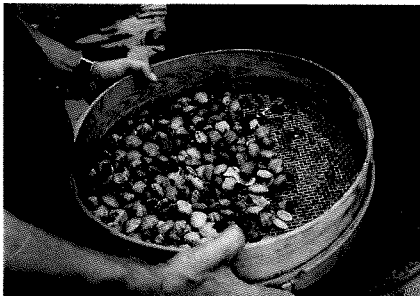


舞鶴湾のアサリの生殖 周期

辻 秀 二
宗 清 正 廣
井 谷 匡 志
道 家 章 生



舞鶴湾産アサリの生殖腺の成熟状況を組織学的手法と肉眼観察手法により調査した。その結果、本種の生殖周期が明らかになり、その産卵期は6~12月と推定された。また、殻長25mm以上に達すると成熟し、生物学的最小形は殻長7~8mmであることや雌雄同体個体の存在も明らかになった。

舞鶴湾内ではジョレン堀と素潜りによってアサリ *Ruditapes philippinarum* 漁業が行われている。その漁獲量は100~160トンであり、同漁業は湾内漁業の中でもっとも重要な位置を占めている。このため、客土による漁場造成などアサリ資源の培養、管理に努力がはらわれ、漁具の制限などが設定されている。しかし、資源管理に不可欠な本種の資源構造、成長様式、生殖周期、初めて成熟に達するサイズ等の生活史に関する基本的な情報は皆無に近いのが現状である。著者らは舞鶴湾におけるアサリの資源管理策を検討する上で必要な本種の資源生物学的な根拠を明らかにするために調査を続けてきた。今回は、舞鶴湾におけるアサリの生殖周期を中心とした成熟と産卵に関する二、三の知見について報告する。

材料および方法

1993年4月から1994年3月まで舞鶴湾内のアサリ漁場(牛渡し西, 乙島:水深約1m)において、ジョレン(網口幅30cm, 爪間隔2.0~2.5cm, 金網の目合い2.5×2.0cm)を用いて殻長30.0~51.2mmのアサリを毎月10~19個体採集した。採集した計184個体を用いて生殖腺の組織学的観察を行い、生殖腺の成熟過程を調査した。各個体から生鮮のまま軟体部を摘出し、10%中性ホルマリン溶液で固定した。固定されたアサリを正中線に沿って背側から腹側へ向かって二分した後、鰓、足を除去して常法通りパラフィン包埋を施した。厚さ8 μ に作成した切片はDe-lafieldのヘマトキシリン・エオシン二重染色を施して検鏡した。

1992年9月から1994年3月にかけて毎月1回、上述の漁場においてジョレンを用いてアサリを採集した。採集したアサリを生鮮のまま実験室に持ち帰り、殻長を測定した後、殻長15mm以上25mm未満(以下、小型群)、殻長25mm以上35mm未満(以下、中型群)、殻長35mm以上(以下、大型群)の3群に分け、各群20個体ずつ生殖腺の成熟状態を調査した。生殖腺の成熟状態は安田ら(1945)の方法にならって次の3段階とした。

A: 生殖腺は著しく発達して内蔵部の表面全体を覆い、

乳白色を呈する。卵は球形または茄子形を呈する。

B: 生殖腺は内臓部の約 1/2 を覆い、その部分は乳白色を呈する。

C: 生殖腺は消失し、生殖細胞はほとんどなく、雌雄の判別が困難なもの。

A, B, C 段階にそれぞれ 1.0, 0.5, 0.0 の数値を与え、これに各段階の個体数 (n_1, n_2, n_3) を乗じ、総個体数 ($N=n_1+n_2+n_3$) で除したものを、すなわち

$$(n_1A+n_2B+n_3C)/N=(n_1+0.5n_2)/N$$

を群成熟度 (Population maturity rate) とした。

最小成熟サイズを明らかにするために 1993 年 10 月と 11 月に採集した殻長 5.9~48.8 mm の範囲にわたる 90 個体について、上述と同様の処理を施して組織観察を行った。

1992 年 9 月から 1994 年 3 月まで舞鶴湾内のアサリ採集現場水温 (水深 2 m 層) を連続記録水温計によって観測した。

結果

水温の周年変化 舞鶴湾内のアサリ生息域における水深 2 m 層の水温の周年変化を Fig. 1 に示した。1992 年 9 月時の水温は約 25°C で、その後水温は下降し、同年 11 月には 20°C 以下となった。その後も水温は下降し続け、1993 年 2 月の最低水温期 (約 11°C) に達した。同年 3 月以降、水温は上昇に転じ、同年 6 月には 20°C に達した。その後も水温は上昇を続け、8 月から 9 月の最高水温期 (約 24°C) を経た後、下降に転じた。11 月には水温は 20°C 以

下となり、2 月の最低水温期 (約 10°C) に達した後、再び上昇に転じた。

生殖腺の発達段階の月変化 生殖腺の成熟過程は高 (1957) の基準を基本として以下の 5 期に区分した。すなわち

A: 未熟期。生殖細管内腔は空虚で、生殖細管上皮に沿って生殖原細胞や成長初期の生殖母細胞が観察される (Fig. 2-1, 2)。

B: 成長期。卵巣では卵母細胞が発育して生殖細管中央部に著しく伸長し、わずかにその基部が生殖細管内壁に付着しているだけの洋梨型を呈するようになる。未だ成熟した卵母細胞は出現しない (Fig. 2-3)。精巣では生殖管内の空隙が少なくなり、精原細胞から精子に至るまでの一連の変化がみられるが、まだ多量の精子は形成されていない (Fig. 2-4)。

C: 成熟期。卵巣では洋梨型の卵母細胞と成熟した卵母細胞が内腔に充満する (Fig. 2-5)。精巣では精子が卓越し、生殖細管の大部分を占める。精子の集合によって生ずる放射状あるいは渦巻状の構造が認められる (Fig. 2-6)。

D: 放出期。卵あるいは精子の放出により生殖細管内に空隙が生じる。部分的に放卵、放精されている場合が多い (Fig. 2-7, 8)。

E: 放出終了期。放卵、放精により生殖細管内腔は空虚となるが、わずかに残存卵や残存精子を留める場合も多い (Fig. 2-9, 10)。

以上の区分に従って各個体の生殖腺の発達段階を判定し (Table 1)、各期に属する個体の各月における出現率を求

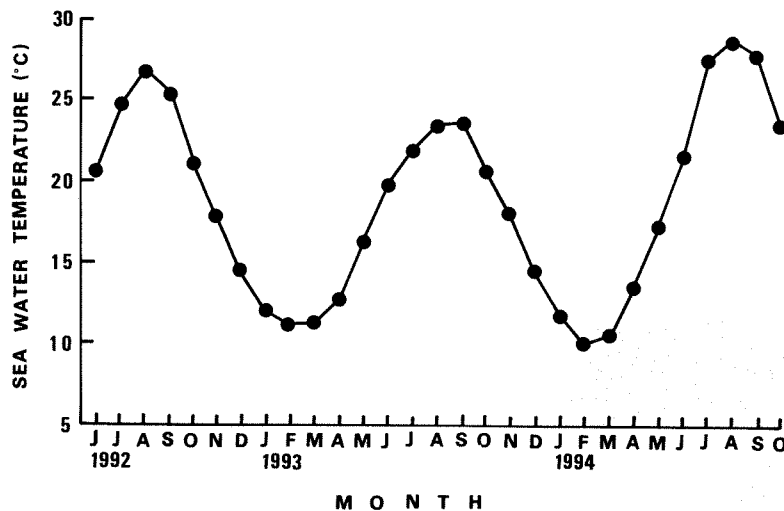


Fig. 1. Monthly changes in sea water temperature in 2 m depth in Maizuru Bay from September 1992 to March 1994.

め, Fig. 3 に示した。雌では, 4月には未熟期に属する個体と成長期に属する個体によって占められていたが, 5月には成長期に属する個体が100%を占めた。その後, その出現率は成熟期と放出終了期に置換されていき, 8月には

成長期の個体は出現しなくなり, 成熟期と放出終了期の個体で占められるようになった。9月には再び成長期の個体が約43%を占め, 残りを成熟期と放出期の個体が占めた。10月には放出期, 11月には放出終了期の個体がそれぞれ卓

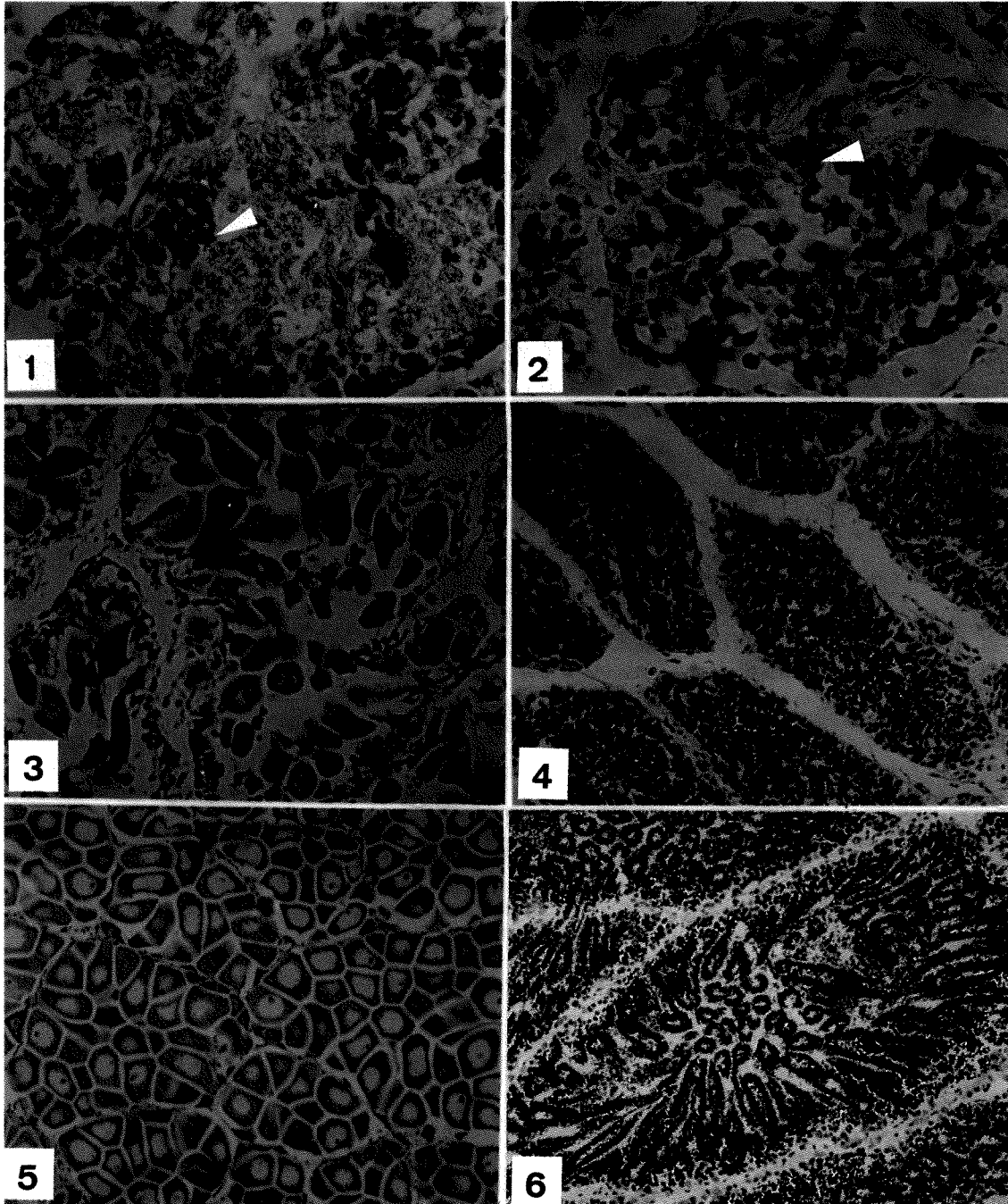


Fig. 2.

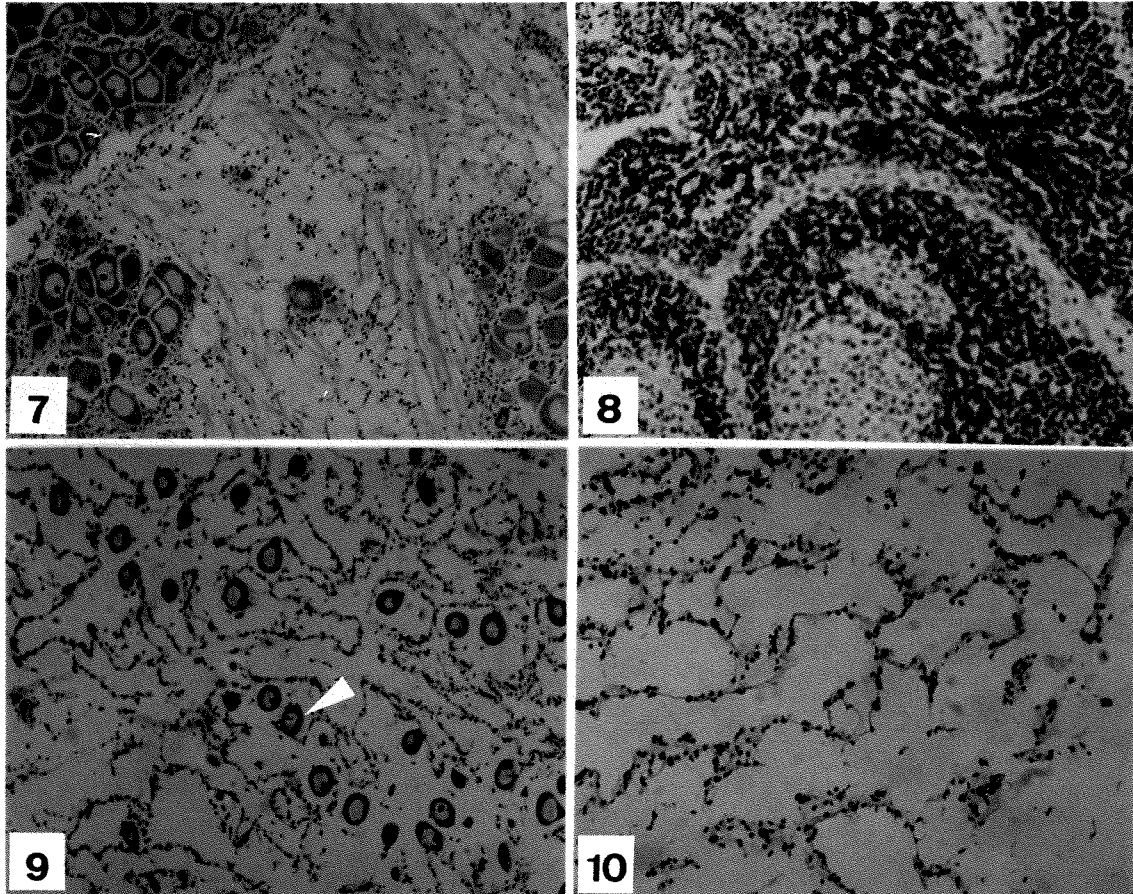


Fig. 2. Histological microphotographs showing ovaries and testes of *Ruditapes philippinarum* in various stages. 1. Ovary in immature stage collected in March, 1994 (33.6 mm in shell length). An arrow indicates a oocyte in early yolkless stage ($\times 400$). 2. Testis in immature stage collected in March, 1994 (33.1 mm in shell length). An arrow indicates a spermatocyte ($\times 400$). 3. Ovary in growing stage collected in March, 1994 (32.0 mm in shell length). Genital tubules are filled with oocytes in yolk granule stage ($\times 200$). 4. Testis in growing stage collected in May, 1993 (34.6 mm in shell length). Genital tubules are filled with spermatocytes and spermatids ($\times 200$). 5. Ovary in mature stage collected in October, 1993 (40.0 mm in shell length). Genital tubules are filled with mature oocytes ($\times 100$). 6. Testis in mature stage collected in October, 1993 (41.4 mm in shell length). Genital tubules are filled with spermatozoa ($\times 200$). 7. Ovary in spawning stage collected in November, 1993 (44.4 mm in shell length, partially spawned, $\times 100$). 8. Testis in spawning stage collected in November, 1993 (36.9 mm in shell length, partially ejaculated, $\times 200$). 9. Ovary in spent stage collected in December, 1993 (37.6 mm in shell length). Genital tubules are almost empty. An arrow indicates a residual oocyte ($\times 100$). 10. Testis in spent stage collected in December, 1993 (37.2 mm in shell length). Genital tubules are almost empty ($\times 200$).

越し、12月には全ての個体が放出終了期となった。1月になると放出終了期の個体が卓越するものの再び未熟期の個体が出現した。2月には未熟期の個体が放出終了期の個体を卓越するようになり、3月になると放出終了期の個体は出現しなくなり、未熟期と成長期の個体で占められた。雄では、雌の場合とほぼ同様の生殖周期を示すが、雌と比較してより早く成熟が進行し、放出期がより長く持続する傾

向を示した。

群成熟度の周年変化 アサリの群成熟度の周年変化を Fig. 4 に示した。大型群の場合、群成熟度は1993年2月に極小値を示した後、増加に転じ、3月以降著しい増加傾向を示して5月には極大値(約0.7)に達した。6月には極小値を示した後、再び増加に転じ、8月から10月にかけて最大値(1.0)あるいはそれに近い高い値を維持した。11

Table 1. Monthly changes in gonadal stages histologically determined of *Ruditapes philippinarum* collected from Maizuru Bay from April 1993 to March 1994.

Date of sampling	Female					Male					Hermaphrodite	Range of shell length (mm)	
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E			
Mar. 23 1993	2	3				2	5						30.7-45.0
May 21		5					2	4					30.5-42.2
Jun. 25		9		1		1				2			33.5-42.6
Jul. 22		3	1		1		1	2	4	1			30.4-40.3
Aug. 20			2		4			1	3	2			33.8-48.1
Sept. 20		3	2	2			1	1	3	1			30.1-51.2
Oct. 20				4	1			1	4				31.4-43.3
Nov. 22				1	4				4	1	1 (♀ : C, ♂ : D)		30.0-48.8
Dec. 17					10					6			30.2-45.8
Jan. 19 1994	3				8	1				4			35.8-38.6
Feb. 2	10				4	3	1			2			30.1-42.1
Mar. 18	4	4				5	1						33.3-44.8

A : Immature stage, B : Growing stage, C : Mature stage, D : Spawning stage, E : Spent stage.

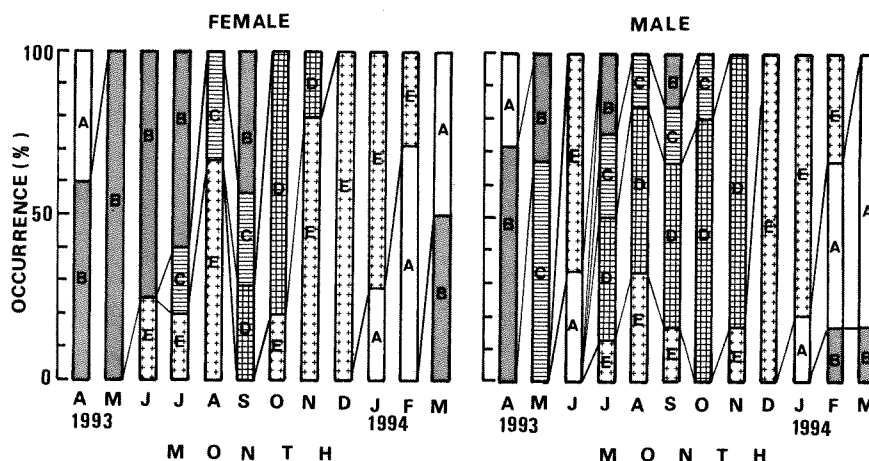


Fig. 3. Monthly changes in gonadal stages histologically determined of *Ruditapes philippinarum* collected from Maizuru Bay from April 1993 to March 1994. A : Immature stage, B : Growing stage, C : Mature stage, D : Spawning stage, E : Spent stage.

月から翌年2月にかけてその値は低下し、特に11月から12月にかけて著しく低下し、1994年2月に再び極小値を示した。中型群についても群成熟度は1993年2月に極小値を示した後、増加に転じ、6月から7月にかけて著しい増加傾向を示して7月には極大値（約0.7）に達した。8月には極小値を示した後、再び増加に転じ、10月に最大値（1.0）を示した。小型群についても群成熟度は1993年2月に極小値を示した後、わずかな増加に転じ、8月から9月にかけて著しい増加傾向を示して10月には極大値（約0.7）に達した。中・小型群とも1993年11月以降翌年2月までの群成

熟度は大型群と同様の低下傾向を示した。なお、1992年9月から1993年1月における各群の群成熟度の変化は1993年から1994年にかけての同時期のそれと大きな差異は認められなかった。

最小成熟サイズ 放出期や放出終了期の個体が卓越する10月と11月に採集した種々の大きさのアサリについて、その成熟段階を殻長階級ごとに Table 2 に示した。組織像では生殖細胞の存在が認められず、雌雄の判別ができない小型個体が観察されたが、これらは前述の成熟段階以外に未分化 (neuter) として示した。殻長 15 mm 以上の個体では

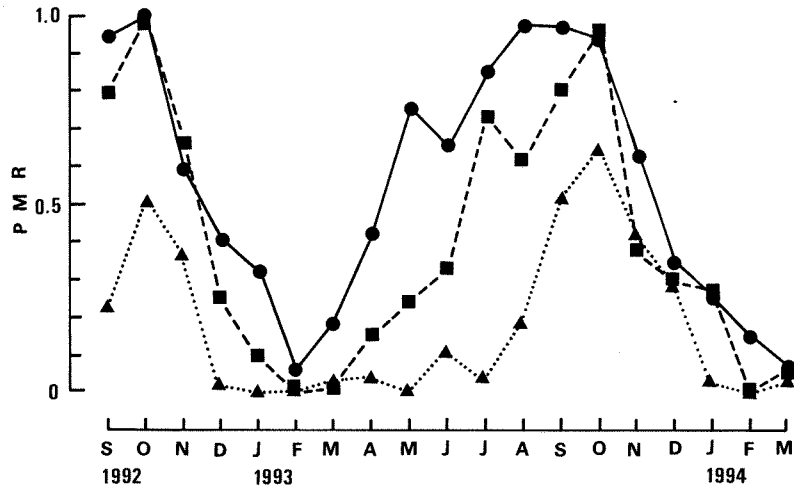


Fig. 4. Monthly changes in population maturity rate (PMR) of *Ruditapes philippinarum* collected from Maizuru Bay from September 1992 to March 1994. Closed circles, squares and triangles indicate a large sized group of 35 mm and more in shell length, a middle sized group of 25–35 mm in shell length and a small sized group of 20–25 mm in shell length, respectively.

Table 2. Frequency distribution of gonadal stages histologically determined of *Ruditapes philippinarum* collected from Maizuru Bay in October and November 1993.

Shell length (mm)	Neuter	Female					Male					Number of specimens
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
5–10	2	5	5				2	5				17
10–15	1	4	5	2			3	3	1			20
15–20		4	1	7		1	1	3	4	2	1	24
20–25			1	3		1				2		7
25–30				2								2
30–35					3	3			1	2	1	10
35–40						1				3		4
40–45					2	1			2			5
45–50										1		1
Total												90

A: Immature stage, B: Growing stage, C: Mature stage, D: Spawning stage, E: Spent stage.

過半数が成熟期、放出期、放出終了期に達した。全ての個体が成熟期から放出終了期に達する大きさは殻長 25 mm 以上であった。また、今回調査した個体の中で成熟期に達していた最小個体は雌では殻長 10.8 mm、雄では殻長 11.7 mm であった。なお、雌では殻長 8.0 mm の個体の生殖細管内に洋梨形をしたかなり発達した卵母細胞が観察され、雄では殻長 7.2 mm の個体の生殖細管内に多数の発達した精母細胞と少数の精子形成が観察された。

雌雄同体 今回の調査で組織観察を行った243個体中に明らかに雌雄同体と認められるものが1個体見いだされ、

その出現率は0.4%であった。雌性と雄性の生殖細管が混在し、雌性の場合は成熟期、雄性の場合は放出期の成熟段階であった (Fig. 5)。なお、この個体については Table 1 に雌雄同体として示した。

考察

生殖周期 生殖腺の組織像観察結果 (Table 1, Fig. 2, 3) では放出期および放出終了期の個体は雌雄とも6月から翌年2月まで出現した。しかし、1月以降、放出終了期

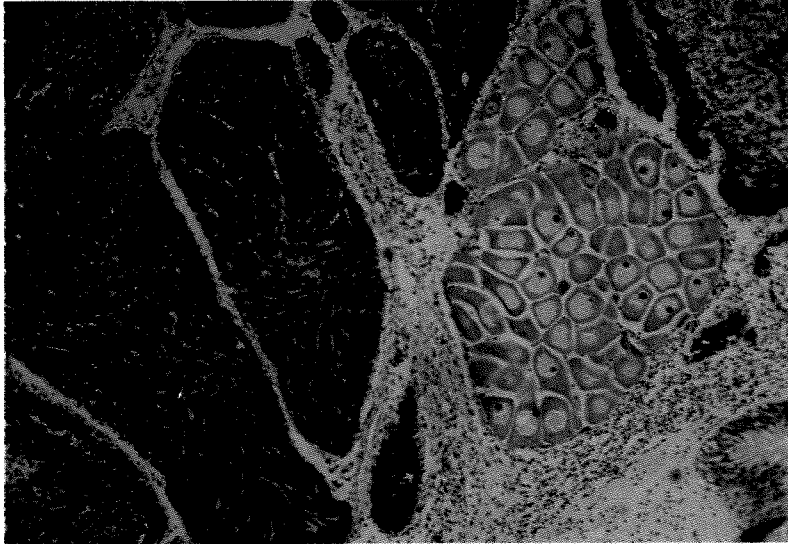


Fig. 5. Histological microphotograph showing a hermaphroditic gonad collected in November, 1993 (36.5 mm in shell length). Genital tubules filled with mature oocytes and those filled with spermatozoa are observed ($\times 100$).

の個体は未熟期，成長期の個体と置換されていった。したがって，実質的に放卵，放精が行われる期間は6月から12月の期間と判断される。雌の場合，放出期の個体が出現するのは10月と11月であり，この両月に大部分の個体が集中的に産卵するものと推察される。6月から9月の期間については放出終了期の個体は出現するものの成長期，成熟期の個体も出現した。したがって，この期間の各月に関しては，10～11月の場合のように大部分の個体が集中して産卵するのではなく一部の個体が産卵しているものと考えられる。雄の場合は雌と比べて放出期の個体が7月から11月まで比較的長期間出現した。しかし，放出期の個体が卓越するのは10月と11月であり，雄の生殖周期は雌のそれとの同調性が認められる。

以上の観察は1年間だけのものであり，生殖周期の年変化は考慮されていないが，今回の調査結果でみる限り舞鶴湾内のアサリに関しては，1月から5月までは生殖腺は成熟に向けての回復過程にあり，放卵，放精は6月から一部の個体で開始され，10月から11月にかけては大部分の個体が集中的に放卵，放精し，12月には全ての個体がこれらを終了するという生殖周期を持つと推察される。

群成熟度の周年変化 (Fig. 4) をみると，大型群 (殻長 35 mm 以上) の群成熟度は5月には約0.7と比較的高い値となり，つづいて中型群 (殻長 25～35 mm) のそれが7月に約0.7に達した。しかし，小型群 (殻長 20～25 mm) の場合には10月になって初めて群成熟度が約0.7に上昇し，ピークを示した。安田・浜井・堀田 (1945)，萩田・石川

(1985) らは群成熟度の極大値0.6～1.0の範囲をもって産卵期の指標としており，上述した約0.7という今回の群成熟度の値はその値を示す時期に産卵期に入る可能性が高いことを示すものと考えられる。したがって，舞鶴湾のアサリは春期から夏期にかけては大型群と中型群のみが成熟するが，両群は同時に成熟するのではなく，大型群ほど早く成熟するものと推察される。さらに，大型群については5月に，中型群については7月にそれぞれ群成熟度の極大がみられたが，両群ともその翌月に極小を示した。この極大から極小に至る過程はこの期間に産卵が行われたことを示唆し，しかも極大値と極小値の差が大きいところから，その産卵は集中的なものではなく一部の個体によって行われたことを示唆するものと考えられる。

一方，大型群の群成熟度は8月から10月にかけて最大値 (1.0) あるいはそれに近い高い値を維持し，中・小型群では10月に最大のピークを示した。さらに，大・中・小型群とも11月から翌年2月にかけてその値は低下し，特に11月から12月にかけて著しく低下した。この10月から12月にかけてみられる，群成熟度のピークから著しい低下に至る過程は，この期間に各群とも集中的な産卵を行ったことを示すものと考えられる。

以上のような群成熟度の周年変化から推定される産卵期は，大型群では (5～) 6月から12月まで，中型群では (7～) 8月から12月まで，小型群では (10～) 11月から12月までの期間と推定される。さらに，各群の群成熟度の周年変化の特徴からすると，春期から夏期にかけては大きな

個体から順次成熟して放卵、放精するために集中的な産卵盛期は形成されず、秋期には大・中・小型群によって集中的な産卵盛期が形成されるものと推察される。

以上述べてきたように、肉眼観察による群成熟度の周年変化から推定された産卵期と上述した組織学的手法によって推定された産卵期との間には大きな差は認められなかった。したがって、舞鶴湾のアサリの産卵期は6月から12月までの期間で、主産卵期は10~11月と推定される。産卵期は水温上昇期において水温が約20°Cに達した時期から開始され、最高水温期を挟んで水温が約14°Cに下降するまで継続される (Fig. 1)。また、主産卵期である10月から11月は水温下降期あたり、その時期の水温は約21~18°Cである。したがって、水温上昇期と同下降期の約20°Cという水温の値は舞鶴湾のアサリの生殖周期に深く関連しているのではないかと推測される。

アサリの産卵期については古くから多くの研究が行われている。これまでアサリの産卵期に関する知見は著者らの知る限りでは太平洋側の海域だけに限られ、日本海側海域での知見は見当たらない。本種の産卵期は北海道の太平洋側海域では夏期の1回だけ (山本・岩田, 1956) とされているが、関東地方以南の太平洋側海域では春期と秋期の2回あることが知られている (安田・浜井・堀田, 1945; 田中, 1954; 高, 1957; 池末, 1957; 桃山・岩本, 1979; 相良, 1981; 萩田・石川, 1985; 鳥羽・夏目・山川, 1992; 鳥羽・夏目・山川, 1993)。舞鶴湾のアサリの産卵期は春期から秋期まで長期にわたるものの明確な産卵盛期は秋期のみにもみられ、関東地方以南の太平洋側海域の場合と若干の違いがみられる。

最小成熟サイズ 北海道厚岸湾におけるアサリは雌では殻長30~35 mm (満3年)、雄では殻長22~27 mm (満2年) で最小成体形に達し (山本・岩田, 1956)、佐世保湾では殻長15 mm以上の個体は産卵に関与する (高, 1957)。舞鶴湾のアサリの場合、10月から11月において全ての個体が産卵可能になる大きさは殻長25 mm以上であり、殻長25 mmという大きさは発生後ほぼ満1年 (秋期発生群) に相当する (辻, 未発表)。これらの事例だけで見ると北方海域ほど最小成熟サイズが大きくなる傾向がみられ、同サイズに達する期間も長い傾向がみられる。水温条件の違いが最小成熟サイズの差、同サイズに達するまでに要する期間の差に反映されているのではないかと推測される。なお、今回の観察で成熟期に達していた最小個体は殻長10.8~11.7 mmであり、かなり発達した生殖母細胞を持った最小個体は殻長7.2~8.0 mmであった。高 (1957) によれば殻長6.6~8.1 mmの個体で成長中の卵母細胞を観察している。したがって、アサリの生物学的最

小形は殻長7~8 mmであると推定される。

雌雄同体現象 二枚貝の雌雄同体現象はホタテガイ類、カキ類、アコヤガイ等で多く観察されている (立石・安達, 1957; 丸, 1978; 川真田, 1983; 森, 1989; 森・長内, 1977; 森・長内・佐藤, 1977)。しかし、著者らの知る限りではこれまでアサリについての雌雄同体現象の報告としては、宮崎 (1934) の「極く稀れに雌雄同体のものが発見される」という記載と相良 (1956) の組織学的構造についての報告だけである。著者らは今回の調査で組織観察を行った243個体中に明らかに雌雄同体と認められるものを1個体見出した。雌性の場合は成熟期、雄性の場合は放出期の成熟段階であり、いずれも機能的ではあるが、その出現率は0.4%と低い。したがって、今回発見した雌雄同体現象はアサリにとっては一般的なものではなく、宮崎 (1934) の指摘したように極めて希な現象ではないかと推察される。

最後に、本研究を進めるに当たり多大なご協力をいただいた舞鶴漁業協同組合職員各位、同組合所属アサリ組合員各位ならびにマリノリサーチ株式会社、平井明夫博士に感謝します。

文 献

- 池末 弥. 1957. アサリの生態学的研究一Ⅱ, 沈着期と初期成長. 日水誌, **22**(12): 737-741.
- 萩田健二・石川貴朗. 1985. 伊勢湾におけるアサリの産卵期について. 水産増殖, **32**(4): 213-215.
- 川真田憲治. 1983. 噴火湾海域における放流ホタテガイの生殖周期. 北水試報, **25**: 15-20.
- 高 良夫. 1957. アサリ生殖巣についての二・三の組織学的観察. 日水誌, **23**(7, 8): 394-399.
- 丸 邦義. 1978. ホタテガイの生殖に関する研究 第3報 雌雄同体生殖巣の観察. 北水試報, **20**: 27-33.
- 宮崎一老. 1934. アサリ (*Paphia philippinarum* Adams & Reeve) の発生について. 水産学会報, **6**(2): 71-75.
- 桃山和夫・岩本哲二. 1979. 山口・大海湾におけるアサリの産卵期について. 山口県内海水試報, **7**: 19-34.
- 森 勝義. 1989. 雌雄同体現象, Ⅲ 二枚貝の成熟, 発生, 成長とその制御, 隆島史夫・羽生 功編集, 水族繁殖学, 水産養殖学講座4, 緑書房, 東京, 335-338.
- 森 勝義・長内健治. 1977. 山田湾養殖ホタテガイ1年貝にみられる生殖巣発達異常について, 日水誌, **43**: 1-8.

- 森 勝義・長内健治・佐藤隆平. 1977. 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. 日水誌, **43**: 9-17.
- 相良順一郎. 1956. アサリ生殖腺の異常例. 水産増殖, **4**(2): 57-58.
- . 1981. アサリ・ハマグリ of 生理生態. 海洋と生物, **13**: 102-105.
- 立石新吉・安達甫朗. 1957. アコヤガイ *Pinctada martensii* (DÜNKER) の生殖巣の周年変化に関する組織学的観察. 長崎大学水産学部研報, **5**: 75-79.
- 田中弥太郎. 1954. 有明海産重要二枚貝の産卵期一Ⅲ. アサリについて. 日水誌, **19**: 1165-1167.
- 鳥羽光晴・夏目 洋・山川 紘. 1992. 東京湾産アサリの成熟と産卵に関する二, 三の知見. 水産工学, **29**(1): 47-53.
- 鳥羽光晴・夏目 洋・山川 紘. 1993. 東京湾船橋地先におけるアサリの生殖周期. 日水誌, **59**(1): 15-22.
- 山本喜一郎・岩田文男. 1956. 厚岸湖に於けるアサリに関する研究. (Ⅱ) 成長度及び最小成体形. 北水研報, **14**: 57-63.
- 安田治三郎・浜井生三・堀田秀之・1945・アサリの産卵期について. 日水誌, **20**(4): 277-279.

Synopsis

Reproductive Cycles of a Manila Clam in Maizuru Bay

Shuji TSUJI, Masahiro MUNEKIYO,
Masashi ITANI and Akio DOUKE

Seasonal changes in gonadal conditions were investigated by observations of gonads and histological examinations of a Manila clam *Ruditapes philippinarum* collected from Maizuru Bay, Wakasa Bay, Japan Sea, from September 1992 to March 1994. A gonadal maturation was maintained from June to December, and from January to May it was a recovery period of gonads. In October and November, a large portion of the clam reached maturation, following lesser portion in early of the gonadal maturation period (Jun.-Sept.). According to the reproductive cycle above mentioned, a spawning season of the Manila clam in Maizuru Bay was the period from June to December and the main spawning period was from October to November. This monomodal gonadal maturation was dissimilar to southern areas of the Japanese Pacific coast with bimodal.

A minimum size of all matured in October and November was 25 mm in shell length, which was estimated almost the full 1-age of autumn brood. The biological minimum size was also estimated at a size from 7 or 8 mm in shell length.

Among 243 specimens, one hermaphrodite was observed. Genital tubules of both sexes were all functional.