

2P026

フェムト秒レーザープラズマ誘起 X 線を光源として用いた 液体試料の X 線散乱測定

(東北大院理) ○五月女光, 松島進一, 東遥介, 梶本真司, 福村裕史

【序】X 線回折・散乱測定(XRD 測定)は直接的に分子構造を観測できる有力な手法である。近年では放射光施設の高輝度パルス X 線を利用したポンプ・プローブ実験により、過渡的な分子構造の変化を捉えることが可能となっている。しかし液体や溶液を試料とした場合散乱強度が低いため、その時間分解能は現在数十ピコ秒程度までしか達成されていない。そこで本研究ではさらなる高時間分解能を目指し、サブピコ秒のパルス幅を持つレーザープラズマ誘起 X 線を光源とした XRD 測定装置を構築した。さらにこの装置を用いて液体試料の X 線散乱像を取得することに成功した。

【実験】Fig. 1 に構築した XRD 測定装置を示す。対物レンズ(Mitsutoyo, 20x)を用いてフェムト秒レーザー光(798 nm, 190 fs, 800 $\mu\text{J}/\text{pulse}$)を鉄を含むターゲット表面に集光照射し発生した鉄の $K\alpha$ 線(1.941 Å)を XRD 測定の光源とした。発散光として発生した X 線を X 線レンズ(IFG, elliptical capillary)を用いて準平行光とし、ジェットセルより噴出させた試料液膜(厚み 300 μm)上に照射した。また粉末試料の測定ではスコッチテープを窓材とし試料を保持した。試料によって散乱された X 線を後方の X 線冷却 CCD(Andor, 1024x255 pixel)で検出した。高エネルギーの環境放射線や読み出しノイズの影響を低減するため、測定は光子計数法で行った。CCD で観測された 2 次元散乱像を同心円状に積算することにより 1 次元の散乱強度曲線に変換した。さらにフーリエ変換することで液体中の原子間距離の分布を表す動径分布関数を導出した。

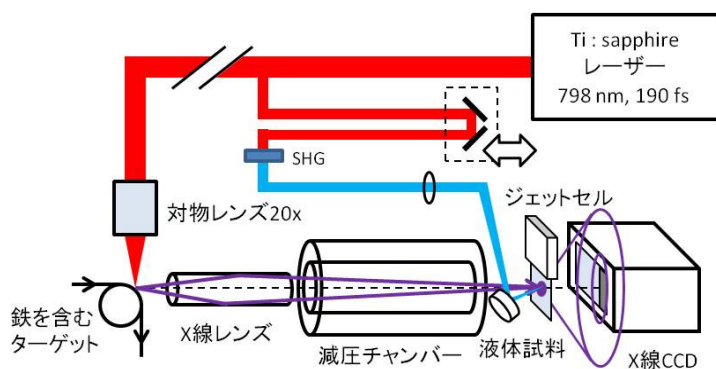


Fig. 1. レーザープラズマ誘起 X 線を光源とした X 線回折装置

【結果と考察】まず、構築した回折装置の確認のため標準試料として粉末状のアゾベンゼンの XRD 測定(測定時間 24 分)を行った。Fig. 2 に粉末アゾベンゼンの 2 次元回折像とそれを同心円状に積算した 1 次元回折強度を示す。粉末回折データベース¹の回折角度と比較すると、回折ピークの角度が一致していることが確認される。この結果から構築した回折装置により正しく XRD 測定が可能であると言える。

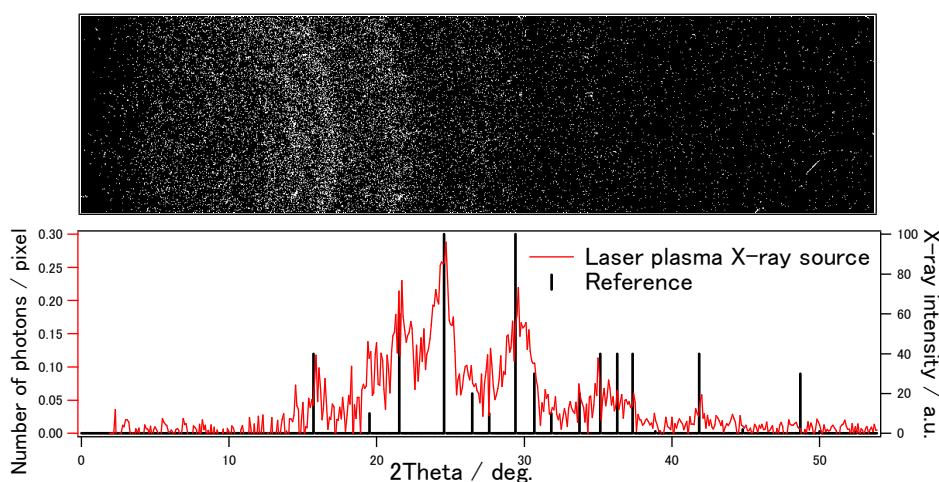


Fig. 2. 粉末アゾベンゼンの X 線回折像(上)と同心円状に積算した回折強度曲線(下)(測定時間 24 分)

次に典型的な有機溶媒であるシクロヘキサンを試料として XRD 測定(測定時間 8 分)を行った。Fig.3 に得られた散乱強度曲線と動径分布関数を示す。散乱強度曲線は市販の回折装置を使用して測定されたものとほぼ一致した。また、動径分布関数ではシクロヘキサンの分子内 C-C 結合に対応する 1.6 \AA のピークと平均分子間距離に相当する約 5 \AA ごとの周期的なピークが確認される。フェムト秒レーザープラズマ X 線を光源とした XRD 測定によりシクロヘキサンの液体構造を観測することに成功したと言える。

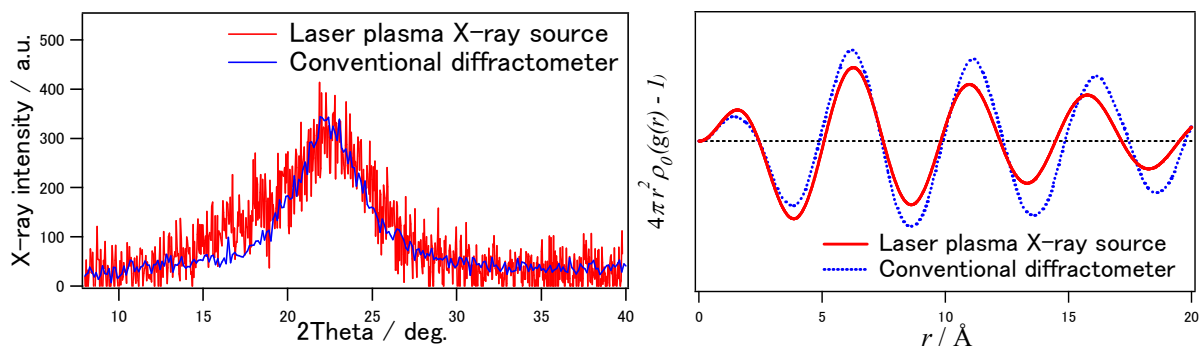


Fig. 3. シクロヘキサンの X 線散乱強度曲線(左)と動径分布関数(右)(測定時間 8 分)

これらの結果から、長時間に渡る測定により光励起に伴う液体試料の X 線散乱像の変化が観測可能であることが予備的に示された。発表では時間分解測定により散乱像の変化を観測・解析することにより溶液内ダイナミクスについて議論する。

【参考文献】

- 1) The International Centre for Diffraction Data® No.000030172 (Azobenzene)