

2023 年度年次報告書

物質探索空間の拡大による未来材料の創製

2022 年度採択研究代表者

伊藤 佑介

東京大学 大学院工学系研究科

講師

圧力・温度場の時空間的局在化によるメカノケミストリーの開拓

## 研究成果の概要

高压印加とそれに伴う昇温による構造相転移の誘起が注目されているが、付与できる圧力と冷却速度のトレードオフのため、高压物質の創製に限界がある。本研究では、超高压と超高速冷却を両立した反応場を創出することによる、新材料創製を目指している。本年度は、1. 動的超高压生成法の開発、2. 応力分布の超高速計測法の開発、3. 温度分布計測法の開発、の3項目について取り組んだ。これらに加え、指導している学生をさきがけ領域内研究者のもとへ国内留学させ、共同研究を進めている。

### 1. 動的超高压生成法の開発

フェムト秒レーザー駆動により効果的に超高压を生成することを目的とし、ダブルパルス照射による超高压生成法を開発した。レーザーを2発に分岐し、1発目を合成石英に照射し、それによって励起された電子に対し、約 100 ps の遅延の後に、2発目を吸収させることにより、圧力上昇を実現した。従来、エネルギーの吸収には多光子吸収が必要となるため、吸収効率は著しく低い。しかし、1発目で励起させることで、2発目は励起電子への単光子吸収が可能となるため、効果的に光吸収が可能となることを実証した。

### 2. 応力分布の超高速計測法の開発

時間分解撮像法とマッハ・ツェンダー干渉計を組み合わせ、圧力と屈折率の関係をを用いることにより、ナノ秒スケールで変化する圧力分布の計測が可能である。しかしながら、固体内部では、圧力ではなく、応力で議論することが必要である。本研究では、マッハ・ツェンダー干渉計と偏光イメージングを組み合わせることにより、応力成分を計測可能であることを示した。これらを複合した時間分解撮像法により、応力分布の超高速計測を実現した。

### 3. 温度分布計測法の開発

反射率の空間分布の時間変化を、ピコ秒スケールで計測可能なシステムを開発した。反射率は屈折率に依存し、屈折率は温度に依存するため、本計測法を用いることで、温度の空間分布計測が可能となる。

## 【代表的な原著論文情報】

- 1) “Ultrafast processing of zirconia ceramics by transient and selective laser absorption,” Y. Zhang, C. Wei, T. Fukui, N. Sugita, and **Y. Ito**, *Ceramics International* 50(14), 25273–25281 (2024).
- 2) “Crackless high-aspect-ratio processing of silica glass with a temporally shaped ultrafast laser,” G. Ren, H. Sun, K. Nakagawa, N. Sugita, and **Y. Ito**, *Optics Letters* 49(9), 2321–2324 (2024).
- 3) “Generation mechanism and temporal-spatial evolution of electron excitation induced by an ultrashort pulse laser in zirconia ceramic,” C. Wei, Y. Zhang, N. Sugita, and **Y. Ito**, *Applied Physics A* 130, 105 (2024).
- 4) “Mechanism and performance evaluation of transient and selective laser processing of glass based on optical monitoring,” Y. Zhang, **Y. Ito**, R. Yoshizaki, A. Shibata, I. Nagasawa, K. Nagato, and N. Sugita, *Optics Express* 31(23), 38191–38204 (2023).