

集魚燈動物の群集生態學的研究

2. 魚群の構造とその變化

前 田 弘

(第二水産講習所)

Synecological studies on marine lamp-communities.

2. Social structure and its successional changes

Hiroshi MAEDA

(Shimonoseki College of Fisheries)

HARDENBERG (1935) は一般に若魚は成魚よりも多く燈に集まり、同種ならば若魚は光に近い表面に成魚は光の中心近くのやや深いところ、またはライトサークルの外縁近くの表面に現われると記している。宮崎 (1950) は灯下においてマアジはカタクチイワシよりも深い所に集まるが、これは前者が後者にくらべて明るさを好まない爲ではなく、カタクチイワシの群に壓せられて下層に止つているものと考えられ、両者の位置の關係は趨光性に基くものでないと述べている。筆者は灯下の魚群の食性及び驅逐關係をしらべると同時に、魚群の構造及びその變化に關する觀察を行い、それらは何れも食性と密な關係にある事を知つた、

集魚燈動物群の構造

船上から觀察のできるのは極く浅い部分に限られているので、深い場所については釣上げたり網で捕えたりした獲物から推察した。

動物群の構造型式：動物群の行動を決定する主な要因は光・潮流及び群中における高次の食性段階にある魚の捕食作用の強さである。即ちある一つの灯についていえば、潮流と捕食作用の強さが問題となるわけであるが、この兩者の影響は第2表に示した4つの場合に分ける事ができる。今、このうちの(1)を基本型と考えるならば、(2)は生物的要因による變型であり、(3)は環境要因による變型である。これら(2)及び(3)兩要因の中の1者のみの作用によつても構造は著しく變化され、群は貧弱且つ不安定になつて來る。兩者の重なつた(4)の場合には、灯下にはほとんど群が形成されない。

Table 2. Social structures and the factors changing them.

	Tidal currents	Predating action
(1)	-	-
(2)	-	+
(3)	+	-
(4)	+	+

(1) **基本型：**点燈すると先づ浮游性甲殻類及びシラスが集まり、次いで種々の魚が集つて來るが、し

ばらくすると第2圖で例示したような定常状態になる。これらの例を通じて各動物の占める水平的の位置は、燈の最も近くを餌料動物に屬する小動物が占め、燈から遠ざかるほど食性序列が高まつている。垂直的分布はこの水平的分布を垂直に移したものと考へてほぼ差支えない。食性の段階の節でのべた獨立群の動物は表層のみにみられ、活潑に泳ぎまわつているが、底層魚は底層のみに止まり、そこで盛んに捕食している。このような構造を基本型と呼び HARDENBERG (1953) 及び宮崎 (1950) の結果は何れもこの型である。この基本型が状況の變化に従つて種々に變型して行く。基本型に類する構造は前に示した4例以外にも多くの觀察例がある。〔No. 4 (VIII, 6, 2.40), No. 7 (VIII, 8, 4.00), No. 11 (VII, 22, 22, 20), No. 12 (VIII, 24, 20.50), No. 15 (VIII, 25, 21.00), No. 18 (VIII, 26, 4.35), No. 19 (VIII, 30, 22.20), No. 21 (VIII, 31, 1.20)〕。なお第1次捕食魚が集まつたと

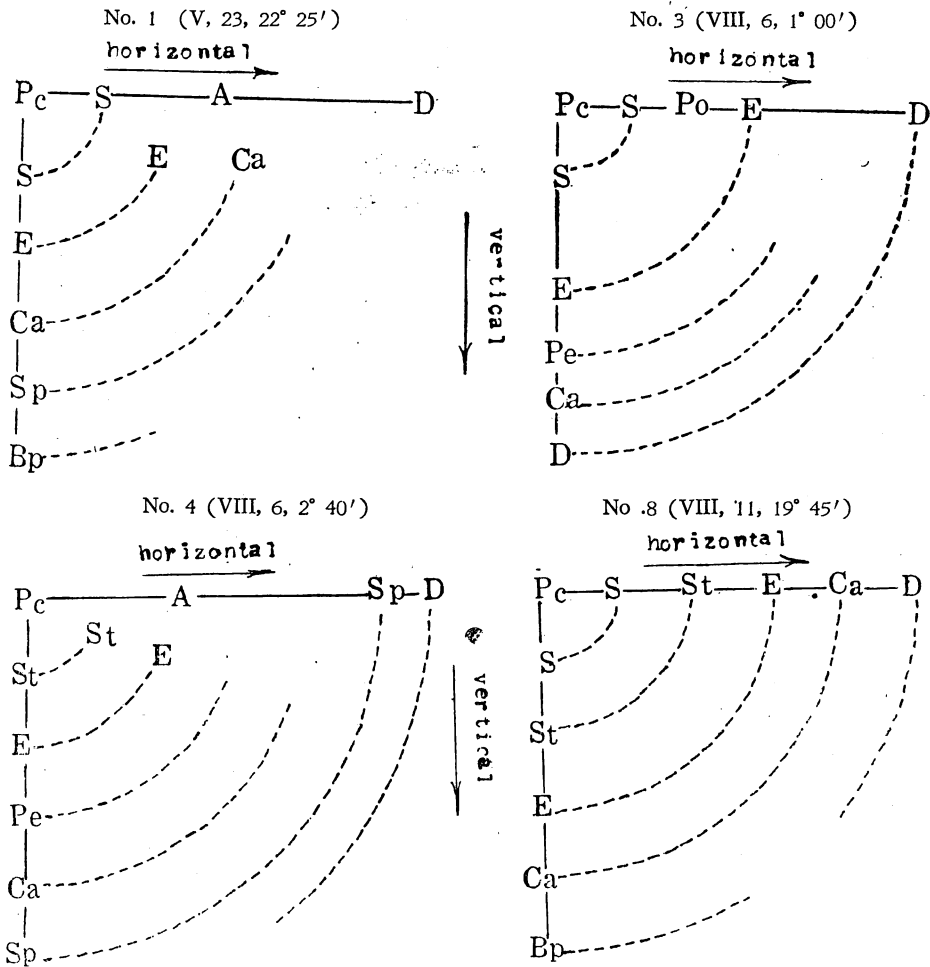


Fig. 2 Four actual cases in the standard form.

Pc: Planktonic Crustaceans, S: Shirasu stage of *Engraulis*, Po: Polychaetes, St: *Stolephorus*, E: *Engraulis*, Pe: *Pamphris*, Ca: Carangidae, Sp: *Sphyraxna*, D: molluscan Decapods, Bp: Benthonic Fishes, A: *Atherina*.

ところで観察が中止された観察例〔No. 9 (VIII, 16, 20.50), No. 20 (VIII, 30, 23.45), No. 22 (IX, 5, 21.20), No. 23 (IX, 6, 0.20), No. 25 (IX, 7, 0.30), No. 27 (IX, 15, 20.00), No. 28 (IX, 15, 21.10),〕第2次捕食魚が現れた段階で観察を止めた例〔No. 6 (VIII, 8, 1.25), No. 13 (VIII, 25, 1.00)〕もある。また、第1次捕食魚が集まった折に群が変型或は散逸した例〔No. 10 (VIII, 16, 21.45), No. 24 (IX, 6, 5.00), No. 26 (IX, 8, 2.45), No. 30 (IX, 16, 5.00), No. 31 (IX, 17, 19.18),〕第2次捕食魚出現時に変型又は散逸した観察例〔No. 14 (VIII, 25, 3.00), No. 17 (VIII, 26, 2.00)〕もある。

(2) 捕食作用による変型：基本型の状態にある群の外側に食性段階の高い魚が壓倒的に多くなつたり、或はその捕食作用が活潑になつて来ると、内側にいる低位の群は先づ次第に中心部に密集して来るが、やがてその状態も維持されなくなつて第3圖に示すような別の型に遷つて行く。

(i) 捕食作用が比較的弱い場合には、中心部を占めていた低位の動物は見られなくなるが、その他のものは基本型におけると同様に食性段階の低いものほど内側を占める場合がある。〔第3圖 No. 2 (V, 24, 4.05), No. 10 (VIII, 17, 4.10), No. 11 (VIII, 23, 2.40), これらに似たものに No. 14

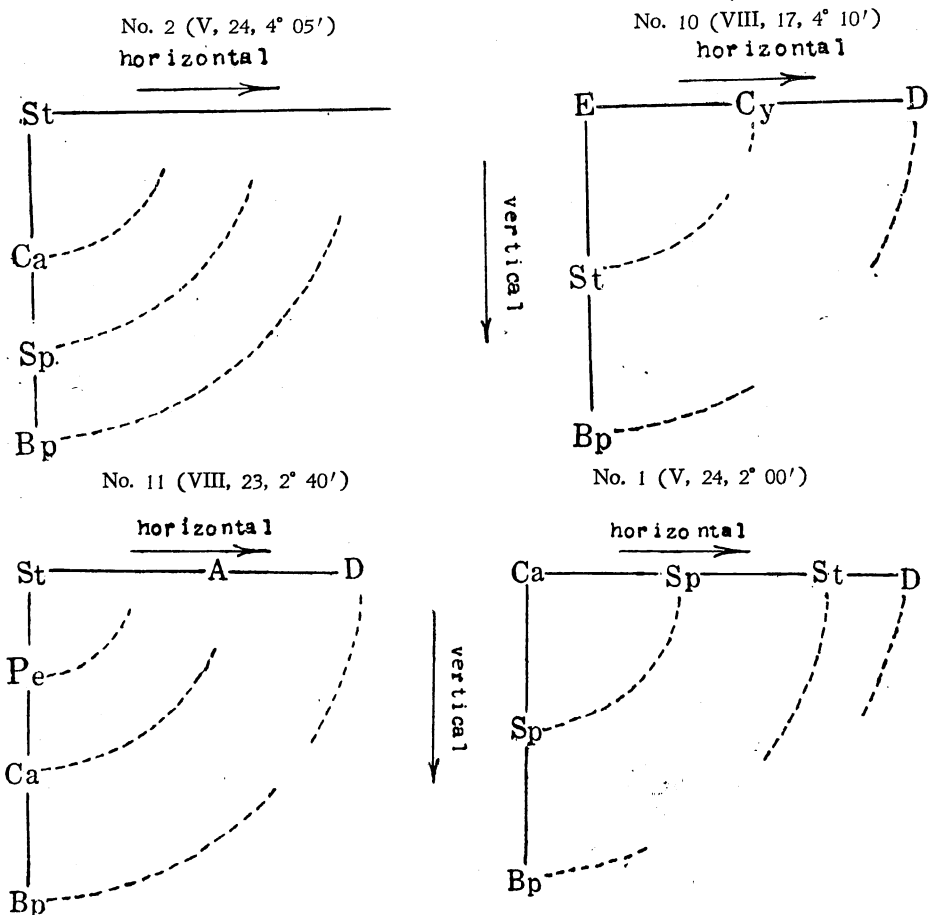


Fig 3. Eight actual cases modified by predating action.

Pe: Planktonic Crustaceans, S: Shirasu stage of *Engraulis*, St: *Stolephorus*, E: *Engraulis*, Pe: *Pempheris*, Ca: Carangidae, Sp: *Sphyræna*, D: molluscan Decapods, Tr: *Trichiurus*, A: *Atherina*, Cy: *Cypselurus*, Bp: Benthonic Fishes, Te: Tetraodontidae, Ty: *Tylosurus*.

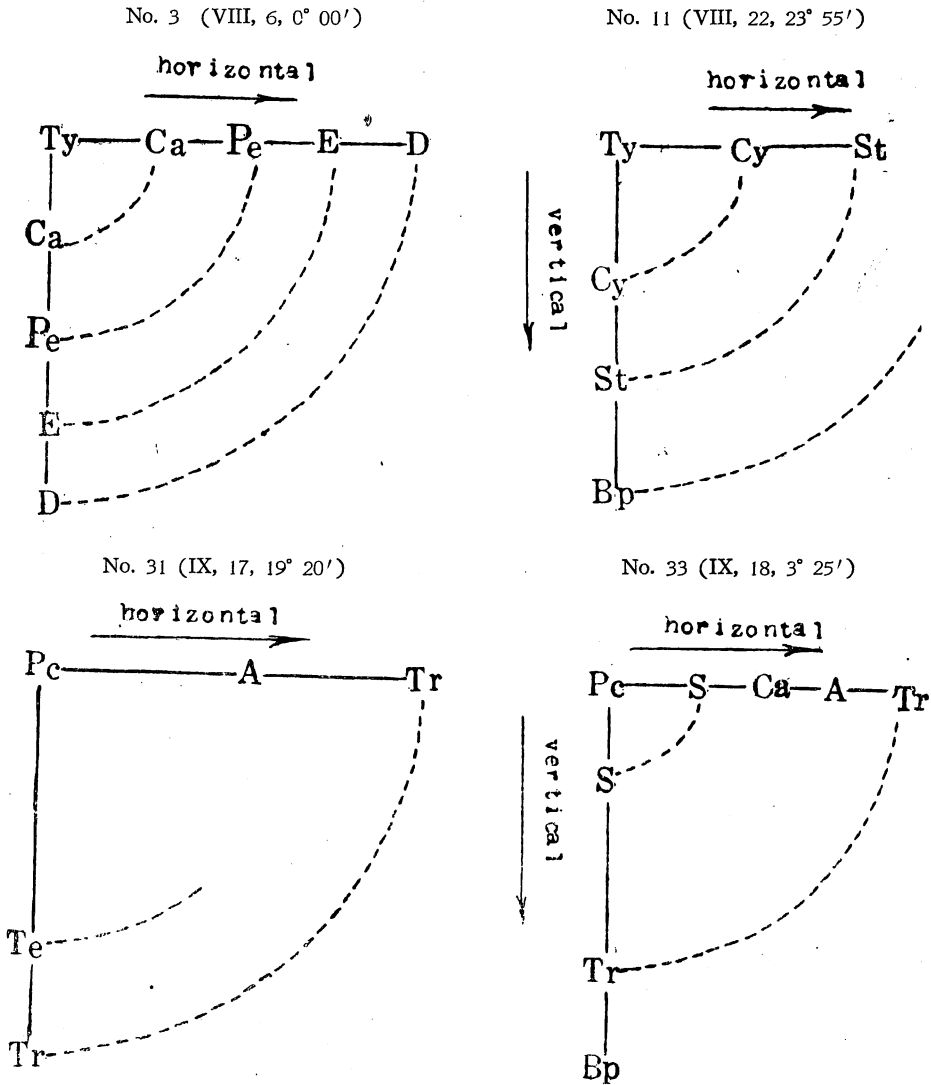
(VIII, 25, 4.30) No. 17 (VIII, 26, 3.20), No. 24 (IX, 6, 5.18), No. 26 (IX, 8, 4.45)]。この場合中心部に見られなくなつた低位の動物は全く散逸してしまつたのではなく群の周邊部に移動したのであつて、No. 1 (V, 24, 2.00) はこの周邊部への移動の途中にある状態と考えられる。

(ii) 捕食作用が次第に盛んになつて來た場合、捕食魚の驅逐効果は食性序列が距つてゐるほど大きいので低位のものほど群の周邊部に遠く追いやられ、その結果基本型と全く逆に高位のものほど内側を占めるようになることがある。〔第3圖 No. 3 (VIII, 6, 0.00), No. 11 (VIII, 22, 23.55), 類似例: No. 6 (VIII, 7, 20.20; VIII, 7, 21.10; VIII, 8, 0.00), No. 7 (VIII, 8, 3.10), No. 30 (IX, 15, 21.30)]。

(iii) 捕食作用が或る程度以下であると不安定ながらも低位の魚はなお燈の近くに集まつてゐるが、その作用が或る程度を越えると燈下には捕食魚のみか或は捕食魚とそれと全く食性的に結ばれないか離れた低位の動物が残るのみとなる。〔No. 31 (IX, 17, 19.20), No. 33 (IX, 18, 3.25)]。

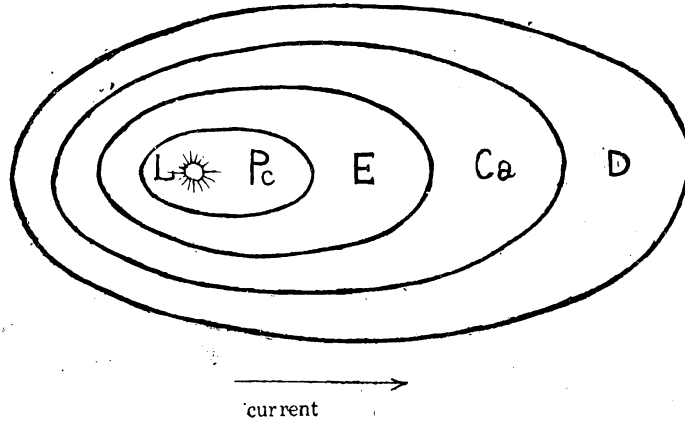
(3) 潮流による變型: 潮流は、緩やかであるときには殆ど影響を及ぼさない。速い場合には魚が下流より燈に集まるためには流れを遡らねばならないし、燈下に停まるためにも流れに抗しなければならぬ。即ち游泳能力によつて燈に集まる種類は淘汰され、またその量も大きな影響をう

Fig. 3のb



ける。実際に漁船で操業している時に流速の測定などできない話であるが、潮流が強い場合には漂流物の流れ去る速さ・錨網や釣絲にかかる力から容易に目測できる。第4圖に示したものは、強い潮流に變型されたと思われる觀察例である。運動力は魚体の大きさに關係があり、魚体の大きさは食性にも連なっているから、潮流の影響は食性段階に應じて異ってくる。まづ潮流の影響は小型の動物に對するほど大きく、従つて餌料動物に屬する小動物はたとえ趨光性が強くても運動力が極めて弱いため、長時間にわたり潮流に逆らつて止つてゐる事ができない。かく、流速が増加するに従つて運動力の弱いもの、即ち食性の低位のものから段々に燈に近寄れなくなり、遂には殆ど何も燈に集まらなくなつてしまふ〔例 No. 22 (IX, 5, 21.20)〕。流れの強いときには、燈下の強い游泳力を持つてゐる大型の魚よりなる群の形も同心圓から流向に引伸された型に變るが、この時でも食性段階の低い動物が内側に分布してゐる事に變りはない。また静水時には旋回運動をしてゐた魚群も流れの強い時は上流にゆつくりとさかのぼり、燈を少し行きすぎると游泳速度を落して極めて徐々に押流され、その後再び遡流するところの往復運動に變る。

Fig. 4 Case No. 8 (VIII, 12, 4° 00), an example of modification by current



Pc: Planktonic crustaceans, E: *Engraulis*, Ca: Carangidae, L: Fish gathering lamp. D: Molluscan decapods.

構造の時間的變化

燈火に集まる順序： 主要な集魚燈魚類について点灯後集まつてくる順序をしらべると第3表の如くなる。第3表で示した各種類の例数の最高値を中心として集まる順序を決めてみると：浮游性甲殻類→シラス→トウゴロイワシ→トビウオ→カタクチイワシ→ハタンボ→キビナゴ→カマス→イカ→アジ→タチウオとなる。1かしイカで2位及び3位に集まつたものは殆ど小イカであるから、これらはむしろ餌料動物とみなすべきである。それ故第3次捕食魚としてのイカの來燈順位は、表に示したよりももつと遅い方になる筈である。又カマスが比較的早く集まつてくるように見えるのは、3位が2例と6位が1例の結果によつたためである。この3位の例はタチウオが2位に集まつた例と同じく、後には何も集まつて來ないから、灯に集まる魚の最後の種類であつて、早く集ることを意味するものではない。これに對し比較のおそく集まるようにみうけられるアジが、カマス・イカ・タチウオに遅れて集まつてくるような事は全く見られなかつた。このような点を考慮してこれらの間の順位はアジ→カマス→イカ→タチウオと決定したい。キビナゴをのぞいた他のものにおいて、以上の集まる順序は食性序列と一致し、低位のものほど早く集まつてくると考えられる。

点燈より夜明けまでの行動及び構造の變化： この間の變化は群の編成と解体との2つの過程に分けられるが、解体の過程は急速であるのと同時に、外界が明るくなつて水中が見え難くなるために十分な觀察はできなかつた。

点燈すると餌料動物の浮游性甲殻類・多毛類シラスが先づ集まつてくる。これらは点燈後1分以内に集まりはじめ或る時間内は次第に増加するが、その外側を魚が取圍んでしまうと、以後はその魚群を越えて燈下に集まる事ができないのでシラスの量は増加する事なく、やがて捕食魚のために散逸されてしまう。浮游性甲殻類は燈の近くに分散して水すまし狀の運動をしているシラスは先づ數匹づつの小群をなしているが、時間と共に群の融合が起つて最後には1又は2群をなして燈のすぐ近くを回游する。トビウオ・トウゴロイワシはこれら餌料動物がまだ殆ど集まつていないうちから燈に集まり、前者は主に水面を後者は極く表層で周邊部と燈の近くの間を去來する。前者は時間と共に少しづつ増し群を作る傾向を示すが、数が少ないので明瞭な群とはならない。後者には燈下で群をなす傾向は全くみられない。

餌料動物の群が安定した状態に達する少し前から底層魚群が釣れはじめ、深層に集まつていたカタクチイワシが船の上から見える所まで浮上つてくる。最初は2・3匹づつ不規則な方向に泳いで

Table 3. Order of arrival to the lamp.

Observation No.	Name of Animal	Order of arrival to the lamp.										
		Planktonic Crustaceans	Shirasu	Stolephorus	Engraulis	Pempheris	Carangidae	Sphyaena	m. Decapods	Trichiurus	Atherina	Cypselurus
1		1	4	7	3		2	6	8		5	
2				1			2	3				
3		1	4		3		6		7		2	5
4		1		2	1						1	
5		1			2			3			2	
6		1	2		4						1	3
7		1			1				2		3	
8		1	2		3		5				6	4
9		1			2							
10		1		4	2			3				1
11		3			1	2	6			5		4
12		1		3	2		4	5	1		3	2
13		1						6		5		6
14				1	2	4	3					2
15		1				3						2
16		1						2				
17		1	1			3	4	5				2
18		1		4				3			2	
19		1	2		2		3	5		4		
20		1	2		3							
21		1	2		4			5		3		
22		1				3				2		
23		2			4					1		3
24		1	3	4				2		1		
25		1	1	3						2		
26		1	1	3				4		2		
27		1			2		4			3		
28		1	1		2					1		
29		1	1						2			
30		1	1	5					4	3		2
31		1			3				4	2		
32		2	2		3					4		1
33		1	2						4			3
Total												
Order of Arrival	First	28	6	2	3					5		
	Second	2	7	1	8	1	2		3	7		2
	Third	1	1	3	6	3	2		2	5		4
	Fourth		2	3	3	1	3	2	1	2	3	
	Fifth			1			1		3	2	3	
	Sixth						2		1	2	1	
	Seventh			1					1	1	1	
	Eighth								1			1

いるが、やがてその数がふえて来ると次第に群を形成し、それと共に運動の範囲も次第に廣くなり遂にすべてのものが単一の群にまとまりかける頃になると、集魚燈を中心として旋回運動をはじめて行く。大体この頃から餌料動物は減少しはじめ、周囲の弱光部にはイワシ類・ハタンボ・アジ類が見えはじめる。旋回運動が始まつた頃には、その方向は變り易いが次第に固定するようになる。そして群はますます大きく密になり旋回半径は小さくなってくる。

このような状態になる頃には、その外側でハタンボ・アジ類の群も次第に數をまはしはじめておりやがてカタクチイワシと同じような経過をたどつてその外側を旋回しはじめ次第に密になり且つ淺所に浮上ってくる。網漁業では、ハタンボ・アジ類の旋回運動が十分に安定した頃に網を張り、その中へ燈を動かして魚群を誘導して捕獲するのであるが、この頃にはすでにカタクチイワシの群は

再び不安定になりはじめている。

アジの数が増加する頃にイカが現われて、周邊部のアジを捕食しはじめる。そのうちにタチウオ・フカ・シイラ・イルカが集まりはじめる頃になると、アジの群が急に乱れてくる事があるから、網を入れる時間の決定は非常にむづかしい。これらの捕食魚は大抵1乃至數匹にすぎないが、これらが現われ始めるとアジの群は崩れ、その行動は始めの各個的な状態に戻り、大部分は周邊部へ逃げてしまう。そして捕食運動が盛んな時には全く散逸してしまうが、それが弱い場合には再び群を形成する。捕食魚によつて乱された群は、捕食魚がいなくなれば舊状に復するが、実際には捕食魚は燈から離れにくいので、一度乱された群が同じ場所に再編される事は少ない。ところが網で漁獲した場合の攪乱作用は意外な程に強くなく、網から逃げた魚は少し離れた場所に点燈しておけばそこに集まる。以上の過程が進んでいる間、底層魚は不規則に釣れている。点燈時間が長くなると餌料が表層に集まるので、ハガツオ・サバ・イサギのようなやや深所に集まる魚や底層魚もある深さまで次第に浮上ってくる。

このようにして夜明け1時間位前になると底層魚の捕食行動が烈しくなってくる。するとその頃まで深所にいたキビナゴが底層魚を避けて燈の近くに浮上り、カタクチイワシを周邊に押しつけて中心部を占めてしまう。周邊部に押しやられたカタクチイワシは、間もなくそこにいるイカ・カマス・タチウオのために散らされてしまい、かくしてカタクチイワシとキビナゴの交代が行われる。更にキビナゴは高次捕食魚に襲われて中心部から周邊部へ移り、ここで高次捕食魚とキビナゴの位置の逆轉が起る。しかし高次捕食魚の捕食作用が盛んであつても、拂曉が近づくと共にキビナゴは再び次第に燈に接近し、完全に明るくなるまで燈の周圍を回遊している。その後の様子は觀察できないので不明である。

アジ類は拂曉が近づくとき最も早く散逸する。他のものはアジから食性段階が高次及び低次に遠ざかるほど散るのが遅くなる。底層魚は夜の明け少し前までしきりに釣れるが、以後次第に釣れが悪くなり、完全に夜が明けてしまうと全く釣れなくなる。

集燈及び滞燈機構の考察

餌料動物・水上燈を点するとその直下の水面に密集してしきりにはね廻っている。かれらの餌料でより小形の生物が集まる傾向はみとめられないから、全く趨光性に基いて集まつていると考えられる。

第1次捕食魚：キビナゴがイカのために燈から遠く追いやられたとき、網を入れてイカを獲つてしまつた事があつた。すると忽ちキビナゴが燈に向つて突進してきて、多數のものがまだ水から揚げぬ網の外側から突刺つた。この事はキビナゴの集燈に對して光が如何に重要であることを示している。しかし新しい餌を攝つている個体もわづかに見られるから、燈下では餌料もキビナゴが燈に集まる事を扶けているものと考えられる。カタクチイワシは強い趨光性を示し大群をなして旋回をつづけるから燈が重要である事は明らかである。しかし餌を捕食している個体は前者よりもはるかに多いから、餌料の重要さは更に大きい事となる。既にのべたように、ハタンボはカタクチイワシほど強い趨光性を示さないし、新しい餌をとつている個体の割合が他の第1次捕食魚にくらべてはるかに高く、またあまり明るい所までは近づかないから、これを獲る際にはわざわざ光度を落さねばならない。これらの事はハタンボが他の第1次捕食魚ほど強く光に支配されていない事を示している。

第2次捕食魚：燈下で獲つた第2次捕食魚の大部分は新しい餌を捕食しており、餌料が少ないとこれらの群は散りやすいので魚群を燈から離さないためにシラス・アミ類を撒餌に使用している。これらの事は第2次捕食魚に於ては光の支配性がさらに減じ、それよりも餌料の存在がはるかに重要となつて來た事を意味している。

第3次捕食魚：第1次及び第2次捕食魚が通常それぞれの餌料となる動物よりも大きな群をな

して光のまわりに巡回運轉をしているのに對し、より高次の捕食魚は燈に集まる數も極度に少く、またその行動は活潑な捕食運動のみとなる。即ちこれらの集燈に際しての餌料の支配性は更に増している。

底層魚： 30 C. P.—100 C. P. の集魚燈を水面につけた場合、10—20mの底層に大きい光度勾配があるとは思えないし、また魚をひきつける最低照度の範圍が廣いものとも考えられない。他方底層魚が多く釣れはじめると燈を消した方が能率がよくなってくる事や、月夜と暗夜で釣れ方に大差のない事が知られている。又釣れ工合から判断すると、これらの底層魚群は一つの燈火に止まつているものではなく、夜間索餌しつつ遊いでいるうちたまたま燈火の附近を通り過ぎ、そこに集まつている豊富な餌料をとるためにしばらく止まつたものに過ぎないと考えられる。その経路は光よりも底の状態に支配されるものであらう。無燈の夜釣または晝釣では釣れる量は減少するが、獲れる種類は殆んど燈下に於ける場合と變らない。この様に底層魚の集燈は、光よりもむしろ底の状態や餌の状態に支配されている。

獨立群： この群にまとめた動物は、燈下で捕食しないから餌料はそれらの集魚に對し無關係である。トウゴロイワシ・トビウオは異常に強い趨光性を示し餌料の關係しない例である。ボラ・スマ・ダツは燈に集まつても直ぐにはなれ去つてしまうので、これらの集まる機構が趨光性によるとみなしてよいかどうかわからない。

第4次及び最終捕食魚： これら高位の捕食魚は月令及び燈の有無に殆ど無關係であり、燈下では盛んに捕食するから、これらの集燈は専ら餌に支配されているものと考えられる。

要約： 以上から集燈及び滯燈の原因として光と餌の2つがある事がわかつた。この兩者は完全に分離して考える事はできないにしても、餌料動物・獨立群の1部及び第1次捕食魚のように光を主要な支配要因としているものと、第4次及び最終捕食魚のように餌料を支配要因としているものとがあり、その間には(光が餌料よりも強く作用する高位の第1次捕食魚)→(兩者がほぼ同等に作用する第2次捕食魚)→(餌料が光よりも強く作用する第3次捕食魚)の諸段階が存在している。

要 約

1. 群の構造は食性段階の低いものを燈に近く内側にしているのが基本型であるが、これは捕食作用及び潮流によつて變型する。
2. 燈に集まる順序は大体食性段階の低いものからはじまり、燈下に形成された群は第4次捕食魚または最終捕食魚の出現によつて解体する。
3. 食性段階の低いものの集燈に對しては光が支配的であるが、高位のものになるに従つて餌料の作用が大きくなり、第4次捕食魚・最終捕食魚は餌料に支配されているのみと考えられる。

引 用 文 献

- 1) AL-HUSSAINI, H. A. 1947: The feeding habits and the morphology of the alimentary tract of some teleosts living in the neighbourhood of the Marine Biological Station, Gharbaqa, Red Sea. Fouad I University Publications of the Marine Biological Station Gharbaqa (Red Sed), no.5.
- 2) DAVIES, D. H. 1949: Preliminary investigations on the foods of South African fishes (with note on the general fauna of the area surveyed). The food cycle in relation to *Merluccius capensis*. Official Journal of the Department of Commerce and Industries. Fisheries and Marine Biological Survey Division Investigational Report, no. 11.
- 3) 電氣協会關東支部・應用電氣資料調査委員会編. 1943: 水産と電氣. 社団法人電氣協会關東支部發行.
- 4) HARDENBERG, J. O. F. 1935: Miscellaneous notes on Indian fishes. 1. Fishes attracted by light. Overgedrukt. Uit het "Naturkundig Tijdschrift voor Nederlandsch-Indie", i, 49-57.
- 5) 檜山義夫. 1947: 魚類實驗生態論. 鳳文書林發行.

- 6) MIYAZAKI, T. 1950: On the shoal of fishes crowding toward a lamp. *Jap. J. Fish.*, (6) 235-238.
- 7) 佐々木忠義. 1949: 集魚燈の實際知識. *水産*, iv (8), 20-27.
- 8) SHELFORD, V. E. 1914: An experimental study of the behavior agreement among the animals of an animal community. *Biol Bull.*, xxvi, no. 5, 294-315.
- 9) SMITH, O. R. and SCHAEFER, M. B. 1950: Fishery exploration in the Western Pacific.
- 10) SUYEHRO, Y. 1942: A study on the digestive system and feeding habits of fish. *Jap. Journ. Zool.*, xi, (1) 1-303.
- 11) 田内森三郎・林壽. 1926: 燈火に集まる魚群に就て. *水産講習所試験報告*, xxi, no. 4, 121-130.
- 12) UMESAO, T. 1948: Studies on the structure of fresh-water fish communities. I. Fish community in the upper Amur. *Physiol. Ecol.*, ii, nos. 3 and 4, 117-129.

Résumé

1. In the standard form of the lamp community, the animals of the lower food ranks occupy the nearer situations to the light. This form is, however, modified by the predating action and the tidal current.

2. The animals of the lower food ranks gather to the light earlier than those of the higher ranks. The group formed under the light may be broken by the quarternary predators or end predators. The successional changes of the lamp community from the lighting to the dawn were observed.

3. The light is more effective to the animals of the lower food ranks than those of the higher ranks, while the food is more effective to the latter than to the former. The quarternary predators and end predators are entirely controlled by food under the light.