

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(工学部 電子情報通信工学科)

分担研究員名:草場 博光(工学部 電子情報通信工学科)

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)の亜臨界水を生成できる(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)。

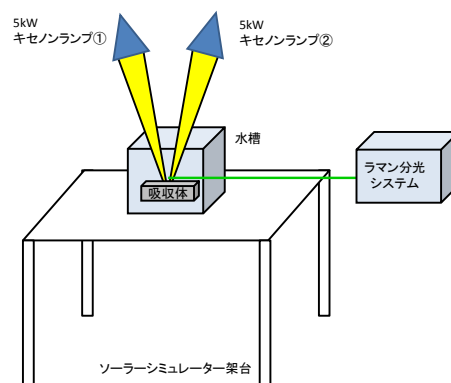


図1 開発予定の10kWソーラーシミュレーターシステムの外観

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。前者の①使用環境の立ち上げ、②ラマン分光計測装置の立ち上げが代表研究員・部谷の担当であり、③吸収体の検討が分担研究員・草場の担当である。なお、予算の都合上、ランプ2灯ではなく1灯のシステムに変更することとなった。

2. 研究成果

①使用環境の立ち上げ(部谷)

図2にキセノンランプと太陽光スペクトルを比較した図を示す。近赤外域に高い光強度域があるものの、他の波長領域ではほぼ太陽光を再現したスペクトルであることを確認した。また、キセノンランプの電源用の電源工事(3相

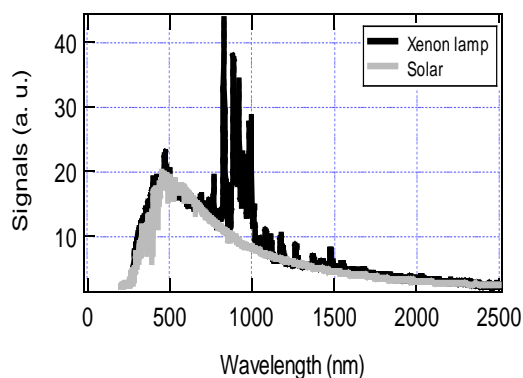


図2 キセノンランプと太陽光のスペクトル比較。

200V、ブレーカー40A)を実施した。

②ラマン分光計測装置の立ち上げ(部谷)

励起光源に半導体レーザー(波長 808nm)を用いて、 3300cm^{-1} 付近の水のラマンピークを観測し、ラマン分光計測装置が正常に動作することを確認した。なお、 3300cm^{-1} 付近の水のラマンスペクトルの波長シフトから、水の温度・圧力状態を把握できる。

③吸収体の検討(草場)

5kW の大出力ソーラーシミュレーターを直径 5mm に集光する計画である。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。今回の目標が達成できれば、集光点での光強度は $2.5 \times 10^5\text{kW/m}^2$ 程度となり、照射対象の表面温度を容易に $1000 \sim 2000^\circ\text{C}$ に加熱できる。この概算は照射した光が 100% 吸収された場合であり、太陽光を吸収しやすく、融点が高いことが吸収体に求められる。検討の結果、黒色のセラミックスである酸化クロムを吸収体を選択した。

3. 平成 24 年度主要購入物品

・集光型ソーラーシミュレーター一式(5kW キセノンランプ、電源、ケーブル):1,793,000 円

4. 今後の課題

2 年目である平成 25 年度には、使用環境の立ち上げ(ランプの集光特性、ソーラーシミュレーター架台製作)とラマン分光計測装置の立ち上げ、3 年目(平成 26 年度)にラマン分光による超臨界水確認、蛍光対策としての赤外波長の観測、水の温度上昇・圧力上昇の確認、10kW 出力の照射システムへの改良、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の確立

部谷 学 (工学部)

1. 研究の目的・計画・方法(概要)

本研究課題は、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(図1)の確立であり、①システムの立ち上げ(5kWキセノンランプの光学特性評価、電源工事)、及び②ラマン分光計測装置の立ち上げ準備を行った。なお、予算の都合上、ランプ2灯ではなく1灯のシステムに変更することとなった。

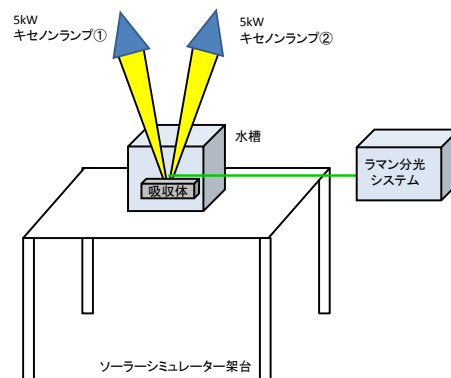


図1 開発予定の10kWソーラーシミュレーターシステムの外観図。

2. 研究成果

①使用環境の立ち上げ(部谷)

図2にキセノンランプと太陽光スペクトルを比較した図を示す。近赤外域に高い光強度域があるものの、他の波長領域ではほぼ太陽光を再現したスペクトルであることを確認した。また、キセノンランプの電源用の電源工事(3相200V、ブレーカー40A)を実施した。

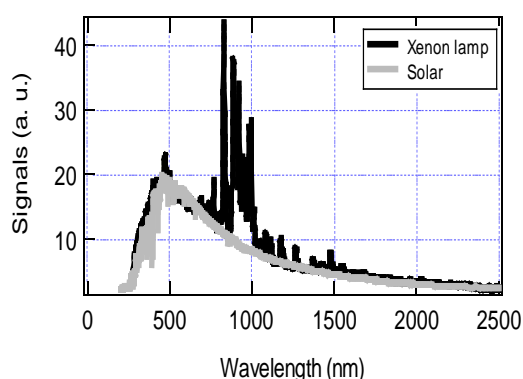


図2 キセノンランプと太陽光のスペクトル比較。

②ラマン分光計測装置の立ち上げ(部谷)

励起光源に半導体レーザー(波長808nm)を用いて、 3300cm^{-1} 付近の水のラマンピークを観測し、ラマン分光計測装置が正常に動作することを確認した。なお、 3300cm^{-1} 付近の水のラマンスペクトルの波長シフトから、水の温度・圧力状態を把握できる。

3. 平成24年度主要購入物品

・集光型ソーラーシミュレーター一式(5kWキセノンランプ、電源、ケーブル):1,793,000円

4. 今後の課題

2年目である平成25年度には、使用環境の立ち上げ(ランプの集光特性、ソーラーシミュレーター架台製作)とラマン分光計測装置の立ち上げを実施予定である。

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検討

草場 光博(工学部)

1. 研究の目的・計画・方法(概要)

集光太陽光により生成した亜臨界水によるバイオマス処理を目的として、平成 24 年度は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(図 1)における吸収体の検討を行った。予算の都合上、ランプ 2 灯ではなく 1 灯のシステムに変更することとなった。

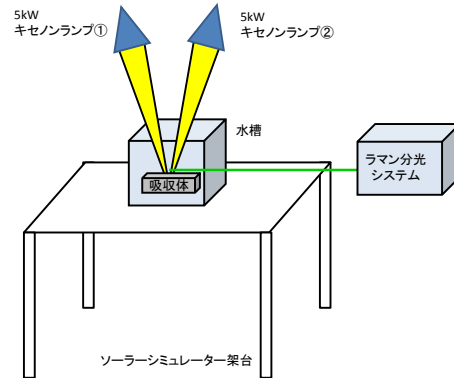


図 1 開発予定の 10kW ソーラーシミュレーターシステムの外観

2. 研究成果

現在、擬似太陽光照射装置として 5kW の大出力ソーラーシミュレーターを径 5mm に集光する計画である。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知られている。以下に今回、開発装置の集光点での光強度の概算を行った。

$$5\text{kW}(\text{ランプ消費電力}) \times 0.3(\text{ランプ効率}) \times 0.7(\text{集光ミラー反射率}) \\ \div ((0.005\text{m}/2)^2 \pi)(\text{集光面積}) = 2.5 \times 10^5 \text{kW/m}^2$$

上記のように目標が達成できれば、集光点での光強度は $2.5 \times 10^5 \text{kW/m}^2$ 程度となり、照射対象の表面温度を容易に $1000 \sim 2000^\circ\text{C}$ に加熱できる。この光強度を達成できるかどうかは、大出力ソーラーシミュレーターを径 5mm に集光できるかどうか、にかかっており、平成 25 年度の研究課題の 1 つである。

上記の概算は、照射した光が 100% 吸収体に吸収された場合であり、吸収体に求められる条件として、太陽光を吸収しやすく、融点が高いことがあげられる。検討の結果、黒色のセラミックスである酸化クロムを吸収体として選択した。酸化クロムは、金属表面への耐摩耗性の付与を目的として、金属表面に溶射技術を用いて皮膜生成する際の溶射材料として広く使用されており、比較的入手が容易な材料である。

3. 今後の課題

2 年目である平成 25 年度には、集光した大出力ソーラーシミュレーターの光を照射し、温度上昇を実測し、 $1000 \sim 2000^\circ\text{C}$ まで計測できることを確認する予定である。