

## 豊前海におけるクルマエビの漁獲変動と環境との関係

吉岡 直樹・神菌 真人  
(豊前海研究所)

### Relation between change of catch fluctuation of kuruma shrimp and environment in the Buzen-Sea

Naoki YOSHIOKA and Masato KAMIZONO  
(Buzenkai Laboratory)

豊前海ではエビやカニなどの甲殻類は市場で比較的高値で取引されることから重要な水産資源として位置づけられおり、その中でも特にクルマエビは重要な資源の一つになっている。クルマエビは、刺網、小型定置網、小型底びき網等で漁獲されるが、その殆どは小型底びき網で漁獲される。その漁獲量は年により大きく変動し好不漁を繰り返してきたが、1996年以降減少傾向を示し、現在は約30トンにまで減少している(図1)。そこで、筆者らは、クルマエビ資源管理を図るための基礎資料とするため、クルマエビ漁獲量の変動と環境要因との関係について解析検討を行ったので報告する。

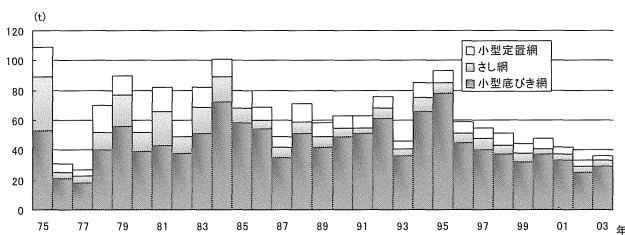


図1 クルマエビ漁獲量の推移

#### 方 法

クルマエビ漁獲量が気候や海況などの環境要因にどのような影響を受けるかを検討するため環境要因の変化とクルマエビ漁獲量の動向を検討した。

解析に用いたデータの内クルマエビ漁獲量については、福岡県農林水産統計1)の豊前海区における年間漁獲量を、水質についてはクルマエビの初期生残率に影響を及

ぼすと考えられる要因について当研究所で実施している浅海定線調査の水温、クロロフィルa(以後「Chl.aと記す」)及び底層DOを用いた。また、風速については気象庁が公表している月別平均風速<sup>2)</sup>を用いた。解析は、'75~'03年の29年間のデータについて行った。

環境データについては、沖合部と沿岸部の各代表点にそれぞれ隣接する定点をグループ化して整理した。また、豊前海では成熟したクルマエビは3~9月に産卵を行い水温が25°C以上になる6~8月に産卵の盛期<sup>3)</sup>を迎える。そこで、豊前海のクルマエビの生活史を3~5月を産卵前期、6~8月を産卵盛期、そして、9月~11月を産卵後期(稚エビ生育期)として区分し環境データの集計を行った。次にクルマエビの漁場利用状況を把握するため操業日誌を集計し漁場分布図を作成した。

また、集計した環境要因データを説明変数とし、クルマエビ漁獲量を目的変数として多変量解析を行い重回帰式を求めた。

#### 結 果

##### 1. 環境要因の推移

沖合部、沿岸部水温の推移を図2に示した。長期傾向を36ヶ月移動平均で見ると沖合部、沿岸部ともに年変動が見られたが、沖合部の方が変動が大きい。また沖合部、沿岸部ともに'97年以降は上昇傾向にある。

Chl.aの推移を図3に示した。移動平均で見ると沖合部では'98年頃まで大きな変動を示したが、それ以降は減少傾向にある。沿岸部についても同様に変動が大きく増減を繰り返し、'98年以降、沖合部同様減少傾向にある。

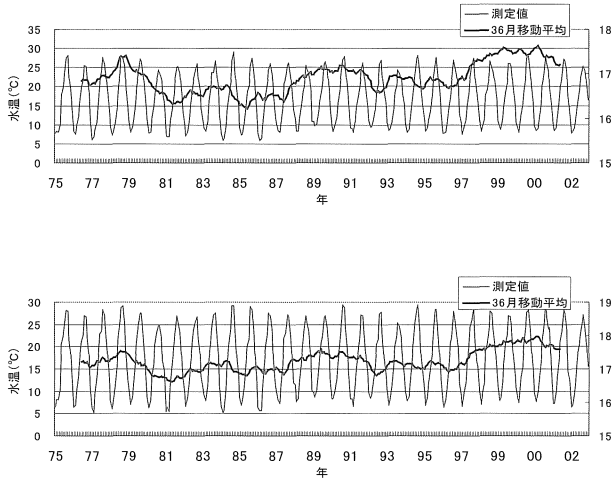


図2 水温の推移（上図沖合部、下図沿岸部）

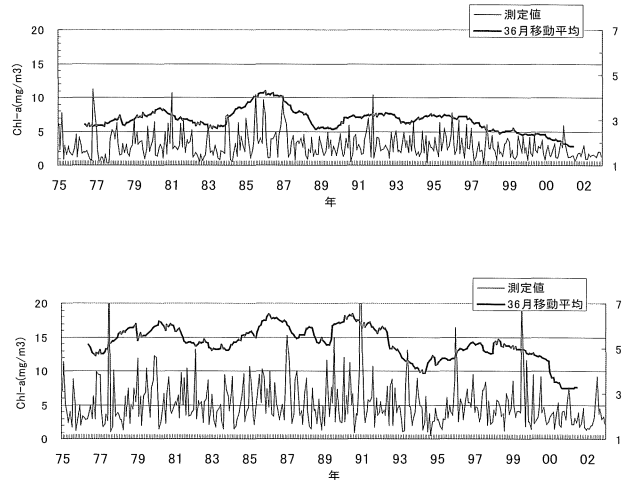


図3 Chl. a の推移（上図沖合部、下図沿岸部）

## 2. クルマエビ漁場環境要因の関係

沖合域及び沿岸域の水温と Chl.a がそれぞれ上昇と下降傾向を示した'98年以降についてクルマエビの漁場形成との関係調べた。クルマエビの年別漁区別漁獲量を

図4に示したとおり、クルマエビの漁場形成は、年によって異なり、一定の傾向はみられず、環境データとの関係は、つかめなかった。

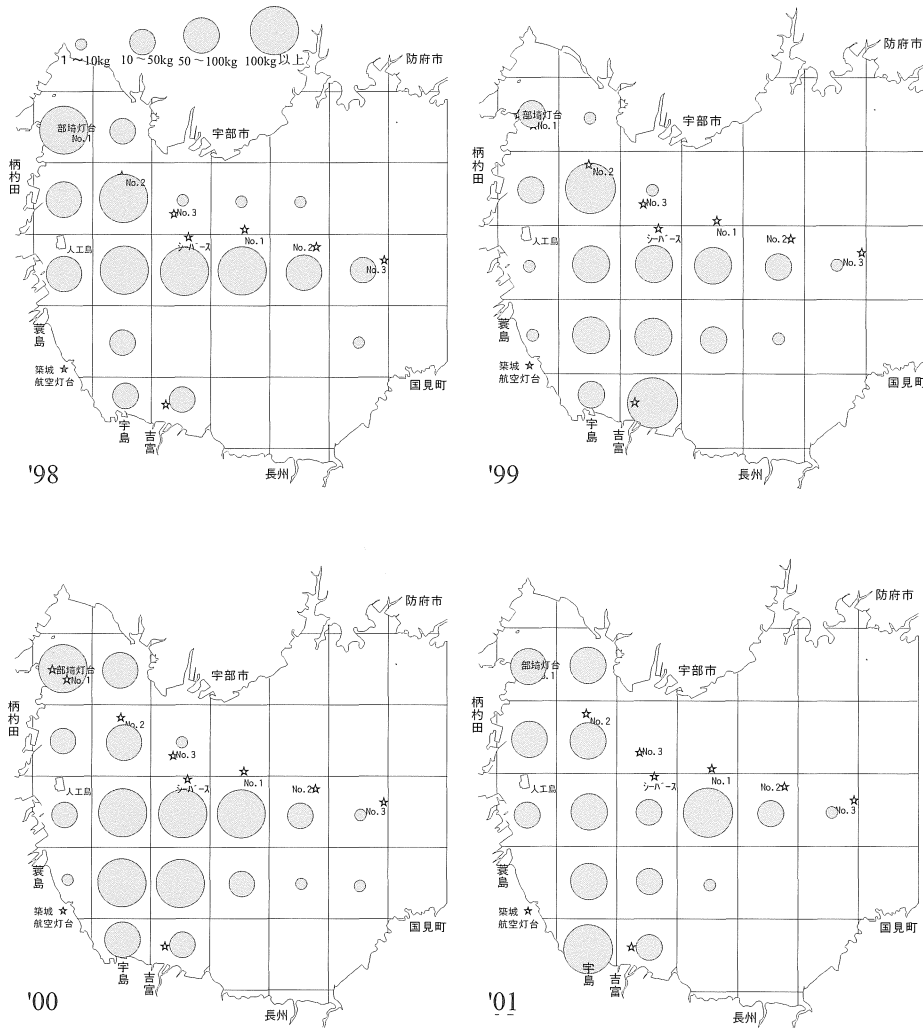


図4 クルマエビ漁場分布の推移

3. 重回帰分析による漁獲量と環境要因の関係

クルマエビ漁獲量と沿岸部、沖合部の環境要因間の相関行列を表1に示した。また、これらの要因の無相関の検定結果を表2に示した。その結果、漁獲量と1%有意で相関があった要因は沖合部産卵前期の水温と沿岸部産

卵前期のChl.a、産卵盛期のChl.aであった。これらのパラメータ間で沖合部産卵前期の水温と沿岸部の産卵盛期のChl.aに1%有意で相関があったが、これらの3要因を説明変数、クルマエビ漁獲量を目的変数として重回帰式を求めその結果を表3に示した。

表1 クルマエビ漁獲量と沿岸部、沖合部の環境要因の単相関による相関行列

		沖合部						沿岸部								
		産卵前期		産卵盛期		産卵後期		産卵盛期		産卵前期		産卵盛期		産卵後期		産卵盛期
		水温	chl.a	水温	chl.a	水温	chl.a	水温	chl.a	水温	chl.a	水温	chl.a	底層DO	風速	
沖合部	産卵前期	水温	1.000													
		chl.a	0.047	1.000												
	産卵盛期	水温	0.082	-0.138	1.000											
		chl.a	-0.102	0.059	-0.235	1.000										
産卵後期	水温	0.054	0.068	0.599	-0.078	1.000										
		chl.a	-0.057	0.236	-0.007	0.033	0.134	1.000								
	産卵盛期	底層DO	0.103	0.032	-0.039	0.043	0.137	0.101	1.000							
		風速	0.926	0.179	0.002	-0.151	0.085	-0.046	0.104	1.000						
沿岸部	産卵前期	水温	-0.114	0.362	-0.016	-0.019	-0.061	0.032	-0.322	1.000						
		chl.a	0.368	-0.128	0.853	-0.065	0.481	-0.018	-0.120	0.037	1.000					
	産卵盛期	水温	-0.541	0.183	-0.275	0.151	0.024	0.006	-0.128	0.274	0.045	1.000				
		chl.a	0.013	0.015	0.589	0.006	0.866	0.095	0.252	-0.382	0.152	-0.545	1.000			
産卵後期	水温	-0.349	0.181	-0.283	0.247	-0.188	0.276	-0.279	0.090	-0.030	0.439	0.053	1.000			
		chl.a	-0.077	0.122	-0.029	0.174	0.020	0.021	0.527	-0.289	0.180	-0.243	0.495	-0.275	1.000	
	産卵盛期	底層DO	0.078	-0.085	0.042	0.216	0.261	-0.153	0.276	-0.098	0.016	-0.082	-0.086	0.137	-0.188	1.000
		風速	0.090	-0.085	0.042	0.216	0.261	-0.153	0.276	0.078	-0.253	0.064	0.094	0.347	-0.260	0.298
	漁獲量	-0.397	0.129	0.181	-0.212	0.051	0.165	-0.001	-0.293	0.423	-0.146	0.409	0.222	-0.015	0.016	-0.202

表2 無相関の検定結果

無相関の検定 \* :5% \*\* :1%

		沖合部						沿岸部							
		産卵前期		産卵盛期		産卵後期		産卵盛期		産卵前期		産卵盛期		産卵後期	
		水温	chl.a	水温	chl.a	水温	chl.a	水温	chl.a	水温	chl.a	水温	chl.a	底層DO	風速
沖合部	産卵前期	水温	-												
		chl.a		-											
	産卵盛期	水温			-										
		chl.a			**		-								
産卵後期	水温														
		chl.a													
	産卵盛期	底層DO												-	
		風速	**												
沿岸部	産卵前期	水温	**						-						
		chl.a								-					
	産卵盛期	水温	*		**		**				-				
		chl.a	**		**		**		*	**	-				
産卵後期	水温			**		**				*		-			
	chl.a										**		-		
産卵盛期	底層DO						**							-	
	風速							**							-
	漁獲量	*							*		*				

表3 3要因による計算結果

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	F値	T値	P値	判定
沖合部産卵前期水温	-5.696	-0.232	1.432	1.197	0.243	
沿岸部産卵前期Chl.a	9.709	0.362	4.836	2.199	0.037	*
沿岸部産卵盛期Chl.a	3.961	0.229	1.383	1.176	0.251	
定数項	101.695		2.462	1.569	0.129	

\*\* :1%有意 \* :5%有意

得られた重回帰式の精度は、表4に示すとおりであり5%有意差のある式であったが修正済決定係数、修正済重相関係数とも低い値を示し、図4に示すように実際の漁獲量と重回帰式から推定した漁獲量も解離していた。

表4 3要因による重回帰式の精度

決定係数	0.339
修正済決定係数	0.259
重相関係数	0.582
修正済重相関係数	0.509
F 値	4.268
P 値	0.015
判定	*

\*\* : 1%有意 \* : 5%有意

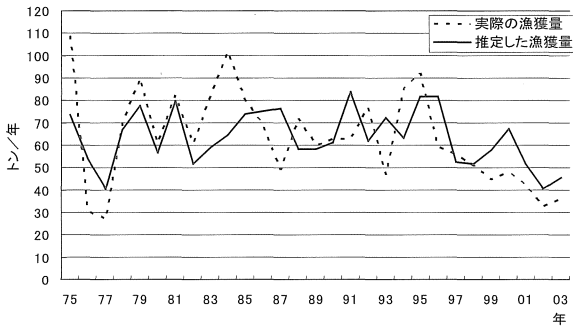


図4 3要因による重回帰式により推定した漁獲量と実際の漁獲量

これらの結果から漁獲量と有意な相関があった環境要因だけの重回帰式では実際の漁獲量を再現するには不十分であった。さらに精度のある重回帰式を得るため全ての環境要因を用いて変数増減法による重回帰式を計算した。取り込まれた変数は次の6変数であった。

- X1:沿岸部産卵前期のchl.a
- X2:沖合部産卵盛期のchl.a
- X3:沿岸部産卵後期の水温
- X4:沖合部産卵後期の水温
- X5:沿岸部産卵盛期のchl.a
- X6:沿岸部産卵前期の水温

また、計算によって求めた重回帰式の計算結果を表5

表5 増減法により求めた重回帰式の計算結果

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	F 値	T 値	P 値	判定
沿岸部産卵前期Chl.a	9.969	0.3718	6.608	2.571	0.017	*
沖合部産卵盛期Chl.a	-3.186	-0.3381	5.357	2.315	0.030	*
沿岸部産卵後期水温	21.645	0.7592	6.991	2.644	0.015	*
沖合部産卵後期水温	-14.355	-0.5933	4.256	2.063	0.051	
沿岸部産卵盛期Chl.a	4.751	0.2744	3.037	1.743	0.095	
沿岸部産卵前期水温	-7.991	-0.2710	3.016	1.737	0.096	
定数項	-27.624		0.071	0.266	0.793	

\*\* : 1%有意 \* : 5%有意

に示す。得られた重回帰式の精度は表6のとおりであった。

表6 増減法による重回帰式の精度

決定係数	0.559
修正済決定係数	0.439
重相関係数	0.748
修正済重相関係数	0.662
F 値	4.649
P 値	0.003
判定	**

\*\* : 1%有意 \* : 5%有意

以上の結果から得られた重回帰式は

$$\text{推定漁獲量} = 9.96X1 - 3.18X2 + 21.64X3 - 14.35X4 + 4.75X5 - 7.99X6 - 27.62$$

となった。この式の修正済決定係数は0.439、修正済重相関係数も0.662となり精度的にも信頼のできる値となった。また、重回帰式も1%有意と判定されこの式を最終的な重回帰式として決定した。

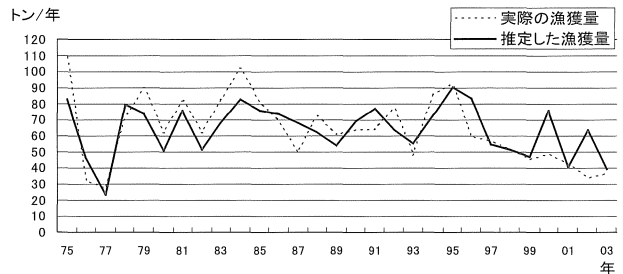


図5 増減法による重回帰式により推定した漁獲量と実際の漁獲量

得られた重回帰式から推定した漁獲量と実際の漁獲量を図5に示した。推定された漁獲量の変動は、実際の漁獲量の変動とよく一致している。

### 考 察

最終的に得られた重回帰式の6個のパラメータが説明変数として取り込まれた。そのうち、沿岸部産卵前期の

chl.a, 沿岸部産卵盛期chl.aそして沿岸部産卵後期の水温が5%の有意で差のある説明変数として取り込まれた。クルマエビの初期生活史, 特に浮遊幼生期の餌料である植物プランクトン量指標となる Chl.a の量とクルマエビ漁獲量が高い相関関係にあることが示唆された。標準回帰係数は, 沿岸部産卵前期の Chl.a は0.372, 沖合部産卵盛期の chl.a は-0.338となった。浮遊幼生の初期生残率には沿岸部の産卵前期の chl.a の量が多いほど高く, 漁獲量にも反映され, 沖合部の産卵盛期の Chl.a 量が多いほど少なくなる。これらのことから, 浮遊生活期のクルマエビ初期餌料としては沿岸部産卵前期の Chl.a が重要であることが推察された。沖合部産卵盛期の Chl.a の量と漁獲量が逆相関にあるのは, 生育水温が高く浮遊生活期間が短くなるため, 沖合部で生活する期間が短くなることに関係していると考えられるが, 今後の検討が必要である。今回の重回帰式で最も漁獲量に影響を及ぼすパラメーターとしては, 沿岸部産卵後期の水温であった。標準偏回帰係数は0.759と漁獲量と強い正の相関があり, 先に述べた餌料関係よりも寄与率が高かった。沿岸部産卵後期の水温が漁獲量に強く影響する要因としては, 浮遊生活後, 干潟に着底した稚エビの成長は海水温が高いほど早くなる。このため産卵後期の海水温が高いと漁獲サイズに達するまで期間が短くなり, 結果として自然死亡率が低くなり漁獲量の増大に寄与していると考えられる。

その他、有意差がなく取り込まれたパラメータは沖合部産卵後期の水温, 沿岸部産卵盛期の chl.a として沿岸部産卵前期の水温であった。その内海水温については, すべて漁獲量に対して負の相関となった。特に沖合部産卵後期の水温は, 標準偏回帰係数が-0.593となり強い負の相関が認められた。この要因として, 沿岸部産卵後期の水温が高いと稚エビの成長が速まり豊前海で小型底びき網の漁獲サイズに達するまでの期間が短くなる。その後, 越冬のため成長の早い個体は沖合部に移動するが, 沖合部の水温が高いと越冬までの期間が長くなり漁獲期間が長期化するためと考えられる。

今回、環境要因により漁獲量を推定したが, 説明変数が多く, 式の精度は高い値を示したものの, 実際の予測に用いる回帰式としては更なるパラメータの検討が必要と考えられる。また, 推定値と実際の漁獲量に'00年以

降誤差が大きくなっているが, これは同じ時期に Chl.a の量が減少傾向にあるためと考えられる。今後は, Chl.a の動向を考慮した予測式が必要と考えられる。

## 要 約

- 1) 豊前海におけるクルマエビ漁獲量の変動と環境要因とクルマエビの発育段階ごとに整理した環境要因を使って多変量解析を行った。
- 2) 豊前海における水温, Chl.a は沖合部, 沿岸部ともに'98年頃まで変動が大きかったが, それ以降減少傾向にある。
- 3) クルマエビ漁場の形成は, 年によって異なり, その形成と環境データとの関係には, 一定の傾向は見いだせなかった。
- 4) 沿岸部産卵後期の水温が最も漁獲量に影響を与えていた。一方水温は全ての漁獲量に対して負の相関となった。
- 5) クルマエビ漁獲量と沿岸部, 沖合部の環境要因について無相関の検定を行った結果, 漁獲量と1%有意で相関があった要因は沖合部産卵前期の水温と沿岸部産卵前期の Chl.a, 沿岸部産卵盛期の Chl.a であった。
- 6) クルマエビ漁獲量と1%有意で相関のあったパラメータを説明変数として重回帰式を求めた結果, 5%有意差のある式であったが修正済決定係数, 修正済重相関係数とも低い値を示した。
- 7) すべての環境要因を用いて変数増減法による重回帰式を計算した。

$$\begin{aligned} \text{推定漁獲量} = & 9.96X1 - 3.18X2 + 21.64X3 - 14.35X4 \\ & + 4.75X5 - 7.99X6 - 27.62 \end{aligned}$$

となった。この式の修正済決定係数は0.43, 修正済重相関係数も0.66となり精度的にも信頼のできる値となった。

## 文 献

- 1) 第23～49次 福岡県農林水産統計年報 水産編
- 2) '75～'03年 福岡県気象月報
- 3) 橘高二郎・隆島忠夫・金澤昭夫編：エビ・カニ類の増養殖 (1986)