



큰이랑피조개, *Scapharca satowi*의 자연채묘

송홍인* · 박광재 · 조영록 · 박영제

국립수산진흥원 서해수산연구소

Spat Collection of the Ark shell, *Scapharca satowi* in the West Coast of Korea

Hong-In Song*, Kwang-Jae Park, Young-Rok Cho and Young-Je Park

West Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Incheon 400-201, Korea

During the periods from July to October, 2000 in Hongseong and July to October, 2001 in Taean in the west coast of Korea, the following environmental conditions prevailed: water temperature : 22.0~26.8°C, salinity 27.23~30.80 ‰, dissolved oxygen 4.12~6.26 ml/l, pH 7.89~8.09, phosphate 0.39~0.65 µm, inorganic nitrogen 5.05~9.26 µm, suspended solid 5.4~20.8 mg/l and chemical oxygen demand 1.12~1.87 mg/l. The D-shaped veliger larvae of the Ark shell occurred in maximum number at 25°C prevailing from mid-August at Hongseong and Taean. Full grown larvae reached maximum abundance from late August. To identify the effectiveness of the substratum for spat collection, raschel net were tested to larval settlement. The most effective depth to collect the larvae in natural environment was the collectors suspended at 7~8 m depth. At these depths, about 49 to 94 spats were found on the collector (40×50 cm). The growth of shell height (Y) to shell length (X), and total weight (W) to shell length (L) could be formulated as follows respectively:

Hongseong: SH = 0.7168 SL - 0.6466 ($r^2 = 0.9839$), TW = 0.0001 SL^{3.1705} ($r^2 = 0.9882$)

Taean: SH = 0.736 SL - 0.8824 ($r^2 = 0.9899$), TW = 0.00005 SL^{3.3731} ($r^2 = 0.9899$)

Key words: Ark shell, *Scapharca satowi*, Spat collection, Planktonic larvae, Larval growth, Environmental condition, Juvenile growth

서 론

피조개류(*Scapharca* sp.)는 우리나라 패류의 대표적인 양식품종으로 참굴과 바지락의 생산량에 다음가는 매우 중요한 양식 품종이다. 특히 피조개류는 고가로 수출되는 경제성이 높은 중요한 양식품종이나 최근 들어서는 남해안의 어장환경 악화와 연작 등에 의한 자연채묘 부진과 중간육성시의 대량 폐사 등으로 종묘수급에 많은 어려움을 겪고 있다. 이에 따라 양식 피조개의 생산량도 1986년

에 58,393톤이 생산된 이후 1998년에는 23,029톤(해양수산통계연보, 1986, 1998)으로 감소되어 종묘의 안정적인 생산공급 없이는 매년 생산량 감소가 불가피한 실정에 있어 저해 연안에 한정적으로 분포하고 있는 큰이랑피조개에 대한 종묘생산 기술개발이 시급히 요구되고 있다.

큰이랑피조개(*S. satowi*)는 분류학적으로 돌조개목 Arcoida, 돌조개과 Arcidae에 속하며(Choe et al., 1999), 우리나라 서해 및 남해안의 서부 연안 외해에 서식하는 조개류이다. 외형으로는 피조개(*S. broughtonii*)와 비슷하나

*Corresponding author : hisong@nfrdi.re.kr

크기가 다소 작고, 최대방사능은 길고 육질이 약간 단단한 편이며, 껍의 색깔도 희미하여 일명 분홍피조개라고도 불린다.

피조개의 자연채묘 및 중간육성에 관한 연구는 津幡 (1965), 菅野 (1968), 武田 · 高橋 (1968), 瀧本 (1973), 畑中 (1974), 久保 (1974), 立石 (1974), Yoo and Yoo (1974), 田中 등 (1975), Rho and Pyen (1977)의 보고가 있고, 부유유생에 관한 연구는 吉田 (1950, 1953), 長谷川 등 (1961), 伊藤 등 (1967), 田中 (1971), 小川 등 (1973), Kim and Kim (1976), Park and Kwon (1982) 등의 보고가 있으나 이들 연구는 대부분이 피조개를 대상으로 남해안 해역에서 이루어진 것으로, 큰이랑피조개를 대상으로 서해안에서의 부유유생 분포나 중요생산을 목적으로 한 연구는 거의 없다.

따라서 본 시험은 서해안에서 큰이랑피조개의 부유유생 분포와 자연채묘에 의한 중요생산 기술개발을 목적으로 모패가 서식하고 있는 해역을 선정하여 자연채묘 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

큰이랑피조개(*S. satowi*)의 자연채묘 기술개발을 위하여 1차 시험은 2000년 7월부터 10월, 2차 시험은 2001년 7월부터 10월까지 자연산 어미가 서식하고 있는 충남 홍성군 서부면 죽도리와 태안군 안면읍 승언리 내파수도 (Fig. 1)의 수심 10 m 내외 해역에서 실시하였다.

수질조사는 매월 1회 만조 전후를 기준으로 표층과 저층에서 채수하였다. 수온은 봉상온도계로 현장에서 측정

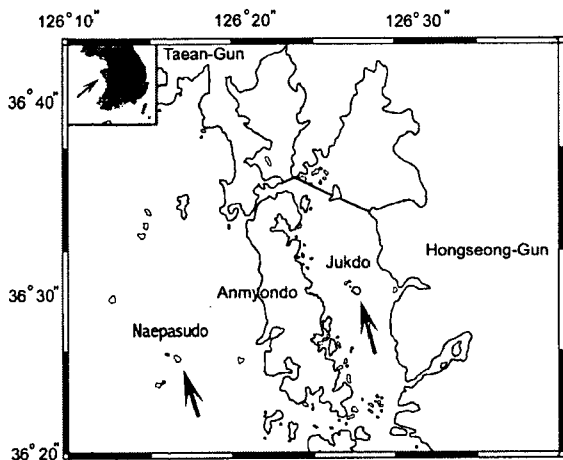


Fig. 1. Map showing the spat collector used for the experiment.

하였고, 염분은 Inductive coupled salinometer, 용존산소는 Winkler 개량법, 수소이온농도 (pH)는 Jenway (Model pH M 10) pH meter, 영양염류는 Strickland and Parsons (1972)방법으로 인산염 ($PO_4\text{-P}$)과 용존무기질소 (DIN)를 측정하였다. 부유물질 (SS)은 해수 1 L를 membrane여지 (HA type, $0.45 \mu\text{m}$)로 거른 후 105°C 에서 6시간 동안 건조시켜 그 무게를 측정하였고, 화학적산소요구량 (COD)은 알칼리성 과망간산칼륨법으로 정량하였다.

부유유생의 채집은 주로 만조시를 택하여 5일 간격으로 망구 직경 24 cm, 망목 $65 \mu\text{m}$ 인 plankton net를 이용하여 수심 10 m에서 표층까지 수직 인양하여 m^2 당 개체수를 환산하였다. 채집된 시료는 즉시 선상에서 5%의 중성 formalin으로 고정된 후 실험실에서 실물투영기 (Nikon profile projector V-16E)와 현미경 (Olympus BH-2 TV camera)으로 유생을 동정하고 계수하였다.

치패부착을 위한 채묘기는 랫셀그물 ($40 \times 50 \text{ cm}$, 12합 22절)을 PE주머니 ($30 \times 40 \text{ cm}$, mesh 1~2 mm)에 넣어 간조시 수심 10 m 내외의 어장에 밧줄수하식으로 설치된 채묘 시설 (Fig. 2)에 7월부터 10월까지 매월 상순 (1~10일), 중순 (11~20일), 하순 (21~30일)별로 10일 간격으로 표층 (2~3 m)과 저층 (7~8 m)에 각각 2개씩 매달아 평균값을 나타냈다.

채묘기는 수층별로 현장에서 10%의 중성 formalin으로 고정시켜 실험실로 운반한 후 치패가 부착된 랫셀 (raschel) 그물 표면을 담수에 용해된 합성세제로 세척한 후 standard sieve (mesh $63 \mu\text{m}$)로 부착물과 치패를 분리하여 부착수를 계수하였다.

채집된 치패는 무작위로 각각 100개체씩 각장, 각고, 각폭을 실물투영기와 현미경 및 Vernier caliper로 0.01 cm 까

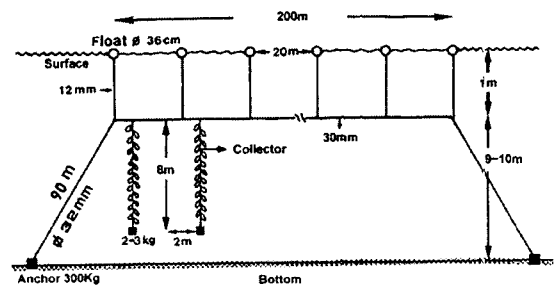


Fig. 2. Long line system for spat collection of *Scapharca satowi*.

지, 전중량은 전자저울 (A&D FY-300)로 0.01 g까지 측정하였다.

결 과

어장환경

자연채묘 시험기간 중 표층수온은 18.6~26.8℃로 8월에 홍성 26.8℃, 태안 25.5℃로 최고수온을 나타냈으며, 7~8월의 25.2~26.8℃에서 산란이 많이 이루어졌다. 염분은 27.23~30.86‰, 용존산소 (DO)는 4.12~6.26 ml/L, 수소이온농도 (pH)는 7.87~8.09, 부유물질 (SS)은 5.4~20.8 mg/L, 화학적산소요구량 (COD) 1.12~1.87 mg/L로 채묘에 비교적 적합한 여건을 나타냈다. 영양염류 중 인산염 (PO₄-P)과 용존무기질소 (DIN)는 각각 0.39~0.65 μM과 5.05~9.26 μM으로 8월에 높았고 9월이 낮았다 (Table 1).

부유유생의 출현

시기별 부유유생의 출현량은 Fig. 3과 같다. 각장 120 μm 이하의 D형기 소형 유생 (Fig. 4A)은 홍성 연안은 7월 20일에 10개체가 나타나기 시작하여 7월 하순에 20개체 내외가 출현하였고, 8월 10일에는 60개체로 가장 많이 출현하였다. 이후 8월 중순에는 40~45개체, 8월 하순에는 20~30개체, 9월 상순에는 10~20개체로 감소하였고, 9월 15일에는 5개체가 출현한 이후 나타나지 않았다. 태안 연안은 7월 20일에 1개체가 나타나기 시작하여 8월 상순에 7~48개체가 출현하였고, 8월 15일에는 63개체로 가장 많이 출현하였다. 이후 8월 중, 하순에 12~26개체, 9월 상순에는 9~19개체로 감소하였고, 9월 15일에는 1개체가 출현한 이후 나타나지 않았다. 각장 180 μm 전후의 중형 유생 (Fig. 4B, C)은 홍성이 7월

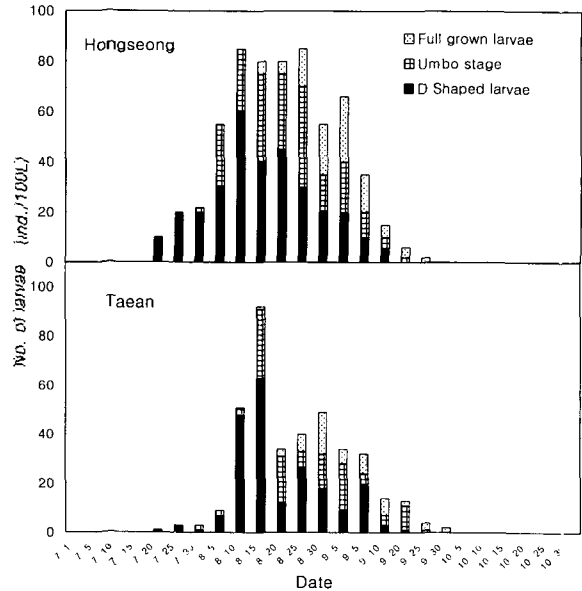


Fig. 3. Number of the *Scapharca satowi* larvae from July to October 2000 in Hongseong and July to October 2001 in Taean.

30일에 2개체가 나타나기 시작하여 8월 상·중순에는 25~35개체가 출현하였고, 8월 25일에는 40개체로 가장 많이 출현하였다. 이후 9월 상순에는 10~20개체로 감소하여 9월 중순에는 2~5개체가 출현하였다. 태안은 7월 30일에 2개체가 나타나기 시작하여 8월 상순에 2~3개체가 출현하였고, 8월 15일에는 28개체로 가장 많이 출현하였다. 이후 8월 중·하순에는 7~19개체, 9월 상순에는 5~19개체로 감소한 후 9월 중순에는 2~6개체, 9월 하순에는 1개체가 출현하였다.

각장 200~280 μm의 대형 부착기 유생 (Fig. 4D)은 8월 10일까지는 출현하지 않다가 8월 15일에 처음으로 홍성에

Table 1. Environmental parameters at the spat collection site from July to October 2000 in Hongseong and July to October 2001 in Taean

Parameter	Hongseong				Taean			
	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
W.T (°C)	25.8	26.8	22.5	19.3	25.2	25.5	22.0	18.6
Salinity (‰)	30.82	27.23	28.83	30.04	30.86	30.23	30.83	30.74
D.O (ml/L)	4.86	4.12	4.44	5.23	5.86	5.12	5.33	6.26
pH	7.87	7.95	7.98	7.96	8.07	8.09	8.02	7.98
PO ₄ -P (μM)	0.40	0.65	0.51	0.39	0.54	0.51	0.48	0.53
DIN (μM)	8.24	9.26	5.05	5.56	6.58	7.26	5.09	6.59
SS (mg/L)	20.8	11.5	5.4	7.6	13.0	10.8	9.8	11.3
COD (mg/L)	1.67	1.87	1.42	1.35	1.38	1.57	1.12	1.16

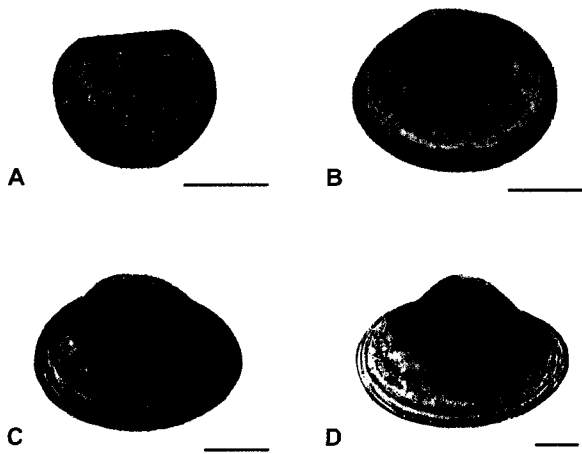


Fig. 4. Larval morphology of *Scapharca satovi*.
A; D shaped larvae B, C; Umbo stage
D; Full grown larvae. Scale bars indicate 50 μ m.

서 5체가 나타나기 시작하여 8월 하순에 15~20개체가 출현하였고, 9월 5일에는 26개체로 가장 많이 출현하였다. 이후 9월 10일에는 15개체로 감소하였고, 9월 중, 하순에는 2~5개체가 출현하였다. 태안은 8월 15일에 1개체가 나타나기 시작하여 8월 중순에 3~7개체가 출현하였고, 8월 30일에는 17개체로 가장 많이 출현하였다. 이후 9월 상순에는 6~8개체로 감소하였고, 9월 하순에는 2~3개체가 출현하였다.

수층별 부유유생의 출현량을 보면 각장 120 μ m 이하의 D형기 소형 유생은 홍성이 7월 20일에 표층과 저층에서 각각 10개체로 같은 출현량을 나타낸 이후 점차 증가하여 8월 10일에는 표층 50개체와 저층 70개체로 최대 출현량을 나타냈다 (Fig. 5). 태안은 7월 20일에 표층에서만 2개체가 나타나기 시작하여 7월 25일~8월 5일에는 표층과 저층에서 2~8개체로 비슷한 출현량을 나타낸 이후 점차 증가하여 8월 15일에는 표층 70개체와 저층 20개체로 최대 출현량을 나타냈다 (Fig. 6). 따라서 지역간 출현량은 홍성이 태안보다 다소 많았고, 수층별 출현은 표층보다 저층에서 높게 나타났다.

각장 180 μ m 내외의 중형 유생은 홍성이 9월 5일에 표층 16개체와 저층 36개체, 태안은 8월 30일에 표층 10개체와 저층 24개체로 가장 많이 출현하였으며, 표층보다 저층에서 높게 출현하였다. 따라서 유생은 성장함에 따라 저층에서 많이 출현하는 경향이 뚜렷하였다.

치패의 부착

채묘기에 부착한 치패 조사 결과 홍성은 표층에서 58개

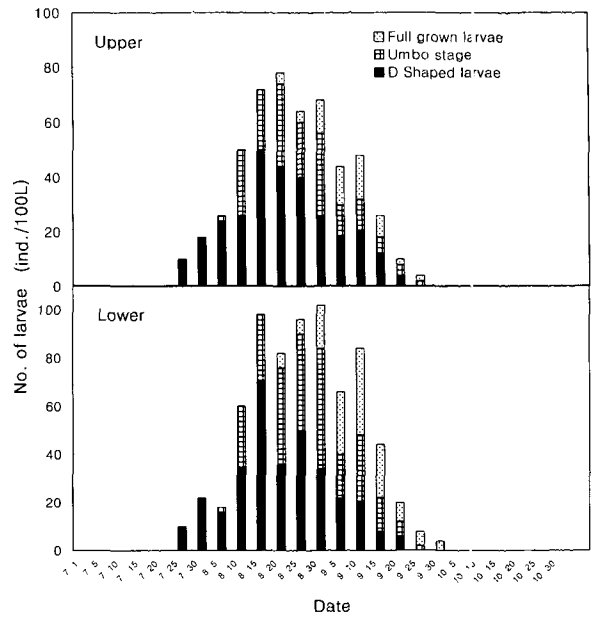


Fig. 5. Distribution of each of *Scapharca satovi* larvae from July to October 2000 in Hongseong.

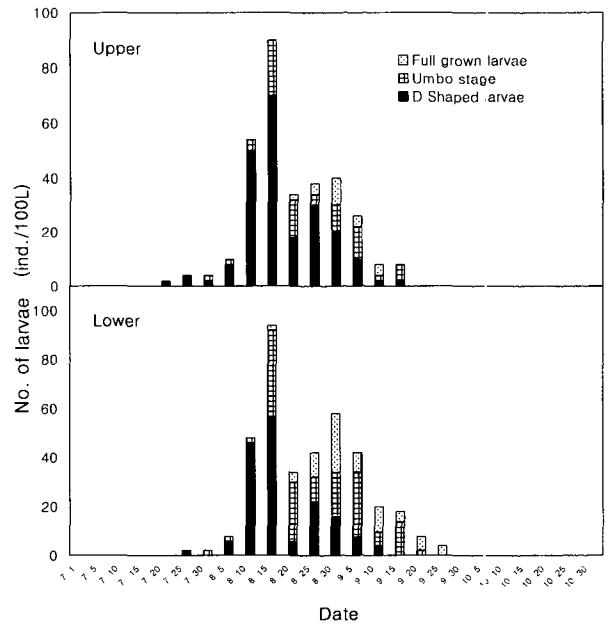


Fig. 6. Distribution of each layer of *Scapharca satovi* larvae from July to October 2001 in Taean.

체와 저층 94개체, 태안은 표층에서 49개체와 저층 85개체가 부착하였다 (Table 2).

채묘기의 수하시기에 따라 8월 10일에 투입한 채묘기에서는 홍성이 표층 6개체와 저층 10개체, 태안은 표층 4개체와 저층 7개체가 부착한 이후 점차 증가하여 9월 10

Table 2. Daily number of spats settled on the collector from August to October 2000 in Hongseong and August to October 2001 in Taean (ind./m²)

Location	Depth (m)	August			September			October	Total
		Early	Middle	Late	Early	Middle	Late	Early	
Hongseong	Upper (2~3)	0	6	8	16	18	9	1	58
	Lower (7~8)	0	10	15	24	31	11	3	94
Taean	Upper (2~3)	0	4	5	11	15	13	1	49
	Lower (7~8)	0	7	11	19	24	20	4	85

일에는 홍성이 표층 18개체와 저층 31개체, 태안은 표층 15개체와 저층 24개체로 가장 높게 부착하였고, 부착량은 홍성이 높게 나타났다. 치패 부착량은 이후 점차 감소하여 9월 20일에는 홍성이 표층 9개체와 저층 11개체, 태안은 표층 13개체와 저층 20개체이었고, 9월 30일에 투입한 채묘기에서는 부착량이 급격히 감소하여 홍성은 표층 1개체와 저층 3개체, 태안은 표층 1개체와 저층에서 4개체가 부착하여, 시기적으로 9월 중순 이후에는 치패 부착이 거의 종료되는 것으로 나타났다. 따라서 2개 지역 모두 부착 시기는 큰 차이가 없었으나 수층별 부착은 상층으로부터의 부착율이 감소하였는데, 이는 유생이 성장함에 따라 저층으로 이동하고 있음을 뚜렷하게 나타낸 것이다.

치패의 초기성장

치패의 성장 조사 결과 홍성은 2000년 7월 30일에 채묘기를 투입한 후 10월 25일까지 각장은 2.92~18.19 mm로 평균 9.73 mm이었으며, 태안은 2001년 7월 30일에 채묘기를 투입한 후 10월 25일까지의 각장은 3.22~18.02 mm (평균 9.14 mm)이었다. 크기별 각장 조성 (Fig. 7)을 보면 홍성이 2~5 mm 25.0%, 6~10 mm 33.0%, 11~15 mm 33.0%, 16~18 mm 크기가 9.0%이었으며, 태안은 3~5 mm 33.0%, 6~10 mm 29.0%, 11~15 mm 29.0%, 16~18 mm 크기가 9.0%로 나타났다.

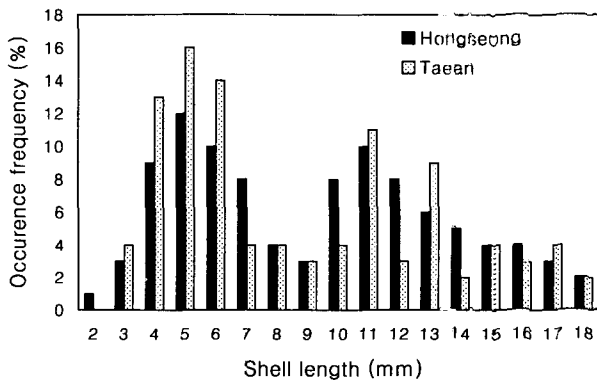


Fig. 7. Distribution of attached *Scapharca satowi* spats.

또한 치패의 크기는 홍성이 각장 2.92~18.19 mm, 각고 1.90~13.38 mm, 전중량 0.02~1.36 g, 태안은 각장 3.22~18.02 mm, 각고 1.84~12.83 mm, 전중량 0.01~1.32 g이었으며, 각장 (SL)에 대한 각고 (SH)는 홍성이 $SH = 0.7168 SL - 0.6466$ ($r^2 = 0.9839$), 태안은 $SH = 0.736 SL - 0.8824$ ($r^2 = 0.9899$)로 표시되었고 (Fig. 8), 각장 (SL)에 대한 전중량 (TW)은 홍성이 $TW = 0.0001 SL^{3.1705}$ ($r^2 = 0.9882$), 태안은 $TW = 0.00005 SL^{3.3731}$ ($r^2 = 0.9899$)로 표시되었다 (Fig. 9).

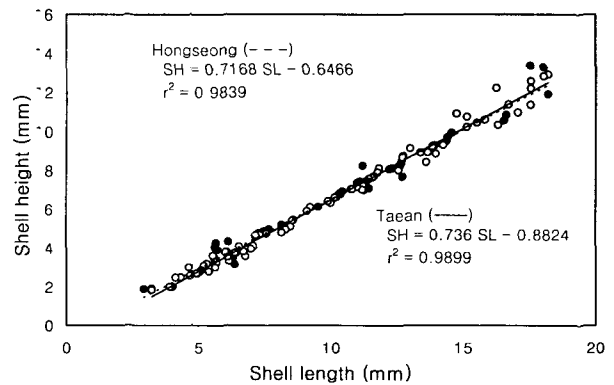


Fig. 8. Relationship between shell length and shell height of *Scapharca satowi*.

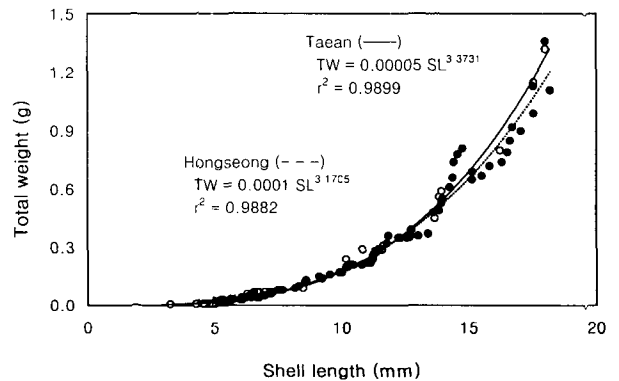


Fig. 9. Relationship between shell length and the total weight of *Scapharca satowi*.

고 찰

피조개의 산란기는 우리나라 진해만에서는 6월부터 10월까지로 산란성기는 7~8월이었고(吉田, 1953), 바다에서 자연 채묘할 때의 수온은 진해만에서 8월부터 11월까지 수온 25.7~27.1°C에서 산란한다고 밝혔다(Rho and Pyen, 1977).

본 조사에서 7월의 수온은 홍성 25.8°C와 태안 25.2°C, 8월에는 최고 수온으로 홍성 26.8°C와 태안 25.5°C로 산란기간 중 25°C 이상을 나타낸 이후 서서히 하강하여 9월에는 홍성 22.5°C와 태안 22.0°C를 나타냈다. 부유유생의 출현을 보면 D형기의 소형 유생은 8월 5일에서 8월 20일에 주로 나타남으로써 큰이랑피조개의 산란은 7~8월의 수온 25.2~26.8°C에서 많이 일어난 것으로 생각되며, 피조개와는 산란수온이 거의 일치되는 것으로 여겨진다.

피조개 유생의 부착시기에 대하여 津幡 등(1965)과 菅野 등(1968)은 일본 陸奥灣에 있어서 유생의 출현상황이나 각장 조성으로 보아 8월 하순경이라고 하였고, 立石(1974)은 일본의 山口縣에 있어서의 부착성기는 8월 중순~하순이라고 보고한 자료와 같이 큰이랑피조개의 부착시기가 거의 비슷한 것으로 나타났다.

또한 큰이랑피조개의 부유유생이 부착시기까지 도달한 일수는 25~30일이 소요되어, 이는 菅野(1968)의 30일 정도, 立石(1974)의 20~30일이 소요된다고 보고한 피조개의 부착 소요일수와 비슷하였으며, 부착기에 들어가는 유생의 크기는 각장 240~280 μm으로서 吉田(1953)의 240×180~280×210 μm, 津幡 등(1965)의 240 μm 이상, 武田 등(1968)의 250 μm 이상이라는 피조개의 보고와 유사하였다.

피조개 성숙 부유유생의 부유층에 대하여 吉田(1953), 津幡 등(1965), 菅野(1968), 畑中(1974) 등은 주로 저층에 많았다고 보고하였는데, 본 시험장소는 수심 10 m 전후로 표층보다는 5 m 이하인 중, 저층에 큰이랑피조개의 부유유생이 주로 분포하고 있음을 알 수 있었으며, 수심 7~8 m 층에서 가장 좋은 부착율을 나타냄으로서 피조개 유생의 부유층과 부착층은 중, 하층이라는 보고와 일치하였다.

따라서 큰이랑피조개의 산란과 유생의 출현은 서식장소에 따라 차이가 있고(菅野, 1968), 유생분포는 동일장소라고 하더라도 조사년도, 시기 및 수괴의 이동에 따라 변화하며(吉田, 1950), 특히 서해안은 조석간만의 차가 크고 아울러 조류의 이동으로 타지역에서 산란된 부유유생군이 조사지역 내에 나타날 수 있다. 또한 동일장소에 있어

시도 어미의 자원량, 조사년도의 해황, 특히 수온의 영향이 크므로 자연채묘의 효과를 높이기 위해서는 어장환경과 모패의 성숙도 및 유생의 출현상황을 면밀히 조사하여 채묘 적기를 파악함이 무엇보다도 중요하다(Rho and Pyen, 1977).

한편, 피조개 부착치패의 성장에 대하여 Rho and Pyen(1977)은 진해만의 경우 9월 11일에 채묘기를 투입한 후 10월 11일까지 평균 각장 2.8 mm, 11월 19일에 6.7 mm, 12월 18일에는 9.3 mm로 성장하였고, 津幡 등(1965)은 일본 陸奥灣에서는 10월 6일에 각장 1~2 mm, 10월 28일에는 1, 2.5, 3.5 mm, 11월 21일에는 1~2, 3~4, 4.5~5.5, 6~7 mm 그룹의 mode가 나타났다. Yoo and Yoo(1974)는 거제 석곡만에서의 1973년 9월 17일 평균 각장 0.54 mm, 10월 21일에 4.11 mm, 11월 25일에는 10.47 mm로 성장한 피조개 결과와 본 시험 결과를 비교해 보면 10월 하순에 홍성은 각장 2.92~18.19 mm (평균 9.73 mm), 태안은 각장 3.22~18.02 mm (평균 9.14 mm)로 차이를 나타냈는데, 이는 채묘장소나 시기, 채묘장의 환경요인, 특히 수온과 조류 등 해황에 따라 많은 영향을 받는 것으로 생각된다.

또한 치패의 각장(SL)에 대한 각고(SH)는 홍성이 $SH = 0.7168 SL - 0.6466$ ($r^2 = 0.9839$), 태안은 $SH = 0.736 SL - 0.8824$ ($r^2 = 0.9899$)로 각장이 각고에 비하여 긴 편이었다. 각장(SL)에 대한 전중량(TW)은 홍성이 $TW = 0.0001 SL^{3.1705}$ ($r^2 = 0.9882$), 태안은 $TW = 0.00005 SL^{3.3731}$ ($r^2 = 0.9899$)로 종패의 크기에 따른 전중량의 산출자료를 얻을 수 있었다.

요 약

큰이랑피조개, *Scapharca satowi*의 자연채묘 기술개발을 위하여 1차 시험은 2000년 7월부터 10월, 2차 시험은 2001년 7월부터 10월까지 충남 홍성군 서부면 죽도리와 태안군 안면읍 승언리 내파수도 앞바다에서 실시한 채묘시험 결과는 다음과 같다.

자연채묘 시험기간 중 표층수온은 7~8월의 25.2~26.8°C에서 22.0~22.5°C로 하강하는 시기에 산란이 많이 이루어짐으로서 수온은 산란을 유발시키는 주요인의 하나로 판단된다. 채묘시험 기간 중 홍성 및 태안 시험해역의 수질분석 결과, 염분은 27.23~30.86 ‰, 용존산소는 4.12~6.26 ml/L이었고, pH는 7.87~8.09이었다. 영양염류 중 인산염은 0.39~0.65 μM, 용존무기질소는 5.05~9.26 μM이었고, 부유물질은 5.4~20.8 mg/L, COD는 1.12~

1.87 mg/L로 유생출현에 비교적 적합한 환경이었다.

부유유생 조사 결과, D형 유생은 평균 수온 25℃ 이상을 나타낸 시기에 홍성 및 태안 모두 8월 중순에 가장 많이 출현하였고, 각정기 유생은 8월 하순, 부착기 유생은 9월 상순에 가장 많이 출현하였다. 랫셀그물에 의한 수층별 치패부착은 홍성 및 태안 모두 7~8 m층이 가장 많았고, 채묘기당 (40×50 cm) 부착량은 홍성 58~94개체, 태안 49~85개체이었다.

치패의 각장 (SL)에 대한 각고 (SH)는 홍성이 $SH = 0.7168 SL - 0.6466$ ($r^2 = 0.9839$), 태안은 $0.736 SL - 0.8824$ ($r^2 = 0.9899$)으로 표시되었고, 각장 (SL)에 대한 전중량 (TW)은 홍성이 $TW = 0.0001 SL^{3.1705}$ ($r^2 = 0.9882$), 태안은 $TW = 0.00005 SL^{3.3/31}$ ($r^2 = 0.9899$)로 표시되었다.

참 고 문 헌

- Choe, B. L., M. S. Park, L. G. Jeon, S. R. Park and H. T. Kim, 1999. Commercial molluscs from the fresh-water and continental shelf in Korea. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, 197 pp
- Kim, W. S. and J. W. Kim, 1976. Factors influencing distribution of larvae of ark shell, *Anadara broughtonii* (Schrenck). J. Oceanol. Soc. Korea, 11 (1): 1-8.
- Park, K. Y. and W. S. Kwon, 1982. Distribution of drifting larvae of the arkshell, *Anadara broughtonii* in Dukryang Bay. Bull. Tongyeong Fish. Jr. Coll., 17: 33-36.
- Rho, Y. G. and C. K. Pyen, 1977. Experimental studies on the seed collection of *Anadara broughtonii* (Schrenck). Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, 16: 135-149.
- Strickland, J. D. and T. R. Parsons, 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bull. Fish. Rec. Bd. Can., 167-310.
- Yoo, M. S. and S. K. Yoo, 1974. Spat collection and the growth of *Anadara broughtonii* (Schrenck). Bull. Korean Fish. Soc., 7(2): 79-86.
- 菅野溥記, 1968. 아카카이 증식. 養殖, 5: 88-100.
- 久保龜市, 1974. 아카카이의 천연採苗. 漁村, 40 (4): 26-29.
- 吉田 裕, 1950. 아카카이의 養殖. 水産界, 798: 50-61.
- 吉田 裕, 1953. 淺海産有用二枚貝の稚仔の研究. (II) 아카카이. 農林省水産講習研報, 3 (1): 15-28.
- 瀧本一郎, 1973. 赤貝種苗의 中間育成. 漁村, 39 (2): 18-20.
- 武田雷介·高橋克成, 1968. 아카카이 증식에 관한 연구. (I) 아카카이 천연採苗能率化試驗. 青森縣水産増殖センター事業概要, 1: 195-197.
- 小川 弘·川村 要·五十風照明, 1973. 아카카이의 증식에 관한 연구. -아카카이 養成試驗-. 青森縣水産増殖センター事業概要, 2: 283-288.
- 伊藤 進·菅野溥記·千葉 照·津幡文隆, 1967. 아카카이의 증식에 관한 調査. 青森縣陸奥灣水産増殖研究所業務報告, 9: 54-90.
- 立石 健, 1974. 아카카이의 천연採苗試驗. 山口縣内海水試, 4: 22-29.
- 長谷川詩二·小寺周一·山形 實·田村 正, 1961. 아카카이의 증식에 관한 연구. 青森縣陸奥灣水産増殖研究所業務報告, 5: 89-113.
- 田中彌太郎, 1971. 軟體動物幼生의 연구. (III) 아카카이. Venus, 30 (1): 29-35.
- 田中邦三·中村 勉·庄司泰雅·荒木 紘·弓削義正, 1975. 아카카이類 養成試驗. (III) 천연採苗について. 水産増殖, 22 (1): 3-5.
- 畑中順一, 1974. 아카카이 천연採苗과 垂下式 養殖. 漁村, 40 (2): 24-26.
- 津幡文隆·伊藤 進·菅野溥記·千葉 照, 1965. 아카카이의 能率的 天然採苗에 관한 調査. 青森縣陸奥灣水産増殖研究所資料, 39 (6): 1-16.
- 해양수산부, 1986-1998. 해양수산통계연보.

(접수: 2002년 1월 18일, 수리: 2002년 3월 5일)