

沖合養殖システム “マリノフォーラム 21 ほっかいどう” の開発

Development of Offshore Fish Farming
“MARINO-FORUM 21 HOKKAIDO”

下関造船所 森 俊 哲*¹
株式会社エコニクス 佐 々 木 達*²

漁業近代化のための先進技術の開発研究が(社)マリノフォーラム 21 で推進されており、その一つとして養殖システムの開発研究が取上げられている。本プロジェクトはブリ、タイ等の南方系の魚の養殖に続き北方系の魚の養殖システム開発、すなわち北方海域の海象に耐える諸設備の開発と陸上からの遠隔操作による給餌(きゅうじ)法の開発を目的として平成 3 年から開始された。平成 5 年に諸設備の設置は終了し真の評価は数年後になると思われるが、順調に養殖試験が続けられている。

An advanced fish farming system which is one of the themes of modern fishery technology have been developed by the MARINO-FORUM 21. We have cooperated with the FORUM for the development of the system in the Japanese northern sea area since 1991, coming after the development of such system in the southern sea area. Major subjects of this system are sea worthiness of fish farming facilities and remote pellet feeding control from the shore. All facilities were installed successfully in the autumn in 1993 and farming test has been going on smoothly.

1. 養殖システムの開発

平成 5 年度漁業白書によると最近の漁業は就労者の高齢化、構成部門の比率変化などの特徴が見られる。40 歳以上の就労者の比率は増加しているが 39 歳以下の若年者が減り、特に高校新卒者の就業者数は激減し 1 000 人に満たない状況にある。漁業生産額は、ここ数年約 2.7 兆円を基調として推移しているが、その部

門別内訳は 200 海里体制の定着と公海漁業の規制等により大幅に変化している。すなわち遠洋・沖合漁業は減少傾向にあり、その減少分を沿岸漁業、特に海面養殖業が補う構造となっている。この海面養殖業も内湾などの静穏域に過密集中したため水質汚濁による被害に直面しており、汚濁の原因は生活排水、産業排水等による栄養塩の流入のほか養殖餌(じ)料の残餌が考えられる。

そのため水産庁では種々の対策が講じられており、養殖システ

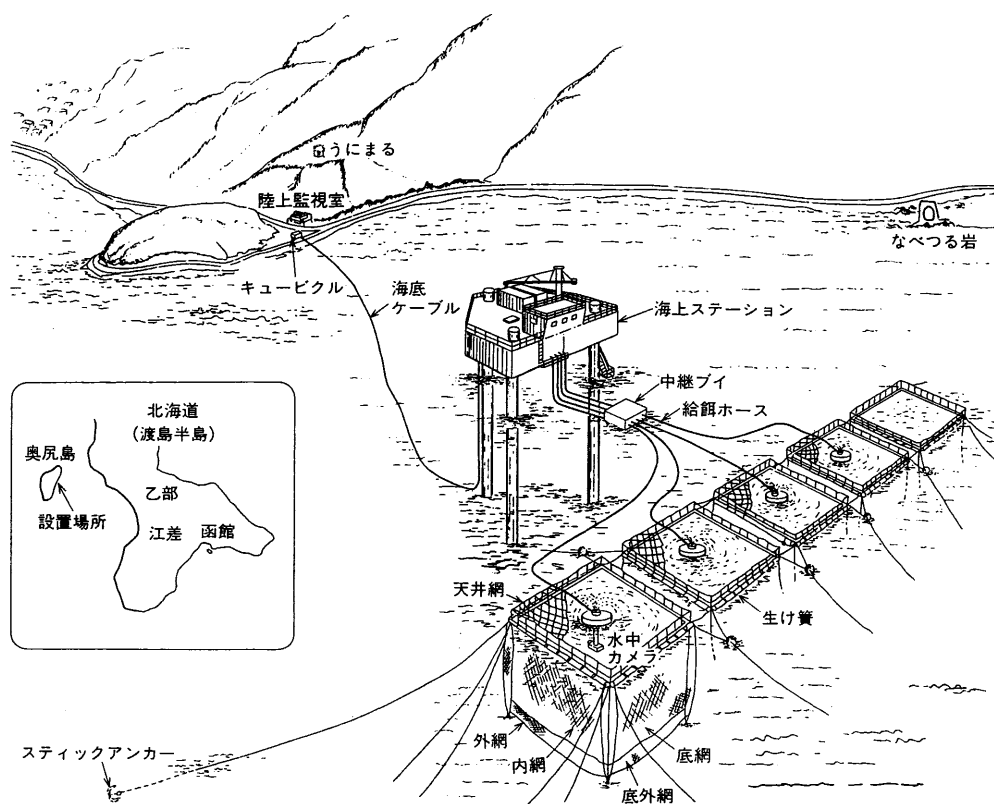


図 1 “マリノフォーラム 21 ほっかいどう” 外観 本プロジェクトの全体外観図を示す。
Bird's eye view of “MARINO-FORUM 21 HOKKAIDO”

*1 船舶・海洋部主務

*2 常務取締役 水産学博士

ムの開発もその一環である。本システムの開発は消費者の要望を満たす自然に近い魚の提供と自然環境の保全を目的とし、若者に魅力ある近代的な工場化された漁業を確立するとともに漁業地域の活性化を目指している。

(社)マリノフォーラム 21 を中心に企業が開発に協力する形で既に熊本県、愛媛県でブリ、タイを対象とした南方型のシステム開発が進められており、三菱重工業(株)(以下当社と称す)は北海道奥尻島におけるマス類を対象とした北方型のシステム開発に中心企業として協力することになった。

2. “マリノフォーラム 21 ほっかいどう” の概要

2.1 養殖計画

図 1 にシステムの外観と位置図を示す。実施場所は奥尻島の東岸にあり冬の季節風は同島に遮られ年間を通じ比較的に穏やかである。養殖魚種はサクラマス、ドナルドソンニジマスを対象とし、陸上からの遠隔操作によりドライベレット飼料を給餌し、秋口から翌年の初夏にかけそれぞれ 80t, 160t が養殖される計画である。

2.2 システム構成

図 1 に示すように本パイロットファームは生け簀(す), 給餌装置, モニタリング, 海上ステーションの四つのシステムで構成されている。生け簀は外敵防止のために 2 重網方式とし 6 000 m³ 生け簀 4 基と網替え時の予備枠 1 基の計 5 基から成る。給餌装置は餌料保管庫, 給餌機, 給餌ホースで構成され給餌能力は 5 t/日, モニタリングは養殖海域の塩分, 温度の計測と飼育中の魚, 生け簀の状態を監視するテレビカメラから成る。なお給餌装置, 監視用テレビカメラは陸上監視室と海上ステーション上の操作室から操作可能である。海上ステーションには餌料保管庫, 給餌機, モニタリングの中継制御装置が据えられている。また本パイロットファームの心臓部である陸上監視室は奥尻町に新設された沖合養殖事務局内に設置した。

上記 4 システムの開発はそれぞれサブグループが担当し, 当社は全体取りまとめと給餌装置, 海上ステーションを担当, このほか現地調査, 設計条件設定を担当する調査グループも置かれた。

3. 海上ステーション

海上ステーションは以前広島製作所で製作していた海洋構造物の小型版であり, 今までに蓄積されてきた技術を当社広島研究所の協力を得, 当プロジェクトに適用した。

3.1 様式の選定

様式としては係留方式, 着底方式, ジャケット方式等種々の方式が考えられたが, えい航性能, 現地据付け費用・期間, 設置海域の水深・海底土質を考慮し, 最終的に 3 脚型ジャケット方式を選定した。

3.2 設計条件

3.2.1 設置位置

設置予定付近の 700×900 m の範囲の海底地形調査, 地層探査を実施した結果, 水深 20 m までは徐々に深くなるがそれより沖になると急深する段丘を形成し, 海上ステーション設置予定位置は海底面下かなりの深度まで砂層域であることが予想された。ステーション設置予定地点のボーリング調査結果から, 砂層厚は約 22.5 m, その下にはかこう岩層があることが判明した。以上の調査結果に従い, 海上ステーションは水深 16 m, 生け簀は水深 35 m の奥尻漁業協同組合の区画漁業権漁協内に設置した。

表 1 波高及び波周期

Wave height and wave period

波 向	沖 波		対象地点			波高比 H_0'/H_0
	H_0 (m)	T_0 (s)	波向 (°)	H_0' (m)	T_0' (s)	
N (360.0)	7.3	10	57.0	3.52	9.4	0.48
NNE (22.5)	7.6	11	67.5	4.32	10.4	0.57
NE (45.0)	2.3	5	48.0	1.95	4.9	0.85
ENE (67.5)	2.4	5	70.5	2.20	4.9	0.92
E (90.0)	2.5	6	87.0	2.35	5.8	0.94
ESE (112.5)	3.5	7	103.5	3.01	6.8	0.86
SE (135.0)	2.4	5	126.0	1.95	4.9	0.81
S (180.0)	5.1	9	123.0	2.48	8.2	0.49

表 2 海上ステーション
主寸法
Principal dimensions of offshore platform

名称	主寸法 (m)
プラットフォーム	長さ : 18
	幅 : 20
	デッキ間高さ : 2.7
	海面上高さ : 8
レグ	全長 : 48.85
	外径 : 1.6
	海底貫入量 : 16

3.2.2 波高, 波周期

本パイロットファーム位置に到達する波は北方～東方～南方からの波であり, 北海道開発局で使用されている奥尻港の 50 年確率沖波に対し海底地形の影響を考慮し, パイロットファーム位置の波高, 周期を Karlsson の方法により推定した。表 1 に沖波と海上ステーション位置での波高, 波周期を示す。設計有義波高及び周期は 4.5 m, 10.5 s とし, 最大波高は北海道開発局で奥尻港設計時に使用された有義波高との比 1.82 を採用し 8.2 m とした。

3.2.3 風 速

奥尻島最南端の青苗岬灯台での 24 年間にわたる観測データから 50 年確率の 10 分間平均風速を推定し, NV 規則に従い西風に対する島の遮へい効果を勘案し 23.9 m/s を採用した。外力推定時はガスト係数として 1.3 とした。

3.2.4 積雪, 着氷と最低気温

北方型の特徴として積雪, 着氷, 最低気温及び地震荷重を設計条件として考慮した。積雪は“北海道建設基準法施行細則”による 1 m² 当たりの積雪 1 cm の重量 3 kg と奥尻地方の積雪量 1 m を採用した。着氷量は北方海域航行船の安全性検討時に適用する 50 kg/m² を採用した。また最低気温は札幌管区気象台の“アメダス観測所利用ハンドブック”により, 1979 年以降の最低気温 -13.2℃ を採用した。地震震度は日本港湾協会の“港湾の施設の技術上の基準・同解説”により 0.1 とした。

3.2.5 潮 流

設計潮流として日本海洋データセンターの統計資料の水路図(海上保安庁承認第 630121 号)により奥尻海峡潮流の最大値 1.8 ノットを採用した。なお生け簀設置点近くで 1992 年 5 月 13 日から 6 月 16 日まで 20 min 間隔の連続計測を実施した結果, 表層部の最大流速は 1.1 ノットであった。

3.3 適用及び参考法規, 規則, 基準

適用法規等は熊本, 愛媛プロジェクトに倣い, (1) NK 規則 P 編, (2) 海上衝突予防法, (3) 海上交通安全法, (4) 航路標識法, を適用し, 本プロジェクトの特徴の一つである陸上からの給電を考慮し (5) 電気事業法, (6) 国有財産法, (7) 海岸法を適用法規として追加した。

3.4 海上ステーションの主寸法

海上ステーションはプラットフォーム構造とこれを支えるレグ構造から成り, これらの主寸法は搭載物量, 据付け時の必要重量, 据付け後の安全性を考慮し表 2 のように決定した。

3.5 レグ構造

レグ長さは製作地の水深, えい航時の復原性を考慮すると岩盤に達する長さの支持杭を採用することは困難と予想されたのでレグが岩盤まで達しない摩擦杭としての安全性を検討した。検討事

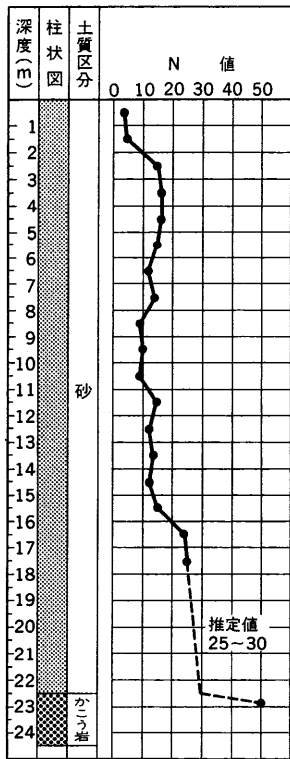


図2 海底柱状図 海底地層のボーリング調査結果を示す。
Soil profile

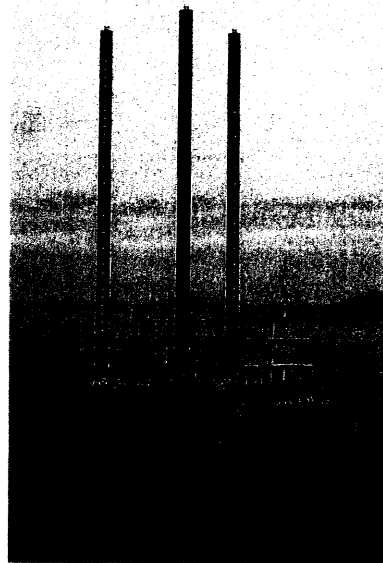
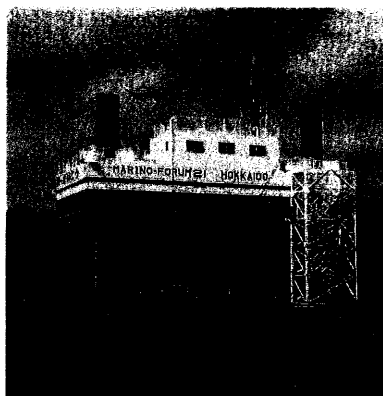


図3 海上ステーション現地到着図
現地到着時の海上ステーションの姿を示す。
Arrival of offshore platform

図4 海上ステーション据付け図
据付け工事完了時の海上ステーションの姿を示す。
Completion of installation of offshore platform



項は海底地盤の支持力と地震による液状化現象の発生の有無についての2項目である。

3.5.1 地盤支持力の検討

海底地盤の N 値は図2に示すように表層約2.5 mは小さく、漂砂等による海底地形の変化も考慮し表層3 mの砂層は支持力には無効とし、海底面下3 mの位置を設計用仮想海底面とした。レグ下端に働く荷重は強度計算時算出したが引抜き力は発生しない。この荷重に対し地盤支持力の検討をした結果、仮想海底面下13 mすなわち実海底面下16 mを貫入し、レグ下にセメントを注入することにより港湾基準の要求安全率を確保できることが確認できた。

3.5.2 液状化の検討

液状化発生の可能性検討は“港湾の施設の技術上の基準・同解説”“建築基礎構造設計指針”“道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編”によった。なお、これらの検討は海底地層の粒度、 N 値及び地震荷重を用いるがいずれの検討でも液状化の可能性は低いと判断された。

3.6 海上ステーションのえい航、及び据付け作業

えい航はそのルートの海象が最も穏やかとなる6月を計画し、

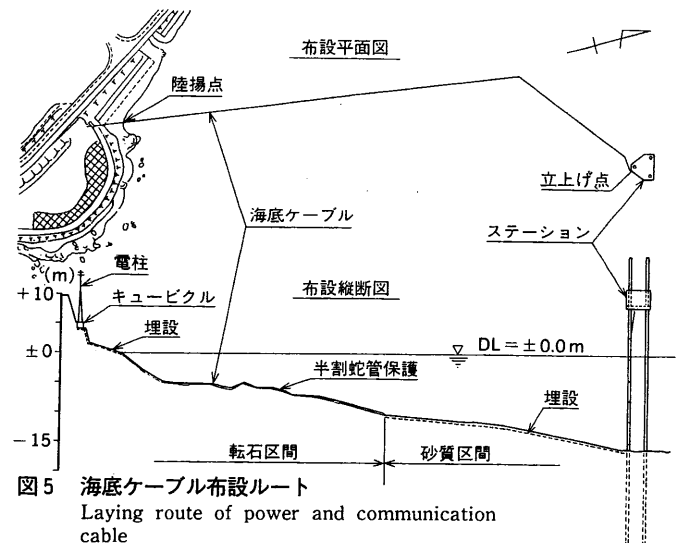


図5 海底ケーブル布設ルート
Laying route of power and communication cable

えい航時の運動は横方向に約2度、縦方向に約5度傾斜するが上甲板が水没することはないと安全と判断された。奥尻島到着時の海上ステーションを図3に示す。

据付けは N 値が若干高いために高圧水を噴射しながら油圧ジャッキによりレグを押込む方法を採用し、ほぼ予定どりの位置に据付けを完了した。据付け完了時の海上ステーションを図4に示す。

3.7 海底ケーブル布設工事

本パイロットファームの特徴として陸上からの制御監視用の通信と陸上からの給電があり、通信用ケーブルと電力用ケーブルから構成された海底ケーブルを布設した。ステーション位置から陸揚げ地点までのルートは海底調査により決定し、図5のルートに従い陸揚げ地点は埋設保護管内に導設し、転石がある海岸線部は半割蛇管によりケーブルを保護し、砂地の海底部はウォータージェットで海底掘削し埋設した。

4. 養殖試験

海上ステーション及び海底ケーブルの設置工事は平成5年6月末に完了し、この完了と同時に生け簀、モニタリングの設置工事も開始され、9月末にはほぼ予定どおり据付け工事は完了した。

内水面でふ化飼育されていた3倍体のサクラマス稚魚約6000尾の養殖試験が平成6年6月の水揚げを目指し10月中旬から開始された。

5. おわりに

海上ステーションは北海道南西沖地震に襲われたが幸いにも被害はなく、他の諸設備の設置もほぼ予定どおりに完了し養殖試験も順調に推移している。これも御指導を頂いた専門家の先生方及び現地、北海道庁、MF 21、本パイロットファームへの参加企業の関係者の皆様の御協力の賜と感謝致します。また、エムイーシーエンジニアリングサービス社の御支援、御協力を得て本プロジェクトが無事完了したことも報告致します。

沖合養殖システムの完成に向けては飼育魚の生態を加味した給餌方法の開発、システム全体の運用方法の検討、採算性など解決すべき課題も多いが、将来の漁業を担うたんばく源の供給源としての活躍を期待したい。