

サルボウ浮遊幼生の出現状況の変化と採苗期の予察

吉本 宗央・杠 学*

Changes of Larval Appearance of Ark Shell, *Scapharca subcrenata* and Forecasting the Time for Collecting Seeds

Muneo YOSHIMOTO and Manabu YUZURIHA*

まえがき

本県有明海のサルボウ養殖は、昭和28年以降の採苗技術の確立、他県からの種苗移入など積極的な増殖策¹⁻⁵⁾によって、昭和40年代に入って急速に進展し、昭和48年頃までは、毎年1万トン前後の生産をあげるようになった。しかし、その後発生した異常斃死によって、生産量は59年には一時、717トンまで減少したが、60年以降に斃死は終息し、現在では再び1万トンを越え、主要漁業の一つとなっている。

当水試では、サルボウ浮遊幼生や付着稚貝の調査を昭和34年から浜川沖で開始し、49年以降は調査海域を六角川西部を中心にした湾奥部全体にまで広げて実施してきた。このうち34~47年の結果は三井所ら⁶⁻⁷⁾が、50~53年までの結果については野口⁸⁾が既報にまとめているが、そのなかで指摘したように、浮遊幼生や付着稚貝の最多出現期は

養殖業者が採苗器を設置する適期となるため、これらの出現状況は採苗時期を予測する指標として極めて重要な意味をもっている。また、生産に大きな影響を与える異常斃死の発生に関しても、南西海区水研と岡山県水試、山口県内海水試、当水試が共同で実施した原因解明試験^{9,10)}の中で、サルボウの成熟との関連について多くの指摘がなされており、浮遊幼生の出現はサルボウの産卵生態の一側面としても検討してみる必要がある。

そこで、昭和49年~平成2年までのサルボウ浮遊幼生調査の結果を集計し、浮遊幼生の最多出現期とその時の水温や海水比重の経年変化傾向などについて検討した。また、この集計結果をもとに気象要素を用い、浮遊幼生の最多出現期を予測する上で目安となるような指標の作成を試みた。

方 法

1. 方 法

サルボウ浮遊幼生の出現状況に関する広域調査は、昭和49年から開始し、毎年6~9月に、旬に1~2回、満潮時に実施し、この間の調査回数は

7~13回である。調査地点は、52年までが図1に示す St.1~4 の4点、53年からは St.5 を加え、計5点である。地盤高(潮位基準面からの高さ)は、St.1,5が0~0.5m, St.2,3が-0.5m, St.4が-

* 佐賀県栽培漁業センター (Saga Prefectural Sea Farming Center)

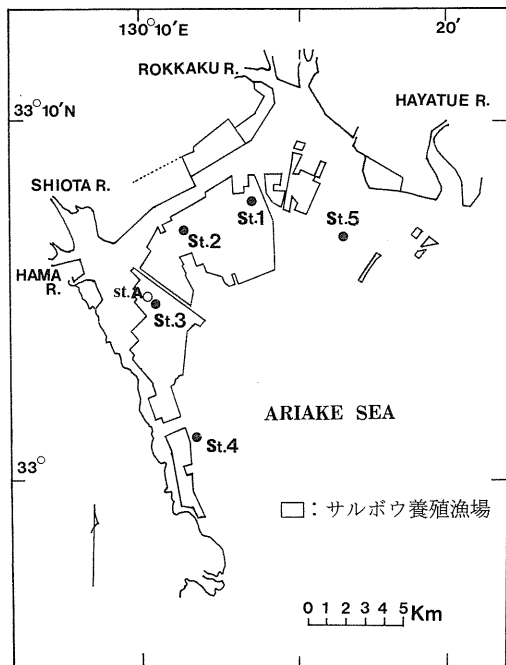


図1 サルボウ浮遊幼生の調査地点

2.5mである。

調査項目は、浮遊幼生数と付着稚貝数及び環境要素としては水温、比重とDOである。

浮遊幼生は、プランクトンネット(XX-13)を使用した底層からの垂直曳きにより採集、5%ホルマリンで直ちに固定し、その後、試験場に持ち帰って、顕微鏡下で計数し、1m²当りに換算して浮遊幼生数とした。また、付着稚貝は、10gのパームを約10cm間隔でロープに3本連結した試験採苗器を海底から15~30cm層に設置し、調査日毎に採苗器を取り上げて広口瓶に入れ5%ホルマリン固定し、試験場に持ち帰って、バット上で剥離して、顕微鏡下で計数した。付着稚貝数は、次式で計算して、パーム1本当たり、1日当たりの付着数として表わした。

付着稚貝数 = パーム1本平均の付着稚貝数 / 前回から今回調査日までの経過日数

また、本文中、昭和34~48年の浜川沖の調査結果を49年以降と比較した。この時期の調査地点は、図1に示したSt.Aで、St.3に隣接してはいるが、

沿岸よりで地盤高は1mほど高い。しかし、比較に当っては、このSt.3の結果と対応させた。また、この期間の浮遊幼生数は、プランクトンネットで採集した個体数の実数がそのまま用いられ、資料としても残っているが、これは、水深4mとして、1m²当りに換算して表した。

なお、水温、比重、DOの変動等については、別に報告した¹¹⁾。

2. 用語と数的処理

1) 延浮遊幼生数

各年のサルボウ浮遊幼生の出現状況を比較したり、稚貝の付着との関係を検討したりする場合には、出現期を通した浮遊幼生の発生総数の代用となるような数値があると非常に便利である。そこで、次のように考えて、延浮遊幼生数を計算し、総発生数の指標として用いることにする。

幼生の浮遊期間中の日生存率を α とすると最初に n 個発生した個体は、2日目には $n\alpha$ 、3日目には $n\alpha^2$ で、浮遊期間を t とすると付着直前には $n\alpha^t$ となる。仮に、毎日の浮遊幼生数を調べるとしたら、 n 個の個体は、各日々の浮遊幼生数を累計した $n \times (1 - \alpha^{t+1}) / (1 - \alpha)$ 個として重複して数えられることになる。この間の変化は、現実には、プランクトンネットの目合いの選択性や生存率の変動が関与するために単純ではないが、しかし、この結果は、おおよそのところ、発生量は、毎日の浮遊幼生数の累計と比例関係にあると考えても差し支えないことを示している。結局、出現期間(T)中に、毎日 n_T 個の発生があったときは、総発生量は $N = \sum^T n_T$ であり、この数は、日々の浮遊幼生数の累計である延浮遊幼生数とほぼ比例していると考え、これを総発生数の指標として使用してもよいわけである。そこで、この延出現数を、図2のように日々の浮遊幼生数を、調査時に測定した浮遊幼生数を直線で結んだ値で近似して計算することにするが、これは、つまり、浮遊幼生の変動を示す折れ線とX軸の間の面積を計算することであり、この面積の大小を、幼生の発生総数の指標として用いるのである。

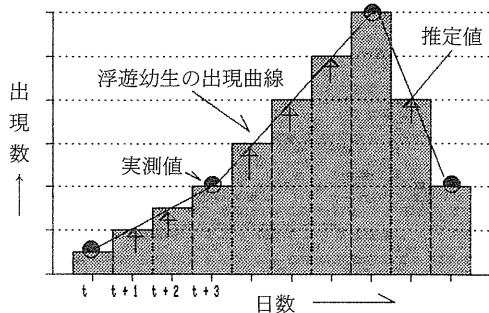


図2 延浮遊幼生数の算出

2) 総付着稚貝数

調査期間中に試験採苗器に付着した稚貝の累計

結果及び考察

1. サルボウの生産量の推移

サルボウ生産量（農林統計）の推移¹⁾を図3に、簡易建込式採苗器の構造を図4に示した。

生産量は、昭和30年代から急増し、40年代前半には、養殖用種苗を主体に1万トン以上に達したが、40年代後半から異常斃死現象^{9,10)}が統発し、このため59年には717トンまで減少した。しかし、60年以降、異常斃死は、急に終息し、63年には再び1万トンを越えている。なお、昭和1年から26年まで、サルボウは単品として農林統計に計上されておらず、統計分類上の一項目である「その他貝類」中に含まれると思われるが、この「その他貝類」自体が100トン台の年が多く、サルボウの生産量は極めて少なかったと推測できる。

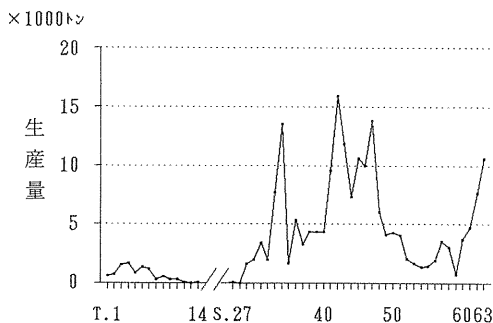


図3 サルボウ生産量の推移（大正1年～昭和63年）

数とした。この数値は、採苗期間中に採苗器に付着する稚貝の総数の目安として用いた。但し、試験採苗器は、調査日ごとに新しいものと取り替えるので、採苗器を入れたままの実際の採苗とは異なり、これよりもやや多めにはなると思われる。

3) 浮遊幼生数（水深補正）

出現数を地点間で比較するような場合、密度よりもその水域に出現した幼生の実数を用いた方が正確なように思われる。そこで、一律に St. 1, 5 の平均水深を4.5m, St. 2, 3を5 m, St. 4を7 m として密度を乗じ、底面積1 m²の水柱に出現する数として表わし比較を試みた。

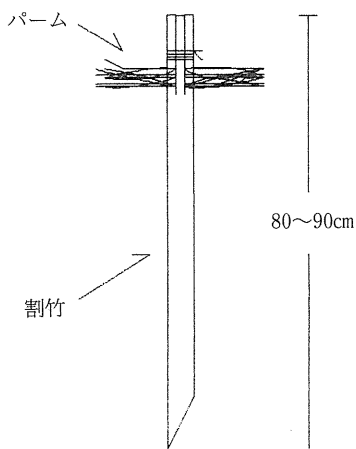


図4 簡易建込式採苗器の構造

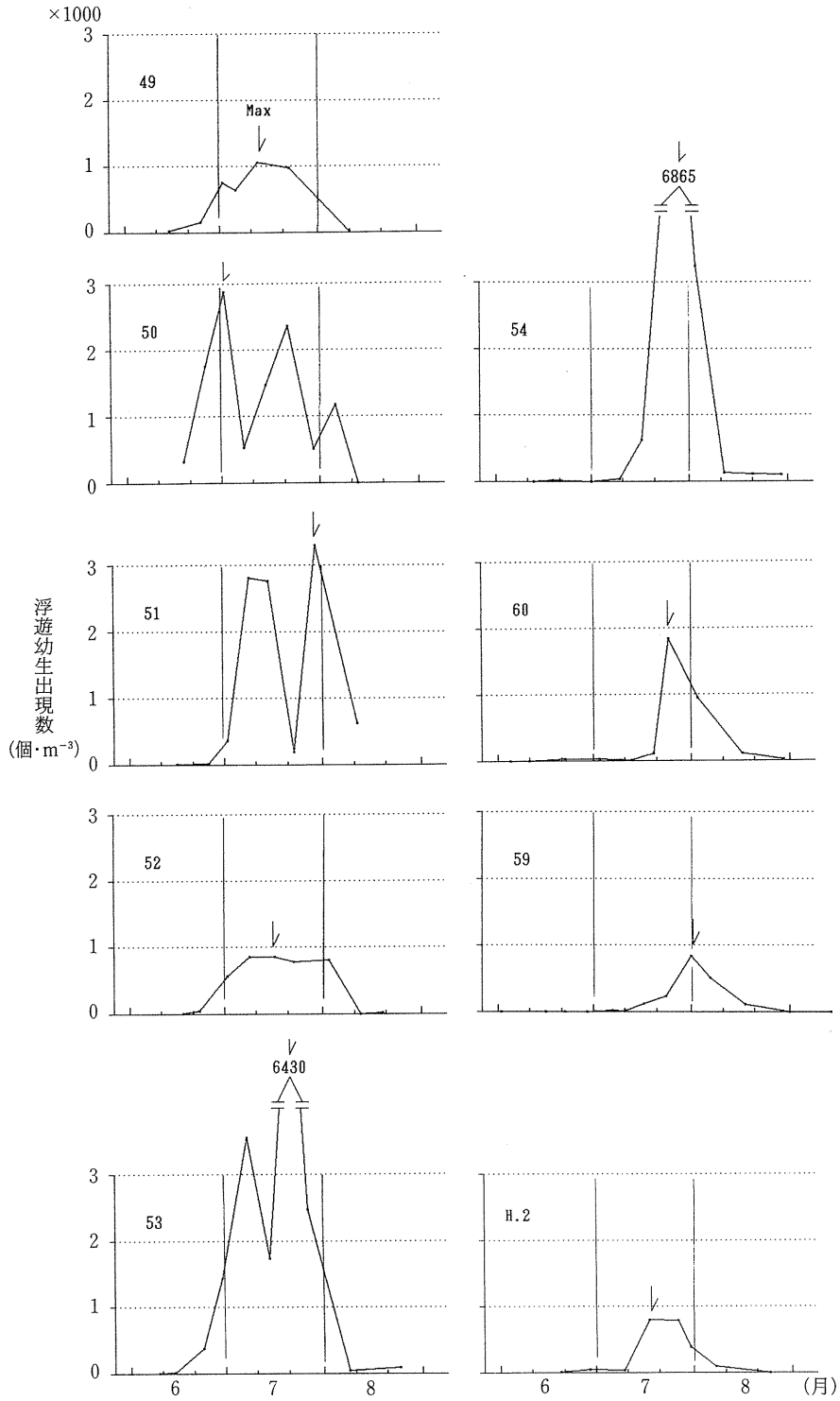


図5 サルボウ浮遊幼生数の年別の時期的変化
(最多出現期が7月下旬以前の年)

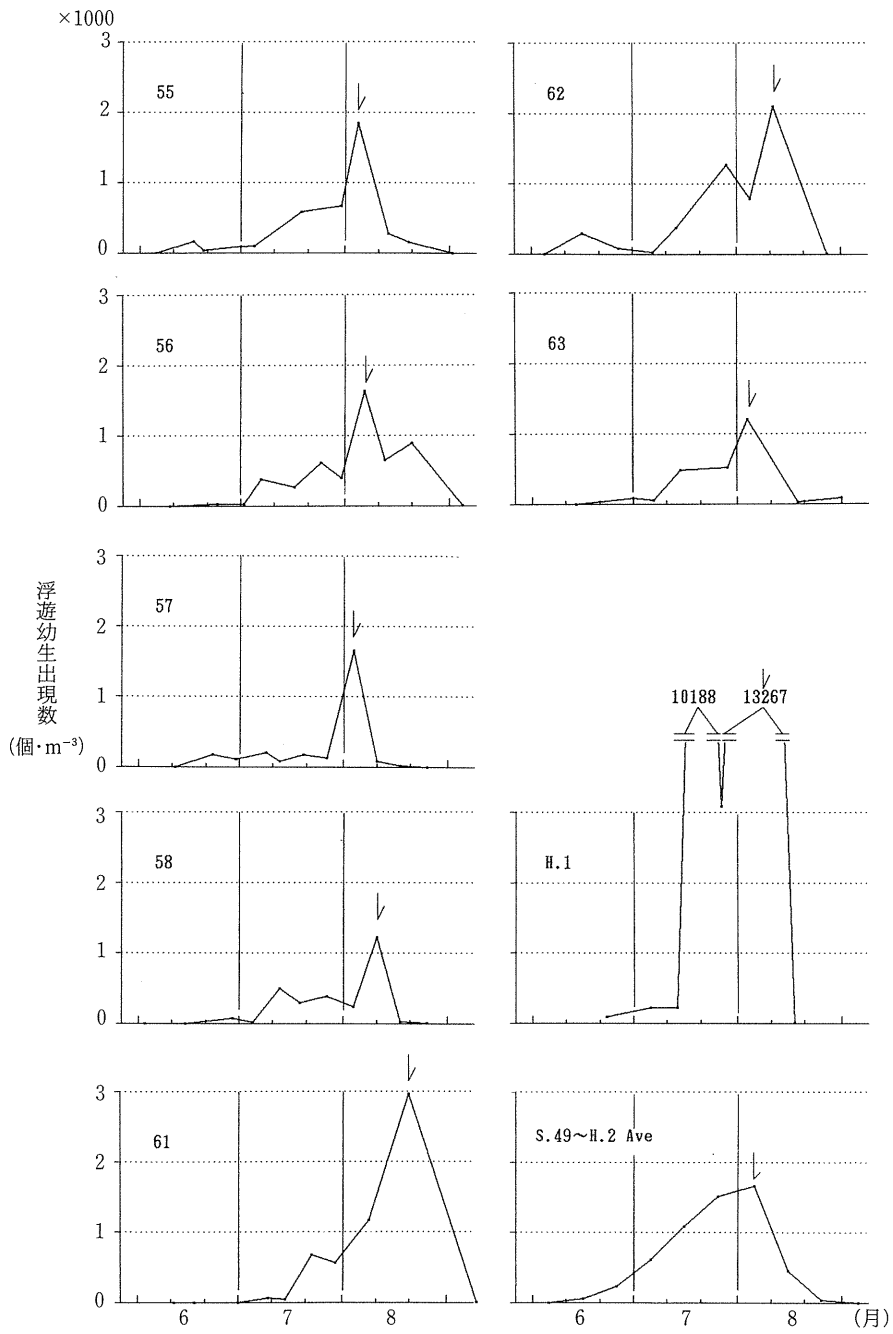


図6 サルボウ浮遊幼生数の年別の時期的変化
(最多出現期が8月上旬以降の年)

期としては、当水試がサルボウ産卵期¹²⁾に当る7～8月の調査結果から浮遊幼生の最多出現期を予測し、それから逆算した大潮時を選定⁹⁾している。

2. 浮遊幼生の出現期, 出現数の年変動

1) 出現期

サルボウ浮遊幼生の地点平均出現数の変化を、その最多出現期が7月下旬以前か8月上旬以降かで2グループに区分し、昭和49～平成2年まで各年別に図5, 6に示した。また、昭和34年以降の浜川沖における最多出現期の変化を図7に、49年以降の地点平均の最多出現期の変化を図8に示した。

サルボウの浮遊幼生の出現期は、年による差がほとんどなく、大半が6月の中旬で初認される。この時の底層水温は、20.6～24.1℃の範囲で、平均では、22.4℃である。また、出現の終息する時期は、49, 50年が早くて8月10日前後、52年以降は、ほぼ、8月下旬頃である。この時の底層水温は24.9～28.4℃で、平均では27.1℃である。浮遊幼生の最多出現期は、浜川沖では、40年代の後半まで6月下旬、7月上旬の年もあって全般的に早く、50年以降は8月の年が多く、ほぼ1潮（月齢半周期）程度遅くなっている。地点平均でも49, 50, 52年が7月の中旬以前であるが、53年以降は、いずれも最高温期に当たる7月下旬から8月中旬と遅く、特に、最近では、平成2年を除くと、61年～平成1年までいずれも8月上中旬であり、出現はさらに遅くなる傾向にある。この現象は、後述する最多出現期の高温化と一体であると考えられる。

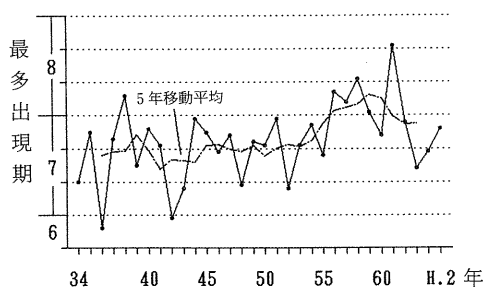


図7 浜川沖の浮遊幼生最多出現期の変化

以上のような浮遊幼生の初認、ピーク、終息を総合すると、その出現パターンは、53年以前が7月中旬を中心にした山型（単峰型）か、もしくは上下旬に2峰をもつM型の増減、55年以降は、55, 63年を典型とするような、6月下旬から8月にかけて漸増し、急減する左長の不相称型ということができる。なかでも、50, 51, 53年のようなM型は、55年以降では平成1年に1例出現するだけで、異常斃死が始まった頃の特徴的な増減パターンといえる。

2) 出現数

図9に、サルボウ浮遊幼生の地点平均の延出現数と総付着稚貝数の変化を昭和49～平成2年まで年別に示し、総付着稚貝数/延浮遊幼生数を併示した。また、浮遊幼生及び付着稚貝の地点平均の最多出現数を図10に示し、昭和34年以降の浜川沖における最多出現数の変化を図11に示した。また、総付着稚貝数、延浮遊幼生数及び浮遊幼生、付着稚貝の最多出現数を異常斃死が続いた昭和49～59年（以下斃死期という）と60年以降（斃死終息後）の別に累年平均して表1に示し比較した。

延浮遊幼生数と総付着稚貝数は、昭和49～平成2年の前半と後半に2つの山があり、斃死期の末期に相当する58, 59年は、出現数は最低で、谷を形成する。前半の山は、53, 54年の斃死期中であるが、後半の山は、斃死終息後であり、これは、61, 62, 平成1年のような多数発生年が続いているため、出現数の水準は、平均的にみて斃死期のほぼ2～3倍に相当する。さらに、総付着稚貝数/延浮遊幼生数は、浮遊期から付着期に移ってきた個体の割合（以下、移行率という）を大まかに示す指標と考えられるが、この数値は、斃死期から斃死終息後にかけて漸増傾向にある。つまり、斃死終息後の山では、斃死期とは対照的に、付着期への移行率が良くなったことを示している。

また、各年の出現数を順位付けすると、延浮遊幼生数は、上位から3位までが平成1年, 53, 54年の順、下位からは平成2年, 59, 57年の順、総付着稚貝数は、上位から62, 54年, 平成1年, 下位から59, 63, 50年の順である。また、浮遊幼生

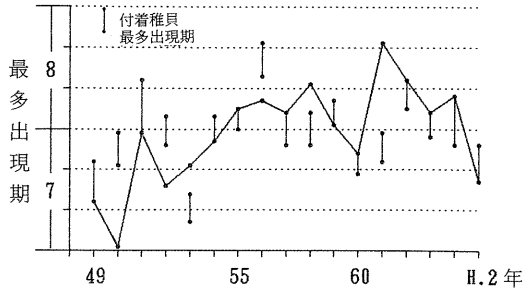


図8 地点平均の浮遊幼生最多出現期の変化

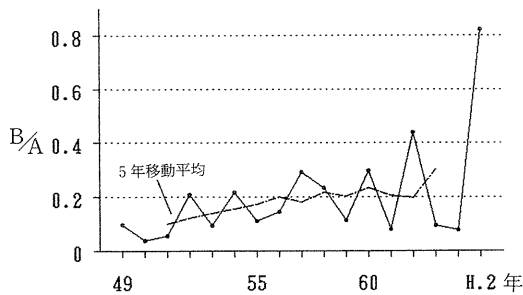
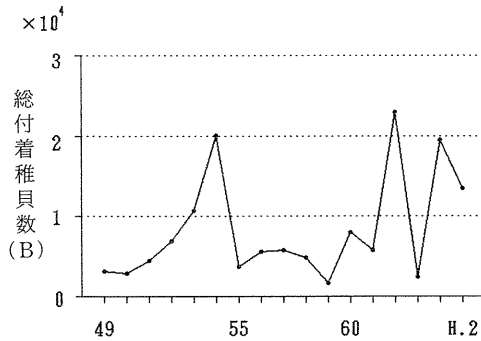
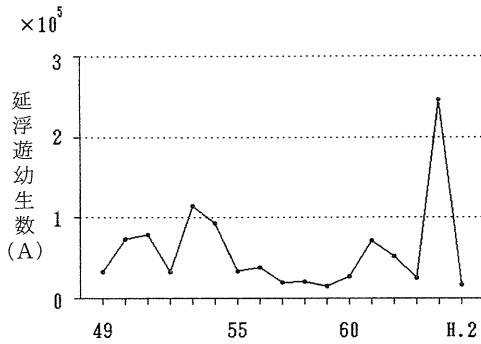


図9 延浮遊幼生数(A)と総付着稚貝数(B)及び B/A の変化
(A: $\text{個}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{day}$, B: $\text{個}\cdot\text{パーム}^{-1}$)

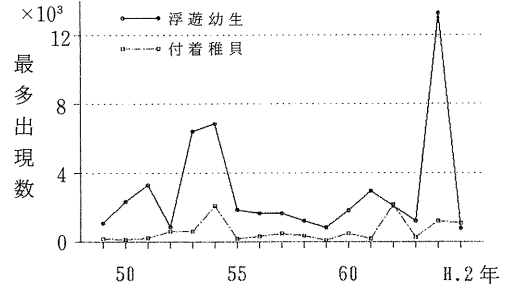
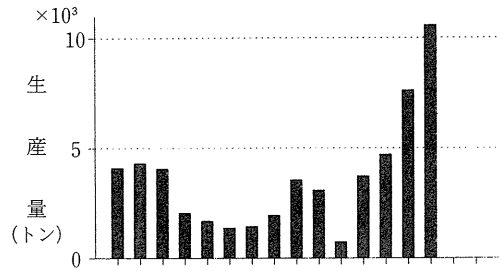


図10 浮遊幼生, 付着稚貝の最多出現数と生産量
(浮遊幼生: $\text{個}\cdot\text{m}^{-3}$, 付着稚貝: $\text{個}\cdot\text{パーム}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$)

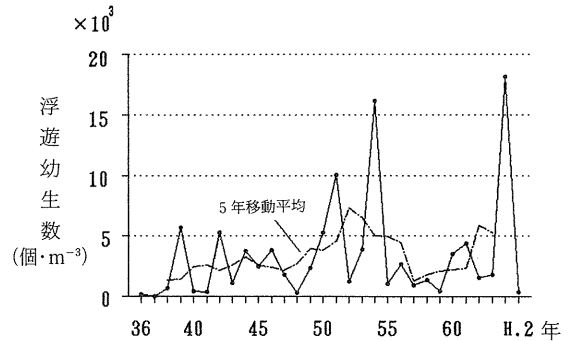


図11 浜川沖の浮遊幼生最多出現数の変化

の最多出現数は、標準的な年で1000~2000個・ m^{-3} 、過去の最高値は平成1年の13267個・ m^{-3} 、次いで、昭和53, 54年が6000個・ m^{-3} 台、最低は平成2年の797個・ m^{-3} 、次いで、52, 59年が800個・ m^{-3} 台で延浮遊幼生数の傾向とほぼ一致する。このような、浮遊幼生の出現が極端に多い年と少ない年は、後述するように、いずれも梅雨期の降水量が6月中下旬に多く、7月に入って極端に少なかった年である。つまり、同じ条件下で、正反対の現象が起きるわけであるが、この原因については、

表1 延浮遊幼生数と総付着稚貝数及び浮遊幼生、付着稚貝の最多出現数の累年平均

累計期間／項目	延浮遊	総付着	B/A ³⁾	浮遊幼生	付着稚貝
	幼生数(A) (個・m ⁻³ ・day)	稚貝数(B) (個・パーム ⁻¹)		最多出現数 (個・m ⁻³)	最多出現数 (個・パーム ⁻¹ ・day ⁻¹)
S.49～H.2年平均	59,138	8,314	0.25	3,949	666
斃死期 ¹⁾ (C)	48,918	6,156	0.17	3,340	503
斃死終息後 ²⁾ (D)	72,992	12,008	0.39	4,722	942
D/C	1.49	1.95	2.36	1.41	1.87

1) S.49～59年 2) S.60～H.2年 3) A/Bの累年平均

産卵母貝が降雨から受ける影響が、雨の降り方(集中的か、大潮時か、小潮時かなど)や貝自体の成熟度で異なることなど考えられるが、詳細は不明である。

3. 浮遊幼生最多出現期の水温と比重

図12に、地点平均浮遊幼生数の最多出現期における底層水温と底層比重を示した。また、浜川沖における最多出現期の底層水温を図13に示した。サルボウ浮遊幼生の出現期間は、おおよそ6～8月の間であるが、別報¹⁾で述べたように、この時期は、年の最高温期³⁾に当たり、また、前半が梅雨期に当たるため、1年中で最も比重の変化が激しい期間である。

浜川沖の最多出現期の底層水温は、昭和50年代になってから、それ以前と比較して1°C程度上昇している。48年以前の調査定点はそれ以降に比べて高地盤であり、一般に、高地盤高域ほど水温が高いことに留意すると、実際には、これ以上の上昇と推測できる。地点平均の浮遊幼生最多出現期の底層水温は、おおよそ23～27°Cの範囲にあるが、

斃死期初頭の49～51年までは、23～25°Cと52年以後に比べてかなり低い。昭和52, 53年になると水温は27°C台と一挙に2°C以上も上昇し、その後は、55, 57年の低温年に例外的に24°C台の出現がみられたものの、その他の年はいずれも25.5°C以上である。49～51年のうち49, 51年は低温年であり、このため出現水温が低かったとも考えられるが、この両年においては7月上旬に早くも最多数に近い出現がみられ、水温が上昇する前に既にピークを迎えている。これに対し、52年以降の低温年である55, 57年には、いずれも7月の水温が上昇しなかったために7月中の出現数は少なく、最多出現期は8月上旬にずれ込んでおり、49, 51年とは同じ低温年でも温度に対するサルボウの反応が異なるように思われる。以上を総合してみると、つまり、サルボウの産卵の引き金となるような刺激温度は、52年頃を境に斃死期初期に当たる51年以前と比べて上昇しており、これと並行して浮遊幼生の最多出現期の底層水温も、約1°C上昇し、その傾向は斃死期後半から現在まで続いていると推

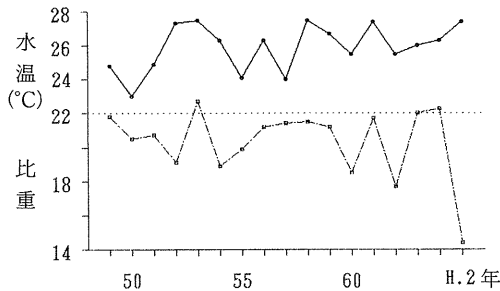


図12 浮遊幼生最多出現期の底層水温と比重

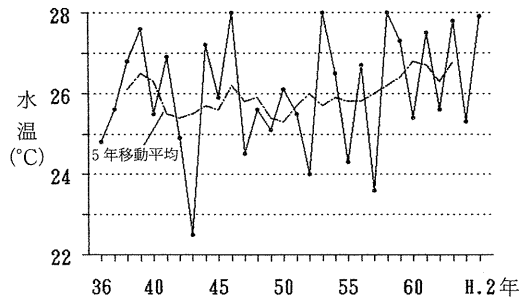


図13 浜川沖の浮遊幼生最多出現期の底層水温

測できる。

最多出現期の比重は、14~23の広範囲にあり、浮遊幼生の比重に対する耐性の高さを示している。また、昭和52年以降の最多出現期は、各年とも梅雨が明けて比重が最低期から回復する時期に当たっている。

4. 浮遊幼生と付着稚貝の関係

図14に延浮遊幼生数と総付着稚貝数の関係を、図15には浮遊幼生と付着稚貝各々の最多出現数の関係を直交座標で示した。図16には浮遊幼生と付着稚貝各々の最多出現期の関係を示した。延浮遊幼生数と総付着稚貝数には、 $r=0.529$ の直線的な正の相関関係がみられ、浮遊幼生の多い年には、概して付着稚貝も多いと考えてよいと思われる。また、両者の最多出現数には、図15に示したよう

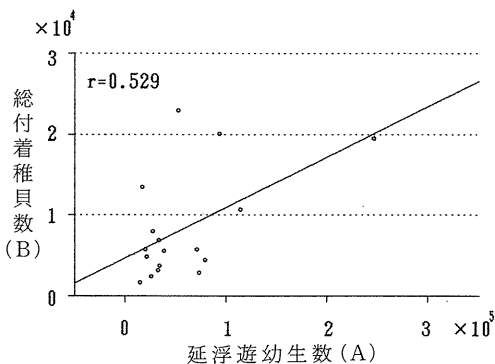


図14 延浮遊幼生数と総付着稚貝数の関係
(A: 個 \cdot m $^{-3}$ \cdot day, B: 個 \cdot パーム $^{-1}$)

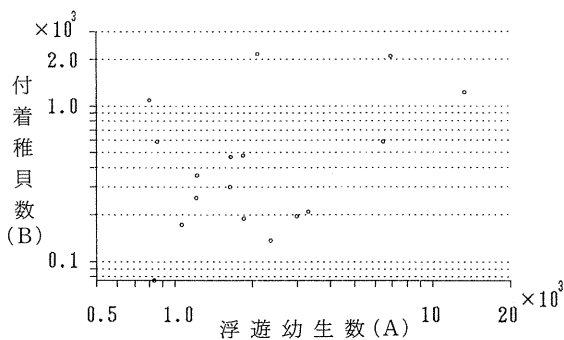


図15 浮遊幼生、付着稚貝の最多出現数の関係
(A: 個 \cdot m $^{-3}$, B: 個 \cdot パーム $^{-1}$ \cdot day $^{-1}$)

に、両対数をとると僅かではあるが正の相関関係がみられた。

また、図16に示すように、付着稚貝の最多出現期は、浮遊幼生が最多出現した調査時を中心とその前後の期間がほとんどであり、両者の最多出現期は、ほぼ同時期と考えてよいであろう。一般に、サルボウ幼生の浮遊期間は、約2週間¹⁴⁾といわれており、付着期とは、若干の時間的なズレがあつて当然と思われるが、これとはやや矛盾した結果である。これは、最多出現期にプランクトンネット (XX13:目合100 μ m) で採集した浮遊幼生には200 μ m以上の成熟期の個体が比較的多く、短期間の内に変態し付着するためとも考えられるが、詳細は不明である。また、図10から養殖生産量と浮遊幼生及び付着稚貝の最多出現数の関係をみると、斃死期には一定の関係が認められず、斃死終息後において若干の比例関係が認められる。

5. 調査地点の特徴と地点間の関係

1) 出現期

各地点別の浮遊幼生最多出現期を地点平均の最多出現期を基準(0)とし、これからの遅速の日数で図17に示した。プラスは基準日から遅れた日数を、マイナスはそれよりも早かった日数を表わしている。また、各地点の最多出現期を、基準日から一旬遅れた場合+1点、早かったときは-1点と採点して、この点数の累年平均を表2に示した。

浮遊幼生の最多出現期は、早い方から St. 1 < 4 \leq 3 \leq 2 < 5 の順で、St. 1 が他の地点に比べて

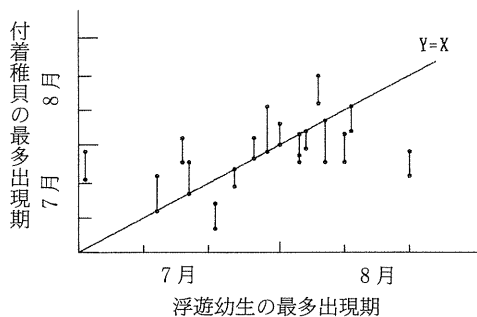


図16 浮遊幼生、付着稚貝の最多出現期の関係

早く、St. 5 が他の地点に比べて遅い傾向を示す。斃死終息後は、St. 3 の出現が早くなる傾向を示すが、概して斃死期とそれほどの変化はみられていない。一方、付着稚貝の最多出現期は、地点による遅速がほとんど認められない。ただ、St. 1 では浮遊幼生とは逆に、他の地点より遅くなる傾向があり、浮遊幼生の最多期と稚貝の付着盛期にかなりズレのあることがわかる。

2) 出現数

地点平均値を100として指数化した延浮遊幼生数と総付着稚貝数の変化を図18, 19に示した。また、両者の累年平均を斃死期と斃死終息後に計算し、総付着稚貝数/延浮遊幼生数の値とともに表3に示した。また、各年毎に出現数の多い方か

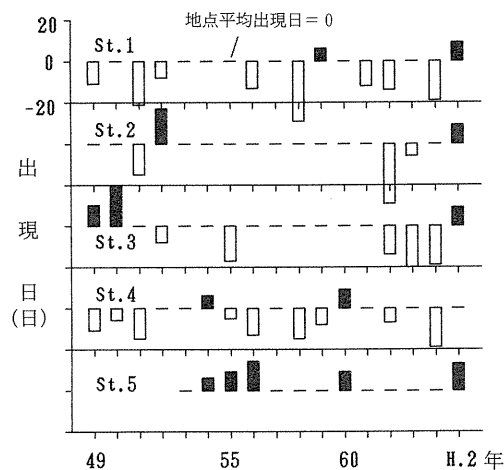


図17 地点別にみた最多出現期の遅速傾向 (地点平均の最多出現期を0として)

表2 地点別にみた最多出現期の遅速スコア (1旬遅れを+1, 早い場合を-1と採点)

項目 / 期間 / 地点	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
延浮遊幼生数 S. 49~H. 2 平均	-0.59	-0.12	-0.29	-0.41	0.46
斃死期 ¹⁾	-0.55	0.09	0.00	-0.45	0.43
斃死終息後 ²⁾	-0.67	-0.50	-0.83	-0.33	0.50
総付着稚貝数 S. 49~H. 2 平均	0.06	-0.06	0.00	-0.12	0.00
斃死期	0.00	-0.18	-0.09	0.00	0.00
斃死終息後	0.17	0.17	0.17	-0.33	0.00

1) S. 49~59年 2) S. 60~H. 2年

ら順に1~5点までの順位点数を付け、その累年平均を表4に示した。

斃死期においては延浮遊幼生数は、多い順に St. 2 ≥ 3 > 4 ≥ 1 > 5 で毎年ほぼこれに近いパターンを示すが、斃死終息後にはこのパターンが崩れた。量的には、St. 5 > 2 ≥ 3 ≥ 4 > 1 となっており、St. 5 と 4 の増加が目立っている。特に、61, 平成1年には、過去にないような異常発生を示し、地点平均値を引き上げる結果になった。一方、総付着稚貝数は、斃死期には多い順に St. 2 > 1 > 3 ≥ 4 > 5 のパターンを示した。しかし、終息後はこのパターンがやや崩れて、延浮遊幼生数と同様、量的には、St. 5 と 4 の増加が目立ち、62, 平成2年には異常に多い付着を示した。また、総付着稚貝数/延浮遊幼生数の値は、斃死終息後には斃死期の2~3倍に増加し、特に St. 4 の増加が大きい。

以上の結果を総合して、地点相互間の比較では、St. 1 は、浮遊幼生が少ないわりに稚貝の付着が多い地点、St. 2 は、浮遊幼生、付着稚貝ともに多い地点、St. 5 は、最近になって浮遊幼生数が増加しているものの斃死期から一貫して付着稚貝が少なく、他の地点に比べて付着稚貝への移行が極端に悪い地点、St. 4 は斃死終息後にこの移行率が上昇して、付着稚貝が極端に増えた地点といえる。

3) 出現数の地点別相関と地点間相関

地点別に延浮遊幼生数と総付着稚貝数及び浮遊幼生と付着稚貝の最多出現数の2つの組合せについて相関係数を計算して表5に示した。また、こ

の4者についてそれぞれ各地点間の相関係数を計算して表6, 7に示した。

地点別にみた浮遊幼生と付着稚貝の関係では、

St. 2及びSt. 3で、延浮遊幼生数と総付着稚貝数及び両者の最多出現数に直線的な相関関係がみられた。

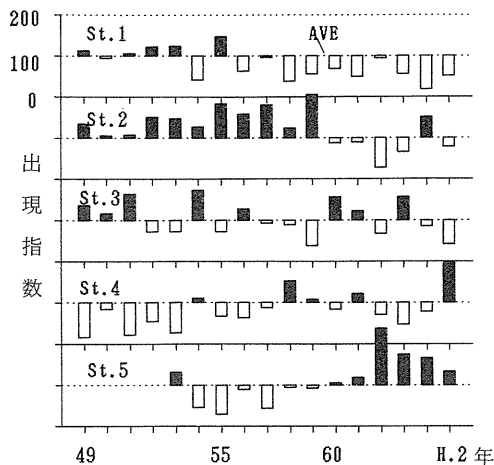


図18 延浮遊幼生数の地点別傾向
(地点平均を100として指数化)

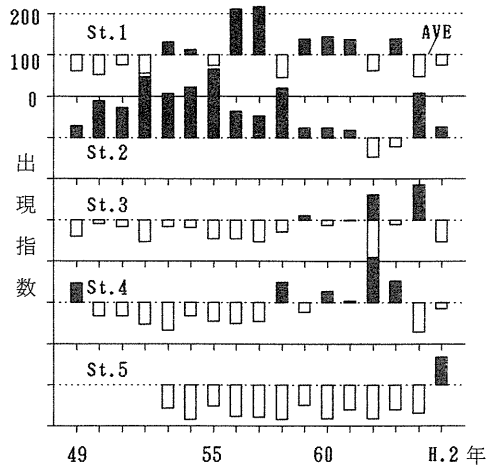


図19 総付着稚貝数の地点別傾向
(地点平均を100として指数化)

表3 地点別の延浮遊幼生数と総付着稚貝数の累年平均

項目	期間	地点	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	地点平均
延浮遊幼生数(A) (個・m ⁻³ ・day)	S. 49~H. 2 平均	総平均	40,395	73,906	62,411	42,990	75,986	59,138
		斃死期 ¹⁾	(a) 47,035	68,467	58,176	31,536	39,378	48,918
		斃死終息後 ²⁾	(b) 28,222	83,877	70,175	63,990	118,695	72,992
		b/a	0.60	1.23	1.21	2.03	3.01	1.49
総付着稚貝数(B) (個・パーム ⁻¹)	S. 49~H. 2 平均	総平均	7,895	13,519	6,417	9,787	3,952	8,314
		斃死期	(a) 7,130	12,895	4,544	4,230	1,981	6,156
		斃死終息後	(b) 9,296	14,665	9,853	19,976	6,251	12,008
		b/a	1.30	1.14	2.17	4.72	3.16	1.95
B/A ³⁾	S. 49~H. 2 平均	総平均	0.32	0.30	0.16	0.33	0.14	0.25
		斃死期	(a) 0.24	0.20	0.11	0.20	0.08	0.17
		斃死終息後	(b) 0.46	0.48	0.24	0.58	0.20	0.39
		b/a	1.93	2.45	2.09	2.90	2.39	2.36
延浮遊幼生数(C) (水深補正) (個・m ⁻² ・h・day)	S. 49~H. 2 平均	総平均	181,776	369,529	312,054	300,933	341,938	301,246
		斃死期	(a) 211,655	342,335	290,878	220,755	177,202	248,565
		斃死終息後	(b) 126,998	419,386	350,878	447,927	534,129	375,863
		b/a	0.60	1.23	1.21	2.03	3.01	1.51
B/C	S. 49~H. 2 平均	総平均	0.71	0.59	0.32	0.47	0.30	0.48
		斃死期	(a) 0.53	0.39	0.23	0.28	0.19	0.32
		斃死終息後	(b) 1.03	0.96	0.48	0.82	0.44	0.75
		b/a × 10	1.93	2.45	2.09	2.90	2.39	2.30

1) S. 49~59年 2) S. 60~H. 2年 3) A/Bの累年平均

表4 地点別の延浮遊幼生数と総付着稚貝数及び浮遊幼生、付着稚貝の最多出現数の順位*

項目 / 期間 / 地点	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	
延浮遊幼生数	S.49~H.2平均	3.6	2.1	2.6	3.4	2.7
	斃死期 ¹⁾	3.3	1.5	2.5	3.6	3.6
	斃死終息後 ²⁾	4.2	3.3	2.8	3.0	1.7
総付着稚貝数	S.49~H.2平均	2.4	1.8	3.4	2.9	4.5
	斃死期	2.5	1.4	3.1	3.2	4.9
	斃死終息後	2.2	2.5	3.8	2.5	4.0
延浮遊幼生数 (水深補正)	S.49~H.2平均	3.9	2.3	2.8	2.5	3.0
	斃死期	3.6	1.6	2.7	2.7	3.9
	斃死終息後	4.5	3.5	3.0	2.0	2.0
浮遊幼生 最多出現数	S.49~H.2平均	3.4	2.0	2.8	3.7	2.6
	斃死期	3.1	1.4	2.8	3.8	3.3
	斃死終息後	3.8	3.2	2.7	3.5	1.8
付着稚貝 最多出現数	S.49~H.2平均	2.4	1.6	3.6	2.9	4.4
	斃死期	2.5	1.3	3.5	3.0	4.7
	斃死終息後	2.2	2.2	3.8	2.8	4.0
浮遊幼生 最多出現数 (水深補正)	S.49~H.2平均	3.7	1.9	2.9	2.9	3.1
	斃死期	3.5	1.4	3.0	3.0	3.7
	斃死終息後	4.2	3.0	2.8	2.7	2.3

* 出現数の多い方から1~5位と順位付けし、1位から順に1~5点と採点した。

1) S.49~59年 2) S.60~H.2年

地点間の関係では、浮遊幼生は延出現数、最多出現数ともSt.2~5間で相互に相関関係がみられるが、St.1は、St.2、3とだけ若干の関係があるものの、統計的には有意性がない。付着稚貝は総付着数、最多出現数ともSt.1と2、St.2と3の相互に相関が認められるだけである。

次に、別報¹⁾に示した地点別の水温、比重とこれらの鉛直較差を、高い方から順に1~5点と採点して表8に示し、以上の結果を総合して考察してみる。図1に示すようにサルボウ養殖場は六角川

澗筋から西は太良沖までを中心に、潮位基準面以深の軟泥質の海域に広がっているが、St.2、3は湾奥西部の六角川と塩田川に挟まれた養殖海域の中心にあり、毎年の出現時期や、出現数の傾向は類似しており、浮遊幼生と付着稚貝は相互に関係しあった一定のパターンを示す。この両地点は、沖合水の影響が少なく、7月末には、水温躍層が発達して水塊が安定する海域であり、地点特性の形成には、このことも関係しているように思われる。また、St.1、5はSt.2、3と異なった特徴を

表5 延浮遊幼生数と総付着稚貝数及び浮遊幼生、付着稚貝の最多出現数の地点別相関係数

組合せ / 期間/地点	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	地点平均
延浮遊幼生数と全期間 ¹⁾	0.126	0.718**	0.814**	0.026	0.100	0.529*
総付着稚貝数斃死期 ²⁾	0.159	0.628*	0.746**	0.738**	0.886**	0.610*
浮遊幼生と全期間	0.122	0.677**	0.880**	0.041	-0.005	0.422
付着稚貝最多数斃死期	0.133	0.695*	0.837**	0.777**	0.841*	0.720*

**危険率1%で有意な相関 *危険率5%で有意な相関

1) S.49~H.2年 2) S.49~59年

表6 延浮遊幼生数及び総付着稚貝数の地点間相関係数

全調査期間 (S.49~H.2年)

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	
St. 1	—	0.412	0.406	0.082	0.388	St. 1
St. 2	0.644**	—	0.837**	0.838**	0.907**	St. 2
St. 3	0.378	0.836**	—	0.824**	0.777**	St. 3
St. 4	0.364	0.073	-0.066	—	0.829**	St. 4
St. 5	0.157	0.248	0.176	0.090	—	St. 5

斃 死 期 (S.49~59年)

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	
St. 1	—	0.861**	0.500	0.094	0.931**	St. 1
St. 2	0.803**	—	0.706*	0.474	0.893**	St. 2
St. 3	0.833**	0.958**	—	0.699*	0.447	St. 3
St. 4	0.629*	0.831**	0.834**	—	0.135	St. 4
St. 5	0.617	0.686	0.711	0.301	—	St. 5

表の右上が延浮遊幼生数の地点間相関 **危険率1%で有意な相関
 左下が総付着稚貝数の地点間相関 *危険率5%で有意な相関

表7 浮遊幼生及び付着稚貝の最多出現数の地点間相関係数

全調査期間 (S.49~H.2年)

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	
St. 1	—	0.286	0.269	0.007	0.220	St. 1
St. 2	0.597*	—	0.874**	0.854**	0.848**	St. 2
St. 3	0.424	0.834**	—	0.861**	0.694**	St. 3
St. 4	0.525*	0.013	0.021	—	0.765**	St. 4
St. 5	0.246	0.178	0.126	0.061	—	St. 5

斃 死 期 (S.49~59年)

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	
St. 1	—	0.579	0.349	0.042	0.818*	St. 1
St. 2	0.843**	—	0.830**	0.746**	0.689	St. 2
St. 3	0.894**	0.907**	—	0.805**	0.291	St. 3
St. 4	0.766**	0.858**	0.918**	—	0.224	St. 4
St. 5	0.829*	0.827*	0.795*	0.553	—	St. 5

表の右上が浮遊幼生最多出現数の地点間相関 **危険率1%で有意な相関
 左下が付着稚貝最多出現数の地点間相関 *危険率5%で有意な相関

示したが、この2地点は、海況的には、表、底層の、水温、比重差が小さく、河川水と沖合水の混合が盛んな地点と考えられる。ただ、St.5が沖合水の影響が強く夏期を通じて低温、高比重であるのに対し、St.1は、常時、高温、低比重で、河川

水の影響が強い海域と考えられる。浮遊幼生のSt.1への出現が早く、St.5が遅れることは、表8では、高温・低比重で早く、低温・高比重域では遅いとして説明できるが、しかし、St.4の結果とは矛盾する。また、St.2,3に比べて沖合水の影響

表8 調査地点の海況特性
(観測値の高い方から順に、1～5点と採点)

項目	層/地点	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
水温	表層	3	1	2	4	5
	底層	1	4	2	5	3
	Ave	2.0	2.5	2.0	4.5	4.0
比重	表層	4	5	3	1	2
	底層	5	2	3	1	4
	Ave	4.5	3.5	3.0	1.0	3.0
鉛直較差	水温	4	2	3	1	5
	比重	4	2	3	1	5

が大きいと考えられる St. 1, 4, 5 では、概して浮遊幼生が少ない傾向にあるが、St. 1 は浮遊幼生数のわりに付着稚貝数が多く、St. 5 は反対に稚貝の付着が極端に悪い、というように個々に異なった特徴をもっており、海況要素だけでは、十分に説明することができない。これら3地点は、St. 1 が主要漁場の縁辺部、St. 5 が漁場の外側、St. 4 が沖合の深所にあつて、いずれも母貝の生息中心域を外れており、しかも St. 2, 3 に比べて水塊の混合が盛んなせいで、浮遊幼生の出現や付着の変動が大きいためかとも思われるが、この海域の幼生や稚貝の水平分布については知見がなく、推測の域を出ない。また、斃死終息後の、St. 4, 5 の浮遊幼生数や付着稚貝数の増加は、本来、養殖貝の少ないこの海域で、最近になって天然の成貝が急激に増えてきたことと関係あるように思われる。

6. 浮遊幼生最多出現期の予測指標

1) 気象要素の導入

サルボウの天然採苗にとっては、採苗器をいつ設置するかが重要な課題である。設置時期が早すぎると採苗器には汚れや他の付着生物が着生して稚貝の付着が悪くなる。そのため、適期としては、稚貝の付着盛期直前が選ばれるべきで、この時期の予測ができれば採苗器の設置時期もおのずと決まることになる。ところで、浮遊幼生と付着稚貝の最多出現期がほぼ同じであることを考慮すれば、計数が容易で速報性の高い浮遊幼生の出現盛期を予測すればよいことになる。

昭和52年以降の浮遊幼生最多出現期は、大半が、

7月下旬か8月上旬であり、この時期を目途に、その前に採苗器を設置すれば、あらましよいことになる。ところが、有明海の採苗器設置の適水位(地盤高0 m前後)では、大潮のピーク(月齢0か15日)を中心に、前後2, 3日の干潮時にのみ、設置作業が可能であつて、そのために7月下旬か8月上旬かの差が、実質的な設置時間の差になると、一潮(月齢半周期)か、あるいは、設置水位が低い場合には二潮の差になってしまう。つまり、最多出現期が7月下旬以前か8月上旬以降かを予測することは採苗期の決定にとって重要な意味を持つことになる。

さて、サルボウ浮遊幼生の最多出現期を予測する指標としては、連続して観測され、しかも速報性の高いものが望ましく、ここでは、この観点から、水温、比重の代わりに、観測頻度の高い気温、降水量の採用を検討する。別報¹¹⁾のように、当海域の水温、比重は、気温あるいは降水量に強い影響を受け、即応した変化を示すことから、これら気象要素を海況指標値と代用してもよいと考えられる。また、水生変温動物の成熟と関連するとした報告例^{15,16)}が多い日照時間についても指標化を試みる。

2) 気温、降水量と日照時間による予測

旬平均気温、降水量、日照時間(佐賀地方气象台)を用い、その積算値による方法と6月中旬～7月中旬の観測値による方法の2通りで、浮遊幼生の最多出現期が7月下旬以前か、あるいは8月上旬以降かの予測を試みる。

(1) 積算値による方法

一般に、変温動物の生育や発生に要する時間は、積算温度や日長に支配される¹⁷⁾とされているが、浮遊幼生最多出現期と2～5月, 3～5月, 2～6月, 3～6月, 6～7月の積算気温(日平均気温の累計: °C・day)や累計日照時間との間には、表9に示すように一定の関係が見出せなかった。図20, 21に、2～6月と6～7月間の積算気温と最多出現期の関係を例示しておく。

(2) 6月中旬～7月中旬の観測値による方法

昭和52～平成2年までの各年を、サルボウ浮遊

幼生の最多出現期が7月下旬以前か8月上旬以降かにより2グループに区分し、6～8月の旬平均気温の変化をグループ別、年別に図22、23に示す。また、旬降水量の変化も同様にして、図24、25に示す。

最多出現期が7月下旬以前のグループでは、7月上旬と中旬の気温が、ともに平年値より高い傾向を示す。また、降水は、6月の下旬まで多く、7月に入って急激に少なくなる傾向を示す。つまり、梅雨明けが早く、しかも、高温傾向にあるときには、浮遊幼生は比較的早めに増加し、7月中

表9 浮遊幼生最多出現期と積算気温、
累計日照時間の相関係数

項目/累計期間(月)	2~5	3~5	2~6	3~6	6~7
積算気温	-0.005	0.082	0.050	0.164	-0.079
累計日照時間	0.046	-0.055	0.037	-0.041	-0.226

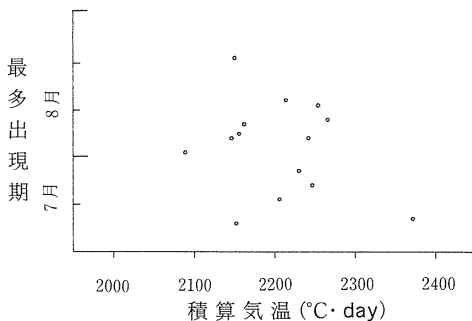


図20 2～6月の積算気温と浮遊幼生最多出現期の関係

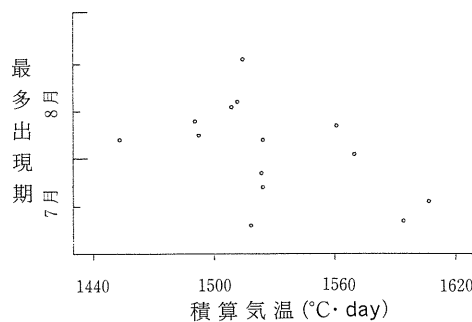


図21 6～7月の積算気温と浮遊幼生最多出現期の関係

には最高値に達すると考えることができる。

そこで、予測指標として、次の3つを定義し、その有効性を検定してみた。

①気温指標 (Index of Air Temperature)

7月上旬の旬平均気温の平年偏差と7月中旬の平年偏差の和

②降水量指標 (Index of Precipitation)

6月中・下旬の合計降水量と7月上・中旬の合計降水量の差 (6月中下旬-7月上中旬)

③日照指標 (Index of Daylight)

6月中・下旬合計日照時間と7月上・中旬の合計日照時間の差 (7月上中旬-6月中下旬)

この気温指標 (I. A) がプラスかマイナスかで、昭和52～平成2年までの各年を2グループに区分し、前述の最多出現期で区分したグループと対応させると表10のようになる。I. Aがプラスのときは、最多出現期は7月下旬以前に偏り、マイナスでは、8月上旬以降に偏る傾向を示す。この比率の偏りは、統計的に検定 (χ^2 検定) しても有意であり、つまり、I. A > 0 が予測指標として有効なことを示している。

同様に、降水量指標 (I. P) については、170を基準値として2グループに区分し、表11のように最多出現期で区分したグループと対応させてみた。I. Pが170より大きいとき、最多出現期は7月下旬以前に偏り、小さいときは、8月上旬以降に偏る傾向を示す。また、日照指標 (I. D) も同様に、20を基準値として2グループに区分し、表12のように最多出現期で区分したグループと対応させてみると、I. Dが、20より大きいとき、最多出現期は7月下旬以前に偏り、小さいときは、8月上旬以降に偏る傾向を示す。表11、12の最多出現期の偏りは、ともに統計的に意味のあるもの (χ^2 検定して有意なもの) で、I. P > 170とI. D > 20が予測指標として有効なことが示された。

また、この3指標の相互間には表13に示すような相関関係があるので、主成分分析により3つの情報を集約、総合した統計量 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 を作成し、表14に示した。このうち Z_1 、 Z_2 を用いて各年を区分し、図26に表わした。 Z_1 は集約率が81.1%

と高く、ほとんどの情報がこの統計量に集約されていると考えてよいが、これは、7月に入って梅雨明けが早いときには、気温も高く、また、日照時間も長くなるという気象要素の変動パターンを意味しており、この傾向の時には、プラスの方向に増加、反対傾向では、マイナス方向に減少する。最多出現期が7月下旬以前のグループは、 Z_1 のプラス側(第1, 4象限)、8月上旬以降のグループはマイナス側(第2, 3象限)に集まるが、 Z_1 の性格からは、当然の結果である。 Z_2 は雨と日照・

気温のバランスに関係し、全般に雨が少なく、干ばつ傾向の時には第4象限に集まる統計量である。昭和53, 56, 63, 平成2年がこれに当る。なお、昭和56, 63年は8月以降出現年ではあるが、 Z_1 やその他のどの気象指標でも、7月以前出現年に分類され、短期的には早期出現年としての気象条件を備えていると考えることができる。にもかかわらず、出現が遅れたのは、63年の3~6月積算気温が $1981^{\circ}\text{C}\cdot\text{day}$ 、日照時間が634時間で、ともに52年以降では2番目の低さ、56年の積算気温が

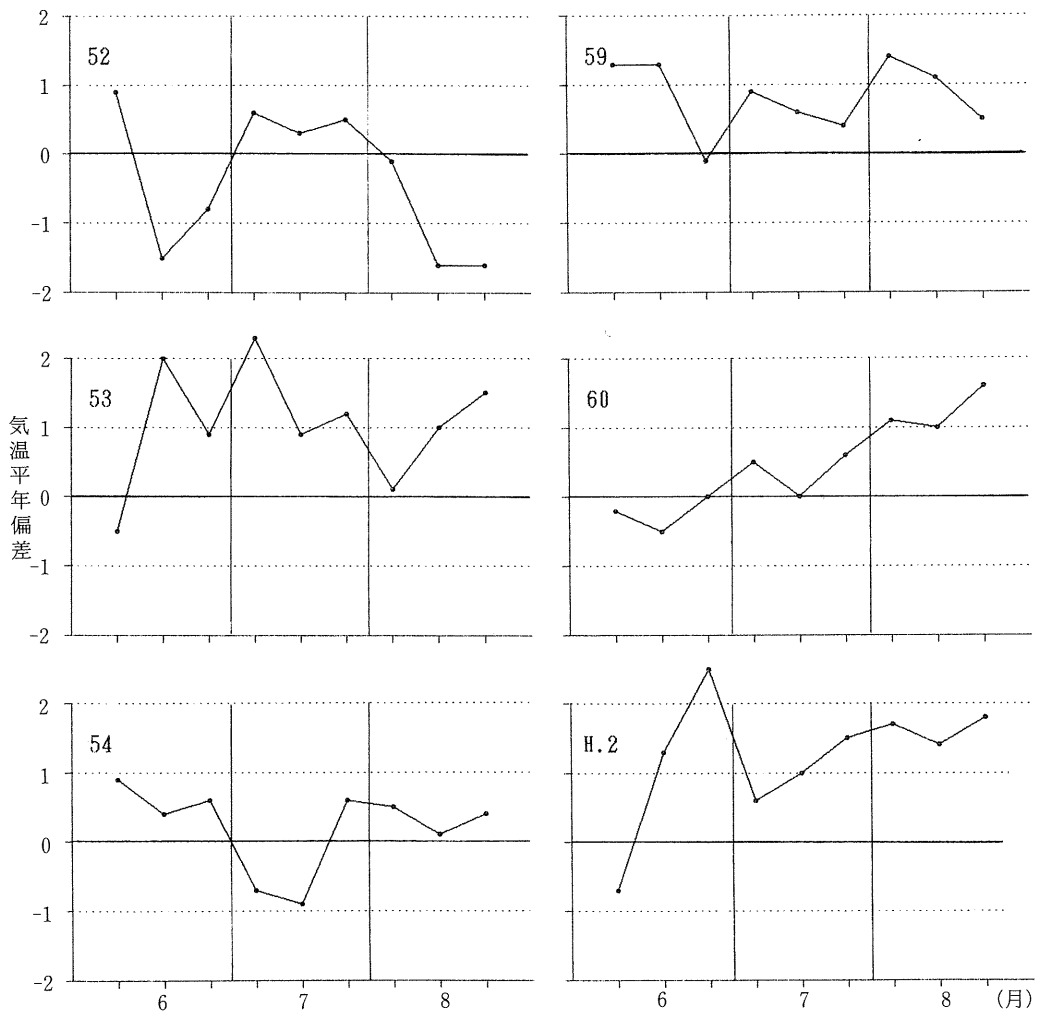


図22 夏期の旬平均気温年平均偏差の変化
(浮遊幼生最多出現期が7月下旬以前の年)

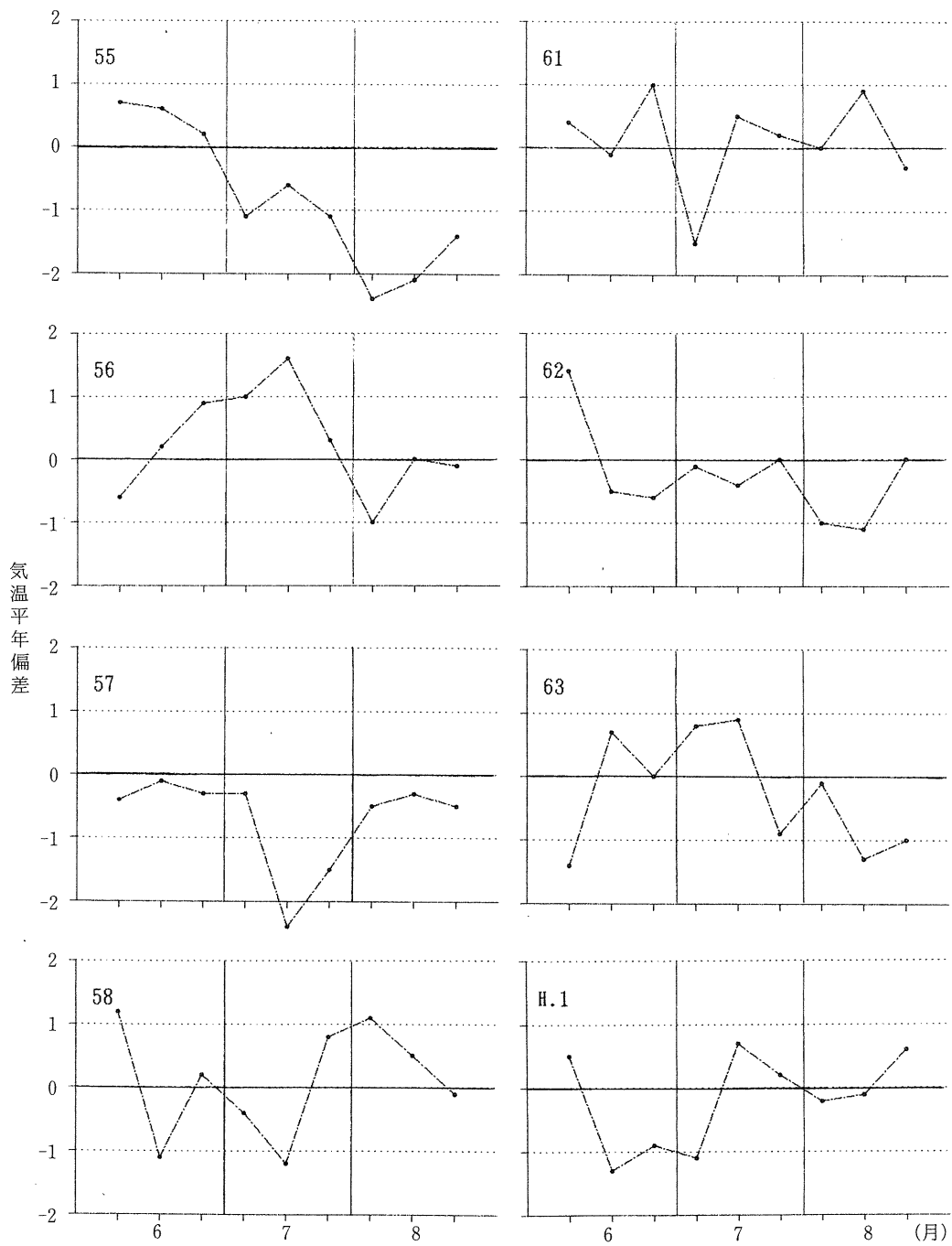


図23 夏期の旬平均気温平年偏差の変化
(浮遊幼生最多出現期が8月上旬以降の年)

2002°C・day で同 3 番目と、他の早期出現年と比較して相当低かったことが影響しているように思われる。つまり、気象要素の積算値は、前述のように直接は出現期の遅速に関係しないが、ある閾値以上の条件を満たさない場合には制限因子となりうることを示している。

このように、I. A, I. P 及び I. D をそれぞれ 0, 170, 20 の基準で区切る方法や 3 指標を総合する方法により、かなりの確率でサルボウ浮遊幼生の最多出現時期を予測できた。ただ、この場合の指標個々の基準値は、便宜上、代入したもので、特別の意味はなく、平成 2 年までの調査では

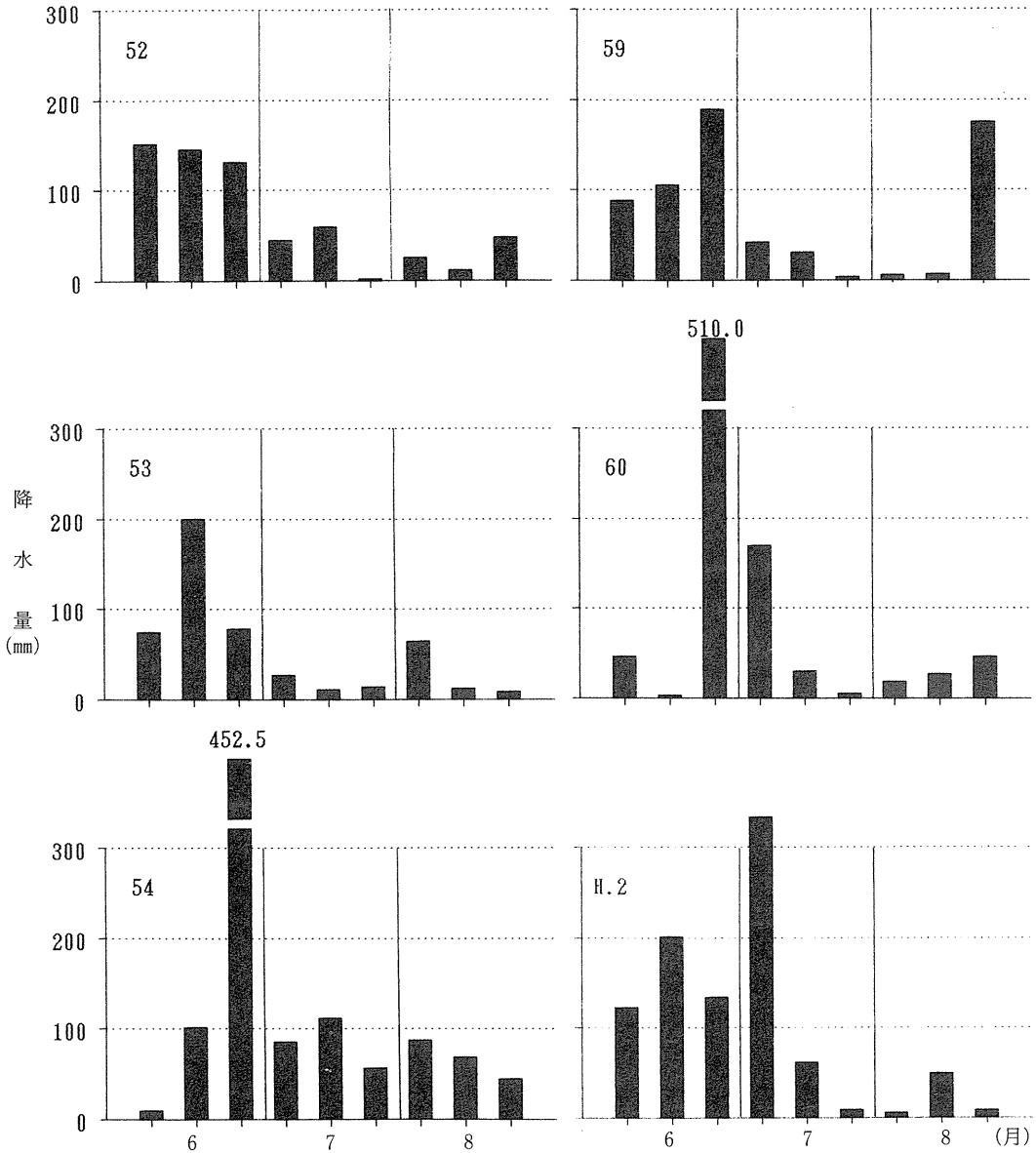


図24 夏期の旬別降水量の変化
(浮遊幼生最多出現期が7月下旬以前の年)

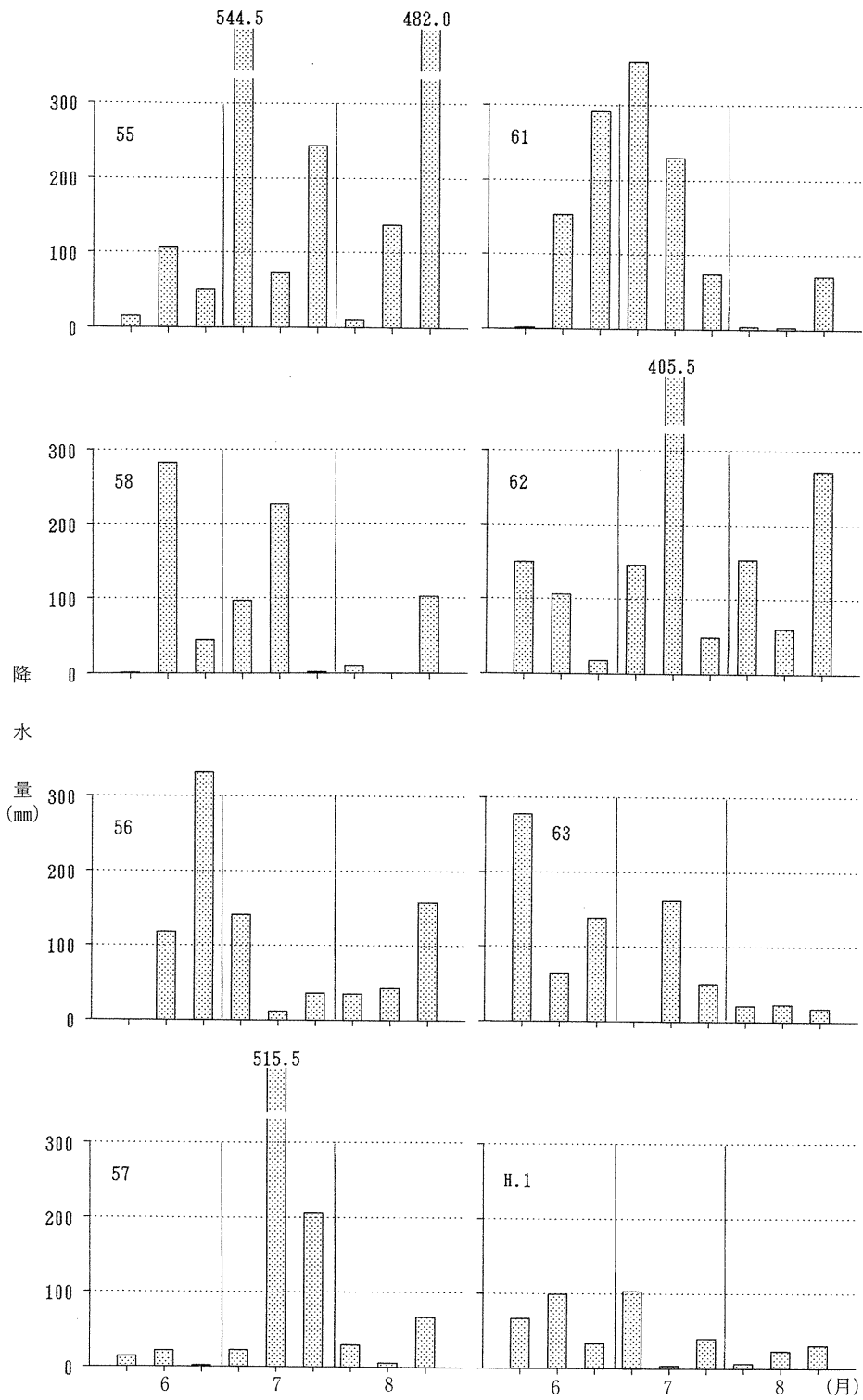


図25 夏期の旬別降水量の変化
(浮遊幼生最多出現期が8月上旬以降の年)

表10 I, Aと浮遊幼生最多出現期の関係

気温指標/最多出現期	7月下旬以前	8月上旬以降	合計
I, A > 0	5	2 ¹⁾	7
I, A < 0	1 ²⁾	6	7

1) S.56、63年 2) S.54年

表11 I, Pと浮遊幼生最多出現期の関係

降水量指標/最多出現期	7月下旬以前	8月上旬以降	合計
I, P > 170	5	1 ¹⁾	6
I, P < 170	1 ²⁾	7	8

1) S.56年 2) H.2年

表12 I, Dと浮遊幼生最多出現期の関係

日照指標/最多出現期	7月下旬以前	8月上旬以降	合計
I, D > 20	5	2 ¹⁾	7
I, D < 20	1 ²⁾	6	7

1) S.56、63年 2) H.2年

表13 気象指標間の相関係数 (r)

	気温指標 (I, A)	日照指標 (I, D)
降水量指標 (I, P)	0.601*	0.771**
日照指標 (I, D)	0.775**	

**危険率1%で有意 *危険率5%で有意

この数値はかなり幅をもっており、例えば、I, Pは42~171の範囲であれば表11は同じ結果を示すのである。今の段階では、基準値をどの値にするにしても、要は7月に入って気温が高めで、降雨が急減傾向であったかを判断するための目安だと考える方が妥当であろう。いきおい、指標の適用に当っては、気象要素の実際の変動を常に考慮すべきで、例えば、平成2年は、7月2日に300mm近い集中豪雨がかった年で、サルボウへの影響は、むしろ、I, P > 170のグループに属すると判断した方がいいようにも思えるが、上の基準でそのまま数値化してみると逆の結果になってしまう。結局、指標の数値そのものの予測精度をさらに上げ、しかも、その範囲をより狭く特定するためには、今後も調査を継続してデータ数を増やし、その中から経験的に絞り込んでいくことしか方法がない

表14 気象指標の主成分分析結果(主成分スコア)

変数 / 主成分	Z ₁	Z ₂	Z ₃
気温 (I, A)	X ₁ : 0.5630	-0.7025	0.4354
降水量 (I, P)	X ₂ : 0.5618	0.7117	0.4218
日照 (I, D)	X ₃ : 0.6061	-0.0072	-0.7954
固有ベクトル	2.4338	0.3988	0.1674
寄与率	0.8113	0.1329	0.0558
累積寄与率	0.8113	0.9442	1.0000

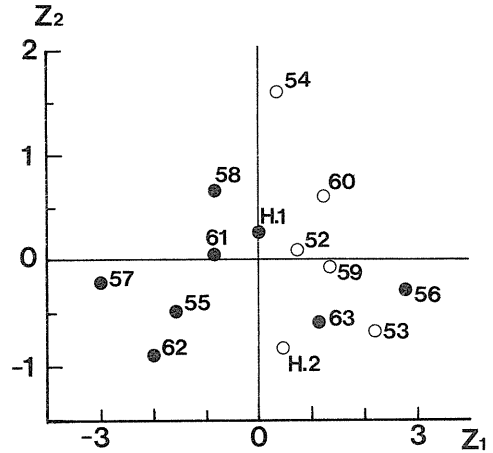


図26 気象指標の主成分による浮遊幼生最多出現期の分類
 (白丸: 最多出現期が7月下旬以前の年)
 (黒丸: // 8月上旬以降の年)

ようである。

以上の解析結果のように、浮遊幼生の最多出現期の遅速には、積算温度のような長期的な変化傾向ではなく、比較的直前の短期間の温度や比重変化が主として関与しているようである。この要因としては、例えば、降雨後の低比重時には、沖合海域に多数の出現が認められることから雨による物理的な拡散・移動や、あるいは、高温下では卵からの発生・変態が短時間で終了することなども直接的な影響として推測できる。しかし、サルボウの産卵自体も、このような短期的な環境変化に強く影響され、産卵盛期そのものの変化なども起こりうることを示唆しているように思われる。

貝類の生殖巣の成熟と放卵・放精は、魚類や甲殻類など他の水生変温動物と同様、生殖周期の中では異なる過程として区別して取り扱われる。例

えば、卵の成熟については、テナガエビでは水温の上昇が影響すること¹⁵⁾、バージニアガキでは積算温度に関係すること¹⁶⁾が室内飼育実験で確かめられている。しかし、その後の放卵・放精は、ある種の環境刺激などが引き金になって産卵に関係したホルモンや誘起物質が分泌されて初めて起こると考えられている。魚類では、成熟と放卵・放精に關与するホルモンや刺激要因の違いが確かめられ、典型的な例¹⁸⁾として、キンギョでは、卵の成熟が十分でも、水温が14°C以上ないと放卵・放精は起こらないことなどが知られているが、貝類でも、ホンビノスガイでこれと似た現象が報告されている。このような知見を前述の結果に適用してみると、有明海湾奥部は、よほどの異常気象でもないかぎり、積算温度や日照など成熟に必要な条件の閾値をある程度まで充足させられる環境下にあり、成熟が不十分なために産卵の開始時期が遅くなるようなケース（56、63年がこれに該当するかもしれない）が、ほとんどないのではなかろうか。そのために、気温、降水量や日照の短期的な変化が、放卵や放精そのものに直接関係する環境

刺激として、サルボウ母貝の、産卵の遅速に影響するのではないかと推測される。また、最近の浮遊幼生の最多出現期の高温化は、サルボウの産卵を誘発するこのような刺激温度自体が上昇しているためではないかと推測できる。

最後に、サルボウ浮遊幼生の出現期の変化を、短絡にサルボウの産卵リズムの変化に結びつけることには多少の問題があるので、杠⁹⁾らが詳細に調査した生殖腺重量や肥満度変化の結果と本報の結果とを照合するなどして具体的に立証すべきと考えている。また、冒頭で触れたように、現在、本県有明海に生息するサルボウは、有明海固有の種に、昭和20年代後半に移殖した島根県中海産⁹⁾、30年代後半に移殖した大阪湾産、岡山県児島湾産などが混じったものと推測でき、これら産地の差が産卵母貝の性質に与えた影響は少なくないと思われる。これについては、交雑や混合の割合や地域的な特性、あるいは異常斃死の初期、終息後でその状況がどう変化し、さらに、どの程度まで産卵生態の変化に関わったかなど多くの点が不明なまま残されている。

要 約

1. 浮遊幼生出現状況の経年変化及び最多出現期の水温の変化、最多出現期の遅速と気象要素の関係などを検討した。また、延浮遊幼生数（総出現数の指標値）と総付着稚貝数（採苗期間中の総付着数）が斃死期（S.49～59）と斃死終息後（S.60～）でどのように変化したかなどを検討した。
2. サルボウ浮遊幼生の最多出現期は、昭和40年代後半を境に、それ以降はおよそ1潮（月齢半周期）遅くなる現象が認められた。
3. 浮遊幼生最多出現期の水温も、昭和40年代後半を境に、それ以降は1°Cほど上昇する傾向にある。
4. 斃死終息後は、異常発生年が断続して出現し、延浮遊幼生数、総付着稚貝数や最多出現数は、平均すると斃死期の2倍以上に増加した。
5. 斃死終息後の総付着稚貝数／延浮遊幼生数の

値は、斃死期の2倍以上まで増加した。この指標は、サルボウの浮遊期から付着期への移行率の目安になると考えられる。

6. 湾奥西部の六角川と塩田川に挟まれた養殖海域の中心にある2定点では、毎年の出現時期や、出現数の傾向は類似しており、浮遊幼生と付着稚貝は相互に関係があった一定のパターンを示した。

7. 養殖海域の縁辺部にあり、沖合水と陸水の混合域と考えられる早津江川滞筋、六角川河口の2定点では、浮遊幼生と付着稚貝は時期的にも数量的にも異なった出現パターンを示した。

8. 浮遊幼生最多出現期の遅速と積算気温や日照時間積算値の間には、一定の関係が認められなかった。

9. 最多出現期の遅速は6月中旬～7月中旬の比較的短期間の気温、降水量、日照時間の変化と関

係していることがわかった。

10. 最多出現期が7月下旬以前か8月以降かについては、気温指標(7月上旬の旬平均気温の平年偏差+7月中旬の平年偏差)、降水量指標(6月中下旬の合計降水量-7月上旬の合計降水量)、日照指標(7月上中旬の合計日照時間-6月中下旬の合計日照時間)を用いても、主成分分析により3指標を総合した統計値でも、かなりの精度で予

測できた。

11. 最多出現期は、これらの気象指標が大きい値の時、つまり、梅雨明けが早く、7月上中旬から晴天が続き、高温で推移した時、7月下旬以前に早まる傾向が認められた。

12. 最多出現期の高温化は、サルボウ母貝の産卵の引き金となる刺激温度の水準そのものが上昇している結果とも考えられた。

文 献

- 1) 池末 弥 1958:有明海における水産資源の研究. 有明漁業対策調査報告書(II), 水産庁調査研究部調査資料課, 97-104.
- 2) 佐賀県水産試験場 1951:モガイ (*Anadara subcrenata*) 人工採苗試験. 佐賀県水産試験場業務報告, 昭和26年度, 165-175.
- 3) 佐賀県水産試験場 1952:モガイ (*Anadara subcrenata*) 人工採苗試験. 佐賀県水産試験場業務報告, 昭和27年度, 168-176.
- 4) 佐賀県水産試験場 1953:モガイ (*Anadara subcrenata*) 採苗試験. 佐賀県水産試験場業務報告, 昭和28年度, 241-251.
- 5) 佐賀県水産試験場 1954:モガイ (*Anadara subcrenata*) 人工採苗及び移殖試験. 佐賀県水産試験場業務報告, 昭和29年度, 148-150.
- 6) 三井所正英 1960:有明海におけるサルボウ稚貝の付着状況調査. 佐賀県水産試験場業務報告書, 昭和35年度, 143-149.
- 7) 三井所正英・白島 勲・島崎大昭・中島 浩 1975:モガイ採苗予報調査. 佐有水試報, (6), 22-32.
- 8) 野口敏春 1980:サルボウの浮遊幼生・付着稚貝について. 佐有水試報, (7), 115-121.
- 9) 杠 学・小澄千尋・山下康夫・中武敬一 1988:佐賀県有明海におけるサルボウの養殖試験. サルボウの異常へい死要因解明のための養殖試験(VII), 南西水研, 37-57.
- 10) 池田善平・草加耕司・片山勝介 1988:岡山県西部におけるサルボウ養殖試験. サルボウの異常へい死要因解明のための養殖試験(VII), 南西水研, 14-17.
- 11) 吉本宗央・杠 学 1991:有明海湾奥部における夏期の海況と気温・降水量及び河川流量の影響. 本誌, 81-99.
- 12) 田中弥太郎 1954:有明海産重要二枚貝の産卵期-I, サルボウについて. 日水誌, 19, (12) 1157-1160.
- 13) 北嶋博卿・野口敏春 1980:海況観測結果からみた漁場環境の特徴について. 佐有水試報, (7), 1-14.
- 14) 太田 繁・穂山展志・三代耕二 1955:サルボウの稚子の生態について. 島根県水産試験場中海分場.
- 15) 森 勝義 1990:二枚貝の繁殖生理. 平成2年度栽培漁業技術研修事業, 基礎理論コース, 親魚養成シリーズ, (5), 水産庁・(社)日本栽培漁業協会.
- 16) 会田勝美・奥村卓二 1990:甲殻類の生殖機構. 平成2年度栽培漁業技術研修事業, 基礎理論コース, 親魚養成シリーズ, (5), 水産庁・(社)日本栽培漁業協会.
- 17) 伊藤嘉昭 1975:動物生態学(上巻).128-135, 古今書院, 東京.
- 18) 山本喜一郎 1970:魚類生理. 233-271, 恒星社厚生閣, 東京.