

絶食条件がシマアジの群行動に及ぼす影響

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2025-04-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 小金, 隆之, 塩澤, 聡, 塚本, 勝巳, 水田, 洋之介 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014408

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



絶食条件がシマアジの群行動に及ぼす影響

小金隆之*¹・塩澤 聡*¹・塚本勝巳*²・水田洋之介*¹

The Influence of Hunger on Schooling Pattern, Vertical Distribution and Feeding Behaviour of Striped Jack *Pseudocaranx dentex*

Takayuki KOGANE, Satoshi SHIOZAWA, Katsumi TSUKAMOTO, and Younosuke MIZUTA

1993年7月29日受理

シマアジ, *Pseudocaranx dentex*, の飼付け型栽培漁業技術開発は1987年に愛媛県宇和海, 熊本県牛深で, また1988年には長崎県玉之浦において開始された。放流後餌付け場所で定期的に給餌を続けた結果, 例えば長崎県玉之浦においては16ヶ月後も放流魚の約30%が付近に滞留し, 放流時に体重約45gであった魚は平均350gにまで成長した¹⁾。この成果をうけて, 現在この新しい栽培技術は全国9県の試験研究機関と日裁協の2事業場で実用化に向け技術開発が進められている。

栽培漁業において飼付け手法を導入することの利点は, 大きくわけて以下の2点にある。すなわち, (1) 餌付け場所で定期的に給餌を行うことにより, 放流場所に魚を集めてこれを飼付け, 放流魚の回収率を増大することができる点と, いまひとつは (2) 放流直後の大規模な逸散を抑えて放流後の初期減耗を抑え, 環境への馴化を徐々に行うことができる点である。さらに, これに加えて放流直後の不合理漁獲が回避できるという利点もある²⁾。一方, シマアジを特定の場所に留めるために必要な条件は (1) 小割網生簀や固定した浮体等の目標物を設置すること, ならびに (2) 定期的に給餌を行うことであると考えられる。古くから全国各地でブリやシマアジを対象とした, いわゆる飼付け漁業が伝わっていることからわかるように目標物の設置については必ずしも特別

な人工構造物である必要はなく, 天然の岩礁などの目標となる特徴的な地形であればよいものと考えられる^{3,4)}。一方, 餌の問題については, まず人為的に定期的な給餌を行うことが前提となる。しかしながらその給餌の回数, 給餌期間, 給餌量, 餌種類など検討すべき課題が多く残されている。

本研究の目的は, 飢餓がシマアジ人工種苗の成群行動や特定の目標物に誘引され滞留する行動, および種々の摂餌関連行動に及ぼす影響を明らかにすることにある。さらに, これらの知見をシマアジの飼付け型栽培漁業において最も効果的な給餌条件を決定する際の基礎資料とすることもねらいとしている。

材料と方法

材料 高知県大月町地先で定置網により採集した天然シマアジ稚魚を約1年間養殖業者が養成した。推定2才と考えられるこの魚を購入し, 9~10年間日本栽培漁業協会古満目事業場で飼育した。1989年3月19日に平均尾叉長62.0~63.4cm, 平均体重6.14kgに成長した個体44尾(推定11~12才)を親魚とし, 採卵した。卵は38時間でふ化した。ふ化仔魚は日本栽培漁業協会五島事業場へ運び, 60m³屋外水槽に密度約7,700尾/m³で収容し

*¹ 日本栽培漁業協会五島事業場 〒853-05 長崎県南松浦郡玉之浦町荒川郷 127 (Japan Sea-Farming Association Goto Station, Tamanoura, Minamimatsuura, Nagasaki 853-05, Japan)

*² 東京大学海洋研究所 〒164 東京都中野区南台 1-15-1

た。その後ワムシ (L 型), アルテミア, および配合飼料 (初期飼料 B-1, 2, C-1, 協和発酵; 1~4 号, オリエンタル酵母工業) を与えて 43 日間飼育し平均全長 3.3 cm (範囲 2.2~3.7 cm) まで養成した後, 海上の小割網生簀 (4×4×2.5 m) へ移動し約 15 ヶ月間配合飼料 (初期飼料 C-2, 協和発酵; EP-1, 2, 3 号, 坂本飼料; マダイ 2 号, 日本農産工業) を与えて飼育した。この個体群の中から健康と考えられるシマアジ 40 尾を選び以下の実験に供した。試験終了時の全長と体重はそれぞれ平均 22.7 cm (範囲, 20.6~27.1 cm) と 139 g (85~231 g) であった。

実験装置 90 m³ 角型コンクリート製屋外水槽 (縦 6.8×横 6.7×深さ 2.1 m) 2 面をそれぞれ給餌区と無給餌区とした。各区に上記のシマアジ 40 尾を無作為に二分してそれぞれ 20 尾ずつ収容した。給餌区には 1 日 3 回 (7 時, 11 時, 17 時), 配合飼料 (マダイ 2 号, 日本農産) を 1 回に約 50 g 程度給餌した。無給餌区には実験期間中餌は与えなかった。両区には (水槽中の特定場所として) 魚の目標物になるよう水面にベニヤ板 (90×180 cm, 厚さ 1.2 cm) を浮かべ, 水槽中央部に固定した。魚の群の面積と遊泳速度を測定する際を目安として水槽水面近くに $\phi 10$ mm のロープを 175 cm 間隔で格子状に固定した。鉛直分布の観察は実験水槽壁の透明ガラス窓 (縦 90×横 30 cm) から行った。夜間観察時の照明として 100 W の赤外線ランプを隣り合った 2 つの実験水槽の隔壁上約 2 m の位置に常時点灯した。夜間の群行動は暗視装置 (ナイトビューア, 浜松ホトニクス) を使用して撮影した。

実験期間中の水温は 27~30°C であった。天候は晴または晴ときどき曇りで, 正午の照度は 0.8~12.6 万 lux であった。

観察 1990 年 7 月 26 日から 8 月 5 日までの 11 日間, 毎日それぞれ 5 時, 10 時, 13 時, 19 時, 21 時の計 5 回給餌・無給餌両区のシマアジの行動を観察した。各観測時には魚の行動に影響を与えないよう配慮しながら, まず水槽上部から 1 実験区につき 5 分間ずつ水平方向の観察を行った。その後水槽壁のガラス窓から各区 5 分間ずつ

鉛直方向の観察を行い, 分布水深を計測した。また 2 日目と 5 日目と 10 日目には各種行動の日周変化を詳細に把握するために, 2 時間毎に 24 時間の連続観察を行った。すべての観察は以下の 5 項目について行った。

1. 成群状態 群の状態を“群泳” (全部の魚がほぼ同じ方向に並行定位し, 群全体が移動している状態), “群がり” (魚の体軸が一定の方向に揃っていない集群状態をさし, 個々の魚は遊泳しているが群全体としては停止している状態), “分散” (魚が全体的に群としてのまとまりを示さず, 各個体がそれぞればらばらに水槽全域に分散した状態) の 3 種類に分類した (図 1)。各観察回次に 1~2 分間隔で群の状態を観察した。実験期間中の総観察回数に占める各成群状態の総出現回数の割合から給餌・無給餌各区の出現率を求めた。

2. 群の面積 水面近くに張り巡らされたロープの方形枠 (175×175 cm) を目安として群の長径, 短径を測定し, 群全体の輪郭の長径×短径の値を分布面積の指標とした。各観察回次に 1~2 分間隔で計 5 回計測した。

3. 鉛直分布 水深 1.7 m の水槽を表層 (水深 0~0.6 m), 中層 (水深 0.6~1.2 m), 底層 (水深 1.2~1.7 m) の 3 層にわけ, 各層に魚がいた場合, それぞれ 1, 2, および 3 ポイントを与えた。各観察回次に, 1~2 分間隔で計 5 回, 魚の分布層と分布水深の上限値と下限値の観察を行った。

4. 群の移動速度 1 または 2 秒間に魚の移動する距離を, 前記格子状ロープの方形枠と魚の全長を目安として測定し, 魚群の移動速度を 10 cm/秒単位で求めた。各観察回次に 1~2 分間隔で計 5 回の測定を行った。

5. 寄りつき行動 本研究では水槽中央に浮かべたベニヤ板の下に定位した状態を“寄りついた”状態とみなしこの行動を「寄りつき行動」とした。昼間なら日照によってベニヤ板の下にできる影の部分に群の全体又は一部が入っている状態を「寄りつき」の状態にあるとし, 夜間や曇天のため影のできない場合には基盤真上に太陽があると考えた場合に出来る仮想の影の空間に群の全体

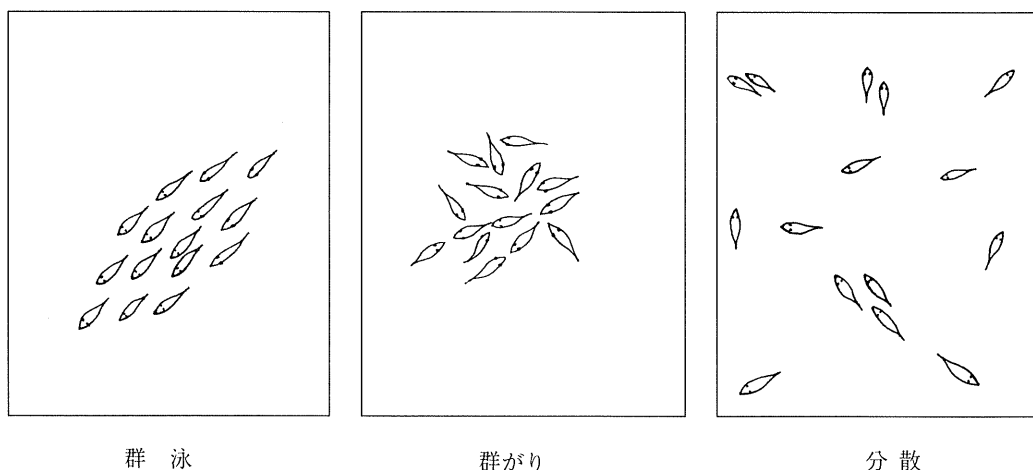


図 1. 成群状態の分類

又は一部が定位した場合を「寄りつき」の状態にあると判断した。各観測回次に5分間の観察を行った。この間のベニヤ板に対する寄りつき時間を累計し、各区の総観察時間に対する寄りつき時間の累計値の割合を寄りつき率(%)とした。

6. 摂餌関連行動 以下3種類の摂餌行動に関連すると思われる行動について観察した(図2)。

1) 水面反転行動 中層付近から勢いよく上昇して水面で急反転し、再び潜降する行動を水面反転行動とした(図2-A)。水面に落下した餌を食べる時によくみられる行動である。多くの場合水面に波紋が生じる。一連の動作は約2秒間持続する。

2) 底面反転行動 中層にいた魚が急激に潜降し、水槽底面で体を横倒しにして体側を底にこすりつけその後急上昇する行動を底面反転行動とした(図2-B)。

3) 底面つき行動 中層で水平に静止又はゆるやかに遊泳していた魚が体を前傾して水底へ近づき、吻を水槽底につけ底面をつつく行動を底面つき行動とした(図2-C)。つつきがすむと体を上傾させゆるやかに中層へ戻り、水平定位又は緩慢な遊泳を行う。この一連の動作の中で1~数回、吻を底につけるつつきが見られる。水面反転行動や底面反転行動に比較すると緩慢な動作である。

以上の3種類の行動の出現回数を各観測回次につき5分間ずつ観察し累計した。

統計処理 給餌区と無給餌区の計測値を Wilcoxon の符号化順位検定を用いて比較した。

結 果

成群状態 最も頻繁に観察された群の状態は給餌区、無給餌区共に群がりで、次いで群泳が多く、分散はきわめて少なかった(表1)。シマアジは摂餌状態に関係なく大部分の時間、群泳か群がりの集群状態で過ごし、群を解くことは稀であるものと考えられた(分散状態の出現率、給餌区:0.4%、無給餌区:5.8%)。群泳または群がりの状態の時、群から離れて単独行動をする個体が見られることがあったが、このような離群状態は1分間以上持続することはなかった。群がりの出現率は給餌区・無給餌区でそれぞれ63.1%と51.6%で給餌区の方が高かった($P\leq0.01$)。また群泳の出現率は給餌区・無給餌区でそれぞれ36.5%と42.6%で無給餌区がやや高かったが、有意な差は認められなかった($P>0.05$)。分散の出現率はそれぞれ0.4%と5.8%で無給餌区で多く出現した($P\leq0.01$)。

群泳の出現率について経日変化をみると、給餌区は、試験開始から5日目まで減少傾向を示した後、7日目以後再び増大した(図3)。これに対し、無給餌区でもおおむね同様の増減傾向がみられたが日毎の変動幅が大きかった。また、群泳出現率が給餌区で5日目前後に0~20%まで低下したのに対し、無給餌区では0~60%の間の値を示し給餌区のような著しい低下傾向は認められな

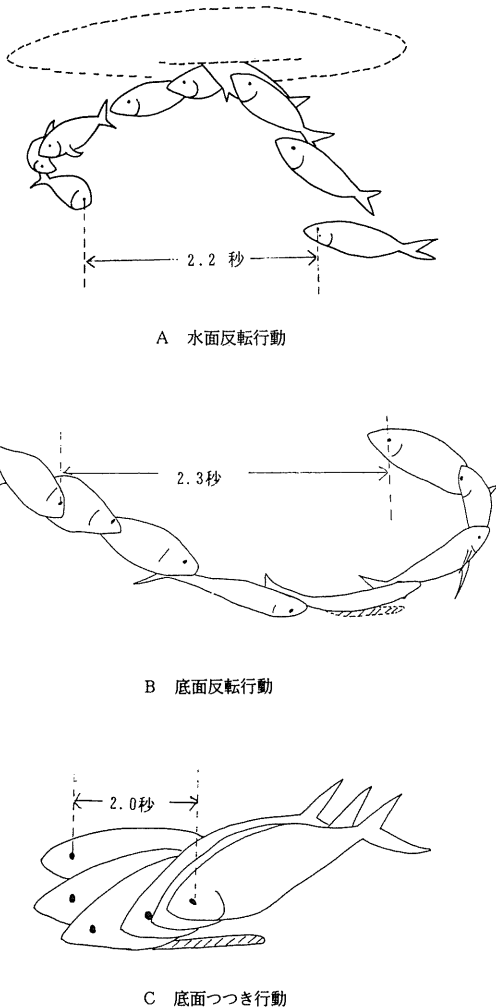


図 2. シマアジの摂餌関連行動

表 1. シマアジの給餌区と無給餌区における各種行動特性の値

試験区	成群状態の出現率(%)			群の面積 (m ²)	鉛直分布	移動速度 (cm/秒)	寄りつき率 (%)	水面反転行動 (回/分)	底面反転行動 (回/分)	底面つき行動 (回/分)
	群泳	群がり	分散							
給餌区	36.5	63.1	0.4	0.96	2.28	16.1	10.8	0.49	0.55	0.25
無給餌区	42.6	51.6	5.8	1.99	1.78	13.1	12.8	1.53	0.52	0.18
有意水準	NS	**	**	**	**	*	NS	**	NS	NS

* $P\leq0.05$, ** $P\leq0.01$, NS: $P>0.05$.

かった。一方、群がりの出現率は上述の群泳出現率の傾向と対称的な変化を示し、両区とも試験開始時から5日目にかけて増加した後、7日目以降再び減少した。また、群泳出現率の場合と同様、群がり出現率の変化は給餌区の方が無給餌区より明瞭であった。分散は給餌区では4日目に1度観察されたのみであった(図4)。これに対し

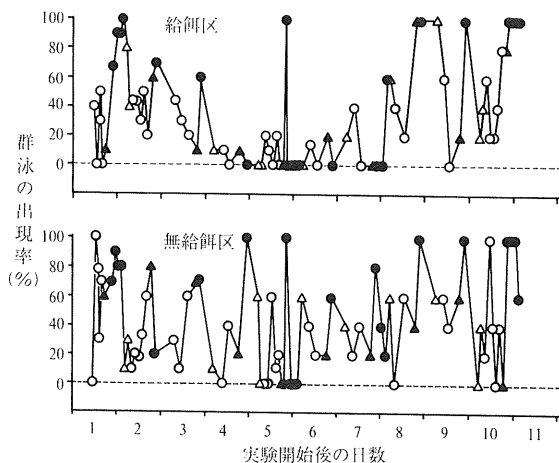


図 3. シマアジの給餌区と無給餌区における群泳の出現率の推移
△: 明け方, ○: 昼間, ▲: 夕方, ●: 夜間.

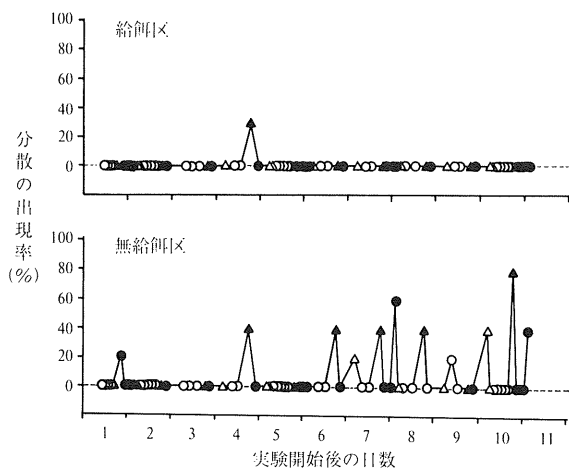


図 4. シマアジの給餌区と無給餌区における分散の出現率の推移
△: 明け方, ○: 昼間, ▲: 夕方, ●: 夜間.

無給餌区では5日目までは2度観察されたのみであったが、6日目以降ほぼ毎日観察されるようになった。

群泳の日周変化をみると給餌区と無給餌区の昼間の群泳の出現率はそれぞれ 25.9% と 34.2% であるのに対して夜間が 56.2% と 62.3% と、2区とも共通して群泳の出現率が昼間低く、夜間高くなった(表2, 写真1)。一方、群がりの出現率は群泳の場合と逆に、昼間が給餌、無給餌両区でそれぞれ 74.1% と 65.2%、夜間が 43.8% と 32.2% と、昼間高く夜間低い傾向がみられた。分散は給餌区ではわずかに夕方に 3.0% みられたのみで、他の時間帯は全くみられなかった。一方、無給餌区では、夕方には 24.0% の高率を示した。また、日中は他の時間帯と比べても特に低い値 (0.6%) をとり、日中、分散状態にはなりにくいと考えられた。

群の面積 全実験期間中の群の平均面積は給餌区が 0.96 m^2 であったのに対し無給餌区は 1.99 m^2 と2倍であった ($P \leq 0.01$, 表1)。経日変化をみると、給餌区では4日目に一時的に大きく広がったが、実験期間を通じて 1 m^2 程度で変化は少なかった(図5)。無給餌区では2日目に一時的な増加はあったものの、最初の6日間は給餌区同様ほぼ常に 1 m^2 以下と緊密な群を作っていた。しかし、7日目以降群面積は急激に増加し、10日目には最大 12.8 m^2 になり、粗な群を作るようになった。日周変化をみると、給餌区では常に約 1 m^2 以下で大きな変化はみられなかったが、無給餌区では7日目以降、明け方と、夕方に群が大きく広がる傾向がみられた(図5)。こ

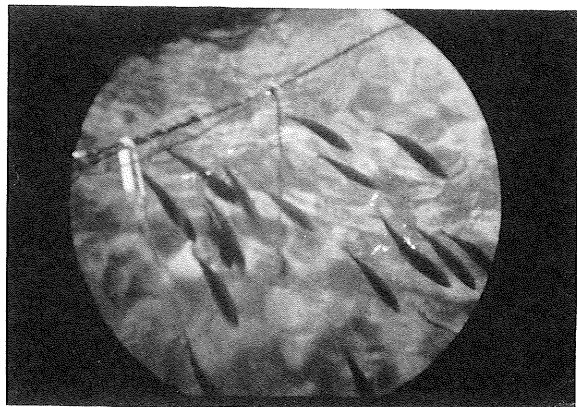


写真 1. 夜間のシマアジの群泳

表 2. 1日の時間帯別のシマアジの成群状態の変化

時刻		給餌区			無給餌区		
		群泳 (%)	群がり (%)	分散 (%)	群泳 (%)	群がり (%)	分散 (%)
明け方	5:00~7:00	33.6	66.4	0	33.6	60.9	5.5
昼間	7:30~17:30	25.9	74.1	0	34.2	65.2	0.6
夕方	18:00~19:30	31.0	66.0	3.0	37.0	39.0	24.0
夜間	20:30~3:30	56.2	43.8	0	62.3	32.2	5.5
全体		36.5	63.1	0.4	42.6	51.6	5.8

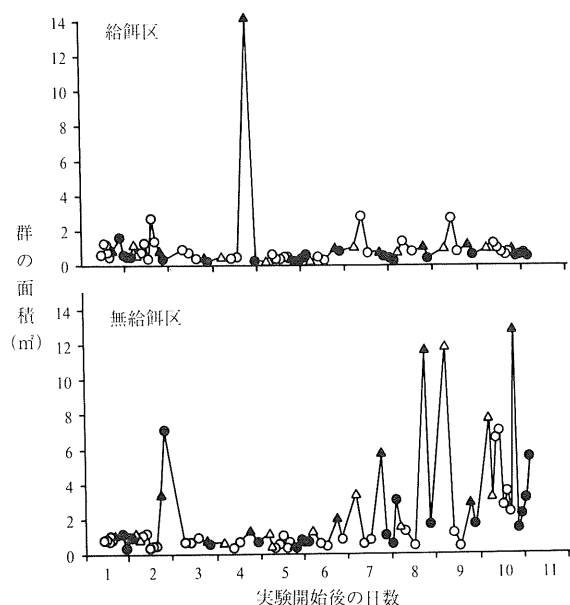


図 5. シマアジの給餌区と無給餌区における群の面積の推移
△：明け方，○：昼間，▲：夕方，●：夜間。

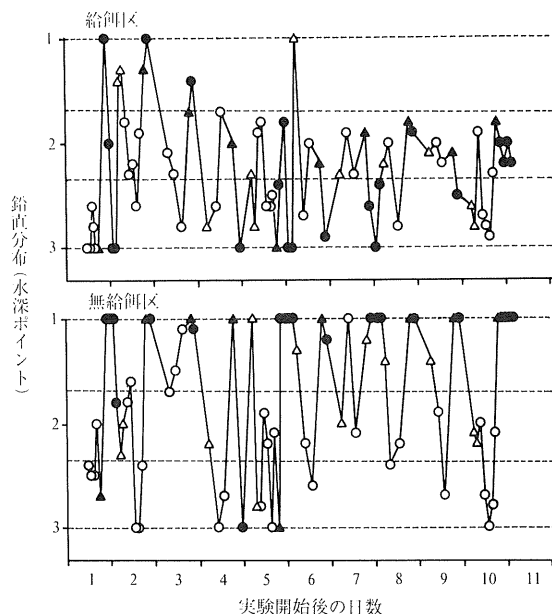


図 6. シマアジの給餌区と無給餌区における鉛直分布の推移
△：明け方，○：昼間，▲：夕方，●：夜間。

表 3. 1日の時間帯別のシマアジの移動速度

時刻	給餌区			無給餌区		
	全期間 (cm/秒)	5日目まで (cm/秒)	6日目以降 (cm/秒)	全期間 (cm/秒)	5日目まで (cm/秒)	6日目以降 (cm/秒)
明け方 5:00～7:00	12.8	7.5	19.2	11.4	10.5	12.4
昼間 7:30～17:30	14.9	12.0	20.6	7.1	7.2	6.9
夕方 18:00～19:30	17.3	17.2	17.5	23.7	23.9	23.3
夜間 20:30～3:30	19.3	16.1	23.2	18.2	17.4	19.2
全体	16.1	13.2	20.8	13.1	12.6	13.9

10日間の実験期間を5日目で区切り，前半と後半でまとめた。

れは7日目以降の夕方と明け方に分散の出現率が高くなったことに対応しているものと考えられる(図4)。しかし夜間に注目すると他の時間帯同様実験の進行に伴って群面積は増加する傾向を示したものの，その増加の程度は小さかった。夜間には他の時間帯に比べてより緊密な群が維持される傾向のあることが示唆された。これは無給餌区の7日目以降特に夜間，群泳出現率が高くなることに対応しているものと考えられる(図3)。

鉛直分布 給餌区と無給餌区の鉛直分布の平均水深ポイントはそれぞれ2.28と1.78で(表1)，給餌区の方が無給餌区よりやや深い所に分布する傾向を示した($P \leq 0.01$)。給餌区は実験開始後，1, 2, 6日目の3回，表面を遊泳した以外は全く表面を遊泳することはなかった(図6)。一方，無給餌区は観察時による変異が大きく，一定の傾向は見出せなかったが，給餌区に比べて表面に分布することが多かった。経日変化をみると，給餌区では試験開始日から5日目まで徐々に深くなった後，ほぼ水深1m前後の中層に分布することが多かった(図6)。これ

に対し，無給餌区は夕方と夜間表面での遊泳が頻繁に観察され，昼間は底層に沈む傾向があった。また無給餌区は6～9日目には昼間でも底層に沈まず，やや中層付近に浮き上がる傾向がみられた。

群の移動速度 全期間を通じて給餌区と無給餌区の試験中の平均移動速度を比較するとそれぞれ16.1cm/秒と13.1cm/秒で給餌区がやや速かった($P \leq 0.05$, 表1)。時間帯別にみると，両区とも夕方，夜間に移動速度は大きく，明け方と昼間に小さい傾向があった(表3)。特に無給餌区の昼間は他の時間帯に比べ著しく低い値を示した。給餌区と無給餌区を詳細に比較すると，昼間は給餌区が14.9cm/秒であったのに対し無給餌区が7.1cm/秒で無給餌区の遊泳速度は給餌区の2分の1以下であった($P \leq 0.01$)。しかし，夕方には給餌区と無給餌区の移動速度はそれぞれ17.3cm/秒と23.7cm/秒で日中とは逆に無給餌区の方が速くなった($P \leq 0.05$)。夜間の値は給餌区と無給餌区でそれぞれ19.3cm/秒と18.2cm/秒($P > 0.05$)，また，明け方の値はそれぞれ12.8cm/秒と

11.4 cm/秒となり ($P>0.05$), 給餌区と無給餌区の間に差はみられなかった (表 3)。移動速度の日周変化の幅は無給餌区の方が給餌区と比較して大きく, 無給餌区の方で時間帯により行動が大きく変化することが示唆された。また, 明け方は昼間に近く, 夕方は夜間にむしろ近い値を示した。

移動速度の経日変化をみると, 実験期間の前半 (1~5 日目まで) では給餌区の移動速度は 13.2 cm/秒であったのに対し, 後半になると (6 日目以降) 20.8 cm/秒と増大し, 日数の経過と共に移動速度が大きくなる傾向がみられた。しかし, 無給餌区では 13 cm/秒前後とほぼ一定であった。このため昼間の移動速度の給餌区と無給餌区の差は実験が進むにつれて大きくなった。

寄りつき率 寄りつき率は給餌区が 10.8%, 無給餌区が 12.8% で, 無給餌区の方がベニヤ板に寄りつく頻度の高い傾向がみられたが (表 1), 有意な差はなかった ($P>0.05$)。

経過日数に伴う寄りつき率の変化をみると, 両区とも実験開始直後はベニヤ板につくことが多かった (図 7)。しかし 4 日目には寄りつき率は急減して 0% となった。特に給餌区ではその後 3 日間全く寄りつくことはなかったが, 7 日目以降は再び寄りつくようになった。これに対し, 無給餌区の寄りつき率は実験開始から 9 日目までおおむね漸減傾向が認められた。そして 10 日目の午前 9 時の観察で 100% の高値をとった後, 以後全く寄りつかなくなった。実験期間の前半と後半で両区の寄りつき率を比較すると実験開始 5 日目までは無給餌区の寄りつき率が高く (給餌区: 9.3%, 無給餌区: 13.5%), 7 日目以降は逆に給餌区が高くなった (給餌区: 15.5%, 無給餌区: 7.9%)。両区ともに放流後 2 日目の夜 3 時の観測値を除けば, 寄りつき行動は夜間より昼間の方が明かに多かった。

水面反転行動 給餌区と無給餌区の水面反転行動の 1 分間当たりの平均出現回数はそれぞれ 0.49 回/分と 1.53 回/分で明らかに, 無給餌区が給餌区に比べて多かった (表 1, $P\leq 0.01$)。

給餌区のこの行動の出現頻度は 4 日目に一時的に約 8 回まで増加したが全実験期間を通じてほとんど 2 回/分以下で, 日数の経過に伴う大きな変化はみられなかった (図 8)。これに対し, 無給餌区の出現頻度は試験開始翌日から日を追う毎に増し, 6 日目には最高 44 回/分となった後, 再び減少して 10 日目には 2 回/分以下になった。

水面反転行動には明瞭な日周性がみられ, その頻度は夕方が最も高く, ついで夜間, 夜明けの順になった (図 9)。

底面反転行動 底面反転行動の平均出現頻度は給餌区が 0.55 回/分, 無給餌区は 0.52 回/分で, 2 区の間で明瞭な差は認められなかった ($P>0.05$, 表 1)。

経過日数に伴う変化は両区で差は認められず, 0~1

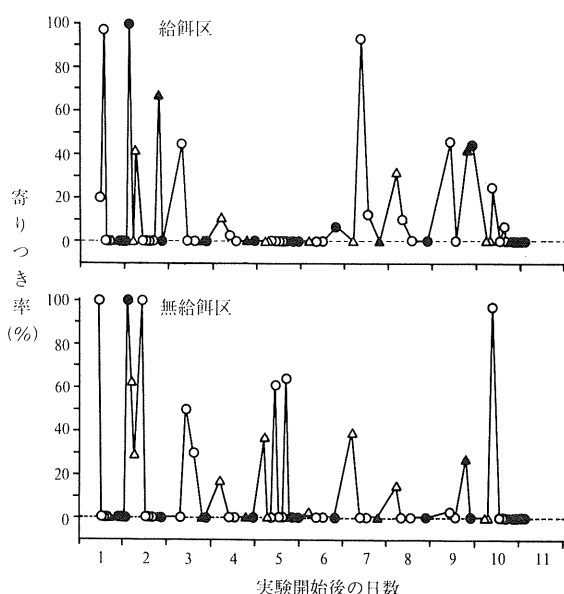


図 7. シマアジの給餌区と無給餌区における寄りつき率の推移
△: 明け方, ○: 昼間, ▲: 夕方, ●: 夜間。

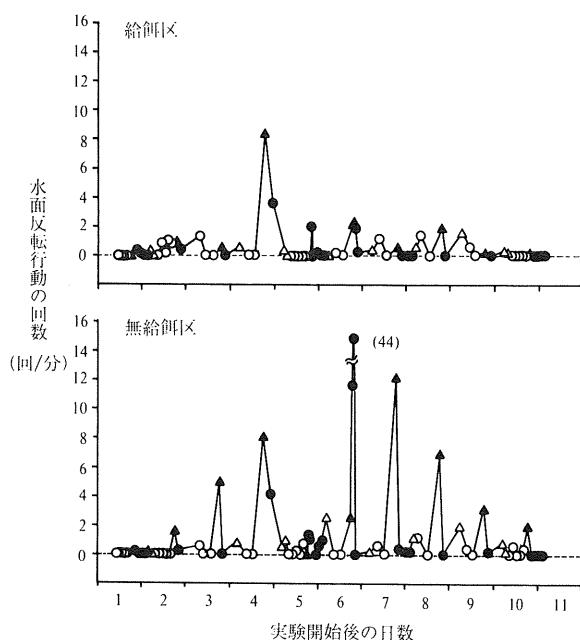


図 8. シマアジの給餌区と無給餌区における水面反転行動の推移
△: 明け方, ○: 昼間, ▲: 夕方, ●: 夜間。

回/分の低値で終始推移した。

底面つき行動 底面つき行動の平均出現頻度は給餌区が 0.25 回/分, 無給餌区は 0.18 回/分で, 給餌区の方が高い値を示したが有意差は見い出せなかった ($P>0.05$, 表 1)。

給餌区で有意差はないものの, つつきがやや多く観察された理由として, 給餌の際わずかに落ちた底面の残餌を実際についばむ行動がつつき行動に加算されたためとも考えられる。無給餌区で 0.18 回/分とかなり多くの

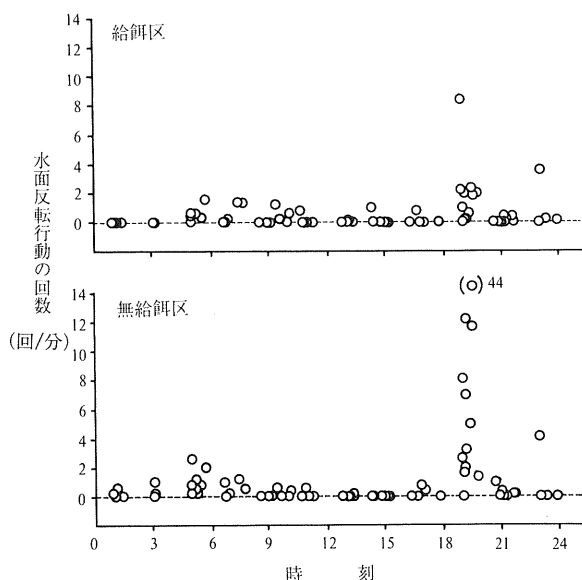


図 9. シマアジの給餌区と無給餌区における水面反転行動の頻度の日周変化

つつき行動がみられたことは、底面に人工餌料の残餌が全くない場合でもつつき行動を行うことを示している。しかしこの場合水槽底の付着藻類やゴミをついばんでいた可能性も残っている。なお、両区ともつつき行動は昼間にのみ行われ、夜間は1回もみられなかった。

考 察

成群状態 シマアジの行動の中でもっとも特徴的であるのは、整然とした群行動といわれる“ものにつく”性質(“寄りつき行動”)であろう。これら2つの行動特性は共に放流魚を特定の飼付け場所に留めておくうえで極めて重要と考えられる。本実験の結果では、飢餓状態が進むに従って、シマアジの群面積は広がり、粗な群になっていった(図5)。また群を解いて分散する状態が増えた(図4)。このような飢餓にもとづく群中の個体間距離の増加はアジ⁵⁾やアユ⁶⁻¹⁰⁾でも認められている。飢餓に伴って索餌行動が増え、その結果緊密な成群状態が減少し、分散状態が出現するものと考えられる。

無給餌区で明け方と夕方に群面積が増大し分散が多かったのは(図5、表2)索餌行動の動因がいわゆる‘朝まずめ’、‘夕まずめ’時に増大するためと考えられる。このような動因の変化は給餌区より無給餌区でより顕著であるものと考えられる。ニシンでは摂餌後に遊泳速度が増大することが報告されている⁹⁾。本研究でも給餌区の方が無給餌区より群の移動速度の高いことが観察され

ている。

飢餓の他に群の個体間距離に影響する要因としては水温や外部からの強い刺激があげられる^{*1)}。アユでは水温の上昇により群の個体間距離は広がることが報告されている⁶⁾。一方、シマアジの場合は水温が上昇すると個体間距離は小さくなり、緊密な群泳状態を示すことが観察されている^{*2)}。アジ⁵⁾やアユ⁷⁾同様シマアジも外部から強い刺激が加えられると警戒して、群面積が小さくなる^{*3)}。

鉛直分布 給餌区に比べて無給餌区がより浅い場所に分布していた理由は不明である(図6)。無給餌区のシマアジでは夕方と夜間および明け方に表層に分布する傾向がみられた。特に夕方に表層分布が多かったのは、この時間帯に摂餌行動のひとつと考えられる水面反転行動が頻繁に現れたことに関係し(図8)、索餌を行うために浮上したのと考えられる。しかし夜間は摂餌行動が全くみられないにもかかわらず、この時間帯にシマアジがなぜ浮上するのかは不明である。

移動速度 昼間、無給餌区の移動速度は給餌区に比べて著しく遅かった(表3)。一方、給餌区は実験の経過に伴い速度が速くなり、日周変化は小さくなったのに対し、無給餌区は終日周変化が大きく、日数の経過に伴う変化はほとんどみられなかった。実験に用いた約20cmサイズのシマアジでは20日間程度の絶食には十分耐えるので給餌区と無給餌区の昼間の移動速度の差(表3)は無給餌区の体力の低下に伴って遊泳速度が小さくなったためではないと考えられる。このことは体力の消耗がほとんどないと考えられる実験前半の昼間の値が無給餌区ですでに著しく低いことから理解される(表3)。シマアジは高い照度に反応して強い日差しを避けるためにものかげに入る傾向がある^{*4)}。給餌区と無給餌区で明瞭な差は認められなかったが(表1)、多少なりともベニヤ板に対する寄りつき率は無給餌区で高くなり、これが昼間の無給餌区の平均移動速度を給餌区より低下させたものと考えられる。

寄りつき行動 実験前半の飢餓の初期には給餌区より無給餌区のほうが寄りつき率は高かったが6日目以降の後半になって飢餓がさらに進行すると、むしろ、給餌区の方が無給餌区より寄りつき率は若干高くなる傾向があった(図7)。本実験ではベニヤ板への寄りつき率は両区とも低かった。その理由のひとつはベニヤ板の他に水槽壁自身によって水槽内に日陰ができ、これにシマアジが集まったためであろう。また20cmサイズのシマアジの行動範囲に比べて実験水槽(90m³)が狭いために水槽そのものが寄りつき行動の目標物となり、ベニヤ板は必ずし

*1 小金ら(未発表)

*2 塚本ら(未発表)

*3 小金ら(未発表)

*4 小金ら(未発表)

も目標物としての役割を果たしていなかったためとも考えられる。飢餓条件が目標物への寄りつきに及ぼす影響は今後大きな空間の中で、より小型の魚を用いて再検討したい。

摂餌関連行動 水面反転運動は、水面近くに飛来した昆虫を捕食する水槽内で観察される摂餌行動のひとつと考えられる。無給餌区は給餌区に比べて試験開始3日目から夕方水面反転行動が多くみられるようになった(図8)。これは夕方から明け方にかけて分布水深が浅くなり(図6)、水面近くを索餌遊泳しつつ水面反転行動を頻繁に行ったものと考えられる。

本実験ではシマアジは夜間も整然とした群泳状態を呈した(写真1、表2)。一方、視覚を奪ったシマアジは全く成群しないことから¹¹⁾、シマアジの成群は主に視覚によるものであると考えられる。それゆえ実験水槽中には夜間も街灯などによって成群に必要な照度があったものと推測される。このような低照度条件下でもシマアジが緊密な成群行動を示すことは特筆に値する。また、このことからつき行動が夜間全くみられないのは暗くて底面が見えないせいではなく、摂餌の日周リズムである可能性が高い。なお、無給餌区に比べて給餌区のつき行動の出現頻度が高い理由のひとつは底面の残餌を捜しているためとも考えられる。

逸散要因 シマアジが基盤から逸散する要因として、給餌量の不足、冬場の低水温、夏の高水温、他魚種の干渉等があげられている^{12,13)}。中でも、基盤に長期に渡ってシマアジを寄りつかせておくためには、一定の飼付け場において定期的にある量以上の給餌を行うことが最も重要な条件と考えられる。このような意味で、本報告では実験的に飢餓とシマアジの群行動の関係を検討した。その結果、飢餓によってシマアジの遊泳水深が浅くなり、群は広がって索餌行動が多くなることがわかった。また群を解いて分散する状態が多くなることも明らかにされた。このような表層付近の分散状態や個別に行われる索餌行動の頻発は、本種の飼付け放流においては不利な条件となる可能性が高い。

一方で、本実験のベニヤ板への寄りつきの実験結果によると(図7)、無給餌区の寄りつき率は6日目以降急減している。また、群面積は無給餌区で7日目以降急増した。水槽実験の結果が直ちに野外の飼付け型栽培漁業に適用できるわけではないが、以上のことより放流シマアジ(尾叉長20cm)の逸散時期は餌止め開始後1週間前後と示唆される。このような餌止めによる逸散は、日本栽培漁業協会五島事業場で行われた平成3年度飼付け試験でも認められている。放流後13ヶ月目に約8000尾飼付け場に残留していた平均全長28cmのシマアジは、平成4年9月28日からはじめた餌止めにより一部が飼付け場から離れ、餌止めから14日目以降には、飼付け場か

ら約500m離れた波止場で約400尾が釣獲された*。餌止めから釣獲までの日数が本試験の結果に比べ長かった理由は、以下のように考えられる。まず、飼付けシマアジのサイズが本実験のシマアジに比べて大きいこと、絶食の影響が現れるまでの時間がより長くなったこと、また小割生簀で飼育している魚への給餌の際の残餌のため、完全な絶食状態にならなかったこと、さらに実際の逸散は14日目の採捕以前に起こっていた可能性もあることなどである。飼付け型栽培漁業においてシマアジが飼付け場所にとどまるのは、ある程度以上餌が充足された場合である。20cmサイズのシマアジでは6日間以上飢餓が進んだ場合には摂餌行動の動因が上昇し、逸散が始まるものと推測される。天然水域における実際の飼付けでは、魚を極度の飢餓状態にはおかないよう配慮することが肝要であると考えられる。

今後天然での飼付け場所への寄りつき行動を評価できる指標をみつけて、これを利用して空腹状態と寄りつき行動の関係をより詳細に検討することが必要であろう。具体的には逸散を起こさせないような給餌量、回数、および給餌場所等を決めることである。また、飼付け場の目標物の立体構造についても検討する必要がある。さらには、低水温や高水温などの環境条件と摂餌および逸散の関係について調べることも今後の重要な課題である。

要 約

1. 絶食に伴う飢餓条件がシマアジの行動に及ぼす影響を実験的に調べ、シマアジの飼付け放流における逸散過程と要因について考察した。

2. 90 m³水槽2面を用いて、給餌区と無給餌区を設け、それぞれ全長20cmのシマアジを20尾ずつ収容した。10日間にわたって成群状態、群の面積、鉛直分布、群の移動速度、寄りつき行動、摂餌関連行動を観察した。その結果給餌区のシマアジと無給餌区のシマアジの行動の相違は実験開始後約1週間で現れ、以後顕著になっていった。

3. 給餌区と無給餌区の相違点は次のようにまとめられた。

- ・飢餓状態が進むに伴って無給餌区のシマアジでは給餌区に比べて群がり状態が減少し、分散状態が多くみられた。
- ・群面積は広くなり粗な群を作った。
- ・夜間浮上して分布水深が浅くなった。
- ・水面反転行動の出現頻度が高くなった。

4. 一方、両区の共通点は以下のようにまとめられた。

- ・大部分の時間、群を形成して行動した。

* 小磯ら(未発表)

- ・夜間には昼間に比して群泳の割合が高かった。
- ・夜間は昼間に比べ遊泳速度が高かった。
- ・水面反転行動は明け方と夕方に多くみられた。
- ・底面つき行動は昼間のみ出現し、夜間は観察されなかった。

5. 以上のことから、シマアジの飼付け放流において飢餓は重要な逸散要因であり、一週間以上の無給餌状態は避けるべきであることが示唆された。

文 献

- 1) 小磯雅彦 (1991) 五島事業場におけるシマアジ飼付け試験. 平成元年度飼付け型栽培漁業技術開発報告書 (1), 日裁協特別研報, **1**, 45-57.
- 2) 古澤 徹 (1991) 飼付け試験の全体計画. 平成元年度飼付け型栽培漁業技術開発報告書 (1), 日裁協特別研報, **1**, 21-23.
- 3) 新谷重徳・長谷川 泉 (1989) シマアジ飼付け回想記. さいばい, **51**, 78-81.
- 4) 落合 明・榎田 晋 (1977) 高知県幡多地域におけるシマアジ飼付け漁業について. 栽培技研, **6**(2), 39-46.
- 5) HUNTER, J. R. (1966) Procedure for analysis of schooling Behavior. *J. Fish. Res. BD. CANADA*, **23**, 547-562.
- 6) 内田和男 (1986) 稚アユの遡上性に関する行動学的研究. 東京大学博士論文, pp. 1-121.
- 7) 塚本勝巳 (1988) アユの回遊メカニズムと行動特性. 「現代の魚類学」(上野 輝・沖山宗雄編), 朝倉書店, 東京, pp. 100-133.
- 8) MORGAN, M. J. (1988) The effect of hunger, shoal size and the presence of a predator on shoal cohesiveness in bluntnose minnows, *Pimephales notatus* Rafinesque. *J. Fish Biol.*, **32**, 963-971.
- 9) ROBINSON, C. J. and T. J. PITCHER (1989) The influence of hunger and ration level on shoal density, polarization and swimming speed of herring *Clupea harengus* L. *J. Fish Biol.*, **34**, 631-633.
- 10) ROBINSON, C. J. and T. J. PITCHER (1989) Hunger motivation as a promoter of different behaviours within a shoal of herring: selection for homogeneity in fish shoal? *J. Fish Biol.*, **35**, 459-460.
- 11) 有本 操・益田玲爾 (1992) 飼付けの成立要因とそのメカニズムの解明. 平成2年度飼付け型栽培漁業技術開発報告書 (2), 日裁協特別研報, **4**, 19-29.
- 12) 小磯雅彦 (1992) シマアジの飼付け試験 (昭和63年度飼付け群の調査結果) 平成2年度飼付け型栽培漁業技術開発報告書 (2), 日裁協特別研報, **4**, 55-60.
- 13) 岡 雅一 (1992) 八重山事業場におけるシマアジの飼付け試験. 平成2年度飼付け型栽培漁業技術開発報告書 (2), 日裁協特別研報, **4**, 95-98.