

10. ハイブリッドサイクルを用いた海洋温度差発電の性能特性

○安永健・池上康之・奥野智也・中岡勉（佐賀大学）・

Sathiabama T. Thirugnana・Abu Bakar Jaafar（マレーシア工科大学）

1. はじめに

海洋温度差発電 (Ocean Thermal Energy Conversion, OTEC) は、海洋の表層と深層の 20~25 °C 程度の温度差を利用した発電であり、海水は天候の変化による急激な温度変化が生じないため、安定した発電が可能である。発電で利用した海洋深層水は、他の産業に資源として利用することが可能である。池上ら(2020)は、新たに発電と海水淡水化のハイブリッド方式(H-OTEC)を用いた発電システムの基礎特性を報告している。

一方、性能評価手法の標準化の観点から、Finite-time thermodynamics (FTT)の熱力学的特性を基に、OTEC の新たな性能評価方法が提案されている(安永・池上, 2020; Yasunaga and Ikegami, 2020)。

本報では、H-OTEC の発電システムの特徴を概説し、FTT に基づいた発電・造水特性を報告する。

2. H-OTEC の発電原理および特徴

Fig.1 に H-OTEC の概略フロー線図を示す。H-OTEC の熱機関は、クロードサイクルと同様に作動流体を蒸発、タービンで膨張、凝縮器で凝縮するシステムである。表層海水は、フラッシュ室で減圧され、一部が蒸発して水蒸気となり、OTEC の蒸発器に流入したその水蒸気が凝縮する。凝縮潜熱によって作動流体が加熱されて蒸発する。蒸発した作動流体蒸気はタービンで膨張して発電し、凝縮器で海洋深層水によって冷却され液となる。OTEC の蒸発器で凝縮した水蒸気は脱塩されており、発電と共に造水を行う。フラッシュ室は真空ポンプによって減圧され、海水中の溶存空気などの不凝縮性ガスは、その真空ポンプによって大気に排出される。

H-OTEC は、表層海水が直接熱交換器に流入しないため、海生物による汚れが生じず、チタンよりも廉価なプレート材質が利用可能である。

3. パラメータ解析方法

パラメータ解析の基本条件は、温海水の温度 30 °C、流量 10,000 t/h、海洋深層水温度 8 °C、流量 10,000 t/h、非平衡温度差 0.20 °C、沸点上昇 0.33 °C、低圧比熱 4.0 kJ/(kgK)、蒸発器および凝縮器の移動単位数 1.5、ポンプ効率 60%、タービン効率 85%を基準とし、各条件で作動流体流量を変化させ、各状態点でエネルギーおよび物質の保存則から、発電量および造水量を算出した。

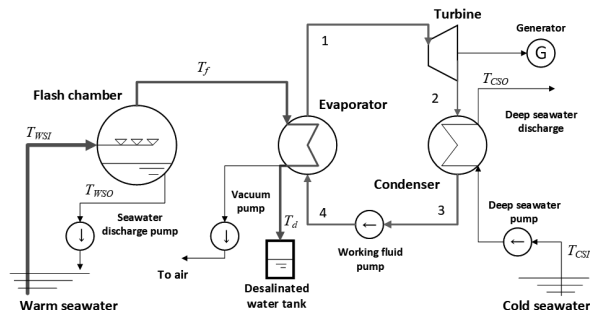


Fig.1 H-OTEC schematic flow diagram.

4. 発電および造水特性

熱機関の出力最大値を得るには、交換熱量と熱効率のバランスを考慮し、設計点または運転条件の作動流体流量を決定する必要がある。最大発電出力や造水量は蒸発器の熱移動単位数の増加によって単調に増加する。蒸発器の熱移動単位数が 1.5 の場合、最大発電出力となる作動流体流量は 125 t/h 付近で、発電出力 1,150 kW、エクセルギー効率 24%、造水量 60 t/h であった。

熱機関の出力最大値は、FTT の理論と同様に、海水温度の平方根の差の自乗に比例し、エクセルギー効率は、熱源温度差に依存せず、蒸発器の熱移動単位数が一定の場合はほぼ一定の値となった。一方、造水比は蒸発器の交換熱量に比例し、熱源間の入口温度差に比例した。

5. まとめ

H-OTEC の発電原理、特性を概説し、パラメータ解析によって、基本的な発電・造水の基本特性を明らかにした。本解析条件では、発電出力は海水温度の平方根の差の自乗に比例し、造水量は熱源間の入口温度差に比例した。

謝辞

本報は、国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST, JPMJSA1803) と独立行政法人 国際協力機構 (JICA) の連帯事業である地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS) の支援を受けて実施した。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 上原春男 (1982) 海洋温度差発電読本. オーム社.
池上ら (2020) 日本機械学会論文集, 86, 883.
安永・池上 (2020) 日本機械学会論文集, 86, 886.
Yasunaga, T. and Y. Ikegami (2020) Entropy, 22 (2), 211.