

と推定される。

- 10) この海域における浮魚類の構成は周年にわたりカタクチイワシが主体をなし、これに夏季をピークとしてマアジ、サバ、ウルメイワシなどが加わって成り立っている。

文 献

- 1) 神浦藤雄 1957: 魚群量の季節的変動および分布について, 南海区水研報, 5
- 2) _____ 1958: 魚群調査における各魚種の混在状況について, 同上, 7
- 3) _____ 1958: 魚群探知機の記録よりみたイワシ類魚群の分布構造について, 同上, 9
- 4) 浅見忠彦・神浦藤雄 1966: 沿岸域における魚群調査について, 漁業資源研究会議報, 5
- 5) 青山恒雄・見元孝一 1970: 魚群探知機によるカタクチイワシ群の分布機構の解明と分布量の推定, 橘湾をモデルとした海況および魚群分布調査報告, 西海区水研
- 6) 山本忠 1956: 単位漁獲量の特性について, 農林水産調査資料6. 農林省統計調査部統計課
- 7) オダム 1956: 生態学の基礎, 朝倉書店・京都大学生態学研究グループ訳

4. 浮魚魚群の分布動態に関する研究 — II

昼夜変動と移動速度

Studies on the distribution and behavior of pelagic fish schools. — 2

Vertical migration and migrating speed.

三井田 恒 博 : 古 田 久 典 (福岡県福岡水産試験場)

Tunehiro MIIDA and Hisanori FURUTA

(Fukuoka Prefectural Fisheries Experiment Station)

1. まえがき

群をなしている魚は夜間になると集群性をゆるめ、小群に分散するかあるいは単独になることが知られている。青山ら¹⁾は橘湾におけるカタクチイワシの群構造について、魚探反応の変化から昼間の密集型と夜間の分散型に分離して考察を加えている。

筆者らは、一昼夜の碇置測流観測を実施したが、この間、魚探の連続反応記録を得ることができた。本報ではこの資料を整理し、浮魚の群構造の一昼夜変化ならびに浮魚の移動速度に関して報告する。

2. 調査方法

福岡県福岡水産試験場調査船げんかい(85トン)を1971年7月30日8時~31日8時の間、筑前海域の一定点(34°04.3'N, 130°23.2'E)に碇置し、魚群探知機(海上電機D1-G型)を連続的に作動し、魚群の反応記録をとった。魚探調査と並行して1時間おきに、各層(0, 10, 25, 50, 65m)の水温、塩素量測定、BT観測、ならびに3層(3, 25, 65m)の測流を実施した。魚探記録は常に50KHz, 200KHzの併記で行なったが、50KHzの方を解析の対象とした。魚群記録映像から、なむらごとに出現間隔、出現の水探範囲、幅ならびに高さを読みとった。記録の長さの単位は1分間(紙送り速度25mm/分)を1として表示した。魚群量は幅(指数)と高さ(m)の積をもって表わした。

3. 結果と論議

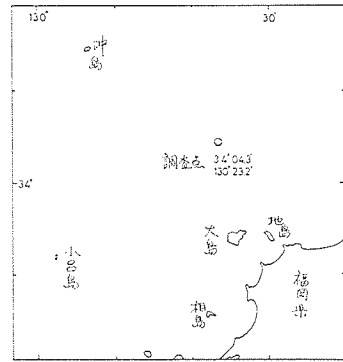
1) 調査定点の海洋環境条件

碇置調査点は福岡県大景灯台から353°、10マイルのところにある。この付近の海底地形は、北側に深く南側に浅い緩傾斜の陸棚をなしており、水深が約70mに達する。ここは水色、透明度、水温、塩素量分布などからみて、北側の対馬暖流水と南側の沿岸水との境界水域に当たっている。

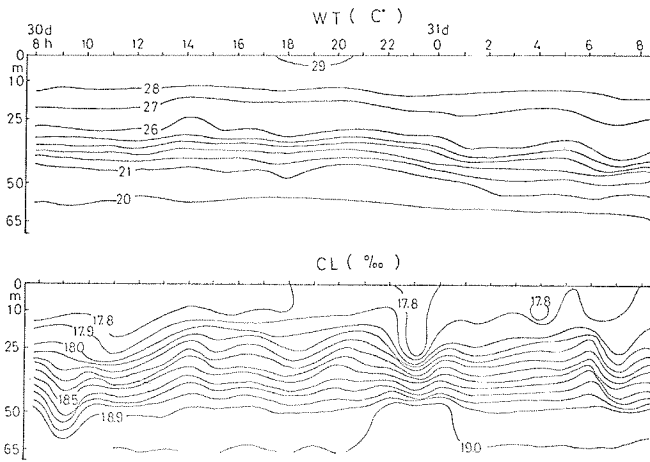
第2図に調査期間の水温、塩素量の時間的変化を示した。10m以浅には28°~29℃, 17.7~17.9‰の表層水が、50m以深には19°~20℃台, 18.9~19.1‰の底層水があり、その間の30~50mには顕著な不連続層が存在している。水温、塩素量の時間的変化は各層とも認められるが、特に不連続層のところでは不連続層の位置、傾度の変動によって著しい。

第3図に測定流から調和分解によって求めた恒流と潮汐流の時間的変化を示した。恒流はそれぞれ3m層—S31°E, 約10cm/S

(0.19ノット), 25m層—S80°E, 約10cm/S(0.19ノット), 65m層—N74°E, 約5cm/S(0.10ノット)であった。対馬暖流は対馬海峡を北東方に流れているが、ここでの流向は暖流北東流とは必ずしも一致しておらず、3m層においてはほとんど逆向きの南流となっている。この付近の海域は夏季に対馬暖流北東流の補流的性格をもつ南下流がよく認められるが、今回の観測結果はその沿岸南下流をとらえたものであろう。しかし、恒流の流向は水深が増すほど半時計回りに変化し、25m層で東向き、65m層で東北東向きとなっている。恒流の流速はこの時期の対馬暖流北東流の1.0~1.5ノットに比べると、きわめて弱く、躍層以浅で約0.2ノット、躍層以深で約0.1ノットである。この海域の恒流が弱く、流向も深さによ



第1図 調査点図



第2図 水温・塩素量の日変化(1971年7月30~31日, 34° 04.3'E, 130° 23.2'E)

って大きな相違が認められることは、ここが暖流水と沿岸水との境界水域であることをうかがわせる。

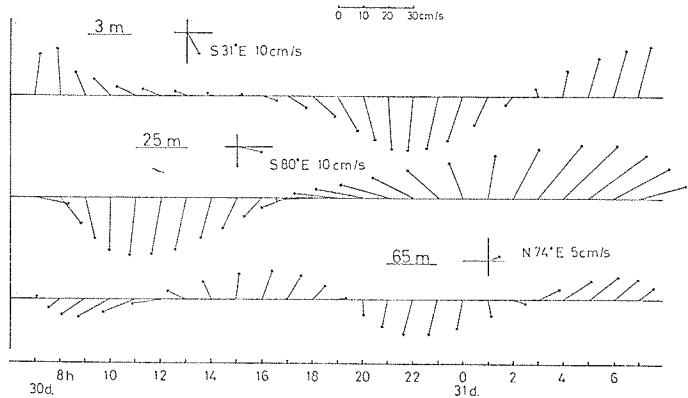
潮流はそれぞれ漲潮流が北向きを、落潮流が南向きを示すが、各層の転流、最大流の現われる時刻が必ずしも一致せず、時間によっては二重潮、三重潮現象が認められている。このように潮流が

深さによってかなり異っているのは、天体の起潮力の外に、気象潮汐の影響も加わっているものと思われる。

2) 魚群の時間的出現状況

第4図に、1時間ごとの発見なむら数(n)、魚群量(S)、

ならびに1なむらあたり魚群量(S/n)の変化を示した。1時間に出現するなむら数は30日、08時~20時では2~12個体の間で変化し、平均6個体ときわめて少ないが、20時以降になると急速に増し、最高72個体に達している。しかし、日出時に近づくにつれてなむら数は減少し始め、31日の07時~08時では10個体の出現となっている。魚群量の時間的変化をみると、昼間ではその変動幅が大きく、大量出現時がいくつか認められているが、夜間では大量出現時がなく、変動幅は小さく、安定している。さらに、1なむらあたり魚群量の



第3図 恒流と潮流ベクトル

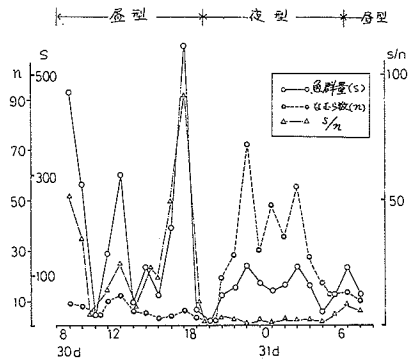
時間的变化をみると、昼間と夜間とでは明瞭に区分される。すなわち、1なむらあたり魚群量は昼間において大きく、その変動幅も大きい、夜間において5以下と小さい。以上のことから、魚群の出現状態は昼型と夜型とに明確に区分される。昼型の出現時刻を30日08時～19時と31日06時以降、夜型については30日19時～31日06時とした。

今回の調査は前後5°、左右6°の指向角をもつ下向け魚探を固定させて、その探索可能範囲に入ったものだけの記録であるから、航走調査に比べると、魚群遭遇率が低かったと思われる。そのために統計値はそれほど多くはないが、解析にさしつかえるほどではなかった。ここで、考慮しなければならないのは、昼間の魚群量が夜間のものよりもかなり大量に出現していることである。これは、浮魚類が夜間になると、なむらを解消して小群になるか、あるいは単独になって魚群反応として記録されないか、記録されたとしても細かい点状反応のため、データとして採用しなかったことによって起こった見かけ上の相異であろう。すなわち、魚群が時刻によって他海域へ移動集散を行なったのではなく、ここでの実際の魚群量自体は昼夜によって大きく変わっていなかったとみるべきであろう。

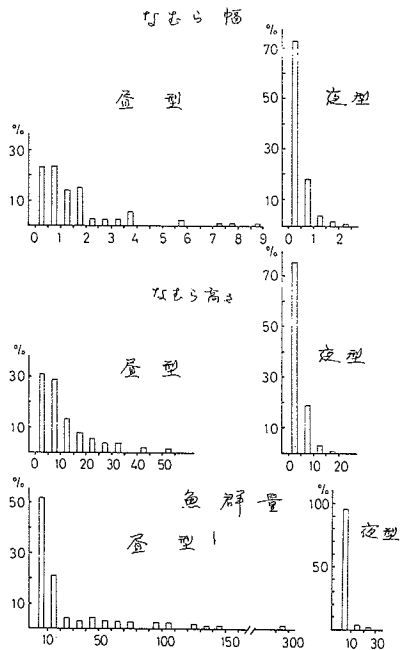
3) 魚群構造の昼夜の比較

第5図になむら幅、高さ、魚群量の頻度分布を昼型と夜型とに分けて示した。

この図でのすべての分布型は指数型に近いが、特に夜型では小さい方へのかたよりが著しい。幅の分布をみると、昼型では連続反応が2分間以上のものの割合が約80%に達しているが、長時間の連続反応なむらもあり、最大9分近くのものも認められる。これに反して夜型では0.5分以下のものが74%に達し、2.5



第4図 魚群出現の時間的变化
(34° 04.3'N, 130° 23.2'E)



第5図 なむら幅、高さ、魚群量の頻度分布の昼夜型

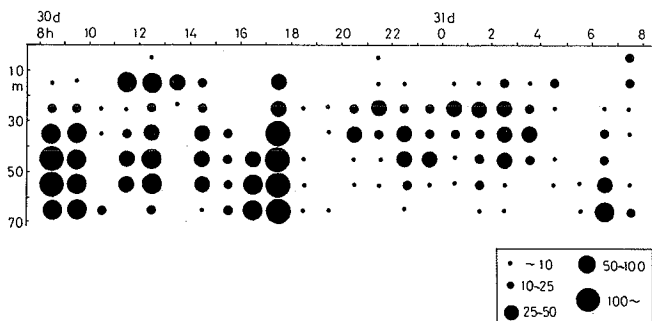
分以上の連続反応なむらは全く認められていない。高さの分布をみると、昼型では10 m以下のなむらが60%を占めるが、最大50 mに達するものも認められる。夜型では5 m以下のなむらが76%を占め、20 m以上のものは全く認められない。さらに、昼型と夜型との違いは、魚群量分布においてより顕著となる。すなわち、昼型では魚群量指数10以下のなむらが52%も占めているものの、かなり大きな量の出現もみられているのに対して、夜型では10以下のものが96%を占め、30以上は全く認められていない。

なむらがもし魚探の探索範囲内に長時間とどまっていれば、その量自体が小さくても大きく現われ、逆に、量自体が大きくても移動速度が速いか、あるいは群の一部しか探索範囲に入らなかったとすれば、なむら幅は小さく現われる。このような調査上の誤差を考慮しても、昼型と夜型との間には有意な相違性が存在すると結論付けても良からう。すなわち、浮魚類は夜間になると集群性がゆるみ、なむらの幅、高さともに小さく、またなむら量自体も小さくなる。

4) 魚群の分布深度

魚群の分布水深の変化をみるために、魚探記録の上で次の整理を行なった。海深10 m間隔で区分し、10 mごとの層内にあるなむらの魚群量を1時間ごとに計数した。1つのなむらが複数の層にまたがっている場合には、その魚群量をそれぞれの層に等分して計数した。こうして、各層別に集計された結果を5段階に区分し、第6図に模式的に示した。この図から明らか

なように、魚群は10 m以浅の表層水塊(28~29℃, 17.7~17.9‰)にはほとんど存在しないが、それ以深のところには分布している。30~50 mの躍層付近にも魚群が分布しているが、これは単なる見かけ上のものではなく、実際の魚探記録のなかには躍層を境とした上下両水塊にまたが



第6図 魚群量の深度別出現状況

って分布しているものも認められている。しかし、このことから、直ちに躍層が分布規制要因になっていないとは言えない。また、分布深度を昼と夜とに分けて比べてみると、昼間の魚群が躍層以深のところ

ろに多く出現しているのに対して、夜間のものは20~40 mの躍層付近に相対的に多い。さらに、日没時に魚群が一時的に底層へ集まるような傾向もうかがわれる。

5) 浮魚の移動速度

以上のことは、わずか一昼夜の観測結果であるから、はたして有意性のある知見とは言い得ないかも知れない。今後、さらに明らかにしていく必要がある。

3).4)

今回のように船を錨碇した場合、下向け魚探の単体記録から魚の移動を次式で得ることができ

$$v = \frac{2\sqrt{d_3^2 - d_2^2}}{t}$$

ただし、 $d_2 \leq d_1 \sec \phi$ $d_3 = d_1 \sec \phi$

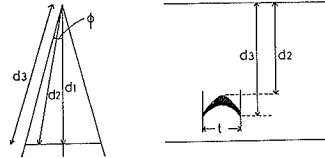
ここで各記号は、下記および第7図のとおりである。

v : 魚の移動速度 (m/sec)

t : 記録された時間間隔 (sec)

ϕ : 有効半角 ÷ 半減半角 × 0.6

d_1, d_2, d_3 : 距離 (m)



第7図 単体反応記録のあらわれ方

反応記録のなかから、第7図に示す水平移動をなしたと思われる鮮明な記録のみを選定し、上記の式により移

動速度を算出し、第1表に示した。11個体の出現数のうち、出現時刻は夜間に多く、水深は表層を除いて20~70mに分布している。また、海洋環境条件をみると、水温が20~27℃、塩素量が1.7.9~1.9.1‰、流速が8~35cm/Sの範囲にあって、それぞれ、かなり異なった環境下で出現している。これらの移動速度は0.6~1.5m/Sであった。この値は対地速度であって純泳速度(対流水速度)ではないので流速の補正を行なって純泳速度を推定すると、0.3~1.6m/Sの範囲にある。

当時、この水域におけるまき網漁獲物はマサバ63%、マアジ34%、ウルメイワシ3%であり、体長組成についてはマサバ(FL)18~24cm(モード20cm)、マアジ(FL)18~31cm(モード18, 24, 28cm)、ウルメイワシ(BL)16~22cm(モード18cm)が求められている。

漁獲の情報からみて、魚探に現われた単体魚はマサバもしくはマアジであったと想定される。マサバ、マアジは昼夜ともに活潑に活動する昼夜行性型であるが、夜間においてはいく分活動が低下し、索餌を行なわないとされている⁵⁾。ここで得られた遊泳速度からみても、昼夜による相異は認められていない。

一般に魚の移動速度は魚体の大きさによっており、速度と体長との間には $C = \frac{V}{\sqrt{L}}$ の関係式がなり立つと言われる⁶⁾。すなわち、魚体長(L)の平方根で魚の移動速度(V)を割った値は速度係数(C)と言われ、魚種によってそれぞれ特定値()を示す。例えば、サバの係数(C)は30~60と推定されているので、上式にあてはめて、20cm級サバの速度を求めると、135~270cm/Sが得られた。魚探記録から求めた30~160cm/Sはこの値に比べて低い。このことは魚種の違いによって起こったのかも知れないが、常識的には魚の生物学的状態あるいは環境条件の違いによってこの程度のズレは当然存在するとみた方が良さそうである。

漁業者間では、魚群の移動は沖合で速く沿岸で遅いと言われている。一方、黒木は⁷⁾、魚は海流のなかでは流れ自体を意識せずに遊泳しており、索餌傾向や天敵逃避行動が生じない限り静水ないし緩流中で最もしばしば観測される速度をもって海流内で泳いでいるものであろうと推定している。この2つの知見を矛盾なく組み合わせて、魚群移動の差を説明するためには、沖合と沿岸とでは水塊の移動に明らかな差が存在しなければならないことになる。ちなみに、夏季の沖合水域と沿岸水域とにおける海流(恒流)を比べてみると、対馬東水道を北上する対馬暖流の流速は表層で1.0~1.5ノット(51~77 cm/S)、底層で約0.5ノット(26 cm/S)⁸⁾を示し、今回求められた恒流流速5~10 cm/Sよりも著しく速い。

以上のことから、浮魚の移動様式について次のように想定した。浮魚は対馬暖流に乗って移動回遊する場合にはその移動速度も速いが、いったん、各沿岸水域へ入り込むとその移動速度は低下し、一時的にその水域に滞留するようになる。これは基本的には、魚自体の純泳速度の変化によることよりも、魚を包含している水塊の移動速度に規制されている。

4. 要 約

- 1) 1971年7月30日8時~31日8時の間、船を錨碇し、連続魚探調査、各層海洋観測、3層測流を実施し、浮魚群構造の昼夜変化と移動速度について検討した。
- 2) 調査点は筑前海域のなかでも対馬暖流水と沿岸水との境界水域にあたる。観測結果によれば、10 m以浅の表層水(28~29℃, 17.7~17.9‰)と50 m以深の底層水(19~20℃台, 18.9~19.1‰)との間には躍層が発達している。恒流は弱く、躍層以浅で南東方へ約0.2ノット、躍層以深で北東方へ約0.1ノットを示している。潮汐流は漲潮流が北向きを、落潮流が南向きを示すが、各層の転流、最大潮の現われる時刻が必ずしも一致せず、時間によっては二重潮、三重潮現象が認められる。
- 3) 魚群の出現状況は昼、夜とによって明確に区分される。昼間では集群性が強く、大きななむら魚群量の出現がみられるが、夜間ではなむらを解消して小群になるか単独になって点状反応の出現が多くなる。
- 4) なむら幅、高さ、魚群量の頻度分布は、いずれも指数型に近いが、なかでも夜型の方が小さい方へのかたよりが著しい。
- 5) 魚群は昼夜にわたって10 m以浅の表層水にはほとんど出現せず、それ以深に分布している。また、昼夜の出現分布を比べると、相対的に昼間では躍層以深に多く、夜間では躍層付近に多い。
- 6) 魚探の単体反応像から、移動速度を0.6~1.5 m/Sと推算した。これらの魚種はマサバもしくはマアジと思われる。
- 7) 浮魚の移動様式に関して次のように想定した。浮魚は対馬暖流に乗って移動回遊する場合にはその移動速度も速いが、いったん各沿岸水域へ入り込むとその移動速度は低下する。これは基本的には魚の純泳速度の変化によることよりも水塊の移動速度に規制されている。

文 献

- 1) 青山恒雄・見元孝一 1970: 魚群探知機によるカタクチイワン群の分布機構の解明と分布量の推定, 橘湾をモデルとした海況および魚群量分布調査報告, 西海区水研.
- 2) 山本忠 1956: 単位漁獲量の特性について. 農林水産調査資料6, 農林省統計調査部統計課.
- 3) 青山恒雄・見元孝一 1970: 調査船による魚探調査の手引(第2次案). 西海区水研.
- 4) 佐野典達 1968: サケ・マス魚探技術の若干の問題点について—I, 記録紙魚像から計算されたサケ・マス遊泳速度と遊泳水深からみた漁場の評価について. 日水誌, 34(8).
- 5) 井伊明ほか 1953: 魚類の夜間行動に関する研究—II. 日水誌, 19(4).
- 6) ニコルスキー 1963: 魚類生態学. 新科学文献刊行会.
- 7) 黒木敏郎, 1959: 魚群の移動と出現状況との関係, 鹿大水産学部紀要7.
- 8) 三井田恒博 1973: 過去の研究結果からみた対馬海峡における対馬暖流の流況と消長. 第17回西海区ブロック漁海況シンポジウム報告書. 西海区水研.

第1表 浮魚の推測移動速度と環境条件

出現時刻	出現水深	移動速度	環 境 条 件	
			流 況	水 質
1971.7.30		m/S	m/S	
12-00	20 m	0.57	S22°E, 0.25	27°C, 17.9‰
17-30	30	1.50	S, 0.08	26, 18.3
18-00	45	0.98	N68°E, 0.10	22, 18.7
31.				
02-00	45	0.77	S68°E, 0.20	23, 18.8
02-00	35	0.76	S68°E, 0.20	25, 18.4
02-00	60	1.03	N45°E, 0.35	20, 19.0
02-30	45	0.85	N60°E, 0.20	22, 18.8
02-30	40	0.89	N60°E, 0.20	23, 18.7
05-30	40	0.75	N45°E, 0.20	23, 18.7
05-30	70	0.96	N22°E, 0.15	19.5, 19.1
06-00	30	1.17	E, 0.33	26, 18.5