強光子場の問題など面白いのではないかと。

委員 C：強光子場の問題は短波長になると不利になるので、この分野でX線 FEL を有利に使うことは難しい。

オプザーバC：強光子場も面白いが、X線 FEL では短パルス性を利用したポンプ・プローブ計測への展開が興味深い。

オプザーバA：非常に面白い話を聞かせていただいた。系と施設の関係で言えば、系と施設が一丸となってやって欲しい。ぜひ独創的な研究にチャレンジしてやって下さい。

委員 E：現在分子研では系と施設の組織改編の問題を議論しているが、この問題について何かご意見はありますか。

委員 B：UVSOR は本当に少ない人数で良くやっている。

委員 B：UVSOR 施設が分子研内の他施設と同じレベルにおかれているのはバランスがおかしい。系と同じレベルにして良いのではないかと。

委員 C：ホームページの組織図では系と同列にしてもらった。UVSOR 側からみればユーザーとの交流もうまくいっており組織上の問題は特に無いと思う。

委員 E：それではそろそろ時間となりますので、この辺で終了とさせていただきます。本日は大局的な見地から色々貴重なご意見をお聞かせいただき有り難うございました。

## 4-2-2 国内委員の意見書

委員 A

### 全体的な観点からの意見

UVSOR はわが国においては放射光の化学への応用を主眼においたユニークな放射光施設であるが、これまで PF、SPring-8 の陰に隠れて目立たない存在という感じが否めなかった。その大きな原因が、リングが第二世代であり、しかも低エネルギーであるために軟X線領域までしか利用できないということがあったと思われる。しかし、最近のリングの upgrade と各種アンジュレーターの導入によって、PF と遜色ない性能をもった施設になった。確かに、それでも高輝度リングではなく、硬X線が利用できないということから、利用の範囲と手法は狭まるが、現在の UVSOR の特長をフルに活かせば、十分世界との競争力をもった研究が可能である。ただ、PF、SPring-8 のような本格的な放射光利用施設ではなく、限られたスタッフによって維持運転されていることから、全方位の研究展開は難しいし、するべきではなく、的を絞った研究に特化すべきであろう。

### 小杉グループ

小杉教授は内殻励起分子分光の理論計算においては、世界でも高く評価されており、二原子分子、三原子分子の内殻励起スペクトルの詳細な解析と、外国との活発な共同研究を行っている。

そして、最近では分子からクラスター化学に展開して、クラスターにおける表面と内部緩和の違いの問題を取り扱い、興味ある結果を出している。これらの研究成果は一つ一つが十分論文発表できる内容と思われるが、最近の総説にまとめて書いているだけで、少し残念な感じがする。

これも UVSOR の運営の問題だけでなく、副所長として分子研全体の管理運営にかかる時間が多いことが大きな原因

と考えられる。管理職にあるものには研究の活性を維持するためには、助手、あるいはポスドクをつけるなどの配慮があっても良いように思われる。

一方で、小杉グループの初井助手が中心になって、斬新なアイデアを各所に取り入れた発光分光装置を開発しているが、これが実用可能になれば吸収、発光、光電子分光に理論を加えることによって非常にレベルの高い内殻分光の研究グループになることが期待される。

できることならば、もう少しマンパワーを増やして活性化を図る努力を研究所がすべきであろう。

#### 宇理須グループ

宇理須教授はNTTから分子研に着任したこともあって、応用からみた基礎研究という観点を持っている。最近はじめたシリコン薄膜上の膜タンパクトランジスターの開発は独創性があり、工学、医学の研究者の興味を引く面白い研究である。これまでの研究と全く異なる生物学の世界に飛び込んで、新しい切り口からタンパク質の機能解明を目指していることに、高い敬意を表したい。特に、印象深かったことは、グラミシジンAのAFM観測から、この膜タンパクが環境によってそのモルフォロジーが大きく変わることを見出したことであり、X線構造解析、NMR解析だけでこれらの膜タンパクの構造や機能を議論している世界の構造生物学者に警鐘を鳴らすものとして、今後の研究の展開が楽しみである。トランジスター開発までにはまだ長い道のりと、工学系、生物関係の専門家との共同研究が不可欠となろうが、是非とも突き進んでほしい。ただ、残念なことは発表雑誌が化学系のものであり、できればこのような研究に関心をもつ読者がいる生物医学系の雑誌への投稿を心がけてほしい。

#### 見附グループ

見附助教授を中心としたグループは放射光とレーザーを組み合わせた研究で有名である。今回の研究紹介は専らフラーレン、金属フラーレンの光イオン化と光解離に関するものであり、電気炉と膜厚系を組み合わせた新しい昇華装置を開発し、それを用いた実験であった。それ自身は興味深いものであったが、これが今後どのように発展していくかについての展望が今ひとつはっきりしなかった。せっかくの放射光分光、レーザー分光技術を併せ持つ見附グループなので、これらを組み合わせた新しい研究への展開を期待したい。

#### 菱川グループ

菱川助教授は分子研着任2年半であり、強光子場での分子の光化学反応の制御という新しい研究分野の開拓を目指して研究をすすめている。放射光軟X線と可視光の二重励起も検討しているがこれは、かなり難しい挑戦になりそうである。JSTのさきがけ研究(2005 - 2008)も認められ、順調に進んでいるようで、今後の進展が楽しみである。

#### 繁政グループ

繁政助教授は着任6年半になり、初期に行なっていた対称性分離分光法を更に発展させて、内殻イオン化に伴う分子解離ダイナミクスの研究を始めている。準安定解離種や負イオンの検出など新しい取り組みが見られ、今後の発展が期待される。ただ、内殻イオン化の研究には軟X線領域で強力な放射光源が必要とされるが、残念なことにUVSORではあまりこの要求を満たすビームラインが無く、主な研究の場をPFやSPring-8にしているのが現状である。内殻励起とイオン化の過程を調べる研究グループは少数ながらわが国で世界の先端を行っており、今後は強固なチームワークをもって研究を推進されることを望む。

#### 木村グループ

最近、赤外から遠赤外領域をカバーする非常に明るいビームラインと、高分解能でビームを絞った真空紫外領域のビームラインを建設している。これらは世界的にも高い競争力をもったものになり、低エネルギーリングである UVSOR の特徴あるビームラインとして今後どのように利用していくかがキーとなる。赤外ビームラインでは高い取り込み角 (216 mrad) によって SPring-8 よりも二桁高い強度で、しかもテラヘルツ領域 ( $8\text{ cm}^{-1}$ ) まで利用可能である。これまで専ら強相関係物質や希薄近藤半導体の電子状態の研究などに応用しており、ユニークな研究成果を挙げている。この分野は化学、生物も高い関心をもっており、新規開拓も期待される。一方、真空紫外のビームラインでは高分解能光電子分光装置をとりつけて Fermiology を念頭においており、赤外吸収と情報をあわせることで新しい発展が期待できる。ただ、せっかく UVSOR のビームラインであるから、強力な赤外光を用いた分子科学研究という観点からのアプローチがもう少しあっても良いように思われる。

#### 加藤グループ

加速器を専門とするスタッフは少数であるが、非常に着実に upgrade に努力しており、これまでも高輝度化に向けた改造でほぼ PF 並みのエミッタンスまでにいたっている。そして、これからの最大の課題は top up 運転の実現である。UVSOR のように小型のリングでは寿命が短いために、top-up 運転のご利益は非常に大きい。この実現に向けて最大限の努力を払って欲しい。一方、UVSOR の加速器グループは先代の浜 宏幸氏 (現 東北大) より RF 加速による FEL の開発も行っており、世界でも今後の進展が注目されている。

#### 補足：

世界の放射光科学は X 線 FEL に向けて進みつつある。これは大強度、フェムト秒パルス、コヒーレント X 線という、従来の放射光とは全く異なった光源であり、わが国でも理研グループが SPring-8 のサイトに建設を始めている。わが国の加速器技術はユニークでオリジナリティに富んでいるが、肝心のサイエンスの関してはこれまでの Stanford, DESY で検討されてきたものの域をでていない。わが国独自の研究プロジェクトが無い。分子科学研究所、および、極端紫外研究系のスタッフはレーザーと放射光に習熟した数少ない研究グループであり、XFEL を利用する研究者集団としても先鋭的なグループになりうるように思われる。理研 FEL が利用可能になるのは 2010 年以降になると思われるが、それまでに UVSOR を用いた予備実験を始めることも一つ検討に値するのではないだろうか。

委員 B

#### 全体的な観点からの意見

それぞれが UVSOR を十分活用して特徴のある研究成果を上げており、感心した。加速器系スタッフと研究系スタッフの協力がうまくいっており、ここでしかできない、ここだからこそできる、という研究が進展している。リングが小さいために VUV と低エネルギーの SX しか使えないという制約はあるが、HiSOR や立命館に比べるとはるかに自由度の高いリングであり、加速器スタッフの努力による近年の高度化が大変うまく行っており、低エネルギー放射光施設としては世界的に第一級のものとなってきている。高度化されたビームラインは日本における貴重な VUV の設備となるため、分子の研究のみならず全国の研究者に広く活用してもらい、恩恵を与えて刺激と情報を受け取るという良い循環になっていくことを希望する。



#### 小杉グループ

本グループは、分子の光イオン化スペクトルの理論的解釈の領域で世界的に信頼され、貢献している。理論だけでなく実験として、孤立系分子とクラスターに取り組んでおり、クラスターでは内部と表面でのエネルギーの違いなどを明確にしている。放射光の特徴を活かした実験と、それを支える理論とを駆使し、分子や分子間相互作用の詳細を明らかにしていく地道で着実な基礎研究を推進していることは高く評価される。装置が充実してきているにもかかわらず、学生が少なく、若手・後継者の養成のためにも学生の確保が望まれる。論文を書く時間が無いとのことで、良い論文が Impact Factor の小さな雑誌に載っているのは残念である。

#### 菱川グループ

レーザーの超強光子場で解離した全てのイオンの運動量を相関計測するという高度な技術で解離過程のダイナミクスを解明している。また、アト秒領域の超短パルス軟X線光源を開発するなど、高いポテンシャルを持っている。今後の発展が期待される。

#### 宇理須グループ

放射光エッチングによりSi表面に微細加工を施し、そこにイオンチャンネルを持つ人工細胞膜を乗せてチャンネル電流を測定することに成功している。世界的にユニークな研究として注目される。機構内の他の研究所(生理学研究所)とも共同研究を実現している特徴あるグループである。一般の興味を引ける研究テーマであるので、是非画期的な成果を出して欲しい。

#### 見附グループ

フラーレンの多価イオンやフラグメントの収量曲線を測定し、段階的解離の計算機による再現に成功している。特許も申請するような装置の開発から行って、放射光の特徴を活かした研究を推進している姿勢は高く評価される。

#### 加藤グループ

UVSOR-IIの高度化、高輝度化や自由電子レーザーの研究を成功裏に推進している実績は高く評価される。マシン系の優れた協力があるからこそ、他の実験系の研究者の成果が出ているのであり、非常にうまく協力関係が構築されている。また、テラヘルツ領域のコヒーレント放射光の生成に成功したことは最先端の成果であり、今後の進展に大きな期待が持てる。UVSOR-IIIも期待している。

#### 繁政グループ

高性能分光器の立ち上げや新しい発光分光器の開発など、高性能の装置の開発によって独自の対称性分離分光法などの高分解能化につなげる意欲的な姿勢は高く評価される。EUV発光など新しい手法にも取り組んでおり、今後の発展が期待される。

#### 木村グループ

赤外のみならずテラヘルツ分光まで行っている特徴あるグループである。共同研究・論文数ともに多く、非常にActiveに活躍していることは高く評価される。世界最高の光強度を持つビームラインに設置されたテラヘルツ顕微鏡の今後の活躍が期待される。

### 4-2-3 国外委員の評価

原文

Report on the scientific activities at the Department of Vacuum UV Photoscience and UVSOR following a visit to IMS on 9–11 January, 2006

Prof. Joseph Nordgren

Uppsala University

Department of VUV Photoscience

Professor Nobuhiro Kosugi

The success in keeping the UVSOR facility at a continued competitive level is undoubtedly to a large part thanks to the insightful and talented management of professor Kosugi. At the same time he is pursuing molecular physics research, experimental as well as theoretical, at an internationally well-recognized level. This is a noteworthy achievement. The main areas of interest are in the study of chemical bonding and excitation dynamics, in molecular interaction in clusters and molecular solids, and also in solid state physics. The experimental methods that professor Kosugi is using are symmetry-resolved photoabsorption, photoemission spectroscopy and lately soft X-ray fluorescence spectroscopy. He is also conducting a research programme in quantum chemistry, and he has developed widely used codes for theoretical calculations related to molecular inner shell spectroscopy.

Among the studies conducted by professor Kosugi one notices an application of the angular resolved photoion yield technique in the assignment of features in photoabsorption spectra, *e.g.* that of acetylene. By analyzing this spectrum using calculated potential energy surfaces the  $C1s-3\sigma_u^*$  valence state coupled via a bending mode with the  $\pi^*$  state together with the  $3s\sigma_g$  Rydberg state was found to be responsible for a particular observed feature. An interesting approach is also the use of blue respectively red shifts of photoabsorption features to determine geometrical conformations in molecular clusters, and a noteworthy achievement is the measurement of a shift of the Ar 2p-4s line due to the 0.4 pm reduction in bond length induced by lowering the temperature from 16 K to 8 K. Quite noteworthy is also the study on the electronic structure of DNA by resonant photoemission, where it could be concluded from evidence of local character of unoccupied states that conductivity is associated with electron hopping rather than charge transfer.

Among significant experimental system developments made in professor Kosugi's group the recent design of a new kind of soft X-ray fluorescence spectrometer is particularly interesting. This design is based on imaging non-spherical grazing incidence optics (Wolter type) and a transmission grating. This design has unique features and already with the present grating and detector (future performance enhanced components are likely to become available) the performance is impressive.

Professor Kosugi, who has a wide international network and collaborations, his list of published papers steadily increasing, is an internationally renown and respected scientist, who continues to contribute to the basic understanding of core and valence photoionization processes in a significant way.

Associate professor Akiyoshi Hishikawa

Professor Hishikawa came to the Institute in 2003, and he is conducting a research programme in ultra-fast dynamics of molecules in intense laser fields. The study of conditions at the atomic level where perturbative methods completely fail as the strength of the

external field is comparable to that of the internal field is of considerable interest. Modern lasers are able to produce such conditions and professor Hishikawa is focussing on structural deformations and multiple bond breaking using a recently developed method, coincidence momentum imaging. The technique allows the determination of the momentum and ejection directions of all the fragment ions ejected in the dissociation induced. By analyzing the correlation of the determined momentum vectors professor Hishikawa is reconstructing the nuclear motion evolution on the “light dressed” potential energy surfaces. This allows detailed information to be obtained regarding the dynamics of the intense laser field induced state.

Issues like how the molecular orientation with respect to the polarization of the laser light influences the Coulomb explosion evolution has been studied in detail by professor Hishikawa. Among the successful studies carried out in recent time one on the dissociation of acetonitrile in intense laser field is particularly informative. By varying the laser pulse width the effects of structural deformation and alignment could be controlled and the ejection directions determined in a selective manner. This allowed the study of paths and time scale of the migration of hydrogen in the dissociation process. Professor Hishikawa is also pursuing higher harmonic generation of laser light to produce VUV radiation, a field of great interest and expectations.

Professor Hishikawa is a relative newcomer at IMS and he has built up his activities during the last two years. The publication record of professor Hishikawa speaks for his talent, and one notices that he has a significant number of papers with more than 10 citations, one showing close to 50 citations.

#### Professor Tsueno Urisu

Professor Urisu has a background in surface chemistry and work at the NTT company before coming to IMS 14 years ago, and he has since then been engaged in synchrotron radiation (SR) induced surface reactions to produce surface structures on silicon. SR stimulated surface reactions show distinct advantages in terms of material selectivity, high spatial resolution and low contamination, and it is therefore very suitable for fabrication of nanostructured materials. Professor Urisu has been pursuing this research at IMS and he has applied various characterization techniques in his work, such as STM and AFM.

Lately, professor Urisu has to some extent switched gears and focussed on the field of biomaterial function, applying his great knowledge base and skills in surface science, silicon microstructuring and characterization techniques. A project of dignity in professor Urisu’s research programme is to realize a reliable method for sensing ion channel activity by means of a patch clamp method. Here he has to fabricate device structures that allow him to access a single ion channel in a lipid membrane and apply an electronic circuitry for signal detection. There are a number of difficulties and obstacles that have to be mastered in order to attain reliable and accurate measurement conditions, and professor Urisu is pursuing a path towards realization of this goal. In this work he needs (and has ample access to) expertise in a number of different fields. This makes his work truly an advanced multi-disciplinary activity, and Professor Urisu keeps publishing at an impressive pace together with his collaborators.

#### Associate professor Koichiro Mitsuke

Professor Mitsuke has extensive experience in the field of molecular photoionization research. A peek in the bibliographic database shows an impressive list of frequently cited publications from his work. He is particularly engaged in the study of photoinduced fragmentation that takes place as a result of the decay of highly excited states through autoionization, predissociation, vibronic coupling and internal conversion. Such studies reveal detailed information about the dynamics of the dissociation processes.

Professor Mitsuke has constructed an instrument for study of two-dimensional photoelectron detection, which monitors the



electron yield as a function of incoming photon energy and electron kinetic energy. This instrument is used to obtain information about the dynamics of the photofragmentation process. Furthermore, he is also studying the fluorescence that can be emitted from a highly excited state or by being induced by laser light in order to detect the dissociation fragments. Examples of studies conducted in recent time by professor Mitsuke using fluorescence detection, are the photofragmentation of water and the neutral dissociation of HI. In another kind of experiment professor Mitsuke is using laser light to combine with synchrotron radiation in order to study photodissociation of highly vibrationally excited molecules, in particular aiming at selective bond breaking.

In studies of fullerenes professor Mitsuke has shown that these molecules can store considerable amounts of energy as delivered by a high energy VUV photon without dissociating. This is explained in terms of a redistribution of energies into the very many different modes of vibration, which renders the molecule high stability against fragmentation. Endohedral fullerenes have also been subject to study by professor Mitsuke in several cases, highlighting the photoabsorption enhancement and interference effects due to the metal atom.

Professor Mitsuke conducts carefully designed experiments and with insight and advanced analysis he is able to keep his scientific output at a high level, providing new knowledge of great interest to the community.

#### UVSOR Facility

##### Professor Masahiro Katoh

The UVSOR facility was subject to a major upgrade during 2003 under the very able leadership of professor Katoh. By changes in the magnetic lattice the emittance could be lowered from 160 nm-rad to 27 nm-rad. By that this facility takes a fore-front position among low-energy storage rings, and in addition, by constructing in-vacuum undulators highly brilliant soft X-rays could be delivered without impairing the life-time properties. The changes also gave room for more straight sections, which is a prerequisite for the further development of the facility in terms of performance and availability. The whole operation was carefully planned and executed without unnecessary disturbance to the operations.

Professor Katoh is presently working on further upgrades and advancements of the facility. Top-up mode is under development, which will bring significant improvement in terms of average intensity. This has to be accompanied by stretching the energy of the injection system, as well as installing radiation shielding, which is already in progress.

The improved quality of the electron beam resulting from the recent upgrade of the UVSOR facility has brought advantages to the free electron laser installed in the storage ring. In test experiments the anticipated gain has been confirmed and presently work is underway to realize a new in-vacuum optical klystron for radiation in the deep UV and VUV. Other significant technical developments that are underway or in the planning are the coherent Terahertz radiation generation project, the slicing of the electron beam by a laser to achieve ultra-short pulses, and plans for even further decreased emittance by another lattice change.

It is obvious that professor Katoh possesses great skills as an accelerator physicist and as a leader of the machine operations and technical development of the source.

##### Associate professor Shinichi Kimura

Professor Kimura has been working at IMS since 2002, bringing in a somewhat different scientific field into the Institute of Molecular Science, solid state spectroscopy and studies of strongly correlated condensed systems. He is using photoemission spectroscopy as well as optical measurement techniques based on the use of infrared radiation to study electronic structure and

magneto-optical properties of strongly correlated materials and other materials with special electronic properties. Professor Kimura has been and is still engaged in the design and development of experimental systems for synchrotron radiation.

The research program of professor Kimura includes studies of rare earth and transition metal systems, for instance various cerium compounds, under different conditions such as varying magnetic field, pressure and temperature, as well as controlled combinations of these parameters. In the studies he is able to address important questions such as, for example, pseudo-gap formation, effects of spin fluctuations at critical points, and quasi-particle behaviour. The research programme also includes studies of organic (super)conductors as well as skutterudites and clathrates, compounds that have quite special structure and display unusual electronic properties.

In the past professor Kimura has been engaged in the design of beamlines both at UVSOR and SPring-8, and lately he has in particular worked on instrumentation projects at UVSOR concerning Terahertz spectroscopy at extreme conditions and the design and reconstruction of two undulator beamlines. Also, he has been involved in a project on coherent Terahertz radiation generation.

Professor Kimura has a wide network of collaborators at Universities in Japan and overseas, with whom he has scientific collaboration, and he shows a steady pace of publishing in good journals. He is frequently invited to lecture at international meetings and in colloquia at laboratories. Professor Kimura is certainly a talented scientist with a firm basis in both advanced experimental methods and in the physics of solid matter.

#### Associate professor Eiji Shigemasa

The main interest of professor Shigemasa lies in the field of core excitation dynamics. This involves studies of multi-excited states, post-collision interaction and deexcitation processes using coincidence techniques, Auger and fluorescence spectroscopy and momentum imaging methods. Professor Shigemasa has designed experimental equipment for these kinds of experiments, including beamlines at UVSOR, electron and fluorescence analyzers and coincidence detectors.

In various high resolution and symmetry resolved studies professor Shigemasa is addressing questions about the mechanisms for double photoionization, the formation of negative ion fragments and metastable fragments, and the anisotropy of dissociation product emission. In particular, the momentum imaging spectrometer designed by professor Shigemasa offers a number of interesting assets. It allows very large detection efficiency ; it provides information on fragment internal energies through kinetic energy measurements and it delivers symmetry information on excited states by means of polarization dependence of transition moments. Using a toroidal electron analyzer built by professor Shigemasa angular and energy distributions are determined, which are used to establish potential energy curves and to elucidate details of the dynamics of the excitation-deexcitation processes involved.

Professor Shigemasa has long standing collaboration with internationally well known scientists in the atomic and molecular community, and especially two *Phys. Rev. Letters* a few years ago on angular correlations in molecular Auger decay and non-dipole electron emission effects in fixed-in-space molecules bear witness of this successful multi-national cooperation.

2006 年 1 月 9 日 ~ 11 日分子研訪問時に実施した極端紫外光科学研究系と UVSOR 施設の研究活動に関する報告

ウプサラ大学教授ジョセフ・ノルドグレン

極端紫外光科学研究系

小杉信博教授

UVSOR施設が絶えず競争力のある水準に保つことに成功している理由の大部分は疑いもなく小杉教授の見識ある優れた管理運営のおかげである。と同時に彼が分子物理学研究を実験と理論の両面で推進していることも国際的によく認知されている。これは注目すべき業績である。興味の中心は化学結合や励起ダイナミクスの研究、クラスターや分子固体における分子間相互作用、さらには物性物理学にある。小杉教授が用いている実験手法は対称性分離光吸収、光電子分光であり、最近では軟X線発光分光もある。彼はまた量子化学の研究プロジェクトを主導しており、彼の開発した分子内殻分光学に関連した理論計算コードは広く使われている。

小杉教授が主導している研究の中で、まず、光吸収スペクトルに現れる構造を帰属するため、角度分解光イオン収量法を応用した研究がある。例えばアセチレンでは、計算で求めたポテンシャル曲面を解析することで、 $3s\sigma_g$  リュドベリー状態とともに振動モードを通じて $\pi^*$ 状態と結合した $C1s-3\sigma_u^*$ 価電子状態が特異な吸収構造の原因であることを見つけている。また、光吸収が青方シフトするか赤方シフトするかを用いてクラスター内の分子の幾何学的配向を決める話も興味深い。固体アルゴンの温度を 16 K から 8 K に冷却すると原子間距離が 0.4 pm (0.004 Å) 減少することで Ar2p-4s 励起がシフトすることを測定できたことも注目すべき成果である。共鳴光電子分光法による DNA の電子構造の研究も極めて注目すべきものである。

小杉教授のグループで開発している重要な実験装置の中で、新しい軟X線発光分光器のデザインは特に興味深い。このデザインは非球面斜入射光学系（ウォルター型）と透過型回折格子に基づいている。このデザインはいろいろ独創的な特徴を持っており、すでに現時点での回折格子と検出器を用いた性能（将来、性能強化されたコンポーネントが手にはいるようである）に感心した。

小杉教授は広い国際ネットワークを持って共同研究を行い、発表論文も順調に増えている。また、重要な手法で内殻と価電子の光イオン化過程の基礎的理解に継続的に貢献している科学者として国際的に有名であり、評判も高い。

菱川明栄助教授

菱川助教授は2003年に分子科学研究所に着任し、強レーザー場における分子の超高速ダイナミクスに関する研究を推進している。内部場に匹敵する強度を持ち、摂動論的方法が完全に破綻するような外場存在下における原子レベルの研究は極めて興味深い。菱川助教授は、最新のレーザーを用いて生成させたそのような条件下における分子構造変形過程および多重結合解離過程の研究に、新たに開発したコインシデンス運動量画像法を用いて取り組んでいる。この手法は解離過程によって生成したすべての解離イオンの持つ運動量と放出方向を決定することができる。得られた運動量ベクトルの相関に基づいて、菱川助教授は「光ドレスト状態」ポテンシャル曲面における核運動時間発展の再構築を行っており、これによって強レーザー場によって誘起された状態のダイナミクスに関する詳細な情報を得ている。

菱川助教授はレーザー偏光方向に対する分子配向がクーロン爆発過程に及ぼす影響などの問題について詳細な研究

を行っている。レーザーのパルス時間幅を変化させることによって、構造変形過程や配向を制御し解離方向の選択的なコントロールを可能とした。最近の成功した研究のなかでも、アセトニトリルの強レーザー場における解離過程に関するものは重要な知見を与えており、解離過程における水素移動過程経路やその時間スケールについての研究を可能としている。菱川助教授はレーザー高次高調波を用いた真空紫外光の発生にも並行して取り組んでいるが、これは大変興味深く期待に満ちた研究分野である。

菱川助教授は分子科学研究所に比較的最近着任し、この2年間で研究活動を積み重ねてきている。菱川助教授は引用件数が10件を超える論文を数多く発表してきており、そのうちの一つの引用件数は50件に届こうとしている。この発表論文記録は彼の才能を示すものである。

#### 宇理須恒雄教授

宇理須教授は表面化学のバックグラウンドを持っており、分子研に来る14年前まではNTTで働いていた。それ以来、放射光誘起表面化学反応によりシリコン表面に構造を作る研究に従事してきた。放射光誘起表面反応は、材料選択性、高い空間分解能、低汚染と言う点で明確な優位性を有しており、従って、ナノ構造材料の製作に非常に適している。宇理須教授は分子研でも継続してこの研究に取り組んでいる。また、STM、AFMなど多様な評価技術をこの研究に適用している。

最近、宇理須教授は研究の方向を少し変え、表面科学、シリコン微細加工および評価技術における彼の膨大な知識基盤と熟練を生かして生体材料の機能の分野に焦点を合わせた研究を始めた。宇理須教授の研究計画で高く評価されるプロジェクトは、パッチクランプの手法によりイオンチャネルの活動を検出するための信頼できる方法を実現させることである。そのため、彼は脂質膜中にある単一イオンチャネルを検出できるデバイス構造を作る必要がある。また、信号検出のために電子回路を応用する必要がある。信頼性が高く正確な計測を達成する条件を整えるためには乗り越えなくてはならない幾多の困難と障害が待ち受けており、宇理須教授はこの到達目標に向かって今、道を切り開いているところである。このような研究では多くの異なった分野の専門的知識を必要とするが、彼はそのためにいろいろなルートを持っている。これによって彼の研究が真に先端的で学際的なものとなっている。また、宇理須教授は彼の共同研究者とともに驚くほどのペースで論文発表を維持している。

#### 見附孝一郎助教授

見附助教授は分子の光イオン化の研究分野で多岐に渡る経験を持つ。文献データベースを見れば彼の幾つかの論文が頻繁に引用されていることがわかる。見附助教授は超励起状態の種々の崩壊過程（自動イオン化、前期解離、振電結合、内部転換など）、及びその結果起こる光誘起分子解離に関する研究に特に携わっている。こういった研究から光解離ダイナミクスの詳細を明らかにしてきた。

見附助教授は光電子強度を入射光子エネルギーと電子運動エネルギーの2変数関数として測定する「2次元光電子検出」の研究のための装置を作り上げた。この装置は光イオン化や光解離のダイナミクスの情報を得る目的で使用された。さらに彼は高励起状態の分子やイオンからの蛍光（発光分散分光）や放射光解離フラグメントをレーザー照射して生ずる蛍光（レーザー誘起蛍光）などについても研究した。蛍光検出や光電子検出を用いた最近の研究例としては、水の光解離とヨウ化水素の中性解離等の仕事が上げられる。もう一つの類の実験として、見附助教授は放射光とレーザーを組み合わせ、振動高次倍音励起分子の光解離を開始している。この研究は選択的な化学結合の解離を目指したものである。

見附助教授はフラーレンの極端紫外光吸収の研究も行っており、かなり大きな余剰エネルギーが渡されてもフラーレンはそれを長時間貯蔵しうることを示した。これは、異なる多くの振動モードに内部エネルギーが再配分されて、フラーレン親イオンが解離を起こさずに安定化されるためである。数種類の金属内包フラーレンの光吸収過程も見附助教授の研究主題の一つであり、金属原子の内殻励起に基づく共鳴現象と干渉効果に着目して研究を進めている。

見附助教授は実験を入念に立案し遂行し、彼の洞察力と先進的解析を用いて高水準の科学的成果を出し続けている。同時に、関連分野の研究者の興味をかき立てる新しい知識を供給し続けている。

## UVSOR 施設

### 加藤政博教授

UVSOR は2003年に加藤教授の強力な指導の元、大幅な高度化が行われた。電磁石配列の再構成により電子ビームのエミッタンスを 160 nm-rad から 27 nm-rad へ低減することに成功した。これにより UVSOR は性能において低エネルギーシンクロトロン光源の先頭に立つことができた。真空封止型のアンジュレータを導入により、ビーム寿命を損なうことなく輝度の高い軟X線を供給することができるようになった。また高度化によりリング内に更に多くの直線部が作り出されたことで、今後も施設の性能・可能性をいっそう拡大できる余地を作り出した。この計画は必要以上に施設の運営に影響を与えないように注意深く計画され実行された。

加藤教授は、現在も施設の更なる高度化に向けて研究を継続している。現在は、トップアップ運転モードを開発中であるが、これはシンクロトロン光の平均強度を大幅に向上させることが期待できる。この運転モードの実現には入射器のエネルギー増強と放射線遮蔽の強化が必要であるが、これらは既に進行中である。

UVSORの高度化による電子ビームの品質向上は装着されている自由電子レーザーの性能向上にも結びついている。レーザー増幅率の向上が既に確認されており、光クライストロン装置の高度化による深紫外・真空紫外領域での発振実現が視野に入ってきている。これ以外にも、重要な技術開発としては、コヒーレントテラヘルツ光の生成、レーザーバンチスライス法による極短放射光パルスの生成、光源加速器の更なる低エミッタンス化が進行中もしくは計画中である。

加藤教授が加速器研究者として、また、光源開発・光源運転維持のリーダーとして優れた能力を有していることは明白である。

### 木村真一助教授

木村助教授は2002年から分子研に勤めており、分子研に多少違った科学分野である固体分光や強相関伝導系の研究をもちこんでいる。彼は、光電子分光や赤外放射光を使った光学測定を手段として、強相関伝導系や特殊な電子的な性質を持つ他の物質の電子状態や磁気光学的性質を研究している。木村助教授は、以前から継続的に放射光の実験装置のデザインと開発に従事している。

木村助教授の研究分野は、磁場・圧力・温度のパラメータをコントロールすることで作り出された異なる状態で、希土類や遷移金属系、たとえばさまざまなセリウム化合物などの研究を行っている。この研究で、彼は重要な問題、たとえば擬ギャップの形成や量子臨界点におけるスピン揺らぎの効果、準粒子の振る舞いなどの問題に取り組むことができる。研究対象は、有機（超）伝導体、スクッテルダイトやクラスレート化合物などかなり特殊な構造や異常な電子的性質を持つものも含んでいる。

過去において、木村助教授はUVSOR や SPring-8 のビームラインの設計を手がけてきており、最近では特に UVSOR



において極端条件下のテラヘルツ分光や2つのアンジュレータビームラインの設計と再構築の装置建設プロジェクトを行っている。また、テラヘルツコヒーレント放射光発生プロジェクトにも参加している。

木村助教授は国内や海外の大学との共同研究において広いネットワークを持っており、科学的な共同研究を実施し、高い評価の雑誌への出版を安定したペースで行っている。彼は、しばしば国際集会や研究所のコロキウムに招待されている。木村助教授は、疑いもなく先端的な実験手法と固体物質の物理の両方に確固たる基礎を持った有能な科学者である。

#### 繁政英治助教授

繁政助教授の主たる興味は、内殻励起分子のダイナミクスにあり、これには多電子励起状態やPCI(衝突後相互作用)効果、脱励起過程が含まれる。オージェ電子や蛍光を組み合わせた同時計測法により研究を行っている。繁政助教授は、この種の実験を行うための電子エネルギー分析器や蛍光分光器などの装置類や同時計測法の開発を始め、UVSORにビームラインを建設した。

様々な高分解能分光実験、特に、対称性分離分光法による実験を通じて、現在、繁政助教授は二重イオン化のメカニズムや非等方的な生成物の放出、負イオンや準安定解離種の生成のメカニズムについて関心を持っている。繁政助教授により設計された運動量画像観測装置は多くの興味深い利点がある。まず、検出効率が高いこと。次に、運動エネルギー測定により、フラグメントの内部エネルギーの情報が得られること。また、遷移モーメントの偏光依存性から励起状態の対称性に関する情報が得られることが上げられる。繁政助教授が製作したダブルトロイダル型電子エネルギー分析器は、エネルギーと角度分布を同時に決定することができるので、分子の二価イオン状態のポテンシャルエネルギー曲線を決定したり、内殻正孔状態の脱励起のダイナミクスの詳細を解明することができる。

繁政助教授は、原子分子の分野でよく知られた研究者達との国際的な共同研究を長く続けており、特に数年前 *Phys. Rev. Letters* に出版された配向分子からのオージェ電子放出と非双極子的な光電子放出という二つの論文は、国際共同研究の成功を如実に物語っていると言える。