

- 有用水産動物生態調査（ワカサギ・シラウオ） -

内田 浩 福井克也 常盤 保 大北晋也

ワカサギ及びシラウオは宍道湖における重要な漁業資源である。これらについては、平成元年度から「中海・宍道湖等水産資源管理対策事業」の中で資源動態調査を実施してきたが、さらに資源管理手法の確立や資源の維持増大を図る必要がある。そのためには資源変動要因の解明が不可欠であるため、継続して調査を実施する。

調査方法

1. 稚魚調査（試験操業）

宍道湖の各地点において、ナイロン製小型曳網（長さ 20m、高さ 1.5m、網目 2.5mm、袋網長 6m）で稚魚の採捕を行う。曳網回数は 1～2 回/地点とし、採集した稚魚は 10%ホルマリンで固定した後、持ち帰り後日計数する。そして、各地点の 1 曳網あたり採捕尾数を算定し、その平均を宍道湖の稚魚資源量指数とする。

調査は例年 6 月に実施されており、平成 12 年度は 6 月 28 日に行った。

2. 成長量調査（生物調査）

漁期間中に宍道湖内に設置してある小型定置網（マス網）より数統を選定し、そこで漁獲されたワカサギ及びシラウオの魚体測定を行う。そして、各月の平均体長及び体重等を把握する。ワカサギの漁期間は 10 月 15 日から翌年の 3 月 31 日までであるので 10 月から 3 月に、シラウオは 11 月 15 日から翌年の 5 月 30 日までが漁期間であるが、小型定置網の許可期間が 3 月 31 日までであるため、測定は 11 月から 3 月に実施した。

3. 資源解析手法の検討

宍道湖漁業協同組合が整理しているワカサギ及びシラウオの定置網漁獲統計資料及び生物調査結果から漁獲尾数や漁獲努力量が算出される。これらの資料が、資源解析に使用できるか検討する。

結果及び考察

1. 稚魚調査（試験操業）

調査地点を図 1 に、採捕結果を表 1 に示した。近年ワカサギは採捕尾数が少なく平成 7 年以降低水準が続いている。今年度は例年採捕尾数が多い宍道湖西岸域の St.3（新建川）や St.1（新船川沖）などでは採捕することができたが、その他の地区では採捕することはできなかった。平均採捕尾数は 4.4 尾となり、前年度とほぼ同じ程度であった。過去 10 年平均と比較すると 1/15 である。

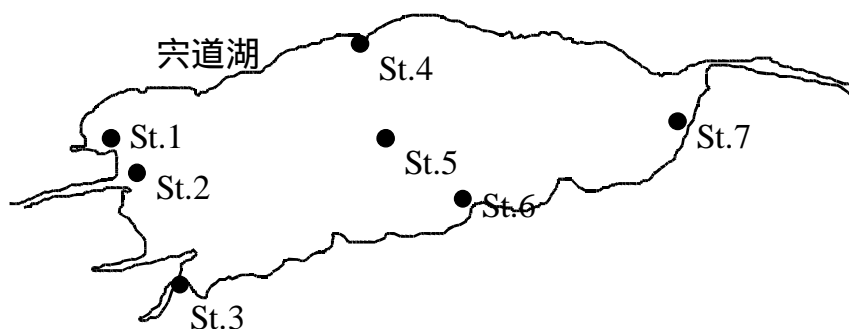


図 1 ワカサギ・シラウオ稚魚調査地点

稚魚調査結果と小型定置網漁獲量との間には相関関係が報告されており（川島，1991a）6 月の時点である程度資源量が確定されている。相関から外れるのは、猛暑の年であり水温の上昇がワカサギに影響を与えてい

ると考えられている。しかしながら、1～3月の産卵・ふ化から6月までの間の春季においてワカサギに与える環境要因について検討した例はない。環境要因としては水温、餌料、競合種等が考えられるが、特に捕食魚の影響が懸念されている。捕食魚はスズキであり、漁業者により胃内容物にワカサギが多数観察されている。スズキは春季に来遊し、宍道湖・中海で成長する。そして冬季には、境水道、美保湾方面に移動している。図2に小型定置網(9～3月)のスズキ漁獲量の推移を示す。春季におけるスズキの資源量を示す資料はないが、宍道湖における来遊量を示していると考えられる。漁獲量は近年高水準にあり、特に平成10年は前年の3倍に増加した。資源量が低下していると、産出される卵の絶対量が少なくなる。さらに、最近ではスズキによる捕食の影響を受けていると考えられる。

表1 ワカサギ・シラウオ稚魚調査結果(調査日:平成11年6月28日)

St.No	St 1 新船川沖	St 2 斐伊川沖	St 3 新建川	St 4 大野沖	St 5 湖心部	St 6 玉湯	St 7 松江	平均
曳網回数	2	2	2	2	1	2	2	
ワカサギ								
採集尾数	20	4	37	0	0	0	0	8.71
1網あたり採集尾数	10.0	2.0	18.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.36
平均体長(mm)	42.6	45.0	44.4					43.8
標準偏差(mm)	3.59	2.31	4.41					4.10
シラウオ								
採集尾数	8	316	15	171	0	5	0	73.6
1網あたり採集尾数	4.0	158.0	7.5	85.5	0.0	2.5	0.0	36.8
平均全長(mm)	33.3	33.6	35.1	35.0		35.3		34.4
標準偏差(mm)	4.1	2.9	4.6	3.9		5.3		3.7

シラウオは新建川や新船川沖での採集尾数が例年になく少数であり、全域で採集尾数は減少している。平成7年以降高水準で推移してきたが、今年度は平均採捕尾数が36.8尾に低

下した。シラウオにおいてもワカサギと同様に環境要因が資源に与える影響についての検討が必要である。

採捕した魚体はワカサギで平均被鱗体長44mm標準偏差4.1mm、シラウオは平均全長34mm標準偏差3.7mmであった。

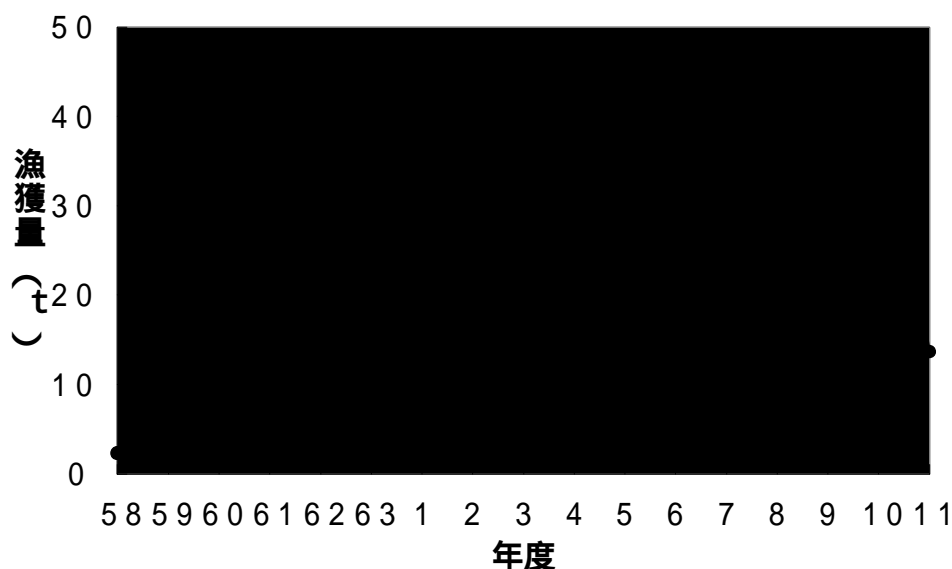


図2 宍道湖における小型定置網のスズキ漁獲量の推移(宍道湖漁業協同組合調べ)

2. 成長量調査 (生物調査)

ワカサギ・シラウオの測定結果を表2に示した。なお、今年度は不漁であったためマス網を張る時期を遅らせた。操業期間を短くした漁業者が多かったため、予定していた尾数の測定ができなかった。

表2 平成10～11年漁期のワカサギ・シラウオ生物測定結果

月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
ワカサギ						
測定尾数	0	0	25	37	17	2
体長 平均			99.76	101.1	103.4	103.5
標準偏差			6.28	4.59	6.00	4.95
体重 平均			9.29	9.57	11.25	9.83
(g) 標準偏差			1.79	1.71	2.52	0.50
シラウオ						
測定尾数			9	27	4	0
体長 平均			99.67	100.3	102.0	0
(mm) 標準偏差			5.34	3.99	0.82	
体重 平均			8.83	9.13	9.38	
(g) 標準偏差			1.44	1.23	0.23	
熟度係数* 平均			4.57	3.30	1.81	
標準偏差			0.62	0.63	1.07	
ワカサギ						
測定尾数			16	10	13	2
体長 平均			99.81	103.4	103.9	103.5
(mm) 標準偏差			6.92	5.52	6.85	4.95
体重 平均			9.54	10.75	11.83	9.83
(g) 標準偏差			1.96	2.29	2.63	0.50
熟度係数* 平均			9.28	17.85	25.83	13.59
標準偏差			2.63	9.93	4.62	19.10
シラウオ						
測定尾数		91	414	322	302	272
体長 平均		69.01	83.79	86.77	90.25	89.67
(mm) 標準偏差		4.82	4.82	3.90	4.37	4.68
体重 平均		0.78	1.59	2.14	2.56	2.63
(g) 標準偏差		0.19	0.34	0.30	0.37	0.41

* 熟度係数 = (生殖腺重量 / 体長³) × 10⁷

ワカサギは漁期当初の10、11月にほとんど漁獲されなかったため、測定を行うことができなかった。測定することができた12月以降のワカサギは非常に大きく、調査を開始して以来最も大きかった平成9年度と同程度であった。近年のワカサギは魚体が大きい、これは資源が低迷しているため個体は大きくなっていると考えられる。熟度係数は雄で12月、雌で2月にピークが見られた。シラウオも魚体が大きく、12月以降の平均体長は、測定を開始して以来最も大きかった。

また、今漁期の小型定置網ワカサギ漁獲量は68kgで昭和58年以降では平成6年度に次ぐ少なさであった。シラウオは4.6tで前年の40%、過去10年平均の45%であった。

3. 資源解析手法の検討

宍道湖・中海において、ワカサギ・シラウオを漁獲対象としているのは小型定置網(マス網、小袋網、越中網)と刺網である。漁獲統計資料は小型定置網について宍道湖漁業協同組合が月別に漁獲量と定置網設置統数を集計しているが、刺網や中海での資料はない。また、漁獲統計資料としては農林水産統計年報が考えられるが、1月から12月で合計で整理されるため漁期の途中からの資料となることや、生物的には2つの年級群の1部ずつの合計となることより解析に耐えないと考えられる。したがって、総漁獲量ではないが、宍道湖におけるワカサギ・シラウオの資源解析には、宍道湖漁協の定置網漁獲資料と生物調査より得られた漁期間中の月別平均体重が用いられてきた。これより、10～3月の漁獲尾数と漁獲努力量が算出されることになる。ここではワカサギを対象として、各種の資源解析手法を適用して加入量等の資源量指数の推定を試みる。

DeLury法

川島(1989)はマス網のみ、松本(1994)は小型定置網全ての資料からDeLury法を用いて加入資源尾数を推定している。しかしながら、川島(1989)が指摘しているようにDeLury法は新規の加入や逸散など資源の移動が無いことや資源の減少が漁獲のみによって起こることを前提条件としている。宍道湖においては中海

への移動や中海からの加入がある(川島, 1991b) また、漁期が約6ヶ月間であるので自然死亡を考慮しないことはできない。さらに、川島ら(1992)はDeLury法によるワカサギ1990年漁期の解析を行っているが、累積漁獲尾数とCPUEとの相関係数は有意ではない。

松本(1994)とは、CPUEの標準化の方法が同一ではないが解析されていない年度も含め、あらためて昭和58年以降にDeLury法

を適用した。漁獲努力量の標準化は、能勢ら(1988)を参考にした。月別に桁網のCPUEを算出する。この時の漁獲努力量は設置統数に各月の日数を掛けたものとした。越中網及び小袋網のCPUEは桁網と同じ方法で算出するが、大橋川と佐陀川に設置されているので、大橋川は松江地区の桁網CPUEで越中網及び小袋網のCPUEを割って換算計数を算出した。佐陀川については同様に浜佐陀地区を基準とした(地区割は図3) 越中網及び小袋網の設置統数に各換算係数を掛け、マス網の設置統数を加える。さらに各月の日数を掛けた数値をその月の総漁獲努力量とし、こ

表3 DeLuryの第1及び2モデルで推定された加入資源尾数及びそのF値

年度	累積漁獲尾数 ($\times 10^3$)	第1モデル		第2モデル	
		加入資源尾数 ($\times 10^3$)	F値	加入資源尾数 ($\times 10^3$)	F値
S58	35,336.6	38,526.6	267.62*	33,507.4	450.91*
S59	7,422.4	7,512.7	90.76*	7,913.2	59.69*
S60	12,269.3	14,432.3	0.01	10,918.2	208.28*
S61	25,880.2	27,820.7	0.24*	26,818.4	58.30*
S62	11,060.4	12,010.2	18.63*	11,525.3	10.32*
S63	40,512.3	46,900.1	75.12*	41,456.1	111.70*
H1	104,404.0	142,474.6	4.43	91,839.6	1.17
H2	68.3	138.0	0.24	102.3	0.19
H3	2,036.4	2,046.9	2.75*	2,586.3	6.99*
H4	26,356.2	34,062.0	0.00	23,204.2	0.00
H5	12,928.5	15,668.3	0.39	12,037.2	0.46
H6	0.0	0.0		0.0	
H7	81.9	88.3	11.06*	81.9	8.21*
H8	158.3	187.0	1.62*	227.4	9.67*
H9	488.4	459.8	8.60*	465.0	8.68*
H10	82.2	125.9	1.15	72.7	1.22
H11	6.3	0.0		0.0	

*:有意水準0.01で回帰直線は有意。

*:有意水準0.5で回帰直線は有意。

平成6年度は漁獲が無かったため解析不可能、また、平成11年は漁獲があった月が3ヶ月しか無いため解析しなかった。

平成2年度は3月に漁獲が見られなかったため、第2モデルの自由度は3である。

これで月別漁獲尾数を割ると標準化されたCPUEが算出されたことになる。そしてCPUEは各月の中間の資源量に比例する(田中, 1985)としてDeLuryの第1及び2モデルで解析を実施した。推定された加入資源尾数及びそのF値を表3に示す。F値が大きくDeLury法に非常によく当てはまる年度もあるが、第1モデルでは昭和60年、平成元、2、4、5、10年が有意とならない。第2モデルでは、平成元、2、4、10年が有意とならず、さらに推定加入資源尾数が漁獲尾数より少ない年度も見られる。したがって、DeLury法では、漁獲統計資料が揃っている全ての年度については使用できないことになる。

コホート解析(VPA)

コホート解析を使って宍道湖のワカサギを解析した例はない。コホート解析には年齢別漁獲尾数と自然死亡係数及び最高齢の年級群に対する漁獲係数(後退法の場合)が必要である。時間の単位を月にすると月別の漁獲尾数は算定されているが、自然死亡係数が不明である。さらに宍道湖におけるワカサギの場合、漁期に産卵期を迎えるので自然死亡係数が変化していると考えられる。このことより、宍道湖のワカサギにコホート解析は適用しにくい。

CPUEの変動から加入量指数を推定する

DeLury 法やコホート解析は加入尾数や初期資源尾数を推定及び算定するが、資源量と比例関係にある資源量指数を推定することができれば、資源量そのものを求める必要はない。ここでは CPUE を資源量指数とし、生残のモデル式に各月の CPUE を代入する。そして、加入時の資源量指数等を推定する。なお、 C_t : 漁獲尾数、 X_t : 漁獲努力量、 N_t : 資源尾数、 q : 比例定数とする。漁獲努力量は DeLury 法と同じとした。

CPUE (C_t / X_t) は資源量に比例するという関係より、

$$C_t / X_t = q N_t \quad - \quad \text{の式が成り立つ。また、1つの年級群の減少過程は } N_t = N_0 \exp(-z t)$$

- で表せられる。 に を代入すると

$$(1/q) \cdot (C_t / X_t) = N_0 \exp(-z t)$$

$$C_t / X_t = q N_0 \exp(-z t) \quad \text{となる。}$$

両辺対数をとると、

$\ln(C_t / X_t) = \ln(q N_0) - z t$ となり、 t と $\ln(C_t / X_t)$ とを回帰分析することにより、時間 (t) ごとの CPUE を算出することができる。したがって、 $t = 0$ のときは $\ln(C_0 / X_0) = \ln(q N_0)$ となり、加入時の資源量指数が求められる。 $t = 0$ の CPUE は現実には存在しないが、加入資源量指数を表していると考えられる。

また、各小型定置網の設置位置が把握できているので、これらを小海区に分けての解析も実施した。つまり厳密には CPUE は資源密度に比例する ので、ある小海区 i で漁場面積を A_i とすると、 $C_{it} / X_{it} = q N_{it} / A_i$ の関係が成り立つ。これを全ての漁場において合計すると、

$$(A_i \times C_{it} / X_{it}) = q N_{it} \quad - \quad \text{となる。}$$

を上記に同じように に代入すると、

$$(1/q) \cdot (A_i \times C_{it} / X_{it}) = N_{it} \exp(-z t)$$

$$(A_i \times C_{it} / X_{it}) = q N_{it} \exp(-z t)$$

両辺対数をとると、

$$\ln(A_i \times C_{it} / X_{it}) = \ln(q N_{it}) - z t$$

これも同じように t と $\ln(A_i \times C_{it} / X_{it})$ とを回帰分析することにより、時間 (t) ごとの CPUE を算出することができる。各小海区の面積は表 4 に、区域割は図 3 に示す。小海区の漁場面積の算出には補正式プラニメーター (株式会社内田洋行 Cat.No.906-2500) を用いた。1/5 万の地図に各小型定置網の設置位置を記入し、小型定置網を直線で結ぶ。小海区には宍道湖漁協の地区割を参考にして分けた。そしてこれらの直線と湖岸で囲まれた範囲を小海区の漁場面積とした。

表 4 小海区面積

区割り地区名	漁場面積 (km ²)
大橋川	1.1
松江	1.9
浜佐陀	2.1
佐陀川	0.2
大野・大垣	4.4
平田・簸川	2.6
宍道	1.9
玉湯	1.2

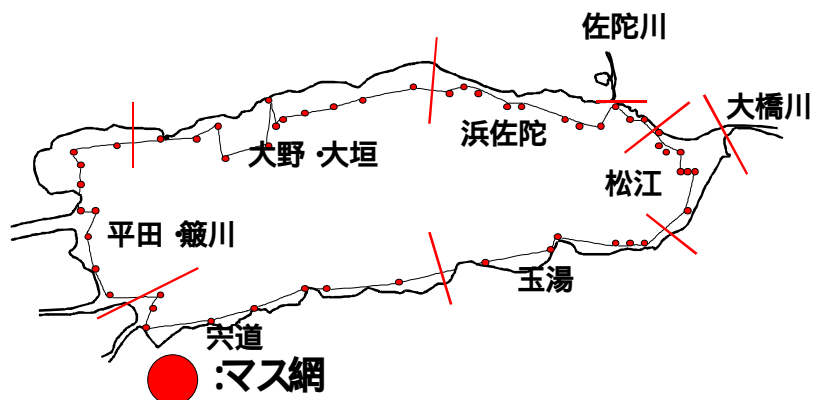


図 3 小海区の区割り図

表5 回帰分析結果 (F 値)

年度	F 値	
	(C / X)	(A C / X)
S58	40.73*	37.82*
S59	229.80*	135.39*
S60	27.96*	26.78*
S61	68.45*	50.35*
S62	34.59*	15.80*
S63	17.63*	12.20*
H01	13.07*	10.95*
H02	0.21	1.51
H03	44.99*	78.43*
H04	13.44*	14.33*
H05	20.06*	27.04*
H06		
H07	20.00*	27.90*
H08	10.11*	9.63*
H09	23.67*	17.64*
H10	5.60	4.88
H11		

*: 有意水準 0.01 で回帰直線は有意。

*: 有意水準 0.5 で回帰直線は有意。

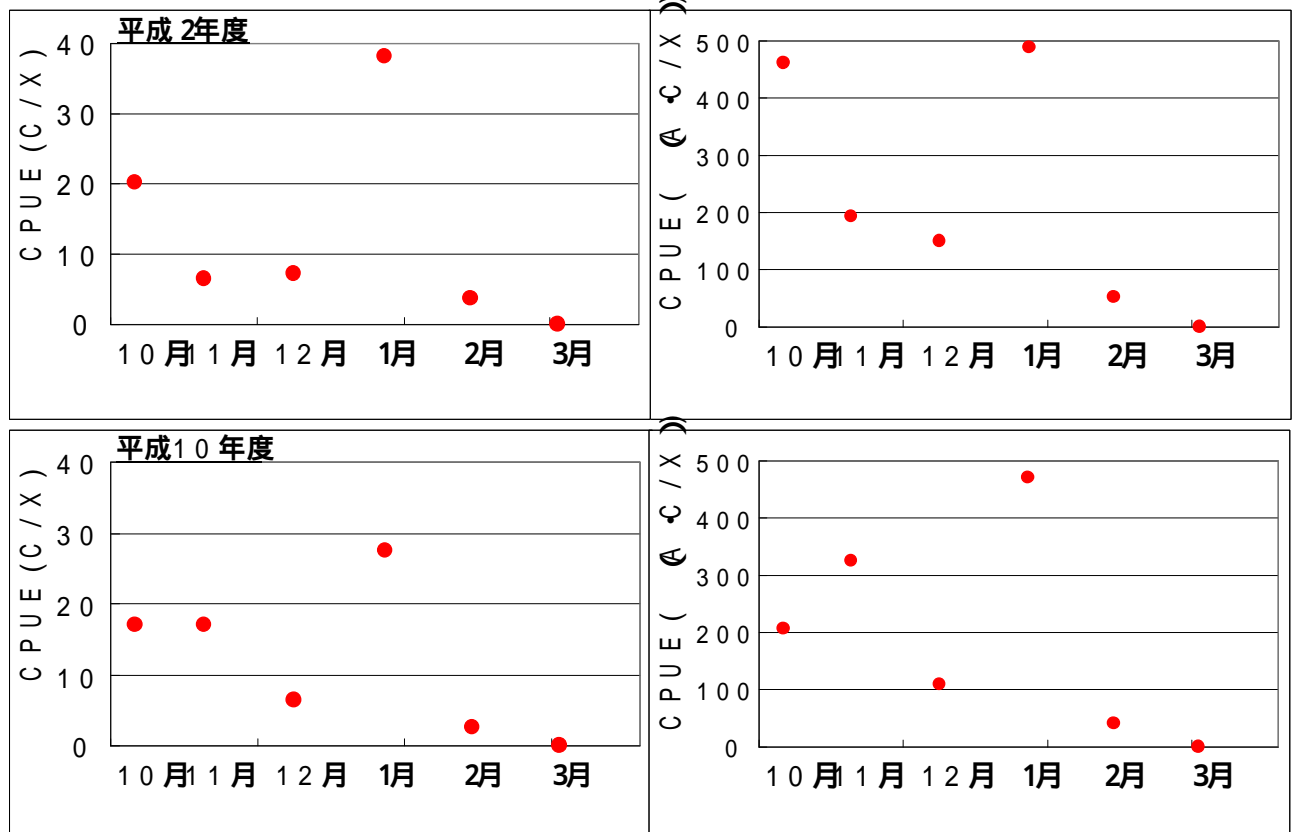
平成 6年度は漁獲が無かったので解析不可能、また、平成 11年は漁獲があった月が3ヶ月しか無いため解析しなかった。

平成 2年度は 3月に漁獲が見られなかったため、自由度は 3である。

表5に2種類の CPUE を用いた回帰分析結果の F 値を示す。F 分布表より自由度 4 の 5 %F 値は 7.71、1 %F 値は 21.2 である。したがって、平成 2、10 年度が有意とならない。平成 2、10 年の月別 CPUE の変動を図 4 に示すが、1月に急激に増加している。地域別に見ると宍道湖西岸域でこの傾向が高い。1月は産卵期にあたりワカサギが沿岸域の産卵域に來遊する量が増加し、これによって沿岸域に設置されている定置網の漁獲量が増加すると考えられる。宍道湖全域において低密度に生息していたワカサギが沿岸域に集中して高密度になり、CPUE が増加するのではないかと。資源量 (漁獲量) が少ないとこの影響が大きく CPUE の変動が資源の減少モデル式に対応しないと推測される。その他、中海からの新規加入群の影響があるのかもしれない。この解析方法でも全ての年度に渡っての資源量指数を推定することはできなかった。

資源の変動要因を解明するためには、資源量の把握は非常に重要である。Delury 法を拡張したモデルやコホート解析における様々な方法などの新規加入群や漁場面積の変化を含んだモデルで、さらに資源把握方法の検討していくことが必要である。

図 4 平成 2 年及び平成 10 年の月別 CPUE の変化



文献

- 川島隆寿, 1989: 宍道湖におけるワカサギ及びシラウオ資源の変動. 島根水産試験場研究報告, 6, 69-80
- 川島隆寿・山根恭道・鈴木博也, 1991a: 中海・宍道湖水域特産資源管理対策事業. 島根県水産試験場事業報告, 平成元年度, 147-153
- 川島隆寿, 1991b: 宍道湖・中海におけるワカサギの生活史. 国際生態学シンポジウム島根 90 報告集, 29-46
- 川島隆寿・山根恭道・森脇晋平, 1992: 中海・宍道湖水域特産資源管理対策事業. 島根県水産試験場事業報告, 平成2年度, 178-183
- 能勢幸雄・石井丈夫・清水 誠, 1988: 水産資源学. 217pp., 東京大学出版会, 東京
- 松本洋典, 1994: 宍道湖におけるワカサギ資源の変動. 島根県水産試験場研究報告, 8, 171-183
- 田中昌一, 1985: 水産資源学総論. 381pp., 恒星社厚生閣, 東京