

集光太陽光による超臨界水生成に関する 基礎的検討

Preliminary study on the formation of supercritical water
using a concentrated solar power

主任研究員名:部谷 学
分担研究員名:草場 光博

1. 研究の目的・計画・方法(概要)

本研究は、集光太陽光で生成した亜臨界水によるバイオマス処理に関する基礎研究である。圧力と温度を制御することで、処理に適した密度領域(高～中～低)の亜臨界水を選択できる(実際には亜臨界から超臨界状態での高温・高圧下の水が使用されている)。本研究課題では『集光太陽光によって水を何℃、何気圧にすることができるか』について実験的に明らかにする。大出力ソーラーシミュレーターを用いた超臨界水評価システムは、5kW のキセノンランプ 2 灯、水槽、吸収体、ソーラーシミュレーター架台、ラマン分光システムから成る(図 1 参照)。

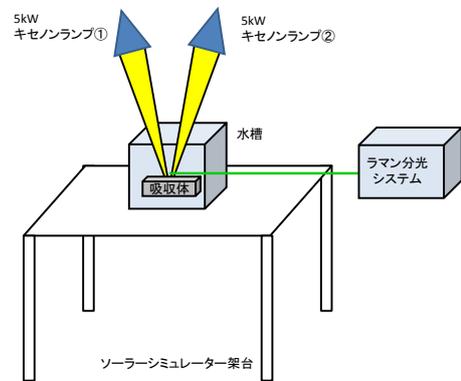


図 1 開発予定の 10kW ソーラーシミュレーターシステムの外観

本研究計画は 3 年計画であり、1 年目(平成 24 年度)にソーラーシミュレーター使用環境の立ち上げ(5kW キセノンランプの光学特性評価、電源工事)及びラマン分光計測装置の立ち上げ準備、吸収体の検討を行った。2 年目(平成 25 年度)は、装置全体を囲う架台(筐体)を、予算の都合上、作製できなかったため、システムとして稼働させることができなかった。そのため、①楕円集光反射鏡の設計及び作製(担当:代表研究員・部谷)、②吸収体の作製及び評価(担当:分担研究員・草場)を実施した。

2. 研究成果

①楕円集光反射鏡の設計及び作製(部谷)

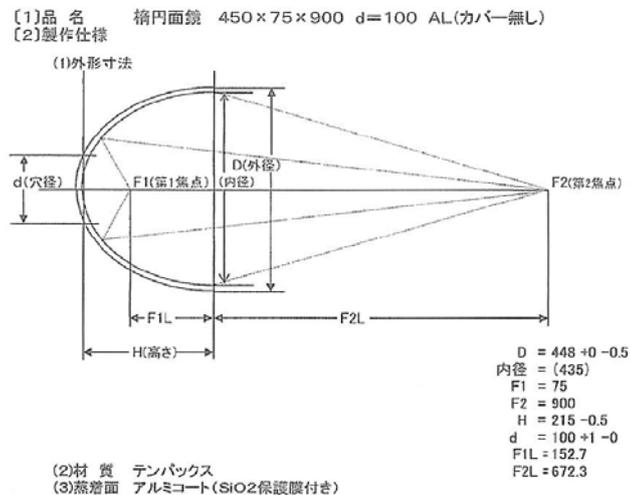


図 2 作製した楕円集光反射鏡の設計図

図 2 に、作製した楕円集光反射鏡の設計図を示す。母材はテンパックス、反射材料には SiO_2 保護膜付アルミニウム薄板を用いた。焦点距離(第2焦点距離)は 672.3mm であった。光学設計上では、この楕円集光反射鏡を用いた集光直径は 5mm である。これによって、集光点の光強度は $2.5 \times 10^5 \text{kW/m}^2$ 程度を実現できる予定である。東京工業大学の実績から、光強度が 10^2kW/m^2 で 1000°C 、 10^4kW/m^2 で 2000°C まで表面を加熱できることが分かっている。したがって、今回導入したソーラーシミュレーターシステムが稼働すれば、照射対象の表面温度 $1000 \sim 2000^\circ\text{C}$ 程度までの加熱が期待できる。平成 26 年度では、キセノンランプを囲う架台(筐体)を作製し、ランプの集光特性、ラマン分光による超臨界水確認、水の温度上昇・圧力上昇の確認、を行う予定である。

②吸収体の作製及び評価

昨年度、吸収体として検討した、酸化クロム(黒色のセラミックス)を金属板上に溶射によって成膜した(比較対象として、タングステンカーバイド、チタニアとアルミナの混合用溶射膜も作製した)。図 3 に、試作した吸収体(酸化クロム、タングステンカーバイド、チタニアとアルミナの混合用溶射膜)の写真を示す。図中の多数の横長の傷は、レーザーで照射した照射痕である。酸化クロムの場合、光強度約 10^6kW/m^2 以上で表面にレーザー照射痕が形成されることが分かった。このことから、今回開発予定である集光ソーラーシミュレーターの集光点(光強度は 10^4kW/m^2 程度で使用予定)においては、酸化クロムは溶融せず、表面形態に変化が生じないことが予想される。これは、酸化クロムが吸収体として使用できることを示唆している。

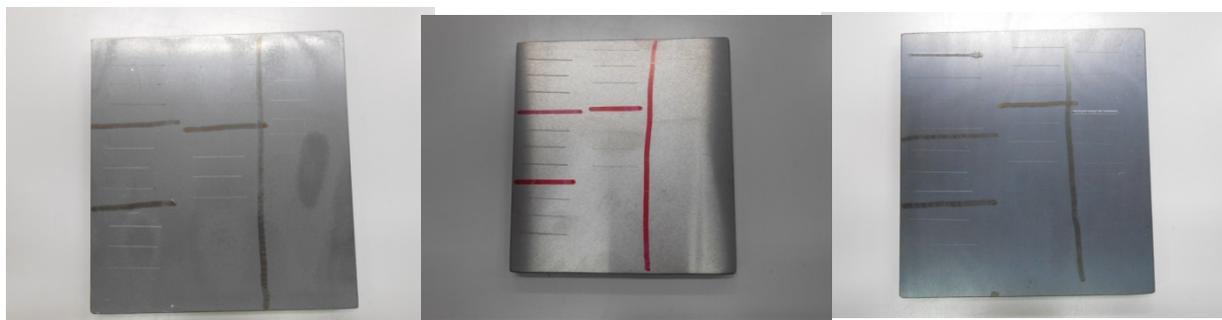


図 3 作製した吸収体の写真。(a) 酸化クロム、(b) タングステンカーバイド、(c) チタニア及びアルミナの混合溶射膜。

3. 平成 25 年度主要購入物品

- ・楕円集光反射鏡
- ・高照度用照度計

4. 今後の課題

3 年目である平成 26 年度では、キセノンランプを囲う架台(筐体)を作製し、集光ソーラーシミュレーターシステムとして確立させる予定である。具体的には、ランプの集光特性、ソーラーシミュレーター筐体製作、ラマン分光による超臨界水確認、水の温度上昇・圧力上昇の確認、を行う予定である。

大出力ソーラーシミュレーターを用いた超臨界水評価システムにおける 楕円集光反射鏡の設計と作製

部谷 学(工学部電子情報通信工学科)

1. 研究の目的・計画・方法(概要)

集光太陽光により生成した超臨界水によるバイオマス処理を目的として、平成 25 年度は楕円集光反射鏡の設計と作製を行った。

2. 研究成果

図 1 に、作製した楕円集光反射鏡の設計図を示す。また、図 2 に作製した楕円集光反射鏡の外観写真を示す。母材はテンボックス、反射材料には SiO_2 保護膜付アルミニウム薄板を用いた。焦点距離(第 2 焦点距離)は 672.3mm であった。光学設計上では、この楕円集光反射鏡を用いた集光直径は 5mm である。これによって、集光点の光強度は $2.5 \times 10^5 \text{kW/m}^2$ 程度を実現できる予定である。東京工業大学の実績から、光強度が 10^2kW/m^2 で 1000°C 、 10^4kW/m^2 で 2000°C まで表面を加熱できることが分かっている。したがって、今回導入したソーラーシミュレーターシステムが稼働すれば、照射対象の表面温度 $1000 \sim 2000^\circ\text{C}$ 程度までの加熱が期待できる。

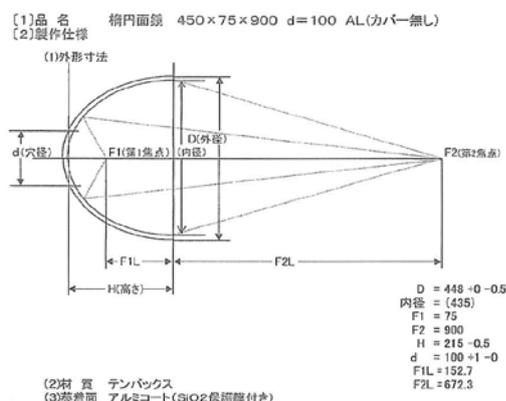


図 1 作製した楕円集光反射鏡の設計図

図 2 作製した楕円集光反射鏡の外観写真

3. 今後の課題

平成 26 年度では、キセノンランプを囲う架台(筐体)を作製し、集光ソーラーシミュレーターシステムとして確立させる予定である。具体的には、ランプの集光特性、ラマン分光による超臨界水確認、水の温度上昇・圧力上昇の確認、を行う予定である。

大出力ソーラーシミュレーターを用いた超臨界水評価システムにおける 吸収体の作製と評価

草場 光博(工学部電子情報通信工学科)

1. 研究の目的・計画・方法(概要)

集光太陽光により生成した超臨界水によるバイオマス処理を目的として、平成 25 年度は吸収体である酸化クロム膜を作製し、レーザーを用いた耐光試験を実施した。

2. 研究成果

昨年度、吸収体として検討した、酸化クロム(黒色のセラミックス)を金属板上に溶射によって成膜した。図 1a に、試作した酸化クロムの写真を示す。図中の多数の横長の傷は、レーザーによる照射痕である。また、図 1b に、酸化クロムにおけるレーザー出力とレーザーの走査速度を変えた時の照射痕の深さの変化を示す。スポット直径は $100\mu\text{m}$ 程度であり、50W ではほとんど加工されていないことが分かる。これを光強度に換算すると、 $5\times 10^6\text{kW/m}^2$ 程度となる。開発中の集光ソーラーシミュレーターの集光位置での光強度は 10^4kW/m^2 程度であるため、集光ソーラーシミュレーターを使用する際には、酸化クロムは熔融せず、表面形態に変化が生じないことが予想される。これは、酸化クロムが吸収体として使用できることを示唆している。

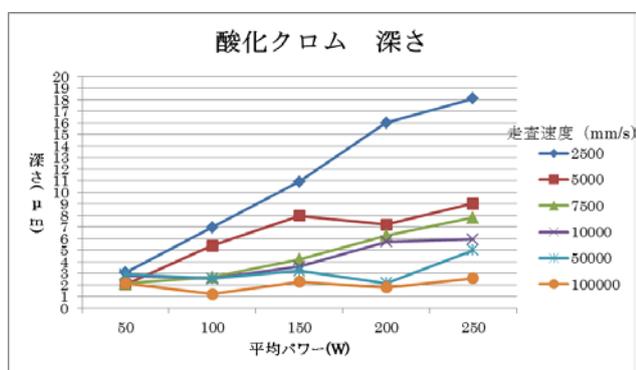
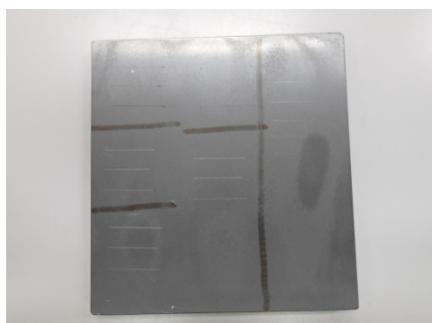


図 1 (a) 作製した吸収体(酸化クロム)の写真、(b) 酸化クロムにおける平均パワー及び走査速度を変えた時の加工深さの変化

3. 今後の課題

平成 26 年度では、キセノンランプを囲う架台(筐体)を作製し、集光ソーラーシミュレーターシステムとして確立させる予定である。具体的には、ランプの集光特性、ラマン分光による超臨界水確認、水の温度上昇・圧力上昇の確認を行う予定である。