

# 山口県萩市大島漁協における漁獲物組成の経年変化と海水温の上昇傾向について

品川 汐夫

## 1. 緒言

山口県萩市には10の漁協（現漁業地区）があり、一本釣りを主として、まき網、延縄、採介藻など、多くは零細な沿岸漁業が営まれている。萩市のおよそ60km 沖合には八里ヶ瀬という天然礁があり、高さ100m近い峻険な絶壁が強い対馬暖流を遮るよう突き出して複雑な水理環境を作り出し、<sup>1)</sup>暖海性のカジメが繁茂して、マダイやイサキなど、多くの重要魚種幼魚の生育場になるとともに、回遊性魚類が滞留する瀬付きの場となり、萩市の名産品「瀬付きアジ」をもたらす好漁場を形成している（図1）。

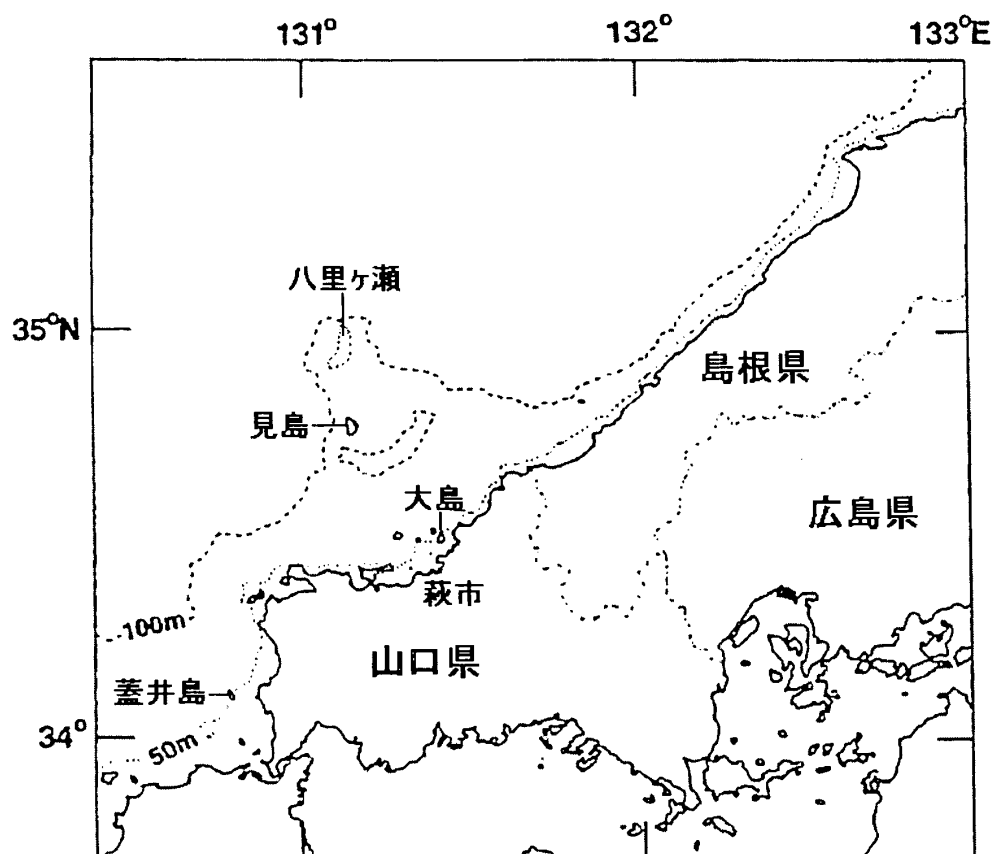


図1 萩市見島沖の天然礁，八里ヶ瀬の位置

旧来からここでは、暖海性回遊魚のクロマグロやその幼魚のヨコワが漁獲され、地元、とりわけ見島などの離島漁民の暮らしを支えてきた。ところが近年、県外からの大中型まき網漁船や底曳網漁船が操業するようになり、文字どおり大群を一網打尽するその漁法に、資源の枯渇を危惧する声が漁業者から上げられるようになった。そこで萩市は、水産大学校、山口県水産研究センター、および下関短期大学の協力を得て、1999年度からこの海域の水産海洋学的調査を開始した。

本研究は、その一環として行われた漁業の現況把握調査の一部で、浮魚類を中心とした大島漁協における漁獲物組成の経年的変化の動向を正確に把握し、その要因を考察することによって萩市の沿岸漁業振興策に資することを目的とした。併せて、漁獲物組成データのような不規則な変動を多く含むデータの数理解析法についても検討を行った。

大島漁協では、一本釣り、敷網、まき網、建網を主な漁法として、アジ類、サバ類、ウルメイワシ、カタクチイワシなどの多獲性浮魚類の漁獲が多く、その結果、萩市10漁協（現漁業地区）の年間総漁獲量の6割近くを漁獲している。

以下においては、魚種名は漁協の集計表に記載されているものをそのまま用いたので、生物学的な分類名ではないことを断っておく。

## 2. 材料と方法

大島漁協における1989～1999年度の魚種別漁獲量データを用いて、品川<sup>2)</sup>の提案する関係類似度による座標づけ（新座標づけ法）を行った。また、その結果を、群集解析の手法としても一般に広く知られている対応分析法(CA：数量化Ⅲ類あるいは双対尺度解析とも呼ばれる)<sup>3)</sup>および、Bray-Curtisの類似度<sup>4)</sup>を用いた非計量多次元尺度法（NMDS）<sup>5)</sup>による座標づけ結果と比較して、各方法の優劣を検討した。

つぎに、その結果に基づいて品川<sup>2)</sup>の手法によるファジイクラスター解析<sup>6)</sup>を行い、過去11年間にわたる漁獲物組成変化の傾向を明らかにした。さらに、その結果を下関市蓋井島で観測された<sup>7)</sup>表層水温の長期変動と対比することにより、浮魚類を主とした漁獲物組成変化の要因について考察を行った。

### 3. 結果

#### 3.1 年間漁獲物組成の新座標づけ法による座標づけ

89年度から99年度までの漁種別年間漁獲量データに基づいて、新座標づけ法により各年度と魚種を第I×IIおよび第I×III軸平面に座標づけすると図2のようになった(左側が年度, 右側が魚種). 図中の数字は年度を, また, マークはファジイクラスタリングによって識別された3つの年度群と5つの魚種群(所属率が0.5以上の年度と魚種)を示す. ただし, いずれの群の所属率も0.5未満の年度と魚種は\*印で示した.

図2から, 大島漁協の年間漁獲物組成は93年度を境として大きな変化の生じたことが読み取れる. また, 93年度以降も94~96年, 97~99年と, 組成の連続的変化が引き続き進行したことが示されている.

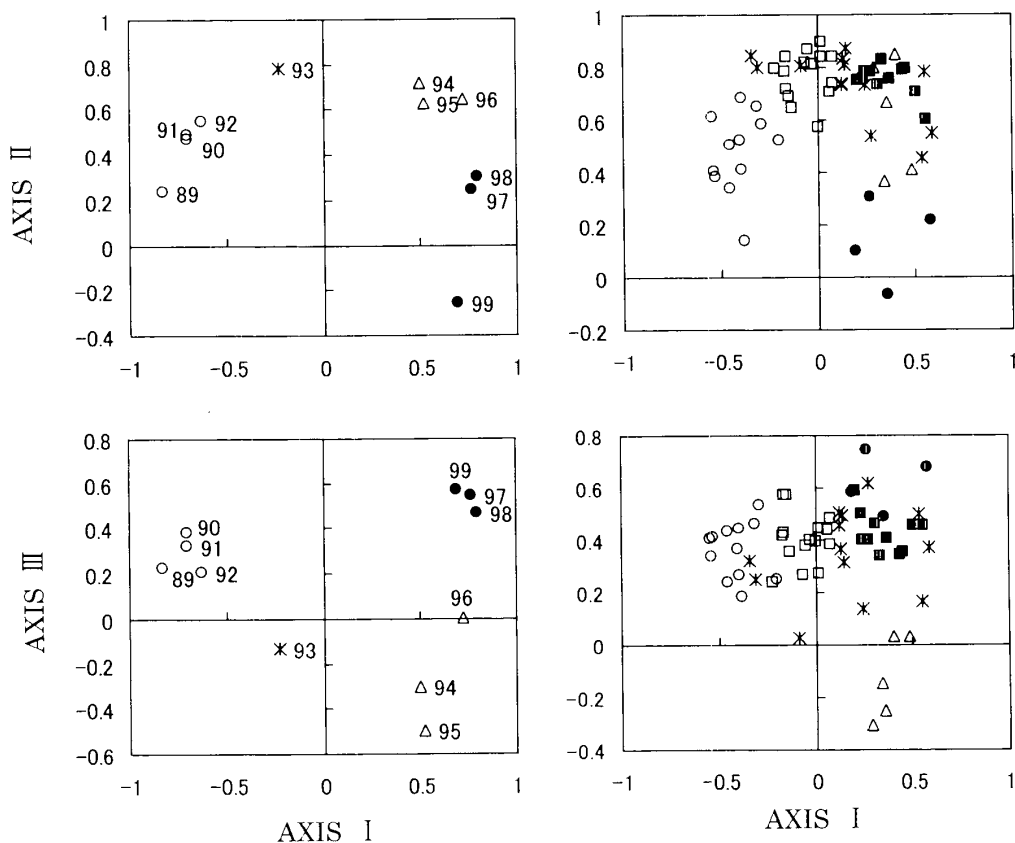


図2 新座標づけ法による年度(左)と魚種(右)の座標づけ

上: 第I×II軸平面 下: 第I×III軸平面

左図中の数字は年度を示す.

また, 図中のマークは, ファジイクラスタリングによって識別された3つの年度群(左)と5つの魚种群(右)への所属率が0.5以上の年度と魚種を示す. ただし, 所属率がいずれの群も0.5未満の年度と魚種は\*印とした.

### 3.2 他の方法による座標づけとの比較

#### 3.2.1 対応分析法 (CA) による座標づけ

図3は、同じく大島漁協における89～99年度の年間漁獲物組成のデータに対応分析法を適用して、年度（左）と魚種（右）を座標づけした結果である。新座標づけ法の場合と比較すると、年度の座標づけ（左）では、近い年度がグループにならず、年変化の連続性がみられない。また、魚種の座標づけ（右）では、密集した点群の周囲に飛び離れた点（outliers）<sup>8)</sup>が散らばり、新座標づけ法の場合のような群を識別できない。

#### 3.2.2 Bray-Curtisの類似度を用いた非計量多次元尺度法

図4は、同じく大島漁協における89～99年度の年間漁獲物組成のデータから、各年度間のBray-Curtisの類似度を計算し、非計量多次元尺度法（NMDS）を用いて年度を座標づけした結果である。左側は第I×II軸平面、右側は第I×III軸平面を示す。

図4から分かるように、対応分析法の場合と同様に年度の連続性が示されない点で問題があ

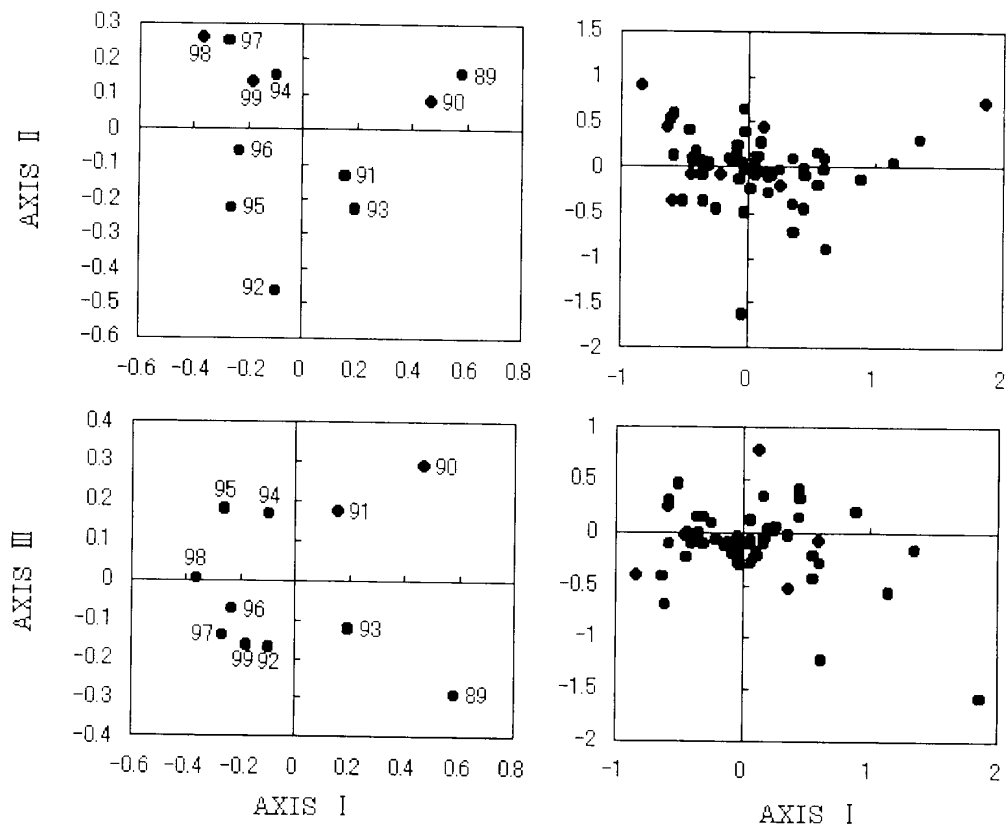


図3 対応分析法 (CA) による年度 (左) と魚種 (右) の座標づけ  
 上: 第I×II軸平面      下: 第I×III軸平面  
 左図中の数字は年度を示す。

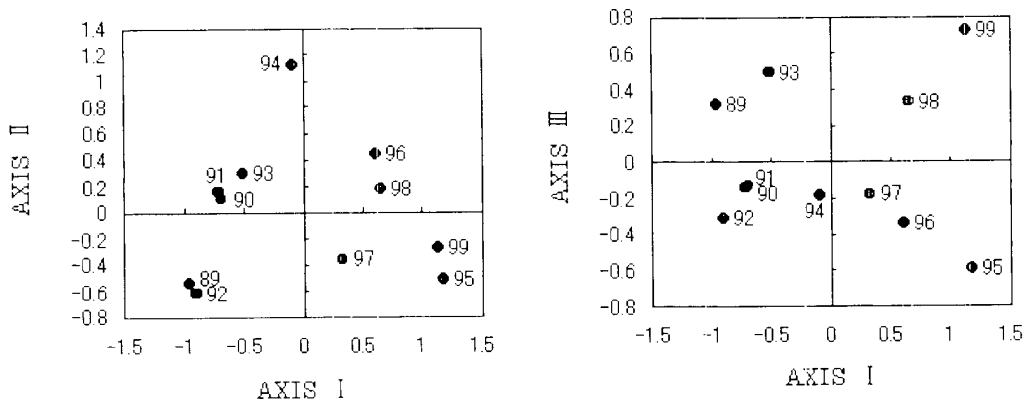


図4 Bray-Curtisの類似度を用いた非計量多次元尺度法 (NMDS) による年度の座標づけ  
 左：第I×II軸平面 右：第I×III軸平面  
 図中の数字は年度を示す。

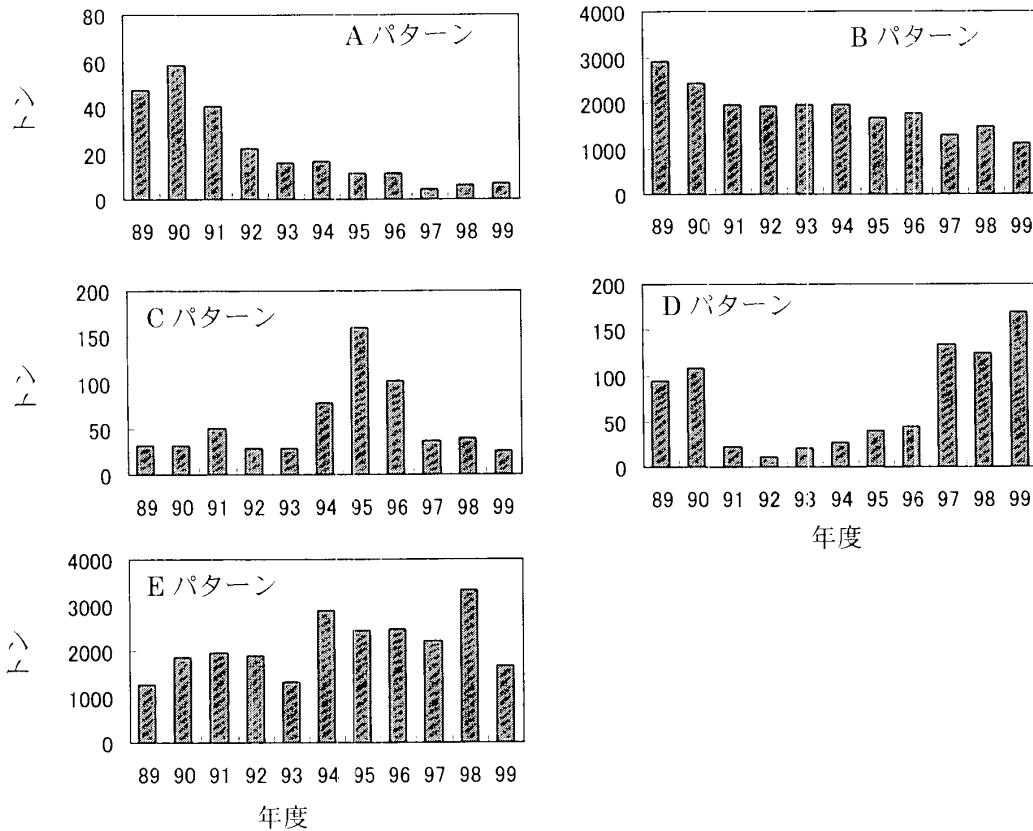


図5 ファジイクラスタリングによって識別された5つの魚种群の年間漁獲量経年変化のパターン  
 横軸は年度を示す。

る。なお、多次元尺度法では魚種の座標づけは魚種間の類似度を必要とするので、ここでは行わなかった。

### 3.3 漁獲量年変化の5つのパターン

図5は、新座標づけ法による魚種の座標づけとファジイクラスタリングで識別された5つの魚种群への所属率の2乗を重みとして各魚種の年間漁獲量を集計し、<sup>2)</sup> 漁獲量経年変化のパ

ターンを示したものである。魚种群 A のパターンは、90年度以降、指数関数的な減少傾向を示し、これには、ニナ、モズク、テングサ類、その他の藻類など、磯の貝類、藻類と、アナゴ、マイワシ、エソ類、ヒラメなどの魚類が含まれる。B 群のパターンは緩やかな減少傾向を示し、これには、サザエ、ウニ類、アワビ類、タコ類など、磯根に生息する種と、ウルメイワシ、カタクチイワシ、シラスなどの餌生物となる魚種およびブリ類、サメ類などの魚食性魚種が含まれる。また、ワカメとスルメイカは A 群と B 群の間であった。C 群は95年度を中心に多獲されたパターンを示し、マグロ類、サンマ、キスがこれに含まれる。後述するように、95年夏は海水温が異常に高い年であった。D 群は93年度以降増加傾向にあり、97～99年度にはとくに多獲されている。これにはサワラ類、ヒラソ、アマダイ類、ボラ類が含まれる。本調査と同時に行われたアンケート調査によると、サワラ類、ヒラソなど暖海性浮魚類の好漁傾向は他の漁協においてもみられるが、アマダイについては不漁魚種に挙げる漁業者が多く、大島漁協のこの傾向は特殊といえる。E 群は93年度以降増大したが、99年度には減少に転じたパターンで、これには、ホウボウ類、カレイ類、カワハギ、イサキ、マダイ、エイ類など、どちらかという底魚類が多いが、アジ類、カジキ類など、暖海性浮魚類も含まれている。なお、マダイの増加傾向は、山陰沿岸の広範囲における傾向であることが報告されている。<sup>9)</sup>

このような5つの変動パターンが、萩市大島漁協における93年度以降の漁獲物組成変化の理由といえる。

### 3・4 磯根資源類の漁獲量変化

先に示したように、年間漁獲量が減少傾向を示す種には、藻類とともに、磯根に生息する種が多い。そこで、磯根に生息する代表的な魚種の漁獲量変化を図6に示した。図に示すように、ナマコ類のほかは、いずれも減少傾向がみられる。サザエ、ニナ、アワビ類、ウニ類はいずれも藻食性であり、タコ類はこれらの捕食者である。一方、ナマコ類は非選択的の堆積物食性であり、これらとは食物連鎖が異なっている。このことから、こうした漁獲量の変化は、磯根における藻場環境の悪化を示唆している可能性がある。

実際、2000年度に行われた漁業者へのアンケート調査結果によると、近年、アラメ、カジメなど大型藻類の生育が悪くなった場所があるという回答が50%以上あり、それはとくに見島漁協で多数を占めた。山口県水産研究センターの調査でも、対馬暖流の影響が強いと思われる見島北部沿岸で、アラメ、カジメの立ち枯れが確認されている。<sup>10)</sup>

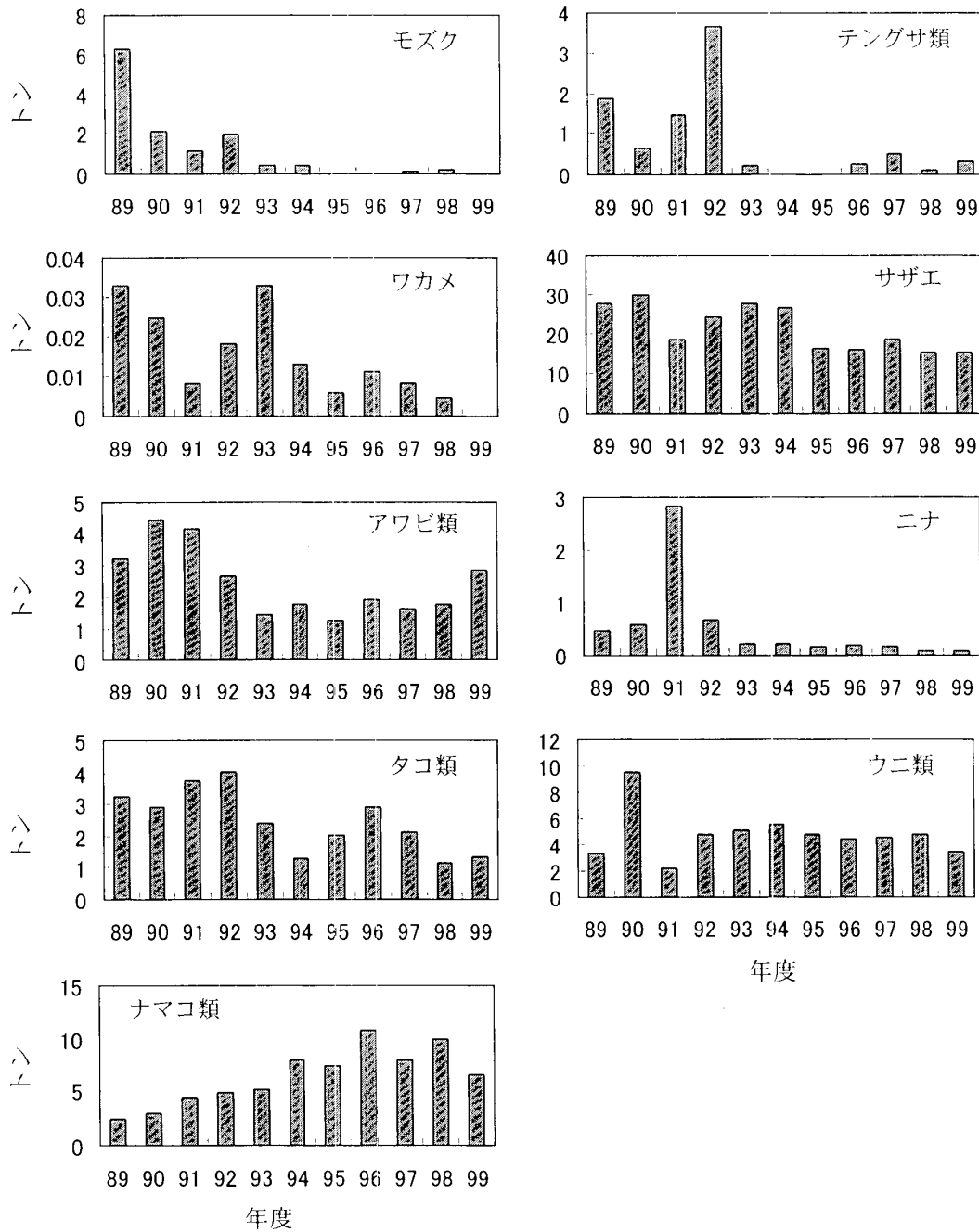


図6 大島漁協における藻類と磯根資源類年間漁獲量の経年変化  
横軸は年度を示す。

### 3.5 多獲性浮魚類の漁獲量変化と海水温の関係

図7(左)は、大島漁協で多獲されている浮魚類5種について、その年間漁獲量と組成の経年変化を示したものである。90年度からアジ類がサバ類を抜いて首位の位置にあるが、93年度には一時的にアジ類が減少し、この年を境に翌年からアジ類が50%を超える優占種となっている。しかしこれら5種の総漁獲量で見ると、93年度と99年度を除けば3000トン前後で安定している。一方、千手<sup>7)</sup>によって行われた下関市蓋井島の水深4mにおける表層水温観測結果から、月

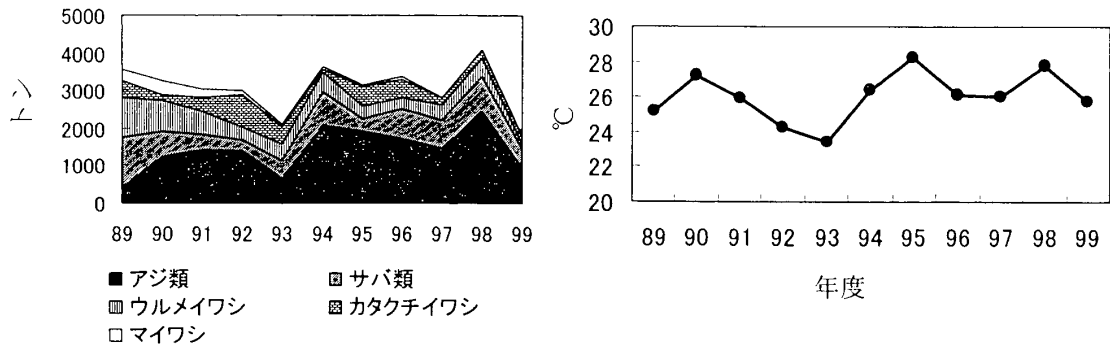


図7 大島漁協における多獲性浮魚類5種の年間漁獲量組成(左)と下関市蓋井島で観測された月平均表層水温年間最高値の経年変化(右)  
横軸は年度を示す。  
水温データは、水産大学校、千手智晴博士(現九州大学応用力学研究所助教授)の提供による。<sup>7)</sup>

平均表層水温の年間最高値の推移を図7(右)に示す。これから、93年度の夏期は24℃を下回る異常な低水温であったことが分かる。また、この年を境として、94年度以降はそれ以前に比べてやや高目に推移しており、とくに95、98年度は28℃近い高水温であった。こうした夏期海水温の長期変動と図7(左)の浮魚類年間漁獲の変動パターンは比較的良く一致しており、先に述べた93年度以降の漁獲物組成変化の一因になっている可能性が考えられる。

### 3.6 注目される魚種の漁獲量と海水温の関係

そこで、魚種別に年間漁獲量と、先に述べた蓋井島における月平均表層水温年間最高値との関係を調べたところ、マグロ類、アジ類、ブリ類の3魚種で有意な相関がみられた。これらの3魚種は、見島、小畑漁協でも漁獲されているので、見島、小畑、大島の3漁協を合計したこれら3種の漁獲量と月平均表層水温の年間最高値との関係を求めると図8のようになった。図に示すように、マグロ類は指数関数が、アジ類、ブリ類については直線式がよく当てはまり、回帰式との相関係数は、マグロ類とアジ類は2%以下、ブリ類は1%以下の水準で有意であった。このことから、マグロ類は月平均表層水温の年間最高値が26℃を超えると多獲されるようになり、アジ類は高いほど多獲され、ブリ類は逆に低いほど多獲される傾向があるといえる。

低水温の年を機に魚種交代が生じることについては川合<sup>10)</sup>が報告している。川合は、日本海側で低水温年を境にアジ類が一時減少した後増加する機構を索餌回遊の変化によって説明しているが、図7に示した浮魚類の漁獲組成変化は、それに合致した現象のように思われる。こうしたことから、93年度以降の海水温の上昇傾向は、漁獲物組成の変化の重要な要因の一つとして考えられるであろう。



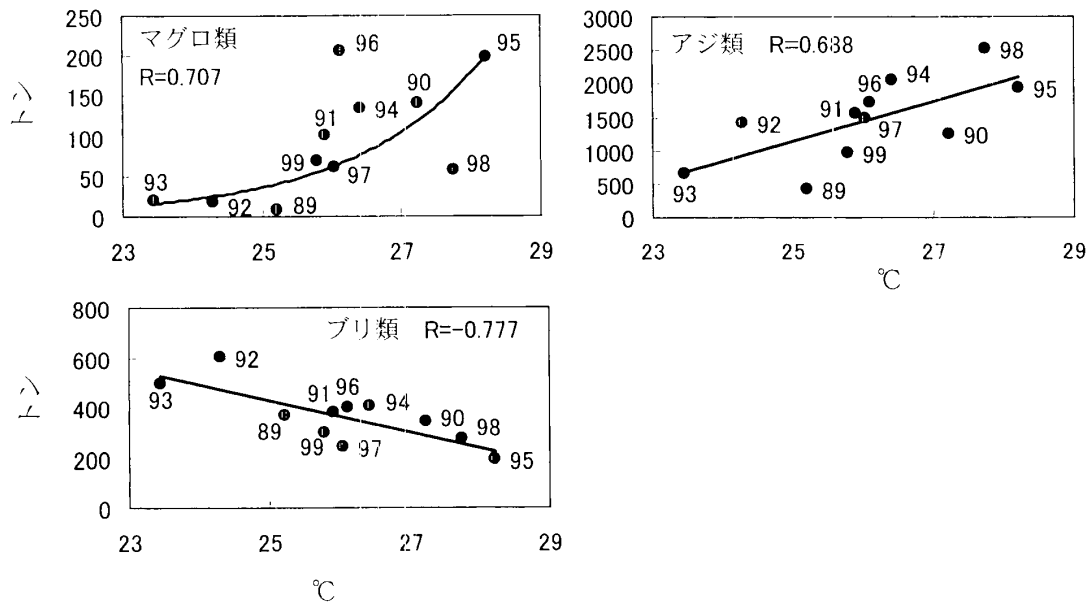


図8 見島，大島，小畑漁協を合計した3魚種の年間漁獲量と下関市蓋井島の月平均表層水温年間最高値との関係  
 図中の実線は回帰式，Rは回帰式との相関係数を示す。

## 4. 考察

### 4.1 急を要する資源管理

この10年，山口県の漁獲量は減少の一途をたどっている。<sup>12)</sup> この傾向は，同じく東シナ海，日本海を漁場とする韓国においても伝えられており，東シナ海・黄海から日本海におよぶ広域的な漁業資源の衰退傾向を反映したものと見える。

加えて，中国漁業の発展と新日中漁業協定の発効に伴う中国漁船の日本海への進出は，漁業資源をめぐる国際競争を激化させ，日本海を主漁場とする山口県の漁業は一層苦しい立場に立たされている。

このようなとき，県内沿岸における漁業資源の保護管理の施策を講じることの重要性はいうまでもない。とりわけ萩市沖合に位置する天然礁の八里ヶ瀬は，その地形と地理的位置から，山口県から島根県に及ぶ広範囲な沿岸漁業資源を支える重要な役割を果たしていることが考えられ，この海域の科学的な資源管理は急を要する課題となっている。

### 4.2 漁獲物組成データの数理解析法について

科学的資源管理のためには，重要魚種の漁獲量変化だけではなく，巨視的にみた漁獲物組成全体の変化動向を的確かつ迅速に把握しなければならない。各漁協に蓄積されている魚種別漁獲量データは，魚種の分類や漁法別経営体数の変化など，データの正確性という点では問題が

あるが、記録の連続性、即時性という点では優れており、これを有効に活用する数理的方法の確立が必要である。

#### 4・2・1 対応分析法について

対応分析法による座標づけ結果は、年度の連続性が示されないこと、および魚種群が識別できないこと、などの問題点があった。こうした対応分析法のもつ欠点は、すでに品川<sup>13,14,15)</sup>が指摘しており、この結果はそれを裏付けるものである。

対応分析法は、もともとアンケートデータなどの度数データに対する主成分分析法の一種として開発された方法であるが、生物群集の数理解析では交互平均法として、その生態学的な解釈の合理性から、多くの適用例のある方法である。その後、この方法は除歪法 (DCA) などの変形法を生み出し、それは、とくに植物生態学の分野で世界的に広く応用されている。<sup>16)</sup> こうしたことから、対応分析法は、生物群集における多変量解析法の発展の基礎となった重要な方法と位置づけられている。<sup>17)</sup>

しかし漁獲物組成データのように、魚種および年度によって数量に大きな隔たりがあり、不均質性が極端なデータでは、上に示したように、対応分析法はデータの構造を正確に映し出さない欠点がある。生物群集の数理解析において、今なお対応分析法とその変形法が多用されていることについては再考の余地がある。

#### 4・2・2 Bray-Curtisの類似度を用いた非計量多次元尺度法について

Bray-Curtis の類似度を用いた非計量多次元尺度法は、とくに欧米の研究者の間ではよく用いられている。Bray-Curtis の類似度がよく用いられる理由として、両地点で出現しなかった種が類似度の値に影響しないことが挙げられている。<sup>18)</sup> しかし、例えば4種からなる3つのサンプル A, B, C の種・個体数組成が、A (1, 1, 0, 0), B (2, 2, 0, 0), C (2, 2, 2, 2) であった場合、Bray-Curtis の類似度では、AB間とBC間はいずれも0.67で、CA間は0.40となる。種組成が同じAB間と、異なるBC間の類似度が等しいと言うことは、明らかに矛盾である。これに対して品川<sup>2)</sup>の  $C\pi'$  では、AB間が0.80、BC間が0.53、CA間が0.31となり、群集間類似性の順序をよく表現している。

非計量多次元尺度法 (NMDS) は、類似度の順序関係だけを用いて座標づけを行う。したがって順序関係が正しく表現されない Bray-Curtis の類似度を用いることには問題があり、それが上の座標づけで年度間の順序がよく示されなかったことの一因と考えられる。

非計量多次元尺度法は、もともと類似性を厳密に数量化し難い心理学の分野などで発達した方法である。群集解析においては、群集間の類似度は生態学的な観点から厳密に定義できる。したがって類似度の大きさの情報も取り入れた計量的な解析法の方がより多くの情報を期待で

きる。

#### 4・2・3 新座標づけ法による解析結果について

新座標づけ法による座標づけは、年度の連続性が最もよく示されており、魚種群も明瞭に識別できるという点で最も優れた結果であった。さらに、その結果を用いたファジイクラスタリングの手法は、多種からなる漁獲物組成の変動パターンを集約して捉える上で優れており、その結果を用いて、変動を引き起こした要因の解析へと進むことが出来る。

#### 4・3 漁獲物組成の変化と海水温の上昇傾向について

大島漁協における93年度以降の漁獲物組成の変化として、アジ類の増加傾向と、ブリ類、イワシ類の減少傾向など、浮魚類の変化が挙げられる。浮魚類の資源変動には海水温などの海況の変化が関連することが考えられるが、アジ類、ブリ類およびマグロ類の年間漁獲量については、下関市蓋井島における表層水温と関係のあることが示された。これは、この海域における浮魚類の漁獲量が、広域的な対馬暖流の影響を受けていることを示すものと言える。

もう一つの漁獲物組成変化として、磯根に生息する貝類、ウニ類、タコ類、および藻類の減少がある。これらは藻類を基礎とする食物連鎖を構成する種であることから、藻類の減少が第一義的な原因となっている可能性がある。実際、アンケート調査結果によると、最近大型藻類の生育が悪くなったという声が多数あり、その時期も5、6年以内ということで、漁獲物組成変化の時期と一致する、大型藻類が枯死する磯焼け現象は各地で報告され、その原因も様々な推測されているが、伊豆半島の例では、黒潮の接岸による海水温の上昇説が有力と考えられている。<sup>19)</sup>

これらを併せ考えると、大島漁協における漁獲物組成変化を引き起こした要因として、近年の対馬暖流の海水温上昇が推察される。

#### 4・4 藻場の保全と管理の必要性

藻場は、単に藻類に基礎を置く食物連鎖にとって重要であるだけでなく、藻場を住処とし、幼稚魚の生育場とする多くの魚種にとっても重要であり、この海域の生物資源ポテンシャルの要である。したがって、近年の海水温の上昇傾向が藻場の衰退をもたらしているとするれば事は重大である。地球温暖化の兆候が伝えられているおり、今後も海水温の上昇傾向が続くとすれば、積極的な藻場の造成と保全が、資源の科学的管理の重要な柱となるであろう。そのためには、さらに広域的かつ連続的な漁獲物組成変動の調査も行う必要があり、その方法として、新座標づけ法とファジイクラスタ解析は効果的な手法と考えられる。

## 5. 謝 辞

本研究のために貴重な資料を提供して頂いた、九州大学応用力学研究所助教授、千手智晴博士、様々なご助言を頂いた、水産大学校海洋生産管理学科教授、濱野 明博士、並びに、山口県水産研究センター海外研究部主任、小林知吉氏に対して、厚く御礼申し上げる。また、多くのご助力を賜った、萩市見島八里ヶ瀬漁場検討会の委員、および萩市水産課の方々に対して、深甚なる謝意を表す。

## 文 献

- 1) 濱野明：萩市見島八里ヶ瀬漁場調査報告書，萩市，2001，pp. 9～52.
- 2) 品川汐夫：ファジィクラスター解析を用いた新しい生物群集解析法，長崎大学学位請求論文(学術)，1998，170pp.
- 3) 西里静彦：質的データの数量化，第1版，朝倉書店，東京，1982，pp. 1～60.
- 4) J.R. Bray and J.T. Curtis：*Ecol. Monogr.*, 27, 325～349(1957)
- 5) 林 知己夫：多次元尺度解析法，初版，サイエンス社，東京，1976，290pp.
- 6) 宮本定明：クラスター解析入門，ファジィクラスターリングの理論と応用，森北出版，東京，1999，pp. 27～51.
- 7) 新納晃幸：蓋井島近海の表層水温の長期変動とエルニーニョとの関係，平成11年度水産大学校卒業論文，下関，2000，pp. 1～9.
- 8) H.G. Gauch：*Multivariate Analysis in Community Ecology*, 1st ed., Cambridge Univ. Press, New York, 1982, pp. 15～16.
- 9) 今井千文・小林和吉：水産大学校研究報告，18，221～232(2000)
- 10) 水産研究センター：磯焼けの調査結果について(報告)，山口県，2001，10pp.
- 11) 川合英夫：水産海洋研究，57，9～16(1993)
- 12) 農林水産省山口統計事務所：山口農林水産統計年報 水産編 昭和50年度～平成9年度県漁獲統計，1976～1998.
- 13) 品川汐夫・多部田修：日本水産学会誌，64，56～64(1998)
- 14) 品川汐夫・多部田修：日本水産学会誌，64，418～426(1998)
- 15) 品川汐夫：下関女子短期大学紀要，第18号，1～20(2000)
- 16) M. Kent and P. Coker：*Vegetation Description and Analysis*, 1st ed., Belhaven Press, London, 1992, pp. 162～319.
- 17) P. Legendre and L. Legendre：*Numerical Ecology*, 2nd ed., Elsevier, New York, 1998, pp. 451～476.
- 18) J.S. Gray, M. Aschan, M.R. Carr, K.R. Clarke, R.H. Green, T.H. Pearson, R. Rosenberg, and R.M. Warwick：*Mar. Biol. Prog. Ser.*, 46, 151～165(1988)
- 19) 谷口和也：磯焼けを海中林へ—岩礁生態系の世界—，裳華房，東京，1998，pp. 24～43.