

ニューシートピア計画

—300m実海域実験概要報告—

潜水技術部 金田 英彦
Hidehiko Kanata
青木 昱
Akira Aoki

1. はじめに

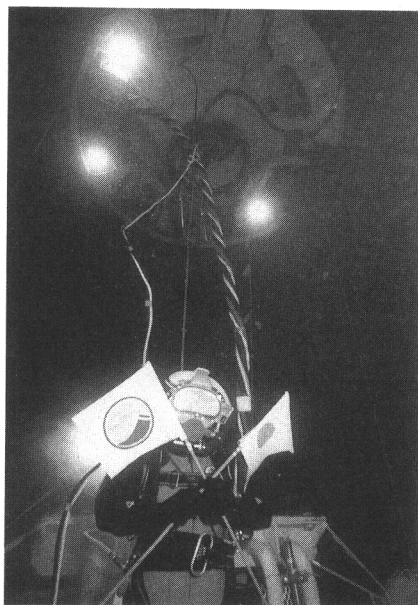
豊かな資源をもつ海洋の開発利用を図ることは、人類にとって緊急の重要課題であるが、そのためには人間が直接海中で作業を行うことを可能にする有人潜水技術の開発が必要不可欠である。

人間が水に入り、水浴し、生活の糧として水中の獲物を狩るようになったのは、極めて古くからのことである。中国では真珠とりが4000年、日本ではアワビとりが2000年以前から行われていた記録がある。

しかし、現在のように自給式または、他給気式の潜水器を使った潜水技術は18世紀に入ってから急速に発展したといわれている。

1957年米海軍のボン博士により飽和潜水法の理論が打ち立てられ、1962年スイスのEd. Linkが200フィート、24時間の飽和潜水に成功した。これ以来、海底石油生産のニーズともあいまって、飽和潜水技術も急速に発展し、フランス、米国、ノルウェー、西ドイツなどの諸国が先駆者となり開発研究を推進し、今日では実験的には約600m、実用作業深度としては300mの潜水が可能となった。

我が国においてもその研究開発の重要性が認識され、100m潜水技術の開発を目指したシートピア計画が昭和46年度より始まり、昭和50年度に水深100mの実験に成功した。ニューシートピア計画はこの成果を基に、さらに300m潜水技術の研究開発を目的として、昭和57年度より実施してきた。昨年7月には静岡県初島沖の水深



写真—1 水深300mの海底に降りたったダイバー
(上に見えるのが水中エレベーター SDC)

300 m の実海域において飽和潜水実海域実験に成功し、多くの成果を得ることができ、ほぼ 300 m 潜水技術が確立したといえる。ここにその結果並びに主なる研究成果の概要を紹介する。

2. 300 m 潜水技術開発

(ニューシートピア計画) の概要

前述のとおり、本計画は 300 m までの潜水技術を確立することを目標として実施しているものである。潜水作業のニーズは、海底石油掘削、海洋構造物設置、海底パイプラインの保守点検等の海洋工事の増加に伴いますます増大してきており、また、要求される潜水深度はより深いもの、潜水時間もより長いものになってきている。例えば、欧米では北海の例にみるごとく、その開発は非常に活況を呈し、その経済的・技術的なインパクトも非常に大きなものとなっており、水深も 300 m を超えて、500 m が新たな目標となりつつある。我が国においても石油審議会の「第 6 次国内石油、天然ガス資源開発 5 ヶ年計画」の答申によれば、昭和 58 年度の 26 万 kl の海底石油・ガスの生産量に対し、65 年度には埋蔵量 1 500 万 Kl の石油・ガスを発見し、御前崎沖の水深 469 m を最深として、次々と大深度の試掘が実施されており、早急に大陸棚と称される水深 300 m までの潜水技術の確立を図る必要がある。

しかし、人間が直接海中に潜って調査研究や作業を行うには非常に多くの困難と危険を伴う。当然、水深 50 m 以深の潜水作業を長時間行うためにはヘリウム・酸素混合ガスを用いた飽和潜水法を用いることになるが、高圧ヘリウム・酸素混合ガス環境下で発生する高圧神経症候群 (HPNS) の問題、ダイバーの潜水作業中の作業能力低下の問題、ダイバー作業中の生理的モニタリング及び警報など、これらの深海潜水に伴う諸問題を解決し、安全性及び信頼性を兼ね備えた実用技術とし

て体系化させることを目的として、推進しているもので、その主なものは次のとおりである。

(1) ソフト関係

次の基準類を整備する。

① 加減圧表;これは 300 m 深度までの飽和潜水における加減圧を安全及び効率的に行うために必要不可欠なものである。

② 潜水障害治療表;この表は潜水障害発生に際しての治療基準を示すものである。

③ 健康管理手法;高圧環境下滞在中の健康管理のための方法及び判断基準についてとりまとめたものである。

④ ダイバー選抜基準;飽和潜水に適格なダイバーを選抜する際に、その判定基準とするもので、身体検査の要領、心理適性検査等について明確にしたものである。

(2) ハード関係

飽和潜水を実施するために必要な基本システムである飽和潜水装置、潜水呼吸装置及び各種支援装置について、それぞれの構成、必要性能、保守・整備要領等を実証するものである。

① 飽和潜水装置;基本構成は SDC, DDC 及び環境制御装置(含むガス供給装置)である。これらの装置類について基本性能設計・製造・検査等の各基準を明らかにする。

② 潜水呼吸装置等;ダイバーが装備する常用潜水呼吸装置、非常用呼吸装置及び各種用具について、その要求性能、装備基準について明らかにする。

(3) オペレーション関係

装置等のオペレーション上必要となる各種の安全基準、要領(マニュアル)及び操作手順等が整備される必要がある。

① 基準類;オペレーション上必要とされるものとしては安全基準(全搬)、管制基準(圧力制御、環境制御、潜水ガス組成)、潜水作業基準(水中作業、高圧環境居住、ダイバー装備、

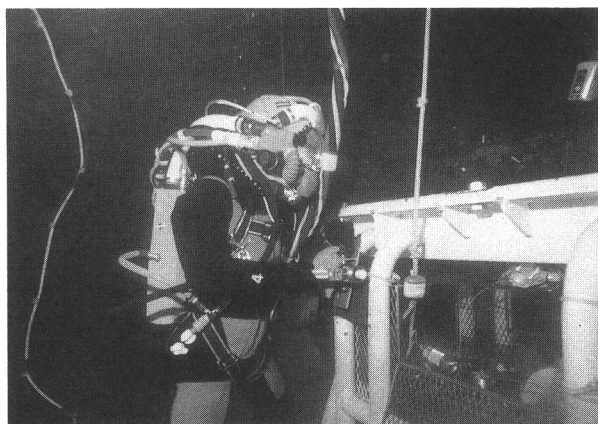
各種モニタリング), 整備点検基準, 準備物件の基準, 定点保持装置等の運用基準等がある。

② 要領書(マニュアル)類;潜水作業全般についての基本的事項(計画立案, 教育訓練, 準備作業, 潜水作業, 復旧作業)について規定する運用マニュアル, その他主要業務(管制業務, 定点保持・作業点移動, 運用作業等)について規定する要領書等がある。また, 緊急事態に対応する処置を定めた緊急処置要領の整備が重要である。

③ 操作手順書類;オペレーションを安全・確実・迅速かつ有効に実施して行く上で, 全体システム及び各主要構成装置について, その操作手順を明確にする手順書を整備する。

3. 実海域実験の経緯

実海域実験は有人シミュレーション実験で検証された飽和潜水技術, 健康管理手法等を用いて, 表一に示すとおり, 海中作業実験船「かいよう」が建造された昭和60年度から開始した。本実験ではその安全性を考慮して, 機器装置の性能確認及び, オペレータの練度向上を目的とした総合無人試験, ダイバーが高気圧環境下で生活し機器操作練度の向上を目的とする予備実海域実験を経た後, ダイバーが実際の海中にロックアウトする実



写真一2 シンカー近傍にて海水圧工具を用いて作業するダイバー

海域実験と3段階の手順を60m, 100m, 200m, 300mと順次深度を増して段階的に推進し, 昨年7月, ついに300m水深における実海域実験に成功するに至った。

4. 300m 実海域実験の研究成果概要

本実験は7月9日から開始し, 6名のダイバーを約200時間水深295m相当圧下に居住させ, その間合計10回のロックアウト潜水(300m)を行い, その合計潜水時間は19時間23分にわたった。その研究成果の主なもの次は次のとおりである。

(1) 実用飽和潜水の制御技術に関する研究

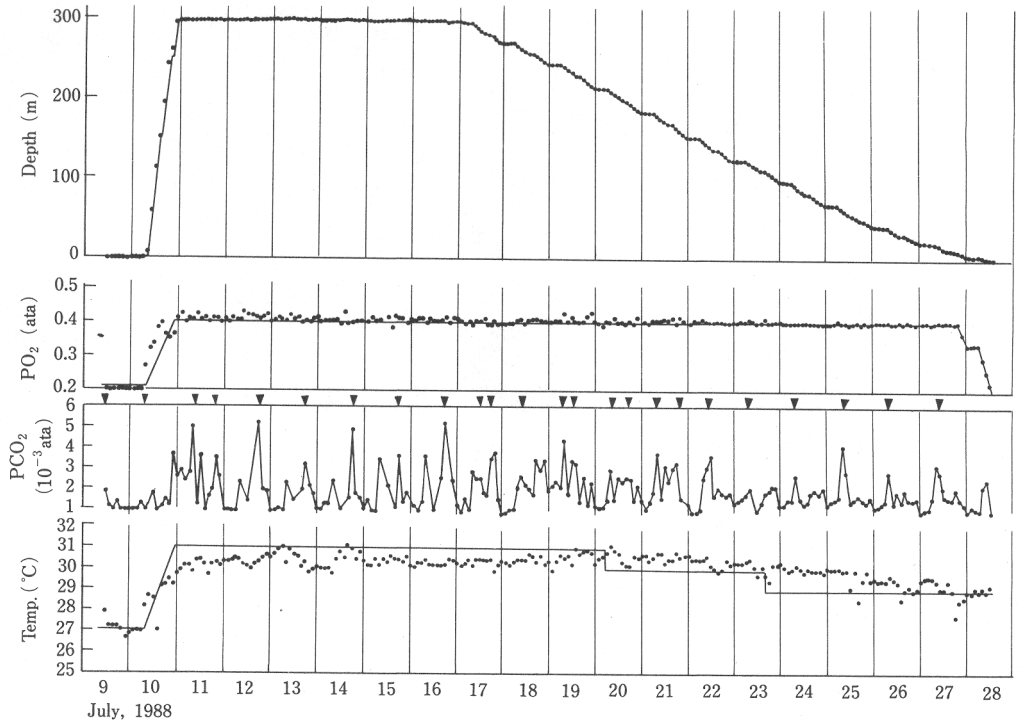
図一1に示すとおり, 圧力制御については過去の実験で得られた成果を基に, 加減圧につき0~6.7m(空気)を手動加圧, 6.7m~295m(He, 加圧, O₂添加)を自動加圧, 295m保圧を自動, 295m~0mを手動減圧を行い, 全域において良好な加圧, 減圧の制御が実施できることを確認した。なお, 圧力制御精度は計画値の±0.1m以内で制御させることができた。

(2) 実用飽和潜水手法の研究

SDCからダイバーがロックアウト, ロックイ

表一 ニューシートピア計画 海域実験経過

項目	年度	~59	60	61	62	63
海中作業実験船「かいよう」建造		→				
ニューシートピア計画	運用訓練		↔	↔		
	総合無人試験		60m/100m ↔	200m/300m ↔		
	予備実海域実験		60m ↔	100m ↔	200m ↔	300m ↔
	実海域実験		60m ↔	100m ↔	60m/100m ↔ 200m	300m ↔



(注) ▼印は炭酸ガス吸収剤交換時期を示す。

図-1 300 m 実海域実験 DDC 環境コントロール記録

ンする際の潜水準備及び復旧のための時間短縮を図るために、補助用具の使用策を検討し、その有効性が確認できた。DDC 内の居住性については狭隘であるとの意見もあるが、全体的には安全な長期居住が可能なものとなっていると考えられる。

(3) 運用に関する研究

オペレーションは全般的にみて円滑に予定どおり実施された。その組織編成、配員については本実験でその適正なることが実証された。また、各種制御装置、支援装置についての操作法・手順についてもその適正なることが実証された。

(4) 潜水装置の性能に関する調査

SDC 内温度制御とダイバー保温との関係を把握することができた。また、水中での SDC の温水供給停止後の温度低下についてのデータを得た。このデータは今後の緊急時の対応においての

許容時間の目安となるものである。

(5) 定点保持に関する調査

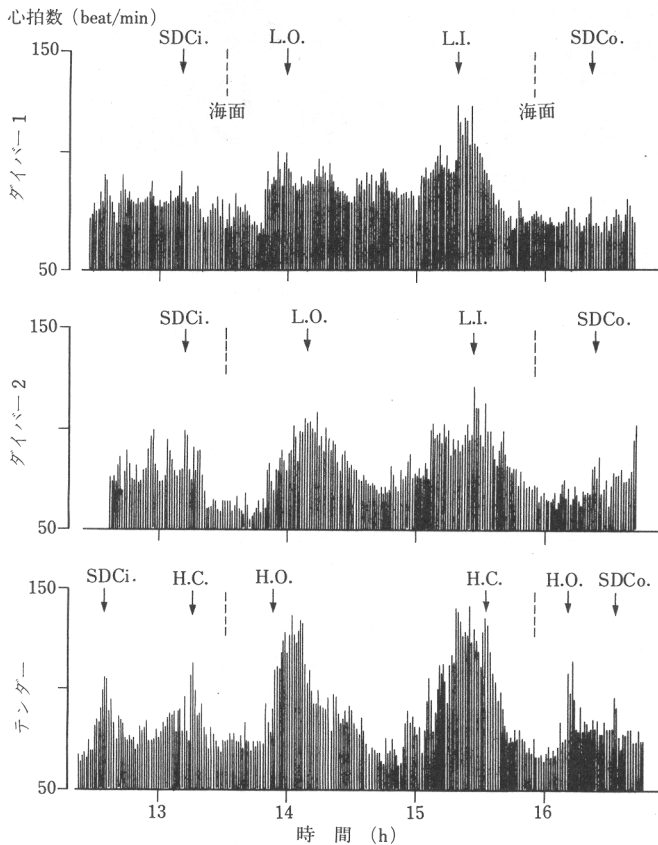
海中作業実験船「かいよう」の水深 300 m 海域における自動船位保持装置 (DPS) を用いての定点保持能力は、潮流 0.5 ノット以下で風速 8 m/sec 以下の場合には半径 5 m の円内以内であり、安定した船位を保っていることが確認された。

(6) 水中作業に関する研究

当センターで開発した海水圧工具 (ドリル、ワイヤーブラシ、カッター等) を用いて模擬作業を行い水深 300 m 下での作動を確認し、実用可能なことを確かめた。また、くい打作業及び距離測定作業時等を含めて、ダイバーの心拍数を測定したが、そのほとんどは 120 ビート/min 以下であり、最大下作業の 50% 位であった。(図-2 参照)

(7) モニタリングに関する研究

ダイバーのバイタルサインのモニタリングにつ



図—2 深度 300 m ロックアウト潜水作業における心拍数の変化
 (昭和 63 年 7 月 16 日午後、熱海初島沖—実海域実験)
 SDCi: SDC への移乗 SDCo: SDC から移降
 LO: ロックアウト LI: ロックイン
 HC: 内部ハッチ閉鎖 HO: 内部ハッチ開放

いては夜間就寝中の心電図による測定については正常に問題なく記録することができた。

(8) 大循環式潜水呼吸装置の性能確認

システムの総合作動は良好であり、300 m 深度

での使用に支障のないことが確認された。潜水呼吸ガスの組成についても正常であり問題点は無かった。

(9) 深々度非常呼吸装置 (SLS) の性能確認

300 m 相当圧下での作動確認を行った。結果は性能上、特に問題なく、300 m 深度において 25 分以上の水中活動が可能ことが実証された。この時間はダイバーが SDC に戻るために十分な時間である。

5. おわりに

300 m までの実海域実験により 300 m 潜水技術の確立に必要な基本的事項については、実証段階を終了することができた。これらの各種データを基に、先に述べた各種基準の策定等をはじめとする 300 m 潜水技術の体系化を行うと共に、さらに、実用技術としての内容を向上させるための水中作業の効率向上対策、水中移動、長期連続居住等の技術についての実験を進めることとしている。これらの成果は人間の海中活動を大幅に拡大し、かつ、安全性を向上させるものと期待している。