

광양만산 바지락(*Ruditapes philippinarum*: Bivalvia)의 개체군 생물학. I. 성장과 서식환경

신 현 출, 신 상 호

여수대학교 해양학과

Population Biology of Short-necked Clam (*Ruditapes philippinarum*: Bivalvia) in Kwangyang Bay, Southern Coast of Korea. I. Growth and Benthic Environments

Hyun Chool Shin and Sang Ho Shin

Dept. of Oceanography, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

ABSTRACT

This study was carried out to describe the growth of *Ruditapes philippinarum* on Chohwa and Toksan tidal flat in Kwangyang Bay, from June 1994 to July 1995. On the Chohwa tidal flat, the mean grain size, organic content and chlorophyll-a of the surface sediment were the range of 2.50-4.46 ϕ , 4.99-5.11%, 14.53-19.90 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, and on the Toksan tidal flat, 0.83-1.66 ϕ , 2.22-2.34%, 6.20-6.90 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, respectively.

The shell length of *R. philippinarum* increased rapidly from spring to summer, and gently from summer to autumn, and ceased during winter. Fresh weight increased during spring and autumn, and decreased during summer and winter. Condition factors also showed the same variations of weights.

Synthesized annual growth pattern of 4 year classes in shell length fitted the von Bertalanffy growth model well. The annual growths of weight fitted the Gompertz model relatively well. The values of ω , initial shell growth rate, and AGR_{max} , maximum weight growth rate, on the Chohwa tidal flat were lower than those on the Toksan tidal flat.

Comparing the growth patterns in the same tidal flat, growth rate was higher on the lower tidal flat than those on the higher tidal flat.

In conclusion, the Chohwa tidal flat maintaining higher density showed lower growth rate, because of relatively insufficient food supply and inhabiting space.

Keywords : Benthic environments, Growth, *Ruditapes philippinarum*

서 론

바지락(*Ruditapes philippinarum*: Bivalvia)은 한국 연안의 간석지에 널리 분포하고, 간석지의 패류생산량을 좌우하는 중요한 동물로서 식용 이매패의 대표적인 지위를 차지하고 있다. 바지락은 다른 이매패에 비해 비교적 연구가 활발히 이루어지고 있는데, 바지락의 형태 변이(Kim, 1978; Yoo *et al.*, 1978), 서식환경의 저질조성(Lee *et al.*, 1969), 비만도 및 치패출현(Won, 1994), 성장, 사망 및 생산(Kim, 1986), 생식소 발달 및 산란기(Eugenia *et al.*, 1992; Chung *et al.*, 1994), 초기성장(Hur, 1994), 치패의 착생(Williams, 1980), von Bertalanffy 성장모델을 적용시킨 예(Yoo *et al.*, 1978; Yoon, 1992; Chung *et al.*, 1994), 이차생산(Choi, 1987), 개체군동태와 에너지수지(Kim, 1994) 등의 보고가 있다.

생물개체의 성장에 관하여는 1800년대말부터 성장모델에 관한 연구가 시작된 이래 현재까지 많은 모델이 개발되어 왔으며, 이 모델을 적용한 연구도 많이 진행되었다. 가장 널리 사용되는 성장모델로는 von Bertalanffy 성장모델, Gompertz 성장모델, logistic 성장모델, 이를 일반화

Received April 21, 1999; Accepted May 21, 1999

Corresponding author: Shin, Hyun Chool

Tel: (82) 662-640-6344; e-mail: shinhc@yosu.ac.kr

1225-3480/15103

© The Malacological Society of Korea

한 Richards 성장모델 등이 있다. 이들 성장모델의 특징은 초기나 중기에 성장률이 가장 높고, 말기에 크게 둔화되어 최대 임계크기에 도달한다는 것으로 많은 생물의 성장은 이 모델들에 잘 적용된다. 국내에서도 이매패류를 대상으로 개체 성장을 모델에 적용시킨 연구가 비교적 많이 진행되어 왔다. 즉 백합(Kim *et al.*, 1977), 민들조개(Hwang and Hwang, 1981), 북방대합(Kang and Kim, 1983), 동죽(Shin, 1992; Ryou and Kim, 1997), 맛조개(Hong and Park, 1994), 가리맛조개(Yang, 1994)의 성장에 적용시킨 예가 있다.

본 연구에서는 남해안의 대표적 바지락 생산지인 광양만에 서식하는 바지락의 개체 성장을 파악하고, 환경요인으로서 퇴적물의 입도, 퇴적물의 유기물함량, 퇴적물내 저서미세조류의 엽록소-a량을 분석함으로써 서식환경과의 관련성을 함께 분석하고자 하였다.

이를 위하여 연령군 조성을 분석한 후, 연령군별로 von Bertalanffy 각장성장모델, Gompertz 중량성장모델에 가장 적합한 성장식을 추정하여 이를 통하여 일생동안의 성장양상을 밝혔다. 그리고 각장성장에서는 초기성장률(ω), 중량성장에서는 최대성장률(AGR_{max}), 최대성장이 일어나는 연령($AGR_{max-age}$)을 파악하여 지리적 바지락의 성장 차이를 비교하였다. 그리고 퇴적물의 입도조성, 유기물함량, 미세저서조류의 엽록소-a량 등의 환경요인을 조사하여 바지락의 성장과 환경간의 관계를 분석하고자 하였다.

재료 및 방법

조사지역은 광양만 서쪽에 위치한 여수시(구 여천군) 조화와 덕산의 갯벌이다(Fig. 1). 각 지역에서 바지락의 서식밀도가 높은 상부와 하부의 두 군데, 총 4개의 정점을 설정하여 조사를 실시하였다. 즉 조화조간대의 상부지역을 Chohwa A, 하부지역을 Chohwa B로, 덕산조간대의 상부를 Toksan C, 하부를 Toksan D로 설정하였다. 현장 채집은 1994년 6월부터 1995년 7월까지 매월 1-2회씩 총 19회에 걸쳐 최대 간조가 일어나는 시기를 택하여 수행하였고, 각 조사 정점에서 퇴적물의 입도조성, 유기물함량, 저서미세조류의 엽록소-a량을 측정하기 위하여 표층 퇴적물을 각 조사시기별로 5-10회 반복 채취하였다.

표층퇴적물은 standard dry-sieve analysis와 pipette analysis에 의해 입도분석을 시행하였으며(Fork, 1968), 평균입도는 Fork and Ward(1957)의 식을 이용하였고, Gorsline(1960)의 삼각다이아그램을 이용하여 퇴적상을 구분하였다. 퇴적물내 유기물함량은 550°C에서 3시간 태운 후 무게 손실량을 백분율로 표시하였다. 저서조류의 엽록소-a량은 Unesco-SCOR방법으로 퇴적물 단위체적당 엽록소-a량($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)으로 표현하였다.

바지락은 각 조사정점에서 매 조사시기마다 최소한 10개 이상의 방형구(50 cm × 50 cm)를 무작위로 설치하여

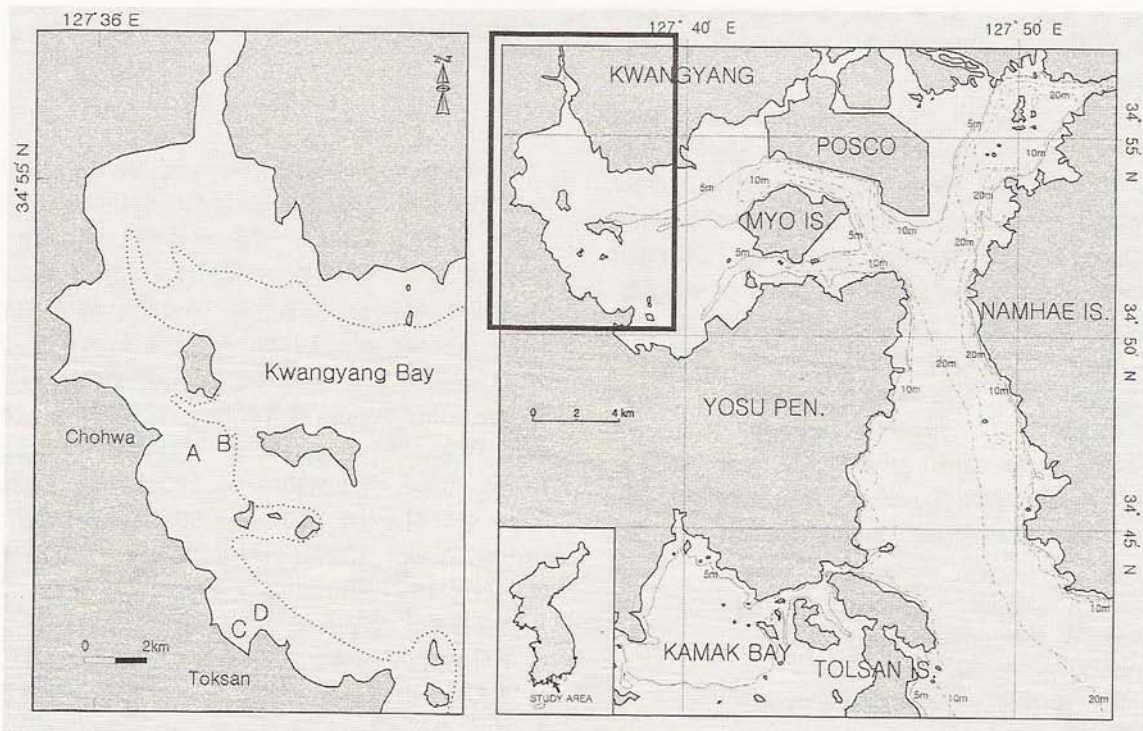


Fig. 1. A map showing the study area and sampling sites on Chohwa and Toksan tidal flat in Kwangyang Bay.

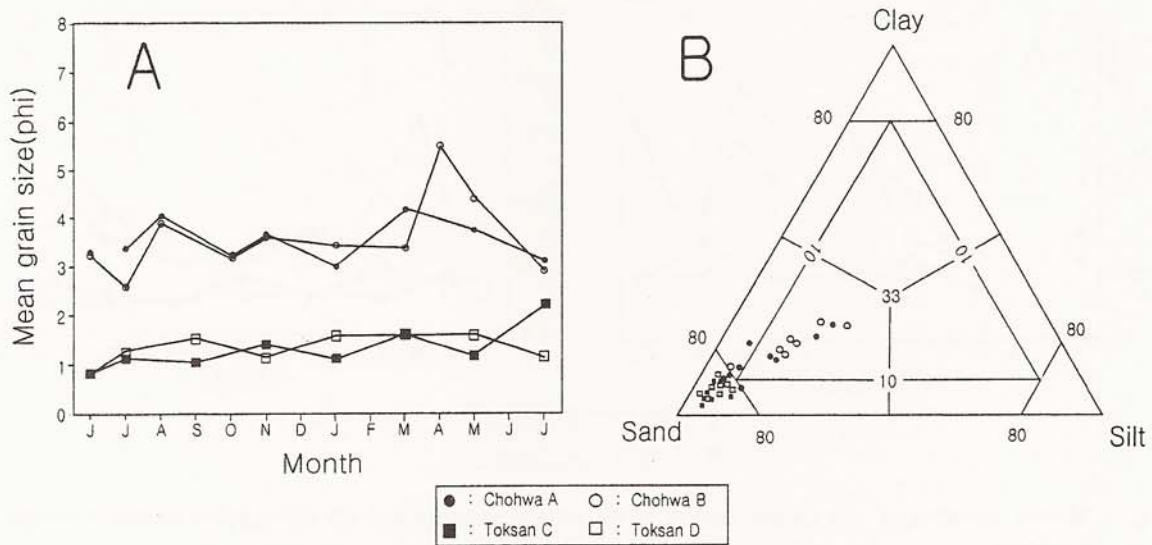


Fig. 2. (A) Monthly variations in the mean grain size of the surface sediment at each sampling site. (B) Ternary diagram showing the surface sediment facies at each sampling site.

채집하였으며, 각 조사정점에 서식하는 바지락은 어촌계의 협조하에 어획을 방지한 상태로 관리하였다. 현장에서 채집한 바지락은 실험실에서 각 방형구별로 개체수를 계수한 다음 대략 150 개체 이상이 되도록 5-10 개의 방형구를 무작위로 선정하여 각 개체별로 버어니어캘리퍼를 이용하여 각장(mm)을 측정하고, 전자저울을 이용하여 육질부 건중량(g) 및 총습중량(g)을 측정하였다. 바지락의 계절에 따른 육질부 발육상태를 알아보기 위하여 각장과 육질부 건중량의 비로 표현되는 Fulton의 상태지수(Fulton's condition factor)를 계산하였다(in Bagenal, 1978).

개체의 연령은 패각에 나타나는 연륜의 수를 계수하여 사정하였다. 연령사정에 사용한 총개체수가 대략 100-150 개체 되도록 5-10개의 방형구를 무작위로 선택하였다.

바지락의 연성장은 각 연륜별 길이를 이용하여 von Bertalanffy 성장 모델(1938)로 각장 성장을 표현하였고, 각 연륜별 길이를 육질부 건중량으로 역계산한 다음 Gompertz 성장 모델(1825)을 사용하여 중량성장식을 표현하였다. 이때 각 윤장별 건중량은 연륜형성기의 각장-중량 관계식(Shin, 1996)을 이용하여 역계산에 의하여 윤장별 중량을 환산, 추정하였다.

결 과

1. 조사지역의 환경

표층퇴적물의 평균입도는 조화조간대의 경우 연중 2.60-4.46 ϕ 이었으며, 덕산조간대는 0.83-1.66 ϕ 이었다 (Fig. 2a). 연중 입도 변화가 크게 나타나지 않아 퇴적물이

안정된 상태임을 알 수 있다. 조화조간대 상부(Chohwa A)의 연평균 모래함량은 70.23%, 하부(Chohwa B)는 66.81%, 덕산조간대 상부(Toksan C)는 86.37%, 하부(Toksan D)는 88.98%이었다. 퇴적물의 조성은 계절에 따라 약간씩의 차이를 보이고 있으나, 대체로 덕산조간대가 조화조간대보다 조립한 퇴적물로 구성되어 있다. 이러한 경향은 퇴적상에도 그대로 반영되어 조화조간대는 silty clayey sand 퇴적상을, 덕산조간대는 sand 퇴적상을 보이고 있다(Fig. 2b).

표층퇴적물내의 유기물 함량은 조화조간대의 상부(Chohwa A)에서 연간 2.66-7.91%로 변동하였으며, 하부(Chohwa B)에서는 3.07-6.81%의 변동을 보였다(Fig. 3a). 덕산조간대의 상부(Toksan C)에서는 1.75-2.95%, 하부(Toksan D)에서는 1.49-2.45%의 변동을 보였다. 대체로 세립질퇴적물이 우세한 조화조간대가 덕산조간대보다 표층퇴적물내 유기물함량이 상대적으로 많았다. 특히 조화조간대 상부에서 1994년 12월-1995년 4월에 7.0% 이상의 높은 값을 보였다.

미세저서조류의 엽록소-a량은 봄, 여름에 높고, 가을, 겨울에 낮은 값을 보였다(Fig. 3b). 표층퇴적물의 유기물함량과 마찬가지로 세립질퇴적물이 우세한 조화조간대가 덕산보다 연중 높은 값을 보이고 있다. 특히 조화조간대의 상부(Chohwa A)에서는 1994년 8월과 1995년 6월에 각각 33.8 $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 25.0 $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 로서 상당히 높은 값을 보였다.

각 정점의 조고는 Chohwa A가 -101 cm, Chohwa B가 -131 cm, Toksan C가 -36 cm, Toksan D가 -91

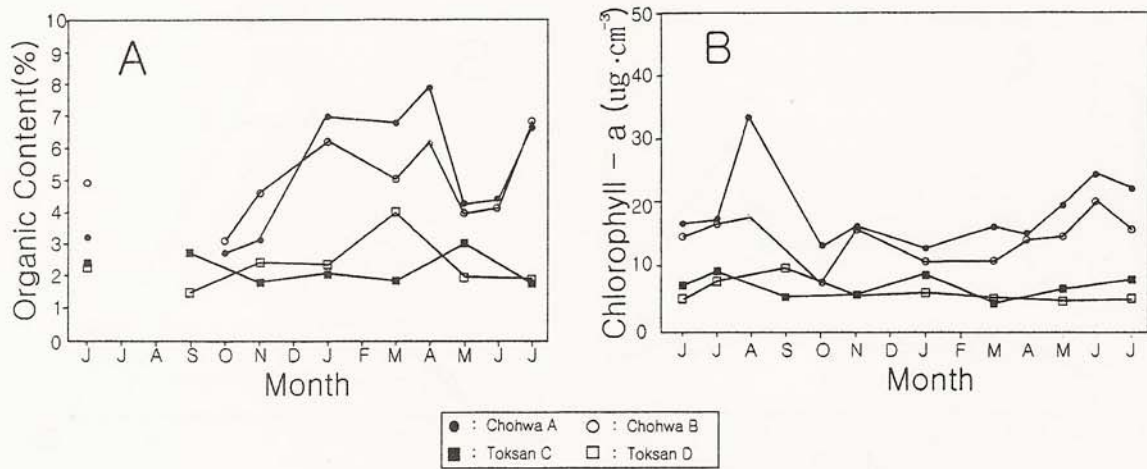


Fig. 3. Monthly variations in (A) organic content in the surface sediment and (B) chlorophyll-a content of benthic microflora.

cm로 나타나, 대기노출시간은 Toksan C > Toksan D > Chohwa A > Chohwa B 의 순으로 길었다.

2. 바지락 각장 및 중량의 계절변동

바지락 각장 성장의 계절 변화 양상은 모든 정점에서 유사하게 나타났다(Fig. 4). 모든 연령군이 봄부터 여름까지 급격하게 성장하고, 여름부터 가을까지 성장이 완만하게 일어나다가, 겨울에는 거의 성장을 멈추고, 이듬해 봄부터 다시 성장을 시작하였다. Chohwa A에서 '94년도에 새롭게 가입된 연령군인 0세군은 조사초기인 '94년 6월에는

11.22 mm이었으나, 조사말기인 '95년 7월에는 26.69 mm로 연간 15.47 mm 성장하였다. '93년도 연령군은 24.20 mm에서 31.33 mm로 성장하였으며, '92년도 연령군은 29.34 mm에서 34.24 mm로, '91년도 연령군은 33.58 mm에서 36.77 mm로 성장하였다. 즉 저연령군에서 연간 각장성장이 훨씬 빠르게 일어났으며, 연령이 증가할수록 성장폭이 감소하였다. 이러한 각장 성장 양상은 모든 정점에서 동일한 경향을 보였다.

육질부 건중량의 계절변동 역시 모든 정점에서 동일한

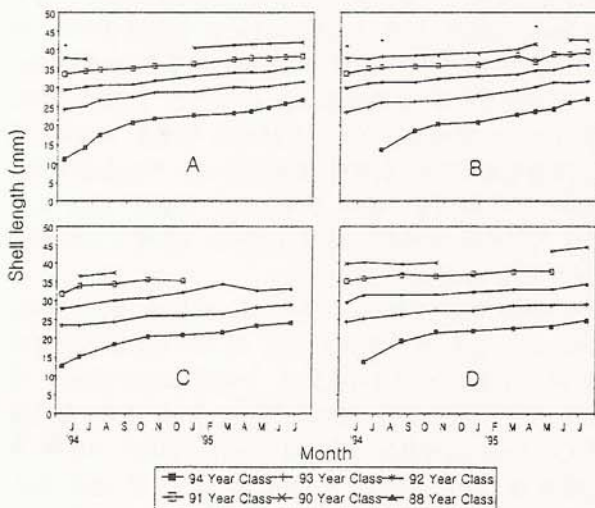


Fig. 4. Monthly variations in shell length of each year class of *Ruditapes philippinarum*. (A: Chohwa A, B: Chohwa B, C: Toksan C, D: Toksan D)

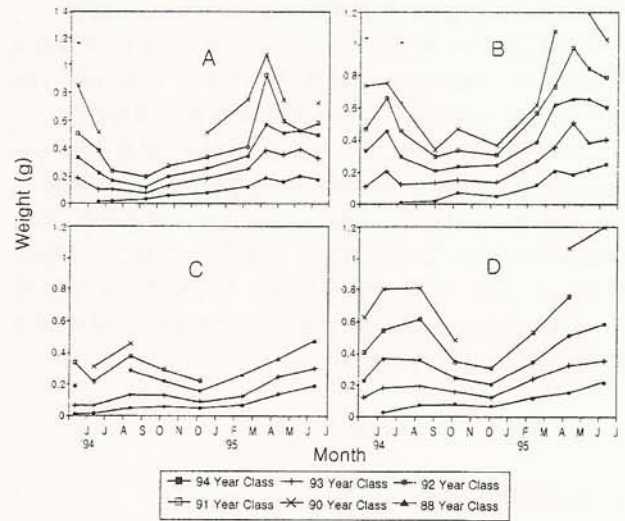


Fig. 5. Monthly variations in flesh dry weight of each year class of *Ruditapes philippinarum*. (A: Chohwa A, B: Chohwa B, C: Toksan C, D: Toksan D)

양상을 나타내었다(Fig. 5). 즉 여름으로 가면서 중량이 큰 쪽으로 감소하기 시작하여 가을철에 약간 증가하다가 겨울에 감소하고, 이듬해 봄부터 다시 크게 증가하였다. 이때 봄에서 여름으로 가면서 산란기를 거치는 동안 중량은 큰 쪽으로 감소하는데 0세군의 경우는 성적 성숙이 미숙한 상태이기 때문에 지속적인 성장양상을 보였다. Chohwa A에서 '94년도 가입된 0세군은 조사초기인 '94년 6월에 0.005 g이었다가 조사말기인 '95년 7월에 0.184 g까지 성장했다. '93년도 연령군은 조사초기에 0.193 g에서 10월에 최저치 0.083 g으로 감소하였다가 이듬해 4월에 최고치 0.388 g으로 증가하였다. 다른 연령군도 동일한 계절변동 양상을 보였다.

바지락의 각장과 중량간의 관계에서 발육상태를 비교해 보기 위하여 상태지수(Fulton's condition factor)를 산출하였다(Fig. 6). 모든 연령군, 모든 조사정점에서 유사한 계절변동을 보였다. Chohwa A에서는 '94년 6월에 0.16을 기록하였다가, 이후 감소하여 '94년 10월에 가장 낮은 값인 0.04이었다. 이듬해 급격히 증가하여 '95년 4월에 최대값 0.17을 기록하였다가 다시 여름으로 가면서 감소하였다. 대체로 '94년도에 새로 가입된 0세군이 연령군중 가장 낮은 값을 기록하면서 변동하였다. 이러한 경향은 모든 연령군, 모든 정점에서 동일하게 나타났다.

3. 바지락의 연성장

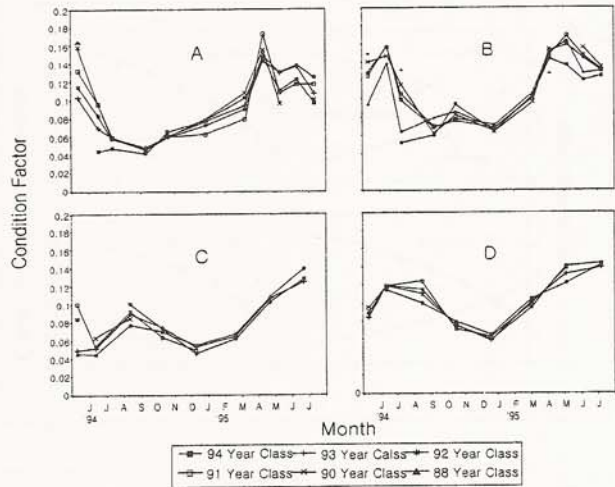


Fig. 6. Monthly variations in Fulton's condition factor of each year class of *Ruditapes philippinarum*. (A: Chohwa A, B: Chohwa B, C: Toksan C, D: Toksan D)

1994년-1995년에 월별로 채집한 바지락을 대상으로 패각에 나타나는 모든 연륜의 길이를 측정하여 각장 성장식을 파악하였다. 이 자료를 개체의 성장식에 대표적으로 사용하는 von Bertalanffy 성장식에 적합시켜 이를 Table 1에 나타내었다. 모든 정점, 연령군에서 유의확률이 0.001 이하, 결정계수 0.99 이상으로 매우 적합이 잘되었다. 이

Table 1. Growth model equations fitting von Bertalanffy model to shell length and Gompertz model to flesh dry weight of each year class at each sampling site on intertidal flat in Kwangyang Bay.

Sampling Site	Year Class	von Bertalanffy Equation	Gompertz Equation
Chohwa A	1989	$L_t = 50.00(1 - e^{-0.24(t+1.060)})$	$W_t = 1.211 \cdot \exp(-3.808e^{-0.276t})$
	1990	$L_t = 63.75(1 - e^{-0.16(t+1.269)})$	$W_t = 0.833 \cdot \exp(-4.185e^{-0.419t})$
	1991	$L_t = 54.52(1 - e^{-0.19(t+1.437)})$	$W_t = 0.822 \cdot \exp(-3.750e^{-0.367t})$
	1992	$L_t = 46.85(1 - e^{-0.27(t+1.058)})$	$W_t = 0.548 \cdot \exp(-3.632e^{-0.498t})$
Chohwa B	1989	$L_t = 51.33(1 - e^{-0.23(t+1.155)})$	$W_t = 1.089 \cdot \exp(-4.789e^{-0.386t})$
	1990	$L_t = 47.00(1 - e^{-0.30(t+1.830)})$	$W_t = 0.832 \cdot \exp(-4.851e^{-0.460t})$
	1991	$L_t = 46.72(1 - e^{-0.30(t+0.777)})$	$W_t = 0.720 \cdot \exp(-5.044e^{-0.497t})$
	1992	$L_t = 50.07(1 - e^{-0.26(t+0.932)})$	$W_t = 0.710 \cdot \exp(-4.973e^{-0.498t})$
Toksan C	1991	$L_t = 46.93(1 - e^{-0.28(t+0.998)})$	$W_t = 0.931 \cdot \exp(-4.018e^{-0.480t})$
	1992	$L_t = 46.00(1 - e^{-0.31(t+0.746)})$	$W_t = 0.802 \cdot \exp(-4.387e^{-0.557t})$
Toksan D	1989	$L_t = 57.28(1 - e^{-0.21(t+1.099)})$	$W_t = 0.871 \cdot \exp(-3.903e^{-0.404t})$
	1990	$L_t = 53.29(1 - e^{-0.26(t+0.726)})$	$W_t = 0.950 \cdot \exp(-4.219e^{-0.415t})$
	1991	$L_t = 45.87(1 - e^{-0.32(t+0.718)})$	$W_t = 0.579 \cdot \exp(-3.888e^{-0.18t})$
	1992	$L_t = 42.61(1 - e^{-0.40(t+0.534)})$	$W_t = 0.455 \cdot \exp(-4.009e^{-0.642t})$

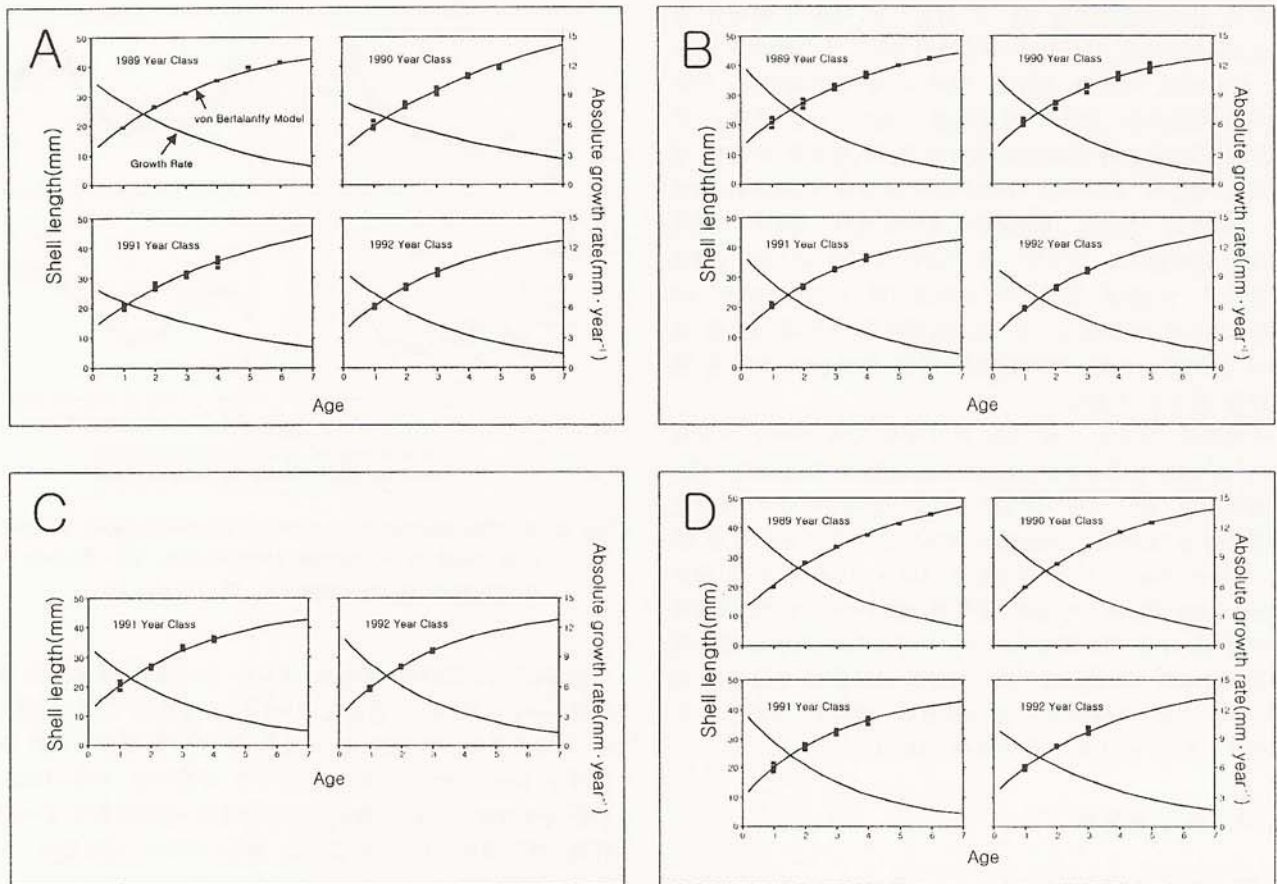


Fig. 7. The growth curves and absolute growth rates in shell length of each year class using von Bertalanffy growth model. (A: Chohwa A, B: Chohwa B, C: Toksan C, D: Toksan D)

를 Fig. 7에 각장의 성장과 절대성장률(AGR)을 함께 도시하였다. 바지락의 각장은 모든 연령군에서 연령이 증가함에 따라 점점 커지는데, 초기에는 급격히 증가하고 4세 이상이 되면 거의 증가하지 않는 경향을 보였다. 순간절대성장률(AGR)은 초기에 최대를 보이고, 연령이 증가할수록 지수함수적으로 감소하여 4세 이상이 되면 거의 변화를 보이지 않았다. 이러한 경향은 모든 정점에서 연령군별로 모두 동일한 경향을 보이고 있었다. 이론적 최대각장(L^{∞})은 조화지역의 경우 상부지역산(Chohwa A)이 하부지역산(Chohwa B)보다 높은 값을 기록하였으며, 덕산지역의 경우는 하부지역산(Toksan D)이 높은 값을 기록하였다. 특이한 것은 덕산 하부지역의 경우 최대각장이 1989년, 1990년 연령군에 비해 1991년, 1992년의 연령군에서 현저하게 감소되는 경향을 보여주고 있었다.

동일 시기에 채집한 바지락 개체의 연륜으로부터 추정된 각장을 각장-중량의 관계식을 이용하여 육질부 건중량으로 역계산한 후, 이로부터 육질부 건중량의 연성장식을 추정하였다(Table 1). 육질부의 건중량을 Gompertz 성장모델

에 적합시킨 결과 유의확률이 0.001 이하, 결정계수 0.98 이상으로 적합도가 높았다. 이를 Fig. 8에 중량의 성장과 절대성장률(AGR)을 함께 도시하였다. 육질부 건중량은 초기에 성장이 느리게 일어나고, 2-3세 정도에서 가장 빠르며, 이후 둔화되는 경향을 보인다. 즉 성장률은 초기에 낮다가 2-3세에서 최대를 기록하고 이후 점점 감소하였다. 이러한 경향은 모든 정점, 연령군에서 동일하게 나타났다. 이론적 최대중량(W^{∞})은 4 정점에서 큰 차이를 보이지 않고 있지만, 덕산의 하부지역(Toksan D)에서는 각장의 경우와 마찬가지로 1991년, 1992년 연령군에서 급격하게 감소하는 추세를 나타내었다.

각 지역별 연령군별 성장식의 차이를 비교해 보기 위하여 각장의 성장식인 von Bertalanffy 성장모델에서는 Gallucci and Quinn(1978)이 제안한 ω 를 이용하고, 중량 성장식인 Gompertz 성장모델에서는 최대성장률(AGR_{max})과 최대성장률이 나타나는 연령($AGR_{max-age}$)을 이용하였다(Table 2). 각장의 초기성장률 ω 는 덕산조간대에서 13.95-14.63 $mm \cdot yr^{-1}$ 으로 조화조간대의 11.54-

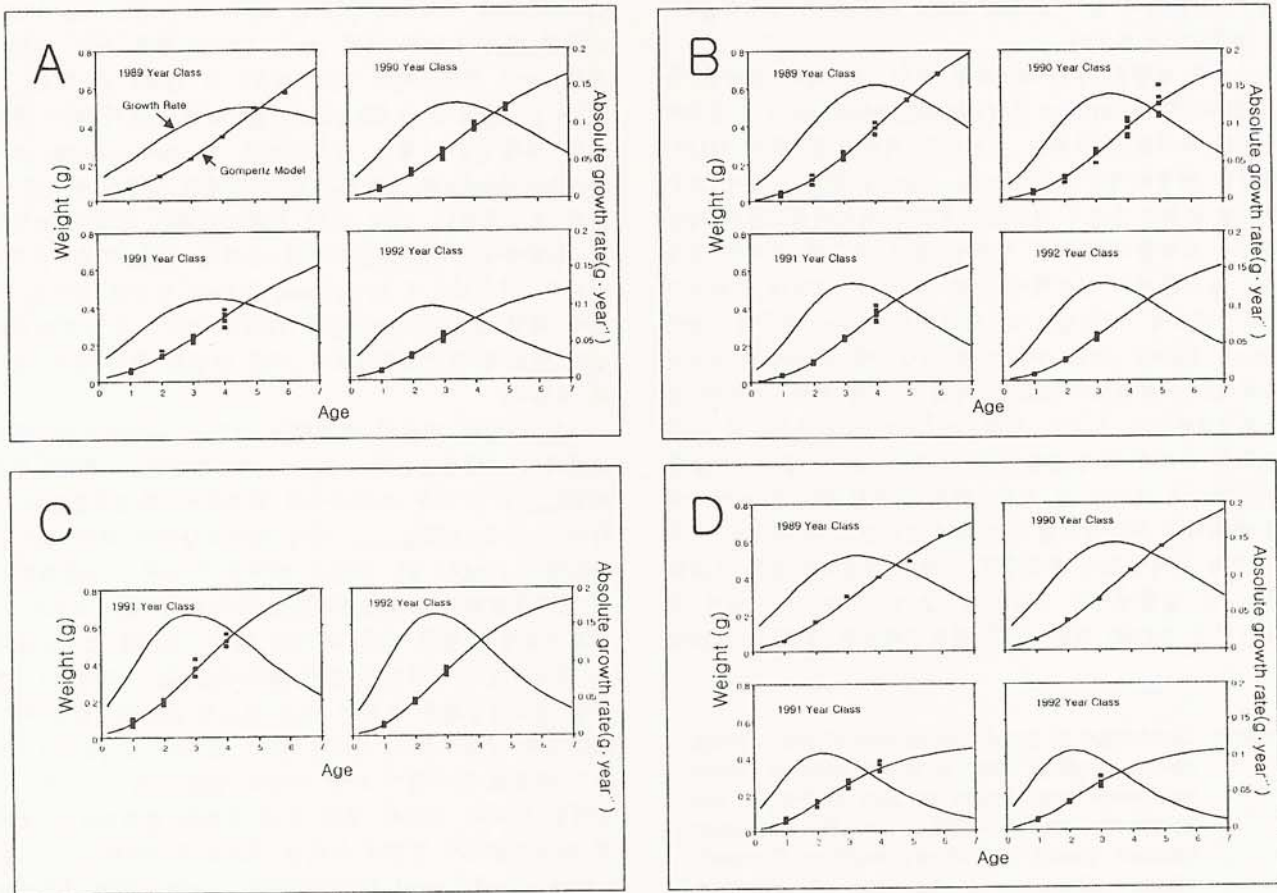


Fig. 8. The growth curves and absolute growth rates in flesh dry weight of each year class using Gompertz growth model. (A: Chohwa A, B: Chohwa B, C: Toksan C, D: Toksan D)

13.53 mm · yr⁻¹보다 높은 값을 보였으며, 양 조건대 모두 하부지역이 상부지역보다 높은 값을 보였다. 중량의 최대성장률 AGR_{max} 역시 덕산조건대에서 0.12-0.16 g · yr⁻¹으로 조화조건대의 0.11-0.13 g · yr⁻¹보다 높은 값을 보였으며, 양 조건대 모두 하부지역이 상부지역보다 높은 값을 보였다. 최대성장률이 나타나는 연령은 덕산조건대에서 2.77-2.90세로 조화조건대의 3.48-3.61세보다 빠르며, 양 조건대 모두 하부지역이 상부지역보다 빠르게 나타났다.

고 찰

Chung *et al.*(1994)는 서해안 김제군 조건대에 서식하는 바지락의 연륜형성시기를 3월이라고 보고하였고, Yoon (1992)은 남해안 통영산 바지락의 연륜형성시기를 1-4월에 연 1회 형성된다고 하였다. Choi(1987)는 남해안 삼천포산 바지락의 경우 2월에 연륜이 형성된다고 보고하였다. 이로 미루어 한국 연안의 바지락은 주로 늦겨울-초봄에 연

륜이 형성됨을 알 수 있다. 본 조사에서도 바지락의 연륜형성시기를 직접 조사하지는 않았으나, 겨울에 각장의 성장이 크게 둔화되는 것으로 보아 본 조사지인 광양만의 바지락도 겨울에 연륜이 형성되는 것으로 보인다.

서로 다른 지역에 서식하는 개체군간의 성장 양상을 비교하기 위하여 Gallucci and Quinn(1979)이 제안한 성장지수 ω 를 이용하여 조사 정점간 비교해보면(Table 2), 조화조건대보다 덕산조건대가 높은 값을 보이고 있고, 최대중량성장률(AGR_{max}) 역시 덕산조건대가 높은 값을, 그리고 최대중량성장이 나타나는 연령도 덕산이 빨랐다.

바지락의 성장에 영향을 주는 1차적인 환경요인은 수온일 것이다. Appeldoorn(1983)은 20개 지역에서 *Mya arenaria*의 성장률과 환경간의 관계를 주요인분석을 통하여 비교해본 결과 온도 및 기후요인이 패각의 성장을 결정짓는 가장 중요한 요인이라고 하였다. Tanabe and Oba(1988)는 일본 연안에서 *Phacosoma japonicum*의 경우 수온과 초기성장률 ω 가 관련성이 있음을 보고했다. 그러나 본 조사지역의 경우 두 조건대의 거리가 6 km 밖

에 차이가 나지 않아 온도에 의한 생물지리적 성장의 차이를 논할 수는 없었다.

성장에 영향을 주는 또 다른 요인으로 먹이 공급을 들 수 있다. Cranford *et al.*(1985)는 *Macoma*의 시공간적 성장의 차이를 유발하는 주요인은 저서미세조류의 에너지 생산량 변동이라고 언급하였다. 그런데 Fig. 3에서 보는 것처럼 조화조간대가 덕산조간대보다 저서미세조류의 생물량이나 퇴적물내 유기물 함량이 높기 때문에 먹이와 성장간의 상호관계는 설명력이 약한 것 같다. 그런데 조화조간대의 바지락 서식밀도가 덕산조간대보다 월등히 높아 (Shin, 1996) 94년 6월 치패 가입기에 조화의 상부조간대에서는 서식밀도가 4,345 개체·m⁻²인 반면, 덕산의 상부조간대에서는 1,376 개체·m⁻²으로 조화조간대의 서식밀도가 덕산에 비해 2배 이상인 것을 알 수 있다. 이용환 등(1995)에 의하면 본 조사지역과 이웃한 광양만 신성포에서 바지락의 서식밀도를 달리하여 1년간 성장 양상을 비교한 결과 서식밀도가 적을수록 성장이 양호하였음을 보고하였다. 즉 실험개시시 각장이 1.32 ± 0.02 cm이었던 것이 1년후 1,000 개체·m⁻² 실험구에서는 3.21 ± 0.02

cm, 2,000 개체·m⁻²에서는 2.61 ± 0.02 cm이었다. 전중량 역시 1,000 개체·m⁻², 1,500 개체·m⁻², 2,000 개체·m⁻² 개체구에서 각각 5.47 ± 0.22 g, 5.12 ± 0.79 g, 4.62 ± 1.62 g으로 성장하여 밀도가 낮은 실험구의 개체성장이 훨씬 양호하였다. Kautsky(1982) 역시 *Mytilus edulis*의 성장률은 종내 경쟁과 밀접한 관련이 있음을 보고하였다. 이로 보아 조화조간대는 잠재적 먹이원의 총량에서는 덕산조간대보다 유리한 서식조건을 갖추고 있지만, 서식밀도가 높아(Shin, 1996) 한정된 먹이와 공간에 대한 종내 경쟁이 심해 개체당 먹이·공간 점유율이 낮기 때문에 덕산조간대보다 개체 성장은 좋지 않은 것으로 보인다.

동일 조간대 내에서 바지락의 성장을 비교해보면, 조화조간대와 덕산조간대 모두 초기성장률, 최대성장률 AGR_{max} 모두 하부 조간대에서 양호하며, 최대성장률이 나타나는 시기 AGR_{max-age} 역시 하부조간대가 빠른 것으로 나타났다 (Table 2). 그런데 잠재적 먹이원인 표층퇴적물내 유기물함량과 저서미세조류의 엽록소-a 양은 오히려 상부조간대에서 높은 값을 보이고 있다. 그런데 상부조간대는 바지락의 서식밀도가 높기 때문에(Shin, 1996) 단위개체당 섭식가능량은 오히려 낮은 것으로 보인다. 또한 하부조간대가 상대적으로 조고가 낮아 해수에 잠기는 시간이 길기 때문에 먹이섭식 가능 시간도 길다고 볼 수 있다. 즉 한정된 먹이와 공간에 대한 종내 경쟁의 관점에서는 오히려 하부조간대가 성장에 유리한 것으로 추정된다.

Ponurovskii and Selin(1988), Yoon(1992), Chung *et al.*(1994)은 바지락의 연성장에 대해 von Bertalanffy 성장식을 적용하였는데, 이로부터 초기성장률(ω)을 환산하면 각각 17.88 mm·yr⁻¹, 16.48 mm·yr, 15.10 mm·yr⁻¹으로 본 조사 결과보다 약간 높은 값을 나타내었다. 그리고 본 조사지역과 이웃한 신성포지역산 바지락의 경우는 19.45 mm·yr⁻¹의 값을 보였다(Shin, 1998). 즉 본 조사지역의 바지락 성장이 좋지 않음을 시사한다. 국내에 서식하는 다른 이매패류와 성장을 비교해보면 동족 (*Macra veneriformis*)의 경우 ω 값이 17.40 mm·yr⁻¹이었으며 (Shin, 1992), 맛조개(*Solen (Solen) strictus*)의 경우 26.20 mm·yr⁻¹(Hong and Park, 1994), 북방대합(*Spisula sachalinensis*)는 33.11 mm·yr⁻¹(Kang and Kim, 1983), 백합(*Meretrix lusoria*)는 21.61 mm·yr⁻¹ (Kim *et al.*, 1977), 민들조개(*Gomphina melanaegis*)는 30.98 mm·yr⁻¹이었다(Hwang and Hwang, 1981). 즉 바지락의 초기성장이 국내 다른 이매패류에 비해 상당히 낮게 나타나고 있으며, 광양만산 바지락은 더욱 낮은 것으로 보인다.

요 약

본 연구는 1994년 6월부터 1995년 7월까지 광양만의

Table 2. Comparison of growth parameters of year classes among sampling sites. ω is the absolute growth rate when shell length is zero at $t=t_0$ in von Bertalanffy model. AGR_{max} is the maximum absolute growth rate of dry wight in Gompertz model. AGR_{max-age} is the age of maximum absolute growth rate of dry weight in Gompertz model.

Sampling Site	Year Class	ω	AGR _{max}	AGR _{max-age}
Chohwa A	1989	12.04	0.122	4.84
	1990	10.43	0.128	3.41
	1991	10.60	0.110	3.60
	1992	13.12	0.099	2.58
	Mean	11.55	0.115	2.89
Chohwa B	1989	12.27	0.154	4.05
	1990	14.48	0.141	3.43
	1991	14.31	0.131	3.25
	1992	13.08	0.130	3.22
	Mean	13.54	0.139	3.49
Toksan C	1991	13.42	0.164	2.89
	1992	14.49	0.164	2.65
	Mean	13.96	0.164	2.77
Toksan D	1989	12.05	0.128	3.37
	1990	14.36	0.141	3.46
	1991	15.02	0.110	2.62
	1992	17.12	0.107	2.16
	Mean	14.64	0.122	2.90

조화조간대와 덕산조간대에 서식하는 바지락(*Ruditapes philippinarum*: Bivalvia)의 성장 양상을 알아보기 위하여 수행되었다. 조화조간대의 평균입도, 표층퇴적물내 유기물 함량, 저서미세조류의 엽록소-a 량은 각각 2.50-4.46 ϕ , 4.99-5.11%, 14.53-19.90 $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 이었으며, 덕산조간대는 각각 0.83-1.66 ϕ , 2.22-2.34%, 6.20-6.90 $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 이었다.

바지락의 각장은 봄-여름에 급격히 증가하였고, 가을로 가면서 서서히 둔화되다가, 겨울에 멈추었다. 반면에 육질부 중량은 봄과 가을에 증가하고, 여름과 겨울에 감소하였다. 상태지수 역시 육질부 중량과 동일한 경향을 보였다.

4개 연령군의 각장의 연성장은 von Bertalanffy 성장 모델에 잘 적용되었고, 중량은 Gompertz 성장모델에 잘 적용되었다. 초기 각장 성장률 ω , 최대 각장 성장률 AGR_{max} 는 조화조간대가 덕산조간대보다 높았으며, 동일조간대내에서는 하부조간대가 상부조간대보다 성장률이 높았다.

즉 개체군 서식밀도가 높은 조화조간대에서 이용가능한 잠재적 먹이량, 서식공간에 대한 경쟁이 심하여 개체 성장률은 낮았다.

REFERENCES

- 이용한, 장영진, 임한규, 정갑수 (1995) 산지별 바지락, *Ruditapes philippinarum*의 성장. 1995년도 춘계 수산관련 공동학회 발표요지문.
- Appeldoorn, R.S. (1983) Variation in the growth rate of *Mya arenaria* and its relationship to the environment as analyzed through principal components analysis and ω parameter of the von Bertalanffy equation. *Fish. Bull.*, **81**(1): 161-170.
- Bagenal, T. (1978) Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Water. Oxford, Blackwell Scientific Publication, 365 pp.
- Choi, Y.M. (1987) The secondary production of the bivalve, *Tapes philippinarum*, in the shore of Sinsudo, Samcheonpo. Ms. Thesis, National Fisheries University of Pusan. 45 pp. [in Korean]
- Chung, E.Y., Ryou, D.K. and Lee, J.H. (1994) Godanal development, age and growth of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* (Pelecypoda: Veneridae), on the coast of Kimje, Korea. *Korean J. Malacol.*, **10**(1): 38-54.
- Cranford, P.J., Peer, D.L. and Gordon, D.C. (1985) Population dynamics and production of *Macoma balthica* in Cumberland Basin and Shepody Bay, Bay of Fundy. *Neth. J. Sea Res.*, **19**: 135-146.
- Eugenia, R., Pazo, J.P., Garcia, A. and Fernández cortés, F. (1992) Reproductive cycle of Manila clam, *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) in Ria of Vigo (NW Spain). *Sci. Mar.*, **56**(1): 61-67.
- Fork, R.L. (1968) Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill's, Austin, Texas.
- Fork, R.L. and Ward, W.C. (1957) Brazo River; a study in the significance of grain-size parameters. *J. Sed. Pet.*, **27**: 3-27.
- Gallucci, V.F. and Quinn, T.J. (1979) Reparameterizing, fitting and testing a simple growth model. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **108**: 14-25.
- Gompertz, B. (1825) On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, **115**: 515-585.
- Gorsline, D.S. (1960) Lecture. Univ. of Texas at Austin.
- Hong, J.S. and Park, H.S. (1994) Growth and production of macrobenthic fauna on a macrotidal flat, Inchon, Korea. I. Growth of the razor clam, *Solen (Solen) strictus* (Bivalvia, Solenidae) from Chokchon tidal flat. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **27**: 549-559. [in Korean]
- Hur, Y.B. (1994) Comparative studies on the embryonic development and the growth of larvae of eight bivalve species. MS Thesis, Pusan National Fisheries University, 56 pp.
- Hwang, K.Y. and Hwang, Y.T. (1981) Studies on the age and growth *Gomphina (Macridiscus) melanaegis* (ROEMER) in the eastern waters of Korea. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **27**: 111-117. [in Korean]
- Kang, J.K. and Kim, C.K. (1983) Studies on the structure and production processes of biotic communities in the coastal shallow water of Korea. 3. Age and growth of *Spisula sachlinensis* from the eastern waters of Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **16**: 82-87. [in Korean]
- Kautsky, N. (1982) Growth and size structure in a Baltic *Mytilus edulis* population. *Mar. Biol.*, **68**: 117-133.
- Kim, B.A. Kim, B.K. and Kim, S.U. (1977) Studies on the growth of hard clam, *Meretrix meretrix lusoria* (RÖDING). *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **17**: 77-85. [in Korean]
- Kim, W.S. (1986) Growth, mortality and production of Manila clam, *Tapes Philippinarum*, in Garolim

- Bay, Yellow Sea, Korea. Ms. Thesis, Chungnam National University, 44 pp. [in Korean]
- Kim, W.S. (1994) Population dynamics and energy budget of *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve, 1850) (Bivalvia: Veneridae) in Garolim Bay, Yellow Sea, Korea. Ph.D. Thesis, Kiel University, Germany, 134 pp.
- Kim, Y.H. (1978) Study on the morphological variation of short necked clam, *Tapes japonica* (DESHAYES). *Bull. Gunsan Fish. J. Coll.*, **12**: 23-26. [in Korean]
- Lee, C.K., Chang, N.K. and Choi, S.S. (1969) Studies on environmental factors in marine bivalve culture. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **2**: 33-40. [in Korean]
- Ponurovskii, S.K. and Selin, N.I. (1988) Distribution, population structure, and growth of the bivalve mollusk *Ruditapes philippinarum* in Vostok Bay, Sea of Japan. *Plenum Publishing Corporation*, pp. 11-15.
- Ryou, D.K. and Kim, Y.H. (1997) Studies on the population dynamics of surf clam, *Macra veneriformis* Reeve (Bivalvia) in the coast of Kunsan, Korea. I. Growth. *Korean J. Malacol.*, **13**: 185-192. [in Korean]
- Shin, H.C. (1992) Growth and population dynamics of *Macra veneriformis* (Bivalvia). Ph.D. Thesis, Seoul National University, 135 pp. [in Korean]
- Shin, H.C. (1998) Annual growth pattern of commercially important bivalves. *Bull. Yosu National University*, **12**: 665-675. [in Korean]
- Shin, S.H. (1996) Growth and production of short-necked clam (*Tapes philippinarum*: Bivalvia) in Kwangyang Bay. Ms Thesis, Yosu National University, 118 pp. [in Korean]
- von Bertalanffy, L. (1938) A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). *Human Biol.*, **10**: 181-213.
- Williams, J.G. (1980) The influence of adults on the settlement of spat of the clam, *Tapes japonica*. *J. Mar. Res.*, **38**: 729-741.
- Won, M.S. (1994) Seed production and environmental influence on productivity of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum*. Ph.D. Thesis, National Fisheries University of Pusan, 220 pp. [in Korean]
- Yang, M.R. (1994) Growth and production of *Sinonovacula constricta* (Bivalvia). Ms Thesis, Seoul National University, 81 pp. [in Korean]
- Yoo, S.K., Chung, Y.J. and Ryu, H.Y. (1978) Biological studies on the propagation of important bivalves. *Bull. Nat. Fish. Univ. Busan*, **18**: 89-94. [in Korean]
- Yoon, S.B. (1992) Population dynamics of the short necked clam, *Tapes philippinarum* in An-Jong, Tong-Young. Ms. Thesis, National Fisheries University of Pusan, 34 pp. [in Korean]