

防波堤がもつヤリイカ産卵礁機能に関する研究

Structural and environmental features of breakwaters utilized for spawning of a squid, *Lorigo bleekeri*谷野 賢二[※]・斉藤 二郎^{※※}・山本 泰司^{※※※}・北原 繁志^{※※※}・大村 高史^{※※※※}・鳴海 日出人^{※※※※※}

Kenzi Yano, Jiro Saitou, Yasusi Yamamoto, Sigesi Kitahara, Takasi Oomura, Hideto Narumi

In early to late spring, spawning shoals of a squid, *Lorigo bleekeri*, migrate to the western coast of Hokkaido facing the Japan Sea. Breakwaters and other artificial structures of the harbors are suspected to be utilized for their spawning. Diving observations were conducted of breakwaters in nine harbors to confirm actually laid eggs and to characterize underwater conditions of the spawning sites. Spatial features of these spawning sites and luminous condition were described. The selected depths and distribution of the spawning sites observed to be affected by waves, local currents and temperatures. Function of unexpected role of breakwaters as spawning sites of a squid, improvements of the breakwater and other seaside structures were suggested.

keywords : Breakwaters, Squid, Spawning

1. はじめに

沿岸域は海洋生物にとって貴重な生息、繁殖の場であり、漁港・港湾構造物をはじめとする沿岸構造物は、本来の機能を保ちながら周辺の生物との調和ある開発が求められている。

構造物と生物との関わりを示す事例として、北海道日本海沿岸の漁港・港湾におけるヤリイカの産卵接岸群の回遊と構造物への産卵が挙げられ、天然での産卵場の不足が構造物への産卵要因の1つとして考えられる。本研究は、防波堤などの構造物による産卵場の拡大を目指し、漁港や港湾に対するヤリイカ産卵の実態把握を行い、防波堤など構造物が持つ産卵場としての機能と問題点を検討した。さらに、産卵場機能向上のための技術開発についての手がかりを得ることを目的としている。

2. 防波堤の産卵場機能

2-1. 防波堤におけるヤリイカの産卵状況

北海道日本海側に位置する港湾・漁港周辺ではヤリイカが産卵のために接岸している事が知られており、接岸時期は奥尻町の各漁港（青苗，神威脇）で毎年2月～5月、江良漁港で12月～2月と2月～5月、大成地区の久遠漁港では3月～5月である。この内、松前地先などではコンクリートブロックなどへの産卵事例も報告されている（渡島西部地区水産技術普及指導所ほか、1990）。防波堤などの構造物においてヤリイカ産卵の状況を具体的に把握するため、平成7年4～6月にかけて北海道日本海側に位置する松前、香深、船泊などの各港湾、および江良、青苗、須築、寿都、元地、鉄府などの各漁港において潜水目視観察によるヤリイカ産卵実態調査が行われ、一部の港では平成8年度にも継続調査を実施している（図-1）。この結果、平成7年度においては各港でヤリイカ卵嚢が発見され、一例として香深港におけるヤリイカ卵嚢確認調査ルートと発見場所を示す（図-2）。

表-1は各港での防波堤・岸壁で発見された産卵場所を分類し取りまとめたものである。

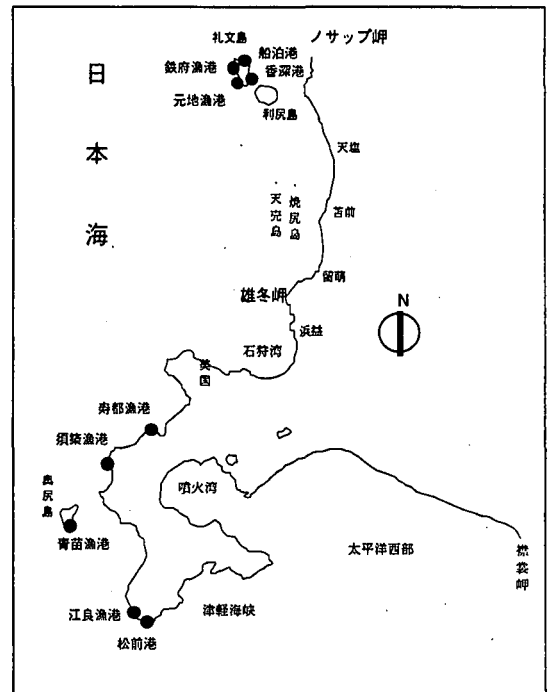


図-1 北海道日本海沿岸の調査対象港の位置

※ 正会員 北海道東海大学工学部 工博 (005 札幌市南区南沢5条1丁目)

※※ 正会員 株式会社エコニクス 企画部

※※※ 正会員 北海道開発局 開発土木研究所

※※※※ 北海道開発局 稚内開発建設部 香深港湾建設事業所

※※※※※ 正会員 日本データーサービス株式会社

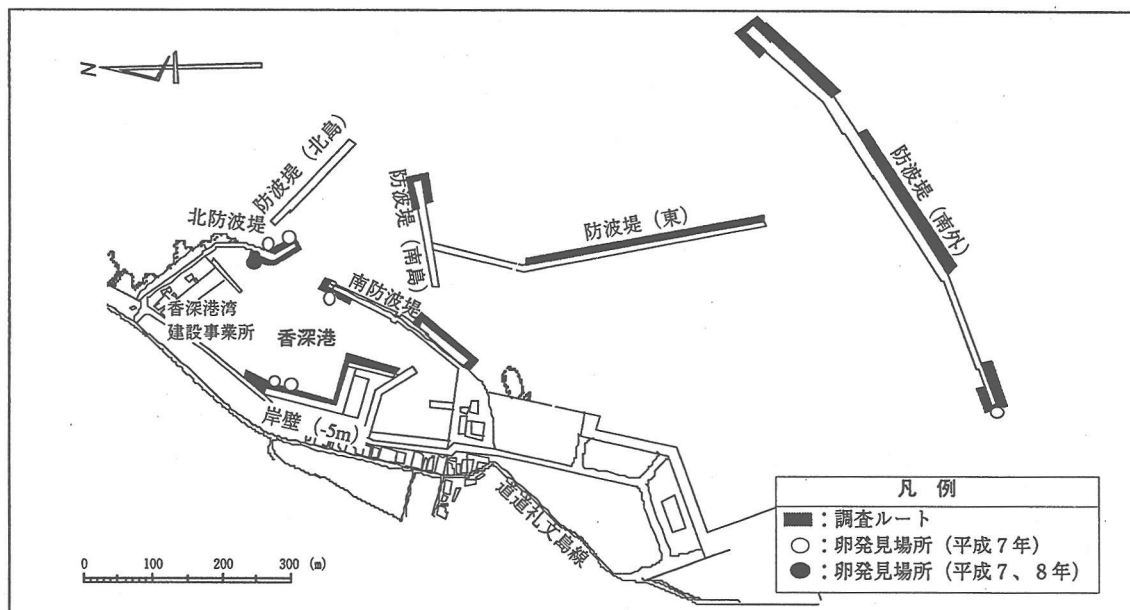


図-2 香深港での調査ルートとヤリイカ卵発見場所

表-1 各港でのヤリイカ産卵空間の発見場所区分

港名 \ 発見場所	垂直壁	消波ブロック	被覆ブロック	その他
松前港		19		
香深港	5	1		
船泊港	1		5*	
元地漁港		4	2	
鉄府漁港	9			2
江良漁港	4	6	1	
育苗漁港		5		
須築漁港		4		
寿都漁港		2		
合計	19	41	8	2

※ 5地点の観察記録を行った他に多数の地点で確認された

※※ 海藻・ワイヤーロープへの産卵

産卵空間として利用されていたのは、消波ブロック脚部、被覆ブロック下部、防波堤や岸壁の鉛直壁面の欠落部などであり、これら空間を持つ防波堤などの構造物は産卵場としての機能を持っていることが判明した。(写真1、2)

また、産卵場所はいずれも海底面近傍で、コンクリートブロック消波工のように海底から海面まで様々な位置に空間を持つ構造物でも産卵場所は海底直上の天井面に限られていた。

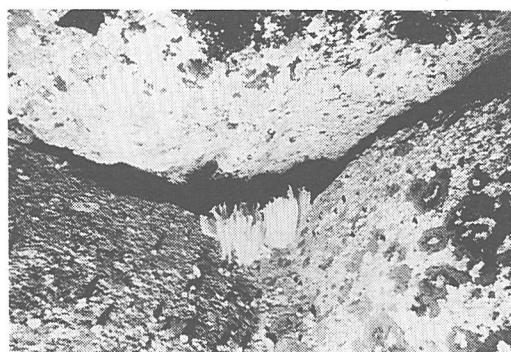


写真-1 消波ブロックへの産卵状況

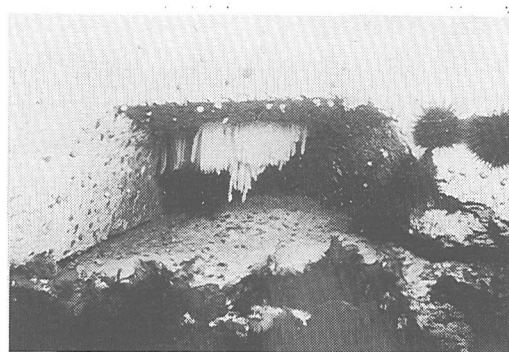


写真-2 被覆ブロックへの産卵状況

2-2 産卵空間の形状的特性

今回発見された防波堤など構造物の産卵空間と、新潟県（新潟県、1984）及び松前（渡島西部地区水産技術普及指導所ほか、1990）における天然礁調査での産卵空間の間口高さ、奥行き、間口幅の分布を図-3、4、5に示す。

構造物での産卵空間は、間口高さ0.2～0.6mの範囲、奥行き0.4～1m、間口幅2.0m以内の形状が多かった。天然岩礁では、間口高さ0.5m、間口幅1.5m、奥行き約1m以内が多く、構造物では間口高さがやや高い空間や、間口幅が大きな空間にも産卵が確認されているが、産卵が多く見られた空間形状は天然岩礁と類似していた。

今回構造物で発見された産卵場所の内、偶然形成される防波堤や岸壁の鉛直壁面の欠落部を除き、消波ブロックと被覆ブロックが作り出す空間について、海底に安定して設置された場合の開口部高さとブロックの重量の関係を表-2に示す。

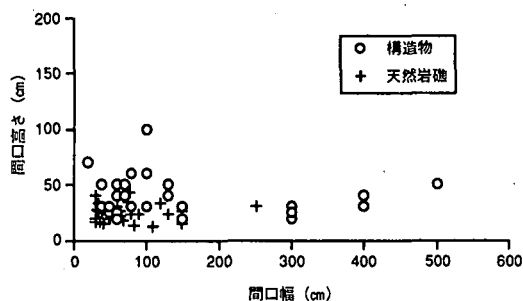


図-3 間口高さと同口幅の分布
(天然岩礁は新潟県及び松前の資料より作成)

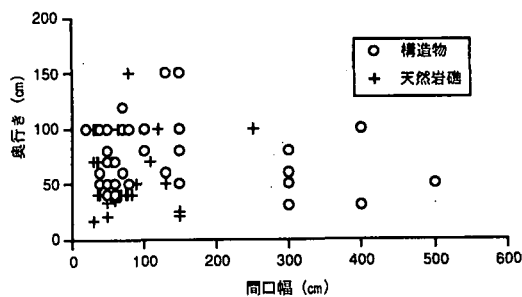


図-4 奥行きと同口幅の分布
(天然岩礁は新潟県及び松前の資料より作成)

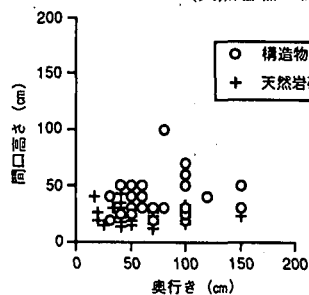


図-5 間口高さと同行きの分布
(天然岩礁は新潟県及び松前の資料より作成)

表-2 コンクリートブロックの海底面上の空隙高さと同面積の一例

重量 (t)	被覆ブロック		消波ブロック	
	高さ (m)	底面積 (㎡)	高さ (m)	底面積 (㎡)
2	0.20	0.48	—	—
4	0.25	0.77	—	—
6	0.29	0.99	—	—
8	0.32	1.20	0.39	2.28
10	0.35	1.39	—	—
12	0.37	1.57	0.45	3.04
16	—	—	0.50	3.71
20	—	—	0.50	4.50
25	—	—	0.54	5.25
32	—	—	0.59	6.20

これによると消波ブロックの場合 8 t 以上、被覆ブロックでは 2 t 以上で 0.2m 以上の開口部高さが得られることになる。但し、被覆ブロックでは海底や捨石マウンドとの不陸などにより空間が十分に確保できない場合を考慮して 4 t 以上が好ましいと考えられる。

つぎに、実際に卵囊が付着する産卵空間天井面の形状について検討を加えた(図-6)。

産卵天井面の形状は図中に示してあるとおりで、構造物では比較的傾斜が緩やかな水平部に多く産卵していることが伺われ、天然岩礁においても同様な傾向がある。このことから平面で構成される被覆ブロックなどは効果的な産卵空間形状を持っていると考えられる。

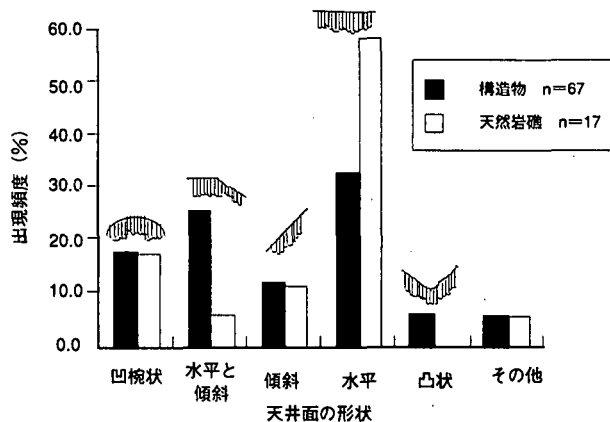


図-6 天井面の形状と産卵場所出現頻度

2-3. 産卵空間の照度環境

産卵場所の照度は、正常な孵化を阻害する要因の一つと考えられるヤリイカ卵への珪藻付着の要因として重要である(新潟県、1984)。先に示した構造物の産卵空間における照度環境を知るために、平成 8 年 9 月～11 月にかけて鉄府漁港防波堤垂直壁の欠落部で、照度測定を行なった。

産卵部位の空間構造は間口高さ 0.2m、奥行き約 0.9m で、測定場所は、間口から奥行き約 0.4m の地点で、間口方向は北東向きである。また、産卵場外側には比較のための対照区を設けている。

表-3 は、産卵空間と対照区での照度観測結果から、1 日の積算照度および最大照度の平均値、観測期間を通じての瞬間最大照度、日照時間の平均を算出し比較したものである。

照度測定時期は産卵時期とややずれているが、測定地域の太陽の南中高度は産卵期の 5～6 月で 63～67°、測定した 9～10 月では 47～36° の範囲で入射角はより鋭角的になり、測定時期は空間内に光りが到達しやすい状況にあったと思われる。これら条件下でも産卵場所の照度は外側に比べ極めて低く、1 日の積算照度平均は対照区に比べ 1% 以下、瞬間最大照度は 1810 lx 以下であった。また、空間内の日照時間帯は短く午前中に限られることが判明した。

照度と付着珪藻の増殖は水温により変化し、15～20℃ではおよそ 3000～5000 lx 以上で最大となり(大貝ら、1986)、付着

表-3 産卵空間の照度測定結果

項目	産卵場所	対照区	産卵場所と対照区の比 (%)
1 日の平均積算照度 (lx)	2441	166805	0.8
全期間での瞬間最大照度 (lx)	1810	39837	4.5
1 日の最大照度平均値 (lx)	251	8898	1.8
1 日の平均日照時間 (時間)	2.53	10.25	24.7

※ 測定日毎の比率の平均値
※※ 日照があった日の平均値

珪藻の密度は特に日照時間と良く一致して変動する（河村ら、1988）。空間内での最大照度はこれら値を大きく下回り、日照時間も短いことから、珪藻付着の阻害される環境下にあると考えられた。

3. 地域による産卵場所の分布傾向

平成7年度および8年度の調査結果から防波堤へのヤリイカ産卵場所の数量はその年の来遊量に大きく依存し変動が大きい、両年にまたがり確認された香深港、鉄府漁港では同一場所に産卵が確認され他港においても同様な傾向がみられた。調査をした各港での産卵場所の分布は、ヤリイカ来遊の北限に近い礼文島では外海に面し産卵空間を多く持つ消波ブロック域での産卵が少なく、港内域に産卵が多く確認され発見数全体のおよそ80%を占めていた。逆に道南海域では消波ブロック域での発見割合が多く全体の80%を占め、地域によって産卵場所の分布傾向が異なっていた（図-7）。

つぎに、両地域で行った防波堤など構造物沿いの調査ルートに20m毎に区分して求めた調査水深帯の頻度分布（図-8）とヤリイカ卵の発見水深の出現頻度（図-9）をみると、道南では3～4mの調査水深帯が多く出現しているが、ヤリイカ卵発見場所の水深は10m前後が多かった。一方、礼文島では道南とほぼ同様な割合で深い水深帯を調査しているが、発見場所の水深は5m以浅が多く、産卵場所の水深分布も異なっていた。

また、各々の構造物に対する産卵場所の分布を見ると図-10、11に示すように防波堤の突端付近やその背後、隅各部の周辺などに多く見られる部分があった。

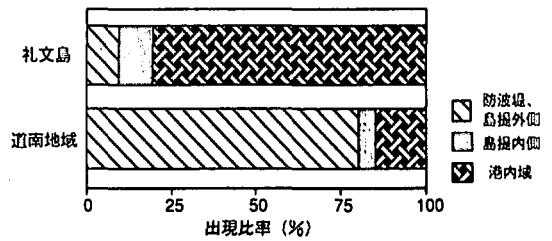


図-7 礼文島と道南の産卵場所割合

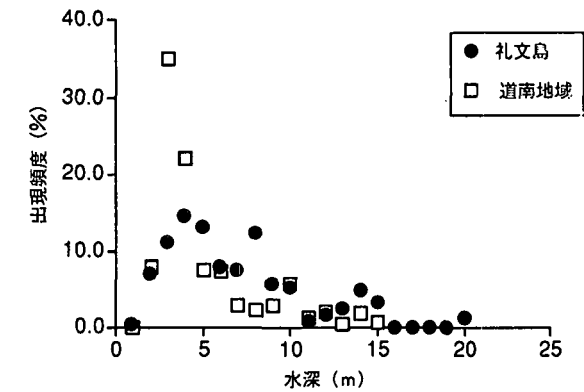


図-8 礼文島及び道南での調査水深出現頻度

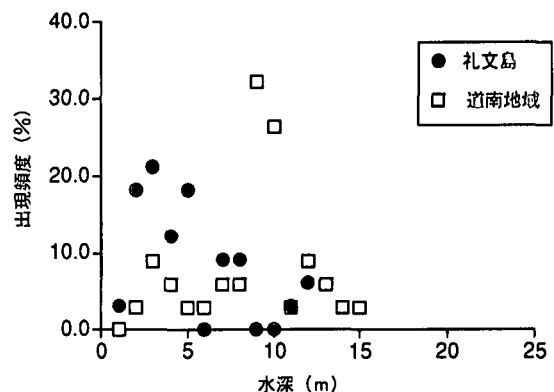


図-9 礼文島及び道南でのヤリイカ卵発見水深出現頻度

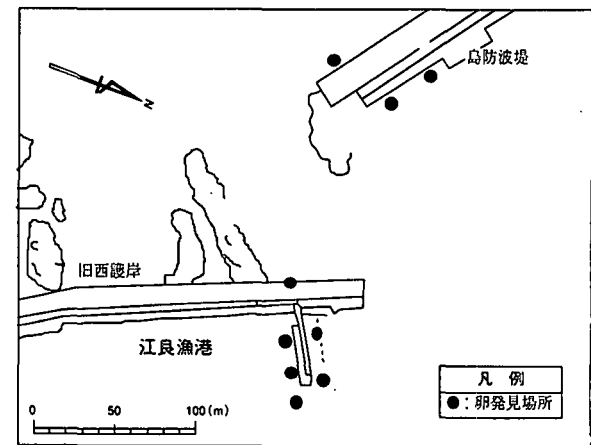


図-10 江良漁港港口付近でのヤリイカ卵発見場所

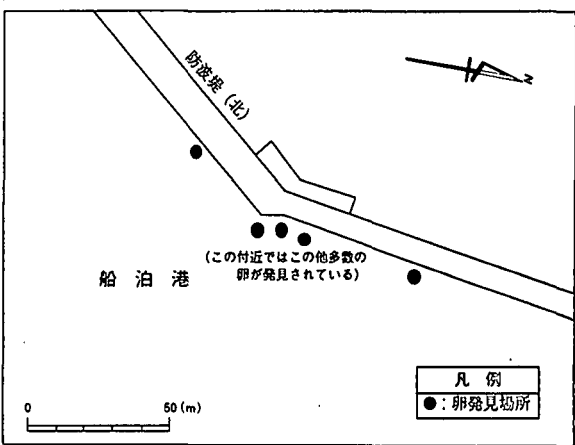


図-11 船泊港防波堤（北）屈局部でのヤリイカ卵発見場所

ヤリイカの産卵海域の水温は小樽近海で平均10.2℃（10m層）（諫早、1934a）、青森で7.6～13.6℃（青森水試、1988）、島根で13～16℃（底層）（大野ら、1982）であり、概ね8～15℃の範囲である。また、産卵盛期のヤリイカは水温に敏感で、福島沿岸では10℃付近を下限にしてこれ以上の海域に移動する（松井、1974）といった報告もあり、防波堤など構造物へ来遊するヤリイカ産卵接岸群も地域の水温条件の影響を受けると考えられる。産卵期の4～7月における日本海の水温鉛直分布（図-12）をみると、北部日本海で8℃以上の水温が出現する時期は南部に比べ約1ヵ月遅れ、適水温の出現水深は北部で10m前後浅くなっており、礼文島において水深の浅い地点で産卵が多く見られた一因として来遊時期の水温条件が考えられる。

また、天然岩礁では波浪条件の厳しい時期では深所において産卵する事例や、反流や渦流が生じ易い沿岸線や海底地形の屈局部に形成されるといった報告（新潟県、1984）があり産卵水深と波浪環境や、産卵場と沿岸流の関わりが論じられているが、防波堤など構造物近傍でのヤリイカ産卵と波浪や流れ環境の関連性や、ヤリイカの行動特性など不明な点も多く、今後産卵場所の分布については各港での水温変動や、海水流動環境のデータをもとに検討する必要がある。

4. 構造物の産卵場機能の向上

これまで防波堤など構造物への産卵実態調査結果に基づき、現状の防波堤が持つヤリイカ産卵のための空間と分布の特性について述べたが、鉄府漁港で一見産卵に適さない海藻（ケウルシグサ）や港内に放置されたワイヤーロープなどへの産卵（写真-3）や松前港港内では浮泥が付着した死卵などもみられている。天然海域ではヤリイカにとって多少窮屈な場所でも卵囊の長さを空間環境に合わせて変化させ産卵したり、砂地や定置網などへの産卵事例もある（新潟県、1984、渡島西部地区水産技術普及指導所ほか、1990）。

これらはヤリイカ来遊がありながら適当な産卵空間が無いために生じる不適条件への産卵であり、適切な産卵空間の提供はヤリイカ資源の増大や安定に寄与すると考えられる。そこで、防波堤など構造物の持つヤリイカ産卵場機能をより向上するために、産卵礁型の被覆ブロックが開発された。必要な間口高さの棚天井を持ち潮通しについて考慮したもので、大きく分けると、岩棚を模倣した構造と、脚により水平な天井を持ち上げる構造の2タイプである（写真4、5）。

これらは被覆ブロックとしての機能から、防波堤の捨石マウンドや護岸の基底部に配置される。現在の所ヤリイカ産卵が底層付近に多いことから、ヤリイカ来遊がありながら適当な産卵空間の無い防波堤や護岸の法先部への設置が考えられる（図-13）。

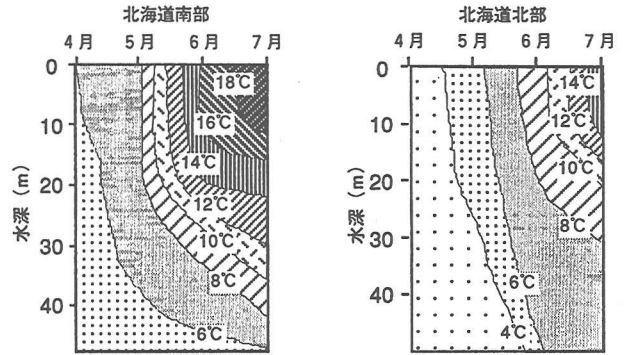


図-12 ヤリイカ産卵期の日本海の水溫鉛直構造
北海道立水産試験場（1988）海洋調査要報 第1号より作成



写真-3 港内のワイヤーロープに産卵されたヤリイカ卵

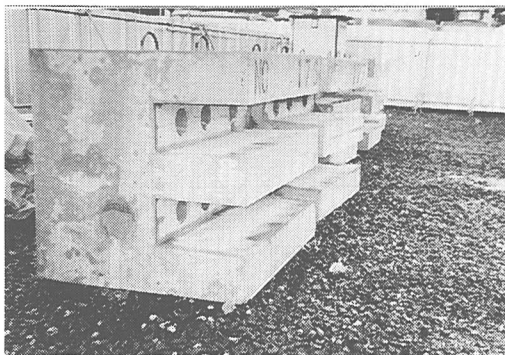


写真-4 ヤリイカ産卵礁型被覆ブロック（福島漁港、8 t型）

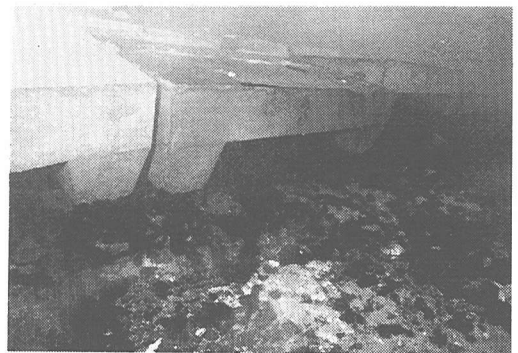


写真-5 ヤリイカ産卵礁型被覆ブロック（香深港、2 t型）

但し、船舶港では根固方塊上に置かれた被覆ブロックへの産卵が確認され、天然岩礁で海底勾配7/40の孤立岩礁に海底から5mのまで産卵が確認されている事例（新潟県、1984）などから傾斜を持つマウンド上のケーソン基部への設置や、根固方塊の改良の可能性については今後の検討課題である。

港における配置場所は、過去に産卵実績がある地点や、構造物の形状変化点近傍が候補地としてあげられる。その他考慮する点として周辺海域の水溫特性や底質に加え、キタムラサキウニ・ヒトデなどによる食害が観察されていることから

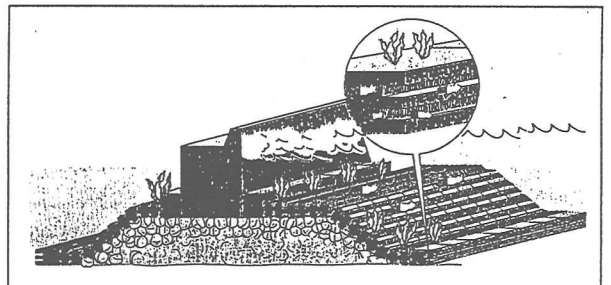


図-13 産卵礁型被覆ブロック配置模式図

食害動物の分布などが考えられる。

産卵礁型ブロックは江良、福島、寿都、元地漁港にすでに設置され、追跡調査により一部産卵が確認され産卵礁型被覆ブロックは引き続き松前、香深港で施工されている（写真-6）。

今後、施工されたブロックに対する産卵状況追跡調査を実施し、産卵空間の形状的特性に加え、産卵場所の環境特性などの研究結果に基づき、より効果的な配置や改良点などを検討する必要がある。

5. おわりに

以上を要約すると次ぎのとおりである。

- ①ヤリイカが産卵回遊する港は適当な産卵空間がある場合産卵場として利用され、防波堤などの構造物で産卵場機能を持つ空間は消波ブロックや被覆ブロックが作り出す海底面との間隙や、垂直壁面底部のコンクリート欠落部であった。
- ②産卵空間は間口高さ0.2～0.6mの範囲、奥行き0.4～1m、間口幅2.0m以内の形状が多く天然岩礁の産卵空間と類似しており、天井面が水平な空間は産卵に適していると考えられた。また、十分な空間構造を有しているブロックは一般の消波ブロックで8t以上、被覆ブロックで4t以上であった。
- ③構造物の産卵空間内の照度は1日の積算照度平均で対照区に比べ1%以下、瞬間最大照度は1810 lx以下であった。また、空間内への日照時間は短く午前中に限られることが判明した。
- ④構造物でのヤリイカ産卵場の分布は地域により異なり、防波堤の突端付近やその背後、屈曲部の周辺などに産卵場が多くみられた。また、平成8年に確認された産卵場は平成7年の産卵場の近傍もしくは同一場所であった。
- ⑤防波堤など構造物の持つヤリイカ産卵礁機能をより向上するために、必要な間口高さの棚天井を持ち潮通しについて考慮した2タイプの産卵礁型の被覆ブロックが開発・施工された。



写真-6 ヤリイカ産卵礁型被覆ブロックへの産卵（江良漁港）

今後の検討課題として、構造物近傍の海水流動と産卵場の関係、マウンド傾斜面と産卵範囲などの項目について具体的な関連性を把握することが重要で、これらの研究結果に基づき、より効果的な配置や改良点などを検討しつつ、ヤリイカをはじめ沿岸生物に対し有効に機能し環境と共生する沿岸構造物を目指す必要がある。

なお、現地調査にあたり、多大なる便宜をいただいた関係地区の漁業協同組合ならびに各港湾事業所の関係各位、資料作成に御協力いただいたパブリックコンサルタント（株）の山下 卓也氏、および本文を取りまとめるにあたって多くの御助言を賜った富士 昭北海道大学名誉教授にこの場をかりて深謝の意を表する次第である。

参考文献

- 新潟県（1984） 昭和56・57年度大規模増殖場造成事業調査報告書
- 渡島西部地区水産技術普及指導所ほか（1990） 北海道松前町におけるヤリイカ資源増大対策と展開方向
- 大野ほか（1982） 出雲東部地区大規模増殖場開発事業報告. 昭和55年度島根水試事報
- 大貝ほか（1986） *Cylindrotheca closterium* (EHREN.) REIM. et LEWIN の増殖に及ぼす環境諸要因の影響. 日本誌52 1635～1640
- 河村ほか（1988） 油壺湾における付着珪藻群落の季節変動. 昭和63年度日本水産学会秋季大会講演要旨. 416
- 諫早 隆夫（1934a） イカ卵の一種に就いて（其の六）第二 ヤリイカ卵の適温試験. 北水試旬報. (249)
- 青森県水産試験場（1988） ヤリイカ増殖場の造成と管理（上）. 水産の研究. 7 (4)
- 北海道立水産試験場（1988） 海洋調査要報 第1号
- 谷野 賢二（1997） 防波堤の産卵礁機能 —ヤリイカを対象として— ヘドロ No.68 （社団法人）底質浄化協会