

## 太陽熱ブースト型 OTEC 用補助蓄熱式熱交換器に関する研究

有馬博史\*<sup>1</sup>

### Development of an auxiliary thermal energy storage type heat exchanger for solar-heat boost type OTEC

Hirofumi ARIMA\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Institute of Ocean Energy, Saga University  
1-48, Hirao, Kubara-aza, Yamashiro-cho, Imari-shi, Saga, 849-4256, Japan

#### Abstract

The OTEC is generating electricity by using temperature difference between surface and deep seawater which least max temperature difference is 25 degree Celsius. Then, the OTEC has limited thermal efficiency due to ocean thermal environment. In order to improve the thermal efficiency of OTEC, the increasing of the seawater temperature is required. Off course, the changing of seawater temperature is difficult without adding the other thermal energy. Therefore, a researcher proposed solar heat boost OTEC. The surface seawater can be increased to around 80 degree Celsius by the solar thermal energy which was collected by the solar heat collector. Then the hooter seawater is obtained by the system. However, the system cannot use cloudy, rainy and night times which are without sunshine. Then, any thermal storage method are required to continue operating the OTEC all days. However, the storage of huge thermal energy into the seawater is difficult because need wide sea area and kilo-ton every hour class of huge seawater. Then, the author considered that thermal energy can be stored into the thermal storage medium as a latent heat. And the thermal energy can be extracted from the storage when it is required. In the present study, the author developed new latent heat storage type heat exchanger composed thermal storage medium which is sodium acetate trihydrate. The objective of this investigation is flatting temperature of heat sources using the latent heat storage type heat exchanger was performed. In addition, in order to know the time dependency variation of the solar energy around OTEC site such as southern island area to design of solar collector, the intensity of solar radiation using pyranometer around one year at Kumejima in Okinawa pref. besides of OTEC site. This paper reports the result of the test experiment of latent heat storage type heat exchanger and measurement of solar radiation.

**Key words** : Latent heat storage, Heat exchanger, Solar-heat boost OTEC, Solar radiation energy

## 1. 緒 言

近年 OTEC の研究開発は加速しており、2003 年に当センターが伊万里サテライトに 30kW 実験プラントの設置を行ったのを皮切りに、2013 年には沖縄県が久米島 100kW-OTEC 実証装置を設置、また、2015 年にはハワイ州コナにおいて 105kW の OTEC プラントが完成し、さらにフランス、オランダ、韓国などの国々が次々と OTEC の開発や設置を進めている。これらのことから OTEC の実用化もそう遠くない未来であると考えられる。ところで、OTEC は実証プラントが次々と立ち上がっている段階ではあるが、研究開発は引き続き進められており、特に近年では発電効率の向上を目指した研究が進められている。いずれの実証プラントはランキンサイクルを基本とするクローズドサイクルの OTEC であり、熱効率の向上には熱源の温度差を大きくとることが必要である。しかし OTEC の熱源は表層と深層の海水であるため、その温度差は赤道周辺でも表層水が約 30℃、深層水が 5℃と

原稿受付 2018 年 08 月 03 日

\*<sup>1</sup> 佐賀大学海洋エネルギー研究センター (〒849-4256 伊万里市山代町久原字平尾 1-48)

E-mail: arima@ioes.saga-u.ac.jp

\*本論文は、スズキ財団平成 28 年度科学技術研究助成報告書に加筆修正したものである

その温度差は最大でも 25°C 程度であり、この温度差で得られる熱効率は、カルノーの理論熱効率で考えても最大 8.2% しか得ることができない。このように OTEC は利用可能な熱源が制限されていることから、OTEC の発電効率の向上に関する研究は、熱効率ではなくエクセルギー効率の向上 (安永他, 2017) を追求する方がよいと考えられている。一方で、海洋からの熱源に新たな熱源を付加して温度差を増加させ、熱効率を向上させることも考えられている。その一つが太陽熱を利用した太陽熱ブースト型 OTEC (Yamada et al., 2009) である。太陽熱ブースト型では、日中に表層水を太陽熱により約 80°C まで昇温して熱源として利用する。よって通常の OTEC より高効率になることから新たな OTEC のシステムとして注目されている。しかし、太陽熱ブースト型 OTEC に関してはシミュレーションによる研究 (Yamada et al., 2009) は行われているが、実機の OTEC を用いた太陽熱ブースト型の研究は行われていない。また、太陽熱を利用するため、日中の晴天時は海水を十分に昇温させることが可能であるが、日光の得られない夜間や曇天雨天時には昇温が得られないため、安定した熱源として利用するには不十分であると考えられる。対策として日射のある日中に得られた熱を蓄熱して夜間や曇天時に利用することが考えられる。しかし、OTEC は 1 時間当たりの海水の利用量が 1MW クラスでも数千トンと非常に大きいため、貯水池を設け昇温した海水を蓄熱用に保管すると仮定しても広大な面積が必要となるため非現実的である。そこで、本研究ではより小さな容積で蓄熱する方法として、直接接触式熱交換器を応用した潜熱蓄熱型蓄熱装置 (以下、蓄熱式熱交換器) を提案することにした。本研究における蓄熱式熱交換器は日中の晴天時は太陽熱温水器で得られた熱を蓄熱し、その熱を夜間および雨天・曇天時に利用して海水を加温することで熱源を平坦化することを目的とする熱交換器である。この蓄熱式熱交換器の性能評価について結果を示す。また、蓄熱式熱交換器を OTEC での太陽熱ブーストで利用することを想定しているため、太陽熱温水器で受熱可能な熱量のデータが必要である。そこで年間を通じた日射量のデータ取得を考え、OTEC の実証実験装置のある沖縄県久米島において日射計による日射量の測定を行なった。本報ではそれらの結果について報告を行う。

## 2. 記号

$E$	: 日射計からの出力電圧 [ $\mu\text{V}$ ]	$T$	: 温度 [ $^{\circ}\text{C}$ ]
$I$	: 全日射強度 [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]		添字
$Q$	: 熱交換量 [ $\text{W}$ ]	$H$	: 高温側
$S$	: 感度定数 [ $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$ ]	$in$	: 入口
$t$	: 積分時間間隔 [ $\text{s}$ ]	$out$	: 出口

## 3. 実験

### 3.1 実験装置

図 1 および 2 に実験装置の概略図および外観写真を示す。実験装置は、ユニット A および B の 2 つのユニットで構成される。ユニット A は、テストセクションである蓄熱タンク(テストセクション)、プレート式熱交換器 A、太陽熱温水器、循環ポンプで構成され、ユニット B は温水タンク、作動流体タンク、プレート式熱交換器 B、循環ポンプ、冷凍機で構成されている。また、ユニット A には 2 つの循環系があり、そのうち一つは蓄熱タンクと太陽熱温水器を循環する系で、太陽熱温水器で得られた熱を蓄熱タンク蓄熱させるためのものである。もう一つはユニット A の熱交換器 A、ユニット B の熱交換器 B と温水タンクとの間を循環する系で、ユニット A からの熱をユニット B の温水タンクに移動するためのものである。さらにユニット B には熱交換器 B と冷凍機を循環する系があり、温水タンクからの温水と冷凍機からの冷水を熱交換器 B で熱交換することで、温水タンクの温度を調整するものである。

実験装置に用いた機器は以下のとおりである。①太陽熱温水器: 図 3 に示す MMC ソーラー製クリアホットウォーター 64-ST、水道直圧型およびヒートパイプ式で 64L タンク付きを用いた。②循環用ポンプ: 三相電機製、PMD-1523B6M のマグネット式遠心ポンプ、③蓄熱タンクおよび温水タンク: 100L のダイライト製薬液用タンク。④プレート式熱交換器 A および B: 東京ブレイズ製 TB-MS11V(ろう付けコンパクト熱交換器, 11 流路)。⑤冷凍機: オ

リオン製 RKS1500G-MV (冷凍能力 5.3kW). また、温水タンクの加熱には、投げ込みヒーター (八光電機製: BWA3230, 200V-3kW), その温度調節には温調器 (オムロン製, E5CB-R1TC) を用いた.

実験装置を流れる媒体 (温水または冷水) の状態量は、熱電対 (林電工製: T 型シース熱電対, 直径 1.6mm, 精度  $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ , およびアズワン製: K 型熱電対, 直径 1.6mm, 精度  $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ), 体積流量計 (キーエンス製: FD-P05, レンジ: 0.5-5L/min,  $\pm 0.5\%$  of F.S. およびコフロック製, FM0101-SS-PN, レンジ: 0.5-4L/min,  $\pm 0.5\%$  of F.S) を用いて測定を行った. また、これらの測定値はデータロガー (グラフテック製: GL800 および GL840) に収集して記録を行った.

一方、本実験では太陽熱温水器への年間の受熱量の変化について定量的な値を得るために、図 3 に示す日射計を用いて日射量の計測を行った. 日射計は英弘精機製 MS-602 (セカンドクラス感度定数: 約  $7\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$ , 不確かさ 0.77%) であり、沖縄県にある当センター久米島サテライト (北緯  $26^{\circ} 21'25''$ , 東経  $126^{\circ} 48'46''$ ) に設置した. また参照のため、佐賀県にある当センター伊万里サテライト (北緯  $33^{\circ} 18'25''$ , 東経  $129^{\circ} 48'56''$ ) にも設置した. 日射計の測定データは、前述の測定装置と同様にデータロガーへ記録を行った. 日射計の伊万里サテライトと久米島サテライトへの設置の様子を図 3, 4 にそれぞれ示す.

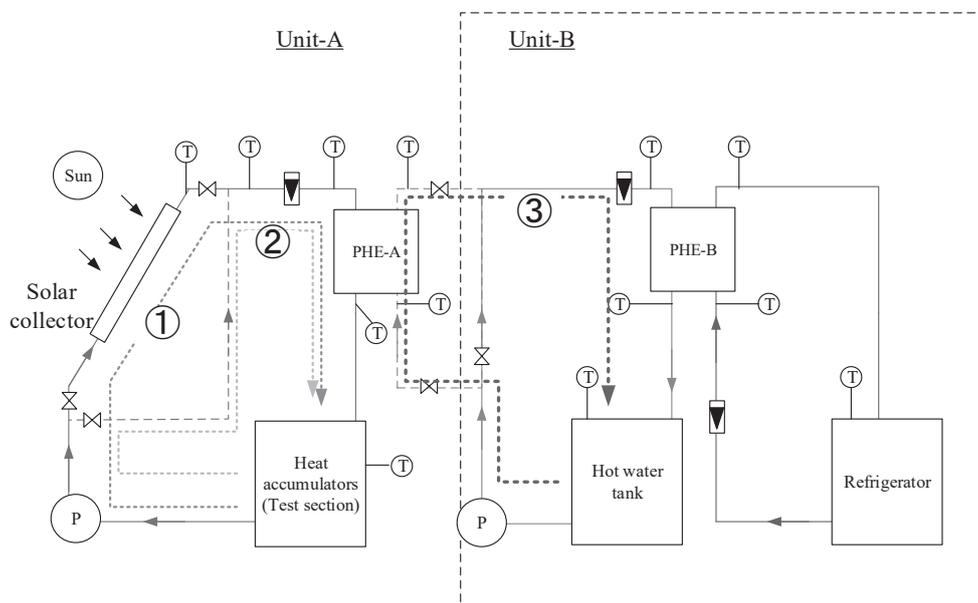


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental apparatus.

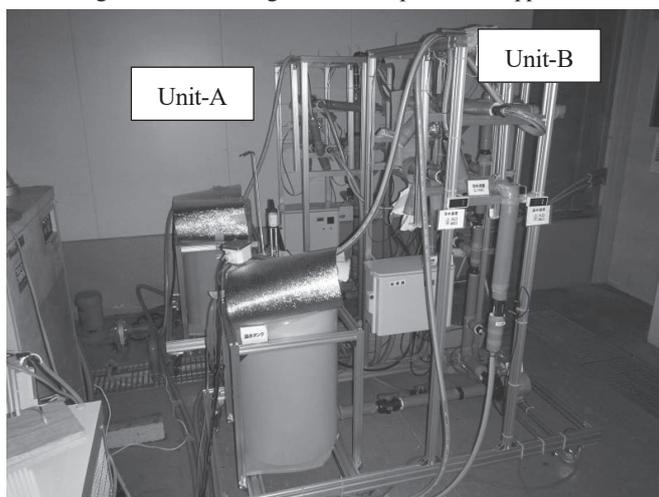


Fig. 2 Photo of experimental apparatus.

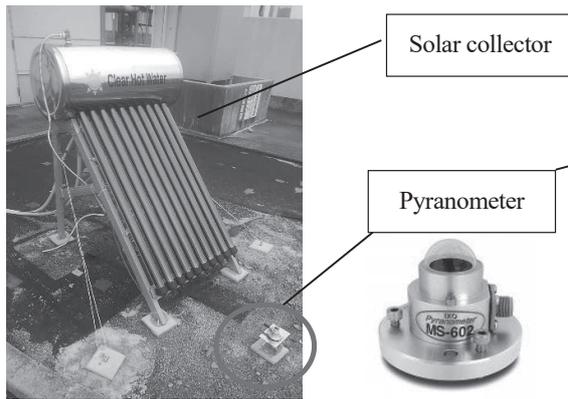


Fig. 3 Solar collector and pyranometer at Imari satellite.



Fig. 4 Location of pyranometer at Kumejima satellite.

### 3・2 テストセクション

図 5 にテストセクション (蓄熱タンク) に挿入する蓄熱ユニットの外観写真を示す。本実験で使用した蓄熱ユニットは、1 ユニットをアルミ合金板 (A1100P, 長さ 300mm, 幅 200mm, 厚さ 1.5mm) 2 枚と蓄熱材のパック (長さ約 250mm, 幅 200mm, 厚さ約 15mm) 1 個で構成し、それを計 12 ユニット積層させることで一つの蓄熱ユニットを構成している。さらに、蓄熱ユニットを前述の 100L の液用タンク (直径 430mm, 深さ 780mm) に装填してテストセクション (蓄熱タンク) を構成した。その際、蓄熱タンクには蓄熱ユニットが完全に水没させるために約 60L の水を充填した。その様子を図 6 に示す。

図 7 に蓄熱材パックの外観写真を示す。本研究では融点の実験温度に最適な蓄熱材として氷酢酸の三水和物 (酢酸ナトリウム三水和物,  $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , 融点  $58^\circ\text{C}$ , 融解潜熱 約  $252 \text{ kJ/kg}$  (Pebler, 1975)) を採用した。蓄熱材のパックは市販の真空保存用フードシーラーの袋に氷酢酸 800g を封入し真空パックを行った。その後、温水  $85^\circ\text{C}$  に浸漬することで一旦融解させ、アルミ合金板のサイズに収まるように成型、凝固させたものを蓄熱材パックとして使用した。なお、氷酢酸は、融解後の液体状態から冷却時に融点では凝固せずに過冷却の液体の状態を保つことが可能である。また、過冷却状態の液体に衝撃を加えた場合、放熱しながら急激に凝固が始まる性質を持つことで知られる物質 (Kimura et al., 1985) である。本研究ではこの性質を利用して蓄熱を行う。

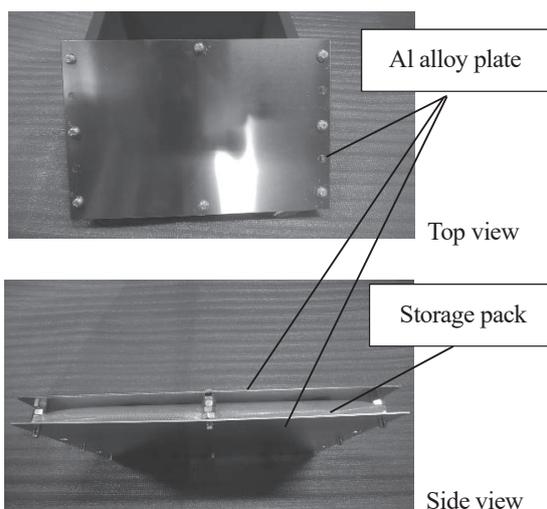


Fig. 5 Thermal energy storage unit.



Fig. 6 Thermal energy storage unit into hot water tank.



Fig. 7 Thermal energy storage pack (s).

### 3・3 実験方法

本研究では太陽熱による補助蓄熱に必要な基礎データとして、年間を通じての日射量の測定と蓄熱材を用いた蓄熱装置の開発及び検証を行った。以下に詳細を示す。

#### 3.3.1 日射量測定

日射量は前述のように、久米島サテライトおよび伊万里サテライトに日射計を設置して測定を行なった。久米島サテライトでは図 4 に示すように高さが 2m の物置の屋根上に設置し、また、伊万里サテライトでは図 3 で示すように太陽熱温水器の前部の地上約 5cm の地点に設置した。季節を問わず日照時には日射量の測定が可能となるように、いずれも全天が見渡せる位置に設置された。日射量の値はデータロガーに 1 秒毎に記録を行った。測定期間は久米島サテライト:2017/5/8 ~ 2018/4/20 の約 11 か月間、伊万里サテライト: 2017/8/25 ~ 2018/7/21 の約 11 か月間である。

#### 3.3.2 蓄熱式熱交換器の製作

##### (1) 蓄熱材パック

蓄熱式熱交換器の最小構成ユニットである蓄熱材パックは以下の方法で製作した。まず、蓄熱材パックの寸法及び充填する蓄熱材の質量は予備実験を経て決定した。蓄熱材は常温で結晶化した粒状の固体 (図 8(a)参照) であるが、湿度を含んだ際に比較的大きな塊になりやすい性質があるため、蓄熱材パックを形成するためにポリエチレンの袋に充填するが、一定の形状を保持しにくい。よって、一旦、蓄熱材パックを温水で加熱して融解させ液状 (図 8 (b) 参照) にした後、それを二枚のアルミ合金板に挟み込み、冷却・凝固させブロック状に成形した (図 7 参照)。その際に、厚さが約 15mm となるように充填量 (816g, 6mol) を決定した。また蓄熱材の固体における熱伝導率は  $0.65 \text{ W/mK}$  と非常に小さいため、厚さが増した場合蓄熱材パック中央部まで熱が届きにくくなり十分に融解しないことが予備実験によって明らかとなった。よって、予備実験で最適な厚さを求め約 15mm とした。

##### (2) 蓄熱ユニット

蓄熱ユニットは、長さ 300mm、幅 200mm、厚さ 1.5mm のアルミ合金板 2 枚および、M6 ボルト、M6 ナット、蓄熱材パック 1 個で構成される。アルミ合金板 2 枚の間には蓄熱材パック挿入のための高さ 15mm の空間が設けられたが、その空間はアルミ合金板の間に M6 ナットを挟み込むことで構成した。蓄熱ユニットの組み立て後の様子を図 9 に示す。また、蓄熱ユニットは計 12 個作成し、それらを積層させることで一つの蓄熱ユニットとした。積層させた蓄熱ユニットを図 10 に示す。

##### (3) 蓄熱タンク

図 10 に示した計 12 個の積層された蓄熱ユニットを 100L タンクに水を 60L 装填してそれに浸漬させることで蓄熱タンクを構成した。タンクは下部に温水出口、上部に温水入口が設けられていて、ポンプで温水を循環することで蓄熱式熱交換器としての機能を果たすことになる。

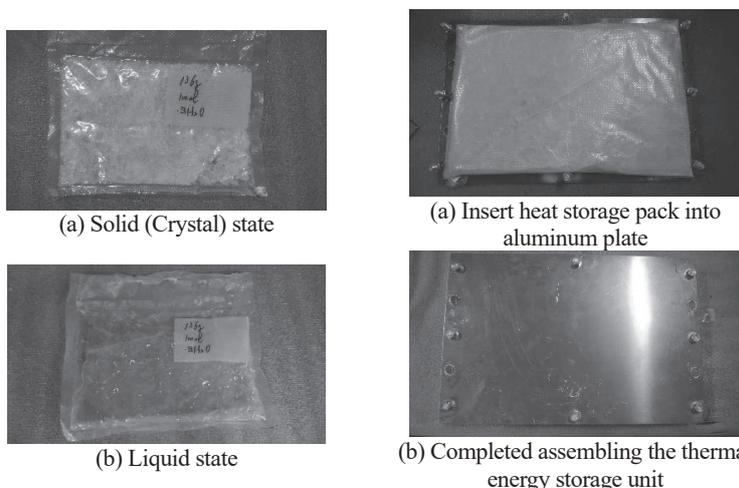


Fig. 8 Thermal storage medium.

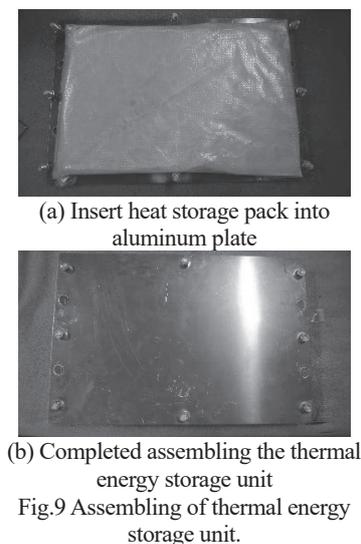


Fig.9 Assembling of thermal energy storage unit.



Fig. 10 Laminated thermal energy storage units (12 units).

### 3.3.3 蓄熱式熱交換器の機能の検証

蓄熱式熱交換器の機能の検証は以下の方法で行った。実験には図 1 に示す装置を用いた。まず、太陽熱の蓄熱のため、図 1 の①の循環系にて温水を循環させる。次に①の循環系を②の循環系に切り替え、さらに初期温度 30°C に加温されたユニット B の温水タンクから③の循環系に温水を循環させ、熱交換器 A にて熱交換を行い、③の循環系の熱交換器 A からの出口温度を昇温させる。③の流量と熱交換器 A の入口、出口温度の温度差から熱交換量を求め、蓄熱タンクからの放熱量およびその放熱時間を確認する。

## 4. 結 果

### 4.1 日射量の測定

図 11 (a), (b)に久米島サテライトおよび伊万里サテライトで得られた日射量 (全天日射強度  $I$  [ $\text{W}/\text{m}^2$ ])の経時変化を示す。各グラフの任意の時刻における値は、その時刻の月間の平均を求めたものである。

なお、全天日射強度  $I$  [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]は日射計からの出力電圧  $E$  [ $\mu\text{V}$ ]と感度定数  $S$  [ $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$ ]の値を用いて、以下の式で求めた。

$$I = \frac{E}{S} \quad [\text{W}/\text{m}^2] \quad (1)$$

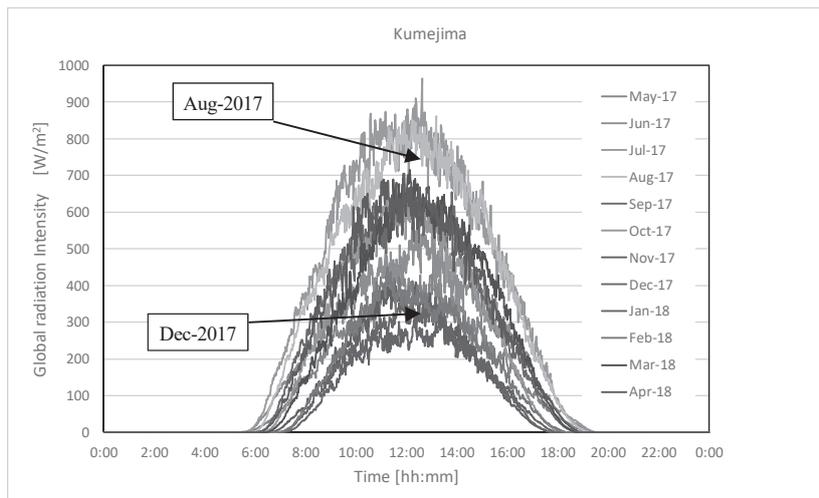
図 11 (a)(b)では 2017 年 8 月から 2018 年 4 月については測定期間が重なっていることから、この期間について比較を行った。図 11 (a)(b) 全天日射強度はいずれの場合も夏季が大きく、また冬季が小さい。夏季と冬季の一日のピーク値は、久米島、伊万里のいずれも 2/3 程度となることが分かる。また、図 8(a)と(b)の測定地点による全天日射強度の比較では、一日におけるピーク値は夏季と冬季いずれも測定場所によらずほぼ同じ値を示していることが分かった。

また、1 日当たりの積算日射量 DTI (The Daily Total Solar Irradiances) について月別の平均値の変化を図 12 に示す。この時、DTI は以下の式から求めた。

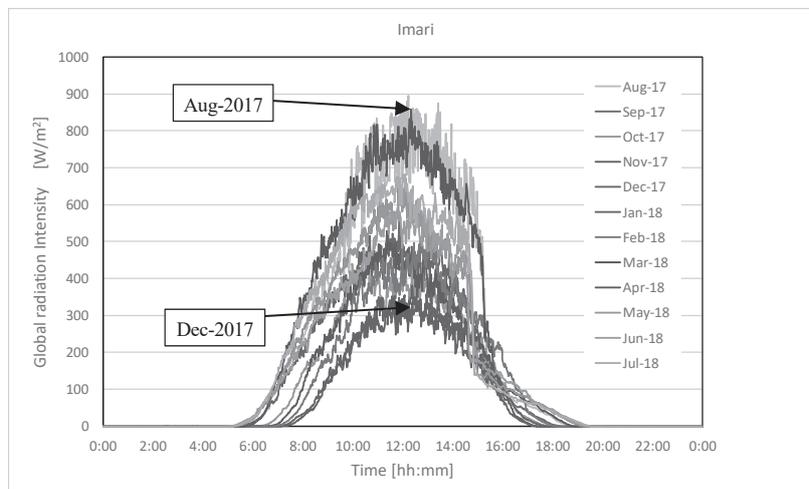
$$DTI = \sum_{k=1}^n I_k \times t \quad [\text{J}/\text{m}^2] \quad (2)$$

ここで  $t$  [s]は積算時の時間間隔である。図 12 に示す日射量の積算値 DTI においても全天日射強度の傾向と同じく、夏季の場合久米島の値が大きく、冬季の場合は両地点ともにほぼ同じ値を示していることが分かる。なお、積算日射量の各測定期間内の平均値はそれぞれ久米島  $13.2\text{MJ}/\text{m}^2$ 、伊万里  $11.5\text{MJ}/\text{m}^2$  であった。測定値の妥当性の確認のため、気象庁データから得た全天日射量の年平均値との比較を行うことにした。ただし、同一地域での全天日射量の測定データが存在しなかったため、近隣の測定地点である那覇市、佐賀市におけるデータ (2017 年平均) との比較を行った。これらの平均値も図 9 に示す。那覇市、佐賀市の年平均値はそれぞれ那覇市:  $14.4\text{MJ}/\text{m}^2$ 、佐賀市:  $13.6\text{MJ}/\text{m}^2$  (気象庁データ(気象庁 HP, 2018), 2017 年平均) であった。久米島と那覇市はほぼ同じ値を示している。一方、伊万里と佐賀市の値との差は久米島と那覇の値の差とくらべ大きい。気象庁データとの差異はあるものの、おおむね妥当な測定値を示していることが分かった。

一方、2 つの地点の年間の日照時間は、久米島町 1705.6 時間、伊万里市 1911.2 時間 (気象庁データ (気象庁 HP, 2018), 2017 年の合計) となり、日照時間では久米島の方が短い。さらに月別の日照時間のデータ (気象庁 HP, 2018) を見ても、日照時間は冬季で久米島の方が短く、夏季は久米島の方が長い結果が得られている。これらのことから、緯度が低い久米島は太陽の南中高度が高いことから一般に年間を通じて日射量が伊万里より大きくなると考えられ、夏季は確かにその傾向が得られているが、冬季は晴天が少ないため逆に日照時間が伊万里より短くなり、結果的に日射量がほぼと同じ値を示したと考えられる。



(a) Kumejima (May, 2017 - April, 2018)



(b) Imari (August, 2017 – July, 2018)

Fig. 11 Global radiation Intensities.

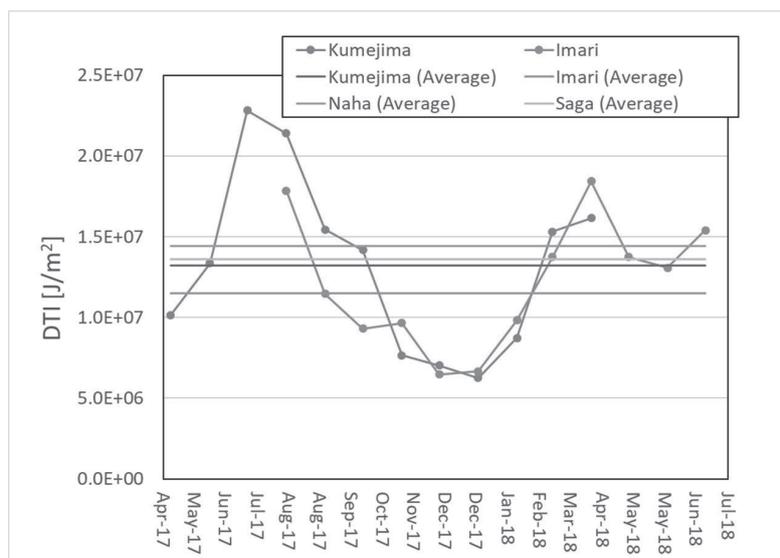


Fig. 12 DTI (The Daily Total Solar Irradiances).

## 4・2 蓄熱・放熱量の測定

図1の実験装置を使った蓄熱式熱交換器の検証実験の前に、蓄熱ユニットの蓄熱・放熱量の測定を予備実験として行った。実験は、65度まで加熱した温水タンクに蓄熱ユニットを浸漬させ2時間かけて蓄熱材を融解させ、その後自然放熱による温度変化を測定することで測定を行った。また、予備実験では積層する蓄熱ユニットの個数を変化させ比較を行った。実験結果を図13に示す。図13は温水タンク内温度の経時変化を示したものである。ここで、予備実験では蓄熱ユニットを6ユニット、12ユニット、蓄熱材無しの場合の比較を行った。また、タンクの水量は80Lである。

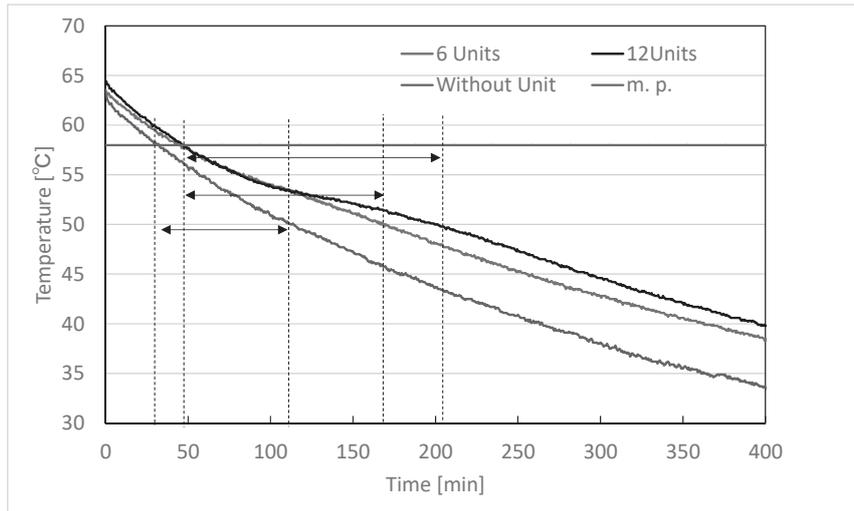


Fig. 13 Temperature profiles inside hot water tank at different amount of thermal storage units.

ここで、蓄熱材はその温度が融点に達した時に放熱を始めることから、蓄熱材の融点である58°Cから50°Cへ温度が低下する時間について比較を行った。まず、蓄熱材無しの場合、水面から熱伝達からの放熱が行われるため、温度は単調減少する。58°Cから50°Cまで低下する時間は約70分間であった。一方、蓄熱ユニットを挿入した場合、温度減少は緩やかとなり、6ユニットでは約110分、12ユニットでは約150分であった。58°Cから50°Cの温度低下で失われた熱量(放熱量)は80Lの水の場合、約2,700kJである。一方、蓄熱材の蓄熱量は、6ユニットの場合約1,200kJ、12ユニットでは約2,400kJであるため、蓄熱量分に比例して放熱時間が伸びていることが分かる。よって、今回開発した蓄熱ユニットは、蓄熱及び放熱の動作を正常に行えていることが確認できた。

次に、図1の実験装置を用いた蓄熱式熱交換器実験を3.3.3の手順にて行った。なお、3.3.3の①の手順では太陽熱温水器からの循環を行うことになっているが、天候の関係から十分な温水温度が得られなかったため、ここで報告する実験結果は、ユニットAの蓄熱タンクの加熱を電気ヒーターで行った場合の結果を述べる。また、比較のため蓄熱ユニットを挿入しない場合の熱交換実験も行った。

実験条件として、蓄熱式熱交換器の初期温度が65°C、ユニットBの温水タンクの温度が30°C、熱交換器Aの高温側、低温側の流量を2.5L/minと与えた。

図14(a)(b)に熱交換器Aの高温側、低温側の入口出口の温度変化について示す。また、(a)は蓄熱式熱交換器を用いた結果であるが、(b)は蓄熱式熱交換器から蓄熱材を取り除いた場合の結果である。比較のため(b)の結果を示す。これらの比較より、(a)の高温側の入口出口温度が(b)に比べて緩やかに減少していることが分かる。そのため(a)の低温側の出口温度も緩やかに減少する。熱源である蓄熱式熱交換器からの放熱により、熱交換器Aによる高温側からの熱移動分を補っていることが確認できる。

さらに、図14(a)(b)の結果を熱交換量の経時変化として図15に示す。ここで、熱交換量 $Q$ [W]の値は次式で求めた。

$$Q = m_H C_{pH} (T_{H,in} - T_{H,out}) \quad (3)$$

ここで、 $C_{pH}$ は温水の定圧比熱、 $T_{H,in}$ 、 $T_{H,out}$ は熱交換器Aの高温側の入口および出口の温度をそれぞれ示す。

図 15 より、時間の経過に伴い熱交換量が減少していることが分かる。これは熱交換器 A による熱交換により、蓄熱式熱交換器と温水タンクとの間で熱移動するため、最終的に平衡状態に至る。そのため、図 14 でも明らかのように、この間に両熱源間の温度差が減少することから、熱交換量は減少することになる。また、図 15 での比較より熱交換量は蓄熱ユニットがある方が大きいことがわかる。これは蓄熱ユニットから熱が供給されていることを示している。

図 15 に示す熱交換量の値から、蓄熱式熱交換器 (蓄熱ユニットがない場合は温水タンク) からの放熱量を熱交換量の積算値し、蓄熱ユニットの有無による値の比較を行った。蓄熱ユニットの有無による放熱量の違いについて表 1 に示す。これらの比較により 440kJ の差が生じていることが分かるが、この放熱量の差が蓄熱ユニットから放熱された熱量である。前述したが、蓄熱ユニット 12 個の場合、2,400kJ の蓄熱が可能であるので、そのうちの約 20% が放熱したことが分かる。これらの結果より、蓄熱材の放熱量が不足しており、蓄熱式熱交換器としてはその性能を十分に発揮していないことが分かった。蓄熱ユニットの構造および各ユニットからの熱伝達を促進させることにより放熱量の向上を図れると考えられるので、今後それらの改良を行う予定である。

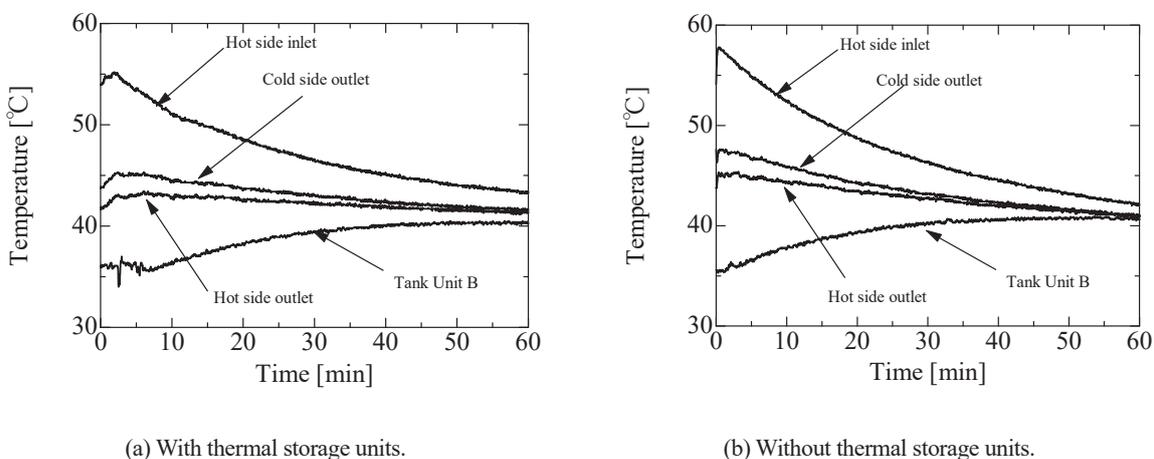


Fig. 14 Temperature profiles at inlet and outlet of both sides heat exchanger.

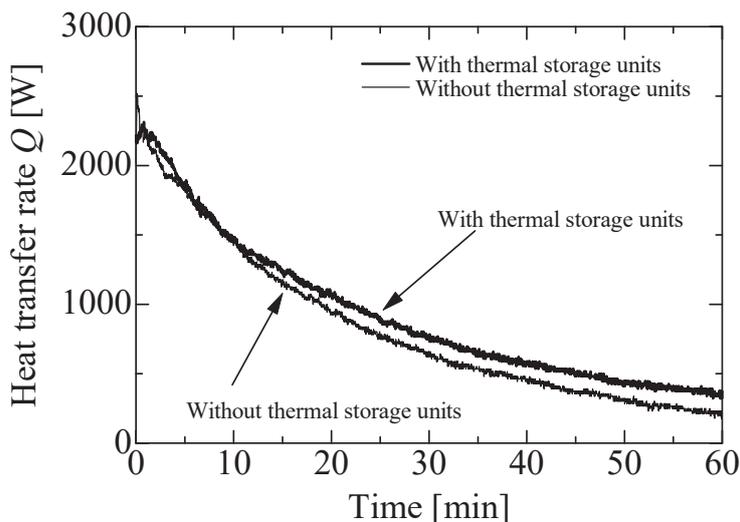


Fig. 15 Heat transfer rates of the heat exchanger.

Table 1 Heat radiation rate during 1 hour

	With thermal storage units	Without thermal storage units
Heat radiation rate	3.506 MJ	3.066 MJ

## 5. 結 言

本研究では、蓄熱式熱交換器の開発とその装置の検証実験および太陽熱ブースト OTEC に必要な日射量データの測定を行った。日射量については、約 1 年間の測定から久米島 OTEC の設置場所における日射量の時間及び年次変化の傾向を得ることができた。蓄熱式熱交換器の実験は OTEC での利用を想定して久米島 OTEC で行うのが理想的であるが、現段階ではそれが実現できないため、伊万里市で蓄熱式熱交換器の実験を行いその結果をもとに久米島における結果を予測することになる。しかし、久米島と伊万里では日射量の変化が異なるため、今回測定のと両地点の日射量データを比較しながら蓄熱式熱交換器に与えられる熱量を換算して久米島における熱交換器の実験結果を予測する予定である。

また、蓄熱式熱交換器実験では蓄熱ユニットについて複数の動作検証を経て最終的にそれを実験装置に組み込み、蓄熱式熱交換器としての性能の確認を行った。その結果蓄熱式熱交換器として動作はしているものの放熱量が不十分であり、今後改良の必要があることが分かった。まだ熱交換器としての性能評価データも不十分である。今後、OTEC での使用を想定した温度及び流量条件における実験を引き続き行うことによって、より実用的な蓄熱式熱交換器へと改良を進めていく予定である。

## 謝 辞

本研究は、スズキ財団平成 28 年度科学技術研究助成により助成を受けたものである。ここに記して感謝する。

## 文 献

- 安永健, 森崎敬史, 池上康之, “海洋温度差発電システムの性能評価手法の検討”, OTEC, Vol. 22, (2017), pp. 37-46.  
 Yamada, N., Hoshi, A. and Ikegami, Y., “Performance simulation of solar-boasted ocean thermal energy conversion plant”, Renewable Energy, Vol. 34, No. 7, (2009), pp. 1752-1758.  
 Pebler, A., “Dissociation vapor pressure of sodium acetate trihydrate”, Thermochemica Acta, Vol. 13 (1975), pp. 109-114.  
 Kimura, H. and Kai, J., “Phase change stability of sodium acetate trihydrate and its mixtures”, Solar Energy, Vol. 35, No. 6, (1985), pp. 527-534.  
 気象庁 HP, 過去の気象データ検索, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2018).