

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) 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：軟X線吸収スペクトルと光電子スペクトルが同時測定できる超高真空測定装置を開発し、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。これまで、中心金属としてニッケルを含む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MLCT帯が強く観測されることを見いだした。 π -MLCT帯の解析から、 π 逆供与の大きさが半定量的に評価でき、また、異なる対称性の π 逆供与を分離して議論できることを示した。さらに、高酸化状態でのホール分布(金属上対配位子上)を2p-3d偏光吸収の強度から評価できることも示した。現在、硬X線による偏光1s内殻吸収についても研究を進めている。
- 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し、最終的に元素固有のオージェ電子のエネルギーに収束していくという奇妙な挙動を示す。その勾配は分子間相互作用の強さに依存し、孤立性が高いと勾配は-1で、相互作用が強くと勾配はゼロに近づくことがわかった。現在、こ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始めている。
- c) 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

- J. ADACHI, Y. TAKATA, N. KOSUGI, E. SHIGEMASA, A. YAGISHITA and Y. KITAJIMA**, "Kinetic energy dependence of anisotropic yields of ionic fragmentations following S 1s excitations of SO₂," *Chem. Phys. Lett.* **294**, 559 (1998).
- E. SHIGEMASA, J. ADACHI, K. SOEJIMA, N. WATANABE, A. YAGISHITA and N. A. CHEREPKOV**, "Direct determination of partial wave contributions in the σ^* shape resonance of CO molecules," *Phys. Rev. Lett.* **80**, 1622 (1998).
- T. HATSUI, Y. TAKATA and N. KOSUGI**, "Strong metal-to-ligand charge transfer bands in Ni 2p photoabsorption of K₂Ni(CN)₄·H₂O," *Chem. Phys. Lett.* **284**, 320 (1998).
- Y. TAKATA, M. NAKAMURA and N. KOSUGI**, "Resonant behavior of satellite photoelectrons in the Ni 3p and 3s region at the Ni 2p excitation of K₂Ni(CN)₄," *Chem. Phys. Lett.* **287**, 35 (1998).
- Y. TAKATA, T. HATSUI and N. KOSUGI**, "Resonant behavior in Ni 3d, 3p and 3s photoelectron spectra at the Ni 2p excitation of planar molecular complex, nickel dimethylglyoxime," *J. Electron Spectrosc.* **93**, 109 (1998).
- Y. TAKATA, T. HATSUI and N. KOSUGI**, "Ni 2p resonant photoelectron spectra of some planar nickel complexes," *J. Electron Spectrosc.* **88-91**, 235 (1998).
- T. HATSUI, Y. TAKATA, N. KOSUGI, K. YAMAMOTO, T. YOKOYAMA and T. OHTA**, "Ni 2p excitation spectra of some planar Ni complexes," *J. Electron Spectrosc.* **88-91**, 405 (1998).
- N. KOSUGI**, "Molecular inner-shell spectroscopy of planar Ni complexes," *J. Electron Spectrosc.* **92**, 151 (1998).
- S. HOSOKAWA, Y. HARI, T. KOUCHI, I. ONO, H. SATO, M. TANIGUCHI, A. HIRAYA, Y. TAKATA, N. KOSUGI and M. WATANABE**, "Electronic structures and local atomic configurations in amorphous GeSe and GeTe," *J. Phys. Condens. Matter* **10**, 1931 (1997).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

- T. KINOSHITA, Y. TAKATA, T. MATSUKAWA, H. ARITANI, S. MATSUO, T. YAMAMOTO, M. TAKAHASHI, H. YOSHIDA, T. YOSHIDA, Y. UFUKTEPE, K. G. NATH, S. KIMURA and Y. KITAJIMA**, "Performance of the YB₆₆ soft X-ray monochromator crystal at the wiggler beamline of the UVSOR facility," *J. Synchrotron Rad.* **5**, 726 (1998).
- M. KAMADA, H. HAMA, T. KINOSHITA and N. KOSUGI**, "Present status of the UVSOR facility — 1997," *J. Synchrotron Rad.* **5**, 1166 (1998).

B-4) 招待講演

- N. KOSUGI**, "Polarization Dependence of Gas- and Solid-phase Molecular Inner-shell Spectra," Uppsala University, Sweden, August 8th, 1998.
- N. KOSUGI**, "Polarized NEXAFS Spectra of Free Molecules and Molecular Crystals," Linköping University, Sweden, August 8th, 1998.
- N. KOSUGI**, "Molecular Inner-shell Spectroscopy of Transition Metal Complexes," Groningen University, The Netherlands, September 1st, 1998.
- N. KOSUGI**, "Molecular Inner-shell Spectroscopy of Simple Molecules and Transition Metal Compounds," LURE, France, September 4th, 1998.

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

日本放射光学会評議員(1994-1995, 1998-).

日本放射光学会庶務幹事(1994).

日本分光学会東海支部幹事(1993-1997).

学会の組織委員

第7回X線吸収微細構造国際会議プログラム委員, 実行委員(1992).

第11回X線吸収微細構造国際会議組織委員, プログラム委員(1998-).

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-).

光イオン化国際ワークショップ '97 プログラム委員(1996-1997).

第12回真空紫外光物理国際会議プログラム委員(1997-1998).

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(1997-1998).

文部省, 学振等の委員会委員

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研究センター顧問(1996-).

日本学術振興会特別研究員等審査会専門委員(1997-).

B-7) 他大学での講義等

名古屋大学理学研究科物質理学専攻, 「X線分光学の基礎と応用」, 1998年12月8 - 9日.

C) 研究活動の課題と展望

これまで内殻励起分子ではフェムト秒の時間スケールで種々の脱励起過程が起きるために寿命幅が大きく, ほとんどの研究者は分子振動を研究することを諦めていたが, 小さな孤立分子に限れば分解能を上げれば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もできる。また, 固体ではバンドを形成しているので, 分解能を上げてても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、所外の大規模施設での高輝度な光源の利用が必須となる。そのため、現在、国内外の施設との協力体制を築いているところである。

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

- a-1) フェムト秒時間分解蛍光分光を用いて、7-アザインドール二量体の光プロトン移動反応を研究した。プロトン移動の前駆体である二量体励起状態からの蛍光を観測することに成功し、さらに蛍光偏光異方性の測定により光励起直後の電子状態の緩和過程を明らかにした。これらにより代表的な光プロトン移動反応であるこの反応のダイナミクスの全貌が明らかになった。レチナールの研究にはじまる一連のフェムト秒時間分解蛍光分光による研究過程から、フェムト秒領域では S_1 状態からの蛍光のみならず、高い電子励起状態(S_n 状態)からの蛍光も一般的に観測されるとの理解にいたった。この理解にもとづき、ポリアセンに対するフェムト秒蛍光測定を行い、 S_n 、 S_1 状態両方からの蛍光をそれぞれ時間分解測定することに成功した。また、東京大学のグループと共同でピフェニル-四塩化炭素系について、二体反応におけるフェムト秒領域の拡散過程について研究した。
- a-2) フェムト秒時間吸収分光を用いて、水溶性ポルフィリンCu(II)(TMpy-P4)の光励起後の緩和過程を研究した。単一波長に対する測定ではなく、多波長におけるマルチチャンネル測定を、レーザー強度依存性を注意深く調べつつ行うことにより、信頼性のあるフェムト秒～ピコ秒領域の時間分解吸収スペクトルをはじめ測定することに成功した。
- b) ピコ秒時間分解ラマン分光により、レチナールの光異性化反応の研究を行った。従来考えられていたのとは異なり、シス体からトランス体への異性化機構が回転する二重結合の位置に大きく依存し、特に13-シス体では電子励起一重項状態で異性化が進行していることを初めて明らかにした。これによりレチナール分子のシス-トランス光異性化反応機構の全体像が明らかになった。また、アゾベンゼンの光異性化反応を研究し、寿命数ピコ秒の電子励起状態のラマンスペクトルを測定することに成功した。
- c) 光パラメトリック増幅(OPA)および差周波発生を用いて、フェムト秒赤外光を発生させる装置を製作した。また、前年度放射光施設(UVSOR)において製作した、ピコ秒レーザーと放射光の同期にもとづく時間分解測定システムを用いて、有機固体試料について時間分解遠赤外スペクトルの測定を試みた。

B-1) 学術論文

S. TAKEUCHI and T. TAHARA, "Femtosecond Ultraviolet-Visible Fluorescence Study of the Excited-State Proton-Transfer Reaction of 7-Azaindole Dimer," *J. Phys. Chem. A* **102**, 7740-7753 (1998).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

T. TAHARA and A. SHIMOJIMA, "Picosecond Time-resolved Resonance Raman Study on Photoisomerization of Retinal," *Proceedings of XVth International Conference on Raman Spectroscopy* 132-133 (1998).

B-3) 総説、著書

田原太平, 「ピコ秒, フェムト秒コヒーレントラマン分光の新しい手法」, ラマン分光法, 尾崎幸洋編, 263-279 (1998).

田原太平, 「超高速振動コヒーレント分光」, 分光研究 **47**, 37-50 (1998).

B-4) 招待講演

T. TAHARA and A. SHIMOJIMA, "Picosecond Time-resolved Resonance Raman Study on Photoisomerization of Retinal," XVth International Conference on Raman Spectroscopy, Cape Town (South Africa), September 1998.

田原太平, 「フェムト秒領域の振動分光と蛍光分光: コヒーレンス・緩和・光化学」, 近畿物理化学セミナー, 京都大学, 京都, 1998年9月.

田原太平, 「僕らが最近やったこと・わかったこと」, 東京大学, 東京, 1998年10月.

田原太平, 「時間分解分光の今とこれから」, 分子科学研究所研究会「2010年の分子科学を語る」, 分子科学研究所, 岡崎, 1998年10月.

T. TAHARA, "Ultrafast Dynamics Studied by Femtosecond Raman and Fluorescence Spectroscopy," Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania (U.S.A.), November 1998.

田原太平, 「時間分解ラマン分光: ピコ秒領域の分子の変化を追う」, 早稲田大学, 東京, 1998年11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-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おく。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。このことを念頭におき, 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さらに研究をすすめるため, 測定の時間分解能と分光のエネルギー領域の拡張を行う。これらの研究を行う過程で, 既存の方法の単なる改良にとどまらず新しい分光手法の開発を行うことをめざしている。

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の開拓
- b) SR 光反応用分光技術の開発
- c) 高感度 FTIR 技術の開拓と反応機構の解明
- d) 電子イオンコインシデンス法による光刺激脱離種の検出と反応素過程
- e) 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し，人工原子，分子の製作とその性質の解明をめざす。1998 年は InP 基板上の SiO₂ 薄膜のエッチング特性の測定，量子ドット配列制御のためのパタン形成実験などを進めた。また，Al 量子ドット製作のための準備として，Al 内殻電子の共鳴励起によるジメチルアルミニウムハイドライド低温凝集層を用いた Al 膜堆積を行った。
- b) 多層膜ミラー分光器ビームラインを完成し，特性評価の一環として，出力光による Ta 薄膜の光電子分光を行い，単色性，強度などが，ほぼ設計どおりであることを確認した。さらに，この単色光を用い，ジメチルアルミニウムハイドライドによる Al 薄膜堆積を行った。膜中の C 組成に励起エネルギー依存性があることを見いだした。
- 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を開発を進めている。Si(100)BML 基板については，すでに応用実験として，Si(100)表面の水素の熱および放射光照射反応を調べ，放射光照射により SiH₂ がエッチングされることを見いだした。さらに Si(111) の BML 基板の開発に着手した。
- d) 表面研究用の電子 - イオン・コインシデンス分光装置の改良と整備を進め，シグナル/バックグラウンド比や操作性を大幅に改善した。オージェ電子 - 光イオン・コインシデンス分光法を用いて表面分子の内殻電子励起に由来するイオン脱離機構を研究し，ノーマルオージェ刺激イオン脱離機構，超高速イオン脱離機構，スペクテーターオージェ刺激イオン脱離機構など多種のイオン脱離機構を確認した。光電子 - 光イオン・コインシデンス分光法を用いて表面分子の内殻電子励起に由来するサイト選択的イオン脱離を研究し，サイト選択性がオージェ刺激イオン脱離機構に由来すること，サイト間距離が 5Å 離れると明瞭なサイト選択性が観測されること，などを見出した。
- e) 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 による反応表面のその場観察を 1997 年より開始した。1998 年は，Si(111) 上 SiO₂ の放射光脱離後の原子像観察に始めて成功した。熱脱離反応の場合，表面にポイドと呼ばれる凹凸が発生するのにたいし，放射光脱離の場合，原子レベルで平坦な 7 × 7 構造が得られることがわかった。脱離機構を解析した。

B-1) 学術論文

A. YOSHIGOE, S. HIRANO and T. URISU, "Surface Hydrogen and Growth Mechanisms of Synchrotron Radiation-Assisted Silicon Gas Source Molecular Beam Epitaxy Using Disilane," *Applied Organometallic Chemistry* **12**, 253-256. (1998).

S. GHEYAS, T. URISU, S. HIRANO, H. WATANABE, S. IWATA, M. AOYAGI, M. NISHIO and H. OGAWA, "Chemisorption of Deuterium on an Ultrathin Ge Film Deposited Over Si(100)-2×1: Existence of a Dideuteride Phase," *Phys. Rev. B* **58**, 9949-9954 (1998).

H. MEKARU, T. URISU, Y. TSUSAKA, S. MASUI, E. TOYOTA and H. TAKENAKA, "Design and Performance of a Multilayered Mirror Monochromator in the Low Energy Region of the VUV" *Journal of Synchrotron Radiation* **5**, 714 (1998).

S. NAGAOKA, K. MASE, M. NAGASONO, S. TANAKA, T. URISU and J. OHSHITA, "Site-Specific Fragmentation Following Si:2p Core-level Photoionization of F₃SiCH₂CH₂Si(CH₃)₃ condensed on Au surface," *J. Chem. Phys.* **107**, 10751-10755 (1997).

K. MASE, M. NAGASONO, S. TANAKA, T. URISU, E. IKENAGA, T. SEKITANI and K. TANAKA, "Study of Ion Desorption Induced by a Resonant Core-level Excitation of Condensed H₂O by Using Auger Electron Photoion Coincidence (AEPICO) Spectroscopy Combined with Synchrotron Radiation," *Surface Sci.* **390**, 97-101 (1997).

M. NAGASONO, K. MASE, S. TANAKA and T. URISU, "Study of Ion Desorption Induced by a Resonant Core-level Excitation of Condensed NH₃ using Auger Electron Photoion Coincidence (AEPICO) Spectroscopy Combined with Synchrotron Radiation," *Surface Sci.* **390**, 102-106 (1997).

T. SEKITANI, E. IKENAGA, K. TANAKA, K. MASE, M. NAGASONO, S. TANAKA and T. URISU, "Auger-electron — Ion Coincidence Study of Photon Stimulated ion Desorption for Condensed Acetonitrile," *Surface Sci.* **390**, 107-111 (1997).

T. SEKITANI, E. IKENAGA, H. MATSUO, S. TANAKA, K. MASE and K. TANAKA, "Photon stimulated ion desorption of condensed acetonitrile molecules induced by core excitation," *J. Electron Spectros. Relat. Phenom.* **88-91**, 831-836 (1998).

S. TANAKA, K. MASE, M. NAGASONO and M. KAMADA, "Desorption of the H ions From Water Chemisorbed on Si(100) by the O-1s Excitation-Augger-Electron Photoion Coincidence Study," *Surface Sci.* **390**, 204-208 (1997).

T. MIYAMAE, D. YOSHIMURA, H. ISHII, Y. OUCHI, T. MIYAZAKI, T. KOIDE, T. YAMAMOTO, Y. MURAMATSU, H. ETORI, T. MARUYAMA and K. SEKI, "Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy of n-type Conducting Polymers," *Synthetic Metals* **84**, 2227 (1997).

T. MIYAMAE, M. AOKI, H. ETORI, Y. MURAMATSU, Y. SAITO, T. YAMAMOTO, Y. SAKURAI, K. SEKI and N. UENO, "Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy of Poly(anthraquinone)s and Poly(1,10-phenanthroline-3,8-diyl); Their Electronic Structure and K-doped States," *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena* **88-91**, 905 (1998).

H. NODA, H. NAGAI, M. SHIMAKURA, M. HIRAMATSU and M. NAWATA, "Synthesis of Diamond Using a Low Pressure, Radio Frequency, Inductively Coupled Plasma," *J. of Vac. Sci. & Tech. A* **16**, 3170-3174 (1998).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

T. URISU, "Synchrotron Radiation Process and in-situ observation technique: infrared reflection absorption spectroscopy," *Proceedings of SPIE* 3331 (1998).

B-3) 総説、著書

銘苅春隆、宮前孝行、宇理須恆雄、「放射光励起プロセス研究用多層膜ミラービームライン」、電気学会研究会資料、光・デバイス研究会、OQD-98-1 ~ 6, 17-21 (1998).

宇理須恆雄、「放射光励起プロセスの現状と将来展望」、レーザー研究 26(6) (1998).

S. NAGAOKA, K. MASE and I. KOYANO, "Fragmentation following core-level photoexcitation of organosilicon molecules in the vapor phase and on the solid surface," *Trends in Chemical Physics* 6, 1-30 (1997).

間瀬一彦、永園 充、田中慎一郎、長岡伸一、「電子 - イオン・コインシデンス分光法を用いた表面分子の内殻電子励起に由来するイオン脱離の研究」、放射光 10, 375-391 (1997).

B-4) 招待講演

宇理須恆雄、「放射光励起半導体プロセスと凝集系内殻電子励起反応」、第7回超小型放射光シンポジウム、名古屋、1997年6月5日。

宇理須恆雄、「放射光による21世紀の技術革新」、シンクロトロン光応用研究会第3回新素材応用部会、福岡、1997年9月22日。

宇理須恆雄、「夢の光放射光の表面科学反応と半導体プロセス」、名城大学理工談話会、名古屋、1997年11月8日。

宇理須恆雄、「放射光励起プロセスと反応機構」、SPring8 利用推進協議会、放射光による電子励起新物質創製研究会、大阪、1998年7月24日。

宇理須恆雄、「放射光による物質創製とナノ加工」、第18回放射光産業利用技術懇談会、大阪、1998年9月11日。

宇理須恆雄、「放射光による新物質創製とナノ加工」、第2回VBLシンポジウム、名古屋、1998年10月26日。

T. URISU, "Synchrotron Radiation Stimulated Process and Reaction Mechanisms," Emory Univ. Freiday Seminar, Atlanta, February 19, 1998.

T. URISU, "Synchrotron Radiation Nanoprocess and in-situ Monitoring," Rochester Univ. Seminar, Rochester, February 23, 1998.

K. MASE, "Ion Desorption Induced by Core-Electron Excitations of Surface," The first Harima Conference-Frontiers in Surface Science, 播磨科学公園都市, 1998年12月。

間瀬一彦、「内殻電子励起によるイオン脱離」、平成10年度科研費基盤研究(C)企画調査第2回研究会、箱根、1998年11月。

間瀬一彦、「電子 - イオン・コインシデンス研究の現状と将来」、広島大学第3回光化学セミナー、西条、1998年11月。

K. MASE, "Mechanism of Ion Desorption Induced by Core-electron Excitations of Surface Molecules Studied by Electron Ion Coincidence Spectroscopy," The second International Conference on Synchrotron Radiation in Materials Science (SRMS-2), Kobe, October 31-November 3, 1998.

K. MASE, "Mechanism of Ion Desorption Induced by Core-electron Excitations of Condensed Molecules and Adsorbates Studied by Electron-Ion Coincidence Spectroscopy," The Twelfth International Conference on Vacuum Ultraviolet Radiation Physics (VUV-XII), San Francisco, August 3-7, 1998.

間瀬一彦、永園 充、田中慎一郎、宇理須恆雄、「表面に吸着した水の電子励起に由来する脱離」、日本真空協会6月例会、東京、1998年6月。

間瀬一彦、田中慎一郎、永園 充、「電子 - イオン・コインシデンス分光法を用いた内殻電子励起に由来するイオン脱離機構の研究」, 習志野市, 1998 年 4 月 .

間瀬一彦、「電子 - イオン・コインシデンス分光法による内殻電子励起に由来するイオン脱離機構の研究」, 日本化学会中国四国支部愛媛地区化学講演会, 松山, 1997 年 12 月 .

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).

日本放射光学会評議員(1997-).

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(1997.11.18-20).

日本原子力研究所, 研究嘱託(1998.4-1999.3).

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(1998-1999).

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).

1995 年 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 年 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(1997).

1998 年 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(1998).

SRI97 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).

レーザー学会第 19 回年次大会プログラム委員(1998-1999).

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).

B-7) 他大学での講義、客員

宇理須恆雄, 名古屋大学大学院工学研究科, 「夢の光放射光と半導体 - 放射光励起半導体プロセス, 表面反応モニター, 反応基礎課程 - 」, 1997年5月28日.

宇理須恆雄, 東京理科大学, 「放射光励起プロセスとナノ加工」, 1997年12月16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。また, 内殻電子励起については励起後のオーグメント緩和の素過程について不明の点が多いので, この問題について電子 - イオンコインシデンス法により調べる。

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) 粒子同時計測法の開発とそれをを用いた原子・分子・クラスターの光イオン化過程の研究
- 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) 偏極励起原子の光イオン化ダイナミックス

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ックス、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ックス、イオンの前期解離ダイナミッ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となった。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へイオン化させる(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。究極的には、希ガス偏極原子の光イオン化に関する「量子力学的完全実験」を目指している。

B-1) 学術論文

E. V. SAVCHENKO, T. HIRAYAMA, A. HAYAMA, T. KOIKE, T. KUNINOBU, I. ARAKAWA, K. MITSUKE and M. SAKURAI, "Long life-time emission of the excited species ejected from the surface of solid Ne," *Surf. Sci.* **390**, 261-265 (1997).

T. HIRAYAMA, A. HAYAMA, T. KOIKE, T. KUNINOBU, I. ARAKAWA, K. MITSUKE, M. SAKURAI and E. V. SAVCHENKO, "Absolute desorption yields of metastable atoms from the surface of solid rare gases induced by exciton creation," *Surf. Sci.* **390**, 266-271 (1997).

H. YOSHIDA and K. MITSUKE, "Design of an 18 m spherical-grating monochromator at UVSOR," *J. Synchrotron Rad.* **5**, 774-776 (1998).

M. MIZUTANI, H. NIIKURA, A. HIRAYA and K. MITSUKE, "Laser-induced fluorescence excitation spectroscopy of N_2^+ produced by VUV photoionization of N_2 and N_2O ," *J. Synchrotron Rad.* **5**, 1069-1071 (1998).

K. MITSUKE, M. MIZUTANI, H. NIIKURA and K. IWASAKI, "Pump-probe spectroscopy of N_2 and N_2O by using a laser-synchrotron radiation combination technique," *Rev. Laser Engin.* **26**, 458-462 (1998).

B-4) 招待講演

見附孝一郎, 「真空紫外・軟 X 線放射光によるイオン化と超励起」, 分子科学研究所研究会「2010 年の分子科学を語る」, 分子科学研究所, 岡崎, 1998 年 10 月.

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-).

学会等の組織委員

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-).

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-).

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

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

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。この方法を用い，有機エピタキシャル薄膜などの高秩序有機薄膜の分子配向に加え，秩序性の乏しい高分子薄膜表面での側鎖の配向も決定することが可能になった。
- 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。種々の高分子薄膜表面において， $1s-\sigma^*$ 励起により顕著な位置選択的結合切断が生じ，2次電子効果などの固体に特徴的な影響に打ち勝って，位置選択的反応が実現できることが見出された。

B-1) 学術論文

Y. AZUMA, T. HASEBE, T. MIYAMAE, K. K. OKUDAIRA, Y. HARADA, K. SEKI, E. MORIKAWA, V. SAILE and N. UENO, "Angle-Resolved UV Photoelectron Spectra (UPS) of Thin Films of Perylene-3,4,9,10-Tetracarboxylic Dianhydride on MoS_2 ," *J. Synchrotron Radiation* **5**, 1044-1046 (1998).

Y. AZUMA, M. TSUTSUI, S. KERA, M. AOKI, T. MIYAMAE, K. OKUDAIRA, Y. HARADA and N. UENO, "Temperature Dependence of Photoelectron Angular Distribution from Thin Films of Chloroaluminum Phthalocyanine on MoS_2 ," *J. Synchrotron Radiation* **5**, 1047-1049 (1998).

K. K. OKUDAIRA, E. MORIKAWA, S. HASEGAWA, P. T. SPRUNGER, V. SAILE, K. SEKI, Y. HARADA and N. UENO, "Radiation Damage of Poly(Methylmethacrylate) Thin Films Analyzed by UPS," *J. Electron Spectr. & Related Phenom.* **88-91**, 913-917 (1998).

S. KERA, A. ABDUAINI, M. AOKI, K. OKUDAIRA, N. UENO, Y. HARADA, Y. SHIROTA and T. TSUZUKI, "Penning Ionization Electron Spectroscopy of Titanyl Phthalocyanine Ultrathin Films : Electronic State and Molecular Orientation," *J. Electron Spectr. & Related Phenom.* **88-91**, 885-890 (1998).

A. ABDUAINI, S. KERA, M. AOKI, K. OKUDAIRA, N. UENO and Y. HARADA, "Characterization of Self-Assembled Monolayer of Thiophenol on Gold by Penning Ionization Electron Spectroscopy," *J. Electron Spectr. & Related Phenom.* **88-91**, 849-854 (1998).

H. OZAKI, M. KASUGA, S. KERA, M.AOKI, H.TSUKADA, R.SUZUKI, N. UENO, Y. HARADA and S. MASUDA, "Penning Ionization Electron Spectroscopy of atomic Tape : Extrathin Superstructure Constructed by Intramonolayer Hydrogen Bonds on A Solid Surface," *J. Electron Spectr. & Related Phenom.* **88-91**, 933-938 (1998).

Y. AZUMA, T. YOKOTA, S. KERA, M. AOKI, K. OKUDAIRA, Y. HARADA and N. UENO, "High-Resolution Electron Energy Loss Spectroscopy of Chloroaluminum Phthalocyanine Ultra Thin Films," *J. Electron Spectr. & Related Phenom.* **88-91**, 881-884 (1998).

D. YOSHIMURA, H. ISHII, Y. OUCHI, E. ITO, T. MIYAMAE, S. HASEGAWA, N. UENO and K. SEKI, "Angle-Resolved UPS Study and Simulation with IAC Approximation For Oriented Monolayer of Tetratetracontane (N-C₄₄H₉₀) on Cu (100)," *J. Electron Spectr. & Related Phenom.* **88-91**, 875-880 (1998).

S. HASEGAWA, T. MIYAMAE, K. YAKUSHI, H. INOKUCHI, K. SEKI and N. UENO, "Comparison Between Calculated and Measured Photoemission Spectra of C₆₀ Thin Films," *J. Electron Spectr. & Related Phenom.* **88-91**, 891-896 (1998).

T. MIYAMAE, M. AOKI, H. ETORI, Y. MURAMATSU, Y. SAITO, T. YAMAMOTO, Y. SAKURAI, K. SEKI and N. UENO, "Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy of Poly(Anthraquinone)S and Poly(1,10-Phenanthroline-3,8-Diyl); Their Electronic Structure and K-Doped States," *J. Electron Spectr. & Related Phenom.* **88-91**, 905-912 (1998).

K. FUJII, T. SEKITANI, K. TANAKA, S. YAMAMOTO, K. K. OKUDAIRA, Y. HARADA and N. UENO, "Photon Stimulated Ion Desorption of Deuterated Polystyrene Thin Films Induced by Core Excitation," *J. Electron Spectr. & Related Phenom.* **88-91**, 837-842 (1998).

K. K. OKUDAIRA, S. HASEGAWA, P. T. SPRUNGER, E.MORIKAWA, V. SAILE, K. SEKI, Y. HARADA and N. UENO, "Photoemission Study of Pristine and Photodegraded Poly(Methyl Methacrylate)," *J. Appl. Phys.* **83**(8), 4292-4298 (1998).

S. HASEGAWA, T. MIYAMAE, K. YAKUSHI, H. INOKUCHI, K. SEKI and N. UENO, "Origin of Photoemission Intensity Oscillation of C₆₀," *Phys. Rev. B* **58**(8), 4927-4933 (1998).

N. UENO, Y. AZUMA, M. TSUTSUI, K. K. OKUDAIRA and Y. HARADA, "Thickness Dependent Orientation of Pendant Phenyl Group at The Surface of Polystyrene Thin Films," *Jpn. J. Appl. Phys.* **37**(9A), 4979-4982 (1998).

B-3) 総説、著書

上野信雄, 「有機超薄膜の成長と分子配向を見てみよう - 種々の電子分光法による研究紹介 ; 有機半導体から高分子まで - 」, *表面* **36**(6), 321-334 (1998).

上野信雄, 「複雑系の放射光励起角度分解 UPS - 有機エピタキシャル薄膜から高分子薄膜まで - 」, *M&BE* **9**(3), 118-123 (1998).

S. MASUDA, N. UENO and J. J. PIREAUX, "Proceeding of The Seventh International Conference on Electron Spectroscopy," Elsevier Science; Amsterdam, total pages=1064 (1998).

B-4) 招待講演

上野信雄, 「高分子の内殻電子励起による局所結合切断 - 分子メスの可能性を探る - 」, 第 122 回 ST スクエアー (ハードフォトン利用技術の展開), つくば, 1998 年 4 月 .

上野信雄, 「放射光による複雑系の光電子分光分析」, SPring-8 利用促進協議会研究会, 東京, 1998 年 7 月 .

上野信雄,「複雑系の放射光励起角度分解UPS - 有機エピタキシャル薄膜から高分子薄膜まで - 」, 応用物理学会 M&BE 研究会, 東京, 1998 年 9 月 .

上野信雄,「放射光を利用した紫外光電子分光 (UPS) による複雑系の表面構造分析」, 先端技術国際シンポジウム, 千葉, 1998 年 9 月 .

N. UENO, "Angle-Resolved UPS Studies of Organic Ultrathin Films," SRMS-2, Kobe, October 1998.

N. UENO, "Low-Energy Electron Transmission Through Functional Organic Thin Films," The Workshop on Electron Transmission through Molecules and Molecular Interfaces, Maagan (Israel), December 1998.

B-6) 学会および社会的活動

第 7 回電子分光国際会議プロシーディング編集委員(1997-1998).

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(1997-1998).

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(1996-1998).

B-7) 他大学での講義、客員

千葉大学工学部, 1998 年 4 月 - 7 月 .

同自然科学研究科, 1998 年 9 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。本研究では、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により、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する。また本実験法を用いて、高分子表面での側鎖の配向決定など、準不規則系表面における化学種の配向研究も行えるので、このような系について研究する道を開拓したい。

櫻井 誠 (助教授)

A-1) 専門領域：表面物理学、原子物理学

A-2) 研究課題：

- a) 低温分子吸着表面の構造解析および振動分光
- b) 多価イオンと表面の相互作用に関する研究

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 低速電子線回折 (LEED) の動力学的解析により、低温の固体表面上に吸着した分子が形成する結晶構造を精密に解析する手法を開発した。実験的には、冷却 CCD を用いて微弱な電子電流で LEED 観測ができるシステムを完成させ、表面上に 2 次元凝縮した Xe 単分子層を対象に、LEED による構造解析を適用した。これと並行して赤外反射吸収分光法 (IRAS) と高分解能電子エネルギー損失分光法 (HREELS) の 2 種類の測定をその場で行える実験装置を製作した。
- b) 本課題では、電子ビーム型イオン源 (EBIS) で生成される多価イオンを固体表面に照射したときの、放出される 2 次粒子や放射を観測するとともに照射後の表面構造の変化を STM・AFM などでも観察し、多価イオンがもつ大きな内部エネルギーが固体表面で解放される際の諸過程を探究する。今年度は、イオン源で生成し得るイオン主の範囲を広げる目的で、イオン化したい物質 (主に金属) のプローブを僅かに電子ビームに接触させ、蒸発させることによって種イオンを供給する手法について、必要な装置の製作、および動作テストを行い、最終的にトリウムを超多価イオンを生成することに成功した。(電気通信大学との共同研究)

B-1) 学術論文

N. NAKAMURA, J. ASADA, F.J. CURRELL, T. FUKAMI, T. HIRAYAMA, D. KATO, K. MOTOHASHI, E. NOJIKAWA, S. OHTANI, K. OKAZAKI, M. SAKURAI, H. SHIMIZU, N. TADA, S. TSURUBUCHI and H. WATANABE, "The present status of the Tokyo electron beam ion trap," *Rev. Sci. Instrum.* **69**, 694-696 (1998).
M. SAKURAI, H. OKAMURA, M. WATANABE, T. NANBA, S. KIMURA and M. KAMADA, "Upgraded Infrared Beamline at UVSOR," *J. Synchrotron Rad.* **5**, 578-580 (1998).

B-6) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

日本真空協会規格標準部会第 3 小委員会委員

科学研究費の研究代表者

基盤研究 (B) 一般 代表者(1996-1998).

基盤研究 (B) 展開研究 代表者(1998-2000).

B-7) 他大学での講義

神戸大学理学部, 「原子分子物理学」, 1998 年 4 月 10 日 - 9 月 30 日.

C) 研究活動の課題と展望

低温の表面上に物理吸着あるいは凝縮した分子層（凝縮分子相）は、電子と分子の弾性、非弾性散乱過程を詳細に研究するうえで、気相と化学吸着相の間の中間的状態という意味で、興味深い対象である。この中間的状態の特徴は共鳴散乱において顕著にみられる。また、凝縮分子相では特定の条件下で2次元凝縮相を示す場合が少なくない。2次元凝縮相自体の物性も興味深い研究対象であるが、この系は規則正しく配向した分子を標的とした電子-分子散乱実験を可能にする。電子-分子散乱過程を凝縮分子相という新しい対象について研究すること、吸着分子と基盤表面との間に働く弱い力が、吸着相の構造や振動スペクトルにどのように現れるかを低速電子線回折およびエネルギー損失分光法により明らかにすることが当面の課題の一つである。

松本益明(助手)

A-1) 専門領域：表面物理

A-2) 研究課題：

- a) 低温金属表面上に吸着した気体の振動分光と電子回折
- b) 低温金属表面の走査トンネル顕微鏡観察

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 一酸化窒素(NO)の分子は、自動車の排気ガスの主成分であるNO_xとの関連や、非常に広く研究されている一酸化炭素(CO)との類似点、相違点の比較などの面から研究がなされてきた。特に白金はNO_x触媒の主成分として広く用いられているため多くの研究がなされてきたが、白金表面上のNOの吸着構造についてはこれまでの研究結果に矛盾があり、未だに決定されたとはいえない。我々は現在、低温においてPt(111)表面上にNO分子を吸着させたときの吸着構造について、振動分光法や低速電子回折法(LEED)を用いて研究を行っている。反射吸収赤外分光法(RAIRS)を用いて、NOの吸着量を変えながらN-O間の伸縮振動数を測定し、同時にLEEDパターンを測定することにより、同じ表面周期構造を持ち、異なる伸縮振動数を持つ2種類の吸着分子が存在していることがわかった。さらにNOの同位体を用いることにより、これまで考えられてきたような、吸着位置が変化するというモデルでは説明のつかない現象が存在することがわかった。
- b) Pt(111)表面上のNOの吸着構造を走査トンネル顕微鏡(STM)を用いて始めて観察した。低温(10 Kと70 K)において吸着量を変化させたときのSTM像の変化および低温(70 K)において吸着した後、高温(100-200 K)に加熱した場合のSTM像の変化を測定し、NO分子による2×2構造の形成とその成長の様子、高被覆率における3次元島状構造の形成、加熱による広範囲の秩序構造の形成を観察した。これらのSTM像と過去において測定された振動分光において観測された2種類のN-O伸縮振動を有するNO分子の吸着位置の同定をおこない、これまで提唱されてきたモデルとは全く異なるモデルを提案した。

B-1) 学術論文

M. MATSUMOTO, N. TATSUMI, K. FUKUTANI and T. OKANO, "Low Energy Electron Diffraction Measurement of NO/Pt(111)," *J. Vac. Soc. Jpn.* **41**, 400 (1998).

K. FUKUTANI, T. T. MAGKOEV, Y. MURATA, M. MATSUMOTO, T. KAWAUCHI, T. MAGOME, Y. TEZUKA and S. SHIN, "Electronic structure of a Pt(111)-Ge surface alloy and adsorbed CO," *J. Electr. Spectrosc. Relat. Phenom.* **88-91**, 597-601 (1998).

B-7) 他大学での客員

東京大学生産技術研究所, 協力研究員, 1997年4月1日 - .

C) 研究活動の課題と展望

現在までは、主に、低温表面上の一酸化窒素分子の吸着構造について、振動分光法、走査トンネル顕微鏡法、低速電子回折法等を用いて研究を行い、これまでに考えられていたものとはまったく異なる構造が存在することを発見した。しかしながら、現在考えているモデルには、まだ一部実験事実をうまく説明できない点が存在しており、その解明に向かってさらに研究を進めているところである。さらに、他の遷移金属の表面においても、同様の構造が存在する可能性があり、今後これについても上記の手法を用いて構造解析を行うことにより、これまで未解決であった点の解明が可能となると考えている。また、これと平行して、光や電子と表面分子の反応についても研究を行うことによって、金属表面における窒素酸化物の反応機構の詳細な知識を得られることが期待され、さらにこれらの知識を元にして自動車などの排気ガスの触媒作用に関しても、これまでより詳細な知見が得られることも期待できる。