

人工産卵基質による魚類産卵場の開発 —ハタハタを事例として—

DEVELOPMENT OF FISH SPAWNING GROUND BY THE ARTIFICIAL SPAWNING MATERIAL

北原繁志¹・中山学之²・伊藤卓也³・永田晋一郎⁴・村上俊哉⁵・谷野賢二⁶
Shigeshi KITAHARA, Takayuki NAKAYAMA, Takuya ITO, Shinitiro NAGATA,
Toshiya MURAKAMI and Kenji YANO

¹正会員 北海道開発局留萌港湾建設事務所 (〒077-0048 留萌市大町1-1-1)
(前北海道開発局苫小牧港湾建設事務所)

²北海道開発局函館開発建設部 (〒040-8501 函館市大川町1-27)
(前北海道開発局苫小牧港湾建設事務所)

³北海道開発局室蘭開発建設部 (〒051-8524 室蘭市入江町1-14)
(前北海道開発局苫小牧港湾建設事務所)

⁴北海道開発局深川農業開発事業所 (〒074-0001 深川市1-15-16)
(前北海道開発局開発土木研究所水産土木研究室)

⁵(株)エコニクス (〒004-0015 札幌市下野幌テクノパーク1-2-14)

⁶正会員 工博 北海道東海大学教授 工学部海洋環境学科 (〒005-8601 札幌市南沢5-1-1-1)

The artificial spawning material in which Japanese sandfish lays eggs was developed. The 1st purpose is development of the mitigation technology which complements a spawning function until natural seaweed is reproduced. The breakwater to which Japanese sandfish is laying eggs in the present at Tomakomai Higashi port will be moved in the future. The 2nd purpose is the technical development for adding the function of seaweed to a coast structure in the deep place of depth of water where natural seaweed cannot grow.

The quality of the material is polypropylene of specific gravity 0.18. Therefore, it stands straight underwater by buoyancy. Although the form referred to the seaweed, the number of branches and the number of roots were made several times more than natural seaweed.

Japanese sandfish laid eggs to all of the artificial spawning material installed in 2000.

Key Words : *artificial spawning material, seaweed, Japanese sandfish, mitigation technology, Tomakomai Higashi port*

1. はじめに

経済・社会活動の基盤である港湾では沿岸域の環境との調和が求められている。沿岸構造物における環境との調和を行うためには水質浄化機能、生物生産機能など多様な環境調和機能を持つ藻場が基本となる。

北海道の太平洋に面する広域砂浜海岸に建設された苫小牧東港においては、防波堤消波ブロックに繁殖したホンダワラ類(ウガノモク、アカモク)に平成7年頃からハタハタの産卵が確認されている。しかし、この産卵場が形成されている防波堤は将来移設

する計画があり、藻場が再生するためには時間が必要なことから産卵場が消滅する可能性が高い。このため、藻場が再生するまで人工産卵基質によって防波堤の産卵機能を維持する技術が必要となる。

また、北海道の太平洋沿岸は透明度が低く、苫小牧沿岸では海藻の光合成に必要な光強度は水深-4m程度までしか到達しない。沿岸構造物は大水深化が進んでおり、深い水深の場所においても環境調和技術が求められている。ハタハタは前述のとおり藻場と深い関係があることから、藻場の造成や再成が行われた場合のシンボルとなる魚種である。また、水産上も近年全国の漁獲量が減少しており、重要な魚

種となっている。

これらミチゲーション技術の開発と沿岸構造物の持つ環境共生機能をより強化するために天然の藻場と同様な産卵礁機能を持ち、設置後管理の必要のない人工産卵基質について研究を行った。研究は平成11年度、12年度の2カ年にわたり行い、平成12年度には設置した人工産卵基質10基すべてにハタハタが産卵を行った。

人工産卵基質の研究は昭和58年頃に北海道立函館水産試験場がえりも町で産卵実験を試みている。しかし、天然や合成の繊維を主体としたものであったことから、波や流れに弱く、確認された産卵数は1個体にとどまっていた。近年では、苫小牧漁業協同組合が産卵場周辺に産卵用の漁網を設置し産卵を行わせているが、卵塊を網から人手によって外し、さらにふ化まで別の場所で管理する必要がある。

2. ハタハタの産卵

(1) ハタハタの生態

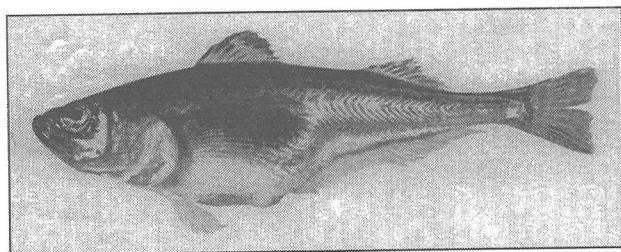
ハタハタは²⁾水深200～400mの砂泥底に生息し、満2年で成熟する。産卵期は沿岸の水温が7～8℃となる11月末から12月中旬にかけ、水深-2m前後の沿岸藻場に来遊して産卵を行う。産卵はホンダワラ、アカモクなどの枝分かれした部分に行われ、卵塊は海水に触れると凝集し直径3.3～7cmの球形となる。水温8℃で50日前後から孵化し稚仔魚は4月頃まで沿岸の30m前後で生育し、その後次第に深部へ移動する。

杉山³⁾によれば、ハタハタが産卵するための主な環境条件は藻場以外に以下の点が挙げられる。

①稚仔魚はふ化後6月頃まで浅海の砂浜域を生息場とすることから、藻場に隣接した砂浜域が必要。

②稚仔魚は動物プランクトンを餌量とするため、生息場付近には栄養塩が豊富な河口域が必要。

苫小牧東港周辺は砂浜域であり、港に隣接して厚真川の河口が存在することから、これらの条件を満たしていると考えられる。



ハタハタ *Arctoscopus japonicus* (Steindachner)
すずき目ハタハタ科
英名：Sailfin sandfish, Japanese sandfish

写真-1 ハタハタの形態¹⁾

図-1に過去12年間ににおける北海道と苫小牧のハタハタ漁獲量を示す。北海道全体においては1,000～2,400tの範囲で2～3年周期で変動し、平成5年以降は概ね2,000t前後で推移している。苫小牧における漁獲量は平成3年から6年までの4年間はほとんど漁獲が無かったが、苫小牧東港で産卵が確認された平成7年以降4t前後の漁獲が行われている。

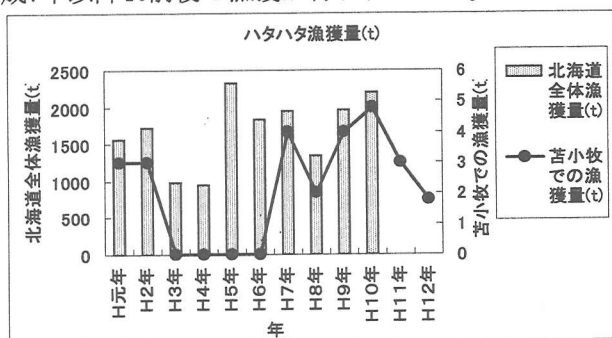


図-1 北海道と苫小牧沿岸の漁獲量グラフ

(2) 産卵基質となる海藻の生態

苫小牧東港においてハタハタが産卵を行っている海藻はウガノモク及びアカモクである。今回人工産卵基質の基本としたウガノモクは褐藻植物門、褐藻綱、ヒバマタ目、ウガノモク科に属し、体は多年生で、盤状ないし円錐状の付着器と短い茎部及び数回分岐する枝からなり、夏場に成長すると1～2mの高さとなる。ハタハタが産卵を行う11月以降には葉の部分が枯れ主枝部分のみとなり、苫小牧東港において開発土木研究所水産土木研究室(以下、開土研)が平成9年12月・10年12月に行った調査では葉体長12～53cm(平均28.97cm)であった。ウガノモクによる平均被度は0.5～3.0%(最大30%)であり、ウガノモクが繁茂していた水深は-0.5～-3.2m(平均2.77m)であった。

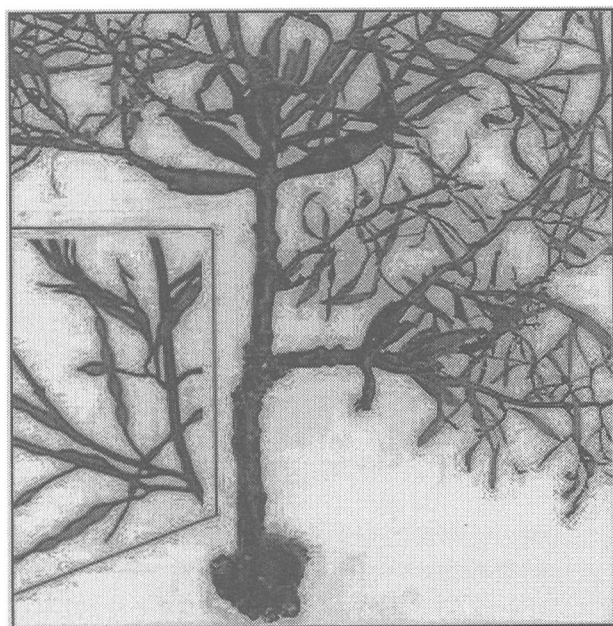


図-2 ウガノモクの形態⁴⁾
(秋以降は葉の部分が枯れ、幹部のみとなる)

(3) 苫小牧東港における産卵状況

図-3～5にハタハタの産卵が確認されている苫小牧東港内防波堤A部の平面図、標準断面図及び調査位置図を示す。当防波堤の全体延長は1,030m、設置水深は汀線から-8.5mである。構造は傾斜堤部分530m(設置水深0m～-5.3m)と直立堤500m(設置水深-5.3m以深)とから成り、産卵は傾斜堤部分で行われている。

開土研の調査によれば、産卵はウガノモク繁茂水深が-1.0～-2.5m(平均-1.89m)で、ウガノモクに卵塊が固着していた高さは基部から1.0～42.0cm(平均11.0cm)であった。面積当たりの産卵個数は傾斜堤の沖側の港内側で多く半径0.3～0.5mに1個体が汀線に近づくにつれて減る傾向が見られた。

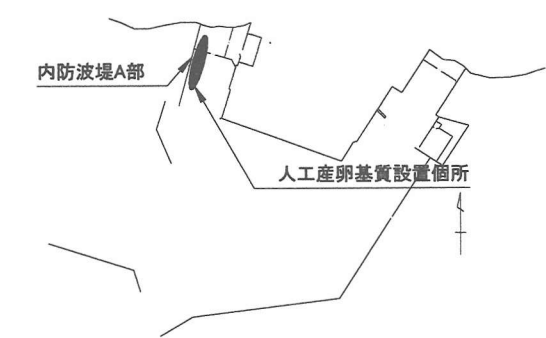


図-3 苫小牧東港平面図

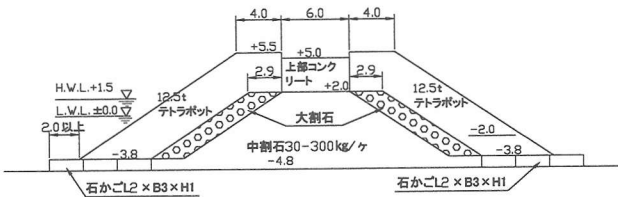


図-4 内防波堤A部傾斜堤標準断面図

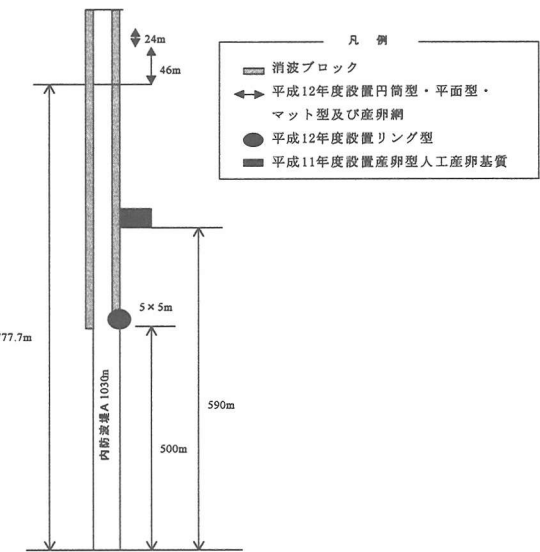


図-5 調査位置図

3. 調査内容

調査は平成11年度及び12年度の2カ年にわたって行った。

(1) 平成11年度の調査内容

人工産卵基質を作成するに当たっては天然の海藻を模倣し以下の点を重視した。

①産卵の前後で直立を保つこと。

ハタハタは産卵前に魚体を海藻に擦り付ける行動が見られることと卵塊が付着して人工産卵基質が倒れると卵のふ化率が低下する恐れがある。

②枝分かれを有すること。

天然海藻では必ず枝分かれ部分に産卵が行われている。

③可撓性を有すること。

卵塊に均等に酸素を供給するためと、波や流れによる張力に抵抗するため可撓性が必要である。

以上の条件から材質は比重が0.18と大きな浮力を持ち十分な可撓性を有するポリプロピレン系発泡体を用いた。この材質にプラスチックが原料のインシュロック(商標)で枝を作成するとともに、鋼材への取り付けを行った。現場への設置は平成11年10月25日に行った。設置水深は最深が-2.7m、最浅が-1.9mであった。人工産卵基質の仕様は天然海藻をできるだけ模倣した。形状を写真-2に示すとともに、その根拠を表-1に示す。

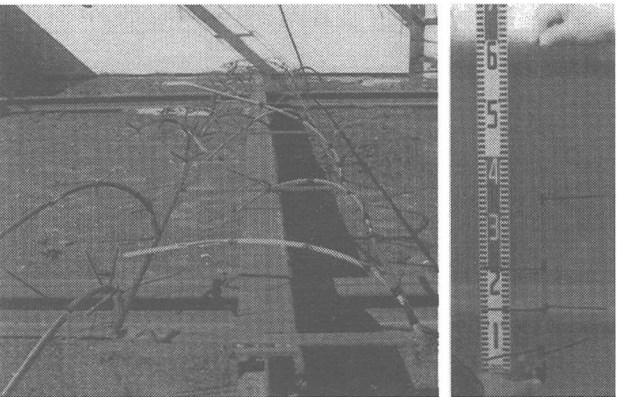


写真-2 平成11年度設置人工産卵基質

表-1 平成11年度設置人工産卵基質

	平成11年度 設置基質	根 拠
長さ	55cm	産卵を確認したウガノモクの最大葉体長は53.0cm、卵塊固着最大高さ42cmから決定
1本の太さ	10mm	ウガノモクの茎の太さは約1cm、卵塊最小径が2cmから決定
枝の本数	6本	卵塊は枝分かれの部分に固着し、1株当たり平均3.8個の卵塊から決定
枝分かれ間隔	約10cm	卵塊平均径6.1cm、標準偏差3.4cmから決定
結東部から最下部枝分かれまでの高さ	5から7cm	卵塊の最下部固着位置の平均値8.6cmから決定
1㎡当りの株数	7から8株	卵塊の固着しているウガノモクは50cm×50cmに1～2株が大半であることから決定

人工海藻設置後、平成11年11月19日、12月8日、12月22日に産卵状況調査を行った。また、平成11年9月27日から平成12年1月26日までの122日間、水深-5mの位置で波高、流速を測定した。

(2) 平成12年度の調査内容

平成12年度においては平成11年度に産卵が確認されなかったことから人工産卵基質を改良し、直径30cmのリング状の鋼材に結束し(写真-3)、これを防波堤設置水深-5.3mの位置で水深-1.0mから-3.0mの範囲の消波ブロックに10基取り付け付けた。設置日は平成12年11月17日である。平成11年度設置型と平成12年度設置型の比較を表-2に示す。リング型の改良は、平成11年度設置型が枝の本数が少なく、単位面積あたりの本数も少なかったことから枝の本数を増やすことと単位面積当たりの株数を増やして空間的な密度を上げることが主眼においた。また、引張試験を行い、強度を把握した。引張強度は試験器のチャックで供試体の両端を挟み500mm/minの速度で引っ張り、供試体が破断した荷重を測定した。

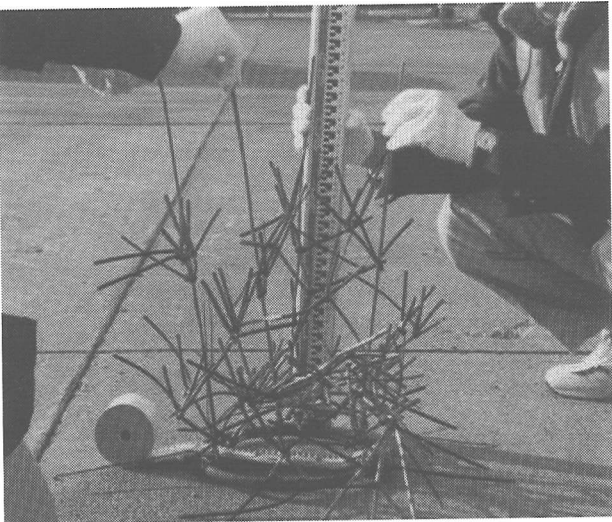


写真-3 平成12年度設置リング型人工産卵基質

表-2 人工産卵基質の形状比較

	平成11年度 設置基質	平成12年度 設置基質
長さ	55cm	60cm
1本の太さ	10mm	4.5mm
枝の本数	6本	18本
枝分かれ間隔	約10cm	約10cm
最下部枝分かれした部分の取付部からの高さ	5から7cm	5cm
1㎡の株数	7から8株	85株
単位面積当り引張強度	1.73Mpa	2.28Mpa

比較のために以下の3種類の人工産卵基質と産卵実績のある漁組が使用している産卵網を設置した。

①人工産卵基質を高密度にするため短冊状にして密植させたマット型(写真-4参照)。材質はポリプロピレン発泡体。

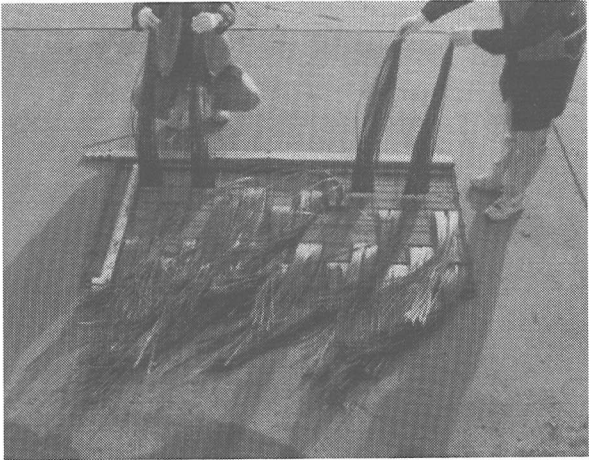


写真-4 平成12年度設置マット型

②実績のある産卵網を模倣した平面型(写真-5参照)。材質はプラスチック。

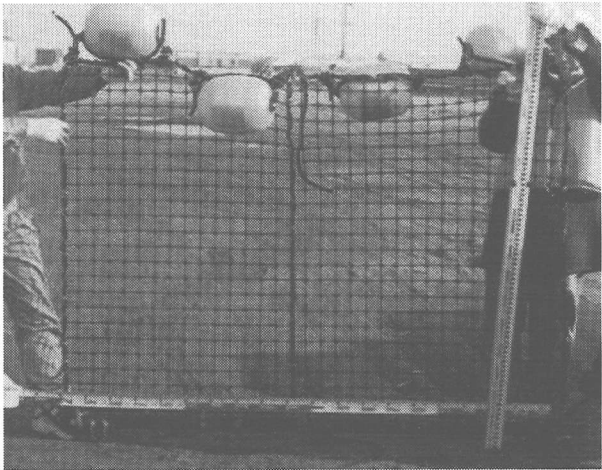


写真-5 平成12年度設置平面型

③上記平面型を筒状にした円筒型(写真-6参照)。

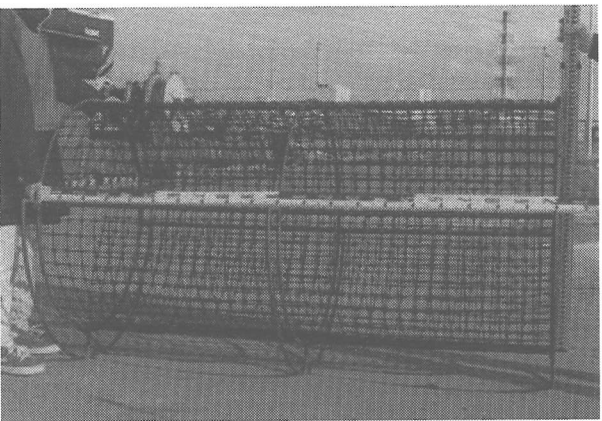


写真-6 平成12年度設置円筒型

①～③の産卵基質を設置後、産卵状況調査を平成12年11月25日、12月22日、平成13年2月13日に行った。

4. 調査結果と考察

(1) 平成11年度の調査結果

ハタハタの産卵調査は3回行ったが、いずれも確認されなかった。この原因として以下のことが推察された。

- ①人工産卵基質をH型鋼に結束して設置したことから海藻の基盤である消波ブロックから離れてしまい、海底付近を産卵回遊するハタハタが認識しなかった。
- ②人工産卵基質を天然海藻の密度を基本に配置したが、密度が低すぎた。また、枝部も少なすぎた。
- ③海藻に体を擦りつけるハタハタの産卵行動に対して硬度が低くすぎた。

次に観測した物理量について述べる。有義波高の最大値は1.6mであったが、0.5m未満が95%とほとんどを占めていた。周期は5～12secに分布し、卓越周期は8～9secであった。海底面でのスカラー流速の最大値は27cm/secであったが、5cm/sec未満が87%を占めていた。

(2) 平成12年度の調査結果

平成12年度においてはリング型人工産卵基質に産卵が行われた。その状況を写真-7に示す。しかし、その他のマット型、平面型、円筒型には産卵は見られなかった。また、産卵実績のある産卵網についても平成12年12月22日の調査で2個の卵塊を確認したにとどまった。

リング型人工産卵基質を除く他の人工産卵基質に産卵が行われなかった理由を推察すると、平成12年度におけるハタハタ漁獲量が1.8tと前年度に比べて6割程度であり産卵回遊が少なかったことが大きな原因と考えられる。また、永田ら⁹⁾は苫小牧東港内防波堤A部のハタハタ産卵状況調査から産卵は沖側から汀線方向に向かって順次行われることを明らかにした。これらから、平成12年度の産卵場所は内防波堤A部の沖合側に限られたためと考えられる。

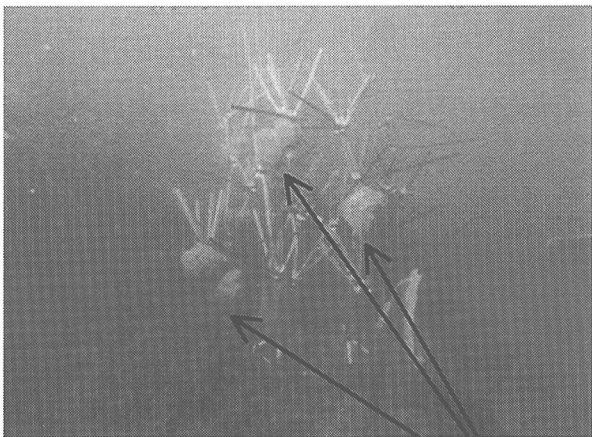


写真-7 産卵状況

図-6にリング型人工産卵基質の設置日及び調査月日ごとの卵塊個数を示す。また、表-3に開土研が平成10年度と平成11年度に調査した傾斜堤（内側400m、外側280m、合計680m）の天然海藻に産卵された全卵塊数を示す。図-6から卵塊数は11月25日から12月22

日にかけて4.6倍に増えており、産卵が数回行われたと推察される。また、10個のリング状人工産卵基質への卵塊数は平成10年度に延長680mの区間に分布していた天然海藻に産卵された卵塊数のほぼ半数に昇っており、集中的に産卵が行われ、産卵基質として非常に効果が高いといえる。これは、天然海藻への産卵は根元に集中するが、人工産卵基質は上部まで枝部が存在し枝部の幅が均一なことから、全体的に産卵が行われていることに起因すると考えられる。これらから、人工産卵基質は天然海藻より空間的な密度を上げることが重要と考えられる。

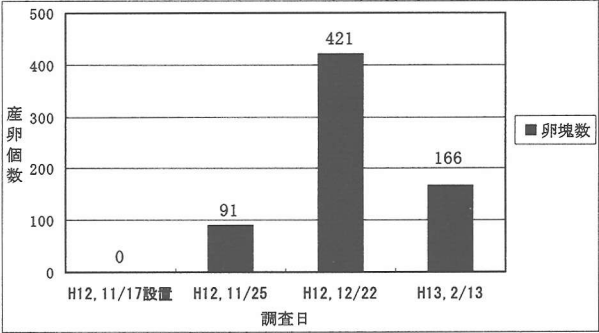


図-6 リング型人工産卵基質への産卵確認個数

表-3 天然海藻への産卵数

年度	平成10年度	平成11年度
産卵数	980	145

しかし、平成13年2月13日に調査した結果では卵塊数が166個に減少している。これは、冬期風浪によりリングから人工産卵基質が流失したためである。完全に流失した本数は総本数60本のうち32本、一部分から破断していたものは19本であった。

人工産卵基質の引張強度は平均幅4.5mm、平均厚さ4.1mmの試験片6本の平均値で41.7Nで、単位面積あたり2.28Mpaであった。

次に、卵塊が固着した状態での人工産卵基質の抗力を求めてみる。抗力は人工産卵基質と卵塊に働く抗力の和として与えられるものと仮定した。

人工産卵基質についてはウガノモクについて桑原ら⁹⁾が求めた抗力係数実験式(式-1)を用いて抗力を求める。

$$C_d = 0.0749U^{-0.518} \tag{1}$$

抗力は

$$F = \frac{1}{2} \rho A C_d U^2 \tag{2}$$

流速 U は平成11年度に観測された最大有義波高1.6m、周期8sec、人工産卵基質設置水深-1.0mを用いて微小振幅波理論に基づき求めると $U = 1.2\text{m/sec}$ となり、投影面積 $A = 0.027\text{m}^2$ となる。 ρ は海水の密度であるから、これらの値を式(1)及

び(2)に代入して抗力を求めると $F = 1.36 \text{ N}$ となる。卵塊を直径5cmの球として仮定して、今回観測された1本当り最大個数21個が固着しているものとする。球の抗力係数は0.2~0.5であり、卵塊の表面には凸凹があることから、最大の0.5をとると、 $F = 15.29 \text{ N}$ となり、合計は $F = 16.65 \text{ N}$ となる。これは、平均引張強度の41.7Nに比べて40%の抗力である。しかし、破断が生じていることから、この原因は波浪による振動流によってリングへの結束部が劣化したことに起因すると考えられる。

5. まとめと今後の課題

平成11年度、12年度の2カ年にわたって人工産卵基質の開発を行った。その結果、平成12年度設置のリング型人工産卵基質すべてに多数のハタハタの産卵を確認できた。これは、天然の海藻に比べて空間的密度を高めたことによって藻場としての認識度を上げたためと考えられる。

しかし、約半数に流失が見られ、耐久性に問題があることが判明した。今後は、振動流装置などを用いて必要な強度を把握するとともに、より強度が高く、環境面で安全性の高い材質を開発する必要がある。

参考文献

- 1) 尼岡邦夫、仲谷一宏、矢部衛：北日本魚類図鑑 pp270, 1995
- 2) 落合明、田中克：魚類学(下), 恒星社厚生閣, 1986
- 3) 杉山秀樹：日本の希少な野生水産生物に関する基礎資料(Ⅱ), 日本水産資源保護協会 pp247-256, 1995
- 4) 北の海藻図鑑：
<http://www.ne.jp/asahi/marine/algae/>, 2001
- 5) 伊東公人、谷野賢二、山本泰司：北海道におけるハタハタ産卵場の実態と産卵場としての沿岸構造物の可能性に関する一考察, 第40回北海道開発局技術研究発表会発表概要集(4) pp169-174, 1996
- 6) 中山学之、北原繁志、長谷一矢：人工海藻による産卵礁機能を付加した防波堤の開発, 第43回北海道開発局技術研究発表会発表概要集(1) pp81-88, 1999
- 7) 伊藤卓也、中山学之、北原繁志：人工海藻による環境調和機能を付加した防波堤の開発, 第44回北海道開発局技術研究発表会発表概要集(4) pp1322-1329, 2000
- 8) 永田晋一郎、福田光男、丸山修治：沿岸構造物における魚類の産卵礁機能に関する一考察, 第44回北海道開発局技術研究発表会発表概要集(4) pp1314-1321, 2000
- 9) 桑原久美、金田友紀、川井唯史：波浪によるウガノモクの幼胚および生体の基質付着限界, 海岸工学論文集, 第46巻 pp1146-1150, 1999