

海洋ポテンシャルの活用 - 洋上エクメネの実現に向けて -

大内 一之	(株)大内海洋コンサルタント
菅井 和夫	(株)ゼネシス
久田 安夫	(株)ゼネシス

Utilization of Ocean Potential –Proposition of Floating Ekmene–

Kazuyuki Ouchi	Ouchi Ocean Consultant, Inc.
Kazuo Sugai	Xenesys, Inc.
Yasuo Hisada	Xenesys, Inc.

Abstract

Human kind is now beginning to face a crisis of a lack of food, water, energy and materials. However, on the other hand, there is a huge amount of the ocean potential which has not been utilized yet. Especially for Japan, having the sixth largest EEZ area in the world, we have to consider the utilization of the ocean potential, in order to avoid suffering from a shortage of resources above and survive in the future. The Latin term “Ekmene”, meaning a place where people can live, is proposed in the ocean. The Ekmene is a huge floating construction which provides fundamental infrastructure such as an electric power, fresh water, and fishing ground etc., using Deep Ocean Water of low temperature with very rich nutrient. Two types of Ekmene concept, “Solitary Island Ekmene” and “Kuroshio Ekmene”, are proposed as a prototype for a real ocean experiment.

1. まえがき

人類は今やその持続的発展が危ぶまれる事態に立ち至っている。自然保護団体 WWF の 2001 年のレポートや、デニス・メドウズらによる“成長の限界・人類の選択”2005 年版によれば、人類はすでに行きすぎてしまったとし、人類の持続可能性を測る尺度としてマーティス・ワグナゲルらによって開発された“エコロジカル・フットプリント”が、21 世紀初頭には持続可能な人間活動の限界値 1 (地球 1 個分) を越えて、1.2 (地球 1.2 個分) になったとしている。

人類が今の経済活動、生活習慣を続ければ、遠からず人類滅亡の危機を迎えることも否定し得ない。またアメリカ国防総省の 2003 年 10 月の“急激な気候変動シナリオと合衆国国家安全保障との関係”と題するペンタゴン・レポートによれば、今後 10~20 年以内に急激な地球温暖化のため北半球特に北部ヨーロッパや北東アジア地域でエネルギー、食料及び水の危機が起こる恐れがあるとしている。

このような現状認識は必ずしも日本に於いては十分に理解されていないが、世界的なエネルギー、食料、水の危機は、日本においてこそ真先に起ることが予見される。なぜなら、日本のエネルギー自給率は 7%、食料自給率は 40% と何れも主要国の中では最低の水準にあり、水ですらバーチャル・ウ

ォーターを考慮すれば 50% の自給率と、必ずしも十分な状況にはないからである。

では、この危機をどうすれば乗り切れるのか。真っ先にその解決策を考えなければならない日本についてその対応シナリオを考えて見よう。1 つは徹底的な消費の節約であり、次には技術イノベーションの成果の実用化であろう。これらはすでに多くの識者の指摘している対策であるが、しかし、これ以外にもう 1 つの重要なシナリオが考えられる。それは地球表面の 71% (陸地面積の約 2.4 倍) を占める海、特にその国土の 12 倍の広大且豊かな海を所轄する海洋大国日本の海のポテンシャルの大規模且つ早急な活用である。この海の潜在的ポテンシャルについては前述の“エコロジカル・フットプリント”でも対象外とされているようで、世界的にもまだ十分な検討がなされていない領域である。

そこで以下には、日本の海洋ポテンシャルについて考察すると共に、社会的・技術的イノベーションを前提にそのポテンシャルを最大限に活用する戦略について検討する。

2. 日本の海洋ポテンシャル

先づ、日本の海洋の空間的ポテンシャル(広さ、深さ)に

ついて述べる。1994年に発効し、1996年にこれを批准して国連海洋法条約の当事国となった日本は、その12海里の領海の外に200海里の排他的経済水域(以下EEZと云う)を設定し、これを管轄することとなった。この結果、日本の主権と管轄権が及ぶ海の広さは約447万km²となり、国土面積の12倍に相当するこの海の面積は、世界6番目(アメリカ、オーストラリア、インドネシア、ニュージーランド、カナダ、日本、ロシア、ポルトガルの順)。管轄する海の海水の量すなわち体積では世界4番目(アメリカ、オーストラリア、キリバス、日本、インドネシア、チリ、ミクロネシア、ニュージーランドの順)である。国土面積は、アメリカや中国の約1/25、世界61番目であるが、管轄する海の面積を合せばアメリカの約1/4、中国の約1/2で世界10番目の国となる(因みに人口は世界の10番目)。

次にこの447万km²に及ぶ広大な海と大量に存在する海水量に基づく海の資源について述べる。海の資源としては、水資源、エネルギー資源、水産生物資源、鉱物資源、その他未知のバイオ資源がある。

まず、水資源としては、人類に残された最後の大資源といわれる海洋深層水がある。低温性、清浄性、富栄養性がその特徴でこれらの特性を生かすことにより、エネルギー、食料、淡水の創出が期待される。エネルギー資源としては前記の海洋深層水と表層水との海水の温度差エネルギー、洋上風力エネルギー、海流エネルギー、波力エネルギーなどがある。これらの開発可能な潜在的賦存量については、夫々に多くの試算がなされているが、総合して考えれば、日本の海洋エネルギー資源の開発可能規模は優に日本の現在の総発電出力2.7億kwを上廻ることは確実である。まさに化石燃料に代る再生可能エネルギーとして大いに期待の持てるエネルギー資源といえよう。

水産生物資源としては、現在の生産量は最盛期の1/2以下の約570万トン/年にまで減少し、食用としての自給率も57%と低下しているが、科学的な資源管理を徹底し、資源量が豊富なサンマやカタクチイワシなどの資源を有効に利用すれば、日本人の消費する動物性蛋白質を十分とは云えないまでも相当程度賄えるものと考えられる。また、海洋深層水を海洋肥沃化に活用するなどの積極的な沿岸域の海洋環境の改善に努めることも資源量の増加をもたらす有効な対策と云えよう。

一方、日本のEEZ内の海底又は海底下にはコバルト・リッチ・クラストや熱水鉱床など多種で豊富な鉱物資源が存在することが確認されており、今後の技術イノベーションにより、それらの採取は近々のうちに可能となるであろう。また、石油や天然ガスの代替として期待が大きいメタンハイドレートが日本周辺のEEZ内の海底下に大量に賦存すること

が確認されつつある。しかし、メタンハイドレートについては未だ技術的、経済的に生産の用途は立っていないが、何れも有効活用がなされる事であろう。

以上の資源以外にも海水中の希少元素たとえばリチウムやウランなどを分離する技術が開発されつつあり、陸上資源の減耗による価格の高騰を抑止することが期待されている。またライフサイエンスの発展により海水中の海洋バクテリアから画期的な医薬品開発の可能性が高まっている。

3. 海洋に関する日本の技術的・経済的ポテンシャル

2.で述べたような資源ポテンシャルが日本の海洋に存在するとして、それを活用するためには当然のこと乍ら、技術的、経済的ポテンシャルが必要である。幸いにも日本には世界のトップクラスの力が備わっているといっても過言ではない。海運業は世界のトップであり、水産業でも約20年前までは世界の漁業生産量を誇っていた(現在は世界の第6位)。これらを支える造船業とその技術は世界のトップクラスである。造船技術と共に沿岸の海の開発を担う海洋土木技術もトップクラスであることは間違いない。また、これらの海洋産業活動の基盤をなす鉄鋼、電力、食料、化学、環境調査、保険、IT産業の実力も世界一流であり、海洋に関する研究投資も最高水準にある。

未知の部分の多い海のポテンシャルを生かすには、更なる研究・調査の拡充、強化は勿論のことながら、他国に遅れをとっていると云われる海洋管理制度の整備や海洋に関する国家戦略の策定を急ぐことが最も緊急の課題であろう。幸い、2007年7月20日に海洋基本法が施行されたことを受けて、このような適切な施策が早急に実施される事によって、日本は、人類の持続的発展の為に、海洋のポテンシャルの有効活用を実行に移すトップランナーとして世界をリードする国となり得ると考えられる。

4. 深層水利用による洋上エクメーネの実現に向けて

我々は、技術イノベーションを前提に、海洋のポテンシャルを最大限活用するための最良の方策として“洋上エクメーネ”の実現をめざすこととした(ここで、エクメーネとは人間が居住しうる空間をいう)。日本の危機の克服、ひいては人類の持続的発展の為に海のポテンシャルを最大限に活用することが洋上エクメーネの目標であるとすれば、洋上エクメーネに期待する機能とは、人間が単に居住しうるだけでは十分でなく次のような機能が必要となる。

地球環境、特に地球温暖化の進行を緩和する機能(大気中CO₂ 500ppmでガイア機能が崩れるとのラブロックの警告は、海洋深層水の活用で防止できる)。

2030年頃迄に需給バランスの大きく崩れることが危惧さ

れているエネルギー、食料、水問題への寄与。

海上交通の安全を確保するための機能。

その他海洋科学の発展に必要な研究機能。

このような洋上エクメーネの基盤となる原料は海洋深層水(以下深層水)である。深層水は一般的には200m~300m以深の海水を指し全海洋水の95%を占める。水温は表層と比較して低温であり、極地及び寒帯からの冷水沈み込みにより常に安定した温度が保たれているもので、表層水との温度差エネルギーを利用して発電、海水淡水化等が可能である。また、この水深には日光が全く差し込まないので光合成が行われないため窒素・リン等の無機栄養塩を大量に含んでいる。つまり植物の光合成に必要な肥料がほぼ無尽蔵に近い状態で深層に眠っているわけで、深層水を日光のあたる表層に汲み上げれば植物プランクトンを大量に湧かせることが出来るはずである。しかしながら深層水は低温で重いため、表層には簡単には湧き上がってこない。数少ない例外が、南米ペルー沖や西アフリカ沖であり、これらの海域では風や地形の効果等で深層水が自然に湧昇しており、そのため植物プランクトンが大量に発生しイワシ等の大漁場、所謂、湧昇流漁場が形成されている[1]。

洋上エクメーネの実現は、現在のテクノロジーを使って人工的に深層水を表層に引き上げ、発電及び漁場造成、つまりエネルギーと食糧の両方を同時に大量に生産することをベースとして成立させようとするものである。ほぼ無尽蔵で再生可能な資源である深層水を利用して、環境に悪影響を与えることなくエネルギー、水、食糧の大量取得が可能となれば、未利用の資源であった深層水という海洋ポテンシャルの大きい活用といえる。

洋上エクメーネを何年先に実現させるかという問題は、日本の発展と人類の持続可能性の確度を高めるためには、恐らく100年先よりも50年先の方が好ましいといえよう。しかし、10年先とか20年先にこれを本格的に実現させることは、人間の心理的要素や技術的困難さ、資金的な面など考えると先づ無理であろう。従って、我々は今世紀半ば頃に、状況によっては洋上エクメーネの実現が急がれる事態になることもあり得る事を前提として、実現に向けてのロードマップを考えることとした。

今世紀半ばに実現させる為には2段階程度の試行が必要と考えた。先づ、2010年代後半迄に“プロトタイプ”の施設を建造・設置する。これらは、本邦南方沖合離島(沖縄や小笠原、沖ノ鳥島等)を活用した「離島エクメーネ」とする(図1参照)。次のステップとして2030年頃の日本のエネルギー、食料、水危機への対応も考慮して、2020年代後半を目標に、ある程度の間人居住を前提とした実用規模に近い「浮体エクメーネ」の実証施設を建造する(図2参照)。こ

れは日本のEEZ内の黒潮域と沖合離島周辺に10数群、100~200基を展開する。洋上エクメーネの実現に向けての方策が具体化した暁には、年間予算で1.5兆円を超える大国家プロジェクトになるため、新たな海洋産業創設に繋がるものと期待することができる。

5. 離島エクメーネ

離島エクメーネの概念は、人間の生活基盤は島に置くが、電力、淡水、漁場造成などのインフラ供給は沖に浮かべた半没水式の浮体により効率よく行うことにより、無人島や過疎化した離島全体を人間の究極的な海洋楽園に仕立てようとするものである。図1に概念図を示す。

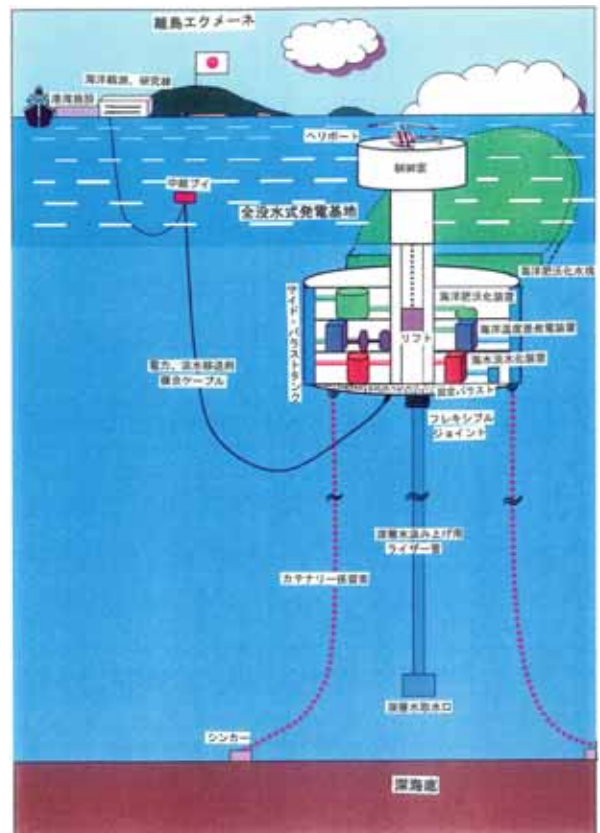


図1 離島エクメーネの概念図

表1 離島エクメーネ用インフラ供給浮体の規模と機能

直径	: 54m
排水量	: 50,000 トン
深層水取水量	: 625,000m ³ /日
取水管径 x 水深	: 2.5m x 800m
総発電量	: 5,000kw
有効発電量	: 3,500kw
淡水生産量	: 6,000m ³ /日
魚類生産量	: 2,900ton/年(イワシ換算)
浮体方式	: 半没水式スパー型
係留方式	: 多点カテナリー係留

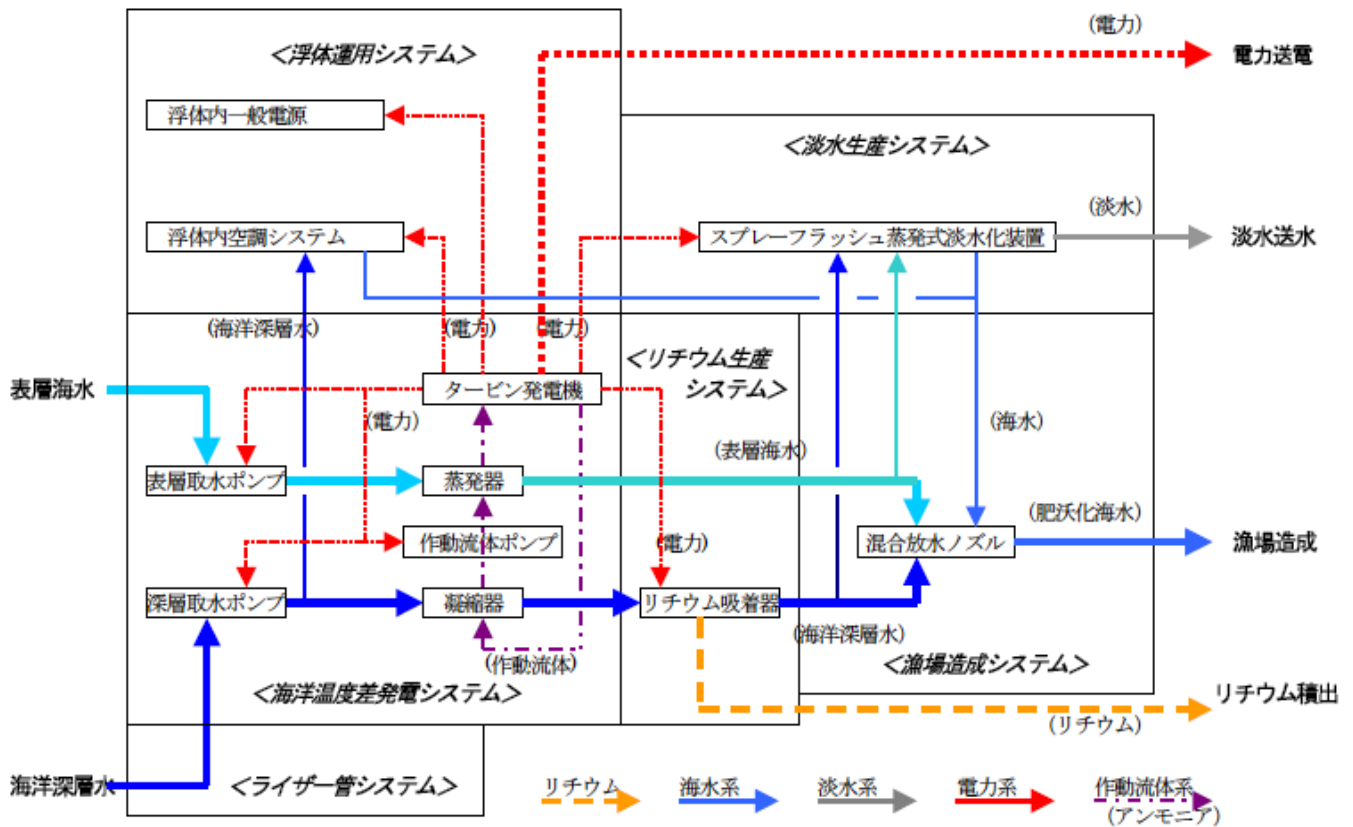


図2 インフラ供給浮体の要素機器ダイアグラム

日本の EEZ 内には海底火山が海面上までせり上がり孤島を形成している地形が多く、これらの島の外周の海は急深となっており、海洋深層水の汲み上げには非常に適している。そこで、表層水と深層水の温度差が大きい沖ノ島、沖縄諸島等、亜熱帯海域の島の周囲に図1に示すようなインフラ供給浮体を係留し、海洋温度差発電（OTEC）にて生産した電力をケーブルにて送電し、淡水はバージ等で輸送、浮体周囲や島影等の海水滞留海域には汲み上げた深層水の栄養塩により一次生産が高まり漁場が出来る、といった効果を目論むものである。但し、これらの海域は台風の銀座通りでもあり、非常に厳しい海気象条件にさらされるため、浮体の形状は通常のバージ型では困難であり、風浪の影響を受けにくい水線面積の小さい半没水スパ－型の浮体を採用する。半没水スパ－型浮体の耐候性については相模湾にて実験中の海洋肥沃化装置「拓海」での5年間の稼働実績がある[2]。

ここでの浮体は、800m水深の低温（5℃）で栄養塩豊富（窒素濃度 40 μmol/L）な海洋深層水を汲み上げ、海洋温度差発電（OTEC）、淡水生産、深層水放流による海洋肥沃化といった離島のインフラを担う目的に絞ったものとし、定期検査・メンテナンスの時以外の通常運転時は浮体に人員は乗り組ませず、島の制御センターから遠隔で運転及びデータの監視・管理を行うものとする。その規模と主要機能を表1に

示す。

図2にはインフラ供給浮体に搭載する要素機器のブロックダイアグラムを示す。使用原料は深層水及び表層水であり、これらを、ライザー管システム、海洋温度差発電システム、リチウム生産システム、漁場造成システム、淡水生産システム、浮体運用システムの各ブロックを介して、電力、淡水、漁場、リチウム等の生産を行い、外部へ払い出すものとする[3]。なお、これらの予算規模は約350億円と見積もられる。

6. 黒潮圏浮体エクメーネ

黒潮は本州南岸に沿って南西から北東へ向って流れる強く巨大な暖流で、多くの恵みをわが国にもたらしている。特に、緯度に比べて比較的高温な表層海水を南方から運んでくることが海流速度の速さなど、海洋エネルギー利用の見地から、ここに海洋基地を建設することには大いに魅力がある。また、四国や紀伊半島に近いこともあって、地震観測やメタンハイドレート調査の基地としても利用価値が高い。このように黒潮圏浮体エクメーネは、離島エクメーネと異なり、海洋エネルギー実証実験に限らず、広く人間の洋上生活まで含めた多角的な観測・調査・実験基地を目指すものである。

プロトタイプ概念としては、エクメーネ浮体としての広いデッキ面積を確保する必要があり、黒潮の海流による漂流

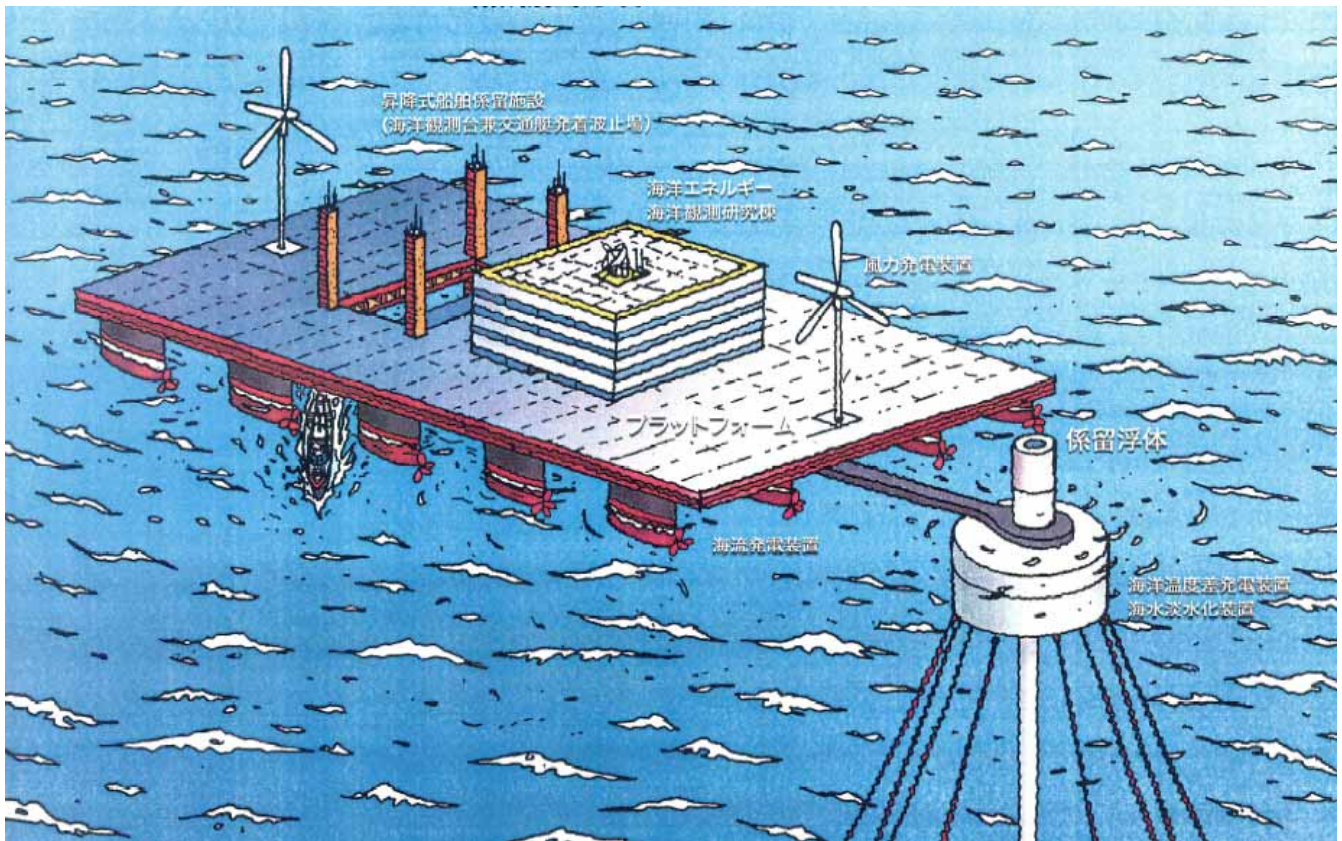


図3 黒潮圏浮体エクメーネ概念図

力と台風等の荒天にも耐えられるコンセプトとして、図3に示すような翼断面形状の半没水翼による多点支持された広大なデッキ（約10ヘクタール）をもつマルチコラム型浮体[4]の採用を提案する。この広大なデッキにはエクメーネとしての必要なものを自由に搭載することとし、たとえば巨大なプランターによる植物栽培ハウス、風力発電装置、居住区画などを配置することが出来る。また、強い海流、風浪等の自然エネルギーの取得のためにコラムに振動水柱型波浪発電装置やプロペラ式海流発電装置などを設備し実験を行うことが出来る。また、昇降式プラットフォームを有するため、これを水面まで降ろすことにより交通艇の発着波止場利用できるばかりでなく、親水性を必要とする海洋調査、観測にも活用可能である。さらには、デッキ下にも大きな閉鎖空間が確保可能であり、インフラ浮体にて発生した電力を水素に変換するプラント工場等、多様な用途に合わせてスペースを使うことが出来る。表2に黒潮圏浮体エクメーネの規模と機能をまとめて示す。なお、これらの予算規模は約1,800億円と見込まれる。

7. あとがき

人類の持続的発展の為には、未活用の海洋ポテンシャルを適時、適切に利用することが必須の条件といえる。適時がい

表2 黒潮圏浮体エクメーネの規模と機能

エクメーネ浮体	
長さ x 幅	: 480m x 200m
甲板面積	: 96,000m ² (9.6 ha)
排水量	: 300,000 トン
実験用風力発電装置	: 1,000kw x 2 基
実験用波浪発電装置	: 総計 1,500kw
実験用海流発電装置	: 総計 1,500kw
浮体方式	: 半没水翼断面多注支持方式
係留方式	: 接続ロッドによる一点係留
インフラ供給浮体	
直径	: 76m
排水量	: 96,000 トン
深層水取水量	: 1,250,000m ³ /日
取水管径 x 水深	: 3.4m x 800m
総発電量	: 10,000kw
有効発電量	: 7,000kw
淡水生産量	: 12,000m ³ /日
魚類生産量	: 5,800ton/年 (イワシ換算)
浮体方式	: 半没水式スパー型

つ”であろうと、それが実現できるよう今から着実、周到に準備しておくことは人類生存の為の保険機能として十分に意味があると考えられる。その先達として日本が先ず2010年代の後半に、段階的実用化の第一歩とすることを主目的のプロトタイプ洋上エクメーネを設置し、2020年代後半を目標に日本のエネルギー、食料、水の危機への緊急対応も考慮して、実用規模に近いエクメーネの実証プロジェクトを展開することとしたい。この段階までくれば人類は洋上エクメーネを適時、適切に実現させることが可能となる。

参考文献

- [1] 高橋正征：海にねむる資源が人類を救う、あすなる書房、1991
- [2] 大内一之：深層水汲み上げによる海洋肥沃化実験 - 拓海プロジェクト -、海洋開発論文集 Vol.23 [2007]、土木学会海洋開発委員会、pp.11 - 17、2007
- [3] 大内一之、實原定幸、渡辺敬之：電力淡水供給海洋肥沃化装置の概念設計、日本船舶海洋工学会講演会論文集平成19年5月第4号、pp.205-209、2007
- [4] 飯島一博、吉田宏一郎、鈴木英之：超大型半潜水式浮体の構造応答特性と初期構造設計法の考え方、日本造船学会論文集第183号、pp.483-490、1998