

ISSN 0386-5290

京都府立海洋センター研究報告

第 2 号

京都府立海洋センター

1978年12月

京都府立海洋センター研究報告

第 2 号

目 次

沿岸海洋の変動……………加藤安雄・鷺尾圭司・坂野安正・柏井 誠……………	1
栗田湾の鉛直断面におけるミクロプランクトンおよび珪酸塩の分布について 横断面における分布……………西岡 純・中西雅幸・杉山元彦・田中俊次……………	14
養殖ハマチの血液学的研究-Ⅱ 血液化学成分・血球組成について 大橋 徹・藤田真吾……………	36
カタクチイワシ投与によるハマチの餌料性疾患について(予報) 大橋 徹・藤田真吾……………	48
マイワシ投与によるハマチの疾患について……………藤田真吾・大橋 徹……………	57
養殖ハマチから分離した <i>Vibrio anguillarum</i> について(短報) 藤田真吾……………	67
飼育水中での <i>Prorocentrum triestinum</i> による カキの発色試験……………大橋 徹・岡部三雄……………	69
京都府沿岸域魚類のPCBおよび総水銀含量について(短報) 中西雅幸・杉山元彦・田中俊次……………	73
アカアマダイの種苗生産に関する基礎的研究-Ⅰ 産卵誘発 人工ふ化仔魚飼育について……………生田哲郎・西広富夫……………	76
アカアマダイの種苗生産に関する基礎的研究-Ⅱ 人工ふ化仔魚の形態変化について……………生田哲郎……………	83
京都府沖におけるカタクチイワシの卵・稚仔の分布 坂野安正・鈴木重喜……………	91
若狭湾西部海域アオリイカの成熟・産卵・成長……………内野 憲……………	101
若狭湾西部海域におけるスズキの生態-Ⅱ スズキ当歳魚の食性と成長……………林 文三・清野精次……………	109
由良川沖魚類の日周期活動と食性の関係について 浜中雄一・清野精次……………	117
磯根資源増殖に関する研究-Ⅰ 京都府沿岸磯根漁場の岩礁性動物……………辻 秀二・西村元延……………	129
磯根資源増殖に関する研究-Ⅱ 蒲入、袖志地先における N型アワビ礁の生物群集について……………西村元延・辻 秀二……………	143
標識放流結果からみた由良川アユ資源に関する二・三の知見 内野 憲・富田恒男・井上 寿……………	156
漁獲量推定式(短報) プログラムⅠ 由良川アユ……………内野 憲……………	163

沿岸海洋の変動

加藤 安雄・鷺尾 圭司・坂野 安正・柏井 誠

Fluctuations in Coastal Marine Conditions

Yasuo KATO^{*1} Keiji WASHIO^{*2} Yasumasa SAKANO^{*1}
and Makoto KASHIWAI^{*1}

若狭湾へ対馬暖流の一部が分岐し湾内で環流がみられることは、古くから知られている。最近の報告では、環流は3つのタイプに分けられ、それは若狭湾沖冷水と深い関係があると指摘されている。しかし、この若狭湾の環流そのものの水塊構造及びその環流の発生から消滅に至る機構についてはまだ十分わかっていない。このようなことを明らかにしていくことは、沿岸海洋学的にも興味あることであるが若狭湾への魚類の補給逸散及び沿岸漁業の操業実態を考察するうえからも極めて実用的な調査である。更に調査結果は、将来沿岸漁業が指向する諸施策に対して有効な情報を提供するものと考えられる。

前報¹⁾のとおりその後の固定点の連続観測を続けたが、伊根の水温記録器を冠島南西に移設し6月から観測を行った。昨年の昇温現象の経験から8月7日、冠島の固定点にMTCM-5Aを3台吊り下げ鉛直水温観測の充実を図ると共に8月7~10日まで京都府海洋センター所属平安丸及びみさき丸を運航し、DBTによる水温観測並びに平安丸のレーダーによる表層流の追跡を試みた。

以上のような一連の海洋観測から若狭湾西部海域の暖水構造について若干の知見を得たので報告する。

観測方法

固定点観測 海水温度記録器の設置方法などは前報¹⁾のとおりであるが、本年6月~8月まで伊根に設置していたものを冠島南西1.2 Km 水深71 mに移設して観測を続けた。この固定点に8月7日12時~8月10日13時まで、2・25・50 mの各深度にMTCM-5A3台を設置し、流向流速水温を5分間隔で観測した。但し2 m層は測器不調で資料が得られなかった。

分布観測 図1に示す7定点で8月8~10日に計5回DBTを海底まで垂下し水温鉛直分布を測定した。航走中はサーモサリノグラフにより表層水温の連続記録を得た。観測船平安丸が投錨し、レーダーによる表層流の追跡をする間(定点7で8月8・9・10日 昼間2~3時

*1 Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science,
Miyazu, Kyoto, Japan

**2 Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kyoto, Japan

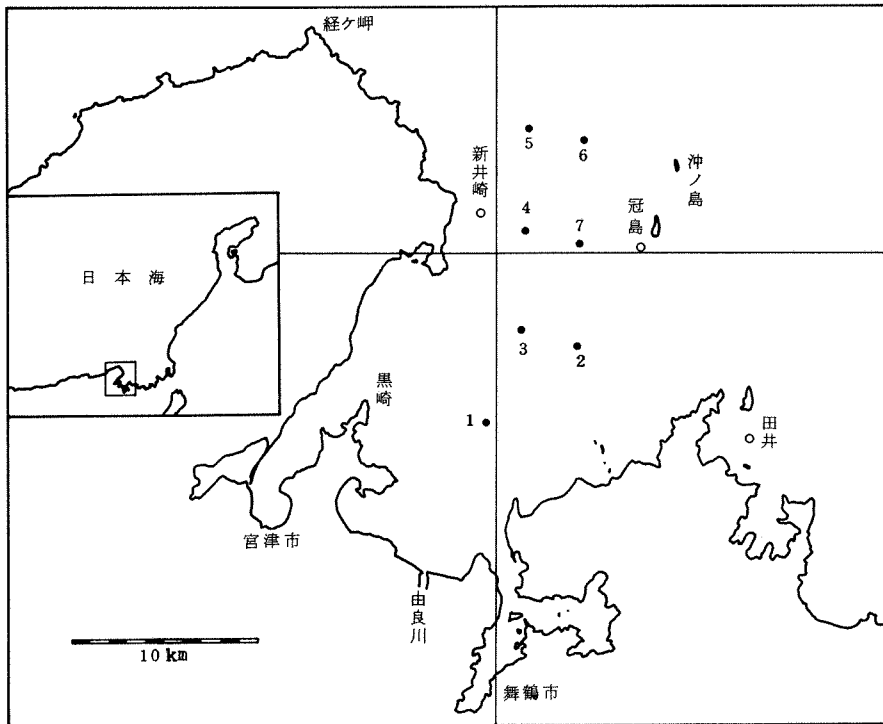


図 1 観 測 定 点 図

間) 30 分間隔で DBT を海底まで垂下し水温鉛直プロファイルの 時間変化を測定した。表層流の観測は平安丸のレーダー (JMA-158GB 12 インチ 120 海里) を使用し、漂流体にはレーダー反射体 (レンズレフ DL-8A 形) に海面下 1 m から抵抗布 (長さ 2 m 幅 1 m) を垂下した漂流ブイを用いた。

観測船は下記のとおりである。

記

平安丸 (鋼)	228.62 トン	1200 ps	乗組員 14 名
みさき丸 (木)	15.83 トン	65 ps	乗組員 4 名

結 果 及 び 考 察

固定点の水温変化 図 2 は新井崎の 2 層の日平均水温変化である。図にみられるように 1 m 層水温は、7 月上旬から大きく変化しながら 7 月下旬には 28 °C に達している。25 m 層水温は、1 m 層程大きく変せず 7 月を通じ 22 ~ 23.5 °C である。このような成層状態が 8 月になるとくずれる。即ち図 3 に示すとおり、どの固定点も 25 m 層水温は 26 °C 以上となり、1 m 層との温度較差は 1 ~ 2 °C と小さくなるが、新井崎では日によりわずかながら水温逆転がみられる。各固定点の両層に共通していることは、昇温前に一旦降温がみられることである。この

降温は 25 m 層より 1 m 層の方がより著しい水温下降を示している。

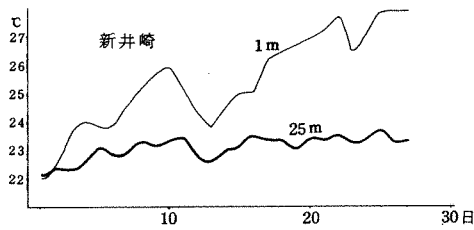


図2 2層の日平均平均水温変化
(53年7月)
(28日以降センサー取換え)

このような 25 m 層の昇温は、昨年もみられたが本年の場合は昨年のように間欠的でなく 8 月 4 日から 8 月下旬まで昇温が持続的であったことに兩年の現象に差異がある。しかし昇温後は急速に降温する。昨年は 8 月 15 日、本年は 8 月 31 日以後この現象が認められた。

以上述べた固定点の水温変化の資料から昇温現象は、少くとも若狭湾西部海域が暖水に占有されまた降温現象は、暖水と底層水との入れ替りがあったものと推定される。

図4は各固定点を一括して表わした 1 m 層と 25 m 層の日平均水温変化である。各固定点の両層の水温とも前述のとおり昇温前に降温がみられるが新井崎の 1 m 層の水温は他の固定点に比べ 1 日早く降温している。同層の各固定点別温度差は 1 m 層より 25 m 層の方が大きい。また 25 m 層の水温は 8 月 20 日以後再び昇温している。しかし 1 m 層の水温は昇温後滑らかでこれが見られない。図4の中で降温から昇温を始める期間、即ち 8 月 2 日 12 時から 8 月 9 日 12 時まで 30 分間毎に水温をプロットすると図5・6のとおりである。1 m 層水温が約 1.5℃以上急激に昇温した日時を各固定点別に表1に掲げた。このほかにも

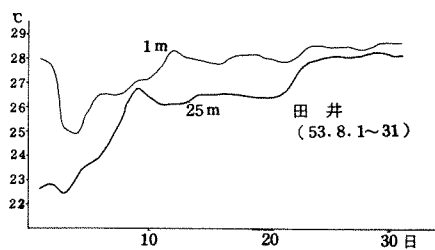
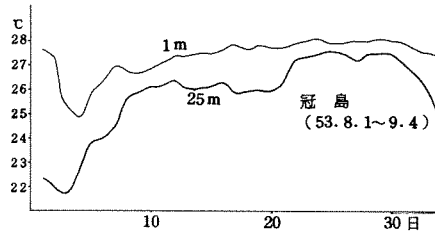
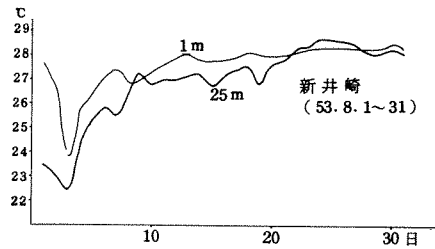


図3 各固定点別2層の日平均水温変化

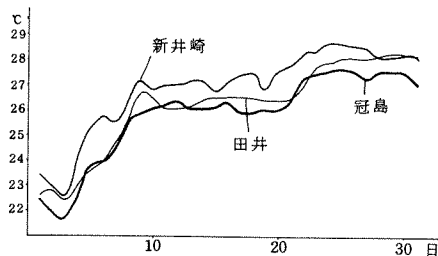
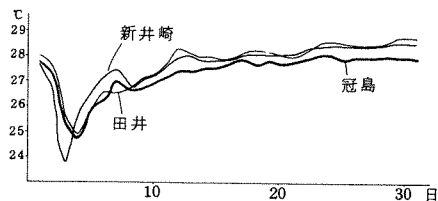


図4 各固定点の 1 m・25 m 層の平均水温変化 (53・8・1~31日)

小さな昇温がみられるが、1.5℃以上に及ぶ昇温に着目するとこれは暖水がフロントを形成してそれぞれの固定点を通じたものと考えられる。表1の第1回目は新井崎、冠島及び田井の昇温時間差からフロントの速度は、0.4～0.6ノットと推定できるが、第2回目は冠島が新井崎より早く田井は冠島の昇温時間から27時間も遅れている。第3回目になると田井の昇温が早く、それから7時間後新井崎と冠島が同時に昇温しているなどこれらの生の資料ではフロントの移り変りは説明しがたい。なお、田井の昇温日時には20～24時間の固有の周期が認められる。

図6は各固定点の25m層の水温時間変化である。1m層と異なり第1回目の急激な昇温は8月3日20時から8月4日01時の間に各固定点ともほぼ一斉に昇温している。昇温の度合は新井崎・田井・冠島の順に小さくなっている。25m層の昇温の場合、1m層と異なり各固定点の昇温時間差が余りなく1回の昇温時間が24時間にも及ぶことがある。図にみられるように新井崎だけは他の固定点に比べ水温が大きく振動し長くて24時間の周期が認められる。

田井でみられた1m層の昇温は、昇温前の水温レベルに戻ることなく昇温していくこと、また新井崎の25m層の昇温でも同様な傾向が伺われることは共通している。しかし25m層の1回の昇温は3～4℃にも達し振幅が大きい。特に8月6日11時の降温現象は極端である。このように1m層と25m層との昇温規模を比較すると25m層の方がはるかに大きい。なお、

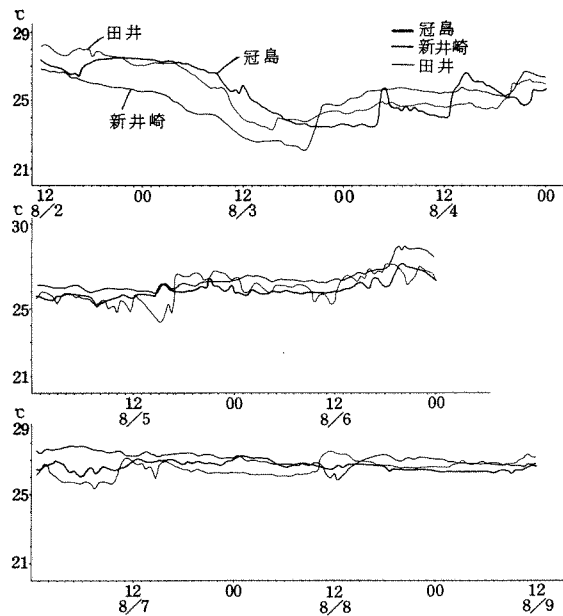


図5 各固定点の1m層水温時間変化
(53・8・2～9日)

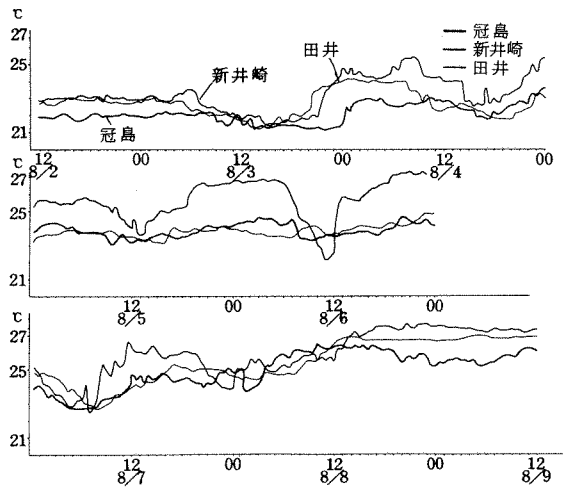


図6 各固定点の25m層水温時間変化
(53・8・2～9日)

表 1 各観測固定点別 1 m 層昇温日時

固定点 順番号	新井崎	冠島	田井
1	8月3日 21.0時	8月4日 5.5時	8月4日 20.0時
2	8月4日 21.5時	8月4日 14.0時	8月5日 17.0時
3	8月6日 20.0時	8月6日 20.0時	8月6日 18.0時
4	—	—	8月7日 11.0時
5	—	—	8月8日 11.0時
6	—	—	8月9日 11.0時

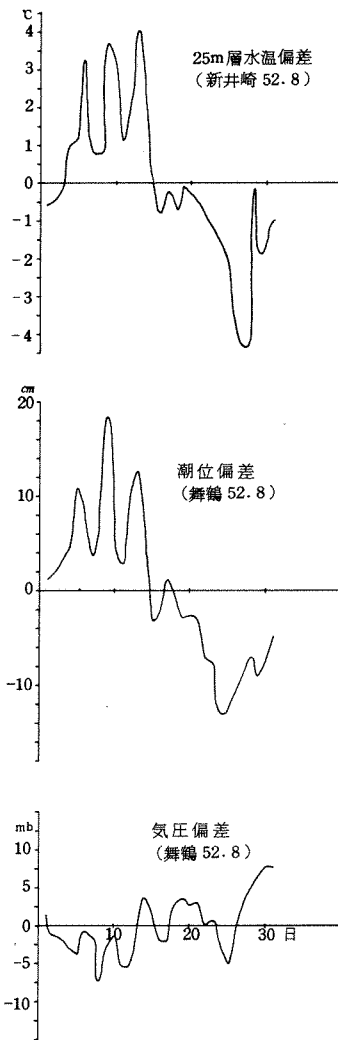


図 7 水温・潮位・気圧の変化 (52.8.1 ~ 31日)

田井及び新井崎の固有の周期的昇温が何故起きるかわからないが新井崎の場合は、降温から昇温初期に暖水の侵入と底層冷水の差し込みが交互に現われやすい地形的海域だろうと推定される。

舞鶴海洋気象台海洋課²⁾は、若狭湾の流動は、湾口付近の対馬暖流の強弱と関係しその変動は、若狭沖冷水域の離・接岸に影響されるとして湾内の流動を三つに大別した。即ち環流型、二環流型及び無環流型である。この場合の流動規模は若狭湾全体に及ぶとしているわけであるが、固定点で得られた水温変化が上記と同規模で果して起りうるだろうか興味深いところである。

以上のように本年の固定点の水温変化も基本的には昨年と同様な昇温現象を把握したが各固定点の水温変化の相互関係についてはまだ不明な点が多い。なお、各固定の他の各層についてもこんど整理し検討したい。

水温と潮位偏差 先にも述べたように 25 m 層の昇温は 52 年が間けつ型、53 年が持続型に分けられる。図 7・8 は 52 年 8 月及び 53 年 8 月の新井崎での日平均水温の平均偏差、舞鶴湾の推算潮位に対する潮位偏差及び舞鶴の現地気圧の偏差の変化をそれぞれ示したものである。図 7 にみられるように 52 年の各現象の偏差の変動曲線は位相が良く対応し、特に水温と潮位に高い相関があることを示している。また 8 月上旬の気圧偏差は前二者と逆の相関がみられる。

8 月前半の毎 18 時の天気図をみると、日本海を通過した低気圧は 3 個ある。即ち 8 月 4 日 996 mb、8

月8日994 mb及び8月11日の996 mbの低気圧である。舞鶴気象台の地上気象観測日原簿からこれらの低気圧によって起った風向をみるとほぼ南東で風力は8日が最大である。その日の日最大瞬間風速は10.4 m/SEC. 平均風速は5.2 m/SEC に達している。

谷岡³⁾は、台風が対馬海峡から北東へ日本海を進み南西風が連吹する時、舞鶴湾の潮位上昇が最も大きいと報告している。台風と低気圧の勢力は異なるが52年8月の潮位上昇の原因は、これらの3個の低気圧の影響が大きかったものと思われる。宮津湾の場合谷岡は宮津湾の潮位の上昇時は日本海を通過する低気圧の若狭湾沖の最低気圧時と一致せず潮位に20時間の遅れがあることを指摘している。前報¹⁾でも紹介したように対馬暖流の接岸と潮位の上昇とは一定の関係がみられている。

昨年8月の図7に示した現象の一連の関係は、気象変化を引き金とし少なくとも若狭湾西部海域一帯に間けつきの暖水の移流があり固定点の水温上昇にそれが現われ、8月中旬以後降温と同時にこの海域で大きく水塊の入れ替りがあったものと推定される。

図8をみると水温・潮位・気圧の間に見て昨年のような対応がみられない。8月上旬の毎18時の天気図によれば、8月1日関東沿岸を980 mbの台風7号が北上し、九州西岸には970 mbに発達した台風が東進しているのがみられる。8月3日台風7号は北海道沖に去り、8月4日には台風8号は990 mbの低気圧となって日本海を北上している。その後日本列島は優勢な太平洋高気圧におおわれ記録的な高い気温が続いている。

図9・10に昭和52・53年の8月上旬の日本海の100 m層水温水平分布図を示す。若狭湾沖には兩年とも冷水がみられる。これらの冷水の位置及び等温線の形から推察して53年8月の場合には対馬暖流が隠岐諸島を回り直接若狭湾内に侵入したと思われる。また隠岐海峡にも強い流れが8月にみられたことは、53年12月舞鶴市で開催された第33回日本海洋調査技術連絡会議⁴⁾でも確認されている。更に若狭湾協同調査で実施した53年7月下旬の第八管区海上保安本部⁵⁾の観測結果によると若狭湾沖及び湾口付近における流れが例年に比較して対馬暖流が強く接岸していることを指摘している。

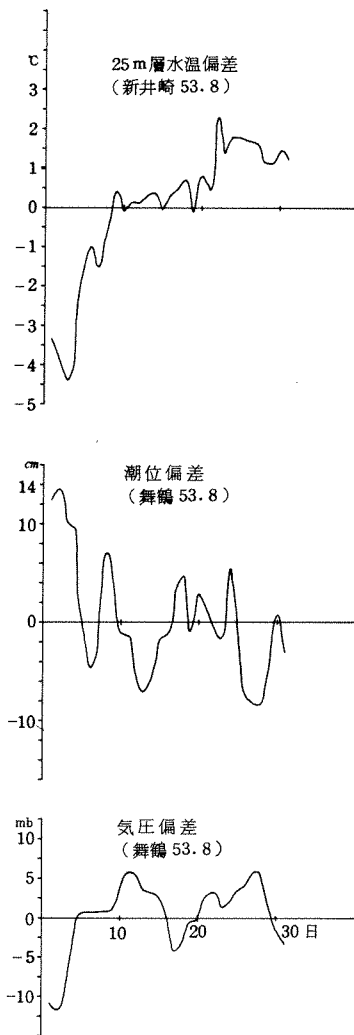


図8 水温・潮位・気圧の変化 (53.8.1～31日)

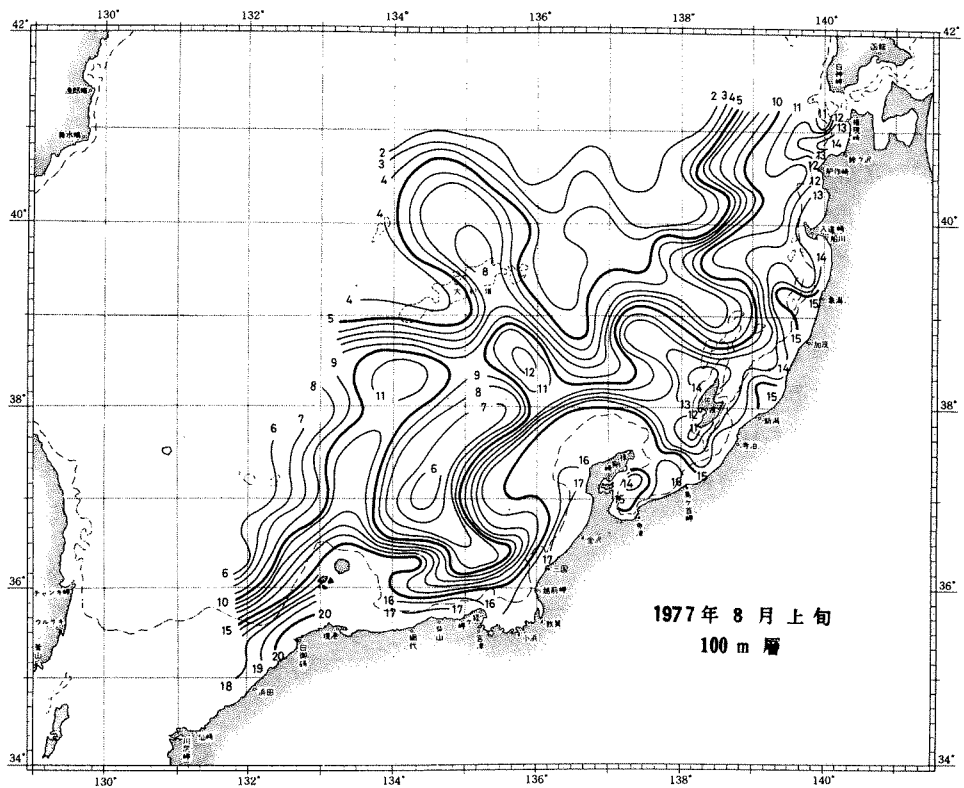


图9 100m層水温水平分布图

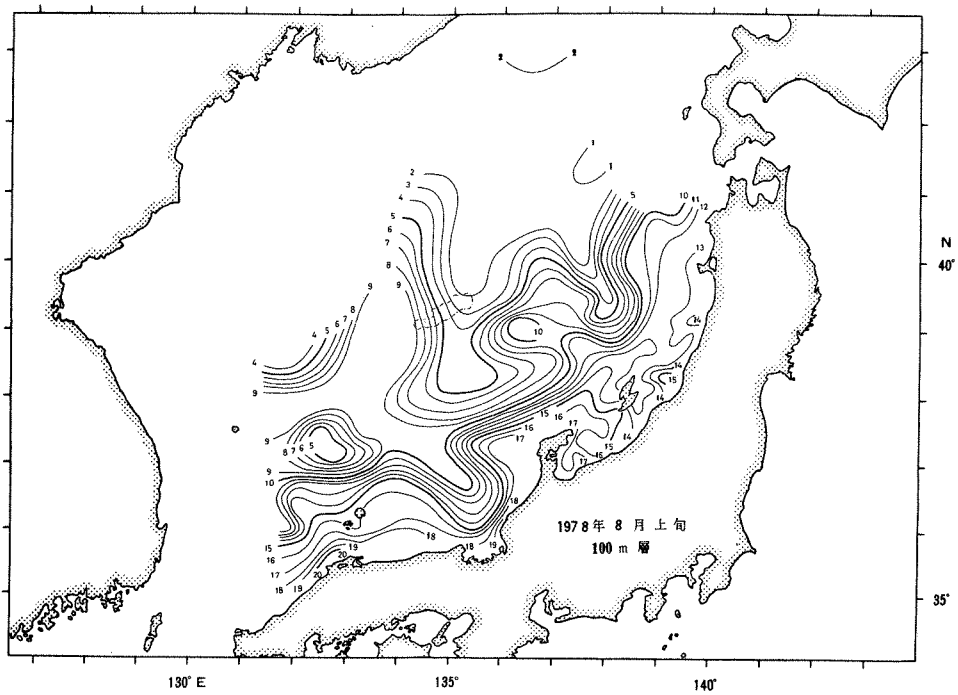


图10 100m層水温水平分布图

本年8月の持続的昇温現象は、以上述べたように優勢な高気圧と対馬暖流の強さと接岸に基因していると考えられるが、対馬暖流が例年になく強くしかも流れは若狭湾口へ指向しているにもかかわらず昨年のように潮位偏差に現われていない。また25 m層の降温時期は、昨年より15日程遅く8月31日から急速に降温がみられるがやはりこの時に若狭湾西部海域で水塊の入れ替わりが大きくあったものと考えられる。

水温変動と流況 8月7日から10日にかけて観測したMTOM-5 Aによる水温流速連続記録を図11に示した。水温についてみると、25 m層では7日に25.0℃前後の値であったものが、8日昼には26.5℃以上にまで昇温し、同日夜には一時降温したものの翌9日昼には再び26.5℃以上に昇温し、そのまま10日昼の観測終了時に至る。また、50 m層でも8日昼と9日昼に昇温がみられ、大局的には同じ変動を示している。この時期は、上述の日平均水温変化でみた昇温現象が頂点に達する時期であり、この時点で昇温現象が50 m層にまで及んでいる事が知れる。

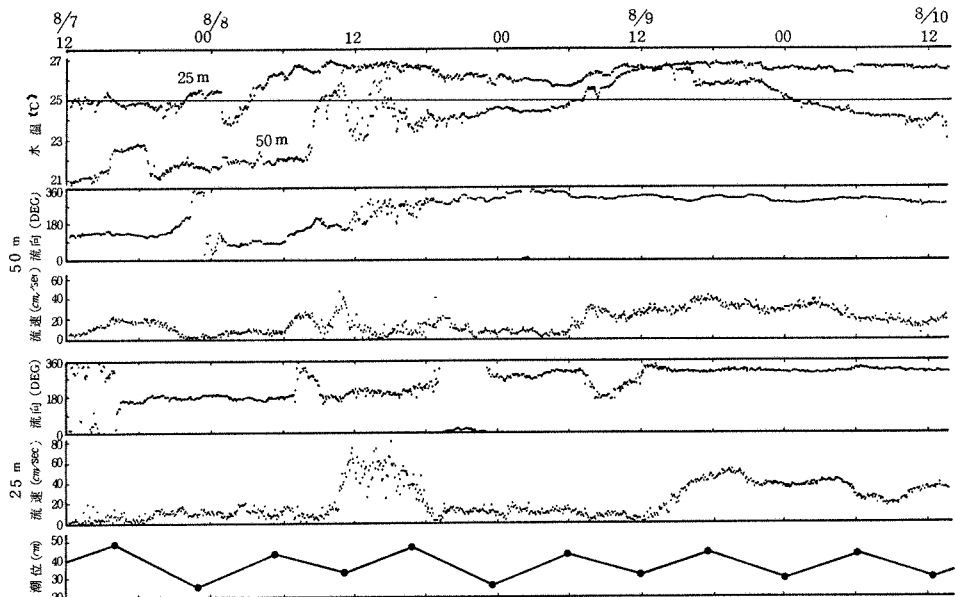


図11 冠島定点における水温・流向・流速の連続記録および舞鶴港の潮位（潮汐表）

流況についてみると、25 m層の流向は8日午後までは南流が卓越し、9日以降は北西流が卓越する。また、流速では8日昼と9日午後以降に速い流れがみられる。50 m層の流向は8日午前まで南東流が卓越し、同日午後には南西流から北西流へと向きを変え、同日夜以降は北西流が続く。また、流速では7日午後と8日朝に少し速い流れがあり、9日朝から10日朝まで速い流れがみられる。つまり、25 m層と50 m層とは多少ずれはあるが、大局的にはよく似た流況を示していると言える。

水温変動と流況を大まかにみると、流速の速い期間は高水温期間と重なる。また、水温の第

一の山は流向が変化する時期であり、第二の山は一定方向の流れの中で現われている。この変動を詳細に検討すると次のようになる。

25 m層の水温変動は先に述べた滑らかな変動以外には、8日1時から3時半の約1.5℃の降温とその回復が唯一の急変化である。一方、流向は先に述べた大きな変化の間に2～5時間の転流とその回復が4回みられる。そのうちの3回は落潮時に当り、潮汐と関連している可能性がある。流速は8日11時から18時が50～80 cm/sec、9日15時以降が30～50 cm/secの速い流れで、他は20 cm/sec以下である。また、流速は潮汐周期との対応がみられず、全体としての流況の中で潮流の関与は小さいと言える。こうした水温和流況の変動には急激なものも幾つかあるが、相互に同時変化は見られず、大局的相似がみられるにもかかわらず、短期的な関連は示していない。

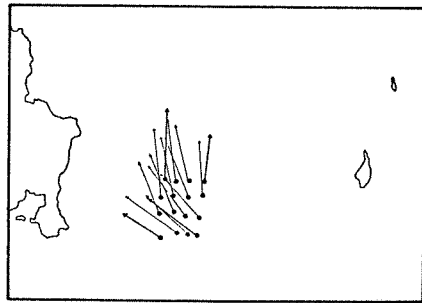
50 m層ではこの期間の変動を3つの特徴の異なる変動として扱えられる。第1は、7日から8日6時の時期で、水温は7日15時半から18時半の約1.5℃の矩形波的昇温と、7日22時、8日1時、同4時の3時間間隔での0.5℃のスパイク状昇温をみせながら、基調として21℃から22℃に昇温している。流況は南東流が卓越しているが、流速が弱く、7日22時から24時にみられる転流とその回復時期にはほとんど流れが無くなっている。水温変動と流況とは関連が乏しく、しいて挙げれば7日午後の矩形波的昇温期の流速が比較的速かった点がある。第2は、8日6時から20時の時期で、水温は11時と14時半にピークをもつ2つの山が見られ、その昇温は4.5℃に達している。また、2つの山が形成される間に5分間隔の観測値で1.5～2.0℃の激しい振動が付随している。そして振動が終った時点で、この時期の初めの22℃から24℃に昇温している。流向は南東流から徐々に南西流そして北西流へと変化しているが、特に南西流付近では流向の乱れがみられ、観測点の北東に位置する冠島の地形的影響を受けていると考えられる。流速は7時から11時まで20～40 cm/secを示すが、以後は20 cm/sec以下と弱くなる。この結果は、激しい水温変動が流向変化と同時に起っており、特に南流時に著しい昇温を示した点が特徴と言える。第3は、8日20時から観測終了に至る時期で、水温は24℃から滑らかに上昇し、9日11時から16時まで25 m層水温と同じ26.5℃を記録し、16時半に約0.5℃の急な降温をみせた後は徐々に降温し、観測終了時には24.0℃に復している。この間、流向は安定した北西流を示し、流速は9日7時から10日6時まで20～40 cm/secのやや速い流れが比較的安定してみられる。以上の3つの期間を通して、水温変動にも流況にも潮汐周期と対応する変化はみられない。

この50 m層で顕著に見られた変動特徴の時間的変化は、50 m層と25 m層の変動の大局的な一致から、25 m層にも弱いながら当てはまると考えられる。このことは、ここでの昇温現象が、主に流向の南から北西への変化を背景として、水温分布の構造的変化が生じたためと考えられる。

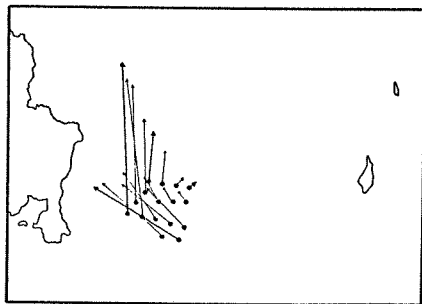
また、図12には8月8・9・10日に行なった漂流ブイの流跡を示した。この図から明らかなように、ブイは北もしくは北西に流れており、しかも時計回りに流れる性格をみせている。これを冠島定点での流況と合わせ考えると、8日に冠島西方に中心をもつ時計回りの渦流が東

に移動し、9日以降には渦流の中心が冠島東方になり、その過程で冠島定点での流向が南から南西そして北西へと変化したと言える。

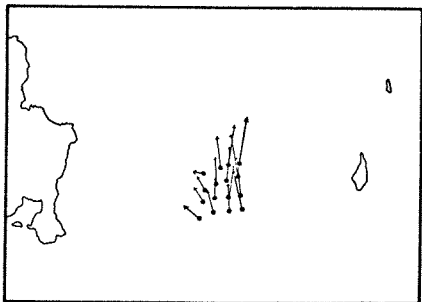
水温分布構造の変化 計5回のDBTによる水温分布観測のうち、8日午前水温深度曲線を図13に示した。定点1, 2, 3では



8月8日 1220 → 1420



8月9日 1130 → 1430



8月10日 1147 → 1415

図12 漂流ブイの流跡

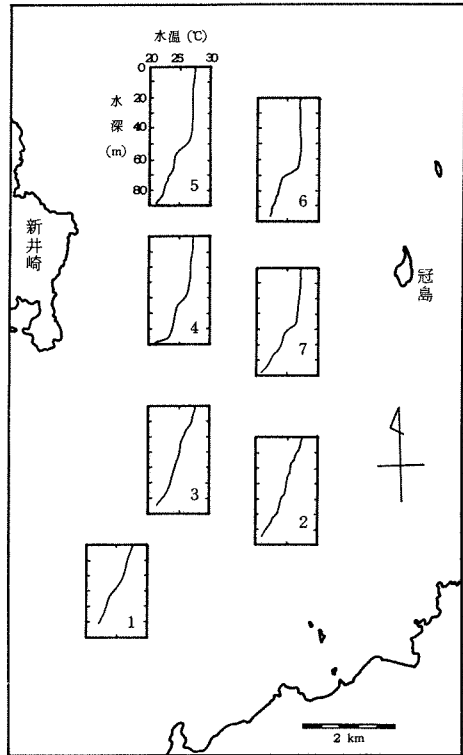


図13 8月9日午前の観測点別水温深度曲線

成層期によく見られるプロフィールを示しているが、北側4定点では表層混合層が著しく

発達し、特に定点5, 6では50m層までが表層と同水温になっている。水温連続記録でみられた50m層の昇温現象は、この水温鉛直分布と同一現象と言える。このような発達した表層混合層は、第一水温躍層の深さとして表現できるので、以後の水温分布観測結果を第一水温躍層の深さで図14に示した。8日午前では、図13でみたように、北に向かうにつれて第一躍層が深くなり、50m層に達している。8日午後では、定点4(新井崎沖)で浅くなっているが、東側3点では40m以深に達している。9日午前では、定点1を除き全定点で深くなり、定点4と7が50m以深に達している。9日午後には、定点7が深さを維持しているものの、他の定点では全体に浅くなり、定点2と3で特に浅くなった。10日午前では、西側4定点は

全て浅くなり、東側も定点6がやや浅く、南東部の定点2と7のみが深くなっている。以上のことから、発達した表層混合層をもつ水温構造が、この海域を北西から南東へ移動したと考えられる。

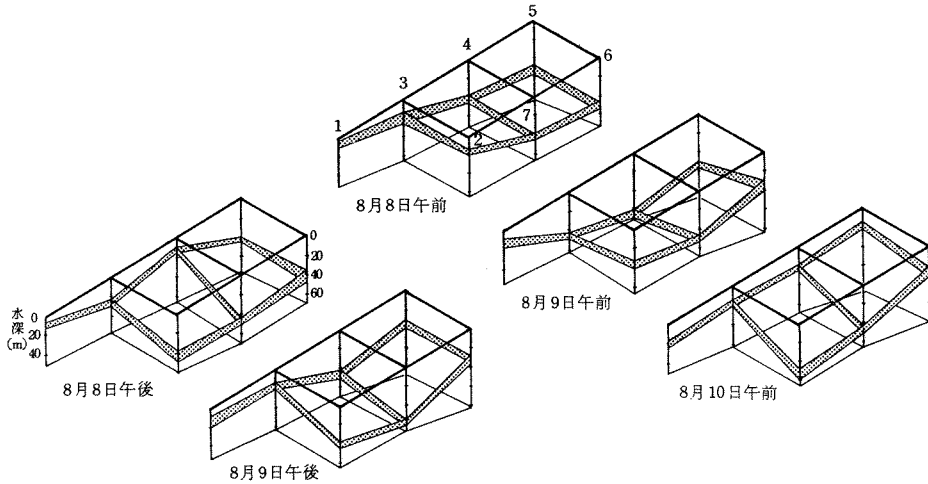


図14 観測時別の第一水温躍層の分布

但し、定点2と4では全体の動き以外の変動が加わっており、局所的な地形の影響が水温構造に反映している可能性がある。

図15には定点7での連続観測結果を示した。観測時間が昼間の2, 3時間に限られるが、3日間の定点7での水温構造の変動の特徴を示している。即ち、8日には第一水温躍層が急激

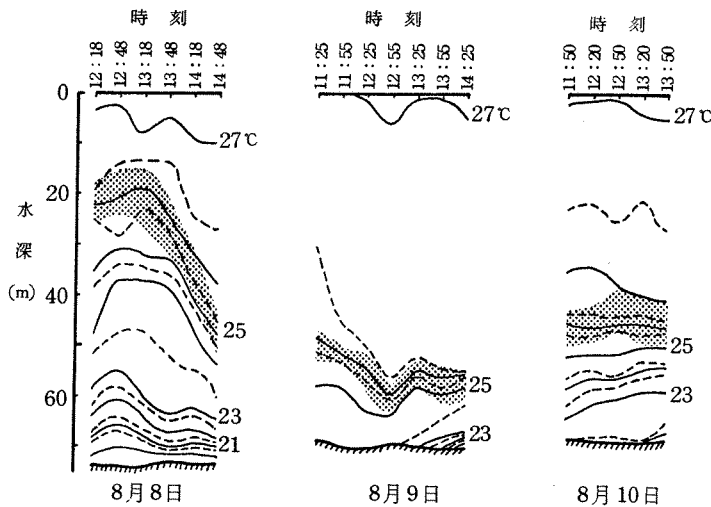


図15 定点7における水温および第一水温躍層の変動

に沈降する局面を見せている。9日は表層混合層が50m以深にまで発達した局面を示し、しかも後半には底層への冷水の侵入が見えている。そして、10日は第一水温躍層以深の冷水が発達し、第一水温躍層が再び押し上げられた局面と考えられる。このように、水温鉛直分布の時間的経過をみると、深

層での昇温現象がこうした水温構造の急激な変化に起因すると理解できる。

この海域の水温分布構造に影響する要因としては、気象条件と沖合海流が挙げられるが、調査時期の天候は穏やかで、第33回日本海海洋調査技術連絡会資料によると、この時期の経ヶ岬沖には1.2ノットの東流があったことから、50 m層に及ぶ昇温現象を引き起した水温分布構造の変化は、丹後海に流入した暖水が時計回りの渦流となり、その成長に伴って層を厚くし、徐々に南東に移動したものと推察される。

まとめ 昭和52年4月から開始した固定点における常時水温連続観測によって夏季における25 m層の昇温現象、並びに25 m層以深の厚みのある暖水の出現が確認された。この現象についてこれまで得られた事実と現象のスケールに応じて整理してみる。

1. 1か月にわたる昇温の持続 これは優勢な太平洋高気圧と対馬暖流にみられる気象海象の安定さに関連しているものと思われる。若狭湾の環流のタイプ及びその持続性と昇温現象の対応関係の有無が今後の課題であり、過去のデータの見直しと今後のデータの集積によって明らかにされねばならない。
2. 3～4日規模の変動 これは昨年25 m層でみられた昇温現象であるが、今年MTCM-5Aで観測した50 m層の水温変動にもこの規模のものがみられる。問題は、この時間スケールの水温変動と今回の水温分布観測などから推測される渦流としての暖水の形成・成長・移動が同一か否かである。この渦流の存在はこんど観測によって確認されねばならない。

なお、この現象が対馬暖流及び若狭湾環流系の単なるユラギであるのか、それとも若狭湾環流系及び暖水の形成・維持の素過程としての環流への運動エネルギーと熱量を補給する機構であるのか、それとも若狭湾環流の形成もしくは環流パターンの変遷過程そのものであるのか興味のあるところである。

3. 1日弱の変動 これは新井崎の水温変動に顕著にみられるものであって、内部波フロントの移動、岸近くの局所的流況の変動などが想定され、今後いろいろ作業仮説がたてられるところである。この規模の変動は、一定水深における水温変動としてでなく、昇温層の下面、即ち第1躍層の深さの変動としてみれば、前記の3～4日規模の変動と同じ性格のものである可能性も考えられる。

若狭湾の環流パターンは若狭沖冷水域の離・接岸と関連していることが報告されている。今回の観測結果も昇温層の厚さの変動と底層(60～70 m)での底層水との対応がみられる。この底層水の挙動との関連も今後の課題である。

最後に、この調査と結果のまとめに当って有益な助言と協力をいただいた京都府立海洋センター塩川所長、調査課久米課長、京大川合教授、同坂本助教授に厚く御礼申し上げます。また調査に協力いただいた平安丸・みさき丸乗組員諸氏並びに京大水産物理学研究室の諸氏に心から感謝の意を表します。なお、本研究の一部は、文部省科学研究費によった。

文 献

- 1) 加藤安雄・坂野安正：沿岸海洋の変動，京都府立海洋センター，1，181—186 (1977)。

- 2) 舞鶴海洋気象台海洋課：若狭湾(Ⅲ)，沿岸海洋研究ノート，12(2)，145-149(1975)。
- 3) 谷岡克己：山陰地方の高潮，舞鶴海洋気象台研究時報，14(8)，(1962)。
- 4) 日本海海洋調査技術連絡会：昭和53年日本海の海況について，第33回日本海海洋調査技術連絡会会議資料，(1978)。
- 5) 第八管区海上保安本部：昭和53年度における若狭湾共同観測結果について，若狭湾共同調査連絡会会議資料，(1978)。

栗田湾の鉛直断面におけるミクロ
プランクトンおよび珪酸塩の分布について
— I 横断面における分布

西岡 純・中西雅幸・杉山元彦・田中俊次

The Distributions of Microplankton and Silicate
in a Vertical Section of KUNDA BAY
The Profiles of a Transverse Section

Jun NISHIOKA*¹, Masayuki NAKANISHI*¹, Motohiko SUGIYAMA*¹,
and Syunji TANAKA*¹

栗田湾は日本海の中央部に位置する若狭湾の中の一枝湾である。その規模は長軸3 Km, 短軸2 Km, 面積8 Km² 平均深度17m¹⁾と小さい。湾内に注ぐ河川としては流程数Kmの大雲川の他には河川らしい河川は無いが、湾口のすぐ東隣りに接して一級河川の由良川が存在している。湾内では地曳網・刺網・延縄・たこ壺など小規模ではあるが多彩な漁業が行なわれており、カタクチイワシ *Engraulis japonica* のシラスおよびトリガイ *Fulvia mutica* などが主な漁獲となっている。これら漁獲対象生物は藻場または岩礁性のものを除くといわゆるプランクトン捕食者あるいはデトリタス捕食者とされるものが殆どである。したがって、栗田湾での漁業対象生物の生産を明らかにするためにはプランクトンの現存量および生産機構を明らかにする必要がある。京都府水産試験場*²では昭和50年度から栗田湾の調査を行ない、内野²⁾は主として塩分の変動から丹後海水および由良川水の栗田湾への流入・流出状況を明らかにしている。また、藤田³⁾はネットプランクトンについてそのプランクトン相の季節的变化を調査し、栗田湾が内湾的要素は強いが府下の他の内湾と比較すると解放的であることを示している。著者らはこれを補足し、主として由良川水の栗田湾への影響を生物生産との係わりの上で明らかにするために、栗田湾の横断面におけるミクロプランクトンおよび珪酸塩等の分布を周年調査したので、その結果について報告する。

報告に先立ち、機会を与えて頂いた前海洋調査部長 栗田 実氏に厚く御礼申し上げる。また調査に多大の協力を惜しまれなかった調査船みさき丸乗組員の方々に感謝する。更に、プランクトン研究の手解きをして頂いた水産大学校教授鶴田新生博士、ならびに円石藻の査定をして頂いた東京大学海洋研究所助手石丸隆博士に深く感謝の意を表す。

*1 Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu
Kyoto, Japan

*2 現京都府立海洋センター

調査方法

1976年5月10日から1977年4月18日までの1年間にわたり、図1に示した定点で毎月1回観測と試料の採集を行った。観測水深は0, 2, 5, 10, 15, 20mの6層で、観測は午前中に行った。

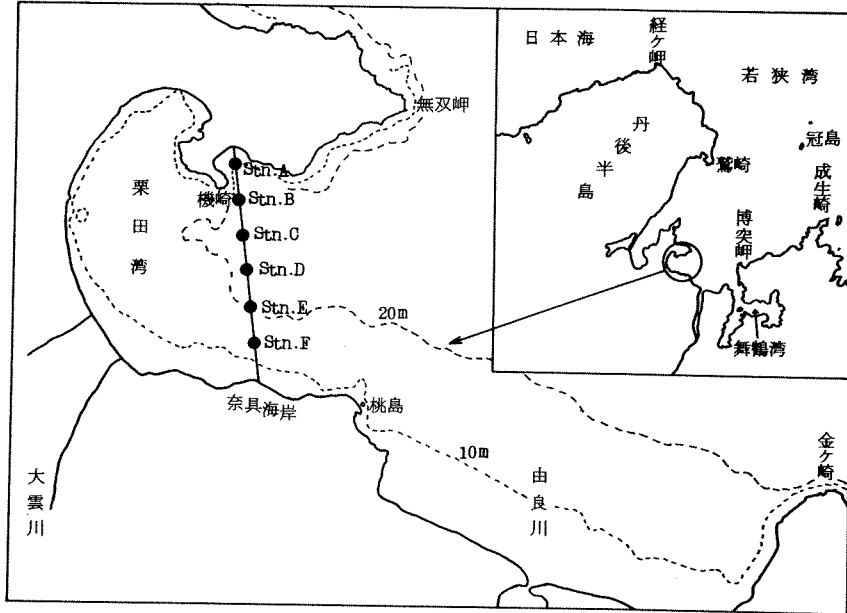


図1 調査定点図

測定項目と方法は下記のとおりである。

水温 (W. T.) 後述のDOメータ附属の温度センサーにより測定した。

海水比重 (σ_{15}) 赤沼式比重計B号により測定した。

溶存酸素飽和度 (DO%) 英国アンドリュース社製DOメータを用いて測定した。

水素イオン濃度 (pH) 鈴研製pH比色系列により測定した。

透明度 (Tr.) 直径30cmのセッキ板を用いて測定した。

磷酸態磷 ($P O_4 - P$) モリブデンブルー法により測定した。

珪酸塩 ($S i O_2$) モリブデンイエロー法により測定した。

プランクトン 北原式採水器により海水500mlを採取し、船上で直ちに炭酸カルシウムにより中性化したフォルマリンを約5ml加えて固定した。試料は2mlに沈澱濃縮し、ラフターセル付計数盤上でネットプランクトンサイズのもの进行全数計数した。更に、計数後全量を5mlにメスアップし、その0.1mlを計数盤上にとり、 $18 \times 32mm$ のカバーグラスをかけ、 15μ 以上の生物と思われるものを全て計数した。珪藻類の計数は群体単位で行った。ただし、固定したりカバーグラスをかけたりしたために群体は分離したので計数値は実際より大きいと考えられる。

結 果

各測定項目の測定値を付表1に示した。

水温 (W.T.) 1976年5月、6月および10月には表層が高く底層が低い状態で、また、11月、1977年1月および2月には逆に表層が低く底層が高い状態の温度分布であった。しかし、5月、6月、10月、1月を除くと水温の測点間の差は小さく、ほぼ一様な分布をなしていた。

海水比重 (σ_{15}) 6月および3月には表層でかなり低下が認められたが、それ以外の月ではわずかに表層の値が低い程度で測点間の差は0.0010以下のことが多かった。また、鉛直断面での比重の低下部分は表層から2mまでで5m以深では陸水の影響は殆ど認められなかった。この結果は内野²⁾の報告と良く一致していた。水域的にはStn. Aの入江状の部分および湾南半分の表層で低い値を示すことが多く、Stn. Bでは表層でも比重が低下することは少なかった(付図-I)。

溶存酸素飽和度 (DO%) および**水素イオン濃度 (pH)** 周年の変化も少なく、各月の測定値の測点間の差も小さかった。

透明度 (Tr.) 5月から8月までは比較的高く、10月から4月までは低かった。

磷酸態磷 (PO_4-P) 一部の測点で高濃度となることもあったが、その分布には一定の傾向は認められなかった。0.8 μg at. $-P/L$ 以下の場合が全観測値の90%を占めていた。

珪酸塩 (SiO_2) 鉛直断面の分布は海水比重の低下しやすい部分では他の所より高濃度になることが多く、また底層でもしばしば高濃度になった。さらに海水比重との間には一定の関係が認められ、一部底層での値を除くと海水比重の高い部分では珪酸塩が高濃度に検出されることは無かった(図-2)。

10月および11月には特異な分布型を示し、湾を南北に二分して南側で濃度が高く北側では低かった(付図-2)。

プランクトン プランクトンの数は今回の計数方法の範囲では年間を通じて一般的に珪藻類が最も多かった。季節的には年

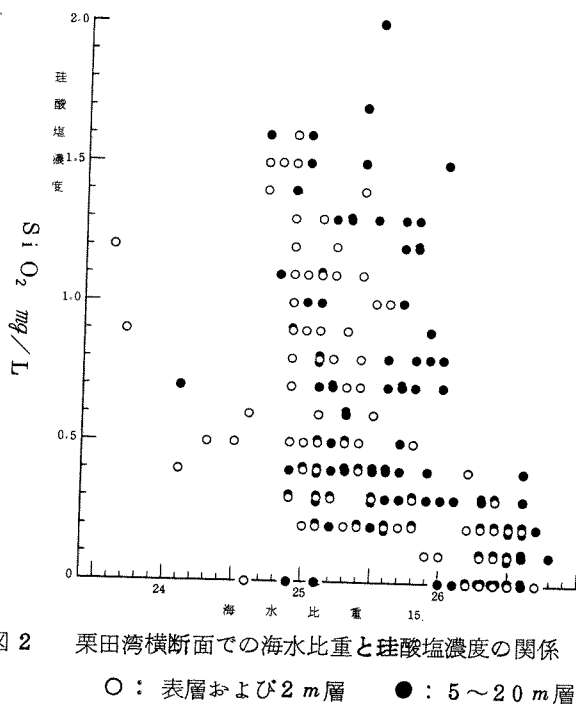


図2 栗田湾横断面での海水比重と珪酸塩濃度の関係

○ : 表層および2m層 ● : 5~20m層

間おおむね二峰型で、珪藻類の多い時には鞭毛藻類および繊毛虫類も多く、少ない時には全てのもが少ない傾向にあった（図-3）。鉛直断面における分布は単に水深によって層状に分布するものが多く、特に0～5 m層に分布の中心を持つものが多かったが、海水比重との間には表-1に示した種類では一定の関係が認められた。一般に有鐘繊毛虫類の分布は海水比重との関連性が高いように思われた。また、磷酸塩濃度の周年の増減と植物プランクトン数の増減は逆の傾向を示した（図-3）。珪酸塩濃度との関係も10月には珪藻類の多い所と珪酸塩濃度の高い部分とが逆になっていた。この関係は9月にも多少認められた。

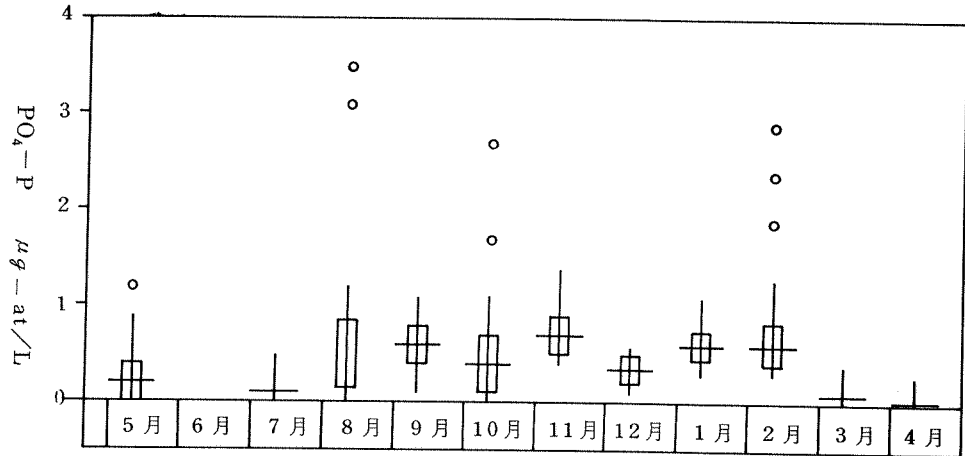


図3-1 磷酸態磷濃度の周年変化

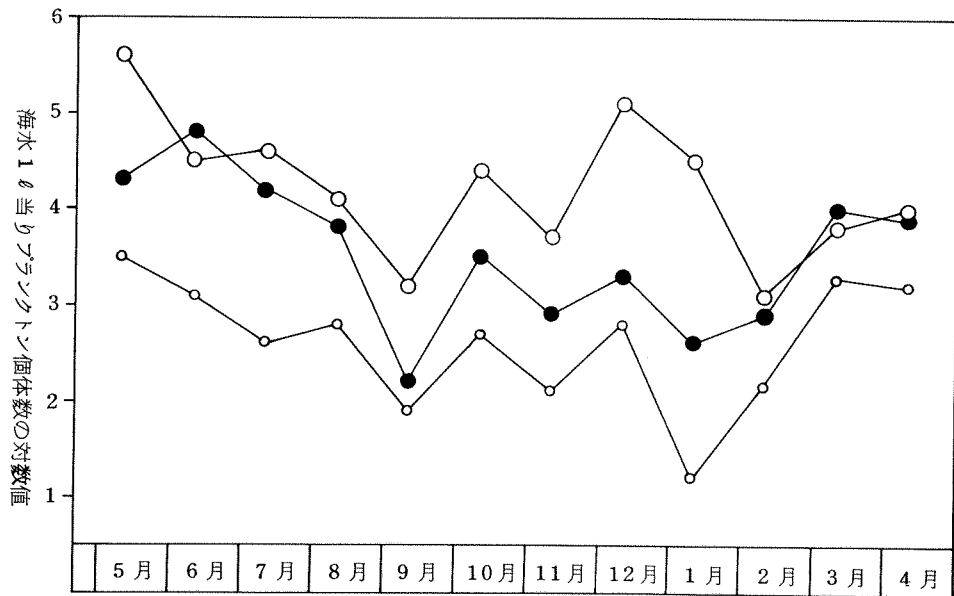


図3-2 プランクトン数の周年変化

○—○ 珪藻類 ●—● 鞭毛藻類 ◻—◻ 繊毛虫類

表1 低鹹水と関連したプランクトンの分布型

低鹹域に分布の中心のあったもの	表層ないしは中層にかけて分布の中心を持つが低鹹域では出現しなかったもの	南北の低鹹域で出現量が大きく異っていたもの
<i>Nitzschia</i> sp. (<i>pungens</i> ?) (8月)	<i>Dactyliosolen mediterraneus</i> (5月)	<i>Syracosphaella palchra</i> (6月)
<i>Helicostomela fusiformis</i> (3月)	<i>Ceratium fusus</i> (6月)	<i>Tintinnidium mucicola</i> (6月3月)
<i>Tintinnopsis kofoidi</i> (3月)		<i>Tintinnopsis directa</i> (6月)
<i>Tintinnus rectus</i> (3月)		<i>Exuviaella</i> spp. (3月)

栗田湾に出現した主なプランクトンについて

今回の調査で毎月平均 1×10^2 個体/L 以上出現した種類について付表2~4に示した。また、*Ceratium* 類および動物性ネットプランクトンについては毎月平均1個体/L以上出現した種類について付表5~7に示した。珪藻類の査定は丸茂・高野・川原田⁴⁾、山路⁵⁾ および小久保⁶⁾ によった。渦鞭毛藻類の査定は ABE⁷⁾、SHILLER⁸⁾、WOOD⁹⁾、DREBES¹⁰⁾ によった。*Ceratium* 類の種名は SOURNIA¹¹⁾ によった。また、繊毛虫類については羽田^{12~16)} によった。円石藻の査定は東京大学海洋研究所助手石丸隆博士にお願いした。

珪藻類 DIATOMS *Asterionella japonica* が殆んど出現しなかったことと、*Cerataulina bergonii* およびネットでは採集出来ない *Navicula* sp. が多量に出現したことを除けば藤田³⁾ の報告とほぼ同様の出現傾向を示した。多く出現したものは殆んどが内湾ないしは沿岸性種といわれるもので、温暖な海域に多い種類であった。 10×10^2 個体/L 以上出現したものについては以下のとおりであった。(ABC順)。

1. *Biddulphia longicruris* GREVILLE 12月から2月にかけて多く出現した。1月には 29×10^2 個体/L まで増加し、5m層を中心に分布していた。藤田³⁾ の報告のネット曳による結果では1月に優占種となったが、今回は優占種とはならなかった。
2. *Cerataulina bergonii* H. PÉRAGALLO 5月から7月、および10月に多く出現した。7月には 2.99×10^2 個体/L まで増加し、優占種となった。分布は著しく表層に片寄っていた。この種は藤田³⁾ の調査では殆んど出現していなかったが舞鶴海洋气象台¹⁷⁾ の報告では1961年5月の丹後海での優占種となっていた(表層・採水法による)。
3. *Chaetoceros socialis* LAUDER 1月および3月に多く出現し、3月には 25×10^2 個体/L まで増加し優占種となった。その分布は著しく湾北側に片寄っていた。
4. *Chaetoceros* spp. *Chaetoceros danicus* などの *phaoceros* 亜属はまとめて別に計数したがこれらは少なかった。*Skeletonema costatum* とともに最も普通に見られ7、8月には優占種となった。最も多かったのは10月で 1.09×10^2 個体/L まで増加した。8月と12月にはほぼ均一に分布していたが、一般的に表層に多く存在した(7月、1月)。10月の分布は特異的であった。
5. *Dactyliosolen mediterraneus* H. PÉRAGALLO 冬季を除いて出現し6月には最も多く見られ45個体/Lまで増加した。0~10m層に多く分布していた。藤田³⁾ の報告では

8～10月に出現していた。

6. *Leptocylindrus daciuus* CLEVE 周年見られたが5、6月に特に多く、特に5月には 3.700×10^2 個体/Lと著しく増加し優占種となった。5月にはほぼ均一に分布していたが、6月には10～15 m層に分布の中心があった。藤田³⁾の報告では10月および4月に多く出現しており、1976年7月および1977年5月の舞鶴湾での優占種であった¹⁸⁾。

7. *Navicula* sp. 6月のみ 170×10^2 個体/Lと多量に出現し優占種となった他は殆ど見られなかった。分布はほぼ均一であった。長径約40 μ と小型であるためにプランクトンネットでは採集出来ない。したがって藤田³⁾の報告には現われなかったものと考えられる。採水法によった丹後海の調査¹⁷⁾でも出現していなかったが城ヶ島では同じ*Navicula*属のものが時として大量に出現している^{19, 20)}

8. *Nitzschia closterium* (EHRENBERG) SMITH 周年みられたが優占種になることはなかった。6～7月の表層に多かった。藤田³⁾の調査では11～12月に出現していた。

9. *Nitzschia* spp. (*pungens* complex) 過去、日本で*Nitzschia seriata* および*Nitzschia delicatissima*として査定されていたものはTAKANO²¹⁾の指摘により再検討する必要が生じたので、連鎖状の*Nitzschia*を全てここに一括した。本種は周年多く見られ*Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* spp. に次ぐ栗田湾での主要種である。4月には 46×10^2 個体/Lまで増加し優占種となった。周年表層に分布することが多かったが4月には底層に多く分布していた。藤田³⁾の報告でも周年多く出現し、4月の優占種であった。

10. *Rhizosolenia setigera* BRIGHTWELL ほぼ周年見られた。1月の 15×10^2 個体/Lが最高で表層に多く分布していた。優占種になることは無かった。

11. *Skeletonema costatum* (GREVILL) CLEVE ほぼ周年みられ*Chaetoceros* spp. と共に栗田湾での主要種である。冬期11～1月の優占種で、最高は12月の 1.260×10^2 個体/Lであった。全般的に表層に多く存在していた。藤田³⁾の報告でも10, 11, 3月の優占種であった。丹後海では1961年3月および12月, 1962年1月および2月の優占種であった¹⁷⁾。

12. *Thalassiosira* spp. 直径20 μ 程度の小型でバラバラのものが多く、種の判別がつけ難かったため一括して計数した。春の3～4月に多く出現した。共に次優占種で底層に多く分布していた。藤田³⁾の報告では11～2月に出現していた。

13. その他 *Thalassiothrix frauenfeldii*, *Thalassionema nitzschioides* 等は周年相当数出現したが、大量に出現することは無かった。 $1 \sim 9 \times 10^2$ 個体/L以上出現したのものについては表に掲げた。

鞭毛藻類 FLAGELLATES *Ceratium* 属を除く他の種類では数種を除き極く小型であるためにプランクトンネットでは採集出来ず、この類に関する日本での知見は少ない。また、今回の調査ではフォルマリンにより固定したために無殻のものは殆ど種名の査定が出来なかった。15 μ 以下のものは計数の対称外としたことや、固定により破壊されてしまったものもあるために以下は鞭毛藻類の中の検鏡出来たもののみについて論じた。月平均 10×10^2 個体/L

以上出現した種は次の様であった。

1. *Ceratium kofoidi* *Ceratium* 類の項で述べる。
2. *Exuviaella* spp. *Prorocentrum* 属との区別が難しく歯状突起の目立たないものはここに含めて計数した。周年出現するが3月の 10×10^2 個体/Lが最高で、その分布はごく表層に多かった。
3. *Gymnodinium* 型 フォルマリン固定のため変型し良く判らないが、大型の *Gymnodinium* および *Gyrodinium* と思われるもので数種の混合である。周年出現し4月の 11×10^2 個体/Lが最高であった。
4. *Peridinium* 型 特異な外形の *Minuscula bipes* (= *Peridinium minusculum*), *Gonyaulax diacantha*, *Gonyaulax triacantha* ? 以外の有殻渦鞭毛藻類を一括して計数した。周年出現したが3月から7月にかけて特に多く、3月の 86×10^2 個体/Lが最高でこの月の優占種であった。5月は *Peridinium pellucidum* が主体で、3月は *Peridinium trochoidium* が主体であった。前者は ABE⁷⁾により陸奥湾から、後者は安達²²⁾により赤潮生物として報告されている。
5. *Prorocentrum triestinum* SCHILLER ほぼ周年出現したが5~7月に特に多かった。6月には 371×10^2 個体/Lまで増殖し優占種となった。分布はごく表層に片寄っていた。この種は安達²²⁾により赤潮生物として報告されている。
6. *Syracosphaera pulchra* LOHMANN* 5~8月に多く出現し、冬期には出現しなかった。6月の 108×10^2 個体/Lが最高であった。また7月には優占種となった。5月および7月には5 m層以下に多く分布し、6月には2 m層を中心に分布していた。この種についての日本沿岸での知見は無いが、SCHILLER²³⁾によればアドリア海では周年到る所に見られ最高3,600 個体/Lを記録している。今回はこれを上回る量であった。
7. 無殻鞭毛藻類 約15 μ 以上の生物と思われるものを全て一括して計数したが、フォルマリン固定による変型のため非生物との区別のつかないものも多く、また、検鏡までに破壊されてしまったものも多いと考えねばならない。したがって今回の結果は単なる目安にしかすぎないが、これらの鞭毛藻類は周年多数出現し、この類が種名の査定されたものよりも多く存在していた月も多かった。

その他 *Silicoflagellata* spp., *Gonyaulax diacantha*, *Euglenoida* spp. 等が相当数出現した。1~ 9×10^2 個体/L出現したものは表に掲げた。

Ceratium 類 鞭毛藻類の中では比較的大型で有名なものも多い。500 ml 中の全個体を計数した。月平均10 個体/L以上出現したものについては次の様であった。

1. *Ceratium arietinum* CLEVE 4~6月に比較的多く見られ、4月の13 個体/Lが最高であった。各月とも表層には少なく10~15 m層を中心に分布していた。
2. *Ceratium furca* (EHRENBERG) CLAPARÉDE & LACHMANN 周年見られたが

* ハプト藻綱に属し、いわゆる円石藻と言われるものの一種である。円石藻ではこの他に *Gephyrocapsa oceanica* が多く出現したが直径10 μ 程度であるので計数の対象外とした。

特に6~8月に多く出現した。8月には178個体/Lまで増加し、*Ceratium*属の中での優占種となった。分布の中心は6月および8月には0~2m層、7月には湾北側5m層であった。今回の調査で得た、本種が5m以浅に多いという結果は佐々田ら²⁴⁾および鳥海²⁵⁾の報告と一致していた。

3. *Ceratium fusus* (EHRENBERG) DUJARDIN 周年見られたが特に6~7月および4月に多く出現した。7月には285個体/Lまで増加し本属中の優占種となった。また、4月においても優占種であった。分布は5m層を中心に形成することが多く表層に分布の中心を持つことは無かった。佐々田ら²⁴⁾はこの種の分布と*Cer. furca*のそれとの間に順相関が認められたとしているが、今回の調査ではむしろ次の*Cer. kofoidi*の分布と類似しており*Cer. furca*の分布とは関係が少ないようであった。これは鳥海²⁵⁾の報告と良く一致していた。

4. *Ceratium kofoidi* JÖRGENSEN *Ceratium*属の中では最も小型の部類に属しており、XX13のネットを通過すると思われるので多数出現したという報告は少ない。あるいは日本海側に多いのかも知れない。今回の調査では4~8月に多く出現し5月および6月には優占種となった。最高は6月の371個体/Lであった。ただし、小型で薄弱のため40倍での計数では見落しも多かったものと思われ、100倍での計数結果では約3倍の 12×10^2 個体/Lであった。分布は5m層を中心にそれ以深の層に多く表層では少ないことが多かった。この分布型は*Cer. fusus*のそれと良く似ていた。

5. *Ceratium trichoceros* 冬から春には見られず、8月のみ26個体/Lと多く出現した。分布はほぼ均一であった。

6. その他 6月のみ多く出現したが、その他の月には特に多くはならなかったので一括した。主体は*Ceratium massiliense*であった。その他*Ceratium tripos*等かなりの種が出現したがいずれも少数であった。

繊毛虫類 CILIATA 有鐘繊毛虫類以外で種の判別可能であったものは*Tiarina fusus*のみで*Mesodinium rubrum*と思われるものも多く出現したが変型が著しく同定が困難であった。有鐘繊毛虫類では小型の*Helicostomella longa*, *Tintinnopsis beroidea*, *Tintinnopsis nana*, *Salpingella* sp., *Stenosemella nivalis*が 1×10^2 個体/L以上出現したが、いずれも分布を論じるのに有効な数まで計数することは出来なかった。500ml中の全数を計数し月平均10個体/L以上出現したものは次のとおりであった。

1. *Amphorella quadrilineata* (CLAPARÈDE & LACHMANN) DADAY 冬期には出現せず、5月に50個体/L出現し5m層を中心に分布していた。

2. *Favella ehrenbergii* (CLAPALÈDE & LACHMANN) JÖRGENSEN var. 次の*Favella taraikaensis*と交替に出現し、5~7月以外には見られなかった。6月の85個体/Lが最高で、ごく表層に片寄った分布型を示した。

3. *Favella taraikaensis* HADA 3~7月以外は見られず、5月および4月に多かった。4月には83個体/L出現し、有鐘繊毛虫類中の優占種となった。湾北側に多く、5月には0~2m、4月には10~20mに多く出現した。

4. *Helicostomella fusiformis* (MEUNIER) JÖRGENSEN 2~7月以外は見られず、5月および3~4月に多く出現した。最高は4月の31個体/Lであった。5月には5m以下、3月にはごく表層に、また4月には海底に沿って分布していた。
5. *Parafavella denticulata* (EHRENBERG) KOFOID & CAMPBELL *Par. gigantea* あるいは *Par. vantrivosa* を含むかも知れない。4月および5月に多く出現し、4月の76個体/Lが最高であった。分布はいずれも表層に少なく底層に多い型であった。
6. *Stenosamella parvicollis* (MARSHALL HADA) この種はネットプランクトンとして扱うにはやや小さい。ほぼ周年見られたが5~6月および12月には多く出現し、5月および12月には有鐘繊毛虫類中の優占種となった。最高は5月の121個体/Lであった。5月および6月は中層以下に、12月には中層以浅に多く分布していた。
7. *Tintinnidium mucicola* (CLAPALÈDE & LACHMANN) DADAY 6月および3月に多く出現した。3月の41個体/Lが最高であった。ごく表層に限られて分布し、6月には湾の南北兩岸、3月には北岸に少ないという片寄った分布型を示した。
8. *Tintinnopsis corniger* HADA 6月と7月にのみ出現したが、6月には302個体/Lまで増加し繊毛虫類中の優占種となった。分布はごく表層中央部に片寄っていた。
9. *Tintinnopsis directa* HADA 夏から秋に出現し、6月の285個体/Lが最高であった。分布はごく表層に中心があったが15m層にもやや多く出現した。
10. *Tintinnopsis kofoidi* HADA 夏期を除いて見られ、5月および3月に多く出現した。3月には71個体/Lまで増加し有鐘繊毛虫類中の優占種となった。5月には一様に分布し、3月にはごく表層およびごく底層に多く出現した。
11. *Tintinnopsis radix* (IMHOF) BRANDT 本種は、6月から多く出現した。ほぼ周年見られたが最高は6月の73個体/Lで7月には有鐘繊毛虫類中の優占種となった。分布は表層に少なく底層に多く出現する型であった。
12. *Tintinnus lusus-undae* ENTZ 5月および6月に多く出現し、最高は5月の37個体/Lであった。5月にはほぼ均一に分布し、6月には表層に限られて分布していた。
13. *Tintinnus rectus* WAILES 3月と4月のみ見られ3月の12個体/Lが最高でごく表層に片寄って分布していた。

考 察

内湾でのプランクトンの生産は、湾内水の栄養塩濃度によって左右されると考えられる。さらに栄養塩の供給源としては、海底からの溶出、生物体による濃縮移動が考えられるが、陸水の流入による供給も無視出来ない。特に珪藻類の増殖に不可欠である珪酸塩は一般に海水に比して陸水中にはこの濃度で100倍程度も高い。このような観点から栗田湾におけるプランクトン相の変動と流入陸水との相関性について調査した。

海水比重、珪酸塩濃度、プランクトン数の鉛直断面における分布の調査結果からは、栗田湾の表層に出現する低鹹水についてその由来を次の様に考えることが出来る。低鹹水は S_{tn}. A

の入江状の部分および湾南側の表層に出現するが、両水域で異った分布の型を示したプランクトンの種類も多かった。プランクトン相から見ると Stn. A の入江状の部分は他の測点に比べより内湾的である。したがってこの水域の低鹹水は一度湾内へ流入した陸水が滞留したものであり、湾中央部より南側に出現する低鹹水は直接由良川に由来するものである。これは内野²⁾の報告と矛盾するが、今回の調査では極端な比重の低下は認められず、由良川水が大量に栗田湾に流入することはなかったものと思われる。また、このような場合には由良川水は湾の南側を通ると考えられる。

同じ年に行った舞鶴湾での結果¹⁹⁾と比較すると、水温の変動はほぼ一致したが、海水比重(σ_{15})は栗田湾では1.0240以下になることが殆どなく、陸水の影響は少なかった。これは湾に流入する河川水量の違いと、由良川から流入した陸水が博奕岬から成生崎沿いに東流している²⁷⁾ため、通常は栗田湾には直接的に比重を極端に低下させるまでには影響が及んでいないものと考えられる。しかし、両湾における栄養塩($\text{PO}_4\text{-P}$ および SiO_2)の濃度に大きな違いは無かった。また、珪酸塩は表層の低鹹となりやすい水域と底層付近に高濃度に検出されることが多かった。前者は陸水からの供給、後者は底泥からの供給によると考えられる。栗田湾周辺の人口は約2,600人*と少なく、また、湾内に注ぐ大雲川は小さくその水量は由良川に比べて無視出来ると思われるので、この湾への栄養塩の陸水からの補給は主として由良川水によるものと考えられる。

プランクトン数は概して舞鶴湾の方が多く、優占種も殆どの場合一致していなかった。また、舞鶴湾のように単一種が極端に増殖して優占することは少なく、プランクトン相も多様であることから藤田⁸⁾も述べているように栗田湾は内湾的要素は強いが比較的解放された湾であると言える。

外海水の流入については今回の調査結果からは明瞭に把握することは出来なかった。この他、無殻の鞭毛藻類やナンノプランクトンについても知見が得られなかった。さらに、プランクトンの現存量を制御している種々の要因についても多方面から調査する必要がある、魚介類を含めた生物群集の構造機能を明らかにするためには問題は山積みされている。

要 約

1. 1976年5月から1977年4月までの1年間にわたり、栗田湾中央部における横断面でのマイクロプランクトンおよび珪酸塩等についてその鉛直分布を各月1回調査した。
2. 海水比重の著しい低下は認められず、5m層以下には陸水の影響は認められなかった。比較的low鹹な水は主に湾の南側に出現した。また、機崎側の入江状の部分でもしばしば認められた。
3. 磷酸態磷および珪酸塩は比較的高濃度に存在し、陸水の影響が大きいと思われた。
4. 磷酸態磷の分布には規則性は認められなかったが、その増減は植物プランクトンの増減と逆の傾向を示した。

* 昭和50年国勢調査 宮津市の概要結果, 宮津市企画課統計広報係

5. 珪酸塩は一般的に比重の低下しやすい部分および底層に多く分布し、陸水（主として由良川）および底泥からの供給が考えられた。
6. プランクトンの分布は単に水深によって層状に分布するものが多く、特に0～5 m層に分布の中心を持つものが多かった。
7. プランクトンのうち表層を中心に分布する種類では湾の南北両岸で出現度合の異なるものがしばしばあり、表層の低鹹水が湾の両側でその由来、性状を異にしていることが伺われた。
8. 珪藻類、鞭毛藻類、*Ceratium* 類および繊毛虫類の主なものについて、その出現の様子の概略を述べた。

文 献

- 1) 舞鶴海洋気象海洋課：若狭湾（I）. 沿岸海洋研究ノート，11（2），143—150（1974）.
- 2) 内野憲：栗田湾の海況変動（予報）. 京水試報告，昭和50年度，29—36（1977）.
- 3) 藤田真吾：栗田湾のプランクトンについて，京水試報告，昭和50年度，37—52（1977）.
- 4) 丸茂隆三・高野秀昭・川原田裕：日本海洋プランクトン図鑑，第1巻，蒼洋社，東京，1966.
- 5) 山路勇：日本海洋プランクトン図鑑，保育社，東京，1966.
- 6) 小久保清治：浮遊珪藻類、恒星社厚生閣，東京，1960.
- 7) ABE, T. H. : Notes on the Protozoan Fauna of Mutsu Bay. I. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, Ser. 4, 2 (4), 383—438 (1927).
- 8) SCHILLER, J. : *Rabenhorsts Kryptogamen Flora*, 10, (3), Akademische Verlagsgesellschaft, M. B. H., Leipzig, 1933—1937.
- 9) WOOD, E. J. F. : Dinoflagellates in the Australian Region. *Aust Jour. Mar. Freshw. Res.* 5 (2), 171—351 (1954).
- 10) DREBES, G. : *Marines Phytoplankton Eine Auswahl der Helgolonder Planktonalgen (Diatomeen, Peridineen)*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1974.
- 11) SOURNIA, A. : Le Genre *Ceratium* (Peridinien Planctonique) Dans le Canal de Mozambique, Contribution a Une Revision Mondiale, *Vie et Milieu*, Ser. A, 18 (2), 375—499 (1967).
- 12) HADA, Y. : The Pelagic Ciliata, Suborder Tintinnoinea. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. Ser. 4, 7 (4)*, 553—572 (1932).
- 13) HADA, Y. : The Tintinnoinea from the Sea of Okhotsk and Its Neighborhood *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. Ser. 4, 2 (1)*, 37—59 (1932).
- 14) HADA, Y. : The Fauna of Akkeshi Bay. IV. *ibid.*, 5 (3), 143—216 (1937).

- 15) HADA, Y. : Studies on the Tintinninoidea from the Western Tropical Pacific. *ibid.*, 6 (2), 87-190 (1938).
- 16) 羽田良禾：瀬戸内海から見出した有鐘纖毛虫類の新種、鈴峰女子短研集報, 11, 1-4 (1964).
- 17) 舞鶴海洋気象台海洋課：若狭湾 (V), 沿岸海洋研究ノート, 13 (2), 97-104 (1976).
- 18) 西岡純・中西雅幸・杉山元彦・田中俊次：舞鶴湾の水質とプランクトンについて、本報, 1, 74-93 (1977).
- 19) 川原田裕：城ヶ島におけるミクロプランクトンの季節変化、中央気象台海洋報告, 3 (4), 233-238 (1954).
- 20) 朝岡治：城ヶ島における珪藻プランクトンの性状と海況の変動 (1952年3月～1953年5月). 日海誌, 11 (2), 69-74 (1955).
- 21) TAKANO, H. and K. KUROKI : Some Diatoms in the Section Pseudo-nitzschia Found in Coastal Waters of Japan. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, 91, 41-51 (1977).
- 22) 安達六郎：赤潮生物の分類学的研究, 三重県大水研報, 9 (1), 9-145 (1972).
- 23) SCHILLER, J. : Die Planktonischen Vegetationen des Adriatischen Meeres. *Archiv für Protistkunde*, 51, 1-130 (1926).
- 24) 佐々田憲・北上井隆・石郷岡隆・藤山虎也：三種の *Ceratium* の生態に関する研究、広大水畜紀要, 15 (1), 111-125 (1976).
- 25) 鳥海三郎：油壺湾の *Ceratium* の垂直分布と季節的消長について。藻類, 24 (2), 55-61 (1976).
- 26) 舞鶴海洋気象台海洋課：丹後海一斉観測報告, 舞鶴海洋時報, 1 (5, 6), 51-111 (1952).

付表 1 各測定項目の各月の測定値の範囲と平均

項目	調査月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
水温 (W. T.) 単位: °C	範囲	18.2	20.9	欠	27.2	欠	25.5	18.3	欠	11.0	8.7	9.0	11.4
		14.4	17.7		26.5		19.5	17.0		9.1	7.2	8.3	10.7
	平均	16.2	20.0		26.7		23.4	17.9		10.0	8.1	8.6	11.0
比重 (σ ₁₅)	範囲	25.8	26.2	欠	25.3	欠	25.7	25.3	欠	25.8	26.0	26.6	26.7
		25.7	28.4		28.7		24.7	24.7		24.9	25.2	16.5	26.2
	平均	26.4	25.5		24.9		25.2	25.0		25.4	25.6	25.2	26.4
透明度 (Tr) 単位: m	範囲	8.0	9.5	欠	11.5	欠	4.0	6.0	欠	6.0	8.8	7.0	6.5
		7.0	7.4		6.5		0.9	4.1		5.0	8.1	4.0	5.5
	平均	7.5	9.1		9.7		2.3	4.9		5.4	8.5	5.6	6.0
溶存酸素飽和度 (D.O.%) 単位: %	範囲	118	114	欠	欠	欠	101	99	欠	107	96	109	126
		102	95				82	87		97	90	92	98
	平均	107	108				92	92		108	98	102	119
水素イオン濃度 (pH)	範囲	8.4	8.4	欠	8.3	欠	8.3	8.4	欠	8.3	8.3	8.3	8.3
		8.2	8.3		8.2		8.2	8.2		8.2	8.2	8.2	8.3
	平均	8.3	8.4		8.2		8.3	8.3		8.3	8.2	8.3	8.3
磷酸態磷 (PO ₄ -P) 単位: μg at./L	範囲	1.2	欠	0.5	3.5	1.1	2.7	1.4	0.6	1.1	2.9	0.4	0.3
		ND		ND	ND	tr	ND	0.4	0.1	0.3	0.3	ND	ND
	平均	0.2		0.1	0.6	0.6	0.5	0.7	0.3	0.6	0.8	0.1	0.0
珪酸塩 (SiO ₂) 単位: mg/L	範囲	0.3	4.0	1.2	0.9	2.0	4.9	1.6	0.3	0.7	1.5	2.4	0.2
		tr	0.5	0.1	tr	0.3	0.3	0.6	0.2	0.2	0.3	ND	ND
	平均	0.1	2.1	0.5	0.3	0.8	1.0	1.1	0.3	0.3	0.8	0.6	0.0

付表 2 珪藻類の各月の平均出現数 (1/50 計数による)

単位: 群体数 × 100 / L

種名	調査月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
<i>Biddulphia longicuris</i>		—	+	—	+	+	+	1	3	29	7	—	—
<i>Cerataulina bergonii</i>		2	4	299	+	—	6	+	+	+	—	—	+
<i>Chaetoceros socialis</i>		—	—	—	—	—	+	—	+	7	—	25	+
Ch. spp.		1	5	40	43	+	109	3	47	53	+	6	2
<i>Dactyliosolen mediterraneus</i>		2	45	2	6	—	7	+	1	—	—	—	2
<i>Leptocylindrus danicus</i>		3,700	79	2	1	—	2	2	2	5	—	+	3
<i>Navicula</i> sp.		—	170	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Nitzschia closterium</i>		+	13	16	3	+	4	6	3	2	+	+	1
<i>Nitz. sp. (pungens?)</i>		2	1	6	33	2	10	4	25	11	+	6	46
<i>Rhizosolenia setigera</i>		—	3	9	2	—	+	+	+	15	+	+	+
<i>Skeletonema costatum</i>		+	+	14	+	—	107	16	1,260	153	—	+	1
<i>Thalassiosira</i> spp.		—	4	5	+	+	4	1	3	2	2	22	37
不明種		—	10	+	9	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Asteromphalus</i> spp.		—	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+	5
<i>Bacteriastrum</i> spp.		+	—	2	+	+	+	+	+	—	—	2	+
<i>Coscinodiscus</i> spp.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	+	+
<i>Ditylum brightwellii</i>		—	+	+	—	+	+	+	+	1	+	+	+
<i>Eucampia zoodiacus</i>		+	—	+	—	—	—	+	+	7	—	+	+
<i>Guinardia flaccida</i>		+	2	3	+	+	1	+	+	+	—	—	—
other Pennales		3	+	2	3	1	4	3	1	1	+	1	2
<i>Pleurosigma</i> spp.		—	+	+	+	5	5	1	1	1	+	—	2
<i>Rhizosolenia alata</i>		—	—	1	3	+	2	+	+	+	—	+	—
<i>Rhiz. fragilissima</i>		—	—	—	+	—	1	—	—	2	—	+	+
<i>Rhiz. hebetata</i>		7	+	+	4	—	+	—	—	—	—	+	+
<i>Rhiz. stolterfothii</i>		+	+	+	—	—	+	+	+	4	—	+	+
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		—	3	+	3	+	+	3	2	2	+	1	+
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>		+	+	+	3	6	6	2	2	3	+	+	+
珪藻類 総計		3,725	340	410	117	17	274	47	1,854	801	13	70	108

付表 3 鞭毛藻類の各月の平均出現数 (1/50 計数による)

単位: 細胞数×100/L

種名	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
<i>Ceratium kofoidi</i>	2	12	2	+	-	1	-	+	-	+	+	+
<i>Dinophysis</i> spp.*	2	4	1	+	-	+	-	+	-	+	+	7
<i>Exuviaella</i> spp.	+	+	2	+	-	1	+	+	+	+	10	+
Gymnodinium 型	6	4	2	2	-	+	+	2	+	3	2	11
Peridinium 型	53	16	15	7	+	7	+	2	+	2	86	16
<i>Prorocentrum triestinum</i>	15	371	15	3	-	+	+	+	+	-	+	+
<i>Syracosphaella pulchra</i>	15	108	78	3	-	+	+	-	-	-	-	-
無殻鞭毛藻類	104	121	44	39	1	12	6	6	2	2	23	28
<i>Ceratium furca</i>	-	+	3	4	+	+	+	+	-	+	-	+
<i>Cer. fusus</i>	+	3	3	+	+	+	+	+	+	+	-	1
<i>Cer. Macroceros</i> spp.	-	1	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Euglenidae	+	2	+	3	-	4	+	+	+	+	7	+
<i>Gonyaulax diacantha</i>	2	8	+	+	-	+	-	-	-	+	+	5
<i>Minuscula bipes</i>	-	4	3	+	-	+	-	+	-	-	1	-
<i>Prorocentrum micans</i>	-	+	+	+	-	1	+	+	-	-	+	-
<i>Siticoflagellata</i> spp	+	9	2	+	+	+	+	9	+	+	+	1
渦鞭毛藻類 計	81	440	47	18	+	14	1	6	2	5	10	44
鞭毛藻類 総計	198	665	164	63	1	33	8	21	4	7	111	74

* *Phalacrocoma* 属は別に計数した

付表 4 繊毛虫類の各月の平均出現数 (1/50 計数による)

単位: 個体数×100/L

種名	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
<i>Amphoralta quadrilineata</i>	2	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Helicostomella longa</i>	-	+	1	1	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Parafavella denticulata</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Salpingella</i> sp.	2	2	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
<i>Stenosemella nivalis</i>	?	?	+	-	+	+	-	2	+	+	-	-
<i>Tintinnidium mucicola</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Tintinnopsis corniger</i>	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>T. kofoidi</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	+
<i>T. nana</i>	?	?	-	2	-	+	+	+	-	-	-	+
<i>T. beroidea</i> /sfp.	16*	3*	1	+	+	1	+	2	+	+	1	+
<i>Tintinnus lusus-undae</i>	1	+	+	1	-	+	+	-	-	-	-	-
有鐘繊毛虫類 計	25	11	5	6	+	3	1	6	+	+	5	4
<i>Tiarina fusus</i>	2	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	3
無殻繊毛虫類	4	2	+	+	+	2	+	+	-	+	17	9
繊毛虫類 計	30	13	5	6	+	5	1	6	+	2	22	16

* *T. directa* を含む付表 5 *Ceratium* 類の各月の平均出現数 (全数計数による)

単位: 細胞数/L

種名	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
<i>Ceratium arietinum</i>	8	2	-	-	-	+	-	+	+	+	+	13
<i>C. furca</i>	+	49	226	178	+	6	2	6	+	+	+	+
<i>C. fusus</i>	4	217	285	8	1	5	4	4	+	6	1	96
<i>C. kofoidi</i>	53	371	74	9	-	4	+	3	-	+	+	12
<i>C. trichoceros</i>	-	-	+	26	-	1	+	+	-	-	-	-
others	4	147	9	3	+	3	1	6	1	+	+	2
<i>Ceratium</i> 類 計	69	786	595	222	2	20	7	19	3	7	3	124

付表 6 有鐘織毛虫類の各月の平均出現数 (全数計数による)

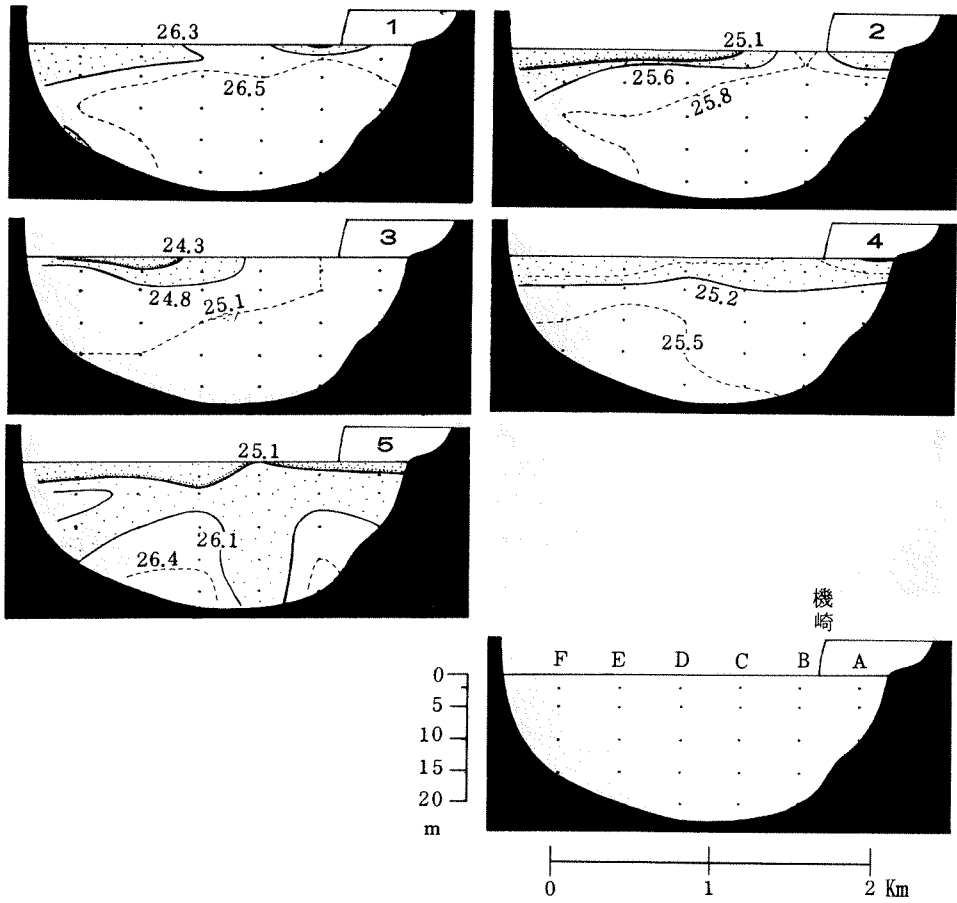
単位: 個体数/L

種 名	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
<i>Amphorella quadrilineata</i>	50	3	1	2	—	1	+	—	—	—	—	—
<i>Favella ehrenbergii</i>	6	85	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>F. taraikaensis</i>	35	3	+	—	—	—	—	—	—	—	4	88
<i>Helicostomella fusiformis</i>	31	+	—	—	—	—	—	—	—	+	12	27
<i>Parafavella denticullata</i>	31	—	—	+	—	+	—	—	—	—	+	76
<i>Stenosemella parvicollis</i>	121	65	4	+	—	—	+	103	2	2	+	+
<i>Tintinnidium mucicola</i>	+	15	—	—	+	—	—	—	—	—	41	+
<i>Tintinnopsis corniger</i>	—	302	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>T. directa</i>	—	285	?	7	+	3	1	—	—	+	+	—
<i>T. kofoidi</i>	25	—	—	—	—	+	—	+	+	2	71	6
<i>T. radix</i>	—	73	67	+	5	4	4	1	+	—	—	+
<i>Tintinnus lusus-undae</i>	37	28	5	8	—	2	+	+	—	—	—	+
<i>T. rectus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	+
<i>Codonellopsis nipponica</i>	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	+
<i>Coxiella</i> spp.	+	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Leprotintinnus nordqvisti</i>	—	+	+	+	4	+	+	—	—	—	—	—
<i>Tintinnopsis aperta</i> var. <i>tocantinensis</i>	—	+	—	2	+	—	—	—	—	—	—	—

付表 7 多細胞動物プランクトンの各月の平均出現数 (全数計数による)

単位: 個体数/L

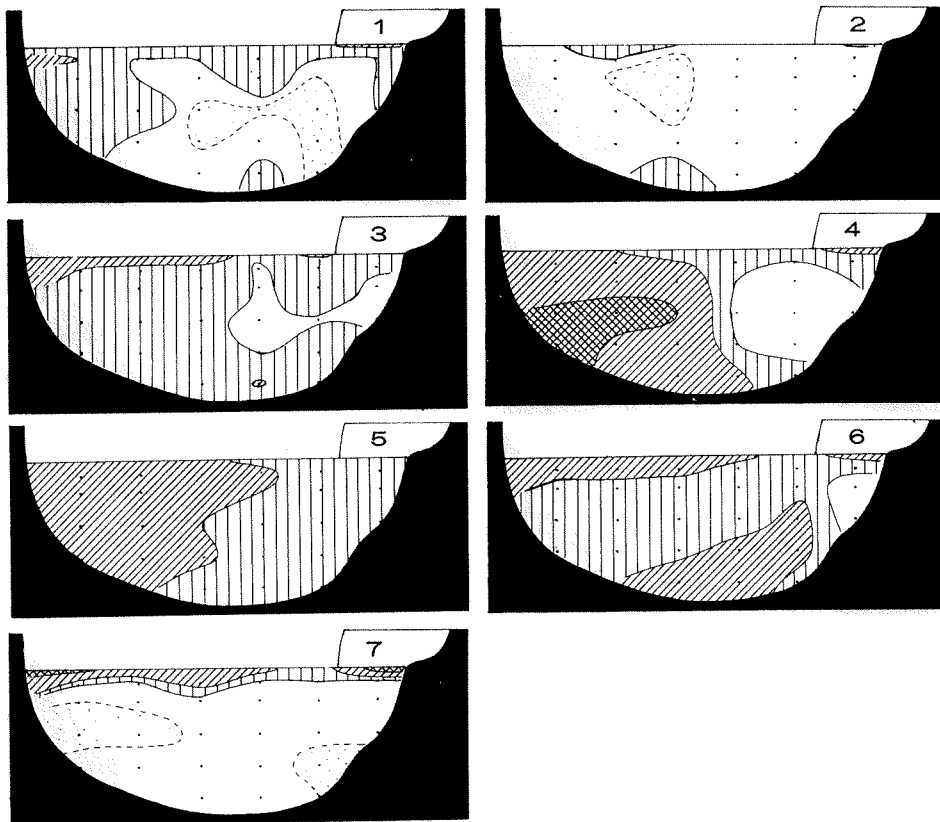
種 名	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
ワ ム シ 類	—	—	—	+	—	11	—	+	—	5	4	5
枝 角 類	+	1	1	1	—	+	—	+	+	+	11	+
橈 脚 類	16	42	108	25	12	13	7	25	5	7	20	12
ノーブリウス	77	112	381	50	9	24	29	42	16	23	27	20
尾 虫 類	+	34	30	2	+	2	1	18	3	2	23	9
動物幼生	2	+	8	48	4	9	7	4	2	4	2	2
(二枚貝幼生)	(1)	(—)	(6)	(38)	(3)	(3)	(5)	(2)	(1)	(4)	(2)	(1)
多細胞動物計	95	188	529	126	26	60	43	89	26	41	87	47



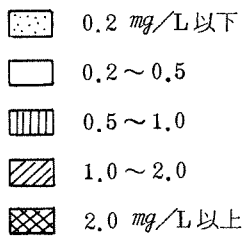
図版説明

I : 海水比重 (σ_{15}) の鉛直断面における分布

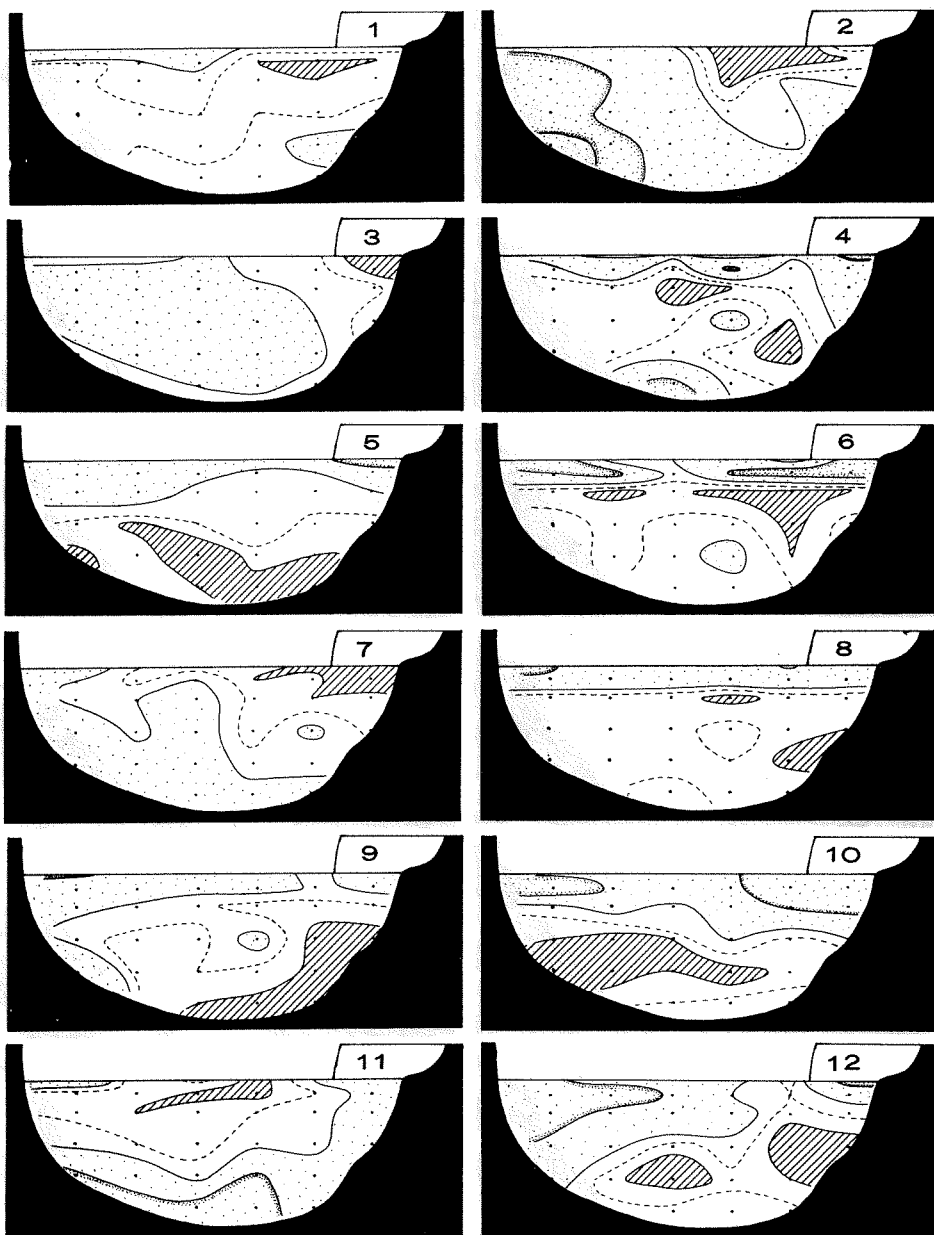
- 1 : 1976年5月10日
- 2 : 1976年6月19日
- 3 : 1976年8月25日
- 4 : 1976年10月12日
- 5 : 1977年3月17日



II : 珪酸塩 (SiO_2) の鉛直横断面における分布



- 1 : 1976年7月13日
 2 : 1976年8月25日
 3 : 1976年9月14日
 4 : 1976年10月12日
 5 : 1976年11月10日
 6 : 1977年2月8日
 7 : 1977年3月17日



Ⅲ：プランクトンの鉛直横断面における分布

図中の表示は次のとおりである。

---- 平均値

⋯ 平均値の1/2以下(対数値で0.3低い値)

▨ 平均値の1/10以下(対数値で1.0低い値)

▧ 平均値の2倍以上(対数値で0.3高い値)

1：珪藻類総数(9月)

2：珪藻類総数(10月)

3：*Prorocentrum triestinum*(5月)

4：*Syracosphaella pulchra*(5月)

5：*Ceratium kofaidi*(5月)

6：*Amphorella quadrilineata*(5月)

7：*Favella taraikaensis*(5月)

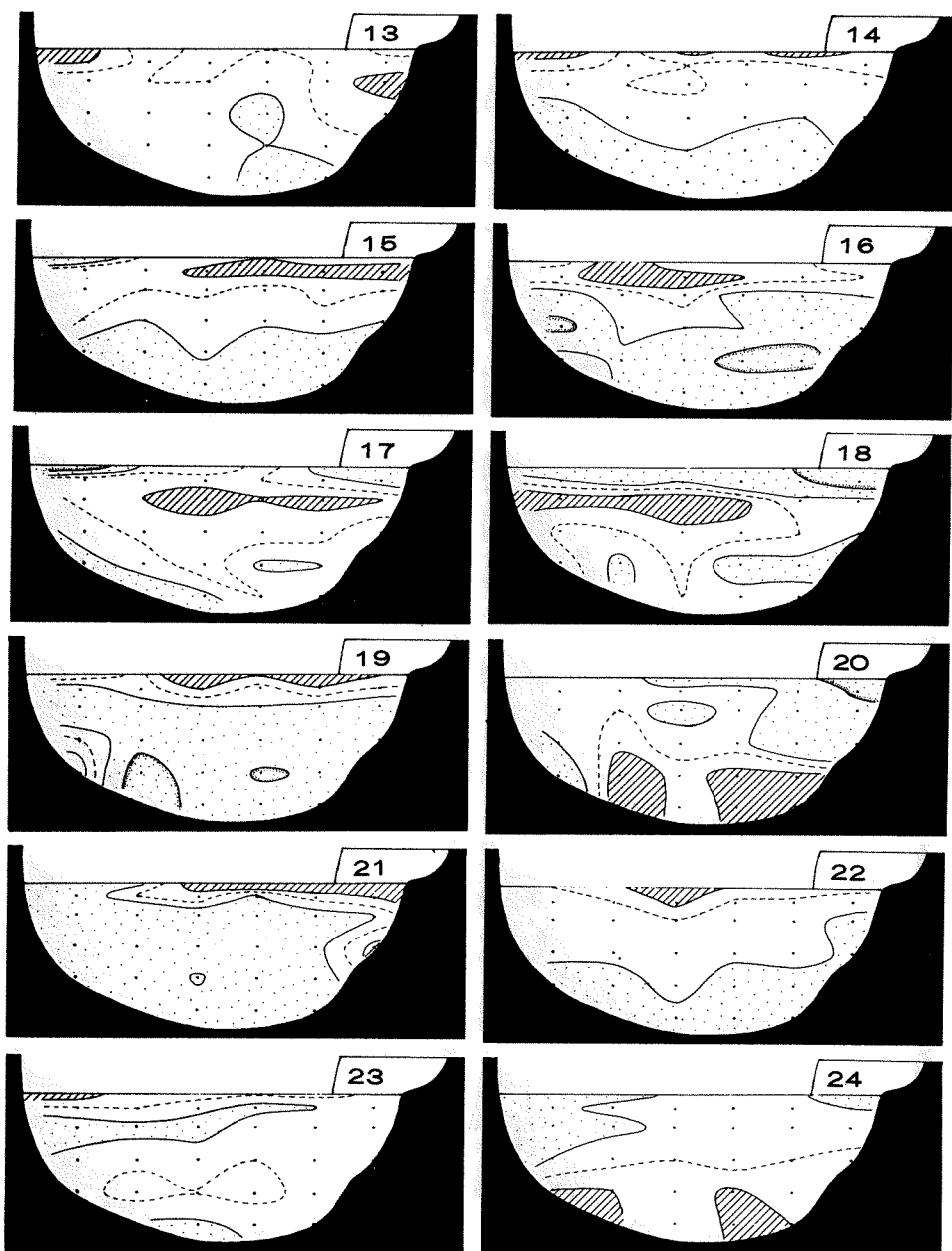
8：*Helicostomella fusiformis*(5月)

9：*Parafavella denticulata*(5月)

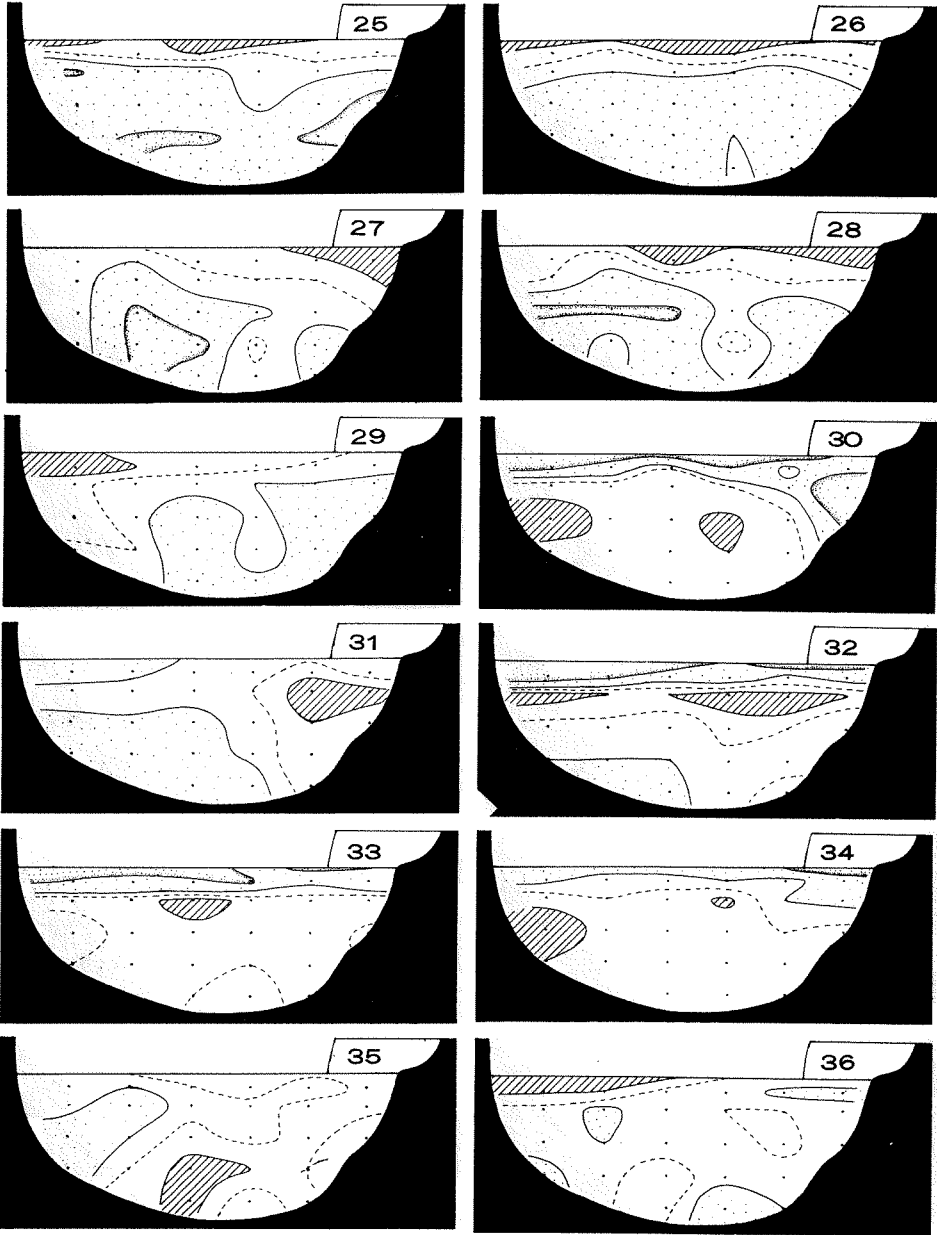
10：*Stenosemella parvicollis*(5月)

11：*Dactyliosolen mediterraneus*(6月)

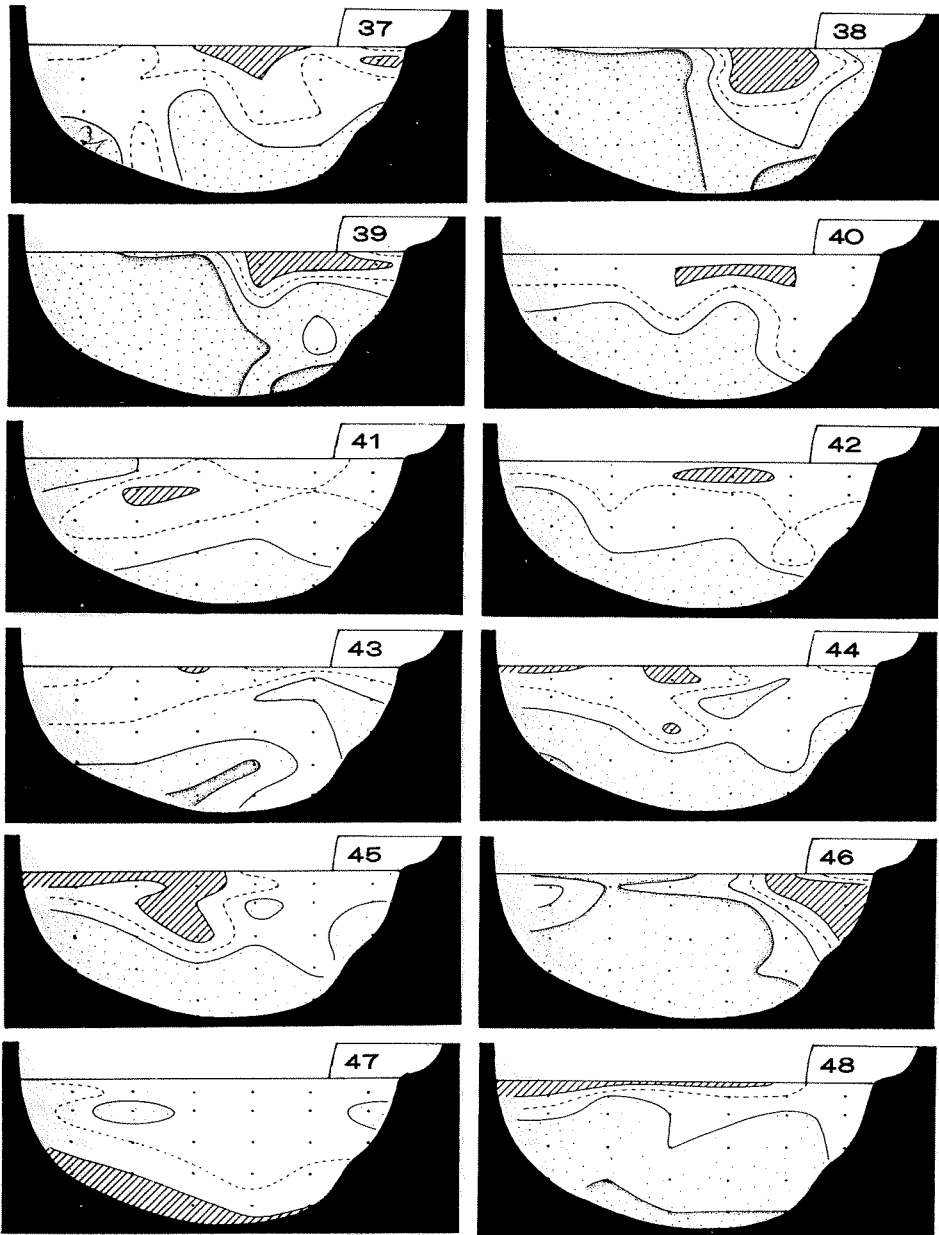
12：*Leptocylindrus danicus*(6月)



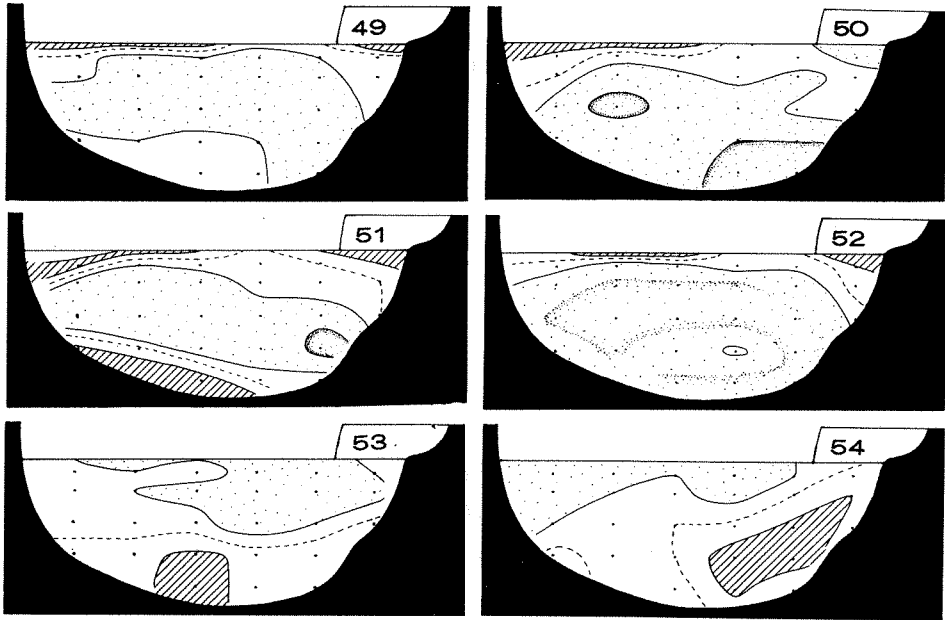
- | | | | |
|-------------------------------------|------|--------------------------------------|------|
| 13 : <i>Nitzschia closterium</i> | (6月) | 19 : <i>Favella ehrenbergii</i> | (6月) |
| 14 : <i>Prorocentrum triestinum</i> | (6月) | 20 : <i>Stenosemella parvicollis</i> | (6月) |
| 15 : <i>Syracosphaella pulchra</i> | (6月) | 21 : <i>Tintinnidium mucicola</i> | (6月) |
| 16 : <i>Ceratium furca</i> | (6月) | 22 : <i>Tintinnopsis corniger</i> | (6月) |
| 17 : <i>Ceratium fusus</i> | (6月) | 23 : <i>Tintinnopsis directa</i> | (6月) |
| 18 : <i>Ceratium kofoidi</i> | (6月) | 24 : <i>Tintinnopsis radix</i> | (6月) |



- | | |
|--|--|
| 25 : <i>Tintinnus lusus-undae</i> (6月) | 31 : <i>Ceratium furca</i> (7月) |
| 26 : <i>Cerataulina bergonii</i> (7月) | 32 : <i>Ceratium fusus</i> (7月) |
| 27 : <i>Nitzschia closterium</i> (7月) | 33 : <i>Ceratium kofoidi</i> (7月) |
| 28 : <i>Skeletonema costatum</i> (7月) | 34 : <i>Tintinnopsis radix</i> (7月) |
| 29 : <i>Prorocentrum triestinum</i> (7月) | 35 : <i>Chaetoceros</i> spp. (8月) |
| 30 : <i>Syracosphaella pulchra</i> (7月) | 36 : <i>Nitzschia</i> sp. (<i>pungens</i> ?) (8月) |



- | | | | |
|--------------------------------------|-------|---|------|
| 37 : <i>Ceratium furca</i> | (8月) | 43 : <i>Nitzschia</i> sp. (<i>pungens</i> ?) | (1月) |
| 38 : <i>Chaetoceros</i> spp. | (10月) | 44 : <i>Rhizosolenia setigera</i> | (1月) |
| 39 : <i>Skeletonema costatum</i> | (10月) | 45 : <i>Skeletonema costatum</i> | (1月) |
| 40 : <i>Stenosemella parvicollis</i> | (12月) | 46 : <i>Chaetoceros</i> spp. | (3月) |
| 41 : <i>Biddulphia longicuris</i> | (1月) | 47 : <i>Thalassiosira</i> spp. | (3月) |
| 42 : <i>Chaetoceros</i> spp. | (1月) | 48 : <i>Exuviaella</i> spp. | (3月) |



- 49 : *Helicostomella fusiformis* (3月)
 50 : *Tintinnidium mucicola* (3月)
 51 : *Tintinnopsis kofoidi* (3月)
 52 : *Tintinnus rectus* (3月)
 53 : *Nitzschia* sp. (*pungens*?) (4月)
 54 : *Favella taraikaensis* (4月)

養殖ハマチの血液学的研究—II 血液化学成分・血球組成について

大橋 徹・藤田真吾

Hematological Studies on the Cultured Amber Fish — II Biochemical Components and Blood Cell Constituents

Tooru OHASHI* and Shingo FUJITA*

京都府沿岸における養魚管理、病害対策の基礎資料として、越冬期を中心とした血液化学成分・塗抹血液像を前年度に続いて調査した。本報では特に越冬期の水温変動のパターンや最低水温の違いによって生じたハマチの生理的な差異を、前報¹⁾と比較して検討した。

更に、前報において著明な生理的不安定さを示した3月から4月にかけて、特に集中的に基準値を設定した。

報告に先立ち、種苗および餌料の入手に御協力を賜った京都府漁連蓄養場・栗田漁業協同組合の方々に感謝の意を表します。

方 法

供試魚 昭和52年8月11日に平均体重62gの地元産釣りツバスを入手し、餌付けおよび予備飼育の後、8月20日に300尾を4×4×5mの網生簀に收容した。

餌の種類は、8月はイカナゴ、9月～11月はイカナゴ・カタクチイワシ・サバ、11月中旬からはサバ・マイワシ・イカナゴが主であった。11月中旬以降の餌は可能な限り鮮魚を入手してたどちに凍結したものである。また、肉眼的に判断して、餌の品質によって給餌量を加減したため、旬別平均給餌率に増減を生じた。

取上げおよび採血 前報¹⁾と同じ方法で取上げて採血し、採血後の魚体は肉眼的観察に供した後、内臓重量の測定を行なった。

血液性状および血球組成 一般血液性状の測定法は前報¹⁾に準じた。

塗抹標本は May-Giemsa 染色を施して保存し、計数に供した。未熟赤血球(%)は赤血球1000個中の好塩基性と多染性赤血球の合計として算出した。白血球数は、赤血球5000個計数中の出現数を求めて赤血球 10^4 個あたりの細胞数(cells/ 10^4 RBC)で現わし、得られた相対値と赤血球数(cells/ mm^3)をもとに体積あたりの白血球数(cells/ mm^3)を算出した。また白血球を好中顆粒球・単球・リンパ球・その他に分類し、白血球100個(極端に

* Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu
Kyoto, Japan

少ない場合は50個)中の出現率(%)を求めた。好酸球を疑わせる血球や、上記のいずれにも該当しないと思われる血球がまれに出現したが、ここでは強いて分類を試みずその他として処理した。

血液化学成分 前報¹⁾と同じ方法で血清を分離後、血清成分の測定に供した。

血清成分の定量は、 β -リポ蛋白(β -Lip.); 沈澱-コレステロール法(国際試薬KK)クレアチニン(Cre); 比色定量法(ヤトロン)、尿素窒素(Urea); Fearon 反応に基づく方法(国際試薬KK)、遊離脂肪酸(NEFA); 比色法(和光純薬KK)、アルブミン(Alb); BCG法(ヤトロン)、 γ -グルタミルトランスベプチダーゼ(γ -GTP); Orłowski 改良法(ヤトロン); ロイシンアミノベプチダーゼ(LAP); 比色法(ヤトロン)、中性脂肪(TG); Hantzsch 反応による方法(国際試薬KK)、ナトリウム(Na); 炎光法、カリウム(K); 炎光法により、その他の成分は前報¹⁾の方法に従った。上記の中、Na・Kは200倍に希釈して分析し、 β -Lip.については凍結血清を用いた。

結 果

養魚経過および肉眼処理 9月1日の測定では平均尾叉長19.6cm、体重101.0gであった。12月に31.7cm、558.1gに達して越冬に入った。餌付け段階(予備飼育中)を除けば、9月中旬に類結節症と脊椎骨異常の各1尾の斃死を見たのみで、それ以後実験終了の4月まで斃死魚または病魚はみられなかった。

本年は水温が比較的高く(図-1)、表面でも10℃を下回る期間が短かった。12月以降も原則として週2回の給餌を目標としたが、2月中旬の1回を除いて毎回少量ながら摂餌した。(図1)。

肉眼的処見では、2月中旬から肝臓の色調のむらがや目立ち、4月に入って数尾の肝臓に不定形の小白斑を認めた以外に、著しい病変は認められなかった。

分布および基準値

昭和52年9月から昭和

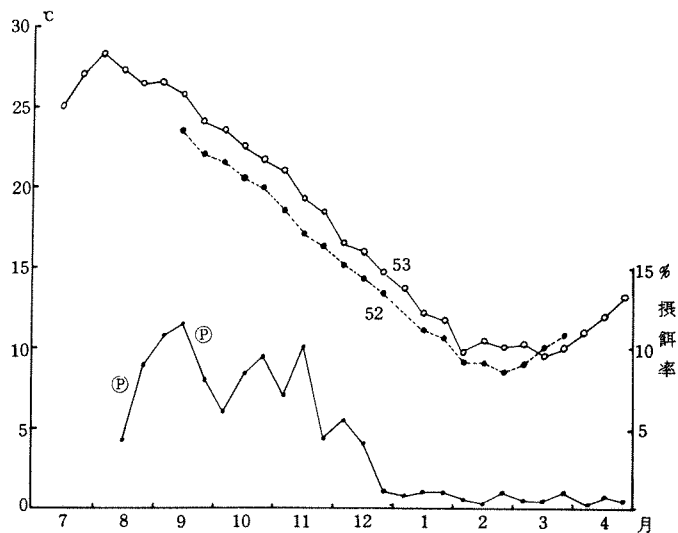


図1 昭和51年、52年7月～52年、53年4月の旬別平均水温(2m)および旬別平均摂餌率(ミンチの場合は、摂餌状況に応じて、投餌量に0.7～0.2を乗じた)。

Ⓟは類結節症発生のため、ビタミンE剤とテトウサイクリン系薬剤3～6日間投与を示す。

53年4月に至る8か月間の各測定値の分布、各月の棄却限界値を除いた後の範囲(±SD)および変動係数を求めた(図2, 表1)。ただし、後述するように、未熟赤血球(%)と白血球数(cells/10⁴ RBCおよびcells/mm³)は季節変化が著しいので、未熟赤血球は省略し、白血球数は前報¹⁾に準じて11月以降について集計し、分布型をみた。

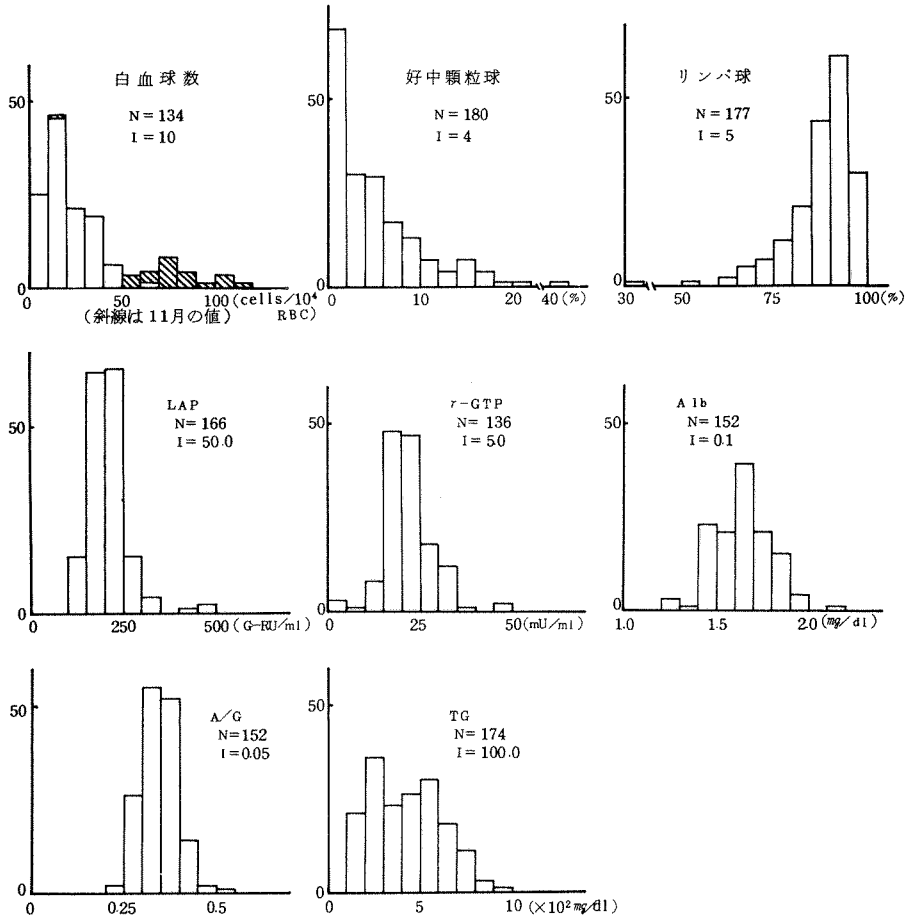


図2 血球組成及び血液化学成分量の分布

リンパ球(%)を除くと血液像に関するすべての項目は極端に低値に片寄り、その分布は幾何分布に近かった。これらは脾臓重量比(%)の分布型に似ている。

血液化学成分では、 γ -GTP・LDH・LAPは他の血清中の酵素と同じように対数正規分布を示した。Alb・A/G・Ca・Chol.は正規分布を示すがPiは対数正規分布を示した。また、TGは分布型が一定せず、二峰型を示した。

血液像に関する測定値は、分布型からみて前報で用いた方法($\bar{X} \pm SD$)で基準値を設定することは困難である。そこで、全標本の値の3/4以上が含まれる範囲として、とりあえず $\bar{X} \pm 2SD$ を採用した。その結果、白血球数72 cells/10⁴ RBC(換算値 37×10^3 cells/mm³)以下、好中球14%以下、単球11%以下、リンパ球75%以上が、一応標準的な値として

得られた。赤血球数あたりの白血球数 (cells/RBC) は榎本²⁾の値に比べて非常に少く、換算値 (cells/mm³) も 1/2 以下であった。白血球数 (cells/mm³) はマス・ウナギ³⁾などに近い。一方、リンパ球 (%) は榎本²⁾の正常魚の値に一致した。

蛋白分解酵素である LAP の基準値は 165~243 G-R unit/ml であり、池田⁴⁾が報告した値よりは低かった。肝機能障害の状態を示すと云われている γ -GTP は 15.6~26.9 mU/ml で、ヒトの場合⁵⁾と同程度であった。TG は 232~616 mg/dl であり、ヒト⁵⁾に較べてはるかに高かった。LDH・Chol. は 2570~4620 W-U/ml・373~509 mg/dl であり、前報¹⁾の基準値よりは高かった。Ca・Pi・STP・ALP・GPT・GOT はほぼ前報¹⁾の基準値内に含まれた。

Alb・A/G の基準値は 1.45~1.75 mg/dl, 0.29~0.39 であり、坂口⁶⁾、中川⁷⁾の報告に較べて低かった。

Na・K・UN・Cre・NEFA・ β -Lip の 3~4 月における基準値は表 1 に示したとおりであった。この中、Na・K は周年ほとんど差が認められないが、UN・Cre・ β -Lip はこの時期に低い傾向が認められ、NEFA は高い傾向が認められる (未発表)。

各酵素活性の変動係数は 0.2~0.3 であったが、Na・Ca・蛋白質関係は 0.1 とバラツキが小さかった。K・Pi は変動係数も高く、バラツキが大きかった。

相関 前報¹⁾で扱わなかった 9~10 月に於て、肥満度・ヘマトクリット値、血色素量、赤血球数および血清蛋白量は、体長との間に低い相関を示した。

血液像の各項目間、およびそれらといくつかの形態・血液性状との間で、相関の有無をグラフを用いて検討したところ、以下の結果を得た。正常な赤血球数の範囲内では、白血球の出現頻度 (cells/RBC) とそれから換算した体積あたりの数 (cells/mm³) との間に高い相関が推定される。リンパ球数 (cells/RBC) と白血球数 (cells/RBC) との間にも相関があるが、他の項目間には相関は認められない。好中球及び単球の和 (%) とリンパ球 (%) とは負の相関を示すが、白血球の大部分をこの 3 種の血球が占めるから当然である。夫々の血球の編組率 (%) と数 (cells/RBC) との間には明瞭な関係はない。これらの項目と、内臓重量比・肝臓重量比・脾臓重量比・ヘマトクリット値・赤血球数・血清蛋白量との間にも相関は認められない。

血液化学成分間の相関は表 2 のとおりであった。GPT-GOT-LDH・ALP-Pi-TP・ALP-Ca-Pi・TP-Chol.-TG それぞれ三者の間には互に高い相関が認められた。また、Ca-TP の間にも高い相関が認められた。

前報¹⁾で相関が認められた ALP-LDH・ALP-GOT・Pi-GOT・Pi-GPT・Pi-Chol.・Chol.-GPT・GOT-TP の間には相関が認められなかった。

実験期間中の経過 基準値を構成する測定値が 8 カ月間にたどる経過を各月毎に集計した。標本数は原則として各月 24 尾である (図 3)。

前報¹⁾で扱った形態・血液性状の 11 月以降の傾向は基本的に前報¹⁾と同じであった (図 3-1)。たゞ、肥満度 (図 3-2) および血清蛋白量はヤゝ異り、1 月以降も低下することな

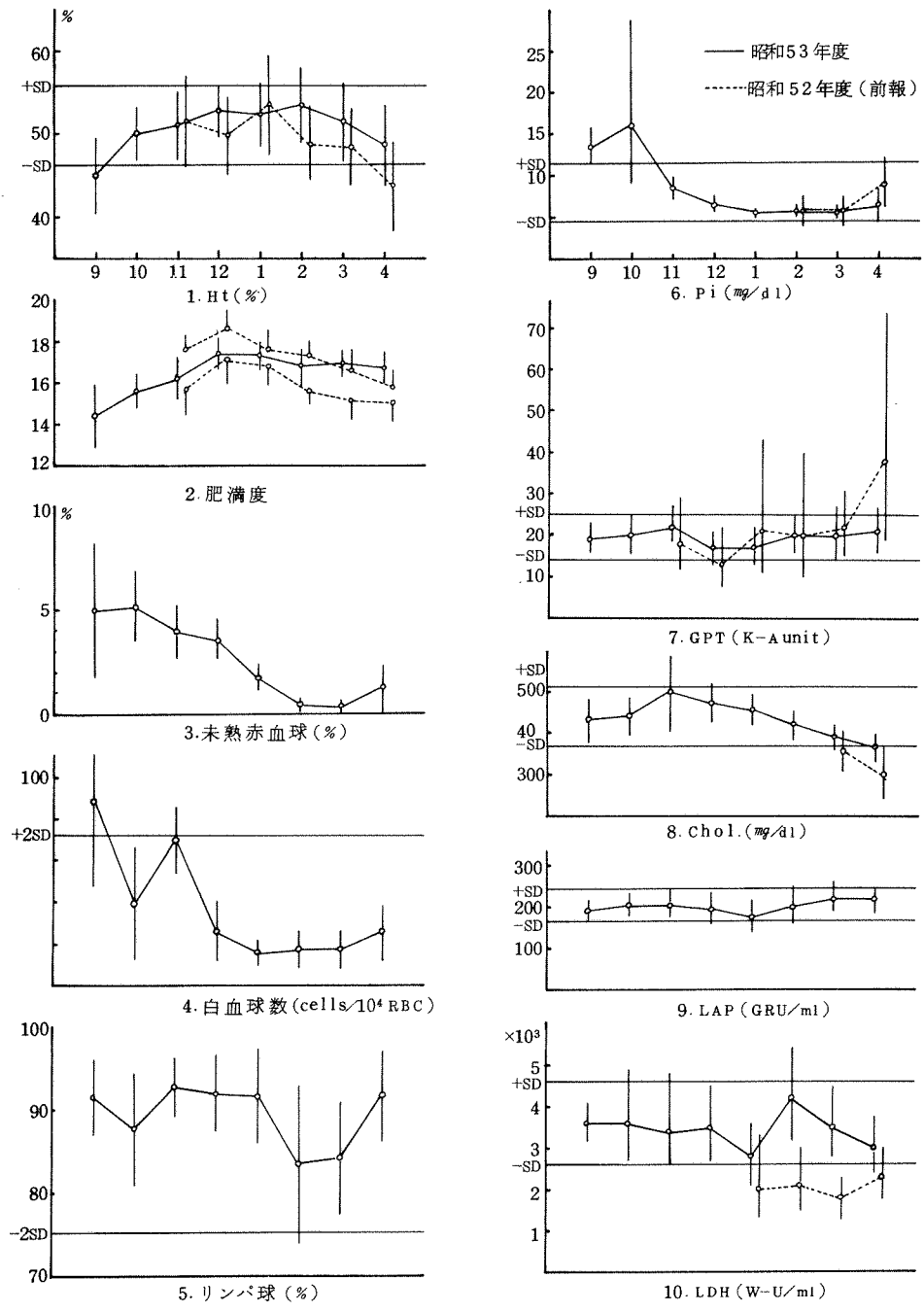


図3 実験期間中の経過

く4月の越冬明けを迎えた。

未熟赤血球(%)は明かな変動を示し(図3-3)、12月まで高率に出現した。この中、好塩基球は10月まで1%以下の頻度で含まれていたが、11月からはほとんど出現しなくなった。低温期に造血能が低下することは他の報告⁸⁾と一致する。

白血球数 (cells/10⁴ RBC) は 10 月に減少して不規則に見えるが、高温期に多く低温期に減少する傾向は他の報告²⁾と一致する (図 3-4)。リンパ球数も同様であった。白血球組成は各回の個体差も大きい、明瞭な変化は認められなかった (図 3-5)。

血液化学成分についてはその変動傾向を次のパターンに分類することが出来た。

すでに報告した水温の経過とよく一致する第 1 のパターン (図 3-6) は ALP・Pi で見られ、前報¹⁾で第 3 のパターンとして分類した Pi は第 1 のパターンに含まれるようである。また Ca も類似の傾向を示すが、越冬終了前後での増加が見られなかった。越冬開始直後から越冬終了時に至るまでの間増加する第 2 のパターンには昨年度ほど顕著ではなかったが GPT (図 3-7) GOT・TG・ γ -GTP に見られた。Chol. (図 3-8) で見られるように越冬開始から越冬終了にかけて減少する第 4 のパターンが認められた。更に LAP (図 3-9) LDH (図 3-10) のように測定期間中ほとんど変化をしない第 5 のパターンが認められた。

考 察

養魚経過 本報の目的は前報¹⁾に引続くものであるから、供試魚の状態も前年と同質でなければならぬ。しかし海面での飼育においては環境条件、特に水温の影響は避けられない。また餌料の品質や、ある程度の人為的要因も養殖魚の生理状態に関与するであろう。本年の養魚経過は前年に較べて良好であった。その原因として、京都府下の業者の越冬成績が全般的に良かったことから、まず水温が比較的高かったことが考えられる。また、主として越冬直前に餌料管理の改善を試みた。それらの条件が総合的に、または相乗的に作用して前年よりもより良好な生理状態を作り出した可能性は否定出来ない。従って、一部の項目については、前年との比較を含めて考察を加えることとする。

分布及び基準値 出現率の低い好中球や単球は本報の計数方法では 0% で処理される標本も多かった。しかし、正常な血球組成でこれらの細胞が全く存在しないとは考えられないから、この分布型はまれな血球の出現確率そのものを表わしているようにも思える。しかし、比較的多い白血球数 (cells/RBC) も同じ分布を示すから、これらの分布型は血液像に共通の型と云える。

$\bar{x} \pm 2SD$ で与えられる範囲を基準とすると、リンパ球 (%) 以外は異常な減少が検出できない。反対に、同一群の数尾の被検魚を扱って、その血液像が一様にこの範囲を越えた場合には、かなり高い確率で異常と判断し得る。いずれにしても、このような特異な分布型を示す項目については、パーセントイル値などの別の集計方法を採用すべきかもしれない。

白血球数 (cells/RBC, cells/mm³) がかなり低い、その原因について十分な説明を与えることは出来ない。赤血球に対する相対値 (cells/RBC) が極端に低いのは、麻酔処理中の窒息に対する赤血球の増加の影響が考えられる。また、測定値の大部分が水温 18℃ 以下の値で、榎本²⁾の低温期に該当する。その他、取扱い、採血法、塗抹法等、方法上の問題点があるのかも知れないので、今後検討を加えることとする。

図 1 で示したように前年度と本年度は水温の経過の仕方、特に最低水温と 10℃ を下まわる

低水温の期間の長さが異った。このために LDH の基準値は昨年度より高くなり、後述するように、GOT・GPT で代表される越冬後半の生理的なみだれが減少したと推測された。即ち、最低水温が高くなり、低水温期間が短くなることにより、摂餌量の低下および摂餌をしない期間という越冬期本来の状態がゆるみ、昨年度より運動量の低下が少く、解糖系での乳酸の生成及び呼吸に乳酸を利用するのに必要な LDH の活性は低下せず、基準値は高くなったと考えられた。このような差は単年度に基準値を設定した併害であり、今後、何年にもわたり測定を繰り返すことにより、水温や摂餌量による影響を包含した基準値が設定されるであろう。

一方、Chol. の前年度との差は、図 3-8 からも明らかなように測定期間の長さの相違と統計処理上の個体数の相違によるものと考えられた。

Alb・A/G の中川⁷⁾、坂口⁶⁾の報告した値との相違は中川⁹⁾が報告したように分画法と BCG 法という測定法の違いであり、更には BCG 測定でのスタンダードの選択に原因があったと考えられ、この点については追って検討を加える。

ヒトの場合、K は Na に較べて体内調節が有効でなく、K のバラツキは Na より大きい⁹⁾と云われており、ハマチの場合にも同様の傾向が認められた。

相関 血液化学成分間で得られた特徴的な相関を図示した(図 4)。

肝臓の状態を表わす GPT-GOT-LDH の間の高い相関は前報¹⁾で述べたとおりである。

また、GPT を中心にして ALP・ γ -GTP・LAP とも高い相関が認められ、ヒトの場合と同様に、それぞれ何らかの形で肝臓機能の状態と関連していることが示唆された。ALP-Pi-TP の相関は前報¹⁾で指摘したように物質代謝の旺盛さを示し、特に越冬後半の状態を現わしているようである。ALP-Pi-Ca の相関は成長の著しい 9~10 月の骨代謝の活発さを反映していると考えられる。

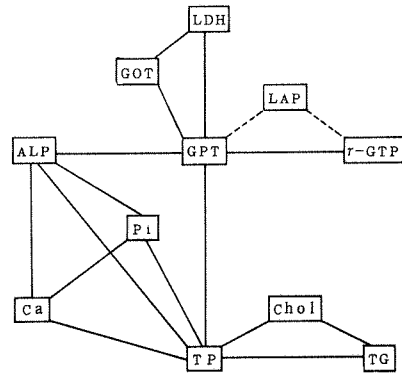


図 4 血液化学成分の相関図

脂質は TP (主として G1b) と結合して血液中に存在しており¹⁰⁾、TP (G1b)-Chol.-TG の相関はこういった血清中での脂質の正常な存在状態を反映していると考えられる。脂質合成能の充進あるいは低下等といった病態が生じるとこの相関が変化することが予測され、異常魚診断の指針の一つとなり得ると考えられる。

前年度と今年度における相関の若干の相違は前述したように越冬水温の差により、各臓器の機能状態が異ったためと考えられるので、個体数がまとまった段階で、それぞれの状態について相関を求めるべきと考える。

経過 未熟赤血球の変動、とくに好塩基球の消長は、池田⁴⁾の述べている成長期の生理的貧血とその後の安定期における赤血球需給のバランスを表わしている。未熟赤血球は 4 月下旬

から増加の傾向をみせ、5月の2年魚ではさらに増加する(未発表)。白血球数も10月の減少を除くと同じ経過をたどる。また、この傾向はALPのパターンと一致する。

リンパ球の編組率は2~3月にやや低下するが、いずれの月も白血球の大部分を占める。リンパ球(%)の大巾な低下を伴わない白血球数の減少は、低水温期に於ける生理的な活性の低下と理解される。他の血球(%)も各々10%内外の範囲で、組成のうえでの変動はあっても小さい。従って、水温や成長段階(ステージ)に関りなく、異なる時期の白血球組成(%)を直接比較することが出来る。特定の疾病に対応する白血球組成の変化がいくつか報告されているから^{11, 12, 13})これらは魚病診断上、広範囲の応用が期待出来る。

Pi(図3-6)・ALPで代表される第1のパターンは前述したように物質代謝の状態と骨代謝の状態を反映し、9月~11月には骨代謝の活発さ、3~4月には物質代謝の旺盛さが認められた。GPT(図3-7)等に見られる第2のパターンは前報¹⁾でも述べたように、肝臓の状態を比較的良好に示し、特に、3~4月における前年度との経過の違いは低水温期(10℃以下)の期間の長さ起因した肝臓機能の状態の違いと考えられ、前年度と本年度の斃死の差としてよく反映されている。即ち、(10℃以下の期間が長い)→(GPT・GOTの増加で示される肝臓機能低下)→(斃死率の増加)が考えられる。従って、越冬期間中に10℃を下まわる期間の長い場合には、摂餌が始る3~4月に強肝剤の投与等によって、斃死を予防する方法を考える必要がある。第2のパターンの中、TGについては肝臓機能の状態というより、Chol.が減少していく経過から、肝臓でのTGの合成による内因性TGの増加の傾向を示していると理解される。Chol.(図3-8)で示される第4のパターンは摂餌量の経過と類似している。また、坂口⁶⁾は絶食魚でChol.の減少を報告しており、Chol.の減少は摂餌量の低下によるものであろう。

第5のパターンは第2のパターンに近いが、周年を通して変動巾が小さい。特に、LAPは摂餌魚と絶食魚で差がないと云われており¹⁴⁾、その性質をよく示しているようである。

以上述べて来たように、これらの基準値、相関、経過をもとにして越冬期の生理状態を把握することは、より正確な魚病診断と合理的な養殖方法を可能にすると考えられる。

摘 要

1. 昭和52年9月から昭和53年4月にかけて、血液化学成分および血球成分を測定した。
2. 血液性状は正規分布または対数正規分布を示した。一方、塗抹血液像の計数値はリンパ球(%)を除いて、低値に片寄った分布を示した。
3. 新しい項目についての基準値は表1のようであった。
4. 血液化学成分の各項目間には図4のような相関が得られた。
5. 実験期間中の経過をいくつかのパターンに分類した。
6. 前報との比較では、低水温期の長さの違いによって、生理状態に差を生じることが認められた。

文 献

- 1) 藤田真吾：大橋 徹：養殖ハマチの血液学的研究—I，本報，1，113—129 (1977)。
- 2) 榎本義正：養殖魚類の血中白血球数の変動について，東海水研報，57，137—177 (1969)。
- 3) 尾崎久雄：魚類生理学講座1，血液循環，第1版，緑書房，東京，1968，pp. 42。
- 4) 池田弥生：養殖ハマチの血液成分に関する診断学的研究，1—91 (1976)。
- 5) 金井 泉・金井正光：臨床検査法提要，第27版，共立出版，東京，1975。
- 6) 坂口宏海：絶食時におけるハマチの血液，肝すい臓の化学成分などの変化について，日水試，42 (11)，1267—1272 (1976)。
- 7) H. NAKAGAWA, K. NANBA and M. KAYAMA : Electrophoretic Properties of Plasma Protein Relating to Some Blood Properties in Cultured Yellow Tail, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **43** (1), 75—81 (1977)。
- 8) 榎本義正：養殖魚類血液中の幼若赤血数の変動について，東海水研報，58，173—189 (1969)。
- 9) H. NAKAGAWA : Classification of Albumin and Globulin in Yellow Tail Plasma, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **44** (3), 251—257 (1978)。
- 10) 福井 巖 外：トリグリセライド—その数値をどう読むか—，日本臨床，406，1910—1924 (1976)。
- 11) 畑井喜司雄：魚における血流中接種細菌の動態に関する研究—II，魚病研究，7 (1)，34—43 (1972)。
- 12) 室賀清邦：*Vibrio anguillarum* およびその感染症に関する研究，広大水畜紀要，14，101—215 (1975)。
- 13) 横手元義：コイの背こけ病研究の紹介，魚病研究，1 (2)，54—65 (1967)。
- 14) 尾崎久雄：魚類生理学講座3，消化の生理(上)，第1版，緑書房，東京，1965，pp. 193

表1 ハマチの基準値

分布型	標本数	検知数	$\bar{X} - SD$	$\bar{X} + SD$	変動係数 $\frac{SD}{\bar{X}}$	S.51年度	
						$\bar{X} - SD$	$\bar{X} + SD$
Na (mg/dl)	40	3	442	470	0.03		
K (mg/dl)	40	2	12.1	23.0	0.31		
Ca (mg/dl)	174	5	12.8	15.8	0.10	11.4	14.8
Pi (mg/dl)	174	3	4.6	11.6	0.43	4.1	10.5
TP (mg/dl)	152	4	5.8	7.0	0.10	4.8	6.6
Alb (mg/dl)	152	6	1.45	1.75	0.09		
Glb (mg/dl)	152	6	4.17	5.29	0.12		
A/G	152	4	0.29	0.39	0.14		
UN (mg/dl)	32	0	1.87	3.25	0.27		
Cre. (mg/dl)	40	2	0.78	1.00	0.12		
Chol. (mg/dl)	174	6	373	509	0.15	261	391
TG (mg/dl)	174	10	282	616	0.45		
NEFA (mg/dl)	40	1	0.02	0.26	0.86		
β -Lip. (mEq/l)	31	1	97.0	248.2	0.44		
ALP (K-A unit)	166	6	1.11	2.38	0.36*1		3.45
LAP (G-R unit/ml)	166	6	165	243	0.19*1	1430	2330
LDH (W unit/ml)	166	3	2570	4620	0.29*1		
γ -GTP (mU/ml)	136	8	15.6	26.9	0.27*1		
GPT (K-U/ml)	166	3	14.7	25.2	0.26*1	10.8	40.6
GOT (K-U/ml)	166	4	290	454	0.22*1	115	319
Ht %	177	7	46.2	55.8	0.09	43.7	55.9
Hb g/dl	182	3	12.3	15.0	0.10	11.6	14.3
RBC ($\times 10^4$ /mm ³)	170	7	437	538	0.10	388	510
MCV (μ^3)	177	8	91.01	115.72	0.12	100.0	118.0
HCH ($\mu^4 g$)	176	6	23.88	31.23	0.14	26.3	31.3
MOHC (%)	179	6	25.24	28.11	0.05	23.75	28.60
$\bar{X} - 2SD$ $\bar{X} + 2SD$ (期間)							
白血球数 (cells/ 10^4 RBC)	184	6	0	72.4			(11~4月)
" ($\times 10^3$ cells/mm ³)	134	1	0	37.0			("
好中粒球 (%)	180	4	0	14.1			(9~4月)
単球 (%)	179	5	0	10.7			("
リンパ球 (%)	177	7	75.2	100			("

*1 仮りに次式によって求めた $\frac{1}{2}$ (上限-下限) / 単純平均

表2 各項目間の相関

	K	Ca	Pi	STP	Alb	Glb	A/G	UN	C.rea.	Chol.	TG	NEFA	β -Lip.	ALP	LAP	LDH	γ -GTP	GPT	GOT
Na	(-0.39)	(-0.35)	(-0.58)	(-0.41)	0.08	0.11	(-0.41)	0.24	0.01	-0.09	-0.04	(0.36)	(0.81)	(-0.37)	0.07	0.15	-0.22	-0.19	-0.08
K		0.19	(0.36)	0.31	0.15	0.22	(-0.15)	0.06	0.19	0.17	0.19	(-0.36)	(-0.36)	(0.37)	0.01	-0.11	0.26	0.01	-0.13
Ca			(0.33)	(0.42)	(0.54)	(0.29)	0.10	0.05	0.24	(0.42)	(-0.22)	-0.30	-0.33	(0.55)	-0.03	0.09	-0.03	(0.17)	0.02
Pi				(-0.28)	0.12	(-0.35)	(0.47)	-0.22	0.22	0.08	(-0.37)	-0.15	(-0.61)	(0.48)	-0.01	0.03	-0.04	(0.33)	0.10
STP					(0.47)	(-0.37)	(-0.56)	0.19	0.13	(0.47)	(0.42)	0.07	-0.33	(0.26)	(0.38)	(0.20)	(0.32)	(0.36)	0.11
Alb					(0.47)	(0.24)	(0.40)	-0.20	(0.36)	(0.61)	(-0.17)	0.18	-0.01	0.14	(0.16)	0.14	-0.05	0.16	0.11
Glb							(-0.74)	0.17	0.00	(0.37)	(0.48)	0.13	-0.25	(0.16)	(0.36)	(0.17)	(0.35)	(0.33)	0.06
A/G								-0.34	0.18	0.07	(-0.55)	-0.04	0.21	-0.01	-0.16	-0.10	(-0.36)	(-0.33)	0.02
UN									0.00	0.09	-0.16	-0.12	0.29	0.20	0.20	0.26	-0.06	0.17	0.17
C.rea.										0.01	0.17	-0.15	-0.32	0.12	0.22	-0.27	0.02	-0.18	0.01
Chol											(-0.29)	(0.34)	0.02	(0.36)	0.11	0.10	-0.09	(0.12)	0.08
TG												0.23	(0.52)	-0.30	0.30	(0.47)	-0.04	0.04	0.16
NEFA														(-0.39)	0.27	0.19	-0.32	0.08	-0.10
β -Lip															0.14	0.11	0.08	(0.27)	0.15
ALP																0.06	(0.16)	(0.19)	0.07
LAP																	0.10	(0.43)	0.04
LDH																		(0.20)	(0.43)
γ -GTP																			
GPT																			

○ 原則として棄却された測定値を除いて相関係数を算出した。() 内は危険率1%, 5%で有意を示す。

表3-1 実験期間中の経過

	尾文長 cm	体重 g	肥満度	内臓重量比 %	肝臓重量比 %	脾臓重量比 %
9	範囲 18.6~24.2	79~224	12.9~15.9	5.2~6.6	0.9~1.5	0.13~0.32
平均値	—	—	14.4	5.9	1.2	0.23
10	範囲 25.1~30.3	234~444	14.8~16.4	4.6~5.7	0.9~1.4	0.12~0.27
平均値	—	—	15.6	5.1	1.1	0.18
11	範囲 29.0~31.5	378~538	15.2~17.2	5.3~7.2	1.5~2.4	0.12~0.22
平均値	30.2	455.8	16.2	6.3	1.9	0.16
12	範囲 30.6~32.8	490~626	16.7~18.1	5.3~6.7	1.7~2.3	0.08~0.20
平均値	31.7	553.1	17.4	6.2	2.0	0.13
1	範囲 31.3~33.2	530~637	16.6~18.0	5.0~5.9	1.3~1.6	0.10~0.25
平均値	32.3	583.5	17.3	5.5	1.5	0.16
2	範囲 31.0~33.0	437~604	15.9~17.6	4.7~5.7	1.2~1.7	0.09~0.19
平均値	32.0	550.2	16.8	5.2	1.4	0.13
3	範囲 31.5~33.8	518~658	16.3~17.6	5.2~5.9	1.4~1.7	0.09~0.19
平均値	32.6	587.7	16.9	5.5	1.5	0.13
4	範囲 31.3~33.6	511~648	16.0~17.5	4.3~5.1	0.9~1.2	0.10~0.16
平均値	32.5	576.9	16.7	4.7	1.0	0.12

表3-2 実験期間中の経過

	Ht %	Hb g/dl	RBC $\times 10^4/\text{mm}^3$	MCV μ^3	MCH $\mu\mu\text{g}$	MCHC %	未熟赤血球 %	白血球数 $\times 10^3/\text{mm}^3$	好中球数 %	単球 %	リンパ球 %	TP mg/dl	Ald mg/dl	A/G
9 範囲	40.6~49.7	10.8~12.8	417~555	80.5~88.6	18.3~23.6	23.2~25.4	1.8~8.2	48~131	1.3~6.0	0.0~6.9	87.0~96.3	4.8~6.2		
9 平均値	45.1	11.6	485.9	89.5	20.9	24.3	5.0	89	3.8	3.4	91.6	5.3		
10 範囲	47.1~53.1	12.6~13.7	472~545	84.0~100.8	21.9~26.0	24.6~26.6	3.5~6.9	13~66	7~32	1.1~7.6	80.9~94.5	5.5~6.3	1.50~1.80	0.43~0.47
10 平均値	50.1	13.2	508.6	92.4	23.9	25.6	5.2	40	4.2	4.3	87.7	5.9	1.65	0.45
11 範囲	47.2~55.0	12.8~14.5	465~522	98.6~107.4	24.6~27.6	25.3~27.4	2.7~5.3	54~86	1.0~7.2	0.9~3.8	89.5~96.5	5.9~7.6	1.57~1.85	0.31~0.37
11 平均値	51.1	13.6	488.7	100.5	26.1	26.4	4.0	70	4.1	2.3	93.0	6.8	1.71	0.34
12 範囲	49.8~55.3	13.5~15.0	468~540	97.0~112.4	26.0~31.6	26.4~28.3	2.7~4.6	12~41	0.7~6.8	0.8~5.2	87.4~96.7	5.9~6.9	1.52~1.76	0.27~0.41
12 平均値	52.8	14.2	504.1	104.7	28.8	27.3	3.6	26	3.3	3.0	92.0	6.4	1.64	0.34
1 範囲	48.6~55.7	13.9~15.6	448~531	98.6~118.0	27.0~31.8	26.7~28.9	1.3~2.4	10~21	5~11	0.0~5.4	86.2~97.4	5.7~6.6	1.47~1.71	0.33~0.39
1 平均値	52.2	14.7	489.5	108.3	29.4	27.8	1.8	16	8	2.6	91.8	6.1	1.59	0.36
2 範囲	49.0~57.9	13.7~15.5	461~563	96.1~109.6	26.7~30.2	26.4~28.7	0.2~0.8	10~26	5~16	2.8~14.6	79.9~93.0	5.8~6.9	1.57~1.79	0.33~0.39
2 平均値	53.5	14.6	511.6	102.9	28.4	27.5	0.5	18	10	8.7	88.5	6.3	1.66	0.36
3 範囲	46.8~56.1	12.7~15.1	431~522	102.2~116.4	26.5~32.4	26.0~28.0	0.1~0.7	9~27	4~14	3.4~13.9	77.6~91.0	5.8~6.9	1.44~1.64	0.27~0.37
3 平均値	51.3	13.9	476.3	109.3	29.5	27.0	0.4	18	9	8.6	84.3	6.3	1.54	0.32
4 範囲	43.9~53.6	11.8~14.3	395~483	104.0~119.6	27.7~32.1	26.1~27.7	0.1~2.5	13~39	5~17	0.4~8.0	86.3~97.2	5.8~7.1	1.85~1.55	0.27~0.31
4 平均値	48.7	13.0	439.0	111.8	29.9	26.9	1.3	26	11	4.2	91.8	6.4	1.46	0.29

表3-3 実験期間中の経過

	Na mg/dl	K mg/dl	Ca mg/dl	PI mg/dl	UN mg/dl	Cre mg/dl	Chol mg/dl	NEFA mg/dl	β -Lip mg/dl	ALP K-Aunit	LAP G-Ramit/mg Wunit/mg	LDH mU/ml	γ -GTP mU/ml	GPT K-U/mg	GOT K-U/mg
9 範囲	14.9~17.3	11.4~15.7	382~486	266~402	322~484	484	329	2.4~8.8	2.4~8.8	165~220	3220~4060	3620	15.8~22.8	358~405	
9 平均値	16.1	13.4	434	339	404	329	3.0	3.0	3.0	190	3620	3620	19.0	381	
10 範囲	14.2~16.8	8.9~28.7	397~489	188~296	443	217	2.5	2.0~8.0	2.0~8.0	179~236	2700~4890	3630	15.7~25.0	314~444	
10 平均値	15.5	15.9	443	217	443	217	2.5	2.5	2.5	205	3630	3630	19.8	374	
11 範囲	14.6~16.8	7.8~9.7	406~590	152~536	458	344	2.4	1.9~9.0	1.9~9.0	173~243	2600~4840	3540	15.2~21.5	286~477	
11 平均値	15.7	8.4	488	344	458	344	2.4	2.4	2.4	205	3540	3540	18.8	370	
12 範囲	13.2~15.0	5.8~7.4	490~522	238~318	476	378	1.5	1.2~1.8	1.2~1.8	161~234	2660~4470	3530	17.0~22.9	286~469	
12 平均値	14.1	6.5	476	378	476	378	1.5	1.5	1.5	194	3530	3530	19.5	386	
1 範囲	12.3~14.3	5.2~5.8	419~497	280~318	453	274	1.2	1.0~1.4	1.0~1.4	142~218	2140~3550	2760	12.8~32.0	270~372	
1 平均値	13.3	5.5	453	274	453	274	1.2	1.2	1.2	176	2760	2760	20.2	317	
2 範囲	13.0~15.0	4.9~6.6	387~453	471~537	420	564	1.2	1.0~1.5	1.0~1.5	160~249	3230~5440	4190	17.4~22.9	329~533	
2 平均値	14.0	5.7	420	564	420	564	1.2	1.2	1.2	200	4190	4190	20.6	414	
3 範囲	461~467	12.0~16.6	5.0~6.6	1.37~3.19	0.71~0.99	361~419	481~537	0.14~0.38	174~270	1.1~1.5	189~259	2730~4490	13.2~26.2	246~466	
3 平均値	464	14.3	5.5	2.53	0.85	390	549	0.26	222	1.3	221	3490	21.8	333	
4 範囲	436~469	13.5~21.5	4.7~8.5	1.88~3.23	0.84~0.98	332~402	519~769	0.04~0.09	59.4~192	1.4~1.9	184~248	2420~3790	18.5~31.8	309~444	
4 平均値	452	19.5	6.4	2.58	0.91	367	644	0.07	126	1.7	214	3030	24.3	366	

カタクチイワシ投与によるハマチの 餌料性疾患について (予報)

大橋 徹・藤田真吾

On the Disease of Cultured Amber Fish Fed on
Anchovy (preliminary report)

Tooru OOHASHI* and Shingo FUJITA*

カタクチイワシ *Engraulis japonica* の連続投餌によるハマチ *Seriola quinqueradiata* の餌料性疾患及びそれに続く大量斃死は従来から注目され、多くの報告が出されている¹⁻⁴⁾ それにもかかわらず、カタクチイワシが安価な多獲魚であるためハマチ餌料としての中心をなしている。

一方、その斃死原因として石原等^{3,4)}はサイアミナーゼを指摘し、岡¹⁾、阿井等²⁾は過酸化物の毒性を指摘している。これら原因物質の究明もさることながら、カタクチイワシ単独投餌によるハマチの生理的変動及び障害臓器を把握することは魚病診断上意義のあることと考えられる。

そこで著者等はカタクチイワシでハマチを飼育し、症状、血清成分、血液性状、血球組成、組織像及び肝臓中のV、B、の変化について検討を加え、若干の知見を得たので報告する。

報告に先立ち、種苗及び餌料の入手に種々御協力を賜った京都府漁連蕃養場並びに栗田漁業協同組合の方々に感謝の意を表する。

実 験 方 法

供試魚 昭和52年8月11日に平均体重62g、体長16.3cmの地元産ブリ稚魚(釣リツバス)500尾を購入し、小割網いけす(4×4×5m)に收容して餌付け及び予備飼育を行った。餌付段階の斃死魚に類結節症を認めたので、イカナゴミンチにV、E剤とテトラサイクリン系薬剤を混合して6日間投与し、斃死が止まって4日目の8月20日に100尾を選別し、実験区とした。以後、実験終了に至るまで類結節症の症状は見られず、原因菌も検出されなかった。

飼育方法及び試験区 対照区は300尾、実験区は100尾のハマチを用いて60日間(8月20日より)の飼育試験を行なった。対照区の餌料はイカナゴ・サバ・カタクチイワシ・オオナゴ・サンマを交互に用い、飽食の8割を目標に投餌した。実験区は飽食の8~10割を目標にカタクチイワシ丸餌を単独に用いたが、他の小割いけすで軽微の類結節症の発生が見られた時点から3日間はテトラサイクリン系薬剤を投与するためミンチを用いた。投餌は毎日行なっ

* Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu,
Kyoto, Japan

たが、採血の前日は摂餌の影響を除くため休餌した。

餌料魚の分析 投餌直前の餌料魚を -20°C で凍結保存し測定に供した。餌料魚の採取日は図1に示した。測定方法は、過酸化価 (POV) : Lea の方法⁵⁾ チオバルビツール酸値 (TBA) : 水蒸気蒸留による方法⁶⁾ トリメチルアミン量 (TMA) : Dyer 法の改良法⁷⁾、ヒスタミン量 (Hm) : イオン交換樹脂による方法⁸⁾、サイアミナーゼ活性 : 酵素液の調整及び活性測定法は石原等の方法⁹⁾ 残存 V. B_1 の測定はチオクロムケイ光法¹⁰⁾ によって行ない、水分量と油量の測定は常法に従った。

形態の測定 採血後の魚体について、外観及び解剖処見で観察した後、内臓・肝臓及び脾臓重量を測定し、体重に対する重量比 (臓器重量 $\times 100$ / 体重) を求めた。

なお、18尾の死魚、衰弱魚及び発症魚の腎臓について、主して3%食塩加普通寒天培地を用いて細菌検出を試みた。また、一部の被検魚の肝臓及び腎臓を10%ホルマリンで固定、保存し、パラフィン切片・HE染色により組織像を観察した。

血液性状及び血球組成 キューピエ氏管から採血した血液について血液性状を測定した。ヘマトクリット値 (Ht) は久保田のヘマトクリット兼用遠心器 (11000 rpm. 10分)、血色素量 (Hb) はアメリカン・オプティカル社のスペンサーHbメーターを用いて測定した。赤血球数 (RBC) はトーマの算定盤を用いて常法により計数した。血清蛋白量 (TP) は尾柄切断により採取した血液の血清を用い、アタゴの屈折計を使用して測定した。また、塗抹標本 (May-Giemas 染色) を作成して未熟赤血球 (%)、白血球数 ($\text{Cells}/10^4 \text{RBC}$) を求め、白血球を好中顆粒球・単球・リンパ球・その他に分類してその編組率を求めた。

血液化学成分の分析 図2に示したように実験期間中、5回の採血を行なった。1% MS-222 水溶液をエラに噴霧し、尾柄切断により採血し、室温に2時間放置後、血清を分離し測定に供した。

定量は $\text{Ca} \cdot \text{Chol} \cdot \text{TG} \cdot \text{ALP} \cdot \text{LDH} \cdot \text{GOT} \cdot \text{GPT}$ (国際試薬KK)、 $\text{Pi} \cdot \text{LAP}$ (ヤトロン) の市販キットを用いて行なった。

肝臓中の V. B_1 及び水分量の測定 魚体測定及び採血に用いた魚体から検体の肝臓を採取し、 -20°C で凍結したサンプルを測定に供した。 V. B_1 の測定はチオクロムケイ光法¹⁰⁾ により、水分量の測定は常法に従った。

実 験 結 果

餌料魚の品質 餌料魚の油量・TMA量・Hm量・TBA値・POV値は表1に示した。

表1 カタクチ実験区の餌料品質

	水分量 (%)	油量 (mg/gdry)	POV 値 (mg当量/油kg)	TBA 値 (mg/kgwet)	TMA 量 ($\mu\text{g}/\text{gdry}$)	ヒスタミン量 ($\mu\text{g}/\text{gdry}$)	サイアミナーゼ活性 (分解された V. B_1 $\mu\text{g}/\text{g.dry.min}$)
対照区	68.0 ~ 77.0	64.4 ~ 860.1	275.1 ~ 779.1	16.2 ~ 65.3	68.8 ~ 198.1	45.5 ~ 595.2	
実験区	74.0 ~ 78.0	4.0 ~ 66.9	188.6 ~ 508.4	1.9 ~ 21.3	56.3 ~ 129.2	224.0 ~ 489.9	67.9 ~ 234.1

実験区餌料の油酸化の程度は $188.6 \sim 504.4 \text{ mg当量/油Kg}$ (POV値)、 $1.9 \sim 21.3 \text{ mg/Kg wet}$ (TBA値)であるが、油量は非常に少かった。従って、過酸化物質を生餌 1 Kg 当りに換算すると、対照区では $150.5 \text{ mg当量/Kg wet}$ (平均)であるのに対して、実験区は 16.2 mg当量/Kg wet (平均)と少く、約 $1/10$ であった。また、TMA量は $56.3 \sim 129.2 \text{ } \mu\text{g/gdry}$ 、Hm量は $224.0 \sim 489.9 \text{ } \mu\text{g/gdry}$ であり、全体的に鮮度のよい餌料とは云えないが、対照区よりは良かった。実験区における餌料魚のサイ

アミナーゼ活性は $57.9 \sim 234.1 \text{ } \mu\text{g/g.dry.min}$ 分解された $V. B_1$ $\mu\text{g/g.dry.min}$ であった。

一方、対照区におけるカタクチイワシ、サンマのサイアミナーゼ活性は $32.1 \sim 306.4$ (分解された $V. B_1$ $\mu\text{g/g.dry.min}$) $\cdot 539.0$ (分解された $V. B_1$ $\mu\text{g/g.dry.min}$) であったが、石原等^{3,11}が報告している $V. B_1$ 欠乏の影響が出る程の連続投餌は行なわなかった。

飼育経過 摂餌率の経過は図1に示した。カタクチイワシ投餌区は実験開始から30日目まで20%内外の摂餌率を示した。35日目頃から摂餌しにくくなり、40日目で急激な摂餌の低下が生じた。従って隔日の投餌を行なったが、摂餌率は更に低下し2%になった。対照区は10%内外の摂餌率であった。

斃死率は 過を図2に示した。40日目から斃死が始り、55日目までは徐々

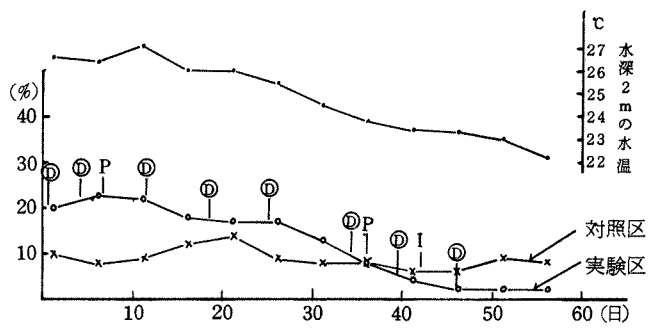


図1 カタクチ連続投与試験区の摂餌率と水温の経過
 ○ 集計は5日毎に行った(8月20日~10月20日)
 ○ P: テトラサイクリン系薬剤投与開始日
 ○ I: 一日毎の投餌開始
 ○ D: 餌料の検査

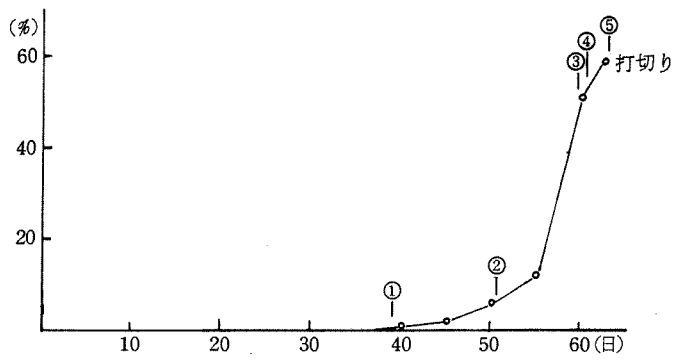


図2 カタクチ連続投与試験区の累積斃死率 (当初の尾数に対して)
 ○ 集計は4日毎に行った(8月20~10月20日)
 ○ ①~⑤: 取上げ日を示す(肝臓サンプルも同時採取)

に斃死が増加した。55日目から60日目にかけて急激な斃死率の増加が認められた。対照区には全く斃死が見られなかった。

肉眼処見 摂餌低下に続いて、無力な水面での遊泳、無方向の旋回がみられた。体側の後半から尾柄にかけて強い出血を示し、斃死魚ではその部分が脱鱗・びらんし、脊ヒレと腹ヒレ、きに尾ヒレにも強い出血がみられた。エラ蓋裏面の充血、消化管全体及び幽門垂の充血が激しい場合も多かった。肝臓は小さく、色調の変化は著しくないが、充血またはうっ血した像が多かった。腎臓は、とくに実験の後半において色調に変化が見られ、やゝ腫張し白濁するものが多く、一部には白点や灰褐色の粟粒状を呈する場合もあった。

細菌検出及び組織像 細菌検出を試みた18尾のうち、死魚2尾、衰弱魚1尾から細菌が発育したが、他は全く検出されなかった。とくに白点を認めた腎臓については BHI 培地、小川培地等も使用したが、細菌は検出されなかった。

組織像は10月13日の実験魚数尾のみについて観察したもので、検体数が少く、病理組織学的な観察も不十分ではあるが、その処見は以下のとおりであった。

肝臓の血管内に多量の血球のうっ滞が見られ、洞様血管が拡張している。肝細胞自体は特別な変化は認められず、柵状構造もよく保存されているが、脂肪滴(空胞)をほとんど含まず、全体に小さい感じを受ける。肝臓に較べて腎臓の変化は著しく、細尿管・集合管上皮の崩壊脱落が各所に認められる。また、その内腔にコロイド滴状または無構造の物質がエオジンに弱く染まって認められる。ボウマンのうはよく保存されている部分もあるが、糸球体の萎縮・崩壊像も認められる。間質はやゝ粗である。さらに特徴的な像として、腎実質及び間質を大きく包み込む繊維状構造が見られ、その小型のものは類結節症の病魚に見られる構造に似る。しかし細菌集落らしい像は認められない。大型のものでは、中心部は無構造または繊維状と化している。

平均値の比較 実験開始から30日目以降(9月21日~10月18日)の試験区と9月21

表2 実験結果

項目	対 照 区			実 験 区			差 の 有意性
	検体数	平均値	標準偏差	検体数	平均値	標準偏差	
Ca mg/dl	19	15.9	1.2	31	16.8	2.5	NS
Pi mg/dl	19	12.2	4.4	31	13.7	4.0	NS
Chol mg/dl	19	451.7	60.1	31	265.3	118.2	S
TG mg/dl	19	300.6	143.9	31	161.3	103.6	S
ALP K-A unit	19	2.5	0.6	31	2.5	1.0	NS
LAP G-R unit/ml	19	209.6	45.4	31	135.5	42.5	S
LDH W unit/ml	19	3930	1220	31	2669	1061	S
GOT K unit/ml	19	371	80.7	31	324.7	83.2	NS
GPT K unit/ml	19	22.8	4.8	31	31.1	6.5	S
PTP g/dl	17	5.07	0.39	32	3.74	1.27	S
Fatness	17	15.59	0.83	34	13.70	1.08	S
VW %	17	5.324	0.531	34	4.331	0.500	S

項 目	対 照 区			実 験 区			差 の 有意性
	検体数	平均値	標準偏差	検体数	平均値	標準偏差	
LW %	17	1.249	0.340	34	0.907	0.237	S
SW %	17	2.067	1.034	34	1.730	0.748	NS
Ht	17	46.53	2.81	32	41.28	6.27	S
Hb	17	11.94	0.46	32	10.61	1.76	S
RBC	17	514.2	33.88	32	456.1	63.9	S
MCV	17	90.823	7.882	32	90.639	7.919	NS
MCH	17	23.283	1.707	32	23.246	2.209	NS
MCHC	17	25.702	1.187	32	25.664	1.393	NS
L-index	17	0.196	0.060	34	0.124	0.031	S
肝臓中の水分 %	3	64.03	0.91	5	74.06	4.76	S
〃 V.B ₁ $\mu\text{g/gwet}$	3	2.84	0.86	5	0.99	0.32	S

危険率 5% で平均値に有意差を認める (S)。認めない (NS)。

日から 10 月 20 日までの対照区とて、各測定項目のそれぞれの平均値を比較した (表 2)。

肥満度・内臓重量比・肝臓重量比は有意に (危険 0.1%) 低く、脾臓重量比には差を認めなかった。Ht・Hb・RBC (1%)、TP (0.1%) は有意に低く、MCH・MCV・MCHC には差が認められなかった。即ち、正球性正色素性貧血と判断された。

未熟赤血球はほとんど消失し、白血球の組成ではリンパ球が非常に少く、単球及びその他の血球が有意に高率を占めた。その他の血球は必ずしも容観的な基準に基くものでなく、異常な単球や好中球、ヒトの骨髓球¹²⁾に類似したもの等を含み、対照区では通常見られない血球の総称である。

血清中の各成分の中、Chol・TG・LAP・LDH・GPT は危険率 0.1% で有意差が認められた。マイワシの場合¹³⁾と異り Ca には有意差が認められなかった。対照区に較べて GPT は増加したが、Chol・TG・LAP・LDH は減少した。

TP・Chol. の減少はマイワシ¹³⁾ カタクチイワシ⁴⁾ サンマ¹¹⁾ の単独投餌で報告されている。TG の減少はカタクチイワシ⁴⁾ サンマ¹¹⁾ の報告と一致するが、マイワシ¹³⁾ では報告されていない。LAP・LDH の減少と GPT の増加はマイワシの報告¹³⁾ と一致する。

肝臓中の含水率は増加し V. B₁ 含量は極度に減少した。

本実験において特徴的に認められた外観症状及び解剖処見と血液性状・血球組成・血清成分との関連を検討した結果、体表の出血とリンパ球の減少には関連が認められたが、ほとんどの項目間で強い関連は認められなかった。

経過 対照区 (9 月 21 日～10 月 20 日) の平均値を 1 とし、実験区における各回の平均値の比率を求めた (図 3)。サンプルの取り上げ方に問題があり十分なデータは得られなかったため、それぞれの傾向を記載する。

肥満度 (図 3-1) と TP (図 3-7)、内臓重量比と肝臓重量比 (図 3-2)、Ht (図 3

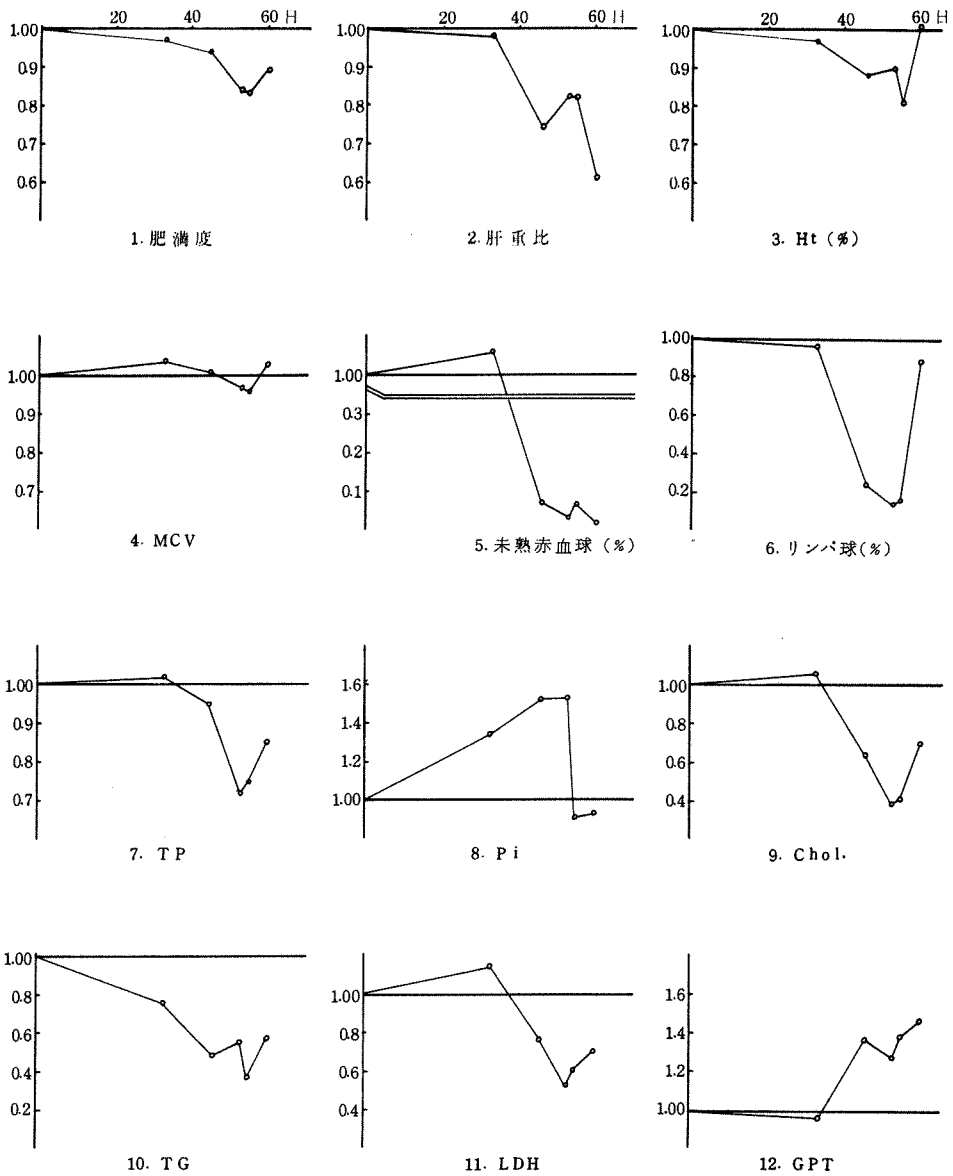


図3 カタクチイワシ連続投餌による経過
 対照区の値を1.0とした時の実験区の比率で示した。
 (実験区の値/対照区の値)

3)・Hb・RBC がそれぞれ類似の経過をたどった。未熟赤血球(%) (図3-5)は33日目には対照と差がなく、その後急激に低下した。その他の血球(%)は33日目までは対照区と変わらずほとんど出現しなかったが、46日目には異常に増加した。リンパ球(%) (図3-6)はこれとほぼ反対の傾向を示したが、60日目にはむしろ対照魚の値に近くなった。TG (図3-10)・LAPは漸次減少し、55日目には対照区のほぼ1/2にまで減少した。Chol (図3-9)・LDH (図3-11)・TP (図3-7)は33日目では対照区と差がむく、その後急激に減少した。GPT (図3-12)の増加はマイワシ¹³⁾に較べて時期も遅く、増加の割合も軽微であった。平均値に有意差の認められなかったPi (図3-8)の初期における増加の傾向と後半での減少は著しく、46~53日目では1.5倍にまで増加し、55日目以降はほぼ対照区のレベルにまで減少した。Ca・ALP・GOTには顕著な傾向は認められなかった。

考 察

肥満度・肝臓重量比・TP・Cholの低下は、実験区が低栄養状態であることを示している。また、実験区は群集としては明らかに貧血を起している。ただ実験区の血液性状はばらつきが大きく、極端に低い個体が含まれているためであって、 $\bar{X} + SD$ の値は対照区とそれほど異ならない。カタクチワシの連続投餌によって摂餌が低下し、斃死が盛んな時期でもTPは減少するが、Ht・Hbに有意差を認めない報告¹⁶⁾もある。一方、貧血が進行すると報告されている例^{2,17,18)}も多い。被検魚の抽出方法によって結果が異なるかも知れないが、カタクチワシ投餌による症状の発現時期に大きな個体差があるためであろう。しかし、未熟赤血球の減少と後述するような腎臓機能低下から、貧血に片寄らない個体も腎臓障害によって造血能が低下していることは充分考えられる。

異常な白血球細胞の増加を伴うリンパ球の減少も個体差が大きい。ヒトでは強い衰弱や末期的な症状でリンパ球の減少が見られるという¹⁹⁾体表の出血が著しい個体でリンパ球の減少が著しいことから、この変化は末期的な病魚に共通の像なのかも知れない。マイワシ連続投餌による重症魚¹³⁾も同じ像が見られる。外観及び血液像の末期的な症状はかなり急性に現われ、死に転帰するものと判断される。

摂餌低下に伴うハマチの低栄養状態についてはすでにいくつかの報告があり、カタクチワシの単独投餌の場合と比較した(表3)。表からも明らかなように、単なる摂餌低下(越冬魚・絶食魚)ではChol・TPの低下は生じるが、TGの減少は起らない。マイワシの単独投餌が消化管の赤変に認められる吸収不良を伴っているとは云え、摂餌低下による低栄養状態であるのに対して、カタクチワシの単独投餌では、TP・Chol・TGの著しい減少、消化管の赤変あるいは肝臓中の脂肪滴の消失が認められ、腸管からの脂肪吸収不良及び肝臓での脂質合成能の低下が考えられる。即ち、本実験におけるハマチの生理状態は脂質代謝異常を伴った極度の低栄養状態であると推察された。また、40日目以降に生じる急激な摂餌の低下は低栄養状態を促進したと考えられる。なお、採血に際して、前日は無投餌であったので、TGの減少は内因性TGの減少を現わしていると考えられる。従って、早い時期(30日目)の内因性TG

表 3 いくつかの低栄養状態のパターン

	Chol	TP	TG	消化管	肝臓中の脂肪滴
カタクチイワシ単独投餌魚	減少		初期から減少し続ける	赤化	無
越冬魚（文献14）	減少		増加の傾向	正常	
絶食魚（文献15）	減少		初期に軽微の減少その後は増加	—	
マイワシ単独投餌魚（文献13）	減少		若干増加の傾向が認められる	赤化	有

の減少は、摂餌低下に伴う外因性 TG の補給不足よりも先に、まず脂質合成能の低下が起ることを示しており、カタクチイワシの単独投餌において生じる特徴的な症状である。

GPT はわずかに上昇したが、経過でも見られたように、マイワシの場合¹³⁾よりも増加の割合は低く、GOT の増加も認められない。その上、肝臓にも著変は認められず、肝臓機能の障害はあっても軽微であると考えられる。しかし、肝臓自体は小さくなっており（図3-2）、肝臓の含水率も増加しているの、肝臓実質部の減少が推察される。LAP・LDHの減少する理由は不明であるが、斃死の盛んな時期に、特に減少する経過から推察すると活力の低下を示しているのかもしれない。初期における Pi の急激な増加及び細尿管、集合管上皮の崩壊脱落は腎臓機能障害を暗示している。一方、後半における Pi の回復はサンプリングの問題もあるが、摂餌低下による餌止めの影響であるのかもしれない。

以上述べたようにカタクチイワシを単独に長期間投餌すると、ハマチは極度の低栄養状態を現出し、その上に腎臓機能障害や正球性正色素性貧血が合併した、非常に弱った生理状態になることが認められた。こういった生理状態のときに V₁ 欠乏症や過酸化物の毒性等といった障害により斃死した可能性が高いと考えられる。

摘 要

1. カタクチイワシ単独投餌による生理的変動を検討した。
2. 正球性正色素性貧血を生じた。
3. 重度の低栄養状態であった。
4. 腎臓機能障害が認められた。
5. 肝臓中の V₁ 含量の減少と含水率の増加が認められた。

文 献

- 1) 岡 正雄：養殖ハマチの食餌性疾病に関する研究，魚病研究，1（2），1-19（1967）。
- 2) 阿井敬雄・松原荘六郎・阿部勲雄：カタクチイワシ投与によるハマチの栄養性疾患につ

- いて、静岡水試研報，4，67-87（1971）。
- 3) 石原 忠・保田正人・柏木 哲・八木基明：海産魚のチアミナーゼIの研究-V，日水誌，40（7），675-682（1974）。
 - 4) 石原 忠・保田正人・柏木 哲・秋山むつ子：八木基明：海産魚のチアミナーゼIの研究-IV，日水誌，40，（8），775-781（1974）。
 - 5) H. L. A. TARR: Control of Rancidity in Fish Flesh, J. Fish. Res. Bd. Can., 7（3），137-153（1947）。
 - 6) B. G. TARLADGIS, B. M. WATTS and M. T. YOUNATHAN: A. Distillation Method for the Quantitative Determination of Malonaldehyde in Rancid Foods., The Journal of the American Oil Chemists Society, 37, 44-48（1960）。
 - 7) 橋本芳郎・岡市友利：トリメチルアミン及びトリメチルアミンオキシドの定量法について、日水誌，23（5），267-272（1957）。
 - 8) 河端俊次・内田大・赤野多恵子：イオン交換樹脂（Amberlite CG-50）によるスタミンの簡易定量法，日水誌，26（12），1183-1191（1960）。
 - 9) 石原忠・保田正人・諸岡等：海産魚チアミナーゼIの研究-I，日水誌，38（11），1281-1288（1972）。
 - 10) 東大農学部農芸化学教室：実験農芸化学（上）第2版，朝倉書店，東京，1971，PP. 142-144，
 - 11) 石原忠，原研治，中山英則，保田正人：海産魚のチアミナーゼEの研究-VII，日水誌，44（6），653-657（1978）。
 - 12) 小宮正文：図説血球の見分，第7版，南山堂，東京，1977，p 98-99。
 - 13) 藤田真吾，大橋徹：マイワシ投与による養殖ハマチの疾患について（予報），本誌，2，（1978）。
 - 14) 大橋徹，藤田真吾：養殖ハマチの血液学的研究-II，本誌2
 - 15) 坂口宏海：絶食時におけるハマチの血液、肝すい臓の化学成分などの変化について、日水誌，42（11），1267-1272（1976）。
 - 16) K. NARBA, H. NABGAWA, S. MURACHI, M. KAYAMA, and T. Nakamura : Blood Properties of Cultured Yellow Tail, *Seriola Quinqueradiata* TEMMINCK and SCHLEGEL, J. Fac. Fish Anim. Hush., Hiroshima Univ., 12, 89-99（1973）。
 - 17) 松崎幸夫・松森茂・菅昭人：ハマチ餌料に関する研究-III，山口外海水試研報，11（1），35-41（1969）。
 - 18) 藤井修生・水津洋志・松崎幸夫・松星寿彦：カタクチイワシ毒性に対する各種薬剤投与効果について、山口外海水試研報，12（4），34-62（1977）。
 - 19) 清水 行：血液病・代謝異常，病態栄養学双書．6．第2版，第一出版，東京，1974，pp. 111-112，

マイワシ投与によるハマチの 疾患について

藤田真吾・大橋 徹

On the Disease of Cultured Amber Fish Fed on Sardine

Shingo FUJITA* and Tooru OHASHI*

ハマチ *Seriola quinqueradiata* の養殖に於て餌料の問題は種々の意味を含んで重要である。現在なま餌として使用されている餌料魚種のなかで、マイワシ *Sardinops melanosticta* の漁獲が増加し、多用されるようになった。一方、昭和50年夏から秋にかけて京都府下の各地で養殖ハマチが大量に斃死し、その原因として長期間単独に投与されていたマイワシが疑われた。そこで、マイワシを単一餌料とする飼育試験を行ない、長期連続投与がハマチを斃死させることを確認した。その過程で、生理的な変化を追い、発病原因を究明し、診断の指標を求める目的で、肉眼処見・血液性状・血液化学成分について調査した。また、併行して実施したカタクチイワシ単独投与に於る生理的変動と比較検討した。

報告に先立ち、種苗及び餌料の入手に御協力いただいた京都府漁連蓄養場及び栗田漁業協同組合の方々に感謝の意を表します。

実 験 方 法

供試魚及び飼育方法 供試魚と対照区の飼育方法は前報¹⁾と同じである。試験区の餌料として、冷凍マイワシを一夜冷蔵庫内で解凍し、前半はミンチを、後半は適当な大きさに切断したものを使用した。また、この試験に先立って、7月20日から平均体重110gの他県産種苗を用いて予備試験を行った。

試験区の累積斃死率が50%を越えた時点で生残魚を2区に分けて治療試験を行った。治療区には3日間の餌止めの後マアジのミンチを10間与え、その後対照区と同じ餌を与えて1ヶ月間飼育した。

餌料魚の分析 投餌直前の餌料魚を-20℃で凍結保存し、測定に供した。餌料のサンプリングは対照区・試験区について夫々8回行い、分析方法は前報¹⁾に準じた。

採血及び形態の測定 前報¹⁾に準じた。

血液性状及び血液化学成分 キュービエ氏管から採取した血液について血液性状の測定と、塗抹標本の作成を、尾柄切断により得た血清について血清蛋白量(TP)及び血液化学成分の測定を行った。採血・測定及び定量の方法はすべて前報¹⁾に準じた。

* Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu
Kyoto, Japan

また被検魚2尾の肝臓について、前報¹⁾と同じ方法でV. B₁と水分量を測定した。
 なお、塗抹血液像に於て、異常な単球や好中球、ヒトの骨髓球²⁾に類似した細胞等が多数出現したが、これらはすべてその他の白血球として処理した。

結 果

餌料魚の品質 餌料魚の分析結果は表1のとおりであった。試験区の餌料は概して高油量で

表1 対照区・マイワシ区・治療区の餌料の品質

	水分量 %	油量 mg/g-dry	POV価 mg当量/油kg	TBA値 mg/kg-wet	TMA量 μg/g-dry	ヒスタミン量 μg/g-dry
対 照 区	68.0~ 77.0	64.4~ 350.1	275.1~ 779.1	16.2~ 65.3	68.8~ 193.1	45.5~ 595.2
マイワシ区	63.0~ 71.6	125.6~ 270.2	77.4~ 502.9	43.1~ 62.0	22.2~ 44.8	160.4~ 375.2
治 療 区	71.0	124.3	79.4	6.9	64.0	181.9

あったが、油の過酸化物量を生餌1kg当りに換算すると、対照区の平均値150.5mg当量/kg-wetに対し、試験区の平均値は85.1mg当量/kg-wetで対照区の1/2であった。またTMA量、ヒスタミン量からみても鮮度の良い餌料とは云えないが、対照区の餌料に比べてとくに品質が劣っていたとは考えられない。

サイアミナーゼに関しては、マイワシの主として内臓に若干含まれているようで³⁾、試験区の餌料にも全魚体あたり0~79.1 μg/g-dry・min (分解されたV. B₁量) 含まれていた。対照区に投与したカタクチイワシ *Engraulis japonicus* 及びサンマ *Colorabis saira* にもサイアミナーゼが含まれており、一時的にはV. B₁ 欠乏餌料を摂取していたことになる。

飼育経過 2回の飼育経過はほぼ同様であった。試験開始後約35日で摂餌量が低下した(

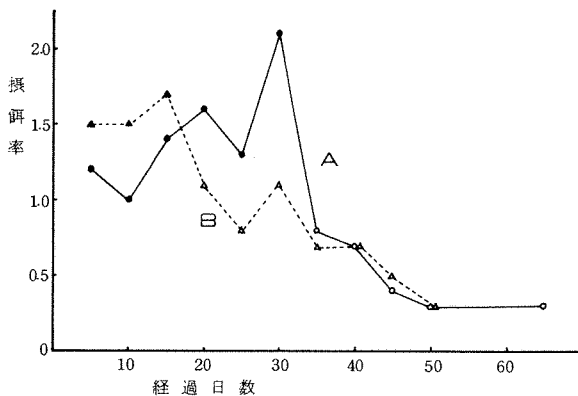


図1 マイワシ投与区の摂餌率 (対照区に対する比) の変化

A: 1回目(予備試験) B: 2回目
 黒塗はミンチ(0.7を乗じてある)白抜きは切断餌料

図1)。40~45日目から特徴的な症状を呈して斃死し、摂餌量も極端に少なくなった。ただ累積斃死率が50%に達した日数は第1回が約65日、第2回は約50日で第2回の方が経過が急であった(図2)。治療区は餌止め後9日目までに40%が斃死したが、その後食欲も回復し、60%が生残した(図3)。

肉眼処見 試験区でみられたおもな症状は以下のとおりであった。まず、摂餌の低下に先立

って体色が青味を帯びる。刺激に対して突然狂奔するものが現われ、斃死が始まる。狂奔に伴って体表やヒレから出血する。この出血は、一見異常のない魚を手網で抄い上げた時にも起こる。体表の粘液が少なく、鱗が剥げやすい。死魚や瀕死魚のヒレ・体表に出血・表皮剥離・びらんがみられる。内臓には特徴的な処見が少ないが、肝臓の黄～黄褐色と広範囲のうっ血、消化管及び幽門垂の充血等が多くみられる。腎臓が灰～褐色を帯び軽い腫脹と混濁が認められるが、カタクチイワシ投与区¹⁾でみられたような白点は認められない。

細菌検査及び組織像 18尾の検査対称魚のうち4尾から細菌が検出されたが、分離菌の2株はビブリオに鑑別され、他の2株は既知の病原菌に該当せず、2次的な侵入者と推定された。また、他の14尾からは細菌は検出されなかった。

10月24日の被検魚8尾について、肝臓及び腎臓の組織像を観察したところ以下のようにであった。一般に肝細胞の形と柵状構造は、よく保存されている。中～小型の空胞が4例、滴状の空胞が1例みられ、脂肪蓄積の程度はまちまちである。4例に於て部分的に大型の空胞が数個～数十個繋がり、個々の肝細胞が不明瞭で崩壊している像が観察された。腎臓では、細尿管上皮の軽度の水腫と混濁が認められるが、全般的に構造はよく保存されている。

平均値の比較 斃死が始まった40日目以降(10月4日～24日)の試験区、および治療後1ヶ月目の治療区(11月24, 30日)と、夫々同じ時期の対照区との間で、各測定値の平均値を比較した(表2, 3)。

肥満度及び内臓・肝臓・脾臓重量比は試験区が有意に低かった。血液性状では、RBC・TPがやゝ低く、MCHがやゝ高い他は、差が認められなかった。血液像はいづれの項目もばらつ

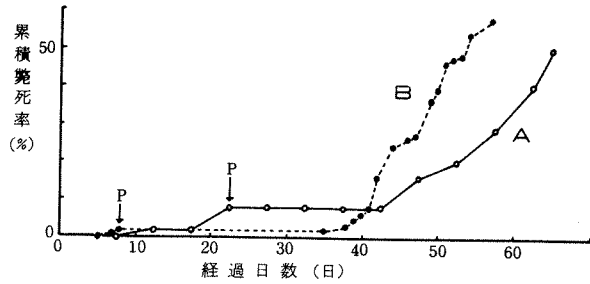


図2 マイワシ投与区の累積斃死率(当初の尾数に対して)の経過

A: 第1回(7月20日～9月25日)5日毎に集計
B: 第2回(8月20日～10月17日)
P: 類結節症発生(その後3～5日間 テトラサイクリン系薬剤を投与)

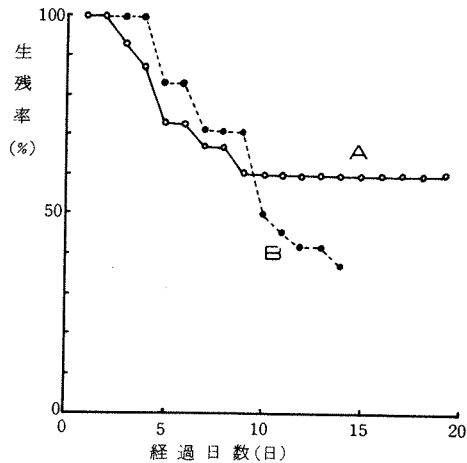


図3 マイワシ投与区の治療効果

A: 治療区 B: マイワシ区

表2 試験区(マイワシ区)と対照区の形態・血液性状・肝ビタミンB₁量の比較

	試験区(10.4~10.24)			対照区(10.6~10.20)			
	N	mean	SD	N	mean	SD	
肥満度	18	14.82	1.31	17	15.59	0.83	S**
内臓重量比 %	18	4.319	0.335	17	5.324	0.531	S
肝臓重量比 %	17	0.928	0.209	17	1.249	0.340	S
脾臓重量比 %	18	0.136	0.055	17	0.207	0.104	S
Ht %	18	45.45	5.51	17	46.53	2.81	NS
Hb g/dl	18	11.98	1.38	17	11.94	0.46	NS
RBC $\times 10^4/mm^3$	16	479.1	57.2	17	514.2	33.9	S
MCV μ^3	16	93.53	7.00	17	90.82	7.88	NS
MCH $\mu\mu g$	16	24.58	1.79	17	23.28	1.71	S
MCHC %	18	26.41	1.07	17	25.70	1.19	NS
TP g/dl	18	4.37	1.09	17	5.07	0.39	S
カルシウム mg/dl	19	17.5	2.2	19	15.9	1.2	S
燐 "	19	14.0	3.0	19	12.2	4.4	NS
コレステロール "	19	341.3	102.9	19	451.7	60.1	S
トリグリセリド "	19	329.8	130.8	19	300.6	143.1	NS
ALP K-G unit/ml	19	2.4	0.4	19	2.5	0.6	NS
LAP G-R unit/ml	19	141.4	41.6	19	209.6	45.4	S
LDH W unit/ml	19	2968	867	19	3930	1220	S
GOT K unit/ml	19	369.3	79.2	19	371.0	80.7	NS
GPT K unit/ml	19	38.6	15.3	19	22.8	4.8	S
肝・水分量 %	2	74.65	2.05	3	64.03	0.91	
肝・ビタミンB ₁ $\mu g/g$ -wet	3	0.57	0.29	3	2.84	0.86	
未熟赤血球 %	18	0.79	1.07	11	5.77	1.43	S
白血球数 $/10^4$ RBC	18	31.3	24.8	11	32.9	15.3	NS
リンパ球 %	18	55.1	31.1	11	87.9	6.4	S
その他*	18	15.7	26.8	11	1.7	1.6	NS

* ほとんど見られない白血球及び異常白血球

** 危険率5%での有意差の検定 S:有意 NS:有意差なし

きが大きい、未熟赤血球(%)とリンパ球(%)は有意に低かった。その他の白血球(%)は有意差が認められなかったが、実際には異常な血球が多数出現し、カタクチイワシ投与区¹⁾と同様の像がみられた。

血液化学成分では、Ca・GPTが高く、Chol・LAP・LDHは低かった。TP・Cholの減少はカタクチイワシ^{1,4)}やサンマ⁵⁾の単独投与でも認められている。またLAP・LDHの減少はカタクチイワシの単独投与で生じることはすでに報告した¹⁾。TG・GOTには有意差は認められなかった。

また、肝臓中のV・B₁含量は対照区よりも明かに少く、含水率は高かったが、これらはカタ

表3 マイワシ投与・治療区と対照区の形態・血液性状・肝ビタミンB₁量の比較

	マイワシ治療区 (11.24 ~ 30)			対照区 (11.28 ~ 30)			
	N	mean	SD	N	mean	SD	
肥満度	10	15.66	0.66	10	17.22	0.93	S**
内臓重量比 %	10	5.92	0.52	10	6.40	0.61	S
肝臓重量比 %	10	1.61	0.35	10	2.22	0.25	S
脾臓重量比 %	10	0.178	0.097	10	0.182	0.085	NS
Ht %	10	53.36	4.39	10	50.89	3.41	NS
Hb g/dl	10	14.00	0.74	10	13.76	0.83	NS
RBC × 10 ⁴ /mm ³	9	547.4	50.9	10	517.0	43.3	NS
MCV μ ³	9	96.41	4.12	10	98.83	7.91	NS
MCH μg	9	25.49	1.89	10	26.70	1.72	NS
MCHC %	10	26.32	1.31	10	27.06	0.83	NS
TP g/dl	10	6.75	0.74	10	6.66	0.49	NS
カルシウム mg/dl	10	17.0	1.0	8	15.6	1.3	S
磷 "	10	8.0	1.3	8	7.7	0.9	NS
コレステロール "	10	450.3	71.4	8	519.4	77.0	NS
トリグリセリド "	10	303.1	100.6	8	407.3	169.1	NS
ALP K-G unit/ml	9	2.8	0.6	8	2.1	0.4	S
LAP G-R unit/ml	10	195.8	29.9	8	204.3	26.1	NS
LDH W unit/ml	10	2748	669	8	3750	1227	S
GOT K unit/ml	10	294.0	61.6	8	381.9	111.1	S
GPT K unit/ml	10	21.5	4.2	8	21.1	5.1	NS
肝・水分量 %	1	55.3	—	1	46.5	—	
肝・ビタミンB ₁ μg/g-wet	1	2.27	—	1	2.01	—	
未熟赤血球 %	10	5.09	1.57	10	5.03	1.77	NS
白血球数 / 10 ⁴ RBC	10	82.2	36.6	10	60.0	27.4	NS
リンパ球 %	10	86.0	18.3	10	90.2	8.8	NS
その他* %	10	0.9	1.7	10	2.0	4.6	NS

* 通常ほとんど見られない白血球及び異常白血球

** 危険率5%での有意差の検定 S:有意, NS:有意差なし

クテイワシ単独投与の場合^{1,4)}に一致する。

治療区の肥満度・内臓及び肝臓重量比は、同時期の対照区に比べて有意に低いが、血液性状及び血液像には差が認められなかった。また、Ca・LDHには依然有意差が認められたがLAP・GPT、肝臓中のV₁ B₁含量及び含水率は対照区のレベルに回復した。たゞ、ALPは対照区よりも高く、GOTは低くなった。

なお、病魚を個体の水準で比較すると、体表の出血の著しい個体に於いて、リンパ球が少なく、異常な血球が多い傾向が認められたが、他の項目との間には明瞭な関連は認められなかった。

経過 試験開始後 30 日目の両区の体重は同じか、むしろ試験区が勝ったが、摂餌の低下に伴って増重が緩慢になり成長が停止した(図 4)。30 日目から終了までの対照区(9 月 21

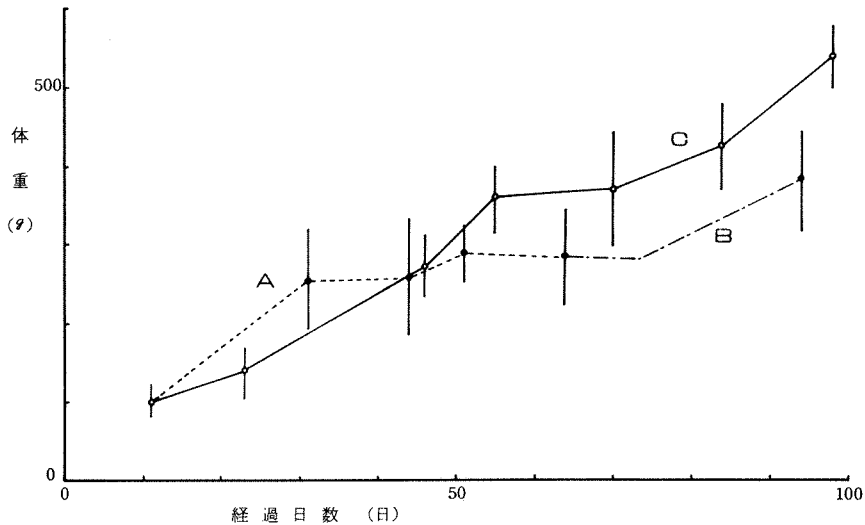


図 4 マイワシ投与区 (A) 及び対照区 (C) の体重の経過 (B はマイワシ投与・治療区)

日~10 月 20 日) の平均値を 1 として、試験区の各回の比率を求め、その経過を見た。同様にして求めた治療区の比を図に加えた(図 5)。45 日目(10 月 4 日)の測定値は被検魚のサンプリング方法に問題があって、すべての項目について明瞭な経過が得られたとは云えないが、予備試験の経過を併せ考慮すると次のような傾向がみられた。

肥満度(図 5-1)は次第に低下する。内臓及び肝臓重量比(図 5-2)も減少する。血液性状には大きな変化はない(図 5-3)。未熟赤血球(%)は 30 日目にすでに減少し、50 日目ではほとんど消失する(図 5-4)。リンパ球(%)は 30 日目に低下し、その後変化がない(図 5-5)。一方、斃死魚の出現に伴って異常な白血球(%)が増加する。TP(図 5-6)は 30 日目には対照区よりやゝ多いが、その後減少し、その経過は肥満度とよく一致する。Ca(図 5-7)は 30 日目にすでに対照区の 1.15 倍に増加し、その後同程度の高値を保つ。GPT(図 5-11)は 30 日目に急激に増加した後減少し、一過性の傾向がみられる。平均値の比較では有意差の認められなかった TG・GOT(図 5-10)は、試験期間の後半になってわずかに増加する。Chol(図 5-8)及び LAP(図 5-9)は、低下し、これらの変化は 45 日目の測定値を含めて TP に似ている。

治療区については平均値の比較の項で述べたので省略する。

考 察

飼育経過及び肉眼処見 2 回の飼育試験に於て、予備試験の方が斃死の経過がゆるやかであ

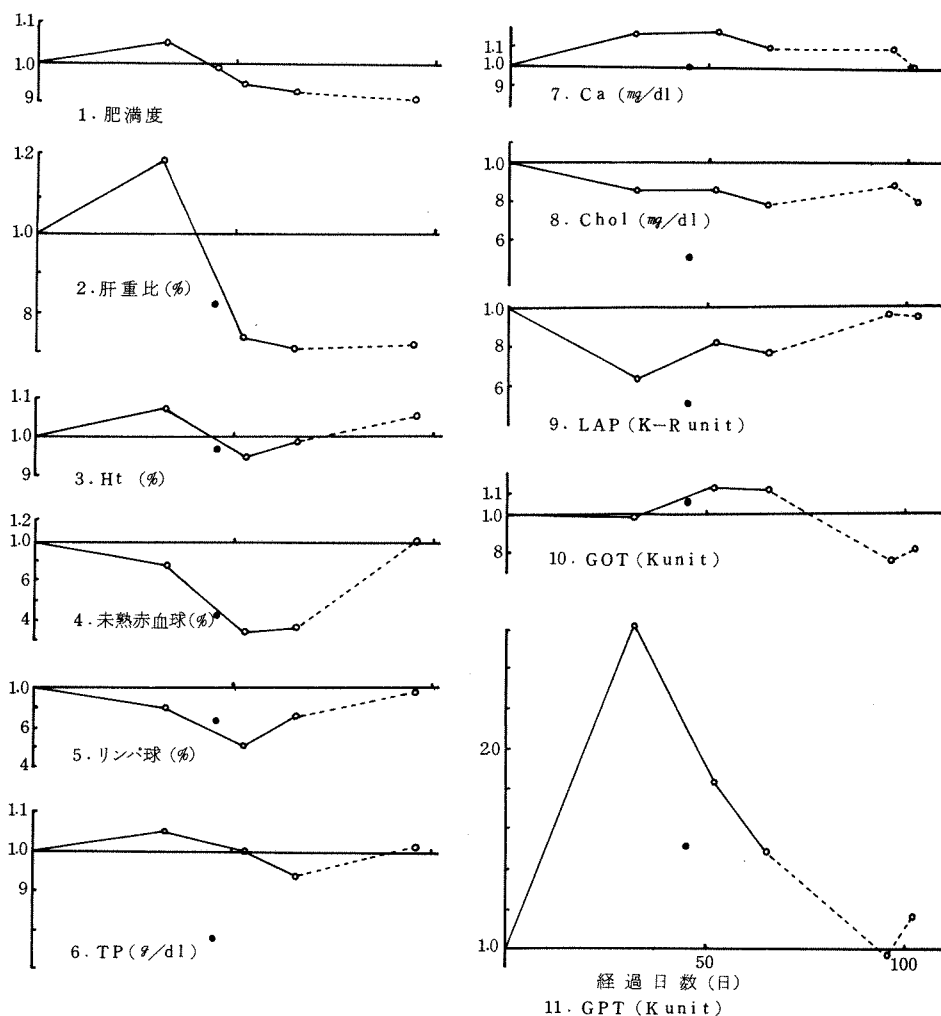


図5 各測定項目の経過(9月21日~10月20日の対照区の平均値に対する試験区の比
10月4日の測定値(黒塗)にはサンプリング上問題があったと思われる。

った。その原因は主として試験開始時の魚体重に約2倍の開きがあったためと考えられる。いづれにしても、マイワシを投与して30日頃から何らかの代謝異常に陥り、摂餌が低下して成長が止まり、消耗の過程に転化する。ハマチの体色は種々の条件で変化するので、客観的でないかも知れないが、摂餌の低下以前に現われる体色変化は早期診断の手掛りとなる。酸化タラ油の投与で青味を帯びることが報告されている⁶⁾

次に、行動に現われる特徴として、狂奔・旋回はカタクチイワシの投与でも観察されている^{1), 7~9)} 狂奔に伴う出血の記載は手元の文献には見当たらない。脱鱗¹²⁾ ヒレの充血⁸⁾ ヒレの発赤と浅い潰瘍⁹⁾ 等が、本報に於る瀕死魚の処見に似ている。後2者の報告には細菌感染

の疑いが示唆されているが、本報の病魚は細菌感染症とは考えられない。即ちマイワシ単独投与によって引き起こされた症状である。たゞ、解剖処見も含めて、肉眼的にはカタクチイワシによる障害と明瞭に区別することは出来ない。

肝臓及び腎臓の組織像に於ては、カタクチイワシ投与区¹⁾との間にいくつかの差が認められた。肝細胞に脂肪が残存する個体が多いのは、発病以前の脂肪の蓄積量と関係していると考えられる。カタクチイワシ投与区では見られなかった肝組織の部分的な崩壊像については後述する。腎臓の変化は比較的軽微で、この点も後述の血液化学成分の所見と一致する。

形態及び血液性状 平均値の比較に於ても、また肥満度や肝重比の経過を見ても、試験区の低栄養状態による成長停止は明かである。しかし、血液性状にはほとんど差がない。平均値の比較で試験区の赤血球数が有意に低いが、その標準偏差が示すように低値に向ってのばらつきが大きいためである。したがって、貧血の個体が存在してもそれは本症の主症状とは云えない。たゞ、未熟赤血球が極端に少いので、さらに長期間生存すれば貧血が進行するのであろう。また造血の低下は肥満度や肝重比が高い時点ですでに現われているので、摂餌の低下が直接の原因であったとは考えられない。造血能の低下の原因が餌料のマイワシ自体に存在したと考えられる。

血液化学成分 P ang¹¹⁾は魚類の腎臓に存在するスタニウス小体が血液 Ca の上昇を抑えることと報告している。本報に於る血清 Ca の増加もスタニウス小体の機能低下を暗示している。また、Ca の増加と TP の減少は、イオン型 Ca の増加を意味するもので、興味ある事実である。一方、Pi は増加せず、腎臓組織の変化も軽微であったことから、腎臓機能の障害は認められず、カタクチイワシ投与の場合¹⁾とは異っている。

GPT の増加に続く GOT の増加はヒトの肝臓障害の傾向と似ており、試験区に於る肝臓障害の可能性が推察される。肝組織にみられた部分的な崩壊像もこのことを裏付けているようである。

正常な越冬魚では LAP 及び LDH と GPT との間に高い相関が認められる¹²⁾。また、GPT と肝重比との間の相関も高い¹³⁾。このように、3種の酵素は肝臓と密接な関連を持ち、ヒトでは肝機能障害によって増加すると云われている。然るに GPT の増加にも拘らず LAP・LDH が増加しなかったことは注目すべきであろう。むしろこの場合の LAP・LDH の減少は、斃死に至る魚体の活力の低下を示しているのかも知れない。

TP・Chol. が減少する時期は摂餌量が低下した時期に一致している。越冬魚¹²⁾や絶食魚¹⁴⁾でも TP・Chol. は減少するので、本試験区でのこれらの減少は摂餌低下に伴う低栄養状態を示しているものと推察される。しかも TG にあまり変化がなく、肝細胞中に脂肪滴が存在することから、カタクチイワシ投与区¹⁾に比べると、その低栄養状態はより軽度であったと考えられる。

マイワシ投与区の肝臓中の V. B₁ はカタクチイワシ投与区¹⁾と同様に減少したが、カタクチイワシ^{1,3,4)}とは異ってマイワシに高いサイアミンナーゼ活性は認められない。また正常なハマチでも越冬明けの5月には 1.0 $\mu\text{g/g-wet}$ 前後の低い V. B₁ 量を測定している(未発表)。

したがって本試験区に於る肝 V.B₁ 量の減少と含水率の増加はサイアミン欠乏のみが原因とは考え難い。

以上述べてきたマイワシ単独投与による生理的な変動を、カタクチワシの場合と比較して表 4 に示した。肉眼的処見では区別の困難な障害の間にも、生理的にはいくつかの相違が認められる。

表 4 マイワシとカタクチワシ単独投餌による生理的変動の比較

	マイワシ単独投餌	カタクチワシ単独投餌
1. 栄養状態	軽度の低下	重度の低下
2. 貧血	軽微	再生不良性
3. 肝臓機能	機能障害	機能低下
4. 腎臓機能	—	機能障害
5. Ca の調節	不良	—
6. 肝臓中の V.B ₁ 含量	減少	減少
" 水分含量	増加	増加

マイワシ投与区のハマチの生理状態は、軽い肝機能障害を伴っているが、それが直接の死因とは考えられない。造血能が低下しているが、斃死を招くほどの貧血状態ではない。低栄養状態も軽度である。肝臓中の V.B₁ の減少も越冬期後半の正常魚と同程度である。また、過酸化脂肪の摂取量は対照区と同程度かそれ以下で、過酸化脂肪単独の障害とも考えられない。したがって、マイワシの単独投与によってハマチが斃死することは事実であるが、その原因を究明することは出来なかった。

なお、餌の切替えによって斃死は止まり、造血機能も 1 ヶ月後には回復した。また GPT の変化から、肝臓機能障害も治癒することが認められた。しかし、肥満度及び肝重比は回復するに致らなかった。10 月後半～11 月は越冬の準備期であり、エネルギー蓄積の時期である。推測の域を出ないが、このような状態のハマチが越冬期を迎えた場合、新たに生理的な負担が生ずるのではなからうか。

要 約

1. ハマチにマイワシを単独投与したところ摂餌の低下と高率の斃死が認められた。また、餌料魚種の切替えによって治癒した。
2. 発病魚の症状として、初期の体色の青変・狂奔に伴う体表及びヒレからの出血・表皮の剝離及びびらん・肝臓のうっ血・消化管及び幽門垂の充血が認められた。
3. マイワシ単独投与による生理的変動として、1) 未熟赤血球の減少、2) 肝機能の軽度の低下、3) スタニウス小体の機能の低下、4) 軽度の低栄養状態、が認められた。

文 献

- 1) 大橋 徹・藤田真吾：カタクチイワシ投与によるハマチの餌料性疾患について（予報）．本誌，2，48－56（1979）．
- 2) 小宮正文：図説血球の見方，第7版，南山堂，東京，1972，pp. 98～99．
- 3) 石原 忠・紀成尚志・保田正人：海産魚のチアミナーゼⅠの研究－Ⅱ，日水誌，39（1），55－59（1973）．
- 4) 石原 忠・保田正人・柏木 哲・秋山むつ子・八木基明：海産魚のチアミナーゼⅠの研究－Ⅴ，日水誌，40（7），675－682（1974）．
- 5) 石原 忠・原 研治・中山英則・保田正人：海産魚のチアミナーゼⅠの研究－Ⅶ，日水誌，44（6），653－657（1978）．
- 6) 坂口宏海・浜口 章：酸化油添加飼料によるハマチの飼育とビタミンE添加の効果，日水誌，35（12），1207－1214（1969）．
- 7) 藤井修生・水津洋志・松崎幸夫・松里寿彦：カタクチイワシ毒性に対する各種薬剤投与効果について，山口外海水試研報，12（4），34－62（1972）．
- 8) 酒井博行：餌料研究A，カタクチイワシのハマチ餌料としての適正化試験，昭和43年度愛媛水試事業報告，115－128（1968）．
- 9) 石川雄介・中野 励：岡山県下で起った養殖ハマチ病害の一事例，魚病研究，2（2），128－134（1968）．
- 10) 阿井敬雄・松原壮太郎・阿部勲雄：カタクチイワシ投与によるハマチの栄養性疾患について，静岡水試研報，4，67－87（1971）．
- 11) 小黒千足：下等脊椎動物のCa調節，化学と生物，15（1），27－29（1977），
- 12) 大橋 徹・藤田真吾：養殖ハマチの血液学的研究－Ⅱ，本報，2，36－47（1979）．
- 13) 藤田真吾・大橋 徹：養殖ハマチの血液学的研究－Ⅰ，本報，1，113－129（1977）．
- 14) 坂口宏海：絶食時におけるハマチの血液，肝すい臓の化学成分などの変化について，日水誌，42（11），1267－1272（1976）．

養殖ハマチから分離した *Vibrio anguillarum* について (短報)*¹

藤 田 真 吾

昭和51年4月上旬に2業者の養殖ハマチ *Seriola quinqueradiata* から同一種と考えられる細菌を分離した。分離に供した病魚は、鰓吸虫及び出血性腹水症との合併症であった。分離菌は COWAN & STEEL の一次鑑別表¹⁾に従ってピブリオに鑑別されたが、ピブリオ選択培地上での発育がかなり抑制され、0.5%及び3%食塩加培地で全く同様によく発育するなど若干の疑問が残ったので、病原性の確認と種の同定を試みた。

表 ハマチ分離菌の性状

character		character	
Single polar flagellum	+	Acid from Fructose	+
Motility	+	Galactose	+
Gram	-	Glucose	+
Swarming	-	Mannose	+
O-F	F	Maltose	+
Gass from glucose	-	Trehalose	+
Oxidase	+	Dextrin	+
Catalase	+	Mannitol	+
O/124	+	Starch	+
Novobiocin	+	Sucrose	+
Penicillin	-	Glycogen	+
Nitrate reduction	+	Glycerin	-(1)±(1)
Gelatin liq.	+	Cellobiose	+
Indole	+	Arabinose	+
V-P	+	Inositol	-
M-R	-(5)±(4)	Sorbitol	+
Hydrogen sulphite	-(7)±(2)	Lactose	-
Arginine decarb.	+	Inulin	+
Lysine	-	Rhamnose	-
Ornithine	-	Xylose	-
Citrate (Simmons)	+	Raffinose	+
Starch hydrolysis	+	Adonitol	-
NaCl 0%	+	Dulcitol	-
7%	+	Salicin	-
10%	-		

分離菌9株中8株はハマチに対して病原性を示した。 $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^8$ cells/魚体 (500~700gの越年魚)の筋肉内接種によって、2~4日で斃死せしめ、腎臓から同じ菌が回収された(表面水温18.2~19.2℃)。 $10^4 \sim 10^5$ では発病せず、 $4 \sim 7 \times 10^6$ での結果は不安定であった。

分離菌の性状は表のとおりであった。クエン酸塩利用能を除いて主な性状はBergey's Manual 8th ed.²⁾の*V. anguillarum*に一致した。室賀ら³⁾が主としてアユ*Plecoglossus altivelis*から分離した*V. anguillarum*についてまとめた成績と比較すると、生化学的性状および sorbitol・inulin・raffinoseを除く炭水化物分解能に於て一致する。NaCl耐性についても0%と7%の両方に発育する海産魚由来株がある。sorbitolは淡水魚由来の株に陽性の例があり、その後室賀⁴⁾がまとめた成績ではむしろ陽性株が多い。raffinoseは淡水魚由来株の約半数が陽性であり、inulinは少数の陽性株が含まれている。

したがって、本分離菌は二・三の性状に於てやゝ例外的であるが*V. anguillarum*に同定するのが妥当である。

なお、昭和の1濃度ディスクを用いて薬剤感受性をみたところ、Tetracyclin・Chloramphenicol・Naridixic acid・Furazolidone・Oxsolemic acidに対して高い感受性を示したが、Sulfamonomethoxine及びSulfisoxazolに対しては広いが不完全な阻止円しか作らなかった。

文 献

- 1) S. T. COWAN (坂崎利一訳) : 医学細菌同定の手びき, 第2版, 近代出版, 東京, 1974, p. 106.
- 2) R. E. BUCHANAN and N. E. GIBBONS : Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 8th ed., Williams and Wilkins, Baltimore, 1974, p. 342.
- 3) 室賀清邦・江草周三 : *Vibrio anguillarum* の性状に関する考察、魚病研究, 8(1), 10-25, (1973).
- 4) 室賀清邦 : *Vibrio anguillarum* およびその感染症に関する研究, 広大水畜紀要, 14, 101-215, (1975).

*1 On the *Vibrio anguillarum* Isolated from Cultured Amber Fish,
(Short paper)
Shingo FUJITA

*2 Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu,
Kyoto, Japan

飼育水中での *Prorocentrum triestinum* による カキの発色試験

大橋 徹・岡部三雄

The Coloring Experiment on Oyster With
Prorocentrum triestinum in the Breeding Water

Tooru Oohashi*¹ and Mituo Okabe*¹

前報¹⁾において、久美浜湾で発生した赤色カキの原因物質はペリディニンであることを報告した。また、カキ体内でペリディニンは、Peridinin - Chlorophyll - Proteins の型で著積されており²⁾ *Prorocentrum micans* に含まれるペリディニンがカキの赤変に重要な役割を果している*² と報告されている。

1976年5月に舞鶴湾で採取した *Prorocentrum triestinum* にもペリディニンの存在が認められ、これを用いてカキの発色試験を行ったところ、若干の知見が得られたので報告する。報告に先立ち、この試験に当り、種々の御指導をいただいた東北大学の秦正弘博士に厚くお礼申し上げる。

材料及び方法

材料 試験に用いた渦鞭毛藻 *Prorocentrum triestinum* は1976年5月に舞鶴湾より採水し、マイクロピペットで分離したもので、培養水槽として500ℓパンライト水槽とダイライト水槽を各2個用いて屋内で培養した。*P. triestinum* を優勢に増殖させるには単一な状態であることが望ましいため、培養液に使用する海水は5μのハイフレアシャーで濾過した後、テフロンヒーターで70℃に加熱滅菌した。また、加熱の手間を省くために水道水による人工海水も合わせて使用した。この結果、試験終了まで培養はほぼ単一であった。培養液並びに人工海水の処法は表1のとおりであった。

第1回目の試験でのカキは17個を使用し、その殻付重量は204.0gから63.0gの範囲であり、個体差があった。

第2回目でのカキは8個体を使用し、その殻付重量は200.3gから131.0gの範囲で、個体差は小さかった

方法 20℃に保たれた暗室内において100ℓパンライト水槽で飼育し、カキが飼育水の中央に位置するように籠で吊し、エアレーションを加えた。*P. triestinum* を含んだ飼育水は

*1 Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science,
Miyazu, Kyoto, Japan

*2 秦正弘外：昭和51年度 日本水産学会春季大会

毎日交換し、その前後の細胞数を計数し、摂餌量を算出した。細胞数は0.01 ml 中の計数を3回行い、その平均値を求めた。なお、飼育水中の *P. triestinum* の増殖を見るために、コントロールとして、毎換水後にその飼育水1 l を三角フラスコにとり、カキの飼育と同じ条件下においたが、細胞数の増加はほとんどみられなかった。したがってカキ1個体当りの摂餌量は次式により求めた。

$$F = \frac{V(C_1 - C_2)}{N}$$

E : 摂餌量 (cells)
 V : 飼育水量 (ml)
 C₁ : 摂餌前の細胞数 (cells/ml)
 C₂ : 摂餌後の細胞数 (cells/ml)
 N : カキの個体数

表1 培養液の組成

Na NO ₃	0.1 g
Na ₂ HPO ₄ 12H ₂ O	0.02 g
Vitamia mix	1 ml
土壌浸出液	3 ml
滅菌濾過海水または人工海水	1,000 ml

Vitamin mix の組成

Vitamin B ₁₂	0.5 μg
biotin	1 μg
thiamin HCl	100 μg
蒸留水	1 ml

人工海水の組成

Na Cl	24 g
Mg SO ₄	8 g
K Cl	0.7 g
Ca Cl ₂ 2H ₂ O	0.368 g
水道水	1,000 ml

ペリディニンの抽出及び測定方法 -20

℃で凍結したカキを一晩放置し、赤色発生の有無を確認後、全量をホモジナイズして石油エーテルで抽出した。メルク製シリカゲル TLC で30%アセトン-石油エーテルに展開して、島津二波長クロマトスキャナーで測定した。スタンダードは E $\frac{1\%}{1cm}$ 475 nm = 1325 (Et OH)³⁾ を用いた。

結果及び考察

培養した *P. triestinum* について、前報¹⁾と同じ方法で赤色色素を抽出した。その吸収スペクトルはエタノールで470-485 nm、メタノールで468-472 nm、石油エーテルで452 nmと483 nmにそれぞれ吸収極大が認められた。他に、アルカリでの褪色および塩酸メタノール反応ともにペリディニンと同一であり、培養した *P. triestinum* はペリディニン色素を含むことが確認された。ペリディニンを特徴的に含有する鞭毛藻類の赤潮はいくつか報告されており^{3,5)}、その濃度はほぼ10³~10⁴ cells/ml である。そこで、*P. triestinum* の平均濃度が5×10³ cells/ml、5×10⁴ cells/ml となるような飼育水を用いて2回の試験を行なった。

第1回目の試験は1976年8月18日から9月16日までの30日間、カキを飼育し、第2回目は1977年8月29日から9月13日までの16日間の飼育を行なった。

それぞれの試験におけるカキの摂餌量、積算摂餌量及びペリディニン蓄積量を図1と図2に示した。第1回目について、カキ1個体当りの平均摂餌量は5×10⁶ cells/day であり、30日後の積算摂餌量は3.1×10⁸ cells/個であった。ペリディニン蓄積量には経時的に増加す

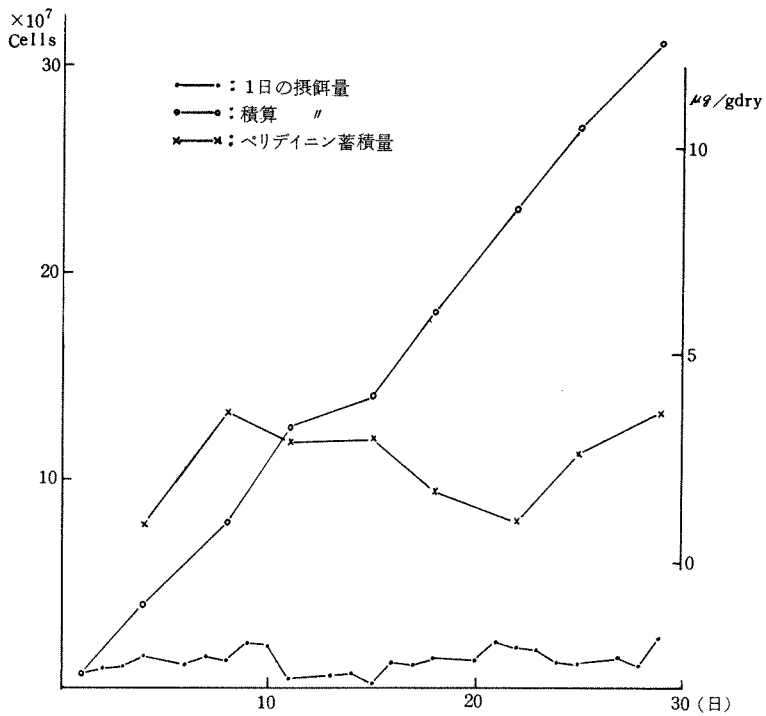


図1 カキのプロセントラム摂餌料とペリディニン蓄積量 (第1回目)

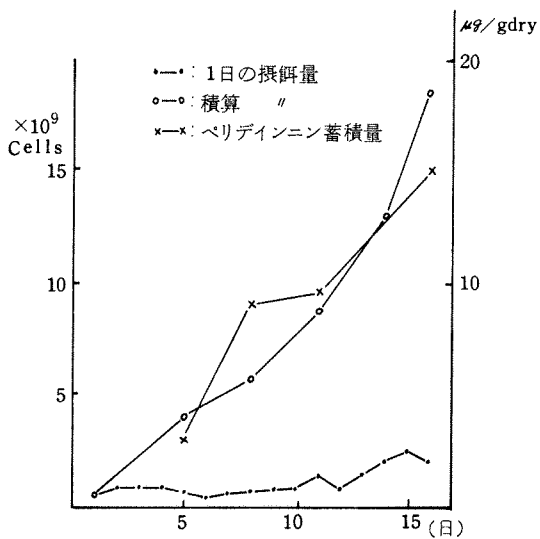


図2 カキのプロセントラム摂餌量とペリディニン蓄積量

る傾向は認められず、ほぼ0.9～3.6 μg/gdry の範囲の蓄積量であった。カキ1個体当りの摂餌量 (5 × 10⁸ cells/dry) を増加した2回目の試験における16日後の積算摂餌量は1.8 × 10¹⁰ cells/個であった。ペリディニン蓄積量は積算摂餌量と同じ傾向を示し、経時的に増加した。

カキにおいて、*P. triestinum* に含まれるペリディニンの摂餌量と排泄量との間にバランスが保たれている場合にはペリディニン蓄積量は経時的に増加しないが、バランスが不均衡になり、摂餌量が増加すると蓄積量が経時的に増加することが推測

されるので、この2回の試験における摂餌量の違いと増加傾向の違いは興味ある点である。

2回の試験を通して、カキの赤色化はほとんど認められず、2個体にのみ、わずかな程度の赤色化が認められた。この2個体のペリディニン蓄積量は $25.42 \mu\text{g}/\text{g dry}$ と $31.52 \mu\text{g}/\text{g dry}$ であった。須田等⁴⁾が *Prorocentrum micans* を用いた実験でカキ消化盲のうの赤褐色が観察されるペリディニン量は消化盲のうち $0.1 \sim 0.2 \text{mg}/\text{g dry}$ であると報告しており、測定部位の違い(消化盲のうとカキ全体)を考慮するとほぼ同じ程度であったと考えられる。

以上述べたように飼育水の濃度が $5 \times 10^4 \text{ cells}/\text{ml}$ (平均)になるとペリディニン蓄積量は経時的に増加し、蓄積量が $25 \sim 32 \mu\text{g}/\text{g dry}$ で発色することが予想される。培養した *P. triestinum* と天然における *P. triestinum* とのペリディニン量の違いもあるうが、*P. triestinum* が $5 \times 10^4 \text{ cells}/\text{ml}$ 以上発生すると赤色カキ発生の危険性が一応考えられる。

要 約

培養した *P. triestinum* を餌料として、カキの飼育を行い、カキのペリディニン蓄積について検討した。

1. 培養した *P. triestinum* にはペリディニンが含まれていた。
2. 飼育したカキの全てにペリディニンが蓄積されていたが、赤色化はほとんど起らなかった。
3. 摂餌量の違いによりペリディニンの蓄積していく傾向が異なった。

文 献

- 1) 大橋 徹・田中俊次：久美浜湾産着色ガキ色素の検討，本報，1，166-167 (1977)。
- 2) 秦 満夫・秦 正弘・阿部早智子：赤変カキの色素について，昭和51年度指定調査研究総合助成事業報告書(赤変カキ、ワカメあなあき症)，29-34 (1977)。
- 3) 藤田則孝・五十嵐輝夫・渡辺誠樹：昭和49年気仙沼湾に発生した赤潮 *Prorocentrum micans* について，宮城気仙沼水試研報，2，66-75 (1976)。
- 4) 須田善治・小畑一臣：*Prorocentrum micans* を餌料とした水槽飼育によるカキの赤変について，同上，3，7-9 (1977)。
- 5) 飯塚 篤・駒木 成：1973年9月，噴火湾豊浦沿岸で発生した *Prorocentrum* 赤潮について，北水研報，40，60-66 (1974)。

京都府沿岸域魚類のPCBおよび総水銀 含量について*¹ (短報)

中西雅幸*² 杉山元彦*² 田中俊次*²

著者ら¹⁾は先に舞鶴湾, 栗田湾, 宮津湾および阿蘇海の海底土中のPCB並びに総水銀含量について調査したが, いずれの検体も暫定除去基準(PCB: 10 ppm, 総水銀: 25 ppm)を大幅に下回り, それらの平均値は, それぞれ, 0.28 ppm および 0.35 ppmであった。ただ, 海水の交換が悪いと思われる水域(舞鶴湾東奥部, 阿蘇海)ではPCBおよび総水銀含量とも他の府下水域に比べてやや高い傾向を示した。

そこで本報では, 底土中のPCB等の含量とその水域に生息する魚類中のそれとの関連性について調査した。試料として, 1977年7月28日から, 8月10までの間に, 図1に示した

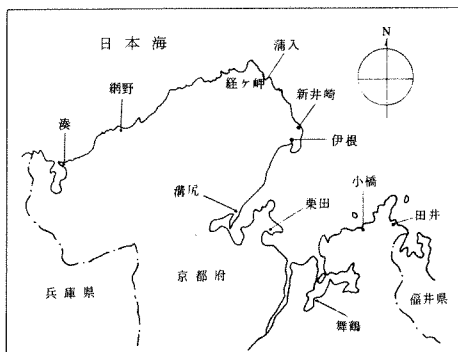


図1 検体採取場所

府下10漁協に水揚げされた魚種のうち, 主要魚種と考えられる23種33検体を選び, それぞれ可食部約20gを分析に供した。PCBおよび総水銀の定量は, それぞれ, 厚生省の定めたアルカリ分解法²⁾, 加熱気化吸引法³⁾によった。また, 脂肪の定量はエーテル抽出の常法³⁾によった。

調査結果を表1に示した。PCBは全検体から検出されたが, その濃度は平均0.02 ppmでいずれの検体も暫定的規制基準値(3.0 ppm)を大幅に下回った。これらの検体のうち, 阿蘇海で採取したシマイサキ

Therapon oxyrhynchus および舞鶴湾のコノシロ *Konosirus punctatus* が0.07 ppmと比較的高かった。しかし, これらの内湾で採取されたもののうちでもPCB濃度の低い魚種もあった。これは, 真鍋*⁴が指摘しているように魚種の食性あるいは遊泳範囲の違いによるものか, あるいは魚種による生理, 特にPCBの蓄積機構の違いによるものと思われる。また, カサゴ *Sebastes marmoratus* カレイ *Pleuronectidae, sp.* キダイ *Taius tumifrons* スルメイカ *Todarodes pacificus* などは, 0.01 ppmの低い値を示した。

真鍋*⁴はまた, 一般に脂肪の多い魚介類ほどPCB含量が高いと報告している。そこで, 今回

*3 水産庁, 51水研第1336号通達: 漁業公害調査(PCB)実施要領の脂質の分析方法について(1976)。

*4 日本水産学会: 昭和51年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, シンポジウム PCBと海洋生物 171~179(1976)。

分析した魚種の脂質含量 (X%) と PCB 含量 (Y ppm) との関係を求めたところ、図 2 に示したとおり、相関係数 $r = 0.30$, 回帰直線式 $Y = 0.053 X - 0.052$ で表わされた。

総水銀含量はコノシロ、カマス *Sphyræna schlegelii* シマイサキ、クロダイ *Mylio macrocephalus* が 0.1 ~ 0.3 ppm であったほかは検出されなかった。魚体中と底土中との総水銀濃度には顕著な相関は認められなかった。

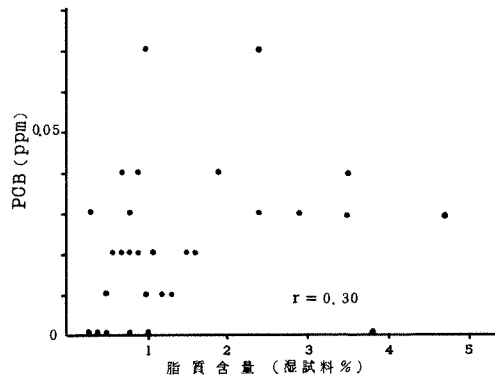


図 2 PCB 濃度と脂質含量

文 献

- 1) 田中俊次・杉山元彦・中西雅幸：丹後海東部内湾水域海底土中における PCB・総水銀の分布，京水試報告，昭和 50 年度，124-126 (1977)。
- 2) 厚生省環境衛生局 PCB 分析研究班：分析方法に関する研究 (1972)。
- 3) 環境庁水質保全局：底質調査方法，環境衛生研究会，東京，1973，pp. 9 ~ 10。

* 1 Contents of PCB and Total Mercury in Fishes Living in the Coastal Area of Kyoto Prefecture (Short paper)

Masayuki NAKANISHI, Motohiko SUGIYAMA, and Syunzi TANAKA

* 2 Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu, Kyoto, Japan

表1 京都府沿岸域魚類のPCB, 総水銀および脂質含量

漁協名	魚種	体長 (cm)	体重 (g)	PCB (ppm)	標準PCB組成				総水銀 (ppm)	脂質含量 (%)
					KC300	KC400	KC500	KC600		
1977.7.28	湊 コチ	36	520	0.02	1	1	1	4	tr.	0.7
	ヒラメ	23	260	tr.	1	1	2	1	ND	0.3
	ウシノシタ	25	155	0.02	1	1	2	1	ND	0.7
1977.7.28	網野 トビウオ	20	105	0.03	1	1	2	1	ND	0.3
	カツオ	50	1,500	0.04	1	2	2	1	tr.	3.5
	スルメイカ	20	280	0.01	1	2	2	1	ND	1.0
1977.7.28	蒲入 イワシ類*	8-10	8-10	0.02	1	1	3	1	ND	0.6
	トビウオ	20	110	0.01	1	2	2	1	ND	1.0
	イサキ	20	230	0.02	1	1	1	4	tr.	0.9
1977.7.28	新井崎 トビウオ	20	105	tr.	1	1	3	3	ND	0.3
	タチウオ	50	170	0.04	1	3	1	1	tr.	1.9
	イワシ類*	8	10	0.03	1	1	2	1	ND	2.4
1977.7.28	伊根 カサゴ	15	85	0.01	1	2	2	1	tr.	0.5
	カレイ	17	80	0.01	1	2	2	1	ND	1.3
	アマダイ	18	130	tr.	1	1	2	1	tr.	0.8
	キダイ	15	150	0.01	1	1	2	1	tr.	1.2
1977.7.28	溝尻 シマイサキ	15	80	0.07	1	1	3	1	ND	1.0
	ヒイラギ	8	20	0.04	1	1	3	3	tr.	0.9
	コノシロ	16	80	0.03	1	1	2	1	0.8	4.7
1977.8.10	栗田生産 カマス	24	120	0.02	1	1	3	3	0.2	1.6
	イシダイ	16	190	0.03	1	2	2	1	ND	3.5
	サバ	10	16	0.02	1	2	2	1	ND	1.1
1977.8.1	舞鶴 イシモチ	22	200	0.02	1	2	2	1	tr.	0.7
	コノシロ	23	210	0.07	1	1	1	4	0.2	2.4
	エソ	19	90	0.03	1	1	3	3	ND	0.3
	シマイサキ	19	190	0.04	1	1	1	4	0.1	0.7
1977.8.1	小橋 トビウオ	24	200	tr.	1	1	2	1	tr.	0.5
	イシダイ	15	165	0.03	1	1	2	1	ND	2.9
	メジナ	22	410	tr.	1	1	2	1	tr.	3.8
	イサキ	22	250	0.02	1	1	3	3	ND	0.8
1977.8.1	田井 エソ	42	900	tr.	1	1	3	3	tr.	0.4
	カタクチイワシ	8	6	tr.	1	1	3	3	tr.	1.0
	クロダイ	35	1,325	0.02	1	1	3	3	0.1	1.5

注：漁協名の項の数字は試料採取年月日を示す。

スルメイカの体長は外套長を表わす。

tr.：痕跡的，ND：検出せず，脂質含量は湿試料%を表わす。

*イワシ類はマイワシとカタクチイワシを併せて分析に供した。

アカアマダイの種苗生産に関する基礎的研究—I 産卵誘発 人工ふ化 仔魚飼育について

生田 哲郎・西広 富夫

Fundamental Studies on the Artificial
Reproduction of Red Tilefish - I
Induction of Spawning Artificial Fe-
rtilization and Rearing of Larvae
Tetsuro IKUTA*¹ and Tomio NISHIHIRO*¹

近年、我が国の近海に産する主要な魚種について栽培漁業化の試みがなされ、マダイ *Pagrus-major* クロダイ *Acanthopagrus schlegeli* 等についてはすでに人工種苗の放流効果判定の調査が行われているが、一方ではブリ *Seriola quinqueradiata* 等にみられるように容易に大量種苗生産の段階にまで進み得ない魚種もあり、種苗生産の技術段階は魚種によってその度合が異なる。

本報で取り上げたアカアマダイ *Branchiostegus japonicus japonicus* (HOULTUYN) は東シナ海、若狭湾等の沿岸漁業の重要魚種にもかかわらず、まだ種苗生産の技術研究は行われていない。そこで、本種について種苗生産魚種としての妥当性を検討するため本試験を設定した。

東シナ海、若狭湾産のアカアマダイの資源、生態学的な側面からの研究は、すでに数多く報告されており¹⁻⁵⁾ 成長、形態、年報群ごとの分布、餌料生物、産卵生態等のかなりの点について明らかにされている。しかし、いずれも成魚を対象としたもので、本種の初期生活史、形態に関しては沖山⁶⁾が日本海北部海域で採集された天然稚仔について報告しているにすぎず、人工孵化、稚仔魚の飼育に関する文献は見当たらない。

さらに、本種は比較的深い水深帯に生息しているため、活魚として得難いことから、飼育例も殆んどない。そこで、筆者等は昭和51年度来、本種の周年飼育を試みたところ、天然魚の推定成長に劣らぬ値を得たが、成熟させるまでには至らなかった*² この飼育過程で、本種は産卵期でもGI値が小さく、特に雄魚の精巢は極端に小さいこと等の他魚種(マダイ等)と異なる特徴がみられた。これらの特異な産卵生理の特性を明らかにするためには、先ず、天然親魚から採卵して、人工孵化を試みる必要があると考えた。

しかし、天然の成熟親魚は容易に得られないことから、本報では、活魚として得ることができた3年級魚に哺乳類起源の性腺刺激ホルモン剤で処理することによって、産卵誘発を試み、

*1 Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu, Kyoto, Japan

*2 未発表

精子は切開法を用いて媒精して、若干数ながら仔魚の1ヶ月以上の飼育が実施できたので、産卵誘発、人工孵化と仔魚の飼育経過について記述する。

材料および方法

1977年10月24日～11月1日に若狭湾西部の水深60mの海域において、延縄によって漁獲された活魚を水槽に収容して、フラン剤を用いて薬浴の後に、水槽上面を暗幕で覆い、鎮静させてから、卵巢部位が膨らんでいて元気のよい個体を選別して実験供試魚とした。

活魚として得られた魚体は体長23～27cm、体重250～380g、卵巢重量4～11gの3年級魚であり、その殆んどが雌魚であった。実験供試雌魚は27尾であるが、卵巢観察のため13尾は順次取り上げたので、実際に採卵を実施したのは14尾であった。

性腺刺激ホルモン剤としてシナホリンとHCGを用い、1個体当たり前者は25RU、後者は500IUを0.6%のNaCl溶液に溶解して、2日連続腹腔内に注射した。同時にビタミンEも背部筋肉中に注射した。その後は採卵前日に同様の処置を施した。実験期間中投餌は行わなかった。

産卵誘発効果を調べるために、注射後24時間の数尾の卵巢を7%ホルマリン液中に固定して、卵巢の前部と後部の一定重量について、径0.1mm以上の卵巢内卵(卵母細胞)の外部観察と卵径組成を計測した。重量比例法によって卵巢内卵数を推定した。産卵誘発後の水槽内の自然産卵数を計数するため排水口にネットを張って集卵して、7%ホルマリン液中に固定した。

採卵実験は11月1日～5日実施した。採卵は誘発後に麻酔薬は使用しないで、軽く卵巢部位を圧する搾出法で行い、等調生理食塩水で洗卵後に媒精した。精子は先述の海域で漁獲され、へい死後6時間以内の体長32～33cm、体重732～750gの数尾の雄魚の精巣を切開して用いた。

浮上卵のみを網地枠に収容して、軽く送気しながら、水温20.7～20.9℃、σ₁₅:1.025の海水を毎分1ℓ注ぐ流水孵化方式とした。孵化後4日目の仔魚を計数して、ウォーターパス方式とした飼育水槽に移して、後半には若干加温して飼育した。その間、毎日1/2以上の換水を行い、グリーンウォーターを少量添加した。孵化後4～10日目まで毎日飼育水密度10個/ℓになるようにトリガイ*Fulvia mutica*のトロコホア-幼生、6日目以降、シオミズツボワムシ*Brachionus plicatilis*を篩分けて、小さい個体から順次に同じく8個/ℓになるように投与した。

結 果

クロガレイについて山本⁷⁾が、マダイについて松浦⁸⁾が卵巢卵(卵母細胞)径と成熟過程について記述し、山本⁷⁾はクロガレイで得られた結果は同様な浮性卵を産卵する海産の魚種については適用できる場合が多いと考察している。

これらの報告に基づいて、組織の切片染色は行っていないが、外部観察と卵巢卵径から、アカマダイの卵巢卵の成熟過程について推定した。即ち、(1). 未成熟期:全体に透明であり、

核も透けて見える。径 0.2 mm 以下、(2). 卵黄顆粒期：核質周辺部は不透明度を増して茶色に濃染するが、全体に半透明となる。径 $0.2 \sim 0.32\text{ mm}$ 、(3). 卵黄球期：核質と卵細胞質との区別が不明となり、全く不透明に見える。径 $0.3 \sim 0.6\text{ mm}$ 、(4). 前成熟期：茶色に透けて見え、形が歪なものが多い。径 $0.58 \sim 0.70\text{ mm}$ 、(5). 成熟期：中央部に半透明な部分が残るが、全体に透明度が高い。搾出法で採卵した場合には、白濁卵となって沈下する。径 $0.65 \sim 0.85\text{ mm}$ 、(6). 完熟卵：全く透明となる。山本⁷⁾は Follicle layer で包まれていない点で前者と区別しているが、松浦⁸⁾は前者に含めている。径 $0.8 \sim 0.95\text{ mm}$ 。

卵巢卵径組成は数尾の観察を行い、各々の段階において、最も成熟度の進んでいる個体の卵巢について図示した。

1977年の産卵期に得られた魚体調査個体の中では最もGI値が高かった体長(BL)28.0cm、体重(BW)470g、卵巢重量(GW)24.6gの4年級魚の卵巢卵径組成は前成熟期以上の卵団が5%を占めていて、成熟期にさしかかった卵団も0.5%と僅かながら存在しているが(図1のA)、完熟卵は見当たらず、卵巢中に集卵された分離卵は観察されなかった。卵巢卵の総数は2,529千粒が計数されたが、大半は径 0.1 mm 以下の未成熟期のもので占められ、径 0.2 mm 以上の卵黄顆粒期以上に发育した卵黄卵は全体の約30%に当たる754千粒であった。

今回、活魚として供試した3年級魚のBL24.5cm、BW255g、GW5.5gの個体の卵巢卵径組成は先の個体よりも成熟段階は遅れていて、卵黄球期卵団は約15%であるが、前成熟期にさしかかったものは僅かに0.25%であった(図1のB)。卵黄顆粒期以上の卵巢卵数は146千粒が計数された。

1回目の性腺刺激ホルモン注射を処したBL25.5cm、BW292g、GW6gの個体の卵巢卵径組成は前成熟期卵団が約5%見られたが、成熟期ものは観察されなかった(図1のC)。卵黄顆粒期以上の卵巢卵数は179千粒であった。

同様に2回目のホルモン注射処理を行ったBL27.6cm、BW444g、GW11gの個体については数%の組成ながら、成熟期に发育した卵団が観察された(図1のD)。卵黄顆粒期以上の卵団は233千粒であった。供試実験魚の中では最もGI値が高かった。

連続2回の注射後4日目に3回目のホルモン注射を行った個体の卵巢卵径組成は成熟期の卵団が約10%

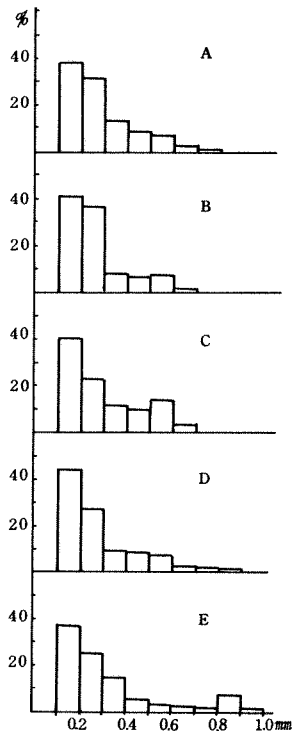


図1 アカアマダイ供試個体の卵巢卵径組成

- A: 産卵期の天然親魚(4年級魚)
- B: ホルモン注射前の3年級魚
- C: ホルモン注射1回の個体
- D: 同注射2回の個体
- E: 同注射3回の個体

を占め(図1のE)、生殖口付近に遊離卵が約3千粒集卵されていて、低率ながら、完熟卵も見られた。

性腺刺激ホルモン注射処理による産卵誘発には殆んど個体が反応した。誘発した雌魚14尾から、11月5日には1尾当たり2千粒~5千粒、計で約5万粒の採卵を行ったが、約80%は沈下卵となり、浮上卵は約1万粒であった。

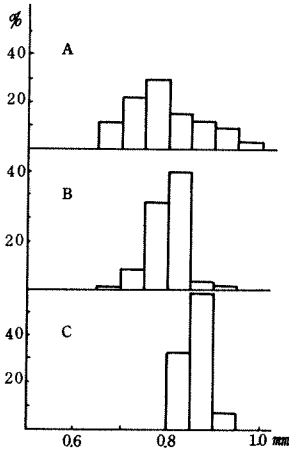


図2 アカアマダイの卵の卵径組成

A: 擠出法採卵の沈下卵
B: 同、浮上卵で発生停止卵
C: 水槽内自然産卵

沈下卵は大部分が成熟期の卵であったが、その卵径組成は0.65~1.0 mmの範囲にあり、モードは0.75~0.8 mmにあった(図2のA)。浮上卵の中で、孵化に至らなかった卵の卵径組成は大部分が0.7~0.85 mmに分布していて、モードは0.8~0.85 mmにあった(図2のB)。

産卵誘発された個体は誘発後数日間に渡って、浮上卵として、1日当たり約6千粒の自然産卵を行っていて、殆んど卵は全く透明な完熟卵であった。その卵径組成分布は0.85~0.9 mmにモードがあって、分布範囲は0.8~0.95 mmであり(図2のC)、卵径の平均値 $\bar{X} = 0.862 \pm 0.003$ と計算された。

大多数の卵径は0.7~0.9 mmに分布するが、擠出採卵による沈下卵と、同じく浮上卵で発生停止卵および自然産卵された卵の3者間の卵径組成のモードの分布は明確に別れた(図2)。卵径が0.85~0.9 mmに属

する卵については、湿重1尾当たり3300~3500粒が計数され、卵比重は0.996であった。

11月5日に得られた浮上卵の受精率は60%であったが、発生停止卵が多く、孵化率は16%と低く、正常孵化仔魚は全孵化仔魚の約半分の52%の割合であった。その後、水面上に浮いてへい死する仔魚が多く見られ、孵化後4日目の生残仔魚は195尾となり、孵化後10日目までに大半はへい死したが、形態観察のため標本魚を順次取り上げながら、飼育を行い、孵化後61日目に飼育を打ち切った。

本種の卵は径0.15 mmの油球1個を有する卵径0.86 mmの Epipelagic egg であり、静海水中では水面上に油球を上にして一層状に並ぶ。媒精後数分で胚盤形成が起り、部割の細胞分裂を行う。1時間で2分割、1.5時間で4分割、2時間で8分割球期、4時間で桑実期、7時間で胞胚期、19時間で胚体形成、26時間で眼球も形成され、筋節も見られるようになり、40時間後に孵化が始った(図3)。

孵化直後の仔魚の全長は2 mm前後で、頭を下にした倒立姿勢で浮遊していた。孵化後3日には開口し、消化管が貫通して、黒色素の沈着が多くなり、全体に黒味を帯び、すでに胸ヒレが機能して、水平方向に遊泳するようになり、6日頃には正常な個体は水層の底層部を泳ぎ、時々、水槽底をつつき、摂餌行動も観察された。飼育経過に従って、体色は益々黒味を帯び、

水槽底付近に静止していることが多くなり、活発な行動は観察されなかった。

本種の全長の伸びは極めて遅く、後半は若干加温して飼育を行ったが、孵化後 12 日で 3.1 mm、24 日で 3.5 mm、60 日で 11.2 mm であり、仔魚期の飼育に約 2 ヶ月を要した(図 4)。

考 察

哺乳類起源の生殖腺刺激ホルモン剤によって産卵誘発が試みられた魚種は少なからずあるが、海産魚についてはいずれも必要採卵量を得る程の効果があった例は極めて希である。用いた HCG (ゴナトロピン) は LH (黄体形成ホルモン) 作用が強く、シナホリンは同時に FSH (濾胞成熟ホルモン) 作用もあるとされているが、魚類における FSH については論議のあるところであり、これ等のホルモン剤は充分量使用すれば、排卵、産卵には効果が認められるとしても、卵母細胞の発育促進については顕著な効果は認め難いとされている*3

笠原等⁹⁾はクロダイの満3年魚の未熟個体にシナホリンの全量 60 RU を多回投与することによって産卵を促すことができ、産卵期の未産卵雌魚に対するシナホリンの成熟ないし排卵促進効果を認めている。同様な効果がイシ

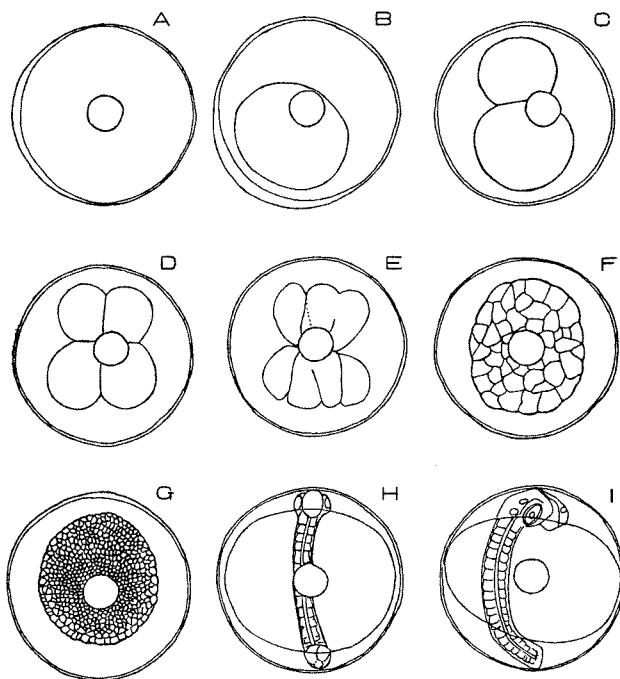


図 3 アカアマダイの卵発生 (卵径 0.86 mm)

A: 受精卵 B: 胚嚢形成 C: 2分割球期
D: 4分割球期 E: 8分割球期 F: 桑実期
G: 胞胚期 H: 受精後 26 時間 I: 同 33 時間

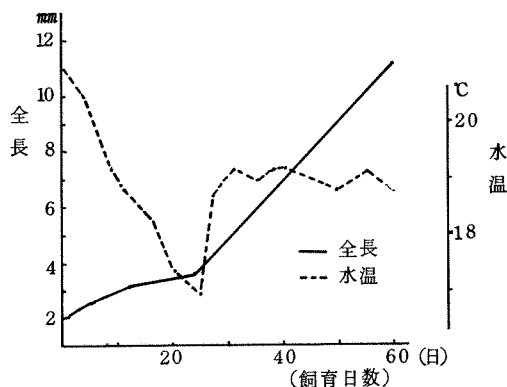


図 4 アカアマダイ仔魚の成長 (全長) と飼育水温

*3 昭和39年度日水学会、親魚の育成に関するシンポジウム要旨

ガレイ *Kareius bicoloratus*¹⁰⁾、ブリ¹¹⁾、等についても報告されている。1976年来、再三、本種の天然親魚からの採卵を試みているが、全然、完熟卵を有する個体は得られないこと、先述の親魚飼育試験の際にも全く産卵は見られなかったことを鑑みると、今回の実験に使用したホルモン剤がアカアマダイの卵巢の成熟ならびに産卵促進に少なからず効果があったことは容易に推察される。

1 個体当たりシナホリンの全量75～100 RUとHCG 1500 IUを短期間に3～4回の注射によって投与したことは、体重に比較して、多過ぎる感じもするが、まず、採卵を目的として実験を行ったので、充分量投与した。

笠原等⁹⁾がクロダイでは高年齢魚により効果が認められると報告しているように、アカアマダイの3年級魚は初産であり、より高年齢魚を供試魚とすること、又、今回は無投餌で実験を行った為、短期間の誘発実験となったが、より長期間に渡る実験の継続、注射後のストレスの解消方法等によって産卵量の増加が予想される。又、誘発された雌魚は水槽内に自然産卵を行っており、雄魚の誘発ができれば、水槽採卵が可能となり、仔魚初期の生残率の飛躍的向上も期待され、今後、雄魚の誘発試験が重要な課題と考えられる。

要 約

1. アカアマダイの3年級魚(雌魚)に、1個体当たりシナホリンの全量75～100 RUとHCG 1500 IUを短期間に投与することによって、殆んど個体が反応して、2千～5千粒の産卵を行った。
2. 媒精は等調生理食塩水で洗卵後に行い、受精率の向上を図ることができた。
3. 本種の卵は油球1個を有する分離表層浮遊卵であり、媒精後約40時間で孵化した。正常に発生する確率の高い卵の径は0.85～0.9 mmであり、その卵比重は0.996であった。
4. 仔魚初期の生残率は悪かったが、孵化後約2ヶ月飼育することができた。仔魚は早くから水槽底付近を遊泳し、水槽底をつゝく行動が観察された。

終に、実験魚入手に際し、快く御協力いただいた神田正一氏他栗田漁協の諸氏に、厚く御礼申し上げる。

文 献

- 1) 入江春彦：本邦産アマダイ属魚類に関する研究，長大水研報，3，6-9（1955）。
- 2) 船田秀之助：若狭湾におけるアカアマダイの資源調査，京水試業績，15，1-24（1963）。
- 3) 林 泰行：東シナ海産アカアマダイの成長に関する研究-I，II，日水誌，42（11），1237-1249（1976）。
- 4) 林 泰行：東シナ海産アカアマダイの成熟と産卵に関する研究-I，同誌，43（11），1273-1277（1977）。

- 5) 清野精次・林 文三・小味山太一：若狭湾産アカアマダイの生態研究－Ⅰ，Ⅱ，本誌，
1，1－28（1977）。
- 6) 沖山宗雄：アカアマダイの初期生活史，日水研報，13，1－14（1964）。
- 7) 山本喜一郎：海産魚の成熟度に関する研究－Ⅱ，北水研報，11，68－77
（1954）。
- 8) 松浦修平：マダイ卵巢卵の成熟過程と産卵数，九大農学芸誌，26（1－4），203
－215（1972）。
- 9) 笠原正五郎・日比谷 京：クロダイの種苗生産に関する基礎的研究－Ⅰ， 広大水畜紀
要，7，105－111（1967）。
- 10) 高越哲男：イシガレイからの採卵における生殖腺刺激ホルモン剤の利用に関する検討－
Ⅰ，Ⅱ，水産増殖，23（4），155－167（1976）。
- 11) 落合 明・榎田 晋：ブリ特に養殖ブリの性成熟の状態と人工採卵，昭和45年度回遊
性資源開試事業，高知水試結果報告書，2－10（1971）。

アカアマダイの種苗生産に関する基礎的研究—II 人工ふ化仔魚の形態変化について

生 田 哲 郎

Fundamental Studies on the Artificial
Reproduction of Red Tilefish—II

The Development of Artificial Fertilized
Larvae under Culture

Tetsuro IKUTA*

前報¹⁾において若狭湾産アカアマダイ *Branchiostegus japonicus japonicus* (HOUT-TUYN) の3年級魚に性腺刺激ホルモン剤を用いた産卵誘発、人工ふ化および仔魚の飼育について報じた。

本種の天然稚仔の仔魚中期以降の形態については沖山²⁾の報告があるが、仔魚初期についての文献は見当たらない。資源、生態研究の面から、稚仔魚期の同定基準を充実させる必要があると考えられることから、飼育過程において、段階的に標本固定した仔魚の形態観察を行い、明らかとなった部分について報告し、形態発達面の幼生飼育に関して、若干の考察を行った。

材 料 お よ び 方 法

1978年11月5日から翌年の1月4日にかけて、前報¹⁾の方法によって、採卵、人工ふ化させた仔魚(11月7日にふ化)の飼育実験を行う過程で、ふ化後0、1、2、3、5、12、24日および60日の正常に発達したと思われる個体1尾~20尾を7%の中性ホルマリン液中に固定した。固定後1ヶ月~3ヶ月の標本についてその形態を観察した。

結 果

固定保存すると、色素胞は黒色素胞を除き他は全部退色するが、顕微鏡下の生体観察は光刺激によって、鰭褶の剝離と魚体の極端な収縮が見られ、詳細な観察は困難であるが、顕著な他色素胞の出現は認められなかったので、黒色素胞以外の色素胞については記述していない。

1. ふ化後0日、全長2.06mm (図1, A)

体制は未発達で、卵黄嚢は前半部が若干大きい長楕円形をしており、その長径は短径の1.2倍、仔魚全長の38%を占め、前縁は眼球中央部下方に位置する。卵黄嚢後方に包み込まれて油球が存在しており、油球の径は0.13mmである。

* Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science,
Miyazu, Kyoto, Japan

仔魚膜（鰭褶）は表面に泡状顆粒が散在し、網目状の模様を呈して幅広く体前部から尾部を1周して卵黄囊後端まで被い、肛門下方でくびれている。

肛門は卵黄囊のやゝ後方に位置し、吻端から肛門までの長さは全長の52.8%である。耳胞は眼球のやゝ後方に体側にそった楕円形をしている。眼球径は0.15mmである。筋節数は13+16と計数される。

黒色素胞は吻端部、眼縁、卵黄囊、軀幹部に疎に分布するが、鰭褶上には認められない。

2. ふ化後1日、全長2.25

mm (図1, B)

卵黄の吸収が進み、長径で前日の35%に縮小し、仔魚全長の13.5%を占める。尾柄部の鰭褶は前部がくびれ、鰭条模様が観察され、中央部の下辺に泡状顆粒の集積が見られる。

頭部の眼球上方にくびれを生じ、心臓はくびれをともなった管状構造を呈し、消化管の中腸部が伸長してくる。腹腔部後辺に膀胱の形成が見られる。筋節数は11+17である。

点状の黒色素胞は吻端から上頭部外縁に広がり、体腔部上縁にみられ、樹枝状のものは肛門上方の軀幹部に分布しているが、軀幹部上側には見られなくなる。

3. ふ化後2日、全長2.31mm (図1, C)

体の伸長はあまり認められず、鰭褶は後頭部において幅を増し、尾柄前部のくびれが明確となる。心臓はやゝ丸味を帯び、外鰓孔が形成され始め、腹腔と囲心腔の境界が生ずる。

口裂は未だ認められないが、黒色素胞が集積して原基が形成される。頭部の発達は著しく、上頭部に2本のくびれが見られる。卵黄上縁第1筋節下に上向きに、体側から遊離して胸鰭が形成され、表面に泡状顆粒の散在と網目状の模様をもった膜鰭であり、鰭条構造は認められない。

耳胞は幾分丸味を帯び、ふ化直後の仔魚に比較すると、長径は約1.8倍になり、前方に移動し、眼球後縁の直後に位置する。尾脊椎骨の分化が認められる。筋節数は11+16である。

肛門は体中央よりやゝ前方に移動し、全長の46.7%に位置する。

点状の黒色素胞は腹腔部前縁の囲心腔との境と吻口部にも見られ、樹枝状のものは胸鰭基部に現われる。

4. ふ化後3日、全長2.22mm (図2, A)

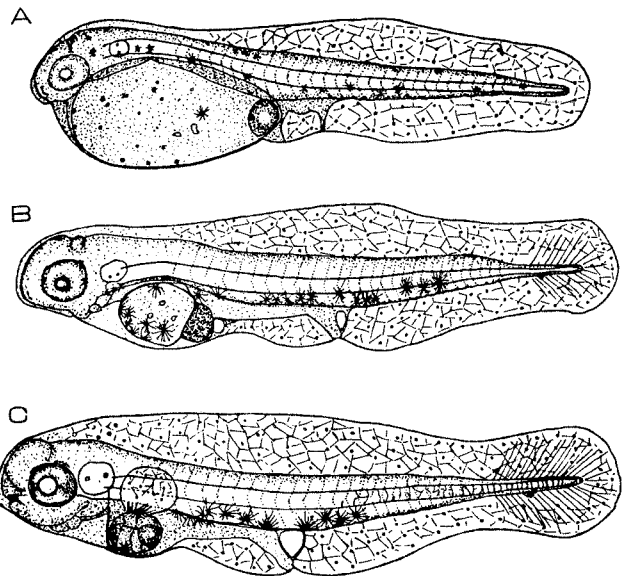


図1 アカアマダイの仔魚初期（開口前の仔魚）

A: ふ化後0日 (TL 2.06mm)

B: 同1日 (TL 2.25mm)

C: 同2日 (TL 2.31mm)

体の伸長は殆んど見られないが、頭部の形態は著しい変化を示す。全体に丸味を帯びた前額部を形成し、頭部の高さは前日の標本の1.3倍となって厚みを増す。両顎が形成され、口が開く、前鰓蓋骨、鰓の形成も見られ始める。耳胞は円形となって大きさを増す。

油球は卵黄と区別できなくなり、腹腔前方に移動し、その径は 92μ となる。消化管は厚みを増し、直腸部に膨みが見られ、各臓器の形成が進んでいると推定される。

胸鰭基部はやゝ前方に移動して、腹腔前端上部に位置し、体正中線との角度は直角となり、胸鰭基部付近には鰭条構造が認められる。

仔魚を背面から観察すると、体側の両側に3個の小さい半円状の突起、いわゆる触感球が見られる。筋節数は $11+16$ である。

点状の黒色素胞は数を増し、前頭部中央から耳胞下端部を通して軀幹部下縁にそって帯状に密在するようになる。

5. ふ化後5日、全長 2.25mm (図2, B)

消化管はすでに貫通して、直腸前部のくびれが明確となり、腸管は屈曲し、腸後部括約筋の形成が見られる。油球は腹腔部前端にわずかに残るのみとなる。

両顎の諸骨の形成が進み、下顎前端は上顎よりも前方に突出して、吻端は前の標本よりも鋭

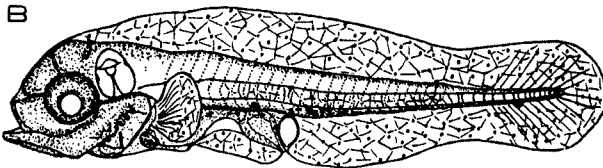
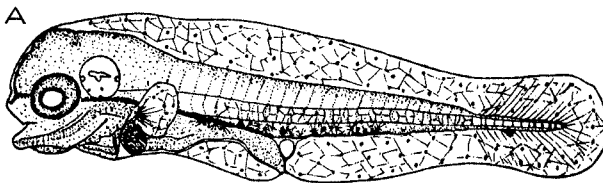


図2 アカアマダイの摂餌開始前後の仔魚

A: ふ化後3日 (TL 2.22mm)

B: 同5日 (TL 2.25mm)

角をなす。胸鰭にも鰭条構造が認められるようになり、全体に弓縮まった体形で、摂餌行動が可能になったと推定される。

前鰓蓋骨、主鰓蓋骨、鰓の形成が見られ、鰓呼吸も可能になっており、仔魚前期の外的栄養形態が完了している。

軀幹部、尾柄部の形態は殆んど変化しないが、頭部の発達

達は著しく、その長さは全長の 25.3% を占める。体腔部は厚みを増すが、長さは縮少する。耳胞は体高方向に長い楕円形となり、大きさを増し、内部に石灯籠状の模様を観察される。筋節数は $11+16$ である。

黒色素胞はさらに増加して、主鰓蓋骨外縁にも線状に密に分布し、全体に黒味を帯びる。

6. ふ化後12日、全長 2.88mm (図3, A)

全長は前記の標本の1.2倍強であるが、体高は同じく1.5倍と体高の伸びが著しい。腸管は回旋して厚みを増し、筋肉層と粘膜ヒダの発達が見られ、盛んに蠕動運動をするものと想定される。

腹腔下部の鰭褶が縮少する。前額部に小さな突起が生じ、下顎下縁に鋸歯状のヒダが見られる。耳胞は大きさを増して、4方向にくびれる。肛門は体中央よりやゝ後方に移動し全長の

51.6%に位置する。筋節数は10+16である。

黒色素胞の増加は著しく、樹枝状のものが頭頂部、角骨先端、肛門のやゝ後方の軀幹部中央にも分布するようになる。

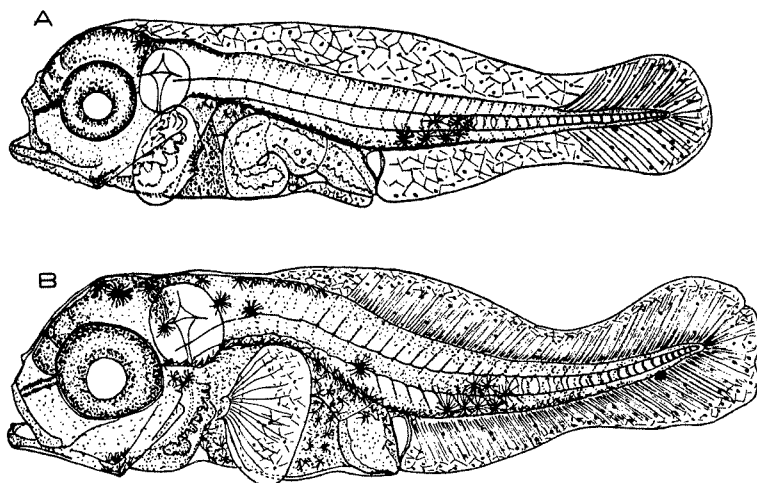


図3 アカアマダイの中期仔魚
A: ふ化後12日 (TL 2.83 mm) B: 同24日 (TL 3.12 mm)

7. ふ化後24日、全長3.12 mm (図3, B)

鰭褶は背側の起点が第1筋節付近まで後退し、周辺部には網目状の模様と顆粒が散在しているが、全体に鰭条構造が見られるようになり、腹腔下部の鰭褶は消失する。依然として尾柄部下辺中央に泡状顆粒の集積が認められる。

頭部、腹腔部とも厚みを増して体高が高くなり、それにつれて腹椎が湾曲している。腹椎骨に神経棘と血管棘が形成され始める。頭長は全長の28.2%を占め、眼径は大きくなって頭長の52.8%を占めるようになる。筋節数は10+14である。

黒色素胞はさらに増加して、特に腹腔部と軀幹部下縁では著しく、全体に黒くなる。

8. ふ化後60日、全長11.1 mm (図4, A, B)

後発生変態 (Caenogenesis) 期幼生と考えられ特異な形態を示す。まず、体表に小棘が密生する。頭頂部眼縁後端から眼縁を半周し鼻孔前部までと吻端までの2列の鋸歯状の骨質突起が前方へ列なる。又、左右の眼縁上辺から頭頂に向けて、放射状に14~15列の鋸歯状の骨質突起が列生する。

眼球下縁からも吻端に向けて2列の鋸歯状の骨質突起が走り、その一つは前上顎骨上を覆い上顎先端よりも前方に垂れ下り、口裂前半部を包みかくす。下顎下辺を1周する鋸歯状突起列が見られ、間に白い棒状の突起が突出する。前鰓蓋骨外縁は1棘の槍状棘と7~8個の棘があり、鰓蓋骨外縁も鋸歯状となって、前鰓蓋骨と主鰓蓋骨表面に小棘が密生する。

頭部の割合がさらに増加して、全長の34%を占め、体高も全長の32%に相当するようになり、全体に丸みのある体形となる。鼻孔はくびれる。肛門はやゝ後方に移動して全長の54.

2%に位置する。

各鰭はすでに出揃い、背鰭8刺15軟条、腹鰭1刺5軟条、臀鰭13軟条、胸鰭17軟条、尾鰭19軟条が計数され、仔魚期から稚魚期に移行する。

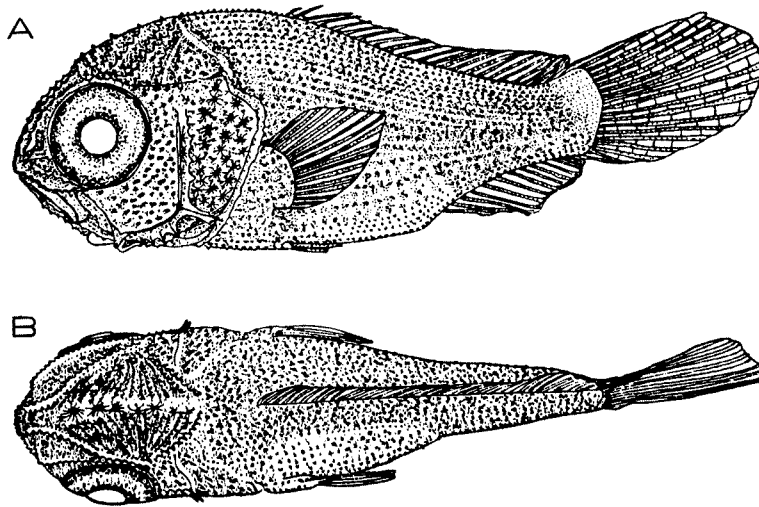


図4 アカアマダイの後発性変態期幼生
A:ふ化後60日(TL 11.1mm) B:同背面

黒色素胞は全体に発達するが、尾柄部上側に逆三角形の黒色素胞を欠く部分が観察される。生体時には腹部が若干黄金色であるが、全体に黒くなっている。

以上を要約すると、アカアマダイの人工ふ化仔魚の形態観察から得られた形態的特徴は以下のようなものである。

前期仔魚では鰭褶に全体的に微細な泡状顆粒が散在して、網目状の模様があり、尾柄部中央下辺に顆粒の集積が例外なく見られる。ふ化後1日の仔魚から腹腔部後端に膀胱が顕著に観察される。ふ化後3日の仔魚以降に点状の黒色素胞群が前額部中央から軀幹部下縁にそって帯状に密在する。又、肛門後方軀幹部下辺に樹枝状の黒色素胞の出現が顕著である。後期仔魚期に

表1 人工ふ化アカアマダイ仔魚の記載標本の計測値

ふ化後日数(日)	0	1	2	3	5	12	24	60
全長(mm)	2.06	2.25	2.31	2.22	2.25	2.83	3.12	11.1
体高(//)	0.49	0.41	0.39	0.47	0.45	0.65	0.82	3.46
頭長(//)	—	—	0.43	0.46	0.57	0.76	0.86	3.76
肛門長(//)	1.07	1.20	1.08	1.04	1.04	1.46	1.60	6.02
眼径(μ)	151	169	178	186	205	311	454	1,519
耳胞径(長径μ)	72	102	135	152	188	261	360	—
卵黄径(長径μ)	779	355	187	92	51	—	—	—
上顎長(μ)	—	—	—	102	120	219	326	1,085

表2 アカアマダイ仔魚の計測値の全長又は頭長に対する割合(%)

ふ化後日数(日)	0	1	2	3	5	12	24	60
体高 / 全長	23.8	18.2	16.9	21.2	20.0	23.0	26.3	31.2
頭長 / 全長	—	—	18.6	20.7	25.3	26.9	27.6	33.9
肛門長 / 全長	51.9	53.8	46.7	46.8	46.2	51.6	51.3	54.2
眼径 / 全長	7.3	7.5	7.7	8.4	9.1	11.0	14.6	13.7
眼径 / 頭長	—	—	41.4	40.4	36.0	40.9	52.8	40.4

は後発性変態を行い、頭部に複雑な鋸歯状の骨質突起の配列が見られ、その形態は特有である。

仔魚期の全長の伸長は極めて遅く、形態変化は頭部、体腔部を中心に起り、頭長の全長に占める割合は飼育経過につれ、増加して、仔魚後期では33.8%に、体高の全長に対する割合も31.2%にもなり、体高方向への伸長が著しい。又、眼径の増加が顕著に見られ、ふ化後24日の記載標本では頭長の52.8%の割合を示す。肛門長はふ化当初は体中央よりやや後方に、摂餌開始前後の腹腔の厚みが増す頃には体中央のやや前方に移動するが、仔魚後期には体中央の後方、全長の54.2%に位置する(表1, 2)。

考 察

本種の仔魚飼育は初めての試みであるため、生残率が低く、飼育仔魚数が少なくなり、ふ化後12日までの記載標本は数個体について観察を行い、比較検討できたが、それ以後の記載標本については1~2個体しか標本が得られなく、異常な発生形態はしていないものと推定して、記載標本としたが客観性に若干問題が残る。

ホルマリン固定保存仔魚は、固定後の期間にもよるが、色素胞は黒色素胞以外は退色するが、鰭褶の様様はそのまま残り、水戸³⁾は全長の収縮は約10%、軀幹部と尾部では収縮の割合は尾部の方が大きく、従って、全長に対する割合は生時とは異なると記述している。又、初期の飼育仔魚の場合、固定方法や個体によって収縮の度合が著しく相違することはよく経験するところである。

沖山²⁾の報告にある仔魚期の形態の記載は仔魚期後半以降の後発性変態期に向う過程が主であり、今回はふ化後25~50日の標本が得られなかったので、詳細な比較検討はできないが、沖山²⁾の記載にある全長2.32mmの標本個体は著しく収縮変形をしていると考えられ、又、全長13.2mmの標本個体と今回の全長11.1mmの記載標本との間には前鰓蓋骨外縁の棘の出方に相違が見られる。

飼育環境下では天然の場合よりも若干成長が遅れることが多く、色素胞の出方が違うこともあり得る。森等⁴⁾はキハダ *Thunnus albacares* の人工ふ化仔魚の形態について記述し、天然のものとの黒色素胞の出現と消失過程の若干の相違について指摘しているが、天然仔魚の形態的特徴と大部分合致していると報告している。又、上柳⁵⁾はカツオ *Katsuwonus pelamis* の人工ふ化仔魚の形態について報告し、得られた知見はマグロ近縁種の前期仔魚期の同定研究に資するものと考察している。

人工ふ化仔魚の形態によって、単純に採集天然仔魚の同定基準とすることには、魚種による相違も考えられ、問題があるが、海上採集の仔魚標本よりも人工ふ化仔魚は傷まずに固定され得る点で、より生時に近い形態を残しているものと想定される。

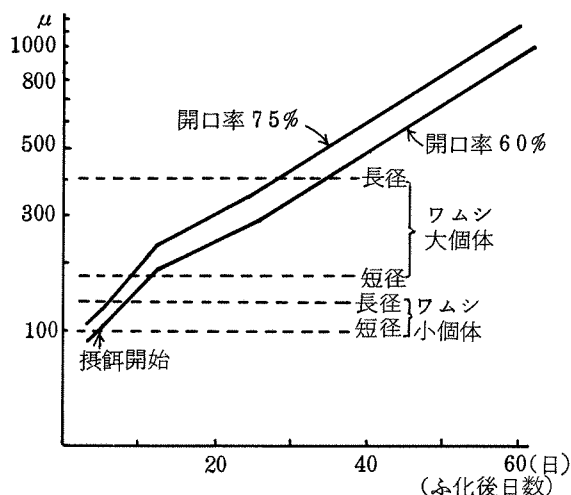


図5 アカアマダイ仔魚の摂餌可能最大餌料径の変化

代田⁶⁾は仔魚の摂餌し得る餌料の大きさについて記述し、口径を(上顎長) $\times \sqrt{2}$ として、摂餌口径は開口率50~75%と推定している。

測定法の妥当性については、今後、数多くの資料に当たってさらに充実され得るものと考えられるが、この方法によると、アカアマダイの口径、摂餌口径から開口率は60~75%と推定され、仔魚の摂餌可能な餌料の最大径は102~128 μ となる。シオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* の小さい個体の短径は100 μ 、長径は140 μ であるから、開口率、摂餌時の

餌料生物の方向によっては摂餌され得ない場合も予想され、初期餌料として十分に摂餌され得る二枚貝類のトロコホア一幼生(径60~70 μ)を投与することも考慮する必要がある(図5)。アルテミア *Artemia salina* のノープリウス、チグリオバス *Tigriopus japonicus* は口径の面からではふ化後15日以降の仔魚に摂餌可能と推定される。

要 約

1. アカアマダイの人工ふ化仔魚の主に仔魚期前半の形態変化について記述した。
2. 鰭褶に微細な泡状顆粒が散在して、網目状の模様があり、尾柄部中央下辺に顆粒の集積が例外なく見られる。
3. ふ化後3日以降の前期仔魚には点状の黒色素胞群が体側にそって帯状に密在して、肛門後方の軀幹部に樹枝状の黒色素胞の出現が顕著である。
4. 後期仔魚期には後発性変態を行い、頭部に複雑な鋸歯状の骨質突起の配列が見られ、その形態は特有である。
5. 全長の伸長は極めて遅く、形態は頭部、体腔部を中心に起り、体高を増して、仔魚期の経過に約2ヶ月を要した。
6. 口径の面から、初期餌料としては、径が100 μ 以下の餌料が望ましい。

文 献

- 1) 生田哲郎・西広富夫：アカアマダイの種苗生産に関する基礎的研究-I，本報，2，

76-81 (1978).

- 2) 沖山宗雄：アカアマダイの初期生活史，日水研報告，13，1-14 (1964)。
- 3) 水戸 敏：浮遊性魚卵およびふ化仔魚の種の同定について，九大農学芸誌，18 (1)，61-71 (1960)。
- 4) 森 慶一郎・上柳昭治・西川康夫：キハダの人工ふ化・飼育における仔魚の形態変化，遠洋水研報，5，219-231 (1971)。
- 5) 上柳昭治・西川康夫・松岡玳良：カツオの人工ふ化と仔魚の形態，遠洋水研報，10，179-188 (1974)。
- 6) 代田昭彦：魚類稚仔期の口径に関する研究，日水誌，36 (4)，353-368 (1970)。

京都府沖におけるカタクチイワシの卵・稚仔の分布

坂野 安正・鈴木 重喜

Distributions of the Eggs and Larvae of Anchovy
in the Coastal Sea off Kyoto

Yasumasa SAKANO* and Sigeki SUZUKI*

京都府沖における卵・稚仔の調査は、対馬暖流開発調査で加藤^{1,2)}が実施して以来、加藤等³⁻⁸⁾によって精力的に進められ、京都府沖に出現する魚卵・稚仔の種類、出現時期などについて報告されている。しかし、これは稚魚ネットの表層水平びきによる調査であり、魚類の初期生活の一部を握したものである。日本海での稚魚ネットによる中層の水平びきは、筆者らがかぎりでは沖山⁹⁾が佐渡近海で周年にわたり調査した報告のみである。

筆者らは1968、1969年のズワイガニ幼生調査と、1971・1972年の栽培漁業資源生態調査において(稚)ネットの中層水平びき調査を実施する機会が得られたので、その時の資料からカタクチイワシ *Engraulis japonica* 卵・稚仔の分布生態について検討したので報告する。

調査方法

調査海域及び調査定点は図1に示すとおりで、調査期日、調査定点及び曳網水深は表1のと

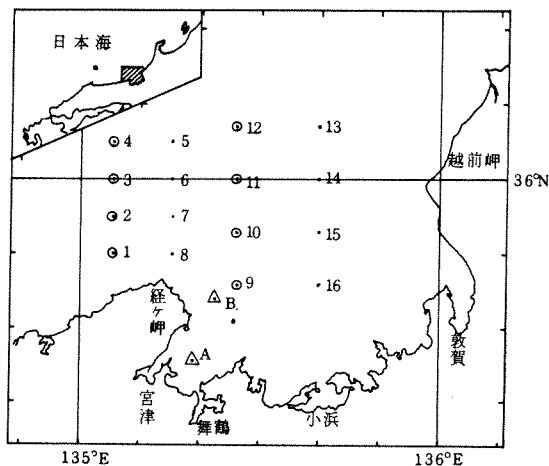


図1 調査海域及び定点

おりである。使用ネットは口径1.3 mの(稚)ネットを表・中両層に使用した。中層では同ネットを図2の様に使用し、約2ノットで10分間曳網した。中層稚魚ネットの曳網水深は索長と傾角から計算したが、後にデブスローダー(漁研式)で試験した結果、実際的水深は計算水深より10~15%浅くなっていたが、今回資料の検討には計算水深を使用した。また中層稚魚ネットに網口閉閉装置は取り付けられていないため、ネットの上げ下ろしはできるだけ垂直に行うよう極力努力

* Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu, Kyoto, Japan.

表1 調査期日，調査定点及び曳網水深

調査期日	観測定点番号	曳網水深 (m)
1968年 5月17～18日	1～4, 13～16 5～12	0, 10, 50, 100 0, 10,
1969年 4月10～11日 6月9～10日 8月20～21日 10月20～21日 11月27～28日 1970年 1月28～29日	1～4 9～12	0, 10, 25, 50, 75, 100, 150, (なお st 9 は水深の関係 で 100 m まで)
1971年 6月9～10日 1972年 4月24～25日 5月22～23日 6月24～25日 7月24～25日	B A, B A	0, 10, 25, 50

し、ネットの上げ下ろし途中での卵・稚仔の入網はなかったものとした。なお、採集物は船上で約10%のホルマリンで固定し、研究室に持ち帰り査定した。

結果及び考察

出現時期 1969年度の調査からカタクティワン卵・稚仔の月別出現比率を図3に、また過去の資料として1953～1959年度及び1964～1968年度の沿岸定線調査での(稚)ネット表層曳き資料によるカタクティワン卵・稚仔採集状況を図4に示す。

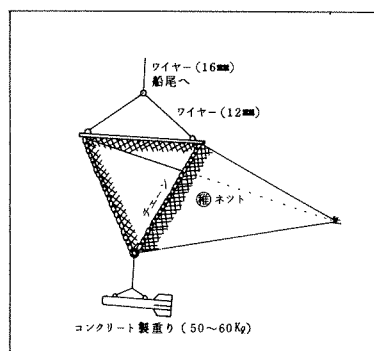


図2 中層曳稚魚ネット

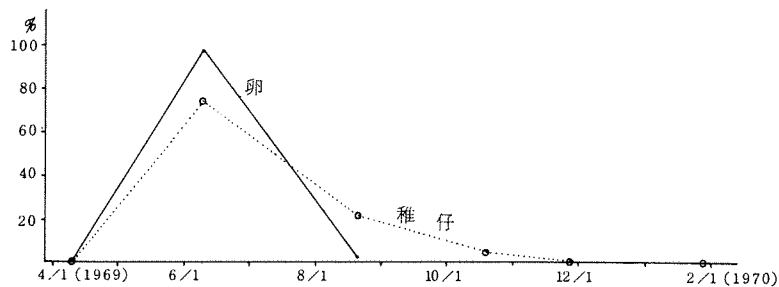


図3 カタクティワン卵・稚仔の月別出現比率

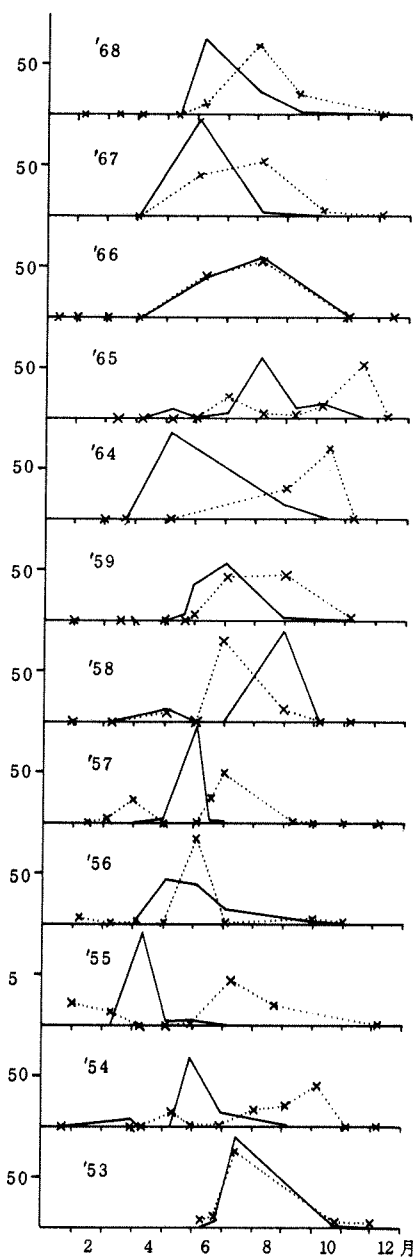


図4 沿岸定線観測で採集されたカタク
チイワシ卵・稚仔の月別出現率
×-----× カタクチイワシ稚魚(点線)
—— カタクチイワシ卵(実線)

夜間浅くなる傾向がうかがわれた。また昼間の主な分布水深は6月50・75 m層、8月75 m層、10月25・50 m層、11月25 m層と季節により異なり、沖山⁹⁾も指摘しているように、環境の変化(たとえば夏期表層水の高温化)により垂直分布は異なる様である。夜間稚

1969年度の調査によると、卵は4~8月に出現し、その盛期は6月であった。稚仔は4~11月まで出現し、その盛期はやはり6月であった。出現時期について1回だけの資料では資料が少ないので、図4の過去の資料も加え検討すると、卵は4~10月、稚仔は2~11月に出現する。卵及び稚仔の出現盛期は年による変動が大きい、一曳網当りの採集量の多い年を主体にみると、卵の出現盛期は5~6月、まれに8月と推定され、稚仔は7~8月と10~11月の出現盛期が推定された。

時期による分布層の変化 1968及び1969年度の採集結果から、カタクチイワシ卵・稚仔の昼夜別垂直分布の季節変化を図5、図6に示す。

卵は表層から150 m層まで分布がみられたが、大部分は75 m層以浅で採集された。なかでも一番多く採集された層は、1968年5月の0または10 m層、1969年6月75 m層、同年8月昼間50 m層及び夜間の75 m層などで、この2か年の調査からみると0・10 mの表層と、50・75 mの中層との2つに分布の中心がみられる。しかし1968年5月の調査は、曳網層が100までと10 mまでの2種類の定点があり、卵の採集が10 mまでしか曳網しない定点に集中したため表層に採集量が多い結果となったものであり、分布の中心は50~75 m層ではないかと推定される。また昼夜による分布層の違いは資料が少なく検討できなかった。

稚仔は表層から150 m層まで分布がみられたが、大部分は卵と同様75 m層以浅で採集された。稚仔の採集量及びその垂直分布は昼夜により異なり、採集量は夜間に多く、分布水深は

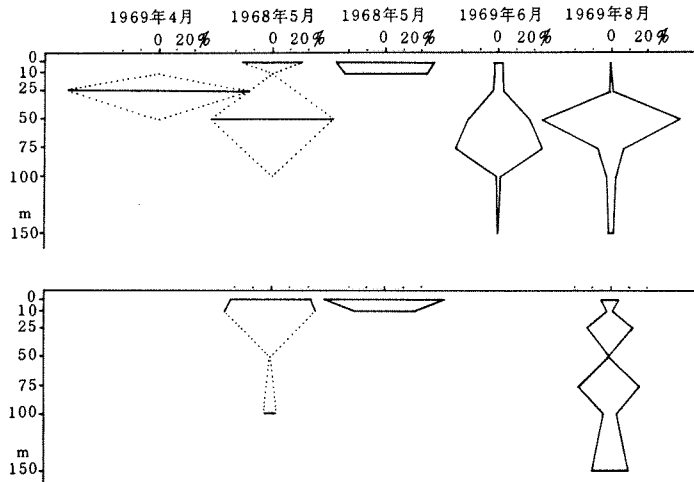


図5 カタクテイワシ卵の層別出現比率
 上段: 昼間 注 1968年5月が2つあるが右側は
 下段: 夜間 0.10m層しか曳網していない定
 点の合計

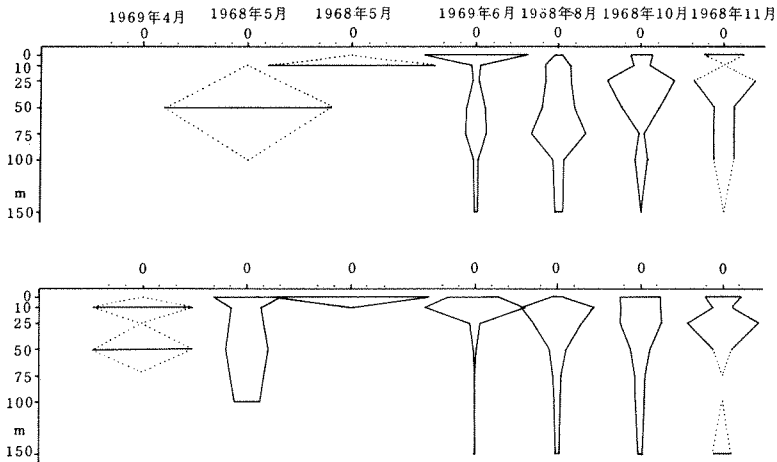


図6 カタクテイワシ稚魚の層別出現比率
 上段: 昼間 注 1968年5月が2つあるが、右側
 下段: 夜間 は0.10m層しか曳網していない
 定点の合計

仔はほとんど表層で採集され、季節による分布層の変化はあまりみられなかった。

時刻別分布層の変化 図1の定点A・Bでの1971, 1972年の24時間調査結果から、カタクテイワシ卵・稚仔の時刻別の垂直分布を図7、図8に示す。

卵の時刻別採集量は全体的に第1回目の採集時に多く、第2回目、第3回目と次第に減少する傾向を示す。また20~02時頃に一時採集量が多くなる傾向を示す。後者の現象はカタク

チイワシの産卵が夜間に行われ、産卵による卵の添加があった結果と思われる。一方採集量が時間の経過に伴ない減少する傾向にある点については、自然死亡による分布卵の減少、あるいはなんらかの生態的原因（たとえば発生段階による卵比重の変化による卵の沈降）なども考えられるが、主な原因は稚仔ネットの汚れによるろ水量の減少による採集量の減少と考えるのが妥当ではないかと思われる。

定点AとBの採集量を比較すると各月共定点Bに多く、1972年の4～6月の総採集卵量では定点Bは定点Aの約3倍であり、この海域（通称丹後海）においては中央部より沖合側に卵の分布が多く、京都水試¹⁰が実施した過去の丹後海観測の結果と同様であった。また定点Aにおける層別の採集量は比較的表層に多く、定点Bでは中・下層に多かった。この沖側の中層にカタクチイワシ卵の多いということは、カタクチイワシの産卵が丹後海中央部よりも沖側で、かつ中層で行われる事を示唆するものと思われる。この点については卵の発生が進むなか

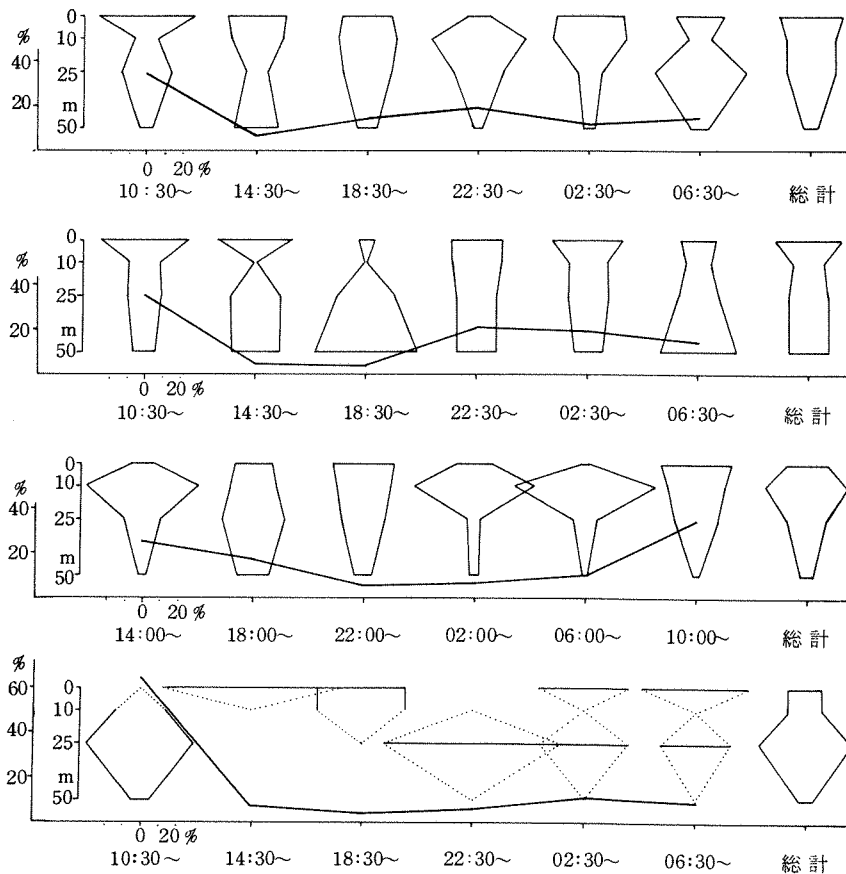


図7 カタクチイワシ卵の時刻別・層別出現比率 (st. A)
 上段から、1972.4/24~25, 5/22~23, 6/22~23, 7/24~25
 折れ線は、時刻別卵採集比率

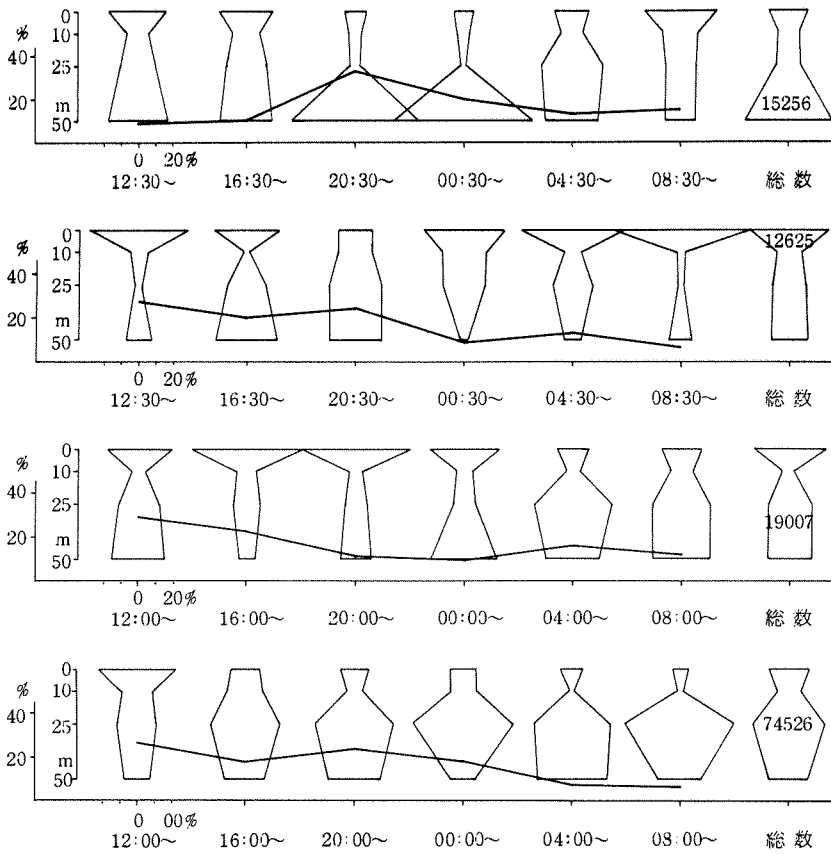


図8 カタクチイワシ卵の時刻別、層別出現比率 (st B)
 上段から 1972. 4/24~25, 5/22~23, 6/22~23, 1971. 6/9~10
 折れ線は、時刻別卵採集比率

でこの様な場所に集積した可能性もあり、今後卵の発生段階別の分布をみることにより論議されるべきであろう。

上記24時間調査結果から、カタクチイワシ稚仔の時刻別の採集状況を図9・図10に示す。

稚仔の時刻別採集量は全体に日没~日出の間に採集量の山が出現し、総採集尾数は卵と同様定点Bに多かった。稚仔の時刻別・水深別分布をみると、日中分布の中心が表層または下層にあるが日没前後から中層の分布量が増加し、次第に表層に分布量を広げ、日出前後からまた分布の中心が下層に移るもの(1971年6月の定点B、1872年5月の定点A、同年4・5・6月の定点B)。また日中分布の中心は表層にあるが、日没前後から分布の中心が中・下層に移り、日出前後からまた分布の中心が表層に移るもの(1972年6・7月の定点A)との2つのタイプに分けられる。前者の場合稚仔は表層及び50m以深に多く分布しており、日没前後から深層の稚仔が浅層に移動を始め表層に集まり、日出前後から再び深層へ移動していったものと思われこれはカタクチイワシ稚仔が昼夜により深淺移動をする事を示すものと思われる。

後者は前者と逆に夜間に下層へ移動し、日中表層へ移動するかのように一見みられるが、同じ調査で採集されたカタクチイワシ卵の時刻別採集量の変化(図7)をみると、他の定点の採集量の変化と異なり夜間の増加がみられない点、後に述べる大型稚仔の採集状況(図11)が他の定点の様に夜間表層での採集量が増加していない点などから考えて、この場合稚仔ネットの曳網が、船位の変化、水塊の移動などの原因で異なる水塊を曳網したために現われた現象ではないかと思われる。

24時間調査から全長約8mm以上の大型カタクチイワシ稚仔を選別その採集状況を図11に示す(採集尾数の多い月のみ)。ここに8mm以上を大型稚魚として選別したのは、背鰭・臀鰭に鰭条が現われ、臀鰭下葉の黒色素が明瞭になったもので、浮袋も比較的発達した個体である。図11を見ると大型の稚仔は夜間採集量が増加すること、また深淺移動が稚仔全体より顕著に

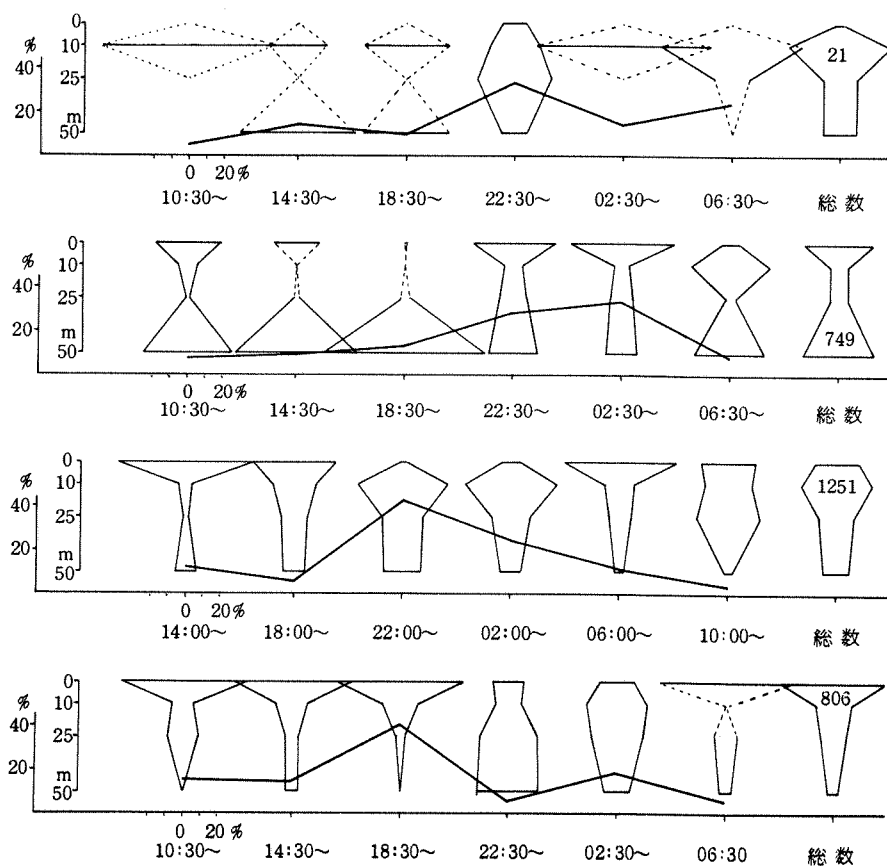


図9 カタクチイワシ稚魚の時刻別、層別出現比率 (st A)
上段から、1972. 4/24~25, 5/22~23, 6/22~23, 7/24~25
折れ線は時刻別稚仔採集比率

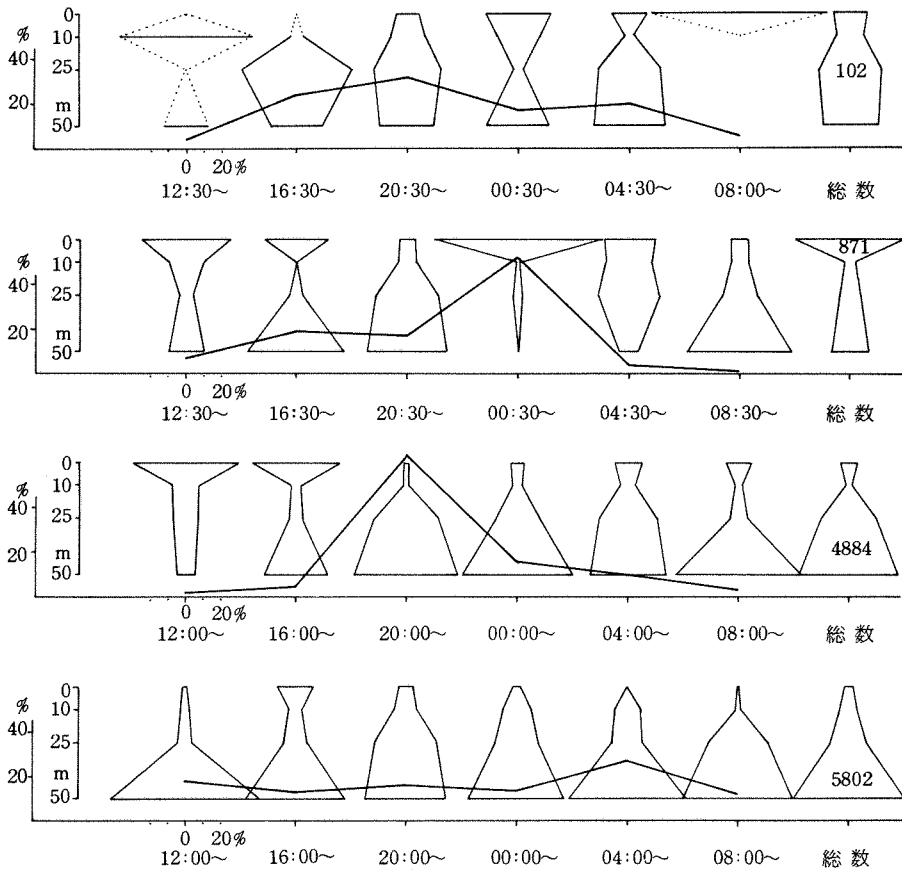


図10 カタクチイワシ稚魚の時刻別、層別出現比率 (stB)

上段から、1972. 4/24~25, 5/22~23, 6/22~23, 1971. 6/9~10
折れ線は時刻別稚仔採集比率

なることなど、稚仔の時刻による分布水深の変動を明瞭に現わす様であり、稚仔の昼夜による深淺移動はその發育に伴ない各器管の発達にしたがい顯著になるものであろう。

以上今回カタクチイワシの卵・稚仔の時期別、時刻別垂直分布の調査結果について検討し、卵・稚仔の垂直分布の変動を知ることができた。今後、他の魚種についても同様の検討を加えていきたい。

要 約

昭和43・44年のズワイガニ浮遊幼生調査、昭和46・47年の栽培漁業資源生態調査で稚魚ネットの各層水平曳の資料及び京都水試が過去に実施した沿岸定線観測時の(種)ネット採集資料から、カタクチイワシの分布生態について検討し、次の結果を得た。

1. カタクチイワシ卵・稚仔の出現時期は、卵が4~10月に出現し、その盛期は5~6月ま

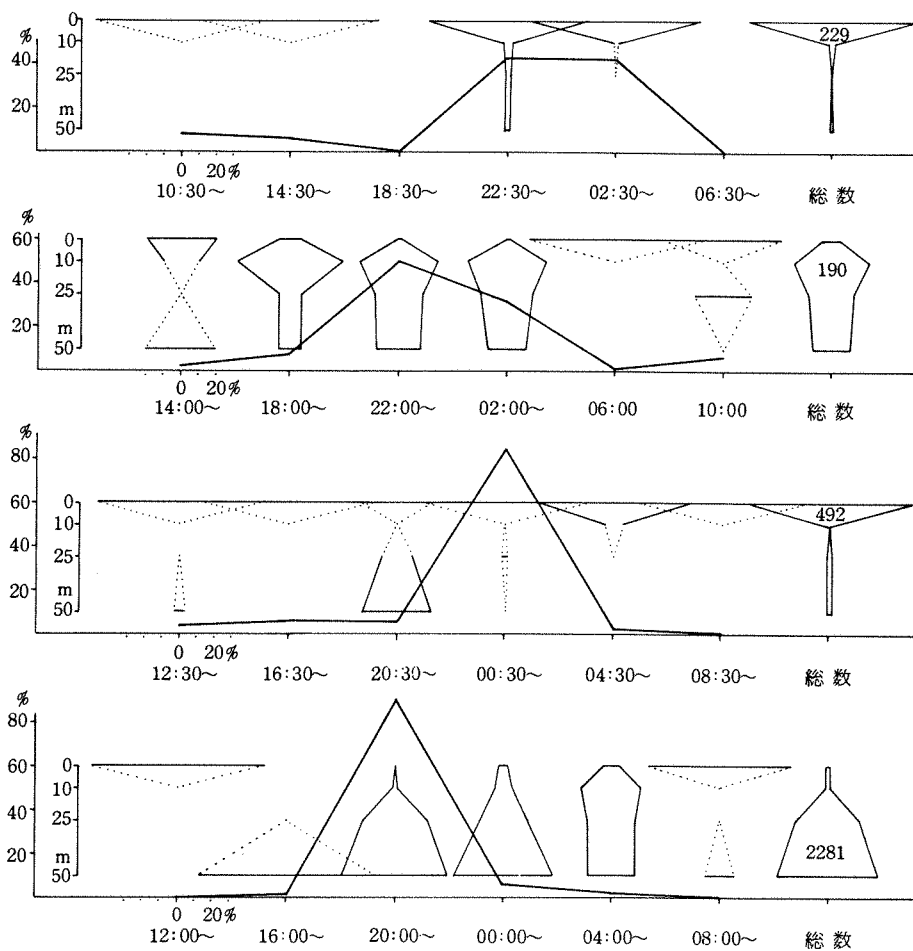


図 11 大型(8mm以上)稚魚の時刻別、層別出現比率

上段から stAの1972.5/22~23, 6/22~23,
stBの1972.5/22~23, 6/22~23
折れ線は時刻別稚仔採集比率

- れに8月で、稚仔は2~11月に出現し、その盛期は7~8月と10~11月と推定された。
2. カタクチイワシ卵は150m層まで採集されたが、分布の中心は50~75m層であった。
 3. カタクチイワシ稚魚も150m層まで採集されたが主体は75m以浅で、その主分布水深帯は季節により異なり、8月の高水温期に75m層と分布水深がもっとも深かった。
 4. カタクチイワシ卵の採集量は、産卵により夜間一時多くなる傾向がうかがわれた。また丹後海では沖合の方が卵の分布が多かった。
 5. カタクチイワシ稚仔は昼夜による深淺移動を行い、夜間淺層に移動する。その深淺移動は大型の個体がより顕著であった。

文 献

- 1) 加藤義雄：京都府沖合の稚仔の出現時期並に出現傾向について，対馬暖流開発調査第1回シンポジウム発表論文，247-250（1954）。
- 2) 加藤義雄：京都府沖合の魚卵・稚仔について，対馬暖流開発調査第2回シンポジウム発表論文，105-108（1955）。
- 3) 加藤義雄・増田久治・久米正直：対馬暖流開発調査，京水試報告，昭和28年度，9-16（1956）。
- 4) 加藤義雄・増田久治・久米正直：対馬暖流開発調査，京水試報告，昭和29・30年度，33-70（1957）。
- 5) 加藤義雄・増田久治・久米正直・小西勇吉：対馬暖流総合開発調査，京水試報告，昭和31年度，21-38（1958）。
- 6) 加藤義雄・増田久治・小西勇吉・佐野晏弘：対馬暖流総合開発調査，京水試報告，昭和32年度，31-45（1959）。
- 7) 加藤義雄・佐野晏弘：海況漁況予報調査，京水試報告，昭和33年度，25-39（1962）。
- 8) 加藤義雄・佐野晏弘：海況漁況予報調査，京水試報告，昭和34年度，35-48（1962）。
- 9) 沖山宗雄：佐渡海狭に出現する魚卵・稚仔に関する予察的研究，日水研報，15，13-37（1965）。
- 10) 坂野安正：丹後海におけるカタクチイワシ卵の分布について。京水試業績，32，31-36（1968）。

若狭湾西部海域アオリイカの成熟・ 産卵・成長

内野 憲

The Maturation, Spawning and Growth of Squid in the Western Wakasa Bay

Ken UCHINO*¹

アオリイカ *Sepioteuthis lessoniana* LESSON は、日本近海では北海道・本州・瀬戸内海の暖流域に分布する。京都では秋イカと呼ばれ、そのほとんどが9月～12月定置網で漁獲されている*² このイカの種類学的地位については、奥谷¹⁾が報告した。沖縄水試²⁾が産卵・分布生態について、村上等³⁾が体長組成・年級について、大島等⁴⁻⁵⁾が飼育実験による発生について、報告しているが、定置網重要対象資源であるにもかかわらず、その資源生物学的知見は少ない。

近年、日本海のスルメイカ *Todarodes pacificus* STEENSTRUP 資源の減少の中で沿岸イカ類が見直されてきている中、筆者は、1976年から断片的ではあるがアオリイカについての調査を実施してきた。その結果、成熟・産卵・成長に関し、いくつかの知見を得ることができたので報告する。

報告に際し、親魚の外殻背長・体重の測定に協力をいただいた、間人・田井漁協職員の方々、京都府水産課分室奥野 寛改良普及員に厚くお礼申しあげる。

資 料 と 方 法

用いた資料は表1に示したとおりで、いずれも定置網で漁獲されたものである。1標本をのぞいては生鮮のまま測定された。生殖器官の測定は、測定個体が未熟であることを考慮して、雌については、卵巣重量、てんらん腺長・重量を、雄については、精巣重量を計測した。また、胃内容物を検査すると同時にその重量を測定した。なお、1976年5～8月は、主要港(伊根・田井・間人・宮津)で測定した。

結 果

産卵親魚の出現時期 外殻背長 1976年5月10日(初水揚)から、1976年8月7日

*1 Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu, Kyoto Japan.

*2 5～8月にも定置で漁獲されるが量は少ない。

(終漁)までに漁獲されたアオリイカの外套背長を出現時期別にとりまとめ図1に示した。

5～8月に漁獲されたアオリイカは外観^{*}1があるが、すべて成熟しており親魚である。

出現ピークは5月中下旬である。外套背長は、13～42 cmの範囲であるが、25～27.5 cmの個体出現が多い。次いで、30～32.5 cm、40～42.5 cmの個体である。大きい個体が初漁期に出現するというわけではなく、出現時期別外套背長に差はみられない。

外套背長と体重の関係 1976年5～8月、1976年9～11月の魚体調査資料から雌雄区分しない117尾について、外套背長(M L, cm)と体重(BW, g)との関係を求めた結果を図2に示す。

一般に、水産動物の体長と体重の関係は、Allometryの式 $Y = aX^b$ で表わされる。計算した結果、 $B \cdot W (g) = 0.138818 M \cdot L (cm)^{2.683805}$ が与えられる。

外套背長組成 図3に1976年8～10月、1977年9～11月、1978年9～11月のアオリイカの外套背長組成を雌雄区分せず時期を追って示す。アオリイカの市場出荷は、外套背長10 cm位になると選別出荷され、標本価値は組成をみることでしかない。各年の特徴をみると1976年には8月下旬に5～5.5 cmのモードをもつ幼体をはじめて出現した。

表1 アオリイカ調査標本

調査項目	測定標本	(尾数)
外套背長	1976年 5～8月	— (58)
	1976 8～11月	8 (401)
	1977 10～11月	7 (533)
	1978 9～11月	3 (32)
体 重	1976年 5～8月	— (58)
	1976 8～11月	7 (182)
	1978 9～11月	3 (32)
生殖器官	1976年 5～8月	— (4)
	1976 8～11月	5 (70)
	1978 9～11月	3 (32)
胃 内 容	1976年 8～11月	1 (27)
	1978年 9～11月	3 (32)

- 備考① 1978年9～11月は、生殖腺調査に重点をおいたため、大きい個体の限定標本である。
 ② 1978年9～11月の標本のうち1標本は冷凍処理したものである。
 ③ 1976年5～8月は、日に数尾しか漁獲されないので尾数のみの表示にとどめた。

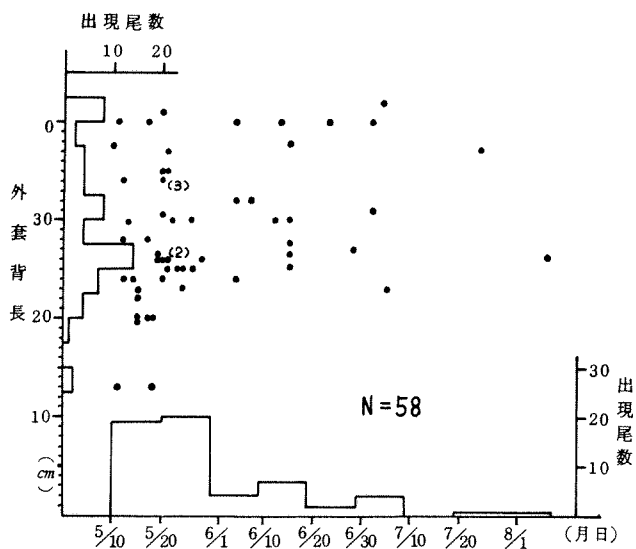


図1 産卵親魚の時期別外套背長

*1 本種は生鮮の場合、外套肉は透明に近く、成熟がすすんでいる場合外観で、生殖腺の状況が把握できる。

又、11月下旬には外套背長6cm程度の幼体が出現する一方、20cmを超える個体の出現もあった。

1977年の9月の測定資料はないが、20cmを超える個体が10月上旬に出現していた。1976年と同様に11月下旬にも8cm程度の幼体の出現がみられた。

1978年は大きい個体しか測定していないが、9月6日に、すでに20cmに近い個体の出現があり、11月11日の測定標本には26.8cmの外套背長をもつ個体が出現した。

本種は12月に入ると水温の影響であろうか沿岸域から姿を消す。沿岸域から逸散する時点の外套背長範囲は、3か年の資料でみる限り8~25cmである。^{*1}

性比 生殖器官調査資料に基づき、外套背長13cm以上の個体について、時期別性比を表2に、外套背長別性比を表3に示す。

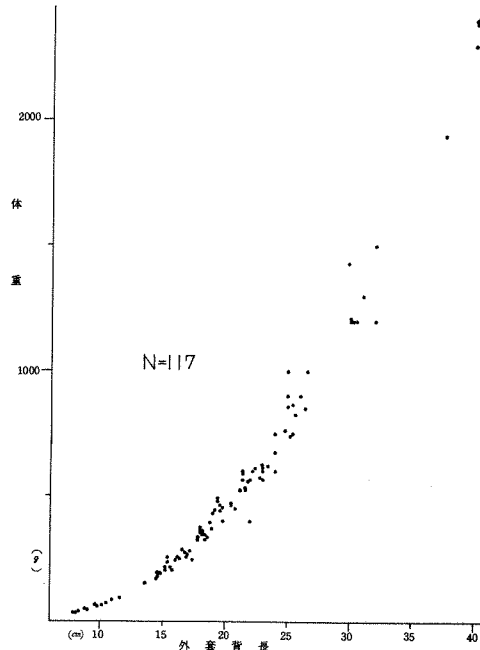


図2 外套背長と体重相関図

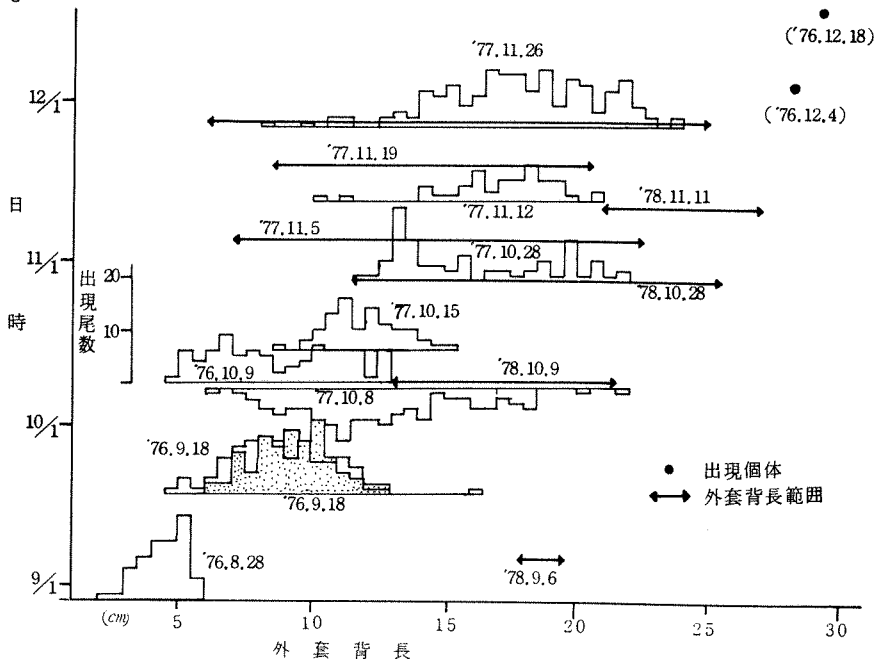


図3 外套背長組成図

*1 1976年12月4日に28.2cm、12月18日に29.2cmの個体が出現している。

用いた1976年
10月以後、197
8年のアオリイカ
は、大きい個体の
みを選別している
のであるが、時期
別性比をみると、

時期	測定尾数	雌	雄
5月	4	3	1
6	14	7	7
10	36	9	27
11	52	15	37
計	106	34	72

9月1:1であった雌雄比が10月、11月になると雄の割合が非常に高くなっていった。なお、5月以後出現の親魚の性比は資料が少ないのでわからないが、「つがい」でとれる傾向のある本種の特徴からして、1:1の可能性は強い。外套背長別性比についてみる。親魚を除く9~12月出現体では、16cm位までほぼ1:1であった雌雄比がそれ以上の大きさの個体では雄の割合が高くなり、雌は23cm以下に限定されて出現していた。

22cm以上の個体はすべて雄であった。5月以後出現の親魚については資料が少なく結果を導びきだすにはいたらないが、「つがい」がすべて大・小の個体であり、肉眼観察によれば小さい個体の方が雌である*1

生殖腺の外套背長別時期別推移 生殖器官調査によって得られた資料に基づき、雌についてはスルメイカの場合と同じように熟度指標として、でんらん腺長を、雄については精巣重量をとりあげ、各々の時期別推移を図4、図5に示した。

5月以後の親魚の外套背長組成をみると(図1)、13cmの個体出現もみられるが、9~11月出現の個体は、図から明らかなように20cm以上であっても(雄の場合25cm以上)熟していなかった。

胃内容物 胃内容物調査結果を表4に示す。定置網漁獲物という標本限定にともない、胃内容物調査結果がアオリイカの食性と考えるのは誤りである。しかし、本種の食性とまでは断定できないが、少なくとも摂餌物が何であるのかを知ることができる。

57個体中、胃内容物が認められたのは38個体で、空胃率は33%であった。胃内容量は最大が47.5gであり、内容物では魚類が断然多かった。

*1 「つがい」の例 (28cm, 20cm) (20cm, 13cm) (40cm, 13cm)

表3 外套背長別性比 (尾数)

外套背長 (cm)	雌	雄
6~8	1	2
8~10	1	4
10~12	0	1
12~14	1	0
14~16	9	7
16~18	10	18
18~20	7	16
20~22	2①	8
22~24		7
24~26		7
26~28		1
28~30	②	
⋮		
34~36		①
計	34	72

○は親魚

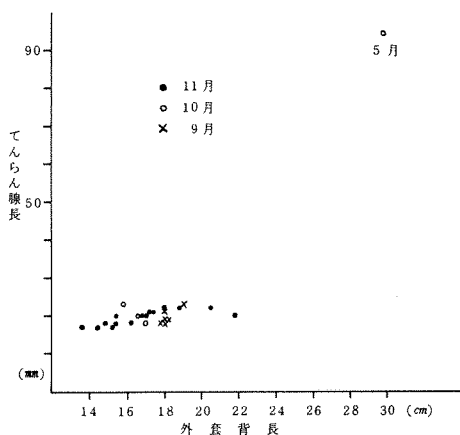


図4 てんらん腺長の時期別推移

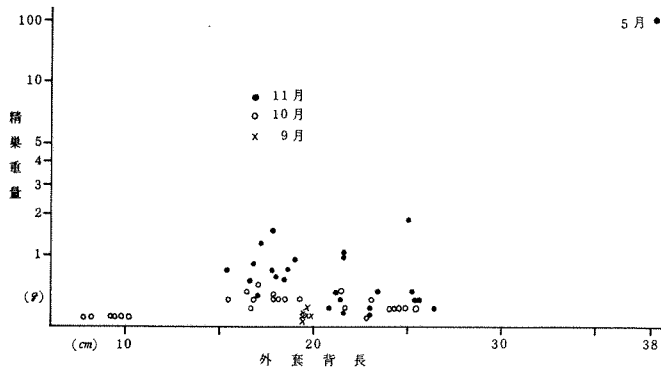


図5 精巣重量の時期別推移

表4 胃内容物調査結果

日 時	標 本		空胃	魚類	イカ	エビ
	尾数	外套長範囲				
1976.11.13	27	13.6~20.5 ^{cm}	0	25	1	1
1978.9.6	12	17.8~19.8	4	5+2*	1	
10.28**	6	21.6~25.4	6			
11.11	12	20.8~26.4	9	2	1	
	57		19	32+2	3	1

* 魚とイカの混合、魚の方が多い

** 夕網による漁獲物

1976年の初漁期(8月下旬)の幼体(外套背長範囲2~6cm, モード5cm)は5月下旬に産卵されたものと推定できる。1976年11月下旬に8cm程度の幼体が出現しているが(図3)、この産卵は、8月下旬と推定される。また、時期別の精巣重量、てんらん腺長の推移(図4・図5)をみると、9~12月出現個体には、5~6月出現の産卵親魚の外套背長をうわまわる個体が出現しているがその成熟はほとんどすすんでおらず、本種が若狭湾西部海域において9~12月に産卵する可能性はない。これらの点から、若狭湾西部海域におけるアオリイカの産卵は、5月中・下旬~8月下旬にかけて行われていると推定される。普通、同一種でも南方水域ほど産卵期が早く、永いが、アオリイカも沖縄水域では2~10月²⁾である。

ところで、5~8月の小さい個体の成熟、9~12月の大きい個体の未熟という結果がでてくる。これについて検討してみる。今調査中、親魚最小外套背長は13cmである(図1)が沖縄水域では産卵に加わるアオリイカの大きさは、2~5月M・L21.5cm以上、6~8月11cm以上、9~12月20cm以上と季節によって異なると報告²⁾されており、季節変化を伴う要因が成熟開始をうながさせている可能性が強い。アオリイカが姿を消す12月上旬、親魚として出現する5月中旬の若狭湾西部海域の水温が10m層で15℃前後である⁷⁾ことが興味深い。

考 察

1976年から実施してきた以上の調査結果に基づき、以下、若狭湾西部海域のアオリイカの成熟・産卵・成長について検討する。

成熟・産卵 1976年の調査結果によれば、若狭湾西部海域に親魚が出現するのは5月中旬~8月上旬で、そのピークは5月中下旬である(図1)。本種は、水温23.5~24℃の条件下26日でふ化⁵⁾し、50~60日で外套背長5cm程度に達する^{2,5)}とされている。この結果を産卵時期推定に活用すると

川崎⁶⁾は、水温と水産動物の間には深い関係があり、水温が水産動物に対しても二つの意味の一つとして代謝環境としての水温の位置づけを行い、ある発育段階から次の発育段階への移行における水温の役割を明確にしているが、本種の場合も、水温の変化が成熟をうながす要因になっているのではなからうか。しかも、本種の場合、マイワシ *Sardinops melanosticta* のように、一定の体長に達する時期と成熟をうながす要因(肥満度)とが合致しないと成魚に転化しない⁸⁾ということではなく、成熟をうながす刺激要因としての水温が一定温度になれば、どのような大きさであっても成熟するのではなからうか。このため、5~8月の小さい個体が熟、9~12月の大きい個体が未熟という現象が生じていると思われるのである。今後の調査によって、アオリイカの最小産卵可能外套背長が何cmであるのか、成熟刺激要因が水温なのか、水温であるとしたら何度なのか等が確認されていかなければならない。

成長 飼育実験によれば^{2,5)}本種はふ化後50~60日で5cmに達する。外套背長組成の推移から成長を論ずる場合、標本抽出にあたって相当の留意が必要であり、今回の調査の場合、アオリイカの産卵期の長さ、及び、10cm程度以上選別出荷という市場出荷の特殊性からして、初漁期の極く幼体時の場合のみ組成変化に基づく成長論議ができる。1976年にあっては、8月28日に初漁があり、そのピークは5~5.5cmであった。20日後の9月18日のピークは9.5~10.5cmであり、この間に4~5cmの成長をしたことがうかがわれる(図3)。飼育実験という方法論上のためか明かでないが、沖縄水試²⁾の外套背長10cm以下、10~11月の1か月2.5cmの成長に比べると若狭湾西部海域の成長は早い。外套背長10cm以上の個体の成長については、外套背長組成法の適用ができないこと、年令指標がないことにより不明であり知見もない。しかし、先に述べたように、若狭湾西部海域の産卵期が5月中下旬~8月下旬であるにもかかわらず、1976年11月26日に25cm、12月18日に30cm、1978年9月6日に19~20cmの個体が出現していることからみれば、本種は、少なくとも12月までは1か月5cm以上の早いテンポで成長しているものと推定される。12月までと限定したのは、1月以後の漁獲がまったくなくなり、データが皆無であるからである。アオリイカの摂餌物は、外套背長による餌料生物相の変化、季節的な変化はなく、魚類・頭足類・長尾類がそのほとんどであり²⁾(表4)、しかも、飼育実験観察⁴⁾によれば、底に落ちた餌を捨てることなく、死餌の場合は成長の遅延さえみられる。この摂餌生態が本種の早い成長をもたらしているのであろう。一般に、イカ類の成長は早く、動物プランクトンと小魚を主に摂餌しているスルメイカでは、ML 10cmから20cmに成長するのに3か月⁹⁾、小型イカ類・小魚を摂餌しているソデイカ *Thysanoteuthis shonbus* TROSCHEL では、1か月平均9~12cm成長する¹⁰⁾と報告されており、イカ類・魚類を摂餌するアオリイカが、外套背長5cm以上の段階で、1か月5cm以上成長すると推定することは無理なことではない。

天草周辺では、6月に外套背長47cmのアオリイカが出現する³⁾が、本調査中の最大外套背長は、7月に出現した42cm(親魚)である。先にも記したが、本種は、12月に入って急に姿を消して以後、親魚となって出現する5月まで漁獲されることがない。そのため、その間の生活領域、生活様式は全く不明であり、その間に成長しているのかどうかもわかっていない。

しかし、このような速い成長速度では、かりに、シグモイド型曲線にのった成長を本種がするとしても、外套背長 40 cm 前後に達するのに、1 年位の短期間を想定することは不可能ではない。この点に関し、村上等³⁾は、外套背長組成から、アオリイカは多年体であるとしているが、南方水域ほど永い産卵期が、若狭湾でさえ 5 月中下旬～8 月下旬という幅の大きいことを考慮するならば、産卵の遅速による発生群の成長差が、外套背長組成上の山をつくり、見かけ上の多年体を形づくっていると考えた方が妥当と思われる。

次に雌雄別成長差について検討してみる。結果の項で述べたように、9～11 月出現のアオリイカは大きい個体ほど雄が多くなり(表 2・表 3)、特に、外套背長 22 cm を越えると雌の出現がまったくなくなる。更に、5～8 月出現の親魚についても雌の外套背長は小さい傾向にある。村上等³⁾も、同様に、雌が雄に比してその外套背長範囲が狭く、雌に大きな個体がみられないと報じている。この原因として、アカアマダイ *Branchiostegus japonicus japonicus* (HOUTTUYN)¹¹⁾等に見られるように、雌の成熟開始時期が早く、生殖の負担によって成長が抑制され、その結果、雌の外套背長が雄に比べ小さいと考えることもできるが、すでに成長差が生じている 9～11 月出現のアオリイカは、雌雄ともまったく未熟であり(図 4・図 5)、成熟開始期の差による成長抑制とは考えがたい。又、大きい外套背長の雌が死亡する結果であるとの考えも、産卵期の雌雄比がほぼ 1 に近いと推定されることからすれば棄却される。そこで、雌は、外套背長 20 cm 位で生態的に異った状況に入り、5～8 月産卵親魚として出現するまで漁獲圏外に生息し、その結果、種とその環境との統一性を保障している種の適応性の一つである成長¹²⁾に差がうまれているとの考えが成り立つ。しかし、この考えとて、異った生息域にあった雌雄が、産卵期にどのように交合するのかという問題を残している。いづれにしても、この問題は、アオリイカの分布・移動、わけても、12～5 月までの生態調査、親魚に関する調査等によって解明されていかなければならない問題である。

要 約

1. 定置網漁獲による若狭湾西部海域アオリイカの生物調査を行い、成熟・産卵・成長について検討した。
2. 雌雄を区分しない外套背長(L)と体重(W)との相対成長式は、
$$W = 0.138818 L^{2.688805}$$
である。
3. 若狭湾西部海域におけるアオリイカの産卵は 5 月中下旬～8 月下旬と推察された。
4. 8～12 月のアオリイカは、外套背長が大きくても未熟であるが、親魚最小外套背長は 18 cm である。水温が成熟刺激要因であろうと推察された。
5. アオリイカの成長は早く、外套背長 5 cm 以上では、12 月までに 1 か月 5 cm 以上の成長をすると考えられ、外套背長 40 cm 前後になるのにほぼ一年ぐらいの短期間であろうと推察された。
6. 雌雄に成長差があり、雌の成長が雄に比べ悪く、9～11 月出現個体の外套背長 22 cm 以上には雌の出現はなかった。

文 献

- 1) 奥谷喬司：日本近海産十腕形頭足類（イカ類）分類・同定の手引，東水研報，74，83-111（1973）。
- 2) 沖繩水試：栽培漁業漁場資源生態調査報告書（昭和47～49年総合版），36-45（1975）。
- 3) 村上子郎・真道重明：天草周辺に於る重要生物の資源学的研究，アオリイカ・ヤリイカケンサキイカの体長組成及び年級について，日水誌，15（4），161-165（1949）。
- 4) 大島泰雄・崔相：コウイカ類およびアオリイカ稚仔の育成について，日水誌，27（11），979-986（1961）。
- 5) 崔相・大島泰雄：アオリイカの発生と稚仔の成長について，貝類雑誌，21（4），462-476（1961）。
- 6) 川崎 健：生物と環境論，海洋学講座 No. 12，東京大学出版会，東京，1973，pp 80。
- 7) 舞鶴海洋気象台海洋課：若狭湾（1），沿岸海洋研究ノート，11（2），143-150（1974）。
- 8) 近藤恵一・堀 義彦・平本紀久雄：マイワシの生態と資源（改訂版），水産研究叢書 30，日本水産資源保護協会，東京，1976，pp 30。
- 9) 新谷久男：スルメイカの資源，水産研究叢書 16，日本水産資源保護協会，東京，1967，pp 29。
- 10) 名角辰郎：山陰東部水域のソデイカ漁業と生態に関する 2，3 の知見，兵水試研報，15，15-34（1975）。
- 11) 清野精次・林 文三・小味山太一：若狭湾産アカアマダイの生態研究-I，本報，1，1-14（1978）。
- 12) ニコルスキー：魚類生態学（亀井健三訳）。新科学文献刊行会，米子，1972，pp 167。

若狭湾西部海域におけるスズキの生態—Ⅱ スズキ当歳魚の食性と成長

林 文三・清野精次

Ecological Studies on the Japanese Sea Bass,
in the Western Wakasa Bay—Ⅱ
The Food Habitat and Growth of Japanese
Sea Bass in Yearling

Bunzo HAYASHI* and Seiji KIYONO*

スズキの久美浜湾への移動分布については、前回報告¹⁾したが、本報では、稚魚ネット及び地曳網操業並びに刺網漁業による漁獲物調査結果からスズキ稚仔魚期の成長及び食性について若干の知見を得たので報告する。

材料及び方法

本報で用いた材料は、筆者らが1977年3～9月に採集したものである(表1)。それら

表1 調査材料及び方法

調査方法	調査年月日	調査場所	漁具種類	使用方法	採集尾数	全長(㎜)
卵稚仔採集調査	1977年3月	久美浜湾	元田式多層ネット (口径56cm)	船速2ノット 0.15m層10分曳	3	7.6~7.7
	1977年11月 ~1978年4月	若狭湾西部	⊕ ネット (口径130cm GG54)	船速2ノット 0.30m層10分曳	卵-124 9	5.8~13.3
	1978年1月 ~4月	舞鶴湾*	⊕ ネット (口径71.5cm GG88CM)	表層及び近底層 船速2ノット	5	4.3~9.2
稚魚採集調査	1977年6月 ~9月	久美浜湾	地曳網(全長1140cm、 間口150cm 網目0.5cm)	30~50m 沖出し、陸曳	273	2.62~168.0
	"	栗田湾(図2)	"		41	100.0~122.0

* 京都大学農学部水産学科 南卓志院生の調査結果から

の採集定点は、図1・図2のとおりである。卵稚仔調査で採集された卵は、小型水槽でふ化させ仔魚末期まで飼育して、スズキ *Lateolabrax japonicus* の卵であることを確認した。また、スズキの昼夜による出現及び摂餌状況の検討のため昼夜の地曳網操業を実施した。採集した魚体は、10%の海水ホルマリンで固定後選別し種ごとの個体数、全長、体重及び胃内容組成と

*1 Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science,
Miyazu Kyoto, Japan

その重量を分析測定した。種の同定は、松原、内田らによった。

上記材料のほかに漁獲物調査を行い、1977年10月から1978年1月までの期間に、久美浜湾漁場でコノシロ刺網漁業による漁獲物中からスズキの採集をした。それらの魚体の体長、年齢範囲及び個体数は、雌で157~346 mmの0年魚から3年魚までの84尾、雄で163~389 mmの0年魚から3年魚までの88尾、不明魚は、169~223 mmの0年魚19尾の合計191尾である。年齢査定用の鱗は、胸ヒレ上部と側線下方との間から1個体について約20枚採集した。

結 果

卵稚仔調査 卵稚仔の採集結果は、表2のとおりである。スズキの卵は、若狭湾西部海域では12月中旬から2月上旬に出現し、3月以降はみられない。仔魚は、1月下旬から採集され3月以降特に増加している。その分布は、舞鶴湾、栗田湾、宮津湾及び久美浜湾の湾口あるいは湾内に出現し、卵の分布に比べ湾奥に多く分布している。

地曳網調査 スズキの体長と体重との関係を図3に、久美浜湾における6月から7月のスズキ体長組成を図4に示した。定点Aでは、体長幅が広く、6月

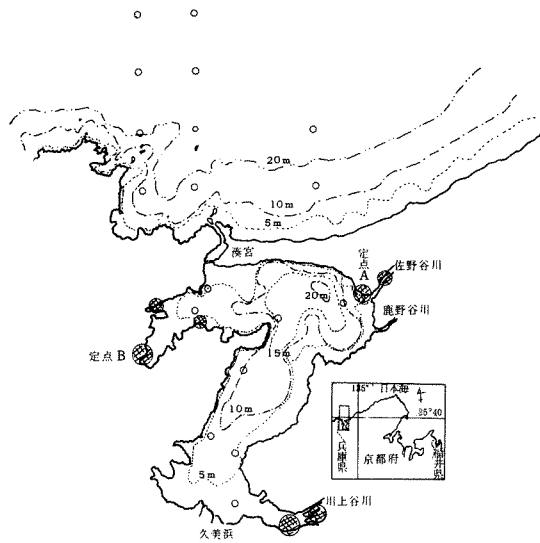


図1 久美浜湾の地びき及び卵稚仔調査定点

⊗ : 地びき網調査定点
○ : 卵稚仔 "

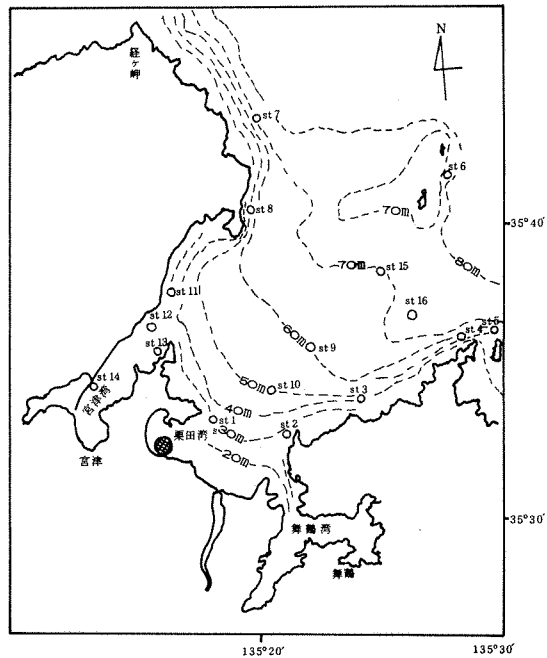


図2 若狭湾西部の卵稚仔及び地びき調査定点

⊗ : 卵稚仔調査定点
○ : 地びき "

表2 各地点におけるスズキ卵稚仔の採卵及び尾類

場所	若狭湾西部							舞鶴湾		久美浜湾			
	定点	st1	st2	st5	st6	st8	st9	st11	st16	湾口	湾内	湾外	湾内
12月中	卵数			2	19	25	26						
	尾数												
1月下	卵数			4		27							
	尾数									2			
2月上	卵数						17		52				
	尾数												
3月上	卵数												
	尾数		1					1		1		2	1
3月中	卵数											(10.29)*	(6.90)*
	尾数												
3月下	卵数												
	尾数	1	4					3			1		

* 採集時の水温

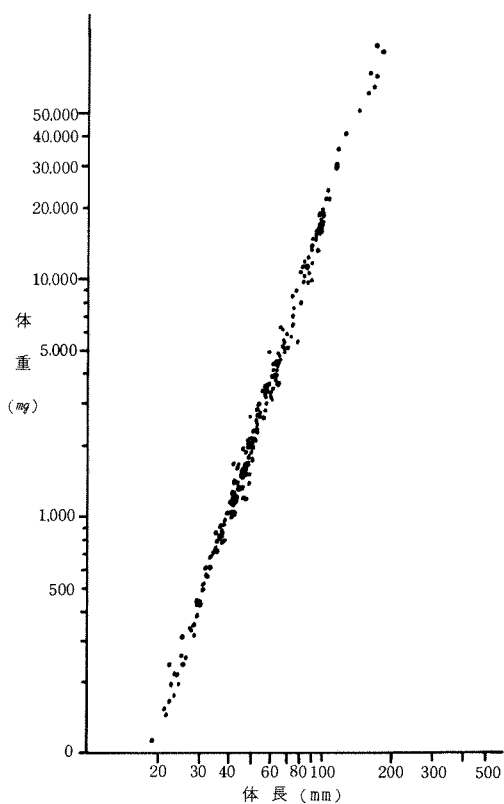


図3 スズキの体長と体重の関係

には、2つの山がみられる。定点Bでは、体長にあまり差がなくまとまった群となっている。定点Aでの月別平均体長(図5)は、6月-35mm、7月60mm、8月-111mm、9月-141mm、定点Bは、6月-41mm、7月-60mm、8月-94mm、9月-118mmである。栗田湾の定点Cでは、定点Bでのスズキ体長組成と似かよっており、まとまった群となっている。

次に昼夜によるスズキ胃内容重量の変化から摂餌状況の検討を試みた(図6)。スズキの胃内容重量は、昼間(11~16時)及び夜間(23時)に比べて朝方(6時)と夕方(20時)に高いものが多くみられた。肉眼的観察からもスズキ胃内容物である魚類(ハゼ科稚魚)の消化状態は、夜間に採集された個体の方が朝方、夕方に採集された個体より消化が進んでいた。また、栗田湾(定点C)で昼間(14時)魚

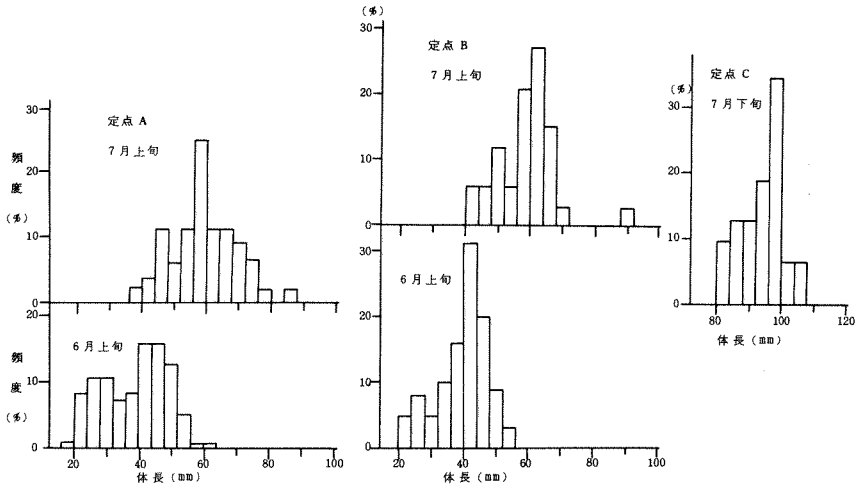


図4 各定点におけるスズキの体長組成頻度

類を摂餌しているスズキ17尾中
15尾についてもかなりその消化
が進み肉片を認めるだけであった。

スズキの胃内容組成を魚類・エ
ビ類・アミ類・端脚類・他の小型
甲殻類・等脚類・多毛類・橈脚類
の8項目に分けた。スズキ胃内容
物に現われる頻度を百分率として
胃内容組成を表わし、スズキの体
長との関係のみた(図7)。全般
的に、スズキの食性は、体長40
mmまで主に橈脚類及び多毛類であ
り、成長するにつれて端脚・アミ
類が主体となる。さらに、体長1
80mm以上のスズキは魚類を主に
摂餌している。しかし、その依存

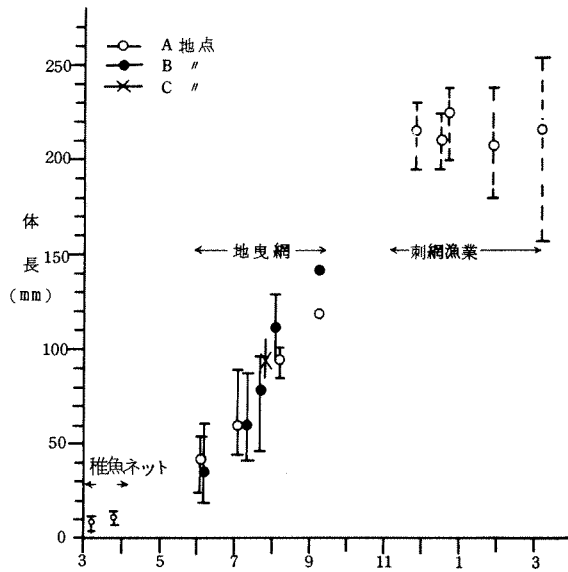


図5 スズキ体長の月別変化

度は、各定点で異なる(図8)。同時採集された魚類から判断して定点Aでは ヒメハゼ *Gobins gymnauchen*、ウミタナゴ *Loitrema temmincki*、ハオコゼ *Hypodytes rubripinnis*、ボラ *Mugil cephalus*、ヘダイ *Sparus sarba*、ヒイラギ *Leiognathus nuchalis*、などといっしょに生息し体長20mmまで橈脚類、多毛類が主体で大きくなるにつれてアミ・エビ・魚類の順にその依存度は高くなっている。一方定点Bではクロダイ *Aca hopagrus schlegelii*、クサフグ *Fugu niphobles*、ヒメハゼ、シマハゼ *Tridentiger*

trigonocephalus、ヨウジウオ *Syngnathus schlegeli*、ウミタナゴ、ヒイラギなどと生息し、体長40mmまで橈脚類を主体としており、成長に伴いアミ・エビ類を主たる食性としている。魚は、ハゼ科稚魚でエビ類は *Crangon cassiope*、橈脚類の種類は、ほとんどが *Pseudodiaptomus inopinatus* である。スズキの捕食魚は、いずれの場所においても採集されなかった。

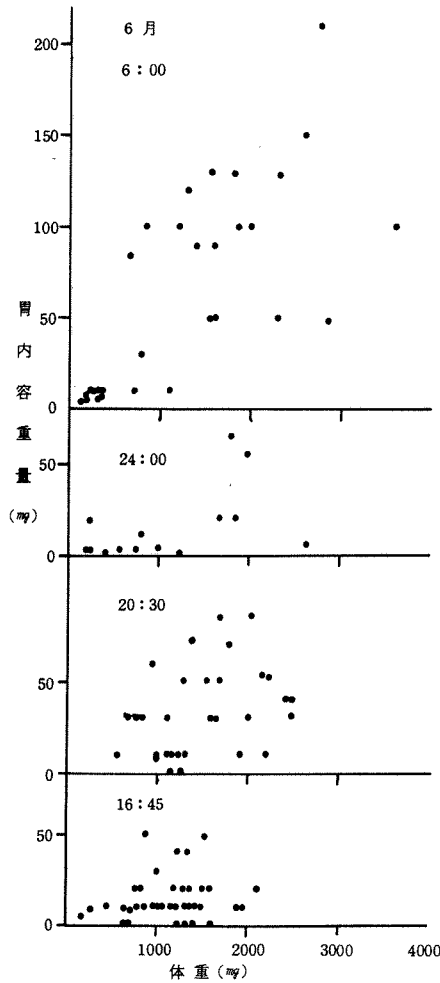


図6-1 各時間帯でのスズキの体重に対する胃内容重量

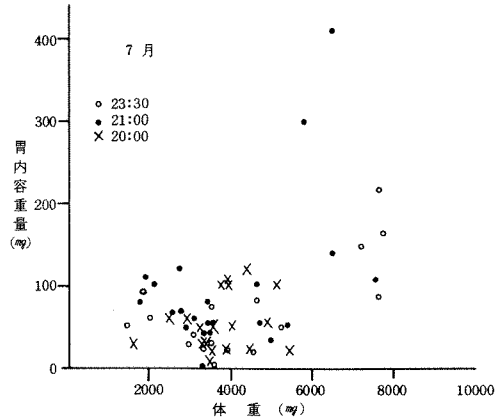


図6-2 各時間帯でのスズキの体重に対する胃内容重量

漁獲物調査 久美浜湾のコノシロ刺網漁業は、10～4月までコノシロ・スズキ(主に0, 1年魚)を対象として操業されている。この漁業により漁獲されるスズキは、体長157～389mmとかなりの幅がある。11～2月の魚体については、鱗に1輪も持たないものについて、3月には、鱗辺に1輪を認めるスズキも加えて図示した(図5)。これらスズキの11～3月における平均体長は、200mm前後であるが、体長幅は、11～1月に比べ2～3月にはかなりの幅がみられる。体長160～240mmのスズキは、図7から180mm

までアミ・端脚類で体長200mmを越えると魚類(イワシ類)及びエビ類が食性の主体である。

考 察

スズキは、前回報告¹⁾した雌雄の熟度指数と卵稚仔の出現時期(表2)から外海で12～2月に生れ、かなりの広温性(表2)を持ち3月に全長7～8mmになり湾内に入る。稚魚は、4月に大島³⁾が、伊川津湾のアマモ場で採集していることから、この頃からアマモ場で生活を始

めると思われる。

久美浜湾のスズキ当才魚の成長過程は、三河湾、伊勢湾での大島³⁾及び松島湾での畑中⁴⁾らの調査結果とほぼ一致している。しかし、場所によりスズキの成長に少しの違いがみられる。近くに大きな2河川を持つアマモ場(zostera nanaが主体)付近の定点Aでは、直接に淡水の影響を受ける。一方河川の影響を直接に受けない定点Bでは、個体全部がアマモ場という餌料場で安定した摂餌が可能のため大きさのそろったスズキ群を作り得るのではないかと予測されるが、その詳細は、明らかではない。

両定点での食性の違いからスズキは、モ場で生活する早い時期には大きな行動範囲をもっていないことが推察される。

ハゼ科稚魚の多い定点Aでは、一部早くからハゼ科稚魚を摂食するスズキが出ている。しかし定点Bでは、体長40mmまで橈脚類を摂食し、その後もアミ類を主体とする食性となっている。畑中⁵⁾による飼料のカロリー計算及びこれらのスズキへの転換効率から推考すると、定点Bに比べ定点Aでは、かなり効率の良い摂餌をしているスズキが多いと思われる。

スズキ稚魚の摂食は北森⁶⁾らによると、夜間に盛期があるといわれるが、胃内容重量及び肉眼的観察から朝方と夕方にその最大があると思われる。

表3の地曳網1曳網当りの採集尾数が、昼及び夜間に比べ朝方と夕方に高くなっている。こ

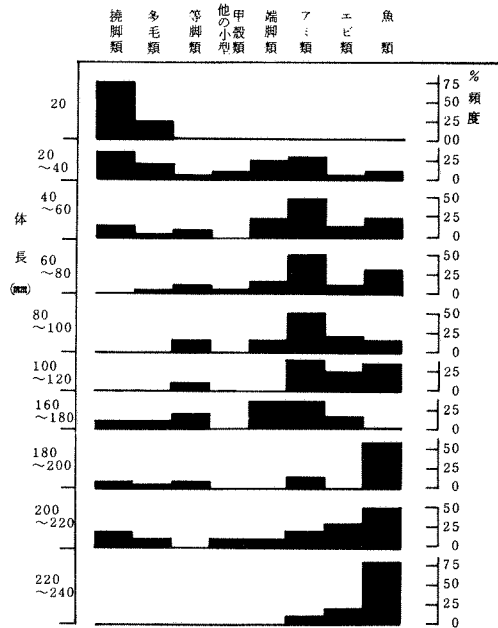


図7 スズキの体長別食性

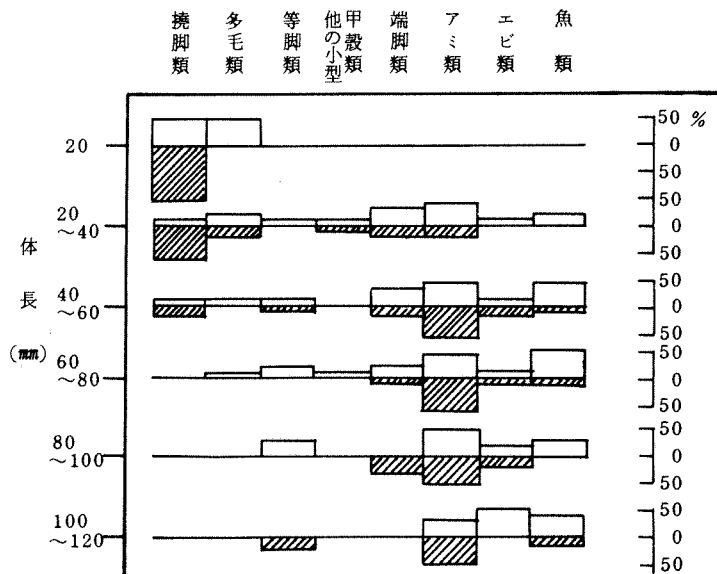


図8 各定点によるスズキの食性
上：定点A
下：定点B

これらのことからズキは、朝、夕方にまとまって、モ場及びその周辺において摂餌行動をする
と推察される。

表3 各時間帯における1曳網当り尾数

月 時間 定点	6月				7月			
	6:00	11:15	16:45	20:00 ~24:30	23:30 ~24:00	14:00 ~16:00	20:00 ~21:00	23:45
A	26.0	7.0	—	20.5	8.0	3.0	12.5	7.0
B	—	—	36.0	—	—	8.0	19.0	—

ズキ稚魚が、優先的に摂食している。橈脚類の種類は *Pseudodiaptomus inopinus* である。
この種の昼夜における出現状況(表4)は、朝から昼間の間に中・底層に分布すると思われる。
この近縁種である *Pseudodiaptomus marinus*、(について布施⁷⁾が、岡山県笠岡湾の調査で各
魚種への食性の特異性を指摘している。また著者らが、ズキと同時に採集したクロダイ・ヒ
メハゼ・ヘダイ等が摂餌している橈脚類も大部分 *Pseudodiaptomus inopinus* で占められてい
る(未発表)。このことからこの種は、他の種に比べ捕食され易いのであろう。これまで、
アモ場周辺でズキ捕食魚の報告はなく、ズキのモ場での生活は、優位な立場にあると推
察される。

表4 久美浜湾 st10 (河内湾奥部)
動物プランクトン・特に橈脚類出現の経時変化 52-8/3~4

層 時間	底-0 m 13 ²⁰		底-0 m 19 ²⁰		底-0 m 24 ²⁰		底-0 m 06 ²⁰		0m水平曳(1m) 24 ⁰⁰		0m水平曳(1m) 06 ⁰⁰	
	nos/1	%*	nos/1	%	nos/1	%	nos/1	%	nos/1	%	nos/1	%
<i>Copepoda total</i>	91.6		81.5		334		200		555		218	
<i>Oithona nana</i>	14.2	15.6	31.2	39.8	160	47.9	106.7	53.7	348	62.7	178	81.7
<i>Acartia clausi</i>	1.3	0.7	33.3	42.4	141.3	42.3	9.4	4.7	173	31.2	18	6.0
<i>Pseudodia ptomus- inopinus</i>	76.1	83.7	15.1	15.3	23.3	7.0	68	34.2	16	2.9	18	8.3
<i>Paracalanus parvus</i>	—	—	—	—	2.7	0.8	1.3	0.7	2	0.4	1	0.5
Harpactid spp.	—	—	1.3	1.7	6.7	2.0	14.0	7.0	14	2.5	8	3.7
Other Copepods	—	—	0.6	0.8	—	—	0.6	0.3	2	0.4	—	—
<i>Ostiacods</i>	—	—	—	—	0.6	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rotifera</i>	0.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
<i>Amphipods</i>	—	—	—	—	0.6	—	0.6	—	—	—	—	—
Larvae total	6.6	—	15.4	—	35.3	—	14.7	—	52	—	36	—
Total	98.8		96.9		370.3		215.3		659		255	
<i>Fish larva</i>	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—
<i>Fish egg</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—

* Copepoda に対する百分率

ズキの年輪形成について成長の悪いものは、その形成時期がずれる様であるが3月の大部
分の1年魚からは、年輪形成が認められた。この結果から、冬期湾に留ったズキ0年魚は、
2~3月に年輪形成されると思われる。これは、畑中⁴⁾らが1輪のみをもつ魚体から得た12
~1月に年輪が形成されるという結果と少しずれる。

以上から、スズキは冬に湾外で生れ8月頃湾に入り、春先にモ場に定着し成長する。スズキは、6月頃から速い成長をするが、これは稚魚の食性が橈脚類から魚類等のカロリーの高い餌料へ変化する時期と一致している。スズキ稚魚の食性は、その場に生息する餌料生物により特徴づけられ、モ場でのスズキの摂餌の最大は、夕方と朝方にあると思われる。アマモの枯れる8月に大部分のスズキは、河口域へ移動分布し、12月には湾全域に広がり、食性も魚類(イワシ類)が主体となる。成長の良いスズキは、10月頃に漁獲対象となる大きさになる。

スズキ稚魚にとってアマモ場周辺は、餌料の安定供給場所であろうと推測される。

要 約

1. 稚魚ネット及び曳網操業結果から、スズキ卵稚仔魚の湾への移動及び幼稚魚の食性、成長について検討した。
2. スズキ0年魚は、6月頃から速い成長をする。
3. スズキの食性は、体長40mmを境として変化しており、摂餌の最大は、朝方と夕方にあると思われる。
4. スズキ0年魚の年輪は、大部分2～3月に形成されると推測される。

終りに、本研究を進めるに当たり、御協力下さった京都大学農学部水産学科南 卓志院生並びに京都府立海洋センター藤田・浜中両研究員に厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) 林 文三・清野精次：若狭湾西部海域におけるスズキの生態-I，本報，1，29-43 (1977)。
- 2) 清野精次・林 文三：久美浜湾内重要魚類の資源生態調査，浅海開発報告書，87-103 (1975)。
- 3) 大島泰雄：水産学の概観，丸善，東京，1954，pp 128-181。
- 4) 畑中正吉・関野清成：スズキの生態学的研究-II，日水誌，28，857-861 (1962)。
- 5) 畑中正吉・関野清成：スズキの生態学的研究-III，同誌，28，949-954 (1962)。
- 6) 北森良之介・小林真一：藻場の生態学的研究(I)初夏相，内水研報，(II)，7-16 (1958)。
- 7) 布施慎一郎：アマモ場における動物群集，生理生態，11，1-22 (1962)。

由良川沖魚類の日周期活動と食性の関係について

浜中雄一・清野精次

The Diurnal Activity and Feeding Habitat of Coastal Fishes off the Mouth of the River Yura

Yuichi HAHANAKA* and Seiji KIYONO*

由良川河口の浅海域は、幼稚魚の生育場として知られ、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* (TEMMINCK et SCHLEGEL), イシガレイ *Kareius bicoloratus* (BASILEWSKY), スズキ *Lateolabrax japonicus* (CUVIER et VALENCIENNES) 等の重要魚種をはじめ、数多くの幼・稚魚が生息している。そのためこの海域をモデルにして生産構造解明の基礎研究が進み、数々の報告がなされてきた。筆者らも本海域の魚類を調査し、日周期活動に関する若干の知見を得ることができたので生産構造解明の一助としてここに報告する。

資料及び方法

本報の研究の対象とした調査海域は、若狭湾西部の湾奥部に位置し、若狭湾においては九頭

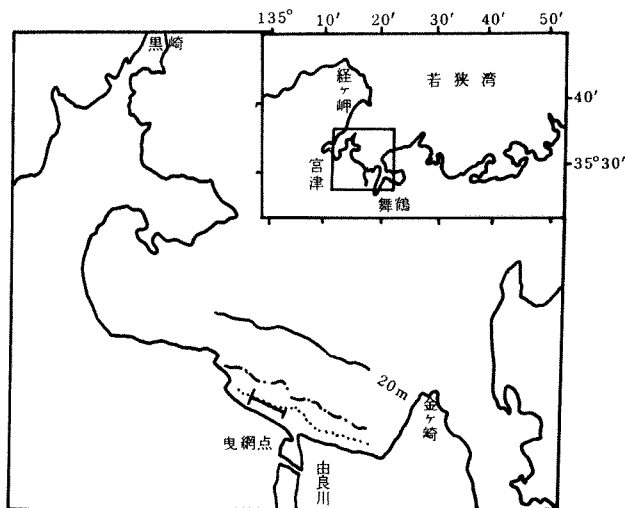


図1 調査海域

龍川に次いで大きい由良川が流入する浅海域である(図1)。魚類等の生物の採集は、この由良川河口域の水深5mで1972年5月22日から23日にかけて桁網により行った。使用した桁網は幅300cm、長さ720cm、高さ50cmで袋部は縋子網を使用した。採集作業は京都府水産試験場*1浅海開発船みさき丸(15.88トン)を使用し、等深線に沿って約2ノット、10分間曳網した。曳網は表1のとおり

* Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu, Kyoto Japan

*1 現在京都府海洋センター

で昼夜にわたり行った。

採集した生物は約20～30%ホルマリンで固定し、保存した後測定した。測定項目は全長、体長、頭長、顎長、体重、生殖腺、胃内容物(シタピラメ類は消化管内容物)である。これらの資料から食物組成、摂餌指数、空胃率を計算し、それぞれの魚類について昼夜の変化から日周期活動と食性の関係について検討した。

なお、摂餌指数は体重に対する胃内容物重量の比($\sum SCW / \sum BW \times 10^2$)で表わし、食物組成は胃内容に占める摂餌各生物の重量比で表わした。また採集時間は薄明(4²⁵)、午前(9³⁰)、午後(12¹²)、夕方(17⁴⁰)、夜中(22³⁵)、の各名称を用い、以下文中でこれを使用した。

結果及び考察

採集した主な生物は表1のとおりで魚類28種1231尾、エビ類9種4962尾 カニ類6種85尾であった。

表1-1 由良川沖水深5mにおける魚類の連続採集結果(1972.5.22~23)
(曳網回数が2回の場合 表示個体数は2で割ってある)

種名	採集時間	14 ¹²	17 ⁴⁰	22 ³⁵	04 ³⁵	09 ³⁰	体長範囲 (cm)
ヒラメ		16.5	7.5	31	75	23.5	1.13-19.6
カタクチイワシ Engraulis japonicus			1	17	9	391	1.7-7.84
ヒイラギ			2	48	55	1	7.35-10.32
クロウシノシタ		14	11	11	10	11.5	5.82-25.2
ササウシノシタ		8	3	11	11	2	3.28-11.01
キス		7	6	5	8	5	3.95-16.02
イシガレイ		3	3	3	8.5	4.5	3.28-16.0
マアジ Trachurus japonicus					17.5		1.17-4.43
ホウボウ		2	3		4.5	5.5	3.09-8.2
ハゼ科 Gobiidae spp			22				1.1-2.2
アラメガレイ			3	3	3.5	4.5	4.91-7.9
スズキ				10	4		13.72-23.8
ネズミゴチ Callionymus punctatus				2	3.5	4.5	7.29-10.67
アカシタピラメ		1	3	2	1.5	1	9.10-25.3
クサフグ Fugu niphobles		2			4		8.91-12.40
スジハゼ Gobius pflaumi			5				2.4-3.2
コモンフグ Fugu poecilonotum			3			1	8.7-9.9
アカエイ Dasyatis akajei			1		1	1	-
カサゴ Sebastes marmoratus					1.5		1.61-1.66

種名	採集時間					体長範囲 (cm)
	14 ¹²	17 ⁴⁰	22 ³⁵	04 ³⁵	09 ³⁰	
コチ Platycephalus indicus	1					21.36
メバル Sebastes inermis		1	4		1	-
ハタテヌメリ Callionymus flagris			1			5.17
アカハゼ Chaeturichthys hexanema			1			3.68
タチウオ Trichiurus lepturus				1		A.L.10.3
マイワシ Sardinops melanosticta				1		2.93
ゴンズイ Plotosus anguillaris				1		9.84
ヌメリゴチ Cajjionymus lunatus					1	8.7
ギンボ Enedrias nebulosus					1	7.8

表1-2 由良川沖水深5 mにおけるエビ類の連続採集結果 (1972.5.22~23)

種名	採集時間				
	14 ¹²	17 ⁴⁰	22 ³⁵	04 ³⁵	09 ³⁰
Crangon cassiope	22		475.5	878	800.5
サルエビ Trachypenaeus curvirostris	9.5	3.5	29.5	37.5	14
ヒラツノモエビ Latreutes planirostris	3		2		1.5
クルマエビ Penaeus japonicus			0.5	1	
カドソコシラエビ Laptochela pugnax			0.5	0.5	
メナガグルマ Miyadiella podophthalmus				1	
Palaemon sp					1
ヘラモエビ Latreutes laminirostris			0.5		
スベスベエビ Parapenaeopsis tenella			0.5		

上記の結果から昼夜を通して比較的多く採集された魚類はヒラメ、アラメガレイ *Tarphops oligolepis* (BLEEKER), イシガレイ、クロウシノシタ *Paraplagusia japonica* (TEMMINCK et SCHLEGEL), アカシタビラメ *Cynoglossus joyneri* (GUNTER), ササウシノシタ *Heteromycteris japonicus* (TEMMINCK et SCHLEGEL), キス *Sillago sihama* (FORSKÅL), ホウボウ *Chelidonichthys kumu* (LESSON et GARNOT), ヒイラギ *Leigmathus nuchalis* (TEMMINCK et SCHLEGEL) であった。そこでこの9魚種の日周期活動と食性の関係について以下に検討する。

表1-3 由良川沖水深5mにおけるカニ類の連続採集結果(1972.5.22~23)

種名	採集時間	14 ¹²	17 ⁴⁰	22 ³⁵	04 ³⁵	09 ³⁰
ヒラツメガニ <i>Oralipes punctatus</i>		5.5	2	3.5	9	5.5
ヒラコブシ <i>Pnilyra syndactyla</i>		1			8	1.5
コブシガニ <i>Lencosia obtusifrons</i>				2		0.5
カザミ <i>Portunus trituberculatus</i>		3	0.5			
テナゴコブシ <i>Myra fugaz</i>			1.5			
Charybdis bimaculata			0.5			

摂餌指数・空胃率の経時変化 摂餌指数、空胃率及び採集尾数の時間変化を図2に示した。これらの摂餌指数と空胃率について各魚種毎に説明する。

シタビラメ類の場合、消化管内容物の測定を行っているため、他魚種のように、空胃率や摂餌指数が明確に表現され難いと推察され、その点を考慮しながら検討した。

1. ヒラメ 摂餌指数は薄明に低

く、午前、午後、夕方は高く、夜中から、薄明にかけて低くなる傾向がみられる。

一方空胃率は薄明に高く、午前、午後、夕方は低く、夜中から、薄明にかけて高くなる傾向がみられる。そのためヒラメは薄明は空腹状態であるが、午前には摂餌して満腹に近い状態となり、午後、夕方にかけてはヒラメの個体の消化の程度に応じ摂餌するようである。夜中は摂餌を休止するため空胃率が上昇しだし薄明までこの傾向が持続される。

2. イシガレイ 摂餌指数は薄明

午前に低いが、午後になると高くなり、夕方に再び低くなる。夜中に高いが薄明にかけては低くなる傾向を示す。

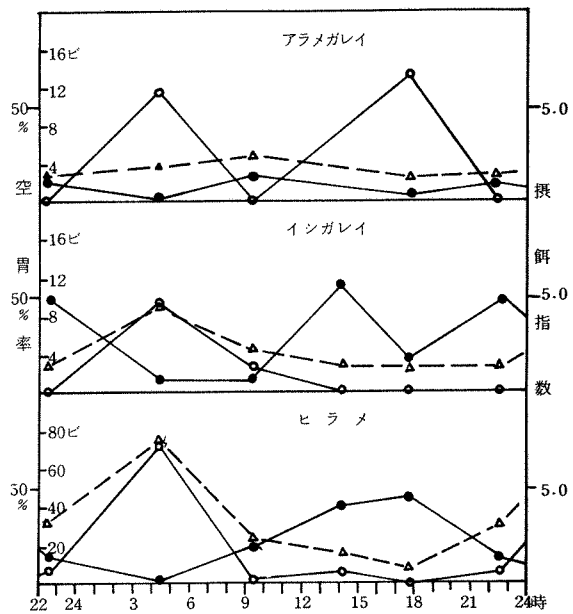


図2-1 時間経過に伴う採集尾数、摂餌指数、及び空胃率の変化

○—○—○—○—空胃率
●—●—●—●—摂餌指数
▲—▲—▲—▲—採集尾数

空胃率は薄明に高いが午前から減少し、午後、夕方、夜中は0%で経過している。インガレイは午前から摂餌し、午後には満腹状態となる。夕方に多少の変動があるが、この傾向は夜中まで続く。

3. アラメガレイ 摂餌指数は薄明に低い、午前にはやゝ高くなる。夕方に再び低くなり、夜中に高くなるパターンを示す。

空胃率は薄明に高く、午前は0%となる。夕方に再び高くなり、夜中は0%で摂餌指数とは逆パターンで経過する。アラメガレイの摂餌は日中と夜中に主に行われる。

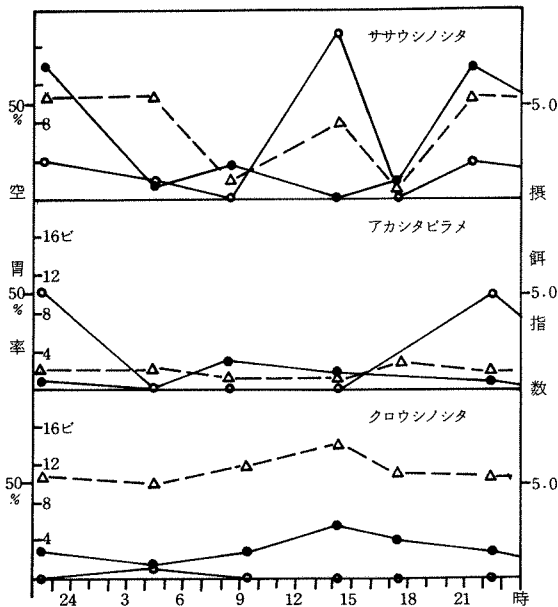


図2-2 時間経過に伴う採集尾数、摂餌指数、及び空胃率の変化

4. クロウシノシタ 摂餌指数

は午前から午後にかけて高く夕方から薄明にかけて低くなる。

一方、空胃率は空胃の個体が薄明に若干みられるが、その他の時間帯ではみられなかった。クロウシノシタは消化等を考慮しても昼間に活発に摂餌すると推察される。

5. アカシタビラメ 摂餌指数

は薄明から午前にかけて高く、その後薄明まで徐々に低下している。

空胃率は夜中にみられる。このことからアカシタビラメはクロウシノシタ同様に昼間活発に摂餌を行うと推察される。

6. ササウシノシタ 摂餌指数

は午前にはやゝ高いが午後は低くなる。夕方から夜中にかけて急に高くなり、薄明にかけては再び低くなる。

空胃率は午後が最も高く90%近くにまで達する。夕方には0%を急変するが、夜中はやや高くなる。しかし薄明から午前にかけては低くなる。ササウシノシタは前二者のシタビラメとは異なり、夜中に摂餌すると推察される。

7. キス 摂餌指数は昼夜共に低く経過し大きな変化はみられない。

空胃率は午前と夜中に高くなる。キスは午前と夜中にやや摂餌はしなくなるが、その他の時間帯はよく摂餌する。

8. ホウボウ 摂餌指数は薄明から午後にかけて高くなり、夕方に急に低くなる。

空胃率は午前から夕方にかけて0%で経過する。ホウボウは昼間はよく摂餌している。

9. ヒイラギ 摂餌指数は薄明から午前にかけて高く、夕方は低くなる。夜中は再び高くなるが、薄明にかけて低くなる。

空胃率は夜間から薄明にかけて高くなり、午前から夕方は0%で経過する。これらの変化からヒイラギは薄明から午前にかけても摂餌するが、夜中により多く摂餌する。

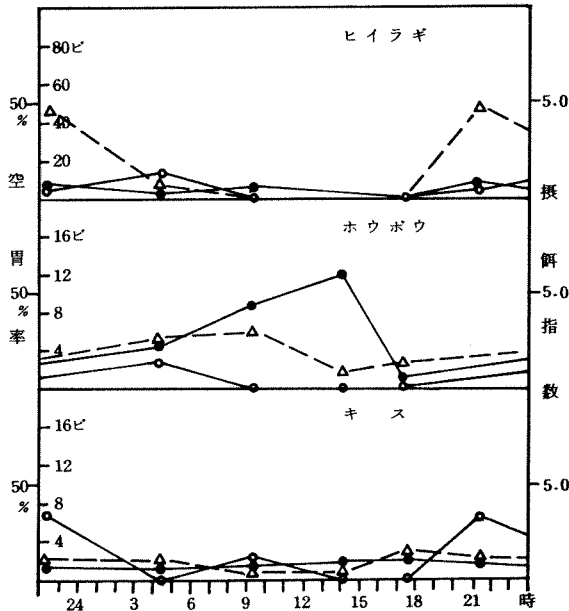


図2-3 時間経過に伴う採集尾数、摂餌指数、及び空胃率の変化

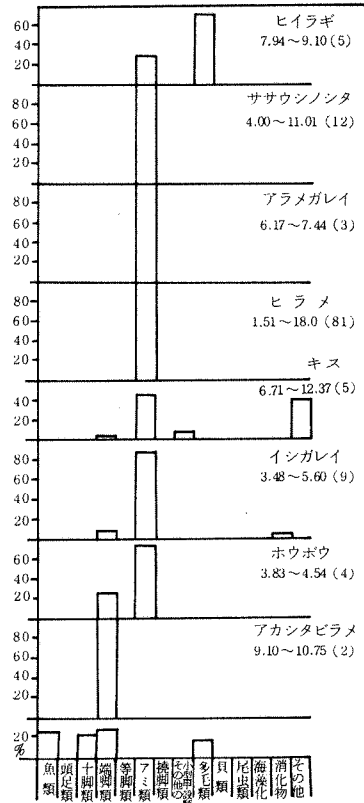


図3-1 薄明時における食物組成
数値は体長 (cm)
()内は採集尾数

食性 各魚類の時間毎の食物組成を図3に示した。

薄明時にアミ類を多く摂餌しているのはヒラメ・アラメガレイ、ササウシノシタ、イシガレイ、ホウボウ、キスである。端脚類を多く摂餌するのはアカシタピラメで、多毛類はヒイラギが多く摂餌している。クロウシノシタは魚類、十脚、端脚、多毛類をそれぞれ摂餌している。

午前にアミ類の摂餌が高い魚種はヒラメ、ホウボウ、アラメガレイ、ヒイラギ、イシガレイである。頭足類の摂餌が多いのはキスで、端脚類はクロウシノシタが多く摂餌している。ササウシノシタは端脚類とアミ類を摂餌している。

午後にアミ類を摂餌する魚類はヒラメ、イシガレイ、ホウボウである。端脚類はクロウシノシタが、小型甲殻類はササウシノシタがよく摂餌している。アカシタピラメは端脚類とアミ類をそれぞれ摂餌し、キスは頭足類、アミ類を摂餌している。

夕方にアミ類を多く摂餌する魚類はヒラメ、ホウボウ、キスである。端脚類はクロウシノシタが、橈脚類はアラメガレイが多く摂餌している。イシガレイ、ヒイラギはアミ類と端脚類を

摂餌し、ササウシノシタの摂餌物は消化物が多かった。

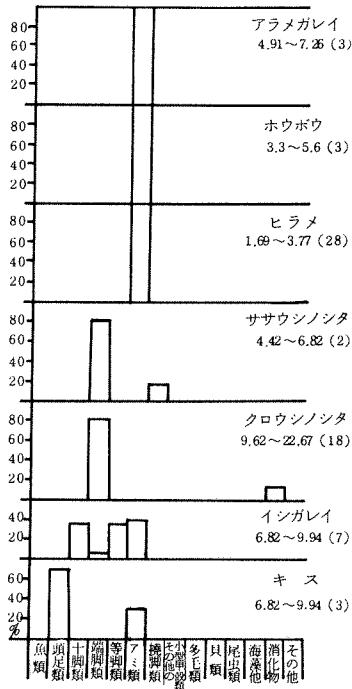


図3-2 午前における
食物組成
数値は体長 (cm)
()内は採集尾数

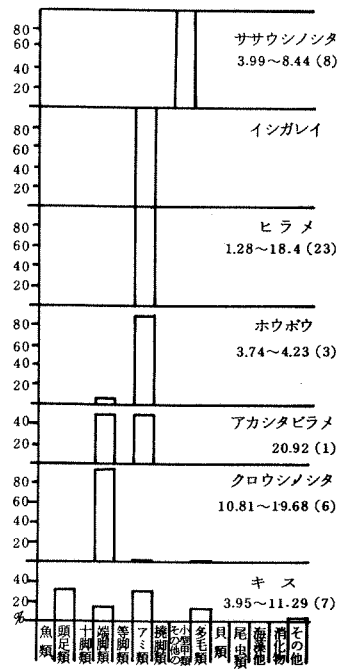


図3-3 午後における
食物組成
数値は体長 (cm)
()内は採集尾数

夜中にアミ類を多く摂餌するのはヒラメ、イシガレイ、キス、アラメガレイの魚種である。ササウシノシタは端脚類、橈脚類、アカシタピラメは端脚類、ヒイラギは多毛類、アミ類を多く摂餌する。クロウシノシタは消化物が多かった。

終日出現する魚類が常に同量摂餌しているのではなく各魚類毎に摂餌活動が活発になる時間帯がある。例えばヒラメはアミ類を常に100%摂餌しているが、薄明はアミ類を摂餌しているのは数尾であり、残りの個体は全て空胃である。同様の現象は他の魚類でもいえる。このことは餌の現存量と魚類の摂餌行動に強い関係があると推察される。

摂餌行動が活発に行なわれているときの主な餌生物はヒラメ、イシガレイ、アラメガレイ、ホウボウ、キス(キスはイカ類を含む)がアミ類。クロウシノシタ、アカシタピラメ、ササウシノシタは端脚類、ヒイラギは多毛類である。

行動 図2には摂餌指数、空胃率のほかに採集尾数の変化が示してある。採集尾数は魚類の桁網からの逃避力等により多少採集に影響があると推察されるが、その点については考慮しなかった。

異体類や底魚のように底と生活が深い関係がある魚類は桁網の採集量の時間変化から行動が推定することが可能である。G Root²)はヒラメ・カレイ類の昼夜の漁獲状況から底層に沿

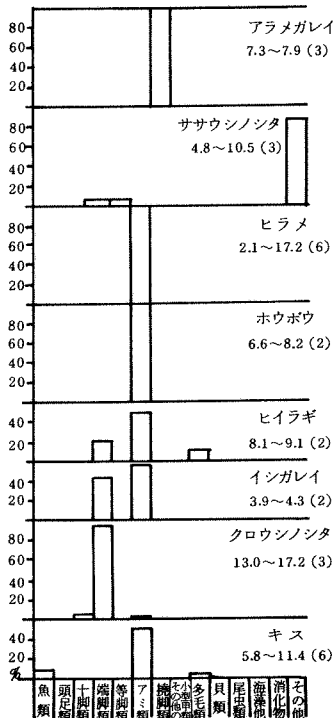


図3-4 夕方における食物組成
数値は体長 (cm)
()内は採集尾数

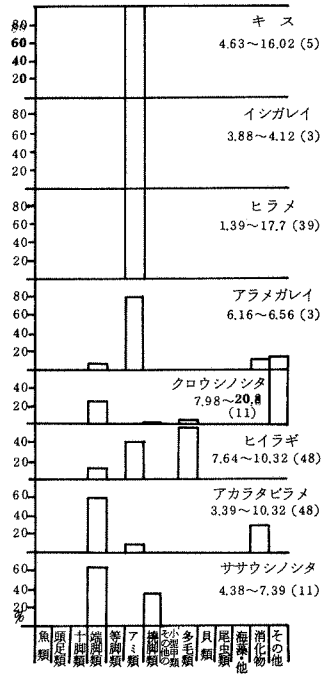


図3-5 夜中における食物組成
数値は体長 (cm)
()内は採集尾数

て泳ぐ” bottom activity ”と底から離れて泳ぐ” swimming activity ”があると報告している。

ヒラメの採集数は薄明に多く、午後から夕方にかけては少ない、そして夜中から薄明にかけて増加する傾向がみられる。これは夜中から薄明にかけて着底していたヒラメが、摂餌のため午前になると底を離れて夕方まで泳ぎまわっている機会が多いためであろう。清野³⁾はヒラメ稚魚の摂餌活動は昼間底から離れる” swimming activity ”的な形であろうと示唆した。ヒラメはアミ類の摂餌のため昼間は底を離れていると推察される。

イシガレイの採集尾数は薄明に多いが、午前から夜中にかけて少ない。イシガレイもヒラメ同様薄明は活動がにぶいが、その後活発になり、アミ類捕食のため底を離れる機会が多くなる傾向が続くと推察される。

アラメガレイは採集尾数にあまり変化がなく、このことはヒラメ、イシガレイにくらべ離、着底がひんぱんに行なわれている結果と推察されるがこの結果からは十分な説明は困難である。

クロウシノシタの採集尾数は安定している。このことはクロウシノシタがヒラメ、アラメガレイ、イシガレイと同様昼間活発に摂餌活動が行なわれるが底から離れて索餌することは少なく、着底した状態で摂餌活動を行っている。このことは主な餌生物が端脚類であることから

推察できる。

アカンタピラメもクロウシノシタに類似した行動であると推察できる。

ササウシノシタの採集尾数は夜間から薄明にかけて多い。ササウシノシタはクロウシノシタ、カンタピラメのように終日底に着底している状態ではなく、昼間は底を離れている機会が多いと推察される。

キスの採集尾数はそれ程多くはないが一定採集である。キスの胃内容物からはアミ類、イカ類のように水中に浮遊している生物の出現が多く、着底することは少ないが底付近を沿って行動している。

ホウボウの採集は薄明から夕方まで夜間は採集されていない。

ヒイラギの採集尾数は夜中に多い。胃内容物から端脚類、多毛類等の底生生物の出現が多く、日中は遊泳して夜中に摂餌のため底へ降りてくる。

餌生物の捕食特徴 魚類の胃内容から出現する餌生物の種類は様々である。そして、その餌生物の生態もそれぞれ異っているので当然捕食する側もそれら餌生物の特性と深い関連がみられる。図4は行動のある餌生物をそれぞれの魚類が捕食した時間帯である。カタクチイワシ稚魚は薄明、午前に捕食されていた。カタクチイワシ稚魚は桁網採集結果(表1)をみると昼間多く採集されておりカタクチイワシ稚魚は底に多く分布しているといえる。池原⁴⁾はカタクチイワシ稚魚をネット採集し、その結果夜間は表層へ浮上し、昼間は沈降する昼夜の垂直移動があると報告している。キスやクロウシノシタはカタクチイワシ稚魚が沈降してくる時間に捕食している。

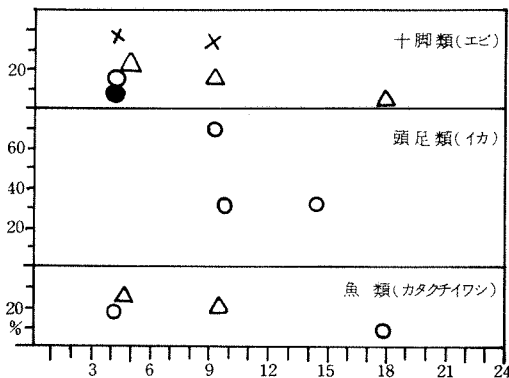


図4 キス・クロウシノシタ・イシガレイ
ヒイラギの魚類、頭足類、十脚類、
捕食時間

- キス
- △ クロウシノシタ
- × イシガレイ
- ヒイラギ

ている。キスは昼間沈降してきたイカ類を捕食する。

エビ類は薄明、午前と夕方に捕食されている。エビ類は一般に夜行性であるといわれ、桁網の採集結果でも夜間、薄明に多かった。これらエビ類の行動は船田⁶⁾、石岡⁷⁾もそれぞれの結果から同様なことを報告している。魚類の多くは夜間摂餌しないため、エビ類を捕食することはないが、夜明けと共に摂餌活動に移るため、まだ十分潜伏、防御が終っていないエビ類は捕食される機会が多くなる。

イカ類は午前、午後には捕食されている。桁網の採集結果からは明確ではないが、OKUTANI⁵⁾によると小型イカ類は夜間海面上で多く採集されることから、夜間表層性であろうと報告している。

イカ類は午前、午後には捕食されている。桁網の採集結果からは明確ではないが、OKUTANI⁵⁾によると小型イカ類は夜間海面上で多く採集されることから、夜間表層性であろうと報告している。

端脚類、アミ類のように行動の少ない餌生物は常に摂餌対象としてどの魚類からもよく利用される結果となる。

またHATANAKA⁸⁾は 餌生物の捕食は上顎長と関係すると述べている。北原⁹⁾はヒラメ、アラメガレイは体長に対する上顎長の傾きが大きく魚類、大型甲殻類を摂餌するのに対応し、イシガレイ、アカシタビラメ、クロウシノシタ、ササウシノシタ、キス、ヒイラギは体長に対する上顎長の傾きが小さく、小型甲殻類、真性ベントス、多毛類を摂餌するのによく対応すると報告しており、今回の結果からもこれらの報告とよく一致している。

表2 摂餌時間帯と摂餌種類の関係

	日間摂餌が活発	夜間摂餌が活発	昼夜摂餌
アミを中心的に摂餌している魚類	ヒラメ、アミ類 ホウボウ アミ類 端脚類		アラメガレイ アミ類 イシガレイ アミ類 端脚 十脚類 キス アミ イカ類
端脚類を中心に摂餌している魚類	クロウシノシタ 端脚 十脚類 アカシタビラメ 端脚 等脚 アミ類	ササウシノシタ 端脚 小型甲殻類 ヒイラギ 端脚 多毛類	

以上の結果をまとめると表2のようになる。摂餌が活発に行なわれている時間帯と摂餌餌生物を組み合わせると少しずつ変化し、それぞれの摂餌生態を表わしている。アミ類を中心に摂餌しているグループのうち昼間摂餌しているヒラメ、ホウボウの場合、前者はアミ類、後者は端脚類を摂餌する。昼夜摂餌しているとみられるアラメガレイ、イシガレイ、キスの間ではアミ類、端脚類、イカ類とそれぞれ異なる。同様に端脚類を中心とするグループで昼間摂餌するクロウシノシタは端脚・十脚類、アカシタビラメは端脚・等脚類、アミ類を摂餌する。夜間に摂餌するササウシノシタは端脚・小型甲殻類、ヒイラギは端脚・多毛類を摂餌する。このように同時周帯に摂餌内容物に変化があるのは餌を獲得していく過程上競合、食圧等により起きた結果であろう。

図5は時間毎の食物関係である。同図はアミ類を摂餌する魚類を中心としたものであり、この中心から離れるに従い他の餌生物の摂餌割合が多くなる状態を模式化したものである。例えば午前の場合ヒラメ、アラメガレイ、ホウボウがアミ類を摂餌し、イシガレイもアミ類を摂餌するが、十脚・等脚類の摂餌割合が多くなり、クロウシノシタのようにアミ類捕食魚からまったく離れた魚類はアミ類を摂餌せず、端脚類が中心となりアミ類摂餌グループとは全く相関がなくなる。下方へ連らなるキスの場合も同様に、アミ類を摂餌するが頭足類の摂餌割合が多くなる。このように餌生物をめくり、その時の摂餌活動、捕食器管、摂餌生態等によりこの模式図が変化するのである。薄明においてはどの魚類もまだ摂餌活動が十分ではなく、ほぼ横につながる平衡状態で餌をめぐる競合もまだ起ってはいない。午前になるとどの魚類も摂餌活動が活発となり図はかなり変化する。イシガレイはアミ類をよく利用しているが摂餌活動がまだ十

分行なわれていないためアミ類摂餌グループに参加できていない。午後に入るとインガレイも参加し、キスが午前と変わらずイカ類を摂餌している。形としては安定している。この傾向は夕方になってもほぼ同様な形で持続される。夜はヒイラギ、ササウシノシタが特に活発に活動

するため、端脚類中心グループの間は崩れやすくなる。

魚類の摂餌活動は種独自の時間サイクルがある、また捕獲器管の違い、諸器管の発達の度合により摂餌生物が微妙に変化する。これらはそれぞれの成長過程の条件に応じ違い、それがその時の魚類社会の食物関係に変化を与え、種関係を微妙に変化して競合をできるだけ少なくし、食性のバランスを保っているのである。このように食物関係はそれぞれの魚類の発展過程において一魚類社会の中で一システム化され、(食物関係)の時間的(季節)サイクルの連続性のひとつひとつとなっている。そしてこれらは魚類の出現種類数、量、餌生物の量、環境に変化があるろうともそのシステムの中で処理され、毎年同様のサイクルを呈していると予想される。

要 約

若狭湾由良川河口域の浅海域で1972年5月22日から23日にかけて桁桁網で昼夜連続採集を行った。採集結果から主な魚類の日周期活動と食性との関係について検討した。

1. 摂餌指数と空胃率から摂餌の日周期を推定した。これらは ①昼間摂

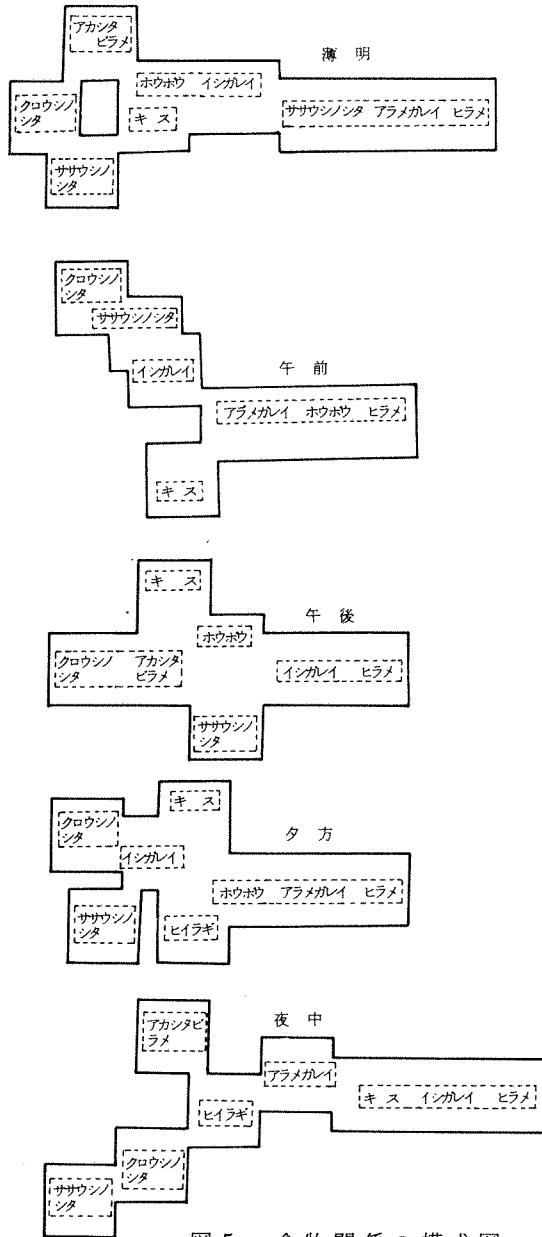


図5 食物関係の模式図

餌(ヒラメ、クロウシノシタ、ホウボウ、アカシタビラミ)、②夜間摂餌(ササウシノシタヒイラギ)、③昼夜摂餌(アラメガレイ、イシガレイ、キス)とそれぞれ摂餌活動グループに分けられる。

2. 食物組成では ①アミ類中心(ヒラメ、アラメガレイ、ホウボウ、イシガレイ、キス)

- ②端脚類中心(クロウシノシタ、アカシタビラメ、ササウシノシタ、ヒイラギ)に摂餌するのグループに分けられる。
3. 採集尾数から行動を推定すると ① 底を離れて摂餌行動(ヒラメ、アラガレイ、イシガレイ、キス、ホウボウ) ② 底を離れず摂餌行動(クロウシノシタ、アカシタビラメ、ササウシノシタ、ヒイラギ)に分けられる。
4. 餌生物の生活と捕食にある関係がみられた。カタクチイワシ稚魚、イカ類は夜明け沈降して来た頃 捕食され、エビ類は潜伏が十分出来ていない状態の時に捕食される。
5. 魚類は摂餌生態の相違により食物関係を微妙に変え、競争をさせている。
6. このような食物関係は時間的サイクルのひとつひとつであり、これらの関係は変化しないと予想される。

文 献

- 1) 浜中雄一：若狭湾西部海域におけるエビ類の研究-I, 京水試報告, 昭和50年度, 101-108 (1977) .
- 2) GROOT, S. J. DE : On the interrelationships between morphology of the alimentary tract, food and feeding behaviour in flatfish (pisces : pleuronetiformes), - *Neth. J. Sea. Res*, **5**, 121-196 (1971) .
- 3) 清野精次：栽培漁業のための生態調査, 水産海洋研報, **22**, 54-68 (1972) .
- 4) 池原宏二：異なるプランクトンネットの採集結果からみた数種の魚類およびイカ類の卵・稚仔の生態, 日水研報, **20**, 71-82 (1968) .
- 5) OKUTANI, T : Studies on Early Life History of Decapodan Mollusca-III, *Tokai Reg, Fisker, Res, Leb.*, (55), 9-57 (1968) .
- 6) 船田秀之助：宮津湾の底棲餌料生物分布調査, 京水試業績, **27**, 81-108 (1966) .
- 7) 石岡宏子：クルマエビ人工種苗の生理, 生態に関する研究, 南西水研報, **6**, 59-84 (1973) .
- 8) HATANAKA, M., M. KOSAKA et al., Interspecific relations concerning the predacious habits among benthic fish, *Tohoku J. agric. Res.* **5** (3), 177-189 (1954) .
- 9) 北原 武：若狭湾西部海域(丹後海)における底生魚類の分布と食物関係について, 京水試業績**39**, 34-54 (1972) .

磯根資源増殖に関する研究—I

京都府沿岸磯根漁場の岩礁性動物

辻 秀二・西村元延

Aquicultural Studies on the Coastal Marine Products—I
Rocky Habitates in the Abalone and Top Shell Fishing
Grounds of Kyoto

Syuji TUJI* and Motonobu NISHIMURA*

磯根における生物相についての調査は、各都道府県でそれぞれの目的に応じてなされている¹⁾。本府においても植物相(海藻)について^{2,3)}、また、動物については、岩礁域の主要種であるサザエとムラサキウニの関係など詳細な報告がある⁴⁻⁶⁾。

今後、磯根の重要種であるアワビ、サザエの増殖を進める目的で、人工種苗放流や諸種の漁場造成方法などが考えられる。しかし、これらを実施していくうえで、餌料面の競合種や害敵種の問題、固着動物による造成礁の変化など、種々の動物に関連した問題点が予測される。したがって、磯根における動物組成を把握しておくことは重要なことと思われる。

今般、サザエ放流事業の事前調査等で生物環境について調査をおこなった。そのうち、本府沿岸外洋部の浅所磯根における岩礁性動物の構成について報告する。

なお、調査にあたりご協力をいただいた砂方、袖志、蒲入及び本庄浜の各水視組合員の方々に感謝の意を表わすとともに厚くお礼申し上げます。

方 法

調査は、 9 m^2 ($3 \times 3\text{ m}$)で内側を 1 m^2 毎に支切った方形枠を海底に設置して、素潜りおよびスキューバー潜水で、1枠(1 m^2)毎に岩礁性動物の種類及び個体数を、採り上げにより、

1977年7月4日～29日にかけて4回および1978年7月19日、25日の計6回調査した。

なお、一部採り上げ困難なものなどについては計数による。また、群体性の苔虫類や海綿類及び殻上利用種などは除外した。

調査場所は図1に示す丹後町砂方、袖志および伊根町蒲入、本庄浜である。調査地点は砂方

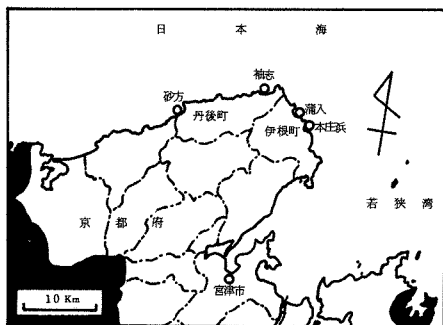


図1 調査場所

* Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science,
Miyazu, Kyoto, Japan

袖志、本庄の各1地点と蒲入の3地点で、各地点の概要と調査年月日は表1のとおりである。

表1 調査地点の概要

調査地点	調査年月日	平均水深(m)	主たる基質	調査場所の状況
砂方	1977.7.4	1.60	岩盤	砂中に突出した岩礁部の岩盤で、スガモ類ワカメの大型海藻の他有節石灰藻で被われる。
袖志	1977.7.29	2.08	"	広い岩礁部の岩盤で、溝部があり転石が入っている。モク類幼生等小型の海藻でおおわれる。
蒲入A	1978.7.25	1.00以浅	"	朝間帯と連絡する岩礁部岩盤で、ムラサキウニの穴が多く、有節石灰藻で被われる。
" B	1977.7.26	1.28	"	岩礁部、転石部が交互に配置されるところの岩礁部の岩盤で、大型のイソモクが僅かである他は、モク類幼生や無節石灰藻に被われる。
" C	1978.7.19	4.10	転石	岩径100cm位の大型の転石間に10~50cm位の小型の転石が配置しており、大型転石の上部を中心に小型のモク類に被われる。
本庄	1977.7.13	1.69	岩盤	深所よりそそり立った岩礁部の岩盤で、モク類の繁茂が見られる他、ワカメが残っており、有節石灰藻で被われる。

結 果

出現種と個体数 調査地点に出現した動物は41種で、そのリストを表2に示す。その内訳は腔腸動物1種、軟体動物31種、節足動物3種、棘皮動物が6種である。軟体動物が約76%を占めるが、なかでも巻貝類が21種で約51%、つづいて二枚貝類が7種約17%を占めていた。また、全調査地点とも巻貝類が一番多く出現しており、岩礁部の各調査地点では約半

表2 調査地点から出現した動物のリスト

No.	種	類
	腔腸動物門	COELENTERATA
	花虫綱	ANTHOZOA
1.	イソギンチャク類	<i>Actinaria</i> * 1
	軟体動物門	MOLLUSCA
	多板綱	POLYPLACOPHORA
2.	ウスヒザラガイ類	<i>Ischnochitonida</i> * 2
3.	ニシキヒザラガイ	<i>Ornithochiton hirasei</i> PILSBRY
	腹足綱	GASTROPODA
	前鰓亜綱	PROSOBRANCHIA
4.	トコブシ	<i>Haliotis (Sulculus) diversicolor aquatilis</i> REEVE
5.	クロアワビ	<i>Haliotis (Nordotis) discus discus</i> REEVE
6.	ツタノハガイ	<i>Patella (Penepatella) flexuosa optima</i> (QUOY et GAIMARD)
7.	アシヤガイ	<i>Granata lyrata</i> (PILSBRY)
8.	エビスガイ	<i>Tristichotrochus unicus</i> (DUNKER)
9.	ハナチグサガイ	<i>Cantharidus callichrous callichrous</i> (PHILIPPI)
10.	ヒメクボガイ	<i>Omphalius nigerrimus</i> (GMELIN)

No.	種	類
11.	オオコシダカガンガラガイ	<i>Omphalius pfeifferi carpenteri</i> (DUNKER)
12.	ウズイチモンシガイ	<i>Trochus sacellus rota</i> DUNKER
13.	サザエ	<i>Batillus cornutus</i> (LIGHTFOOT)
14.	ウラウズガイ	<i>Astraliu haematragum</i> (MENKE)
15.	オオヘビガイ	<i>Serpulorbis (Cladopoma) imbricatus</i> (DUNKER)
16.	キクスズメガイ	<i>Sabia conica</i> (SCHUMACHER)
17.	ヒメヨウラクガイ	<i>Ergalatax contractus</i> (REEVE)
18.	レイシガイ	<i>Reishia bronni</i> (DUNKER)
19.	クリフレイシガイ	<i>Reishia luteostoma</i> (HOLTEN)
20.	ムギガイ	<i>Mitrella bicincta</i> (GOULD)
21.	マツムシガイ	<i>Pyrene testudinaria</i> (LINK)
	後鰓亜綱	OPISTHOBRANCHIA
22.	チヨウジガイ	<i>Mormula rissoina</i> (A. ADAMS)
23.	アメフラシ	<i>Aplysia (Varría) kurodai</i> BABA
24.	シロウミウシ	<i>Chromodoris palleescens</i> PEASE
	斧足綱	PELECYPODA
25.	ムラサキインコガイ	<i>Septifer (Mytilisepta) virgatus</i> (WIEGMANN)
26.	ヒメイガイ	<i>Septifer (Mytilisepta) keenae</i> NOMURA
27.	イガイ	<i>Mytilus corsucus</i> GOULD
28.	ウミギクガイ	<i>Spondylus barbatus barbatus</i> REEVE
29.	ナミマガシワガイ	<i>Anomia chinensis</i> PHILIPPI
30.	トマヤガイ	<i>Cardita leana</i> DUNKER
31.	サルノカシラガイ	<i>Pseudochama retroversa</i> (LISCHKE)
	頭足綱	CEPHALOPODA
32.	マダコ	<i>Octopus vulgaris</i> CUVIER
	節足動物門	ARTHROPODA
	甲殻綱	CRUSTACEA
	蔓脚亜綱	CIRRIPIEDIA
33.	フジツボ類	<i>Balanomorpha</i> *3
	軟甲亜綱	MALACOSTRACA
34.	ヤドカリ類	<i>Anomuro</i> *4
35.	イボトゲガニ	<i>Hapalogaster dentata</i> (TILESÍUS)
	棘皮動物門	ECHINODERMATA
	クモヒトデ綱	OPHIUROIDEA
36.	ニホンクモヒトデ	<i>Ophioplocus japonicus</i> H. L. CIARK
	ヒトデ綱	ASTEROIDEA
37.	イトマキヒトデ	<i>Asterina pectinifera</i> (MÜLLER et TROSCHÉL)
38.	ヒトデ	<i>Asterias amurensis</i> LÜTKEN
	ウニ綱	ECHINOIDEA
39.	アカウニ	<i>Pseudocentrotus depressus</i> (A. AGASSIZ)
40.	バフンウニ	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> (A. AGASSIZ)
41.	ムラサキウニ	<i>Anthocardaris crassispina</i> (A. AGASSIZ)

注 *1~4 イソギンチャク類については、種名不詳。ウスヒザラガイ類は、2~3種混在。フジツボ類は、コウダカキクフジツボ、オオアカフジツボ、アカフジツボ、サンカクフジツボの4種で、ヤドカリ類は4種位あるようだが、種名は不詳である。これら類別表示のものについて、種類数の取り扱い上便宜的に1種と見做して扱った。

数が巻貝類で占められる。それに比べて、転石部の調査地点では出現種類および占める割合も少ないが、二枚貝類は岩礁部の各調査点を上回る出現を示した。

調査地点別に出現種類数をみると、転石部の浦入Cが最も多く、9 m²枠内に20種類出現していた。岩礁部の各調査地点については、9 m²枠内に13~16種類が出現していた。

調査地点(9 m²)の種類組成を表3に示した。平均個体数でも転石部の浦入Cが74.4個体

表3 調査地点(9 m²)の種類組成

種類	項目	調査地点			浦入A			浦入B			浦入C			本仕					
		砂	方	出	浦	浦	出	浦	浦	出	浦	浦	出	浦	浦	出			
		岩	礁	現	岩	礁	現	岩	礁	現	岩	礁	現	岩	礁	現			
		個	体	個	体	個	体	個	体	個	体	個	体	個	体	個	体		
		数	(個	数	(個	数	(個	数	(個	数	(個	数	(個	数	(個	数	(個		
		体	体)	体	体)	体	体)	体	体)	体	体)	体	体)	体	体)	体	体)		
		回	回	回	回	回	回	回	回	回	回	回	回	回	回	回	回		
腔腸動物門																			
花虫綱																			
	1. イソギンチャク類	221	24.6	9	1	0.1	1	8	0.9	5					33	3.7	9		
軟体動物門																			
多板綱																			
	2. ウスヒザラガイ類	1	0.1	1	+	+	3			+	+	1	44	4.9	9				
	3. ニンキヒザラガイ											1	0.1	1	1	0.1	1		
腹足綱																			
前鰓亜綱																			
	4. トコブシ				1	0.1	1												
	5. クロアワビ							4	0.4	4									
	6. ツタノハガイ				1	0.1	1												
	7. アンヤガイ											1	0.1	1					
	8. エビスガイ	1	0.1	1											1	0.1	1		
	9. ハナチグサガイ				1	0.1	1			2	0.2	1							
	10. ヒメクボガイ	1	0.1	1	17	1.9	5			15	1.7	6	1	0.1	1				
	11. オオコシダカガンガラガイ	4	0.4	4	34	3.8	9	15	1.7	8	6	0.7	4	23	2.7	8			
	12. ウズイチモンシガイ							1	0.1	1									
	13. サザエ	9	1.0	4	10	1.1	7	31	3.4	9	30	3.3	7	8	0.9	5	36	4.0	7
	14. ウラウズガイ	1	0.1	1	17	1.9	9	3	0.3	2	15	1.7	6	134	14.9	9	1	0.1	1
	15. オオヘビガイ							1	0.1	1			4	0.4	3				
	16. キタスズメガイ									1	0.1	1							
	17. ヒメヨウラクガイ							2	0.2	2									
	18. レイシガイ	4	0.4	2	2	0.2	1	1	0.1	1						14	1.6	4	
	19. クリフレイシガイ															1	0.1	1	
	20. ムギガイ															2	0.2	2	
	21. マツムシガイ															1	0.1	1	
後鰓亜綱																			
	22. チヨウシガイ									1	0.1	1							
	23. アメフラシ	5	0.6	3												3	0.3	3	
	24. シロウミウシ									2	0.2	1							
斧足綱																			
	25. ムラサキインコガイ									1	0.1	1							
	26. ヒメイガイ											1	0.1	1					
	27. イガイ														1	0.1	1		
	28. ウミギクガイ											1	0.1	1					
	29. ナミマガシワガイ											1	0.1	1					
	30. トマヤガイ									2	0.2	2	1	0.1	1				
	31. サルノカンシガイ							3	0.3	3						1	0.1	1	
頭足綱																			
	32. マダコ											1	0.1	1					
節足動物門																			
甲殻綱																			
蔓脚亜綱																			
	33. フジツボ類															+	+	5	
軟甲亜綱																			
	34. ヤドカリ類	5	0.6	2	54	6.0	9			19	2.1	7	25	2.8	8	13	1.4	8	
	35. イボトゲガニ											3	0.3	2					
棘皮動物門																			
クモヒトデ綱																			
	36. ニホンクモヒトデ				+	+	1			+	+	4	108	12.0	9				
ヒトデ綱																			
	37. イトマキヒトデ							1	0.1	1			1	0.1	1				
	38. ヒトデ	1	0.1	1															
ウニ綱																			
	39. アカウニ	1	0.1	1	7	0.8	5			7	0.8	6	17	1.9	8				
	40. バフンウニ	+	+	1	+	+	4	12	1.3	4	+	+	7	267	29.7	9	+	+	1
	41. ムラサキウニ	138	15.3	9	63	7.0	9	463	51.4	9	96	10.7	9	28	3.1	9	86	9.6	9
		391	48.5	208	28.1			545	60.6			197	21.9	670	74.4			194	21.6

／ m^2 と最も多く、岩礁部では蒲入Aの 60.6 個体／ m^2 で、次いで砂方の 48.5 個体／ m^2 であったが、袖志、蒲入B、本庄の各調査地点は 20.0 個体／ m^2 を若干上回る程度であった。

各調査地点の特徴 調査地点 ($9 m^2$) の各種類の占有率を図2に示した。これらにもとづいて、各調査地点の特徴をみていくことにする。

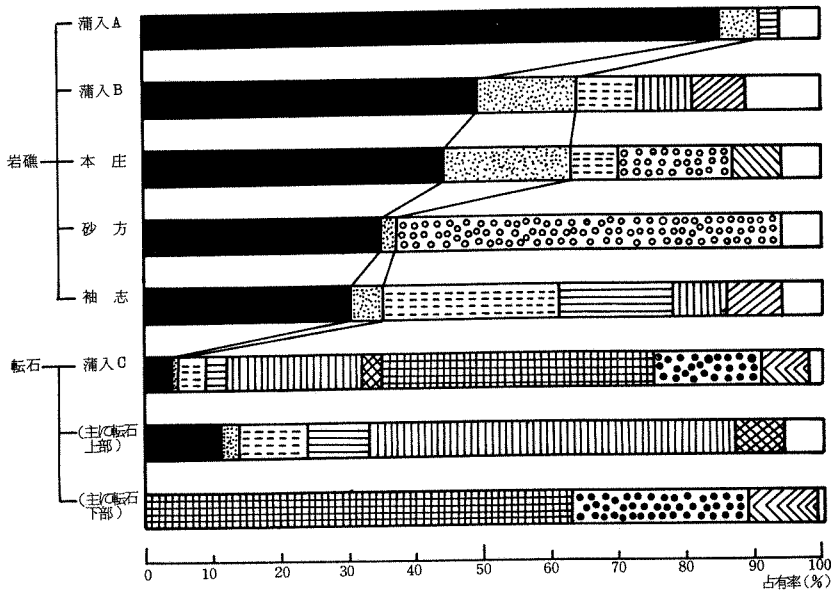
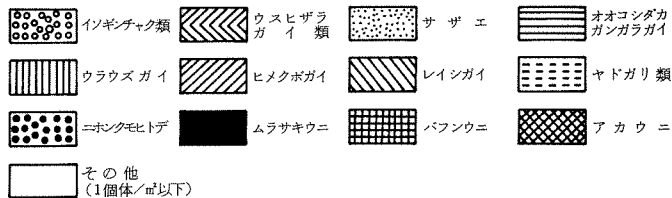


図2 調査地点 ($9 m^2$) の各種類の占有率 (%)



1. 砂方 平均個体数は 48.5 個体／ m^2 と岩礁部では二番目に多く、イソギンチャク類が 24.6 個体／ m^2 で優占し、次いでムラサキウニが 15.3 個体／ m^2 となっていた。その占有率はイソギンチャク類が 57% 、ムラサキウニは 35% でこの両種の占める割合は 92% にも及んだ。各枠ともイソギンチャク類が優占し、次いでムラサキウニが多かった。
2. 袖志 平均個体数は 23.1 個体／ m^2 で、ムラサキウニが 7.0 個体／ m^2 、ヤドカリ類が 6.0 個体／ m^2 と接近していた。各枠についてみると第1～第5枠はムラサキウニが優占するが、第6～第9枠は岩礁間の溝部に転石が入り込んでおり、ヤドカリ類が優占していた。
3. 蒲入A 平均個体数は岩礁部で最も高い 60.6 個体／ m^2 で、ムラサキウニの棲息場所としての穴が多く、その平均個体数は 51.4 個体／ m^2 で占有率も 85% にも及び、各枠をみても $73\sim 90\%$ の占有率を示し圧倒的に卓越していた。また、サザエが 3.4 個体／ m^2 を示し

ラサキウニに次いで多かった。

4. 蒲入B 平均個体数は21.9 個体/m²であり、ムラサキウニが10.7 個体/m²と優占し、次いでサザエが3.3 個体/m²で多かった。

5. 蒲入C 本調査地点のみ転石部である。平均個体数は調査地点中最大の74.4 個体/m²で、パフンウニが29.7 個体/m²と卓越し、次いでウラウズガイが14.9 個体/m²と多く、ニホンクモヒトデも12.0 個体/m²と多かった。

なお、第1 枠についてのみウラウズガイの占める割合の方が高くなっているが、大型の転石で動かすことができなかつたためである。

6. 本庄 平均個体数は21.6 個体/m²で、ムラサキウニが9.6 個体/m²と優占し、次いでサザエが4.0 個体/m²と多かった。

岩礁部と転石部の特徴 岩礁部の5 調査地点を合わせて、岩礁部における各種類の出現頻度(%)および出現枠当りの平均個体数(個体/m²)を図3-1 に示した。その出現頻度をみると、ムラサキウニが100%で岩

礁部調査地点の全枠に出現しており、次いでサザエの75.6%が高く、50%以上を示した種類は5 種であった。

また、岩礁部調査地点をあわせた45 枠中の1 枠のみに出現したものは14 種あり約40%を占めていた。その出現枠当りの平均個体数をみると、ムラサキウニが18.8 個体/m²で一番高く、次いでイソギンチャク類が11.0 個体/m²と続くが、その他の種は出現頻度が高いものでもサザエが3.4 個体/m²、ヤドカリ類が3.5 個体/m²、オオコシダカガンガラガイ2.4 個体/m²など個体数は多くなかつた。

転石部については1 調査地点のみであるが、同様に図3-2 に示した。各種類の出現状況を見ると、全枠に出現していたものは5 種類と多い。また、1 枠のみに出現していた種類は9 種あり45%を占めている。出現種を転石下を主たる棲み場とする種類とその

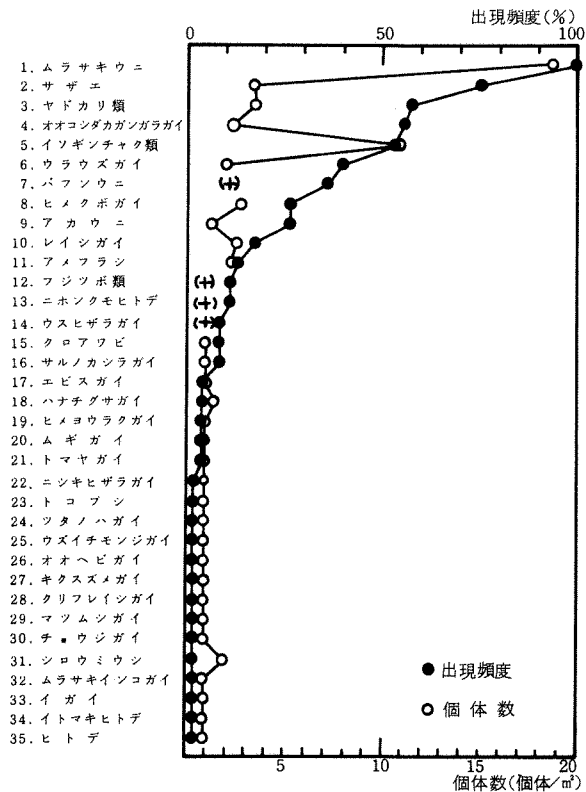


図3-1 岩礁部5 調査地点における出現頻度(%)及び出現枠当りの平均個体数(個体/m²)

他のものを区分すると、前者はバフンウニ、ニホンクモヒトデ、ウスヒザラガイ類及びイボトゲガニの4種で、その平均個体数は46.9個体/㎡で、バフンウニが29.7個体/㎡で卓越しており、ニホンクモヒトデも12.0個体/㎡と多い。これらを除いたものは16種で、その平均個体数は27.5個体/㎡。ウラウズガイが14.9個体/㎡と多かった。その他の種は出現頻度の高いものでもウスヒザラガイ類4.9個体/㎡、ムラサキウニが3.1個体/㎡とその個体数はあまり多くなかった。

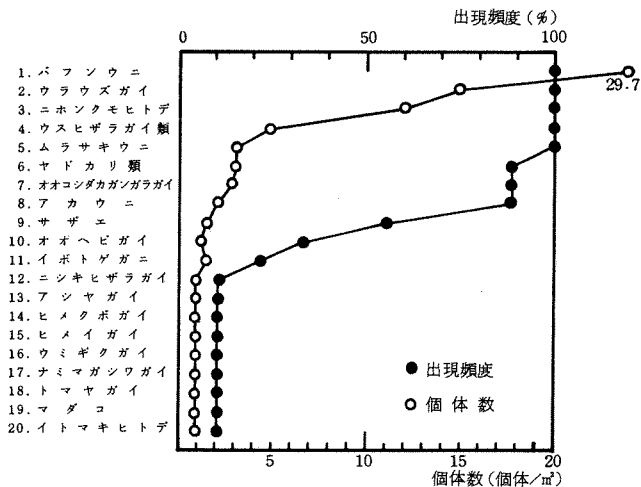


図3-2 転石部1調査地点における出現頻度(%)及び出現枠当りの平均個体数(個体/㎡)

考 察

調査地点の岩礁部では蒲入A、蒲入B、本庄はムラサキウニが優占し、サザエの密度も高い。とくに蒲入Aは、水深も5調査地点中最も浅く、ムラサキウニの棲み場としての穴が多い地点で、ムラサキウニが卓越していた。また、岩礁の周囲が砂地で海藻もスガモ類が繁茂している砂方では、イソギンチャク類が優占していた。袖志では、他の4

調査地点に比べて、ムラサキウニは優占しているものの密度が一番低く、ヤドカリ類やオオコシダカガンガラガイの密度が高くなっている。これらは、岩礁部の溝部に転石の入った枠に多かった。

このことは、岩礁の基質の複雑さや局部的地形の違いや水深差等物理的条件の差異や海藻との関係などにより、それぞれの地点の特徴を示していると考ええる。

しかし、ムラサキウニとサザエは各調査地点で共通してみられ、出現頻度、密度ともに高い。このことと、漁獲でサザエが若干低目に出ていることを考え合わせると、本府沿岸外洋の岩礁部では、分布の均一性においても分布密度からみても、ムラサキウニが卓越しており、サザエが主要な従属種となっているものと考えられる。

転石部は種類数、個体数とも岩礁部の各調査地点を上回っていたが、転石下を主たる棲み場とする群を別に考えれば、出現種類数もその平均個体数も類似した数値を示していた。しかし、その種類構成は基質を反映して当然異なるものと考えられる。今回の調査では、ウラウズガイが優占していたが、棲息深度の違いによるのか、海藻との関係によるのか、その他の原因によるのか分らないが、転石部ではヒメクボガイ、オオコシダカガンガラガイも多く観察されるところから、これらの小型巻貝類が単独で、または複数で卓越するものと考えられる。また、転

石下部ではバフソウニが卓越し、ニホンクモヒトデも主要な従属種となっているものと考えられる。

以上、本府沿岸外洋部浅所磯根における基質を岩礁部と転石部に区分し、また、転石部の種類について転石下を主たる棲み場とするものを区別して、まとめてみると3つの特徴的な群が考えられた。

つぎにアワビ、サザエの種苗放流や漁場造成を進めていくなかでの係わりの出てきそうな種類をあげる。

餌料の競合面からみると、個体の大きさや生息密度の高さからいって、ムラサキウニが大きく関係するだろう。また、保護放流施設の造成や人工種苗放流等を行なっていく場合、とくに、転石部において小型ではあるが、数量的にいて小型巻貝類も餌料海藻面からの競合も予測され、検討を加える必要があるものと考えられる。

人工種苗放流を実施していくうえで、害敵生物による食害は大きな問題であると考え。攻撃性があるとされる肉食性種としてアクキガイ科の諸種、ヒトデ類およびマダコが出現している。アワビの害敵種として記録されている動物で⁷⁾、本調査で出現したものはヒトデ、イトマキヒトデおよびマダコであるが、その他底棲種としてヤツデヒトデは他の調査で確認しており、イボニシは岩礁部の潮間帯付近に普通にみられる種類である。とくにヤツデヒトデは今回の調査では出現しなかったが、サザエ人工種苗放流に際して、稚貝を食害しているのを観察している。また、移動性の大きなものは、本調査では非常に不十分で、僅かに蒲入Cの転石部でマダコが1個体確認されたのみである。

以上、本府沿岸外洋部の浅所磯根の岩礁部および転石部の岩礁性動物の構成について、不十分であるが概観的にとらえアワビ、サザエの増殖の手段を構じていくうえで、とくに関連性の深いと考えられる種類を示唆してきた。

要 約

京都府沿岸外洋部浅所磯根の6調査地点(1地点のみ転石部)で枠取り(9 m²)により岩礁性動物の組成について調査した。

1. 調査地点に出現した動物は腔腸動物1種、軟体動物31種、節足動物3種、棘皮動物6種の計41種であった。
2. 出現種類中に占める割合は軟体動物が約76%を占めるが、なかでも巻貝類が約51%と半数を占めていた。
3. 出現種類数は転石部の蒲入Cが9 m²枠内に20種類と最も多く出現し、岩礁部の各調査地点では13~16種類であった。
4. 出現個体数も蒲入Cが最も多く、平均個体数で74.4個体/m²、岩礁部では蒲入Aの60.6個体/m²、砂方の43.5個体/m²とつづき袖志、蒲入B、本庄の各調査地点は20.0個体/m²を若干上回る程度であった。
5. 各調査地点の特徴は、それぞれの物理的条件の差異等を反映したものと考えられる。

6. 本府沿岸外洋部浅所磯根では、基質区分および棲み場の区別から、3つの特徴的な群が考えられた。

- 岩礁部：ムラサキウニが卓越し、サザエが主要従属種。
- 転石部：小型巻貝類（ヒメクボガイ、オオコシダカガンガラガイ、ウラウズガイ等）の単独又は複数による卓越。
- 転石下部：バフンウニが卓越し、ニホンクモヒトデが主要従属種。

7. 種苗放流や漁場造成を進めるうえで、関連性が深いと考えられる種類を示唆した。

- 餌料競合：ムラサキウニ、小型巻貝類。
- 害敵生物：ヒトデ、イトマキヒトデ、マダコおよびヤツデヒトデ、イボニシ。

文 献

- 1) 都道府県水試磯根資源調査グループ：磯根資源とその増殖Ⅰ，水産増養殖叢書24，日本水産資源保護協会，東京，1972，pp 29-32.
- 2) 西村元延・松岡祐輔・生田哲郎：磯根資源調査Ⅰ，京水試業績，33，1-19（1969）。
- 3) 西岡 純・大橋 徹：磯地先におけるサザエの餌料環境について（資料），本報，1，134-165（1977）。
- 4) 西村元延他：磯根資源調査Ⅳ，京水試業績，33，31-37（1969）。
- 5) 西村元延・生田哲郎・大橋 徹：磯根資源調査Ⅴ，京水試業績，33，38-40（1969）。
- 6) 西村元延：磯根資源調査Ⅵ，京水試業績，33，41-56（1969）。
- 7) 井上正昭：アワビの種苗放流とその効果，水産学シリーズ12，恒星社厚生閣，東京，19-25（1976）。

付表 調査地点の枠別 (1 m²) 種類組成

										砂 方			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	総個 体数	平均 個体数 (個体/m ²)	出現 回数	
腔腸動物門													
花虫綱													
1. イソギンチャク類	15	37	19	23	18	21	27	27	34	221	246	9	
軟体動物門													
腹足綱													
前鰓亜綱													
2. エビスガイ					1					1	0.1	1	
3. ヒメクボガイ				1						1	0.1	1	
4. オオコシダカガンガラガイ		1		1		1		1		4	0.4	4	
5. サザエ		1	1					1	6	9	1.0	4	
6. ウラウズガイ								1		1	0.1	1	
7. レイシガイ					2				2	4	0.4	2	
後鰓亜綱													
8. アメフラシ						2	2			1	5	0.6	3
節足動物門													
甲殻綱													
軟甲亜綱													
9. ヤドガリ類			3						2		5	0.6	2
棘皮動物門													
海星綱													
10. ヒトデ									1	1	0.1	1	
海肥綱													
11. アカウニ								1		1	0.1	1	
*4 12. バフンウニ								+		+	+	1	
13. ムラサキウニ	13	14	19	13	12	12	22	20	13	138	15.3	9	
総個体数	29	56	39	40	32	36	54	56	49	391	43.5		

										袖 志		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	総個 体数	平均 個体数 (個体/m ²)	出現 回数
腔腸動物門												
花虫綱												
1. イソギンチャク類									1	1	0.1	1
軟体動物門												
多板綱												
*1 2. ウスヒザラガイ類				+	+	+				+	+	3
腹足綱												
前鰓亜綱												
3. トコブシ			1							1	0.1	1
4. ツタノハガイ			1							1	0.1	1
5. ハナチグサガイ							1			1	0.1	1
6. ヒメクボガイ			2	3		2	7		3	17	1.9	5
7. オオコシダカガンガラガイ	4	1	1	5	2	9	4	6	2	34	3.8	9

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	総個 体数	平均 個体数 (個体/m ²)	出現 回数
8. サザエ	2	1		2	1		2	1	1	10	1.1	7
9. ウラウズガイ	1	2	1	2	1	5	1	1	3	17	1.9	9
10. レイシガイ						2				2	0.2	1
節足動物門												
甲殻綱												
軟甲亜綱												
11. ヤドガリ類	8	7	3	4	6	10	4	7	5	54	6.0	9
棘皮動物門												
蛇尾綱												
* 3 12. ニホンクモヒトデ							+			+	+	1
海胆綱												
13. アカウニ	1	3		1	1	1				7	0.8	5
* 4 14. バフンウニ				+	+	+	+			+	+	4
15. ムラサキウニ	9	9	18	10	9	3	2	1	2	63	7.0	9
総個体数	25	27	26	24	22	38	13	19	14	208	23.1	

蒲入 A

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	総個 体数	平均 個体数 (個体/m ²)	出現 回数
腔腸動物門												
花虫綱												
1. イソギンチャク類	3	1	1		1			2		8	0.9	5
軟体動物門												
腹足綱												
前鰓亜綱												
2. クロアワビ			1				1	1	1	4	0.4	4
3. オオコンダカガンガラガイ	2	3	3	1	1	2		1	2	15	1.7	8
4. ウズイチモンジガイ									1	1	0.1	1
5. サザエ	1	4	5	3	3	3	3	5	4	31	3.4	9
6. ウラウズガイ							2		1	3	0.3	2
7. オオヘビガイ								1		1	0.1	1
8. ヒメヨウラクガイ		1			1					2	0.2	2
9. レイシガイ			1							1	0.1	1
斧足綱												
10. サルノカンシラガイ	1	1	1							3	0.3	3
棘皮動物門												
海星綱												
11. イトマキヒトデ								1		1	0.1	1
海胆綱												
12. バフンウニ		2	2			7		1		12	1.3	4
13. ムラサキウニ	51	56	38	37	55	53	52	73	48	463	51.4	9
総個体数	58	68	52	41	61	65	58	83	59	545	60.6	

蒲入 B

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	総個 体数	平均 個体数 (個体数)	出現 回数
軟体動物門												
多板綱												
* 1 1. ウスヒザラガイ			+							+	+	1
腹足綱												
前鰓亜綱												
2. ハナチグサガイ						2				2	0.2	1
3. ヒメクボガイ			1	2	6		4	1	1	15	1.7	6
4. オオコシダカガンガラガイ			1		3		1	1		6	0.7	4
5. サザエ	3	6	5	6		3		6	1	30	3.3	7
6. ウラウズガイ	3		1			4	1	5	1	15	1.7	6
7. キクスズメガイ			1							1	0.1	1
後鰓亜綱												
8. チョウジガイ								1		1	0.1	1
9. シロウミウシ								2		2	0.2	1
斧足綱												
10. ムラサキインコガイ			1							1	0.1	1
11. トマヤガイ				1		1				2	0.2	2
節足動物門												
甲殻綱												
軟甲亜綱												
12. ヤドカリ類	4	1	1	1	3	1	3		6	19	2.1	7
棘皮動物門												
蛇尾綱												
* 3 13. ニホンクモヒトデ				+	+		+	+	+	+	+	4
海胆綱												
14. アカウニ		1		1	2	1	1		1	7	0.8	6
* 4 15. バフンウニ		+		+	+	+	+	+	+	+	+	7
16. ムラサキウニ	18	12	2	11	11	6	14	8	14	96	10.7	9
総個体数	24	23	13	22	25	18	24	24	24	197	21.9	

蒲 入 C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	総個 体数	平 均 個体数 (個体/盆)	出現 回数
軟体動物門												
多板綱												
1. ウスヒザラガイ類	2	1	1	9	3	1	12	10	5	44	4.9	9
2. ニシキヒザラガイ							1			1	0.1	1
腹足綱												
前鰓亜綱												
3. アシヤガイ								1		1	0.1	1
4. ヒメクボガイ							1			1	0.1	1
5. オオコシダカガンガラガイ	2		2	12	3	1	1	1	1	23	2.7	8
6. サザエ			1	1	2	1			3	8	0.9	5
7. ウラウズガイ	11	6	18	12	21	17	22	15	12	134	14.9	9
8. オオヘビガイ	1						1		2	4	0.4	3
斧足綱												
9. ヒメイガイ								1		1	0.1	1
10. ウミギクガイ					1					1	0.1	1
11. ナミマガシワガイ		1								1	0.1	1
12. トマヤガイ							1			1		1
頭足綱												
13. マダコ		1								1	0.1	1
節足動物門												
甲殻綱												
軟甲亜綱												
14. ヤドカリ類	3		9	2	2	3	3	2	1	25	2.8	8
15. イボトゲガニ			1	2						3	0.3	2
棘皮動物門												
蛇尾綱												
16. ニホンクモヒトデ	7	3	2	3	17	12	18	31	15	108	12.0	9
海星綱												
17. イトマキヒトデ			1							1	0.1	1
海胆綱												
18. アカウニ		1	5	3	2	1	1	3	1	17	1.9	8
19. バフンウニ	4	15	56	28	34	32	23	40	35	267	29.7	9
20. ムラサキウニ	2	5	3	3	3	3	3	3	3	28	3.1	9
総個体数	33	32	99	75	88	71	88	106	78	670	74.4	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	総個 体数	平 均 個体数 (個体数)	出現 回数
腔腸動物門												
花虫綱												
1. イソギンチャク類	3	5	10	2	4	3	2	2	2	38	3.7	9
軟体動物門												
多板綱												
2. ニシキヒザラガイ						1				1	0.1	1
腹足綱												
前鰓亜綱												
3. エビスガイ	1									1	0.1	1
4. サザエ	2			11	4	2	6	5	6	36	4.0	7
5. ウラウスガイ					1					1	0.1	1
6. レイシガイ	3		6	2					3	14	1.6	4
7. クリフレイシガイ		1								1	0.1	1
8. ムギガイ	1	1								2	0.2	2
9. マツムシガイ					1					1	0.1	1
後鰓亜綱												
10. アメフラシ				1	1				1	3	0.3	3
斧足綱												
11. イガイ					1					1	0.1	1
12. サルノカシラガイ						1				1	0.1	1
節足動物門												
甲殻綱												
蔓脚亜綱												
*2 13. フジツボ類			+	+	+	+			+	+	+	5
軟甲亜綱												
14. ヤドカリ類	3		1	2	2	1	1	1	2	13	1.4	8
棘皮動物門												
海胆綱												
15. バフンウニ									+	+	+	1
16. ムラサキウニ	5	8	4	16	13	4	10	20	6	86	9.6	9
総個体数	18	14	22	34	27	12	19	28	20	194	21.6	

注 *1~4 岩盤の調査地点における、ウスヒザラガイ類、ニホンクモヒトデ、バフンウニについては、十で表示しているが、計数の際ムラサキウニの裏にいたものを確認したもので、個体数は把握できなかった。フジツボ類も種の確認のみで量的な把握はできなかった。

磯根資源増殖に関する研究—Ⅱ
蒲入 袖志地先におけるN型アワビ礁の
生物群集について

西村元延・辻 秀二

Aquicultural Studies on the Coastal Marine Products—Ⅱ
Biotic Community on the N-type Artificial Abalone
Reef off Kamanyu and Sodeshi

Motonobu NISHIMURA* and Shuji TUJI*

アワビ *Haliotis* spp.、サザエ *Batillus cornutus* を中心とする磯根資源増殖対策の一つとして、各地でアワビ礁投入による漁場造成等がおこなわれている。

アワビ礁へのアワビ増殖の効果については、松永¹⁾をはじめ多くの報告があるが、これらのアワビ礁を、種苗放流と関連づけるなど、より増殖的に利用しようとするれば、アワビ礁をめぐる海藻群落、動物群集、および、それらの遷移、種間関係等について、より多くの知見を得る必要があると考えられる。

京都府においても、1976年から、アワビ、サザエを対象とした築磯事業として、コンクリートブロックN型アワビ礁(以下N型礁という)投入による漁場造成がおこなわれている。

筆者らは、伊根町蒲入地先、丹後町袖志地先におけるN型礁について、アワビの増殖効果、および、生物調査をおこない、アワビ礁における生物群集の特徴と遷移の傾向、および、アワビの増殖状況について若干の知見を得たので報告する。

この調査をおこなうにあたり、多くの御協力をいただいた、蒲入漁業協同組合、下宇川漁業協同組合袖志支所、蒲入水視組合、下宇川水視組合の皆さんに厚くお礼申し上げる。

方 法

調査場所の伊根町蒲入と丹後町袖志は、図1に示すとおり、丹後半島北端の経ガ岬をはさんで東西に位置し、小規模ながら、比較的安定した水視漁業がおこなわれており、漁場管理も進んでいる地域である。

この地域の潮間帯には、海藻の種類も豊富にみられ、磯根資源の主漁場となる水深3~5mの岩礁、または、転石地帯では、ヤツマタモク、ヨレモクなどホンダワラ類の群落がよく発達しており、また、季節的にワカメ *Undaria pinnatifida*、地域的にはクロメ *Ecklonia kurome*

* Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science,
Miyazu, Kyoto, Japan.

などもよくみられる²⁾。

これらの地先において、N型礁の投入は、1976年から3年連続しておこなわれており、投入場所は、図2、3、投入個数は表1に示すとおりである。

また、投入されたN型礁の規格は図4のとおりである。

N型礁の調査時点での経過年数は、1976年投入のN型礁（以下76年礁という、他の投入年もこれに準ずる）は、約2年4カ月、77年礁は約1年4カ月、78年礁は約4カ月ということになる。

調査は、すべてスキューバ潜水によりおこなった。なお、N型礁には、ビニールパイプで作ったナンバー標識をつけ、調査の重複をさけた。

海藻群落とアワビ類集について調査したN型礁の個数は、蒲入地先76年礁50個、77年礁30個、78年礁10個、袖志地先76年礁30個、78年礁20個の合計140個であった。

海藻については、各N型礁ごとに、出現種と被度を記録した。被度は、5段階（5：100%、4：80%、3：60%、2：40%、1：20%）と十で記入した。

アワビについては、各N型礁ごとに、付着の有無、個数、付着位置、そして、大きさの概略を記録し、可能なものはノギス殻長を測定した。また、サザエについても個数を記録した。

動物群集については、蒲入地先

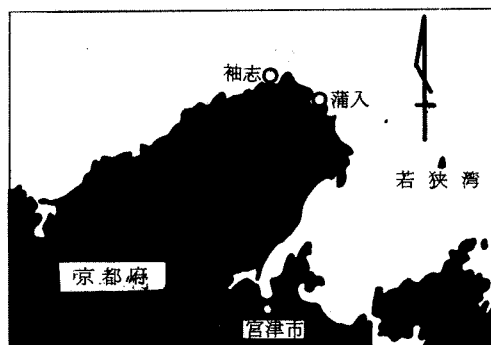


図1 調査地点

表1 蒲入、袖志地先N型礁投入状況

場所	投入年月日	投入個数	平均水深 (m)
蒲入	1976.3.12	152	4.2
	1977.3.8	167	3.5
	1978.3.7	140	4.3
袖志	1976.3.20	181	4.3
	1977.3.7	151	4.3
	1978.4.8	129	7.0

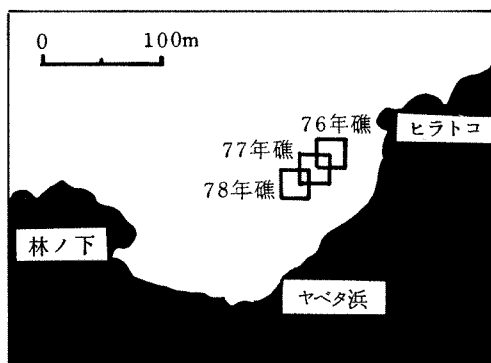


図2 蒲入地先調査地点

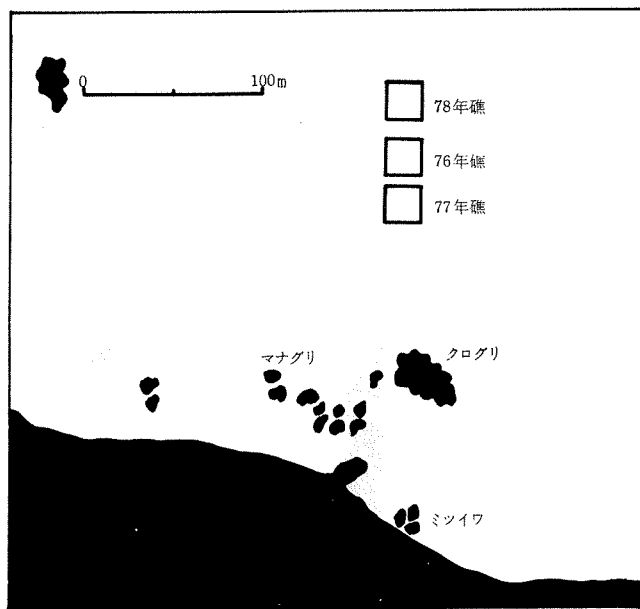


図3 袖志地先調査地点

76年礁4個、77年礁4個、78年礁2個、袖志地先76年礁5個、78年礁4個の合計19個のN型礁から、全個体を採り上げた。ただし、フジツボ類は採り上げず、種名と出現の有無のみを記録した。

また、蒲入地先では、N型礁周辺の天然漁場（岩盤上の転石）で、 3×3 mの枠内を9区画に分け、上記同様、海藻と動物について調査した。

結 果

海藻群落の特徴 N型礁に着生していた海藻は、表2に示すとおり、緑藻2種、褐藻8種、紅藻2種の合計12種であった。

1. 蒲入地先N型礁

蒲入地先N型礁に着生した海藻の出現頻度と被度は図5に示すとおりであった。

78年礁では、イシ

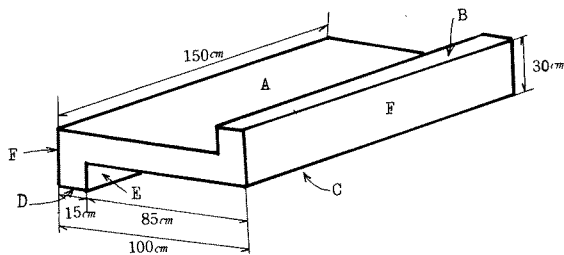


図4 N型アワビ礁の構造

モズクがすべての礁に大量に着生し、他の海藻はみられなかった。

77年礁では、全体で10種、各礁には1～6種が着生していた。組成は、フシスジモクーイシモズクの着生している礁が60%近くを占め、これに、イソモク幼生が加わっている礁も多くみられた。各礁ごとには、フシスジモクが60%の礁で、イシモズクが30%の礁で、ミル、イソモクが若干の礁で優占種となっていた。

76年礁では、全体で8種、各礁には1～5種が着生していた。組成は、フシスジモクー

イソモク幼生の着生している礁が76%を占め、このうち半数近くにはアミジグサも着生していた。各礁ごとにみると、フシスジモクが80%以上の礁で、アミジグサが20%近くの礁で優占種となっており、他に、イソモク、イシモズクも1~2個の礁で優占種となっていた。

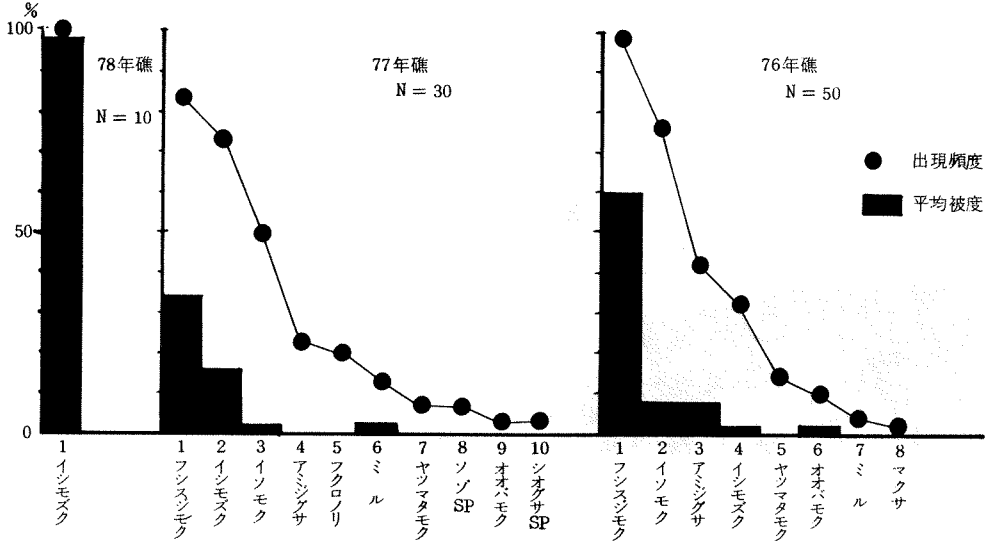


図5 浦入地先N型礁の海藻

2. 袖志地先N型礁 袖志地先N型

礁に着生した海藻の出現頻度と被度は、図6に示すとおりであった。

78年礁では、浦入地先同様、イシモズクがすべての礁で大量に着生しており、他の海藻はみられなかった。

76年礁では、全体で9種、各礁には2~6種が着生していた。組成は、フシスジモク - ヨレモク - イソモク幼生の3種が着生している礁が70%を占め、このうち、約半数近くには、ヤツマタモク幼生もみられた。各礁ごとに

は、フシスジモクが80%の礁で、ヨレモク、オオバモクがそれぞれ10%の礁で優占種となっていた。また、イソモク、ヤツマタモク、イシモズク、マクサが優占種に加わっている礁もみられた。

表2 N型礁に着生した海藻

緑藻	CHLOROPHYTA
1. シオグサ sp.	<i>Cladophora</i> sp.
2. ミル	<i>Codium fragile</i>
褐藻	PHAEOPHYTA
3. アミジグサ	<i>Dictyota dichotoma</i>
4. イシモズク	<i>Sphaotrichia divaricata</i>
5. フクロノリ	<i>Colpomenia sinuosa</i>
6. ヤツマタモク	<i>Sargassum patens</i>
7. ヨレモク	<i>S. tortile</i>
8. オオバモク	<i>S. ringgoldianum</i>
9. フシスジモク	<i>S. confusum</i>
10. イソモク	<i>S. hemiphylum</i>
紅藻	RHODOPHYTA
11. マクサ	<i>Gelidium amansii</i>
12. ソゾ sp.	<i>Laurencia</i> sp.

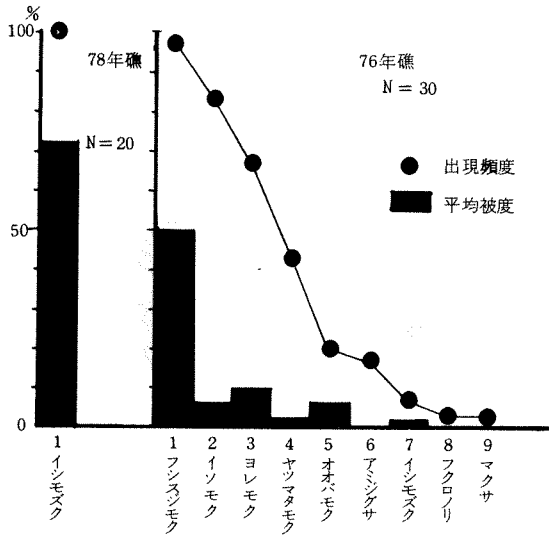


図6 袖志地先N型礁の海藻

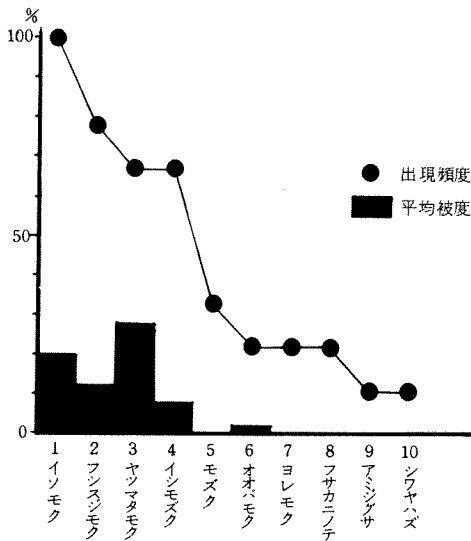


図7 蒲入地先N型礁周辺の海藻

なお、蒲入、袖志両地先とも、種不明の芽生えが全面にみられた礁も多くあった。

3. N型礁周辺の天然漁場 蒲入地先の天然漁場における海藻群落は、3×3m枠内の9区画での出現頻度と被度をみると、図7に示すとおりであった。

ここでは、10種の海藻がみられ、イソモク、フシスジモク、ヤツマタモクなどのホンダワラ類が多く、イシモズクもみられた。被度で、ヤツマタモク、イソモク、フシスジモクの順になっている点がN型礁の場合と異なっていた。また、ヨレモク、フサカニノテ *Amphiroa aberrans* などN型礁ではみられなかった海藻もあった。枠外ではクロメもみられた。

袖志N型礁周辺の天然漁場では、クロメ、ヤツマタモク、ヨレモク、オオバモクなどがみられ、局部的にはサガモ類 *Phyllospadix* sp. の群落もみられた。

4. N型礁投入年ごとの比較 N型礁の投入年ごとに、被度と優占種について比較すると図8に示すとおりとなった。

蒲入地先N型礁の海藻全体の被度をくらべると、78年礁の98%から77年礁の54%へ減少し、76年礁では80%と増加している

優占種の組成をみると、蒲入地先では、イシモズク→フシスジモク・イシモズク+イソモク→フシスジモク・イソモク+アミジグサと変っていた。袖志地先でも、イシモズク→フシスジモク・ヨレモク・イソモク・オオバモクと変っていた。いずれも、投入後の経過と

ともに、イシモズクに入れ変って、ホンダワラ類が種類、量とも増加していた。

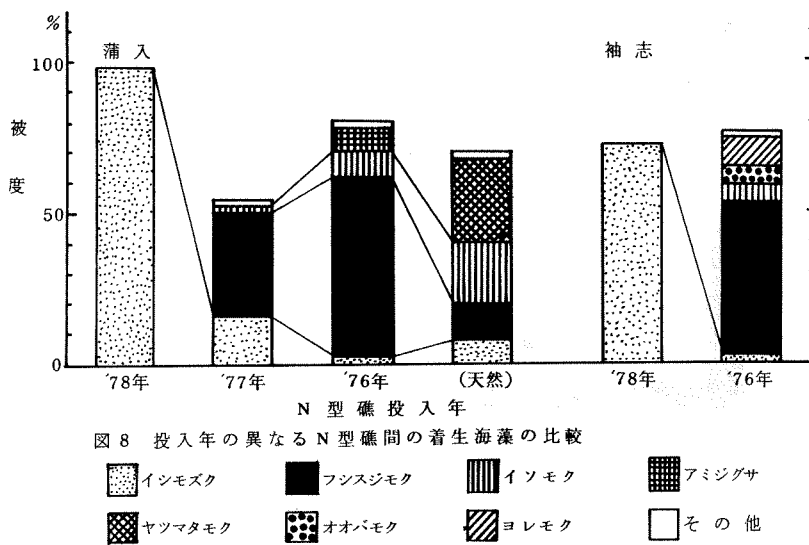


図8 投入年の異なるN型礁間の着生海藻の比較

動物群集の特徴 N型礁に蜻集した動物は、軟体動物12種、節足動物4種、棘皮動物6種の合計22種がみられた。

1. 浦入地先N型礁 浦入地先N型礁に蜻集していた動物の種類と個体数は表3に示すとおりであった。

78年礁では、出現種は6種、オオコシダカガンガラガイ、ヤドカリ、ヒメクボガイが全礁にみられた。総個体数は、礁当たり平均39個体が見られた。

77年礁では、出現種は13種で、オオコシダカガンガラガイ、ヤドカリが全礁でみられた。総個体数は、礁当たり平均61個であった。礁ごとに見ると、ヒメクボガイが2礁で、オオコシダカガンガラガイ、ウラウズガイがそれぞれ1礁で優占種となっていた。

76年礁では、出現種は11種で、ヒメクボガイなど4種が全礁に共通してみられた。総個体数は、礁当たり平均92個であった。礁ごとに見ると、ウラウズガイが3礁で、ヒメクボガイが1礁で優占種となっていた。

2. 袖志地先N型礁 袖志地先N型礁に蜻集していた動物の種類と個体数は表4に示すとおりであった。

78年礁では、出現種は5種、そのうち、ウラウズガイは全礁でみられた。総個体数は、礁当たり平均21個であった。

76年礁では、出現種は17種で、ヒメクボガイなど4種が全礁でみられた。総個体数は、礁当たり平均138個であり、礁ごとに見ると、ヒメクボガイが3礁で、ウラウズガイ、レイシガイがそれぞれ1礁で優占種となっていた。

3. N型礁投入年ごとの比較 N型礁の投入年ごとの種類と個体数、および、浦入地先N型礁周辺の天然漁場の調査結果³⁾を1.5㎡当りに換算したものを比較すると図9に示すとおりと

なった。

浦入地先のN型礁で、各年とも共通してみられた4種の個体数についてみると、オオコシダカガンガラガイはあまり変化なく、ヤドカリは76年礁で減少しており、ヒメクボガイは78年礁、77年礁、76年礁と順次増加していた。78年礁でほとんどみられなかったウラウズガイも77年礁、76年礁と大きく増加していた。

また、76年礁にはオオヘビガイも新しくみられ、フジツボ類の付着も77年礁、76年

表3 浦入地先N型礁の動物

種 類	投入年月	'76.3					'77.3					'78.3						
		No.	32	34	43	44	計	平均	51	53	55	56	計	平均	75	76	計	平均
軟体動物門 MOLLUSCA																		
腹足綱 GASTROPODA																		
前鰓亜綱 PROSOBRANCHIA																		
1. クロアワビ		1		4	1	6	1.5											
<i>Haliotis discus discus</i>																		
2. ヨメガカサガイ									1		1	2	0.5					
<i>Cellana toreuma</i>																		
3. サクラアオガイ									1	1		2	0.5					
<i>Notoacmea shrenckii gloriosa</i>																		
4. ヒメクボガイ		19	7	20	51	97	24.3	7		36	26	69	17.3	4	16	20	10.0	
<i>Omphalius nigerrimus</i>																		
5. オオコシダカガンガラガイ		2	2	20	46	70	17.5	10	8	29	18	65	16.3	17	17	34	17.0	
<i>Omphalius pfeifferi carpenteri</i>																		
6. サザエ		2		1	1	4	1.0								1	1	0.5	
<i>Batillus cornutus</i>																		
7. ウラウズガイ		35	57	29	27	148	37.0	7	46		4	57	14.3	1		1	0.5	
<i>Astraliu haematraquum</i>																		
8. オオヘビガイ				11		13	24	6.0										
<i>Serpulorbis imbricatus</i>																		
斧足綱 PELECYPODA																		
9. ナミマガシワガイ									1		1	0.3						
<i>Anomia chinensis</i>																		
節足動物門 ARTHROPODA																		
甲殻綱 CRUSTACEA																		
蔓脚亜綱 CIRRIPIEDIA																		
10. アカフジツボ						+	+			+		+						
<i>Balanus soseus</i>																		
11. サンカクフジツボ						+	+	+		+		+						
<i>Balanus trigonus</i>																		
12. ヨツカドヒラフジツボ		+	+			+			+	+		+						
<i>Tetraclitella darwini</i>																		
軟甲亜綱 MALACOSTRACA																		
13. ヤドカリ sp.		3	5	4	3	18	4.5	6	1	30	7	44	11.0	14	7	21	10.5	
<i>Anomura sp.</i>																		
棘皮動物門 ECHINODERMATA																		
クモヒトデ綱 OPHIUROIDEA																		
14. ニホンクモヒトデ										1		1	0.3					
<i>Ophioplocus japonicus</i>																		
ヒトデ綱 ASTEROIDEA																		
15. イトマキヒトデ		3		1		4	1.0							1		1	0.5	
<i>Asterina pectinifera</i>																		
16. ヤツデヒトデ											1	1	0.3					
<i>Coscinasterias acutispina</i>																		
ウニ綱 ECHINOIDEA																		
17. ムラサキウニ										1		1	0.3					
<i>Anthocidaris crassispina</i>																		
総 個 体 数		65	82	79	142	368	92.0	30	58	98	57	243	60.8	37	41	78	39.0	
種 類 数		8	6	8	9	11		4	8	8	6	13		5	4	6		
水 深 (m)		4.8	4.8	4.5	4.5			3.0	3.2	4.0	3.0			4.0	4.5			

礁で多くみられた。

総個体数は、礁当たり平均、78年礁39個、77年礁61個、76年礁92個と順次増加していた。

蒲入地先天然漁場において、ウラウズガイなどN型礁に出現した7種の1.5㎡当り個体数をみると、35個とN型礁にくらべ少なかった。しかし、転石の裏側からみられた、バフンウニ、クモヒトデ類などを加えると、16種で、総個体数125個とN型礁を上回った。

袖志地先では、78年礁でみられた、ウラウズガイなど5種の個体数は、76礁ではい

表4 袖志地先N型礁の動物

種 類	投入年月		76.3					78.4							
	№		2	3	5	6	11	計	平均	25	26	31	32	計	平均
軟体動物門 MOLLUSCA															
腹足綱 GASTROPODA															
前鰓亜綱 PROSOBRANCHIA															
1. クロアワビ <i>Haliotis discus discus</i>					1			1	0.2						
2. ヒメクボガイ <i>Omphalius nigerrimus</i>		77	24	5	51	109	266	53.2							
3. オオコンダカガンガラガイ <i>Omphalius pfeifferi carpenteri</i>		18	11	3	13	34	79	15.8				1	1	0.3	
4. サザエ <i>Batillus cornutus</i>				1		1		1	0.4						
5. ウラウズガイ <i>Astraliium haematroquum</i>		21	11	81	38	23	174	34.8	21	15	26	10	72	18.0	
6. オオヘビガイ <i>Serpulorbis imbricatus</i>		1		1	1	1	4	0.8							
7. ザクロガイ <i>Lachryma callosa</i>		1					1	0.2							
8. ヒメヨウラクガイ <i>Ergalatax contractus</i>				1			1	0.2							
9. レインガイ <i>Reishia bronni</i>		12	40		3		55	11.0			1	3	4	1.0	
節足動物門 ARTHROPODA															
甲殻綱 CRUSTACEA															
蔓脚亜綱 CIRRIPIEDIA															
10. アカフジツボ <i>Balanus soseus</i>		+		+		+	+								
11. サンカクフジツボ <i>Balanus trigonus</i>		+		+		+	+								
12. ヨツカドヒラフジツボ <i>Tetraclitella darwini</i>		+	+	+	+		+								
軟甲亜綱 MALACOSTRACA															
13. ヤドガリ sp. <i>Anomura sp.</i>		19	6	12	35	24	96	19.2	1	1		2	4	1.0	
棘皮動物門 ECHINODERMATA															
ヒトデ綱 ASTEROIDEA															
14. イトマキヒトデ <i>Asterina pectinifera</i>		2			1	1	4	0.8		1			1	0.3	
ウニ綱 ECHINOIDEA															
15. アカウニ <i>Pseudocentrotus depressus</i>				1			1	0.2							
16. バフンウニ <i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>					2	1	3	0.6							
17. ムラサキウニ <i>Anthocidaris crassispina</i>			1	1		1	3	0.6							
総 個 体 数		151	95	105	145	194	690	138.0	22	17	27	16	82	20.5	
種 類 数		11	9	11	10	10	17		2	3	2	4	5		
水 (m)		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0		7.0	7.0	7.0	6.5			

れも増加し、合計8倍以上になった。76年礁では、ヒメクボガイも大量にみられた。

礁当たり平均個体数は、78年礁5種21個から、76年礁17種138個と大きく増加していた。

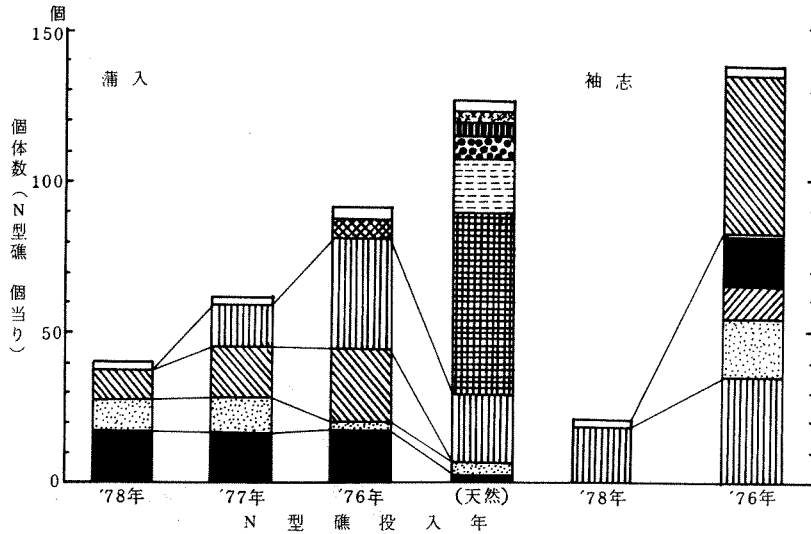
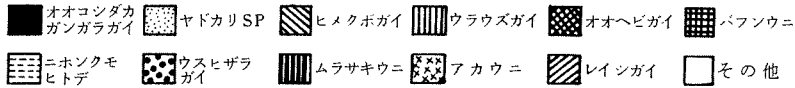


図9 投入年の異なるN型礁間の蛸集動物の比較



アワビの蛸集 潜水調査で確認された、クロアワビ *Haliotis discus discus* のN型礁への蛸集状況は、表5に示すとおりであった。

表5 N型礁へのクロアワビ蛸集状況

場所	投入年	調査礁数	アワビ付着礁数	アワビ付着礁%	付着アワビ数	1礁平均付着アワビ数
浦入	1978	10	0	0	0	0
	1977	30	5	14	6	0.20
	1976	50	22	44	30	0.64
袖志	1978	20	0	0	0	0
	1976	30	5	17	5	0.17

クロアワビが付着していたN型礁の割合と1礁当たり平均個体数をみると、浦入地先78年礁で0、77年礁で16%、0.2個、76年礁で44%、0.6個、袖志地先78年礁で0、76年礁で17%、0.2個と投入後経過年数の長いものほど、よく蛸集していた。

N型礁への付着位置を図1のようにA~Gの7つに分けてみると、表6のようになり、裏面が60%と最も多かった。表面と側面でみられたものも、ほとんどは他のN型礁とのせまいすき間になっている位置であった。

N型礁に蜻集していたクロアワビの殻長組成は図10に示すとおりで、殻長6cm以上のものがほとんどであり、6~10cmが約70%、10~15cmが約30%であった。

また、サザエの蜻集していたN型礁の割合と1礁当り平均個体数は、蒲入地先78年礁0、77年礁10%、0.1個、76年礁34%、0.5個、袖志地先78年礁50%、0.6個、76年礁53%、1.5個であった。

考 察

本調査は、N型礁へのアワビ蜻集効果を知ることを主目的としたため、生物群集の調査としては不十分な点もあり、また、遷移についても、同一礁での年変化をみたのではない。しかし、昨年おこなった予備調査の結果も考慮し、投入年の違いが、ある程度遷移を反映している結果と仮定して考察を加える。

今野⁴⁾は、海藻群落と基質安定度、および、遷移について述べている。本調査で、N型礁の海藻群落がイシモズクからフシスジモクへと経過年数とともに変っているが、これは、今野の言う短命海藻から多年生海藻への遷移の傾向を示しているものといえる。

フシスジモクの被度の増大は、極相に近いものとみられるが、周辺天然漁場でみられる他のホンダワラ類、および、岩盤地帯で多くみられる石灰藻類などがどのようになるかが今後注目される。

また、設置されたN型礁は、転石のような移動がほとんどない点、角度の変化はあるが平坦な面である点など、周辺の天辺漁場とは異なるため、この基質の特質からも、極相が周辺の天然漁場の海藻群落とどのような差ができるのか、または、同じになっていくのか、今後の経過をみていかなければならない。

菊地⁵⁾は、海藻群落の形成に及ぼす動物の役割について述べている。N型礁にも多くの植物食動物が蜻集していることがわかった。これらが海藻群落にどう影響しているかは明らかでないが、無視できない影響を与えるものと考えられる。

また、今回は把握できなかったが、フジツボ類の被度も、直接、着生基盤の面積として影響してくるものと考えられる。

蜻集動物の総個体数は、投入後の経過年数とともに増加しているが、周辺の転石を含む天然

表6 クロアワビのN型礁への付着位置

付着位置		付着個数	%	備 考
表面	A	6	24.3	8個は上にN型礁が重なっている。
	B	3		
裏面	C	12	59.5	Dは岩盤とのすき間
	D	9		
	E	1		
側面	F	4	16.2	N型礁間のすき間
	G	2		

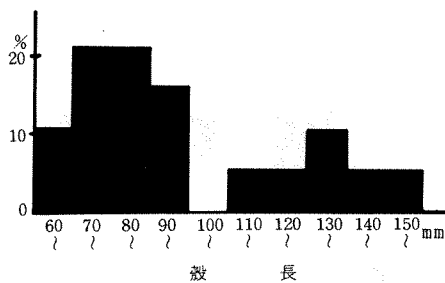


図10 N型礁の蜻集したクロアワビの殻長組成

漁場で高密度のパフウニ、天然の岩盤地帯で高密度のムラサキウニ等がみられない。今後のウニ類の有無とその動向が海藻群落に及ぼす影響についても注目していく必要がある。

動物群集の構造的規則性として、元村⁶⁾の等比級数則がよく知られており、また、これと他の諸法則との関係について篠崎⁷⁾が明らかにしている。

N型礁に蛸集した動物について、N型礁個々での順位と個体数を

$$I \log n + a x_n = b$$

(ただし、個体数の順位が多いほうから x_n 番めである種の個体数を n とする)

で検討すると、ほぼ等比級数則にあてはまった。これに、蒲入における1977年の予備調査の結果、および、天然漁場での枠取り調査の9区画についても同様に検討した。

a の値が大きいと単純な組成、小さいと複雑な組成とされているが、N型礁投入後の経過年

数と等比級数則の a をみると、図11に示すようになる。

経過とともに、単純な組成から複雑な組成へとになっていく傾向、また、投入初期は、個々の礁の組成の複雑さにバラツキがあるが、経過とともに一定の値へ近づいていく傾向などがみられる。天然漁場の各区も、等比級数則によく合致し、 a も一定の値を示し、また、N型礁より組成が複雑であることをも示している。

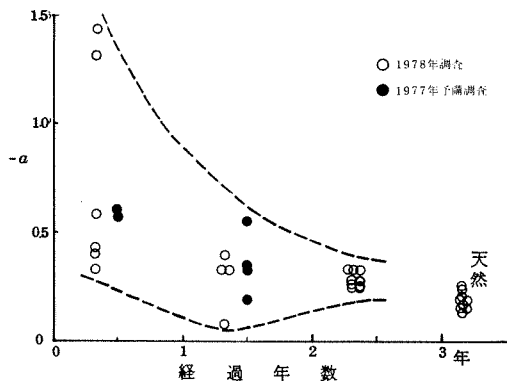


図11 N型礁投入後経過年数と蛸集動物の等比級数則 a の変化

これらの傾向と、各礁ごとの優占種の傾向をみると、投入後の経過とともに、動物組成が安定化していく遷移過程を示していると考えられる。

動物群集と海藻群落の相互関係もふくめ、N型礁の生物群集が極相にむかってどう遷移していくか、天然漁場との差はどうかについては、今後の経過をみていくとともに更に詳細な検討を加えていかなければならない。

アワビの棲み場について⁸⁾、および、N型礁へのアワビ蛸集については^{1,9)}、多くの報告がある。

本調査での、クロアワビの蛸集密度は、太平洋岸の高密度な例などとくらべると、はるかに少ないが、京都府下沿岸の漁場での密度³⁾にくらべると高くなっているといえよう。

付着位置は、他の報告例同様、N型礁の裏側や、N型礁相互にできたすき間になっており、これらがアワビ付着場所の増大に役立っていると考えられる。

数的に把握できていないが、すでに、N型礁内でのクロアワビの漁獲もおこなわれていることや、殻長制限である10cm以下のアワビも蛸集していることからみて、N型礁は、漁獲する上での副漁具的效果とともに、中型貝の保護育成の場としても効果を上げているといえよう。

さらに、増殖的な面からみれば、周辺天然漁場の浅所に、アワビ稚貝もみられるが、その密度は高くないので、種苗放流等の技術と関連させ、N型礁を中型アワビの増殖場として活用していくことも検討していかなければならない。そのためには、アワビ、サザエなどの生態、とくに、漁獲に添加するまでの生態の解明とアワビ礁の構造、配置等にも検討していくことが重要と考える。

本調査は、N型礁をめぐる生物群集について、一面的な現象を明らかにしたにすぎないが、今後、種間関係、遷移等について多くの知見を得るなら、自然の力を生かしながら、磯根資源を人為的に管理、増殖していく方法を見出すことができると考えられる。

要 約

1. 京都府蒲入地先、袖志地先に設置されたN型アワビ礁において、潜水調査をおこない、アワビの蛸集状況、生物群集、そして、投入後の経過年数によるそれらの変化について若干の知見を得た。
2. N型礁への着生海藻は、12種がみられ、組成は、イシモズク→フシスジモク・イシモズク→フシスジモク・イシモクなど経過年数とともにホンダワラ類へと変化していた。
3. しかし、周辺の天然漁場とくらべると、組成は単調であった。
4. 蛸集動物は22種がみられ、総個体数は経過年数とともに増加していた。
5. 組成の複雑さを、元村の等比級数則でみると、組成は経過年数とともに複雑になっていくこと、また、個々の礁での複雑さは、一定の値に近づいていく傾向がみられた。
6. オオコシダカガンガラガイなどN型礁での優占種の密度は、天然漁場より高くなっていった。しかし、天然漁場に多いウニ類の蛸集はみられなかった。
7. クロアワビは、経過年数とともに、多く蛸集しており、蒲入地先2年4カ月経過のN型礁では、44%の礁でみられ、1礁平均0.64個の割合であった。
8. クロアワビの付着位置は、裏面が60%であり、他もほとんどがN型礁間のすき間に位置していた。
9. N型礁は、クロアワビの蛸集に効果があることは認められたが、より増殖的に活用していくためには、アワビ、サザエの生態、とくに漁獲に添加するまでの生態の解明と、N型礁をめぐる生物群集の種間関係と極相へ向う遷移の過程等を明らかにし、同時に、種苗放流等との関連で構造物の配置や形態等まで検討していくことが重要である。

文 献

- 1) 松永順夫・林 包雄：海士グループによるアワビ漁場管理の一例，水産増殖，16（2），63-71（1968）。
- 2) 西村元延・松岡祐輔・生田哲郎：京都府沿岸の海藻群落，磯根資源調査研究報告書，京都府水試，1-19（1969）。
- 3) 辻 秀二・西村元延：磯根資源増殖に関する研究-I，本報，2，129-142（1979）。

- 4) 今野敏徳：海藻群落の構造と遷移，水産土木，15（1），49-52（1978）。
- 5) 菊地省吾：海藻群落の形成に及ぼす動物の役割と海中造林，水産土木，15（1），53-54（1978）。
- 6) 元村 勲：群集の統計的取扱に就いて，動物学雑誌，44，379-383（1932）。
- 7) 篠崎吉郎：等比級数則に関する諸問題，生理生態，6（2），127-144（1955）。
- 8) 井上正昭：アワビのすみつきと海底地形，水産増殖，20（3），147-160（1972）。
- 9) 都道府県水試磯根資源調査グループ：磯根資源とその増殖-I，日本水産資源保護協会，東京，1972，pp. 71-96。

標識放流結果からみた由良川アユ資源に 関する二・三の知見 *1

内野 憲・富田恒男・井上 寿

The Population of Ayu Fish in the River Yuragawa Observed by Tagging Experiments

Ken UCHINO*2, Takao TOMITA*3 Hisashi INOUE*3

全国アユ *Plecoglossus altivelis* T & S 種苗の約7割を供給している琵琶湖のアユ資源は、近年減少傾向にあり、河川、湖沼等における天然アユ種苗の増大をはかることが急務となっている。

海産稚アユ(由良川産アユ)の種苗の増大を図る有効な施策を明らかにする目的で、由良川におけるアユ資源の生態解明調査が1977年・1978年行われた。その中で、標識放流が実施され、由良川アユ資源に関する二・三の貴重な結果が得られたので報告する。

本文に入るに先だち、標識放流実施にあたり、御指導を賜った長崎大学教育学部助教授・東幹夫博士、御協力いただいた京都府立大江高校新庄寿彦、杉下多期教諭をはじめとする地学クラブの皆さん、京都府淡水漁連・由良川漁協の方々に厚くお礼申しあげる。

方 法

琵琶湖産種苗アユを1978年5月6日5,317尾、5月7日5,367尾、計10,684尾標識放流した。

使用したアユは、尾叉長4.5~8.5cm(平均体重2.74g)の大きさである(図1)。標識法は、MS222投与による麻酔後、脂鰭・腹鰭の片側をハサミで除去する方法を採用した。標識魚は、消毒液に浸したのち、自然に河内に移動できるように設置された生けすに放たれた。そのため、生けす中での死亡個体は、6日286尾、7日68尾であったが、標識尾数には含まれていない。標識放流場

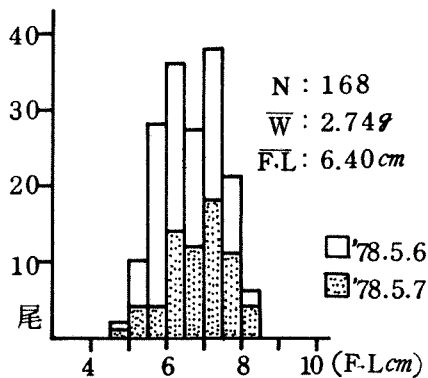


図1 標識放流アユの大きさ

- *1 水産庁委託調査研究「アユ種苗生産開発試験事業」の一部として行なわれた。
- *2 Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazaki, Kyoto, Japan
- *3 京都府水産課

所は、河口から25 Km上流の由良川中流域波見橋である(図3中に示す)。再捕報告の欠落を防ぐため、漁業者には由良川漁協を通じ、遊魚者には、テレビ・ラジオ・新聞・チラシ・看板で周知徹底を図った。報告の内容は、漁場番号(図3に示す)、当日漁獲量、再捕魚の体長・体重・漁法とした。

結果および考察

1978年6月10日～1978年11月1日の間に注1)に、網により80尾、素掛により4尾、釣により5尾の計89尾が再捕された。再捕率は、0.83%である。再捕までの経過日数注2)を図2、移動状況を図3、再捕アユの体重・体長組成を図4に示す。

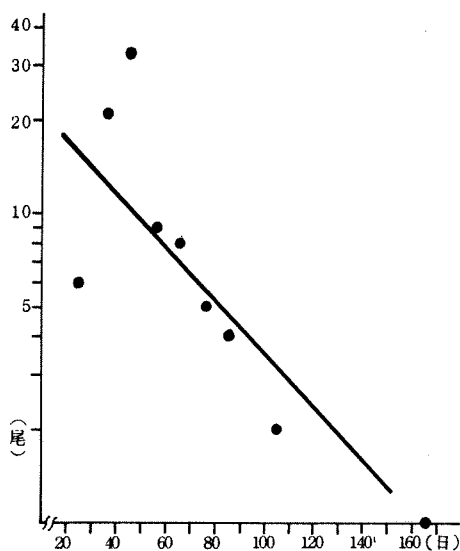


図2 再捕までの経過日数

これらの結果から、由良川アユ資源に関するいくつかの知見を得ることができる。なお、11月1日に再捕された個体は、産卵終了後であるため、以下の解析からは除いてある。

発育成長 放流魚各月再捕魚の1尾平均体長(F・L)・体重を各々求めると下記のとおりである。放流魚 6.40 cm・2.74 g (N=168)、6月再捕魚 4.4 cm・30.45 g (N=31)、7月再捕魚 16.6 cm・45.06 g (N=51)、8月再捕魚 17.8 cm・4.7 g (N=5)。

成長度は、河川の流量や水量によって又、溯上数量によっても著しく異なるが、普通、溯河期体長5～8 cm (3～5 g)であったものが、8月末には、20～

25 cm (100～300 g)程度に成長するとされている(島津¹⁾)。今回の再捕魚は小型の傾向をうかがわせる。各再捕時における標識魚の漁獲量中混入率が大きな変化を示さないことから、標識魚のみが特異な生活をしていたとは思われない。再捕のほとんどが網漁法によるものであり、アワバリ生活群よりも、群れアユ群を漁獲対象としたために生じた現象かもしれない。

移動 図3から明らかなように、由良川本流での再捕が圧倒的に多く、特に、8・13・15漁区の占める割合が高い。放流点から各漁場区までの距離を放流後経過日数で除した1日あたり移動距離を、本流内7月末再捕魚について求めると図5の結果を得る。京都府の宇川で、1ヶ月に6.2 Km、上大堰川で4日間に4 Km移動した例(京都府水産課²⁻³⁾)があるが、今回1日あたりの移動が1番速かったのは、1日あたり0.96 Km (6月10日、15漁区再捕)である。

注1) 由良川アユ漁獲期間は5月26日～9月末までである。他は禁漁期間

注2) 放流は5月6日、7日であるが、7日を基準日とした。

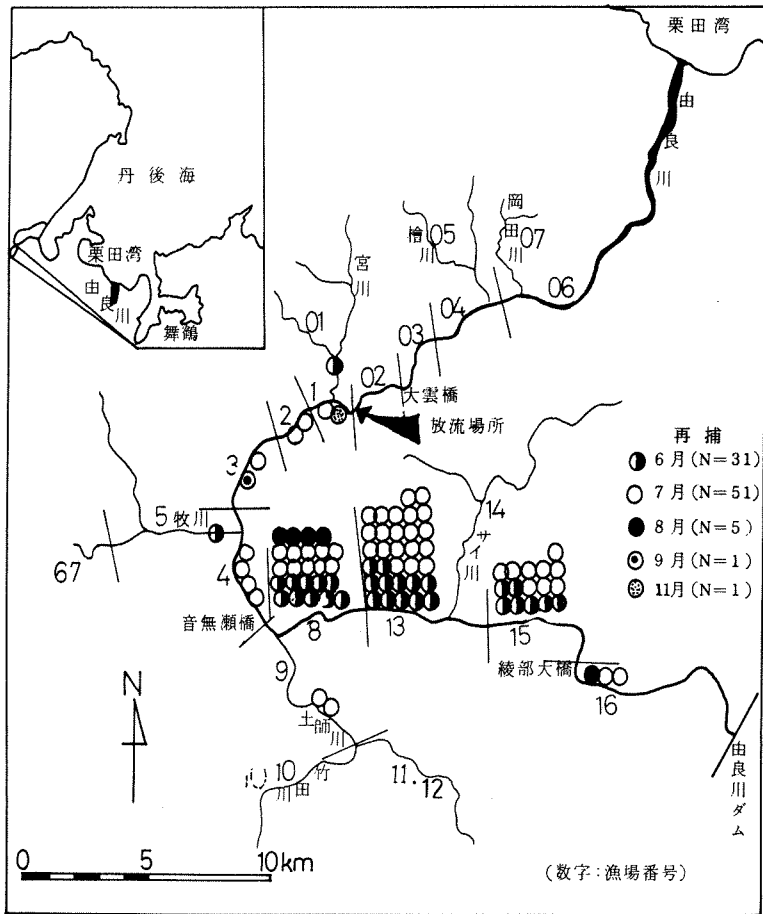


図3 標識アユ移動状況

全体的には、1日あたり、0.3～0.4 Km 移動したものが多く、字川より速い傾向を示した。

資源尾数の推定 1978年の由良川漁協（由良川水系唯一のアユ漁獲物集荷）の旬別出荷高、標識放流再捕報告に伴う漁獲量・漁獲尾数同時報告データによる1尾平均体重、およびそれを使用しての旬別推定漁獲尾数値を表1に示す。

標識放流法による資源量推定に、Petersenの式、De Luryの式があるが、この式が適用できるには6つの条件が必

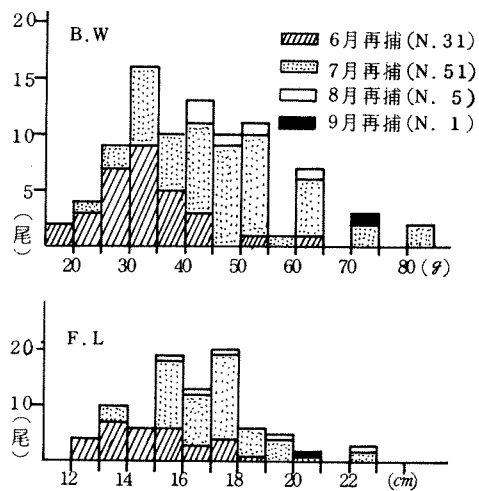


図4 再捕アユ体長・体重組成

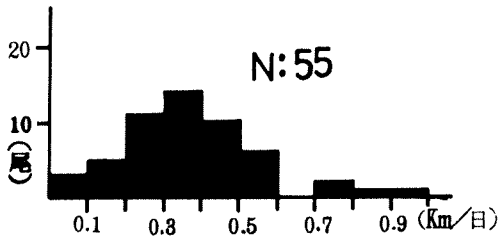


図5 再捕アユ1日あたり移動距離
(本流内7月末までの再捕魚)

要である(能勢⁴)。今回の標識放流の場合、①脂鰭・腹鰭除去法のため、標識の脱落はなく、②脂鰭・腹鰭切断にともなう早期死亡個体は除去してあるので、標識装着による死亡率差は生じないと思われる。ただ、①再捕報告のアピールは十分したが、遊魚者による標識魚発見・報告がすべてなされたかどうかの問題、②群

をつくることの多いアユにあって、標識魚と非標識魚が一樣混在、同様漁獲されていたかどうかの問題、③遊魚をかかえる中、漁獲努力量が一定であり、漁獲量が魚群量の分布に比例しているかどうかの問題、④5月標識放流であり可能性がうすいとは言え、漁獲対象群への非標識魚の加入がなかったかどうかの問題は、すべて問題なしとの仮定を設定して上式を適用する。なお、由良川漁協の旬別出荷高は、実際の漁獲の $\frac{1}{3}$ である(漁協の話し)との仮定を設定する。

資源尾数 N ，漁獲尾数 C ，再捕尾数 x ，標識尾数 X ，とすると、

$$N \text{ および } 95\% \text{ 信頼区間は、 } N = \frac{C \cdot X}{x}, \frac{C \cdot X}{x + 2\sqrt{x(1 - \frac{X}{C})}} < N < \frac{C \cdot X}{x - 2\sqrt{x(1 - \frac{X}{C})}}$$

と与えられる。

前記標流放流結果、旬別推定漁獲尾数値を使用して計算すると、

$$9865259 < N = 11955756 < 15170447 \text{ の結果を得る。}$$

能勢⁴)が指摘するように Petersen 法が成立するための条件が満たされているかどうかは、再捕期間をいくつか区切ってチェックすればよい。そこで6月末、7月末に区切って各々計算すると

$$\text{6月末までの計算値 } N = 5598760$$

$$\text{7月末までの計算値 } N = 9765176 \text{ の結果を得る。}$$

この結果をみると、条件がすべて満たされていたとは言えない。

図6に、再捕尾数累積曲線、推定漁獲尾数累積曲線を示すが、この図から明らかなように、

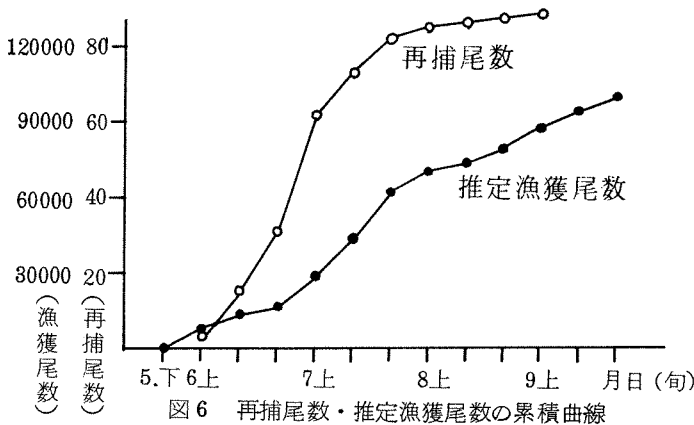


図6 再捕尾数・推定漁獲尾数の累積曲線

再捕は7月上旬に急増し、一方漁獲量の方は7月中下旬に急増する。この時期の差が、一樣混在の問題によるのか、あるいは漁獲量の資源量への比例の問題によるのかは不明である。しかし、この除去なしに Petersen の式 De

Lury の式を適用することは無意味である。その点では、6月末までのデータによる計算値を、由良川資源量の推定値として採用することが妥当と思われる。勿論のことながら、この推定値そのものも、誤差ははらんでいる。

また、遊魚者等の標識魚発見・報告率が100%であったとは想定できず、資源量は、上記推定値よりも低いと思われる。今、仮りに再捕魚発見・報告率を70%とすると、資源量は、 $3013563 < N = 3917868 < 5597584$ となる。

以上の結果から、資料不足による推定誤差が多分にあるとは言え、1978年における由良川アユ資源量は、300~500万尾程度と推定できる。

8月上旬、幅8~10m、距離10Kmの間に推定50万尾生存していたとの宇川での例(京都府水産課²⁾)からすると、放流点から再捕最上流域まで、幅10m以上、距離30Kmの由良川水域に、流入河川も含めて、300~500万尾のアユが生存していたとしてもおかしくはない。又、1978年に由良川水域に種苗放流されたアユは42.2万尾であり上記推定資源量の8~14%にあたる。筆者の一人、内野⁵⁾は、統計解析によって由良川アユ漁獲量推定式を導き出す中で、種苗放流尾数が漁獲量変動の一つの要因になっていることを報じているが、この指摘とも矛盾しない。

全減少係数・漁獲係数 図2に示すように、放流後経過日数別再捕尾数は、等比級数的に減少している。そのため、田中の方法(浅見⁶⁾)を適用する。標識放流尾数 N_0 、放流(t_0)後 t_1 までの再捕尾数 n_1 、 t_1 後から t_2 後までの再捕尾数 n_2 、 $t_1 - t_0 = t_2 - t_1 = \lambda$ 、 2λ 期間内の漁獲係数 F 、 2λ 期間内の漁獲係数以外の減耗係数 M とすると、

$$F = \frac{1}{N_0} \cdot \frac{1}{\lambda} \ln \frac{n_1}{n_2} \quad F + M = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln \frac{n_1}{n_2} \quad \text{が与えられる。}$$

$\lambda = 60$ 日 ($2\lambda = 120$ 日 5月7日~9月14日までの期間)とすると、 $n_1 = 69$
 $n_2 = 19$ $N_0 = 10684$ が与えられ、 $F = 4.0237 \cdot 10^{-8}/\text{day}$ 、 $F + M = 0.02149/\text{day}$ が求まる。

生残率は、 $S = e^{-(F+M)}$ であるから、放流後、120日間(5月7日より9月14日まで)で、当初資源量の0.07586(7.59%)が生き残ったことになる。

資源特性値の計算の場合、標識魚の再捕資料のみを扱うので、解析の際、加入の影響は無視できるが、一様混在の問題や、標識魚発見・報告率の問題などは、前項資源尾数の推定の項でのべたと同様無視できない。しかし、能勢⁴⁾が指摘するように、標識魚発見・報告率の問題は、全減少係数には影響を与えないので、今回の標識放流結果による生残率には、一定の信頼がおけるものと思われる。

ただ、今回の標識放流は5月7日に実施され、放流魚体長も5~8cmが主であった。楠田⁷⁾によれば、由良川と同様に栗田湾に注ぐ大雲川の溯上群は、大型群が先に溯上し、4月20日頃からは、4~6.9cmの小型魚が中心である。その点では、天然群の死亡率、全減少係数は、標識放流結果から推定した値よりも小さく、生残率は高くなると思われる。

川那部⁸⁾は、京都府宇川の調査より8月上旬の生息数は溯上数の30~50%であり、しかもこの値はだいたい一定していると報じている。普通、自然死亡率は、成長するに従い低くなる。にもかかわらず、今回の9月14日までの生残率が7.59%と低くなるのは、7月中旬~9月にかけての漁獲努力・漁獲量の増加がひきおこした結果であろうと思われる。

以上、今回の標識放流結果から、由良川アユ資源に関し、種々論議してきたが、データ不足のため、仮定を設定せざるを得ず、その資源解析には、まだまだ多くの問題が残されている。しかし、今回の標識放流結果が、いくつかの貴重な知見を与えてくれたこともまた事実である。

最後に、求められた各推定値を活用して計算すると、1978年9月14日時点で、23~38万尾以上のアユが、由良川水域に産卵準備群として生存していたことになる。

要 約

- 琵琶湖産種苗アユ10684尾を由良川中流域で標識放流し、89尾の再捕を得た。この結果から、成長・移動を論じるとともに、由良川アユ資源に関するいくつかの資源解析を行った。
1. 各月再捕魚の1尾平均体長(F・L)・体重は、放流魚6.40cm・2.74g(N=168)、6月再捕魚14.4cm・30.45g(N=31)、7月再捕魚16.6cm・45.06g(N=51)、8月再捕魚17.8cm・47g(N=5)であった(図1、図4)。
 2. 再捕は、等比級数的に行なわれた(図2)。由良川本流での再捕が圧倒的に多く(図3)、放流点から各再捕漁区までの距離を放流後経過日数で除した1日あたり移動距離を7月末までの再捕魚についてみると、0.3~0.4Kmのものが多かった(図5)。
 3. Petersenの式、DeLuryの式に基づき、1978年の由良川水域アユ資源尾数は、300~500万尾であったと推定した(表1)。
 4. 田中の方法によって、放流後120日間の減少係数が、0.02149/dayであることを知り、生残率が、0.07586であると推定した。
 5. 各推定値を使用して、1978年9月中旬に、由良川には、23~38万尾以上のアユが生きていたとの算出結果を得た。

文 献

- 1) 島津忠秀：鮎，養魚講座第3巻，緑書房，東京，1969，pp. 15
- 2) 京都府水産課：鮎放流基準調査報告書，1951。
- 3) 京都府水産課：鮎放流基準調査報告書，1955。
- 4) 能勢幸雄：水産資源論，海洋学講座 12，東京大学出版会，東京，1973，pp. 47-pp. 56。
- 5) 内野 憲：本報，163~165(1978)。
- 6) 浅見忠彦・松田星二：モジャコ(ブリ幼魚)標識放流の経過と問題点，漁業資源研究会議報，12，55-70(1971)。
- 7) 楠田理一：海産稚アユの溯上生態-II，日水誌，29(9)，821-827(1963)。
- 8) 川那部浩哉：アユの社会構造と生産-II，日本生態会誌，20(4)，144-151(1970)。

表1 由良川水域アユ推定漁獲尾数

(1978)

旬	由良川漁協取り扱い高		尾数換算値			推定尾数
	① 生尾数	② 取り扱い高(kg)	③ 1尾平均体重(g)	使用データ (月日:尾数)	④	
5月下	10					10×3
6月上	22	59.92	25	N=8 (6/10:3)		2419×3
中	0	82.6	40.51	N=832 (6/11:155) (6/20:177)		2040×3
下	13	24.39	26.14	N=199 (6/25:122) (6/26:77)		946×3
7月上	34	159.18	40.87	N=438 (7/2:90) (7/5:263) (7/8:85)		3929×3
中	20	240.67	48.41	N=157 (7/13:39) (7/15:75) (7/17:43)		4991×3
下	24	316.53	48	N=85 (7/22:21) (7/25:42) (7/27:22)		6618×3
8月上	0	131.85	55.53	N=293 (8/9:293)		2374×3
中	0	48.35	46.2	N=26 (8/11:26)		1047×3
下	0	106.02	60	N=1 (8/29:1)		1767×3
9月上	0	121.91	42.5	N=60 (9/8:60)		2868×3
中	0	107.38	47.4	N=50 (9/19:20) (9/20:30)		2265×3
下	0	111.95	58.2	N=50 (9/27:50)		1924×3
計	123	1510.75				99594

備考 ③: 漁獲量が同時に尾数と重量で報告されたデータを使用しての各旬1尾平均体重(g)

④: ① + $\frac{②}{③}$ で与えられるが由良川漁協取り扱いは実際の1/3である

(漁協の話)。

漁獲量推定式 (短報)

プログラム 1 由良川アユ

内野 憲

漁獲量変動には、いろいろな要因が影響を及ぼしているが、これまで一つの要因に関する情報から漁獲量変動が論じられてきた。しかし、一つの現象の変動にはいくつかの要因が関与しているのが通常である。しかも各要因は、互いに独立して関与しているのではなく、相互に複雑に絡みあって作用している。そのため、各要因を同時にとりあげて現象の変動を把握した方が、より総合的に現象変動を把握できると思われる。

アユ *Plecoglossus altivelis* T&S の漁獲量変動については、今日まで、産卵親魚量、流下期の降水量・河川流量、溯上期河川水温・流量などが要因としてとりあげられてきた。

そこで現象論的解析という限界はいぜんとしてあるものの、由良川アユ漁獲量変動解析を、これら、各要因を説明変数とした重回帰解析によって行い、その漁獲量推定式を導きだしたの

表1 解析使用説明変数およびデータ値

表示	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
1968	3133.8		-0.249	11.2	
'69	3494.3	616.0	0.483	10.7	
'70	4007.7	964.4	-0.496	10.0	
'71	4972.7	662.3	-0.327	11.6	304.5
'72	1151.9	1735.8	-0.410	11.7	490
'73	1581.1	232.9	-0.482	11.1	360
'74	2410.4	247.6	-0.392	11.4	405
'75	1943.4	341.6	-0.841	11.2	305
'76	1142.2	805.4	-0.426	10.4	331
'77	1541.3	128.4	-0.544	11.3	400
'78	1510	550.0	-0.683	11.6	422

Y : アユ漁獲量 (由良川漁協5~10月仕入れ量) (kg)

X₁ : 前年親魚量 (由良川漁協9月仕入れ量) (kg)

X₂ : 由良川波見橋前年9月下旬~10月中旬の日水位
 平均値 (基準面に対し・近畿地建福知山事務所資料) (m)

X₃ : 4月1日丹後海沿岸部表層水温 (100マイル観測資料) (°C)

X₄ : 由良川アユ放流尾数 (1尾3.5g計算) (1000尾)

備考 ① 由良川水系においては、由良漁協が唯一のアユ漁獲物とりあつかい団体である。個人消費の変動を無視すれば、漁協扱い高が由良川アユ資源の相対的的代表値として使用しうる。

② 流量は、稚仔アユ流量へ影響をもたらす。¹⁾ 由良川の流下ピークは普通10月中下旬である。²⁾ そこで、流量相対値として、由良川波見橋における9月下旬~10月中旬の日水位平均値を使用した。

③ 溯上期の海水温と河川水温差は、溯上量に影響をもたらす。^{1,3)} 河川水温のデータがないため、水温差のかわりに海水温をとりあげた。

で報告する。

解析に用いた説明変数は表1のとおりである。これらの変数を組み合わせ、分散分析、偏回帰係数の有意性検定、自由度調整済み重相関係数の検討を行った。使用計算機はキャノンSX110、使用プログラムは、筆者作成による。分散分析95%水準有意のものについて計算結果をまとめると表2のとおりとなる。分散分析比のF検定が有意でない重回帰式は用いられないので、この表中の三つの説明変数組み合わせが重回帰式として採用される。しかし、自由度調整済み重相関係数を増加させない説明変数を集重回帰式にとりこむ必要はない。そのため、 $Y-X_2X_3X_4$ の組合あわせが今回の解析からの最良の重回帰式となる。つまり、前年9月下旬～10月中旬の由良川波見橋における日水位平均値、4月1日付け丹後海沿岸部表層水温、由良川域稚アユ放流尾数が、由良川漁獲量変動に関連の深い要因としてうかがわがってくる。

また、由良川アユ漁獲量推定式として

$$Y = -17363.14 + 3715.7X_2 + 2533.4X_3 - 19.34X_4 \quad (X_1 \sim X_4 \text{ は表1中の表示}) \text{ が得られる。}$$

表2 重回帰分析結果(分散分析95%水準で有意のもの)

組み合わせ	F 検 定		t 検 定		重相関係数	自由度調整済重相関係数	
	分散比	F(99%水準)	t(99%水準)				
$Y-X_3X_4$	6.605	13.274	$t_1=2.950^*$	$t_2=3.298^*$	4.632	0.852	0.616
$Y-X_2X_3X_4$	49.908	16.694	$t_1=6.181^{**}$	$t_2=9.014^{**}$	4.604	0.987	0.954
			$t_3=10.515^{**}$				
$Y-X_1X_2X_3X_4$	28.156	28.710	$t_1=0.093$	$t_2=0.000$	5.841	0.987	0.939
			$t_3=7.817^{**}$	$t_4=8.172^{**}$			

上記、推定式を使用しての計算値と実測値の比較を図1に示す。かなりの精度が与えられている。

ただ、今回の解析は、データ組数が少ないという点、また、多変量解析手法そのものもつ、個別要因の役割明確化上の弱点をおぎなう上で重要な説明変数の組み合わせが少ないなどの問題をもっている。

今後のデータの蓄積、収集が重要である。

データ収集にあたり、近畿地建福

知山工事事務所、由良川漁協の協力を得た。ここに記して感謝の意を表する。

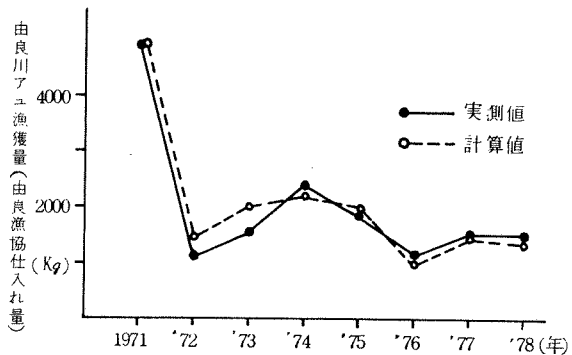


図1 由良川アユ漁獲量の実測値と計算値の比較

文 献

- 1) 全国湖沼河川養殖研究会第4回アユ部会資料(1968).
- 2) 京都府水産課:アユ種苗生産開発試験事業,昭和52年度報告書(1978).
- 3) 谷崎鱗海:湖上アユの漁獲量と溯河期の水温,生理生態,14(1),33-38(1966).

A Technique of Evaluation for the Catch of Ayu Fish in River Yuragawa
Ken UCHINO

Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu,
Kgoto Japan