

3-7 極端紫外光科学研究系

基礎光化学研究部門

小 杉 信 博 (教授)

A-1) 専門領域：軟X線光物性、光化学

A-2) 研究課題：

- a) 軟X線分光による内殻電子の光物性研究
- b) 内殻励起を利用した禁制価電子状態の研究
- c) 内殻励起の理論的アプローチの開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 軟X線分光による内殻電子の光物性研究: 孤立分子、分子クラスター、希ガスマトリックスで分離した分子、低温で凝縮させた分子、分子イオンを含む分子結晶や高分子鎖等の電子構造を比較するために種々の実験を行っている。バルクの性質は孤立系から外挿して考えることができないことはよく知られているが、内殻分光では局所的な電子構造が切り出せるので、高分解能な実験によって特定原子サイト周辺の分子間相互作用の詳細が明らかにできる。最近の実験では、分子の電子構造の固体内から固体表面上への変化、固体の熱膨張による分子間相互作用の変化、低いRydberg状態と高いRydberg状態の隣接分子から受ける摂動の変化等、明らかにできた。実験データから分極相互作用や非局在(電荷移動)相互作用に加えて、交換相互作用の微妙な差が観測されていることがわかった。
- b) 内殻励起を利用した禁制価電子状態の研究: 1重項基底状態分子から1光子で4重項イオン化状態を観測し、また、3重項励起状態を観測する方法を開発した。これは軟X線による内殻励起を利用することで可能となる特徴ある方法であり、前者は光電子放出を利用する。後者は軟X線非弾性散乱を利用する。どちらも2次光学過程を使う。現在、光電子分光と軟X線発光の装置の性能向上のための改造を行っている。特に軟X線発光を観測する装置は従来のものと全く違う新しい発想でデザインしたものであり、完成すれば、この分野に大きく貢献するものと国内外で期待されている。
- c) 内殻励起の理論的アプローチの開発: 以前、本グループで開発した軟X線吸収スペクトルの量子化学計算コードGSCF3は世界の放射光施設(MAX、ALS、BESSY、DESY、CLS、Aladdinなど)の利用者によって活用されているが、放射光源施設の性能向上によって内殻励起の実験研究が進んできており、Static Exchangeレベルの近似を越えて、より詳細な現象を記述できる理論と実用的な計算コードの開発が要求されるようになってきた。現在、内殻励起に応用できるスピン軌道計算、量子欠損理論、R行列法、緊密結合法などの理論的アプローチをCI法の枠内に取り込む計算コードを開発している。

B-1) 学術論文

T. GEJO, Y. TAKATA, T. HATSUI, M. NAGASONO, H. OJI, N. KOSUGI and E. SHIGEMASA, "Angle-Resolved Photoion Spectroscopy of NO₂ and SO₂," *Chem. Phys.* **289**, 15–29 (2003).

N. KOSUGI, "Exchange Interaction in Core Excitation of Diatomic Systems," *Chem. Phys.* **289**, 117–134 (2003).

T. HATSUI, T. YAMAMOTO, H. TAJIMA and N. KOSUGI, "Cu $L_{2,3}$ -Edge X-Ray Absorption Spectra of (2,5-Dimethyl- N,N' -Dicyanoquinonediimine) $_2Li_{1-x}Cu_x$ Alloys," *Chem. Phys.* **298**, 189–193 (2003).

B-4) 招待講演

N. KOSUGI, "Spin-orbit and exchange interactions in molecular inner-shell spectroscopy," 9th International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure, Uppsala University (Sweden), July 2003.

N. KOSUGI, "Status at UVSOR and theory on molecular inner-shell spectroscopy," Kolloquium, BESSY (Germany), July 2003.

N. KOSUGI, "Spin-orbit and exchange interactions in molecular inner-shell spectroscopy," Physikalisch-Chemisches Kolloquium, Würtzburg University (Germany), July 2003.

N. KOSUGI, "Progress Report from IMS: The UVSOR-II Project and the GSCF4 Project for Molecular Inner-shell Calculations," SSG Lecture Series, Frontier of Radiation Science & Instrumentation #34, Advanced Light Source (U. S. A.), August 2003.

B-6) 受賞、表彰

小杉信博, 分子科学研究奨励森野基金研究助成 (1987).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

日本放射光学会庶務幹事 (1994).

日本放射光学会評議員 (1994-1995, 1998-1999, 2002-2003).

日本放射光学会将来計画検討特別委員会 (2001-2003).

日本分光学会東海支部幹事 (1993-1997).

日本化学会化学技術賞等選考委員会委員 (2001-2002).

学会の組織委員

SRIシンクロトン放射装置技術国際会議国際諮問委員 (1994, 1997, 2000, 2003).

VUV-12真空紫外光物理国際会議プログラム委員 (1998).

VUV-14真空紫外光物理国際会議プログラム委員 (2003-2004).

ICESS-8電子分光及び電子構造国際会議国際プログラム委員 (2000).

ICESS-9電子分光及び電子構造国際会議国際諮問委員 (2003).

IWP光イオン化国際ワークショップ国際プログラム委員及び国際諮問委員 (1997, 2000, 2002).

COREDEC 内殻励起における脱励起過程国際会議プログラム委員 (2001).

XAFS-VII X線吸収微細構造国際会議プログラム委員及び実行委員 (1992).

XAFS-XI X線吸収微細構造国際会議組織委員及びプログラム委員 (2000).

XAFS-XII X線吸収微細構造国際会議国際諮問委員 (2003).

SRSM-2シンクロトン放射と材料科学国際会議組織委員 (1998).

ICFA-24 次世代光源に関する先導的ビームダイナミクス国際ワークショップ組織委員 (2002).
原子分子の光イオン化に関する王子国際セミナープログラム委員 (1995).
アジア交流放射光国際フォーラム組織委員及び実行委員 (1994, 1995, 2001, 2003-2004).
日仏自由電子レーザーワークショップ副組織委員長 (2002).
XAFS 討論会プログラム委員 (1998, 2000, 2001, 2002, 2003).
ISSP-6 放射光分光学国際シンポジウムプログラム委員 (1997).

文部科学省、学術振興会等の役員等

大学共同利用機関法人準備委員会自然科学研究機構検討委員 (2003).
日本学術振興会特別研究員等審査会専門委員 (1997-1999).
日本学術振興会国際科学協力事業委員会委員 (2002-2003).
新技術開発事業団創造科学技術推進事業研究推進委員 (1985-1990).
高エネルギー加速器研究機構運営協議員会委員 (2001-2003).
高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所運営協議員会委員 (2001-2003).
高エネルギー加速器研究機構加速器・共通研究施設協議会委員 (2001-2003).
高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所放射光共同利用実験審査委員 (1997-2001).
高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所放射光研究施設評価分科会委員 (2001-2002).
東京大学物性研究所軌道放射物性研究施設運営委員会委員 (1994-).
東京大学物性研究所高輝度光源計画推進委員会委員 (1995-).
極紫外・軟X線放射光源計画検討会議光源仕様レビュー委員会委員 (2001-2002).
Spring-8ビームライン(BL01B1, BL27SU)評価委員会委員 (2002, 2003).
広島大学放射光科学研究センター顧問 (1996-1999).
学術会議放射光科学小委員会委員 (2003-).

B-8) 他大学での講義、客員

広島大学理学部物理科学科及び大学院理学研究科物理科学専攻, 物理科学集中講義, 「軟X線分子分光理論」, 2003年12月.

C) 研究活動の課題と展望

内殻電子が絡む研究は、内殻励起特有の新しい現象の発見・理解やそれらの研究のための実験的・理論的方法論の開拓という観点から見直すとまだ多くの課題が残されている。我々は分子系(気体、クラスター、希ガスマトリックス、固体、表面吸着) に対して直線偏光軟X線を励起源として内殻励起とその脱励起過程(解離イオン放出、電子放出、軟X線放出) の研究を続けている。第一フェーズ約7年間では内殻励起状態そのものをターゲットにして、多くの新しい知見を得ることができた。ただし、基底状態からの直接イオン化・励起過程では、内殻励起の動的過程のごく一部の知見しか得ることができなかった。そのため、4年前に一新されたメンバーとともに始めた第二フェーズでは、第一フェーズの研究対象だった内殻励起状態を中間状態に設定し、そこからの脱励起過程(電子放出、軟X線放出) を調べ、基底状態からの直接過程では見ることのできないイオン化・励起状態の詳細な研究を展開することにした。この種の研究では、二次光学過程が利用できるため、寿命の短い内殻励起状態の寿命幅に支配されない高分解能分光も可能となる。ただし、そのためには高分解能軟X線分光の最新技

術を導入することが不可欠である。幸い平成14年度にはUVSOR光源加速器の高度化計画が開始でき、また、平成15年度にはアンジュレータ、分光器、測定装置のマッチングを最適にした最新の軟X線ビームラインの建設を始め、平成15年度末には光電子分光システムを完成させる予定である。平成16年度はさらに軟X線発光分光システムを完成させ、高輝度軟X線の性能を最大限に生かした放射光分子科学の新しい展開を図っていく。

菱川明栄(助教授)*)

A-1) 専門領域：光物理化学

A-2) 研究課題：

- a) 極短パルス軟X線による分子ダイナミクスの実時間追跡
- b) 強光子場中分子ダイナミクスの解明

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 極短パルス軟X線による分子ダイナミクスの実時間追跡:フェムト秒からアト秒領域の短パルス軟X線光源の開発と、その高い時間分解能を利用した超高速分子ダイナミクスの実時間追跡を目指して準備を進めている。特に、分子内の特定の原子に局在する内殻電子のイオン化によって放出された電子をプローブとして、化学反応過程を「分子構造の変化」として明瞭に捉えることを目的とする。現在、極短パルス軟X線の発生に向けて高強度短パルスレーザーの改良を行い、並行してイオン-電子同時検出システムの開発を進めている。
- b) 強光子場中分子ダイナミクスの解明:新たに開発したコインシデンス運動量画像法を用いて、強光子場との相互作用によって生成したすべての解離イオンを検出し、それぞれイオンの持つ運動量ベクトルを決定した。解離イオンの運動量相関に基づいて、分子内のクーロン場に匹敵する大きな電場成分を持つ強光子場($\sim 1 \text{ PW/cm}^2$)における分子の振る舞いを調べた。その結果、強光子場中の CS_2 は、光ドレスト状態のポテンシャル曲面の形状を反映して、2つのC-S結合が同時に伸長し、さらに屈曲しながら解離に至ることが明らかとなった。また、強光子場中のアセトニトリルにおいては、C-C結合の解裂によるクーロン爆発過程、 $\text{CH}_3\text{CN}^{2+} \rightarrow \text{CH}_3^+ + \text{CN}^+$ と競合して、メチル基からニトリル基へ超高速水素移動反応が起きることを見いだした。

B-4) 招待講演

菱川明栄,「強光子場中の分子過程と反応制御」,分子研研究会「単純系から複雑系にわたる凝集系振動緩和ダイナミクス研究の現状と展望」,岡崎,2003年6月.

菱川明栄,「強光子場中分子ダイナミクス:コインシデンス運動量画像法によるアプローチ」,東北大学多元物質科学研究所シンポジウム「特殊条件下の分子分光とダイナミクス-反応制御を目指して」,仙台,2003年10月.

A. HISHIKAWA, "Coincidence momentum imaging of Coulomb exploding triatomic molecules in intense laser fields," 7th East Asian Workshop on Chemical Reactions, Taipei (Taiwan), March 2003.

A. HISHIKAWA, "Hydrogen migration in acetonitrile in intense laser fields studied by coincidence momentum imaging," International Conference on Photonic, Atomic, Electronic Collisions (ICPEAC), Stockholm (Sweden), July 2003.

B-6) 受賞、表彰

菱川明栄,原子衝突研究協会若手奨励賞(2000).

菱川明栄,日本分光学会賞論文賞(2001).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

日本分光学会企画委員 (1999-2003).

原子衝突研究協会企画委員 (2001-).

分子科学研究会委員 (2002-).

日本分光学会中部支部幹事 (2003-).

学会の組織委員

分子構造総合討論会プログラム委員 (2000).

C) 研究活動の課題と展望

現在進めている高強度短パルスフェムト秒レーザーの改良を終え、これを用いて軟X線波長領域の高次高調波を利用した分子ダイナミクスの研究に取り組む。特に、これまで解離フラグメントの運動量分布に基づいて議論がなされてきた光ドレスト状態ポテンシャル面上での核波束の動きを実時間で観測し、「いかに分子が光子場と相互作用するか」を明らかにすることを旨とする。また放射光を用いて、高いエネルギー領域での反応追跡へ研究を発展させたい。

* 2003年4月1日着任

反応動力学研究部門

宇理須 恒 雄 (教授)

A-1) 専門領域：電子シンクロトロン放射光光化学反応

A-2) 研究課題：

- a) 放射光エッチングによるSi表面の微細加工とその表面への生体機能性物質の集積による生命機能の発現
- b) 放射光励起反応によるナノ構造形成とSTMによる評価
- c) 埋め込み金属層基板赤外反射吸収分光法(BML-IRRAS)の開拓と応用

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 放射光エッチングによりSi基板表面に微細加工をほどこし、そこに生体情報伝達システムの基本構造としての脂質二重膜/膜タンパク質の集積構造を、分子構造のわかった化合物から自己組織化反応を利用してかつ、タンパク質の生命機能を保持して形成し、抗原-抗体反応やリガンド-リセプター反応など生体情報伝達の基本素過程を発現する。さらにこれらの反応を分子レベルで解析する。平成15年度は集積構造形成に必要な要素技術として、SiやSiO₂の-COOH化技術の開拓、SiO₂表面へのオクタデシルトリクロロシラン(OTS)単分子膜の形成とこのパターンニング技術の開発、OTSをアンカーとして、ベシクルフュージョン法により安定な脂質二重膜の形成などを行った。
- b) 放射光エッチングの高い空間分解能と低損傷性を利用した新しい(任意の形状で、任意の位置に大量につくれる)ナノ構造形成技術を開拓し、この構造をナノ反応場とみなしてこの表面での自己組織有機単分子膜や脂質膜などの自己組織化反応を調べる。また、エッチング反応の励起エネルギー依存性を調べるためアンジュレータビームラインの建設と、放射光をSTM探針下に照射できる超高真空STM装置を製作し、エネルギー可変の放射光ビームにより誘起したエッチング反応をSTMによりその場観察を行う。この問題は凝集系の内殻電子励起を原子レベルで解析する問題として、表面光科学の新分野でもあり興味深い。平成14年度はアンジュレータビームラインを完成し、さらにSTM装置を立ち上げたSi(111)の原子像を確認するとともに、原子状水素とSi(111)面との相互作用を調べた。
- c) 半導体表面反応のその場観察手法として、埋め込み金属層(BML)基板による赤外反射吸収分光法 BML-IRRASの開発と応用の研究を進めている。特に平成13年度からはウエハーボンディング法によるBML基板の新しい製作法を進めている。最近Siバックボンドにそれぞれ0個、1個、2個の酸素が入った単独SiH₂と隣接SiH_x(SiH₂二つが隣接)からなる、これまで全く観測されていなかった三対の二重項ピークを発見した。これらは遷移モーメントが表面に垂直なため従来の検出方法では検出出来ず、BML-IRRASによって初めて検出されたもので、BML-IRRASでなくては測定できない領域の存在することを明確に実証した。また、これらのピークの見出しによりSiの酸化機構にこれまで知られていないメカニズム(水素のトンネルによる酸化)の存在することがわかった。平成15年度はさらにこのMNL-IRRASをタンパク質の分子認識反応の解析に応用する研究に着手した。

B-1) 学術論文

S. D. MORE, J. HUDECECK and T. URISU, "Hydrophobic/hydrophilic Interactions of Cytochrome C with Functionalized Self-Assembled Monolayers on Silicon," *Surf. Sci.* **532-535**, 993-998 (2003).

C. -S. WANG and T. URISU, “Synchrotron Radiation Stimulated Etching SiO₂ Thin Films with a Co Contact Mask for the Area-Selective Deposition of Self-Assembled Monolayer,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **42**, 4016–4019 (2003).

S. YAMAMURA, S. YAMAUCHI, S. WATANABE, M. TABE, T. KASAI, Y. NONOGAKI and T. URISU, “Infrared Reflection Absorption Spectroscopy Using CoSi₂ Buried Metal Layer Substrates Made by Wafer-Bonding,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **42**, 3942–3945 (2003).

T. KANBARA, K. SHIBATA, S. FUJIKI, Y. KUBOZONO, S. KASHINO, Y. URISU, M. SAKAI, A. FUJIWARA, R. KUMASHIRO and K. TANIGAKI, “N-Channel Field Effect Transistors with Fullerene Thin Films and Their Application to a Logic Gate Circuit,” *Chem. Phys. Lett.* **379**, 223–229 (2003).

C. WANG, S. D. MORE, Z. -H. WANG, S. YAMAMURA, Y. NONOGAKI and T. URISU, “Patterning SiO₂ Thin Films Using Synchrotron Radiation Stimulated Etching with a Co Contact Mask,” *J. Vac. Sci. Technol., B* **21**, 818–822 (2003).

Y. KUBOZONO, Y. TAKABAYASHI, K. SHIBATA, T. KANBARA, S. FUJIKI, S. KASHINO, A. FUJIWARA and S. EMURA, “Crystal Structure and Electronic Transport of Dy@C₈₂,” *Phys. Rev. B* **67**, 115410 (8 pages) (2003).

Y. FUJIWARA, Y. NONOGAKI, R. OGA, A. KOIZUMI and Y. TAKEDA, “Reactor Structure Dependence of Interface Abruptness in GaInAs/InP and GaInP/GaAs Grown by Organometallic Vapor Phase Epitaxy,” *Appl. Surf. Sci.* **216**, 564–568 (2003).

R. TERO, K. FUKUI and Y. IWASAWA, “Atom-Resolved Surface Structures and Molecular Adsorption on TiO₂(001) Investigated by Scanning Tunneling Microscopy,” *J. Phys. Chem. B* **107**, 3207–3214 (2003).

S. TAKAKUSAGI, K. FUKUI, R. TERO, F. NARIYUKI and Y. IWASAWA, “Self-Limiting Growth of Pt Nanoparticles from MeCpPtMe₃ Adsorbed on TiO₂(110) Studied by Scanning Tunneling Microscopy,” *Phys. Rev. Lett.* **91**, 066102 (3 pages) (2003).

K. FUKUI, S. TAKAKUSAGI, R. TERO, M. AIZAWA, Y. NAMAI and Y. IWASAWA, “Dynamic Aspects and Associated Structures of TiO₂(110) and CeO₂(111) Surfaces Relevant to Oxide Catalyses,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **5**, 5349–5359 (2003).

Y. -J. LI, O. TAKEUCHI, D. N. FUTABA, K. MIYAKE, H. SHIGEKAWA and Y. KUK, “Characteristic Intra- and Interunit Interactions of the Kr Atoms Adsorbed on Si(111)-7×7 Surface,” *Phys. Rev. B* **68**, 033301 (4 pages) (2003).

M. KOMIYAMA, D. YIN and Y. -J. LI, “Electronic Structure Change on TiO₂ Surface due to UV Light Irradiation,” *Stud. Surf. Sci. Catal.* **145**, 153–156 (2003).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

S. D. MORE, J. HUDECEK, RANGA RAO and T. URISU, “Interactions of cytochrome *c* with functionalized self-assembled monolayers on silicon,” The First International Congress on Bio-Nanointerface, Tokyo, May 19–24 (2003).

R. TERO, M. TAKIZAWA, Y. J. LI and T. URISU, “Deposition of phospholipid layers on SiO₂ surface modified by alkyl-SAM islands,” First International Meeting on Applied Physics aphys 2003, Badajoz Spain, October 13-18 (2003).

Y. J. LI, R. TERO, T. NAGASAWA, T. NAGATA and T. URISU, “Deposition of 10-undecenoic acid self-assembled multilayers on H-Si(111) surfaces studied by AFM and FT-IR,” First International Meeting on Applied Physics aphys 2003, Badajoz Spain, October 13-18 (2003).

M. TAKIZAWA, Y. -H. KIM and T. URISU, “Deposition of lipid DPPC monolayer on SiO₂ surface using OTS self-assembled monolayer islands as anchor molecules,” The AVS 50th International Symposium, Baltimore, November 2-7 (2003).

S. YAMAMURA, S. YAMAUCHI, S. WATANABE and T. URISU, “Structure-optimized CoSi₂-buried-metal-layer substrates for IRRAS made by wafer-bonding,” The AVS 50th International Symposium, Baltimore, November 2-7 (2003).

Y. -H. KIM, M. TAKIZAWA and T. URISU, “Characterization of Dipalmitoylphosphatidylcholine (DPPC)/cholesterol Langmuir-Blodgett monolayers by AFM and FT-IR,” 2003 International Microprocesses and Nanotechnology Conference, Tokyo, October 28-31 (2003).

MD. MASHIUR RHAMAN, R. TERO and T. URISU, “Shrinking of spin-on glass films induced by synchrotron radiation and its application to the 3-D microfabrications,” 2003 International Microprocesses and Nanotechnology Conference, Tokyo, October 28-31 (2003).

B-3) 総説、著書

宇理須恒雄, 「4・4ナノエッチングプロセス」, ナノテクノロジーハンドブック, 難波進他編, (株)オーム社, 5月 (2003).

B-4) 招待講演

宇理須恒雄, 「放射光エッチングによるナノ構造制御とシリコン基板上への生体機能性物質集積への応用」, 日本化学会第83春季年会特別企画講演, 東京, 2003年3月.

宇理須恒雄, 「放射光エッチングの特徴とナノバイオエレクトロニクスへの応用」, 第64回応用物理学関係連合講演会分科内招待講演, 福岡, 2003年8月.

宇理須恒雄, 「放射光エッチングによるナノ構造制御とシリコン基板上への生体機能性物質の集積」, ナノテクノロジー総合支援プロジェクト研究成果報告会, 大阪, 2003年6月.

宇理須恒雄, 「放射光プロセスの特徴とバイオナノエレクトロニクスへの応用」, 平成15年度第2回放射光産業利用研究会, 広島, 2003年11月.

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

レーザー学会評議員 (1983-1985).

日本放射光学会評議員 (1993-1994, 1997-1998, 2001-2002).

電気学会, 放射光励起プロセス技術調査専門委員会幹事 (1992-1994).

電気学会, 放射光による材料加工技術調査専門委員会委員長 (1994-1997).

(財)高輝度光科学研究センター大型放射光施設安全性検討委員会委員 (1993-).

東北大学電気通信研究所研究外部評価委員 (1995-).

日本工業技術振興協会, 放射光の半導体への応用技術研究委員会顧問委員 (1995-2000).

新機能素子研究開発協会, 新世紀素子等製造評価技術の予測委員会/ハードフォトン技術研究部会委員 (1995).

姫路工業大学ニューズバル利用検討委員会委員 (1996-1998).

姫路工業大学ニューズバル新素材開発利用専門委員会委員 (1999-2000).

近畿通産局, 超次世代原子デバイスの自己形成技術に関する調査委員会委員 (1997-1998).

電気学会, 放射光・自由電子レーザープロセス技術調査専門委員会委員 (1997-1999).

放射線利用振興協会, 放射線利用技術指導研究員 (1997年11月18-20日).

日本原子力研究所, 研究嘱託 (1998年4月-2002年3月).

科学技術庁, 「顕微光電子分光法による材料, デバイスの高度分析評価技術に関する調査」調査推進委員会委員 (1998-1998).

科学技術庁, 「顕微光電子分光法による材料, デバイスの高度分析評価技術に関する調査」研究推進委員会委員 (1999-2000).

日本原子力研究所, 博士研究員研究業績評価委員 (1998-1999).

佐賀県シンクロトロン光応用研究施設整備推進委員会委員 (2000-2001).

科学技術振興調整費「顕微光電子分光法による材料・デバイスの高度分析評価技術に関する研究」研究推進委員 (1999-).

科学技術振興調整費「カーボンナノチューブエレクトロニクス研究」外部運営委員 (2001-).

日本学術振興会学術創生研究費書面審査委員 (2001).

科学技術交流財団「ナノ反応場とバイオエレクトロニクスインターフェイス制御研究会」座長 (2001年4月-2003年3月).

日本原子力研究所研究評価委員会, 光科学研究専門部会専門委員 (2002年11月1日-15年3月31日).

東京大学物性研究所共同利用施設専門委員会委員 (2003年4月1日-2005年3月31日).

表面科学会評議員 (2003年6月1日-2005年5月31日).

学会の組織委員

マイクロプロセス国際会議論文委員 (1992-).

第1回光励起プロセスと応用国際会議論文委員 (1993).

VUV-11組織委員会, プログラム委員会委員 (1993-1995).

International Workshop on X-ray and Extreme Ultraviolet Lithography, 顧問委員 (1995-2000).

SR197組織委員会プログラム委員会委員 (1995-1997).

SPIE's 23rd Annual International Symposium on Microlithography, 論文委員 (1997).

SPIE's 24th Annual International Symposium on Microlithography, 論文委員 (1998).

SPIE's 25th Annual International Symposium on Microlithography, 論文委員 (1999).

レーザー学会第19回年次大会プログラム委員 (1998-1999).

レーザー学会第23回年次大会プログラム委員 (2002-2003).

UK-JAPAN International Seminar, 組織委員長 (1999, 2000).

Pacificchem 2000, Symposium on Chemical Applications of Synchrotron Radiation, 組織委員 (2000).

学会誌編集委員

JJAP特集論文特別編集委員 (1992-1993).

電気学会, 電子情報システム部門誌特集号編集委員 (1995-1996).

JJAP特集論文特別編集委員 (1998).

Appl. Surf. Sci. 編集委員 (2001-).

C) 研究活動の課題と展望

生体系では電気信号と物質信号とを微小領域で交互に変換して情報を伝達する仕組みとなっており、電気信号(electrical communication)と光信号(optical communication)とで情報を伝達する物質系の通信システムと比べて格段に外部擾乱に強く小型なシステムとなっている。私はこの生命系の巧妙な情報伝達、特に分子が情報伝達の媒体となっている点は、分子通信学(molecular communication)ともいべき未開の学問分野を示唆していると考え。分子信号の発生、伝送、受信、再生、増幅などという通信の基本問題を考えた時、必ずしも生命系に限ることはないが、現に実在し最も巧妙で興味深いシステムは生命系の情報伝達システムと考えられる。本研究では生命系分子通信のキーエレメントとも言うべき受信再生素子、脂質二重膜 / チャンネルタンパク質の集積構造をシリコン基板上に構築し、分子信号の受信再生の問題を研究する。その集積構造を解析するとともに神経伝達物質の受容によるチャンネルの開閉機能を実現しその関係する分子間相互作用と分子内での信号伝達(再生)の問題の解明を目指す。申請者がこれまでに開発した、埋め込み金属層基板赤外反射吸収分光技術(BML-IRRAS)と生体物質のその場観察AFM技術とを組み合わせで解析する。放射光エッチングの応用として、生体情報伝達システムを構築する。生体情報伝達機能を分子レベルで精密に解明する、そのために理論(計算機シミュレーション)家との共同研究を重視する。の基本方針で今後この課題に取り組む。

見 附 孝一郎 (助教授)

A-1) 専門領域：化学反応素過程、軌道放射分子科学

A-2) 研究課題：

- a) レーザーと軌道放射を組合せたポンプ・プローブまたは2重共鳴分光
- b) 高分解能斜入射分光器の研究開発とフラーレン科学への利用
- c) 極端紫外超励起状態や高励起イオン化状態の分光学と動力学
- d) 原子・分子・クラスターの光イオン化研究に用いる粒子同時計測法の開発
- e) 極端紫外域の偏極励起原子の光イオン化ダイナミクス

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 紫外モードロックレーザーとアンジュレタ光を組み合わせ、電子振動励起分子の光イオン化や光解離のダイナミクス、イオンの前期解離ダイナミクスなどに関する研究を行った。レーザーパルスとマルチバンチ放射光を厳密に同期させることで、分解能約500 psの時間分解ポンププローブ測定が可能である。また、レーザー誘起蛍光励起分光やレーザー多光子イオン化分光を起用することによって、超励起状態から解離生成したイオンまたは中性フラグメントの内部状態の観測を初めて実現した。フラグメントの回転分布から、解離の際のエネルギー分配について議論した。また、特定の化学結合を選択的に切断したり、特異的な化学反応を起こすような光励起過程を実現するための方法論の開発と実用化を目標としている。具体的には可視又は近赤外レーザーで生成する振動励起した水分子に放射光(20–1000 eV)を照射して、振動基底分子の放射光解離とは全く異なる反応分岐比や分解確率を得るという実験をフォトンファクトリーで開始した。
- b) 軌道放射光施設に、気相光励起素過程の研究を目的とした高分解能高フラックスの斜入射分光器を建設した。25から160 eVの光子エネルギーの範囲で、フラックス 10^{10} 光子/秒と分解能3000が同時に達成された。SまたはBr原子を含む分子のそれぞれ2p電子と3d電子を励起して、偏光に対して水平または垂直方向に飛来した解離イオンを検出することで、励起状態の対称性を分離した吸収スペクトルの測定を行った。続いて平成13年度から「フラーレンの軟X線分光専用ビームライン」の実用化を目指して、実験ステーションの改良と調整を施した。そしてフラーレンや金属内包フラーレンの吸収および光電子スペクトルの測定を行っている(装置に関し特許出願中)。最近ではC₆₀やC₇₀の吸収曲線に見られる巨大共鳴ピーク(~20 eV)に付随する形状共鳴遷移を初めて観測した。また高分解質量分析計を用いて多価イオンやフラグメントの収量曲線を正確に決定し、求めたしきい値や極大値を検討した結果、通常の分子では予想もつかない興味深い現象を観測した。現在は、遷移金属原子の4d電子励起軟X線巨大共鳴が、炭素ケージの中でどのような影響を受けるかを実験的に明らかにすることが最大の目標である。
- c) 軌道放射光施設に分子線光解離装置を製作し、CO₂、SO₂、ハロゲン化メチル、フロンなど20種余の分子についてイオン対を生成する過程を初めて見いだした。また、同施設の直入射分光器ラインに2次元掃引光電子分光装置を建設し、NO、C₂H₂、OCS、SO₂、CS₂、HI等の2次元光電子スペクトルを測定した。さらに、アンジュレタ斜入射分光器ラインで、OCSやH₂Oの極端紫外励起状態の緩和過程で放出される可視・紫外発光を検出し、蛍光分散および蛍光励起スペクトルを測定した。以上、得られた負イオン解離効率曲線、2次元光電子スペクトル、蛍光スペクトル等から、超励起状態のポテンシャルエネルギー曲面を計算しイオン化状態との電子的結合を評価したり、自動イオン化や前期

解離のダイナミクスおよび分子の2電子励起状態や解離性イオン化状態の特質などについて考察した。

- d) 正イオン・負イオン同時計測法を初めて開発し、複数の光解離過程の識別と放出されるイオンの並進エネルギーの測定を可能とした。また、光電子・イオン飛行時間同時計測法により始状態が選別されたイオンの光解離の研究を行った。
- e) 直線偏光した放射光を用いて、基底状態原子をそのイオン化ポテンシャルより低いリユドベリ状態へ共鳴遷移させ、放射光の偏光方向に偏極した特定量子状態の励起原子を高密度で生成させる。この偏極原子(=始状態)を、直線偏光した高出力レーザーによってイオンと電子にイオン化させる(=終状態)。光電子角度分布の解析と理論計算を併用して、選択則で許される複数の終状態チャンネルの双極子遷移モーメントの振幅と位相差を決定した。究極的には、希ガス偏極原子の光イオン化における「量子力学的完全実験」を目指している。このテーマに関連して、円錐型の高効率角度分解電子エネルギーアナライザーを設計・製作し、感度や各種分解能などの性能を評価した(特許出願中)。

B-1) 学術論文

Y. MAKINO, T. MORI, H. EGUCHI, H. SAITO, B. KYOH and S. MIYAKE, "Preferentially Oriented Anatase Nano-Powder Densified by Pulsed High Current Heating," *J. Mater. Sci. Lett.* **22**, 403 (2003).

T. MORI, M. FUJIWARA, R. MANORY, I. SHIMIZU, T. TANAKA and S. MIYAKE, "HfO₂ Thin Films Prepared by Ion Beam Assisted Deposition," *J. Vac. Sci. Technol.* **169-170**, 528 (2003).

J. KOU, T. MORI, M. ONO, Y. HARUYAMA, Y. KUBOZONO and K. MITSUKE, "Molecular- and Atomic-Like Photoionization of C₆₀ in the Extreme Ultraviolet," *Chem. Phys. Lett.* **374**, 1 (2003).

T. MORI, J. KOU, M. ONO, Y. HARUYAMA, Y. KUBOZONO and K. MITSUKE, "Development of a Photoionization Spectrometer for Accurate Ion Yield Measurements from Gaseous Fullerenes," *Rev. Sci. Instrum.* **74**, 3769 (2003).

A. MITSUO, T. MORI, Y. SETSUHARA, S. MIYAKE and T. AIZAWA, "Mechanical Properties of Zirconium Films Prepared by Ion-Beam Assisted Deposition," *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B* **206**, 366 (2003).

M. ONO and K. MITSUKE, "Kinetic Energy Distribution and Anisotropy of Fragment Ions from SF₆ by Photoexcitation of a Sulfur 2p-Electron," *Chem. Phys. Lett.* **379**, 248 (2003).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

K. MITSUKE, "Synchrotron Radiation-Free Electron Laser Combination Studies Performed at the UVSOR Facility—Excitation of Xe Atoms," *Proceedings of the Workshop on the Generation and Uses of VUV and Soft X-ray Coherent Pulses* 408–410 (2003).

B-4) 招待講演

K. MITSUKE, "Laser-synchrotron radiation combination studies of molecular ionization and dissociation," Spring American Chemical Society National Meeting, "VUV Probe of spectroscopy and Dynamics," New Orleans, Louisiana (U. S. A.), March 2003.

見附孝一郎, 「極端紫外域における分子の励起と崩壊ダイナミクス」, 総研大企画研究研究会, 核融合科学研究所, 土岐, 2003年11月.

B-5) 特許

見附孝一郎,「高分解能電子エネルギー分析器」,特開2003-257361.

B-6) 受賞、表彰

見附孝一郎,日本化学会欧文誌BCSJ賞(2001).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

原子衝突研究協会委員(1987, 1998-).

原子衝突研究協会,企画委員(1996-).

学会の組織委員

質量分析連合討論会,実行委員(1993).

第9回日本放射光学会年会,実行委員(1995-1996).

第12回日本放射光学会年会,組織委員およびプログラム委員(1998-1999).

第15回化学反応討論会,プログラム委員および実行委員長(1998-1999).

International Symposium on Photo-Dynamics and Reaction Dynamics of Molecules, Okazaki, Cochair(1998-1999).

原子衝突協会第25回研究会,実行委員(1999-2000).

International Workshop on the Generation and Uses of VUV and Soft X-ray Coherent Pulses, Lund, Sweden, Member of the Program Committee(2001)(真空紫外・X線コヒーレント光の発生と利用に関する国際集会,プログラム委員)

XIV International Conference on Vacuum Ultraviolet Radiation Physics, Cairns, Australia, Member of the Program Committee(2003-)(第14回真空紫外光物理国際会議,プログラム委員)

IV International Conference on Atomic and Molecular Data and their Applications, Toki, Japan, Member of the Program Committee(2003-)(第4回原子分子データとその利用に関する国際会議,プログラム委員)

その他の委員

東京大学物性研究所高輝度光源計画推進委員会測定系小委員会委員(1998-).

SeperSOR高輝度光源利用者懇談会幹事(1999-2002).

All Japan高輝度光源利用計画作業委員(2002-).

B-8) 他大学での講義、客員

東京大学物性研究所,嘱託研究員,2000年4月-2004年3月.

C) 研究活動の課題と展望

光電子分光,蛍光分光,質量分析,同時計測法などを用い,気相分子,クラスターやフラージェン類の光イオン化過程の詳細を研究する。また,真空紫外領域の中性超励起状態の分光学的情報を集積しその動的挙動を明かにしたい。近い将来の目標としては,軌道放射と各種レーザーを組合せて,振動励起分子の放射光解離による反応分岐比制御,偏極原子の光イオン化ダイナミクスを角度分解光電子分光法で研究し,放出電子とイオン殻内の電子との相互作用の本質を理解すること,励起分子や解離フラグメントの内部状態を観測し,発光・解離・異性化・振動緩和などの過渡現象をポンプ・プローブ法や2重共鳴法で追跡することの3つが挙げられる。