

明石海峡周辺のノリ養殖漁場における 環境と生産の特性*¹

増田恵一*²・谷田圭亮*²・山内幸児*²

Characters of Environment and Production on the Nori Cultured Ground
around the Akashi Strait

Keiichi MASUDA, Keisuke TANIDA and Koji YAMAUCHI

ノリの生産および製品の品質は、養殖漁場の環境要因の影響を強く受けると考えられる。環境要因としては栄養塩濃度、水温、塩分、海水流動などがあるが、ノリ養殖漁場ではこれらの要因が互いに複雑に関与しながらノリの生産および品質に影響を与えていると考えられる。

本報では環境の測定値が比較的多く揃っている明石海峡周辺海域について、環境の測定値を用いた多変量解析により漁場環境の類型化を行い、類型ごとにノリの生産、品質の違いを検討した。

報告に当たり調査にご協力いただいた兵庫のり研究所の職員の方々、また新日本気象海洋株式会社の関係者の方々に心から感謝の意を表します。

資料および方法

1986年度(1986年9月から1987年5月までを1986年度と呼ぶ。以下同様。)より実施しているノリ養殖漁場環境調査結果より、1987~1989年度の表層の水温、塩分、DIN、PO₄-Pおよび1989年度に実施した流況調査結果を、漁場環境解析のための資料として用いた。

水質(水温、塩分、DIN、PO₄-P)調査点および流況調査点を第1図に示した。調査点は大阪湾側の神戸および東浦地区、播磨灘側の明石、西浦および鹿ノ瀬地区に大別できる。ノリ漁期は網の張り替えを境に生産前期と生産後期に分けられるが、調査対象漁場の生産実態^{(1)~(4)}から、生産前期は11月後半から1月前半、生産後期は1月後半から3月後半までとした。水質調査は各月の前半と後半に1回ずつ行われたが、各地区の環境特性を把握するため、各調査点の水温、塩分、DIN、PO₄-Pについて各年度の前期、後期ごとに平均値を求めた。また生産前期については水温降下も重要な環境要因と考えられるため、10月1日からの日数と水温の回帰式を求めその回帰係数を1日当り水温降下とした。

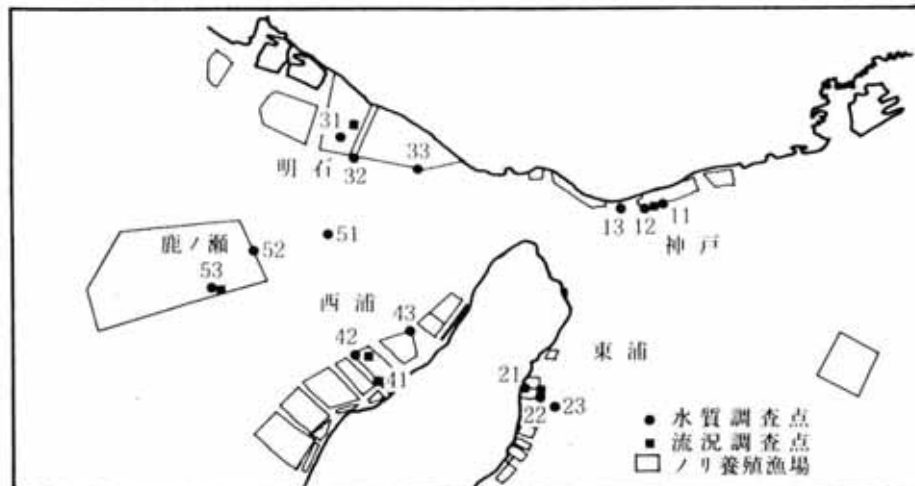
各地区の調査点に近い神戸市(神戸地区)、森(東浦地区)、明石浦(明石地区)、浅野浦(西浦地

*¹ ノリ養殖におよぼす環境要因の影響に関する研究-I (Studies on the Influence of Environmental Factors on Nori (*Porphyra* sp.) Culture-I).

*² 兵庫県立水産試験場 (Hyogo Prefectural Fisheries Experimental Station, Akashi 673)

区)の4漁業協同組合(以下漁協と略す。)について、兵庫県漁業協同組合連合会乾ノリ共同販売実績資料から生産枚数と単価を調べ解析に用いた。なお鹿ノ瀬地区は周辺の漁協が共同で利用している漁場であるため、生産枚数と単価の資料を得ることはできなかった。

漁場の類型化のために用いた多変量解析法は主成分分析¹⁾である。上記の水質のデータおよび流況調査で得られた流速のデータを変数として用い、各変数を平均0、分散1に標準化して各変数間の相関行列の固有値問題を解く方法で主成分を求めた。



第1図 調査点図

結 果

第2図に調査点ごとの生産前期、後期別の水温、塩分、DIN、 $PO_4\text{-P}$ の平均値および水温降下と全調査点平均値の比較を示した。環境要因を個々にみた場合の地区別特性は次のとおりである。

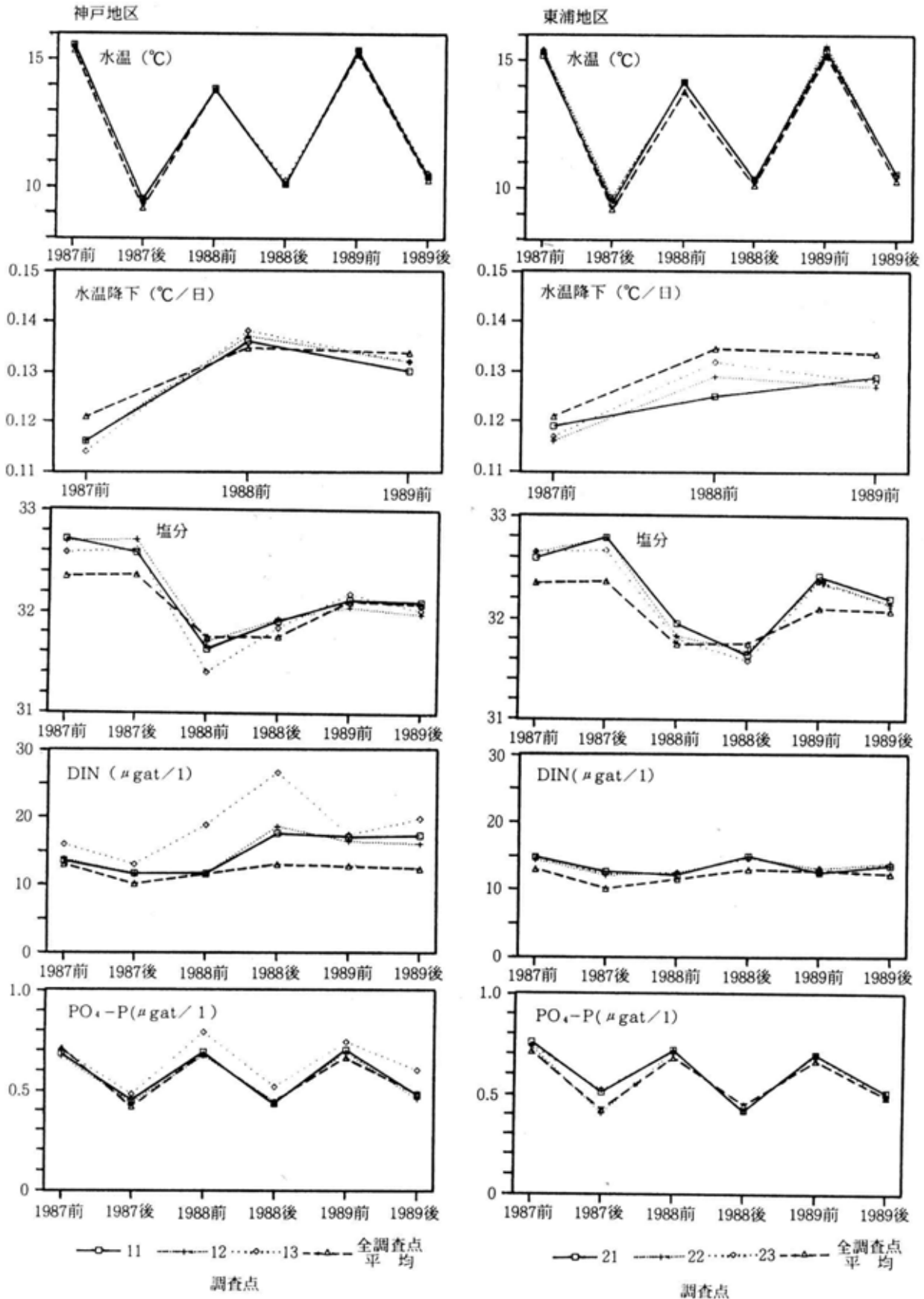
水 温：各地区とも生産前期では1988年度、生産後期では1987年度が最も低い。神戸および東浦地区ではほとんどの時期で全調査点平均値を上回っているが、明石および鹿ノ瀬地区ではほとんどの時期で全調査点平均値を下回っており、大阪湾での高水温、播磨灘北部での低水温の傾向がみられた。

水温降下：鹿ノ瀬地区の調査点51、52では1989年度が最も大きく次いで1988年度、1987年度の順になっている。他の調査点では1988年度が最も大きく次いで1989年度、1987年度の順になっている。東浦地区では全ての時期で全調査点平均値を下回っており、神戸地区では1988年度を除く全ての時期で全調査点平均値を下回っている。一方、明石および鹿ノ瀬地区ではほとんどの時期で全調査点平均値を上回っている。大阪湾では水温降下が小さく、播磨灘北部では水温降下が大きい傾向がみられた。

塩 分：各地区とも1988年度は他の年度に比べて低い傾向があった。神戸および東浦地区では全調査点平均値を上回っている時期が多いが、鹿ノ瀬地区では1987年度前期を除く全ての時期で全調査点平均値を下回っている。また明石および西浦地区でも全調査点平均値を下回っている時期が多い。大阪湾での高塩分、播磨灘での低塩分の傾向がみられた。

D I N：神戸地区の調査点、特に13では1988年度後期に高い値を示しているが、他の地区ではあまり大きな年変動はなかった。神戸および東浦地区ではほとんどの時期で全調査点平均値を上回っているが、明石、西浦および鹿ノ瀬地区ではほとんどの時期で全調査点平均値を下回っており、大阪湾で高く、播磨灘で低い傾向がみられた。

増田他：明石海峡周辺のノリ養殖漁場の特性



第2図 各調査点の生産前期、後期別の環境と全調査点平均との比較
 注) 生産前期は11月前半から1月前半を、生産後期は1月後半から3月後半を示す。

増田他：明石海峡周辺のノリ養殖漁場の特性

PO₄-P：全調査点で前期に高く後期に低い傾向があった。神戸、東浦および西浦地区では全調査点平均値を上回っている時期が多く、明石および鹿ノ瀬地区では全調査点平均値を下回っている時期が多い。播磨灘北部で相対的に低い傾向がみられた。

各地区で行った流況調査結果から求めた日別の潮流平均流速と恒流流速の関係を第3図に示した。ここで潮流平均流速とは潮流の流向を無視しスカラー量として平均値を求めたものであり、漁場における潮流の見かけ上の速さの指標となるものである。恒流流速とは潮流を方向と大きさを持つベクトルとして平均したものであり、広域的、長期的に考えた場合の漁場の海水交換の指標となるものである。第3図から西浦では潮流平均流速は他の調査点と比べ際だって速いが恒流流速は最も遅く、神戸および東浦の調査点では潮流平均流速は他の調査点と比べ遅いが恒流流速は速いという特徴がみられた。

各地区のノリの生産量および単価を比較するため生産性と単価の指数を求めた。生産性指数は単位努力当り生産量を表すものとして、次のとおり算出した。

$$\text{生産性指数} = (\text{CF} / \text{SF}) / (\text{CH} / \text{SH})$$

CF：各漁協における生産枚数

SF：各漁協における柵数

CH：1987～1989年度兵庫県における総生産枚数

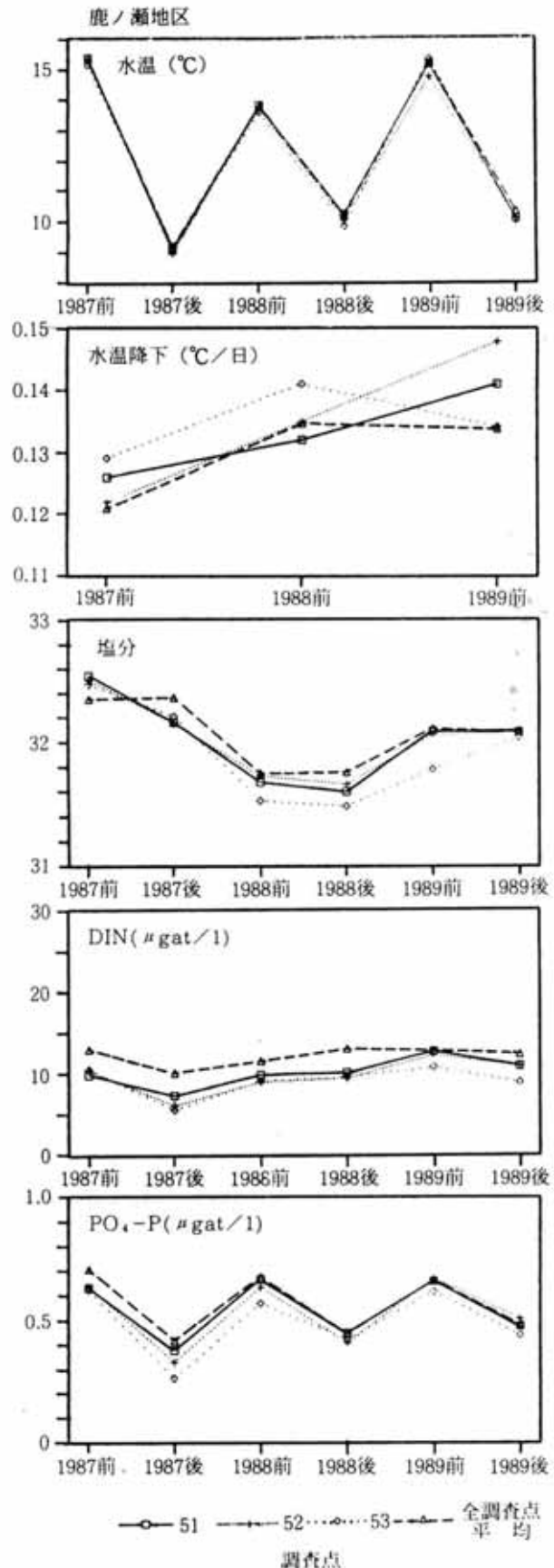
SH：1987～1989年度兵庫県における総柵数

単価は全国的な需給関係などの要因によって変化すると考えられ、そのまま用いると品質を十分に反映した数値にはならないと考えられる。そこで単価に次のような補正を加えて単価指数を算出した。

$$\text{単価指数} = \text{VF} / \text{VH}$$

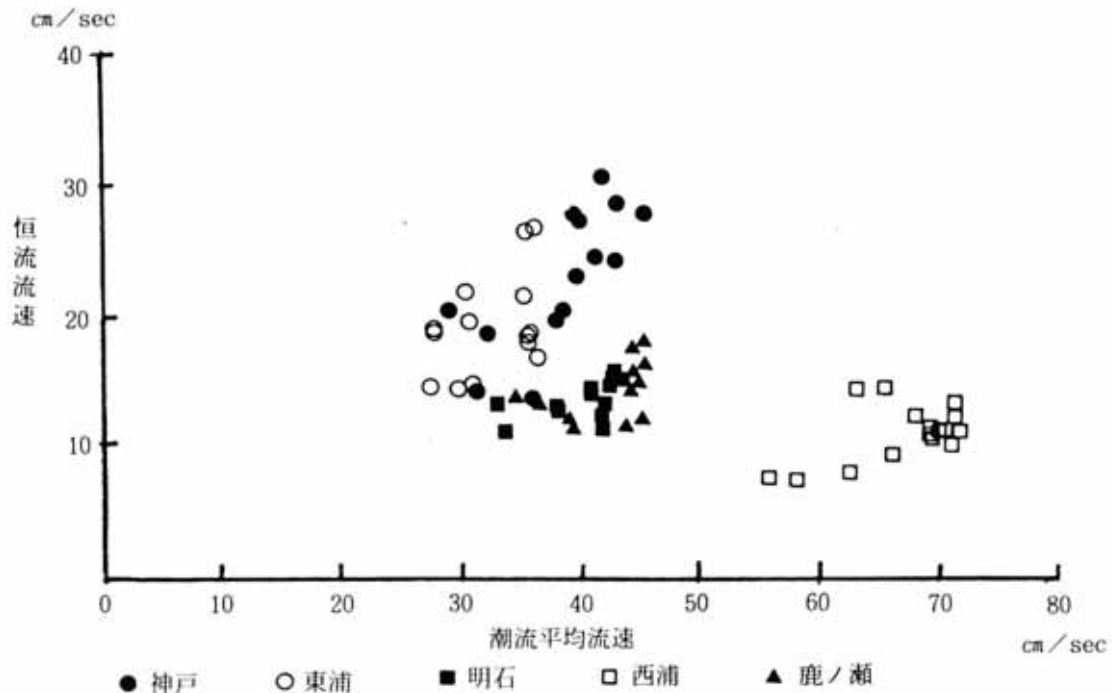
VF：各漁協における平均単価

VH：1987～1989年度兵庫県における平均単価



第2図 各調査点の生産前期、後期別の環境と全調査点平均との比較

注) 生産前期は11月前半から1月前半を、生産後期は1月後半から3月後半を示す。



第3図 各調査点における日別恒流流速と潮流平均流速の関係

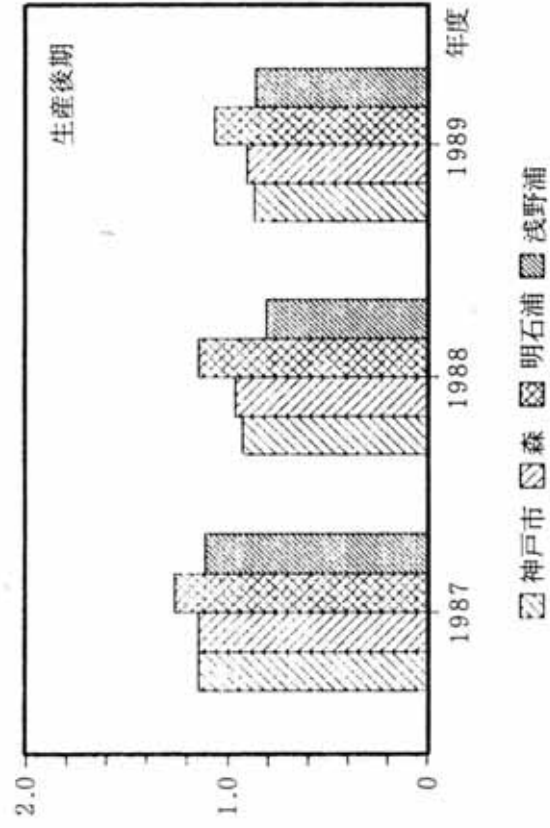
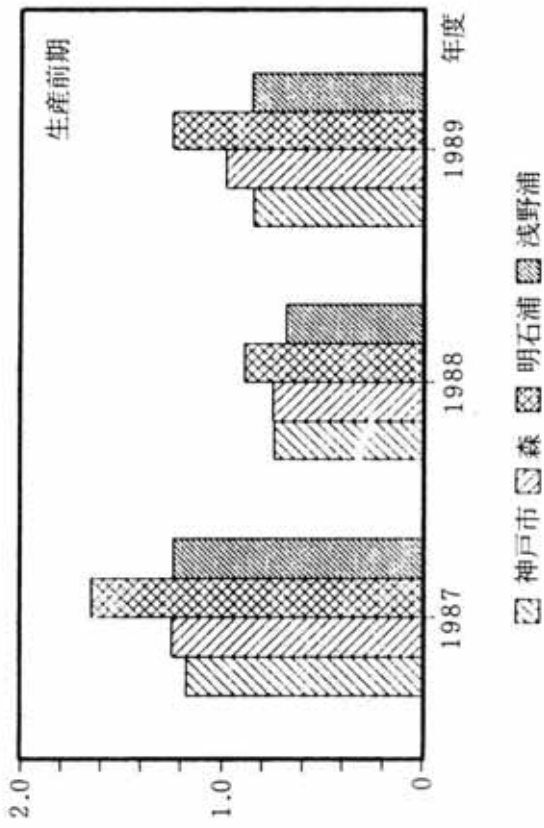
第4図に漁協別および各年度の前期後期別の生産性指数を、第5図に漁協別および各年度の前期後期別の単価指数を示した。漁協別にみると、生産性指数は前期後期ともに森漁協で高く、神戸市漁協で低い傾向があり、単価指数は前期後期ともに明石浦漁協で高く、浅野浦漁協または神戸市漁協で低い傾向があった。年度別にみると、前期の生産性指数は明石浦漁協では1988、1989、1987年度の順に高く、森漁協では1989、1987、1988年度の順、神戸市漁協では1987、1988、1989年度の順であったが、浅野浦漁協では年度による差はあまりみられなかった。後期の生産性指数はどの漁協も1987年度に最も低かった。前期の単価指数はどの漁協も1987年度に高く、次いで1989年度、1988年度の順であった。後期の単価指数はどの漁協も1987年度に高く、次いで1988年度、1989年度の順であった。

次に各調査点の特性を総合的に比較するために行った主成分分析の結果を述べる。ここにP個の変量 $X_1 \sim X_p$ があるとす。主成分分析では合成変量Zは任意の係数 $a_1 \sim a_p$ を用い次のような線形結合としてつくる。

$$Z = a_1 X_1 + \dots + a_p X_p$$

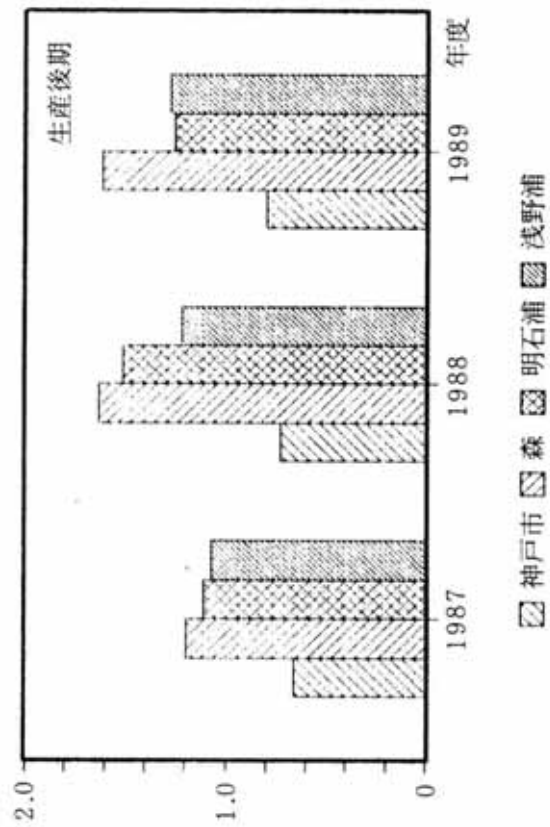
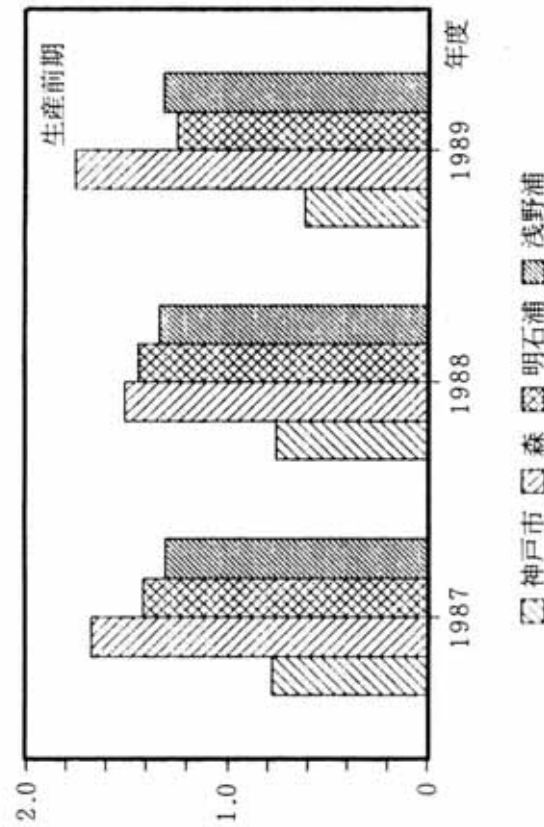
ここでもとの変量 $X_1 \sim X_p$ の変動にともなうZの分散が最大になるように $a_1 \sim a_p$ を求め、第1主成分 Z_1 を得る。またこのときの $a_1 \sim a_p$ を第1主成分の固有ベクトルという。第2主成分 Z_2 は第1主成分 Z_1 と直交しかつ分散が最大になるように求める。また第N主成分 Z_N は第1主成分 Z_1 から第N-1主成分 Z_{N-1} の全てと直交しかつ分散が最大になるように求める。

前述の水質および潮流のデータを変量として行った主成分分析の結果を第1表に示した。表の中で寄与率は、もとの変量が持っていた情報量のうち、各主成分が持つ情報量の割合を示す値である。生産前期では第1主成分と第2主成分の累積寄与率が0.709、第1主成分から第3主成分までの累積寄与率が0.872であり第3主成分まででもとの情報の87.2%を説明できる。生産後期では第1主成分と第2主成分の累積寄与率が0.753、第1主成分から第3主成分までの累積寄与率が0.897であり、第3主成分まででもとの情報の89.7%を説明できる。



第5図 漁協別単価指数

第4図 漁協別生産指数



第1表 主成分分析結果
(各主成分の固有ベクトル、固有値、寄与率および累積寄与率)

生産前期							
変量\主成分	1	2	3	4	5	6	7
水 温	0.365	-0.460	0.071	0.556	-0.443	-0.304	0.215
水温降下	-0.404	0.359	-0.062	0.653	0.403	-0.298	0.165
塩 分	0.381	-0.418	-0.321	-0.021	0.758	0.004	-0.036
D I N	0.432	0.259	0.330	0.448	0.053	0.438	-0.492
PO ₄ -P	0.299	0.088	0.738	-0.199	0.219	-0.465	0.233
潮流流速	-0.343	-0.450	0.423	0.153	0.124	0.555	0.392
恒流流速	0.405	0.449	-0.235	-0.031	-0.025	0.320	0.689
固有値	3.341	1.619	1.147	0.456	0.196	0.145	0.098
寄与率	0.477	0.231	0.164	0.065	0.028	0.021	0.014
累積寄与率	0.477	0.709	0.872	0.937	0.965	0.986	1.000

生産後期						
変量\主成分	1	2	3	4	5	6
水 温	0.348	0.502	-0.119	-0.679	-0.389	-0.027
塩 分	0.077	-0.551	0.671	-0.249	-0.402	-0.132
D I N	0.536	0.136	-0.306	0.616	-0.383	-0.409
PO ₄ -P	0.322	0.411	0.654	0.040	0.543	0.062
潮流流速	-0.437	0.420	0.300	0.299	-0.494	0.458
恒流流速	0.540	-0.285	-0.135	0.080	-0.036	0.775
固有値	2.722	1.794	0.869	0.400	0.147	0.068
寄与率	0.454	0.299	0.145	0.067	0.024	0.011
累積寄与率	0.454	0.753	0.897	0.964	0.989	1.000

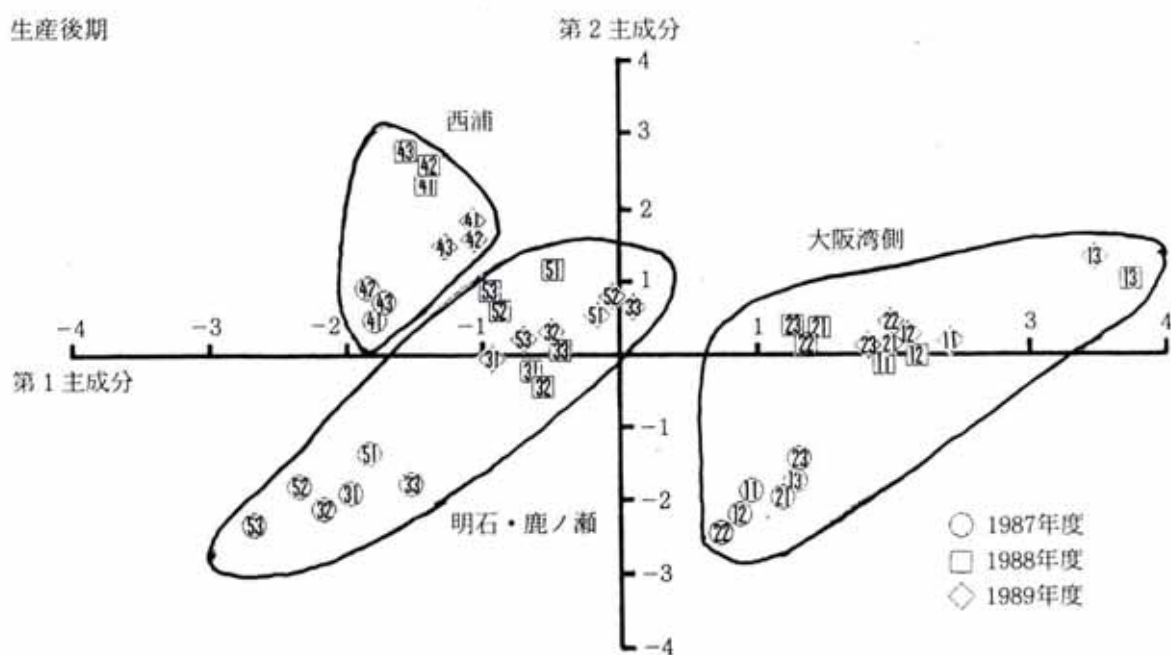
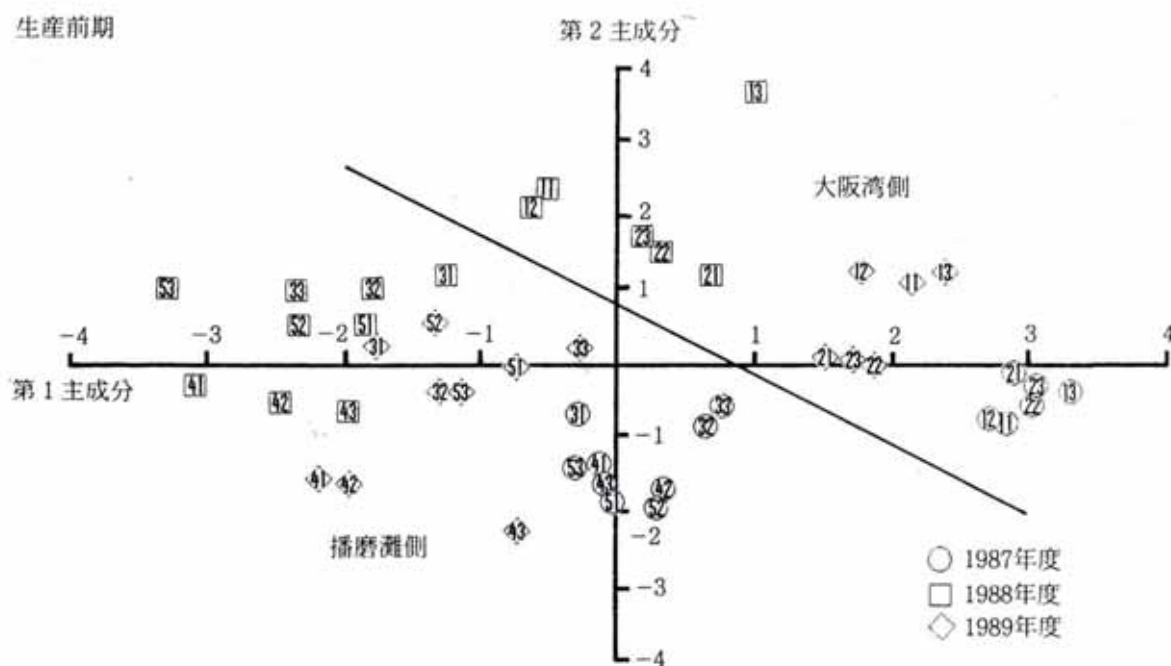
固有ベクトルはもとの変量と各主成分の相関の高さを表す指標となる。生産前期では、第1主成分はDINと、第2主成分は水温、潮流流速、恒流流速と、第3主成分はPO₄-Pとの相関が高いと言える。生産後期では、第1主成分は恒流流速およびDINと、第2主成分は水温および塩分と、第3主成分は塩分およびPO₄-Pとの相関が高いと言える。

各主成分にもとのデータを代入すると主成分値が得られる。主成分値は多数のデータを持つサンプルの総合特性値である。今回の解析では主成分値は各調査点の性格を表す総合特性値になる。第6図に第1主成分値と第2主成分値による各調査点の散布図を示した。年度別にみると、生産前期では1987年度は第1主成分値が高く第2主成分値が低い傾向があった。1988年度は第1主成分値が低く第2主成分値が高い傾向があった。生産後期では1987年度は第1主成分値が低い傾向があった。地区別にみると、生産前期では大阪湾側の神戸および東浦は第1主成分値、第2主成分値ともに高いが、播磨灘側の明石、西浦および鹿ノ瀬は、第1主成分値、第2主成分値ともに低い傾向があった。生産後期では大阪湾側の神戸および東浦は第1主成分値が高く第2主成分値が低い、西浦は第1主成分値が低く第2主成分値が高い傾向があり、明石および鹿ノ瀬は両者の中間的な位置にあった。

次に製品の品質および生産に与える環境要因の影響を把握するために、単価指数および生産性指数と各主成分値との回帰分析を行った。第2表に単価指数および生産性指数と各主成分値の間の相関係数を示した。生産前期では単価指数と第7主成分値との間に危険率5%で有意な相関があった。しかし第7主成分の寄与率は0.014と低く、もとの情報を十分に反映した値とはいえないので、この相関も見せかけのものである可能性が強い。生産前期では生産性指数とどの主成分値の間にも有意な相関がなかった。

増田他：明石海峡周辺のノリ養殖漁場の特性

生産後期では単価指数と第2主成分値との間に危険率1%で有意な負の相関があった。第2主成分は固有ベクトルから判断すると、水温と正の、塩分と負の高い相関があるので、水温が低く塩分が高い地区または年度で単価指数が高いと考えられる。生産後期では生産性指数とどの主成分値との間にも有意な相関がなかった。



数字は調査点を示す 11~13 神戸 21~23 東浦
31~33 明石 41~43 西浦 51~58 鹿ノ瀬

第6図 生産前・後期別の散布図

第2表 各主成分得点と単価指数および生産性指数との相関

生産前期			生産後期		
主成分	相関係数(r)		主成分	相関係数(r)	
	単価指数	生産性指数		単価指数	生産性指数
1	0.2761	-0.1522	1	-0.3244	-0.3638
2	-0.1962	-0.3267	2	-0.8170 **	-0.0498
3	0.0000	-0.0595	3	0.2099	0.1147
4	-0.4107	-0.4176	4	0.1352	-0.4260
5	-0.2969	0.1853	5	0.3489	0.4080
6	0.4728	0.1722	6	-0.3454	-0.4776
7	-0.6612 *	-0.3001			

注) * 危険率5%で有意 ** 危険率1%で有意

考 察

水質および潮流のデータを用いて行った主成分分析の結果から、明石海峡周辺のノリ漁場は、生産前期では大阪湾側と播磨灘側の2つに、生産後期では大阪湾、明石および鹿ノ瀬地区、および西浦地区の3つにグループ分けできる。大阪湾側のノリ漁場では水温、塩分、栄養塩濃度が高く恒流流速が速い傾向があり、播磨灘側のノリ漁場はその逆の傾向があった。また西浦地区では恒流流速が遅く、潮流流速が速いという点が特徴的であった。

単価指数と各主成分値との回帰分析から、生産後期では水温が低く塩分が高い地区または年度で単価指数が高いと考えられた。ノリ養殖漁場では栄養塩濃度が低下すると葉体の色調が急速に悪くなる、いわゆる「色落ち」が起き、品質が低下することが知られている。山内²⁾は兵庫県下のノリ養殖漁場で、葉体のN、P含量と、海水中のDIN、PO₄-Pの関係を調査し、西播地区の御津町と西浦地区の一宮町の漁場で高い相関がみられたと述べている。また反田³⁾は、播磨灘東部漁場のノリ単価と漁場環境の関係を重回帰分析により解析し、ノリの価格形成にとって栄養塩濃度が最も重要であると述べている。しかし今回の解析では、ノリの単価指数と栄養塩濃度の間には明瞭な関係がみられなかった。今回の解析の対象とした1987年度から1989年度では、栄養塩濃度が比較的高く保たれ、明石海峡周辺のノリ養殖漁場で、目立った色落ちが起きなかったと報告されており、^{4)~6)}栄養塩濃度がノリの品質に大きく影響を与える要因にならなかったと推察される。

一方生産性指数はどの主成分値とも有意な相関が認められず、ノリの生産量は漁場環境以外の要因に大きく影響されると推察される。漁場環境以外の要因としてはまず養殖管理技術が上げられる。近年の兵庫県におけるノリ養殖では、生産者数の減少にともなう1人当りの持ち柵数に増加の傾向が認められる。^{4)~6)}このことにより1人当りのノリ養殖における労働量は以前より増加していると考えられ、また労働量の差がノリの生産性に差を与えていると考えられる。また病害も漁場環境や養殖管理技術と関係を持ちながらもある程度独立した要因としてノリの生産性に影響を与えていると考えられる。

なお今回の解析では、潮流の強さの指標として、恒流流速と潮流流速を用いたが、両者がノリ養殖にどのような影響を与えているかは明らかにできなかった。今後はノリ葉体の生長と流れの関係などの細かい視点から、この問題を検討する必要があると考えられた。

増田他：明石海峡周辺のノリ養殖漁場の特性

要 約

1987年度から1989年度のノリ養殖漁場における環境測定結果から、明石海峡周辺のノリ養殖漁場の環境特性を比較した。また環境特性とノリの生産性および単価の関係を検討した。

1)大阪湾側のノリ漁場では水温、塩分、栄養塩濃度が高く恒流流速が速い傾向があり、播磨灘側のノリ漁場はその逆の傾向がある。また西浦地区では恒流流速が遅く、潮流流速が速いという点が特徴的である。

2)水質および潮流のデータを用いて行った主成分分析の結果から、明石海峡周辺のノリ漁場は、生産前期では大阪湾側と播磨灘側の2つに、生産後期では大阪湾側と明石および鹿ノ瀬地区、さらに西浦地区の3つにグループ分けできる。

3)生産後期では水温および塩分と相関の高い主成分値と、単価指数との間に有意な相関がある。

4)生産前期、生産後期ともに、生産性指数はどの主成分値とも有意な相関が無い。ノリの生産量は漁場環境以外の要因に大きく影響されると推察される。

文 献

- 1) 田中豊・垂水共之・脇本和昌・辻谷将明：パソコン統計解析ハンドブックⅡ 多変量解析編，第1版，共立出版，東京，pp. 160-175(1984)。
- 2) 山内幸児：ノリ浮流し養殖におよぼす環境要因に関する研究-I ノリ葉体中の窒素，リン含量と漁場のDIN,PO₄-P濃度との関係について，兵庫水試研報 21, 71-76(1983)。
- 3) 反田 実：ノリの生産と気象・海象・水質との関連について，昭59兵庫水試事報，251-259(1986)。
- 4) 山内幸児・谷田圭亮：ノリ養殖調査概要，昭62兵庫水試事報，195-200(1989)。
- 5) 山内幸児・谷田圭亮：ノリ養殖調査概要，昭63兵庫水試事報，181-186(1989)。
- 6) 兵庫県立水産試験場：平成2年度南西海区ブロック藻類研究会資料，(1990)。