

太陽熱オーガニックランキンサイクル発電による水素製造

Study of hydrogen production by organic rankine cycle generation using solar thermal energy

○庄崎公博¹, 梅原将人², 熊谷諭², 田中勝之³, 田中誠³, 木村元昭⁴, 田辺光昭⁵*Kimihiko Shozaki¹, Masato Umehara², Satoru Kumagai²Katsuyuki Tanaka³, Makoto Tanaka³, Motoaki Kimura⁴, Mitsuaki Tanabe⁵

Abstract: The purpose of this study is hydrogen production by solar thermal energy. This apparatus consists of solar collection system, electric generation system and hydrogen production system. The solar collection system converts sunlight into thermal energy and outputs hot water of 140°C. The power generation system generates electric power using Rankine cycle whose heat source was used hot water from solar collection system. Hydrogen production system produces hydrogen by electrolysis of water using electric power by Electric generation system. And its system uses heat from solar collection system to improve generated hydrogen quantity. This apparatus will be output 600W by the Rankin cycle and it cans product hydrogen 9.4mol/h.

1. 緒言

現在, 新たなエネルギー源として水素が盛んに研究されている. 燃料としての水素には, 燃焼させても水しか排出しないという化石燃料にはみられない利点や, 水素型燃料電池を用いて高効率で電力を得られるという特徴を有する. また, 国内から得られた再生可能エネルギーから水素を製造すれば, 純国産燃料を国土から得られるということであって, エネルギー資源に乏しいわが国においては非常に有用な技術である. こうした点に鑑みて, 化石燃料に依存する社会から脱却し, クリーンかつ高効率なエネルギー利用を可能とする水素エネルギー社会の実現が模索され始めた. 本研究では, 再生可能エネルギーの普及拡大と共に, 水素エネルギー社会を構築するため, 太陽熱発電による水素生成を目的とする.

2. 背景

再生可能エネルギーの有効利用を推し進める社会的要請により, 莫大なエネルギー賦存量を有する太陽エネルギーに注目が集まっている. 太陽エネルギー利用の一形態である太陽熱発電には熱電併給が可能であるという大きな特徴をもつ. 熱電併給とは, 熱機関によって発電器を駆動し, 電力を得るに当たって必然的に放出される排熱を利用することで, 総合エネルギー効率を高めようとするものである. 齊藤等によれば, 太陽熱発電機の排熱を給湯に用いることを考慮した場合, 太陽熱発電の総合エネルギー効率は 42% に及ぶ^[1]. 太陽電池の光電変換効率が 10~20% の間にあることを考えれば, 太陽熱発電は十分に実用的な技術となりうる.

3. 概要

本研究では集熱器を用いて太陽光を集光し, 高温熱源を得る. この熱源を用いてランキンサイクルが発電器を駆動して, 出力された電力で水を電気分解することで水素を得る. 給湯用集熱器には, 140°C 程度の集熱が行えるものが存在するため, 本研究では給湯用集熱器を用いて太陽熱発電を行うこととした. 熱源温度 140°C に対して太陽熱発電, 及び水素製造を行うに当たり, 装置構成は **Figure 1** に示すものとした.

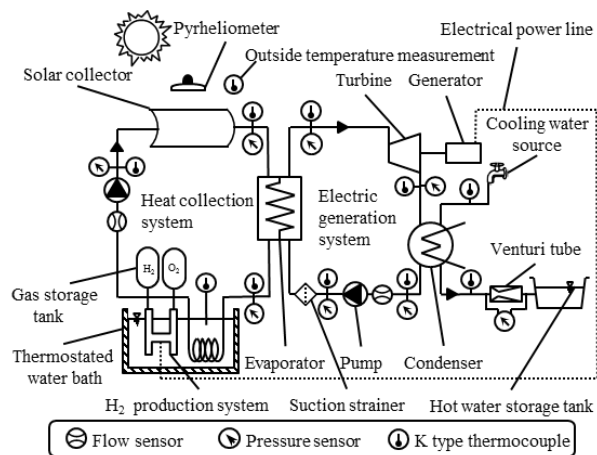


Figure 1. Schematic diagram of the apparatus

本装置は, 集熱系・発電系・水素製造系の 3 つに大別される. 各々の系の役割は以下のようなものになる. 初めに, 集熱系は太陽光を熱エネルギーに変換する. 次に, 発電系が熱エネルギーから電力を取り出す. 続いて, 水素製造系は, 発電系から出力された電力を水素発生装置に与え, 集熱器から受熱して水を加熱しつつ水の電気分解を行い水素を得る.

1 : 日大理工・院・精機 2 : 日大理工・学部・精機 3 : 日大理工・教員・精機 4 : 日大理工・教員・機械

5 : 日大理工・教員・航宇

4. 原理

以下では、詳細な各系の動作について述べる。実験装置間でのエネルギーフローを **Figure 2** に示す。また、製作する装置の設計仕様を **Table 1** に示す。

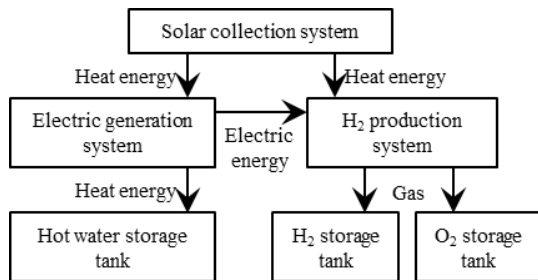


Figure 2. Energy flow of apparatus

Table 1. Specifications of the present apparatus

Solar collection system	Working fluid	Water
	Solar collector	CPC type
	Output water temperature	140°C
	Craze for collection of existence effects area	2.98m ² (1.49m ² ×2)
	Maximum pressure	0.36MPa
Electric generation system	Working fluid	HFC245fa
	Theoretical heat efficiency	21%
	Theoretical output power	626W
	Pump	Vane type
	Turbine	Gear type
	Turbine inlet temperature	130°C
H ₂ production system	Turbine inlet pressure	2.34MPa
	Method	Solid polymer membrane type
	Working fluid	Water
	Exchange membrane	Anion type
	Generated H ₂ quantity	9.4mol/h
	Electrode area	90cm ²
Cell stack	9cm ² ×10	

集熱系では、ソーラーコレクタが太陽光を集光して水を加熱する。集熱系は蒸発器を介して発電系と熱交換を行う。また、水素製造装置の入った恒温槽内の水道水を加熱する。

発電系は集熱系から受熱し、ランキンサイクルにより発電を行う。ランキンサイクルは、装置内に充填された作動流体が気体、液体の間を相変化しながら循環し、連続的に発電するサイクルである。ランキンサイクルの作動流体として、集熱器の給湯する 140°Cの水に対しても十分な蒸気圧を得られるよう、大気圧下での沸点が 15°Cのフロン系冷媒 HFC245fa を選定した。発電系は、蒸発器で集熱系の水と熱交換し、高温高压になった HFC245fa をタービンで断熱膨張させることで、タービン発電機を駆動する。発電機から出力され

た電力は水素製造装置に給電される。また、発電系は凝縮器で水素製造系と熱交換する。

水素製造系は電解液として水道水を用いる。純水であると極僅かにしかイオンが電離していないため、無機塩類を含む水道水を電解液として選定した。水素製造装置の概要を **Figure 3** に示す。

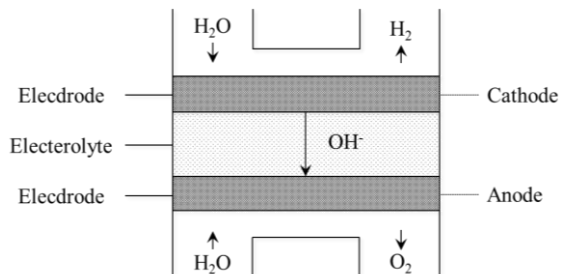


Figure 3. Schematic diagram of H₂ generation unit

水道水は恒温槽内で集熱系と熱交換させることで、60°C程度の一定水温に保つ。水温を高めて水素製造装置へ給水すると共に、アニオン交換膜を用いた固体高分子型水電解システムを用いることで、水の電気分解の促進を図る。一般にはカチオン交換膜が水の電気分解に用いられるが、アニオン交換膜を使用することでイオン交換膜自体のコスト低減を図る。また、アニオン交換膜は反応触媒として貴金属である白金を使う必要がなく、ニッケル等で代用することが可能である^[2]。

発電系の冷却に用いた排熱水は、貯湯槽を介して給湯に用いることで、総合エネルギー効率の向上を望むことができる。

5. 今後

本研究では太陽熱を利用したオーガニックランキンサイクル発電機、水素製造装置の製作、試験を実施する。試験を終了後は、発電機の性能を評価し性能向上のために研究を行う。

6. 謝辞

本研究は日本大学理工学部シンボリックプロジェクト（熱工学システム）の助成を受けたものである。ここに記して感謝の意を表す。

7. 参考文献

- [1] 齊藤武雄, 山田昇他:「容積型ソーラーオーガニックランキンサイクルシステムに関する研究」, 日本機械学会論文集 Vol. 71 No.703, pp.247 (2005)
- [2] 光島重徳, 松澤幸一:「水電解技術の現状と課題」, 水素エネルギーシステム Vol.36 No.1, pp.13 (2011)