

海底の作業基地

小谷良隆

科学と工学の進歩は遠隔操作による海洋調査研究をも発達させ また潜水船を用いて海中と海底を肉眼で観察することも今では珍しくなくなった。しかしながら人間が海中で生活し 地質調査や建設工事や魚介類の飼養など各種の作業が出来れば 資源と空間の利用度を高め人間の行動領域が大陸棚におよぶ。海中での作業は従来から素潜りによって あるいはヘルメットやスキューバ(商品名はアクアラング)を用いる潜水によって行なわれているが 空気呼吸にたよるそれらの方法は 安全深度や実作業時間の点で利用上の制約がある。したがって深度数10mないしそれ以上の海中環境でも安全かつ効率よく作業を行なうには 空气中に代る混合ガスを呼吸する新しい潜水技術と 居住設備とを組み合わせ 海底に滞在するシステムを確立しなくてはならない。この問題について 遅ればせながらわが国でも3年前に政府ベースの研究が開始され 去る3月末に完工した「海中作業基地」を用いて本年度からシートピア(SEA-TOPIA)計画という実験研究が行なわれている。海洋の開発がさまざまな立場から世界の関心事となっている折柄 海の地学に興味を抱く人達も増すことと思われるので この海中作業基地の概要を中心に 関連することがらを紹介する。

I 海中環境と潜水技術

陸に住みなれたわれわれ人間にとって水の中は苦手である。とりわけ問題なのは圧力差であろう。10m以浅というような潜水なら圧力の影響は少なく 自由に潜水し浮上できるが水深30m(4気圧)では 人体は缶詰やテレビのブラウン管が壊れる程度の周囲圧で圧迫される。また呼吸用の空気が体内にとけこんでゆくので皮膚にも毒ガスの役割りを演じ 窒素酔い(酒の酔いに似ているという) 酸素中毒(呼吸器 脳) 炭酸ガス中毒(呼吸器 循環器 神経)などの生理障害を生ずる。このような制約があるため 空気潜水の限界は水深30~40mとされ 以深にはヘリウムと酸素 あるいは ヘリウム 酸素 窒素の混合ガスが人工空気として使われる。海中から浮上する場合には逆に周囲の圧力が減少するので 潜水病として知られた減圧症の危険がある。これは浮上の速度と体内にとけこんでいる呼吸ガスが排出される速度との調整を誤った場合に 気泡化した呼吸ガス

が血管や組織を圧迫して起こるものといわれ これを防ぐために 深度と潜水時間に比例した浮上(減圧)時間が定められている。水深数10m以上の潜水になると浮上時間が非常に長くなり 海中作業のための時間は潜水時間のうちわずか10~20%で ほとんどが浮上用の時間になる。さらに水深180mになると 潜水30分 浮上40時間という有様で 潜水自体を目的とする場合は別として 作業のための潜水の意味はなくなる。

呼吸ガスが空気であろうと混合ガスであろうと 通常潜水がもつこの問題を解決するために飽和潜水技術が考案された。これは高圧環境における呼吸ガスの人体への吸収が 1~2日間で飽和状態となり それ以後は何日 何10日と経過しても体内のガス量は一定で 浮上時間も変わらないという原理によるものである。したがって在底時間を長くすれば浮上時間は相対的に短縮できることになり これが海中居住というアイデアを生み出すきっかけとなった。海中居住の場合には 前述の通常潜水とは反対に潜水時間の80~90%を海中ですごすことができる。海中に居住設備を設ければ浮上回数は減少し 潜水者の心理的・肉体的な安全性を高めることになる。また この基地を出発点としてさらに深くまで潜水することも可能となる。こうした利点が長期間の海中作業にうってつけであることから 海洋開発の先進国といわれる米 仏をはじめとして各国が海中居住の実験を行なっている(第1表参照)

従来からの潜水法による潜水夫をダイバーというのに対し 海中居住方式の場合はアクアノートという。「海中人」ではSF的になり「海中技術者」ももう一息 アストロノート(宇宙飛行士)のような定訳のないままに輸入語として使われている。

II わが国の海中作業基地

海中居住システムを確立することが各種の海中作業に共通した前提になるという観点から 科学技術庁が昭和43年以来この課題をとりあげ 模型実験 耐圧テスト 医学的模擬実験などを経て前述のように去る3月末に作業基地の建造作業が終了した。全体の構成は 基地本体 水中エレベーター 減圧タンクおよび支援ブイに分けられる。それぞれの要素のメーカーと建造費は次のとおりであって 第1図は全体のシステムを示す。

第1表 外国の海中居住の例

旧名	名称	実験年月	実験場所	使用水深	居住人員	期間	実験目的
フランス	プレコンチナンI	1962年9月	マルセイユ付近	10.5m	2人	8日間	人間の生理学的・心理学的反応研究
	プレコンチナンII	1963年6月	紅海	25m	8人	30日間	すべての大陸棚上で作業が可能であることを証明すること
	プレコンチナンIII	1965年8月	モナコ	130m	6人	30日間	数人のオセアノートが居住する深海の基地の自動的機能を完璧な保安条件において確保する方法を確立する
アメリカ	シーラブI	1964年7月	パミュューダー沖	60m	4人	10日間	海底の調査 海洋生物の研究 高圧下の混合空気について
	シーラブII	1964年8月	ラ・ホヤ沖	62m	10人	30日間	サルベージ技術 人間の海中生活と行動について
	シーラブIII	1968年末	サンクレメンテ島沖	186m	9人	12日間	人間の精神的・肉体的面の実験 水中工事 海洋生物学 地質学 音響学の研究
	テクタイトI	1969年3月	バージン諸島	15m	4人	60日	飽和潜水 隔離環境中の人間の行動・能力について
	テクタイトII	1970年4月	バージン諸島	30m	4人	7ヶ月	海洋学の研究 研究者チームの行動状態研究 生体医学的研究
イギリス	グロケス	1665年9月	ブリマス湾	10m	2人	7日間	フランスのプレコンチナンIの復習
西ドイツ	ヘリーゴーランド	1969年夏	北海	20m	4人	—	海中動物学ステーションとして使用する
ソ連	イフチャンドル66	1966年	—	11m	4人	5日間	潜水状態の観察 医学的研究
	イフチャンドル67	1967年	—	11m	4人	5日間	潜水状態の観察 医学的研究
	イフチャンドル68	1668年	—	11m	4人	5日間	潜水器具の開発 生理学的観察
	チョルナモール	1968年夏	黒海東岸	12m	5人	30日	学術研究調査
	サドコ1号	1966年夏	黒海コーサカス	42m	2人	6時間	科学調査作業
	サドコ2号	1967年夏	黒海コーカサス	25m	2人	6日	人間が長時間水中に滞留できる可能性と 水中生理学の研究
	ベンスト300	設計完了	—	300m	10人	—	長期間わたる漁業関係調査

(Ocean Age 1971年 5月号による)

(構成要素)	(メーカー)	(建造費)
基地本体	三菱重工	144,000千円
水中エレベーター	中村鉄工所	22,214
減圧タンク	中村鉄工所	49,238
支援ブイ	日立造船	135,660

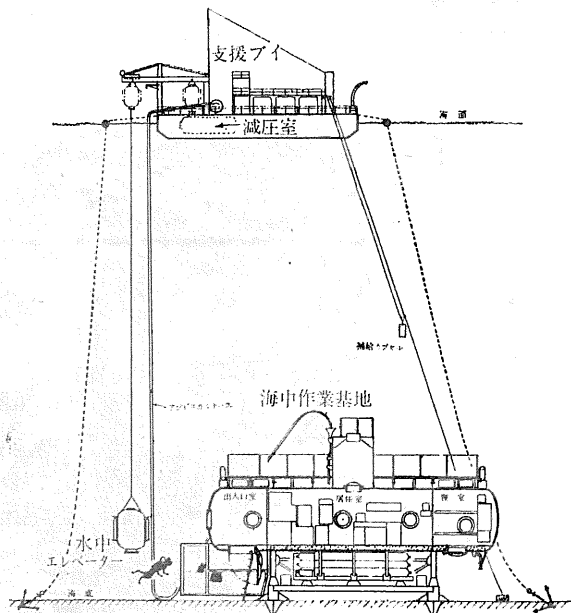
計 351,112

各要素の機能と それらが全体としてどのように用いられるかを述べてみよう。

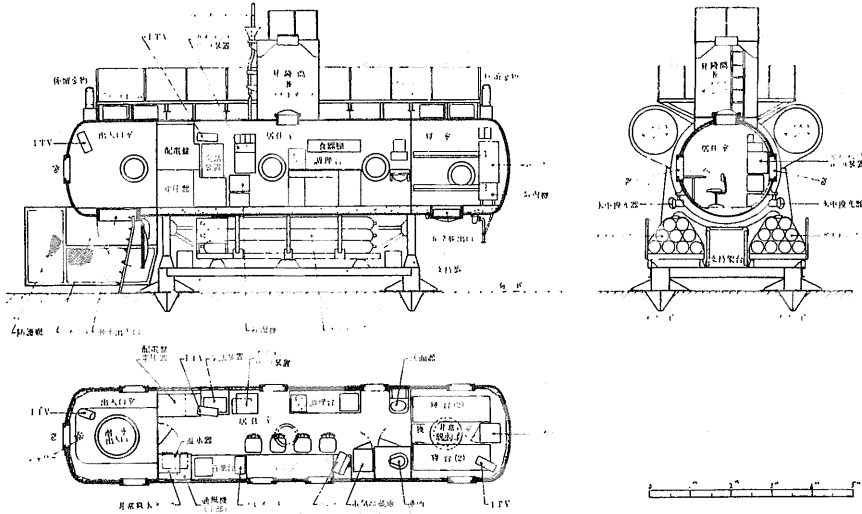
1. 基地本体 (第2図および写真①)

海底に設置される居住設備で 100mの水深 (11気圧) に4人30日の能力をもつ。内部には人工空気 (酸素 窒素 ヘリウム又は酸素とヘリウム) が充たされ 外部の水圧と同じ気圧に保たれる。人工空気の補充は基地に自蔵するガスボンベによる。基地内環境の特徴は高圧であること ヘリウムが基地内ガスの主体をなすこと 完全に閉鎖されていることである。こうした特徴を現象面で見ると たとえばヘリウムの熱伝導度が空気の6倍 音速が3倍なので寒く感じ 音声が不明瞭 (ドナルドダックボイスといわれる) となること 自然の給排気ができないことなどがある。これらの問題をも考慮したコンパクトな居住設備が整っており 電子レンジ シャワー トイレ テレビなどモデルルームのような印象

を与える。(写真2, 3) 居住空間は直径2.3m 長さ10.85mで1.4億円という破天荒なスイートホームであるが 安全性と快適を求めれば当然ともいえよう。暖房 通風 脱臭 炭酸ガス吸収などの設備によって 温度 30°C 湿度 60~70% に保たれ 電力と真水は支援ブイから供給を受ける。補給カプセルが生活用品の供給と



第1図 海中作業基地全体システム (科学技術庁資料による)



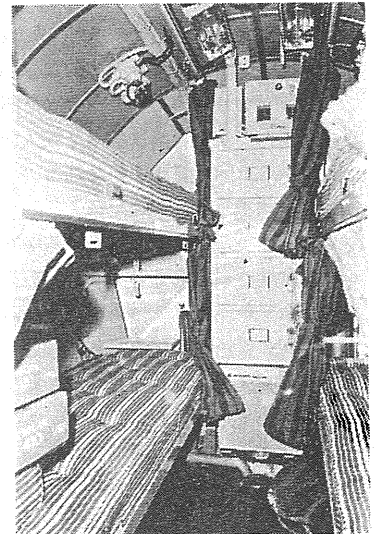
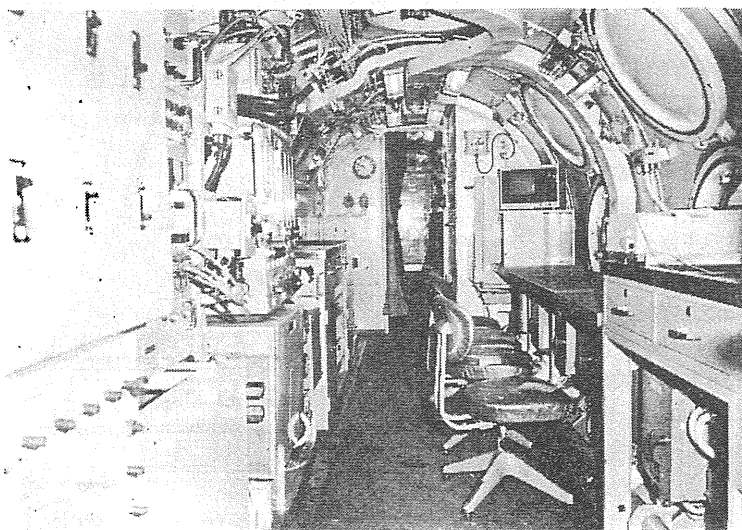
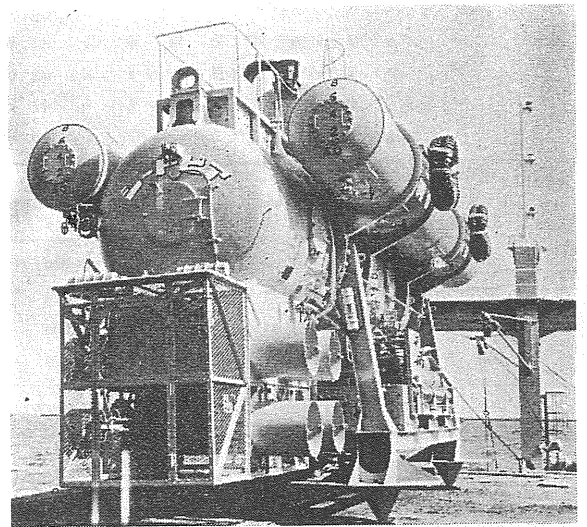
←
第2図
基地本体 (科学技術庁資料
による)

↓写真①
海中作業基地本体 出入
口は手前の金網で囲った部
分 金網はふかよけ

廃物の回収に用いられる。海面との通信はテレメール
音声修正装置付交話機 非常用警報装置が用意され 潜
水者用には超音波水中通話機がある。これだけの設備
に守られ うるさい世界から逃れて 海底でありながら
水入らずという生活を試したい向きも現われそうだが
安全性維持と実験目的上 ITV カメラ (基地内に3台
外部に1台) により常に監視されるのでプライバシーは
望み薄である。

2. 水中エレベーター (第4図)

海底に設置された基地本体と海上の支援ブイの中に組
込まれた減圧タンクとの間で潜水技術者を輸送するの
に使用される。構成要素のうち最も小粒であるが 使命



写真② 基地本体の内部 いろんな装置のほか 流し 冷蔵庫 テレビなどがある 奥が寝室

写真③ 基地本体内部 寝室部分

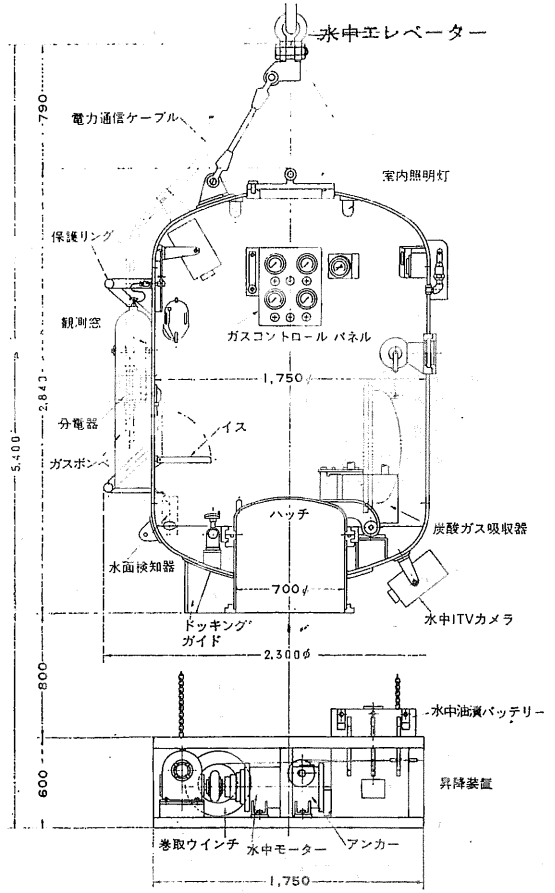
は最も大きいことになる。 内部は基地本体の設置深度の水圧と同気圧に加圧され 通信装置 監視用ITVカメラ 人工空気供給装置などを備えている。 観測窓を利用することにより 潜水鐘としても利用できる。 内容積5.5m³で 4名を収容した場合の空中重量は約7トン 水中重量は約0.5トンである。

3. 減圧タンク (第4図)

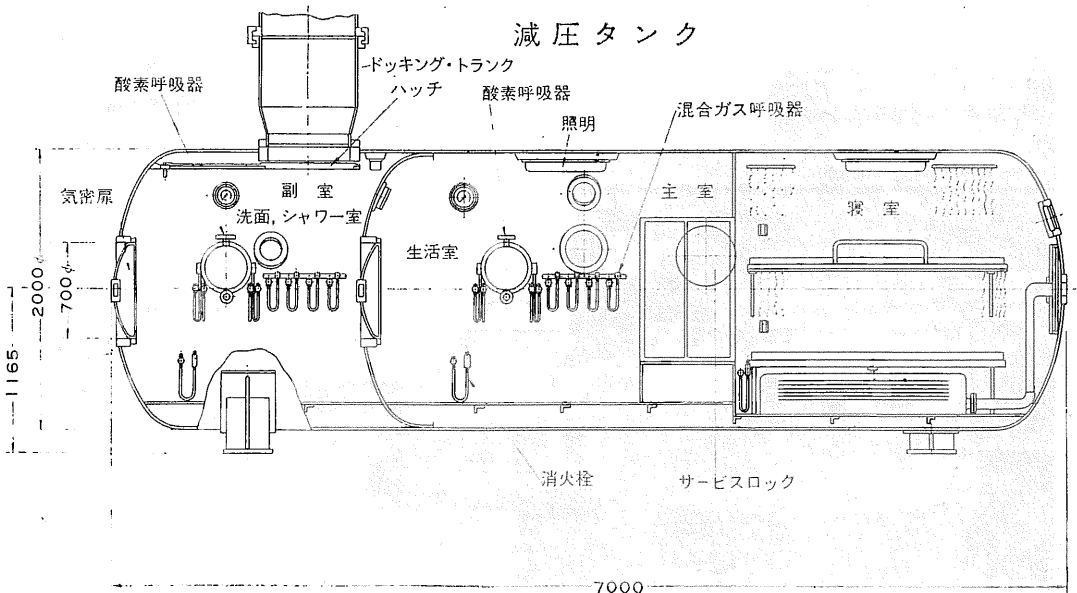
海底へのターミナルである。 基地本体へ出発する際には潜水技術者をこのタンクに収容して加圧し 海底から帰着した際には減圧する。 加圧には5~10時間 減圧は3~4日程度を要するので 炊事以外の居住設備をもち 給食によって生活できるようになっている。 内部の状況は ITV カメラと観察窓によって監視される。 広さは直径2m 長さ7mで 4名を収容でき 温度25~35°C 湿度60~80%に調節される。

4. 支援 ブイ (第5図および写真④)

海上に保留されて 海中作業基地システムおよび居住実験の中核機能をもつ。 長方形の船のように見えるが自走しない。 内部には前項の減圧タンクがあり タンクの上部ハッチと水中エレベーターの下部ハッチとが結合されている。 水中エレベーターの運用 海底の基地本体への補給 給電(100KVA AC445Vのディーゼル発電による) 通信 監視 減圧タンクの加圧(30m²×30kg/cm²のエアコンプレッサーによる) 陸上との連絡などを行なう。 乗員 支援関係者 潜水技術者など計



第3図 水中エレベーター (科学技術庁資料による)



第4図 減圧タンク (科学技術庁資料による)

23名を収容できる。減圧タンクに接して診療室があり専門医が潜水技術者の状態をITVなどにより常時監視して安全を図るようになっていいる。以上の4つの要素は次のようにして使用される。

- 1 クレーン船により基地本体を海底に設置
- 2 曳船により支援ブイを基地本体付近の海上に配置
- 3 アクアノート減圧タンクに入れ 基地本体の深度に相当する圧力に加圧。タンクに結合された水中エレベーター内部もこれと同様に加圧
- 4 アクアノートは水中エレベーターに移乗し 減圧タンクからエレベーターを分離
- 5 水中エレベーターはクレーンにより海底へ降下
- 6 アクアノートは水中エレベーターから海中に出て基地本体へ移住
- 7 浮上の際は高圧状態のエレベーターのまま支援ブイの減圧タンクに結合され 減圧タンク内で慎重に大気圧まで減圧

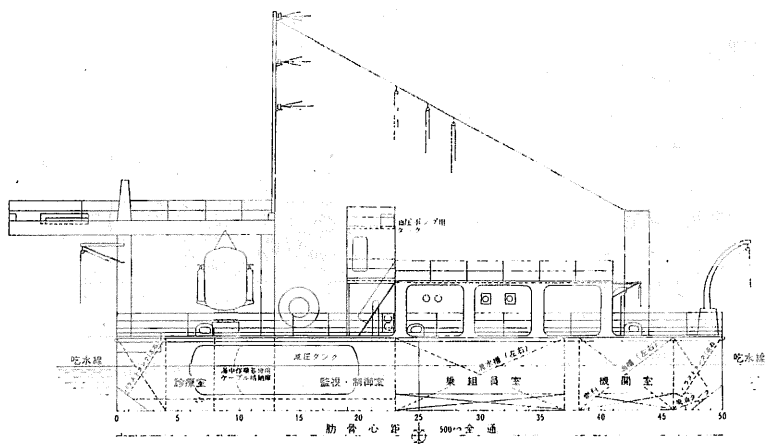
III シートピア計画

海底で生活するという試みはわが国でも民間有志の人たちによって実現され た例えば現在沼津市の三津海岸には水深10mの海底に「海中村」があるが 飽和潜水技術と前述の各装置を使った いわば本格的な海中居住実験はこのシートピア計画が最初である。目新しいプロジェクトに愛称をつける世界的な傾向にならない 数多くの提案の中からこの名前が選ばれた。

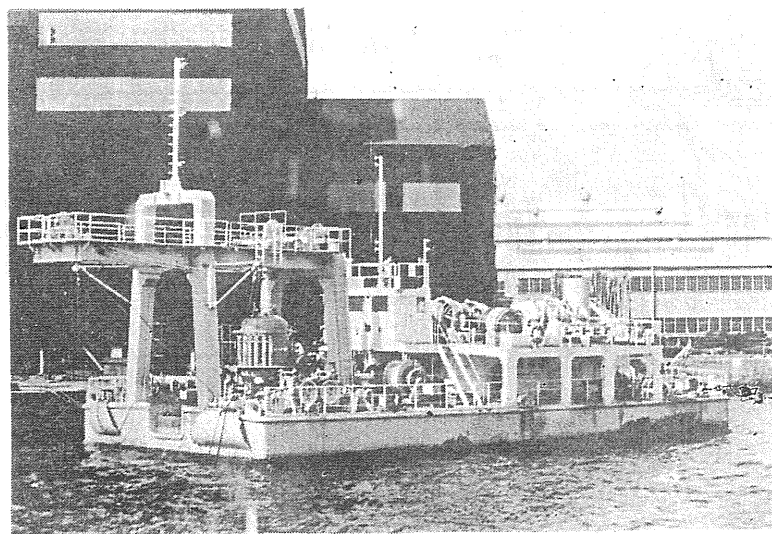
当面の目標は48年に水深100m (11気圧)における1ヵ月間の居住を達成することであるが 冒険は無用であり 専門家の衆知を集めて安全を確保しながら漸進的に実施される。すなわち本年度はアクアノートの合宿訓練 減圧を要しない水深9mにおける作業基地システム使用訓練 および減圧タンクによる30m模擬潜水訓練を経て水深30mの居住実験を行ない。明年は60mそして明後年に100mという計画である。30mの場合と同様に60m 100mについてもあらかじめ模擬訓練によってそれぞれの深度に相当する圧力環境を体験し 飽和潜水技術に慣れることになっている。この実験を通じて期待されるのは 次のような問題について貴重な資料が得られることである。

① 海中環境に対する人間の生理的・心理的な適応性……海底に設置された居住設備に起居し これを基地としてその深度付近の海中で作業を行なう場合 行動や判断の能力はどのようなか また閉鎖環境による心理状態はどうかなどが検討される。

② 海中作業の要領……海中での作業には支援ブイとの間の物資の往来にともなう荷扱い 基地本体や水中エレベーターの保守というような一般的な作業と各種の調査や工事など専門技術的な作業とがある。この実験では簡単な工具 工法による一般的な作業が主体であるが 環境観察や標本採取なども試みられるであろう。



第5図 支援ブイ (科学技術庁資料による)



写真④ 支援ブイ 後甲板のクレーンに円筒形の水中エレベーターが吊ってある 水中エレベーターは甲板の下の減圧タンクと結合してある 海底との往来はこのクレーンによる

③ 海中基地の居住性……基地の構造や内部環境条件の設計 制作は主として先進諸国の経験的資料を参考にし行なわれたが 温度 湿度 人工空気成分など雰囲気と人間工学的な検討が行なわれ 快適さ以外に緊急事態への対処など 安全対策も完ぺきを期さなくてはならない。

④ 海中環境に対する機器・装置の適応性……海中基地に関連する機器・装置はすべて高圧下の人工空気または海水中で使用される。 耐圧性と耐久性の総合的な実地テストがこの実験を通じて行なわれることは 関係業界の技術的な水準を明らかにし 品質向上や新製品開発のために波及効果が期待できる。

この一連の実験は同時にわが国で未発達な飽和潜水技術を習得する機会ともなるので 海洋産業界などから選ばれた人たちが訓練に参加し 4人1組で海中居住を体験することになっている。 これらの人々は生理 心理的に厳しい環境に耐え 支援作業や海中作業のための複雑な装置を使いこなさなくてはならない。 健康で知的水準が高く 目的意識の強い科学技術者はアクアノートに適しているというから 将来 海底の地質精査に海中派が活動する可能性は十分考えられよう。

科学研究の面でも生産面でも海中作業基地は人間と海との距離をさらに縮める意義をもつ。 その生活を海のユートピアとする第一歩として安全に 慎重に今回の実験を成功させたいものである。

(筆者は物理探査部 科学技術庁海洋開発官付に併任)

地学と切手



先史時代の
の
絵の切手
P. Q.

今から約50年ほど前 ノルウェーの西海岸に連なるフィヨルドの奥で網を入れて 魚のかかるのを待っていた漁師が 海岸の氷河で磨かれた岩壁に大きなトナカイの絵が刻まれているのを発見した。 これはすぐに専門家に報告されて調査されたところ 絵は2マイルも続いております 1963年に再調査された時には 1,500ものトナカイ 魚 クマ カエル 水鳥などの絵が発見された。 これらの絵は先史時代人の狩猟芸術と呼ばれ ノルウェーばかりでなく スウェーデンやソビエトでも発見されており スペインや南フランスで有名な洞窟芸術に対して 北極圏芸術 (Arctic Art Zone) として区別されている。 絵はすべて氷河で滑らかに磨かれた露岩の上に曲線で刻まれたトナカイやクマの姿などが実に優美な線画として描かれている。 また ここに上げた切手のように 体に筋肉構造を示すような模様が刻まれているものも多い。

これらの絵は 先史時代の人々が静かなフィヨルドからフィヨルドへと獲物を求めて狩をして歩き けわしいU字谷の岩壁を見上げて 豊猟を祈って岩に刻みこんだものであろうと考えられている。 数年前にもオスロフィヨルドの東岸で 農場のわきの苔を牛がはがしたところ みごとなソリのようなもの

のった人間を描いた絵がみつがっている。 大勢の人が集団でお祈りをしているような あるいは狩をしているような姿が描かれている。

第四紀地質学の中では スカンジナビアをおおった大氷床とその後退に伴って次第にこの地域が隆起してきた歴史はあまりにも有名である。 沖積世に入ってから 現在のバルト海は ヨルディア海 (10,000~9,000年前) — アンシルス海 (8,500~7,500年前) — リットニア海 (7,500~3,500年前) — リムネア海 — マイヤ海時代を経て現在に至り リットニア海時代にはすでに狩猟と共に原始的農耕文化があったことが明らかにされている。 この切手にみられる絵はすべて後氷期のものであり 旧石器時代のものでないことは明らかであるが たしかな時代は決められていない。 文書による記録がB. C. 数千年までたどれる中国や中近東とはちがって 北欧では10世紀のバイキングの時代が考古学の対象として扱われる歴史の浅い国のことであるから これらの絵も案外新しいものかも知れない。 そうしてみると ソリや船の形がバイキング時代のものと共通しているところもあるように思う。

40オーレの切手は 1966年にオスローで開かれた世界スキー選手権大会の記念切手で その図案は上記トナカイなどと同じ石に刻まれた絵の中にあつたスキーをする人の絵である。 このように先史時代からスキーは生活の中で用いられていたのである。 これらの絵に共通な特長は 無駄のない優美な簡潔さということであろう。 今日の北欧の家具などをみていると 南ヨーロッパの装飾多い賑やかさに比べて 実に単純化されたスマートさがあるのは こうした長い文化の伝統にもとづくものかも知れない。

「訂正」

203号の「フライベルグ鉱山学校200年記念切手」の説明文に誤りがありました。 フライベルグは東ドイツにありますので 冒頭の南ドイツは東ドイツに訂正します。 なお 9行目以下の4行の記事は南ドイツにあるフライベルグ大学と誤解しましたので削除します。 ご教示いただいた大町金属課長にお礼申し上げますとともに 読者の皆さんに深くおわびします。