

실험실에서 요각류 *Acartia steueri*의 성장과 발생

강형구 · 강용주
부경대학교 해양생물학과

Growth and Development of *Acartia steueri* (Copepoda: Calanoida) in the Laboratory

Hyung-Ku KANG and Yong Joo KANG

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

Development and growth of *Acartia steueri* from Ilkwang Bay, southeastern coast of Korea, were determined under various temperatures and food condition (*Isochrysis galbana* and *Dunaliella salina*) in the laboratory.

Relationship between egg hatching time (D_E , day) and temperature (T , °C) was $D_E = 744(T + 3.5)^{-1.97}$. Mean hatching success was 88.4% in temperature range of 8.4~26.2°C. This suggests that *A. steueri* may be adapted to the temperature ranges in temperate regions. Post-embryonic development pattern was equiproportional rather than isochronal, with longer stage duration of copepodites than that of the nauplii. Stage duration of NI was the shortest of all developmental stages, while the duration of NII was the longest in duration of the other nauplii. Male was morphologically distinguished from female in CIV stage, and male was developed faster than female. Median development time at a given temperature was calculated from the Bělehrádek equation by proper multiplication of proportional constant for embryonic development. Body carbon weight at 19.1°C was increased exponentially with time. Mean specific growth rate of nauplii (0.200 d^{-1}), except for NI stage, was not significantly different from that of copepodites (0.190 d^{-1}), with the lowest rate in NVI stage (0.107 d^{-1}), probably due to energy consumption for metamorphosis rather than somatic growth.

The results suggest that although the development pattern determined in this study was not identical with Uye's result for *A. steueri* (e.g. Uye, 1980b), median development time may be applicable to calculate the stage duration of *A. steueri* in this study area.

Key words: copepod, *Acartia steueri*, development, stage duration, growth, median development time

서 론

해양에서 요각류 개체군의 동태와 잠재 생산력을 평가하기 위해서는, 그 개체군의 성장에 대한 정보가 필수적이며, 또한 잠재적인 요각류의 성장률은 유사한 종들의 성장과 발생 양상을 밝히는 측면에서도 중요하다. 요각류 개체군의 성장률은 연속적인 연급군(cohorts)의 발달과정을 추정해서 측정하지만(Landry, 1978; Johnson, 1981; Uye, 1982), 연속적인 산란, 짧은 세대기간, 다양한 사망률의 특징을 갖는 개체군의 경우는 연급군에 대한 분석이 어렵다. 이러한 개체군의 생산력을 추정하기 위해서는 실험실에서 사육 실험을 통하여 구한 성장률(development rate)에 대한 자료를 통하여 추정될 수 있다(Uye et al., 1983; Uye, 1988, 1991; Liang et al., 1996).

지금까지 요각류의 성장법칙에 대해서는 등시간발생(isochronal development; Miller et al., 1977)과 등비율발생(equiproportional development; Corkett, 1984)이 있는데, 그 타당성 및 일반성에 대해서는 아직까지 논란의 대상이 되고 있다. 등시간발생은 각각의 유생단계들의

체류시간(stage duration)이 거의 같은 경우이며, 등비율발생은 온도에 관계 없이 전체 발생 시간 또는 알의 부화시간에 대한 어떤 유생단계의 체류시간이 일정한 비율을 보이는 경우이다. 요각류 가운데 *Acartia*속 종들의 경우, *Acartia clausi*(Miller et al., 1977), *A. clausi*(Uye, 1980b) - 실재는 *A. omorii*(Bradford, 1976; Ueda, 1986)임 - *A. steueri*(Uye, 1980b)가 등시간발생을 하는 것으로 보고되고 있으며, McLaren(1978)은 등시간발생이 모든 연안성 요각류의 개체군 연구에 받아들일 만한 가정일 수 있음을 제안한 바가 있다. 그러나, Landry(1983)는 *A. clausi*와 *A. tonsa*가 등시간발생을 따르지 않음을 제시한 바가 있으며, Christou and Verriopoulos(1993)와 Klein Breteler et al.(1994)은 *A. clausi*, 그리고 Saiz and Alcaraz(1991)는 *A. grani*가 엄격하게 등시간발생을 따르지 않음을 보고하였다.

*A. steueri*는 한국 동해 남부 연안의 일광만에서 비교적 연중 출현하며, *Acartia*속 요각류 중에서 중요한 종으로 나타나고 있다(Kang, 1997; Kang and Kang, 1998). *A. steueri*의 후기 배 발생에 대해서는 일본 연안에 출현

하는 종을 대상으로 한 Uye (1980b)의 연구가 있지만, 암·수에 대한 구분이 없이 발생양상을 기술하고 있으며, 성장에 관한 결과가 결여되어 있다. 본 연구는 동해 남부 연안에 출현하는 요각류 *A. steuerei*의 생산력 연구에 필요한 각 유생단계의 발생시간을 추정하기 위하여, 실험실에서 알에서 성체까지 사육하여 초기 및 후기 배 발생 과정 및 이들의 성장을 밝히는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

부산광역시 기장군 일광면 연안에서 원추형 넷트 (망목: 330 μm , 망구크기: 45 cm, Cod-end의 용량: 약 1 ℓ) 로 주로 야간 (19:00~21:00)에 수직채집한 시료를 약 10 ℓ 플라스틱 통에 넣어서 실험실로 옮긴 후, 끝이 넓은 2 ml 용량의 스포이드를 사용하여 해부현미경하에서 *A. steuerei*의 성숙한 성체 암컷을 분리하였다. 분리한 연구대상종을 25~30 ml의 여과해수와 배양한 두 종의 식물플랑크톤 (*Isochrysis galbana*: 1×10^5 cells ml^{-1} , *Dunaliella salina*: 2×10^4 cells ml^{-1})이 들어 있는 사육용 유리관 (용량: 40 ml, 지름: 2 cm, 길이: 13 cm)에 약 10마리씩 넣고 20°C의 배양기 속에 넣었다.

1. 알의 부화시간 (Egg hatching time)

20°C의 배양기 속에서 산란을 유도한 지 약 3시간 뒤에, 사육용 유리관의 바닥에 산란된 알을 스포이드로 수거하여 50 ml 용량의 유리컵에 넣었다. 파스퇴르 피펫을 사용하여 3~6개의 알을 여과해수가 든 0.3 ml 용량의 다중배양판 (multi-well plate)에 넣고 3.7~30.0°C 범위의 12개 온도구에서 배양하였으며, 온도구에 따라 3~15개의 반복 실험구를 설정하였다. 알의 부화여부는 다중배양판을 해부현미경하에서 검경하여 부화한 nauplius의 유무 또는 바닥에 남은 난각의 유무로서 확인하였다. 알의 부화시간에 대한 확인은 배양온도에 따라 다르며, 몇 시간에서 몇 일 간격으로 하였다. 배양기내 여과해수는 2일마다 새로운 여과해수로 교체하였다.

주어진 온도에서 살아있는 알의 50%가 부화하는데 필요한 시간을 알의 부화시간으로 정의하였으며, 온도와 알 부화시간간의 관계는 Bělehrádek식 (Corkett and McLaren, 1970)을 사용하여 추정하였다. 즉,

$$D_E = a(T - \alpha)^b$$

여기서, D_E 는 알의 부화시간 (day), T 는 온도 (°C)이며, a , b , α 는 최적화 상수이다. 온도와 부화시간 자료로부터 최적화 상수들을 구하기 위해서 위의 식을 log로 변환

한 다음,

$$\log D_E = \log a + b \log (T - \alpha),$$

여기에 임의의 α 값을 대입하여 $\log (T - \alpha)$ 와 $\log D_E$ 간의 회귀관계를 구하는데, 임의로 대입한 α 값이 참값에 가까울수록 회귀관계의 결정계수 (r^2) 값은 높아지게 된다. 이런 방법으로 반복하면 가장 높은 결정계수 값을 찾을 수 있으며, 따라서 α 값과 기울기인 b 값을 계산할 수 있다.

2. 후기 배 발생 (Post-embryonic development)

알이 들어 있는 1 ℓ 비이커를 19.1°C의 배양기 속에 넣고 약 500 lux의 형광등 조명 하에서 12L:12D의 광주기조건을 설정하였다. Nauplius시기에는 *Isochrysis galbana*를 1×10^5 cells ml^{-1} 이상의 농도로 공급하다가 후기 nauplius기부터는 추가로 *Dunaliella salina*를 2×10^4 cells ml^{-1} 이상의 농도로서 공급하였다. 비이커 내 배지를 하루에 약 4회 정도 교반하여 먹이 및 유생들이 비이커 내에 골고루 분포할 수 있도록 하였다. 1~3일 간격으로 비이커 바닥에 깔린 유생의 배설물이나 침전된 식물플랑크톤 덩어리를 수거하였으며, 사육 배지의 약 절반 정도를 새로운 배지로 교체하였다. 유생단계의 확인 및 계수를 위하여 몇 시간 또는 몇 일 간격으로 비이커내 배지를 저은 후, 입구가 넓은 10 ml 용량의 스포이드 또는 50 ml 용량의 유리컵으로써 표본채집을 하였으며, 중성포르말린으로 4~5% 농도가 되도록 고정하였다.

일반적으로 유생의 발생시간은 사육시 어떤 유생단계에 대상 동물의 50%가 도달했을 때의 시각으로 정의된다 (Klein Breteler et al., 1994). 따라서, 사육실험 시 채집된 표본의 유생단계별 빈도수를 백분율 (%) 자료로 바꾸고, 이 백분율 자료를 arcsine으로 변환한 다음, 최소자승법으로 최적화된 직선으로부터 해당 유생 단계의 50%가 도달했을 때의 시각을 관계식으로부터 찾았다 (Landry, 1983; Peterson and Painting, 1990).

3. 유생의 발생 시간 추정

Corkett and McLaren (1970)은 알의 부화시간에 대한 관계식에서 유도된 b 와 α 는 유생의 발생시간을 기술하는데 응용할 수 있으며, 이 a 는 연속적인 유생단계에 따라 증가한다는 것을 언급한 바가 있다. 알의 부화시간이 결정되면, 한 온도에서의 후기 배 발생시간 자료만 있어도, 어떤 주어진 온도에서 유생의 발생시간을 추정할 수가 있다. 이렇게 하기 위해서는 우선 알 부화시간의 관계식에서, a 값에 각 유생단계에 따라 적합한 비례상수

(P)를 곱하여 Bělehrádek식으로 계산한다.

$$D = a \times P (T - \alpha)^b$$

여기서, D는 유생의 발생시간(day), T는 온도(°C)이며, a, b, α는 최적화 상수이다.

여러 온도에서 *A. steueri* 알의 부화시간과 19.1°C (반복그룹 A와 B로 구분), 14.1°C, 23.0°C에서의 후기 유생발생자료를 기초로 하여 주어진 온도에서 특정 유생단계의 발생시간을 추정하였다.

결 과

1. 알의 부화시간과 부화율

12개 온도구에서 측정된 *A. steueri* 알의 부화시간 (D_E , day)과 온도 (T, °C)간의 관계는 다음 식으로 표현되었다 (Fig. 1).

$$D_E = 744 (T + 3.5)^{-1.97} \quad (r^2 = 0.985)$$

온도에 대한 알의 부화성공률 (hatching success)은 8.4°C~26.2°C 범위에서 평균 (±표준편차) 88.4 ± 11.1% (n=64)였으며, 3.7°C와 30.0°C에서는 각각 54.2%와 31.4%로 낮았다 (Fig. 2)

2. 후기 배 발생

19.1°C (반복 그룹 A)에서 기른 유생단계의 백분을 조성과 발생시간간의 관계를 직선적인 연결 (linear interpolation)로서 나타내면 (Fig. 3), nauplius기의 체류시간이 copepodite기의 체류시간보다 짧게 나타났다. 그리고, copepodite 4기부터 암수가 구분되었으며, 수컷의 발생

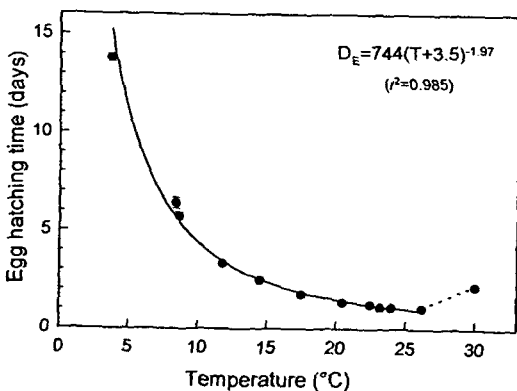


Fig. 1. *Acartia steueri*. Effect of temperature on egg hatching time in the laboratory. Error bars: Standard deviation.

시간이 암컷보다도 짧았다. 19.1°C (반복그룹 B)의 경우는 copepodite 2기까지 도달하였고, 그 이후는 유생의 사망으로 인한 표본시료의 부족으로 실험이 중단되었으

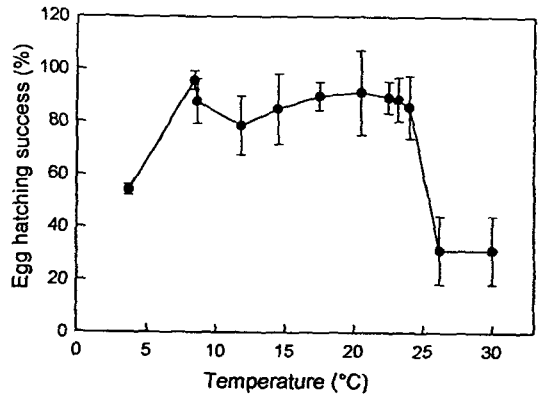


Fig. 2. *Acartia steueri*. Effect of temperature on egg hatching success in the laboratory. Error bars: Standard deviation.

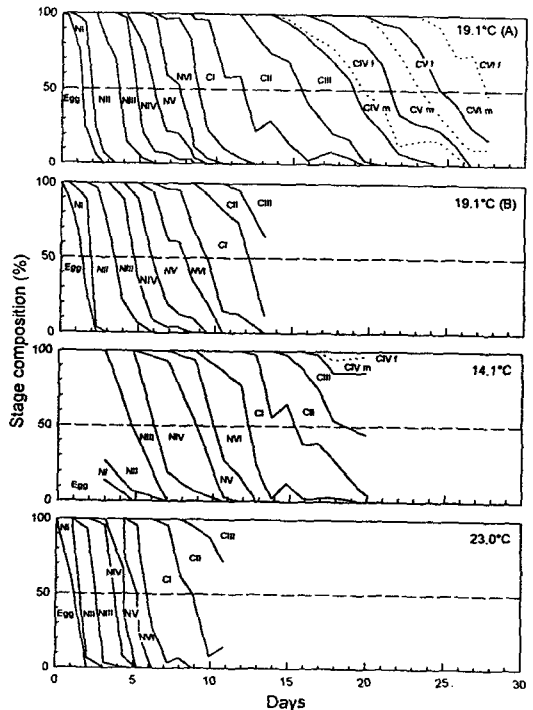


Fig. 3. *Acartia steueri*. Scattergram of cumulative percent of the population that has completed a given developmental stage versus time at 19.1°C (for replicate group, A and B), 14.1°C and 23.0°C in the laboratory. The dashed lines indicate copepodite IV, V, and adult stage of female. m: male; f: female.

Table 1. *Acartia steueri*. Stage duration (S) and median development time (D) in days for the cohorts at 14.1°C, 19.1°C (for replicate group, A and B) and 23.0°C in the laboratory. Median development times are calculated from least-squares regressions of arcsine transformations of percent data

Developmental stage	14.1°C		19.1°C (A)		19.1°C (B)		23.0°C	
	S	D	S	D	S	D	S	D
Egg	—	(2.62 ¹)	—	1.34 (1.60 ¹)	—	1.31 (1.60 ¹)	—	1.04 (1.17 ¹)
NI	—	—	(2.62 ¹)	0.65 (0.39 ²)	1.34 (1.60 ¹)	0.49 (0.20 ²)	1.31 (1.60 ¹)	0.56 (0.43 ²)
NII	—	—	1.63	1.99	1.75	1.80	0.97	1.60
NIII	1.88	4.92	1.37	3.62	1.28	3.55	1.19	2.57
NIV	1.97	6.80	1.08	4.99	1.31	4.83	0.59	3.76
NV	1.60	8.77	1.35	6.07	1.79	6.14	0.60	4.35
NVI	1.75	10.37	1.61	7.42	1.51	7.93	1.05	4.95
CI	3.64	12.12	2.86	9.03	2.39	9.44	2.61	6.00
CII	3.17	15.76	3.70	11.89	—	11.83	—	8.61
CIII ⁵	—	18.93	3.07 ³	15.59	—	—	—	—
CIVM	—	—	3.08	18.66	—	—	—	—
CVM	—	—	3.18	21.74	—	—	—	—
CVIM	—	—	—	24.92	—	—	—	—
CIII ⁵	—	18.93	3.86 ⁴	15.59	—	—	—	—
CIVF	—	—	4.01	19.45	—	—	—	—
CVF	—	—	4.12	23.46	—	—	—	—
CVIF	—	—	—	27.58	—	—	—	—

¹Calculated from the egg hatching time: $D_E = 744 (T + 3.5)^{-1.97}$.

²Stage duration estimated from the egg hatching time.

³Stage duration from CIII to CIV male stage.

⁴Stage duration from CIII to CIV female stage.

⁵This developmental stage is identical in case of D.

M: Male; F: Female.

며, 14.1°C와 23.0°C의 경우도 유생의 사망으로 인한 표본 시료의 부족으로 실험이 더 진행되지 않았다. 특히 14.1°C의 경우는 늦어진 표본채집으로 인하여 nauplius 1기와 2기의 체류시간을 파악하지 못하였다. 그러나, 유생단계의 발생 양상은 온도에 관계 없이 매우 비슷한 경향을 보였다.

각 유생단계의 중위 발생시간 (median development time)은 19.1°C (반복 그룹 A와 B), 14.1°C, 23.0°C에서 유생 발생 단계의 % 자료를 arcsine으로 변환하여 이것을 최소자승법으로 최적화하여 구한 직선으로부터 계산되었다 (Table 1). 성체까지 도달하는데 걸리는 시간은 19.1°C (반복 그룹 A)의 경우, 암컷은 27.58일이었고 수컷은 24.92일이었다. 19.1°C (반복 그룹 A)의 경우, 전체 유생 발생시간에 대해서 알의 부화시간이 차지하는 비율은 6.1%, nauplii기가 차지하는 비율은 34.4%, copepodite기가 차지하는 비율은 59.5%로서 nauplius기의 유생 발생시간이 짧고 copepodite기의 유생 발생시간이 nauplius기의 경우보다 약 1.7배 정도 길었다. 19.1°C (반복 그룹 A), 14.1°C, 23.0°C에서 누적 유생 발생시간을 보면 (Fig. 4), 발생시간은 nauplius 1기에서 nauplius 2기까지가 가장

짧은 경향을 보였고, 대체로 nauplius 2기부터 nauplius 3기까지는 nauplius기 중에서 가장 길었으며, copepodite 1기부터는 점차 유생 발생시간이 길어졌다.

알의 부화에서 어떤 유생단계까지 도달하는데 걸리는

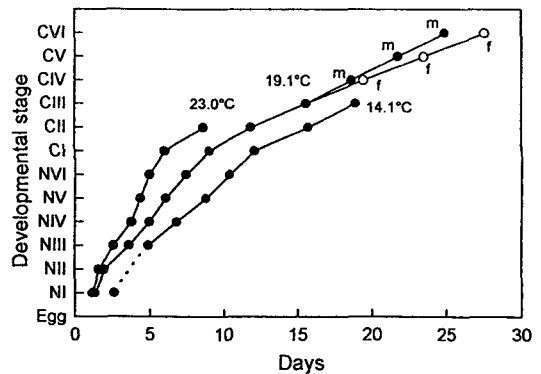


Fig. 4. *Acartia steueri*. Cumulative median development times showing the progression of developmental stages at 14.1°C, 19.1°C (for replicate group A) and 23.0°C in the laboratory. m: male; f: female.

Table 2. *Acartia steuerei*. Stage duration, ratio of stage duration to egg hatching time at three temperatures, and multiplier. The A and B in 19.1°C mean replicate groups

	Temp. (°C)	Egg ¹	N1	N2	N3	N4	N5	N6	C1	C2	C3M ³ C3F ³	C4M C4F	C5M C5F
Stage Duration (days)	14.1	2.62	—	—	1.88	1.97	1.60	1.75	3.64	3.17	—	—	—
	19.1 (A)	1.60	0.39	1.63	1.37	1.08	1.35	1.61	2.86	3.70	3.07	3.08	3.18
	19.1 (B)	1.60	0.20	1.75	1.28	1.31	1.79	1.51	2.39	—	—	—	—
	23.0	1.17	0.43	0.97	1.19	0.59	0.60	1.05	2.61	—	—	—	—
Ratio of stage duration to egg hatching time (days)	14.1	1	—	—	0.72	0.75	0.61	0.67	1.39	1.21	—	—	—
	19.1 (A)	1	0.24	1.02	0.86	0.68	0.84	1.01	1.79	2.31	1.92	1.93	1.99
	19.1 (B)	1	0.37	0.83	1.02	0.50	0.51	0.90	2.23	—	—	—	—
	23.0	1	0.37	0.83	1.02	0.50	0.51	0.90	2.23	—	—	—	—
	Mean	1	0.25	0.98	0.85	0.69	0.77	0.88	1.73	1.76	1.92	1.93	1.99
											2.41	2.51	2.58
Developmental		NI	NII	NIII stage	NIV	NV	NVI	CI	CII	CIII	CIVM CIVF	CVM CVF	CVIM CVIF
	Multiplier (P) ²	1	1.25	2.23	3.08	3.77	4.54	5.42	7.15	8.91	10.83	12.76	14.75
											11.32	13.83	16.41

¹Egg hatching times are calculated from $D_E = 744 (T + 3.5)^{-1.97}$ (T, means temperature in °C)

²Multiplier (P) in the Bělehrádek's temperature function, $D = 744 \times P (T + 3.5)^{-1.97}$, used to estimate the median development time from egg-laying to developmental stages under different temperature regimes.

³C3M and C3F mean stage durations from CIII to CIV male and CIV female stage.

M: Male; F: Female.

시간은 온도와 알의 부화시간간의 관계식에 적당한 비례 상수를 곱하여 계산할 수 있는데, 19.1°C (반복 그룹 A와 B), 14.1°C, 23.0°C에서 얻은 유생단계별 체류시간을 기초로 하여 계산한 각 유생단계의 비례상수는 Table 2와 같다. 따라서 알의 부화에서 어떤 유생단계까지 도달하는데 걸리는 시간은 Table 3과 같은 식으로서 나타낼 수 있으며, 온도만 알면 어떤 유생단계까지 도달하는데 걸리는 시간을 추정할 수 있다.

3. 성장

*A. steuerei*의 길이와 무게간의 관계식 (Kang and Kang, 1997)을 사용하여, 19.1°C (반복그룹 A)에서 각 유생단계의 평균길이를 탄소무게로 바꾸어 발생시간에 대해 나타내면, 시간에 따라 거의 지수적인 성장을 보였다 (Fig. 5). 유생단계별 일성장률 (daily growth rate; Table 4)을 보면, nauplius기보다 copepodite기의 성장률이 높게 나타났다. Nauplius 1기의 성장률 (nauplius 1기부터 2기 유생단계까지의 성장률)을 제외하면, nauplius 2기의 성장률 (0.018 $\mu\text{g d}^{-1}$)이 가장 낮았고 그 다음이 nauplius 6기 (0.022 $\mu\text{g d}^{-1}$)였다. Copepodite기의 경우, 후기 유생 단계로 갈수록 성장률은 점점 높아졌으며, 암컷 copepodite 5기의 성장률 (0.420 $\mu\text{g d}^{-1}$)이 가장 높았다.

19.1°C (반복 그룹 A)의 실험을 기초로 하여 *A. steuerei*의 비성장률 (specific growth rate)을 구하면 (Table 4), 각 유생단계에 따라 비성장률이 다르게 나타났다. Nauplius 1기를 제외하면, nauplius 6기의 비성장

Table 3. *Acartia steuerei*. List of equations to estimate the median development time (D, day) at various water temperatures (T, °C)

Developmental stage	Equation
NI	$D = 744 (T + 3.5)^{-1.97}$
NII	$D = 930 (T + 3.5)^{-1.97}$
NIII	$D = 1659 (T + 3.5)^{-1.97}$
NIV	$D = 2292 (T + 3.5)^{-1.97}$
NV	$D = 2805 (T + 3.5)^{-1.97}$
NVI	$D = 3378 (T + 3.5)^{-1.97}$
CI	$D = 4032 (T + 3.5)^{-1.97}$
CII	$D = 5320 (T + 3.5)^{-1.97}$
CIII	$D = 6629 (T + 3.5)^{-1.97}$
CIVM	$D = 8058 (T + 3.5)^{-1.97}$
CVM	$D = 9493 (T + 3.5)^{-1.97}$
CVIM	$D = 10974 (T + 3.5)^{-1.97}$
CIVF	$D = 8422 (T + 3.5)^{-1.97}$
CVF	$D = 10290 (T + 3.5)^{-1.97}$
CVIF	$D = 12209 (T + 3.5)^{-1.97}$

M: Male; F: Female.

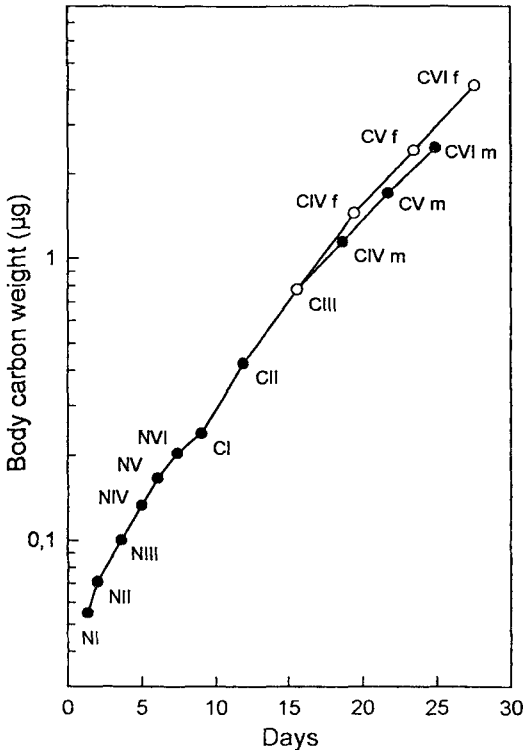


Fig. 5. *Acartia steucri*. Body carbon weight in relation to development time at 19.1°C (for replicate group A). m: male; f: female.

장률이 0.107 d⁻¹로서 가장 낮았으나, nauplius기와 copepodite기의 평균 비성장률에 차이는 없었다 (p<0.01).

고찰

본 연구에서 *A. steucri*의 온도와 알 부화시간간의 관계는 $D_E = 744(T + 3.5)^{-1.97}$ 로서 α 값 (Biological zero; McLaren et al., 1969; Corkett and McLaren, 1970)이 -3.5°C이었다. Uye (1980a)는 일본의 Onagawa만에서 출현한 *A. clausi* (실체는 *A. omorii*임; Bradford, 1976; Ueda, 1986)와 *A. steucri*의 α 값이 각각 -5.8°C와 -3.2°C임을 보고한 바 있다. 이것으로 보아 본 조사수역의 *A. steucri*는 Onagawa만의 *A. steucri*와 비슷한 온도환경에 적응되어 있으며, *A. omorii*보다는 더 따뜻한 온도환경에 적응되어 있음을 알 수 있다. 본 연구에서 알의 부화시간에 대한 실험 결과는 1993년 5, 6, 7, 10월 그리고 1994년 4, 6월에 채집된 성체 암컷으로부터 받은 알을 사용해서 얻은 것이기 때문에, 알의 부화시간에 있어서 계절적인 차이가 있는 지는 본 연구에서 알 수 없다. 그러나,

Uye (1980a)는 *A. clausi*와 *A. steucri*의 알 부화시간의 계절적 차이가 없음을 보고한 것으로 보아, 온대해역의 *Acartia*속 요각류의 알의 부화시간을 연구할 경우 계절적인 차이를 고려하지 않아도 될 것으로 생각된다. 알의 부화성공률은 3.7°C이하와 30.0°C이상에서 낮았는데, 이것으로 보아 본 조사수역에서 출현한 *A. steucri*가 온대해역의 수온에 적응된 종인 것으로 사료된다.

Landry (1983)는 연안성 및 외양성 요각류 (*A. clausi*, *A. tonsa*, *Paracalanus parvus*, *Pseudocalanus* sp., *Rhincalanus nasutus*, *Calanus pacificus*, *Labidocera trispinosa*)의 발생 양상이 Miller et al. (1977)와 McLaren (1978)이 제안한 등시간발생과 다름을 보고하면서 몇 가지 성장 양상을 제안하였다: 첫째, 처음 먹이를 먹지 않는 nauplius기는 짧은 체류시간을 가지며, 둘째, 처음 먹이를 먹는 단계 (nauplius 2기 또는 3기)는 비교적 긴 체류시간을 가지며, 셋째, copepodite 5기의 체류시간은 길며, 넷째, 수컷이 암컷보다 빨리 발생한다. 본 연구의 경우 먹이를 섭식하지 않는 것으로 판단되는 nauplius 1기의 체류시간 (0.39일; Table 1)이 가장 짧아, Landry (1983)의 *A. clausi*와 *A. tonsa*, Uye (1980b)의 *A. clausi*와 *A. steucri*의 결과와 비슷하였다. 한편, 본 연구에서 nauplius 2기의 체류시간이 copepodite기를 제외한 nauplius 시기 중에서는 가장 길었는데 (Table 1), 이것은 *A. clausi*와 *A. steucri*에 대한 Uye (1980b)의 결과와 일치하고 있다. 따라서 본 조사수역에서 출현하는 *A. steucri*의 섭식 시기는 nauplius 2기라고 판단된다. 첫 섭식이 시작되는 시기의 체류시간이 긴 것은 섭식 시작전에 잃어버린 무게를 회복할 시간이 필요한 때문이며, 또한 보다 상위 유생단계보다도 먹이를 더 효과적으로 모으고 다룰 수 있는 능력이 부족한 때문이다 (Landry, 1983; Zánkai, 1991). 본 연구에서 19.1°C의 암컷 copepodite 5기의 경우, 체류시간 (4.12일)은 copepodite기의 평균 체류시간 (CI~CIV사이의 암컷의 평균 체류 시간)보다 1.16배 길게 나타났다. 이것은 *A. tonsa*와 *A. clausi* (Landry, 1983)의 1.5배와 1.2배 그리고 *A. californiensis* (Johnson, 1981)의 1.7배의 결과와 함께, 대체로 copepodite 5기의 체류시간이 가장 길다는 것을 보여 주고 있다. *A. steucri* 암수간의 발생속도의 차이는 본 연구에서 암수가 형태적으로 구분 가능한 copepodite 4기부터 분명하게 관찰되었는데, 수컷이 암컷보다도 더 빨리 발생하였다. Onagawa만의 *A. steucri* (Uye, 1980b)에 대한 결과는 암수에 대한 구분이 없어서 본 결과와 비교할 수 없다. 그러나, 본 연구결과는 *A. clausi* (Landry, 1975), *A. tonsa*와 *A. clausi* (Landry, 1983)의 결과와 일치하고

Table 4. *Acartia steueri*. Daily specific growth rate of developmental stages at 19.1°C (for replicate group A) in the laboratory

Developmental stage	Body length (μm) ¹	Body carbon (μg)	Weight increment (μg)	Duration (days)	Daily growth rate ²	Specific growth rate ³	Mean specific growth rate (SD)
NI	104	0.055	0.016	0.39	0.041	0.746	Nauplii except for NI 0.200 (0.061)
NII	124	0.071	0.029	1.63	0.018	0.251	
NIII	157	0.100	0.033	1.08	0.031	0.230	
NIV	192	0.133	0.033	1.08	0.031	0.230	
NV	223	0.166	0.038	1.35	0.028	0.170	
NVI	257	0.204	0.035	1.61	0.022	0.107	
CI	346	0.239	0.187	2.86	0.065	0.274	Copepodites: 0.190 (0.045)
CII	417	0.426	0.351	3.70	0.095	0.223	
CII ⁴	506	0.777	0.373	3.07	0.121	0.156	
CIVM	574	1.150	0.566	3.08	0.184	0.160	
CVM	653	1.716	0.772	3.18	0.243	0.141	
CVIM	736	2.488	—	—	—	—	
CIII ⁴	506	0.777	0.676	3.86	0.175	0.225	
CIVF	619	1.453	0.983	4.01	0.245	0.169	
CVF	731	2.436	1.732	4.12	0.420	0.173	
CVIF	869	4.168	—	—	—	—	

¹Body length is total length for nauplii and prosome length for copepodites.

²Daily growth rate ($\mu\text{gC d}^{-1}$)

³Specific growth rate (d^{-1}) of i stage is $(W_{i+1} - W_i) / (W_i \times D_i)$, where W_{i+1} and W_i are body weight of stage $i+1$ and i , respectively, and D_i is stage duration of i stage.

⁴This developmental stage is identical in case of body length and body carbon.

SD: Standard deviation; M: Male; F: Female.

있다. 이러한 암수 간의 발생속도의 차이는 암컷의 체내에 알의 생성과 관련된 물질의 축적 (McLaren and Corbett, 1981) 때문에 나타나는 것 같다.

Miller et al. (1977)와 McLaren (1978)은 *Acartia*속을 포함하는 연안성 요각류가 등시간발생을 한다고 하였으며, Uye (1980b)는 Onagawa만의 *A. clausi*와 *A. steueri*, Berggreen et al. (1988)은 *A. tonsa*가 일반적으로 등시간발생을 보인다고 하였다. Christou and Verriopoulos (1993)는 동부 지중해의 *A. clausi* 현장 개체군에 대한 분석을 통하여 이들의 발생양상이 등시간발생을 보이지 않는다고 하였다. Klein Breteler et al. (1994)는 네덜란드 연안의 *A. clausi*의 체류시간이 copepodite 5기에서 길어짐을 보고하였고, Saiz and Alcaraz (1991)는 *A. grani*가 엄격히 등시간발생을 따르지 않음을 보고 하였다. 본 연구에서 3개 온도구간에서 실시한 후기 유생발생실험의 경우, 각 유생단계의 발생시간을 알에서 성체까지의 발생시간으로 나눈 값들을 비교하면 (Table 5), 온도 구간에 큰 변이 없이 거의 일정하였는데, 이것은 *Calanoides carinatus* (Peterson and Painting, 1990)에 대한 결과와 비슷하다. Hart (1990)는 D_c/D_n 즉, copepodite기의 체류시간에 nauplius기의 체류시간을 나눈 값이

calanoids의 경우 0.75~0.91 범위이면 대체로 등시간발생을 한다고 가정하였는데, 본 연구의 경우 19.1°C에서 이 값이 1.73으로서 등시간발생의 범위에서 벗어나고 있다. 따라서, 본 연구에서 *A. steueri*는 등시간발생을 따르기 보다는 동일비율발생 (Corkett, 1984; McLaren et al., 1988)을 하고 있음을 알 수 있다.

Uye (1980b)는 *A. steueri*를 대상으로 암수 구분을 하지 않고, 알에서 copepodite 1기 및 성체까지의 발생시간이 20.3°C에서 각각 11.9일과 20.7일이었다고 보고한 바 있다. 본 연구에서 얻은 Bělehrádek식으로 추정된 20.3°C에서의 *A. steueri*의 발생시간은 copepodite 1기까지가 7.8일, 성체 암컷까지가 23.7일, 성체 수컷까지가 21.3일이며, 평균은 22.5일로 나타난다. 성체까지의 발생시간은 본 연구에서 약 2일 정도 늦었고, copepodite 1기까지는 약 4일 정도 빠른 것으로 나타났다. 한편, 본 연구에서 *A. steueri*의 전체적인 발생양상은 nauplius기에서는 빨리 발생하다가 copepodite기부터는 점차 발생이 늦어졌다. Copepodite 1기부터 체류시간이 nauplius기 보다 길어진 것은 *A. steueri* (Uye, 1980b)와 *Acartia*속에 대한 여러 결과 (Johnson, 1981; Landry, 1983; Klein Breteler et al., 1994)와 차이가 있다. 이러한 차이의 원인은 본 연구

Table 5. *Acartia steueri*. Proportion of development time spent in each developmental stage. NI was calculated from the egg hatching time which was estimated from the equation, $D_E = 744(T + 6.5)^{-1.97}$. Calculations are based on median development time (D). Time zero means the time of egg laying. The proportion was calculated from cumulative D multiplied by total developmental time from egg to adult. Mean D for male and female copepodites was used to calculate the proportions of CIV, CV, and CVI. The A and B in 19.1°C mean replicate groups

Developmental stage	14.1°C	19.1°C	19.1°C	23.0°C
NI	0.06	0.06	0.06	0.06
NII	—	0.08	0.07	0.09
NIII	0.12	0.14	0.14	0.14
NIV	0.17	0.19	0.18	0.21
NV	0.22	0.23	0.23	0.24
NVI	0.25	0.28	0.30	0.27
CI	0.30	0.34	0.36	0.33
CII	0.39	0.45	0.45	0.47
CIII	0.46	0.59	—	—
CIV	—	0.73	—	—
CV	—	0.86	—	—
CVI	1.00*	1.00	1.00*	1.00*

*The time from egg to adult was estimated from the equations, $D_{CVM} = 10974(T + 3.5)^{-1.97}$ for adult male and $D_{CVF} = 12209(T + 3.5)^{-1.97}$ for adult female.

에서 분명하지 않으나, 사육시 먹이조건(주로 먹이종류와 먹이농도)이 가능한 원인일지도 모른다. Klein Breteler et al. (1982)는 북해에서 채집된 4종의 요각류에 대한 먹이농도별 실험에서, 먹이농도에 의한 먹이 제한은 모든 발생 단계의 요각류 유생의 성장을 늦출 수 있는 요인이 되며, 특히 *Acartia*속, *Temora*속, *Centropages*속의 후기 copepodite기의 성장이 지연될 수 있음을 제시하였다. 또한 동일 종이라도 먹이조성이 다르면 각 유생단계가 다른 발생양상을 보일 수 있음을 제시한 바 있다. 또한, 먹이의 종류뿐만 아니라 먹이의 질(영양학적인 가치)에 따라서도 요각류의 후기 배 발생양상(Kumar and Rao, 1998)이나 발생속도와 몸의 크기(Klein Breteler et al., 1990)가 달라질 수도 있다.

본 연구에서는 *Isochrysis galbana*와 *Dunaliella salina*를 먹이로서 공급하였는데, 사육용기의 바닥에서 많은 양의 분립(fecal pellet)이 관찰되었던 것으로 보아, 두 종류의 먹이가 각 유생 단계의 성장에 어느 정도 이용되었는지는 분명하지 않지만, *A. steueri*가 먹이로서 공급한 식물플랑크톤을 섭식한 것으로 판단된다. 먹이 농도의 경우, 두 종류의 먹이를 과량으로 공급했기 때문

에 먹이부족으로 인한 발생시간의 지연은 없을 것으로 판단된다. 먹이의 질적인 측면에서 볼 때, Iwasaki et al. (1977)은 실험실에서 *I. galbana* 단일 먹이로써 20°C 조건에서 *A. clausi*를 18.7일만에 성체까지 사육한 바가 있으며, Uye (1980b)의 경우, nauplius 3기까지는 *I. galbana*와 *Dunaliella tertiolecta*, 그리고 nauplius 4기부터는 *Thalassiosira decipiens*를 추가로 공급하면서 20.3°C 조건에서 *A. clausi*와 *A. steueri*를 각각 15.8일과 20.7일만에 성체까지 사육하였다. *I. galbana* 단일먹이를 사용한 것보다는 다른 먹이를 혼합하여 사용하는 것이 *Acartia*속의 발생 시간을 단축시킬 수 있지만(Iwasaki et al., 1977), *I. galbana*는 *Acartia*속의 유생사육에 적당한 먹이인 것으로 판단된다. 한편, *D. salina*의 경우 요각류의 성장에 필요한 먹이로서의 영양학적인 가치에 대해서는 분명하지 않지만, 동일 속의 유사 종인 *D. tertiolecta*에 대한 연구결과를 보면, Støttrup and Jensen (1990)은 *A. tonsa*의 섭식과 알 생산력에 미치는 식물플랑크톤 먹이 종류의 영향에 대한 연구에서, *D. tertiolecta*가 *I. galbana*, *Rhodomonas baltica*, *Ditylum brightwellii* 보다도 가장 좋지 않은 먹이인 것으로 보고한 바가 있는데, *D. tertiolecta*의 경우 굴(oyster)의 성장에 제한요인으로 작용하는 불포화지방산 22:6(n-3)이 결핍되어 있는 것과 관련이 있는 것으로 고찰하고 있다. 그러나, 비록 *D. salina*가 요각류의 성장에 필요한 영양물질이 결핍되어 있다고 가정하더라도, 또 다른 먹이인 *I. galbana*는 질적으로 *A. steueri*의 후기 발생에 충분히 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서, 본 조사에서 copepodite기의 발생시간이 nauplius기보다 거의 일정하게 늦어진 원인이 요각류의 발생에 따른 먹이효율의 차이 때문인지, 아니면 이것이 *A. steueri*의 가능한 발생양상인지는 분명하지 않다. *A. steueri*의 발생양상에 대한 일반화를 위해서는 더 많은 자료가 필요할 것으로 사료된다.

19.1°C의 사육 조건에서 *A. steueri*의 평균 비성장률은 nauplius기와 copepodite기 유생간에 차이가 없었으나, 전 유생단계에 걸쳐서 일정하지는 않았다. Nauplius 2기까지의 도달시간은 먹이농도와 무관하므로(Berggreen et al., 1988), nauplius 1기의 결과를 제외하면 nauplius 6기의 비성장률이 가장 낮게 나타났다. 이것은 섭식된 먹이가 대부분 성장보다는 copepodite 1기로의 변태에 사용되기 때문이며, *A. clausi*(Miller et al., 1977)와 *Pseudodiaptomus marinus*(Uye et al., 1983)에서도 같은 현상이 관찰되었다. 한편, 본 연구에서 *A. steueri*의 비성장률이 유생단계에 따라 다른 것은, 유생단계에 따라 일정한 성장률을 보인 *A. clausi hudsonica*(Sekiguch et al.,

1980) - 실체는 *A. hudsonica* (Bradford, 1976) - 와 *Eurytemora herdmanni* (McLaren and Corkett, 1981)에 대한 결과와 차이가 있지만, *Pseudodiaptomus marinus* (Uye et al., 1983), *Calanus sinicus* (Uye, 1988), *Paracalanus* sp. (Uye, 1991)에 대한 결과와는 비슷하다.

요각류 개체군은 자연에서 여러 가지 먹이환경을 경험할 수 있기 때문에, 실제로 그들이 경험한 먹이조건을 결정하기는 매우 어렵다. 따라서, 실험실에서 구한 요각류 개체군의 성장에 대한 자료를 현장 개체군에 적용하기에는 어려움이 따를 수도 있다 (Kimmerer and McKinnon, 1987). 비록, 본 연구에서 *A. steucri*의 발생 양상이 Uye (1980b)의 결과와 차이가 있지만, 온도와 유생단계의 발생시간에 대한 관계식은 누적성장법 (Bougis, 1976) 또는 성장을 측정법 (Greze, 1978)에 의한 동해 남부 연안의 *A. steucri* 이차생산력 연구에 필요한 유생단계의 체류시간을 추정하는데 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

한국 동해 남부 연안 일광만에 출현하는 요각류 *Acartia steucri*를 대상으로, 실험실에서 여러 온도와 과량의 먹이 (*Isochrysis galbana*와 *Dunaliella salina*) 조건에서 알에서 성체까지 사육하여 이들의 발생양상과 성장에 대하여 고찰하였다.

알의 부화시간 (D_E , day)과 온도 (T , °C)와의 관계는, $D_E = 744(T + 3.5)^{-1.97}$ 로서 표현되었다. 평균 알의 부화 성공률은 8.4~26.2°C의 온도 범위에서는 88.4%이었으며, 3.7°C와 30.0°C에서는 각각 54.2%와 31.4%로서 낮게 나타났다. 이것은 이 종이 온대해역의 온도범위에 적응하고 있기 때문인 것으로 사료된다. 후기 배 발생양상은 등시간발생보다는 등비율발생을 보였으며, copepodite기의 체류시간이 nauplius기의 체류시간보다 전체적으로 길게 나타났다. Nauplius 1기의 체류시간이 유생단계 가운데서 가장 짧았고, nauplius 2기의 체류시간은 nauplius기 중에서 가장 길었다. 수컷은 copepodite 4기부터 형태적으로 암컷과 구분되었으며, 수컷이 암컷보다도 더 빨리 발생하였다. 주어진 온도에서의 중위 발생시간은 초기 배 발생시간에 대한 각 유생단계의 비례상수를 곱하여 Bělehrádek 방정식으로부터 계산되었다. 19.1°C에서 몸의 탄소무게는 시간에 따라 지수함수적으로 증가하였다. Nauplius 1기를 제외한 nauplius기의 평균 비성장률 ($0.200 d^{-1}$)은 copepodite기의 평균 비성장률 ($0.190 d^{-1}$)과 유의한 차이가 없었다. Nauplius 6기의 비성장률은 $0.107 d^{-1}$ 로서 가장 낮았는데, 이것은 몸의 성장보다는

copepodite기로의 변태에 따른 에너지 소비와 관련이 있는 것 같다.

참 고 문 헌

- Berggreen, U., R. Hansen and T. Ki rboe. 1988. Food size spectra, ingestion and growth of the copepod *Acartia tonsa* during development: implications for determination of copepod production. *Mar. Biol.*, 99, 341~352.
- Bougis, P. 1976. Marine plankton ecology. North-Holland Publishing Co., Amsterdam, pp. 273~297.
- Bradford, J.M. 1976. Partial revision of the *Acartia* subgenus *Acartiura* (Copepoda: Calanoida: Acartiidae). *New Zeal. J. Mar. Freshwat. res.*, 10, 159~202.
- Christou, E.D. and G.C. Verriopoulos. 1993. Analysis of the biological cycle of *Acartia clausi* (Copepoda) in a meso-oligotrophic coastal area of the eastern Mediterranean Sea using time-series analysis. *Mar. Biol.*, 115, 643~651.
- Corkett, C.J. 1984. Observation on development of copepods. *Crustaceana Suppl.* 7, pp. 150~153.
- Corkett, C.J. and I.A. McLaren. 1970. Relationships between development rate of eggs and older stages of copepods. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 50, 161~168.
- Greze, V.N. 1978. Production in animal populations. In *Marine Ecology*, Vol. IV, O. Kinne, ed. John Wiley and Sons, New York, pp. 89~114.
- Hart, R.C. 1990. Copepod post-embryonic durations: pattern, conformity, and predictability. The realities of isochronal and equiproportional development, and trends in the copepodid-naupliar duration ratio. *Hydrobiologia*, 206, 175~206.
- Iwasaki, H., H. Katoh and T. Fujiyama. 1977. Cultivation of marine copepod, *Acartia clausi* Giesbrecht-I. Factors affecting the generation time and egg production. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 24, 55~61 (in Japanese).
- Johnson, J.K. 1981. Population dynamics and cohort persistence of *Acartia californiensis* (Copepoda: Calanoida) in Yaquina Bay, Oregon. Ph.D. thesis, Oregon State Univ. 305 pp.
- Kang, H.K. 1997. Primary production and production of copepod *Acartia steucri* in Ilkwang Bay, Southeast Coast of Korea. Ph.D. thesis, Pukyong Nat'l Univ., 226 pp. (in Korean).
- Kang, H.K. and Y.J. Kang. 1997. Length and weight relationship of *Acartia steucri* (Copepoda: Calanoida) in Ilkwang Bay, Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, 30, 906~908.
- Kang, H.K. and Y.J. Kang. 1998. Egg production of the copepod *Acartia steucri* in Ilkwang Bay, southeastern coast of Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, 31, 288~295 (in Korean).

- Kimmerer, W.J. and A.D. McKinnon. 1987. Growth, mortality, and secondary production of the copepod *Acartia tranteri* in Westernport Bay, Australia. *Limnol. Oceanogr.*, 32, 14~28.
- Klein Breteler, W.G.M., H.G. Fransz and S.R. Gonzalez. 1982. Growth and development of four calanoid copepod species under experimental and natural conditions. *Neth. J. Sea Res.*, 16, 195~207.
- Klein Breteler, W.G.M., N. Schogt and J. van der Meer. 1994. The duration of copepod life stages estimated from stage-frequency data. *J. Plankton Res.*, 16, 1039~1057.
- Klein Breteler, W.G.M., N. Schogt and S.R. Gonzalez. 1990. On the role of food quality in grazing and development of life stages, and genetic change of body size during cultivation of pelagic copepods. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 135, 177~189.
- Kumar, R. and T.R. Rao. 1998. Post-embryonic developmental rates as a function of food type in the cyclopoid copepod, *Mesocyclops thermocyclopoides* Harada. *J. Plankton Res.*, 20, 271~287.
- Landry, M.R. 1975. The relationship between temperature and the development of life stages of the marine copepod *Acartia clausi* Giesbrecht. *Limnol. Oceanogr.*, 20, 854~857.
- Landry, M.R. 1978. Population dynamics and production of a planktonic marine copepod, *Acartia clausi*, in a small temperate lagoon on San Juan Island, Washington. *Int. Revue Ges. Hydrobiol.*, 63, 77~119.
- Landry, M.R. 1983. The development of marine calanoid copepods with comment on the isochronal rule. *Limnol. Oceanogr.*, 28, 614~624.
- Liang, D., S. Uye and T. Ono. 1996. Population dynamics and production of the planktonic copepods in a eutrophic inlet of the Inland Sea of Japan. I. *Centropages abdominalis*. *Mar. Biol.*, 124, 527~536.
- McLaren, I.A. 1978. Generation lengths of some temperate marine copepods: Estimation, prediction, and implications. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 35, 1330~1342.
- McLaren, I.A. and C.J. Corkett. 1981. Temperature-dependent growth and production by a marine copepod. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38, 77~83.
- McLaren, I.A., C.J. Corkett and E.J. Zillioux. 1969. Temperature adaptations of copepod eggs from the Arctic to the tropics. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Woods Hole*, 137, 486~493.
- McLaren, I.A., J.-M. Seigny and C.J. Corkett. 1988. Body sizes, development rates and genome sizes among *Calanus* species. *Hydrobiologia*, 167/168, 275~284.
- Miller, C.B., J.K. Johnson and D.R. Heinle. 1977. Growth rules in the marine copepod genus *Acartia*. *Limnol. Oceanogr.*, 22, 326~335.
- Peterson, W.T. and S.J. Painting. 1990. Developmental rates of the copepods *Calanus australis* and *Calanoides carinatus* in the laboratory, with discussion of methods used for calculation of development time. *J. Plankton Res.*, 12, 283~293.
- Saiz, E. and M. Alcaraz. 1991. Effects of small-scale turbulence on development time and growth of *Acartia grani* (Copepoda: Calanoida). *J. Plankton Res.*, 13, 873~883.
- Sekiguchi, H., I.A. McLaren and C.J. Corkett. 1980. Relationships between growth rate and egg production in the copepod *Acartia clausi hudsonica*. *Mar. Biol.*, 58, 133~138.
- Støttrup, J.G. and J. Jensen. 1990. Influence of algal diet on feeding and egg-production of the calanoid copepod *Acartia tonsa* Dana. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 141, 87~105.
- Ueda, H. 1986. Taxonomic reexamination and geographic distribution of copepods known as *Acartia clausi* in Japanese coastal and inlet waters. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 42, 134~138.
- Uye, S. 1980a. Development of neritic copepods *Acartia clausi* and *A. steuerei*. I. Some environmental factors affecting egg development and the nature of resting eggs. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 27, 1~9.
- Uye, S. 1980b. Development of neritic copepods *Acartia clausi* and *A. steuerei*. II. Isochronal larval development at various temperatures. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 27, 11~18.
- Uye, S. 1982. Population dynamics and production of *Acartia clausi* Giesbrecht (Copepoda: Calanoida) in inlet waters. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 57, 55~83.
- Uye, S. 1988. Temperature-dependent development and growth of *Calanus sinicus* (Copepoda: Calanoida) in the laboratory. *Hydrobiol.*, 167/168, 285~293.
- Uye, S. 1991. Temperature-dependent development and growth of the planktonic copepod *Paracalanus* sp. in the laboratory. *Bull. Plankton Soc. Japan, Spec. Vol.*, pp. 627~636.
- Uye, S., Y. Iwai and S. Kasahara. 1983. Growth and production of the inshore marine copepod *Pseudodiaptomus marinus* in the central part of the Inland Sea of Japan. *Mar. Biol.*, 73, 91~98.
- Zánkai, N.P. 1991. Feeding of nauplius stages of *Eudiaptomus gracilis* on mixed plastic beads. *J. Plankton Res.*, 13, 437~453.

1998년 7월 8일 접수

1998년 10월 31일 수리