# BULLETIN OF YAMAGUCHI PREFECTURAL FISHERIES RESEARCH CENTER

No. 6

March, 2008

# 山口県水産研究センター研究報告

第 6 号

平成 20 年 3 月

# 山口県水産研究センター

外海研究部:〒759-4106 長門市仙崎 2861-3 内海研究部:〒754-0893 山口市秋穂二島 437-77

Yamaguchi Prefectual Fisheries Research Center Japan Sea Research Division:Senzaki,Nagato-city,759-4106,Japan Inland Sea Research Division:Aiofutajima,Yamaguchi-city,754-0893,Japan

# 目

次

山口県中部の瀬戸内海に見られる水塊の特徴	和西昭仁	1
山口県秋穂湾における水温の長期変動と気温の影響	和西昭仁	11
日本海南西山口県沿岸域におけるケンサキイカの漁況予測	河野光久	19
日本海南西海域で操業する沖合底びき網による漁獲物の投棄量と種組成	小林知吉	25
日本海南西海域におけるアカアマダイの産卵期・産卵場および仔魚の出現 河野光久・	天野千絵	31
日本海南西山口県沿岸域におけるキダイの漁獲実態と生物特性	河野光久	37
日本海南西海域におけるヒメジ浮遊期稚仔の出現と分布	河野光久	45
日本海南西海域におけるキュウリエソ卵・稚仔の分布と量変動	河野光久	49
ホタルイカ卵径の経月変動とその変動要因	河野光久	57
1987年の日本海南西海域に出現した稚仔魚の種組成と分布	河野光久	61
日本海南西山口県沿岸域における魚卵および稚仔魚の鉛直分布	河野光久	67
近年の山口県日本海沿岸に出現した鯨類	河野光久	75
響灘山口県沿岸におけるオニオコゼ人工種苗の放流効果について	尾串好隆	79

# 抄録

加入量あたり産卵資源量を	- 用いた周防灘マコガレイの資源管理				
		井本有治・木村	博・吉岡直様	・銭谷	弘 89
現場海域における貝毒モニ 	タリングと二枚貝毒化軽減および毒化	予察の試み	宮村和良	・馬場偽	91
					.,, 01
水産研究センター研究報告	投稿規程	••••••	•••••		93

# 山口県中部の瀬戸内海に見られる水塊の特徴

# 和西昭仁

# Some characteristics of the Water Mass observed in the Seto Inland Sea off the central part of Yamaguchi Prefecture

## Akihito Wanishi

Water quality in the Seto Inland Sea off Yamaguchi Prefecture was investigated in May, August and December, 2006 and January, 2007. At each station, transparency and vertical profiles of water temperature and salinity were measured. Sea water samples were collected at the depth of 0, 5, 10, 20, 30, 40 and 1m above the sea bottom, and dissolved oxygen (DO) saturation and concentration of dissolved inorganic nitrogen (DIN), phosphate-P (PO<sub>4</sub>-P) and chlorophyll-a (Chl-a) were determined. Vertical or horizontal distributions of these items had some unique characteristics. At the offshore bottom layer, lower temperature water mass with higher concentration of DIN and PO<sub>4</sub>-P existed at the end of August. Judging from the characteristics of the water mass, the bottom waters of the open sea may intrude along the shelf-slope from the Pacific Ocean and have some effect on the water quality of the Seto Inland Sea.

Key words: Water quality; bottom intrusion; Seto Inland Sea

山口県の瀬戸内海側では、1972年から今日まで浅海 定線調査が継続されており、水温や塩分を始めとする 膨大なデータが蓄積されてきた。同様の調査は他の都 道府県でも実施されており、2005年3月には瀬戸内海 ブロックにおける30余年の観測結果が成果集としてま とめられた<sup>1)</sup>。それによると、周防灘では栄養塩が減 少傾向にあり、赤潮の発生件数も減っている。汚濁負 荷量の削減努力が功を奏し、高度成長期時代に比べる と水質は向上しているように見えるが、漁業サイドで は海域の生産力低下が懸念されており、周防灘でも漁 獲量の減少に歯止めがかからない。また、近年では栄 養塩の減少に伴ってノリの色落ちが恒常化するように なった<sup>2,3)</sup>。

このような瀬戸内海の環境変化に対して、2005年6 月、瀬戸内海区水産研究所が事務局となって、「『漁業 に対する適正栄養塩レベルの検討』に関するワーキン ググループ」が発足し、栄養塩と漁業生産との関係な どについて検討が進められている。最近では瀬戸内海 における栄養塩の大部分が外洋起源であり、陸棚斜面 底層から低温で富栄養な水塊、いわゆる「底入り潮」 が瀬戸内海に浸入し、大きな影響を与えているという 説<sup>4)</sup>が強く支持されるようになった。こうした状況に 鑑みると、これまでの海洋環境の変化を振り返るだけ でなく、現状をもっと詳細に把握する必要が生じてい ると考えられる。

そのような折,2006年度に計4回の海洋観測を実施 する機会に恵まれ,周防灘の沿岸部から沖合域さらに は伊予灘にわたる海況要因の季節的かつ空間的な分布 状況を調査することができた。本報ではその調査結果 を取りまとめ,若干の考察を試みたので報告する。

## 材料および方法

海洋観測および採水は、山口県公害・漁業調査船 「せと」(30トン)を使用して、2006年5月29日、2006 年8月30日、2006年12月20日および2007年1月26日の 計4回実施した。観測点は図1に示す11地点で、St. A<sub>1</sub>~A<sub>3</sub>、St.B<sub>1</sub>~B<sub>3</sub>、St.C<sub>1</sub>~C<sub>2</sub>はそれぞれSt.A、St.B およびSt.Cを頂点とする三角形の直線上にほぼ等間 隔になるよう配置した。11観測点のうち2観測点(St. B<sub>3</sub>およびC)は伊予灘に位置し、残る9観測点は周防 灘に位置している。各調査点における水深は、St.A で最も浅く(平均12m)、St.B<sub>2</sub>およびSt.B<sub>3</sub>で最も深かっ た(いずれも平均46m)。



Fig. 1 Maps showing the study area. Closed circles, monitoring stations; Dotted line, the boundary between Suo-Nada and Iyo-Nada.

各観測点において、水温および塩分の鉛直分布をメ モリー STD(アレック電子(株)AST-500)を用いて水 深0.5 mごとに測定した。透明度の測定はセッキー板 によって行った<sup>5)</sup>。溶存酸素(DO)は Winkler 法によっ て測定し、その飽和度(DO 飽和度)を求めた<sup>5)</sup>。栄養 塩の分析にはオートアナライザー(ブラン・ルーベ(株) TRAACS800)を使用し、無機三態窒素(DIN)および リン酸態リン(PO<sub>4</sub>-P)の濃度を求めた<sup>5)</sup>。クロロフィ ル-a(Chl-a)は吸光法<sup>5)</sup>に準じて測定し、Jeffrey and Humphreyの3点法<sup>6)</sup>で算出した。DO,栄養塩 およびChl-aの測定に際しては、各観測点とも原則 として、0m層(表層)、5m層、10m層、20m層、30 m層、40m層および海底上1m層(底層)で採水した。 表層水の採水は容量10リットルのステンレス製バケツ で行い、その他の層は容量2リットルの採水器((株) 離合社リゴーB型透明採水器)で行った。

## 結 果

各観測日における透明度,観測層ごとの水温,塩分, DO 飽和度,DIN 濃度,PO<sub>4</sub>-P 濃度および Chl-a 濃度 について,平均値,標準偏差およびデータ数を表1に まとめた。また,各観測日ごとの観測点および観測層 ごとの値については,表2~5に示した。

Table 1 Monthly average (AVG), standard deviation (S.D.) and data number (N) of water temperature, salinity, transparency, dissolved oxygen (DO), dissolved inorganic nitrogen (DIN), phosphate-P (PO<sub>4</sub>-P) and chlorophyll-a (Chl-a) at each layer

					_							
			(a	) Wat	er Te	mpe	rature	(°C)	1			
Depth	26 M	ay, 2	006	30 A	ug., 2	006	20 D	ec., 2	006	26 Ja	an., 2	007
(m)	AVG	S.D.	Ν	AVG	S.D.	Ν	AVG	S.D.	Ν	AVG	S.D.	Ν
0	16.49	0.32	11	27.28	0.34	11	15.86	0.64	11	12.23	0.52	11
5	15.98	0.30	11	25.88	0.53	11	15.85	0.63	11	12.21	0.55	11
10	15.62	0.43	11	24.30	0.52	10	15.85	0.62	11	12.22	0.54	11
20	14.82	0.34	10	23.31	0.35	9	15.97	0.51	10	12.35	0.50	9
30	14.20	0.36	9	22.54	0.42	8	16.03	0.56	8	12.47	0.53	7
40	13.77	0.13	2	22.03	0.28	3	16.30	0.28	2	12.82	0.38	4
B-1	14.39	0.66	11	22.61	0.74	11	15.87	0.63	11	12.25	0.52	11
				(b)	Sali	nity	(psu)					
Depth	26 M	ay, 2	006	30 A	ug., 2	:006	20 D	ec., 2	006	26 Ja	an., 2	007
(m)	AVG	S.D,	Ν	AVG	S.D.	Ν	AVG	S.D.	Ν	AVG	S.D.	N
0	32.74	0.12	11	31.00	0.20	11	32.54	0.22	11	32.80	0.22	11
5	32.85	0.10	11	31.54	0.18	11	32.54	0.21	11	32.81	0.22	11
10	32.97	0.15	11	31.92	0.16	10	32.55	0.21	11	32.83	0.19	11
20	33.13	0.08	10	32.16	0.06	9	32.59	0.16	10	32.87	0.17	9
30	33.24	0.07	9	32.24	0.06	8	32.61	0.18	8	32.91	0.19	7
40	33.36	0.04	2	32.31	0.05	3	32.69	0.08	2	33.05	0.12	4
B-1	33.20	0.14	11	32.23	0.13	11	32.56	0.21	11	32.83	0.19	11
				(c) 7	rans	pare	ncy (n	n)				-
Depth	26 M	ay, 2	006	30 A	ug., 2	006	20 D	ec., 2	006	26 Ja	an., 20	007
(m)	AVG	S.D.	N	AVG	S.D.	N	AVG	S.D.	Ν	AVG	S.D.	Ν
	6.5	2.0	11	8.4	1.6	11	7.7	2.2	11	9.9	2.5	11
				(d) D	O Sa	tura	tion (	%)				
Depth	26 M	ay, 2	006	30 A	ug., 2	006	20 D	ec., 2	006	26 Ja	an., 20	007
(m)	AVG	S.D.	Ν	AVG	S.D.	Ν	AVG	S.D.	N	AVG	S.D.	Ν
0	110.0	2.2	11	108.6	6.6	11	101.3	2.0	11	104.3	1.0	11
5	109.7	3.5	11	105.3	3.6	11	101.4	2.9	11	104.6	1.5	11
10	105.9	2.2	10	103.0	5.7	10	101.0	3.8	11	105.1	1.0	10
20	100.9	3.8	10	95.6	7.4	9	100.9	2.1	9	105.9	1.4	9
30	101.5	6.2	5	88.2	6.5	5	103.0	5.6	5	105.3	2.1	5
40	92.6	0.8	2	77.5	9.8	<b>2</b>	103.8	3.7	2	103.9	1.2	<b>2</b>
D 1	100.9	0.0	11	88.9	16.1	11	100.9	26	11	104.7	91	11

			(e	) DIN	Cone	entr	ation	(µM)				
Depth	26 M	lay, 2	006	30 A	ug., 2	006	20 D	ec., 2	006	26 Ja	an., 2	007
(m)	AVG	S.D.	Ν	AVG	S.D.	N	AVG	S.D.	Ν	AVG	S.D.	N
0	1.15	0.74	11	1.26	0.47	11	4.29	1.91	11	3.13	2.12	11
5	0.63	0.55	11	0.40	0.27	11	4.46	1.83	11	2.61	1.60	11
10	0.73	0.41	10	0.46	0.45	10	4.32	2.25	11	2.24	0.93	10
20	1.14	0.70	10	0.89	0.89	9	3.72	0.80	9	2.42	0.54	9
30	1.26	0.66	5	1.79	1.07	5	4.17	0.61	5	2.94	1.13	5
40	2.75	0.31	2	3.64	1.37	2	4.09	0.33	2	3.30	0.64	2
B-1	1.75	1.22	11	2.74	1.76	11	4.26	1.81	11	2.97	2.16	11
			(f)	PO <sub>6</sub> -F	Con	cent	ration	(μM	)			_
Depth	26 M	lay, 2	006	30 A	ug., 2	006	20 D	ec., 2	006	26 J	an., 2	007
(m)	AVG	S.D.	Ν	AVG	S.D.	N	AVG	S.D.	Ν	AVG	S.D.	N
0	0.02	0.01	11	0.01	0.01	11	0.39	0.04	11	0.21	0.06	11
5	0.05	0.09	11	0.06	0.02	11	0.39	0.04	11	0.21	0.08	11
10	0.08	0.08	10	0.08	0.04	10	0.39	0.04	11	0.24	0.05	10
20	0.13	0.09	10	0.15	0.09	9	0.39	0.04	9	0.25	0.05	9
30	0.12	0.06	5	0.22	0.08	5	0.41	0.03	5	0.28	0.05	5
40	0.25	0.01	2	0.39	0.13	2	0.41	0.03	2	0.27	0.03	2
B-1	0.14	0.09	11	0.30	0.18	11	0.39	0.04	11	0.22	0.07	11
		-	(g)	Chl-a	Conce	entra	tion	(µg·I	, <sup>1</sup> )			_
Depth	26 N	lay, 2	006	30 A	ug., 2	006	20 D	ec., 2	006	26 J	an., 2	007
(m)	AVG	S.D.	Ν	AVG	S.D.	Ν	AVG	S.D.	Ν	AVG	S.D.	N
0	2.80	1.26	11	1.94	1.05	11	1.53	0.29	11	2.36	0.93	11
5	2.50	1.15	11	1.47	0.47	11	1.75	0.62	11	2.89	0.65	11
10	2.18	1.14	10	1.45	0.49	10	1.78	0.50	11	2.62	0.83	10
20	1.54	0.85	10	1.91	0.88	9	1.76	0.47	9	2.48	0.61	9
30	1.10	0.74	5	1.27	0.30	5	1.27	0.18	5	3.06	0.84	5
40	0.38	0.06	2	1.22	0.14	2	1.36	0.21	2	2.61	0.16	2
B-1	1.61	1.07	11	1.91	1.07	11	1.69	0.56	11	2.92	0.77	11

表層および底層、また中間層として20m層について、 各観測項目の特徴をまとめると以下のとおりであった。

水温 最高値は、表層、20m層および底層とも8月 (それぞれ平均27.28℃, 23.31℃および22.61℃), 最低 値は各層とも1月(それぞれ平均12.23℃, 12.35℃お よび12.25℃)であった(表1(a))。

鉛直分布は図2(A)のようになり、5月にはすでに 成層が見られた。8月には成層が一段と発達し、水深 の深い St.B₁~B₀では、表層が27℃前後であるのに対 し、海底付近では22℃以下の水塊が見られた。12月お よび1月には上下層はよく混合していた。表層と20m 層との平均水温の差(20m層-表層の値)および表層と 底層との平均水温の差(底層-表層の値)は図3(a)の とおりであった。5月および8月には20m層がそれぞ れ1.67℃および3.97℃低く、12月および1月にはほと んど差がなくなった。また、5月および8月には底層 がそれぞれ2.10℃および4.67℃低く、12月および1月 にはほとんど差がなくなった。



Fig. 2 Vertical distribution of water temperature (A) and salinity (B) on 29 May, 2006 (a), 30 Aug., 2006 (b), 20 Dec., 2006 (c) and 26 Jan., 2007 (d), respectively.

塩分 最高値は、表層では1月(平均32.80psu),20 m層および底層では5月(それぞれ平均33.13psuおよ び33.20psu),最低値は、表層、20m層および底層と も8月(それぞれ平均31.00psu,32.16psuおよび32.23 psu)であった(表1(b))。

鉛直分布は図2(B)のようになり、5月にはすでに 成層が見られた。8月には成層が一段と発達し、St. A<sub>3</sub>~B および St.B~C の2m以浅の層は31psu 未満 の低塩分の水塊に覆われていた。12月および1月には 上下層はよく混合していたが、St.B<sub>2</sub>~C および St.C~C<sub>1</sub>では他の観測点よりもやや高めであった。表 層と20m層の平均塩分を比較すると、5月および8月 には20m層がそれぞれ0.39psu および1.16psu 高く、1 2月および1月にはほとんど差がなくなった(図3(b))。

表層と底層の平均塩分を比較すると、5月および8 月には底層がそれぞれ0.46psu および1.23psu 高く、1 2月および1月にはほとんど差がなくなった(図3(b))。



Fig. 3 Changes in monthly difference in values of various factors between 0m and 20m ((20m)-(0m), white bars) or between 0m and B-1m ((B-1m)-(0m), gray bars).



Fig. 4 Horizontal distributions of dissolved oxygen (DO) saturation (a), dissolved inorganic nitrogen (DIN) concentration (b), phosphate-P (PO<sub>i</sub>-P) concentration (c) and chlorophyll-a (Chl-a) concentration (d).

透明度 最高値は1月(平均9.9m),最低値は5月 (平均6.5m)であった(表1(c))。全般的に沖合部で高 い傾向にあり,沿岸部のSt.A(全平均4.8m)やSt.C<sub>2</sub> (全平均6.6m)を除いた観測点では全平均は7.8~10.8 mであった。

DO飽和度 最高値は,表層では5月(平均110.0%), 20m層および底層では1月(それぞれ平均105.9%およ び104.7%),最低値は,表層では12月(平均101.3%), 20m層および底層では8月(それぞれ平均95.6%およ び88.2%)であった(表1(d))。

表層, 20m層および底層における水平分布(図4(a)) を見ると、5月や8月の底層では観測点間の差が明瞭 に現れており、特に8月の底層ではSt.B<sub>1</sub>~B<sub>3</sub>および C~C<sub>2</sub>において低く(飽和度85%未満)、反対にSt.A およびSt.A<sub>3</sub>~Bでは高かった(飽和度105%以上)。 表層と20m層の平均飽和度を比較すると、5月および 8月には20m層がそれぞれ9.1%および13.0%低く、 12月および1月にはほとんど差がなくなった(図3(c))。 表層と底層の平均飽和度を比較すると、5月および8 月には底層がそれぞれ9.8%および20.4%低く、12月 および1月にはほとんど差がなくなった(図3(c))。

DIN濃度 最高値は、表層、20m層および底層と も12月(それぞれ平均4.29μM、3.72μMおよび4.26μM), 最低値は、表層および底層では5月(それぞれ平均1.15 μMおよび1.75μM), 20m層では8月(平均0.89μM)で あった(表1(e))。

各層における水平分布 (図 4 (b)) を見ると、8月に St.B<sub>1</sub>~B<sub>2</sub>や St.C<sub>1</sub>~C<sub>2</sub>の底層で濃度が増大しており、 12月になると各層全域で高濃度になり、特にSt.A~ A<sub>1</sub>や St.B<sub>3</sub>~C<sub>1</sub>で高濃度となった。1月になると全般 的に減少したが、St.A や St.B<sub>3</sub>~C では依然として 4  $\mu$ M 以上の高い値を示した。表層と20 m層の平均濃度 を比較すると、5月にはほとんど差がなかったが、8 月、12月および 1 月には20 m層がそれぞれ0.37 $\mu$ M、

0.57µM および0.71µM 低かった(図3(d))。表層と底 層の平均濃度を比較すると、5月および8月には底層 がそれぞれ0.60µM および1.48µM 高く、12月および 1月にはほとんど差がなくなった(図3(d))。

 $PO_4$ -P 濃度 最高値は、表層、20m層および底層と も12月(いずれも平均0.39 $\mu$ M)、最低値は、表層では 8月(平均0.01 $\mu$ M)、20m層および底層では5月(それ ぞれ平均0.13 $\mu$ M および0.14 $\mu$ M)であった(表1(f))。 各層における水平分布(図4(c))を見ると、8月にSt. B<sub>1</sub>~B<sub>2</sub>や St.C<sub>1</sub>~C<sub>2</sub>の底層で濃度が増大しており、12 月になると各層全域で高濃度になった。1月になると 全般的に減少した。表層と20m層の平均濃度を比較す ると、5月および8月には20m層がそれぞれ0.11 $\mu$ M および0.14 $\mu$ M 高く、12月および1月にはほとんど差 がなくなった(図3(e))。表層と底層の平均濃度を比 較すると、5月および8月には底層がそれぞれ0.12 $\mu$ M および0.29 $\mu$ M 高く、12月および1月にはほとんど差 がなくなった(図3(e))。

Chl-a 濃度 最高値は、表層では5月(平均2.80 $\mu$ g・L<sup>-1</sup>)、20 m 層および底層では1月(それぞれ平均2.48  $\mu$ g・L<sup>-1</sup>および2.92 $\mu$ g・L<sup>-1</sup>)、最低値は、表層では12月 (平均1.53 $\mu$ g・L<sup>-1</sup>)、20 m 層および底層では5月(それ ぞれ平均1.54 $\mu$ g・L<sup>-1</sup>および1.61 $\mu$ g・L<sup>-1</sup>)であった(表 1 (g))。

各層における水平分布 (図 4 (d))を見ると、5月の St.A や St.C<sub>2</sub>の表層、8月の St.A の表層や底層で5  $\mu$ g·L'前後の値を示した。12月は全般的に減少したが、 1月には St.A や St.C<sub>1</sub>の各層で再び 4 $\mu$ g·L'前後の値 を示した。表層と20m層の平均濃度を比較すると、5 月には20m層が平均1.26 $\mu$ g·L'低く、8月にはほとん ど差がなく、12月および 1月には20m層がそれぞれ 0.23 $\mu$ g·L<sup>-1</sup>および0.12 $\mu$ g·L'高かった(図 3 (f))。表層 と底層の平均濃度を比較すると、5月には底層が平均 1.19 $\mu$ g·L<sup>-1</sup>低く、8月にはほとんど差がなく、12月お よび 1月には底層がそれぞれ0.16 $\mu$ g·L<sup>-1</sup>および0.56 $\mu$ g· L'高かった(図 3 (f))。

#### 考 察

DIN 濃度は、周防灘の沖合部から伊予灘に位置す る St.B<sub>1</sub>~B<sub>2</sub>や St.C<sub>1</sub>~C<sub>2</sub>において, 8月に底層で急激 に増大し(図4(b)),同様の傾向がPO4-P濃度につい ても見られた(図4(c))。PO4-Pは底泥からの溶出に よっても供給され、特に低 DO 条件下で溶出が促進 される<sup>7)</sup>。8月には底層の DO 飽和度は低く(図 4 (a)), 底泥からの PO4-P の溶出も起こっていると考えられ るが、外洋から瀬戸内海に供給される栄養塩は、従来 考えられてきたよりも随分多いことが判ってきてお り<sup>4)</sup>,太平洋から豊後水道を経由して伊予灘や周防灘 に供給される栄養塩も多いと考えられる。今回の栄養 塩の分布状況を見た場合、8月や12月に伊予灘側から 北西方向(周防灘側)に高濃度域が延びている様子がう かがえ(図4(b)および(c))、伊予灘側から浸入した水 塊によって栄養塩が供給されている可能性が十分にあ る。もしそうであれば、周防灘の沖合域で、長期的な

栄養塩の減少傾向が沿岸部よりも比較的緩やかである 現象<sup>3)</sup>についても説明が成り立ちそうであるが,もう 少し短い間隔で集中的に詳細なデータを収集しないと 最終的な結論が出せそうにない。

これらの栄養塩は、8月には底層付近に閉じ込めら れていたが、やがて鉛直混合によって上層へと輸送さ れ、その結果、12月の観測時には表層から底層に至る まで栄養塩が豊富に存在していた(図4(b)および(c))。 ちなみに、周辺海域で実施された浅海定線調査の結果 を参照すると、9月上旬には成層が形成されていたが、 10月上旬には上下層の水温差がなくなったことから、 この間に鉛直混合が起こっている。その後、1月には 栄養塩濃度が減少したものの、Chl-a 濃度が各層で高 まった。これは鉛直混合によって上層にも供給された 栄養塩を吸収して、珪藻類などの植物プランクトンが 増殖した結果と考えられる。

木温および塩分の鉛直分布(図2)から,8月には強 い成層が形成されているのが認められた。2006年の夏 季は、梅雨期およびその前後に降水量が多かったこと が特徴的で、今回の観測海域に比較的近い下松市(図 1)では、5月から7月の3ヶ月間に1,256m(平年比 149%)の降水量があった(気象庁ホームページ)。8月 のSt.A₃~BおよびSt.B~Cにおいては、水深1~2 mまでの層が31psu未満の低塩分水に広く覆われてお り(図2(B))、これが海表面に蓋をする形で成層を強 めたと考えられる。また、2006年はこの海域に台風の 通過がなかったため、成層期において上層部、時には 下層部までもが一時的に混合されることが起こらず、 それによっても成層が強まったと考えられる。

かつて山口県の瀬戸内海側沿岸域では、東は和木町 から西は下関市に至る広い海域でノリ養殖が営まれて いた<sup>8)</sup>。近年、山口県のノリ養殖漁場で行われている 栄養塩調査結果を見ると、ノリの健全な生育に最低限 必要とされる栄養塩濃度(山口県漁場では DIN で約3 µM と考えられている)を下回る漁場が多くなってき ており<sup>9)</sup>、養殖の継続自体が困難になっている。陸域 からの栄養塩負荷が年々減少している中<sup>10)</sup>、外洋から 瀬戸内海に供給される栄養塩の動向に対する関心は非 常に高く、そのメカニズムの解明のためにもさらなる モニタリングの継続が必要であろう。

#### 要 約

1 周防灘沖合域および伊予灘北西海域で,2006年5 月から2007年1月まで4回の海洋観測を行った。

- 2 水温や塩分の鉛直分布から,成層は5月には生じ ており、8月に強度が増し、12月には解消していた。
- 3 2006年の夏季は降水量が多く、台風の接近がなかっ たため、成層がよく発達した。
- 4 8月の底層では、DO が減少するとともに、栄養 塩(DIN, PO<sub>4</sub>-P)濃度が増大した。
- 5 8月に沖合域の底層で見られた低水温の水塊は、 栄養塩を多く含んでおり、外洋から浸入してきた水 塊の可能性がある。
- 6 12月になると栄養塩が表層や20m層でも豊富になり、1ヶ月遅れて Chl-a 濃度の増大が見られた。

#### 謝辞 辞

本報をまとめるにあたり、丁寧な指導と助言をいた だいた桃山和夫博士(前山口県水産研究センター内海 研究部長)に深く感謝の意を表します。

#### 文 献

- 瀬戸内海区水産研究所(2005):瀬戸内海ブロック 浅海定線調査観測30年成果集.197pp.
- 2)和西昭仁(2005):山口県周防灘海域における最近 30年間の水質変動、山口県水産研究センター研究 報告,3,29-40.
- 3)和西昭仁(2007):山口県周防灘海域における栄養 塩の動向.山口県水産研究センター研究報告,5, 1-8.
- 4) 武岡英隆・速水祐一・兼田淳史(2005):瀬戸内海
   における環境の長期変動.沿岸海洋研究,43(1), 45-50.
- 5) 気象庁編(1988):海洋観測指針.(財)日本気象協 会,東京,428pp.
- 6) Jeffrey, S. W. and G. F. Humphrey (1975): New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochem. Physiol. Plfanz., 167, 191-194.
- 7)日本海洋学会(2002):有明海環境悪化機構究明と 環境回復のための提言2.海の研究,11,631-636.
- 8) 宮下 章(1970):海苔の歴史. 全国海苔問屋協同 組合連合会,東京,1399pp.
- 9)和西昭仁・畑間俊弘(2006):漁場環境モニタリン グ高度化事業(2)ノリ漁場栄養塩調査.平成17年 度山口県水産研究センター事業報告,201-208.
- 10) 山本民次(2005): 瀬戸内海が経験した富栄養化と

# 貧栄養化・フィールドは巨大な実験系.海洋と生物, 27(3), 203-210.

.

mu og on (	<u> </u>			41, und		myn u (	<u> </u>				may be	
Station N	0.	А	$A_1$	$A_2$	A <sub>3</sub>	В	$\mathbf{B}_{1}$	$B_2$	$\mathbf{B}_3$	С	$C_1$	$C_2$
Latitude	N	34° 02.50'	34° 00.00'	33° 56.87'	33° 53.73'	33° 50.60'	33° 51.00'	33° 51.40'	33° 51.65'	33° 51.90'	33° 54.78'	33° 57.90'
Longitude	Е	131° 42.05'	131° 40.00′	131° 37.05'	131° 34.10'	131° 31.15'	131° 37.25'	131° 43.35'	131° 48.55'	131° 53.75'	131° 46.85'	131° 45.15'
Sea Depth (	m)	13.0	23.5	31.5	33.0	32.5	37.0	46.0	46.5	40.0	39.5	31.5
Transparency	(m)	4.0	5.0	5.0	5.5	5.0	7.0	8.0	10.0	9.0	8.0	4.5
	0m	16.46	16.60	16.53	17.15	16.39	16.92	16.30	16.10	16.46	16.05	16.39
	5	15.95	16.02	16.35	16.57	16.05	15.67	15.77	15.73	15.91	15.56	16.18
Water	10	15.78	15.81	16.12	16.46	15.53	15.35	15.32	15.11	15.04	15.54	15.75
Temperature	20		15.37	14.75	14.72	13.99	14.83	14.84	14.98	14.82	14.97	14.90
(°C)	30			14.68	14.31	13.75	13.86	13.91	13.95	14.31	14.33	14.73
	40							13.86	13.68			
	B-1	15.77	15.25	14.67	14.31	13.75	13.85	13.81	13.68	14.26	14.23	14.72
	0m	32.61	32.60	32.70	32.59	32.74	32.70	32.91	32.89	32.84	32.89	32.71
	5	32.82	32.90	32.83	32.70	32.72	32.82	32.94	33.04	32.88	32.90	32.84
Salinity	10	32.88	32.92	32.90	32.83	32.82	32.88	33.16	33.20	33.19	33.01	32.87
(psu)	20		33.01	33.13	33.12	33.20	33.02	33.13	33.25	33.20	33.13	33.11
	30			33.14	33.21	33.28	33.30	33.31 22.22	33.34 22.20	33.25	33.22	33.13
	 	29.00	22.05	29.15	22.20	22.90	22.20	22.23	 	22.05	22.05	99.14
		110.5	<u> </u>	33.13	112.0	<u> </u>	106 5	 	00.00 119.6	00.20	108 7	119.1
	5	10.5	111.4	109.0	113.0	107.0	100.5	107.5	112.0	119.2	100.7	112.1
DO	10	100.5	107.0	102.5	106.8	110.4	105.5	105.0	105.5	105.9	107.0	103.5
DO Saturation	20		100.9	96 5	99.8	96.1	99.8	103.1	107.5	106.2	101.0	96.9
(%)	30		100.0	00.0	00.0	00.1	94.2	99.1	101.9	111.1	101.4	00.0
	40						• ••=	92.0	93.2			
	B-1	94.2	97.2	91.2	110.6	108.3	91.2	91.5	96.6	111.3	95.5	114.2
	0m	0.31	0.06	0.76	1.01	1.21	1.21	0.81	1.06	2.66	2.07	1.52
	5	0.50	0.56	0.42	0.43	0.09	0.08	2.01	0.94	1.00	0.21	0.70
DIN	10		0.27	0.46	0.62	0.61	0.37	0.95	0.30	1.44	1.12	1.13
Concentration	20		0.72	1.99	0.53	0.74	0.59	0.95	2.34	0.73	0.75	2.09
$(\mu M)$	30						1.33	2.19	0.36	1.07	1.36	
	40							2.97	2.53			
1.00	B-1	0.80	1.80	3.09	0.14	0.58	2.75	3.17	3.25	1.03	2.35	0.28
	0m	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.04	0.03	0.01	0.03
	5	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.30	0.03	0.06	0.04	0.03
PO <sub>4</sub> -P	10		0.03	0.02	0.01	0.04	0.03	0.14	0.08	0.26	0.16	0.02
Concentration	20		0.04	0.12	0.07	0.05	0.09	0.13	0.33	0.21	0.07	0.14
$(\mu M)$	30						0.16	0.17	0.12	0.02	0.13	
	<u>40</u>	0.05	0.11	0.00	0.02	0.01	0.10	0.26	0.24		0.00	0.05
	B-1	0.05	0.11	0.23	0.02	0.04	0.18	0.25	0.26	0.11	0.23	0.05
	Um 5	5.33 2.70	2.69	2.42	3.19 2.02	2.33	1.69	2.06 1.69	1.19	2.93	2.18	4.84
	อ 10	ə.19	4.10 9 50	0.00 9.21	0.02 9.07	1.90 9.51	4.10 3.90	1,00	0.00	1.01	4.10 1.69	4.99 1 56
Chl-a Concentration	10 90		4.00 9 60	4.31 1.09	2.07 1.10	2.91 9.15	0.20 9.75	0.90	1.00	0.90	1.00	4.00 9.97
$(\mu g \cdot L^{-1})$	20 30		4.09	1.00	1.10	4.10	1 48	0.55	0.91	2.99	0.50	4.41
• 0 = /	40						1.40	0.42	0.33	4.44	0.00	
	B-1	3,17	1.29	0.88	2.29	2.71	1.00	0.70	0.50	1.21	0.59	3.35

Table 2 Sea depth, transparency, water temperature, salinity, dissolved oxygen (DO), dissolved inorganic nitrogen (DIN), phosphate-P (PO<sub>4</sub>-P) and chlorophyll-a (Chl-a) observed at each layer on May 29, 2006

	= == ·/ , r	P====,		. = , unit	P		~, •					
Station N	0.	А	A <sub>1</sub>	$A_2$	$A_3$	В	$\mathbf{B}_1$	$B_2$	$B_3$	С	$C_1$	$C_2$
Latitude	N	34° 02.50'	34° 00.00'	33° 56.87'	33° 53.73'	33° 50.60'	33° 51.00'	33° 51.40'	33° 51.65'	33° 51.90'	33° 54.78'	33° 57.90'
Longitude	Е	131° 42.05'	131° 40.00'	131° 37.05'	131° 34.10'	131° 31.15'	131° 37.25'	131° 43.35'	131° 48.55'	131° 53.75'	131° 46.85'	131° 45.15'
Sea Depth	(m)	10.0	20.0	30.0	31.0	31.5	35.5	45.5	46.0	40.5	41.0	33.0
Transparency	7 (m)	5.5	10.0	10.0	9.0	10.0	7.0	6.5	8.0	10.0	9.0	7.0
	0m	27.97	27.12	27.09	27.47	27.36	27.49	26.82	27.27	27.54	26.92	26.98
	5	26.23	25.55	25.55	24.96	26.32	25.16	25.83	26.65	25.88	26.40	26.18
Water	10		24.34	24.38	23.54	24.95	23.87	23.91	25.18	24.68	24.23	23.95
Temperature	20			23.44	23.33	23.28	22.68	23.04	23.92	23.39	23.58	23.14
(°C)	30				22.73	22.65	21.65	22.17	22.87	22.69	22.79	22.80
	40							21.76	22.02		22.31	
	B-1	24.27	23.16	22.94	22.73	22.65	21.64	21.75	21.97	22.48	22.31	22.76
	0m	30.97	31.39	31.15	30.97	30.87	30.95	30.85	30.66	30.90	31.17	31.11
	5	31.51	31.70	31.68	31.40	31.42	31.49	31.31	31.48	31.95	31.42	31.53
Salinity	10		31.91	31.99	31.82	31.95	31.69	31.63	32.07	32.08	32.04	31.97
(psu)	20			32.22	32.23	32.17	32.13	32.10	32.11	32.14	32.25	32.13
-	30				32.30	32.16	32.33	32.21	32.25	32.28	32.22	32.18
	40							32.35	32.32		32.26	
	<u>B-1</u>	31.91	32.13	32.25	32.30	32.16	32.34	32.35	32.32	32.29	32.26	32.19
	0m	126.7	105.4	106.2	102.8	106.0	107.3	105.3	105.6	106.0	110.7	112.2
	5	112.5	101.9	103.1	103.1	102.1	103.3	102.9	108.8	110.1	104.7	105.7
DO	10		98.4	101.0	107.1	109.1	99.Z	104.3	109.0	107.9	102.5 100.6	91.2
Saturation (%)	20			95.1	104.8	104.2	09.0 77.9	09.4 00 7	102.4	90.7	01.0	04.9
()0)	30 40						11.4	00.7 70.5	94.2 84.4	09.0	51.0	
		105.7	80.0	93.4	113.9	114.9	68.8	74.9	84.4	82.9	77 1	75.8
	 	1 99	0.35	1 53	1 09	1 75	1 48	1 22	1 66	1.89	0.68	0.96
	5	0.85	0.66	0.06	0.52	0.32	0.32	0.39	0.69	0.06	0.43	0.09
DIN	10	0.00	0.00	0.00	0.52	0.28	0.02	0.36	0.24	0.24	0.55	1.66
Concentration	20		0110	0.74	0.66	0.12	0.33	1.87	0.51	0.69	0.23	2.82
(μM)	30				0.00		3.45	1.81	0.61	1.92	1.18	
	40							4.61	2.67			
	B-1	0.12	2.01	1.12	1.36	1.15	5.87	4.18	2.73	3.08	4.21	4.33
	0m	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
	5	0.01	0.07	0.06	0.05	0.02	0.08	0.09	0.06	0.07	0.07	0.07
PO₄-P	10		0.09	0.08	0.06	0.06	0.07	0.05	0.04	0.06	0.07	0.19
Concentration	20			0.14	0.07	0.08	0.15	0.20	0.09	0.14	0.10	0.37
$(\mu M)$	30						0.35	0.24	0.14	0.21	0.16	
	40							0.48	0.29			
	B-1	0.03	0.26	0.15	0.13	0.10	0.57	0.48	0.31	0.36	0.46	0.49
	0m	4.89	1.47	1.38	1.32	1.63	1.61	1.47	1.63	1.89	1.38	2.64
	5	2.73	1.61	1.04	1.38	1.48	1.21	1.38	1.30	1.12	1.13	1.74
Chl-a	10		1.61	1.36	1.40	1.21	1.39	1.66	0.97	0.92	1.28	2.67
Concentration	20			2.69	2.71	1.10	2.65	2.81	0.95	0.97	0.95	2.34
(µg·L·)	30						1.41	1.39	0.95	1.63	0.97	
	40		0.00	1.05	0.10	1 00	0.05	1.32	1.12	1.00	1.04	1 50
	B-1	4.47	3.26	1.67	2.40	1.39	0.95	1.30	1.38	1.38	1.24	1.52

**Table 3** Sea depth, transparency, water temperature, salinity, dissolved oxygen (DO), dissolved inorganicnitrogen (DIN), phosphate-P (PO4-P) and chlorophyll-a (Chl-a) observed at each layer on August 30, 2006

.

.

.

.

ı

	· ···· · · · · · · · · · · · · · · · ·		- ( 1									
Station N	0.	А	$A_1$	$A_2$	$A_3$	В	B1	$B_2$	$B_3$	С	Cı	$C_2$
Latitude	N	34° 02.50'	34° 00.00'	33° 56.87'	33° 53.73'	33° 50.60'	33° 51.00'	33° 51.40'	33° 51.65'	33° 51.90'	33° 54.78'	33° 57.90'
Longitude	Е	131° 42.05'	131° 40.00'	131° 37.05'	131° 34.10'	131° 31.15'	131° 37.25'	131° 43.35'	131° 48.55'	131° 53.75'	131° 46.85'	131° 45.15'
Sea Depth	(m)	13.0	23.0	32.5	33.5	32.0	36.5	46.0	45.5	39.5	38.5	30.5
Transparency	7 (m)	4.0	8.5	5.5	7.0	10.0	7.0	6.0	7.0	11.0	10.0	9.0
	0m	14.58	15.79	15.66	16.03	15.45	15.23	16.12	16.50	16.80	16.50	15.77
	5	14.60	15.81	15.68	16.04	15.44	15.20	16.12	16.48	16.79	16.48	15.76
Water	10	14.63	15.81	15.68	16.04	15.43	15.20	16.11	16.47	16.79	16.46	15.73
Temperature	20		15.81	15.72	16.04	15.43	15.15	16.11	16.47	16.79	16.46	15.73
(°C)	30			15.76	16.04	15.43	15.15	16.10	16.47	16.80	16.47	
	40							16.10	16.50			
	B-1	14.66	15.82	15.76	16.04	15.43	15.16	16.12	16.53	16.80	16.47	15.75
	0m	32.08	32.53	32.47	32.62	32.35	32.37	32.63	32.74	32.84	32.76	32.52
	5	32.11	32.51	32.48	32.61	32.39	32.38	32.63	32.74	32.84	32.76	32.51
01.1	10	32.13	32.52	32.48	32.62	32.38	32.37	32.65	32.74	32.84	32.76	32.51
Salinity (psu)	20		32.53	32.50	32.62	32.39	32.36	32.65	32.75	32.85	32.77	32.51
(psu)	30			32.51	32.62	32.39	32.36	32.64	32.74	32.86	32.77	
	40							32.63	32.74			
	B-1	32.14	32.52	32.51	32.62	32.38	32.38	32.66	32.77	32.85	32.77	32.51
	$0 \mathrm{m}$	98.5	100.5	103.3	101.8	99.3	100.5	101.2	103.6	102.3	104.3	98.6
	5	95.7	104.4	103.3	99.8	103.0	101.9	99.8	105.5	103.4	98.9	99.6
DO	10	95.4	99.1	106.1	100.9	99.3	100.5	108.7	102.9	101.8	98.4	98.4
Saturation	20			105.8	101.1	101.4	99.1	100.9	100.7	100.9	99.3	98.6
(%)	30						97.7	99.5	103.2	102.3	112.1	
	40							106.4	101.1			
	B-1	96.2	100.4	100.5	101.2	100.7	105.4	103.7	98.9	102.9	98.2	100.2
	$0 \mathrm{m}$	9.62	4.42	3.14	3.61	2.87	3.21	3.50	4.08	5.29	4.32	3.10
	5	9.45	4.23	3.44	3.54	2.40	3.91	3.81	4.61	4.97	5.16	3.58
DIN	10	10.68	3.42	3.55	3.32	1.89	3.58	4.02	4.25	5.03	4.31	3.48
Concentration	20			3.12	3.01	2.56	3.89	3.88	4.28	5.13	4.31	3.34
$(\mu NI)$	30						3.29	4.03	4.21	4.34	4.97	
	40							3.86	4.32			
	<u>B-1</u>	9.26	4.14	2.77	4.05	2.15	3.51	3.80	4.35	4.55	4.48	3.83
	0m	0.34	0.34	0.35	0.41	0.34	0.40	0.39	0.42	0.47	0.44	0.36
	5 10	0.36	0.36	0.36	0.39	0.35	0.39	0.39	0.41	0.47	0.43	0.36
PO₄-P	10	0.35	0.36	0.30	0.37	0.34	0.38	0.38	0.41	0.48	0.43	0.39
$(\mu M)$	20			0.55	0.38	0.55	0.39	0.39	0.41	0.47	0.44	0.30
(Juli)	30 40						0.30	0.00	0.42	0.40	0.45	
		0.37	0.28	0.26	0.28	0.35	0.30	0.39	0.43	0.47	0.42	0.27
	0m	9.19	1 69	1 /12	1.97	1 71	1.54	1 19	1.54	1.69	1 55	1.90
	5	2.10	1.02	1.40 9.07	1.27	1.71	1.04	1.12	1.04	1.02	1.00 1.66	1.20
CLL	10	0.07 9.57	1.00	1.97	1.04	1.70	1.20	1.50	1.40 9.10	1.00 1.97	1.00	1.90 9.79
Unl-a Concentration	20	2.01	1.40	2.31	1.44	9.98	1.21	1.54	2.10 1 86	0.85	1 60	4.14 9.91
$(\mu \mathbf{g} \cdot \mathbf{L}^{-1})$	30			2.01	1.00	2.40	1.00	1.01	1.53	1.03	1.05	4.41
	40						1.21	1.51	1.21	1.00	1.40	
	B-1	3.01	1.65	1.45	1.25	2.09	1.35	1.32	1.27	1.12	2.11	1.95

**Table 4** Sea depth, transparency, water temperature, salinity, dissolved oxygen (DO), dissolved inorganic nitrogen (DIN), phosphate-P (PO<sub>4</sub>-P) and chlorophyll-a (Chl-a) observed at each layer on December 20, 2006

	0	Δ	Δ.	Δ.	Δ.	R		 R-		<u> </u>	C.	C-
		л 21°	24°		 	ப 	20°	22°	വും 3			
Latitude	N	02.50'	00.00'	56.87'	53.73'	50.60'	51.00'	51.40'	51.65'	51.90'	54.78'	57.90'
Longitude	Е	131° 42.05'	131° 40.00'	131° 37.05'	131° 34.10'	131° 31.15'	131° 37.25'	131° 43.35'	131° 48.55'	131° 53.75'	131° 46.85'	131° 45.15'
Sea Depth	(m)	11.5	20.5	30.0	32.5	29.5	36.5	46.0	47.0	42.0	41.5	31.0
Transparency	7 (m)	5.5	7.5	11.0	12.0	11.0	10.0	12.0	11.0	13.0	10.0	6.0
	0m	11.70	11.77	12.10	12.21	11.92	11.70	12.42	13.05	13.25	12.41	12.04
	5	11.42	11.77	12.10	12.23	11.92	11.73	12.42	13.05	13.25	12.41	12.04
Water	10	11.49	11.80	12.10	12.23	11.92	11.72	12.42	13.04	13.24	12.39	12.05
Temperature	20			12.10	12.23	11.92	11.76	12.42	13.05	13.25	12.40	12.05
(°C)	30				12.23		11.77	12.59	13.04	13.24	12.40	12.05
	40							12.61	13.02	13.23	12.40	
	B-1	11.56	11.82	12.09	12.23	11.92	11.80	12.61	13.00	13.23	12.40	12.05
	0m	32.38	32.68	32.77	32.80	32.71	32.64	32.90	33.12	33.16	32.96	32.69
	5	32.40	32.67	32.77	32.80	32.71	32.66	32.90	33.11	33.18	32.96	32.73
0.1: :-	10	32.55	32.69	32.78	32.80	32.70	32.67	32.90	33.12	33.17	32.96	32.74
(neu)	20			32.78	32.80	32.72	32.68	32.91	33.11	33.17	32.94	32.74
(psu)	30				32.79		32.68	32.95	33.11	33.18	32.94	32.75
	40							32.96	33.12	33.17	32.93	
	B-1	32.54	32.70	32.79	32.81	32.71	32.68	32.96	33.12	33.17	32.93	32.75
	$0 \mathrm{m}$	104.0	105.7	104.6	105.6	103.6	103.2	105.6	103.7	103.5	104.6	103.4
	5	101.6	105.8	104.6	106.1	103.3	103.4	106.4	104.7	103.7	106.4	104.4
DO	10		106.2	103.8	106.7	104.4	104.0	105.9	105.8	104.4	104.8	104.6
Saturation	20			105.6	107.7	106.3	104.1	105.8	105.0	106.5	108.2	104.2
(%)	30						103.6	107.9	102.7	106.4	105.9	
	40							103.0	104.7			
	B-1	101.1	105.5	105.4	108.8	106.2	103.4	105.3	103.3	103.0	106.3	103.9
	0m	9.16	2.26	1.82	2.14	2.64	2.32	2.62	3.86	3.27	1.34	2.97
	5	7.22	2.44	2.13	1.30	2.01	1.85	2.43	2.55	3.08	2.19	1.54
DIN	10		2.54	2.26	1.25	2.16	1.77	2.70	3.85	3.33	0.74	1.80
Concentration	20			2.45	1.78	2.29	2.71	2.44	2.97	3.18	1.45	2.51
$(\mu M)$	30						2.37	2.56	3.75	4.42	1.60	
	40							2.85	3.75			
	B-1	8.58	2.70	2.45	0.89	2.45	1.20	1.71	4.28	4.09	1.34	2.93
	0m	0.10	0.11	0.21	0.16	0.21	0.23	0.22	0.30	0.25	0.20	0.29
	5	0.07	0.12	0.25	0.17	0.18	0.25	0.21	0.30	0.35	0.22	0.22
PO <sub>4</sub> -P	10		0.16	0.22	0.20	0.20	0.25	0.24	0.30	0.34	0.24	0.23
Concentration	20			0.21	0.19	0.22	0.24	0.21	0.30	0.34	0.21	0.31
$(\mu M)$	30						0.25	0.26	0.31	0.36	0.23	
	40							0.25	0.29			
	B-1	0.12	0.14	0.20	0.17	0.21	0.25	0.21	0.34	0.35	0.20	0.23
	$0 \mathrm{m}$	3.74	2.94	1.34	1.57	1.49	1.67	1.99	1.67	2.61	3.94	2.98
	5	4.27	3.43	2.54	2.70	2.35	2.41	2.52	2.44	2.68	3.84	2.60
Chl-a	10		3.31	3.22	1.40	2.14	2.92	2.01	2.23	1.76	4.07	3.10
Concentration	20			1.95	2.41	2.63	2.46	2.00	2.11	2.16	3.97	2.63
(µg · L <sup>.1</sup> )	30						2.94	2.35	2.50	3.05	4.46	
	40							2.72	2.50			
	B-1	4.29	2.72	2.63	2.92	2.55	2.50	2.15	2.54	2.55	4.55	2.73

Table 5 Sea depth, transparency, water temperature, salinity, dissolved oxygen (DO), dissolved inorganic nitrogen (DIN), phosphate-P (PO<sub>4</sub>-P) and chlorophyll-a (Chl-a) observed at each layer on January 26, 2007

.

.

.

i u

.

.

# 山口県秋穂湾における水温の長期変動と気温の影響

# 和西昭仁

# Long-term Variation of Surface Water Temperature at Aio Bay in Yamaguchi Prefecture, in Relation to the Influence of Air Temperature

# Akihito Wanishi

Long-term variation of surface water temperature at Yamaguchi Fishing Port located in the inner part of Aio Bay in Yamaguchi prefecture was statistically analyzed using the daily measured data (at 9 a.m.) for the past 27 years from 1980 to 2006. Annual average of surface water temperature showed a rising trend, and the rate was estimated  $0.041^{\circ}$  per year or  $1.1^{\circ}$  for 27 years. Air temperature during the same period also showed a rising trend, and the rate was more rapid than that of water temperature and was estimated  $0.061^{\circ}$  per year or  $1.6^{\circ}$  for 27 years. Statistical analysis revealed that water temperature varied synchronously with air temperature, suggesting that each phenomenon correlated closely. Because of the elucidation for the influence of the rise in water temperature upon the marine organisms, we should make thorough investigations continuously.

Key words : Water temperature; long-term variation; air temperature; Aio Bay

山口県の周防灘海域では,浅海定線調査のデータを 解析した結果,最近の30年間に海水温が約0.7℃上昇 し,特に冬季の水温上昇が著しいことが指摘されてい る<sup>1)</sup>。最近では,水温上昇が海洋生物に与えている影 響の評価が重要課題となっており,広島湾では出現魚 類の調査結果から,このまま温暖化が進行すれば,暖 海性や外海性の魚類がさらに出現し,生態系の大きな 変化を招くようになるだろうと危惧されている<sup>2)</sup>。事 実,周防灘では数年前から暖海性のエイであるナルト ビエイ Aetobatus flagellum (Bloch and Schneider) が頻繁に出現するようになり,貝類が大量に捕食され たり,漁具が破損するなど,水温上昇が一要因と考え られる現象が見られるようになった。

山口県水産研究センター内海研究部は,山口県の瀬 戸内海側の中程に位置する秋穂湾に面しており,湾奥 部の山口漁港において,水温を始めとする海洋定地観 測を日々継続してきた。同様の観測は全国の研究機関 などで実施されているが,その継続にあたっては地道 な努力の積み重ねの上に成り立っており,地球温暖化 に対する関心が高まっている中,その重要性があらた めて認識されるようになった。

そこで本報では、山口県秋穂湾における日々の観測 結果のうち、すでにデータが入力されている1980年1 月1日から2006年12月31日までの27年間における水温 の変動傾向などを解析し、その要因についても若干検 討したので報告する。

## 材料および方法

測定場所および方法 水温の測定は,秋穂湾にある 山口漁港の突堤先端部(図1,34°00′29″N,131°24′ 46″E)で行った。秋穂湾は,山口県の瀬戸内海側のほ ぽ中央部に位置しており,湾口部の幅は約2km,奥行 きは約3kmの小湾で,水深は湾口の最深部でも約10m, 山口漁港はその湾奥部の西岸に位置している。測定時 刻は原則として毎日午前9時とし,突堤から約1m沖 の表層水を1リットルのポリ容器で採水した後,気温 などの影響を受けないよう留意しながら,棒状二重管 温度計(0~50℃,1/5目盛)を用いて速やかに測温し た。測定場所における水深は,満潮時で概ね4~5m, 干潮時で概ね1~3mであった。気温は,山口漁港に 隣接する山口県水産研究センター内海研究部(旧山口 県内海水産試験場)において,午前9時に棒状温度計 (-20~50℃,1/2目盛)によって測定した。



Fig. 1 Maps showing the monitoring stations. Yamaguchi Fishing Port (closed star) and Yamaguchi Fisheries Research Center (open star) were the monitoring stations for daily measurement (at 9 a.m.) of surface water temperature and air temperature, respectively. 対象期間およびデータ集計 1980年1月1日から 2006年12月31日までの27年間(のべ324ヶ月間,9,862 日間)に観測された表層水温(以下「水温」)のデータを 対象とした。この期間中,1日または2日間にわたる 欠測日が何回かあったが,前後の観測値から平均値を 求めてデータを補間し,水温の基本データセットとし た。毎日の気温についても,水温と同期間におけるデー タを同様の手法で整理し,基本データセットとした。

2

水温および気温の毎日の観測値について、324ヶ月 それぞれの旬の平均値(各旬平均値)および月の平均値 (各月平均値)を求め、各年の各月平均値を平均して各 年平均値とした。また、1月1日から12月31日までの 日ごとの27年間の平均値(日平年値)、各旬平均値の27 年間の平均値(旬平年値)および各月平均値の27年間の 平均値(月平年値)を算出した。

さらに、1年以下の周期の変動成分を除去するため、 毎日の観測値に対する366日間移動平均値、各月平均 値に対する12ヶ月間移動平均値も合わせて求めた。さ らに、水温と気温それぞれについて、各月の平年偏差 を標準偏差で除して、標準化した平年偏差を算出し、 その12ヶ月間移動平均値を求めた。

曲線による近似 毎日の水温について,年内の変動 パターンを模式的に表すため,以下の式(1)を採用し た<sup>3)</sup>。

 $WT_d = a + b \cdot \cos\left(d \cdot 2\pi \cdot 365^{\cdot 1}\right)$ 

 $+c\cdot\sin\left(d\cdot 2\pi\cdot 365^{-1}\right) \quad (1)$ 

この式では、水温の年変動の振幅を求めるために1 年周期を与えて、平均二乗誤差が最少になるようにそ れぞれの年の係数を決定した。ここで、aは年平均水 温に相当し、bおよびcは余弦および正弦に係る振幅、 dはユリウス日数である。

#### 結 果

水温の推移状況 毎日の水温は図2(a・折線)のと おりで、27年間の最低値は4.0℃(1984年2月9日), 最高値は31.0℃(2001年8月4日)であった。水温は短 期的な上昇や下降を伴いながら推移し、前日比(絶対 値)が1℃以上であったのはのべ1,884日(全データ中 19.1%), 2℃以上はのべ218日(全データ中2.2%), 3℃以上はのべ26日(全データ中0.3%)であった。

毎日の水温を年ごとに式(1)で近似し,毎日の水温 と併せて示すと(図2(a・曲線)),各年とも水温の推 移を比較的うまく表していたが,時折,誤差が大きく なる時期が見られた。特に6月中旬から7月中旬にか けては, 観測値が計算値よりも0.6~1.2℃低め(旬ご との平均値), 逆に8月上旬から9月上旬にかけては 0.7~0.8℃高め(同)に得られる傾向があった。

水温の各旬平均値は図2(b·実線)のとおり推移し, 27年間の最低値は5.0℃(1984年2月上旬),最高値は 29.9℃(1990年8月上旬)であった。水温の各月平均値 は図2(b·黒丸)のとおり推移し,27年間の最低値は 5.9℃(1984年2月),最高値は29.0℃(1990年8月)で あった。

冬季を1~3月,春季を4~6月,夏季を7~9月, 秋季を10~12月とした場合,各季の年ごとの平均水温 は図3のように推移した。春季(r=0.50(p<0.01))と秋 季(r=0.56(p<0.01))では有意な上昇傾向が認められた。 夏季(r=0.35)は異常に低水温であった1993年(23.6℃) が突出して低いが、この年を除けば上昇傾向が認めら れた(r=0.42(p<0.05))。冬季(r=0.36)については、19 86年から1987年にかけて急激な上昇が見られ、1980年 から1986年までの7年間(6.8~8.6℃)に対して1987年 から2006年までの20年間(8.1~10.0℃)は、水温の平 均値が1.1℃高めにシフトした。しかし、両期間の平 均水温に有意な差は認められなかった(F検定)。



Fig. 2 Time series of surface water temperature at Aio Bay from 1980 to 2006.

(a) Daily measured temperature (notched lines) and its approximate values ( $WT_d$ , sine curves) of each year expressed as:  $WT_d = a + b \cdot \cos(d \cdot 2\pi \cdot 365^{-1}) + c \cdot \sin(d \cdot 2\pi \cdot 365^{-1})$  where *a* is annual average, *b* and *c* are coefficients for amplitude and *d* is Julian day number.

(b) Average temperature every 10 days (thin line) and average temperature at each month (closed circles).



Fig. 3 Changes in average surface water temperature of each season at Aio Bay from 1980 to 2006. Winter, Spring, Summer and Autumn denote the months from January to March, from April to June, from July to September and from October to December, respectively.

366日間移動平均水温は,数年周期のやや大きな変 動を伴いながら,全体として上昇傾向にあった(図4 (a))。その回帰直線からは,1年間に0.040℃(27年間 に1.1℃)の水温上昇が認められた。また,12ヶ月間移 動平均水温も,数年周期のやや大きな変動を伴いなが ら,全体として上昇傾向にあった(図4(b))。その回 帰直線からは,1年間に0.040℃(27年間に1.1℃)の水 温上昇が認められた。

年平均水温(図4(c))は16.2℃(1981年)から18.3℃ (2004年)までの範囲にあり、27年間を通じた平均水温 は17.2℃であった。年平均水温の回帰直線からは、1 年間に0.041℃(27年間に1.1℃)の有意な水温上昇が認 められた(r=0.62(p<0.01))。



Fig. 4 Changes in surface water temperature at Aio Bay from 1980 to 2006.

(a) 366 days running mean of daily temperature (thin line) and its approximate line (thick line).

(b) 12 months running mean of average temperature at each month (thin line) and its approximate line (thick line).

(c) Annual average temperature (thin line) and its approximate line (thick line).

水温の日平年値は表1のとおりであり、2月4日に 最低値(7.4℃)、8月10日に最高値(27.7℃)となった。 日平年値( $WT_D$ )を近似的に表すと式(2)のとおりで あった。なお、この式においてDは1月1日を0と する日数である。

 $WT_{D} = 17.2 - 7.27 \cdot \cos(D \cdot 2\pi \cdot 365^{-1})$  $-6.03 \cdot \sin(D \cdot 2\pi \cdot 365^{-1})$ (2)

Table 1Averages of surface water temperatureof each day at Aio Bay from 1980 to 2006

2

,

ź

						Mo	nth					
Day	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1	9.6	7.7	8.7	11.3	16.1	19.9	23.0	27.1	26.8	23.1	18.4	13.7
<b>2</b>	9.5	7.7	8.7	11.4	16.2	19.9	23.2	27.0	26.8	23.2	18.1	13.3
3	9.4	7.5	8.7	11.7	16.1	20.0	23.7	27.2	26.8	23.3	18.2	13.2
4	9.5	7.4	8.7	12.0	16.2	20.4	23.6	27.1	26.8	23.1	18.0	13.0
5	9.2	7.5	8.8	12.2	16.5	20.6	23.7	27.3	26.6	22.9	18.1	13.0
6	9.0	7.7	9.0	12.6	16.9	21.1	23.5	27.4	26.4	22.8	17.9	12.6
7	9.0	7.8	9.1	12.5	16.8	21.3	23.8	27.5	26.1	22.3	17.9	12.6
8	8.9	7.7	9.1	12.7	16.9	21.3	24.1	27.6	26.2	22.0	17.8	12.6
9	8.8	7.8	9.1	12.8	17.1	21.3	24.3	27.6	26.2	21.9	17.5	12.5
10	8.9	7.7	9.3	12.9	17.4	21.2	24.6	27.7	26.0	21.7	17.2	12.4
11	8.8	7.8	9.5	12.9	17.4	21.4	24.6	27.5	25.9	21.7	17.0	12.3
12	8.7	7.9	9.5	13.1	17.5	21.6	24.6	27.6	25.6	21.8	17.0	11.9
13	8.6	7.9	9.6	13.2	18.0	21.6	24.8	27.3	25.4	21.8	16.6	11.8
14	8.5	8.0	9.8	13.1	17.8	21.9	24.6	27.2	25.3	21.7	16.5	11.5
15	8.3	8.1	10.0	13.4	17.5	21.8	24.9	27.4	25.4	21.5	16.2	11.4
16	8.6	8.2	9.9	13.6	17.3	22.0	25.2	27.6	25.2	21.2	16.2	11.2
17	8.4	8.1	10.1	13.6	17.7	22.3	25.0	27.6	25.2	21.0	16.0	11.2
18	8.5	8.2	10.1	14.1	17.5	22.5	25.2	27.5	25.0	20.8	15.8	11.0
19	8.5	8.2	10.2	14.3	18.0	22.4	25.3	27.2	25.0	20.6	15.5	10.8
20	8.3	8.3	10.4	14.3	18.1	22.4	25.9	27.4	24.8	20.4	15.5	10.8
21	8.3	8.4	10.5	14.3	18.1	22.6	26.4	27.5	24.7	20.2	15.3	10.7
22	8.1	8.5	10.6	14.4	18.4	22.5	26.2	27.4	24.5	20.1	15.0	10.6
23	8.1	8.4	10.7	14.7	18.5	22.6	26.4	27.1	24.3	19.8	15.0	10.5
24	7.8	8.4	10.8	14.8	18.9	22.5	26.4	27.1	24.3	19.4	14.8	10.4
25	7.8	8.4	10.7	14.8	19.0	22.7	26.5	27.3	24.0	19.4	14.6	10.2
26	7.8	8.5	10.9	15.0	19.0	22.9	26.6	27.3	23.9	19.3	14.6	10.1
27	7.9	8.4	10.9	15.2	18.9	22.8	26.6	27.2	23.7	19.0	14.1	9.9
28	7.9	8.5	11.1	15.6	19.0	22.9	27.0	27.0	23.7	18.9	14.2	9.9
29	7.8	8.6	11.3	15.6	19.3	22.9	27.1	26.9	23.5	18.8	14.1	9.6
30	7.8		11.2	16.0	19.5	23.1	27.1	27.1	23.0	18.8	14.0	9.5
31	7.7		11.4		19.6		27.1	27.0		18.7		9.7

水温の旬平年値および月平年値は表2のとおりであっ た。旬平年値は2月上旬に最低値(7.6℃),8月中旬 に最高値(27.4℃)となった。月平年値は2月に最低値 (8.0℃),8月に最高値(27.3℃)となり,上昇の著し い4~6月には1ヶ月あたり4℃以上上昇し,下降の 著しい9~12月には1ヶ月あたり4℃以上下降した。

Table 2Monthly and 1st to 3rd every ten daysaverages of surface water temperature at AioBay from 1980 to 2006

Mandh		da	ys		 M		da	ıys	
Month	Total	1-10	11-20	21-	- Month	Total	1-10	11-20	21-
Jan.	8.5	9.2	8.5	7.9	Jul.	25.2	23.7	25.0	26.7
Feb.	8.0	7.6	8.1	8.5	Aug.	27.3	27.3	27.4	27.2
Mar.	10.0	8.9	9.9	10.9	Sep.	25.2	26.5	25.3	23.9
Apr.	13.6	12.2	13.6	15.0	Oct.	21.0	22.6	21.3	19.3
May	17.8	16.6	17.7	18.9	Nov.	16.2	17.9	16.2	14.6
Jun.	21.8	20.7	22.0	22.7	Dec.	11.4	12.9	11.4	10.1

気温の推移状況 毎日の気温は図5(a)のとおりで, 27年間の最低値は-6.1℃(1991年2月23日),最高値 は32.3℃(1994年7月23日)であった。気温は水温より もはるかに激しいスパイク状の短期変動を伴いながら 推移し,前日比(絶対値)が3℃以上であったのはのべ 1,821日(全データ中18.5%),5℃以上がのべ447日



Fig. 5 Time series of air temperature at Aio Bay from 1980 to 2006. (a) Daily measured temperature. (b) Average temperature every 10 days (thin line) and average temperature at each month (closed circles).

(全データ中4.5%), 7℃以上がのべ108日(全データ 中1.1%)であった。

気温の各旬平均値は図5(b·実線)のとおり推移し, 27年間の最低値は0.5℃(1984年2月上旬),最高値は 29.9℃(1994年8月上旬)であった。気温の各月平均値 は図5(b·黒丸)のとおり推移し,27年間の最低値は 1.9℃(1984年1月),最高値は29.1℃(1994年8月)で あった。

366日間移動平均水温は、水温の場合と同様に、数 年周期のやや大きな変動を伴いながら、全体として上 昇傾向にあった(図 6 (a))。その回帰直線からは、1 年間に0.061°C(27年間に1.7°C)の気温上昇が認められ た。また、12r月間移動平均気温も、数年周期のやや 大きな変動を伴いながら、全体として上昇傾向にあっ た(図 6 (b))。その回帰直線からは、1年間に0.061°C (27年間に1.7°C)の気温上昇が認められた。

年平均気温(図6(c))は14.6℃(1980年)から16.9℃ (1998年)までの範囲にあり、27年間を通じた平均気温 は15.7℃であった。平均気温の回帰直線からは、1年 間に0.061℃(27年間に1.6℃)の有意な気温上昇が認め られた(r=0.76(p<0.01))。





(a) 366 days running mean of daily temperature (thin line) and its approximate line (thick line).

(b) 12 months running mean of average temperature at each month (thin line) and its approximate line (thick line).

(c) Annual average temperature (thin line) and its approximate line (thick line).

気温の日平年値は表3のとおりであり、2月3日に 最低値(3.3℃)、8月16日に最高値(28.0℃)となった。 日平年値( $AT_{D}$ )を近似的に表すと式(2)のとおりであっ た。なお、この式においてDは1月1日を0とする 日数である。

 $AT_{D} = 15.8 - 9.89 \cdot \cos(D \cdot 2\pi \cdot 365^{-1})$  $-5.35 \cdot \sin(D \cdot 2\pi \cdot 365^{-1})$ (3)

Table 3Averages of air temperature of each dayat Aio Bay from 1980 to 2006

D						Mo	nth					
Day	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1	5.0	3.9	7.5	10.8	16.8	20.5	23.6	27.5	26.2	21.6	14.9	9.0
2	4.8	3.7	6.4	11.3	17.4	20.2	23.7	27.6	26.7	21.9	14.5	9.1
3	6.3	3.3	6.6	11.8	16.4	21.0	24.4	27.7	26.6	21.4	14.3	8.3
4	5.8	3.7	6.3	12.2	16.8	21.4	24.5	27.8	26.3	20.6	14.5	8.3
<b>5</b>	4.2	4.7	7.7	12.6	17.3	21.5	24.8	27.7	25.6	20.9	15.5	8.6
6	4.6	4.4	7.3	12.9	17.9	21.9	24.2	27.8	25.4	20.3	15.0	7.9
7	5.2	4.7	7.6	12.9	17.4	21.8	24.5	27.8	25.4	19.8	15.4	7.7
8	5.1	4.7	7.1	13.4	17.7	21.5	24.9	27.8	26.0	20.0	14.4	8.1
9	4.5	4.6	7.1	13.3	18.1	21.8	25.2	27.8	25.4	19.8	13.9	7.6
10	4.8	4.8	8.0	13.4	18.1	21.5	25.6	27.6	24.7	19.9	13.6	7.5
11	5.2	4.4	8.1	13.5	18.0	22.3	25.4	27.9	25.2	20.2	14.2	7.7
12	4.5	5.4	7.8	13.4	18.0	21.9	25.3	27.5	24.6	20.3	14.5	6.7
13	4.3	4.6	8.1	13.8	18.9	21.9	25.6	27.9	24.2	20.7	13.0	6.5
14	4.6	5.9	8.8	13.5	18.5	22.0	25.7	27.4	24.4	19.5	12.6	6.8
15	4.1	5.7	9.4	13.8	18.0	21.9	25.9	27.6	23.9	19.5	13.0	6.5
16	4.4	6.1	8.8	14.2	17.8	22.3	26.1	28.0	24.3	18.9	12.5	5.9
17	4.8	5.2	9.4	14.1	18.5	22.6	25.8	27.9	24.0	18.2	12.0	7.0
18	4.9	5.6	9.4	15.2	18.1	22.6	26.2	27.6	24.0	18.0	11.5	5.7
19	4.2	6.2	9.6	14.7	18.9	23.2	26.0	27.7	23.8	18.0	11.5	6.3
20	4.1	5.5	9.5	15.2	18.8	22.8	26.6	27.5	23.5	17.6	12.1	5.7
21	4.5	6.0	9.8	14.6	18.9	22.7	27.1	27.5	23.4	17.2	11.5	6.6
22	3.5	5.6	9.8	15.0	19.0	22.5	27.4	27.5	22.8	17.6	10.5	6.3
23	4.4	6.2	10.3	15.5	19.2	22.4	27.7	27.0	22.3	16.8	10.8	5.9
24	3.8	6.4	10.2	15.5	19.7	22.8	27.1	26.8	22.3	16.5	10.7	5.7
25	3.9	5.5	9.6	15.2	19.9	22.7	27.2	27.4	22.2	16.6	10.9	5.9
26	3.7	5.7	10.4	15.7	19.7	23.5	26.9	27.2	22.2	15.8	10.8	5.8
27	4.0	5.7	10.1	16.1	19.6	23.6	26.8	26.8	21.9	16.0	10.9	5.1
28	3.5	6.2	10.5	16.5	19.6	23.3	27.6	26.9	21.3	15.9	10.3	4.8
29	3.5	6.7	10.7	16.5	20.1	23.7	27.6	27.1	21.5	16.5	9.7	4.3
30	4.7		11.2	16.6	20.2	23.9	27.5	26.8	21.4	15.7	9.6	4.8
31	3.8		11.2		20.6		27.6	27.0		15.1		5.4

気温の旬平年値および月平年値は表4のとおりであっ た。旬平年値は1月下旬に最低値( $(3.9^{\circ})$ ), 8月上旬 および中旬に最高値( $(27.7^{\circ})$ )となった。月平年値は1 月に最低値( $(4.5^{\circ})$ ), 8月に最高値( $(27.5^{\circ})$ )となり, 上昇の著しい3~5月には1ヶ月あたり4 $^{\circ}$ 以上上昇 し,下降の著しい9~12月には1ヶ月あたり5 $^{\circ}$ 以上 下降した。 Table 4Monthly and 1st to 3rd every ten daysaverages of surface water temperature at AioBay from 1980 to 2006

M		d٤	iys				da	iys	
Month	Total	1-10	11-20	21-	- Month	Total	1-10	11-20	21-
Jan.	4.5	5.0	4.5	3.9	Jul.	25.9	24.5	25.9	27.3
Feb.	5.2	4.3	5.5	5.9	Aug.	27.5	27.7	27.7	27.1
Mar.	8.8	7.2	8.9	10.3	Sep.	24.1	25.8	24.2	22.1
Apr.	14.1	12.5	14.1	15.7	Oct.	18.7	20.6	19.1	16.3
May	18.5	17.4	18.4	19.7	Nov.	12.6	14.6	12.7	10.6
Jun.	22.3	21.3	22.4	23.1	Dec.	6.7	8.2	6.5	5.5

水温と気温の比較 水温と気温それぞれについて、 標準化された平年偏差の推移を比較すると図7が得ら れた。両者の間には良好な正の相関(r=0.89(p<0.01)) が認められた。両者の極小値や極大値の出現時期はよ く一致しており、1990年代の半ばには振幅が増大した。 いずれも数年周期の大きな変動を伴っており、全体と して上昇傾向にあった。また、水温と気温の各月平均 値および各年平均値を比較すると、両者間にはいずれ も高い正の相関が認められた(それぞれ r=0.98 (p<0.01)および r=0.91(p<0.01))。



Fig. 7 Changes in 12 months running mean of normalized anomaly for monthly averages from 1980 to 2006. Thick line, water temperature at Aio Bay; Thin line, air temperature at Aio Bay.

さらに, 水温および気温の日平均値の近似曲線を比 較すると図8が得られた。水温は2月10日に最低値(7. 8℃), 8月11日に最高値(26.7℃)となり, 気温は1月 30日に最低値(4.6℃), 7月30日に最高値(27.0℃)と なった。水温の最低値は気温のそれよりも11日遅れて 現れ, 水温の最高値は気温のそれよりも12日遅れて現 れた。



Fig. 8 Comparison between the approximate value curves of average surface water temperature ( $WT_D$ , thick line) and average air temperature ( $AT_D$ , thin line) at Aio Bay. Triangles and circles represent minimum and maximum values, respectively. D, elapsed days from the 1st of January.

#### 考 察

秋穂湾における水温と気温は、平年偏差の長期的な 変動傾向(図7),各月平均値や各年平均値の関連性な どを比較した結果、その結びつきが極めて強固で、気 温が水温に先行して推移していることが確認された (図8)。これに関連して、1983年および1984年の秋穂 湾での定地観測結果について、重回帰分析を用いて水 温と各項目との関連性を解析したところ、やはり気温 (特に最高気温)との関連が極めて大きいことが明らか にされている<sup>4)</sup>。周防灘の水温を周防灘沿岸の気温と 比較した結果<sup>1)</sup>とも同様であった。

秋穂湾における水温の上昇率は、366日間移動平均 水温または12ヶ月移動平均水温の推移から計算すると いずれも0.040℃/年(27年間に1.1℃)、各年平均値の 推移から計算すると0.041℃/年(27年間に1.1℃)であっ た。これらは山口県周防灘海域における1972年~2003 年の上昇率0.024℃/年<sup>11</sup>と比べて高かった。季節ごと の平均水温について、春季および秋季では有意な上昇 傾向が認められた。冬季は1986年までの7年間と1987 年以降の20年間とを比較した結果、平均水温が約1 ℃高めにシフトするという特徴が見られた。両期間に おける平均値の比較では有意な差が認められなかった が、この水温のシフト時期に、周防灘ではアサリの漁 獲量が急激に減少しており、今後もう少し詳しくデー タを解析して、漁業生産との関連を精査してみる必要 がある。

一方,秋穂湾沿岸の気温の上昇率は,366日間移動 平均気温または12ヶ月移動平均気温の推移から計算す るといずれも0.061℃/年(27年間に1.7℃),各年平均 値の推移から計算すると0.061℃/年(27年間に1.6℃) であった。これらは山口県下関市における1972年~ 2003年の上昇率0.061℃/年<sup>1)</sup>と同等であった。

以上のことから,秋穂湾における水温の上昇率は気 温のそれの約3分の2ではあるものの,非常に早いペー スで上昇していることが判った。もしこのまま温暖化 現象が進行し続け,気温がさらに上昇すれば,水温の 上昇傾向も継続することは間違いない。

近年の周防灘における特異現象の一つに、ナルトビ エイが毎年のように出現するようになったことが挙げ られる。本種は温帯から熱帯の沿岸域に生息するエイ の一種であり<sup>5)</sup>, 17℃以上の水温帯を好むと考えられ ている<sup>6)</sup>。山口県水産研究センターが周防灘における 本種の出現状況を関係漁業者から聞き取ったところ、 2006年の場合は5月から出現し始め、11月になると姿 を見なくなったとの情報が得られた。2006年の秋穂湾 における水温データを参照すると、17℃以上になった のは5月1日(17.0℃)、17℃を下回ったのは11月16日 (16.7℃)であり、ナルトビエイの出現時期とよく一致 した。また、各年における水温17℃以上の日数は、年 とともに増加傾向にあり(r=0.52(p<0.01)),その回帰 直線から計算すると27年間に21日間も増加した。水温 の上昇はナルトビエイが来遊するようになった主な要 因の一つであると考えられ、今後温暖化の進行によっ て17℃以上になる日数が増えると、ナルトビエイが留 まることのできる期間も増加すると予想される。また、 日々の水温をモニターすることによって、ナルトビエ イの来遊時期などが推測できるであろう。



Fig. 9 Change in days when surface water temperature was 17°C or higher at each year at Aio Bay from 1980 to 2006.

全体的に水温が上昇する中,強力な寒波などの影響 で短期間に水温が急低下する事例もあった。27年間で 各旬平均値が最低(5.0℃)となった1984年2月上旬の 前後は、周防灘が記録的な低水温に曝された時期であ り<sup>4)</sup>,同年2月に周防灘の22調査点で行われた浅海定 線調査の結果でも4.2℃から8.8℃の範囲であった<sup>7)</sup>。 この時期には、クロダイやエソ類などがへい死する現 象が見られたり、春のカレイ類やコウイカなどの漁期 が2旬から4旬遅れたり、漁獲物のサイズや量が減少 したことなどが報告されている<sup>4)</sup>。

こうした水温の異常な状態が海洋生態系に与える影響やメカニズムは十分に解明されていないが,魚類も 変温動物である以上,わずかの水温変動と言えどもそ の影響は無視できないのではなかろうか。海洋は地上 に比べるとその環境ははるかに安定している。本調査 でも,温度の変動は,年間,月間,日間いずれも水温 のほうが小さいことが示されている。そのような安定 した環境に生息している海洋生物は,わずかな水温変 動に対しても大きな影響を受ける。最近では,2007年 8月,沖縄県石垣島周辺海域において,水温が平年よ りも高い30℃以上の状態(水深2mにおける日平均水 温)が約1ヶ月間続いたため,サンゴに死をもたらす 白化現象が発生している(西海区水産研究所ホームペー ジ)。

今回,27年間にわたる観測データを整理して,水温 や気温の上昇傾向,すなわち温暖化傾向があらためて 明らかになった。温暖化に対する対策は,二酸化炭素 の排出量削減を始めとして,年々その重要性や緊急性 が声高に叫ばれるようになっており,今や各自が意識 的に取り組むべき時代となった。これまでの環境変動 を振り返るだけでなく,温暖化対策の効果を監視し, その次の対策へフィードバックする観点からも,これ から先,海洋や気象のモニタリングが継続される意義 は極めて大きいし,その成果に期待する。

## 要 約

- 1 秋穂湾における毎日の水温は、短期的な上昇や下 降を伴いながら、4.0℃から31.0℃の範囲で推移し た。
- 2 水温の月平年値は8.0℃(2月)から27.3℃(8月) の範囲にあった。
- 3 年平均水温は16.2℃から18.3℃の範囲で推移し、 上昇率は0.041℃/年(27年間に1.1℃)と算出された。
- 4 各季の水温は、春季や秋季に有意な上昇傾向が認 められ、冬季については1986年から1987年にかけて

急激な上昇が見られた。

- 5 秋穂湾周辺における毎日の気温(午前9時)は、水 温よりも激しいスパイク状の短期変動を伴いながら、 -6.1~32.3℃の範囲で推移した。
- 6 気温の月平年値は4.5℃(1月)から27.5℃(8月) の範囲にあった。
- 7 年平均気温は14.6℃から16.9℃の範囲で推移し、 上昇率は0.061℃/年(27年間に1.6℃)と算出された。
- 8 秋穂湾の水温と気温は密接に関連しており、気温 が水温に先行して推移した。

#### 辞

謝

本報をまとめるにあたり,丁寧な指導と助言をいた だいた桃山和夫博士(前山口県水産研究センター内海 研究部長),貴重な情報と助言をいただいた澁野拓郎 博士(西海区水産研究所石垣支所)に深く感謝の意を表 します。

.

#### 文 献

- 和西昭仁(2004):山口県周防灘海域における最近 30年間の水温変動、山口県水産研究センター研究 報告, 2, 1-6.
- 2) 重田利拓·吉川浩二·薄 浩則·石津敏之·徳村 守 (2003):広島湾における暖海性魚類の出現とこれ に伴う新たな問題.水産海洋研究, 67(4), 261-277.
- 3) 友定 彰(1984):日本周辺の水温変動-水産にお ける定線観測から-.資源,218,49-61.
- 4) 吉岡貞範・高山繁昭(1986):昭和58年度冬期の周 防灘海域における低水温現象について、山口県内 海水産試験場報告,14.31-44.
- 5) 中坊徹次(1993):日本産魚類検索-全種の同定-. 東海大学出版会,東京,1474pp.
- 6) Yamaguchi, A., I. Kawahara and S. Ito (2005) : Occurence, growth and food of longheaded eagle ray, Aetobatus flagellum, in Ariake Sound, Kyushu, Japan . Environmental Biology of Fishes, 74, 229-238.
- 7) 吉岡貞範・高山繁昭・竹本憲治郎(1985):浅海定 線調査(昭和57年度・58年度).山口県内海水産試 験場報告,13.187-212.

# 日本海南西山口県沿岸域における ケンサキイカの漁況予測

# 河野光久

# Catch Forecasts of *Photololigo edulis* in Coastal Waters off Yamaguchi Prefecture in the Southwestern Japan Sea

# Mitsuhisa Kawano

The purpose of this study is to investigate the fluctuations of the catch of *Photololigo eduslis* in coastal waters off Yamaguchi prefecture in the southwestern Japan Sea and to develop the methods that can forecast the catch. The catch was in a relatively high level in 1982-1986. Then the catch has fluctuated widely and the population structure of the squid has changed since the 1987's oceanic regime shift, suggesting that water temperature would influence on the long term change in the catch. Multiple regression analyses showed that water temperatures during the spawning to early developmental stages and the catch before or early the fishing season were useful factors to forecast the catch.

Key words : Photololigo edulis; Forecast; Catch; Southwestern Japan Sea

ケンサキイカ Photololigo edulis は日本海南西山口 県沿岸域では主にいか釣りで漁獲される重要魚種であ る。本種の資源は近年低水準にあり<sup>11</sup>,特に春の漁況 が著しく悪化している<sup>21</sup>ことから,漁業者から漁況変 動要因の解明と漁況予測の実施が求められている<sup>31</sup>。

日本海南西海域における本種の漁獲量変動要因につ いては、これまでは主に1980年代半ば以前の漁獲統計 資料等に基づいて、漁期前や産卵期の水温が高いと漁 獲量が多くなる傾向があること<sup>4,5)</sup>やカタクチイワシ の卓越期に秋漁型、マイワシの卓越期に春漁型になる こと<sup>6)</sup>などが明らかにされている。しかし、1987年以 降は春漁型と秋漁型の交替現象が不明瞭になってお り<sup>7)</sup>、水温と漁況との関係についても冬~春季を中心 として水温が上昇している<sup>8)</sup>にもかかわらず春漁の不 漁が続いている<sup>2)</sup>ことから、過去に得られた知見をそ のまま漁況予測に適用することができなくなっている。 そこで本研究は、本種の漁況予測手法の開発を目的 として、山口県水産研究センターが1982年以降収集し ている本種の漁獲統計資料および水温のデータを解析 した。その結果、本種の漁況変動の特徴を明らかにす るとともに、重回帰式を用いた漁況予測手法を提示す る。

#### 材料および方法

解析に用いた漁獲統計資料は、1982~2006年の山口 県漁協川尻支店および大井湊支店(Fig.1,以下,代 表2港という。)におけるいか釣りによるケンサキイ カの月別漁獲量である。まず,漁獲量の経年変化を明 らかにするために,代表2港の合計漁獲量の経年変化 を調べるとともに,季節群毎の漁獲量の経年変化につ いても調べた。季節群の分離にあたっては、河野<sup>7)</sup>に 従い、代表2港の1~7月の合計漁獲量を春夏成熟群 の漁獲量、8~12月の合計漁獲量を秋未熟群の漁獲量 とみなした。次に、漁獲量の経月変化の特徴を明らか にするために、経年変化の解析で分けられた3つの期 間(高水準安定期、変動期、低水準期)毎に代表2港 合計漁獲量の月別平均値を算出し、その経月変化につ いて調べた。



Fig. 1 Survey area for catch analysis of *Photololigo edulis*. Star marks (A,B) show the hydrographic observation stations. Closed circles show the two major fishing ports where monthly catch records were collected.

漁況予測手法の検討にあたっては,漁期を冬漁期 (1~3月),春漁期(4~6月),夏漁期(7~8月), 秋漁期(9~11月)の4つに分け,1987~2006年各漁 期の代表2港合計漁獲量を目的変数として重回帰式に より説明することを試みた。1987年以降のデータを用 いたのは、1986年までは春夏成熟群と秋未熟群が交替 して漁獲されたのに対し、1987年以降は両者が似たよ うな経年変動を示した")ことから、1987年以降季節群 の変動様式がそれまでとは異なっていると考えられる からである。各漁期の目的変数に対する説明変数は、 次のとおりとした。冬漁期漁獲量については、前年12 月の代表2港合計漁獲量を加入量の指標,前年2月の 萩沿岸域(Fig.1, A)表面水温を発育初期の環境の 指標とみなして説明変数とした。春漁期漁獲量につい ては、3月の代表2港合計漁獲量を加入量の指標、前 年3月の萩沿岸域表面水温を産卵~発育初期の環境の 指標とみなして説明変数とした。夏漁期漁獲量につい ては、7月の代表2港合計漁獲量を加入量の指標、前 年8月の川尻北西沖(Fig.1, B)の50m深水温を産 卵~発育初期の環境の指標とみなして説明変数とした。
秋漁期漁獲量については4~7月の代表2港合計漁獲量を親魚量の指標,4月の萩沿岸域表面水温を産卵期の環境の指標とみなして説明変数とした。

#### 結 果

#### 漁獲量の経年および経月変化

代表2港合計漁獲量は(Fig.2), 1982~1986年に は400トン前後と比較的高い水準で安定していた。し かし,1987~1999年には漁獲量は平均的には比較的高 い水準にあるものの,302~552トンの範囲で大きく変 動した。2000年以降は196~319トンと低い水準で推移 した。



Fig. 2 Annual changes in catches of *Photololigo* edulis at the two major fishing ports shown in Fig.1 by seasonal group. Spring & summergroup: catches in January-July, autumungroup:catches in August-December.

以上の漁獲量の経年変化のパターンから,解析期間 は1982~1986年の高水準安定期,1987~1999年の変動 期,2000年以降の低水準期の3期に分けることができ た。

季節群別の代表2港合計漁獲量の経年変化に注目す ると、高水準安定期には春夏成熟群は減少傾向、秋未 熟群は増加傾向と両者で逆の変動傾向を示したが、変 動期から低水準期には両者は比較的よく似た変動を示 した(Fig.2)。

各期の代表2港合計漁獲量の平均的な経月変化につ いてみると(Fig.3),高水準安定期には漁獲量は1 月の4トンから次第に増加し、9~10月に70~75トン と最高を示した後、11~12月にかけて急激に減少した。 変動期には1~4月には低水準横ばい(13~15トン) で推移した後、次第に増加し、7月(60トン)および 9~10月(54~58トン)の2つの山が形成された。低 水準期の漁獲量は変動期のそれと比べ各月とも6~18 トン少ないものの,ほぼ同様な経月変化のパターンを 示した。



Fig. 3 Monthly mean catches of *Photololigo edulis* at the two major fishing ports shown in Fig.1 in the following three periods. H-period: high abundance period (1982-1986), F-period: fluctuating period (1987-1999), L-period: low abundance period (2000-2006).

#### 漁期別漁獲量の重回帰式

冬漁期の代表 2 港合計漁獲量  $(Y_1, kg)$  について は、前年12月の代表 2 港合計漁獲量  $(X_1, kg)$  と前 年 2 月の萩沿岸域表面水温  $(X_2, \mathbb{C})$  を説明変数と して、次のとおり統計的に有意な重回帰式が得られた (Table 1, 重相関係数 R=0.783, P<0.001)。

 $Y_1 = 133476.621 + 1.518X_1 - 9052.997X_2$ 

標準回帰係数は X<sub>1</sub>:0.691, X<sub>2</sub>:-0.213で X<sub>1</sub>は0.1 %水準で有意であった。

 $X_1 \ge X_2 \ge 0$ 相関係数は $-0.304 \ge 0$ (4)、多重共線性の問題は認められなかった。

春漁期の代表 2 港合計漁獲量  $(Y_2, kg)$  について は、3月の代表 2 港合計漁獲量  $(X_3, kg)$  と前年 3 月の萩沿岸域表面水温  $(X_4, \mathbb{C})$  を説明変数として、 次のとおり統計的に有意な重回帰式が得られた (Table 2, 重相関係数 R=0.824, P<0.001)。

 $Y_2 = 176739.1 + 1.872X_3 - 9136.402X_4$ 

Table 1	The result of	f multiple	regression anal	lysis of	catches of	Photololigo	<i>edulis</i> in	winter	fishing	period.
		1		*/						1

		$X_1$	$X_2$
Partial regression coefficient		1.518	-9052.997
Standard partial regression coefficient		0.691	-0.213
t value		$4.368^{*}$	1.348
Constant term		133476.621	
Multiple correlation coefficient		0.783	
F value		13.495ª	
	$X_1$	1.000	
Correlation coefficient matrix	$X_2$	-0.304	1.000
	$Y_1$	$0.756^{*}$	-0.424

Data used for the analysis were from 1987 to 2006 (n=20).

 $X_1$ : Catch (kg) of *Photololigo edulis* in December in the previous year.

 $X_2$ : Average surface water temperature (°C) in February in the previous year.

 $Y_i$ : Catch (kg) of *Photololigo edulis* in winter fishing period (January-March).

a: Significant at 0.1% level.

 Table 2
 The result of multiple regression analysis of catches of Photololigo edulis in spring fishing period.

		$X_3$	$X_4$
Partial regression coefficient		1.872	-9136.402
Standard partial regression coefficient		0.741	-0.183
t value		5.059°	1.254
Constant term		176739.1	
Multiple correlation coefficient		0.824	
F value		17.984ª	
	$X_3$	1.000	
Correlation coefficient matrix	$X_4$	-0.348	1.000
	$Y_2$	0.805°	-0.442

Data used for the analysis were from 1987 to 2006 (n=20).

 $Y_2$ : Catch (kg) of *Photololigo edulis* in Spring fishing period (April-June).

a: Significant at 0.1% level.

 $X_3$ : Catch (kg) of *Photololigo edulis* in March.

 $X_4$ : Average surface water temperature (°C) in March in the previous year.

標準回帰係数は X<sub>3</sub>:0.741, X<sub>4</sub>:-0.183で X<sub>3</sub>は0.1 %水準で有意であった。

 $X_{3}$ と $X_{4}$ との相関係数は-0.348と低く,多重共線性の問題は認められなかった。

夏漁期の代表 2 港合計漁獲量 ( $Y_3$ , kg) について は、7月の代表 2 港合計漁獲量 ( $X_5$ , kg) と前年 8 月の川尻北西沖の50 m 深水温 ( $X_6$ ,  $\mathbb{C}$ ) を説明変数 として、次のとおり統計的に有意な重回帰式が得られ た(Table 3, 重相関係数 R=0.971, P<0.001)。

 $Y_3 = -24599.108 + 1.535X_5 + 1874.338X_6$ 

標準回帰係数は X<sub>5</sub>が0.961と極めて高く(0.1%水準 で有意),一方 X<sub>6</sub>は0.09と極めて小さかった。

 $X_{5}$ と $X_{6}$ との相関係数は0.068と低く、多重共線性の 問題は認められなかった。

秋漁期の代表 2 港合計漁獲量 (Y<sub>4</sub>, kg) について は、4~7月の代表 2 港合計漁獲量 (X<sub>7</sub>, kg) と4 月の萩沿岸域表面水温( $X_8$ ,  $\mathbb{C}$ )を説明変数として、 次のとおり統計的に有意な重回帰式が得られた (Table 4, R=0.826, P<0.001)。

 $Y_4 = 614859.678 \pm 0.61X_7 \pm 37695.237X_8$ 

標準回帰係数は X<sub>7</sub>:0.561, X<sub>8</sub>:-0.539で X<sub>7</sub>は0.1 %水準で, X<sub>8</sub>は1%水準で有意であった。

 $X_7$ と $X_8$ との相関係数は-0.127と低く、多重共線性の問題は認められなかった。

#### 考 察

代表2港合計漁獲量の変動傾向を調べた結果,(1) 漁獲量は1982~1986年までは比較的高い水準で安定し ていたが,1987~1999年には変動が大きくなった後, 2000年以降低水準で推移したこと(Fig.2),(2)季 節群毎の漁獲量をみても,1986年以前には春夏成熟群 と秋未熟群が逆の変動傾向を示していたが,1987年以

	Table 3	The result o	f multiple	regression	analysis c	of catches of	Photololigo eduli	s in summer fishing p	period
--	---------	--------------	------------	------------	------------	---------------	-------------------	-----------------------	--------

		$X_5$	$X_6$
Partial regression coefficient		1.535	1874.338
Standard partial regression coefficient		0.961	0.09
t value		16.63ª	1.561
Constant term		-24599.108	
Multiple correlation coefficient		0.971	
F value		$141.963^{a}$	
	$X_5$	1.000	
Correlation coefficient matrix	$X_6$	0.068	1.000
	$Y_{\scriptscriptstyle 3}$	$0.967^{\circ}$	0.156

Data used for the analysis were from 1987 to 2006 (n=20).

 $X_5$ : Catch (kg) of *Photololigo edulis* in July.

 $X_6$ : Water temperature (°C) at 50 m depth in August in the previous year.

 $Y_3$ : Catch (kg) of *Photololigo edulis* in summer fishing period (July-August).

a: Significant at 0.1% level.

Table 4	The result of	f multiple	regression	analysis of	catches of	Photololigo	edulis in autumn	fishing period.
---------	---------------	------------	------------	-------------	------------	-------------	------------------	-----------------

		X <sub>7</sub>	$X_8$
Partial regression coefficient		0.61	$-37\overline{695.237}$
Standard partial regression coefficient		0.561	-0.539
t value		4.083ª	3.922 <sup>b</sup>
Constant term		614859.678	
Multiple correlation coefficient		0.826	
F value		$18.38^{\circ}$	
	$X_7$	1.000	
Correlation coefficient matrix	$X_{\scriptscriptstyle 8}$	-0.127	1.000
	$Y_4$	0.63ª	-0.611 <sup>b</sup>

Data used for the analysis were from 1987 to 2006 (n=20).

 $X_7$ : Catch (kg) of Photololigo edulis in April-July.

 $X_8$ : Average surface water temperature (°C) in April.

Y<sub>4</sub>: Catch (kg) of Photololigo edulis in autumn fishing period (September-November).

a: Significant at 0.1% level.

b: Significant at 1% level.

降両者が同じような変動傾向を示したこと(Fig.2), および(3)1986年以前と1987年以降とでは漁獲量の 季節変化のパターンが異なっていたこと(Fig.3)か ら、1987年頃に本種の資源構造および資源変動様式が 大きく変わった可能性が高い。1987年頃は日本海山陰 沿岸域でそれまでの低温期から高温期への遷移が起き たレジームシフトの時期<sup>8)</sup>と対応している。この現象 は山陰沿岸域のみでなく北太平洋で広く確認されてお り<sup>8,9)</sup>. サンマ<sup>10)</sup>. スルメイカ<sup>11)</sup>などの浮魚類のほか底 魚類12)の資源変動にも大きな影響を及ぼしたと考えら れている。本種の場合は,重回帰分析の結果,冬漁期, 春漁期および秋漁期の漁獲量に対して産卵~発育初期 の水温は減少要因となっていた(Tables 1,2,4) こ とから、レジームシフトに伴う水温の上昇は産卵~発 育初期の生残を悪化させ、資源の減少要因となったこ とが示唆される。水温の顕著な上昇は1997~1998年頃 にも起きており<sup>9)</sup>、2000年以降の代表2港合計漁獲量 が低水準で推移している(Fig.2)ことについても, このような水温上昇の影響があったことが推察される。 以上のことから、長期的な水温変化は、メカニズムは 明確ではないが、本種の長期的な漁況変動に影響を及 ぼしていると推察される。

重回帰分析の結果,説明変数として用いた産卵~発 育初期の水温の偏回帰係数よりも漁期前または初漁期 の漁獲量の偏回帰係数の方が大きかった(Tables 1-4)ことから,1年以内の短期的な漁況変動に対して は,産卵~発育初期の水温よりも加入量変動の方が大 きく影響するものと考えられる。

本研究の結果、漁期前または初漁期の漁獲量が加入 量の指標となることが明らかになり、漁獲量と水温を 説明変数とする重回帰式を用いて漁期前または初漁期 に大まかな漁況予測を行うことが以下のとおり可能と なった。(1) 冬漁期および春漁期の漁獲量について は、漁期1ヶ月前の漁獲量と産卵~発育初期の水温を 基に重回帰式を用いて予測できるようになった (Tables 1, 2)。(2) 夏漁期の漁獲量については、 冬漁期および春漁期のように漁期前のデータを用いて 予測することは今のところできず、漁獲量の予測には 初漁期の7月の漁獲量と前年8月の水温データが必要 である(Table 3)。(3)秋漁期(秋未熟群)の漁獲 量については、4~7月(春夏成熟群)の漁獲量と有 意な正の相関があり、これと4月の水温とを用いて予 測が可能となった(Table 4)。このことは、秋未熟 群が4~7月に出現する春夏成熟群の再生産群である

とする小川ほか<sup>13</sup>の想定を支持しているようにみえる。 しかし,両者はふ化時期が異なる別の群であり,秋未 熟群は主に冬季にふ化した群であるという考えもあ る<sup>14)</sup>。後者の考えは,平衡石の日輪解析に基づくもの であるが,冬季には日本海西部から東シナ海にかけて 成熟群はほとんど出現しないという難点がある<sup>3)</sup>。秋 漁期の漁況予測の精度を高めるためには,今後,産卵 時期や産卵場を初めとする秋未熟群のライフサイクル の解明が不可欠である。

現在,ケンサキイカの漁況予測を行っている機関は ない。今後は本研究で得られた重回帰式を用いて,実 際に漁況予測を行い,漁業者の計画的な操業に資する とともに,スルメイカ<sup>111</sup>で試みられているように水温 の上昇がどのようなメカニズムで再生産や初期生残に 影響するのかを解明していく必要があろう。

## 文 献

- 1) 西海区水産研究所(2006):ケンサキイカ日本海・ 東シナ海系群.平成18年度我が国周辺水域の漁業 資源評価,208-209.
- 2)河野光久(2006):いか類資源調査.平成17年度 山口県水産研究センター事業報告, 8-9.
- 河野光久 (2007): ケンサキイカ Photololigo edulis の資源生態 (総説).山口県水産研究セン ター研究報告, (5), 81-98.
- 4) 武田雷介・河野光久・森脇晋平・山田英明(1986): 日本海南西部海域における"シロイカ"の漁況変 動の特徴.日本海西部海域に生息する"シロイカ" (ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究 報告書,(2),56-67.
- 河野光久・田代征秋・小早川 淳・秋元 聡 (1990):山口県~九州北西部海域のケンサキイ カ.水産技術と経営,36(4),18-33.
- 6)小川嘉彦(1982): "シロイカ"の漁況変動に及 ぼす餌生物の量的変動.水産海洋研究会報,50(2), 1-10.
- 7)河野光久・齋藤秀郎(2004):日本海南西山口県 沿岸域における近年のケンサキイカの資源生態と 漁業実態の特徴的変化.山口県水産研究センター 研究報告,(2),77-85.
- 8)千手智晴・渡辺俊輝・繁永裕司(2003):日本海 山陰沿岸にみられる十年スケール変動.月刊海洋, 35(1),59-64.
- 9)加藤 修・中川倫寿・松井繁明・山田東也・渡邊

達郎(2006):沿岸・沖合定線観測データから示 される日本海及び対馬海峡における水温の長期変 動.沿岸海洋研究,44(1),19-24.

- 田 永軍・赤嶺達郎・須田真木 (2002):北西太
   平洋におけるサンマ資源の長期変動特性と気候変
   化.水産海洋研究, 66(1), 16-25.
- 11) 桜井泰憲・山本 潤・木所英昭・森 賢(2003): 気候のレジームシフトに連動したスルメイカの資 源変動.月刊海洋,35(2),100-106.
- 12) 二平 章・須能紀之・高橋正和(2003):三陸・
   常磐海域における底魚類のレジーム・シフト.月
   刊海洋,35(2),107-116.
- 13) 小川嘉彦・森脇晋平・山田英明・岡島義和(1983): 4県共同標識放流調査から推定される日本海南西 部における"シロイカ"の回遊.日本海西部海域 に生息する"シロイカ"(ケンサキイカ・ブドウ イカ)に関する共同研究報告書,(1),65-96.
- 14) 山田英明・河野光久・森脇晋平・堀 豊・武田雷 介(1986):日本海西部沿岸域に出現する"シロ イカ"(Loligo edulis)の生活グループ。日本海 西部海域に生息する"シロイカ"(ケンサキイカ・ ブドウイカ)に関する共同研究報告書,(2), 1-11.

# 日本海南西海域で操業する沖合底びき網による 漁獲物の投棄量と種組成

## 河野光久・小林知吉

# Discarded Fishes by a Offshore Trawl Operated in the Southwestern Japan Sea

# Mitsuhisa Kawano and Tomokichi Kobayashi

We surveyed the discards by a offshore trawl operated in the southwestern Japan Sea during April, 2005 to March, 2006. Weight of discards and discarded rate (discards / catches, % in weight) were large in September, October and January-March with a peak month of January. Most of the discards were fishes and two to four species of fishes amounted to more than 66 % of total discarded fishes in number by month. In January, unmarketable fish, *Malakichthys wakiyae* and marketable fish, *Doederleinia berycoides* were dominant. Total lengths of discarded *D. berycoides* were 80-140 mm. Therefore, invention of codends which make the small fishes escape would be expected.

Key words: Discarded fishes; Offshore trawl ;Southwestern Japan Sea

沖合底びき網(2そうびき)は山口県の主幹漁業の 1つであるが,近年資源状況の悪化や燃油の高騰等に より厳しい経営状況が続いている。本漁業の経営状況 の改善を図るためには、対象資源の回復が不可欠であ り、そのために2006年10月に国により資源回復計画が 策定された。本計画では、小型魚の獲り控え等により、 対象海域における有用底魚資源の減少傾向に歯止めを かけ,回復計画終了後の単位漁獲努力量当たりの漁獲 量(1網当たりの漁獲量)を引き上げることが目標と されている。しかし、本漁業における小型魚の漁獲実 態は必ずしも十分に明らかにされているとはいえない。 特に、日本海南西海域における小型魚の投棄の実態に ついては、小型底びき網については北沢・大阿久<sup>11</sup>お よび高木2)の報告があるものの、本漁業についてはこ れまでまったく報告されていない。小型魚の投棄実態 を把握することは、小型魚の獲り控えによる資源回復

を推進するために極めて重要であると考えられる。

そこで、本研究では沖合底びき網における漁獲物の 投棄実態を明らかにすることを目的として、2005年4 月~2006年3月に山口県以東機船底曳網組合に所属す る沖合底びき網漁船第2やまぐち丸による漁獲物の投 棄量と投棄漁獲物の種組成を調べたので、結果を報告 する。

#### 材料および方法

漁獲物の重量および投棄重量の資料は,第2やまぐ ち丸による2005年4月~2006年3月の日本海南西海域 (Fig.1)における操業結果を独立行政法人水産総合 研究センター開発調査センター(以下、開発調査セン ターという。)がとりまとめた報告書付属資料<sup>31</sup>を用 いた。また,投棄漁獲物の種組成を明らかにするため に,第2やまぐち丸が2005年5月22日,8月31日,11 月18日および2006年1月30日に日本海南西海域(Fig. 1)で操業して得られた投棄漁獲物の内,40~85kgを 標本としてもらい受け,種の査定および体長(魚類は 全長,いか類は外套背長)・体重の測定に供した。投 棄漁獲物の個体数および重量は標本重量を投棄漁獲物 重量で引き伸して求めた。投棄率(%)は投棄漁獲物 重量の漁獲物重量に占める比率とした。



Fig. 1 Fishing ground of offshore trawls in the southwestern Japan Sea (shaded regions). Rectangular region shows the sampling location of discards.

#### 結 果

月別投棄状況

# 2005年4月~2006年3月の各月の1網当たり平均投 棄漁獲物重量および投棄率を Fig.2に示す。

平均投棄漁獲物重量は(Fig. 2),4,5,8,11 および12月には107~166kg/網と比較的少なかったが, 9,10月の秋季および1~3月の冬季には200kg/網 以上に増加した。特に1月には590kg/網と突出して



Fig. 2 Monthly changes in discards (kg/haul) and discarded rate (discards(kg)/catches(kg), %) by a offshore trawl operated in the southwestern Japan Sea during April, 2005 to March, 2006. No trawling from June to July.

#### 多く、次いで9月に297kg/網と多かった。

月別平均投棄率も平均投棄漁獲物重量とよく似た経 月変動を示し、4、5、8、11および12月には28.7~ 31.4%と低かったが、9、10月および1~3月には 35.0%以上に増加した。特に1月には63.3%と最高を 示し、次いで9月に51.0%と高い値を示した(Fig.2)。

#### 投棄漁獲物の出現種数,個体数および重量

2005年5月22日,8月31日,11月18日および2006年 1月30日における投棄漁獲物の出現種数,個体数およ び重量をTable1に示す。

投棄漁獲物の出現種数,個体数および重量は,それ ぞれ、5月には、60種以上、2815個体、120.0kg、8 月には、49種、4984個体、200.0kg、11月には、40種、 4336個体、80.0kg、1月には、39種以上、19685個体、

		Catch date				
	Class	May 22, 2005	Aug. <u>31, 200</u> 5	Nov. 18, 2005	Jan. 30, 2006	
N. of species	Pisces	45	42	30	31	
	Crustacea	8+	4	7	5+	
_	Cephalopoda	7	3	3	3	
	Total	60+	49	40	39+	
N. of individuals	Pisces	1899	4277	1934	16348	
	Crustacea	117	21	2370	2987	
	Cephalopoda	799	686	32	350	
_	Total	2815	4984	4336	19685	
Weight (kg)	Pisces	90.1	188.0	66.7	377.0	
	Crustacea	0.7	0.1	11.8	10.2	
_	Cephalopoda	29.2	11.9	1.5	12.8	
	Total	120.0	200.0	80.0	400.0	

Table 1Number of species, individuals and weight of discards by a offshore trawl operated in the<br/>southwestern Japan Sea on May 22, August 31, November 18, 2005 and January 30, 2006.

400.0kg で,出現種数は5月に最も多く,出現個体数 および重量は1月に最も多かった(Table1)。

分類群(綱)別にみると(Table 1),投棄された のは魚類,甲殻類および頭足類で,この内,各月とも 魚類が出現種数と重量で75%以上を占めた。また,個 体数では11月には魚類よりも甲殻類の方が多かったが, 他の月では魚類が最も多かった。魚類の出現種数は30 ~45,個体数は1899~16348,重量は90.1~377.0kgで, 出現種数は5月に多く,個体数および重量は1月に卓 越して多かった。

以上のとおり、投棄漁獲物の出現種数、個体数およ び重量の経月変動は、魚類のそれらが反映されていた (Table 1)。

#### 投棄魚の種組成

各月の投棄魚の内,投棄魚総個体数に占める個体数 %が10%以上を示した魚類は(Table 2),5月には ムシガレイ Eopsetta grigorjewi(31.9%),カナガシ ラ Lepidotrigla microptera (11.7%),ソコカナガシ ラ L. abyssalis (11.5%),ガンギエイ科 1 種 Rajidae sp. (11.5%)で,これら4種で全体の66.6%を占めた。 8月にはマアジ Trachurus japonicus (48.5%)と キダイ Dentex tumifrons (19.4%)の2種が主要種 であった。11月にはミギガレイ Dexistes rikuzenius (42.7%),カナガシラ L. microptera (12.3%)およ びニギス Glossanodon semifasciata (11.7%)が主 要種で,これら3種で全体の66.7%を占めた。1月に はワキヤハタ Malakichthys wakiyae (57.7%)とア カムツ Doederleinia berycoides (31.2%)が卓越し て出現した。このように、各月とも2~4種だけで投 棄魚総個体数の66.0%以上を占めることがわかった。

#### 主要投棄魚の体長組成

投棄魚の内, 重要な出荷魚であるムシガレイ, アカ ムツ, ソウハチ Cleisthenes pinetorum herzensteini, キダイ, キアンコウ Lophius litulon の全長およびケ ンサキイカ Photololigo edulis の外套背長を Fig. 3 に示す。



Fig. 3 Body sizes of six important marketable discards caught by a offshore trawl in the southwestern Japan Sea.

ムシガレイの全長は90~200mm, アカムツの全長は 80~140mmで, モードはそれぞれ130mmおよび120mmで あった (Fig. 3)。ソウハチの全長は80~160mm, キダ イの全長は70~130mmで, 両種ともモードは100mmであっ た (Fig. 3)。キアンコウの全長は60~250mmと幅広く,

Date	Species	N	% in N
May 22, 2005	Eopsetta grigorjewi	605	31.9
	Lepidotrigla microptera	223	11.7
	Lepidotrigla abyssalis	219	11.5
	Rajidae sp.	218	11.5
	Others	634	33.4
Aug.31, 2005	Trachurus japonicus	2076	48.5
	Dentex tumifrons	828	19.4
	Others	1374	32.1
Nov.18, 2005	Dexistes rikuzenius	826	42.7
	Lepidotrigla microptera	238	12.3
	Glossanodon semifasciata	226	11.7
	Others	644	33.3
Jan.30, 2006	Malakichthys wakiyae	9439	57.7
	Doederleinia berycoides	5100	31.2
	Others	1809	11.1

Table 2Fishes of discards more than 10 % in number of total fishes caught by a offshore trawl operated in<br/>the southwestern Japan Sea on May 22, August 31, November 18, 2005 and January 30, 2006.

かつ70mmと170mmの2つのモードが認められた(Fig. 3)。2つのモードの内,70mmのモードは5月22日,1 70mmのモードは11月18日のものであった。ケンサキイ カの外套背長は50~120mmで,モードは70mmであった (Fig.3)。

#### 出荷対象魚の投棄率

2005年5月22日,8月31日,11月18日および2006年 1月30日における出荷対象魚の投棄率をTable3に示 す。

出荷対象魚の出現種数は期間を通してみると27種で、 5月に21種と最も多かった(Table 3)。 主要出荷対象魚の投棄率に注目すると(Table 3)、 マダイ Pagrus major、マアナゴ Conger myriaster およびヒラメ Paralichthys olivaceusの投棄率は 0 %であった。キアンコウおよびヤナギムシガレイ Tanakius kitaharaiの投棄率は5.0%以下と極めて低 かった。キダイとマアジの投棄率は 8月に高くなり、 キダイでは17.5%、マアジでは33.4%を示した。ムシ ガレイの投棄率は 5月と 8月に高く、8月にはすべて 投棄されていた。ケンサキイカは11月,ソウハチは5 月と11月にはすべて投棄されていた。アカムツは1月 にのみ漁獲され,漁獲物はすべて投棄されていた。

## 考察

日本海南西海域で操業する沖合底びき網の月別投棄 状況を調べた結果,投棄漁獲物重量および投棄率は9, 10月の秋季と1~3月の冬季に高くなり,特に1月に は最高を示すことが明らかになった(Fig.2)。また, 季節別の標本調査の結果,投棄漁獲物の内,魚類が出 現種数および重量において大部分を占めることがわかっ た(Table1)。さらに,投棄魚の66.0%以上は2~4 種の卓越種で構成されており,1月にはワキヤハタと アカムツが卓越していた(Table2)。この内,ワキ ヤハタについては産業的に価値がないが,アカムツに ついては産業的な価値が高いため,投棄魚を減らすこ とにより,資源の回復を推進していく必要がある。投 棄魚を減らす方策としては,現在,独立行政法人水産 総合研究センター開発調査センターにより選別コッド エンドの開発が進められている<sup>33</sup>。アカムツの場合,

Table 3Discarded rates\* of marketable fishes caught by a offshore trawl operated in the southwestern JapanSea on May 22, August 31, November 18, 2005 and January 30, 2006.

Species name	May 22, 2005	Aug. 31, 2005	Nov. 18, 2005	Jan. 30, 2006
Pagrus major	0.0	0.0		
Microstomus achne	0.0	_	_	_
Paralichthys olivaceus	0.0	-		
Evynnis japonica	—	0.0		_
Conger myriaster	0.0	0.0	0.0	0.0
Sphyraenta pinguis		<u> </u>	-	0.0
Navodon modestus	0.0	0.0	—	
Priacanthus boops	0.0	_	-	—
Nemipterus virgatus	0.0	_	-	—
Scomberomorus niphonius			-	0.0
Loligo bleekery	—	_	-	0.0
Pleuronichthys cornutus	0.0	1.0	_	—
Lophius litulon	0.0	0.0	0.0	2.8
Tanakius kitaharai	0.0	0.0	0.1	4.5
Zeus japonicus	0.0	6.3		0.0
Dentex tumifrons	2.8	17.5	-	0.0
Raja sp.	16.3	0.0	-	_
Trachurus japonicus	4.5	33.4		0.0
Todarodes pasificus	54.9	1.8	_	0.0
Eopsetta grigorjewi	32.5	100.0	1.9	2.0
Photololigo edulis	0.0	2.6	100.0	-
Octopus sp.	100.0			0.0
Saurida spp.	0.0	100.0		_
Hoplobrotula armata		_	100.0	22.3
Cleisthenes pinetorum herzensteini	100.0	_	100.0	1.0
Scorpaena sp.	5.9	100.0	100.0	
Doderleinia berycoides				100.0

\*: Discarded rate (%)=discards (kg)/catches (kg)×100.

投棄魚の全長が80~140mmであった(Fig. 3)ことか ら、これらのサイズのアカムツが抜けるような網の開 発が望まれる。そのような網の開発を行えば、ムシガ レイ、ソウハチ、キダイ、ケンサキイカなど他の有用 小型魚の逃避の促進にもつながることが期待される。 ただし、マアナゴについては他の魚種に比べ胴周囲長 が小さく、網から抜けやすい特性を持ち、かつ比較的 小型のものの商品価値が高いため、現行の40mmの目合 でも投棄は皆無であった(Table 3)。このため、小 型のマアナゴが大量に抜けるような網の導入について は漁業者の抵抗が強い。従って、将来、選別漁具の使 用に当たっては、魚種別の成長と時空間分布を考慮し、 資源保護と水揚げ金額の維持ができるだけ両立できる ように、場所や時期を限定した使用法を模索する必要 があろう。

#### 謝辞 辞

本研究に用いた投棄魚は開発調査センターの協力に

より提供していただいたものである。ここに記して謝 意を表します。とりわけ、標本採取の労をとっていた だいた、同センター高山剛氏ならびに岩中正博氏、第 1やまぐち丸漁撈長兼船長清島龍太郎氏、第2やまぐ ち丸船長玉城文雄氏ほか乗組員の皆様に深く感謝しま す。

#### 文 献

- 北沢博夫・大阿久俊郎(1982):若狭湾における 小型底びき網漁業の投棄魚について、日本水産学 会誌,48(8),1089-1093.
- 高木和昭(1989):小型底曳網(縦曳1種)の投 棄魚調査.昭和63年度山口県外海水産試験場事業 報告,81-84.
- 3)独立行政法人水産総合研究センター開発調査セン ター(2007):平成17年度新漁業生産システム構 築実証化事業報告書(沖合底びき網く2そうび き>:日本海西部海域). 1-190.

# 日本海南西海域におけるアカアマダイの 産卵期・産卵場および仔魚の出現

# 河野光久・天野千絵

# Spawning Period, Spawning Ground and Larval Occurrence of Red Tilefish, *Branchiostegus japonicus* in the Southwestern Japan Sea

# Mitsuhisa Kawano and Chie Amano

Spawning habitat and larval occurrence of red tilefish, *Branchiostegus japonicus* in the southwestern Japan Sea were studied. Gonadosomatic index was high and the matured fishes increased during June to October with a peak month of August. The larvae (TL2.0-5.9mm) occurred from August and they were most abundant in September. These results indicate that the spawning period is during June to October with a peak month of September. The spawning grounds were estimated to be in waters with depths 100-130 m off Yamaguchi Prefecture. Depths of the main distribution areas of the larvae were in accordance with the estimated spawning grounds.

Key words : Branchiostegus japonicus; Spawning period; Spawning ground; Larva

アカアマダイ Branchiostegus japonicus は山口県 日本海海域では主にあまだい延縄漁業で漁獲される重 要魚種であるが、近年漁獲量の減少が著しい<sup>11</sup>ため、 本種の資源回復を図ることを目標として2006年7月に 山口県により「山口県日本海海域あまだい類資源回復 計画」が策定された。河野<sup>21</sup>は、本計画の策定に当たっ ては調査期間が短かったために、成長や成熟・産卵に 関する特性値については東シナ海における値を用いて 資源解析を行ったが、これらの値は日本海南西海域と 東シナ海とでは異なる可能性があるので、海域ごとに データを蓄積する必要があることを指摘している。ま た、資源回復を着実に進めるためには、海域ごとに産 卵場を明らかにし、繁殖保護を図ることが必要かつ重 要であると考えられる。

そこで、本研究は日本海南西海域における本種の基

礎的な産卵生態を明らかにすることを目的として,標本船調査,成熟調査および仔魚採集調査を行った。その結果,本種の産卵期,産卵場,仔魚の出現期および 出現域について知見を得ることができたので,報告する。

#### 材料および方法

測定に供したアカアマダイは,2003年4月から2005 年1月に日本海南西山口県沖(Fig.1)であまだい延 縄または釣りで漁獲された1406個体(雄601個体,雌 805個体)で,これらの全長,体重(BW,g)および 生殖腺重量(GW,g)を測定し,雌雄別の生殖腺熟 度指数(GSI:GSI=GW/BW×100)の経月変化を調 べた。また,馬場ほか<sup>3)</sup>によれば,産卵期の成熟個体 は,雌ではGSIが1.5以上,雄では精巣重量が0.2g以 上とされているので、本研究においても同一の基準を 用いて成熟個体の判定を行った。



Fig. 1 Map showing the larval sampling area in the southwestern Japan Sea. Monthly samplings were conducted at Stations 1-7 (star marks) off Yamaguchi Prefecture in July-November, 2005. Larval samplings were also conducted at the stations (dot symbols) in the southwestern Japan Sea on September 25-29, 2006.

産卵場の推定に用いた資料は,2003年4月から2005 年3月の間,山口はぎ漁業協同組合(現在,山口県漁 業協同組合山口はぎ統括支店)の釣り漁船1隻および あまだい延縄漁船4隻に依頼した標本船日誌である。 日誌には毎日の操業位置およびアカアマダイの銘柄 (大:全長40cm以上,中:全長30~40cm,小:全長20 ~30cm,豆:全長20cm未満;以下,中銘柄および大銘 柄を併せて中大銘柄という。)別漁獲量が記録された。

本種の仔魚の出現期を明らかにするために、2005年 7月27日, 8月10日, 9月16日, 10月21日, 11月21日 に山口県北部海域の7点(Fig.1, Stn.1~Stn.7)で, 口径130cmリングネット(側長450cm, 目合 NGG54) を用い、海面から海底直上までの傾斜曳きを行い仔魚 を採集した。また、広域的な出現状況を明らかにする ため、2006年9月25~29日に日本海南西海域(Fig.1, 黒丸点) で口径130cmリングネットを用い, 海面から 海底直上までの傾斜曳きを行い仔魚を採集した。採集 した仔魚は10%ホルマリン海水で固定し、実験室に持 ち帰り、種の査定と全長の測定を行った。また、各測 点における仔魚の採集と併せて、CTD (Sea Bird Electronics 社製 SBE19) を用い、水温・塩分の測定 を行った。仔魚の主な分布水深は50m深以浅であ る<sup>4,5)</sup>ことから、仔魚の分布と水深50mの水温・塩分 との関係を調べた。

結 果

## GSI の経月変化

雌雄別全長別の GSI の経月変化を Fig. 2 および Fig. 3 に示す。

雌の GSI は (Fig. 2), 1~5月および11~12月に はほぼ1.00未満であったが, 6~10月には全長300mm 以上の多くの個体が GSI 1.50以上の成熟個体となり, GSI 平均値も8月の2.31を最高として1.00以上と高い 値を示した。GSI が1.50以上を示した最小個体の全長 は263mmであった。



Fig. 2 Monthly change in relationship between the total length and gonadosomatic index (GSI) in females of *Branchiostegus japonicus*. Closed circles: GSI≥1.5, open circles: GSI < 1.5.</p>

雄の GSI は (Fig. 3), 1~3月および11~12月に は概ね0.05以下と低かったが,4月および5月には全長 400mm以上で0.05を超える個体が出現した。6~10月に は GSI が0.05を超える個体は全長400mm以下でも多く 見られるようになり,GSI 平均値も8月の0.08を最高 として0.05以上と高い値を示した。



Fig. 3 Monthly change in relationship between the total length and gonadosomatic index (GSI) in males of *Branchiostegus japonicus*. Closed circles: testis weight  $\geq 0.2$  g, open circles: testis weight < 0.2 g.

雄の精巣重量に注目すると(Fig.3),全長400m以 上では精巣重量0.2g以上の個体が周年にわたって高 い割合で出現した。全長300~400mmでも6~10月に精 巣重量0.2g以上の成熟個体の出現割合が高まった。 精巣重量が0.2g以上を示した最小個体の全長は285m であった。

#### 中大銘柄の漁場

GSI が高く,成熟個体が多く出現した6~10月に おける標本船5隻による中大銘柄(全長30cm以上)の 漁獲位置と漁獲量を Fig.4 に示す。

中大銘柄は,2003年および2004年とも,沖ノ島北方 から見島北方を経て益田沿岸域につながる水深100~ 130m帯が主な漁場となっていた(Fig.4)。両年の漁 場を比較すると,2003年には沖ノ島北方海域で,2004 年には見島北方海域で他方の年に比べ中大銘柄が多く 漁獲されており,水深100~130m帯の中で主漁場が年 により変化することが明らかになった(Fig.4)。

#### 仔魚の出現期および出現域

山口県北部海域の Stn.1~Stn.7 (Fig.1) における アカアマダイ仔魚の出現個体数の経月変化を Fig.5 に示す。



Fig. 5 Monthly change in the number of individuals (/1000 m<sup>3</sup>) of larval Branchiostegus japonicus collected at Stations 1-7 in coastal waters off north of Yamaguchi Prefecture in 2005.



Fig. 4 Distributions of catch (kg) of *Branchiostegus japonicus* (total length  $\geq$  30 cm) by five fishing boats in the southwestern Japan Sea during June-October, 2003 and 2004.

仔魚は(Fig. 5), 7月にはまったく出現しなかったが、8月にはStn.2で2.1個体/1000㎡出現した。9月になると全調査点で出現が見られ、Stn.2~Stn.4の出現個体数は5.1~10.4個体/1000㎡と期間中最高を示した。10月には5.8個体/1000㎡以下と9月よりも出現個体数が減少した。11月になると出現は見られなくなった。

次に広域の出現状況を見るために,2006年9月25~ 29日の日本海南西海域における仔魚の出現状況を Fig. 6 に示す。



Fig. 6 Distributions of larval Branchiostegus japonicus (n/10 m) in the southwestern Japan Sea on September 25-29, 2006. Dot symbols show the sampling stations.



Fig. 7 Frequency distributions of number of larval Branchiostegus japonicus by depth, water temperature and salinity at 50 m depth in the southwestern Japan Sea.

仔魚は(Fig.6),沖ノ島北方から見島周辺海域に 至る水深100~130mの海域で5個体/10㎡以上と比較 的多く出現した。その中でも沖ノ島北方海域では6.3 ~18.2個体/10㎡と出現個体数が多かった。

2005年8~10月および2006年9月に採集した仔魚の 出現域の水温は19~23℃(内84%は22~23℃),塩分 は33.1~34.1(内88%は33.4~34.0),水深は60~130 m(内96%は90~130m)であった(Fig.7)。

採集した仔魚の全長は2.0~5.9㎜で, 2.0~3.9㎜の 個体が全体の85%を占めた(Fig.8)。



Fig. 8 Frequency distribution of total length of larval *Branchiostegus japonicus* collected in the southwestern Japan Sea.

### 考 察

日本海南西海域における本種の産卵期については, 雌雄とも成熟個体が多く出現し,GSI平均値が高く なる6~10月(Figs.2,3)とみなすことができる。 また,産卵盛期については,GSIの平均値が8月を ピークとして9~10月にかけて低下した(Figs.2, 3)ことから,8月まではまだ成熟卵を発達させてい る個体が多く,9月を中心に産卵が盛んに行われたと 推定される。このことは、ふ化後十数日以内と考えら れる全長2~3㎜の仔魚<sup>6)</sup>(Fig.8)が9月を中心とし て9~10月に多く採集された(Fig.5)ことからも支 持される。

本海域の産卵期を他海域のそれと比較すると、東シ ナ海では築山・多部田<sup>7)</sup>が産卵期は5~11月で盛期は 10月とし、若狭湾では清野ほか<sup>8)</sup>が産卵期は3年魚群 では9~10月、4年魚群では8~10月、5年魚群では 7~10月、盛期は9~10月と推定していることから、 両海域の中間海域である本海域では産卵開始時期が東 シナ海より遅く、若狭湾よりも早いが、産卵盛期は海 域間で大きな差はない。水槽実験によると本種の産卵 適水温は18~25℃とされており<sup>5)</sup>、本研究における仔 魚の出現水温(19~23℃)と一致していることから, 野外においても水温18~25℃で産卵が行われていると 推察される。従って,産卵開始時期が北の海域ほど遅 くなる現象は,産卵適水温になる時期が北へ行くほど 遅れることに対応しているものと考えられる。

河野<sup>21</sup>は山口県日本海海域のアカアマダイ資源の将 来予測を行い,資源管理方策として8月の禁漁を提案 した。これを受け,山口県により8月14~20日を禁漁 とする資源回復計画が策定され,実行に移されている。 本研究により,8月の禁漁は産卵盛期直前の親魚を保 護することなり,繁殖保護の観点から妥当な方策と考 えられる。

本研究では馬場ほか3)に従い、精巣重量が0.2g以 上の個体を雄の成熟個体とみなしたが、そのような個 体は全長40cm以上では精巣の外観から成熟していると は思われない時期を含め周年出現した(Fig.3)こと から、精巣重量は産卵期の6~10月以外では成熟の基 進とはなりにくいと考えられた。雄の成熟の基準につ いては、渡辺・鈴木<sup>9)</sup>が徳島県太平洋岸のアカアマダ イについて本研究と同じ計算式で求めた GSI が0.5以 上になると精小嚢内や輪精管に精子が充満している個 体が多数観察されるようになると報告している。しか し、本研究(Fig.3)および東シナ海における馬場ほ か<sup>3)</sup>の研究では GSI が0.15以上の個体はまったく出現 せず、GSIの経月変化は渡辺・鈴木<sup>99</sup>のGSIを0.1倍 した値の経月変化とよく一致する。本海域における雄 の成熟個体の GSI 基準値は、今後組織学的観察を行 い確認する必要があるが、当面、渡辺・鈴木<sup>9)</sup>の成熟 個体の GSI 基準値0.5を0.1倍して0.05とすれば、雄に ついてもほとんどの成熟個体が6~10月に出現するこ とになり (Fig. 3), 雌の成熟個体の出現期 (Fig. 2) と一致するため合理的である。

産卵期の6~10月には全長30cm以上の多くの雌個体 が成熟していた(Fig.2)こと、および中大銘柄は全 長30cm以上であることから、6~10月の中大銘柄の漁 場が産卵場になっている可能性が高い。6~10月の中 大銘柄の主な漁場は、2003、2004年両年とも沖ノ島北 方から見島北方を経て益田沿岸域につながる水深100 ~130mの海域にあった(Fig.4)ことから、主にこ の水深帯に産卵場が形成されると推定される。このこ とは、調査海域では仔魚の96%が水深90~130mの海 域に出現した(Fig.7)ことからも支持されよう。た だし、中大銘柄の主漁場は同じ水深100~130m帯の中 でも年によりその位置が変化していた(Fig.4)こと から、主産卵場もこの水深帯の中で年により変化する ものと推察される。従って、2006年9月には沖ノ島北 方海域に高密度に仔魚が出現したが、毎年この海域に 安定して出現するのではないのかもしれない。また、 調査海域では水深100~130m帯に沿って対馬暖流第1 分枝の強流域が存在する<sup>100</sup>ので、沖ノ島北方海域に出 現した仔魚は対馬暖流第1分枝によって、それより西 方の対馬東岸付近の産卵場から輸送されてきた可能性 も考えられる。本研究では産卵場からの仔魚の輸送過 程については明らかにすることができなかった。今後、 流況等の調査も併せて行い、検討していく必要があろ う。

#### 謝 辞

標本船日誌の記帳に協力していただいた漁業者の皆 様に深謝する。また、仔魚の採集にあたっては山口県 漁業調査船くろしおの乗組員の皆様に多大な協力をい ただき、感謝する。

## 文 献

- 河野光久・天野千絵(2005):日本海南西部山口
   県沖におけるアカアマダイの資源管理に関する研
   究-I山口県におけるあまだい漁業の実態.山口
   県水産研究センター研究報告,(3),55-59.
- 2)河野光久(2005):日本海南西部山口県沖におけるアカアマダイの資源管理に関する研究ーⅡアカアマダイ資源の診断と管理.山口県水産研究センター研究報告,(3),61-64.
- 3)馬場順子・田川 希・多部田 修(1995):東シナ 海産アカアマダイの年齢,成長,成熟及び産卵に ついて(予報).平成6年度東海・黄海底魚資源 管理調査委託事業報告書,114-144.
- 沖山宗雄(1964):アカアマダイ Branchiostegus japonicus (HOUTTUYN)の初期生活史. 日本海区 水産研究所報告, (13), 1-14.
- 5)林 清志(1990):富山湾に出現する魚卵及び仔 稚魚の季節変化と鉛直分布.富山県水産試験場研 究報告,(2),1-17.
- 6)奥村重信(1999):アカアマダイの親魚養成と種 苗生産に関する研究.社団法人日本栽培漁業協会 特別研究報告,(16),1-43.
- 7)築山陽介・多部田修(1996):東シナ海産アカア マダイの成熟と産卵.平成8年度東海・黄海底魚資 源管理調査委託事業報告書,20-31.
- 8)清野精次・林 文三・小味山太一(1977):若狭 湾産アカアマダイの生態研究-Ⅱ.京都府立海洋 センター研究報告,(1),1-14.
- 9)渡辺健一・鈴木伸洋(1995):徳島県太平洋沿岸 のアカアマダイの性分化,成熟および産卵期.日

本水産学会誌, 62(3), 406-413.

10) Katoh O. (1994) : Structure of the Tsushima Current in the southwestern Japan Sea. Journal of Oceanography, 50, 317-338.

.

# 日本海南西山口県沿岸域におけるキダイの 漁獲実態と生物特性

## 河野光久

# Fishery Condition and Biological Characteristics of Yellow Sea Bream (*Dentex tumifrons*) in Coastal Waters off Yamaguchi Prefecture in the Southwestern Japan Sea

## Mitsuhisa Kawano

The author revealed the basic information on fishery condition and biological characteristics of yellow sea bream (*Dentex tumifrons*) caught in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea. The main fishing season by small trawl fishery was in August to December. The catch and CPUE (catch per fishing day) have increased since 1993 and the latter was in a high level in 2004. The fishing grounds were formed at the depths of 80-130 m and sandy bottom, and they hardly changed by season and by commercial size. The spawning season was estimated to be during May to November (peak months in June to August). Frequency of females was larger than 50 % in the fork lengths smaller than 250 mm, but it remarkably decreased in the larger fork lengths, suggesting that sex reversal would occur approximately in the fork length of 250 mm.

Key words : Dentex tumifrons; Fishery condition; Biological characteristics

キダイ Dentex tumifrons は、日本海南西山口県沿 岸域では主に小型底びき網縦びき一種漁業(以下、小 型底びきという。)で漁獲される重要魚種である。本 種に関する資源生物学的研究は主に東シナ海産につい て行われており<sup>1-4)</sup>、日本海では島根県沿岸域におけ る幼魚の出現状況に関する報告<sup>5)</sup>および若狭湾におけ る再生産サイクルに関する報告<sup>6)</sup>があるだけである。

本研究は、本種に関する知見がほとんどない日本海 南西山口県沿岸域において、漁獲実態と生物特性を明 らかにし、資源管理の基礎資料とすることを目的とし て実施した。その結果、本種の漁期、漁獲量、漁場、 尾叉長組成、成熟、性比および食性についての知見を 得ることができたので報告する。

### 材料および方法

漁獲量の解析に用いた資料は、1964~2004年の山口 農林水産統計年報、および2005年の山口県日本海側主 要4市場(山口はぎ水産物卸売市場、仙崎地方卸売市 場、下関市豊北町水産物地方卸売市場および下関漁港 地方卸売市場)の漁業種類別水揚量を山口県農林水産 部海鳴りネットワークの漁獲データベースから集計し たものである。

生物測定に用いたキダイは,1993年1月~2002年4 月の禁漁期(6,7月)を除く月に日本海南西山口県 沿岸域(Fig.1)で小型底びきにより漁獲されたもの, および1996年6月,2003年7月,2004年7月,2006年 6月に延縄で漁獲されたもので,これらを銘柄(大, 中,小,豆)別に購入し,尾叉長(FL),体重(BW), 生殖腺重量(GW)を測定した。雌の成熟度の判定は, Oki and Tabeta<sup>2)</sup>に従い,生殖腺熟度指数 GSI(GSI =GW/BW×100)が1.8以上を成熟とした。また,1997 年8月,10月,1998年9月,1999年4月および5月に カキノ瀬周辺海域(Fig.1)で小型底びきにより漁獲 したキダイ1,175個体の尾叉長と胃内容物を調べ,出 現頻度法で胃内容物組成を示した。



Fig. 1 Sampling area (shaded region) for yellow sea bream used for biological analysis. Dot symbols show the major fish markets in Yamaguchi Prefecture. Closed triangle shows the sampling location for the food study.

漁獲物の尾叉長組成は、2003年1~5月および8~ 12月に小型底びき標本船1隻により漁獲されたキダイ の銘柄別漁獲尾数と1993~2002年の生物測定で得られ た銘柄別尾叉長組成を基に推定した。

キダイの漁期(1-3月,4-5月,8-10月,11-12月)別 漁場および銘柄別漁場を明らかにするために、1993年 に小型底びき標本船2隻により記録された日々の操業 位置と銘柄別漁獲箱数の資料を解析した。漁獲箱数は 1箱3.3kgとして,重量に換算し,農林漁区の小海区 (緯度経度10分枡目)ごとに集計した。

## 結 果

### 漁期および漁獲量

山口県日本海側主要4市場における2005年のキダイ の漁業種類別月別漁獲量をTable1に示す。

漁獲量が最も多い漁業種類は小型底びきで、その漁 獲量は約156トンで全体の83.5%を占めた(Table 1)。 次いで漁獲量が多いのは延縄で、漁獲量は約20トンで あった。盛漁期は、小型底びきで8~12月、延縄で9~ 11月であった。

:

山口県日本海域における小型底びきによる1964~ 2004年のキダイの漁獲量は(Fig. 2),1964年の577ト ンからその後大きな増減を伴いながら1984年にかけて 次第に減少し、1984年には53トンと最低を記録した。 その後は100トン前後で横ばい状態にあったが、1993 年以降は増加傾向に転じ、2004年には257トンまで回 復した。



Fig. 2 Trends of catch (tons) and CPUE (kg/fishing day) of yellow sea bream by small trawl in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea. Open circles: catch, closed circles: CPUE.

出漁1日当たりの漁獲量(CPUE)も(Fig.2), 1964年の48.1kg/日から1984年(14.1kg/日)にかけて は大きな増減を伴いながら減少した。その後は21.0~ 42.5kg/日の範囲で推移していたが,1993年以降増加 に転じ,2004年には期間最高の100.9kg/日に達した。

Table 1Monthly catch (kg) of yellow sea bream by fishery at four major fishing markets of YamaguchiPrefecture in 2005

Fishery	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total	(%)
Small trawl	7403	3363	4112	6871	17091		_	32111	16817	21215	25522	21393	155898	83.5
Long line	1477	894	561	563	980	1678	1468	1715	2266	2922	3595	1429	19546	10.5
Others	1054	1146	743	655	1455	1547	818	1481	1015	1004	341	52	11311	6.0
Total	9935	5403	5416	8089	19526	3225	2285	35306	20098	25141	29458	22874	186755	100.0



別漁場をFig.3に、銘柄別漁場をFig.4示す。



Fig. 3 Fishing grounds of yellow sea bream by two small trawl fishing boats by fishing period in 1993.



Fig. 4 Fishing grounds of yellow sea bream by two small trawl fishing boats by commercial size category in 1993.

漁期別漁場についてみると(Fig. 3), 1-3月期には 小海区当たり漁獲量は10~70kgと少ないが,水深80~ 130mの山口県北西部沿岸域および見島東沖に漁場が 形成された。4-5月期も1-3月期とほぼ同様な海域に漁 場が形成されたが,漁獲量は各海区とも50kg以下に減 少した。8-10月期になると漁獲量が急激に増加し,山 口県北西部沿岸域および見島東沖では500~1,500kg/ 海区の漁場が出現した。11-12月期には8-10月期より も漁獲量はかなり減少したが,見島東沖では200kg/ 海区と比較的漁獲量が多かった。

銘柄別漁場についてみると(Fig. 4),各銘柄とも 水深80~130mの山口県北西部沿岸域と見島東沖を中 心として漁場が形成された。豆と大については見島東 沖の方が山口県北西部沿岸域よりも漁獲量が多かった。

#### 尾叉長組成

小型底びきにより漁獲されたキダイの銘柄別尾叉長 組成を Table 2 に示す。

各銘柄の尾叉長範囲とモードは,豆では範囲6~16 cm,モード12cm,小では範囲10~24cm,モード14cm, 中では範囲11~29cm,モード18cm,大では範囲15~32 cm,モード27cmであった(Table 2)。

小型底びき標本船1隻による2003年の月別銘柄別漁 獲尾数は(Table 3),年間を通してみると小(43.43%) が最も多く,次いで中(26.22%),豆(25.13%)の順に 多かった。月別にみると各銘柄とも8~11月に多く漁 獲された。

銘柄別尾叉長組成(Table 2)と2003年の月別銘柄 別漁獲尾数(Table 3)から,2003年に小型底びき標 本船1隻により漁獲されたキダイの尾叉長組成を推定 した結果,尾叉長12~18cmの個体が全体の約70%を占 め,モードは14cmであった(Fig.5)。

なお, 尾叉長 (FL, mm) と体重 (BW, g) との関 係は次のとおりであった。

Table 2	Composition	(%) of	fork length	of yellow
sea	bream by com	mercial	category	

$FL(cm) \leq$	Dead small	small	Middle	Large
6	0.08	0.00	0.00	0.00
7	0.84	0.00	0.00	0.00
8	3.44	0.00	0.00	0.00
9	4.44	0.00	0.00	0.00
10	9.39	0.04	0.00	0.00
11	23.55	0.31	0.13	0.00
12	27.33	2.31	0.00	0.00
13	23.39	12.32	0.32	0.00
14	6.87	22.95	1.64	0.00
15	0.59	22.60	2.65	0.14
16	0.08	18.42	4.92	0.00
17	0.00	11.25	11.42	0.28
18	0.00	5.38	17.35	2.07
19	0.00	2.22	12.30	2.35
20	0.00	1.38	13.63	0.55
21	0.00	0.44	14.64	3.32
22	0.00	0.13	10.09	7.19
23	0.00	0.18	4.98	9.82
24	0.00	0.04	3.91	10.93
25	0.00	0.00	0.95	9.13
26	0.00	0.00	0.50	10.79
27	0.00	0.00	0.19	12.31
28	0.00	0.00	0.25	11.48
29	0.00	0.00	0.13	10.79
30	0.00	0.00	0.00	5.81
31	0.00	0.00	0.00	1.94
32	0.00	0.00	0.00	1.11
Total	100.00	100 00	100.00	100.00





Table 3 Monthly catch in number of yellow sea bream caught by a small trawl fishing boat in 2003 by commercial size category

		• •										
Size category	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total	(%)
Large	59	44	37	309	287	624	867	419	345	228	3218	5.22
Middle	291	275	308	1036	1327	2476	3690	2719	2929	1101	16152	26.22
Small	202	134	470	1915	1949	5847	5982	3562	5108	1579	26749	43.43
Dead small	0	0	219	1168	730	2993	5622	1241	3066	438	15478	25.13
Total	552	454	1034	4428	4293	11941	16160	7941	11449	3346	61597	100.00



成熟および性比

月別の尾叉長と GSI との関係を雌雄別にそれぞれ Fig. 6 および Fig. 7 に示す。

雌の成熟個体(GSI が1.8以上の個体)は4月にも わずかに出現したが,多数出現したのはGSI 平均値 が0.88以上を示した5~11月で,特に6~8月には



Fig. 6 Relationship between fork length and gonadosomatic index (GSI) of female yellow sea bream by month.



Fig. 7 Relationship between fork length and gonadosomatic index (GSI) of male yellow sea bream by month.

GSI 平均値が2.21~3.05と高い値を示した(Fig.6)。 また,最小成熟個体の尾叉長は151mmであった(Fig.6)。

雄も GSI が1.2以上と比較的高い個体は主に5~10 月に出現し,この期間の月別 GSI 平均値は0.84~1.09 であった(Fig.7)。

雌の比率は(Fig.8),尾叉長160mm以下では90%以 上を占めていたが,尾叉長が大きくなるにつれ次第に 減少し,尾叉長250mmでは雌(41%)より雄(59%)



Fig. 8 Frequency (%) of females of yellow sea bream by fork length.

の方が多くなった。さらに尾叉長280mm以上では雌の 比率は20%以下に低下した。

## 食性

月別の胃内容物組成をみると(Table 4), 各月と も蛇尾類(クモヒトデ Ophiplocus japonicus)が最 も多く(4.17~40.74%)出現した。その他に甲殻類 (4.17~17.94%), 魚類(0~14.68%), 多毛類(0~4.07 %), 軟体類(0~2.66%)が出現した。

尾叉長別に胃内容物組成をみると(Table 5),尾 叉長50~99mmでは甲殻類(4.76%),100~249mmでは蛇 尾類(21.69~31.49%),250mm以上では魚類(20.83%) が最も多く出現した。

### 考 察

日本海南西山口県沿岸域におけるキダイの漁獲量お よび CPUE は1993年以降増加傾向にあり,特に CPUE は2004年には1964年以降の最高を示した(Fig. 2)ことから,近年資源水準は上向いていると考えら れる。日本海南西沖合域で操業する沖合底びき網漁業 の1網当たり漁獲量も近年増加傾向にあり,2004年は

Table 4	Stomach content	composition	(%)	of	yellow :	sea	bream	by	month
			·· - /		, · · ·			·	

Month	Apr.	May	Aug.	Sep.	Oct.
Year	1999	1999	1997	1998	1997
No. of specimens (A)	24	172	327	351	301
No. of specimens with empty stomach (B)	21	75	195	136	191
Ratio of empty stomach % $(B/A \times 100)$	87.5	43.6	59.6	38.7	63.5
Stomach contents					
PISCES	0.00	5.81	14.68	12.25	9.63
OPHIUROIDEA	4.17	23.84	17.43	40.74	15.28
MOLLUSCA	0.00	2.33	2.45	1.14	2.66
CRUSTACEA	4.17	11.05	16.21	9.69	17.94
POLYCHAETA	0.00	4.07	2.14	2.28	2.99
Digested matters	4.17	22.09	5.20	3.70	6.31

Table 5	Stomach	$\operatorname{content}$	composition	(%)	of	yellow	sea	bream	by	body	size
---------	---------	--------------------------	-------------	-----	----	--------	-----	-------	----	------	------

Fork length (mm)	50-99	100-149	150-199	200-249	250-
No. of specimens (A)	21	435	612	83	24
No. of specimens with empty stomach (B)	16	218	330	35	19
Ratio of empty stomach % $(B/A \times 100)$	76.2	50.1	53.9	42.2	79.2
Stomach contents					
PISCES	0.00	6.67	11.76	19.28	20.83
OPHIUROIDEA	0.00	31.49	23.69	21.69	4.17
MOLLUSCA	0.00	0.69	2.29	9.64	0.00
CRUSTACEA	4.76	11.26	16.01	20.48	4.17
POLYCHAETA	0.00	0.46	3.76	8.43	0.00
Digested matters	19.05	8.51	6.21	8.43	0.00

高水準にあったとされている<sup>71</sup>ことから,日本海南西 海域では沿岸から沖合まで資源の増加が顕著になって いると言えよう。

東シナ海では本種は1歳魚の成熟は皆無であるが, 2歳の前期になると約30%が,2歳の後期およびそれ 以上の年齢では約70%が成熟に達することが知られて いる<sup>1)</sup>。また,本研究における銘柄別尾叉長組成(Ta ble 2)とOki and Tabeta<sup>2)</sup>の年齢と尾叉長との関係 から,各銘柄の年齢組成は豆が1歳魚主体,小が2歳 魚主体,中が3歳魚主体,大が4歳魚以上で構成され ているとみなすことができる。これらのことから,日 本海南西山口県沿岸域では小以上の大きさになると産 卵に加わると考えられる。2003年の小型底びきの銘柄 別漁獲尾数を調べた結果によると,小が最も多かった ものの,成熟前の豆も25.13%を占めていた(Table 3)。 資源水準が上向いているとはいえ,このような小型魚 の漁獲はできるだけ避けた方が資源利用上望ましい。

本海域におけるキダイの漁場は,漁期別漁場および 銘柄別漁場とも山口県北西部沿岸域と見島東沖に形成 され,漁場位置に大きな変化はなかった(Figs.3, 4)ことから,本種は季節的にも,また成長してもあ まり大きな移動はせず,産卵は漁場で行われるのでは ないかと推察される。東シナ海においても,水深や緯 度にかかわらず,各段階の熟度を示す個体が現れ,季 節的な回遊も認められないことから,産卵場は生息域 と一致し,生息域全域にわたって産卵が行われている と考えられている<sup>11</sup>。

本種はあまだい延縄漁業においては、アカアマダイ Branchiostegus japonicus の好漁がある直前と直後 に漁獲されることが多いことから、アカアマダイが環 境条件のよい場所を占拠し,他魚種を排撃するため, キダイはその周辺に分布することが多いと推察されて いる<sup>8)</sup>。そこで、本海域におけるキダイの漁場(Figs. 3, 4) とアカアマダイの漁場<sup>9)</sup>とを比較すると、ア カアマダイの漁場は主に水深100~130mの海域に形成 されるのに対し、キダイの漁場は水深80~130mの海 域に形成されており、キダイの方がやや浅い海域に分 布が広がっている。また漁場の底質を池原・川幡10の 中央粒径値に基づく底質分布図で見ると、アカアマダ イの漁場は中砂~極細砂の海域に形成されているのに 対し、キダイの漁場は中砂〜細砂の海域に形成されて おり、アカアマダイに比べやや粗い底質の海域に漁場 が形成されている。アカアマダイは海底に巣穴を作っ て生活する習性がある<sup>8)</sup>が,キダイについてはそのよ うな習性がないため、両種の好む生息域の底質条件は やや異なり、結果としてあまり競合せずに分布してい る可能性が示唆される。

本種は、東シナ海では春(4-6月)と秋(9-10月) に産卵ピークがあり<sup>2)</sup>,若狭湾では秋に産卵ピークが あるとされている<sup>6)</sup>。また、最近の研究では、東シナ 海では4~11月を中心にほぼ毎日産卵が行われるとさ れている<sup>3-4)</sup>。両海域の中間に当たる本海域では、雌 の成熟個体は5~11月に多く出現し、GSI平均値は 6~8月に高かった(Fig.6)ことから、5~11月が 産卵期で6~8月が産卵盛期とみなされる。これらの ことから、本種の産卵期は北の海域ほど遅く、かつ短 くなり、産卵盛期も遅れると考えられる。

本種は雌から雄へ性転換することが知られており<sup>11)</sup>, 真道<sup>11</sup>は1950年代の東シナ海では体長21~22cm付近 (年齢4歳から5歳)で雌より雄が多くなり,両性個 体も多く出現したと報告している。本海域では尾叉長 250mm(体長220mm)で雌より雄の方が多くなった(Fi g.8)ことから,1950年代の東シナ海と同様な体長で 性転換が起きていると推察される。

本種の胃内容物としては,蛇尾類(クモヒトデ)の 出現頻度が高かった(Tables 4, 5)。蛇尾類は中国 南海でも主要な餌の1つであるとされおり<sup>12)</sup>,蛇尾類 の分布は本種の漁場形成の1つの指標となるかもしれ ない。

### 謝 辞

標本船日誌の記帳に協力いただいた漁業者の皆様に 深謝する。なお、キダイ測定データの一部は、水産庁 委託事業「資源評価調査事業」で得られたものである。

### 文 献

- 1) 真道重明(1960):東海におけるレンコダイ資源の研究.西海区水産研究所研究報告,28(4),967-978.
- Oki D. and O.Tabeta (1998) : Age, Growth and Reproductive Characteristics of the Yellow Sea Bream *Dentex tumifrons* in the East China Sea. Fisheries Science, 64(2), 191-197.
- Yoda M. and M. Yoneda (2002) : Assessment of spawning frequency and batch fecundity in the yellow sea bream, *Dentex tumifrons*. Fish. Sci., 68 (Suppl.1), 443-444.

- \*田道夫・依田真里(2006):キダイの生殖生態.
  水産総合研究センター研究報告別冊4, 125-129.
- 5)藤川裕司・吉尾二郎(1984):マダイ,キチヌ, キダイ幼魚の出現状況に関する調査.昭和57年度 島根県水産試験場事業報告,92-98.
- 6) TOMINAGA O., M.INOUE, M.KAMATA and T.SEIKE (2005) : Reproductive cycle of yellow sea bream *Dentex tumifrons* in Wakasa Bay, the Sea of Japan off central Honshu. FISHERIES SCIENCE, 71, 1069-1077.
- 7) 西海区水産研究所(2005):平成17年キダイ日本 海・東シナ海系群の資源評価.1-25.
- 8)林 泰行(1980):東シナ海産アカアマダイの漁
  業生物学的研究.山口県外海水産試験場研究報告,

**20**, 1-95.

- 9)河野光久・天野千絵(2005):日本海南西部山口 県沖におけるアカアマダイの資源管理に関する研 究-I山口県におけるあまだい漁業の実態.山口 県水産研究センター研究報告,(3),55-59.
- 10)池原 研・川幡穂高(1986):北九州・山陰沖の 表層堆積物.西南日本周辺大陸棚の海底地質に関 する研究,昭和60年度研究報告書--響灘・見島沖 海域-.工業技術院地質調査所,68-102.
- 青山恒雄(1955):レンコダイ Taius tumifrons にみられた両性生殖巣. 魚類学雑誌, 4, 119-127.
- 12) 堀川博史・鄭元甲・山田梅芳・時村宗春(2001):
  キダイの生物・生態特性、東シナ海・黄海主要資源の生物・生態特性—日中間の知見の比較—,
  109-122.

# 日本海南西海域におけるヒメジ浮遊期 稚仔の出現と分布

## 河野光久

## Occurrence and Distribution of *Upeneus bensasi* larvae in the southwestern Japan Sea

## Mitsuhisa Kawano

Larval samplings in the southwestern Japan Sea were conducted in 1986 and 1987. Upeneus bensasi larvae (<50 mm in TL) occurred during June to October with a peak month July or August. The larvae smaller than 10 mm in TL were distributed in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, shallower than 130m deep. On the other hand, the larvae larger than 10 mm in TL were distributed not only in the coastal waters but also in the offshore waters, suggesting that the larvae in the offshore waters would have been transported by the offshore branch of the Tsushima Current.

Key words : Upeneus bensasi; Larvae; Distribution; Southwestern Japan Sea

ヒメジ Upeneus bensasi は体色が赤いことから山 口県では金太郎と呼ばれ、その干物は県の特産品の一 つとして人気がある。本種は干物原料としての需要が 高いため、日本海西部では小型底曳網の重要魚種の1 つとなっている。

本種の生態については、底生生活期に入ってからの 分布、成長および成熟・産卵については、石田<sup>1)</sup>の報 告がある。また、浮遊期稚仔については、千田<sup>2)</sup>が隠 岐島近海における出現期、全長範囲、出現水温・塩素 量について報告している。しかし、隠岐島以西の日本 海南西海域の稚仔の出現と分布については、断片的な 知見があるにすぎない<sup>3,4)</sup>。

本研究は、河野<sup>3)</sup>が1986年および1987年に日本海南 西海域で実施した丸稚ネットの表層曳きにより得られ た稚仔の資料を用い、ヒメジ浮遊期稚仔の出現期と全 長別分布を明らかにするとともに、産卵場と産卵場か らの移動について若干考察したので、結果を報告する。

### 材料および方法

用いた稚仔の資料は,河野<sup>3)</sup>が1986年および1987年 の5~10月の各月初めに Fig. 1 に示す30定点におい て, 丸稚ネット(口径1.3 m,側長4.5 m,側長前部3 mは4×4×200Kのモジ網,後部1.5 mは網地 NGG5 4,網目0.33×0.33 mの篩布)の表層10分間水平曳き を行い得られたものである。また,稚仔の分布域の表 面水温と塩分を明らかにするため,各調査点で曳網前 にバケツ採水による表面水温の観測とサリノメータに よる塩分の測定を行った。



Fig. 1 Survey area for sampling *Upeneus bensasi* larvae. Dot symbols show sampling stations for larvae, water temperature and salinity.

## 結 果

### 稚仔の月別出現状況および全長組成

1986年および1987年のヒメジ稚仔の月別出現個体数 を Fig. 2 に示す。稚仔は両年とも6~10月に出現し, 1 網当たり出現個体数は1986年には8月(7.4個体/網), 1987年には7月(5.1個体/網)に最も多かった(Fig. 2)。

1986年および1987年の月別全長組成を Fig. 3 に示 す。出現した稚仔のほとんどは全長40mm未満で,50mm 以上の個体はまったく出現しなかった(Fig. 3)。月 別の全長組成を比較すると,両年とも6~8月には全 長15mm未満の小型個体の出現率が高く,平均全長も 16.4mm以下であったが,9~10月には全長15mm以上の 大型個体の出現率が高まり,平均全長も16.4~27.7mm と大型化した(Fig. 3)。



Fig. 2 Monthly changes in number of individuals (/haul) of *Upeneus bensasi* larvae collected in the southwestern Japan Sea in 1986 and 1987. Solid and open circles show the number of individuals in 1986 and 1987, respectively.



Fig. 3 Monthly changes in total length of *Upeneus bensasi* larvae collected in the southwestern Japan Sea in 1986 and 1987.

### 全長別分布と分布域の表面水温・塩分

1986年および1987年の稚仔の全長別分布を Fig. 4 に示す。1986年には(Fig. 4),全長 5 mm未満の稚仔 は,北緯34度30分の山口県沿岸域にのみ出現した。全 長 5 ~ 10mmになると分布域がやや沖合に広がり,ほぼ 北緯35度以南,水深130m 以浅の山口県沿岸域に分布 した。全長10mm以上になると,北緯35度以南の沿岸域 だけでなく,北緯35度30分以北の沖合域にもかなり多 く出現した。1987年も(Fig. 4),全長10mm未満の稚 仔は北緯35度以南の山口県沿岸域にのみ出現し,全長 10mm以上になるとそれ以北の沖合域にも出現した。

稚仔の分布域の表面水温および塩分は、それぞれ 1986 年 に は 18.0~28.0 ℃ (モード 26.0 ℃), 32.00~34.50 (モード 32.75), 1987年には20.0~27.0℃ (モード 22.0℃), 32.25~34.00 (モード 33.25) と広範 囲であった (Fig. 5)。また, 1986年には1987年に比 べ高温 (26.0℃以上), 低塩分 (33.00以下) 域におけ る出現率が高かった (Fig. 5)。



Fig. 4 Distributions of Upeneus bensasi larvae (number of individuals/haul) by sizes in 1986 and 1987.



Fig. 5 Frequency distributions of *Upeneus bensasi* larvae by water temperature and salinity at sea surface in the southwestern Japan Sea in 1986 and 1987.

### 考 察

石田<sup>11</sup>は本種の生殖腺の発達状況から,日本海南西 海域における産卵期は5~9月で,その盛期は6~7 月頃と推定している。本研究では稚仔は6~10月に出 現し,盛期は7~8月であった(Fig.2)。出現した 稚仔のほとんどが全長40mm未満であった(Fig.3)こ とから,産卵されてから全長40mm未満の稚仔になるま で約1ヶ月かかるとすれば,石田<sup>11</sup>が推定した産卵期 と本研究による稚仔の出現期はよく対応している。隠 岐島近海においても,稚仔の出現期は6~11月で盛期 は7~8月<sup>21</sup>と本研究とほぼ同様な結果が得られてい る。本研究では11月以降調査を実施していないが,山 口県日本海沖における1950年代の調査結果<sup>41</sup>によれば, 11月または12月にわずかに出現した年もあったことか ら,年によっては11月または12月にも稚仔が出現する こともあると考えられる。

本種の産卵場については必ずしも明確ではないが, 石田<sup>11</sup>は性成熟に伴い,水深80~120mの深場へ移動 するとしている。また,大内・尾形<sup>51</sup>によれば,成魚 は水深120m以深では採集されないとされている。以 上のような成魚の分布と本研究でふ化後間もない全長 5m以下の稚仔がほぼ北緯35度以南,水深130m以浅 の山口県日本海沿岸域に出現した(Figs.1,4)こと を併せて考えると,本種の産卵場は水深120~130m以 浅の沿岸域に存在すると推定される。 全長10mm以上の稚仔については北緯35度以北の沖合 域にも出現した(Fig.4)。しかし,このことは必ず しも成長に伴って沖合域に分布が拡大したことを示す ものではないと考えられる。なぜなら,調査海域では 山口県沿岸域の100m等深線に沿って対馬暖流第1分 枝の強流域,その沖合域には対馬暖流第2分枝の強流 域が存在する<sup>6)</sup>ことから,沖合域に出現した稚仔は対 馬暖流第1分枝を横切って分布を拡大したのではなく, 対馬海峡以西の産卵場から対馬暖流第2分枝によって 運ばれてきたのではないかと考えられるからである。 また,9~10月に全長組成が大型化した(Fig.3)理 由についても,対馬海峡以西の産卵場から対馬暖流第 2分枝によって日本海南西沖合域に輸送される過程で 成長した個体が主に9~10月に出現したためではない かと考えることができる。

### 謝 辞

稚仔の採集に多大な協力をしていただいた前山口県 漁業調査船黒潮丸の乗組員の皆様に感謝する。

### 文 献

- 石田健次(1986):日本海南西海域におけるヒメジの底生生活期について、日本水産学会誌,52(2), 215-221.
- 2)千田哲資(1964):西日本海域における魚卵・稚 魚の分布の研究.岡山県水産試験場昭和39年度臨 時報告,1-80.
- 河野光久(1997):日本海南西部表層域における 稚仔の分布.山口県外海水産試験場研究報告,26, 59-63.
- 4)伊藤健生(1960):山口県外海における浮遊稚仔の分布並びに生態について、山口県外海水産試験 場研究報告、3,1-14.
- 5) 大内 明・尾形哲男 (1960):北部日本海底曳禁 漁区の動物分布に関する研究 I. 底棲幼魚、日本 海区水産研究所年報, (6), 157-171.
- Katoh O. (1994) : Structure of Tsushima Current in the Southwestern of Japan Sea. Journal of Oceanography, 50, 317-338.

# 日本海南西海域におけるキュウリエソ 卵・稚仔の分布と量変動

## 河野光久

# Changes in the Distribution and Abundance of Maurolicus japonicus Eggs and Larvae in the Southwestern Japan Sea

## Mitsuhisa Kawano

Monthly and yearly changes in the distribution and abundance of *Maurolicus japonicus* eggs and larvae in the Southwestern Japan Sea were studied using the data collected with a plankton net during 1986-1994. The fish spawned almost all year and the main spawning season was May to October. Abundance of the larvae increased from July-August to October-November. It was estimated that spawning grounds were mainly formed in the waters off the east coast of Korea and expanded toward coastal waters off Yamaguchi prefecture as the abundance of spawners increased.

Key words : Maurolicus japonicus; Distribution; Eggs; Larvae

キュウリエソ Maurolicus japonicus は、ヨコエソ 亜目、テオノエソ科に属する魚類マイクロネクトンで ある。本種の日本海における現存量は極めて大きく、 日本海の年間総漁獲量の3倍近い330万トンに達する と推定されている<sup>1)</sup>。このように本種は日本海におけ る卓越した生物種であるだけでなく、さまざまな中・ 底層魚の重要な餌生物にもなっている<sup>2,3)</sup>ことから、 本種の分布および量変動を明らかにすることは、本種 の資源変動要因の解明に役立つだけでなく、中・底層 魚の量変動に与える影響を評価する上でも重要である と考えられる。本種は漁獲対象となっていないため親 魚に関する情報は乏しいが、卵および稚仔はプランク トンネットによって比較的簡単に採集できることから, 本種の産卵期や卵・稚仔の分布についてはこれまでい くつかの報告がなされている1-3)。しかし、卵および 稚仔の出現量の経年変動については、伊東1)が能登半

島近海における1950~1964年春季の調査結果を報告し ているだけで、知見は極めて少ない。本種の産卵はほ ぼ周年行われ、産卵盛期は秋にも見られる<sup>1,3)</sup>ことか ら、卵および稚仔の経年変動については、春季だけで なく秋季についても調査する必要がある。

そこで、本研究は山口県外海水産試験場が日本海南 西海域で1986年から1994年まで冬季を除く各月に実施 してきた卵稚仔調査の資料を用いて、本種の卵および 稚仔の現存量の経月変動、および現存量水準別の分布 域の年変動を明らかにしたので報告する。

## 材料および方法

キュウリエソの卵および稚仔の資料は、山口県外海 水産試験場が日本海南西山口県沖(Fig.1)で1986年 3月~1994年11月の冬期を除く各月(Table 1)に 実施した「200カイリ水域内漁業資源総合調査」およ び「我が国周辺漁業資源調査」で得られたものを用い た。卵の採集には1989年3月までは丸特B型ネット, 同年4月以降は改良型ノルパックネットを用いた。曳 網方法は、水深が150m以浅の場合は、ワイヤー長を 水深から2m引いた長さとし、また水深が150m以深 の場合はワイヤー長を150mとし、鉛直曳きを行った。 プランクトンネットの網口には濾水計を取り付け、濾 水量を計測した。得られた標本は10%ホルマリン海水 で固定した後、種の査定と計数を行った。ただし, 1992年4月から1993年3月まではキュウリエソ稚仔 の同定は行わなかった。また、各観測点において1990 年7月まではナンゼン採水、それ以降はCTD(Sea Bird Electronics 社製 SBE19)による水温・塩分の 測定を行った。

卵および稚仔の現存量(E)は、卵および稚仔の出現



Fig. 1 Map showing the sampling area of *Maurolicus japonicus* eggs and larvae. Dots show the sampling stations. Shaded regions show the area where the egg and larval abundances were calculated.

Table 1Number of net tows for collecting eggsand larvae of Maurolicus japonicus in thesouthwestern JapanSea in 1986 to 1994

		Month														
rear	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.						
1986	32	30	30	30	30	30	30	30	30	30						
1987	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30						
1988	30	30	30	30	30	29	30	30	30	30						
1989	30	30	30	30	30	30	- 30	30	30	30						
1990	30	30	30	30	30	30	30	30	30	_						
1991	30	30	30	30	30	30	30	30	30	_						
1992	30	30	30	30	30	30	30	30	30	—						
1993	30	30	30	30	30	30	30	30	30	_						
1994	30	30	30	30	30	30	30	29	30	—						

量が北緯35度以南とそれより北とで大きく異なっていたので、この2つの海域に区分して(Fig.1)、次式により求めた。

$$E=\sum X_iA_i$$

X<sub>i</sub>:各海域における1 m当たりの平均卵数または平均 稚仔数

A<sub>i</sub>:各海域の面積(m)

卵および稚仔の水平分布の経年変動については,各 調査点における海面1㎡下の卵数および稚仔数を求め, 現存量水準別に分布を比較して調べた。

また, 卵および稚仔の分布と水温・塩分との関係を 明らかにするために, 1986年の卵および稚仔の分布域 と50m深水温および塩分との関係を調べた。50m深の 値を用いたのは,本種の卵の主分布層が昼間は10~75 m層,夜間は50m層,稚仔の主分布層が昼夜とも50~ 75m層である<sup>11</sup>ためである。

### 結 果

### 卵の現存量の経月変動

卵は調査を実施しなかった1~2月を除くほぼ周年 出現した(Fig.2)。

卵の現存量は(Fig. 2), 5月から増加し,8~10 月の間に最高を示すことが多かった。特に,現存量が 最高を示した1991年には9月に突出したピークが認め られた。しかし,現存量が3兆粒以下と低水準で推移 した1988年および1989年には,8~10月のピークは不 明瞭であった。



Fig. 2 Monthly change in egg abundance of *Maurolicus japonicus* in the southwestern Japan Sea during 1986-1994.

卵の現存量を月別平均値でみると(Fig.3), 3~ 4月には1.0兆粒以下であったが, 5~10月には1.5~ 3.5兆粒に増加した。中でも8~9月に顕著な増加が 見られ、9月に最高値(3.5兆粒)を示した。その後、 11~12月には1.0兆粒以下に減少し、12月は最低(0.2 兆粒)となった。標準偏差は平均値が大きい月に大き くなる傾向があり、特に8月および9月にはそれぞれ 2.3兆粒、6.2兆粒と大きな値を示した。このことは、 8月および9月のピークが必ずしも安定したものでは ないことを示している。



Fig. 3 Monthly mean of egg abundance of *Maurolicus japonicus* in the southwestern Japan Sea during 1986-1994. Vertical bars show the standard deviations.

### 稚仔の現存量の経月変動

稚仔(全長1.6~13.5mm)も卵と同様に調査を実施 しなかった1~2月を除くほぼ周年出現した(Fig.4)。 稚仔の現存量(Fig.4)は、卵よりも遅れて7月ま たは8月から増加し、10月または11月まで比較的高い 値を示すことが多かった。現存量のピークは現存量が 最高を示した1991年には9月、2番目に高かった1986 年には10月に明瞭に認められたが、現存量が3兆尾以 下と低い水準で推移したその他の年では突出した山は 認められなかった。



Fig. 4 Monthly change in larval abundance of *Maurolicus japonicus* in the southwestern Japan Sea during 1986-1994. No data; during April 1992 to March 1993.

稚仔の現存量を月別平均値でみると(Fig.5),3 ~4月には0.1~0.2兆尾以下であったが,5~7月に は0.4~0.6兆尾とやや増加した。その後8~11月には 1.2~2.2兆尾と顕著に増加し,9月に最高(2.2兆尾) を示したが,12月には0.1兆尾と急激に減少した。標 準偏差は平均値が大きい月に大きくなる傾向があり, 9月および10月にはそれぞれ3.4兆尾,2.2兆尾と大き な値を示した。



Fig. 5 Monthly mean of larval abundance of *Maurolicus japonicus* in the southwestern Japan Sea during 1986-1994. Vertical bars show the standard deviations.

### 卵の分布の経月変動

卵の現存量水準別の分布を比較するため,現存量が 低水準であった1988年,中水準であった1986年,高水 準であった1991年(Fig.2)の分布をそれぞれ Figs. 6-8に示す。

1988年には(Fig. 6), 卵は北緯35度以南の山口県 沿岸域にはほとんど出現しなかった。月別にみると、 3月には韓国東岸沖と北緯35度20~40分の山口県沖合 域に出現した。4月には韓国東岸沖にのみ出現したが, 5~11月には韓国東岸沖を主体としてそこから北緯36 度の山口県沖合域にかけて北東方向に広がって出現し た。1986年にも(Fig.7) 卵は、基本的には1988年と よく似た分布の経月変動を示したが、1988年に比べ山 口県沿岸域への分布の広がりが大きかった。特に卵の 出現量が増加した5~7月および10月の対馬北東沖で は北緯34度50分~35度付近まで南下して分布が認めら れた。1991年には(Fig. 8), 1986年および1988年よ り1ヶ月早い4月にすでに北緯35度付近の対馬北東沖 から北緯36度の山口県沖合域まで分布が広がり、5~ 11月にかけてはさらに全体的に山口県沿岸側に分布が 広がった。特に、5月、8月、9月および11月には北 緯34度30分付近の山口県沿岸域まで著しく南下して分 布が認められた。以上のとおり,卵は現存量水準が高 い年ほど山口県沿岸域へ南下して分布域を拡大した。



Fig. 6 Monthly distributions of *Maurolicus japonicus* eggs in the southwestern Japan Sea in 1988 (low abundance year).



Fig. 7 Monthly distributions  $(n/m^2)$  of *Maurolicus japonicus* eggs in the southwestern Japan Sea in 1986 (middle abundance year).



Fig. 8 Monthly distributions (n/m) of *Maurolicus japonicus* eggs in the southwestern Japan Sea in 1991 (high abundance year).

稚仔の分布の経月変動

稚仔の現存量水準別の分布を比較するため、卵と同 様に現存量が低水準であった1988年、中水準であった 1986年、高水準であった1991年の分布をそれぞれ Figs.9-11に示す。

1988年(Fig. 9)の3月には,稚仔は北緯35度10分 の対馬北東沖から北緯35度20分の山口県沖合域にわず かに出現した。また、4月には韓国東岸沖にのみ出現 したが、5~11月になると3~4月に比べ出現量が増 加し,分布域は南東方向の山口県沿岸側と北東方向の 山口県沖合域へ拡大した。1986年(Fig.10)も月別分 布パターンは1988年と基本的には同様であったが、 1988年に比べ9~11月にかけて出現点数が多く、分 布域もより拡大していた。1991年には(Fig.11)、4 月にすでに対馬北東沖から北緯36度の山口県沖合域ま で分布が拡大した。5~11月にかけても1988年よりさ らに分布域が広がった。特に出現量が顕著に増加した 8~11月には北緯34度40分付近の山口県沿岸域まで分 布が拡大した。

卵および稚仔の分布域の水温・塩分

1986年における卵の分布域の50 m 深水温は10~20℃で、この内13~15℃に約67%が出現した(Fig.12)。 また、分布域の50 m 深塩分は33.0~34.6で、この内約 90%が33.6~34.6の範囲に出現した(Fig.12)。

1986年における稚仔の分布域の50m深水温は11~22 ℃,塩分は33.0~34.7であった(Fig.12)。この内水温 18~20℃,塩分33.4~34.0の範囲に約70%が出現し, 卵に比べ稚仔の方が高温・低塩分な海域における出現 頻度が高かった(Fig.12)。



Fig. 9 Monthly distributions (n/m) of larval *Maurolicus japonicus* in the southwestern Japan Sea in 1988 (low abundance year).



Fig. 10 Monthly distributions  $(n/m^2)$  of larval *Maurolicus japonicus* in the southwestern Japan Sea in 1986 (middle abundance year).



Fig. 11 Monthly distributions  $(n/m^2)$  of larval *Maurolicus japonicus* in the southwestern Japan Sea in 1991 (high abundance year).



Fig. 12 Frequency distributions of number of eggs and larvae for *Maurolicus japonicus* by water temperature and salinity at 50 m deep. Closed bars and open bars show the eggs and larvae, respectively.

## 考 察

日本海における本種の産卵期についてはOkiyama<sup>11</sup> が、産卵は冬期の数ヶ月を除き周年行われ、盛期は8 月下旬から9月上旬と報告している。一方、由木<sup>51</sup>は 島根県沖では卵は1月を最低とし周年出現するが、3 ~5月と8~11月に多く、特に5月と10月の年2回の ピークがあると報告しており、両者の産卵盛期は一致 していない。本研究では卵の現存量は5月から増加し 8~10月の間に最高を示すことが多かった(Fig.2)。 また、現存量の平均値でみると、9月を最高として8 ~9月に高くなったが、8~9月には標準偏差が大き く、8~9月のピークは安定したものではないことが 明らかになった(Fig.3)。このようにピーク月には 年変動がかなりあることが、Okiyama<sup>11</sup>と由木<sup>51</sup>の結 果との相違につながったのではないかと考えられる。

稚仔の現存量は、卵よりも2~3ヶ月遅れて7月ま たは8月から増加し、10月または11月まで比較的高い 値を示すことが多かった(Fig.4)。採集された稚仔 の全長は1.6~13.5mmと小さく、ふ化後あまり日数が 経過していないと考えられるが、両者の経月変動は必

Table 2Relationship between abudances of eggs and larvae of Maurolicus japonicus in each month during1986-1994

	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
Correlation coefficient	0.76	0.68	0.09	0.71	0.38	0.84	0.99	0.81	0.81
<i>p</i> -value	< 0.05	>0.05	>0.05	< 0.05	>0.05	< 0.01	< 0.001	< 0.02	< 0.02
Number of data	8	8	8	8	8	8	8	8	8

ずしも対応していなかったことから、月によって卵か ら稚仔に至る生残率がかなり異なることが推察される。 そこで、月別に卵と稚仔の現存量の相関を調べた結果、 3~7月の各月には相関係数は0.38~0.76で5%有意 水準で必ずしも有意な相関があるとはいえなかったが、 8~11月の各月には相関係数は0.81~0.99で2%以下 の水準で有意な正の相関が認められた(Table 2)。 このことから、3~7月までより8~11月の方が卵か ら稚仔期の生残がより安定していることが窺える。

卵の分布を調べた結果、卵は主に韓国東岸沖に分布 し、卵の出現量が増加する5~10月にはそこから南東 方向の山口県沿岸域と北東方向の山口県沖合域に向かっ て拡大して分布する傾向を示した(Figs. 6-8)。沖 山<sup>3)</sup>は、本種の成魚は日本海では大陸棚縁辺部に集中 して出現する傾向が強いと報告していることから、韓 国東岸沖の大陸棚縁辺部は主要な産卵場になっている と推察される。また、山口県沖合の北緯36度付近の水 深は1000m以上と深いことから、この付近に出現した 卵はここで産卵されたものではなく、韓国東岸沖の産 卵場からこの海域を北東方向に流れる対馬海流第2分 枝<sup>6)</sup>によって運ばれたものと考えられる。このような 経月的な分布域の拡大傾向は,卵の現存量水準が高い 年ほど顕著で、特に卵の現存量が高水準であった1991 年には、北緯34度30分付近の山口県沿岸域まで著しく 南下して卵が出現した (Figs.7-8)。このように、 卵の現存量水準が高い年には卵の分布域が拡大したこ と、および卵の現存量は親魚量水準を反映していると 考えられることから、親魚量水準が高い年には産卵場 が陸棚縁辺域から山口県沿岸域へ拡大すると考えられ る。

## 謝辞

長年にわたり卵稚仔の採集を継続してこられた前山 口県漁業調査船黒潮丸および現調査船くろしおの乗組 員および調査員の皆様に感謝する。

## 文 献

- Okiyama, M. (1981) : Abundance and distribution of eggs and larvae of a sternoptychid fish, *Maurolicus muelleri*, in the Japan Sea, with comments on the strategy for successful larval life. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 178,246-247.
- 2) 西村三郎(1959):1955年春季能登半島近海におけるキウリエソの産卵ならびに卵・稚仔の生態.
  日本海区水産研究所年報,(5),61-75.
- 沖山宗雄(1971):日本海におけるキュウリエソの初期生活史.日本海区水産研究所報告,(23), 21-53.
- 4)伊東祐方(1966):能登近海の5月におけるイワシ類その他魚卵・稚仔の出現量の経年変化.漁業 資源研究会議報,(5),54-64.
- 5) 由木雄一(1982):日本海南西海域におけるキュ ウリエソの産卵と成熟.日本水産学会誌,48(6), 749-753.
- Katoh O. (1994) : Structure of Tsushima Current in the Southwestern of Japan Sea. Journal of Oceanography, 50, 317-338.

# ホタルイカ卵径の経月変動とその変動要因

## 河野光久

## Monthly Change in Egg Diameter of Firefly Squid, Watasenia scintillans and its Possible Cause

Mitsuhisa Kawano

Net samplings and measurements of egg diameters of firefly squid, *Watasenia scintillans* were conducted in the southwestern Japan Sea in 1986 and 1987 to study monthly changes in the egg diameters. The egg diameters were larger in spring (cold water months) than those in summer and autumn (warm water months). There found a negative correlation between the monthly mean egg diameters and water temperatures at 50 m depth. Plankton abundance was low in spring to early summer and high in mid-summer to autumn. These results suggest that the squid would change the egg size in relation to the environmental conditions: the squid would make their eggs large in cold and poor prey condition and small in warm and abundant prey condition to get high survival rates.

Key words: Watasenia scintillans; Egg diameter; Water temperature; Plankton abundance

ホタルイカ Watasenia scintillans は、日本海およ び土佐湾以北の太平洋に分布する小型のいかいで、富 山湾、若狭湾および山陰沖では定置網や底びき網の重 要な漁獲対象種となっている<sup>2)</sup>。本種の繁殖生態につ いては、これまで安達3)および林4)により産卵期、産 卵場,産卵数,ふ化時間等が明らかにされている。し かし、海中に産卵された卵のサイズに関する報告は見 当たらない。魚類の卵サイズが時空間的に変化するこ とはよく知られており5),例えばカタクチイワシの卵 径は低温の冬~春に大きく、高温の夏~秋に小さくな り、卵の大型化は餌が貧困な冬~春の環境で生残率を 高める意義があるものと考えられている<sup>6)</sup>。本種はカ タクチイワシと同様に寿命が約1年と短く、産卵期が 長い4)ことから、カタクチイワシのように卵径を季節 によって変化させることにより生残率を高める戦略を 採っている可能性があり、それを明らかにできれば、

本種の資源変動機構の一端に迫ることができると考え られる。

そこで、本研究は1986年および1987年に日本海南西 海域で採集した本種の卵径の経月変動を明らかにする とともに、その変動要因について考察した。

### 材料および方法

ホタルイカ卵の資料は、山口県外海水産試験場が日 本海南西山口県沖(Fig.1)で1986年3~11月および 1987年3~10月の各月に実施した「200カイリ水域内 漁業資源総合調査卵・仔魚調査」で得られたものを用 いた。卵およびプランクトンの採集には丸特B型ネッ トを用いた。曳網方法は、水深が150m以浅の場合は、 ワイヤー長を水深から2m引いた長さとし、また水深 が150m以深の場合はワイヤー長を150mとし、鉛直曳 きを行った。プランクトンネットの網口には濾水計を 取り付け, 濾水量を計測した。得られた標本は10%海 水ホルマリンで固定した後, ホタルイカ卵については 計数と実体顕微鏡下(倍率20倍)で長径の測定を行い, プランクトンについては沈殿量と湿重量の測定を行っ た。また,各観測点においてナンゼン採水による水温 の測定を行った。卵径と環境要因との関係を明らかに するため,卵の出現域(Fig.1の影域)における全観 測点の月別50m深平均水温,プランクトンの月別平均 湿重量および平均沈殿量それぞれと月別卵径平均値と の関係を調べた。ここで50m深の水温値を用いたのは, 本種の卵が主として水深70m以浅に分布するからであ る<sup>4)</sup>。また,プランクトン量を解析に使用した理由は, 本種がカイアシ類などの動物プランクトンを捕食す る<sup>7)</sup>ため、餌生物量との関係を調べるためである。



Fig. 1 Map showing the study area. Dot symbols show sampling locations of firefly squid eggs and hydrographic observation stations. Shaded region shows the area where the mean temperature and mean plankton abundance were calculated.

## 結果 化

### 卵径および50m深水温の経月変動

1986年および1987年の月別卵径平均値を Fig. 2 に 示す。

卵径平均値は(Fig. 2), 1986年には3月に1.53mm と最大を示した後,経月的に小さくなり, 10月には 1.32mmと最小になった。11月には10月よりやや大きく (1.36mm) なった。1987年も, 1986年と同様に3月に 最大(1.54mm)を示した後,経月的に小さくなり, 10 月に最小(1.32mm)となった。





50 m深平均水温は(Fig. 3), 1986年には3月に11.9 ℃と最低を示した。その後は、4~7月に12.9~13.9 ℃とやや上昇した後、8月以降顕著に上昇し、10月に 最高の19.5℃となった。11月には19.0℃と10月よりや や低下した。1987年も50 m深平均水温は3月に最低 (11.9℃)を示した。その後は次第に上昇し、10月に 21.0℃と最高を示した。



Fig. 3 Monthly mean water temperatures at 50 m depth in the southwestern Japan Sea in 1986 and 1987.

月別卵径平均値(Y)と50m深平均水温(X)との相関 を調べた結果,両者の間には有意な負の相関関係が認 められた(Fig.4,Y=-0.021X+1.724,n=14,R= 0.791,P<0.001)。つまり,卵径は低水温期に大きく, 高水温期に小さくなることが明らかになった。



Fig. 4 Relationship between monthly mean egg diameters of firefly squid and monthly mean water temperatures at 50 m depth in the southwestern Japan Sea in 1986 and 1987.



1986年および1987年のプランクトンの月別平均湿重 量および月別平均沈殿量を Fig. 5 に示す。



Fig. 5 Monthly mean wet weights and settling volumes of plankton in the southwestern Japan Sea in 1986 and 1987.

平均湿重量は、1986年には3~7月までは18.4~ 26.3 mg/m<sup>2</sup>と小さかったが、8月から急激に増加し8 ~11月には35.2~62.6 mg/m<sup>2</sup>と大きな値を示した。1987 年も1986年と同様に3~7月までは比較的小さかった (17.6~31.0 mg/m<sup>2</sup>)が、その後8~10月にはそれ以前 に比べ大きくなった(32.0~42.2 mg/m<sup>2</sup>)。

平均沈殿量も(Fig. 5), 1986年には3~7月までは 0.5~1.0ml/mと小さかったが, 8月から急激に増加 し8~11月には1.4~1.9ml/mを示した。1987年も1986 年と同様に3~7月までは比較的小さかった(0.4~ 0.9ml/m<sup>2</sup>)が,その後8~10月にはそれ以前に比べ大 きくなった(1.1~1.7ml/m<sup>2</sup>)。

以上のとおり、プランクトン平均湿重量および平均 沈殿量は低水温期の3~7月に小さく、高水温期の8 ~11月に大きくなることが明らかになった。

### 考察

本研究により、(1)卵径は最低水温月の3月に最大 を示した後、経月的に小さくなり、10月に最小になる こと(Fig.2), (2) 月別卵径平均値と50m 深平均水温 との間には有意な負の相関関係が認められること (Fig. 4)、(3)卵出現域のプランクトン量は低水温期 の3~7月に少なく、高水温期の8~11月にかけて多 くなること(Fig.5)が明らかになった。これらの結 果から、本種はカタクチイワシ<sup>6)</sup>と同様に水温が低く 餌条件の悪い時期には卵を大型化させることにより、 生残率を高めているのではないかと推察される。一方, 餌の多い高水温期には、カタクチイワシでは小卵多産 の戦略をとるとされている<sup>6)</sup>が、本種では卵径が小型 化することは明らかにできたものの、多産になるのか どうかは明らかにすることができなかった。しかし、 卵巣重量が変わらなければ、卵径が小型化すれば抱卵 数は増えることになることから、本種も多産になって いる可能性は十分考えられる。カタクチイワシでは産 卵期における捕食や環境変化等による危険の集中を避 けるため、長い産卵期に高頻度で産卵して危険分散さ せる戦略を有しているとも考えられているジ。本種に ついても、日本海南西山口県沖では産卵は4~7月を 盛期としてほぼ周年行われている<sup>8)</sup>ことから, 産卵期 を長くすることにより危険分散を図るとともに、環境 条件によって卵径を変化させることにより生残率を高 める戦略をとっていると考えることができよう。

## 文 献

- 1)奥谷喬司・田川 勝・堀川博史(1987):ホタル イカ.日本陸棚周辺の頭足類,社団法人日本水産 資源保護協会,東京,pp110-111.
- 2) 玉木哲也(1991):日本海におけるホタルイカ漁業.昭和63年度~平成2年度水産業関係地域重要 新技術開発促進事業総合報告書(日本海における ホタルイカの資源利用研究), 2-20.
- 3)安達辰典(1991):産卵生態.昭和63年度~平成 2年度水産業関係地域重要新技術開発促進事業総

合報告書(日本海におけるホタルイカの資源利用研究), 53-74.

- 4)林 清志(1995):富山湾産ホタルイカの資源生物学的研究.富山県水産試験場研究報告,(7), 1-128.
- 5) 川崎 健 (1982):浮魚資源. 恒星社厚生閣, 東 京, pp122-158.
- 6) 今井千文(1987):初期減耗変動に関わる諸要因-

カタクチイワシの飼育実験例からー.水産海洋研 究会報,51(1),55-58.

- 7)林 清志・平川和正(1997):富山湾産ホタルイカの餌生物組成.日本海区水産研究所研究報告,
  (47),57-66.
- 8)河野光久(2007):日本海南西海域におけるホタ ルイカ卵の分布と量変動、山口県水産研究センター 研究報告,(5),29-34.

# 1987年の日本海南西海域に出現した 稚仔魚の種組成と分布

## 河野光久

## Species Composition and Distribution of Fish Larvae in the southwestern Japan Sea in 1987

## Mitsuhisa Kawano

Larval Samplings in the southwestern Japan Sea in 1987 revealed the species composition and distribution of fish larvae. The number of individuals and the diversity of larvae increased from June and peaked in August. *Engraulis japonicus* and *Maurolicus muelleri* were dominant species. Most species except for the above two species were distributed mainly in the nearshore waters off Yamaguchi Prefecture where the first branch of the Tsushima Warm Current flew. Therefore, the water temperatures and salinity of their distribution areas were dependent to the water properties of the Tsushima Warm Current during their occurrence periods.

Key words : Fish larvae; Distribution; Southwestern Japan Sea

椎仔魚の種組成や分布の特性を明らかにすることは, 稚仔魚の生残や輸送機構を解明するために極めて重要 である。本研究の対象海域である日本海南西海域にお ける稚仔魚の種組成と分布については,伊藤<sup>11</sup>および 河野<sup>21</sup>が丸稚ネットの表層水平曳きによって採集した 稚仔魚の月別出現状況を報告している。しかし,稚仔 魚の分布水深は種によって異なるほか,同一種でも昼 夜によって異なる<sup>31</sup>ことから,表層(海面付近)だけ の調査では稚仔魚の種組成や分布が十分に把握できて いるとはいえない。

そこで、本研究は1987年3~12月の各月に日本海南 西海域で丸特B型ネットを用い、海面から最大150m 深まで(以後、下層という。)の鉛直曳きを行い、稚 仔魚の種組成および分布を明らかにしたので報告する。

## 材料および方法

稚仔魚の資料は、山口県外海水産試験場が日本海南 西海域(Fig.1)で1987年3~12月の各月に実施した 「200カイリ水域内漁業資源総合調査事業」および県単 独事業で得られたものを用いた。稚仔魚の採集には丸 特B型ネットを用いた。曳網方法は、水深が150m以 浅の場合は、ワイヤー長を水深から2m引いた長さと し、また水深が150m以深の場合はワイヤー長を150m とし、鉛直曳きを行った。プランクトンネットの網口 には濾水計を取り付け、濾水量を計測した。得られた 標本は10%ホルマリン海水で固定した後、種の査定と 計数を行った。また、各観測点においてナンゼン採水 による水温・塩分の測定を行い、稚仔魚の出現域の50 m深水温および塩分を調べた。

稚仔魚の資料の解析にあたっては、出現個体数が5 個体以上の魚種を主要稚仔魚として、それらの出現期、 分布域およびその水温・塩分について、次の基準で出 現型を分類した。出現期については、3~5月を春期、 6~8月を夏期,9~11月を秋期,12月を冬期とした。 分布域については,対馬暖流第1分枝<sup>41</sup>が流れる北緯 35度以南の山口県沿岸域を沿岸域,それより沖合域を 沖合域とした。分布域の水温については,18℃以上を 高温域,それ未満を低温域,塩分については,34.0以 上を高塩分域,それ未満を低塩分域とした。



Fig. 1 Map showing the study area. Dots show the larval sampling and hydrograhic observational stations.

果

結

## 稚仔魚の月別出現状況

稚仔魚の出現個体数は(Table 1),3月に最も少 なく33個体であった。その後は次第に増加し,8月に 最大(1203個体)を示した。9月以降は経月的に減少 し、12月には42個体まで減少した。

稚仔魚の出現種数は出現個体数が多くなる6~10月 に20種以上と多くなる傾向を示し、この期間に種の多 様度が高まった(Table 1)。

期間を通して最も多く出現した魚種はカタクチイワ シ Engraulis japonicus で,次いでキュウリエソ Murolicus muelleri が多かった。その他に、ベラ科 Labridae spp.,カレイ科 Pleuronectidae spp.,マイ ワシ Sardinops melanostictus,ハゼ科 Gobidae spp., ウルメイワシ Etrumeus teres,フサカサゴ科 Scorpaenidae spp.,ネズッポ科 Carangidae spp., ウナギ目 Anguilliformes spp.が上位10種を占めた (Table 1)。

主要稚仔魚の出現期は、次の7つの型に分類された (Table 1)。(1)春期出現型:この型の魚種は春期

Table 1Number of individuals and total lengths of fish larvae collected with a larva net in the southwesternJapan Sea in 1987

Species	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total	Occurrence season	TL(mm)
Engraulis japonicus	6	14	49	525	310	770	154	61	33	10	1932	Spring-winter	1.6-11.0
Murolicus muelleri	5	. 4	40	23	16	162	160	92	55	13	570	Spring-winter	1.6- 5.6
Labridae spp.	0	0	2	26	81	24	4	1	0	2	140	Spring-winter	1.8- 5.6
Pleuronectidae spp.	5	15	22	31	12	18	7	1	6	2	119	Spring-winter	2.0-4.2
$Sardinops \ melanostictus$	3	12	81	0	0	0	0	0	0	0	96	Spring	2.0-6.6
Gobidae spp.	0	0	1	6	13	18	19	16	2	0	75	Spring-autumn	2.2 - 5.0
Etrumeus teres	0	1	5	22	37	0	0	0	0	0	65	Spring-summer	3.3- 7.6
Scorpaenidae spp.	2	5	5	7	4	18	. 14	6	0	3	64	Spring-winter	1.6- 6.6
Carangidae spp.	0	0	1	17	9	11	12	9	0	4	63	Spring-winter	1.3- 4.0
Anguilliformes spp.	0	0	0	0	0	13	10	7	1	0	31	Summer-autumn	4.0- 9.6
Synodontidae spp.	0	0	0	2	8	7	6	7	0	0	30	Summer-autumn	2.6- 8.5
Champsodon snyderi	0	0	0	2	3	2	1	8	5	1	22	Summer-winter	3.3- 6.6
Apogonidae sp.	0	0	0	1	1	6	11	1	0	0	20	Summer-autumn	2.3-5.1
Monacanthidae spp.	0	0	0	12	2	1	0	0	0	0	15	Summer	2.3- 3.9
Cynoglossidae spp.	0	0	0	1	4	0	7	1	0	0	13	Summer-autumn	2.0- 6.6
Myctophidae spp.	0	0	0	0	0	3	5	2	1	1	12	Summer-winter	2.6 - 3.7
Paralichthydae spp.	0	0	1	1	3	2	2	3	0	0	12	Spring-autumn	2.5-4.5
Pomacentridae sp.	0	0	0	0	0	1	4	5	0	0	10	Summer-autumn	1.8- 4.3
Eopsetta grigorjewi	2	1	. 5	1	0	0	0	0	0	0	9	Spring-summer	2.3- 4.7
Tanakius kitaharai	1	0	3	4	0	0	0	0	0	0	8	Spring-summer	1.2 - 3.1
Triglidae spp.	1	0	0	1	3	2	0	0	0	0	7	Spring-summer	2.8- 5.6
Tetraodontidae sp.	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7	Summer	2.1- 3.6
Scombridae spp.	0	0	0	2	3	2	0	0	0	0	7	Summer	2.6-5.5
Sparidae spp.	0	0	0	0	2	2	1	0	0	0	5	Summer-autumn	3.0- 3.1
Platycephalidae spp.	0	0	0	0	0	1	0	3	0	1	5	Summer-winter	6.7-18.5
Others	8	7	24	188	216	133	70	33	15	5	699		2.4- 9.0
Total	33	59	239	872	727	1203	487	256	118	42	4036		
Number of species	10 +	9+	15 +	24 +	25 +	26+	20 +	21 +	8+	10 +			

(3~5月) にのみ出現した。この型に属するのはマ イワシ1種のみであった。(2) 春~夏期出現型:こ の型の魚種は春~夏期(3~8月) に出現し,出現盛 期は5~7月であった。この型に属するのはウルメイ ワシ,ムシガレイ Eopsetta grigorjewi,ヤナギムシ ガレイ Tanakius kitaharai,ホウボウ科 Triglidae spp.であった。(3) 春~秋期出現型:この型の魚種 は春~秋期(5~11月) に出現し,出現盛期は7~10 月であった。この型に属するのはハゼ科とヒラメ科 Paralichthydae spp.であった。(4) 春~冬期出現型: この型の魚種は春~冬期(3~12月)の長期間にわたっ て出現し、出現盛期は6~9月であった。この型に属 するのはカタクチイワシ、キュウリエソ、ベラ科、カ レイ科、フサカサゴ科、ネズッポ科であった。(5) 夏期出現型:この型の魚種は夏期(6~8月)にのみ 出現した。 この型に属するのはカワハギ科 Monacanthidae spp., フグ科 Tetradontidae sp., サ バ科 Scombridae spp.であった。(6) 夏~秋期出現



Fig. 2 Distributions of the main larvae in the southwestern Japan Sea in 1987. CW:species occurred in coastal waters, WW:species occurred in coastal and offshore waters, OW:species occurred in offshore waters.

型:この型の魚種は夏~秋期(6~11月)に出現し, 出現盛期は7~10月であった。この型に属するのは, ウナギ目,エソ科 Synodontidae spp.,テンジクダイ 科 Apogonidae sp.,ウシノシタ科 Cynoglossidae spp.,スズメダイ科 Pomacentridae sp.,タイ科 Sparidae spp.であった。(7)夏~冬期出現型:この 型の魚種は夏~冬期(6~12月)に出現し,出現盛期 は9~10月であった。この型に属するのはワニギス *Champsodon snyderi*,ハダカイワシ科 Myctophidae spp.,コチ科 Platycephalidae spp.であった。

出現した稚仔魚の全長は(Table 1), カタクチイ ワシとコチ科を除き10mm以下であった。カタクチイワ シでは最大で11.0mm, コチ科では最大で18.5mmの個体 が出現した。

### 主要稚仔魚の分布域

主要稚仔魚はカタクチイワシとキュウリエソを除き, 北緯35度以南の山口県日本海沿岸域を中心として分布 した(Fig.2)。

主要稚仔魚の分布は以下のとおり、沿岸域分布型 (CW),沿岸~沖合域分布型(WW),沖合域分布型 (OW) の3つに分類された(Fig.2)。(1) 沿岸域 分布型:この型の魚種は北緯35度以南の山口県日本海 沿岸域にのみ分布した。この型に属するのはマイワシ, ウルメイワシ,フサカサゴ科,ネズッポ科,ウナギ目, エソ科、テンジクダイ科、カワハギ科、ウシノシタ科、 ハダカイワシ科、ヒラメ科、スズメダイ科、ヤナギム シガレイ、フグ科、サバ科であった。(2)沿岸~沖 合域分布型:この型の魚種は山口県日本海沿岸域から 沖合域にかけて分布した。分布の中心はカタクチイワ シを除き沿岸域であった。カタクチイワシは沿岸域か ら沖合域までほぼ偏りなく分布していた。この型に属 するのは、カタクチイワシ、ベラ科、カレイ科、ハゼ 科、ワニギス、ムシガレイ、ホウボウ科、タイ科、コ チ科であった。(3)沖合域分布型:この型の魚種は 北緯35度以北の沖合域のみに分布した。この型に属す るのはキュウリエソだけであった。

### 主要稚仔魚の分布域の水温および塩分

主要稚仔魚の出現型は、分布域の水温により次のと おり高温域出現型(HT),低温~高温域出現型(WT), 低温域出現型(LT)の3つに分類された(Fig.3)。 (1)高温域出現型:この型の魚種は水温18~25℃の 高温域に出現した。この型に属するのは、ネズッポ科、



,

ί,

>

Fig. 3 Range of water temperature at 50 m deep where each main larva occurred. HT:species occurred at 18-25 °C, LT:species occurred at <18 °C, WT:species occurred at 12-25 °C.

ウナギ目, エソ科, ワニギス, テンジクダイ科, ウシ ノシタ科, ハダカイワシ科, スズメダイ科, フグ科, タイ科, コチ科であった。(2)低温域出現型:この 型の魚種は水温18℃未満の低温域に出現した。この型 に属するのはマイワシのみであった。(3)低温~高 温域出現型:この型の魚種は水温12~25℃の広範囲に 出現した。この型に属するのは, カタクチイワシ, キュ ウリエソ, ベラ科, カレイ科, ハゼ科, ウルメイワシ, フサカサゴ科, カワハギ科, ヒラメ科, ムシガレイ, ヤナギムシガレイ, ホウボウ科, サバ科であった。

出現域の塩分に注目すると、出現型は高塩分域出現 型(HS)および低塩分~高塩分出現型(WS)の2 つに分類された(Fig.4)。(1)高塩分域出現型:こ の型の魚種は主として塩分34.0以上の高塩分域に出現 した。この型に属するのは、マイワシ、ウルメイワシ、 カワハギ科、ムシガレイ、ヤナギムシガレイ、ホウボ ウ科、フグ科であった。(2)低塩分~高塩分域出現 型:この型の魚種は塩分32.8~34.8の広範囲に出現し た。この型に属するのはカタクチイワシ、キュウリエ ソ、ベラ科、カレイ科、ハゼ科、フサカサゴ科、ネズッ ポ科、ウナギ目、エソ科、ワニギス、テンジクダイ科、 ウシノシタ科、ハダカイワシ科、ヒラメ科、スズメダ イ科、サバ科、タイ科、コチ科であった。



Fig. 4 Range of salinity at 50 m deep where each main larva occurred. HS:species occurred at >34.0, WS:species occurred at 32.8-34.8.

### 考 察

日本海南西海域表層における稚仔魚の出現状況につ いては、すでに河野<sup>2)</sup>が報告している。本研究は河 野<sup>2)</sup>と同一年に同一調査点で下層の稚仔魚の出現状況 を調べたので、両研究結果を比較すれば、本海域にお ける稚仔魚の分布および出現の状況がより明瞭になる と考えられる。そこで、出現種、出現期、分布域およ び全長について、両研究結果を比較してみる。

まず、出現種についてみると、表層に出現した上位 10魚種はカタクチイワシ、ヒメジ Upeneus bensasi、 カワハギ Stephanolepis cirrhifer、ベラ科、マイワ シ、アミメハギ Rudarius ercodes、ウルメイワシ、 ホソアオトビウオ Hirundichthys oxycephalus、ス ズメダイ Chromis notatus notatus、ホソトビウオ Cypselurus hiraii であった(河野<sup>2)</sup>の Table 1)。カ タクチイワシが最も多く出現したこと、およびマイワ シ、ウルメイワシ、ベラ科が上位10魚種に含まれてい たことは両研究で共通しているが、その他の魚種につ いては下層での出現個体数は少なかった(Table 1)。 特にホソアオトビウオやホソトビウオなどのダツ目魚 類は下層にはまったく出現しなかった(Table 1)こ とから、ダツ目稚仔魚は表層性の極めて強い魚種と考 えられる。一方、下層に出現したが、海面付近には出 現しなかった魚種は,ワニギスとハダカイワシ科であ る(Table 1 ,河野<sup>2)</sup>の Appendix table)。これらの 稚仔魚は他の魚種に比べ表層性が弱いと考えられる。

次に,稚仔魚の出現個体数が6月から顕著に増加し, 8月に最高を示し,7~8月に種の多様度が高まった ことは表層および下層とも同じであった(Table 1, 河野<sup>2)</sup>の Appendix table)。

出現期については、河野<sup>2)</sup>の調査では調査期間が5 ~10月に限られていたため、カタクチイワシは春~秋 期出現型、ベラ科は夏~秋期出現型に分類されてい た<sup>2)</sup>が、本研究により両種とも春~冬期出現型に分類 されることが明らかになった(Table 1)。

分布域についてみると、ほとんどの稚仔魚が山口県 日本海沿岸域を中心として分布したことは、表層およ び下層とも同じであった(河野<sup>2)</sup>の Table 2, Fig. 4)。 このことは、表層から下層に分布する稚仔魚の多くが この海域を流れる対馬暖流第1分枝<sup>4)</sup>の影響を受けて 分布することを示している。

本研究では魚種によって分布域の水温および塩分範 囲が異なる,すなわち適応水塊が異なることを明らか にした(Figs.2,3)。このような魚種による適応水 塊の相違が,対馬暖流域という場における各魚種の出 現期および分布域の相違に反映されると考えることが できる。従って,レジームシフト等によって海洋の温 暖化が進めば,当然各魚種の出現期および分布域にも 影響を及ぼすことになるであろう。

本研究で採集したカタクチイワシ稚仔魚の全長と表 層で採集したそれ<sup>2)</sup>を比較すると、本研究では1.6~ 11.0mmであった(Table 1)が,表層では3.5~29.8mm (河野<sup>2)</sup>の Appendix table) と表層の方がより大型の ものが採集された。他の魚種についても、本研究では ほとんど全長10mm以下であった(Table 1)が、表層 では10mmを超える魚種も多数出現し (河野<sup>2)</sup>の Appendix table),総じて本研究で採集した方が小型 であった。このような体長差は、表層と下層という水 深の違いによって生じたのではなく、採集ネットの相 違によって生じたと考えられる。すなわち,河野<sup>2)</sup>で は丸稚ネットで採集したものであり、これは口径1.3 m, 側長4.5m, 後部1.5mの網目0.33mmと本研究で用 いた丸特B型ネット、口径45cm、側長80cm、網目0.3 mに比べ大型であることから、より大型の稚仔魚が採 集されやすいことによって両者の体長差が生じたと考 えられる。

## 謝辞

卵稚仔の採集に携わった前山口県漁業調査船黒潮丸 の乗組員の皆様および卵稚仔の選別・同定に協力して いただいた臨時職員各位に感謝する。

## 文 献

- 1)伊藤健生(1960):山口県外海における浮遊稚仔 魚の分布並びに生態について.山口県外海水産試 験場研究報告, 3, 1-14.
- 2)河野光久(1997):日本海南西部表層域における 稚仔魚の分布.山口県外海水産試験場研究報告, 26, 59-63.
- 3) 水戸 敏 (1967): プランクトン期における仔稚 魚の生態. 日本プランクトン研究連絡会報, (14), 33-49.
- 4) Katoh O. (1994) : Structure of Tsushima Current in the Southwestern of Japan Sea. Journal of Oceanography, 50, 317-338.

# 日本海南西山口県沿岸域における魚卵および 稚仔魚の鉛直分布

## 河野光久

# Vertical Distributions of Fish eggs and Larvae in Coastal waters off Yamaguchi Prefecture, Southwestern Japan Sea

## Mitsuhisa Kawano

MTD net samplings at four layers (0m, 25m, 50m and 75m deep) were conducted in order to elucidate distributions of fish eggs and larvae in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea in April and September 1992, and May 1993. In May 1993, the main distribution layers of eggs and larvae of Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*), anchovy (*Engraulis japonicus*) and round herring (*Etrumeus teres*) were 0m, 25m and 50-75 m deep, respectively. On the other hand, in April 1992, they were distributed deeper than those in May 1993. It was considered that since vertical mixing in April was stronger than in May, these eggs and larvae would have been transported to deeper layers in April. In September 1992, more species appeared than those in April 1992 and May 1993, and they were distributed mainly at 25-50m deep layers where a pycnocline was formed.

Key words : Vertical distribution; Fish eggs; Fish larvae; Southwestern Japan Sea

魚卵および稚仔魚の鉛直分布を明らかにすることは, 稚仔魚の生残を左右する輸送機構や着底機構を解明す る上で,極めて重要である。日本海における魚卵およ び稚仔魚の鉛直分布については,富山湾<sup>1,2)</sup>,佐渡海 峡<sup>3)</sup>,若狭湾<sup>(-7)</sup>および山陰東部沿岸域<sup>8)</sup>における報 告がある。しかし,調査海域や調査時期が異なれば出 現種や分布が異なると想定されること,および昼夜別 の分布については若狭湾における数種の魚類の報告が あるだけであることから,今後その他の海域でも調査 事例を積み重ねていくことが必要であると考えられる。 本研究は,日本海南西山口県沿岸域で1992年4月,9 月および1993年5月にプランクトンネットの多層水平 曳きを行い,魚卵および稚仔魚の昼夜別の鉛直分布を 明らかにしたので,結果を報告する。

## 材料および方法

魚卵および稚仔魚は、山口県漁業調査船黒潮丸(148 トン)により1992年4月13~14日および9月15~16日 に山口県沿岸域のStn.A (Fig.1,水深約95m)で, また山口県漁業調査船くろしお(119トン)により1993 年5月19~20日にStn.B (Fig.1,水深約125m)で 採集した。採集はMTDネット(口径56cm,側長200 cm,網目0.35mm)を用い,水深0,25,50,75mの4 層において5分間水平曳きを行った。なお,昼夜別の 分布の相違を調べるために,曳網開始時刻は次のとお りとした。昼間の調査として1992年4月13日18時32分, 14日13時4分,9月15日11時32分,17時40分,1993年 5月20日2時20分および13時30分,夜間の調査として 1992年4月14日0時43分,6時50分,9月15日22時50 分および16日6時5分に曳網を開始した。採集した魚 卵および稚仔魚は10%ホルマリン海水で固定し,実験 室に持ち帰った後,種の査定を行った。また,各調査 開始時には調査点における水温,塩分および密度の鉛 直分布を把握するため,CTD(1992年4月13日およ び9月15日にはアレック電子社製AST1000,1993年 5月20日には Sea Bird Electronics 社製 SBE19)を 用いて,水温・塩分の観測を行った。



Fig. 1 Map showing the sites of larval sampling with MTD nets. Surveys were conducted at Stn.A on April 13-14 and September 15-16, 1992 and at Stn.B on May 19-20, 1993.

### 結 果

### 水温・塩分・密度(σ,)の鉛直分布

1992年4月には、鉛直混合により水温・塩分・密度 とも表層から底層までほぼ均一な値(水温14.1~14.3 ℃,塩分34.45~34.50,密度25.79~25.84kg/㎡)を示 した(Fig. 2)。1992年9月には、表層ほど高温、低 塩分、低密度となり、水温は表層で25.4℃、底層で18.6 ℃,塩分は表層で32.59、底層で34.20,密度は表層で 21.78kg/㎡,底層で24.71kg/㎡を示した(Fig. 2)。 また、水温・塩分・密度の各躍層が水深30~50mを中 心として形成された。1993年5月には、水温は表層で 18.0℃、底層で15.9℃、塩分は表層で34.54、底層で34.68、 密度は表層で24.91kg/㎡、底層で25.50kg/㎡を示し、 1992年の4月と比べると鉛直勾配がやや大きくなった。



Fig. 2 Vertical distributions of water temperature, salinity and density ( $\sigma_1$ ) at Stn.A on April 13-14 and September 15-16, 1992, and at Stn.B on May 19-20, 1993. Closed circles: Stn. A in April 1992, closed triangles: Stn.A in September 1992, open squares: Stn. B in May 1993.

#### 1992年4月の魚卵・稚仔魚の鉛直分布

昼夜別の出現個体数についてみると(Table 1),魚
 卵は昼間(851個)の方が夜間(637個)よりも多く出現した。魚種別にみると、マイワシ Sardinops melanostic-

	Crasics			Daytin	ıe	-		N	lighttin	me	
	Species	0m	25m	50m	75m	No. of ind.	0m	25m	50m	75m	No. of ind.
Eggs	Sardinops melanostictus	28.3	24.7	15.1	31.9	664	22.7	21.6	25.3	30.4	529
	Etrumeus teres	16.5	21.6	17.5	44.3	97	20.0	20.0	23.6	36.4	55
	Engraulis japonicus	41.9	29.0	25.8	3.2	31	13.3	26.7	26.7	33.3	15
	Unidentified fishes	20.3	13.6	11.9	54.2	59	18.4	26.3	18.4	36.8	38
	Total no. of ind.	229	202	132	288	851	140	139	158	200	637
Larvae	Sardinops melanostictus	1.9	45.0	27.5	25.6	160	21.1	16.7	31.9	30.4	204
	Engraulis japonicus	10.3	46.2	23.1	20.5	117	48.6	15.5	22.5	13.4	142
	Etrumeus teres	0.0	0.0	83.3	16.7	6	4.2	12.5	54.2	29.2	24
	Paralichthys olivaceus	12.5	37.5	37.5	12.5	8	23.5	29.4	47.1	0.0	17
	Eopsetta grigorjewi	0.0	57.1	0.0	42.9	7	12.5	25.0	31.3	31.3	16
	Trigliae spp.	0.0	10.0	50.0	40.0	10	0.0	25.0	25.0	50.0	4
	Pleuronectidae spp.	0.0	100.0	0.0	0.0	2	83.3	0.0	16.7	0.0	6
	Mugiloididae sp.	0.0	75.0	0.0	25.0	4	0.0	33.3	33.3	33.3	3
	Scorpaenidae spp.	0.0	100.0	0.0	0.0	1	0.0	0.0	100.0	0.0	4
	Sebastes pachycephalus pachycephalus	100.0	0.0	0.0	0.0	4	—	—		<u></u>	0
	Sebastiscus marmoratus	0.0	100.0	0.0	0.0	2	—			—	0
	Callionymidae spp.	0.0	0.0	50.0	50.0	2					0
	Hexagrammos otakii	100.0	0.0	0.0	0.0	1	_			—	0
	Cepola schlegeli	0.0	100.0	0.0	0.0	1					0
	Unidentified fishes	0.0	60.0	40.0	0.0	5	16.7	16.7	66.7	0.0	6
	Total no. of ind.	21	146	87	76	330	125	71	134	96	426

Table 1Percentage occurrence of fish eggs and larvae by time and depth at Stn. A off Yamaguchi Prefecture<br/>(see Fig.1) on April 13-14,1992

\*The shaded column shows the highest percentage occurrence in each fish.

tus, ウルメイワシ Etrumeus teres, カタクチイワシ Engraulis japonicus とも昼間に夜間よりも多く出現 した。

稚仔魚は卵とは逆に夜間(426個体)の方が昼間(330 個体)よりも多く出現した(Table 1)。魚種別にみ ると(Table 1),出現個体数の多かった上位 5 魚種, マイワシ,カタクチイワシ,ウルメイワシ,ヒラメ Paralichthys olivaceus,ムシガレイ Eopsetta grigorjewi はすべて夜間により多く出現した。その 他にはホウボウ科 Trigliae spp.,カレイ科 Pleuronectidae spp.,トラギス科 Mugiloididae sp., フサカサゴ科 Scorpaenidae spp.,ムラソイ Sebastes pachycephalus pachycephalus,カサゴ Sebastsicus marmoratus,ネズッポ科 Callionymidae spp.,ア イナメ Hexagrammos otakii,スミツキアカタチ Cepola schlegeli が出現したが,これらについては出 現個体数が少ないため,昼夜別の出現傾向は明瞭では ない。

次に主要魚種の昼夜別水深別分布をみると(Table 1),魚卵ではマイワシおよびウルメイワシは昼間お よび夜間とも75m層(30.4~44.3%)にやや多いが, 0m層までほぼ満遍なく分布した。カタクチイワシは 昼間には0m層(41.9%)を中心としてほとんど10~ 50m層に分布したが,夜間には0m層の出現率が減少 し,25~75m層(86.7%)に主に分布した。

椎仔魚では(Table 1),マイワシは昼間には25m 層(45.0%)を中心として主に25~75m層に分布した が,夜間には0~75m層まで分布が広がり,50~75m 層(62.3%)に多く分布した。カタクチイワシは昼間 および夜間とも0~75m層まで分布した。分布の中心 は昼間には25m層(46.2%)であったが,夜間には0 m層(48.6%)に上昇した。ウルメイワシは昼間およ び夜間とも50m層(昼間83.3%,夜間54.2%)を中心 に,50~75m層に主に分布した。ヒラメは昼間および 夜間とも主に25~50m層(75.0~76.5%)に分布した。 ムシガレイは昼間には25m層(57.1%)と75m層 (42.9%)に分布し,夜間には50~75m層(62.6%) を中心としてそれより上層にも分布した。

### 1992年9月の魚卵・稚仔魚の鉛直分布

昼夜別の出現個体数についてみると(Table 2), 魚卵は昼間(149個)の方が夜間(90個)よりも多く 出現した。このうち魚種の確認ができたのは昼間に出 現したカタクチイワシ卵1個のみであった。

稚仔魚は卵と同様に昼間(382個体)の方が夜間(239 個体)よりも多く出現した(Table 2)。また,昼間 および夜間とも4月に比べ出現種数が著しく増加した。 魚種別にみると,出現個体数の多かった上位9魚種の うち,ネズッポ科,ウシノシタ科 Cynoglossidae spp., ハリゴチ属 Holichthys sp.の出現個体数は昼間の方 が夜間より多かったが,カタクチイワシは夜間の方が 出現個体数が多かった。ハゼ科 Gobiidae spp.,ササ ウシノシタ科 Soleidae spp., エソ科 Synodontidae s pp., ウナギ目 Anguilliformes spp., サイウオ科 Bregmacerotidae spp.の出現個体数は昼間と夜間と でほぼ同じであった。その他の魚種としては, スズメ ダイ科 Pomacentridae sp., フサカサゴ科 Scorpaenidae spp., ワニギス Champsodon snyderi, ヒメスミクイウオ Synagrops philippinensis, オニ オコゼ科 Synanceiidae spp., テンジクダイ科 Apogonidae spp., ヒゲトラギス属 Spinapsaron sp., シキシマハナダイ Callanthias japonicus などが出現

ų,

Table 2Percentage occurrence of fish eggs and larvae by time and depth at Stn. A off Yamaguchi Prefecture<br/>(see Fig.1) on September 15-16, 1992

	Species		Daytime					Nighttime					
			25m	50m	75m	No. of ind.	0m	25m	50m	75m	No. of ind.		
Eggs	Engraulis japonicus	0.0	0.0	100.0	0.0	1	_	_	_	_	0		
	Unidentified fishes	15.5	13.5	33.8	37.2	148	10.0	11.1	17.8	61.1	90		
	Total no. of ind.	23	20	51	55	149	9	10	16	55	90		
Larvae	Callionymidae spp.	0.9	9.7	67.3	22.1	113	0.0	9.4	53.1	37.5	32		
	Gobiidae spp.	0.0	56.8	38.6	4.5	44	9.1	77.3	13.6	0.0	44		
	Cynoglossidae spp.	1.9	59.3	29.6	9.3	54	4.8	61.9	33.3	0.0	21		
	Soleidae spp.	18.8	37.5	43.8	0.0	16	0.0	25.0	62.5	12.5	16		
	Synodontidae spp.	0.0	33.3	58.3	8.3	12	0.0	61.5	38.5	0.0	13		
	Hoplichthys sp.	0.0	16.7	77.8	5.6	18	0.0	0.0	60.0	40.0	5		
	Anguilliformes spp.	0.0	10.0	70.0	20.0	10	0.0	15.4	84.6	0.0	13		
	Bregmacerotidae spp.	0.0	63.6	18.2	18.2	11	0.0	18.2	54.5	27.3	11		
	Engraulis japonicus	33.3	33.3	0.0	33.3	3	0.0	78.6	21.4	0.0	14		
	Pomacentridae sp.	0.0	57.1	42.9	0.0	7	33.3	50.0	16.7	0.0	6		
	Scorpaenidae spp.	12.5	87.5	0.0	0.0	8	0.0	75.0	25.0	0.0	4		
	Champsodon snyderi	0.0	0.0	75.0	25.0	4	0.0	0.0	75.0	25.0	4		
	Synagrops philippinensis	0.0	0.0	33.3	66.7	3	0.0	0.0	100.0	0.0	5		
	Apogonidae spp.	0.0	0.0	0.0	100.0	1	33.3	66.7	0.0	0.0	6		
	Spinapsaron sp.	0.0	0.0	50.0	50.0	4	0.0	0.0	33.3	66.7	3		
	Synanceiidae spp.	14.3	14.3	57.1	14.3	7	0.0	0.0	100.0	0.0	1		
	Callanthias japonicus	0.0	0.0	0.0	100.0	5	0.0	0.0	100.0	0.0	1		
	Parapercis sp.	0.0	0.0	50.0	50.0	4			—	—	0		
	Platycephalidae spp.	0.0	0.0	100.0	0.0	2	100.0	0.0	0.0	0.0	1		
	Sacura margaritacea	0.0	33.3	66.7	0.0	3			—		0		
	Labridae spp.	0.0	100.0	0.0	0.0	2	0.0	100.0	0.0	0.0	1		
	Bothidae spp.	_	—	_	—	0	0.0	0.0	100.0	0.0	2		
	Apogon semilineatus	—		-	—	0	50.0	50.0	0.0	0.0	2		
	Carangidae sp.	0.0	100.0	0.0	0.0	1	100.0	0.0	0.0	0.0	1		
	Ophidiidae sp.	0.0	100.0	0.0	0.0	1		-	—	-	0		
	Siganus fuscescens	100.0	0.0	0.0	0.0	1	_		—	—	0		
	Percophididae sp.	0.0	0.0	100.0	0.0	1	_	_	—	—	0		
	Limnichthys sp.	0.0	0.0	0.0	100.0	1	_	—			0		
	Trichonotus sp.			_	_	0	0.0	0.0	100.0	0.0	1		
	Stephanolepis cirrhifer	-	_		. –	0	100.0	0.0	0.0	0.0	1		
	Unidentified fishes	0.0	25.6	66.7	7.7	39	12.9	45.2	32.3	9.7	31		
	Total no. of ind.	10	121	194	57	382	17	103	94	25	239		

\* The shaded column shows the highest percentage occurrence in each fish.

したが,これらについては出現個体数が少ないため, 昼夜別の出現傾向は明瞭ではない。

次に主要魚種の昼夜別水深別分布をみると(Table 2), 不明魚卵は昼間および夜間とも75m層 (37.2~61.1%)を中心として0~75m層まで分布した。 カタクチイワシ卵は昼間に50m層で1個体出現しただけであった。

稚仔魚では (Table 2), ネズッポ科は昼間および 夜間とも50m層 (53.1~67.3%)を中心として50~75 m層に主に分布した。ハゼ科およびウシノシタ科は昼 間および夜間とも25m層 (56.8~77.3%)を中心とし てほぼ25~50m層に分布した。ササウシノシタ科, エ ソ科およびサイウオ科は昼間および夜間とも25~50m 層 (72.7~100.0%) に主に分布した。ハリゴチ属お よびウナギ目は昼間および夜間とも50m層 (60.0~84.6%)を中心に分布した。これらの魚種で は0m層にはほとんど分布がみられず, 25m層がほぼ 分布の上限になっていた。カタクチイワシは昼間には 0m, 25mおよび75m層にそれぞれで1個体ずつ出現し ただけであったが,夜間には25m層 (78.6%)を中心 として25~50m層に分布した。

#### 1993年5月の魚卵・稚仔魚の鉛直分布

昼夜別の出現個体数についてみると(Table 3), 魚卵は夜間(3120個)の方が昼間(2815個)よりも多 く出現した。魚種別にみると、カタクチイワシは夜間 に昼間よりも多く出現したが, ウルメイワシおよびマ イワシは昼間により多く出現した。

稚仔魚は(Table 3)昼間に659個体,夜間に380個 体と,昼間により多く出現した。魚種別にみると,出 現個体数の多かった上位3魚種,マイワシ,ウルメイ ワシ,カタクチイワシとも,昼間に夜間よりも多く出 現した。その他にはマダイ Pagrus major,シキシマ ハナダイ,トラギス科,ネズッポ科,サンマ Cololabis saira,クロダイ Acanthopagrus schlegeli が出現したが,これらについては出現個体数が少ない ため,昼夜別の出現傾向は明瞭ではない。

次に主要魚種の昼夜別水深別分布をみると(Table 3),魚卵ではカタクチイワシは昼間および夜間とも 25 m層(57.8~72.2%)を主体にほとんど25~75 m層 に分布した。ウルメイワシは昼間および夜間とも50~ 75 m層(84.5~94.5%)に主に分布した。マイワシは 昼間および夜間とも0 m層に大部分が分布し(96.4~ 97.3%),50 m層より下層には分布しなかった。

カタクチイワシ、ウルメイワシおよびマイワシの稚 仔魚は、それぞれの卵とよく似た鉛直分布を示した (Table 3)。すなわち、カタクチイワシは25 m 層 (43.4~44.2%)を中心として、昼間には主に25~50 m層、夜間には0~50 m層に分布した。ウルメイワシ は昼間には75 m層 (55.6%)を主体に0 mおよび50 m 層にも分布した。マイワシは昼間には0 m層 (65.2%) を主体として大部分が0~50 m層に分布した。

Table 3Percentage occurrence of fish eggs and larvae by time and depth at Stn.B off Yamaguchi Prefecture<br/>(see Fig.1) on May 19-20, 1993

	Chasica		Daytime					Nighttime					
Species		0m	25m	50m	75m	No. of ind.	0m	25m	50m	75m	No. of ind.		
Eggs	Engraulis japonicus	0.2	72.2	14.0	13.6	2671	3.9	57.8	14.4	23.9	2993		
	Etrumeus teres	3.6	11.9	60.7	23.8	84	0.0	5.5	43.6	50.9	55		
	Sardinops melanostictus	96.4	3.6	0.0	0.0	56	97.3	2.7	0.0	0.0	37		
	Unidentified fishes	0.0	0.0	100.0	0.0	4	0.0	100.0	0.0	0.0	35		
	Total no. of ind.	62	1941	430	382	2815	152	1770	456	742	3120		
Larvae	Engraulis japonicus	4.1	43.4	42.9	9.5	580	21.7	44.2	34.2	0.0	360		
	Etrumeus teres	25.9	0.0	18.5	55.6	27	—		_		0		
	Sardinops melanostictus	65.2	17.4	13.0	4.3	23	_	_		_	0		
	Pagrus major	0.0	100.0	0.0	0.0	2		_		_	0		
	Callanthias japonicus	0.0	100.0	0.0	0.0	2	_	_	_	_	0		
	Mugiloididae sp.			—		0	0.0	2.0	0.0	0.0	1		
	Callionymidae sp.	-	_	_	-	0	0.0	100.0	0.0	0.0	1		
	Cololabis saira	100.0	0.0	0.0	0.0	1	_		_	_	0		
	Acanthopagrus schlegeli	LD 1177910794094044110 144	_	_	_	0	0.0	20.0	0.0	0.0	1		
	Unidentified fishes	4.2	66.7	20.8	8.3	24	0.0	100.0	0.0	0.0	17		
	Total no. of ind.	48	276	262	73	659	78	179	123	0	380		

\*The shaded column shows the highest percentage occurrence in each fish.
#### 考察

いわし類3種の卵・稚仔魚の鉛直分布は、1993年5 月には種間で明瞭な相違が認められ、マイワシは0m 層を中心として50m層以浅に、カタクチイワシは25m 層を中心としてほぼ25~50m層に、ウルメイワシは50 ~75m層に主に分布した(Table 3)。既往の研究で はマイワシ卵については表層<sup>2,9,10)</sup>, 稚仔については10 ~30m層に多い<sup>2.9,10</sup>とされており、本研究結果と一 致している。また、カタクチイワシについても卵は50 m層以浅<sup>2,3,11</sup>), 稚仔は25m層以浅に多い<sup>2,3,8</sup>)とされ ており、本研究結果とほぼ一致した。しかし、ウルメ イワシ卵は20m層以浅, 稚仔は50m層付近に多 い<sup>2,3,10,11)</sup>と報告されており、本研究結果とは必ずしも 一致しなかった。ウルメイワシ卵については、4月に も75m層に比較的多く分布していた(Table 1)ので、 本種の産卵水深が他海域に比べ深所にある可能性が示 唆される。

1992年4月におけるいわし類3種の卵の分布は1993 年5月とは大きく異なり、昼間にカタクチイワシ卵が 0m層に多かったのを除き、卵は0mから75m層までほ ぼ万遍なく広がり、75m層にやや多く分布した (Table 1)。また、稚仔についても1993年5月よりも 50m層以深に多く分布する傾向が認められた(Table 1)。このように、本海域では同じ春季でも4月と5 月とでは分布の様相が大きく異なることが明らかになっ た。このような分布の相違は、月間の鉛直的な海洋構 造の相違に起因しているのではないかと考えられる。 すなわち、本海域では4月には5月に比べ密度の鉛直 勾配がほとんどなく、表層から底層まで混合が起きる ため (Fig. 2), いわし類の卵・稚仔は0m層から75m 層まであまり大きく偏ることなく分布したのであろう。 沖山<sup>3)</sup>によれば、カタクチイワシの卵・稚仔が季節に よって鉛直分布の様相を変え、それは高水温等の環境 の変化に対応しているとされているが、環境要因とし ては適応水温のほかに、卵・稚仔の鉛直的な移動にか かわる鉛直混合の強さや深さも重要な要因になるもの と考えられる。たとえば、1992年9月にはカタクチイ ワシを含むほとんどの稚仔魚が躍層の発達した25~50 m層に分布した(Fig.2, Table 2)が、これは躍層 の発達により鉛直混合が弱まり、稚仔魚の鉛直移動が 妨げられた可能性を示唆している。

いわし類以外の稚仔魚で鉛直分布についての知見が ある魚種には、ネズッポ科<sup>3,8)</sup>、ハゼ科<sup>2)</sup>、エソ科<sup>11)</sup>、

ウナギ目<sup>3)</sup>、サイウオ科<sup>2,3,11)</sup>、ササウシノシタ科<sup>6)</sup>お よびヒラメ<sup>4)</sup>などがある。これらの稚仔魚について既 往知見と本研究結果(Tables1-3)とを比較してみる と,既往の研究では,ハゼ科およびウナギ目稚仔魚は, それぞれ25m層<sup>2)</sup>、50m層<sup>3)</sup>を中心に分布するとされ ており、本研究結果と一致した。ネズッポ科稚仔魚は、 南・玉木<sup>8)</sup>は中層(分布の中心は50m層付近)、沖山<sup>3)</sup> は10~20m層に多いと報告しているが、本研究では50 m層を中心として50~75m層に多く分布し、南・玉 木<sup>8)</sup>の研究結果と一致した。サイウオ科稚仔魚のうち, サイウオについては堀木110は中層(20m層)~底層 (50 m 層) に、沖山<sup>3)</sup>は50 m 層を中心に分布すると報 告し、またトヤマサイウオについては林<sup>2)</sup>が50m層に 多いと報告しており、本研究のサイウオ科稚仔魚の分 布と一致した。ヒラメおよびササウシノシタ科のササ ウシノシタについては、桑原・鈴木4.6)によれば25~5 0m層に分布の中心があるとされているが、本研究で もヒラメおよびササウシノシタ科稚仔魚は25~50m層 に主に分布していた。エソ科稚仔魚については堀木<sup>11)</sup> によれば中層(20m層)に多いとされているが、本研 究では25~50m層とやや深所に出現した。以上のとお り、本研究結果は既往研究結果と一致した魚種が多い ものの、エソ科のように一致しない魚種もあった。こ のような不一致は、調査時期や調査海域が異なること により、卵・稚仔の鉛直移動にかかわる海洋条件が異 なることによって起きた可能性があるほか、種の同定 が科レベルにとどまっている魚種については、種の相 違により起きた可能性も考えられる。

1

#### 謝 辞

卵稚仔の採集に多大な協力をしていただいた前山口 県漁業調査船黒潮丸および現調査船くろしおの乗組員 の皆様に感謝する。

## 文 献

- 1)林 清志(1987):富山湾におけるホタルイカお よび数種の魚類の卵の鉛直分布.日本海区水産研 究所研究報告,(37),163-174.
- 2)林 清志(1990):富山湾に出現する魚卵及び仔 稚魚の季節変化と鉛直分布.富山県水産試験場研 究報告,(2),1-17.
- 沖山宗雄(1965):佐渡海峡に出現する魚卵・稚
  仔に関する予察的研究.日本海区水産研究所研究
  報告,(15),13-37.

- 4)桑原昭彦・鈴木重信(1982):ヒラメ仔魚の鉛直 分布と食性.日本水産学会誌,48(10),1375-1381.
- 5)桑原昭彦・鈴木重信(1983):タマガンゾウビラ メ・メイタガレイ仔魚の鉛直分布と食性.日本水 産学会誌,49(6),875-881.
- 6)桑原昭彦・鈴木重信(1983):ササウシノシタ仔 魚の分布と食性. 日本水産学会誌, 49(10), 1499-1506.
- 2) 桑原昭彦・鈴木重信(1984):若狭湾西部海域に おけるカタクチイワシ卵・稚仔魚の鉛直分布の昼 夜変化.日本水産学会誌,50(8),1285-1292.

- 8)南 卓志・玉木哲也(1980):山陰沿岸における
  稚仔魚の沖合および岸寄り分布.魚類学雑誌,27
  (2),156-164.
- 9)伊東祐方(1961):日本近海におけるマイワシの 漁業生物学的研究.日本海区水産研究所研究報告,
   (9),1-227.
- 小西芳信(1980):マイワシとウルメイワシの卵・
  仔魚の垂直分布について、南西海区水産研究所研 究報告,(12),93-103.
- 11) 堀木信男(1981):紀伊水道における魚卵・稚仔 魚の垂直分布について、水産増殖、29(2)、117-124.

## 近年の山口県日本海沿岸に出現した鯨類

## 河野光久

## Whales occurred at the Japan Sea Coast of Yamaguchi Prefecture in Recent Years

## Mitsuhisa Kawano

Seven species and twenty-one individuals of whales occurred at the Japan Sea coast of Yamaguchi Prefecture during 1996-2006. Minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) were most abundant species (12 individuals) of them. They occurred only in cold seasons (autumn to spring). It was considered that they would occur at this area on the way to the spawning ground (low latitude regions) or to the feeding ground (high latitude regions).

Key words : Whales; Balaenoptera acutorostrara; Japan Sea Coast; Yamaguchi Prefecture

鯨類は海洋生態系における高次捕食者として食物連 鎖の構成に重要な役割を担っている。また、多くの鯨 類が直接的に餌として漁業対象の海洋生物を多量に消 費する他,間接的に漁業対象の海洋生物の餌生物を多 量に消費する<sup>1)</sup>ことにより、漁業活動と競合してい る<sup>2)</sup>。本研究の対象海域である山口県日本海沿岸域は 漁業活動の大変盛んな海域であるので、本海域で鯨類 が生態系や漁業にどのような影響を与えているのか大 いに注目されるところである。しかし、近年の本海域 における鯨類の出現については、下関市立しものせき 水族館海響館が1998~2005年に同館に寄せられた情報 をとりまとめて報告している<sup>3)</sup>だけである。しかも, 同報告<sup>3)</sup>では小型ハクジラ類(いわゆるイルカ類)の 出現に関する報告が大部分を占め、ヒゲクジラ類につ いては2003年のミンククジラに関する1事例が報告さ れているのみである。しかし実際には、ミンククジラ はほぼ毎年のように定置網で混獲され、その情報は山 口県水産研究センターに寄せられている。

本研究は1996~2006年に山口県水産研究センターに

寄せられた鯨類の出現に関する情報を整理し,出現種, 体長,出現時期および出現場所を明らかにしたので, 報告する。

#### 材料および方法

山口県日本海沿岸における鯨類の出現に関する情報 は、1996~2006年に県内の漁業協同組合、長門市役所、 山口県萩水産事務所から山口県水産研究センターに寄 せられたものである。これらの情報の内、イルカ類に 関するものは極めて少なかったこと、およびイルカ類 に関する情報はすでに下関市立しものせき水族館海響 館により報告されている<sup>3)</sup>ことから、本報告ではイル カ類を除く鯨類について、出現種、体長、出現時期お よび出現場所をとりまとめた。

#### 結 果

1996~2006年に山口県日本海沿岸(Fig.1)に出現 した鯨類は, ミンククジラ Balaenoptera acutorostrata, オウギハクジラ属 Mesoplodon sp.,

-75-



Fig. 1 Map showing the locations where whales occurred during the period 1996-2006. Numerals indicate the sample number shown in Table 1.

マッコウクジラ Physeter macrocephalus, ニタリク ジラ Balaenoptera edeni, オガワコマッコウ Kogia simus, ツノシマクジラ Balaenoptera omurai, ヒ ゲクジラ亜目不明種 MYSTICETI sp.の7種21頭で, この内ミンククジラが12頭と最も多かった(Table 1)。 出現個体の体長範囲は2~17mで,この内小型のミ ンククジラが大部分を占めた(Fig. 2)。ミンククジ ラの体長は2~6mで,特に4~5mの個体が多かっ

Table 1 Whales occurred at the Japan Sea coast of Yamaguchi Prefecture from 1996 to 2006

No.	Date	Location*	Species	Condition	N. of individuals
1	April 15, 1996	Kiwado, Nagato city	Balaenoptera acutorostrata	Catch by set net	1
<b>2</b>	May 15, 1996	Kayoi, Nagato city	$Balaen optera\ acutorostrata$	Catch by set net	1
3	April 18, 1997	Kawatana, Shimonoseki city	Mesoplodon sp.	Staranding	1
4	September 11, 1998	Amagase, Shimonoseki city	Balaenoptera omurai	Swimming	1
5	October 1, 1998	Yuya Bay, Nagato city	Physeter macrocephalus	Swimming	1
6	October 5, 1999	Off Mishima, Hagi city	Balaenoptera edeni	Swimming	2
7	February 27, 2001	Tadanohama, Nagato city	MYSTICETI sp.	Stranding	1
8	April 2, 2001	Mouth of Fukawa River, Nagato city	Kogia simus	Stranding	1
9	November 26, 2001	Ohshima, Hagi city	$Balaen optera\ acutorostrata$	Catch by set net	1
10	November 12, 2002	Yutama, Shimonoseki city	Mesoplodon sp.	Stranding	1
11	February 5, 2003	Yoshimi, Shimonoseki city	$Balaen optera\ acutorostrata$	Stranding	1
12	April 3, 2004	Koshigahama, Hagi city	$Balaen optera\ acutorostrata$	Catch by set net	1
13	April 29, 2004	Kiwado, Nagato city	$Balaen optera\ acutorostrata$	Catch by set net	1
14	February 10, 2005	Koshigahama, Hagi city	$Balaenoptera\ acutorostrata$	Catch by set net	1
15	February 28, 2005	Kiwado, Nagato city	$Balaen optera\ acutoros trata$	Catch by set net	1
16	December 25, 2005	Senzaki, Nagato city	$Bala en optera\ a cutoros trata$	Catch by set net	1
17	March 8, 2006	Ohiminato, Hagi city	$Balaen optera\ acutorostrata$	Catch by set net	1
18	April 11, 2006	Yuya Bay, Nagato city	Mesoplodon sp.	Swimming	1
19	May 25, 2006	Kayoi, Nagato city	$Bala en optera\ a cutoros trata$	Stranding	1
20	November 21, 2006	Kayoi, Nagato city	Balaenoptera acutorostrata	Stranding	1

\*Each location is shown in Fig.1 with the sample number.

た (Fig. 2)。体長17mの個体はマッコウクジラ, 10 mの個体はツノシマクジラであった (Fig. 2)。



Fig. 2 Composition of body lengths of whales occurred at the Japan Sea coast of Yamaguchi Prefecture, 1996-2006. Solid regions show minke whales.

鯨類が出現した月は2~5月および9~12月で、6
 ~8月の夏季には出現しなかった(Fig.3)。この内
 ミンククジラは2~5月および11~12月に出現した
 (Fig.3)。



Fig. 3 Number of individuals of whales occurred at the Japan Sea coast of Yamaguchi Prefecture by month. Solid regions show minke whales.

出現した場所を市町村別にみると,長門市沿岸が最 も多く11頭,次いで萩市沿岸の6頭,下関市沿岸の4 頭の順であった(Table 1, Fig. 1)。

発見された時の状態は、定置網で混獲されたものが 最も多く9頭、その他に海岸に漂着したものが7頭, 遊泳中のものが5頭であった(Table1)。

#### 考 察

奈須<sup>41</sup>によれば、長門市およびその周辺の北浦沿岸 では江戸時代に捕鯨が盛んに行われ、1698~1889年に は10~4月にセミクジラBalaena glacialis、コククジ ラ Eschrichtitus robustus、ザトウクジラ Megaptera novaeangliae、ナガスクジラ Balaenoptera physalus などの大型(体長10m以上)の鯨類が漁獲されていた。

本研究では、近年これらの大型の鯨類はまったく出 現せず、小型のミンククジラが主体となって出現して いることを明らかにした(Table 1 )。ミンククジラ の出生体長は2~3m、離乳体長は4~5m、性成熟 体長は7~8mである<sup>5)</sup>こと、および出現したミンク クジラの体長は2~6mで4~5mの個体が多かった ことから、出現したミンククジラは出生後間もない個 体から性成熟前の個体であり、特に離乳直後の個体が 多かったと考えられる。

ミンククジラは山口県日本海沿岸では2~5月および11~12月に出現し、1月および6~10月には出現し なかった(Table 1, Fig. 3)。ミンククジラを含むヒ ゲクジラ類は一般に冬季は低緯度の暖海域で繁殖行動 を行い、夏季には餌生物の豊富な高緯度海域へ移動す るという、1年周期の回遊を行う<sup>5)</sup>ことから、山口県 日本海沿岸への出現は、低緯度の繁殖海域へ南下する 途中と高緯度の索餌海域へ北上する途中に見られたも のと推定される。

#### 謝 辞

貴重な情報を提供していただいた県内漁業協同組合, 長門市役所ならびに山口県萩水産事務所の担当者の皆 様に感謝する。

## 献

文

- Kasamatsu F. and S.Tanaka (1992) : Annual Changes in Prey Species of Minke Whales Taken off Japan 1948-87. Nippon Suisan Gakkaishi, 58(4), 637-651.
- 2)田村 力・大隅清治(1999):世界の海洋における鯨類の食物年間消費量.鯨研通信,(402),10-22.
- 3) 下関市立しものせき水族館海響館(2006): 鯨類 のストランディング及び混獲,その他の事例に関 する報告(1998年~2005年6月30日までの記録よ り). 1-19.

-77-

- 4)奈須敬二(1992):江戸時代の山口県川尻における捕獲鯨の生物学的考察.西日本鯨研究会報,(6), 2-5.
- 5)加藤秀弘(1990):ヒゲクジラ類の生活史,特に 南半球産ミンククジラについて.海の哺乳類(宮 崎信之・粕谷俊雄編),サイエンティスト社,東 京,128-147.

## 響灘山口県沿岸におけるオニオコゼ 人工種苗の放流効果について

## 尾串好隆

## Stocking Effectiveness of Devil Stinger Inimicus japonicus Fingerlings Released in the Coast of Yamaguchi Prefecture of Hibiki-Nada Sea

## Yoshitaka Ogushi

キーワード:オニオコゼ、標識放流、放流効果

オニオコゼ Inimicus japonicus は、本州中部以南 に分布する底生性の魚種で、背鰭棘に毒腺があり、刺 されると激しい痛みを伴うことでも知られている。こ のような特徴を持つ反面、本種は高価であるため、早 くから種苗生産の試みが行われ、最近では種苗の大量 生産技術が確立されつつある。また、これらの研究と 併行して種苗の放流効果に関する研究も多くの機関で 進められてきた。本県でも2000年から2006年にかけて 本種の放流技術開発試験を行い、放流効果等について 若干の知見を得たので報告する。

#### 1 調査地区におけるオニオコゼの漁獲実態

#### 方 法

標識放流を実施し, 放流魚の漁獲実態調査の対象と する海域を, 下関市蓋井島, 六連島, 彦島および北九 州市藍ノ島と本土で囲まれる海域とした(図1)。

当該海域でオニオコゼを漁獲対象とする主な漁業は 建網と小型底びき網であり,前者は安岡地区,後者は 彦島地区で代表され,それぞれ,約38隻ずつによって 操業されている。

両地区におけるそれぞれの漁業の操業実態を標本船

操業記録により調査した。また,本種の漁獲実態を漁 協の漁獲統計資料により調査した。ただし,彦島地区 においては本種の漁獲統計資料がないので,標本船調 査による漁獲結果を全操業船に引き延ばした。



#### 1) 安岡地区における漁獲実態

安岡地区の建網漁業者3名による2001年4月から 2002年3月の操業記録によると<sup>11</sup>,オニオコゼが漁獲 された漁場は、本土側地先および島嶼部周辺で、主漁 場は水深20m以浅であった(図2)。操業日誌に記録 されたオニオコゼの漁獲物のサイズは全長200㎜以上 の大型個体が主体で、全漁獲尾数の86%を占めた。

季節別に漁獲状況をみると、オニオコゼの漁獲は夏 季(6~8月)に多かった(図3)。

当地区における1989年から2006年までのオニオコゼ の漁獲量,漁獲金額については<sup>2)</sup>,漁獲量は1989年の 8.3トンが最も多く,次いで1999年の5.2トンが多かっ たが、2000年以降は急激に減少し、2002年、2003年に は0.6トンと最低になった。その後,回復傾向を示し たが、2006年はやや減少して0.8トンとなった。漁獲 金額は、1999年の2,140万円をピークに減少し、2002 年、2003年には230万円に落ち込んだ。2004年以降は やや増加傾向がみられたものの、2006年は減少して307 万円となった(図4)。

月別に漁獲量,漁獲金額の推移をみると,3~4月 と6~8月にピークがみられ,中でも7月が最も高い 値を示した(図5)。

2) 彦島地区における漁獲実態

彦島地区の底びき網漁業者5名による2003年4月か ら2004年3月の操業記録によると<sup>3)</sup>,オニオコゼの時 期別漁獲状況は,4月から11月の間は漁場が調査海域 全域に広がっていたが,12月から3月は六連島および 安岡から吉母に至る沖合の水深30m前後の海域に集中 していた(図6,図7)。操業日誌に記録されたオニ オコゼの漁獲物のサイズは全長200mm未満の小型個体 が全漁獲尾数の83%を占めていた。

月別に漁獲量の推移をみると、4月から11月までは 低位で推移したが、12月から2月にかけて増加し、ピー クが1月にみられた(図8)。

小型底びき網による上記1年間の漁獲尾数は,標本 船の結果を操業全船に引き延ばして小(全長200mm未 満)9,300尾,大(全長200mm以上)1,300尾,計10,600 尾と推定された<sup>3)</sup>。また,同様に調査した2005年4月 から2006年3月の推定漁獲尾数は,小7,400尾,大 1,500尾,計8,900尾であった<sup>2)</sup>(表1)。 老

建網によってオニオコゼが漁獲された漁場は,沿岸 部の水深20m以浅に多く,漁期は主に春から夏にかけ て形成され,7月が漁獲量のピークであった。この時 期(7月)は本種の産卵期と一致しており,建網によっ て漁獲されたオニオコゼは,魚体の大きさ,生殖腺の 熟度<sup>41</sup>より産卵親魚が主体であると推定された。した がって,7月頃の建網の漁場付近がオニオコゼの産卵 場となっていた可能性が高い。

一方,小型底びき網の漁場は,建網漁場の沖合の, 底質が砂または砂泥質の海域であり,オニオコゼの漁 獲が冬期に偏っていた点と,漁獲されたオニオコゼが 小型の未成魚主体であった点で建網の漁期,漁獲物の サイズとは顕著な差が見られた。

#### 2 放流再捕実態

#### 方 法

放流後の移動,回収率等を調査することを目的に, 2000年から2004年まで,平均全長51mmから112mmまで の人工種苗を標識放流した。放流は毎年,春期と秋期 の2回行い,1回の放流尾数は3,000尾から13,000尾 の範囲であった(表2)。

放流場所として, 安岡地先(図1のA)と彦島地先 (図1のB)の2カ所を選定した。前者は, 安岡沖約 2kmの浅瀬(来留見瀬)で,後者は海水浴場沖である。 2000年6月から2004年10月までの10回の放流のうち, 2003年10月と2004年5月の2回が彦島地先で, これら 以外はすべて安岡地先であった。

標識方法は,背鰭前部の棘を3本程度根本から切除 する方法<sup>51</sup>(背鰭カット)と耳石のALC染色を組み 合わせた。耳石標識は内部標識のため,外見から放流 魚を識別することは不可能であるが,背鰭カットの場 合も漁業者や市場関係者が放流魚と認識するのは困難 であり,これらの調査にあたっては漁獲されたオニオ コゼを購入して,背鰭の棘数,耳石の染色の有無を観 察して放流魚を識別することとした。さらに,耳石の 年輪数から生産年を推定し,上記の標識と合わせて放 流魚の放流年月日を特定した。

購入による調査は、2002年から開始した。調査用の 魚体の入手先は、安岡地区に加えて、2004年から伊崎 地区と彦島地区を追加した。安岡地区と伊崎地区から は建網による漁獲物、彦島地区からは小形底びき網に



図2 建網標本船による漁場別大小別漁獲尾数(尾串2003より)



図3 建網標本船による漁場別季節別漁獲尾数(尾串2003より)



図4 安岡地区におけるオニオコゼの漁獲量・金額 (尾串2007より)



表1 小型底びき網によるオニオコゼ漁獲尾数の推定

		標本船による	る漁獲尾数		小型底びき網全船による推定漁獲尾数				
祠 主舟间 一	隻数	小	大	計	隻数	小	大	計	
2003.4~2004.3	5	1,228	173	1,401	38	9,300	1,300	10,600	
$2005.4 \sim 2006.3$	5	980	201	1,181	38	7,400	1,500	8,900	

#### 表2 標識放流実績

	放流尾数	平均全長 (mm)	故流退所		<b>插</b> 苗生 産 年
	/JA1/10/-13 #X		///////////////////////////////////////		
2000. 6.19	3,000	74	安岡地先	ALC	1999
2000.11.7	6,000	51	安岡地先	ALC	2000
2001. 5.15	7,500	62	安岡地先	背鰭カット,ALC	2000
2001.11. 8	6,800	63	安岡地先	背鰭カット	2001
2002. 5.23	7,400	76	安岡地先	背鰭カット,ALC	2001
2002.11.19	10,350	59	安岡地先	背鰭カット	2002
2003.5.6	9,200	62	安岡地先	ALC	2002
2003.10.21	7,000	112	彦島地先	背鰭カット,ALC	2002
2004.5.6	10,000	69	彦島地先	ALC	2003
2004.10.21	13,000	95	安岡地先	背鰭カット, ALC	2003
計	80,250				

#### よる漁獲物を購入した。

オニオコゼ漁獲尾数の推定方法は、安岡地区の場合, 組合資料の年別漁獲量と魚体測定結果から求めた1尾 当たり平均体重により算定した。彦島地区の場合は, 2003年と2005年の標本船調査結果を元に2004年と2006 年の推定漁獲尾数をそれぞれ,10,000尾,9,000尾と 仮置きした。伊崎地区については、オニオコゼの漁獲 量はきわめて少なかったので、同じく建網を調査対象 とした安岡地区の調査資料を補完するにとどめた。

放流適期,適正放流サイズ,放流適地等について検 討するために,各放流群別に放流魚の検出率(発見し た放流魚尾数×100/放流尾数)を求めた。また,放 流魚の検出率と抽出率(調査尾数×100/漁獲尾数) から回収尾数を推定し,回収率(推定回収尾数×100 /放流尾数)および推定回収金額を求め,放流効果に

#### ついて検討した。

# 結

果

#### 放流魚の混獲率

2002年から2006年までに購入し,調査した尾数は合 計1,610尾で,この中から検出された放流魚尾数を各 放流群別に表3に示した。調査個体の漁業種類別内訳 は,建網による漁獲魚953尾,小型底びき網による漁 獲魚657尾で,このうち検出された放流魚は前者のう ち73尾,後者のうち10尾であり,混獲率はそれぞれ, 7.7%,1.5%であった(表4)。漁業種類別にそれぞ れの全長組成を図9-1,図9-2に示した。放流魚 の種苗生産年は,1999年から2003年の間であり(表2), 2004年生まれ以降の放流魚は存在しない。調査個体の うち,2004年,2005年生まれの個体が建網では7.2%,





(12~3月)

25~50 10~24 9≧

#### 表3 放流群別再捕実績

	放流	群				再捕り	ミ 績 (課	査年別)		
放流年月日	尾数	全長 (mm)	場所 (地先)	2002	2003	2004	2005	2006	計	検出率 (%)
2000. 6.19	3,000	74	安岡	3	2	1	1	0	7	0.23
2000.11.7	6,000	51	安岡	5	4	3	3	0	15	0.25
2001. 5.15	7,500	62	安岡	4	8	3	3	0	18	0.24
2001.11. 8	6,800	63	安岡	0	1	3	1	0	5	0.07
2002.5.23	7,400	76	安岡	0	0	7	4	1	12	0.16
2002.11.19	10,350	59	安岡	0	0	2	0	3	5	0.05
2003.5.6	9,200	62	安岡		0	0	1	7	8	0.09
2003.10.21	7,000	112	彦島	—	0	5	0	0	5	0.07
2004.5.6	10,000	69	彦島	_		0	1	4	5	0.05
2004.10.19	13,000	95	安岡	—	_	0	0	2	2	0.02
不明				0	0	0	0	1	1	
計	80,250			12	15	24	14	18	83	0.10

表4 放流魚の漁業種類別混獲率

漁業種	重類	地	X	調査期間	漁獲尾数	調査尾数	放流魚	混獲率(%)
建	網	安	岡	2002年~2006年	18,200	825	68	8.2
		伊	崎	2004年~2006年	—	128	5	3.9
小型底で	びき網	彦	島	2004年~2006年	28,000	657	10	1.5
計	·				46,200	1,610	83	5.2







図9-1 建網調査個体の全長組成



図9-2 小型底びき網調査個体の全長組成

小型底びき網では52.5%を占めていた。

#### 放流魚の移動距離、再捕までの経過日数

放流場所と再捕場所の位置関係を図10に示した。放 流場所から再捕場所までの距離は1km以上3km未満が 全体の67%を占めていた(図11)。

放流から再捕までの経過日数は277日から1,780日に 及んだが、700日以上800日未満が最も多かった(図12)。

### 放流適期

2000年から2002年までに放流した群について,春期 (5,6月) 放流と秋期(10,11月) 放流に分けて, それぞれの検出率を比較した(表5)。

平均検出率は,春期放流群が0.21%,秋期放流群が 0.12%となり,前者が後者を約75%上回った。これに より,放流魚の回収という面からみると,秋期放流よ



図10 放流場所と再捕場所(放流場所:○)
 建網による再捕 → →
 小型底引き網による再捕 → →

表5 検出率の放流時期別比較(2000年~2002年放流群)

放流 時期	放流年月日	尾数	全長 (mm)	再捕 尾数	検出率 (%)
	2000. 6.19	3,000	74	7	0.23
春期	$2001.\ 5.15$	7,500	62	18	0.24
	2002. 5.23	7,400	76	12	0.16
	計 (平均)	17,900		37	(0.21)
	2000.11. 7	6,000	51	15	0.25
秋期	2001.11.8	6,800	63	5	0.07
	2002.11.19	10,350	59	5	0.05
	計 (平均)	23,150		25	(0.12)

りも春期放流が優れていると考えられた。

#### 適正放流サイズ

2000年から2002年までに放流した群の平均全長と検 出率の関係を図13に示した。

これによると、両者に明確な相関関係はみられず、 放流種苗は平均全長50mm程度あれば放流サイズとして 適していると考えられた。

適正放流サイズについて、佐野<sup>6)</sup> は放流サイズと 再捕率との関係から、全長50mmサイズの放流が有効と 報告しており、本研究においても同様な傾向が認めら れた。

#### 放流適地

放流を行った2地点は異なった環境条件を有し,安





図13 放流種苗のサイズと検出率の関係

岡地先(来留見瀬)は沖合の瀬で,底質は砂礫でガラ モが繁茂している。もう一方の彦島地先は浜辺で底質 は砂泥である。安岡地先には2000年以降放流を行い, 2000年,2001年の放流群は0.23~0.25%という高い検 出率を示す例がみられた。彦島地先には2003年と2004 年に放流したが,これらが漁獲加入し始めた時点で調 査が終了したので,前者の検出率と比較するまでに至 らなかった。したがって,放流適地条件の検討は今後 の課題として残された。

#### 放流効果

各放流群ごとに再捕尾数を推定し、2002年以降2006 年まで累計して回収尾数とした。これより回収率およ び回収金額を求めた(表6)。放流群の中で最も回収

#### 表6 放流魚の推定回収率および回収金額

	民物		全長 推定再捕尾数		回収率	推定回収金額	推定回収金額/		
<u> </u>	尼奴	(mm)	建網	小底	計	(%)	(千円)	放流尾数(円)	
2000. 6.19	3,000	74	233		233	7.8	140	47	
2000.11.7	6,000	51	436		436	7.3	262	44	
2001. 5.15	7,500	62	463	54	517	6.9	310	41	
2001.11. 8	6,800	63	. 79	78	157	2.3	94	14	
2002. 5.23	7,400	76	261	35	296	4.0	178	24	
2002.11.19	10,350	59	41	114	155	$1.5^{-1}$	93	9	
2003. 5. 6	9,200	62	180		180	2.0	108	12	
2003.10.21	7,000	112	5	316	321	4.6	193	28	
2004.5.6	10,000	69	49		49	0.5	29	3	
2004.10.19	13,000	95	26		26	0.2	16	1	
計	80,250		1,786	597	2,383		1,431		

が進んだ2000年及び2001年放流群の場合,回収率は概 ね7~8%と推定された。これらの放流群の各推定回 収金額は14~31万円であった。

## 考察

本調査海域では放流場所近辺での再捕例が多かった が、この傾向は安岡地先放流群に顕著であった。この ことは、放流場所である来留見瀬周辺が生息場所とし て適地であることを示すものかもしれない。

漁業種類別に混獲率を比較すると、小型底びき網の 混獲率が建網に比べて低かった。この原因は、前者の 漁獲物の年令組成が若齢魚に偏り、放流魚のいない 2004,2005年級群が主体であったことと、漁場が放 流場所から離れていることのためと考えられた。

放流適期については、秋期放流群よりも春期放流群 の検出率が上回った。ただし、放流魚は秋期放流の場 合、ふ化後3~4ヵ月目、春期放流の場合、同10~11 ヵ月目の稚魚である。冬期は殆ど成長しないため、両 者のサイズに差はないが、飼育に要する経費は春期放 流群が割り高となる。したがって、放流による経済効 果を考慮する場合は、この飼育に要する経費を勘案す る必要がある。

放流適地については、オニオコゼ稚魚が潜砂するこ とによって外敵から隠れ、生残率が向上するとの前提 から、潜砂に適した底質を備えた場所を重要な放流適 地条件の一つであると考えられてきた<sup>6,77</sup>。本調査に おける主要な放流場所である安岡地先(来留見瀬)は、 大小の岩石が点在し、隠れ場に事欠かないものの、底 質は砂礫であり放流翌日でも潜砂する個体は少なかっ た<sup>89</sup>。このような場所でも7~8%の回収率が得られ たことは、潜砂に適した底質条件以外にも適地条件が 考えられることを示唆するものかもしれない。 最も回収が進んだ2000年と2001年放流群について, 各放流群の推定回収金額を放流尾数で割り,放流魚1 尾あたりの回収金額を算定すると,41~47円となる (表6)。すなわち,放流に要する経費(種苗費も含め) が種苗1尾あたり40円台なら経費の回収が可能となり, それ以上の価格なら赤字,それ以下の場合は黒字とな る。これは,響灘という開放的な水域におけるオニオ コゼの放流効果の研究例であり,今後当地あるいは他 の水域で本種の放流を検討する際の一つの参考例とな ることが期待できる。

#### 謝辞 辞

標識放流および再捕調査等にご協力いただいた山口 県漁業協同組合安岡支店,彦島支店および伊崎支店の 漁業者ならびに職員の皆様に深謝します。

なお、本研究は2000年から2003年まで、水産庁の補 助事業「資源増大技術開発事業」により実施され、そ の後2006年まで、県単独事業で継続された。2000年の 標識放流は、当時の担当者である田中良治氏、2001年 のそれは、同氏と齋藤秀郎両氏によって行われたもの である。

## 文 献

- 山口県(2003):平成14年度資源増大技術開発事業報告書 魚類 A グループ,山口1-山口14.
- 2) 尾串好隆・道中和彦(2007):オニオコゼ放流技 術開発試験.平成18年度山口県水産研究センター 事業報告,49-54.
- 3) 尾串好隆・道中和彦・原川泰弘(2005):オニオ コゼ放流技術開発試験.平成16年度山口県水産研 究センター事業報告, 23-28.
- 4) 尾串好隆:未発表

- 5)山口県(2002):平成13年度資源増大技術開発事 業報告書 魚類 A グループ,山口1-山口10.
- 大阪府(1998):平成9年度地域特産種量産放流 技術開発事業 魚類・甲殻類グループ総合報告書, 大1-大39.
- 7) 佐野雅基(2000):大阪府におけるオニオコゼ種 苗の放流技術とその効果.さいばい,(93),15-22.
- 8)山口県(2004):平成15年度資源増大技術開発事業報告書オニオコゼ、山口1-山口17.

Bull. Yamaguchi Pref. Fish. Res. Ctr. 6, 89 (2008)

## 加入量あたり産卵資源量を用いた周防灘マコガレイの資源管理

井本有治\*1·木村 博·吉岡直樹\*2·銭谷 弘\*3

Fisheries management of mud dab *Pleuronectes yokohamae* in Suo-Nada, Seto Inland Sea based on pawning per recruit

Yuji Imoto, Hiroshi Kimura, Naoki Yoshioka and Hiromu Zenitani

日本水産学会誌, 73(4), 684-692 (2007)

瀬戸内海周防灘において資源回復計画対象種の一つとなっているマコガレイ Pleuronectes yokohamae の資源量を単位努力量あたり漁獲量によるチューニング VPA を用いて推定した。さらに、 マコガレイの漁業管理計画を加入量あたり産卵量に基づき検討した。資源量は、1980年の2,571万尾か ら2003年の1,024万尾に減少した。資源加入量は、1980年の780万尾から2002年の252万尾に減少した。 産卵親魚量は、1980年の1,250トンから1996年には609トンに減少し、1997年から2003年の間は、579ト ンから688トンの低い水準にとどまった。24年間(1980-2003年)にわたる%SPR の平均値は、17%であっ た。近年、小型底びき網と刺網の漁獲努力量が減少し、%SPR は、資源の持続的利用が可能な下限値 である20%を上回った。さらなる漁獲努力量の減少と漁獲開始年齢の上昇は、%SPR を望ましい水準 である30%に近づけることができると思われた。

Key word: SPR, 資源管理, 周防灘, チューニング VPA, マコガレイ

<sup>\*1</sup> 大分県東部振興局

<sup>\*2</sup> 福岡県水産海洋技術センター豊前海研究所

<sup>\*3 (</sup>独)水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所

## 現場海域における貝毒モニタリングと二枚貝毒化軽減および 毒化予察の試み

### 宮村和良\*1·馬場俊典

水産学シリーズ153「貝毒研究の最先端ー現状と展望」,今井一郎・福代康夫・広石伸互編,日本水産学 会監修,恒星社厚生閣,東京, PP.130-146.

1980年前半にピークを迎えた採貝漁業は、環境変化 や干潟の減少、乱獲などによって資源量は激変し、漁 業者は天然二枚貝の漁獲のみでは生計を立てられない 厳しい状況である。さらに安価な輸入二枚貝の流通や 流通形態の変化により、二枚貝の浜値は低迷しその影 響は天然二枚貝だけでなく、養殖二枚貝の生産にも大 きな打撃を与えている。このように、国内の天然・養 殖二枚貝産業は資源の枯渇、浜値の低迷によって厳し い状況を強いられている。

一方,二枚貝の利用は、自然・環境志向の高まり, 食への安全性に対する意識の向上によって,その利用 形態も変化してきている。自然・環境志向の高まりは, 漁業を通した自然学習いわゆる体験型漁業(ブルーツー リズム)の需要を増加させ,各沿岸域では潮干狩りが 注目され,天然二枚貝は単なる水産資源ではなく,観 光資源として利用されている。また食への安全性に対 する意識の高まりは,産地表示の義務化や流通経路の 明確化(トレーサビリティー)など法制度の整備が推 進され,更に国内の二枚貝養殖産業はブランド化やイ ンターネットを用いた直接販売により,消費者ニーズ に対応して活路を見いだしている。

このように、国内の二枚貝の利用および産業はこれ までの単なる食品供給の役割から、観光への利用や安 全な食材の供給先としての地位を確立している。しか しながら,貝毒の発生は以前に比べて長期化,広域化 する傾向にあり,その影響は従来の出荷規制などの直 接的な漁業被害などに加え,報道による観光客の減少 や安全性へのマイナスイメージなど,その風評被害は 格段に大きくなっている。このようなことから,現場 からは貝毒被害の軽減の点から貝毒発生予察およびそ の対策が,これまで以上に切望されている。

今回の報告する2つの事例は、大分県猪串湾・小蒲 江湾で出現する麻ひ性貝毒(PSP)原因プランクトン Gvmnodinium catenatum と山口県徳山湾で出現す る Alexandrium catenella について貝毒の発生が頻 繁する海域における、現場の状況に応じた毒化予察や **毒化の軽減対策について述べた。山口県徳山湾の事例** は、今までの徳山湾における A. catenella の出現の 中で最も早い時期から出現した2004年の出現の初期か ら消滅時までの出現状況および水温、塩分、有害赤潮 プランクトン Heterosigma akashiwo の出現状況を 調べ、A. catenella の減少と H.akashiwo の増殖との 関係について精査した。また、既報の貝毒対策事業モ ニタリングの貝毒検査データなども考慮し、現場海域 での A.catenella 出現細胞密度をモニタリングするこ とにより、アサリに蓄積される PSP 毒力を予察した ので紹介した。

Key words:モニタリング;麻ひ性貝毒;プランクトン;予察;monitoring;PSP; toxic-dinoflagellate;prediction

\*1 大分県東部振興局農村漁村振興部(現:大分県農林水産研究センター水産試験場)

# 山口県水産研究センター研究報告 第6号

2008年3月発行

編集・発行者	山口県水産研究センター
	〒759-4106 山口県長門市仙崎 2861-3
	TEL: 0837-26-0711 FAX: 0837-26-1042
	E-mail: a16402@pref.yamaguchi.lg.jp
	https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/soshiki/125/21871.html
外海研究部 内海研究部	(同上) 〒754-0893 山口市秋穂二島 437-77 TEL: 083-984-2116 FAX: 083-984-2209 E-mail: <u>a16403@pref.yamaguchi.lg.jp</u>