

## 論文の内容の要旨

水圏生物科学専攻  
平成 17 年度博士課程 入学  
氏名 野々村 卓美  
指導教員 西田 周平

論文題目 **Ecological studies on the pelagic copepods of the genus *Calanus*  
in the temperate western North Pacific**  
(西部北太平洋温帯域における *Calanus* 属カイアシ類の生態学的研究)

*Calanus* 属カイアシ類は、沿岸から外洋にかけて広範囲に出現し、メソ動物プランクトン現存量の中で卓越することから、海洋の食物連鎖において重要な役割を果たしている。本属の生態的な知見の蓄積は、そこに形成されている生態系の動態を理解する上で不可欠と考えられるが、本属は種間で非常に類似した形態学的特徴をもち、調査海域で複数種が存在する場合、未成体を含む種判別が困難な一群である。西部北太平洋温帯域には *C. sinicus* と *C. jashnovi* が生息するが、既往の研究は、*C. sinicus* のみ生息する浅海域 (<100 m) にほぼ限られ、*C. jashnovi* については極めて知見が乏しい。一方、西部北太平洋沿岸の中・深層 (>200 m) には、体サイズが明瞭に異なる大、小型の *Calanus* 属の未成体が出現するが、これらの種と生態については不明の点が多い。そこで本研究は、水深 1500 m に達する相模湾、およびその東方沖の黒潮続流域を対象に、*C. sinicus* と *C. jashnovi* の鉛直・水平分布、生物量、呼吸と代謝について、従来知見の乏しい中層 (200-1000 m) 個体群も含めた調査を行い、両種の生活史を明らかにすることを目的とした。

### 1. 相模湾の中・深層における *C. sinicus* と *C. jashnovi* の出現

相模湾に生息する *Calanus* 属の種と鉛直分布を明らかにする目的で、2006 年 5 月に湾中央部 (35°00'N, 139°20'E) において VMPS ネットを用い、深度 0-1000 m 間の 8 層で、昼夜各 1 回の層別採集を行った。相模湾で得られた *C. sinicus* に加え、黒潮続流域から *C. jashnovi* を、三陸沖

から *C. pacificus* を採集した。形態情報に基づき種の識別が可能な成体を用いて、*C. sinicus* の 6 個体、*C. jashnovi* と *C. pacificus* の各 1 個体からミトコンドリア srRNA (456-458 bp)、核 ITS1 (366 bp)、核 ITS2 (185-186 bp) の塩基配列を決定し、遺伝的距離 ( $p$ ) を求めた。ミトコンドリア srRNA における *C. sinicus* の種内変異は最大でも 0.002 であったのに対し、3 種間の遺伝的距離は 0.119-0.149 であった。ITS1 と ITS2 では、srRNA における結果よりも遺伝的距離は小さいものの、srRNA と同様に、明瞭な種間変異が確認された。このようにして得られた塩基配列を参照配列とし、相模湾の 1000 m 水柱に出現する *Calanus* 属の種判別を行った。相模湾では *Calanus* 属の大半が 0-50 m に出現したが、コペポダイト 5 期の個体 (CV) は 200 m 以深でも出現し、CI-CIV, CVI に比べ広い分布を示した。200 m 以深の CV では小型群 (平均前体長: 1.9 mm) と大型群 (2.5 mm) が認められた。23 個体について前述 3 種の塩基配列との相同性を調べた結果、0-50 m の CI-CVI と、200-1000 m に分布した小型の CV は *C. sinicus* と同定された。一方、600-1000 m に出現した大型の CV は *C. jashnovi* と同定された。体幹部における中・大型の油塊が、0-50 m に出現した *C. sinicus* の大半では見られなかったが、中・深層に出現した両種の CV の大半では見られ、中・深層の CV は日周鉛直移動を示さなかったため、休眠状態であることが推察された。

## 2. 相模湾の 1000 m 水柱における *C. sinicus* と *C. jashnovi* の鉛直分布と出現数の季節変化

調査は 2002 年 5 月から 2004 年 1 月まで、相模湾中央部 (前述) で昼間にほぼ月 1 回、合計 22 回行った。うち 13 回は VMPS ネットを用いて 0-1000 m 間の 8 層で層別採集を行い、9 回は NORPAC ネットで 0-200 m を採集した。*C. sinicus* の CI-CIV は 50 m 以浅に分布が集中していた。CV は年間を通じて 0-200 m に出現したが、一部の個体は 200 m 以深からも出現した。休眠状態と考えられる 200 m 以深の CV (後述) の積算値は、春、夏、秋で高く、冬に著しく減少した。CVI は 200 m 以浅に分布が集中していたが、秋から冬に 200-400 m からも出現した。CVI は初冬に表層で高い出現を示し、発育段階組成でも約 70% を占めた。これらのことから、相模湾では、周年、0-200 m に分布する CV に加えて、春から秋は 200 m 以深に休眠状態で分布し、冬季に成熟段階 (CVI) に達する個体群も存在することが示唆された。200 m 以深の *C. sinicus* の CV の大半は、春から秋にかけて中・大型の油塊を保有しており、油塊サイズには月間に大きな差は認められなかった。一方、表層では、CI-CIII は年間を通じて油塊を保有せず、CIV-CVI でも中・大型の油塊を保有する個体の出現はわずかであった。

*C. sinicus* の生理状態についての知見を得るため、2007 年 7 月に酸素消費速度と体炭素・窒素量を測定した。0-50 m に出現した 1 個体あたりの酸素消費速度は CVI 雌、雄、CV で  $0.11-0.19 \mu\text{l-O}_2 \text{ inds.}^{-1} \text{ h}^{-1}$  であった。一方、400 m 以深に出現した CVI 個体あたりの酸素消費速度は  $0.01-0.02 \mu\text{l-O}_2 \text{ inds.}^{-1} \text{ h}^{-1}$  であり、0-50 m の個体に比べ低い値を示した。この値は、大西洋に生息し、休眠状態である *C. finmarchicus* の報告 ( $0.1 \mu\text{l-O}_2 \text{ inds.}^{-1} \text{ h}^{-1}$  未満) よりも低く、中・深層における *C. sinicus* の CV は休眠状態であると考えられた。

0-50 m に出現した 1 個体あたりの炭素量は CVI 雌、雄、CV で  $18-43 \mu\text{g inds.}^{-1}$  であった。一方、400 m 以深に出現した CVI 個体あたりの炭素量は  $70-89 \mu\text{g inds.}^{-1}$  であり、0-50 m の個体に比べ高い値を示した。これは 400 m 以深の CV が大量の脂質を蓄積していることを示唆しており、顕微鏡観察によっても確認された。代謝により 1 日当たりに  $\text{CO}_2$  として失われる炭素量を、呼吸

商 0.97 (タンパク質代謝) と仮定し、体炭素の消費日数を試算すると、0-50 m の個体は 8-21 日であるのに対し、400 m 以深の個体は 282-645 日であった。このことから相模湾の中・深層に春から秋に出現する CV は、この間、十分生存可能であると考えられた。

*C. jashnovi* の鉛直分布は *C. sinicus* と異なり、CV の大半は 5-10 月に 600 m 以深に分布し、それ以浅に出現することはほとんどなく、11-12 月に 400-600 m から出現した。そして 1 月、または 2 月に CVI と CV が 200-400 m に分布し、3 月のみ CIV が 0-200 m から出現した。*C. jashnovi* の出現数は *C. sinicus* よりも少なく、その大半は CV によって占められ、他の発育段階の出現は非常に限られていた。これらのことから *C. jashnovi* は相模湾で生活史を完結しておらず、その中・深層群は湾外から輸送されてきた可能性が考えられた。

### 3. 黒潮続流域における *C. sinicus* と *C. jashnovi* の水平分布

試料は 2006 年 1-3 月に、黒潮続流域 (26-37°N, 142-159°E) の 57 地点において NORPAC ネットを用いて 0-200 m で採集した。*C. jashnovi* の生活史に関する知見を得るため、2005 年 1-3 月に行われた中央水産研究所所蔵の試料と東京大学海洋研究所所蔵の過去の試料も解析した。*C. sinicus* は黒潮続流の岸側 (146°E 以西) から沖側 (146°E 以東) にかけて、主として流軸から北に分布した。出現数は地点間で幅があるものの、1 地点あたりの平均積算値は 3 月に最高値 1190 inds. m<sup>-2</sup> を示し、CI-CIV が約 60% を占めた。*C. jashnovi* は *C. sinicus* と異なり、150°E 以東で高い出現を示し、本種の主要な分布域は黒潮続流の沖側であることが明らかとなった。*C. jashnovi* は、1 月は 1 地点のみで CV と CVI 雄が採集されたが 2 月に出現数が増加し、CVI が 55% を占め、CV は 10% 未満であった。3 月には CVI が 5% 未満に減少し、CI-CIV と CV が大半を占めた。一方、4-6、11 月の表層には *C. jashnovi* は出現しなかった。これらのことから *C. jashnovi* は 1 年 1 世代の生活史を示し、2-3 月にかけて表層で再生産を行い、CV へ成長した後、中・深層で 1 月まで休眠すると考えられた。1 年 1 世代の生活史を示す寒帯の本属カイアシ類や亜寒帯の *Neocalanus* 属カイアシ類の個体発生的鉛直移動は、一次生産量などが季節によって大きく変化する環境への適応であることが知られ、*C. jashnovi* の生活史は黒潮続流域の一次生産量の季節変動に適応していることが推察された。

以上、本研究により従来その生態学的知見が浅海域 (<100 m) に限られていた *C. sinicus* において、沖合域 (>200 m) にも浅海域に匹敵する生物量が存在すること、また、沖合域の中・深層に休眠状態の個体群が存在することが明らかになった。さらに相模湾における個体群の季節変動の解析から、本種が、環境変動に柔軟に対応した生活史をもつことが示唆された。また、*C. jashnovi* は黒潮続流域で 1 年 1 世代の生活史を示すことが明らかになった。今後、より多くのカイアシ類の種判別に遺伝子解析を適用し、未成体を含めた種レベルの生態学的知見を集積するとともに、*Calanus* 属カイアシ類の生物学的特徴や魚類捕食者との関わりについても調査を行うことにより、海洋生態系の構造をより明確にすることができると考える。