

K2-35

太陽熱エネルギーの有効活用

～高温熱利用による水素生成～

Effective use of solar thermal energy

～Hydrogen generation by use of high-temperature heat～

関麻未¹, ○ダンバンニャット¹, 中渡瀬豊¹, 水野鴻輝¹, 平林雅勝², 田辺光昭³, 木村元昭³Asami Seki¹, *Nyatto Danban¹, Yutaka Nakawatase¹, Kouki Mizuno¹, Masakatsu Hirabayashi², Mituaki Tanabe³, Motoaki Kimura³

In recent years, concern of energy shortage is increasing. Accordingly, the researchers all over the world are now looking for ways to make the renewable energy more widely used. This research focus on solar thermal that is one of the renewable energy, and try to generate fuel with the use of it. we made solar thermal collectors, using a Fresnel lens. This could collect heat more than 1000°C. To irradiate a reaction medium with this heat rays, we make a new device to product hydrogen. The reaction medium uses the Zinc, it is a mechanism that causes a chemical reaction with the water. We have aimed to produce hydrogen and collecting with this device.

1. はじめに

1995 年から 2020 年における世界のエネルギー需要伸びの 95[%]は化石燃料によって賄われるとみられる。石油への依存度が增大することが予想される^[1]。資源量が多いこと、環境への負荷や影響が小さいことから著者らは太陽熱エネルギーに注目し、太陽熱収集器を作成した。高温の太陽熱を得るために、フレネルレンズを用いた。獲得した熱で高温にした亜鉛を反応媒体として水と化学反応させて、水素を生成および収集することを目的とする。現在、この方法により得られた水素を収集する装置を設計し作成している。

2. 理論

2-1 太陽光

太陽光として太陽から放出された光は、地球軌道付近で約 1.37[kW/m²] (太陽定数) のエネルギーを持つ。そのエネルギーの地上での内訳は、地上で熱に変わってしまうエネルギーは約 45[%], 海中に蓄えられるエネルギーは 20 数[%], 風や波を動かす原動力へ変わるエネルギーは 0.2[%]程度、光合成に使われるエネルギーは 0.02[%]程度、宇宙へ反射してしまうエネルギーは 30[%]程度である。最終的には、可視光や赤外線などの電磁波として宇宙へ再放射される^[2]。表 1 は波長帯別にみた大気外日射スペクトルの分布である。太陽エネルギーの約半分は可視域に分布し、それとほぼ同じエネルギー量が赤外線に分布している。紫外線の領域に分布するエネルギーは少ない。太陽エネルギーの約 95 [%]は 0.3~2.4[μm]の間に分布し、4.0[μm]以上の波長帯には 1%のエネルギー量しか分布していない^[2]。

Table 1. Spectral distribution of solar radiation outside the atmosphere as seen by the wavelength band^[2]

	波長 [μm]	放射強度 [Wm ⁻²]	太陽定数に対 する百分率
紫	0.390~0.455	108.85	7.95
青	0.455~0.492	73.63	5.39
緑	0.492~0.577	160.00	11.70
黄	0.577~0.597	35.97	2.63
橙	0.597~0.622	43.14	3.16
赤	0.622~0.770	212.82	15.57
紫外線	<0.4	109.81	8.03
可視光線	0.390~0.770	634.40	46.41
赤外線	>0.77	634.40	46.40

2-2 水素生成方法

水から直接水素を取り出すには 4000[°C]必要で生成する事が困難である。そこで有力候補として二段階水熱分解サイクルの研究が進められている。理由として、金属酸化物の中で分解点が亜鉛は 900[°C], 酸化亜鉛は 1900[°C]と低いからである。また扱う金属が人体に影響が少ない事がメリットにあげられる。亜鉛(酸化亜鉛)を反応媒体として H₂O と反応させて水素を生成する^[3]。亜鉛を反応媒体として使用する時の反応式を次に示す。



次に酸化亜鉛を反応媒体とする場合を示す。これは酸化・還元サイクルとなる。



1 : 日大理工・学部・機械。 2 : 日大理工・院 (前)・機械。 3 : 日大理工・教員・機械。

3. 実験装置

図 1 のフレネルレンズは薄く平らなアクリル樹脂のシートに円心円状に全て角度の違う溝を施したもののこぎり状の断面を持つ。分割数を多くすればするほど薄くなるため、材料を減らし軽量にできるのが特徴である。太陽との角度、方向は手動にて調整を行っている。今回用いたフレネルレンズの大きさは $1400 \times 1050 \times 3$ [mm]、重さは 5.3 [kg] であり、面積は 1.4 [m²] として計算した。焦点距離は 1200 [mm] となっており、ジャッキを用いて調整している。フレームの大きさは $1433 \times 1033 \times 1365$ [mm]、ジャッキの調節可能域は $75 \sim 245$ [mm]、 $\phi 57 \times 46$ [mm] のるつぼに酸化亜鉛を設置した。使用する日射計は英弘精機製の MS-602 である。これは全天日射強度を測定する測器である。データロガーには GRAPHTEC 社製の midi LOGGER GL220 を使用する。100ms 間隔で測定が可能である。

水素発生装置の構想として、図 2, 3 に示す。各部は、①反応容器、③流量計、④真空引きバルブ、⑤水噴射バルブ、⑥大気圧復帰バルブ、⑦安全弁、⑧連成計、⑩貯水タンク、⑪タンク真空引きバルブ、⑫回収バルブ、⑬水素回収タンク、⑭検出ポートである。

実験手順として、亜鉛の入った容器内を反応温度を下げるために真空ポンプで真空にし、フレネルレンズで集光した光をコーディアルガラスを通して容器内に設置した反応媒体に投射する。ここに、少量の水を注入し、反応させる。そして水素を回収する。バルブの破損を防ぐため、装置内圧を 0.2 [MPa] 以下とする。温度の測定に、K 型熱電対を使用するため運転最高温度を 1300 [°C] とする。この装置はジャッキ上に設置する。

4. 今後の方針

現在では、実験装置を用いて酸化亜鉛に太陽光を当て、実際にどの程度の温度が得られるか、という実験を行っている。その結果、日射量は約 800 [W/m²] の中、約 5 分～6 分で、約 1200 [°C] までの温度を得ることが出来た。現段階では対流による熱伝達損失が大きいが、水素発生容器は風の影響がなく、対流による損失がなく、さらなる高温獲得が期待ができる。

そして、太陽光エネルギーを利用した水素生成法を確立し、水素の貯蔵と利用についても考察していく。

5. 謝辞

本研究は理工学部シンボリック・プロジェクト形成支援事業による助成を受けている。特記して深く感謝の意を表す。



Figure 1. Experimental equipment

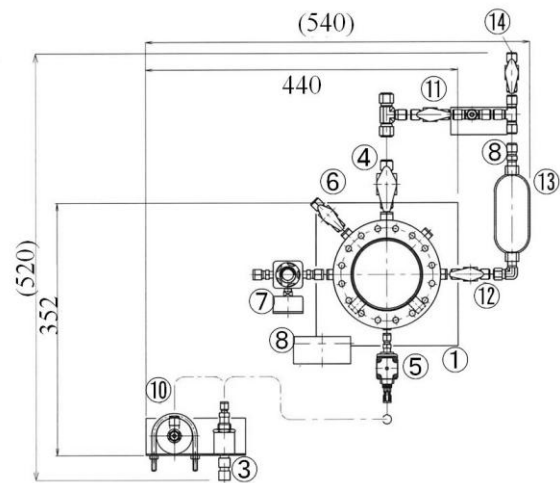


Figure 2. Top view of the hydrogen generator

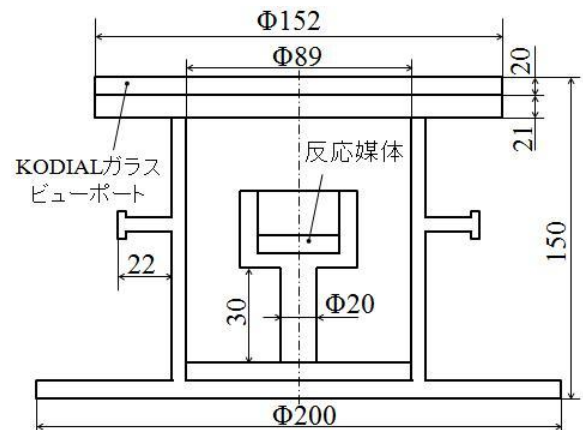


Figure 3. Cross-sectional view of Reaction container

6. 参考文献

- [1] 通商産業省資源エネルギー庁長官官房国際資源課：2020年世界のエネルギー展望，p.2，1998
- [2] 谷 辰夫：太陽エネルギー学会「新太陽エネルギー利用ハンドブック」，p.14，2001
- [3] 郷右近 展之，児玉 竜也：高温太陽集熱による化学燃料製造技術，Journal of The Japan Institute of Energy，vol.90，No.4，p.343，2011