

# 海洋深層水の冷熱エネルギーによる 食品工場冷房と昇温水の水産利用

Cooling of food factories using cold energy from deep ocean water  
and use of heated water in aquaculture

舟見恵一

Kei-ichi FUNAMI

## Abstract

Deep ocean water (DOW) is applied in various applications because it is rich in nutrients and minerals and has excellent cleanliness and low-temperature as well as high stability. However, most of them were limited to apply nutrients and cleanliness, and there were few examples of the use of stable low temperature energy. In the amid growing interest in the recent SDGs particularly on the goal 7 “Affordable and Clean Energy” and the goal 13 “Climate Action”, the current achievements and future prospects made by Wooke Co., Ltd. for the application of DOW as a cold heat source will be described. By using low the temperature of DOW for air-conditioning, CO<sub>2</sub> emission was reduction extensively, and the warmed DOW was then applied for aquaculture without heating which saved fuel cost greatly.

**Key Words:** Deep ocean water, DOW, cold heat source, air-conditioning, aquaculture, energy saving, CO<sub>2</sub> emissions reduction, carbon dioxide

## 要 旨

海洋深層水は栄養塩やミネラルが豊富で、かつ清浄性、低温安定性に優れた特徴を持つことから様々な施設で活用されている。しかしながら、大部分は栄養塩の活用や清浄性の活用に留まり、低温安定性の利用については活用事例が少なかった。近年、SDGsについての話題が増える中「7. エネルギーをみんなにそしてクリーンに」そして「13. 気候変動に具体的な対策を」に合致する取り組みとして、2009年から操業を開始した株式会社ウーケの海洋深層水の冷熱源利用について、これまでの実績を取りまとめた。まずは海洋深層水そのものを利用するための加温におけるCO<sub>2</sub>排出量削減と燃料代に関する数値、続いて海洋深層水の空調冷熱としての利用に対するCO<sub>2</sub>排出量削減に関する数値をまとめた。そしてこれら利用実績における考察とこれからの展望について述べる。

**キーワード:** 海洋深層水、冷熱源、空調、養殖、省エネ、CO<sub>2</sub>排出量削減、二酸化炭素

## 1. はじめに

海洋深層水（以下、深層水）は一般に水温が10℃かそれ以下のために低温・冷熱エネルギーが様々な利用されている（藤田・高橋、2006）。中でも空調

利用は80～90%の省エネになり、特に米国ハワイをはじめタヒチなどの海外ではホテル冷房などの事業化が進んでいる（高橋、2011）。しかしながら、日本国内では本事業利用はあまり進んでなく、実際の効果を示す具体的な数値は乏しいものであった。そ

ここで、2009年から実運用が開始された株式会社ウーケ（以下、ウーケ）の実績値を取りまとめて、広く同様の取り組みを考える事業者にも活用してもらうことを目的として本論文を取りまとめることとした。

深層水の汲み上げ温度は取水深度や深層水の起源などによって異なっていて（海洋深層水利用学会ホームページ）、例えば高知県室戸岬では取水口のある水深350 m付近の水温は年間を通じて約9.5℃で安定していて、汲み上げた段階で11~12℃である（高知県海洋深層水研究所ホームページ）。ウーケで利用する深層水の取水は富山県入善町の「入善海洋深層水活用施設」（以下、深層水活用施設）で行われ、汲み上げ温度は2℃前後となっている。室戸岬との違いは、入善町の取水海域及び取水水深384 mが日本海固有水に該当するという点である。

現在の深層水活用施設の深層水の利用は生ガキの浄化（蓄養）とアワビなどの養殖のため、水温を12℃に調整する必要がある。当初は、深層水をボイラーで加温して利用していたが、2009年からはウーケの工場冷房で10℃程度加温した後、12℃前後に昇温した深層水を水産利用に回している（村井，2009）。その結果、ウーケの工場がメンテナンスなどで稼働休止時を除いて深層水の加温処理は不要になった。

ウーケの工場（製造室）を冷房するための循環水温度は、図1に示す通りFCU（ファンコイルユニット）への送り水温は約11℃、戻り温度は約19℃となっており、深層水側の要求温度を満たすためにはFCUへの送り水温を約11℃までしか下げられない。

これら条件で、深層水の冷熱はウーケにおいて製造室内の冷却に利用され、かつ深層水活用施設では深層水のボイラーによる加温を最小限に留め、結果、両事業体においてそれぞれ相当量の省エネルギーとCO<sub>2</sub>排出量削減を達成している。

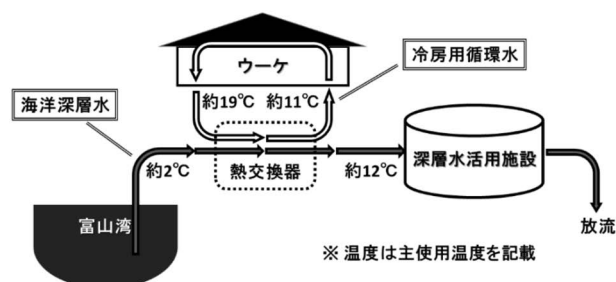


図1 ウーケと深層水活用施設との熱交換イメージ図

ギーとCO<sub>2</sub>排出量削減を達成している。

以下、その詳細を記載する。

## 2. 結 果

### 2.1 海洋深層水のボイラー加温

一般的には、深層水そのものを利用するにあたり、カキやアワビなど養殖・畜養では12℃~15℃、人間のプールにおいては36℃程度までの加温が必要である。通常であれば、電気式ヒートポンプや燃料式ボイラー等による加温システムが必要となる。ウーケと協力し合う入善町深層水活用施設では、深層水のかけ流し等の仕組みから30トン毎時（日量720トン、入善町海洋深層水取水量3,240トン/日の22%）の利用がベースとなっている。30トン毎時の深層水に対して先に述べた水産利用を想定し、2℃から12℃への10℃の加温を重油式ボイラーで実施した場合のCO<sub>2</sub>排出量と燃料代を見積ると以下ようになる。なお、この計算は上記規模をすべて燃料で賄うといった試算で、現在の入善町の深層水活用施設で必ずしも実施しているものではない。

（計算適用基準値）

海水の比熱：3.933 kJ/kg·K、A重油の価格=98円/L  
A重油の熱量39,100 kJ/l（算定省令第2条第4項及び第7項に定める係数）  
A重油のCO<sub>2</sub>排出量2.710 kg-CO<sub>2</sub>/l or 69.3 kg-CO<sub>2</sub>/GJ

$$3.933 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K} \times 10^\circ\text{C} \times 30,000 \text{ kg/h} \div 39,100 \text{ kJ/L} \\ \times 2.710 \text{ kg-CO}_2/\text{L} \times 8,760\text{h/年} \\ \div 716 \text{ t-CO}_2/\text{年} \text{（ボイラー効率は加味せず）}$$

A重油1リットル98円（2022年10月小型ローリー）と仮定すると

$$3.933 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K} \times 10^\circ\text{C} \times 30,000 \text{ kg/h} \div 39,100 \text{ kJ/L} \\ \times 8,760\text{h/年} \times 98 \text{ 円/L} \\ \div 2,590 \text{ 万円/年} \text{（ボイラー効率は加味せず）}$$

以上のように、深層水を水産利用するために重油を利用して10℃のボイラー加温を行った場合、1年間で昇温のために使われる燃料から排出されるCO<sub>2</sub>は716トン、燃料費は2,590万円との試算になる。

## 2.2 海洋深層水の空調利用による加温

ウーケで実施しているプレート式熱交換器等を用いた深層水の冷熱利用では、加温だけが行われるため、深層水に含まれる栄養塩類やミネラル類、および清浄性といった深層水の温度以外への影響はない。

ウーケでは2022年12月現在、深層水最大流量毎時約110トンの処理まで対応可能な熱交換器を有している。

図2は深層水の受け渡し流量と、その引き渡した昇温温度差から導き出した冷房能力である。

計算式は以下となる。

$$\begin{aligned} \text{冷房能力 (kW)} \\ &= \text{昇温温度差 (K)} \times 4.18 \text{ (J/g}\cdot\text{K)} \times \text{流量 (t/h)} \\ &\quad \times 1,000 \text{ (kg/t)} / 3,600 \text{ (s/h)} \end{aligned}$$

データは10分毎の実測値の積分値となっている。この冷房能力に稼働時間と図3のCOP(※1)と電力会社の換算係数(※2)を考慮し、算出したCO<sub>2</sub>排出量削減想定量が図4である。夏場のピーク時は冷房能力1,200 kW級のチラー(冷凍機)が効率100%でフル稼働するレベルの省エネが図られる。図2、図4の夏季と冬季の差は、流量の差によるものである。冬



図2 月毎の海洋深層水より得られた冷房能力推移(ウーケ受益)

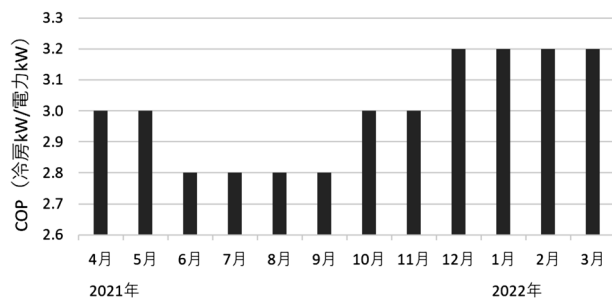


図3 月毎の想定電力量を算出するための設定COP(※1)推移

季は工場内加温も必要となり工場余剰廃熱が減少する。よって限られた熱量を一定温度の昇温に充てるため、結果として深層水流量の制御となっている。

- ※1 エネルギー消費効率=冷房COP=冷房能力(kW)÷冷房消費電力(kW)
- ※2 電気事業者が販売する電力を発電するため排出された二酸化炭素を算出する指標で、実二酸化炭素排出量÷販売電力量。本計算は、電気事業者別排出係数(特定排出者の温室効果ガス排出量算定用)-平成26年度実績-H27.11.30公表に基づいた代替値0.579 g CO<sub>2</sub>/kWhを使用。

図3のCOP(エネルギー消費効率)については、深層水冷熱によるウーケ製造室内の冷却の視点でヒートポンプ式チラーに置き換えた場合、外気温が低い場合はCOPが上がると予想されるためその変化を考慮した。図5は実際の熱交換設備写真に深層水等の流れを付記したものである。ウーケでは、これら計算の元、2021年度で1,110 t-CO<sub>2</sub>のCO<sub>2</sub>排出量の削減を行った。ウーケの2021年度CO<sub>2</sub>排出量総合計



図4 月毎のCO<sub>2</sub>排出量削減量推移(ウーケ排出抑制量)

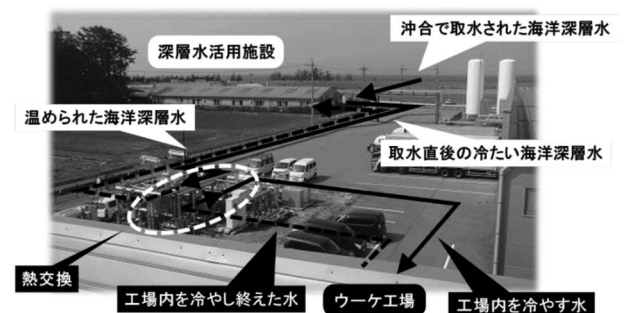


図5 ウーケと深層水活用施設との熱交換施設

は11,741 t-CO<sub>2</sub>となっており、CO<sub>2</sub>排出量総合計の約1割相当となっている。

ウーケは操業上、継続して一定の熱を排出するが、外気温の変化に応じて受け渡しのできる熱量は変動する。また、ウーケの製造設備点検時及び休業時には1ライン当たり1年に約46日(※3)は排熱ゼロとなり、かつ製造製品切り替え時には排熱が減少する。以上の状況において、深層水の水温が12℃前後となるよう、深層水の送水量を増減させて調整している。

ウーケからの排熱が全く無くなった場合は、深層水活用施設で必要とされる最低流量を流し、深層水施設側にて燃料ボイラーで加温して使用している。ウーケは週7日、24時間の連続操業形態を取っているため、燃料ボイラーで加温する日数や時間は上記のように極めて少ない。このような面から、深層水そのものの活用側は極力稼働時間の多い業種とタグを組むとより良い関係が保たれるものと思われる。

※3 時季休業14日、年次整備8日、定期整備24日

### 3. 考 察

#### 3.1 現在の運用の問題点

現在、ウーケで運用している深層水の加温は1系統のため、深層水活用施設における受け取り水温が12℃前後となった場合は、毎時110トンの深層水全体が影響を受けてしまう、よって十分な冷熱利用の出来ない状態が生じる。また、流量が多いことから水温の振れ幅が大きくなり設定値調整も難しい。一例として、2022年8月実績は冷凍能力1,142 kWだったが、仮に1℃昇温温度を上げたとした場合、想定冷凍能力1,258 kWとなり10%の冷熱利用の増加が見込める。更に毎時110トンの加温系統を毎時55トンの2系統に分けて、その内1系統で12℃前後の必要な流量を確保し、余剰分を2系統目で30℃程度まで上げて海洋放出した場合は、更なる冷熱の利用が見込める。

#### 3.2 更なる省エネルギーやCO<sub>2</sub>排出量削減の可能性

海洋深層水活用施設から排出される水にもまだ冷熱が存在している。現状において実施している実態は無いが、ここにも着目する価値はあると考える。時季的に夏場中心となってしまいが、15℃程度のかけ流し水は夏場の居住空間の冷房にはまだまだ利用可能と思われる。実際、深層水から得た冷熱により、ウーケ内ではFCU(ファンコイルユニット)用の循環水を冷却して循環させているが、その循環水の送り温度は約11℃、戻り温度は19℃強となっている。そのことから、水温15℃でも居住空間の冷却用としては十分な冷たさが得られると思われる。

### 4. おわりに

深層水、とりわけ低温な日本海固有水を利用する海洋深層水施設には考慮すべき点がある。

まずは深層水の含有成分を主に用い、10℃以上で使用される場合には、加熱という余分なエネルギーを消費してしまうため、太平洋側のより温度の高い深層水を利用する施設に比べてコスト負けしてしまう可能性がある。

そこで、深層水の成分を主に用いるA施設と、室内ないし製造品を多く冷却することが必要なB施設とがペアを組むことである。これについては本文で述べた通り、深層水を用いる施設と、併設する冷熱利用施設、共に省エネルギーやCO<sub>2</sub>排出量削減を両方で達成することが可能な素晴らしいタグを組むことが出来る。ウーケのような食品加工施設のみならず、コンピューター施設の冷却や、鉄鋼関連施設など冬期も熱を排出する施設とのタグが生まれることを期待したい。

#### 参考文献

- 藤田大介・高橋正征(2006) 海洋深層水利用学 基礎から応用・実践まで。成山堂書店、東京、pp. 85-99.  
海洋深層水利用学会ホームページ (<http://www.dowas.net/facilities/index.html>)  
高知県海洋深層水研究所ホームページ (<http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/151407/menu-aboutdsw.html>)

村井義孝 (2009) 深層水を利用した空調システム.  
とやま深層水フォーラム (2009年11月30日)  
高橋正征 (2011) 深層水冷熱利用空調システム  
(SWAC) とその他の冷熱利用. 海洋再生エネル

ギーの市場展望と開発動向 (木下 健監修),  
サイエンス&テクノロジー, 東京, pp. 224-232.  
(2023年2月3日受付; 2023年5月2日受理)