

『黒潮海洋牧場』構想

下の方列島でクロマグロを育てる

監修 黒木敏郎

構想 大林組プロジェクトチーム

日本列島の南岸沿いを、南西から東北方向へ流れる「黒潮」は、太平洋海域における代表的な海流であり、「KUROSHIO」の名で世界的にもよく知られている。黒潮がわが国に与える影響は大きく、気候、水産、文化など多方面に及んでいる。近年、黒潮に関する研究が進むにつれ、その流路や規模のみならず、生態系に与える影響や水産資源に対する潜在的な役割なども次第に明らかになりつつある。そうした中で黒潮は新しい資源領域として、その有効利用が模索され始めている。

そこで今回、大林組プロジェクトチームは、黒木敏郎氏（東京水産大学名誉教授）の監修のもと、黒潮のもつさまざまな可能性を積極的に活用した「黒潮海洋牧場」の構想に挑戦した。黒潮海域に棲息する魚類の中でもとくに日本人に馴染みが深く、重要な水産資源であるクロマグロを、黒潮本流の真っ只中で育てようという壮大な計画である。



一、海の大河「黒潮」と日本人

黒潮…その名に日本人がロマンを感じるのにはなぜだろうか。

周囲を海にかこまれた列島国家に住むわれわれは、「自分たちがどこから来たのか」、その起源を長いあいだ問い続け、そして今も魂の基底部に「遠い昔海を渡ってきた民族であるかもしれない」との自覚を秘めて暮らしている。

その海とはどこかと問うとき、一つの歌が頭に浮かぶ。

名も知らぬ 遠き島より

流れ寄る 椰子の実一つ (詞・島崎藤村)

もしかしたらわれわれの祖先もまた、この椰子の実と同じ海上の道をたどり、はるかな波路を越えてきたのではないかと考えたのは柳田国男であった。

黒潮に乗り、アユの風(海から岸に向かって吹く風)に打ち寄せられ、愛知県渥美半島の伊良湖岬の渚にたどり着いた一粒の椰子の実は、日本人と日本文化の根源を象徴的に表わしているものであるかのよう

に思えた。

柳田の説いた海上の道は、現在では、文化伝播の道筋としては傍流であったとする考え方もあるが、それでも大なるロマンを秘めたルートとして、日本人の心のうちに息づいている。司馬遼太郎は「薩摩、土佐、熊野という黒潮の流れる三つの地帯の日本人には共通したなにかがありはしないか。極端に言えば同一人種性が濃厚であるとおもう……」(『歴

史を紀行する』)と指摘している。まさに黒潮こそは、民族のありようとも深い関わりがある、悠久の歴史を秘めた大なる流れなのである。

では遠い南の島の渚を離れた椰子の実を、日本列島まで運んだ黒潮とは、どのような海流なのだろうか。

黒潮の源流域は、フィリピンないしは台湾東方といわれている。その海域に発生した黒潮は、北上しながら石垣島付近で東シナ海に入り、沖縄、奄美の西側を通過してトカラ列島に達する。そのとき一部は対馬暖流となつて北に分かれるが、本流はトカラ列島を横断して再び太平洋へと出る。そして日向灘、熊野灘、遠州灘の沖を通り、房総半島沖付近から日本列島を離れ、太平洋の真っ只中へと流れていく。ときに、熊野灘から遠州灘にかけて巨大な冷水塊(直径二〇〇キロメートルに及ぶ低温の海水の塊)が発生することがあり、そのとき黒潮は南側に大きく迂回(黒潮の大蛇行)したコースをとる。この直進型と蛇行型の二つが、黒潮の代表的な流路である。

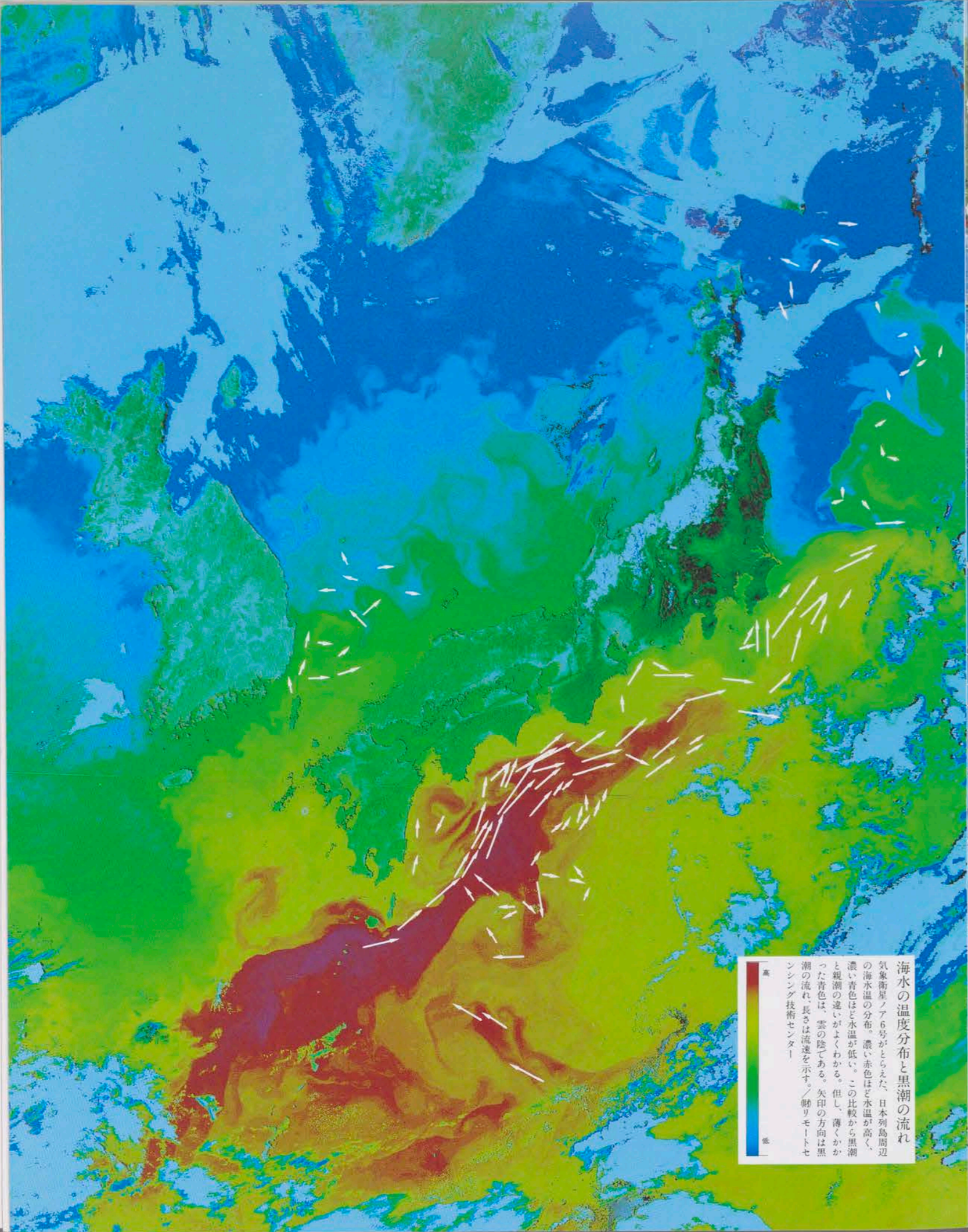
黒潮の幅は一〇〇〜二〇〇キロメートルに及び、深さは二〇〇〜一〇〇〇メートルにも達する。流速は一〜二ノット(二ノットは毎時約一・八キロメートル)、速い場所では三〜五ノットもある。そして流量は、季節によって差はあるが、およそ毎秒二五〇〇万トンから六五〇〇万トン。わが国最大の流量を誇る石狩川の一〇万倍、世界最大のアマゾン川の二

〇〇倍という試算もある。昔から「黒瀬川」とも呼ばれてきたように、海の大河というにふさわしい雄大な規模の海流である。それだけに船の性能が十分でなかった近代までは、黒潮に巻き込まれることは遭難を意味する場合もあり、漁師たちの間では早くから強力な海流として知られていた。

しかし、その一方で黒潮は、日本人の漁労と食生活を支えてきた重要な海流でもあった。たとえば暖水性の魚であるマグロやカツオは、黒潮に乗って日本近海までやって来る。縄文遺跡からもマグロを食べた痕跡が発見されているように、日本人は早くから暖水性の魚を食べて暮らしてきたのである。

南方の海で産卵し、黒潮に運ばれながら成長するマグロ、カツオ、ブリ、ウナギ、日本近海で産卵し、黒潮に乗って北の海へと向かうサンマ、トビウオ、イワシ、アジなど、黒潮と関係の深い魚類は枚挙にいとまがない。これらの魚が、日本人の食生活や味覚を通して、さまざまな形で食文化を醸成するようになったのは、黒潮のおかげといってもいいだろう。

黒潮自体は、栄養の乏しい海流ではあるが、多くの魚たちに産卵の場を提供し、流れの中で育み、成長への遥かな旅を手助けする、いわば「海の揺籃」の役割を果たしているのである。この水産及び食文化における黒潮の役割が、民族の起源への探究心とともに、われわれのロマンを求める心を現在もなお、かきたてるのだともいえるだろう。



二、「黒潮海洋牧場」構想の概要

◎構想の背景

わが国の水産や文化に深い影響を与えている黒潮を、なんとか有効利用できないものであろうか。黒潮は、その強大な勢力のために、資源利用という観点からは今まであまり見直されたことがなかった。しかし近年、魚類の成育に関わる重要な役割が解明されるにつれ、とりわけ水産との関わりが注目され始めている。そこで大林組プロジェクトチームは、永年水産工



④平島

学の立場から研究に携わってこられた黒木敏郎氏にご指導を仰ぎながら、黒潮を有効利用する方法について検討をかさねた。その結果、歴史的にも日本人と関連の深いマグロの中間育成の場として、黒潮そのものを有効利用できるのではないかと、この結論に達したのである。

マグロ類の中でも、別名ホンマグロともいわれるクロマグロは、刺身材料としての需要が大きく、経済価値の高い魚となっている。その反面、漁獲量は減少傾向にあり、現状のままでは資源の増加が望め



⑤悪石島

ない状況にある。そこでクロマグロを対象として、黒潮の海域において種苗生産から中間育成までを行ない、飼育した若齢魚を黒潮本流に放流する方法により、資源の増殖を図り、漁獲高の増加に貢献する計画を立案した。

それが「黒潮海洋牧場」構想である。

◎「黒潮海洋牧場」

黒潮海洋牧場は、次の三点を大きな柱として構想した。

①黒潮海洋牧場の立地と建設

黒潮海洋牧場の建設地点として、われわれが目にしたのはトカラ列島である。鹿児島県の南方海域、屋久島と奄美大島との中間に数珠状に連なるトカラ列島は、黒潮本流の真っ只中に位置している。その近海は、クロマグロにとっては産卵の場であり、成長の場でもある。

トカラ列島を核とした海洋牧場から、クロマグロの稚魚を放流すると、黒潮に乗って北上し、三〜四年で成魚となり、再び故郷の海へと帰帰する。したがってこの海域で稚魚を放流することは、わが国沿岸のマグロ漁業への資源添加に、大いに寄与することになるはずである。トカラ列島は、黒潮利用の観点からも、また水産資源への貢献という視点からも、きわめて魅力的な海域といえる。

プロジェクトチームはまずトカラ列島とその海域について、気象・海象などの諸条件の検討を行った。そしてトカラ列島のほぼ中央部にあたる平島、諏訪之瀬島、悪石島の三島と、これらの島を結ぶ三角形の海域に注目した。さらに平島とその周辺海域については現地調査も実施した結果、この地点を黒潮海洋牧場の最適地と決定した。

〈計画地点〉

トカラ列島の平島東浜に、クロマグロの親魚養成から種苗生産、中間育成までに最新の水産技術を導入した、クロマグロ研究センター（陸上種苗センター、沖合中間育成施設）を建設する。

平島、諏訪之瀬島、悪石島の三島と、その近くにある天然礁（根）を取り込んだ海域約一〇〇平方キロメートルを、クロマグロ放流海域とする。

②黒潮海域の環境モニタリング基地の設置

黒潮海洋牧場の計画海域に、三か所の海上サテライト基地及び観測ブイシステムを設置し、牧場内における魚群行動の観察、各種海域情報、海況などを

モニタリングし、黒潮の南方海域の環境情報を収集するための定点観測機能を有する基地とする。

マグロ、黒潮ともに、日本人に馴染みの深いわりに、その実態にはいまだ不明な点が多い。黒潮本流にあるトカラ列島において、環境モニタリング基地を設置することは、今後の黒潮研究の発展に大きな意味がある。

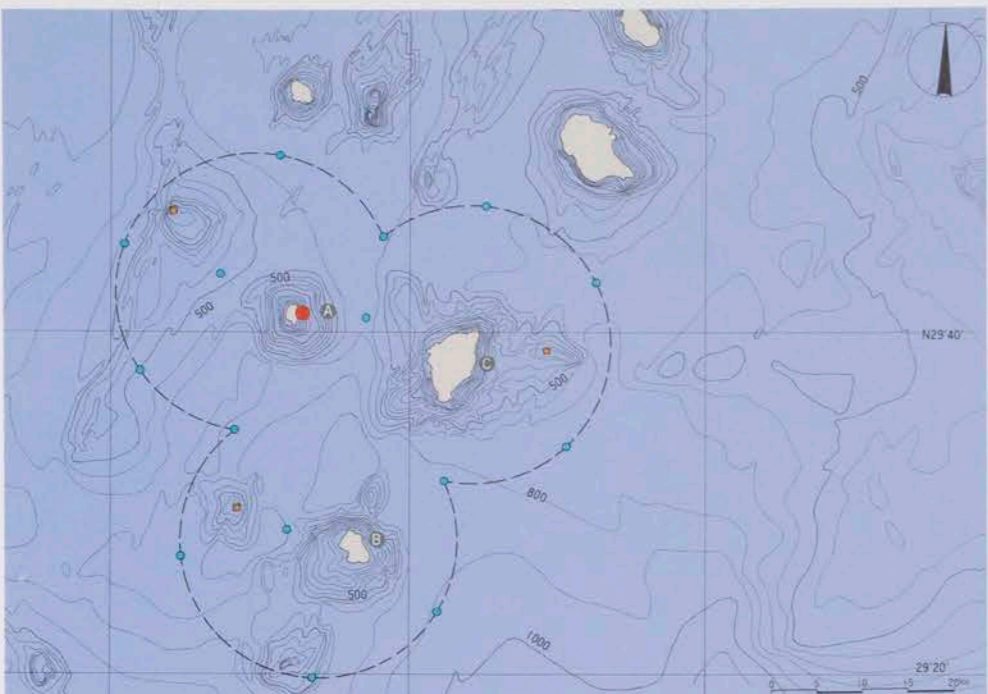
さらにサテライト基地や観測ブイシステムもふくめた海洋牧場全体の機能を、将来的には次のように役立てることが考えられる。

- ・黒潮系魚種の水産情報発信基地
- ・黒潮系魚種の漁労情報発信基地
- ・水産バイオ研究基地
- ・海洋工学研究基地
- ・黒潮エネルギー（海洋エネルギー）の実験・試験海域
- ・海洋レクリエーション基地
- ・海水溶存資源（金、ウラン、重水など）の採集・研究基地
- ・黒潮系海洋民俗学などの資料収集・研究基地

③黒潮の積極的利用

黒潮海洋牧場においては、黒潮のもつ生物生産機能、浄化機能、エネルギーなどを活用し、自然環境をいかした海域利用を図る。具体的には、クロマグロの育成過程において栄養塩の豊富な深層水の利用、飼育・管理面での冷海水の利用など、黒潮及びトカラ列島海域のさまざまな特徴を積極的にいかした試みを行なう（その詳細は後述）。

さらに黒潮利用の可能性として、表層の温かい海水と深層の冷たい海水の温度差エネルギーを利用した海洋温度差発電や、海流そのものの運動エネルギーを利用した海流発電など、黒潮エネルギーから電力を得る方法も考えられる。

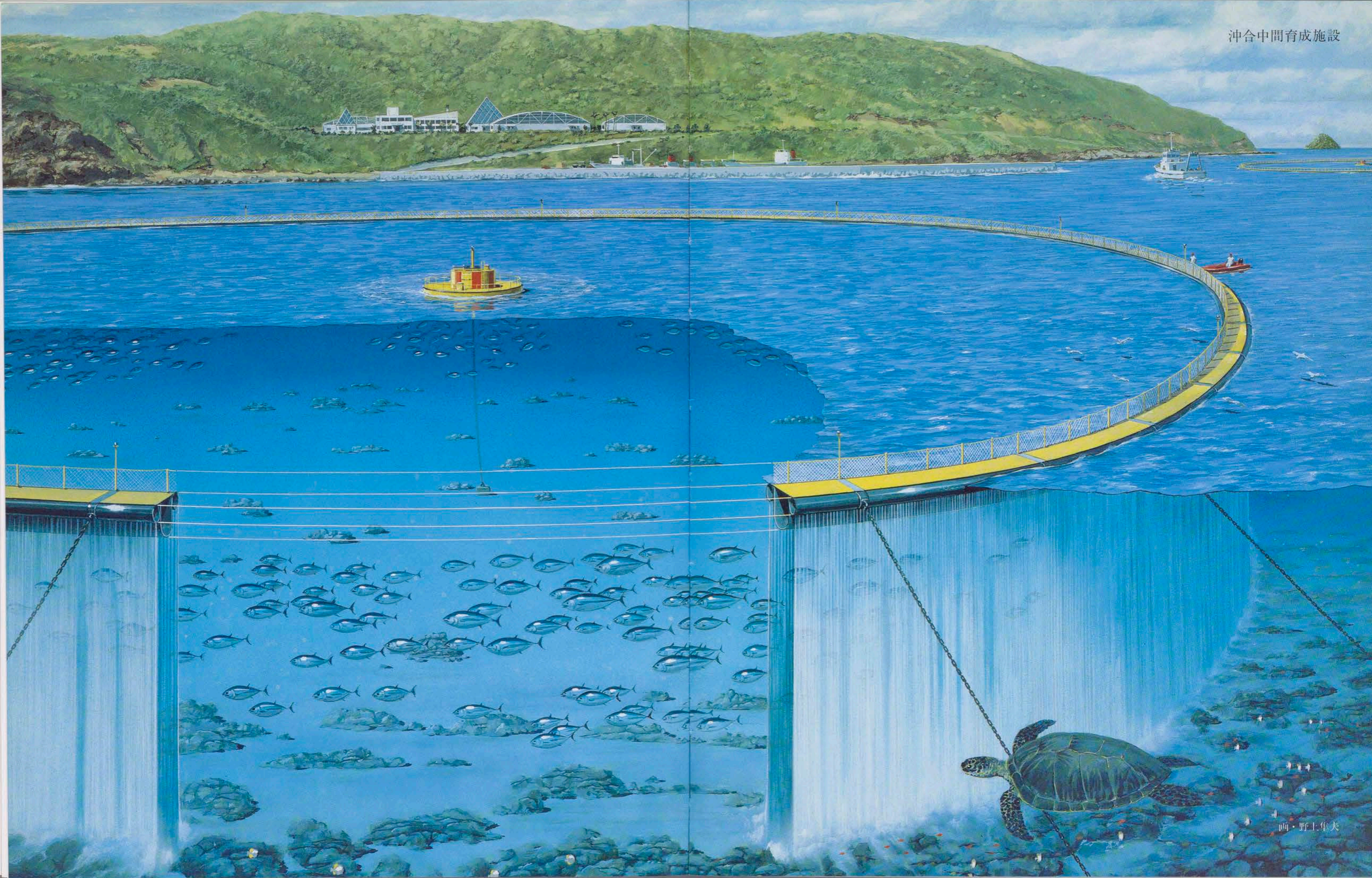


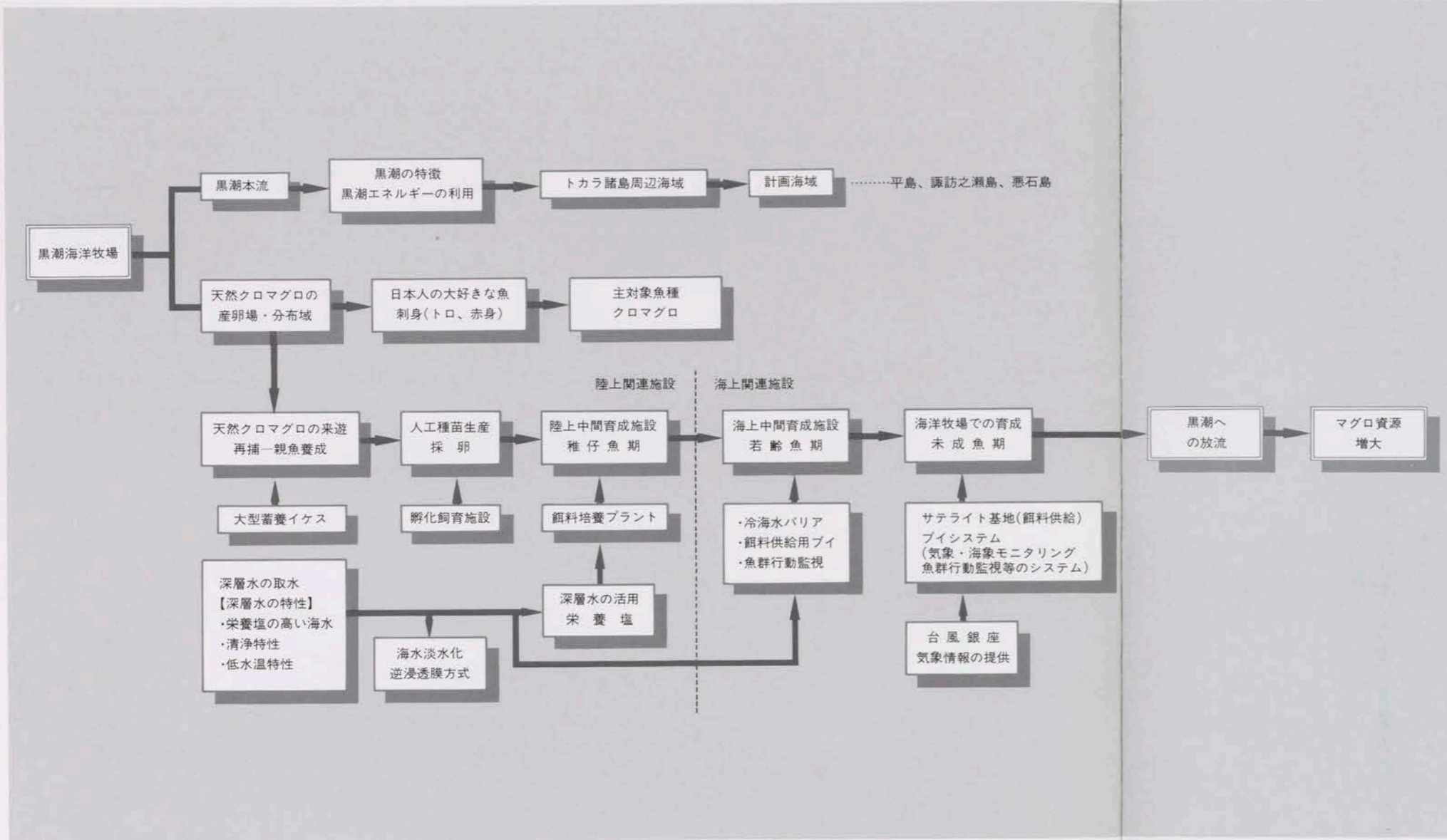
全体ゾーニング
 --- 黒潮海洋牧場の海域
 ■ サテライト基地
 ● 海洋情報・魚群探知ブイ
 ● 研究開発ゾーン
 ● 平島 ● 悪石島 ● 諏訪之瀬島
 (写真はP8を参照)

E129'20" 129'40" 130' N29'40" 29'20"



⑥諏訪之瀬島/写真・十島村役場(3点とも)





三、黒潮海洋牧場におけるクロマグロの生産計画

① クロマグロ育成のプロセス

黒潮海洋牧場では、次のようなプロセスでクロマグロの種苗生産から放流までを行なう(フロー図参照)。

① 種苗生産

トカラ列島海域に回帰した天然クロマグロの親魚を捕獲し、平島東浜のクロマグロ研究センター内に設置した大型蓄養イケスで養成し、人工種苗生産によって採卵・孵化させる。さらに天然餌料及び配合餌料を与えて、二〜三センチの稚魚に成長するまで陸上施設で養成する。

その際、黒潮深層から海水を取水し、種苗生産、餌料生産などに活用する。

② 深層水の利用

深層水は低温で栄養塩類がきわめて豊富であり、かつ懸濁物やバクテリアが少ないという長所がある。水産面では、深層水を利用することにより、植物プランクトンの増殖や藻類の成長が著しく促進されることが報告されており、今回の海洋牧場には有効な

② 沖合中間育成

陸上施設で養成した稚魚は、その後、沖合中間育成施設で育成する。新しい技術的手法によりバリアを用いてイケスを形成し、その中で稚魚の飼育を行なう。

バリアについては、できるだけ自然環境を利用し、また網ズレによる稚魚の損傷を防ぐ目的から、網を使わず、無形バリアとした。無形バリアの技術的方法としては、超音波、磁気、レーザー、電気などによる遮断技法が構想されており、すでに研究及び実証段階に入っているものもある。

今回の構想では、無形バリアの新しい方法として、深層の冷海水を利用した「冷海水バリア」を採用した。

③ 冷海水バリア

魚類は、水温、浸透圧、流況などの環境によって棲息場所を変え、好適環境を求めて移動することが知られている。冷海水バリアは、こうした魚類の性質を利用し、ある特定海域を冷海水で遮断すること

により、水温差によって魚類の行動を制御する方法である。

今回の構想では、バリアは二重構造とし、内側には表層水を、外側には水深三〇メートルから取水した冷海水を、ウォータージェットにより噴射してウォーターカーテンをつくり、バリアを形成する。この方法により、バリア内の水温の低下を防ぐことができる。

平島近海の水温データ(気象庁海洋気象観測資料)をみると、七月から九月までの表層水温が摂氏二九度程度、水深三〇メートル付近では一三度程度となっている。中間育成の期間は夏期にあたるので、冷海水バリアによって水温差一〇度以上を確保することが可能となる。ただし、財団法人海洋生物研究所の土田修二氏によれば、「回避性魚類は温度に必ず反応するが、種類によってその温度が異なる」とされており、その詳細な研究結果はまだ出ていない。したがってクロマグロの制御にもっとも適した水温差については、今後の研究課題でもある。

③ 海洋牧場内での育成

冷海水バリア内で飼育した若齢魚は、平島、諏訪之瀬島、悪石島の周辺にある天然礁(魚の付きやすい根)に移送し、放流する。海中にそびえ立つ根は、黒潮海域で生まれた天然の稚魚にとって、憩いの場、棲息場、餌場として重要な天然礁となっている。こうした天然礁付近にサテライト基地を設置し、放流したクロマグロの稚魚への餌料供給を行ない、放流海域全体を飼付け型の海洋牧場とする。またサテライト基地では、魚群行動の観察、海洋


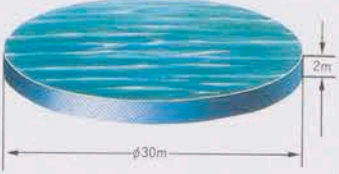


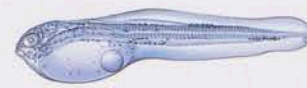

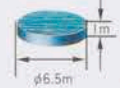

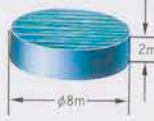
④ 黒潮海洋牧場におけるクロマグロの計画生産量

黒潮海洋牧場の主目的は、クロマグロ資源の増加にある。本構想によって、どれだけの生産量が見込めるのだろうか。その試算を行なった。わが国におけるマグロの供給量は年間六五万トンにもなる。このうち経済価値のもっとも高いクロマグロは、沿岸と沖合(遠洋を除く)を合わせて、年間の漁獲量は約二万トン(昭和六三年度)である。黒潮海洋牧場では、このクロマグロの漁獲量を年間五パーセント(二〇〇〇トン、約一万尾)増加させることを最終的な目的として、あらゆる設定を行なった。


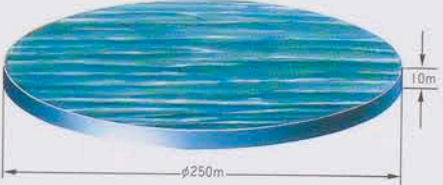



黒潮海洋牧場における計画生産量の詳細は、次頁に示したとおりである。各段階の歩留りは、石垣島にある社団法人日本栽培漁業協会八重山事業場のデータや、ブリなど同様な回遊魚のデータを参考とした。また水槽の容量、敷地面積なども、同協会及び類似の魚種に関するデータから算定した。

なお最終段階での再捕率(放流したマグロを成熟後に捕獲できる確率)を、ここでは二パーセントと設定したが、本計画が定着し、定期的な放流が行なわれるようになれば、毎年増加する可能性もある。

陸上施設

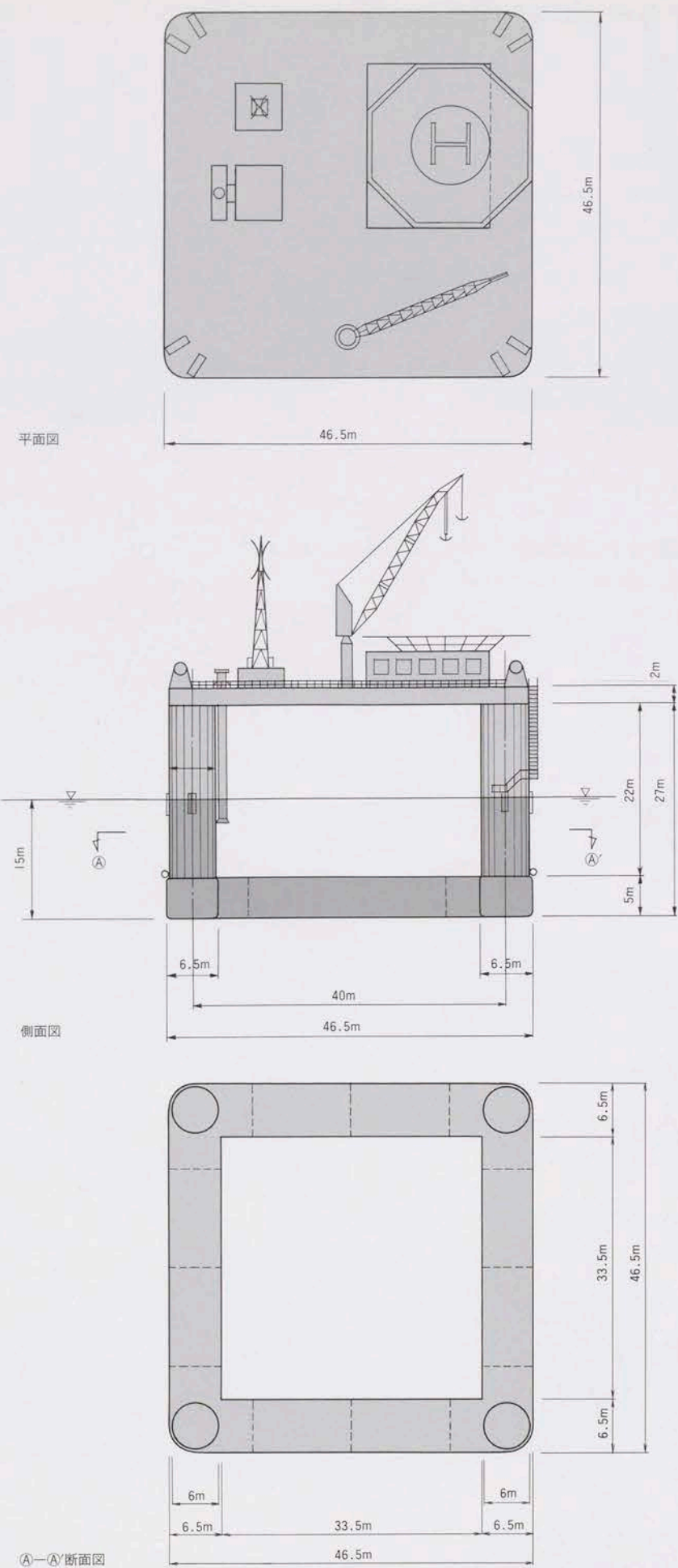
歩留・再捕率等/数量	発育プロセス	規模 餌料
1 親魚♀10尾から 2570万粒	親魚養成 ♂♀合わせて20尾蓄養 	陸上水槽 2基 
2 20% (健苗卵) 514万粒	採卵 分離浮遊卵 	1t水槽 1基 
3 60% 308万尾	孵化 0.8mm~1.0mm 	1t水槽 5基  クロレラ・ワムシ養成(餌料) クロレラ: 3倍の水槽 ワムシ: 6倍の水槽
4 50% 154万尾	仔魚 2.0mm 	トン5万尾収容のコンクリート水槽 1基 
5 90% 139万尾	稚魚 2cm~3cm 	トン0.5万尾収容のコンクリート水槽 3基 

海上施設

歩留・再捕率等/数量	発育プロセス	規模 餌料
6 80% 111万尾	若齢魚 10cm 	沖合中間育成場約14万㎡ 
7 90% 100万尾	放流 未成魚 25cm 150g~300g 	ドライペレット(餌料) サテライト基地・周辺海域 飼付け型飼育
8 50% 50万尾	天然水域へ放流 親魚 	天然水域へ放流
9 2% (再捕率) 1万尾	漁獲 放流から5年後 2.5m 300kg 	

四、黒潮海洋牧場の施設建設

サテライト基地A、B、Cセミサブ基本構造図



◎陸上生産施設

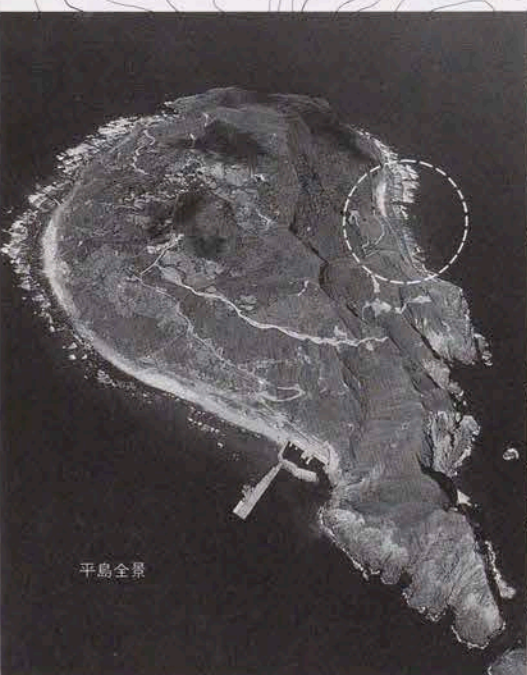
クロマグロの親魚養成から、採卵、孵化、仔魚、稚魚（二〜三センチ程度）の育成までは、平島東浜の陸上施設で行なう。その敷地規模、各施設規模は次のとおりである。

- ①敷地
- 立地場所 平島東浜
 - 敷地面積 一五〇〇〇平方メートル
- ②施設建屋面積

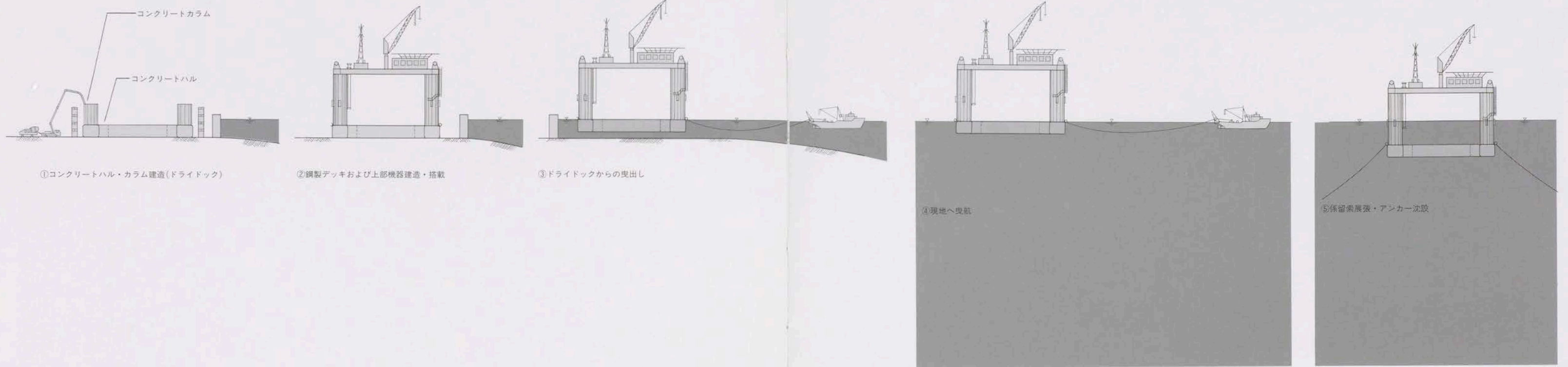
- 管理センター(二階建)延床 五〇〇平方メートル
- 研究棟(リ) 延床 三五〇平方メートル
- 実験棟(リ) 延床 五〇〇平方メートル
- クロレラ培養棟 六〇〇平方メートル
- ワムシ棟 一八〇〇平方メートル
- 親魚育成棟 一五〇〇平方メートル
- 仔魚育成棟 三〇〇平方メートル
- 稚魚育成棟 四〇〇平方メートル
- 採卵・孵化飼育棟 一〇〇平方メートル

- 発電施設 一五〇〇平方メートル
 - 合計 七五五〇平方メートル
- このうちクロレラ培養棟については、太陽光が十分採光できるよう考慮する。それ以外の育成棟については、太陽光が入るとケイ藻類が繁茂するなどの弊害が考えられるため遮光する。
- また、東浜の港湾施設を利用し、五〇〇トンクラスの海洋調査船でサテライト基地及びブイシステムへのメンテナンスを行なう。

平島・研究開発ゾーン配置図



平島全景



①コンクリートハル・カラム建造(ドライドック)

②鋼製デッキおよび上部機器建造・搭載

③ドライドックからの曳出し

④現地へ曳航

⑤係留索展張・アンカー沈設

◎サテライト基地の建設

黒潮海洋牧場の放流海域に建設するサテライト基地については、この海域の諸データを検討して、次のように想定した。

①機能

平島、諏訪之瀬島、悪石島を結ぶ海域には、サテライト基地として三基のサテライトステーション(無人化)を設置する。サテライトステーションの機能は、次のとおりとする。

- 関連施設
 - ・ 給餌施設(自動給餌・管理機能)
 - ・ ヘリデッキ(無人化のため必要に応じてヘリコプターを使用)
 - ・ 維持管理施設(定期的な付着物を除去するなどの定期点検、補給)
 - モニタリングシステム
 - ・ 魚群行動の監視(日周行動、摂餌状況、個体数、魚体状況など)
 - ・ 周辺海況の情報収集(水温、DO、流速、流向、波高、気温、風向、風速、栄養塩など)
 - ・ その他(飼育管理、給餌管理、漁獲管理)

②検討条件

サテライトステーションを設置する海域は、いわゆる台風銀座であり、しばしば暴風雨に見舞われる。また黒潮の流れも速く、水深も大きい。設計に当たっては十分な検討を要する。

・ 気象、海象条件(沖繩及び奄美におけるデータを基に、次のような設計検討条件を想定した)

- 風 秒速六〇メートル
- 波 波高一四メートル 周期一七秒
- 海流 秒速一・八メートル(約三・五ノット)
- ・ 設置水深
- サテライトステーションA 七〇メートル

同	B	一〇〇メートル
同	C	三〇〇メートル

・ 海底地盤条件
砂地盤を想定した。

③サテライトステーションの概要

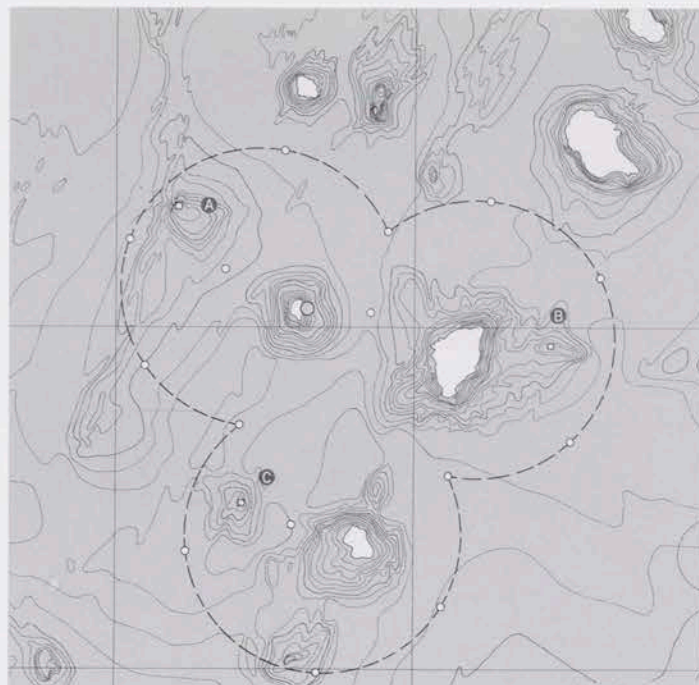
サテライトステーションの構造形式は、大水深海域向け構造物として世界各地で建造されている海底油田の試掘もしくは掘削・生産用プラットフォーム(リグ)を参考として選定した。プラットフォームの構造形式は、大きく分けると固定型、揺動型、浮遊型がある。今回はステーションの移動がある程度許されていること、また水深もかなり大きいことなどの条件から、浮遊型のセミサブ式(半潜水式)のプラットフォームを採用し、係留索とアンカーによって支持する方式とした。

またセミサブ本体構造は、耐久性に優れ、使用時の維持・管理が容易なプレストレストコンクリートとした。長さ一〇メートル以上のコンクリート製浮体は、現在までに世界で一三〇〇基余り建造されており、プラント台船、浮き棧橋、浮き消波堤、浮き橋など、コンクリートの耐久性、耐疲労性、耐衝撃性などの特性をいかした構造物として実績がある。なおサテライトステーションの製作・据付は、図に示した順序で行なう。

◎工期及び工費

最後に、今回の黒潮海洋牧場の建設に要する工費と工期については、次のように概算した。

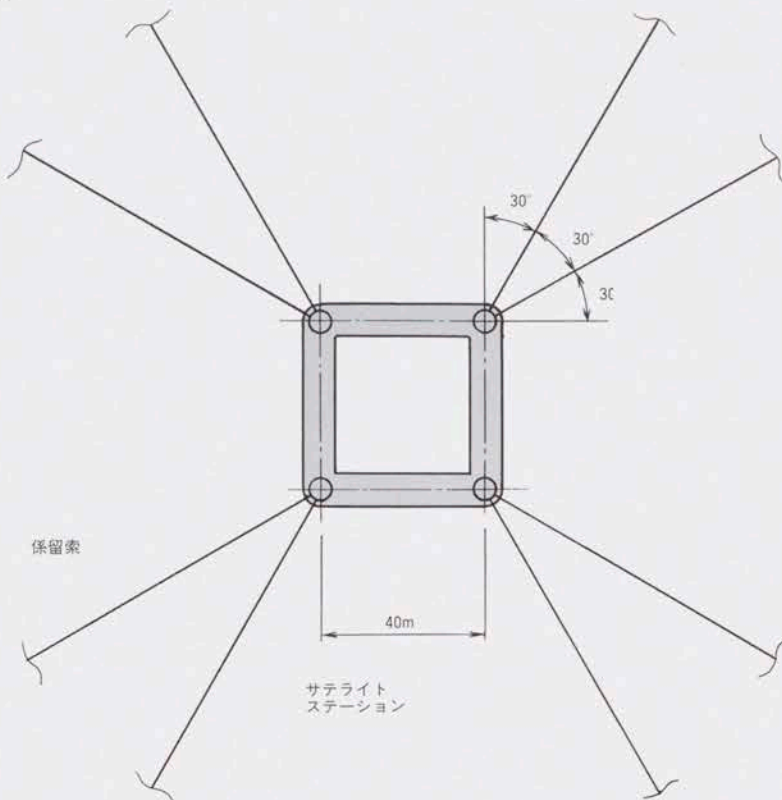
・ 陸上関連施設	四三億円
・ 冷海水バリア	一一〇億円
・ サテライト基地	六〇億円
・ プイシステム	四〇億円
総工費	二五三億円



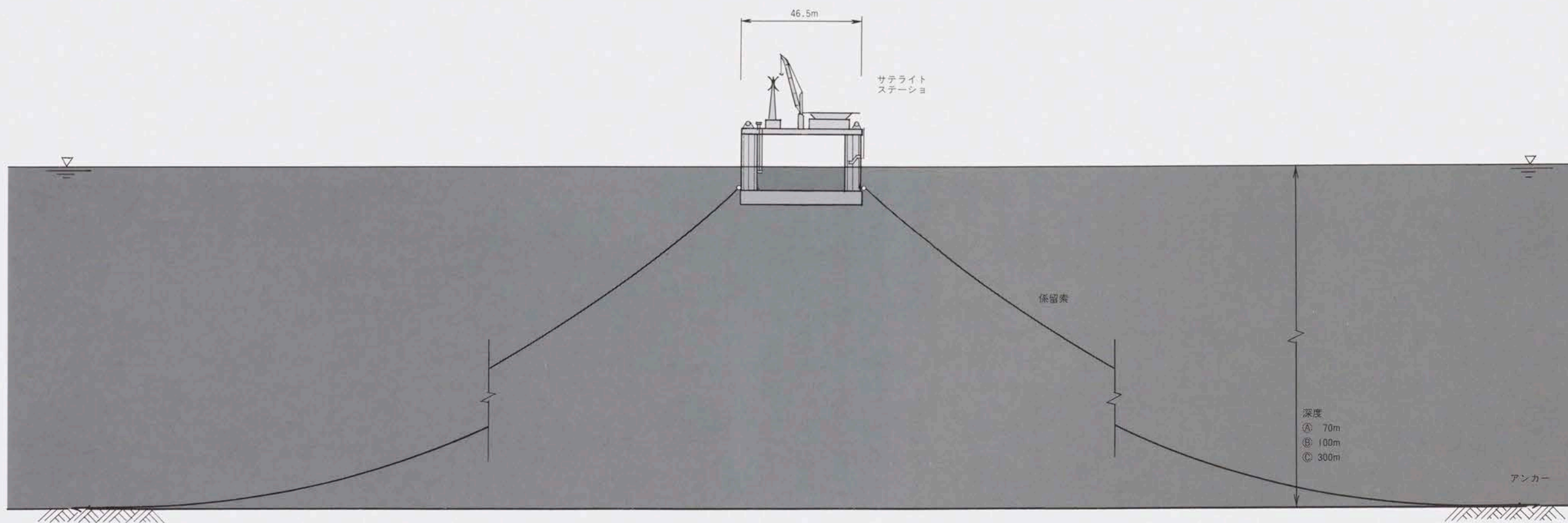
深度
 A 70m (A)φ89mm ℓ 500m(8本)
 B 100m (B)φ89mm ℓ 600m(8本)
 C 300m (C)φ76mm ℓ 1,200m(8本)
 8点係留

衛星ステーションA・B・Cの位置

衛星ステーション
 平断面図



立面図



〔工期〕
 ・陸上関連施設 二・五年
 ・冷海水バリア 一・五年
 ・衛星ステーション基地 一・五年
 ・ブイシステム 一・〇年
 但し、各工事はオーバーラップして施工するため、
 全工期はおおよそ三年程度である。
 ◎作業を終えて
 世界三大漁場の一つである三陸沖には、北からは

栄養に富む「親潮」が、そして南からは温かい強大な流れ「黒潮」がぶつかり、基礎生産力の高い漁場が形成されている。こうした豊かな漁場を擁するわが国は、年間一二〇万トンの漁業生産高を誇る世界第一位の水産国となっている。
 今回の構想は、豊かな漁場を育む黒潮海域を舞台に回遊するクロマグロを対象に、太平洋を広大な海洋牧場と想定して計画された。北方海域におけるサケ・マスの放流事業に匹敵する、大規模な南方型の

新しい海洋牧場であり、構想には二年余を要した。今日、日本の種苗生産技術は世界第一級に達しており、水産庁と社団法人日本栽培漁業協会を中心に、クロマグロの種苗生産に取り組んでいる。そこで培われた技術が確立されれば、本構想もまさに現実のものとなる日は近い。近い将来、われわれが計画したプロジェクトによって、健康食品としても注目されているクロマグロが、安価でおいしい魚として食卓をにぎわすことを願っている。