九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

チチブの酸素消費量における負の群効果と個体間距離

神田, 猛
九州大学農学部附属水産実験所

板沢, 靖男
九州大学農学部水産学科

https://doi.org/10.15017/22191

出版情報：九州大學農學部學藝雜誌. 40 (4), pp.191-196, 1986-03. 九州大學農學部
バージョン：
権利関係：

九大農学芸誌 (Sci. Bull. Fac. Agr., Kyushu Univ.)
第40巻 第4号 191-196 (1986)

チチブの酸素消費量における負の群効果と個体間距離*

神田 猛†・板沢靖男
九州大学農学部水産学科
(1985年12月10日受理)

The Role of Distance between Individual Fish in Relation to the Negative Group Effect on Oxygen Consumption in a Goby, *Tridentiger obscurus*

TAKESHI KANDA† and YASUO ITAZAWA
Department of Fisheries, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-04, Hakozaki, Fukuoka 812

緒言

単位体重当たりの酸素消費量が群れでは単独個体より少なく，また多数個体の群れでは少数個体の群れより少なくなる現象は，群効果として本来群れて生活する多くの魚種で知られている (Schuett, 1933; Shlaifer, 1938; Geyer and Mann, 1939; Stefan, 1958; Delco and Beyers, 1963; Ryzhkov, 1970; Parker, 1973; 板沢ら, 1978; Smatresk and Herreid, 1980; 神田・板沢, 1981). 一方幾種かの群れない魚では，同種個体の存在を認めることによって，逆に単位体重当たりの酸素消費量が増加する現象が報告されており，これを‘負の群効果’として先に紹介した (板沢ら, 1978). 負の群効果は，Brett and Sutherland (1965) が *Lepomis gibbosus* で，Wirtz and Davenport (1976) が *Blennius pholis* で，Umezawa *et al.* (1981) がチチブ *Tridentiger obscurus* で，Umezawa *et al.* (1983) が攻撃行動を示すまでに成長したアユ *Plecoglossus altivelis* で報告している．しかし従来の研究例では供試個体と刺激個体（供試個体の鏡像の場合も含む）の間の距離の影響については全く触れていない．同種個体の存在を認めるだけで酸素消費量が増加するのか，あるいは同種個体がある一定の距離以内に接近したときに酸素消費量が増加するのか，という問題を明らかにすることは負の群効果の意義およびその発現機構の解明に重要である．また負の群効果を示す種における養魚など水産学的な応用面でも重要である．

本研究ではチチブを材料として，負の群効果に対する個体間距離の影響について検討した．

材料と方法

福岡市の西部を流れる室見川河口域で採集した全長38～111mm，体重 0.564～14.848g のチチブ56個体を実験に供した．チチブは汽水域で採集したが，実験室では24時間以上通気し，脱塩素した水道水を用いて順化飼育および実験を行なつた．循環濾過装置を備えたプラスティック製の水槽 (44×62×37 cm) に 70 *l* の水を入れ，4～10 個体の魚を収容して順化飼育を行なつた．また隠れ家として塩化ビニール製のパイプ（内径 2.5～4.5 cm，長さ 12～20 cm）を入れた．順化飼育の期間は 2 週間以上とし，飼育水温は 23～25°C であつた．給餌は 1 日 1 回とし，市販の熱帯魚用配合餌料および生きたイトミミズを餌として与えた．ただし実験に供する前日は給餌せず，24 時間以上絶食させた状態で酸素消費量を測定した．

酸素消費量の測定は流水式で行なつた．呼吸室を流れる前後の水中酸素分圧を電極法 (IL-meter model 113) で測定し，その分圧差，呼吸室を流れる単位時間当たりの水量および供試魚の体重から，単位時間・単位体重当たりの酸素消費量を求めた．

* 魚の生理生態現象に対する群の影響—VI (Group Effects on Physiological and Ecological Phenomena in Fish-VI)

† 現在は九州大学農学部附属水産実験所 (Fishery Research Laboratory, Faculty of Agriculture, Kyushu University 46-12, Tsuyazaki, Fukuoka 811-33)

実験装置は循環システムとし，3個の呼吸室と鏡を Fig. 1 に示すように配置した．すなわち，各呼吸室 (R) を恒温水槽 (65×39×15 cm) 内に平行に並べ，それらの間の距離をdとし，左右の呼吸室の外側に距離 d/2 の位置に鏡 (M) を置いた．呼吸室および鏡は水平に置いた金属バー (B) より垂下し，バーを移動させて，それらの位置を変えることができるようにした．呼吸室は透明アクリル製の円筒状のもので，各呼吸室には1個体の供試魚を収容した．呼吸室の大きさは，供試魚の全長が 60 mm 以下の場合は内径 30 mm，長さ 120 mm，供試魚の全長が 60 mm 以上の場合は内径 40 mm，長さ 130 mm とした．これらの呼吸室内の空間の大きさは，供試魚が中で反転するのに十分な大きさであつた．呼吸室および鏡を収容した恒温水槽は外部からの光刺激を除去するために木製の箱 (80×75×60 cm) で覆いをし，覆いの内で呼吸室の上方約 40 cm の位置に 20 W 蛍光燈を1本設置し，点灯した．呼吸室が置かれる位置の照度は 300～350 lux の範囲内にあつた．

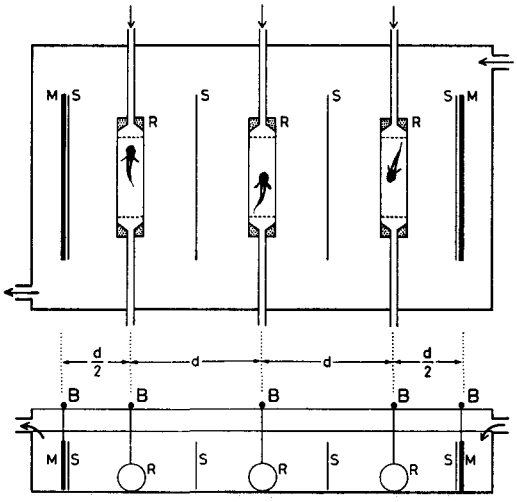

Fig. 1. Experimental arrangement. The respiration chambers (R) and mirrors (M) were hung on movable steel bars (B). When septa (S) were removed fish were made possible to see conspecific fish and/or its mirror image at a distance of d on both sides. Arrows show the direction of water flow.

実験手順は，供試魚を収容した呼吸室および鏡を恒温水槽内に設置し，各呼吸室の間と鏡の前に不透明の仕切り板 (S) を置いて，供試魚から他の呼吸室の魚あるいは供試魚自身の鏡像を見得ない状態にした．この状態を‘単独状態’とし，単独状態で10時間以上放置して落ち着かせた．供試魚の酸素消費量は呼吸室に収容後6～7時間下がり続け，その後ほぼ一定のレベルに保たれることが，予備実験において確かめられた．供試魚を落ち着かせた後，まず単独状態での酸素消費量を3時間内に3～4回繰り返して測定した．次に仕切り板を静かに抜き取り，供試魚から左右両側の距離dの位置に他個体あるいは自身の鏡像を見得る状態にした．呼吸室内における供試魚の位置によつて魚の個体間距離と呼吸室間の距離との間には若干の差があるが，ここでは両者が概ね一致するものと考え，呼吸室間の距離dを個体間距離とみなした．実験1ではdの値を 20, 15, 10, 5 cm の順に3時間間隔で小さくし，実験2では逆にdの値を 5, 10, 15, 20 cm の順に大きくし，それぞれのdの値において 0.5, 1, 2, 3 時間後の4回酸素消費量を測定した．なお，同時に用いる3個体の供試魚には大きさの近いものを選んだ．また実験1については対照区を設け，実験上の操作が供試魚の酸素消費量に与える影響についても検討した．対照区では，3個の呼吸室の中から任意に選んだ1個の呼吸室にのみ魚を収容し，他の2個の呼吸室には魚を収容せず，実験区と同様の操作を行なつた．なお対照区では鏡の代わりにプラスティック板を置いた．

各実験条件における酸素消費量は，単独状態における酸素消費量に比べて何%の増減であつたかという相対値で示した．統計学的な有意差の検定は，単独状態と他の実験条件における酸素消費量を対にした対の t 検定によつて行なつた．

結　　果

1. 個体間距離を順次小さくした場合 (実験 1)

実験1の実験区および対照区の結果を Fig. 2 に示す．

実験区 (Fig. 2 の上段) では39個体の魚を用いたが，そのうち1個体は実験途中より異常な行動を示し，実験終了直後に死亡したので，その個体を除く38個体についての結果を示した．dが 20 cm のときの 0.5 時間後，すなわち単独状態から仕切り板を除いて同種他個体あるいは供試魚自身の鏡像を見得るようにしてから 0.5 時間後に，酸素消費量は 0.1 %以下の危険率で極めて有意な増加を示した．しかしこの増加は一過性のもので，2時間あるいは3時間後には単独状態と比較して有意な差はなくなつた．またdが 15 cm の場合には，いずれの測定時においても単独状態に比べて有意な差は認められなかつた．dが 10 cm 以下

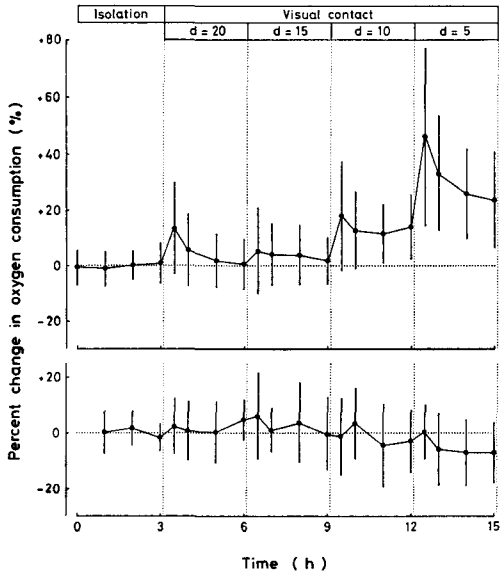

Fig. 2. Percent change in oxygen consumption of the goby in experimental group in 'pseudo-group condition' (upper) and control group in 'solitary condition' (lower) in Exp. 1. 'Pseudo-group condition' means the condition in which the gobies are placed in visual contact with conspecific and/or its mirror image, and 'solitary condition' the condition in which they cannot see conspecific fish and/or its mirror image. Solid circles with vertical bars show the mean values and 2 standard deviations.

になると，酸素消費量は単独状態に比べて 0.1 %以下の危険率で極めて有意な増加を示した．この酸素消費量の増加は持続的で，その程度を各回の測定時の平均値でみると，d が 10 cm のとき単独状態に比べて 11～18 %，d が 5 cm のとき 24～46 %の増加となり，d が 5 cm では 10 cm の時よりもさらに増加の程度が大きくなつた．特に d を 10 cm から 5 cm に小さくした直後に著しい増加が認められた．

対照区（Fig. 2 の下段）では 6 個体の魚を用いたが，呼吸室間の距離あるいは測定時間にかかわりなく，酸素消費量が単独状態の場合に比べて有意に相違する現象は認められなかつた．

実験 1 における体重 2 g 以上の供試魚（雄 19 個体，雌 9 個体）について，負の群効果の程度に雌雄による差があるか否かを調べた結果，d が 5 cm の時の 3 時間後に雄の方が雌よりも負の群効果の程度が大きく，両者の間には 5 %以下の危険率で有意な差が認められたが，その例外を除くと雌雄による差は認められなかつた (Table 1).

供試魚の大きさと負の群効果の程度の関係を見るために，供試魚の全長と負の群効果の程度との間の相関をしらべたが，d が 5 あるいは 10 cm の場合，有意な相関は認められなかつた．

2. 個体間距離を順次大きくした場合（実験 2）

12 個体の供試魚を用いて行なつた実験 2 の結果を Fig. 3 に示す．d が 5 cm あるいは 10 cm の時の酸素消費量は単独状態の場合に比べて 1 %以下の危険率で極めて有意な増加を示したが，d が 15 cm あるいは 20 cm の時の酸素消費量は単独状態の場合と同程度であつた．これは実験 1 で得られた結果と同様であつたが，増加の程度を各回の測定値の平均値でみると，d が 5 cm のとき 16～35 %，d が 10 cm のとき 17～30 %で，実験 1 の場合と異なり，大きな差はなかつた．

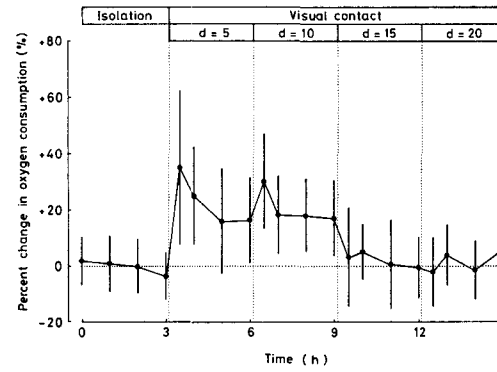

Fig. 3. Percent change in oxygen consumption of the goby in 'pseudo-group condition' in Exp. 2. Symbols are the same as those for Fig. 2.

考　　察

実験には同時に 3 個体の供試魚を用い，それぞれ 1 個体ずつ呼吸室に収容して酸素消費量を測定したが，3 個並列に並べた中央の呼吸室の個体は両側に同種他個体が見えることになり，左右両側の呼吸室の個体は一方には同種他個体が，他方には自身の鏡像が見えることになる．この相違が負の群効果の発現に与える影響を実験 1 の結果について検討したが，いずれの測定時においてもそれぞれの位置の呼吸室における酸素消費量の平均値の間には有意な差が認められなかつた．従つて両側に他個体が見える場合も，一側に他個体，他側に自身の鏡像が見える場合も，供試魚に与える影響には差がないと考えられた．

Table 1. Percent values of oxygen consumption of male and female gobies in 'pseudo-group condition' to the average value in 'solitary condition'.

d (cm)	Time after removal of septa (h)	Oxygen consumption*				Result of t-test
		Male		Female		
		Mean	S D	Mean	S D	
20	0.5	114	22	114	9	n s†
	1	108	15	102	10	n s
	2	102	13	102	8	n s
	3	101	9	99	11	n s
15	0.5	105	14	112	23	n s
	1	106	13	106	10	n s
	2	105	11	106	13	n s
	3	102	8	103	11	n s
10	0.5	119	19	119	32	n s
	1	112	14	111	19	n s
	2	113	10	108	15	n s
	3	115	14	113	9	n s
5	0.5	145	22	158	49	n s
	1	132	16	130	30	n s
	2	126	15	116	15	n s
	3	126	15	111	11	$P<0.05$

* Oxygen consumption is expressed in percentage to the average value in 'solitary condition'.
† no significant difference

本研究の実験条件下において，供試魚から隣の個体あるいは自身の鏡像よりも遠くの個体を見ることは可能であるが，供試魚に対して最も大きな影響を与えるのは最も近くに見える個体であると仮定した．この仮定は，呼吸室内の供試魚が，最も近くに位置する隣の呼吸室の個体あるいは自身の鏡像に向かつてのみ攻撃行動を示すことから妥当であると判断された．

チチブの酸素消費量に負の群効果が見られることはすでに報告されている（Umezawa *et al.*, 1981）が，本研究においては，この負の群効果が視覚をとおして同種個体の存在を認めることにより発現され，その発現には個体間距離が重要な要因となつていることが明らかになつた．すなわち本研究における実験条件下では，個体間距離が 15 cm 以上の場合，同種個体の存在を認めた時点で負の群効果が発現するが，それは一過性のもので持続性がなかつた．しかし個体間距離が 10 cm 以下の場合は，持続性のある負の群効果が発現した。

本研究において実験した最大の個体間距離は 20 cm であつたが，一過性の負の群効果を発現させる最大の個体間距離は 20 cm 以上と考えられ，持続性の負の群効果を発現させる最大の個体間距離は 10 cm から 15 cm の間にあると考えられる．

実験 1 の場合，d が 10 cm のときよりも 5 cm のときの方が負の群効果の程度は大きく，特に d を 10 cm から 5 cm に近づけた直後に急激な上昇が見られた．しかし実験 2 では，d が 5 cm のときも 10 cm のときも負の群効果の程度に大きな差はなかつた．これらのことから持続的な負の群効果を発現する個体間距離を'持続的干渉距離'と呼ぶことにすると，この距離内では単に個体間距離の大きさばかりでなく，個体どうしが近づいたり遠ざかつたりする個体間距離の変動も負の群効果の程度に影響するものと考えられる．

呼吸室内のチチブの体色は，単独状態では暗褐色であるが，d が 10 cm あるいは 5 cm のとき，すなわち負の群効果を発現している状態では，ほとんど黒色に近くなり，胸鰭基部の白色帯が鮮明になる．この体色はチチブが攻撃行動を示すときの体色であり（岸，1978），腹鰭で頭部を持ち上げ，鰓蓋および下顎を膨らませたり，背鰭および臀鰭を広げて体側を誇示したり，さらには口を大きく開けて他個体あるいは自身の鏡像に飛びかかろうとする行動も同時に観察された．

群れない魚種において報告されている負の群効果は，それらの魚が群れの状態に置かれたり，視覚的に同種個体の存在を認めることによつて酸素消費量が増加するものと考えられている．この現象はこれらの魚

種が単独生活をする傾向にあること，あるいは同種個体に対して攻撃行動を示すことによつて発現すると説明されている (Brett and Sutherland, 1965; Wirtz and Davenport, 1976; Umezawa *et al.*, 1981).

本研究の実験条件下で見られた負の群効果は，供試魚の性および大きさには影響されなかつた．また持続的な負の群効果を発現する個体間距離は，想像されるほど大きくはなかつた．このことは野外の生息場所において，チチブが単に自身の視界から同種の個体を追い出すというよりは，視界の中に同種個体がいてもある一定の距離以上離れていれば，互いに許容し得る個体間距離が存在することを示唆している．

要　　約

同種他個体あるいは自身の鏡像を見得る状態と見得ない状態について，チチブの酸素消費量を測定した．また見得る状態については，3時間間隔で供試魚から他個体までの個体間距離を 20, 15, 10 あるいは 5 cm と順次小さくした場合と，逆に個体間距離を 5, 10, 15 あるいは 20 cm と順次大きくした場合について実験し，酸素消費量に対する個体間距離の影響についてしらべた．

供試魚の酸素消費量は，個体間距離が 15 cm 以上のときは単独状態と同程度であつたが，10 cm 以内では単独状態に比べて極めて有意にかつ持続的に増加した．持続的な負の群効果を発現する個体間距離内では，個体同士をさらに接近させると負の群効果の程度が著しく上昇することが観察された．個体間距離が 20 cm でも他個体あるいは自身の鏡像を見得るようにした直後は，単独状態よりも極めて有意に酸素消費量が増加したが，この増加は一過性のもので 2 時間後には単独状態と同程度になつた．

以上のことから負の群効果の発現およびその程度には，個体間距離の大きさが重要な要因であることが明らかになつた．

文　　献

Brett, J.R. and D. B. Sutherland 1965 Respiratory metabolism of pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) in relation to swimming speed. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **22**: 405-409

Delco, E. A. and R. J. Beyers 1963 Reduced metabolic rates in males of two cyprinid fishes. *Copeia*, **1963**: 176-178

Geyer, F. und H. Mann 1939 Beiträge zur Atmung der Fische. III. Der Sauerstoffverbrauch im Gruppenversuch. *Z. vergl. Physiol.*, **27**: 429-433

板沢靖男・松本　勉・神田　猛 1978 魚の生理生態現象に対する群の影響—I　ニジマスおよびメダカの酸素消費量に対する群の影響．日水誌，**44**: 965-969

神田　猛・板沢靖男 1981 ゴンズイの酸素消費量および成長に対する群の影響．日水誌，**47**: 341-345

岸　由二 1978 チチブ，*Tridentiger obscurus* の社会行動．慶応大学日吉論文集，**15**: 127-146

Parker, F. R. 1973 Reduced metabolic rates in fishes as a result of induced schooling. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **102**: 125-131

Ryzhkov, L. P. 1970 The role of certain receptors in the formation of the group effect in the bream (*Abramis brama* (L.)). *J. Ichthyol.*, **10**: 358-363

Schuett, F. 1933 Studies in mass physiology: The effect of numbers upon the oxygen consumption of fish. *Ecology*, **14**: 106-122

Shlaifer, A. 1938 Studies in mass physiology: Effect of numbers upon the oxygen consumption and locomotor activity of *Carassius auratus*. *Physiol. Zoöl.*, **11**: 408-424

Smatresk, N. J. and C. F. Herreid 1980 Group metabolism in swordtails, *Xiphophorus helleri*, under controlled oxygen conditions. *Copeia*, **1980**: 562-564

Stefan, M. 1958 A physiological analysis of the interrelationship between gas exchange and schooling behavior in some marine and freshwater fishes. *Zool. Z.*, **37**: 222-228

Umezawa, S., H. Ueda and H. Shibayama 1981 Group effect on oxygen consumption and some observations on the habit of the goby, *Tridentiger obscurus*. *Ann. Zool. Japon.*, **54**: 93-102

Umezawa, S., S. Adachi and K. Taneda 1983 Group effect on oxygen consumption of ayu (*Plecoglossus altivelis*) in relation to growth stage. *Japan. J. Ichthyol.*, **30**: 261-267

Wirtz, P. and J. Davenport 1976 Increased oxygen consumption in blennies (*Blennius pholis* L.) exposed to their mirror images. *J. Fish Biol.*, **9**: 67-74

Summary

Oxygen consumption of a freshwater goby, *Tridentiger obscurus*, is known to be higher in grouped fish than in isolated ones (negative group effect), although it is lower in grouped fish than in isolated ones (group effect) in many fishes. The oxygen consumption of the goby was measured with various distances between individual fish in order to examine whether the distance affects the oxygen consumption of the goby or not. When the goby was made possible to see conspecific fish and/or its mirror image at a distance of 5 or 10 cm, the oxygen consumption showed a sustained enhancement compared with the cases of no conspecific fish or of a distance of 15 or 20cm. This implies that the negative group effect on oxygen consumption is an important factor for the species specific distribution of individual fish in its habitat.