

第5回海洋深層水利用学会賞（2018年度）

海洋肥沃化装置「拓海」の実海域実験と 今後の海洋深層水大規模利用について

On the real sea experiment of ocean nutrient enhancer “TAKUMI” and
utilizing DOW vastly in future

大内一之¹

Kazuyuki OUCHI

1. はじめに

この度、標記に関する私の研究開発活動の成果に対して2018年度の学会賞を授与して頂き、誠に光栄に存じるとともに感謝申し上げます次第です。

まず、受賞内容については、私から申し上げるよりも学会賞審査委員会での推薦理由書が第三者的で判りやすい評価と思われるので、以下に全文引用・掲載させて戴きます。

【海洋深層水の富栄養性はかなり古くから着目され、1970年代には波力ポンプで海洋深層水を汲み上げ海域肥沃化がチャレンジされたが、十分な揚水量が得られなかった。1985–90には富山湾で、バージ浮体「豊洋」にポンプ揚水装置を設置し、日量5万トンの海洋深層水と表層水を揚水して混合し、表層に散布する世界初の海域肥沃化の洋上現場実験が行われ、施肥の影響評価が行われた。表層散布では希釈拡散が著しく施肥効果の確認が困難、またバージ浮体は荒天時の避難の問題が明らかになった。そこで、それらの根本的な問題解決のために、海洋深層水の揚水量を日量10万トンに上げ、さらに海洋深層水とその2倍の表層水を揚水・混合して密度流放流によって表層での鉛直方向拡散を抑え、また全天候タ

イプで動揺の少ない半没水スパー型の縦長洋上浮体が採用された。取水には、揚水と混合が同時に可能なインペラー方式が取り入れられ、浮体には内径1 mで長さが約180 mの一体型鋼管による取水管が取り付けられている。この新規に設計された取水・放水装置は「拓海」と命名され、2003年5月に相模湾中央に設置され、現場に設置した状態で2008年7月まで維持されて現場実証実験が行われた。装置開発と実証実験を主導したのが大内一之氏である。

拓海実験では、深層水と表層水の混合水塊が密度流として生産層内を移動していく様子が1週間にわたって追跡され、海域肥沃化に決定的な初期段階が確認された。また、拓海は、5年間の洋上での係留設置実験の間、台風の直撃2回を含め、たびたびの荒天でも損傷は皆無であった。

このように大内一之氏が主導して開発した半没水型洋上浮体は、洋上での深層水大量取水装置として長期間にわたって堅牢で安定した全天候型取水性能を維持することが証明された。海洋での深層水の大量取水は、海域肥沃化だけでなく海洋温度差発電でも不可欠で、両者のプラットフォームとしての有効性が明らかである。将来的には、海洋発電で揚水された深層水と表層水を、発電に使用した後で海域肥沃化に利用していくためのプラットフォームとして最

¹ 株式会社大内海洋コンサルタント代表取締役（〒389-0111 長野県北佐久郡軽井沢町長倉193-111） CEO, Ouchi Ocean Consultant, Inc.

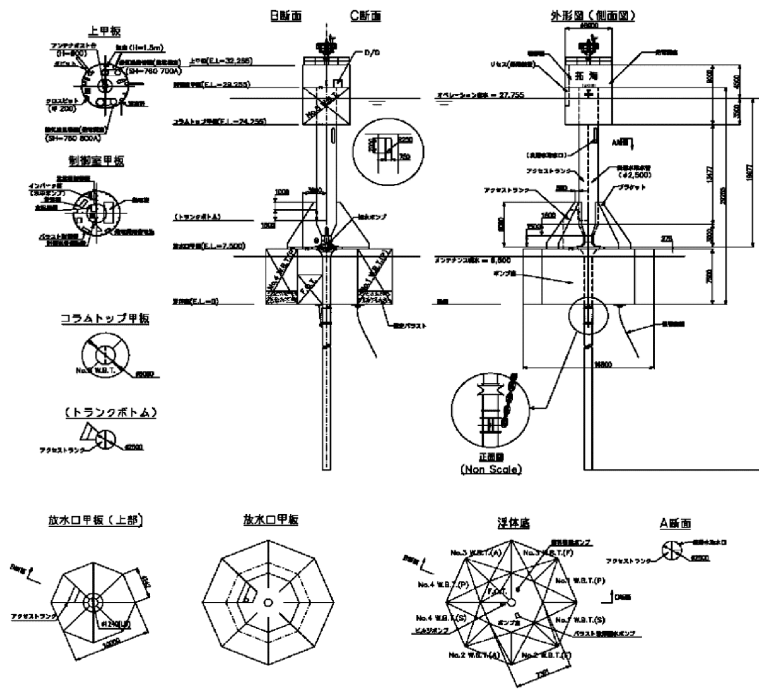


図1 一般配置図

適な取水装置として期待される。

海洋での深層水と表層水の全天候型大量取水・放水装置の開発と、深層水の大規模活用技術の扉を開いた大内一之氏を海洋深層水利用学会賞候補として強く推薦する。】

全高	213m
最大直径	16.8m
ライザー管径	1.0m
排水量	1,700t
ディーゼル発電機(最大)	115kw
深層水汲上量・水深	10万m ³ /日・205m
表層水取水・水深	20万m ³ /日・5m
放水量・水深	30万m ³ /日・20m
係留方法・水深	一点係留・1,000m

2. 拓海的设计

海洋肥沃化・海洋温度差発電 (OTEC) など、大量の海洋深層水 (DOW) を利用する場合は取水管を太くする必要があり、洋上に汲み上げポンプ等の取水設備やOTEC関連設備などを搭載した洋上構造物を設置し、そこから垂直に大口径の深層水取水管を垂らした構造が合理的と考えられ、海底に取水管を導設し陸に取水施設を配置する陸上型取水設備に比べて洋上型取水施設と呼ばれている。図1に拓海の一一般配置図、図2に拓海的主要目と稼働想像図を示す。

洋上型施設の過去の実例としては、ハワイ島沖でOTECの一時的な実海域実験に使った“Mini-OTEC”や1980年代に富山湾で行われた海洋肥沃化実験に使われた“豊洋”の例があるが、短期間のみの使用と取水管の構造上の不具合などが重なり、長期間にわたる十分な安定性・耐久性を具備するものではなかった。図3には1980年に富山湾にて実験を行った

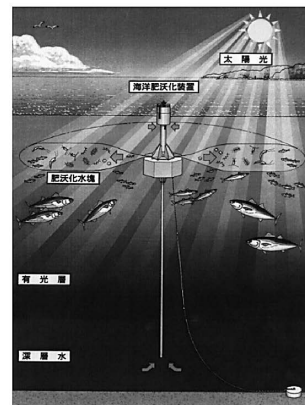


図2 主要目と稼働図

海域肥沃化実験装置「豊洋」の配置図及び稼働中の写真を示す。図4にはハワイにて深層水汲み上げによりOTECを行ったMini OTECの概念図を示す。

これまでの大型の洋上型取水施設は浮体をバarge型としていたが、拓海では荒天時に揺れの少ないスパイ型を採用し、取水管の損傷回避及び浮体内部機器類の安定的運転に寄与するものとした。図5に示すように、波周期10秒程度で横揺れ角度は1/3に減少する。

更に、深層水に含まれる栄養塩を光合成可能な海洋の表層に留まらせるために、深層水と表層水を適

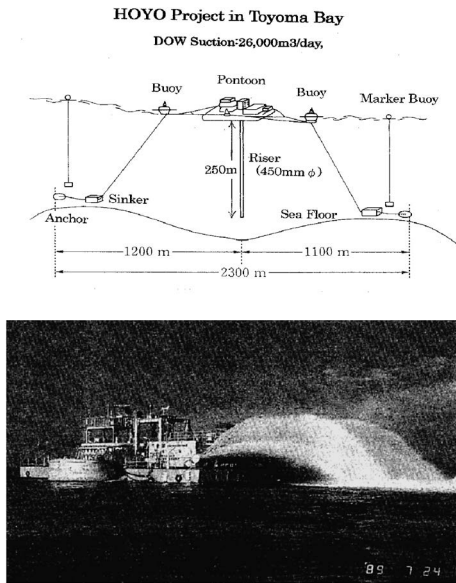


図3 富山湾の豊洋

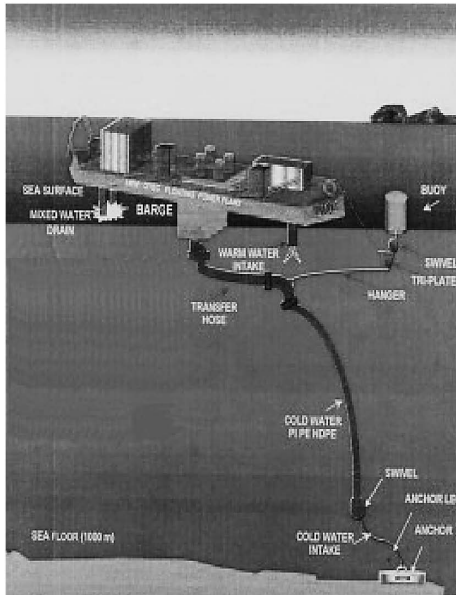


図4 ハワイのMini OTEC

切な割合での上海水表面に放流し、密度流として有光層内に拡散させる方式を採用することにより、海洋肥沃化が効率よく行われることを目論んだ。図6に密度流の水槽実験の写真を示すが、上の図は密度成層のない場合、下の図は密度成層のある場合の放流水の挙動を示しているが、成層のある場合は密度流拡散が起り水平は流れが遠方まで達することが判る。

3. 拓海の製作・設置工事

拓海の浮体製作及びその艀装はIHIの相生工場に

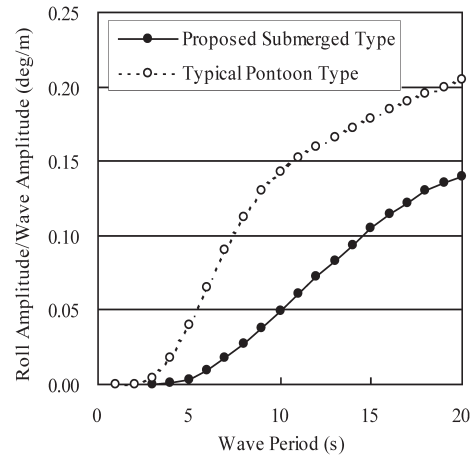


図5 バージとスパーの横揺れ比較

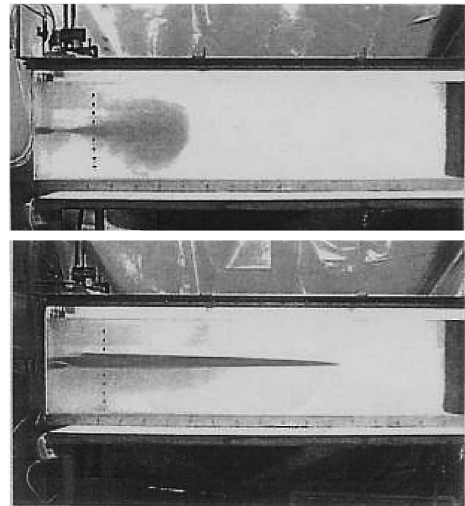


図6 密度流拡散実験

で行われた。図7に取放水ポンプ搭載工事中の浮体の写真を示す。この浮体は完成後、2003年5月8日に同社横浜第2工場の浮きドック「さがみ」にてNKK鶴見工場にて一体製作した取水管との連結を行い製作・組立工事を完了した(図8参照)。翌5月9日に設置海域である相模湾平塚沖約10海里・水深1,000mの海域(図9参照)にWet Towingで曳航され、設置工事を行った。この海域の夏場の海水温と硝酸塩濃度の鉛直分布を図10に示す。図12には係留システム配置概要を示す。係留はコンクリートシンカーによる一点緩係留で、係留海底及び立ち上がり部にはチェーン、水中部にはワイヤーを使用した。

取水管を水平に吊って現場に到着した拓海は、係留工事とともに取水管を水平から垂直に自由落下させるアペンディング作業を世界で初めて行った。

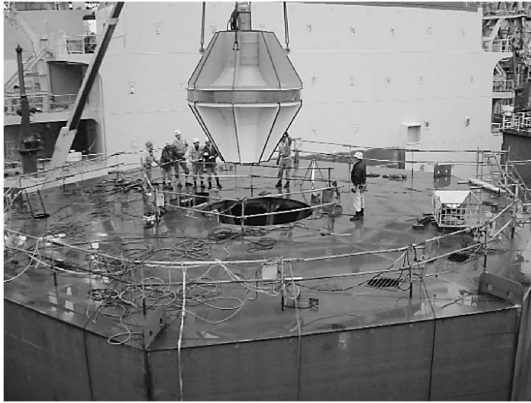


図7 取放水ポンプ搭載中の拓海

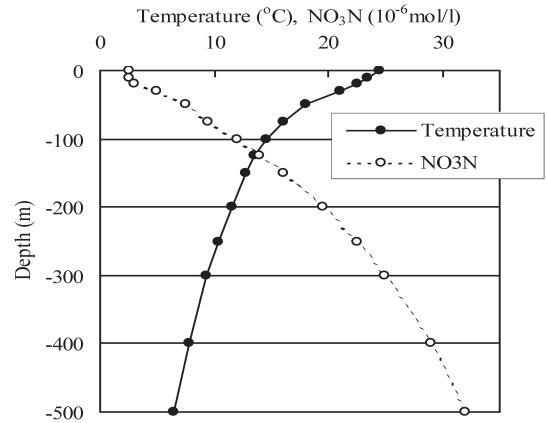


図10 海水温と硝酸塩の鉛直分布 (夏場)



図8 浮体と取水管の最終組立て

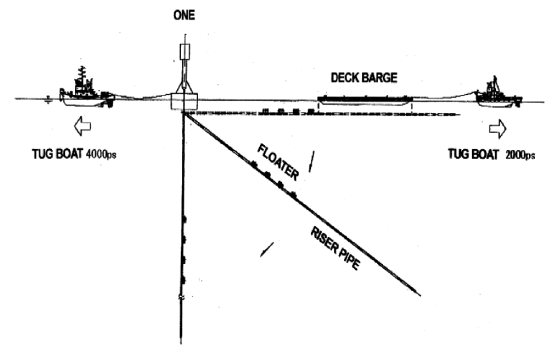


図11 アペンディング工法

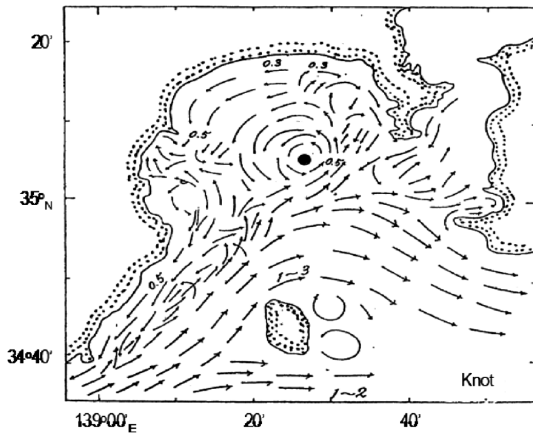


図9 拓海の設置海域

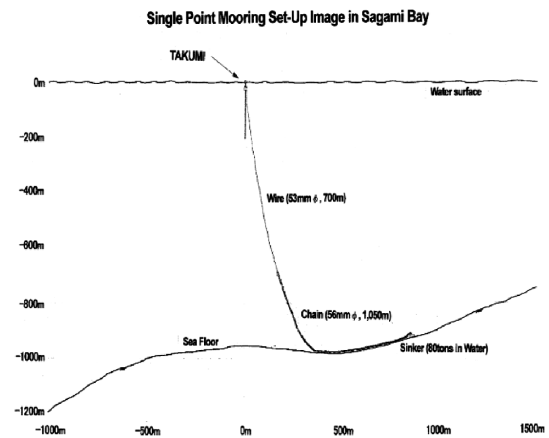


図12 拓海の係留配置図

図11にアペンディング作業の概要を示す。本作業を行うに当たっては水槽試験・CFDによるシミュレーション等を実施し、取水管の中央部に浮力体を取付けることし、落下時の取水管に掛かる曲げ応力の軽減を図った。この工法により工事期間・コストが抜本的に改善された。

4. 拓海の運用

図13に運転中の拓海の写真を示す。拓海には常時運転管理者は乗船させず、陸上にて監視・管理を行うこととし、取水温度・気候データ・エンジンデータ等は無線で陸上のサーバーに納めて、関係者がリアルタイムでアクセスできるものとした。実海域運転は2003～2007年の5年間、毎年5～10月の夏

場に毎日24時間の連続運転を継続した。メンテナンスとしては、月1回エンジン潤滑油フィルターの交換の為に訪船、3か月に1回燃料の補油、1年に1回拓海の水バラストを排出し浮体を浮上させ浮体の外観・構造の点検を行った。図14に2年目の浮上点検時の写真を示す。拓海は浮体の外面に防汚塗料を塗っていないので、藻類や貝類などの生物が約80 mmの厚みで全面に付着していた。

5年間の運転の中で数回のエンジンの停止トラブルはあったが、いずれも単純軽微なもので大規模な

トラブルはなく連続運転のミッションを概ね果すことができた。

5. 肥沃化効果の調査

東京海洋大の青鷹丸、東大海洋研の淡青丸などを使って拓海による肥沃化効果の実海域調査が行われた。拓海の吐出口にトレーサーを注入しその水塊を



図13 実海域で運転中の拓海



図14 浮上点検状態の拓海

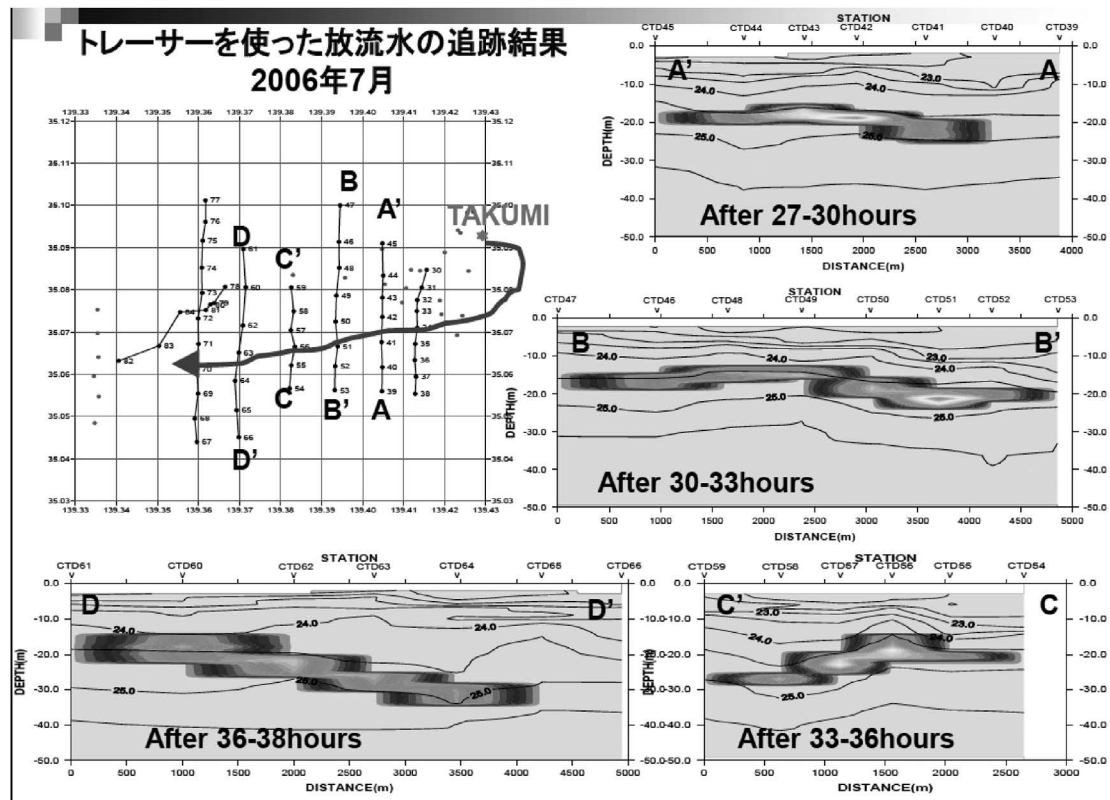


図15 実海域での放水水塊の挙動



図16 電力・淡水・魚類生産施設「海のエクメーネ」

調査船にて追跡しトレーサーの鉛直方向の濃度分布を時系列で計測した結果を図15に示す。ここでの計測では、放水口から出た水塊が1日半経過した後も有光層に留まり有意な濃度を保っていることが示されており、洋上での深層水汲み上げによって植物プランクトンが発生し漁場造成に繋がる環境が醸成されていることが示された。

6. 海洋肥沃化装置「拓海」開発事業参加企業

開発参加企業及び役割は以下の通りである。

(株)大内海洋コンサルタント：全体システム
 (プロジェクトリーダー)

(株)IHIマリンユナイテッド：浮体製作及び
 装置組立

JFEエンジニアリング(株)：取水管

ナカシマプロペラ(株)：揚水ポンプ・ディーゼル
 発電機

日本無線(株)，(株)システムインテック：監視・計装・通信機器

(株)ゼニライトブイ：灯火設備等

三菱重工業(株)：係留システム設計

東亜建設工業(株)：設置工事

商船三井テクノトレード(株)：運用及びメンテ

ナンス

共同研究者として：海上技術安全研究所，佐賀大学海洋エネルギー研究センター，東京海洋大学，東京大学海洋研究所

7. おわりに—今後の海洋深層水の大規模利用—

現在人類は将来に向けて、エネルギー環境問題、食料問題、水問題に直面している。海洋深層水の三大特徴である低温性・豊富な栄養塩・清浄性は、夫々、海洋温度差発電(OTEC)として再生可能エネルギー生産に、海洋の一次生産活性化による水産物増大に、水問題に資する原料に好適なものである。しかも深層水の量は地球上の全海水量の80%を占めており極地で再生されているほぼ無尽蔵な資源である。

今後の持続可能な社会を構築する為には海洋深層水を上手に活用していくことが重要であり、今後必要性の高い技術となっていくと思われる。一例として深層水のみを原料として、電力・淡水・魚類などを同時に生産する洋上インフラ生産プラットフォーム「海のエクメーネ」を提案するものである(図16参照)。

今回の学会賞を機に、持続可能な資源である海洋深層水の未来へ向けての大規模活用技術の進展と研究開発が活発化することを心から願うものである。