

20周年記念号

海洋温度差発電と海洋深層水

Ocean Thermal Energy Conversion and Deep Seawater

池上康之

Yasuyuki IKEGAMI

1. はじめに

海洋温度差発電は、海洋深層水の利用形態の一部に過ぎない。にもかかわらず、日本では、長年、「発電」と「海洋深層水利用」が、別物のように認識され、戦略的かつ学術的に密接な両輪として発展して来なかった。エネルギーの「海洋温度差発電」、農業および水産分野の「海洋深層水利用」のように、一部では、「海洋深層水複合利用」の中には、「発電」は入れない」と誤解している人がいたほどである。

しかし、近年、その状況が一変した。海洋温度差発電の実用化推進には、発電以外の「海洋深層水利用」とのハイブリッド化が極めて重要であり有効であると再認識されてきたのである。また、その逆も、広く認知されるようになった。特に、近年、「海洋深層水利用」における海洋温度差発電の重要性和有効性がこれまで以上に、信頼性ととも理解いただけるようになったことは大きいと思う。これは、ひとえに、本学会が広範囲に「海洋深層水利用分野」を牽引してきた重要な実績の一つと思う。特に、2013年に久米島で始まった沖縄県の海洋温度差発電実証試験を契機として、この「海洋温度差発電」と「海洋深層水利用」がハイブリッド化された「久米島モデル」が、その象徴として国内外で広く注目されています。まさに、「久米島モデル」は、国際的に「日本のモデル」として、世界を牽引している実証モデルのショーケースであり、大規模事業化への構想のモデルとなっている。本稿では、長年

の「海洋温度差発電」と「海洋深層水利用」の連携の歴史と今後の展望について紹介したい。

2. 海洋温度差発電と海洋深層水利用の連携

海洋温度差発電が、1881年のダルソンバール（フランス）によって考案されたのを契機として、真に「海洋深層水」の魅力と重要性が世界的に始めて認知され始めた。この海洋温度差発電は、その後、1973年のオイルショックを契機として、米国および日本を中心として、精力的に研究開発が行われた。そのなかでも特に大きな成果としては、ロッキード社が1979年8月、ハワイで実験を行い、正味出力を得ることに成功したことである。世界で初めて海水の温度差のみで出力が得られることを証明した。海洋温度差発電に関してその後も精力的に研究開発がなされたが、原油の価格低迷とともに、海洋温度差発電の研究開発は、長い低迷期に入った。日本以外の国々では、海洋温度差発電の研究開発は、20年近い休眠期に入った。

このような状況の中でも、日本が海洋温度差発電の研究開発を精力的かつ継続的に実施して来られたのは、大きく2つの理由があると思う。1つは、上原春男佐賀大学元学長が、世界的なエネルギー・環境問題解決策の1つとして海洋温度差発電が貢献できるとの信念と行動力による実績である。もう一つは、国際的な海洋温度差発電の低迷期に、我が国の「海洋深層水利用」は高知県室戸に始まり、沖縄県久米島へと発展し続け、世界をリードし、高い評価

が得られる数多くに実績があったからだと思う。

この国際的な海洋温度差発電の低迷期は、世界的なエネルギー・環境問題の顕在化と、長年の研究開発の成果によって、2008年頃から新しい第二期の発展期に変貌してきた。特に、米国およびフランスなどを中心として、世界各国において政府主導で大きなプロジェクトが始まっている。

3. 海洋温度差発電の現状と展望

海洋温度差発電は、海洋の表層部の温海水と深層部約600~1,000 mの冷海水との間に約15~25℃の温度差として蓄えられている熱エネルギーを、電気エネルギーに変換する発電システムである。

図1に、基本的な海洋温度差発電システムの原理を示す。主な構成機器は、蒸発器、凝縮器、タービン、発電機、ポンプからなる。これらの機器はパイプで連結され、作動流体としてアンモニアが封入されている。作動流体は、液体の状態ではポンプによって蒸発器に送られる。そこで、表層の温海水によって加熱され、蒸発し、蒸気となる。蒸気は、タービンを通過することによって、タービンと発電機を回転させて発電する。タービンを出た蒸気は、凝縮器で深層より汲み上げられた冷海水によって冷却され、再び液体となる。この繰り返しを行うことで、化石燃料やウランを使用することなく海水で発電することができる。

海洋温度差発電は、利用できる温度差が従来の火力発電や原子力発電に比べて極めて小さいために、長年、「タービンが廻らないのではないか?」「正味

出力(発電量-所内動力)がマイナスになるのではないか?」と揶揄されていたが、上述のように、米国をはじめ国内外の研究開発の実績により払拭された。一方、原油の低下とともに、「海洋温度差発電は技術的には可能であるが、経済的には、難しい」と1990年代まで評されていた。

しかし、近年の技術開発の成果によって、その評価は大きく変わった。近年の主な技術開発の成果は、下記の通りである(詳細は、参考文献を参照)。

- (1) 新しいサイクル
- (2) 高性能チタンプレート
- (3) 低圧力損失のプレート式熱交換器
- (4) 新しい取水管材料
- (5) 大量取水の大型浮体の実証(『拓海』)

現在では、「陸上型1 MW級の海洋温度差発電は技術的な課題はなく、経済的にも島嶼地域のエネルギー価格並みは実現できる」と評されている。一方、本格的な経済的電力価格を実現するためには、浮体式10 MWで20円/kWh, 100 MWで10円/kWh程度と試算されている(NEDO「再生可能エネルギー白書」)。浮体式海洋温度差発電では、浮体と取水管との連動等の実証が重要となる。現在の技術レベルでは、10 MW級は十分対応可能と評されている。米国およびフランスでは、10 MW級の浮体式海洋温度差発電のプロジェクトが進められている。フランスのDCNSとAkuo Energyは、2020年にカリブ海のフランス領マルティニークで浮体式10 MW(発電量16 MW)の発電を開始する予定である。

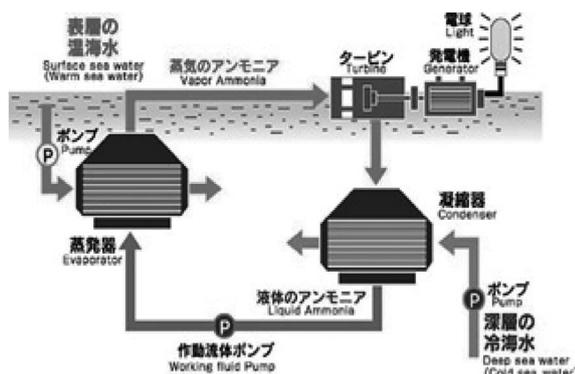


図1. 海洋温度差発電の原理



図2. 沖縄県久米島の海洋温度差発電実証設備

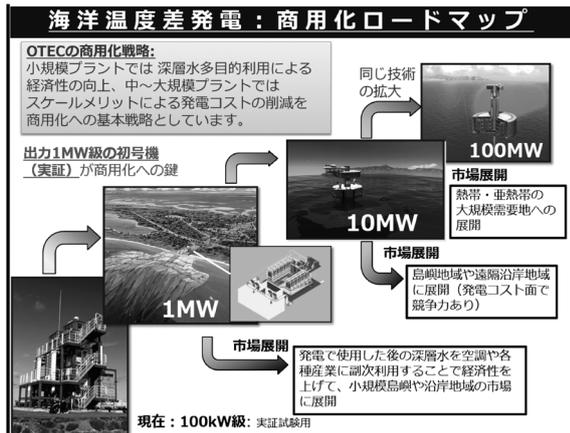


図3. 海洋温度差発電の商用化ロードマップ

日本では、上述の海洋温度差発電の第二期発展期に、世界に先駆けて2013年に沖縄県久米島において100 kW級の発電システムで発電を開始した（図2）。我が国が、このように世界に先駆けて発電が漕ぎ着けたのは、久米島における先駆的な大規模海洋深層水利用設備とこれまでの素晴らしい海洋深層水利用実績に寄るところが大きい。

現在は、次のステップ1 MWの実証試験に向けて、検討が進められている。図3に、日本における海洋温度差発電の商用化ロードマップを示す。国際的競争が激化するなか、我が国においても海洋温度差発電の本格的な事業化に向けたロードマップがスタートできたのは、久米島の実証プラントのお陰である。

4. 海洋温度差発電と海洋深層水利用の今後の連携

図4に海洋温度差発電の単独の発電コストと海洋深層水利用とハイブリッド化した場合のコストの低

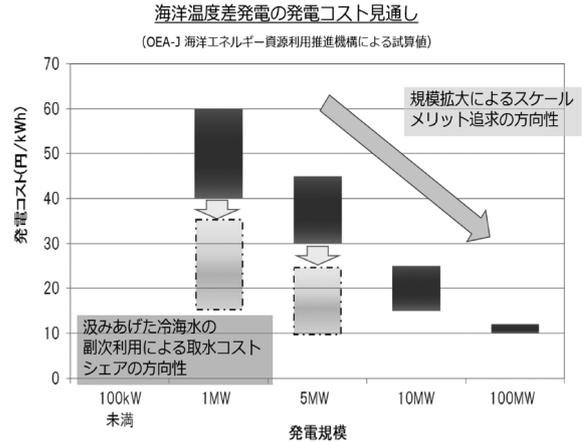


図4. 海洋温度差発電の発電コストと海洋深層水利用

減の概算を示す。このように、小型の海洋温度差発電は海洋深層水利用との連携が極めて重要である。

5. おわりに

次の10年は、学会によってこの20年に育まれた海洋深層水利用における海洋温度差発電の真の役割がさらに発展し、世界のエネルギー問題、環境問題、食糧問題の解決策の一つとして、海洋温度差発電が大きな役割を担えるようになっていくことを強く祈念したい。

参考文献

池上康之 (2014) 新しいステージに向かう OTEC 開発の圏内および海外の動向—再生可能エネルギーにおける安定電源の役割を目指して—。海洋深層水研究, 15, 73-77.