カキ種苗生産場における生態学的研究—I.

仙台湾における母貝群の性状

小金沢昭光・後藤邦雄

(1971年4月12日受理)

Ecological Studies at a Seed Oyster Production Area—I.
Characteristics of Mother Oyster Populations in Sendai Bay

Akimitsu KOGANEZAWA and Kunio GOTO*

Sendai Bay of northern Japan is one of the well-known sources of seed oysters for supplies to both foreign as well as domestic markets. Production of seed oysters are dependent upon meteorological, hydrographical and topographical features of the fishing grounds on the one hand and, on the other, upon ecological characteristics of the oyster population, such as the breeding of mother oysters and dispersal or accumulation of their larvae. In this paper, the authors report the role played by mother oyster populations in the production on seed oysters in this area.

Cultured oysters were sampled at Kobuchi in Ojika Peninsula, Mangoku-ura in Ishinomaki Bay and Tona in Matsushima Bay, all within the larger Sendai Bay area. Growth, sexual maturity and breeding season of the oysters and the amount of spawned eggs were determined both morphologically and histologically.

The oysters from the relatively oligotrophic waters of Mangoku-ura in Ishinomaki Bay and those from Kobuchi in Ojika Peninsula, where the effects of oceanic conditions are apparent, were characterized by smaller growth rates and lesser amounts of spawned eggs than the oysters from the more eutrophic Matsushima Bay. The Matsushima Bay group, together with the Mangoku-ura oysters, also showed an earlier incidence of spawning. Results of a survey on oyster larvae which was carried out in Sendai Bay during the period 1965-1968 strongly suggest that the Matsushima Bay population of mother oysters contribute to the larger part of the production of eggs and, through the larval stages, setting of oyster spats in Sendai Bay. Based on these results, the authors have discussed the possibility of improving seed collecting techniques, including the prediction of periods and areas of oyster spat setting in this Bay.

仙台湾に位置する松島湾、万石浦、牡鹿半島南岸部および鳥の海の各湾は、毎年約 350 万連のマガキ (*Crassostrea gigas*) 種苗を生産し、国内、国外へのカキ種苗供給地として知られている。この仙台湾の限られた地域で高密度のカキ種苗の生産が発展してきた背景には、母貝の生産と幼生の移動、集積等一連の生物現象に関与する地理的、環境的諸要因を備えた特性があるといえる。

本研究では仙台湾における母貝群、幼生群等の生態、性状の面から種ガキ生産機構の解明を進めており、その一環として、仙台湾主要生産場 3 湾における垂下養成母貝の性状を調査し、採苗対象となる幼生産出母貝としての意義について検討し、二、三の知見を得たのでここに報告する。

* 宮城県水産試験場 (Fish. Exp. St., Miyagi Pref., Nagahama, Ishinomaki, Japan)

Fig. 1. Map showing topography and experimental location in the northern Sendai Bay.

Fig. 2. T-S diagram of experimental location.

月には各2回、計14回行ない、無作為に30個体ずつ採集して20個体を成長、身入り調査に、残る10個体を組織性状調査に供した。成長調査は殻付全重量、殻付全容量、殻内容量(殻付全容量一貝殻容量)、生肉重量、乾肉重量、身入り指数 $\left(\frac{\text{乾肉重量 (gr)}}{\text{殻内容量 (cc)}} \times 1,000 \right)$ をそれぞれの個体ごとに求めた。組織性状調査は、軟体中央部を横断する厚さ3~5mmのブロックを、10%中性ホルマリンで固定後、8μのパラフィン切片としてMayer's Hematoxylin-Eosin染色を行ない検鏡した。軟体部横断面積、生殖巣面積は、組織切片を同一倍率で拡大撮影し軟体部および生殖巣の重量を測定して、軟体部横断面積指数および生殖巣面積割合を求めた。

結 果

成 長 3群の軟体部生肉および乾肉重量の季節的变化はFig. 3に示した。

両重量共に、1月から5~6月にかけての増加、8月、9月における減少およびその後の増加という全群に共通した一連の季節的变化を示したが、各群の間には、個体重量、変化の幅および変化時期に明らかな差異が認められた。すなわち、各群間の差異として、東名群は6月をピークとする増加、減少の急激な変化を、万石浦群は周年にわたる低重量を、小淵群は前2群に比べ2ヶ月遅い夏の減少傾向をそれぞれ特徴的に示している。

身入り 3群の身入り指数および軟体部水分含量の季節的变化をFig. 4に示した。

調査地の概況および調査方法

試験はFig. 1に示す松島湾東名、万石浦湾奥部、牡鹿半島小淵湾の3試験地で、1966年夏、各地先で採苗後、床上げ抑制した種苗をそれぞれの湾で試験開始まで垂下養成し、1968年1月、試験連からカキを切り離し粒ガキ状にして金網籠(38cm×38cm×15cm)に一籠当り30個収容し、試験筏から水面下2mの深さに垂下し試験に供した。

3試験地付近の過去5ヶ年平均のT-SダイアグラムをFig. 2に示したが、松島湾は有機的に汚濁した富栄養性内湾で、夏期の高水温、低鹹、冬期の低水温等、環境の変化が激しく、種ガキ、身ガキの生産地であるが、近年身ガキの生産は著しく減少している。

万石浦は、外海と幅狭い水道によって連絡している貧栄養性閉鎖型内湾であり、特に試験地は湾奥部であるため水の交流は悪いが、湾口部周辺では大量の種ガキが生産されている。小淵湾は、リアス式の深い内湾で河川水の流入はほとんど無く、外洋水の影響を直接受け易いため、松島湾、万石浦に比較し、環境は安定しており、種ガキ生産と筏、延縄による身ガキ生産が行なわれている。

これら3湾に垂下した試験ガキの採集調査は、1968年1月から12月まで毎月1回、8、9

Fig. 3. Seasonal change of meat weight.
 — Tona
 ---- Mangokuura
 -.-.- Kobuchi

Fig. 4. Seasonal changes of condition index and water contents.
 — Tona
 ---- Mangokuura
 -.-.- Kobuchi

Table 1. Activity of interstitial cells of each month.

	Tona	Mangokura	Kobuchi
Jan. 18	-----	-----	-----
Feb. 8		- * +	-----
Mar. 11	----- -- *	-----	-----
Apr. 9	-----	-----	-----
May. 10	-----	-----	-----
Jun. 10	-----	-----	-----
Jul. 10	- * * * * + + +	-----	-----
Aug. 10	-----	-----	-----
Aug. 26	- * * * * * + +	- * * * * * *	- * * * * *
Sep. 11		----- * * +	* * * * * * + +
Sep. 26	- * * * * + + +	----- - * *	* * * * * +
Oct. 14	----- * * *	-----	----- * * *
Nov. 12	----- *	----- *	----- * *
Dec. 9	----- * * *	----- * * *	----- --
Total	* 23/94 + 9/94	* 18/110 + 2/110	* 19/105 + 6/105
%	* 24.5 + 9.6	* 16.4 + 1.8	* 18.1 + 5.7

Remarks. -: Normal, *: Moderate activity, +: Increased activity

身入り指数は、軟体部生肉および乾肉重量の変化と同様の傾向を示し、1月から6月頃までの身入りの充実化、7月から9月までの身入りの減少と水分増加、その後の停滞等の一連の動きは、重量で見られた変化とはほぼ一致する。しかし、3群間では小淵群は周年にわたる高度の身入りと6月の71%を最低とする3月から8月までの低い水分含量を維持しており、東名群は身入り指数が軟体部重量と同様に6月前後において急激に変化するが、水分含量の変化は緩慢である。万石浦群は常に身入りは不良であり、水分含量も多い。また夏に起きる急激な身入りの減少は東名群、小淵群の間に2ヶ月の差を伴って発現している。

Table 2. Inflammation of digestive diverticulum of each month.

	Tona	Mangokura	Kobuchi
Jan. 18	----- -----+	----- -----+	----- -----*
Feb. 8		----- *+ +	----- - * *
Mar. 11	----- -- *	----- -- *	----- -- *
Apr. 9	----- --	----- - * *	----- -- *
May. 10	----- --	----- --	----- --
Jun. 10	----- -- *	----- * * +	----- - * *
Jul. 10	----- --	----- - * +	----- --
Aug. 10	----- -- *	----- * * * *	----- --
Aug. 26	----- * * +	----- + +	----- *
Sep. 11		----- + + +	----- --
Sep. 26	----- --	----- -- *	----- --
Oct. 14	----- --	----- * * +	----- -- *
Nov. 12	----- --	----- --	----- * +
Dec. 9	----- -- *	----- * * *	----- - * *
Total	* 6/94 + 2/94	* 29/110 + 13/110	* 12/105 + 1/105
%	6.3 2.1	26.3 11.8	11.4 0.9

Remarks. -: Normal, *: Moderate, inflammation, +: Increased inflammation

著しく減少し、9月上旬にはほとんど消失した。

万石浦群の生殖巣発達過程は、東名群と時期的に同様な傾向を示すが、産卵終了期は9月上旬で東名群に比較して約半ヶ月の遅れが認められた。また生殖巣面積割合は、最高に達する7月上旬に30.8%と東名群より劣るが、その後の減少は東名群と同様に8月下旬まで急速に進み、9月下旬には消失する。

一方、小淵群は上記2群とかなり異なり、雌は2月、雄は3月から緩慢な増殖分裂が始まり、精子および成熟卵が生殖腔内に充満する成熟期は7月上旬から8月上旬までであり、その後産卵形跡は8月上旬以降9

内部組織性状 各試験地におけるカキの組織性状調査の結果、試験地ごとに消化盲嚢部間質における游走細胞の活性像、消化盲嚢細管の上皮退縮像(細管退縮像)等の出現割合の異なることが観察された。これらの特異的な性状の時期別、試験地別出現頻度を求め、その結果はTable 1, Table 2に示した。

游走細胞活性像は東名群が7月以降、万石浦、小淵両群は8月下旬から頻度が高くなり、以後12月までの間に集中して発現し、強度の活性像は東名、小淵両群の9月に高い頻度で出現した。活性像を示す個体の出現する割合では、東名群が最も多く(*: 24.5%, +: 9.6%), 次いで小淵群、万石浦群の順であつたが、出現割合の少ない万石浦群においても(*: 16.4%, +: 1.8%), 東名群より幾分少ない程度で試験地間には大差は認められなかつた。細管退縮像の出現割合では游走細胞活性像の出現性にみられた夏期以後における集中的出現傾向が万石浦群にみられたのみで、東名、小淵両群では散発的な出現割合を示している。

一方細管退縮個体の割合は、游走細胞活性の場合と全く逆に、万石浦群が最も多く(*: 26.3%, +: 11.8%), 次いで小淵群、東名群の順であつた。

生殖巣の発達と産卵期 3群の組織観察による生殖巣の発達過程および組織切片による軟体部横断面積と生殖巣面積等、産卵期、産卵量に関する調査結果をTable 3, Fig. 5に示した。

東名群は雌雄共に4月上旬より増殖分裂が活発になり、6月上旬には精子および成熟卵が観察された。その後7月上旬のほとんどの個体は精子および成熟卵で充満し、軟体部面積に対する生殖巣の面積は最高に達する。産卵の形跡と判断される生殖腔内の空胞化と密度の低下は、7月上旬では一部の個体に、8月上旬にはほとんどの個体に認められ、8月下旬においてはごく一部の生殖腔内に精子、卵が残存しているだけで、ほとんどの生殖腔は萎縮し空胞化している。生殖巣面積割合は、7月上旬46%と最高に達したのち、産卵形跡の増加に伴い8月下旬まで

Table 3. Seasonal changes of the ovary and testis by microscopic observation.

			Jan. 18	Feb. 8	Mar. 11	Apr. 9	May 10	Jun. 10	Jul. 10	Aug. 10	Aug. 26	Sep. 11	Sep. 26	Oct. 14
Tona	♂	G.E spc spt spz SP	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	♀	Y.O L.O M.O SP				*	*	*	*	*				
Mangokuura	♂	G.E spc spt spz SP	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	♀	Y.O L.O M.O SP				*	*	*	*	*	*			
Kobuchi	♂	G.E spc spt spz SP	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	♀	Y.O L.O M.O SP		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Notes. G.E: germinal epithelium, spc: spermatocyte, spt: spermatid, spz: spermatozoon, Y.O: young oocyte, L.O: later growth oocyte, M.O: mature oocyte, SP: spawning

Fig. 5. Changes of total and gonadal area in cross section examined during summer.

— Tona
 - - - Mangokuura
 - · - · - Kobuchi

月上旬まで継続的に増加し、完全に生殖腔が萎縮し空胞化する時期は9月下旬である。また生殖巣面積割合は成熟期の8月上旬まで増加し、以後9月下旬にいたるまで減少するが、特に8月下旬以降の減少が著しかった。これらの変化は、生殖巣の発達および産卵形跡の増加等組織性状における変化と共に、東名、万石浦両群より約一ヶ月遅い産卵期を明確に示している。

次に3群の産卵量を軟体部横断指数および生殖巣面積割合から検討すると、生殖巣面積割合が成熟期においてほとんど同程度の東名、小淵両群は横断面積指数においてもほぼ同様であることから、産卵量は同量であると考えられ、万石浦群は横断面積指数が他の2群の約3分の1程度で、生殖巣面積割合も少ないことから、産卵量は他の2群よりかなり低下することは明らかである。

考 察

カキ種苗生産地は仙台湾が北限とされ、生産量は毎年、松島湾 80 万連、万石浦 110 万連、牡鹿半島沿岸部 160 万連と国内総供給量の 93% を占めている。このカキ種苗の生産を支えている産卵母貝群と浮游幼生群は、母貝生育環境と浮流水塊の移動を左右する仙台湾の気象、海況との密接な関連のなかで、カキ種苗の生産機構を形成している。

本調査では今回の試験地とした環境、地形等の諸条件を異にする 3 漁場に生育するカキが産卵母貝として、カキ種苗生産機構のなかで果たす役割を検討した。

仙台湾産カキの一般性状として生肉および乾肉重量、身入り指数、水分含量等の軟体部には産卵期を中心とする季節的变化が認められた。すなわち、7、8 月における産卵によつて著しく重量の減少したカキは、9 月頃、水ガキ状の身入りを呈し、以後重量の増加による回復成長と、1 月以降身入りの増大と水分含量の低下を伴いながら産卵期まで成長を続ける。この 1 月以降の成長期は生殖巣の組織面での観察により、増殖分裂が 4 月頃から活発化する事実が明確になったことから、1 月から 4 月までの「成長充実期」と 4 月以降の「性成熟期」に区分される。

さらに 3 群の身ガキは、上記の成長面での季節的变化と共に、各漁場環境に対応した産卵量を持つことが明らかとなった。すなわち、東名群の場合、産卵期前後の成長面での変化は著しい早さで進み、また産卵後の重量の回復速度も同様である。この現象は、河川水流入と有機的汚染による松島湾の富栄養的特性に起因するものと推定される。万石浦群は常に成長の指標値は 3 群のなかで最低であり、貧栄養状態におかれた水ガキの性状を呈している。一方、小淵群は東名群と類似する成長を示すが、緩慢な性成熟、低水分含量、高い身入り等は 3 群のなかで最も安定充実したカキの性状を呈しているといえる。

この 3 群の季節的变化と漁場別の成長からみられた差違は組織性状面においても認められた。すなわち、消化盲嚢部間質の游走細胞活性像は、3 群共に生殖巣に産卵形跡が確認された時期から発現し、特に東名、小淵両群にこの傾向が著しい。この現象は東名、小淵両群の産卵量が万石浦群をかなり上回ることから、活性像の出現頻度が産卵量と正の相関があるものと推測され、この性状はカキの産卵に伴う生理的現象と思われる。次に消化盲嚢細管上皮退縮像については、玉手ら¹⁾は細管上皮面積の産卵期に向かう減少傾向と分泌機能の著しい低下を認め、これを産卵期におけるカキの生理的負担過重の現われと指摘している。本調査では産卵量の多い東名、小淵両群が散発的発現を示し、万石浦群のように産卵量の少ない水ガキ状のカキにおいて、産卵期以後も高い頻度で発現したことから、この現象は万石浦群が極めて貧栄養条件下にあり、周年にわたる生理的疲弊現象の組織性状面における発現と考えられる。

以上の 3 群にみられた成長、組織性状等の差異は、仙台湾に面する内湾漁場間における漁場特性の差に起因し、この差異が産卵量を支配する要因となっており、産卵母貝特性として東名、小淵両群は多量産卵母貝群に、また万石浦群は少量産卵母貝群に規定されるものと思われる。さらに多量産卵母貝として特徴づけられる東名、小淵両群は生殖巣面積割合の変動と生殖巣の組織観察から、この 2 群の間には約 1 ヶ月の産卵時期の差があり、東名群は早期（7 月上旬～8 月上旬）産卵母貝群であり、小淵群は晚期（8 月上旬～9 月上旬）産卵母貝群といえよう。一方、万石浦群は東名群とほぼ同時期に産卵することから、上記の区分に従えば早期少量産卵母貝といえる。

本調査で対象とした母貝は、仙台湾に面する各内湾に生育しているものであるが、この内湾域の母貝から産出された幼生の分布、移動について、小金沢²⁾、菊地³⁾、菊地ら⁴⁾は、幼生の分布が沖合に及ぶことを指摘し、また宮城県水産試験場によるカキ浮游幼生出現状況調査^{5) 6) 7) 8) 9) 10)}によれば、沿岸部各内湾で産出された幼生群が沿岸流、吹送流等によつて分散、移動、集積し採苗対象群を形成することを提示している。

この仙台湾における幼生の分散、集積現象に基本的に関与する母貝群は、本調査で明らかになったように生育環境によつて、その性状、産卵期、産卵量等の特性が異なることから、仙台湾におけるカキ種苗生産機構に対する各母貝群の意義も、母貝特性に応じ評価されるべきであろう。

さらに、1)、1965 年から 1968 年の浮游幼生出現初期を Fig. 6 に示したが、初期出現は冷水塊による異

Fig. 6. Distribution of oyster larvae at the initial appearance in the northern Sendai Bay.

Number of oyster larvae
in 100 L sea water

常海況 (1965 年) を除き、通常 7 月中旬以前で、幼生は松島湾を中心に仙台湾に分布していること、2) 仙台湾に面する各内湾部では 7 月下旬から 8 月上旬の間に第一、第二の採苗対象群が形成されること、3) 本調査年は松島湾、万石浦、小淵湾の 3 湾とも採苗期は 8 月 3 日から 10 日にあつたこと (宮城県水産試験場¹⁰⁾) の 3 点から母貝特性と幼生出現の時期とは平行関係にあるものといえよう。すなわち、小淵群の晩期産卵群は仙台湾における幼生浮游期が 2 週間から 3 週間にわたることから、平常年における採苗対象幼生群を形成するとは考えられない。また万石浦群は早期産卵群ではあるが産卵量は限定され、母貝としての依存度は小さいものといえる。

この結果、東名群を含む松島湾母貝群によつて早期に産出される大量の幼生群が、仙台湾における通常の採苗対象主群を形成することは明らかで、松島湾母貝群の仙台湾におけるカキ種苗生産に及ぼす影響力は極めて大きいものといえる。

以上、仙台湾のカキ種苗生産のなかで、生産の基盤を形成する母貝群の果す役割について述べたが、このことは採苗予報技術、採苗場の沖合化を計る上で重要な示唆を与えたものと思われる。今後産卵後の幼生群の動向を支配する要因について稿を改めて報告したい。

本論文を終えるに当たり、調査を共にした宮城県水産試験場魚介類研究室の諸兄に厚くお礼を申し上げる次第である。

要 約

仙台湾における主要養蠔場である松島湾東名、石巻湾万石浦、牡鹿半島小淵湾に生育する母貝群の成長、身入り、一般組織性状、性成熟等の季節的変化を調査し、仙台湾産カキの産卵母貝群としてカキ種苗生産に果す意義について検討し、次の知見を得た。

1. 仙台湾産カキの軟体部重量、身入り状況、産卵期等は母貝養成地の漁場特性によつて異なることが明らかにされた。
2. 軟体部組織性状では、消化盲嚢間質の游走細胞活性像が産卵後の生理的現象として、消化盲嚢細管上皮退縮像は貧栄養条件下における生理的疲弊現象として発現する傾向を示した。
3. 松島湾東名群は良好な身入りと急速な成長および性成熟を示す早期大量産卵母貝の性状を示す。石巻湾万石浦群は貧栄養条件下にあつて、身入り、成長は不良で生理的に疲弊しているため、早期産卵母貝ではあるが産卵量は少ない。牡鹿半島小淵群は外洋水の影響を受け、身入り、成長、性成熟等は安定し、晩期大量産卵母貝の性状を呈する。
4. 仙台湾に面する内湾部で産出されたカキ幼生は気象、海況によつて沖合部へ移動して成育し、7 月下旬から 8 月上旬にかけて各内湾に集積し採苗対象群を形成するものと推定される。
5. 仙台湾におけるカキ種苗の生産機構は、各内湾の母貝特性と気象、海況、地形等に起因する幼生の分

散，集積現象が相互に関連し，このなかで松島湾産母貝が早期大量産卵母貝として採苗対象主群を形成し，カキ種苗生産に果す役割は極めて大きいことが明らかにされた。

文 献

- 1) 玉手英夫・沼知健一・森 勝義・市川 収・今井丈夫：東北水研報告，**25**，89～104 (1965)。
- 2) 小金沢昭光：水産増殖シンポジウム「種苗の初期減耗」，14～27 (1958)。
- 3) 菊地省吾：東北水研報告，**16**，118～126 (1960)。
- 4) 菊地省吾・菅野 尚・佐藤重勝・佐野 孝：東北水研報告，**19**，164～170 (1961)。
- 5) 宮城県水産試験場：カキ幼生浮游状況調査速報，1～9 (1963)。
- 6) 宮城県水産試験場：同誌，1～9 (1964)。
- 7) 宮城県水産試験場：同誌，1～11 (1965)。
- 8) 宮城県水産試験場：同誌，1～13 (1966)。
- 9) 宮城県水産試験場：同誌，1～10 (1967)。
- 10) 宮城県水産試験場：同誌，1～9 (1968)。