

沖縄海洋深層水の取水施設の建設

Construction of Deep Seawater Intake Facilities in Okinawa

当真 武¹・津波古喜正¹・藤井 真²・清水勝公²・堀 哲郎²

Takeshi TOHMA, Yoshimasa TSUWAKO, Makoto FUJII,

Katsunori SHIMIZU and Tetsuro HORI

Abstract

Worldwide attention has recently come to focus on the Earth's Boundless supply of deep seawater whose rich nutrition, low temperature and extreme purity imbues it with high potential. This paper describes the construction of deep seawater intake facilities in Okinawa.

Key Words: Deep seawater, Reel-barge method, High-density polyethylene pipe armored with steel wire .

1. はじめに

海洋深層水とは、太陽光線が届かず植物プランクトンの光合成が不可能な概ね深度 200 m 以深にある海水を意味している。

この海洋深層水は、「低温安定性（水温が低く周年安定）」、「富栄養性（植物の生長に必要な無機栄養塩類を豊富に含む）」、「清浄性（人工汚染物や病原菌が少ない）」の他、最近では、「熟成性（水圧 20 気圧以上の高圧下で長い年月をかけて地球を循環）」、「ミネラル特性（カルシウム、鉄、亜鉛、ナトリウムなど生物が生きていく上で必要な必須微量元素やミネラルがバランスよく含まれる）」等の特性を有しており、再生循環型の資源として期待されている。

ここでは、深層水取水施設を中心に構造型式及びその敷設工法について以下に説明する。

2. 施工事例（久米島海洋深層水研究施設）

(1) 事業概要

現在、沖縄県久米島で建設中である海洋深層水研究施設は、深層水の取水深度が水深 600 m、最大取水量は深層水 65,000 t/日 × 2 系統 = 13,000 t/

日、表層水 13,000 t/日（1 系統）で計画しており、完成時には国内最大規模の研究施設となる予定である。完成時のイメージパースを図-1 に示す。また、久米島は、平均気温が 25℃を超える亜熱帯地域に属し、深層水の 4 大特性の一つである低温性を最大限に活用することを特色とする施設であり、水産増養殖をはじめ、野菜栽培、健康食品、冷房、リゾート等深層水の事業化に向けて多目的・多段式利用の研究を行う施設を建設中である。

(2) 水質特性

図-2 に久米島周辺海域の表層水（水深 5 m）と深層水（600 m）との水質特性を示す。今回取水予定位置での深層水は表層水に比べて、低温・富栄養かつ清浄で有ることが分かる。

(3) 取・放水施設構造諸元

(a) 管材料の選定

取・放水管の管路仕様は、表-1 に示す通りである。深層水取水管路は、海象条件、海底地形及び施工時の荷重条件等の影響を考慮し、図-3 に示す 3 形式を選定した。取水ピットから護岸部を貫通する水平ボーリング部管材料は、本管とサヤ管の間にモ

¹ 沖縄県企画開発部（〒900-8570 沖縄県那覇市泉崎一丁目 2 番 2 号）

² 清水建設(株)エンジニアリング事業本部環境エンジニアリング部（〒105-8007 東京都港区芝浦一丁目2-3シーパンスS館）



図-1 久米島海洋深層水研究施設イメージパース

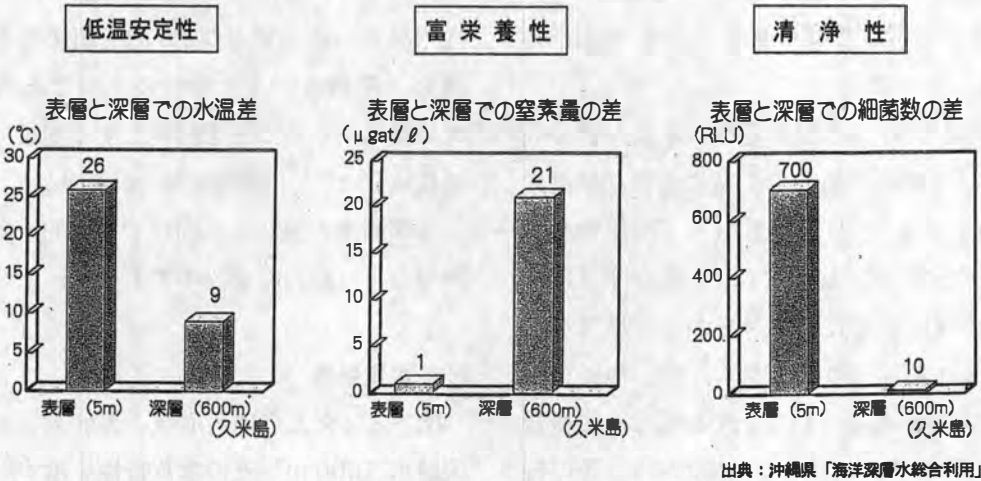


図-2 水質特性

表-1 取・放水管の管路仕様

	最大取 放水量 (t/日)	取放水 深度 (m)	取放水 温度 (°C)	管路延長 (m)		管外径 (管内径) (mm)	管材料
深層水取水	13,000	600	9	2,527	55	450 (380.2)	硬質ポリエチレン管 (水平ボーリング部)
						450 (380.2)	鋼帯鍍装硬質ポリエチレン管 (リーフ部)
					1,920	350 (280)	鉄線鍍装硬質ポリエチレン管 (海中部)
表層水取水	13,000	15	28	643		(504)	硬質ポリエチレン管
放 水	26,000	25	—	642		800 (720)	硬質ポリエチレン管

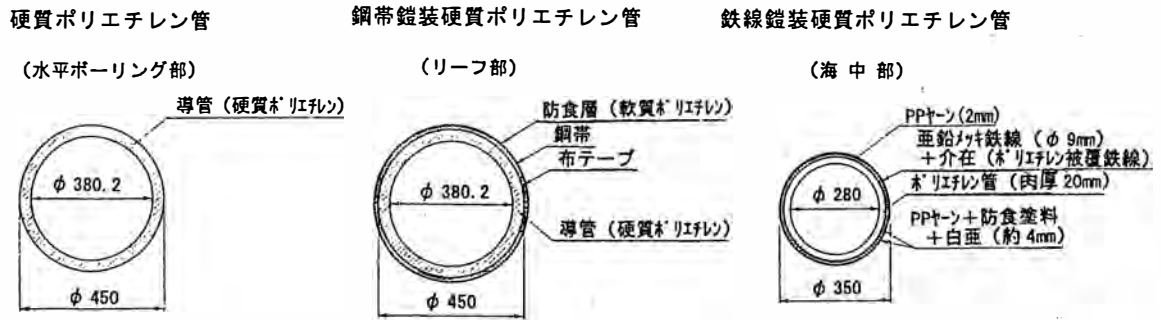


図-3 深層水取水管の管断面仕様

ルタル注入を行うことで完成後も外傷のおそれがないため鍍装のない硬質ポリエチレン管を採用した。次に、リーフ部管材料は管敷設後、管防護のために埋戻し土を投入したり、コンクリートを打設するためポリエチレン本管に損傷を与えるおそれが生じた。そのため、リーフ部管材料は管外周に鋼帯を鍍装した鋼帯鍍装硬質ポリエチレン管を選定した。また、海中部管材料では、起伏の多い海底地形に可能な限り追従できる可撓性を有し、かつ所定の通水性能を確保できる管断面形状を保持し、さらに、施工時及び完成後に生じる軸方向力（波力、潮流力、海底地形から生じる自重等）に十分耐える強度が要求された。そのため、ポリエチレン本管外周を鉄線で覆った鉄線鍍装硬質ポリエチレン管を用いた。

(b) 掘削及び管防護工

取水ピットから護岸前面に設けた到達立坑までは、高精度で一般土から岩地盤まで掘削できる泥土圧式オーガー掘削推進工法（アイアンモール）により水平ボーリングを行った。到達立坑から、接続点（レジュースー設置部）（沖合約 500 m、水深 ± 0 m）迄は、バックホウによるトレンチ掘削、それより沖合い水深 50 m までは、水中バックホウ、バックホウ台船、グラブ浚渫船によりトレンチ掘削を行った。地盤は非常に硬質な琉球石灰岩（一軸圧縮強度：60 MPa 以上）であったため作業は困難を極め、ジャイアントブレイカー及び砕岩棒等で砕きながらトレンチ掘削を行った。

管防護工は、台風等の波力および潮流等の影響を考慮して水深 50 m まで実施し、それ以深については、影響が少ないため、管を自然着底とした。まず、洗掘防止工（沖合い 200 m 付近）までの防護は、

現地発生土によるトレンチ内埋め戻し、表面を被覆石または間詰めコンクリートでカバーする方式で行い、また、それ以深 50 m までは水中コンクリート及びファブリコンクリートを用い管防護を行った。図-4 及び 5 に取・放水管施設全体平面図及び設置断面図を示す。

(c) 取水方法

深層水の取水方式として、陸上部にある取水ピット内ポンプ取水位置を海面から約 3 m 程度下げ、この高低差によりサイホンの原理を利用し所定の水量をポンプ揚水することとした。また、取水管路はエア溜まりができないよう取水ピット（DL-3、2 m）から取水口先端（-600 m）まで、沖合いに向けて水平及び負の片勾配になるようにトレンチ掘削及び管敷設を行った。さらに、深層水取水管路は管路のどの位置においても限界吸込み水頭以下であることを確認した。

(4) 深層水取水管敷設方法

深層水取水管敷設は、海象条件及び工程を考慮してリーフ部と海中部とで異なる 2 種類の敷設方法で実地した。

リーフ部は工場で 10 m 単管に製作した鋼帯鍍装管を貨物船で搬入した。次に、現地の岸壁ヤードでバット融着機を用いて単管 5 本と両端にツバ付き短管（フランジ）2 本を融着し 50 m 長管とした。この 50 m 長管を岸壁ヤードから吊り降ろし、管の浮力を利用し浮かしながら作業船で現地に曳航し、管内の空気と海水を置換しながら管沈設を行った。最後にダイバー作業で 50 m 長管毎にフランジ接合を行い管を一体化した。フランジ部は十分な気密性

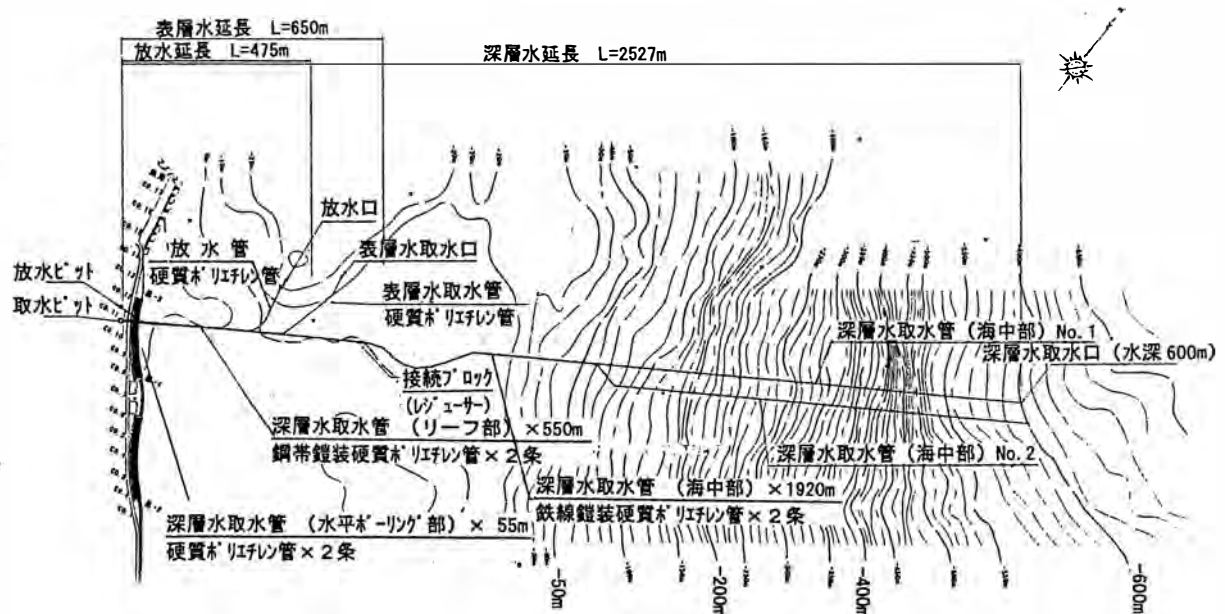
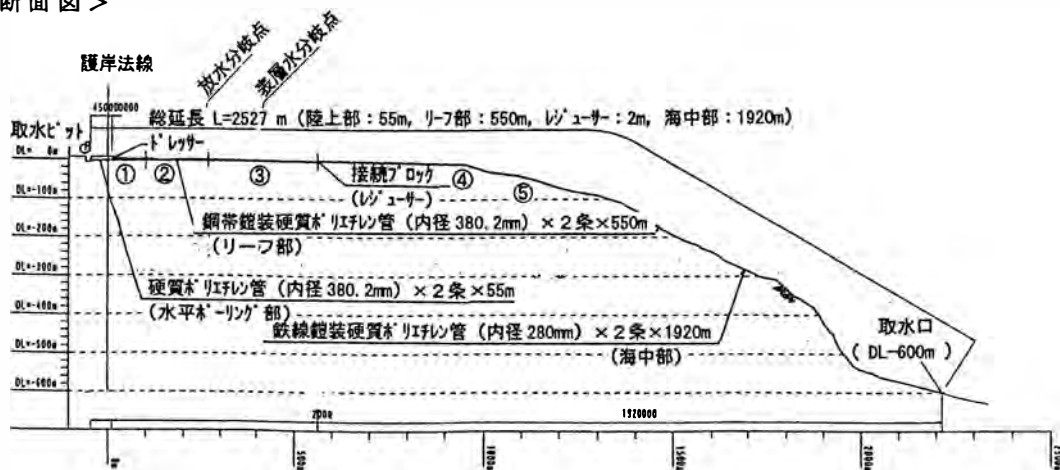


図-4 深層水・表層水取水および放水施設全体平面図

< 断面図 >



< 標準断面図 >

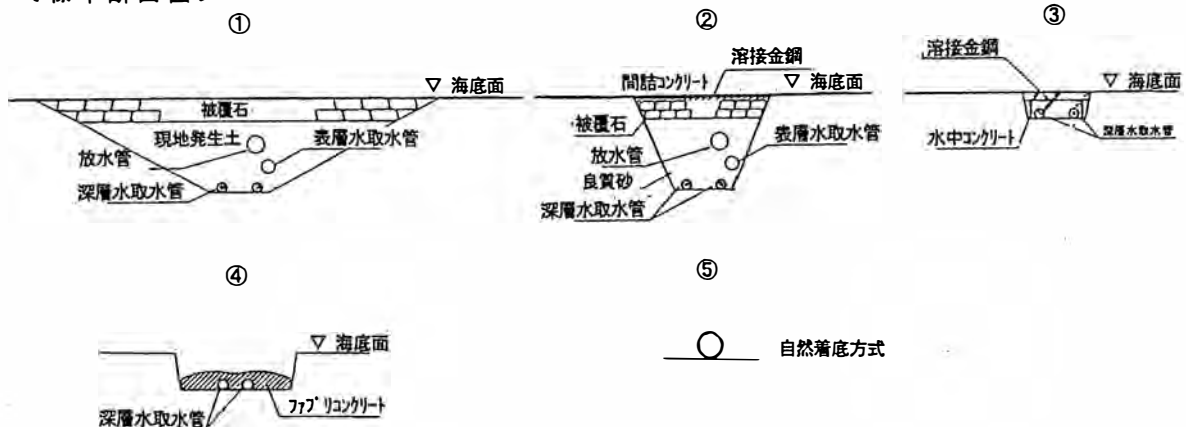


図-5 深層水・表層水取水および放水施設設置断面図

を持たせるため更に、コンクリートブロックで防護を行った。

海中部は極力短工期で仕上げるために、鉄線鍍装管硬質ポリエチレン管 1,920 m を工場で 1 本もの

に仕上げターンテーブルに巻き込んだ。この管を10,000トンリールバージ船で現地に曳航し、アンカー法によるリールバージ工法を採用し、1998年

6月13日より2日/条×2条+2（段取り替え）＝6日の短工期で敷設を完了した。図-6、7及び8に敷設手順を示すが、第1日目は、台船を沖合い

- ①敷設台船を沿岸部に仮係留し、敷設台船と接続ブロック間に管引込みワイヤーを配置する。
- ②管にチューブ・ブイを取付け、浮遊した状態で管を海面上に引出し、管末端が接続ブロック位置まで来るよう管の送り出しを行い、管末端フランジとレジャーとをボルト接合する。
- ③ダイバー誘導で、管敷設位置を調整しつつ、チューブ・ブイを取外し、管を掘削トレンチ内に沈設させる。

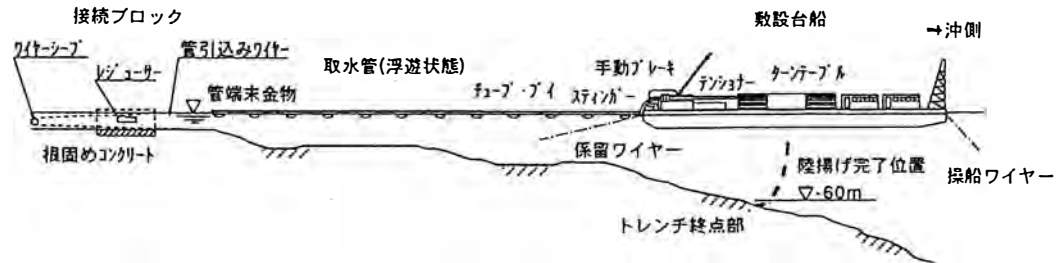


図-6 陸揚げ

- ④敷設方法はアンカー法によるリールバージ工法で行うもので、事前に所定敷設ラインに配置された操船ワイヤーを船尾側ウィンチで巻取りながら、テンショナーを用いて順次管を送出していく。
- ⑤計画水深-400m地点以降の敷設に対しては、管の制動性能を向上させるため、添えワイヤーを取付け30tウィンチで制御する。

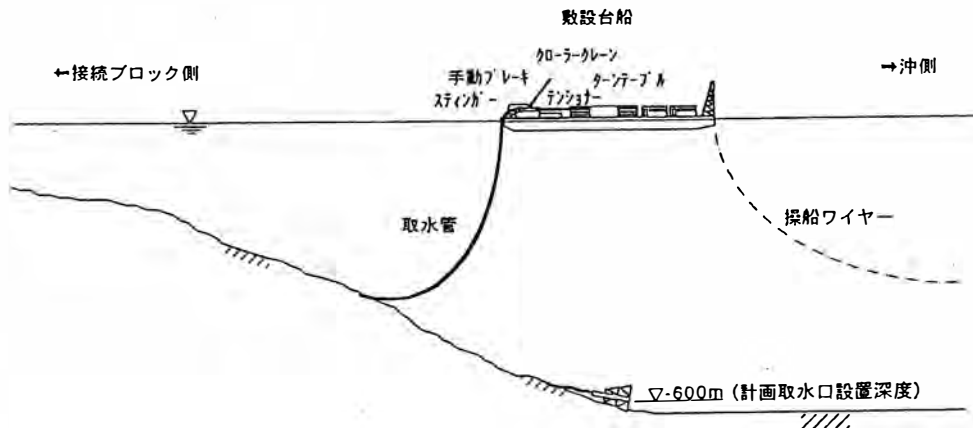


図-7 本敷設

- ⑥取水管の所定長の送出し完了に伴い取水口の沈設作業に移る。
- ⑦取水管管端に取水口を取付け、クローラークレーンを用いて海面上まで徐々に吊降して行く。
- ⑧取水口荷重を取水口吊降しワイヤー（150tウィンチ）に盛替え、敷設台船の海側シフトに合わせ、順次巻出し、取水口を沈設させて行く。
- ⑨トランスポンダーで予定水深にあることを確認し、自動切離し装置を作動させ、敷設作業が完了となる。

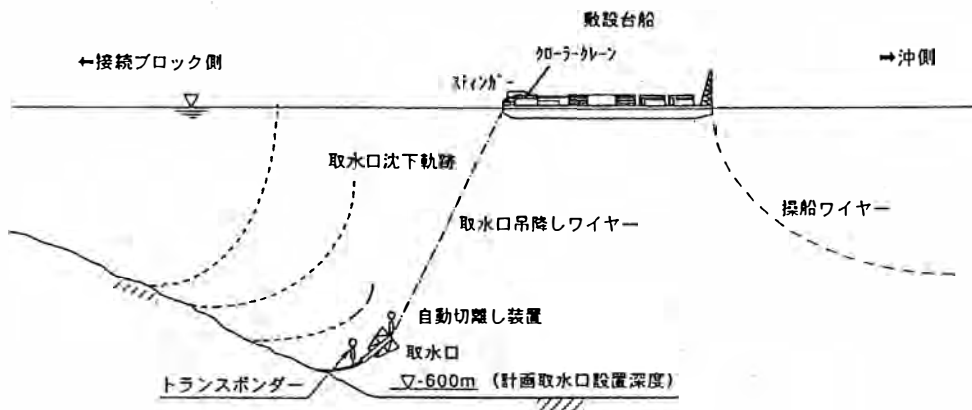


図-8 取水口沈設

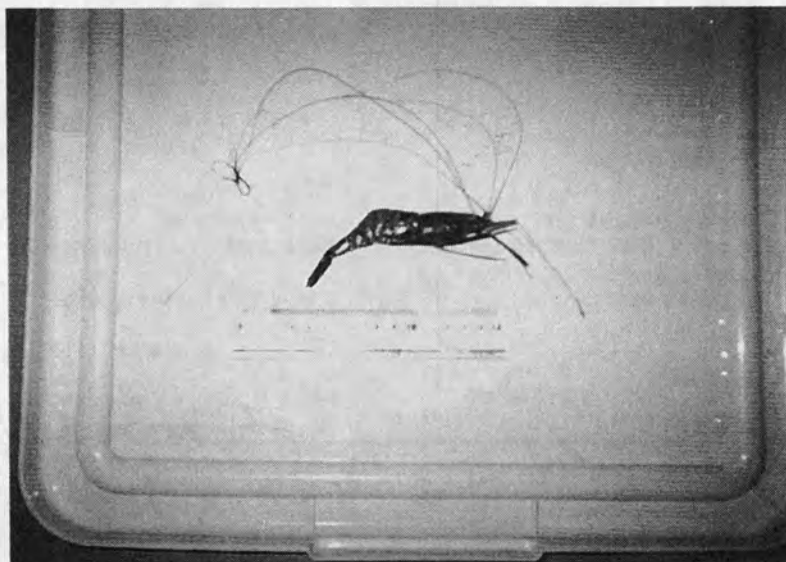


写真-1 水深 600 m 深層水取水管路のストレーナーで捕獲された深海の甲殻類

1,000 m 付近に係留し、管にチューブブイを取付け管陸揚げを行い管先端をレジャーサーに取付け・接続作業を行った。第 2 日目は、台船の操船ワイヤーを船尾ウインチで巻き取りながら、テンショナーを用いて順次管の送り出しを行った。次に、取水口先端が所定位置および計画水深 600 m まで到達したことをトランスポンダー及び水深計で確認し、最後に自動切り離し装置を作動させ作業を終了させた。敷設当日は、風速 15 m/s、波高 2 m 程度のうねりがある悪天候にかかわらず、2 本とも所定位置に問題なく敷設できたことを、作業終了後 ROV (Remote Operated Vehicle) により確認した。

3. おわりに

沖縄海洋深層水総合利用施設は、平成 9 年度から科学技術庁の先導型基盤整備事業として実施されている。

海洋深層水の研究は、1976 年より海洋科学技術センターの水質特性の研究から始まり、産官学の研究体制のもと、実証研究等の成果を踏まえて、高知県、富山県さらに沖縄県へと深層水の技術が移転されてきた。今後も、産官学協力のもとに基盤的研究を進めながら、各々の自治体の地域特性を活かした深層水施設の整備および深層水ビジネスの展開が期待される。

最後に 4 月 17 日総合試運転の際、水深 600 m 深層水取水管路のストレーナーで捕獲された深海の甲殻類（エビ?）を写真-1 に示す。この生物に関しては、海洋生物学者もその消息を確認しており、深海取水を実現している証である。

参考文献

海洋開発ニュース；Vol 27, No. 6 1999 年 11 月号
「科学技術庁における海洋深層水利用の経緯と今後の展開」

(2000. 2. 29 受付)