

光化学測定器開発研究部門（極端紫外光研究施設）

岩 山 洋 士（助教）（2010年4月1日着任）

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) 液晶相物質の in situ 透過型軟X線吸収分光法の開発
- b) X線自由電子レーザーを用いた時間分解・透過型軟X線吸収分光法の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 液晶分子は分子が凝集し集団となることで複屈折などの機能を有する材料であり，分子1個の性質を調べただけではその機能・物性解明には不十分である。水などの液相のX線吸収スペクトル計測を可能にした UVSOR BL3U の液体セルを用いて，in situ 液晶相での液晶分子を対象に透過型X線吸収スペクトル計測を行っている。実験で用いた試料は，代表的な液晶分子であり棒状形状を有する 4-Cyano-4'-pentylbiphenyl (5cb) を用いた。また固相・液晶相また液晶相・液体相の相転移温度がそれぞれ 22 °C, 35 °C と常温付近であるため，試料温度を制御することで3つの相での XAS 測定を行った。

固相・液晶相・液体相でX線吸収スペクトルのピークシフトが観測されたが，このエネルギーシフトから局所的な液晶分子周辺の弱い相互作用による電子状態の変化を理解するためには，高精度な理論計算と比較する必要がある。内殻空孔状態を計算することができるソフトウェア Stobe を導入し，量子化学計算を行えるよう環境を整え，スペクトルのピークアライメントを行った。

ベンゼン環由来の C 1s→ π^* に対応するピークの温度変化に着目すると，固相から液晶相相転じともない高エネルギーシフトしていることが明らかになった。ベンゼン分子の先行研究例によると，このエネルギーシフトは分子間のベンゼン環間の π - π 相互作用が弱くなっていることに相当する。観測された高エネルギーシフトは固相から液晶相になり分子位置の秩序を失い，分子間の相互作用が弱くなったためと考えられる。

- b) X線自由電子レーザー SACLA BL1 を利用した液体試料用の pump-probe 法による時間分解・透過型軟X線吸収分光器の開発を提案し，2019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。SACLA BL1 の利用可能な基本波（1次光）の光エネルギーは約 40 ~ 120 eV であり，これまで軟X線吸収分光は難しいと思われていたが，我々は5次光，すなわち 600 eV までレーザー発振していることを気体試料 Ar(2p) および CO₂(Cl_{1s}, O1s) の透過型X線吸収スペクトルにより明らかにし，本 BL にて透過型軟X線吸収分光法が可能であることを示した。

B-1) 学術論文

T. KANEYASU, Y. HIKOSAKA, M. FUJIMOTO, H. IWAYAMA and M. KATOH, “Controlling the Orbital Alignment in Atoms Using Cross-Circularly Polarized Extreme Ultraviolet Wave Packets,” *Phys. Rev. Lett.* **123**, 233401 (5 pages) (2019).

Y. HIKOSAKA, T. KANEYASU, M. FUJIMOTO, H. IWAYAMA and M. KATOH, “Coherent Control in the Extreme Ultraviolet and Attosecond Regime by Synchrotron Radiation,” *Nat. Commun.* **10**, 4988 (5 pages) (2019).

H. FUKUZAWA, R. R. LUCCHESI, X. J. LIU, K. SAKAI, H. IWAYAMA, K. NAGAYA, K. KREIDI, J. R. HARRIES, Y. TAMENORI, Y. MORISHITA, I. H. SUZUKI, N. SAITO and K. UEDA, “Probing Molecular Bond-Length Using Molecular-Frame Photoelectron Angular Distributions,” *J. Chem. Phys.* **150**, 174306 (5 pages) (2019).

H. IWAYAMA and J. R. HARRIES, “Resonant-Auger-State-Selected Dissociation Dynamics and Dissociation Limits of N 1s \rightarrow π^* Core Excited N₂ Molecules Studied Using a Two-Dimensional Auger-Electron-Photoion Coincidence Method,” *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **232**, 40–44 (2019).

K. FUCHIZAKI, T. SAKAGAMI and H. IWAYAMA, “Pressure-Induced Local Symmetry Breaking upon Liquid–Liquid Transition of GeI₄ and SnI₄,” *J. Chem. Phys.* **150**, 114501 (11 pages) (2019).

J. R. HARRIES, H. IWAYAMA, S. KUMA, M. IIZAWA, N. SUZUKI, Y. AZUMA, I. INOUE, S. OWADA, T. TOGASHI, K. TONO, M. YABSHI and E. SHIGEMASA, “Superfluorescence, Free-Induction Decay, and Four-Wave Mixing: Propagation of Free-Electron Laser Pulses through a Dense Sample of Helium Ions,” *Phys. Rev. Lett.* **121**, 263201 (5 pages) (2018).

B-6) 受賞, 表彰

岩山洋士, 原子衝突若手奨励賞 (2018).

B-7) 学会および社会的活動

学会の組織委員等

第 27 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2014).

第 28 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2015).

第 32 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2019).

日本物理学会領域1運営委員(原子・分子分科) (2018–2019).

学会誌編集委員

日本放射光学会誌編集委員 (2010–2012, 2018–).

B-10) 競争的資金

松尾学術研究助成, 「極端紫外レーザー光によるクラスター発光分光分析」, 岩山洋士 (2010年).

科研費若手研究(B), 「自由電子レーザー励起によるレーザープラズマ光源の研究開発」, 岩山洋士 (2012年–2014年).

科研費若手研究(B), 「高温ガスセルを用いた振動励起した分子の光電子分光法の開発」, 岩山洋士 (2016年–2018年).