

## 曳航式底生魚類撮影装置の開発

藤田 薫\*・木元 克則\*\*

### Development of Towed Camera Sledge Systems to Observe Demersal Juvenile Fish

Kaoru FUJITA and Katsunori KIMOTO

**Abstract:** We have developed two camera sledge systems to observe the escape behavior of demersal juvenile fish from sledge nets. Each of the systems was equipped with four wired underwater TV cameras, a tickler chain, a depth meter and an odometer. Herding and entry sequences of demersal juvenile fish at the tickler chain, depth and towing distance were recorded with 8-mm video tape recorders. Six species of fish were identified, and the behavior patterns were classified into six types from the records. One of the systems was tested for the probability of the application to determine abundance of demersal juvenile fish.

**Key words:** Underwater TV camera, Flounder, Herding, Sledge net

#### 1 緒言

ヒラメ幼稚魚に代表される底生幼稚魚の生態調査では、採集器具としてソリ付き桁網やビームトロールが多く用いられている。<sup>1)</sup> 著者らはソリ付き桁網の採集効率の算出および採集効率向上のための試験を行ってきたが、そのためには対象魚の桁網に対する逃避、入網行動を理解する必要がある。しかし、商業漁具に対する魚類の逃避、入網行動についての知見<sup>2,3)</sup>に比べ、採集器具に対する底生幼稚魚の逃避、入網行動についての知見は乏しい。

そこで試験的に、既存のソリ付き桁網の天井網に水中テレビカメラを取り付け、ヒラメを主とする底生幼稚魚のティックラチェーンに対する逃避、入網行動を映像でとらえた。<sup>4)</sup> その映像解析を試みたが、カメラの取り付け位置が低いため撮影範囲が狭い、また、海底からカメラまでの距離が安定しないなど多くの問題点があり、底生幼稚魚の行動を定量的に評価するまでには至らなかった。

これらの問題点を考慮して、ヒラメを主とした底生幼稚魚のソリ付き桁網に対する逃避、入網行動を観察するための曳航式底生魚類撮影装置を開発し、試験を行った。

一方、大型ベントスやキチジなどの底魚を対象として映像による分布量調査が試みられているが、<sup>5,7)</sup> 潜砂している異体類等の底生幼稚魚を対象とした調査は行われていない。そ

こで本装置を用いて、映像による底生幼稚魚の分布量調査の可能性を検討した。

#### 2 使用方法と特徴

##### 2.1 使用機器と仕様

曳航式底生魚類撮影装置は、以下に挙げる(1)から(5)の機器から構成され、(6)の調査船により曳航される。

##### (1) 撮影用枠

ソリ付き桁網の採集効率に影響を及ぼす要因としてティックラチェーンの機能に注目した。ソリ付き桁網として水産工学研究所 型桁網(120経:以下、水工研 型桁網という)<sup>8)</sup>をモデルにして、水工研 型桁網で使われているものと同じ形状のティックラチェーンおよびグラウンドを持ち、その近傍での底生幼稚魚の逃避、入網行動を水中テレビカメラで観察できるように撮影用枠 型を作成した(写真1)。

撮影用枠 型での試験結果から、安定した曳航の妨げになる網部分を取り外し、また、船上作業効率向上のため撮影用枠 型を縮小した撮影用枠 型を作成した(写真2)。

撮影用枠 型、型とも、遠方への輸送を考慮して組み立て式とした。撮影用枠 型、型の主な仕様を表1に示す。曳航索および又網は、水工研 型桁網の曳航に用いられているものを使用した。

1999年4月12日受理 水産工学研究所業績A第372号

\* 漁業生産工学部 漁獲性能研究室(現所属 漁業生産工学部 船体研究室)

\*\* 水産土木工学部 環境分析研究室(現所属 西海区水産研究所 企画連絡室 企画連絡科)

## (2) 水深計

曳航中の各地点における水深を記録するため、ダイビング用水深計を撮影用枠のソリ部後端に取り付けた(写真3)。

## (3) 走行距離計

曳航距離および曳航速度の算出のため、ソリ付き桁網用の走行距離計<sup>9)</sup>を撮影用枠のソリ部後端に取り付けた(写真3)。

## (4) 水中テレビカメラ

水中テレビカメラ(以下、カメラという)には有索,無索,推進力の有無,tilt機能の有無等多くの種類が市販されている。



写真1 撮影用枠 I 型

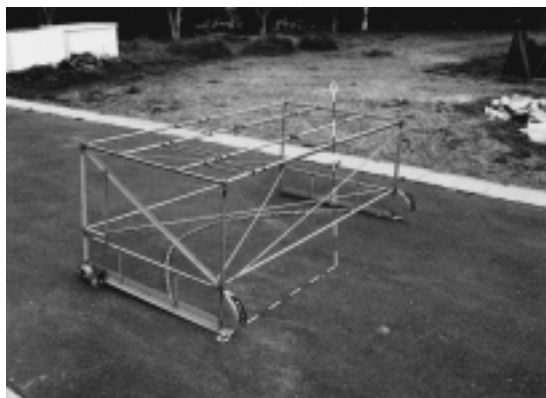


写真2 撮影用枠 II 型

無索のものでは記録装置を含むため水中部分が大きくなり撮影用枠に取り付けた際バランスを崩すおそれがある。また、有索でも推進力やtilt機能をもつカメラでは水中部分が大きくなる。本装置では推進力やtilt機能を必要としないので、有索無推進力tilt機能無しのカメラを用いた。使用したカメラの主な仕様を表2に示す。

魚類撮影用のカメラは、真下を向くように水道管固定用の立てバンドで撮影用枠の上面に固定した。撮影用枠 I 型ではカメラを撮影用枠上面の上に立てて取り付けた。この場合、カメラとソリ接地面との距離は約80cm、カメラ1台の撮影範囲は約48×64cmであった。撮影用枠 II 型ではカメラを撮影用枠上面からつり下げて取り付けた(写真4)。この場合、カメラとソリ接地面との距離は約70cm、カメラ1台の撮影範囲は約42×56cmであった。カメラ1台では、行動観察のための広範囲の観察と魚種判別のための詳細な観察が両立できないので、魚類撮影用のカメラは3台取り付けた(図1)。

水深計および走行距離計の数値を撮影するためのカメラを、両器の直上約20cmの位置にボルトで固定した(写真3)。

## (5) 映像記録装置

すべての映像はカメラ付属のファインダーおよびモニター

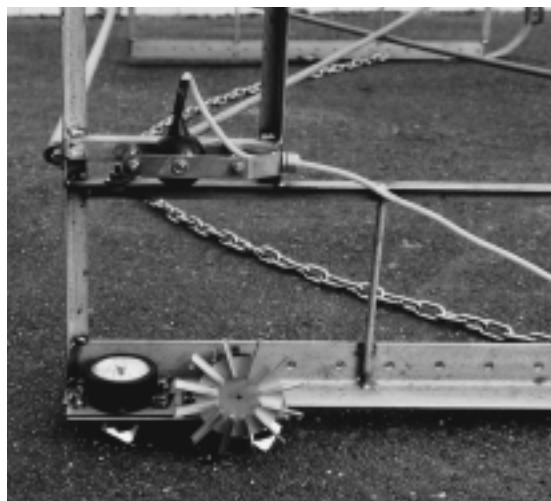


写真3 水中小型カメラ(上), 水深計(左), 走行距離計(右)

表1 撮影用枠 I 型および II 型の主な仕様

	撮影用枠 I 型	撮影用枠 II 型
外寸(W×H×D)	2100×800×2350mm	2100×750×1150mm
網口幅	2000mm	2000mm
材質	ステンレス合金(SUS304)	ステンレス合金(SUS304)
ディックラーチェーン	ステンレスチェーン(φ6mm, 長さ4.5m)	ステンレスチェーン(φ6mm, 長さ2.5m)
グラウンド	ステンレスチェーン(φ6mm, 長さ4.0m)	なし
網地	ナイロンもじ網(6×6, 120経)	なし
重量	70.4kg	36.2kg

表2 水中テレビカメラの主な仕様（広和株式会社 水中目玉カメラ 特注品）

カメラ	
寸法(W×H×D)	63×159×63mm(突起部含まず)
	カメラ本体 φ50 mm
重量	0.2 kg
映像素子	1/3"白黒CCD
解像度	380 TV本以上(水平)
最低被写体照度	0.3 Lux.
画角	71.5°(水平)
ケーブル	
直径	φ6 mm
重量	44.1kg/km
破断強度	200 kgf以上

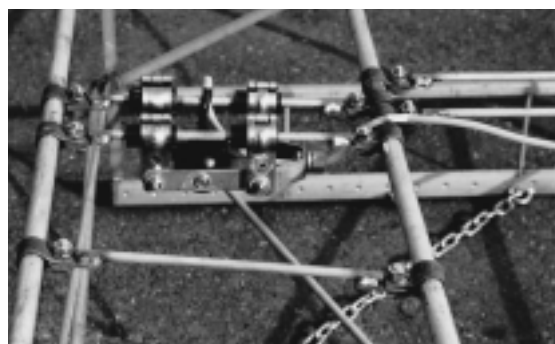


写真4 水中テレビカメラの取り付け（撮影用枠 型）

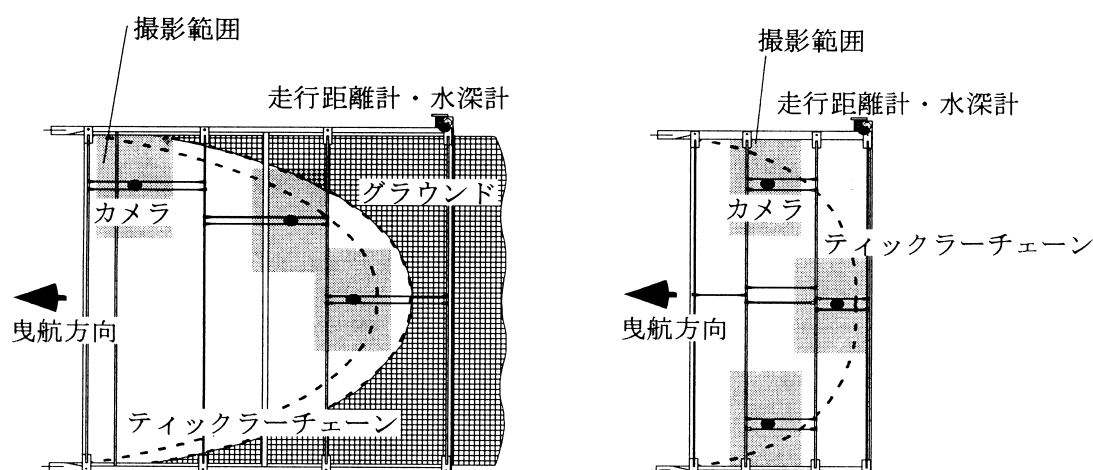


図1 カメラ取り付け位置および撮影範囲（左：型、右：型）

として使用した液晶画面を有する8ミリビデオカメラにより確認すると共に、同期させた4チャンネルの8ミリビデオデッキで1/30秒毎の各コマに時刻を挿入して記録した。本機は防滴あるいは防水といった野外調査仕様となっていないことから、コンテナ内に収納して使用した。

#### (6) 調査船

船上の作業スペースが広く、曳航索巻き取りのためのサイドローラーを有する3~5トン程度の漁船が望ましい。本調査では、餌料曳きも可能な2.98トンの刺し網船および4.7トンの底曳き網船を用いた。なお、大型調査船はヒラメ幼稚魚が生息する浅い水深を航行できず、また小回りが利かないため本調査には適さない。一方、船外機船では調査機器を積むには船上スペースが狭く、大型調査船と同様に本調査には適さない。

## 2.2 使用法

### (1) 曳航および記録

調査船を微速前進させながら船尾から撮影用枠を投入し、曳航索とカメラケーブルを伸ばした後に曳航を開始した。カメラケーブルは束ねて曳航索とは別に用意したロープに取り付け、曳航時に張力がかからないように配慮した。カメラケーブルを伸ばしすぎると海底を摺ったり、撮影用枠に絡むな

どのトラブルの原因になるので、その繰り出し量には注意が必要である。曳航索長は水工研 型桁網による調査と同様、水深の6倍を目安とした。しかしながら、撮影用枠の接地状態など曳航状態が悪い場合は曳航索長および曳航点（又網の取り付け位置）を変えて調整した。曳航速度はソリ付き桁網による底生幼稚魚の採集に多く用いられる1.5ktを目標とし、電磁流速計で対水速度を測定するとともに映像から曳航状態を確認して船速を調整した。

魚類の逃避行動と撮影用枠の曳航状態は、カメラ付属のファインダーおよび液晶画面を有する8ミリビデオのモニターによりリアルタイムで観察すると共に8ミリビデオテープに録画した。

### (2) 解析

映像解析では一時停止およびコマ送りを多用するため、得られた映像をこれらの処理に対して比較的耐久性のあるS-VHSテープにダビングした後、1/30秒毎の映像を解析した。映像から魚種を判別し、魚種毎の逃避、入網行動のパターンを類別した。さらに、撮影用枠 型での映像に関しては、ビデオ計測システム（KEYENCE VAN-550）でヒラメの全長、遊泳速度および遊泳方向を測定した。魚種の判別は、本調査と同時期、ほぼ同海域で水工研 型桁網を曳網し、その採集

物を参考とした。

### 3 使用例

#### 3.1 山形県酒田市地先における事例（撮影用枠型）

1997年7月24日に山形県酒田市地先の水深6, 9, 12m帯において、餌料曳きも可能な2.98トンの刺し網船により撮影用枠型を岸と平行に曳航した。調査時の天候は晴れで、波高は0.5m以下であった。調査は日中に行った。

当初、撮影用枠型に取り付けた網で魚類の採集を行い、映像による調査結果と比較する予定であったが、網に砂が詰まり安定した曳航ができなかった。そのため採集は断念し、網の後半部分を外してカメラによる撮影のみを行った。曳航中、撮影用枠が接地しないときは曳航索長を長くし、また、撮影用枠の前端が浮き気味のときは曳航点を上げ、安定した観測記録の収集につとめた。曳航中に曳航索もしくは又網が海底を摺ることなく、これらによる攪乱の底生魚類に対する影響は無いと考えた。なお、映像から計算された曳航速度は、網に砂が詰まった場合や詰まった砂を抜くためエンジンの回転数を一時的に上昇させた場合を除き、1.0～2.3ktの範囲にあった。

水工研型桁網は、各水深帯で岸と平行に約1.5ktで約400m曳航した。

映像と水工研型桁網による採集から、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* (写真5)、アラメガレイ *Tarphops oligolepis*、ササウシノシタ *Heteromycteris japonica*、クロウシノシタ *Paraplagusia japonica*、ホウボウ *Chelidonichthys spinosus*、メゴチ *Suggrundus meerdervoortii*の6種が確認できた。ネズボ属 *Repomucenus*はトビヌメリ *R. beniteguri*、ヤリヌメリ *R. huguenini*、ネズミゴチ *R. richardsonii*の3種が水工研型桁網で採集されたが、映像からは種の判別はできなかった。また、全長が小さい(3cm以下)場合も種の確認は困難であった。

映像解析結果から、底生魚類に関しては魚種を問わず、逃避、入網行動の多くはティックラーチェーンが魚体のごく近くまで接近、あるいは接触してから開始されることが観察された。一方、逃避、入網行動開始後の行動はいくつかのパターンに分けられ(図2)、種によってその傾向が異なることが



写真5 逃避するヒラメ(矢印)

推察された。逃避は、魚が積極的にティックラーチェーンを避けるよう行動する回避と、ティックラーチェーンの進行速度が魚の逃避速度を上回る結果として魚が取り残される逸失の2通りに大きく分けられた。また、逃避に関しては、網の前方へではなく、ティックラーチェーンの下方へのものがそのほとんどを占めた。特に砂漣のトラフにおいてでは、ティックラーチェーンが完全には接地しないことにより、結果としてティックラーチェーン下方への底生魚類の逃避が多く観察された。

#### 3.2 鳥取県東伯郡泊村地先における事例（撮影用枠型）

1997年6月27日に鳥取県東伯郡泊村地先において、4.7トンの底曳き網船により撮影用枠型を沖(水深14m)から岸(水深5.4m)に向けて曳航した。調査時の天候は晴れで、波高は0.5m以下であった。調査は日中に行った。

撮影用枠型の曳航距離は約470m、曳航速度は約1.5ktであり、おおむね順調に曳航できた。しかしながら、ティックラーチェーンに海藻が大量に付着する 때가 あり、ティックラーチェーンの接地性が低下するとともに水深計および走行距離計の値の読みとりが困難になる場合があった。

水工研型桁網は水深10m帯で岸と平行に約1.5ktで約400m曳航した。

映像解析からヒラメ幼稚魚について、ビデオスケラを用いて全長の測定と逃避行動の定量化を行った。測定および定量化にはヒラメがほとんど離底しておらず、かつ、魚体が伸長したときの映像を用いた。映像から測定されたヒラメおよび水工研型桁網により採集されたヒラメの全長は、それぞれ  $65 \pm 14$  (mm  $\pm$  標準偏差, n=97) および  $60 \pm 14$  (mm  $\pm$  標準偏差, n=265) であった(図3)。今回の調査は、水工研型桁網の採集効率算出の調査と重なったため、撮影用枠型を水工研型桁網の曳網地点と同じ場所で曳航できなかった。そのため、撮影用枠型と水工研型桁網による分布推定量の比較はできなかった。

撮影用枠型の曳航結果から、水深計および走行距離計により求めた地形を図4に、曳航開始後の距離と各地点で出現したヒラメの全長を図5に示す。水深7mより浅くなる地点(曳航開始から約370m地点)から岸側は海藻が大量に分布しており、海藻がティックラーチェーンに付着することによりティックラーチェーンの接地性が低下したため、ヒラメの出現数は計数できなかった。海藻が多い場所では桁網による採集効率が低下する可能性があり<sup>8)</sup>、また、潜水式囲い網による分布量調査でも作業効率が著しく低下することが経験的に言われている。海藻のある悪条件下でも安定して調査できる手法が望ましいが、現時点では困難である。

## 4 結言

桁網のティックラーチェーンに対する底生幼稚魚の逃避、入網行動を評価するため、曳航式底生魚類撮影装置を作成し、試験を行った。映像から魚種の確認、および逃避、入網行動の観察ができ、逃避、入網行動の違いが魚種による採集効率

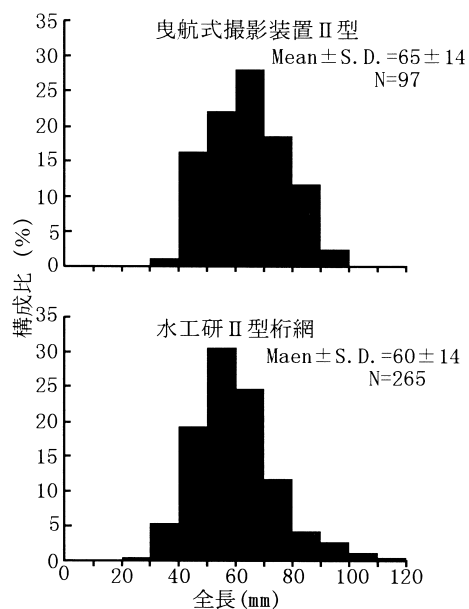


図3 カメラによる観察および桁網による採集でのヒラメ全長組成の比較 (1997.6.27, 鳥取)

に違いを与えていると推察された。

Kuipers<sup>10)</sup>は、6mmのステンレス製ティックラーチェーンおよびグラウンドからなるソリ付き桁網によるplaice幼稚魚の採集効率について、チェーン下方への逃避はないとしている。しかしながら、本調査においては逃避が観察された場合は、ティックラーチェーン下方が大部分を占め、ティックラーチェーンおよびグラウンドの接地性が採集効率向上に重要

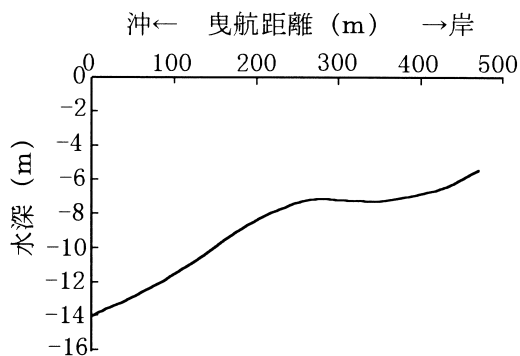


図4 距離計および水深計から求めた水深変化 (1997.6.27, 鳥取)

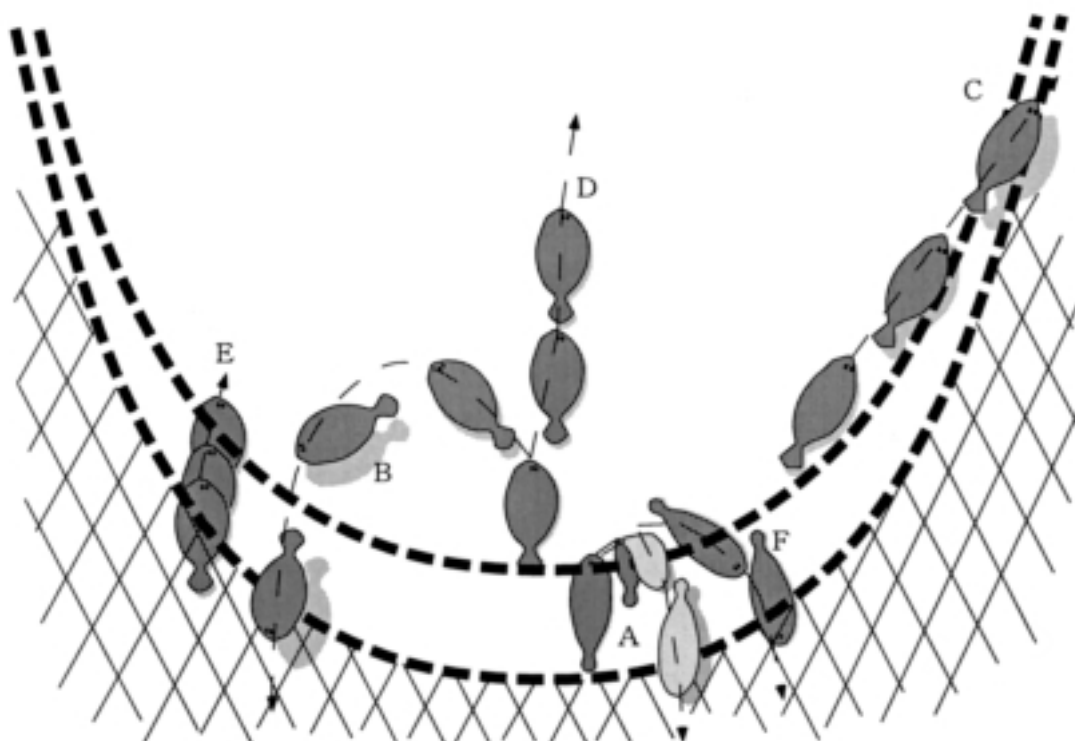


図2 底生魚類の逃避・入網行動の類別

- A) ティックラーチェーンにひっかけられるように起こされ、フレームの進行により相対的に後退し、ティックラーチェーンの上を通過する。
- B) 離底して、曳航方向の反対側を向いて突進し、ティックラーチェーンの上を通過する。
- C) 離底して、曳航方向のやや斜めへ突進し、ティックラーチェーンの上を通過する。
- D) ティックラーチェーンを越えず、曳航方向への逃避を続ける。
- E) 曳航方向への逃避をするが、フレームの曳航速度が逃避速度を上回り、結果としてティックラーチェーンが魚体の上を通過する。
- F) 曳航方向の反対側を向き、ティックラーチェーンの下に潜り込む。

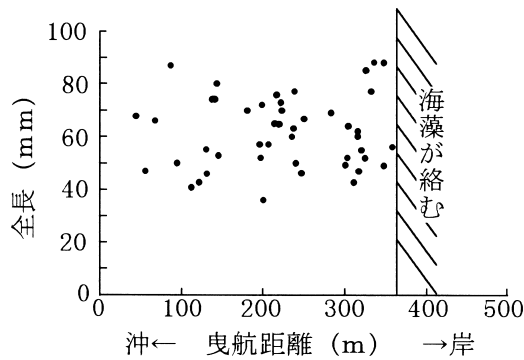


図5 各地点において出現したヒラメの全長（1997.6.27，鳥取）

であることが確認された。その結果、本装置は映像による他の分布量調査手法に比べ、下記の特徴を持つことが確認された。

複数のカメラを取り付けることにより、広い観察幅で、魚種判別、全長測定を行える。

ティックラーチェーンにより、特に異体類幼稚魚のように潜砂している個体を駆りたてて撮影できる。

海底からカメラまでの距離が一定であり、かつカメラが真下を向いているので魚が大きく離底しない限り全長測定が容易である。

カメラによる観察と桁網による採集でヒラメの平均全長が異なった理由としては、調査地点の違いによる分布の偏り、小さなヒラメほどカメラでは発見されにくい可能性および映像による測定精度の問題等が挙げられる。また、分布量評価のためには、計数率（映像により計数できた個体数 / 真の分

布数）の算出が不可欠である。これらについては、今後改良を加え、実用化を図る予定である。

本研究を行うのにあたり、山形県水産試験場、鳥取県水産試験場の関係者には漁業者との調整を始めとしたご協力を戴いた。ここに記して深謝する。

#### 参考文献

- 1) 南卓志：異体類の初期生活史 稚魚採集法, 海洋と生物, 67(12), 143-146, 1990.
- 2) Main, J. and G. I. Sangster : A study of the Fish Capture Process in a Bottom Trawl by Direct Observations from a Towed Underwater Vehicle, Scott. Fish. Res. Rpt., 23, 1-23, 1981.
- 3) Bublitts, G. C. : Quantitative evaluation of flatfish behavior during capture by trawl gear, Fish. Res., 25, 293-304, 1996.
- 4) 藤田薫・木元克則・松下吉樹・野口昌之・興石裕一：平成9年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p. 89, 1997.
- 5) 北川大二・橋本惇・上野康弘・石田享一・岩切潤：三陸沖深海域におけるキチジの分布特性, 海洋科学技術センター試験研究報告, 107-117, 1985.
- 6) Christiansen, B. and V. Nuppenau : The IHF Fototrawl: experiences with a television controlled, deep-sea epibenthic sledge, Deep-Sea Research, 44(3), 533-540, 1997.
- 7) Adams, B. P., J. L. Butler, C. H. Baxter, T. E. Laodig, K. A. Dahlin and W. W. Wakefield : Population estimates of Pacific coast groundfishes from video transects and swept-area trawls, Fish. Bull., 93, 446-455, 1995.
- 8) 木元克則・藤田薫・野口昌之・興石裕一：水産工学研究所型桁網の開発とヒラメ稚魚の採集効率の推定, 水産工学研究集録, 7, 51-72, 1998.
- 9) 日向野純也・木元克則・藤田薫：曳網距離の計測手法と距離計の開発, 水産工学研究集録, 7, 33-42, 1998.
- 10) Kuipers, B. : On the efficiency of a two-meter beam trawl for juvenile plaice (*Pleuronectes platessa*), Neth. J. Sea. Res., 9(1), 69-85, 1975.