

若狭湾西部海域におけるマダイ仔魚の 鉛直分布と食性^{*1,2,3}

鈴木重喜**・桑原昭彦**

Vertical Distribution and Feeding Habits of Red Sea Bream, *Pagrus major*, Larvae in the Western Wakasa Bay

Shigeki SUZUKI and Akihiko KUWAHARA

Abstract

The vertical distribution and feeding habits of red sea bream *Pagrus major* (TEMMINCK et SCHLEGEL) larvae collected with a larva-net (160 cm in mouth diameter and GG54 in mesh size) were studied in the western Wakasa Bay from June to July 1981, in relation to the hydrographic conditions and plankton compositions.

The larvae of the red sea bream were abundant in the waters shallower than 50m in depth, especially in the surface waters above the thermo- and halo-clines.

The larvae smaller than 3.0 mm in body length begin to feed on a diatom *Thalassiosira* sp. Main food components of 3.0-6.0 mm larvae are copepod nauplii (70.3-87.3 % in number among food items). *Acartia* spp. (0-25 %), *Penilia avirostris* (0-92.9 %), *Oikopleura longicauda* (0-60.0 %) and fish larvae, *Maurolicus muelleri* (0-15.0 %) occupy the principal food for the larvae of larger than 6.0 mm BL.

The relationship between the food organisms of the red sea bream larvae and plankton appearing in the western Wakasa Bay suggests that the larvae change food organisms in accordance with growth selecting pertinent species of plankton.

1. はじめに

マダイ *Pagrus major* (TEMMINCK et SCHLEGEL) の初期生活史に関しては、本種仔稚魚の飼育技術が進歩するのにもなって、初期成長や形態的な特徴等の多くのことが明らかにされてきた(北島, 1978; 福原, 1974, 1976a, 1976b 等)。一方、天然海域におけるマダイ仔稚魚の分布様式や食性等の生態的な問題に関しては、田中(1979, 1980a)、森(1980)、農林水産技術会議(1980)等の報告があるが、まだ充分に解明されていない。

著者らは、1981年5月から10月まで若狭湾西部海域において、卵・仔稚魚調査を行い、6月と7月にマダイの仔魚を採集した。これらについて、出現水深別の体長組成、

および海域に出現していたプランクトン種と関連させて消化管内容物を検討した結果、マダイ仔魚の鉛直分布と食性について興味ある知見を得たので報告する。

報告にさきだち、研究の機会を与えられるとともに御指導下さった京都府立海洋センター所長 塩川司博士、有益な御助言をいただいた京都大学水産学科助教授田中克博士に心から感謝する。標本の採集にあたって、多大な協力をいただいた京都府立海洋センターに所属する平安丸の杉山十六生船長ほか船員各位に感謝する。

2. 調査方法

卵・仔稚魚の採集は、1981年5月から10月まで毎月月上旬に1回、午前9時~午後3時の昼間に、若狭湾西部海域の3定点(Fig. 1)で、口径160 cm、網目GG54の開閉式稚魚ネットを使用し、船速2ノットで10分間の水平曳によって行われた。曳網層は、水深が70 m前後であった St. A と B では、0 m, 25 m, および 50 m 深の3層で、水深が100 m 以上あった St. C では、さら

*1 1983年2月2日受理

*2 一部は、農林水産省水産試験場育成強化事業のうち、研究開発促進事業費により実施した。

*3 京都府立海洋センター業績 No. 11

** 京都府立海洋センター Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu, Kyoto 626, Japan

に 75 m, 100 m 深を加えた 5 層であった。

6 月と 7 月で計 395 個体のマダイ仔魚を採集し、その中の 362 個体について体長測定を、202 個体について消化管内容物の調査を実施した。なお、調査方法の詳細は、桑原・鈴木 (1982) で報告したものと同じである。

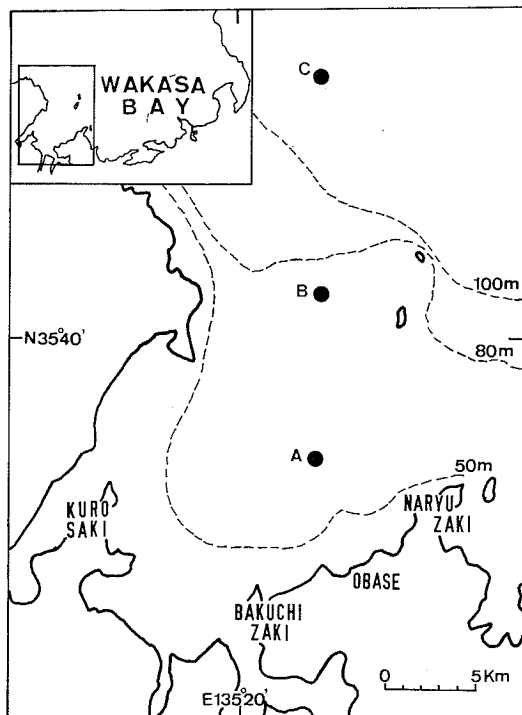


Fig. 1. Map of the western Wakasa Bay and positions of three sampling stations (●). The experiments were conducted out once a month from June to July, 1981.

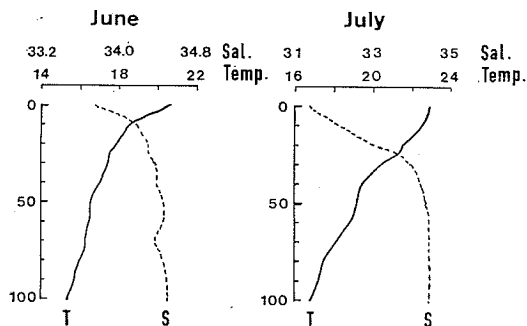


Fig. 2. Vertical profiles of temperature (T) and salinity (S) at st. C in the western Wakasa Bay on the 11th of June and 6th of July 1981.

3. 結果

鉛直分布 マダイの仔魚が出現していた 6 月と 7 月の St. C における水温・塩分の鉛直分布を Fig. 2 に示した。6 月の塩分は、海面で約 33.7‰ であり、下層にいくにしたがって上昇し、水深 20 m 深では約 34.4‰ となっていた。水温の鉛直方向での勾配は、水深 15 m まで大きく、15 m 以深では小さくなっていった。7 月になると、表層の塩分は 6 月より低下して約 31.3‰ となり、表面から水深 30 m までは塩分の鉛直勾配が大きく、それ以深では小さくなっていった。水温で見ると、6 月より上下層間での水温差が大きくなっていった。なお、St. A

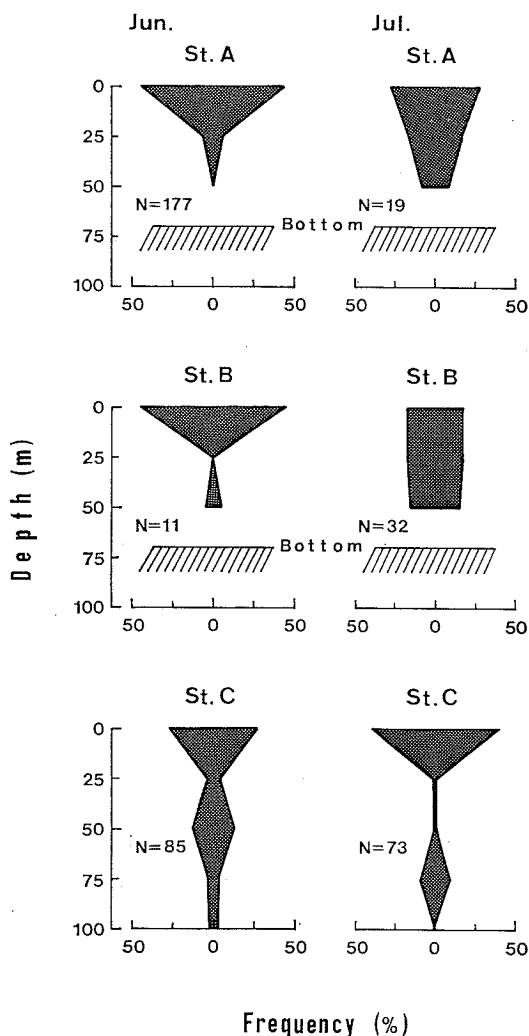


Fig. 3. Vertical profiles of red sea bream larvae distribution observed in the western Wakasa Bay on the 11th of June and 6th of July 1981.

とBにおける鉛直方向での水温・塩分の変化は、7月の塩分で鉛直勾配の大きい層が0~40m深とSt. Cと比較して少し深くなっていたのを除くと、St. Cとほぼ同様であった。

マダイの仔魚は、6月に273個体、7月に122個体採集された。Fig. 3に月別・定点別の仔魚の鉛直分布を示した。仔魚は、7月のSt. AとBの場合を除くと、0m層で多く採集されていた。また、湾口部のSt. Cにおいては、0m層ほどではないが、中層の50mあるいは75m層でも比較的によく出現していた。7月のSt. AとBでは、表層だけでなく、25mや50m層でも多く

出現していた。

採集されたマダイ仔魚の体長は、最低2.3mm、最高9.2mmであった。月毎の体長組成を定点別、採集層別に調べたところ、各採集層間でその傾向に差異がみられたので、6月と7月の0m、25m、50m層の体長組成をFigs. 4, 5に示した。6月の0m層では、体長4.0~7.0mmの仔魚が多く、その中でも体長5.0~6.0mmの個体が多くなっていた。一方、25mおよび50m層では、体長3.0~4.0mmの仔魚の出現率が60

Jul.

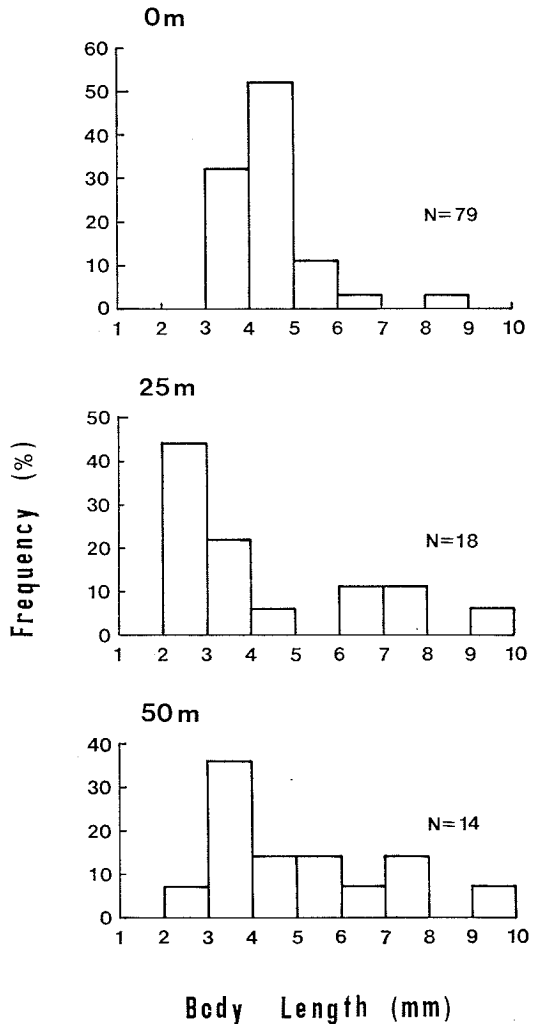
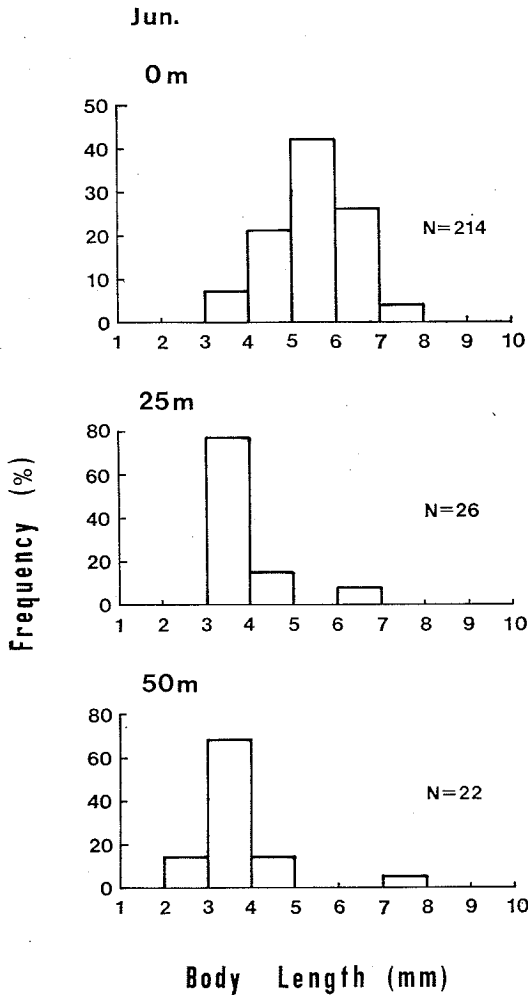


Fig. 4. Body length compositions of red sea bream larvae at depths of 0m, 25m and 50m in the western Wakasa Bay on the 11th of June 1981.

Fig. 5. Body length compositions of red sea bream larvae at depths of 0m, 25m and 50m in the western Wakasa Bay on the 6th of July 1981.

若狭湾西部海域におけるマダイ仔魚の鉛直分布と食性

%を超えていた。7月の0m層においても、6月と同様に体長4.0~5.0mmの仔魚がもっとも多く、次に体長3.0~4.0mmの個体が多くが出現していた。25m層では体長2.0~4.0mmの仔魚が多く、50m層では体長3.0~4.0mmの仔魚が多く出現していた。

上記の結果を整理すると、マダイの仔魚は全体としてみれば表層に多く分布していた。しかし、体長3.0mm未満の小さな仔魚は25~50m層にのみ出現した。体長

3.0~4.0mmの仔魚は表面から50m層まで多く出現し、体長4.0~6.0mmの仔魚は表層で多く出現した。したがって、体長6.0mm以下のマダイ仔魚の場合には、成長にともないその生息水深を変えている可能性が示唆された。

食性 月毎のマダイ仔魚の消化管内容物を調べた結果をTable 1に示した。主要な餌生物は、橈脚類のノープリウス、*Acartia* spp., *Oikopleura longicauda* であ

Table 1. Monthly percentage composition of gut contents of red sea bream larvae collected in the western Wakasa Bay.

Food items	June	July	No. of larvae with food	Total no. of food items
<i>Thalassiosira</i> sp.	2.9	8.0	6	11 cells
<i>Evadne nordmanni</i>	0	2.0	1	1
<i>Penilia avirostris</i>	0	18.0	9	33
<i>Acartia</i> spp.	15.7	12.0	17	20
<i>Oncaea</i> sp.	0	2.0	1	1
Copepodites	5.7	2.0	5	5
Copepod nauplii	64.3	56.0	73	153
<i>Oikopleura longicauda</i>	14.3	4.0	12	17
Fish larva (<i>Maurolicus muelleri</i>)	7.1	2.0	6	6
Polychaeta larva	1.4	0	1	1
Invertebrate eggs	5.7	0	4	4
unknown	0	14.0	7	12
No. of larvae examined	113	89		
No. of larvae with food	69	50		
Percentage of larvae feeding	61.9	56.2		

Table 2. Percentage of number of food items in the gut of red sea bream larvae collected in the western Wakasa Bay.

Body length (mm)	2.0-2.9	3.0-3.9	4.0-4.9	5.0-5.9	6.0-6.9	7.0-7.9	8.0-8.9	9.0-9.9
No. of larvae examined	10	54	58	36	27	13	2	2
No. of larvae with food	1	30	31	24	19	10	2	2
Percentage of larvae feeding	10.0	55.6	53.4	66.7	70.3	76.9	100	100
Food items								
<i>Thalassiosira</i> sp.	100	19.4	0	0	0	0	0	0
<i>Evadne nordmanni</i>	0	0	1.5	0	0	0	0	0
<i>Penilia avirostris</i>	0	0	0	7.8	13.5	40.0	92.9	0
<i>Acartia</i> spp.	0	0	0	9.4	21.8	25.0	0	20.0
<i>Oncaea</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	20.0
Copepodites	0	0	3.1	1.5	2.4	5.0	0	0
Copepod nauplii	0	76.4	87.7	70.3	24.6	0	0	0
<i>Oikopleura longicauda</i>	0	0	0	0	30.2	15.0	0	60.0
Fish larva (<i>Maurolicus muelleri</i>)	0	0	0	0	5.2	15.0	7.1	0
Polychaeta larva	0	0	0	0	2.4	0	0	0
Invertebrate eggs	0	5.5	1.5	0	0	0	0	0
unknown	0	1.8	6.1	10.9	0	0	0	0
Total no. of food items	2	55	65	64	37	20	14	5

った。また、*Penilia avirostris* は6月にはまったく摂餌されていなかったが、7月には多く摂餌されていた。植物プランクトンである *Thalassiosira* sp. やキュウリエソ *Maurollicus muelleri* の仔魚が少量であるが6月、7月とも摂餌されていたことは注目される。なお、採集層間でマダイ仔魚の餌生物組成に大きな差はなかった。

次に、マダイ仔魚の成長にともなう食性の変化を調べるために、仔魚の体長別に餌生物と摂餌個体率（消化管内に餌生物が認められた仔魚の個体数の調査個体数に対する割合）を Table 2 に整理した。仔魚の摂餌個体率は、体長 3.0 mm 未満で 10.0%，体長 3.0~3.9 mm で 55.6%，体長 6.0~6.9 mm で 70.3%，体長 8.0 mm 以上で 100% と仔魚が成長するとともに高くなっていた。仔魚の餌生物をみると、体長 3.0 mm 未満で *Thalassiosira* sp.、体長 3.0~3.9 mm で橈脚類のノープリウスと *Thalassiosira* sp.、体長 4.0~4.9 mm で橈脚類のノープリウスを主に摂餌していた。なお、植物プランクトンの *Thalassiosira* sp. の場合には、体長 3.5 mm 以下の6個体の仔魚に計11細胞が摂餌されており、その中の6細胞は蓋殻だけが残っており、蓋殻内の内容物がぬけた状態で消化管内に見い出された。体長 5.0~5.9 mm になると *P. avirostris* や *Acartia* sp. 等のノープリウスより大型の餌生物を捕食するようになる。さらに、体長 7.0 mm 以上になると、橈脚類のノープリウスはまったく摂餌されなくなり、橈脚類、枝角類、尾虫類、それにキュウリエソの仔魚（体長は 3.5~4.0 mm）等が捕食されるようになる。

このように、マダイの仔魚の場合には、体長 3.5 mm 前後を境として、その餌生物を植物プランクトンから橈脚類のノープリウスへ、また体長 6.0 mm 前後を境として橈脚類のノープリウスから枝角類、橈脚類、魚類の仔魚等のより大型の餌生物へ、その食性を変えている可能性が示唆された。

ここで、注目されるマダイ仔魚とキュウリエソ仔魚の分布の関係を整理してみる。キュウリエソを捕食していたマダイの仔魚は、0 m 層で2個体、50 m 層で2個体、75 m と 100 m 層で各1個体採集された。一方、キュウリエソ仔魚の生息域は、6月の採集個体数が 50 m 層で1個体、75 m 層で13個体、100 m 層で31個体となっていたことから、75 m 層以深の底層と考えられる。したがって、キュウリエソ仔魚を捕食していたマダイ仔魚が採集された水深とキュウリエソ仔魚の生息水深とは、かならずしも一致していなかった。

4. 考 察

仔稚魚の鉛直分布や鉛直移動に関する問題は、餌生物の鉛直分布や仔稚魚自身の摂餌生態との関連で、仔稚魚の生き残りに係わる重要な研究課題である。田中(1979)は、長崎県の志々伎湾においてマダイ仔稚魚の生態を調査し、昼間でのマダイの仔稚魚の分布層が中底層であることを報告している。また、日本海能登半島周辺海域の調査結果においても、田中の報告と同様の傾向がみられる（農林水産技術会議，1980）。しかし、今回の調査結果では、マダイの仔魚は表層で多い分布パターンを示しており、志々伎湾や能登半島周辺海域の結果とは異なっていた。このように、若狭湾西部海域と志々伎湾等とで、マダイ仔稚魚の鉛直分布に差異が現われた原因の1つとして、物理環境の違いが考えられる。すなわち、志々伎湾の場合には、マダイ仔稚魚が出現する時期の水温・塩分の鉛直方向での差はきわめて小さい（田中，1979）。一方、若狭湾の場合には、6月で水深 15 m 以浅、7月で水深 30~40 m 以浅の層で水温・塩分の鉛直方向での勾配が大きくなっていた。このような発達した水温・塩分躍層は浮遊生物の鉛直方向への動きを阻止する要因の1つと考えられる。例えば、橈脚類の昼夜間での上下移動は水温・塩分躍層によって阻止され、躍層付近で個体数密度が高くなる場合がある（CONOVER, 1956; LANCE, 1962; 桑原, 1982）。今回の調査結果でみると、躍層（とくに塩分躍層）の底部の水深が浅かった6月にはマダイ仔魚は表層に多く、躍層の底部の水深が深くなっていた7月には、仔魚が中層（25~50 m 深）でも比較的多く出現していた。したがって、マダイ仔魚の鉛直分布に対して、この発達した水温・塩分躍層が密接に関係している可能性がある。しかし、今回の調査結果は昼間だけのものであり、しかもマダイ仔魚の場合には仔魚の成長にともなって分布水深を変えている可能性もあることから、今後、仔稚魚の分布を昼夜間にわたって環境要因との関連で調査していく中で、この研究課題について解明していくことが重要であろう。

体長 3.5 mm 未満の小さなマダイ仔魚は植物プランクトンの *Thalassiosira* sp. を多く摂餌していた。発育初期の仔魚の消化管の中から植物プランクトンが見い出されることは、マコガレイ *Limanda yokohamae* (南, 1981)、タラ類 (LAST, 1978)、タマガンゾウピラメ *Pseudorhombus pentophthalmus* (桑原・鈴木, 1983) 等で知られている。植物プランクトンの仔魚に対する初期餌料としての有効性は、渦鞭毛藻類の *Gymnodinium splendens* については確認されている (LASKER et al.,

1970等)が、珪藻類についてはその消化の可能性からみて否定的と考えられている(田中, 1980b)。しかし、マダイ仔魚の消化管の中に見い出された *Thalassiosira* sp. の場合には、蓋殻だけが残っていた細胞もみられ、マダイの仔魚が蓋殻の内容物を消化している可能性も考えられる。

調査期間中の若狭湾西部海域におけるプランクトン組成は表層から 50 m 層まで採集層間に大きな差異が認められず、6月には *Oikopleura longicauda*, *Paracalanus parvus*, *Oithona* spp. が多く、7月には *Penilia avirostris*, *Oithona* spp. が多くなっていた(桑原, 鈴木, 1982)。このプランクトンの出現状況とマダイ仔魚の餌生物とを比較してみると *O. longicauda* と *P. avirostris* の出現の被食生物の時空間的な対応関係が認められたのに対して、*Oithona* spp. や *P. parvus* にはこの関係がみられなかった。したがって、マダイの仔魚は、スケトウダラ *Theragra chalcogramma* 等の仔魚で報告されている(KAMBA, 1977)プランクトンの種類に対する選択性を有しているものと考えられる。さらに、底生生活初期のマダイ稚魚は多量の浮遊性橈脚類 *Acartia* spp. を捕食することが知られている(田中, 1979)。今回の調査結果で、浮遊期のマダイ仔魚は、体長 5.0 mm 以上に成長すると、海域のプランクトン密度とは関係なく、*Acartia* spp. を多く摂餌していた。したがって、マダイ仔魚の *Acartia* spp. に対する選択的な摂餌は浮遊仔魚の時期から行われているものと考えられる。

最後に、マダイの仔魚は、体長 5.0~6.0 mm を境として、その餌生物を橈脚類のノープリウス等から枝角類や尾虫類等のより大きな餌生物へ変えることが観察されたが、このマダイ仔魚後期の後半における餌生物の大型化の現象は、田中(1980b)が述べているように、この時期から仔魚の胃が拡大するとともに胃腺が分布し、仔魚の消化機能が急速に高まる(TANAKA, 1973)ことと対応しているのであろう。今回の調査結果では、マダイ仔魚の成長にともなう生息水深の変化や仔魚の分布と水温・塩分躍層との対応関係、またキュウリエソ仔魚との関係でみられたようなマダイ仔魚の摂餌水深と餌生物の分布水深の問題等多くの課題が残された。今後、現場で詳細な調査を行っていく中で、これらの課題について明らかにしていきたい。

5. 要 約

若狭湾西部海域において1981年6月と7月に採集された 395 個体のマダイ仔魚を用いて、本種仔魚の鉛直分布

と食性について検討したところ、以下の知見が得られた。

1) 仔魚は表層で多く出現していたが、成長にともない分布水深を変えている可能性が示唆された。

2) 仔魚の主要な餌生物は、橈脚類のノープリウス、*Acartia* spp., *Oikopleura longicauda*, および *Penilia avirostris* であった。また、体長 6.0 mm 以上のマダイ仔魚が体長 3.5~4.0 mm のキュウリエソ仔魚を摂餌していた。

3) 仔魚は、体長 3.0 mm 未満では植物プランクトンの *Thalassiosira* sp., 体長 3.0~6.0 mm では橈脚類のノープリウス、体長 6.0 mm 以上では橈脚類や枝角類の成体および尾虫類を主に摂餌しており、成長とともに餌生物を変えていた。

4) 仔魚の月毎の餌生物は、海域のプランクトン組成とある程度対応していたが、プランクトンの種類に対する選択性も認められた。

参 考 文 献

- CONOVER, R. (1956) Oceanography of Long Island Sound, 1952-1954 IV, Biology of *Acartia clausi* and *A. tonsa*. *Bingham Oceanogr. Coll.*, **15**, 156-233.
- 福原 修(1974)初期の飢餓がマダイ仔魚の生残り、成長および発育に及ぼす影響について。南西水研研報, **7**, 19-29.
- 福原 修(1976a) マダイ稚仔魚の形態学的研究-I 鱗の形成について。南西水研研報, **9**, 1-11.
- 福原 修(1976b) マダイ稚仔魚の形態学的研究-II 初生鱗の発生と成長。南西水研研報, **9**, 13-18.
- KAMBA, M. (1977) Feeding habits and vertical distribution of wallegee pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in early life stage in Uchiura Bay, Hokkaido. *Res. Inst. N. Pac. Fish., Hokkaido Univ., Spe. Vol.*, 176-197.
- 北島 力(1978)マダイの採卵と稚魚の量産に関する研究。長崎水試論文集, **5**, 1-92.
- 桑原昭彦(1982)内湾におけるプランクトンの集中分布パターン形成に及ぼす水温躍層の影響。京都海洋センター研論, **1**, 1-46.
- 桑原昭彦, 鈴木重喜(1982)若狭湾に出現する仔魚の食性に関する研究-I ヒラメ仔魚の鉛直分布と食性。日水誌, **48**, 1375-1381.
- 桑原昭彦, 鈴木重喜(1983)若狭湾に出現する仔魚の食性に関する研究-III 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。日水誌, 印刷中。
- LANCE, J. (1962) Effects of water of reduced salinity on the vertical migration of zooplankton. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **42**, 131-154.
- LASKER, R., H.M. FEDER, G.H. THEILACKER, and R.C. MAY (1970) Feeding, growth, and survival

- of *Engraulis mordax* larvae reared in the laboratory. Mar. Biol., 5, 345-353.
- LAST, J.M. (1978) The food of three species of gadoid larvae in the eastern English Channel and southern North Sea. Mar. Biol., 48, 377-386.
- 南 卓志 (1981) 若狭湾におけるカレイ目魚類の初期生活史の研究—Ⅲ マコガレイの初期生活史. 日水誌, 47, 1411-1419.
- 森 慶一郎 (1980) 油谷湾における浮遊期, 底生生活初期のマダイの生態. 西水研研報, 54, 59-78.
- 農林水産技術会議 (1980) 資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究. 301 pp.
- TANAKA, M. (1973) Study on the structure and function of the digestive system of teleost larvae, Ph. D. Thesis, Dept. of Fisheries, Kyoto Univ., 1-134.
- 田中 克 (1979) マダイ稚魚の浮遊生活から底生生活への移行過程. 水産土木, 16, 47-57.
- 田中 克 (1980a) 志々伎湾におけるマダイ仔稚魚の生態に関する研究—I 浮遊生活期仔魚の水平分布. 西水研研報, 54, 231-258.
- 田中 克 (1980b) 海産仔魚の摂餌と生残 I 天然海域における食性. 海洋と生物, 2, 440-447.