

バイオテレメトリーによるヒラメの沿岸来遊行動解析

林 陽子

Migration of Japanese flounder (*Paralichthys obivaceus*)
in Sagami Bay observed by acoustic transmitter.

Yoko Hayashi*

A B S T R A C T

Transmitters were attached to five Japanese flounder, *Paralichthys obivaceus*, in order to investigate migration, movement, and behavior of the fish in Sagami Bay during 1996 through 1997. Four out of the five fish were released over water of 400m in depth while another was released over water of 70m depth. The four former flounder migrated north - east in midwater layer without swimming towards the bottom. The mean horizontal swimming speeds were 3.3-13.2m / min. After an extensive horizontal migration, upon reaching the sea floor, the flounder were most active 16 : 00 and 21 : 00 hours. The maximum depth reached was 230m. Descent speeds were 23 - 29m / min and ascent speeds after descent were 1 - 5m / min.

緒 言

相模湾西部のヒラメ刺網漁は、当地区における刺網の総水揚げ金額の60%近くを占める重要な漁業の一つである。本県におけるヒラメの水揚げ量は、1987年を機に種苗放流の効果やヒラメに適した環境がそろったことなどの幾つかの要因が重なり、漁獲量を大きく伸ばしている。¹⁾しかし、相模湾西部で漁獲されるヒラメについては、なぜこの海域に好漁場が形成されるのか、あるいはどの海域から来遊しどちらの方向に向かうかなど、詳細な資源生態は明らかでない。

魚群行動の解明手法には、標識放流による方法が最も多く利用されているが、この方法では、標識魚が再捕されることが必須であり、また採捕されても魚の放流地点と再捕地点の2点と経過日数のデータしか得ることが出来ず、回遊または移動途上の経路や生態を解明することは出来なかった。近年、超音波を利用したバイオテレメトリーシステムが開発され、魚の行動を時系列で連続して追跡することが可能となった。最近の研究では、小長谷らがハクレンとコクレンについて²⁾、北川らがピワコオオナマズの追跡に成功している³⁾。

ヒラメは幼稚魚、若齢魚の時期にはある一定の場所に着底し大きな移動はしない。しかし、大型魚になるにつれ、4時間程度の長い離底行動をとるようになり、大きな移動をするようになる⁴⁾。全国的に見ると、標識放流

の結果では、大きな移動をしている例も多い⁵⁾。そこで、本報では、1kg以上の中型から大型のヒラメを、あえて水深400mの深い海域に放流し、放流後の移動時の遊泳水深、遊泳速度、移動方向などヒラメの遊泳行動を中心にバイオテレメトリーシステムを用いた連続調査を行い、ヒラメの回遊経路を推定するための基礎資料とした。

材料と方法

調査は1996年4月から1997年4月までの間、相模湾西部海域にて5回行った。調査日時、放流場所及び供試魚の大きさを表1に、調査海域及び放流地点を図1に示した。供試魚には、調査当日早朝に小田原地先のヒラメ刺網で漁獲された体重1kg以上のヒラメを用いた。ヒラメの追跡には、カナダ Vemco Ltd.製システムを用いた。魚体に装着したピンガー(発信機)は、長さ7.2cm、直径1.6cm、重さ24gの円筒形で、水深の情報を含むパルス音を3秒おきに発信するものを用いた。ただし、ピンガーの信号は、半径500mの範囲内でとらえることが出来る。なお魚体への装着方法は、図2に示した。発信された信号は、調査船の舷側に装着したハイドロフォンで受信し、パーソナルコンピューターで数値処理した。発信音を確認しながら魚を追跡し、発信音を受信したときの船の位置をGPSでもとめ、これを魚の位置とした。可能な限り船の直下に放流ヒラメが入るように操船しな

表1 調査日時及び供試魚の大きさ

	調査年月日	放流時刻	放流場所	供試魚の銘柄体重 (kg)	供試魚の換算全長 (cm) ¹⁾
第1回	1996. 4.22~23	11:34	早川沖水深 400m	1.5	52.4
第2回	1996. 5.21	14:35	大磯沖水深 70m	1.2	48.9
第3回	1996. 5.23	11:49	国府津沖水深 400m	1.0	46.2
第4回	1997. 2. 3	15:37	早川沖水深 400m	1.1	47.6
第5回	1997. 4.22	15:08	国府津沖水深 400m	1.6	53.5

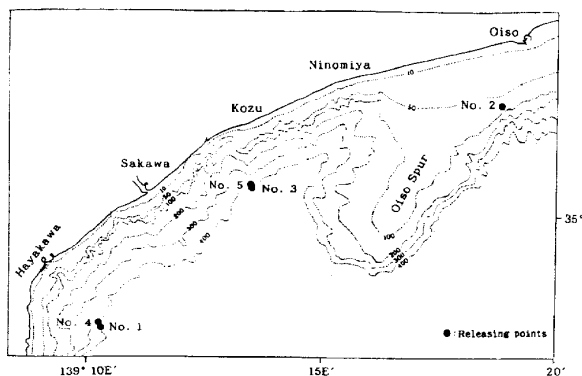


Fig.1 The location of observation area and releasing points.

図1 調査海域及び放流地点

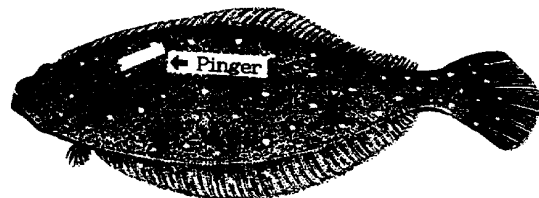


Fig.2 The Japanese flounder attaching the transmitter (pinger)

図2 ピンガーを装着したヒラメ

がら追跡したが、弱い受信音時のヒラメの位置は、船の位置から半径500mの円内にあることになる。

結 果

水平及び垂直移動 第1回から第5回までのヒラメの行動追跡の水平移動の結果を、図3-1~5に、垂直移動の結果を図4-1~5に示した。移動地点における水深は、発信音を捕捉した調査船の水深を示しており、前述のとおり500mの誤差範囲の間で有効な値である。

第1回調査では、11時34分に水深400mの海域で放流されたヒラメは、直ちに潜行を開始し、水深80mまで達した後に、11時44分から53分までの9分間その水深で滞留した。その後再び潜行し、放流55分後には水深140m前後の深さを400m等深線に沿って北上した。放流92分

後の13時06分で一時的に見失ったが、15時30分に放流地点から北方1.5km地点で発信音を捕捉した。ヒラメは水深170m付近を北上し、17時52分に水深170mの海底に着底した。ヒラメは18時8分に再び移動を始め、18時34分に距岸750m、水深100mに接岸した。標識ヒラメはこの地点で18時50分まで滞留していたが、再び移動を開始し、20時54分には距離500m、水深75m地点にさらに接岸した。この海域は小田原地区のヒラメ刺網漁場である。ここで、再び静止し21時20分に同地点で浮上し僅かに500m東方に移動して静止した。標識ヒラメの静止時間と遊泳時間との間隔を見ると、受信不能の時間を除いた遊泳時間は、16時48分からの25分間、18時8分からの10分間、21時22分からの12分間でその1回あたりの平均遊泳時間は15.6分であった。また、静止していた時間は17時13分からの43分間、18時18分からの25分間、19時12分からの130分間で、その1回あたりの平均静止時間は66分であった。この平均静止時間は、平均遊泳時間の4倍と長かった。つまり、放流直後では13時06分に見失うまで92分間連続して遊泳していたが、ヒラメ漁場に着底してからは遊泳時間は短く、静止時間は非常に長いことがわかった。

第2回調査は、瀬の海東側にある水深70mのヒラメ漁場に14時35分に放流した。放流3分後に海底に達し、15時54分までその地点に静止した。その後、標識ヒラメは、海底から5m浮上した後北に向かって接岸遊泳し、17時15分に水深50mに、18時00分には38mに、19時00分には水深13mの地点に達した。標識ヒラメはその地点で19時30分まで静止したので、当日の調査を終了し、2日後の5月24日に同地点を検索したところ、11時00分に前日の最終静止地点より東南東2.5km、水深50mの地点に静止している標識ヒラメを捕捉した。

第3回調査は、小田原市国府津沖水深400mの地点で11時48分に放流した。放流後直ちに潜行し、放流6分後の11時54分に水深80mに達し、その水深に12分間滞泳した後、再び93mまで潜行するのを確認したが、その後見失った。13時4分に水深118mにて発見し、潜行、浮上を行い13時43分に水深186m地点で、再び見失った。13時56分から14時11分まで水深170mに静止していたが、その後浮上し14時13分には水深125mに再び静止し

た。14時48分に再び見失ったが、15時36分に水深225m地点で着底しているのが発見され、そのまま18時17分まで静止していた。その後徐々に浮上し、19時00分になって水深190mまで浮上したが、見失った。この間の移動距離は1.75kmであった。

第4回調査では、15時37分に早川沖水深400m地点で放流されたヒラメは、7分後の15時45分には水深208mまで潜行した。15時45分から15時48分まで同水深に滞留した後浮上をし、6分後の15時53分には水深175mに達し、16時41分まで同水深に滞留した。標識ヒラメは17時25分から17時29分、17時30分から17時53分にかけてそれぞれ45m、53mと大きく浮上し、18時13分には水深50mまで浮上するが、再び潜行を始め18時39分にかすかな発信音で水深77.8mで捕捉された後、放流地点より北東1kmの地点で見失った。なお、3時間の調査時間中に着底は確認されなかった。

第5回調査では、15時8分に国府津沖水深400m地点に放流されたヒラメは、68m付近で1分間滞留したが、放流4分後の15時12分には水深72m地点まで潜行し、直ちに浮上を開始し、15時25分には水深18mまで浮上した。その後16時00分まで35分間同一水深に滞留した。16時00分に時見失うが、16時27分に再び発見されたときには、先ほどの地点より北北西1.25km、水深23m地点に移動しており、等深線を真っ直ぐ横切り、この27分間に大幅に移動していたことがうかがえた。16時27分から16時34分まで再び浮上し、水深10mに達した。16時34分から55分までの21分間、5m程度の浅い潜行、浮上を3回繰り返した後、16時56分に再び見失った。17時37分に、西に500m、水深33m地点に発見されたが、18時53分に調査を終了するまで、水深の変化も移動もほとんど見られなかった。

5回の試験結果から、供試ヒラメは放流位置の水深に関係なく、また放流位置から最も近い沿岸に接岸することなく、放流後は北または北東方向に移動することがわかった。

ヒラメの接岸移動速度は、平均3.3~13.2m/minであり、最も活発に移動した時間帯は、図3-1~5から16時から21時前後であった。その動きは、沿岸では、短時間に水深を変えながら移動、休憩の繰り返しであった。

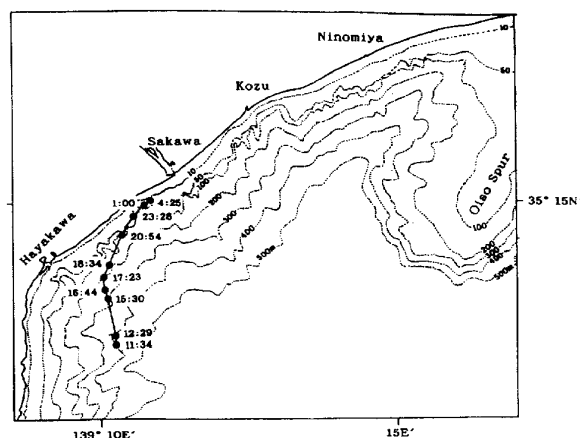


Fig.3-1 Inshore movement of No.1 flounder from 22 to 23 April 1996.

図3-1 ヒラメの行動追跡結果(第1回:1996年4月22~23日)

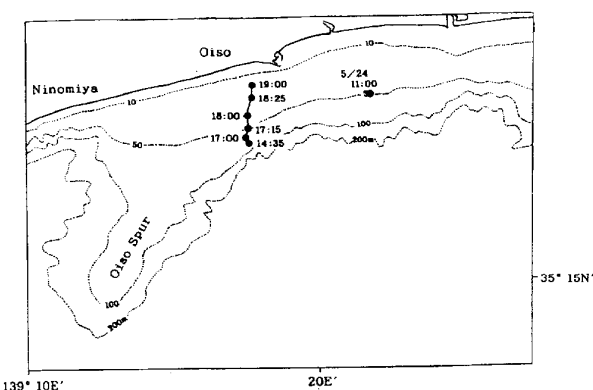


Fig.3-2 Inshore movement of No.2 flounder from 21 MAY 1996.

図3-2 ヒラメの行動追跡結果(第2回:1996年5月21日)

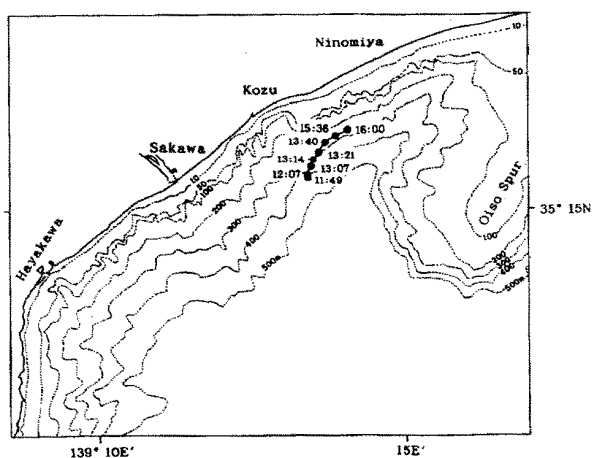


Fig.3-3 Inshore movement of No.3 flounder from 23 May 1996.

図3-3 ヒラメの行動追跡結果(第3回:1996年5月23日)

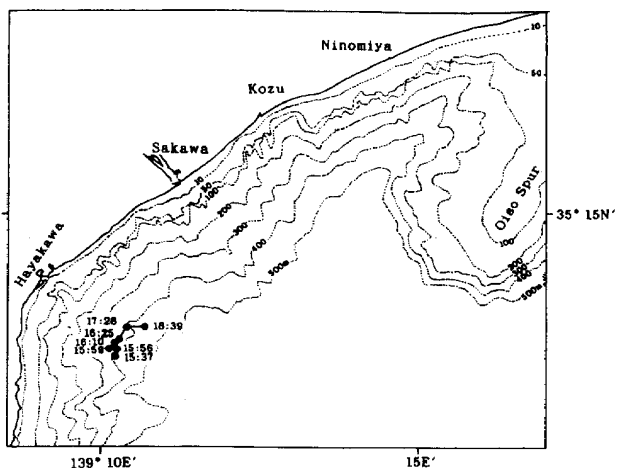


Fig.3-4 Inshore movement of No.4 flounder from 3 February 1997.

図 3 - 4 ヒラメの行動追跡結果 (第 4 回 : 1997 年 2 月 3 日)

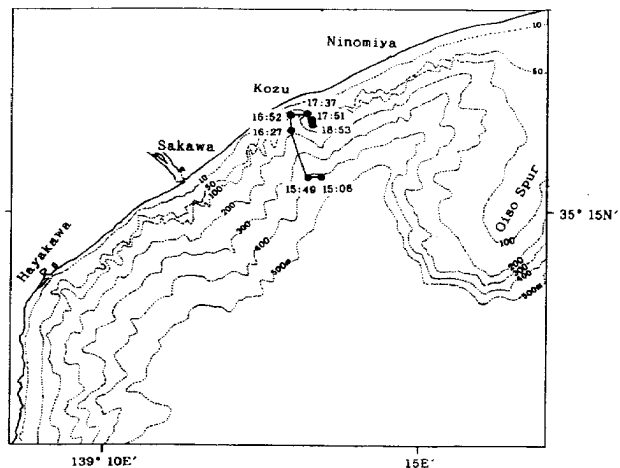


Fig.3-5 Inshore movement of No.5 flounder from 22 April 1997.

図 3 - 5 ヒラメの行動追跡結果 (第 5 回 : 1997 年 4 月 22 日)

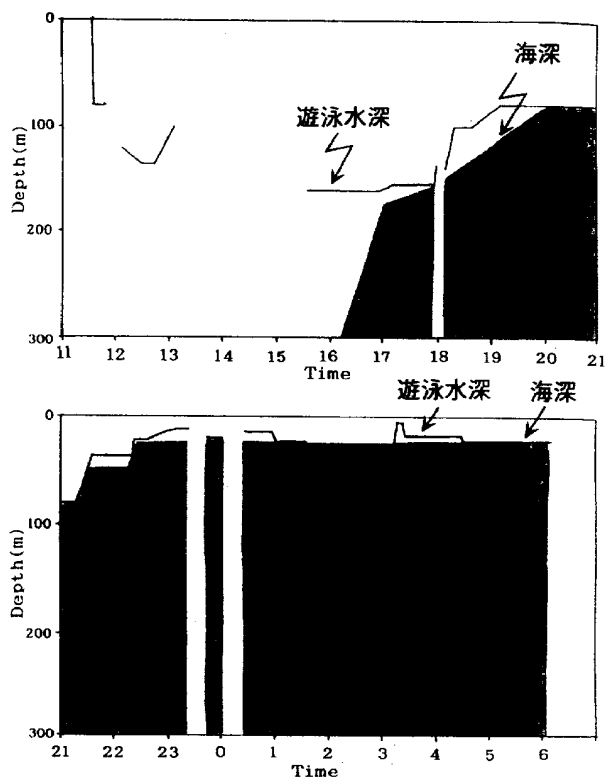


Fig.4-1 Hourly swimming depth of sea water on 22-23 April 1996.

図 4 - 1 ヒラメの遊泳水深と海深 (第 1 回 : 1996 年 4 月 22 日 ~ 23 日)

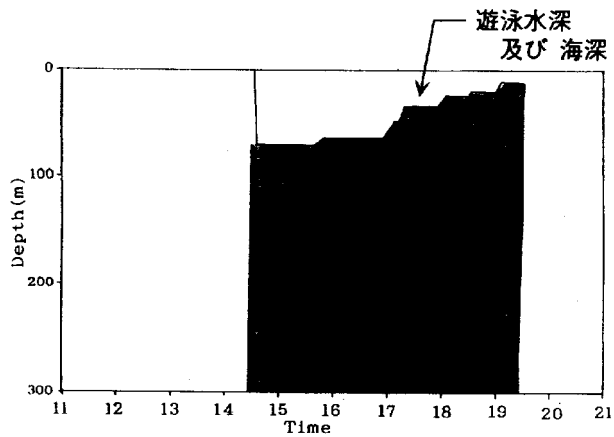


Fig.4-2 Hourly swimming depth of sea water on 21 May 1996.

図 4 - 2 ヒラメの遊泳水深と海深 (第 2 回 : 1996 年 5 月 21 日)

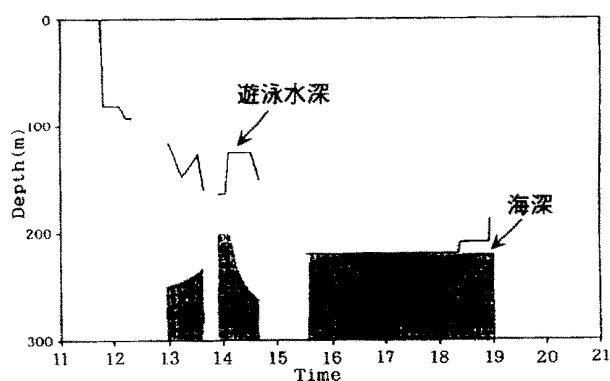


Fig.4-3 Hourly swimming depth of sea water on 23 May 1996.

図4-3 ヒラメの遊泳水深と海深 (第3回:1996年5月23日)

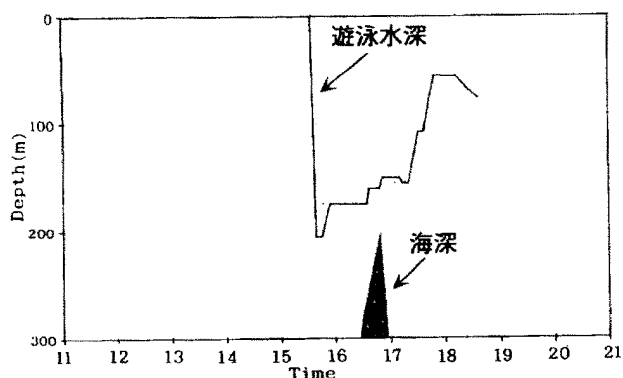


Fig.4-4 Hourly swimming depth of sea water on 3 February 1997.

図4-4 ヒラメの遊泳水深と海深 (第4回:1997年2月3日)

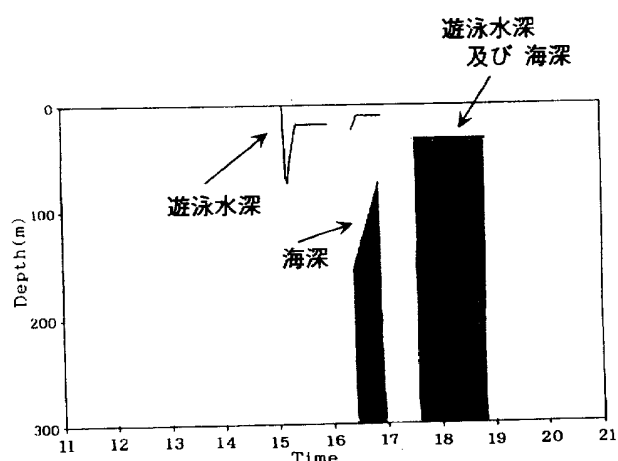


Fig.4-5 Hourly swimming depth of sea water on 22 April 1997.

図4-5 ヒラメの遊泳水深と海深 (第5回:1997年4月22日)

潜行及び浮上速度 放流直後の標識ヒラメの最大潜行水深と潜行速度を表2に示した。放流地点の水深が400m以深におけるヒラメの最大潜行水深は、72~225mの範囲にあった。これらは、海底に着底することなく最大2.5kmを移動した。最大遊泳水深と放流直後の潜行速度は、表2に示した。最大遊泳水深はヒラメの体重が大きい程浅くなる傾向が認められ、これらは直線回帰で示された。(図5)放流直後の潜行速度は、水深の浅い海域に放流した第2回調査を除き、13~29m/minであった。最大遊泳水深が調査例中最も浅い第5回では、13.2m/minのゆっくりとした速度であったが、このヒラメの体重は最も大きく、体重が少なくなるにつれて潜行速度は速くなる傾向が認められた。(図6)放流水深が70mと浅い第2回では43.3m/minの速い速度で潜行しこの速度は、ほぼ同じ体重の第4回調査のその1.5倍であった。潜行に要した時間は3分から7.5分であったが、放流水深の浅い第2回では1.5分と短かった。

400mの放流地点における放流直後の潜行速度は、潜行水深が深いほど速い傾向が認められ、これらは直線回帰で示された。(図7)

次に、観察中連続で追跡が可能であった事例について、浮上距離と浮上速度を求め、表3に示した。着底していない標識ヒラメの浮上速度は、5.7m/min前後で、着底している場合のそれは、1~5m/minの範囲にあった。

表2 最大潜行水深と放流直後の潜行速度

	最大潜行水深(m)	放流地点の水深(m)	放流直後の潜行速度(m/min)
第1回	160	400	23.1
第2回	70	70	43.3
第3回	225	400	28.2
第4回	208	400	29.3
第5回	72	400	13.2

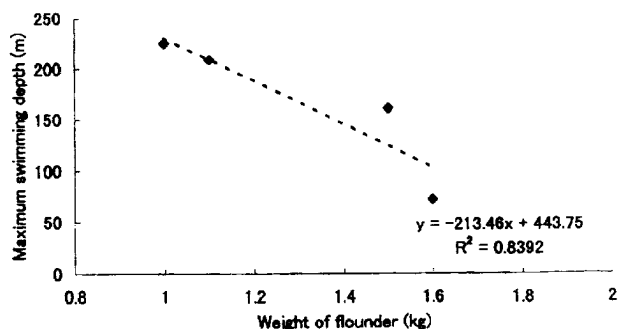


Fig.5 The relation between weight of the flounder attaching pinger and maximum swimming depth.

図5 標識ヒラメの体重別最大潜行水深

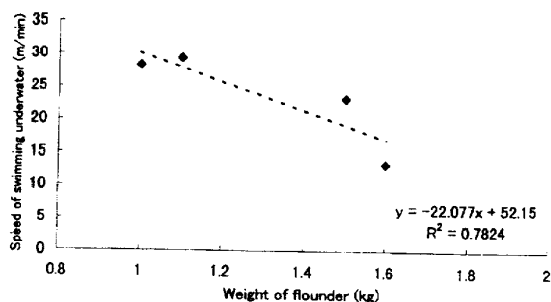


Fig.6 The relation between weight of the flounder attaching pinger and speed swimming underwater.

図6 標識ヒラメの体重別潜行速度

着底後再び浮上する速度は、図8に示したように、体重が増加するに従い速くなる傾向が認められた。また、ヒラメが着底したと思われる水深200m以浅の砂浜域では、着底水深が浅いほど速い速度で浮上し、着底水深が30m以深では、1m/min前後の浮上速度であまり変わらなかった。(図9)

以上のことから水深400mの深い海域で放流された標識ヒラメは、魚体の重いものほどゆっくりとした速度で潜行しその最大潜行深度は浅くなるが、その移動方向は最至近の砂浜域ではなく、北または北東の潮流と一致していた。また、200m以浅の砂浜域に着底した標識ヒラメは、体重の重いものほど速い速度で浮上するが、着底水深が30m以浅の海域ではその水深が浅いほど浮上速度が速いことがわかった。しかし、30m以深ではその浮上速度は1m/minであまり変わらなかった。

考 察

相模湾に放流されたヒラメの移動は、1991~1992年に実施された標識放流によって部分的に明らかにされている。その中で、小田原地先で放流された標識ヒラメの再捕結果では、ヒラメは西へ移動する傾向が強いが、1部のものは東側へ移動している⁶⁾。

本試験に供したヒラメは、全長50cm前後でこれは1歳から2歳魚に相当する¹⁾。2歳以上のヒラメは離底後、かなりの距離を遊泳することが過去の知見⁵⁾でも明らかにされている。本報では強制的に400m水深で放流したが、ヒラメが移動過程の中で沈下することなく長時間にわたり遊泳したことは、前述の知見を裏付けるものである。小田原沖における潮流の平均流速は、0.5~2.2cm/secである⁷⁾ことと比較すると、本試験のヒラメの遊泳速度は、5.5~22cm/secと約10倍速く、潮流を利用しながら遊泳していると推定される。平石らによって、養殖集荷時の体重1.0kg、全長45cmのヒラメでは実流速の平均

が21cm/sec以上の条件下では、定位で

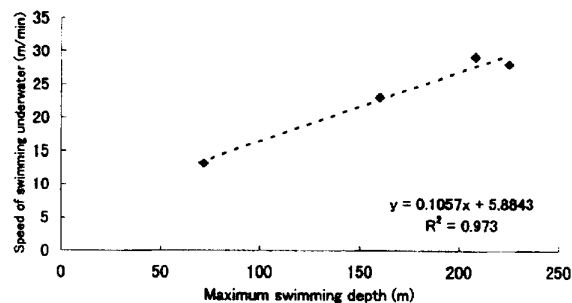


Fig.7 The relation between maximum swimming depth of flounder attaching pinger and speed of swimming underwater.

図7 標識ヒラメの潜行速度と最大潜行水深の関係

表3 浮上距離と浮上速度

	浮上距離(m)	浮上速度(m/min)	着底の有無
第1回	22 5(17m)	3.4	
第2回	68 53	1	
	33 24	1.1	
第4回	208 180(28m)	5.6	×
第5回	72 43	5.8	×
	23 15	3.2	
	13 9(5m)	5	

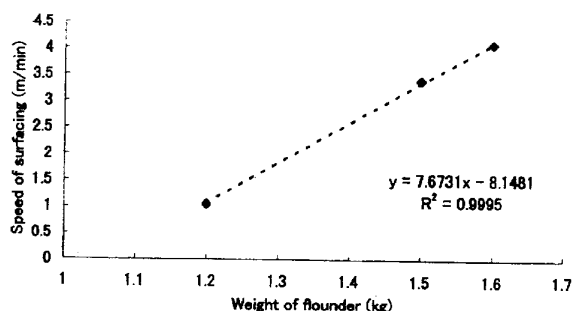


Fig.8 The relation between weight of the flounder attaching pinger and average speed of surfacing.

図8 標識ヒラメの体重別平均浮上速度

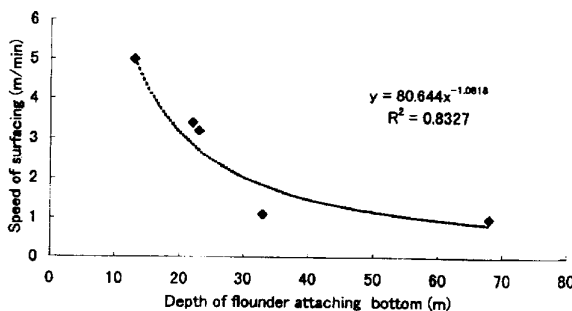


Fig.9 The relation between depth of flounder attaching bottom and speed and speed of surfacing.

図9 標識ヒラメの着底水深と浮上速度

きず潮流に流されてしまうことが報告されている⁸⁾。このことから、ヒラメは潮流に逆らって泳ぐのではなく、潮流をうまく利用して、長時間、長距離にわたる滑空遊泳をしていたと考えられる。つまり、相模湾に来遊するヒラメは反時計周りの還流に乗って長時間遊泳することが可能であるといえる。

また本報の結果では、標識ヒラメは、水深 400m 以深の沖合いに放流した場合は、一定水深以上は潜行せずに中層を移動して接岸し、一方 200m 以浅の沿岸に放流した場合は、直ちに潜行して着底していることを明らかにした。ヒラメの最大潜行水深が、魚体が大きくなるに従い浅くなり、小型のものほど深いことは、ヒラメの耐圧水深に限界があることを示している。神奈川県沿岸で多数漁獲される全長 30~40cm のヒラメは、本報の結果から水深 300m くらいまで潜行可能であると推定され、沿岸域の広い範囲が 1 歳未満の生活域と考えられる。

また、現在ヒラメの刺網漁が行われている沿岸海域では、魚体の大きいものほど、また着底水深が浅いほど浮上速度が速いことがわかった。このことから、ヒラメが海底から高い距離に浮上し、底層よりも潮の速い表層の流れに乗って移動することが考えられる。つまり、沿岸域のヒラメの移動は大きい魚体のものほど遠く離れた地点まで移動することが可能であることを示している。本報では、魚体の大きさの違いによって、1 日に何回浮上、着底を繰り返しているのかを明らかに出来なかったが、この浮上回数を試験的に求めることによって、体重(年齢)別に 1 日のヒラメの最大移動距離を求めることができ、ヒラメ漁場の短期的移動を予測できると考えられる。

謝 辞

本研究を進めるにあたって、調査に協力していただいた神奈川県調査船「うしお」、「さがみ」及び「江の島丸」の乗組員の方々に深謝いたします。また、英文の校閲をしていただいた海洋科学技術センター 研究員 Dhugal J. Lindsay 氏に心より感謝いたします。

参考文献

- 1) 神奈川県(1996):平成8年度 資源管理型漁業推進総合対策事業報告書(広域回遊資源)
- 2) 小長谷ほか(1988):中国東湖におけるハクレンとコクレンの遊泳の遠隔計測. 日水誌, 55(7), 1139-1144
- 3) 北川 ほか(1996):琵琶湖北湖塩津湾におけるピワコオオナマズの回遊測定. 海洋理工学会誌, 2, 91-96
- 4) 柿元 ほか(1979):ヒラメ成魚の移動生態(テレメトリーによる測定). 新潟県水試研報(8), 13-46
- 5) 日本栽培漁業協会(1995):平成2年度~平成6年度放流技術開発事業総括報告書 太平洋ブロックヒラメ班
- 6) 中村、前川、柴田(1994):相模湾におけるヒラメ資源と種苗の放流について. かながわていち, 67, 28-37
- 7) 岩田 静夫(1986):相模湾の海況の短期変動に関する研究. 神奈川県水産試験場論文集, 3, 29
- 8) 平石、梨本 ほか(1994):網生簀内におけるヒラメとスナガレイの流れに対する定位能力. 日水誌, 61(3), 363-368