

# 沖合海域基礎生産力向上手法の検討

Study of offshore water primary productivity advancement technique

押谷美由紀\*・若林 隆司\*\*・田中 陶子\*\*

Miyuki OSHITANI, Takashi WAKABAYASHI and Youko TANAKA

\* (財) 漁港漁場漁村技術研究所 第1調査研究部 研究員

\*\* (財) 漁港漁場漁村技術研究所 専門技術員

The fishery resources management is being strengthened all over the world, however, in Japan, upgrading self-sufficient rate of food is required and further supply of the fishery products which are high quality animal protein is demanded. This study was carried out to find out any feasibility of improvement and development planning on the offshore fishing grounds along Hokkaido coasts and strategy of the fishing port improvement depending on such feasibility for sustainable utilization of the offshore fishery resources which contribute to upgrading of self-sufficient rate of food.

*Key Words: offshore water, primary production, upwelling current*

## 1. はじめに

水産資源管理が世界的に強化されている中、我が国においては食料自給率の向上が必要とされ、良質な動物性蛋白である水産物の更なる供給が求められている。

また、水産基盤整備事業では、我が国 200 海里水域内の沖合において水産資源の増大効果をもたらすことを目的に、最新技術を応用した人工海底山脈等の手法による大規模な漁場の整備が位置づけられている。

このような中、我が国水産物の 20～25% を供給する北海道沖合海域における漁場整備を行うことは、日本の食料自給率の向上に大きく寄与すると考えられる。

本論文では、沖合漁場整備手法としてマウンド漁場を検討し、北海道日本海側に位置する石狩湾をモデル海域として海域肥沃化による沖合漁場造成手法の可能性検討を行ったので報告する。

## 2. 調査概要

漁場整備はこれまで沿岸における整備が主となっており、北海道はもとより、全国においても殆ど例がない。そのため、北海道沖合海域における優良漁場調査によって優良漁場たる要因を類型化し、どのような整備が望ましいのか、あるいはどのように整備適地を選定すべきなのか、といった点から検討を行う必要があった。

本論文の中では、北海道における沖合漁場整備の方向性について検討し、これに基づいて北海道沖合海域における漁場整備の適地選定を行い、モデル海域による沖合漁場の整備・開発可能性について手法の検討を行ったものである。

## 3. 調査結果及び考察

### 3.1 沖合漁場整備の可能性

#### (1) 北海道沖合漁場整備の方向性

北海道沖合海域における漁場整備の課題や問題点について把握するため、現状の沖合漁場について整理を試みた。北海道の代表的な沖合漁場数力所において、優良漁場たる要因や、漁場の変遷や漁業生産状況・利用状況など様々な視点からの検討を行った結果、以下の～が可能性のある漁場整備手法と考えられた。

武蔵礁における資源保護を目的とする漁場整備  
エビ類・カニ類の資源保護を目的とする漁場整備  
武蔵礁における沈設魚礁設置による荒廃漁場の回復  
日本海における観測機能を具備した浮魚礁の設置  
オーバーフィッシング防止等、資源管理を主目的とする漁場整備

湧昇施設等による基礎生産力の増強

このような北海道沖合海域における漁場整備の方向性を鑑み、継続的な資源の維持増大の観点から、漁場整備手法として湧昇施設整備による基礎生産力の増強を提案した。

このような手法によって北海道における漁場開発の可能性や有効性を確認するためには、沖合海域における基礎生産力の的確な現状把握が必要となる。海域の基礎生産力把握に適した方法として人工衛星等によるリモートセンシングデータ情報の活用が上げられる。本検討においてもこの手法を活用し、漁場開発適地選定のため、北海道沖合域における基礎生産力の把握を行った。

## (2) 海域の基礎生産力把握による適地選定

北海道沖合海域の基礎生産力の現状を把握すると共に、漁場整備により基礎生産力向上が期待できる海域を抽出するため、リモートセンシングデータによる検討を行った。検討の対象海域は、北海道内でも特に漁業生産力の低下が懸念される北海道日本海側である。

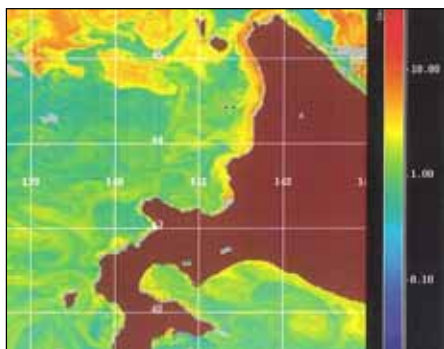


図 - 1 衛星画像例

人工衛星のリモートセンシングデータによる解析の結果、北海道日本海側海域では、大規模な自然湧昇によると思われる高生産海域は認められなかった。しかし衛星画像により、石狩湾、手塩川河口、武蔵碓等に高生産海域が見られた。一般的に北海道日本海沖合海域の基礎生産は、春季に最大となり、夏季には栄養塩類の供給がないため枯渇する。特異的な海底地形を持つ武蔵碓周辺には高いクロロフィル a の分布が認められ、湧昇域となっている可能性がある。また、石狩湾は周年に渡って高い基礎生産が見られ、陸域からの栄養塩流入と、湾口部において底層の高濃度栄養塩が上昇している二つの可能性が考えられた。

ここで、栄養塩に富んだ深層水を表層の有光層に定常的に供給することが可能ならば、北海道西岸水域に見られる3月～5月にかけての高い一次生産性を長期化することができる。衛星画像によるこれらの解析結果から、北海道日本海側において、基礎生産力の増強による漁場開発の可能性のある海域として、石狩湾及び武蔵碓が選定された。中でも現地観測のデータが比較的多く整理されていること等から、石狩湾をモデル海域とし、さらに漁場整備の可能性についての検討を行った。

### 3.2 モデル海域の現況

#### (1) 石狩湾の環境特性

石狩湾は北海道日本海側のほぼ中央に位置し、湾内に対馬暖流の大規模な伴流域を形成している。両端を積丹岬と雄冬岬に挟まれた半開放性の湾であり、湾奥部は水深50m以浅で比較的なだらかな地形を有している(図-2)。湾の中央から湾口部に向けては水深500mまで急激に

水深が深くなり、余市海脚などの特有の地形を備えている。湾の中央には一級河川の石狩川が流入している。また、対馬暖流の影響により、暖水塊が成層の上層に流れ込み夏季の湾内表層水は極めて貧栄養となる。冬季にはこの対馬暖流の流入が弱まり、鉛直混合が進行するため表層の栄養塩濃度は上昇する。

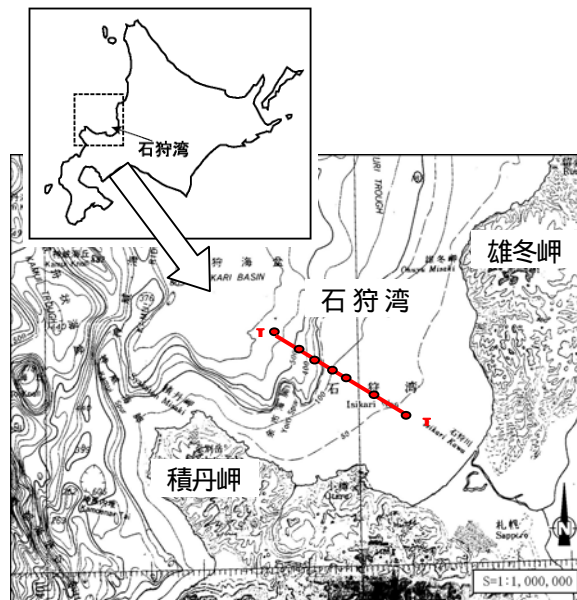


図 - 2 検討モデル海域

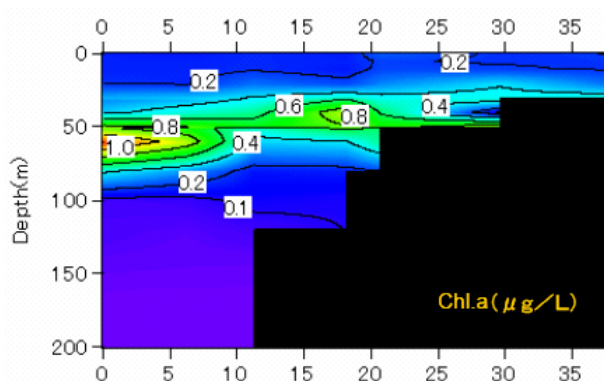


図 - 3 ライン観測結果(クロロフィル a)

( (独) 開発土木研究所, 2003 )

図-3は2003年6月に行われた石狩湾におけるライン観測結果に基づくクロロフィル a の鉛直濃度分布を示している((独) 開発土木研究所)。ライン観測調査地点は図-2中赤い点で示す。

この結果から、石狩湾では、この時期水深50-80m付近でクロロフィルaの値が極大となっていることがわかる。また、クロロフィルの発生があることから、有光層は水深80m付近までと考えられた。

瀬戸他<sup>1)</sup>は、北海道日本海における深層水の諸特性について、北海道立水産試験場が公表している海洋観測データ及び日本海洋データセンターが所有している調査船等による過去20年間(1976～1996)にわたる海洋観測デ

ータを収集し、北海道日本海沿岸 8 地点において解析している。この結果の一部を図 - 4 に示す。

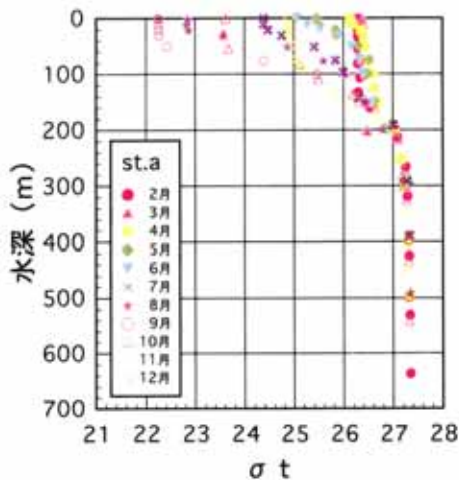


図 - 4 海水密度 (  $\sigma_t$  ) の鉛直分布の季節変動

この図から、北海道日本海側における海水密度の鉛直構造は、 $\sigma_t = 27.0$  (水深約 200m) 付近を境として、季節変化に依存する上層領域と、年間を通してほぼ一樣な下層領域に区分され、特に 9 月前後は躍層の発達が顕著に認められているのがわかる。

栄養塩についても、亜硝酸塩の濃度分布に  $\sigma_t = 27.0$  付近にピークが認められており、一般に亜硝酸塩濃度が水温躍層付近で極大値を取ることから、同密度面が躍層境界面に対応していると判断した。

## (2) 石狩湾の漁業実態

石狩湾内で営まれている漁業は、刺網、底建網、採貝藻等を中心とした沿岸漁業、そして小樽を根拠港とする沖合漁業の機船底曳網とに大きく分けられる。

沿岸漁業の漁業協同組合は現在 4 漁協 (8 漁協から合併) あり、刺網・採貝藻・定置網等を営む小規模の経営体が多い。カレイ、ヒラメ、ホッケ類などが沿岸漁業における石狩湾での重要な漁獲対象種である。小樽小型機船底曳網船は、石狩湾から遠くは武蔵碓まで操業しており、石狩湾内では水深 100m 前後から沖合が操業区域である。機船底曳の漁獲対象は主にスケソウダラ、ホッケ、マダラ、カレイ類である。石狩湾内は全面的に漁場として使用されており、漁協へのヒアリングの結果、特に未利用の部分・低利用の海域は存在しなかった。

## 3.3 漁場開発適地選定

モデル海域である石狩湾において、適地エリアの選定を行った。

湧昇流施設設置の有望海域としての条件は、地形・底質、栄養塩分布、底面流速によって判断される。地形は機能や安全性を満たすため、緩やかな海底地形であり、

かつ泥や岩でなく砂または礫であることが望ましい。栄養塩は、底層に多量の栄養塩が存在している海域が望ましい。また、湧昇の駆動力となる底面流速については、MF21 技術資料<sup>2)</sup>より、湧昇流を発生させるためには 20m 毎秒の流速が必要であると定義されていることから、本論文でもこの値を採用した。

石狩湾での有望海域を選定するにあたり、既存調査、(独)開発土木研究所による現地調査結果及び流動数値シミュレーション結果などから石狩湾の諸条件を抽出し、整理した (表 - 1)。

これらの条件を重ね合わせ、図-5 における印の部分 (50m, 60m, 80m, 100m) の 4 地点を候補地として選定した。

表 - 1 施設設置の適応範囲

選定要因		適応範囲
地形		- 120m 以浅
底質		- 50m ~ - 120m
栄養塩	鉛直分布	- 50m 以深
	水平分布	栄養塩滞留域(河川影響範囲外)
底面流速		20cm/s 以上の領域

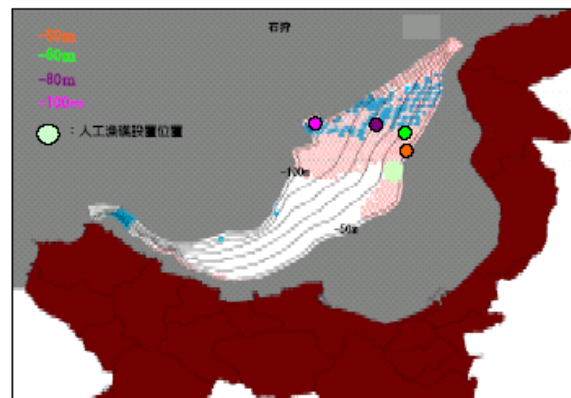


図 - 5 石狩湾における漁場整備候補地

## 3.4 資源増加量の検討

### (1) 効果対象魚種の抽出

人工湧昇流による海域肥沃化により、石狩湾で資源増加の見込まれる魚種を抽出した。石狩湾で人工構造物により湧昇流が発生させた場合、栄養塩の増加から一次生産が増加すると考えられる。このため、直接プランクトンを餌料とする魚類、並びにその時期がポイントとなる。

対象時期：湾内で成層の発達する 6~8 月

食性：プランクトン食性(植物・動物)

上記二つの条件、即ち湧昇流発生の対象時期である成層の発達する夏季において、石狩湾内の基礎生産の増強により増加する、プランクトン食性の魚種を抽出した。

また石狩湾沿岸の漁業共同組合で増殖の要望のあった魚種について聞き取りを行った結果、概ね上記の条件から抽出した魚種と合致していた。そのため、本論文では、

事業による対象魚種を下表のように設定した。

表-2 事業対象魚種

成魚	イカナゴ, ニシン, ソウハチ, ホッケ等
稚魚	ニシン, ヒラメ, ソイ類, ソウハチ

## (2) 石狩湾モデルを用いた湧昇効果の検討

モデル海域である石狩湾において、4つの候補地のうち、最も湧昇の効果が高いと考えられる、湾中央部100m水深に湧昇流発生構造物を設置した場合の海域肥沃化の効果について、数値シミュレーションにより湧昇効果検討を行った。

計算の解析領域は石狩湾全体とし、湾の沖側から伝達する内部波が構造物に作用し、これによってどのように湧昇効果があるのかを検討した。

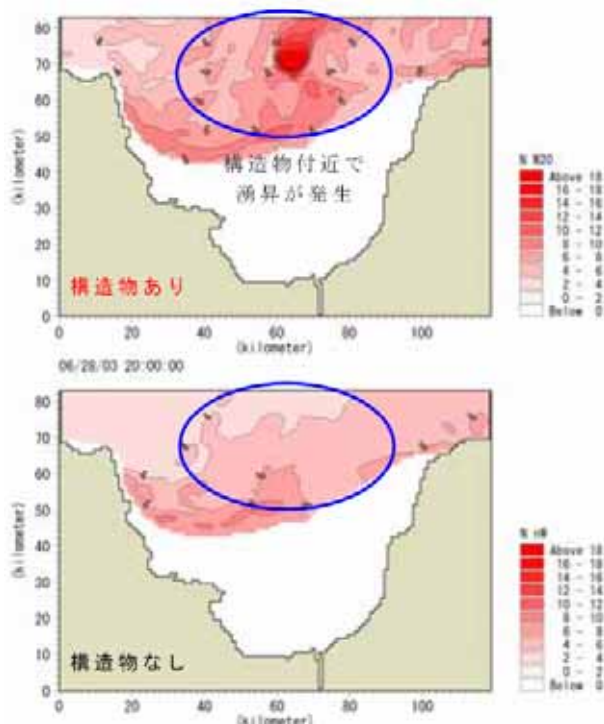


図-6 数値計算結果例

図-6は、数値計算結果の一例である。水深65m~75mの断面における、上図は構造物を設置した場合の、下図は構造物を設置しない場合の、栄養塩濃度の平面分布を示している。赤が濃く出ている部分は、湧昇によって底層の栄養塩が上昇していることを示している。

このように構造物を設置したことによって湧昇流が発生し、栄養塩が上層に供給されることがわかる。

この効果を積算すると、湾内の有光層全体で4%の栄養塩濃度の増加が見られ、これが石狩湾の基礎生産に付加されると考えられた。

数値計算の制約上、想定した事業規模は適正なもので

はないが、湧昇構造物の設置により一次生産の向上が図られることは明らかになった。また、適正な事業規模で行えば湧昇による一次生産増加の効果が得られ、海域肥沃化による沖合漁場整備において有効な手法であると考えられる。



図-7 石狩湾における漁場開発適地

## 4 今後の課題

本論文では、北海道沖合海域として石狩湾をモデルとし、漁場開発可能性について検討を行った。モデル海域の諸条件を重ね合わせ、100m水深の地点を、湧昇流発生施設を用いた漁場開発適地として選定した。

本検討では詳細な現地観測を行わず、主に既存資料によって北海道沖合海域の漁場整備可能性検討を行っている。また、数値計算の条件上、今回検討した湧昇施設の事業規模は適正とは言えない。これらの課題を踏まえ、詳細な現地調査の実施並びに適地選定・事業可能性検討を行う必要がある。

## 5 おわりに

本論文を作成するにあたり、快く現地観測データ及び数値計算結果をご提供頂いた(独)開発土木研究所、石狩湾の一次生産についての示唆を頂いた北海道中央水産試験場、及び調査全体へのご教授を頂いた検討会委員各位に心より謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 瀬戸雅文, 大竹臣哉, 奥野充一, 中村充 (1997): 日本海栄養塩の内部波による沿岸輸送について. 海洋開発論文集, 13, pp165 - 170.
- 2) 社団法人マリノフォーラム 21 水産増殖研究会・マウンド漁場造成システムの開発グループ: マウンド造成事業に関わる技術資料, pp. I - 8- I - 32, 2002.