

シャコ幼生の東京湾からの流出

清水 詢道

Outflow of mantis shrimp larvae (*Oratosquilla oratoria*) from Tokyo Bay

Takamichi SHIMIZU*

はじめに

東京湾のシャコ資源は、小型機船底びき網漁業、特に横浜市漁業協同組合柴支所の小型機船底びき網漁業にとって最重要targetである。1980年代の好漁期から1992年以降不漁期に入り現在に至っているが、好漁期であれ不漁期であれ、漁業経営の基盤はシャコであるため、資源動向はそのまま漁業経営に反映している¹⁾。特に、2005年10月以降は、シャコの漁獲は皆無に近く、漁業経営は著しく悪化しており、多くの小型機船底びき網漁業者は、サバ釣などの代替漁業でかろうじて経営を維持している状態となっている。

東京湾におけるシャコ資源の変動要因はあまり明らかになっていないが、漁獲対象への加入量指数と3年前の冬(1-3月)の底層水温との間に、及び3年前の浮遊幼生出現期における河川流量との間に、それぞれ有意な負の相関が認められている²⁾。このことは、発生直前及び発生直後の環境がその後の生残に大きく影響していることを示唆している。

シャコ浮遊幼生期の生残について、筆者は生残率には年変動が大きいことを明らかにしたが³⁾、変動要因として湾外への流出などについての可能性を指摘したのみであった。1999年7月から、筆者らの浮遊幼生の調査は前報³⁾で述べた東京湾内の定点に加えて、湾外の定点でも実施されるようになり、東京湾外への流出についてもある程度判断できる材料が得られるようになった。本報では現在までに得られたシャコ浮遊期幼生の東京湾外への流出に関する知見について報告する。

材料と方法

東京湾内に設定した15定点及び湾外に設定した2定点(図1)において、調査船さがみ(1999、2000年)及び調査船うしお(2001年以降)を用いて、改良型ノルパックネット(GG54)を海底直上から鉛直曳してサンプリングを行った。ただし、湾外の定点では、水深が100mを越えるため、水深50mから鉛直曳してサンプリングした。サンプルは船上でホルマリン固定し、実験室に持ち帰ってシャコ幼生の計数、万能投影機(Nikon Profile Projector V-12B)上で頭胸甲長(測定、Hamano and Matsuura⁴⁾)に基づいた令期の判別を行った。

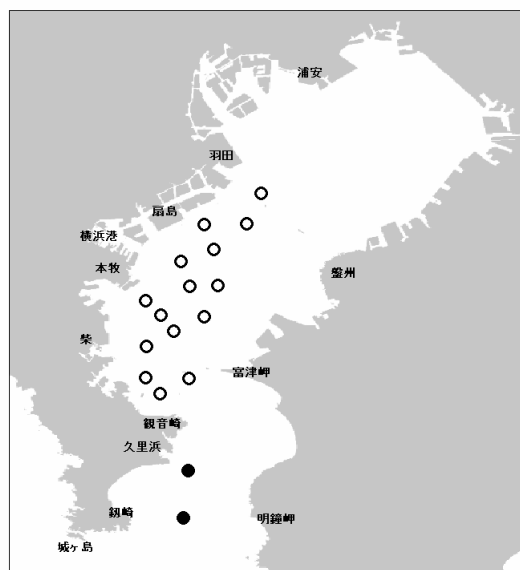


図1 調査定点図
白丸は湾内定点、黒丸は湾外の定点を示す。

湾内における浮遊期の生残率の算出については前報³⁾と同一の方法を用いた。浮遊開始直後の個体数 R と第 i 令期の個体数 N_i の間には令期間の自然死亡計数 M を一定であると仮定して成立する式 $N_i = R \cdot \exp(- (i - 1)M)$ を用いて、各令期の個体数の自然対数を令期に回帰させることによって自然死亡係数 M を推定し、浮遊期間全体の生残率 S を推定した。前報³⁾で行った前期群、後期群の分類については、本報では以下のように行った。Hamano and Matsuura⁴⁾から、各令期の平均出現日数が求められる。これを調査日ごとの令期組成にあてはめて孵化日を推定し、5日ごとに集計して各年の推定孵化日の組成を求めた。

湾外への流出率は次の式によって求めた。
流出率 = (湾外での採集個体数) / (全採集個体数)
ただし、湾内の定点数は15、湾外の定点数は2であり、また各定点の水深も一様ではない。そこで、採集個体数は水量 1 m^3 あたりの個体数とした。

河川からの流入は、エスチャリ-循環流を強化することによってシャコ浮遊幼生の湾外への流出に大きく影響

する²⁾。河川流量については、日本河川協会の流量年報から、1999年から2001年の江戸川の野田流量観測所のデータを使用した。江戸川の流量データは東京湾に流入するほかの河川(荒川、多摩川、鶴見川)との相関が高く、東京湾に流入する河川の流量を代表できると判断される²⁾。河川流量と浮遊幼生の流出率の関係の検討には、前期群については6-8月の流量合計値を、後期群については8-10月の合計値を用いた。

結 果

湾内、湾外での採集個体数

1999年から2004年までの調査で採集された浮遊幼生個体数を表1に示した。湾内では115個体(2004年)から1840個体(1999年)、湾外では12個体(2003年)から149個体(1999年)が採集された。ろ水量1m³あたりでは、湾内では0.40個体(2004年)から3.20個体(1999年)、湾外では0.11個体(2003年)から1.72個体(2001年)であった。

前期群と後期群

図2に各年の浮遊幼生の推定孵化日の組成を、5月1日を起点とする経過日数として示した。各年ともに、推定孵化日には、経過日数80-100日を境としておおむね2つの山が認められた。このうち、前半の山を前期群(以下、Spring spawnersと表記)、後半の山を後期群(以下、Summer spawnersと表記)と考えた。

湾内、湾外での令期組成

各年の湾内、湾外で採集された浮遊幼生の令期組成をSpring spawnersとSummer spawnersにわけて、図3に示した。湾内の令期組成では浮遊幼生が巣穴から出て海へ泳ぎだす令⁴⁾の割合が高い場合が多かったが、湾外の令期組成は明らかに湾内より進んだ令期の割合が高い場合が多かった。

流出率

調査ごとに計算された流出率を図4に示した。年によって調査時期が一定せず、また調査間隔も天候等の影響によって一定しなかったため、流出率の時間変化に一定の傾向は認められなかった。

Spring spawners、Summer spawnersの流出率を年単位でまとめて図5に示した。流出率は、Spring spawnersでは0-55.7%、Summer spawnersでは10.6-71.0%であった。年ごとに比較すると、どちらのspawnersの流出率が高いなどの傾向は認められなかった。

河川水の流入と流出率

図6に河川流量(江戸川、野田流量観測所)と1999年から2002年のSpring spawners、Summer spawnersの流出率の関係を示した。現在利用できる流量年報が2002年まででデータが少ないために全体では有意な関係は得られなかったが、流量が多ければ流出率が高くなる傾向がみとめられ、特にSummer spawnersについてその傾向が顕著であると考えられた。

流出率と生残率

1999年から2004年について、推定された生残率を表2に、生残率と流出率の関係を図7に示した。前報³⁾と同様、生残率は年変動が大きかった。生残率と流出率の関係では、Spring spawnersでは流出率の大きいと生残率が低くなる傾向がみられたが、Summer spawnersではそのような傾向はみられなかった。特に、2001年の場合には流出率が71%と大きかったにもかかわらず生残率は高かった。

表1 採集された浮遊幼生個体数

	調査期間	調査回数	調査点数	採集個体数	ろ水量(m ³)	個体数		
						m ³ あたり	1点あたり	
1999	湾内	7.12-11.17	8	109	1840	574.4	3.20	16.00
	湾外	7.12-11.17	8	14	149	110.5	1.26	10.64
2000	湾内	6.14-11.15	10	105	343	633.6	0.54	3.27
	湾外	6.14-11.15	10	14	36	126.4	0.29	2.57
2001	湾内	6.21-11.14	7	81	311	454.6	0.60	3.04
	湾外	6.21-11.14	7	14	122	71.1	1.72	8.71
2002	湾内	6.20-10.17	6	61	623	336.5	1.85	10.21
	湾外	6.20-10.17	6	12	70	94.8	0.74	5.83
2003	湾内	6.11-10.16	7	102	362	544.2	0.67	3.55
	湾外	6.11-10.16	7	14	12	110.6	0.11	0.86
2004	湾内	6.9-8.25	4	52	115	285.6	0.40	2.21
	湾外	6.9-8.25	4	7	45	55.3	0.01	6.43

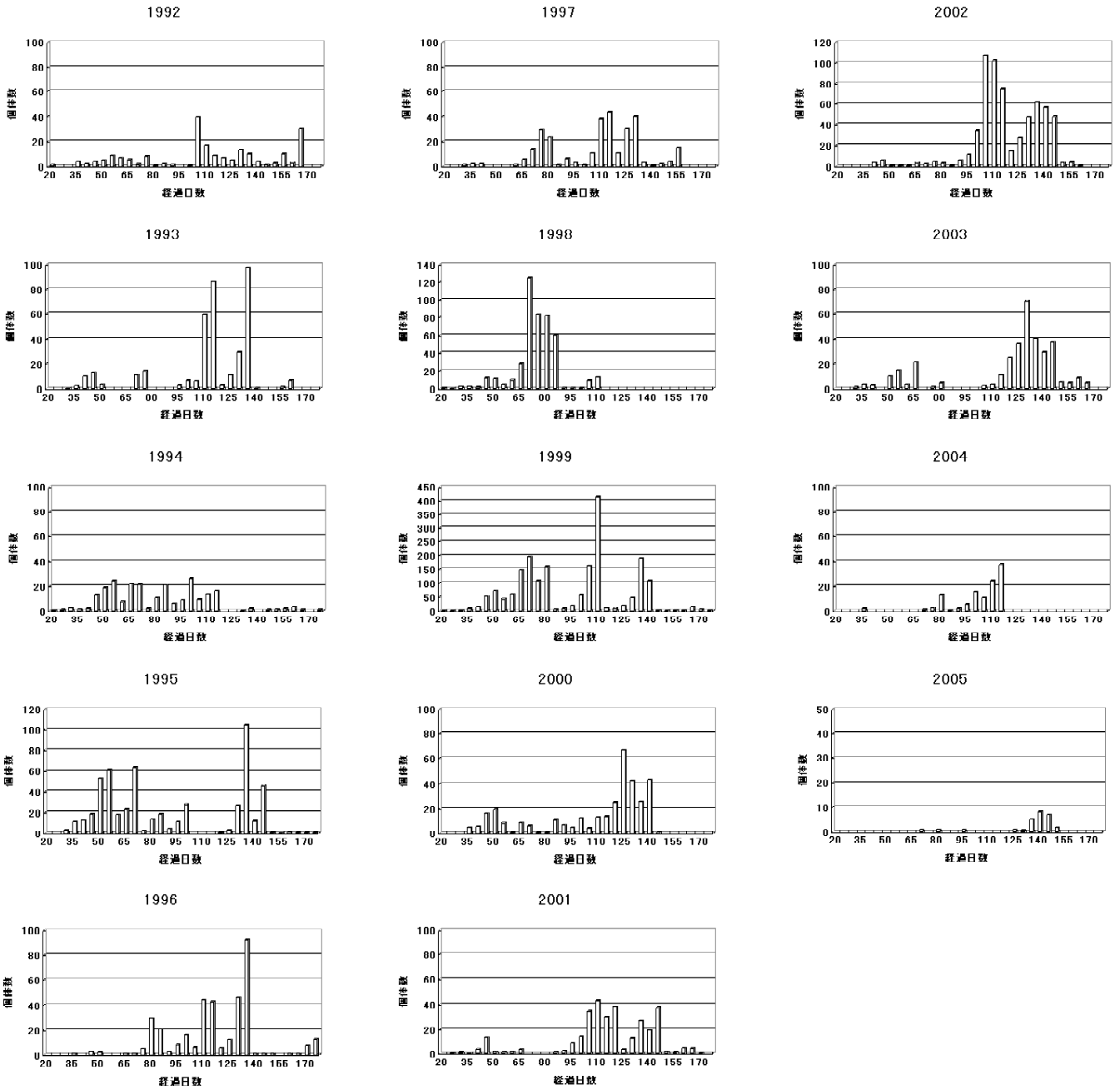


図2 各年の5月1日を基準とした推定孵化日

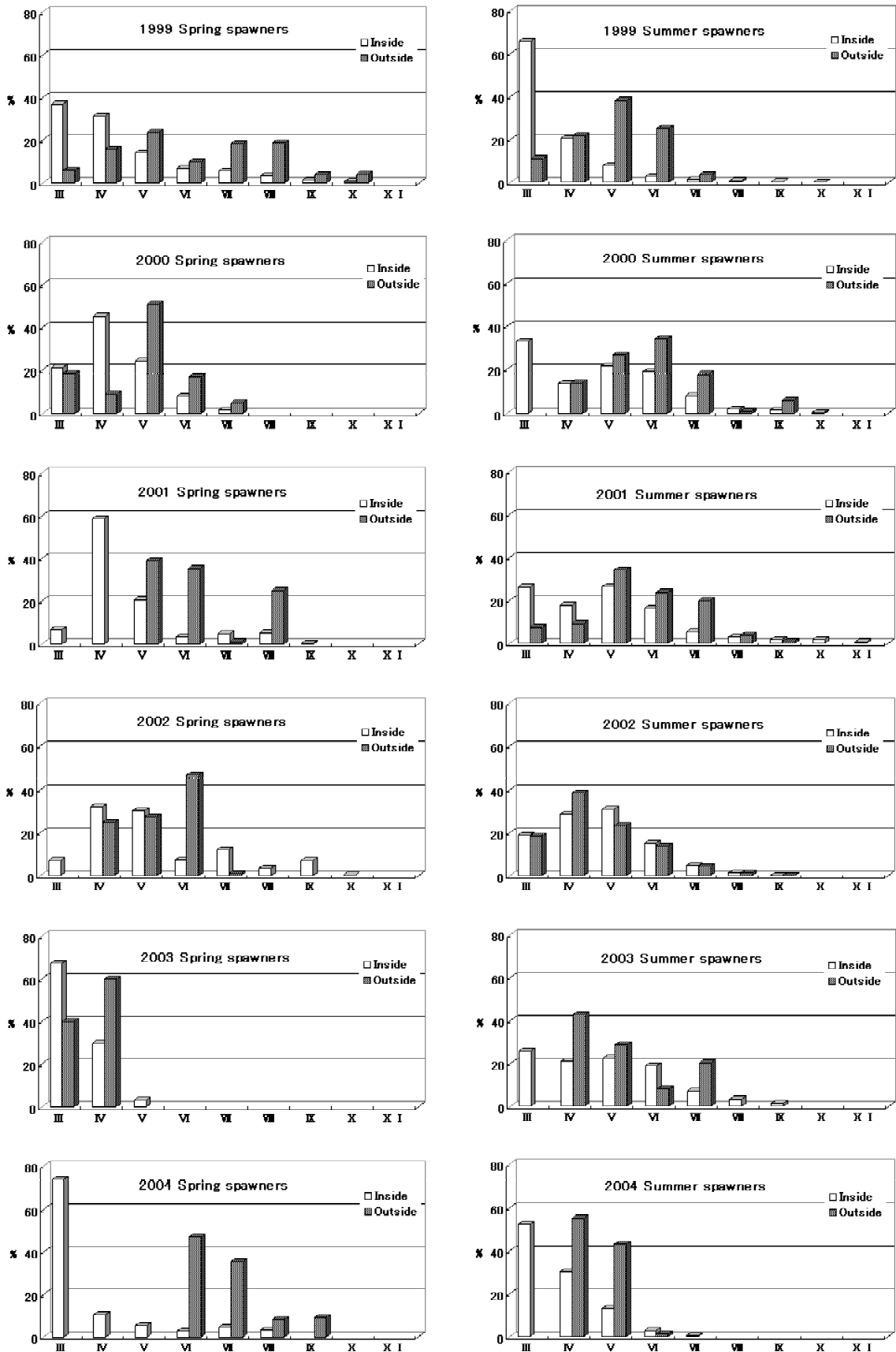


図3 浮遊幼生の令期組成

表2 推定された生残率と流出率
*、**は各々p<0.05、p<0.01水準で有意、を示す。

year	spawners	回帰式	F test	生残率	流出率
1999	Spring spawners	$\ln Ni = 7.66266 - 0.56441 (I-1)$	**	0.201216	28.3
	Summer spawners	$\ln Ni = 8.92315 - 0.87106 (I-1)$	**	0.006898	32.8
2000	Spring spawners	$\ln Ni = 8.16916 - 1.11403 (I-1)$	*	0.000476	55.7
	Summer spawners	$\ln Ni = 6.59182 - 0.57937 (I-1)$	**	0.170687	23.2
2001	Spring spawners	$\ln Ni = 6.14589 - 0.87244 (I-1)$	*	0.006795	35.8
	Summer spawners	$\ln Ni = 7.14240 - 0.57937 (I-1)$	**	0.154099	71
2002	Spring spawners	$\ln Ni = 4.95070 - 0.61207 (I-1)$	*	0.119119	40.3
	Summer spawners	$\ln Ni = 12.07340 - 0.58867 (I-1)$	**	6.81E-05	24.3
2003	Spring spawners	$\ln Ni = 8.60237 - 1.53403 (I-1)$	no sig.		26.4
	Summer spawners	$\ln Ni = 7.74195 - 0.79311 (I-1)$	**	0.01626	10.6
2004	Spring spawners	$\ln Ni = 3.29888 - 0.53726 (I-1)$	*	0.271252	0
	Summer spawners	$\ln Ni = 7.87405 - 1.17184 (I-1)$	**	0.000252	67.5

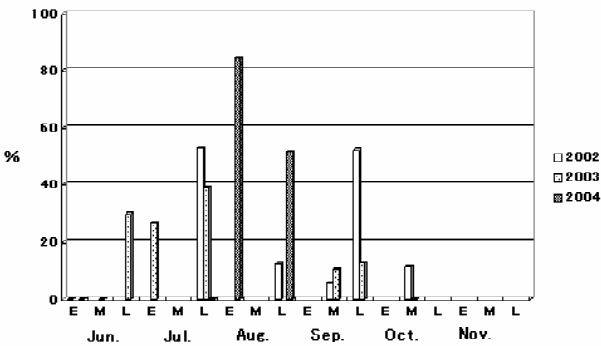
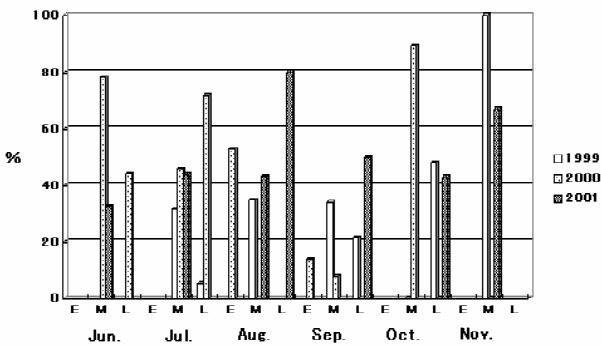


図4 調査ごとの流出率

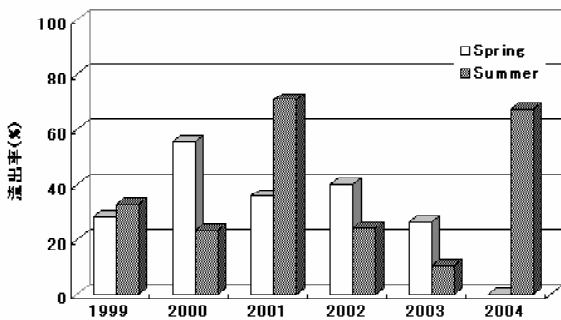


図5 年間の流出率

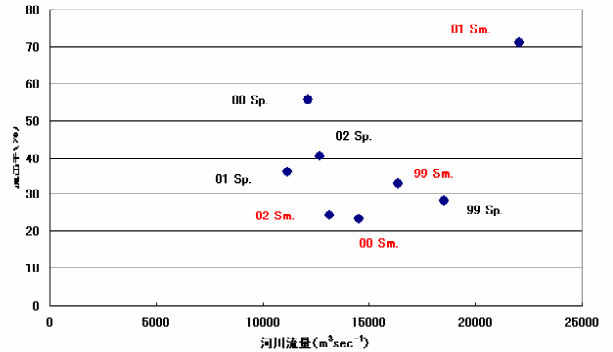


図6 河川流量と流出率の関係
Sp : Spring spawners
Sm : Summer spawners

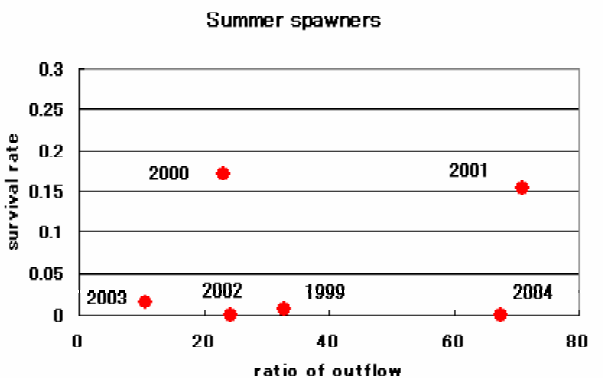
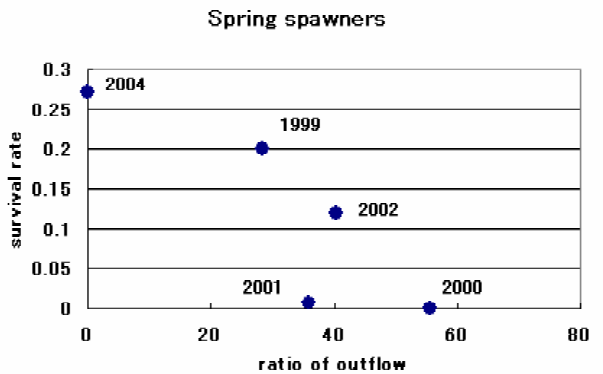


図7 生残率と流出率の関係

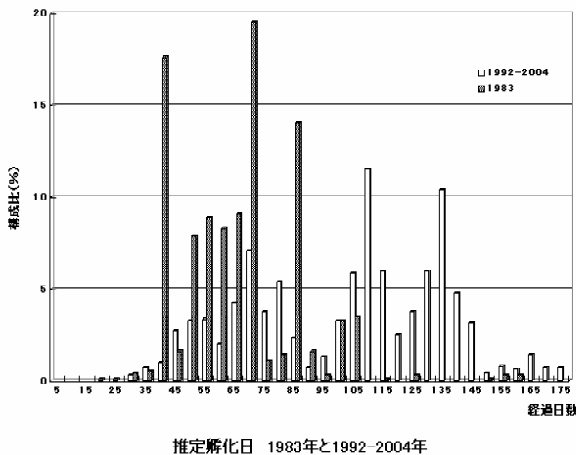


図8 1983年と1992 - 2004年の推定孵化日の組成の比較

考 察

中田は東京湾内においてシャコ浮遊幼生に関する調査を精力的に行い、採集個体数は7月に最大になり、以後減少する、と述べている⁵⁾。中田の調査が実施されたのは好漁期直前の資源水準が増加しつつあったと考えられる時期(1983 - 84年)であったが、本報で扱ったデ-タは1992年から続く不漁期のものであり、浮遊幼生の出現状況は大きく異なっている。図8に両者の推定孵化日の組成を示したが、中田の調査ではSpring spawnersの出現が多く、Summer spawnersは少ない。さらに、少ないSummer spawnersでも本報で述べている採集数を大きく上まわっており、清水¹⁾が述べた好漁期と不漁期の特徴が示されている。

また、中田⁵⁾は浮遊幼生の垂直分布について、6 - 7月は密度躍層の下に、8月には湾内に広がる低酸素水を避けて密度躍層の上に分布の中心があり、これは湾内の海水の挙動から考えると、6 - 7月の垂直分布は湾内の適地に変態・着底することを促進するが、8月の垂直分布は湾外へ流出しやすい不利な条件にある、と述べている。本報では河川流量が多ければ浮遊幼生の湾外への流出率が高くなる傾向があり、その傾向は特にSummer spawnersで顕著である、と述べたが、このことは中田の見解と一致している。特にSummer spawnersが主体となった不漁期では、湾外への流出が資源水準に及ぼす影響は大きくなっていると考えられる。

児玉²⁾は、夏に産卵する小型個体による産卵量と年間の浮遊幼生豊度指数には正の相関がみられるが、加入量指数との間には相関がみられないと述べ、その理由として生活史初期の環境(冬の底層水温と浮遊幼生出現期の河川流量)によって年級群強度が決定されるために、浮遊幼生が多いとしても漁獲対象資源への加入が多いとはいえない、としている。現在のシャコ資源は夏産卵群が主体となっていることを考えると、夏に河川からの流入

が増大することによって浮遊幼生の湾外への流出が生じ、漁獲対象資源としての加入に大きな影響を与えているということになる。

本報では浮遊幼生が東京湾外に流出する現象の一端について述べたが、デ-タが不足していることもあって、資源水準への影響を量的に表現することはできなかった。デ-タ不足の中には、調査が東京湾北部には及んでいないこともあげられる。大富ほか⁷⁾によるとシャコ浮遊幼生は令期が進むにつれて分布が湾全体に広がる。したがって、本報では東京湾北部の浮遊幼生の状況が反映されておらず、生残率、流出率には誤差が含まれている。正確な生残率、流出率推定のためには湾全体をカバーした調査が望まれる。また、令期が進むにつれて底生性が増すために、鉛直曳網による浮遊幼生採集効率は低下する⁷⁾。従って、高令幼生の採集数が実際よりも過少である可能性を無視できず、このことも生残率、流出率の推定に影響するであろう。

シャコ資源は現在きわめて低い水準で、小型機船底びき網漁業経営に大きな影響を与えており、少しでも早い資源の回復が望まれている。冬の底層水温や夏の河川流量といった資源の加入量に影響するファクタ-に対しては人間が関与することは不可能であるが、小型個体の不合理漁獲を極力回避して産卵量を増加させ、浮遊幼生量を増加させることには漁業の場からの関与が可能であり⁶⁾、現在必要なのは、そのための実践である。我々に課せられるのはその実践を支えるためのモニタリングと情報提供で、そのためにも本報で述べた調査を継続していく必要がある。

謝 辞

神奈川県水産技術センタ-調査船さがみの奥村船長をはじめとする乗組員のみなさん、調査船うしおの榎沢船長をはじめとする乗組員のみなさん、資源環境部の山田佳昭主任研究員、田島良博主任研究員には、調査実施に対して熱心なご協力と様々なご助言をいただいた。また、国立環境研究所の児玉圭太博士には、終始貴重なご意見をいただいた。心から感謝する。

要 約

- 1 1999年7月から、東京湾内15定点、湾外2定点においてシャコ浮遊幼生を採集し、浮遊幼生の湾外への流出について検討した。
- 2 湾内では0.40個体/m³ - 3.20個体/m³、湾外では0.11個体/m³ - 1.72個体/m³が採集された。
- 3 湾外の浮遊幼生の令期組成は湾内より進んでいた。
- 4 Spring spawnersとSummer spawnersで比較すると湾外への流出率に差は認められなかったが、河川流量が多いと流出率が高くなる傾向が認められ、特にSummer spawnersでその傾向は顕著だった。

5 Spring spawnersでは流出率が大きいと生残率が低くなる傾向がみられたが、Summer spawnersではそのような傾向はみられなかった。

文 献

1) 清水詢道(2002)：東京湾のシャコ資源について（総説） - 資源利用の概観と生活史，神水研研報，7，1-10.
 2) 児玉圭太(2004)：東京湾におけるシャコの資源変動機構に関する研究，東京大学農学生命科学研究科学学位請求論文，163pp.
 3) 清水詢道(2000)：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，5，55-60.

4) Hamano T. and Shuhei M. (1987) : Egg size, Duration of Incubation and Larval Development of the Japanese Mantis Shrimp in the Laboratory, Nippon Suisan Gakkaishi, 53(1), 23-39 .
 5) 中田尚宏(1986)：東京湾におけるシャコ幼生の分布について，神水試研報，7，17-22.
 6) 清水詢道(2004)：東京湾のシャコ資源について - シャコ資源回復への私案，神水研研報，9，1-11.
 7) 大富 潤、風呂田利夫、川添大徳(2006)：東京湾におけるシャコ幼生の発生に伴う分布の変化，Nippon Suisan Gakkaishi，72(3)，382-389.