

平成27年度

# ハタハタ産卵基質としての人工海藻の改良効果について

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水産土木チーム ○牧田 佳巳  
大橋 正臣  
株式会社エコニクス 大畑 喜則

寒地土木研究所は、室蘭開発建設部らとともにハタハタ資源の維持・増大を目的として平成12年度にハタハタの産卵基質となる人工海藻を開発した。当研究所では、これまでその効果を検証するため、現地において産卵状況の調査を行ってきた。平成26年度に、過年度の調査結果に基づき改良した人工海藻を登別漁港の西海岸域へ設置した結果、従来型に比べ付着卵塊数が大幅に増加し、その改良効果を確認した。

キーワード：自然環境、ハタハタ産卵礁、人工海藻

## 1. はじめに

ハタハタは冷水性の底棲魚類で水深150~300m、水温1~2℃の砂泥域に生息しており、日本海の本州全域を中心に東は北海道、サハリンから、西は朝鮮半島東岸まで分布している。産卵は、沿岸水温が10℃以下になる11月ごろに水深1~10mの岩礁域まで接岸して行い、**写真-1**のとおり茎のしっかりした海藻の茎や主枝に卵塊を産み付ける。**図-1**に示すように、北海道におけるハタハタの漁獲量はピーク時には8,000t以上であったが、近年では500t前後まで減少しており、資源量の低下が懸念されている。そのような中、平成7年頃から苫小牧東港の内防波堤消波ブロック上のウガノモクやアカモクなどのホンダワラ類にハタハタの産卵が確認されるようになり、産卵場として機能していることが明らかとなった。しかし、この防波堤は移転計画があり、このままではホンダワラ類の藻場とともにハタハタ産卵場が消失してしまう可能性があることから、防波堤移設後にホンダワラ類の藻場が形成されるまでの代替措置として、ハタハタ産卵基質として即効的に機能する人工海藻の開発が必要となった<sup>1)</sup>。



写真-1 ハタハタとウガノモクへの産卵状況

本報告は、これまでの人工海藻の開発経緯と、確認されたハタハタの産卵特性に基づく人工海藻の改良点およびその効果について取りまとめたものである。

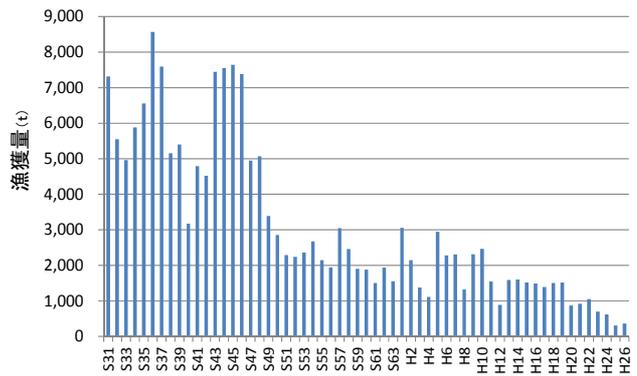


図-1 北海道におけるハタハタ漁獲量の推移<sup>2)</sup>

## 2. 人工海藻の開発経緯

### (1) 開発の取組（平成11~12年度）

室蘭開発建設部では、ハタハタの安定的・持続的な自然的再生産に資する技術の開発を目指して、平成11年度より苫小牧東港において発泡性プラスチック材料（ポリプロピレン系）を使用した人工海藻の現地実験を実施した<sup>4)</sup>。

平成11年度は、**写真-2**に示す枝分かれ1つの人工海藻を低密度で設置したところハタハタの産卵は確認されなかった。そこで、平成12年度には**写真-3**に示すように枝の本数を3倍、設置密度を10倍にしたところ、**写真-4**に示すようにハタハタの産卵が確認された。しかし、その後の調査では、**写真-5**に示すように固着した卵が孵

化を迎える前に人工海藻が破断し、卵塊と共に流失することが明らかとなり、耐久性に課題を残す結果となった<sup>1)</sup>。なお、平成12年度以降は、人工海藻基質を直径30cmのリング状鋼材に6本を結束して1基の人工海藻ユニットとしている。

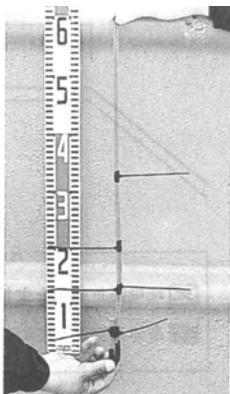


写真-2 人工海藻 (H11型)



写真-3 人工海藻 (H12型)



写真-4 産卵状況 (H12型)



写真-5 破断状況

## (2) 耐久性の向上 (平成13年度)

### a) 破断原因の確認

平成12年度に破断した人工海藻 (以下H12型) は、卵塊附着状態 (人工海藻に卵塊模型を付け振動流試験) において流速200cm/sでの引張力を許容する設計であった。これに対して、人工海藻設置後3ヶ月間の有義流速は最大80cm/s程度であったことから、引張力が破断の原因ではないと推察された。

H12型の破断原因を検証するため、激浪時 (有義波高5m相当) に水深10mの海底面付近に作用する流速場、圧力場を実規模で再現できる任意波形振動流発生装置により、疑似卵塊数 $M=0\sim3$ 個、振動流周期 $T=6$ s、振動流速 $V=10\text{cm/s}\sim150\text{cm/s}$ という条件で試験を行った。この結果、振動流速 $V=100\text{cm/s}$ 、疑似卵塊数 $M=0$ 個の場合、最低作用回数 $N\approx 8,000$ 回で破断する可能性が示唆された。試験での破断面は、苫小牧東港で回収したH12型と同様に形状変形が殆どないことから、振動流による曲げの繰り返しを受け、発泡性プラスチック内の発砲壁が疲労破壊したために破断したことが確認された<sup>1)</sup>。

### b) 材質の変更

平成13年度に改良された人工海藻 (以下H13型) は、振動流の繰り返し曲げによる破断を防止するため、写真-6

に示すようにナイロン系の繊維を中心として、浮力を付けるため低発泡体 (スチロール系)、これらを筒状に織った組紐で覆う三重構造で耐久性の向上を図った。

H13型の任意波形振動流発生装置による耐波試験は、疑似卵塊 $N=3$ 個、振動流速 $V=75\text{cm/s}$ で行った。この結果、作用回数30万回を越えても破断しなかったことから (H12型は作用回数約3,000回で破断)、変更基質には振動流に対する耐久性が充分あるものと認められた<sup>1)</sup>。



写真-6 基質 (H13型)



写真-7 人工海藻 (H13型)

### c) 現地試験結果

平成13年11月に、写真-7に示す H13型を図-2に示す苫小牧東港内防波堤の港内側に10基 (60本) を設置した。また、産卵効果・耐久性の相違を確認するため、H12型を5基 (30本) 設置した。

同年12月調査の結果、H12型は30本中28本が破断し、卵塊は1割しか残っていなかった。一方、H13型は、60本中1本の幹と枝部を固定するバンドがはずれただけで、幹部の破断は見られなかった。なお、破断前に確認された卵塊数は、H12型では設置30本に112個 (3.7個/本)、H13型では60本に210個 (3.5個/本) であり、ほぼ同程度であった<sup>1)</sup>。写真-8にH13型への産卵状況を示す。



写真-8 産卵状況 (H13型)



苫小牧東港

図-2 設置箇所

## 3. 改良型人工海藻の活用 (雄冬漁港)

### (1) 雄冬漁港への設置 (平成19~26年度)

北海道におけるハタハタの漁獲量の減少傾向は、太平洋側に比べ日本海側が著しい。この要因の一つとして、産卵基質となる大型海藻群落の衰退 (磯焼け) による産卵場の減少等<sup>5)</sup> が考えられる。

日本海側に位置する雄冬漁港周辺においても磯焼けが進行し、ハタハタの産卵基質となる海藻が少ない状況が継続している。そのため、増毛漁協では、産卵場の回復を目的として、平成19年から平成26年までに、**図-3**に示す箇所へ**写真-9**のとおりH13型8基を取付けたブロック19個（合計152基、912本）を設置した。

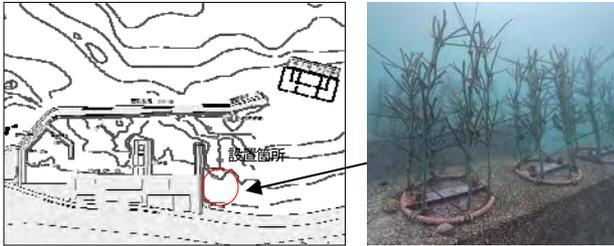


図-3 雄冬漁港 設置箇所 (H13 型)      写真-9 設置状況

## (2) 雄冬漁港における調査結果（平成20～26年度）

表-1に、H13型への産卵状況調査結果を示す。平成20年度の調査では、設置基数40基の内17基で合計131個の卵塊が確認された。平成21年度以降の調査では、人工海藻への産卵は大幅に減少しているが、漁港周辺において自然海藻への産卵が確認されておらず、ハタハタの産卵自体が少ない状況における結果であることを踏まえれば、人工海藻の産卵基質としての一定の有効性を示していると考えられる<sup>6)</sup>。

表-1 雄冬漁港における H13 型への産卵状況

| 調査年度  | 調査日       | H13 型<br>調査時基数(本数) | ハタハタ<br>卵塊個数 | 漁獲量<br>(増毛漁協) |
|-------|-----------|--------------------|--------------|---------------|
| H20年度 | H21. 1.22 | 40基 (240本)         | 131個         | 76 t          |
| H21年度 | H22. 1.18 | 40基 (240本)         | 22個          | 20 t          |
| H22年度 | H22.12.17 | 40基 (240本)         | 25個          | 18 t          |
| H23年度 | H23.12.22 | 40基 (未確認)          | 0個           | 23 t          |
| H24年度 | H25. 1.22 | 80基 (388本)         | 2個           | 9 t           |
| H25年度 | H26. 1.20 | 112基 (488本)        | 13個          | 4 t           |
| H26年度 | H27. 1.22 | 152基 (608本)        | 2個           | 4 t           |

## 4. 天然産卵場における産卵状況調査（登別漁港）<sup>7)</sup>

### (1) 調査目的

雄冬漁港における平成 23 年度調査では、人工海藻への産卵だけでなく産卵基質となる海藻も確認されなかった。そのため、平成 24 年度より、人工海藻に関する有効性の検証および他港への応用について広く検討を行うことを目的として、ハタハタの産卵場となっている天然藻場を有する太平洋側の登別漁港において調査を開始した。

### (2) 調査方法

調査箇所は**図-4**、**写真-10** に示す登別漁港の港外側の2測線（全延長130m、水深2～3m）とし、平成24年12月15日～22日、平成25年1月11日の2回調査を行った。調査は、**写真-11** に示すように天然産卵場（産卵基質：ネプトモク）となっている測線上に調査枠(1m×1

m)を5m毎に設け、枠内の産卵塊の個数、固着部位(高さ)、海藻類の被度等を記録した。

また、期間中の流動環境を把握するために、波高・流速計を設置し、平成24年12月11日から平成25年1月11日の31昼夜観測した。

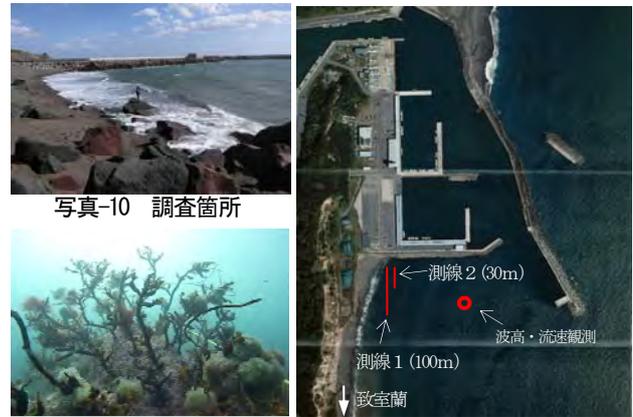


写真-10 調査箇所      写真-11 ネプトモクへの産卵      図-4 登別漁港 調査箇所

### (3) 調査結果（産卵状況）

ハタハタの産卵塊は、12月調査時には全体で252ケース計1,286個、1月調査時には全体で280ケース計1,422個が観察された。ここでは、1つの部位（茎や枝）に重なって産卵された卵塊（複数卵塊を含む）を1ケースとした。

#### a) 産卵基質の葉体長と産卵の関係

**図-5** にハタハタの卵塊の有無とネプトモクの葉体長との関係を示す。これより、産卵が見られたネプトモクの葉体長は平均22.8cm、産卵が見られなかったものは平均12.8cmであり、葉体長のほとんどが40cm以下のネプトモクの中でも比較的長いものに産卵される傾向にあることが確認された。

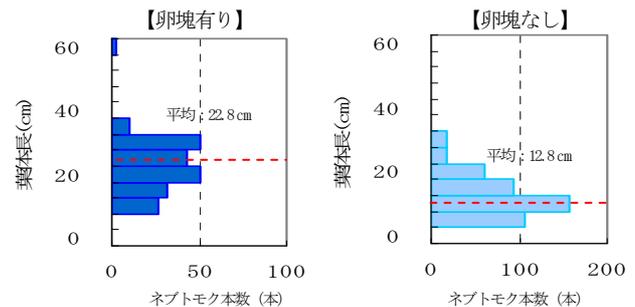


図-5 卵塊の有無とネプトモクの葉体長

#### b) 卵塊の脱落状況

1月調査において、12月調査で観測された卵塊の多くが脱落していることが明らかとなった。この脱落状況を把握するために、12月調査と1月調査での卵塊ケースの同一性の推定を行った。

ここでは、1月調査時において、12月調査時と卵塊数が同一のものを「残存」、卵塊がなくなっている場合を「脱落」、新たに観察された場合を「新たに産卵された」とした。この結果を**表-2**に、「脱落」ケースの推

定例を写真-12 に示す。これより、調査箇所では 12 月に産卵された卵塊の約 40%が 1 月までに脱落しているものと推察される。

表-2 卵塊ケースの概要

|              | 12月~1月         |                | 小計              | 12月~1月 | 合計  |
|--------------|----------------|----------------|-----------------|--------|-----|
|              | 残存             | 脱落             |                 | 新たに産卵  |     |
| ケース数<br>(比率) | 149<br>(59.1%) | 103<br>(40.9%) | 252<br>(100.0%) | 131    | 383 |



脱落前(12月) 脱落後(1月)

写真-12 「脱落」ケースの推定例

#### (4) 調査・試験結果 (流動環境)

##### a) 流速観測結果

図-6 に、12 月から 1 月までに観測された流速の系時変化を示す。観測期間中の最大流速は 1.36m/s (最大有義波高 2.40m) であった。

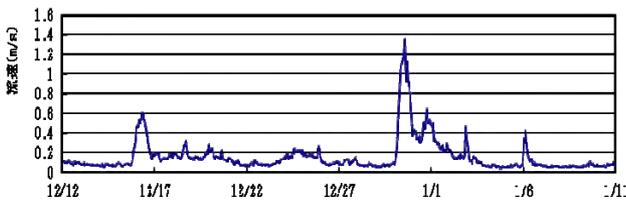


図-6 流速の系時変化

##### b) 室内試験結果

観測された流動環境と卵塊の脱落の関係を検証するため、産卵塊を海藻ごと回収し、任意波形振動流発生装置を用いて脱落試験を実施した。試験は、周期を 10.0s とし、流速を 0.48~1.69m/s まで変化させ 67 分間、1.04~1.79m/s まで変化させ 42 分間、1.04m/s で 16 時間継続して試験を行った。写真-13 に試験中のネプトモクと卵塊の状況を示す。



写真-13 振動流による脱落試験状況

試験の結果、全ての条件において卵塊の脱落は確認されなかった。また、付着力が低下した卵塊で試験した場合、枝などが卵塊が抜け落ちる方向においてストッパー的役割を果たし脱落しなかった。

本試験での最大流速 1.79m/s でも卵塊の脱落しないことから、観測期間の最大流速が 1.36m/s であったこ

Yoshimi Makita, Masami Ohashi, Yoshinori Ohata

とを勘案すれば、流動環境のみが卵塊の脱落原因ではないことが確認された。

#### (5) 産卵基質の特性と卵塊の落脱状態

平成 24 年度の登別漁港の調査において、ハタハタの卵塊の多くが脱落していることが明らかとなった。以下に、新たに確認された産卵基質の特性および卵塊の脱落状態を示す。

- 葉体長のほとんどが 40 cm以下のネプトモクの中でも比較的長いものに産卵される傾向にある。
- 卵塊は基質の基部から卵塊中心までの高さが低い場合、脱落の可能性は低い。
- 茎や枝に直接産卵されている場合、波浪の影響で脱落する可能性は低い。
- 卵塊の脱落は、藻体の先端など茎や枝に直接産卵されていないなど固着箇所が最も強く影響している。

#### 5. 落脱防止に向けた人工海藻の改良 (平成26年度)

##### (1) 人工海藻の改良

平成24年度の調査結果に基づき、平成26年度に人工海藻の改良を行った (以下H26改良型)。表-3にH13型との比較、写真-14にH26改良型の写真を示す。なお、主な改良点は以下のとおりである。

- 産卵が見られたネプトモクの平均葉体長は 22.8 cm であったため、葉体長を 60 cmから 30 cmへ変更した。
- 茎や枝に産卵しやすいよう、枝の分岐角度をネプトモクと同じ 90° とした。
- 脱落した卵塊には 1 つの中抜け穴がある卵塊が多く、葉体の先端から抜け落ちたと考えられる。そのため、枝の先端にストッパーとなる折返し加工を施した。

表-3 H13型とH26改良型との比較

|          | H13型                 | H26改良型              |
|----------|----------------------|---------------------|
| 材質       | 組紐型低発泡体<br>(ワラインプロト) | 組紐型低発泡体<br>(タストクロス) |
| 長さ       | 60cm                 | 30cm                |
| 幅・太さ     | 5.5mm                | 5~6mm               |
| 枝の本数     | 18本                  | 18本                 |
| 枝分かれの間隔  | 約 10cm               | 約 8cm               |
| 1リング当り本数 | 6本/基(リング)            | 6本/基(リング)           |
| 引張り強度    | 2.9KN                | 5.0KN               |



H26改良型設置状況

分岐角度・折返し加工状況

写真-14 H26改良型設置、加工状況

(2) H26 改良型の産卵状況

a) H26 改良型の設置

平成 26 年 11 月に、図-4 に示す登別漁港の測線 2 (L=30m) へ H26 改良型を 10 基 (60 本) 設置した。本調査箇所は、水深 2.6~2.8m で岩礁・転石の間に砂地盤が点在しネプトモクが繁茂している。

同箇所では、前章で記したように平成 24 年に測線 1 を含めた 2 測線 (全延長 130m) においてネプトモクへの産卵状況を調査するとともに、H13 型を 33 基 (198 本) 設置している。図-7 に、この H13 型を含む人工海藻 43 基の配置を示す。

b) 産卵状況調査の結果 (H26d 箇所別)

平成 27 年 1 月 21 日に測線 2 における産卵状況調査を行った。調査は、人工海藻 1 基 (6 本) 毎に調査枠(1m×1m)を設け、人工海藻とその枠内に繁茂するネプトモクへ産卵された卵塊個数を記録した。

本調査において確認された卵塊個数は、ネプトモク上で 1,673 個、人工海藻では 772 個 (H13 型 122 個、H26 改良型 650 個) であった。図-8 に枠内で確認されたネプト

モクの本数 (本/m<sup>2</sup>) と卵塊個数 (個/本)、図-9 に人工海藻の本数と 1 本当りの卵塊個数 (個/本) を箇所別に示す。

これより、ネプトモク 1 本当り卵塊個数は、箇所別では No. 6 および No. ⑧ で突出して多いものの、人工海藻の H13 型及び H26 改良型の設置箇所による明確な違いは見られない。しかし、人工海藻の 1 本当り卵塊個数では、H13 型に対して H26 改良型の個数が明らかに多いことが確認された。写真-15 に H26 改良型設置箇所である③及び⑨における産卵状況を示す。



地点③：H26改良型・ネプトモク 地点⑨：H26改良型  
写真-15 産卵状況 (地点③、⑨) H27.1.21

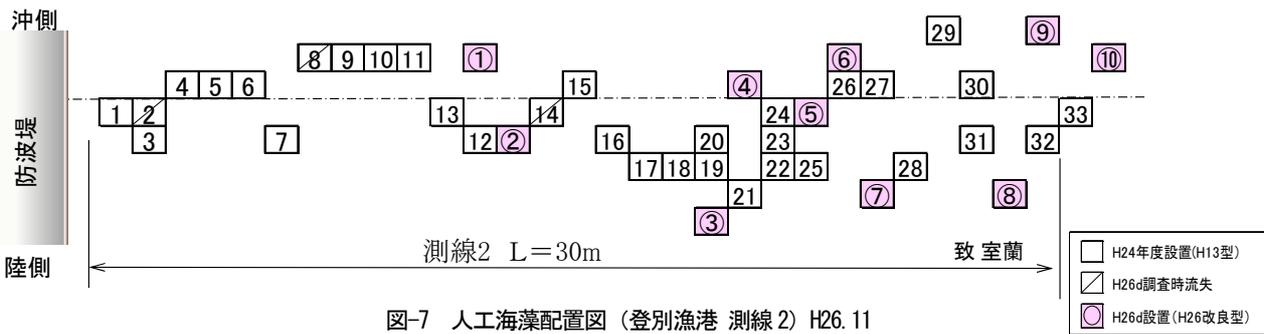


図-7 人工海藻配置図 (登別漁港 測線 2) H26.11

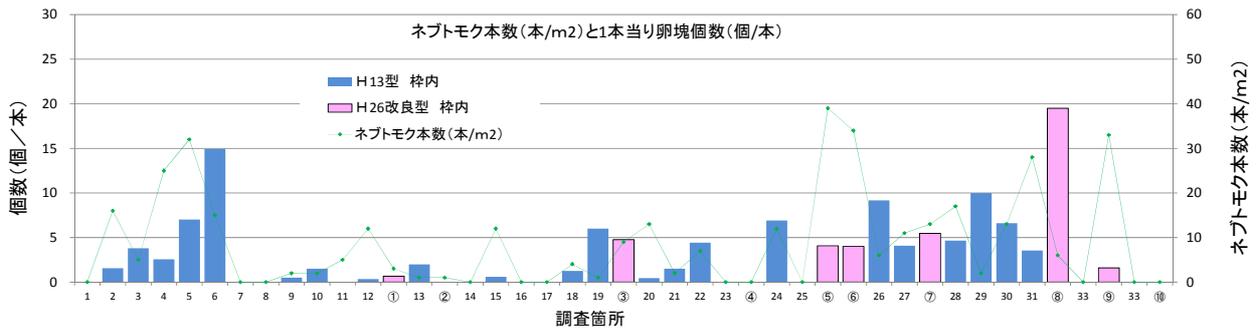


図-8 ネプトモク本数 (本/m<sup>2</sup>) と 1 本当り卵塊個数 H27.1.21

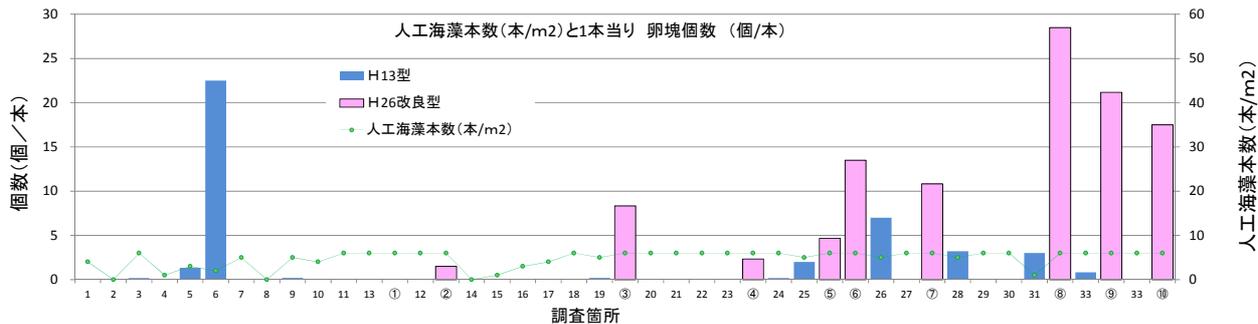


図-9 人工海藻本数 (本/m<sup>2</sup>) と 1 本当り卵塊個数 H27.1.21

### (3) H26 改良型の改良効果

登別漁港の測線 2 では、平成 24 年度からネプトモクの他、H13 型についても継続して産卵調査を行っている。表-4・図-10 に、これまでの産卵調査結果、および産卵基質 1 本当たり卵塊個数の比較を示す。

H13 型において平成 26 年度までに確認された 1 本当たりの卵塊個数は、ネプトモクの 3～20%程度であった。これに対し、H26 改良型は平成 26 年度調査においてネプトモクの約 2.5 倍、H13 型に対しては約 13 倍の卵塊個数であった。これは、枝の先端にストッパーとなる折り返し加工を施すなどの改良により、卵塊の脱落が大幅に減少したためと考えられ、H26 改良型の産卵基質としての優位性が示唆された。

表-4 産卵調査結果一覧（測線 2）

| 【登別漁港】<br>測線2 (L=30m) |        | 海藻<br>(ネプトモク)             | 人工海藻       |           |
|-----------------------|--------|---------------------------|------------|-----------|
|                       |        |                           | H13型       | H26改良型    |
| H24年度<br>(H25. 1. 11) | 本数(基数) | 267本 (33m <sup>2</sup> )  | 195本 (33基) |           |
|                       | 産卵個数   | 629個 (33m <sup>2</sup> )  | 14個 (7基)   |           |
|                       | 1本当たり  | 2.36 個/本                  | 0.07 個/本   | 個/本       |
| H25年度<br>(H26. 1. 9)  | 本数(基数) | 277 (33m <sup>2</sup> )   | 175本 (32基) |           |
|                       | 産卵個数   | 316 (33m <sup>2</sup> )   | 6個 (5基)    |           |
|                       | 1本当たり  | 1.14 個/本                  | 0.03 個/本   | 個/本       |
| H26年度<br>(H27. 1. 21) | 本数(基数) | 381 (43m <sup>2</sup> )   | 143本 (30基) | 60本 (10基) |
|                       | 産卵個数   | 1,673 (43m <sup>2</sup> ) | 122個 (11基) | 650個 (9基) |
|                       | 1本当たり  | 4.4 個/本                   | 0.85 個/本   | 10.83 個/本 |

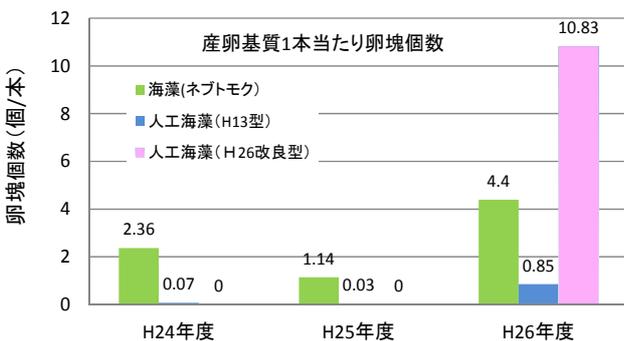


図-10 産卵基質 1 本当たり卵塊個数の比較（測線 2）

## 6. おわりに

人工海藻は、広域砂浜海岸に建設された苫小牧東港において、移設計画にある防波堤ブロック上に形成された藻場の持つハタハタ産卵機能を維持することを目的として開発された。開発当初は、枝の本数や設置密度の調整などの試行錯誤により産卵が確認されるまでに至ったが、その耐久性に課題が残った。そのため、発砲プラスチックからナイロン系の繊維を中心とした材質へ変更することで耐久性の向上を図り、平成 13 年度にその効果を確認し、これまで雄冬漁港において活用されてきたところである。

今回の改良は、平成 24 年度に登別漁港の産卵状況調査において、12 月に産卵された卵塊の約 40%が脱落し

ていることが推察されたことから、天然海藻により近い形状にするとともに卵塊の脱落防止を中心とした以下の改良を行った。

- ・葉体長を 60 cm から 30 cm へ変更した。
- ・枝の分岐角度をネプトモクと同じ 90° とした。
- ・枝の先端にストッパーとなる折り返し加工を施した。

この改良の結果、平成 26 年度調査において、天然産卵基質であるネプトモクの約 2.5 倍、従来の人工海藻（H13 型）に対しては約 13 倍の卵塊個数が確認された。

これより、H26 改良型人工海藻を利用した産卵場の造成は、水産資源保護の観点から効果的な手法と考えられる。

ハタハタ産卵場機能を付加あるいは強化する方法としては、人工海藻の他、天然モク類を用いた自然藻場造成方法がある。この方法は、大きくは母藻投入法と基質移転法の 2 つであり、磯焼け地帯ではウニの摂餌による衰退が懸念されるが、それ以外では藻場面積の自然発生的に増加することが期待される。これに対し、人工海藻は即効性があるとともに磯焼けや漂砂、照度の少ない箇所など天然藻場が生育できない箇所での効果が期待される。

今後は、人工海藻改良型の他海域での検証実験を充実させ、形状のみならず、より効果的な設置箇所や配置方法を提案するなど、人工海藻の実用化に向けた取り組みが必要である。

## 参考文献

- 1) 伊藤敏明, 森信雄, 福田光男: 沿岸構造物での人工産卵基質による魚類産卵場の事例紹介、全国漁港漁場整備技術研究発表会講演集(平成14年9月), pp. 79-87, 2002.
- 2) 農林水産省HP: 農林水産省内水面漁業生産統計調査
- 3) 地方独立行政法人北海道立総合研究機構HP: マリンネット北海道データベース検索
- 4) 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, pp. 81-88, 1999.
- 5) 福田敏光: 雄冬岬で再補されたハタハタ、試験研究は今, No. 087, 1991.
- 6) 渡辺光弘, 山本潤: 雄冬漁港におけるハタハタの産卵状況について、寒地土木研究所月報, No. 689, pp. 17-22, 2010.
- 7) 大畑喜則, 武田史絵, 村上俊哉, 岡元節雄, 河合浩, 大橋正臣, 山本潤: ハタハタ噴火湾系群の卵塊脱落に関する一考察、平成25年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, pp. 181-184, 2013.