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

魚群に対する気泡カーテンの遮断効果

井上, 進
九州大学応用力学研究所 : 助手

https://doi.org/10.15017/4743541

出版情報：應用力學研究所所報. 44, pp.23-28, 1976-01. 九州大学応用力学研究所
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

寄　書

魚群に対する気泡カーテンの遮断効果

井　上　　進*

概　要

水底に横たえられたパイプに多数の小孔をあけて，空気を噴出する．このようにして作られる気泡のカーテンが魚の群の運動に対して遮断効果を持つか否かをテストした．中間報告として次のことが述べられている．（1）気泡カーテンが粗い場合には，まともに通り抜ける魚が現われる．（2）カーテンが密で，気泡の運動に伴う上昇流の結果生じる表面流が強い場合には，この表面流に逆って閉じ込め区域から逃れ出る魚が現われる．

1. まえがき

水底に横たえられたパイプにあけられた多くの小孔から噴出する空気によって作られる気泡カーテンの消波作用は，いわゆる空気防波堤として，わが国では栗原道徳教授によって詳細に研究された.[1] その際，気泡カーテンが魚群の運動に対して遮断効果をもつのではないかという話題がときおり議論された．もしそれが証明されるならば，気泡カーテンは魚網の代用として広い用途をもち得るであろう．しかし残念ながら，この問題が研究課題として採用される機会は甚だ稀であったようである．少なくとも筆者の知り得た範囲では，僅かに江波澄雄助教授の論文[2] と，匿名筆者による実用例の報告[3] とに止まる．

前者は平面または円筒状の気泡カーテンを，一定速度で移動させた場合と静止させた場合とについて，気泡カーテンに対する単体の魚の反応を詳しく観察したもので，魚類生理学の研究として非常に興味深いものである．しかし，気泡カーテンに対する学習効果（慣れ）の影響を排除するために，実験時間は短く制限され，いわば突然気泡カーテンに接触した魚の示す反応が研究の対象とされている．このことと，群ではなく個体の魚が供試材料とされたこと，これら2つの条件のため，同氏の実験から直ちに魚網の代用としての実用価値について結論をひき出すことは，必ずしも容易でないように思われる．

一方後者は，海上のニシン漁で曳網の代用として気泡カーテンを使用した実例の報告で，ある程度成果のあがったことは推測されるけれども，野外テストによる止むを得ない制約の故に，種々のデータが明示されていないので，成果を数量的に表現することは不可能である．

以下に報告しようとするのは，筆者が行なった予備実験の結果である．決定的な結果を得るに至らないにも拘らず，中間報告として公けにするのは，この問題に関心を持たれる諸賢の御示教を希望する故に他ならない．テストは次の特徴または制限を持っている．（1）問題を養殖漁業の分野における効果の判定に限って，固定された気泡カーテンによる遮断効果だけを取りあげること．具体的にいうと，

*九州大学助手，応用力学研究所（岡部淳一紹介）

曳網の代用としての集魚効果はテストの対象とはせず，気泡カーテンが養殖用固定網の代用として，魚を外に逃さない効果をもつか否かだけを判定する．（2）魚の運動は，それが単独で置かれた場合と群を作った場合とで若干異なるものと想像されるので，実用的な立場から，群の反応をテストの対象とする．（3）実際的な遮断効果を判定するには，気泡カーテンに対する魚の反応について，学習効果の影響が決定要素の1つとなることは予想できる．言いかえると，魚がカーテンを警戒してそれに近寄るまいとする傾向が，カーテンに接触している時間の長びくにつれて，漸次慣れによる減少を示すか否かという問題を解決せねばならない．そのため，テストは相当時間連続して行なうものとする．

この予備実験に対して，九州大学応用力学研究所岡部淳一教授，同じく農学部附属津屋崎水産実験所長米康夫教授ならびに教職員各位から懇篤な御指導と御援助とを忝くした．また当研究所星野スマ子事務官からは原稿作製に当って御協力を得た．ここに記して厚く謝意を表する．

2. 実験の装置と方法

実験装置の概要を説明すると次のようである．水産実験所の構内に設けられた長方形の水槽に水をた

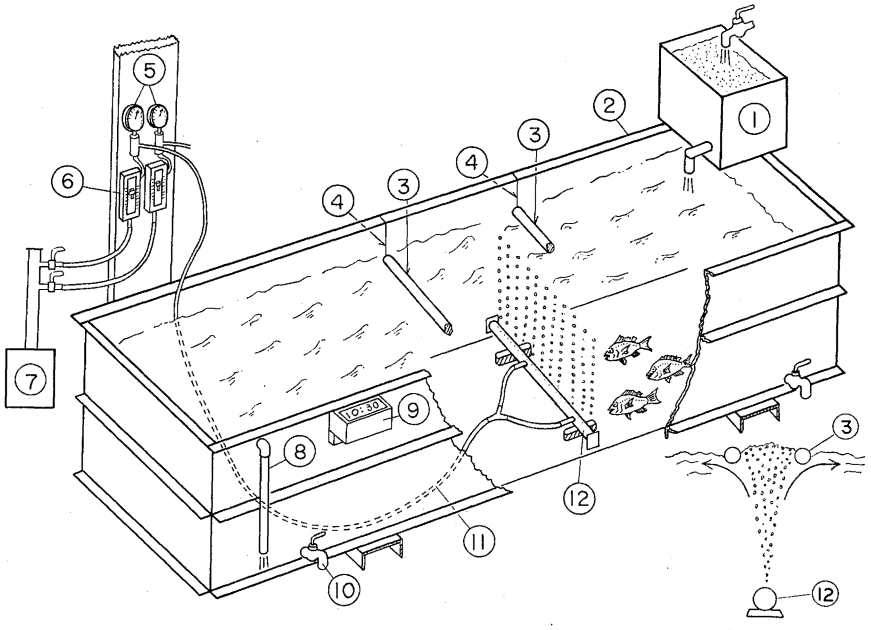

図 1　実　　験　　装　　置

右下に気泡カーテンによって誘起される上昇流と表面流のスケッチを示す．①濾過槽（濾過剤は発泡合成ゴムと砂），②水槽（1 m×4 m×0.7 m，塩化ビニール，板厚10 mm），③泡消しパイプ（透明アクリル樹脂，外径25 mm），④ワイヤー（泡消しパイプ固定用），⑤空気圧力計（2台，測定範囲0～1 kg/cm²），⑥空気流量計（2台，測定範囲 1/min 15～150および25～250），⑦ロータリー・ブロワー（容量0.9 m³/min，圧力0.4 kg/cm²，電動機1.5 kW），⑧オーバーフロー・パイプ(塩化ビニール，内径35 mm)，⑨ディジタル電気時計，⑩ドレイン・コック（砲金，内径50 mm，2個），⑪通気パイプ（ビニール，外径11 mm，内径8 mm），⑫多孔管（図2参照）．

めて，水深を約 60 cm とする．水を常に新鮮に保つために，新しい水がたえず濾過槽を経て水槽に供給され，余分の水はオーバーフロー・パイプから流出する．水槽を横断してその中央の水底にパイプ（多孔管）を横たえる．送風機から送られた空気がパイプに導かれ，それにあけられた多くの孔から気泡となって水中に噴出され，恰かもカーテンのような状況を呈する．実験装置の全体を図1に示す．

多孔管の詳細は図2に示されている．(A) と (B) とは気泡の噴出孔をパイプの最高点を連ねる稜線上に1列あけたもの，(C) と (D) とは稜線とその両わきの線2本の上に合計3列あけたもの，(E) は熱帯魚エアレーション用の焼きストーンを稜線上に多数並べたものである．また気泡カーテンの厚さを増すために (C) または (D) を2列（または (C) (D) を並列に）並べることも試みた．気泡の出かたを一様にするために，それらはおのおの独立に操作され，従って送風機から多孔管への導管上に取り付けられた圧力計および流量計はそれぞれ2個装備されている．

このようにして作られた気泡カーテンの遮断効果を見るには，カーテンで2等分された水槽の一方（Iと略称する*）に適当な数の魚群を入れ，魚が時間の経過と共にもう一方の区分（IIと略称）の中に進入してゆくかどうかを観察すればよい．ただし，気泡の効果だけを取り出すためには，魚群の運動

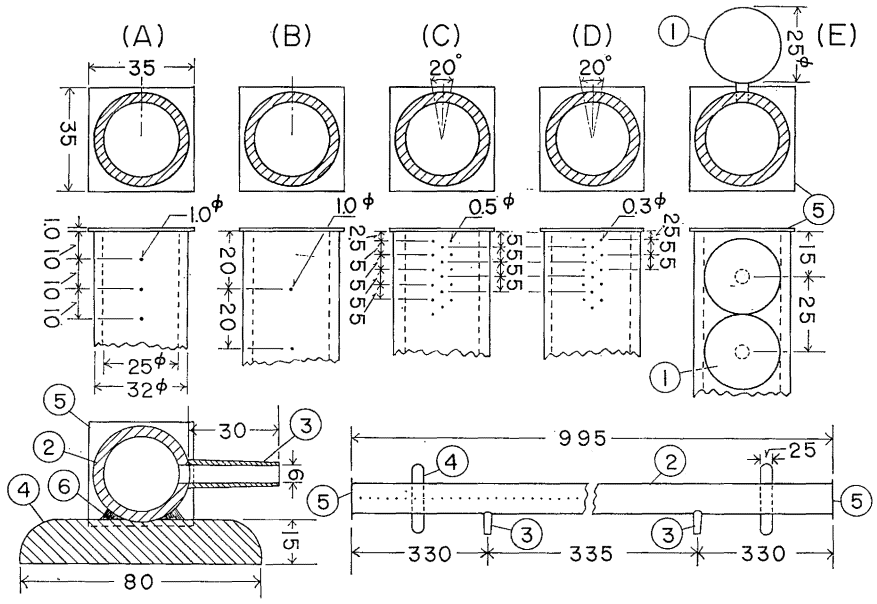

図 2　多　　孔　　管

(A)から(E)までは今回使用された5種の多孔管，上は側面図，下は平面図．左下は錘による多孔管の固定法．右下は多孔管全体の平面図．①気泡発生機（熱帯魚エアレーション用焼ストーン，39個，直径約 25 mm），②多孔管（塩化ビニール），③空気取入れ口（真鍮，内径 6 mm），④固定用錘（鉛），⑤めくら板（塩化ビニール，板厚 1 mm），⑥接着剤（エポキシ系樹脂）．

*区画Iは図3で 1 2 3 4 の含まれる部分，同じくIIは 5 6 7 8 の存在する部分．

に対して影響を与えそうな他の要素をできるだけ取り除くことが必要である．そこで次の配慮を払った．（1）餌がⅠまたはⅡに集中して残留し，それによって魚群の運動が影響を受けるのを防ぐために，実験中餌は一切与えない．（2）ⅠとⅡとの対応する位置で水温に著しい差を生じないようにする．（3）同じく，明るさに著しい差を生じないようにする．（2），（3）を達成するには，水槽の一部に実験中直射日光が当らないようにすることは最低の条件であった．

水温については，水槽中の水が絶えず入れ替っていることから，ⅠとⅡの間で目立った差の生じないことはほぼ自明であるが，図3に記入された8点，[1]から[8]，で実測した結果，水温は実際上同一であることが確認された．また照度についても，写真撮影用露出計を用いて上と同じ位置で測定を実施した．表1にそのうちの2例を示す．

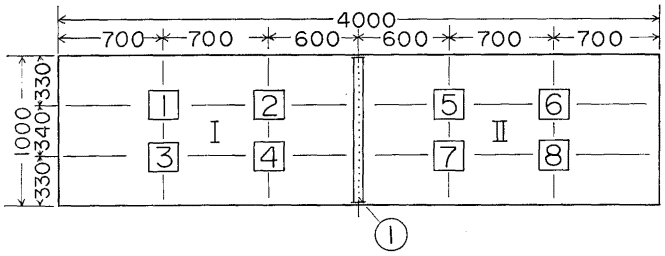

図 3　照　度　の　測　定　点
① 多 孔 管．

表 1　照 度 の 測 定（単位はルックス）*

実験番号＼測定位置	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
1**	6.9×10^2	8.6×10^2	6.9×10^2	8.6×10^2	8.6×10^2	8.6×10^2	8.6×10^2	8.6×10^2
2**	4.3×10^3	4.3×10^3	5.2×10^3	5.2×10^3	5.4×10^3	5.4×10^3	4.5×10^3	4.5×10^3

*　測定は水面上5 cm の位置で行なった．
**　実験番号1は曇天の例，同じく2は晴天の例．

実験は昭和50年7月末から9月初めに至る期間に実施された．供試材料はマダイ（若魚期）とブリ（モジャコ期）とで，これらは養殖漁業の対象としてひろく使用されているものである．また多孔管から噴出された気泡によって，水中に上昇流が作られ，水表面に到達すると少しもりあがり，左右に別れて表面流となる．この模様は図1の右すみに描かれている．気泡は水表面で大部分破裂するけれども，若干はそのまま表面流に乗って流れ出て観察の邪魔になるので，透明アクリル樹脂のパイプを2本水表面に取り付け，これによって水表面に流れ出た気泡を強制的に壊すようにした．多孔管からどの程度の気泡（気泡の大きさと数）を噴出させるのが適当かという問題については，今の処よるべき資料がな

い．今回行なったテストは単なる試みにすぎない．

水槽の内面は魚体の色とのコントラストを強くするために，黒ペンキを塗った．

3. 実験の結果

実施したテストの条件をまとめて表2に掲げる．多孔管（A）から（E）までの詳細については図2を参照されたい．これらのテストの結果，筆者の得た知見および感想を下に記す．前に述べたように，このテストは不完全かつ不充分で，断定的な結論を得るに至らなかったことは残念である．諸賢の御示教を得て，後日さらに精密なテストを繰り返す機会を持ちたいと思っている．

（1） 多孔管から気泡を発生しながら，魚群をIの区域に入れると，魚はしばらくその附近に留まり，気泡カーテンに近づいたり，ましてそれを通り抜けてIIの区域に進入したりなどはしない．この状態は空気の噴出量や気泡の大きさなどに関係なく，常に約20分間継続した．これは魚が新しい環境に馴れるための期間と考えられる．

（2） この期間が過ぎると魚の行動範囲が拡大する．初めはなお警戒を続けているけれども，いわゆる学習効果が徐々に現われてきて，気泡カーテンに接近し初める．そのうち空気量が少ないとき，言い

表2　実　験　の　条　件

実験番号	実験日時*	水温 (°C)	水深 (cm)	空気噴出量 (l/min)	空気圧力 (kg/cm²)	魚種と数 (匹)	平均体長 (cm)**	多孔管の組合せ***	実験中の換水量 (l/min)	気泡の平均直径**** (mm)
1	7/24(前)	28.0	60	31	0.18	マダイ30	5.5	D	7.6	3
2	7/24(前)	28.0	60	50	0.17	マダイ30	5.5	D	7.6	3
3	7/24(前)	28.0	60	95	0.15	マダイ30	5.5	D×2	7.6	3
4	7/29(後)	28.0	60	124	0.29	マダイ22	5.5	D×2	7.6	5
5	8/7 (前)	26.5	60	105	0.29	マダイ30	6.0	C	9.3	5
6	8/7 (後)	26.5	60	195	0.26	マダイ30	6.0	C×2	9.3	5
7	8/8 (前)	26.5	60	105	0.29	マダイ30	6.0	E	9.3	9
8	8/8 (後)	26.5	60	55	0.15	マダイ30	6.0	E	9.3	9
9	8/28(前)	26.5	61	75	0.13	マダイ20	7.3	A	12.8	9
10	8/28(後)	26.5	61	86	0.15	マダイ20	7.3	A	12.8	9
11	8/28(後)	26.5	61	186	0.15	マダイ20	7.3	A	12.8	9
12	8/29(前)	26.5	61	72	0.12	マダイ20	7.3	B	12.8	11
13	8/29(後)	27.0	61	175	0.18	マダイ20	7.3	B	12.8	13
14	9/2 (前)	28.5	61	195	0.20(C) 0.24(D)	ブリ10	11.0	C+D	12.8	3

* 例えば，7月24日午前を7/24(前)と略記．

** 実験番号1～8では5匹を抽出して測定，9～14では全部を測定．

*** D×2は図2の(D)型多孔管2個を並列にならべた事，またC+Dは同じく(C)型と(D)型とを並列した事を示す．

**** 水面に浮んだ気泡を物差で測定した．一応の目安と考えられたい．

かえると，カーテンの気泡が稠密でないときには，カーテンをまともに通り抜けて禁止区域に進入する魚がときどき出現する．

（3） それに反して，噴出空気量が多く，従ってカーテンの気泡が稠密な場合には，魚がカーテンを直接通り抜けることは困難である．気泡カーテンが遮断効果を保有するのにどの程度の稠密さが必要かという問題は，魚の大きさ，種類，とくにその運動性能によって決まるように思われる．筆者のテストでは，マダイ（若魚期）に対して相当有効な気泡カーテンが，ブリ（モジャコ期）に対しては全然遮断効果をもたぬことが認められた．

（4） しかしながら，空気量を増すと今度は新しい現象が起こる．図1のスケッチに示した表面流は上昇流と共に強くなり，区域Iでたまたま水表面に浮上した魚が，ときにこの表面流を感知すると，それに逆らって運動し，気泡カーテンの中心線上に到達し，さらにそれにおし流されて禁止区域IIに進入することがある．

（5） 興味深いのは，このようにしてIIに進入した魚は，そこに留まることなく，必ず（少なくとも今回のテストでは，例外なしに），再び表面流をさかのぼって逆行し，もとのIに帰るということである．（4）と（5）とは流水の上流に頭を向けようとする魚の習性に基づくものと思われる．[4)]

（6） 筆者は当初，ある程度以上稠密な気泡カーテンを作れば，魚の運動を遮断することができるであろうと漠然と予想していた．このことは必ずしも誤りでなかったが，今回のテストによって，あらためて，上昇流の副産物として生じる表面流が遮断効果を減殺する傾向を持ち得ることを知ったので，気泡カーテンによる魚の遮断効果の判定はさらに慎重な検討を要するものと考える．

参 考 文 献

1) 応用力学研究所水文学研究委員会：空気防波堤の研究について，九州大学応用力学研究所所報，第5号（1954）17．同じ表題で第7報まで上記所報に掲載されている．
2) 江波澄雄：気泡網に関する研究—I，鹿児島大学水産学部紀要，8（1960）140．同じく II，日本水産学会誌，**26** 第3号（1960）269.
3) Anonymous: *Driving Herring Schools with Compressed Air Curtain,* (North Atlantic Herring Research), Commercial Fisheries Review, **19** No. 12 (1957) 28, および **20** No. 1 (1958) 40.
4) 内橋潔：魚の游泳定位について，日本水産学会誌，**26** 第3号（1960）273.

（昭和50年10月30日 受理）