

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(1) 偏光吸収
- b) 軟X線分光による内殻電子の光物性研究(2) 共鳴光電子
- c) 軟X線分光による内殻電子の光物性研究(3) 共鳴発光
- d) 内殻励起分子の振動分光と解離ダイナミクスの研究

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(1) 偏光吸収：他の放射光施設では分光器や光電子測定装置の制約で質の高い測定がほとんど行われていないエネルギー領域の光(ニッケルや銅などの2p内殻を励起できる光)を使って固体物性の研究を展開している。中心金属としてニッケルを含む一連の分子錯体の単結晶試料に対して、放射光の直線偏光性を利用した偏光吸収スペクトルを測定し、金属2p内殻から配位子 π^* 空軌道への一電子遷移(MLCT)がサテライト帯として異常に強く観測されることを見いだした。固体光物性の研究者は多体効果ではないかとして我々の解釈を疑っていたが、その後、理論解析によっても一電子性の強いMLCT帯であることがはっきりした。配位分子と金属の共有結合が強く、擬縮重による多体効果は押さえられているものと考えられる。さらに π -MLCT帯の強度解析から、 π 逆供与の大きさが半定量的に評価できること、また、偏光依存性から異なる対称性の π 逆供与を分離して議論できることを理論計算結果との比較から示した。
- b) 軟X線分光による内殻電子の光物性研究(2) 共鳴光電子：内殻吸収が起きる光エネルギーでの共鳴光電子放出過程(無放射遷移の2次光学過程)を詳細に研究している。内殻電子領域では非共鳴条件では観測されない禁制の電子励起状態が共鳴吸収状態に依存して離散的に次々と観測された。放出電子のエネルギーは励起光エネルギーを増加させると減少するという奇妙な挙動を示す。金属、強相関系、分子性錯体の違いと類似性を整理し議論している。
- c) 軟X線分光による内殻電子の光物性研究(3) 共鳴発光：光電子放出のような無放射遷移の2次光学過程に加えて、放射遷移の2次光学過程であるX線共鳴ラマン遷移の研究を同じ試料に対して調べ、分子性の遷移金属錯体では一電子性が強いことを明らかにしている。
- d) 内殻励起分子の振動分光と解離ダイナミクスの研究：振動準位まで分解できる高分解能な直線偏光軟X線を利用して、炭素、窒素、酸素の1s内殻や硫黄などの1s内殻、2p内殻の励起状態を研究している。これまでRydberg-原子価混合による振動準位異常、脱励起過程におけるRenner-Teller効果やJahn-Teller効果の影響、振電相互作用により初めて許容になる振電状態、大きな交換相互作用(LS)によってスピン軌道相互作用の分裂が観測できない励起状態などを発見してきた。また、脱励起後にクーロン爆発的に放出される解離イオンの角度の偏光方向に

対する異方性・等方性，イオン間の角度相関，運動エネルギー依存性などから内殻励起状態において変角振動の途中で解離性のポテンシャルにオージェ過程で脱励起することを解明した。

B-1) 学術論文

L. G. M. PETERSSON, T. HATSUI and N. KOSUGI, “Ni 2p-3d photoabsorption and strong charge transfer satellites in divalent Ni complexes with molecular ligands. Evaluation of π -back donation based on the DFT approach,” *Chem. Phys. Lett.* **311**, 299 (1999).

T. HATSUI, Y. TAKATA and N. KOSUGI, “Metal-to-ligand charge transfer bands observed in polarized Ni 2p photoabsorption spectra of $[\text{Ni}(\text{mnt})_2]^{2-}$,” *J. Electron Spectrosc.* **101-103**, 827 (1999).

Y. TAKATA, T. HATSUI and N. KOSUGI, “A unified view of resonant photoemission of metallic, molecular, and correlated solid systems,” *J. Electron Spectrosc.* **101-103**, 443 (1999).

H. OJI, R. MITSUMOTO, E. ITO, H. ISHII, Y. OUCHI, K. SEKI, T. YOKOYAMA, T. OHTA and N. KOSUGI, “Core hole effect in NEXAFS spectroscopy of polycyclic aromatic hydrocarbons: Benzene, chrysene, perylene, and coronene,” *J. Chem. Phys.* **109**, 10409 (1998).

J. J. NEVILLE, A. JORGENSEN, R. G. CAVELL, N. KOSUGI and A. P. HITCHCOCK, “Inner-shell excitation of PF_3 , PCl_3 , PCl_2CF_3 , OPF_3 and SPF_3 ,” *Chem. Phys.* **238**, 201 (1998).

A. JORGENSEN, N. KOSUGI and R. G. CAVELL, “The sulphur 2p photoabsorption spectrum of NSF_3 ,” *Chem. Phys.* **247**, 445 (1999).

J. ADACHI, N. KOSUGI, E. SHIGEMASA and A. YAGISHITA, “Vibronic coupling and valence mixing in the 1s-Rydberg excited states of C_2H_2 in comparison with N_2 and CO ,” *Chem. Phys. Lett.* **309**, 427 (1999).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

E. ITO, H. OJI, T. ARAKI, K. OICHI, H. ISHII, Y. OUCHI, N. KOSUGI, T. OHTA, Y. MARUYAMA, T. NAITO, T. INABE and K. SEKI, “Tautomeric structure of N-salicylideneaniline derivatives studied by soft X-ray absorption spectroscopy and X-ray photoelectron spectroscopy,” *J. Synchrotron Radiat.* **6**, 781 (1999).

T. HATSUI, Y. TAKATA and N. KOSUGI, “Strong metal-to-ligand charge transfer bands observed in Ni K- and L-edge XANES of planar Ni complexes,” *J. Synchrotron Radiat.* **6**, 376 (1999).

T. HATSUI, Y. TAKATA and N. KOSUGI, “Polarized Ni K- and L-edge and S K-edge XANES study of $[\text{Ni}(\text{III})(\text{mnt})_2]^{1-}$,” *J. Synchrotron Radiat.* **6**, 781 (1999).

B-3) 総説、著書

高田恭孝、小杉信博，「内殻領域の共鳴光電子スペクトルの統一の見方．酸化ニッケル，金属ニッケル，ニッケル錯体の Ni 2p 吸収端での比較」，*日本放射光学会誌* **12**, 117 (1999)

B-5) 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-6) 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).
- 日本分光学会東海支部幹事(1993-1997).

学会の組織委員

- X線吸収微細構造国際会議第7回プログラム委員及び実行委員(1992).
- X線吸収微細構造国際会議第11回組織委員及びプログラム委員(2000).
- 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実行委員(1994, 1995).
- 第4回放射光光源国際会議実行委員(1995).
- シンクロトロン放射装置技術国際会議国際諮問委員(1994, 1997, 2000).
- 光イオン化国際ワークショップ国際プログラム委員(1997).
- 光イオン化国際ワークショップ国際諮問委員(2000).
- 第12回真空紫外光物理国際会議プログラム委員(1998).
- 第2回シンクロトロン放射と材料科学国際会議組織委員(1998).
- 第8回電子分光及び電子構造国際会議国際プログラム委員(2000).

文部省、学術振興会等の役員等

- 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).
- 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-).
- 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会委員(1997-).
- 広島大学放射光科学センター顧問(1996-).
- 日本学術振興会特別研究員等審査会専門委員(1997-1999).

B-7) 他大学での講義、客員

- 東京大学大学院理学系研究科, 「物性化学特論 III」, 1999年11月24, 25日.

C) 研究活動の課題と展望

内殻励起分子では寿命幅が大きい, 小さな孤立分子に限れば分解能を上げることで分子振動の分離は可能である。それによって内殻励起の電子状態が分子振動と結合する様子や解離過程と脱励起過程の競争など内殻励起状態動力学を学ぶことができる。また, 固体ではバンドを形成しているので, 分解能を上げて内殻励起状態の微細構造はあまり観測できないと考えられてきたが, 分子錯体など孤立分子が相互作用して固体状態になっている系などでは孤立分子の性格の強い微細構造が観測でき, 微細構造の挙動から分子間相互作用による摂動を解明することができる。

内殻電子が絡む研究は放射光の利用でますます広がりを見せているが, 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（気体と固体）を対象に内殻励起とその脱励起過程の基礎を着実に固めていく目的で研究を続けており、価電子励起とは違った内殻励起ならではの現象を追っている。これまで測定装置上の制約を解決することで、幸いにしていくつか新しい現象を見つけ、理論的にもその現象の本質を理解してきた。現在、測定装置の制約についてはほとんどなくなってきており、次に新しい展開を図るには光源の制約を解決しなければならない段階になっている。すなわち、励起光の強度を落とさずに分解能をさらに向上させることが必要であり、現状としてはUVSORに拘らず国内外の高輝度光源施設を利用しなければならない。このように国内外の施設との協力体制を築きながら、UVSORの将来計画に備えることが肝要である。

田 原 太 平 (助 教 授)

A-1) 専門領域：光化学、分子分光

A-2) 研究課題：

- a) フェムト秒時間分解分光による分子ダイナミクスの研究
- b) ピコ秒時間分解分光による光化学反応の研究
- c) 時間分解分光法における実験手法の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a1) われわれはこれまでの一連の研究によって、高い電子励起 (S_n) 状態から最低電子励起一重項 (S_1) 状態への電子緩和は一般にフェムト秒領域で起こるため、フェムト秒領域では S_1 蛍光のみならず S_n 状態からの蛍光も観測されるということを実験的に明らかにしてきた。このことはすなわち、フェムト秒時間分解蛍光分光が S_1 状態のみならず、 S_n 状態やその緩和ダイナミクスを研究する重要な手段となることを意味している。そこで、溶液中で多原子分子を S_n 状態へと光励起した後に起こる緩和過程について、ポリアセンの一種であるテトラセンを例にとり、フェムト秒時間分解蛍光分光法によって研究した。 S_n 蛍光と S_1 蛍光の両方を時間分解観測することに成功し、その強度変化および偏光異方性の測定から、約 120 fs でおこる $S_n \rightarrow S_1$ 電子緩和、電子緩和直後の IVR 過程、それに引き続く振動冷却、および回転緩和、など一連の緩和ダイナミクスを明らかにした。また東京工業大学のグループとの共同で、ポルフィリンの S_2 蛍光および S_1 蛍光を時間分解測定し、ポルフィリンの $S_2 \rightarrow S_1$ 電子緩和ダイナミクスを研究した。
- a2) 7 - アザインドール二量体の光プロトン移動反応の研究を進め、蛍光偏光異方性の測定とその定量的な解析により光励起直後にあらわれる 2 つの電子状態の遷移モーメントの方向を実験的に決定した。また、分子間プロトン移動よりさらに速くすすむ分子内プロトン移動反応の研究へとすすみ、アントラリン分子の蛍光のフェムト秒時間分解測定を行い、プロトン移動反応に対応すると考えられる時定数約 100 fs の蛍光ダイナミクスを観測した。
- b) ピコ秒時間分解ラマン分光により、最も基本的な反応でありながらその詳細がわかっていないアゾベンゼンの光異性化反応を研究した。光励起直後に現れる過渡吸収に共鳴させて寿命 1 ~ 10 ps (溶媒に依存) の S_1 状態のラマンスペクトルを測定した。 ^{15}N 同位体シフトに基づいて S_1 状態の NN 伸縮振動数を決定し、 S_1 状態で NN 結合が二重結合性を保っていること、したがって分子は NN 結合まわりで平面構造を保っていること、を明らかにした。さらにピコ秒アンチストークスラマンスペクトルの測定によって、 S_1 状態および S_0 状態における振動緩和過程を明らかにした。これらにより、アゾベンゼンの $\pi\pi^*$ (S_2) 励起に伴う光異性化はこれまで言われていたのとは異なって、反転 (inversion) 機構による異性化である可能性が高いことを示した。また、ピコ秒時間分解測定に用いられる増幅したピコ秒パルスを使ってレチナル分子の共鳴ハイパーラマン散乱測定を行い、増幅したピコ秒パルスが高次ラマン過程であるハイパーラマン散乱の測定に有効であることを示した。
- c) 光学領域の時間分解測定の分解能を極限まで高めるため、光パラメトリック増幅 (OPA) を用いて 500 nm ~ 750 nm の範囲で波長可変なサブ 10 fs の光パルスを発生する装置を製作した。さらにこの極短パルスをプローブ光に、またその 2 倍波をポンプ光に用いる時間分解吸収測定システムを製作した。製作した装置を使って、光励起直後の分子の振動コヒーレンス (核波束運動) の観測を行った。また他に、チタンサファイアレーザーの再生増幅光

を短パルス化するため、希ガスの自己位相変調とプリズム対を用いたパルス圧縮を行い、30 fs以下の光パルスを得た。

B-1) 学術論文

N. SARKAR, S. TAKEUCHI and T. TAHARA, “Vibronic Relaxation of Polyatomic Molecule in Non-polar Solvent: Femtosecond Anisotropy/Intensity Measurements of the S_0 and S_1 Fluorescence of Tetracene,” *J. Phys. Chem. A* **103**, 4808-4814 (1999).

S. C. JEOUNG, S. TAKEUCHI, T. TAHARA and D. KIM, “Ultrafast Decay Dynamics of Photoexcited Cu(II)(TMpy-P4) in Water Solvent,” *Chem. Phys. Lett.* **309**, 369-376 (1999).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

T. TAHARA and S. MATSUO, “Femtosecond Material Response Probed by Phase-Stabilized Optical Heterodyne Detected Impulsive Stimulated Raman Scattering,” *Laser Chemistry (Proceedings of TRVS VIII)* **19**, 149-152 (1999).

B-4) 招待講演

田原太平, 「超高速分光で観る分子のコヒーレンス, 緩和, 光化学」, 総研大グループ研究「光科学の新展開」研究会, 総研大, 葉山, 1999年2月.

田原太平, 「ピコ秒・フェムト秒分光で観る分子ダイナミクス」, 弥生研究会「極短量子ビームポンプ&プローブ分析」, 東京大学, 東京, 1999年3月.

T. TAHARA, “Ultrafast Dynamics of Condensed-Phase Molecules Studied by Femtosecond Spectroscopy: Coherence, Relaxation and Reaction,” Pohang Institute of Science and Technology, Pohang (Korea), April 1999.

T. TAHARA, “Vibrational Spectroscopy in Picosecond and Femtosecond Time Region: Time-resolved Frequency Domain Raman and Time-domain Raman Spectroscopy,” Korea Research Institute for Standards and Science, Tajeon, (Korea), April 1999.

T. TAHARA, “Photochemical Reaction and Relaxation Studied by Femtosecond Time-resolved Fluorescence,” The 83rd Annual Meeting of Korean Chemical Society, Suwan (Korea), April 1999.

田原太平, 「僕らが最近見たこと, 知ったこと」, 分子研研究会, 分子科学研究所, 岡崎, 1999年6月.

T. TAHARA, “Femtosecond Fluorescence and Raman Study on Ultrafast Dynamics of Condensed-Phase Molecules: Coherence, Relaxation and Photochemistry,” ETH, Zurich (Switzerland), July 1999.

田原太平, 「フェムト秒分光の化学への応用」, 近畿大学極限光技術・物理研究会, 近畿大学, 大阪, 1999年10月.

B-5) 受賞、表彰

田原太平, 光科学技術研究振興財団研究表彰(1995).

B-6) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

日本分光学会東海支部幹事(1999-).

学会の組織委員

第9回放射光学会年会プログラム委員(1995).

分子構造総合討論会プログラム委員(1997).

B-7) 他大学での講義、客員

科学技術庁金属材料研究所客員研究官(1995-1997).

C) 研究活動の課題と展望

本研究グループでは超高速時間分解分光を駆使し、主として凝縮相の光化学反応を研究する。特にフェムト秒からピコ秒時間領域における分子ダイナミクスの解明に力点を置く。フェムト秒時間領域においては分子の核運動のコヒーレンス(波束)を実時間観測することができるが、化学反応におけるコヒーレンスの意義については未だ明らかでない点が多い。これを念頭におき、電子に対する分光と核運動(振動)に対する分光の両面から先端的研究を行うため、すでに始めている測定時間分解能の極限化と分光エネルギー領域の拡張をさらにすすめる。これら研究を行う過程で、新しい分光手法の開発をめざす。

反応動力学研究部門

宇理須 恆 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) 放射光励起反応によるナノ構造形成技術と分子科学新領域 - Molecular nanoscience - の開拓
- b) SR光反応用分光技術の開発
- c) 埋め込み金属層基板赤外反射吸収分光法 - BMLIRRAS - の開拓と反応機構の解明
- d) STMによる放射光光反応のその場観察

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 放射光励起反応の高い空間分解能, 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する。これによって得られる新しいナノ反応場での化学反応を調べる。1999年度は, 放射光励起 Si 表面清浄化(酸化膜除去)において, 熱反応では得られない, 結晶性の良い熱平衡状態の Si 表面が得られることを発見した。
- b) 1998年度に完成した多層膜ミラー分光器や薄膜フィルターを用いて, 放射光励起反応のエネルギー依存性を調べる。今後この分野でのアンジュレータの重要性を考慮し, その利用実験の準備に着手した。
- 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 - の開発を進めている。1999年は, Si(100), Si(111) 表面の水素吸着脱離において指紋領域の良好な S/N での測定に成功し, BML-IRRAS の有用性を確実なものとした。
- d) 表面反応が不均一系であること, また, ナノ構造形成においては, 一原子レベルで反応を評価することの必要性から, STMによる放射光励起反応表面のその場観察を1997年より開始した。1999年は, 放射光励起により, Si 原子の表面拡散がエンハンスされることを発見した。また, 酸化膜の下層にも 7×7 構造が形成されることを発見し, 7×7 構造の形成に関する D. Vanderbilt の理論を実験的に証明することができた。

B-1) 学術論文

K. MASE, M. NAGASONO, S. TANAKA, T. URISU, E. IKENAGA, T. SEKITANI and K. TANAKA, "Auger electron photoion coincidence technique combined with synchrotron radiation for the study of the ion desorption mechanism in the region of resonant transitions of condensed H₂O," *J. Chem. Phys.* **108**, 6550-6553 (1998).

S. HIRANO, H. NODA, A. YOSHIGOE, S. I. GHEYAS and T. URISU, "Annealing and Synchrotron Radiation Irradiation Effects on Hydrogen Terminated Si(100) Surfaces Investigated by Infrared Reflection Absorption Spectroscopy," *Jpn. J. Appl. Phys.* **37**, 6991-6995 (1998).

Y. IMAIZUMI, H. MEKARU and T. URISU, "Quantum Yield and Carbon Contamination in Thin Film Deposition Reaction by Core Electron Excitations," *Appl. Organometallic Chem.* **13**, 195-200 (1999).

S. HIRANO, T. YOSHIGOE, M. NAGASONO, J. OOHARA, Y. NONOGAKI, Y. TAKEDA and T. URISU, "Ultra High Vacuum Reaction Apparatus for Synchrotron Radiation Stimulated Process," *J. Synchrotron Radiat.* **5**, 1363-1368 (1998).

M. NAGASONO, K. MASE, S. TANAKA and T. URISU, “State-selected ion desorption from condensed H₂O at 80 K studied by Auger electron-photoion coincidence spectroscopy,” *Chem. Phys. Lett.* **298**, 141-145 (1998).

T. MIYAMAE, H. UCHIDA, I. H. MUNRO and T. URISU, “Direct observation of synchrotron radiation stimulated desorption of thin SiO₂ films on Si(111) by scanning tunneling microscopy,” *Surf. Sci. Lett.* **437** L755-760 (1999).

T. MIYAMAE, H. UCHIDA, I. H. MUNRO and T. URISU, “Synchrotron-radiation stimulated desorption of SiO₂ thin films on Si(111) surfaces observed by scanning tunneling microscopy,” *J. Vac. Sci. Technol., A* **17**, 1733-1736 (1999).

H. MEKARU, Y. TSUSAKA, T. MIYAMAE, T. KINOSHITA, T. URISU, S. MASUI, E. TOYOTA and H. TAKENAKA, “Construction of the multilayered-mirror monochromator beam line for the study of synchrotron radiation stimulated process,” *Rev. Sci. Instrum.* **70**, 2601-2605 (1999).

T. MIYAMAE, T. URISU, H. UCHIDA and I. H. MUNRO, “Scanning tunnelling microscopy for the study of the synchrotron-radiation stimulated process; synchrotron-radiation stimulated desorption of SiO₂ films on Si(111) surface,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **38**, 249-252 (1999).

T. URISU, “Infrared reflection absorption spectroscopy of selective etching and decomposition stimulated by synchrotron radiation,” *MRS Bulletin* **24**, 46-48 (1999).

M. NAGASONO, K. MASE, S. TANAKA and T. URISU, “Study of ion desorption induced by resonant core-electron excitation of isolated NH₃ monolayer adsorbed on a Xe film using Auger electron photoion coincidence spectroscopy,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **38**, 325-327 (1999).

Y. HOMMA, P. FINNIE, T. OGINO, H. NODA and T. URISU, “Aligned island formation using step-band networks on Si(111),” *J. Appl. Phys.* **86**, 3083-3088 (1999).

S. NAGAOKA, K. MASE, M. NAGASONO, S. TANAKA, T. URISU, J. OHSHITA and U. NAGASHIMA, “Site-specific phenomena in Si:2p core-level photoionization of X₃Si(CH₂)_nSi(CH₃)₃ (X = F or Cl, n = 0–2) condensed on a Si(111) surface,” *Chem. Phys.* **249**, 15-27 (1999).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

T. URISU, H. MEKARU, T. MIYAMAE, S. HIRANO and H. NODA, “Energy and polarization control in synchrotron radiation stimulated nano-process,” *SPIE Proceedings* **373**, 340-350 (1999).

B-3) 総説、著書

平野真也、野田英之、吉越章隆、宇理須恆雄, 「埋め込み金属層基板を用いた赤外反射吸収分光法と放射光励起表面反応」, *表面科学* **20**, 875-881 (1999).

B-4) 招待講演

T. URISU, T. MIYAMAE, Y. GAO and H. UCHIDA, “Synchrotron radiation stimulated nanoproces and atom level characterization,” The 1st UK-JAPAN Internal Seminar of Application of Synchrotron Radiation to Studies of Nano-Structured Materials, Okazaki, March 26-27, 1999.

T. URISU, H. MEKARU, T. MIYAMAE, S. HIRANO and H. NODA, "Energy and polarization control in synchrotron radiation stimulated nano-process," SPIE Conference on X-ray Optics Design, Performance, and Applications, Denver (Colorado), July20-21, 1999.

T. URISU, "Synchrotron radiation stimulated surface photochemical reaction and application to nano structure fabrication," Seminar at Yonsei University ASSRC, Seoul, November 25, 1999.

B-6) 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).

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).

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-).

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-).

日本放射光学会評議員(1997-1998).

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).

日本原子力研究所研究嘱託(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」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-).

東北大学電気通信研究所外部評価委員(1998).

日本原子力研究所博士研究員研究業績評価委員(1998-1999).

学会の組織委員

第 5-12 回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).

X 線リソグラフィ及び極端紫外光リソグラフィ国際ワークショップ顧問委員(1995, 1997, 1998).

1999 International Workshop on X-ray and Extreme Ultraviolet Lithography 顧問委員

SRI97 組織委員会プログラム委員会委員(1995-1997).

SPIE's Annual International Symposium on Microlithography 論文委員(1997-1999).

レーザー学会第 19 回年次大会プログラム委員(1998-1999).

The 1st UK-JAPAN International Seminar 組織委員長(1999).

学会誌編集委員

JJAP 特集論文特別編集委員(1992-1993, 1998).

電気学会, 電子情報システム部門誌特集号編集委員(1995-1996).

B-7) 他大学での講義、客員

豊橋技術科学大学非常勤講師, 1999 年 4 月 1 日 - 12 年 3 月 31 日 .

C) 研究活動の課題と展望

放射光励起表面反応による半導体や絶縁物表面へのナノ構造形成を積極的に進める。物質をナノレベルで微細に加工することにより, 新しい物性の発現が期待されるほか, 多くの生体物質と同程度の寸法となるため, 生命科学分野への応用も期待される。実用性の高い加工技術とするためには, 表面反応の原子レベルでの評価と制御が重要である。この問題については表面反射吸収赤外分光法とSTMとを組み合わせ, single molecule での内殻励起反応の観察を行い, 特に反応の材料選択性やサイト選択性の機構を解明する。

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) 真空紫外超励起状態の分光学と動力学
- b) 原子・分子・クラスターの光イオン化過程の研究を目指した粒子同時計測法の開発
- c) レーザーと軌道放射のポンプ・プローブまたは2重共鳴分光
- d) 極端紫外域の偏極励起原子の光イオン化ダイナミクス
- e) 高分解能斜入射分光器の研究開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 軌道放射光施設に分子線光解離装置を製作し、2酸化炭素、2酸化硫黄、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た。得られた負イオン解離効率曲線や2次元光電子スペクトル等から、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。これらに基づいて自動イオン化や前期解離のダイナミクス、分子の2電子励起状態の特質などについて考察した。
- b) 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。
- c) 紫外モードロックレーザーとアンジュレータ光を組み合わせ、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可能とした。将来的には、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誘起するような光励起過程を実現するための方法論の開発を目標としている。
- d) 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すべて決定し、光電子のスピンの偏極やイオンの整列度を予測した。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。
- e) 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。主に、分子の2電子励起状態の崩壊過程並びに第3周期元素のL殻電子の励起およびイオン化に関する研究を行っていく予定である。

B-1) 学術論文

Y. HIKOSAKA, H. HATTORI and K. MITSUKE, “Spectator- and participant-like behavior of a Rydberg electron on predissociation of superexcited states of OCS;” *J. Chem. Phys.* **110**, 335-344 (1999).

G. K. JARVIS, M. EVANS, C. Y. NG and K. MITSUKE, “Rotational-resolved pulsed field ionization photoelectron study of $\text{NO}^+(X^1\Sigma^+, v^+ = 0-32)$ in the energy range of 9.24–16.80 eV;” *J. Chem. Phys.* **111**, 3058-3069 (1999).

T. MATSUO, T. KOHNO, S. MAKINO, M. MIZUTANI, T. TONUMA, A. KITAGAWA, T. MURAKAMI and H. TAWARA, “Gross Ionization Cross Sections for Rare-Gas Atoms and Simple Molecules in 6-MeV/amu Fully-Stripped Ion Impact;” *Phys. Rev. A* **60**, 3000 (1999).

B-4) 招待講演

見附孝一郎, 「放射光解離生成物の紫外レーザー分光」, PF 研究会「21 世紀へ向けての放射光原子分子科学研究」, 物質構造科学研究所, つくば, 1999 年 1 月 23 日.

見附孝一郎, 「放射光励起反応生成種のレーザーによる検出」, レーザー学会第 19 回年次大会, 名古屋国際会議場, 名古屋, 1999 年 1 月 28 日.

見附孝一郎, 「気相・表面, 放射光・レーザー 2 光子分光」, 第 6 回高輝度光源ビームライン分光光学系検討会, 東京大学物性研究所, 東京, 1999 年 2 月 22 日.

K. MITSUKE, “SR-pump and laser-probe experiments for the photofragmentation dynamics of atoms and molecules;” The 21st International Conference on the Physics of Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC XXI), Sendai, July 26 (1999).

見附孝一郎, 「SR とレーザーを併用した原子・分子分光研究」, 物理学会秋の分科会, 岩手大学, 盛岡, 1999 年 9 月 24 日.

B-6) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

原子衝突研究協会役員(1987).

原子衝突研究協会企画委員(1996-).

原子衝突研究協会委員会補充委員(1998-1999).

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, Cochair (1998-1999).

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

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み合わせ、(1)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、(2)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、の2つが挙げられる。

界面分子科学研究部門（流動研究部門）

上野 信雄（教授）*

A-1) 専門領域：有機薄膜物性、電子分光

A-2) 研究課題：

- a) 電子分光法による有機超薄膜の構造と電子状態
- b) 内殻励起による有機固体の位置選択的光化学反応

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 機能性有機超薄膜の物性 / 電子状態は分子の配列・配向に大きく依存するが、この分子配向・配列は基板表面第1分子層中の分子配向・配列に支配される。本研究の結果、シンクロトロン放射光励起による光電子角度分布の定量的解析から、清浄結晶表面の有機エピタキシャル超薄膜中の分子の3次元配向を実験的に決定できるようになった。この方法利用することによって、有機 / 無機界面における新しい電子状態の原因、秩序性の乏しい高分子薄膜表面での側鎖の配向決定することが可能になった。H-Si(111)表面電子状態の研究にも適用できることが分かった。
- b) 内殻電子を励起することにより位置を選択して化学結合切断が生じることが期待されている。本研究では、放射光の波長連続性を利用して、有機固体の特定の励起状態を選択的に励起し、励起位置と結合切断位置の相関、結合切断の素過程を研究することを目的としている。配向テフロン薄膜表面のイオン脱離の偏光依存性において、イオン脱離効率が巨視的な表面モルフォロジーにも影響されるという現象が見出された。

B-1) 学術論文

A. ABDUREYIM, S. KERA, H. SETOYAMA, R. SUZUKI, M. AOKI, S. MASUDA, K.K. OKUDAIRA, M. YAMAMOTO, N. UENO and Y. HARADA, "Penning Ionization Electron Spectroscopy on Self-Assembled Monolayers of 1-Mercapt-8-Bromooctane on Au(111)," *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **322**, 203-208 (1998).

K. K. OKUDAIRA, S. HASEGAWA, H. ISHII, K. SEKI, Y. HARADA and N. UENO, "Structure of Copper- and H₂-Phthalocyanine Thin Films on MoS₂ by Means of Angle-Resolved UPS and LEED," *J. Appl. Phys.* **85**, 6453-6461 (1999).

A. ABDUREYIM, S. KERA, H. SETOYAMA, K. K. OKUDAIRA, R. SUZUKI, S. MASUDA, N. UENO and Y. HARADA, "Observation of Outermost Surface Layer of 4-Mercaptohydrocinnamic Acid Self-Assembled Film on Au(100) by Penning Ionization Electron Spectroscopy," *Appl. Surf. Sci.* **144-155**, 430-434 (1999).

T. MIYAMAE, N. UENO, S. HASEGAWA, Y. SAITO, T. YAMAMOTO and K. SEKI, "Electronic Structure of Poly(1,10-phenanthroline-3,8-diyl) and Its K-Doped State Studied by Photoelectron Spectroscopy," *J. Chem. Phys.* **110**, 2552-2557 (1999).

Y. YAMAMOTO, H. OHARA, K. KAJIWARA, H. ISHII, N. UENO, K. SEKI and Y. OUCHI, "A Differential Thermal Analysis and Ultraviolet Photoemission Study on Surface Freezing of *n*-Alkanes," *Chem. Phys. Lett.* **304**, 231-235 (1999).

N. UENO, "Angle-Resolved UPS Studies of Organic Thin Films," *Jpn. J. Appl. Phys.* **38**, 226-232 (1999).

D. YOSHIMURA, H. ISHII, Y. OUCHI, E. ITO, T. MIYAMAE, S. HASEGAWA, N. UENO and K. SEKI, "Angle-Resolved UPS Study of Oriented Thin Film of Tetratetracontane ($n\text{-C}_{44}\text{H}_{90}$) on Cu(100) and Theoretical Simulation by IAC Approximation," *Jpn. J. Appl. Phys.* **38**, 340-343 (1999).

T. SEKITANI, E. IKENAGA, K. FUJII, K. MASE, N. UENO and K. TANAKA, "Control of Chemical Bond Scission by Using Site-Specific Photochemical Surface Reactions," *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **101-103**, 135-140 (1999).

B-4) 招待講演

上野信雄, 「放射光を利用した有機薄膜の角度分解紫外光電子分光: 有機エピタキシャル超薄膜から高分子薄膜まで」, 第12回日本放射光学会・放射光科学合同シンポジウム, つくば, 1999年1月.

B-6) 学会および社会的活動

科学研究費の研究代表者、班長等

国際学術研究「放射光の特徴を利用した有機薄膜の定量的紫外光電子分光」研究代表者(-1999).

基盤研究(B)「角度分解光電子分光法による機能性有機薄膜の分子配向・配列の定量的決定」研究代表者(-1999).

B-7) 他大学での講義、客員

千葉大学工学部, - 1999年3月.

同自然科学研究科, - 1999年3月.

C) 研究活動の課題と展望

機能性有機超薄膜の物性や表面の化学的性質は分子の配列・配向に大きく依存するがこの分子配向・配列は基板表面第1分子層中の分子配向・配列に支配される。有機薄膜の物性を解明し、制御するためにはこれらに関する正確な情報と電子構造を知ることが不可欠である。我々のグループでは、シンクロトロン放射光の直線偏光特性と、波長可変性を積極的に利用した放射光励起角度分解紫外光電子分光法を中心として、有機超薄膜中の分子配向・配列に関する定量的知見を得ると同時に、超薄膜や有機/無機界面に特徴的な電子状態を研究している。本実験法を用いて、高分子表面での側鎖の配向決定やヘテロ界面で生じる新物質創製など、準不規則系表面における化学種の同定、配向・電子状態研究も行えることが分かりつつあるので、このような従来の研究方法では研究することが困難な系についても研究する道を開拓したい。

*) 1999年4月1日千葉大学工学部教授

黒澤 宏 (教授)*)

A-1) 専門領域：レーザー工学、真空紫外光源の開発とその応用、非線形光学

A-2) 研究課題：

- a) 真空紫外光を用いた光CVDによる薄膜作成
- b) 新しい真空紫外光源の開発
- c) シンクロトロン放射光励起による半導体表面の構造変化
- d) ナノ領域非線形分光

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 誘電体バリヤ放電励起によるエキシマランプは、126 nm から 308 nm のUVからVUVの波長領域における新しい光源である。このランプを用いたCVD法で、Tetraethoxyorthosilicate ($\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$: TEOS) から酸化珪素 (SiO_2) 薄膜を室温で成長させることができる。UVSORを利用した吸収係数の測定、成膜速度の基板温度依存性及び波長依存性などを詳しく調べ、TEOSの光分解は気相中で起こっており、 SiO_2 分子の基板への衝突確率で成膜速度が制限されていることを明らかにした。さらに、 N_2O や O_2 ガスをTEOSに混ぜることで成膜速度が大幅に上昇し、さらに微細構造物上でも平坦な表面を作ることができることを明らかにした。
- b) 希ガスエキシマは真空紫外光源媒質として有望であり、電子ビーム励起によってレーザー発振が実現されている。一方、応用の立場から見れば、できるだけ希ガスハライド系と同じように放電励起で発振するものが望ましい。高気圧放電、希ガスクラスターの放電励起、誘電体バリヤ放電、キャピラリー放電などを利用して、希ガスエキシマの発光を観測し、レーザー発振の可能性を追求している。これらの中では、高気圧放電が最も有望である見通しが立っており、高効率予備放電、放電回路の最適化及び高反射率ミラーの開発などが必要であることを明らかにした。
- c) 半導体表面構造を原子レベルで観測し、放射光照射による構造変化を観測するべく、BL - 4A2ビームラインの立ち上げ、およびその場観察を可能にする走査型トンネル顕微鏡を設置、整備した。InP や GaAs などの化合物半導体における表面反応を観測対象に研究を継続していく予定である。
- d) 短パルスレーザーを励起源として高次高調波発生を行い、近接場光学顕微鏡を用いてナノ領域における非線形光学特性を調べるべく、近接場光学顕微鏡の設計を行った。さらに、光源として利用するファイバーレーザーの整備も実施した。短パルスレーザーだけでなく、シンクロトロン放射光励起の蛍光観測なども実施する予定である。

B-1) 学術論文

K. KUROSAWA, P. R. HERMAN and W. SASAKI, "Radiation Effects of Vacuum Ultraviolet Lasers on Silica Glasses," *J. Photopolymer Sci. Tech.* **11**, 367-372 (1998).

N. TAKEZOE, A. YOKOTANI, K. KUROSAWA, W. SASAKI, T. IGARASHI and H. MATSUNO, "SiO₂ Thin Film Preparation Using Dielectric Barrier Discharge-Driven Excimer Lamps," *Appl. Surf. Sci.* **138-139**, 340-343 (1999).

K. KUROSAWA, P. R. HERMAN, E. Z. KURMAEV, S. N. SHAMIN, V. R. GALAKHOV, Y. TAKIGAWA, A. YOKOTANI, A. KAMEYAMA and W. SASAKI, "X-Ray Emission Spectroscopic Studies of Silicon Precipitation in Surface Layer of SiO₂ Induced by Argon Excimer Laser Irradiation," *Appl. Surf. Sci.* **126**, 83-91 (1998).

M. OHMUKAI, Y. TAKIGAWA and K. KUROSAWA, "Polycrystalline Silicon Precipitates on SiO₂ Using an Argon Excimer Laser," *Appl. Surf. Sci.* **137**, 78-82 (1999).

H. YAMASHITA, M. KATTO, S. OHNISHI, Y. KURIOKA, Y. TAKIGAWA, K. KUROSAWA, T. YAMANAKA and J. MIYAHARA, "Response Characteristics of Imaging Plate in UV Region," *Rev. Laser Engin.* **26**, 812-815 (1998).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

Y. TAKIGAWA, T. IMOTO, T. SAKAKIBARA and K. KUROSAWA, "Thermoelectric Properties of AgBiTe₂-Ag₂Te Composite," *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.* **545**, 105-109 (1999).

K. KUROSAWA, N. TAKEZOE, H. NAYAGIDA, R. NOMURA and A. YOKOTANI, "SiO₂ Film Coatings With VUV Excimer Lamp CVD," *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.* **555**, 167-172 (1999).

A. KAMEYAMA, A. YOKOTANI and K. KUROSAWA, "Large second-order optical nonlinearity in thermally poled high purity silica glass," *Conf. Lasers and Electro-Optics* (May, 1999).

S. KUBODERA, J. KAWANAKA, A. YOKOTANI, K. KUROSAWA and W. SASAKI, "Ar excimer emission excited from clusters," *1999 Opt. Soc. of America Annual Meeting* (Sep. 1999).

A. KAMEYAMA, A. YOKOTANI and K. KUROSAWA, "Large second-order optical nonlinearity in thermally poled high purity silica glass," *1999 Opt. Soc. of America Annual Meeting* (Sep. 1999).

A. YOKOTANI, N. TAKEZOE, K. KUROSAWA and W. SASAKI, "A new scheme for silica-film coating using a dielectric barrier discharge driven excimer lamp," *1999 Opt. Soc. of America Annual Meeting* (Sep. 1999).

B-3) 総説, 著書

W. SASAKI, K. KUROSAWA, S. KUBODERA and J. KAWANAKA, "The State of the Art of Rare Gas Excimer Lasers and Lamps as a Light Source For Giga-Bit Lithography," *J. Photopolymer Sci. Tech.* **11**, 361-366 (1998).

N. TAKEZOE, A. YOKOTANI and K. KUROSAWA, "Thin Film Preparation Using Vacuum Ultraviolet Rare Gas Excimer Lamps," *Hyomen Kagaku* **20**, 402-406 (1999) (in Japanese).

黒澤 宏, 「レーザー基礎の基礎」, オプトロニクス社 (1999).

黒澤 宏、竹添法隆、柳田英明、横谷篤至, 「真空紫外光CVDによる薄膜作成」, レーザー学会研究会報告 No.RTM-99-32, 1-6 (1999).

B-6) 学会および社会的活動

学会の組織委員

第 13 回日本放射光学会年会実行委員長, 組織委員およびプログラム委員(1999-).

第 20 回レーザー学会年会プログラム副委員長および実行委員(1999-).

B-7) 他大学での講義、客員

宮崎大学工学研究科, 「光量子工学」, 1999年6月27日 - 30日.

C) 研究活動の課題と展望

光の応用・実用から見れば真空紫外領域は未開拓の分野であり, 光源の開発とそれを使った応用の両面からの研究が必要である。最近, エキシマランプが開発されるにいたって, ますます応用分野の広がりを見せている中, 半導体用絶縁膜や光学素子の反射防止・損傷防止膜を室温でやさしく形成する技術の開発を行っており, 産業界に浸透していくことは時間の問題であろう。このような状況にあって, 光反応の基礎過程を明らかにすることが研究者に課せられていると考えている。さらに, エレクトロニクスデバイスやフォトニクスデバイスに新しい現象を付加するナノ構造の作成と評価の技術確立を目指した研究の必要性が叫ばれている現在, シンクロトロン放射光やフェムト秒レーザーと自由電子レーザーなどの新しい光源を利用した新しい技術の開発を目標に研究活動を実施するつもりである。また, 近接場光学顕微鏡の出現で, ナノ領域を研究対象にすることが可能となり, 今までに培ってきた非線形光学の研究対象をナノ空間領域に適用した研究を実施したい。

*) 1999年4月1日着任

長岡伸一(助教授)*)

A-1) 専門領域：光物理化学

A-2) 研究課題：

a) 光のナイフの創成 - 内殻準位励起後のサイト選択的解離の研究

A-3) 研究活動の概略と主な成果

a) 分子全体に非局在化している価電子と異なり、内殻電子は元々属していた原子付近に局在化している。一つの分子中の同じ元素の同じ内殻の準位でも、その原子の周囲の結合などの環境によって内殻電子の励起エネルギーは変化する(例えば、 CF_3CH_3)。そこで、照射光のエネルギーを厳密に選ぶと、分子を構成する原子のうち特定のもののみを選択的に励起することが可能であると考えられる。その結果、その原子との結合だけが選択的に切れるようなサイト選択的解離反応を起こすことができる。このような発想に基づいて、放射光と同時計数法を用いて、内殻電子励起後の励起サイトに選択的な解離反応を検討し、分子中の原子の位置によって反応がどのように変化するかを研究した。

B-1) 学術論文

澤田公平、小野寺祥、榎本裕之、長岡伸一、向井和男、「スピンプローブ法を用いたポリ塩化ビニル内部における低分子添加剤の動的挙動」、*日本化学会誌* 166-176 (1999).

S. NAGAOKA, J. KUSUNOKI, T. FUJIBUCHI, S. HATAKENAKA, K. MUKAI and U. NAGASHIMA, "Nodal-Plane Model of the Excited-State Intramolecular Proton Transfer of 2-(o-Hydroxyaryl)benzazoles," *J. Photochem. Photobiol., A* 122, 151-160 (1999).

澤田公平、小野寺祥、榎本裕之、長岡伸一、向井和男、「スピンラベル法を用いたポリ塩化ビニル樹脂中におけるステアリン酸添加剤の動的挙動」、*高分子論文集* 56, 298-306 (1999).

友田英幸、北嶋弘一、仲井正徳、山本修太郎、長岡伸一、「ラッピングテープによるチタン合金研磨用加工液の開発(第2報) - 研磨特性に及ぼす硫黄の影響 - 」, *精密工学会誌* 65, 851-856 (1999).

S. NAGAOKA, K. MASE, M. NAGASONO, S. TANAKA, T. URISU, J. OHSHITA and U. NAGASHIMA, "Site-Specific Phenomena in Si:2p Core-Level Photoionization of $\text{X}_3\text{Si}(\text{CH}_2)_n\text{Si}(\text{CH}_3)_3$ (X = F or Cl, $n = 0-2$) Condensed on a Si(111) Surface," *Chem. Phys.* 249, 15-27 (1999).

B-4) 招待講演

S. NAGAOKA, M. INOUE, C. NISHIOKA, Y. NISHIOKU, K. MUKAI and U. NAGASHIMA, "Tunneling Effect in Antioxidant, Prooxidant, and Regeneration Reactions of Vitamin E," 3rd International Conference on Low Temperature Chemistry, Nagoya (Japan), July 1999.

長岡伸一、「内殻励起を用いた表面脱離の研究；分子メスへの応用をめざして」、日本物理学会秋の分科会、盛岡、1999年9月。

S. NAGAOKA, "Molecular Knife—Control of Chemical Reactions by Core Excitation," Interesting World of Physical Chemistry, Kyoto (Japan), November 1999.

S. NAGAOKA, "Investigation of Photoinduced Electron Transfer of the Model Vitamin E-Quinone System," Photoconversion and Photosynthesis: Past, Present and Future Prospects, Okazaki (Japan), November 1999.

B-6) 学会および社会的活動

学会の組織委員

第 13 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム実行委員(1999).

科学研究費の研究代表者、班長等

特定領域研究「電子励起を用いた原子分子操作」班長(1999-).

B-7) 他大学での講義、客員

愛媛大学理学部, 「磁気化学」, 1999 年 8 月 2 日 - 4 日.

愛媛大学理学部, 「分子構造論」, 1999 年 8 月 5 日 - 7 日.

広島大学放射光科学研究センター, 客員研究員, 1999 年 7 月 - .

C) 研究活動の課題と展望

今後は, UVSOR の BL2B1, BL3A2, BL8B1 ビームラインを用いて, 放射光励起による表面および気相におけるサイト選択的解離反応を研究する。また, 電子線励起の実験装置を実験室で製作している。本装置は, 内殻電子励起状態, あるいはオージェ終状態を選別して, エネルギー選別したイオンの収量を定量的の測定でき, 本研究に最も適しているとともに世界的に前例が無い装置である。

*) 1999 年 4 月 1 日着任

福井 一 俊 (助教授)*)

A-1) 専門領域：真空紫外分光光学、固体物性

A-2) 研究課題：

- a) 化合物半導体の電子構造に関する研究
- b) 放射光分光技術に関する研究

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) K 内殻吸収の吸収端近傍のスペクトル形状が価電子帯の p 状態の部分状態密度をほぼ反映することをを用い、窒化物半導体の価電子帯 p-部分状態密度を実験的に示し、かつスペクトルの入射角依存性から p-部分状態密度の異方性成分を分解する手法を提示した。また、内殻吸収の特徴であるサイト選択性を利用し、陰イオン直上と陽イオン直上での価電子帯 p-部分状態密度の相違を明らかにした。
- b) 放射光の発光点が長く、大きい被写界深度を必要とする場合の集光光学系として古くから提唱されている通称 magic mirror を初めて実用することを試み、ほぼ達成した。また、放射光用光学ミラーの性能を決めるミラーの曲率やスロープエラーを評価するための装置の開発を行っている。

B-1) 学術論文

K. FUKUI, H. NAKAGAWA, I. SHIMOYAMA, K. NAKAGAWA, H. OKAMURA, T. NANBA, M. HASUMOTO and T. KINOSHITA, "Reconstruction of BL7B for UV, VIS and IR spectroscopy with a 3 m normal incidence monochromator," *J. Synchrotron Radiat.* **5**, 836 (1998).

K. FUKUI, K. ASAKURA, K. NIIMI, I. ISHIZUE and H. NAKAGAWA, "Absorption and luminescence spectra of amorphous CdI₂ thin films," *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **101-103**, 299 (1999).

H. OKAMURA, J. NAITOH, T. NANBA, M. MATOBA, M. NISHIOKA, S. ANZAI, I. SHIMOYAMA, K. FUKUI, H. MIURA, H. NAKAGAWA, K. NAKAGAWA and T. KINOSHITA, "Optical study of the metal-nonmetal transition in Ni_{1-δ}S," *Solid State Commun.* **112**, 91 (1999).

K. FUKUI, R. HIRAI, A. YAMAMOTO, S. NAOE and S. TANAKA, "Soft X-ray Absorption Study of III-V Nitrides," *Jpn. J. Appl. Phys.* **38**, 538 (1999).

B-7) 他大学での講義、客員

東京大学物性研究所嘱託研究員, 1999年4月 - 9月.

高輝度光科学研究センター外来研究員, 1999年4月 - 2000年3月.

C) 研究活動の課題と展望

化合物半導体の光学的性質や電子構造に関する知見は、基礎物性として物質系の物性を理解するためだけでなく、応用するための重要な情報である。このような研究に対し、光学定数の決定に必要な基礎吸収端を含む広い波長範囲をカバーでき、かつまた電子構造に関し構成元素別に切り分けることを可能にする内殻電子励起を行うことが

できる放射光は極めて有用な光源である。対象とする物質系に合わせた測定系・測定法・解析法の開発も含め、放射光を利用した化合物半導体の光学的性質や電子構造に関する研究を進めていきたい。

*) 1999 年 4 月 1 日着任