

海底地質分類による漁獲効率の研究

水産工学研究所 松下吉樹・井上喜洋

調査実施年度：平成7～9年度

緒言

魚礁を設置する海域の海底質は、魚礁の設置後の埋没や転倒に影響するため、魚礁造成計画の基礎資料として重要である。また、海底質は魚礁漁場を造成する際の物理的制約条件¹⁾となるばかりでなく、蛸集する魚類にも影響するものと考えられる。一般的に底魚類は、海底質および水深と密接な関係を持った分布をすることが知られている。²⁾本研究では、魚礁設置海域の海底質を海底分類装置により観測し、同時にその海域で行われた代表的な漁業の漁獲情報（漁獲された種とその量および操業位置）を調べ、魚礁との位置関係と漁獲の変化を海底質別に検討した。こうしたことから本研究では、魚礁設置水域における生産効果を魚礁の有無と、その水域の特性（本研究では海底質）に分離して評価することを目標とする。

ここで海底質の分布図は、一般的に採泥器等を用いて調査し、その調査点の海底質をある範囲の代表とみなして作成されてきた。しかし、調査海域が広くなると観測点が多くなり、観測作業が膨大となることから、精密な調査が行われることは希であった。そこで、海底質を連続して観測できる海底分類装置を観測手法に導入し、広い範囲を点情報ではなく線の情報として捉えることにより調査の高精度化、高速化を図った。海底分類装置は、魚群探知機の海底からの反射エコーを演算することによりその位置における海底質を分類することができる。

方法

1. 海底分類装置作動試験

海底質分類装置は英国において開発され、近年海洋、水産研究のために普及しつつある測器である。^{3,4)}本装置は調査船に装備された一般的な魚群探知機に入力される海底の1次反射信号（通常の反射エコー）と2次反射信号（2重反射エコー）を取り込み、1次反射信号より海底の“荒さ”および水深を、2次反射信号より海底の“固さ”を信号処理して表示する。観測結果は2つの指標数値のマトリックスとして得られ、2次元グラフに表示される。記録は魚群探知機の周波数、出力に依存し、機器の調節が必要となるが、概ね図1に示すような海底質を表示する。また、同時に測位装置から位置情報を同時に取り込み、調査船直下の海底情報、水深、位置をリアルタイムでコンピュータモニタ画面上に表示するとともに数値化してコンピュータに記録する。

この装置を用いて最初に、基礎的な作動試験を実施した。調査船の魚群探知機（100kHz）に海底質分類装置を装備し、衛星測位装置（GPS）の位置情報を取り込みながら図2に示した鹿島灘と館山湾に位置する2つの天然礁水域、外房海域の底びき網漁場、鹿島灘砂浜域および神奈川県城ヶ島沖合い人工礁設置海域の5つの水域を航走して底質データを収集した。得られた記録はコンピュータに保存し、海底地形図、地質図の作成および底質データの解析を統計解析ソフトウェア、3次元地図作成ソフトウェアにより行った。また、得ら

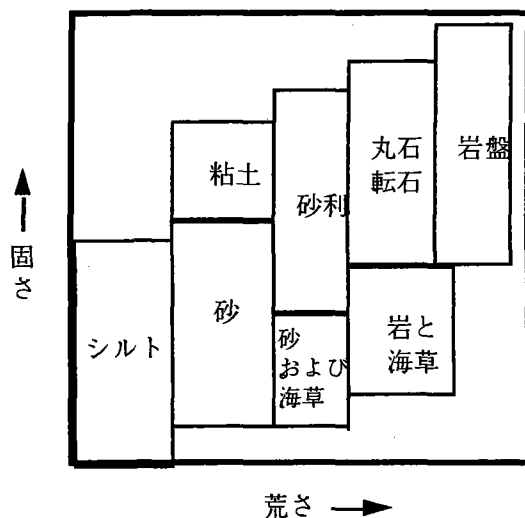


図1. 海底分類装置の記録が示す海底質

れた記録の妥当性を検討するために海底分類装置作動中に調査船から水中テレビカメラを曳航して、海底の形状および底質を目視観察を行うとともにビデオテープに記録した。

2. 魚礁設置水域における海底地形図、海底質地図の作成

海底分類装置の作動試験終了後、調査船(60GRT)の魚群探知機(古野電気製 FCV-782I, 115kHz)に海底質分類装置を装備し、衛星測位装置(GPS)の位置情報を取り込みながら千葉県魚礁設置海域(図3)を対象に、海底地形図と海底質地図の作成を行った。この海域を南北方向に3~5ノットで約500m刻みでグリッド航走して地質および水深データを収集した。得られた記録はコンピュータに保存し、表計算ソフトウェアと3次元地図作成ソフトウェアを使用して、海底地形図、海底質地図の作成と海底質データの解析を行った。

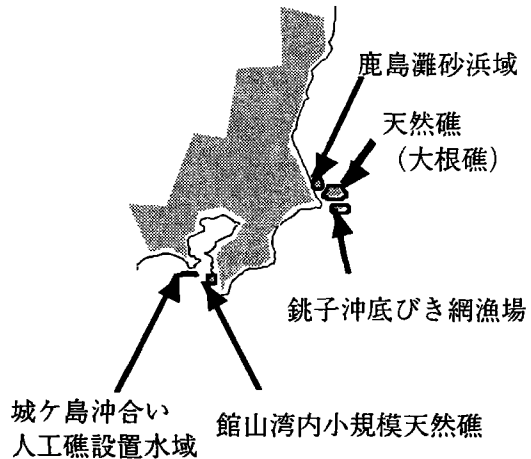


図2. 作動試験実施水域

3. 魚礁設置水域における漁業情報の収集

調査海域では底延縄漁業、ヒラメ曳縄漁業、一本釣漁業が盛んに行われていた。千葉県鉾子漁業協同組合外川支所所属の小型延縄船団8隻の協力により、1996年7月より1997年3月までの漁獲情報(漁獲された種とその量および操業位置)を収集した。この情報を漁法と月ごとに緯度30秒、経度1分ごとの升目に集計して、漁獲情報のデータベースを作成した。次に、GIS(Geographic Information System: 地理情報システム)⁵⁰⁾をパーソナルコンピュータ上に構築し、複数の地理情報を重ね合わせて情報間の関連を解析する、GISの一手法である多層化によって漁獲と海底質および海底地形の関係を調べた。

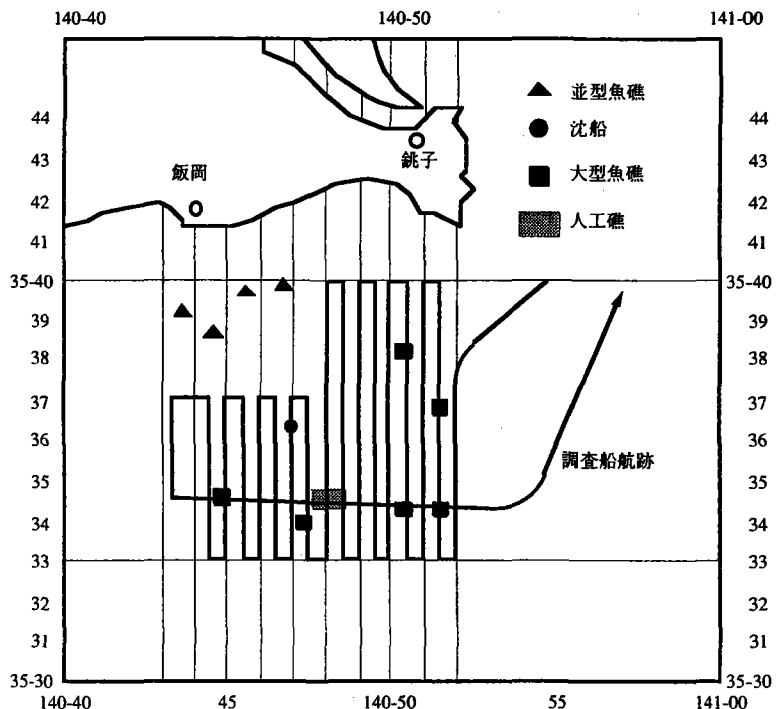


図3. 千葉県鉾子市沖合魚礁設置海域

結果と考察

1. 海底分類装置作動試験結果

作動試験調査水域における海底質情報をそれぞれ図4-1~5に示した。底質情報は海底の荒さおよび固さで2次元化され、左下方向に情報が示される場合、海底質はシルト成分に、右上に向かうにつれて海底質は荒くかつ固い性質のものに遷移し、右上端に示される場合には海底質は岩盤を一般的に示す。図4-1で得られた底びき網漁場の海底質は操業次にかかわらず大まかに粒径の比較的大きい砂などの荒い成分であることを示していた。図4-2で示した鹿島灘砂浜域の底質は鉾子底びき網漁場のそれと異なり、海底質はより滑らかで固さの指標が増加していることより、砂および砂利成分がほとんどであることが示

図4-1. 外房底曳網漁場

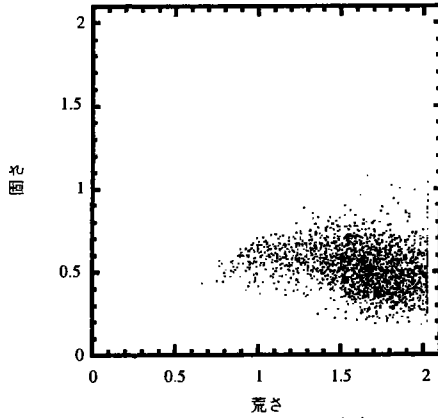


図4-2. 鹿島灘砂浜域

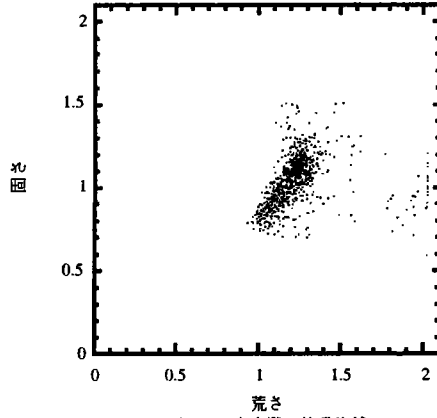


図4-3. 館山湾天然礁水域

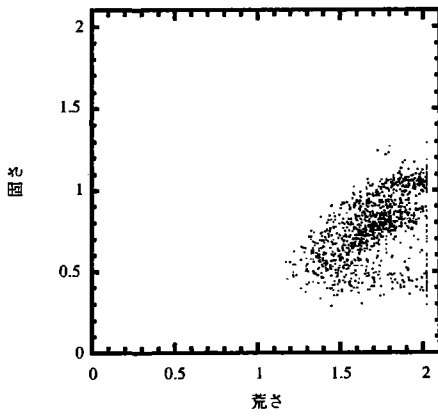


図4-4. 鹿島灘天然礁海域

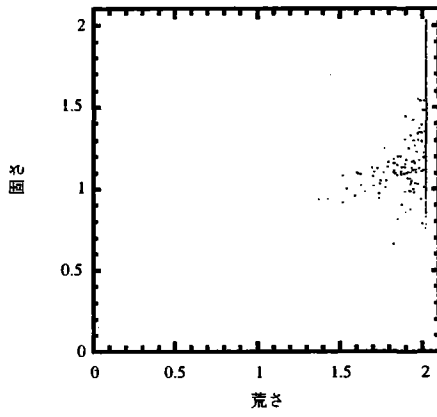


図4-5. 城ヶ島沖人工礁設置水域

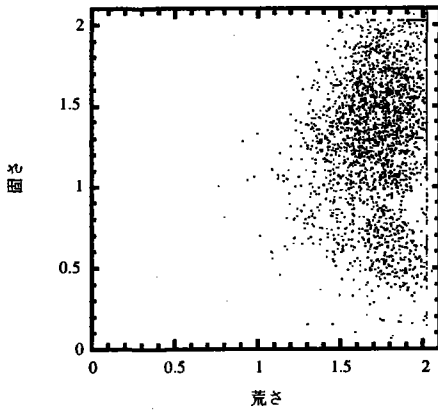


図4-1~5. 各調査水域で観測された海底質の指標

され、水中テレビカメラにより確認された。館山湾天然礁水域で得られた記録は図4-3に示すとおり、銚子底びき網漁場における記録と類似したものであった。水中テレビカメラによる観察では調査船直下に規模の大きな岩礁帯は確認できず、風、潮流の影響により調査船が移動し、正確に天然礁帯を観測できなかったためと考えられた。転石の存在より、得られた記録はより岩礁帯に近いものとなっている。図4-4には鹿島灘天然礁水域（大根礁）の海底質を示した。水中テレビカメラによる観察では天然礁は砂泥域

の中に位置し、その周囲は転石が点在していた。得られた記録からは海底が非常に荒く、その固さは岩石に近い指標から完全な岩盤を示す指標まで分布することが確認でき、海底分類装置の記録と観察結果は良く一致した。城ヶ島沖人工礁設置水域で観測した記録は図4-5に示すとおりで、さらに荒さおよび固さの指標の分布はばらつき、人工礁からの反射信号と考えられる非常に固い岩盤と同様の指標が得られる場合から、砂利程度の反応の場合まで広く観測された。以上の結果より作動試験では底びき網漁場、砂浜域のように比較的平坦な水域と天然礁水域のように非常に固い岩盤で構成され、その荒さ（複雑度）も非常に強い水域であり両極端な記録を得ることができた。人工礁設置水域はこの両水域の特徴を示す記録が得られた。これは平坦な水域に人工構造物を設置することにより得られたものと考えられる。これらの結果は水中テレビカメラによる海底質の直接観察の結果と良く一致した。また、海底質データとともに魚群探知機による水深データ、航法装置による位置情報を同時に入力できるために海底地形図の作成も容易であった。

2. 魚礁設置水域における海底地形図、海底質地図の作成

魚礁設置海域における調査記録から、位置ごとに海底質分類装置より得られた水深、海底質をプロットし、海底地形図および海底質分布図を作成した（図5）。図5のうち、信頼できる調査範囲はグリッド航走が精密に行われた北緯35度33分～40分、東経140度44分～52分の海域である。調査海域の海底地形はなだらかな斜面で最浅11.6m、最深48.2mで、犬吠埼を延長した南東方向に水深が深くなる。

調査海域では海底質が10種類に分類されたが、本研究ではこれらの情報を整理して3種類の海底質（魚礁、岩またはれき、および砂）にまとめた。調査海域の海底質は図5に示したように広く砂地が分布しており、その中にれき、岩または魚礁群が点在している。このような「固く」「荒い」海底質は主に30m以深の海域に分布し、浅海域は砂地がほとんどであった。

3. 魚礁設置水域における漁業

調査海域では、27種の魚類および甲殻類の漁獲が報告された。底延縄漁法では主にマダイとイシガレイおよびスズキが、曳縄漁法ではヒラメが、一本釣漁法ではヒラメ、イナダがそれぞれ優占的に漁獲されていた。

以上の漁業のうち、底延縄漁業は調査期間を通して操業されており、1996年7月から翌年3月の間に延べ363日間、延べ2,358鉢の漁獲努力量が投入され、27種、約8.2トンの市場価値を持つ生物の漁獲が報告されている。底延縄の漁獲対象種は、マダイとイシガレイおよびスズキで、総漁獲量に占める割合はそれ

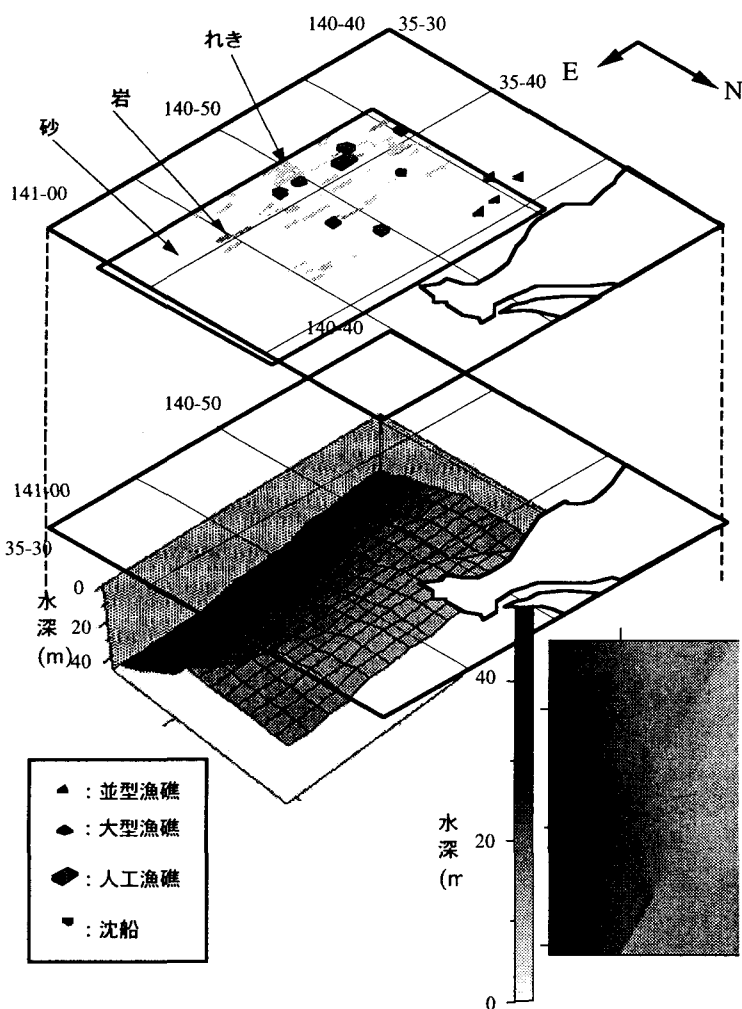


図5. 調査水域海底地形図および海底質分布図

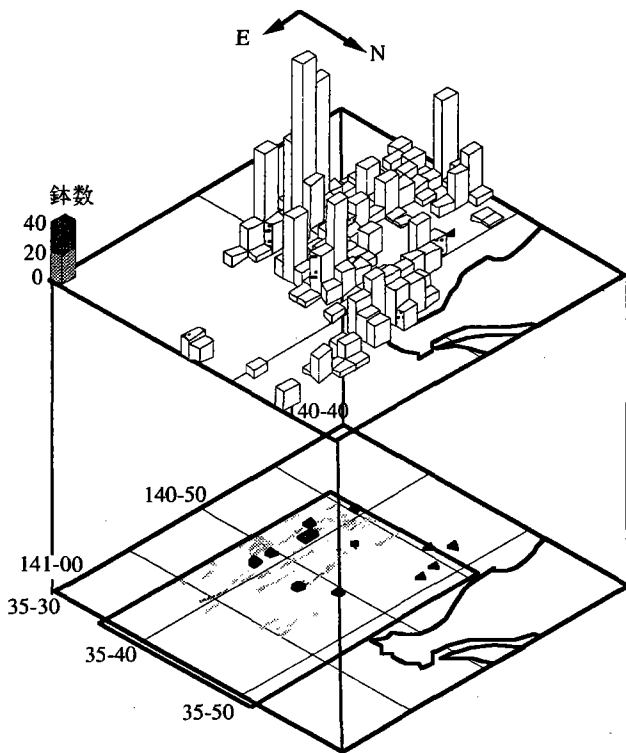


図6. 魚礁設置海域における延縄漁獲努力量の分布

ぞれ31.6, 28.9, 23.1%であった。1996年7月から翌年3月までの底延縄漁業の漁獲努力量の地理的分布と主要漁獲対象種であるマダイとイシガレイおよびスズキの単位漁獲努力量当たり漁獲量 (Catch Per Unit Effort, CPUE, (kg/鉢, 1鉢=60-70本の釣り針) の地理的分布を図6, 7および8に示した。底延縄漁業は外川地区地先から沖合いにかけて広い範囲で操業されているが、もっとも多くの漁獲努力量が投入されているのは沖合いの大型魚礁群, 人工魚礁設置海域であることがわかる (図6)。主要漁獲対象種のCPUEの地理的分布は異なり, マダイは漁獲努力量の分布と同様に大型魚礁群や人工魚礁の設置海域で高い (図7)。CPUEが最も高い海域は人工魚礁と大型魚礁が隣接している区域であった。これに対して, スズキは外川地区地先から犬吠埼周辺の浅海域において, イシガレイは, これらの魚礁設置水域の東西の海域において CPUE が高かった (図8)。

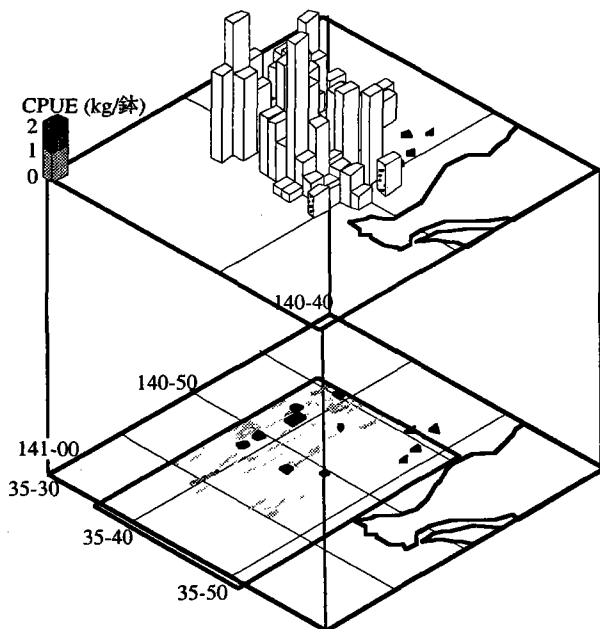


図7. マダイCPUEの地理的分布
1996.7 - 1997.3

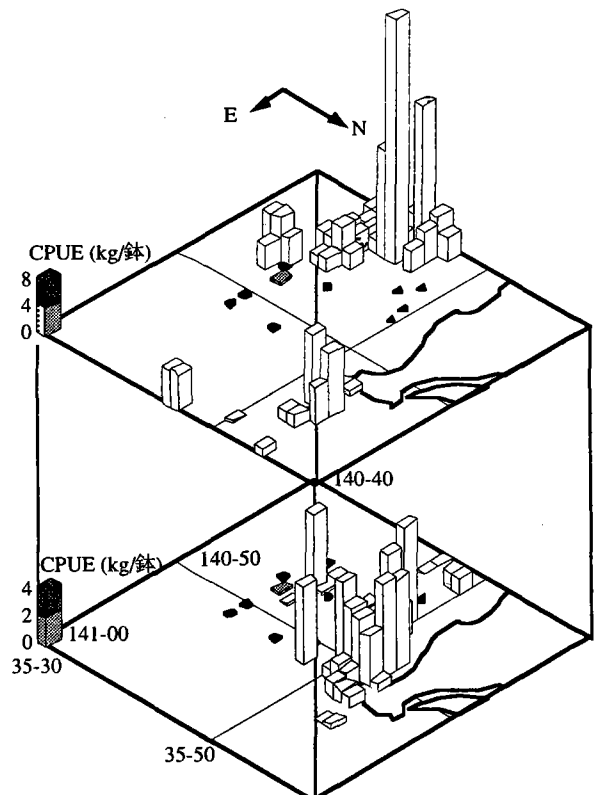


図8. イシガレイとスズキのCPUEの地理的分布
1996.7 - 1997.3

4. 魚礁および海底質による海域区分における CPUE の比較

上述の結果より、魚礁設置海域における底延縄漁業の漁獲対象種はマダイであるといえる。そこで魚礁設置海域における底延縄漁業のマダイの CPUE を魚礁と海底質を要因として比較した。調査海域のうち、底延縄操業が行われた海域を魚礁と海底質ごとに分類すると、表 1 のように分割できる。

また、これらの海域に投入された漁獲努力量（鉢数）は表 2 に示すとおりである。

表 1. 底延縄操業が行われた海域での魚礁との位置関係および海底質から分類された区画数

	岩やれきのある区画	砂地の区画
魚礁のある区画	9	3
魚礁に隣接する区画	18	11
魚礁から離れた区画	6	11

表 2. 魚礁との位置関係および海底質から分類された区画に投入された漁獲努力量（鉢数）

	岩やれきのある区画	砂地の区画
魚礁のある区画	495.5	142.5
魚礁に隣接する区画	217	113
魚礁から離れた区画	41	74

底延縄の漁獲努力量は、海底質にかかわらず、魚礁のある区画または魚礁に隣接する区画に投入されていた。ここで、底延縄漁業が投入した延縄の鉢数と、そのときに利用した水域の区画数の関係は図 9 のようになった。鉢数と利用した区画数は比例関係で表すことができる。これは、漁獲努力量の規模（鉢数）で利用できる海域の面積が決まることを意味する。また逆に、底延縄の漁獲効率がこの海域で一定とすると、マダイの CPUE は海域におけるある範囲内の魚の密度を代表すると解釈できる。それぞれの区画におけるマダイの漁獲量と投入鉢数から、CPUE を求めて表 3 に示した。

マダイの CPUE は岩やれきが存在し、かつ魚礁も設置された区画で最も高い。次いで、砂地で魚礁も設置された区画で高く、その他の区画では大きな差は認められなかった。

しかし、こうしたマダイの区画毎の CPUE の頻度分布は大漁時や漁獲が皆無のときの操業結果の影響を受け、正規分布や対数正規分布型とならないため、平均値の単純な比較は誤った結論となる可能性がある。ここでは Wilcoxon test により CPUE 頻度の分布型の違いを区画毎に相互に比較して、表 4 に示した。

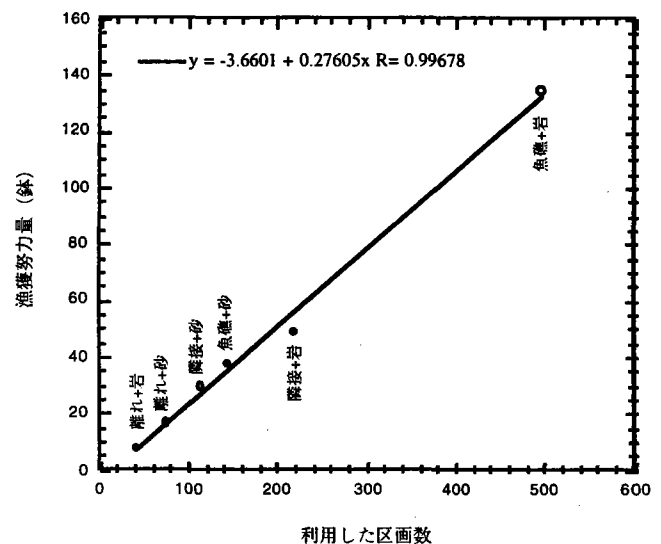


図 9. 投入された鉢数と、そのときに底延縄漁業が利用した区画数の関係

岩, 岩やれきのある区画; 砂, 砂地の区画
 魚礁, 魚礁のある区画; 隣接, 魚礁に隣接する区画;
 離れ, 魚礁から離れた区画

表3. 魚礁との位置関係および海底質から分類された区画におけるマダイの CPUE, (kg/鉢)

	岩やれきのある区画	砂地の区画
魚礁のある区画	2.56	2.04
魚礁に隣接する区画	1.32	1.35
魚礁から離れた区画	1.25	1.26

表4. Wilcoxon test による区画毎のマダイの CPUE 頻度分布型の違い

		岩			砂		
		魚礁	隣接	離れ	魚礁	隣接	離れ
岩	魚礁	-	-	-	-	-	-
	隣接	*	-	-	-	-	-
	離れ			-	-	-	-
砂	魚礁	**			-	-	-
	隣接	*			**	-	-
	離れ	**					-

岩, 岩やれきのある区画; 砂, 砂地の区画

魚礁, 魚礁のある区画; 隣接, 魚礁に隣接する区画; 離れ, 魚礁から離れた区画

*, 1%有為; **, 5%有為

マダイの CPUE の分布型は岩やれきが存在し、かつ魚礁も設置された区画と他の区画を比較した場合に、岩やれきが存在し、かつ魚礁から離れた区画を除いて、それぞれ危険率1%および5%で有為な差が認められ、岩やれきが存在し、かつ魚礁も設置された区画で CPUE が高いことが明らかとなった。しかし、岩やれきが存在し、かつ魚礁も設置された区画と、岩やれきが存在し、かつ魚礁から離れた区画の CPUE の分布型に有為差がみられなかった。これは、表2から、岩やれきが存在し、かつ魚礁から離れた区画における資料が少なかったことが原因のひとつと考えられる。さらに、砂地で魚礁も設置された区画は、砂地で魚礁に隣接する区画と危険率5%で有為な差が認められ、砂地で魚礁も設置された区画で CPUE が高くなる傾向が認められた。

区画区分によるマダイの CPUE の頻度分布型の相違と、その区画におけるマダイの CPUE (表3) より、本調査海域におけるマダイの漁獲は、海底質の相違よりもむしろ、魚礁との位置関係で異なったことがわかる。しかし、岩やれきが存在し、かつ魚礁も設置された区画と、砂地で魚礁も設置された区画のそれぞれのマダイの CPUE に有為な差が認められたことより、海底質がマダイの蛸集に関与している可能性も却下できないであろう。こうした漁獲の相違に関連する要因を明らかにするためには、人工礁の造成前に対象水域で行われている漁業の調査を行い、海底質や地形の情報とともに漁獲の地理的分布を明らかにし、次いで造成後の変化を調べるといった調査を考慮する必要がある。

摘要

本研究は、魚礁設置水域における生産効果を魚礁の有無と海底質に分離して評価することを目標として、海底質や地形と底延縄の漁獲情報の関連を検討した。魚礁設置水域周辺で主に対象となったマダイの CPUE は、魚礁の有無で差が認められ、魚礁周辺で大量に漁獲されることが多かった。一方、海底質での相違はほとんど認められなかった。こうしたことより、調査を実施した水域ではマダイの漁業生産に魚礁の有無が寄与していることが考えられた。

今後の課題としては、前述したように造成前後における漁業情報の収集から魚礁の効果を判定すると往

った方法の検討も必要である。また、本研究では実際の底延縄漁業に対応した海底質の分類に名義尺度を用いた。しかし魚礁の効果と海底質の効果をより明確にするためには、海底質の尺度にある区画における岩と砂の被度などのような間隔尺度を用いることが望ましい。こうした精密な調査を行うことによって、魚礁との位置関係や海底質が魚の蛸集にどの程度関わるかを重回帰分析などの多変量解析によって表現可能であると考えられる。

引用文献

- 1) 全国沿岸漁業振興開発協会内沿岸漁業整備開発事業研究会. 1985. 豊かな漁場づくり - 沿岸漁業整備開発事業実施の手引 - . 新水産新聞社, 東京, pp.95-110.
- 2) 青山恒雄. 1980. 底魚資源 (青山恒雄編). 恒星社厚生閣, 東京, pp.7-23.
- 3) L. Murphy, Leary, T. and Williamson, A.. 1995. Standardizing Seabed Classification Techniques. *Sea Technology*, July, 15-19.
- 4) D. G. Reid. 1995. Relationships between herring school distribution and sea bed substrate derived from RoxAnn. in abstracts of "ICES International Symposium on Fisheries and Plankton Acoustics", June 1995, Aberdeen, UK.
- 5) 久保幸夫. 1996. 新しい地理情報技術. 古今書院. 東京, 163p.
- 6) 久保幸夫・巖 網林. 1996. 地理情報科学の新展開. 日科技連出版社. 東京, 203p.