

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

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者名	大富,潤 朴,鍾洙 清水,誠
発行元	日本水産學會
巻/号	55巻9号
掲載ページ	p. 1529-1538
発行年月	1989年9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の分布と小型底曳網漁場との関係^{*1}

大富 潤, 朴 鍾洙, 清水 誠

(1989年4月19日受付)

The Distribution of the Japanese Mantis Shrimp *Oratosquilla oratoria* and its Relationship to Fishing Grounds in Tokyo BayJun Ohtomi,^{*2} Jong-Soo Park,^{*2,3} and Makoto Shimizu^{*2}

From May 1985 to February 1987, sampling surveys with small beam trawlers at 20 stations were carried out every season in Tokyo Bay. With these results and logbook data from several fishermen, the distribution of the Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* and its relationship to fishing grounds were investigated.

The distribution of the mantis shrimp covered a wide area of the bay from autumn to winter, but from spring to summer, it was concentrated towards the southern part. From the results of the mark-recapture experiment, this southern concentration is considered to be caused by the movement of the mantis shrimp. The distribution of fishing grounds was concentrated towards the southern part of the bay from summer to autumn and it expands to a wider area from winter to spring.

In Tokyo Bay, larval mantis shrimp seem to settle in a wide area throughout the bay. As individuals settled in the northern (inner) area of the bay are not fished to any great extent until the following summer, they are secure to be recruited to the stock unless natural death occurs. 1 year-old and over individuals are the target for small beam trawlers and are caught rather intensively in summer and winter.

現在、東京湾の小型底曳網漁業者にとって、シャコ *Oratosquilla oratoria* はマコガレイ *Limanda yokohamae* とともに重要漁獲対象資源の1つとなっている。最近その漁獲量は高水準で推移しているが、小型化が懸念されている。今後、東京湾の小型底曳網漁業をより安定した漁業にするためには、漁獲対象資源の生態と漁業の実態を明らかにし、より適切な漁獲方策を確立することが必要と思われる。

東京湾における本種の個体群生態については、これまでいくつかの報告がある。¹⁻⁷⁾ 特に、近年水揚げ量が高水準に達してからの資源については、幼生の分布、⁸⁾ 成長、^{4,6)} 産卵期、⁵⁾ 性比および肥満度の季節変化⁷⁾ が明らかにされている。しかし、湾内における資源の時空間的分布とその動態、およびこれに対応する漁業の動態の解明は残された重要な課題の1つであろう。そこで今回は、シャコ資源の時空間的動態を知る手始めとして、観音崎と富津岬を結ぶ線以北の水域にほぼ均等に設定した

20の定点における試験底曳の漁獲結果から、東京湾におけるシャコの分布の季節変化を明らかにした。そして、複数の当業船に依頼した操業日誌を用いて小型底曳網漁場の季節変化を明らかにし、資源、漁場それぞれの分布の季節変化からシャコの分布と漁獲との関係についての検討を行った。

材料と方法

東京湾内に設定した20の定点において (Fig. 1), 1985年5月から1987年2月までの間に季節ごとに2回ずつ、計8回の試験底曳を行った (Table 1)。なお、3~5月を春、6~8月を夏、9~11月を秋、12~翌年2月を冬とした。1986年5月17日は都合により St. 20 では曳網できなかった。試験底曳で漁獲された個体は第3歩脚前基部の雄性突起の有無によって雌雄の判定を行った後、体長の測定および体重の秤量を行った。多数漁獲された定点については、個体数を計数した後、無作為抽出によ

^{*1} 本研究の概要は平成元年度日本水産学会春季大会において発表した。

^{*2} 東京大学農学部水産学科 (Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, University of Tokyo, Yayoi, Bunkyo, Tokyo 113, Japan).

^{*3} 現所属: 群山水産専門大学漁業学科 (Department of Fishery, Kunsan National Fisheries Junior College, Soroyng-dong, Kunsan, Cholla North 573-400, Korea).

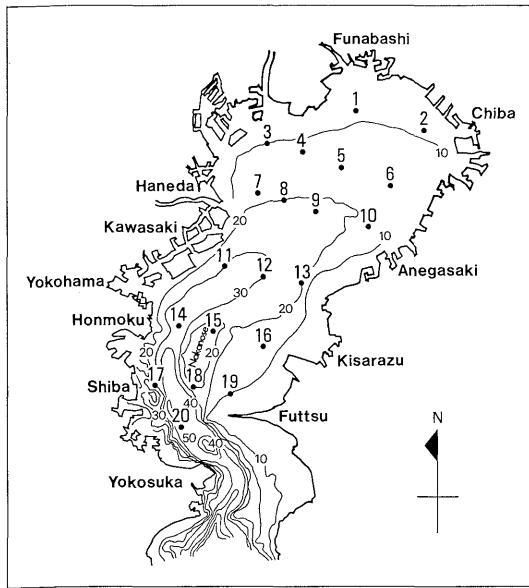


Fig. 1. Location of the 20 stations of the sampling survey in Tokyo Bay. Large and small numbers indicate stations and water depths in m, respectively.

Table 1. List of sampling dates

Season	Sampling date	
Spring	May 17, 1985	May 17, 1986
Summer	July 27, 1985	August 8, 1986
Autumn	November 22, 1985	November 29, 1986
Winter	February 6, 1986	February 21, 1987

り一部の個体について上記の処理を行った。

試験底曳による漁獲方法、あるいは個体の測定部位等は大富ほか³⁾に示した通りである。各回各定点ごとの漁獲個体数および重量について、それぞれ季節ごとの平均値を求め、シャコの分布の季節変化を調べた。

分布には春から夏にかけて著しい南偏傾向がみられたので、その原因を調べるために1988年5月20日に標識放流(3,263個体, 平均体長11.17cm)を行った。直径1cmのプラスチックの円板を胸節に巻きつける背骨型標識を用い(Fig. 2, Fig. 6)に示した地点に放流した。放流の際、個体の識別あるいは雌雄の区別は行わなかった。

湾内の漁業者に、再捕日、再捕地点とともに“生きて獲れたか斃死したものが入網したか”に関する回答も含めて、再捕の報告を依頼した。

漁場の検討は、1986年8月から1987年7月にかけて横浜市漁業協同組合柴支所(以下、柴漁協)所属の3

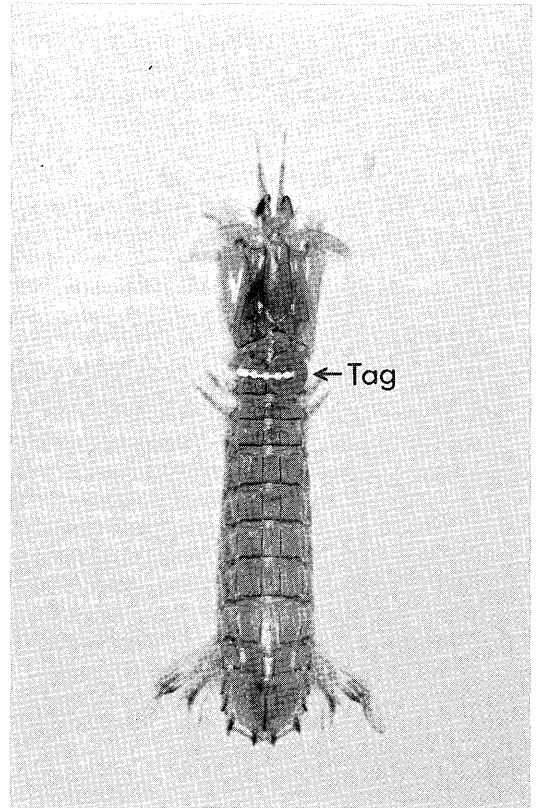


Fig. 2. A tag used in the mark-recapture experiment.

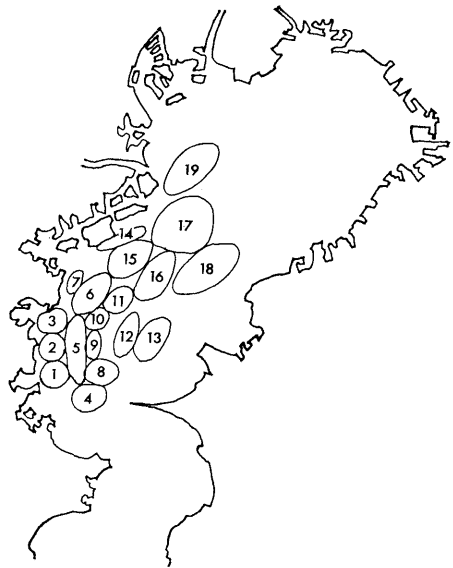


Fig. 3. The fishing grounds for small beam trawlers of the Shiba Branch of Yokohama City Fishermen's Union in Tokyo Bay.

Table 2. The correspondence of the fishing area with the station

Fishing area	Station
1, 2	17
3, 6, 7	14
4	20
5, 8	18
9, 10, 11	15
12, 13	16
14, 15	11
16, 17	12
18	13
19	7

隻の小型底曳網漁船 (5 t) に依頼した操業日誌を用いた。柴漁協では漁業者によって漁場が区分されており (Fig.

3), それぞれに漁場番号がつけられている。操業日誌には、いつ、どの漁場に何回出漁したかを記入してもらったようにした。次式により、季節ごと (季節の区分は前記の通り) に各漁場の漁場利用率 (R_i) を求めた。

$$R_i = (X_i / X) \times 100.$$

なお、 X_i は漁場番号 i への出漁回数、 X はその季節における全出漁回数である。次に、漁場利用とシャコの分布との関係を検討するため、各漁場の漁場利用率を Fig. 1 に示した定点に変換し、定点別の漁場利用率を求めた。どの漁場がどの定点に相当するかは Table 2 に示した。

結 果

個体数分布 Fig. 4 は、計 8 回実施した試験底曳における 1 曳網当たりの漁獲個体数から作成したシャコの個

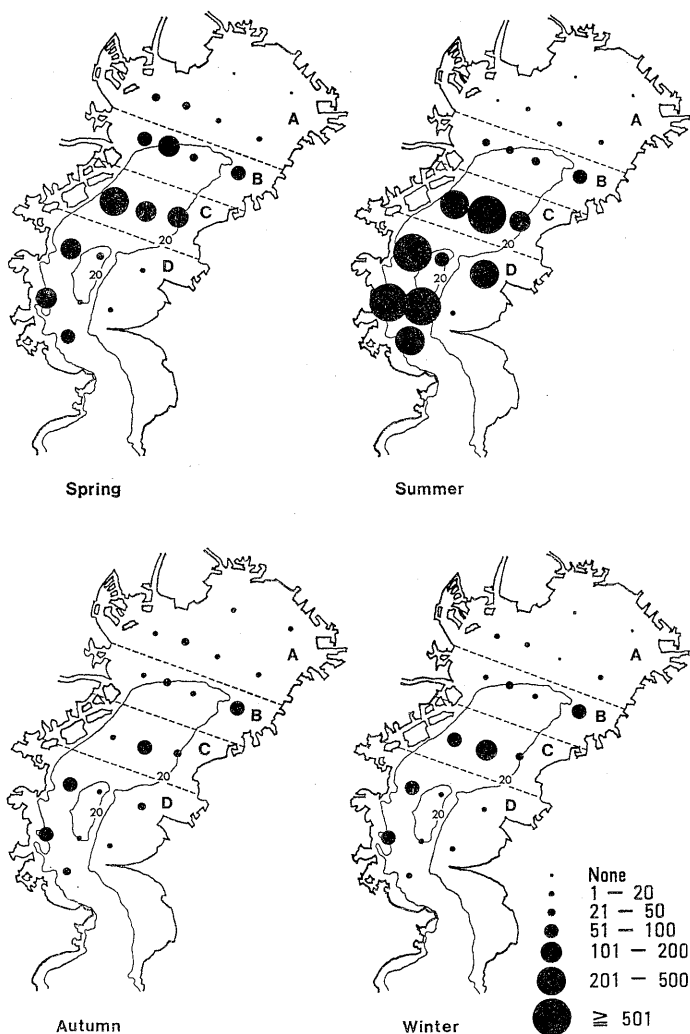


Fig. 4. Seasonal mean number of the Japanese mantis shrimp taken by one tow at each station from May 1985 to February 1987 in Tokyo Bay.

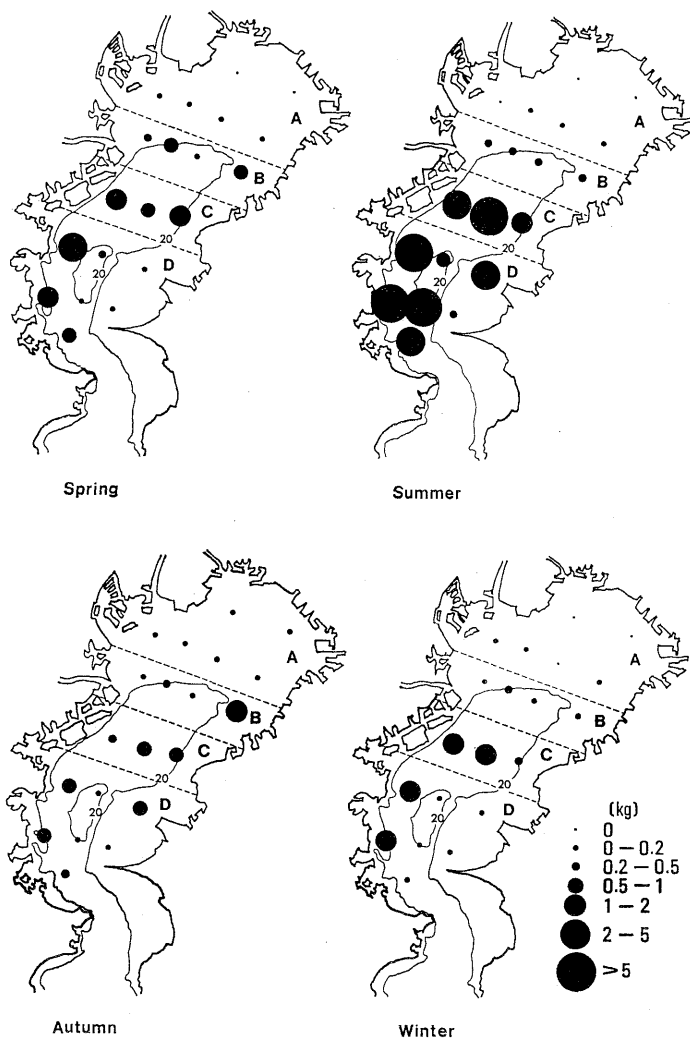


Fig. 5. Seasonal mean weight of the Japanese mantis shrimp taken by one tow at each station from May 1985 to February 1987 in Tokyo Bay.

体数分布の季節変化を示したものである。四季を通じての漁獲個体数の違いから、湾内を4つの水域(A~D)に分けることができる。AはSts. 1~6に当たり、四季を通じて漁獲個体数が少ない水域である。BはSts. 7~10に当たり、湾全体の中で占める個体数割合は夏以外で高く、概ね東西一様の分布傾向にある。CとDは春、夏の主分布域である。CはSts. 11~13に当たり、春から夏にかけて漁獲個体数が急増する。また、東西の違いはそれほどみられない。DはSts. 14~20に当たり、Cと同様春から夏にかけて個体数が急増する。なお、東部に比べて本牧沖、小柴崎沖といった西部に多く分布している。

季節別にみると、まず春はB、Cの全域、Dの西部に多く分布している。夏になると、分布の中心はC全域、

Dの西部になる。春から夏にかけての増加量は大きく、湾奥の水質が悪化する夏⁸⁻¹⁰は湾南部に分布が集中する。秋になると、湾内広範囲に分布するようになるが、量的にはかなり減少する。冬もやや広範囲に分布するが、分布の中心はC、Dの西部にあり、春と似た形の分布となる。ただし、量的には春よりも少ない。

重量分布 Fig. 5は、同様に重量分布の季節変化を示したものである。結果は概ね個体数分布の場合 (Fig. 4) と類似しているが、季節によっては湾北部に対する南部の相対量が個体数分布の場合よりやや高いことがある。

Fig. 4およびFig. 5から、東京湾におけるジャコの分布は春から夏にかけて湾南部に集中し、秋、冬は湾内広範囲に分布する傾向にあることがわかる。また、水深20m以深の定点で多く漁獲されている。

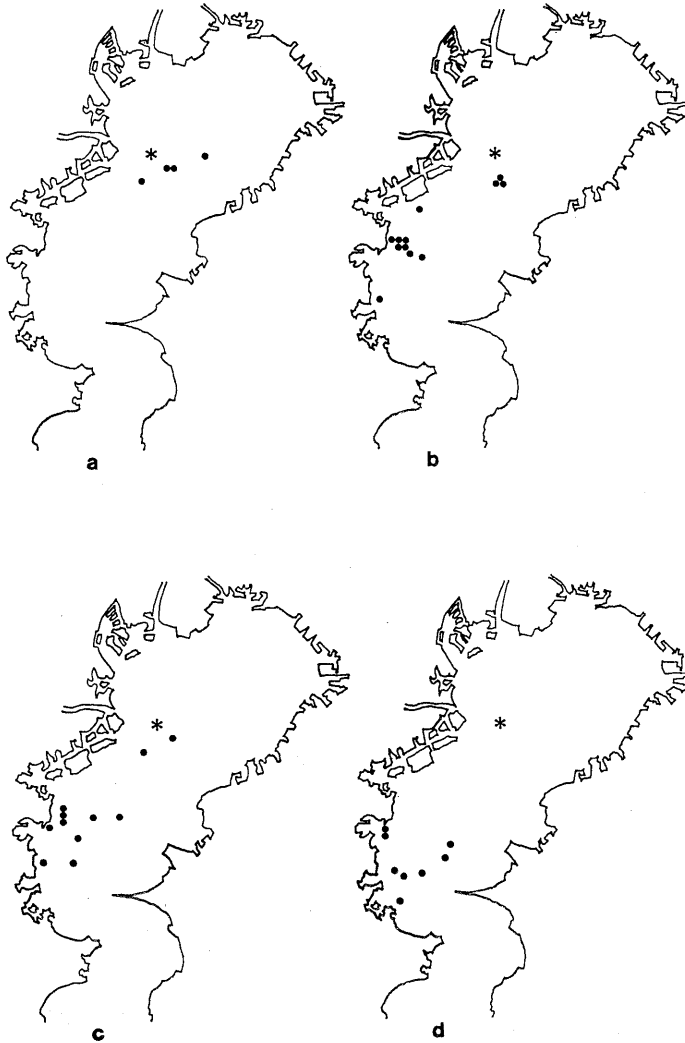


Fig. 6. Release point (*) and recapture points (●) of tagged Japanese mantis shrimp. a, 0-10 days; b, 11-30 days; c, 31-60 days; d, more than 61 days after release.

標識放流 春から夏にかけて分布が南偏する原因を明らかにするために、標識放流を行った。Fig. 6 はその再捕結果である。なお、放流個体数 3,263 個体に対し、再捕されたのは 35 個体で、再捕率は 1.07% であった。

Fig. 6 の a は放流後 10 日目以内、b は 11 日目から 30 日目まで、c は 31 日目から 60 日目まで、そして d は 60 日目以降に再捕された地点を示す。放流地点は、夏に集中分布する水域よりも北側とした。放流直後の 10 日間では、放流地点付近で 4 個体の再捕があった (a)。その後、30 日目までには放流地点付近で 3 個体、湾南西部で 9 個体の再捕があった (b)。31 日目から 60 日目までには放流地点付近で 2 個体、湾南西部で 9 個体再捕され (c)、放流後 60 日を過ぎると湾の南部でしか再捕されなかった (d)。このように、春から夏にかけて再

捕地点が徐々に南に移っていく傾向がみられた。なお、35 個体中 33 個体は春から夏の間に再捕された。それ以降に再捕されたのは 2 個体のみである。最後に再捕されたのは 12 月 18 日で、放流後 212 日を経過していた。

小型底曳網漁場 東京湾で小型底曳網漁業を行っているほぼ全ての漁業協同組合において聞き取り調査を行ったところ、シャコが主漁獲対象で、その水揚げ量あるいは水揚げ金額が高い比重を占めているのは柴漁協のみであることがわかった。あとは、「少し獲れるがほとんど出荷しない」または「ほとんど獲れない」ということであった。そこで、概ね柴漁協の小型底曳網漁場を東京湾におけるシャコの漁場とみなすことができる。

柴漁協の小型底曳網漁場は Fig. 3 のように区分されている。これを定点 (Fig. 1) に変換し、定点別の漁場利

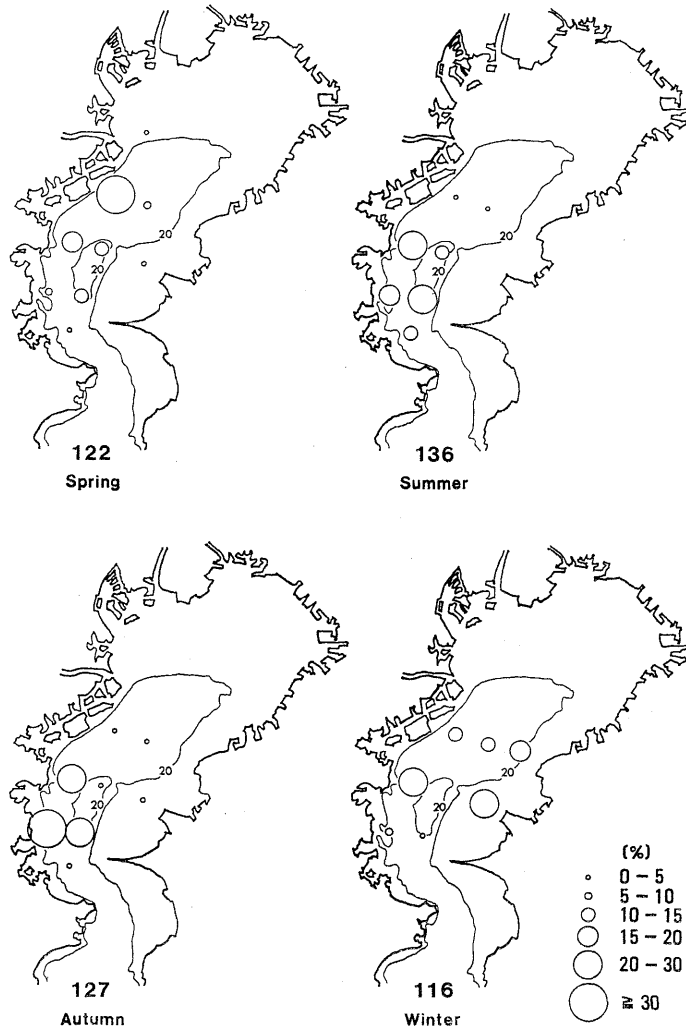


Fig. 7. Seasonal change in the distribution of utilization rates of the fishing grounds where the Japanese mantis shrimp is target. The numbers of fishing trips are indicated for each season.

用率を季節ごとに求めたものが Fig. 7 である。これを見ると、周年を通じてシャコの分布量の多い水深 20 m 以深の水域に多く出漁していることがわかる。夏は、最も漁場が集中し、湾南西部にしか出漁していない。秋にも同様に、漁場は湾南西部に集中する。しかし、冬になると漁場は拡大し、特に東西に広い分布となる。また、湾の中部 (Sts. 11~13) でも東西に広く漁場が形成される。春は冬と同様に漁場は広いが、この季節は南北方向に広い分布となる。

考 察

春から夏にかけての分布の南偏 東京湾のシャコについて、時村¹¹⁾は分布の中心は湾南部にあり、夏以外の季

節に分布域が北に拡大するとしている。本研究においても、分布の季節変化を調べたところ、春から夏にかけて湾南部に分布が集中し、秋、冬は湾内広範囲に分布するという結果になった。5 月に行った標識放流の結果、再捕地点が放流地点付近→放流地点付近と本牧沖→本牧沖と小柴崎沖→中の瀬南側縁辺部と、徐々に南に移動していく現象がみられ、春から夏にかけての本種の南下移動が示唆された。東京湾では夏に湾奥の底層で貧酸素水塊が形成される。^{9,10)} シャコはそれを避ける形で水質のより良い南部に移動するものと思われる。これについては、マコガレイでも同様のことが明らかにされている。¹²⁾

漁業者の報告によれば、再捕は全て生きた個体の漁獲であった。これは、シャコが生存可能な水域で漁業が行

われていることを意味する。柴漁協の漁場は、夏、秋に湾南西部に集中する。これは、特に夏に主漁獲対象であるシャコ、マコガレイの分布が南偏するために漁場もそこに集中するものと思われる。南下移動しないで湾奥に留まる個体はいたとしてもごく少数と思われるが、それらが水質悪化のために死亡するか否かは今後明らかにする必要がある。

現在のような夏の水質悪化がみられなかったと考えられる1950年代の研究¹³⁾によると、シャコは湾内一様に分布していた。また、1960年代の研究²⁾では、本種は長距離の移動は考えられず、定着性のものとされていた。しかし現在は、春から夏にかけての南下移動により、夏の分布は湾南部に集中する。これらより、1970年代初期の高度経済成長に伴う漁獲量激減後の回復以降、水質悪化を避ける行動が定常化したものと考えられる。

逆に、夏から秋にかけての分布域の拡大については、今後その時期に標識放流を行うなどして原因を解明する必要がある。この時期の標識放流実験としては、中田¹⁴⁾が1983年および1986年の秋に標識放流を行っている。しかし、それら2回の合計放流個体数2,700個体に対して再捕が8個体と少なく、この結果からは解明は困難である。一方、風呂田¹⁵⁾はこの点について、シャコは秋の酸素条件回復後に、すみやかに湾北部に進入すると考えている。

分布と漁場との関係 東京湾では、シャコは水深20

m以深の泥底質の水域に多く分布し、また漁場もその水域に形成されることが多い。同様に小型底曳網で漁獲している大阪湾では漁場は泥底質の水深10~20mの水域であり、¹⁶⁾東京湾の漁場のほうがやや水深が深い傾向にある。石狩湾の漁場は春が水深15~20m、秋が15~25mであるが、漁獲方法は刺網である。¹⁷⁾

東京湾において、シャコが加入開始するのは11月、つまり秋である。⁹⁾ Fig. 8 a は、秋(11月)における定点別の体長組成である。この時期は、体長の頻度分布から大きく2つの群に分かれる。シャコの成長式⁹⁾から計算すると、1歳の11月には雌は11.5 cm、雄は11.8 cmとなる。これらより、Fig. 8 a の右側の群は1歳群に、従って左側の群は当歳群に相当すると考えられる。なお、1歳群の山の中には2歳群も多少含まれていると思われるが、それらは加入が完了しており、同様に出荷の対象となるのでここではあえて2歳群を分けて扱わなかった。Fig. 8 において、番号の右に菱形の印をつけた定点は、この時期に漁場として利用されていないことを示す(Fig. 7 参照)。秋には、当歳群、1歳群とも湾内広範囲に分布し、漁場内の定点(無印)に分布する割合は低い。秋に当歳群が広範囲に分布することは、湾内に広く着底することを示唆する。Fig. 8 b は同様に冬(2月)における体長組成であるが、やはり当歳群、1歳群に明確に分けられる。冬は、1歳群は大半が漁場内の定点に分布するが、当歳群は秋と同様湾内広範囲に分布する。春(5月)になっても、当歳群は湾内広範囲に分布する(Fig. 8 c)。夏(8月)になると、当歳群は産卵期を迎えて

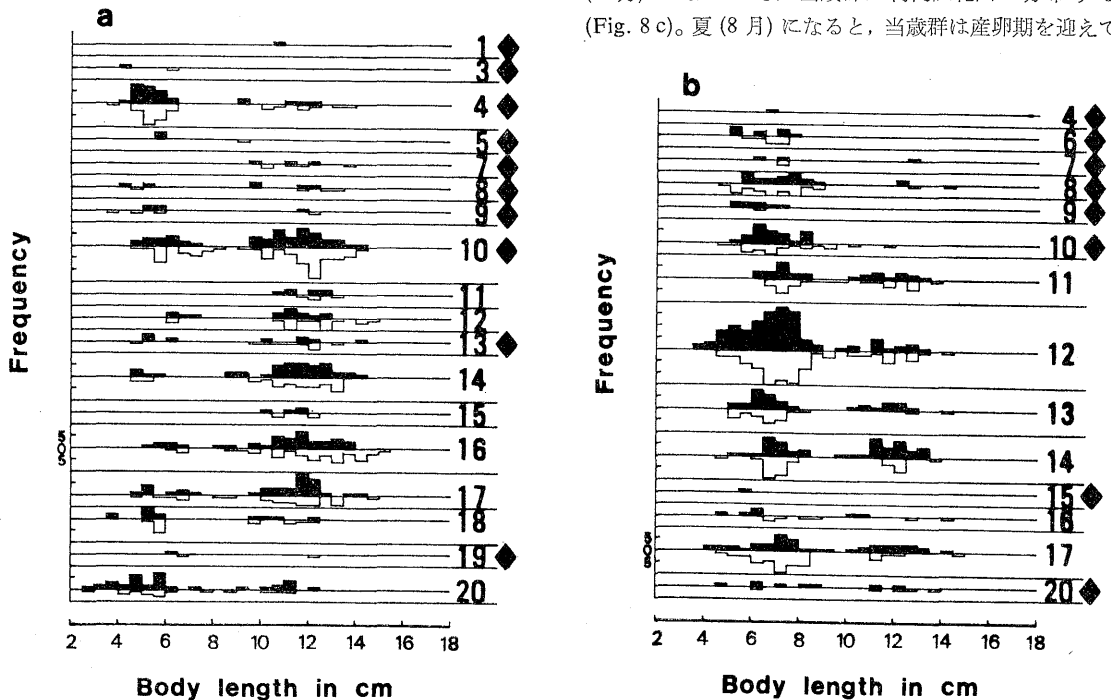


Fig. 8.

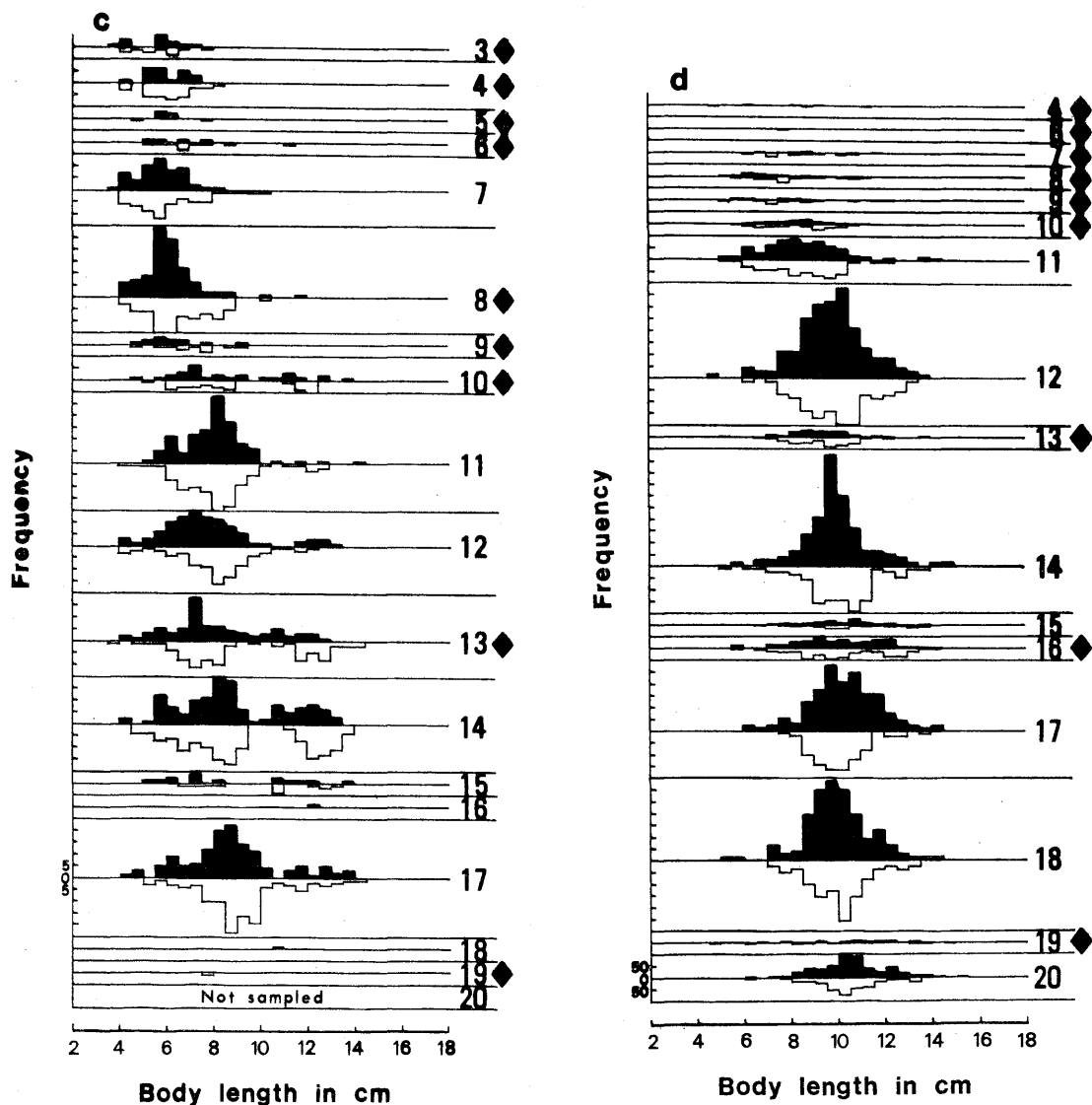


Fig. 8. Frequency distributions of the body length of female (black) and male (white) Japanese mantis shrimp at each station (numbers at right side). a, autumn (November 22, 1985); b, winter (February 6, 1986); c, spring (May 17, 1986); d, summer (August 8, 1986). Stations with diamond mark are located on the outside of fishing grounds.

1歳に、また1歳群は2歳になる。そして両年齢群の体長差は小さくなる。Fig. 8 d に示したように、1歳群は加入が完了するとともに漁場となる湾南部に分布が偏る。これは、前述したように南下移動によるものと思われる。もちろん2歳群も同様に南下移動し、分布は著しく南偏する。

漁獲の影響を受けない個体数割合 Table 3 は、体長組成 (Fig. 8) を各年齢群に分離し、それぞれの1曳網当たりの個体数を推定したものである。秋、冬、および春は当歳群と1歳群の境界ははっきりしているので目で

分解することが可能であったが、夏は、2群が重複している定点もあり、一部については Hasselblad¹⁸⁾ の方法で複合正規分布に分解した。Table 4 は、季節ごとに、漁場として利用されている定点、および漁場外に位置する定点 (Fig. 8) に分けてそれぞれの個体数を示し、同時に全体の中で漁場外に分布する割合を示したものである。この割合を、資源の中で全く漁獲の影響を受けない個体数割合と考える。秋は、特に当歳群が広く分布しているのに対し、漁場は南に偏っている (Fig. 7)、当歳群については湾内の約半数の個体が漁場の外に分布す

Table 3. Number of individuals taken by one tow at each station and season by age group

Season	Autumn		Winter		Spring		Summer	
	0	1	0	1	0	1	1	2
Station								
1	0	1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	25	0	0	0
4	46	13	1	0	55	0	6	1
5	3	1	0	0	7	0	0	0
6	0	0	18	0	13	1	1	0
7	0	8	4	1	115	0	36	10
8	3	7	46	4	182	3	70	4
9	7	2	9	0	23	0	34	3
10	34	86	49	2	39	19	90	2
11	0	11	33	23	203	11	546	20
12	6	28	173	31	164	13	1,356*	407*
13	5	14	44	13	106	47	166	11
14	9	65	43	39	183	91	1,261*	105*
15	0	8	1	0	13	14	69	18
16	9	70	10	4	0	1	252*	98*
17	14	53	63	24	208	38	1,113*	129*
18	16	10	0	0	0	1	1,365*	133*
19	2	1	0	0	1	0	20	11
20	36	13	7	6	Not sampled		381*	27*
Total	192	391	501	147	1,337	239	6,766	979

* Analysed using Hasselblad's method.¹⁸⁾

Table 4. Number of individuals caught at stations located in the fishing grounds (A), caught at stations located outside of the fishing grounds (B), total (T) in each season by age group, and (B/T)×100 corresponds to the percentage in number of individuals that distribute outside of the fishing grounds

Season	Autumn		Winter		Spring		Summer	
	0	1	0	1	0	1	1	2
A	90	258	366	134	886	169	6,091	839
B	102	133	135	13	451	70	675	140
T	192	391	501	147	1,337	239	6,766	979
(B/T)×100	53	34	27	9	34	29	10	14

る。冬はシャコの分布は秋とそれほど変わらないが、漁場が拡大してシャコの分布とかなり重なるようになり (Fig. 7), 出荷の対象となる1歳群で特に漁場から外れる率が低くなる。当歳群は秋と同様に湾奥にも分布しているので、3割程度は漁場から外れる。春は、漁場は南北方向に広がる (Fig. 7)。この時期は、柴漁協でマコガレイの成育場と思われる水域を禁漁としているのが解禁になる時期であり、Fig. 7で湾北西部への出漁が目立つが、これはマコガレイを対象にしていると思われる。このように漁場が南北に広がるのに対してシャコの分布は東西に広く (Fig. 4), そのために資源の3割程度は確実に漁獲から逃れる。夏は漁場が南偏するものの、シャコの分布も著しく南に偏り (Fig. 4), 資源の中で漁場外に

分布する割合は低く、1歳群、2歳群ともに同程度の、かなりの漁獲圧力を受ける。

シャコは生後約1年で加入完了した後、出荷の対象となる。そして漁獲量がピークとなる夏と冬¹⁹⁾には漁場外に分布する個体は少なく (Table 4), かなりの漁獲圧力がかかる。生後2年を迎え、産卵期を過ぎると大部分の個体が冬までに死亡する。夏から秋にかけて漁獲個体数が減少するのは (Fig. 4), 高齢の個体の死亡によるものかもしれないが、今後さらに検討を要する。また、シャコがU字型の巣穴に生息することは良く知られているが、^{19), 20)} 近縁種で本種と同様に最も北方に生息する *Squilla empusa* について、アメリカ合衆国のロードアイランド州沿岸において、夏にはU字型の夏穴を掘るが

冬には避寒のためにそれとは別の縦長の冬穴を掘ることが認められている。²¹⁾ シャコでも同様のことがみられるとすれば、それが原因で漁獲個体数が変化する可能性もある。浜野および永井²²⁾は、本種の分布域の北限であり、冬の水温が低い石狩湾ではこのような冬穴を掘る可能性が大きいと考えている。しかし、より水温が高く避寒の必要がないであろう東京湾では季節による巣穴の形態変化は恐らくないものと思われるが、今後さらに調査の必要があろう。

Table 4にあるように、加入完了前の当歳群においては、漁場外に分布し全く漁獲の影響を受けない個体数が比較的高い割合を示す。これは、漁場の内外に広く着底するためである。このように、シャコは漁場とならない水域にも着底することによって漁獲から逃れ、加入完了後の資源に貢献しているが、漁場の拡大、あるいは大規模な埋立てなどによる海面の縮小がおこると、若齢個体への漁獲圧力が増加して資源の減少を招くことが懸念される。

謝 辞

本研究を行うに当たり、巣穴に関する知見を御教授いただいた水産大学校田名臨海実験実習場の浜野龍夫博士に心から感謝する。また、標識放流に協力していただいた佐野光彦博士をはじめとする東京大学農学部水産資源学研究室の皆様、操業日誌の記帳をお願いした横浜市漁業協同組合柴支所の小山紀雄氏、小山宗輔氏、小山新次郎氏に厚く御礼を申し上げる。そして、再捕の報告をして下さった市川市行徳、大佐和、新富津、富津沖漁、船橋市、南行徳、横須賀市東部、横浜市柴の各漁業協同組合の組合員の皆様、千葉県水産試験場の山崎明人氏、および神奈川県水産試験場の中田尚宏氏に心から御礼を申し上げます。

文 献

- 1) I. Kubo, S. Hori, M. Kumemura, M. Nagawana, and J. Soedjono: *J. Tokyo Univ. Fish.*, **45**, 1-25 (1959).
- 2) 原 武史, 塩谷照雄, 丸山武紀, 岩沢俊一, 豊崎悦久: 東京水試研究要報, **38**, 1-22 (1963).
- 3) 中田尚宏: 神奈川水試研報, **7**, 17-22 (1986).
- 4) 中田尚宏: 水産海洋研究会報, **51**, 307-312 (1987).
- 5) 大富 潤, 清水 誠, J. A. Martinez: 日水誌, **54**, 1929-1933 (1988).
- 6) 大富 潤, 清水 誠: 日水誌, **54**, 1935-1940 (1988).
- 7) 大富 潤, 清水 誠: 水産増殖, **37**, 143-146 (1989).
- 8) 清水 誠: 産業公害, **21**, 11-23 (1984).
- 9) 矢沢敬三, 池田文雄: 神奈川水試研報, **9**, 95-100 (1988).
- 10) 桑原 連, 清水 誠: 沿岸海洋研究ノート, **26**, 158-171 (1989).
- 11) 時村宗春: 東京湾内湾部における底生魚介類の分布構造, 学位論文, Doctoral thesis, 東京大学, 東京, 1985, pp. 38-66.
- 12) 朴 鍾洙: 東京湾のマコガレイ資源に関する研究, 学位論文, Doctoral thesis, 東京大学, 東京, 1989, pp. 14-38.
- 13) I. Kubo and E. Asada: *J. Tokyo Univ. Fish.*, **43**, 249-289 (1957).
- 14) 中田尚宏: 水産海洋研究, **53**, 131-137 (1989).
- 15) 風呂田利夫: 海洋と生物, **7**, 346-352 (1985).
- 16) 林 凱夫, 辻野耕實: 大阪水試研究, **5**, 116-135 (1978).
- 17) 依田 孝: 北水試月報, **29**, 2-14 (1972).
- 18) V. Hasselblad: *Technometrics*, **8**, 431-444 (1966).
- 19) 椎野季雄: 動物系統分類学, **7**(上) 節足動物 (I) 総説・甲殻類, 中山書店, 東京, 1964, pp. 281-291.
- 20) S. Matsuura and T. Hamano: *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**, 1963-1968 (1984).
- 21) A. C. Myers: *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, **8**, 87-98 (1979).
- 22) 浜野龍夫, 永井雄幸: 水産増殖, **37**, 157-161 (1989).