岩手県唐丹湾における養殖ホタテガイ生殖巣の 周年変化に関する組織学的研究

森 勝義・長内健治・佐藤隆平

(1974 年 11 月 26 日受理)

Seasonal Gonad Changes in Scallops under Culture in Tōni Bay, Iwate Prefecture

Katsuyoshi MORI^{*1}, Kenzi OSANAI^{*2}, and Ryuhei SATO^{*1}

Seasonal changes of the gonads of scallops, *Patinopecten yessoensis* (JAY), cultivated by the hanging method in Tōni Bay, Iwate Prefecture, were observed histologically. The gonad condition was classified into seven stages: I. undifferentiating stage (immature stage), II. early differentiating stage (follicular stage), III. growing stage, IV. mature stage, V. spawning stage (partially spent stage), VI. post-spawning stage (completely spent stage) and VII. degenerating stage. Using this classification, the seasonal changes of the gonad condition of scallops, from one year until two years and two months after birth during 1972~1973, was recorded. In Tōni Bay the gonad began to differentiate into oocytes or spermatocytes in September and increased in their volume, by the multiplication of the reproductive cells, in December and reached to mature conditions by February-March. Spawning seemed to take place during April-May. The reproductive cells that remained in the spent gonad degenerated or were absorbed during June-July. In the one-year-old specimens collected in May hermaphroditic gonads were present. Here spermatozoa and spermatids were surrounded by oocytes composed of follicle wall. The presence of hermaphroditism suggests that the scallop alters its sexual phase from male to female in the process of development. The mature or partially spent gonads observed in the two year-old specimens, which were collected in July, 1973, indicated a fall in spawning activity and a non-synchronizing sexual maturation under the conditions of Tōni Bay.

近年、三陸沿岸においてもホタテガイは盛んに養殖され、水産上主要な位置を占めるに至つたが、養殖個体数の増加にともなつて一部地域で大量斃死が問題となつてきた。ホタテガイは北方系の生物であり、砂泥地にすむ底生動物であるが、これを南の水域に移して垂下する養殖条件は本来の生息地のそれとは著しく異なつたものと考えられる。したがつて、斃死原因の解明や養殖密度の適正範囲の推定などには養殖条件下におけるホタテガイの生理特性を把握する必要がある。しかし、これまでこの面からの生物学的研究はほとんどなされていない。筆者らは養殖ホタテガイの生理学および病理学的研究を進めつつあるが、本研究はその中の一つで、三陸沿岸における養殖ホタテガイの基準的な性成熟周期を知る目的でおこなわれた。

材 料 と 方 法

材料に使われたホタテガイ *Patinopecten yessoensis* (JAY) は岩手県唐丹湾で垂下養殖されたものである。唐丹湾ではホタテガイの斃死はほとんど見られず、三陸沿岸水域での基準的な生理周年変化を示すもの

^{*1} 東北大学農学部 (Faculty of Agriculture, Tohoku University, Sendai, Japan).

^{*2} 東北大学理学部附属臨海実験所 (Marine Biological Station, Tohoku University, Asamushi, Aomori, Japan).

と考えられる。調査ホタテガイの種苗は 1971 年および 1972 年 11 月にそれぞれ青森県陸奥湾より搬入され、ネット籠で中間養殖後翌年 6 月に耳吊りされたものである。材料の採取は唐丹湾内の 2 地点、大原尻沖および仲網において 1972 年 9 月より 1973 年 7 月まで 1~2 か月おきにおこなった。採取したホタテガイ 153 個体から生殖巣（内臓囊）を取り出し、BOUIN 液で固定した。令は受精時期を 5 月として推定した。したがって、調査個体の年齢は満 1 年から 2 年 2 か月までである。固定後、生殖巣を長軸に直角に中央部で切断し、厚さ 1~2 mm の細片とし、アルコール脱水後通常のパラフィン法により厚さ 10 μ の横断切片標本とした。染色は DELAFIELD ヘマトキシリン・エオシン法によつたほか、一部ではアザン染色を併用した。

観 察 と 結 果

ホタテガイ生殖巣の発達段階 唐丹湾養殖ホタテガイ生殖巣の発達段階を記載の便宜上 7 段階に区分した。この区分はサロマ湖産ホタテガイに関する和久井・小原³⁾の段階区分およびアメリカ産の *Aequipecten irradians* LAMARCK についての SASTRY⁴⁾の区分に準じたものであるが、上記二者によつて記載されていない退行期を新たに設定した。各期における生殖巣の発達状態は次のようである。

第 I 期（未分化期または未熟期）。生殖巣は萎縮し、半透明で、肉眼のみならず組織像からも雌雄の判別が困難である。汭胞上皮に沿つて生殖原細胞が見られ、時には生殖母細胞（精母細胞または卵母細胞）が少数点在している（Plate I, 1-3）。

第 II 期（分化初期）。精巣は半透明で、卵巣はやや不透明となる。肉眼では雌雄の判別は困難であるが、組織像からは明確に区別できる。汭胞上皮内面に生殖細胞がほぼ一層に並列する。精巣では精原細胞が増加すると共に第一次精母細胞への発達が見られ、卵巣では小型の第一次卵母細胞（胚胞の直径 15 μ 以下）が汭胞壁に並ぶ（Plate I, 4, 5）。

第 III 期（成長期）。精巣は無色半透明で、卵巣は淡橙色を呈する。精巣では精母細胞の数が著しく増加し、減数分裂も進行し、精原細胞から第二次精母細胞に至る種々の段階の雄性生殖細胞が汭胞内を埋め始め、汭胞腔の空所は狭まる。卵巣では卵母細胞は容積を増し、直径 15~20 μ の胚胞を有し、汭胞上皮から内腔に向つて伸び、洋梨状を呈する。汭胞中央部にはなお広い空所が残っている（Plate I, 6, 7）。

第 IV 期（成熟期）。精巣は乳白色、卵巣は黄赤色または紅色で、肉眼により容易に判別できる。精巣では汭胞内に精子が充満し、精子の集合によつて生じる放射状構造が認められる。汭胞の周縁部には各発達段階の精母細胞および精細胞が層をなす。卵巣では直径 50~75 μ の卵母細胞が汭胞壁を離れて内腔に充満する。十分成長した卵母細胞のほか、成長途上の小型卵母細胞も多数認められる（Plate I, 8, 9）。

第 V 期（放出期）。SASTRY²⁾の partially spent stage に相当する。放精または放卵がおこなわれ、汭胞内に空所が見られ始めるが、なお成熟生殖細胞および発達途中の細胞が残存している。生殖巣の一部の汭胞で生殖細胞の放出が完了し、他の部分では成熟細胞を充満したままである場合もこの段階に含まれる（Plate II, 12, 13）。

第 VI 期（放出後期）。放精または放卵を完了または終了した状態。成熟生殖細胞はほとんど見られないか、極く少数残存するのみで、汭胞はほとんど空になる。しかし、汭胞上皮に接して一層または数層の生殖母細胞が残存する場合もある（Plate I, 10-11）。

第 VII 期（退行期）。放出されずに残つた生殖細胞が退化・吸収される時期で、崩壊中の生殖細胞や多数の遊走細胞が見られる。この段階は通常放出終了後に見られるものであろうが、時には成熟期や放出期の途中から退行期に入るものもあると思われる（Plate II, 14, 15）。

上記 7 段階のうち第 I 期から第 IV 期までは和久井・小原³⁾の区分にほぼ一致し、また SASTRY²⁾の Stages I~IV にそれぞれ相当する。SASTRY²⁾は放出期を partially spent stage と completely spent stage に区別したが、本報告でもこれに従つて第 V 期および第 VI 期を設けた。和久井・小原³⁾の第 V 期（放出期）は partially spent stage に相当し、completely spent stage は第 I 期（未熟期）に含まれてい

Table 1. Gonad condition of scallops in Tōni Bay, 1972-1973

Station	Date	Age (years)	Average Body Length (mm)	Gonad Condition														Total Numbers
				Testis							Ovary							
				I	II	III	IV	V	VI	VII	II	III	IV	V	VI	VII		
Oharajiri	May 18, '73	1* ¹	62.3							2			4(2)* ²	1			7	
	July 18, '73	1* ¹	66.0	7						3							10	
	Aug. 23, '73	1* ¹	76.9	5													5	
	Sept. 27, '72	1	—	5	4						1						10	
	Dec. 7, '72	1	77.3		6	1					2	1					10	
	Feb. 1, '73	1	81.2		1	4							5				10	
	Mar. 14, '73	1	79.7				3						7				10	
	May 18, '73	2	93.9						4						1		5	
July 18, '73	2	90.9				1		1	3				3	1	1	10		
Naka-ami	May 18, '73	1* ¹	60.6							3			3(1)* ²	1			7	
	July 18, '73	1* ¹	66.2							7					2	1	10	
	Aug. 23, '73	1* ¹	63.8	10													10	
	Sept. 27, '72	1	—	4	3						2						10	
	Dec. 7, '72	1	77.4		7							3					10	
	Feb. 1, '73	1	73.4			3	2					1	4				10	
	Mar. 14, '73	1	80.7				3						7				10	
	May 18, '73	2	92.8						4						1		5	
	July 18, '73	2	96.7				1	1	1	1			1	4	1		10	

*¹ Marked specimens were transplanted in November, 1971, and the others in November, 1972, from Mutsu Bay.

*² Parenthesized number shows hermaphroditic gonad.

ると推定される。

和久井・小原³⁾および SASTRY²⁾ はともに退行期 (第 VII 期) を設定していない。順調な生理活性を持續できる自然生息地の正常個体群では退行期があつたとしても短期間で経過してしまい、顕著に現れないのかも知れない。しかし、唐丹湾での養殖個体群には退行像を示すものが少なからず現れることから退行期を設定した。

生殖巣の季節変化 前述の発達段階区分により調査 153 個体の生殖巣の発達状態を採集地点、採集日および雌雄別に記録した (Table 1)。この結果から、大原尻沖と仲網の 2 地点間で生殖巣の発達経過に差を認め得なかつたが、雌雄間では精巣の成熟が卵巣成熟に先行する傾向が認められた。生殖巣発達経過の唐丹湾における全体的傾向を知るため、採集地点および性を区別せず、採集日別に各段階を示す生殖巣の比率を百分率で図示した (Fig. 1)。

これらの結果から、唐丹湾養殖ホタテガイでは 9 月頃より生殖巣内に卵母細胞または精母細胞が発達し始め、12 月には成長期に入り、2~3 月に成熟期に達し、4~5 月に放卵または放精するものと推定される。

生殖細胞の成熟および放出が正常に進行した場合、夏期においては生殖巣は空で、生殖細胞をほとんど所有していないと思われる。しかし、1973 年 7 月 18 日採集の 2 年貝ではその半数以上で成熟状態を残した生殖巣が認められた。すなわち、成熟期または一部放出したのみで大部分の配偶子は生殖巣に残存している状態のものであつた。したがって、これらの個体では生殖細胞の放出活性が低く、生殖細胞の大部分は放出され得ないまま生殖巣内に留まつたものと推定される。この時期には退行期生殖巣も認められ、これでは成熟生殖細胞が放出された後に残つた未熟細胞が崩壊・退化している。

満 1 年貝における性成熟と性分化 1973 年 5 月 18 日に採集した満 1 年貝 (平均殻長 6.2 cm) では

Fig. 1. Seasonal change of gonad condition of scallops in Tôni Bay, 1972-1973. Frequencies of gonadal stages, I-VII, are shown in per cent.

精巣・卵巣ともに小さく、汙胞も小形で数も少なく、汙胞間に疎性結合組織が広く発達していた。しかし、精巣では多かれ少なかれ成熟精子が認められ、成熟期または精子を一部放出した状態（放出期）にあつた (Plate II, 12, 13)。すなわち、満 1 年までに雄は一応の成熟状態に達する。一方、卵巣では成熟卵母細胞は認められなかつたが、小または中型の卵母細胞が発達し、汙胞壁に沿つて並列していた。しかし、崩壊・退化中の卵母細胞も多く見られ、雌は満 1 年では十分な性成熟までに至らないまま退化・吸収されるものと思われる。

満 1 年貝の観察個体 14 中 3 は雌雄同体の生殖巣を所持していた。これらの生殖巣は同一生殖汙胞内に雌雄両者の生殖細胞を同時に含むもので、汙胞中央部に成熟精子が存在し、その周辺に精細胞または精母細胞、さらにその外側に汙胞上皮に接して小・中型の卵母細胞が点在または並列していた (Plate II, 16-19)。これに続く 1 年 2 か月 (1973 年 7 月 18 日採集) の個体では雌雄同体型生殖巣は見られず、調査個体の半数は退行期で、他は放出後期または未分化期にあつた。この時期の生殖巣退行は、雄では成熟精子の放出終了後に残つた精母細胞が退化し、雌では卵母細胞が十分成長・成熟するまでに至らず、それ以前の段階から退化・吸収されるものと推定される。汙胞中央部に空所が見られ、一見、成熟卵が放出された後に未熟卵母細胞が残る退化しつつあると思われる像が観察されたが、5 月採集のもので十分成長した卵母細胞が見られないことから、これは雌雄同体生殖巣の汙胞中央部の精子が放出された後に残つた未熟卵母細胞が成熟を進行できないまま退化に向つたものと考えられる。

考 察

岩手県唐丹湾で養殖中のホタテガイについて生殖巣の発達状態を周年に亘つて調査し、発達段階を 7 期に区分して生殖巣の季節変化を記載した。ホタテガイ生殖巣の周年変化については山本²⁾の陸奥湾および久井・小原³⁾のサロマ湖における報告がある。サロマ湖産ホタテガイについては放出後期の記載が無いが第 I 期 (休止期・未熟期) に含まれていると推察される。また、退行期も顕著に現れず、配偶子放出完了から未分化期へ直接移行すると思われる。これに反し、唐丹湾では 5~7 月に退行像を示す生殖巣が多く、その大部分では配偶子放出後に多数の生殖細胞が残る、それが崩壊・吸収されるものと思われる。未熟生殖細胞が多数残存する理由として本調査は満 1 年から 2 年 2 か月までの個体について行つたので、この年令ではまだ性的に十分成熟していないことが考えられるほか、唐丹湾では成熟に適する期間が短く、陸奥湾やサ

ロマ湖よりも生殖細胞の発達が遅く始まり放出時期までに十分成熟し得ないことによると思われる。

一般に、動物を恒温条件下で飼育すると、しばしば、性成熟周期が乱れ、どの季節でも放精または放卵でできるようになる傾向が見られる。2年貝で7月に至つても成熟または放出期の個体が20例中11例も見られたことは性周期の非同調化を示すものかも知れない。

ホタテガイ雄では満1年前後において一応の成熟に達することが報告されている。山本⁴⁾は陸奥湾で1942年5月に採集された満1年を経過したと推測される6個体(平均殻長5.8cm)の生殖巣は全く特異の色彩を示さず、外観では雌雄が不明であるにもかかわらず組織像では完成した精子を多数有しているのを観察し、満1年を経過したばかりの個体も僅かながら放精するものであろうと推定している。北海道サロマ湖の満1年貝(殻長3.2~6.1cm)でも同様に精巣内に精子の存在が確認されている。さらに、この時期に観察した57個体の1年貝はすべて雄であるのに、2年以上の貝では性比がほぼ1:1になることから、性転換の可能性が示唆された³⁾。

唐丹湾養殖の満1年貝でも外観から雌雄を正確に判別できなかつたが、組織像では精巣は成熟期または放出期にあつて完成した精子を有していた。卵巣には汙胞上皮に沿つて並列する成長期の卵母細胞が認められた。さらに満1年貝14個体中3個体は雌雄同体生殖巣を有していた。これまでに報告されている雌雄同体ホタテガイは生殖巣の基半分が雄性で先端の半分が雌性であるもの、または生殖巣の大部分が雄性でその中に雌性生殖巣(汙胞)が点在するものであつた¹⁾。本調査で見いだされた雌雄同体生殖巣は上記の二つの型のいずれとも異なり同一汙胞内に両性の生殖細胞が同時に存在する。これをサロマ湖産1年貝がすべて雄であつた和久井・小原³⁾の結果と考え合せると、ホタテガイは最初すべて雄であつて精巣が発達するが、そのうちのおよそ半数が後に雌へ転換するものと推定される。雄から雌への性相の移行はサロマ湖では満1年を経た次の生殖巣発達期に起こるのに、唐丹湾養殖個体ではこれより早く満1年またはそれ以前に性相移行が進み、精子の放出および未熟精母細胞の退化・吸収の終了を待たずに卵母細胞分化が開始するため、同一汙胞内に雌雄両生殖細胞が同時に存在する像を示すと思われる。1年2か月のものでは雌雄同体のものは見られず生殖巣も未分化状態に戻つていたので、雌雄同体個体の精巣内に形成された卵母細胞は精子の放出後なおしばらく残存する(この状態では雌と判定される)が、十分成長するには至らず、やがて退化するものと判断される。

要 約

岩手県唐丹湾で垂下養殖したホタテガイについて生殖巣の季節変化を組織学的に観察し、生殖巣の発達段階を(I)未分化期、(II)分化初期、(III)成長期、(IV)成熟期、(V)放出期、(VI)放出後期および(VII)退行期の7期に区分し、この区分によつて1972年9月より1973年8月の間に満1年から2年2か月までの個体の生殖巣の状態を記録した。その結果、唐丹湾では9月頃より生殖巣内に生殖母細胞が発達しはじめ、12月には成長期に入り、2~3月に成熟期に達し、4~5月に放卵または放精し、5~6月には放出を終了し、放出されずに残つた生殖巣は6~7月に退化吸収され、8月には未分化状態にもどると推定された。1973年5月に採集された満1年貝では精巣は成熟し、精子も放出されていたが、卵巣は成熟期までは発達していなかつた。さらに、この時期には同一汙胞内に雌雄両性の生殖細胞が同時に存在する雌雄同体貝もみられ、これから満1年前後において雄から雌への性相転換が起ると推定された。また、2年貝では夏期に至つても成熟期または放出期にあるものが見られ、これは生殖機能の低下および性成熟の非同期化を示すものと考えられた。

文 献

- 1) 小寺周一・山本護太郎: 陸奥湾水研報告, 4, 111-112 (1958).
- 2) A.N. SASTRY: *Biol. Bull.*, 125, 146-153 (1963).
- 3) 和久井卓哉・小原昭雄: 北水研報告, 32, 15-32 (1967).
- 4) 山本護太郎: 本誌, 12, 21-26 (1943).
- 5) 山本護太郎: 浅海完全養殖(今井丈夫編), pp. 205 (1971).

Explanation of Plates

Plate I

Scallop gonads. The specimens were fixed with BOUIN's solution, sectioned by paraffin method and stained with DELAFIELD's hematoxylin and eosin. $\times 260$

- 1-3. Stage I, undifferentiating or immature gonads, possessing often small numbers of young oocytes (Fig. 2) or spermatocytes (Fig. 3). One-year-old, collected in August, 1973.
4. Stage II, early differentiating ovary. One-year-old, collected in November, 1972.
5. Stage II, early differentiating testis. One-year-old, collected in September, 1972.
6. Stage III. Growing ovary. One-year-old, February, 1973.
7. Stage III. Growing testis, one-year-old, December, 1972.
8. Stage IV. Mature ovary, one-year-old, March, 1973.
9. Stage IV. Mature testis, one-year-old, February, 1973.
10. Stage VI. Completely spent ovary, two-year-old, May, 1973.
11. Stage VI. Post-spawning testis, one-year-old, May, 1973.

Plate II

The gonads of one-year-old scallops collected in May, 1973.

12-13. Mature and post-spawning testes.

14-15. Degenerating ovaries.

12-15. Stained with DELAFIELD's hematoxylin and eosin. $\times 260$.

16-19. Hermaphroditic gonads. Spermatozoa are observed within oocyte layer. Stained by azan method. 16-17, $\times 260$. 18-19, $\times 500$.

Plate I

Plate II