

# 暖海性カイアシ類 *Oncaea venusta* PHILIPPI (Poecilostomatoida) の卵生産への水温影響\*<sup>1,2</sup>

平川 和正<sup>1)</sup>

## Effects of Temperature on Egg Production of a Warm-Water Copepod *Oncaea venusta* PHILIPPI (Poecilostomatoida)\*<sup>1,2</sup>

Kazumasa HIRAKAWA<sup>1)</sup>

### Abstract

In terms of egg production, the copepod species *Oncaea venusta* PHILIPPI is more successful during warm seasons in Toyama Bay, southern Japan Sea. This paper examines the relationship between reproduction and temperature based on laboratory experiments. Female *O. venusta* bearing two egg sacs, which were collected from the bay, were reared in the laboratory under excess food conditions at different temperatures. Brood size was more pronounced at 20-27.5°C (total brood size; mean 94-100 eggs/female). In contrast, egg hatchability (the release of both egg sacs) and subsequent egg-laying was markedly constrained at the highest (30°C) and at lower temperatures (<15°C); few of the initial eggs hatched out at 10°C. Egg production rate of *O. venusta* (mean 8-12 eggs/female/day) obtained at temperatures >20°C was similar to the range of that for the genus *Oncaea* and related species living in other regions. The results suggest that *O. venusta* may intensify its breeding activity at higher temperatures, especially in the range 25 to 27.5°C in the Japan Sea, as seen in tropical oceans.

**Key words:** Egg development time, egg production, Japan Sea, *Oncaea venusta*, hatching temperature, Toyama Bay

### 緒 言

動物プランクトンの再生産速度は個体群成長（出生率と加入率）及び成体雌の純生産量の直接的指標であると同時に、第二次生産量を推定するうえでも不可欠な要素の一つである。自然界におけるカイアシ類の生活史、特に再生産特性を評価するうえで、その卵生産と餌料条件並びに水温との関連を解明することが最も重要である（UYE and SHIBUNO 1992）。しかし、一般に小型外洋性種（体長 1 mm 前後）を多く含む *Oncaea* 属や *Corycaeus* 属などから構成される Poecilostomatoida においては、このような基礎的研究は Calanoida（UYE and SHIBUNO 1992 参照）と比較し、著しく立ち遅れている。最近、PAFFENHÖFER（1993）は北大西洋産 *Oncaea*

---

1995年2月6日受理 日本海区水産研究所業績A第496号

<sup>1)</sup> 〒 951 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所

(Japan Sea National Fisheries Research Institute, Suido-cho, Niigata 951, Japan)

\*<sup>1</sup> 本研究は農林水産技術会議一般別枠研究「農林水産生態系を利用した地球環境変動要因の制御技術の開発」の一部として行った。

\*<sup>2</sup> 本研究の一部は、平成6年4月、日本海洋学会春季大会で発表した。

*mediterranea* の生物学的諸特性を飼育実験により調べ、その摂餌、成長、再生産および死亡速度は *Calanoida* と比較し、いずれも低いことから、本種が外洋性浮遊生物群集を安定化するうえで貢献しているという仮説を提出している。ただ、彼は実験水温を *O. mediterranea* (後期コペポダイト) が最も多量に出現した期間の平均水温 (20°C) に固定しているので、例えばインド洋産 *Oncaea venusta* などを用いた他の船上実験結果 (SAZHINA 1985) 等と同様に、産卵・孵化に及ぼす水温の影響に関しては明らかになっていない。

本研究では、日本海対馬暖流域において優占する *Oncaea venusta* (YAMAZI 1953; SHIMOMURA 1954a, b; 三井田・角 1967; SHIM and LEE 1986; HIRAKAWA *et al.* 1990; HIRAKAWA *et al.*\*) の再生産に及ぼす水温の影響を把握することを目的とした。そのため、まず野外調査により、富山湾における本種の季節・昼夜変化を、次に飼育実験により、本種の産卵量、産卵速度および孵化時間と水温との関連を調べた。また、本実験の結果を他水域から報告されている *Oncaea* 属の産卵量・産卵速度と比較・検討し、本種の卵生産と生息水温との関連についても考察した。

本文に先立ち、野外採集調査にご協力頂いた富山県水産試験場調査船“立山丸”及び日本海区水産研究所調査船“みずほ丸”の船長並びに乗組員の方々に御礼申し上げる。また、本論文のご校閲を頂いた日本海区水産研究所小川嘉彦海洋環境部長に感謝の意を表す。

## 材 料 と 方 法

### 1 野 外 調 査

採集は富山湾湾央部の定点 (37°00'N, 137°14'E, Fig. 1) において、富山県水産試験場調査船“立山丸”により、1990年2月から1991年1月までの一年間、約2~4週間毎に実施した。試料はノルパックネット (網目; 0.33mm) を用いた鉛直曳 (0~500m 深) によって得た。詳細な採集調査並びに試料処理の方法等は HIRAKAWA *et al.* (1992) によって報告されている。また、1986年9月2日に日本海区水産研究所調査船“みずほ丸”により実施した同定点における昼夜各一回の MTD ネット (網目; 0.33mm) 各層同時水平採集 (HIRAKAWA *et al.* 1990) から得た試料についても検鏡した。

### 2 室内飼育実験

産卵実験は、次に示す手順・方法で実施した。

(1) 1992年9月30日、富山湾中央部の100m以浅(水温; 13.9~23.1°C, 塩分; 33.37~34.30) から採集したプランクトン試料から日本海区水産研究所の培養室において、2個の卵囊をもつ *O. venusta* の成体雌を選別した。

(2) これらの雌は10ml容のガラス製バイアルに一個体ずつ収容した。飼育水として、採集現場の35m層から得た海水(塩分; 33.46)をGF/F濾紙で濾過し、それに実験室で培養した珪藻類羽状目の *Phaeodactylum tricorutum* を高濃度 ( $0.9\sim 4.9\times 10^5$  cells/ml) で加えた懸濁液を用い、一日一回交換した。*Oncaea* 属(コペポダイトおよび成体)の食性については、消化管内容物の分析結果より、雑食性 (PASTERNAK 1984など) と植食性 (HOPKINS and TORRES 1989) とに分かれることが知られている。また、*O. venusta* の糞粒内容物には羽状目の珪藻類 (未査定) も検出されていることから (TURNER 1986)、本実験では便宜的に同じ羽状目の *P. tricor-*

\*未発表資料

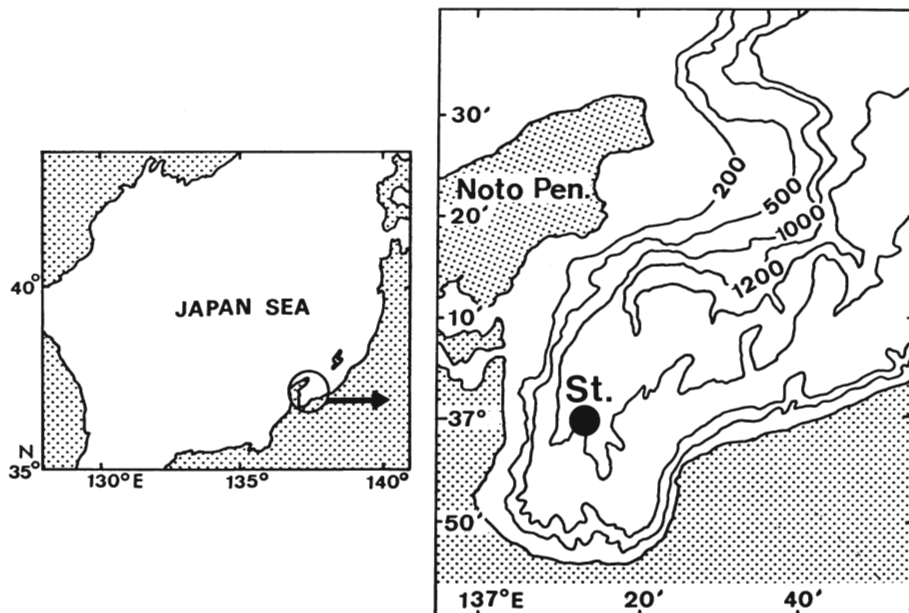


Fig. 1. Maps showing the location of Toyama Bay (left panel), and position of the present sampling station in the central part of Toyama Bay (right panel). Bathymetric contours (200, 500, 1000 and 1200m) in Toyama Bay are also shown.

*nutum* を餌として与えた。実際、投餌後各バイアル中に排泄糞粒を確認できた。

(3) 実験水温は10, 15, 20, 25, 27.5及び30℃の6段階に設定した。これらのうち、10℃は富山湾の表面における年間を通しての最低水温、また、27.5℃は通常観測される年間最高水温にはほぼ一致するものである。更に、30℃は富山湾では稀にしか観測されない水温である\*。

(4) 各水温における供試個体数は15℃が9個体、その他では10個体とした。

(5) 実験は暗条件とし、卵囊の有無とノウブリウスの出現を10月1日から11月4日までの期間中毎日一回、飼育水の交換時に観察した。なお、本種は外洋性カイアシ類の中では広鹹性種(33.50~38.71‰)に属することから(HOPPER 1960)、飼育水の塩分変化については調べなかった。

(6) 孵化の完了を確認した際には、雌だけを新鮮な飼育水の入った別のバイアルに移し替え、残った全てのノウブリウスを飼育水と共に約5%中性ホルマリン海水で固定した。後日、それらを計数し、本種の産卵数とした。

## 結果と考察

### 1 野外調査

富山湾湾中央部における *Oncaea venusta* の個体数(雌と雄の合計と卵囊をもった雌)と表面水温の季節変化との関連を Fig. 2 に示す。卵囊をもった雌は年間最高水温(27.9℃)が記録された8月末に総個体数と共に年間最大に達する特徴を示した。しかしながら、これら雌は15~20℃

\*長沼 未発表資料

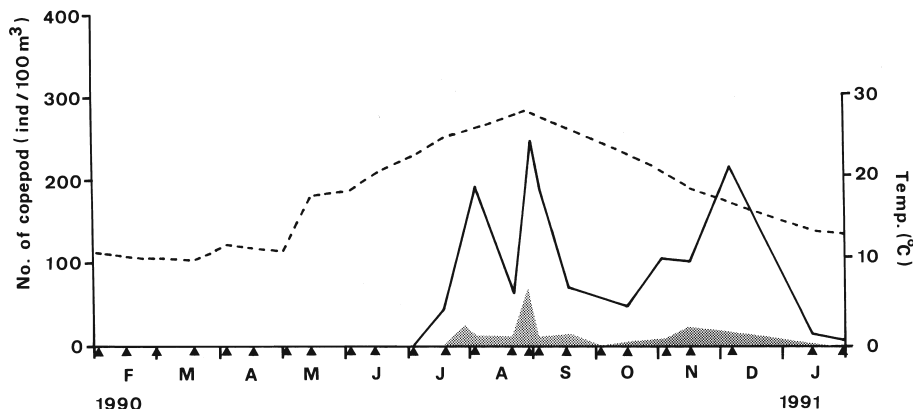


Fig. 2. Seasonal variations in the total number (solid line) and the number of ovigerous females (shaded) of *Oncaea venusta* in relation to surface water temperature (broken line) at the station in the central part of Toyama Bay from February 1990 to January 1991. Sampling dates are indicated by solid triangles on the bottom abscissa.

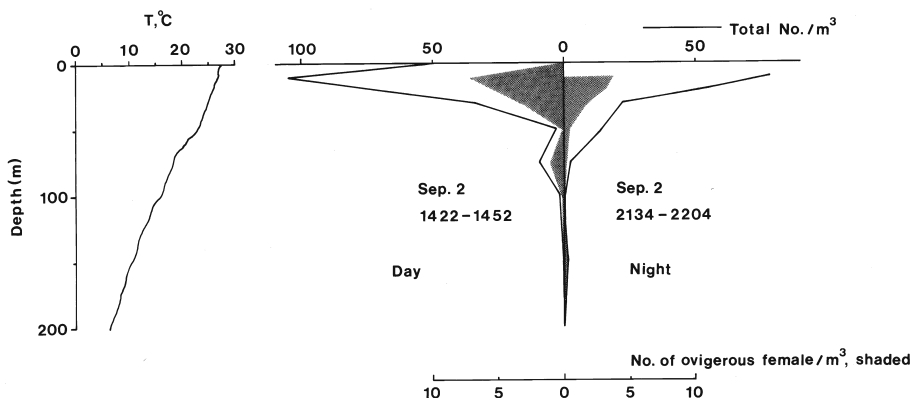


Fig. 3. Day-night vertical distribution of the total number (solid line) and the number of ovigerous females (shaded) of *Oncaea venusta* in relation to the vertical temperature profile (left panel) at the station in the central part of Toyama Bay in September 1986.

になる秋（11月）から冬（12月）にかけては、総個体数の増加にもかかわらず、そのピークに対応した夏季のような増え方は示さなかった。更に、冬（2月）から春（5月）にかけての低水温期（10～15℃）には、採集されなかった。また、1986年9月初めのMTDネット採集調査によると、卵嚢をもった雌の主分布層は全個体数の場合と同様に、昼夜共に30m以浅の高水温層（>25℃、表面水温；27.3℃）に限定されていた（Fig. 3）。これらの観察結果からは、富山湾においては表層水温が本種の再生産を季節的に支配する一要素になっているものと考えられる。

## 2 室内飼育実験

各実験水温における第1回目の卵生産（野外で産出された卵嚢中の卵数と孵化が観察された

雌個体数) および孵化時間の平均値を Table 1 に示す. 15~30℃では, 最初の卵囊中の全ての卵が孵化するまでの時間は, 実験開始から平均 2 日(30℃)~ 7 日(15℃) の範囲で変化するが, 高水温ほど短くなり, Calanoida (例えば MCLAREN 1966) と同様に水温と負の相関を示した. 一方, 平均産卵数では 10℃を除く各水温間で大差は認められなかった(約 70~90 個/雌). これらの平均値は従来船上での短期飼育実験 (SAZHINA 1985) により得た平均初期産卵数 (73~79 個/雌) に近い値を示した. これに対して, 10℃における実験では, 他の実験水温では全ての雌で完全な孵化 (ノウブリウスの産出) が確認されたのに対して, 僅か 1 個体の雌で孵化がみられただけであり, しかも一部しか観察されなかった. このことから, 10℃のように低い水温は本種の孵化および次の卵 (卵囊) 生産に対し, 阻害作用を及ぼすことが明らかとなった.

10℃を除く, 各実験水温における第 2 回目の卵生産 (実験室において産出された第 1 回目の卵囊中の卵数と孵化が観察された雌個体数) および孵化時間についてみると (Table 2), 平均孵化時間は, 27.5 及び 30℃では 25℃より若干長くなるが, 全体を通してみれば, 1 回目の実験結果と同様に, 高水温ほど短くなる傾向を示した. 他方, 産卵数では 1 回目と比較し, パラッキが大きくなり, また, 卵囊の消失 (孵化を意味する) にもかかわらず, 産出ノウブリウスを確認できなかった実験区も発見された. Poecilostomatoida (*Oncaea* 属) の食性は過去の知見から恐らく雑食性であろうと区分されるが, その実態に関して明確ではない (PAFFENHÖFER 1993). これらのことは, 雌によるノウブリウスの捕食活動を示唆している. 即ち, 実験開始から 1 週間以上経過すると, 産卵数には水温の他に, 餌料条件に起因する人為的影響が加わり始

**Table 1.** Initial brood size, development time of eggs to hatching and the number of females with 100% hatchability of *Oncaea venusta* at six temperatures. Each experiment was conducted with a single female with two egg sacs. Values are means  $\pm$  1SD except 10℃.

Temp. (°C)	No. of experiments	No. of females with 100% hatchability <sup>a)</sup>	Egg development time (days)	Brood size (No. of nauplii/female)
10	10	1 <sup>b)</sup>	>24.0	>14.0
15	9	9	7.2 $\pm$ 3.1	78.3 $\pm$ 16.9
20	10	10	5.0 $\pm$ 1.6	91.7 $\pm$ 38.0
25	10	10	3.3 $\pm$ 1.3	69.7 $\pm$ 32.4
27.5	10	10	2.8 $\pm$ 0.9	72.0 $\pm$ 32.1
30	10	10	2.0 $\pm$ 0.0	83.6 $\pm$ 20.3

<sup>a)</sup> determined for the initial release of both egg sacs. <sup>b)</sup> incomplete hatchability.

**Table 2.** Secondary brood size, development time of eggs to hatching and the number of females with 100% hatchability of *Oncaea venusta* at five temperatures. Values are means  $\pm$  1SD except for 15℃ and 30℃.

Temp. (°C)	No. of females with 100% hatchability <sup>a)</sup>	Egg development time (days)	Brood size (No. of nauplii/female)
15	1	12.0	33.0
20	6	7.3 $\pm$ 0.5	22.5 $\pm$ 15.5
25	6	5.0 $\pm$ 0.6	35.8 $\pm$ 21.3
27.5	5	5.8 $\pm$ 2.9	18.4 $\pm$ 17.8
30	1	6.0	0.0

<sup>a)</sup> determined for the secondary release of both egg sacs.

**Table 3.** Total brood size (E), reproductive period (D) and egg production rate (E/D) of *Oncaea venusta* at three temperatures. Values are means  $\pm$  1SD.

Temp. (°C)	Reproductive period <sup>a)</sup> (days)	Brood size (No. of nauplii/female)	Egg production rate (No. of nauplii/female/day)
20	12.8 $\pm$ 3.7	99.8 $\pm$ 16.4	8.1 $\pm$ 1.7
25	8.3 $\pm$ 2.3	93.7 $\pm$ 34.4	12.4 $\pm$ 6.3
27.5	9.8 $\pm$ 6.3	97.6 $\pm$ 44.1	11.5 $\pm$ 6.4

<sup>a)</sup> duration from the start of experiments to the secondary release of both egg sacs.

**Table 4.** Comparison of the egg production rate in laboratory experiments for the genus *Oncaea*.

Species	Location	Mean number of eggs /female/day	Temperature (°C)	Reference
<i>Oncaea venusta</i>	Indian Ocean	12.0-15.0	29 <sup>a)</sup>	SAZHINA (1985)
<i>Oncaea venusta</i>	Japan Sea (Toyama Bay)	8.1 11.5-12.4	20 25-27.5	This study This study
<i>Oncaea media</i>	Indian Ocean	10.0	29 <sup>a)</sup>	SAZHINA (1985)
<i>Oncaea conifera</i>	Indian Ocean	11.0-12.0	29 <sup>a)</sup>	SAZHINA (1985)
<i>Oncaea mediterranea</i>	North Atlantic (off Georgia)	5.3-13.3	20	PAFFENHÖFER (1993)

<sup>a)</sup> estimated from data published by PLOTNIKOV *et al.* (1985a, b).

め、その変動を大きくしているであろうと考えられる。

しかしながら、こうした問題はあるものの、新しく卵嚢を付け、更にノウプリウスを産出(孵化)できた雌の個体数をみると、20~27.5°Cでは5~6個体が観察されたのに対して、15と30°Cでは僅か1個体であり、残りの雌(15°C; 8個体, 30°C; 9個体)は新しく卵嚢を付着しなかった。このことから、第1回目の卵生産後には、実験水温のうち、2番目に低い水温(15°C)と30°Cのように高い水温とが本種の産卵活動に悪影響を与えているものと判断された。

本実験中に新規卵嚢を産出した雌でも、その殆どが2回目の卵嚢(野外における卵生産から数えて第3回目の卵生産)を産出しなかったことから、20、25及び27.5°Cにおける実験開始から2回目の孵化までの時間を、再生産期間(D)として、この期間中の総産卵数(E)と産卵速度(E/D)の平均値をTable 3に示す。平均総産卵数は、94~100個/雌で、水温の違いによる顕著な差異は見出されなかった。平均再生産期間は25及び27.5°Cでは20°Cと比較し、3日或いは5日短くなり(8.3~9.8日)、平均産卵速度も見掛け上増加する傾向(平均12個/雌/日)を示したが、有意差はみられなかった(*t*-検定,  $P > 0.5$ )。

本実験により得たこれら平均産卵速度(平均8~12個/雌/日)は他水域から報告されている*Oncaea*属(本種を含む4種)の平均産卵速度の範囲内(平均5~15個/雌/日)にあり、そのうち、25と27.5°Cではインド洋産*O. venusta*(推定水温; 29°C)のそれらにほぼ等しかった(Table 4)。この様なことから、本種は日本海対馬暖流表層域においても高水温期(>20~25°C)にはその卵生産活動を促進する一方、低水温期(<15°C)には抑制する暖海外洋性種としての産卵特性を維持しているものと結論できる。

## 文 献

- HIRAKAWA, K., IKEDA, T. and KAJIHARA, N. (1990) Vertical distribution of zooplankton in Toyama Bay, southern Japan Sea, with special reference to Copepoda. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **37**, 111-126.
- HIRAKAWA, K., IMAMURA, A. and IKEDA, T. (1992) Seasonal variability in abundance and composition of zooplankton in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Bull. Japan Sea Natl. Fish. Res. Inst.*, (42), 1-15.
- HOPKINS, T. L. and TORRES, J. J. (1989) Midwater food web in the vicinity of a marginal ice zone in the western Weddell Sea. *Deep-Sea Res.*, **36**, 543-560.
- HOPPER, A. F. (1960) The resistance of marine zooplankton of the Caribbean and South Atlantic to the changes in salinity. *Limnol. Oceanogr.*, **5**, 43-47.
- MCLAREN, I. A. (1966) Predicting development rate of copepod eggs. *Biol. Bull.*, **131**, 457-469.
- 三井田恒博・角建造 (1967) 対馬東水道海域における海況の短期変動について—I —昼夜観測結果 (1966年11月). 福岡県福岡水産試験場調査研究報告, (13), 9-17.
- PAFFENHÖFER, G.-A. (1993) On the ecology of marine cyclopoid copepods (Crustacea, Copepoda). *J. Plankton Res.*, **15**, 37-55.
- PASTERNAK, A. F. (1984) Feeding of copepods of the genus *Oncaea* (Cyclopoida) in the southeastern Pacific Ocean. *Oceanology (USSR)*, **24**, 609-612. (English translation)
- PLOTNIKOV, V. A., BULGAKOV, N. P. and GOLOVKOV, V. A. (1985a) Temperature-salinity structure of waters in South Subequatorial Divergence of the Indian Ocean. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, **32**, 231-252.
- PLOTNIKOV, V. A., BULGAKOV, N. P. and GOLOVKOV, V. A. (1985b) Structure of hydrological fields in subequatorial region of north-eastern part of the Indian Ocean. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, **32**, 253-266.
- SAZHINA, L. I. (1985) Fecundity and growth rate of copepods in different dynamic zones of equatorial countercurrent of the Indian Ocean. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, **32**, 491-505.
- SHIMOMURA, T. (1954a) Planktological study on the warm Tsushima Current regions—I Plankton properties and their relation to oceanographic conditions of Noto Peninsula-Sado Island region in the autumn of 1950. *Ann. Rep. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, (1), 127-138.
- SHIMOMURA, T. (1954b) Planktological study on the warm Tsushima Current regions—II Plankton properties and their relation to oceanographic conditions of the central Japan Sea in the summer of 1951. *Ann. Rep. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, (1), 139-152.
- SHIM, J. H. and LEE, T.-S. (1986) Studies of the plankton in the southwestern waters of the East Sea (Sea of Japan) (III) Zooplankton—standing stock, composition and distribution. *J. Oceanol. Soc. Kor.*, **21**, 146-155. (In Korean with English abstract)
- TURNER, J. T. (1986) Zooplankton feeding ecology: contents of fecal pellets of the cyclopoid copepods *Oncaea venusta*, *Corycaeus amazonicus*, *Oithona plumifera*, and *O. simplex* from the northern Gulf of Mexico. *P.S.Z.N.I : Marine Ecology*, **7**, 289-302.
- UYE, S. and SHIBUNO, N. (1992) Reproduction biology of the planktonic copepod *Paracalanus* sp. in the Inland Sea of Japan. *J. Plankton Res.*, **14**, 343-358.
- YAMAZI, I. (1953) Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan VII. The plankton collected during the cruises to the New Yamato Bank in the Japan Sea. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **3**, 75-108.