K2-36

点集光型集熱器を用いた太陽熱過熱蒸気発生装置
（食用油を介した影響）

Induction Heating Super Steam by Solar Thermal Using a Point Condensing Type Heat Collector (Effects of Cooking Oil)

上田辰[1]，恩田祥伍[1]，○西山大樹[1]，山村一平[1]，秋元雅翔[2]，木村元昭[2]
Shin Ueda[1],Shogo Onda[1],*Daiki Nishiyama[1],Ippei Yamamura[1], Masato Akimoto[2],Motoaki Kimura[2]

Abstract: As the issue of global warming increases in severity, the introduction of renewable energy has become a global challenge. Technique of using sunlight especially has existed from old days and has been closely related in our life. Solar light proves to condense rays of light with Fresnel lens that the highest of 1,400 degrees Celsius is got. Now, we tried to get a high temperature superheated steam from water experimentally. Heat exchanger in a flask filled with olive oil heated by sunlight to condense rays of light with Fresnel lens. Heating medium used olive oil..The discharge of heat exchanger is changed depending on the water flow to determine water flow experimentally when saturated steam becomes140 degrees Celsius.

1.　はじめに

我が国においては，脆弱なエネルギー供給構造は依然と解決されていない．また，東日本大震災の影響で原子力発電への信頼が大きく揺らいだため，再生可能エネルギー等の活用がこれ迄以上に求められる事になった[1)]．そこで，我々は資源が豊富で，環境への負荷が小さい太陽光をエネルギー源として用いる事に注目した．本研究では，フレネルレンズを用いた点集光装置で内部に水を流した熱交換器を加熱する事で過熱蒸気を発生させる装置の試作をし，5.0MPa，100 ℃以上の高圧高温の水，或いは過熱蒸気の生成法を確立し，その評価，考察を行う．また，熱交換器の熱媒体として安価で入手が容易で安全である食用油を用いた．今回は，オリーブオイルの熱伝達性の影響と油浴の有効性の評価も併せて考察する．

2.　理論

2. 1　流量

熱交換器における熱平衡より，それ以外の部分が完全断熱であるとすると，流出水温 T_o[K]となる時の水の流量 m_f[kg/s]は,

$$m_f = \frac{Q_i - Q_o}{C(T_o - T_i)}\,[\mathrm{kg/s}] \qquad (1)$$

となる．但し，フレネルレンズを透過する太陽光エネルギーQ_i[W]，熱交換器表面において熱損失するエネルギーQ_o[W]，水の比熱 c[J/(g·K)]，流入水温 T_i[K]である．

2. 2　オリーブオイル特性

オリーブオイルは，他の食用油と比較すると沸点が高い．これは，オリーブオイルの主成分であるパルミチン酸とステアリン酸が全体の脂肪酸組成の約 8 割であり，沸点がそれぞれ 351 ℃, 255 ℃ と高いためである．また，表 1 に示したオリーブオイルの物性値を示す．オリーブオイルを熱媒体に用いる事で，熱交換器表面と集熱容器表面間の熱抵抗が増大し，保温効果が期待できる．

Table 1. Physical Property of Olive Oil (at 20°C)[2)]

Viscosity : μ[mPa/s]	84
Specific Heat : c[J/(g·K)]	2.0
Thermal Conductivity : λ[W/(m·K)]	0.17
Density : ρ[kg/m^3]	920
Thermal Diffusivity : α[m^2/s]	1.0×10^{-8}
Boiling Point : T_B[°C]	298.9

3.　実験装置

集熱容器を図 1 に示す．フレネルレンズを用いて太陽光を集光し，集熱容器であるフラスコ内のオリーブオイルに水没させた熱交換器（材質 TTH-340W（チタン 2 種パイプ），伝熱面積 0.1m^2）で受光する事で，熱交換器内を通る原水を加熱し，過熱蒸気を生成する．

Figure 1. Heat Collector

集光装置を図 2 に示す．アルミフレームとアングル材を使用した外枠（1033×1433×1365mm）に，日本特殊光学樹脂

1：日大理工・学部・機械　2：日大理工・教員・機械

株式会社製のフレネルレンズ(3×1400×1050mm)を設置し．集熱容器に容量 2000mL のフラスコを用い，中に熱交換器を設置し，オリーブオイルが容器内を満たす迄入れる．

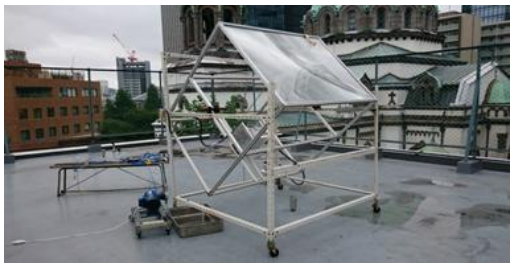

Figure 2. Experimental Device

温度測定に用いた熱電対の位置を図 3 示す．測定位置は，①油温 T_{oil} ，②熱交換器入口水温 T_{in} ，③熱交換器出口水温 T_{out} ，④フラスコ外側温度 T_{fo} ，⑤フラスコ内側温度 T_{fi} ，⑥熱交換器中央表面温度 T_{hc} ，⑦熱交換器太陽側表面温度 T_{hs} ，⑧熱交換器反太陽側表面温度 T_{ho} である．それぞれの温度は，①～③はシース型 K 型熱電対を，④～⑧はサーモカップルシート付き K 型熱電対を使用した．また，熱交換器内は，ダイアフラム式昇圧ポンプ（最大吐出圧 0.7MPa，最大吐出量 250mL/min）によって圧力容器内を 4.5 気圧に保ち，これにより原水の飽和温度を上げる．生成した過熱蒸気は圧力容器（タンク容量 5.0L，耐用圧力 0.49MPa）に溜める．

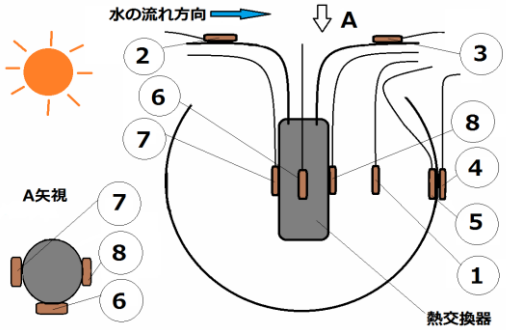

Figure 3. Thermocouples Position

4.　実験方法

フラスコ内に熱交換器を設置し，熱交換器の全体が浸る迄オリーブオイルを入れる．集熱容器内のターゲットとなる熱交換器は，レンズからの屈折光が焦点となる様に容器位置を決定し，太陽光を集光する．その際，熱交換器内に原水を通し，ポンプを調節して流量を決める．その後，その流量に対する各部分の温度測定を行う．

5.　実験結果

熱電対で測定した各点の温度分布と観測時における放射照度の結果を図 4 に示す．但し，P_y は放射照度，天候は晴れのち曇り，流量は 20mL/min，⑦は測温部に直接太陽光が照射し，測定不良となったためグラフから省いた．

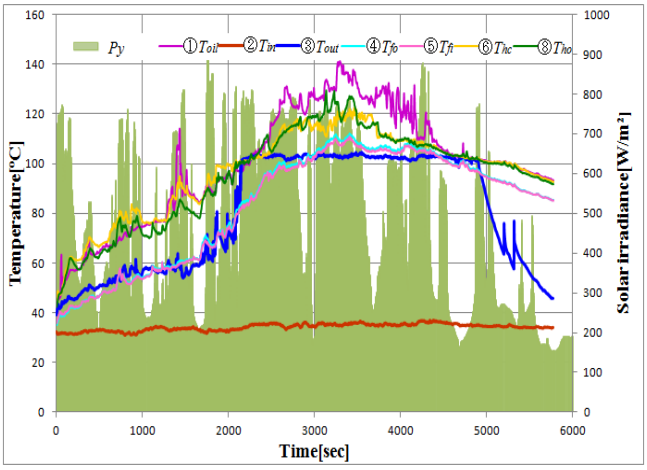

Figure 4. Measurements of Temperature and Irradiance

6.　考察

油温は，温度上昇にかなりの時間がかかった．また，熱交換器の温度は，反太陽側表面より中央表面の方が速く温度が上がった．これは，オリーブオイルの温度拡散率の小ささ及び粘度の高さにより自然対流熱伝達が小さく，太陽光によって局所的に温度上昇しても温度拡散し難くいので，熱交換器内での温度勾配が発生したためである．熱交換器出口水温は，100 ℃を超えてからは，放射照度の高低差が著しくなってもその付近で平衡状態を保つ様になった．これは，今回の実験では管内の流量が一定であり，かつ断熱材を塗布してなかったので，特にホースや金属の配管部品からの温度損失が大きく，管内の圧力が上昇し難い状態だったので，水の割合が蒸気の割合よりも多くて温度上昇に影響を与えたためである．

7.　結論・今後の課題

放射照度の強さによって時間は変化するが，熱交換器内で 100 ℃以上の水を得る事ができた．今後の課題では，フラスコや管路に断熱材を施す事により，管路における熱損失を低減させ，圧力を上昇させる方法を確立していく．また，流量をポンプ最大吐出量から徐々に減らし，蒸気が発生する時の流量を求め，更に(1)式の結果と比較し検証する．

参考文献

1)新エネルギー・産業技術総合開発機構：NEDO 再生可能エネルギー技術白書第 2 版，（2014）pp.1-5
2)http://www.oliveoilsource.com/page/chemical-characteristics