

## 水産工学シリーズ

## 石狩湾系ニシンの産卵藻場造成適地選定基準の策定

キーワード：ニシン、産卵床形成要因、海底地形、底面波浪流速

## はじめに

ニシンの産卵基質として藻場を造成する際に、その藻場をニシンが頻繁に産卵場として利用しないと藻場造成事業の費用対効果が低くなってしまいます。

ニシンの産卵頻度を高めるためには、ニシンがどのような場所を産卵場として選択するかを明らかにし、造成適地の選定基準を指標化する必要があります。

ニシンは低塩分水が存在する浅所の藻場に産卵することが知られています。低塩分水はニシンの受精や発生に影響し、最適塩分濃度は受精率で12～24ppt\*、孵化率で8～24pptとの報告があります<sup>1)</sup>。また、カナダの事例では雌ニシンは生殖突起を海底の海藻にこすりつけながら産卵することが知られており、大型の海藻や海草が産卵基質として重要な役目を持ちます。

石狩湾系ニシンの主要な産卵場である石狩市厚田沿岸では、石狩川からの淡水流入による低塩分水と産卵基質となるスガモやホンダワラ類の藻場が存在していますが、実際にニシンが産卵する場所は沿岸の一部であることから、産卵には低塩分水や産卵基質以外の要因があるものと想定されました。

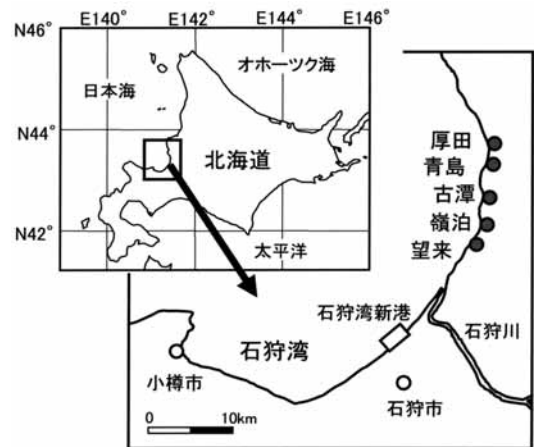


図1 石狩市厚田沿岸のニシン産卵調査場所

## 調査方法

**産卵時期の特定**：平成10年から15年の2～4月に、石狩市厚田沿岸の定点で7～10日毎にシュノーケリングによりニシンの産卵状況を調べ、産卵が確認された場合は厚田から望来にかけての沿岸全域（図1）を対象に調査を行いました。産卵時期は、採集した卵の発生段階と現地で観測している水温データから推定しました。

**海底地形の測量**：平成12年8月に、嶺泊沿岸の水深10m以浅の海域を対象に、海岸線に直行する方向に35本の測量線を設定し、GPSと音響測深機で海底地形を調べました。

**波高データ**：平成12年の2月から4月まで、嶺泊沖（水深7m）に水圧感知型波高計を設置し、波高を観測しました。この結果と石狩湾新港沖（水深25m）で北海道開発局小樽港湾事務所が観測している波高との間に有意な相関関係が認められた

\* ppt: 千分のいくらかを表す単位。但し、現在は電導度から塩分を求める方法が用いられており、換算式は比と係数だけなので無次元で単位はない。

ので、平成12年以外の年は、石狩湾新港沖の観測値を嶺泊沖に換算して用いました。

**藻場造成適地選定基準の考え方**

ニシンは同じ年齢の個体が群れを構成して産卵に来遊することが知られています。一つの群れが沿岸で同時に産卵する範囲を産卵床と呼びます。平成10年から15年まで6年間の産卵状況調査データを整理した結果、厚田、青島、古潭、嶺泊、及び望来の5地区で計20か所のニシン産卵床が確認されましたが、毎年繰り返して利用されている場所は嶺泊地区だけであることが分かりました。また、海底地形を測量した結果、嶺泊沿岸には沖から岸に向かう谷状の海底地形があり、その岸側に産卵床が毎年形成されていたことから(図2)、谷状地形がニシンの来遊に関与していることが予測されました。このため、谷状地形が創り出す環境条件を明らかにすることで、ニシン産卵藻場造成適地の選定基準として指標化することができると考えました。しかし、海底測量の結果だけでは、谷状地形とニシンの来遊行動を関連付けて定量化することができないという問題がありました。

**ニシンの遊泳と流速**

私達は、ニシンの遊泳に流速が影響することに注目しました。魚類の遊泳速度はスタミナトンネル法と呼ばれる方法で調べられています。この方法は流れのあるパイプの中に魚を入れて、魚が力

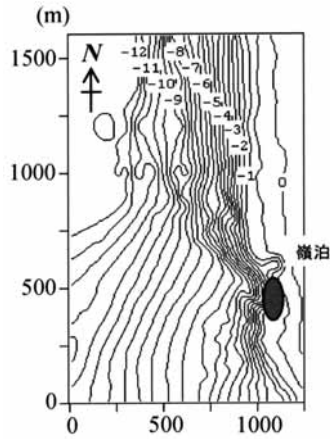


図2 毎年産卵されている嶺泊の海底地形

尽きるまで泳いだ距離と時間から求めた速度にパイプ内の流速を加えた値を遊泳速度としています。長時間遊泳可能な最大速度は耐久速度と呼ばれており、ニシンでは体長の3~4倍と報告されています。石狩湾系ニシンの場合は0.8~1.0m/秒になります。

ニシンの産卵時期である2月から3月の日本海では時化が多く、産卵場所まで来遊する際に通過する平磯縁辺部は砕波した波浪により流速が速くなっています。このため、ニシンの沿岸への来遊は波浪環境により制御されており、毎年繰り返し産卵がある嶺泊地区では谷状の海底地形が来遊可能な流速条件を保障していると考えました。そこで、海底地形と有義波高からエネルギー平衡方程式を用いて底面波浪流速分布を求め、これをニシンの耐久速度と照合することによって産卵床が形成される流速および地形条件を定量化することができると考えました。

エネルギー平衡方程式は、金田<sup>2)</sup>が詳しく紹介していますが、沖の有義波高、周期、波向きと水深データから、屈折や浅水変形、砕波変形した波高、周期、波向きを広い範囲を対象に計算で求めることができるモデルです。このモデルで計算した各地点の波浪条件を基に微小振幅波理論により海底付近の波動流速(底面波浪流速)を求めることができます。

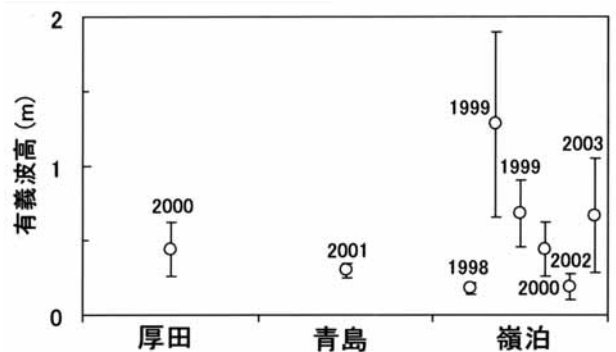


図3 ニシン産卵時の有義波高 誤差線は標準偏差を示す。

シミュレーションの結果

図3に厚田沿岸でニシンの産卵床が確認された5地区のうち、厚田、青島及び嶺泊におけるニシン産卵時の沖の有義波高を示しました。ニシンの産卵は主に有義波高が0.5m以下の風の時に行われていましたが、嶺泊では有義波高1.3mでも産卵がありました。また、谷状の海底地形に続く平磯の溝周辺で卵密度が高かったことからニシンはこの谷状地形に沿って産卵来遊したと推察しました。

嶺泊沖の有義波高を入力し、産卵場所周辺の海底波浪流速分布をシミュレーションした結果、有義波高が0.5mと静穏な場合でも、平磯縁辺部では流速が0.8m/秒以上でニシンの耐久速度と一致していました。それに対して、谷状地形の岸側末端周辺の流速は0.3m/秒以下と40%に抑えられて

いました(図4)。また、嶺泊地区で確認されたニシン産卵時の有義波高で最も高い値であった1.3mの条件下では、谷状地形内の流速は両側の海岸に比べ約60%に下がっており、水深0.7m以深ではニシンの耐久速度以下でした(図5)。以上のことから、既知の条件である河川水に由来する低塩分水が存在することに加えて、底面波浪流速が1m/秒以下の静穏性の高い来遊経路が地形的に確保され場所をニシン産卵藻場造成適地とする選定基準を示すことができました。

おわりに

この研究で得られた造成適地選定基準に基づいて試験的に造成したフシスジモクにニシンが産卵したことと、留萌海域でも頻繁にニシンが産卵している場所では沖側に谷状の地形があることから、今回の選定基準の妥当性が示唆されました。

今後は、本手法で選定した場所のスガモやホンダワラ類等の産卵基質となる藻場を保全することと、必要に応じて造成することが必要であると考えます。また、静穏性の高い漁港周辺で低塩分水が存在する場所では、藻場を造成することで産卵場として機能する可能性が考えられます。

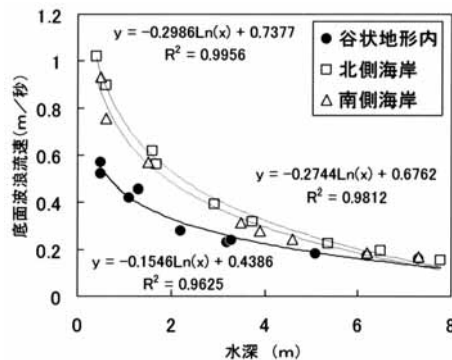


図4 嶺泊地区の谷状地形内とその両側海岸における水深と底面波浪流速の関係 (有義波高0.5m、周期5秒、波向北西)

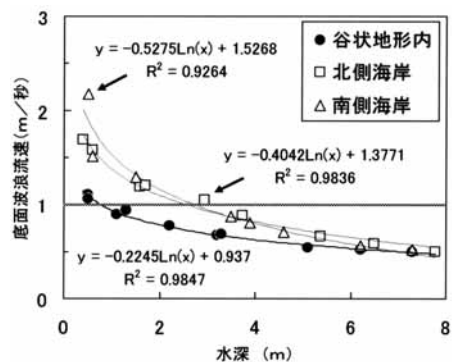


図5 嶺泊地区の谷状地形内とその両側海岸における水深と底面波浪流速の関係 (有義波高1.28m、周期6.15秒、波向北西) 流速1m/秒の横線はニシンの遊泳における耐久速度の上限を示す。

〔文献〕

- 1) Griffin F. J., et al.: Effects of salinity on sperm motility, fertilization, and development in the Pacific herring, *Clupea pallasii*. *Biol. Bull.* 194, 25-35. (1998)
- 2) 金田友紀: パソコンで波を予測する、北水試日より. 55, 11-15. (2002)

(干川 裕 中央水試水産工学室

報文番号 B 2292)