

電力淡水供給海洋肥沃化装置の概念設計

正員 大内 一之*
正員 渡辺 敬之**

實原定幸**

Concept Design for Offshore Platform Generating Electric Power, Fresh Water and Nutrient Sea
by Kazuyuki Ouchi, Member Sadayuki Jitsuvara,
Takayuki Watanabe, Member

Key Words: Deep Ocean Water(DOW), Offshore Floating Structure, OTEC, Ocean Nutrient Enhancer, Ekmene

1. はじめに

人口増加と生活レベル向上が続く人類の今後の生存を支えるため、食糧・淡水・エネルギー・鉱物資源等の基礎的資源の十分な調達が必要である。これまでは陸域がこれらの資源の生産源となっていたが、耕地、牧草地、河川、地下水、油田、鉱山等もほぼ開発利用され尽くされてきており、地球面積の70%を占める海にその生産源を求めざるを得ない状況に入りつつある。

水深200m以深の海洋水は海洋深層水と呼ばれ、今まで人類が利用してきた表層海水に比べて、低温性・富栄養性・清浄性という3大特徴を有しており、全海水の95%という莫大な資源量があり、しかも極地・寒冷地において再生されている無尽蔵な資源である。

この海洋深層水を原料として利用し、その低温性から熱エネルギーを取り出し海洋温度差発電(OTEC)を行う、富栄養性を肥料として光合成を促進し植物プランクトンを増殖させ漁場を造る、清浄性を利用し清浄な淡水を生産する等の、人類の今後の課題を解決する新しい基礎的資源の調達方法が考えられる¹⁾²⁾。ここでは、このような海洋深層水の複合的大規模利用によるエネルギー・食糧淡水等の生産インフラとしての、「電力淡水供給海洋肥沃化装置」の構想及びその概念設計について述べる。

2. 立地概要

本装置への入力には表層及び深層の海水のみ、出力は電力・淡水・植物プランクトン等であり、CO₂や有害合成物質等を出すこともなく環境に優しい装置である。従って本装置の利用形態として先ず考えられるのは、基盤的インフラの脆弱な南方の島嶼地域や無人島へ適用であり、手付かずに残っている自然を残し地球環境

に配慮しながら多角的な経済活動が行われるためのインフラとなることが期待される。ここでは、一例として日本の200海里の根拠となっている国境離島をイメージして、そこでの経済活動のためのインフラとしての電力淡水供給海洋肥沃化浮体を考えることとする。いわば、離島エクメネ(EKMENE:人の住める場所)を実現可能とするものである³⁾。Fig.1にその模式図を示す。

太平洋に浮かぶ島々はFig.1に示すように水深約4,000mの大洋底から富士山のようにそそり立ち、頭だけを海面に出しているケースが多い。ここではOTECに必要な低温水を手でできる水深約1,000mの海域が島から非常に近く、動力ケーブル等の敷設距離やアクセスにも便利であり好立地といえる。また、海流がある場合には島の潮下側には滞留域が出来るので、栄養塩が滞留して濃度を増し、一次生産の活発化による漁場造成が期待できる。

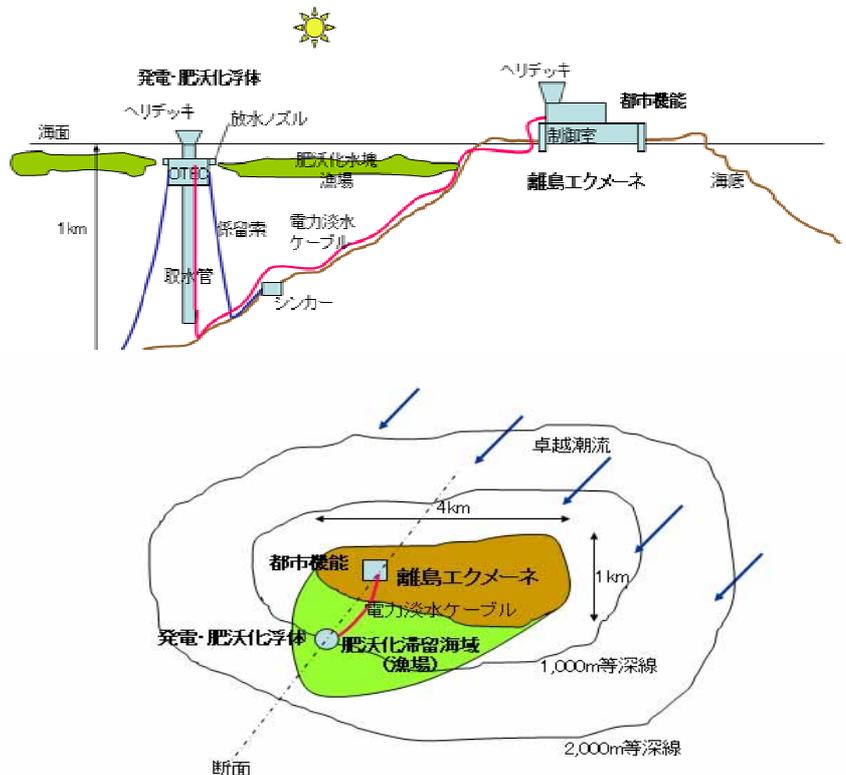


Fig.1 離島エクメネの立地模式図

* (株)大内海洋コンサルタント

** (株)ゼネシス

原稿受付

春季講演会において講演

日本造船学会

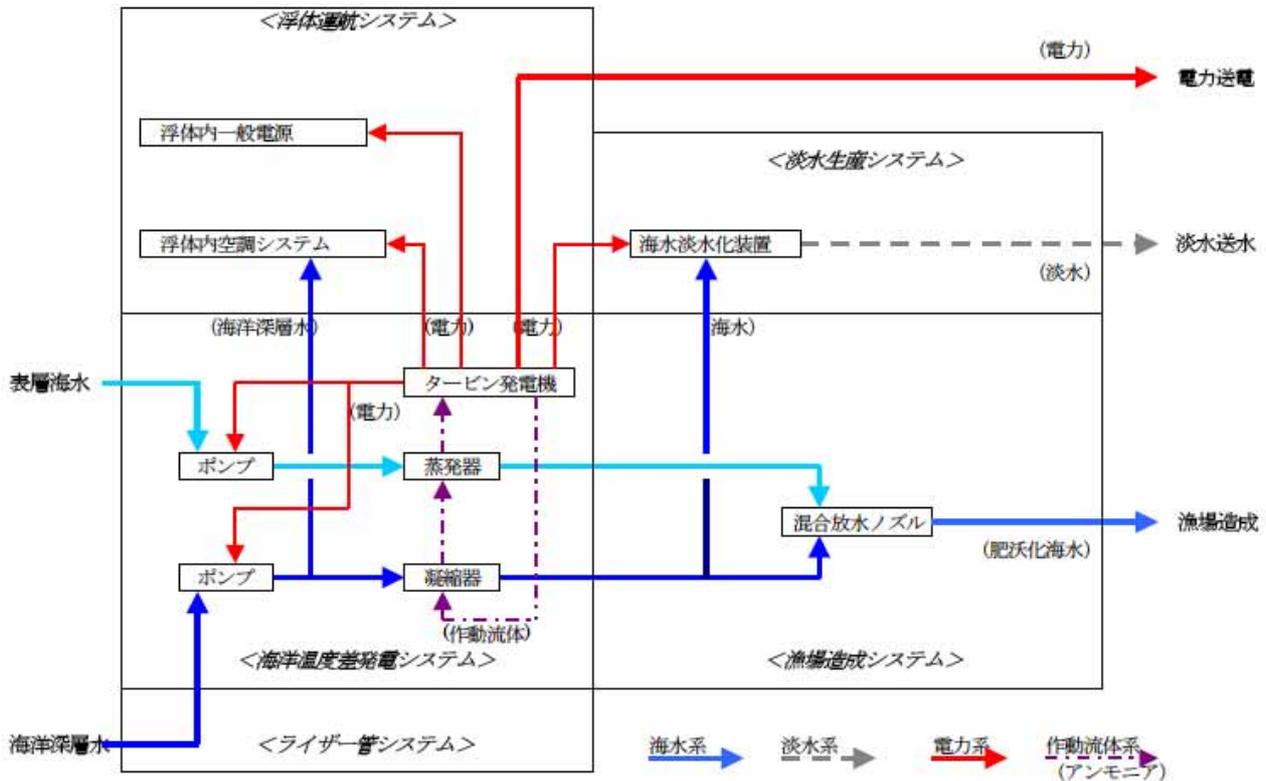


Fig.2 電力淡水供給海洋肥沃化浮体要素機器ダイアグラム

3. プラント要素設計

本施設の基本構想・計画を以下に述べる。これらの要素機器ブロックダイアグラムをFig.2に示す

使用原料

- ・海洋深層水：
水深 800m、低温(水温約 5)、富栄養(硝酸塩濃度約 40 μmol/L)。
- ・海洋表層水：
水深 5m、高温(水温 25 以上)。

生産物

- ・電力：
深層水と表層水の 20 以上の温度差でアンモニア水を作動流体としたクローズドサイクルの海洋温度差発電を行い、プラント・浮体に必要な電力を差し引いた正味電力を電力ケーブルにて島へ送電する。
- ・漁場：
OTEC 冷却水に使用した窒素・リン等の栄養塩濃度の高い海洋深層水を表層水と混合し、有光層に滞留できる密度に調整し放流することにより一次生産を高め漁場を造成する。
- ・淡水：
OTEC の副産物として海水温度差により低コストで生産可能。ホース又は水パージにて島へ輸送する。
- ・リチウム
大量の深層水の流れを利用して、海水中から充電型バッテリー等の需要が多いリチウムを採取する。

生産手段(要素機器等)

- ・没水体付スパ型浮体構造物：
上部構造と下部構造をコラムで結合した縦長で水線面積が小さく揺れの少ないスパ型形状を採用する。

- ・ライザー管及び取水ポンプ：
鋼製ライザー管を介して深層水を、浮体上部より表層水を大容量ポンプにより取水し OTEC 用熱交換器へ送水する。
- ・海洋温度差発電(OTEC)装置：
深層水と表層水の温度差を利用し、最新の高効率 OTEC 技術であるウエハラサイクルを採用し、発電を行う。
- ・海水淡水化装置：
深層水の低温性を更に利用してフラッシングによる海水淡水化を行う。
- ・リチウム採取装置
大量の深層水の流れの中にリチウム吸着装置を配置し、その分離回収を行う。低温の深層水の方が吸着効率が高い。
- ・海洋肥沃化装置：
OTEC に使用した後の深層水・表層水を混合して密度調整し、この肥沃化海水を浮体没水部のリングノズルより放水し、有光層に密度流として水平拡散させ、一次生産力を高め漁場を造成する。
- ・交通設備：
上甲板にヘリポート、喫水線付近に通船用乗降口を設け、浮体内は上甲板から浮体底部まで垂直にエレベーターを設備する。
- ・喫水制御設備：
浮体およびプラントのメンテナンス等のための水バラストの漲排水による喫水調整設備を設ける。
- ・居住設備：
上記メンテナンス従事する作業員等のための宿泊居住設備を設ける。

運営方法

・設置場所：

深層・表層の温度差が大きく、光合成に必要な太陽光の強い熱帯・亜熱帯海域の島の近傍に設置する。放水する栄養塩の肥沃化効果を高めるため、島の潮下側の流れの滞留しやすい海域に設置する

・運転及び監視：

運転は無人運転として、浮体内からの各種データの受け渡し及びプラント・浮体の制御は光ファイバーにより連結された島内の制御室から行う。

・メンテナンス：

現場での必要なメンテナンスは、ヘリコプター又は船舶にて作業員が浮体に移り乗ることにより、定期的に行う。

4. 浮体の設計

ここでの浮体の設計は、台風を含む荒天を考慮する必要があり、設計条件としては最大風速 50m/s以上、有義波高 12m以上、波周期 14sという厳しい設計条件を考慮する必要がある。このような条件では、通常のバージ型浮体では浮体の運動が大きいため、特に強度上厳しい条件にさらされるライザー管の設計が困難になり、システムが成り立たなくなる可能性がある。Fig.3 に、相模湾で稼働中の長さ 200m 直径 1m のライザー管を持つ没水浮体付きスパーク型海洋肥沃化装置「拓海」⁴⁾ と従来型バージ船型との不規則波中の横揺れ性能の比較を示す。

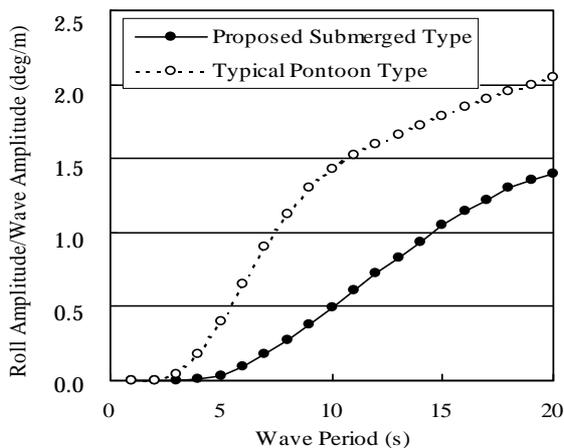


Fig.3 スパーク型とバージ型浮体の運動性能比較

拓海のようなスパーク型浮体は水線面積がバージ、ポンツーン型浮体に比べて大幅に小さく波の影響を受けにくい事が知られており、ここでは拓海型の形状を採用する。

一般配置としては、Fig.4 に示すようにプラント室の周囲を水バラストタンク及び深層水・表層水・吐出水のプールで囲みダブルハルとして安全性を高めている。復元性を確保するために浮体底部には固定バラストを積み、水バラストを排水することにより放水口のある没水浮体上部が水面上に浮くことでメンテナンス等を便宜を図っている。

係留については、電力・光・淡水移送ホースを束ねた複合ケーブルで陸上とつなぐため、振れ回りのない多点係留とする。Fig.4 に今回概念設計を行った発電量 5,000KW、深層水汲み上げ量約 60 万 m³/日のプロトタイプ的一般配置を示す。

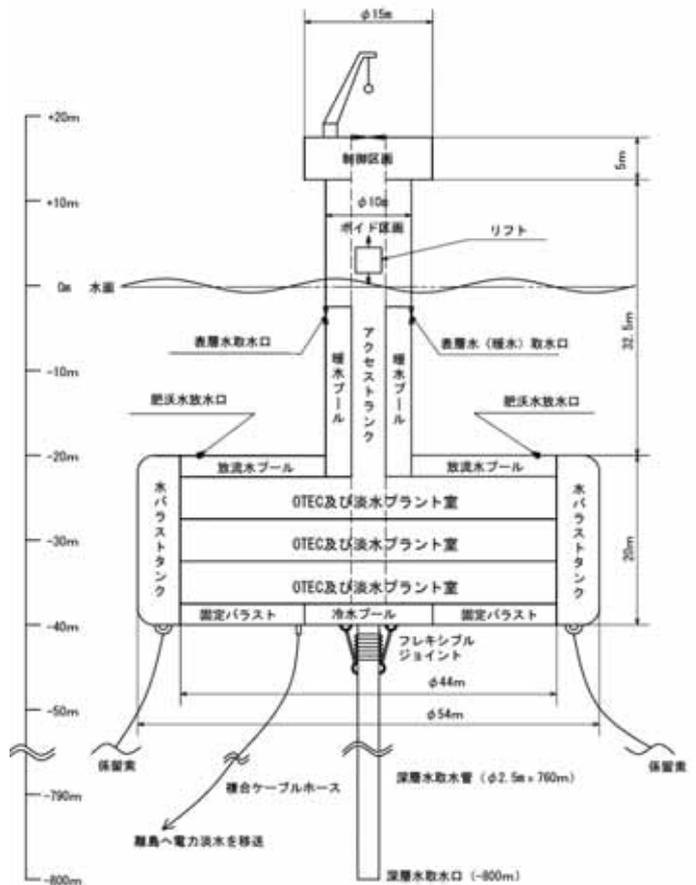


Fig.4 一般配置図

以下に本プロトタイプ的主要目を示す。

浮体方式	没水浮体付きスパーク型
全高	約 65m (除くライザー管)
直径	約 54m
コラム直径	約 10m
喫水 (操業時)	約 40m (除くライザー管)
喫水 (浮上時)	約 16m (除くライザー管)
排水量 (操業時)	約 48,000ton
OTEC プラント室容積	約 23,000m ³
水バラスト容積	約 15,000m ³
固定バラスト容積	約 3,400m ³
暖水プール容積	約 1,420m ³
冷水プール容積	約 780m ³
放流水プール容積	約 2,600m ³
ライザー管内径 x 長さ	約 2.6m x 760m
深層水取水量 x 水深	約 625,000m ³ /日 x 800m
表層水取水量 x 水深	約 1,250,000m ³ /日 x 5m
肥沃化水放水量 x 水深	約 1,875,000m ³ /日 x 20m
発電端出力	約 5,000KW
正味出力	約 3,500KW
係留方法	アンカー、チェーン、ワイヤーによるカテナリー多点係留。

電力ケーブル

海底敷設とする。水中部は中間パイによる立ち上りケーブル方式、制御用光ケーブルと淡水移送ホースも含む複合ケーブルとする。

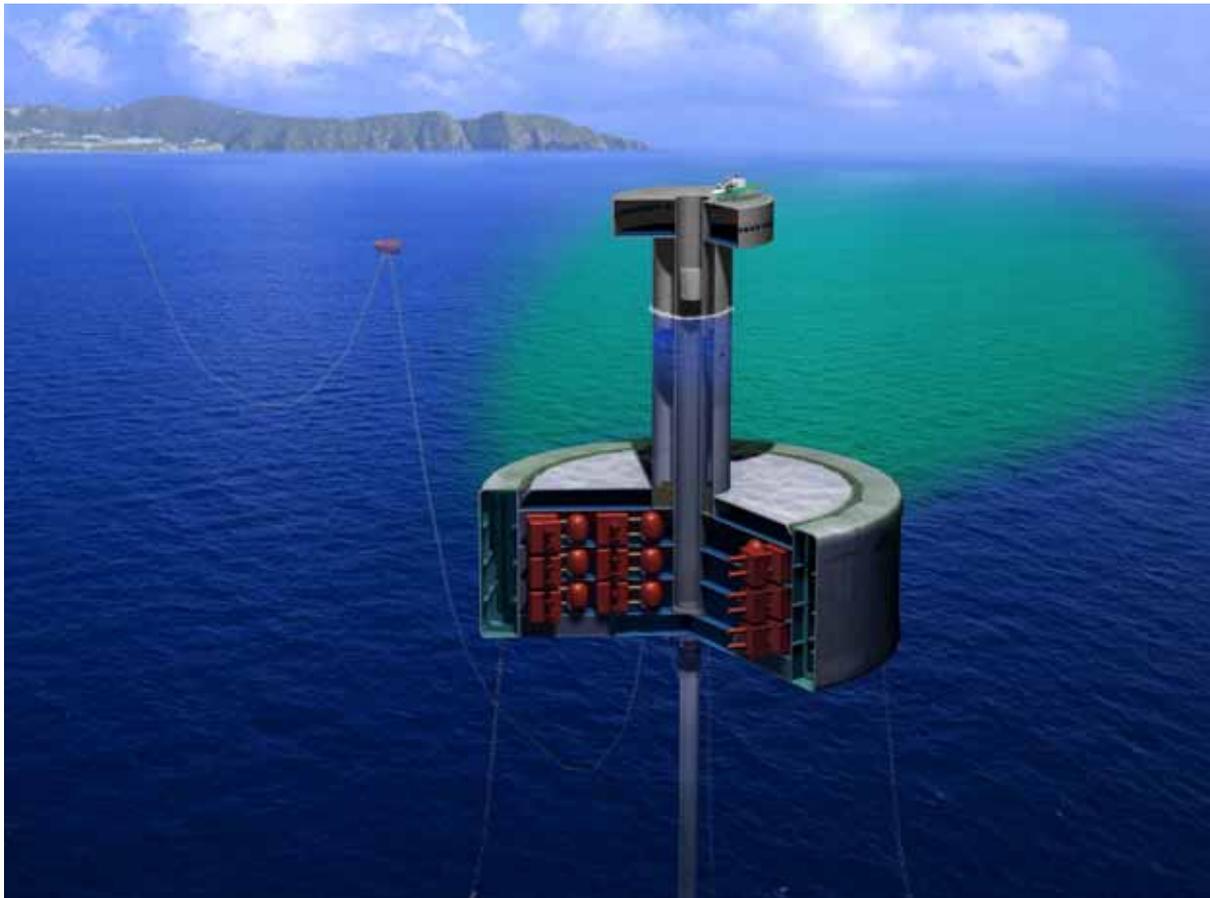


Fig.5 電力淡水供給海洋肥沃化浮体による離島エクメーネ想像図

5. 結論

21世紀の資源といわれる海洋深層水の三大特質である低温性・富栄養性・清浄性を総合的に利用する洋上プラットフォーム「電力淡水供給海洋肥沃化浮体」のコンセプトを提案し、立地については日本の200海里の離島振興のための離島エクメーネの創成という目的で、概念設計を行った。

電力、漁場、淡水、リチウムの生産・造成を行う洋上プラットフォームとして、特に新しいフレクスルーが必要な技術を用いなくても、既存の先端の要素技術を更に深め統合し多角的に利用していくことにより、十分に技術的成立性があることが判り、これらの知見を基に発電量約5,000KW、深層水汲み上げ量約60万m³/日のプロトタイプを試設計を行った。

本プロトタイプを使用した離島エクメーネの想像図をFig.5に示す。

今後は、コストを含む具体的な基本設計を展開しながらコストパフォーマンスと共に政治的社会的波及効果も含むフィジビリティの検討をしていく必要がある。

謝辞

本研究は、(株)竹内良夫事務所の主宰する「海から見た21世紀国土ビジョン研究会」での討議検討内容を含んでおり、有益な討論をいただいた竹内良夫会長、久田安夫副会長、菅井和夫会員に及び関係した会員各位に深く感謝を表する次第である。

参考文献

- 1) 大内一之、渡辺敬之：海洋深層水汲み上げによるエネルギー・魚類同時生産施設のフィジビリティスタディ、日本船舶海洋工学会講演会論文集第1号、2005.11
- 2) 大内一之：海洋でのエネルギー・食糧生産、Ship and Ocean Newsletter No.81、シップ・アンド・オーシャン財団、2003.12
- 3) 海から見た21世紀の国土ビジョン研究会：平成18年度地球環境時代の国土環境創造研究報告書、(株)竹内良夫事務所、2006.12
- 4) 大内一之：海洋肥沃化装置の研究開発：TECHNO MARINE 日本造船学会誌 第868号、2002.7