鯉の成長に対する池の面積と密度の影響

附 肥満度計算表及図表

吉 原 友 吉

(東京水産大学)

On the Breeding Experiments of Carp under Different Conditions of Environment with an Appendix of the Nomograph on the Condition Factor Tomokichi YOSHIHARA

In order to determine the effect of different conditions of environment, nine groups of carp were reared in nine ponds. The results show that under high density of fish population the growth rate of fish is low.

I. 緒 論

人口論に於て人口の増加の様相が明かになったのはマルサスの頃からである。初め人口増加の法則として幾何級数的増加法則が求められたが、後に環境抵抗の項を考慮に入れて Logistic 曲線が得られた。併し今世紀に入つて PEARL 等が米国人人口増加曲線の実験式として独立にこの曲線を発見するまで殆んど注意をひかなかつた。生物個体群の増加を表現する実験式は多いが、その増大の機構を考へて論じたのは上述の L 曲線を発見した VERHULST と近年同じ問題を論じた LOTKA, KOSTITZIN 等の研究の外見当らない。L 曲線は媒体中を運動する物体に対する抵抗と同じ考えを個体群の増大機構の解析に応用したものであるが多くの实例に就いて非常によく適合することが知られている。この曲線を用いて増大現象を完全に説明することは出来ないまでも、環境抵抗の影響を論ずる場合に用い得る唯一の成長曲線であると考えられる。併しながら GAUSE の実験結果を用いて KOSTITZIN が行なつた様な本式の妥当性に関する立証は FELLER が他の任意に選んだ実験式を用いても亦同様な結論を得られることを示したから無効である。従つて飼育の可能な動物を用い環境条件を異にして得られる実験結果から L 曲線の妥当性を論ずる必要があり、この方法によつて逆に L 曲線を用いた場合環境抵抗の個体群増加に対する影響を量的に論ずることが可能になる。併しながらこの目的に用いうる実験結果の発表されたものが求められなかつたので新に実験を計画した。

ROBERTSON その他によると L 曲線における群個体数を 1 個体の体重 (又は体長等) で置き換えた場合に、個体の成長に対しても群の増大の場合と全く同じ型の式

$$y = \frac{L}{1 + \exp(a - bx)} \quad (1)$$

が成立し、この式は微分方程式

$$dy/dx = by - hy^2 \quad (2)$$

を満足する。こゝに y は体重等であり、 x は時間、 L は最大体重、 a , b , h は常数である。

これらの式を群個体数の増加に適用した場合、第(2)式の hy^2 の項を略した $dy/dx = by$ は $y = y_0 \exp bx$ の型の解を有し、 y を時間 x における個体数と考えるとき、マルサス型の増大式となつてゐる。而してこの

1951 年 8 月 1 日受理

場合の hy^2 の項は VERHULST により導入された環境抵抗を表わす項でこれがあるが為了解は (1) 式の型に変つて $x \rightarrow \infty$ で $y \rightarrow \infty$ となる欠点を有しない。 b は固有の増加率、 h は制限係数と名付けられる。これらの群個体数の増加に関する式を個体の成長に適用する場合には、これらの係数の意味する所も変つてくる。即ち b は個体の固有の成長率即環境条件が良好で老衰のない場合の値で、多くの場合幼時に見られる値に近い。又 h は環境の変化に伴う成長抑制作用を表わす項の係数である。

この様な置き換えがゆるされるものならば、成長度の実験は群の実験に比して簡単であるから実施が可能であり、その結果から L 曲線の妥当性が論じられる。従来環境要因として池の面積及び放養密度を調べたものはあるが、何れも各要因を別個に取扱い且その結果も相反している点がある。それ故著者は池の密度と面積を相互に関連させて変化せしめた場合について実験を行つた。

II. 実験及び結果

池の面積と密度の影響を調べるためなるべく均一の大きさの魚 (満 1 年) を 9 個の池に分けた。各池の尾数 N 、池の面積 A (坪)、放養密度 D (尾/坪)、常数值 b 及 h 、冬期体重減量 ΔW (g)、各期体長増量 ΔL (mm) 等の値は第 1 表に示す如くである。同表より成長率 b が殆んど一定である。資源学的には群個体数に対する影響が重要であるが、鯉についてその実験を行うには大規模の施設を必要とする。本実験の結果では制限係数 h は密度の増加と共に著増している。群の増大の場合にこの現象が見られるか否かを確めるには産卵数を調査するのが一つの方法である。

本実験は 1950 年 5 月 18 日から 150 日間、10 月 15 日まで、及び 1951 年 6 月 13 日から 11 月 9 日まで給餌し 1952 年 5 月 26 日に最終測定を行つた。その際魚体は満 3 年に達している。従つて何れも成熟していたので、これを池毎に雄雌に分けて各々の平均体重及体長を又一部に就いて卵重量を測定した (第 2 表)。卵は全部が成熟してはいないが、その重量は体重の約 15% を占めた。各池雄雌ほぼ同数であつたので雌の半分を除き雌 1 に対し雄 2 として産卵させた。その結果各池の産卵時に於ける死卵数及各池の親魚一尾より孵化せる仔魚数 (平均値) は第 2 表に示す如くなつた。産卵の実験は親魚の死亡、卵の流失等のため甚だ不完全であるが、密度の大なる池では産卵数が少なくなる傾向が窺われる。

第 1 表から冬期休餌間に体長は増加するが、体重は減少する。この点を確めるため各測定時 (各年 4 回 50 日間隔) における肥満度を計算した処、冬期給餌せぬ場合 (一般には生活条件不良の場合) でも体長は増加し、体重の増加はこれに伴わない。この現象

Table 1. Number of fish in each pond (N), area of each pond (A), density of fish (D), in each pond decrease of weight (ΔW) and increase of length (ΔL) during winter season. Growth rate (b), limiting factor (h) and decrease of the value of F during winter season.

Group	A	B	C
	(No. 1)	(No. 4)	(No. 7)
N	2	4	8
D	1.71	3.42	6.85
ΔW	-38	-6	-35
ΔL	+17	+17	+10
b	2.21	2.24	2.09
ΔF	—	—	—
	(No. 2)	(No. 5)	(No. 8)
N	6	12	24
D	1.68	3.36	6.70
ΔW	-50	+12	-1
ΔL	+10	+26	+16
b	2.12	2.09	2.14
ΔF	—	-3.46	-2.66
	(No. 3)	(No. 6)	(No. 9)
N	18	36	72
D	1.65	3.30	6.60
ΔW	-56	-73	-31
ΔL	+7	+5	+10
b	1.82	2.36	2.13
ΔF	-3.08	-7.93	-4.39
A	1.17	3.58	10.90
$h \times 10^4$	388	698	837

Table 2. Difference of weight by sex and weight of eggs per female in each pond.

Number of pond	3	4	5	6	7	8	9
Av. weight(g)							
{ female	1275	878	732	679	803	438	453
{ male	1016	—	555	563	604	368	341
diff.	259	—	177	116	197	70	112
Weight of egg(g)	191	132	110	102	120	66	68
Number of fish hatched from one female	—	—	—	—	1923	—	444
Number of eggs dead	—	232	60	40	144	—	111
Total number of eggs fertilized	—	261	333	383	733	—	581

は不利な条件のもとで繁殖する生物が自己の体形を小さくしても群個体数を増加せんとする傾向のみられるのと軌を一にされると思われる。

Ⅲ. 肥 満 度 計 算 図 表

本編とは直接の関係はないが、肥満度を計算する労を省く為計算図表を調製した。肥満度を

$$F=1000W/L^3 \quad (W:g, L:cm) \quad (3)$$

で定義した。各因子の範囲は通常問題になる部分を含んでいるが、図にない場合例えば 10cm 以下の場合にも簡単な工夫で用いられる。

尙本図は余り正確な値は求め難いので (3) 式の $1/L^3$ の項のみ計算した結果を第3表に示した。例へば $L=30cm$, $W=500gr$ のときは

$$F=1000 \times 500 \div (30)^3 = (5 \times 10^5) \times (0.3704 \times 10^{-4}) \\ = 18.5 \approx 19$$

表中の小数位は適当に定めねばならない。

Table 3. Values of $1/L^3$.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		1000	1250	3704	1563	8000	4360	2915	1953	1372
10	1000	7513	5787	4552	3644	2963	2441	2035	1715	1458
20	1250	1080	9390	8217	7236	6398	5688	5081	4556	4100
30	3704	3357	3052	2782	2545	2332	2143	1974	1822	1686
40	1563	1451	1350	1258	1174	1097	1027	9634	9042	8503
50	8000	7536	7112	6716	6349	6010	5695	5400	5126	4869
60	4630	4405	4196	4000	3815	3642	3478	3324	3181	3044
70	2915	2794	2680	2517	2468	2370	2278	2191	2107	2028
80	1953	1882	1814	1749	1687	1628	1572	1519	1467	1418
90	1372	1327	1284	1243	1204	1166	1130	1096	1062	1031

Fig. 1. Fish condition factor alignment chart. $F = 1000 \frac{W}{L^3}$