

## 水中ミリ秒パルスレーザーアブレーションによる 金属酸化物ナノ粒子合成過程の考察

Processes involved in the synthesis of metal oxide nanoparticles

by means of milli-second pulsed laser ablation in water

東海大 IIST<sup>1</sup>, 東海大工<sup>2</sup>, 名工大物工<sup>3</sup> ◯近藤 崇博<sup>1</sup>, 尾鷲 竜樹<sup>2</sup>, 本田 光裕<sup>3</sup>,

Sergei A. Kulinich<sup>1</sup>, 岩森 暁<sup>2</sup>, 山口 滋<sup>1</sup>

Tokai Univ. IIST<sup>1</sup>, Tokai Univ. Eng.<sup>2</sup>, Nagoya Inst. Technol.<sup>3</sup>, ◯Takahiro Kondo<sup>1</sup>, Tatsuki Owashi<sup>2</sup>,

Mitsuhiro Honda<sup>3</sup>, Sergei A. Kulinich<sup>1</sup>, Satoru Iwamori<sup>2</sup>, Shigeru Yamaguchi<sup>1</sup>

E-mail: kondo.takahiro62@gmail.com

**【研究背景】** 液中レーザーアブレーション法はナノ材料合成手法の一つで、これまで新規のナノ材料の創生に貢献している[1]。しかし、液中レーザーアブレーション法では複雑な反応過程が進行するため、同様の系を用いても異なる研究グループで報告される結果にばらつきがあることもあり、汎用的な理論構築の必要性が指摘されている[2]。本研究はレーザーアブレーションの熱的過程に着目し、ナノ粒子構造とレーザーパラメータ(パワー、パルス幅等)及び反応場パラメータ(温度等)との関連を明らかにすることを目的とする。

**【実験方法】** レーザーアブレーションには、ミリ秒パルスレーザー(Nd:YAG励起、波長1064 nm、繰返し周波数5 Hz)を用いた。このパルス幅では熱的過程がナノ粒子合成に大きな寄与をもたらす。レーザーパラメータは、パワーを1 kW または5 kW、パルス幅を0.5, 1, 2 ms とした。また、Sn(スズ)をターゲットとし、液相には水を用いて、ナノ粒子合成を行った。

生成ナノ粒子は透過型電子顕微鏡(TEM: Transmission electron microscopy)、X線回折(XRD: X-ray diffraction)、X線光電子分光(XPS: X-ray photoelectron spectroscopy)を用い特性評価を行った。また、ナノ粒子合成過程における反応場の診断に、発光分光(OES: Optical emission spectroscopy)を用いた。

**【結果・考察】** 各種評価より得られた結果および考察を下記に記す。

- ①レーザーのパルス幅及びパワーが低い条件では Sn/(SnO<sub>x</sub>, Sn(OH)<sub>x</sub>)のコア/シェル構造をもつナノ粒子が生成された。
- ②パルス幅2 ms, パワー5 kW では内部まで酸化された構造をもつナノ粒子が合成された。
- ④レーザー誘起プラズマの発光スペクトル測定から、プランクの黒体輻射測を用い反応場の温度を予測すると、レーザーが低強度の時2750 K、高強度の時3500 K程度であった。
- ⑤Snの沸点が2875 Kであることから、レーザーが高強度のときは、Snが気化することで内部まで酸化されたと予想される。レーザーが低強度のときは、熔融状態のSnが表面より酸化及び水酸化されることでコア/シェル構造をとったと予想される。

発表では、ギブス自由エネルギー変化等を用いた熱力学的考察を加え、反応場の温度、反応時間(≒パルス幅)等の制御による、ナノ粒子構造の制御性について紹介を行う予定である。

**【文献】** [1] S. Nakahara et al., JAP, 109, 123304 (2010). [2] V. Amendola et al., PCCP, 15, 3027 (2013).