湖沼に新たに放流された魚類の増殖に就て

竹 内 能 忠

(函 館 高 等 水 産 学 校)

On the Growth of Population of Fish Newly Liberated into a Lake.

Yositada TAKENOUTI

SYNOPSIS

A method for estimating the ultimate population of adult fish, when the equilibrium between catch and recruitment due to liberation is attained, was developed. The method was applied to fishing of Himematsu (*Oncorhynchus adonis* (JORDAN et Mc GREGOR)) in Lake Towada, with slight modification, which was inevitable owing to the lack of complete statistics.

従来生産の乏しかつた湖沼に有用魚が放流され、其後年々一定数の稚魚を放流して行くとき、どの位の親魚を漁獲することが出来るかを見積ることが出来れば、水産増殖の上から有益であらうと思はれる。

湖沼中の放流された魚の總數を p 、毎年放流される稚魚の數を N とし、此の魚の増加が次の法則に依り支配されると假定する

$$\frac{dp}{dt} = p(\epsilon - f - hp) + N \dots\dots\dots (1)$$

但し ϵ は自然増加率、 f は漁獲率、 h は制限係數である。 $\epsilon - f = \epsilon'$ として此の式を積分すれば

$$p - p_0 = \frac{2N + \epsilon'(p + p_0) - 2h p p_0}{\sqrt{\epsilon'^2 + 4Nh}} \tanh \frac{\sqrt{\epsilon'^2 + 4Nh}}{2} t \dots\dots\dots (2)$$

但し、 p_0 は $t=0$ に於ける p の値である。最初から放流魚が棲んで居ないならば、始めて放流の行はれた年を $t=0$ と取つて $p_0=0$ と置けるから、簡単に

$$p = \frac{2N + \epsilon' p}{\sqrt{\epsilon'^2 + 4Nh}} \tanh \frac{\sqrt{\epsilon'^2 + 4Nh}}{2} t \dots\dots\dots (2')$$

となる。 $t \rightarrow \infty$ になれば $\tanh \frac{\sqrt{\epsilon'^2 + 4Nh}}{2} t \rightarrow 1$ であるから、平衡に達した後の魚の總數 p_∞ は

$$p_\infty = \frac{\epsilon' + \sqrt{\epsilon'^2 + 4Nh}}{2h} \dots\dots\dots (3)$$

となる⁽¹⁾。もし、放流が始められた後數年間相當に精しい調査が行はれて居れば、それから p を見積ることが出来るから、(1) 又は (2) から、 ϵ' 及び h が決定され、此を利用して p_∞ を豫想することが出来る。

十和田湖の姫鱒養殖事業に就いて之を應用して見る。此の場合には放流された稚魚數と、漁獲された親魚の概數が判つて居るだけであるから、上に述べた通りに適用することが困難

(1) 此の式は式 (1) で $dp/dt=0$ と置いて得られる。

である。それで、次のやうに變形する。

現在の場合に於いては、自然繁殖は殆んど行はれて居ないから、 $\epsilon = -m$ とする。 m は死亡率（産卵の爲に死亡するものを除く）である。又漁獲は總て産卵魚だけを對象として行はれるものと見て良いから、産卵期に達する迄は $f=0$

である。

初期（明治三十六～四十一年）に於ける放流と再捕の成績は第1表に示すやうである。⁽¹⁾ 此の時代は魚の總数が少いから (1) 式に於ける hp の項は省略することが出来ると考へられる。此の表から自然の死亡率を次のやうにして計算する。放流から再捕までの平均年数は $(2.5 \times 1.2 + 3.5 \times 2.8 + 4.5 \times 0.12 + 5.5 \times 0.006) \div 4.13 = 3.23$ 年 となる。此の間に再捕されなかつた魚が死亡したものとすれば、死亡率 m は $4.126 = 5 \times e^{-m \times 3.23}$, 即ち $m = 0.060$ となる。

年 月	放 流	再 捕
36 4	5 万尾	— 万尾
37		—
38 10		1.2
39 10		2.8
40 10		0.12
41 10		0.006
計		4.126

大正九年以後に毎年 500 萬尾放流し、近年は毎年 80 萬尾を漁獲して居る。漁獲魚は主に四年魚であるから、放流から漁獲されるまでの年数を 3.5 年と見る。現在に於いては漁獲以外の原因に依る減亡は相當に大きい。そのうち主なものは、天然産卵をして漁獲されないものが約 30 萬尾、密漁されるものが 10 萬尾、害敵（主に鵜）に食はれるものが 15 萬尾位である。前の 2 者は全部産卵魚と考へても大きな誤を來たさないと思はれるから、産卵魚の数は $80 + 30 + 10 = 120$ 萬尾と考へる。減亡率を x とすれば $x = m + hp$ である。天然産卵する親魚の数は相當に大きいけれども、産卵場が狭くて何度も掘り返されるので孵化するものは極めて少いから、之は無いものとする。そうすれば $500 \text{ 萬尾} \times e^{-3.5x} = 120 \text{ 萬尾}$ 即ち $e^{-3.5x} = 0.24$, $x = \frac{1.43}{3.5} = 0.407$ となる。

稚魚が放流された後、湖中に棲む魚の数を計算する。放流された稚魚の数を N とすれば、二歳魚、三歳魚、四歳魚の数は夫々 Ne^{-x} , Ne^{-2x} , Ne^{-3x} で表はせるから、魚の總数 p は

$$p = N(1 + e^{-x} + e^{-2x} + e^{-3x}) = N \frac{1 - e^{-4x}}{1 - e^{-x}} = 500 \text{ 萬} \frac{1 - 0.198}{1 - 0.666} = 500 \text{ 萬} \times 2.41 = 1205 \text{ 萬尾}$$

となる。随つて $h = \frac{0.407 - 0.060}{1205 \times 10^4} = 0.289 \times 10^{-7}$ となる。

此の m 及び h を用ひて式 (3) に依り p_{∞} を計算すれば

$$p_{\infty} = \frac{-0.060 + \sqrt{(0.060)^2 + 4 \times 5 \times 10^6 \times 0.29 \times 10^{-7}}}{2 \times 0.29 \times 10^{-7}} = \frac{-0.060 + 0.765}{0.58} \times 10^7 = 1.21 \times 10^7$$

となり前に計算した p と變ら無い。故に、 h を計算するとき用ひられた假定が餘り不適當なものでなかつたと云ふことが出来る。

次に、放流事業の初期に於いて、産卵魚が如何に増加して行つたかを計算して見る。現在に於いて産卵魚は三歳魚が一番良くその年齢組成は約 1:3:0.8:0.2 となつて居る。現在の減亡率を考へに入れれば三歳魚の $\frac{1}{7}$, 四歳魚の $\frac{3}{5}$, 五歳魚の $\frac{5}{6}$ 及び七歳魚の全部が産卵すると考へられる。又他方、最初に放流された 5 萬尾について見れば、それ等は 30%,

(1) 數字は總て和井内養魚場に於ける調査に依る。

93%, 64%, となつて居る。三歳魚, 四歳魚について兩者の平均を取れば、夫々約 $\frac{1}{5}$, $\frac{3}{4}$ となり、現在の年齢組成から自然滅亡に依る影響を考へないで産卵群に加入する割合を計算したものと一致するから、五歳魚以上についても同様にして、五歳魚の $\frac{4}{5}$, 六歳魚の全部が、放流事業の初期に産卵群に加入したものとする。

此のやうにして、毎年放流後の魚数を計算し、それから滅亡率を求め、産卵魚を除いて翌年の魚数を計算する。此の方法を逐年繰返して、毎年の産卵魚数を求めたものが第2表の第四列である。

此の表の産卵魚数と実際の漁獲尾数とを比べて見ると、毎年の漁獲が一定で無いと考へれば、大體の傾向に於いて

第 2 表

年 度	放流尾数	漁獲尾数	計 算 の 結 果	
			産卵魚数	總 魚 数
明治 39	120 萬尾	— 萬尾	萬尾	120 萬尾
40	220	—		329
41	37	30	19	317
42	320	40	79	576
43	500	60	92	897
44	500	60	65	1083
45	500	80	132	1201
大正 2	600	120	160	1315
3	500	90	149	1240
4	500	85	155	1215
5	500	85	156	1198

は一致して居ると看做することが出来やう。従つて上に計算された種々の數値は大體に於いて正當なものと認められる。