

# 北浦におけるワカサギ資源量の推定と 漁期の変更による漁業管理

根 本 孝

## Estimation of population dynamics and management of fishery resources of pond-smelt, *Hypomensius transpacificus nipponensis* in Lake Kitaura

Takashi NEMOTO

### Abstract

Pond smelt, *Hypomensius transpacificus nipponensis*, are one of the most important fishery resources in Lake Kitaura and Lake Kasumigaura.

In this report, number of annual recruitment and survival at the end of fishing season in 1984 to 1992 are estimated. And the effect on catches of changes in fishing term is estimated, too.

From the results, number of recruitment were estimated as  $32.8 \times 10^6$  (lowest) to  $149.2 \times 10^6$  (highest). And Ricker's reproduction curve could be adapted. At present, first capture of trawl starts from Jul.21 and ends at Dec.10. If the first capture started and ended 10 days later (Aug.1-Dec.20) with the same amounts of effort in each year, catch and number of survival are expected to increase 4.6% and 2.6% more than the present in average.

### はじめに

北浦におけるワカサギ資源は霞ヶ浦と同様に重要な水産資源の一つであるが、近年の漁獲量の変動は大きく、資源の安定維持に危惧をもたらしている。しかし、減少の要因、資源変動の機構についてはまだ明確にされてはいない。また、資源変動機構の解明にあっても、その資源量を把握しておくことは不可欠といえる。本研究では漁獲統計の解析を中心に近年の北浦におけるワカサギの資源量の推定を行い、あわせて漁獲管理による資源の有効利用方策について若干の考察を行った。

なお、漁獲統計資料の分析等にあたり、御協力と有益な御助言をいただいた関東農政局茨城統計情報事務所並びに同潮来出張所の方々に厚く御礼申し上げます。

### 方 法

#### I 漁獲統計による資源尾数の推定

月別漁獲量の推計が完了した1984 (昭和59年) から1992年 (平成4年) までの漁獲統計を用いて、

漁期加入量 (NR) と残存資源量 (NP) の推定を行った。

ここで用いた月別漁獲量に関する資料は、農林水産省茨城統計情報事務所の資料をもとに、月別漁業種類別漁獲量を独自に作成したものである。

月別平均体重については、7月から12月まで毎月1回、トロール漁による漁獲物サンプルから測定した。データの欠測時は便宜上、過去の調査から求めた月平均値または同年の前月値を用いた。なお、北浦におけるトロール漁の漁期は7月21日から12月10日まで (140日間) である。

#### (1) 計算手順

トロール漁の解禁時における資源量を漁期加入尾数 (NR)、トロール漁終了時の尾数を残存親魚尾数 ( $N_p$ ) とし、土井 (1975) の方法に若干の改良を加えて、以下に示す順序により資源量を推定する。

月毎の資源量指数として、月別漁獲尾数と月別のトロール出漁日数から月別CPUE (出漁日数当りの漁獲尾数) を求める。トロール以外の漁法も含める場合は、出漁日数の標準化を行う。生残率 (S) は2つの連続する期間のCPUEの比で示されるが、年間のその変動傾向と実測値でのCPUEとの誤差を少なくするために、ここでは、CPUEと時間スケールの回帰式を求め、その回帰式から期間毎にはじめと終わり (月はじめと月末に相当) における資源量指数を再計算する。月間生残率 ( $S_t$ ) と全減少係数 (Z) は、

$$S_t = \text{CPUE}(t) / \text{CPUE}(t-1)$$

$$Z = -\ln(S_t)$$

Zは自然死亡係数 (M) と漁獲係数 (F) から  $Z = M + F$  とした。また、Fは漁獲効率 (q)、出漁日数 (X) から、 $F = qX$  とした。

Z、F、X、 $S_t$  と期間毎の漁獲量 ( $C_t$ ) から各月の資源尾数 ( $N_t$ ) は、Beverton and Holtのモデルにより

$$N_t = C_t / \{ (1-S) \times F / Z \}$$

ただし7月は解禁となるトロール漁の操業日数は10日と短期間であることと、7月は漁獲が集中的に行われおり、その期間の漁獲死亡量は自然死亡量に比べて極めて大きいと考えられることから、 $Z = F$  とした。

また漁期末12月も  $Z = F$  とし、漁期終了後の残存親魚尾数 ( $N_p$ ) は ( $N_{12}$ ) から12月の漁獲尾数 ( $C_{12}$ ) を差し引いた値とした。

## II 試験操業による漁期加入尾数の推定

トロール漁の解禁日直前に、北浦を北部、中部、南部の3水域に区分して試験操業を行った。各水域で20分間曳網し、漁獲尾数と曳網面積の関係から漁期加入尾数の推定を行った。区分については地形的特徴をもとに任意に設定した。(Fig.1)

ライン1：麻生町天掛と大野村武井を結ぶ線

ライン2：麻生町宇崎と大野町居合を結ぶ線

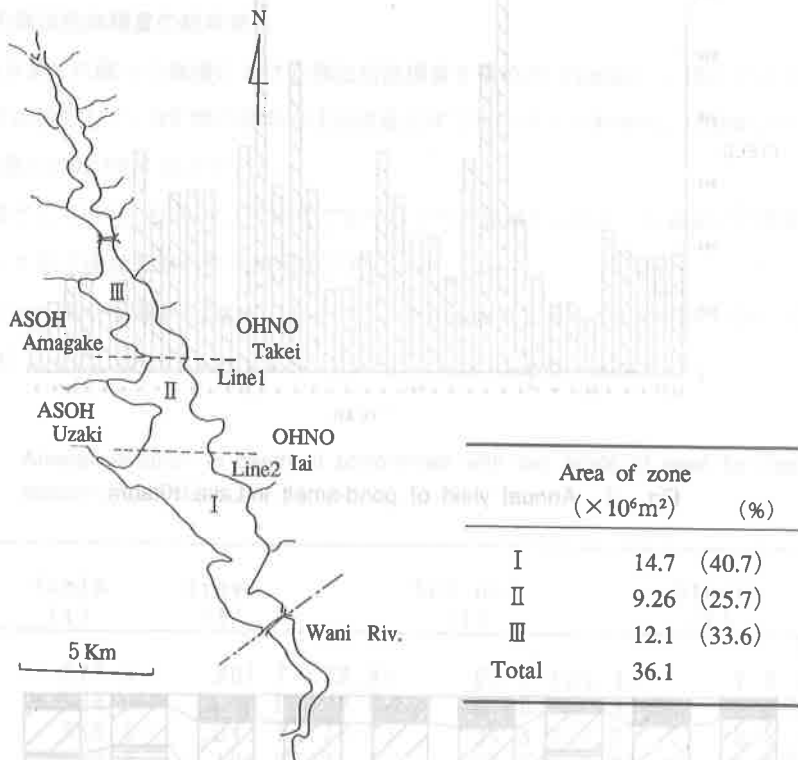


Fig. 1 A map of Lak Kitaura indicating the area of test trawl, I—III

## 結 果

### (1) 北浦におけるワカサギ漁獲量の月別推移

ワカサギの1955年から1992年までの年間漁獲量の推移を、1984年から1992年までの9年間については年間漁獲量に占める月別漁獲比率を求めた (Fig.2,3)。過去9年間について年間漁獲量は1986年の344トンから1992年の72トンまで年変動が大きいが、月別の漁獲量比率は例年ほぼ一定していた。つまり、1月から6月までは年間漁獲量の1%を越える月はきわめて少なく、7月以降に漁獲が集中していた。9年間の平均月別漁獲比率では、1月から6月までの漁獲量合計は年間漁獲量の2%に満たないが、7月8月はそれぞれ約30%の漁獲があり、それ以降9月約14%、10月約10%、11月約9%、12月約4%となっていた。

7月以降に急激に漁獲が集中しているのはワカサギ漁の主要漁法であるトロール漁が7月21日から解禁となっているためである。この他の漁法では張網と、イサザ・ゴロ曳網漁 (船曳網) での混獲によ

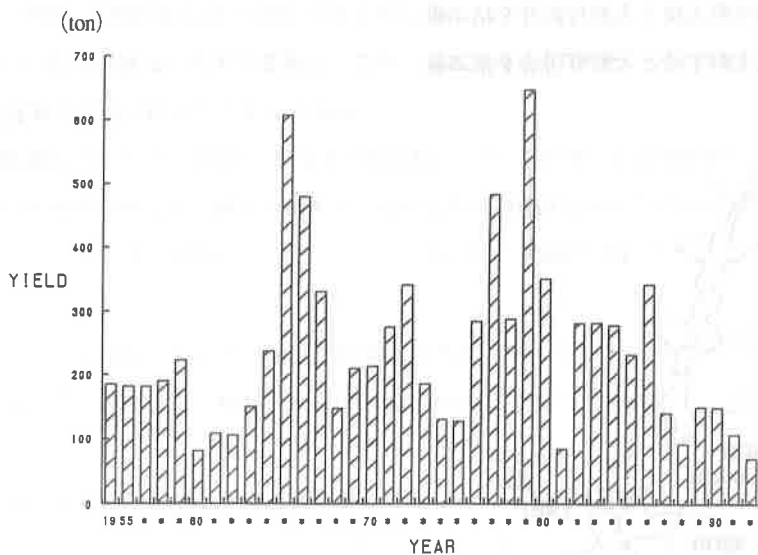


Fig. 2 Annual yield of pond-smelt in Lake Kitaura

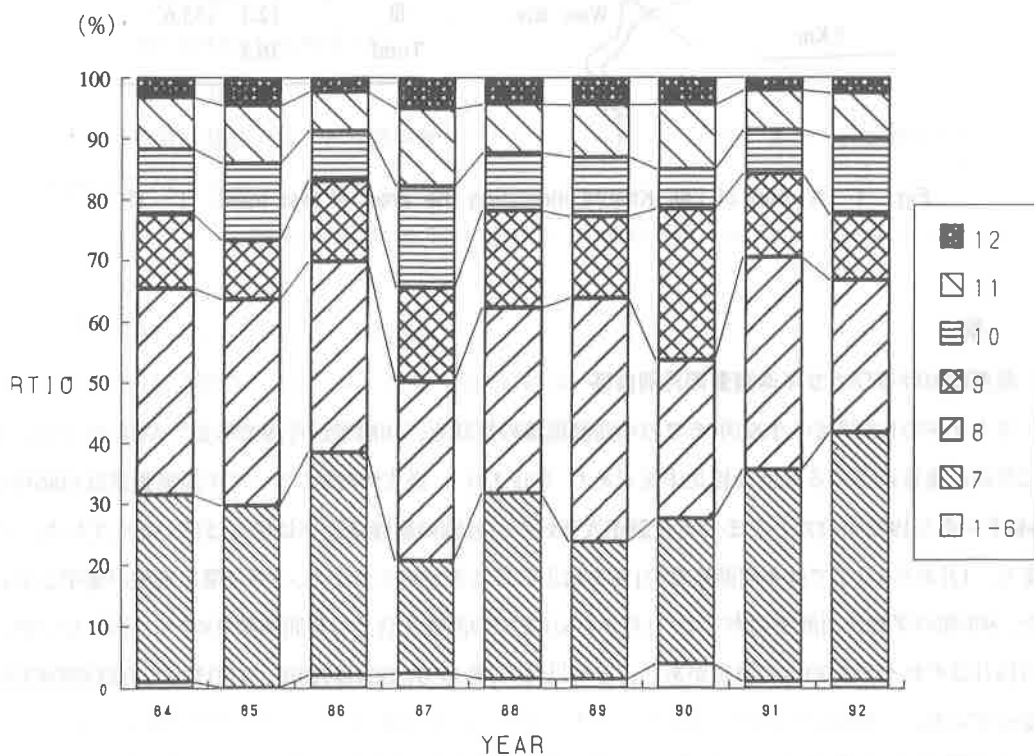


Fig. 3 Monthly percentage of pond-smelt caught in each month for 1984-1992

る漁獲がある。ワカサギは冬に産卵期をもつ年魚であるから、7月の時点を生期加入時期（NR）とみなすことは適当といえた。

## (2) ワカサギの漁法別漁獲量の経年変化

7月から12月までに限った漁獲における漁法別漁獲量を求めた（Table1）。漁法の区分はトロール漁、張網、その他とした。9年間の平均漁法別漁獲比率ではトロール約76%、張網約22%となり、この2漁法が漁獲の約98.5%を占めていた。

近年の特徴として1991,1992年は、それまで20%以上の漁獲量を占めていた張網での漁獲比率が10%以下に低下しており漁獲形態の変化が示唆された。

ここでトロール漁と張網漁の2漁法による、ワカサギ漁獲量とそれぞれの出漁日数の月別推移を求めた（Table2）。

Table. 1 Annual variation in catch of pond-smelt with two kinds of gear for main fishing season, Jul.—Dec.

Year	Yield (t)	Trawl (t)	Set-net (t)	Others (t)
1984	277.0	201.7 (72.8)	67.7 (24.4)	7.6 (2.8)
1985	234.0	170.0 (72.6)	63.0 (26.9)	1.0 (0.5)
1986	336.8	244.1 (72.5)	91.8 (27.3)	0.8 (0.2)
1987	139.7	100.2 (71.7)	38.0 (27.2)	1.5 (1.1)
1988	92.6	75.2 (81.2)	13.7 (14.8)	3.8 (4.0)
1989	149.9	114.8 (76.6)	30.2 (20.2)	4.9 (3.2)
1990	145.0	113.8 (78.5)	29.5 (20.3)	1.8 (1.2)
1991	107.7	97.7 (90.7)	9.5 (8.8)	0.5 (0.5)
1992	71.2	64.9 (91.7)	5.4 (7.6)	0.8 (0.7)

( ) shows the percentage for total.

Source : Ibaraki statistics and information office of agriculture, forestry and fisheries

## (3) 資源量の変動傾向

トロール漁獲物の測定から月別平均体重の推移を求めた（Table3）。トロール漁と張網による漁獲量から、月別漁獲尾数とCPUEを推定した（Table4）。張網漁の漁獲努力量をトロールの努力量に標準化した全漁獲努力量（X）は、トロールでの漁獲量をC-Tr、張網の漁獲量をC-Sn、漁獲努力量をそれぞれX-Tr、X-Snとしたとき、

$$X = (X - Tr) + k \times (X - Sn) \quad k : \text{補正係数}$$

$$k = (C - Sn / X - Sn) / (C - Tr / X - Tr)$$

により求めた。

Table.2 Monthly variation of catch and fishing effort with trawl and set-net for pond-smelt

Year	Month	C-Tr (t)	C-Sn (t)	X-Tr	X-Sn	Year	Month	C-Tr (t)	C-Sn (t)	X-Tr	X-Sn
1984	Jul.	49.9	29.6	687	2462	1989	Jul.	24.8	8.6	726	1352
	Aug.	78.9	14.8	2079	2594		Aug.	52.1	6.9	1912	1484
	Sep.	30.3	3.6	1904	2484		Sep.	14.9	5.1	1250	1479
	Oct.	20.9	8.8	1919	2303		Oct.	10.1	4.0	1261	1055
	Nov.	16.4	7.1	1681	1768		Nov.	9.9	2.6	1168	940
	Dec.	5.1	3.9	421	1193		Dec.	3.1	3.1	391	837
1985	Jul.	44.8	24.6	821	2653	1990	Jul.	29.1	6.2	867	1254
	Aug.	65.3	14.0	2106	2622		Aug.	34.0	5.1	2227	1105
	Sep.	19.3	3.2	2001	2444		Sep.	31.4	5.6	2058	1258
	Oct.	20.2	8.8	1907	2203		Oct.	7.0	2.4	1128	1005
	Nov.	1.5	7.0	1696	1568		Nov.	9.8	6.1	833	798
	Dec.	5.4	5.3	637	1114		Dec.	2.5	4.0	168	323
1986	Jul.	81.6	43.5	922	2164	1991	Jul.	35.9	1.7	698	972
	Aug.	84.4	23.3	2074	2028		Aug.	36.4	1.6	1929	902
	Sep.	37.5	7.7	2010	1927		Sep.	13.8	0.9	1306	825
	Oct.	19.2	8.9	1850	1784		Oct.	6.0	1.8	999	798
	Nov.	16.4	5.4	1935	1330		Nov.	4.6	2.3	1203	820
	Dec.	4.9	3.0	666	638		Dec.	1.1	1.2	444	705
1987	Jul.	18.1	7.9	748	1755	1992	Jul.	25.6	3.6	810	725
	Aug.	29.2	12.7	1974	1814		Aug.	17.5	0.5	1502	646
	Sep.	15.5	6.2	1768	1591		Sep.	7.2	0.4	1290	835
	Oct.	19.4	4.2	1774	1248		Oct.	8.5	0.4	1257	864
	Nov.	14.0	4.0	1408	1180		Nov.	4.6	0.3	1164	889
	Dec.	4.1	3.0	645	862		Dec.	1.5	0.3	491	747
1988	Jul.	22.6	4.7	868	1572						
	Aug.	24.6	2.7	2034	1456						
	Sep.	12.2	2.0	1691	1328						
	Oct.	7.8	1.0	1149	1141						
	Nov.	5.5	1.8	931	981						
	Dec.	2.5	1.5	505	859						

Source : Ibaraki statistics and information office of agriculture, forestry and fisheries

C-Tr : catch by trawl

X-Tr : number of fishing effort in trawl

C-Sn : catch by set-net

X-Sn : number of fishing effort in set-net

Table.3 Monthly growth in weight of pond-smelt

	JUL.	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
1984	1.73	2.25	*3.63	6.8	7.89	*10.67
1985	2.26	3.08	*3.63	*7.24	*9.84	10.36
1986	*2.66	3.38	*3.63	*7.24	*9.84	*10.67
1987	2.72	2.99	*3.63	*7.24	*9.84	*10.67
1988	2.83	3.46	*3.63	5.4	12.81	*12.81
1989	3.11	3.23	2.53	9.25	12.7	*12.7
1990	3.54	2.87	*3.63	*7.24	10.75	*10.75
1991	2.85	2.95	4.07	7.1	9.99	11.13
1992	2.56	2.14	3.82	7.27	11.84	12.66
Average in 1980-92	2.66	3.07	3.63	7.24	9.84	10.67

\*:substituted

Table 4 Monthly variation of total number of catch and cpue for pond—smelt

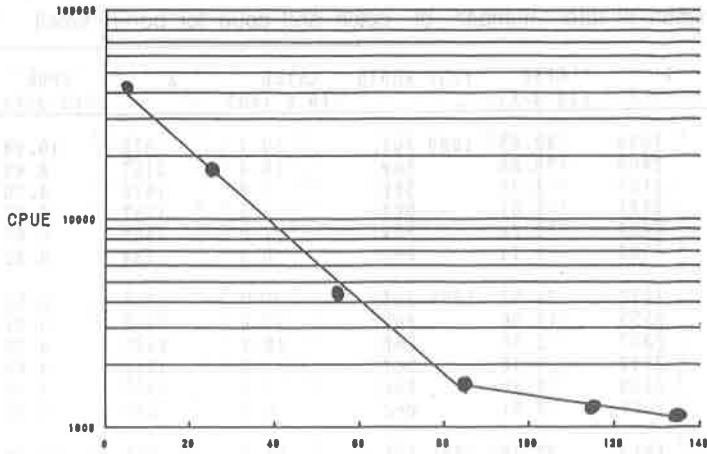
Year	Month	Catch (10 <sup>6</sup> ind)	X	CPUE (10 <sup>3</sup> /X)	Year	Month	Catch (10 <sup>6</sup> ind)	X	CPUE (10 <sup>3</sup> /X)
1984	Jul.	46.0	1098	42.05	1989	Jul.	10.7	978	10.98
	Aug.	41.7	2468	16.88		Aug.	18.3	2167	8.43
	Sep.	9.3	2129	4.39		Sep.	7.9	1676	4.70
	Oct.	4.4	2721	1.61		Oct.	1.5	1757	0.87
	Nov.	3.0	2408	1.24		Nov.	1.0	1469	0.67
Dec.	0.8	739	1.14	Dec.	0.5	784	0.62		
1985	Jul.	30.7	1272	24.51	1990	Jul.	10.0	1051	9.50
	Aug.	25.8	2559	10.06		Aug.	13.6	2563	5.31
	Sep.	6.2	2337	2.66		Sep.	10.2	2427	4.20
	Oct.	4.0	2740	1.46		Oct.	1.3	1512	0.86
	Nov.	2.2	2489	0.90		Nov.	1.5	1355	1.09
Dec.	1.0	1261	0.81	Dec.	0.6	437	1.39		
1986	Jul.	47.0	1413	33.29	1991	Jul.	13.2	731	18.02
	Aug.	31.9	2646	12.05		Aug.	12.9	2013	6.39
	Sep.	12.5	2425	5.14		Sep.	3.6	1392	2.59
	Oct.	3.9	2708	1.43		Oct.	1.1	1304	0.85
	Nov.	2.2	2570	0.86		Nov.	0.7	1815	0.38
Dec.	0.7	1073	0.69	Dec.	0.2	896	0.23		
1987	Jul.	9.6	1077	8.89	1992	Jul.	11.4	925	12.34
	Aug.	14.0	2835	4.94		Aug.	8.4	1542	5.45
	Sep.	6.0	2466	2.42		Sep.	2.0	1355	1.46
	Oct.	3.3	2159	1.51		Oct.	1.2	1313	0.93
	Nov.	1.8	1808	1.01		Nov.	0.4	1244	0.33
Dec.	0.7	1120	0.59	Dec.	0.1	581	0.24		
1988	Jul.	9.6	1049	9.19					
	Aug.	7.9	2255	3.50					
	Sep.	3.9	1966	1.99					
	Oct.	1.6	1296	1.26					
	Nov.	0.6	1242	0.46					
Dec.	0.3	1.5	0.38						

X=total number of fishing effort converted by trawl

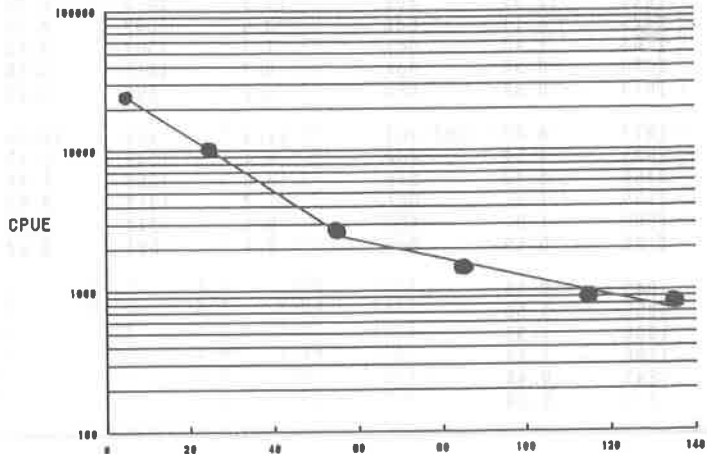
ここで縦軸にCPUE、横軸に期間 (t) をとり、CPUEの変動傾向を求めた (Fig.4)。ある月のCPUE (t) はその計算上、月の中間の資源量指数といえる (田中1985) から、CPUE (t) は  $(\Sigma t+t/2)$  に対してプロットした。資源量指数の減少傾向は

$$\ln (\text{CPUE}) = a - bt \quad (a, b = \text{const.})$$

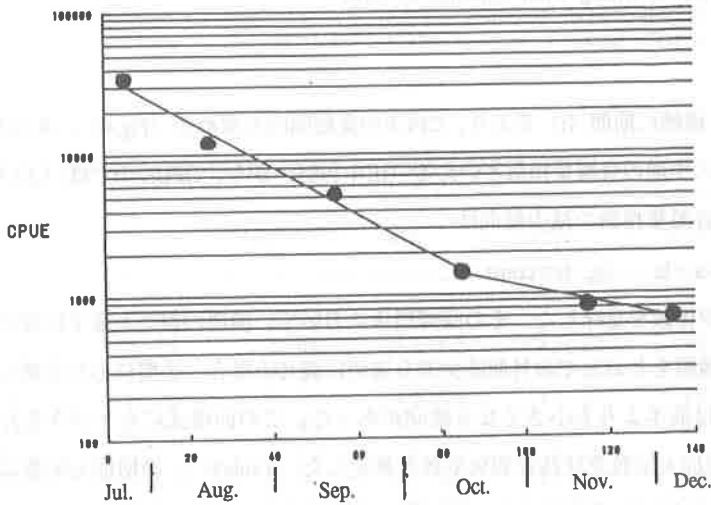
で表され、bは全減少係数を意味した。その回帰関係において、漁期の前半と後半に分けて回帰関係をとらえるほうが、漁期をとおしての月間減少率を適切に表せる場合、必要に応じ分離した。このとき後半の全減少係数は前半よりも小さくなる傾向があった。この回帰式にもとづき各月はじめのCPUEを再計算し、漁期加入尾数及び残存親魚尾数を推定した (Table5)。漁期加入尾数は32百万尾から149百万尾となり、近年は30百万尾から40百万尾の水準にあった。残存尾数はほぼ百万尾のオーダーで推移しているが、91,92年は百万尾を下回った。これにより全死亡数 ( $\Sigma D$ ) が導かれ、年間漁獲尾数 ( $\Sigma C$ ) との関係から年間自然死亡数 ( $\Sigma D_m$ ) が分離された。あわせて年間自然死亡係数



(1984)



(1985)



(1986)

Fig. 4 Monthly change of CPUE of pond-smelt in 1984—1992  
x-axis shows as the accumulated days from Jul. 21



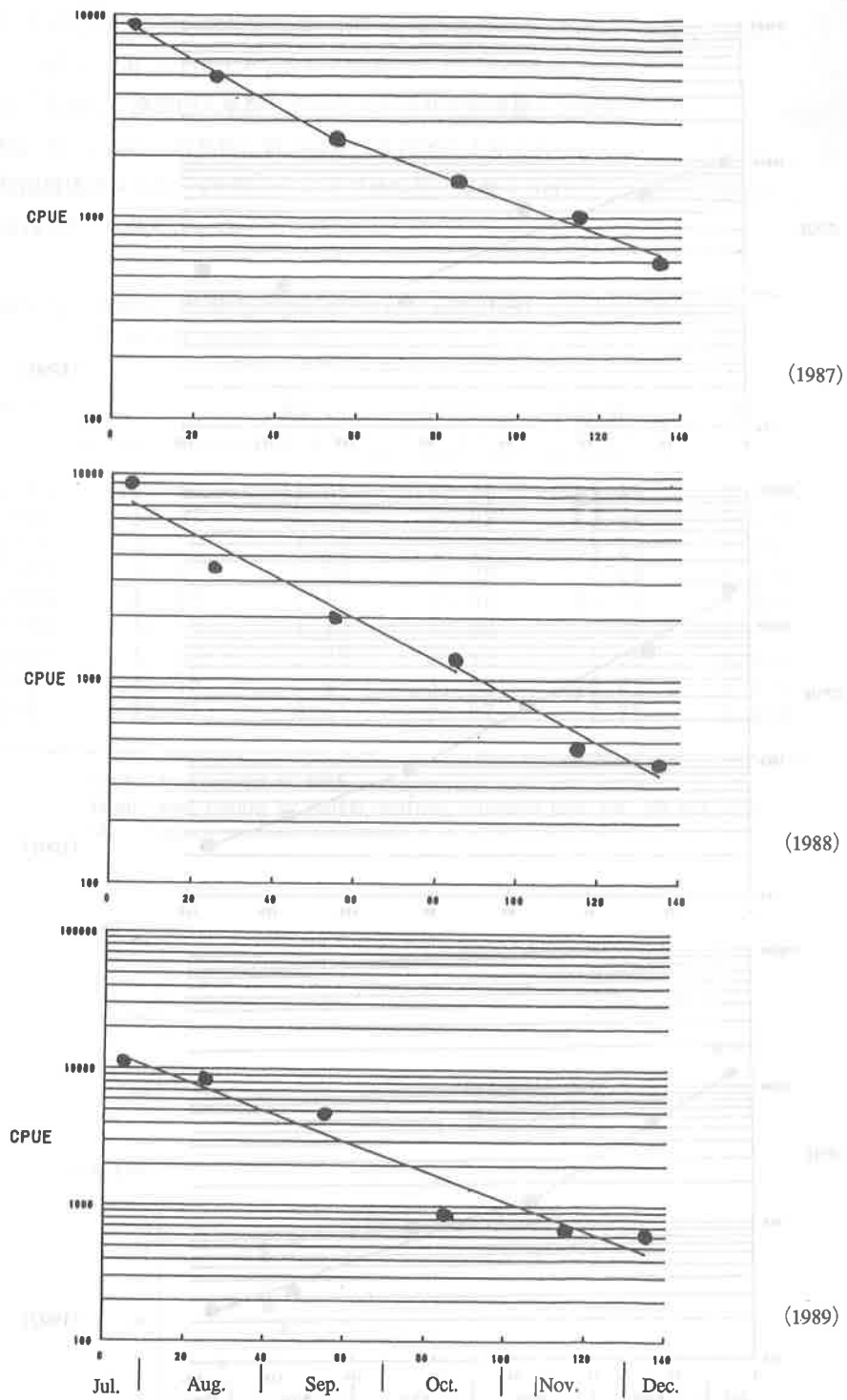


Fig. 4 (continued)

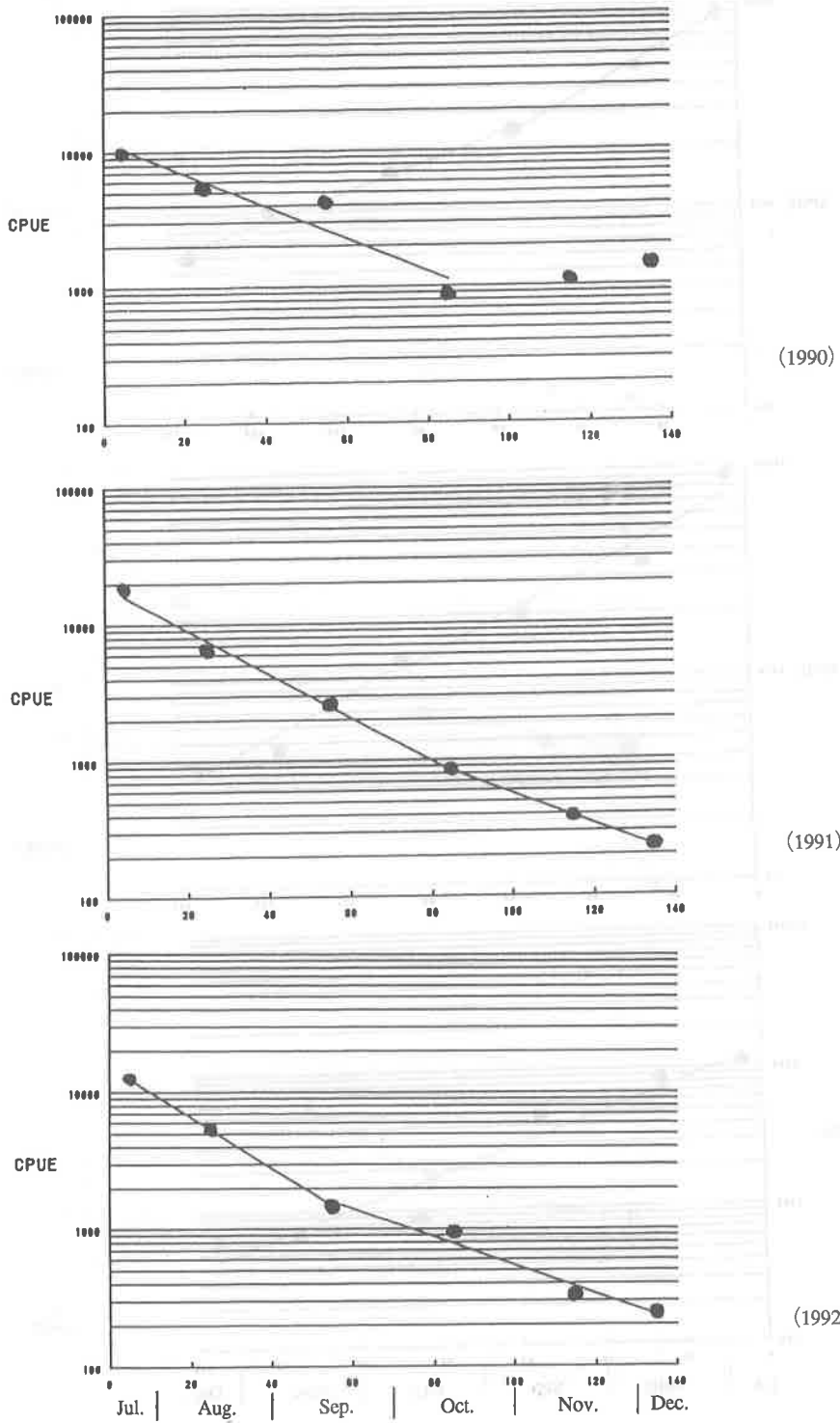


Fig. 4 (continued)

(M) を示した。年間自然死亡係数 (M) は残存親魚尾数 (Np) と年間漁獲尾数 ( $\Sigma C$ ) から、

$$M = -1n \{ (Np + \Sigma C) / NR \}$$

により求めた。漁期加入尾数とその年のワカサギ漁獲量との関係には有意な正の相関関係がみられた (Fig. 5)。また、自然死亡数のばらつきは年により大きい、ここでも漁期加入日数との間には正の相関関係がみられ、9年間の平均値で漁期加入尾数を100%とした場合、漁獲率は75.6%、自然死亡率は19.9%、生残率は4.5%となった。

Table 5 Estimation of number of recruitment (NR) and survival at the end of fishing season (NP)

Year	NR ( $10^6$ )	Np ( $10^6$ )	Catch ( $10^6$ )	Death ( $10^6$ )	M
1984	136.54	11.50	105.20	19.84	0.157
1985	86.07	6.25	69.96	9.86	0.122
1986	149.18	4.68	98.24	46.26	0.371
1987	41.97	3.60	35.29	3.08	0.076
1988	45.83	1.11	23.96	20.79	0.603
1989	48.19	1.70	39.86	6.63	0.148
1990	41.13	1.90	37.18	2.05	0.051
1991	42.55	0.69	31.65	10.21	0.274
1992	32.81	0.51	23.57	8.72	0.309

Catch = total number of catch

Death = total number by natural mortality, estimated from NR, NP and catch

M = natural mortality coefficient

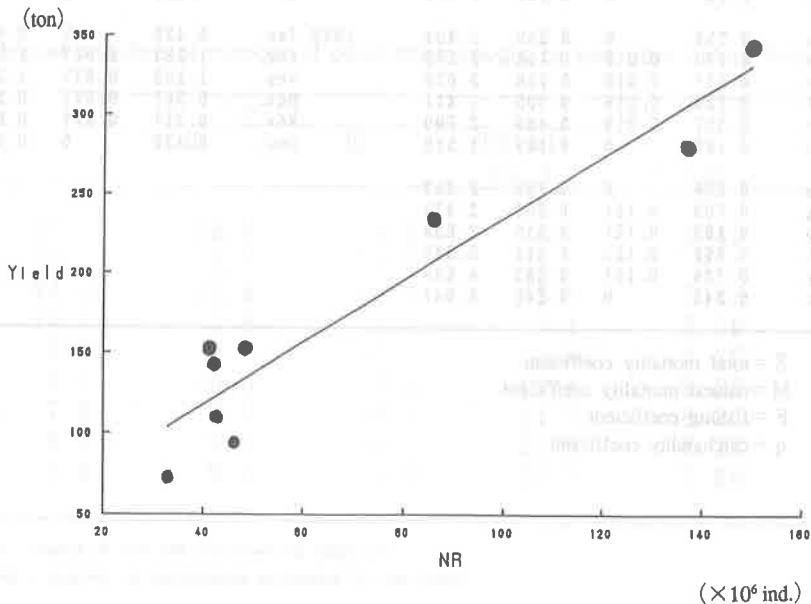


Fig. 5 Relationship between the estimated recruitment and annual yield of pond-smelt

(4) 月間自然死亡係数の推定

年間自然死亡係数から、月間自然死亡係数 (Mt) を求めた (Table6)。漁期加入尾数と残存親魚尾数の推定においては7月と12月の自然死亡を無視 (Mt=0) しているため、このMtは漁期間中の8月から11月 (120日間) の値を表している。毎月の自然死亡率は一定として、Mtを

$$M_t = M \times (30/120)$$

により求めた。あわせて全減少係数、漁獲係数、漁獲効率 (q) の月別変化を示した。

Table 6 Monthly variation of population characteristics of pond-smelt in Lake Kitaura

		Z	M	F	q			Z	M	F	q
		*10 <sup>-4</sup>				*10 <sup>-4</sup>					
1984	Jan.	0.411	0	0.411	3.754	1989	Jan.	0.252	0	0.252	2.576
	Aug.	1.233	0.039	1.193	4.838		Aug.	0.756	0.037	0.719	3.317
	Sep.	1.233	0.039	1.193	5.608		Sep.	0.756	0.037	0.719	4.289
	Oct.	0.644	0.039	0.605	2.225		Oct.	0.756	0.037	0.719	4.091
	Nov.	0.211	0.039	0.172	0.715		Nov.	0.756	0.037	0.719	4.893
	Dec.	0.070	0	0.070	0.953		Dec.	0.252	0	0.252	3.214
1985	Jan.	0.442	0	0.442	3.471	1990	Jan.	0.278	0	0.278	2.645
	Aug.	1.325	0.030	1.294	5.057		Aug.	0.834	0.013	0.821	3.205
	Sep.	1.325	0.030	1.294	5.538		Sep.	0.834	0.013	0.821	3.384
	Oct.	0.244	0.030	0.213	0.779		Oct.	0.834	0.013	0.821	5.432
	Nov.	0.456	0.030	0.426	1.711		Nov.	0.834	0.013	0.821	6.062
	Dec.	0.152	0.000	0.152	1.206		Dec.	0.278	0	0.278	6.362
1986	Jan.	0.379	0	0.379	2.681	1991	Jan.	0.370	0	0.370	5.068
	Aug.	1.136	0.093	1.044	3.944		Aug.	1.111	0.069	1.043	5.181
	Sep.	1.136	0.093	1.044	4.303		Sep.	1.111	0.069	1.043	7.492
	Oct.	0.836	0.093	0.744	2.746		Oct.	0.927	0.069	0.858	6.583
	Nov.	0.442	0.093	0.349	1.360		Nov.	0.783	0.069	0.714	3.934
	Dec.	0.147	0	0.147	1.374		Dec.	0.261	0	0.261	2.912
1987	Jan.	0.259	0	0.259	2.404	1992	Jan.	0.428	0	0.428	4.622
	Aug.	0.777	0.019	0.758	2.672		Aug.	1.283	0.077	1.205	7.817
	Sep.	0.777	0.019	0.758	3.072		Sep.	1.283	0.077	1.205	8.896
	Oct.	0.324	0.019	0.305	1.411		Oct.	0.361	0.077	0.284	2.161
	Nov.	0.507	0.019	0.488	2.700		Nov.	0.717	0.077	0.640	5.147
	Dec.	0.169	0	0.169	1.510		Dec.	0.239	0	0.239	4.116
1988	Jan.	0.236	0	0.236	2.253						
	Aug.	0.709	0.151	0.356	2.475						
	Sep.	0.709	0.151	0.558	2.838						
	Oct.	0.662	0.151	0.511	3.945						
	Nov.	0.734	0.151	0.583	4.695						
	Dec.	0.245	0	0.245	3.047						

Z = total mortality coefficient  
M = natural mortality coefficient  
F = fishing coefficient  
q = catchability coefficient

(5) 試験操業による漁期加入尾数の推定

1984年から1992年までの試験操業でのワカサギ漁獲尾数から漁期加入尾数 (NR) を推定した (Table 7)。曳網面積は操業時の目測から網の有効開口幅を5mとし、曳網時の平均漁船速度との積から求めた。Table7で示されるように水域間で漁獲尾数の変動は一定していないことから、ワカサギの資源密度には水域による年変動があることが考えられた。よって加入尾数の推定にあたって、北浦全体の漁期加入尾数をNR、北浦の面積をSとしたとき、各水域における尾数をそれぞれn1, n2, n3、面積をS1, S2, S3とおくと、

$$NR=n1+n2+n3 \quad , \quad S=S1+S2+S3$$

となるから、各水域での試験操業の漁獲尾数をc1, c2, c3, 曳網面積をwとし、漁獲効率 $\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ ) とおけば、水域毎の資源密度は

$$\frac{n_i}{S_i} = \frac{c_i}{\alpha w} \quad (i=1, 2, 3)$$

で表される。よってNRは

$$NR = \frac{1}{\alpha w} (S1 \times c1 + S2 \times c2 + S3 \times c3)$$

により計算した。 $\alpha$ は曳網面積中の漁獲率であり一律に $\alpha=0.8$ と仮定した。、その結果二つの方法によるNRの推定結果の間には有意な関係が示されたが、試験操業からの推定値は先の推定値を下まわった (Fig. 6)。

Table. 7 Annual variation of number of pond-smelt caught by test trawl before fishing season.

Area	Catch				w 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	NR 10 <sup>6</sup>
	I	II	III	Total 10 <sup>3</sup>		
1984	21.3	19.9	4.6	55.7	8.46	52.27
1985	22.7	9.7	1.7	34.1	8.4	42.29
1986	24.3	25.6	13.0	62.9	7.48	80.42
1987	10.6	5.9	5.9	22.4	8.26	27.33
1988	3.3	2.7	8.2	14.3	8.26	16.88
1989	2.5	10.0	7.3	19.8	8.26	21.08
1990	7.5	8.9	8.2	24.7	8.26	28.38
1991	9.1	9.5	8.4	26.9	8.26	31.21
1992	7.3	9.4	3.9	20.5	7.98	24.14

w =area of tow on test trawl in each area

NR =number of recruitment estimated by test trawl

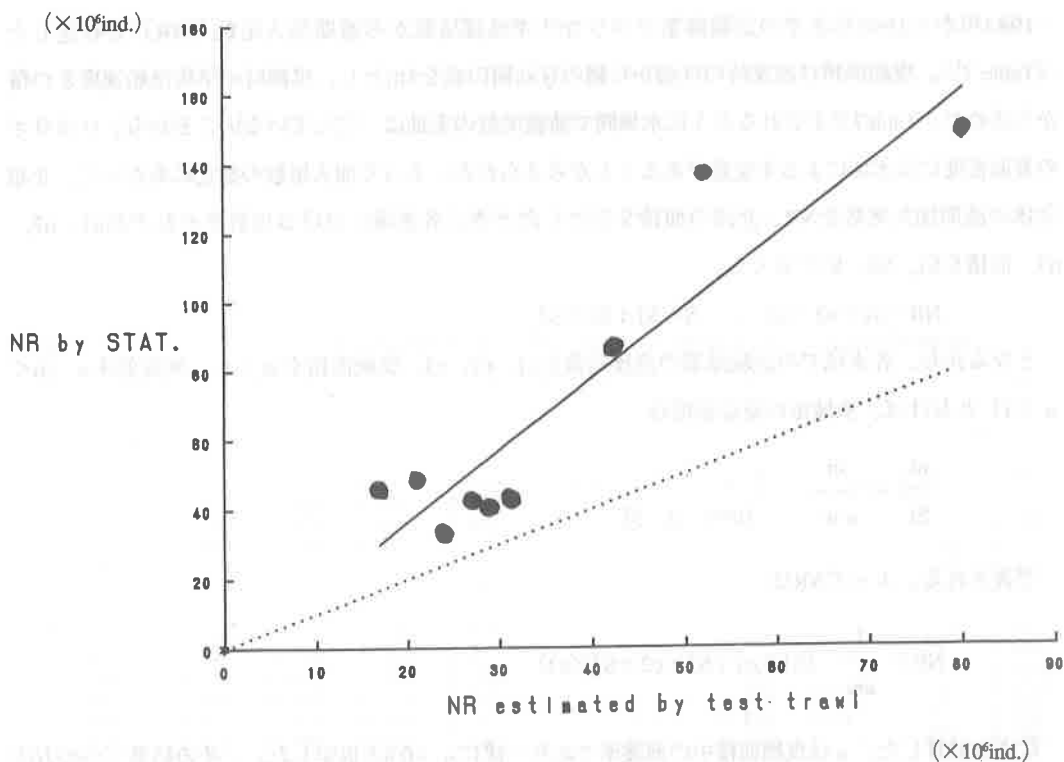


Fig. 6 Relationship between number of recruitment estimated by two method  
Dotted line shows  $Y=X$

(6) ワカサギ人工受精卵放流事業での残存親魚採捕結果

北浦ではワカサギの産卵期にあたる1月下旬から2月末までを全面禁漁としている。この期間に地元漁業協同組合では延べ7日間程度、張網によりワカサギ親魚を特別採捕し人工受精卵の放流を行っている。そこで北浦漁業協同組合連合会資料からの採捕実績とTable 5から推定した残存資源重量を比較した (Table 8)。残存資源重量は、12月の魚体重に1gを加えた値を産卵期の平均体重として、残存親魚尾数を重量換算した。張網での採捕量のCPUEと残存資源重量との間には概ね比例関係が認められ (Fig. 7)、毎年の張網採捕量は残存資源量の0.34~2.65% (平均1.03%) を占めていた。

(7) 再生産曲線のあてはめ

Table 8で得られた漁期加入尾数と残存親魚尾数の関係は、残存尾数の増大が加入尾数の単純な増大となっていない。そこで両者の関係式をとらえるために、極大点をもつ Ricker 型再生産曲線へのあてはめを試みた。

Table 8 Annual variation of catch by set-net in spawning season for pond-smelt, fishing effort of set-net, CPUE and biomass of survived parent (Np)

	Catch (kg)	Effort site*day	CPUE	Biomass of Np (t)
1984	-	-	-	134.16
1985	240.7	12	20.05	70.98
1986	204	12	17	54.62
1987	425.8	15	28.39	42.01
1988	405.5	16	25.34	15.32
1989	297	18	16.5	23.29
1990	187.4	18	10.41	22.33
1991	75	22	3.41	8.37
1992	58.5	30	1.95	6.97

Biomass of Np=converted from Np in table 5  
Source : Federation of Kitaura fisheries cooperatives

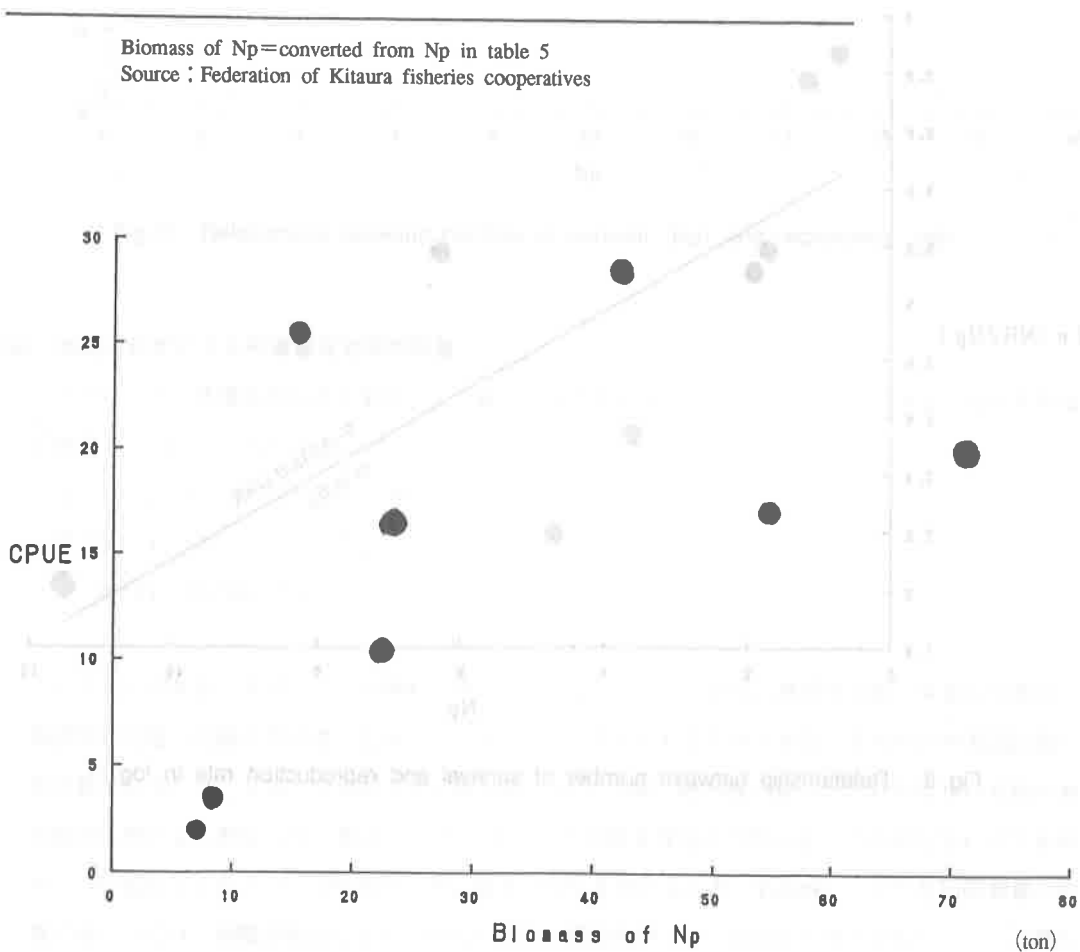


Fig. 7 Relationship between biomass of survival (Np) and CPUE by set-net in the spawning season for pond-smelt

Ricker型再生産曲線は、NR、Npをそれぞれ残存尾数（×10<sup>6</sup>尾）、加入尾数（×10<sup>6</sup>尾）、 $\alpha$ 、 $\beta$ を曲線のパラメーターとして、

$$NR = \alpha (Np) \exp(-\beta Np)$$

で表されるが、この曲線（ $\alpha$ 、 $\beta$ ）の推定のため両辺の対数をと

$$\ln(NR/Np) = \ln \alpha - \beta Np$$

として、その直線回帰関係から求めた（Fig. 8）。その結果有意な回帰関係が示され（ $p < 0.01$ ）、パラメーター $\alpha$ 、 $\beta$ は

$$\alpha = 34.758, \beta = -0.1444$$

となり、残存尾数が6.93×10<sup>6</sup>尾のとき加入尾数は極大値88.56×10<sup>6</sup>尾となった（Fig. 9）。

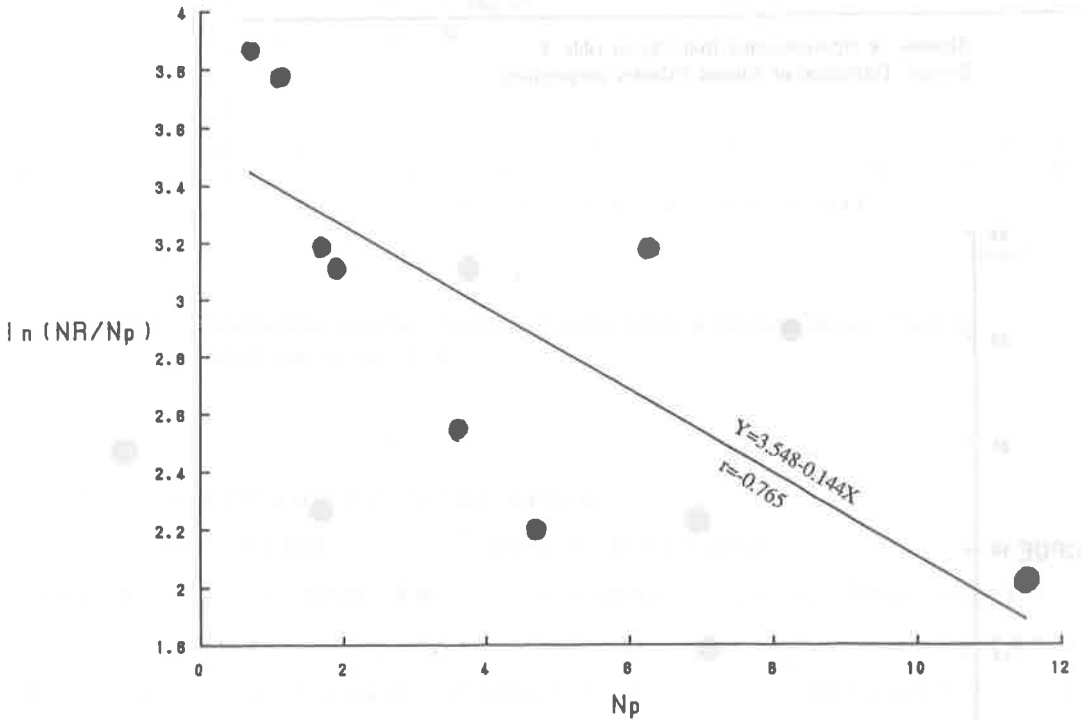


Fig. 8 Relationship between number of survival and reproduction rate in log.



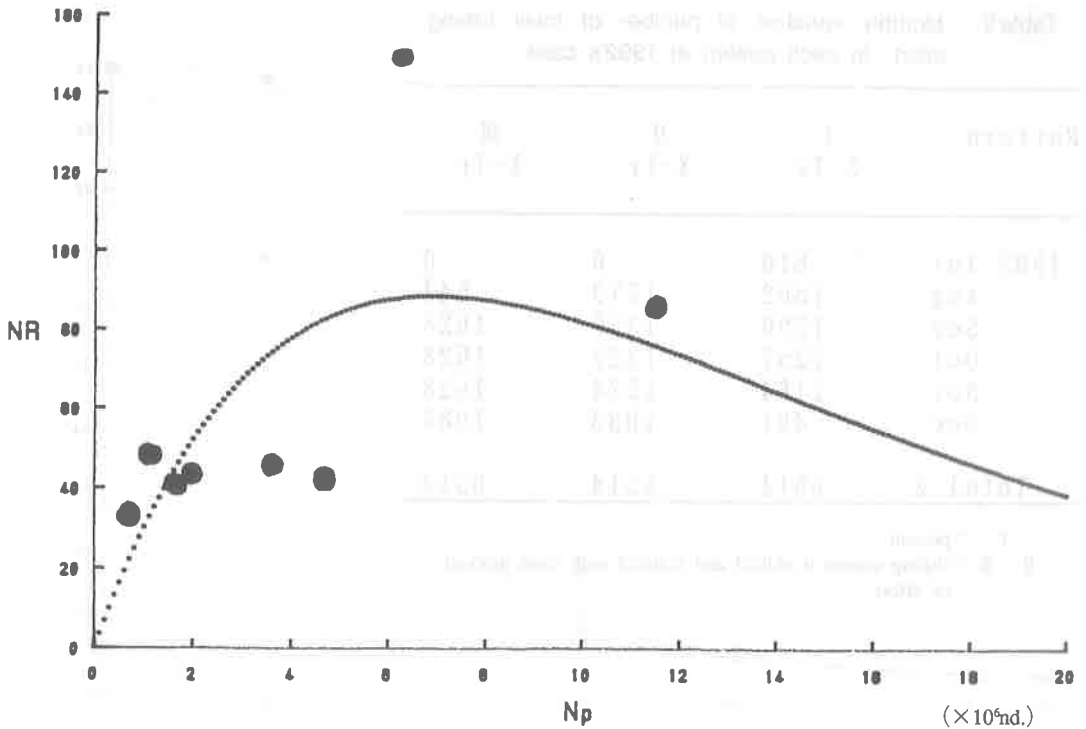


Fig. 9 Relationship between number of survival ( $N_p$ ) and recruitment (NR)

#### (8) 漁期の変更による資源管理効果の試算

トロール漁の漁獲開始時期を変化させた場合の残存親魚尾数と加入量当りの漁獲重量の変化を年毎に推定し、現状との比較を行った。設定した漁期は3パターン、

I : 7/21~12/10の140日間 (現在)

II : 8/1~12/20の140日間

III : 8/21~12/20の120日間

とした。

ただしいずれも、トロールの年間総出漁日数は一定とした。これは、漁期を短縮・変更した場合、新漁期の月毎の出漁日数は逆に従来よりも多くなると考えられるためである。それぞれの月別出漁日数の算出にあたり、IIは、Iの12月の出漁日数を2倍した後、総出漁日数の不足分を新しい月別出漁日数の比率により配分した。IIIは、1日あたりの出漁日数を月毎の日数に応じた均等配分により求めた。この配分によるトロールの月別出漁日数を1992年を例に示した (Table9)。また月別資源量の計算にあたっては、漁期が変化しても自然死亡係数や漁獲効率 ( $q$ ) は現在と等しいものとした。最近の1992年を例として、資源尾数及び加入量当り漁獲量の月別変化を示した (Fig.10,11)。次に年毎に現状 (I) を基準としたときの残存尾数、総漁獲量の比率を求めた (Table10)。その結果、漁期を10

Table 9 Monthly variation of number of trawl fishing effort in each pattern at 1992's case

Pattern	I	II	III
	X-Tr	X-Tr	X-Tr
1992 Jul.	810	0	0
Aug.	1502	1579	544
Sep.	1290	1356	1628
Oct.	1257	1322	1628
Nov.	1164	1224	1628
Dec.	491	1033	1086
Total-X	6514	6514	6514

I = present  
 II, III = fishing season is shifted and reduced with same amount of effort

Table 10 Estimation of ratio of increase per present (I) in number of survival (Np) and catch in weight (C)

Pattern	II		III	
	Np/Np- I	C/C- I	Np/Np- I	C/C- I
1984	1.142	1.076	1.774	1.242
1985	1.164	1.077	1.757	1.150
1986	1.086	1.050	1.320	1.080
1987	1.061	1.059	1.095	1.168
1988	0.927	1.055	0.705	1.134
1989	0.930	1.042	0.817	1.139
1990	0.844	0.996	0.445	1.274
1991	1.093	1.048	1.025	1.201
1992	0.988	1.015	1.297	1.267
Average	1.026	1.046	1.137	1.184

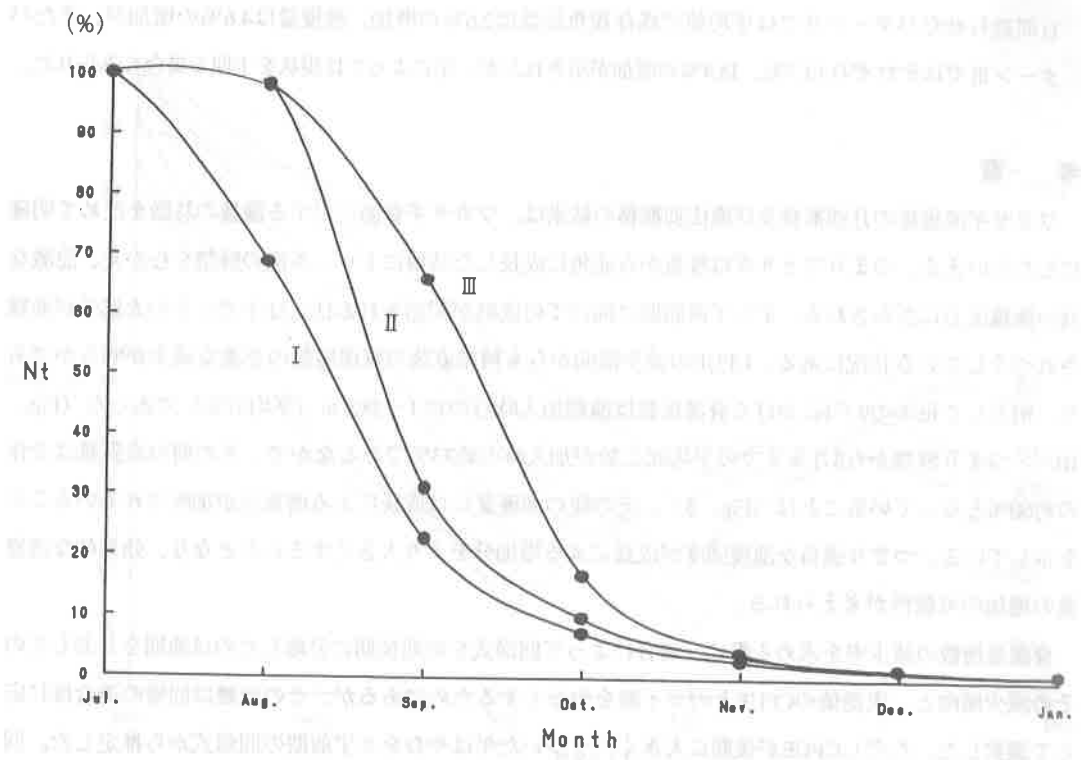


Fig.10 Monthly change of number of stock per recruitment in each pattern at 1992's case

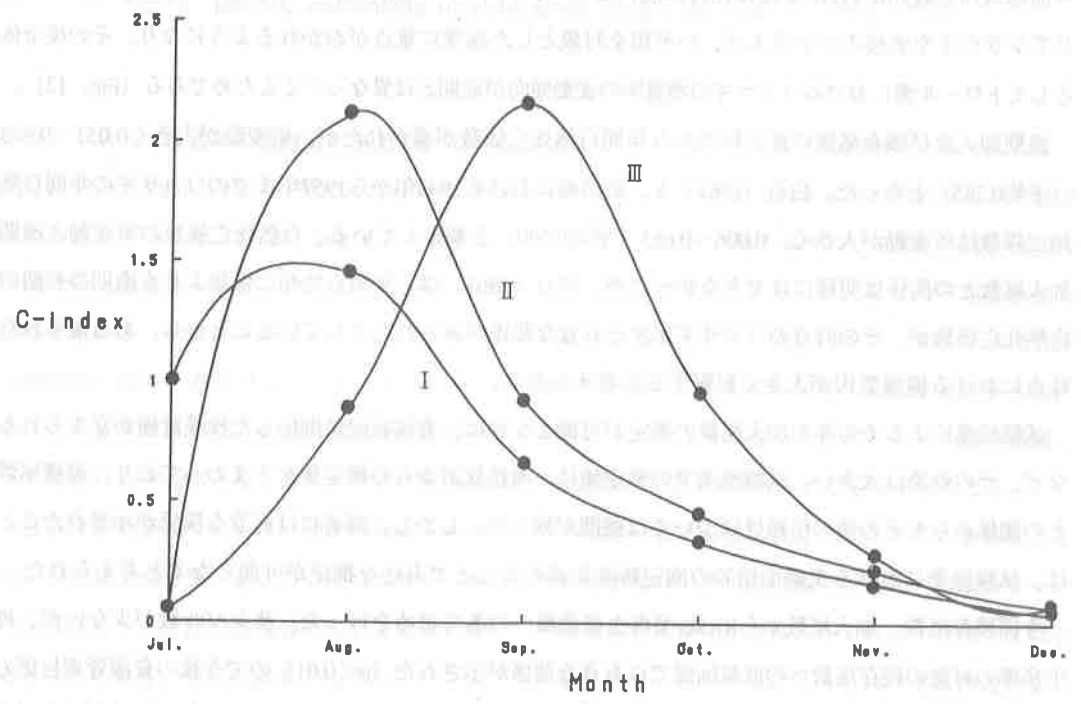


Fig.11 Monthly change of catch in weight for pond-smelt in each pattern at 1992's case

日間遅らせたパターンⅡでは平均値で残存親魚尾数は2.6%の増加、漁獲量は4.6%の増加が、またパターンⅢではそれぞれ13.7%、18.4%の増加が示されたが、年によっては現状を下回る場合もみられた。

## 考 察

ワカサギ漁獲量の月別推移及び漁法別推移の結果は、ワカサギ資源に対する漁獲の特徴を改めて明確にしたといえる。つまりワカサギは稚魚から成魚に成長した時期にトロール漁の解禁をむかえ、急激な高い漁獲圧力にさらされる。そして産卵期に向けての成熟が開始される秋にはすでにその大部分が漁獲されつくしている状況にある。CPUEの減少傾向からも解禁直後の資源尾数の急激な減少が明らかであり、例として毎年9/1における資源尾数は漁期加入時点の17.1~38.9% (平均27%) であった (Fig. 10)。つまり解禁から8月末までの平均死亡数が加入時の約73%であるなかで、その間の漁獲量は全体の約60%となっていることは (Fig. 3)、その後の漁獲量には成長による増重分が加味されていることを示している。つまり適当な漁獲強度が成長による増加分をより大きくすることとなり、効果的な漁獲量の増加の可能性が考えられる。

資源量指数の減少率を求める際に、場合によって回帰式を前期後期に分離したのは漁期をとおしてのその減少傾向と、実測値のCPUEとのカイ離を少なくするためであるが、その分離は回帰の適合度に応じて選択した。ただしCPUEが後期に大きくバラついた年はやむをえず前期の回帰式から推定した。回帰式の明確な分離は、漁期加入尾数が高い水準にあった1984年から1986年において顕著であった。これら回帰式の分岐点が生9月かまたは10月に現れるのは、例年この時期を堺に一部のトロール漁は状況に応じてシラウオや底棲のテナガエビ、ハゼ類を対象とした操業に重点がおかれるようになり、その後全体としてトロール漁におけるワカサギの漁獲率の変動傾向が前期とは異なってくるためである (Fig. 12)。

漁期加入及び残存尾数の推定結果から年間自然死亡係数が導かれたが、年変動が大きく0.051~0.603 (平均0.235) となった。白石 (1961) も、諏訪湖における1948年から1957年までのワカサギの年間自然死亡係数は年変動が大きく、0.006~0.665 (平均0.209) と推定している。自然死亡係数の年変動と漁期加入尾数との関係は明確にはできなかったが、白石 (1961) は、年間自然死亡係数よりも漁期の初期の自然死亡係数が、その時点のワカサギ密度と有意な関係がみられたとしていることから、ある限られた時点における環境要因が大きく影響すると考えられる。

試験操業によるその年の加入尾数の推定が可能となれば、資源状況に即応した操業計画が立てられるなど、その効果は大きい。試験操業での推定値は、漁獲統計からの推定値を下まわっており、漁獲尾数との関係からもその値の信頼性については疑問が残った。しかし、両者には有意な関係が示されたことは、試験操業における曳網面積等の測定精度を高めることで有効な推定が可能となると考えられた。

今回残存尾数、加入尾数からRicker型再生産曲線へのあてはめを行った。サンプル数が少ないが、再生産率の対数の残存尾数への直線回帰では有意な関係が示された ( $p < 0.01$ ) ので今後の資源管理目標の目安となると考えられた。北浦では過去38年間の漁獲量の推移をみるとおよそ6、7年の周期で豊凶がう

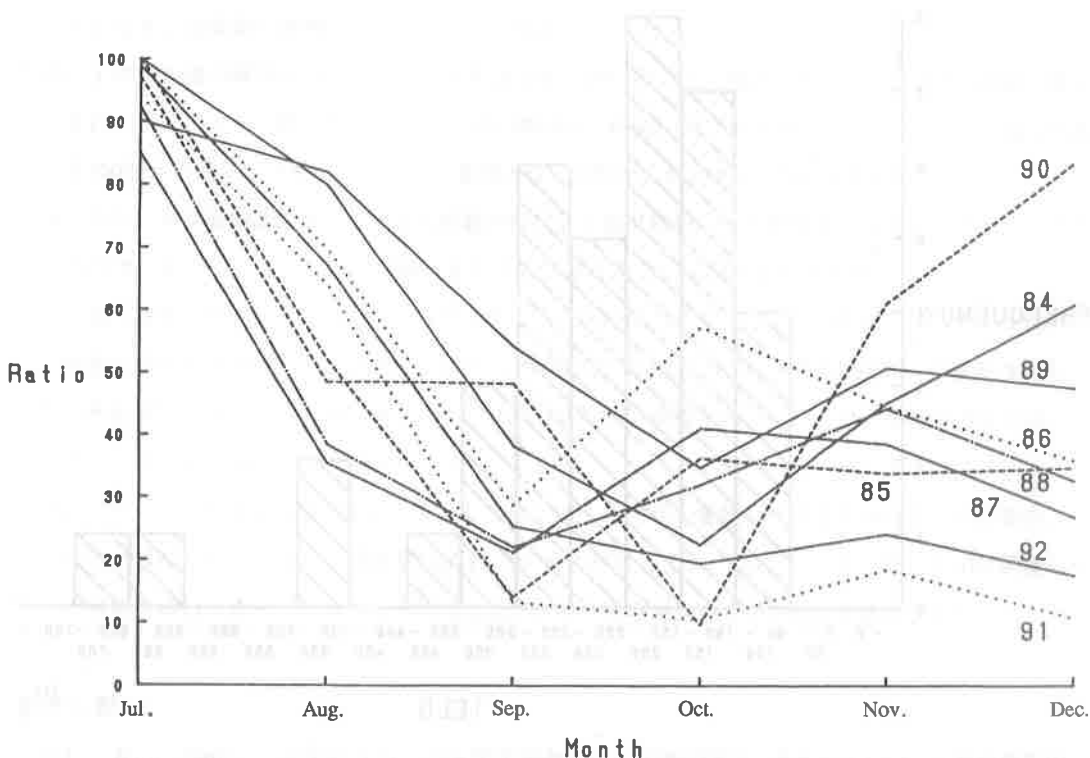


Fig.12 Monthly percentage of pond-smelt caught by trawl for 1984—1992

かがえ、そして豊漁年の漁獲量は概ね300トン台にあるといえる (Fig. 2)。この理由は不明であるが、過去において500トン以上の例もあるものの、300トンという数字は北浦におけるある種のワカサギ収容量を示唆しているのではないかと考えられる。再生産曲線からもその極大値を与える残存尾数と過去9年間で最大漁獲量344トンとなった年の残存尾数はほぼ一致している。また、これまでの年間漁獲量の頻度を求めるとそのモードは150トンから200トンの範囲にあることから (Fig. 13)、300トン台は管理目標の値となりうるのではないかと考えられた。Ricker型曲線は、再生産の初期の密度が減耗率を高めることを意味するが、これは初期餌料の有無もその要因の一つとなりうる。したがって、今後の課題として管理目標の基本となるワカサギ収容量についての検討は、基礎生産面からの推定も必要となる。

資源管理効果については、期間の短縮も含めた漁期の変更による資源尾数及び加入当りの漁獲量の変化を年間総出漁日数一定として検討したが、現実的には変更後の出漁日数は様々に変化しうるのでその設定は難しい。月別の漁獲効率も、資源量の変化から操業形態に変化が現れるとすれば、現状とは異なると考えられる。今回の試算ではそれらについても一定としているが、年によって残存尾数が現状よりも下回る場合も示された。これは漁期が短縮されても、高い漁獲圧力がかかれればその瞬間の漁獲死亡が

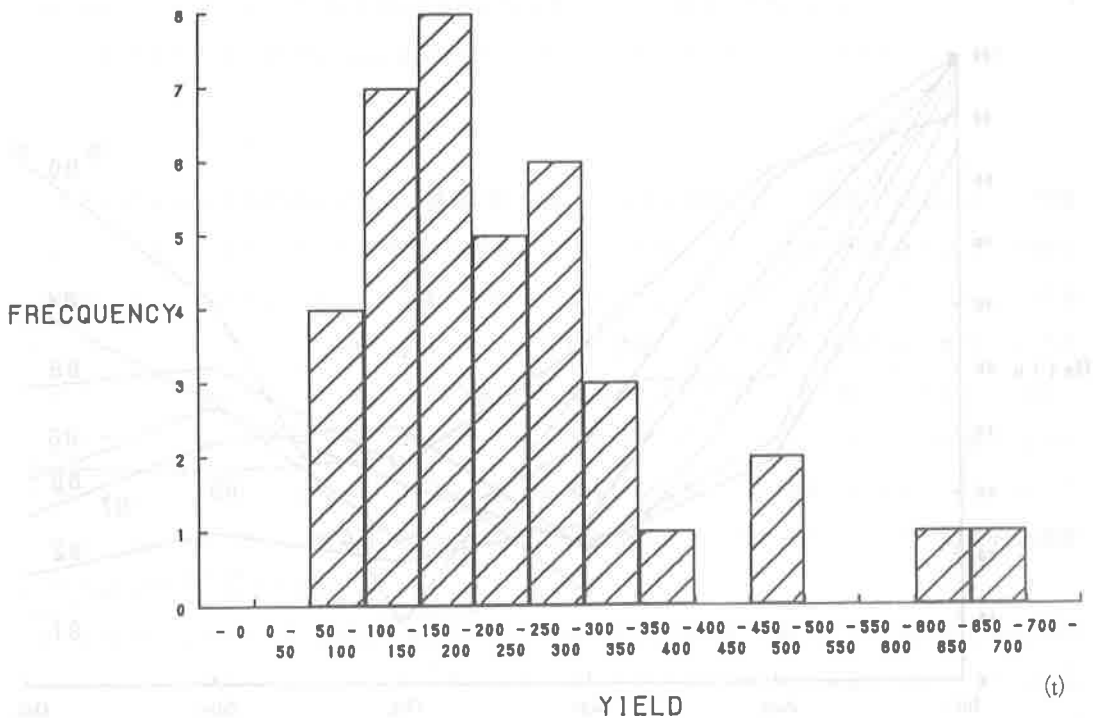


Fig.13 Frequency of annual yield for pond-smelt in Lake Kitaura, 1955-1992

多くなることには変りがなく、漁獲の集中する時期の差だけが漁獲量の増加に寄与するだけであり、それは残存親漁尾数の確保には必ずしもつながらないことを意味している。根本（1993）は、霞ヶ浦におけるワカサギトロール漁の漁獲圧力について、その集中度は現状のままとしても出漁日数の制限による漁獲圧力の削減が残存親漁尾数の確保に効果があることを示している。したがって、漁業管理においては漁期の変更短縮だけでは不十分であり、出漁日数の削減による漁獲圧力の軽減も必要となるといえる。

## 要 約

1984年から1992年まで9年間の漁獲統計の解析を中心に、北浦のワカサギ資源についてその漁期加入尾数及び残存尾数の推定を行った。また、トロール漁期の変更短縮にともなう資源管理効果について試算した。

- (1) ワカサギの月別漁獲量比率は年間漁獲量の変更に問わず例年ほぼ一定であり、9年間の平均では7月以降の漁獲量が全体の約98%を占めた。その内訳は7月8月はそれぞれ約30%、9月約14%、10月約10%、11月約9%、12月約4%であった。
- (2) 7月以降の漁法別漁獲量では、9年間の平均値でトロール漁の漁獲は全体の約76%、定置網は約22%と2漁法で全体の約98%を占めていた。しかし、1991、1992年はトロール漁の漁獲比率が90%以

上となり、定置網の漁獲比率が10%以下に低下していた。

- (3) トロール漁の解禁時における加入尾数は32.8~149.2百万尾、残存尾数は0.51~11.5百万尾と推定され、これにより年間自然死亡係数(M)は0.051~0.603(平均0.235)となった。これは加入尾数を100%とすると、平均値で漁獲死亡数75.6%、自然死亡数19.9%、残存尾数4.5%となった。
- (4) トロール試験操業結果からの加入尾数の推定値と統計解析による推定値とは有意な相関が示されたので、その年の加入尾数の試験操業による迅速な推定が可能と示唆された。
- (5) 地元漁業協同組合が実施しているワカサギ人工採卵放流事業において、張網で採捕される産卵親魚量は残存資源重量に概ね比例しており、残存資源の0.34~2.65%(平均1.03%)と推定された。
- (6) 漁期加入尾数と残存尾数の関係から、Ricker型再生産曲線があてはめられ、残存尾数6.93百万尾のときその極大値88.56百万尾を示した。
- (7) トロールの年間総出漁日数を一定として、トロール漁期の開始及び終了を10日遅らせた場合、平均値で残存尾数は約2.6%、漁獲量は約4.6%の増加が見込まれ、開始を1ヶ月、終了を10日間遅らせて漁期を約14%短縮した場合は残存尾数は13.7%、漁獲量は18.4%の増加が見込まれた。

#### 参考文献

- 白石 芳一 (1961) : ワカサギの水産生物学的ならびに資源学研究 淡水区水産研究所研究報告10, 3, 209-213
- 土井 長之 (1975) : 水産資源力学入門 日本水産資源保護協会 (東京) 39-42
- 田中 昌一 (1985) : 水産資源学総論 恒星社厚生閣 (東京) 208-209
- 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 茨城県内水面水産試験場調査研究報告29, 1-12