魚の生理生態現象に対する群の影響—II

メダカの成長に対する群の影響^{*1}

神田 猛・板沢 靖男

(1978 年 5 月 20 日受理)

Group Effects on Physiological and Ecological Phenomena in Fish—II

Group Effect on the Growth of the Medaka

Takeshi KANDA^{*2} and Yasuo ITAZAWA^{*2}

Effects of density and group size on food intake and growth rate were studied with immature medaka.

Higher density reduced the growth rate in the groups of more than two fish. In the fixed density (300 cm³/1 fish), the growth rate and the feed conversion efficiency increased with increase of group size up to six fish. No relationship was observed between the food intake and the group size.

The results of the present and previous studies imply that the growth rate increased with increase of group size up to six fish, because of increased feed conversion efficiency owing to decreased oxygen consumption per unit weight, although the food intake did not increase.

前報¹⁾では群の構成個体数の増加に伴って単位体重当りの酸素消費量が減少することを、ニジマスとメダカを材料として報告した。酸素消費量に対する影響は摂餌量あるいは餌料転換効率に対する影響を予想させるものであり、ひいては成長に影響を与えることが考えられる。

摂餌量については、小野²⁾および植松・高森³⁾がメダカ、植松⁴⁾がグッピー、大方⁵⁾がウミタナゴを材料として、ある程度の個体数までは個体数の増加に伴って増加すると報告している。成長に対する密度の影響については多くの研究があるが、群の構成個体数のみの影響を調べたものは少ない。植松⁶⁾はグッピーにおいて、単独個体よりも2あるいは4個体の群の方が成長が良くなることを観察し、それは摂餌量の増加と酸素消費量の減少によるものと考察した。餌料転換効率に対する群の影響を論じた報告はないようである。

本研究ではメダカを材料として、まず密度の成長に対する影響を調べて1個体当りの適当な空間の大きさを決定し、その後は1個体当りの空間をその大きさにそろえて個体数の成長に対する影響を観察した。さらにその影響が、摂餌量に対する影響によるものか、あるいは餌料効率に対する影響によるものか、について検討した。

実験方法

供試魚としてはメダカ(ヒメダカ) *Oryzias latipes* を用いた。同一日に産出された卵を約 100 l の水槽で孵化させ、養鯉用クランブル餌料を投与しながら 500 個体以上の群で飼育し、その中から体重のほぼ均一な個体を選んで、1週間以上実験条件に順化した後、実験に供した。供試魚の体重は実験開始時において 5.0~61.0 mg の範囲にあつたが、各実験において比較する群の間には体重差はほとんどなかつた。

実験は 1976 年 7~12 月に 5 回行い、各実験の期間は Exps. 1, 2, 3, 5 では 21 日間、Exp. 4 では 18 日間とした。Exp. 1 では密度の成長に対する影響を調べ、Exps. 2-5 では密度を一定にして群の構成個体数の成長に対する影響を調べた。また Exps. 4, 5 では同時に摂餌量も測定して、摂餌量および餌料効率に対する個体数の影響を検討した。

実験装置としては Fig. 1 に示す水量約 100 l の循環濾過システムを恒温室内に設け、70×92×18 cm のポリ塩化ビニル製水槽中に飼育容器を設置して、容器間に温度差を生じないようにした。Exps. 1-4 では水槽内に設

^{*1} 本研究の一部は文部省の科学研究費補助金(特定研究(1)011313, 代表者 塚原博)によつた。また要旨を日本水産学会(1977年4月)において講演発表した。

^{*2} 九州大学農学部水産学科(Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Kyushu University 46-04, Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka, 812, JAPAN)

Fig. 1. Experimental arrangement.

F: filter, L: light, P: pump, TS: time switch, arrow: water flow.

置した網地 (ニップ 80 目, 網目 0.22 mm) 製バスケット中で供試魚を飼育し, Exp. 5 では餌にイトミミズを用いたためそれが抜けないように, 上記バスケットの代

りにポリエチレン製ボックスを用いた。水面上 40 cm に 20 W 蛍光灯 2 本を設置し, 9~21 時の間照明した。水面における照度は 630~930 lx であったが, 換水時にバスケットあるいはボックスの位置を交替させて条件の均一化を計った。装置全体を収容した小室を暗幕で被つて, 外部からの光の影響をさえぎった。各バスケットあるいはボックスの間に青色不透明プラスチック板を置いて, 群間の視覚的影響を断つた。

給餌は毎日 10~11 時に 1 回行い, 給餌の直前に残餌と糞を約 5 l の水と共に除き, 等量の新しい水を補充した。毎日一定量の餌を投与したが, Exps. 1-3 では配合餌料 (日配養鯉用クランブル 2C) を用い, その量は毎日体重の 25% 以上とし, 摂餌量を測定した Exps. 4, 5 のうち前者では生きたミジンコ *Daphnia pulex*, 後者では生きたイトミミズ (Tubificidae) を用い, その量は毎日体重の 70% 以上とした。ミジンコは土壌分析用ふるい (網目 0.5 mm) を通過し, 網地 (ニップ 60 目, 網目 0.35 mm) に残る大きさのものを, 個体数を数えて与え, イトミミズは濾紙の上に 5 分間放置して水をきり, 湿重量を測定して与え, 翌日の給餌前に同様の方法で残餌量

Table 1. Number of fish in a group in each experiment

Experiment	Water temperature (°C)	No. of fish per basket or box	No. of duplications	Size of basket or box (cm)	Space (cm ³)	Space per fish (cm ³)
1	24.8±0.3	1	4	14×14×3	588	588
		2	2			294
		4	2			142
		6	2			98
		12	1			49
		24	1			25
2	25.4±0.8	1	4	10×10×3	300	300
		2	3	14×14×3	588	294
		4	1	20×20×3	1200	300
		6	2	24×24×3	1728	288
3	24.7±0.4	1	4	10×10×3	300	300
		2	2	14×14×3	588	294
		4	1	14×14×6	1176	294
		4	1	20×20×3	1200	300
		6	1	20×20×6	2400	400
		6	1	24×24×3	1728	288
		12	1	24×24×6	3456	288
4	25.0±0.3	1	4	10×10×3	300	300
		2	3	14×14×3	588	294
		4	2	20×20×3	1200	300
		6	2	24×24×3	1728	288
5	24.6±0.5	1	4	10×10×3	300	300
		2	2	14×14×3	588	294
		4	2	20×20×3	1200	300
		6	1	24×24×3	1728	288
		12	1	24×24×6	3456	288

を測定して、摂餌量を求めた。いずれの場合にも翌日の給餌時までには十分な残餌があつた。

実験開始時およびその後1週間毎に体重を測定し、各群の増重量および増重率を求めた。体重測定日の前日は給餌せず24時間絶食させた。体重測定に当つては、魚を濾紙の間にはさんで30秒間放置して体表面の水を除き、測定容器に入れて直示天秤で0.1 mgまで測定した。各体重測定時に水槽の水の約半量を、24時間以上通気して脱塩素した水と交換した。

各実験における各区間に水温の差はなく、溶存酸素量は約5.7 ml/l (飽和度97%)、同一実験内の標準偏差は0.01~0.02 ml/lで、これも各区間に差がなかった。

密度の影響を調べるExp. 1では、同型同大(14×14×3 cm)のバスケットに1~24の異なる個体数の魚を収容して飼育し、Exps. 2-5では魚1個体当りの空間を一定(約300 cm³)にそろえて飼育した。その場合原則として水深を一定にし、1個体当りの自由表面の面積が一定になるようにしたが、一部の実験では水深を2倍にした区もあった。各実験における水温、群の構成個体数、重複例数、飼育容器の大きさ、空間の大きさ、1個体当りの空間の大きさをTable 1に示す。平均値の差の検定に当つては $p < 0.05$ の場合を有意とした。

結 果

実験に用いたヒメダカは未成熟魚であり、実験期間中の成長速度に雌雄差は認められなかった。

密度が成長に及ぼす影響(Exp. 1) 実験開始時および3週間後の実験終了時の体重をFig. 2に示す。実験開始時の体重は各群間に有意差がないが、3週間後の体重は2個体の群で最大となり、4個体以上の群では密度の増加に伴って減少する傾向を示した。そして、単独個体と12あるいは24個体の群の間には有意な差が認められた。成長の最も良かった2個体の場合にならつて、以下の実験では1個体当りの空間を300 cm³にそろえて、一定密度のもとで個体数の影響を比較検討した。

群の構成個体数が成長に及ぼす影響(Exps. 2-5) 個体数と増重量あるいは増重率の関係は各実験とも同様の傾向を示したが、例としてExp. 3の場合をFig. 3に示す。増重率は単独個体で最も低く、個体数の増加に伴って増加し、6個体ではほぼ一定の値に達した。

群の構成個体数が摂餌量に及ぼす影響(Exps. 4, 5) 魚1個体1日当りの摂餌量は、ミジンコを餌としたExp. 4では、第1週から第3週にかけて時間の経過と共に増加し、第1, 2週の2個体の群を除き個体数の多い群で摂餌量も多くなつた。しかし単位体重当りの摂餌量で見ると、個体数の増加に伴って摂餌量が増加する傾向の見られたのは第1週のみで、第2週と第3週には一定の傾向

Fig. 2. Density effect upon the growth of the medaka in three weeks.

Fig. 3. Group effect upon the growth of the medaka in three weeks.

を示さなかつた。イトミミズを餌としたExp. 5における魚1個体1日当りの摂餌量と群の構成個体数の関係はFig. 4に示すようであつた。第3週は第2週に比べて全般的に摂餌量の低下と各群間の変動が目立つが、第1週と第2週では各群間に差が見られずほぼ一定であつた。また単位体重当りの摂餌量も、第2週の単独個体がわずかに高かつたのを除き、第1, 2週とも群間に差はなくほぼ一定であつた。

Fig. 4. Group effect upon the feed ingestion of the medaka.

—●—: 1st week, —○—: 2nd week,
—□—: 3rd week

群の構成個体数が餌料転換効率に及ぼす影響 (Exps. 4, 5) 餌料転換率は, Exp. 4 では群の構成個体数の増加に伴って増加したが, 各実験例の間の変異が大きく, かつ全般的に 4% 以下の低い値であった。Exp. 5 では Fig. 5 に示すように, 6 個体までは個体数の増加に伴って増加し, それ以上ではほぼ一定のレベルに保たれて, 個体数に対する増重率の関係とはほぼ同様の傾向を示した。また 4 個体以上の群では 10% 以上の餌料転換効率を示した。

考 察

1. 密度を一定にした場合, 6 個体までは群の構成個体数の増加に伴って, 増重量および増重率が増加する群効果が認められた。これは植松⁷⁾の結果と一致する。

2. 摂餌量は Exp. 4 において群の構成個体数の増加に伴って増加したが, 単位体重当りの摂餌量で見ると第 1 週を除いてこの傾向は認められなかった。また Exp. 5 においては, 摂餌量および単位体重当りの摂餌量のいずれにも群効果は認められなかった。これは小野²⁾および植松・高森³⁾のメダカ, あるいは植松^{4, 5)}のグッピーにおける結果と異なっている。

3. Exps. 4, 5 における群の構成個体数と増重率および餌料転換効率の関係は, 個体数の多い群に見られた増

Fig. 5. Group effect upon the feed conversion efficiency of the medaka in three weeks.

重率の上昇が, 摂餌量の増加によるものではなく, 餌料転換効率の向上に依存していることを示している。

餌料転換効率向上の大きな要因の 1 つとして, 前報¹⁾で報告した群における酸素消費量の減少が考えられる。メダカの酸素消費量に対する群効果が 7 個体程度まで顕著であり, また成長に対する群効果は 6 個体程度まで認められて, 両者の限界個体数がほぼ一致することも, この考えを支持するものと思われる。

しかし, 前報の酸素消費量についての実験と本報の成長についての実験では条件が異なっており, また運動量や攻撃行動などの社会的な要因も関連し得るので, これらについても今後検討する必要があると考える。

文 献

- 1) 板沢靖男・松本 勉・神田 猛: 日水誌, **44**, 965-969 (1978).
- 2) 小野嘉明: 動物心理学年報, **2**, 37-44 (1948).
- 3) 植松辰美・高森順子: 日生態会誌, **26**, 135-140 (1976).
- 4) 植松辰美: 日生態会誌, **21**, 48-51 (1971).
- 5) 植松辰美: 日生態会誌, **21**, 54-67 (1971).
- 6) 大方昭弘: 日水誌, **11**, 1101-1108 (1970).
- 7) 植松辰美: 日生態会誌, **21**, 96-103 (1971).