

징거미새우, *Macrobrachium nipponense*(De Haan) 유생의 탈피주기와 관련한 생리적 변화

신윤경 · 진 평
부산수산대학교 해양생물학과

Physiological Changes in Related to Molt Cycle of *Macrobrachium nipponense*(De Haan)

Yun-Kyung SHIN and Pyung CHIN
Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan,
Pusan 608-737, Korea

Larvae of the freshwater shrimp, *Macrobrachium nipponense*(De Haan) were reared in the laboratory under constant conditions (25°C, 7‰ S), and their feeding rate, oxygen consumption, ammonia nitrogen excretion, and growth were measured at regular intervals during development from hatching to post larval stage.

Growth was measured as dry weight, carbon, nitrogen, hydrogen, protein and lipid. All these physiological and biochemical traits revealed significant changes from instar to instar. Average feeding rate was high in intermolt stage of the molt cycle and it showed a bell-shaped pattern. Respiration(R) increased from hatching to post larval stage. Excretion(U) increased in intermolt phase of larvae and it showed a bell-shaped variation pattern, in all larval instars with a maximum near the middle of the molt cycle.

Regression equations describing rates of feeding, growth, respiration and ammonia excretion as functions of time during individual larval molt cycles were inserted in a simulation model, in order to analyse time-dependent patterns of variation as well as in bioenergetic efficiencies. Carbon was initially increased and nitrogen showed a tendency to increase in premolt phase during individual molt cycles. Protein remained clearly the predominant biochemical constituent in larval biomass.

緒 論

징거미새우, *Macrobrachium nipponense*는 담수와 기수역에 널리 분포하며, 우리나라에 서식하는 담수산 새우류중 가장 큰 종류로서 산업상으로 유망시되는 대표적인 종류이다.

갑각류는 발생과정 동안 주기적으로 수회 탈피를 하면서 일련의 유생기를 거쳐 성장을 하게 되며, 성장을 하는 동안에는 탈피주기가 반복된다. 그리고 갑각류의 유생은 탈피주기가 진행되는 동안 호

르몬조절에 의해 해부학적, 생리적 및 생화학적 변화를 가진다(Christiansen, 1988). 이러한 생리적 변화는 체내 물질대사의 균형과 밀접하게 관련되어 있다. 특히 탈피주기 동안 lobster의 혈청 이온과 혈청 단백질농도(Glynn, 1968), 혈청 글루코오즈양(Telford, 1968) 그리고 헤모시아린 농도(Spock, 1974)등의 변화에 대한 연구를 통해서 잘 보고되어 있다. 또한 단일 탈피주기동안 생리적 변화에 대한 연구는 계류의 발생단계에 따른 성장율, 질소배설 및 기타 생리적 양상과 관련한 연구(Anger *et al.*,

1989) 그리고 새우류에서 산소소비와 질소배설 등에 대한 연구(Regnault, 1979; McNamara *et al.*, 1980)등을 찾아 볼 수 있으나, 이러한 대부분의 연구는 주로 계류에 국한되어 있는 한편, 유생의 생리와 생태에 관한 기본적인 정보를 제공하는 데도 다소 불충분한 면이 있다. 징거미새우속에 대한 연구로는 강의 상류지역에 주로 서식하는 *M. ko-reana*의 유생에 대한 수온, 염분 및 먹이의 영향(Lee, 1988)과 산소소비(Lee, 1986)에 대한 보고 이외에는 거의 찾아 볼 수 없는 실정이다. 특히 유생에 대한 탈피주기별 생리, 생화학적 변화 및 에너지 대사에 관한 생리학적 연구는 전혀 찾아 볼 수 없다. 징거미새우 유생에 대한 일련의 발생과정을 통한 단일 탈피주기내 섭이, 호흡, 배설 및 성장을 연구하므로써 이 종의 생태적 중요성을 파악할 수 있을 것으로 기대되며, 또한 유생의 발생기간 동안 에너지 분배에 대한 양상을 정량화 하고 설명하는데 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

材料 및 方法

1. 材 料

실험에 사용한 징거미새우는 1991년 7월부터 1993년 6월까지 섬진강 하구역에서 통발과 소형 저인망을 이용하여 채집한 후 실험실로 운반하여 순환여과식 사육조에 두고 실험에 이용하였다. 유생은 포란한 개체를 채집하여 실험실내 일정한 조건하에서 부화시켜 사용하였다. 부화된 유생은 미공여과지(공경=0.45 μm)로 거른 염분 5‰, 수온 25°C의 조건하에서 500ml의 비이커에 유생 40~60마리씩 넣어 사육하였으며, 먹이로는 갯 부화 시킨 *Artemia nauplii*을 공급하였다. 각 실험에 사용한 유생은 발생단계(Kwon and Lee, 1992)를 검토하여 동일유생단계만 사용하였다. 탈피주기의 구별은 Drach의 방법을 변형한 Passano(1960)의 방법을 기준으로 하여 탈피기(Ecdysis)를 중심으로 탈피후기(Postmolt phase), 탈피간기(Intermolt phase), 탈피전기(Premolt phase)의 4기로 나누었다.

2. 方 法

(1) 攝 餌

동일 발생단계에 있는 유생을 사용하여 각 유생 단계별로 섭이량을 측정하였다. 실험은 여과해수 250ml당 *Artemia nauplii* 100마리의 농도로 투여하고 5~10마리의 zoea유생을 수용하여 섭이량을 측

정하였다. 측정 결과는 3회 반복한 실험 결과를 평균하여 유생 1마리당 1일 섭이량(cells/larva/day)으로 나타내었다.

(2) 呼 吸

유생의 산소소비량은 용량 120ml의 산소병에 유생의 발생단계에 따라 5~10마리씩 수용한 후 12시간 동안의 산소소비량을 Winkler method(Grasshoff, 1976; Dawirs, 1983; Anger and Jacobi, 1985)에 의하여 측정하였다. 측정 결과는 3회 반복 실험한 평균치로서 유생 1마리당 하루의 산소소비량을 μg 으로 표시하였다.

(3) 암모니아 窒素排泄

유생의 암모니아 질소배설량은 용량 약 120ml의 산소병에 유생의 발생단계에 따라 5~10마리씩 수용한 후 12시간 동안 방치한 다음 실험 전후 각 용존암모니아 질소량의 차이를 비색정량하여 개체당 또는 건중 가당 하루의 배설질소량으로 나타내었다. 암모니아 배설질소는 Solorzano(1969)의 Phenolhypochlorite법으로 분석하였다.

(4) 成 長

같은 연령의 유생을 매일 대량 사육조내에서 채집하여 건중을 측정하고, 탄소, 수소, 질소의 함량을 조사하였다. 각 실험에 사용된 유생은 피펫으로 유리접시에 적당량 옮긴 후 증류수로 행구고 여과지에서 습기를 제거시킨 다음 70°C에서 24시간 건조시켜 사용하였다.

유생의 탄소, 수소, 질소의 함량은 CHN Analyzer (Yanagimoto MT-2)을 이용하였으며 성장식은 Anger and Dawirs(1982)가 제시한 $Y=y_0(X+1)^a$ 방정식을 사용하였다.

(5) 體物質의 化學的 組成

실험동물을 미공여과 해수에 6시간 두어 장내용물을 배출시킨 다음 체물질의 조성분 함량을 측정하였으며, 3~5회의 측정결과를 평균하여 건중에 대한 백분율로 나타내었다. 실험동물 및 탈피체의 유기탄소, 수소 및 총 질소량은 CHN Analyzer(Yanagimoto MT-2)를 사용하여 정량하였다.

유생의 단백질은 Lowry *et al.*(1951)의 방법으로 측정하였으며, 지질은 Marsh and Weinstein(1966)의 방법으로 측정하였다.

結 果

1. 攝 餌

섭이율은 부화직후부터 후기 유생단계까지 시간

경과에 따라 각 유생의 단계별로 하루동안 섭이한 *Artemia* nauplii의 수와 탄소량으로 환산하여 나타내었으며(Fig. 1), *Artemia* nauplii의 건중과 탄소함량은 Table 1에 나타내었다. 섭이율은 전 유생기간 동안 발생시간이 경과함에 따라 증가하였는데, 각 유생단계별 탈피주기동안 섭이율의 변화는 각 유생단계의 탈피간기에서 가장 높게 나타났고, 탈피를 전후한 탈피전기와 탈피후기에서는 가장 낮게 나타나는 뚜렷한 양상을 보였다. 유생시기의 섭이율은 다항식으로 나타낼 수 있으며(Fig. 2), 각 유생단계별 회귀방정식과 상관계수는 Table 2에 나타내었다.

$$Y = y_0 + aX - bX^2$$

(Y: 섭이율, X: 부화 후 경과시간, y_0 , a, b: 상수)

2. 呼 吸

유생의 발생단계별 호흡율은 Fig. 3에 나타내었다. 개체에 대한 호흡율은 부화 후 후기유생단계까지 시간경과에 따라 그리고 유생단계별 탈피주기 동안 계속 증가하였다. 탈피주기 동안 비체중호흡율은 대체로 탈피간기에서 다소 낮고 탈피전기와 탈피후기에서 높게 나타났으나 통계적으로는 유의하지 않았다.

4. 排 泄

암모니아 질소배설량은 유생의 크기가 성장함에 따라 점차 증가하는 경향을 나타내었는데, 발생단계별 탈피주기동안 탈피후기 이후부터 증가하기 시작하여 탈피간기에서 가장 최대값을 나타내었으며, 탈피직전에 감소하였다(Fig. 4). 탈피주기별 배설율의 변화 양상은 방정식으로서 Table 2에 나타내었다.

5. O:N 原子比

개체의 소비산소량과 배설질소량으로 부터 구한 O:N 원자비의 변화양상(Fig. 5)은 주로 질소배설의 변화에 의하여 좌우된다. 최대값은 각 유생단계의 탈피를 전후한 시기에 나타났으며, 가장 높은 값은 35로서 탈피직후의 zoea 2시기에서 볼 수 있었다.

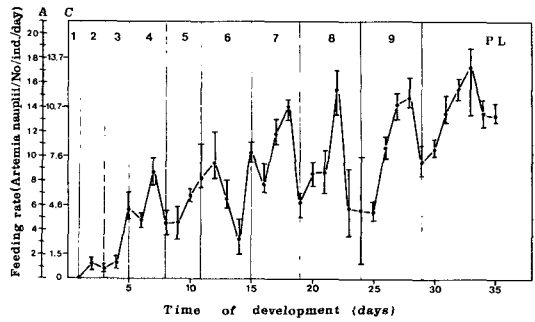


Fig. 1. Feeding rate during larval development of *Macrobrachium nipponense*. A: number of *Artemia*, C: carbon content(μ g), Stage 1~PL: Zoea 1~Post larvae.

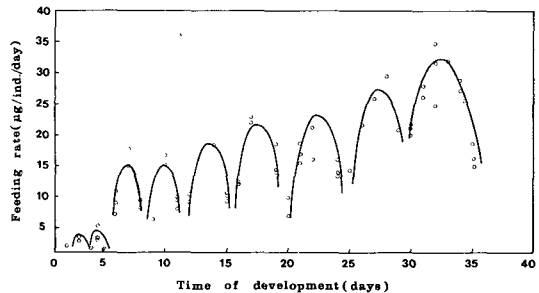


Fig. 2. Feeding rate during larval development of *Macrobrachium nipponense*. Regression equations: F as a function of time(days) of development. For regression equation see Table 2.

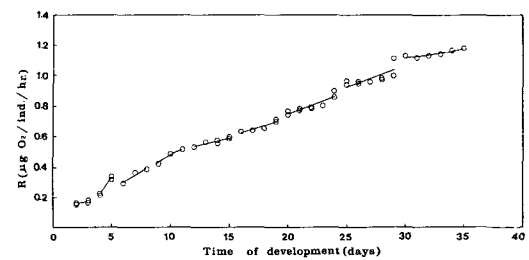


Fig. 3. Respiration during the course of larval development of *Macrobrachium nipponense*. For regression equation see Table 2.

Table 1. Dry weight(Dw), carbon(C) and nitrogen(N) content(in % per μ g) of *Artemia* sp

Item	<i>Artemia</i> sp. Freshly hatched
Dry weight(\pm g)	1.97
C(%)	38.7
N(%)	7.9

Table 2. Fitted parameters(y_0 , a, b) and correlation coefficients(r) for regression equation describing change during larval molt cycles; feeding rate(F), growth(dry weight, W; carbon, C; nitrogen, N; hydrogen, H), respiration (R) and nitrogen excretion(U) of *Macrobrachium nipponense*

y		F	W	C	N	H	R	U
Zoea-1	y_0		25 μ g	11.23 μ g	2.71 μ g	1.85 μ g	2.48 μ g	0.24 μ g
	a							
	b							
	r							
2	y_0	0.8482	26.1383	15.1773	5.3441	1.2961	0.1440	-
	a	0.0732	0.5838	0.3253	0.0572	0.6946	0.8467	-
	b	0.2387						
	r	0.9412	0.7204	0.8809	0.7903	0.9719	0.8467	
3	y_0	-141.9850	46.3258	10.8808	2.7230	3.7731	0.1031	-
	a	64.6950	0.1352	0.5547	0.5392	0.1699	0.1151	-
	b	-7.21						
	r	0.9892	0.9356	0.9903	0.9957	0.8122	0.9867	
4	y_0	-402.1687	8.2689	5.6011	3.2118	1.6736	0.2679	-4.1367
	a	119.94901	1.2057	0.8092	0.5172	0.7376	0.0431	1.3277
	b	-8.5725						-0.0963
	r	0.9384	0.9942	0.7769	0.8961	0.9034	0.9278	0.9627
5	y_0	-809.76	53.4475	18.7764	3.9312	4.3934	0.3881	-6.5799
	a	124.7450	0.3063	0.4342	0.4787	0.2608	0.0433	1.3921
	b	-4.5683						-0.0702
	r	0.7208	0.9565	0.7205	0.9287	0.9856	0.9669	0.9423
6	y_0	-831.76	7.9606	17.6194	1.2946	1.0027	0.5128	-8.9415
	a	124.7450	1.1035	0.5082	0.9585	0.9040	0.0191	1.3877
	b	-4.5683						-0.0521
	r	0.7208	0.9798	0.9036	0.9651	0.9514	0.9055	0.9970
7	y_0	-1461.1055	3.4113	25.4733	2.9971	2.5731	0.6013	-11.096
	a	167.9182	1.4227	0.3686	0.6321	0.5967	0.0244	1.3195
	b	-4.7442						-0.0381
	r	0.8233	0.9919	0.7771	0.9812	0.9541	0.9283	0.9559
8	y_0	-1428.6112	1.5710	7.4204	2m7846	2.6438	0.7173	-8.2696
	a	129.6220	1.6899	0.8912	0.7252	0.5972	1.0268	0.8270
	b	-2.8923						-0.0199
	r	0.7939	0.9933	0.9740	0.9793	0.9351	0.8882	0.8596
9	y_0	-1720.8145	1.0496	12.3647	4.7221	7.0027	0.9159	-24.5689
	a	127.3888	1.1816	0.8053	0.5747	0.4259	0.0221	1.8595
	b	-2.8923						-0.0199
	r	0.7939	0.9933	0.9740	0.9793	0.9351	0.8882	0.8596
P L	y_0	-2249.1188	0.0986	28.1195	5.1908	7.9250	1.1035	-7.2532
	a	1409.9570	2.5400	0.5957	0.6236	0.3972	0.0114	0.4698
	b	-2.1773						-0.0074
	r	0.9080	0.9932	0.9801	0.9274	0.9271	0.9184	0.9080

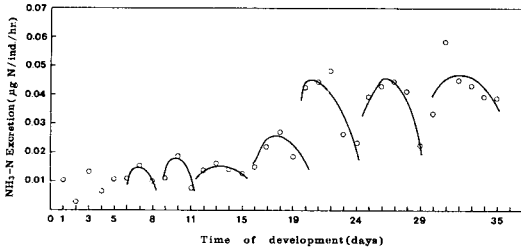


Fig. 4. Ammonia nitrogen excretion(U: in $\mu\text{g NH}_3^+\text{-N/ind./hr}$) during the course of larval development of *Macrobrachium nipponense*. For regression equation see Table 2.

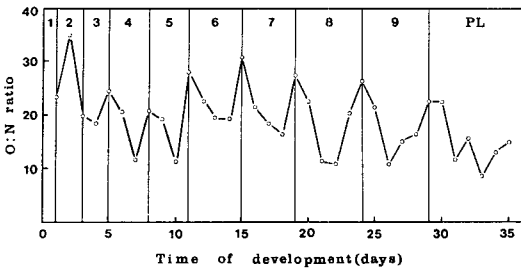


Fig. 5. Atomic O:N ratio during the course of larval development of *Macrobrachium nipponense*.

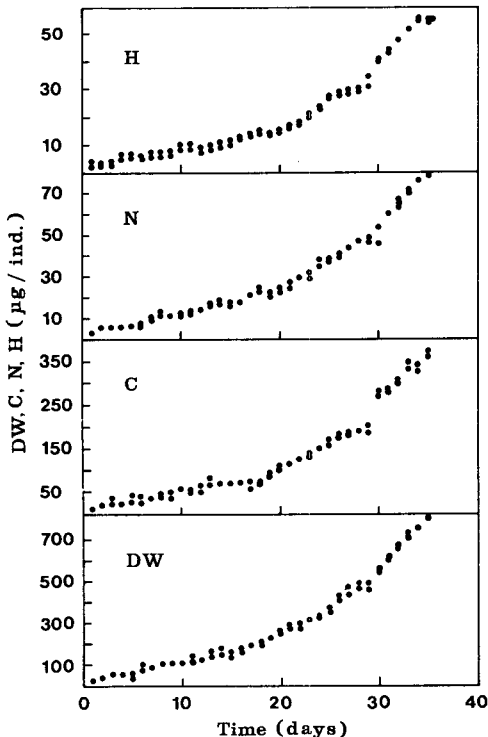


Fig. 6. Growth pattern during larval development of *Macrobrachium nipponense*. DW(dry weight), C(carbon), N(nitrogen), H(hydrogen).

최소값은 9.2로 후기유생단계의 탈피간기에서 나타났다. 평균 O:N 원자비는 유생의 성장이 진행되어 감에 따라 조금씩 감소하는 경향을 보였다. 이와같은 O:N 원자비는 탈피주기의 주요시기(intermolt) 동안, 그리고 유생기간의 말기로 감에 따라 단백질 이화의 중요성이 커짐을 나타내었다.

6. 成長

부화 후 발생 진행시간에 따른 물질축적의 변화양상을 Fig. 6에 나타내었다. 부화 후 후기 유생단계까지 건중, 탄소, 질소 및 수소의 변화는 유생의 발생이 진행되는 동안 증가하는 경향을 보였는데 이때 변화량은 Anger and Dawirs(1982)가 제시한 $Y=y_0(X+1)^a$ 의 방정식으로 같이 나타낼 수 있었으며, 각 계수는 Table 2에 나타낸 바와 같다.(Y: DW, C, N, H, X: 발생경과 시간, y_0 , a: 상수).

7. 體物質의 化學的 組成變化

유생의 화학적조성의 변화는 전유생단계에서 탄소 38~42%, 질소 9~11%, 지질 10~12% 그리고 단백질 67~70%로 유사한 경향을 나타내었으나, 탈피주기 동안에는 탈피후기, 탈피간기, 탈피전기에 따라서 다소 다른 양상을 보였다(Fig. 7, 8). 즉, 탄소와 질소량의 변화는 탈피직후에는 감소하였고, 탈피간기부터 탈피전기의 말기까지 계속 증가 하였으나 탄소는 탈피간기에 다소 증가를 보인 반면, 질소는 탈피간기의 말기부터 탈피전기까지 꾸준한 증가를 나타내었다.

일반적으로 탄소함량의 변화는 주로 지질함량의 변화를 나타내며, 질소는 단백질의 변화를 반영한다. Fig. 8은 전유생기에 있어서 탈피주기동안의 지질과 단백질함량의 변화를 나타낸 것이다. 유생의 몸체를 이루는 주요성분은 단백질 이었으나, 변화 정도는 단백질보다 지질에서 더욱 큰 것으로 나타났다으며 단백질은 탈피전기의 말기까지 다소 일정하게 유지되었다.

考 察

동물의 먹이섭취는 생물권을 통하여 에너지를 체내로 이동시키는 수단이므로 섭이율을 측정하는 것은 동물의 생리생태에 대한 정량적인 측면에서 기본과정이다. 탈피주기와 관련된 섭이율을 갑각류 중 계의 zoea유생에서 보면 탈피후기와 탈피간기 동안 최대를 나타내었으며, 탈피전기의 초기에는 다소 일정량을 유지한 후 탈피기에 가까워 짐에

징거미새우, *Macrobrachium nipponense*(De Haan) 유생의 탈피주기와 관련된 생리적 변화

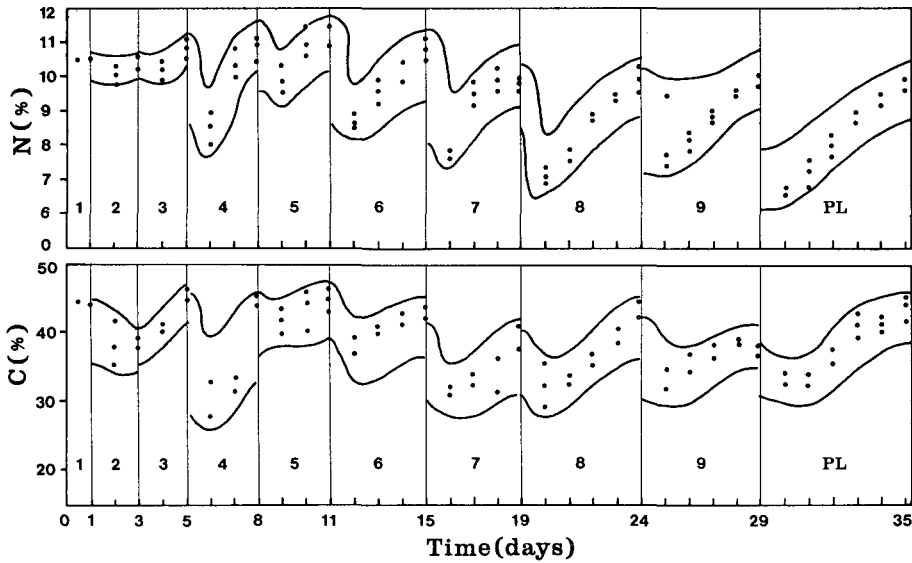


Fig. 7. Patterns of change in elemental composition of *Macrobrachium nipponense*. Carbon(C) and nitrogen(N) as percentage of dry weight.

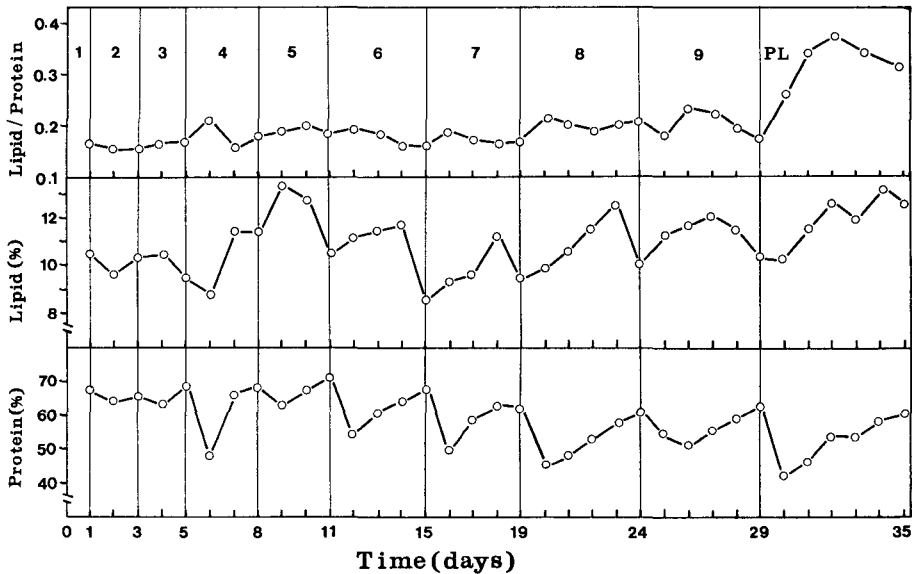


Fig. 8. Relative contents of protein and lipid(% of dry weight) and lipid/protein weight ratio during larval development of *Macrobrachium nipponense*.

따라 감소하였다(Anger, 1984, 1989, 1990; Anger and Püschel, 1986). 본 실험의 징거미새우 유생에 대한 실험결과도 이와 유사한 경향을 나타내었다. 새우류에서의 섭이율에 대한 보고는 온도와 관련한 실험(Wienberg, 1982) 외에는 거의 찾아볼 수

없지만 대부분의 갑각류에 있어서 섭이양상은 위에서 언급한 현상과 유사하며(Anger, 1984, 1989, 1990; Anger and Püschel, 1986), 이는 갑각류의 일반적인 현상이라고 생각된다.

단각목, 십각목, 등각목 및 유우파우지아류를 포

함한 다양한 갑각류 성체에서는 탈피전기와 탈피 후기에 산소소비가 증가하는 것으로 보고하고 있다(Scudamore, 1947; Scheer and Scheer 1954; Roberts, 1957; Halcrow and Boyd, 1967; Paranjape, 1967; Hagerman, 1976). 그리고, Skinner(1962)은 *Geocarcinus lateralis*에서 탈피직전, 외골격의 합성이 일어나는 동안 외피조직의 격리에 의해서 산소 소비가 증가한다고 보고 한 바 있다. 그러나, Costlow and Bookhout(1958), Barnes and Barnes (1963), 및 McNamara *et al.* (1980)은 만각류인 *Balanus amphitrite*와 *B. balanoides*, 그리고 십각류의 징거미새우류중 *M. olfersii*에서 탈피직전에 소량의 산소소비 증가가 일어나는지 또는 전혀 증가가 없는 것으로 보고하고 있다. 또한 Vernberg and Costlow(1966)은 *Uca pugnax*의 zoea기 동안에는 호흡율에 전혀 변화가 없는 것으로 보고하였다. 본 실험에서 개체별 산소소비량은 부화 후 시간경과에 따라 증가하였고 단일 탈피주기동안 유생의 호흡율은 탈피전기와 탈피후기에서 다소 높게 나타났으나 통계적으로 유의하지 않았는데, 이러한 결과는 *M. olfersii*(McNamara *et al.*, 1980)와 유사하였다.

갑각류의 대사는 직접적으로 안병호르몬에 의해서 조절되거나(Silverthorn, 1975a, b), 또는 안병의 신경성분비계에서 방출되는 탈피와 관련된 호르몬에 의해서 간접적으로 조절된다(Passano, 1960). 그러나 Hubschman(1963)에 의하면, sinus 선은 몇몇 *Palaemonetes*종에서 zoea 5기까지 나타나지 않았으며, 신경절에 분포하는 X기관은 유생기 동안에는 기능하지 않는 것으로 보고하였다. 즉, 탈피억제호르몬이 안병 혹은 다른 장소에도 존재하지 않을 경우 호흡에 영향을 미치지 않을 것으로 추정하였으며, 이러한 생리적 변화는 성체와 전혀 다르게 작용할 것으로 보고하였다(McNamara *et al.*, 1980). 또한 기관의 구조는 유생과 성체가 다르기 때문에 결과적으로 유생과 성체의 대사생리와 행동이 서로 다르며, 특히 유생시기 동안에는 호르몬의 조절이 매우 중요하리라 생각된다. 그러므로 이러한 결과에 근거하여 보면, 갑각류 유생의 안병내에 있는 신경성분비구조의 기능적인 분석이 유생의 대사반응을 이해하는데 필요하리라 생각된다.

개체별 암모니아 질소배설량은 모든 유생단계동안 탈피간기에 가장 높게 나타났으며 비체중배설율도 같은 양상을 보였다. 이러한 결과는 *Hyas araneus*(Anger *et al.* 1989)와 유사하며 *Homarus americanus*(Sasaki *et al.* 1986)의 결과와는 반대양상을

나타내었다. *Crangon crangon*은 탈피주기동안 질소 배설은 주기적 양상으로서 탈피직후에 최대를 나타내었다(Regnault, 1979). 또한 담수산 새우인 *M. rosenbergii*은 탈피전기부터 탈피직후까지 배설량이 탈피간기에 비해 상당히 증가한다고 보고(Stern and Cohen, 1982) 하고 있다. Needham (1957)은 절식시킨 *Carcinus maenas*에 대하여 탈피주기와 관련하여 암모니아 배설을 측정한 결과 탈피전에 매우 낮았다. 이러한 결과로부터 암모니아 이온이 탈피와 관련하여 이온조절에 매우 중요한 역할을 한다고 보고하였다. 이는 유생의 경우와 유사한 경향으로서 불안정한 시기에 탈피와 관련하여 이온조절을 하는 것으로 사료된다. 또한 Passano(1960)는 단미류에 대하여 단백질의 양을 탈피와 관련시켜 연구한 결과 정상적인 조직성장을 위하여 사용한 후 거의 70%를 탈피전기부터 탈피를 위하여 이용하는 것으로 보고하고 있는데, 이러한 결과는 유생시기와는 달리 성체에 이르면서 탈피전기와 탈피기에 탈피를 위한 단백질대사가 증가함으로서, 탈피주기에 대한 생리적상태가 다소 변화하는 것으로 생각된다.

O:N 원자비는 대사기질의 지표로서 이용되고 있다. 징거미새우 유생의 평균값은 10~30의 범위로서 주로 단백질에 근거한 대사를 나타내는 lobsters의 유생(Sasaki *et al.* 1986)과 유사하였다. 이는 유생의 발생이 진행되어 가는 동안 평균 O:N 원자비로 보아 후기 유생단계로 갈수록 단백질이화의 중요성이 더욱 증가되어 가는 것으로 생각된다. 모든 유생단계에서 최대 호흡율과 최소배설율이 탈피간기에서 나타나는 상반된 현상을 보였다. 또한 O:N 원자비의 최대값은 탈피기, 최소값은 탈피간기에 나타나는 결과로서 다량의 지질과 탄수화물을 탈피기에 대사시키며, 탈피간기에는 단백질이 다량 소모되는 것으로 여겨진다. 이는 계류인 *Hyas araneus*의 유생(Anger, 1990)과 유사한 경향을 보였으나 새우류의 유생에 대한 자료는 미흡한 실정으로서 비교할 수 없다. 갑각류 성체에서는 낮은 외골격을 흡수하고, 새로운 외골격을 분비하는 탈피전기동안 탄수화물과 관련된 대사가 주된 것으로 보고(Spindler-Barths, 1976)하고 있으나, 탈피주기와 관련된 비교할 만한 생화학적 연구가 없으므로 앞으로 좀더 연구가 되어야할 과제라고 여겨진다.

징거미새우 유생의 성장은 십각목 유생 가운데 계류인 *Hyas araneus*(Anger and Dawirs, 1982; Anger and Jacobi, 1985), *H. coarctatus*(Jacobi and

Anger, 1985)와 *Carcinus maenas*(Dawirs, 1983; Dawirs and Dietrich, 1986) 등의 zoea 유생과 유사 하였으나, 새우류에서는 탈피주기별 성장에 대하여 비교할 만한 자료를 찾아 보기 어려운 실정이다. 징거미새우의 개체별 탈피주기동안 건중, 탄소, 질소 및 수소등의 상대적인 양은 상당히 변화하였다. 특히 탈피가 일어나는동안 그리고 탈피직후에 변화가 있었는데, 이는 유생이 이 시기에 상당한 양의 물을 흡수하는 동안에 무기물질의 흡수가 다량 일어난데 기인한 것으로 생각된다. 따라서 탈피주기 동안 탈피후기에서 유기물질(C, N, H, 단백질, 지질)의 절대량은 증가하였지만 상대적 양은 감소하는 것으로 나타난다.

탈피주기동안 전기에는 탄소와 지질의 축적이 먼저 일어나고, 후기로 갈수록 질소와 단백질의 축적이 일어났는데, 이는 탈피전기동안 변태와 관련된 표피성장에 기인하는 것이라 생각된다. 징거미새우에 대한 결과를 다른 갑각류유생에 대한 자료와 비교해 보면, C, N, H의 비율, C/N ratio, 총 유생기간과 각 탈피주기동안의 변화양상등이 단미류 *Hyas araneus*, *H. coarctatus*와 *Carcinus maenas* (Anger and Jacobi, 1985; Dawirs, 1983; Dawirs and Dietrich, 1986), caridean shrimp(Criales, 1985)와 lobster(Anger and Püschel, 1986)유생과 비슷한 양상을 나타 내었다. 따라서 본 실험의 이러한 일치점은 개체의 탈피주기동안 일어나는 생화학적 변화는 일반적으로 부유생활을 하는 십각목유생의 전형적인 양상인 것으로 사료된다.

要 約

담수산 징거미새우, *Macrobrachium nipponense*의 유생을 부화후부터 후기유생단계까지의 전 유생기간동안 수온 25℃, 염분 7‰의 일정한 조건하에서 사육하고 섭이율, 호흡율, 배설율 및 성장율을 측정하였다.

성장은 건중, 탄소, 질소, 수소 및 단백질, 지질의 함량변화로서 측정하였는데 단백질보다는 지질이 더 높은 비율로 축적되었다. 그리고 모든 생리적, 생화학적 특성은 각 유생단계간에 그리고 개체의 탈피주기에 따라서 상당한 변화를 나타내었다. 평균섭이율은 탈피간기에 가장 높았으며, bell-shaped 양상을 나타내었다. 호흡율은 부화후부터 후기유생 단계까지 계속 증가한 반면, 배설율은 탈피간기에서 증가하여 bell-shaped 양상을 나타내었다.

이러한 생리적, 생화학적 자료로서 시간의 경과에 따른 발생변화의 양상과 생물에너지학적 효율을 분석하기 위하여 섭이율, 성장율, 호흡율 및 배설율등을 회귀방정식으로 나타내었다. 탈피주기동안 탄소는 초기에 증가하는 경향을 나타내었으며, 암모니아 질소는 탈피전기까지 꾸준히 증가하는 경향을 나타내었다. 단백질은 탈피전기의 증기에 다소 높은 축적을 보이면서 탈피전기의 말기까지 일정량을 유지하면서 체물질을 구성하는 우점성분으로 일정하게 유지되었다.

參 考 文 獻

- Anger, K. 1984. Gain and loss of particulate organic and inorganic matter in larval and juvenile spider crabs, *Hyas araneus* during growth and exuviation. Helgolander Meeresunters, 38, 107~122.
- Anger, K. 1989. Growth and exuvial loss during larval and early juvenile development of the hermit crab *Pagurus bernhardus* reared in the laboratory. Mar. Bio., 103, 503~511.
- Anger, K. 1990. Modelling development changes in the carbon and nitrogen budgets of larval brachyuran crabs. Helgolander Meeresunters, 44, 53~80.
- Anger, K. and R. R. Dawirs. 1982. Elemental composition(C, N, H) and energy in growing and starving larvae of *Hyas araneus* (Decapoda, Majidae). Fish. Bull., 80, 419~433.
- Anger, K. and C. C. Jacobi. 1985. Respiration and growth of *Hyas araneus* L. larvae(Decapoda: Majidae) from hatching to metamorphosis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 88, 257~270.
- Anger, K. and C. Püschel. 1986. Growth and exuviation of Norway lobster(*Nephrops norvegicus*) larvae reared in the laboratory. Ophelia, 25, 157~157.
- Anger, K., J. Harms, C. Püschel and B. Seeger. 1989. Physiological and biochemical changes during the larval development of a brachyuran crab reared under constant conditions in the laboratory. Helgolander Meeresunters, 43, 225~244.
- Anger, K., J. Harms, M. Montu and C. Bakker.

1989. Growth and respiration during the larval development of a tropical spider crab, *Libinia ferreirae*(Decapoda: Majidae). Mar. Ecol. Prog. Ser., 54, 43~50.
- Barnes, H., and M. Barnes. 1963. The relation of water uptake and oxygen consumption of the body tissues to the moulting cycle in *Balanus balanoides*(L.). Crustaceana, 6, 62~68.
- Christiansen, M. E.. 1988. Hormonal process in decapod crustacean larvae. Sym. Zool. Soc. London., 59, 47~68.
- Costlow, J. D. Jr. and C. G. Bookhout. 1958. Molting and respiration in *Balanus amphitrite*. Physiol. Zool., 31, 271~280.
- Dawirs, R. R.. 1983. Respiration, energy balance and development during growth and starvation of *Carcinus maenas* L. larvae(Decapoda: Portunidae). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 69, 105~128.
- Dawirs, R. R. and A. Dietrich. 1986. Temperature and laboratory feeding rates in *Carcinus maenas* L.(Decapoda: Portunidae) larvae from hatching through metamorphosis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 99, 133~147.
- Grasshoff, K.. 1976. Methods of Sea Water Analysis. Verl. Chemie, Weinheim, 317.
- Hagerman, L.. 1976. The respiration during the molting cycle of *Crangon vulgaris*(1Fabr.) (Crustacea, Natantia). Ophelia, 15, 15~21.
- Halcrow, K. and C. M. Boyd. 1967. The oxygen consumption and swimming activity of the amphipod *Gammarus oceanicus* at different temperatures. Comp. Biochem. Physiol., 23, 233~242.
- Hubschman, J. H.. 1963. Development and function of neurosecretory sites in the eyestalks of larval Palaemonetes(Decapoda: Natantia). Biol. Bull., 125, 96~113.
- Kwon Chin-Soo and Lee Bok-Kyu. 1992. Studies on the propagation of the fresh water prawn, *Macrobrachium nipponense*(De Haan) reared in the laboratory. 2. Life history and seedling production. J. Aquacul., 5(1), 29~67.
- Lee, B. K.. 1986. Oxygen consumption of the fresh water prawn, *Macrobrachium koreana*(De Kwon), with the different temperatures and salinities. J. Inst. Bio-Prod. Res. Dong Eui Univ., 3, 29~37.
- Lee, B. K.. 1988. The effects of temperature, salinity and diet on the larvae of the fresh water prawn, *Macrobrachium koreana*(De Kwon). Bull. Korean Fish. Soc., 21(3), 145~149.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem., 193, 265~275.
- Marsh, J. B. and D. B. Weinstein. 1966. Simple charring method for determination of lipids. J. Lipid Res., 7, 574~576.
- McNamara, J. C., G. S. Moreira, and P. S. Moreira. 1980. Respiratory metabolism of *Macrobrachium olfersii*(Wiegmann) zoeae during the molting cycle from eclosion to first ecdysis. Biol. Bull., 159, 692~699.
- Mootz, C. A. and C. E. Epifanio. 1974. An energy budget for *Menippe mercenaria* larvae fed *Artemia* nauplii. Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., 146, 44~55.
- Needham, A. E.. 1957. Factors affecting nitrogen excretion in *Carcinus maenas*(Pennant). Physiol. Comp. Oecol., 4, 209~239.
- Paranjape, L. M.. 1967. Molting and respiration of euphausiids. J. Fish Res. Bd. Canada, 24, 1229~1240.
- Passano, L. M.. 1960. Molting and its control. In The Physiology of Crustacea, Vol. I. Metabolism and Growth(Edited by T. H. Waterman), Academic Press, London, 473~536.
- Regnault, M.. 1979. Ammonia excretion of the sand-shrimp *Crangon crangon*(L.) during the molt cycle. J. Comp. Physiol., 133, 199~204.
- Roberts, J. L.. 1957. Thermal acclimation of metabolism in the crab *Pachygrapsus crassipes* Randall. I. The influence of body size, starvation and moulting. Physiol. Zool., 30, 232~242.
- Sasaki, G. C., Capuzzo, J. M. and P. Biesiot. 1986. Nutritional and bioenergetic considerations in the development of the American lobster *Homarus americanus*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 43, 2311~2319.
- Scheer, B. T. and M. A. Scheer. 1954. The hormonal control of metabolism in crustaceans. VIII.

- Oxygen consumption in *Leander serratus*. Publ. Staz. Zool. Napoli, 25, 419~426.
- Scudamore, H. H.. 1947. The influence of the sinus glands upon moulting and associated changes in the crayfish. Physiol. Zool., 20, 187~208.
- Silverthorn, S. S.. 1975a. Hormonal involvement in thermal acclimation in the fiddler crab *Uca pugilator*(Bosc). I. Effect of eyestalk extracts on whole animal respiration. Comp. Biochem. Physiol., 50, 281~283.
- Silverthorn, S. S.. 1975b. Hormonal involvement in thermal acclimation in the fiddler crab *Uca pugilator*(Bosc). II. Effects of extracts on tissue respiration. Comp. Biochem. Physiol., 50, 285~290.
- Skinner, D. M.. 1962. The structure and metabolism of a crustacean integumentary tissue during a molt cycle. Biol. Bull., 123, 635~647.
- Solorzano, L.. 1969. Determination of ammonia in nature waters by the phenolhypochlorite method. Limnol. Oceanogr., 14, 799~801.
- Spindler-Barths, M.. 1976. Changes in the chemical composition of the common shore crab *Carinus maenas* during the molt cycle. J. Comp. Physiol., 105, 197~205.
- Stern, S. and D. Cohen. 1982. Oxygen consumption and ammonia excretion during the molt cycle of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*(De Man). Comp. Biochem. Physiol., 73A, 3, 417~419.
- Vernberg, F. J. and J. D. Costlow. 1966. Studies on the variation between tropical and temperature-zone fiddler crabs of the genus *Uca*. IV. Oxygen consumption of larvae and young crabs reared in the laboratory. Physiol. Zool., 39, 36~52.
- Wienberg, R.. 1982. Studies on the influence of temperature, salinity, light and feeding rate on laboratory reared larvae of deep sea shrimp, *Pandalus borealis*(Kroyer). Meeresforschung, 29, 136~153.

1994년 6월 8일 접수

1994년 7월 9일 수리