

海産魚類の鰓弁片密度に関する知見*

小林 博・市川 和博

Number of Gill Lamellae of Japanese Marine Fish

By

Hiroshi KOBAYASHI and Kazuhiro ICHIKAWA

Seventeen species of fish were investigated. High density of gill lamellae and high rate of oxygen consumption were found in species of active habit and the reverse in species of sluggish habit.

In each species the density of lamellae was the same on all parts of all the gill arches. The density was not distinguished by different size of the same species.

魚類の鰓は水中酸素の摂取という、きわめて困難な仕事を効率よく行なうために、種々の形態上の特徴をもっている。とくにガス交換の行なわれる鰓面積を拡大するために、鰓弁 (gill filament) の両側に鰓弁片 (gill lamellae) ** と呼ばれる皮褶状の小突起が多数並んでいる (Fig. 1)。呼吸水は相隣り合う鰓弁上のこれら鰓弁片によって形成される格子状閉鎖膜を通過するので、格子の目の大きさの指標としてこの鰓弁片の数は呼吸水からの酸素摂取と密接な関係にある (HUGHES, 1962)。また呼吸水中に砂泥粒のような懸濁物質が存在する時には、魚類の酸素消費量はこの影響を受け、その影響濁度の魚種による相違が鰓弁片密度と関係していることが推察された (小林・中西, 未発表)。このような観点から鰓弁片密度は魚類の呼吸を論ずる時に酸素摂取能力に対して基礎的意義をもつと考えられる。

鰓弁片の数については、従来その研究の多くは鰓の呼吸表面積の測定に関連して行なわれた。たとえば GRAY (1954) は魚種間で鰓表面積を比較し、生態との関係を明らかにするために大西洋産の海産魚について鰓弁片数を測定している。PRICE (1931) は魚の成長と鰓表面との関係を *Micropterus* (スズキ目の魚) について研究した際に、また HUGHES (1966) も数種の魚の鰓におけるガス交換の効率を研究した際に、それぞれ鰓弁片数を測定している。最近、鈴木 (1969) は日本産淡水魚32種について鰓の構造と機能に関する一連の定量解剖学的研究を行ない、その中で魚の活動力と鰓弁片密度との関係をのべている。しかし本邦の

* 水産大学校研究業績 第610号, 1970年10月26日受理。
Contribution from the Shimonoseki University of Fisheries, No. 610.
Received Oct. 26, 1970.

** 欧語では Respiratorische Kiemenfältchen, Secondary lamellae, 邦語では呼吸細褶壁, 鰓細葉, 鰓薄板とも呼ばれているが, 本稿では鈴木 (1969) による鰓弁片が最も適当であると考え, これに従った。

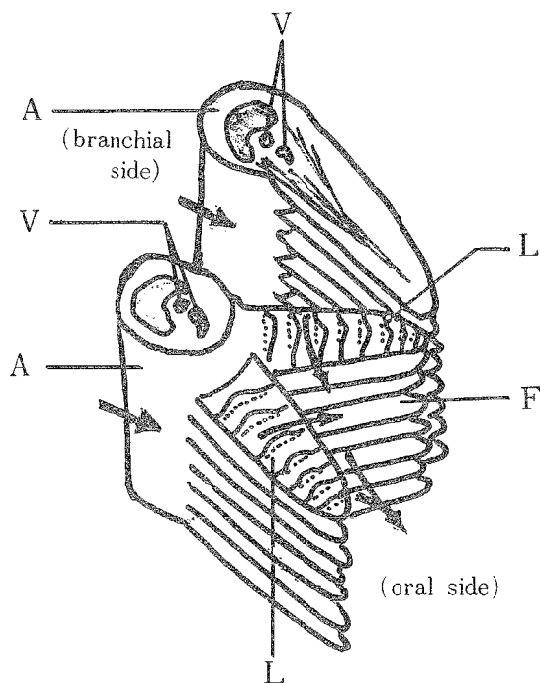


Fig. 1. Diagram of part of a teleost gill to show the gill lamellae. Arrows indicate water current. L., gill lamellae; F, gill filament; A, gill arch; V, afferent or efferent gill vessels.

海産魚類については、まだこのような研究が見当たらないので、筆者らは魚種による鰓弁片密度の相違を明らかにし、また濁りなど水中懸濁物質の影響を受け易い魚種を予察する目的で本実験を行なった。

材料および方法

供試魚は17種34個体で、各魚種の実験個体数、それらの体長および体重はTable 3を参照された。これらの試験魚は主として下関市唐戸魚市場に水揚げされたものである。

鰓弁片の観察および測定は新鮮な標本について行なわれた。左側の鰓の第1から第4までの鰓弓ごとに、鰓葉の各部（両端部分と中央部分2カ所、計4カ所）から数本の鰓弁を切り出した。これをそれぞれ少量の生理的塩類溶液と共にスライドガラス上に載せて検鏡し、オキュラーマイクロメーターにより各鰓弁の単位の長さ当りの鰓弁片数をかぞえ、これを1mm当りの数値に換算して、鰓弁片密度とした。測定は1カ所で5回以上行ない、その平均値を算出した。なお鰓弁片の観察が困難な時には、これを5%のエオジン溶液で薄く染色して検鏡した。

結果および考察

同一魚種における魚体の大きさによる鰓弁片密度の相違を知るために、体長の異なる魚についての鰓弁片密度測定の数例をTable 1に示した。これらの値はそれぞれ第1鰓弓から第4鰓弓までのそれぞれについて、さらに各鰓弓ごとに鰓葉の4つの部位の鰓弁について測定されたものの全平均値である。この表によると同一魚種でも、体長の小さいものは平均値において鰓弁片密度がやや大きくなる傾向を示すが、いずれも測定値の誤差の範囲を出ないよう、魚体の大きさによる鰓弁片密度の差異は、本実験で調査された魚種に関する限りでは考慮する必要がないと思われる。

つぎに同一個体における鰓葉の各部位による鰓弁片密度の相違を調べ、その測定の一部をTable 2に示した。同表には各部位ごとの鰓弁長も示してある。この結果は一般に鰓葉の中央部分における鰓弁片密度が、平均値においては小さくなる傾向を示しているが、測定値の標準偏差を考えると有意の差異とは認め難い。すなわち鰓葉の中央部分では鰓弁長は大きくなるが、密度の相違はないものと考えて差しつかえないだろう。

以上の結果に基づいて、各魚種間の鰓弁片密度の比較をすべての個体の各鰓葉、各部位について求めた全測定値の平均値および標準偏差から行ない、Table 3にこれらの結果を示し、鰓弁片密度の大きい魚種から順に並べた。各魚種の鰓弁片密度とその魚の活動性を比較検討するために、これらの魚種の酸素消費量を既報の論文から引用し、Table 3に合わせて示した。この引用に際しては本実験に用いた魚体と同じ位の魚体重で、水温20℃前後の測定値のものを一応基準として選んだ。また同じ魚種についての測定値のない

ものは近縁種を用いた。

Table 1. Number of gill lamellae per mm of gill filament in fish of different sizes.

Species name	Body length(cm)	Lamellae of per mm of filament
マ サ バ <i>Scomber scombrus</i>	34 24	36.5 ± 1.5 37.0 ± 1.5
タ チ ウ オ <i>Trichiurus lepturus</i>	83 75	30.3 ± 1.4 31.6 ± 2.8
マ ア ナ ゴ <i>Astroconger myriaster</i>	89 52	22.1 ± 1.4 22.8 ± 1.1
イ ズ カ サ ゴ <i>Scorpaena izuensis</i>	35 17	18.4 ± 1.2 19.9 ± 1.6

Table 2. Number of gill lamellae per mm of gill filament in different regions of the same gill arch. Number in parenthesis represents length in mm of gill filament.

Species name	Regions of gill used in measurement of lamellae*			
	Lamellae of per mm of filament			
	I	II	III	IV
マ ア ジ <i>Trachurus japonicus</i>	42.5 ± 4.1 (49±5)	40.8 ± 3.5 (85±10)	41.3 ± 4.6 (60±8)	41.0 ± 3.9 (43±11)
マ サ バ <i>Scomber scombrus</i>	36.8 ± 1.2 (50±15)	35.7 ± 1.7 (128±37)	37.7 ± 0.9 (72±10)	36.0 ± 1.3 (55±10)
キ ダ イ <i>Taius tumifrons</i>	28.7 ± 1.2 (36±9)	27.9 ± 1.2 (55±8)	28.3 ± 1.0 (39±4)	28.9 ± 1.5 (41±9)
ク ロ ダ イ <i>Mylio macrocephalus</i>	28.5 ± 1.4 (56±3)	26.6 ± 1.0 (99±16)	28.2 ± 1.2 (76±18)	28.2 ± 1.0 (64±8)
マ ア ナ ゴ <i>Astroconger myriaster</i>	23.0 ± 1.2 (47±8)	21.5 ± 1.2 (58±12)	21.8 ± 1.1 (46±13)	23.0 ± 0.8 (44±6)

* The gill arch was divided into quarter to give the following four regions: I, end region of ventral side; II, region between I and center; III, region between IV and center; IV, end region of dorsal side.

Table 3 の結果から鰓弁片密度と酸素消費量はほぼ正の相関関係にあることがわかる。マサバの酸素消費量は極端に大きいですが、これは活動時の値であるから平常時の酸素消費量はこの半分位の値とみることができるから、上記の関係には差しつかえないと思う。サワラとタチウオについては酸素消費量の資料を見出すことができなかったが、サワラは中層の遊泳魚として知られ、またその体型から考えて活動性の大きい魚とすることができる。またタチウオは体長25cmまではプランクトンフィーダーで、それ以上になると遊泳性の強い魚(マイワシなど)を捕食していることから、底生魚よりもむしろ遊泳魚として考えることができるという報告(三栖, 1964)からみて、やはり活動力の大きい魚であると推察できる。従って Table 3 に示した上位6種の魚種はいずれも遊泳力が大きく、酸素消費量が約200 ml/hr·kg 以上で活動性の大きい魚類とみることができる。これに反して酸素消費量が約100 ml/hr·kg 以下のアナゴ、カサゴおよびフグなどの底生魚は一応活動性の小さい魚類とみることができ、それらの魚類では明らかに鰓弁片密度が小さい。またこれら中間に位置する魚種は中等度の活動性をもつことが一般に理解される。以上のように海産魚類の鰓弁片

Table 3. Summary of data on number of gill lamellae per mm and on oxygen consumption of certain Japanese marine fish.

Species name	No. of determinations	Range of body-length (cm)	Range of body-weight (gr)	Lamellae per mm of filament	Oxygen consumption rate (ml/hr·kg) (Temp., °C; Bodyweight, gr)	References *
マアジ	3	20	130	41.4±4.0	444 (21.5; 137)	高橋 '43
マサバ	4	24~34	185~640	36.5±1.4	726 (20 ; 138)	PROSSER '50 (活動時)
サワラ	1	34.3	260	32.4±2.1		
タチウオ	3	75~85	340~370	32.1±2.5		
コノシロ	2	21~22	130~145	31.4±1.8	353 (20.0; 33)	高橋 '43
ブリ(ハマチ)	2	35~36	750~800	31.0±1.4	236 (15.4; 735)	長崎水試 '66
キダイ	2	15~17	130~140	28.4±1.3	250~480 (24~26; 160~230)	磯野・中村 '29
クロダイ	2	18~22	280~340	27.9±1.3	183~233 (22.5; 118~124)	田村 '40
スズキ	1	26	240	25.7±1.7	117 (22.5; 62)	山口小試 '66
カワハギ	1	14.5	110	24.8±0.4	123 (15 ; 720)	長崎水試 '66
アカハゼ	2	11.7~12	30~35	24.2±1.3	169~197 (21.6; 227~308)	磯野・中村 '29
イシダイ	1	18.5	170	22.6±1.0	60~100 (11.6; 174~415)	高橋 '43
マアナゴ	3	15~80	190~300	22.3±1.2	142 (20.8; 153)	田村 '40
イソカサゴ	1	—	—	21.1±1.3	129~198 (21~23; 3.0~6.8)	田村 '40
イズカサゴ	3	17~35	135~980	18.8±1.6	91~116 (25~26; 12.0)	高橋 '43
ナシフグ	2	14~30	110~550	16.4±2.3	156 (20.7; 942)	高橋 '43
トラフグ	1	25	—	16.4±1.5	137 (19.1; 164)	高橋 '43
					90 (28 ; 100~200)	武居・小林 (未発表)
					29~34 (13. ; 98~1465)	GELINO '57
					62 (20. ; —)	...Scorpaena porcus
					50~140 (13~25; 1310~2400)	HALL '31
						...Sphaeroides maculatus
						長崎水試 '66

*これらの文献は諸岡 '66, 尾崎 '70, 板沢 '70の著書より引用された。

密度は魚種により異なり、遊泳力や成群性が強く、活動力の大きい魚種ほど高いといえる。海洋は一般に溶存酸素量が安定しているにもかかわらず、このように魚種により鰓弁片密度が相違していることは、魚自身の活動性による酸素要求度の差異に基づく習性に帰せられるであろう。

GRAY (1954) は鰓表面積が魚類の活動性と関係していることをのべたが、鰓弁片密度もまた同様な関係にあるということが出来る。従って複雑な鰓表面積の測定をしなくても、鰓弁片密度の測定のみで魚の活動性を論ずることが出来るかも知れない。PRICE (1931) は *Micropterus* で成長に伴う鰓表面積の増大について詳細な研究を行ない、成長に比例して鰓弁長が増大し、鰓弁片間隙が大きくなる（密度は小さくなる）ことを報告している。ところで筆者らの観察でもそのような傾向がみられたが、実験個体数の少ないためか、明瞭な密度の減少は見出されなかった。鈴木 (1969) は淡水魚 25 種の鰓弁片間の距離を測定し、活動性の高いアユとオイカワなどはこの距離が小さくなることをみており、また 3 個体以上測定した 3 種類（ゲンゴロウブナ、ニゴロブナ、ギンブナ）については、魚体の体重の増加に伴う鰓弁片間の距離の減少は著しくなかったとのべている。これらの結果は筆者らの結果と一致する。一方、本実験では測定しなかったが、淡水魚種の間では鰓弁片の長さが酸素要求度と関連があることを同氏は指摘している。これは今後の研究において調べる必要があると思う。

筆者の一人小林は泥懸濁海水中で、ブリ（ハマチ）とマダイの酸素消費量が増加することをみた（小林・中西，未発表）。マダイでは濁度 90 ppm からその増加がみられるのに反して、ブリでは 10~20 ppm ですでにその増加がみられた。この実験魚の鰓組織の固定染色標本から、鰓弁片間の距離は前者が $45 \pm 5 \mu$ 、後者が $21 \pm 5 \mu$ と測定された。この場合、洗滌運動の観察結果などと共に、濁りの影響は鰓弁片間の距離と関係していることを推定した。泥粒子の大きさにもよるであろうが、このように魚類の呼吸に影響する懸濁質の濁度が鰓弁片密度によると考えるならば、Table 3 に掲げた魚種のうち上位のものほど下位のものより、その影響を受け易いと推察される。

なお、本実験では水産有用魚種を対象にして実験材料を選んだが、魚類の中には呼吸型式の特異なものがあるので、これらの鰓弁片密度がどのようなものであるかは今後調べたいと思っている。

摘 要

海産魚類 17 種について鰓弁 1mm 当りの鰓弁片の数（鰓弁片密度と呼称）を測定した。鰓弁片密度は同一魚種では、魚体の大きさ、鰓葉の部位によって相違が認められなかった。魚種による鰓弁片密度の差異を魚類の酸素消費量との関連において考察した（Table 3）。その結果、群集性や遊泳力が強く活動性の大きい魚種は鰓弁片密度が大きく、運動の緩慢な底生魚類は小さい値であった。泥懸濁海水中での呼吸と鰓弁片密度との関係が考察された。

文 献

- GRAY, I.E., 1954: Comparative study of the gill area of marine fishes. *Biol. Bull.*, **107**, 219-225.
 HUGHES, G.M., 1962: How a fish extracts oxygen from water. *New Scientist*, **11**, 346-348.
 _____, 1966: The dimensions of fish gills in relation to their function. *J. Exp. Biol.*, **45**, 177-195.
 板沢靖男, 1970: 呼吸. 川本信之編, 魚類の生理, 第3章, 恒星社厚生閣 (東京).
 小林 博・中西 孝: 海産魚類の酸素消費量におよぼす海水濁度の影響. (未発表)
 三栖 寛, 1964: 東シナ海・黄海産タチウオの漁業生物学的研究. 西海水研研報, (32), 1-57.
 諸岡 等, 1966: 活魚輸送. 水産研究叢書, **14**, 日本水産資源保護協会 (東京).