

## レーザー軟 X 線パルス源によるフェムト秒吸収分光

### Femtosecond absorption spectroscopy using laser-based soft x-ray optical pulses

量研・関西<sup>1</sup>, 東大物性研<sup>2</sup> ○石井 順久<sup>1</sup>, 齋藤 成之<sup>2</sup>, 板谷 治郎<sup>2</sup>

QST KPSI<sup>1</sup>, ISSP<sup>2</sup>, °Nobuhisa Ishii<sup>1</sup>, Nariyuki Saito<sup>2</sup>, Jiro Itatani<sup>2</sup>

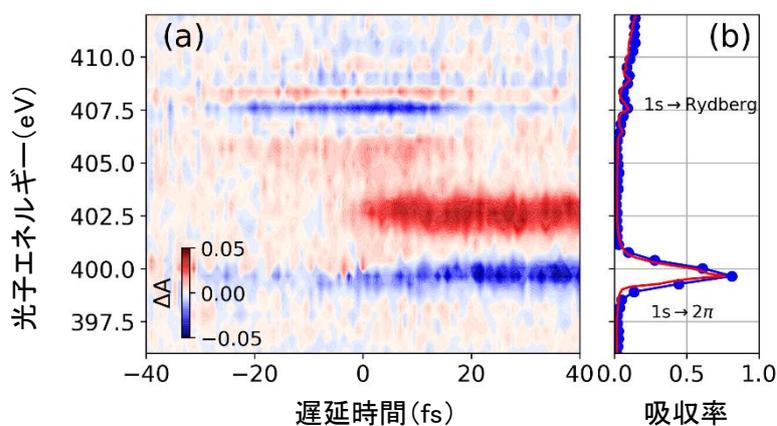
E-mail: ishii.nobuhisa@qst.go.jp

軟 X 線スペクトル領域は、軽元素の K 吸収端、遷移金属の L 吸収端を含み、物質を構成する元素を選択して分光研究を行うことができる。一方で、吸収端近傍では、元素の周辺環境を反映した構造を示し、吸収スペクトルから結合状態を特定できる利点がある。これまで、分光应用到広く用いられている軟 X 線光源は放射光施設等の大型施設に限られており、コンパクトで実用的な、アクセスのしやすいテーブルトップの光源が待ち望まれている。近年、高強度・超高速レーザー技術の進展と共に、レーザー電場と気体が極端に強い非線形効果を起こすことが可能となっている。この極端な非線形効果により、可視～近赤外レーザーを周波数上方変換（高次高調波発生）し、極紫外から軟 X 線領域の時空間領域でコヒーレントな光源発生が可能となっている。特に赤外領域（波長 1000 nm 以上）の高強度フェムト秒レーザーを用いて、アト秒からフェムト秒の時間幅を有する軟 X 線光源がテーブルトップで得られるようになってきている [1]。炭素の K 吸収端（284 eV）を超えるスペクトル領域で時間分解軟 X 線吸収分光が実現している [2]。

本講演では、赤外領域の高強度超高速光源（中心波長：1600 nm, パルスエネルギー：1.5 mJ, パルス幅：10 fs, 繰返し周期：1 kHz） [3]を用いて、アト秒軟 X 線パルスを発生させ、ポンプ・プローブ法によって計測した、窒素を含む気体分子の光イオン化後のダイナミクスについての研究結果を発表する [4]。研究例として、図のように一酸化窒素の定常吸収（b）とイオン化させる赤外光パルスに対する軟 X 線パルスの遅延時間依存する差分吸収スペクトル（a）が計測された。赤外光パルスで一酸化窒素をイオン化後に、イオンの吸収が新たに 402.5 eV に現れ、中性分子の信号（400 eV）は、枯渇による吸収減少が測定された。これらの信号に分子の電子、振動、回転のダイナミクスが同時に現れており [4]、本講演では、それらについて詳しく紹介する。

参考文献:

- [1] N. Ishii *et al.*, Nat. Commun. **5**, 3331 (2014).
- [2] Y. Pertot *et al.*, Science **355**, 264 (2017).
- [3] N. Ishii *et al.*, J. Opt. **20**, 014003 (2017).
- [4] N. Saito *et al.*, Optica **6**, 1542 (2019).



(a) Collection of absorbance change spectra ( $\Delta A$ ) as a function of delay time between infrared pump and soft x-ray pulses. (b) Static absorbance spectra in our setup (blue circles) and from a synchrotron data (red curve).