

## Taxonomic Notes

### セミエビ科フィロソーマ幼生の同定. 4. ゾウリエビ属 *Parribacus*

#### Identification of phyllosoma larvae of the slipper lobster (Family Scyllaridae). 4. Genus *Parribacus*

張 成年・小西光一・柳本 卓  
Seinen Chow\*, Kooichi Konishi, Takashi Yanagimoto

水産資源研究所

Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2-12-4 Fukuura, Yokohama, 236-8648 Japan.

\*Corresponding author; e-mail: kaiyoeel@yahoo.co.jp

#### Abstract

Seventeen phyllosoma larvae (BL = 21.6 to 74.8 mm) of slipper lobster of the genus *Parribacus* were extracted from plankton samples collected in the western Pacific and Atlantic Ocean. DNA barcoding and phylogenetic analyses using 16S rDNA and COI sequences successfully determined species for 10 phyllosoma larvae from western North Pacific, in which five were *Parribacus antarcticus* and five were *P. japonicus*. No notable difference was observed in the sampling locations between these two species phyllosomas. No distinct morphological difference was observed between species, while the ratio of cephalic shield width to thorax width of *P. japonicus* phyllosomas was slightly but significantly larger than those of *P. antarcticus*. This is the first report on *P. japonicus* phyllosomas with certain identity.

**Key words:** phyllosoma larvae; slipper lobster; genus *Parribacus*; DNA barcoding

#### はじめに

セミエビ科 (Scyllaridae)、ウチワエビ亜科 (Ibacinae)、ゾウリエビ属 (*Parribacus*) には現在 6 種が記載されている (Holthuis 1991; WoRMS 2021) (Table 1)。本属のフィロソーマ幼生は十脚類中では最大であり最終期幼生が体長 (頭部先端から尾節末端) 80 mm に及ぶ場合がある (Michel 1971; Prasad et al. 1975; Yoneyama and Takeda 1998; Booth et al. 2005; Palero et al. 2014)。同じセミエビ科に属するセミエビ属 (*Scyllarides*) の幼生も巨大であり、異なる亜科に属するにもかかわらず、両属の幼生は形態的に良く似ている。そのため、過去の研究では混同されている場合があることを前報で指摘した (Chow et al. 2022)。ゾウリエビ属とセミエビ属の中期以降の幼生は第 4 と第 5 胸脚のどちらの基部が胸部後端に位置しているかという特徴、第 5 胸脚の発達度合

い、第 5 胸脚外肢が残っていればその毛の有無で区別できるとされる (Phillips et al. 1981; Chow et al. 2022)。ゾウリエビ属のフィロソーマ幼生に関する報告はミナミゾウリエビ (*Parribacus antarcticus*)、ゾウリエビ (*P. japonicus*) と *P. caledonicus* の 3 種のみである (Table 1)。ミナミゾウリエビの分布域は広く、インドー中西部太平洋だけでなく西部大西洋にも分布する (Holthuis 1991; Webber and Booth 2007)。そのためゾウリエビ属のフィロソーマ幼生は本種のもものと見なされる場合が多く、現在までに 6 つの報告がある (Prasad et al. 1957; Saisho 1962; Johnson 1971; Tampi and George 1975; Sekiguchi 1990; Palero et al. 2014)。このうち Palero et al. (2014) が豪州東岸で採集したフィロソーマのうち VI 期から IV 期幼生 4 個体について DNA 解析によってミナミゾウリエビと同定した上で形態記載している。

Table 1. Distribution, larval description, and mtDNA gene sequences of six species of the genus *Parribacus*.

The genus <i>Parribacus</i>	distribution <sup>1</sup>	larval description	16S rRNA	COI
<i>P. antarcticus</i> (Lund, 1793)	Indo-Pacific, W Atlantic	Saisho (1962) <sup>2</sup> , Johnson (1971a,b) <sup>3</sup> , Berry (1974) <sup>3</sup> , Prasad et al. (1975) <sup>3</sup> , Tampi and George (1975) <sup>3</sup> , Sekiguchi (1990) <sup>3</sup> , Palero et al. (2014)	○	○
<i>P. caledonicus</i> Holthuis, 1960	South Pacific	Coutures (2001) <sup>4</sup> ,	—	○
<i>P. holthuisi</i> Forest, 1954	South Pacific		—	○
<i>P. japonicus</i> Holthuis, 1960	NW Pacific	Yoneyama and Takeda (1998) <sup>3</sup>	—	○
<i>P. periatius</i> Holthuis, 1967	Easter Island		—	○
<i>P. scarlatinus</i> Holthuis, 1960	tropical Pacific		—	—

<sup>1</sup>distribution follows Holthuis (1991); <sup>2</sup>first to third stage phyllosoma; <sup>3</sup>species identify is not confirmed; <sup>4</sup>first stage phyllosoma.

さらに Palero et al. (2014) はインド洋及び大西洋で採集され博物館に所蔵されていた後期から最終期幼生の形態も *Parribacus* sp.として記載している。インド洋と大西洋にはミナミゾウリエビのみが分布するとされていることから (Holthuis 1991)、Palero et al. (2014) が分析したこれらの標本はミナミゾウリエビである可能性が高い。また、Saisho (1962) は飼育下での孵化幼生について第 I 期から III 期幼生の形態を報告している。これら以外はミナミゾウリエビかどうかは確認されていない。Yoneyama and Takeda (1998) は伊豆諸島から小笠原諸島周辺で採集した巨大フィロソーマ幼生がおそらくゾウリエビであり、頭部幅と胸部幅の比、頭部前端部や後縁部の形状についてミナミゾウリエビのフィロソーマ幼生との違いを報告しているが、より多くの標本の分析が必要としている。ゾウリエビ属のフィロソーマ幼生の報告は他にもあるが (Johnson 1951; Sims 1964, 1965, 1968; Saisho 1966; Robertson 1968; Michel 1971; Berry 1974; Yoneyama and Takeda 1998)、いずれも種が同定されているものではない。以上のようにゾウリエビ属フィロソーマ幼生の種を特定するための形態的指標はほとんど整備されていないと言える。

我々は調査航海で採集されたプランクトン標本から、Chow and Yanagimoto (2021) が示

した形態的指標に基づき、ゾウリエビ属 (*Parribacus*) のものと考えられるフィロソーマ幼生を選別した。DNA 分析による種判別を行った後、標本間の形態差について検討した結果を報告する。

## 材料と方法

本研究で使用したフィロソーマ幼生標本は水産庁漁業調査船開洋丸と照洋丸、水産研究・教育機構漁業調査船俊鷹丸による調査及び民間の巻網漁船の操業中に採集されたものである。本研究で用いた 17 標本の採集情報を Table 2 に示した。ほとんどの標本は、IKMT ネット、MOHT ネット、中層トロールで採集されたものであり、BZ1 は延縄の幹縄に、FK1 は巻網に絡んで採集されたものである。フィロソーマ類は船上でエタノール固定あるいは凍結し、実験室に持ち帰り、凍結標本はエタノール (80 %) で固定した。ゾウリエビ類幼生の選別には、第 2 触角が短く二分岐していること、胸部後縁が前方へ大きくへこんでいること、第 5 胸脚基部が胸部後端に位置していること、第 5 胸脚が長大なことを指標とした (Phillips et al. 1981; Palero et al. 2014; Chow and Yanagimoto 2021)。大西洋中部で採集された 1 個体 (BZ1) と中部太平洋熱帯域で採集された 1 個体 (FK1) 以外の 15 個体は全て北西太平洋で採集されたものである。固定標本を水道

Table 2. Information of *Parribacis* phyllosoma samples analyzed in this study. BL: body length, CL: cephalic shield length, CW: cephalic shield width, TW: thorax width (mm).

cruise	vessel	st.	ID No.	date	coordinate	BL	CL	CW	TW
SY2000	RV Shoyo Maru	L12	BZ1	2000/11/4	4.16S, 17.24W	74.8	53.6	45.2	35.4
-	Fukuichi Maru	-	FK1	2003/11/30	2.11S, 167.25E	55.5	42.2	32.5	28.8
SYU05	RV Shunyo Maru	MNA8	MNA8-1	2006/1/23	30.00N, 149.00E	33.4	26.4	22.9	18.0
SYU05	RV Shunyo Maru	MNA8	MNA8-3	2006/1/23	30.00N, 149.00E	35.7	28.4	23.6	18.9
SYU08	RV Shunyo Maru	St4NS1	St4NS1	2008/4/20	27.53N, 143.08E	51.0	40.2	36.0	26.7
SHU0803	RV Shunyo Maru	MNA8	St19Z2	2008/6/29	27.00N, 130.00E	70.9	52.8	51.3	35.7
KY10	RV Kaiyo Maru	MT33N	MT33N1	2011/3/1	34.56N, 159.04E	35.7	29.1	22.9	19.7
KY10	RV Kaiyo Maru	MT33N	MT33N2	2011/3/1	34.56N, 159.04E	46.8	37.4	31.5	24.6
KY10	RV Kaiyo Maru	MT33N	MT33N3	2011/3/1	34.56N, 159.04E	39.9	32.1	28.0	21.8
SHU1201	RV Shunyo Maru	D10	D10-1	2012/6/15	30.29N, 129.00E	42.0	33.2	26.1	22.2
KY13	RV Kaiyo Maru	2-34-2	KY13-2342	2013/7/9	13.09N, 141.39E	61.0	46.6	41.1	30.9
SY13-3	RV Shoyo Maru	A04s	SY13-3-33	2013/9/23	19.57N, 130.59E	23.6	18.9	13.6	11.5
KY1604	RV Kaiyo Maru	1G7	1G7	2016/10/7	20.29N, 132.30E	21.6	17.9	13.0	12.4
KY1604	RV Kaiyo Maru	2A1	2A1	2016/10/19	24.59N, 131.00E	32.7	26.0	23.3	16.9
KY1604	RV Kaiyo Maru	2D6	2D6	2016/10/30	22.59N, 129.59E	28.3	20.0	18.8	15.0
KY1604	RV Kaiyo Maru	2E2	2E2-1	2016/11/7	23.43N, 124.30E	32.4	26.8	20.8	17.1
KY1604	RV Kaiyo Maru	2E2	2E2-2	2016/11/7	23.43N, 124.30E	50.7	39.8	33.4	27.1

水でよく洗浄し、全体像、頭部、腹部の画像を撮影後、DNA 抽出用に胸脚の一部を切り取った。DNA 抽出と分析、配列間の塩基置換率 (K2P-distance) の計算と系統樹解析については Chow and Yanagimoto (2021) 及び Ueda et al. (2021) に従った。ゾウリエビ属フィロソーマ幼生の期数については 12 (Sims 1965; Prasad et al. 1975)、あるいは XI 期以降に最終亜期 (subfinal) と最終期 (final) があるとする見方がある (Yoneyama and Takeda 1998; Palero et al. 2014) 統一見解がないが、本研究では 12 とした。

## 結果及び考察

### DNA 解析による種判別

16S rDNA 領域を対象に PCR 反応を行ったところ BZ1 以外の 16 個体で増幅断片が得られた。このうち 10 個体で良好なシーケンス結果が得られ、386–425 bp の配列を決定できた (GenBank accession numbers: OK341205–OK341213; DDBJ accession number: LC685179)。BLAST 検索では全 10 配列のトップヒットが

ミナミゾウリエビであったが、相同性が高いグループと低いグループに分かれた。現在のところゾウリエビ属で 16S rDNA 配列が登録されている種はミナミゾウリエビのみである。現在データベースに登録されているウチワエビ亜科 (Ibacinae) とウチワエビモドキ亜科 (Theninae) 全種と外群としてセミエビ (*Scyllarides squammosus*) の 16S rDNA 配列を用いて系統樹を描いたところ、ミナミゾウリエビ 12 個体と本研究で分析した 5 個体で構成されるクレード A とその姉妹群であるクレード B が見られた (Fig. 1)。クレード B は本研究で分析した 5 個体だけで構成されていた。クレード A の 5 個体とデータベースから得たミナミゾウリエビ 12 配列間の平均塩基置換率 (K2P-distance) は  $0.263 \pm 0.099$  % ( $\pm$  SE) であった。クレード B の 5 個体間の平均塩基置換率は  $0.243 \pm 0.172$  % であった。クレード A と B 間の平均塩基置換率は  $6.573 \pm 1.302$  % であった。

COI 領域を対象に PCR 反応とシーケンスを行ったところ 3 個体 (D10-1, MNA8-1,

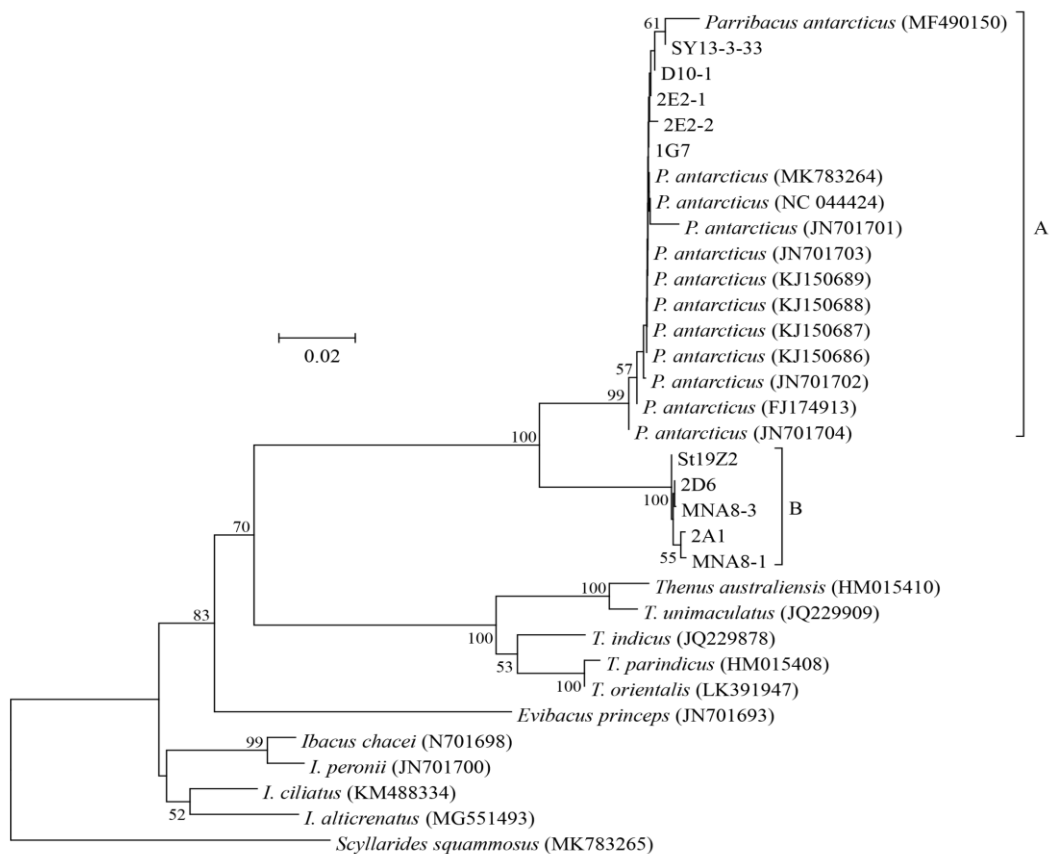


Fig. 1. Neighbor-joining phylogenetic tree based on TN93+G best fit model of partial 16S rDNA sequences between nine *Parribaculus* phyllosomas analyzed in this study, 11 species of the subfamily Ibacinae, and *Scyllarides squammosus* as an outgroup. Accession numbers are shown in the parenthesis. Bootstrap values of > 50 % (out of 1000 replicates) are shown at the nodes.

St19Z2) において 627–659 bp の配列を決定できた (GenBank accession number: OK341215-OK341217)。BLAST 検索では D10-1 のトップヒット配列がミナミゾウリエビであった一方、MNA8-1 と St19Z2 の 2 個体のトップヒット配列はゾウリエビであった。16S rDNA 系統樹と同様に COI 配列による系統樹でも 2 クレード (A、B と定義) が見られた (Fig. 2)。クレード A における D10-1 とデータベースから得たミナミゾウリエビ配列間の平均 K2P は  $0.745 \pm 0.239\%$  であった。クレード B における St19Z2 及び MNA8-1 とデータベースから得たゾウリエビ配列間の平均塩 K2P は  $0.158 \pm 0.108\%$  であった。クレード A と B 間の平均塩基置換率は  $12.728 \pm 1.526\%$  であった。

動物の 16S rDNA 配列における同属異種間

の平均塩基置換率は 2–7 % 程度、種内個体間では 0–2.6 % と試算されている (Lefébure et al. 2006; Kochzius et al. 2010)。また、動物の COI 配列における同属異種間の平均塩基置換率は 5–20 % の範囲にあり 3 % 程度が下限と考えられている (Hebert et al. 2003; Lefébure et al. 2006; Kochzius et al. 2010)。また、甲殻類十脚目の COI 配列における同種個体間及び同属異種間の平均塩基置換率はそれぞれ 0.285–1.375 % 及び 6.376–20.924 % の範囲にある (Matzen da Silva et al. 2011)。以上のことからクレード A はミナミゾウリエビ、クレード B はゾウリエビであると考えられた。

#### フィロゾーマ幼生の採集地点

フィロゾーマ幼生標本の採集地点を Fig. 3

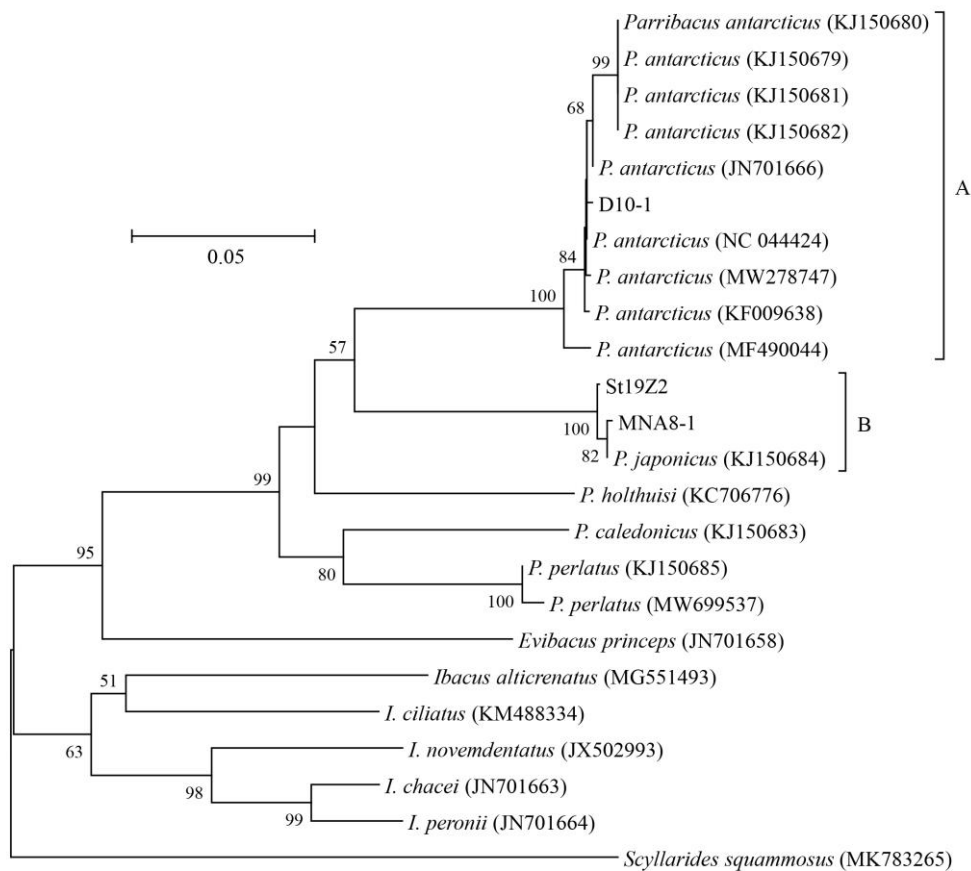


Fig. 2. Neighbor-joining phylogenetic tree based on TN93+G best fit model of partial COI sequences between three *Parribacus* phyllosomas analyzed in this study, 11 species of the subfamily Ibacinae, and *Scyllarides squammosus* as an outgroup. Accession numbers are shown in the parenthesis. Bootstrap values of > 50 % (out of 1000 replicates) are shown at the nodes.

に示した。ゾウリエビのフィロソーマ幼生 5 個体の採集位置は●、ミナミゾウリエビのフィロソーマ幼生 5 個体の採集位置は○、塩基配列が決定できなかったフィロソーマ幼生 7 個体のうち 6 個体（大西洋の個体を除く）の採集位置は▲で示した。ゾウリエビとミナミゾウリエビのフィロソーマ幼生の採集地点に大きな差異は見られない。

## 形態

過去の研究報告 (Johnson 1951; Prasad et al. 1957; Johnson 1971a,b; Tampi and George 1975; Sekiguchi 1990; Yoneyama and Takeda 1998; Palero et al. 2014) を参考に、中期から後期 (VII から XII) 幼生の形態的特徴を整理し

た (Table 3)。期の分類は基本的に前報のセミエビ (Chow et al. 2022) と良く似ているものの、第 5 胸脚が VII 期ですでに長大であることから指標にできる特徴は第 2 触角、腹肢、尾肢となる。本研究においてミナミゾウリエビと同定された 5 個体の画像を Figs. 4–8 に示した。このうち、1G7 (BL=21.6 mm) (Fig. 4) は VIII 期と判定された (第 2 触角は分岐せず先端は第 1 触角の第 2 節中央に届く、腹肢と尾肢が痕跡的)。SY13-3-33 (29.5 mm) (Fig. 5, Fig. S1) と 2E2-1 (32.4 mm) (Fig. 6) は IX 期 (第 2 触角はかすかに二分岐し先端は第 1 触角の第 3 節に届く、腹肢はわずかに二分岐、尾肢は二分岐し先端は尾節中央に届く)、D10-1 (42.0 mm) (Fig. 7) と 2E2-2 (50.7 mm) (Fig.

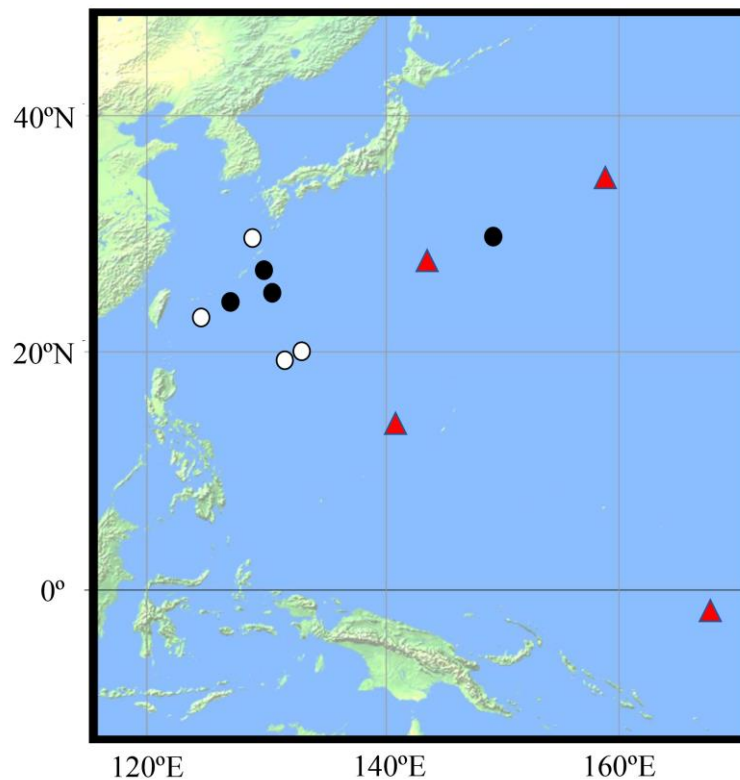


Fig. 3. Map showing catch location of 16 phyllosoma larvae of the genus *Parribacus*. Open circle: *Parribacus antarcticus*, closed circle: *P. japonicus*, red triangle: unidentified *Parribacus* sp. One larva (BZ1) collected in the Atlantic (see Table 2) is not included.

Table 3. Morphological characteristics to determine VII to XII stage phyllosoma larvae of *Parribacus*.

stage	antenna	pleopod	uropod	gill bud
VII	reaching antennule 2nd segment, no lateral process	none	bud	none
VIII	reaching middle of antennule 2nd segment, no lateral process	bud	bud	none
IX	reaching antennule 3rd segment, rudimental lateral process	slightly bilobed	bilobed, reaching middle of telson	none
X	reaching antennule primary flagellum, lateral process pointed	bilobed	almost reaching posterior margin of telson	none
XI	exceeding middle of antennule primary flagellum	bilobed	exceeding posterior margin of telson	none
XII	exceeding antennule, lateral process widens	bilobed	exceeding posterior margin of telson	present

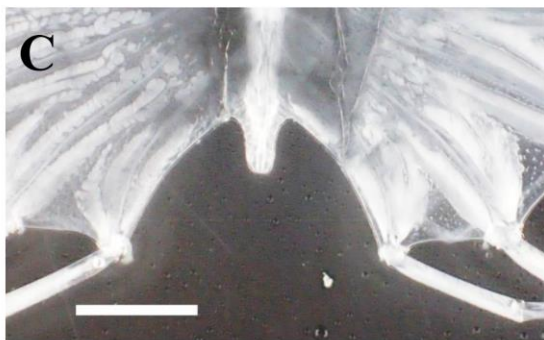
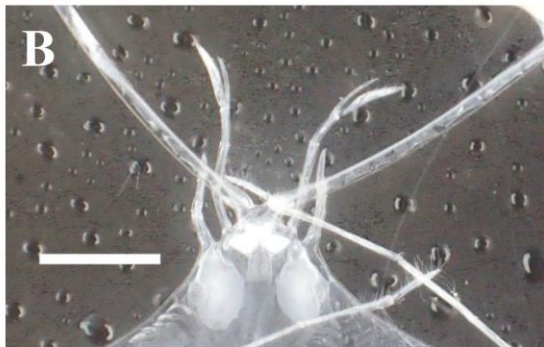


Fig. 4. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen 1G7 (*Parribacus antarcticus*). Stage VIII. BL = 21.6 mm. Scale bar= 5 mm (A) and 2 mm (B and C).

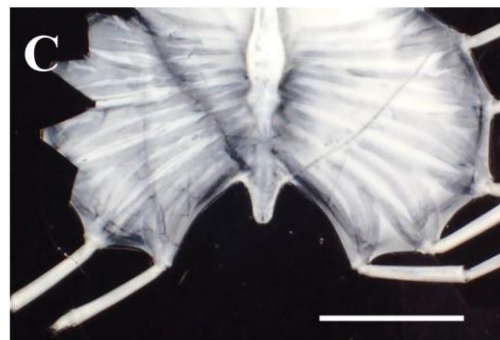
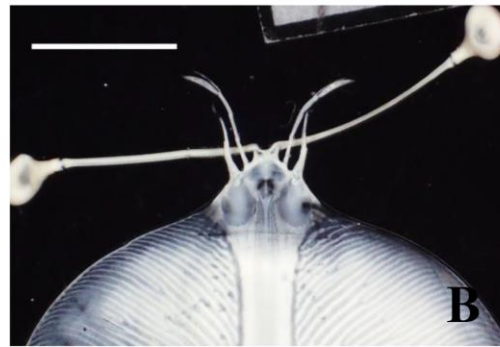


Fig. 5. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen SY13-33 (*Parribacus antarcticus*). Stage IX. BL = 29.5 mm. Scale bar= 10 mm (A) and 5 mm (B and C).

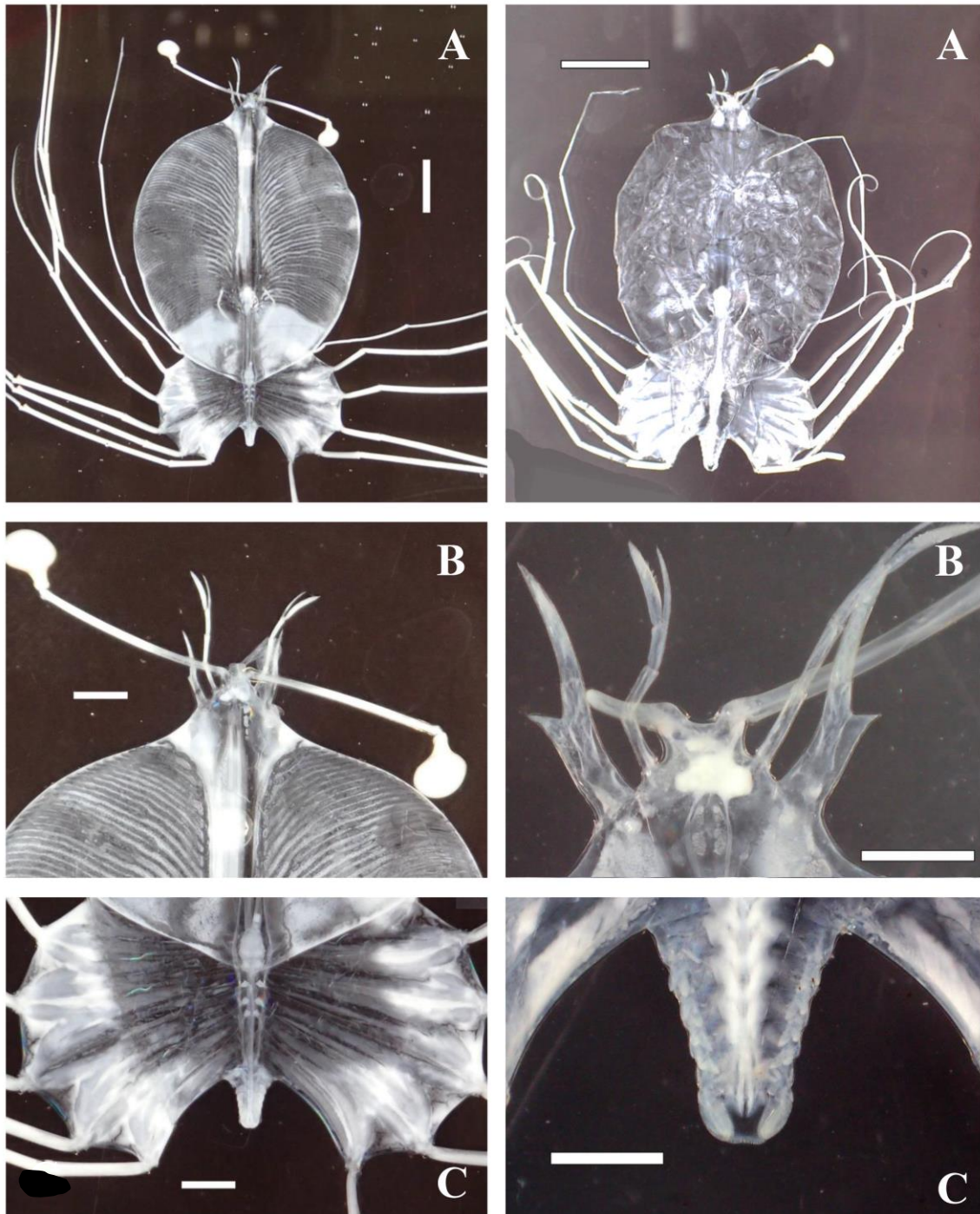


Fig. 6. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen 2E2-1 (*Parribacus antarcticus*). Stage IX. BL = 32.4 mm. Scale bar= 5mm (A) and 2 mm (B and C).

Fig. 7. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen D10-1 (*Parribacus antarcticus*). Stage X. BL = 42.0 mm. Scale bar= 10 mm (A) and 2 mm (B and C).



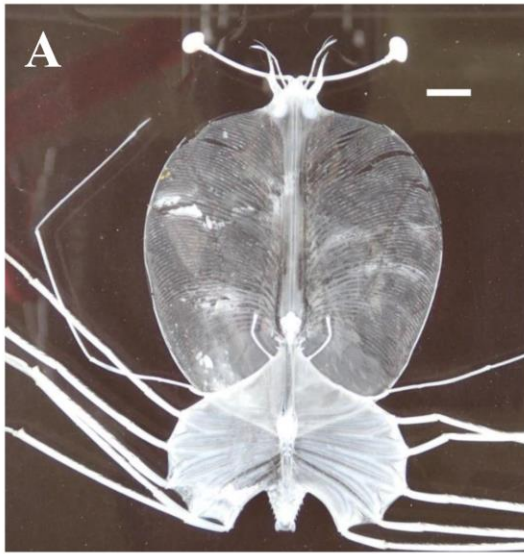


Fig. 8. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen 2E2-2 (*Parribacus antarcticus*). Stage X. BL = 50.7 mm. Scale bar= 5 mm (A) and 4 mm (B and C).

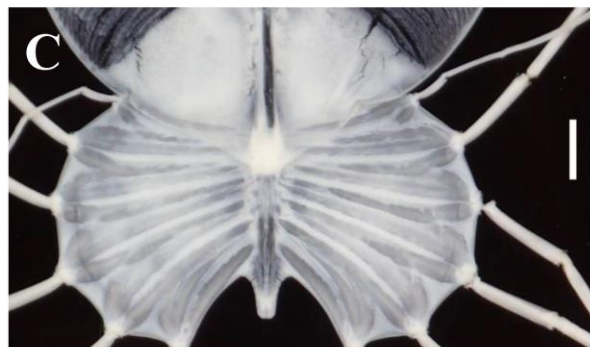
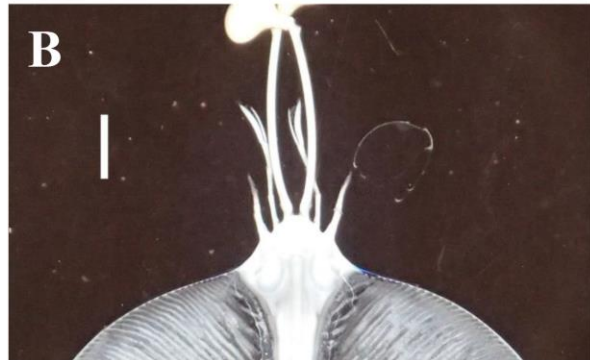
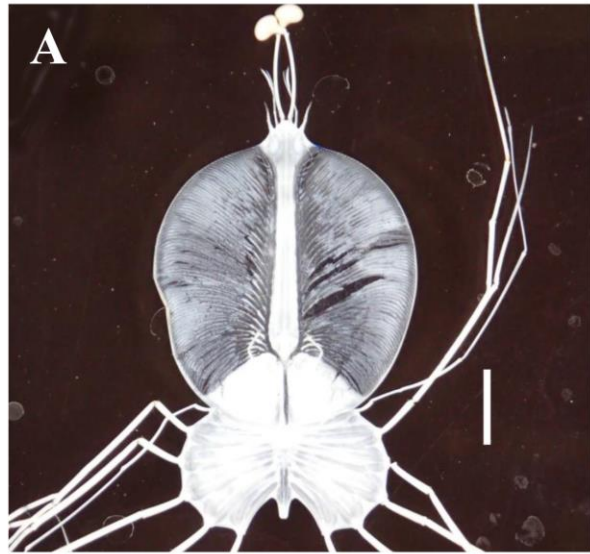


Fig. 9. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen 2D6 (*Parribacus japonicus*). Stage VIII. BL = 28.3 mm. Scale bar= 5 mm (A) and 2 mm (B and C).

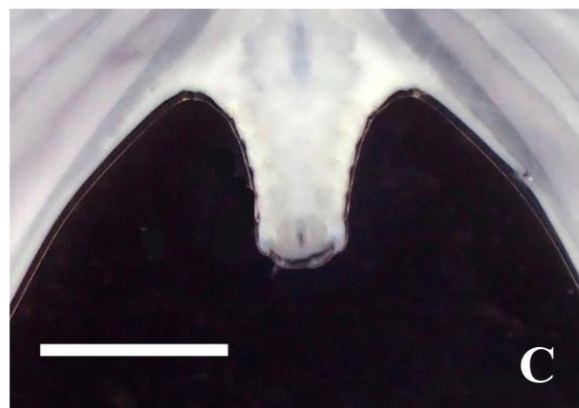
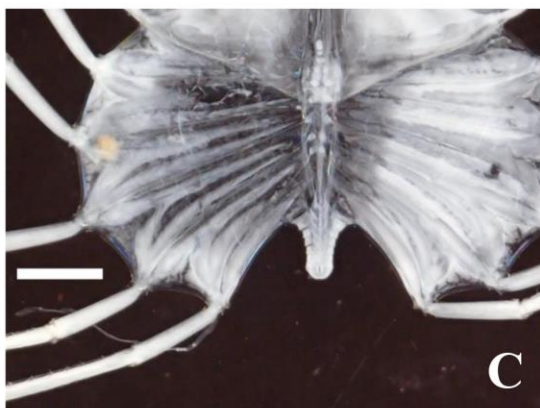
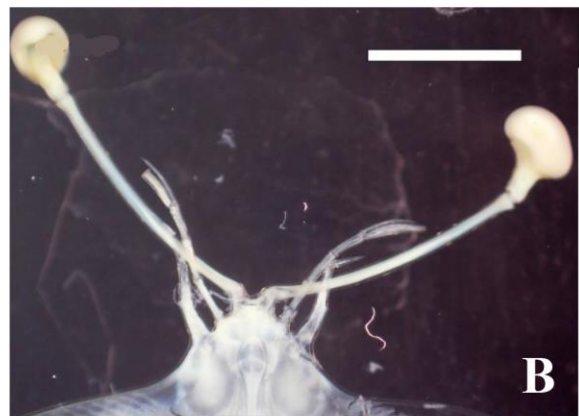
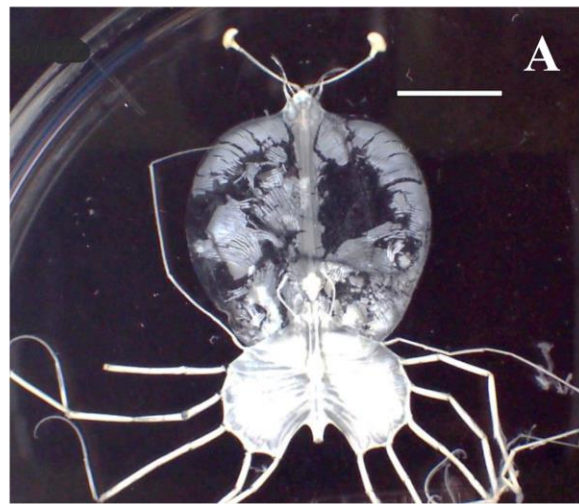
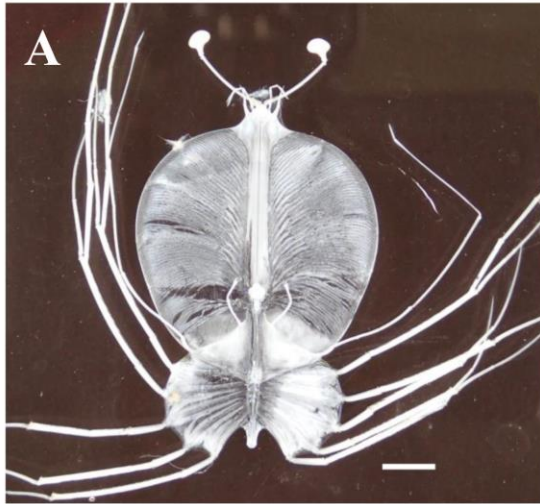


Fig. 10. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen 2A1 (*Parribacus japonicus*). Stage IX. BL = 32.7 mm. Scale bar= 5 mm (A) and 3 mm (B and C).

Fig. 11. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen MNA8-1 (*Parribacus japonicus*). Stage IX. BL = 33.4 mm. Scale bar= 10 mm (A), 5 mm (B) and 2 mm (C).

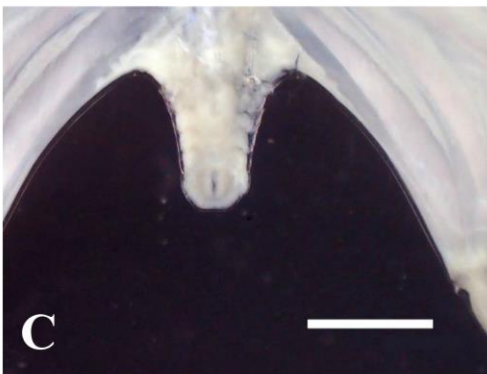
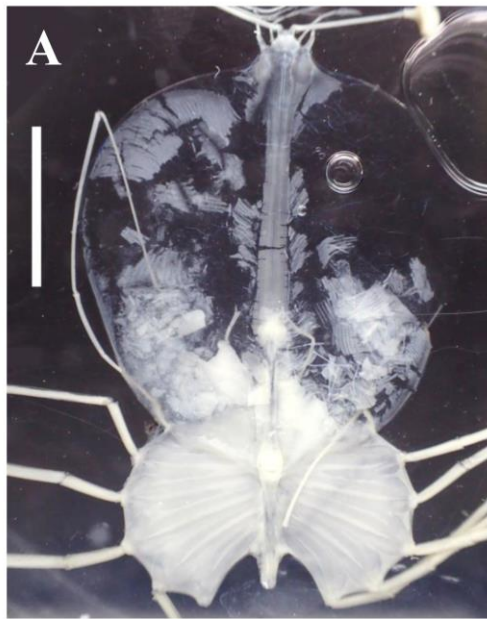


Fig. 12. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen MNA8-3 (*Parribacus japonicus*). Stage IX. BL = 35.7 mm. Scale bar = 10 mm (A), 5 mm (B) and 2 mm (C).

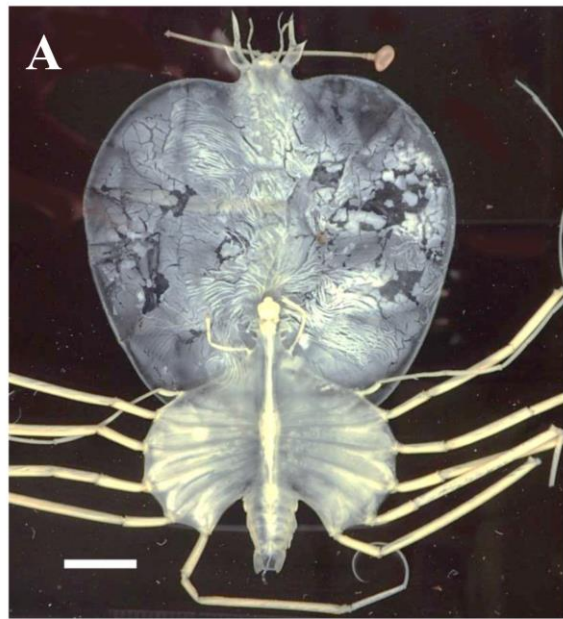


Fig. 13. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen St19Z2 (*Parribacus japonicus*). Stage XI. BL = 70.9 mm. Scale bar = 10 mm.

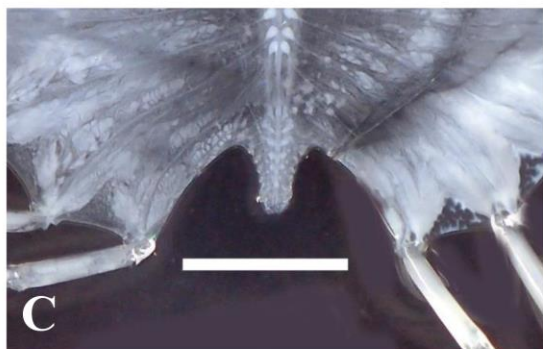
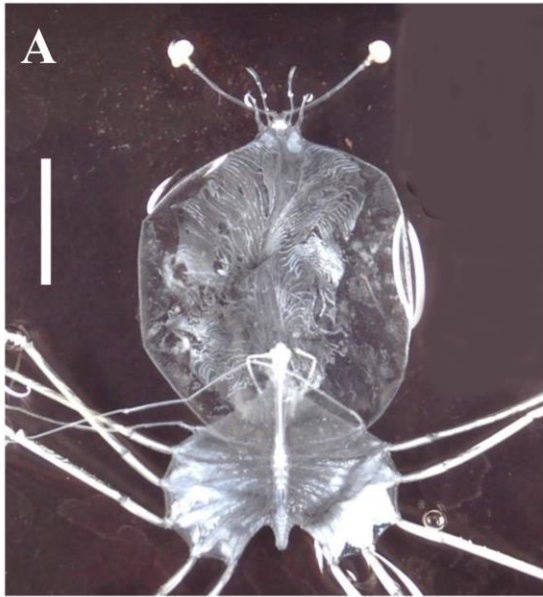


Fig. 14. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen MT33N1 (*Parribacus* sp.). Stage IX. BL = 35.7 mm. Scale bar= 10 mm (A) and 5 mm (B and C).

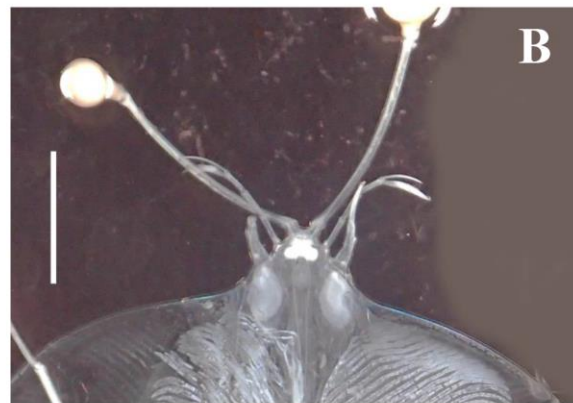
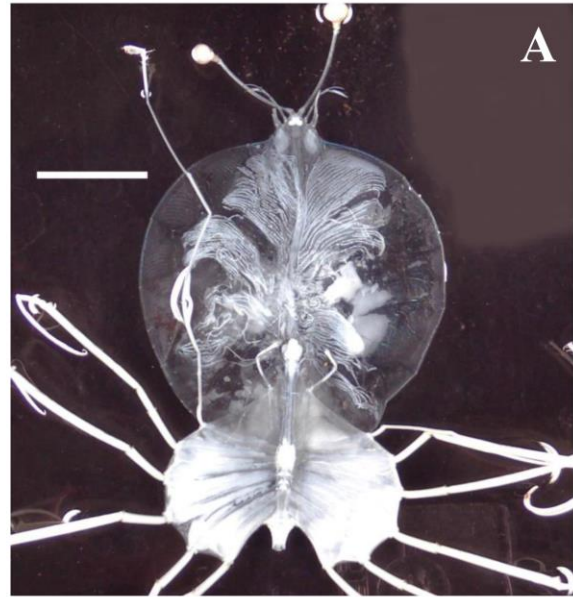


Fig. 15. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen MT33N3 (*Parribacus* sp.). Stage IX. BL = 39.9 mm. Scale bar= 10 mm (A) and 5 mm (B and C).

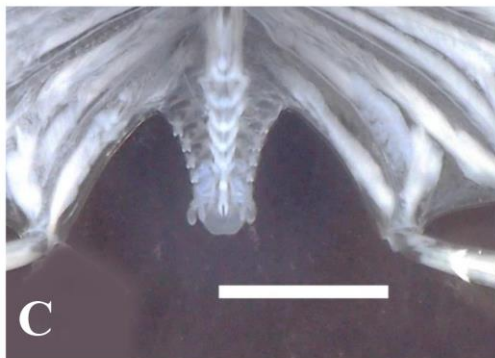
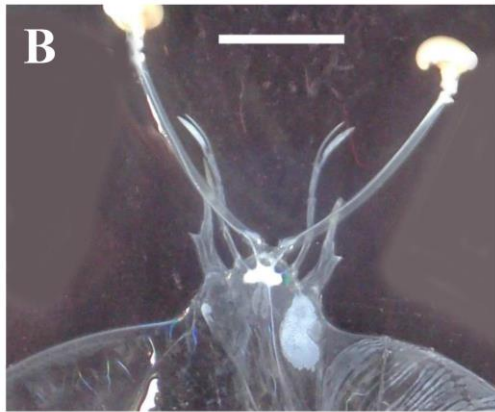
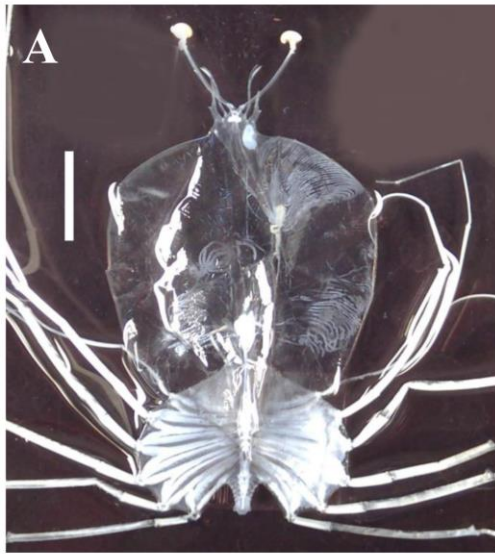


Fig. 16. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen MT33N2 (*Parribacus* sp.). Stage X. BL = 46.8 mm. Scale bar= 10 mm (A) and 5 mm (B and C).

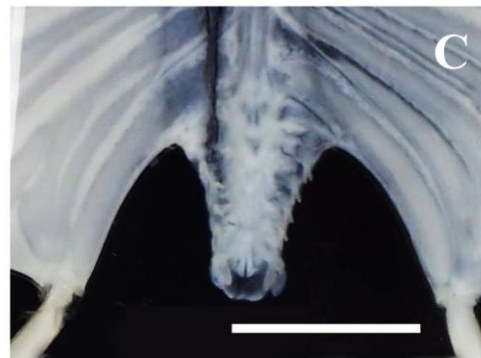
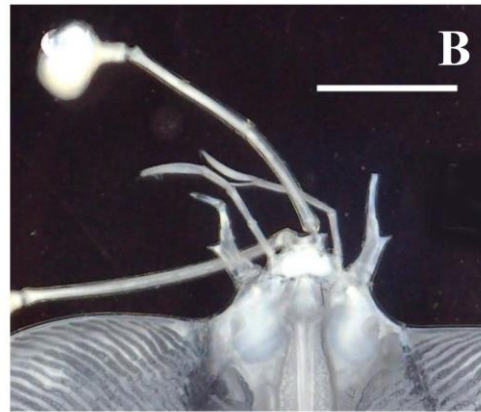


Fig. 17. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen St4NS1 (*Parribacus* sp.). Stage X. BL = 51.0 mm. Scale bar= 10 mm (A) and 5 mm (B and C).

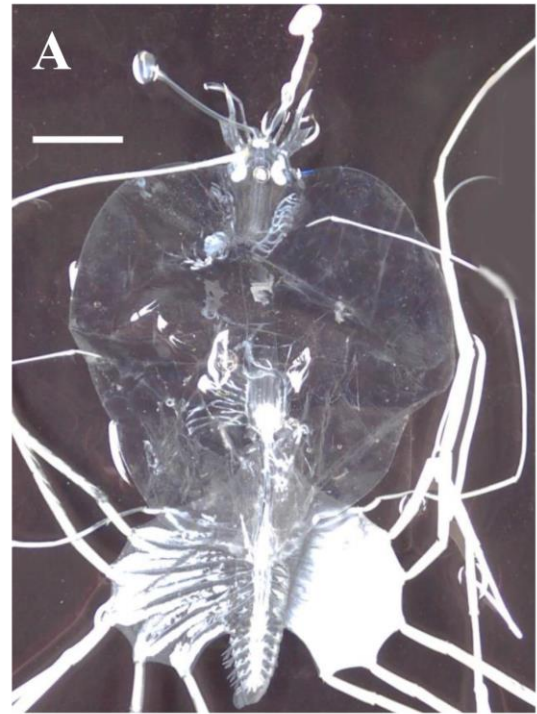
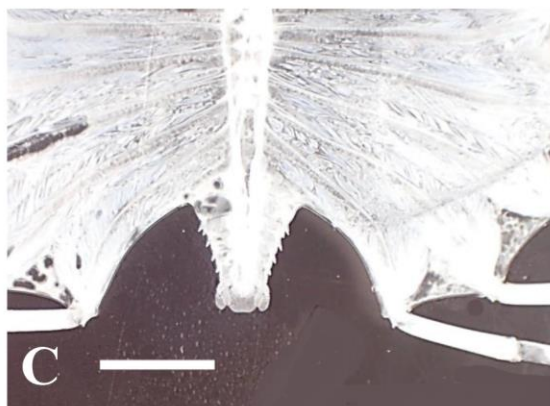
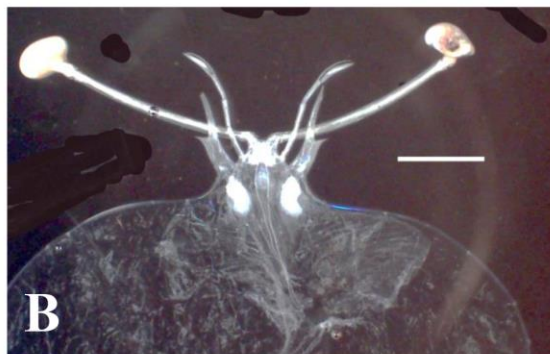
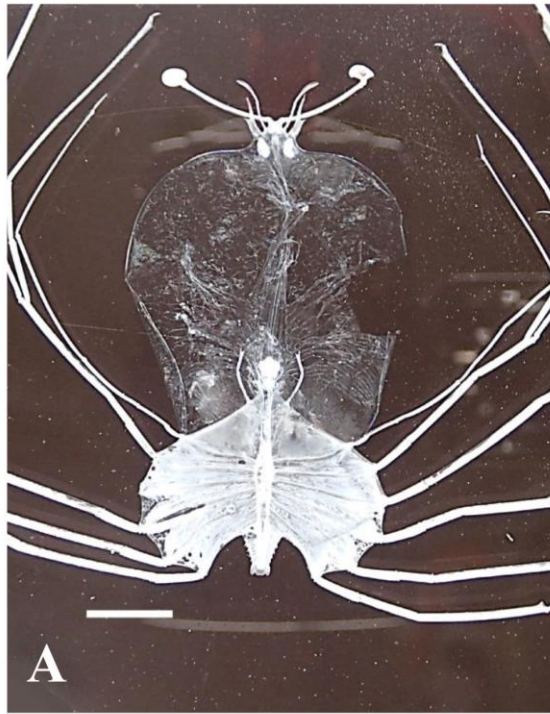


Fig. 18. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen FK1 (*Parribacus* sp.). Stage X. BL = 55.5 mm. Scale bar= 10 mm (A) and 5 mm (B and C).

Fig. 19. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen KY13-2342 (*Parribacus* sp.). Stage XI. BL = 61.0 mm. Scale bar= 10 mm (A) and 5 mm (B and C).

8) は X 期と判定された (第 2 触角は二分岐し先端は第 1 触角の鞭節部に届く、腹肢は二分岐、尾肢の先端は尾節後端近くに届く、尾節後端は胸部後端近くに届く)。ゾウリエビと同等された 5 個体の画像を Figs. 9–13 に示した。このうち 2D6 (28.3 mm) (Fig. 9) は VIII 期と判定された。2A1 (32.7 mm)、MNA8-1 (33.4 mm)、MNA8-3 (35.7 mm) (Figs. 10–12) は IX 期と判定された。St19Z2 (70.9 mm) (Fig. 13) は XI 期と判定された (第 2 触角が第 1 触角先端近くに達する、尾肢の先端は尾節後端を越える、尾節後端は胸部後端をはるかに超える)。DNA 分析ができなかった 7 個体を体長順に Figs. 14–20 に示した。MT33N1 (35.7 mm) (Fig. 14) と MT33N3 (39.9 mm) (Fig. 15) は IX 期と判定された。MT33N2 (46.8 mm) (Fig. 16)、St4NS1 (51.0 mm) (Fig. 17) と FK1 (55.5 mm) (Fig. 18) は X 期と判定された。KY13-2342 (61.0 mm) (Fig. 19) は XI 期と判定された。BZ1 (74.8 mm) (Fig. 20) は XII 期と判定された (第 2 触角は第 1 触角を越え側突起が巨大となる、鰓原基が出現)。

本研究結果も含め、現在までに報告されているゾウリエビ属フィロゾーマ幼生の VII 期から XII 期の体長について整理した (Table 4)。多くはゾウリエビ属幼生が巨大であることを示し、本研究の標本とも期ごとの体長に大きな差異はないが、いくつか大きく乖離する報告がある。Sims (1964) による西部大西洋の *Parribacus* A と B (Sims 1964, figs. 1, 2) は鰓原基があり第 2 触角が第 1 触角を越えるため明らかに最終期 (XII) 幼生であるが体長がそれぞれ 36.0 mm と 41.2 mm にすぎない。Sims (1964) による西部大西洋の *Parribacus* C (Sims 1964, fig. 3) は第 2 触角が第 1 触角よりやや短く尾節先端が第 5 胸脚座節に届くため XI 期と考えられるが体長が 33.4 mm である。さらに Tampi and George (1975) によるインド洋のミナミゾウリエビとされるフィロゾーマ幼生 (Tampi and George 1975, fig. 45) も同様に XI 期であるが、体長が 30.0 mm にすぎない。他の報告及び本研究結果と比較してこれらのフィロゾーマ幼生は極端に小さいため、いずれもミナミゾウリエビやゾウリエビでは

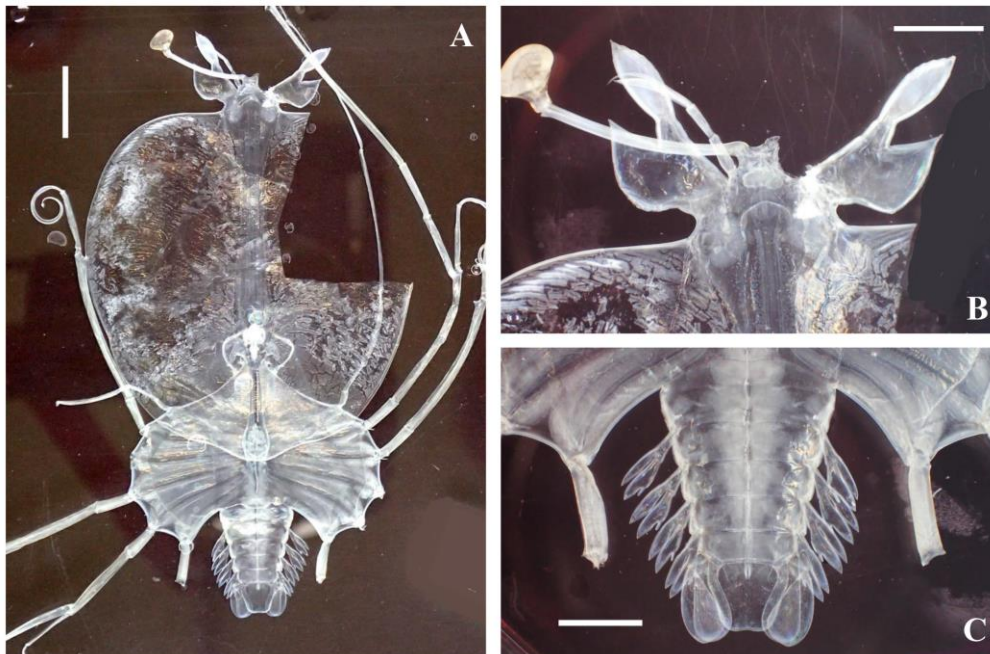


Fig. 20. Whole body (A), anterior part of cephalic shield (B) and posterior part of thorax (C) of a phyllosoma specimen BZ1 (*Parribacus* sp.). Stage XII. BL = 74.8 mm. Scale bar= 10 mm (A) and 5 mm (B and C).

Table 4. Body length (mm) of VII to XII stage phyllosoma larvae of the genus *Parribacis*.

stage	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>P. antarcticus</i>						
present study		21.6	32.4	42.0-50.7		
Berry (1974)		23.0		54.0		
Johnson (1951)					70.0	
Johnson (1971a)	16.4	19.0	31.5	41.8	57.2	
Johnson (1971b)	16.6					
Palero et al. (2014)*	13.0-15.4	19.0-21.0	33.3-34	48.8	65.7	74.0-74.4
Prasad et al. (1975)					67.0	80.0
Sekiguchi (1990)					68.0	
Tampi and George (1975)					30.0	
<i>P. japonicus</i>						
present study		28.3	32.7-35.7		70.9	
Yoneyama and Takeda (1998)				60.8		80.0
<i>Parribacis</i> sp.						
present study			35.7-39.9	46.8-55.5	61.0	74.8
Johnson (1951)					70.0	
Michel (1971)						83.0
Robertson (1968)	13.0	24.0			65.0	
$\alpha$ in Saisho (1966)			36.9			
$\beta$ in Saisho (1966)				47.2	64.0	
A in Sims (1964)						36.0
B in Sims (1964)						41.2
C in Sims (1964)					33.4	
D in Sims (1964)			36.5			
Sims (1968)					69.0	
Yoneyama and Takeda (1998)		19.1			73.0	

\*Specimens of stages X to XII were determined to be *P. antarcticus*.

ない可能性が高い。現在のところ大西洋とインド洋にはミナミゾウリエビだけが分布するとされているが (Holthuis 1991; WoRMS 2021)、同じ期でもこのような極端にサイズが異なるフィロソーマ幼生が存在する事実は複数種が分布している可能性を示す。

Saisho (1966) はインド洋で採集したゾウリエビ属のフィロソーマ幼生に 2 タイプ ( $\alpha$  と  $\beta$ ) があるとしたが、そのうち  $\alpha$  (体長 36.9 mm, Saisho 1966, fig. 17) は第 2 触角が第 1 触角の半分をやや超え、尾節先端は第 5 胸脚基部を越えないため IX 期と考えられる。また、 $\beta$  のうち体長 47.2 mm の個体 (Saisho 1966, fig. 18) は尾節先端が第 5 胸脚基部に届くため X 期、64.0 mm の個体 (Saisho 1966, fig. 19) は XI 期であり、Saisho (1966) も述べているように同じ種の発生段階の違いである可能性もある。いずれにせよ、形態で種を判別するためには現在のところ情報が不足している。Yoneyama

and Takeda (1998) はフィロソーマ幼生の頭部幅と胸部幅の比 (CW/TW) がゾウリエビ属の種間で異なる可能性を示唆している。そこで本研究で用いた標本の CW/TW 値を Fig. 21 に示した。個体数が少ないため、ゾウリエビフィロソーマ幼生 (Fig. 21 ●)、ミナミゾウリエビフィロソーマ幼生 (Fig. 21 ○)、未特定フィロソーマ幼生 (Fig. 21 ▲) のいずれも体長と CW/TW 値間には有意な相関は見られなかったが、体長とともに CW/TW 値は増加する傾向が見られた。また、ゾウリエビとミナミゾウリエビフィロソーマ幼生の回帰直線の切片間には有意差が見られた (ANCOVA,  $p < 0.01$ )。すなわち、成長を通じて、ゾウリエビフィロソーマ幼生の CW/TW 値はミナミゾウリエビフィロソーマ幼生よりも有意に大きいことが示され、Yoneyama and Takeda (1998) の観察結果を支持した。また、Yoneyama and Takeda (1998) は頭部前端部や後縁部の形状に着目



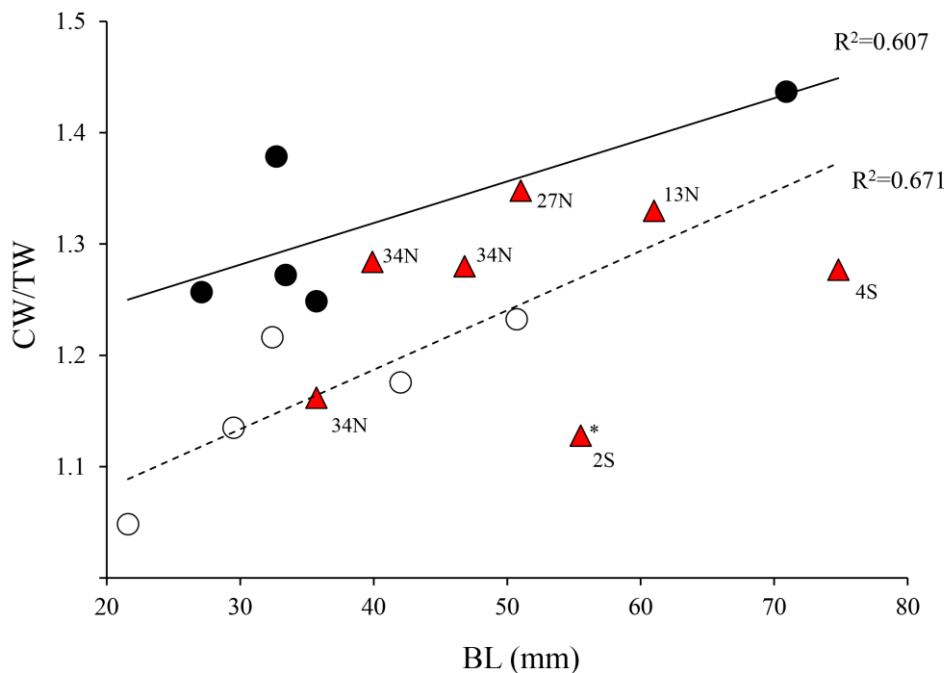


Fig. 21. Ratio of cephalic shield width to thorax width (CW/TW) plotted against body length of phyllosoma larvae analyzed in this study. Closed circles: *Parribacus japonicus*, open circles: *Parribacus antarcticus*, red triangles: undetermined *Parribacus* sp. No significant difference was observed between the regression line slopes of *P. japonicus* and *P. antarcticus* ( $p > 0.5$ ), while the heights of the regression lines were significantly different ( $p < 0.05$ ). Latitude is accompanied for unidentified larvae. One sample (asterisk) was collected in Atlantic.

し、ゾウリエビフィロソーマ幼生の頭部前端部はミナミゾウリエビフィロソーマ幼生よりも凹みが大きいこと、ミナミゾウリエビフィロソーマ幼生の頭部後縁部は丸みが大きい可能性があるとして述べている。本研究でもミナミゾウリエビと特定できたフィロソーマ幼生 (Figs. 4–8) に比べゾウリエビフィロソーマ幼生 (Figs. 9–13) では頭部前端部の凹みが大きいように見える。しかしながら、未特定個体のうち低緯度及び大西洋で採集された3個体 (Figs. 18–20) はミナミゾウリエビの可能性が高いが頭部前端部の凹みが大きい。また、頭部後縁部の形状にも顕著な差異を見出すことはできなかった。これらの特徴については個体間や発生段階での変異が大きいように思われる。

### おわりに

Holthuis (1991) によれば、現在記載されているゾウリエビ属6種のうち北西太平洋にはゾウリエビとミナミゾウリエビの2種が分布する (Table 1)。そのため、本研究で塩基配列分析ができず種特定できなかったフィロソーマ幼生7個体もゾウリエビあるいはミナミゾウリエビのどちらかであると考えられる。さらに、ミナミゾウリエビの成体は中～西部太平洋北半球の亜熱帯から南半球、インド洋、西部大西洋まで広く分布している一方、ゾウリエビの分布は房総半島以南、琉球諸島、台湾に限られている (Holthuis 1991)。すなわち、北西太平洋に限れば亜熱帯域を混棲域とし、その北側にゾウリエビ、南側にミナミゾウリエビが分布することになる。そこで、未特定

個体の CW/TW 値 (Fig. 21 ▲) に採集地点の緯度あるいは採集海域を添えた。未特定フィロソーマ幼生のうち比較的高い緯度帯で採集された個体の CW/TW 値はゾウリエビの回帰直線付近に分布し、低い緯度帯および大西洋で採集された個体の CW/TW 値はミナミゾウリエビの回帰直線付近に分布する傾向は見られるが、採集緯度と CW/TW 値に顕著な偏りは見られない。成体の分布も重複しており幼生の浮遊期間が長いという特徴を考慮すれば、標本数の少なさがこの結果を反映している可能性が高い。

現在記載されているゾウリエビ属 6 種のうち、そのフィロソーマ幼生に関する報告は本研究も含めてミナミゾウリエビとゾウリエビのみと言っていいほど少ない。さらに DNA 解析で種を特定した標本の形態を詳細に記載している報告は Palero et al. (2014) によるミナミゾウリエビのフィロソーマ幼生だけであり、現状ではゾウリエビ属フィロソーマ幼生の形態に関する種間差を検討するためには情報がほとんど無い状態である。本研究では、同じ発生段階で体長が明らかに異なる種の存在を示唆することができた。また、ゾウリエビとミナミゾウリエビのフィロソーマ幼生が CW/TW 値において差異があるという Yoneyama and Takeda (1998) の観察を支持することができた。今後、本研究で種を同定した標本の詳細な形態分析を行うとともに、CW/TW 値の種間差を明確化するために、過去の調査航海で採集された標本および今後行われる調査航海で採集される標本の利活用が望まれる。

### 謝辞

本研究で用いた標本は水産庁漁業調査船開洋丸によって実施された「平成 22 年度北太平洋海域冬季アカイカ・サンマ資源調査」、「平成 25 年度北太平洋海域アカイカ産卵親魚調査」、「平成 28 年度ニホンウナギ生態解明調

査」、水産庁漁業調査船照洋丸によって実施された「平成 12 年度中部大西洋まぐろはえなわ、FAD 魚群調査」、「平成 25 年度ニホンウナギ生態解明調査」、及び水産研究・教育機構漁業調査船俊鷹丸によって実施された「平成 17 年度越冬期魚類現存量推定調査」、「平成 20 年度アカイカ若齢加入量調査」、「平成 24 年度南西諸島沖におけるクロマグロ仔稚魚分布調査」において採集された。調査関係者各位に感謝いたします。使用した標本 (NSMT-Cr29400-29415) の保管に協力いただいた国立科学博物館の小松浩典博士、及び本論文について重要なコメントをいただいた 2 名の査読者に感謝いたします。

### 引用文献

- Booth, J. D., Webber, W. R., Sekiguchi, H., Coutures, E. (1994). Dispersal larval recruitment strategies within the Scyllaridae. *New Zealand J. Mar. Freshwater Res.* 39: 581–592.
- Chow, S., Jeffs, A., Miyake, Y., Konishi, K., Okazaki, M., Suzuki, N., Abdullah, M. F., Imai, H., Wakabayashi, T., Sakai, M. (2011). Genetic isolation between the western and eastern Pacific populations of pronghorn spiny lobster *Panulirus penicillatus*. *PLOS ONE* 6: e29280.
- Chow, S., Yanagimoto, T. (2021). Identification of phyllosoma larvae of the slipper lobster (Family Scyllaridae). 1. General remark. *Aquat. Anim.* 2021: AA2021-10. (In Japanese with English abstract)
- Chow, S., Konishi, K., Yanagimoto, T. (2022). Identification of phyllosoma larvae of the slipper lobster (Family Scyllaridae). 3. Genus *Scyllarides*. *Aquat. Anim.* 2022: AA2022-3. (In Japanese with English abstract)
- Coutures, E. (2001). On the first phyllosoma stage of *Parribacus caledonicus* Holthuis, 1960, *Scyllarides squammosus* (H. Milne-Edwards, 1837) and *Arctides regalis* Holthuis, 1963 (Crustacea, Decapoda, Scyllaridae) from New Caledonia. *J. Plank. Res.* 23: 745–751.
- Davis, K. E., Hesketh, T. H., Delmer, C., Wills, M.A. 2015. Towards a subtree of Arthropoda: a species-level subtree of the spiny, slipper and coral lobsters (Decapoda: Achelate). *PLoS ONE* 10: e0140110.
- Holthuis, L. B. (1991). *FAO Fisheries Synopsis*

- FAO species catalogue. Vol. 13 Marine lobsters of the world.
- Johnson, M. W. (1951). A giant phyllosoma larva of a loricate crustacean from the tropical Pacific. *Tran. Am. Microsc. Soc.* 70: 274–278.
- Johnson, M. W. (1971a). The phyllosoma larvae of slipper lobsters from the Hawaiian Islands and adjacent areas (Decapoda, Scyllaridae). *Crustaceana* 20: 77–103.
- Johnson, M. W. (1971b). On palinurid and scyllarid lobster larvae and their distribution in the South China Sea (Decapoda, Palinuridea). *Crustaceana* 21: 247–282.
- Kochzius, M., Seidel, C., Antoniou, A., Botla, S. K., Campo, D., Cariani, A., et al. (2010). Identifying fishes through DNA barcodes and microarrays. *PLOS ONE* 59: e12620.
- Lefébure, T., Douady, C. J., Gouy, M., Gilbert, J. (2006). Relationship between morphological taxonomy and molecular divergence within Crustacea: Proposal of a molecular threshold to help delimitation. *Mol. Phyl. Evol.* 40: 435–447.
- Matzen da Silva, J., Creer, S., dos Santos, A., Costa, A. C., Cunha, M. R., Costa, F. O., Carvalho, G. R. (2011). Systematic and evolutionary insights derived from mtDNA COI barcode diversity in the Decapoda (Crustacea: Malacostraca). *PLOS ONE* 6: e19449.
- Michel, A. (1968). Les larves phyllosomes et la post-larvae de *Scyllarides squamosus* (H. Milne Edwards)- Scyllaridae (Crustacés, Décapodes). *Cah. ORSTOM Ser. Oceanogr.* 6 (34): 47–53.
- Michel, A. (1971). Note sur les puerulus de Palinuridae et les larves phyllosomes de *Panulirus homarus* (L). *Cah. ORSTOM Ser. Oceanogr.* 9: 459–473.
- Palero, F., Guerao, G., Hall, M., Chan, T. Y., Clark, P. F. (2014). The ‘giant phyllosoma’ are larval stages of *Parribacus antarcticus* (Decapoda: Scyllaridae). *Inv. Syst.* 28: 258–276.
- Phillips, B. F., Brown, P. A., Rimmer, D. W., Braine, S. J. (1981). Description, distribution and abundance of late larval stages of the Scyllaridae (slipper lobsters) in the South-eastern Indian Ocean. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 32: 417–437.
- Prasad, R. P., Tampi, P. R. S., George, M. J. (1975). Phyllosoma larvae from the Indian Ocean collected by the DANA Expedition 1928–1930. *J. Mar. Biol. Ass. India* 17: 56–107.
- Robertson, P. B. (1968). A giant scyllarid phyllosoma larva from the Caribbean Sea, with notes on smaller specimens (Palinuridea). *Crustaceana Suppl.* 2: 83–97.
- Saisho, T. (1962). Notes on the early development of a scyllarid lobster, *Parribacus antarcticus* (Lund). *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.* 11: 174–178.
- Saisho, T. (1966). Studies on the phyllosoma larvae with reference to the oceanographical conditions. *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.* 15: 177–239. (In Japanese with English abstract)
- Sekiguchi, H. (1990). Four species of phyllosoma larvae from the Mariana waters. *Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr.* 54: 242–248.
- Sims, H. W. Jr. (1964). Four giant scyllarid phyllosoma larvae from the Florida Straits with notes on smaller similar specimens. *Crustaceana* 7: 259–266.
- Sims, H. W. Jr. (1965). The phyllosoma larvae of *Parribacus*. *Q. J. Florida Acad. Sci.* 28: 142–172.
- Sims, H. W. Jr. (1968). A giant scyllarid phyllosoma larva taken north of Bermuda (Palinuridea). *Crustaceana Suppl.* 2: 80–82.
- Tampi, P. R. S., George, M. J. (1975). Phyllosoma larvae in the IIOE (1960–65) Collections-Systematics. *Mahasagar* 8: 15–44.
- Webber, W. R., Booth, J. D. (2007). Taxonomy and evolution. In: K. L. Lavalli, E. Spanier (Eds.) *The biology and fisheries of slipper lobsters. Crustacean Issues.* CRC Press, Boca Raton, FL, p. 25–52.
- WoRMS (2021). *Parribacus* Dana, 1852. URL: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=204967>. Accessed 18 March 2022.
- Yang, C. H., Bracken-Grissom, H., Kim, D., Crandall, K. A., Chan, T. Y. (2012). Phylogenetic relationships, character evolution, and taxonomic implications within the slipper lobsters (Crustacea: Decapoda: Scyllaridae). *Mol. Phyl. Evol.* 62: 237–250.
- Yoneyama, S., Takeda, M. (1998). Phyllosoma and nisto larvae of slipper lobster, *Parribacus*. From the Izu-Kazan Islands, Southern Japan. *Bull. Natn. Sci. Mus. A* 24: 161–175.

Received: 4 March 2022 | Accepted: 24 March 2022 | Published: 26 March 2022