

ホタテガイ卵質評価法開発試験－Ⅱ

小坂善信・篠原由香・吉田 達・鹿内満春

1. 目 的

ホタテガイ種苗は全て天然採苗に依存しており、養殖漁業者からは採苗の早期予測と安定的な天然採苗が強く望まれている。これまでも、生殖巣指数のモニタリングにより産卵時期の推定は可能であったが、種苗の質的、量的予測が難しい状況にあった。さらに、その後の浮遊幼生調査によるホタテガイ天然採苗予報調査に基づいて採苗器投入時期、付着盛期の予報はきわめて精度の高いものとなってきている。しかし付着数については付着稚貝が出現してからでないとは予想が難しかったし、精度上かなり問題があった。特に昭和59年、61年には浮遊幼生の出現数は多かったが、付着稚貝数は極端に少ないという矛盾した結果となり、対策が採れないまま採苗不振となった。このため、採苗不振にならないようにするためにはより早い時点での予報または対策が要求されている。仲村ら¹⁾は採苗前年の水温により翌年の付着数の予想式を立てたが、この予想式には母貝数や産卵量などの生物的要因は考慮に入れられていなかったため、産卵母貝数が増加してきたことにより付着数と水温との相関が失ってきたと報告している。今回は、生化学的手法及び組織学的手法により得られた結果と従来の浮遊幼生調査結果とも照らし合わせて、より早い時期での採苗予測について解析した。

2. 調 査 方 法

今回はホタテガイ稚貝の付着数を予想するために、生物的要因と環境要因から予想することを試みた。生物的要因と環境要因の変数は以下のものを用いて相関を求めた。

(1) 生物的要因

① 付着稚貝数

これまで当研究所で行ってきた採苗予報調査で収集したものを使用した。ただし、第1回調査（5月下旬）と第2回調査（6月下旬）の2回の調査結果があるが、このうち、大きい数値のものを採用した。

② 母貝数

昭和44年～58年までは平野²⁾が算出した母貝数を使用し、平成元年～平成14年までの母貝数は県漁連の平成元年～平成15年までの規格別時期別ホタテガイ取扱い数量から2月現在の母貝数を逆算して推定した。ただし、半成貝、新貝は、成貝（2年貝）の産卵数の1/10しかない³⁾、半成貝、新貝は母貝数として全個体数の1/10として扱った。

③ 260 μ m以上のラーバの出現数

これまで当研究所で行ってきた採苗予報調査で毎週調査した260 μ m以上のホタテガイラーバの出現数（個体/トン）を累積したものを使用した。

④ 採苗器投入数

毎年行ってきた春季養殖ホタテガイ調査時に聞き取り調査した結果のものを使用した。

⑤ 異常貝出現率

毎年行ってきた秋季養殖ホタテガイ調査の1年貝における湾全体の平均異常貝出現率を使用した。

⑥ 生殖巣重量

これまで当研究所で行ってきた母貝調査（生殖巣調査）での、その年の陸奥湾全体の平均最大生殖巣重量を使用した。

⑥ 水温

自動観測ブイ（青森ブイ、東湾ブイ）で観測した水深15m層の1月～3月の平均水温を使用した。

3. 結果及び考察

今回使用したデータを表1に示した。全てのデータが全ての年で調査されていなかったの、あるデータを使用してそれぞれの相関を求めていった。図1、2に260μm以上のラーバの出現数と第1回付着調査時の全湾平均の付着数、第2回付着調査時の全湾平均の付着数との関係を示したが、この間には有意な高い相関が見られた。しかし、260μm以上のラーバの出現数から付着数の豊凶を予想しても、既に付着が終わってしまっているの、採苗不振のための対策は採ることができない。このため、より早い時点のラーバ調査以前の産卵時期から予想し、何らかの対策が採れるようにすることが必要となってくる。

表1 予測式に使用したデータ

採苗年度	母貝数 (千枚)				付着稚貝数 (個/袋)	260μm以上のラーバ出現数 (個体/トン)	母貝1個体当りの260μm以上のラーバ出現数(個体)	採苗種投入数 (袋)	全付着稚貝数 (個体)	異常貝出現率 (%)	生殖巣重量 (g)	平均水温 (1~3月)	
	養殖 (半成貝)	養殖 (新貝)	養殖 (成貝)	地産産 (2~3年貝)									
1969 昭和44年					60,317	477							
1970 昭和45年					130,159	11,136							
1971 昭和46年					88,889	15,909							
1972 昭和47年					228,571	28,636							
1973 昭和48年					285,714	795							
1974 昭和49年					384,127	52,500							
1975 昭和50年					323,810	70,000							
1976 昭和51年					196,825	4,021	387	124	2,500,000	10,052,500,000	25.5	15.0	5.46
1977 昭和52年					161,905	15,917	599	233	2,884,854	42,734,821,118	40.3	15.6	5.04
1978 昭和53年					203,175	79,524	2,242	696	2,500,000	198,810,000,000	5.7	15.3	6.01
1979 昭和54年					269,841	89,500	2,500	584	2,213,830	198,137,785,000	6	14.5	6.54
1980 昭和55年					231,746	30,610	1,088	296	2,650,837	81,142,120,570	10.5	15.4	4.42
1981 昭和56年					177,778	59,200	2,625	931	1,839,295	108,886,264,000	11.8	16.5	5.38
1982 昭和57年					177,778	1,416	199	71	3,152,935	4,464,555,960	15.9	17.0	4.00
1983 昭和58年					203,175	35,334	1,607	499	3,068,335	108,416,548,890	8.3	11.1	6.84
1989 平成元年	23,280	26,420	134,223	242,575	426,497	30,783	2,297	340	3,621,600	111,483,712,800	12.9	9.7	6.44
1990 平成2年	45,506	47,813	79,570	227,116	399,805	20,040	988	156	3,787,192	75,895,327,680	19.5	10.8	7.38
1991 平成3年	48,068	50,660	120,366	264,671	483,765	133,771	5,275	688	3,705,119	495,637,473,749	12.8	11.8	6.39
1992 平成4年	37,290	53,572	178,455	153,082	422,399	221,997	8,577	1,281	3,650,000	810,289,050,000	8.5	11.2	6.91
1993 平成5年	43,779	54,779	168,137	291,891	559,585	88,796	3,452	389	3,800,000	319,865,600,000	9.6	12.0	7.10
1994 平成6年	60,171	41,027	121,645	279,405	502,248	279,753	6,667	837	3,372,674	943,515,669,522	8.7	12.0	6.69
1995 平成7年	69,893	60,414	84,873	165,962	381,142	222,274	8,243	1,364	3,438,254	764,234,469,596	3.6	10.3	6.97
1996 平成8年	61,974	66,020	123,525	230,455	481,974	115,277	5,792	768	3,260,000	374,650,250,000	2.5	12.8	5.68
1997 平成9年	57,447	52,581	224,948	187,601	522,577	257,365	6,018	726	3,055,259	786,316,732,535	4.4	11.6	7.28
1998 平成10年	58,459	60,947	184,097	113,884	417,387	59,304	2,811	425	3,222,570	191,111,281,280	2.2	14.9	5.73
1999 平成11年	49,202	59,536	251,149	110,477	470,366	67,033	3,423	459	2,933,910	196,868,789,030	4.4	16.4	4.16
2000 平成12年	48,679	67,436	240,411	105,308	461,834	91,368	4,418	603	2,837,936	259,296,536,448	3.2	9.9	6.63
2001 平成13年	51,076	76,279	264,391	86,117	477,863	201,256	9,626	1,271	2,831,918	569,940,489,008	1.1	13.8	5.49
2002 平成14年	42,720	67,651	350,672	88,353	549,397	116,903	6,780	778	2,689,841	314,450,482,423	7.4	11.0	6.39

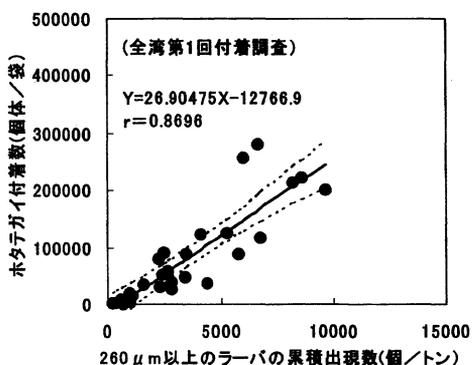


図1 260μm以上のラーバの累積出現数と付着数との関係（第1回付着調査）

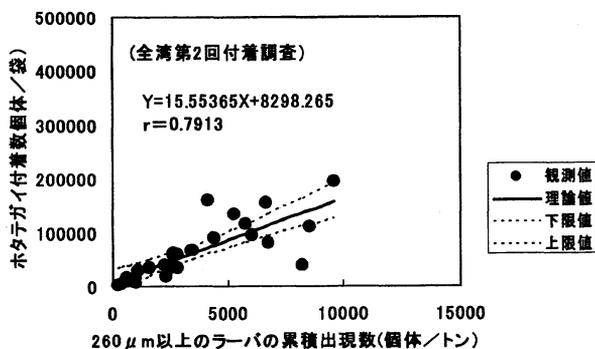


図2 260μm以上のラーバの累積出現数と付着数との関係（第2回付着調査）

そこで、母貝数と付着数、260 μm以上のラーバ数の関係について検討した。母貝1個体当りの260 μm以上のラーバ出現数と採苗器1個当りの付着稚貝数の関係及び母貝1個体当りの260 μm以上のラーバ出現数と全付着数（採苗器1個当りの付着数×採苗器投入数）との関係を図3、4に示した。これらの間には高い相関が認められた。このことは、付着数は母貝1個体からいかに正常な卵が産卵され、260 μm以上のラーバまで生き残るかによるものと考えられた。

母貝1個体当りから出る260 μm以上のラーバ出現数と各要素との関係を調べると、平均生殖巣重量と母貝1個体当りの260 μm以上のラーバ出現数との間には相関係数は低い負の相関関係が、1月～3月の平均水温と母貝1個体当りの260 μm以上のラーバ出現数との間には相関係数は低い正の相関の関係が見られた（図5、6）。1月～3月の平均水温と生殖巣重量の関係を見ると、負の有意な相関が見られた。このことは、水温の低い年は生殖巣が大きくなるが（図7）、260 μm以上のラーバの出現数は逆に少なくなることが言える。前述したように水温の低い年は正常卵の産卵数が減少することと一致する。

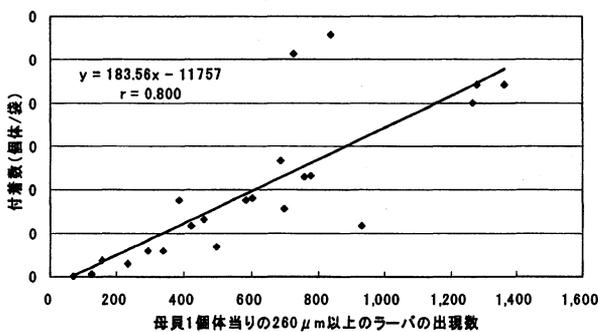


図3 母貝1個体当りの260 μm以上のラーバの出現数と採苗器1袋当りの付着数との関係

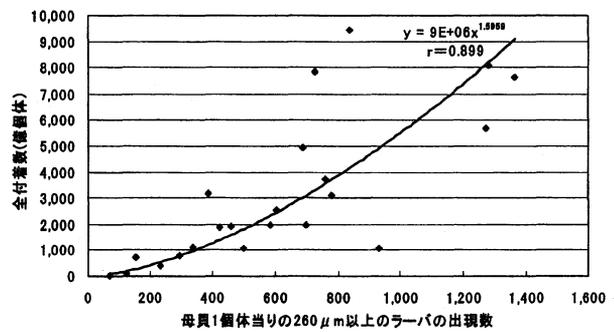


図4 母貝1個体当りの260 μm以上のラーバの出現数と全付着数との関係

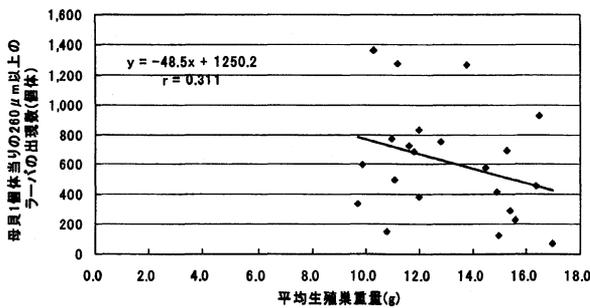


図5 平均生殖巣重量と母貝1個体当りの260 μm以上のラーバの出現数との関係

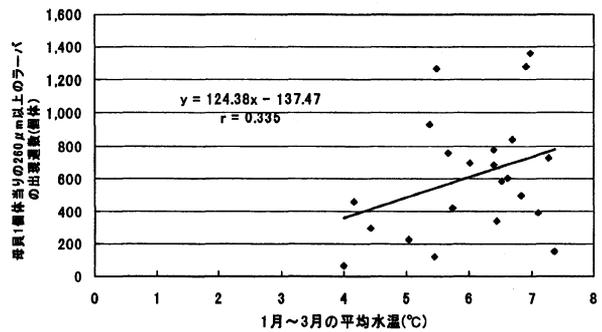


図6 1月～3月の平均水温と母貝1個体当りの260 μm以上のラーバの出現数との関係

また、森ら⁴⁾は変形貝（異常貝）では長期に性成熟状態を残すものが見られ、生理活性の変調を促進していると推定している。そこで母貝の質について検討するため、異常貝出現率と母貝1個体当りの260 μm以上のラーバ出現数の関係を図8に示した。異常貝出現率と母貝1個体当りの260 μm以上のラーバ出現数との間には負の有意な相関が見られた。このことは、異常貝の母貝は正常な卵を産卵できていないこと

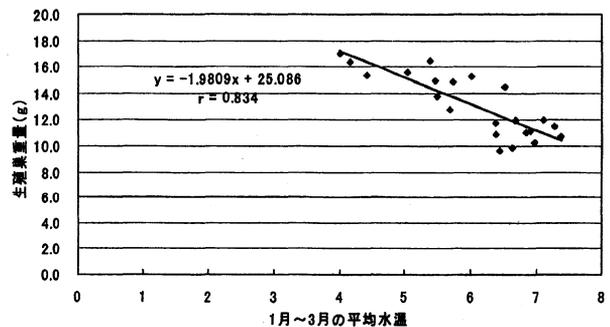


図7 1月～3月の平均水温と生殖巣重量の関係

が考えられた。

付着稚貝数を予想するには、ニホンコツブムシ、ヒトデによる付着後に捕食されて減少するとの要因もでてくるが、付着稚貝数と260 μm以上のラーバの出現数の間には有為な相関が見られるので、まずは母貝数、異常貝出現数、生殖巣重量、1月～3月の平均水温から260 μm以上のラーバの出現数を予想するために、重回帰を計算した。これら4要素から計算した重回帰式と重相関係数は以下のとおりとなり、有為な重相関が認められた。

ただし、260 μm以上のラーバの出現数は1660×10⁶m²（陸奥湾の面積）×38m（陸奥湾の平均水深）×260 μm以上のラーバの出現数、異常貝数は母貝数×異常貝出現率とした。

$$Y=1.17 \times 10^{-5} X_1 - 0.00052 X_2 - 199.554 X_3 + 177.8413 X_4 + 4666.737$$

$$r \text{ (重相関係数)} = 0.7795$$

Y=260 μm以上のラーバの出現数

X₁=母貝数

X₂=異常貝数

X₃=生殖巣重量

X₄=1月～3月の平均水温

さらに、この式から求めた予想値と実測値を表2に示した。

昭和52年に予想値が負になるとの不合理な値を示した。これは、この年の異常貝出現が40.3%と異常に高い値を示したためと考えられるが、昭和50年に大量へい死が起こりその影響が残ったためであるが、この異常貝出現率は前年秋の養殖貝のものであり、この頃の母貝は地まき貝の数が多かったと推定されるので、養殖ホタテガイの異常貝出現率をそのまま反映させた影響が出た可能性がある。最近では地まき貝の母貝が少なくなってきたので、その影響は小さいものと考えられる。

さらに、陸奥湾における全付着数（採苗器1個当りの付着数×採苗器投入数）と母貝数、異常貝出現数、生殖巣重量、1月～3月の平均水温との重相関を求めた。その結果は以下のとおりとなり、有為な重相関が認められた。

$$Y=10.9 \times 10^8 X_1 - 32194.3 X_2 - 2.22 \times 10^{10} X_3 - 1.32 \times 10^{11} X_4 - 1.1 \times 10^{-12}$$

$$r \text{ (重相関係数)} = 0.7026$$

Y=260 μm以上のラーバの出現数

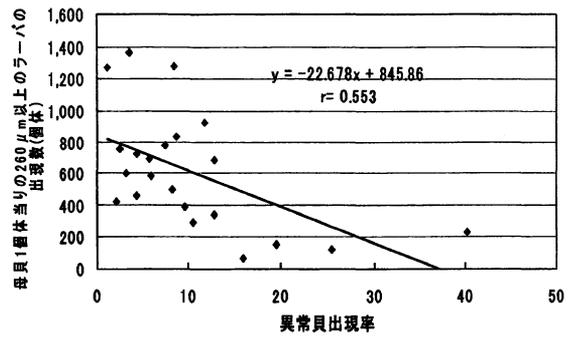


図8 異常貝出現率と母貝1個体当りの260 μm以上のラーバの出現数との関係

表2 260 μm以上のラーバ数の予想値と実測値

年	実測値	理論値
昭和51年	387	394
昭和52年	599	-999
昭和53年	2242	2530
昭和54年	2500	3321
昭和55年	1088	1893
昭和56年	2625	1388
昭和57年	199	661
昭和58年	1607	3240
平成元年	2297	4066
平成2年	988	2493
平成3年	5275	3941
平成4年	8577	4799
平成5年	3452	5344
平成6年	6667	5125
平成7年	8243	5670
平成8年	5792	6208
平成9年	6018	6633
平成10年	2811	5192
平成11年	3423	4630
平成12年	4418	6579
平成13年	9626	6283
平成14年	6780	6224

- X₁=母貝数
- X₂=異常貝数
- X₃=生殖巣重量
- X₄=1月～3月の平均水温

表3 260μm以上のラーバ数の予想値と実測値

昭和51年	1.005	3.351
昭和52年	4.273	-9.500
昭和53年	19.880	24.379
昭和54年	19.814	35.276
昭和55年	8.114	2.672
昭和56年	10.889	12.925
昭和57年	0.447	-6.464
昭和58年	10.842	24.287
平成元年	11.148	27.953
平成2年	7.590	32.450
平成3年	49.564	35.964
平成4年	81.029	43.141
平成5年	31.967	56.677
平成6年	94.352	48.191
平成7年	76.423	44.639
平成8年	37.465	44.637
平成9年	78.632	63.942
平成10年	19.111	43.912
平成11年	19.667	28.674
平成12年	25.930	47.750
平成13年	56.994	46.164
平成14年	31.445	45.561

全付着数についてもこの4要素で有為な高い重相関が見られることから、実質的にはある程度の精度で予想ができるが、ここでも同様に昭和52年と昭和57年に負の値がでてきた。ただし、前述したように昭和52年は異常貝出現率が極端に高いことが影響したと考えられるが、昭和57年は実際に採苗不振となり、種苗が不足した事態になった。付着数の予想は、豊漁の時にはその予想が多少精度が下がっても、必要数が確保できれば問題にならないが、不振の時に種苗が確保できなければ産業界の根幹に与える影響は大きいので、採苗不振の年を正確に予想できなければならない。今回の予想式の場合、水温は1月～3月までの平均水温を使用した。成熟する水温と産卵する水温を別々に扱う必要があるし、母貝の質の評価も異常貝としてではなく、別な方法で評価する必要がある。さら産卵された卵、ラーバは毎年全て陸奥湾に滞留するものとして扱っているが、年によってはかなり湾外に流失していることも考えられる。精度上まだ問題があるが、採苗不振についての予想はある程度可能ではないかと考えられる。ただし、採苗不振になってその付着数の絶対数が少ないと、その後の対策も採りにくいし、付着後にニホンコツブムシやヒトデの食害に会うと、さらにその事態は深刻になる。また、秋期の水温降下が早ければ翌年のホタテガイ稚貝の付着数が多いと言われているが⁵⁾、今回の調査結果では1月～3月の水温が低いと逆に付着数は少ないことが分かったが、いずれにしても水温の変動及び母貝の質が付着数を変動するのであれば、この環境変化または母貝の質的問題を加味しても十分な採苗数を補償するような母貝数を確保しなければならない。

平野¹⁾は、採苗器1袋当りの必要付着稚貝数は全湾平均4400個とすると10年のうち9年は採苗を保障するための母貝数は2億7千万個であると推定している。

最近では、採苗器1袋当りの必要付着稚貝数は5千個と言われている。ただし、この数値はヒトデ、ニホンコツブムシの食害に全くあわず、選別にかけないでの数であるので、陸奥湾での採苗器1袋当りの必要付着稚貝数はこれらのリスクをそれぞれ2倍見て、採苗器1袋当りの必要付着稚貝数を2万個とした場合の最低必要母貝数を計算してみた。

図8に過去の母貝数と採苗器1袋当りの付着稚貝数との関係を示した。この両者の間には有為な相関が見られ、99%の信頼区間の低い値で採苗器1袋当りの付着稚貝数が2万個に対応する母貝数は約2億5千万個体となった。陸奥湾では今後安定的に採苗器1個当りに2万個以上付着するには、母貝として最低2億5千万個が必要であると考えられる。

しかし、ホタテガイの付着稚貝数は地区によりかなり差があることが知られている。この数値は陸奥湾の平均値であるので、地域によってはこの2万個という数値が保障されない可能性があるが、今後さらに地域間の差を検討し、採苗予報の精度を上げていく必要がある。

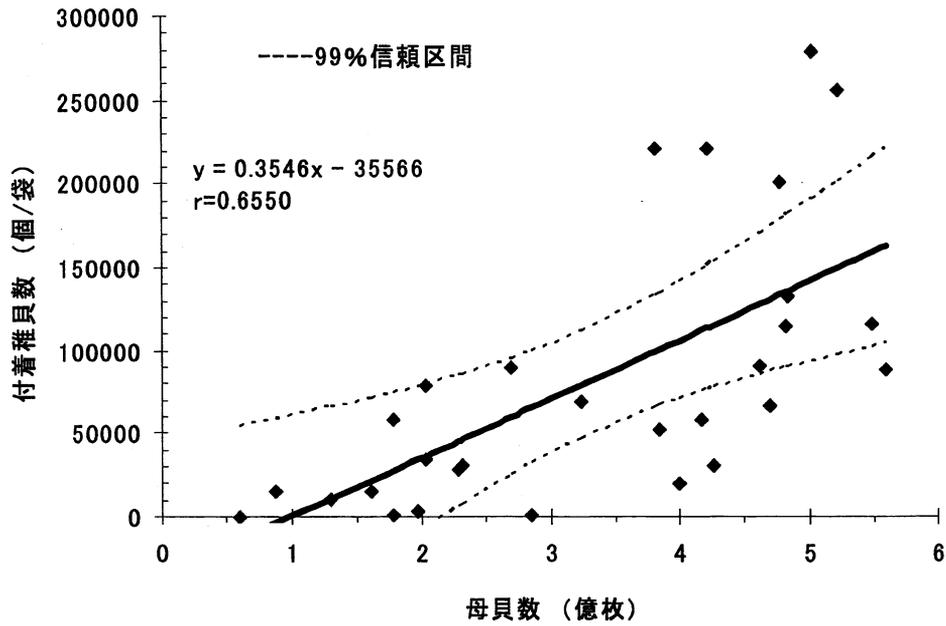


図9 母貝数と附着稚貝数の関係

4. 参考文献

- 1) 仲村俊毅ら (1980) : ホタテガイ天然採苗予報—電算機利用による稚貝附着数の予測—, 青森県水産増殖センター事業報告書, 9, 119-125.
- 2) 平野 忠 (1985) : 安定採苗のための母貝を確保しよう, 青森県水産増殖センター センターだより, 31, 5-6.
- 3) 小坂善信ら (1996) : ホタテガイ優良品種作出試験—II ホタテガイ1年貝の産卵について, 青森県水産増殖センター事業報告書, 26, 183-184.
- 3) 森ら (1977) : 山田湾養殖ホタテガイ1年貝に見られる生殖巣発達異常について, 日水誌, 43 (1), 9-17.
- 4) Ito, S et. al (1975) : Some problem on culture of the scallop in Mutsu Bay. Bulletin of Marine Biological Station of Asamushi X V, 2, 89-100.