

岩 山 洋 士 (助教) (2010 年 4 月 1 日着任)

石原 麻由美 (事務支援員)

加茂 恭子 (事務支援員)

A-1) 専門領域：軟X線分子分光, 光化学反応動力学

A-2) 研究課題：

- a) 軟X線共鳴散乱法によるソフトマターのメゾスコピック構造解析
- b) X線自由電子レーザーを用いた溶液光学反応のフェムト秒実時間観測手法の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 共鳴軟X線散乱の開発を通して、ポリマーや液晶などを含むソフトマターのメゾスコピック領域の構造解析技術の開発を行っている。ソフトマターは様々な空間スケールで階層構造を持つ物質であり、特に数 nm から数 100 nm のメゾスコピック領域の構造が、その物質のマクロな性質を理解するうえで重要である。このようなメゾスコピック領域の構造解析法として従来X線小角散乱が広く用いられているが、非共鳴におけるX線散乱は電子密度の変調に敏感であるが、平均原子番号の近い化学種ごとの構造解析は難しい。そのため、ポリマーブレンドなどの異なる化学種の複合材に対しては、化学種を選別したメゾスコピック領域の構造解析法が開発が望まれている。共鳴軟X線散乱法は、化学種ごとに内殻共鳴エネルギーが異なることを利用し、放射光軟X線を用い化学種ごとの構造解析を可能とする。本グループでは2020年度より共鳴軟X線散乱法を実現すべく、散乱観測のための装置開発を行っている。装置の立ち上げでは、液晶分野を専門とする共同研究者らと共にキラルスメクチック液晶を用いて、従来のX線小角散乱法では観測できなかった、強誘電体、反強誘電体およびその副次相による数 nm から 10 nm の周期構造に由来する回折像の観測に成功し、本共鳴軟X線散乱法が液晶におけるメゾスコピック領域の構造を明らかにするうえで有用な測定方法であることを示した。本年度は、観測装置の高度化に取り組み、軟X線用の in-vacuum CMOS カメラを用いた検出器回転型の散乱光観測装置の設計・開発を行った。本測定器では、真空チャンバー内で散乱角 2θ 方向に検出器が可動することで、広い散乱角 1° から 60° までを観測できる。これは炭素の内殻共鳴エネルギー 285 eV (波長 4.4 nm) 付近において、散乱ベクトル 0.02 nm^{-1} から 1.2 nm^{-1} 、空間スケールにおいて 5 nm から 300 nm の範囲で構造解析が可能なことに対応する。2023年度より立ち上げ・稼働する予定である。
- b) X線自由電子レーザー SACLA BL1 を利用した液体試料用のポンプ・プローブ法によるフェムト秒時間分解・透過型軟X線吸収分光器の開発を提案し、2020年度 SACLA 基盤開発プログラムに採択され研究を進めている。化学反応の多くは溶液内で起こり、また光合成をはじめとした光化学反応また生命現象は細胞液内でおこることを考えると、固相・気相に加え液相を研究対象に加えることは重要である。特に、軟X線領域は生命において重要な炭素、窒素、酸素元素の K 殻吸収端を含む。これまでの実験結果により高強度のポンプ光によりメンブレンが破損することが明らかになり、メンブレンを用いないマイクロ流路を用いた液厚 20~1000 nm の超薄膜フラットジェット法の開発を行った。また発光分光器の回折格子を更新し、エネルギー分解能 $E/\Delta E$ を 2000 まで向上させた。今後、超薄膜フラットジェットおよび発光分光器を用いた、ポンプ・プローブ法によるフェムト秒時間分解軟X線吸収スペクトルを実現し、溶液の光化学反応を明らかにする。

B-1) 学術論文

A. FERTÉ, F. PENENT, J. PALAUDOUX, H. IWAYAMA, E. SHIGEMASA, Y. HIKOSAKA, K. SOEJIMA, P. LABLANQUIE, R. TAÏEB and S. CARNIATO, “Specific Chemical Bond Relaxation Unraveled by Analysis of Shake-Up Satellites in the Oxygen Single Site Double Core Hole Spectrum of CO₂,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **24(2)**, 1131–1146 (2022). DOI: 10.1039/d1cp03947d

T. KANEYASU, M. HOSAKA, A. MANO, Y. TAKASHIMA, M. FUJIMOTO, E. SALEHI, H. IWAYAMA, Y. HIKOSAKA and M. KATO, “Double-Pulsed Wave Packets in Spontaneous Radiation from a Tandem Undulator,” *Sci. Rep.* **12(1)**, 9682 (2022). DOI: 10.1038/s41598-022-13684-2

K. KAWAGUCHI, T. MIYAMACHI, T. GOZLINSKI, T. IIMORI, Y. TAKAHASHI, T. HATTORI, K. YAMAMOTO, T. KOITAYA, H. IWAYAMA, O. ISHIYAMA, E. NAKAMURA, M. KOTSUGI, W. WULFHEKEL, T. YOKOYAMA and F. KOMORI, “Layer-Resolved Magnetic Moments in N-Surfactant Assisted FeNi Ordered Alloy Thin Films,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **61(SL)**, SL1001 (2022). DOI: 10.35848/1347-4065/ac66c1

Y. TAKANISHI, F. ARAOKA and H. IWAYAMA, “The Effect of the Structure of a Helical Nanofilament of the B4 Phase of Bent-Core Liquid Crystals on the Nano-Phase Separation Mixed with a Rod-Like Cholesteric Liquid Crystal Mixture,” *RSC Adv.* **12(45)**, 29346–29349 (2022). DOI: 10.1039/d2ra03316j

J. J. LEE, S. KIM, H. NISHIKAWA, Y. TAKANISHI, H. IWAYAMA, C. KIM, S. W. CHOI and F. ARAOKA, “Chiroptical Performances in Self-Assembled Hierarchical Nanosegregated Chiral Intermediate Phases Composed of Two Different Achiral Bent-Core Molecules,” *Int. J. Mol. Sci.* **23(23)**, 14629 (2022). DOI: 10.3390/ijms232314629

B-7) 学会および社会的活動

学会誌編集委員

原子衝突学会学会誌編集委員 (2020–).

B-8) 大学等での講義, 客員

理化学研究所, 客員研究員, 2022年4月–2023年3月.