

I ミトコンドリア呼吸系膜タンパク質の化学構造の振動

分光学的研究

Vibrational Spectroscopic Study on Mitochondrial Respiratory Protein Complexes

小倉尚志・柳澤幸子・北川禎三*・中島 聡*・太田雄大*
(ピコバイオロジー研究所蛋白質振動分光学研究部門*)

Ogura, T., Yanagisawa, S., Kitagawa, T.*, Nakashima, S.*, Ohta, T.*
(*Division of Protein Vibrational Spectroscopy, Picobiology Institute)

ミトコンドリア呼吸系膜タンパク質複合体の詳細構造を、主としてラマン分光法および赤外分光法により分解能 1 pm 以上の精度で決定し、それを基に反応機構を解明する。チトクロム *c* 酸化酵素、複合体 I などに加え、ミオグロビンなどのヘムタンパク質、ヘムをセンサーとして持つタンパク質や金属タンパク質のモデルとしての金属錯体が研究対象である。

II 超高精度赤外分光光度計の開発と酵素タンパク質の反応

機構解明への応用

Development of Ultra-sensitive Infrared Spectrophotometer based on Femtosecond Infrared Light Source and Its Application to Enzyme Reactions

小倉尚志・中島 聡*
(ピコバイオロジー研究所蛋白質振動分光学研究部門*)

Ogura, T., Nakashima, S.*
(*Division of Protein Vibrational Spectroscopy, Picobiology Institute)

タンパク質の機能発現のしくみを明らかにするためには、活性中心に存在するアミノ酸残基の反応性を明らかにし、その役割を解明する必要がある。この目的のためには、赤外分光法が有効である。

しかし、赤外領域では溶媒である水の吸収が極めて大きいため赤外分光法の酵素タンパク質への応用は限られてきた。本研究課題では、フェムト秒レーザーを光源とする、あらゆるタンパク質水溶液に適用可能な超高精度赤外分光光度計を開発した。それを用いて酵素反応におけるアミノ酸残基の役割を明らかにして反応機構を解明する。特にチトクロム *c* 酸化酵素による酸素還元反応とプロトンポンプ反応の共役機構の解明を目指す。

III 酸素添加酵素の反応機構の解明

Resonance Raman Elucidation of Reaction Mechanism of Oxygenases

小倉尚志・柳澤幸子
Ogura, T., Yanagisawa, S.

インドールアミン 2,3-ジオキシゲナーゼは、ヒトのトリプトファン異化経路の最初に位置し、トリプトファンに分子状酸素由来の 2 個の酸素原子を添加して N-フォルミルキヌレニンを生産する反応を触媒する。反応機構を解明するために必要な反応中間体の捕捉と構造決定を行う。二核銅を活性中心に持つチロシナーゼも研究対象である。

IV 分光学的手法を用いた生体膜上における細胞生理機能の 制御機構の解析

Spectroscopic Study on the Structural Basis of the Cellular Functions Localized at the
Membrane Surface

辻 暁
Tuzi, S.

細胞の生理的機能は、細胞膜内および細胞膜表面に局在する膜蛋白質および生理活性ペプチドによる物質輸送、シグナル伝達、膜構造の制御等の分子機構により維持されている。細胞膜内部および表面における生理的機能制御の機構に関する知見を得るために、CD、ラマン、NMR 等の分光学的手法を用いて細胞内シグナル伝達、プロトン輸送および脂質膜チャネル形成に関与する蛋白質およびペプチドの脂質膜中における動的構造の解析を行う。生理的機能の発現条件をモデル化した系における、蛋白

質およびペプチド-脂質膜複合体の動的構造の応答に関する知見から、生理的機能制御の基盤となるメカニズムを探索する。

発表論文 List of Publication

- I-1 M. Saito (Elettra-Sincrotrone Trieste), F. D'Amico (Elettra-Sincrotrone Trieste), G. Camisasca (Elettra-Sincrotrone Trieste), F. Bencivenga (Elettra-Sincrotrone Trieste), R. Cucini (Elettra-Sincrotrone Trieste), A. Gessini (Elettra-Sincrotrone Trieste), E. Principi (Elettra-Sincrotrone Trieste), T. Ogura, C. Masciovecchio (Elettra-Sincrotrone Trieste): Resonance Raman Spectroscopy with Chemical State Selectivity on Histidine and Acetamide Using Synchrotron Radiation, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 88, 591-596 (2015)
- I-2 T. Ohta, T. Soulimane (Univ. of Limerick), T. Kitagawa, C. Varotsis (Cyprus Univ. of Tech.): Nitric Oxide Activation by *caa3* Oxidoreductase from *Thermus thermophilus*, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 17, 10894-10898 (2015)
- I-3 M. Hikita, A. Yamamoto, K. Shinzawa-Itoh, T. Ogura, S. Yoshikawa: Stepwise Binding of Two Azide Ions to the O₂-reduction Site of Bovine Heart Cytochrome *c* Oxidase Shown by Resonance Raman Analyses, *Chem. Lett.*, 44, 1142-1144 (2015)
- I-4 S. Yamaguchi (中部大), R. Khanna (中部大), T. Matsushita (中部大), A. Wang (九州大), T. Ohta, Y. Naruta (九州大), H. Takadama (中部大): Preparation of a Titanium Metal Electrode with a Nitrogen-doped One-dimensional Titanium Oxide Surface Layer for the Support of Catalysts, *RSC Adv.*, 5, 47876-47883 (2015)
- I-5 F. Oddo (神奈川大), Y. Chiba (神奈川大), J. Nakazawa (神奈川大), T. Ohta, T. Ogura, S. Hikichi (神奈川大): Characterization of Mononuclear Non-heme Iron(III)-Superoxo Complex with a Five-Azole Ligand Set, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 54, 7336-7339 (2015)
- I-6 J. Kim (DGIST), B. Shin (DGIST), H. Kim (DGIST), J. Lee (DGIST), J. Kang (DGIST), S. Yanagisawa, T. Ogura, H. Masuda (名古屋工業大), T. Ozawa (名古屋工業大), J. Cho (DGIST): Steric Effect on the Nucleophilic Reactivity of Nickel(III) Peroxo Complexes, *Inorg. Chem.*, 54, 6176-6183 (2015)
- I-7 S. Nagatomo (筑波大), Y. Nagai (法政大), Y. Aki (法政大), H. Sakurai (法政大), K. Imai (法政大), N. Mizusawa (法政大), T. Ogura, T. Kitagawa, M. Nagai (法政大): An Origin of Cooperative Oxygen Binding of Human Adult Hemoglobin: Different Roles of the α and β Subunits in the $\alpha_2\beta_2$ Tetramer, *PLoS One*, 10, e0135080 (2015)
- I-8 T. Ohta, J. G. Liu (九州大), P. Nagaraju (九州大, ECUST), T. Ogura, Y. Naruta (九州大, 中部大): A Cryo-generated Ferrous-superoxo Porphyrin: EPR, Resonance Raman and DFT Studies, *Chem. Commun.*, 51, 12407-12410 (2015)

- I-9 S. Paria (大阪大), T. Ohta, Y. Morimoto (大阪大), T. Ogura, H. Sugimoto (大阪大), N. Fujieda (大阪大), K. Goto (東京工業大), K. Asano (大阪大), T. Suzuki (大阪大), S. Itoh (大阪大): Generation, Characterization, and Reactivity of a Cu(II)-Alkylperoxide/Anilino Radical Complex: Insight into the O-O Bond Cleavage Mechanism, *J. Am. Chem. Soc.*, 137, 10870-10873 (2015)
- I-10 V. Daskalakis (Cyprus Univ. of Tech.), T. Ohta, T. Kitagawa, C. Varotsis (Cyprus Univ. of Tech.): Structure and Properties of the Catalytic Site of Nitric Oxide Reductase at Ambient Temperature, *Biochim. Biophys. Acta*, 1847, 1240-1244 (2015)
- I-11 M. Sekino (金沢大), H. Furutachi (金沢大), K. Tasaki (金沢大), T. Ishikawa (金沢大), S. Mori (金沢大), S. Fujinami (金沢大), S. Akine (金沢大), Y. Sakata (金沢大), T. Nomura, T. Ogura, T. Kitagawa, M. Suzuki (九州大学): New Mechanistic Insight into Intramolecular Arene Hydroxylation Initiated by (μ -1,2-peroxo)Diiron(III) Complexes with Dinucleating Ligands, *Dalton Trans*, 45, 469-473 (2015)
- I-12 M. Sakaguchi, T. Kimura (理研), T. Nishida, T. Tosha (理研), H. Sugimoto (理研), Y. Yamaguchi, S. Yanagisawa, G. Ueno (理研), H. Murakami (理研), H. Ago (理研), M. Yamamoto (理研), T. Ogura, Y. Shiro (理研), M. Kubo (理研): A Nearly on-axis Spectroscopic System for Simultaneously Measuring UV-visible Absorption and X-ray Diffraction in the SPring-8 Structural Genomics Beamline, *J. Synchrotron Radiat.*, 23, 334-338 (2016)
- I-13 T. Kishima (九州大), T. Matsumoto (九州大), H. Nakai (九州大), S. Hayami (熊本大), T. Ohta, S. Ogo (九州大): A High-Valent Iron(IV) Peroxo Core Derived from O₂, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 55, 724-727 (2016)
- I-14 Z. N. Zahran (中部大, Tanta Univ.), E. A. Mohamed (中部大), T. Ohta, Y. Naruta (中部大): Electrocatalytic Water Oxidation by a Highly Active and Robust α -Mn₂O₃ Thin Film Sintered on a Fluorine-Doped Tin Oxide Electrode, *ChemCatChem*, 8, 532-535 (2016)
- I-15 Y. Kanai (筑波大), R. Nishimura (筑波大), K. Nishiyama (筑波大), T. Shibata (筑波大), S. Yanagisawa, T. Ogura, T. Matsuo (奈良先端大), S. Hirota (奈良先端大), S. Neya (千葉大), A. Suzuki (長岡技術大), Y. Yamamoto (筑波大): Effects of Heme Electronic Structure and Distal Polar Interaction on Functional and Vibrational Properties of Myoglobin, *Inorg. Chem.*, 55, 1613-1622 (2016)
- I-16 H. Sugimoto (大阪大), M. Sato (大阪大), K. Asano (大阪大), T. Suzuki (大阪大), K. Mieda, T. Ogura, T. Matsumoto ((株)リガク), L. J. Giles (Univ. of New Mexico), A. Pokhrel (Univ. of New Mexico), M. L. Kirk (Univ. of New Mexico), S. Itoh (大阪大): A Model for the Active-Site Formation Process in DMSO Reductase Family Molybdenum Enzymes Involving Oxido-Alcoholato and Oxido-Thiolato Molybdenum(VI) Core Structures, *Inorg. Chem.*, 55, 1542-1550 (2016)
- I-17 K. Shinzawa-Itoh, H. Shimomura, S. Yanagisawa, S. Shimada, R. Takahashi, M. Oosaki, T. Ogura, T. Tsukihara; Purification of Active Respiratory Supercomplex from Bovine Heart Mitochondria Enables Functional Studies, *J. Biol. Chem.*, 291, 4178-4184 (2016)

- I-18 H. Fujii (奈良女子大), D. Yamaki (首都大東京), T. Ogura, M. Hada (首都大東京): The Functional Role of the Structure of the Dioxo-isobacteriochlorin in the Catalytic Site of Cytochrome *cd*₁ for the Reduction of Nitrite, *Chem. Sci.*, 7, 2896-2906 (2016)
- I-19 M. Koderu (同志社大), S. Ishiga (同志社大), T. Tsuji (同志社大), K. Sakurai (同志社大), Y. Hitomi (同志社大), Y. Shiota (九州大学), P. K. Sajith (九州大学), K. Yoshizawa (九州大学), K. Mieda, T. Ogura: Formation and High Reactivity of the anti-Dioxo Form of High-Spin μ -Oxodioxodiiron(IV) as the Active Species That Cleaves Strong C-H Bonds, *Chemistry*, 22, 5924-5936 (2016)
- I-20 小倉尚志: プロトンポンプ機能に必要な部品の働き、分子研研究会「膜タンパク質内部のプロトン透過を考える」、分子科学研究所岡崎コンファレンスセンター (岡崎市)、招待講演、2015
- I-21 T. Ogura, T. Nomura, S. Yanagisawa, K. Shinzawa-Itoh, S. Yoshikawa: Effects of Proton Motive Force on the Structure and Dynamics of Cytochrome *c* Oxidase: Resonance Raman Spectroscopy, 5th Georgian Bay International Conference on Bioinorganic Chemistry (CanBIC5), Parry Sound, Canada, 招待講演, 2015
- I-22 T. Ohta: Reactivity and Spectroscopic Studies of Oxygen Reduction Reaction of Bio-Inspired Molecular Catalysts, The 227th Electrochemical Society Meeting, Chicago, Illinois, USA, 招待講演, 2015
- I-23 右田たい子 (山口大)・三宅倫生 (山口大)・柳澤幸子・小倉尚志: 共鳴ラマンスペクトルから見た異種生物由来ヘムオキシゲナーゼ-ヘム複合体の独自性、第42回生体分子科学討論会、高崎シティーギャラリーコアホール (高崎市)、一般口頭、2015
- I-24 西田拓真・當舎武彦 (理研)・坂口美幸・木村哲就 (理研)・柳澤幸子・上野剛 (理研)・村上博則 (理研)・山本雅貴 (理研)・小倉尚志・城宜嗣 (理研)・久保稔 (理研): ケージド NO を用いた脱窒カビ由来 NO 還元酵素結晶における反応中間体の調製、第15回日本蛋白質科学会年会、あわぎんホール (徳島市)、ポスター、2015
- I-25 伊藤-新澤恭子・下村陽信・柳澤幸子・島田悟・小倉尚志・月原富武: 機能を保持したウシ心筋ミトコンドリア呼吸鎖超複合体の調製、第15回日本蛋白質科学会年会、あわぎんホール (徳島市)、ポスター、2015
- I-26 T. Kitagawa: Distorted Heme of an NO Sensor Protein, sGC, Revealed by Resonance Raman Spectroscopy, 3rd Taiwan International Symposium on Raman Spectroscopy, Sun Moon Lake, Taiwan, Plenary Lecture, 2015
- I-27 T. Kitagawa: Resonance Raman Elucidation of Structural Mechanism of Cooperative O₂ Binding of Human Hemoglobin, Taiwan Summer School on Raman Spectroscopy, Sun Moon Lake, Taiwan and National Tsing Hua University, 招待講演, 2015
- I-28 M. Sakaguchi, T. Kimura (理研), T. Nishida (理研), T. Tosha (理研), S. Yanagisawa, G. Ueno (理研), H. Murakami (理研), H. Ago (理研), M. Yamamoto (理研), T. Ogura, Y. Shiro (理研), M. Kubo (理研):

- Development of On-axis Simultaneous Measurement System of UV-Visible Absorption and X-ray Diffraction at SPring-8, Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI2015), NY Marriot Marquis, USA, ポスター, 2015
- I-29 伊藤-新澤恭子・下村陽信・柳澤幸子・島田悟・高橋涼子・上根滋史・小倉尚志・吉川信也・月原富武: Active Supercomplex Purified from Bovine Heart Reveals the Functional Unit of the Mitochondrial Respiratory Chain、第 53 回日本生物物理学会年会、金沢大学角間キャンパス自然科学本館 (金沢市)、ポスター、2015
- I-30 三枝馨・小倉尚志: 共鳴ラマン分光法による 2 価コバラミンの pH に依存した構造変化の検出、第 53 回日本生物物理学会年会、金沢大学角間キャンパス自然科学本館 (金沢市)、ポスター、2015
- I-31 長友重紀 (筑波大)・齋藤一弥 (筑波大)・長井雅子 (法政大)・小倉尚志・北川禎三: ハーフメトヘモグロビン M を用いたヒト成人ヘモグロビンの酸素親和性制御に関する α 鎖と β 鎖の Fe-His 結合の役割の違いに関する研究、第 53 回日本生物物理学会年会、金沢大学角間キャンパス自然科学本館 (金沢市)、ポスター、2015
- I-32 小倉久司 (金沢大)・古舘英樹 (金沢大)・藤波修平 (金沢大)・秋根茂久 (金沢大)・酒田陽子 (金沢大)・野村高志・小倉尚志・鈴木正樹 (九州大): 二核化配位子の架橋骨格による二核銅(II)ペルオキシ錯体の酸化反応性の制御、錯体化学会第 65 回討論会、奈良女子大学 (奈良市)、ポスター、2015
- I-33 関野実緒 (金沢大)・古舘英樹 (金沢大)・藤波修平 (金沢大)・秋根茂久 (金沢大)・酒田陽子 (金沢大)・野村高志・小倉尚志・鈴木正樹 (九州大): 酸素活性種を含む二核鉄錯体の酸化反応性、錯体化学会第 65 回討論会、奈良女子大学 (奈良市)、ポスター、2015
- I-34 東條莉奈 (金沢大)・石黒智子 (金沢大)・古舘英樹 (金沢大)・藤波修平 (金沢大)・秋根茂久 (金沢大)・酒田陽子 (金沢大)・野村高志・小倉尚志・鈴木正樹 (九州大): キノリル基を有する二核化配位子を用いた二核鉄(III)ペルオキシ錯体の合成、錯体化学会第 65 回討論会、奈良女子大学 (奈良市)、ポスター、2015
- I-35 下山祥弘 (筑波大)・石塚智也 (筑波大)・小谷弘明 (筑波大)・三枝馨・小倉尚志・塩田淑仁 (九州大)・吉澤一成 (九州大)・小島隆彦 (筑波大): ルテニウム-NHC 錯体を触媒とする水中での基質酸化反応、錯体化学会第 65 回討論会、奈良女子大学 (奈良市)、一般口頭、2015
- I-36 T. Kitagawa: Why the Symposium on Infrared Spectroscopy of Proteins Now?, FACSS SciX, Meeting of Society of Applied Spectroscopy, Rhode Island Convention Center, USA, Opening Remarks, 2015
- I-37 T. Ogura, N. Satoru, K. Shinzawa-Itoh, S. Yoshikawa: Molecular Mechanisms of Cytochrome *c* Oxidase as Studied by Vibrational Spectroscopy, 5th Asian Spectroscopy Conference on Vibrational Spectroscopy, University of Sydney, Australia, 招待講演, 2015
- I-38 小倉尚志: ピコメートルレベルの構造解析に基づく呼吸の分子メカニズム、茨城大学大学院理

工学研究科 ミニシンポジウム ～量子生命科学を切り拓く～、茨城大学水戸キャンパス ラ
イブラリーホール（水戸市）、招待講演、2016

- I-39 T. Ohta: Oxygen Reduction Reaction of Bio-inspired Iron Porphyrin with 2nd Coordination Sphere Interaction, 251th American Chemical Society National Meeting, San Diego, California, USA, 招待講演, 2016
- I-40 中川善之・伊藤-新澤恭子・吉川信也・中島聡・小倉尚志：時間分解共鳴ラマン分光法によるチトクロム *c* 酸化酵素の CO 光解離に伴う構造ダイナミクスの研究、日本化学会第 96 春季年会、同志社大学京田辺キャンパス（京田辺市）、一般口頭、2016
- I-41 渡邊祥子・柳澤幸子・伊藤-新澤恭子・吉川信也・小倉尚志：チトクロム *c* 酸化酵素の P 中間体の紫外共鳴ラマン分光、日本化学会第 96 春季年会、同志社大学京田辺キャンパス（京田辺市）、一般口頭、2016
- I-42 青柳裕大・西口達人・伊藤-新澤恭子・吉川信也・中島聡・小倉尚志：チトクロム酸化酵素の水素結合状態変化の酸素還元反応への影響、日本化学会第 96 春季年会、同志社大学京田辺キャンパス（京田辺市）、ポスター、2016
- II-1 中島聡・西口達人・Chen Li・中川善之・青柳裕大・新澤-伊藤恭子・吉川信也・小倉尚志：チトクロム *c* 酸化酵素の酸素還元反応とプロトンポンプの共役機構、第 42 回生体分子科学討論会、高崎シティーギャラリーコアホール（高崎市）、一般口頭、2015
- II-2 C. Li, T. Nishiguchi, K. Shinzawa-Itoh, S. Yoshikawa, S. Nakashima, T. Ogura: Newly Developed Systems of Time-resolved IR Spectroscopy for Elucidating the Proton Pumping Reaction of Cytochrome *c* Oxidase, 第 15 回日本蛋白質科学会年会、あわぎんホール（徳島市）、ポスター、2015
- II-3 中島聡・西口達人・李 辰・伊藤-新澤恭子・吉川信也・小倉尚志：チトクロム *c* 酸化酵素における酸素還元反応とプロトンポンプ共役機構、第 53 回日本生物物理学会年会、金沢大学角間キャンパス自然科学本館（金沢市）、一般口頭、2015
- II-4 S. Nakashima: Coupling Mechanism in the Reaction of Cytochrome *c* Oxidase Revealed by Newly Developed Time-Resolved IR Measurements, SCIX2015, Rhode Island Convention Center, USA, 招待講演, 2015
- II-5 C. Li, T. Nishiguchi, S. Yamauchi, K. Shinzawa-Itoh, S. Yoshikawa, S. Nakashima, T. Ogura: Time-resolved IR Spectroscopic Studies for Proton Pumping Mechanisms of Cytochrome *c* Oxidase, 日本化学会第 96 春季年会、同志社大学京田辺キャンパス（京田辺市）、一般口頭、2016
- III-1 S. Yanagisawa, K. Kayama, H. Sugimoto (理研), Y. Shiro (理研), T. Ogura: Detection of Tryptophan as Bound Substrate in the Indoleamine 2,3-dioxygenase Intermediate Model, 5th Georgian Bay International Conference on Bioinorganic Chemistry (CanBIC5), Parry Sound, Canada, 招待講演, 2015

- III-2 柳澤幸子・萱間紅絵・杉本宏（理研）・城宜嗣（理研）・小倉尚志：紫外共鳴ラマン分光法によるインドールアミン 2,3 ジオキシゲナーゼ反応中間体モデルの基質の検出、第 42 回生体分子科学討論会、高崎シティーギャラリーコアホール（高崎市）、一般口頭、2015
- IV-1 K. Oshima (横浜国立大), A. Shigeta (横浜国立大), Y. Makino (横浜国立大), I. Kawamura (横浜国立大), T. Okitsu (神戸薬科大), A. Wada (神戸薬科大), S. Tuzi, T. Iwasa (室蘭工業大), A. Naito (横浜国立大): Characterization of Photo-intermediates in the Photo-reaction Pathways of a Bacteriorhodopsin Y185F Mutant Using *in situ* Photo-irradiation Solid-state NMR Spectroscopy, *Photochem. Photobiol. Sci.*, 14, 1694-1702 (2015)
- IV-2 Y. Otani (横浜国立大), A. Shigeta (横浜国立大), Y. Makino (横浜国立大), R. Miyasa (横浜国立大), I. Kawamura (横浜国立大), T. Okitsu (神戸薬大), A. Wada (神戸薬大), S. Tuzi, A. Naito (横浜国立大): Characterization of Photo-intermediates and Photo Reaction Pathway of D96N-bR Mutant by *in situ* Photo-irradiation Solid-state NMR、第53回日本生物物理学会年会、金沢大学角間キャンパス自然科学本館（金沢市）、ポスター、2015
- IV-3 A. Shigeta (横浜国立大), K. Oshima (横浜国立大), I. Kawamura (横浜国立大), T. Okitsu (神戸薬大), A. Wada (神戸薬大), S. Tuzi, A. Naito (横浜国立大): Elucidation of 13-cis, 15-syn Photocycle and Its Intermediate by Photo-irradiation ss-NMR、第53回日本生物物理学会年会、金沢大学角間キャンパス自然科学本館（金沢市）、ポスター、2015
- IV-4 K. Oshima (横浜国立大), A. Shigeta (横浜国立大), Y. Makino (横浜国立大), I. Kawamura (横浜国立大), T. Okitsu (神戸薬大), A. Wada (神戸薬大), S. Tuzi, T. Iwasa (室蘭工大), A. Naito (横浜国立大), Photo-reaction Pathways of Bacteriorhodopsin Y185F Mutant as Revealed by *in situ* Photo-irradiation Solid-state NMR Spectroscopy、第53回日本生物物理学会年会、金沢大学角間キャンパス自然科学本館（金沢市）、一般口頭、2015
- IV-5 大谷優人（横浜国立大）・重田安里寿（横浜国立大）・槇野義輝（横浜国立大）・宮佐亮太（横浜国立大）・川村出（横浜国立大）・沖津貴志（神戸薬大）・和田昭盛（神戸薬大）・辻暁・内藤晶（横浜国立大）：In-situ光照射固体NMRによるD96N-bR変異体の光反応サイクルにおけるM-中間体の解析、第54回NMR討論会、千葉工業大学津田沼キャンパス（習志野市）、ポスター、2015
- IV-6 重田安里寿（横浜国立大）・大島恭介（横浜国立大）・川村出（横浜国立大）・沖津貴志（神戸薬大）・和田昭盛（神戸薬大）・辻暁・内藤晶（横浜国立大）：13- cis,15- syn 型バクテリオロドプシンの光中間体の *in-situ* 光照射固体 NMR による検出、第54回NMR討論会、千葉工業大学津田沼キャンパス（習志野市）、ポスター、2015

大学院生命科学研究科

博士前期課程

中川 善之：時間分解共鳴ラマン分光法を用いたチトクロム *c* 酸化酵素の CO 光解離に伴う構造ダイナミクスの研究

渡邊 祥子：紫外共鳴ラマン分光法によるチトクロム *c* 酸化酵素の P 中間体の構造解析

青柳 裕大：時間分解分光法によるチトクロム *c* 酸化酵素の反応初期過程の追跡

山口 祥弘：結晶チトクロム *c* 酸化酵素の時間分解構造解析

渡部 明莉：酵素反応解析のための微量高速混合器の開発

博士課程（5年一貫）

Li Chen：時間分解赤外分光法によるチトクロム *c* 酸化酵素の構造ダイナミクスと反応機構

河原 由佳：振動分光法による細胞内二原子分子の可視化をもとにした信号伝達機構の研究

科学研究費補助金等

- 1 科学研究費補助金（平成 26～27 年度）新学術領域研究（研究領域提案型）課題番号: 26104532
研究課題 酵素反応追跡のためのピコリットルインクジェットによる新規高速混合器の試作
研究代表者 小倉尚志
- 2 科学研究費補助金（平成 27～28 年度）新学術領域研究（研究領域提案型）課題番号: 15H00960
研究課題 酵素に結合した感応性化学種の振動分光法による選択的検出と反応機構
研究代表者 小倉尚志
- 3 科学研究費補助金（平成 27～29 年度）基盤研究(C) 課題番号:15K05393
研究課題 新規時間分解振動分光法によるチトクロム酸化酵素のプロトンポンプ共役機構の探求
研究代表者 中島 聡
- 4 科学研究費補助金（平成 27～29 年度）若手研究(B) 課題番号:15K21295
研究課題 ミトコンドリア呼吸鎖電子伝達系超複合体形成は末端酵素の反応性に影響を与えるか？
研究代表者 柳澤幸子
- 5 X 線自由電子レーザー重点戦略課題についての委託事業（平成 24～28 年度）
委託業務題目 無損傷・動的結晶構造解析による生体エネルギー変換過程の可視化
(ポンプ・プローブ法を用いたチトクロム酸化酵素反応中間体の無損傷高分解能構造解析に関する研究)
業務主任者 小倉尚志

6 戦略的国際研究交流推進事業費補助金（平成 26～28 年度）

研究課題 分子性金属システムによる酸素と窒素の化学のための戦略的国際研究網の構築

担当研究者 小倉尚志、太田雄大