

## 電気と「あたらない牡蠣」～海洋温度差発電の可能性を考える

公益財団法人笹川平和財団安全保障研究グループ研究員 小林祐喜

### 1. 海洋温度差発電とは

気候変動対策として、2050年にCO<sub>2</sub>の排出量を実質ゼロにする「カーボン・ニュートラル」の達成を日本が国際公約に掲げる中、発電中にCO<sub>2</sub>を排出しない再生可能エネルギーの一つとして、「海洋温度差発電」が少しずつ注目を高めている。

この発電はまだなじみが薄い技術であるが、後述するように、表層の温かい海水と冷たい海洋深層水の温度差を利用して発電する<sup>1</sup>。利点として、大掛かりな設備を必要としないこと、太陽光発電や風力発電が日照や風に影響され、設備稼働率が低くなりがちなのに対し、気候に左右されないため、高い設備稼働率が期待できること、発電中にくみ上げる海洋深層水は栄養素が豊富であり、飲料水や化粧品の生産、一次産業への活用など二次利用により、多様な事業展開が可能になることが挙げられる。

日本は世界に先駆けて、沖縄県久米島に海洋温度差発電の実証施設を整備し、2013年から発電を開始した。あわせて多機能性を活用し、2023年8月、ウイルスや細菌が繁殖しない海洋深層水で「あたらない牡蠣（カキ）」の養殖に成功した。さらには、久米島に海洋環境が似ている太平洋島嶼国やインド洋の島国で、日本の援助により、海洋温度差発電の整備に向けた環境調査が始まっている。

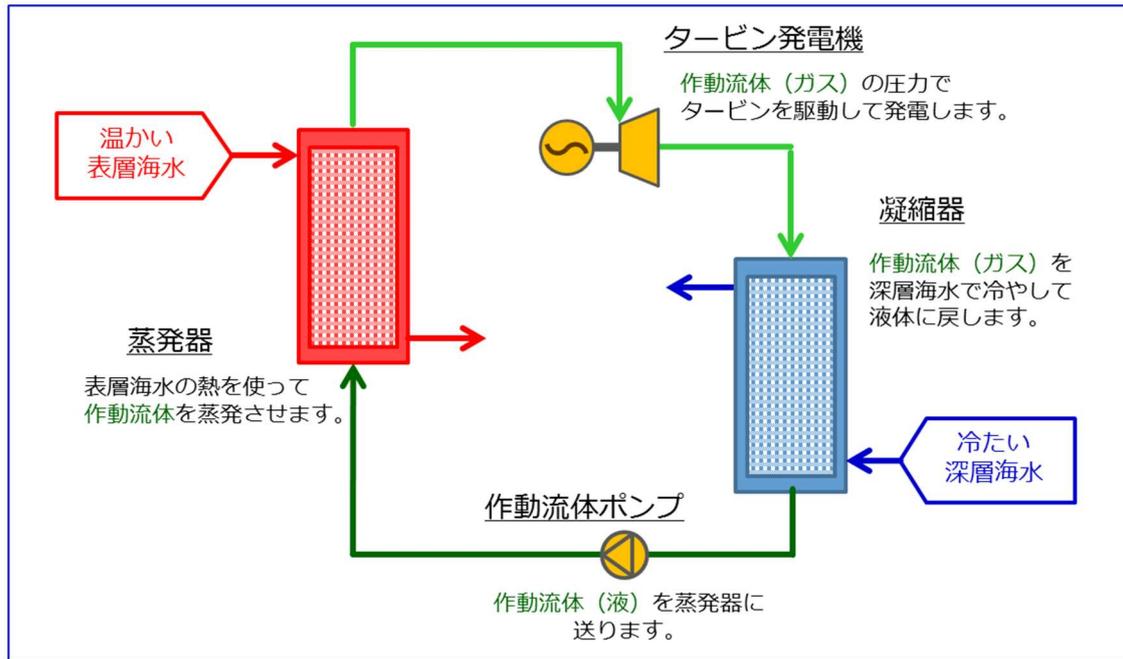
現状は、発電コストが他の電源に比べて割高であるなど、克服すべき課題もあるが、普及が進めば、コストが低下するとともに、国内外で多様な海洋利用が進展しそうだ。

本稿では、久米島での実証を中心に、海洋温度差発電の多機能性や課題を分析し、同発電の今後の可能性を考察する。

### 2. 海洋温度差発電の仕組み

海洋温度差発電の基本的な仕組みは、火力発電や原子力発電と同様である。蒸気を発生させることでタービンを回転させ、その摩擦で電気を得る。図1のように液体から気体に変化する沸点が低い作動流体をポンプで循環させる。具体的には、深さ600～1000メートルの深層部にある5～7℃の海水を冷却源として作動流体を液体状態にし、海の表層部の25～30℃の温かい海水を温熱源として作動流体を沸騰状態にする。その結果生じる大量の蒸気でタービンを回す。タービンを回した後の蒸気は凝縮器に送られ、海洋深層水によって冷やされて液体に戻る。このサイクルを繰り返すことで発電する。

図 1：海洋温度差発電の仕組み



出典) 沖縄県海洋温度差発電実証施設ウェブページ

作動流体には気化しやすいアンモニア（NH<sub>3</sub>）が使われる。アンモニアは沸点が低いうえ、窒素原子と水素原子で構成され、CO<sub>2</sub> を排出しない。そのため、カーボン・ニュートラルに貢献する物質として、日本はアンモニア活用技術で世界に先行し、石炭火力発電にアンモニアを入れることで CO<sub>2</sub> 排出を減らす混焼、あるいはアンモニアを専用燃料とする発電の実用化を進めている<sup>2</sup>。

表層海水と深層海水との温度差が年間平均で 20℃以上あれば、発電が可能であり、日本国内では、沖縄県や小笠原諸島を中心に九州から四国、本州に至る黒潮流域など適性がある地域は決して小さくない。世界では、100 の国・地域で導入可能とみられ、潜在的な発電量は 1 兆キロワット時（kWh）に達する<sup>3</sup>。日本の 2023 年の年間電力消費量（909 億 kWh）<sup>4</sup>の 10 倍以上である。

2013 年に始まった久米島での実証実験は 100kWh で開始され、2026 年には同島での年間消費電力の約 15%に相当する 1,000kWh、2030 年以降には 10 万 kWh を目標としている<sup>5</sup>。

### 3. 海洋温度差発電の課題と可能性

しかし、久米島での実証実験がすべて順調に推移しているわけではない。2026 年に 1,000kWh 級に移行したとしても、平均規模の原子炉 1 基（100 万 kWh）に比べ、1,000 分の 1 の規模にとどまる。そのため、2013～2017 年度の 5 年間の実証運転の結果を基に試算した海洋温度差発電の発電コストは 29.7 円/kWh である<sup>6</sup>。他の電源と比較すると（表 1 参照）、洋上風力発電と並び、コストの高さは明白で、陸地に送電しなければならない海上利用の不利がうかがえる。

表 1：電源ごとの発電コストと稼働率、稼働年数（2020年）

電源	石炭	天然ガス	原子力	洋上風力	太陽光
発電コスト (円/kwh)	12.5	10.7	11.5	30.0	12.9
稼働率	70%	70%	70%	30%	17.2%
稼働年数	40	40	40	25	25

出典) 資源エネルギー庁のウェブページを参照に筆者作成

一方で、海洋温度差発電の特徴を踏まえれば、割高とも言い切れない。冒頭に紹介したように、設備費に莫大な費用が掛からず、また、天候に左右されずに安定して発電できる。さらに、発電に利用した海洋深層水を再利用できる。養殖漁業、ミネラル塩の製造、ミネラルウォーター、化粧品の生産などにより、年間数十億円の副収入が見込まれる。結果として今後、電力料金をさらに引き下げる余地が生まれる。これらは他の再生可能エネルギーにない強みである。

海洋深層水を再利用する一例として、久米島では、海洋深層水による牡蠣の養殖や、餌となる藻類の培養を重ね、2023年8月、ノロウイルスや細菌を含まない「あたらない牡蠣」の完全陸上養殖に成功した。

写真 1：「あたらない牡蠣」の完全陸上養殖に成功



出典) ジーオー・ファーム社提供

牡蠣は一日に約 400 リットルもの海水を吸い込んで吐き出すため、表層海水で育てた場合、海水中に含まれるウイルスや細菌も牡蠣の体内に取り込まれる。出荷前に紫外線を当てたり、清潔な海水を吸収させたりすることで牡蠣を浄化するが、ウイルスや細菌を完全に除去するのは不可能とされている。そのため、加熱しない生食をすると、牡蠣の消化器官に結合したノロウイルスや大腸菌が人間の体内に入り、食あたりを起こすことがある。海洋深層水はウイルスや細菌が存在しないため、「あたらない牡蠣」の養殖が可能になる。養殖事業を担当する同島のジーオー・ファームは数年後の商品化を目指している<sup>7</sup>。

島には大型の火力発電、原子力発電の建設が難しく、遠くから送電すればコスト高になる事情もあり、上記の強みを踏まえれば、国内の離島や世界の島嶼国で、日本発の海洋温度差発電技術が普及する可能性がある。実際、日本の民間企業や政府系機関が近年、国内外で活動を活発化させている。商船三井は久米島での実証実験に参加するとともに、2022 年からインド洋のモーリシャスで海洋温度差発電の事業化に向けた調査を始めている<sup>8</sup>。独立行政法人国際協力機構（JICA）もパラオ共和国など太平洋島嶼国において、海洋温度差発電の普及に向けた調査を展開している<sup>9</sup>。

#### 4. 日本にとっての海洋温度差発電普及の意義

海洋温度差発電の特徴や、課題を克服するためのこれまでの歩みを踏まえれば、日本にとってこの技術を活用することは三つの意義が考えられる。

一つ目は、有効な海上利用である。日本は離島を多く抱えるが、海洋温度差発電が普及すれば、割高ではない価格で電力を供給できる。さらに、海洋深層水の再利用により、それぞれの離島や沿岸地域で養殖をはじめとする特産品を生み出せば、地域振興につながる。

二つ目は、太平洋、およびインド洋の島嶼国との関係強化の手段になり得ることである。インド太平洋地域では、中国が影響力の拡大を狙い、島嶼国におけるインフラ整備を加速させているが、海洋温度差発電は各国・地域の特性を生かす日本発の技術として、高い評価を受ける可能性を有する。

最後は、日本が比較優位を持つ技術を活用した発電として、エネルギー供給における現状の日本の弱点を補完できることである。天然資源をほぼ 100%輸入に頼り、大半の再生可能エネルギー分野でも、原材料となるレアアースや基幹部品において、中国が独占的地位を占め、輸入に頼らなければいけない状況である。そのため、国際情勢の急変による輸出の制限や停止に日本は極めて弱い弱である。日本でほとんど自給できる原材料や技術で構成する海洋温度差発電が一定程度の電力供給を担うことができれば、弱い弱性のある程度緩和できる。

エネルギー政策の指針となり、3年に一度改定されるエネルギー基本計画（第7次）が本年度内に策定される予定である。同計画の中で、海洋温度差発電についても、近年の動向を冷静に評価し、上記の意義も考慮しながら、今後の普及に向けた戦略が描かれることを期待したい。

（了）

<sup>1</sup> 「海洋温度差発電のしくみ」OTEC（沖縄県海洋温度差発電実証施設）ウェブページ。

<http://otecokinawa.com/jp/OTEC/index.html>

<sup>2</sup> 資源エネルギー庁「アンモニアが“燃料”になる?!（前編）～身近だけど実は知らないアンモニアの利用先」2021年1月15日。[https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/ammonia\\_01.html](https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/ammonia_01.html)

<sup>3</sup> 内閣府「夢の発電・海洋温度差発電の実用化に向けて」2023年6月 [https://www.gov-online.go.jp/eng/publicity/book/hlj/html/202306/202306\\_10\\_jp.html](https://www.gov-online.go.jp/eng/publicity/book/hlj/html/202306/202306_10_jp.html)

<sup>4</sup> Enerdate「国内の電力消費」<https://yearbook.enerdata.jp/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html>

<sup>5</sup> 前掲 OTEC ウェブページ。

<sup>6</sup> 前掲 OTEC ウェブページ。

<sup>7</sup> 筆者によるジーオー・ファームへの聞き取り。2024年7月11日。

---

<sup>8</sup> 商船三井プレスリリース「モーリシャスにおける海洋温度差発電の事業化に向け、新たなフェーズへ」2024年1月15日。

<https://www.mol.co.jp/pr/2024/24005.html>

<sup>9</sup> JICA プレスリリース、2023年11月1日。

[https://www.jica.go.jp/domestic/okinawa/information/press/2023/\\_\\_\\_icsFiles/afieldfile/2023/11/01/press.pdf](https://www.jica.go.jp/domestic/okinawa/information/press/2023/___icsFiles/afieldfile/2023/11/01/press.pdf)