

北極海に輸送された太平洋産プランクトンの運命

松野孝平¹、山口 篤²、菊地 隆³¹ 国立極地研究所² 北海道大学大学院水産科学研究院、³ 海洋開発研究機構

Fate of transported Pacific plankton in the Arctic Ocean

Kohei Matsuno¹, Atsushi Yamaguchi², Takashi Kikuchi³¹ National Institute of Polar Research² Hokkaido University, Graduate School of Fisheries Sciences, ³ JAMSTEC

Zooplankton has an important role in energy transport from primary production to higher trophic organisms in marine ecosystem. Within the zooplankton community of the Arctic Ocean, copepods are the most dominant taxa. Copepod fauna is varied with the three oceans around Arctic Ocean (Atlantic, Arctic and Pacific Oceans). In the Arctic Ocean, *Calanus glacialis* (4 mm in total length) is dominated, while larger copepods (*Neocalanus cristatus*, *N. flemingeri*, *N. plumchrus* and *Eucalanus bungii*, all species are 5-9 mm in total length) are dominated in the Pacific Ocean. In the Chukchi Sea, Pacific sector of the Arctic Ocean, transported Pacific copepods have increased with the recent drastic sea-ice reduction (Matsuno et al. 2011). If this expatriated species can maintain their population in the Arctic Ocean, it induces greater changes in lower trophic levels of marine ecosystem. However, little information is available for probability of this change. In this study, we made ship-board incubation of Pacific copepods, which collected in the Chukchi Sea, revealed their reproduction, and discuss the probability of their immigration in the Arctic Ocean.

During September 2013, fresh zooplankton samples were collected by vertical hauls with ring net (mesh size: 0.33 mm) in the Chukchi Sea. From the fresh samples, live adult females of Pacific copepod *N. flemingeri* were sorted, and incubated at ambient temperature (0°C) in the dark. The presence of eggs was checked every day, and egg numbers were counted. The eggs were also incubated separately and checked daily for hatching during maximum ten days.

The abundance of adult females of *N. flemingeri* in the different samples ranged from 0 to 1.40 ind. m⁻³ (mean: 0.16 ind. m⁻³). It is notable that no adult males were detected throughout the study period. Through 100-day incubation, spawning was observed for all of the specimens (19 individuals) (Figure 1a-c), and nearly half (10/19) produced four or more clutches during the experiments. Spawning intervals were 11.5±5.6 days, which were longer than reported interval in Pacific Ocean because of low incubation temperature. The maximum clutch size was 1,005 eggs clutch⁻¹ (mean±SD: 377±79 eggs clutch⁻¹), and the clutch size decreased after 20 days of incubation (Figure 1d). The maximum number of clutches for a single specimen was ten. The total fecundity was 960±316 eggs female⁻¹ (mean±SD), and this range was similar with reported value in the Pacific Ocean. However, hatching success was 7.5±8.7%, which is extremely low compared with 93% in the Pacific Ocean. Low hatching success is considered to be caused by failures of fertilization. In the typical life cycle of *N. flemingeri* in the North Pacific and Bering Sea, mating and spawning both occur below a 250 m depth. Because the spawning adult females in the Chukchi Sea were collected at 0-49 m, they presumably had either matured prior to being transported by Pacific waters into the Chukchi Sea or they could not descend to a deeper layer because of the shallowness (ca. 50 m) of the Chukchi Sea in comparison to the Pacific Ocean. These abnormal conditions may affect the mating and reproduction of *N. flemingeri*, resulting in low hatching success. Concerning to the potential recruitment numbers (=female abundance [females m⁻²] × fecundity [eggs female⁻¹] × hatching success [nauplii eggs⁻¹]), 1,591,841 nauplii m⁻² for the Pacific Ocean, while 1,852 nauplii m⁻² of the Arctic Ocean in this study, which is about 1/800 of the Pacific Ocean. The potential recruitment number for *N. flemingeri* suggests that it is unlikely to establish expatriate Arctic population in the near future (Matsuno et al. 2015).

動物プランクトンは、海洋生態系において植物プランクトンによる一次生産を、魚類などの高次捕食者に受け渡す役割を担っている。北極海の動物プランクトン相で最優占する分類群はカイアシ類である。カイアシ類の種類相は北極海をめぐる3大洋(太平洋、北極海および大西洋)毎に異なっている。北極海には全長で4 mmと比較的小型な *Calanus glacialis* が優占するが、北太平洋やベーリング海では全長5-9 mmと大型な *Neocalanus cristatus*、*N. flemingeri*、*N. plumchrus* および *Eucalanus bungii* が優占する。太平洋側北極海に位置するチャクチ海では、近年の海氷衰退に伴い、太平洋から輸送されてきた太平洋産種が増加している (Matsuno et al. 2011)。この流入する太平洋産種がもし北極海内に定着すれば、海洋低次生態系構造の改変をもたらすことになるが、その可能性について

ては未だ不明な点が多い。本研究は、チャクチ海において採集された太平洋産種について船上で飼育実験を行い、その再生産について明らかにし、定着の可能性について考察を行ったものである。

2013年9月に、チャクチ海において、リングネット(目合い0.33 mm)による生鮮試料採集を行った。試料中から生きた太平洋産カイアシ類 *N. flemingeri* の雌成体をソートし、現場水温の0°Cで飼育した。毎日産卵の有無を観察し、産卵が見られた際には卵数を計測した。卵は別途飼育し、孵化の有無について毎日、最長10日間の観察を行った。

調査期間中に出現した *N. flemingeri* の雌成体は、0–1.40 ind. m⁻³ (平均で0.16 ind. m⁻³) であったが、雄成体は全く出現しなかった。チャクチ海で採集された全ての雌成体(19個体)において、産卵が確認された(Figure 1a-c)。およそ半分の個体(10個体/19個体)は、実験中に4回以上の産卵を行った。産卵間隔は11.5±5.6 daysであり、これは低水温のために北太平洋での結果と比べて長かった。最大産卵数は1,005 eggs clutch⁻¹ (平均±標準偏差: 377±79 eggs clutch⁻¹) であり、飼育開始から20日後に減少が見られた(Figure 1d)。一個体あたりの最大産卵回数は10回であった。生涯産卵数は、960±316 eggs female⁻¹ (平均±標準偏差) で、これは北太平洋の既報の値と同程度であった。しかし、孵化率は7.5±8.7%と北太平洋の93%に比べて非常に低かった。この非常に低い孵化率は、卵が未授精のまま産卵されているためと考えられる。北太平洋やベーリング海における *N. flemingeri* の通常的生活史では、交尾や産卵は水深250 m以深で見られる。本研究で産卵を行った雌成体は0–49 mと浅いチャクチ海で採集されていたため、彼らは恐らく成熟したのちに太平洋水によってチャクチ海に輸送されてきた、あるいはチャクチ海が北太平洋と比べて50 mと浅かったために深海に潜れなかった個体であると考えられる。このような通常の生息環境とは大きく異なる状況が、*N. flemingeri* の交尾と再生産に影響を与え、その結果として孵化率が低かったと考えられる。単位面積あたりの次世代回帰個体数(=雌成体出現個体数 [females m⁻²] ×生涯産卵数 [eggs female⁻¹] ×孵化率 [nauplii eggs⁻¹]) を計算したところ、北太平洋では1,591,841 nauplii m⁻²であったのに対し、本研究では1,852 nauplii m⁻²と北太平洋の800分の1であったことから、現時点では、北極海内で太平洋産種は次世代を残せず、死滅していると考えられる(Matsuno et al. 2015)。

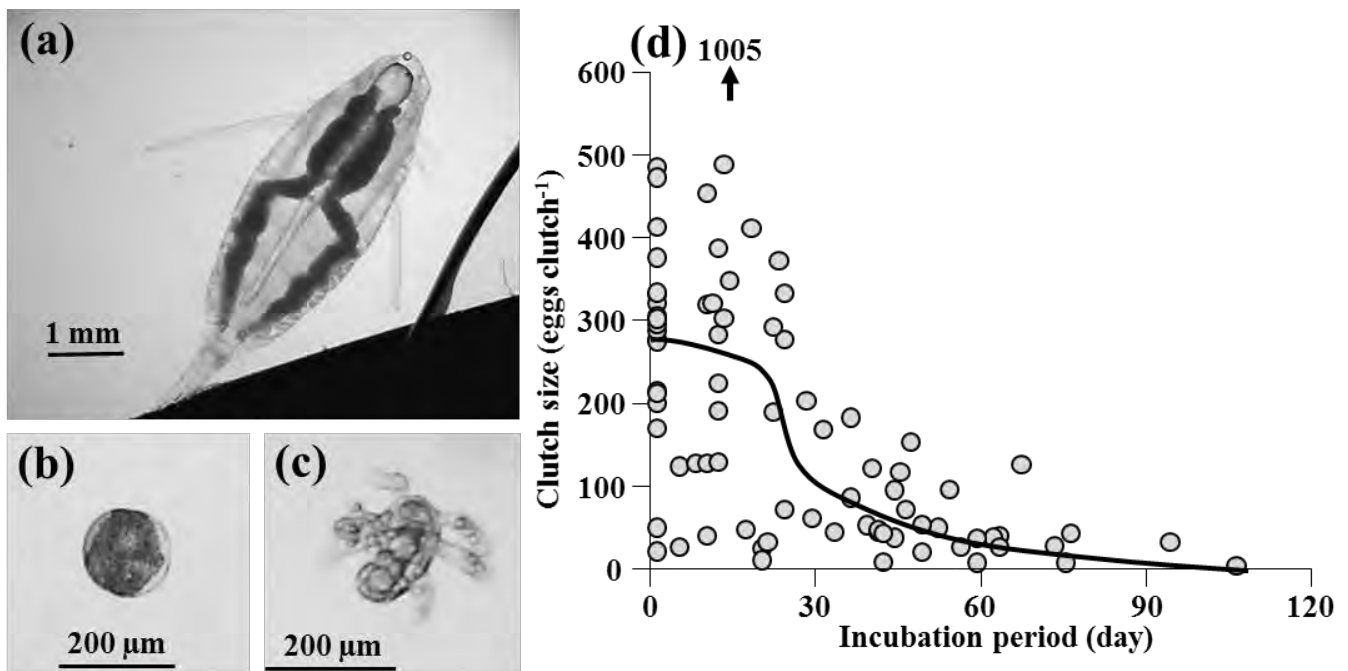


Figure 1. Adult female (a), reproduced egg (b) and nauplius (c) of *Neocalanus flemingeri* in the Chukchi Sea. Temporal changes in the clutch size of *N. flemingeri* during the incubation period (d). Solid lines indicate eye-fitted line.

References

- Matsuno, K., A. Yamaguchi, T. Hirawake and I. Imai, Year-to-year changes of the mesozooplankton community in the Chukchi Sea during summers of 1991, 1992 and 2007, 2008, *Polar Biology*, 34(9), 1349-1360, 2011.
- Matsuno, K., A. Yamaguchi, T. Hirawake, S. Nishino, J. Inoue and T. Kikuchi, Reproductive success of Pacific copepods in the Arctic Ocean and the possibility of changes in the Arctic ecosystem, *Polar Biology*, 38(7), 1075-1079, 2015.