

河口汽水域におけるイサザアミ属 (*Neomysis*) 2種の鉛直分布の日周変化片山知史<sup>1†</sup>, 玉城泉也<sup>2</sup>, 大方昭弘<sup>3</sup>Diel changes in vertical distributions of two mysid species, *Neomysis*, in estuarine brackish waterSatoshi KATAYAMA<sup>1†</sup>, Motoya TAMAKI<sup>2</sup> and Akihiro OKATA<sup>3</sup>

In order to reveal vertical distribution patterns of two mysid species, *Neomysis*, we collected the mysids from surface, middle and bottom layers in Hiroura Lagoon located in the estuary of Natori River, twice in spring and neap tides, 1994. *N. awatschensis* and *N. japonica* coexisted in the lagoon. Although both species distributed mainly in the bottom layer, they occurred in the surface and middle layers in night time. Through correlation analysis, negative effect of illuminance on the density of mysids was found. Their distributions would be expanded to the surface due to their swimming activities enhanced in night. Relationship of stomach fullness and maturational condition with the diel vertical distribution of *N. japonica* was not significant; however, juvenile *N. awatschensis* and the mysid without full stomach contents tended to distribute in the middle and surface layers. *N. japonica* often disappeared from the bottom layer, while *N. awatschensis* stayed there almost all the time. Behavioral differences were shown between these species.

**Key words:** *Neomysis awatschensis*, *Neomysis japonica*, vertical distribution pattern, maturational stage, gut fullness

## はじめに

沿岸性魚類には、河口汽水域を生活史初期の成育場として利用している種が多いことが知られている。本邦では、スズキ *Lateolabrax japonicus* (小路ほか, 2006; Shoji and Tanaka, 2007) やイシガレイ *Platichthys bicoloratus* (Yamashita et al., 2000) などについて、この河口汽水域が高い成長速度と生残率をもたらしていることが報告されている。河口汽水域にはイサザアミ属 (*Neomysis* 属) のアミ類が多く分布しており、底棲性魚類のみならず、遊泳性魚類の主要な食物となっており、多様な魚類の生物生産を支えている (今村・橋谷, 1957; 本多ほか, 1997)。しかし、潮汐によって複雑な変化をみせる河口汽水域において、多様な魚類に捕食されるような種間関係が成り立つメカニズムは、全く

わかっていない。このイサザアミ類を巡る種間関係を理解するためには、イサザアミ類の分布様式および活動の日周性を知ることが重要な課題であると考えられる。

本邦の河口汽水域に多く生息するクロイサザアミ *Neomysis awatschensis* とニホンイサザアミ *N. japonica* 2種の分布生態については、クロイサザアミが広島湾の河口域に集中して分布していること (Imabayashi and Endo, 1986)、汽水湖・潤沼に分布していること (Nanami et al., 2005)、厚岸湾においてはアマモ場内外に非常に多く分布していること (Yamada et al., 2007) が報告されている。有明海の筑後川河口付近では、ニホンイサザアミ、クロイサザアミの両種が分布しているが、ニホンイサザアミが河口付近に多くクロイサザアミがより上流側に分布している傾向が示されている (Suzuki et al., 2009)。また飼育実験により、両種とも広い塩分耐性を有すること (池末, 1956; 村野, 1966) が報告されている。分布生態や分布の変化パターンに関しては、霞ヶ浦において夜間表層に出現するというクロイサザアミの日周的な変化が明らかにされているが (戸田ほか, 1982) 潮汐の影響を強く受ける河口汽水域では報告されていない。本研究では、宮城県広瀬川の河口域において、大潮時と小潮時に、数日間にわたるイサザアミ類の採集調査を行った。採集されたイサザアミ属2種 (クロイサザアミ、ニホンイサザアミ) の鉛直分布の日周変化および鉛直分布と雌雄組成、成熟段階組成、胃の充満度組成の関係を解析

2010年3月8日受付、2010年12月13日受理

<sup>1</sup> 中央水産研究所浅海増殖部

Coastal Fisheries and Aquaculture Division, National Research Institute of Fisheries Science, 6-31-1 Nagai, Yokosuka, Kanagawa 238-0316, Japan

<sup>2</sup> 西海区水産研究所海区水産業研究部

Coastal Fisheries and Aquaculture Division, Seikai National Fisheries Research Institute, 1551-8 Taira-machi, Nagasaki, Nagasaki 851-2213, Japan

<sup>3</sup> 水圏生態研究会

Laboratory of Hydrospheric Ecology, 1-2-6 Ushirono, Hitachinaka, Ibaragi 312-0014, Japan

† skata@affrc.go.jp

した。これらの結果を2種間で比較することによって、各々の鉛直分布様式の特徴を検討した。

なお、本邦産の汽水性アミ類研究において、村野 (1966) 戸田ほか (1982), Toda et al. (1987) などはイサザアミ *N. intermedia* を研究対象としているが、*N. intermedia* は *N. awatschensis* のシノニムとするのが一般的である (Price, 2004)。そこで、本論文では、*N. intermedia* イサザアミについての研究結果は、*N. awatschensis* クロイサザアミに関する知見として扱った。

## 材料と方法

調査場所とした広浦は、太平洋の仙台湾に流入する名取川の河口に形成されている潟湖であり、名取川等から流れ込む淡水と外海からの海水が入り混じる汽水域である。広浦内に、広浦奥部にあり比較的水深の浅い Stn 1 (水深 1.0–2.0 m) と、入り口部にあり水深の深い Stn 2 (水深 2.8–3.9 m) の2カ所の調査定点を設けた (Fig. 1)。底質は両調査定点ともに砂泥質であった。調査は1993年5月の大潮時 (19–21日: 調査A) と小潮時 (27–28日: 調査B) の2回行った。両日ともに天候は快晴もしくは晴天であった。

大潮時 (調査A) には54時間、小潮時 (調査B) には30時間にわたり、約3時間間隔でアミ類の採集と環境調査を行った。水深は潮汐に伴って変動したが、アミ類の採集は Stn 1 では表層および底層、Stn 2 では表層、底層および中層 (深度約 1.5 m) においておのおの行った。表層および中層は、直径 70 cm の稚魚ネット、底層は間口が横 80 cm、縦 30 cm のソリネットを用いた。稚魚ネットおよびソリネットには、長さ 3 m、0.195 mm メッシュの同規格のネットを取り付けた。曳網速度は約 1 ノット、曳網距離は約 100 m とした。なお調査Aの Stn 1 の昼間 9–10 時は、大潮の干潮時であり水深が 1.0 m 以下と極めて浅くなったため、稚魚ネットによる中層採集を行わなかった。稚魚ネットおよびソリネットには、濾水計を取り付け、濾水量を推定した。今回の調査において採集されたイサザアミ属のアミは、クロイサザアミとニホンイサザアミの2種であった。分布密度は採集効率を 1 と仮定して、各種の採集個体数を濾水量で除算して求めた。

環境項目として、稚魚ネットおよびソリネットの曳網後に表層、中層、底層において、CTD (セントラル化学社製, UC-35) を用いて塩分水温を測定した。各層で電磁流速計 (東邦電探社製, CM-2X) を用いて流速を測定し、流速計の向きから流向を判断した。なお下げ潮時の流速は負の符号で表した。また各層で照度計により照度を測定したが、薄暮時や泥の巻き上げがあった場合の微弱な照度を計測するために上限が 5000 lx の照度計を用いたため、5000 lx 以上の照度も 5000 lx として表した。

両種の分布密度がどのような環境項目と関連して変動するかを解析するために、調査A, B および Stns 1, 2 のおのお

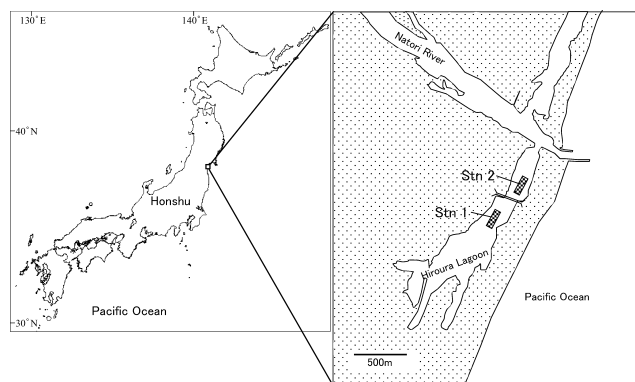


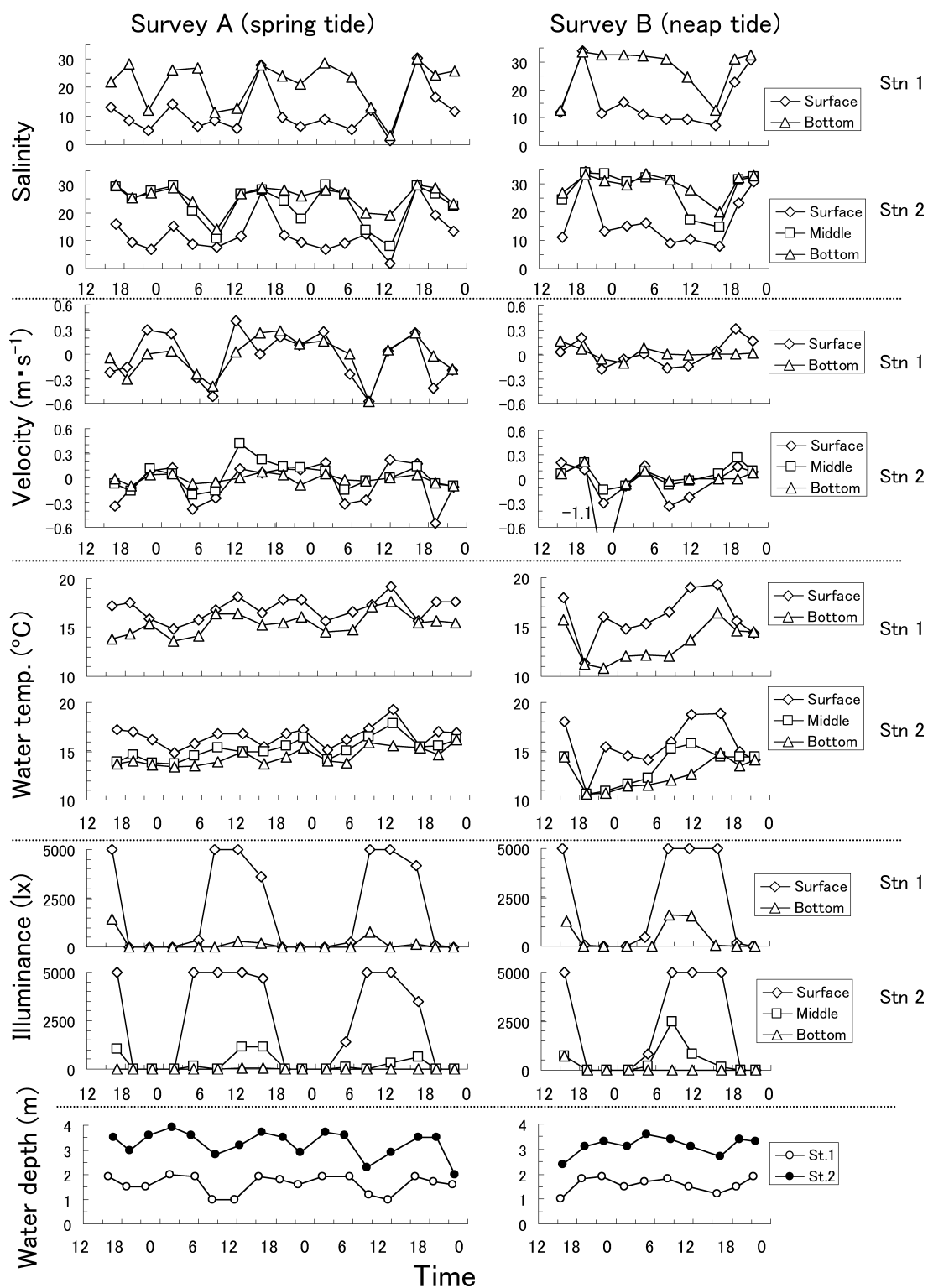
Figure 1. Two study sites in Hiroura Lagoon located at the mouth of Natori River.

のデータセットを用いて、ノンパラメトリックの Spearman の順位相関係数検定を行った。各層における水温、塩分、照度、流速 (下げ潮を負とした)、絶対流速 (上げ潮、下げ潮を問わない) を説明変数、種毎の分布密度を目的変数とした。

採集生物を採集後直ちに 10% 中性ホルマリンで固定した。採集されたイサザアミ属 (*Neomysis* 属) のアミについては、種毎に個体数を計数し、雌雄の判別、成熟段階の判別を行った。雌雄は第 4 腹肢の形状から判別した。成熟段階は Mauchline (1971) を参考にして、外部形態で雌雄判別が不可能な幼若個体 (juvenile)、保育嚢に胚を持っている抱卵雌 (ovigerous female)、保育嚢に胚を持っていない未抱卵雌 (immature female) および雄 (male) とした。また摂食活動と分布変化との関係を検討するために、大潮時 (調査A) に Stn 2 で採集された各標本から 10 個体以上のアミ (幼若個体、抱卵雌を除く) を抽出して胃内容物の充満度の判別を行った。充満度は、実体顕微鏡下で背部から胃を観察して、A: 胃の噴門部および幽門部の双方に内容物が認められる個体 (full)、B: 胃の幽門部のみに内容物が認められる個体 (half)、C: 胃に内容物が認められない個体 (empty) の 3 つの段階に判別した。両種の成熟段階組成 (雌雄比を含む) と胃内容物充満度が水深および時間帯によって変化するかどうかを検討するために、独立性の検定 (*G*-test, Sokal and Rohlf, 1995) を行った。

## 結果

Stn 1 と Stn 2 の水深は前述のとおり Stn 2 が深く、干満の差は、大潮の調査Aでは 1.9 m、小潮の調査Bでは 1.2 m であった (Fig. 2)。調査場所の塩分は、潮汐に伴い大きく変動した。Stns 1, 2 のそれぞれの塩分は、調査A (大潮時) では表層が 1.5–30.3 および 1.7–29.8、底層が 3.2–30.1 および 14.1–29.8、小潮時の調査Bでは表層が 7.2–33.4 および 8.0–33.4、底層が 12.8–33.4 および 20.0–33.4 であり、特に大潮時には、塩分の低い水が底層まで及んでいることが



**Figure 2.** Diurnal changes in salinity, velocity, water temperature, and luminance in the surface, middle and bottom layers and water depth in survey stations 1 and 2 during survey A (spring tide, May 19–21, 1994) and survey B (neap tide, May 27–28, 1994). Positive and negative values of the velocity mean flood and ebb tides, respectively.

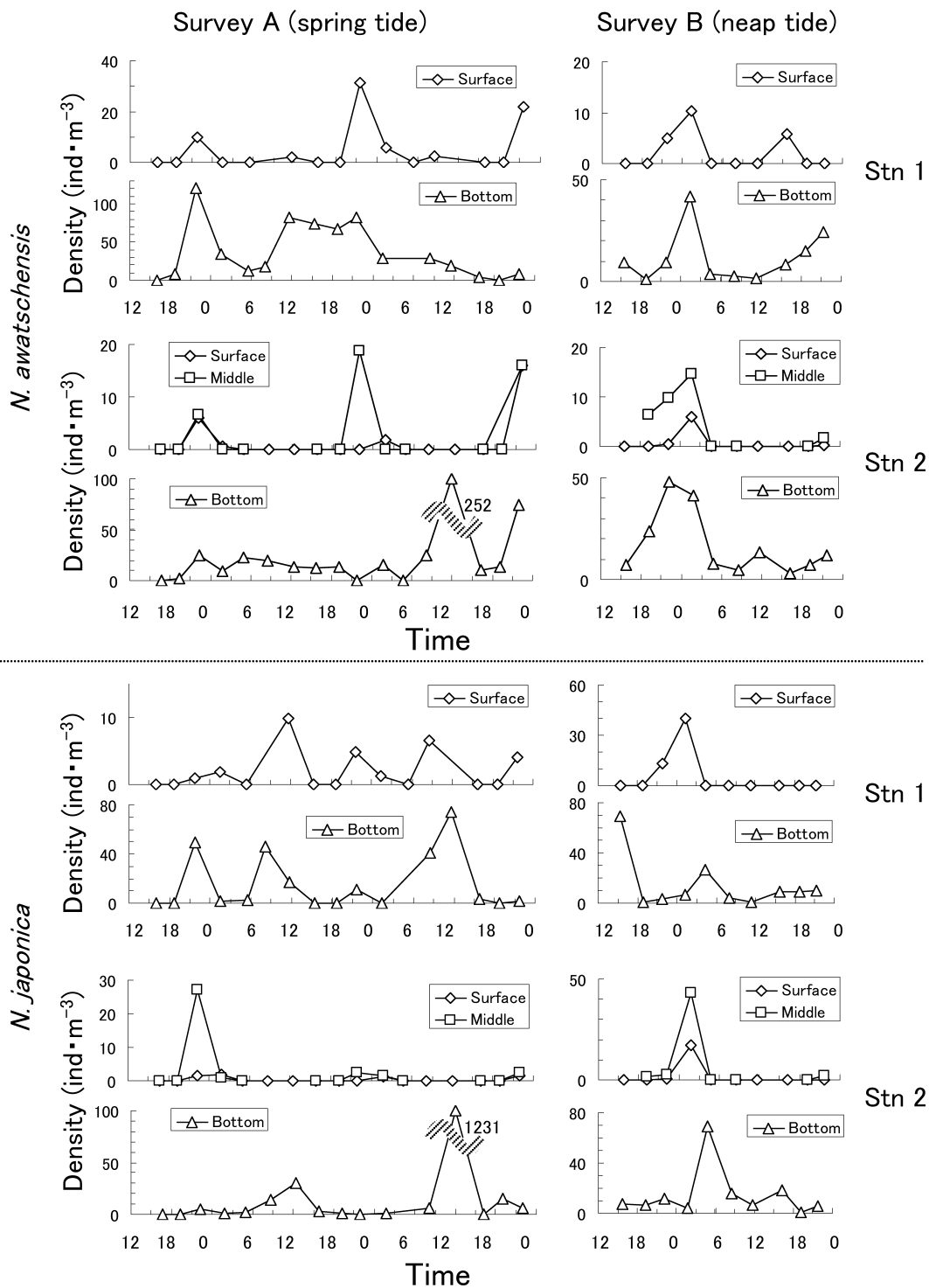


Figure 3. Diurnal changes in estimated densities of *N. awatschensis* and *N. japonica*, in the surface, middle and bottom layers in survey stations 1 and 2 during survey A (spring tide, May 19–21, 1994) and survey B (neap tide, May 27–28, 1994).

わかった。調査A, Bにおける水温はそれぞれ, 13.4–19.0°Cおよび10.6–19.3°Cであり, 塩分が低い方が水温が高い傾向があった。流速は, 調査A, Bにおいておのおの

–0.578 (下げ潮) –0.414 m·s<sup>-1</sup> (上げ潮), –0.340 (下げ潮) –0.311 m·s<sup>-1</sup> (上げ潮) の範囲であった。照度は, 昼間は5000 lx以上になったが, 主に21時–2時の夜間は0で

**Table 1.** Spearman's correlation coefficients of the relationships between environmental components and distribution densities of *Neomysis awatschensis* and *N. japonica* at surface, middle and bottom layers in Hiroura Lagoon.

Species	Layer	Survey	Stn	Environmental components			
				Illuminance	Water temp.	Salinity	Velocity
<i>N. awatschensis</i>							
	Surface	A	1	-0.520	0.077	-0.529*	0.236
			2	-0.516*	-0.334	-0.086	0.384
		B	1	-0.588	-0.020	-0.068	-0.178
			2	-0.692*	-0.277	0.216	-0.365
	Middle	A	2	-0.580*	0.116	-0.369	-0.041
			B	2	-0.490	-0.739*	0.179
	Bottom	A	1	-0.214	0.183	-0.359	0.332
			2	-0.072	0.314	-0.584*	-0.043
		B	1	-0.544	0.182	0.177	-0.261
			2	-0.405	-0.733*	0.200	-0.153
<i>N. japonica</i>							
	Surface	A	1	0.290	0.259	-0.275	0.289
			2	-0.445	-0.265	-0.262	0.474
		B	1	-0.674*	-0.343	0.292	-0.317
			2	-0.527	0.013	-0.019	-0.162
	Middle	A	2	-0.664*	-0.090	-0.087	0.006
			B	2	-0.584	-0.609	0.126
	Bottom	A	1	-0.086	0.605*	-0.666**	-0.290
			2	0.157	0.265	-0.499	-0.009
		B	1	-0.163	0.644	-0.311	0.565
			2	0.517	0.018	-0.030	0.104

\*: Significant at the 5% level

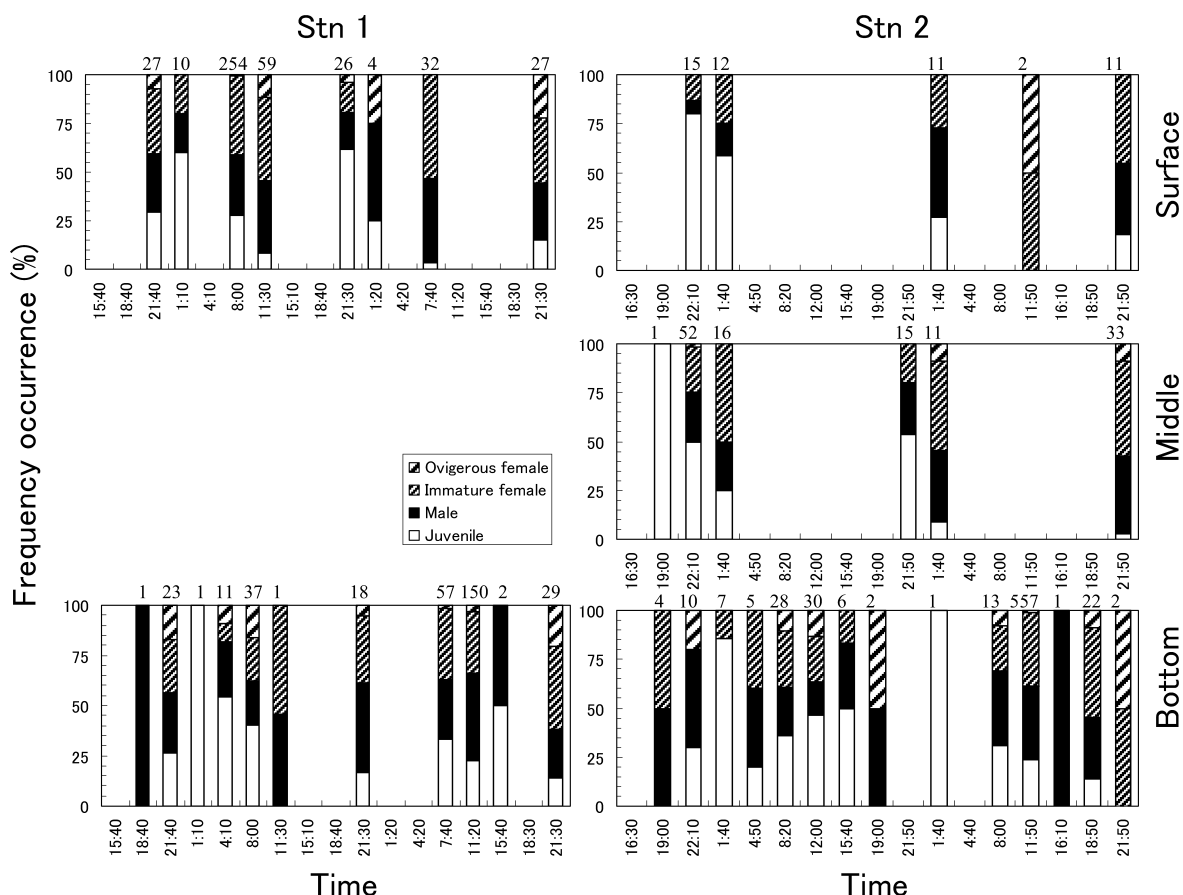
\*\*: Significant at the 1% level

あった。

今回の調査において採集されたクロイサザアミとニホンイサザアミの各層における分布密度の日周変化を Fig. 3 に示す。クロイサザアミの表中层における分布密度は、時間帯によって大きく変動し、推定分布密度は0–31.5個体・m<sup>-3</sup>であった。Stns 1, 2ともにいくつかのピークがみられ、その他の殆どの時間帯ではほぼ0であった (Fig. 3)。分布密度のピークのみられる時間帯は、調査Aでは全て22時台であった。調査BではStn 1において干潮で水深が浅くなった15時台を除いて、全て2時台であった。底層における分布密度は、0–252.8個体・m<sup>-3</sup>で表中层と同様に大きく変動するが、0になることは54回中6回だけだった。底層の分布密度は、調査Bの時には夜間に高い傾向があるものの、調査Aでは、明らかな時間帯による変化は見出されなかった。ニホンイサザアミの表中层の分布密度は、

0–43.0個体・m<sup>-3</sup>範囲で変動し、クロイサザアミと同様にいくつかのピークがみられた (Fig. 3)。ピークのみられた時間帯は、調査AのStn 1において日中にもみられたが、それを除くと調査Aでは22時台、調査Bでは2時台であった。ピークのみられなかったほとんどの時間帯では、分布密度が0であった。底層における分布密度は、0–1231.3個体・m<sup>-3</sup>の範囲であった。分布密度が0になる時間帯がクロイサザアミよりも若干多く、54回中14回みられた。

イサザアミ類両種の分布密度に対する環境項目の相関解析の結果、クロイサザアミについては、表層中層における照度との相関が最も高く、6つのデータセットのうち3つにおいて有意な相関関係が認められた (Table 1)。いずれも係数は負であり、照度の弱い時に表層中層における分布密度が高くなることが示された。また、分布層を問わず塩分、水温のどちらかと負の相関があるパターンが認められた。



**Figure 4.** Diel changes in the maturational compositions of *N. awatschensis* caught from surface, middle and bottom layers. Coarse shaded, thin shaded, closed and open bars indicate sex and maturational stages; ovipigerous female, immature female, male and juvenile, respectively. Numbers above each bar indicate sample size.

高温の低塩分、もしくは低温の高塩分の際に分布密度が低くなる傾向が示された。流速については、いずれも有意な相関はみられなかった。ニホンイサザアミについては、クロイサザアミと同様に、表層中層における照度との有意な負の相関が、6つのデータセットのうち2つにおいて認められた。水温、塩分、流速との明瞭な関係は認められなかった。

次に、両種の分布層や時間帯と生殖行動との関連を検討するため、調査A（大潮時）の各層における雌雄および成熟段階組成の時間帯による変化をFigs. 4, 5に示す。クロイサザアミの性比は、雌雄がほぼ同じ割合で出現した (Fig. 4)。しかし幼若個体の割合が、底層ではStn 1の21時台、Stn 2の16時台の2回を除けば全て30%以下であったのに対し、表中層では2回に1回の割合で幼若個体の割合が50%を上回った。ニホンイサザアミではクロイサザアミ同様、雌雄がほぼ同じ割合で出現した (Fig. 5)。幼若個体の割合は大きく変動するものの、いずれの層においても出現した。雌雄・成熟段階組成が時間帯間、採集層間で差異があるかどうかを統計的に検討するために、独立性の検定を

行ったところ、底層における時間帯による変動については、両種ともいずれの採集場所でも1%水準で有意であり（クロイサザアミ： $G\text{-value}=93.9, p<0.01$ 、ニホンイサザアミ： $G\text{-value}=68.6, p<0.01$ ）、両種ともに両種ともに時刻との対応や変動パターンは明瞭ではないものの、雌雄・成熟段階組成が時間によって変動することが示された。採集層に関しては、クロイサザアミはいずれの調査定点においても1%水準で有意であったのに対し ( $G\text{-value}=199, p<0.01$ )、ニホンイサザアミは有意ではなかった ( $G\text{-value}=12.6, p>0.05$ )。すなわち、ニホンイサザアミは雌雄・成熟段階組成が層間で差異が有意ではないのに対して、クロイサザアミは層間で異なっていることが示された。

Fig. 6は、大潮時（調査A）のStn 2の各層における胃充満度組成の日周変化である。クロイサザアミの底層における組成は、胃充満度がfullの割合が、11時台の一例を除けばいずれの時間帯においても50%以上を占め、胃充満度がemptyの個体は0-23%であった。表層中層においては、胃充満度の時間帯による変動が大きく、またfullの個体が若干少ないものの、胃充満度がemptyの個体が50%以上を占

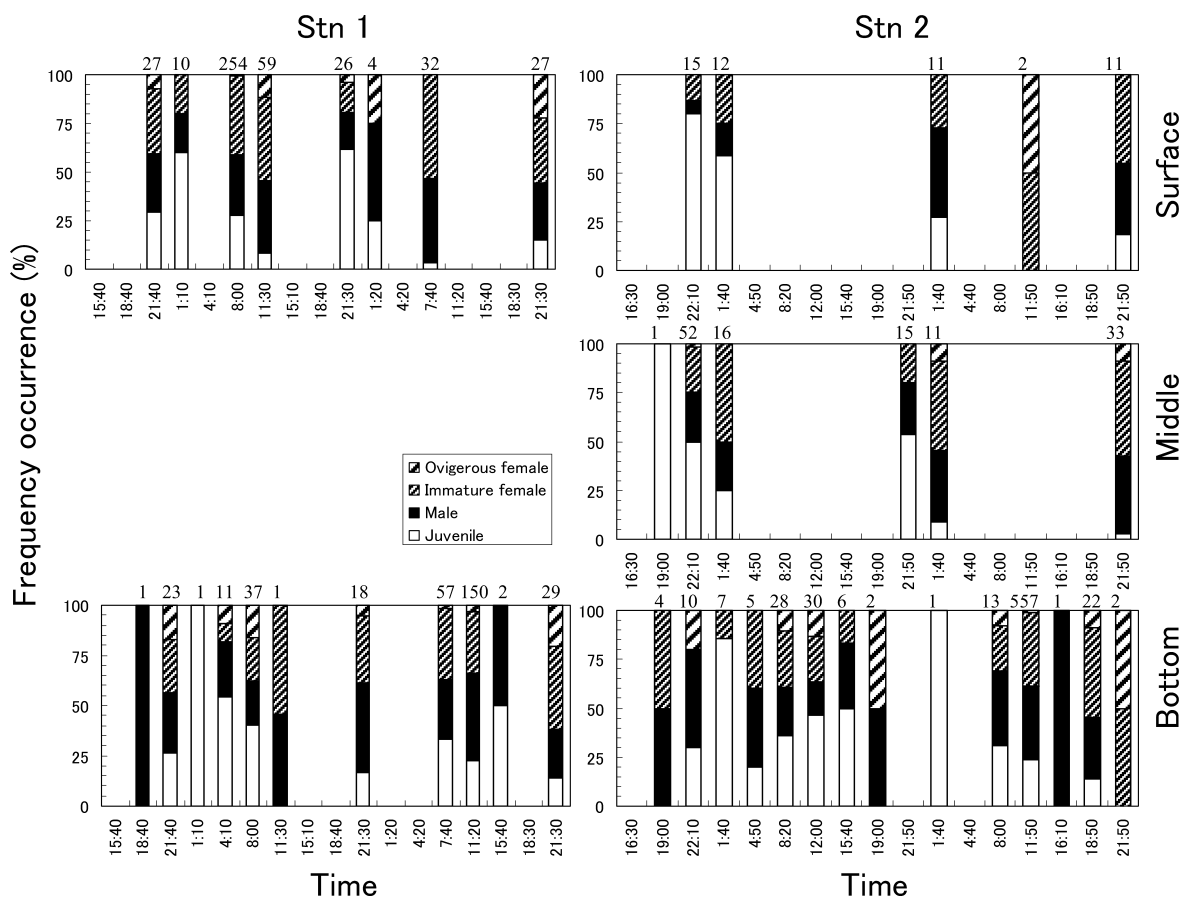


Figure 5. Diel changes in the maturational compositions of *N. japonica* caught from surface, middle and bottom layers. Coarse shaded, thin shaded, closed and open bars indicate sex and maturational stages; ovigerous female, immature female, male and juvenile, respectively. Numbers above each bar indicate sample size.

めることはなかった。ニホンイサザアミの底層における組成は、時間帯による変動は小さいものの、クロイサザアミよりも胃充満度がfullの個体の割合が低く、胃充満度がemptyの個体の割合が高い傾向があった。表層中層の組成は底層の組成とよく似た組成であった。底層における時間帯に対する胃充満度の独立性の検定を行った結果、クロイサザアミもニホンイサザアミも有意であるとはいえず(クロイサザアミ:  $G\text{-value}=7.56, p>0.05$ , ニホンイサザアミ:  $G\text{-value}=35.3, p>0.05$ )、両種ともに底層における胃の充満度は時間帯によって殆ど変化しないことが示された。採集層に関しては、クロイサザアミが有意であったのに対し( $G\text{-value}=36.4, p<0.01$ )、ニホンイサザアミは有意性が認められなかった( $G\text{-value}=19.2, p>0.05$ )。すなわち、ニホンイサザアミは胃充満度が層間で有意な差がないのに対して、クロイサザアミは層間で異なっていることが示された。

### 考察

イサザアミ類の分布生態については、イサザアミ属に属す

る多くのアミ類が日周的な鉛直移動を行うことが知られている(*N. americana* (Hulburt, 1957; Herman, 1963; Hopkins, 1965; Wigley and Burns, 1971), *N. mercedis* (Heubach, 1969; Orsi, 1986; Cooper et al., 1992; Chigbu et al., 1998), *N. mirabilis* (Clutter, 1969; Zelickman, 1974), *N. integer* (Bremer and Vijverberg, 1982; Köpcke and Kausch, 1996), クロイサザアミ (戸田ほか, 1982)。イサザアミ属の中でも、特に河口汽水域に生息する種については、日周鉛直移動だけではなく、*N. mercedis*, *N. integer*が潮汐に合わせて鉛直移動を行うこと、(Heubach, 1969; Hough and Naylor, 1992), *N. americana*が潮汐に合わせて水平移動を行うこと (Hulburt, 1957), また、*N. integer*が流速の低いところに群を形成する傾向があること (Hough and Naylor, 1992) が報告され、潮汐やその他の環境要因によって分布を変化させることがわかっている。

今回の調査におけるイサザアミ属2種(クロイサザアミ、ニホンイサザアミ)の鉛直分布は、塩分や水温との関係は明瞭ではなかったが、照度の弱い時に表層中層で分布密度が高くなることが明らかとなった。昼間はほとんど分布していなかった中層表層に夜間分布するという日周的なパ

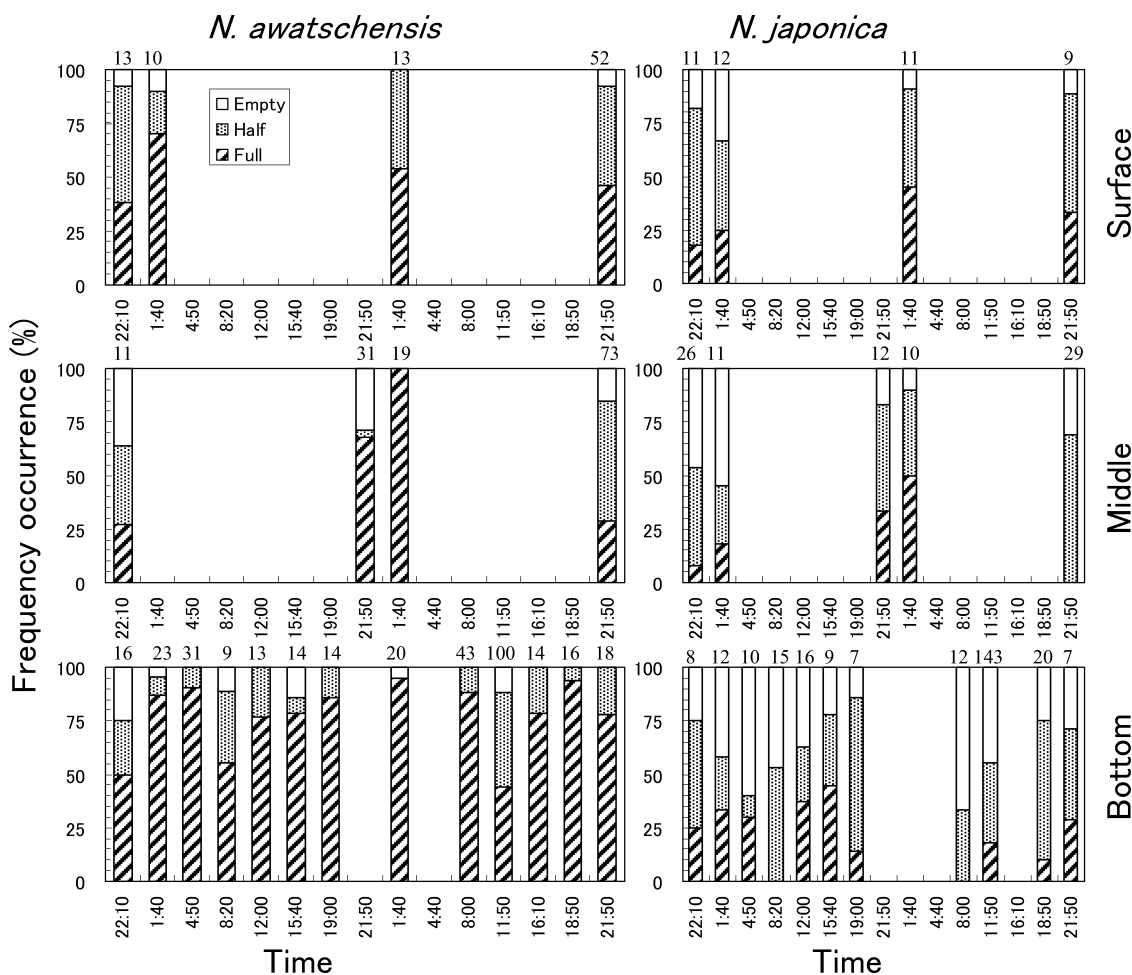


Figure 6. Diel changes in the stomach fullness compositions of *N. awatschensis* and *N. japonica* caught from surface, middle and bottom layers. Shaded, dotted and open bars indicate stomach fullness; full, half and empty, respectively. Numbers above each bar indicate sample size.

ターンであり、このパターンは大潮、小潮に関わらず認められた。両種ともに夜間においても底層に多く分布したことから、昼間は底層、夜間は表中層に分布するというのではなく、夜間には遊泳が盛んになりアミが表層と底層を頻繁に行き来する (Mauchline, 1971) ために分布層が表中層にまで広がったものと考えられる。Sato and Jumars (2008) は、音響計測を行い *N. americana* について同様の結論を得ている。しかし、夜間ならば必ず表中層に出現するとは限らず、調査A (大潮) では22時台、調査B (小潮) では2時台に出現のピークがあった。Sato and Jumars (2008) は、強い流れが生じている場合、夜間でも表中層に分布しないことを報告している。したがって昼夜の分布層の変化は、照度 (もしくは時刻) に加えて、潮汐に伴う複雑な水塊の変化も影響しているものと考えられる。

イサザアミ属のアミが時間帯によって分布層を変化させることは、汽水域に留まるためとする研究もあるが (Hough and Naylor, 1992), 日周的な摂食活動、生殖活動との関連

を指摘する報告も多い (Herman, 1963; 村野, 1964; Siegfried et al., 1979; Bremer and Vijverberg, 1982; Hough and Naylor, 1992). 今回の調べられた2種については、ニホンイサザアミでは雌雄、発育段階、胃充満度が時間帯によっても分布層によっても有意には変化しなかった。クロイサザアミの雌雄、発育段階、胃充満度については時間帯によっても変化しなかったものの、表層中層で未成熟の個体の割合が高く、また胃充満度についても、胃充満度がfullの個体の割合が底層で高いという結果になった。食物が存在すれば摂食活動を持続的に行うこと、食物の消化管通過時間は摂食量によって大きく異なることから、胃充満度だけからでは、アミがどの時間帯にどの分布層で摂食したのかを推察することは難しいが (Siegfried and Kopache, 1980; Murtaugh, 1984), 摂食活動および発育段階と表中層への遊泳活動には、2種間で若干の差異があるものと思われる。

汽水域に生息するイサザアミ属のアミは、鉛直移動だけではなく、水平的な移動を行うことが報告されている



(Hulburt, 1957). 今回の結果からも、底層における分布密度は時間帯によって大きく変動した。さらに底層の分布密度の変化パターンには兩種で若干の差異があり、底層での分布密度が0になることが、クロイサザアミよりもニホンイサザアミの方が多くみられた。底層におけるニホンイサザアミの分布密度と塩分との相関は見出されなかったが、潮汐に合わせて水平的に移動していることが考えられる。河口汽水域に生息し、夜間には表層中層にも分布するという同様の鉛直分布パターンを示す2種であるが、潮汐に対する反応が異なっているものと推察された。広い塩分耐性をもつ兩種であるが(池末, 1956; 村野, 1966)、クロイサザアミがニホンイサザアミより上流側に分布していることも報告されているように(Suzuki et al., 2009)、水平的にも分布に差異があるものと推察される。生活史についてはニホンイサザアミについて報告されているものの(石川・大島, 1951; 澤本, 1985)、分布との関連はほとんどわかっていない。これら2種の分布様式を明らかにするためには、発育・成長や季節に伴う分布の変化を調べる必要があると思われる。また今回示されたような鉛直的な分布の周期的な変化パターンが、河口汽水域においてイサザアミ類が多く魚類の食物として機能していることと結び付いているものと考えられる。魚類とイサザアミ類の微細な生活領域および活動時刻といった生活の接点を明らかにすることが、食う食われるの種間関係を解明する上で重要であると考えられる。

なお、今回は採集効率を1と仮定して解析したが、アミ類のネット間口からの逃避やその逃避の昼夜の差も考えられる。しかも4mより浅い本調査海域のような調査場所では、ネットを曳網の際の操船によって、アミ類の行動が変化する可能性もある。河川、河口域、砂浜浅海域におけるアミ類の採集調査については、定量採集が可能になるような調査技術の開発・確立が望まれる。

## 謝 辞

本研究の遂行にあたり東北大学名誉教授 故大森迪夫博士には、丁寧なご助言を賜った。ここに哀悼の意を表し、生前のご指導に深く感謝申し上げる。

## 引用文献

- Bremer, P. and J. Vijverberg (1982) Production, population biology and diet of *Neomysis integer* (Leach) in shallow Frisian lake (The Netherlands). *Hydrobiologia*, **93**, 4151.
- Chigbu, P., T. H. Sibley and D. A. Beauchamp (1998) Abundance and distribution of *Neomysis mercedis* and a major predator, longfin smelt (*Spirinchus thaleichthys*) in Lake Washington. *Hydrobiologia*, **386**, 167–182.
- Clutter, R. I. (1969) The microdistribution and social behavior of some pelagic mysid shrimps. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **3**, 125–155.
- Cooper, K. L., K. D. Hyatt and D. P. Rankin (1992) Life history and production of *Neomysis mercedis* in two British Columbia coastal lakes. *Hydrobiologia*, **230**, 9–30.
- Herman, S. S. (1963) Vertical migration of the opossum shrimp, *Neomysis americana* Smith. *Limnol. Oceanogr.*, **8**, 228–238.
- Heubach, W. (1969) *Neomysis awatschensis* in the Sacramento-San Joaquin River Estuary. *Limnol. Oceanogr.*, **14**, 533–546.
- 本多 仁・片山知史・伊藤絹子・千田良雄・大森迪夫・大方昭弘 (1997) 河口汽水域における魚類集団の生産構造と機能. 沿岸海洋研究, **35**, 57–68.
- Hopkins, T. L. (1965) Mysid shrimp abundance in surface waters of Indian River Inlet, Delaware. *Chesapeake Science*, **6**, 86–91.
- Hough, A. R. and E. Naylor (1992) Distribution and position maintenance behaviour of the estuarine mysid *Neomysis integer*. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, **72**, 869–876.
- Hulburt, E. M. (1957) The distribution of *Neomysis americana* in the estuary of the Delaware River. *Limnol. Oceanogr.*, **2**, 1–11.
- 池末 弥 (1956) 有明海におけるアミ類について. 西水研有明海研報, **3**, 1–15.
- Imabayashi, H. and T. Endo (1986) Distribution of near-bottom plankton in the Ohta River estuary Hiroshima Bay in relation to salinity. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **33**, 113–124.
- 今村泰二・橋谷尚志 (1957) 瀬沼産魚類4種の食性. 茨城大学文理学部紀要, **7**, 45–56.
- 石川 昌・大島泰雄 (1951) ニホンアミ *Neomysis japonica* NAKAZAWA の生活史について. 日本水誌, **16**, 461–472.
- Köpcke, B. and H. Kausch (1996) Distribution and variability in abundance of *Neomysis integer* and *Mesopodopsis slabberi* (Mysidacea; Crustacea) in relation to environmental factors in the Elbe estuary. *Arch. Hydrobiol. (Suppl.)*, **110**, 263–282.
- Mauchline, J. (1971) The biology of *Neomysis integer* (Crustacea, Mysidacea). *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, **51**, 709–715.
- 村野正昭 (1964) イサザアミ, *Neomysis intermedia* Czerniawsky の漁業生物学的研究, IV. 生活史, 特に成長について. 水産増殖, **12**, 109–117.
- 村野正昭 (1966) イサザアミ, *Neomysis intermedia* Czerniawsky の漁業生物学的研究, V. 環境要因に対する適応性. 水産増殖, **13**, 233–245.
- Murtaugh, P. A. (1984) Variable gut residence time: Problems in inferring feeding rate from stomach fullness of a mysid crustacean. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **41**, 1287–1293.
- Nanami, A., H. Saito, T. Akita, K. Motomatsu and H. Kuwahara (2005) Spatial distribution and assemblage structure of macrobenthic invertebrates in a brackish lake in relation to environmental variables. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **63**, 167–176.
- Orsi, J. J. (1986) Interaction between diel vertical migration of a mysidacean shirimp and two-layered estuarine flow. *Hydrobiologia*, **137**, 79–87.
- Price, W. W. (2004) An annotated checklist for the order Mysida (Crustacea: Malacostraca: Peracarida) from the Pacific coasts of the Americas (Alaska to Chile). *Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans*, **3**, 53–78.
- Sato, M. and P. A. Jumars (2008) Seasonal and vertical variations in emergence behaviors of *Neomysis Americana*. *Limnol. Oceanogr.*, **53**, 1665–1677.
- 澤本彰三 (1985) 志摩半島におけるニホンアミ (*Neomysis japonica*) の個体群組成および生活史に関する2, 3の観察. 東海大学海洋研究所研究報告, **7**, 33–39.
- 小路 淳・鈴木啓太・田中 克 (2006) 2005年春季の筑後川河口域高濁度水塊における物理・生物環境に対する潮汐および河川流量の影響—スズキ成育場としての評価. 水産海洋研究, **70**, 31–38.
- Shoji, J. and M. Tanaka (2007) Growth and mortality of larval and juvenile Japanese seaperch *Lateolabrax japonicus* in relation to seasonal changes in temperature and prey abundance in the Chikugo estuary.

- Estuar. Coast. Shelf Sci., **73**, 423–430.
- Siegfried, C. A. and M. E. Kopache (1980) Feeding of *Neomysis mercedis* (Holmes). Biol. Bull., **159**, 193–205.
- Siegfried, C. A., M. E. Kopache and A. W. Knight (1979) The distribution and abundance of *Neomysis mercedis* in relation to the entrapment zone in the western Sacramento–San Joaquin Delta. Trans. Am. Fish. Soc., **108**, 262–270.
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf (1995) Biometry, The principles and practice of statistics in biological research, 3rd edition. W. H. Freeman and Company, New York, 887 pp.
- Suzuki, K. W., K. Nakayama and M. Tanaka (2009) Horizontal distribution and population dynamics of the dominant mysid *Hyperacanthomysis longirostris* along a temperate macrotidal estuary (Chikugo River estuary, Japan). Estuar. Coast. Shelf Sci., **83**, 516–528.
- Toda, H., T. Arima, M. Takahashi and S. Ichimura (1987) Physiological evaluation of temperature effect on the growth processes of the mysid, *Neomysis intermedia* Czerniawsky. J. Plankton Res., **9**, 51–63.
- 戸田任重・高橋正征・市村俊英 (1982) 霞ヶ浦におけるイサザアミ (*Neomysis intermedia*) の鉛直・水平分布と生物量の季節変化. 国立公害研究所調査報告, **22**, 148–156.
- Wigley, R. L. and B. R. Burns (1971) Distribution and biology of mysids (Crustacea, Mysidacea) from the Atlantic coast of the United States in the NMFS Woods Hole collection. Fish. Bull., **69**, 717–746.
- Yamada, K., K. Takahashi, C. Vallet, S. Taguchi and T. Toda (2007) Distribution, life history, and production of three species of *Neomysis* in Akkeshi-ko estuary, northern Japan. Mar. Biol., **150**, 905–917.
- Yamashita, Y., T. Otake and H. Yamada (2000) Relative contributions from exposed inshore and estuarine nursery grounds to the recruitment of stone flounder, *Platichthys bicoloratus*, estimated using otolith Sr:Ca ratios. Fish. Oceanogr., **9**, 316–327.
- Zelickman, E. A. (1974) Group orientation in *Neomysis mirabilis* (Mysidacea: Crustacea). Mar. Biol., **24**, 521–528.