

沿岸構造物におけるヤリイカ産卵礁に関する研究

学位論文内容の要旨

【目的】

我が国において、ヤリイカ *Loligo bleekeri* は沖縄、瀬戸内海、北海道東部海域を除く広い海域で漁獲されている。1998～2000年の間のヤリイカ年間漁獲量は約 8,000～10,000 トンと推定され、そのうち青森県が約 35%、次いで北海道が約 10% を占める。これらのヤリイカが漁獲されるほとんどの海域において、ヤリイカの産卵が確認されている。ヤリイカは、沿岸域の天然岩礁の岩棚や岩礁の隙間に産卵する。その卵は指状の卵嚢に収容されて岩棚から垂れ下がっている。

港湾・漁港に代表される沿岸構造物では、波の反射を抑えるための消波ブロックや、波の力から基礎捨石を保護するために被覆ブロックなどが多用される。これらのブロックは、天然岩礁の隙間などと類似する空間を持ち、ヤリイカの産卵礁として機能する可能性が高い。実際、ヤリイカがブロック類に直接産卵した事例が報告されており、産卵礁として構造物を利用する関係がある。そこで、本研究では、ヤリイカが構造物を産卵礁として利用する関係に着目して、より産卵礁機能を強化するための技術的課題を抽出し、既往の知見や現地実証実験を通して構造特性や産卵のための物理的要因を明らかにした。さらに、防波堤に今回開発した産卵礁として機能する新型ブロックを設置することによって産卵場としての機能強化を図った。

一般に、港湾・漁港などの社会基盤づくりは、それを作ったことの結果として、多種多様な経済活動や産業活動が行われると同時に、工事そのものも自然のメカニズムを変えるとという側面を持つため、環境に対して与える影響をできるだけ少なくすることが求められている。つまり、沿岸構造物の建設にあたっては、「自然と共生する豊かな沿岸域環境の創造」が必要である。

今回の研究は、沿岸構造物におけるヤリイカの産卵場機能の付加を通して、従来の「周辺環境への配慮」にとどまらず、能動的に自然と共生する豊かな

沿岸域環境の創造を目指した。さらに、静穏域を確保するとともに海洋生物資源の持続的安定生産に寄与し、ひいては、水産業の発展に寄与できる沿岸構造物の開発を目指した。

【調査の方法と内容】

天然のヤリイカ産卵礁については、北海道が松前町において 1983 年から 1988 年の間に調査した結果、および新潟県が佐渡島において 1981 年と 1982 年に調査した結果から、水深、底質、産卵礁の形状を把握した。

防波堤などの構造物におけるヤリイカ産卵状況は、1995 年に北海道日本海側の道南から道北までに位置する合計 9 つの港湾・漁港において、産卵場所、水深、底質、産卵礁の形状、照度を調査した。

以上から得られた結果に基づき、防波堤の港内側の被覆ブロック位置に設置するタイプと、港外側の消波ブロック底部に設置するヤリイカ産卵礁ブロックを開発した。1995 年から 2000 年にかけて、これらのブロックを 8 港に設置し、産卵状況を調査した。また、産卵が多く確認された消波ブロック底部に設置する産卵礁ブロックについては、流速、照度、浮遊砂量の物理環境および卵の生残率を調べ、天然岩礁における産卵礁および港内のそれらと比較した。

消波ブロック底部に設置する産卵礁ブロックは全く新しい形状であることから、その安定性について模型実験で確認した。実験条件は、縮尺 1/68 でブレードシュナイダー - 光易型のスペクトルを持つ不規則波を用い、現地換算の波高 ($H_{1/3}$) 5.0 ~ 9.0m、周期 ($T_{1/3}$) 9.0 ~ 16.0sec、堤脚水深 10.0 ~ 20.0m の条件下で行った。

【結果と考察】

1. 天然岩礁における産卵礁の調査結果

産卵礁の平均水深は、松前町では 10.1m、佐渡島では 17.0m で水温の違いによって産卵水深が変化することが推察された。底質はどちらも潮通しのよい粗砂、砂利、玉石地帯であった。産卵礁の空間形状は、データのそろっている松前町の調査結果から、入り口の幅が 114 ± 98 cm (Mean \pm SD)、高さ 41 ± 16 cm、奥行き 60 ± 28 cm であった。

2. 構造物における産卵礁の調査結果

産卵礁の平均水深は、道南で約 10m、道北の礼文島では約 4m であり、北に行くほど浅い傾向が見られた。また、礼文島では港内での産卵礁が 80%を占め、産卵礁の形成には水温が強く影響していることが推察された。底質は岩盤、粗砂などで潮通しがよい場所が選択されていた。産卵礁の空間形状は天然の産卵礁とほぼ同じ大きさであったが、人工構造物の方がより大きい空間にも産卵していた。産卵礁形状は、海底面に平行する平坦な天井面に高い頻度がみられ、凸面、凹面、傾斜面には少ないことが判明した。

卵囊付着場所は、消波ブロック脚部に最も多く、消波ブロックの最下段での産卵がほとんどであった。付着している場所は海底面直上の天井部がほとんどで、高さは 95%が海底から 1.0m 以内、87%が 80 cm以内で、高さが 1.5m を超えると産卵しないことが判明した。また、海底面に設置した被覆ブロックには産卵するが、マウンド上に設置したブロックには産卵せず、急峻な地形を昇って産卵しないことが明らかになった。

さらに、消波ブロックでは前面から 2 列目より奥側での産卵が多く、低照度環境下での産卵が選択的に行われていることが推察された。そこで、人工構造物における産卵礁と対照区での照度測定を行い、産卵礁における照度は極めて低く、付着珪藻類が発生しない場所を選択していると推察された。

3. 新しいヤリイカ産卵礁ブロックの開発とその成果

被覆ブロック型の産卵実績から、このブロックは天然岩礁と同程度の産卵礁機能を持つと考えられた。また、消波ブロック底部設置型は天然岩礁や構造物より産卵率が高いことから、より高い産卵礁機能を有すると考えられる。

消波ブロック底部設置型における産卵特性は以下のとおりである。①産卵は奥側(ケーソン側)のブロックから優先的に産卵される。これは、低照度の空間への選択的な産卵傾向を示している。②産卵量は、一房当たり天然岩礁の 1.3~1.5 倍、単位面積当たりの卵囊数は 1.2~1.3 倍であった。④約 3 カ月後の卵囊中の卵の生残率は 83.8 %で、天然岩礁の約 4 倍であった。

消波ブロック底部設置型における物理環境は以下のとおりである。①消波ブロック底部設置型の産卵空間では流速が早いため、卵に付着し生残率を低下させる、シルトや粘土などの底質が少ない。②照度は天然岩礁に比べて 1 %以下と非常に低く、付着珪藻の増殖が抑えられる環境である。

4. 消波ブロック底部設置型産卵礁ブロックの安定性

一般に、ブロック類の質量は「一般化された Hudson 式」によって算定で

きる。算定には、Hudson 式のなかの Ns^3 値を把握する必要があるが、今回の実験によって、消波ブロック底部設置型ヤリイカ産卵礁ブロックの Ns^3 値は 21 ～ 33 と算定された。

最後に、沿岸構造物にヤリイカ産卵礁機能を付加する場合の計画フローを示し、計画地の選定方法、産卵礁ブロックを設置する場合の設計方法を示した。

本研究における、現地調査や新型産卵礁ブロックの開発を通して、ヤリイカの産卵に適した物理環境は、底質が玉石や転石地帯で、流速を早く保つことと照度を低く抑えることが重要であることが明らかとなった。これらの成果は沿岸構造物のみならず、従来から行われてきた漁場開発事業においても適用することができ、海洋生物資源の持続的安定生産に寄与できると考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 桜 井 泰 憲
副 査 教 授 山 本 勝 太 郎
副 査 教 授 五 嶋 聖 治
副 査 助 教 授 綿 貫 豊

学 位 論 文 題 名

沿岸構造物におけるヤリイカ産卵礁に関する研究

近年のヤリイカ年間漁獲量は約8千～1万トンと推定され、そのうち青森県が約35%、次いで北海道が約10%を占める。ヤリイカは、沿岸域の天然岩礁の岩棚や岩礁の隙間に産卵する。その卵は指状の卵囊に収容されて岩棚から垂れ下がっている。港湾・漁港などの沿岸構造物では、波の反射を抑えるための消波ブロックや、波の力から基礎捨石を保護するために被覆ブロックなどが多用される。これらは、天然岩礁の隙間などと類似する空間を持ち、ヤリイカの産卵礁として機能する可能性が高い。一般に、港湾・漁港などの沿岸構造物の建設にあたっては、「自然と共生する豊かな沿岸域環境の創造」が必要である。

そこで、本研究では、ヤリイカが構造物を産卵礁として利用する関係に着目して、より産卵礁機能を強化するための技術的課題を抽出し、既往の知見や現地実証実験を通して構造特性や産卵のための物理的要因を明らかにした。さらに、防波堤に今回開発した産卵礁として機能する新型ブロックを設置し、産卵場としての機能強化を図った。

【調査の方法と内容】

天然のヤリイカ産卵礁については、北海道松前町での1983年から1988年間の調査、および新潟県佐渡島での1981年と1982年の調査結果から、水深、底質、産卵礁の形状を把握した。防波堤などの構造物へのヤリイカ産卵状況は、1995年に北海道日本海側の合計9つの港湾・漁港において、産卵場所、水深、底質、産卵礁の形状、照度を調査した。

以上の結果に基づき、防波堤の港内側の被覆ブロック位置に設置するタイプと、港外側の消波ブロック底部に設置するヤリイカ産卵礁ブロックを開発した。1995年から2000年にかけて、これらのブロックを8港に設置し、産卵状況を調査した。また、産卵が多く確認された消波ブロック底部に設置する産卵礁ブロックについては、流速、照度、浮遊砂量の物理環境および卵の生残率を調べ、天然岩礁における産卵礁および港内のそれらと比較した。

消波ブロック底部に設置する産卵礁ブロックは全く新しい形状であることから、その安定性について模型実験で確認した。実験条件は、縮尺 1/68 でブレッドシユナイダー - 光易型のスペクトルを持つ不規則波を用い、現地換算の波高 ($H_{1/3}$) 5.0~9.0m、周期 ($T_{1/3}$) 9.0~16.0sec、堤脚水深 10.0~20.0m の条件下で行った。

【結果と考察】

1. 天然岩礁における産卵礁の調査結果

産卵礁の平均水深は、松前町では 10m、佐渡島では 17m、底質はどちらも潮通しのよい粗砂、砂利、玉石地帯であった。産卵礁の空間形状（松前町）は、入り口の幅が平均 114 cm、高さ 41 cm、奥行き 60 cmであった。

2. 構造物における産卵礁の調査結果

産卵礁の平均水深は、道南で約 10m、道北の礼文島では約 4m であり、北に行くほど浅く、礼文島では港内での産卵礁が 80% を占め、産卵礁の形成には水温が強く影響していると推定された。底質は岩盤、粗砂などで潮通しがよい場所が選択されていた。産卵礁の空間形状は天然の産卵礁とほぼ同じ大きさであったが、人工構造物の方がより大きい空間にも産卵していた。産卵礁形状は、海底面に平行する平坦な天井面に高い頻度がみられた。

卵囊付着場所は、消波ブロック脚部最下段の海底面直上の天井部がほとんどで、高さは 95% が海底から 1.0m 以内、高さが 1.5m を超えると産卵しないことが判明した。また、海底面に設置した被覆ブロックには産卵するが、マウンド上に設置したブロックには産卵せず、急峻な地形を昇って産卵しないことが明らかになった。さらに、消波ブロックでは前面から 2 列目より奥側での産卵が多く、照度は極めて低く、付着珪藻類が発生しない場所を選択していると推察された。

3. 新しいヤリイカ産卵礁ブロックの開発とその成果

被覆ブロック型の産卵実績から、消波ブロック底部設置型は天然岩礁と同程度か、それより高い産卵礁機能を有すると考えられた。消波ブロック底部設置型における

産卵特性は、低照度の空間のある奥側(ケーソン側)のブロックから優先的に産卵すること、産卵量は、一房当たり天然岩礁の 1.3~1.5 倍、単位面積当たりの卵嚢数は 1.2~1.3 倍、約 3 カ月後の卵嚢中の卵生残率は 83.8%で、天然岩礁の約 4 倍であった。

消波ブロック底部設置型の物理環境として、産卵空間では流速が早く、卵に付着し生残率を低下させるシルトや粘土などの底質が少ないこと、照度は天然岩礁に比べて 1%以下と非常に低く、付着珪藻の増殖が抑えられていた。

4. 消波ブロック底部設置型産卵礁ブロックの安定性

一般に、ブロック類の質量は「一般化された Hudson 式」によって算定できる。算定には、Hudson 式のなかの Ns^3 値を把握する必要があるが、今回の実験によって、消波ブロック底部設置型ヤリイカ産卵礁ブロックの Ns^3 値は 21~33 と算定された。

最後に、沿岸構造物にヤリイカ産卵礁機能を付加する場合の計画フローを示し、計画地の選定方法、産卵礁ブロックを設置する場合の設計方法を示した。本研究における、現地調査や新型産卵礁ブロックの開発を通して、ヤリイカの産卵に適した物理環境は、底質が玉石や転石地帯で、流速を早く保つことと照度を低く抑えることが重要であることが明らかとなった。これらの成果は沿岸構造物のみならず、従来から行われてきた漁場開発事業においても適用することができ、海洋生物資源の持続的安定生産に寄与できると考えられる。