

ひまわり海洋牧場構想について

慶應義塾大学 理工学部	森 敬
㈱ラフォーレ エンジニアリング	田中 雅幸
インフォメーション サービス	
鹿島建設㈱ 正会員	○山本 治生
同 正会員	平島 繁
住友重機械工業㈱	橋本 泰明
同	日下部啓之

1. はじめに

最近の各省庁、地方自治体による海洋空間利用構想の推進にみられるように、我が国の周辺海域における海洋利用の重要性は今後さらに高まるものと予想される。特に、水産業は「とる漁業」から「つくり育てる漁業」への質的転換を迫られており、沿岸域から沖合域に至る広範囲の漁場形成を図り、資源の有効活用や効果的な培養、さらには漁場の積極的な保全等による新しい水産業開発を目指すことが重要課題となっている。しかしながら、現状では海洋生物、環境等に関する知見が十分でなく、従って海洋利用に必要な技術開発課題についても、その全てを十分具体的に把握できる状況には至っていない。水産業に限らず、今後我が国の周辺海域を有効に活用し、年々高度化・多様化していく海洋開発への要請に答えるためには、海洋における生態系の基礎調査、研究が重要課題となっている。

本研究はこのような状況に答える 1つの手段として誕生したもので、著者の 1人である慶応大学理工学部森敬教授の発明になる太陽光自動集光伝送装置「ひまわり」を利用した海洋牧場構想を提案するものである。この海洋牧場構想は海洋利用に係わる様々な課題の解明や、将来の本格的な海洋牧場を目指した基礎調査、研究開発も目的としており、併せて海洋観光、レクリエーションのための新しい観光媒体を提供するものである。

2. 太陽光自動集光伝送装置「ひまわり」

太陽光自動集光伝送装置「ひまわり」は森が発明し、㈱ラフォーレ エンジニアリング インフォメーション サービスが実用開発した装置である。この装置は図-1に示すように、アクリルドーム、フレネルレンズを用いた集光部、太陽位置検出用光センサーとマイコン、駆動部及び太陽光を所定の場所に伝送する光ファイバーケーブルによって構成されている。

集光部のセンサーが太陽位置を検出し、そのデータを基にマイコンが「ひまわり」の位置を計算、駆動部の水平、垂直用モータを制御する。このシステムには太陽が雲に遮られた場合に備え、タイマーによる作動機能が組込まれており、太陽の位置を常に高精度でトレースできる。従って、日没後も「ひまわり」の方向と角度は自動的に制御され、翌朝の日の出を迎えることができる。また、本装置は球型のアクリルカプセルの中に収納されており、これにより高層ビルの屋上や、海岸などでの風雨や塩害及び塵を防ぎ、また光の通過を乱さないようになっている。

「ひまわり」はまず 1枚の光学レンズで集光する際に生じる色収差を利用して、太陽光の可視光成分だけを抽出する。次に可視光部分の焦点にセットされた光ファイバーの端面「ライトガイド」が太陽光から“熱線”・赤外線、紫外線を効率よくカットする。この結果、光ファイバーの端面から入力時のエネルギーの1/2、ビーム角24度の光が出力される。太陽光成分から可視光だけを抽出した「ひまわり」の付加価値太陽光は、植物の光合成を抑制する“熱線”・赤外線、紫外線が少ないため、自然光の10~20%の弱い照度でも植物の活性化を促進することが実験で証明されている。

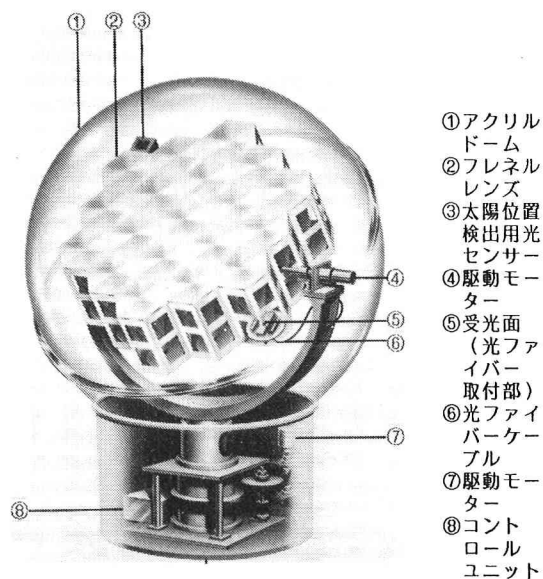


図-1 太陽光自動集光伝送装置「ひまわり」

(4) ひまわり海洋牧場システム

ひまわり海洋牧場構想は、図-3 に示す「ひまわり」を搭載した海洋牧場研究センターを利用して、上述の海洋生活圏の活性化を積極的に促すものである。まず富栄養化した底層水を光ラジエーターを備えた培養槽に吸い込んで、光ラジエーターからまんべんなく供給されるひまわり付加価値太陽光によって、槽内での光合成の促進を図りクロレラを増殖させる。次に一定の溶存酸素量になったところで、クロレラと一緒に酸素水を槽外に放出すると同時に底層水を吸い込み、再び光合成による増殖を続ける。こうすることによって、図-4 に示すように窒素、磷が海中から回収されると同時に酸素が供給され、結果的にクロレラ等の有用植物性プランクトンが海中に放出される（図-5 に海産クロレラ増養殖実験風景を示す）。その結果、ワムシのような動物性プランクトンがクロレラを補食し、これを稚魚等、小型の魚が好んで食する。それらの小型の魚を中型、大型の魚が食するという食物連鎖が発生する。クロレラ培養槽は緑色の光を発するので、回遊魚がその光に魅せられて集ってくる。さらに、その槽の周辺に放出された植物性プランクトンに光合成を継続させ、また魚の生態を見るために、付加価値太陽光の投光を行う。図-3 に示す施設の周辺には必要に応じて魚礁等の施設を配置し、魚類の棲み場を形成することにより、所要の海洋牧場の拡がりを作成する。

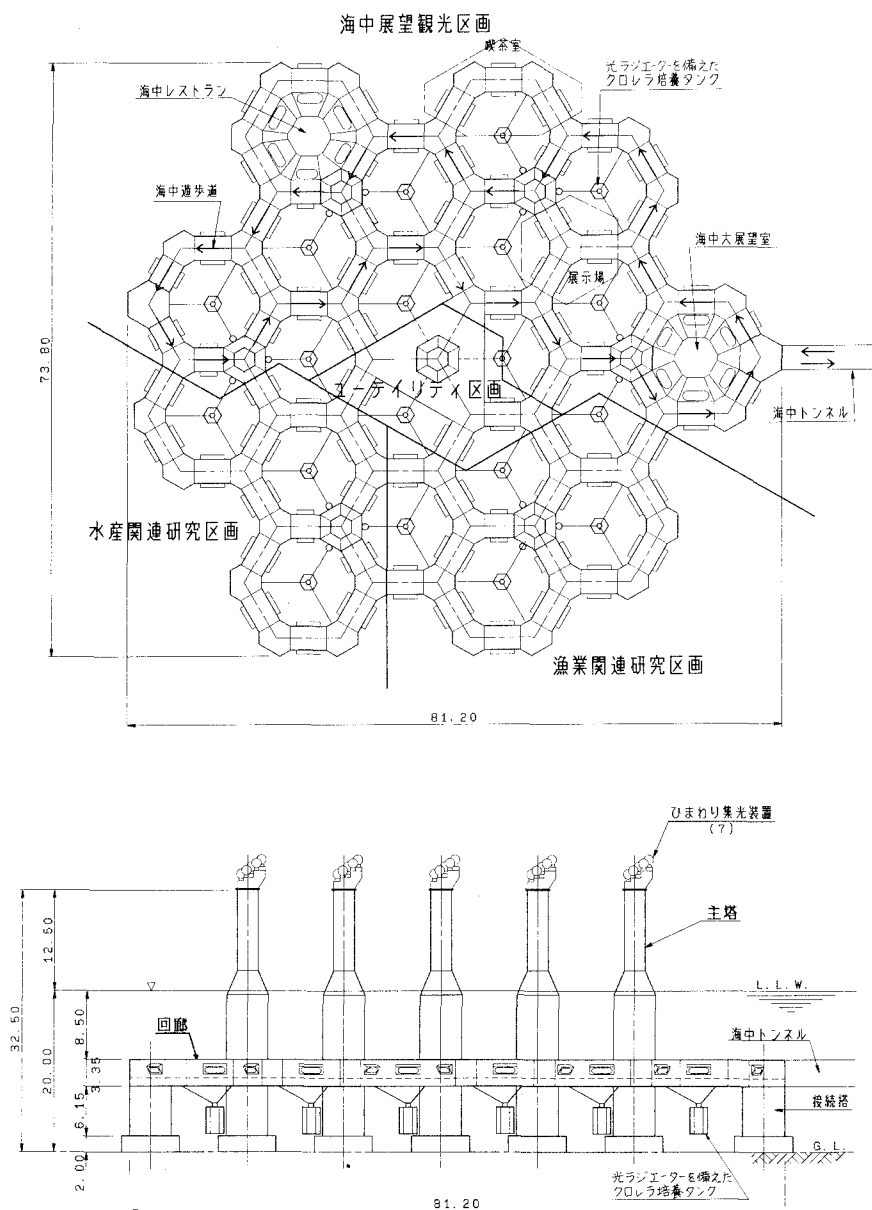


図-3 ひまわり海洋牧場研究センター

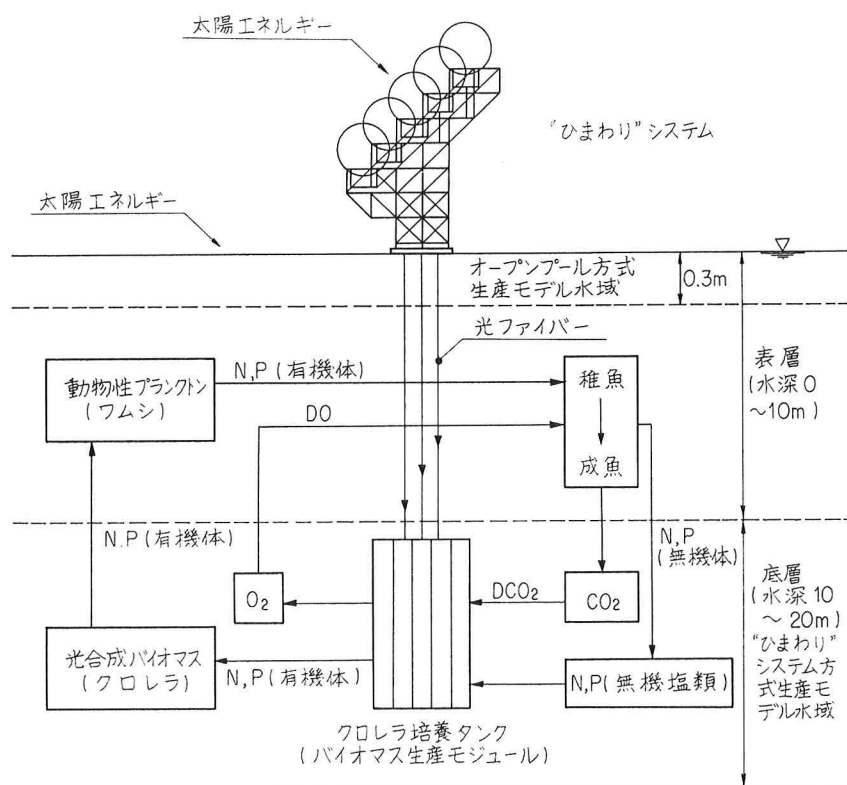


図-4 太陽光自動集光伝送システムによる設定海域の食物連鎖系モデル

(5) 海洋牧場研究センター

ひまわり海洋牧場の中核施設はここで述べる海洋牧場研究センターとなる。この施設は図-3の区画割に示すように海洋観測基地、海洋レジャー基地兼用の海洋牧場研究施設で、海洋牧場に必要な生物・生態調査と海中観察、さらに観光用も兼ねた多目的施設である。研究者による調査・観察は勿論のこと、一般観光客にも海中観察の実験を体験させるもので、海洋牧場等の海域総合利用に、さらに観光開発も加味することができる。本施設によって海中での生態の挙動を常に肉眼によって観察でき、その動態を把握できる特色を持っている。このことは、今後の海洋牧場にとって最大の課題である生態系のかかわりを解明し、正しい方向を見出すことに寄与することになる。

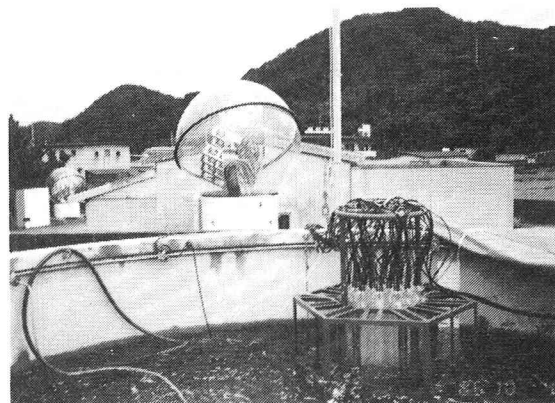


図-5 太陽光自動集光伝送システムを利用した海産クロレラ増殖実験風景

4. 海洋牧場施設の建設計画

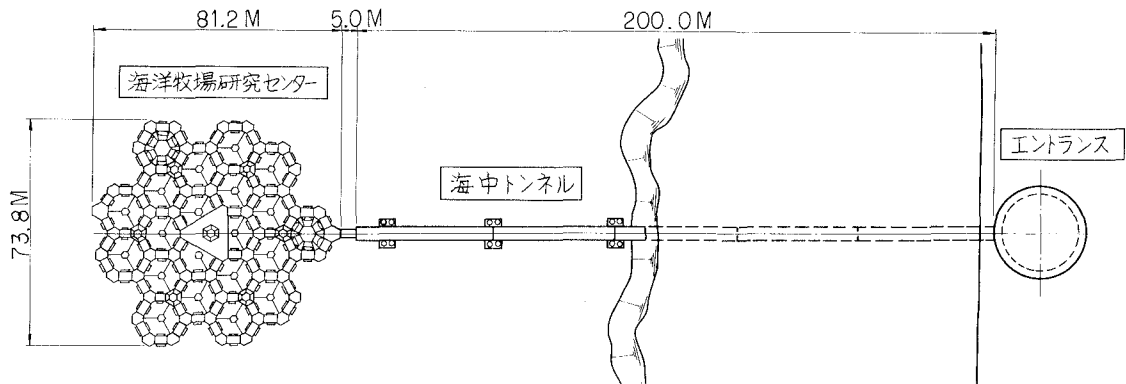
ここでは水深20mの海域を対象として計画した事例について述べる。本施設は「ひまわり」7基を搭載し、水面下約13.5mに平面規模73.8m×81.2mの回廊を有する鋼製構造の海洋牧場研究センター本体、及び陸上からのアクセスとしての鉄筋コンクリート構造の海中トンネルにより構成されている(図-3、6、7参照)。

4.1 設備計画

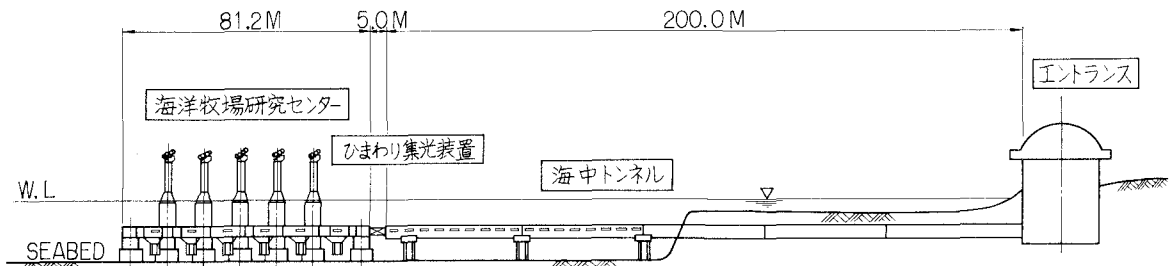
海洋牧場研究センター本体を水産関連研究区画、漁業関連研究区画、海中展望観光区画、及びユーティリティ区画の4区画に分割する(図-3参照)。

- 1) 水産関連研究区画は、回廊部に設けた視窓を通じて魚介類の生態研究、クロレラ培養装置の観察、漁場効果観察、海洋気象・海象観測、水質浄化及び活性化の研究等に供する区画とする。
- 2) 漁業関連研究区画は、この施設を介して当該海域の生物資源生産向上に関する効果を調査し、施設周辺での漁業生産にかかわる情報を収集・分析し、提供する。
- 3) 海中展望観光区画は視窓、海中喫茶室、展示室等を備えた観光用の海中遊歩道とする。

- 4) ユーティリティ区画は空調、防災、監視、受電、自家用発電等の本施設に必要な諸設備及びそれらの中央監視制御室を設ける。
- 5) 海中トンネルは視窓を取付け海中遊歩道とする他、陸上と連絡する電力線、通信線、給水管、污水管、排水管等を布設する。



図－ 6 ひまわり海洋牧場計画図（その 1）



図－ 7 ひまわり海洋牧場計画図（その 2）

4.2 構造計画

(1) 設計条件

ひまわり海洋牧場研究センターは、外洋でも設置可能な構造とするため以下の条件で構造計画を行った。

- | | | | |
|-------|---|------|----------------------------|
| ・設置水深 | 20m | ・波周期 | $T_{1/3} = 12.0 \text{ s}$ |
| ・離岸距離 | アクセス（海中トンネル）長 200m | ・潮流 | 最大 2.0kt |
| ・波高 | $H_{1/3} = 7.8\text{m}$, $H_{\max} = 14.0\text{m}$ | ・風速 | 最大瞬間 90m/s, 最大 50m/s |
| ・耐用年数 | 主要構造部 30年 | | |

(2) 構造計画

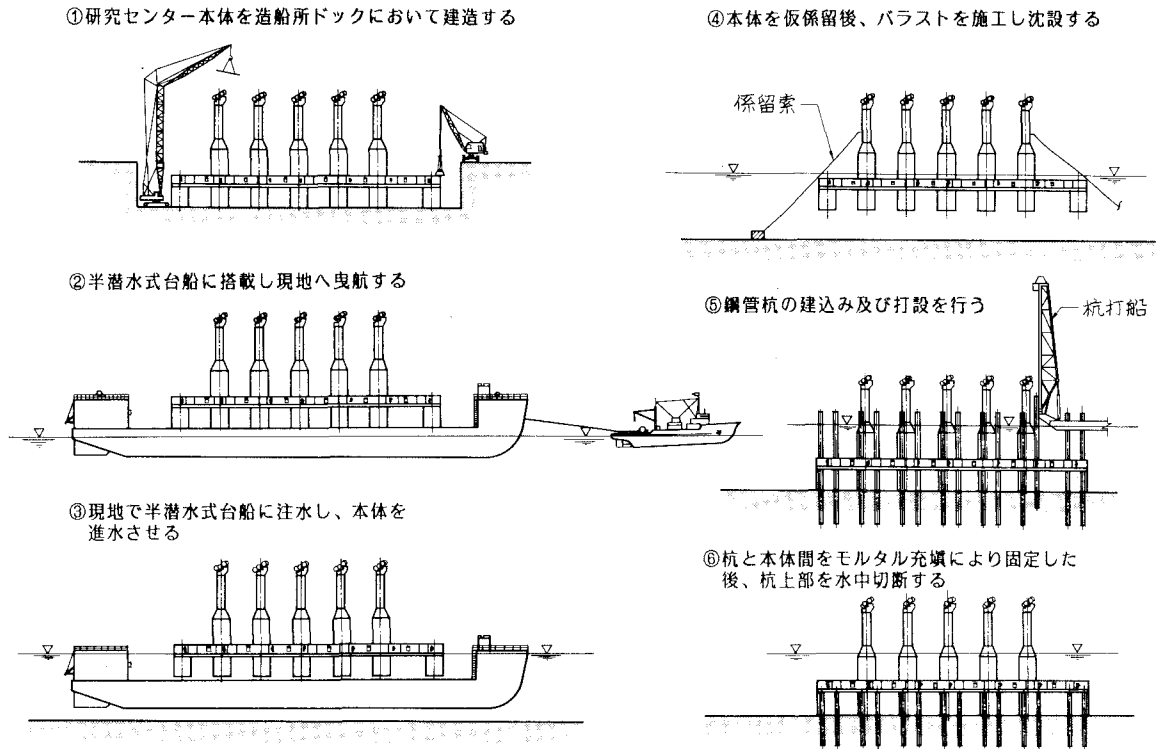
一般に海洋構造物は使用時に波、潮流、水圧、風、地震等の苛酷な自然条件のもとにさらされるので、陸上構造物とは比較にならない程の構造強度を必要とされる。さらに構造物として不安定な施工途上においても、波、潮流、風等の自然条件にさらされるので、施工手順に対する計画が重要なポイントとなる。以上の点を勘案し、次の様な構造計画とする。

- 1) 回廊部は一边 8mの六角形をユニットとしたもの21個より構成する。回廊の断面は $3\text{m} \times 3.35\text{m}$ （うち底部 1.0mはコンクリートバラスト充填及び注水スペース）とし、その天端高さは水面下12mとする。
- 2) 主塔部は基部から水面付近までを一边 3mの六角形とし、その上方は波力の軽減を図るため一边 1.5mに縮小し、頂部にひまわり集光装置を据付ける。また各主塔内には螺旋階段を設ける。
- 3) 主塔基部は海底面に着底させ、鋼管杭により研究センター本体を海底に固定する。特に海底の生物環境に影響を与えぬように着底部を 9ヶ所に制限した。尚、主塔基部にはバラスト用コンクリートを充填する。
- 4) 海中トンネルの長さ 200mのうち約半分は海底面を掘削して設置し、残り約半分は海中の観察ができる遊歩道とする。海中トンネルの断面は幅 4.5m、高さ 4.0mの鉄筋コンクリート造とし、天端高さは水面下12.0mとする。
- 5) 研究センター本体とトンネルの間に接続回廊を設置する。

4.3 建造・施工手順

- 1) 海洋牧場研究センター本体の建造・施工手順は図－ 8に示す通りである。

- 2) 海中トンネルはフローティングドック上にて鉄筋コンクリートを打設し、プレハブ化建造する。これを浮遊曳航して現地へ運び、沈設して据付け杭を打設する。
- 3) 最後に研究センター本体と海中トンネル端部を接続回廊にて連結する。



図－８ 施 工 手 順 図

5. おわりに

今回の活動を通じて確認されたひまわり海洋牧場の特徴は次の通りである。

- ① 本施設は海洋関連研究、海洋環境保全及び観光誘致等の多様な要請に対応できる。
- ② また、現地の状況や建設主体のニーズに合わせコンパクトな形状とすることも可能で、小規模な海中展望塔から大規模な海洋牧場までその適用範囲が広い。
- ③ 施設規模の順次拡大が可能である。
- ④ 海底と施設との接点は主塔のみであり、施設設置海域の環境への影響は最小限となる。
- ⑤ 海洋牧場研究センターは既存の造船ドッグで建造出来る。また、バージに搭載可能であり、海外であっても曳航運搬し据付けが出来る。

また、ひまわり海洋牧場構想の中核施設として今回提案した海洋牧場研究センターの建設は、海洋利用に係わる生態系及び各種の制御、管理システムに関する研究・実験について、研究者が常時海中より直接肉眼で観察することを可能にし、今後の各種海洋利用の進展に大きな役割を果たすことが期待される。尚、建設技術に関しては、海底石油開発に用いるスチールジャケットプラットフォーム及びコンクリートプラットフォームの建設技術の延長で考えることが可能であり、特に大きな問題はないと考えられる。

参考文献

- 1) 森 敬；太陽光集光装置“ひまわり”利用と海洋牧場構想、第1回日本マクロエンジニアリング学会年次研究大会予稿集、1986年 2月
- 2) 憐ラフォーレ エンジニアリング インフォメーション サービス；太陽光自動集光伝送システムを活用した海洋環境保全研究調査報告書、昭和60年度長崎県委託、1986年 3月
- 3) 住友重機械工業(株)、鹿島建設(株)；ひまわり海洋牧場基本検討書、1986年 1月
- 4) 大分、高知、富山、岩手各県；海域総合利用技術課題に関する調査報告書、昭和60年度科学技術庁委託、1986年 3月
- 5) (社)海洋産業研究会；海洋牧場の環境モニタリングシステムのモデル化に関する研究報告書、1982年 5月
- 6) (社)海洋産業研究会；複合生産システムの類型化及びシステム設計に関する事前評価報告書、1984年 3月