

# 자주새우, *Crangon affinis*의 총대사에 미치는 기아의 영향

진 평 · 신윤경

부산수산대학교 해양생물학과

## Effect of Starvation on the Total Metabolism of *Crangon affinis*

Pyung CHIN and Yun-Kyung SHIN

Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan,  
Pusan 608-737, Korea

Biochemical composition, the rates of nitrogen excretion in the form of ammonia, amino acids and total nitrogen, and oxygen consumption of the shrimp *Crangon affinis* were measured at three temperature regimes (7, 15, and 25°C) and the variations were also determined for starvation periods (1~25 days).

The composition of the major biochemical fractions was analysed into carbohydrate: 4.2 %, protein: 68.6 %, lipid: 7.0 %, chitin: 6.3 %, and ash: 14.6 %, all expressed as percentage of dry weight.

Molting frequency was lower at 7°C than 25°C during the period of starvation, and during the same period the higher temperature was, body weight and body compositions the more decreased.

Through all starvation periods O<sub>2</sub> consumption tended to decrease but total nitrogen tended to increase at any temperature regimes. The dominant form of excreted total nitrogen was ammonia-N at any temperature. From the O:N ratio it appeared that carbohydrate and lipid reserves were quickly exhausted (1~5 days), and that proteins were the substrates oxidized to meet the energetic requirements of *C. affinis* at any temperature. After 25 days of starvation the O:N ratio remained constant near a value of 8, which indicates that only proteins were being utilized at three temperatures.

After 25 days of starvation *C. affinis* excreted 23.01 μg N/mg body nitrogen per day at 7°C, 32.97 μg N/mg body nitrogen per day at 15°C, and 44.81 μg N/mg body nitrogen per day at 25°C, and lost about 1.75, 2.47 and 3.29 % of body protein per day at 7, 15, and 25°C respectively.

### 緒 論

환경변화가 다양한 낙동강 하구 기수지역에 서식하고 있는 자주새우(*Crangon affinis*)는 생이절(Caridea), 자주새우과(Crangonidae)에 속하는 종(Kim, 1977)으로 낙동강 하구 지역에서 대형동물군 중의 가장 풍부한 무리중 하나이며 하구지역

먹이연쇄의 주요 구성요소로서 생태계에서 중요한 위치를 차지하고 있다(Kim, 1987). 특히, 서식지의 생태적인 특성 때문에 수온, 염분 및 먹이 등의 영향을 많이 받는 자주새우류는 환경에 대한 적응력이 크고, 이에 따라 생리적 전략 또한 다양하게 나타날 것으로 예상된다. 그러므로 환경요인 변동에 따른 이들의 체물질 조성, 호흡 및 배설에 관한 연

구는 이 동물의 代謝 및 棲息生態를 이해하는데 도움이 되며 특히, 질소화합물의 배설은 해양의 영양재생산과 관련하며(Ikeda, 1974; 陳, 1977), 그리고 호흡은 체물질의 대사활성을 규정짓는 총체적 지표(유 등, 1975)로서 매우 중요하다.

갑각류의 호흡과 배설에 관하여는 일찍부터 연구되어 왔으며(Corner and Newell, 1967; Wallace, 1973; Regnault, 1979), 체물질 조성의 변동과 관련한 기아의 영향에 대해서도 많이 보고 되었다(Busselen, 1970; Hazlett *et al.*, 1975; Cuzon *et al.*, 1980; Barclary *et al.*, 1983).

일반적으로 많은 십각류들은 絶食 시켰을 때 數週日 혹은 심지어 몇달 까지도 생존하는데, 갑각류에서 이러한 飢餓의 영향은 체조성물질의 양적 질적 변화와도 관련된다(Schafer, 1968; Hazlett *et al.*, 1975; Cuzon *et al.*, 1980). 또한 이러한 體保有物의 상대적 중요성과 이용목적은 種에 따라 다르고 섭이생태에 따라 영향을 받는다. 어떤 種에서는 탄수화물이 가장 먼저 代謝基質로 이용되고 지질과 단백질이 다음으로 이용되며, 어떤 갑각류에서는 단백질이 주요한 에너지원이 된다(Neiland and Scheer, 1953; Hazlett *et al.*, 1975; Dall, 1974, 1981).

본 연구는 자주새우를 대상으로 체물질의 화학적 조성, 산소소비 및 질소배설을 측정하고 수온별 飢餓상태의 지속에 따른 체내대사 이용기질과 배설물질과의 관계 및 飢餓시 에너지원으로서 이용되는 단백질의 중요성 등을 알아보려고 실시 하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 材 料

실험에 사용한 자주새우(*Crangon affinis*)는 1987년 9월부터 1989년 3월 사이에 낙동강 하구의 다대포 연안에서 손그물을 사용하여 채집하였다. 채집한 동물은 즉시 실험실로 옮겨서 체장 24~28mm 크기의 개체를 선별하여 Millipore 여과기에서 거른 해수(0.45 $\mu$ m)에 6시간 두어 腸內容物을 배출시킨 후 곧 바로 실험에 사용하거나 또는 실험실의 순환여과수조에 두어 바지락 육질을 먹이로 공급하면서 실험에 사용하였다.

### 2. 測定方法

수는 7, 15 및 25 $^{\circ}$ C에서 용량 1l의 병에 체장 24~28mm의 개체 1尾를 여과해수와 함께 넣은 후 25

일간 절식 시키면서, 산소소비량과 질소배설량 및 체물질조성을 飢餓 0, 5, 11, 17 및 25일에 각각 분석하였으며, 매일 아침 탈피체 유.무를 점검하였다. 결과는 3~4회의 측정치를 평균하여 건조중량에 대한 백분율로 나타내었다.

#### 1) 體物質의 化學的 組成

총질소는 건조중량 약 100mg의 실험재료를 진한 황산 10ml과 함께 常法에 의하여, 가수분해한다음 증류수 100ml로 정용하고 micro-Kjedahal 장치를 사용하여 정량하였으며, 총질소량에 6.25를 곱하여 조단백질로 계산하였다.

지질의 함량은 건조 분말시료 70mg을 칭량하여, chloroform과 methanol 2:1의 용액과 함께, 균질 마쇄하여 여과 시킨다음 0.05N KCl용액으로 씻어 지방 혼합물을 포함한 상등액을 제거하고, 지방이 용존된 하등액을 증발접시에 옮겨서 용매를 증발시킨 후 증크롬산 환원법(Amenta, 1964)으로 탄화시켜 375nm에서 흡광도를 측정하고, Olive油의 표준치와 對比하여 정량하였다. 탄수화물은 Dubois *et al.*(1956)의 방법으로, 회분은 常法으로 측정하여 정량하였다.

키틴의 함량은 건조시료를 50% NaOH용액과 함께 2시간 끓인다음 하루밤 放置한 뒤 키틴질의 외골격만 남기고 증류수와 묽은 염산으로 水洗하여 도가니에 담아 항온 건조기에서 건조하였다. 이 건조물질을 다시 연소시켜 그 무게 차이를 얻어 키틴량으로 계산 하였다.

#### 2) 呼吸과 窒素排泄

일정한 크기의 개체 1尾를 500ml 용량의 산소병에 넣어 1시간동안 7, 15 및 25 $^{\circ}$ C로 조정되어 있는 수조에 방치 시켰다. 수조내 방치가 끝난 후 각 병안에 있는 해수는 용존산소를 측정한다음 질소화합물 측정에 사용 하였다. 측정이 끝난 후 실험동물은 증류수로 행군 후 알루미늄 호일로 싸서 70 $^{\circ}$ C에서 24시간 건조시켜 건조중을 측정하였다. 용존산소의 측정은 산소검량기(YSI 53형)를 사용하여 매 60분 간격으로 눈금을 읽어서 산소소비량을 측정하였다. 수중의 Ammonia-N 분석은 Solorzano(1969)의 Phenolhypochlorite법으로 분석하였으며, Amino-N은 1% 인산과 ninhydrine으로 고정시켜 Ammonia분석과 동일하게 하였고(Corner and Newell, 1967), Total-N는 0.15% HgCl<sub>2</sub>와 50% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>으로 고정시켜 Ammonia분석과 같은 방법으로 측정하였다(Corner and Newell, 1967). 측정시 모든 해수는 Millipore 여과기에서 거른 해수(0.45 $\mu$ m)를 사용하였으며, 결과는 mg 건조체중당 하루의  $\mu$  산

소소비량 및  $\mu\text{g}$  질소량으로 표시하였다.

### 結 果

#### 1. 體物質의 化學的 組成

자주새우의 대사에 이용되는 基質을 알아 보기 위하여 體物質의 化學적조성의 含量을 측정하고, 분획물의 성상을 조사한 결과(Table 1), 자주새우의 각 분획물 含量의 合計는 건중의 약 100%였으며, 단백질 含量이 68.61%로서 분석된 분획물의 含量 가운데 가장 높은 값을 보였다.

Table 1. Biochemical fraction for *Crangon affinis*

Fraction	Mean % dry weight
Carbohydrate	4.12
Protein	68.61
Lipid	7.03
Chitin	6.32
Ash	14.64

#### 2. 脫皮, 體重 및 體物質의 組成에 미치는 水溫 및 飢餓의 影響

수온 7, 15, 및 25°C에서 25일간 절식시킨 자주새우의 탈피빈도, 체중 및 체물질 含量의 변화를 측정 한 결과를 Fig. 1과 2에 나타내었다.

탈피빈도는 기아초기의 10일까지는 고온일수록 높았으나 기아 상태가 계속되는 동안 감소하여 기아 15일 이후는 어느 실험수온구에서나 기아 25일 동안 비슷하게 낮은 빈도로 계속되었다. 25일간 절식시킨 후 총 탈피회수는 7°C에서 14회, 15°C에서 21회, 25°C에서는 23회로서 전체적으로 고온일수록 높았다 (Fig. 1, Table 2). 체중에 미치는 각 수온구별 기아의 영향도 현저하여 수 기아기간동안 평균건중은 7°C에서 24%, 15°C에서 28%, 그리고 25°C에서는 33%가 감소하여 고온일수록 체중감소가 더욱 컸고, 기아초기보다 기아가 계속될수록 수온별 차이가 컸다.

또한, 체물질 含量도 서서히 감소하여 기아 5일 후 25°C에서는 개체 건중당 단백질이 49.6mg에서 49.3mg으로, 지질 5.09mg에서 3.3mg으로, 탄수화물 2.98mg에서 2.5mg으로 감소하였으며, 15°C에서는

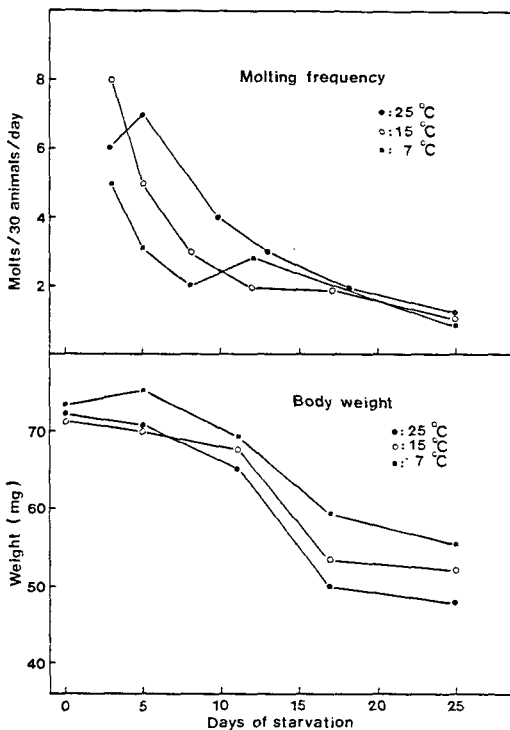


Fig. 1. The change of molting frequency and body weight of *Crangon affinis* with starvation periods at each temperature (Standard animal: 24~28mm in body length)

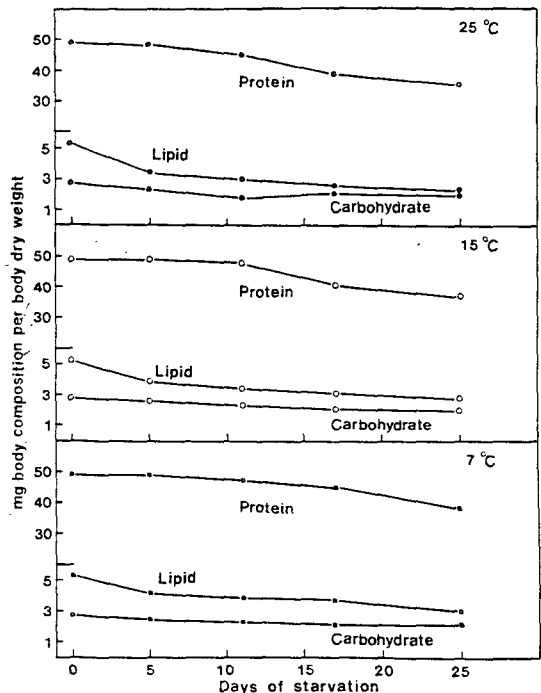


Fig. 2. The change of body composition of *Crangon affinis* with starvation periods at each temperature (Standard animal: 24~28mm in body length)

단백질 49.33mg에서 49.2mg, 지질 5.06mg에서 3.8mg, 탄수화물 2.96mg에서 2.3mg 그리고 7°C에서는 단백질 50.15mg에서 49.0mg, 지질 5.1mg에서 3.48mg 및 탄수화물 3.0mg에서 2.7mg으로 모든 수온구에서 기아초기에 단백질 감소는 거의 없었으며 지질과 탄수화물의 감소가 현저하였다. 그러나 기아 11일 이후부터 지질과 탄수화물의 감소가 줄어들어 25일 동안 25°C에서 36.12mg으로 27%, 15°C에서 36.95mg으로 25%, 7°C에서 38.49mg으로 23%가 감소하였다 (Fig. 2, Table 2).

### 3. 酸素消費에 미치는 水溫 및 飢餓의 영향

자주새우를 수온 7, 15 및 25°C에서 25일간 절식시키는 동안 산소소비량을 측정할 결과를 Fig. 3과 Table 3에 나타내었다.

수온에 따른 산소소비량은 대조군의 경우 고온일수록 증가 하였으며, 실험수온 25°C에서 현저히 높았다. 그리고 기아일수의 증가에 따라 산소소비량은 고온일수록 현저히 감소하였고 기아 15일 이후 25일째에는 어느 실험수온구에서나 감소경향이 유사하게 나타났으며 비슷한 값을 보였다. 수온 7°C의 경우 대조군의 산소소비율은 기아 25일째에 41%, 15°C에서 49%, 그리고 25°C에서는 63%가 감소하여 고온일수록 기아의 영향은 매우 크게 나타났다. 각 수온구별 기아일수에 따른 산소소비량의 변화에 대한 유의성 검정결과 수온과 기아에 대한 유의성이 인정되어 각 수온에서 기아일수가 증가함에 따라 산소소비량이 감소함을 보였다( $P < 0.01$ ).

한편, 산소소비에 대한 각 수온별  $Q_{10}$ 치는 기아 상태가 진행됨에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나 상당히 낮아졌다(Table 3).

### 4. 窒素排泄에 미치는 水溫 및 飢餓의 影響

자주새우를 수온 7, 15 및 25°C에서 25일간 절식시키는 동안 질소배설율을 측정할 결과를 Fig. 4와 Table 4에 나타내었다.

수온에 따른 총질소배설율은 고온일수록 높았으며 어느 실험수온구에서나 기아가 계속됨에 따라 현저히 증가하였다. 각 수온구별 대조군과 기아 25일이 경과한 자주새우의 총질소배설율을 비교해보면, 7°C에서 대조군에비해 25일간 절식시킨 후에는 39%, 15°C에서 33%, 그리고 25°C에서는 35% 증가하였다(Table 4). 각 수온구별 기아일수에 따른 질소배설율의 변화에 대하여 유의성 검정을 한 결과 수온과 기아에 대한 유의성이 인정되어 어느 실험수온구에서나 기아일수가 길어질수록 총질소 배설량이 증가됨을 보였다( $P < 0.01$ ). 그리고 자주새우의 총배설질소중 주된 성분은 Table 4에서 보이는 바와같이 어느 수온 및 기아의 조합구에서나 암모니아로서 그 범위가 0.81~2.77 $\mu$ g N/ml dry wt./day로 총배설질소량중 67~78%를 차지하였다.

한편 각 수온구별 기아일수의 증가에 따른 총배설질소중 ammonia-N과 amino-N은 모두 수온이 상승함에 따라 증가하는 경향을 나타내었으나, ammonia-N: amino-N의 무게비는 대조군의 경우, 수온 7°C에서 2.5: 1이던 것이 15°C에서 3.0: 1, 25°C에서는 3.4: 1로 증가하였으며, 각 수온별 기아상태가 지속됨에 따라 수온 7°C에서, 대조군의 2.5: 1이던 것이 25일간 절식시킨 후에는 2.8: 1, 15°C에서 3.0: 1이던 것이 3.4: 1, 25°C에서는 3.4: 1에서 3.9: 1로 증가하는 값을 보임으로서, 전체적으로 보아 기아상태가 지속됨에 따라 ammonia-N과 amino-N의 배설량에도 차이를 보였다(Table 5).

Table 2. Changes in body weight and body compositions of *Crangon affinis*, subjected to a 25-days starvation, compared with each temperature (unit: mg)

Exptl. temp.(°C)	7		15		25	
	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>
Starvation periods (day)						
Number of shrimps	30	30	30	30	30	27
Mean body dry weight	73.10	55.56	71.90	52.02	72.30	48.76
Total proteins	50.15	38.49	49.33	36.95	49.61	36.12
Total carbohydrates	3.01	2.24	2.96	2.09	2.98	2.07
Total lipids	5.14	2.85	5.06	2.65	5.09	2.39
Number of molts during experiment	14		21		23	

D<sub>0</sub>: initial data, D<sub>25</sub>: final data

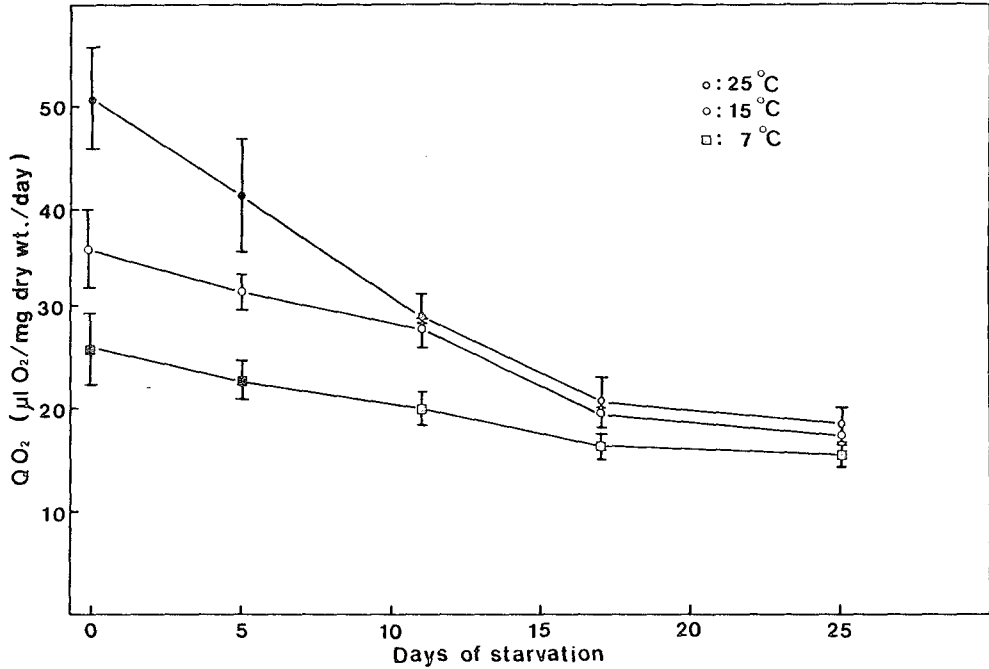


Fig. 3. Variations in the rates of oxygen consumption of *Crangon affinis* during the period of starvation at each temperature. Symbols for QO<sub>2</sub>: mean±range (vertical bars)

Table 3. Rates of oxygen consumption and Q<sub>10</sub> values for the oxygen consumption rates of *Crangon affinis* during the periods of starvation  
(μl O<sub>2</sub>/mg dry wt./ day)

	Starvation periods (day)	Exptl. temp.(°C)		
		7	15	25
QO <sub>2</sub>	0	25.67	35.13	50.07
	5	22.57	31.17	40.12
	11	20.32	27.66	28.48
	17	16.14	19.68	20.59
	25	15.12	17.87	18.31
	Starvation periods (day)	Exptl. temp.(°C)		
		7-15	15-25	7-25
Q <sub>10</sub>	0	1.48	1.43	1.45
	5	1.50	1.29	1.38
	11	1.47	1.03	1.21
	17	1.28	1.05	1.15
	25	1.23	1.02	1.11

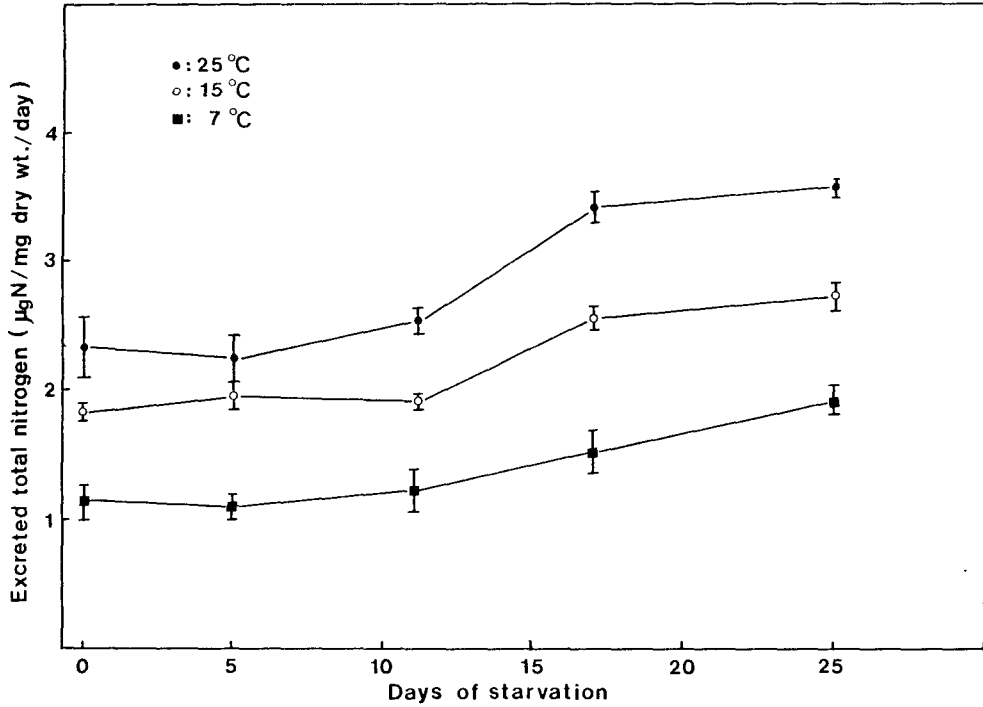


Fig. 4. Variations in the rates of total nitrogen excretion of *Crangon affinis* during the period of starvation at each temperature. Symbols for excreted total nitrogen: mean  $\pm$  range (vertical bars)

Table 4. Rates of nitrogen excretion of *Crangon affinis* during the periods of starvation at each temperature ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  dry wt./day)

Starvation periods (day)	Exptl. temp.(°C)								
	7			15			25		
	NH <sub>3</sub> -N	NH <sub>2</sub> -N	Total-N	NH <sub>3</sub> -N	NH <sub>2</sub> -N	Total-N	NH <sub>3</sub> -N	NH <sub>2</sub> -N	Total-N
0	0.81	0.32	1.18	1.27	0.42	1.82	1.74	0.52	2.34
5	0.76	0.30	1.13	1.41	0.45	1.96	1.71	0.50	2.28
11	0.85	0.35	1.23	1.40	0.47	1.94	1.91	0.52	2.52
17	1.07	0.42	1.55	1.89	0.60	2.59	2.62	0.65	3.41
25	1.40	0.50	1.94	2.03	0.60	2.71	2.77	0.72	3.58

5. O : N 原子比

각 수온구별 25일간 기아시킨 자주새우의 산소 소비량과 질소배설량의 原子比를 Fig. 5와 Table 6에 나타내었다.

수온에 관계없이 대조군과 절식초기에는 상당히 높은 O : N 原子比를 보였으나, 기아상태가 지속됨에 따라 감소하기 시작하여 기아 25일째에는 고온일수록 O : N 原子比가 더욱 큰 감소를 보였다 (Fig. 5). 수온 7, 15 및 25°C에서 대조군의 原子比는 25.10, 22.25 및 24.67이었던 것이 기아 11일 이후부

터 상당히 감소하기 시작하여 기아 25일 경과시에는 8.9, 7.6 및 5.9로 현저한 감소를 보였다 (Table 6).

考 察

자주새우의 산소소비와 질소배설은 각 실험수온구에서 실험한 절식25일 동안 기아의 영향을 크게 받았다 (Fig. 3,4, Table 3,4). 그리고 그 변화는 실

Table 5. Changes of ammonia-N, amino-N and ammonia-N: amino-N ratio of *Crangon affinis* during the periods of starvation

Exptl. temp. (°C)	Starvation periods (day)	( $\mu\text{g}/\text{mg}$ dry wt./day)		
		NH <sub>3</sub> -N	NH <sub>2</sub> -N	NH <sub>3</sub> -N/NH <sub>2</sub> -N
7	0	0.81	0.32	2.5 : 1
	5	0.76	0.30	2.5 : 1
	11	0.85	0.35	2.4 : 1
	17	1.07	0.42	2.6 : 1
	25	1.40	1.50	2.8 : 1
15	0	1.27	0.42	3.0 : 1
	5	1.41	0.45	3.1 : 1
	11	1.40	0.47	3.0 : 1
	17	1.89	0.60	3.2 : 1
	25	2.03	0.60	3.4 : 1
25	0	1.74	0.52	3.4 : 1
	5	1.71	0.50	3.4 : 1
	11	1.91	0.52	3.7 : 1
	17	2.62	0.65	4.0 : 1
	25	2.77	0.72	3.9 : 1

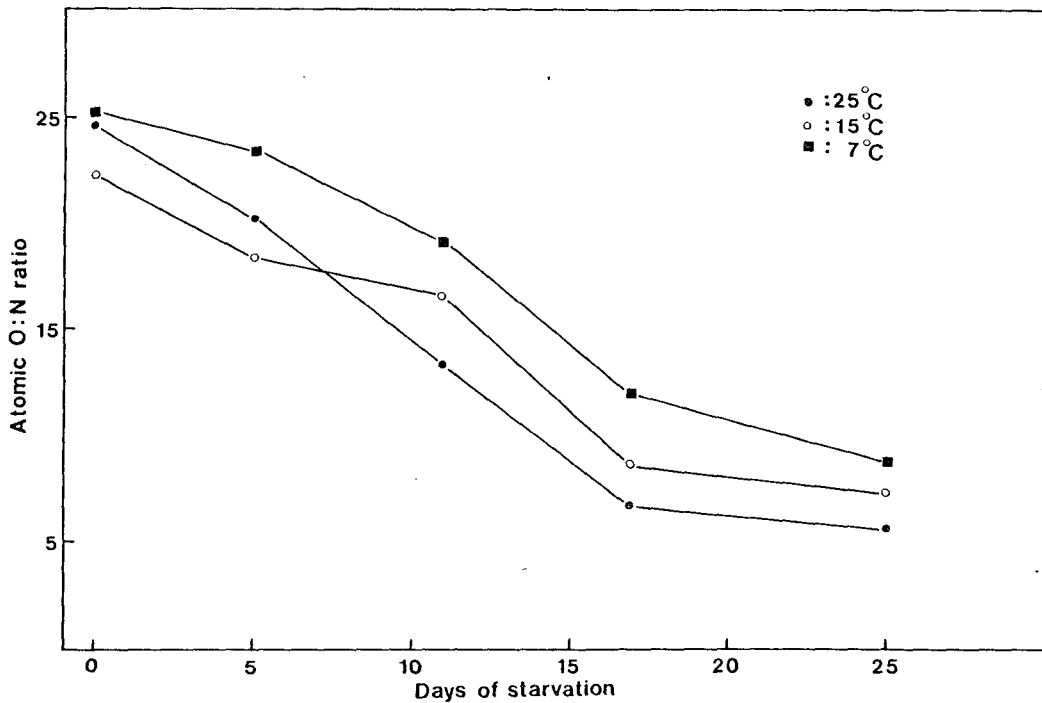


Fig. 5. Atomic O:N ratio variation in *Crangon affinis* during the period of starvation at each temperature

Table 6. Rates of nitrogen excretion, oxygen consumption and O : N ratio in *Crangon affinis* during the periods of starvation

Exptl. temp. (°C)	Starvation periods (day)	Oxygen ( $\mu$ l O <sub>2</sub> /mg dry wt./day)	Total N ( $\mu$ g N/mg dry wt./day)	O : N (atomic ratio)
7	0	25.67	1.18	25.10
	5	22.59	1.13	23.05
	11	20.32	1.23	19.10
	17	16.14	1.55	12.00
	25	15.12	1.94	8.90
15	0	35.13	1.82	22.25
	5	31.17	1.96	18.33
	11	27.66	1.94	16.44
	17	19.68	2.59	8.76
	25	17.87	2.71	7.60
25	0	50.07	2.34	24.67
	5	40.12	2.28	20.28
	11	28.48	2.52	13.03
	17	20.59	3.41	6.96
	25	18.31	3.58	5.90

Table 7. Rates of total nitrogen excretion and percentage of excreted ammonia nitrogen from body protein for *Crangon affinis*

Starvation periods (day)	Exptl. temp. (°C)					
	7		15		25	
	*Total-N	**Ammonia-N	*Total-N	**Ammonia-N	*Total-N	**Ammonia-N
0	10.75	0.74	16.58	1.16	21.31	1.59
5	10.38	0.70	18.00	1.29	20.94	1.57
11	11.64	0.83	18.18	1.31	24.54	1.81
17	15.78	1.23	28.34	2.07	39.29	2.67
25	23.01	1.75	32.97	2.47	44.81	3.29

\*The values are  $\mu$ g N per mg of body nitrogen per day.

\*\*The values are % of body protein per day.

협동물이 생존해 있는 동안 體保有物과 관련되었으며 體組成物質의 변화에도 크게 영향을 끼쳤다 (Fig. 2).

일반적으로 동물의 대사율은 기아시에 감소한다는 것은 잘 알려진 사실이다 (Bayne and Scullard, 1977, 1978; 陳, 1977; 李와 陳, 1981). 본 실험의 경우 어느 실험수온구에서나 25일간 絶食시 산소소비량은 감소하였지만 질소배설량은 증가하였다. 絶食시킨 자주새우의 산소소비는 기아상태가 5일 동안 지속될때 7, 15 및 25°C에서 각각 12, 11 및 19%가 감소하였으며, 기아 25일 경과시에는 각각 41,

49 및 63%가 감소하여 고온일수록 산소소비감소량은 높지만, 飢餓 17일 이후부터 산소소비량의 감소가 다소 완만하여, 飢餓 25일 경과시에는 각 수온구별 산소소비율은 유사하였다. 이와같은 경향은 비슷한 새우인 *Crangon crangon*은 기아초기 5일동안 산소소비는 10% 감소를 보였고, 飢餓 14일 이후 표준대사의 37%의 감소를 보이다가 기아 30일이 경과하는 동안 거의 일정한 산소소비율 (Regnault, 1981)을 보고하고 있는 것과 유사하였다. 또한 게류인 *Carcinus maenas*의 경우는 산소소비율이 飢餓 1주일동안 큰 감소를 보였고, 飢餓 3주일 후에는



표준대사의 40% 정도로 감소하였으며(Wallace, 1973), *Cancer pagurus*는 49일간 飢餓가 진행되는 동안 대사율은 점차 감소하였다(Aldrich, 1975). 본 실험에서 25일간 絶食시킨 후 어느 실험수온구에서나 유사한 산소소비율을 나타내는 것은 장기간의 기아로 인해 代謝基質의 枯渴과 活性의 저하로 수온이 자주새우의 산소소비율에 미치는 영향이 보상된 결과라고 생각된다.

한편, 어느 수온 및 기아의 조합구에서나 자주새우의 총배설결소의 대부분은 암모니아였으나 상당량의 아미노산도 배설하였다. 일반적으로 해산 무척추동물들은 암모니아 배설군으로서 암모니아가 주된 배설물로 알려져 있는데 갑각류나 등각류같은 비교적 체중이 큰 갑각류들은 암모니아의 배설과 더불어 아미노산도 배설한다고 알려져 있다(Corner and Cowey, 1968). 총배설결소중 암모니아와 아미노산의 조성비에 있어서는 수온의 변동에 따라 다소 차이를 보였는데 특히 기아일수가 경과함에 따라 아미노산에 비해 암모니아 배설량이 현저히 증가하여, 아미노산과 암모니아의 조성비에 차이를 보였으며 이는 飢餓時의 代謝基質 이용에 따른 결과라고 생각된다.

자주새우의 기아에 대한 배설결소의 유형은 呼吸代謝와는 현저히 다른 양상을 보였다. 어느 실험수온구에서나 기아일수가 증가함에 따라 총배설결소량은 증가하기 시작하여 기아 25일경과 후에는 수온 7, 15 및 25°C에서 각각 표준대사의 39, 33 및 35%로 증가하였다. 일반적으로 水棲甲殼類의 암모니아 배설율은 단기간의 飢餓시에 현저한 감소를 보이는 것으로 알려져 있는데(Corner and Newell, 1967; 李와 陳, 1976), *Crangon franciscorum*는 여러 가지 먹이를 섭이시킨 개체에서 보다 48시간 絶食시킨 개체에서 4배나 더 낮았고, 기아상태가 장기간 계속될 때에는 정반대의 현상을 보였다(Nelson et al., 1979). *C. franciscorum*은 기아초기 10일동안 암모니아 배설율이 비교적 일정하게 유지되다가 기아 25일 경과하면 배설량이 증가하여 최대치에 이르렀고, 기아상태가 2~3개월 지속되면 표준대사의 50% 이상을 유지하였다(Needham, 1957). 또한, *Crangon crangon*은 기아상태가 30일 정도 지속되면 배설율은 표준대사의 30% 이상 증가하였다(Regnault, 1981).

각 種의 부유성동물에 대한 體內物質의 化學적 조성성에 관한 연구를 보면 Donaldson(1976)은 첫새우류인 *Sergestes splendens*에서 체물질조성은 단백질 65.7%, 지질 8.4%, 탄수화물 1.9%, 그리고 회분

과 키틴의 함량은 19.2%로 보고했으며, Raymond et al.(1968)은 mysid류인 *Neomysis integer*의 단백질은 70.9%, 지질 13.1%, 탄수화물 2.4%, 회분 7.9% 및 키틴이 7.1%라고 보고 하였으며, 陳(1971)은 *N. awatschensis* 수컷의 化學적 조성은 단백질 70.8%, 지질 12.7%, 탄수화물이 2.2%, 회분과 키틴은 각각 7.4% 및 7.2%임을 밝혔다. 본 실험의 자주새우의 체물질조성은 단백질 68.61%, 지질 7.03%, 탄수화물 4.12%, 회분 14.64%, 그리고 키틴이 6.32%로서 上記한 甲殼類와 유사하게 높은 단백질 함량을 나타내었다.

Vonk(1960)는 갑각류 대사의 주된 基質은 탄수화물과 貯藏脂質이라고 주장하였으며, Renaud(1949)는 십각목 갑각류의 에너지대사는 지방이 주물질인 것으로 보고하였고, Barnes et al.(1963)은 *Balanus balanoides*가 기아상태에서 첫 단계로 탄수화물을 대사기질로 이용하고 그 다음으로 단백질을 이용한다고 보고하였다. 한편, 갑각류의 어떤 種은 단백질을 주된 에너지원으로 이용한다고 알려져 있는데, Raymond et al.(1968)은 *Neomysis integer*가 높은 단백질 함량을 보이는 점으로 미루어 에너지원으로서 단백질을 이용한다고 주장하였다. 본 실험의 자주새우는 지질과 탄수화물의 함량이 현저히 낮고 단백질의 함량이 높은 점으로 미루어 대사의 주된 기질로 단백질을 이용한다고 여겨진다.

갑각류의 탈피는 생활사의 대부분에 영향을 주며, 주기적 대체와 관련된 대사물질의 축적으로 인해 대사, 행동, 생식 및 감각 등에 직접 간접적으로 영향을 미치고, 빛, 온도 및 기아 등에 의해서 영향을 받는다(Waterman, 1960). 자주새우의 탈피빈도는 단기기아와 고온일수록 높았으며, 어느 실험수온구에서나 기아상태가 지속됨에 따라 감소하여 기아 25일동안 낮은 빈도를 유지하였다. 단기기아와 고온일수록 탈피빈도가 높은 점으로 보아 수온이 높을수록 탈피개시가 빨리 시작되지만 기아가 진행됨에 따라 기아에 의해 탈피가 억제됨으로서, 본 실험에서 탈피한 개체들은 기아 11일 이내에 탈피빈도의 73% 이상이 관찰되었기 때문에, pre-molt기에 있던 개체들만이 탈피주기와 관련되었거나, 아니면 장기간의 기아가 계속됨에도 불구하고 모든 수온구에서 낮은 빈도로 탈피가 유지되는 점으로 보아 장기간의 기아가 계속될수록 탈피는 온도의 영향을 거의 받지 않으며 일련의 대사작용으로 이용되는 것으로 여겨진다. 全飢餓期間동안 자주새우의 총건중은 수온 7°C에서 24%, 15°C에서 28%, 25°C에서는 33%가 감소하여 고온일수록 체중

감소가 많았으며, 기아초기에는 지질과 탄수화물이 약간의 감소를 보였으나, 기아가 계속되는 동안 총 단백질 함량의 손실이 컸다. Hazlett *et al.* (1975)은 *Orconectes virilis*가 기아 14일 후 간체장과 근육에서 단백질이 각각 42% 및 23%의 감소를 보였다고 하였으며, Cuzon (1980)은 *Penaeus japonicus*의 경우 기아 1개월이 경과하면 Haemolymph속에 있는 단백질농도가 아치사 수준으로 떨어 진다고 보고하였다. 이상의 사실 등으로 미루어 갑각류는 기아시 저장단백질을 이용하여 생존에 필요한 대사물질로 사용하며 특히, 이러한 대사물질은 갑각류의 일련의 대사과정인 탈피와 배설을 통해서 소실되는 것으로 여겨진다. Dall (1965)에 의하면 단백질은 탈피체 건중의 31.8%, 키틴이 15.9%이고, 키틴의 질소함량은 6.9% (Dweltz, 1960)임을 보고 하였다. 본 실험의 경우, 어느 실험수온구에서나 탈피로 인해 소실되는 단백질은 총체단백질의 약 10%였는데 이는 몸을 구성하고있는 구성 단백질이 대사기질로서 이용되고 있는 것으로 여겨진다.

단백질 이화작용의 주요 종산물로서 배설된 총 질소중에서 암모니아를 단백질 이화작용의 결과 형성된 것이라고 가정할 경우, 자주새우는 수온 7, 15 및 25°C에서 각각 하루에 체질소 mg당 23.01, 32.97 및 44.81 $\mu$ g을 이화시키며, 25일간 절식시킨 경우 각각 하루에 총체단백질의 1.75, 2.47 및 3.29%를 소실한다(Table 7). 또한 동물이 기아상태에서 대사기질로 이용하는 물질에 대한 지표로서 유용한 것은 호흡산소와 배설 암모니아성 질소의 원자비 (伊藤,花岡, 1972)인데 순수단백질이 이용될 경우 O:N비는 약 7 (Snow and Williams, 1971)이고, 단백질과 지질의 산화당량에서 얻어지는 O:N비를 Ikeda (1974)는 24를 표시하였다. 어느 실험수온구에서나 자주새우를 절식시켰을때 O:N비가 18~23이었던 것이 기아상태가 지속됨에 따라 8 이하로 낮아진 것은 위에서 보고된 내용으로 보아 자주새우의 경우 처음에는 단백질과 지질이 대사기질로 이용되었으나, 기아상태가 지속됨에 따라 생리적 대사비용의 대부분을 단백질 대사에 의존하고 있음을 암시해 주는 것이라 할 수 있다.

## 要 約

자주새우, *Crangon affinis* 서식지의 冬季(7°C), 春, 秋季(15°C) 및 夏季(25°C)의 평균 수온대에서 일정 기간(0, 5, 11, 17, 25days)絶食시킨 후 體物質의 化

學的組成, 酸素消費 및 窒素排泄率을 측정하여 환경 변화에 대한 生理的適應의 일면을 조사 하였다.

1. 자주새우의 체물질조성은 단백질 68.6%, 지질 7.0%, 탄수화물 4.1%, 키틴 6.3%, 그리고 회분은 14.6%였다.
2. 기아상태에서도 고온일수록 탈피빈도는 높았으며 동일 절식기간 동안 고온일수록 체중 및 체물질의 감소는 더욱 컸다.
3. 산소소비율은 기아가 계속됨에 따라 고온일수록 현저히 감소하는 경향을 보였으나 기아 25일 경과 후의 각 수온구별 산소소비율은 유사하였다.
4. 수온별 각 실험구간의  $Q_{10}$ 치는 실험온도구간에 큰 차이를 보이지 않았으나 기아가 계속됨에 따라 상당히 감소하였다.
5. 총배설질소량은 고온일수록 증가 하였으며 배설질소의 주성분은 암모니아였다. 그리고 총배설질소량은 어느 실험수온구에서나 기아가 계속됨에 따라 현저하게 증가하였다.
6. 기아 25일 경과후 수온 7, 15 및 25°C에서 이화된 단백질은 각각 체단백질의 1.8, 2.5 및 3.3%였다.
7. 기아초기의 O:N 원자비는 22~25이고, 기아상태가 지속됨에 따라 8이하로 낮아져 기아동안의 에너지원으로 단백질을 이용함을 보였다.

## 參 考 文 獻

- Aldrich, J. C. 1975. Individual variability in oxygen consumption rates of fed and starved *Cancer pagurus* and *Maia squinado*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 51A, 175~183.
- Amenta, J. S. 1964. A rapid chemical method for quantification of lipids separated by thin-layer chromatography. *J. Lipid Res.*, 5, 270~274.
- Barclay, M. C., W. Dall and S. M. Smith. 1983. Changes in lipid and protein during starvation molting cycle the tiger prawn, *Penaeus esculentus*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 68, 229~244.
- Barnes, H., M. Barnes and D. M. Finlayson. 1963. The metabolism during starvation of *Balanus balanoides*. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 43, 213~223.
- Bayne, B. L. and C. Scullard. 1977. Rates of nitro-

- gen excretion by species of *Mytilus* (Bivalvia: Mollusca). J. Mar. Biol. Ass. U. K., 57, 355~369.
- Bayne, B. L. and C. Scullrd. 1978. Rates of oxygen consumption by *Thais* (*Nucella*) *lapillus*. J. Exp. Mar. Ecol., 32, 97~111.
- Busselen, P. 1970. Effects of molting cycle and nutritional conditions on haemolymph protein in *Caracus maenas*. Comp. Biochem. Physiol., 37, 73~83.
- 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.
- Corner, E. D. S. and C. B. Cowey. 1968. Biochemical studies on the production of marine zooplankton. Biol. Rev., 43, 393~426.
- Cuzon, G., C. Cahu, J. F. Aldrin, J. L. Messenger, G. Stephan and M. Mevel. 1980. Starvation effect on metabolism of *Penaeus japonicus*. Proc. World Maricult Soc. New-Orleans March, 10~11.
- Dall, W. 1965. Studies in the physiology of a shrimp *Metapenaeus* sp. (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). III. Composition and structure of the integument. Aust. J. Mar. Freshwater. Res. 16, 13~23.
- Dall, W. 1974. Indices of nutritional state on the western rock lobster, *Panulirus longipes* (Mline Edwards). I. Blood and tissue constituents and water content. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 16, 167~180.
- Dall, W. 1981. Lipid absorption and utilization in the Norwegian lobster, *Nephrops norvegicus* (L.). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 50, 33~45.
- Donaldson, H. A. 1976. Chemical composition of Sergestid shrimps (Decapoda: Natantia) collected near Bermuda. Mar. Bio., 38, 51~58.
- Dubois, M. K., K. A. Giles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substance. Anal. Chem., 28, 360~356.
- Dwelts, N. E. 1960. The structure of chitin. Biochem. Biophys. Acta., 44, 416~435.
- Hazlett, B., D. Rubenstein and D. Rittschof. 1975. Starvation, energy reserves and aggression in the crayfish *Orconectes virilis* (Hagen) (Decapoda, Cambaridae). Crustaceana, 28, 11~16.
- Ikedo, T. 1974. Nutritional ecology of marine zooplankton. Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 22 (1), 1~97.
- Kim, H. S. 1977. Illustrated Flora & Fauna of Korea. Vol. 19, Macrura. Samwha Publishing Co., 694.
- Kim, H. S. 1987. The fauna and distribution of mollusks and crustaceans in the Estuary of the Nakdong River. Bull. KACN ser. 9, 31~58.
- Needham, A.E. 1957. Factors affecting nitrogen excretion in *Carcinus maenas* (Pennant). Physiol. Comp. Oecol. 4, 209~239.
- Neiland, K. A. and B. T. Scheer. 1953. The hormonal regulation of metabolism in crustaceans. The influence of fasting and of sinus gland removal on body composition of *Hemigrapsus nudus*. Physiol. Comp. Oecol., 3, 321~326.
- Nelson, S. G., M. A. Simmons and A. W. Knight. 1979. Ammonia excretion by the benthic estuarine shrimp *Crangon franciscorum* (Crustacea, Crangonidae) in relation to diet. Mar. Bio., 54, 25~31.
- Raymont, J. E. G., J. Austin and E. Linford. 1968. Biochemical studies on marine zooplankton. V. The composition of the major biochemical fraction in *Neomysis integer*. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 48, 735~760.
- Regnault, M. 1979. Ammonia excretion of the sand shrimp *Crangon crangon* (L.) during the molting cycle. J. Comp. Physiol., 133, 199~204.
- Regnault, M. 1981. Respiration and ammonia excretion of the shrimp *Crangon crangon*(L.): Metabolic response to prolonged starvation. J. Comp. Physiol., 141, 549~555.
- Renaud, L. 1949. Le cycle des reserves organiques chez les crustaces decapodes. Ann. Inst. Océanogr. Monaco, N. S., Vol. 24, 259~287.
- Schafer, H. J. 1968. Storage materials utilized by starved pink shrimp *Penaeus duorarum* Burkenroad. Proc. World Sci. Conf. Biol. Cult. Shrimps, Mexico, FAO Fish Rep., 57, 393~403.
- Snow, N. B. and P.J.L. Williams. 1971. A simple method to determin the O: N ratio of small marine animal. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 51,

- 105~109.
- Solorzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochloride method. *Limnol. Oceanogr.*, 14, 799~801.
- Vonk, H. J. 1960. Digestion and Metabolism. In the *Physiology of Crustacea*, Vol. I, 296~316. Ed. by T. H. Waterman, Academic Press, New York, 670.
- Wallace, J. C. 1973. Feeding, starvation and metabolic rate in the shore crab *Carcinus maenas*. *Mar. Bio.*, 20, 277~281.
- Waterman, T. H. 1960. *The Physiology of Crustacea*. Academic press, New York and London. Vol. I. Metabolism and growth. 473~474.
- 柳晟奎, 李澤烈, 陳平, 田世圭, 崔渭卿. 1975. 부안만 백합 폐사에 대한 조사연구. *釜山水大海研報*, 8, 39~52.
- 李福奎, 陳平. 1981. 양식굴과 진주담치의 여수율에 미치는 개체크기, 수온, 염분 및 기아의 영향. *釜山水大海研報*, 13, 37~41.
- 李廷烈, 陳平. 1976. *Paracanthomysis hispida* Li의 산소소비와 질소배설에 미치는 수온 및 기아의 영향. *釜山水大海研報*, 9, 25~31.
- 陳平, 李秉暎. 1971. 곤쟁이, *Neomysis awatschensis* (Brandt)의 생화학적 조성에 관한 연구. *釜山水大臨研報*, 4, 1~8.
- 陳平. 1977. 이매패의 질소배설. 1. 새고막. *釜山水大海研報*, 10, 1~4.
- 伊藤克彦, 花岡資. 1972. 동물 플랑크톤의 배설 질소량과 산소소비량について. *九大農學藝誌*, 26, 185~190.

---

1992년 8월 1일 접수

1992년 9월 5일 수리