

## 10周年記念大会講演録

# 海洋温度差発電の新しい展望

The New Prospects of the Ocean Thermal Energy Conversion

上原 春男

Haruo UEHARA

The five biggest problems in the 21st century are those on population, energy, food, fresh-water and earth environment. The key to solving these problems must be the ocean, which has potential resources of water, elements and energy. Deep ocean water (DOW) is particularly promising, because DOW is cold, clean, nutrient-rich and stable in water quality. When DOW is used with warmer surface ocean water, energy can be generated through Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC). Among various trials, only the author's group has been successful and new technologies including Uehara Cycle has been developed. To elevate the thermal conversion rate, Integrated Ocean Thermal Energy Conversion (I-OTEC) was proposed. I-OTEC is a cascade use of OTEC combined with various techniques such as desalination of seawater, hydrogen production, collection of Lithium, production of mineral water, formation of fishing ground and air conditioning. The real plant was deployed at Institute of Ocean Energy, Saga University (IOES) and combinations of each technique have been tested. The prospective sites for I-OTEC were distributed to 96 nations or districts. If I-OTEC is applied in 2% of these sites,  $200 \times 10^8$  kw of electric power and  $400 \times 200 \times 10^8$  t/year of fresh-water may be generated.

### 1. はじめに

2007年11月に入って、原油の価格はついに1バレル96.24ドルになった。原油価格が100ドルを突破するのも時間の問題である。原油の高騰は、日本国内のあらゆる分野に影響を及ぼしつつある。ガソリンもついに1ℓ当たり150円になった。生活必需品のトイレットペイパー、パン、野菜類も続々値上げが発表され、まさに第3次エネルギーショックと言っても過言ではない。

一方、人類は、1850年代から石炭・石油・ガスの化石燃料を主たるエネルギー源としてきた。化石燃料を燃焼させると、必然的にCO<sub>2</sub>が放出される。大気中のCO<sub>2</sub>濃度は、1850年には290ppmであっ

たが、2100年には390ppmになると予測されている。このCO<sub>2</sub>濃度の増加によって、平均気温が急激に上昇し始めている。この地球温暖化は、地球環境と人類の存亡に多大な影響を与えつつある。

特に、海洋環境への影響は顕著である。IPCC(2007)によると、2100年には地球全体の平均気温が2~6.5°Cも上昇すると予測されている。この気温の上昇は、極地の氷を溶かすと同時に、海水温度も上昇させ、海水を膨張させる。極地の氷の溶解と海水の膨張は、海面を上昇させる。上記のIPCCの報告では、2100年には海面が0.3~0.8mも上昇すると予測されている。

この海面の上昇は、低平地域の水没を引き起こし、耕地面積や居住面積の減少をもたらすとともに、

淡水帯水層への塩水の浸入を引き起こす。また、表面海水温と海面の上昇は、台風やハリケーンを大型化し、高い波長の波を発生させる。この波が陸地深くまで塩害をもたらすため、食料不足・水不足は深刻な問題となりつつある。

海水温の上昇は、海洋生物の生態系を大きく変える要因となる。これまでに大量に獲れたイワシやアジ等の小魚が急激に減少しているため、日本人の食と漁業を支えてきたブリ・マグロ・イカなどの漁獲量が急激に減少しているといわれている。さらに、世界の人口は、2007年11月3日現在で66億3598万人である。世界の人口は、1分間に140人、一年で8000万人増え続けている。この勢いでいくと、2050年には100億人に達すると予想される。この100億人の生命を維持するためのエネルギー・食料・水の獲得と地球環境の維持は緊急の課題である。

以上に述べた人口問題・エネルギー問題・食料問題・水問題と地球環境問題は、「21世紀の五大問題」と呼ばれている。この五大問題を解決する糸口となるのが「海」であり、人類はもはや陸地のみに依存することは出来ない。著者は、37年前に「海」の持つ特性・資源を有効に利用する海洋温度差発電を主体とした複合システム(I-OTECS)を提案し、「21世紀の五大問題」を解決するための研究を行ってきた。

ここでは、I-OTECSについての概要と開発の状況と今後の展望を述べる。

## 2. 海は人類の母である

地球の表面積の70%を占める海は、まさに人類の母といえる。海の中には、人類が必要とする潜在的な資源が豊富に存在する。この資源を、人間が利用できるエネルギー・水・食料という形に技術開発することが可能になれば、人類の未来も明るいものになり得るだろう。本節では、海洋温度差発電に関する海象状態を中心に、海の特性を述べる。

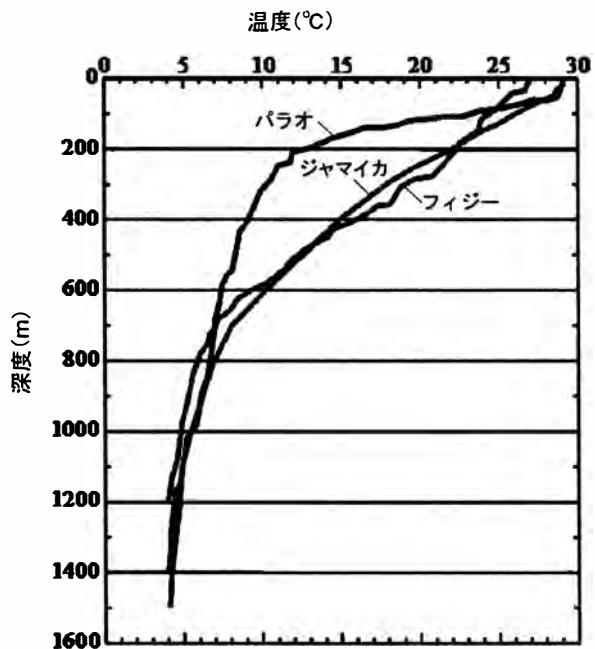


図1 世界の代表的な海域の温度分布

### 2.1 海水の温度分布

図1に、熱帯地域の代表的な海水温度分布を示す。海水の表層部は、太陽から降り注ぐ光エネルギーを吸収して温度が高くなっている。特に、赤道付近の熱帯や亜熱帯地域の海水の表層温度は、年中25~30°Cと高い。太陽光は、海水表面から約200mしか届かない。太陽光の到達しない深層海水部分の海水温度は急激に低下する。水深800~1000mでは、ほぼ4~6°Cである。

最近の測定結果によると、大気中のCO<sub>2</sub>濃度の上昇とともに、表層海水温度も上昇している。例えば、日本海側の表層温度の上昇は顕著で、10年前と比較すると3~5°C上昇した。2006年は、12月でも20°Cを記録したという報告がなされている。この表層海水温度の上昇が海の生態系を破壊し、魚種の移動現象が起きる要因となっている。以前の対馬沖では、マグロはほとんど捕獲されていなかったが、2~3年前からブリの代わりにマグロが捕れるようになったという。図2は、日本の経済水域内の表層と水深1000mの点の温度差の分布である(池上ら 2007)。水深200mより深い部分の海水は、海洋深層水と呼ばれている。この海洋深層水は、表層海水とはかなり異なった特性を有していることが、これまでの研究で明らかにされている。特に、1)

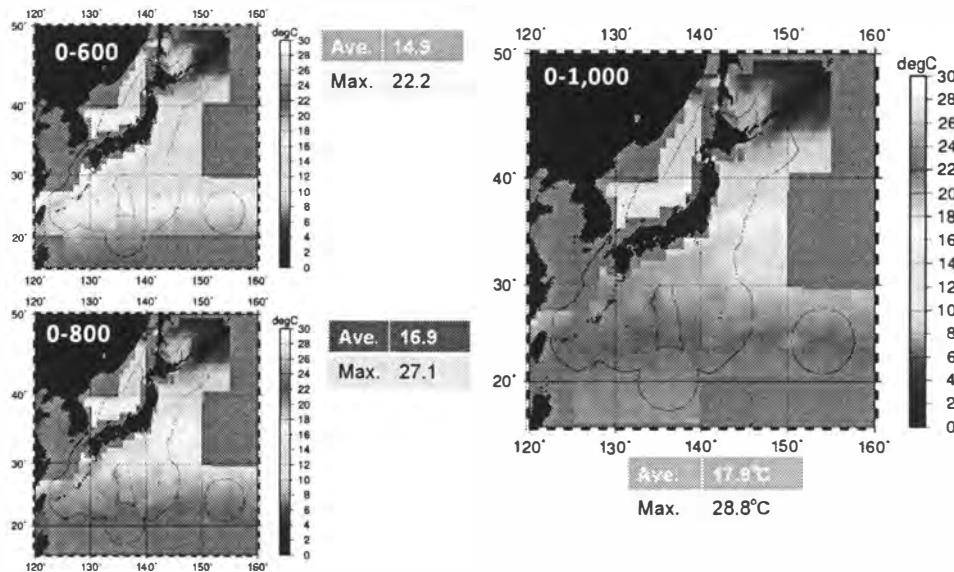


図2 表層海水と海洋深層水（1000 m）との温度差（年平均）  
日本海洋データセンター（JODC）のデータを基に池上康之・浦田和也ら作成（2007）

生物の成長に必要な無機栄養を多く含んでいる（富栄養性）、2) 地球上に存在するほとんどの元素を含んでいる（稀少元素）、3) 病原菌の寄生率が低い（清浄性）、4) 年中低温である（低温性）、5) 水質が安定している（水質安定性）の5つの特性を有している（中島 2002）。

### 3. ウエハラサイクルを用いた海洋温度差発電

海洋温度差発電は、表層海水と海洋深層水との温度差による熱エネルギーを利用して発電する方式である。英語で OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) と呼ばれ、クローズドランキンサイクルとオープンサイクルに大きく分けられる。

1973年頃から、オープンサイクルやクローズドランキンサイクルの小規模な実験プラントが建設された。当時のクローズドランキンサイクルに、作動流体としてフロン22、フロン114、プロパン、アンモニアなどが用いられていた。多くの研究の結果、アンモニアを用いたクローズドランキンサイクルのみが生き残った。

しかし、1990年頃から、アンモニアに若干の水を加えた混合流体を作動流体とするカリナーサイクルやウエハラサイクルが発明された。著者らの理論的・実験的研究によって、ウエハラサイクルが最も

効率的で安定性も高いことが分かり、現在ではウエハラサイクルを主体に開発が進んでいる。

図3に、ウエハラサイクルを用いた海洋温度差発電の原理を示す (Uehara, et al. 1994)。以下、図3に沿ってウエハラサイクルを説明する。

- ①アンモニア／水の混合物質の液体が作動流体ポンプ2によって、再生器を通って蒸発器に送られる。
- ②蒸発器には温海水ポンプによって、海洋の表層の温海水が送り込まれる。すると、アンモニア／水の液体は蒸発し、アンモニア／水の混合蒸気になる。この混合蒸気は飽和蒸気であるので、気液分離器でアンモニア水とアンモニア／水の蒸気に分離する。アンモニア／水の混合蒸気はタービン1に入って、そこでタービンを回転させ発電する。タービンを出た混合蒸気は一部が抽気され、加熱器に入り、残りはタービン2に入り、発電機を回し発電する。
- ③一方、分離器で分離されたアンモニア水は、再生器を通った後、減圧弁を通して吸収器に入り、そこでタービン2より排出された混合蒸気を吸収する。そこで吸収しない混合蒸気は凝縮器に入り、深層よりくみ上げられた冷海水によって冷却・凝縮され、液体に戻る。そして、作動流体ポンプによって加熱器を通り、再生器を通って再び蒸発器に送られる。

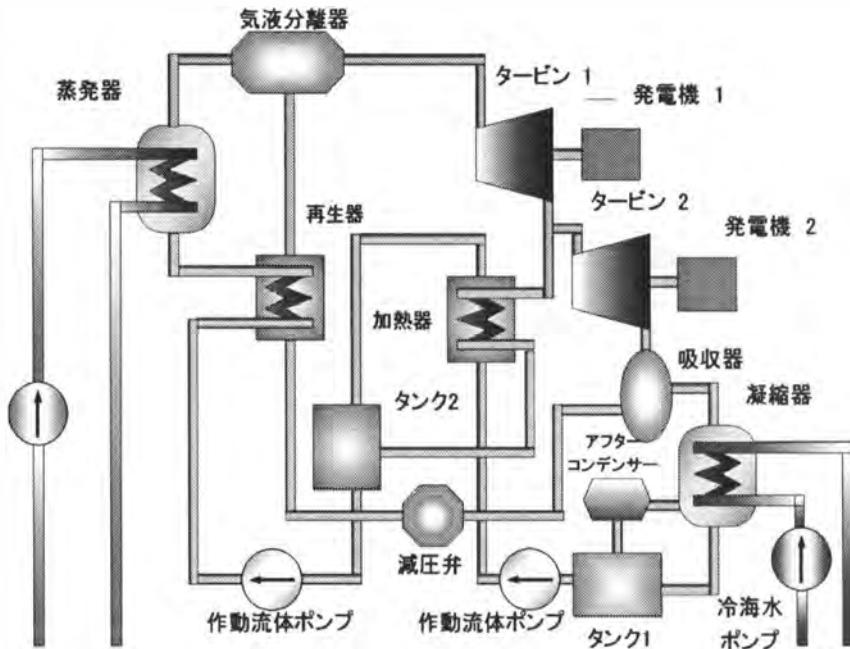


図3 ウエハラサイクル

④この繰り返しを行うことにより、海水のみで発電し続ける。

#### 4. 海洋温度差発電の開発の小史

海洋温度差発電の原理は、最近考案されたものではなく、その歴史は1881年に始まったものである。フランスの科学者ダルソンバルは、「人類がエネルギー源として化石燃料を使い続けると、やがて大気中の濃度が増加し、地球の温暖化が起こる」として海洋温度差発電を提案した。ちょうどこの年、アメリカのニューヨークでわずか7.5kWの火力発電の実験をしていた。火力発電はその後急速な発展を続け、現在では世界のエネルギー消費量（約100億トン／石油換算）の90%の90億トンを石炭、石油および天然ガスに依存している。

一方、海洋温度差発電は、その後フランスのクロードが1926年から1950年頃まで実用化に向けて必死の努力を行ったが、残念ながら実用化に至らなかつた。

1973年に起こった第1次エネルギー・ショックによって、風力、波力、太陽光、太陽熱等の新エネルギーの開発が本格的に行われるようになった。海洋温度差発電も、米国・日本を中心に世界各国でかな

り積極的に開発が行われたが、実用化に至ることなく下火になってしまった。

その中で、私を中心とする日本の研究グループだけが、実用化に向けての研究開発を積極的に行って、新しい技術を次々に開発してきた。その結果、最近の原油の高騰もあって私達の研究結果を導入したいという国が続出している。表1に、海洋温度差発電の開発の歴史のうち、主な事項を示した。

図4は、クロードが建設した1200kWのOTECプラントである。しかし、このプラントは、何らかの設計ミスで実験開始直後に沈没したということである。図5は、アメリカ政府の援助でロッキード社を主体としたグループが、ハワイ沖に建設した発電端出力50kWのミニ・オテックである。このプラントの実験では、発電端出力53.6kW、所内動力35.1kW、正味出力（送電端出力）18.5kWであった。このミニ・オテックによって、海洋温度差発電で正味出力が十分得られることが証明された。この実験結果は、私達の理論計算とほぼ一致していた。

図6は、日本政府の援助で東京電力のグループがナウルに建設したものである。このプラントも正味出力は得られている。図7は、佐賀大学の発電端出力70kWの実験プラントである。このプラントでは、プレート式蒸発器、凝縮器、発電システムの性

表1 海洋温度差発電の小史

1881年	ダルソンバール（フランス）海洋温度差発電を考案
1926年	クロード（フランス），実用化に向けて研究を開始
1933年	クロード 1200 kW の発電船を建設
1964年	アンダーソン，海中発電所を提案（特許）
1970年	新発電方式調査会（日本），海洋温度差発電の調査
1973年	佐賀大学で海洋温度差発電の実験開始
1974年	サンシャイン計画（日本）で海洋温度差発電の研究開始
1974年	ERDA 計画（アメリカ）で研究開始
1974年	第1回 OTEC 会議（アメリカ）
1977年	佐賀大学で 1 kW の発電に成功
1979年	Mini-OTEC（アメリカ）50 kW の発電に成功
1980年	佐賀大学，島根県沖で海上実験
1981年	東電，東電設計，ナウル共和国で 120 kW の発電に成功
1982年	九電，徳之島で 50 kW の発電に成功
1985年	佐賀大学に 75 kW の発電プラント完成
1988年	「海洋温度差発電研究会」が発足（日本の電力会社，エンジニアリング会社，建設会社など 25 社）
1989年	富山湾で世界初の洋上型深層水利用実験（科学技術庁が中心）
1990年	IOA（International OTEC Association）を設立（台湾，アメリカ，日本）
1993年	オープンサイクルを用いた実証サイクル（210 kW）アメリカ・ハワイ島のコナ海岸に完成
1994年	佐賀大学の新サイクルプラント建設
1995年	佐賀大学の新サイクルプラント実験開始（4.5 kW）（カリーナサイクル，ウェハラサイクル）
1997年	インドの研究所において，OTEC を建設（1000 kW）
2003年	佐賀大学に複合 OTEC プラント完成（30 kW）（伊万里市）

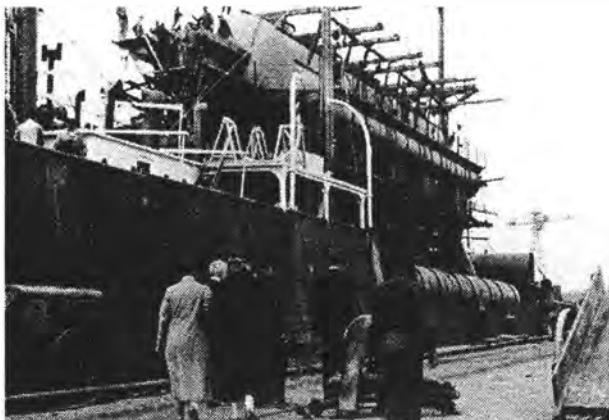


図4 クロードの 1200 kW プラント

能試験が行われ、その後の海洋温度差発電の研究の発展の基礎を築いた。

## 5. インテグレード OTEC システム (I-OTECs)

海洋温度差発電によって大容量の発電をするには、熱源の温度差が小さいために、膨大な表層海水と海



図5 ミニオテック



図6 ナウルプラント



図7 佐賀大学プラント

洋深層水を利用せざるを得ない。しかも、ウェハラサイクルでも理論サイクル熱効率は高々 5 %である。このために、海洋温度差発電で利用された表層海水と海洋深層水との間には、相当の熱エネルギーが存在する。しかも、前述したように海洋深層水は清浄

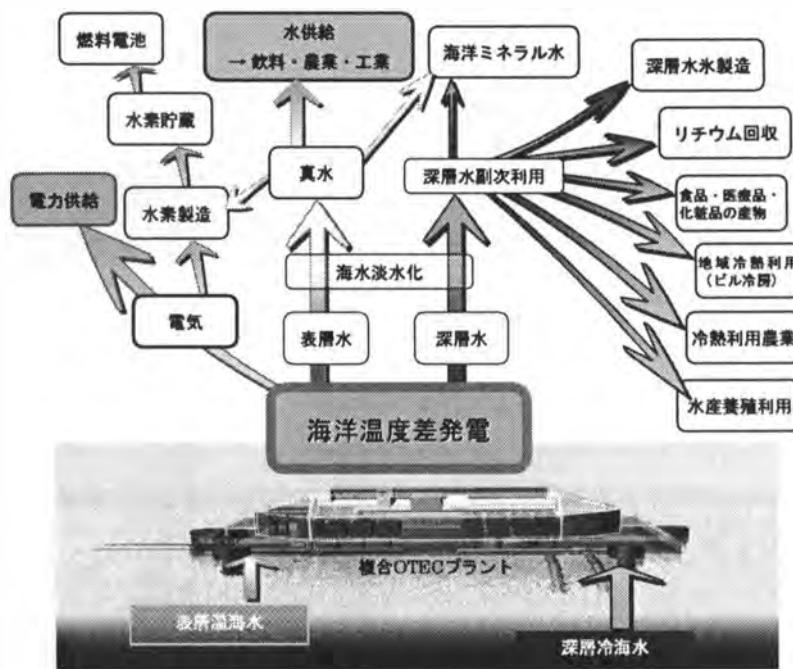


図8 I-OTECS

で、多量の栄養分と希少金属、さらに有用な物質を含んでいる。これらの豊富なエネルギーと資源を余すことなく利用するシステムがI-OTECSである。

著者は、当初より海洋温度差発電だけではなく、海水淡水化、水素製造、リチウム採集、海洋深層水ミネラルウォーター、漁場の創生、冷房などの技術開発を行ってきた。幸い多くの協力者を得て、いずれの技術もほぼ実用化できる段階に達している。

- 以下、図8にそってI-OTECSの概要を述べる。
- 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。
  - ②OTECプラントを出た温海水は2~3°C温度が低下しているが、それでも23~26°C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°C上がっているが、8~11°C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により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、加熱して水素を取り出し、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、Mg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へリチウム、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。

## 6. インテグレード OTEC システムの開発状況

著者らは、これまでI-OTECSの各プラントについて、それぞれ個別に研究を行ってきたが、文部科学省から予算をつけていただきI-OTECSをone-throughで実験するためのプラントが伊万里市の「佐賀大学海洋エネルギー研究センター（IOES）」に設置された（IOES 2004）。本節では、それらの

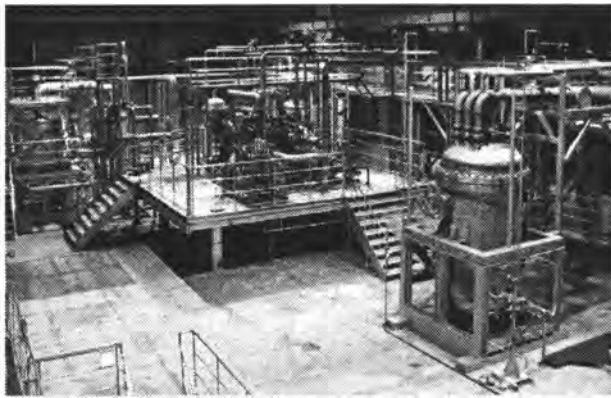


図9 ウエハラサイクル 30 kW OTEC プラント



図11 海水淡化プラント

概要を示すとともに、それぞれのプラントの開発状況を示す。

### 6.1 ウエハラサイクル OTEC プラント

図9に30 kWのウエハラサイクル OTEC プラントの外観を示す。このプラントでは、図3のウエハラサイクルが用いられている。作動流体はアンモニア90／水10である。蒸発器、凝縮器、再生器、加熱器にはチタン製のプレートが用いられている。このプラントでは、温水と冷水の温度制御はそれぞれボイラーと冷凍機で行われている。

### 6.2 フラッシュ式淡水化プラント

図10に、フラッシュ式淡水化プラントの原理を

示す（池上ら、2005）。まず、図10の系内を真空ポンプで約0.0035 MPaの真空にしておく。そして、海洋温度差発電の蒸発器から出てきた温海水をフラッシュチャンバーの下から上向きに噴出する。真空中に噴出した温水の一部は蒸発して水蒸気となる。その水蒸気を凝縮器に入れ、そこで OTEC プラントの凝縮器を出た冷海水で冷却し純水を造る。図11に淡水化プラントの外観を示す。また、図12に温水ノズル出口温度 $T_0=30.0^{\circ}\text{C}$ 、冷水入口温度 $T_{CS}=10^{\circ}\text{C}$ 、過熱度 $\Delta T_s (=T_0 - T_s) = 4.0\text{K}$   $T_s$ : フラッシュチャンバー内の飽和蒸気温度、温水出口流速 $u = 1.78 \text{ m/s}$ のときの無次元温度 $\theta_r = (T_r - T_s)/(T_0 - T_s)$ 、 $T_r$ : 高さ $z$ におけるノズル中心軸から半

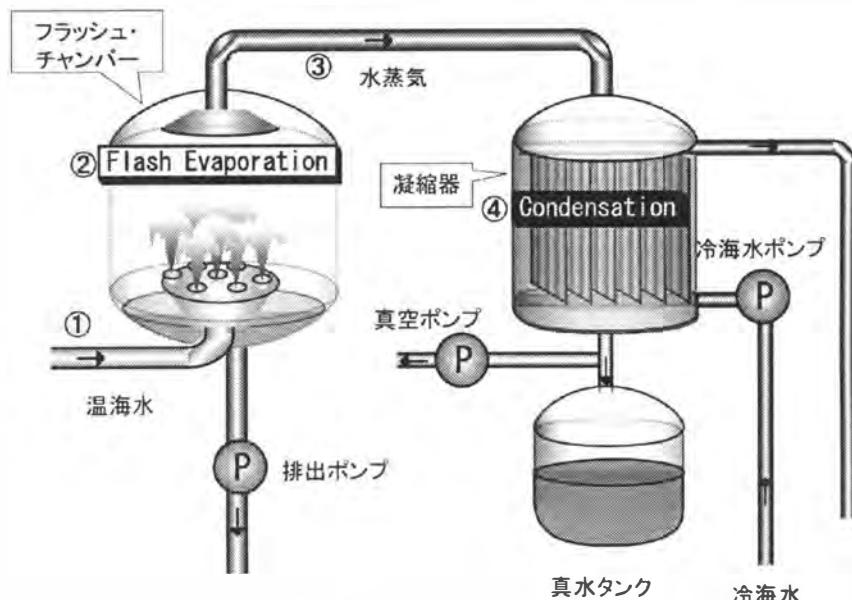


図10 蒸発式淡水化システム

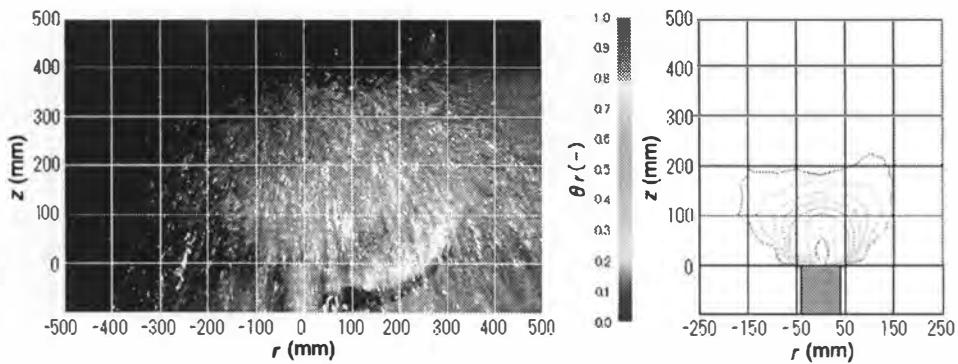


図 12 スプレーフラッシュの蒸発現象

径距離での温度、および、ノズル出口からの高さ  $z$  とノズル中心軸からの半径距離  $r$  との関係を示す。図より明らかのように、温水はノズルより 200 mm ぐらいしか噴出せず、傘状に広がっていることがわかる。しかし、半径方向へは 150 mm まで広がっていることがわかる。フラッシュ式淡水化装置では、フラッシュチャンバーをいかにコンパクトに製作するかが経済性を左右するので、温水の噴流状態のデータは貴重なものである。また、Sasaki *et al.* (2005) のデータから、淡水化比  $\eta_{ds}$  (%) = 造水量  $m$  ( $m^3/h$ ) / 温水流量  $m_f$  ( $m^3/h$ ) は、過熱度  $\Delta T_s$  と比例関係にあり、次式で表される。

$$\eta_{ds} = m/m_f = 0.016 + 0.164\Delta T_s \quad (1)$$

過熱度  $\Delta T_s$  は、温海水と冷海水の温度差によって決まる。過熱度 = 6 °C のときには、淡水化比  $\eta_{ds}$  は 1 である。これから、例えば 10000 kW の OTEC プラントでは、1 時間に 5 万 t の温海水を使用するので、その 1 % とすると 500 t/h の純水を得ることができる。すなわち、1 日に 12000 t の純水を造ることができる。ノズル 1 本当たり 1000 t/h とすると、50 本のノズルを必要とする。

### 6.3 海洋深層水ミネラルウォーターの製造

海洋深層水中のミネラル類の含有率は、人間の体内に含まれるミネラル分の含有率とほぼ同じであるといわれている。それで、海洋深層水から塩分を除いた真水（逆浸透膜濾過水やフラッシュ蒸発による純水など）と海洋深層水とをブレンドして硬度を調整して、海洋深層水ミネラルウォーターを製造するこ

とができる。海洋深層水ミネラルウォーターは、現在、北海道、富山県、高知県、沖縄県、神奈川県やハワイなど多くのところの深層海水を利用して製造されている。また、海洋深層水を利用した各種の食品が製造され、市販されている。

### 6.4 海水中のエネルギー関連物質の回収

海水中には多くの希少な物質が含まれている。特に、原子炉の中性子吸収材と使用されているホウ素 (B) は、海水中に 4.5 ppm 含まれている。写真用薬品、医薬品や臭化リチウムとしてヒートポンプの媒体に使用されている臭素 (Br) は、67 ppm 含まれている。海水中のホウ素の回収には、キレート樹脂を用いた吸着法が用いられている。臭素の回収は、水酸化リチウムを媒体としたイオン交換法が用いられている。

パソコンや携帯電話の電池として使用されているリチウムイオン電池の原料として使用されているリチウム (Li) は 0.2 ppm 含まれている。著者らの測定によると、場所によっては 1 ppm 含まれているところもある。リチウムイオン電池の材料として注目されているリチウムは、現在陸上のリチウム鉱石（シリアル輝石）から採取されているが、リチウムイオン電池の急激な増産によって、その資源の枯渇が問題となっている。このため、吉塚・喜多條 (2005) は、海洋深層水中のリチウムの採取を行う技術開発を行っている。図 13 に、海水中からのリチウム採取のフロー図を示す。吸着剤には入型二酸化マンガン系が用いられている。吸着剤に選択吸

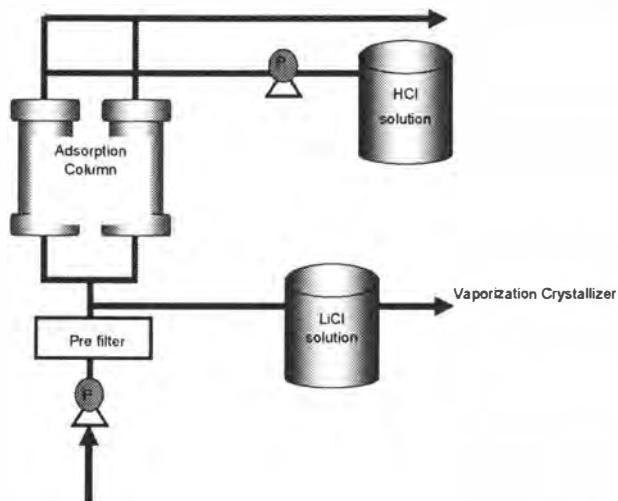


図 13 リチウム採取の原理



図 15 水素製造装置

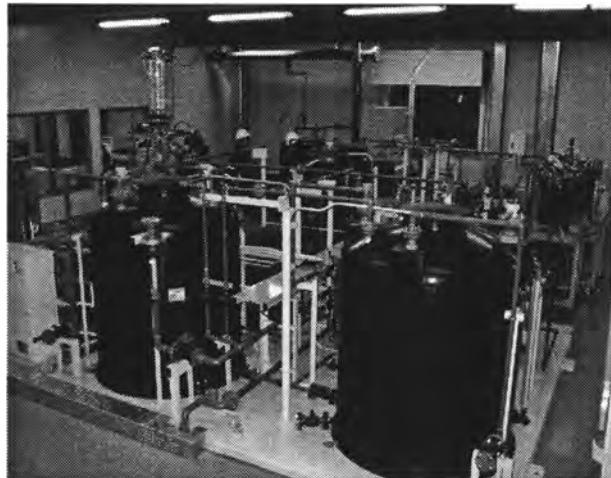


図 14 リチウム採取プラント



図 16 拓海

収されたリチウムは、希塩酸で溶離され、塩化リチウムとして取り出される。図 14 にリチウム採取プラントの写真を示す。

### 6.5 水素製造と貯蔵技術

21世紀は水素の時代といわれている。したがって、現在、水素製造のための多くの技術が開発されている。しかし、現在行われている技術の大部分は化石燃料を原料とした水素製造である。地球環境問題を考えると、水を原料とした水素製造技術を確立する必要がある。著者らは、図 10 に示す海水淡化プラントで製造した純水を、OTEC プラントで発電した余剰電力で電気分解する技術の開発を行っている。腐食問題や大量生産体制の確立を考慮して純水を用いた電気分解ができる固体高分子電解質水

電解法に着目し、現在、開発を行っている。

また、発生した水素の貯蔵を吸蔵合金で行う技術や水素を利用した燃料電池の開発も行っている。図 15 に、水素発生装置・吸蔵装置、燃料電池実験装置の写真を示す。このように、利用した多量の温海水と冷海水は海洋に放出される。この温海水と冷海水を混合させて、その混合海水と同じ温度帯の透光層に放流するとプランクトンが発生し、大きな漁場を創生することができる。この実験も相模湾で行われている。図 16 にそのプラントの写真を示す。

### 7. I-OTECS の建設を希望する国及び可能な国・地域

I-OTECS を建設すると、エネルギー不足・水不

表2 海洋温度差発電の可能な国・地域

アメリカ合衆国	クウェート国	タンザニア連合共和国	フィリピン共和国
アラブ首長国連邦	グレナダ	中華人民共和国	ブラジル連邦共和国
アルゼンチン共和国	ケニア共和国	ツバルトーゴ共和国	ブルネイ・ダルサラーム国
アンゴラ共和国	コスタリカ共和国	ドミニカ国	ベトナム社会主义共和国
アンティグア・バーブー	コートジボアール共和国	ドミニカ共和国	ベネズエラ・ボリバル共和国
イエメン共和国	コロンビア共和国	トリニダード・トバゴ共和国	ペラルーシ共和国
イスラエル国	コンゴ共和国	トンガ共和国	ベリーズ
インド	サウジアラビア王国	ナイジェリア連邦共和国	ペルー共和国
インドネシア共和国	サモア独立国	ナウル共和国	ホンジュラス共和国
エクアドル共和国	シェラレオネ共和国	ニカラグア共和国	マーシャル諸島共和国
エリトリア国	ジャマイカ	ニューカレドニア	マダガスカル共和国
エルサルバドル共和国	スーダン共和国	ニュージーランド	マレーシア
オーストラリア連邦	スリナム共和国	ハイチ共和国	ミクロネシア連邦
オマーン国	スリランカ民主社会主义共和国	パキスタン・イスラム共和国	南アフリカ共和国
ガイアナ協同共和国	セーシェル共和国	パナマ共和国	ミャンマー連邦
ガボン共和国	セネガル共和国	バヌアツ共和国	メキシコ合衆国
カメルーン共和国	セントビンセントおよび グレナディーン諸島	バハマ国	モザンビーク共和国
ガンビア共和国	セントクリストファー・ネーヴィス	バーレーン王国	モーリシャス共和国
カンボジア王国	セント・ジョーンズ	バブアニューギニア独立国	モーリタニア・イスラム共和国
ギニア共和国	セントルシア	バラオ共和国	モルディブ共和国
ギニアビサウ共和国	ソマリア民主共和国	バルバドス	リベリア共和国
キューバ共和国	ソロモン諸島	バングラデシュ人民共和国	クック諸島
キリバス共和国	タイ王国	東ティモール民主共和国	台湾
グアテマラ共和国		フィジー諸島共和国	ニウエ
			その他

足・食糧不足を解消できるとともに、地球の温暖化にも貢献できるということで、多くの国からI-OTECsを建設したいという要望が私のところに寄せられている。また、私達の研究によると、I-OTECsを建築しうる国や地域は多数あることがわかっている。

表2に、I-OTECsの建設が可能な国や地域を示す。表からわかるように、世界の96の国や地域で建設が可能である。私達の計算によると、世界の海で1兆kWの発電が可能である。このうちの2%でも利用すると、200億kWの発電が可能である。水の生産も200×400億t/年で世界の水をまかぬ事が可能である。

## 8. おわりに

海洋温度差発電の技術は、工場温排水、温泉水などの高熱源とそれより20°Cくらい低い低熱源があると利用できる。現在、工場の温排水を利用した4000kWの発電所が稼動している。サウジアラビアやクウェートなどの産油国では、I-OTECsプラントを建設すべく準備が進んでいる。

海洋温度差発電は、21世紀の5大問題を解決するキーテクノロジーとして多くの国から注目され、

その実現が期待されている。私たちは、世界の人々が海洋温度差発電によって豊かで平和な生活ができるよう努力している。

## 文 献

- 池上康之・佐々木大・合田知二・上原春男（2005）スプレーフラッシュ蒸発式海水淡水化に関する実験的研究（噴流方向の影響），日本海水学会誌，59，68-73.
- 池上康之・浦田和也ら（2007）沖縄近海における海洋エネルギー利用のための海洋調査. 海洋エネルギー・シンポジウム 2007
- IPCC (2007) The Fourth Assessment Report, [http://www.mnp.nl/ipcc/pages\\_media/ar4.html](http://www.mnp.nl/ipcc/pages_media/ar4.html)
- Institute of Ocean Energy, Saga University (2004) IOES.
- 中島敏光（2002）—21世紀の循環型資源—海洋深層水の利用. 緑書房, 東京, 263 pp.
- 佐々木 大・池上康之・門出政則・上原春男（2005）上向噴流式フラッシュ蒸発海水淡水化に関する研究（噴流状態と温度分布），日本海水学会誌，59，354-360.
- Uehara, H., Ikegami, Y. and Nishida, T. (1994) Performance analysis of OTEC using New Cycle with absorption and extraction process. Proc. of IWSP '94, Orlando, USA.
- 吉塚和治・喜多條鮎子（2005）海洋からの希少金属の実用的回収技術，月刊エコインダストリー，10(2), 25-31.