

共同研究者の募集 ～氷の軟 X 線照射による生成物の 酸素 K 端 NEXAFS 測定～

筆者らは、アラニン線量計を用いて軟 X 線照射によるエネルギー付与を詳細に調べ、表面近傍で高密度に生成したラジカルが再結合により消失し、単位線量あたりのラジカル生成量が減少することを見出した¹⁾。これは、軟 X 線照射が、局所的高エネルギー付与であることを示唆する。ガンマ線照射とは異なり、軟 X 線照射においては、光電効果により内殻電子とオージェ電子が放出され、エネルギーのより低い光電子に変換されることが高エネルギー付与の原因と推測される。

光電子によるエネルギー付与の効果の詳細を考察するためには、酸素原子の殻のみを考慮すればよい水分子への軟 X 線照射における X 線エネルギーの影響を検討することが極めて重要である。Huart らは、安息香酸水溶液に 215 eV, 350 eV, 400 eV, 1280 eV の各エネルギーの軟 X 線を照射し、ヒドロキシ安息香酸の生成量から OH ラジカル生成量を見積もった。その結果、1280 eV の X 線照射で OH ラジカル生成量が最小になり、シミュレーションの結果とほぼ一致することを見出した²⁾。しかし、Rajpal らによると、OH ラジカル三分子から生成する HO₂ は、800 eV および 900 eV の軟 X 線照射で確認できなかった³⁾。一方、Laffon らは、20 K で氷薄膜に 3 eV-900 eV の白色光を照射し、酸素 K 端の NEXAFS を測定することで、OH ラジカル (吸収エネルギー: 526 eV), H₂O₂ (533 eV), HO₂ (529 eV), 酸素 (531 eV) の 4 種の生成物を同時に観測することに成功している⁴⁾。

筆者らは、X 線エネルギーの影響を検討するため、氷薄膜に単色軟 X 線を照射し、酸素 K 端の NEXAFS 測定で、氷から生成する生成物の生成比を調べる実験 (図 1) を計画している。溶存酸素を脱気した超純水の蒸気を真空チャンバー内の金蒸着銅板 (20 K に冷却した試料ホルダー受けの端) に吹き付け、氷薄膜を作成する。氷薄膜に単色軟 X 線を照射後、酸素 K 端の NEXAFS を測定する。照射 X 線のエネルギーによる生成比の変化、昇温による変化等を調べる。実験は、高エネルギー加速器研究機構フォトンファクトリー (KEK-PF) の BL-13 を利用し、バリアブルリークバルブの上流側 (真空チャンバー、試料ホルダー受け、マ

ニピレータ、試料冷却システム、NEXAFS 測定用マルチチャンネルプレート等) は、PF 所有の装置を使用させていただく。なお、BL-13 の装置担当者とはすでに打ち合わせを行い、了解を得ており、2025 年度開始の実験課題として申請予定である。

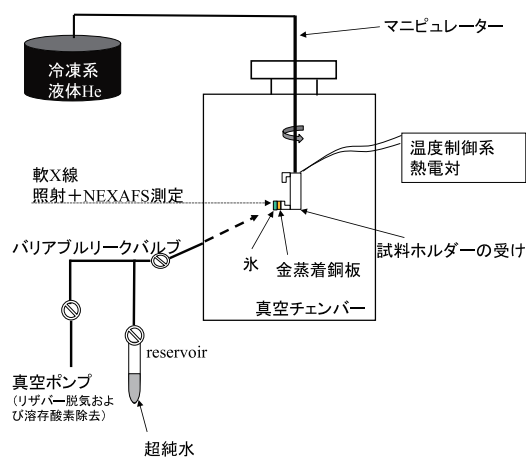


図 1. Experimental apparatus.

さらに、PF では新たなビーム開発が進んでおり、下記のような研究展開が考えられる。

1. BL-11 に建設中の 2 ビーム (4 keV-13 keV および 0.05 keV-1.7 keV) 利用による、照射中のラジカル生成の直接観測
2. OH ラジカルによるハロゲン化物イオン (X⁻) の酸化で生成する X₂ および X₃ の昇温による変化 (+ OH ラジカルとの相対比較)
3. メタノール膜中に生成する CH₃O ラジカルから CH₂OH ラジカルへの昇温による変化の直接観測
4. Hybrid リングが建設されればパルス放射光を利用した、溶液系での時間分解測定が可能

一方で、筆者は 2025 年 3 月末で定年・再雇用職員となるため、科研費含め研究業務の主担をするな、といわれており、中心となって研究を進めていただける研究者を募集中である。PF でのマシンタイムは年に

8 回程度であり、エフォートは 5 %–10 % 程度である。
興味をお持ちの方および学生を紹介いただける方は、中川 清子 (nakagawa.seiko@iri-tokyo.jp) または横谷 明德 (yokoya.akinari@qst.go.jp) までご連絡いただきたい。

- 1) S. Nakagawa, A. Yokoya, M. Ohara, N. Usami, M. Asada, M. Fujiwara, T. Nakamura, K. Ishikawa, *Radiat. Phys. Chem.* 214 (2024) 111304.
- 2) L. Huart, C. Nicolas, J. A. Kaddissy, J.-M. Guigner, A. Touati, M.-F. Politis, P. Mercere, B. Gervais, J.-

P. Renault, M.-A. H. Penhoat, *J. Phys. Chem. A*, 124 (2020) 1896.

- 3) A. Rajpal, L. Huart, C. Nicolas, C. Chevallard, J.-M. Guigner, P. Dasilva, P. Mercere, B. Gervais, M.-A. H. Penhoat, J.-P. Renault, *J. Phys. Chem. B*, 127 (2023) 4277.
- 4) C. Laffon, S. Lacombe, F. Boumel, Ph. Parent, *J. Chem. Phys.*, 125 (2006) 204714.

(東京都立産業技術研究センター 中川 清子)