

# ホタテガイ天然採苗予報

## ——電算機利用による稚貝付着量の予測——

仲村 俊毅・横山 勝幸

### はじめに

陸奥湾におけるホタテガイ養殖はいまや青森県の主要水産業のひとつとなっている。このホタテガイ養殖はいうまでもなく種苗の確保が大前提であり、現在そのすべてを天然採苗に依存しており、さらに陸奥湾の閉鎖的な地形が安定した天然採苗を可能にしている。

当所では毎年4～5月にホタテガイの種苗を効率よく確保するため、ホタテガイ天然採苗予報調査を行い、この結果を採苗情報として漁業者へ提供している。この調査結果に基づいたホタテ稚貝の付着量、付着時期の予報はきわめて信頼性の高いものであって、予報が大きくはずれることはほとんどないといっている。しかしこの調査は実際にホタテ稚貝が出現し始めてからの調査であるので予報の時期が遅いという難点があり、より早い時点での予報もまた要求されている。より早い時点での予報を行なう場合いくつかの制約を生ずる。すなわちホタテ稚貝の出現量や母貝の生殖巣の成熟度指数などの生物的側面での資料を使うことができないという点である。しかしながらホタテガイの成熟や産卵に関して水温との関連がいくつか指摘されており、水温を用いることにより、ある程度予報が可能になるものと思われる。いうまでもなくホタテガイの成熟や産卵は水温だけに依存するものではないし、より早い時点で予報を行うことによって生ずる制約もあるため予報の確度は犠牲になる。

本報告はホタテ稚貝の付着量の要因として茂浦地先の水温を用いて、付着量の豊凶を予測することを試みたものである。

統計計算にあたっては県総務部電子計算課の御助力をいただいた。

本報告における計算は相関係数、重相関係数、重回帰係数などの標準的な統計量である。この計算には電子計算課所有の大型高速電子計算機ACOSシリーズ77に用意されている、統計解析パッケージ、STATPAC-4を用いた。STATPAC-4の利点は利用者はきめられた様式に従ってデータを用意すればよく、電子計算機のプログラミングに関する知識は不要であり、さらには計算方法に関する知識すら不要である。もちろん計算は標準的な統計量に限られるが、前述した利点により、広範の方に利用をすすめたい。

### 要因の選択

表1に本報告において計算に用いた資料を一括して示した。変数番号、変数名は電子計算機への入力が必要上決めたものであるが、本報告にもそのまま用いることにする。要因については個別に説明するが、本報告での目的はホタテ稚貝付着量 $Y$ 、あるいはその常用対数値 $YLOG$ を従属変数、変数番号1から8までを独立変数とみなし、最適の予測値の得られる重回帰式を作成することである。要因はすべて茂浦地先の水温に関するもので、番号1から8までが予測式を作成する際の対象となる。また番号9はホタテガイ浮遊幼生期の水温に関するファクターであって予測式からは除外される。しかしホタテ稚貝の付着量にとって重要な要因となるものと思われるので、ここでとりあつかっている。なおここに挙

げた要因はすでに数回の相関係数、重相関係数の計算ののちに選択されたものであることをことわっておきたい。以下に個々の要因について説明する。

表1 計算に用いたデータ

変数番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
度数名	WT	WT	ACC	DAY	DAY	WT	TAN	DAY	DAY	YLOG	Y
年度	12	11	MWT	10	108	10		7	811		
昭 44	10.52	13.28	447	78	18	16.85	54.5	135	19	2.60746	405
45	7.50	13.44	551	63	12	17.19	43.0	113	18	4.00535	10124
46	7.91	14.01	498	67	11	18.90	45.0	118	26	4.03068	10732
47	7.78	13.01	508	65	13	17.30	19.0	119	18	4.49168	31023
48	9.26	13.00	443	70	14	18.11	48.5	122	26	2.78958	616
49	7.07	12.73	543	61	11	18.23	41.0	109	17	4.65231	44907
50	6.64	11.35	616	57	11	17.34	31.5	105	14	4.78697	61230
51	8.34	13.93	563	67	11	18.88	49.5	116	18	3.60509	4028
52	7.54	11.54	573	59	12	17.04	26.0	110	18	4.20186	15917
53	9.45	13.90	500	73	14	17.80	45.5	127	11	4.59810	39637
54	9.27	12.79	463	70	14	17.73	50.0	121	21	4.65762	45459

変数番号	変数名	内 容
1	WT12	: 12月の月平均水温、ホタテ稚貝付着量との単相関が非常に良い。
3	WT11	: 11月の月平均水温、12月の月平均水温との相関が良いのでホタテ稚貝付着量との相関も良好であろうことが期待できる。
3	ACCMWT	: 前年冬から当年2月までの12℃以下の積算水温。これは前年11月あるいは12月以降の月平均水温を用い(12℃-月平均水温)×日数として算出した。この要因の選択は冬季間の水温が低いほどホタテガイの生殖巣の成熟が良いという説 <sup>1)</sup> による。なおこの要因が予測式に採択された場合、3月上旬に予測値が得られる。
4	DAY10	: 前年10～12月の水温の直線回帰式より、10月1日から数えて10℃になるまでの日数で、秋期の水温降下の早さを示す要因。
5	DAY108	: 前年10～12月の水温の直線回帰式より、10～8℃の範囲を示した日数。
6	WT10	: 前年10月の月平均水温。
7	TAN	: 前年9月の月平均水温と9～12月の水温の直線回帰係数との比。図式的には

(注) 水温に関する要因は ACCMWT、DAY 811 の二つを除いて表中の年度のさらに前年度の値である。ホタテガイ付着量は表中の年度の値である。

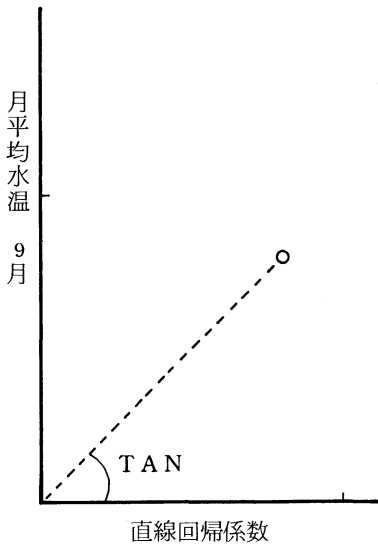


図1 変数7の説明

図1のように表わされる。この要因の選択は次のような理由による。

すなわち、秋期の水温降下が早ければ翌年のホタテ稚貝付着量が多いといわれているが、<sup>(1)</sup>実際問題として水温降下の開始時期における水温が高ければ、ある特定温度以下への水温降下は遅れるはずである。さらにホタテガイにとって重要なのは実水温であることを考慮すれば、水温降下の早さだけをファクターとすることには無理がある。

そこで水温降下の早さを9～12月の水温の直線回帰係数で示し、水温降下開始時の水温を9月の月平均水温で示し、この二つのファクターをカップリングして一つのファクターとしたのが、この変数7である。

- 8 DAY7 : 前年9～12月の水温の直線回帰式より9月1日から数えて7℃になるまでの日数、秋期の水温降下の早さを示す。
- 9 DAY811 : これは前述したようにホタテガイの浮遊幼生期の水温に関するファクターであって、3～5月の茂浦の水温を5日間移動平均し、8～11℃の範囲を示した日数である。これは産卵場の水温が不連続的に急上昇して産卵臨界温度(8.0～8.5℃)を越えると顕著な産卵が起るとい説<sup>(2)</sup>にもとづくものであって、この日数が少いほど8～11℃の範囲での水温の急上昇が起こったことを示す。また5日間移動平均を採用したことについては特に明確な理由はなく、毎日の水温をみた場合バラツキが大きく、長期の移動平均をとった場合結果があまりに平坦すぎ、ともに水温上昇の様想を的確に把握することができないと判断したためである。いうまでもなくこの要因は予測式からは除外される。この要因を予測式に用いる場合、2月以前の時点で3～5月の水温を正確に予測することが要求され、現状では不可能である。
- 10 YLOG : ホタテガイ付着量(全湾平均1袋当り)。YLOGはホタテガイ付着量の常用値である。表1からわかるとおり、ホタテガイ付着量Yは数百から数万と2桁オーダーの変化がある。一方、変数1から9までの独立変数にはオーダーが変化するほどの変動はない。このような数値を統計処理する場合若干の問題を生ずる。ここには示していないが、実際には付着量Yを従属変数として重回帰式を作り予測を行ってみると、しばしば負の付着量を予測するという奇妙な結果が得られることがある。そこで付着量Yの変動レベルの平坦化として常用対数値をとったものである。しかし対数の性質上、数値の大きな部分で対数を実値に変換した場合の予測誤差がきわめて大きくなる可能性があ

り、この変動レベルの平坦化の問題は今後さらに検討する必要がある。

## 結 果

表2に変数1から9のYLOGおよびYに対する単相関係数を示した。YLOGに対する相関がもっとも良いのはWT12（12月の月平均水温）で、次いでDAY10、DAY7となっている。正の相関はACCMWTが0.5を越えている。このような結果は秋の水温降下が早く、低温の期間が長いほど生殖巣の成熟が良いという説を裏付けるとともに、生殖巣の成熟がよければ産卵数も多く、さらに付着量も多いということの意味していよう。しかしホタテガイの浮遊幼生期の水温に関する要因DAY811も比較的高

表2 YおよびYLOGに対する単相関係数

変数番号	変 数 名	YLOG	Y
1	WT12	-0.615	-0.420
2	WT11	-0.311	-0.477
3	ACCMWT	0.535	0.384
4	DAY10	-0.585	-0.424
5	DAY108	-0.572	-0.291
6	WT10	0.008	-0.131
7	TAN	-0.526	-0.368
8	DAY7	-0.580	-0.428
9	DAY811	-0.512	-0.562

い相関を持っており、生殖巣の成熟と稚貝付着量とは必ずしも単純に結びつかないものと思われる。Yに対する相関は前述した変動レベルの大きさもあるためか、YLOGに対するものよりも相対的に低くなっている。

表3に各要因を追加または削除して計算した重相関係数および寄与率を示した。ここで変数1から3までは無条件で計算に加えてある。表からわかるとおり、変数の個数が6個までの場合、どの変数を選択しても重相関係数は0.6台とほとんど有意な変化はなく、わずかに変数5、6を除外したときの重相関係数が0.753と他よりも0.1程度高くなっている。

このような場合単相関の高い単一の要因によって予測を行う方が合理的ではないかという疑問が生じるが、単一の要因を用いる場合、それがよほど高い相関を持たない限り負の付着量を予測するという奇妙な結果をさけることができない。いうまでもなく負の付着量とは全くのナンセンスであり、重回帰を用いるひとつの理由にはこのような不合理な結果をさけるという意味もある。重回帰の最大は要因1から8までの全てを用いた場合となっており、寄与率は85%を越えている。さらに要因9も加えた場合寄与率は93%を越え、ホタテガイ浮遊幼生期の水温の状況はホタテ稚貝の付着量の豊凶にとって重要な意味を持つことがわかる。注目すべきことは変数6（10月の月平均水温）は単相関は0.008ときわめて小さいにもかかわらず、重回帰からは除外することができないことである。つまり変数6を除外した時の重相関係数は0.753であり、重回帰に加入させた場合重相関係数は0.924と大きく高くなるからである。このようなことから単相関の良否が必ずしも要因選択の基準として充分なものでないことがわかる。要因1から8までを含めた重回帰式は次式で示される。

$$\begin{aligned}
 YLOG = & -1.41937 (WT12) - 1.55013 (WT11) - 0.00622 (ACCMWT) \\
 & + 1.40783 (DAY10) - 1.75652 (DAY108) - 2.44503 (WT10) \\
 & - 0.06414 (TAN) - 0.40237 (DAY7) + 61.7196 \quad \text{————— (1)}
 \end{aligned}$$

したがって付着量の予測値は  $Y = 10 \frac{YLOG}{\text{—————}}$  (2) として与えられる。

表4に予測値と実値を比較して示した。YLOGの予測値は(1)式から求めたものであり、付着量の予

表 3 重相関係数および寄与率の表

変数番号	変数 (要因) の個数	重相関係数	寄与率 (%)	変数番号	変数 (要因) の個数	重相関係数	寄与率 (%)
1~4	4	0.626	39.2	1~3, 6~8	6	0.645	41.6
1~3, 5	4	0.624	38.9	1~3, 5, 7, 8	6	0.664	44.1
1~3, 6	4	0.617	38.1	1~3, 5, 6, 8	6	0.712	50.7
1~3, 7	4	0.639	40.8	1~3, 5~7	6	0.683	46.6
1~3, 8	4	0.618	38.2	1~4, 7, 8	6	0.753	56.7
1~5	5	0.662	43.8	1~4, 6, 8	6	0.630	39.7
1~4, 6	5	0.626	39.2	1~4, 6, 7	6	0.650	42.2
1~4, 7	5	0.645	41.6	1~5, 8	6	0.671	45.0
1~4, 8	5	0.628	39.4	1~5, 7	6	0.707	50.0
1~3, 5, 6	5	0.669	44.7	1~3, 5~8	7	0.721	52.0
1~3, 5, 7	5	0.659	43.4	1~4, 6~8	7	0.794	63.0
1~3, 5, 8	5	0.657	43.2	1~5, 7, 8	7	0.753	56.7
1~3, 6, 7	5	0.641	41.1	1~6, 8	7	0.887	78.7
1~3, 6, 8	5	0.618	38.2	1~7	7	0.882	77.8
1~3, 7, 8	5	0.645	41.6	1~8	8	0.924	85.4

変数 1 から 9 までの全要因を含めた場合 重相関係数 = 0.968 寄与率 = 93.7%

表 4 予測値と実値の比較

年度 (昭)	YLOG		付 着 量	
	予 測 値	実 値	予 測 値	実 値
44	2.55990	2.60746	363	405
45	4.17152	4.00535	14843	10124
46	4.10243	4.03068	12660	10732
47	4.62351	4.49168	42025	31023
48	3.14561	2.78958	1398	616
49	4.06801	4.65231	11695	44907
50	5.12695	4.78697	133952	61230
51	3.77672	3.60509	5980	4028
52	3.95607	4.20186	9038	15917
53	4.28820	4.59810	19418	39637
54	4.56778	4.65762	36964	45459

測値はYLOGの予測値から(2)式により求めたものである。付着量の予測値をみると49、50、53年に実値と大きな差を生じている。しかし全体としては妥当な値を予測しており、実用的には十分なものといえよう。この予測式を用いた場合3月上旬に予測値を算出できる。ここに示したような予報の持つ重要な役割のひとつは不漁年の予測である。その意味では44、48、51年の不漁年には実値に近い予測値が得られている。もし比較的早い時点で不漁年を正確に予測することができるならばその後の調査方法や採苗に関する対策を検討する余裕をもつことができる。

## 今後の問題点

- (1) 本報告に用いたホタテ稚貝付着量には産卵に参加した母貝数や、全産卵量に関する考慮はなされていない。もし産卵に参加する母貝数がきわめて多いものであれば、多少の成熟不良、浮遊幼生期における悪環境を考慮しても十分な程度の採苗数は確保され得るものと思われる。近年垂下養殖が安定してきて産卵に参加する母貝数は増大してきているであろうことは容易に推定できる。さらに最近の2年間（53、54年）は前年秋期から冬期の水温の状況からみると、かならずしも豊漁は期待できなかつたにもかかわらず大豊漁であった。この

表5 YおよびYLOGに対する単相関係数

変数番号	変数名	YLOG	Y
1	WT 12	- 0.95	- 0.75
3	ACCMWT	0.77	0.64
4	DAY 10	- 0.88	- 0.72
5	DAY 108	- 0.76	- 0.47
7	TAN	- 0.73	- 0.58
8	DAY 7	- 0.85	- 0.69
9	DAY 811	- 0.54	- 0.63

のような事情をより詳細にみるため表5に昭和53、54年のデータを除いて単相関を計算した。この計算には変数2、変数6を除いてある。

- 表2と比較するとどの要因も絶対値で0.2から0.4、相関が良くなっている。これは近年ホタテ稚貝付着量が水温との相関を失ってきていることを意味しており、その主要な原因のひとつとして前述した産卵参加母貝数の増大が挙げられるのではないと思われる。今後このような予報を続けていく場合、この問題をどう処理するかが課題となろう。

- (2) ここ数年来、天然採苗においてはヒトデによる食害が大きな問題となっている。いうまでもなくホタテ稚貝にとっての好適な環境は他の害敵生物にとっても好適な環境であり得るし、そのうえ採苗器の増加、付着稚貝の増加はヒトデにとっても採苗器となり、最良の餌場を与える形となり最終的な種苗採取成績を低下させている。

今後安定した天然採苗を維持するためにはヒトデに関する調査研究や食害対策が早急に望まれよう。また本報告に用いた54年度の付着量は食害を考慮にいれていないので後日、別途に報告される値とは異なることがあり得ることをことわっておきたい。

- (3) 技術的な問題としては2つある。ひとつは付着量の変動レベルの平坦化の問題であり、ひとつはデータ数の不足から十分に多くの要因をとりあげることができなかつたことである。これらの点については今後さらに検討を進めていきたい。

## 今後の発展

ここでとりあげた予報はホタテ稚貝付着量の豊凶に関するものだけであるうえ地域的な差を考慮していない。西湾と東湾では稚貝出現量や付着量に大きな差があることはよく知られた事実である。今後は地域別の予報も考慮してみたい課題のひとつである。

現在稚貝の付着期の予測は4月上旬のラーバ調査結果をもって予測されている。この付着期予測も今後の課題であり、さらに不漁年に対する対策のひとつとして付着のみられる期間長についての予測もまた必要となろう。すなわち豊漁年においては採苗の効率は問題とならないが、これは単に効率などを考えなくとも十分に種苗が確保できるからである。しかし不漁年では事情は異なり、いかに効率よく大量に種苗を確保するかが大きな問題となろう。付着期あるいは付着期間長の予測はこのような場合大きな

意味を持つものと思われ、今後検討を要する課題である。

### 参 考 文 献

- (1) Ito, S., H. Kanno and K. Takahashi (1975) : Some problems on culture of the scallop in Mutsu Bay. Bulletin of the Marine Biological Station of Asamushi , Vol. xv, No. 2  
PP. 89 - 100
- (2) 山本護太郎 (1950) : 青森県水産資調報 1号