

3-3 分子構造研究系

分子構造学第一研究部門

岡 本 裕 巳（教授）（2000 年 11 月 1 日着任）

A-1) 専門領域：分子分光学、物理化学

A-2) 研究課題：

- a) 先端的な近接場分光法の開発
- b) メソスコピックな構造を持つ分子集合体の構造とダイナミクスの観測
- c) 金属微粒子の素励起波動関数のイメージングと微粒子内ダイナミクス
- d) 金属微粒子及びその凝集体、配列体における電場増強効果

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 分子・分子集合体におけるナノ構造の観察と、特徴的な光学的性質、励起状態の（超）高速ダイナミクス等を探るための、近接場時間分解分光装置の開発を行い、並行して試料の測定を行っている。基本的な測定システムは既に3年程度前に完成し、光学像の横方向分解能は50 nm程度、時間分解能は100 fs以上を同時に実現している。現在は、更に短いレーザーパルスと空間位相変調による分散補償を導入した装置を開発中で、これにより金微粒子のプラズモンの緩和を、近接場領域で実時間で観測すること等が可能になると予測している。
- b) 所内外との共同研究として、鎖状ポルフィリン化合物や、LB膜を生成するポリジアセチレン系化合物、糖鎖とカーボンナノチューブの複合体等に関して、近接場分光法に基づいた研究を進行中である。鎖状ポルフィリンでは、鎖内の長距離エネルギー移動を示唆する結果を得た。ポリジアセチレンLB膜では、膜の色相の差によるモルフォロジーの違いや近接場光照射による構造変化を分光学的に検討中である。糖鎖とカーボンナノチューブの複合体では、ナノチューブ単体では見られない特徴的な光学的性質を解析中である。
- c) 各種形状金属微粒子の分光及びダイナミクスの測定を、単一微粒子内で空間を分解して行っている。貴金属微粒子の近接場分光測定により、プラズモンモードの波動関数の二乗振幅に対応するイメージが得られることを見いだしていたが、これを更に確立し、またその理論的解釈について、所外との共同研究を行っている。金ナノロッドの超高速測定では特徴的な過渡吸収イメージが見られたが、これは励起光による電子温度の上昇によるものとして理論的に解釈することができた。
- d) 貴金属微粒子を凝集・配列した試料の近接場領域での光学的性質に関する研究を、所外との共同研究で行っている。微粒子凝集体では、微粒子間の空隙に強い光電場増強があり、それが単分子レベルの表面増強ラマン散乱にかかわると言われていた。我々は近接場イメージングによって、初めて実験的にこれを実証することに成功した。また微粒子の形状・サイズと凝集状態による電場増強の違い、周囲のクロモフォア分子との相互作用に関しても研究している。近接場イメージングにより、微粒子の形状を一つ一つ特定した上で光電場の増強とその周囲の分子への効果を検討し、形状と電場増強の間の相関を見いだした。

B-1) 学術論文

- K. IMURA, H. OKAMOTO, M. K. HOSSAIN and M. KITAJIMA**, “Near-Field Imaging of Surface Enhanced Raman Active Sites in Aggregated Gold Nanoparticles,” *Chem. Lett.* **35**, 78–79 (2006).
- K. IMURA, T. NAGAHARA and H. OKAMOTO**, “Photoluminescence from Gold Nanoparticles Induced by Near-Field Two-Photon Absorption,” *Appl. Phys. Lett.* **88**, 023104 (3 pages) (2006).
- K. IMURA and H. OKAMOTO**, “Reciprocity in Scanning Near-Field Optical Microscopy: Illumination and Collection Modes of Transmission Measurements,” *Opt. Lett.* **31**, 1474–1476 (2006).
- K. IMURA, H. OKAMOTO, M. K. HOSSAIN and M. KITAJIMA**, “Visualization of Localized Intense Optical Fields in Single Gold-Nanoparticle Assemblies and Ultrasensitive Raman Active Sites,” *Nano Lett.* **6**, 2173–2176 (2006).

B-3) 総説、著書

- 岡本裕巳, 井村考平**, 「動的近接場分光法による金ナノ微粒子のプラズモンのイメージング」, *レーザー研究* **34**, 224–229 (2006).
- 井村考平, 岡本裕巳**, 「貴金属微粒子の波動関数イメージングと動的近接場分光」, *分光研究* **55**, 161–172 (2006).
- H. OKAMOTO and K. IMURA**, “Near-field imaging of optical field and plasmon wavefunctions in metal nanoparticles,” *J. Mater. Chem.* **16**, 3920–3928 (2006).
- 岡本裕巳**, 「金属ナノ構造におけるプラズモン波動関数の近接場イメージング」, *プラズモンナノ材料の設計と応用技術*, 山田 淳 監修, シーエムシー出版, pp. 128–140 (2006).

B-4) 招待講演

- K. IMURA and H. OKAMOTO**, “Ultrafast space-time resolved near-field microscopy of single gold nanorods,” The 4th Asian Conference on Ultrafast Phenomena, Hong-Kong (China), January 2006.
- 井村考平, 岡本裕巳**, 「金ナノロッド・ナノプレートのプラズモンモードイメージング」, レーザー学会学術講演会第26回年次大会, 大宮, 2006年2月.
- 岡本裕巳**, 「プラズモンモードの光学的可視化とコヒーレンス」, 分子研研究会「凝縮系のコヒーレンス制御と超高速ダイナミクス」, 岡崎, 2006年3月.
- 岡本裕巳**, 「ナノの世界まで光で見えてしまう近接場光学」, 自然科学研究機構+立花隆シンポジウム「見えてきた! 宇宙の謎。生命の謎。能の謎。科学者が語る科学最前線」, 東京, 2006年3月.
- H. OKAMOTO and K. IMURA**, “Ultrafast Near-Field Spectroscopy on Spatiotemporal Coherence of Elementary Excitations in Nanostructures,” KAKENHI International Symposium on “Molecular Nano Dynamics,” Osaka (Japan), June 2006.
- 岡本裕巳, 井村考平**, 「金属ナノ微粒子系のプラズモン波動関数と局在光電場のイメージング」, ナノオプティクス研究グループ第15回研究討論会, 浜松, 2006年7月.
- H. OKAMOTO, K. IMURA, M. K. HOSSAIN and M. KITAJIMA**, “Near-Field Imaging of SERS-Active Hot Spots on Metal-Nanoparticle Aggregates,” 20th International Conference on Raman Spectroscopy, Yokohama (Japan), August 2006.
- K. IMURA and H. OKAMOTO**, “Near-field two-photon-induced photoluminescence and Raman scattering from single gold nanoparticles assemblies,” SERS-2006 (The 1st International Symposium on Surface-enhanced Raman scattering), Nishinomiya (Japan), August 2006.

岡本裕巳,「動的近接場分光法と波動関数イメージング」, 2ICOE 研究集会「各種顕微鏡と極微細加工、操作で拓く新しい化学、工学、生物学」, 京都, 2006年9月.

岡本裕巳, 井村考平,「金属微粒子系の光励起と近接場イメージング」, 光化学討論会, 仙台, 2006年9月.

井村考平,「静的および動的近接場分光法による貴金属微粒子の波動関数イメージング」, 分子構造総合討論会, 静岡, 2006年9月.

H. OKAMOTO and K. IMURA, “Dynamic near-field spectroscopy and imaging of plasmon-mode wavefunctions,” Indo-Japan Joint Workshop on New Frontiers of Molecular Spectroscopy, Kobe (Japan), September 2006.

H. OKAMOTO and K. IMURA, “Imaging of plasmon-mode wavefunctions and electric field distribution by near-field microscopy,” Annual Meeting of Korean Chemical Society, Kwangju (Korea), October 2006.

B-6) 受賞、表彰

岡本裕巳, 光科学技術研究振興財団研究者表彰 (1994).

岡本裕巳, 分子科学研究奨励森野基金 (1999).

井村考平, 応用物理学会講演奨励賞 (2004).

井村考平, ナノオプティクス賞 (2005).

井村考平, 分子構造総合討論会奨励賞 (2005).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

日本化学会 トピックス小委員会委員 (1993-1996).

日本分光学会 編集委員 (1993-2001).

日本分光学会 東海支部幹事 (2001-).

日本化学会 東海支部常任幹事 (2003-2005).

分子科学研究会 事務局 (2004-2006).

分子科学会 運営委員 (2006-).

学会の組織委員

The International Symposium on New Developments in Ultrafast Time-Resolved Vibrational Spectroscopy (Tokyo), Organizing Committee (1995).

The Tenth International Conference on Time-Resolved Vibrational Spectroscopy (Okazaki), Local Executive Committee (2001).

The Twentieth International Conference on Raman Spectroscopy (Yokohama), Local Organizing Committee (2006).

International Workshop on Soft X-ray Raman Spectroscopy and Related Phenomena (Okazaki), Local Organizing Committee (2006).

その他

スーパーサイエンスハイスクール(愛知県立岡崎高等学校)活動支援 (2003, 2004).

B-10)外部獲得資金

基盤研究(C),「超高時間分解指紋領域赤外分光法による電子励起状態の特異な分子構造の研究」,岡本裕巳(1997年-1998年).

萌芽的研究,「近接場光学による液相の励起状態ダイナミクス観測の可能性」,岡本裕巳(1999年).

分子科学研究奨励森野基金,「高速ダイナミクス解明のための分光手法の開発と応用」,岡本裕巳(1999年).

基盤研究(B),「電荷分離した励起状態の分子構造とダイナミクス:ピコ秒赤外分光法による研究」,岡本裕巳(1999年-2000年).

基盤研究(B),「動的近接場分光法による励起伝播ダイナミクスの分子科学」,岡本裕巳(2004年-2005年).

若手研究(B),「メソスコピック領域における金微粒子を用いた空間的エネルギー伝播の直接観測」,井村考平(2004年-2005年).

倉田奨励金,「時空間コヒーレンス観測に向けた超高速近接場分光システムの開発」,岡本裕巳(2005年).

萌芽研究,「近接場分光法による素励起の波動関数イメージング」,岡本裕巳(2005年-).

特定領域研究(極微構造反応),「極微構造における素励起の時空間コヒーレンスの超高時間分解近接場分光」,岡本裕巳(2005年-).

基盤研究(A),「ナノ微粒子系の波動関数と励起状態の動的挙動」,岡本裕巳(2006年-).

若手研究(A),「励起と検出の時空間を制御した時間分解近接場分光手法の構築」,井村考平(2006年-).

C) 研究活動の課題と展望

研究室の立ち上げがある程度の段階に達した2~3年前から,静的・動的近接場分光装置を用いた,メソスコピックな分子系・微粒子系に関する研究がかなり進展している。有機分子系では所内外との共同研究も数件行い,他の方法では得難い情報が引き出せており,今後もこのような方向を一つの軸として行く。また金属微粒子に関しては波動関数や光電場の空間分布をイメージし,時間変化を追跡すると言う独自の研究領域を拓く事ができ,現在これを次のフェーズに発展させる段階に入っている。これが今後の研究の今一つの軸と考えている。一つには,波動関数イメージングを位相情報(符号)を含めて観察する手法への展開を検討する。また時間分解近接場分光の時間分解能を格段に向上させ,励起直後の励起のコヒーレントな空間伝播や緩和の空間挙動の研究を行いたい。これまでの金属微粒子の研究によって,金属微粒子の新たな性質・機能(特に光電場増強に基づく特性)の可能性を見いだしつつあり,それらを発展させる方向も積極的に進める。近接場下での熱的分光法についても実験方法の開発を進める必要があると考えている。それらを実現するための,マンパワーの不足を解決する事も継続して努力しなければならない。

西 村 勝 之（助教授）（2006 年 4 月 1 日着任）

A-1) 専門領域：固体核磁気共鳴、構造生物学

A-2) 研究課題：

- a) 分子配向を決定する新規固体 NMR 測定法の開発
- b) 固体高分解能 NMR 装置周辺機器の開発
- c) 生体脂質膜と相互作用するペプチドの構造物性解析

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 配向試料で試料発熱に敏感な試料に適切な ^1H 核、観測核の双方に低出力ラジオ波を用いた新規感度増強法、および分子配向決定法の開発を行った。本研究はこれまでに開発した原理を拡張、発展させたもので、観測核および試料発熱に敏感な ^1H 核でのラジオ波強度を有効に減少させながらも、必要性能を維持するものである。開発した感度増強法は既存の測定法と比較して必要なラジオ波出力を任意に減少させながらも最高で 1.6 倍の感度増強に成功した（学術論文投稿中）。分子配向決定法は ^1H -観測核間の磁気双極子相互作用と化学シフト異方性を軸とした 2 次元双極子磁場分離法として分類される方法であり、同様に低出力ラジオ波で十分な性能を達成した（*Chem. Phys. Lett.* **419**, 120–124 (2006) に既報）。本年度はこれらの量子力学的な考察を重点的に行い、平均ハミルトニアン理論に基づいて得た磁気双極子相互作用の解析解と数値解析シミュレーション結果の比較を行い、通常使用の実験変数内では完全な一致を示し、平均ハミルトニアン項から簡便にスケーリング因子を求められることを確認した（学術論文投稿準備中）。
- b) 当研究グループでの研究手段の中心的機器である固体 NMR 分光器は一般に極めて高価である。当研究グループではバリアン社製中古溶液 NMR 装置（9.4 T）を購入し、純正品とは全く異なる形での独自周辺機器を実装し固体高分解能 NMR 測定を可能にした。また上述の溶液 NMR 用のナローボアマグネットで使用可能な完全独自設計の固体 NMR 静止試料用 H-X 二重共鳴プローブ試作品を製作した。今後用途別の複数プローブ作成を考慮し製作単価抑制のため、高価な NMR メーカー製専用補修部品等を一切用いず、市販の規格品の非磁性金属材料を用いた製作を前提にプローブシェルの最適化設計した。温度調節用の圧縮空気をプローブ内に導入するガラスデュアーから完全に独自設計し、ヒーターの駆動電圧、抵抗値、熱電対の抵抗値の変更で日本電子社製、バリアン社製温度調節器の双方で使用可能な仕様とした。JMT 社製ワイドボア、Oxford 社製ナローボアマグネットで設置が可能なガイドも設計した。現在これらの設計を終了し、仮組みを行っている。また製作したプローブは市販の約 1/10 の製作単価で製造が可能であり、かつ実験目的に応じて検出コイル形状、内径、観測核側の共鳴周波数を任意に変更可能である。
- c) 脂質二重膜表面への結合したホルモンペプチド副腎皮質刺激ホルモン（ACTH）は脂質二重膜中の中性、酸性脂質のモル比に依存して、その立体構造および脂質膜への結合定数を変化させ、生体の中性、酸性脂質組成に近い組成比で結合定数の極大値を生じ、最も安定した単一構造をとることが、固体 NMR による二次構造解析、QCM 測定から判明した（学術論文投稿準備中）。上述のように中性、酸性脂質の混合比に応じてホルモンペプチドはその二次構造を変化させ、脂質への結合親和性の変化が生じると考えられる。全く異なる活性を持つ複数のペプチドホルモン、ACTH、色素胞刺激ホルモン（MSH）、 β -エンドルフィン、成長ホルモン抑制因子（ソマトスタチン 14）を

QCM 法を用いて系統的に変化させた中性／酸性脂質組成に対する結合定数を測定した。その結果、環状ペプチドホルモンのソマトスタチンを除き、各々のペプチドは、二次構造、および正味の側鎖電荷とは関係なく、結合定数の絶対値は異なるがどれもほぼ同様な中性／酸性脂質組成依存性を示し、特に中性、酸性脂質モル比 3:1 付近で結合定数が極大値を示すことが判明した（学術論文投稿準備中）。

B-1) 学術論文

K. NISHIMURA and A. NAITO, “Remarkable Reduction of RF Power by ATANSEMA and DATANSEMA Separated Local Field in Solid-State NMR Spectroscopy,” *Chem. Phys. Lett.* **419**, 120–124 (2006).

J. HU, R. FU, K. NISHIMURA, L. ZHANG, H. ZHOU, D. D. BUSATH, V. VIJAYYERGIYA and T. A. CROSS, “Histidines, Heart of the Hydrogen Ion Channel from Influenza A Virus: Toward an Understanding of Conductance and Proton Selectivity,” *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **103**, 6865–6870 (2006).

M. UMEYAMA, A. KIRA, K. NISHIMURA and A. NAITO, “Interactions of Bovine Lactoferricin with Acidic Phospholipid Bilayers and Its Antimicrobial Activity as Studied by Solid-State NMR,” *Biochim. Biophys. Acta* **1758**, 1523–1528 (2006).

B-3) 総説、著書

K. NISHIMURA and A. NAITO, “REDOR in Multiple SpinSystem,” in *Handbook of Modern Magnetic Resonance*, Kluwer Academic (2006).

A. NAITO, S. TORAYA and K. NISHIMURA, “Nuclear Magnetic Resonance of Oriented Bilayer Systems,” in *Handbook of Modern Magnetic Resonance*, Kluwer Academic (2006).

B-5) 特許出願

特願 2006-294368, 「膜タンパク質レセプタ、リガンド相互作用の解析方法およびその検出素子」, 吉良 敦史、西村 勝之((株)アルバック), 2006 年.

B-6) 受賞、表彰

西村勝之, 日本核磁気共鳴学会 若手ポスター賞 (2002).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

日本生物物理学会 分野別専門委員 (2004-).

日本核磁気共鳴学会 選挙管理委員 (2005).

学会誌編集委員

日本生物物理学会欧文誌 *Biophysics*, Advisory board (2005-).

B-10) 外部獲得資金

若手研究 (B), 「固体高分解能 NMR 新規手法の開発と生理活性ペプチドの膜結合構造の決定への適用」, 西村勝之 (2002 年-2003 年).

若手研究(B),「脂質膜結合生理活性ペプチド立体構造解析のための低発熱型固体NMR 測定法開発と適用」,西村勝之(2004年-2005年).

財団法人新世代研究所 研究助成,「生体含水試料のための低発熱型新規固体NMR ナノ構造解析法開発」,西村勝之(2005年).

C) 研究活動の課題と展望

2006年4月に着任し,ようやく1人での研究室立ち上げを終了した。生体分子や機能性材料を対象とした新規固体高分解能NMR 測定法を開発し,それらを用いた分子の構造,運動性の解析を行うことを研究グループの主テーマとしている。

2007年1月からの助手の着任,来年度のIMS フェロー着任で研究体制を確立し,研究が加速されることを期待している。

生体分子では特に膜タンパク質を対象とした構造解析手法の開発を中心に進行。本グループで開発する測定法は既存の固体NMRによる解析と異なり,膜タンパク質がその機能を発現する生理条件に近い完全水和条件下の脂質二重膜に結合,または貫通状態での動的立体構造の解析を目標としている。今後,特定の膜タンパク質の構造解析を通して,必要な測定法を随時開発し,固体NMRを用いた新しい生体分子の動的立体構造解析手法を開拓したい。

またさらに固体NMRの新しいアプリケーションを創出するための新規プローブの開発を含めて,周辺機器の開発を伴う固体NMR 測定法の開発も行っていく。今年度行った溶液NMRから固体NMR分光器への高機能化,および静止試料用プローブの開発はその礎となる。

分子動力学研究部門

横 山 利 彦（教授）（2002 年 1 月 1 日着任）

A-1) 専門領域：表面磁性、X線分光学、磁気光学

A-2) 研究課題：

- a) X線磁気円二色性・磁気光学 Kerr 効果などの分光学的手法を用いた磁性薄膜・ナノロッドの表面磁性
- b) 超高速時間分解を視野に入れた紫外磁気円二色性光電子顕微鏡の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) ナノスケール磁性薄膜は垂直磁化や巨大磁気抵抗などの興味深い磁気特性を示し、基礎科学的にも応用的な見地からも広く研究が行われている。特に、薄膜表面を分子吸着などで化学的に修飾することで磁気特性が劇的に改質されること（例えば、スピン再配列転移が生じるなど）に注目し、実験室における磁気光学 Kerr 効果（MOKE）や UVSOR-II BL4B を用いたX線磁気円二色性法（XMCD）、表面界面の磁性を効果的に測定できる磁気的第二高調波発生法（MSHG）などの分光学的手法を用いて、様々な磁性薄膜の磁気特性検討を行ってきた。また、現在 0.3 T, 100 K 程度の性能の XMCD 測定系に、超高真空仕様超伝導磁石を導入し、7 T, 2 K での測定が可能となるよう大改造を行っている。今年度のハイライトは、Cu(110)-(2×3)N 表面に自己組織化的に成長する数原子厚の Co ナノロッドの磁気特性評価である。これまで1原子ロッドや数 10nm 厚のロッドは研究されているが、1 nm 程度の太さのロッドは研究例がなかった。本研究により、Cu(110)-(2×3)N 上の 1.5 nm 厚の Co ロッドの磁気異方性は形状異方性に反してロッドに垂直で、この理由は異方的なスピン軌道相互作用であることがわかった。また、磁化の温度変化測定により臨界挙動が緩慢で、低次元特性を示さず、この理由はロッドの長さが有限であることを突き止めた。
- b) 紫外光による磁気円二色性はX線に比べ感度が桁違いに悪く、磁気ナノ構造を観測するための光電子顕微鏡には応用できないとされてきたが、本研究において、光エネルギーを仕事関数しきい値付近に合わせると、紫外磁気円二色性がX線と同程度に高感度となり、しきい値から外れると急激に減衰する現象を発見した。この発見に基づき、HeCd レーザーを用いた紫外磁気円二色性光電子顕微鏡像を世界で初めて観測することに成功した。

B-1) 学術論文

D. MAMTUMURA, K. AMEMIYA, S. KITAGAWA, T. SHIMADA, H. ABE, T. OHTA, H. WATANABE and T. YOKOYAMA, "Chemisorption-Driven Spin Reorientation Transition of Co/Pd(111): The Effect of the CO Adsorption Site," *Phys. Rev. B* **73**, 174423 (9 pages) (2006).

H. ABE, K. AMEMIYA, D. MATSUMURA, S. KITAGAWA, H. WATANABE, T. YOKOYAMA and T. OHTA, "Spin Reorientation Transitions of Fe/Ni/Cu(001) Studied by Using the Depth-Resolved X-Ray Magnetic Circular Dichroism Technique," *J. Magn. Magn. Mater.* **302**, 86–95 (2006).

T. NAKAGAWA and T. YOKOYAMA, "Magnetic Circular Dichroism near the Fermi Level," *Phys. Rev. Lett.* **96**, 237402 (4 pages) (2006).

Y. NEGISHI, H. TSUNOYAMA, M. SUZUKI, N. KAWAMURA, M. M. MATSUSHITA, K. MARUYAMA, T. SUGAWARA, T. YOKOYAMA and T. TSUKUDA, "X-Ray Magnetic Circular Dichroism of Size-Selected, Thiolated Gold Clusters," *J. Am. Chem. Soc.* **128**, 12034 (2006).

X. -D. MA, T. NAKAGAWA and T. YOKOYAMA, "Effect of Surface Chemisorption on the Spin Reorientation Transition in Magnetic Ultrathin Fe Film on Ag(001)," *Surf. Sci.* **600**, 4605–4612 (2006).

T. NAKAGAWA, H. WATANABE and T. YOKOYAMA, "Adatom-Induced Spin Reorientation Transitions and Spin Canting in Co Films on a Stepped Cu(001) Surface," *Phys. Rev. B* **74**, 134422 (6 pages) (2006).

T. NAKAGAWA, H. W. YEOM, E. ROTENBERG, B. KRENZER, S. D. KEVAN, H. OKUYAMA, M. NISHIJIMA and T. ARUGA, "A Long-Period Surface Structure Stabilized by Fermi Surface Nesting: Cu(001)-($\sqrt{20} \times \sqrt{20}$) R26.6°-In," *Phys. Rev. B* **73**, 075407 (5 pages) (2006).

B-3) 総説、著書

中川剛志、横山利彦, 「X線磁気円二色性、磁気光学 Kerr 効果による磁性超薄膜のスピン再配列相転移」, *表面科学* **27**, 272–277 (2006).

B-4) 招待講演

T. NAKAGAWA and T. YOKOYAMA, "Magnetic circular dichroism for ferromagnetic ultra thin films using laser photoemission," The University of Tokyo International Symposium and The 10th ISSP International Symposium (ISSP-10) on Nanoscience at Surfaces, Kashiwa, October 2006.

T. YOKOYAMA, "Possibility of Magnetic Imaging Using Photoelectron Emission Microscopy with Ultraviolet Lights," 6th Symposium on Molecular Spins (International), Nagoya, March 2006.

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

Executive Committee member of the International XAFS Society (2003.7-).

日本学術振興会科学研究費委員会専門委員 (2004.1-2005.12).

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実験課題審査部会委員 (2003.1-), 同化学材料分科会委員長 (2005.1-).

日本化学会関東支部幹事 (1999.3-2001.12).

日本XAFS 研究会幹事 (2001.1-).

日本放射光学会評議員 (2004.1-2005.12).

日本放射光学会編集幹事 (2005.1-2006.12).

学会の組織委員

第11回X線吸収微細構造国際会議プログラム委員 (2000.8).

XAFS 討論会プログラム委員 (1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006).

日本放射光学会年会組織委員, プログラム委員 (2005).

学会誌編集委員

日本放射光学会編集委員 (2000.9-2002.8, 2004.1-2006.12).

日本放射光学会誌編集委員長 (2005.1-2006.12).

科学研究費の研究代表者、班長等

科学研究費補助金特定領域研究「分子スピン」総括班事務局 (2003-2006).

B-8) 他大学での講義、客員

(財)高輝度光科学研究センター (JASRI/Spring-8), 外来研究員, 2006年4月-.

名古屋大学大学院工学研究科, 「量子エネルギー工学特別講義」, 2005年10月-2006年3月.

大阪市立大学大学院理学研究科, 「分子化学物理特別講義2」, 2006年4月-2006年9月.

B-10) 外部獲得資金

基盤研究(C)(2), 「バルク及び表面融解のミクロスコピックな検討」, 横山利彦 (1997年-1998年).

基盤研究(B)(2), 「エネルギー分散型表面XAFS測定法の開発」, 横山利彦 (1999年-2001年).

基盤研究(A)(2), 「表面磁気第二高調波発生法による磁性ナノ薄膜・ナノワイヤの表面化学的磁化制御の検討」, 横山利彦 (2003年-2005年).

特定領域計画研究, 「ナノスケール薄膜・ワイヤ・クラスターの表面化学的磁化制御と評価」, 横山利彦 (2003年-2006年).

科学研究費補助金若手研究(B), 「レーザー誘起磁気円二色性光電子放出を利用した磁気走査トンネル顕微鏡の開発」, 中川剛志 (2003年-2006年).

住友財団基礎科学研究費, 「レーザー誘起磁気円二色性光電子放出を利用した磁気走査トンネル顕微鏡」, 中川剛志 (2005年).

C) 研究活動の課題と展望

2002年1月着任以降, 磁性薄膜の表面分子科学的制御を主テーマとして研究グループをスタートさせた。磁性薄膜・ナノワイヤ・ナノドットの磁気的性質, および分子吸着などの表面化学的な処理による新しい現象の発見とその起源の解明などを目指している。実験手法としては, 超高真空表面磁気光学Kerr効果法, X線磁気円二色性法(UVSOR利用), 磁気的第二高調波発生法(フェムト秒Ti:Sapphireレーザー使用), 極低温超高真空走査トンネル顕微鏡を利用し, またX線磁気円二色性法システムの電磁石を現在の常伝導から超伝導に大改造中である。さらに, 紫外光励起光電子放出による磁気円二色性が仕事関数しきい値近傍で極端に増大する現象を発見し, 紫外磁気円二色性光電子顕微鏡を世界に先駆けて開発した。現在放射光を利用したX線磁気円二色性光電子顕微鏡の時間分解能は70 psが世界最高であるが, このたび開発した装置を用いて紫外パルスレーザー利用フェムト秒超高速時間分解紫外光電子顕微鏡測定に成功することがさしあたっての目標である。これにより, 磁区毎の超高速スピンドYNAMICS追跡が可能となる。

一方, 新規磁性薄膜の創成に関しては, 化学修飾した基板表面上に特徴的な自己組織化的ナノ磁性体を構築すること, 無機・有機ハイブリッドスピン素子開発などを視野に入れて検討を行う計画である。

小澤 岳 昌（助教授）（2005 年 4 月 1 日着任）

A-1) 専門領域：分析化学、生物物理

A-2) 研究課題：

- a) タンパク質オルガネラ移行の低侵襲的動態解析法の開発
- b) 細胞内小分子の可視化検出法に関する研究
- c) ミトコンドリア mRNA の可視化検出法に関する研究

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 生きている動植物個体内では、生体分子の濃度あるいは活性がダイナミックに変動し、相互にネットワークを構築して、細胞や個体としての高次機能を発現している。この生体分子の機能を解析するためには、生きた動物個体に低侵襲的な“生体分子イメージング”のための基盤技術が必要である。我々は、タンパク質再構成系というペプチド結合の切断と再連結に基づくレポータータンパク質を開発し、タンパク質間相互作用や細胞内タンパク質の動態を検出するプローブ開発を進めてきた。本年度は、ミトコンドリアから Smac タンパク質が放出される時、発光タンパク質の一つ renilla luciferase (Rluc) が再構成される機能性発光タンパク質プローブを開発した。開発したプローブを用いて、細胞死に伴う Smac タンパク質のミトコンドリアからの放出が、生きたマウス個体で低侵襲的に時空間解析できることを実証した。開発したプローブは、タンパク質の細胞内動態を生きた動物個体内で検出できる一般性を有する。
- b) 生体内で機能する cyclic adenosine monophosphate (cAMP) と cyclic guanosine monophosphate (cGMP) は、細胞内情報伝達過程に重要な細胞内小分子である。cAMP と cGMP の時間的、空間的な情報伝達過程を、生きた生物個体内で可視化することはこれまで困難であった。我々は、生きた動物と植物個体内で機能する cAMP と cGMP の検出を目的として、cAMP および cGMP に選択的な発光タンパク質プローブを開発した。細胞外刺激に伴う生きた細胞内の cAMP および cGMP の濃度上昇を、高感度かつ高選択的に時空間解析できることを実証した。
- c) 塩基配列特異的に mRNA を認識検出する蛍光タンパク質プローブを分子設計し、生きた細胞内 mRNA の動態をイメージングする方法を開発した。標的とする mRNA は、ミトコンドリアゲノムから合成される NADH dehydrogenase subunit 6 (ND6) mRNA とした。RNA 結合タンパク質の核酸認識アミノ酸を置換し、ND6 mRNA を特異的に認識する RNA 結合タンパク質を作製した。このタンパク質を用いて、生きた細胞内におけるミトコンドリア内 ND6 mRNA の局在とその動態を明らかにした。細胞内在性の mRNA を可視化できる新たな原理に基づくプローブであり、細胞内 RNA の機能解析の進展が期待できる。

B-1) 学術論文

- A. KANNO, T. OZAWA and Y. UMEZAWA, “Genetically Encoded Optical Probe for Detecting Release of Proteins from Mitochondria toward Cytosol in Living Cells and Mammals,” *Anal. Chem.* **78**, 8076–8081 (2006).
- S. B. KIM, Y. NATORI, T. OZAWA, Y. UMEZAWA and H. TAO, “A Method for Determining the Activities of Cytokines Based on the Nuclear Transport of Nuclear Factor- κ B,” *Anal. Biochem.* **359**, 147–149 (2006).

A. KANNO, T. OZAWA and Y. UMEZAWA, "Intein-Mediated Reporter Gene Assay for Detecting Protein-Protein Interactions in Living Mammalian Cells," *Anal. Chem.* **78**, 556–560 (2006).

T. OZAWA, "Designing Split Reporter Proteins for Analytical Tools," *Anal. Chim. Acta* **556**, 58–68 (2006).

B-3) 総説、著書

M. TAKEUCHI and T. OZAWA, "Frontiers in Bioimaging," *ACS Chem. Biol.* **1**, 333–334 (2006).

小澤岳昌, 「マウス個体におけるタンパク質動態イメージング」, *細胞工学* **25**, 1019–1022 (2006).

小澤岳昌, 「細胞内情報を視覚化するタンパク質試薬」, *高分子* **55**, 343 (2006).

小澤岳昌、梅澤喜夫, 「新しい蛍光タンパク質とその応用」, *ゲノム医学* **6**, 277–280 (2006).

小澤岳昌, 「タンパク質の局在を知る——プロテインスプライシングを利用したイメージング技術の開発」, *バイオニクス* **3**, 52–57 (2006).

小澤岳昌, 「スプリットルシフェラーゼを用いた細胞内シグナル解析法」, *バイオテクノロジージャーナル* **6**, 225–228 (2006).

小澤岳昌, 「バイオテクノロジーにおける生物発光」, *バイオ・ケミルミネセンスハンドブック*, 今井一洋、近江谷克裕編, 丸善株式会社, 44–58 (2006).

小澤岳昌, 「フローサイトメーター、基本原理と装置開発の方向性について」, *ぶんせき* **384**, 640–641 (2006).

B-4) 招待講演

T. OZAWA, "Methods for identifying organelle-targeting proteins," The second NIBB-EMBL Symposium, Aichi, 2006年3月.

小澤岳昌, 「発光プローブが拓くタンパク質の局在解析法」, 特定領域研究2領域合同公開シンポジウム, 大阪, 2006年6月.

小澤岳昌, 「光タンパク質の新たなデザインと生体機能の可視化」, 生物発光化学発光研究会第24回学術講演会, 東京, 2006年7月.

小澤岳昌, 「生体分子イメージングが拓く新たな化学物質スクリーニング法」, 東京コンファレンス 2006, 千葉, 2006年9月.

小澤岳昌, 「光タンパク質を用いた生体分子の局在解析法」, 第12回生化学会テクニカルセミナー, 大阪, 2006年9月.

T. OZAWA, "Design of split reporter proteins for biomolecular imaging," Korean Society of Medical Biochemistry and Molecular Biology, Seoul, Korea, 2006年10月.

小澤岳昌, 「光プローブ分子による生体分子機能解析」, 第33回日本低温医学会総会, 東京, 2006年11月.

小澤岳昌, 「光プローブの新たなデザインと生体機能の可視化」, JAXA 第2回学際領域における分子イメージングフォーラム, 東京, 2006年11月.

B-6) 受賞、表彰

小澤岳昌, 日本化学会進歩賞 (2004).

小澤岳昌, 文部科学大臣表彰若手科学者賞 (2005).

B-7) 学会および社会的活動

学会の組織委員

東京コンファレンス 2004実行委員 (2004).

日本化学会年会プログラム編成委員 (2004-2005).

基礎生物学研究所バイオイメージングアドバイザー委員 (2006-).

B-10)外部獲得資金

住友財団基礎科学研究助成,「蛍光共鳴エネルギー移動による細胞内蛋白質間相互作用の可視化と細胞機能発現の解析」, 小澤岳昌 (1998年-2000年).

笹川科学研究助成,「インシュリン情報伝達系に基づく生理活性物質の化学選択性評価法の研究」, 小澤岳昌 (1999年-2000年).

日産科学振興財団奨励研究,「糖輸送蛋白質の蛍光プローブによる可視化に関する研究」, 小澤岳昌 (1999年-2001年).

奨励研究(A),「インシュリン情報伝達系に基づく生理活性物質の化学選択性評価法の創製」, 小澤岳昌 (1999年-2001年).

武田科学振興財団一般研究奨励,「新規蛍光プローブ分子を用いた細胞内タンパク質ネットワークの網羅解析法」, 小澤岳昌 (2002年-2004年).

若手研究(A),「プロテインスプライシング反応を利用した機能性プローブ分子の開発と応用」, 小澤岳昌 (2003年-2006年).

科学技術振興機構さきがけ研究,「タンパク質のオルガネラ移行と遺伝子発現の非侵襲的時空間解析法の確立」, 小澤岳昌 (2003年-2006年).

旭硝子財団奨励研究助成,「動物個体内での遺伝子発現を時空間解析する光プローブの開発」, 小澤岳昌 (2004年-2006年).

基盤研究(B),「生体内情報伝達分子の可視化検出法に関する研究」, 小澤岳昌 (2006年-2008年).

特定領域研究,「タンパク質立体構造情報に基づく生物発光プローブの開発」, 小澤岳昌 (2006-2007年).

新エネルギー・産業技術総合開発機構・産業技術研究助成事業,「低侵襲的生体分子イメージングに向けた生物発光プローブの開発」, 小澤岳昌 (2006年-2008年).

山田科学振興財団,「動物個体内の生体分子を可視化する機能性発光タンパク質の開発」, 小澤岳昌 (2006年-2007年).

上原記念生命科学財団,「ミトコンドリアRNAの可視化解析」, 小澤岳昌 (2006年-2007年).

C) 研究活動の課題と展望

蛍光タンパク質(GFP)や発光タンパク質(luciferase)のペプチド結合の切断と再連結を利用したタンパク質再構成系は、我々が世界に先駆けて創出した方法であり、未知の生命現象を解明するための新たな基盤技術として多くの応用可能性を有している。本年度までに開発した、細胞内小分子検出プローブおよびタンパク質間相互作用検出プローブを用いて、今後は動植物個体で機能する生体分子を低侵襲的にイメージングできることを実証する。また多種多様な生体分子を可視化するためには、新たな独創的原理に基づくプローブ開発が必要不可欠である。これまで可視化することが困難であった動物個体内のRNA動態など、標的分子を可視化するための要素技術を創案し、新たな顕微鏡システム開発を含めた生物個体内の分子イメージングを可能にする基盤技術の展開を目指す。