

種子島沖合における親潮潜流の到達の可能性：北太平洋亜寒帯指標種 *Neocalanus cristatus* (カイアシ類) の出現

大塚 攻^{1)*}・田中隼人^{1)**}・近藤裕介¹⁾・内海隼人¹⁾・橋本周一郎¹⁾・片岡 聖¹⁾・
中口和光²⁾・山口修平²⁾・加藤幹雄²⁾・Dhugal Lindsay³⁾・砂原圭佐³⁾

¹⁾ 広島大学大学院生物圏科学研究科附属瀬戸内圏フィールド科学教育研究センター竹原ステーション
〒725-0024 広島県竹原市港町 5-8-1

²⁾ 広島大学生物生産学部附属練習船豊潮丸 〒737-0029 広島県呉市宝町 7-4

³⁾ 国立研究開発法人海洋研究開発機構 〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町 2-15

要 旨 大型浮遊性カイアシ類 *Neocalanus cristatus* は北太平洋亜寒帯に分布し、日本列島の太平洋側に沿って南進する親潮潜流に無効分散する。親潮潜流において本種の最も西側における過去の出現記録は北緯28°、東経134°であった。2015年5月に実施した調査で、種子島約300 km 東方（北緯30°50′、東経131°30′）において本種のコペポデイドV期幼体が出現したため、親潮潜流がこの地点の水深600～950 m まで達している可能性が示唆された。

キーワード : *Neocalanus cristatus*, 親潮潜流, 黒潮, 種子島

緒 言

日本周辺には暖流である黒潮およびそれから派生する対馬暖流、寒流である親潮、リマン海流が存在する（日本海洋学会沿岸海洋研究部会 1985）。それらの海流（水塊）の指標種として様々な動物プランクトンが知られており、寒流指標種としてはキタヤムシ *Parasagitta elegans* (Verrill, 1873)、カイアシ類 *Neocalanus cristatus* (Krøyer, 1848) などが知られる（Marumo 1966, Omori 1967, Omori and Tanaka 1967）。また、黒潮の勢いが強い時期には通常黒潮流域に生息する外洋性プランクトンが瀬戸内海中央部まで流入してくる現象が知られており、黒潮の流入を知ることができる（Kado 1957, Hirota 1962）。

親潮は北太平洋亜寒帯循環が西太平洋沿岸の千島列島沿いに南下し、北海道南東部、三陸沖を洗って、宮城県～茨城県沖まで達する（日本海洋学会沿岸海洋研究部会 1985）。北緯 42° 付近で暖流と遭遇して混合水となり、一部の沈み込みが起こって親潮潜流を形成する。太平洋側ではこの潜流は水深 400～1000 m を南西方向に流れ、伊豆半島沖合を経て紀伊半島沖合まで達している（Omori 1967）。さらに、この親潮起源の水塊は本州太平洋岸沖合で黒潮および伊豆海嶺、四国海盆などの海底地形の影響によって複雑な流れを形成することが知られ、四国沖合では黒潮の南側に位置する（Sekine and Miyamoto 2002）。

親潮指標種である *Neocalanus cristatus* の北海道～本州の太平洋側沖合における鉛直分布が Omori (1967) によって詳しく調査されており、三陸沖ではコペポデイドV期/成体は水深 500～750 m、相模湾、駿河湾付近では水深 600～1200 m、紀伊半島南方の北緯 30° 付近では水深 1100～1400 m に出現し、緯度が低くなるに従って生息深度が深く、かつ密度は減少していく。*Neocalanus cristatus* の分布から親潮潜流は本州沿岸に沿って西進する流路や本州の南沖合を通して鳥島沖以西に達している西進流路が推測されている。この指標性種の分布から親潮潜流が達する南限は北緯 28°、東経 134° 付近であると推定されていた（Omori 1967）。

2015年に実施した我々のプランクトン調査において、種子島東部沖合（北緯 30°49.98′、東経 131°29.94′）の深海から *N. cristatus* の幼体が発見され、従来の報告より親潮潜流がさらに西に到達している可能性があるののでここに記録しておく。

2016年8月19日受理 *Corresponding author: ohtsuka@hiroshima-u.ac.jp

** 現住所：東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター 〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

材料と方法

動物プランクトンの採集は種子島東部沖合（北緯 30°49.98′，東経 131°29.94′，水深 1223 m）において 2015 年 5 月 25 日 09:18 ~ 12:32 に ST-8 で行った（Fig. 1）。ORI net（Omori 1965：口径 160 cm，網目 0.33 mm）を，広島大学生物生産学部附属練習船豊潮丸を 2 kt で航行させながらワイヤーを徐々に繰り出し，ワイヤー長が 1900 m に達した時間から傾角 60°を保ちながら 30 分間水平曳きした。ワイヤー長と傾角からネットの水深は約 950 m と推定される。曳網終了後，直ちに 3 L のポリビンにコードエンド内の採集物を入れて，容器の周りを氷で冷やしながら実体顕微鏡下でカイアシ類を選別した。採集されたカイアシ類は必要に応じて 99.5% あるいは 70% エタノールで固定した。

なお，水温，塩分の測定は JAMSTEC 仕様 VPR に装着した CTD（Citadel CTDNV, Teledyne RD Instruments, FSI NIXX CTD Auto-7000 m）によって同定点の水深 470 m まで測定した結果を示す。

結果と考察

CTD の水深 470 m までの水温，塩分の鉛直プロファイルを図 2 に示す。水温は表面で最も高く 21.6°C，水深とともに徐々に低下して水深 470 m で最低 6.8°C であった。塩分は表面で 34.51 であったが，水深 89 m で最高 34.70 に達し，それ以深は徐々に低下して水深 470 m で 34.20 であった。駿河湾において親潮起源の水塊は年間を通じて水温 3 ~ 11°C，塩分 34.2 ~ 34.4 と定義されている（日本海洋学会沿岸海洋研究部会 1985）。種子島付近でもこの範囲が適応できるのであれば，水深 300 m 付近がこの水塊の最上部に相当する。

種子島東部沖合 ST-8 に出現した *Neocalanus cristatus* 1 個体はコペポデイド V 期幼体であった（Fig. 3）。頭部先端～尾肢の先端（刺毛は除く）までの体長は 7.96 mm であった。これは金華山沖，相模湾，駿河湾から報告された本種コペポデイド V 期幼体の体長（6.80 ~ 9.30 mm）の範囲内にあり，特に 4 月に金華山沖，10 月に駿河湾，相模湾から採集された平均体長 7.91 ~ 8.06 mm とよく一致する（Omori and Tanaka 1967）。本種の体長は餌料環境によって同ステージでも変化することが知られている（Tsuda *et al.* 2001）。筋肉は比較的未発達だが，体内には油球が少量観察されたので，Ikeda *et al.* (1990) の intermediate type に分類される。このタイプは，コペポデイド IV 期幼体からの脱皮直後で筋肉が未発達で油球のない transparent type と摂食をして筋肉が発達して体内に油球が充満する solid type の中間段階である（Ikeda *et al.* 1990）。

親潮流域を含む北太平洋では本種は生態学上，水産学上重要な鍵種であるために非常に詳しく研究されている（Miller *et al.* 1984, Ikeda *et al.* 1990, Kobari and Ikeda 1999, Tsuda *et al.* 2001, 2004）。特徴的なことは，主要個体群は春季の植物プランクトンブルームに同調した生活史を持つことである。北太平洋における本来の生息場所では，ブルームの起こる前に成体は水深 500 m 以深で産卵し，孵化したノープリウス幼生は表層へ移動してコペポデイド I ~ V 期まで表層の植物プランクトンを利用して脱皮，成長し，夏季にコペポデイド V 期が深層に移動して冬季の産卵期まで休眠する。一方，親潮潜流における本種個体群は産卵に参加せず，無効分散であると考えられている（Omori and Tanaka 1967, Oh *et al.* 1991）。

これまで *N. cristatus*（コペポデイド V 期）が親潮潜流において出現した最も西に位置する定点（144 in Fig. 1）の経度は東経 134°15′（Omori 1967）であったので，今回の調査によって約 300 km さらに西側まで親潮潜流が達していることが推測された。今回の調査では *N. cristatus* の生息深度は特定できないが，傾角から約 950 m 以浅と考えられる。駿河湾沖合での親潮潜流は水深 600 ~ 1200 m に存在する（Omori 1967）ことから，種子島沖合では水深 600 ~ 950 m の間に生息層があると推定される。水温，塩分のデータからは水深 300 m 以深が親潮潜流の水塊と推定されるが，黒潮本体の厚み（600 ~ 800 m）（西村 1981）を考慮するとこの範囲は妥当であろう。

黒潮の流路，強さは年変動が著しいので（Sekine and Miyamoto 2002），親潮潜流が到達できる範囲も年変動が予想される。親潮，黒潮の両海流の流路，勢力と親潮潜流の最西端の到達位置などについてはさらに詳しい調査が必要であろう。

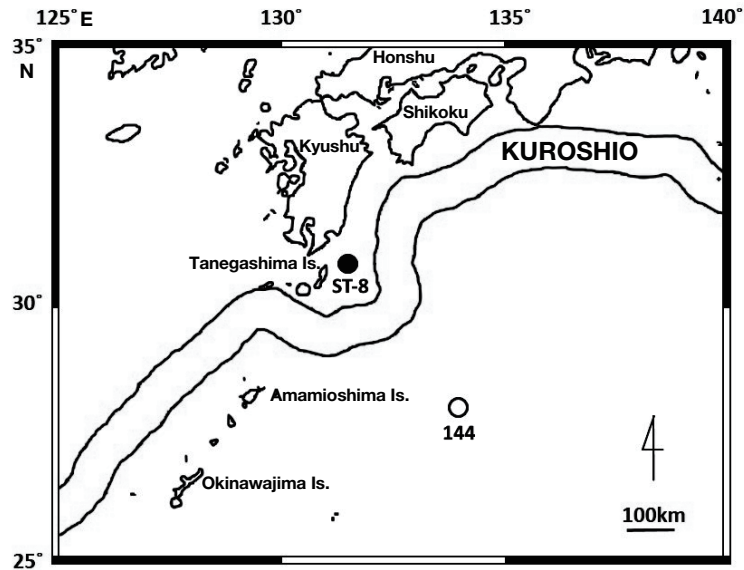


Fig. 1. Sampling site (closed circle, ST-8) of deep-sea zooplankton off Tanegashima Island, Kyushu on May 25, 2015. The westernmost collection site (open circle, 144) of *Neocalanus cristatus* in submerged Oyashio waters was previously recorded by Omori (1967). The main passage of the Kuroshio Current on May 25, 2015 is superimposed on the chart based on the data from The Japan Coast Guard (<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/KAIYO/qboc/2015cal/cu0/qboc2015096cu0.html>).

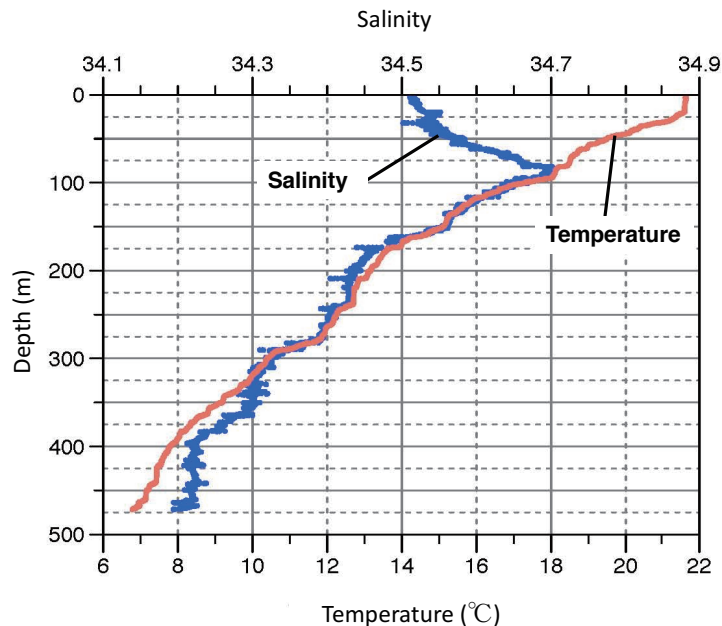


Fig. 2. Vertical profile of depth-water temperature-salinity at ST-8 on May 25, 2015.

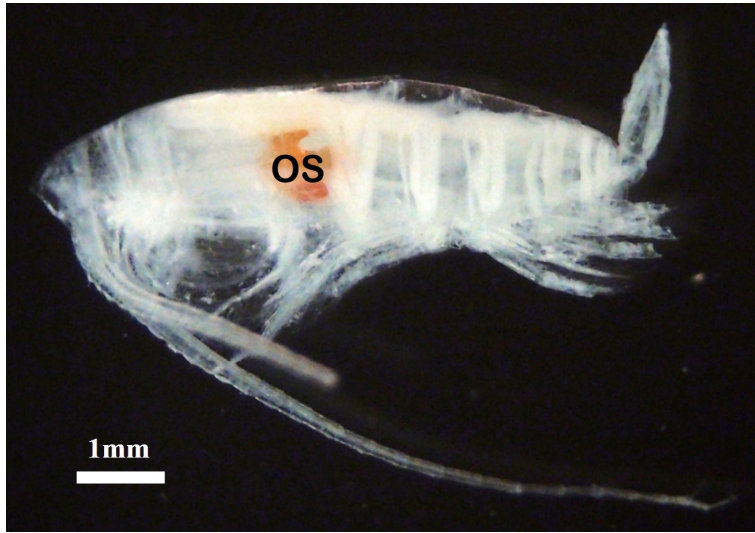


Fig. 3. *Neocalanus cristatus* (copepodid V) collected from off Tanegashima Island, Kyushu on May 25, 2015. Antennules and legs were partially damaged. OS: oil sac.

謝 辞

本調査では広島大学生物生産学部附属練習船豊潮丸の乗組員、乗船者には採集でご協力いただいたので記して感謝したい。また、原稿を査読いただき、貴重なコメントをいただいた東京大学大気海洋研究所津田敦教授には深謝したい。本研究の一部は日本学術振興会科学研究費(基盤研究C, No. 16K07825, 代表 大塚 攻)によって行われた。

引用文献

- Hirota R. 1962. Species composition and seasonal changes of copepod fauna in the vicinity of Mukaishima. *Journal of Oceanographical Society of Japan*, **18**: 35-40.
- Ikeda T, Hirakawa K, Kajihara N. 1990. Some characteristics of a coldwater copepod *Calanus cristatus* from regions of the Japan Sea covered by the Tsushima Warm Current. *Bulletin of Japan Sea National Fisheries Research Institute*, **40**: 51-65.
- Kado Y. 1957. The seasonal change of the chaetognath and pelagic copepod fauna of Hiroshima Bay in the Inland Sea of Japan, with special reference to the appearance of oceanic species. *Journal of Science of Hiroshima University, Series B, Division*, **1**: 121-129.
- Kobari T, Ikeda T. 1999. Vertical distribution, population structure and life cycle of *Neocalanus cristatus* (Crustacea: Copepoda) in the Oyashio region, with notes on its regional variations. *Marine Biology*, **34**: 683-696.
- Marumo R. 1966. *Sagitta elegans* in the Oyashio undercurrent. *Journal of Oceanographical Society of Japan*, **22**: 129-137.
- Miller CB, Frost BW, Batchelder HP, Clemons MJ, Conway RE. 1984. Life histories of large, grazing copepods in a subarctic ocean gyre: *Neocalanus plumchrus*, *Neocalanus cristatus*, and *Eucalanus bungii* in the Northeast Pacific. *Progress in Oceanography*, **13**: 201-243
- 日本海洋学会沿岸海洋研究部会. 1985. 日本全国沿岸海洋雑誌. 東海大学出版会, 東京, 1106pp.

- 西村三郎. 1981. 地球の海と生命. 海洋生物地理学序説. 海鳴社, 東京, 284pp.
- Oh B-C, Terazaki M, Nemoto T. 1991. Some aspects of the life history of the subarctic copepod *Neocalanus cristatus* (Calanoida) in Sagami Bay, central Japan. *Marine Biology*, **111**: 207-212.
- Omori M. 1967. *Calanus cristatus* and submergence of the Oyashio water. *Deep-sea Research*, **14**: 525-532.
- Omori M, Tanaka O. 1967. Distribution of some cold-water species of copepods in the Pacific water off East-Central Honshu, Japan. *Journal of Oceanographical Society of Japan*, **23**: 63-73.
- Sekine Y, Miyamoto S. 2002. Influence of Kuroshio flow on the horizontal distribution of North Pacific Intermediate Water in the Shikoku Basin. *Journal of Oceanography*, **58**: 611-616.
- Tsuda A, Saito H, Kasai H. 2001 Geographical variation of body size of *Neocalanus cristatus*, *N. plumchrus* and *N. flemingeri* in the subarctic Pacific and its marginal seas: implications for the origin of large form of *N. flemingeri* in the Oyashio area. *Journal of Oceanography*, **57**: 341-352.
- Tsuda A, Saito H, Kasai H. 2004. Life histories of *Eucalanus bungii* and *Neocalanus cristatus* (Copepoda: Calanoida) in the western subarctic Pacific Ocean. *Fisheries Oceanography*, **13** (supplement 1); 10-20.

Possible westward extension of submerged Oyashio waters to off Tanagashima Island, Kyushu, western Japan: based on the occurrence of the subarctic copepod *Neocalanus cristatus*

Susumu OHTSUKA¹⁾, Hayato TANAKA¹⁾, Yusuke KONDO¹⁾, Hayato UCHIUMI¹⁾, Shuichiro HASHIMOTO¹⁾,
Masashi KATAOKA¹⁾, Kazumitsu NAKAGUCHI²⁾, Shuhei YAMAGUCHI²⁾, Mikio KATO²⁾,
Dhugal Lindsay³⁾ and Keisuke SUNAHARA³⁾

¹⁾Takehara Station, Setouchi Field Science Center, School of Biosphere Science, Hiroshima University,
5-8-1 Minato-machi, Takehara, Hiroshima 725-0024, Japan

²⁾Training and research vessel Toyoshio-maru, Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University,
7-4 Takara-machi, Kure, Hiroshima 737-0029, Japan

³⁾Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2-15 Natsushima-cho, Yokosuka, Kanagawa
237-0061, Japan

Summary

The large-sized planktonic copepod *Neocalanus cristatus* is distributed in the subarctic Pacific Ocean, and also occurs in the submerged Oyashio Current flowing southward along the Pacific side of Japan as pseudopopulations. These have been recorded from 28°N, 134°E, suggesting this may be the westernmost and southernmost boundary of the submergence. The present survey implies that the submergence reaches further westwards to off Tanegashima Island, Kyushu (30°50'N, 131°30'E) (ca. 300 km), based on the occurrence of the fifth copepodid stage of *N. cristatus* at presumed depths of 600 to 950 m.

Key words: Kuroshio, *Neocalanus cristatus*, submerged Oyashio, Tanegashima Island