

補助事業番号 2020M-210
補助事業名 2020年度 間接式海洋深層水カスケード冷房システム用熱交換器の最適化に関する研究補助事業
補助事業者名 佐賀大学海洋エネルギー研究センター海洋熱エネルギー部門熱エネルギー変換基盤分野有馬研究室 准教授 有馬博史

1 研究の概要

海洋温度差発電 (OTEC) で使用後の海洋深層水の冷熱を利用した新しい冷房システムの開発と、それに適した熱交換器の研究開発を行う。間接式カスケードの実証のために、本方式に適した海水の冷熱を利用した新しい冷房装置を開発するとともに、その冷房装置に適した熱交換器の開発を行い、間接式海水カスケードを構築することで実証実験を進める。熱交換器は既存のものと同様に提案するプレート熱交換器用伝熱面を組み込んだ熱交換器を使用する。また、海水カスケードを実用化することでOTECの普及と共に将来的にOTECを中心とした新たな地域産業の振興に貢献することを最終目標とする。

2 研究の目的と背景

海洋温度差発電 (OTEC) は2013年に沖縄県久米島、2015年にハワイで海水を使用した実証プラントが稼働しており、実用化に向けた研究が一段と加速している。海洋温度差発電は電力以外に海水淡水化、水素製造、海水の冷熱利用、水産養殖など副生産物を得る、「複合利用」が可能な海洋エネルギーとして知られ、それに関して佐賀大学では沖縄県久米島においてフラッシュ蒸発式海水淡水化法を用いた実海域における実証実験が2015年から続けられている。ところで、OTECの複合利用の一つとしてOTECで使用した後の海洋深層水を「海水淡水化」「農業分野」と「漁業分野」で連続的に使用し、最後に海に排出するという「海水のカスケード利用」が提案されている。しかし、海水のカスケード利用の実証は、前述の久米島における海水淡水化での実証試験と海ブドウ養殖、牡蠣の陸上養殖での実証試験での利用以外、ほとんど進められていない。特にOTECの負荷変動による排出海水の温度変動がカスケードの下流側施設に及ぼす影響や、海水の汚染が各施設に与える影響については十分なデータがないため、実用化のためには実海水を用いた実証実験が不可欠である。そこで海水のカスケード利用による海洋深層水を各産業の施設に連続的に通水する直接式海水カスケードの弱点である“水質汚染と大きな熱負荷変動”を解決するため、熱交換器を介した間接式海水カスケード方式を提案し、その有効性を明らかにすることである。そこで、本研究では海洋温度差発電と組み合わせた海洋深層水のカスケード利用の一つとして、申請者がこれまで培ってきたプレート式熱交換器の技術をベースに、海洋深層水の冷熱を利用した新しい冷房システムの開発と、それに適した熱交換器の研究開発を目的とした研究を行う。

3 研究内容

①単相熱交換実験

5種類の熱交換器を用いた単相(温水-冷水)の熱交換実験を行った。図1に実験装置概略図を示す。実験装置は、テストセクション(熱交換器)、冷凍機、温水タンクおよび温水ポンプで構成される。テストセクションとして用いた5種類の熱交換器を図2に示す。実験では、冷水および温水を任意の温度と流量でテストセクションに循環させて熱交換を行い、その際の温水・冷水側のそれぞれの出口の温度を測定することで、熱通過率および熱伝達率を求める。また、圧力損失の測定も行い、伝熱性能と圧力損失との総合的な評価を行う。実験で得られた熱通過率の例を図3に示す。

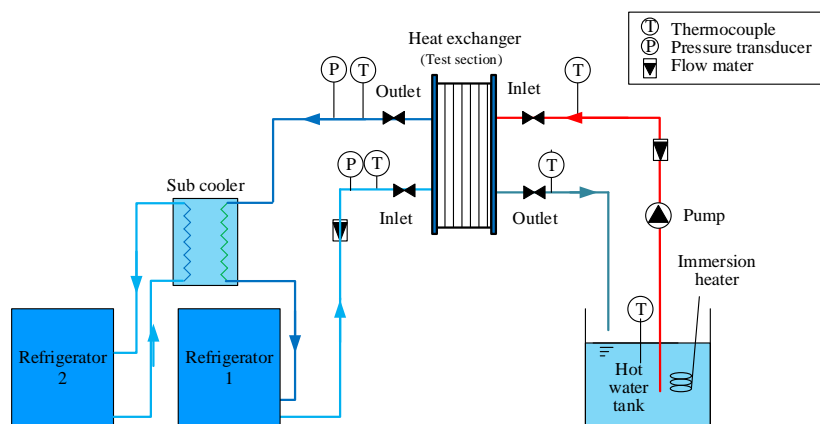


図1 単相熱交換実験装置概略図



(a) プレート式熱交換器
チタン伝熱プレート



(b) プレート式熱交換器
アルミ伝熱プレート (CA-45)



(c) プレート式熱交換器
アルミ伝熱プレート (CA-60)



(d) ブレイズド熱交換器



(e) マイクロチャンネル

図2 熱交換器 (※CA: シェブロン角)

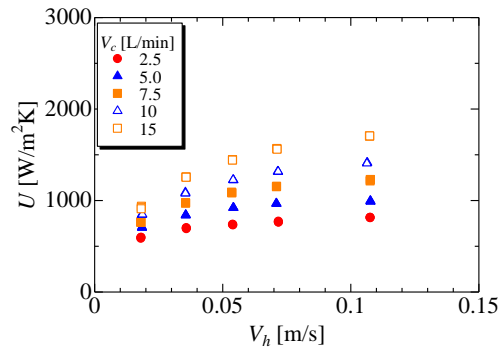


図3 熱通過率
(プレート式熱交換器・アルミ伝熱面・シェブロン角 60 度)

②海水冷房システム実験

海洋深層水利用冷房システムにおいて、異なる熱交換器を用いた伝熱性能評価を行った。図4に実験装置概略図を示す。テストセクションである熱交換器（図2）、冷水循環系と水道水循環系、およびエアコンで構成される。また、装置はテストセクション、ファンコイルユニット（FCU、図5）、水タンク、冷凍機、循環ポンプで構成される。冷凍機以外は室内を想定した物置内に設置し、室内温度調整のためにエアコンとサーキュレーターを設置した。実験では、冷水および室内温度を任意の温度に設定し、冷水および水道水を任意の流量でテストセクションとFCUに循環させて熱交換を行う。また、その際にFCUの風量も任意に設定する。熱交換器およびFCUの各流体の出口の温度を測定することでそれぞれの熱通過率を測定する。また、FCUの入口と出口の温度差から冷房性能を求める。冷房性能の測定結果の一例を図6に示す。

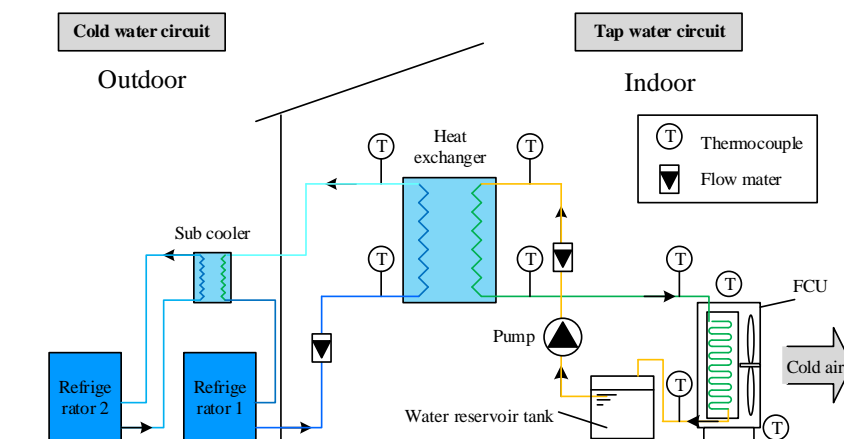


図4 海水冷房システム実験装置概略図

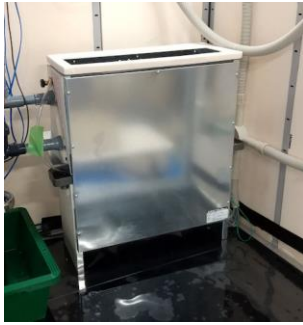


図5 ファンコイルユニット (FCU)

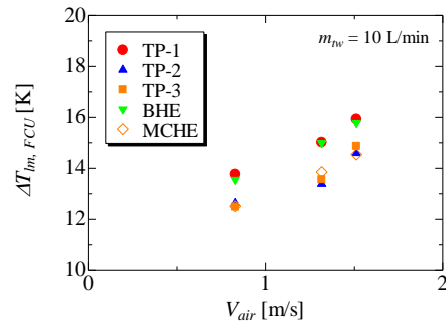


図6 冷房性能

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

再生可能エネルギーの一つである海洋温度差発電は、豊富な海洋熱エネルギーを利用できることと年間を通じて安定的な発電が可能である。ところで普及には同プラントのみではなくその周辺技術についても開発が必要不可欠であり、本事業の研究はこれらの技術の創出を目的とする。研究では発電用に汲み上げられた海水を冷熱として二次利用する冷房とそれに用いる最適な熱交換器を開発する。将来的に海洋温度差発電プラント周辺の地域冷房に使用されることを想定すると、供給地域の省エネルギーの効果は大きなものとなる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

事業者は、これまで海洋温度差発電用プレート式蒸発器に関する研究を行ってきた。プレート式熱交換器は海洋温度差発電の伝熱効率を上げるのに最適な熱交換器であり、また、その他の多くの工業にも使用されていることから、応用の幅が広いとこで知られている。プレート式蒸発器の研究では、アンモニアの熱伝達及び水の熱伝達の測定、可視化による沸騰伝熱現象の観察を行い、多くのデータを得ている。今回の研究ではその知見を活かして、海水-水道水の熱交換器に注目して冷房システムの伝熱性能向上を目指した研究を行った。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

1. 有馬 博史, 西口 正尚, 松田 昇一, 海洋深層水を冷熱源とするFCUを用いた冷房装置における熱交換器の性能評価, 佐賀大学海洋エネルギー研究センター 令和2年度 成果発表会 (2021. 3. 11).
2. 西口正尚, 有馬 博史, 松田昇一, 海洋深層水を熱源とする冷房装置用熱交換器の伝熱性能評価, 第58回日本伝熱シンポジウム講演論文集 (2021. 5. 27).
3. 西口正尚, 有馬博史, 松田昇一, 久米島海洋深層水を利用した冷房装置の熱交換器の伝熱性能, 第25回海洋深層水利用学会講演論文 (2021. 10. 27).
4. 有馬博史, 西口正尚, 秋庭滯, 松田昇一, 間接式海洋深層水カスケード冷房システム用熱交換器の伝熱性能評価, 佐賀大学海洋エネルギー研究センター 令和3年度 成果発表会

(2022. 3. 4).

5. 有馬 博史, 西口正尚, 秋庭滯, 海洋深層水冷熱利用冷房システム用熱交換器の伝熱性能, 第59回日本伝熱シンポジウム講演論文集 (2022. 5. 19).

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

<https://www.ioes.saga-u.ac.jp/~arima/jka-hojo/2020/jka-hojo-2020.html>

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 佐賀大学（サガダイガク）

住 所： 〒840-8502

佐賀市本庄町1番

担 当 者： 准教授 有馬博史（アリマヒロフミ）

担 当 部 署： 海洋エネルギー研究センター

（カイヨウエネルギーケンキュウセンター）

E - m a i l : arima@ioes.saga-u.ac.jp

U R L : <https://www.ioes.saga-u.ac.jp/jp/>