学 位 論 文 題 名

人工漁礁単体の形状と魚群の蝟集行動に関する研究

学位論文内容の要旨

ヘルメット潜水から始まる潜水による人工魚礁の調査は長い歴史がある。スキューバー潜水が普及した最近は最も簡便な方法であるが、最適な調査方法が確立されていないのが現状である。本研究では従来の潜水調査方法を改良し、目視観察で人工魚礁に蝟集している魚群の大きさと尾数、蝟集場所を正確に記録する方式を採用した。また同時に釣獲調査を行なうことによって大きさの検証も併せて行なった。さらに蝟集魚の体形から 26 種に類型化し、その魚の体長と体重関係を用いて魚の体重を推定した。これにより人工魚礁に蝟集している魚群量を推定した。調査方法の工夫としては市販のカラー魚探に VTR 端末を付けることで記録を録り、VTR 記録をパソコンに読み取り魚群探知機映像の解析を行なって蝟集魚群量を検討した。また、流下デトリタスを水深別に設置したトラップで採集し、飼料環境と蝟集魚の胃内容物調査を同時に行なった。観察や定量化の困難な底棲魚類やアミ類を対象とし、定量的に採集可能な潜水式囲い網を考案した。これらの手法により単体構造の異なる人工魚礁を対象に魚群の蝟集状況を調べ、定量化し相互間に比較をすることによって、人工魚礁単体の形状と魚群の蝟集動態について究明を行なった。

潜水調査方式に基づいて設置海域や素材、構造の違う人工魚礁を調査した。調査対象とした A、B 礁は 1 m 方形枠と支柱により組み立てられた小型組立礁で内部が 1 m 程度の区画で仕切られている。沿岸の底生魚を対象としている。C、D 礁は同一の小型コンクリート礁で、D 礁は中央に鉄塔が立っている。E 礁は C、D 礁に似た小型コンクリート礁の中央に鉄塔が立ち D 礁に類似している。D 礁はヒラメ幼魚期後半から未成魚期を対象にしている。F、G 礁は同一の小型コンクリート礁で、G 礁は D 礁と同型、F 礁はカキ殻を入れた鉄製の櫓が付けられており、カキ殻部で餌料培養を意図している。H、I 礁はともに鋼製高層礁といわれている。H 礁は高さ 35 m、I 礁は高さ 30 m、等辺山形鋼で造られている。H 礁は中段部付近に水平板面があるのに対し I 礁は水平板面は殆どない。アジ類、ブリ類等の回遊性魚を主な対象としている。このうち同型の人工魚礁にマダイ放流したところ、A 礁では放流は成功し、放流魚が多く蝟集している。B 礁では放流魚は約 2 週間後には皆無に近い状態であった。このことからマダイ幼魚にとって人工魚礁は周辺部を利用するので人工魚礁形状にはあまり関係はない。

幼稚魚期のマダイを対象とした人工魚礁は、礁高が低く内部構造も単純なもので良いことが判った。人工魚礁にマダイ幼魚が蟻集するのはマダイ幼魚がベントスを摂餌することと関連している。C, D, Eの形状の異なる3種類のヒラメを対象とした人工魚礁では、ヒラメは人工魚礁に蟻集しているアジ等の小形魚を盛んに捕食することが判った。この捕食には他の回遊性の大形魚が関与し、小形魚を多く蟻集させるためには塔を立てたD礁が最も有効であった。下部構造は同じであるが、上部構造が違うF, Gの2つの人工魚礁ではいずれもメバルの蟻集が顕著に認められた。このうちヒラメ礁として開発されたG礁は、鉄塔部に蟻集したメバルは潜水者が近付くと下部に移動することなどから、漁獲を目的とした漁場を作るには有効な人工魚礁と考えられる。一方、F礁に蟻集しているメバルは櫓の下側に移動し滞留していることから、増殖場のような場所で使用することが有効である。H, Iの2種類の鋼製高層礁のうちH礁では生活分布様式のⅢ, Ⅳ, Ⅴ型魚に属す魚類に対しては有効な魚礁である。I礁ではⅣ型のアジ類に有効なことが判った。しかし高さがあっても水平板面が殆ど存在しないため、魚群が安定的に蟻集することがなく、1年目より2年目の方が蟻集魚群量が減少していた。

幼稚魚期のヒラメが蟻集している盆状洗掘のあるJ礁には、幼魚期のヒラメの餌となるアミ類が分布し、稚魚期のヒラメが餌とするカタクチイワシ等の小形魚も蟻集しており、ヒラメにとって好適な環境にある。このことは囲い網の調査からも明らかにできた。F礁はカキ殻を利用した餌料培養礁で、メバルの蟻集が顕著に見られ、培養された着生生物によってメバルが蟻集しているようにみられる。しかしそこに存在する餌の量ではメバルが成長するには十分な餌の量にはなっていないが、蟻集滞留時間を長くする程度の効果はみられた。H礁では蟻集しているウスメバルが流下デトリタスを食べていることが観察された。そのウスメバルのうち1歳魚以下の個体は長時間蟻集し滞留していた。ウスメバルが流下デトリタスを摂餌できる好適な位置は潮上側であることが観察され、このことは3年間にわたって行った釣獲調査と一致した。I礁では釣獲調査により蟻集しているマアジ等の小形魚をブリ、カンパチ等の大形魚が捕食していることが判った。釣獲などによる調査によって、蟻集魚の大きさと重量を知ることができ、潜水調査で得られた目視観察結果と常に相互間に比較でき、精度良く魚群量を推定することが可能である。

流下デトリタスを摂餌するような中、小形魚にとっては、魚礁の潮上が好適な蟻集の場所となっている。また、大形の魚食性の魚が来遊した時に逃避場所となる拠所が必要であり、人工魚礁として水平板面を持つ構造物が有効であると考えられる。ブリ、カンパチのような大形魚は人工魚礁に蟻集している小形のアジ類等を捕食するために、その周辺部（潮上）に蟻集している。小形魚は餌となる流下デトリタスを摂餌するために、潮上側に蟻集している。これらの関係が潮上側に魚群が形成される一要因と推察される。

人工魚礁を設計する場合には、人工魚礁に魚類を効果的に蟻集させると同時に、施設としての耐用年数や波浪、潮流などの外力に対する安定性を考慮して設計する

必要がある。さらに、経済的側面も考慮して、加工がしやすく、安定的に原材料が確保でき、化学的な有害物質が溶出しない材料を選択的に使用することが求められる。人工魚礁に蛸集するのは幼稚魚から成魚にいたるいろいろな成長段階の魚類である。従って人工魚礁の部材は最小単位の人工魚礁として十分機能を発揮できる大きさのものが効果的と考えられる。これを組合せることで幼魚から成魚までのいろいろな成長段階における魚を蛸集する機能を持たせる構造の人工魚礁を設計することができる。このことから縦2 m×横2 m×高さ2 mの水平板面を持つユニットを組合せ、内部に幼稚魚が蛸集できるような空間を持った人工魚礁が想定される。人工魚礁の高さは水深の1割説がある。底生魚に対しては1割程度の高さで十分であるが、回遊性魚は水深の5割程度まで今までの実績から大きな効果があることが分かっている。漁業活動、経済性から水深の2～3割が良いと考える。魚群は人工魚礁の潮上側に形成される。従って流れを横切る構造（例えば、長方形）、配置にすることで広い漁場形成が出来る。

学位論文審査の要旨

主査	教授	梨本勝昭
副査	教授	中尾繁
副査	教授	山本勝太郎
副査	助教授	平石智徳
副査	助教授	山下成治

学位論文題名

人工魚礁単体の形状と魚群の蝟集行動に関する研究

人工魚礁が積極的に設置され始めた当初の時期には理論的に確立された体系的な技術はほとんどなく、ただ経験に基づき形状や大きさを決定して行っていた。その後、研究者によって生物学的側面や水産工学的側面よりいろいろ検討され、技術として少しずつ確立されてきた。1965年に入り民間企業による様々な人工魚礁構造物の開発が行われるようになり現在に至っている。しかし、開発された多くの人工魚礁は必ずしも魚類の蝟集に有効な形状にはなっていない。これは人工魚礁に対する魚類の蝟集行動などに関する基本的情報が欠如しているためである。人工魚礁に蝟集する魚の動態などの情報を知ることは人工魚礁の構造、設計および配置を決定するためには大変必要なことである。人工魚礁に蝟集する魚類や構造物との位置関係、付着生物、餌料環境などの情報を得るためには肉眼での観察あるいは水中テレビなどによる映像、魚群探知機などで把えるのが一般的な方法である。最近の技術進歩によって遠隔操作による自走式水中テレビを使用する場合には自由に観察できる空間はある程度は限定されるが、大水深で長時間にわたって観察し映像の記録が可能である。しかし、人工魚礁の内部や稚魚、プランクトンなどの小さな生物の状況などについての詳細な観察は水中テレビの操作性や画像の解像度などにより限界がある。スキューバ潜水は直接人間が調査対象とする人工魚礁へ潜水することで、付着物などの資料を直接採取したり、人工魚礁内についても詳細に観察でき、プランクトンや稚仔などの微細な生物の分布状況についても知ることが可能である。人間が潜水し観察できる水深と時間は限定されるが、潜水観察によって得られる情報量は水中テレビなどによる調査と比べて多い。潜水による人工魚礁の調査は昔から行われ、スキューバ潜水が普及した現在最も簡単な調査方法となっているが、最適な調査手法が確立されていない。今迄の潜水調査方法では得られる資料は定性的な情報が多い。しかし、潜水調査では魚類の産卵、摂餌、捕食などの状況を直接観察でき、断片的ではあるが確度の高い蝟集魚群の行動情報を

多く得ることができる。蛸集魚群の形状、魚の大きさや、尾数を定量化することが大きな課題となっている。

本論文では人工魚礁に関する従来研究成果と問題点について整理した。そして今までのスキューバ潜水調査による目視観察方法の改良によって魚種ごとに人工魚礁に蛸集している魚群の位置と大きさ、尾数を定量化して魚群量を推定した。また設置海域や素材、構造の違う人工魚礁について調査し、人工魚礁の単体形状と蛸集動態について解明した。さらに同一規模の単体礁について調査し、蛸集魚群量の比較によって単体の人工魚礁における垂直方向と水平方向の広がり有効性について究明した。また人工魚礁周辺の餌料環境と魚群の蛸集関係を調べ、人工魚礁への滞留要因について検討し、人工魚礁の単体形状と魚群の蛸集動態についての基礎的知見を得たものである。

特に審査員一同が高く評価した点は以下の通りである。

- 1) 人工魚礁に蛸集している魚群を体型に基づき26種に類型化して、魚種別に大きさ、尾数を推定し、体重と体長関係から魚群量を定量化した点。
- 2) 底棲性の魚類やアミ類などの生物資料を採集する潜水式の囲い網を考案して、魚礁附近の餌料環境について定量的に解明した点。
- 3) 設置海域や素材、構造の異なる人工魚礁を調査し、蛸集魚群の分布状況、魚群量、行動から人工魚礁の単体構造について検討した点。
- 4) 人工魚礁の餌料環境と蛸集魚の分布状況調査から人工魚礁への蛸集要因について解明した点。
- 5) メバル、ウスメバル、アジは魚礁の潮上側に蛸集すること、また大型の魚食性の魚が来遊した時には逃避場所となる水平板面を持つ構造物が有効的であることを明らかにした点。
- 6) 幼稚魚から成魚までのいろいろな成長段階の魚類を蛸集させるためには、人工魚礁としては十分機能できる最小単位の人工魚礁構造物を基本単位として、これらを組み合わせて使用することが最も効果があることを提案した点。

以上の成果は人工魚礁の基本的構造を検討するための重要な基礎的知見を得たものとして高く評価できる。よって審査員一同は本論文が博士（水産科学）の学位を授与される資格のあるものと判定した。