

동해안 참굴 양식에 관한 연구

이채성 · 박영제*

국립수산진흥원 서해수산연구소

*국립수산진흥원 강릉수산종묘배양장

Studies on the Culture of Oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg) in Eastern Coast of Korea

Chae-Sung Lee and Young-Je Park*

Wast Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Incheon 400-201, Korea

*Kangnung Hatchery, National Fisheries Research & Development Institute, Kangnung 210-800, Korea

For improvement of fishermen's income by oyster cultivation in eastern coast of Korea, the spats of oyster (*Crassostrea gigas*) collected from Hadong in southern coast of Korea were transplanted to Chumunjin and cultured by hanging long line method from August 1994 to July 1995 for examination of their growth and ground environmental conditions.

The environmental conditions show the annual range of water temperature as 8.33~25.62 °C, salinity as 32.84~34.28‰, PO₄-P as 0.09~0.40 µg-at/l, dissolved inorganic nitrogen (DIN) as 0.32~3.12 µg-at/l.

The growth of oyster in hanging culture was as follows : 88.7 mm (shell height) in upper layer (7 m), 84.9 mm in middle layer (10 m) and 78.0 mm in lower layer (13 m) after one-year cultivation. Thus, the oysters in upper layer had grown relatively faster than those in lower layer. The relationships between shell height (SH) and shell length (SL) in each culturing depth as follows : SL=0.5403 SH+8.5486 (r=0.9959) in upper layer, SL=0.5813 SH+3.7775 (r=0.9869) in middle layer, and SL=0.5159 SH+6.8736 (r=0.9961) in lower layer.

The meat weight of oyster was the highest value as 13.24 g in upper layer, and 12.68 g in middle layer, and lowest as 10.96 g in lower layer. The relationships between total weight (TW) and meat weight (MW) with culturing water layer were as follows : MW=0.1933 TW+0.1051 (r=0.9973) in upper layer, MW=0.1915 TW+0.1894 (r=0.9984) in middle layer, and MW=0.1650 TW+0.0558 (r=0.9983) in lower layer.

Key words : Oyster, Culture, Shell height, Meat weight, Environmental conditions

서 론

굴은 바다의 우유라고 불리울 만큼 영양가가 높을 뿐만 아니라 그 영양적인 균형이 잘 잡혀 있다. 특히, 가을부터 겨울사이에 많이 축적되는

글리코젠은 인체에 흡수되면 포도당이 되어 에너지의 공급원이 되므로 소화가 빠르다(柳, 1979). 이와 같이 굴은 식품으로서 가치가 높기 때문에 세계적으로 그 수요가 매년 증가하고 있다. 우리나라의 굴생산량은 1962년에 56천톤이던

것이 1987년에는 288천톤으로 최고의 생산을 보인 후 1992년에는 235천톤으로 점차 감소되고 있다(농림수산부, 1993). 이와 같은 현상은 우리나라 굴양식이 주로 내만역인 남해안을 중심으로 시작된 이래 어장노화 현상이 증대되고 빈번한 수질오염에 의한 적조발생과 유류오염 등 어장환경 여건이 악화되고 있기 때문이다. 이에 따라 단위면적당 생산량이 감소되고 있으며, 육질부의 비만이 떨어졌은 물론 자연채묘까지 부진하여 금후 남해안에서의 굴양식은 더 이상 증가가 어려운 실정에 있어 새로운 양식장 및 인공종묘생산 기술개발이 절실한 상황이다.

국내에서 참굴의 이식시험에 관한 연구는 鄭과 郭(1970), 裴와 裴(1972), 柳와 柳(1982), 權과 元(1985) 등에 의해 주로 남해안에서 실시되었고, 金(1980), 宋 等(1988)은 서해안에서 이식 성장시험을 실시한 바 있으나, 동해안에 이식한 보고는 아직까지 없다.

본 연구는 조류소통이 원활하고 수질이 양호한 동해안에서 상품성이 우수한 양식굴 가능성을 확인한 후 대량의 종묘를 생산하여 굴양식을 확대함으로써 양식어업이 영세한 동해안 어업인의 지속적이고 안정적인 소득증대 향상을 도모하고자 남해안의 굴을 동해안에 이식하여 어장 환경요인과 성장시험을 실시하였다.

재료 및 방법

조사지의 개황

조사해역은 강원도의 동부쪽 중앙에 위치하여 북으로는 양양군과 접하며, 남으로는 동해시, 그리고 서쪽으로는 대관령이 접해있다. 동해안은 대부분의 어장이 외해와 맞닿아 있어 풍파의 영향을 직접 받기 때문에 양식어업이 활발하지 못하였으나 최근 내파성 연승수하식 양식방법이 개발되어 가리비양식이 성행되고 있다.

조사지의 연안측은 암반과 사질이 발달되어 각종 패류와 해조류가 번무하고 있으며, 조사지는 수심이 30 m 내외로 사질로 되어 있으며, 가

리비양식이 이루어지고 있는 어장을 이용하여 굴양식 시험을 실시하였다. 이 지역의 조석 간만의 차는 연간 40 cm 이하이며, 창조류는 북서류 또는 남서류로 흐르고, 낙조류는 동류 또는 남동류가 주류를 이룬다(Fig. 1).

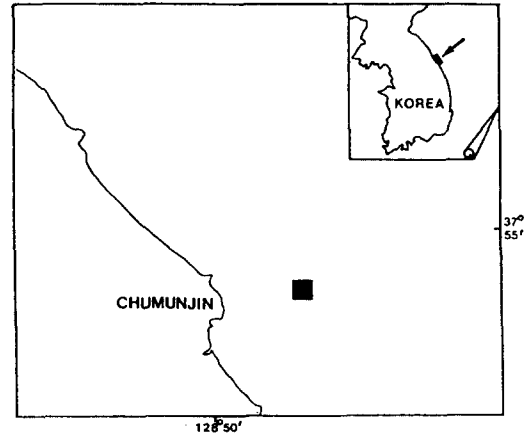


Fig. 1. The map showing study area.

종묘 수송 및 어장 시설

본 연구에 사용된 참굴은 1994년 6월 10일에 경남 하동에서 자연채묘한 것을 8월 22일에 강원도 주문진까지 차량(4톤 트럭)을 이용하여 밤중에 운반하였으며, 운반 즉시 강릉수산종묘배양장의 사육수조에 수용하여 8월 30일까지 적응시킨 뒤 수하하였다. 이식시의 크기는 평균 각고 20.6 mm, 평균 중량 1.85 g이었으며, 환경조건은 수온 26.3°C, 기온 31.3°C였다. 시험기간은 1994년 8월부터 1995년 7월까지 12개월이었다.

시험어장은 강원도 강릉시 주문진연안으로 수심은 약 30 m에 시설된 가리비 시험양식어장을 활용하였다. 수하연은 5 m 수층의 간승줄(100 m)에 70 cm 간격으로 총 140연을 시설하였으며, 수하연 길이는 8 m로 하였다(Fig. 2).

환경요인

굴 시험어장의 환경조사는 매월 1회씩 상층(7 m), 중층(10 m) 및 하층(13 m)으로 구분하여 채수한 후 각 항목을 분석하였다. 수온은 전도

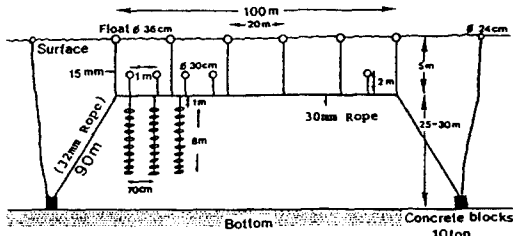


Fig. 2. Facilities for long-line hanging culture of oyster.

온도계로 0.01°C까지 측정하고, 염분은 염분측정기 (YSI 57)로 측정하였다. 영양염류는 인산염(PO₄-P)과 용존성 무기질소(DIN)를 Strickland and Parsons (1972)법에 의하여 분광광도계 (Bausch and Lomb Spectronic 20D)로 측정하였다.

성장도 조사

성장도 조사용 굴은 매월 1연씩을 상층(7 m층), 중층(10 m층) 및 하층(13 m층)으로 구분하여 3개층에서 무작위로 30개체씩 표본추출하여 시료로 사용하였다. 각고와 각장은 vernier caliper를 이용하여 0.1 mm까지 계측하였으며, 전 중량과 육중량은 digital 저울을 이용하여 0.01 g까지 측정하였다.

통계처리

실험결과는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였다.

결 과

어장환경

시험어장의 수층별 수온 및 염분농도는 Fig. 3에서와 같다.

수온의 월변화는 3개층 모두 8월에 최고의 수온을 보이다가 점차 하강하여 3월에 최저의 수온을 보였으며, 그 후 다시 상승하는 경향을

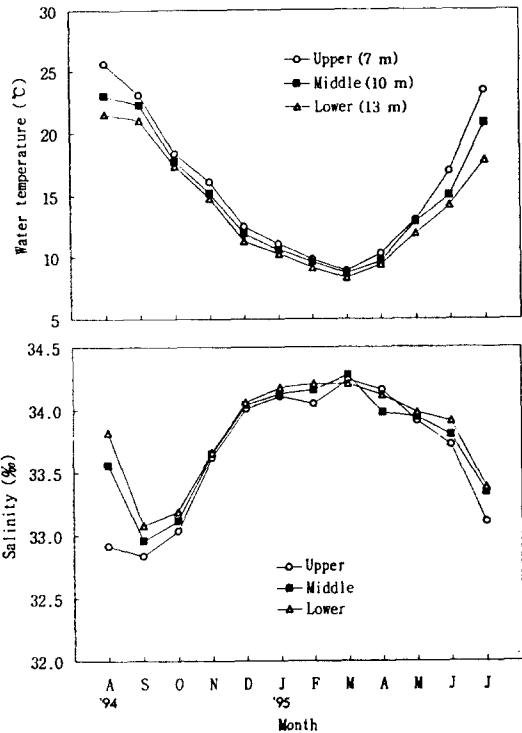


Fig. 3. Monthly variations of water temperature and salinity in the oyster growing area.

나타내었다. 각 수층별 수온은 상층(7 m)이 8.90~25.62°C, 중층(10 m)이 8.72~23.02°C 및 하층(13 m)이 8.33~21.54°C로 고수온기인 8월에는 상층이 중층보다 2.60°C, 하층보다 4.08°C 높았으며, 저수온기인 3월에는 상층이 중층보다 0.18°C, 하층보다 0.57°C 높았다.

염분농도 변화는 상층 32.84~34.24%, 중층 32.96~34.28% 및 하층 33.08~34.21%로 3개층 모두 3월에 최고치를 나타내었으며, 9월에는 최저치를 보였다.

영양염류중 인산염은 전 수층이 0.09~0.40 µg-at/l 범위로 하층에서 높게 나타났으며, 용존성 무기질소(DIN)는 전 수층이 0.32~3.12 µg-at/l 범위로 6월이 가장 낮았고, 2월이 가장 높게 나타났다(Fig. 4).

먹이생물인 식물성플랑크톤은 Table 1에서

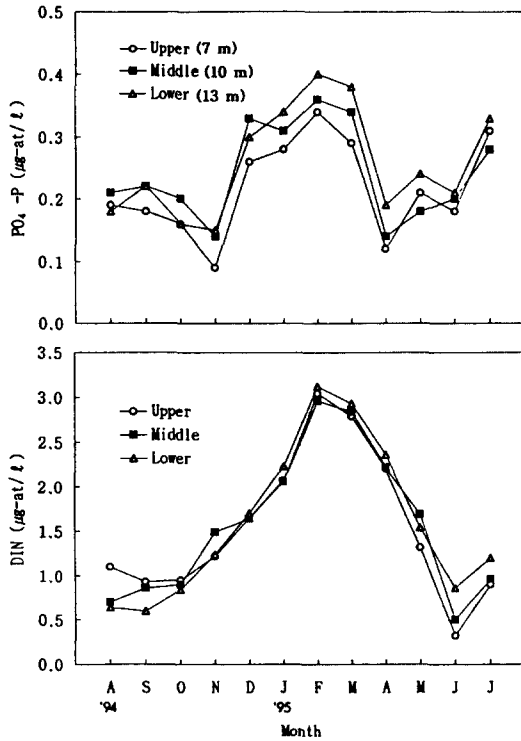


Fig. 4. Monthly variations of phosphate phosphorus and dissolved inorganic nitrogen (DIN) in the oyster growing area.

보는 바와 같이 전 수층 모두 봄(4월)에 최대량을 보였고, 여름(7월)이 가장 낮았으며, 수층별로는 상층이 년중 가장 많이 나타났다.

굴 성장

시험어장에서의 수층별 각고와 각장의 성장은 Fig. 5에서와 같다.

동해안에 이식한 1994년 8월의 평균 각고는 상층과 중층은 20.6 mm, 하층은 20.5 mm로

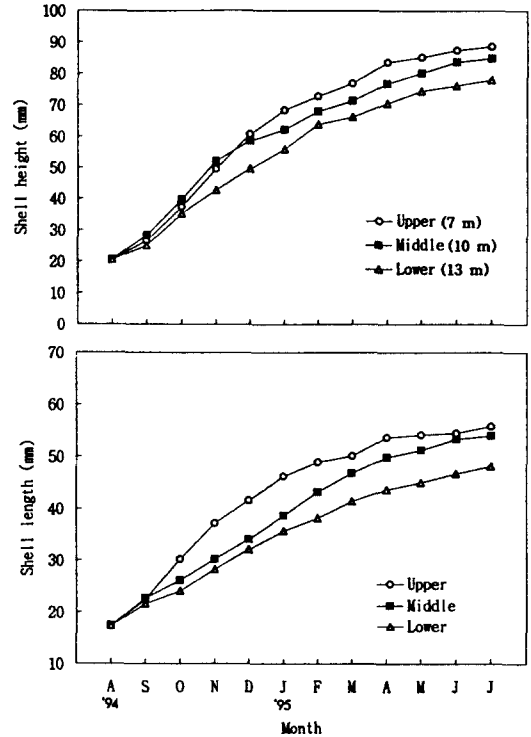


Fig. 5. Growth comparison of shell height and shell length of the oyster in each water layer.

수층별로 차이가 거의 없었으나, 11월에는 상층 49.5 mm, 중층 52.1 mm, 하층 42.7 mm로 급성장하였다. 시험종료기인 1995년 7월에는 상층 88.7 mm, 중층 84.9 mm, 하층 78.0 mm로 상층의 성장이 가장 좋았으며, 유의성 검정결과 (Table 2) 상층은 중층과는 유의차가 없었으나 상층과 하층과는 유의성이 인정되었다($p < 0.05$).

각장의 성장은 처음 수하시 평균 17.3 mm에서 11월에는 상층 37.2 mm, 중층 30.2 mm, 하층 28.2 mm로 성장하였으며, 시험종료시에는 상층

Table 1. Seasonal variations of phytoplankton composition in the oyster growing area (October 1994 to July 1995) ($\times 10^2$ cells/l)

Water depth	October	January	April	July
Upper (7 m)	116	72	254	21
Middle (10 m)	108	64	215	18
Lower (13 m)	76	48	189	14

Table 2. The growth of oyster on different depth during August 1994 to July 1995

Water depth	Initial			Final		
	Shell height (mm)	Shell length (mm)	Total weight (g)	Shell height (mm)	Shell length (mm)	Total weight (g)
Upper (7 m)	20.6±1.5	17.3±1.2	1.85±0.4	88.7±5.6 ^a	55.8±3.5 ^a	72.1±6.8 ^a
Middle (10 m)	20.6±1.5	17.4±1.3	1.86±0.4	84.9±7.3 ^{ab}	54.0±3.8 ^a	67.6±7.5 ^b
Lower (13 m)	20.5±1.4	17.3±1.1	1.82±0.3	78.0±7.8 ^b	48.1±5.4 ^c	58.2±7.9 ^c

55.8 mm, 중층 54.0 mm, 하층 48.1 mm로 성장 차이가 크게 나타났다.

이와 같은 성장을 보인 양식 굴의 수층별 각고 (SH)에 대한 각장(SL)의 상대성장(Fig. 6)을 보면, 상층 $SL=0.5403 SH+8.5486$ ($r=0.9959$), 중층 $SL=0.5813 SH+3.7775$ ($r=0.9869$), 하층 $SL=0.5159 SH+6.8736$ ($r=0.9961$)으로 중층은 단형에서 장형으로 발전되는 것으로 나타났다.

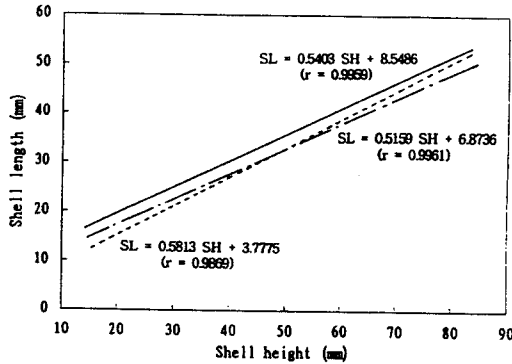


Fig. 6. Relationship between shell height and shell length of the oyster with water depth. —, Upper (7 m); ·····, Middle (10 m); - - -, Lower (13 m).

시험어장에서의 수층별 전중량 및 육중량은 Fig. 7에서와 같다.

동해안에 이식한 1994년 8월의 평균 전중량은 1.82~1.85 g으로 수층별로 차이가 거의 없었으나, 11월에는 상층 16.4 g, 중층 18.2 g, 하층 11.2 g으로 하층에서 중량 증가가 낮았다. 시험 종료기인 1995년 7월에는 상층 72.1 g, 중층 67.6 g, 하층 58.2 g으로 상층의 중량 증가가 가장 좋았으며, 유의성 검정결과(Table 2)에서도 각 층별 유의차가 인정되었다($p<0.05$).

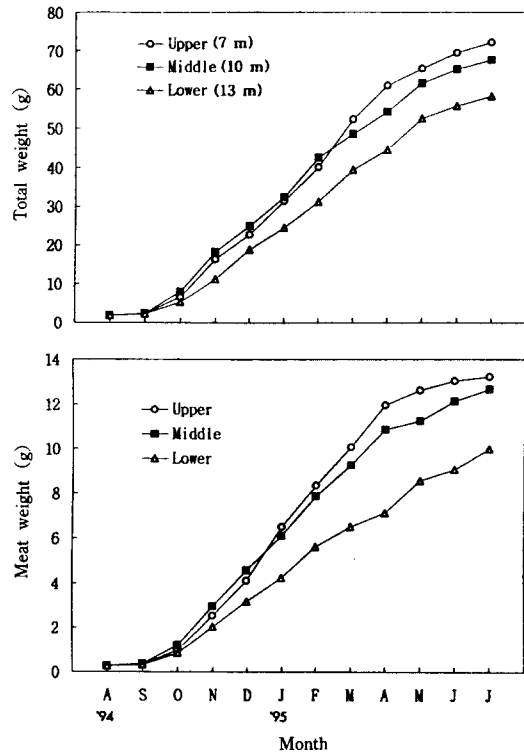


Fig. 7. Growth comparison of total weight and meat weight of the oyster in each water layer.

육질의 변화는 처음 수하시 0.26~0.27 g으로 각 수층이 비슷하였으나, 시험종료시에는 상층 13.24 g, 중층 12.68 g, 하층 10.96 g으로 상층에서의 증가가 가장 좋았다.

이와 같은 성장을 보인 양식 굴의 수층별 전중량 (TW)에 대한 육중량(MW)의 상대성장(Fig. 8)을 보면, 상층 $MW=0.1933 TW+0.1051$ ($r=0.9973$), 중층 $MW=0.1915 TW+0.1894$ ($r=0.9984$), 하층 $MW=0.1650 TW+0.0558$ ($r=$

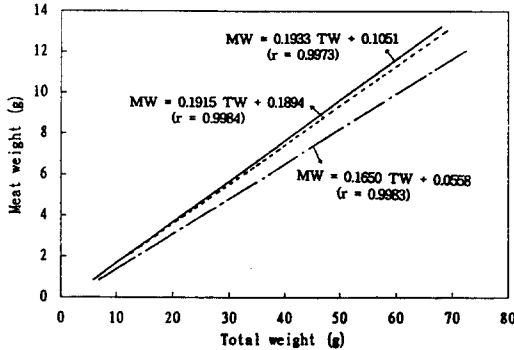


Fig. 8. Relationship between total weight and meat weight of the oyster with water depth. —, Upper (7 m); ·····, Middle (10 m); - - -, Lower (13 m).

0.9983)으로 하층은 중량 증가에 비해 육중량이 현저히 적었다.

고찰

생물의 서식에 미치는 주요 환경요인으로는 수온(林等, 1975; 裴等, 1978; 金等, 1980), 염분(林等, 1975), 용존산소(林等, 1975; 裴等, 1978; 金等, 1980), 저질(趙와 朴, 1983) 등 여러 가지가 있으며, 이 중 수온의 경우는 대사활동과 성장에 많은 영향을 미친다.

조사해역의 수온은 8월 이후 점차 하강하여 3월에 최저를 보이다가 다시 상승하는 경향을 보였다. 상층은 여름에 25.62℃까지 상승하고, 겨울에는 8.90℃로 하강하였으며, 굴 양식이 주로 이루어지는 수층(10 m내외 층)은 여름에 22.89℃까지 상승한 후 하강하여 초겨울까지의 수온이 10℃ 이상으로 굴의 생존과 성장에는 직접적인 큰 영향이 없는 것으로 보인다.

염분의 경우 전 기간을 통하여 32.84~34.28‰로서 변화폭이 크지 않았으며, 굴은 염분농도 변화에 적응성이 강한 점(柳, 1979)을 고려할 때 동해안의 염분은 굴 양식에 영향을 미치지 않는 것으로 여겨진다.

동해안은 외해에 접해있어 파도의 영향을 많이 받으며, 대류현상이 잘 일어나는 곳으로(李, 19

95) 외해수에서 유입되는 영양염류중 인산염은 0.09~0.40 μg-at/l, 용존성 무기질소는 0.32~3.12 μg-at/l로 비교적 안정상태를 보이고 있으나 우리나라 남해안에 비해서는 분포량이 낮게 나타났다.

굴은 식물성플랑크톤의 여과섭식에 의해 생활하므로 해수에 먹이생물이 풍부해야 한다. 조사해역의 식물성플랑크톤의 계절별 출현량은 봄에 최대량을 보이며, 여름에 분포량이 적었다. 수층별로는 상층이 가장 많았으며, 하층으로 갈수록 적었다.

굴의 성장에 대하여 柳等(1972)은 7월에 수하한 굴이 11월에는 각고 7.9 cm, 다음해 1월에 8.2 cm, 3월에 9.2 cm로 성장하였고, 裴等(1978)은 5월 수하당시 평균 각고는 2.24 cm, 8월에 7.26 cm, 다음해 4월에는 10.20 cm로 성장하였다고 보고하였다.

본 연구에서는 8월 하순 수하당시의 각고는 2.06 cm이던 것이 11월에 4.27~5.21 cm로 급성장하였으며, 다음해 1월에 5.60~6.84 cm 그리고 7월에는 7.80~8.87 cm로 성장하여 柳等(1972) 및 裴等(1978)에 비하여 성장이 다소 늦은 것으로 나타났으나, 柳와 朴(1981)이 7월 초순에 수하한 굴의 각고가 11월에 4.3 cm, 다음해 2월에 5.9 cm 그리고 4월에 6.2 cm였다는 보고에 비해서는 성장이 빠른 것으로 나타났다. 이는 수하시기 및 해역의 환경여건에 따라 성장의 차이가 크다고 볼 수 있으나 동해안의 굴 양식이 처음 시도된 결과로 볼 때 좋은 성과라 보여지며, 금후 보다 구체적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

수층별 각고의 성장을 보면 상층이 가장 좋은 것으로 나타났으며, 유의성 검정결과 상층은 중층과는 유의차가 없었으나 하층과는 유의차가 인정되었다(p<0.05). 한편, 수층별 각고에 대한 각장의 상대성장식에서는 중층이 $SL=0.5813 SH+3.7775$ 로 상층과 하층에 비하여 장형으로 나타났다.

굴의 수층별 전중량의 변화를 보면 수하당시

1.82~1.85 g으로 수층별 차이가 거의 없었으나 11월 이후부터 중량이 급증하기 시작하여 다음해 7월에는 상층 72.1 g, 중층 67.6 g, 하층 58.2 g으로 상층의 중량 증가가 높았다. 이는 상층이 중층과 하층에 비하여 수온이 높고, 먹이생물인 식물성플랑크톤이 많기 때문으로 여겨지며, 유의성 검정결과(Table 2)에서도 각 층별 유의차가 인정되었다($p < 0.05$).

굴의 비만은 먹이생물량에 좌우되며, 가을철에 육질의 비만이 좋다(妹尾와 堀, 1927; 裴와 裴, 1972; 裴等, 1978). 본 연구에서 육질의 성장을 보면 10월까지의 완만한 증가를 보이다가 11월부터 육질의 증가가 급격히 빨라졌다. 이는 육질의 성장이 10월 이후에 빨라진다는 보고(柳와 劉, 1973; 柳等, 1975)와는 1개월 정도 차이가 있는데 이는 해역과 위도의 차이로 환경여건이 상이하어 굴의 성장 및 육중량의 차이가 나타난 것으로 사료된다.

수층별 육중량은 상층과 중층에서는 비슷한 경향을 보였으나 하층에서는 저조한 증가를 보여 양성장의 수층에 따라 각각 먹이의 량, 조류소통 등이 다른데서 오는 것이라는 小笠原等(1962), 柳等(1972)과 같은 결과라 여겨진다. 한편, 수층별 전중량에 대한 육중량의 상대성장식에서는 상층이 $MW = 0.1933 TW + 0.1051$ 로 중층과 하층에 비하여 육중량이 높은 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 동해안은 외해에 접해있어 풍파의 영향을 많이 받는 곳으로 견고한 시설물 설치와 관리에 철저를 기하여 굴 양식을 한다면 동해안의 주 소득원이 될 것으로 기대된다.

요 약

동해안에서 고품질의 굴 양식 생산과 어업인의 안정적인 소득 향상을 도모하고자 경남 하동에서 채묘한 굴을 강원도 주문진 연안에 연승수하식으로 이식한 후 1994년 8월부터 1995년 7월까지 어장환경과 수층별 성장시험을 실시하였다.

환경요인 조사결과 수온은 8.33~25.62°C, 염분

32.84~34.28‰, 영양염류인 인산염은 0.09~0.40 $\mu\text{g-at/l}$, 용존성 무기질소(DIN)는 0.32~3.12 $\mu\text{g-at/l}$ 로 나타났다.

굴의 성장은 상층이 각고 88.7 mm, 중층 84.9 mm, 하층 78.0 mm로 하층에 비해 상층의 성장이 더 빨랐다. 수층별 각고(SH)에 대한 각장(SL)의 상대성장식은 상층 $SL = 0.5403 SH + 8.5486$ ($r = 0.9959$), 중층 $SL = 0.5813 SH + 3.7775$ ($r = 0.9869$), 하층 $SL = 0.5159 SH + 6.8736$ ($r = 0.9961$) 이었다.

육질은 상층 13.24 g, 중층 12.68 g, 하층 10.96 g으로 상층에서 높게 나타났으며, 수층별 전중량(TW)에 대한 육중량(MW)의 상대성장식은 상층 $MW = 0.1933 TW + 0.1051$ ($r = 0.9973$), 중층 $MW = 0.1915 TW + 0.1894$ ($r = 0.9984$), 하층 $MW = 0.1650 TW + 0.0558$ ($r = 0.9983$)으로 나타났다.

참 고 문 헌

- Strickland, J. D. and T. R. Parsons, 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bull. Fish. Rec. Bd. Can., 167-310.
- 權壇燮·元容仁, 1985. 日本産 種굴의 移殖成長試驗. 統營水專 論文集 20 : 1-7.
- 金容浩, 1980. 南海産 참굴, *Crassostrea gigas*의 移殖成長에 關한 生態學的 研究. 韓水誌 15(1) : 8-16.
- 金 潤·尹東洙·姜弼愛, 1980. 참굴 수하양식에 관한 연구(VII). 굴의 養成場의 環境과 成長. 水振研報 25 : 35-43.
- 농림수산부, 1993. 농림수산부 통계연보. 500pp.
- 妹尾秀實·堀重藏, 1927. 垂下養蠣試驗報告. 水産講習試驗報告 22(4) : 212-261.
- 裴景萬·裴平岩, 1972. 참굴 垂下養殖에 關한 研究 (I). 養成場의 成長度에 對하여. 水振研報 9 : 71-84.
- 裴平岩·卞忠圭·高昌淳·金 潤·姜弼愛, 1978. 참굴 垂下養殖에 關한 研究(IV). 굴 養成場의 環境과 成長度에 對하여. 水振研報 20 : 109-119.
- 小笠原義光·小林歌男·岡本 豪·古川 厚·久岡實·野上和彦, 1962. カキ養殖における抑制種苗

- の使用とその生産的意義. 内海水研報 19 : 137-139.
- 宋烘寅 · 金伯均 · 金貴榮, 1988. 서해산 참굴, *Crasostrea gigas* (Thunberg)의 移植成長에 關한 研究. 水振研究報告 41 : 55-63.
- 柳晟奎, 1979. 淺海養殖. 새로출판사, 부산. 605pp.
- 柳晟奎 · 劉明淑 · 朴鍾南, 1972. 굴의 養殖에 關한 生物學的 研究(I). 참굴의 成長. 釜山水大研報 12(2) : 63-67.
- 柳晟奎 · 劉明淑, 1973. 굴의 養殖에 關한 生物學的 研究(II). 참굴의 產地別 特性. 韓水誌 6(1, 2) : 65-75.
- 柳晟奎 · 李澤烈 · 陳平 · 洪性潤 · 劉明淑, 1975. 굴 養殖場의 保全을 爲한 生態學的 環境 調查研究. 釜山水大臨海研報 8 : 15-30.
- 柳晟奎 · 朴旻洋, 1981. 굴 養殖에 關한 生物學的 研究(III). 閑山 · 巨濟灣內 養殖場別 굴의 成長 比較와 附着密度에 따른 패각의 相對成長. 韓水誌 13(4) : 207-212.
- 柳晟奎 · 柳浩英, 1982. Malaysia國 Ambong灣에 移植한 참굴의 成長. 韓水誌 15(1) : 42-46.
- 李彩成, 1995. 꼬끼리조개의 繁殖生物學的 研究. 濟州大學校 博士學位 論文. 109pp.
- 林斗柄 · 趙昌煥 · 權壇燮, 1975. 忠武附近 굴 養殖 場의 環境에 關하여. 韓水誌 8 : 61-67.
- 鄭鍾洛 · 郭熙相, 1970. 南海產 및 西海產 참굴(*Crasostrea gigas*) 種貝의 相互移植後의 成長. 韓水誌 3(2) : 129-136.
- 趙昌煥 · 朴旻洋, 1983. 固城 · 紫蘭灣 貝類養殖場 底泥의 富榮養化. 韓水誌 16(3) : 260-264.