



꽃게, *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876) 유생의 수온변화에 따른 탈피와 성장

김용호† · 김성한
(군산대학교)

Molting and growth of the Larval Swimming Crab, *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876), at different water temperature

Yong Ho KIM† · Sung Han KIM
(Kunsan National University)

Abstract

Intermolt periods, growth rates, survival (%) and relative growth of the megalopa larvae of *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876) were studied up to the crab 7th stage for 160 days in the 3 different temperature groups in which each has 60 larvae. The higher the water temperature was the shorter the intermolt period was in each crab stage. In addition, a deviation of intermolt periods was shown as few as the water temperature gets higher. The intermolt period in the 7th crab stage was 29.8±3.26 days in the experimental group at the room temperature, 45.2±3.89 days at the temperature of 17°C, and 25.6±2.23 days at the temperature of 27°C, respectively. The survival (%) of larvae of *P. trituberculatus* (the crab 7th stage) is the highest in the group at the room temperature: However, they showed 15% at the temperature of 27°C and 10% at the temperature of 17°C. All the groups were shown the similar relative growth, but significant differences appeared in some comparison. The sizes (mean growth of carapace width) of the crabs in the group at the temperature of 27°C reached 5.01~25.45 mm length (it is the longest among the groups) from the crab 1th to the crab 7th stage. However, the sizes (mean growth of carapace width) of room temperature were 4.99~22.26 mm and the size of crab in the group at the temperature of 17°C reached 4.8~17.26 mm, The sizes (mean growth of carapace length) of the crabs in the group at temperature of 27°C reached 2.88~13.56 mm, However, the size of the crab in the group at the room temperature showed 2.88~12.34 mm, while in the group at temperature of 17°C, their average growth of carapace length were 2.51~8.03 mm. The growth rates of larvae of *P. trituberculatus* (from the crab 1th to the crab 7th stage) were changed with the increase of the instar stage, however their changes showed irregular.

Key words : *Portunus trituberculatus*, Intermolt period, Growth rate, Survival(%), Megalopa larva

I. 서론

우리나라 서해안 및 남해, 동해안 남부일대에 넓게 분포하는 꽃게, *Portunus trituberculatus*(Miers)

는 절지동물문 갑각강 십각목에 속하는 대표적인 유영형 계류이며, 연안 유용 수산자원 중 수출과 경제성이 높은 고급 중요 종이다(Kim, 1973; Yeon, 1977).

† Corresponding authors :  yongho@kunsan.ac.kr

꽃게는 수심 2~30m 깊이에 저질이 사질이나 사니질인 곳에 주로 서식하며, 주간에는 저질에 숨어 있다가 야간에 주로 활동하며 섭이하고, 겨울에는 깊은 곳이나 외해로 이동하며, 3월 하순부터 산란을 위해 얕은 내만으로 이동한다(Kim, 1973).

꽃게에 관한 연구는 유생 발생에 관한 연구 이후, 서식지, 산란 및 일반 생태(Oshima, 1938), 산란습성에 관한 번식 생태(Song et al., 1988) 및 유생의 호흡대사에 관한 생리 (Morioka et al., 1988; Trinadha et al., 1989; Lim and Hirayama, 1990, 1991) 등 연구가 있고, 종묘에 관한 연구는 1960년대 후반부터 사육실험을 시작으로 1970년대에 종묘를 생산하여 연안 자원조성을 위해 방류하고 있다(Mizutani et al, 1967; Takahashi and Ito, 1974; Oda and bamba, 1982)

한편 우리나라에서도 인공부화에 의한 유생사육(Byun, 1970)과, zoea 및 megalopa 유생기의 먹이와 섭식(Noh, 1976), 염분 및 수온에 대한 성장 비교(Hur, 1972), 꽃게 유생 생존율에 미치는 염분의 영향 (Noh and Park, 1976) 등이 있다.

갑각류의 성장은 신장될 수 없는 딱딱한 외골격 껍질로 덮여 있기 때문에 성장은 연속적이지 아니며 외골격 껍질을 주기적으로 탈피하는 단기간에 한하여 급속히 성장이 일어난다(Passano, 1960).

갑각류의 탈피와 성장은 초기 저서 생활기의 소형 개체들의 채집이 거의 불가능하기 때문에 생활사 초기 단계의 자료 부족으로 인하여 채집된 자료의 해석이 불충분한 것이 사실이다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 유생기부터 성체 단계까지 실험실에서 개별 사육한 자료들에 의하여 전 생활사에 대한 파악, 특히 사육된 개체들의 성장 자료에 의하여 현장에서 채집된 자연산 개체들의 성장 자료를 보완 해석하는 방법이 최근 수종의 계에서 행해지고 있다(Mohamedeen, 1984; Kim, 1988; Bae, 2002).

본 연구는 단편적으로 되어 있는 꽃게의 성장

에 대하여 탈피기간 (Intermolt period or molt interval)과 탈피 증가율 (molt increment), 특히 시간에 따라 영기별 변화를 조사하기 위하여 megalopa기에서 Crab 7기까지 약 160일 동안 개별 사육하여 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용된 꽃게유생은 전라북도 수산시험연구소에서 2005년 5월에 암축산소를 주입하여 실험실로 옮겨왔다. 실험실로 옮겨진 꽃게 메갈로파와 유생의 개체수는 250개체였고, 탈피 2~3일령으로 개별사육을 위한 준비로서 실험실에서 1일 동안 안정화시켰다.

2. 방법

가. 유생의 측정

유생의 부위별 측정은 실체동물을 대신하여 피한 개체는 탈피잔해를 영기별로 5% 중성포르말린에 고정한 후 상투영기(profile project)로 측정하여 탈피전의 크기로 사용하였고, 체중의 측정은 megalopa 유생기부터 측정하였으며, 탈피 2일 후 갑각이 딱딱해진 다음 짧은 시간에 유생의 수분을 흡수지로 제거하고, 즉시 전자저울을 사용하여 소수점 셋째 자리까지 측정된 값을 탈피 후의 체중으로 사용하였다.

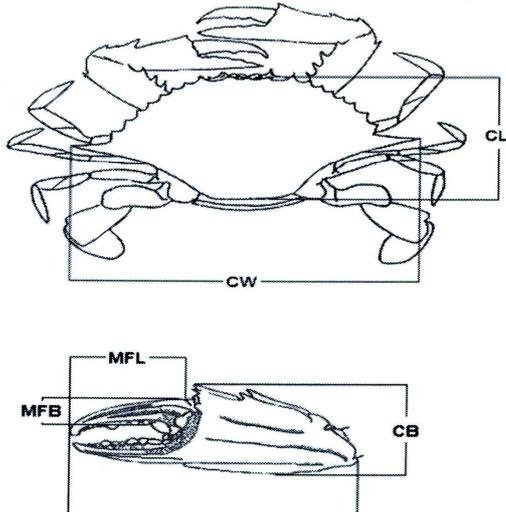
나. 유생의 측정방법

각 개체마다 상투영기를 사용하여 갑장, 갑폭, 집게발장, 집게발폭, 가동지장, 가동지폭의 크기를 측정하였으며([Fig. 1]), 체중의 측정은 1mg 감도의 저울로 평량 하였다.

유생의 사육

메갈로파 유생 중에서 180마리를 사육 적정수온 범위인 17°C, 27°C와 실온수조 3그룹으로 나누어 60마리씩 개별사육을 하여 탈피간격, 탈피

회수, 성장도 등을 조사하였다.



[Fig. 1] Measurements of various parts of *Portunus trituberculatus*.

CW: Carapace width, CL: Carapace length
 CL: Chela length, CB: Chela breadth,
 MFL: Movable finger length, MFB:
 Movable finger breadth.

실온수조의 경우 수온 측정은 봉상온도계를 이용하였고, 17℃와 27℃ 수조는 소형냉각기(fish cooler)와 수중히터, 자동온도 조절기를 이용하여 ±1.5℃를 상회치 않도록 하였다. 사육용기는 120 ml 용량의 원형 유리병을 사용하였고, 3mm아크릴 판에 직경 5mm PVC관에 주사바늘을 부착하여 공기를 일정한 흐름으로 사육수 표면에 분사하였다.

사육수는 변산 천해양식장에서 수송하여 온 것을 1일동안 60 l 플라스틱 통에 순치하여 2일에 한번씩 갈아주었다. 매일 남은 사료와 죽은 개체 및 탈피 잔해를 육안으로 관찰조사 하였으며, 남은 찌꺼기는 스포이드와 핀셋을 이용하여 들어내고, 동시에 사육수와 동일한 수온인 신선한 물을 채워 넣은 후 먹이를 동시에 공급하여 주었다.

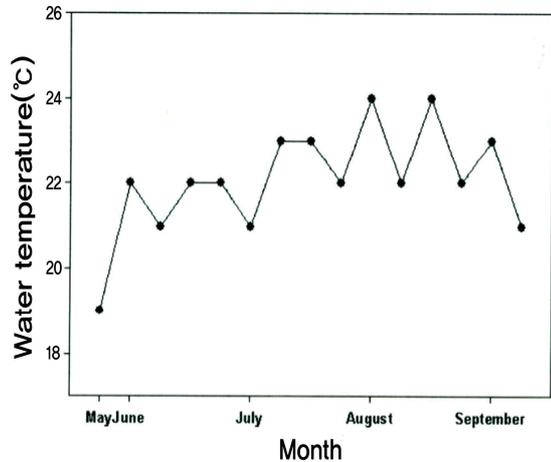
꽃게에 급이한 먹이는 Crab 2기까지 *Artemia nauplii*를 투여하였고, 그 후에는 대하 급이용 침

강사료와 바지락의 세절된 육질을 물로 깨끗이 세척한 후 오전 9시에 잔여량이 있을 정도로 충분히 공급하고 다음날 제거하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 수온(Water temperature)

사육기간 동안 수온을 조절하지 않은 실온수조의 수온변화는 매일 측정하여 월별 1주에 대한 평균 수온 값을 구하였다([Fig. 2]). 수온변화는 19℃에서 25℃범위 내에 있었으며, 6월 중순을 지나면서 수온이 상승하는 경향을 보인다.



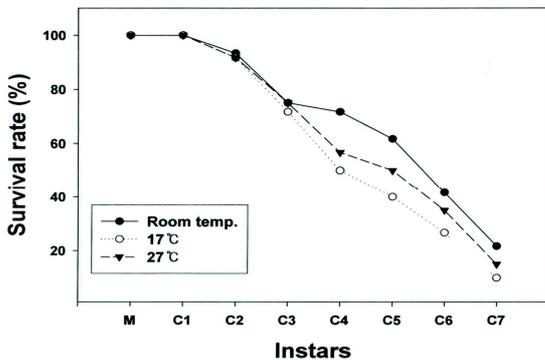
[Fig. 2] Water temperature (°C) during the rearing in room temperature of *Portunus trituberculatus*.

2. 기별 탈피간격(Intermolt period)

실험에 사용된 사육수온에 따른 기별 탈피간격과 탈피기간은 <Table 1>, [Fig. 3]과 같다. 탈피기수가 진행됨에 따라 탈피간격 또한 증가하는 경향을 보이며, 사육수온이 높아질수록 탈피간격이 짧아지는 현상을 볼 수 있다. 실온수조에서의 기별 탈피간격은 Crab 1기에서 3.1±0.45일로 시작하여 Crab 7기에서 29.8±3.26일로 길어졌다.

<Table 1> Intermolt period (days) of *Portunus trituberculatus* reared at different water temperatures

Instars	Room temp		17°C		27°C	
	Range	Mean±SD	Range	Mean±SD	Range	Mean±SD
1	2~4	3.1±0.45	2~5	3.2±0.48	2~4	3.1±0.42
2	5~10	6.8±0.68	6~12	7.3±0.78	4~9	6.4±0.49
3	8~13	10.4±1.12	9~19	13.3±1.55	4~12	9.2±0.98
4	9~21	13.9±1.38	12~29	19.4±1.98	6~14	10.3±1.36
5	14~25	18.4±2.23	17~38	26.4±2.56	9~19	14.3±1.21
6	15~33	22.5±2.65	22~58	38.3±3.56	12~28	19.8±2.01
7	19~44	29.8±3.26	36~62	45.2±3.89	16~34	25.6±2.23



[Fig. 3] Survival rate of *Portunus trituberculatus* reared at different water temperatures

17°C수조는 Crab 1기에서 3.2±0.48일로 시작하여 Crab 7기에서 45.2±3.89일로 길어졌으며, 27°C 수조는 Crab 1기에서 3.1±0.42일로 시작하여 Crab 7기에서 25.6±2.23일로 길어졌다. 사육수온

중 가장 높은 27°C수조는 실온과 17°C수조와 비교하여 Crab 7기까지 탈피 간격이 짧다는 것을 알 수 있다.

기별 탈피간격의 평균치에 대한 검정에서는 실온수조와 17°C, 17°C와 27°C에서 유의차가 있었으며 실온수조와 27°C에서는 유의차가 없었다 ($p<0.05$).

3. 생존율(Survival rate of instars)

실험에 사용된 사육수온에 따른 기별 생존율은 <Table 2>와 [Fig. 3]과 같다.

Crab 7기까지의 생존율은 실온수조가 17°C와 27°C 수조에 비해 높은 생존율을 보였다.

실온수조의 경우 Crab 1기부터 Crab 7기까지 총 21%의 생존율을 보였으며, 27°C수조에서는 15%, 17°C수조에서는 10%의 생존율을 보였다.

<Table 2> Survival rate (%) of *Portunus triuberculatus* reared at different water temperatures

Instars	Room temp		17°C		27°C	
	No.	Survival Rate (%)	No.	Survival Rate (%)	No.	Survival Rate (%)
1	60	100	60	100	60	100
2	56	93	55	91	55	91
3	45	75	43	71	45	75
4	43	71	30	50	34	56
5	37	61	24	40	30	50
6	25	41	19	26	21	35
7	13	21	6	10	9	15

실온수조와 27°C수조를 비교해 보면 Crab 3기까지 유사한 생존율을 보였으나, Crab 4기부터 생존율의 차이를 보였다.

사육수온이 낮은 17°C에서는 Crab 4기부터 낮은 생존율을 보였는데 낮은 수온으로 인하여 탈피과정 중 등갑이 완전하게 탈피되지 않고 죽은 개체가 발생하여 생존율의 저하를 가져왔다.

수온과 생존율의 관계는 생육 적정 수온이 생존율에 중요한 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

4. 기별 크기 및 성장

가. 기별 갑폭과 갑장의 크기

사육수온에 따른 기별 갑폭과 갑장의 크기에

대한 결과는 <Table 3, 4>와 같다. 사육수온에 따른 기별 갑폭의 변화는 Crab 1기에서 실온수조는 4.997±0.13, 17°C수조는 4.81±0.21mm, 27°C수조는 5.017±0.36mm였고, Crab 7기에서 실온수조는 22.267±2.36mm, 17°C수조는 17.267±1.05mm, 27°C수조는 25.457±2.36mm였다. 사육수온에 따른 기별 갑장의 변화는 Crab 1기에서 실온수조는 2.68±0.06mm, 17°C수조는 2.512±0.08, 27°C수조는 2.88±0.13mm였고, Crab 7기에서 실온수조는 12.346±0.69mm, 17°C수조는 8.036±0.96mm, 27°C수조는 13.562±0.95mm였다. 탈피기간 중 갑폭과 갑장의 변화가 가장 큰 시기는 Crab 5기에서 Crab 6기의 탈피기간이었다.

<Table 3> Carapace width (mm) of *Portunus trituberculatus* reared at different temperatures

Instars	Carapace width					
	Room temp		17°C		27°C	
	Range	Mean±SD	Range	Mean±SD	Range	Mean±SD
1	4.123-5.425	4.997±0.13	3.924-5.021	4.812±0.21	4.896-5.124	5.017±0.36
2	6.256-7.865	7.317±0.49	6.652-7.212	6.962±0.66	6.989-7.802	7.601±0.59
3	10.598-12.099	11.264±0.35	8.236-7.165	8.945±0.36	11.896-12.638	12.304±1.02
4	12.869-14.215	13.712±1.26	9.233-9.856	9.534±1.02	13.956-14.826	14.573±1.23
5	15.965-17.125	16.451±1.96	11.115-11.789	11.425±0.96	16.953-17.996	17.831±0.88
6	19.659-21.056	20.055±1.54	14.856-15.563	15.093±0.74	21.569-22.845	22.507±1.36
7	21.696-23.656	22.267±2.36	16.896-17.963	17.267±1.05	24.569-25.896	25.457±2.36

<Table 4> Carapace length (mm) of *Portunus triuberculatus* reared at different temperatures

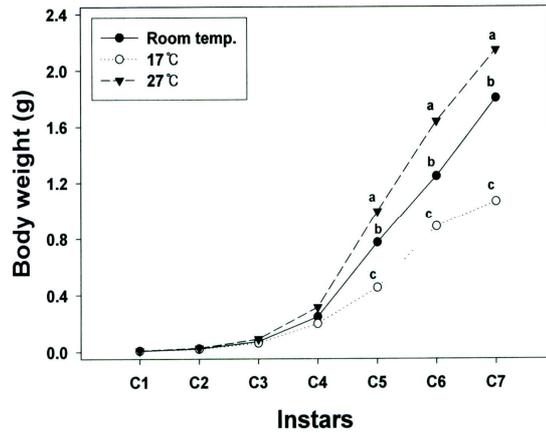
Instars	Carapace length					
	Room temp		17°C		27°C	
	Range	Mean±SD	Range	Mean±SD	Range	Mean±SD
1	1.965-2.856	2.680±0.06	2.025-5.289	2.512±0.08	2.659-2.956	2.885±0.13
2	3.102-4.213	3.815±0.08	3.236-3.956	3.733±0.09	3.561-4.356	4.012±0.06
3	4.898-5.869	5.696±0.26	4.023-4.785	4.596±0.36	5.756-6.256	6.501±0.23
4	6.021-6.756	6.569±0.59	4.802-5.089	4.929±0.52	6.856-7.423	7.193±0.36
5	7.896-8.512	8.392±0.42	5.377-5.569	5.495±0.63	7.965-8.965	8.714±0.59
6	9.889-11.023	10.162±0.86	6.798-6.965	6.836±0.89	10.863-11.532	11.093±0.92
7	11.856-12.663	12.346±0.69	7.856-8.136	8.036±0.96	12.956-13.856	13.562±0.95

실온 수조와 27°C수조에서의 갑폭과 갑장의 크기 변화는 유사한 경향을 보였으나, 17°C수조에서는 다른 결과를 보였다. 수온에 따른 갑폭과 갑장의 성장 관계는 생육 적정 수온보다 낮은 수온에서는 정상적인 성장을 보이지 못하는 것을 알 수 있었다. 기별 갑폭과 갑장의 평균치의 검정에서 각각의 사육 수온구간에서 모두 유의차가 있었다($p<0.05$).

나. 기별 체중

사육수온에 따른 기별 체중증가에 대한 결과는 <Table 5>, [Fig. 4] 와 같다. 기별 체중의 증가는 탈피가 진행됨에 따라 증가하는 경향을 보이며, 사육수온에 따라 차이를 보인다. 체중 증가에 있어서 모든 사육수온에서 Crab 4기를 기점으로 점점 커지는 경향을 보인다. Crab 4기 이후에는 실온수조와 27°C수조가 17°C수조에 비하여 점점 커지는 것을 볼 수 있었다. Crab 7기의 체중은 실온수조는 $1.801\pm0.367g$, 17°C수조는 $1.063\pm0.065g$, 27°C수조는 $2.143\pm0.029g$ 으로 나타났다. 사육수온 중 가장 높은 27°C수조에서 체중이 가장 높게 나타났으며, 사육수온 중 가장 낮은 17°C수조에서 가장 낮은 결과를 보였다. 높은 수온에서 체중증가가 높게 나타났다 기별 체중의 평균치의 검정에서 Crab 5기로 넘어가는 과정에서 유의차가 있

었다($p<0.05$).



[Fig. 4]. Body weight (g) plotted instars of *Portunus trituberculatus* reared at different water temperatures

다. 기별 성장률

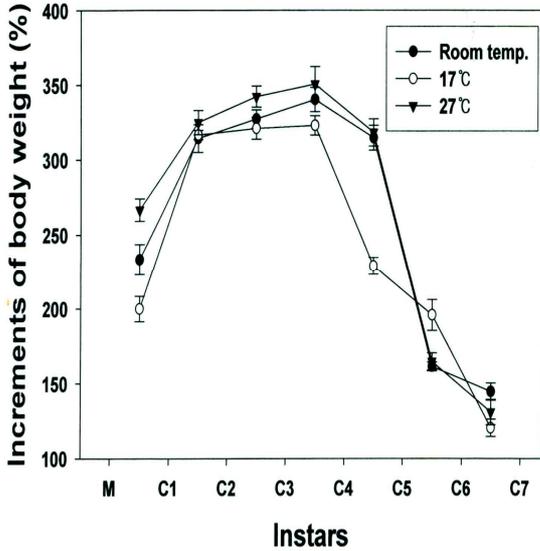
기별 성장률에 대한 결과는 [Fig. 5]에서 보여진다.

기별 성장률은 증가 후 어떤 기점에서부터 감소하는 현상을 보이지만, 사육수온에 따라 다른 증감의 현상을 보인다. 각각 사육수온간의 성장률은 t-검정을 한 결과 $p<0.05$ 의 유의차를 보인다.

<Table 5> Mean body weight (g) plotted instars of *Portunus trituberculatus* reared at different water temperature

Instars	Body weight (g)					
	Room temp		17°C		27°C	
	Range	Mean±SD	Range	Mean±SD	Range	Mean±SD
1	0.005~0.008	0.007±0.0006	0.004~5.0.008	0.006±0.0006	0.004~0.001	0.008±0.0008
2	0.019~0.025	0.022±0.0019	0.012~0.026	0.019±0.0009	0.016~0.034	0.026±0.0009
3	0.059~0.085	0.072±0.0098	0.049~0.072	0.061±0.0074	0.065~0.12	0.089±0.0074
4	0.195~0.295	0.245±0.092	0.154~0.234	0.197±0.056	0.244~0.371	0.312±0.0088
5	0.697~0.845	0.771±0.105	0.395~0.499	0.451±0.092	0.757~1.32	0.993±0.121
6	0.976~1.394	1.245±0.259	0.792~0.966	0.883±0.066	1.479~1.858	1.636±0.232
7	1.577~1.961	1.801±0.367	0.887~1.121	1.063±0.068	1.869~2.421	2.143±0.259

사육수온에 따른 Crab 1~7기 동안 성장률을 살펴보면, 실온수조는 144.65~340.24%, 17℃수조는 120.38~322.95%, 27℃수조는 130.99~350.56% 범위에서 증가 하였다. 모든 사육수온에서 Crab 1기에서 Crab 4기까지



[Fig. 5]. Increments of body weight (%) plotted instars of *Portunus trituberculatus* reared at different water temperatures.

증가하는 경향을 보이며 이후 감소하는 경향을 보이는데, 사육수온이 가장 낮았던 17℃수조에서의 성장률이 적다는 것을 알 수 있다. 수온과 성장률의 관계는 높은 수온에서 높은 성장률을 보인다는 것을 알 수 있었다.

5. 상대성장

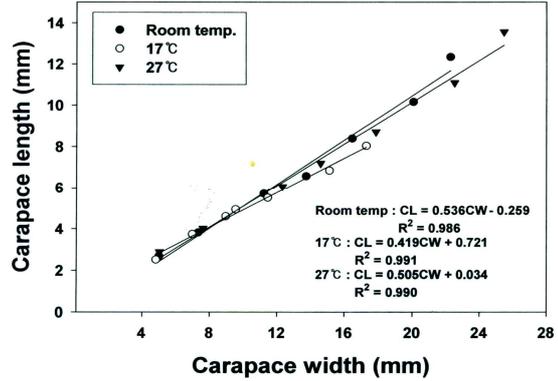
가) 갑폭과 성장

사육수온에 따른 갑폭에 대한 갑장의 상대성장은 [Fig. 6]과 같다. 갑폭(CW)과 갑장(CL)에 대한 상대성장식은 실온 $CL = 0.536CW - 0.259$ ($R^2 = 0.986$)

17℃ $CL = 0.419CW + 0.721$ ($R^2 = 0.991$)

27℃ $CL = 0.505CW + 0.034$ ($R^2 = 0.990$)

같이 나타낼수 있다.

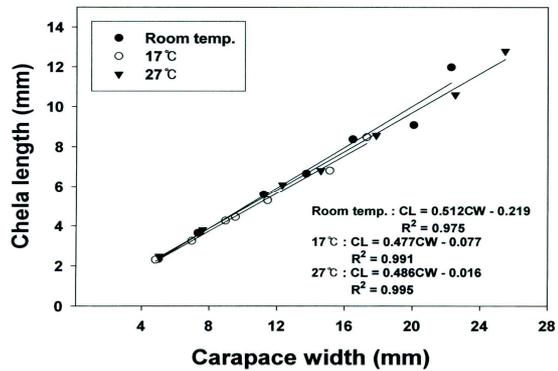


[Fig. 6] Relationship between carapace width (CW) and carapace length (CL) of *Portunus trituberculatus* reared at different water temperatures.

갑폭과 갑장의 상대성장식에 대한 유의성 검정을 한 결과는 <Table 6>과 같다. 27℃수조는 17℃수조와 유의차가 없었으며, 실온수조와는 유의차가 있었으며, 17℃수조는 실온수조와 유의차를 보였다.

나) 갑폭과 집게발장

사육수온에 따른 갑폭에 대한 집게발장의 상대성장은 [Fig. 7]과 같다.



[Fig. 7] Relationship between carapace width (CW) and chela length (CL) of *Portunus trituberculatus* reared at different water temperatures.

<Table 6> The significant difference comparison of carapace width and carapace length

Examination	27°C-17°C	27°C-Room temp.	17°C-Room temp.
Slope	2.12	2.85*	2.69*
Intercept	2.03	2.40*	4.14*

The asterisk denotes significant difference (p<0.05) between column.

갑폭(CW)과 집게발장(CL)에 대한 상대성장식은

실온 $CL = 0.512CW - 0.219$ ($R^2= 0.975$)

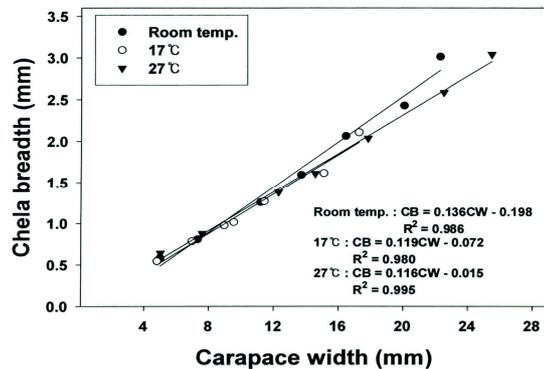
17°C $CL = 0.477CW - 0.077$ ($R^2=0.991$)

27°C $CL = 0.486CW - 0.016$ ($R^2= 0.995$)

갑폭과 집게발장의 상대성장식에 대한 유의성 검정을 한 결과는 <Table 7>과 같다. 27°C수조는 17°C수조와 유의차가 없었으며, 실온수조와는 유의차가 있었다. 17°C수조는 실온수조와 유의차가 없었다.

다) 갑폭과 집게발폭

사육수온에 따른 갑폭에 대한 집게발폭의 상대성장식은 [Fig. 8]와 같다.



[Fig. 8] Relationship between carapace width (CW) and chela breadth (CB) of *Portunus trituberculatus* reared at different water temperatures.

<Table 7> The significant difference comparison of carapace width and chelar length

Examination	27°C-17°C	27°C-Room temp.	17°C-Room temp.
Slope	1.46	2.84*	1.52
Intercept	1.94	4.64*	1.52

The asterisk denotes significant difference (p<0.05) between column.

갑폭(CW)과 집게발폭(CB)에 대한 상대성장식은

실온 $CB = 0.136CW - 0.198$ ($R^2= 0.986$)

17°C $CB = 0.119CW + 0.072$ ($R^2=0.980$)

27°C $CB = 0.116CW + 0.015$ ($R^2= 0.995$)

갑폭과 집게발폭의 상대성장식에 대한 유의성 검정을 한 결과는 <Table 8>과 같다. 모든 사육수온에서 상대성장식에 대한 유의차가 없었다.

라) 갑폭과 가동지장

사육수온에 따른 갑폭에 대한 가동지장의 상대

성장식은 [Fig. 9]과 같다. 갑폭(CW)과 가동지장(MFL)에 대한 상대성장식은

실온 $MFL = 0.187CW + 0.188$ ($R^2= 0.968$)

17°C $MFL = 0.176CW + 0.202$ ($R^2=0.998$)

27°C $MFL = 0.201CW + 0.097$ ($R^2= 0.985$)

갑폭과 가동지장의 상대성장식에 대한 유의성 검정을 한 결과 <Table 9>와 같다. 27°C수조는 17°C수조와 유의차가 없었으며, 이외 모든 사육수온에서 상대성장식에 대한 유의차가 있었다.

<Table 8> The significant difference comparison of carapace width and chela breadth

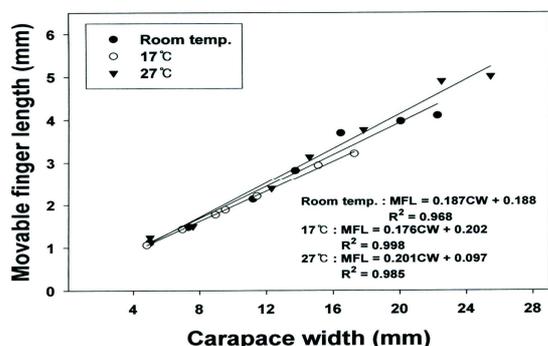
Examination	27°C-17°C	27°C-Room temp.	17°C-Room temp.
Slope	1.92	0.21	1.93
Intercept	1.94	1.81	2.01

The significance level was p<0.05.

<Table 9> The significant difference comparison of carapace width and movable finger length

Examination	27°C-17°C	27°C-Room temp.	17°C-Room temp.
Slope	2.15	2.39*	2.90*
Intercept	1.63	3.25*	2.38*

The asterisk denotes significant difference (p<0.05) between column.



[Fig. 9] Relationship between carapace width (CW) and movable finger length (MFL) of *Portunus triuberculatus* reared at different water temperatures.

마)갑폭과 가동지족

사육수온에 따른 갑폭에 대한 가동지족의 상대 성장식은 [Fig. 10]과 같다.

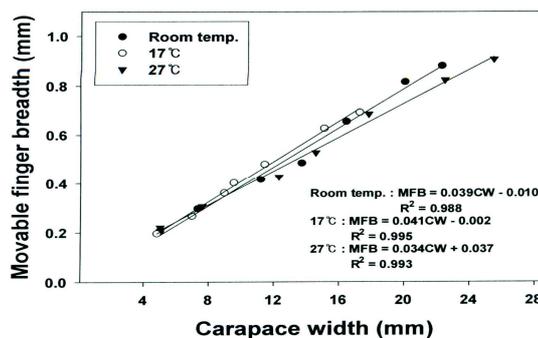
갑폭(CW)과 가동지족(MFB)에 대한 상대성장식은

실온 $MFB = 0.039CW - 0.010$ ($R^2 = 0.988$)

17°C $MFB = 0.041CW - 0.002$ ($R^2 = 0.995$)

27°C $MFB = 0.034CW + 0.037$ ($R^2 = 0.993$)

갑폭과 가동지족의 상대성장식에 대한 유의성 검정을 한 결과는 <Table 10>과 같다. 27°C수조는 17°C수조와 유의차가 없었으며, 이외 모든 사육수온에서 상대성장식에 대한 유의차가 있었다.



[Fig. 10] Relationship between carapace width (CW) and movable finger breadth (MFB) of *Portunus triuberculatus* reared at different water temperatures.

<Table 10> The significant difference comparison of carapace width and movable finger length

Examination	27°C-17°C	27°C-Room temp.	17°C-Room temp.
Slope	1.43	2.51*	2.34*
Intercept	1.83	7.38*	6.36*

The asterisk denotes significant difference (p<0.05) between column.

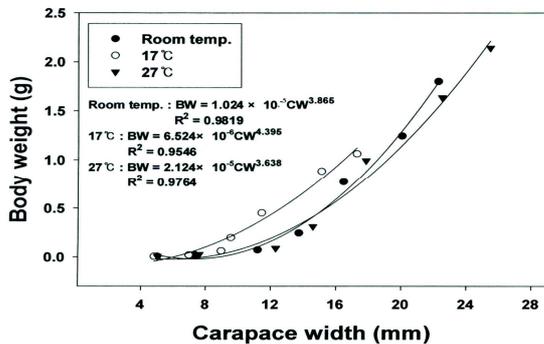
<Table 11> The significant difference comparison of carapace width and body weight

Examination	27°C-17°C	27°C-Room temp.	17°C-Room temp.
Slope	2.01	2.37*	2.53*
Intercept	2.02	9.66*	8.37*

The asterisk denotes significant difference (p<0.05) between column.

바) 갑폭과 증량

사육수온에 따른 갑폭에 대한 증량의 상대성장식은 [Fig. 11]와 같다.



[Fig. 11] Relationship between carapace width (CW) and body weight (BW) of *Portunus triuberculatus* reared at different water temperatures.

갑폭(CW)과 가동지폭(BW)에 대한 상대성장식은

$$\text{실온 BW} = 1.024 \times 10^{-5} \text{CW}^{3.865} \quad (R^2= 0.981)$$

$$17^\circ\text{C BW} = 6.524 \times 10^{-6} \text{CW}^{4.395} \quad (R^2=0.954)$$

$$27^\circ\text{C BW} = 2.124 \times 10^{-5} \text{CW}^{3.638} \quad (R^2= 0.976)$$

갑폭과 증량의 상대성장식에 대한 유의성 검정을 한 결과는 <Table 11>과 같다. 27°C수조는 17°C수조와 유의차가 없었으며, 이외 모든 사육수온에서 상대성장식에 대한 유의차가 있었다.

IV. 고찰

본 연구에서는 꽃게 유생의 생활사에 대해 조금 더 정확한 연구를 하기 위하여, 개체마다 개

별사육을 하였다. 사육수온에 따른 기별 탈피간격과 성장률, 생존율 등에 대한 연구를 통하여 꽃게 유생의 적정사육조건을 연구하였다.

갑각류 생리의 가장 중요한 특징은 주기적인 탈피를 하는 것이며, 또한 탈피에 의하여 단계적인 성장을 한다(Passano, 1960 ; Mauchline, 1977 a,b). 아울러 모든 생태학적 현상들이 탈피와 깊은 관계가 있다(Hiatt, 1948 ; Hartnoll, 1980; 1982).

갑각류는 탈피하는 데 있어서 그들의 기별 탈피 특징을 보이지 않기 때문에, 갑각류의 탈피 성장에 관한 연구는 주로 특정 크기에 대한 연령을 아는 방법과 그 이외의 몇 가지 간접적인 방법을 이용하여 성장과 탈피유형을 주로 파악하고 있다.

게류의 성장은 불연속적으로 일어나며 크기의 증가는 단지 탈피에 의해서만 일어난다(Hartnoll, 1982; Passano, 1960).

본 연구에 사용된 꽃게의 탈피 성장에 관한 실험 또한 자연상태에서는 정확한 자료를 얻기 힘들기 때문에, 실내사육에 의존하고 있다. 꽃게의 성장유형을 알기 위해서는 탈피간격, 탈피에 따른 크기증가, 각 기별 크기 등이 중요한 요소가 된다.

Kim(1988)은 범게, *Orithyia sinica* (Linnaeus)에서 사육조건이 변하는 실온에서 사육된 개체들은 20조건에서 사육된 개체들에 비하여 고수온기에는 탈피간격기간이 짧아지고 저수온기에는 길어져 반비례 현상을 보였다고 보고하였다. 본 연구에서도 사육수온 중 가장 높은 27°C수조에서 사육된 개체들이 탈피 간격이 짧았으며, 사육수온

이 가장 낮은 17°C수조에서 탈피 간격이 가장 길었다. 27°C수조와 실온수조의 경우 Crab 4기 까지 비슷한 탈피기간을 가졌으나 Crab 4기가 지나면서 27°C수조에서 탈피간격이 짧아지는 현상을 보였다. 본 연구의 결과로 볼 때 적정사육수온 범위에서 가장 높은 수온에서 사육한 경우가 낮은 수온에서 사육한 경우에 비하여 기별 탈피 간격이 짧았다. 그러므로 갑각류의 성장과 탈피에 가장 중요하게 영향을 주는 요인은 수온인 것을 알 수 있었다.

실험에서 사용된 모든 수조에서 꽃게 유생이 계속 성장함에 따라 매 탈피에 있어서 차기 탈피까지의 소요되는 일수는 차츰 길어지는 현상을 보였다. 탈피간격기간, 성장률 등 탈피에 직접적으로 관계된 요인들은 갑각류의 생활사 이해에 도움이 되는 요소들이다.

해양 무척추동물 유생의 생존율은 여러 환경요인의 복합작용에 의하여 결정된다(Kinne, 1977). Kim(1988)의 범게의 연구결과에서도 20°C조건에서 사육한 개체들의 생존율이 실온에서 사육한 것들보다 생존율이 높게 나타났다. 본 논문에서도 생육적정 수온과 비슷한 실온수조에서 사육한 것들이 17°C수조, 27°C수조에서 사육한 것들보다 생존율이 높았다. 실험에 사용된 사육수온 중 가장 낮은 17°C수조에서 가장 낮은 생존율을 보였으며, 실온수조에서 가장 높은 생존율을 보였다. Crab 3기가 넘어서면서 생존율의 저하를 보이는데 사료 급이와 사육수의 문제점으로 인한 생존율의 저하를 보이는 것으로 생각되어진다.

실험에 사용된 사육수온 중 가장 낮은 17°C수조에서 가장 낮은 생존율을 보이는 원인은 영양 부족으로 인한 탈피 시 완전한 탈피를 하지 못한 사망개체가 많았다. 정상적인 탈피를 못하여

생존율을 떨어뜨린다는 점을 볼 때 수온은 생존율에 있어서 가장 중요한 요인이라는 것을 알 수 있다.

적정 생육 수온보다 낮은 수온은 갑각류의 신진대사에 영향을 주어 활동력저하의 상태를 보이

며 먹이섭취 능력의 감소로 이어지게 된다. 본 실험에서도 사육수온이 가장 낮은 17°C 수조에서 사용한 개체들은 활동력 저하 및 먹이섭취 능력의 감소를 보였다. 이러한 활동력 저하와 먹이섭취 능력의 감소는 영양공급의 부족을 일으켜 탈피능력을 저하시키게 된다. 탈피에 중요한 요인인 수온은 갑각류의 신진 대사에도 영향을 미쳐 낮은 수온으로 인한 탈피에 2차적인 요인을 발생하게 하였다. 탈피간격과 기별 탈피간격에 있어서 가장 중요한 요인은 사육적정수온 범위에서 가장 높은 수온이며 갑각류의 빠르고 안정적인 성장에 영향을 주는 것으로 보여 진다.

갑각류의 탈피 전 크기에 대한 성장의 백분율, 즉 성장률(growth rate)은 한때 비교적 일정하다고 알려졌으며 성장률은 25~40%의 범위라고 보고되었다(Dyar, 1890 ; Brooks, 1886 ; Fowler, 1909). 그 후의 실험적 연구들에 의하면 성장률은 사육 조건 및 종별에 차가 많다는 것이 알려졌다.

어느 영기에서는 성장률의 감소(Olmstead and Baumberger, 1923), 성장이 되지 않는 경우(Carlisle, 1957; Vernet-Cornubert, 1958; Leffler, 1972)와 성장률이 증가하는 경우(Green, 1956 ; Mauchline, 1977 a, b; Rice 1968; Crothers, 1967)를 보고하였다. Rice (1968)는 기존의 갑각 성장 자료들을 분석한 결과 갑각류의 평균성장률은 22.3%라고 보고하였다. 많은 연구 결과들에 의하면 영기의 증가 및 형질크기의 증가에 따라서 성장률은 감소한다(Hiatt, 1948 ; Sweat, 1968 ; Childress and Price, 1978). Kim(1988)의 범게 연구 보고서에는 기별 성장률은 증감의 변화가 일정하지 않으나 전체적인 결과 약간 감소한다고 하였다. 본 실험 결과 또한 사육수온에 따라 성장률의 증감의 변화가 일정하지 않았다. 성장률은 어느 기점을 중심으로 증가하는 형태를 보였다가 점차 감소하는 경향을 보인다. 초기 성장에 있어서는 최대의 성장률을 보인다. 본 연구에서도 초기 성장인 메갈로파 이후 Crab 4기까지 최대 성장률을 보이며 점차 감소하는 경향을 보였다. 사

육수온 중 가장 높은 수온인 27수조에서 가장 높은 성장률을 보였으며 가장 낮은 수온인 17℃수조에서 가장 낮은 성장률을 보였다.

실온수조와 27℃수조에서는 메갈로파 이후 Crab 4기까지 증가 추세의 경향을 보이다가 감소하는 경향을 보였다. 사육수온 중 가장 낮은 수온인 17℃에서는 메갈로파이후 Crab 4기까지 증가하는 수치가 다른 수조와 비교하여 완만한 형태의 증가하는 경향을 보이다가, 이후 감소하는 경향을 보였다. 성장률의 수치를 비교해본 결과 Crab 4기에서 최대 성장률을 보인다.

실험에 사용된 모든 사육수온에서 Crab 7기까지 체중이 증가하는 경향을 보였다. 실험에 사용된 사육수온 중 가장 높은 27수조에서 Crab 7기에 2.143±0.259g을 보였고, 사육수온 중 가장 낮은 17℃수조에서 1.801± 0.637g을 보였다. 실험에 사용된 사육수온에 따른 기별 체중의 차이는 27수조에서 가장 높은 체중을 보이는데 수온이 높게 되면 활력이 높은 결과 먹이의 섭취량도 좋게 되어 체중이 증가하는 것으로 보인다. 이와 반대로 17수조에서는 활력이 적어 먹이의 섭취량도 떨어지고, 신진대사가 원활하지 않기 때문에 낮은 체중을 나타내는 것으로 보여진다. 잘 알려진 바와 같이 적정수온 범위보다 낮은 수온에서는 눈으로 식별이 가능할 정도로 성장이 둔해진다. 체중의 차이를 보이는 데는 여러 가지 이유가 있겠으나 낮은 수온에서는 생존에 필요한 에너지를 먼저 소모하기 때문에 낮은 체중을 보이는 것으로 생각되어진다.

갑폭의 성장은 Crab 7기에서 실온수조는 22.267±2.36mm, 27℃수조는 25.457±2.36mm로 갑폭의 크기를 보였으며, 17℃수조는 Crab 7기에서 17.267±1.05mm로 다른 사육수온과 비교하여 갑폭의 수치가 적었다. 다른 수조에 비하여 17℃수조가 갑폭의 수치가 적게 나온 것은 2가지 요인으로 분석되는데 첫째, 신지대사의 문제점으로써, 영양부족으로 인하여 성장을 하지 못하였으며 둘째, 탈피 시 최대성장을 하지 못하여 갑폭 및 부

속기관 또한 성장을 하지 못하여 수치가 적게 나온 것으로 생각된다

갑각류의 상대성장은 성별, 성징이 나타나는 특징을 보여주고 있으며 특히 집게발 및 복부의 형태와 크기에서 잘 나타난다(Huxley, 1932; Hartnoll, 1982; Mohamedeen, 1984). Kim(1988)의 연구보고인 범게의 경우 집게발의 크기 및 형태는 성별, 성징이 나타나는 특징을 잘 보여주고 있는데, 이들의 상대성장곡선으로 보아 Crab 8기부터 성징이 나타나는 시기라고 하였다.

Crab 7기까지 연구를 하여 성징에 대한 관찰은 하지 못하여, 성별, 성징이 상대성장에 미치는 영향에 대하여는 관찰할 수 없었다. 사육수온에 따른 각 부위별 상대성장식에서 유의차가 없는 것이 보통이나 이번 실험에서 사육수온이 가장 17℃ 수조에서 유의차를 보이지 못하는 데는 정상적인 성장을 하지 못하였기 때문이라 보여진다. 다만 갑폭에 대한 집게발폭의 상대성장식에서만 모든 사육수온에서 유의차가 없었다.

꽃게 종에 대한 연구논문들은 대부분 개별 사육을 하지 않는 논문들이 대부분이다. 계류는 탈피하는데 있어서 가지고 있던 딱딱한 껍질을 벗어내기 때문에 성장에 대한 자료를 얻기가 어렵다. 크기증가와 불연속성과 연령에 대한 직접적인 방법을 알기 힘들기 때문에 척추동물에 적용되는 방법을 사용하는 것은 적절하지 않을 것이다. 본 연구 논문은 개별사육을 통하여 좀 더 정확한 기별탈피간격과 탈피간격의 편차, 성장률, 생존율 등에 대하여 조사하였다 수온과 탈피의 관계는 수온이 높을수록 탈피간격이 짧고 수온과 성장률의 관계는 적정수온 범위 안에서 비교적 높은 범위의 수온에서 좋은 성장률을 보인다는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서 탈피간격과 수온과의 관계는 Ma et al.(2009)의 연구에서 탈피간격과 수온과의 관계결과와 일치하였으나 성장률과 수온과의 관계는 일치하지 않았다

V. 결론 및 요약

꽃게 유생의 수온에 따른 탈피와 성장에 대하여 탈피기간과 탈피증가율, 특히 시간에 따라 영기별 변화를 조사하였다.

1. 꽃게 유생의 탈피 : 탈피기간은 영기에 따라 증가하고 수온에 따른 탈피기간의 변화의 양상은 유사하나 17°C 수조에서는 길고, 27°C 수조에서는 짧았다. 유생의 생산율은 17°C 수조의 경우 Crab 1 ~ 7기까지 10%, 27°C 수조는 15%, 실온수조(19 ~ 25 c) 21%이었다.

Crab의 갑폭, 갑장은 사육온도 구간에 따라 영기가 증가함에 따라 증가하지만 저수온조에서는 작고, 고수온조에서는 큰 것으로 나타났다.

2. 꽃게 유생의 성장 : 영기에 따른 성장율의 값 변화는 영기의 증가에 따라 증가 하나 일정하지는 않았다.

Crab 1 ~ 7기까지 갑폭의 평균성장은 실온수조는 4.99 ~ 22.26mm, 17°C 수조는 4.8 ~ 17.26mm, 27°C 수조는 5.01 ~ 25.45mm이었다. 그리고 갑장의 평균성장은 실온수조는 2.88 ~ 12.34 mm, 17°C 수조는 2.51 ~ 8.03mm, 27°C 수조는 2.88 ~ 13.56 mm이었다. Crab 1 ~ 7기까지 성장율은 실온 수조 144.65 ~ 340.24%, 17°C 수조는 120.38 ~ 322.95%, 27°C 수조는 139.99 ~ 350.56%이었다.

References

- Bae, J. S.(2002). Molt and Growth of Fresh Water Crayfish, *Cambaroides similis* (Koelbel), Master's degree, Kunsan National Univ. 57.
- Brooks, W. K.(1886). Report on the scientific results of the Voyage of H.M.s. Challenger. Zool. 16, part 45.
- Byun, C. G.(1970). Studies on seed production of swimming crab *Portunus trituberculatus* (Miers). Bull. Korean Fish. Soc. 3(3), 187~198.
- Carlisle, D. B.(1957). On the hormonal inhibition of molting in Decapoda Crustacea. 2. The terminal anecdyosis in crab J. Mar. Biol. Asso. U. K., 36, 291~309.
- Childress, J. J. & Price, M. H.(1978). Growth of the bathypelagic crustacean *Gnathophausia ingens* (Mysidacea: Lophogastridae). Dimensional growth and population structure. Mar. Biol., 50, 47~62.
- Crothers, J. H.(1967). The biology of shore crab *Carcinus maenas*(L). 1. The round-anatomy, growth, and life history. Fidel Study, 2, 407~434.
- Dyar, G. H.(1980). The number of moults of lepidopterous larvae. Physche, Berl. , 420~422.
- Fowler, G. H.(1909). Biscayan Plankton. Part XII. The Ostracoda. Trans. Linn. Soc. London, Zool. 10, 219~336.
- Green, J.(1956). Growth, size and reproduction *Daphnia*(Crustacea: Cladocera) Proceedings of the Zoological Society of London 126, 173~204.
- Hartnoll, R. G.(1980). Strategies of Crustacean growth. Mem. Aust. Mus., 18, 121~131.
- Hartnoll, R. G.(1982) Growth. In The Biology of Crustacea. Vol. 2.(ed. L. G. Abele). Academic Press Inc.. New York. 111~194.
- Hiatt, R. W.(1948). The biology of the lined shore crab *Pachygrapsus crassipes* Randall. Pac. Sci., 2, 135~213.
- Hur, J. S.(1972). Studies on artificial culture and growth of swimming crab larva *Portunus tuberculatus* (Miers). Bull. Korean Fish. Soc. 9(3), 56~67.
- Huxley, J. S.(1932). Problems of Relative growth. Methuen, London, L.16.
- Kim, H. S.(1973). Illustrated Encyclopedia of Fauna and of Korea, 14 L 1~289.
- Kim, Y. H.(1988). Ecological studies on the growth of the tiger crab, *Orithyia sinica* (Linnaeus), 83.
- Kinne, O.(1977). Cultivation of Animals. In Marine Ecology Vol 3(2)(ed. O. Kinne), 579~1287. John Wiley and Sons, Chichester.
- Leffler, C. W.(1972). Some effects of temperature on the growth and metabolic rate of juvenile blue crab, *Callinectes sapidus*, in the laboratory. Mar. Biol. 14, 104~111.
- Lim, B. K. & Hirayama, K.(1990). Nitrogen and phosphorus budgets in larval rearing tanks for mass production of swimming crab *Portunus trituberculatus*. The second Asian Fisheries Forum.

- Proceedings of the Second Asian Fisheries Forum. Tokyo, Japan, 177~180.
- Lim, B. K. & Hirayama, K.(1991). Growth and elemental composition (C,N,P) during larval developmental stages of masscultured swimming crab *Portunus trituberculatus*. Mark. Ecol. Prog. Ser. 78(2), 131~137.
- Ma, C. W. · Son, D. S. & Park, W.(2009). Survival rate and growth of larvae and early juveniles in the swimming crab, *Portunus trituberculatus* (Miers) reared in the laboratory. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 45(4), 251~259.
- Mauchline, J.(1977a). Growth in shrimps, crabs and lobsters, an assessment. J. Cons. Int. Explore. Mer, 37, 162~169.
- Mauchline, J.(1977b). Growth and moulting of Crustacea, especially Euphausiids. In 'Symposium on the Prediction of Sound Scattering in the Oceans from Physical/Biological Data'(eds. N.R. Anderson and B. J. Zahuranec), 401~122. Plenum Press, London.
- Mizutani, M. · Okata, K · Ando, S · Nagao, N. · Shibata, S.(1967). Studies on seed production of swimming crab. Bull. Oita Mar. Fish., 1~39.
- Mohamedeen, H.(1984). Studies on laboratory growth of decapad crustaceans. Ph. D. Thesis, University of Liverpool, 1984. 133.
- Morioka, Y. · C. Kitajima & Hayashida, G.(1988). Oxygen consumption, growth and calculated food requirement of the swimming crab *Portunus trituberculatus* in its early development stage. Mippon Suisan Gakkaishi Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 54(7), 1137~1141.
- Noh, S.(1976). Studies on aquaculture of swimming crab *Portunus trituberculatus* (Miers)(II). Feed and eat of zoea larva. Bull. Fish. Res. Fish. Res. Dev. Agency 15, 57~72.
- Noh, S. & Park, C. G.(1976). Studies on aquaculture of swimming crab *Portunus trituberculatus* (Miers) (I). Survival of larva by salinity. Bull. Fish. Res. Fish. Res. Dev. Agency 15, 43~50.
- Oda, T. & Bamda, Y.(1982). Mass production of seeding of blue crab *Portunus trituberculatus*. Bull. Fish. Exp. Stat. Okayama prefect, 3, 214~217.
- Olmstead, J. M. P. & Baumberger, J. P.(1923). Form and growth of grapsoid crabs. A comparison of the form of three species of grapsoid crabs and their growth at moulting. J. Morphol. 38, 274~294.
- Oshima, S.(1938). Biology and fishery research im Japanese blue crab *Portunus trituberculatus* (Miers). Journal of imperial Fisheries Experimental Station 9, 208~212.
- Passano, L. M.(1960). Molting and its control. In The Physiology of Crustacean, (pp.473~536). Acad. Press, Inc. New York.
- Rice. A. L.(1968). Growth 'rules'and the larvae of decapod crustaceans. J. Nat. Jist. 2, 525~530.
- Song, H. · Ding, Y. & Xu, Y.(1988). A study on the breeding habits of blue crab (*Portunus trituberculatus* Miers) in the northern castal waters of Zhejiang. J. Zhejiang Coll. Fish. Zhejiang Shuichan Xueyuan Xuebao. 7(1), 39~46.
- Sweat, D. E.(1968). Growth and tagging studies on *Panulirus argus* in the Florida Keys. Tech. Ser., Fla. State Bd. Conserv. 57, 1~30.
- Takahashi, H. B. & Ito, Y.(1974). Studies on seed production of swimming crab-II On the high density culture by using big tank. Bull. Aqua. Tech. 3(1), 95~103.
- Trinadha-Babu · Shyuamasundari B. K. · Jaanumantharao, K.(1989). Cytological changes of Y-organ in *Portunus sanguinolentus* (Herbst) during moult cycle and in deeydstalked crabs. Proc. Indian Natl. Sci. Aca B-Biol. Sci. 55(1), 15~18.
- Vernet-Cornubert, G.(1958). Recherches sus la sexualite du crab, *Pachygrapsus marmoartus* (Fabricius). Arch. Zool. Exp. Gen. 96, 104~274.
- Yeon, I. J.(1997). Studies on resources biology in Korea West Sea and East China Sea. Ph. D. thesis, Pukyong National Univ. 158.

-
- Received : 10 January, 2017
 - Revised : 25 January, 2017
 - Accepted : 09 February, 2017