海洋エネルギーと軽金属

上原 春男*

Journal of Japan Institute of Light Metals, Vol. 55, No. 12 (2005), pp. 633-636

Ocean energy and light metals

Haruo UEHARA*

Keywords: ocean energy, OTEC, light metals

1. はじめに

近年の原油価格の急騰は、第3次エネルギーショックといってもよい。原油価格もついに1バレル当たり70ドルを越してしまった。この原因には、原油の供給が需要に追いつかないことによると考えられている。

石油、ガス、石炭の化石燃料は、人類にとって貴重な資源である。しかも、化石燃料は無限にあるわけではなく、有限な資源である。この貴重なエネルギー源を現在の人間のみで使い尽くそうとしている。この行為は子孫に対して申し開きのできないことである。我々は、今こそ化石燃料に代わるエネルギーを積極的に開発し、少しでも多くの化石燃料を後世に残す責務がある。

一方、19世紀後半から今日まで、人類は必要なエネルギーのほとんどを化石燃料に依存し、多量の化石燃料を使用したために科学技術や経済は急速に成長した。ところが、このことが種々の問題を引き起こした。すなわち、地球環境問題、エネルギー問題、食料問題、水問題、人口問題の21世紀の五大問題である。この五大問題を解決するには、もはや20世紀型の思考方法や技術、政策では通用しない¹⁾。

21世紀の五大問題を解決する一つの方策は、海の活用である。地球の面積の70%は海である。この海には、地球上の水の約97%の海水が存在する。しかも、この海水中には膨大なエネルギーとミネラルや鉱物やエネルギー物質が含まれている。21世紀以降に人類が持続的に発展するためには、海を有効に利用する必要がある。

2. 海洋エネルギー²⁾

海洋エネルギーには、海洋温度差発電、波浪発電、潮流発電がある。このうち、エネルギー量が最も多いものが海洋温度差発電で、その量は全世界で1兆kWある。そのうちの10%を利用しても約1000億kWもある。次に多いものが波浪発電で約25億kWある。潮汐と海流を合わせた潮流発電では5000万kWくらいと少ない。

最近、波浪と潮流発電についての開発意欲はうすくなっている。一部の国で波浪発電が開発されているが、その発電

量はわずかである。

海洋温度差発電は英語ではOTEC (Ocean Thermal Energy Conversion)と言われる。海洋温度差発電では、単に発電のみではなく海水から真水を製造することができる。また海洋温度差発電で発電した電力で、海水から製造された純水を電気分解して、水素を製造することができる。そのほか、深層海水中からリチウムやウランを採集したり、漁場を造成できる。これらの多用途をフルに利用すると、21世紀の五大問題をかかり解決できる。これらのことが世界の多くの人に認知され、国連でも海洋温度差発電プラントの建設を推進することになり、IPOE (International Panel of OTEC Expert) が設立された。

著者は、約30年前からこれらの複合システムを開発し、それぞれのプラントについて研究を行ってきた。海洋温度差発電では海水に耐える軽金属を多く利用するので、本報では海洋温度差発電についてのみ述べる。

3. 海洋温度差発電の原理

図1に日本の太平洋側海域での海水の温度分布を示す。表層海水の温度は、いずれの海域でも27~29℃と高い。一方、深層海水温度は500~1000mで5~6℃と冷たい。このことから、日本の海域でも十分海洋温度差エネルギーが利用できることがわかる。著者らの推算では、日本の経済水域内で約86億トンの石油に相当するエネルギーが賦在する。もし、このうちの5%でも利用すると、日本のエネルギーの大部分を供給することができる。

図2に世界の各海域の海水の温度分布を示す。図2からわかるように世界の広い範囲で海洋温度差発電ができることがわかる。世界での海洋温度差発電は約1兆kWで、このうちの5~10%利用すると500億~1000億kWあり、21世紀の全世界のエネルギーをまかなうほどの量が存在することがわかる。

図3に海洋温度差発電の基本的原理を示し、同図にそって説明する。

(1) 海洋温度差発電は、図に示したように、蒸発器、タービン、凝縮器、作動流体ポンプ、温海水ポンプ、冷海水ポン

* NPO 法人海洋温度差発電推進機構 (〒840-0826 佐賀県佐賀市白山一丁目4-28)。Non-Profit Organization, Organization for the Promotion of Ocean Thermal Energy Conversion (4-28 Shirayama, Saga-shi, Saga 840-0826)。

受理日：平成17年7月19日

図1 垂直方向の海水温度（日本）

図2 垂直方向の海水温度（世界）

図3 海洋温度差発電の原理図

図4 インテグレート海洋温度差発電システム (I-OTECs)

ブから成り立っていて、この機器は大きなパイプで連結されている。

(2) 蒸発器 (evaporator) は、大きい円筒の中に小さな円管や薄い板が多数入っているものである。この蒸発器の中に、13~25℃で蒸発する物質（この物質は作動流体 (working fluid) または作動媒体と呼ばれている）の液体を入れておく。この作動流体は、現在ではアンモニア (NH₃) が適当とされている。15~28℃の表層の温海水 (warm sea water) を温海水ポンプ (warm sea water pump) でくみ上げて、蒸発器の小さな円管の内側や板と板の間に通す。すると、アンモニアの液体はアンモニアの蒸気となる。すなわち、温海水の熱エネルギーがアンモニアの蒸気に移動したことになる。

(3) アンモニア蒸気は、蒸発器からパイプを通してタービン (turbine) に入り、ここでタービンを回転させる。すなわち、ここでアンモニア蒸気の保有する熱エネルギーがタービンの機械的エネルギーに変換されたことになる。

(4) タービンが回転するとタービンに連結された発電機 (generator) が回転し、電気が発生する。すなわち、タービンの機械的エネルギーが電気エネルギーに変換されたことになる。

(5) 一方、タービンを出たアンモニアの蒸気はタービンで仕事をしたため、相当に温度が低くなって、凝縮器 (condenser) に引き込まれる。凝縮器は蒸発器と同様に大きな円筒の中に円管や薄い板が多数入ったものである。この凝縮器の円管の内側や板と板の間に1~6℃の深層の冷海水 (cold sea water) を通すと、円管の表面や板の反対側でアンモニア蒸気が凝縮し、アンモニアの液になる。

このアンモニアの液を作動流体ポンプ (アンモニアポンプ: Ammonia pump) で、再び蒸発器に送る。この操作を連続的に繰返すことで、表層の温海水と深層の冷海水との間の温度差を使って、海水だけで電気を半永久的に発生させることができる。

4. インテグレート OTEC システム (I-OTECs)

海洋温度差発電では、多量の温海水と深層海水を利用する。この温海水と深層海水は熱エネルギーだけでなく、地球の温暖化防止、海水の淡水化、魚介類・藻類の養殖、ミネラルウォーターの製造、新薬の製造、水素の製造など多方面に利用できる。

著者らは、これらの技術について、これまで研究・開発を行ってきた。

図4はこれらの技術をシステムとして示したもので、インテグレート OTEC システム (I-OTECs) と呼んでいる。

図4にそって I-OTECs (アイ・オテックス) のシステムを説明する。

(1) 表層の温海水と深層の冷海水をポンプでくみ上げて、図3のウェハラサイクルを用いた OTEC プラントで発電をする。

(2) OTEC プラントを出た温海水は2~3℃温度が低下しているが、それでも23~26℃と温かい。一方、凝縮器でアンモニア蒸気を凝縮した冷海水の温度は2~3℃上がっているが、8~11℃と冷たい。この温海水と冷海水の温度差を利用して、フラッシュ式蒸発を利用して海水から純水を得る。

(3) 淡水化プラントで得られた純水を OTEC プラントで発生した電力で電気分解して水素を得る。

(4) 発生した水素は、水素吸蔵合金に吸蔵して利用地に運び、加熱して水素を取出し、燃料電池や発電所で利用する。

(5) 一方、淡水化プラントで利用された海洋深層水には、その一部を利用して有効なミネラル分が多種類含まれているので Ca や Na を取り除きミネラルウォーターをつくる。

(6) ミネラルウォーターは、飲料水として利用する一方、その中に含まれる有用なエネルギー物質、リチウム、ウランなどやその他の有用物質や菌類を採取する。

(7) 表層と深層からくみ上げられた海水の量は、発電出力が大きくなるほど、膨大な量になるので、大部分は最終的に

は海洋中に放出される。海中に放出される際には、温海水と冷海水は混合され、混合海水の温度とほぼ同じ温度の深さの海中に放出される。すると、その海域は、魚介類の成育を促進する漁場となり、食料増産に貢献できる。

I-OTECs は単に海洋温度差発電を行うのみでなく、21 世紀の世界の五大問題といわれている地球環境問題、エネルギー問題、水問題、食料問題、人口問題を解決する一つの手段となり得ると考えられる。

5. インテグレート OTEC システムで使用される軽金属の推定量

図 4 に示したインテグレート OTEC システムで使用される軽金属の量を推定してみる。

5.1 海洋温度差発電

現在のところ、海洋温度差発電のサイクルは著者らが発明したウエハラサイクルが最も効率が高い。このウエハラサイクルでは、作動流体にアンモニア／水の混合物質を利用する。したがって、銅系統の材料は使用できない。また、熱交換器に高性能のプレート式を利用するので、アルミニウム系統も使用しにくい。したがって、現段階ではチタン以外の材料は考えにくい。

100MW (10 万 kW) の OTEC プラントでは、蒸発器と凝縮器で、それぞれ 20~30 万 m² の伝熱面積を必要とする。仮に、計 60 万 m² 必要とし、厚さを 0.5mm とすると、体積は 300m³ になる。

チタンの濃度を 4.50t/m³ とすると、1350t となる。すなわち、1kW 当たり 0.0135t のチタンを必要とする。仮に、年間 1000MW (100 万 kW) のプラントが作られることになると、年に 13500t ものチタンを必要とする。10000MW (1000 万 kW) とすると、135000t となる。

5.2 海水淡水化プラント

海水淡水化プラントでも、チタン製のプレート式凝縮器が使用される。その量は約 2m²/kW である。10 万 kW の場合は 20 万 m² となる。したがって、450t/100MW となる。

したがって、仮に 1000MW の OTEC プラントと淡水化プラントが 1 年間に製造されると、18000t ものチタンを必要とする。

日本での純チタンの製造量は、約 18000 万 t/年であるといわれている。仮に、年間 1000MW の I-OTECs が製造されると、日本の純チタンの全量を使用することになる。

5.3 その他のプラント

I-OTECs では、水素製造、水素吸蔵合金、地域冷熱利用、冷熱利用農業、食品、医薬品、化粧品等の製造等で多くの軽金属を利用する予定である。

また、I-OTECs のプラントは海洋や海の近くに建設される。その建造物に対しても防錆のための種々の工夫をしなければならない。

6. おわりに

著者らは 30 年以上にわたって、海洋温度差発電を中心にした I-OTECs について研究を行ってきた。いずれの技術も実用に供し得るレベルに達したと考えている。

著者らは、この技術が世界の多くの国で利用されるように、各国の首脳と連絡を取合っている。近々、いくつかのプラントが建設されるかも知れない。

多くのかたがたの積極的なご協力を切望いたします。

参 考 文 献

- 1) 創造の原理, 日本経営合理化協会, (2002).
- 2) 海洋エネルギー利用技術, 森北出版, (1996).