

霞ヶ浦におけるシラウオの資源動向について

久保田 次郎

1. はじめに

最近の霞ヶ浦における漁獲動向をみると、ワカサギをはじめ、コイ、フナ類、ハゼ類、及びエビ類等ほとんどの魚種の漁獲量は減少傾向を示している。

主要魚種の漁獲量減少に対する一つの手だてとして、茨城県では1996年から霞ヶ浦北浦における水産資源の有効利用を目的とした漁業制度の見直しについて検討を進めている。検討の際、必要なデータの一つとして各魚種の資源量が求められている。霞ヶ浦におけるワカサギの資源動向については古くは津田他(1966)、加瀬林他(1973)、鈴木(1981)、最近では中村(1992)、根本(1993)が報告しているが、シラウオでは1960年代の帆曳き時代について加瀬林他(1973)が報告しているのみである。

以上のことから、今回1984年(昭和59年)~1992年(平成4年)の漁獲データを使用して、近年におけるシラウオの資源量を推定し、得られた結果を帆曳き時代のシラウオ資源量、さらに同時期のワカサギ資源量と比較検討したので、報告する。

2. 方 法

(1) 使用データ

関東農政局茨城統計情報事務所の漁獲統計原票のうち漁業種類別月別漁獲量の推計が完了している1984~1992年の漁獲データを用いてシラウオの資源尾数の推定を行った。なお資源解析時に必要なシラウオの月別平均体重は、当試験場で実施しているトロール調査等の各種調査結果から求め、欠測月については1984~1996年の平均値を使用した。

なお比較検討するための帆曳き時代(1958~1964年)のシラウオ及びワカサギのデータは加瀬林他(1973)から、また1984~1992年のワカサギのデータは根本(1993)から引用した。

(2) 資源尾数推定法

資源尾数の推定は、DeLuryの方法に若干の改良を加えて、以下に示す順序により行った。

まず最初に月毎の資源量指数として、月別漁獲尾数 C_t と月別出漁日数 X_t から月別CPUE $_t$ (= C_t/X_t , 出漁日数当たりの漁獲尾数)を求めた。

なお、近年のシラウオは後述するように大部分を小型漁船底びき網漁業(地方名称わかさぎ・しらうお曳き網漁業, 通称「トロール」, 以下トロールと略す)により漁獲されておりトロールのみで解析することに問題はない。しかし比較検討するための帆曳き網漁業時代(1958~1964年)のシラウオ及びワカサギは、帆曳き(1984~1992年のワカサギはトロール)以外の漁法でも漁獲されており無視できないので、帆曳き(1984~1992年のワカサギはトロール)を基準として出漁日数の標準化を行った。

すなわち帆曳きでの漁獲量を C_1 、その他の漁法での漁獲量を C_2 、漁獲努力量をそれぞれ X_1 、 X_2 としたとき、全漁獲努力量 X は次式で表せられ、

$$X = X_1 + k \times X_2 \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{ただし、} k = \frac{C_2 / X_2}{C_1 / X_1}$$

この全漁獲努力量 X と全漁獲尾数 C から、月別CPUE $_t$ (= C_t/X_t)を得る。

t 月の資源尾数 N_t は、上で求めたCPUE $_t$ を用いて次式で表せられる。ここで q は漁獲能率である。

$$CPUE_t = q \times N_t \dots\dots\dots(2)$$

また、 t 月初めの資源尾数 N_t は初期資源尾数 N_0 から($t-1$)期までの累積漁獲尾数 K_t を差し引いたものであるから、

$$N_t = N_0 - K_t \dots\dots\dots(3)$$

であり、これはまた漁獲能率 q と $(t-1)$ 期までの累積努力量 E_t を用いて

$$N_t = N_0 \times \exp(-q \times E_t) \dots\dots\dots(4)$$

とも書ける。(2)式と(3)式、及び(2)式と(4)式からそれぞれ

$$CPUE_t = q \times (N_0 - K_t) \dots\dots\dots(5)$$

$$\ln(CPUE_t) = \ln(q \times N_0) - q \times E_t \dots\dots\dots(6)$$

が得られ、両式とも回帰直線を当てはめることにより、漁獲能率 q と初期資源尾数 N_0 を推定することができる。(5)式をDeLuryの第一モデル、(6)式をDeLuryの第二モデルと呼んでいる(田中, 1985)。根本(1995)は1990~1992年のワカサギ資源量をDeLuryの第一モデル、第二モデル等により推定し、その結果について比較検討している。その中で第一モデルでは漁獲尾数が初期資源尾数を上回る場合が、また第二モデルでも残存尾数が初期資源尾数の約3割と過大に評価される場合があることを示している。これらの点を考慮して、今回の資源尾数の推定にはDeLuryの第二モデルを使用した。

さらに、資源尾数の推定にあたり、田中(1985)はCPUEは厳密にはその期間の初期資源量には比例せず、むしろその期間の中間での資源量と考えた方が妥当であり、DeLuryのモデルは修正する必要があるとしており、これに従って(4)式を書き直すと

$$N_{t+1/2} = N_0 \times \exp\left\{-q \times \left(E_{t-1} + \frac{X_t}{2}\right)\right\} \dots\dots(7)$$

となり、 $N_{t+1/2}$ にCPUEを代入すると

$$\ln(CPUE_t) = \ln(q \times N_0) - q \times \left(E_{t-1} + \frac{X_t}{2}\right) \dots\dots(8)$$

となる。この $\ln(CPUE_t)$ を $(E_{t-1} + X_t/2)$ に対してプロットして回帰直線を当てはめて資源尾数を推定した。

(3) 再生産曲線の当てはめ

資源解析結果を用い、シラウオの残存資源と翌年の初期資源との関係を見るために、Ricker型再生産曲線の当てはめを試みた。

Ricker型再生産曲線は産卵量により死亡率や仔世代の量が決定される例であり、産卵数を E とすると、次式で表せられる(能勢他, 1988)。

$$\frac{dN}{dt} = - (a + bE) \times N \dots\dots\dots(9)$$

(9)式により、加入量を R とすると、次式が得られる。

$$R = a \times E \times \exp(-\beta \times E) \dots\dots\dots(10)$$

ただし、 a 、 β は定数

この曲線の最大の特徴は、必ず産卵数 $E=1/\beta$ で加入量 R は極大($R=a/(\beta e)$)となり、 E がそれより大きくなると R は0に漸近することである。これは産卵量が多いと、死亡率が高くなり、密度が急減することを示している(能勢他, 1988)。

3. 結 果

3-1 漁獲量の変動動向

(1) 主要魚種の年間漁獲量

1955~1996年の霞ヶ浦におけるシラウオの漁獲量の推移(農林水産統計年報)をワカサギ、コイ、フナ類、ハゼ類、及びエビ類と共に図1に示した。

この図から、シラウオの漁獲量は1961年の481トンピークに60、70年代と急激に減少し、その後80年代には回復し、90年代になると増加傾向を示した。1996年のシラウオは250トンの漁獲であった。一方、ワカサギは60年代をピークに70年代はシラウオ同様激減し、80年代には回復するがその後低迷している。コイ、フナ類、ハゼ類及びエビ類は70年代をピークに減少している。このように最近に限れば主要な魚種の中で漁獲量が増加傾向を示しているのはシラウオのみであることがわかる。

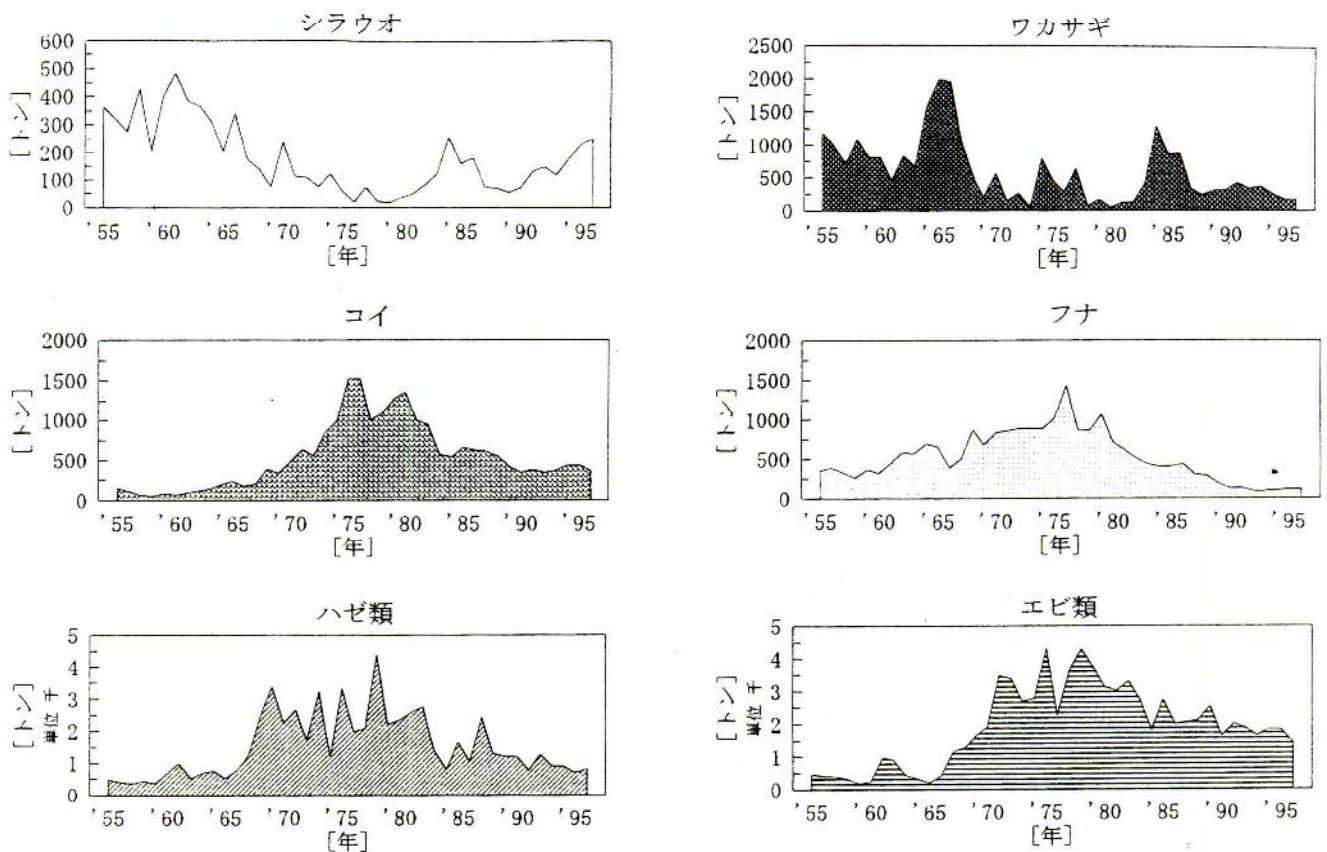


図1 霞ヶ浦の魚種別漁獲量の推移
農林水産統計年報（1955～1996年）

3-2 近年におけるシラウオの資源動向

(1) 漁業種類別月別漁獲量

霞ヶ浦におけるシラウオの漁業種類別月別漁獲量の推移を1984～1992年のデータ（付表）からその期間の平均値を求め、それを表1及び図2に示した。またその値から漁業種類別及び月別の割合を算出し、それぞれ図3、図4に示した。

これらの図表から、この期間中のシラウオの漁獲量は平均で124.8トンであり、その内の93.8%をトロール（操業期間は7月21日～12月10日）で漁獲していた。トロールが禁漁になる冬季は刺網で漁獲し、その割合は4.6%であった。月別では9、10月の占める割合が多く、8～12月で93.5%と年間の9割以上を漁獲していた。

(2) 月別平均体重

霞ヶ浦における1984～1996年のシラウオのトロール期間中（7～12月）における平均体重の推移を表2及び図5に示した。

これらの図表から、シラウオの平均体重は年毎に多少の違いはあるが、平均値で見ると、トロール解禁直後の7月の体重は0.14g、トロールが終了する12月は0.83gであった。

(3) 初期資源尾数の推定

解析にはシラウオの加入が完了する9月からトロール漁が終了する12月までの漁獲データを使用し、9月における資源尾数を初期資源尾数、12月末の資源尾数を残存尾数とした。1984～1992年の9～12月におけるシラウオのトロールでの月別CPUE（出漁日数当たりの漁獲尾数）を表3に、

表1 シラウオ漁業種類別漁獲量
1984～1992年の平均値

月	トロール	横ひき	刺網	張網	その他	合計
	漁獲量 [トン]	漁獲量 [トン]	漁獲量 [トン]	漁獲量 [トン]	漁獲量 [トン]	漁獲量 [トン]
1月		0.5	1.1	0.0	0.1	1.7
2月			1.9		0.2	2.1
3月				0.0	0.1	0.2
4月			2.2	0.1	0.0	2.3
5月			0.4	0.0		0.4
6月				0.0		0.0
7月	1.6			0.0		1.6
8月	12.6	0.1		0.0		12.7
9月	35.6	0.0		0.1		35.7
10月	33.1	0.6		0.1		33.8
11月	25.8	0.0	0.0	0.0		25.8
12月	8.4	0.0	0.1	0.0	0.0	8.5
計	117.0	1.3	5.8	0.3	0.6	124.8

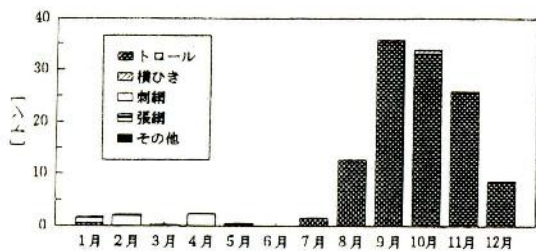


図2 シラウオ漁業種類別月別漁獲量
1984～1992年の平均値

表2 シラウオ月別平均体重の推移

[年]	体重[g]					
	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1984	0.08	0.06	0.12	0.21	0.56	0.71
1985	0.17		0.26	0.43		
1986	0.12	0.22	0.26	0.35		
1987	0.12	0.16	0.25	0.38	0.68	0.85
1988	0.14	0.17		0.29	0.54	
1989	0.18	0.20	0.21		0.71	
1990		0.14	0.25	0.34	0.56	0.76
1991	0.18	0.18			0.50	
1992	0.11	0.11	0.16	0.31	0.62	0.80
1993	0.15	0.18	0.21	0.41	0.68	0.91
1994	0.18	0.08	0.20	0.36	0.64	0.81
1995		0.12	0.27	0.44	0.67	
1996	0.13	0.14	0.22	0.47	0.56	0.99
平均値	0.14	0.15	0.22	0.36	0.61	0.83

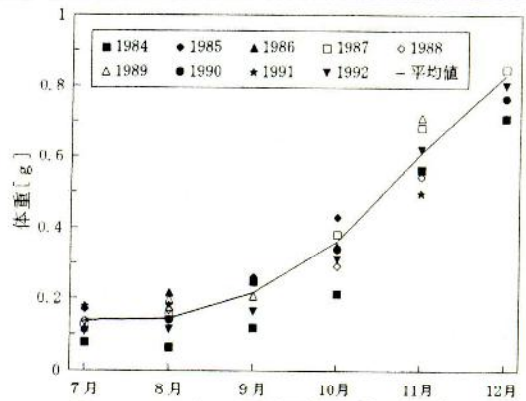


図5 シラウオ月別平均体重の推移

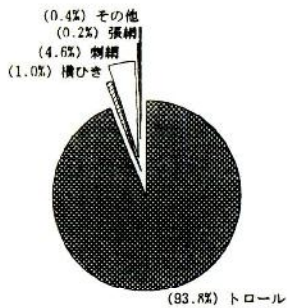


図3 シラウオ漁業種類別漁獲割合
1984～1992年の平均値

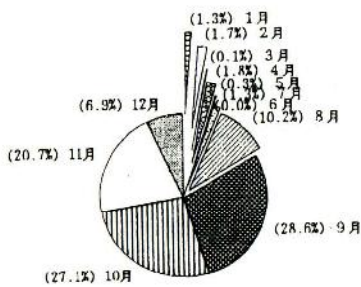


図4 シラウオ月別漁獲割合
1984～1992年の平均値

表3 トロールの月別CPUE (シラウオ)

[年]	[月]	漁獲量 [トン]	出漁日数 [日]	平均体重 [g]	漁獲尾数 [百万尾]	CPUE [千尾/日]
1984	9	86.1	5188	0.12	729.6	140.6
	10	73.5	4813	0.21	346.9	72.1
	11	51.6	4558	0.56	91.7	20.1
	12	15.7	1606	0.71	22.2	13.8
1985	9	56.3	5013	0.26	217.2	43.3
	10	39.1	4860	0.43	90.9	18.7
	11	36.3	4569	0.67	59.3	13.0
	12	8.3	1553	0.83	9.9	6.4
1986	9	61.5	5443	0.26	239.4	44.0
	10	38.8	4703	0.35	111.7	23.7
	11	34.0	4645	0.67	55.6	12.0
	12	12.0	1911	0.83	14.4	7.5
1987	9	11.1	3368	0.25	45.2	13.4
	10	21.4	4241	0.38	56.1	13.2
	11	19.9	4793	0.68	29.2	6.1
	12	6.3	1841	0.85	7.4	4.0
1988	9	13.6	3711	0.22	62.5	16.9
	10	16.5	3306	0.29	56.8	17.2
	11	15.0	3968	0.54	27.7	7.0
	12	4.9	1645	0.83	5.9	3.6
1989	9	9.7	4715	0.21	47.0	10.0
	10	13.7	4229	0.36	37.7	8.9
	11	17.2	4615	0.71	24.2	5.2
	12	5.4	1659	0.83	6.5	3.9
1990	9	12.6	4231	0.25	50.9	12.0
	10	26.5	4559	0.34	78.1	17.1
	11	7.8	4418	0.56	13.9	3.1
	12	7.0	1678	0.76	9.1	5.4
1991	9	33.1	4770	0.22	151.8	31.8
	10	29.6	4664	0.36	81.8	17.5
	11	20.7	4458	0.50	41.6	9.3
	12	7.5	1688	0.83	9.0	5.3
1992	9	36.4	4638	0.16	222.3	47.9
	10	38.8	4626	0.31	124.8	27.0
	11	29.7	4791	0.62	48.0	10.0
	12	8.7	1714	0.80	10.9	6.3

* 欠測月の平均体重は1984～1990年の平均値を使用し斜体で表記

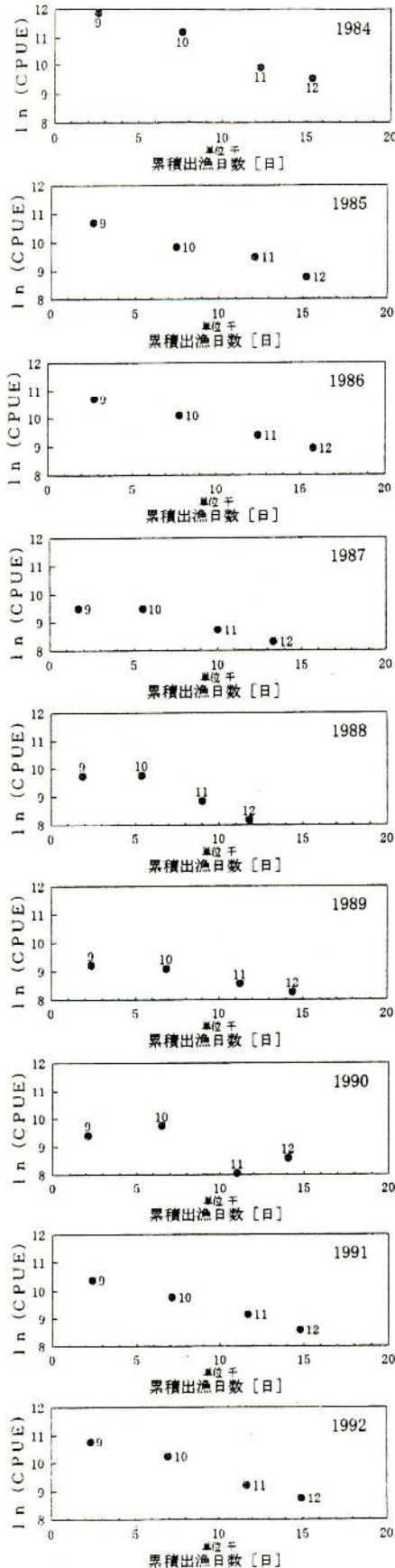


図6 累積出漁日数とCPUEとの関係 (シラウオ)

表4 シラウオ資源解析結果(1)

[年]	1984~1992年				
	初期資源尾数 [百万尾]	漁獲能率 [$\times 10^{-4}$]	残存資源尾数 [百万尾]	12月体重 [g]	残存資源量 [トン]
1984	1312.1	1.92	58.9	0.71	41.8
1985	425.8	1.41	44.6	0.83	37.1
1986	480.9	1.36	49.6	0.83	41.2
1987	170.4	1.12	34.6	0.85	29.4
1988	177.5	1.64	22.4	0.83	18.6
1989	162.4	0.82	46.6	0.83	38.7
1990	177.6	1.05	37.2	0.76	28.3
1991	325.4	1.43	35.1	0.83	29.1
1992	451.7	1.66	33.0	0.80	26.4

CPUEを累積出漁日数に対してプロットした結果を図6に、資源解析結果を表4に示した。

この表から1984~1992年のシラウオの初期資源尾数は $1.7\sim 13.1 \times 10^8$ 尾であり、1984年を除き 5×10^8 尾以下であった。一方、残存尾数は $22.4\sim 58.9 \times 10^6$ 尾であり、初期資源尾数に対する残存尾数の割合は $4.5\sim 28.7\%$ であった。また漁獲能率は $0.8\sim 1.9 \times 10^{-4}$ であった。

3-3 帆曳き時代との比較

(1) 漁業種類別月別漁獲量

帆曳き時代における霞ヶ浦でのシラウオの漁業種類別月別漁獲量の推移を1958~1964年のデータ(加瀬林他, 1973)からその期間の平均値を求め、それを表5及び図7に示した。またその値から漁業種類別及び月別の割合を算出し、それぞれ図8、図9に示した。

これらの図表から、この期間中のシラウオの漁獲量は平均で345.8トンと先に算出した近年のトロール時代の平均漁獲量の約2.8倍であった。漁業種類別では、帆曳きの占める割合が76.3%と多かったが、他の漁船漁業である大徳網、小大徳網、ひき網、横ひきを合計しても88.8%と近年のトロールの占める割合(93.8%)と比較すると少なかった。逆に刺網は近年の4.6%に対し9.8%と約2倍であった。

月別では9、10月の占める割合が多かったが近年よりは少なく、8~12月でも年間漁獲量の77.9%と8割に満たなかった。これに対し、1、

表5 シラウオ漁業種類別月別漁獲量
1958～1964年の平均値

月	帆曳き 漁獲量 [トン]	大樽 漁獲量 [トン]	小大樽 漁獲量 [トン]	ひき網 漁獲量 [トン]	横ひき 漁獲量 [トン]	刺網 漁獲量 [トン]	張網 漁獲量 [トン]	長ぶくろ 漁獲量 [トン]	その他 漁獲量 [トン]	合計 漁獲量 [トン]
1月	26.0		0.3	0.4		1.4			0.1	28.2
2月	13.3			0.3		19.8				33.4
3月						0.3			0.8	1.1
4月	0.9					12.5				13.4
5月						0.0				0.0
6月										
7月		0.4	0.0							0.4
8月	2.7	2.1	0.1		0.5					5.4
9月	87.6	6.8	0.3	0.3	0.4			0.5		95.9
10月	56.3	8.8	1.9	0.8			0.8	2.1		70.8
11月	46.9	8.1	2.8	0.7		0.0		0.0		58.6
12月	30.1	5.3	2.6	0.5	0.2	0.0		0.0		38.7
計	263.8	31.5	8.1	2.9	1.1	34.0	0.8	0.0	3.6	345.8

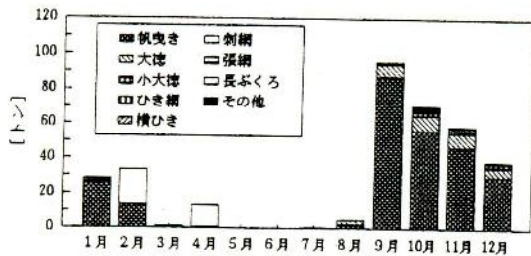


図7 シラウオ漁業種類別月別漁獲量
1958～1964年の平均値

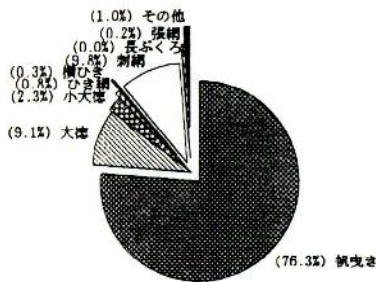


図8 シラウオ漁業種類別漁獲割合
1958～1964年の平均値

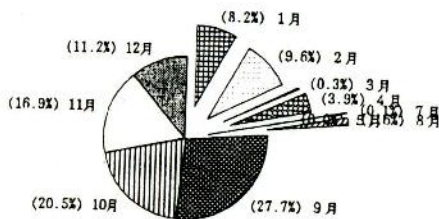


図9 シラウオ月別漁獲割合
1958～1964年の平均値

2, 4月の占める割合が21.7%と高く, 近年よりは親魚を漁獲していた割合が多かった。

(2) 初期資源尾数の推定

解析には先のトロールと同様に9月から12月までの漁獲データを使用し, 9月における資源尾数を初期資源尾数, 12月末の資源尾数を残存尾数とした。

資源解析結果を表6に示した。この表から1958～1964年のシラウオの初期資源尾数は6.7～15.4×10⁸尾で, 各年とも5×10⁸尾以上と近年より多かった。一方, 残存尾数は35.1～297.4×10⁶尾であり, この残存尾数の年変動は(最大年の値を最小年の値で割ったもの)は8.5倍と近年の2.6倍より大きかった。初期資源尾数に対する残存尾数の割合は3.3～29.0%であった。またこの時期の漁業能率は0.8～2.1×10⁻⁴とトロールとほとんど同じであった。

次に, これまでに算出したシラウオの初期資源と魚体重との関係を帆曳き時代(1958～1964年)と近年のトロール時代(1984～1992年)とで比較した。シラウオの初期資源尾数と9月における体重との関係を図10に示した。なお, 9月の魚体重

表6 シラウオ資源解析結果(2)

年	1958～1964年				
	初期資源尾数 [百万尾]	漁獲能率 [×10 ⁻⁴]	残存資源尾数 [百万尾]	12月体重 [g]	残存資源量 [トン]
1958	1252.8	1.29	297.4	0.58	172.5
1959	672.9	1.12	195.3	0.59	115.2
1960	1535.1	1.42	218.4	0.49	107.0
1961	1064.1	2.12	35.1	0.73	25.6
1962	1082.7	1.64	74.1	0.79	58.6
1963	1110.2	0.82	256.3	0.75	192.2
1964	955.0	1.48	142.7	0.38	54.2

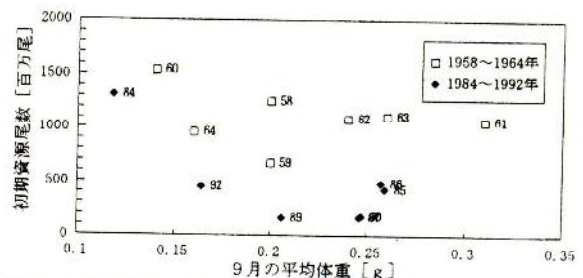


図10 初期資源尾数と魚体重との関係(シラウオ)

のデータのない1988, 1991年は除いた。

この図からわかるように、帆曳き時代には相関がない（相関係数 $r^2=0.15$ ）のに対して、近年は9月の体重が大きいほど初期資源尾数が少ないという逆相関を示した（ $r^2=0.55$ ）。

(3) 再生産

これまでの資源解析結果を用い、シラウオの親子関係を帆曳き時代（1958～1964年）と近年のトロール時代（1984～1992年）とで比較した。なおシラウオの抱卵数 E は魚体重 W と関係があり次式が成り立つ（堀田, 1952）こと、

$$E=449.9 \times W^{1.129} \dots\dots\dots (11)$$

及び表4, 6から帆曳き時代と比べシラウオ親魚の魚体重が近年大きいことから、残存資源については尾数ではなく資源量（尾数×魚体重）を用いた。

シラウオの残存資源量と翌年の初期資源尾数の関係を図11に示した。この図から、同じ残存資源量でも翌年の初期資源尾数は帆曳き時代に比べ近年のトロール時代では少ないことがわかる。

次に、帆曳き時代と近年のトロール時代についてそれぞれRicker型再生産曲線を当てはめた。その結果、帆曳き時代は相関が高く（相関係数 $r^2=0.93$ ）、残存資源量75.5トンのとき翌年の初期資源尾数は 13.8×10^8 尾の極大値を得る。一方近年は相関が低く（ $r=0.11$ ）、Ricker型再生産曲線が当てはまらなかった。

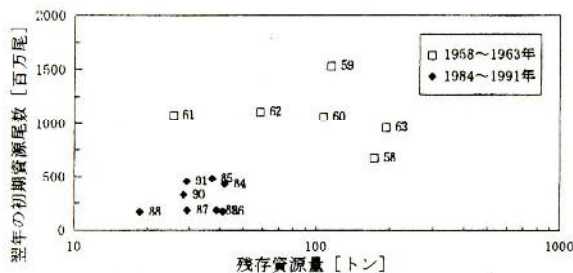


図11 シラウオ再生産関係

3-4 ワカサギとの比較

(1) 初期資源尾数の推定

シラウオとワカサギの資源動向を比較検討するために、帆曳き時代（1958～1964年）及び近年のトロール時代（1984～1992年）の漁獲データを使用して、ワカサギの資源量を推定した。

解析にはトロールが開始する7月からトロールが終了する12月までの漁獲データを使用し、7月における資源尾数を初期資源尾数、12月末の資源尾数を残存尾数とした。帆曳き時代も同様に処理した。

ワカサギの資源解析結果を表7に示した。この表からワカサギの1958～1964年の初期資源尾数は $1.3 \sim 7.5 \times 10^8$ 尾、残存尾数は $1.7 \sim 70.3 \times 10^6$ 尾、1984～1992年の初期資源尾数は $0.7 \sim 5.5 \times 10^8$ 尾、残存尾数は $0.7 \sim 9.9 \times 10^6$ 尾であった。初期資源尾数に対する残存尾数の割合はそれぞれ0.7～10.8%、1.0～5.4%とシラウオと比べて少なく、近年では1割に満たなかった。また漁獲能率は帆曳きが $0.8 \sim 1.1 \times 10^{-4}$ 、トロールが $1.2 \sim 2.2 \times 10^{-4}$ であり、シラウオと違い漁獲能率が帆曳きに比べトロールで高くなっているのがわかる。

次に、これまでに算出したワカサギの初期資源と魚体重との関係をシラウオと同様に帆曳き時代（1958～1964年）と近年のトロール時代（1984～1992年）とで比較した。ワカサギの初期資源尾数と7月における体重との関係を図12に示した。この図からわかるように、帆曳き時代、近年とも相関が低かった（相関係数 $r^2=0.33, 0.24$ ）。

さらに、これまでに推定したシラウオとワカサギの1958～1964年及び1984～1992年の初期資源尾数の推移を図13に示した。この図からわかるように、近年のシラウオとワカサギの資源動向はほぼ一致していた。相関をとると、帆曳き時代では相関がない（相関係数 $r^2=0.01$ ）のに対し、近年のトロール時代では相関が高かった（ $r^2=0.92$ ）。つまり、近年ではワカサギの初期資源尾数が前年に比べ増加した年はシラウオの初期資源尾数も増加する傾向が強いことが言える。

表7 ワカサギ資源解析結果

[年]	1958~1964、1984~1992年				
	初期資源尾数 [百万尾]	漁獲能率 [$\times 10^{-4}$]	残存資源尾数 [百万尾]	12月体重 [g]	残存資源量 [トン]
1958	541.2	0.82	13.29	6.3	83.7
1959	490.8	0.58	53.16	2.9	154.2
1960	447.0	1.09	3.03	7.3	22.1
1961	126.5	0.91	1.66	13.0	21.6
1962	372.9	0.99	5.04	7.6	38.3
1963	625.3	0.84	9.15	8.2	75.0
1964	746.2	0.50	70.31	3.6	253.1
1984	554.1	1.65	7.97	8.0	63.8
1985	239.8	1.29	9.91	8.0	79.2
1986	225.0	1.34	5.14	10.5	54.0
1987	79.8	1.24	4.31	10.7	46.1
1988	72.2	2.20	0.71	12.5	8.9
1989	78.2	1.54	1.07	15.3	25.5
1990	88.9	1.69	1.77	10.0	17.7
1991	108.6	1.76	1.69	12.0	20.3
1992	82.9	1.64	1.62	11.6	18.8

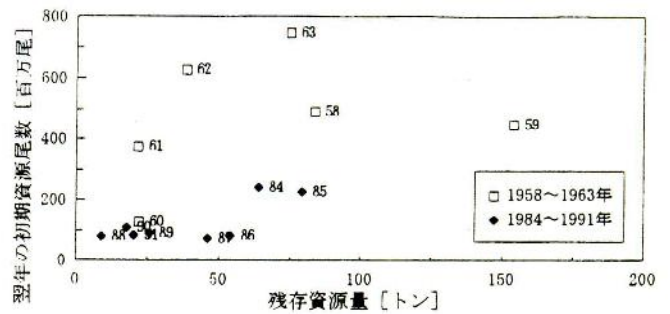


図14 ワカサギ再生産関係

(2) 再生産

シラウオと同様に、ワカサギについてもこれまでの資源解析結果を用い、親子関係を帆曳き時代(1958~1964年)と近年のトロール時代(1984~1992年)とで比較した。なおワカサギの抱卵数Eもシラウオと同様に魚体重Wと関係があり次式が成り立つ(加瀬林他, 1960)こと、

$$E = 935 \times W^{1.069} \dots\dots\dots(12)$$

表7から帆曳き時代と比べワカサギ親魚の魚体重が近年大きいことから、残存資源については尾数ではなく資源量(=尾数×魚体重)を用いた。

ワカサギの残存資源量と翌年の初期資源尾数の関係を図14に示した。この図から、ワカサギもシラウオ同様同じ残存資源量でも翌年の初期資源尾数は帆曳き時代に比べ近年のトロール時代では少ないことがわかる。

次に、ワカサギについても帆曳き時代と近年のトロール時代についてそれぞれRicker型再生産曲線を当てはめた。その結果、ワカサギは帆曳き時代(相関係数 $r^2=0.57$)、近年($r^2=0.40$)ともRicker型再生産曲線の当てはまりは良くなかった。一方、残存資源量と翌年の初期資源尾数とを単回帰で相関をとると、帆曳き時代($r^2=0.59$)、近年($r^2=0.53$)とも相関は高まった。すなわち、ワカサギは残存資源量が多いほど翌年の初期資源尾数

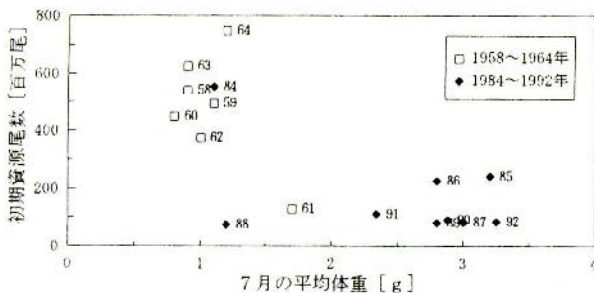


図12 初期資源尾数と魚体重との関係(ワカサギ)

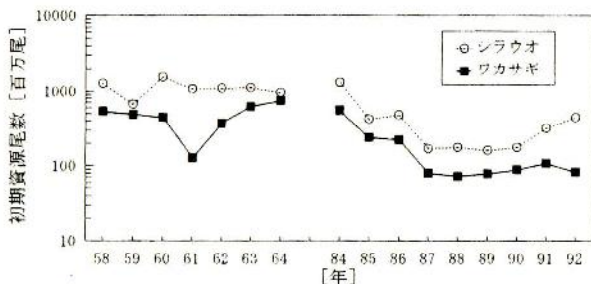


図13 シラウオ・ワカサギ初期資源尾数の推移

が多くなるという傾向を示した。

さらに、シラウオとワカサギの再生産関係を比較するために、それぞれの残存資源量から翌年の初期資源尾数までの割合（歩留まり）を求め、それを表8、9に示した。この表からシラウオ、ワカサギともに帆曳き時代の歩留まり0.98～

13.53%，0.46～3.13%より近年1.25～4.88%，0.25～1.70%と全体的に減少していた。

このワカサギの歩留まりに対して同じ年のシラウオの歩留まりをプロットしたものを図15に示した。この図から、帆曳き時代ではワカサギの歩留まりが高いほどシラウオの歩留まりも高い傾向がうかがえた（相関係数 $r^2=0.57$ ）。一方、近年ではその傾向はうかがえず、相関もほとんど無かった（ $r^2=0.12$ ）。

表8 シラウオ歩留まり推定結果

[年]	残存資源量 [トン]	推定産卵量 [億粒]	1958～1964、1984～1992年	
			翌年資源 [百万尾]	歩留まり [%]
1958-59	172.5	690	672.9	0.98
1959-60	115.2	437	1535.1	3.51
1960-61	107.0	402	1064.1	2.65
1961-62	25.6	80	1082.7	13.53
1962-63	58.6	204	1110.2	5.45
1963-64	192.2	779	955.0	1.23
1984-85	41.8	139	425.8	3.06
1985-86	37.1	121	480.9	3.96
1986-87	41.2	137	170.4	1.25
1987-88	29.4	93	177.5	1.90
1988-89	18.6	56	162.4	2.92
1989-90	38.7	128	177.6	1.39
1990-91	28.3	90	325.4	3.63
1991-92	29.1	92	451.7	4.88

表9 ワカサギ歩留まり推定結果

[年]	残存資源量 [トン]	推定産卵量 [億粒]	1958～1964、1984～1992年	
			翌年資源 [百万尾]	歩留まり [%]
1958-59	83.7	506	490.8	0.97
1959-60	154.2	973	447.0	0.46
1960-61	22.1	122	126.5	1.04
1961-62	21.6	119	372.9	3.13
1962-63	38.3	220	625.3	2.85
1963-64	75.0	450	746.2	1.66
1984-85	63.8	379	239.8	0.63
1985-86	79.2	478	225.0	0.47
1986-87	54.0	317	79.8	0.25
1987-88	46.1	268	72.2	0.27
1988-89	8.9	46	78.2	1.70
1989-90	25.5	142	88.9	0.62
1990-91	17.7	96	108.6	1.13
1991-92	20.3	111	82.9	0.75

4. 考 察

1984～1992年のシラウオの初期資源尾数をDeLuryの方法により推定したが、 $1.7\sim 13.1\times 10^8$ 尾と帆曳き時代（ $6.7\sim 15.3\times 10^8$ 尾）より少なく、また近年ではシラウオとワカサギの初期資源の動向はほぼ一致していることが判明した。

初期資源尾数と魚体重との関係では、シラウオの場合、帆曳き時代では相関がないのに対して、近年では9月の魚体重が大きいほど初期資源尾数が少ないという逆相関を示した。この主な要因としては、近年ではシラウオ自身の生息密度の多少によって成長が影響される、つまり仔稚魚期の餌不足が資源に影響していると考えられ、その傾向はワカサギよりも強いものと思われる。

トロールの漁獲能率はシラウオでは $0.8\sim 1.9\times 10^{-4}$ と帆曳き時代とほぼ同じであり、また初期資源に対する残存尾数の割合もほぼ同じであることから、ワカサギで指摘された漁獲強度の高まりによる資源への影響（加瀬林他，1973）は見受けられなかった。

シラウオの親子関係をみると、卵からの歩留まりは1.25～4.88%と、帆曳き時代より少なくなっていた。同時にRicker型再生産曲線の当てはめを試みたが、帆曳き時代では当てはまったのに対し、近年では当てはまらず、明確な親子関係は見いだせなかった。このことは、ワカサギでは残存資源量が多いほど翌年の初期資源尾数が多いという関係が得られ、ワカサギの資源動向が前年の残存資源量に少なからず影響を受けてい

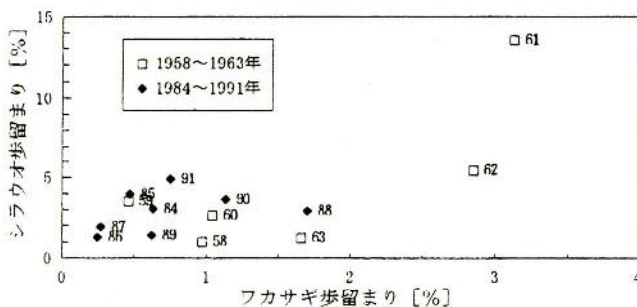


図15 シラウオ・ワカサギ再生産関係（歩留まり）

るのと対照的である。

再生産関係をワカサギと比較すると、帆曳き時代ではワカサギの歩留まりが高いほどシラウオも高い傾向を示したが、近年ではその傾向は示されなかった。

以上のことから、前述のワカサギとの初期資源尾数の比較結果とも考え合わせると、霞ヶ浦における近年のシラウオの資源動向は、帆曳き時代と比べ、前年の残存資源量（産卵量）の多さよりも、その年の卵から仔魚、さらに資源に加入するまでの状況（漁場環境）に強く左右されており、特にワカサギにとって好条件の時はシラウオでもよいことが推察された。

ワカサギの卵から漁期加入までの歩留まりの変動要因として、佐々木（1981）は仔魚期の初期餌料の有無を、中村（1992）は仔稚魚期における餌料をめぐる他魚種との競合関係、食害、さらに漁業による混獲について検討している。

霞ヶ浦におけるシラウオ稚魚の生態的研究としては、小沼（1985）が1983年3月～1985年4月の霞ヶ浦湖沖帯における稚魚の出現状況及び胃内容物を観察しているが、その中でシラウオ稚魚はワカサギより2～4旬出現が遅く、そのピークは1983年4月下旬、1984年5月中・下旬であり、また稚魚の主な捕食プランクトンはNaupliusで、それにRotatoria, Branchiadaと報告している。シラウオでは近年シラウオ自身の生息密度が資源に影響していることから、シラウオ仔稚魚期のこれら動物プランクトンの質的及び量的把握が資源動向を把握する上で必要である。

また小沼（1985）はそれと同時に冬季に低水温になるほど稚仔魚にプラスに作用する魚種としてワカサギとシラウオを挙げている。なるほど1984年の冬季は厳寒であり、シラウオ、ワカサギの初期資源尾数も 13.1×10^8 尾、 5.5×10^8 尾と例年より多く、その関係は示されているように思える。

しかしながら、特に最近の傾向として前述したようにワカサギの漁獲量が低迷する一方、シラウオの漁獲量が増加していることを考えると、気候変動のみではこの現象は片づけられず、ここにきてシラウオとワカ

サギの仔魚の発生時期、生息域等の生態的な違いが影響しているものと考えられる。今後霞ヶ浦で主要魚種の資源動向の把握、さらに資源の有効利用を図る上でもこの点を考慮した研究が不可欠である。

5. 要 約

- (1) 1984～1992年のシラウオの漁獲量は平均で124.8トンであった。その内の93.8%をトロールで漁獲しており、帆曳き時代（1958～1964年）の帆曳きの占める割合（76.3%）より大きかった。一方、刺網の割合は帆曳き時代の9.8%から4.6%に減少していた。月別では9、10月の占める割合が多く、8～12月で年間の93.5%を漁獲し、帆曳き時代の77.9%より増加していた。
- (2) 1984～1992年のシラウオの初期資源尾数は $1.7 \sim 13.1 \times 10^8$ 尾で、1984年を除き 5×10^8 尾以下と帆曳き時代より減少していた。残存尾数は $22 \sim 58 \times 10^6$ 尾で、初期資源尾数に対する割合は4.5～28.7%であった。またトロールの漁獲能率は $0.8 \sim 1.9 \times 10^{-4}$ と帆曳きとほぼ同じであった。
- (3) シラウオの初期資源尾数と魚体重との関係をみると、帆曳き時代には相関がない（相関係数 $r^2=0.15$ ）のに対して、近年は9月の体重が大きいほど初期資源尾数が少ないという逆相関を示した（ $r^2=0.55$ ）。
- (4) 近年のシラウオとワカサギの初期資源動向はほぼ一致している。相関をとると、帆曳き時代は相関がない（相関係数 $r^2=0.01$ ）のに対し、近年では相関が高かった（ $r^2=0.92$ ）。
- (5) シラウオの親子関係をみると、同じ残存資源量でも翌年の初期資源尾数は帆曳き時代に比べ近年のトロール時代では少なく、卵から初期資源までの歩留まりは1.25～4.88%と帆曳き時代より（0.98～13.53%）減少していた。

(6) Ricker型再生産曲線をシラウオで当てはめた結果、帆曳き時代は相関が高かった（相関係数 $r^2=0.93$ ）のに対し、近年では相関が低く（ $r^2=0.11$ ）、Ricker型再生産曲線が当てはまらなかった。

(7) シラウオとワカサギの再生産関係を比較すると、帆曳き時代ではワカサギの歩留まりが高いほどシラウオも高い傾向がうかがえたが（相関係数 $r^2=0.57$ ）、近年ではその傾向がうかがえなかった（ $r^2=0.11$ ）。

参考文献

- 堀田秀之（1951）：日本産シラウオ属の抱卵数について，日本水産学会誌，16，363-366
- 加瀬林成夫・浜田篤信（1973）：霞ヶ浦におけるワカサギ資源とその管理，茨内水試研報，11，1-22
- 加瀬林成夫・浜田篤信（1973）：霞ヶ浦におけるシラウオ資源とその管理，茨内水試研報，11，22-33
- 加瀬林成夫・中野 勇（1960）：霞ヶ浦におけるワカサギの漁業生物学的研究-IV，茨水産事務所研報，6，1-64
- 中村 誠（1992）：霞ヶ浦におけるワカサギ資源に関する研究，茨内水試研報，28，1-19
- 根本 孝（1993）：霞ヶ浦におけるワカサギ資源量の変動傾向と漁業管理方策，茨内水試研報，29，1-11
- 根本 孝（1995）：1990年から1992年までの霞ヶ浦におけるワカサギ資源量，茨内水試研報，31，92-97
- 能勢幸雄，石井丈夫，清水 誠（1988）：水産資源学，東京大学出版会
- 小沼洋司（1985）：霞ヶ浦北浦の湖沖帯に現れる稚仔とその摂餌について，茨内水試研報，22，1-30
- 佐々木道也（1981）：霞ヶ浦の最近におけるワカサギ資源の動向について-Ⅱ 資源変動要因，茨内水試研報，18，6-25
- 鈴木健二（1981）：霞ヶ浦の最近におけるワカサギ資源の動向について-Ⅰ 資源解析，茨内水試研報，18，1-5
- 田中昌一（1985）：水産資源学総論，恒星社厚生閣
- 津田 勉・浜田篤信・加瀬林成夫（1967）：霞ヶ浦のワカサギ資源について，茨内水試研報，9，1-8

付表 霞ヶ浦におけるシラウオ漁業種類別月別漁獲量と出漁日数

〔年〕	〔月〕	シラウオ漁獲量〔トン〕					出漁日数〔日〕			
		トータル	横ひき	刺網	張網	その他	トータル	横ひき	刺網	張網
1984	1		2.2	1.2		0.3	344	333	636	
	2			1.3				367		
	3								1173	
	4			2.1				481	2188	
	5			0.5				143	3163	
	6								4408	
	7	1.8					2468	2111	6855	
	8	19.1			0.0		5047	387	7353	
	9	86.1			0.0		5188	223	6988	
	10	73.5			0.0		4813	855	6168	
	11	51.6			0.0		4558	1006	5038	
	12	15.7		0.7	0.0		1606	429	2451	
1985	1		2.3	1.2		0.1		179	345	319
	2			2.9		1.6			597	
	3				0.0			1191		1182
	4			3.8				1586	582	2985
	5			0.4				1893	100	4744
	6							3075		6218
	7	0.2					2164	2354	7777	
	8	4.9					4807	1083	7509	
	9	56.3					5022	343	7055	
	10	39.1					4869	781	2162	
	11	36.3		0.1			4578	1178	30	4745
	12	8.3		0.2			1556	580	28	2162
1986	1			0.6		0.6		205	220	216
	2			1.4		0.2			456	
	3							20		901
	4			2.5	0.0			55	503	2712
	5			0.5				1105	161	3818
	6							2844		5327
	7	0.4					2350	2558	6553	
	8	27.0					5713	1350	6635	
	9	61.5					5465	298	6233	
	10	38.8					4722	1889	5269	
	11	34.9					4664	1046	3831	
	12	12.0		0.2			1919	516	45	1648
1987	1			1.5				57	271	522
	2			9.6					540	
	3				0.0	1.2		10		763
	4			2.5				1239	710	1957
	5			0.1				2155	53	3253
	6							3488		4604
	7	0.0			0.0		1963	2635	4862	
	8	0.5			0.1		3604	1674	4883	
	9	11.1			0.3		3368	2009	4727	
	10	21.4	2.0				4241	1209	4190	
	11	19.9					4793	204	3173	
	12	6.3		0.1			1841	283	54	1826
1988	1			1.7				12	270	675
	2			2.1					484	
	3							144		710
	4			1.3	0.0			549	420	1941
	5			0.1	0.2			611	65	3158
	6							2970		4643
	7	3.9			0.0		2226	2500	5017	
	8	7.0			0.0		4429	1274	4628	
	9	13.6	0.2		0.0		3741	1602	4483	
	10	16.5	0.3				3333	1854	3806	
	11	15.0					4000	647	2845	
	12	4.9	0.3	0.0			1658	412	15	1553
1989	1		0.0	1.5	0.0			80	462	451
	2			2.3					567	
	3							40		685
	4			2.8	0.1	0.1		39	487	1575
	5			1.0	0.0			899	153	2497
	6							2687		3714
	7	0.2					2251	1893	4387	
	8	4.0					4313	873	4404	
	9	9.7					4593	538	4163	
	10	13.7		0.4			4120	1042	3544	
	11	17.2		0.0			4496	358	2435	
	12	5.4					1616	509		1351
1990	1			0.6				8	256	163
	2			0.8					328	
	3							18		403
	4			1.1	0.1			15	349	1631
	5			0.2	0.0			432	77	2457
	6							2506		3188
	7	0.2					2094	2282	3945	
	8	5.1					4846	307	4010	
	9	12.6			0.0		4231	570	3720	
	10	26.5			0.0		4559	705	2792	
	11	7.8					4418	179	2053	
	12	7.0					1678	89		372
1991	1		0.0	0.7				22	222	386
	2			1.7					377	
	3		0.0		0.1			31		564
	4			2.8	0.3			81	462	1210
	5			0.6				1146	125	2116
	6							2466		2998
	7	3.1					2233	2170	3660	
	8	27.3	0.9		0.3		4780	918	3533	
	9	32.1			0.3		4785	462	2920	
	10	29.6					4660	203	2073	
	11	20.7					4454	155	1435	
	12	7.5		0.0			1687	94	10	780
1992	1			1.0		0.0		23	307	224
	2			1.4					344	
	3							4		358
	4			1.5				16	392	949
	5							341		1584
	6							1999		2199
	7	4.2					2304	1797	3387	
	8	18.2					5097	571	3062	
	9	36.4					4638	643	3022	
	10	38.8	3.4				4626	734	2626	
	11	29.7	0.1				4791	319	1534	
	12	8.7	0.1		0.1		1714	324		1411