

東京湾におけるシャコ幼生の発生に伴う分布の変化

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者名	大富,潤 風呂田,利夫 川添,大徳
発行元	日本水産學會
巻/号	72巻3号
巻号補足	
掲載ページ	p. 382-389
発行年月	2006年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



東京湾におけるシャコ幼生の発生に伴う分布の変化

大 富 潤,^{1*} 風呂田利夫,² 川 添 大 徳¹

(2005 年 8 月 31 日受付, 2005 年 11 月 11 日受理)

¹鹿児島大学水産学部, ²東邦大学理学部生物学科Change in spatial distribution with development for larval Japanese mantis shrimp
Oratosquilla oratoria (Stomatopoda, Squillidae) in Tokyo Bay, JapanJUN OHTOMI,^{1*} TOSHIO FUROTA² AND HIRONORI KAWAZOE¹¹Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima 890-0056, ²Department of Biology, Faculty of Science, Toho University, Funabashi, Chiba 274-0072, Japan

Sampling surveys were conducted at 15 stations in Tokyo Bay, Japan, in order to examine the change in spatial distribution with development for larval Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* (Stomatopoda, Squillidae). All of the eleven larval stages of *O. oratoria* were collected, however, the larvae in the terminally additive stages did not occur throughout the research period. The propelagic-stage larvae (Stages I and II) occurred only in the southern part of the bay, which is the main spawning ground of *O. oratoria*, whereas the distribution of the pelagic-stage larvae (Stages III to XI) expanded towards the inner part of the bay with development. During the period when larval *O. oratoria* occurred in Tokyo Bay, the oxygen-depleted water frequently appeared at the bottom especially in the inner part of the bay. Although the distribution and mortality of the larvae were considered to be sensitive to dissolved oxygen-depleted water, the final-stage (Stage XI) larvae occurred in almost the whole area of the bay. These results suggest that *O. oratoria* larvae settle in a wide area of Tokyo Bay.

キーワード：シャコ, 東京湾, 発生, 分布, 幼生, 溶存酸素量

シャコ *Oratosquilla oratoria* (口脚目・シャコ科) は日本各地の沿岸の泥底域に棲息しており, 石狩湾, 仙台湾, 東京湾, 伊勢湾, 瀬戸内海, 博多湾など, 多くの海域で漁業の対象となっている。本種は, とりわけ東京湾では横浜市漁業協同組合柴支所を中心とする小型底曳網漁業の主対象種であり, いわゆる“江戸前のさかな”の1つとして消費者の人気も高く, 極めて重要な水産資源となっている。

東京湾におけるシャコの水揚げ量は1970年代前半に一時的に皆無となったが, その後回復し, 1980年代は比較的高水準で推移した。しかしながら, 1990年代初期に再び低下し, 低水準が続いている。¹⁾ 同湾における本種幼生の空間分布については, これまでに工藤・長谷川,²⁾ 中田³⁾により研究が行われている。しかしながら, これらの研究では幼生の採集場所が湾南部に限定されており, 湾奥部をも含む湾内広範囲を網羅した分布の解析は行われていない。さらに, 幼生期ごとの分布, す

なわち幼生の発生に伴う移動や分布域の変化についての知見は未だ得られていない。

一方, 魚介類の分布には物理的環境要因も関係し, 特に富栄養化の進んだ東京湾では貧酸素水塊の形成が魚介類の分布や生残に与える影響が懸念されている。⁴⁾ したがって, 本種幼生の分布機構の全様を明らかにするためには, 溶存酸素量(DO)をはじめとする物理的環境要因と幼生の分布との関係を調べることも必要である。

本研究では, 湾奥部から湾口部にかけて, 東京湾のほぼ全域を網羅するかたちで定点を設定し, 定期的に本種幼生の採集を行った。得られた全標本の幼生期を判定することにより, 発生に伴う分布域の変化を推定するとともに, 各定点において水温, 塩分, DOの測定を行い, 幼生の分布とそれら物理的環境要因との関係についての検討も試みた。

材料および方法

東京湾内の広範囲（水深6～30 m）に15の定点を設定し（Fig. 1），1990年9月から1991年9月にかけて毎月1回，全定点，もしくは一部の定点で昼間に本種幼生の採集を行った。採集にはマルカワプランクトンネット（口径50 cm，側長170 cm，目合0.497 mmの円錐型ネット）を用い，以下の2種類の曳網を行った。傾斜曳き（slope towing）：水平速度0.5 m/秒で約5分間，海底上約1 mから海面までを複数回曳網；底層水平曳き（bottom horizontal towing）：ガイドロープに重さ15 kgの沈子を装着し，海面と45°の角度を保ちながら水平速度0.5 m/秒で約5分間，海底上約0.5 mの層を水平方向に曳網。なお，底層水平曳きでは曳網終了時にメッセンジャーの投下等により網口を閉じた後に揚網した。傾斜曳きは表層から底層までの全層を曳網するが，底層水平曳きは底層に分布する幼生のみを採集するための曳網方法である。

採集の際には，プランクトンネットに濾水計を装着し

て濾水量を求めるとともに，物理的環境要因として表層（海面下0.5 m）および底層（海底上1.0 m）の水温と塩分，底層のDOの測定も行った。採集物は船上にて10% 海水ホルマリンで固定し，研究室に持ち帰った。

得られた採集物の中から本種幼生を選別し，Hamano and Matsuura⁵⁾に従って全個体の幼生期を判定した。本種幼生の分布および発生に伴う分布の変化を調べるために，各定点において1曳網あたりに採集された全個体数および幼生期別個体数を濾水量で除して，密度（個体数・ m^{-3} ）を推定した。さらに，各定点の位置（緯度と経度）をもとに密度を重みとして，各幼生期の分布の重心を算出した。

結 果

定点別密度 本種幼生が出現した6～11月⁶⁾における，傾斜曳きおよび底層水平曳きによる定点別平均密度をFig. 2に示す。本種幼生は全定点で出現したが，密度は湾南部の定点で顕著に高かった。密度が最大を示した定点はSt. 14で，傾斜曳きと底層水平曳きをあわせると24.0 個体 m^{-3} であった。曳網方法別にみると，傾

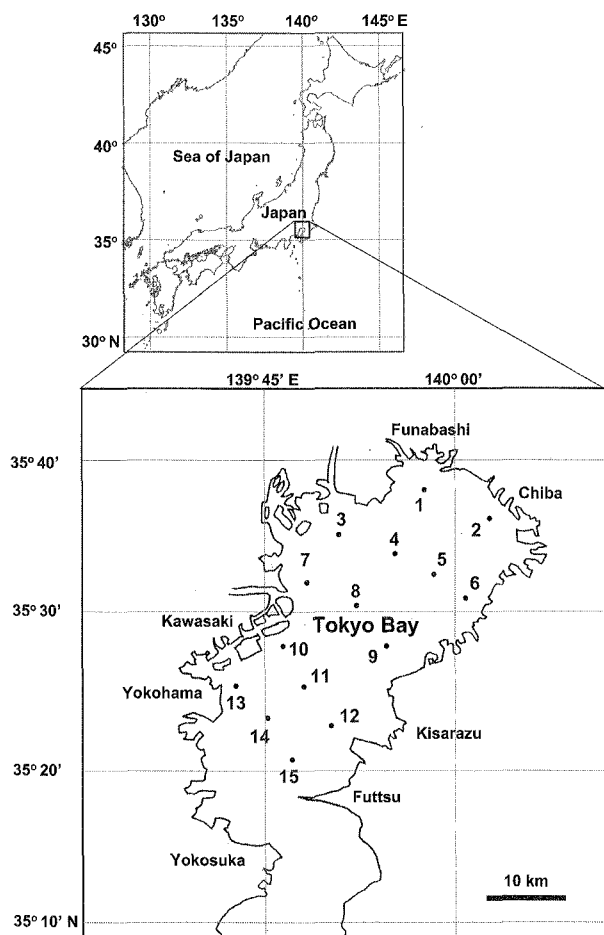


Fig. 1 Location of the 15 sampling stations in Tokyo Bay, Japan.

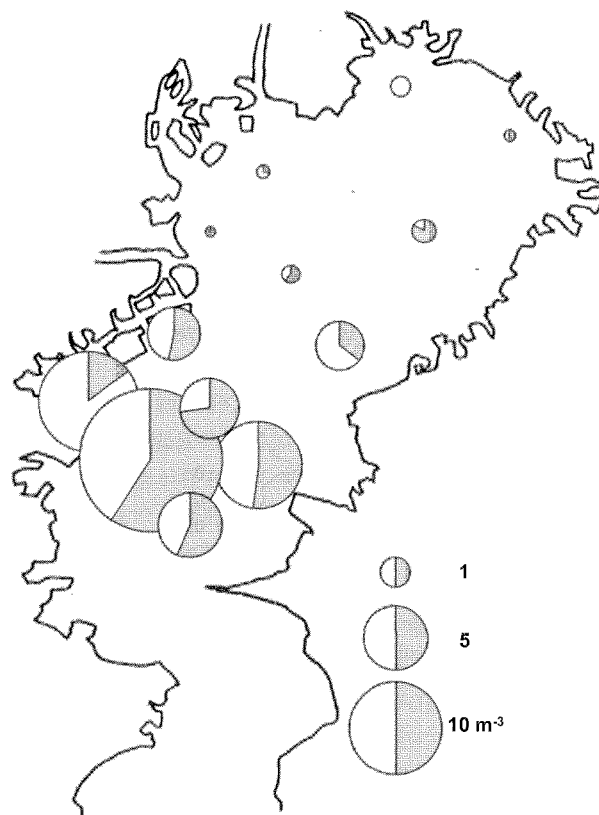


Fig. 2 Spatial distribution in mean density of *Oratosquilla oratoria* larvae in Tokyo Bay. Larval specimens were collected by two different methods of towing a plankton net, slope towing (shaded) and bottom horizontal towing (white), during June to November.

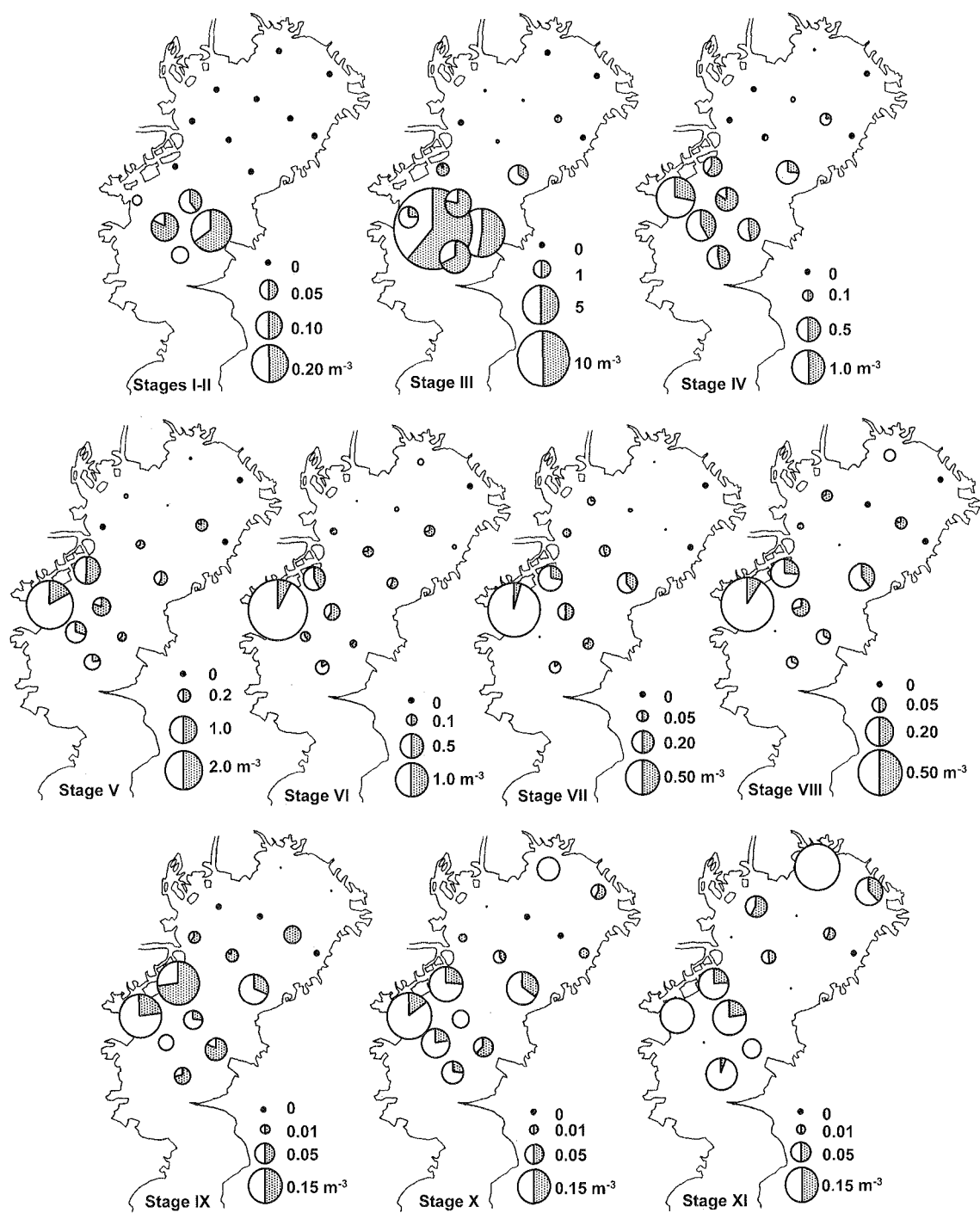


Fig. 3 Change in spatial distribution of mean density with larval development for *Oratosquilla oratoria* in Tokyo Bay. Larval specimens were collected by two different methods of towing a plankton net, slope towing (shaded) and bottom horizontal towing (white), during June to November.

斜曳きでは St. 14 で顕著に密度が高く (14.2 個体 m^{-3}), 底層水平曳きでは St. 13 (10.0 個体 m^{-3}) と St. 14 (9.8 個体 m^{-3}) で高かった。

定点別幼生期別密度 Fig. 3 に, 6~11 月における傾斜曳きおよび底層水平曳きによる各定点での平均密度を幼生期別に示す。なお, 孵化直後の Stage I は 1 個体し

か採集されなかったため, Stage II と込みにして表した。幼生期の初期, すなわち Stages I~II および III は, 傾斜曳きと底層水平曳きの採集密度に顕著な差はみられず, 分布は Sts. 11~15 を中心とする湾南部に集中した。Stages IV~VIII は傾斜曳きよりも底層水平曳きで多く採集される傾向がみられ, 依然として分布の中心

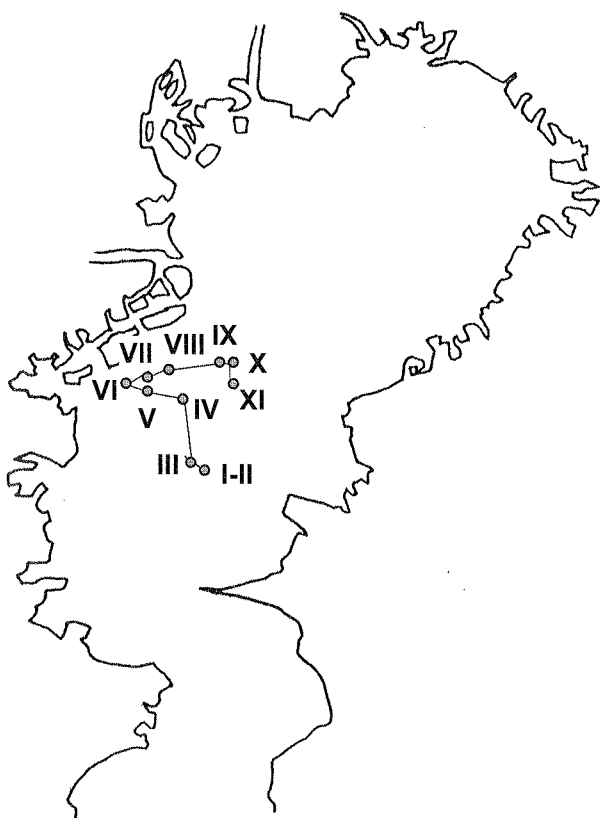


Fig. 4 Change in center of density with larval development for *Oratosquilla oratoria* in Tokyo Bay. Data for slope towing and bottom horizontal towing were pooled. Roman numerals in the figure indicate larval stage.

は湾南部にあるものの、徐々に湾奥部に向けて分布域が広がっていった。幼生期の後期、Stages IX~XI ではさらに分布域が湾奥に広がり、特に最終幼生期の Stage XI は St. 6 を除く全定点に出現した。Stage X と Stage XI では、傾斜曳きと比べて底層水平曳きの採集密度が顕著に高かった。

傾斜曳きと底層水平曳きを込みにし、幼生期の移行に伴う分布の重心の移動を Fig. 4 に示す。いずれの幼生期も重心は湾南部に位置したが、Stage I から Stage X にかけて、その位置は幼生期が増すにつれて湾奥方向に移動する傾向がみられた。

水温、塩分および溶存酸素量 各定点における表層および底層の水温を Table 1 に示す。表層水温は 8.1~26.3°C、底層水温は 8.1~25.3°C の間で変動し、定点間で顕著な差はみられなかった。最も水温が高かったのは表層、底層ともに 9 月、最も低かったのは表層では 2 月、底層では 1 月であった。本種幼生が出現した 6~11 月では、最も水温が低かったのは 6 月、St. 8 底層の 14.8°C であった。

同様に、塩分の測定結果を Table 2 に示す。表層で

は、特に湾奥部の定点で 20 を下回る場合があり、12.7~32.3 という幅広い変動を示した。底層では表層よりも変動幅は小さく、2 月の St. 4 で 25.9 を示した他は 30.3~33.4 の範囲内であった。

各定点における底層 DO を Table 3 に示す。どの定点においても、底層 DO は冬から春にかけて高く、夏から秋にかけて低かった。夏は湾南部よりも湾奥部のほうが低い傾向にあり、Sts. 1, 3, 4, 6, 7 とした湾奥部の定点では、本種幼生の出現時期と重なる 6 月から 10 月にかけて、1 mg/l を下回ることがあった。一方、湾南部の Sts. 11~15 では、7 月の St. 13 で 1.47 mg/l を示した他は、全ての定点で 2.30 mg/l 以上を示した。

幼生の密度と塩分、溶存酸素量との関係 本種は 11 の幼生期を有するが、孵化後間もない時期、すなわち Stage I と Stage II の幼生は親シャコの巣穴の中あるいはその近辺に留まり、活発な摂餌を行わない。⁵⁾ そのため、本種幼生は Stages I~II の前浮遊期と Stage III 以降の浮遊期に区分できる。⁷⁾ 浮遊期の第 1 期に相当する Stage III と、着底を間近に控えた最終幼生期の Stage XI の幼生について、出現密度と底層の塩分および DO との関係を Fig. 5 に示す。Stage III は、塩分 32~33、DO 2.5 mg/l 以上で出現密度が高く、DO 1.5 mg/l 未満ではほとんど出現しなかった。一方、Stage XI は塩分 31~33、DO 2.5 mg/l 以上で出現密度が高かったが、DO 2.0 mg/l 未満でも出現した。

考 察

本種にみられる 11 の幼生期のうち、前浮遊期である Stages I~II の幼生は親シャコの巣穴の中あるいはその近辺に留まるため、⁵⁾ プランクトンネットでは採集され難いと考えられるが、本研究ではそれらを含め全ての幼生期の幼生を採集することができた。最も多く採集されたのは、浮遊期の第 1 期である Stage III の幼生であった。なお、十脚目の甲殻類では最終幼生期の後に変態前の最終付加期が存在する場合があるが、⁸⁾ 同幼生期は口脚目の本種でも確認されている。⁹⁻¹¹⁾ しかしながら、本研究では最終付加期の存在による変態遅延現象は確認されなかった。

東京湾における本種の主産卵場は、雌の成熟個体の分布から湾南部と推定されている。¹²⁾ 本研究では、孵化後間もない Stage I と Stage II の幼生が湾南部に集中分布することがわかったが、このことは上の主産卵場の推定結果を支持する。さらに、本種は幼生期が増すにつれて分布域が湾奥に向けて広がり、分布の重心が湾奥部方向に移動することが明らかになった。特に、着底間近の Stage XI の幼生は分布域が極めて広く、湾内のほぼ全域に出現した。北海道の石狩湾では、本種幼生は潮流により反時計回りに分散し、¹³⁾ 瀬戸内海の燧灘でも反時計

Table 1 Water temperature (°C) measured at the surface and bottom of each sampling station in Tokyo Bay in each month

Month	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10	St. 11	St. 12	St. 13	St. 14	St. 15
Surface															
Sep. 1990	23.6	23.7	22.5	23.6	23.4	23.3	22.8	26.2	25.8	26.3	25.9	25.4	26.2	25.6	25.5
Oct.	21.7			21.6				21.5			21.7				21.5
Nov.	17	17.4	16.7	17.5	17.5	17.6	16.5	17.4	17.7	16.5	17.1	17.5	16.6	17.1	17.4
Dec.	11.6			12.0				12.0			12.3				12.9
Jan. 1991	8.2	9.2		10.4	10.4	9.9		10.8	10.9		11.2	11.4		11.3	11.4
Feb.	8.2	8.1	9.7	9.7	8.7	9.1	8.2	8.5	8.7						
Mar.										9.9	9.9	9.8	9.6	9.9	9.8
Apr.	14.7			14.5				16.3			16.1				14.5
May	20.4	20.6	16.9	17.0	17.9	18.5	17.1	16.6	17.4	17.3	17.3		16.9	17.1	17.1
June	22.6			22.0				22.3			21.9				21.6
July	24.2	24.5	23.9	24.5	24.5	23.5	24.0	24.0	24.1	24.6	24.0	25.1	23.6	24.3	24.6
Aug.	23.4			24.6				23.9			23.4				22.7
Sep.	25.3	25.6	24.7	25.2	25.5	25.7	24.7	24.7	25.0	24.9	25.3	25.4	25.4	25.9	25.2
Bottom															
Sep. 1990	22.9	23.8	22.0	21.3	21.2	21.8	21.2	21.8	23.3	25.3	24.7	25.1	24.8	24.1	24.1
Oct.	22.1			22.4				21.8			22.4				22.0
Nov.	18.6	18.1	17.4	18.4	18.2	17.3	16.7	18.1	17.6	17.7	17.7	18.2	17.6	17.0	17.9
Dec.	11.8			13.6				15.6			14.8				15.0
Jan. 1991	8.1	8.6		10.6	11.2	9.8		14.6	14.3		14.3	13.0		11.1	14.3
Feb.	9.0	8.0	10.7	10.7	9.8	8.5	11.6	11.8	11.8						
Mar.										9.6	10.3	10.5	10.0	10.1	9.6
Apr.	13.2			13.4				14.3			14.1				14.1
May	16.9	18.0	10.2	16.0	16.3	15.5	15.8	14.3	15.6	15.3	14.1		13.5	14.5	14.1
June	20.5			18.3				14.8			16.1				16.4
July	22.2	21.8	20.1	18.5	17.8	18.4	17.5	17.8	18.1	17.5	16.7	18.3	17.1	18.6	18.6
Aug.	22.1			20.0				19.5			19.7				20.8
Sep.	23.5	23.9	23.1	22.4	22.6	23.2	21.9	19.3	20.2	22.3	22.1	23.6	22.9	22.6	23.8

回りの流れにより分散すると推察されている。¹⁴⁾ 東京湾では、湾外からの流入水に運ばれることにより湾外への流出を避け、湾内の適地での着底が促されると推測されているが、³⁾ 近年になって湾外への流出の可能性も指摘され始めている。¹⁵⁾ 東京湾における本種幼生の分散機構の詳細は未だ明らかではないが、おそらく石狩湾や燧灘と同様に海水の流れと密接な関係があると考えられる。

富栄養化の進んだ東京湾湾奥部の底層では、例年6月から10月にかけてDOが低下し、貧酸素状態となる。¹⁶⁾ 本研究では、物理的環境要因として水温、塩分、DOの測定を行ったが、6~11月に出現する本種幼生の分布には、特にDOが大きく影響すると考えられた。柳¹⁷⁾によると、DOが3.58 mg/lを下回ると貧酸素水塊、さらに0.04 mg/lを下回ると無酸素水塊と考えるのが望ましい。本研究では、のべ118点の定点で底層DOの測定を行ったが、無酸素水塊に相当する定点はなかった (Table 3)。しかしながら、湾奥部のSts. 1~10ではのべ81点中40点と、ほぼ半数が貧酸素水塊、本種幼生が出現した6~11月に限ってみると、48点中35

点、実に7割以上が貧酸素水塊に相当した。それに対して湾南部のSts. 11~15では、貧酸素水塊に相当したのは、のべ37点中9点、6~11月では20点中7点であった。本種幼生は湾内に幅広く分布するので、昼夜の鉛直移動¹⁸⁾を考慮したとしても、特に湾奥部における分布や生残にDOが影響することは間違いなからう。

本種は幼生期が増すにつれて、傾斜曳きよりも底層水平曳きで採集密度が高くなる傾向がみられた。日周鉛直移動について今後詳細に検討する必要があるが、少なくとも今回採集を行った昼間には、幼生期が増すにつれて底層への依存性が高くなる可能性が示唆された。特に、着底に近いStage IXからStage XIにかけては減耗に反して底層水平曳きによる採集密度の増加がみられたことから、底層への依存性が極めて高く、これらの幼生期は浮遊生活から底生生活への移行の時期と考えられている。¹⁹⁾ 着底間近の幼生の分布域は頻繁に貧酸素水塊が発生する湾奥部にまで広がるが、出現のピークは10~11月である。⁶⁾ この時期は湾奥部底層が貧酸素状態から回復に向かう時期であるため、着底後の稚シャコも含めて

Table 2 Salinity (psu) measured at the surface and bottom of each sampling station in Tokyo Bay in each month

Month	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10	St. 11	St. 12	St. 13	St. 14	St. 15
Surface															
Sep. 1990	30.1	28.4	12.7	23.8	27.4	23.8	13.3	29.7	31.5	29.1	29.4	31.8	28.7	32.0	32.1
Oct.	29.9			29.1				30.1			27.5				28.9
Nov.	30.8	30.3	26.8	30.0	30.0	30.9	26.3	30.0	31.0	28.9	31.4	31.7	30.1	31.6	32.2
Dec.	30.1			30.4				30.4			30.8				31.5
Jan. 1991	31.5	31.1		31.4	32.2	31.8									
Feb.	31.1	31.0	30.2	31.1	31.0	30.6	27.5	31.2	31.4						
Mar.										31.3	32.1	32.0	31.4	32.3	32.2
Apr.	30.1			28.6											29.2
May										31.2	31.7		31.4	32.3	32.6
June	27.8			26.7				29.5			30.4				31.0
July	27.4	27.4	25.3	27.5	28.2	29.0	25.6	28.5	28.6	28.8	29.9	30.2	28.6	29.5	29.9
Aug.	30.8			28.2				26.8			30.3				31.4
Sep.	25.3	26.6	16.5	26.8	26.8	27.2	17.3	21.2	27.9	18.4	29.1	31.1	24.1	27.5	30.8
Bottom															
Sep. 1990	32.5	30.3	33.0	33.0	33.3	33.2	33.2	33.5	33.2	31.4	32.1	32.5	31.6	33.0	32.9
Oct.	31.9			33.5				31.8			33.7				33.4
Nov.	32.8	32.7	33.6	33.5	33.6	34.3	34.4	33.8	33.9	33.9	33.4	33.2	33.0	32.7	33.5
Dec.	30.7			32.2				33.4			33.2				33.4
Jan. 1991	32.0	32.3		33.0	33.0	32.8									
Feb.	31.8	31.2	32.5	25.9	32.1	31.2	32.8	33.4	33.5						
Mar.										32.6	33.9	33.5	33.8	33.4	33.6
Apr.	31.3			33.5											33.1
May										32.6	33.7		34.0	33.5	33.7
June	31.6			32.7				33.8			34.0				33.8
July	30.4	30.6	31.8	32.5	32.4	32.7	33.2	33.1	32.9	33.0	33.3	32.9	32.0	32.5	32.8
Aug.	31.8			32.7				33.0			33.0				32.8
Sep.	31.0	30.7	31.9	32.6	32.8	32.0	32.5	32.2	32.2	32.3	32.7	32.2	32.2	32.8	32.2

Table 3 Dissolved oxygen (mg/l) measured at the bottom of each sampling station in Tokyo Bay in each month

Month	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10	St. 11	St. 12	St. 13	St. 14	St. 15
Sep. 1990	2.10	5.74	4.13	3.50	5.32	4.83	3.99	1.12	1.82	1.68	4.76	3.64		2.52	2.73
Oct.	0.84			0.35				2.31			2.52				3.43
Nov.	1.54	2.17	2.87	2.31	4.27	2.17	3.22	3.64	3.85	2.87	3.99	3.99	3.80	4.13	4.60
Dec.	5.18			5.40				4.48			5.60				5.39
Jan. 1991	5.32	5.95		5.88	4.41	6.65		4.97	4.76		6.23	5.11		6.51	5.11
Feb.	5.60	6.93	5.95	4.83	7.14	7.42	5.67	5.53	7.42						
Mar.										6.16	6.58	6.20	5.74	5.74	6.20
Apr.	3.92			1.47				3.99			5.67				6.37
May	6.58	7.70	5.46	5.46	3.43	6.93	6.23	1.82	2.31	3.36	3.29		3.78	3.92	3.43
June	2.30			0.77				3.50			4.97				4.55
July	1.12	1.33	0.70	0.70	5.95	0.56	2.52	4.55	3.29	4.60	4.83	3.78	1.47	2.30	2.59
Aug.	3.29			0.35				3.43			5.18				4.60
Sep.	2.52	3.10	0.70	0.21	3.99	1.19	0.70	2.30	3.85						

貧酸素を回避できる可能性が高い。また、浮遊生活開始直後の幼生 (Stage III) に比べ、発生の進んだ着底直前の幼生 (Stage XI) はより低酸素でも出現する傾向がみられた (Fig. 5)。本種幼生は発生に伴って溶存酸素

量に対する耐性が強くなるのかもしれないが、この点については今後詳細に検討する必要がある。

児玉ら²⁰⁾は飼育実験により本種幼生の塩分耐性を調べ、15 以下になると生残日数が激減することを明らか

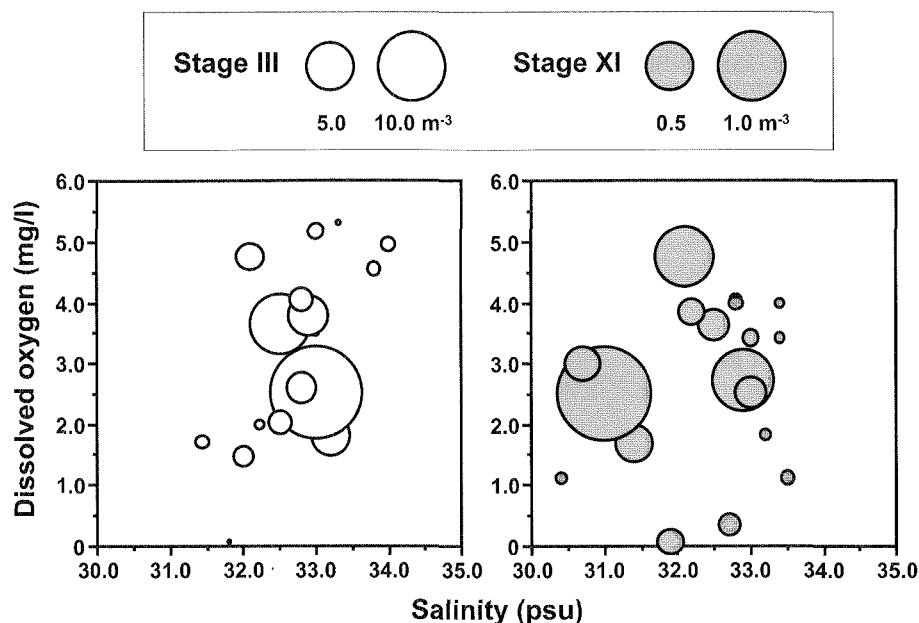


Fig. 5 Relationships of density to bottom salinity and dissolved oxygen for stage-III and stage-XI larvae of *Oratosquilla oratoria* in Tokyo Bay.

にしている。本研究では、底層塩分は最低でも 25.9 以上を示し、表層でも 15 以下になることは稀であったため、低塩分による負の影響はほとんど考えられない。

本種は成体となった 1 歳群²¹⁾のみならず、着底後それほど日数が経過していない当歳群も秋 (11 月) には湾奥部を含む広範囲に分布するが、²²⁾ このことは上記幼生の着底の成功を示唆する。ところが、11 月に始まる本種の加入は翌年 6 月まで続き、²³⁾ 満 1 歳を迎える夏には南下移動がみられる。²²⁾ 東京湾の小型底曳網漁場は湾南部に集中するため、移動後の個体と漁場の分布が著しく重なり、夏以降には激しい漁獲圧にさらされる。²²⁾ 本種の加入量の変動については、現段階では表層水温と河川流量に影響を受ける可能性が示唆されているが、それらの具体的な因果関係は不明である。²⁴⁾ しかしながら、少なくとも本研究で明らかとなった浮遊幼生期における漁場外の湾奥部への分散、および着底の時期が貧酸素状態からの回復時期に当たることが加入量の増大に寄与している可能性は高い。

本種は 4~8 月の産卵期中に 2 回のピークがあり、前半のピークでは大型の雌が産卵し、後半のピークでは小型の雌も産卵に加わる。²¹⁾ 本研究で標本採集を行った 1990~1991 年には、産卵期に対応して幼生の出現密度にも 2 回のピークがみられた。⁶⁾ しかしながら、後に大型の親シャコの資源量が減少したために産卵期前半の産卵数が低下し、幼生の出現密度も前半のピークが消滅した。²⁵⁾ 清水¹⁵⁾ は 1992~1998 年における本種の浮遊期間中の生残率を推定しているが、その間の年変動は大きい

ようである。今後は、親シャコの資源状態を正確にモニタリングしながら、浮遊期間における生残率の変動要因の特定を急がねばならない。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり、本種幼生の標本採集においてご助力いただいた東邦大学理学部東京湾生態系研究センター訪問研究員の飯島明子博士に感謝の意を表する。

文 献

- 1) 清水詢道. 東京湾のシャコ資源について (総説)-I 資源利用の概観と生活史. 神水研報 2002; 7: 1-10.
- 2) 工藤盛徳, 長谷川 武. シャコ幼生の分布からみた相模湾と東京湾の交流について. 水産海洋研究会報 1966; 9: 17-23.
- 3) 中田尚宏. 東京湾におけるシャコ幼生の分布について. 神水試研報 1986; 7: 17-22.
- 4) 風呂田利夫. 東京湾内湾底生動物の生き残りと繁栄. 沿岸海洋研究ノート 1991; 28: 160-169.
- 5) Hamano T, Matsuura S. Egg size, duration of incubation, and larval development of the Japanese mantis shrimp in the laboratory. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1987; 53: 23-39.
- 6) Ohtomi J, Kawazoe H, Furota T. Temporal distribution of the Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* larvae during transition from good catch period to poor catch period in Tokyo Bay, Japan. *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.* 2005; 54: 1-6.
- 7) 浜野龍夫. 幼生. 「シャコの生物学と資源管理」日本水産資源保護協会, 東京. 2005; 133-160.
- 8) Gore RH. Molting and growth in decapod larvae. In: Wenner AM (eds) *Larval Growth. Crustacean Issues* 2, AA

- Balkema, Rotterdam. 1985; 1-65.
- 9) 駒井 卓, 董 聿茂. 日本近海産口脚類の幼虫, (附) 過大成長の幼虫について. 動物学雑誌 1928; **40**: 284-285.
- 10) Komai T, Tung, YM. Notes on the larval stages of *Squilla oratoria*, with remarks on some other stomatopod larvae found in Japanese seas. *Annot. Zool. Japon* 1929; **12**: 187-237.
- 11) Hamano T, Matsuura S. Delayed metamorphosis of the Japanese mantis shrimp in nature. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1987; **53**: 167.
- 12) Ohtomi J, Shimizu M. The spawning ground of the Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* in Tokyo Bay, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1991; **57**: 447-451.
- 13) 浜野龍夫, 永井雄幸. 石狩湾におけるシャコの巣穴と幼生, および個体群動態に関する予察. 水産増殖 1989; **37**: 157-161.
- 14) Kawamura Y, Hamano T, Kagawa T. Distribution of larvae and juveniles of the Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* (De Haan, 1844) (Stomatopoda) in the Sea of Hiuchi-nada, Japan. *Crust. Res.* 1997; **26**: 75-82.
- 15) 清水詢道. 東京湾におけるシャコ浮遊幼生の生残率の推定. 神水研研報 2000; **5**: 55-60.
- 16) 古谷純一. 東京湾奥部において底生生物が受ける貧酸素の影響. 月刊海洋 1999; **31**: 504-514.
- 17) 柳 哲雄. シンボジウム「貧酸素水塊」のまとめ. 沿岸海洋研究ノート 1989; **26**: 141-145.
- 18) 千田哲資. 瀬戸内海におけるシャコ幼生の出現と垂直分布. 日水誌 1967; **33**: 508-512.
- 19) Ohtomi J, Kawazoe H, Furota T. Larval stage composition and morphological change during larval development of the Japanese mantis shrimp, *Oratosquilla oratoria* (De Haan, 1844) (Stomatopoda, Squillidae) in Tokyo Bay, Japan. *Crustaceana* 2005; **78**: 1325-1337.
- 20) 児玉圭太, 山川 卓, 青木一郎, 福田雅明, 清水詢道. 東京湾産シャコの浮遊幼生における塩分耐性. 水産海洋研究 2003; **67**: 141-147.
- 21) 大富 潤, 清水 誠, Martinez-Vergara JA. 東京湾のシャコの産卵期について. 日水誌 1988; **54**: 1929-1933.
- 22) 大富 潤, 朴 鍾洙, 清水 誠. 東京湾におけるシャコの分布と小型底曳網漁場との関係. 日水誌 1989; **55**: 1529-1538.
- 23) 大富 潤, 清水 誠. 東京湾における加入完了後のシャコの成長および寿命について. 日水誌 1988; **54**: 1935-1940.
- 24) 児玉圭太, 清水詢道, 青木一郎. 東京湾におけるシャコ加入量の変動要因. 神水研研報 2003; **8**: 71-76.
- 25) Kodama K, Shimizu T, Yamakawa T, Aoki I. Reproductive biology of the female Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* (Stomatopoda) in relation to changes in the seasonal pattern of the larval occurrence in Tokyo Bay, Japan, *Fish. Sci.* 2004; **70**: 734-745.