

潜水の分類 (第2報)

— 現状分析の補遺 (大気圧潜水) —

伊藤信夫^{*1}

大気圧潜水は、環境圧潜水とともに、潜水技術の主要な位置を占めているが、既報では、その分類について詳細に検討できなかった。

そこで本報では、その後、入手した資料も加えて、現状分析の補遺として、大気圧潜水の細目分類を行なった。

大気圧潜水に用いるハードウェアの形態と機能に着目して分類を行い、主分類として、次の4項目に分けた。

- (1) 大気圧潜水服
- (2) 大気圧潜水鐘
- (3) 潜水船
- (4) 特殊大気圧海中作業システム

さらに、これらの各項の細目分類を行ない、それぞれの論拠を示した。

最後に、大気圧潜水が、他の海中作業技術とどのような相互関係にあるかについて、検討した。

Classification of Diving (Report II)., Further Analysis Under the Current Classification Conditions of Atmospheric Diving

Nobuo Ito^{*2}

“Atmospheric Diving” is one of the principal diving technologies.

In the former Report I, “Atmospheric Diving” is not described in detail regarding its classification.

Therefore, this report presents additional details on the classification of “Atmospheric Diving” with several reference uncovered following the Report I.

Taking into consideration of the shape and function of the hardware used in “Atmospheric Diving,” its classification is divided into the following four principal items;

^{*1} 潜水技術部

^{*2} Manned Undersea Science and Technology Department

1. Atmospheric Diving Suit (ADS)
2. Atmospheric Diving Bell
3. Submersible
4. Other Atmospheric Underwater Working Systems for Special Requirements

Much more detailed classifications of the above-mentioned items and their explanations are presented.

And the relationship of "Atmospheric Diving" to underwater working technology is discussed.

1. はじめに

既報¹⁾で著者らは、現状分析として潜水を分類した。

その中で、潜水の基本型式を5段階に分けて把握し、第1段階を潜水、第2段階を大気圧潜水と環境圧潜水とした。さらに第3段階で、潜水器や潜水装置などを用いて環境圧潜水を行うことを機器潜水（仮称、以下同じ）と定義し、主としてこの機器潜水について詳細に検討し、それを5種類の構成要素（潜水呼吸ガス、潜水装置、潜水器、給気方式、減圧）に分け、細目分類し、論拠を示した。

今後は、検討を歴史的分析、さらには系統分類へと進める予定である。その前に現状分析のステップとして、機器潜水のほかに現在の海中作業の分野で活況を呈している大気圧潜水についても、より詳細な検討を果すことが必要と考えた。

そこで、本報では前報の補足的分類として、この検討を果すことによって、潜水技術全般の分類の位置づけをはかるものとする。

2. 方法

文献2～13)から、大気圧潜水に関するハードウェア名をリストアップし、それぞれの記載事項を比較検討し、形態と機能によって2段階に分け、新たに分類し、その論拠を示した。

2.1 既往資料における大気圧潜水の分類との関連

大気圧潜水を分類する目的で書かれた文献や資料は現在までないが、大気圧潜水を含む海中作業技術や潜水技術を解説をしている資料は多い。

それらの資料のうち、大気圧潜水について比較的体系的な記載が認められるものとして、神田ら⁴⁾(1979)およびP. Berryら¹²⁾(1977)の2資料をあげることができる。後者は1982年に“潜水学”として完訳（訳者：関）されているので、ここではこれら2資料を主たる検討資料とし、その他の諸資料を補完資料として用い、大気圧潜水をどのように分類すべきかについて現状分析を行った。

また、現状分析として、対象とする年代については、沼田⁵⁾(1979)が潜水船の急速な発展期を1960年代と指摘していることなどに見られるように、大気圧潜水の各種のハードウェアの開発が活発化した1960年代～現在計画中のものまでとする。

したがって、大気圧潜水についても、詳しい記載がある Davis(1962)の資料は、現状分析としての本報告の主旨と年代的に異なるので、歴史的な検討段階のところで論ずることとする。

2.2 神田らの資料に見られる大気圧潜水の分類骨子

神田ら⁴⁾は、日本および欧米の資料をレビューし、“大気圧潜水による海中作業システムの展望”

を解説した。その中で大気圧潜水装置につき、次のように分類した。

- (1) 潜水船
- (2) 潜水球
 - (a) 大気圧海中観察球
 - (b) A T P M
 - (c) 大気圧区画とロックアウト区画を有する潜水装置
 - (d) P T CおよびS D C
- (3) 耐圧潜水服 (A D S)
 - (a) J I M・S A M型A D S
 - (b) Galeazzi 型A D S
- (4) 1人乗小型潜水船

その他、海底石油生産システム (S P S) や水中ドライ溶接についても、開発されていることを付記している。

2.3 P. Berry らによる大気圧潜水の分類
関¹²⁾は P. Berry らによる "La plongée et L'intervention sous la mer. éd Arthaud" (1977 年版) を訳した。

その中で大気圧潜水の方法を、つぎのように大きく分けている。

- (1) 潜水装甲服
- (2) 殻潜水装置
- (3) 潜水船
- (4) 独立水中作業船

ただし、独立水中作業船による潜水方法はシステム潜水と大気圧潜水を結合したものである。

3. 結 果

3.1 大気圧潜水の分類

3.1.1 分類の意義

大気圧潜水は潜水の基本型式の第2段階において、環境圧潜水と対置¹⁾される呼称である。

すなわち、人間が大気圧の状態でなんらかの耐圧装置類の内部に入り、その耐圧装置の機能に従って水中に潜る方式である。

したがって環境圧潜水の中で、最も発達している機器潜水とは異質の潜水方式であるが、近來の海中作業技術の進歩に併なって、大気圧潜水も大きな変貌をとげつつある。

第1報ではこの大気圧潜水について詳細な検討

は行わなかった。これは分類方法の前処理として潜水呼称をリストアップし、それらの呼称による潜水の分類を行ったことによって、機器潜水に関係する潜水呼称が大部分を占め、大気圧潜水に関しては大気圧潜水という呼称のみがリストアップされ、これらを構成する各種のハードウェアの名称がほとんど出現しなかったことによる。また、この潜水の分類につき検討を開始するきっかけとなった、当センターの潜水作業安全基準には、この大気圧潜水が対象とされていないこともあり、さらに著者らの所属する潜水技術部の対象が、主として機器潜水におかれてきたため、潜水の分類に際しては、まず第1に機器潜水に関わる詳細分類を実施する必要があったからでもある。

しかし、その後、歴史的の検討や系統的分類への前準備を行なっている段階で、大気圧潜水の分類を第1報の段階のままに放置するのは潜水の分類という広い範囲の命題にとって、非常な不具合が生ずることに気がついた。

特に大気圧潜水の詳細分類の欠落は、海洋作業技術の重要な一翼を担う海中作業技術を総体として把握し、それを構成する無人海中作業技術と潜水作業技術（すなわち有人）との関連検討をあやうくするのみならず、潜水作業技術の中に占める大気圧潜水の個々の技術と、それに対応したり、競合したりする環境圧潜水の個々の技術との比較検討をも不可能にするからである。

図1は海洋作業技術を機能面から基本的に分類した場合の潜水技術の位置づけを示す。

海洋作業技術は、実際には、ここに示した諸技術の複合形態をとって果されることが多いが、基本的に分類すれば、この図のようになると考えられる。

したがって、大気圧潜水は潜水技術のうち、一方の重要な基幹技術として位置付ける必要があり、このことは、また海洋作業技術における大気圧潜水の昨今の活況によっても裏付けられよう。

歴史的にみた大気圧潜水の発達の原因は、主として具体的な海中作業のニーズに対する無人海中作業技術と、環境圧潜水作業技術（主として機器潜水）の対応能力との相対的關係を主たるインパクトにしていると考えているが、この点に関する詳細な検討は、次報以後の歴史的の検討にて果た



図1 海洋作業における潜水技術の位置づけ
Situation of diving work technigue on ocean work

したい。

ともあれ、このように大気圧潜水を位置づけたうえで、以下の細目分類を試みる。

3.1.2 細目分類

第1報における分類の際に、実施したように、空気潜水とか飽和潜水とかの潜水呼称が、個別の

大気圧潜水の呼称として存在すれば、それをもとに分類を試みることが可能であるが、総称としての大気圧潜水という潜水呼称が出現するのみであった。

この事実は、一つには後述のように、大気圧潜水に関するハードウェアが、いかに変わろうとも、

人間の生理学的視点から考えれば、基本的に同じ状態の潜水をするということを意味している。機器潜水のように、各種の異った生理学的影響を人間が受けることはない¹⁾。

通常、大気圧潜水の個々を示す名称は、それぞれのハードウェアの名称をもって区別しているので、本報でも、それに従い、文献や資料中からハードウェア名を摘出し、形態と機能の類似性によって類別する方法を採用した。現状分析として検討するために、ハードウェア名の摘出に際しては、主として1960年代以降のハードウェアを対象とし、若干の計画中のものも含めた。

主分類は類別する際に、より抽象度が高いと考えた外部形状を主分類の視点にし、副分類は主分類で同一グループに類別されたハードウェア名を、さらに機能の面から細目分類したものである。

この方法によって収集したハードウェア名の事例と分類した結果を表1に示した。

なお、文中で名称に“仮称”としたものは、定着性が薄く、分類の都合から便義的に用いた名称を示し、“計画中”としたものは建造計画中の名称である。さらに※を名称の右肩に付したものは、機器潜水との併用を示した。

以下に表1の名称に従い、その検討内容を示す。

(1) 大気圧潜水服

大気圧潜水服は、英語名の Atmospheric Diving Suit の略称 ADS とも呼ばれるし、関はその訳書の中で潜水装甲服と呼んでいる。このハードウェアは外形が人体に似た形状であり、人間はその耐圧服に入って、大気圧状態のまま海中で作業する。

この大気圧潜水服には JIM, SAM 型のように、両手、両足、頭胴部を有し、海底あるいは海中作業ステージ上などを歩きながら移動して作業を行なうことができる型のものがある。また、一方、WASP 型のように JIM, SAM 型における両足部が頭胴部と一体化し、スラスタを備え、海中に吊降ろされ、有索という限界を有しながらもスラスタによって海中で少々の移動が可能で、着底せずに作業する型のものがある。

WASP は大気圧状態で、人間が海中に垂下される方式であるので、大気圧潜水鐘や有索式潜水船とも、機能的な類似性をもっている。例えば有索潜水船に分類した MANTIS は“腕を持たな

い WASP”とも呼ばれているほどである。

(2) 大気圧潜水鐘（仮称）

大気圧潜水鐘は、オブザベーションチェンバー、オブザベーションベル、殻潜水装置などと呼ばれるハードウェアと同義である。

人間は耐圧の球状、もしくは円筒型のチェンバー内に入り、大気圧環境のまま、海中に吊降ろされる。

元来、海中の状況を大気圧状態下のチェンバー内から観察することを主たる目的に建造されたので、大気圧観察球とかオブザベーションチェンバーと称されることが多かった。

ここでは観察専用のみならず、人員移送用 (APT M 型, PTC) や、機器潜水用に主として用いられながらも、場合に応じて大気圧観察の役割を担う PTC-SDC 型もあるので、これらを総称して大気圧潜水鐘と仮称して把握することにした。すなわち、大気圧潜水用のクロズドベルということである。

ちなみに、当センターが新しく建造した SDC-DDC システムの潜水装置の2基の SDC (球形および円筒形) も、大気圧観察に便利のように、のぞき窓が各6個ついている。特に球形の SDC では、300 m までの機器潜水用ロックアウト機能のほかに、500 m までの大気圧観察が可能のように造られている。²⁾

大気圧潜水球の副分類のうち、大気圧観察球に事例として示したハードウェアは、細かく機能を検討すれば、さらに次の五つに区別することもできる。

(a) のぞき窓からの観察専用

…… (PEEPING TOM)

(b) のぞき窓、スラスタの他にマニピュレータを有す…… (OCEAN ARMS, MOB)

(c) 大気圧区画とロックアウト区画があり、スラスタを有す…… (MDU)

(d) 吊り下げ式使用とスラスタによる自航式機能も有す…… (NEMO)

また APT M 型は、主たる用途として、人員を海底の大気圧区画 (海底石油生産システム) に移送するためのものであるので、副分類としては別項に扱った。

さらに PTC-SDC 型は、本来潜水員を加圧し

表 1 大気圧潜水の分類
Classifications of atmospheric diving

主 分 類 Principal subject	副 分 類 Subtitle	事 例 Example
(1) 大気圧潜水服 atmospheric diving suit	(a) J I M型 (b) W A S P 型	JIM, SAM, Galeazzi 型 ADS ; Atmospheric Div- ing Suit WASP, OMAS
(2) 〔大気圧潜水鐘〕 atmospheric diving bell	(a) 〔大気圧観察球〕 atmospheric observation bell (b) 大気圧水中エレベーター (c) PTC-SDC型*	PEEPING TOM, OCEAN ARMS ; Atmospheric Roving Manipulation System MOB; Manipulation and Observation Bell, たんかい ; TANKAI, NEMO ; Naval Experimental Manned Observation MDU* , Mobil Diving Unit 1,000 APTM ; Atmospheric Pressure Transfer Module PTC* ; Personnel Transfer Capsule, SDC* ; Submersible Decompression Chamber
(3) 潜 水 船 submersible	(a) 〔有索式潜水船〕 tethered submersible (b) 在来型潜水船 { (i) 浅 海 shallow water (ii) 深 海 common type deep sea submersible (c) LI-LOS Independent (d) 〔独立潜水作業船*〕 ISWC; Independnt Submarine Working Craft	MANTIS, (NEMO) DEEPSTAR-2000, ASHERAH, PC-8B, はくよう ; HAKUYO ALVIN, ALUMINAUT, DEEP QUEST, CYANA, DSRV, しんかい-2000 ; SHINKAI- 2000, TRIESTE, ARCHIMEDE DEEP DIVER, SHELF DIVER, SM-358, PC-1800, URF ARGYRONETE, SEA LION, HSV-1, TOURS, PC-1202
(4) その他の特殊な大 気圧海中作業システム other atmospheric underwater opera- tion system	(a) 大気圧潜水による海底 石油生産システム subsea oil production system (b) 大気圧潜水による水中 ドライ溶接システム underwater dry welding system (c) 大気圧潜水による海底 パイプライン敷設システム underwater pipe laying system	Lockheed Petroleum Services, Comex SEAL, SPS; Subsea Production System SAWS ; Single Atmosphere Welding System, WELDAP SYSTEM Comex SEAL

(注, note) [] ; 仮称 tentative name, * ; 大気圧潜水だけでなく, 環境圧潜水にも用いるもの,
using not only atmospheric diving, but also ambient pressure diving

た状態で海中に吊り降ろし、海中にロックアウトする目的で建造されたものである。さらに大気圧潜水も可能であるので、機器潜水における潜水装置としても、第1報に示したが、ここでも（ ）付きで示すことにする。

特に近來のバウンス潜水では、SDCは通常でも作業深度に到着するまでは大気圧潜水を行い、そこで作業現場の状況を観察したのち、加圧して潜水員がロックアウトし、海中作業を実施することが多い¹⁾。これによって、加圧前、すなわち大気圧潜水で作業現場の状況を十分に把握することができ、作業効率を高めることができるうえに、機器潜水の潜水時間を少くとも、吊り降ろし時間分だけ短くすることが可能となり、結果として、減圧時間をも短くすませることができる。このように大気圧潜水は機器潜水と組合せることによって、より合理的な潜水作業が可能となる点についても留意する必要がある。

(3) 潜水船

潜水船はその耐圧殻部分に人間が大気圧状態で乗組み、海中で自航機能をもっている大気圧潜水用のハードウェアであり、潜水艦、潜水艇とも呼ばれている。

多くの事例を基本的機能の面から類別して、ここでは、有索式小型潜水船、在来型潜水船、LILOS, ISWC の四つに分けることができる。

最も事例数が多いのは、在来型潜水船であり、これのみを単に潜水船（潜水艦、潜水艇）という場合も多い。ここでは他の副分類と区別する必要から便宜上“在来型”とした。

これに対して、他の副分類の潜水船は、基本的には在来型の特徴を持ちながらも、それぞれに別個の機能をも有している。

(a) 有索式潜水船（仮称）

在来型を小型簡便化したもので、有索式ではあるが、自航能力も持っていて、“腕をもたないWASP”と呼ばれるMANTISや、通常は大気圧観察球として有索式の潜水をするが、場合によって自航能力を持っているNEMOなどがこれに該当する。

したがって、この型は、本報では潜水船に分類したが、在来型潜水船、WASP型、大気圧観察球の三者の競合成にあると考えることもできる。

神田ら⁴⁾(1979)はMANTISをWASP, OMASと合わせて、1人乗小型潜水船という名称で類別している。しかし、WASPとOMASは形状からも潜水船と呼ぶよりも大気圧潜水服に近く、さらに耐圧の腕部を有し、人間の手を直接その腕部に入れて作業することと、スラスタが移動補助的役割しかもたないことを考慮し、WASP, OMASを大気圧潜水服として分類した。また、マニピュレータを持ち、より移動能力に富み、形状も在来型潜水船に近い、MANTISは、ここでいう有索式潜水船に分類した。

(b) 在来型潜水船（仮称）

前述のように最も普通に見られる自航式潜水船のことで、ここでは海中作業技術という観点から軍用の攻撃型潜水艦については対象から除外して論を進める。

海中作業の複雑なニーズに伴って潜水船もさまざまな機能を有するようになってきた。ここではそれらの機能のうち、潜降深度を視点にして、浅海型と深海型に分類し、その境界深度を600m前後として区分した。

境界は、潜水船の最大潜降深度をリストアップしていったところ、600m以浅にほとんどの潜水船が集中し、それよりも深い潜水船の数とに大差が見られたためである。

この理由は主として、大陸棚とそれに続く大陸棚斜面の一部が、現実には海中作業を数多く必要としている事実を示しているものと思われる。その他にも潜水船の潜降浮上能力に関する耐圧性浮力材の使用など、技術的關係も考えられよう。

また、この深度境界では浅海型、深海型、いずれもさらに2分割する視点も考えられる。この場合には、主として海洋底の形状と全海洋底の占める広さの百分比などから、浅海型は200～300m水深の大陸棚深度、深海型は約6,000mでの深海底と海溝深度との境界が妥当と考える。

本報では前述のように浅海型と深海型に大きく2区分するにとどめた。なお、個々の潜水船の詳細な性能比較は本稿の主旨とは異なるので、それらは別の資料^{5), 11), 13), 14)}を参照されたい。

浅海型の事例は非常に多いので、それらのうち、典型的な名称について数例ずつ示した。これらは通常、海中における各種の調査機能やマニピュレ

ータなどを用いた作業能力を持ち、多くの海域で活躍している。

深海型には、ARCHIMEDEやTRIESTEのように海溝深度に到達できる特殊な調査用潜水船のほかに、最近では海洋底の大部分を占める1,000～6,000mの深度で探査や作業を行うための深海潜水船が、各国で続々建造されている。

(ALVIN, ALUMINAUT, DEEP QUEST, CYANAなど)。当センターでも最近これに属する“しんかい2000”が完成し、近い将来2,000m深度までの海底調査に威力を発揮するであろう。いずれにしても、この深度になると潜水船は、それぞれが浮力材と耐圧殻材質に工夫をこらし、潜降浮上の安全を確保するような船体構造になっている。

ただ、事例中に示したDSRVは、航行不能になった潜水船からの人員救助を目的とする意味で深海型の潜水船ではあるが他とは異なる機能を有している。すなわち、事故潜水船の脱出ハッチにDSRVの殻圧殻のハッチを海底でメイティングさせ、排水後に乗員を大気圧状態のまま救助しようとするものである。

(c) LI-LOS

ロックイン-ロックアウト潜水船、ロックアウト潜水艇、加圧式潜水船などとも呼ばれているように、在来型潜水船の一部にSDC機能を有している潜水船である。

したがって、この潜水船には、オペレータの乗る大気圧区画と、潜水員が乗る高圧区画が別個に存在することになる。オペレータは、もちろん、在来型潜水船と同様に大気圧潜水を行なうが、潜水員は機器潜水を行なう。潜降深度は潜水員のロックアウト深度との関係から400m以浅が多く、機器潜水を行わない場合の潜降水深は在来型潜水船の浅海型の区分と同様である。

この潜水船は、海中作業の遂行に際して、潜水員を作業現場に安全で効率よく移送することができ、潜水員は海中にロックアウトして作業を行ない、終了後、再びロックインして加圧状態のまま母船上のDDCにメイティングする。その後、潜水員はDDCで所定の減圧手順を経て、大気圧環境に戻るようになる。北海やメキシコ湾などにおける海底油田における諸作業は、このLI-LOS

を用いて海中作業を実施することも多い。

表1にはLI-LOSの事例として、比較的小型のDEEP DIVER, SHELF DIVER, SM-358などや比較的大型のURFなどの典型的ないくつかを示した。

また、このLI-LOSは、次に示すISWCと比較して、分類の境界が必ずしも明瞭になっているとはいえないが、原則として、“自航能力や自給能力は劣り、作業現場の海底に長期間滞在したり、海中作業を続けることはできず、少くとも1回の作業終了ごとに母船に収容され、海中にロックアウトした潜水員を母船上のDDCに収容するとともに、LI-LOS本体も必要な整備、補給を受けねばならない”ものと把握した。

事例のうち、URFはISWCのSEA LIONを母船としている潜水船救助用のLI-LOSである。

(d) 独立潜水作業船（仮称 ISWC）

これは独立水中作業船、多目的潜水船および支援潜水船などと呼ばれる潜水船であり、いずれの場合にも共通した機能としては、海中作業をより長期間にわたり継続して実施できるように、従来は海上に存在した潜水船の母船が自ら海中に潜降できるような潜水船になったものであり、この母船機能を有する潜水船に、機器潜水を行う潜水員のため、DDCが装備されるものととらえることができよう。

これを装備（すなわち機能）によって、さらに細分化するとすれば、下記ようになる。

- (i) 母船化+DDC……
 - BENTOS
 - ARGYRONETE
- (ii) 母船化+DDC+大気圧潜水鐘…… HSV-1
- (iii) 母船化+DDC+LI-LOS…
 - TOURS, ドイツ石油
 - SEA LION+URF

(英)ガプラマリン社

このような長期の自給、自航能力を持ち、DDCを装備する潜水船は、潜水船であること、および潜水員が海中作業のためロックアウトすることができるという点ではLI-LOSとして分類してもよいわけであるが、前述のように、大型で母船化して長期間の自給、自航能力を有し、機器潜水によって連続的、継続的に海中作業を行うことができるという点では、従来の小型のLI-LOSとは区

別して分類すべきであると考え、LI-LOS とは並列的に別項として位置づけた。

しかし、事例に示したものは、構想中、または建造発注済みであるが、完成就役していない例が多く、この事例中で就役しているのは PC-1202 ぐらいである。

ともあれいくつかの近い将来、実現性の高いこの ISWC は、今後ともさらにがん新な構想も増えることが予想されるので、分類の位置づけも、検討し直す必要が生ずると考えている。

(4) その他特殊な大気圧海中作業システム

これまで(1)から(3)項に見てきたように、外形が一定のパターンをもっているようなものと異なり、ここで位置づけたものは、それぞれが海中作業ニーズに基づき、特殊な形状をしている。

しかし、いずれも海中で大気圧潜水を行なうので、主分類に並列に位置づけた。

(a) 大気圧潜水用の水中ドライ溶接装置……

WELDAP, SAWS

(b) 海底パイプライン埋設装置……

TOM-300 + Perry Vol 1

(c) 海底石油生産装置……

- (i) (Lock-heed Petroleum Service)
- (ii) (Cameron)
- (iii) Comex SEAL
- (iv) (通産省工業技術院)

ここで事例中に () 付きで示したものは、これらの装置には固有の名称が参考文献中出现していないため、やむをえず建造を計画中の会社名または機関名を示した。

(a) 大気圧潜水による水中ドライ溶接装置

水中ドライ溶接装置の SAWS は、米国テイラー社、WELDAP はフランスコメックス社の開発である。

いずれも海底におけるパイプラインなどの溶接作業のため、溶接部周辺をこれらの装置で密閉シールし、大気圧環境状態で、溶接技術者を大気圧水中エレベータ (APTM など) で大気圧溶接作業区画に送りこみ、作業後、水中エレベータで溶接技術者を再び船上に収容したのち、装置を撤収するという手順になっている。

したがって、これらはいずれも海底で大気圧環境に設定されている溶接作業区画、溶接制御区画

およびそれらとメイティング可能な大気圧水中エレベータとの組合せによって構成される複合的なシステムである。

(b) 大気圧潜水による海底パイプライン敷設装置

これは海底でのパイプライン敷設作業の一環として行われる埋設作業用にフランスのコメックス社で開発されたものである。

機械部分と操縦部分で構成され、それぞれ海底で切離し、接合ができるようになっている。操縦部分は小型潜水船 LI-LOS を用いている。機械部分は TOM-300 と呼ばれる有索式の遠隔作業機で、溝掘り、パイプ敷設、土砂の埋めもどしなど、一連の敷設作業が可能である¹²⁾。

したがって、機械部分は無人であるが、LI-LOS には大気圧区画に操縦者、また、SDC 区画には海底での補助作業を行う潜水員が乗組んで、それぞれ大気圧潜水、環境圧潜水を行なうことになる。この作業に用いられる LI-LOS には Perry Vol I がある。

(c) 大気圧潜水による海底石油生産システム (SPS)

海底油田の開発水深が、近年非常に深くなってきたことに伴ない、海底作業を要する水深も増大し、安全性、作業効率、コストなどの面から従来通りの諸方式で開発を行うのに困難な条件が増えている。

ここに示す海底石油生産システムは、これらの困難な条件を解決する一つの構想として浮上してきたものであり、リグ上やプラットフォームなど従来、海上に展開していた石油生産システムの一部または大部分を、海底に移行させようとするものである。

一部は既に実行に移され、海底のパイプライン接合部、重要なバルブの集合部、海中に展開される各種機器の制御部などが、球状または円筒状の耐圧殻で覆われ、大気圧状態にされている例が出てきた。

このような場合、それぞれの要員は大気圧水中エレベータまたは潜水船などによって、海底のそれぞれの大気圧区画に移送され、そこで必要な作業を行ない、再び海上に収容される。

すなわち、この間要員は大気圧潜水を行なうこ

とになる訳である。

現状では、部分的、小規模で行なわれているにすぎないが、油田開発の大水深化に伴ない、将来はより大規模化されよう。事例に示したように、Lock-heed 社やGE 社などは大規模なSPS構想を発表しているし、わが国では通産省工業技術院を中心として、官民共同のSPS計画が構想の段階を経て、実海域実験の段階に入っている。

4. 考 察

4.1 既往資料の分類との関係

神田ら⁴⁾(1979)やP.Berry²⁾(1977)の分類と、本報告での分類とは、基本的には大気圧潜水を行うハードウェアの形態と機能を分類の視点としている点では、同一の考え方に立っている。

しかし、すでに主分類でも、比較資料と異なる用語を用いているし、副分類に至っては、かなり異った位置づけをしている箇所が多い。それらの個々の分類に際しての論拠は、3項の結果中、それぞれ概当箇所を示した。

ここでは基本的に異なる点をまとめ、著者の論拠を補足する。

4.1.1 WASP・OMASとMANTISの 区別

まず第1点は、神田らの分類では1人乗小型潜水船として一括して把握されていたWASP, OMAS, MANTISにつき、検討した結果、WASPとOMASのグループとMANTISとは区別して扱ったことである。前者のグループは大気圧潜水服の1グループとし、後者を有索式潜水船ととらえ、潜水船のグループに位置づけた。

P.Berryらの分類では、MANTISが潜水船とされているかを確認できなかったが、WASPは本報の主分類での名称である大気圧潜水服に分類されている。

この論拠は、形態的にWASPやOMASがJIM, SAM型に類似しているが、MANTISはどちらかというと潜水船のような形状をしている。

また、機能的な視点から考えれば、WASPとOMASの場合はスラスタによる移動機能が二義的で、主として吊索によって吊下げられ、微細な位置補正を行うにすぎないこと、さらにマニピュレー

タ機能ではJIMと同じく、一義的には腕部に直接手を入れて、指にあたる突出部を操作することで、人間の手が作業時の主要な意味をもつからである。これに対してMANTISでは、吊り索はあるもののスラスタによる自航能力が大きく、マニピュレータを操縦して作業を行うなど、大気圧潜水服による潜水よりもむしろ潜水船の機能に近いと考えた。

4.1.2 潜水船の細目分類

第2点は、潜水船の分類に際し、海中作業における機能的な面から細目分類を試みた点である。

潜水船については、神田らは“各種の別資料で紹介されている”として、詳細な分類をしていない⁴⁾。また、P.Berryら¹²⁾は潜水船各種が歴史的な発達段階を追って機能的な面を含めて解説しているが、分類する目的で記述されていないので、潜水船固有名称は数多く掲載されているもののその視点であるグループ名については、“有人船水船”とか、“加圧式潜水船”など、分類の視点になる用語が用いられているだけである。また、“独立水中作業船”については潜水船と別項で取扱っている¹²⁾。

そこで潜水船の細目分類に際しては、P.Berryの資料のほか、沼田^{5,6)}(1979及び1980)やJ.R.Vadus¹¹⁾(1975)およびJANE年鑑(1980~81)¹⁴⁾などの資料に現われる潜水船名を各個に検討し、それらの海中作業機能を中心的な分類視点として類別していった。ただし、潜水船という範疇に入るものは非常に多く、本報告中では、典型的と思えるもののうちから、いくつかの船名を事例として用いた。したがって、各蘭の事例に示した数がそのまま相互の事例数に比例しない。

そこで、第2項方法で述べたように、潜水船名とその機能についてリストアップし、それらを相互比較することによって類別したのが、第3章に述べたものである。

ここで分類に際して、特に注意をはらった点は次の各項であった。

- (1) 潜水船の対象をどの範囲までとするか
 - (a) 軍用の潜水艦はどう扱うか
 - (b) MANTISの取扱い
 - (c) BEN FRANKLINの取扱い
 - (d) 観光用潜水船の取扱い
- (2) 独立水中作業船と在来の潜水船およびLI-

LOS との相互関係

- (3) 在来の潜水船をさらに細目に分けると,
 - (a) 境界を決める視点はなんであるか
 - (b) その境界はどこになるか

そこで潜水船とは、人間が大気圧状態で水中に潜って、なんらかの作業をするための装置で、潜降、浮上を含めた自航能力をもっている船と定義し、この定義域に該当するものはすべて潜水船の分類の対象とすることにした。

LI-LOS や独立潜水作業船のように、他に異質な潜水技術の機能を有する潜水船に対して区分する必要から、在来型潜水船という仮称を設け、大気圧潜水のみを行う在来の潜水船を、その名称のもとに含めた。

そうすることによって、

- (1) 軍用の潜水艦は、本質的にはもちろん潜水船であるが、機能面で個々に確認できる資料は入手できなかったので、本報告では、基本的に対象外とすることとした。

ただし、入手した諸資料中に頻出し、TRIESTE, DSRV などのように特殊な海中作業用潜水船については、対象に含めて考えた。

- (2) MANTIS は、WASP, OMAS との検討の結果、潜水船の分類で対象とすることにした。
- (3) BEN FRANKLIN は、海中を漂流する目的の潜水船であるが、最少限にしろ自航能力を有するので、在来型の潜水船に含めた。
- (4) 観光用潜水船（オーギュストピカールなど）は、特別な海中作業を果すわけではないが、海中観光も広い意味では海中作業と考え在来型の潜水船に分類した。

4.1.3 在来型潜水船, LI-LOS, ISWC の相関

LI-LOS は、在来型の潜水船に機器潜水を行なうダイバーロックアウト機能を付加した潜水船の総称である。

LI-LOS と在来型潜水船との区別は、上に示したように容易であるが、LI-LOS と独立水中作業船との区別は、複雑である。

P. Berry らの示した解説を著者なりにまとめると、“全天候型で自らが潜水船の形状機能を有し、自給・自航能力が飛躍的に増大した大規模な潜水

船であり、LI-LOS の定義と同様にダイバーロックアウト機能を有しているもの”が独立水中作業船と考えられる。

しかし、同じようにダイバーロックアウト機能を有するとしても、在来型潜水船にSDCの機能を搭載したものと、DDC機能を搭載して潜水員の海底での居住を可能にしたものがある。

独立水中作業船とP. Berryが呼んだ潜水船は、すべて後者の機能を備えている。したがって前者をLI-LOSと呼び、独立水中作業船と区別して扱うとすれば、独立水中作業船について次のように理解することができる。

独立水中作業船とは、従来は海上にいて全作業を支援していたLI-LOSの母船そのものを潜水船として、自ら海中に潜降可能なものとし、さらにその中にLI-LOSのSDCより大規模なDDCを主体とした海中居住機能を持たせたものである。

別言すれば、独立水中作業船とは、在来型潜水船とLI-LOSのそれぞれの機能を大規模に発展させシステム化をはかったものと言えよう。

4.1.4 在来型潜水船の細目分類

攻撃型軍用潜水艦を除いても、現役として世界の海には、すでに100隻を越える在来型潜水船が稼働中といわれる。

それら個々の潜水船の機能から分類するとすれば、どのような点に着目し、どこを境界として区分するのがよいのか検討していくと、P. Berry¹²⁾が解説の際に、項目としたように、船体構造、重量、動力、推進装置、操縦など、潜水船の基本性能に関わる諸点が出てくる。

また、他にも潜降深度、自航能力、ライフサポートシステム、乗組員数などがあげられよう。

しかし、ここでは、これらの要因を逐一比較することは入手できた資料では困難である。また、そのような分類をしたとしても、海中作業を行うための大気圧潜水に関する現状分析としては、限度を越えると思われたので、本報告では分類の視点を最大潜降深度のみに絞って考えることにした。

その理由は、最大潜降深度を知れば、海中作業に関する他の潜水技術や無人海中作業技術との比較検討に利用しやすいと考えたからでもあった。

4.2 前報における潜水の分類との関係

4.2.1 潜水の定義との関連

前報¹⁾中の潜水の基本型式の分類において、単なる“潜水”という呼称にも、それぞれその用語を用いる場合によって、さまざまな範囲があることを述べ、潜水を“水中であれ、陸上であれ、人間が潜ることのすべてを内的に把握する概念として定義し、この内容に対応する英語名を Diving (または Dive) と理解する”と定義した。

本報告で取扱った大気圧潜水も、そのような広い意味(広義)において潜水の一環として位置づけられるものである。

社会的に慣用される場合、例えば潜水船関係者は潜水船に乗って海中に潜ることを単に潜水するという場合も多いし、著者のように主として機器潜水を業務とする者にとっては潜水といえば、暗黙のうちに、機器潜水と同義の内容を単に潜水といっている場合も多い。

本報告では、そのような個々の社会的立場、知識の範囲、経験の範囲で限定して潜水という意味をとらえる(狭義)のではなく、さきに示した定義域に従って広義にとらえている。

さらに付言すれば無人海中作業機器による海中作業は潜水とはせず、潜水の諸技術から見れば、“外的”な海中作業技術としてとらえているので、さきの定義には“内的”なる表現が用いられたものである。

4.2.2 海中作業技術の競合域

さきに図1中で海中作業技術を大別したが、大気圧潜水による海中作業は具体的ニーズや作業目的によって分野の各所で他の技術と競合している。

この競合は現状では、一方では無人海中作業機器との競合であり、また他方では環境圧潜水技術、とりわけ機器潜水との競合である。

特に近年は、無人海中作業技術、大気圧潜水技術、機器潜水技術が、それぞれの技術の利点をさらに発達させ、欠点をなんらかの方法で補いながら、それぞれの個別技術の優位性を主張しているようにも見受けられる時代である。

したがって海中作業技術の開発の現状は、各個別技術独自の技術開発および改良にとどまらず、このような諸技術間の競合の結果として、把握する必要がある。

本報告の大気圧潜水技術は、そのような他の海中作業技術との競合の結果として、細分化されてきたものであり、それら個々の細目分類は、このような“外的”に技術開発のインパクトが加えられ続けた結果として、理解すればよいのではないかと思われる。

したがって、大気圧潜水は本報告で示したどのような細目における大気圧潜水でも、生理学的には大気圧潜水としての共通の性質を有している訳であって、潜水の分類の中では環境圧潜水の対極に位置する一つの潜水技術であるにすぎない。

それにもかかわらず本報告でみたように、大気圧潜水技術は海中作業技術における重要な基幹技術の一つとして、さまざまな方向に装置の開発が進み、それぞれ確固とした地位を築いてきている。

今後、歴史的な検討から体系化へと検討を進める過程で、本報告で述べた大気圧潜水の位置づけは、潜水全般における分類体系に組込んでいきたいと考えている。

文 献 (第1報で示した文献資料を除く)

- 1) 伊藤信夫・山田稔・村井徹, 1981, “潜水の分類(第1報), 現状分析”, JAMSTECTR(7), 141~168
- 2) Nobuo Ito, Tohru Murai, Motohiko Matsuda, “Diving Activities in JAMSTEC”, International Diving Symposium '82 (1982), p. 97~108
- 3) 伊藤信夫, 1982, “IDS '82からの報告②展示会の概要”, オーシャン・エージ 14(5), 22~27
- 4) 神田修治・門元之郎, 1979, “大気圧潜水による海中作業システムの展望”, オーシャン・エージ 11(9), 29~36
- 5) 沼田貞三, 1979, “世界における近代潜水船の歩み”, オーシャン・エージ 11(12), 11~28
- 6) 沼田貞三, 1980, “潜水船と有人潜水技術”, オーシャン・エージ, 12(3), 38~45
- 7) 芦野民雄, 1979, “活躍する小型有人潜水船と観光潜水船”, オーシャン・エージ 11(12), 29~34
- 8) 芦野民雄, 1979, “潜水船と潜水艦の遭難事故”, オーシャン・エージ 11(12), 35~42
- 9) 村井徹, 1980, “わが国の深海潜水技術の現

- 況と将来の展望”, オーシャン・エージ 12 (3),
21~25
- 10) Subsea Production and Underwater
Development Offshore 1980~1981, p.69~76
- 11) Vadus J.R., International Review of Man-
ned Submersibles and Habitats 1975~4
MUS & T NOAA
“世界の有人潜水船とハビタートの現状”(1978)
- 海洋科学技術センター訳
- 12) P.Berry, P.Gavarry, J.P.Hubert, J. Le
Chuiton, J.Parc ら, La plongee et L'inter-
vention sous la mer. ed Arthaud, 1977
“潜水学”(1982) 関邦博訳, マリン企画
- 13) R.H. Davis, “Deep Diving and Submarin
Operations”(1962), 7 th ed.
- 14) R. L. Trillo, “JANE'S Ocean Technology
(1980~81)