

利用度からみたベニザケの未成熟魚漁獲の妥当性

山 中 一 郎

Note on the Effects of Catching Non-Maturing Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*) in View of the Availability

ICHIRO YAMANAKA

Abstract

By comparing the data of catch per effort of the non-maturing sockeye salmon in the Northwest Pacific Ocean in the three fishing seasons from 1957 to 1959, to those of the maturing fish of the following seasons, respectively, the availability the non-maturing fish was estimated to be about 0.128 on the average.

Several values were selected for the natural mortality rate, in order to compute the value of catch per recruit (Formula 7). The effect of catching non-maturing fish was discussed from two standpoints; namely, (1) catch per recruit, and (2) the number of adults which contribute to reproduction.

As to the former, the critical values of the growth rate by weight which compensate for the loss of the adults are shown in the Table 3. As the actual value of the growth rate is under these values, the catch of non-maturing sockeye is slightly preferable from this viewpoint.

In this situation, the ratio of catch to that under the condition when the non-maturing fish are conserved is shown in the Table. 4.

As to the latter, the loss of the adults is shown in the Table 5. It is not so serious as to destroy the present level of reproduction. When the availability of the non-maturing fish is expanded to five times that of the present level, the loss of the spawning adults will be about 20%. (Table 6)

In conclusion, the present level of the catch of non-maturing sockeye salmon does not affect severely the population, though it is undesirable to intensify it.

I. 序 言

流網によるサケ・マスの中取漁業が、しばしば未成熟魚を漁獲することが多いため、資源にわるい影響を及ぼすか、あるいは不経済な漁業となるのではないかとということが問題となることがある。ここで未成熟魚とは、漁獲される年にはまだ産卵のための遡上をおこなわず、さらに1年の海洋生活をおくるもののことをいう。

未成熟魚を漁獲することがよいかどうかという問題は、これを2つの立場から考えることができる。第1は、ある年級の魚を有効に利用しているかという点、第2は、未成熟魚を漁獲す

るため産卵できる親魚が不足するかどうかである。前者は加入量あたりの漁獲量についての問題であり、すでに BEVERTON (1954) 等が論じたように、この解は未成熟魚から成魚にいたる間の増重量と自然減耗率の大小関係によつて決まるものである。すなわち、増重量にくらべて自然減耗率が高い場合は漁獲を早くした方が、その逆の場合は漁獲開始をおそくする方がそれぞれ有利になる。これに対し後者の場合には、とくに未成熟魚だけが問題となるのではなく、成魚、および沿岸漁獲をふくめた全漁獲が、漁場にもどつてきた量のうち、どの位の割合をしめ、どの位の親魚の産卵週上を許すかという再生産曲線の取扱の問題となる(RICKER, 1954)。

この報告では、北洋漁場でとれるベニザケについて検討した1例を示した。使用した資料は北洋国際生物調査による未公表(花村, 1961)のものであり水産庁調査研究部の承認をえてこの報告を発表することにした。

II. 未成熟魚の利用度

一般に、魚の自然減耗率を推定するのはきわめて困難である。ことに、サケ・マスの未成熟魚はそうである。それは、未成熟魚では標識放流もおこなわれておらず、これの反当漁獲尾数を翌年の成熟魚のそれとくらべても、実際には後者の方が大きく、生残率のみかけの値が1より大きく、かつその変動が大きくなつて、自然死亡と漁獲死亡とをわけることが困難である(後述第2表)からである。

このことから考えることは、未成熟魚の利用度(漁場来遊率)は、成魚のそれよりも小さく、かつ、その変動がはげしいことである。このことは、漁況をみても、ベニザケの未成熟魚は漁期の終りにだけ漁獲されることからもうかがうことができる(第1表)。

第1表 北洋におけるベニザケの成熟魚および未成熟魚の漁獲量
Table 1. Catches of maturing and non-maturing sockeye salmon in the North-Western Pacific Ocean

		単位 unit,	1,000 尾 1,000 fish
		成熟魚 maturing	未成熟魚 non-maturing
1957	May	5,768	118
	June	9,731	617
	July	3,342	504
1958	May	2,538	0
	June	4,922	338
	July	2,730	717
	August	170	791
1959	May	2,087	64
	June	3,092	924
	July	1,093	1,852

(花村 1961a より)

このように、利用度の変化がある場合の努力当り漁獲量(この場合は反当尾数)は、このままでは資源量を代表しない。そして、これから求めたみかけの生残率も真の価を示しているものではない。

未成熟魚、および成魚の利用度をそれぞれ r_1, r_2 、みかけの生残率と減少係数をそれぞれ S^* 及び $Z^* = -\log S^*$ とすれば

$$Z^* = M - \log \left[r_1 e^{-F} + (1 - r_1) \right] + \log \frac{r_1}{r_2} \dots\dots\dots (1)$$

(山中, 1961)

F, M はそれぞれ漁獲および自然減少係数で, この式を用いても, このままでは M と $\log r_2/r_1$ を分離することはできない。

しかしながら, もし成魚は完全に漁場内に来遊している, すなわち $r_2=1$ とする。

このとき

$$Z^* = M - \log \left[r_1 e^{-F} + (1 - r_1) \right] + \log r_1 = M - \log \left[e^{-F} + \frac{(1 - r_1)}{r_1} \right] \dots\dots\dots (2)$$

$F = qX$ X は努力量

r_1 が平均値を有するとして, その値 \bar{r}_1 は, q, M と共に3組以上の X, Z^* の観測値があれば求めることができるはずである。

しかしながら, この方法の効果があるのは, 観測の組数がかなり大であるときだけであり, また, この計算も容易ではない。それで次のような便法で推定をおこなうこととする。いま, 同一漁場では, 未成熟魚と成熟魚に対して, 等しい漁獲強度が働いているものとする。田口 (1962) は, 北洋沖合漁場におけるベニザケに対する F の値を1957~59年について, $F=0.60$ (全漁期を単位とする)*, $e^{-F} = 0.44$ としている。これは沖合漁獲量などから求めたものである。一方, この期間のみかけ上の総減少係数 Z^* の値 (西カムチャッカ系のもの) は第2表に示すとおり平均 -1.97 である。***

第2表 ベニザケの未成熟魚および翌年の成熟魚の反当尾数 (西カムチャッカ系) とそれから計算されたみかけの減少係数

Table 2. Catch per unit effort of non-maturing sockeye salmon and that of the maturing in the following year; and the apparent values of total mortality rate computed hereby.

年 year	未成熟魚の c.p.u.e. c.p.u.e. of non-maturing	翌年の成熟魚の c.p.u.e. c.p.u.e. of maturing in the following year	S^*	$Z^* = -\log S^*$
1957	13	129	9.9	-2.29
1958	20	127	6.4	-1.86
1959	35	203	5.8	-1.76
			mean	-1.97 (yearly)

これより

$$-1.97 = M - \log \left[0.44 + \frac{(1 - r)}{r} \right] \dots\dots\dots (3)$$

自然死亡がないとすれば $M = 0$ であるから (3) は

$$-1.97 = -\log \left[0.44 + \frac{(1 - r)}{r} \right]$$

これより

$$\frac{1 - r}{r} = 6.76$$

* 原著では日単位で漁期を50日とした。取扱いの都合上, 漁期単位に換算した。
** 出所は第1表と同じ

$$r = 0.128 \dots\dots\dots (4)$$

を得る。

実際は $M > 0$ であるので、 r の値はこれより小さくなる。さらに成熟魚の利用度 r_2 は実際は 1 より小なのであるから、未成熟魚のその値は、さらに上述のそれよりも小さくなる。すなわち、今の場合の未成熟魚の利用度の平均は、12.8%以下である。

Ⅲ. 未成熟魚先取りによる年級あたり漁獲量の得失

未成熟魚の回帰量を 1 とし、その利用度を r とすれば、未成熟魚の漁獲量 C_i は

$$C_i = \frac{rF}{Z} (1 - e^{-zt}) \dots\dots\dots (5)$$

となる。ここで t は年を単位とした漁期の長さであり、 $Ft = 0.6$ である。

これと同一の年級のもので、翌年に成熟魚として生きのこつて漁獲されるものを C_m とする。成熟魚の利用度を 1 とすれば

$$C_m = we^{-M} [re^{-Ft} + (1 - r)] \cdot \frac{F}{Z} (1 - e^{-zt}) \dots\dots\dots (6)$$

ここで w は未成熟魚の平均体重を単位としたときの成熟魚の平均体重である。

この年級からの総漁獲重量 C は

$$C = C_i + C_m = \frac{F}{Z} (1 - e^{-zt}) \left[r + we^{-M} \{re^{-Ft} + (1 - r)\} \right] \dots\dots\dots (7)$$

となる。

いま、未成熟魚の漁獲を停めるとする。この場合の同一年級からの漁獲重量は

$$C' = we^{-Mi} \frac{Z}{F} (1 - e^{-zt}) \dots\dots\dots (8)$$

となる。したがつて (7) と (8) との比

$$R = \frac{C}{C'} = \frac{r + we^{-M} [re^{-Ft} + (1 - r)]}{we^{-M}} \dots\dots\dots (9)$$

としたとき R が 1 より大であれば、未成熟魚の先取りが有利であり、小さいときは不利である。

また (9) で $R = 1$ とおいて、これを w について解いた値を w' とすれば

$$w' = \frac{1}{e^{-M} (1 - e^{-Ft})} \dots\dots\dots (10)$$

となつて、これは r の値によらない。 $Z^* = 1.97$ $Ft = 0.6$ とおいたとき、 M の値を種々に変えて、これに応じ (3) によつて求めた r の値、および (10) によつて求めた w' の値をそれぞれ第 3 表に示す。

一方、ベニザケの未成熟魚 4_2 から翌年の成熟魚 5_2 、未成熟魚 5_3 から成熟魚 6_3 への体重増加率はそれぞれ 1.6 ~ 1.84 および 1.56 ~ 1.72 である。^{*}

これらの結果をみると $M=0$ であつても、この値は第 3 表に示す w' の値より大體は小さく、先取りはかえつて有利である。 $M=0$ 、 $M=0.2$ 、 $M=0.4$ 、 $M=0.6$ の各々の場合について、 w を 1.6、1.7、1.8、1.9 とそれぞれおいた場合の R の値を (9) により計算したものを第 4 表に示す。

* 年令表示は GILBERT (1958) 方式、 5_2 とは受精後 2 年目に降海し、同じく満 6 年で産卵するもの。

第 3 表 自然減少係数 M の値を種々に変えた場合ベニザケ未成熟魚の利用度 r 、および補償増重量 w'

Table 3. Values of the availability of non-maturing sockeye salmon r , and those of the compensative body-weight increment w' , with various values of natural mortality rate M ,
($z^* = 1.97$, $Ft = 0.6$)

M	r	w'	yearly
			length of fishing season
0	0.128	1.82	
0.1	0.117	1.95	
0.2	0.107	2.18	
0.3	0.097	2.36	
0.4	0.088	2.58	
0.5	0.081	3.00	
0.6	0.073	3.31	
0.7	0.066	3.56	
0.8	0.060	3.62	(from 1957 to 1959)

第 4 表 未成熟魚増重量 w 及び自然減少係数 M の種々の値に応ずる未成熟魚先取りと同じく保存のそれぞれの場合の漁獲量の比 R (ベニザケ 1957-59 年)

Table 4. R , the value of yields in weight when the non-maturings are caught compared with that when they are conserved; with various values of natural mortality rate M and in crement of weight W . (sockeye salmon, 1957-59)

$W = 0$	$w = 1.6$	$w = 1.7$	$w = 1.8$
	1.007	1.002	1.000
0.2	1.021	1.018	1.012
0.4	1.032	1.027	1.022
0.6	1.043	1.038	1.033

(yearly)

この表のように、先取りはわずかではあるが有利であり、少なくともこれが1つの年級量からの漁獲量からみて不利とはいえない。

IV. 未成熟魚先取りによる成魚の損失

未成熟魚の回帰尾数を N_0 とする、未成熟魚の先取りをおこなったとき、翌年に残る成魚数 N_s は

$$N_s = N_0 e^{-M} \left[r e^{-Ft} + (1 - r) \right] \dots\dots\dots (11)$$

また、先取りをおこなわないときにはこの値を $N_{s'}$ とすれば

$$N_{s'} = N_0 e^{-M} \dots\dots\dots (12)$$

でそれぞれそれぞれ与えられる。よつて、先取りをおこなうときの成魚の残る量と、おこなわないときのそれとの比は

$$R'' = \frac{N_s}{N_{s'}} = r e^{-Ft} + (1 - r) \dots\dots\dots (13)$$

である。

M の値に応じ、さきにのべた (3) によつて r の値が定まる。これと (13) から求めた R'' の値を第 5 表に示す。

第 5 表 未成熟魚の先取りを行なうときと、これを保存した場合の成魚の残存量の比 (ベニザケ 1957-59年)

Table 5. Ratio of number of the survived adults when non-maturings are caught to that when they are conserved. (sockeye salmon, 1957-59)

M	R''
0	0.927
0.1	0.934
0.2	0.940
0.3	0.946
0.4	0.950
0.5	0.955
0.6	0.959
0.7	0.963
0.8	0.966

これで示されることは、今の場合、 R'' の値は M の値の大小にあまり影響されず、 $M = 0$ であつても、成熟魚の損失は 7% 以下であり M が大になるほどこの損失は少ない。

V. 自然減少係数の値についての考察

上述の III, IV の各章でのべた 2 つの点は、いずれも自然減少係数の値についてはつきりとした数値をあげていないで、たとえ M の値が相当に小さい場合でも、未成熟魚の先取りが、今の場合は必しも有害ではないことを論じたのであつた。

成熟魚が沖合から沿岸にいたる間の自然減少係数について、漁期の長さを単位として田口 (1961) は 0.6, 山中 (1961b) は 0.6 ~ 0.8 という値を求めた。成熟魚と未成熟魚とは生態がことなつており、未成熟魚は漁期後、再び海洋生活を送る間にも何等かの原因で自然減耗の影響をうけるであろう。したがつて、これらの点から判断すると、未成熟魚から成熟魚までの自然減少係数として $M = 0.6$ を仮想することは過少評価でないであろう。

$M = 0.6$ とすれば、先取りによる成魚の損失は 4% 以下であり、また w の値が 3.3 以上でなければ先取りと自然減少による損失を増重量が補償できない。実際には w は 1.6 ~ 1.8 であり、かえつて先取りは 3 ~ 4% の漁獲重量の増加となる。

ベニザケの再生産には、現在程度の遡上量がとくに不足していると考えられる根拠はない。

VI. 未成熟魚の利用度増大の影響

II でのべたように、未成熟魚の利用度を平均すると、大体 12% 程度である。漁具漁法の改良等によつて未成熟魚の利用度を増大させることによつて混獲をふやすとする。 $r = 0.1$ から 0.5 まで変化するとして、前の M, F の値をそのまま用いると、この場合の未成熟魚漁獲量 C_i および成熟魚残存量比 R'' は第 6 表で示されるとおりである。

第 6 表 利用度をかえたときの未成熟魚の加入量あた漁獲および成魚残存量

Table 6 Catch per recruit of non-maturing sockeye salmon (C_i) and survived adults (R') when the availability changes.

r	C_i	R'
0.1	0.044	0.944
0.2	0.088	0.888
0.3	0.132	0.832
0.4	0.176	0.776
0.5	0.220	0.720

利用度が5倍になつて未成熟魚の混獲がこれだけ増加すると、成熟魚は約20%を減ずる。 w' の値は利用度によらず、3.31であり、実際の増重量 w はこれより小さいことは前述のとおりである。したがつて同一年級の有効利用という点のみからみれば、やはり先取りの有利な点はかわらない。

VII. F の値についての考察

以上の所論では、 w と Z とは実際の資料を用いたが、 F は他の研究による推定値を用い、 M と r は適当に変化させた。上述の F の計算は、成魚のみの場合の全減少係数を標識放流によつて求め、これから推定したのであるが、この方法ではむしろ F は過大に求めやすい。この場合(3)を吟味すれば、 r の値も過大推定となり、 w' の値は過少推定となる。よつて未成熟魚先取りの影響は過大に評価されるとみることが妥当であろう。

VIII. 結 論

以上の所論によつて、現在使用しうる知見のみからみれば、現在程度のベニザケの未成熟魚混獲は、回帰資源の有効利用からみても、再生産からみても、とくに悪影響があるとはいえない。しかしながら、混獲率が増大すると、親魚量は、その程度は別としてとにかく減少することは確かであり、また、未成熟魚をとつたからといって、総漁獲量の増加は僅少であるから、未成熟魚の漁獲をとくに強化すべきではない。

文 献

- BEVERTON, R. J. II. (1954). Note on the use of theoretical model in the study of the dynamics of exploited fish populations, *Miscel. Contr. U. S. F. W. S.*
- GILBERT, C. II. (1958). Life history of the Sockeye Salmon. No. 4 *Rept. B. C. Comm. Fisheries for 1917.*
- 花村 宜彦 (1961a). 北西太平洋におけるベニザケの資源状態に関する生物学的知見, 日ソ対策研究資料(水産庁) 騰写・未発表.
- (1961b). サケマス未成熟魚の混獲許容限度に関する見解, ……(同).
- RICKER W. E. (1954). Stock and recruitment, *J. Fish. Res. Bd. Canada*, Vol. 11. No. 5.
- 田口喜三郎 (1961). サケ成魚の自然死亡係数を推定する試み, ならびにこれに基づく沖取漁業の合理性の検討(ベニザケについて) 日水誌, Vol. 27. No. 11.
- 山中 一郎 (1961a). 利用度の変化を考慮した水産資源の数学的模型に関する研究. 日水研々報, No. 8.
- (1961b). サケマスの海洋死亡量についての吟味 日ソ対策研究資料 騰写, 未発表.