

●シンポジウム

日本の科学潜水の現状と
海洋科学技術センターの取り組みについて

岡本峰雄*

海洋研究者の行うダイビングの実態について調査し、科学潜水ネットワークのデータベースに345名の研究者を登録した。ここには大学生や大学院生は含んでおらず、科学潜水の裾野はさらに広い。研究者がダイビングを行ううえでの問題点をアンケートにより調べた結果、安全管理システム、ダイビング支援体制、科学潜水者研修システム構築、などの要望が約半数の研究者から寄せられ、潜水装備や調査機材に関するものはるかに越えていた。

海洋科学技術センターでは、この実態を背景に、海中研究ハンドブック（マニュアル）作成、より安全な減圧表の開発、スクーバ潜水中の呼吸動態計測装置による科学潜水時の負荷計測、潜水後の高所移動の実態調査、等により科学潜水の安全性向上を目的とした研究開発を進めている。また呼吸器の性能評価装置、窒素・酸素飽和潜水の減圧表開発、飽和潜水用環境制御装置、高圧下での電気の安全な使用法など、今後の科学潜水を支えるための基礎研究を行っている。また実海域では、サンゴ礁生態系研究を開始し、石西珊瑚（石垣島と西表島との広大なサンゴ礁海域）において、そこに分布するサンゴをはじめとする生物群集の構造解明や環境変動に対する生態系の反応などの研究を進めている。またこうしたモデル海域を地球環境変動の生物指標とするため、米国フロリダのキーラルゴを定点として研究を開始し、今後オーストラリア、インドネシアにも展開する計画である。

1. はじめに

広大な海洋は、航路、生物生産の場、陸域からの負荷の浄化、レジャーの場として人類活動と密接に結びついているほか、多くの生物の生息場、大気中の炭酸ガスの吸収・放出、台風などの気候に与える影響、津波などの自然災害そして水位変動により陸域面積に変化を与える等、制御困難な機能も有している。

この中で、さまざまな生物を育む機能は、太陽の光を利用した基礎生産（光合成）が全ての基礎となっている。海洋の基礎生産は、その8%程度の面積しかない沿岸海域が35%程度を担っているとの試算があり、これは海藻類（海草）サンゴ（体内に共生する微細藻類により植物と同様に光合成を行う）そして植物プランクトンとによるものである。地形的には藻場やサンゴ礁と呼ばれる水深50m以浅と沿岸湧昇域が中心となる。藻場やサンゴ礁には多数の生物がさまざまな生活史段階で生息し、種内・種間の相互作用や、個体・種・群によって環境変動に反応して異なった行動を行い、全体として極めて複雑かつ変化に富んだ状態で存在する。こうした場所における生物とそれを取り巻く環境の営みを生態系と呼び、その状態は多様性やカオスと表現され、複雑かつ常動性を有している。

サンゴ礁や藻場に代表される浅海域生態系の研究においては、陸上と同様、研究者が対象を正確に認識し、共通性と特異性を知り、必要な調査計測手段をデザインし、必要な期間そして空間を対象に調査研究するプロセスが必要である。この調査段階の多くでダイビングが必要不可欠な手段となっている。この調査研究のためのダイビングを一般にサイエンティフィックダイビング、それを

*海洋科学技術センター

行う研究者をサイエンティフィックダイバーと呼んでいる。この分野に関する適切な日本語がないため、科学者の行う潜水という意味で、科学潜水という言葉を用いている。

海洋科学技術センターは、創設された1971年以降、ヘリウム・酸素を用いた大深度飽和潜水に関する研究開発を進めてきた^{1,2)}。現在、水深300mまでの範囲であれば安全確実に長時間の潜水作業を行うことは何ら問題無いとの開発レベルに達し、しかも単なるダイビングでなく、DPS（動的船位保持装置）装備潜水支援船、無人潜水機、クレーン、ダイバーを有機的に運用して構造物の構築や保守管理を行うのに必要な総合技術のデモンストラーションまでも完了している。1993年からは、潜水技術研究の目的を、従来の「海洋開発のための基盤技術」という位置づけから、研究者が海中研究を行うための「海中研究を支援する技術」とし、窒素・酸素飽和潜水に関する研究開発、より安全な短時間潜水減圧表の開発、将来の海中研究室を実現するための重要な基礎技術の研究開発を進める一方、それらを活用してサンゴ礁生態系の変動機構解明研究を推進している。

本稿では、日本の科学潜水の現状と、海洋科学技術センターの科学潜水への取り組みについて概要を述べてみたい。

2. 日本の科学潜水の現状と問題点

海洋研究分野に、海洋開発のために開発した大深度飽和潜水技術をそのまま活用できるものか、また海中研究室のように浅海域を対象にした潜水技術の研究ニーズがあるものかまた研究者の行っている潜水の現状と問題点は如何なるものか。こうした三項目を明確にするために、海洋研究者へのアンケート調査と聞き取り調査、科学潜水者の抽出及び研究者のダイビングの現状と問題点に関するアンケート調査を行った。調査方法と結果の概要は次のようであった。

(1) 海洋研究の現状を知るためのアンケート調査

国内の沿岸海域に関する研究者の中から任意に169名を選び、海洋研究の現状を知るためのアンケート調査を行った³⁾。その一環として、研究のうえでのダイビングとの関わりについて調査した。対象者の所属は、大学104名、国立研究所35名（う

ち22名は農水省）、県立研究所10名、その他20名であった。

アンケートの回答は、169名のうち119名から寄せられた。そのうち43%の51名がスクーバ潜水の経験者であった。また回答者の所属する機関で、潜水の実施に対して指導や規制の有無については、119名のうち88名が回答し、48%の42人はそうしたことが行われていると答えた。しかし、残りの52%の46人は無しと答えている。他の海中技術については、23名（19%）がROV、15名（13%）が潜水艇の利用経験を有していた。

(2) 海洋研究のための基盤技術に関する聞き取り調査

アンケート調査対象者から54名を選び、海洋科学技術センターの沿岸海洋研究の方向性を調べるための聞き取り調査を行った。対象者は、地域的に全国を包括し、なおかつ多岐の研究分野にわたるよう選定した。内訳は大学31名、国立研究所14名（うち9名は農水省）、県立研究所2名、その他7名であった。その一環として、大深度有人潜水の活用法、浅海海中研究室の構想、の2項目について研究上のニーズや利用にあたっての問題点等の意見を求めた。結果の概要を次に示す。なお調査対象者54名のうち29名が、何らかの潜水経験を有していた。

A. 大深度飽和潜水技術の海洋研究への利用について

研究者にとって海中アクセスの実態はスクーバ潜水までであり、大深度飽和潜水については実際に利用するイメージを抱くこと自体が困難であった。この事と飽和潜水の技術的な実態の両面から検討した結果、大深度潜水を海中研究に用いるには、次のような問題点のあることが示された。

(a) 大深度飽和潜水を行うために特殊な訓練・教育・健康管理などが必要で、一般の研究者には対応が困難。

(b) 飽和潜水を行うための拘束日数が、実際の海中活動を行う期間に比較して長すぎる。

(c) ヘリウム・酸素環境下では、研究室・実験室で用いているコンピュータ・計測器・分析装置等を利用することができず、外部との情報交換も制約を受ける。

(d) ヘリウム・酸素の環境下では、快適温度帯が

狭い、高温多湿、ヘリウムボイスにより会話が困難、狭隘閉鎖空間での団体生活、娯楽の制限、等による不快感がある。

B. 浅海海中研究室の構想について

米国の海中研究室アクエリアスを例にとり、窒素・酸素飽和潜水によって、水深50mくらいまでの海中活動が自由になった場合の研究面での意義、実際の研究課題として想定される内容、新しい施設を建造する際に要求される性能や機能などを調査した。

海中研究室構想については、40名からコメントがあった。この意義として、「研究者が研究対象を直接ながめて計測することで従来の研究の限界を打破できる」との意見が37名から示された。その他、機能に関しての要望、教育施設としての利用など、34名から多くのコメントが得られた。

施設が実現した場合の利用に関する回答は、36名がぜひ活用したい、5名が安全性が確保されれば使いたい、興味あり10名で、54名のうち51名から積極的な意見が得られた。研究課題は、海洋生物学関係がもっとも多く、水深20m程度の浅い海域においても未解明分野の多いことが示された。また荒天時や夜間に海底で起きている現象についても、従来手法では調査さえ困難なことから大きな感心の対象となっていることがわかった。

(3) 科学潜水ネットワーク

以上の2種の調査の結果、ダイビングは研究の重要な手段として利用されており、また新しい潜水技術の利用によって海洋研究が飛躍的に発展する可能性も示唆された。そこで海洋科学技術センターの研究の方向性を、海洋研究者のニーズに合わせ、また開発した最新の潜水技術を研究者（以後、科学潜水者）への紹介・普及することも配慮し、平成7年度に科学潜水研究会を設置した。研究会のメンバーは、全国の大学・国立研究所に所属する16名とした。

科学潜水研究会の活動の一環として、全国の研究機関等に所属している科学潜水者の抽出を行い、アンケート調査によってダイビングとの関わり、潜水を行ううえでの問題点等について調査を行った。回答者のうち希望者345名を科学潜水ダイバーとしてデータベース化し、以後は毎年、所属などの更新を行っている。平成9年8月時点で集計

した科学潜水者の実態の概要を以下に述べる。

A. 科学潜水者の実態

(a) 所属

科学潜水者の所属は、県の水産試験場や栽培漁業センターが44%を占め、大学が29%、国立水産研究所（国営栽培漁業センター等含む）が16%、国立研究所（準国立も含む）3%、水族館や博物館が5%、民間企業の研究所等の順となっていた。水産関係者の比重が高く、全体の60%を占めていた。

(b) 専門分野

研究分野に関しては、生態学分野の研究が55%、水産増養殖が23%、漁場や幼稚仔保育場造成が5%、資源学5%、化学及び魚病4%、漁獲メカニズム研究が3%であった。

(c) 経験年数

対象者のダイビング経験を5年単位で集計すると、20年目までが15~25%と概ね同率であり、20年目以上から徐々に減少し、35年以上の経験者も含まれていた。

(d) ダイビングの頻度

潜水時間については、1ヶ月に1時間以内が全体の32%を占め、全体の53%は月に数時間以内であった。一方、週に数時間以内と潜水を行っている研究者も全体の40%弱と多く、全体の4%は週に6時間以上と答えている。

(e) ダイビング中に用いる調査機器

ダイビング中に用いる主要な調査器具については、スチールカメラと水中ビデオカメラの組み合わせが46%、スチールカメラ単独が39%であり、これらが大半を占めていた。また割合は低いですが、ROVも併せて用いられていた。

(f) ダイビングの講習

ダイビングを安全に行ううえでは、潜水の実技と安全な潜水法に関する基礎知識の習得が必要である。そうした講習の受講比率は56%であり、民間団体の実技認定証（NAUI, PADI, その他）が44%と最も多く、大学実習（東海大学他）4%、その他8%であった。

B. まとめ

科学潜水ネットワークのデータベースに登録した345名の研究者は、ダイビングを研究のための手段として活用中もしくは活用したことのある経験

者である。この数字には、実際にはかなりの数を占める大学生や大学院生は含んでいないため、科学潜水の裾野はさらに広い。この結果から、ダイビングが重要な研究手法として確実に定着していること、言葉を変えると、スクーバ潜水を行う数十メートル以浅の海中で、未知の研究分野が多数あるという事実が示された。

調査により、研究者がダイビングを行ううえで最も大きな問題点として、安全管理システム、ダイビング支援体制、科学潜水者研修システム構築、などの要望が約半数の研究者から寄せられ、潜水装備や調査機材に関するものはるかに超えていた。科学潜水者の多くが自分自身で安全管理を行っており、そこに何らかの組織的な支援を希望している現状が明確になった。レジャーダイバーにとって、ダイビングに多額の費用をかけることは趣味の一環である。しかし研究者のダイビングは、あくまで手段である。こうした観点から、科学潜水をより容易かつ安全に行うための研究開発を行い、海洋研究者の研究領域の拡大に資することは有意義であると考えた。

3. 海洋科学技術センターの科学潜水への取り組み

海洋科学技術センターでは、沿岸海域の利用研究を進めているが、その一環として科学潜水の安全性に関する研究を行ってきた。平成11年度現在、プロジェクト研究「サンゴ礁生態系の変動機構の解明研究」のなかで、潜水は海中研究を支える基盤技術として扱われている。

現在の取り組みは次の5項目に集約される。

- (1) サンゴ礁生態系研究の実施
- (2) 科学潜水ネットワークの構築
- (3) 海中研究ハンドブック作成
- (4) 科学潜水に関するソフトウェアの開発
- (5) 科学潜水に関するハードウェアの開発

(1) サンゴ礁生態系研究の実施

サンゴ礁研究の目的には、過去の歴史の流れの中から、いくつかの主軸があった。大航海時代にはサンゴ礁は航海の障害物として恐れられ、正確な海図を作成することが重要であった。衛星等を用いた正確な地図作成という作業は現在でも続い

ている。サンゴ礁海域の漁場としての価値も重要であり、現在は生物資源の持続的利用という観点から、漁具・漁法、資源管理等の研究が主体となっている。1950年代からはサンゴ礁海域を生物生産（基礎生産）の場として捉える研究が始められ、1992年のリオデジャネイロでの地球サミットを契機とし、マングローブやサンゴによって営まれる生態系の保護・合理的利用そして開発について世界規模で対処しようという機運が生じた。こうした動き以外でも、地球温暖化に対するサンゴ礁の役割、過去の環境履歴、海洋の物質循環における役割、観光資源としての保護等の各種の観点から研究が行われてきた。

海洋科学技術センターでは、サンゴとそれによって営まれるサンゴ礁生態系を生物的な観点から捉える研究を推進している⁵⁷⁾。ここではサンゴ礁生態系を、グローバルそして局所的な環境変動に対する生物指標として考え、過去5年間に亘って日本最大のサンゴ礁海域である石西礁湖（石垣島と西表島の間、25×20km）を主対象として研究を進めてきた。こうした大きなスケールでサンゴ、プランクトン、魚類などの生物を定量化し、その変動に関与する水質や流動等の物理・化学・生物的な諸要因をあわせてデータセットとし、その長期的変動を明確化しようとしている。この面積は地球規模の海洋・大気の変動シミュレーションに利用可能なスケールである。併せて典型的な場所（パッチリーフ）にモニタリングステーションを設け、生態系の構造、機能、再生産、健康度、環境変動に対する反応他、さまざまな調査研究を進めている。

研究の流れとしては、サンゴ礁生態系の現状と長期変動の把握、サンゴ骨格に刻まれた過去のサンゴの健康状態と環境諸要因との関わり、それに基づいた将来の生態系変動の予知・予測を目標としている。

またグローバルな観測ネットワーク構築も視野にいれ、海外との研究協力も進めている。米国海洋大気局（NOAA）が、フロリダ州のキーラルゴで運用している海中研究室アクエリアスは、世界唯一の飽和潜水を使った研究施設である。水深15mに滞在する空気飽和で、15～24mの範囲でほぼ自由な海中活動が可能である。1999年7月、海

洋科学技術センターの研究者2名が8日間滞在し、サンゴの昼夜での呼吸計測、サンゴの健康度調査、マイクロボーリング装置を用いたコア採集等の研究活動を行った。

2000年2月には、外国の第一線のサンゴ礁研究者20人と国内の研究者15人を招き、東京で、海洋科学技術センター国際サンゴ礁シンポジウムを開催した。課題は「環境変動の生物指標としてもサンゴ礁生態系の多様性と健康度」であり、参加国は日、仏、米、豪、イスラエル、タイの6カ国で、サンゴ礁に関する生物分野中心の集まりとしては世界最初のものであったと考えている。ここでは、熱帯・亜熱帯に広く分布するサンゴが、地球環境変動の生物指標として敏感な指標として利用できること。既定の事実となっている地球温暖化が、サンゴ礁生態系に与える影響、サンゴ礁自体の防衛行動、人類の生存への影響予測等、活発な発表と討論が行われた。

(2) 科学潜水ネットワークの構築

海洋科学技術センターのサンゴ礁研究は、研究者の自由な海中アクセスを可能とするダイビングに関する研究開発を背景に構築されている。安全な海中研究を支えるための効率的なダイビング、例えば海中研究所などは、研究基盤技術として重要な課題である。この分野の研究成果の普及そして新しい研究分野の適切な方向性を知るためには、国内・国外の関連分野の研究者とその相互交流そして研究協力が不可欠である。現在、ダイビングを研究手段とする国内の研究者を対象に暫定的な科学潜水ネットワークを構築し、情報交換等の場としている。

世界の科学潜水ネットワークには、米国のAAUS (American Academy of Underwater Science)、NOAA、Smithsonian Institution (Scientific Diving Program)、英国のSUT (Society for Underwater Science) のScientific Diving Group等があり、それらとの情報交換も進めている。

(3) 海中研究ハンドブック作成

海洋科学技術センターの潜水技術に関する研究は1971年に始められた。研究成果は多くの技術論文や学術論文を介して公表されてきたが、米国のU.S.Navy Diving ManualやNOAA Diving Manualのような、総論を含めた解説書とはなっていない。

また、解説書としては両マニュアルが世界基準として広く利用されているため、これを越えるものの作成は困難である。

そこで、マニュアルをより専門的にした、研究者向けのハンドブック作成を計画した。本書は海中研究と科学潜水技術の二部構成とし、海洋研究者の指導書として位置づけた。海中研究に関しては、サンゴ礁生態系と藻場生態系に関する世界の第一線の海洋研究者の執筆により、研究論文の手法部分をより強化した内容とした。また科学潜水技術に関しては、海洋研究者が安全な海中活動を行ううえでの指導書となるよう配慮した。

ハンドブックの執筆者は日・仏・米・豪の研究者とし、沖縄県石垣市において、1999年2月と12月に2回の海中研究ワークショップを開催し、掲載内容の調整を行った。ワークショップのなかの研究発表会は、オープンセミナーとして一般に公開した。なおセミナーの研究発表は外国から21件、国内から14件であった。現在、ハンドブックを日米で出版するための作業中である。

(4) 科学潜水に関するソフトウェアの開発

科学潜水者の潜水深度帯は、空気または窒素・酸素を利用範囲とし、その分野で研究開発を進めてきた。これには新しい減圧表の開発と科学潜水者の健康管理の2項目がある。

A. 減圧表の開発

日本の科学潜水者がより進んだ潜水方法をオプションとして自由に利用できるようにするため、海洋科学技術センターは、窒素・酸素潜水を中心に新しい短時間潜水減圧表を開発した。この開発にあたり、ハミルトン研究所の開発した減圧表計算プログラムDCAPを取得し、さらに同研究所と共同研究を開始した。これには空気潜水、酸素減圧を含む空気潜水、窒素・酸素潜水、酸素減圧を含む窒素・酸素潜水が含まれる。潜水深度は12~72m、潜水時間は水深によって異なり、5~300分の範囲、そして減圧は1時間以内で使用できる範囲とした。2次にわたる減圧表評価実験は潜水シミュレーターで行われた。第1次実験では、水深45mで潜水時間30分間の空気潜水を8回と、45mで30分潜水しての酸素減圧を24回行った。第2次の実験では、水深30mで60分間の窒素・酸素潜水(酸素36%)を32回行った。第2次の実験中、苦痛

のみを訴える軽度の減圧症が1例発症し、米海軍の治療表 Table VI により再圧が行われた。今後しばらくの間、評価試験結果をフィードバックしつつ新しい減圧表の更なる改良を行う計画である。

飽和潜水に関しては、潜水シミュレータを用い、1993年以降、水深30mまでの窒素・酸素潜水(被験者は各4名)を11回行った。初期の実験において軽度の減圧症1例を経験したが、その後、減圧速度や酸素分圧制御値の変更によって、ほぼ問題ないと判断される減圧表を完成した。

B. 科学潜水に関する医学・生理学的研究

ダイバーの健康管理に関する課題として、健康管理基準、ダイバー選抜基準が、またダイバーの傷害の予知・予防に関し、急性の減圧症、慢性の骨壊死がある。

健康管理基準は、定期健康診断により、高圧環境での作業を行うのに問題無い健康状態であることを検査するものである。一般健康診断にエックス線直接撮影を加えた程度の内容である。ダイバー選抜基準は、飽和潜水の被験者として必要な健康状態を示したものである。急性の減圧症に関しては、潜水直後のドプラー血流計での血中気泡検知による予知法の確立や気泡の可視化技術を検討している。また潜水後の飛行機や高所移動による減圧症予防基準作成も課題である。骨壊死に関しては羊での壊死発症メカニズムの解明、飽和潜水ダイバーのMRI検査による初期の壊死発見の試みなどの疫学調査を行っている。

(5) 科学潜水に関するハードウェアの開発

科学者のダイビングは、プロダイバーやレジャーダイバーの行うものとは明確な相違がある。基本的に、潜水することにあまり配慮することなく、自由な海中活動を行うことが理想である。こうした観点から、将来的には海中研究室の開発も視野に入れ、研究開発を進めている。

A. 潜水呼吸器の評価技術の開発

海中活動を制約するもっとも大きな要素は潜水呼吸器にある。呼吸ガス量は作業上の制限要因であり、大きな呼吸抵抗は疲労をもたらす、重い装備品は海中活動の最初と最後の段階で大きな疲労と緊張をもたらす。欧米のプロダイバー用の呼吸器はそうした観点から厳格な評価基準が定められており、我が国に輸入されるものはその基準を満

たしている⁶⁾。しかし科学者の利用する呼吸器はレジャー用であり、何ら規制はない。

そこで、分時換気量90ℓまでの試験を行うことのできる呼吸シミュレータを開発し、呼吸器の評価に用いている⁷⁾。後述の潜水シミュレータ用呼吸モニタリング装置と組み合わせることで、様々な呼吸パターンの時の最大呼吸抵抗やP-Vカーブを容易に求めることができる。

B. 呼吸状態のモニター・評価技術の開発

ダイビング中の人体の疲労は、運動、呼吸、体温保持が主因になっている。このうち呼吸による疲労は、呼吸器の性能ばかりか、作業内容や精神状態によって大きく左右される。呼吸は一定パターンの繰り返し作業と瞬発力を要求される場合とで大きく異なり、特に後者の場合、呼吸器の性能が要求に追いつかないことによってパニック状態を引き起こすことがある。こうした事態まで想定して安全性を追求するためには、呼吸ごとの仕事量や酸素消費量を計測し、極限状態のデータを得る必要がある。このために2種類の装置を開発した。

呼吸モニタリング装置は、潜水シミュレータでドライ環境またはウエット環境で呼吸器を用いて活動しているダイバーを対象にしたものである⁸⁾。呼吸ごとの呼吸ガス消費量・呼吸抵抗・酸素消費量・炭酸ガス排出量等の呼吸に関するパラメータ、ダイバーの心拍数や体温、環境温度などをリアルタイムで監視・計測するとともに、事後の解析に供することができる。

スクーバダイバー用呼吸モニタリング装置は、呼吸器のガスボトルの残圧、環境温度、深度を詳細に計測記録するものである⁹⁾。海中では残圧計、水深計、水温計として利用できる。事後にメモ리카ードのデータ(毎秒10回サンプリング)を解析することで、作業パターンごとの呼吸ガス消費量を呼吸ごとに求めることができる。作業ごとの呼吸ガス消費量の基準データ作成のための蓄積を行っている。

C. 海中研究室に関する重要要素技術の開発

窒素・酸素を用いた海中研究室の開発を想定し、重要な要素技術である電気の安全な使用法の検討と環境制御装置の開発を行った。

海中研究室は作業用の深海潜水装置と異なり、

海中で実験室の機能を有する必要がある。コンピュータ類はもちろん、サンプル処理や分析のために陸上の実験室で用いる機器類はそのまま利用できることが大切である。一般に高圧装置中で電気を利用する場合、30V以下を用いるよう規制されているが、安全性を確保することで一般機器の利用を可能とする必要がある。そこで、環境ガス制御装置用の電動ブLOWERを利用するための試験の一環として、100V電源の利用法を検討した。その結果、機器の発停回路にソリッドステートコンダクタを利用したり、電力消費量を連続的に監視する等の注意を払うことで、高圧下でも100V電源を安全に利用できる見通しが得られた¹⁰⁾。

海中研究室に関わる重要な要素技術として環境制御の問題がある。快適な温湿度制御は研究活動上重要なばかりか、精密な計測機器類を使用する上で必要不可欠である。また炭酸ガス・有害物質の除去によりクリーンで快適な環境とすることも重要である。この中で、技術的に未解決な課題は炭酸ガス除去であった。現在の深海潜水装置の炭酸ガス除去は全て使い捨ての炭酸ガス吸収剤（ソーダソープ、バラライムなど）に頼っており、使用後の薬剤は産業廃棄物として処理する必要がある。海中研究室は長期にわたって海中に設置されるため、使い捨て型の吸収剤では保管や海上間との輸送が大きな問題となってくる。そこで、モレキュラーシーブスの吸着作用を利用した再生型の環境制御装置を試作した。潜水シミュレータでの連続運転試験等の結果、実用化の見通しが得られた。動力源として電気、冷却源として海水を用いるが、再生は真空加熱方式で、2個の切り替え使用によって、連続自動運転が可能である¹¹⁾。

4. おわりに

海洋のなかでも、沿岸海域には多くの生物が複雑に絡んでさまざまな生態系を構成している。その結果、海洋全体の生物生産の約4割を占める重要な場所となっている。一方この海域は、外洋そして大気からの自然的そして人為的な負荷を受け、それを緩衝する機能も有している。水深帯としては有光層が浅く、特に数十メートル前後までの範囲がその中心的な役割を担っている。この水深での諸現象の解明のためには、科学者の潜水が最も効

果的な研究手段となることは明白である。複雑な現象が絡み合っている海域であるため、研究者自らが対象を眺めながら計測手法を検討し、正確な計測技術を開発し、その変動メカニズムを研究するという手法が必要かつ可能な範囲である。

スクーバ潜水は軽便とはいえ、慣れない研究者が用いるのは困難である。レジャーダイビングはダイビング自体が目的で、潜水深度や時間の管理、ガス残量のチェック、ダイビングのトレーニングや勉強等が興味の対象として大きな割合を占める。しかし研究者のダイビングは調査研究が目的で、海中でダイビングの安全性に大きな比重をかけるのは困難である。従って、ダイビングの熟練者のみが海中研究に活用しているのが実態である。こうした中、浅海海中研究室では、研究者は昼夜の別なく、減圧も忘れて自由に海中活動を行うことができ、研究に没頭することができる。今後の科学潜水の発展には最も望まれている基盤技術であり、今後、実現に努めたい。

〔文 献〕

- 1) 岡本峰雄・山口仁士・小黒 至・升田幹也・毛利元彦；海洋科学技術センターにおける飽和潜水技術の研究開発と今後の課題、第13回海洋工学シンポジウム、101-108, 1995.
- 2) Mineo Okamoto; Human Diving Technology- From Ocean Exploitation to Marine Science, OCEAN PULSE, Plenum Press, New York, 101-115, 1998.
- 3) 日本深海技術協会；平成4年度「沿岸域における海洋研究・海洋利用の動向及びそれに必要な技術に関する調査」報告書、pp289, 1993.
- 4) 岡本峰雄・山口仁士・植田和男；海洋研究者の行うダイビングについて、第14回海洋工学シンポジウム、211-218, 1998.
- 5) Mineo Okamoto; Fundamental study for quantitative measurement of coral biomass, J.Rech. Oceanographique, Vol.23,57-65, 1998.
- 6) 岡本峰雄；混合ガス潜水に用いる潜水器、日本高気圧環境医学会雑誌、Vol.31,91-106, 1996.
- 7) 竹内弘次・山口仁士・岡本峰雄・白根和義；呼吸シミュレータの開発、JAMSTECTR, 37, 9-18, 1998.

- 8) 岡本峰雄・山口仁士・出村憲二・毛利元彦；
呼吸モニタリングシステムの開発、JAMSTECTR,33,65-76, 1996.
- 9) Hitoshi Yamaguchi and Mineo Okamoto; Underwater Respiration recorder for SCUBA diving, NTS'98 Baltimore, 983-986, 1998.
- 10) 山口仁士・升田幹也・小黒 至・岡本峰雄・毛利元彦；4気圧空気環境における交流電源の安全な使用に関する検討と試みについて、JAMSTECTR,36,63-70, 1997.
- 11) 山口仁士・竹内弘次・岡本峰雄・野口利仁・藤永隆志・浜 巖・有馬室主；モレキュラシーブを使用した高压ドライ空間の炭酸ガス除去装置の開発、第14回海洋工学シンポジウム、219-226, 1998.
- 12) Mineo Okamoto and Hitoshi Yamaguchi ;Development of prototype full-automatic environmental control system for nitrox saturation diving, Life Support & Biosphere Science, Vol.5,295-307, 1998.