

개량조개 (*Mactra chinensis* Philippi) 의 자원관리 I. 연령과 성장

류동기, 김용호

군산대학교 해양과학대학 해양생명과학부

Management of the Hen Clam, *Mactra chinensis* Philippi, on the Coast of Kunsan. I. Age and Growth

Dong-Ki Ryu and Yong-Ho Kim

Faculty of Marine Life Science, College of Ocean Science & Technology, Kunsan National University, Kunsan 573-360, Korea

ABSTRACT

The relationship between shell length and ring radius in each ring group was expressed as a regression line. Therefore, there is a correspondence in each ring formation. Based on the monthly variation of the marginal index (MI) of the shell, it is assumed that the ring of this species was formed once a year during the period of August to October, and the main period of the annual ring formation was August through September. The relationship between shell length (SL) and total weight (TW) was expressed by the equation $TW = 2.2476 \times 10^{-5} SL^{3.536}$ ($r^2 = 0.90$).

Shell length (SL) and shell height (SH; mm) were highly correlated with the equation $SH = 0.7545 SL - 0.0145$ ($r^2 = 0.93$). The shell length (SL)-shell width (SW) relation was expressed by the equation $SW = 0.5336 SL - 2.4253$ ($r^2 = 0.87$).

Growth curves for shell length and total weight fitted to the von Bertalanffy's equation were expressed as follows:

$$SL_t = 60.02[1 - e^{-0.6458(t-0.3895)}],$$
$$TW_t = 43.63[1 - e^{-0.6458(t-0.3895)}]^{3.536}$$

Keywords: Hen clam, *Mactra chinensis*, Marginal

Received January 22, 2001 Accepted May 10, 2001

Corresponding author: Ryu, Dong-Ki

Tel: (82) 63-4690-1837 e-mail: dongki@kunsan.ac.kr

1225-3480/17103

© The Malacological Society of Korea

index, von Bertalanffy's equation.

서론

개량조개 (*Mactra chinensis* Philippi) 는 개량조개과 (Mactridae) 에 속하는 종으로서, 일본 전역과 한국, 중국에 분포하며, 조간대에서 20 m 까지 서식한다 (Abbott and Dance, 1982). 우리나라에서는 서남해의 사니질에 서식하며, 형망으로 어획되는 중요한 패류이다. 군산지역의 개량조개는 이 지역에서 매년 2,000 톤 이상 채취되는 형망어선의 주 어획 대상종이다.

그러나 새만금 간척사업과 군장국가공단의 설립을 위한 대단위 매립으로 인하여 간석지의 대폭적인 축소로, 간석지의 자정능력과 해양생물의 산란지 및 각종 저서생물의 멸종과 감소로 인한 해양생태계의 변화가 예측된다.

본 조사는 군산지역에 있어서 개량조개의 합리적인 자원관리를 통하여 MSY (maximum suspended yield, 최대 지속적 생산량) 를 달성하기 위한 기초조사의 일환으로서 성장에 관하여 조사한 것이다.

개량조개에 대한 연구는 주생산국인 중국과 한국, 일본을 중심으로 연구가 진행되었으며, 일본에서는 Hanaoka and Shimadzu (1949) 가 형태변이와 성장률에 관하여, Sakai (1976) 가 증식에 관하여, Sakurai et al. (1992) 가 홋카이도의 개량조개의 산란기를 보고하였고, Sakurai et al. (1997) 은 수온과 염분 저질이 잠입행동에 미치는 효과에 대해 연구하였고, Sakurai (1993) 는 연령과 성장에 대하여 연구한 바 있으며, Sakurai et al. (1998) 는 개체군 동태와 계군의 크기에 대한 연구를 한바 있다. 중국에서는 Wang et al.

(1984) 이 양자강 하구에서의 환경과 산란, 인공부화에 관하여 연구하였고, 국내에서는 Lee and Son (1978) 은 수질환경에 따른 초기발생에 영향을 관하여, Kim *et al.* (1985) 이 산란과 성장에 관하여, Chung *et al.* (1987) 은 성 성숙에 관하여, Chung (1997) 은 생식세포와 생식주기에 관하여 보고한 바 있다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 표본은 1994년 1월부터 1994년 12월 (12 개월)에 걸쳐 전라북도 군산시 옥구읍 하계항 (Fig. 1) 에서 형망으로 채취된 어획물에서 매월 1회 채집하여 사용하였다 (Table 1).

채집한 표본은 즉시 실험실로 옮겨 각장 (shell length), 각고 (shell height), 각폭 (shell width) 은 Vernier caliper로 0.1 mm까지, 전중량 (습중량, total weight) 은 전자저울로 0.1 g 까지 측정하였다.

연령사정은 패각에 나타난 윤문으로 하였는데 개량조개의 패각에는 각정부를 중심으로 성장상황에 따라 동심원상으로 불투명대와 투명대가 나타난다. 본 연구에서는 육질부를 완전히 제거한 후 좌우 한쌍의 패각중 비교적 윤문이 뚜렷한 한쪽 패각을 사용하였으며, 패각의 불투명대와 투명대의 경계선을 윤문으로 하였다. 측정기준은 패각의 각장을 R, 제 1윤의 윤장을

Table 1. Sampling date and number of specimens of *Mactra chinensis*.

Sampling date	No. of specimens
Jan. 25, 1994	280
Feb. 19, 1994	170
Mar. 20, 1994	150
Apr. 20, 1994	250
May 19, 1994	312
June 26, 1994	185
July 23, 1994	140
Aug. 25, 1994	180
Sep. 19, 1994	210
Oct. 20, 1994	270
Nov. 20, 1994	120
Dec. 28, 1994	120
Total	2,287

r_1 , 제 2윤의 윤장을 r_2 r_n 로 하여 측정하였다.
 c 패각의 불투명대와 투명대로 이행하는 경계에 나타나는 윤문이 연령형질로서 적합한가를 알기 위하여 각장과 윤장간의 대응성과 윤문형성시기 및 주기성을 검토하였다.
 패각 연변부 성장의 월별변화는 연변부성장지수

$$MI' = \frac{(R-r_n)}{(r_n - r_{n-1})}$$

(R: 각장, r_n : 최외측 윤장의 길이, r_{n-1} : r_n 개의 윤을 가지는 개체들의 r_{n-1} 윤경의 평균치, r_n : r_n 개 이상의 윤을 가지는 개체들의 r_n 윤경의 평균치) 으로 구하였다.

각장과 전중, 각장과 각고, 각장과 각폭 간의 관계는 직선식으로, 각장과 전중량은 포물선식을 적용하여 분석하였다.

또한, 각 윤문형성시의 각장과 체중을 알기 위하여 윤장을 평균하여 윤문형성시의 각장을 구하고 윤문형성시의 체중을 추정하였다. 이 계산치들을 사용하여 Bertalanffy 성장식을 구하였다. 성장식의 각 인수는 컴퓨터 프로그램인 Sigmaplot (4.0, SPSS Inc.)의 regression wizard을 이용하여 구하였으며, 초륜 형성까지의 경과시간을 알기 위하여 필요한 산란기는 생식소의 속도를 월별로 현미경으로 관찰하였고, Chung *et al.* (1987)과 Chung (1997), Kim *et al.* (1985), Sakurai *et al.* (1992) 및 Wang *et al.* (1984) 의 자료를 참고하여 결정하였다.

결 과

1. 상대성장식

각장 (SL) 과 각고 (SH) 간의 관계는 $SH = 0.7545 SL$

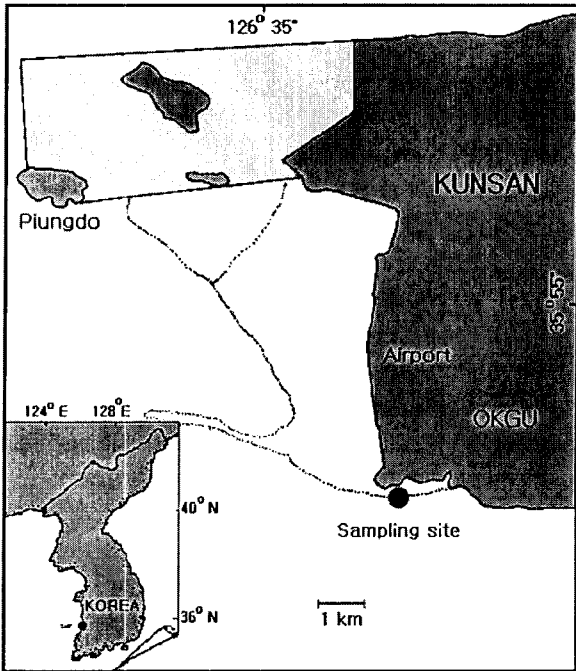


Fig. 1. Map showing sampling locations, Dotted lines are low-tide levels.

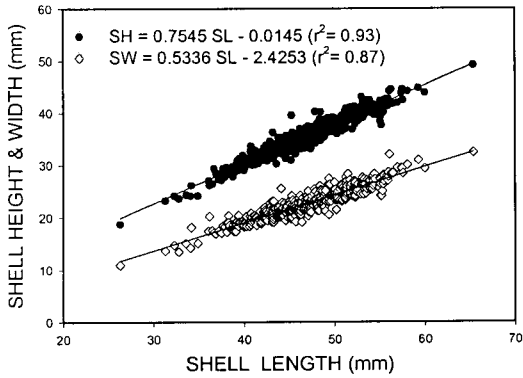


Fig. 2. Relationship between shell length (SL) and shell height (SH), and shell length and shell width (SW) of *Mactra chinensis*.

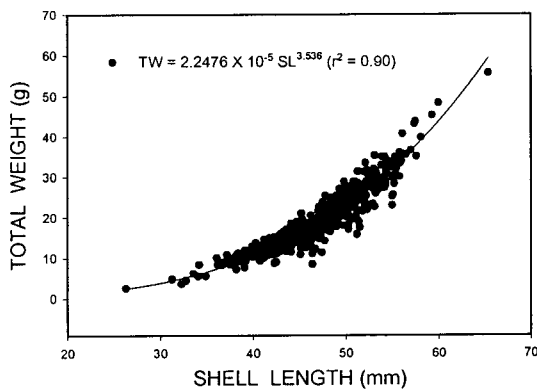


Fig. 3. Relationship between shell length (SL) and total weight (TW) of *Mactra chinensis*.

- 0.0145 ($r^2 = 0.93$) 이고, 각장 (SL) 과 각폭 (SW) 간의 관계는 $SW = 0.5336 SL - 2.4253$ ($r^2 = 0.87$) 로 나타났으며 (Fig. 2), 각장 (SL) 과 체중 (TW) 간의 관계는 $TW = 2.2476 \times 10^{-5} SL^{3.536}$ ($r^2 = 0.90$) 로 나타났다 (Fig. 3).

2. 윤문형성의 대응성

패각의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 연령형질로서 적합한가를 알아보고, 아울러 위륜을 가려내기 위해 각 패각의 각장과 윤장간의 직선회귀 관계를 검토하였다. 각 윤문군은 서로 일정한 간격으로 명백히 분리되어 직선회귀 관계를 가진다 (Fig. 4). 따라서 개량조개에 형성된 윤문은 대응성이 나타나 연령형질로서 적합한 것으로 볼 수 있다.

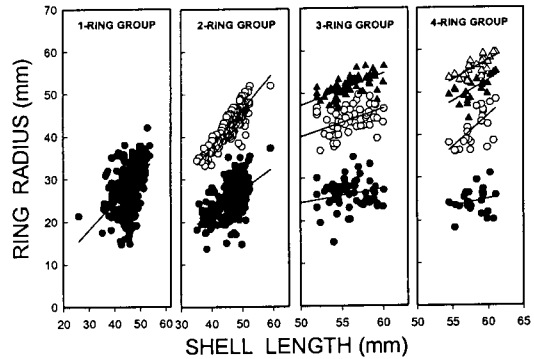


Fig. 4. Relationship between shell length and ring radii of *Mactra chinensis*.

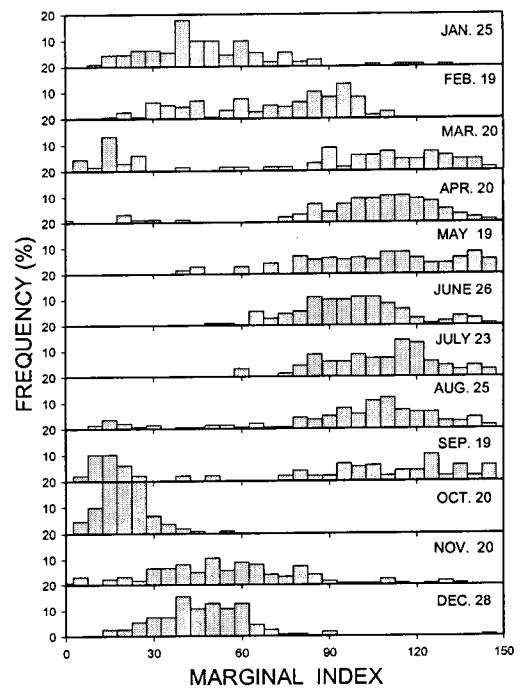


Fig. 5. Monthly distribution of marginal index (MI) in shell of *Mactra chinensis*.

3. 윤문형성시기

연령형질로서 확인된 윤문이 반드시 연륜을 나타내는 것은 아니므로, 윤문이 연간 몇번 형성되는가를 알아야 한다. 윤문형성의 시기와 주기성을 알기 위하여 패각 연변부의 성장상황

Table 2. Estimated mean to weight at the time of each ring formation based on the relationship between shell length and total weight of *Mactra chinensis*.

Item	Ring group	No. of individuals	Ring radius			
			r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
Shell length (mm)	1	1,219	27.29			
	2	197	25.78	43.10		
	3	72	25.09	43.01	50.23	
	4	23	23.96	40.65	50.01	55.27
	Mean	1,511	25.53	42.25	50.12	55.27
Total weight (g)	1		2.69			
	2		2.20	13.53		
	3		2.00	13.43	23.24	
	4		1.70	11.00	22.89	32.60
	Mean		2.15	12.61	23.07	32.60

을 매월 조사하였다.

연변부 성장지수 (MI) 는 3월에 소수의 개체들이 30 이하의 값을 보이다가 4월 이후 급격히 증가하여 7월에 가장 높은 값을 보이다가 8월에 소수의 개체들이 30 이하의 값을 보이며, 9월에는 50 이하의 개체들과 80 이상의 값을 보이는 개체들로 확연히 구분되며, 10월에는 모든 개체들이 50 이하의 값을 보였다. 이후 점차 지수 값이 증가하다가 3월에 낮은 값을 가지는 소수의 개체들이 나타나지만 전체적인 주 모드는 계속하여 증가하고 있다 (Fig. 5). 그러므로 개량조개의 윤문형성 시기는 8월에서 10월까지 연 1 회 형성되는 것으로 추정할 수 있으며, 주 윤문형성 시기는 8월에서 9월이었다.

4. 연륜별 평균 윤경

패각의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 연1회 형성되는 주기성의 윤문임을 확인하고, 이 윤문을 연륜으로 간주하여 연령별로 각 연륜의 평균 윤경을 구하였다 (Table 2).

각 윤문의 평균 윤경은 r₁ = 25.53 mm, r₂ = 42.25 mm, r₃ = 50.12 mm, r₄ = 55.27 mm이었다. 평균 윤경으로서 윤문 형성시의 체중을 역계산하면 r₁ = 2.15 g, r₂ = 12.65 g, r₃ = 23.07 g, r₄ = 32.60 g 이다.

5. 성장식

본 조사에서는 Bertalanffy 성장식을 이용하여 시간에 대한 개량조개의 성장을 식으로 나타내었다 (Fig. 6, 7). 개량조개의 산란기를 6-7월로 보면, 6월에 산란된 개체들이 다음해 8-10월 초륜이 형성되므로, 초륜 형성 시까지의 기간은 윤문형성 시기가 8-9월인 것을 감안하면 약 15 개월 (1.25년) 로 추정된다.

윤문 형성시의 각장은 SL_{1.25} = 25.53 mm, SL_{2.25} = 42.25 mm, SL_{3.25} = 50.12 mm, SL_{4.25} = 55.27 mm이었다. 평균

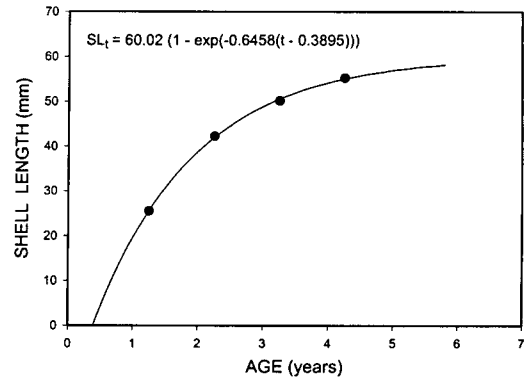


Fig. 6. Estimated von Bertalanffy growth curve in shell length of *Mactra chinensis*.

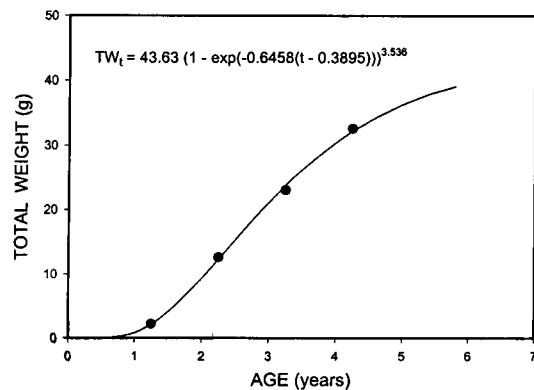


Fig. 7. Estimated von Bertalanffy growth curve in total weight of *Mactra chinensis*.

윤경으로서 윤문 형성시의 체중을 역계산하면 TW_{1.25} = 2.15 g, TW_{2.25} = 12.61 g, TW_{3.25} = 23.07 g, TW_{4.25} = 32.60 g 이다.

윤문형성시의 각장을 이용하여 구한 성장계수 (k) 는 0.6458이며, 최대각장 (L_∞) 은 60.02 mm이고 각장이 0 mm 일 때의 연령인 t₀는 0.3895 세로 나타났다. 그러므로 Bertalanffy 성장식은,

$$SL_t = 60.02[1 - e^{-0.6458(t-0.3895)}],$$

$$TW_t = 43.63[1 - e^{-0.6458(t-0.3895)}]^{3.536} \text{ 였다.}$$

고 찰

개량조개의 산란기는 Chung (1997) 이 수온이 22℃ 이상

으로 상승하는 6월-7월이라고 보고하였으며, Chung *et al.* (1987) 도 역시 6월-7월이 주 산란기라고 하였으며, 일본에 있어서도 7월-9월이 주 산란기라고 보고하였고 (Sakurai *et al.*, 1992), 중국에서는 수온이 14°C 이상 올라가는 5월부터 산란한다고 보고 한 바 있다 (Wang *et al.*, 1984). 또한, 본 조사에서도 6월부터 완숙한 대부분의 개체들에서 완숙한 난과 정자가 나타났다. 따라서, 개량조개의 주 산란기는 6월-7월로 간주할 수 있다.

패류의 패각을 연령형질로 하여 연령 사정한 결과는 국내에 많은 논문이 발표되었다. 이들 논문들의 대부분은 윤문형성 시기를 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 즉, 온도가 급격히 낮아지거나 높아질 때 (Ryou 1991; Kim and Ryou, 1991; Sakurai, 1993; Ryou and Kim, 1997) 와 산란기 전후 (Kang and Kim, 1983; Kim *et al.*, 1985) 로 나눌 수 있다. 윤문의 형성은 패각의 성장에 대한 에너지의 부족으로 성장을 멈추는데, 이는 겨울철 먹이의 부족과 저온으로 인한 생리활성의 저하 및 산란기의 에너지가 정자나 난자의 형성에 쓰여 성장이 지연되는 결과에 의하여 나타난다. 그러나, 온대 지역에는 대부분의 경우는 겨울철의 온도하강에 의하여 일어나는데, 난소의 발달이 크게 나타나는 패류에서는 산란기 이후에도 윤문이 형성된다. 우리나라에서도 북방대합 (*Spisula sachlinensis*) 과 개량조개에서는 산란철 이후에 윤문이 형성되는 것으로 나타났다. 그러나, 일본의 Hokkaido의 개량조개의 윤문은 수온이 급감하는 12월에서 1월에 형성된다고 보고하고 있다 (Sakurai, 1993). 특히, 일본에 있어서는 개량조개의 윤문형성과 산란기는 직접적인 상관관계가 없다고 하여, 본 조사와는 상당한 차이를 보였다. 본 조사와 Kim *et al.* (1985) 는 7월-8월로 조사되었으나, 본 조사에서는 3월과 4월에 다수의 개체들에서 뚜렷하게 윤문이 형성되는 것으로 나타나고 있다. 즉, 개량조개는 산란기 전후와 겨울철에 윤문이 형성되지만 산란기 직후가 더욱 뚜렷한 것으로 추정된다. 그러므로, 개량조개를 연령 사정한 때에는 위류가 많이 나타날 가능성이 많으므로 특별히 주의해야 할 것으로 생각된다.

Sakurai (1993) 에 의하면 일본 개량조개의 연령사정에 의하여 추정된 연급군은 총 9 개로 나타났으며, 각각의 크기는 3.6 mm, 39.5 mm, 59.7 mm, 67.8 mm, 72.7 mm, 74.7 mm, 76.7 mm, 78.1 mm, 78.3 mm로 나타나 본 조사에서의 4개 연급군보다 월등히 많은 연급군이 존재하고 있으며, 크기도 본 조사에서는 최대 각장 65 mm이고 대부분의 개체들이 모두 60 mm 이하의 소형의 개체인데 비하여, 일본의 경우에는 최대각장이 80 mm 정도로 조사되었다. 또한, Kim *et al.* (1985) 는 4 개의 연급군이 각각 21.98 mm, 48.08 mm, 59.73 mm, 66.37 mm로 보고하였으며, 최대각장은 약 70 mm로 우리나라의 개량조개가 다소 작으며, 연급군도 크게 적

은 것으로 나타났다. 또한, Bertalanffy 성장식에 의하여 산정한 최대 각장은 Sakurai (1993) 는 78.31 mm, Kim *et al.* (1985) 은 71.6 mm로 추정되어, 본 조사에서의 60.02 mm 와 크게 차이가 났다. 이와 같이 일본의 경우는 연급군의 수도 많고 개체의 크기도 대형으로 나타나 우리나라의 개량조개와 확연히 구별되었다.

이는 일본의 경우 형망으로 대형의 개체들만 선택적으로 채취하지만 우리나라의 경우 2세-3세의 연급군들을 집중적으로 채취하기 때문으로, 실질적으로 4세의 개체들의 출현율도 대단히 낮았다. 또한, 1982년의 자료와 1994년의 자료를 비교하면 크기가 더욱 작아진 것을 볼 수 있는데, 이는 자원의 감소로 인하여 소형의 개체들도 채취되기 때문으로 추정된다.

요 약

1994년 1월부터 1994년 12월까지 전라북도 군산시 하계 연안에 서식하는 개량조개의 성장을 조사하였다.

개량조개의 패각에 나타나는 윤문은 년 1 회 형성되며 주 윤문 형성시기는 8월에서 9월로 조사되었다. 초륜 형성기간은 15 개월 (1.25년)로 나타났다. 각장 (SL) 과 전중 (TW) 간의 관계는 $TW = 2.2476 \times 10^{-5} SL^{3.536}$ 이었으며, 각장 (SL) 과 각고 (SH) 간의 관계는 $SH = 0.7545 SL - 0.0145$ 이고, 각장 (SL) 과 각폭 (SW) 간의 관계는 $SW = 0.5336 SL - 2.4253$ 였다. 연령 (t) 에 대한 각장 (SL_t) 과 전중 (TW_t) 의 Bertalanffy 성장식은

$$SL_t = 60.02[1 - e^{-0.6458(t-0.3895)}], \text{ 이고}$$

$$TW_t = 43.63[1 - e^{-0.6458(t-0.3895)}]^{3.536} \text{ 였다}$$

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 과학기술부 한국과학재단 지정 군산대학교 새만금 환경연구센터의 지원에 의한 것입니다.

REFERENCES

- Abbott, R.T. and Dance, S.P. (1982) Compendium of seashells. E. P. Dutton, 444 pp.
- Chung, E.Y. (1997) Ultrastructure study of germ cell development and reproductive cycle of the hen clam, *Macra chinensis* on the west coast of Korea. *Dev. Reprod.* 1(2): 141-156.
- Chung, E.Y., Kim, Y.K. and Lee, T.Y. (1987) A study on sexual maturation of hen clam, *Macra chinensis* Philippi. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 20(6): 501-508.
- Hanaoka T. and Shimadzu T. (1949) Studies on the morphometry and rate of growth in clam, *Macra sulcataria* Reeve, in Tokyo Bay. *Bull. Japan Fish. Soc.* 15(7): 313-317.

- Kang, Y.J. and Kim, C.K. (1983) Studies on the structure and production processes of biotic communities in the coastal shallow waters of Korea. 3. Age and growth of *Spisula sachalinensis* from the Eastern waters of Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **16**(2): 82-87. [in Korean]
- Kim, B.K., Ko, T.S., Song, H.I., Lee, S.D. and Kim, S.Y. (1985) Studies on the spawning and growth of Hen *Mactra sulcataria* (Reeve). *Bull. Fish. Res. Dev.* **34**: 157-164. [in Korean]
- Kim, Y.H. and Ryou, D.K. (1991) Study on the growth of *Mactra veneriformis* (Reeve). *Bull. Kunsan Fish. J. Coll.*, **25**(2): 41-47. [in Korean]
- Lee, T.Y. and Son, Y.W. (1978) Bioassay study of early development of *Mactra chinensis* Philippi for the water quality evaluation of the coastal waters of Pusan. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **11**(2): 115-121. [in Korean]
- Ryou, D.K. (1991) Study on the Growth of *Tapes philippinarum* (Adam et Reeve). *Bull. Kunsan Fish. J. Coll.*, **25**(1): 25-31. [in Korean]
- Ryou, D.K. and Kim, Y.H. (1997) Studies on the population dynamics of surf clam, *Mactra veneriformis* Reeve (Bivalvia) on the coast of Kunsan, Korea I. Growth. *Korean J. Malacol.*, **13**(2): 185-192. [in Korean]
- Sakai, T. (1976) Notes on the propagation of round clam *Mactra chinensis* Philippi at the west coast in Awaji-island. *Bull. Hyogo Prefect Fish. Exp. Sta. Exp. Sta.*, **16**: 1-8.
- Sakurai, I. (1993) Age and growth of the sunray surf clam *Mactra chinensis* in Tomakomai, southwest Hokkaido. *Bull. J. Soc. Sci. Fish.*, **59**(3): 469-472. [in Japanese]
- Sakurai, I., Horii, T., Murakami, O. and Nakao, S. (1998) Population dynamics and stock size prediction for the sunray surf clam, *Mactra chinensis*, at southwest Hokkaido, Japan. *Fish. Bull. NOAA*, **6**(2): 344-351.
- Sakurai, I., Kurata, M. and Miyamoto, T. (1992) Breeding of the sunray surf clam *Mactra chinensis* in Tomakomai, southwest Hokkaido. *Bull. J. Fish. Sci. Soc.*, **58**(7): 1279-1283. [in Japanese]
- Sakurai, I., Seto, M. and Nakao, S. (1997) Effects of water temperature, salinity and substrata on burrowing behaviors of the three bivalves, *Pseudocardium sachalinensis*, *Mactra chinensis*, and *Ruditapes philippinarum*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **62**(6): 878.
- Wang, Z.C., Lui, J.M., Zhu, A., Li, W.J. and Shen, Y.C. (1984) A preliminary survey on the biology of *Mactra chinensis* in the outfall of Yalu Jiang River. *J. Fish. China*, **8**(1): 33-44. [in Chinese]