

シンポジウム「水産海洋」

日本海西部沿岸水域の仔稚魚と海洋環境

共催 水産海洋研究会  
日本海洋学会

日 時: 昭和59年10月7日(日) 09:20~17:00  
会 場: 京都大学農学部講義室  
コンピーナー: 近藤正人(東海区水産研究所)  
坂本 亘(京都大学農学部)  
田中 克(京都大学農学部)  
挨拶: 辻田時美(水産海洋研究会会長)

話題および話題提供者

1. 浮魚仔稚魚と環境

- |     |    |                                 |                             |
|-----|----|---------------------------------|-----------------------------|
|     | 座長 | 坂本 亘                            | (京都大学農学部)                   |
| (1) |    | 日本海西部水域の海洋環境の特徴                 | 長沼 光 亮 (日本海区水産研究所)          |
| (2) |    | 日本海における動物プランクトン分布               | 森岡 泰 啓 (西海区水産研究所)           |
|     | 座長 | 長沼 光 亮                          | (日本海区水産研究所)                 |
| (3) |    | イワン仔稚魚の分布と環境—山口県近海—             | 中原民男・小川嘉彦・河野光久 (山口県外海水産試験場) |
| (4) |    | 若狭湾西部海域におけるカタクチイワン<br>卵仔魚の分布と環境 | 上野 正 博 (京都大学農学部)            |

2. 若狭湾を中心とした底魚仔稚魚の輸送と環境

- |     |    |                            |                     |
|-----|----|----------------------------|---------------------|
|     | 座長 | 篠田 正 俊                     | (京都府立海洋センター)        |
| (5) |    | 若狭湾の海洋環境                   | 橋本 祐 一 (舞鶴海洋气象台)    |
| (6) |    | 異体類仔稚魚の輸送と着底               | 南 卓 志 (日本海区水産研究所)   |
|     | 座長 | 田中 克                       | (京都大学農学部)           |
| (7) |    | 異体類浮遊期仔稚魚の餌生物分布と環境         | 桑原 昭 彦 (京都府立海洋センター) |
| (8) |    | 飼育実験から見た異体類仔稚魚の変態<br>と着底過程 | 青海 忠 久 (京都大学農学部)    |
| (9) |    | 若狭湾を中心とした底生動物と海底環境         | 林 勇 夫 (京都大学農学部)     |

3. 総合討論

- |  |    |        |            |
|--|----|--------|------------|
|  | 座長 | 近藤 正 人 | (東海区水産研究所) |
|  |    | 坂本 亘   | (京都大学農学部)  |
|  |    | 田中 克   | (京都大学農学部)  |

## 1. 浮魚仔稚魚と環境

### (1) 日本海西部水域の海洋環境の特徴

長 沼 光 亮 (日本海区水産研究所)

#### 1. 広域の海況

対馬海峡を通じて日本海へ流入する海水は、奄美大島の北西沖付近で黒潮から分かれ、対馬暖流となつて、九州西方を北上してきたもので、黒潮から分岐後対馬海峡に至るわずかな流程の間に、中国大陸の大河川などから流出の陸水によって希釈された東シナ海表層水が混じり、黒潮系水の特質は失なわれてしまうといわれている。

日本海へ流入した対馬暖流系の海水は、対馬暖流が地球偏向力により、日本海の東岸寄りを北上するため、主に日本海の本邦寄り半域の比較的浅層に、陸岸から沖合へ次第に浅くなるような形で分布する。

日本海の水塊は、浅層部と深層部で大きく異なり、さらに、浅層部は本邦寄り半域の暖流域と大陸寄り半域の寒流域に分けられる。

浅層部の表面付近は表層水と呼ばれ、暖流域のそれは本州の沿岸水の影響を受け、寒流域のそれは朝鮮半島と沿海州の沿岸水によって変質を受ける。とくに、暖流系表層水の大きな特徴は、7~9月ころの成層期に、揚子江や黄河などの中国大陸から流出の陸水に起因する東シナ海の低塩分水が流入してきて、それまでの高塩分水域が日本海の最西部から順次消失していく形が認められることであり、この低塩分水の流入が、日本海の沿岸生物相に大きな影響を及ぼしているという指摘(西村, 1970)がある。

表層水の下には中層水と呼ばれる水が分布する。対馬暖流域のそれは高温、高塩分、貧酸素で特徴づけられ、一方、寒流域のそれは豊酸素の特徴をもつが、水温、塩分による識別は困難である。

さらに、中層水の下に深層部には、日本海固有水と呼称される水温 1°C 以下、塩分 34.0~34.1‰、溶存酸素 5.0~5.5 ml/l の年間を通じてほとんど変化のない水が存在する。この海水は、日本海全体の容積の80数パーセントを占めるといわれている。

浅層部の表層水と中層水の成層分離は、成層の発達する夏季には明瞭に認められるが、冬季に入ると冷却による浅層部の対流が発達し、混合が促進されて均質化がす

すみ表層水は消失した形となる。浅層部ではこのような冬季の対流混合による均質化と前述の夏季に発達する成層分離のプロセスが交互にくり返される訳であるが、とくに暖流域ではその変化の及ぶ範囲は深くて精々 200~300 m どりとなつている。したがって、暖流域における水温と深さとの関係を見ると、浅層部において季節変化を大きく受ける暖流系水の分布範囲とそれ以前にあって年間を通じて極めて低温な日本海固有水の領域とはっきり区分され、前者の浅いことが大きな特徴となっている。

日本海は、比較的浅くて狭い4つの海峡によって隣接する海と連通しているが、海水の流入は、対馬海峡からの対馬暖流系水がほとんどを占めている。したがって、日本海の海況は、対馬暖流の消長によって左右される面が大きい。

その対馬暖流は、黒潮に比べると、流量約 1/10、流速約 1/4 の弱い流れでうつろいやすく、季節的にも経年的にも複雑な変化をしている。そのために、基本的な対馬暖流の流路については、3分岐説(対馬海峡から流入後、39°~40°N 付近を東行するものと、本土沿岸ぞいを北上するもの、および前二者の中間付近を北東行するものの3つの流れを仮定する)と蛇行説(一筋の連続した蛇行主流の存在を仮定する)に分かれ、定説的なものはまだ確立されていない。

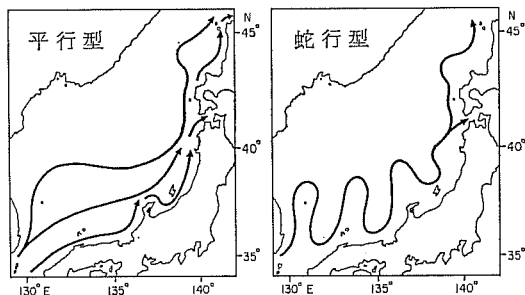


図1 対馬暖流の流れ方

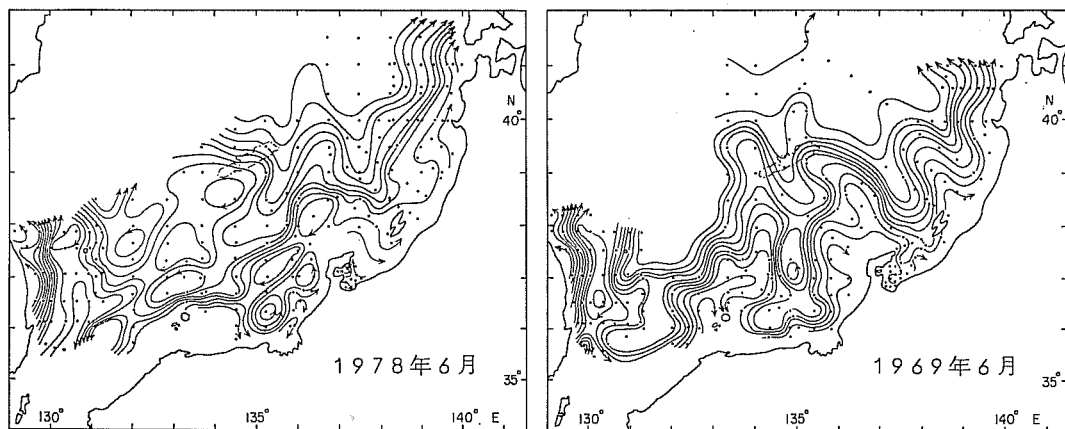


図2 平行・蛇行の流動型典型の出現年における流線図(0~200m鉛直平均水温による)

しかし、筆者は、以前(長沼, 1973)から図1に示すような平行型(三分枝説)と蛇行型(蛇行説)の共存を考えており、いまもってその考えは変わっていない。その根拠は、①月毎の流線図(0~200m積算平均水温による)を画くと、図1に例示したように平行型と蛇行型の2つの流動型に類型されること、さらに、②夏季における塩分鉛直極大(対馬暖流水の特質を示す)の分布を画くと、対馬暖流水の沖合への広がり方が、流動型の違いを反映し、平行型の場合はほぼ一様であるが、蛇行型の場合は凹凸が著しくなること、③比較的密な測点間隔のGEK測流によって、両流動型の存在を示すような結果が得られていること、などである。

このようなことから、日本海での対馬暖流の流れ方は、1953年以降、各年6~9月の月毎の流線図(0~200m積算平均水温による)などから、平行型と蛇行型とに類型して整理しており、1954・1960・1966・1972・1978の各年に平行型の典型が、1957・1963・1969・1975・1981の各年に蛇行型の典型が出現するという6年の周期性をみだしている(長沼, 1981b)。

この6年周期は、単に流動型の出現にみられるだけでなく、青森県西岸沖における夏季の対馬暖流量、夏季の50m深での34.1‰以上の高塩分域(対馬暖流水)の広がり、本州の距岸ほぼ80海里までの水域における50m深年平均水温などの海況諸要素にも共通してみだされている(長沼, 1981b)。また、対馬暖流の源流域にあたる東シナ海における対馬暖流水の冬季と夏季それぞれの広がりにも、日本海の高塩分域と同期の6年周期がみだされている(長沼, 1981a)。

このような流動型それぞれの流況の特徴は、海流クラ

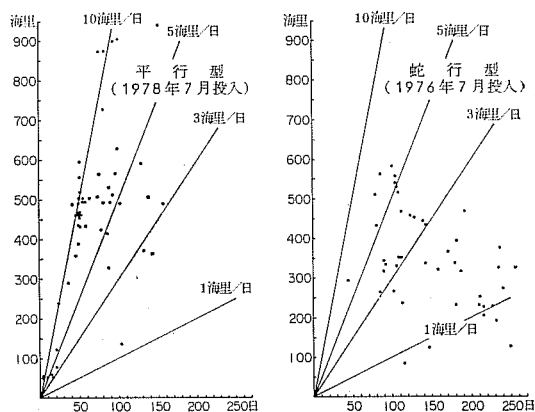


図3 平行・蛇行の流動型典型の出現年における海流クラゲ(山陰西部で7月投入)の漂流状況

ゲの漂流状況に強く反映しており、図3からみられるように、平行型の典型出現年に投入された場合は、漂流時間が短いわりに遠距離域での拾得が多いという漂流パターンを示し、蛇行型の典型出現年に投入された場合は、漂流時間が長くなるわりに近距離地域での拾得が多いという漂流パターンを示す。

流動型の違いにともなう卵・稚仔段階の分布やその輸送などについては、ほとんど未知であるが、スルメイカの稚仔やカタクチイワシの卵・稚仔が、密度はともかくとして、沖合に広く分布している事実からすれば、広域の流動状況がまったく影響しないとは考え難い。漁獲対象になる成魚段階のもの漁況と流動型との関連については、長沼(1985)の報告がある。

## 2. 沿岸域の海況

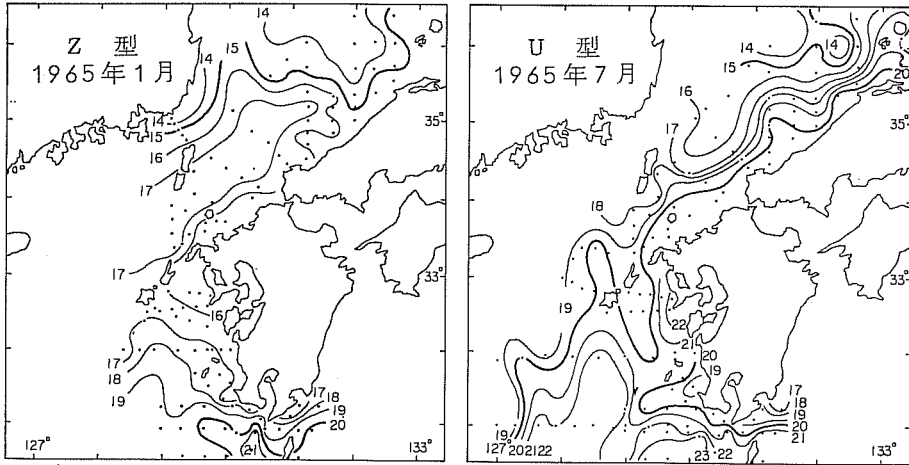


図4 Z型とU型の水温分布の典型

表1 九州西岸～山陰西部沿岸における 50 m 深水温水平分布パターンの類型

年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1964	Z	Z	Z	Z	Z	Z	U	U	U	Z	Z	Z
1965	Z	Z	Z	Z	Z	U	U	U	U	Z	Z	Z
1966		Z	Z	Z	Z	Z	U	U	U	Z	Z	Z
1967		Z	Z	Z	Z	U	U		U	Z	Z	Z
1968		Z	Z	Z	U	U	U	U	U	Z	Z	Z
1969	Z	Z	Z	Z	U	U	U	U	U	Z	Z	Z
1970	Z	Z	Z	Z	Z	Z	U	U	U	Z	Z	Z
1971	Z	Z	Z	Z	Z	Z	U	U	Z	Z	Z	Z
1972	Z	Z	Z	Z	Z	Z	U	U	U	Z	Z	Z
1973		Z	Z	Z		U		U		U	Z	Z
1974	Z	Z	Z	Z	Z	U		U		Z	Z	Z
1975		Z	Z	Z	U	U		U			Z	
1976		Z	Z	Z	U	U		U		Z	Z	
1977			Z	Z	Z	Z	U		U	Z	Z	
1978			Z	Z		Z		U		Z	Z	
1979		Z	Z	Z				U		Z	Z	
1980		Z	Z	Z		U		U		Z		
1981		Z	Z	Z		U		U		Z		

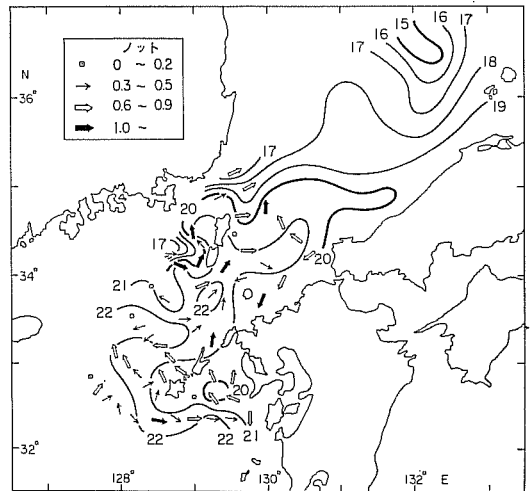


図5 1982年11月における 50 m 深の水温水水平分布と超音波式海流計による 50 m 深の測流結果 (笠原, 未発表)

日本海西部水域における沿岸域の海況については、五島灘・対馬海峡・隠岐海峡・若狭湾などや、その他の地先水域でも、水試・水研など関連調査研究機関によって、かなり詳細に調べられているようである。しかし、その多くの場合、局所的な水域の調査に限られており、隣接する沿岸域との関連などにふれているものは少ないようである。とくに、本シンポジウムのように、仔稚魚にかかわる海洋環境という問題であれば、かなり広い水域を検討の対象にする必要がある。

このような観点から、多くの魚種の産卵成育の場と目されている九州西岸から山陰西部にかけての沿岸域における海況の特徴をみいだすことを目的として、同水域における1964～1981年各月の 50 m 深水温水平分布図を作成した。

それらの図における水温分布は、大きく2つのパターンに類型される。両パターンそれぞれの典型を図4に示したが、Z型は、五島列島北西方面からの舌状高温域が対馬海峡を通過して山陰西部方面に伸び、その南側の山陰西部沿岸から九州西岸にかけての沿岸に、一連の低温域

が形成されるパターンであり、U型は、山陰西部沿岸から九州西岸にかけての低温域が消失して、沿岸部はその沖の水温よりも高くなり、韓国南岸沿岸水と呼ばれる低温域が韓国南岸から五島列島方面へ舌状に差し込むパターンである。

それら両パターンの出現時期は、表1からみられるように、夏季の7~9月頃にはU型、秋・冬季の10~4月頃にはZ型が多くなっている。春季の5~6月頃には、すでにU型へ移行している年もあれば、Z型が持続している年もある。

Z型における山陰西部沿岸から九州西岸にかけての低温域は、図5からみられるように反流域となっている。この反流域の存在については、辻田・近藤(1961)の指摘もあるが、その形成水域は、多くの魚種の好適な産卵・成育の場と目されており、とくに、春季はその盛期にあたる魚種が多いので、反流域の消長は、卵・稚仔の分布や移流拡散などに少なからぬ影響を及ぼしていると考えられる。

このような沿岸域の流況についての調査は、広域をカバーするような面の調査を行うことが大切である。最近、航走しながら多層の流向流速を瞬時に測定できる測

器が開発されており、図5に示したような調査も容易にできるようになった。図の流向流速は、50m深のものであるが、8m深でもほぼ似たような結果になっている。このような調査結果の蓄積によって、知見の飛躍的な増大が期待される。

#### 文 献

- 長沼光亮(1973) 対馬暖流第3分枝の存否に関する論議について. 日本海区水産試験研究連絡ニュース, 266, 1-3.
- 長沼光亮(1981a) 対馬暖流の源流域付近における動向と日本海への流入に関する検討-I. 日本海学会誌, 5, 19-31.
- 長沼光亮(1981b) 日本海における海洋環境の長期変動. 水産海洋研究会報, 39, 92-95.
- 長沼光亮(1985) 日本海における漁況と海況. 海と空, 60(2), 47-61.
- 西村三郎(1970) 日本海の沿岸生物相をめぐるひとつの考え. 南紀生物, 12(2), 34-38.
- 大和田 守・谷岡克己(1971) 日本海の水の流動および水平、鉛直構造に関する研究. 日本海に関する総合研究報告書, 科学技術庁, 51-72.
- 辻田時美・近藤正人(1961) 東シナ海域における重要浮魚漁業資源の補給機構の研究(1), 表層流の輸送様式(1958年). 西水研研報, 21, 29-46.

## (2) 日本海における動物プランクトン分布

森 岡 泰 啓 (西海区水産研究所)

日本海の動物プランクトン量はどれ程か。生物量の測定例は明治の末期以来いくつかを数えることができるが、時季や海域が限られていて平均的な水準を結像することができなかつたし、したがってまた他の海域と比較できずにいる。ただ、FAO(1981, BOGOROV, 1968より引用)が示したものがあつたが、それは世界の海全体のなかで日本海をひとまとめにしたもので、日本海を意識することなく、どうやら北方域の少数の資料によって描かれたと思われる。「世界地図」という性質からもやむを得ないにしろ、後で述べるように日本海の姿をそれは表わしているとはいいたい。最近、黒潮共同調査によるものが図化され(HATTORI & MOTODA, 1983)、標本数は必ずしも多いとはいえないが、全体像が表わされている。

1972年以来、日本海区水産研究所は日本海に面してい

る道府県の水産試験機関が日本海まです調査、あるいはスルメイカの共同調査等の際に行なつたノルバックネット(口径45cm, 側長180cm, 網目幅約0.35mm)の標準曳標本を借用してその湿重量を秤り、同所独自の同じ方法による採集物を含めて動物プランクトン生物量の資料の蓄積を図ってきている。これに加えて気象庁、韓国水産振興院による1965年以降のノルバックネット採集(韓国採集の一部に丸特ネットによるものを含む)の資料、合計約6,500を集計し、生物量の地理的、季節的および経年的変化を検討中である。資料は季節的、地理的に偏りが著しく、夏一秋に多いが冬季に少なく、韓国と本州沿岸域に多いが、北緯40度以北、ことに大陸寄りの北西部に少ない。ここでは日本海を寒海域と暖海域の2つに区分し、暖海のうち北緯38度以南、東経137度以西の本州沿岸域それぞれの海域における生物量の季節変化を述

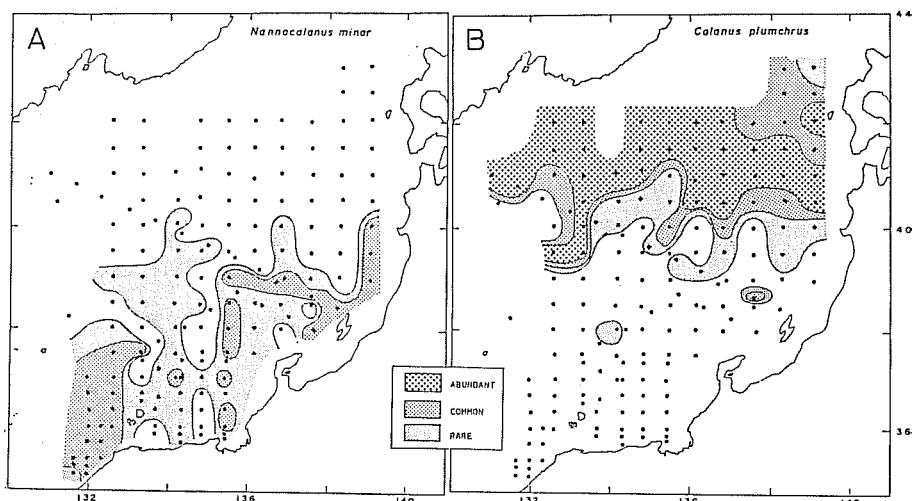


図1 1972年9月、日本海の150m以浅層における暖海性橈脚類 *Nannocalanus minor* (A) と寒海性橈脚類 *Calanus plumchrus* (B) の水平分布 (森岡・小牧, 未発表)

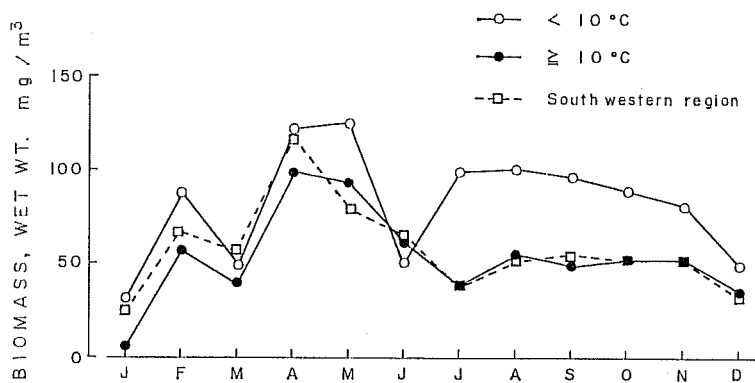


図2 1965~1982年、日本海の寒海域、暖海域および本州西岸海域の150m以浅層における動物プランクトンの平均生物量の季節変化 (森岡・小牧, 未発表)

べ、年の平均値を他の海域から得られたものと比較する。

海域の区分は、採集点が最も多く、また広く分布した1972年9月における代表的な亜寒帯性橈脚類 *Calanus plumchrus* と亜熱帯性種 *Nannocalanus minor* の分布域 (図1) によって設定した。すなわち、両種は北緯40度を境に明瞭に分布域を分けている。この境界はいわゆる極前線に該当し、100m層において5-15°Cの等温線が集中している (日本海区水産研究所, 1973)。ここでは便宜的に採集時の100m層水温が10°C未満を寒海域、10°C以上を暖海域とした。

採集方法は、プランクトンネットが水深150mに届くようワイヤ傾度に応じてワイヤを延長し、そのまま表

面まで鉛直に引きあげる標準採集である。水深が150mに満たないときは海底近くまでとした。扱った資料はネットが水深100mから160mに達したものである。ろ過水量はネット口輪中央に装着したろ水計の回転数によって求めたが、ろ水計が使用されていない場合は森岡(1982)によって算出した。生物量は単位水量あたりの湿重量で表わしている。日水研扱いのものは秤量に先だって魚類、イカ類の稚仔を抜きとってある。

暖・寒両海域において生物量の昼夜の差は比較的明瞭で、夜間には昼間よりも多く、暖海域1.4倍、寒海域1.8倍であった。両海域とも薄明、薄暮時の生物量は昼、夜の間にある。暖・寒両水域と本州西部沿岸域での季節

変化を図2に示す。暖・寒海域とも4-5月に最大、1月に最小を示した。秋季はその中間である。生物量の年平均は暖海域 53 mg/m<sup>3</sup>、寒海域が 95 mg/m<sup>3</sup> である。本州西部沿岸域の値は夏-秋季には暖海域のそれとほとんど同じであるが、冬-春季に高めで、3-4月には寒海域とほとんど同じに達している。年平均は 57 mg/m<sup>3</sup>、若狭湾以東よりも高い傾向があって暖海域一般よりもわずかながら高めである。図3は生物量の年平均の水平分布を表わしているが、このこととおよそ北緯40度が 100 mg/m<sup>3</sup> の境になっていることを示している。

以上の値と既往の資料(表1)を併せると、寒海域では 1 m<sup>3</sup> あたり 100 mg 前後、暖海域では 50 mg 程度ということになる。FAO (1981) によるものは前述したように高く見積り過ぎているように思われる。表2は日本列島をとりまく各海域からの報告による資料であるが、日本海の暖海域の値は黒潮流域と同等ないしは少し高め、寒海域は親潮域よりも少し低め、ということになるうか。表1, 2 に示されている生物量は原著者が著わした値とは限らず、筆者がそれらの図や表などから単純平均を求めたものである。

文 献

- FAO (1981) Atlas of the Living Resources of the Seas. Rome.  
 FEDOTOVA, N.A. (1975) About seasonal character

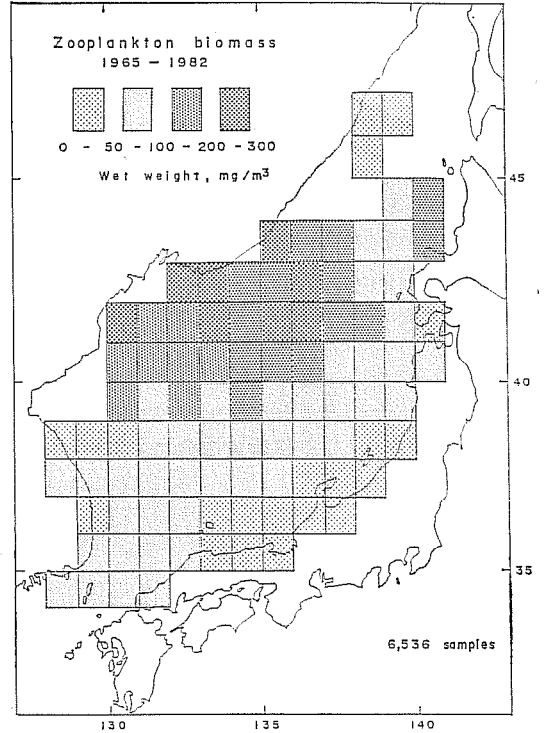


図3 1965~1982年、日本海における緯度、経度1度ずつ目の動物プランクトンの年平均生物量の分布(森岡・小牧, 未発表)

表1 既往資料による日本海における動物プランクトンの平均生物量

海 域	期 間	標本数	生 物 量 (湿重, mg/m <sup>3</sup> )	文 献
日本海全域	?	?	201-500	FAO, 1981
暖 海 域				
対馬暖流	1953-1957	1,230	43	元田・安楽, 1958
*10°C 以上	1965-1982	4,861	53	森岡・小牧, 未発表
寒 海 域				
樺太西方海域	1952-1968	3,103	128	FEDOTOVA, 1975
*10°C 未満	1965-1982	1,675	95	森岡・小牧, 未発表

\* プランクトン採集時の 100 m 層の水温

表2 既往資料による日本周辺海域における動物プランクトンの平均生物量

海 域	期 間	標本数	生 物 量 (湿重, mg/m <sup>3</sup> )	文 献
暖 海 域				
黒潮水域	1953-1973	33,726	43	鈴木, 1977
"	1951-1976	a	32	小達, 1980
寒 海 域				
親潮水域	1951-1976	b	134	小達, 1980
混 合 水 域				
親潮・黒潮	1951-1976	c	51	小達, 1980

a+b+c=7,987

composition and zooplankton distribution in the south-western Sakhalin. *Izv. TINRO*, **96**, 57-79. (In Russian)

HATTORI, H. and S. MOTODA (1983) Regional difference in zooplankton communities in the western North Pacific Ocean (CSK). *Bull. Plankton Soc. Japan*, **30**, 53-63.

森岡泰啓 (1982) Norpac ネット鉛直びき採集におけるワイヤ長とろ過水量との関係. *日水研報告*, **33**, 159-162.

元田 茂・安楽正昭 (1958) プランクトンに関する研究. 対馬暖流開発調査報告書第 2 輯, 121-124.

日本海区水産研究所 (1973) 日本海および九州近海におけるスルメイカ稚仔分布調査報告—I. 昭和47年度調査結果予報, 41 pp.

小達和子 (1980) 東北海域における水域別動物プランクトン現存量. 日本近海における動物・植物プランクトンの現存量に関する調査. pp. 121-134. 科学技術庁資源調査所編, 274 pp.

鈴木秀弥 (1977) 東海区海域における海洋特性と生物生産にかかわる研究上の問題点—マクロプランクトンとマサバの関係を例として. *漁業資源研究会議報*, **20**, 103-121.

(3) イワシ仔稚魚の分布と環境 ——山口県近海——

中原民男・小川嘉彦・河野光久 (山口県外海水産試験場)

イワシ類は、山口県沿岸水域における漁業生産の中で重要な位置を占めており、漁況変動に対する漁業者の関心も極めて高い。

イワシ類の来遊量を予測するには、第一義的には対象種の発生量を知る必要があるが、漁場への加入機構と漁場内での分布特性を知ることも予測のためには重要である。ここでは、まず (1) 山口県日本海沿岸漁場における小イワシ類の漁獲変動の特徴を紹介し、これら漁況を左右する (2) 加入機構については山口県日本海沿岸水域で漁獲対象となるカタクチイワシ秋生れ群をモデルとして、卵・稚仔から漁獲対象群として加入してくる過程を考察する。次に、(3) 沿岸水域における卵・稚仔の分布特性について、マイワシ卵・稚仔の分布変動を例に、カタクチイワシ卵・稚仔との分布上の関連をも含めて述べ、シラス漁況との関連について考察した。

1. 山口県日本海沿岸漁場における小イワシ類の漁況

山口県日本海沿岸域の代表的水揚港である湊漁協を例に小イワシ類の漁獲量の季節変化をみると (図 1), マイワシシラスは 3 月中旬から 6 月下旬と長期間出現するが、そのピークは 5 月上・中旬と比較的短い。5 月下旬にはすでにヒラゴ (体長 3~8 cm) 主体となり、以後漁獲量は増大する。一方、カタクチイワシシラスは 9 月上旬から 11 月下旬に出現し、ピークは 10 月下旬から 11 月下旬と比較的長い。この群は秋生れ群と推定され、同時にカエリ (体長 3~5 cm) として 9 月中旬から 12 月上旬に出現する。しかし、カタクチイワシ春生れ群はシラス漁

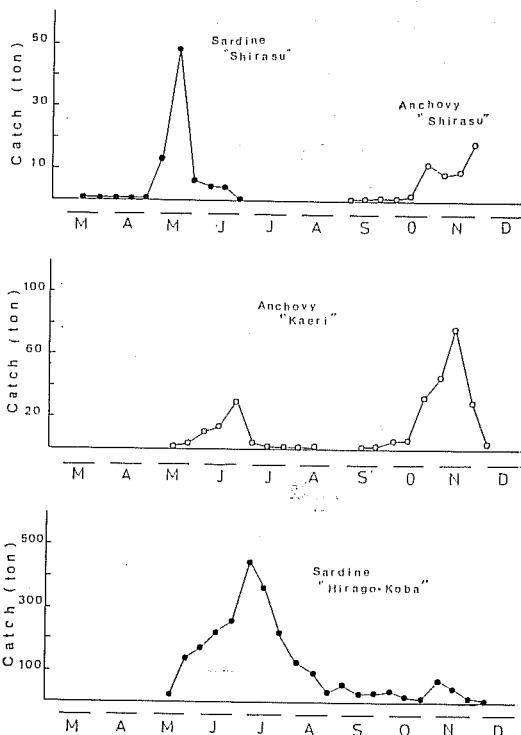


図 1 1980~'83 年の 4 ケ年平均水揚量変化 (湊漁協)

がなく、カエリ期から漁獲され始める。この傾向はカタクチイワシ資源が高水準であった時も同じである。

2. カタクチイワシ秋生れ群の加入機構



カタクチイワシ秋生れ群の加入機構に関する調査としては、1979年10月、1980年9月および1981年9月の3回、山口県日本海沿岸水域に來遊する群が発生すると予測される対馬東水道から山口県沖にかけての海域で口径 57 cm のリングネット傾斜曳きによる採集を行なった。卵・稚仔の分布パターンは3回の調査を通して共通しており、ここでは1980年の調査結果を例として示す。卵の分布域は A・B・C 各発生ステージとも九州北部沿岸水域および対馬北東水域に認められた。反面、卵の“分布0”の水帯はほぼ対馬海流軸に沿って東西に細長く伸びていた。これらの結果から、カタクチイワシ秋生れ群の主要産卵場のひとつは北部九州沿岸水域にあると判断されるが、その他にも対馬近海～韓国南岸にかけても産卵場が存在する。

稚仔の分布は卵の分布よりやや沖合に偏り、前期仔魚（全長 3 mm 未満）に比較して後期仔魚（全長 3 mm 以上）が東に偏って出現する傾向が認められる。北九州沿岸側に出現する各ステージの海面下 10 m<sup>2</sup> 当りの分布量が50を越える高密度分布域とその重心を図2に示す。ステージが進むにつれて出現水域が次第に東に偏り、卵・稚仔の移動・分散を反映した分布型が認められる。

図3に調査対象海域の 50 m 深における水温・塩分の分布を示す。卵・稚仔の高密度分布域は水温 22°C 以上の高水温帯と塩分 33.75‰ 以下の低塩分帯に沿ってみられ、水温・塩分の分布とよく対応し、加入機構の一端が窺える。

### 3. マイワシ卵・稚仔の分布変動

マイワシについては、1982年2～5月の4回、山口県日本海沿岸水域で、口径 45 cm ネットの垂直曳きによる卵・稚仔採集を行った結果（図4、5）について述べる。

低水温期の2月はまだ卵・稚仔とも出現量は非常に少なく、分布は比較的水温の高い南西部水域に限られる。3月に入ると沿岸域を中心に高密度分布域が出現し、4月には高密度分布域が沖合にまで拡大する。2～4月の分布には、高温域の広がり方と卵・稚仔の広がり方とに共通したパターンが認められる。5月には、卵の出現域は減少し、高密度分布域は沿岸沿いの特定の水域に限定される。この時期は、カタクチイワシ卵が多量に出現し始める時期に当る。

### 4. カタクチイワシ卵稚仔の分布特性

上記調査で、5月に出現したカタクチイワシ卵・稚仔の分布を図6に示す。カタクチイワシ卵はマイワシ同様沿岸寄りの水域を中心に出現するが、マイワシ卵の分布域とは明らかに相違する。この現象は稚仔の分布でさらに明確に認められ、マイワシ稚仔の分布の中心が東部沿

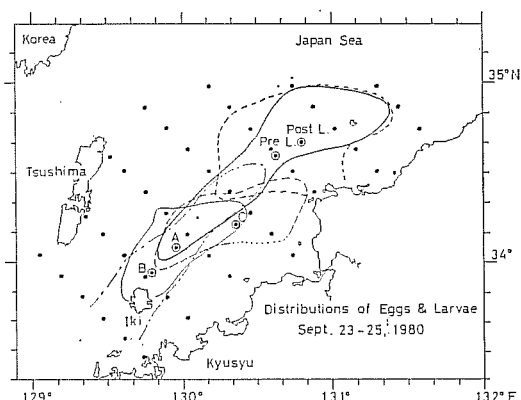


図2 カタクチイワシ卵・稚仔のステージ別分布図（海面下 10 m<sup>2</sup> の >50域）

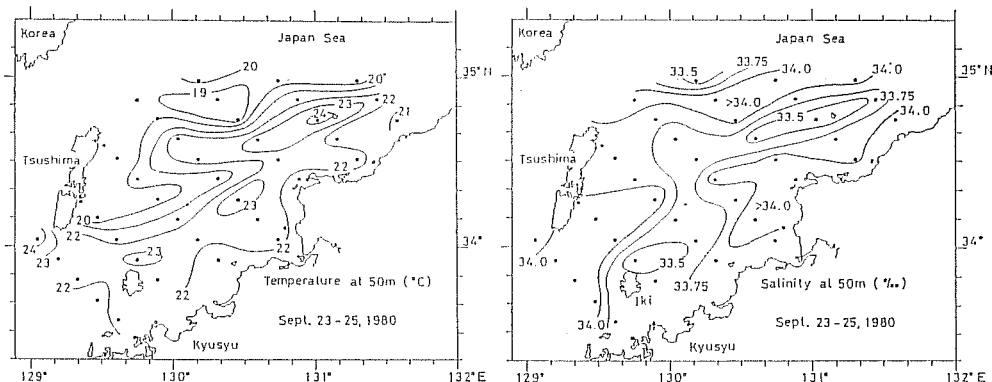


図3 調査海域の水温（左）、塩分（右）

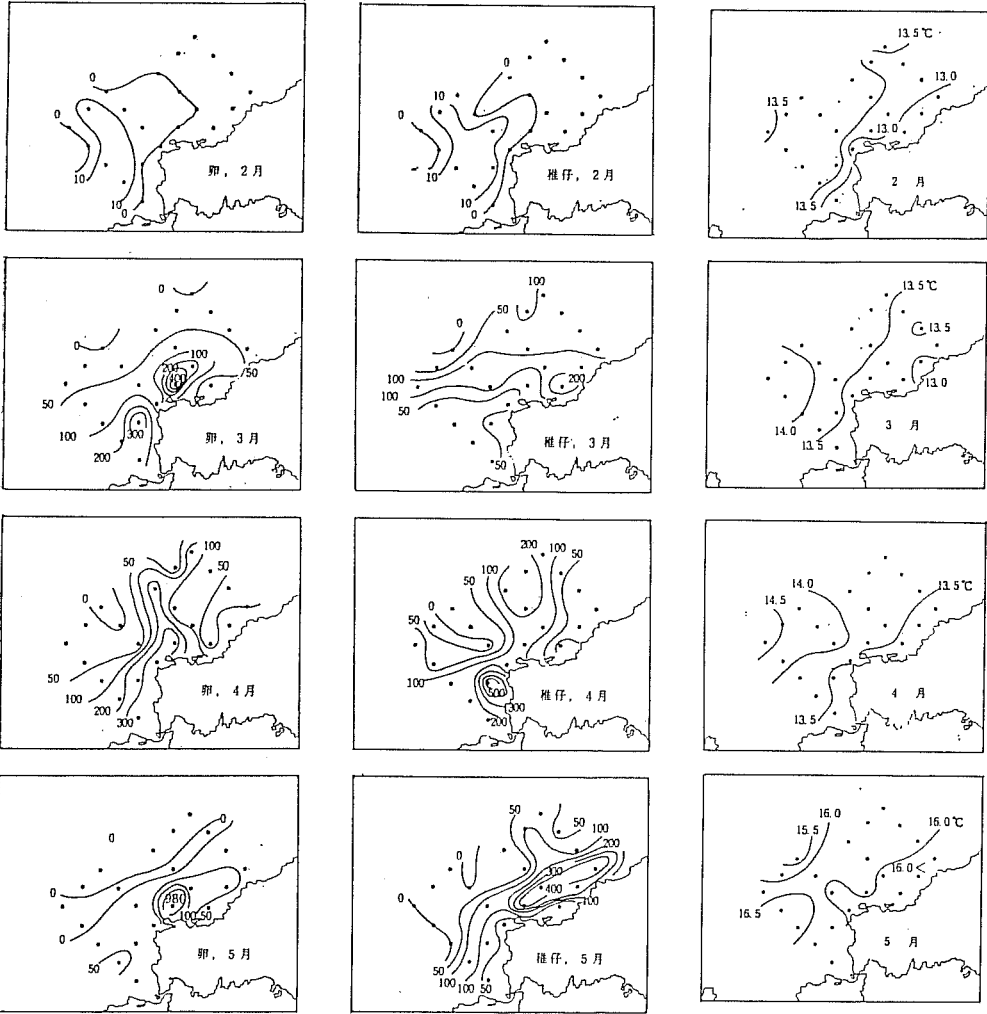


図4 マイワシ卵・稚仔の分布 (海面下 1m<sup>2</sup> 当りの個体数) (1982年)

図5 50m 層水温水平分布 (1982年)

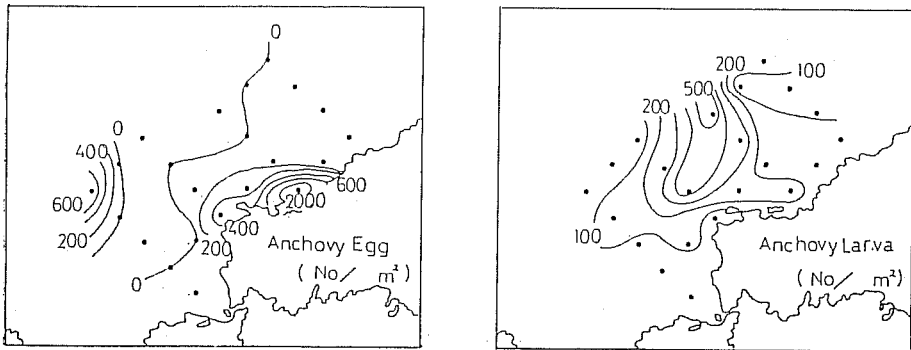


図6 海面下 1m<sup>2</sup> 当りのカタクチイワシ卵・稚仔分布量 (1982年 5月)

岸にあるのに対して、カタクチイワシ稚仔は西部沖合を中心に出現しており、両種の分布域は完全に異なる。

日本海沿岸域でカタクチイワシの卵・稚仔が最も多く出現する初夏に、口径45cm ネット垂直曳きによる採集を行った1981年6・7月の6日間の連続調査結果では、カタクチイワシ卵・稚仔は当然のことながら日々の分布には変動が認められた。卵の高密度分布域は、6日間の調査期間のうち4日は沿岸側に、あと2日は附近に島が存在する東側に認められる。これらの海域は、海流板調査によると流れが弱まる海域に当り、卵の分布は基本的には沿岸寄りが多い。これに対して、稚仔の高密度分布域は、岸側よりむしろ沖合側に多く、東北東流がみられる海域に当り、卵の分布域の沖側に稚仔の分布域がみられる。こうした傾向は大まかなパターンとして前述の5月のカタクチイワシ卵・稚仔の分布パターンと一致している。この分布の特徴は、山口県日本海沿岸水域で春季にマイワシシラス漁が存在するにもかかわらず、春～夏季カタクチイワシシラス漁が成立し得ないという事実の説明を与えることができる。

## 5. むすび

山口県日本海沿岸水域で春季にマイワシシラス漁、秋季にカタクチイワシシラス漁が存在するのは、マイワシとカタクチイワシのこうした分布の仕方の相違によるものと考えられる。シラス期以降、漁獲対象群となったものの漁獲には、カタクチイワシシラスとカエリの間で、マイワシシラスとヒラゴさらには小羽イワシの間でよい相関が認められる場合が多く、中期予報として利用できる。

## 文 献

- 山口県外海水産試験場 (1980) 200海里水域内漁業資源調査。昭和54年度卵稚仔特定調査結果報告書。  
 山口県外海水産試験場 (1981) 200海里水域内漁業資源調査。昭和55年度卵稚仔特定調査結果報告書。  
 山口県外海水産試験場 (1982) 200海里水域内漁業資源調査。昭和56年度卵稚仔特定調査結果報告書。  
 山口県外海水産試験場 (1983) 200海里水域内漁業資源調査。昭和58年度卵稚仔特定調査結果報告書。  
 小川嘉彦 (1983) 日本海西南部沿岸漁場における“シロイカ”漁況と海況の日々変化の関係の一例。水産海洋研究会報, 42, 1-9。  
 山口県 (1981) 長門海域総合開発調査報告書。5-7。

## (4) 若狭湾西部海域におけるカタクチイワシ卵仔魚の分布と環境

上野正博 (京都大学農学部)

### 1. はじめに

若狭湾西部海域 (丹後海) は、カタクチイワシ日本海系群の主産卵場の西端に位置する (近藤, 1971)。当海域において同種の卵が出現するのは4月中旬から11月で、特に4月下旬から7月に多く、主な産卵期となっている (内野, 1977)。

当海域における同種の卵仔魚の空間パターンについて考察した。その結果、特徴的であった産卵場の空間パターンの変化について、他の海域とも比較して報告する。

### 2. 材料と方法

1982年の産卵期に、口径60cmのボンゴネットの鉛直曳きにより、82 B-lunch と呼ぶ調査を3回実施した。3回の調査は主産卵期の初期、盛期、終期に行なわれた。調査の概略ならびに試料の処理や発育段階の区分についてはすでに報告した (上野, 1983)。

本報告では、互いに異なる平均値を持つ発育段階間や調査間の比較を必要とした。このため、各定点での採集

数を次のように変換して空間パターンの抽出を行なった。ある調査におけるある発育段階のものの定点*i*での採集数を  $C_i$  として、次式より  $P_i$  を求めた。

$$P_i = (X_i - m) / s$$

ただし、 $X_i = \log(C_i + 1)$

また、 $m$  は  $X_i$  の平均値、 $s$  は  $X_i$  の標準偏差である。

図1から図3は、前夜産出卵について求めた  $P_i$  の分布図である。すべての発育段階について同様の図を作成し、それらの比較検討を行なった。

### 3. 若狭湾西部海域における卵仔魚の空間パターン

個々の発育段階について特に特徴的な空間パターンは見られない。各回の調査毎では、異なる発育段階間でも、その空間パターンは比較的良く似ている。すなわち主産卵期の初期では、卵、仔魚とも海域の北側で多く採集され、河川水の影響により低塩分域が形成される南側ではほとんど採集されない。盛期になると海域全域で採集されるが、北端部では比較的少なくなる。終期には低塩

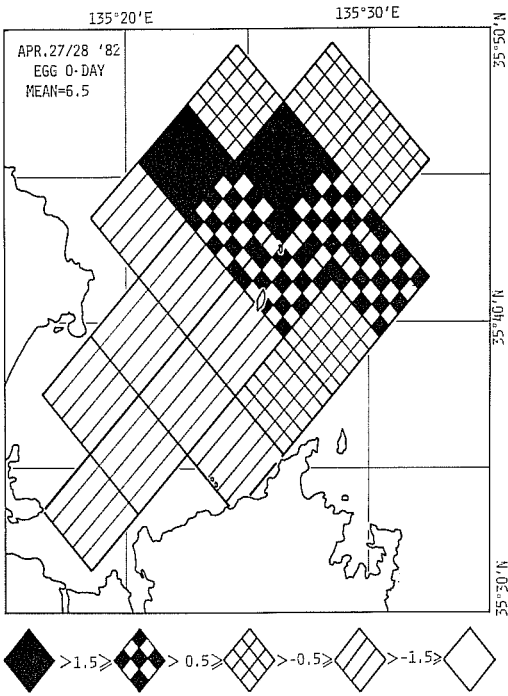


図1 産卵期初期の前夜産出卵の空間パターン。  
詳細は本文参照

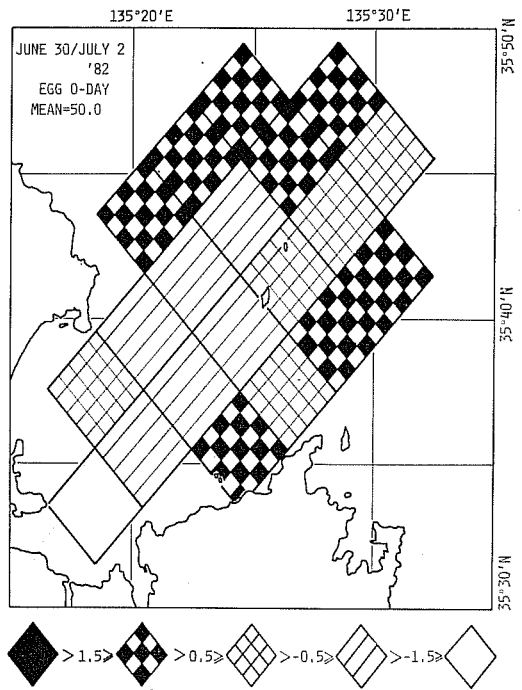


図3 産卵期終期の前夜産出卵の空間パターン。  
詳細は本文参照

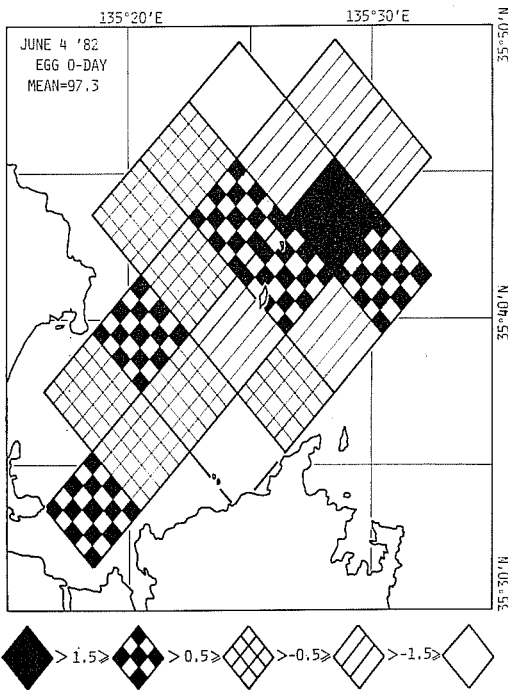
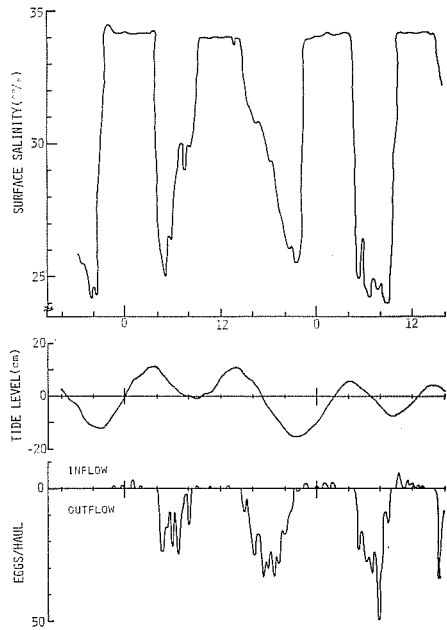


図2 産卵期盛期の前夜産出卵の空間パターン。  
詳細は本文参照



From May 12, 1600 to May 14, 1600 1976

図4 久美浜湾水道部における表面塩分(上段)とカタクチイワシ卵採集数(下段)の経時変化。中段は湾内潮位(相対値)の経時変化。

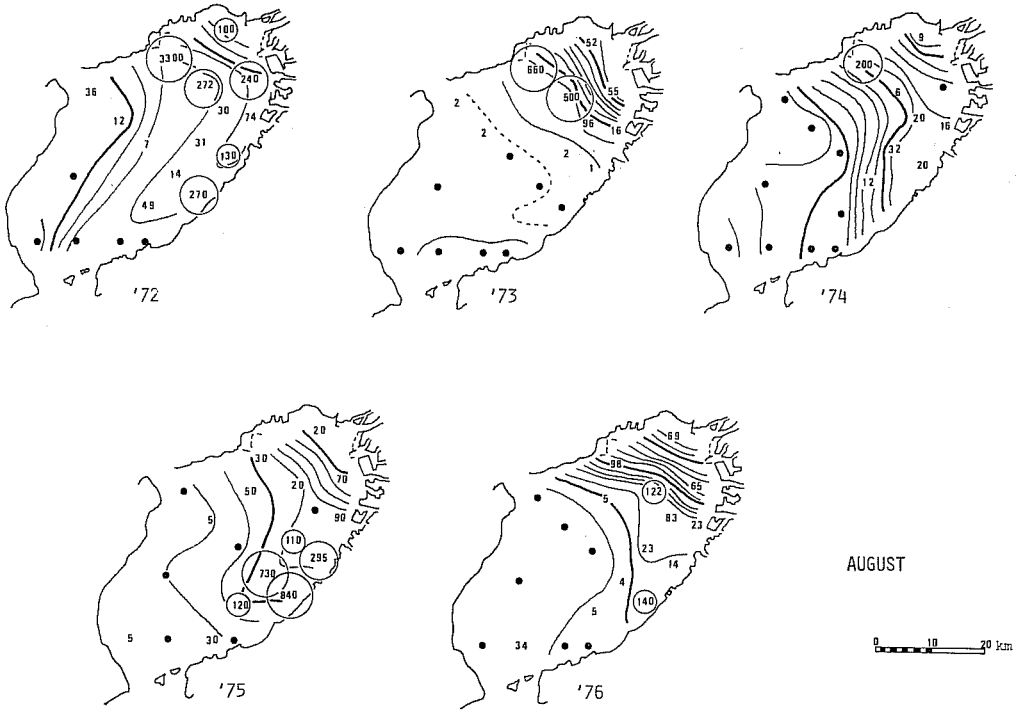


図5 大阪湾におけるカタクチイワシ卵の空間パターンと表面塩分分布。  
大阪水試浅海定線調査資料により作図

分域での採集数は少なくなり、海域縁辺部での採集数が多くなる。

このような傾向は、図1から図3に示した前夜産出卵において特に顕著に見られる。結局、当海域における卵仔魚の空間パターンは、親魚がどこで産卵を行なうかにより主として決まるのであろう。そして、この産卵場の空間パターンの変化は、産卵親魚群が当海域に周年生活しているのではなく、産卵期に他海域から加入してくることを示唆している。また、終期にみられる産卵場の縁辺部への移動は、親魚群が当海域から逸散していく過程を反映しているのであろう。

#### 4. 他海域との比較

当海域でみられたような産卵場の移動が他の海域でも見られるだろうか。また他の海域ではどのようなところに産卵場が形成されるだろうか。

兵庫県との府県境に近い京都府の久美浜湾は細長い水道で外海とつながる小湾である。水道部を流出入する卵の採集数の経時変化を図4に示した。低塩分の湾内水流出時に多数の卵が採集されていて、表面では30‰以下の低塩分となる湾内で盛んに産卵が行なわれている。同

様に低塩分域に産卵場が形成される例として大阪湾が挙げられる。図5は大阪府水産試験場の浅海定線調査資料により描いた1972年から1976年の各年8月における卵採集数と表面塩分分布である。両者が非常に良く対応していることがわかる。また、大阪湾においてはこのような対応関係が産卵期間を通じて維持されている。

淡路島を隔てて大阪湾と隣り合う播磨灘についても同様の解析を行なった。しかし、この海域では低塩分域との対応関係は見られなかった。

一方、遠州灘においては卵が岸近くよりもやや沖側に多いことを船越・柳橋(1983)と船越(1984)が報告している。また島根県沖においても、やや沖よりに多いことが知られている(北沢, 未発表)。

以上のように、カタクチイワシの産卵場は海域により非常に異なる環境の下に形成されている。また、大阪湾を除きデータが必ずしも十分ではないが、丹後海のような明瞭な産卵場の移動はみられなかった。

#### 5. おわりに

このような産卵場の形成される環境の違いはどのような理由によるのだろうか。林(1978)は、大阪湾奥の低塩

分域に餌料となるプランクトンが豊富であることを、そこにイワシ類が集る理由としている。しかし、他の海域のすべてが餌料環境で説明され得るとは考えられない。local population 毎に異なる環境との適応などという一見もっともらしい解釈も、丹後海と久美浜湾、大阪湾と播磨灘といった隣接した海域間でみられる違いを説明し得ない。カタクチイワシの非常に幅広い環境への適応性がこのような現象を生みだす遠因となつてはいるのであろう。いずれにしても親だけあるいは子供だけを対象とした研究ではらちがあきそうにはない。

#### 文 献

船越茂雄・柳橋茂昭(1983) 遠州灘沿岸の渥美外海域におけるマイワシ産卵場および産卵期の環境特性。

水産海洋研究会報, 44, 29-43.

船越茂雄(1984) カタクチイワシの初期餌料環境と生残りⅡ——クロロフィル $a$  および橈脚類ノープリウス幼生の極大層と仔魚の分布——. 水産海洋研究会報, 45, 21-30.

林 凱夫(1978) 大阪湾のいわし巾着網漁業の漁獲物と漁場. 大阪水試研究, 5, 136-160.

近藤恵一(1971) カタクチイワシの生態と資源. 水産研究叢書20, 日本水産資源保護協会, 57 pp.

内野 憲(1977) 若狭湾西部海域(丹後海)における浮魚資源の研究Ⅰ. 来遊種とその系統群について. 京都府立海洋センター研究報告, 1, 51-73.

上野正博(1983) 卵稚仔定量採集方法の相互検定. 水産資源の解析と評価, 石井丈夫編, 恒星社厚生閣, 130-140.

## 2. 若狭湾を中心とした底魚仔稚魚の輸送と環境

### (5) 若狭湾の海洋環境

橋 本 祐 一 (舞鶴海洋気象台)

#### 1. はじめに

若狭湾の海洋調査は多くの行政・調査・研究機関等によって精力的に実施されている。しかし、その主体は水温や海面流の観測で、局地的なものや一時的であったりして断片的なものも多く、また季節的には夏季に集中しており、若狭湾全域に及ぶ物理・化学及び生物の全分野から、四季を通じて総合的に調査されたものはほとんどない。

1981年～1983年の3か年にかけて科学技術振興調整費による「海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究」の調査観測が毎年4回定期的に実施され、いくつかの成果が得られたのでその概要を報告する。なお詳細については日本海区水産研究所から発行された「海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究・北陸沿岸地域調査成果報告」(1984)に掲載されている朝岡・橋本による「若狭湾の概況」及び榎原による「若狭湾の植物プランクトン」を参照していただきたい。

#### 2. 若狭湾の地形

若狭湾は日本海側において富山湾・石狩湾などと並ぶ大型湾であって、日本列島のほぼ中央に位置している。

若狭湾は他の湾の湾奥がいずれも砂浜であるのとは対照的に、図1に示すような岩礁の多いリアス式海岸線となっており、極めて複雑で多数の枝湾が発達している。湾内の水深は最大260mで東部の越前岬寄りにあり、60～100mの深さが全体の50%近くを占め、全体の平均水深は約100mで、比較的陸棚が発達していて、海底には岩礁が多数存在している。そして西部の経ヶ岬沖には浦島礁が、東部の越前岬沖にはゲンタツ瀬・松出し・大グリなどの大型礁があってこれが湾内の海況に大きな影響を与えている。

また、若狭湾を対馬暖流の流路に関連させて考えてみると、本土沿岸に沿って東流する暖流分派は、比較的平坦な山陰沿岸に沿って流れて若狭湾沖に達する。しかし、当海域で海岸線が北東方向に変るため、暖流も北東に流れるようになる。この転流点付近に若狭湾は位置しており、湾口は広く湾内の陸棚は東部で狭くなって、地形的にみても暖流の影響を受けやすい形をしている。

#### 3. 流況の季節特性

若狭湾の流況に関する知見の大半は、夏季に実施されてきた若狭湾共同観測の成果によるものである。その主

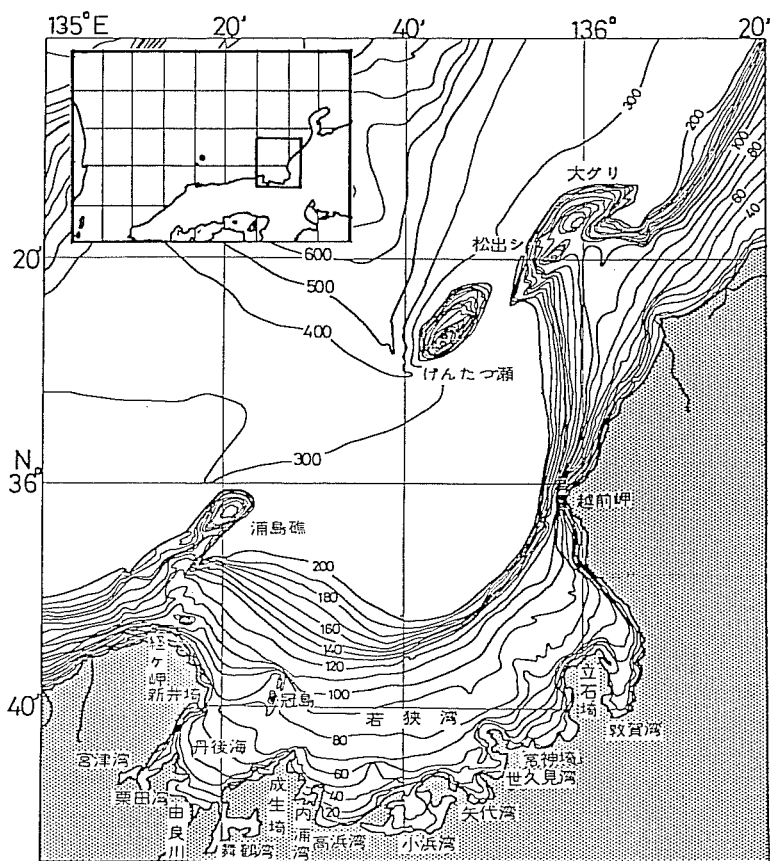


図1 若狭湾地形図

なものは、①若狭湾西部における時計回りの環流、②湾東部における反時計回りの環流、③山陰沿岸部から東に進み、湾西部沿岸を南下する沿岸流、④湾内に起源を持ち湾奥の南岸沿いに緩やかに東方向に流れる沿岸流などである（舞鶴海洋气象台，1965）。

若狭湾内の水の動きは湾口付近の流速変動に関係し、その変動は更にその沖合にある冷水域の離接岸に影響されるという考え方から、①湾中部が大きな右旋環流で占められる一環流型、②湾西部に右旋、東部に左旋の二つが同時に存在する二環流型、③流れが陸岸に沿い、等深線にほぼ平行に流れる無環流型に分類された（舞鶴海洋气象台，1975）。また、これらの流動パターンはその後更に8段階に分けられ、沖合の冷水域が東方へ移動することによって段階的に変化し、これらの過程を一巡するのに約50日を要するとされた（橋本，1982）。

1981年以降の資料により、流況の季節変化について、冷水域が山陰沖を約30海里/月の速さで次々と西から東

に移動することから、若狭湾及びその近海の流況が周期的に変化するという考え方に基いて検討してみた。図2は各季節を代表するGEKによる海面流とそれを補足する意味での0~100mの積算平均水温分布である。

冬季：冷水域は隠岐諸島の東方近海に位置していることが多く、また若狭湾に接近していても暖流水が低温であるために、冷水域との境界付近の水温傾度は小さくて流れは比較的弱い場合が多い。浦島礁付近の流れは弱く流向が不安定で、湾内の流れも全般に弱い。

春季：山陰沖の冷水域は冬季より東方へ移動して若狭湾近海に接近する。また高温の暖流水の流入によって暖流域の力学的高度が増大し、暖・冷水の境界付近の流れが速くなる。強流帯は湾外北西部に接近することが多く、浦島礁付近において北東流が卓越し、湾外には小さな暖水渦が形成され、湾内西部に強い南下流をみることがある。

夏季：若狭湾近海において冷水域は7月に最も接岸傾

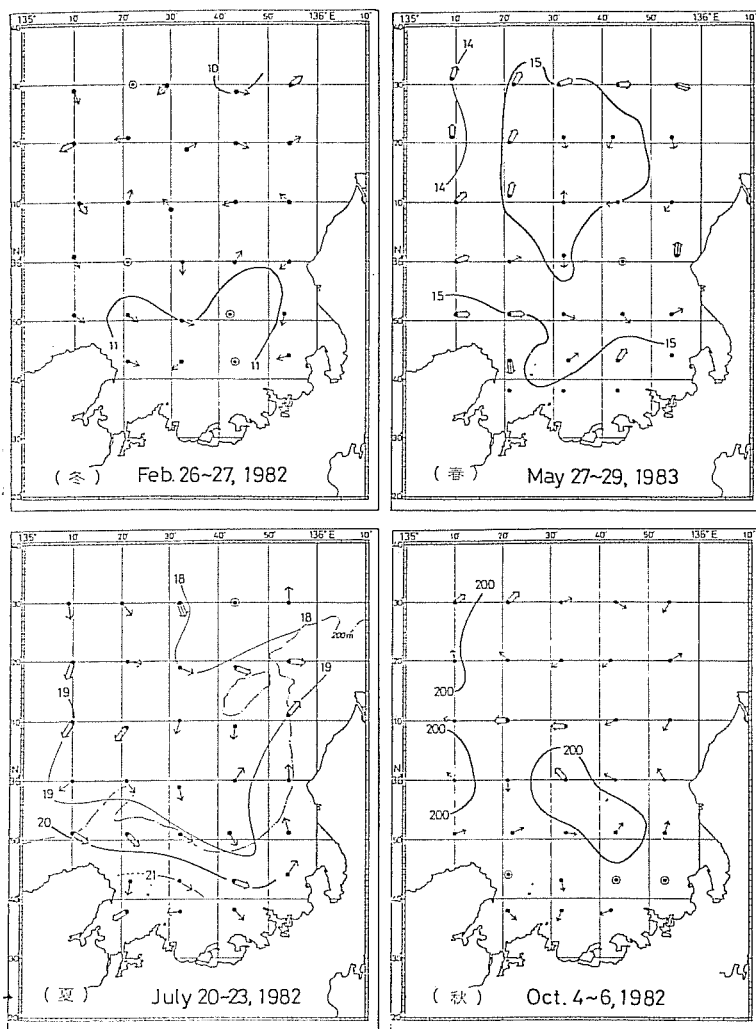


図 2 各季節の流況図

向を示すことが多い。また暖流表層水温は年最高を示し、低塩分化も伴って暖流の力学的な高度は更に増大して流れはより速くなる。強流帯は浦島礁付近に接岸し、東寄りの強流が卓越する。湾内西部に右旋流、東部には左旋流が形成される傾向がある。

秋季：表層で混合が始まり降温期に入るが、後述するように暖流中層水においては年最高水温の出現期でもある。また、冷水域は北方へ後退することが多く、当海域は全域が暖流水によって占められ、強流帯は沖合に位置し、湾口付近などに冷水渦が点在して西流がみられる。

#### 4. 海況の季節特性

若狭湾及びその近海における水温・塩分及び溶在酸素

量の季節変化を模式的に図 3 に、また図 4 は 1982 年における全観測点の溶在酸素量鉛直分布で、季節ごとの深度別平均値を実線や点線などで示した。

冬季：図 3 をみると混合層は 150 m 深まで発達し、水温 10~11°C、塩分 34.2~34.3‰、溶在酸素量 6.0 ml/l、リン酸塩 0.3~0.6 μg-at/l を示していて各要素の等値線は鉛直方向に走っており、溶在酸素・リン酸塩量は年間でも最も多い。湾内の沿岸部においては水温・塩分は深くなるにつれて高くなり、溶在酸素量は減少している。このような水温の逆転現象は湾内の全観測点にみられ、また湾外より低温・低塩分・貧酸素の傾向を示して冬季の特徴となっている。図 4 から 150 m 深までは混合層が



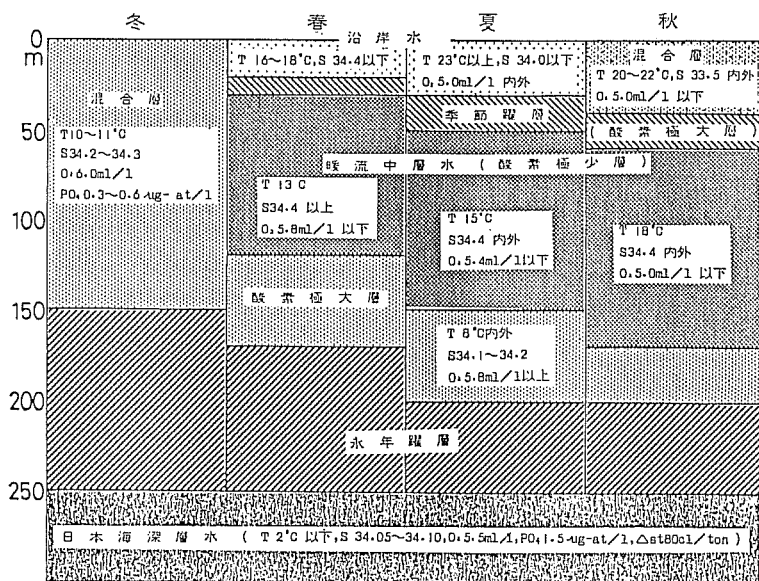


図3 各季節における海況の模式図

発達して、溶在酸素量が全域で鉛直的にはほぼ一様な値を示していることが分る。また混合層以深は250mまで永年躍層で各要素とも鉛直傾度が大きく、水温・塩分・溶在酸素量は深層ほど減少するがリン酸塩・硝酸塩は高濃度となる。それ以深は日本海深層水（水温 2.0°C 以下、塩分 34.05~34.10‰、溶在酸素量 5.5 ml/l、リン酸塩 1.5 μg-at/l 以上）で占められ、ほとんど季節変化しない（図3）。

春季：図3によると水温・塩分は全般的に高くなり、溶在酸素量は減少している。特に75m深を中心として高温・高塩分・貧酸素の対馬暖流中層水があって、13°C・34.4‰以上・5.8 ml/l以下となっており、20m以浅は水温 16~18°C、塩分 34.4‰以下の沿岸水におおわれていて、塩分は年最高値を示す。その下層の30m深付近は季節躍層となり、表層における酸素極大層となっている。一方、暖流中層水の下層には8°C・34.1~34.2‰・5.8 ml/l以上の、冬季の混合によって生成され、その後上層部のみ低比重の水と交替して取り残されたと考えられる水があり、深層での酸素極大層の成因の一つとなっている。また図4の6月（破線）をみると、全体が減少傾向にあるが、海面付近と75m深とでその度合が大きく、前者は高温・低塩分の沿岸水、後者は高温・高塩分の暖流中層水である。

夏季：水温は全域で更に上昇し、表層では23°C以上に達して年最高となるが、塩分は34.0‰以下に減少す

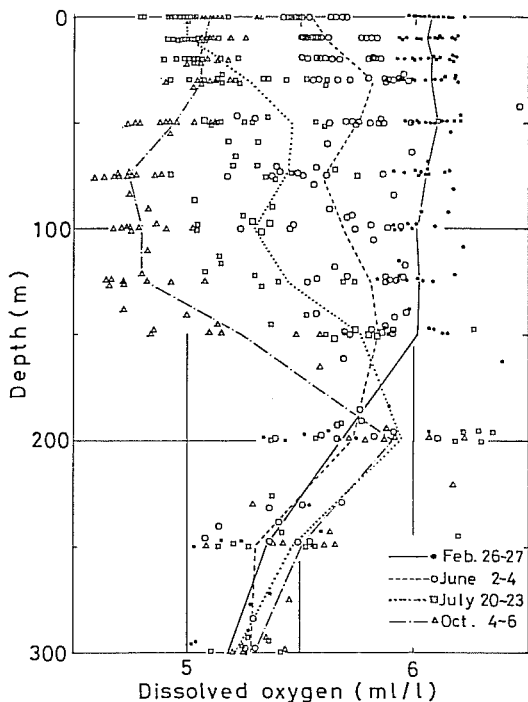


図4 1982年各季節における全観測点の溶在酸素鉛直分布図

るのが普通で、まれに高塩分を示すことがあり、湾内は湾外に比べ高温・低塩分傾向が顕著である。また溶在酸素は 5.0 ml/l 内外で年最低を示す場合が多い。30 m 深付近は水温傾度が大きく、顕著な季節躍層が発達し、この付近で溶在酸素量が極大となるが、その深度は湾内で深く湾外で浅い傾向を示す。50~150 m 深にみられる対馬暖流中層水の塩分は春とほとんど変わらないが、水温は 15°C 内外に昇温し、溶在酸素量は 5.4 ml/l 以下に減少している。この減少傾向は図 4 からみると、春に 75 m 深にあった約 5.6 ml/l の中層の極小層がこの季節（点線）には 100 m 深となり 5.4 ml/l 以下になっている。またその下層の富酸素水も春より深度を増している。

秋季：図 3 をみると表層において混合が始まり 50 m 以浅は水温 20~22°C、塩分 33.5‰ 内外、溶在酸素量 5.0 ml/l を示し、夏に比べ溶在酸素量はほぼ同じであるが、水温・塩分は低下の傾向にある。この混合層直下では塩分の鉛直傾度が明瞭になる。暖流中層水の水温は 18°C 内外で年最高となるが、溶在酸素量は図 4 に鎖線で示すように最低を示し 5.0 ml/l 以下になっている。また夏に 100 m 深にあった酸素極小層は 125 m 深に深まり 4.8 ml/l となっている。その下層の富酸素水は厚さを減少しているが引き続き存在している。

## (6) 異体類仔稚魚の輸送と着底（要旨）

異体類は、その初期生活史において浮遊生活期を経た後に着底し、成育場において幼稚魚期を過ごす。一部の魚種では沈性卵を産むものもあるが、多くの魚種では浮性卵を産むので、浮遊生活期は卵期と仔魚期がこれに相当する。

卵やふ化直後の仔魚では遊泳力が乏しく、ほとんどの動きは受動的なものである。この段階における長距離の移動は、海流や吹送流による輸送や分散であろう。発育が進んだ仔魚では遊泳力が増し、鉛直的な分布層の定位、日周期的鉛直移動が行なえるようになる。

日本海に分布する異体類の産卵場は、魚種によって沖合から沿岸までかなり多様である。成育場も沖合から岸寄りの海域にかけていろいろな海域に形成される。一般的には、成育場は産卵場よりも岸寄りの海域に形成され

## 5. おわりに

若狭湾及びその近海における海況の季節変化について述べたが、対馬暖流水の影響が大きく、湾外の海況変動によって湾内の海況も変化しやすい湾である。また湾内の浅層ほど気象現象の影響を強く受け、特に西部では陸水が海況に多大の影響を及ぼしている。今後、当海域は風による海況変動が顕著になるようなので、風と海況との関連について調べてゆきたい。

最後に、この調査の機会を与えられ、いろいろとご指導いただいた海洋課長朝岡治博士ならびに終始有益な討論を願った海洋課諸氏に深く感謝すると共に、観測にご協力いただいた清風丸船長を始め乗組員諸氏に謝意を表します。

## 文 献

- 朝岡 治・橋本祐一（1984）若狭湾の概況・海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究・北陸沿岸地域調査成果報告。日水研，315-342。  
橋本祐一（1982）若狭湾及びその近海の流動について。海と空，58(1)，1-11。  
舞鶴海洋気象台（1965）若狭湾流動調査報告。気象庁技術報告，42。  
舞鶴海洋気象台（1975）若狭湾(Ⅲ)。沿岸海洋研究ノート，12(2)，145-149。

南 卓 志（日本海区水産研究所）

る。

産卵場から成育場への輸送移動過程は魚種により、また同一魚種でも海域や産卵の時期によりさまざまであると推測される。これまでに行なわれた異体類の卵・仔魚の輸送に関する研究は多くない。最も初歩的なアプローチは、卵・仔魚の発生、発育段階別分布を調べ、成長に伴う分布域の変化を追跡することで輸送や移動の経路を測定することである。筆者はこの方法で若狭湾周辺における異体類10種の浮遊期における移動を推測した。

近年になって卵・仔魚の定量的採集技術が向上し、輸送に関する研究方法も発展した。TALBOT (1974, 1978) は、北海の Southern Bight でブレース *Pleuronectes platessa* の卵および仔魚が産卵場から分散・輸送される過程を、大規模な染料の拡散実験と現場での卵・仔魚採

集を行なうことで考察した。それによると、染料の拡散に比べて卵・仔魚はそれほど遠くまで拡散・移動していないことが示唆された。

南・清野（未発表）は、日本海の京都府から島根県に至る沿岸域でヒラメ仔魚の採集を行ない、西の海域ほど一網当りの仔魚の採集量が多くなるという結果を得た。このことは、この時期のヒラメの産卵場が西の海域にあり、京都府で採集された仔魚は西の海域から運ばれて来た可能性を示唆している。しかし、別の調査結果では、京都府沿岸においても若いステージのヒラメ仔魚が採集され、この近くでも産卵が行なわれていることが判明している。したがって、卵・仔魚が必ずしも西の海域から長距離を輸送されて京都府沿岸の成育場へ加入しているとは限らない。

産卵場から成育場へ至る長距離の輸送についてはまだほとんど調べられていないが、成育場への集合機構については、数種の異体類で室内実験やフィールド調査が行なわれている。清野ら（1977）は、着底直前のヒラメ仔魚が夜間の張潮時に表層で多く採集され、落潮時に底層で多く採集されるようになることから、ヒラメ仔魚が沖合から岸寄りの成育場へ加入する過程に仔魚の塩分選択による鉛直分布の変化が起こり、その結果岸に向う潮流によって仔魚は能率よく成育場へ運ばれると推測した。

今林（1980）は、着底前後のヒラメの体長組成から、大潮時に加入のピークがあることを推測している。成育場でインガレイの日周期連続採集を行なった TSURUTA（1978）は、夜間の張潮時に発育の進んだ仔魚が多く採集されることから、インガレイ仔魚も夜間の張潮によって成育場へ集合して来るとした。オランダの Wadden Sea ではプレース仔魚の接岸に潮汐が関与していることが明

らかにされたが、CREUTZBERG *et al.*（1978）は、潮汐に加えて摂餌リズムがいったん成育場へ到達した仔魚が沖合へつれもどされるのを防いでいることを実験と野外調査の結果から推測した。

このように、成育場へ仔魚が集合してくる過程には潮汐が運搬機構として働いていることがいくつかの魚種で推測されているが、それに加えて摂餌リズムや走光性の転換など、仔魚の器官形成に伴う生理的变化、行動の変化などが成育場への加入・着底を助けていると考えられる。

## 文 献

- CREUTZBERG, F., A. Th. G. W. ELTINK and G. J. van NOORT (1978) The migration of plaice larvae *Pleuronectes platessa* into the western Wadden Sea. 12th European Symp. Mar. Organisms, 243-251.
- 今林博道（1980）体長組成からみたヒラメ稚仔の成育場における着底機構の推定. 日水誌, 46(4), 419-426.
- 清野精次・坂野安正・浜中雄一（1977）若狭湾西部海域におけるヒラメ資源の研究—IV 浮遊期ヒラメ仔魚の輸送機構. 昭和50年度京都府水試報告, 16-26.
- TALBOT, J.W. (1974) The dispersal of plaice eggs and larvae in the Southern Bight of the North Sea. J. Cons. int. Explor. Mer, 37(3), 221-248.
- TALBOT, J.W. (1978) Changes in plaice larval dispersal in the last fifteen years. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 172, 114-123
- TSURUTA, Y. (1978) Field observations on the immigration of larval stone flounder into the nursery ground. Tohoku J. Agr. Res., 29(3, 4), 136-145.

## (7) 異体類浮遊期稚魚の餌生物分布と環境

### 1. はじめに

若狭湾西部海域には、ヒラメやマコガレイ等の10魚種以上の異体類浮遊期稚魚が出現する（南, 1981 他）。これら稚魚の食性は魚種によって異なる場合が多く（桑原・鈴木, 1983）、若狭湾西部海域に出現する全ての異体類稚魚の餌生物分布について論じることは困難で

桑原 昭彦（京都府立海洋センター）

ある。そこで、ここでは、食性が比較的類似しているヒラメ、タマガンゾウビラメ、メイタガレイを例として、これら異体類稚魚の主要な餌生物の水平・鉛直分布と水温躍層や海水の収束・発散等の環境要因との対応関係について、若狭湾西部海域で行った調査結果を用いて検討した。

表 1 ヒラメ、タマガンゾウビラメ、メイタガレイ仔魚の主な餌生物

	<i>Paralichthys olivaceus</i> (more than 5 mm)	<i>Pseudorhombus pentophtalmus</i> (more than 6 mm)	<i>Pleuronichthys cornutus</i> (more than 4.5 mm)
<i>Oikopleura longicauda</i>	31.3%	44.7%	99.8%
<i>Paracalanus parvus</i>	24.1%	5.3%	—
<i>Evadne nordmanni</i>	15.1%	—	—
<i>Penilia avirostris</i>	7.0%	28.9%	—

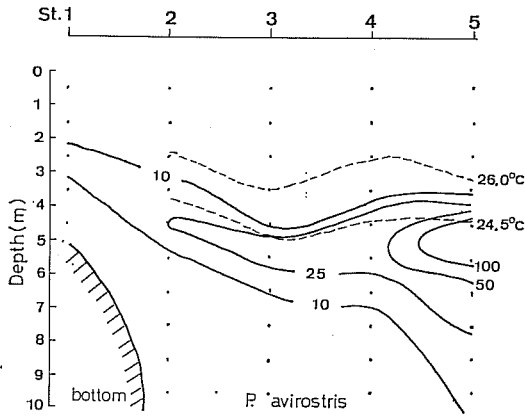


図 1 鉛直断面内での *Penilia avirostris* の分布 (個体数/one haul) 各測点間の距離は 200 m.

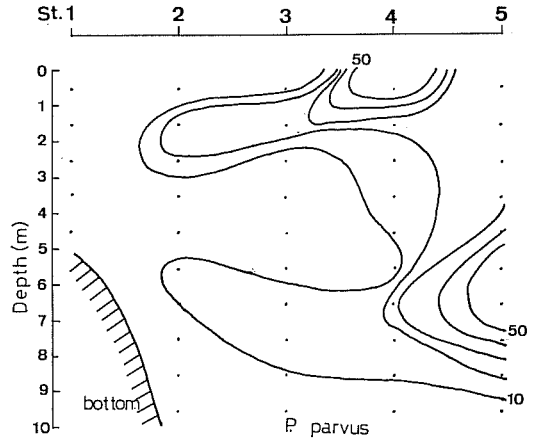


図 2 鉛直断面内での *Paracalanus parvus* の分布

## 2. 仔魚の餌生物

体長 4~6 mm 以下の仔魚の主要な餌生物は、普通、橈脚類のノープリウスである。その後、仔魚が成長するのに伴い食性は変化し、ノープリウスより大きな橈脚類の成体や枝角類等を摂餌するようになる(桑原・鈴木, 1983)。

1981年 5~8 月に若狭湾西部海域で採集されたヒラメ等 3 種仔魚の消化管内容物を調べた結果では(表 1)、体長 5 mm 以上のヒラメ仔魚の主要な餌生物は、昆虫類の *Oikopleura longicauda*、橈脚類の *Paracalanus parvus*、枝角類の *Evadne nordmanni*、*Penilia avirostris* であった。この中で、*O. longicauda* と *P. parvus* の場合には海水中の分布密度に関係なく、*E. nordmanni* と *P. avirostris* の場合には海水中の分布密度が高い時期だけに、多く食べられる傾向がみられた(桑原・鈴木, 1982)。タマガンゾウビラメの主な餌生物は *O. longicauda*、*P. parvus*、*P. avirostris* の 3 種のプランクトンであり、メイタガレイの場合には *O. longicauda* であった。

## 3. 餌生物の鉛直分布と水温躍層の関係

若狭湾西部海域の小枝湾である舞鶴湾において夏季に

行った調査の結果から、*P. avirostris*、*P. parvus* 及び *O. longicauda* と同じ昆虫類である *Oikopleura dioica* の鉛直分布と水温躍層の関係について整理した。

調査時の水温は表面で約 27.0°C、10 m 深で約 23.8°C であり、水温躍層は 2~5 m 深の間に認められた。水温躍層上部の水温は約 26.0°C、底部の水温は約 24.5°C であった(桑原, 1982)。

枝角類の *P. avirostris* の高密度分布域は 3~8 m 深にみられ、他の水深では個体数密度が非常に低くなっていた(図 1)。また、*P. avirostris* の最大個体数密度の出現水深は、各観測点において、3~6 m 深の間で変化しており、この水深の変化は、水温躍層底部の各観測点における水深の変化と、良く対応していた。

橈脚類の *P. parvus* の高密度分布域は、2 m 深以浅の表層と 5 m 深以深の中底層にみられ、水温躍層の内部では低密度であった(図 2)。

昆虫類の *O. dioica* の場合には、水温躍層より浅い 2 m 深以浅の表層混合層で個体数が多くっており、2 m 深以深では各観測点とも個体数密度が低くなっていた(図 3)。しかしながら、2 m 深以浅の表層混合層においても、*O. dioica* が全体的に多いわけではない。例え

ば、St. 2 及び 4 においては、海面から 1 m 深までの個体数は 200 個体/haul 以上であったのに対し、1~2 m 深の間では 50 個体/haul 以下と少なくなっていた。一方、St. 3 においては、海面から 1 m 深までの個体数は 30 個体/haul 以下と少なく、逆に 1~2 m 深の間で高くなっていた。したがって、*O. dioica* は表層混合層で高密度分布域を形成するが、その空間スケールは、水平的にも鉛直的にも比較的小さいものと考えられる。

上記のような *P. avirostris* の場合にみられた水温躍層の底部付近に形成される高密度分布域、*P. parvus* の水温躍層より上層と下層及び *O. dioica* の水温躍層で浅の表層混合層に形成される高密度分布域は、舞鶴湾で夏季に行った他の調査結果においても認められている(桑原, 1982)。したがって、ここで示した 3 種プランクトン の高密度分布域と水温躍層との相対的な位置関係は、水温躍層が発達している夏季の舞鶴湾においては、比較的稳定しているものと考えられる。

なお、ここまで、昼間における餌生物の高密度分布域と水温躍層との相対的な位置関係について検討してきたが、舞鶴湾で行ったプランクトンの昼夜に亘る調査の結果では、*O. dioica* の表層混合層における高密度分布域は夜間には分散する傾向がみられたが、*P. avirostris* の水温躍層底部付近における高密度分布域は夜間でも維持される傾向がみられた(桑原, 1982)。また、*P. parvus* の場合には、夜間に表層へ上昇する昼夜移動を行うものと考えられる(FURUHASHI, 1976)。

#### 4. 海水の収束・発散と餌生物の分布

ここでは、*O. dioica* と *P. parvus* の海面における水平分布と海水の収束・発散との関係について整理し

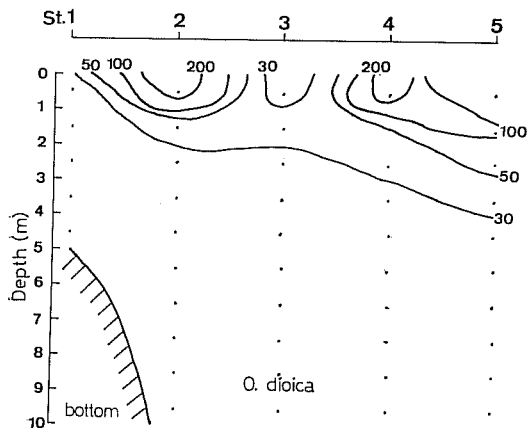


図3 鉛直断面内での *Oikopleura dioica* の分布

た。

調査は1979年8月に若狭湾西部海域で行われ、1.5 マイル四方の海域へ16個のレーダーブイを格子状となるように投入し、固定した調査船のレーダー上に写し出される16個のレーダーブイの動きを5分毎に写真撮影し、海域の収束・発散を調べた。さらに、ブイのレーダー追跡に平行して、小型の調査船を船速約2ノットで調査海域の中央を横断するように航走させて、海面下2mの水温を連続的に測定するとともに、5分毎に表面水を10lづつ8点で採水し、プランクトンの試料とした。

調査海域の収束・発散の状況をプランクトン試料の採集地点との関連でみると(図4)、サンプル No. 1 は発散域に、サンプル No. 4 は収束の値が  $1 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$ 、サンプル No. 5 は値が  $2 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$  以上の強い収束域に対応していた。また、16個のブイ全体の移動の仕方から、調査海域の海水は図4の左上方向に流れていたことが明らかになっており、サンプル No. 2 及び 3 は  $1 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$  以上の強い収束域の前面に位置し、サンプル No. 6 及び 7 は強い収束域の後面に位置していたことになる。水深 2 m における水温記録は、収束の値が  $1 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$  以上の強い収束域の前面のサンプル No. 2 と 3 の間でシャープなフロントを持ち、この昇温域は収束

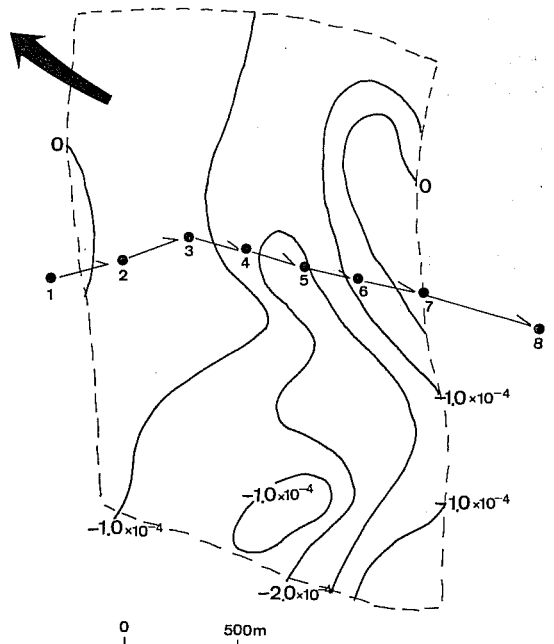


図4 収束・発散の分布とプランクトン試料の採集地点。矢印は海水の流れる方向を示す

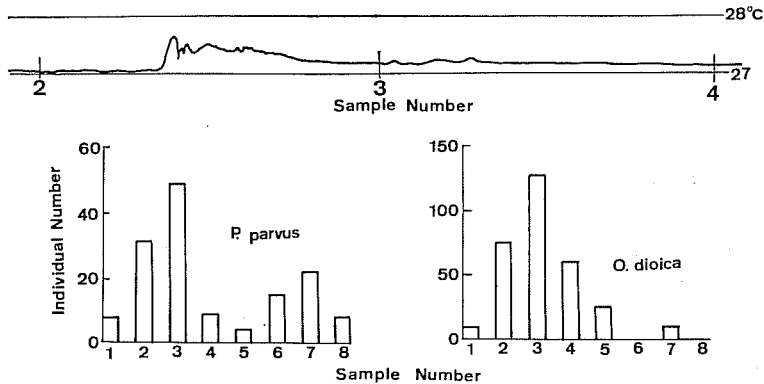


図5 水温航走記録とプランクトンの水平分布

の値が  $1 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$  以上の収束域に一致していた (図5)。なお、このシャープなフロントを持つ昇温域は海面近くの薄い高温層が収束帯の沈降流によって部分的に強く押し下げられたものと考えられる (柏井他, 1979)。一方、*O. dioica* の個体数は収束の値が  $1 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$  以上の強い収束域の前面付近のサンプル No. 2, 3 及び 4 で多く、また *P. parvus* の個体数は収束域の前面 (サンプル No. 2, 3) で多くなっており (図5)、両プランクトン種の海面近くでの水平分布上にみられる高密度分布域の形成には、海水の収束・発散が密接に関連しているものと考えられる。若狭湾西部海域においては、毎年5~6月に尾虫類の赤色帯状パッチの赤潮現象が観察されるが、この赤色帯状パッチの形成に対しても、ラングミューアやベナール循環などの対流渦に伴う水平収束が重要な役割を果たしているものと考えられる (LANGMUIR, 1938; OWEN, 1966 他)。なお、1981年6月には当海域において、ヒラメ等の仔魚の主要な餌生物である *O. longicauda* の内部密度が約 6,500 個体/l の赤色帯状パッチが観察されており (桑原・鈴木, 1982)、*O. longicauda* の場合にも、*O. dioica* と同様に海水の収束・発散と密接に関連した集積機構を持つことが示唆されている。

### 5. おわりに

プランクトンが高密度分布域を形成する原因として、STAVN (1971) は (1)光、水温及び栄養塩等の物理・化学的要素の勾配、(2)水の流動によるプランクトンの集積効果、(3)生物集団内の増殖率の相違、(4)同種個体群の社会的行動、(5)種間関係における相互作用の5つの要因をあげている。これらの要因だけで、プランクトン的高密度分布域の形成について、完全に説明することは不可能

かもしれない。しかし、これらの要因が個別に作用しているか、或いは2つ以上の要因が複合的に作用しているかは別にして、これらの要因が果している役割は大きいと考えられる。一方、海水中で平均的には低密度に分布している餌生物が何らかの原因によって高密度分布域を形成することは、仔稚魚が摂餌活動を行っていく上で有利な条件となる。今後、仔稚魚の摂餌活動と餌生物の高密度分布域形成の関係を明らかにしていくことは、天然海域での仔稚魚の生き残りを考えていく上で重要であろう。

### 文 献

FURUHASHI, K (1976) Diel vertical migration suspected in some copepods and chaetognaths in the inlet water, with a special reference to behavioural differences between male and female, noted in the former. Publ. Seto. Mar. Biol. Lab., **22**, 355-370.

柏井 誠・桑原昭彦・坂本 亘・加藤安雄 (1979) 沿岸海洋の変動—IV. 京都海洋センター研報, **3**, 125-132.

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の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) 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) 若狭湾西部海域に出現する主要仔魚の食性と餌生物の関係について. 日水誌, **49**, 1507-1513.

LANGMUIR, I. (1938) Surface motion of water induced by wind. Science, **87**, 119-123.

南 卓志 (1981) タマガンゾウビラメの初期生活史. 日水誌, **47**, 849-856.

OWEN, R.W. (1966) Small-scale horizontal vortices in the surface layer of the sea. J. Mar. Res.,

24, 56-65.

STAVN, R. H. (1971) The horizontal-vertical distribution hypothesis: langmuir circulations and

*Daphnia* distributions. *Limnol. Oceanogr.*, 16, 453-466.

## (8) 飼育実験からみたヒラメの変態と着底過程

青 海 忠 久 (京都大学農学部)

## 1. はじめに

我が国では、近年の種苗生産技術の発達によって、数多くの海産魚で卵から親魚まで一貫した飼育が可能となっている。ヒラメ仔稚魚も放流用や養殖用種苗を得るために、数10万～数100万尾の単位で飼育されている例も多い。ところが仔稚魚の成長、変態や着底過程など基礎的な知見を得るために行われた飼育例は少なく、量産の場で得られた知見も断片的であることが多い。

ここでは、1983年および1984年の4月～7月にかけて京都大学農学部付属水産実験所で 1) 仔稚魚の成長や変態におよぼす水温の影響、 2) 着底サイズと発育段階、 3) 発育にともなうヒラメ卵仔稚魚の水槽内分布様式の変化に関する飼育実験を行い、変態や着底過程の一端について検討した結果を紹介する。なお異体類では、変態とは眼の移動とともに浮遊生活から底生生活へ移行する

仔魚期後半をさすことが多いが、ここでは仔魚期前半から稚魚期に至るまでの範囲をさすことにする。

## 2. 仔稚魚の成長や変態におよぼす水温の影響

天然海域での浮遊期のヒラメ仔魚の出現期間は長く、若狭湾海域では水温も13℃～20℃前後まで変動し、仔稚魚の成長、変態や生残におよぼす水温の影響も大きいことが推察される。そこで飼育水温を13℃、16℃、19℃の3段階に設定し、一定の水温条件下で飼育して、ヒラメ仔稚魚の成長や変態におよぼす影響について検討した。実験はふ化直後からほぼ全個体の変態を完了する平均全長20mm前後までとし、餌料はシオミズンボウムシとアルテミアふ化幼生を毎日数回に分けて十分量与えた。飼育水槽には100lポリカーボネイト水槽を各1面ずつ用い、供試魚はそれぞれにふ化直後の仔魚約1,100尾を用いた。成長経過は図1に示したように、水温が高

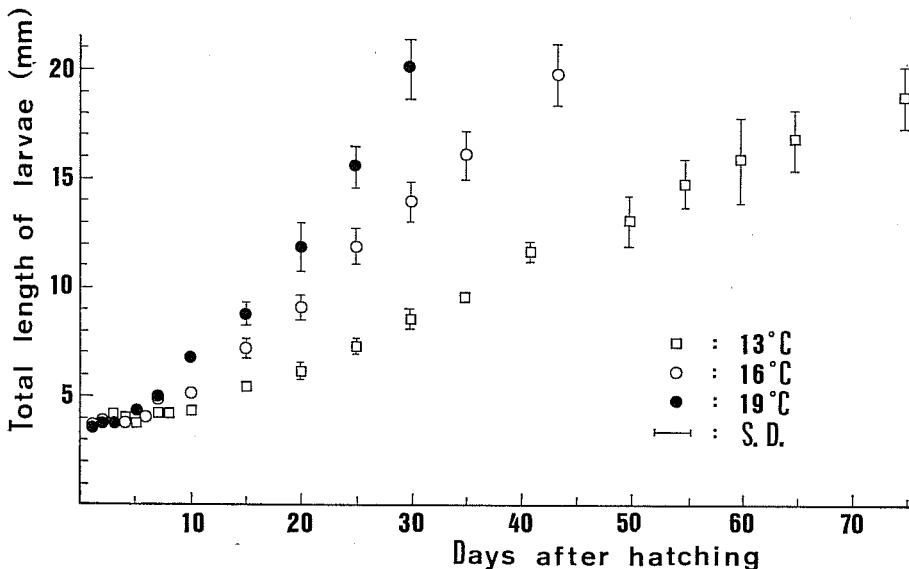


図1 異なる飼育水温下でのヒラメ仔稚魚の成長

いほど速く成長し、実験終了までには 13°C, 16°C, 19°C でそれぞれ 75 日, 43 日, 30 日を要した。またほぼ直線的な成長を示した全長 4~5 mm 以後の日間成長量は、それぞれ 0.22 mm/日, 0.48 mm/日, 0.58 mm/日(全長)であった。また仔稚魚が経験した水温が異なっても、ある体長に達するのに必要な積算水温は同一とされているが、水温によって異なり、16°C と 19°C では近似した直線式が得られたが、13°C では全く異なっていた(表 1)。

つぎに水温と変態の関係について検討する。南(1982)によるヒラメ仔稚魚の発育段階区分(A stage~I stage)に前期仔魚期(PL stage)を加えて10段階に発育段階を類別した。水温別にふ化後日数と発育段階の関係を求めると、一つの発育段階を経過するのに 13°C・16°C・19°C でそれぞれ 8-9 日・4-5 日・3 日を要すると推定された。体長と発育段階の関係を求めると、図 2 に示したように C stage までは水温による相違はあまり認められず、D stage 以後では各発育段階における体長の平均値、範囲とも高水温になるほど左側つまり体長の小さい方へずれてくる傾向を示していた。またこれらの仔稚魚標本について、全長・体長・肛門前長・頭長・眼径・吻長・上顎長・胸鰭基底高・最大体高・肛門後部体高を測定し、体長との相対比を求めた。するとほとんどの場

合成長に伴って認められる変曲点の位置が水温が高くなるほど左側にずれ、先述の体長と発育段階の関係と一致した傾向を示していた。これらのことは、水温が高くなると成長だけではなく変態も促進され同一体長でもより進んだ発育段階に達することを示している。POLICANSKY (1982) は Starly flounder, *P. steratus* を用いた実験で飼育水温やふ化後日数にかかわらず、変態は体長に依存するとしている。一方他の変温動物では甲状腺ホルモンによって変態制御がなされていることが明らかにされている。ETKIN (1955) によればカエルの一種 *Rana pipiens* のオタマジャクシは低水温下では高水温下よりもより大きなサイズに成長することを示し、KOLLROS (1961) は、それが温度によって体組織の甲状腺ホルモンに対する反応速度が異なることによるだけでなく、温度によってホルモンの閾値が異なることも明らかにした。乾・三輪(私信)によればヒラメ仔魚の変態も甲状腺ホルモンの支配を受けることを明らかにし、基本的には他の変温動物と同様の変態支配様式であると推定している。したがって異体類の変態サイズも水温によって影響されると考えた方が妥当であろう。南他(1984)によれば、若狭湾の由良海岸に出現するヒラメ着底稚魚は出現初期の低水温期より後期の高水温期のほうが小型化することを報告しており、その原因の一つには水温が考えられる。

### 3. 着底サイズと発育段階

ヒラメ仔稚魚の着底サイズと発育段階を実験的に確かめるため、ふ化後 34 日目(平均全長 12.50 ± 1.32 mm) の水槽中に浮遊しているヒラメ仔魚 620 尾を用いて 7 日間の飼育実験を行った。供試魚を 100 l ポリカーボネイ

表 1 水温別の積算水温 (X°C・day) とヒラメ仔稚魚の全長 (Y mm ≤ 20 mm) の関係

水温	関係式	r (相関係数)
13°C	$Y = 2.73 + 1.69 \times 10^{-2} X$	0.9953
16°C	$Y = 2.19 + 2.49 \times 10^{-2} X$	0.9914
19°C	$Y = 2.16 + 2.78 \times 10^{-2} X$	0.9852

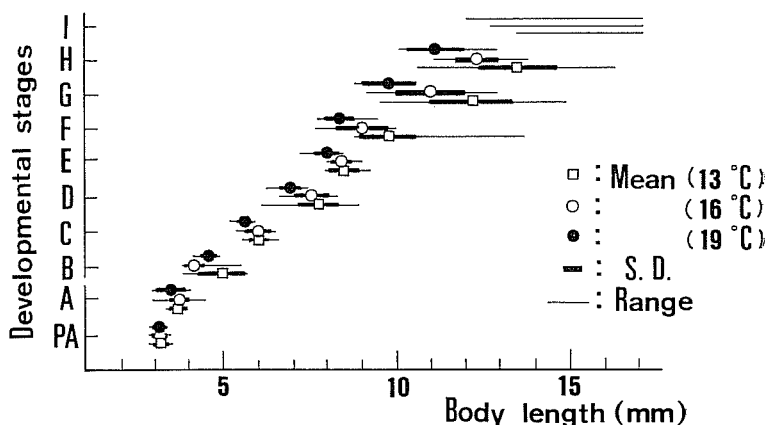


図 2 異なる飼育水温下におけるヒラメ仔稚魚の体長と発育段階



ト水槽1面に移し、うち50尾を供試魚の発育段階組成を求めために固定した。実験開始後翌日より毎日正午に着底個体をすべてとり上げ、最終日には着底個体と浮遊個体を別々にとり上げてそれぞれ5%中性ホルマリン中に保存した。実験期間中は毎日アルテミアふ化幼生を十分量与えた。着底サイズは平均全長で13.07~14.30 mm、範囲は 10.55~17.00 mm とかなりの幅があったが、供試魚や最後まで浮遊していた群の全長と比較すると大型のものから着底する傾向がうかがえた。ところが表2に示したように発育段階で比較すると、着底群ではH stageが圧倒的に多く83.2%を占めて、供試魚や最後まで浮遊していた群の発育段階組成と顕著な相違を示した。したがって、着底サイズは全長13~14 mmを中心としてかなり幅があるが、発育段階は右側の眼が頭部正中線上に達したH stageを主体としており、南(1982)による天然のヒラメ仔稚魚における着底期の推定発育段

表2 供試魚・着底魚・浮遊魚の発育段階組成(%)

発育段階	供試魚	着底魚	浮遊魚
E	—	0.2	—
F	26.0	0.2	2.9
G	22.0	15.8	88.2
H	50.0	83.2	8.8
I	2.0	0.6	—

階によく一致した。

着底群にはE及びF stageがそれぞれ0.2%, G stageが15.8%含まれ、また小型水槽で飼育した際には一時的に左側を上にして槽底に横たわる行動がかなり初期の段階より認められる。これを擬似着底行動と呼ぶことにして、どのような時期からこの行動を示すかについて実験した。眼の移動がわずかに開始される前後のE stage(全長7.75~8.80 mm)より擬似着底行動が認められた。この行動のもつ意味は不明であるが、ヒラメ仔魚の左右への分化や成長にともなう分布域の変化などとも関係していることも考えられ興味深い現象であった。

#### 4. 発育にともなうヒラメ卵仔稚魚の水槽内分布様式の変化

ヒラメ卵仔稚魚が発育にともなう、飼育条件下でどのように分布様式を変化させるかについての観察を行った。実験には100 lの透明ポリカーボネイト水槽を用い、卵期には2 lガラスビーカーも併用した。通気流による卵仔稚魚の分布状態に与える影響をさけるため、実験期間中は通気せず、ろ過海水の連続注水による換水だけを行った。観察1時間前には換水も中止し、止水状態で昼夜2回の観察を卵仔稚魚の発育にともなう適宜行った。仔稚魚の収容尾数は500~2,000尾で、餌料としてシオミズツボムシとアルテミアふ化幼生を十分量与えた。実験室内に設置した水槽に人工照明はほどこさず、

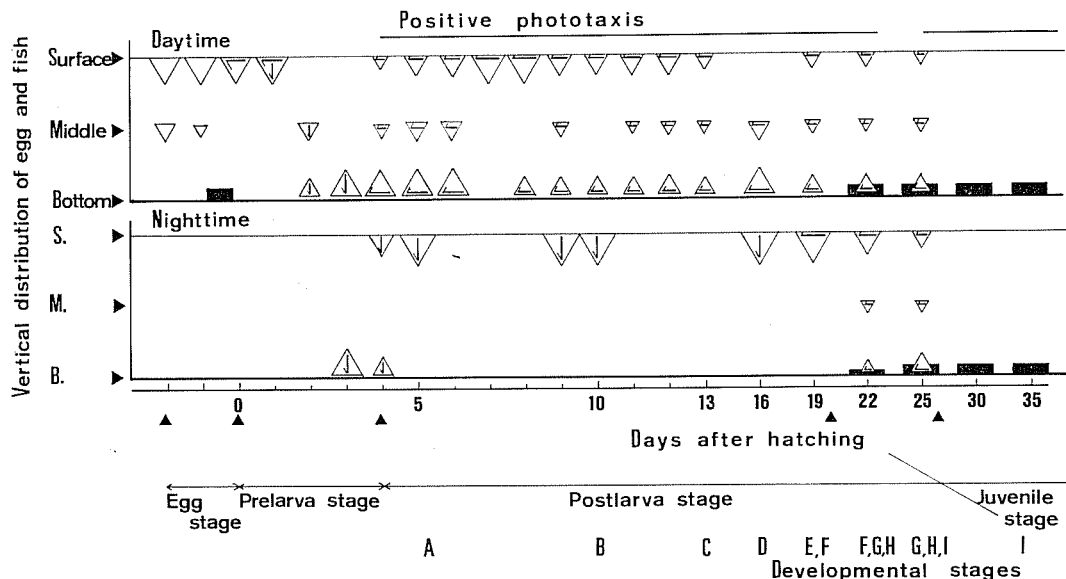


図3 ヒラメ卵仔稚魚の発育にともなう水槽内分布様式の変化  
白三角は仔魚の分布域の集中程度、黒四角は着底、矢印は仔稚魚の遊泳姿勢を示す

太陽光による自然採光としたので水槽内の照度は240～1,000 lux程度で、場所により異なった。発育段階や昼夜の別による水槽内の分布層・遊泳姿勢・分布状態などを図3に示した。

①卵…分離浮遊卵であるヒラメ受精卵は、受精後は水面に浮遊したが、ふ化直前にはいっせいに槽底に沈降した。このことはふ化直前に卵の比重が高まるという安永(1983)の報告と一致するが、卵質や海水比重によっては水面に浮上したままふ化することも多い。また卵の時期には昼夜による分布状態の相違は認められなかった。

②仔稚魚期…まず昼間の分布状態について述べた後、夜間の状態について述べる。ふ化直後の仔魚は水面で腹部を上にして浮遊したが、ふ化後1日目には倒立静止状態となり、ごくゆっくりと沈降を続けた。この時期には時々突発的な上向きの遊泳行動をくり返したが、しだいに分布層は底層へと移った。ふ化後4日目になると眼が黒化し、卵黄が吸収されて後期仔魚期に入った。遊泳姿勢は水平になり、時々S字型姿勢をとって摂餌行動が始まった。明確な正の走行性を示し始め、水槽内の光の不均一さに対応して濃密なパッチ状分布をした。着底するH stageでは、一時的に正の走光性を消失し、槽底にほぼ均一に分散して分布した。ところがI stageに至ると再び強い正の走光性を示し、槽底の明るい部分だけでなく、光のさし込む側の水槽壁にも集中的に分布した。一方夜間では、前期仔魚期には昼間の分布状態と相違が認められなかったが、後期仔魚期にはごく表層で倒立状態で集中分布するといった顕著な相違が認められた。ところが眼の移行が始まったF stageあたりからは、夜間でも遊泳姿勢が倒立状態から頭を斜め上方にしてやや右側に傾いた状態となり、H stageの着底魚が出現し始めると、分布層が中底層へと移行し着底したままのものも認められた。H, I stageの着底魚は夜間は槽底にのみ均一に分散して分布した。KAWAMURA and ISHIDA (1985)はヒラメ仔稚魚の成長に伴う走光性の変化や着底行動に先立ち、眼の構造に大きな変化がおきていることを明らかにしている。ただ正の走光性を示す後期仔魚期に、自然界では昼間むしろ中底層に多く分布するといった桑原・鈴木(1982)や桑原(私信)の調査結果もあり、BLAXTER

(1969)が plaice, *P. platessa* や sole, *S. solea* で求めた視覚閾値や分光感度の他、餌料生物の分布や他の環境条件との対応についても今後検討する必要がある。

## 5. おわりに

我が国では、種苗生産技術の発展により海産仔稚魚の大量飼育が各地で行われているにもかかわらず、魚類の初期生活史研究の分野ではその技術や知見が十分活かされているとはいえない。今回の一連の飼育実験からヒラメ仔稚魚の着底や変態過程の一端に触れることはできたが、予備実験的な段階のものが多い。今後より定量的な実験へと発展させていくとともに、発育や変態にともなう内部諸器官の形成過程や生理的变化を明らかにし、フィールド調査との連携を保ちながら研究を進める必要があると考える。

## 文 献

- BLAXTER, J.H. (1969) Visual threshold and spectral sensitivity of flat fish larvae. *J. Exp. Biol.*, **51**, 221-230.
- ETKIN, W. (1955) *Metamorphosis, In, Analysis of Development*, ed. B. H. WILLER, P. A. WEISS and V. HAMBERGER, Saunders, Philadelphia, 631-663.
- KAWAMURA, G. and K. ISHIDA (1985) Changes in sense organ morphology and behaviour with growth in the flounder *Paralichthys olivaceus*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **51**, 155-165.
- KOLLROS, J. J. (1961) Mechanisms of Amphibian Metamorphosis: Hormones. *Am. Zoologist*, **1**, 107-114.
- 桑原昭彦・鈴木重喜 (1982) ヒラメ仔魚の鉛直分布と食性. *日水誌*, **48**(10), 1375-1381.
- 南 卓志 (1982) ヒラメの初期生活史. *日水誌*, **48**(11), 1581-1588.
- 南 卓志他 (1984) ヒラメ仔魚の着底サイズとその変化. 昭和59年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 48.
- POLLICANSKY, D. (1982) Influences of age, size and temperature on metamorphosis in the starry flounder, *Platichthys stellatus*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **39**, 514-517.
- 安永義暢 (1983) ヒラメ卵仔稚魚の比重の測定について. 昭和58年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 138.

## (9) 若狭湾を中心とした底生動物と海底環境 (要旨)

林 勇 夫 (京都大学農学部)

異体類各種をはじめとする底生魚類にとって、着底過程が彼等の生活史の中で占める意味はきわめて大きく、着底域の環境の適否がその後の彼等の生残ないしは成長過程を左右する大きな要因となっているのはほぼ間違いないものと推察される。底生魚類の生活史研究において、海底環境の実態把握の重要性が強調される所以である。なかでも、餌料環境は魚類の生活の根幹に関わる環境要因としてとりわけ重視すべき課題であろう。このような認識のもとに、今回のシンポジウムでは、餌料生物として重要な役割を果たしていると考えられる底生動物の分布を中心に、若狭湾の海底環境を概観し、その餌料環境について検討した。以下にその要旨を述べる。

## 1. 海底地形および底質

当湾の海底地形および底質については志岐・林(1985)に詳しい。彼等に従って特徴的な点を中心に述べると、その概要はつぎのようである。

水深は、湾口中央部東寄りでもっとも深く、260 mを超えるが、60~100 mの部分が全体の50%近くを占め、大部分が大陸棚からなる。しかし湾内には、冠島、小島(沖ノ島)などの島群が、そして沿岸寄りにはクリと呼ばれる岩礁が多数存在し、その海底地形はかなり起伏に富む。また、湾外に位置する浦島礁や玄達瀬、松ダシ、大グリと言った大型礁の存在も湾内の海底環境に重要な影響を及ぼしていると考えられる。大陸棚外縁の水深はほ

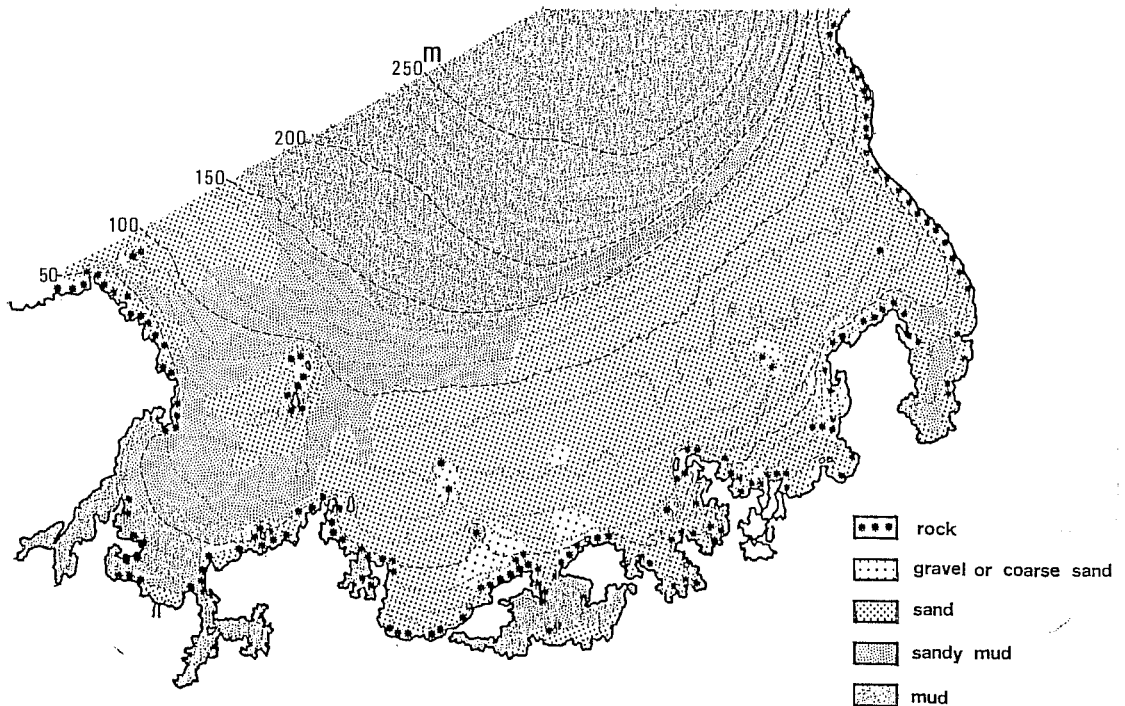


図1 若狭湾の底質型の分布 (志岐・林, 1985)

ば 130 m 前後である。

底質は、海底地形の複雑さを反映して、礫、砂、泥などが複雑に入り混じるが、堆積物の中央粒径値および陶汰度をもとに堆積型区分を行うと、各堆積型は図 1 のような分布を示す。越前海岸や丹後半島沿いの急峻な海岸には、岩礁が切れ目なく連なる他、奥部の半島の突出端にも岩礁底が付随する。また、沖合部の沈水礁群や浦島礁、玄達瀬などの巨大礁でも一部岩礁が露出する。砂礫ないし粗砂はしばしば上記の岩礁の基盤を薄く被覆する形で存在する。一方、主湾部はおおむね砂質底でおおわれるが、丹後海湾口中央部の冠島、小島周辺にみられる砂礫ないし粗砂底を取囲んで砂泥底が広範囲に発達する。泥底域は水深 150 m 前後以深の大陸斜面部に発達する他、枝湾や付属湾の奥部に分布する。

## 2. 底生動物の分布

今回用いた底生動物の分布に関する資料は、筆者らが 1971 年から 1982 年にかけて若狭湾内の諸海域において得たものである。動物の採集には、大・小 2 型のスミス・マッキンタイヤ型採泥器を用いたが、採泥後 1 mm 目の篩で濾して得られた動物のうち、ここでは 1 個体湿重 1 g を超える大型の個体を除いたいわゆる小型マクロベントスの範ちゅうに含まれるものを対象とした。

内湾部では、舞鶴湾、小浜湾および敦賀湾の 3 内湾で資料を得ているが、各湾でかなり分布パターンに差がみられ、舞鶴湾でとりわけ動物分布が貧弱であるのが注目された。たとえば、個体数密度では、他の 2 湾が  $1 \text{ m}^2$  あたり平均 2,500 個体前後の分布を示したのに対し、舞鶴湾ではわずか 300 個体を認めたに過ぎない。また、種組成についても各湾でかなり様相を異にし、外湾的色彩の濃い敦賀湾と内湾的な舞鶴湾とが好対照を示した。このような各内湾における動物分布の質的、量的相違は、それぞれの湾の底質型の配置状況の相違のみならず、各湾の外湾に対する露出の程度の相違にも基づいていることを、各種の分布様式の検討により指摘した。

一方、主湾部では、沿岸の由良川河口域と湾口部西側の、白石礁の周辺で  $5,000 \text{ 個体}/\text{m}^2$  前後とひときわ高い個体数密度を示すが、砂質底の大部分は  $2,000 \text{ 個体}/\text{m}^2$  前後の密度となっている(図 2)。しかし、丹後海内の泥底および水深 150 m 以深の斜面部の泥底はおしなべて  $500\text{--}1,000 \text{ 個体}/\text{m}^2$  の貧弱な動物分布を示す。生物量も密度とよく似た分布パターンを示し、湾内の大部分は  $10\text{--}20 \text{ g 湿重}/\text{m}^2$  の値を示すが、沖合の大陸斜面部で  $20 \text{ g 湿重}/\text{m}^2$  を超えるかなり高い値を示す傾向にある点は密度の場合とは対照的である。白石礁や由良川河口域で  $50 \text{ g 湿重}/$

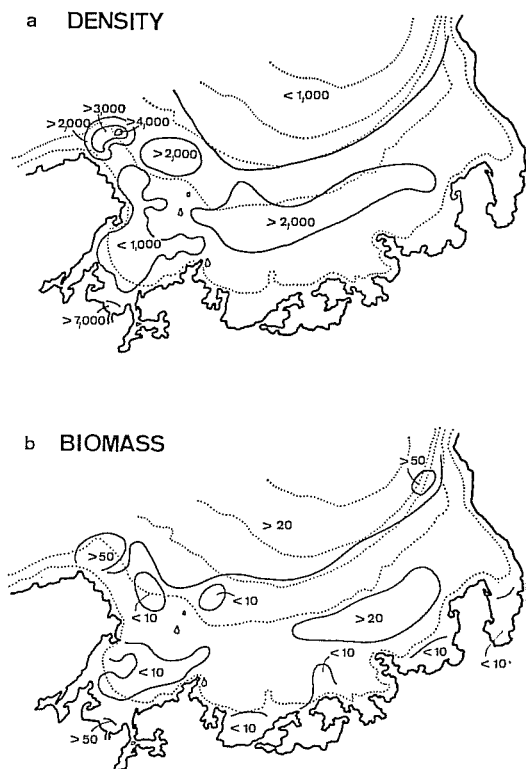


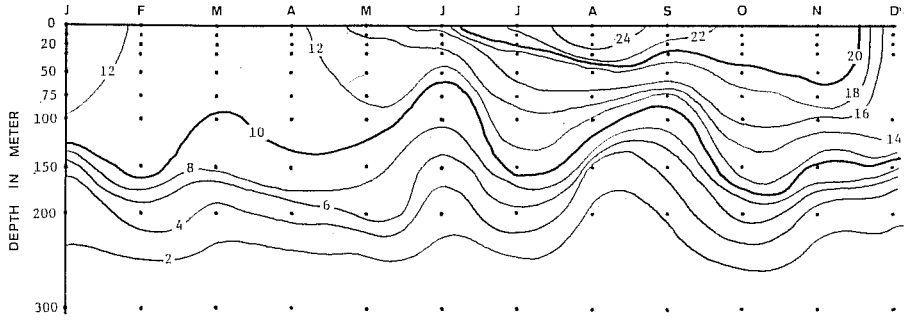
図 2 底生動物(小型マクロベントス)の (a) 個体数密度(個体/ $\text{m}^2$ ) および (b) 生物量(g湿重/ $\text{m}^2$ ) 分布(林, 未発表)

$\text{m}^2$  以上とやはり周辺域とはきわだって異なる高い値を示す点は密度の場合と同様であり、ここが餌料環境として良好な水域となっていることが推察された。以上に述べた若狭湾の動物分布の量的水準は他海域におけるそれに比べて、ほぼ平均的なレベルに位置づけられるようである。

各水域の底生動物群集を構成する各動物分類群のうちでは、多毛類の卓越が著しく、大部分の水域で 5~6 割またはそれ以上の個体数組成率を示した。そして残りのほとんどを甲殻類および二枚貝を主とする軟体動物が占めるが、前者は由良川河口域でかなり高い組成率を示す他、沖合の水深 100 m 前後の水深帯で比較的豊富な分布を示した。また、150 m 以深の大陸斜面部泥底では、棘皮動物のクモヒトデ卓越域が広範囲にわたって存在する。

動物相は、水深 150 m 付近を境に大陸棚上と大陸斜面部でまったく異なる様相を呈するが、種組成の詳細な検討により、両域はさらにいくつかの小水域に区分され

## a TEMPERATURE



## b SALINITY

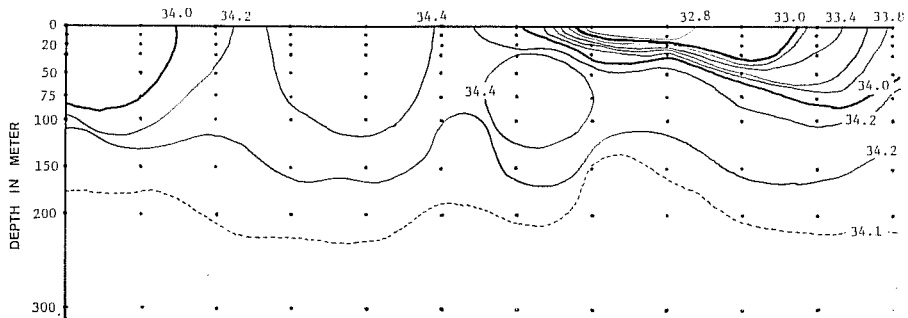


図3 若狭湾沖定点（水産試験研究機関海洋観測定点，京都府 St. 4: 36°20'N, 135°26'E）における水温（a）および塩分（b）の鉛直分布の季節変化（水産庁，1974，1975）

た。主湾部の大部分を占める大陸棚上について言えば、大きく5つの水域に分けられ、それぞれの水域の配置は底質型区分とよく対応する。さらに、これらの水域区分は水深とも対応関係を示し、たとえば西部域の丹後海では、多少とも明瞭な種組成の不連続帯が、水深20m前後および70-80m付近にそれぞれ存在する。前者の方は波浪の営力が影響を及ぼす下限の水深、すなわち wave base に対応したものであろうし（志岐・林，1985）、後者は対馬暖流域の海況特性の一つである表層水の周期的な低かん現象が及ぶ下限水深にほぼ相当するものとして理解される（図3）。すなわち、水深80m前後以深の大陸棚上に出現する動物群集は、その上層部の群集とはかなり異なる環境——周年を通して高かんて変動の少ない環境——条件下に生息していると言える。事実、ここに出現する動物群集は、出現種が豊富であるばかりでなく、その摂食型組成も多様で、複雑な群集構造を発達させていることをうかがわせた。

動物群集の季節変動および経年変動についても若干の検討を行い、主湾部では春にもっとも豊富な分布を示し、秋に貧弱となるが、その変動の程度はそれ程大きく

ないこと、そして経年変動では、各種の変動パターンには種間でそれ程明瞭な同調性は認められないもの、全体としてはほぼ5年前後の周期で個体数密度の増減を繰返す傾向にあることなどを指摘した。

最後に、ここで述べた底生動物群集の分布実態から示唆される当湾の底生魚類の餌料環境特性について少し論及した。

底生動物群集を量的側面からみた場合、明らかに沿岸の由良川河口域および沖合の水深80m以深の大陸棚上、とりわけ白石礁周辺から冠島沖を結ぶ水域が餌料環境としては秀れたところであると推定されるが、これらの水域はまた、底生魚類の餌料生物として価値の高い小型甲殻類の豊富な分布によって特徴づけられている点から判断して、質的にも秀れた餌料環境にあると言える。多くの有用底生魚類が越冬を含む一時的な滞留、産卵および成育のためにこれらの水域を利用しているという諸事実（京都府立海洋センター，1979；南，1982他）も、上述したようなこの海底の物理・生物環境特性と無縁ではない筈である。

文 献

- 京都府立海洋センター (1979) 昭和53年度丹後海地区  
人工礁漁場造成事業調査報告書, 1-174.
- 南 卓志 (1982) ヒラメの初期生活史. 日水誌, 48,  
1581-1588.
- 志岐常正・林 勇夫 (1985) 若狭湾. I. 地質. 日本全  
国沿岸海洋誌 (印刷中).
- 水産庁 (1974) 昭和46年 (前期) 海洋観測資料. 758-  
763.
- 水産庁 (1975) 昭和46年 (後期) 海洋観測資料. 854-  
863.