

실내 사육한 *Neomysis intermedia*의 生活史에 따른 에너지 收支

최유길·노 섬*·주수동**·박기영***

동우전문대학 수산개발과, *제주대학교 증식학과
교육부 교육과정 담당관실, *강릉대학교 해양생명공학부

Energy Budget of the Mysid Shrimp, *Neomysis intermedia* Reared in the Laboratory

You Gill Choi, Sum Rho*, Soo Dong Chu**, Kie Young Park**

Department of Fisheries Development, Dongu Junior College

*Department of Aquaculture, Cheju National University

**Ministry of Education

***Faculty of Marine Bioscience and Technology

Energy budget of mysid shrimp, *Neomysis intermedia* in Lake Kyongpo was determined at constant temperature (20°C). Energy used by reared mysids were calculated from data on feeding, growth, molting, reproduction, and metabolism.

The Energy used by growth of juvenile and adult were 6.87 cal in females of 8.55 mm in length, and 5.67 cal in males of 7.53 mm in length, respectively.

Molting losses were estimated to be 0.46 cal in females and 0.38 cal in males from juvenile to adult. Energy used in respiration were estimated to be 48.48 cal in females and 36.45 cal in males from juvenile to adult.

The energy intakes from feeding were 84.15 cal in females and 67.09 cal in males from juvenile to adult. Energy losses by excretion were 10.36 cal in females and 6.46 cal in males. Thus, females assimilated 86.65% and males 81.99% of assimilated energy in somatic growth.

The gross growth efficiencies (k_1) showed 8.71% for females and 9.02% for males and the net growth efficiencies (k_2) showed 10.05% for females and 12.36% for males.

Maintenance costs were estimated at 66.48% of assimilated energy in females and 66.26% in males. Molting losses among the energy assimilated from juvenile to adult were estimated to be 0.63% in males and 0.69% in females.

Key words : *Neomysis intermedia*, Feeding, Growth, Metabolism, Energy budget

서론

곤쟁이류의 일종인 *Neomysis intermedia*는 담수, 호수 및 하구의 기수역 등에 걸쳐 대단히 넓게 분포하는 반부유성 갑각류로서 우리나라의 서, 남해안에 다량 분포하는 *Neomysis awatschensis*에 비하여 다소 북방형이다.

이들은 부유생활을 하지만 주로 근저층에 서식하면서 동계 저수온기를 제외하고는 연중 생식을 하여 여러 세대를 형성하는 특징이 있다. 또한, 곤쟁이류는 일반적으로 생태계내에서는 다른 갑각류나 어류의 먹이생물로서 먹이연쇄에 있어 대단히 중요한 역할을 담당하고 있다.

이와 같은 생태적 특성때문에 이 동물의 환경

변화에 대한 적응성은 다양할 것으로 보여지며 수계 생태계의 생산성에 기여하는 바도 클 것으로 여겨진다.

따라서, 곤쟁이류에 대한 에너지 수지에 관한 연구는 이 동물의 기초 생물학적 조사를 통한 생태생리적 특성을 파악함과 동시에 개체 에너지 수지에 관한 자료로부터 자연계에서의 개체군의 에너지 흐름의 동태를 파악하는 기초자료로서 가치가 클 것으로 사료된다.

곤쟁이류에 관한 연구로는 성장 (Lasenby and Langford, 1972; Childress and Price, 1978; Astthorsson and Ralph, 1984), 기초생물학적 연구 (최, 1981), 생화학적 조성 및 호흡 (이·진, 1971), 순화와 대사, 배설 (진, 1971, 1972, 1974, 1976), 분포와 환경요인 (Heubach, 1969), 분류 및 분포 (Yoo and Choi, 1980; Yoo, 1985) 등 다수의 보고를 찾아볼 수가 있다.

한편, 물질 및 에너지 대사에 관한 연구는 *Metamysidopsis elongata* (Clutter and Theilacker, 1971)에 관한 연구와 *Neomysis awatschensis* (김, 1987)에 관한 연구 등이 있다.

따라서, 본 연구는 *Neomysis intermedia*를 실험실내의 일정한 수온(20°C) 하에서 적응 사육시키고 전생활사를 통해서 에너지 수지를 분석하여 섭이와 성장에 따른 에너지 흐름의 동태를 파악함으로써 개체군의 에너지 흐름에 대한 생태생리적 기초자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

실험에 사용한 *N. intermedia*는 1993년 4월부터 9월에 걸쳐 강릉 경포호에서 망목 1mm의 채집망을 사용하여 포획하였다. 채집한 시료는 즉시 실험실로 운반하여 순환여과식 수조에 옮겨 각 실험에 사용하였다. 갯 산출된 치하는 보육낭에 수정란을 보유한 암컷을 포획하여 실험실에서 산출시킨 후 실험에 사용하였다. 치하 및 성체의

먹이로는 갯 부화한 *Artemia nauplii*를 20 nauplii/ml 농도로 투여해 주면서 저면여과수조내에서 계속적으로 대량 사육시켜 가면서 각 실험에 사용하였다. 모든 실험은 20°C의 일정한 수온에서 실시하였다.

2. 측정방법

1) 성장

성장측정은 실험동물의 손상을 방지하기 위해 사육중인 동물의 탈피체를 수거하여 체장과 일관된 관계를 갖는 미각장을 마이크로미터로 측정하여 간접적으로 성장률을 평가하였다.

개체성장율은 저면여과방식으로 용량 1 liter의 수조에 실험동물을 각각 1마리씩 투입하여 *Artemia nauplii*를 먹이로 제공하면서 매일 아침 탈피체를 조사하여 수거된 탈피체의 미각장 및 건중증량을 측정하였으며 에너지 함량도 측정하였다.

실험동물의 체장은 마지막 복부체절의 말단에서 두흉갑의 앞쪽 끝까지의 직선거리 그리고, 미각장은 마지막 복부체절의 말단에서 강모를 제외한 미각의 외지 끝까지 측정했다.

2) 포란수

채집한 실험동물중 포란한 암컷을 선별하여 체장을 측정한 뒤 보육낭속의 난의 수를 해부현미경하에서 계수하였다.

3) 산소소비

치하 및 성체의 산소소비량은 개체 크기에 따라 용량 40-250 ml의 산소병에 실험동물을 1마리씩 수용한 후, 3시간 동안의 산소소비량을 산소검량기 (YSI Model 57)로 측정하고 실험전후의 용존산소차로서 정량하였으며 일일 개체당 산소소비량 ($\mu\text{l O}_2/\text{ind}/\text{day}$)으로 표시하였다. 산소소비량은 대사열 생산에 의해 소비된 에너지로 전환시켰다(Gnaiger, 1983; $1\text{mg O}_2 = 3.38\text{ cal}$). 개체의 산소소비량은 환경수의 산소분압에 영향을 받기 때문에 (Ghiretti, 1966; McLusky, 1973; Prosser, 1973; Ikeda, 1974) 산소소비 측정이 끝났을 때의 실험용기내 용존

산소량이 처음 산소량의 60-70% 이하로 떨어지지 않게 조절하였다.

4) 섭이

치하 및 성체의 섭이측정시에는 개체크기에 따라 용량 150-300 ml의 산소병에 실험동물을 1마리씩 투입한 후, 먹이생물인 *Artemia nauplii*의 농도가 20 nauplii/ml가 되도록 투여하여 24시간 동안의 섭이량을 측정하였다. 각 측정 결과는 개체 1마리당 일간섭이량(nauplii/ind/day)으로 나타내었다.

섭이에너지는 개체 1마리가 1일 섭이한 *Artemia nauplii*수로서 평가하였다. *Artemia nauplius*는 건조중량이 1.97 μ g이었으며, 열량계에 의한 에너지 함량은 4.619 cal/mg dry wt.이었다. 따라서, *Artemia nauplius* 1마리는 0.0091 cal의 에너지를 함유하는 것으로 나타났다(박, 1989).

5) 질소배설

배설질소량은 개체크기별로 용량 40-250 ml의 산소병에 실험동물을 각각 1마리씩 넣고 4시간 동안 둔 후 측정하여 개체 1마리당 일간 총질소배설량(μ g atoms-N/ind/day)으로 표시하였다.

총질소(Total-N)의 분석은 0.15% HgCl₂와 50% H₂SO₄로 고정시켜 Phenate법(APHA, 1981)으로 행하였다(Corner and Newell, 1967).

Ammonia의 에너지함량은 4.06 cal/mg(Brafield and Solomon, 1972)으로 계산하였다.

6) 체물질의 에너지 함량

실험동물 및 탈피체의 에너지 함량은 자동폭발열량계(Shimadzu Seisakusho, Model CA-3)로 측정하고 cal로 표시하였다.

7) 에너지 수치

치하 및 성체에 대한 암수별 에너지 수치는 Standard IBP방정식(Klekowski and Duncan, 1975)으로 나타내었다.

$$C = P + R + F + U \dots\dots\dots(1)$$

(1)식에서 P를 세분하여 식을 정립하면,

$$C = P_g + P_e + P_r + R + F + U \dots\dots\dots(2)$$

로서 표시된다. 여기서, C는 섭이에너지, P_g는

체성장에 쓰인 에너지, P_e는 탈피에 쓰인 에너지, P_r은 생식에 쓰인 에너지, R은 호흡에 쓰인 에너지, U는 요로 배설된 에너지이며, F는 동화되지 않고 분으로 배출된 에너지로서 실험을 행하지 않고 섭이에너지(C)와 동화에너지(A=P+R+U)간의 차로서 나타내었다.

8) 생태효율

치하 및 성체에 대해 측정된 섭이, 성장, 탈피, 생식, 호흡 및 요배설에 대한 자료를 사용하여 암수별로 다음 효율들을 계산하였다.

(1) 동화효율: 수컷의 경우에는 (P_g+P_e+R+U)/C×100이며, 암컷의 경우는 (P_g+P_e+P_r+R+U)/C×100으로 나타내었다.

(2) 총성장효율(K₁): (P_g+P_e)/C×100으로서 암수 모두 동일하다.

(3) 순성장효율(K₂): 수컷의 경우는 (P_g+P_e)/(P_g+P_e+R+U)×100이며, 암컷은 (P_g+P_e)/(P_g+P_e+P_r+R+U)×100으로 나타내었다.

결 과

1. 성장의 일반적 경향

치하 및 성체의 암수별 성장은 실험동물의 손상을 방지하기 위하여 탈피체를 수거해서 체장에 대해 일관된 관계를 가지는 미각장을 측정하여 간접적으로 체장을 평가하였다. 체장과 미각장간의 관계를 살펴보면 (Fig. 1), 미각장의 증가와 더불어 체장은 직선적인 증가를 보여 체장(mm) = 1.0049 + 3.4781×미각장(mm)으로 표시되었으며, 성에 따른 차이는 없었다.

각 탈피간 체장성장의 백분율인 성장계수(growth factor)는 체장증가와 더불어 대수적으로 감소하였으며(Fig. 2), 암수간 차는 없었다.

한편, 탈피기간(intermolt period)은 체장이 증가함에 따라 대수적으로 증가하였으며(Fig. 3), 암수 차이는 없었다.

본 실험종의 탈피간 성장 백분율인 성장계수는 암수 모두 개체크기가 작을 때는 크고 성장할수

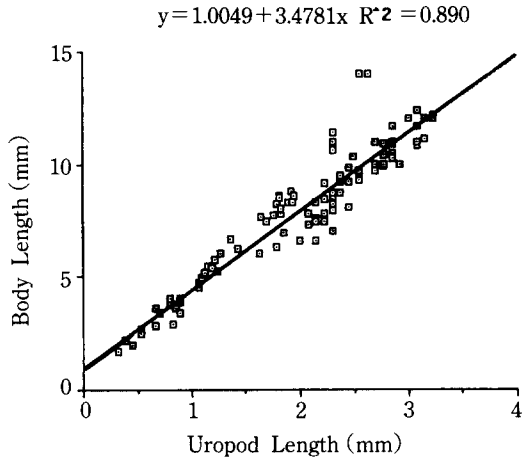


Fig. 1. Relationship between uropod length and body length of *Neomysis intermedia*.

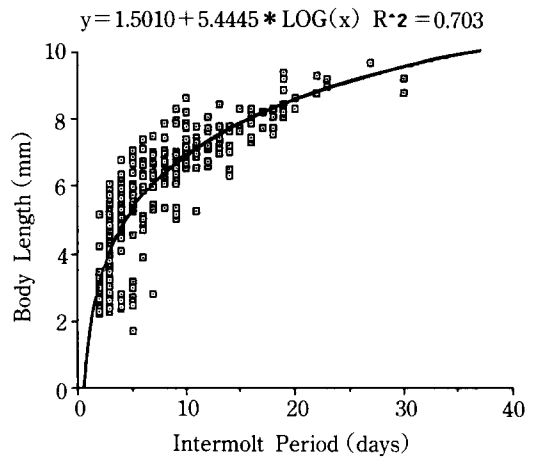


Fig. 3. Relationship between body length and intermolt period for *N. intermedia*.

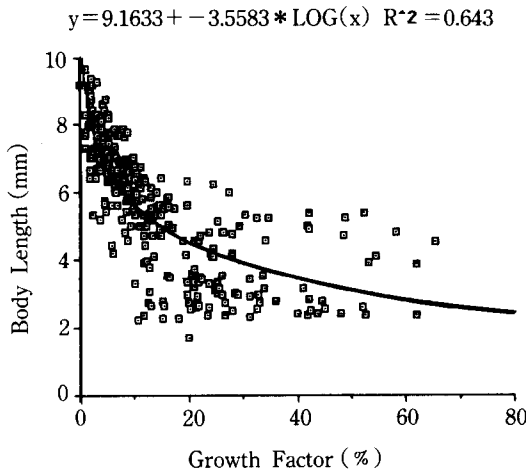


Fig. 2. Relationship between body length and growth factor for *N. intermedia*.

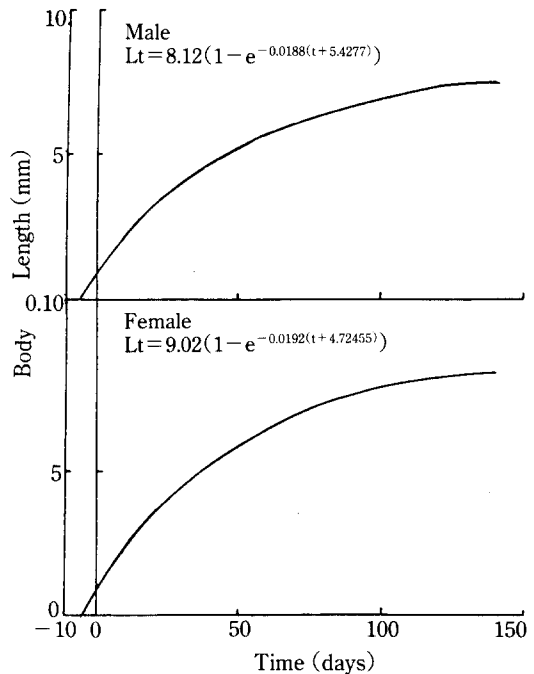


Fig. 4. Observed growth in length (from molts) of *N. intermedia* females and males in the laboratory.

록 대수적으로 감소하는 한편, 탈피기간은 개체 크기가 작을 때는 짧고, 성장이 진행될수록 길어져서 성체에 도달해서는 성장속도가 현저히 둔해지는 성장특징을 보이는 것으로 보아 von Bertalanffy 성장식에 잘 부합되는 것으로 여겨진다.

암수별 체장성장식은 치하부터 성체까지의 암수별 탈피전후의 체장과 탈피기간에 대한 자료를

이용하여, Gulland and Holt (1958)의 방법에 따라 일간 체장성장률 (mm/day)과 탈피전후의 평균체장(mm)의 자료에 의해 성장계수(K)와 극한체장(L_{∞})을 암수별로 각각 산출하였으며 von

Bertalanffy 성장곡선을 구하였다(Fig.4).

성장계수(K)는 암컷이 0.0192이며, 수컷은 0.0188로서 암수간에 별 차가 없었지만, 극한체장은 암컷($L_{\infty}=9.02\text{mm}$)이 수컷($L_{\infty}=8.12$)보다 약간 크게 나타났다. 그리고, 체장이 0일때의 시간인 t_0 값은 치하 산출 후 경과시간에 따른 체장에 대한 자료로부터

$$t_0 = t + \frac{1}{k} + \log \frac{L_{\infty} - L_t}{L_{\infty}}$$

의 식으로 구하여 암컷은 t_0 가 -4.7245 였으며, 수컷은 t_0 가 -5.4277 로 나타났다. 따라서, 암컷의 체장성장식은

$$L_t = 9.02(1 - e^{-0.0192(t+4.7245)})$$

이었고, 수컷은

$$L_t = 8.12(1 - e^{-0.0188(t+5.4277)})$$

이었다.

성장을 에너지 단위로 평가하기 위해서는 체장성장을 체중성장으로 전환시켜 주어야한다. 그리고 이 체중성장은 열량(calories)단위로 환산시켜 주었는데, *N. intermedia*의 체 에너지 함량은 암수 평균치로서 5.44 cal/mg dry wt 이었다.

체장과 체중간의 관계는 Fig. 5에 $\log W = -1.3161 + 1.5211 \log L$ ($R^2 = 0.8299$)으로 나타내었다. 이러한 결과로부터 실내사육을 통한 실험 기간동안에 암컷이 최대체장인 8.55 mm에 도달할 때까지 체성장으로 축적된 에너지를 구하면, 체중은 1.2633 mg이며, 생체에너지는 6.87 cal이었다. 또한 수컷이 최대 체장인 7.53 mm에 도달했을 때의 체중은 Fig. 5로 부터 1.0414 mg이었으며, 생체에너지는 5.67 cal였다.

성장에 수반되는 탈피에 쓰인 에너지량을 측정하기 위해 *N. intermedia*의 건조중량과 탈피체 건조중량간의 상관을 Fig. 6에 나타내었다. 건조중량이 증가함에 따라 탈피체의 건조중량은 양대수 좌표상에서 직선적인 증가를 보였다. 탈피체의 에너지함량은 2.94 cal/mg dry wt.로

측정되었으며, 이 값으로 탈피에 사용된 에너지를 평가하였다.

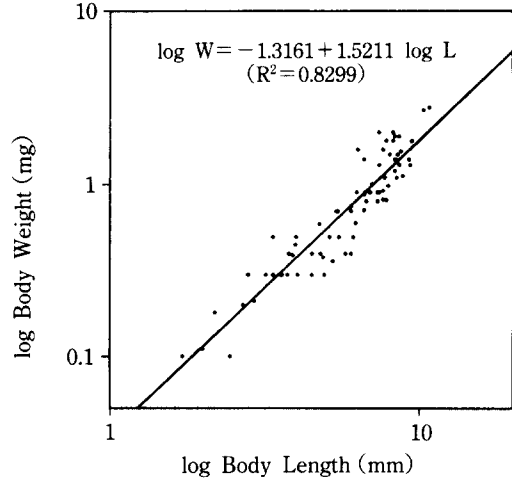


Fig. 5. Weight-length relationship for *Neomysis intermedia*.

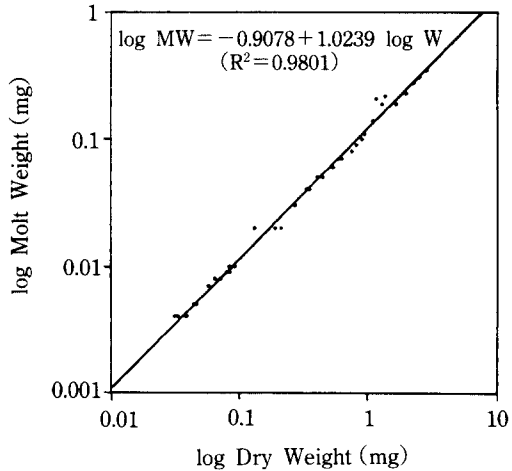


Fig. 6. Relationship between dry weight and molt dry weight of *N. intermedia*.

위의 자료를 이용하여 암컷이 최대체장인 8.55 mm에 도달했을 때의 탈피체 건조중량은 Fig. 6으로 부터 0.1571 mg으로 나타나 0.46 cal의 에너지를 탈피에 사용하였으며, 수컷은 7.53 mm의 체장에 도달할 때까지 탈피체건중은 0.1289 mg이었으며, 탈피에 사용된 에너지는 0.38 cal이었다.

2. 포란수

*N. intermedia*의 생식에 사용한 에너지는 수컷은 무시하고 암컷만 측정하였다. 곤쟁이류는 교미 후 수정란을 보육낭에 품고 있는 특성이 있으므로 포란수 측정이 대단히 용이하기 때문에 포란수를 측정하였다.

포란수와 체장간의 관계를 Fig. 7에 나타내었다. 포란수는 체장과 직선적인 상관을 보였으며 암컷의 최대체장인 8.55 mm일 때의 포란수인 11 개로부터 암컷의 생식에 쓰인 에너지를 평가하였다.

난 1개의 건조중량은 89ng이며, 열량계에 의한 에너지함량은 6.89 cal/mg dry wt 로 측정되었다. 따라서, 1개의 난은 0.6132 cal의 에너지를 함유하므로 이 값으로 생식에 쓰인 에너지를 6.75 cal로 계산하여 나타내었다.

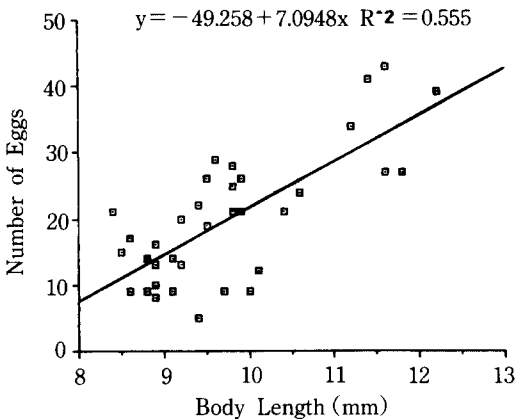


Fig. 7. Relationship between body length and number of eggs of preserved animals that were collected in the field.

3. 산소소비

치하 및 성체의 산소소비 경향을 살펴보면, 암수 모두 체중이 증가함에 따라 호흡량은 양대수 좌 표상에서 직선적으로 증가하였다. 암컷의 일간 호흡률 ($\mu\text{l O}_2/\text{ind}/\text{day}$)은 $\log \text{QO}_2 = 2.1250 + 0.6437 \log W$ ($R^2 = 0.8123$)으로 나타낼 수가 있었으며 (Fig. 8), 수컷은 $\log \text{QO}_2 = 2.1542 + 0.5184 \log W$ ($R^2 = 0.7871$)으로 표시되었다.

(Fig. 9) 암수 모두 일간호흡에 사용한 에너지 측정에는 대사열 생산에 의해 손실된 에너지로 전환시켜 주었다(Gnaiger, 1983 : 1 mg $\text{O}_2 = 88$ cal).

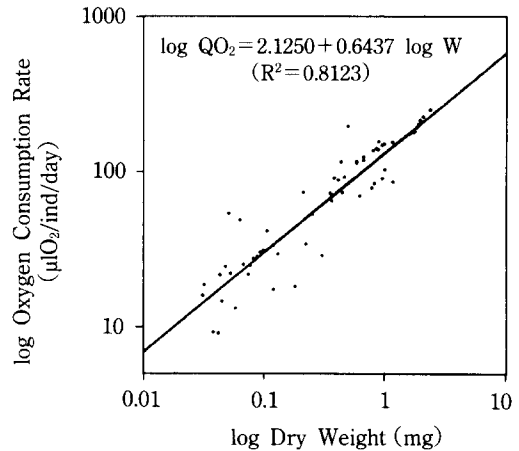


Fig. 8. Oxygen consumption rate in relation to dry weight of *N. intermedia* females.

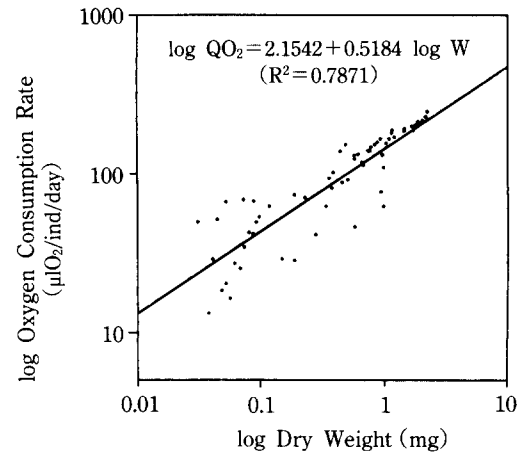


Fig. 9. Oxygen consumption rate in relation to dry weight of *N. intermedia* males.

따라서, 체중과 체장간의 관계식(Fig. 5)으로부터 체중을 체장으로 환산시킨 후, 성장곡선(Fig. 4)과 산소소비율(Fig. 8 및 9)을 암컷의 경우에는

적분구간(0일~149일) 동안의 적분에 의해 체장 8.55 mm(149일)로 성장할 때까지 17.82 ml의 산소를 소비하여 48.48 cal의 에너지를 유지에너지로 사용하였다. 그리고 수컷은 적분구간(0일~134일) 동안의 적분에 의해 7.53 mm (134일)의 체장에 도달할 때까지 13.4 ml의 산소를 소비하여 36.45 cal를 호흡에 사용하였다.

4. 섭이량

치하 및 성체의 섭이경향을 보면, 암수 모두 개체 크기가 증가할수록 일간섭이량은 증가하여 양대수 좌표상에서 회귀직선으로 나타낼 수가 있었다(Fig. 10 및 11), 즉, 체중(W)과 일간섭이량(C)간의 관계는 암컷이 $\log C = 1.9155 + 0.4735 \log W$ ($R^2 = 0.8972$)이며, 수컷은 $\log C = 1.8023 + 0.4271 \log W$ ($R^2 = 0.8524$)으로 표시되었다.

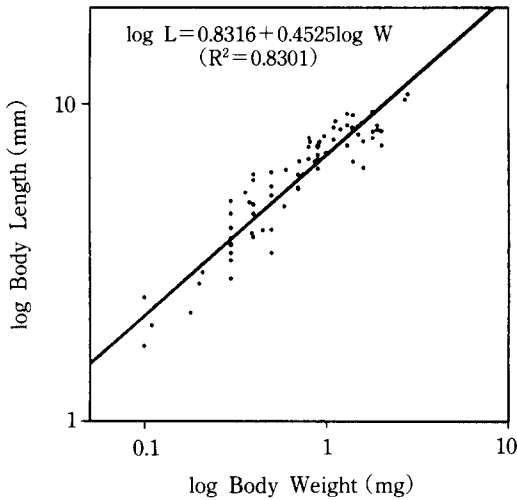


Fig. 10. Daily Consumption rate in relation to dry weight of *N. intermedia* females.

치하 및 성체의 섭이에너지는 먹이생물인 *Artemia nauplii*의 에너지함량인 0.0091 cal/nauplius로서 계산하였다.

체중과 체장간의 관계식(Fig. 5)으로 부터 체중을 체장으로 환산시킨 후, 성장곡선 (Fig. 4)과

일간섭이율 (Fig. 10 및 11)을 암컷의 경우에는 적분구간(0일~149일) 동안의 적분에 의해 체장 8.55 mm(149일)의 체장에 도달할 때까지 *Artemia nauplii*를 9,247마리 섭취하여 84.15 cal의 섭이에너지를 획득하였다. 그리고 수컷은 적분구간(0일~134일) 동안의 적분에 의해 7.53 mm (134일)로 성장할 때까지 *Artemia nauplii*를 7,373마리 섭취하여 섭이에너지는 67.09 cal이었다.

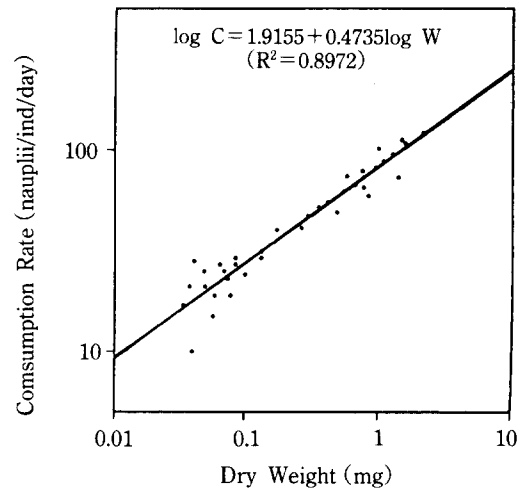


Fig. 11. Daily Consumption rate in relation to dry weight of *N. intermedia* males.

5. 질소배설 및 분배출

총질소배설율은 암수 모두 성장이 진행될수록 양대수 좌표상에서 직선적으로 증가하였다.(Fig. 12 및 13)

따라서, 체중과 체장간의 관계식으로부터 체중을 체장으로 환산시킨 후, 성장곡선 (Fig. 4)과 총질소배설율(Fig. 12 및 13)을 암컷의 경우에는 적분구간 (0일~149일) 동안의 적분에 의해 체장 8.55 mm(149일)까지 성장함에 있어 요 배설된 질소의 양은 2.55 mg이었으며, 요배설에너지는 10.36 cal이었다. 수컷은 적분구간(0일~134일) 동안의 적분에 의해 7.53 mm(134일)의 체장에 도달할 때까지 1.59 mg의 요를 배설하였으며, 6.46 cal를 요배설에너지로 사용하였다.

분배출에너지는 섭이에너지(C)와 동화에너지

(A)간의 차로써 평가하였다. 암컷은 총섭이에너지(84.15cal)에서 동화에너지(72.92 cal)를 뺀 11.23 cal를 분배출에너지로 사용하였으며, 수컷은 섭이에너지(67.09 cal)와 동화에너지(55.01 cal)의 차인 12.08 cal를 분배출에 사용하였다.

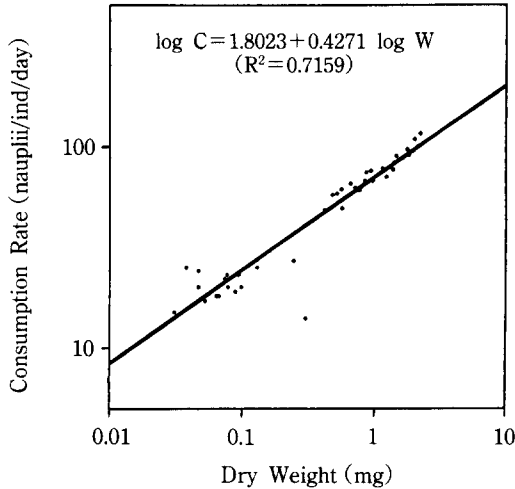


Fig. 12. Total nitrogen excretion rate of *N. intermedia* females.

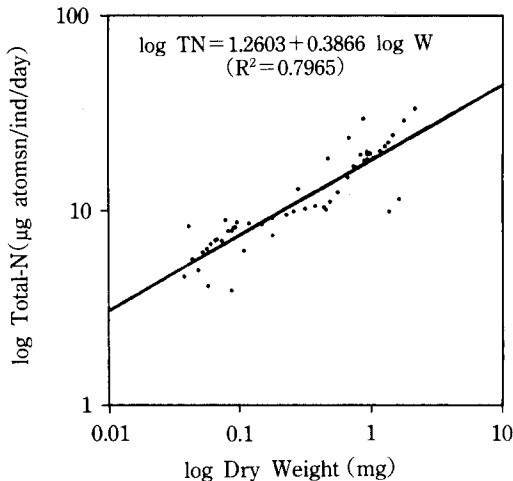


Fig. 13. Total nitrogen excretion rate of *N. intermedia* males.

6. 에너지 수치

사육한 약 150일 동안의 암수별 누적 에너지

수치를 Table 1과 2에 각각 나타내었다. 암컷의 경우 생식에 6.75 cal를 사용하여 총생산에너지의 47.94%, 총동화에너지의 9.26% 그리고 총섭이에너지의 8.02%를 각각 차지하였다. 탈피로 손실된 에너지는 0.46 cal로서 총생산에너지의 3.27% 그리고 동화에너지의 0.63%를 차지하여 에너지수치 구성요소중 가장 적은 에너지를 사용하였다. 체성장에 사용된 에너지는 6.87 cal이었으며 생산에너지의 48.79% 그리고 동화에너지의 9.42%를 차지하였다. 총생산에는 동화에너지의 19.31% 및 섭이에너지의 16.73%인 14.08 cal가 사용되었다. 호흡에 사용된 에너지는 48.48 cal이었는데 이는 동화에너지의 66.48% 그리고 섭이에너지의 57.61%나 차지하여 호흡에 가장 많은 에너지를 사용하였다. 요로 배설된 에너지는 10.36 cal로서 동화에너지의 14.2%를 차지한 것으로 나타났다. 총동화에너지는 72.92 cal로서 86.65%의 높은 동화효율을 나타내었다. 동화되지 않고 분으로 배출된 에너지는 11.23 cal이었으며, 섭이에너지는 84.15 cal이었다(Table 1).

수컷의 누적 에너지수치를 살펴보면, 탈피에 0.38 cal를 사용하여 생산에너지의 6.28% 그리고 동화에너지의 0.69%를 차지해 암컷과 마찬가지로 가장 적은 에너지를 사용한 것으로 나타났다. 성장에는 5.67 cal의 에너지를 사용하여 동화에너지의 10.31%를 접하였다. 따라서, 총생산은 동화에너지의 11%를 사용하였다. 호흡에 사용된 에너지는 36.45 cal로서 동화에너지의 66.26% 그리고 섭이에너지의 54.33%나 차지하여 암컷과 마찬가지로 가장 많은 에너지를 사용한 것으로 나타났다. 총동화에너지는 55.01 cal로서 동화효율은 81.99%로 나타났다. 총섭이에너지는 67.09 cal이었다(Table 2).

7. 생태효율

치하 및 성체의 생태효율은 섭이, 성장, 탈피, 생식, 호흡 및 요배설에 대한 자료로부터 구하였다. 동화효율은 암컷이 86.65%이었고, 수컷은 81.99%이었다. 총성장효율(K_1)은 암컷이 8.71%였고,

Table 1. Cumulative energy budget for *Neomysis intermedia* females

Parameter	Symbol	Total energy(cal)	% P	% A	% C
Reproduction	Pr	6.75	47.94	9.26	8.02
Molting	Pe				
Growth	Pg	6.87	48.79	9.42	8.16
Total production	P	14.08	100.00	19.31	16.73
Respiration	R	48.48		66.48	57.61
Excretion	U	10.36		14.21	12.31
Total assimilation	A	72.92		100.00	86.65
Egestion	F	11.23			13.35
Consumption	C	84.15			100.00

Table 2. Cumulative energy budget for *Neomysis intermedia* males

Parameter	Symbol	Total energy(cal)	% P	% A	% C
Molting	Pe	0.38	6.28	0.69	0.57
Growth	Pg	5.67	93.72	10.31	8.45
Total production	P	6.05	100.00	11.00	9.02
Respiration	R	36.45		66.26	54.33
Excretion	U	6.46		11.74	9.63
Total assimilation	A	55.01		100.00	81.99
Egestion	F	12.08			18.01
Consumption	C	67.09			100.00

수컷은 9.02%로 나타났다. 순성장효율(K_2)은 암컷이 10.05%였으며, 수컷은 12.36%이었다.

고 찰

수서동물의 에너지수지를 파악하기 위해서는 에너지 수지를 구명하기 전에 그 생물의 성장과 생활사를 정확하게 조사하는 것이 필요하다. 본 조사에서 치하 및 성체의 성장을 살펴보면 초기의 빠른 성장과, 성장이 진행될수록 성장율이 둔화되는 것은 다른 갑각류의 자연개체군과 비슷하였으나(Clutter and Theilacker, 1971; Daborn, 1975; Parrack, 1979), 성장속도가 자연개체군에 비해 느리고 성장증가량도 적은 것으로 여겨진다.

갑각류의 연령은 연륜을 측정하여 직접 평가할 수가 없다. 전 생활사 동안에 탈피를 거듭하여 성장해 나간다. 따라서, 개체들의 크기와 연령에

관한 자료를 얻을 수가 없으므로 매 탈피시의 시간간격과 크기변화에 대한 자료로부터 간접적으로 성장방정식을 구해냈다.

*N. intermedia*의 성장유형을 보면 초기에는 다소 직선적인 증가를 보였지만 연령의 크기와 더불어 개체크기의 증가율은 감소하는 경향을 보여 von Bertalanffy 성장모델에 잘 부합하는 것으로 나타났으며, Parrack (1979)이 *Penaeus aztecus*에 대하여 측정된 것과도 잘 일치하였다.

*N. intermedia*의 암수를 조합하여 구한 일간 평균체장성장율은 0.06 mm/day로서 이는 *Mysis gaspensis* (Dadwell, 1975)의 0.08 mm/day와 *N. intermedia* (Toda et al., 1983)의 0.06-0.07 mm/day와 유사하였다.

실험실에서 사육한 *N. intermedia*의 성장곡선 (Fig. 4)은 비록 *N. intermedia*의 자연생태계에 있어서의 먹이는 대단히 복합적이지만(Mauchline, 1971; Raymont et al., 1964; Astthors-

son and Ralph, 1984), 사육시킬 동안 투여해 준 먹이인 *Artemia nauplii*가 오랜기간동안의 영양요구에 잘 부합되었으며 또 좋은 조건하에서 건강하고 활발하게 성장하였음을 암시해 준다.

탈피간 성장 백분율인 성장계수는 개체크기가 커짐에 따라 대수적으로 감소하였는데, 이는 *Neomysis japonica* 및 *Gastrosaccus vulgaris* (Mauchline, 1980)에서의 결과와 일치하였다. 한편, *Leptomysis lingvura* 및 *Hemimysis speluncola* (Gaudy and Guerin, 1979) 그리고 심해에 서식하는 *Gnathophausia ingens* (Childress and Price, 1978)은 대수적 감소유형에 맞지 않는 것으로 나타났다. 이 현상에 대해 Mauchline(1980)은 *L. lingvura*와 *H. speluncola*의 경우는 사육환경이 성장계수에 악영향을 끼쳤으며, *G. ingens*의 경우는 심해에 서식하는 것과 관련이 있는 것으로 지적하였다.

최(1981)는 서해산 곤쟁이, *N. awatschensis*의 산란수는 체장과 관련하여 월동군은 20~42개, 춘계군과 하계군은 평균 12개 내외라고 보고하였으며, 김(1987)은 *N. awatschensis*의 춘계군과 하계군의 포란수가 평균 5~40개라고 보고하였다. 본 실험의 경우 포란수는 체장과 관련하여 4~43 개로서 이는 김(1987)의 결과와 비슷하게 나타났다.

*N. intermedia*의 집단내 개체군의 산소소비 경향은 일반적으로 알려져 있는 갑각류의 산소 소비 경향(Wolvekampe and Waterman, 1960)과 비슷하게 암, 수 마찬가지로 체중에 비례하여 증가하는 경향을 보였다.

진(1976)은 *N. awatschensis*의 질소배설량은 수온 및 염분과 관련하여 다소 변동을 보이지만 수온 23°C, 염분 32‰에서 건조중량 1.9 mg의 성체가 하루에 약 30 µg의 질소를 대사 산물로서 배설한다고 보고하였으며, Jawed (1969)는 *N. rayii*의 질소배설 실험에서 건조중량 8~10 mg의 성체는 10 °C에서 하루에 총질소의 2.5%가 이화된다고 보고하였다. 이로보아 본 실험에서의 총질소배설량은 위의 실험자료에 의한 수치보다도

낮은 결과를 나타내었다.

동물의 에너지 이용유형과 생산성을 추측하는데에는 다른 동물에서의 조사결과와 비교검토하는 것이 유용하다(Wright and Hartnoll, 1981). *N. intermedia*의 체내 축적에너지 함량은 5.44 cal/mg dry wt였다. 이 수치는 *Metamysidopsis elongata* (Clutter and Theilacker, 1971)의 4.6 cal/mg dry wt 보다는 높고 *N. awatschensis* (김, 1987)에서 평가한 건조중량 mg당 5.55 cal 및 Raymond et al. (1964)이 *N. integer*에 대해 평가한 건조중량 mg당 5.51 cal와는 비슷하였다.

*N. intermedia*의 치하 및 성체의 동화효율을 보면, 암컷이 86.65%이고, 수컷은 81.99%로 나타났다. 다른 갑각류의 동화효율은 *Daphnia*의 13~32% (Richman, 1958), *N. awatschensis*의 70.9% (김, 1987) 및 *Hyalella*의 6~15% (Mathias, 1971)보다는 높고, *Euphusia pacifica* (Lasker, 1966)의 84% 및 *Mysis relicta* (Lasenby and Langford, 1972)의 85%와는 비슷하게 나타났으며, 90% 이상인 *Calanus finmarchicus* (Marshall and Orr, 1955)보다는 낮게 나타났다. 육식성 갑각류의 대부분은 최소한 섭취에너지의 60%를 동화시킨다 (Conover, 1966). 이상으로 미루어 보아 *N. intermedia*의 동화효율은 대체로 높은 편이었다.

동화량에 대한 성장량의 백분율인 순성장효율(K_2)은 암컷이 10.05%이고 수컷이 12.36%로서 수컷이 높게 나타났다. 탈피로 인한 에너지 손실은 성장이 진행됨에 따라 비례적으로 증가하였다. 암컷은 동화에너지의 0.63%를 그리고 수컷은 0.69%를 탈피에 사용하여 *Artemia salina*의 4% (Khmeleva, 1967)와 *Metamysidopsis* 암컷의 7% (Lasker, 1966) 보다도 훨씬 적게 나타났다.

요 약

실험실에서 사육시킨 *Neomysis intermedia*의 섭이, 성장, 탈피, 생식 및 대사에 관한 자료로부터 생활사에 따른 에너지수지를 분석하였다.

1. 치하 및 성체의 성장은 암수 모두 초기성장이 빠르고 성장해 감에 따라 성장률이 현저히 저하되어 암컷의 경우 최대체장이 8.55 mm에 도달하여 6.87 cal 그리고 수컷의 최대체장은 7.53 mm로서 5.67 cal에너지를 체성장에 사용하였다.
2. 성장에 수반되어 탈피체로 손실된 에너지는 암컷이 0.46 cal, 수컷은 0.38 cal의 에너지를 탈피에 사용하였다.
3. *N. intermedia* 암컷의 생식에 사용된 에너지는 6.75 cal 이었다.
4. 호흡에 사용된 에너지는 암컷이 48.48 cal, 수컷이 36.45 cal이었다.
5. 치하 및 성체의 암컷은 84.15 cal의 에너지를 섭이를 통해 섭취하였으며, 수컷은 67.09 cal를 섭취하였다.
6. 요로 배설된 에너지는 암컷이 10.36 cal, 수컷은 6.46 cal이었으며 분배율은 암컷이 11.23 cal, 수컷이 12.08 cal의 에너지를 배출하였다.
7. 섭취한 에너지에 대한 동화효율은 암컷이 86.65%, 수컷이 81.99%이었다.
8. 성장으로 전환된 에너지의 섭이에너지에 대한 백분율인 총성장효율(K_1)은 암컷이 8.71%, 수컷이 9.02%이었다.
9. 성장으로 전환된 에너지의 동화에너지에 대한 백분율인 순성장효율(K_2)은 암컷이 10.05%, 수컷은 12.36%이었다.
10. 동화에너지에 대한 대사에너지의 백분율은 암컷이 66.48%, 수컷이 66.26% 였다.

참 고 문 헌

- APHA, AWWA, WPCF, 1981. *Standard methods for the examination of water and wastewater* 15th ed. p.1134, APHA, Washington.
- Astthorsson, O. S and R. Ralph, 1984. Growth and moulting of *Neomysis integer* (Crustacea : Mysidacea). *Mar. Biol.*, 79, 55-61.
- Brafield, A. E. and D. J. Solomon, 1972. Oxy-caloric coefficients for animal respiring nitrogenous substances. *Comp. Biochem. Physiol.*, 43, 837-1039.
- Childress, J. J. and M. H. Price, 1978. Growth rate of the bathypelagic crustacean *Gnathophausia ingens* (Mysidacea : Lophogastridae). 1. Dimensional growth and population structure. *Mar. Biol.*, 50, 47-62.
- 진평, 1971. 곤쟁이 *Neomysis awatschensis*(Brandt)의 호흡대사에 미치는 온도의 영향. 부산수대임연보, 4, 9-18.
- 진평, 1972. 곤쟁이 *Neomysis awatschensis*(Brandt)의 호흡대사에 미치는 염분농도의 영향. 부산수대임연보, 5, 31-36.
- 진평, 1974. *Neomysis awatschensis*의 순화와 대사 부산수대임연보, 4, 1-20.
- 진평, 1976. *Neomysis awatschensis*의 산소 및 인의 배설 1. 수온 및 염분의 영향. 부산수대임연보, 9, 1-6.
- 최승민, 1981. 한국산 곤쟁이 *Neomysis awatschensis*의 생물학적 연구. 한양대학교대학원 이학석사학위 청구논문, 1-34.
- Clutter, R. I. and G. H. Theilacker, 1971. Ecological efficiency of a pelagic mysid shrimp : estimates from growth, energy budget and mortality studies. *Fish. Bull.*, 69, 93-115.
- Conover, R. J., 1966. Assimilation of organic matter by zooplankton. *Limnol. Oceanogr.*, 11, 338-345.
- Corner, E. D. S. and B. S. Newell, 1967. On the nutrition and metabolism of zooplankton. iv. The forms of nitrogen excreted by *Calanus*. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 47, 113-120.
- Daborn, G. R., 1975. Life history and energy relations of the giant fairy shrimp, *Branchinecta gigas* Lynch (Crustacea : Anostraca). *Ecology*, 56, 1025-1039.
- Dadwell, M. J., 1975. Some notes on the shoaling behavior and growth of *Mysid gaspensis* (Mysidacea) in a small Newfoundland estuary. *Can. J. Zool.*, 53, 374-377.
- Gaudy, R. et J. P. Gu rin, 1979. Ecophysiologie comparée des mysidacés *Hemimysis speluncola* Ledoyer (cavernicole) et *Leptomysis lingvura* G.O. Sars (non cavernicole). Action de la temperature sur la croissance en élevage. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 38, 101-109.
- Ghiretti, F., 1966. Respiration. In *Physiology of mollusca* (eds. K.M. Wilbur and C.M. Yonge), Vol. II, pp.175-208, Academic

- Press, London.
- Gnaiger, E., 1983. Calculation on energetic and biochemical equivalents of respiratory oxygen consumption. In: Polarographic oxygen sensors (eds. E. Gnaiger and H. Forstner), pp. 337-345, Springer, Berlin.
- Gulland, J. A. and S. J. Holt, 1958. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *Journal du Conseil*, 25(1), 47-49.
- Heubach, W., 1969. *Neomysis awatschensis* in the Sacramento-San Joaquin River Estuary. *Limnol. Oceanogr.*, 14, 533-546.
- Ikeda, 1974. Nutritional ecology of marine zooplankton. *Mem. Soc. Fish Hokkaido Univ.*, 23, 1-97.
- Jawed, M., 1969. Body nitrogen and nitrogenous excretion in *Neomysis rayii* Murdoch and *Euphausia pacifica* Hansen. *Limnol. Oceanogr.*, 14, 748-754.
- Khmeleva, N. N., 1967. Conversion of energy in *Artemia salina*(L.). *Dokl Akad. Nauk SSSR*, 175, 934-958.
- 김홍운, 1987. *Neomysis awatschensis*의 성장과 에너지수지. 부산수산대학교 대학원 이학석사학위논문, 1-49.
- Klekowski, R. Z. and A. Duncan, 1975. Physiological approach to ecological energetics, In: Methods for ecological bioenergetics (eds. W. Grodzinski, R.Z. Klekowski and A. Duncan). pp. 15-64, Blackwell Scientific, London.
- Lasenby, D. C. and R. R. Langford, 1972. Growth, life history and respiration of *Mysis relicta* in an arctic and temperate lake. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 29, 1701-1708.
- Lasker, R., 1966. Feeding, growth, respiration and carbon utilization of a euphausiid crustacean. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 23, 1291-1317.
- 이병돈 · 진 평, 1971. 곤쟁이 *Neomysis awatschensis*의 생화학적 조성에 관한 연구. 부산수대입 연보, 4, 1-8.
- Marshall, S. M. and A. P. Orr, 1955a. On the biology of *Calanus finmarchicus*. VIII. Food uptake, assimilation and excretion in adult and stage V *Calanus*. *J. mar. biol. Assoc. U.K.*, 34, 495-529.
- Mathias, J. A., 1971. Energy flow and secondary production of the amphipods *Hyaletta azteca* and *Crangonyx richmondensis occidentalis* in Marion Lake. British Columbia. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 28, 711-726.
- Mauchline, J., 1971. The biology of *Neomysis integer* (Crustacea, Mysidacea). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 51, 347-354.
- Mauchline, J., 1980. The biology of mysids. *Adv. Mar. Biol. Academic Press, New York*, 18, 3-369.
- McLusky, D. S., 1973. The effects of temperature on the oxygen consumption and filtration rate of *Chlamys (Aequipectem) opercularis*(L.) (Bivalvia). *Ophelia*, 10, 141-154.
- 박기영, 1989. 실내사육한 보리새우, *Penaeus japonicus*의 생활사에 따른 에너지 흐름. 부산수산대학교 대학원 이학박사학위논문, 1-69.
- Parrack, M. L., 1979. Aspects of brown shrimp, *Penaeus aztecus*, growth in the northern gulf of Mexico. *Fish. Bull.*, 76(4), 827-833.
- Prosser, C. L., 1973. Comparative animal physiology. 3rd ed. p.966, Saunders College, Philadelphia.
- Raymont, J.e. G., J. Austin and E. Linford, 1964. Biochemical studies on zooplankton 1. The biochemical composition of *Neomysis integer*. *J. cons. Perm. Int. Explor. Mer.* 28, 354-363.
- Richman, S., 1958. The transformation of energy by *Daphnia pulex*. *Ecol. Monogr.*, 28, 273-291.
- Toda, H., S. Nishizawa, M. Takahashi and S. Ichimura, 1983. Temperature control on the post-embryonic growth of *Neomysis intermedia* Czerniawsky in a hypereutrophic lake. *J. Plankton Res.*, 5, 377-392.
- Wolvekampe, H. P. and T. H. Waterman, 1960. Respiration. pp. 35-100. In Waterman, T.H.(ed.) the Physiology of Crustacea, Vol. I. Academic Press, New York.
- Wright, J. R. and R. G. Hartnoll, 1981. An energy budget for a population of the limpet *Patella vulgata*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 61, 627-646.
- Yoo, K. I., 1985. Description of mysid, *Neomysis intermedia* (Czerniawsky) in Lake Kyongpo, Korea. *Kor. J. Limnol.*, 18, 51-57.
- Yoo, K. I. and S. M. Choi, 1980. On the taxonomy and distribution of genus *Neomysis* (Crustacea: Mysidacea) in Korea. *Proc. Cong. Kor. Soc. Limnol.* (abstract only)