

カナガシラの採集個体数と行動における昼夜の違い

藤原邦浩, 山崎 淳, 宮嶋俊明, 辻 秀二, 柳下直己*

Diel differences of catch and behavior in *Lepidotrigla microptera*

Kunihiro Fujiwara, Atsushi Yamasaki, Toshiaki Miyajima, Shuji Tsuji and Naoki Yagishita*

Diel differences of catch and behavior in *Lepidotrigla microptera* were examined using a beam trawl net and an underwater video camera attached to the net, off Tango Peninsula. The catch during the night was higher than that during the day; the number of individuals recorded by video camera during the night was also higher than during the day. While the frequency of individuals swimming to the outlet of the beam trawl net to escape was about 60 % during the day, those remaining at rest on the bottom were about 71 % during the night. Therefore, the diel difference of the catch was indicated to be caused by the diel differences of abundance near the bottom and the behavior of this species.

キーワード：カナガシラ, 昼行性, 桁曳網, 水中ビデオカメラ

京都府沖で操業する底曳網（かけまわし）漁の漁業者の間では、底魚類の漁獲量が昼間と夜間で異なることが経験的に知られている。底魚類の漁獲量が昼夜で異なる現象は、オッターロールやビームロールによる調査操業の結果やオッターロール漁業やかけまわし漁業の操業記録の集計から、*Melanogrammus aeglefinus*, *Merluccius capensis*, *Merluccius paradoxus* などのタラ目魚類 (Petrakis *et al.*, 2001; Pillar *et al.*, 1997), メイタガレイ *Pleuronichys cornutus* やプレイス *Pleuronectes platessa* などのカレイ類 (松岡ら, 1992; Verheijen and Degroot, 1967), 他にはタチウオ *Trichiurus japonicus* (最首, 児島, 1960) などで報告されている。底魚類の昼夜による漁獲量の変化に関するこれまでの報告の多くでは、鉛直移動を伴う摂食活動などと関連付けた考察がなされているが、昼夜による行動の違いを直接観察した報告はない。

著者らは、京都府の底曳網漁業の秋漁期（9～10月）における主な漁場内で、夏期に調査船による桁曳網の試験操業を昼間と夜間に実施した。その結果、採集個体数が昼夜で大きく異なる事例が複数の魚種でみられた。また、桁網の枠に水中ビデオカメラを取り付けて操業し、海底付近における底魚類の昼夜の行動を観察した。本研究では、秋漁期に同漁場で多く漁獲されるカナガシラ *Lepidotrigla microptera* について、桁曳網での採集個体数およびビデオ映像を解析し、海底付近における本種の昼夜の行動の違いが桁曳網の入網に及ぼす影響について検討する。

材料および方法

桁曳網を用いたカナガシラの採集 2005年7月6日, 19日, 8月9日 および 2006年7月6日, 10日, 13日に、丹後半島の北東岸沖合の北緯35°48' ~ 35°51', 東経135°23' ~ 135°26', 水深139~163 mの海域において (Fig. 1), 当センター調査船, 平安丸 (183 t) により桁曳網調査を実施した。曳網時刻はおよそ24時間を網羅するように設定し (Table 1), 計33回の曳網を行った。曳網速度は約2ノット, 曳網時間は30分間

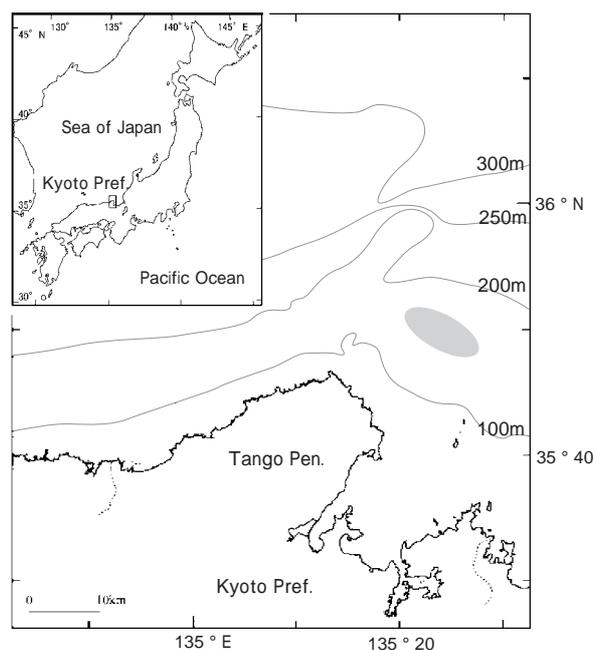


Fig. 1 Sampling area (shaded) and contours of depth off Kyoto Prefecture.

* 近畿大学農学部水産学科 (Graduate School of Agriculture, Kinki University, Nakamachi 3327-204, Nara 631-8505, Japan)

Table 1 Towing conditions of the beam trawl sampling and number of catch for *Lepidotrigla microptera*

Date	Number of hauls	Depth (m)	Duration of tow (min.)	Setting time of beam trawl net	day / night	Individual number of catch	
						range	mean
6 July 2005	3	144 - 150	30	15:34 - 17:39	day	0 - 8	2.7
	3	146 - 151	30	20:12 - 22:36	night	8 - 21	14.0
19 July 2005	3	139 - 152	30	13:07 - 15:20	day	0 - 1	0.3
	3	143 - 148	30	20:07 - 22:17	night	30 - 58	40.7
9 Aug. 2005	3	147 - 151	30	1:35 - 4:03	night	14 - 35	25.3
	2	149 - 150	30	5:15 - 6:26	day	8 - 11	9.5
6 July 2006	1	149 - 151	30	18:16	day	0	0.0
	4	145 - 150	30	19:30 - 23:32	night	14 - 27	19.3
10 July 2006	5	144 - 153	30	10:45 - 15:18	day	0 - 2	0.4
13 July 2006	3	146 - 158	30	1:10 - 4:00	night	21 - 43	29.0
	3	140 - 156	30	5:28 - 8:10	day	0 - 4	2.0

とした。使用した桁網の網口は幅8.5 m、高さ1.6 m、コッドエンドの目合は約20 mmであった。グランドロープは、長さ11.6 m、直径（太さ）約18 mmのロープに、幅66 mm、外径63 mm、内径23 mmの沈子を約14 cm間隔で78個装着している。採集したカナガシラの全てについて穿孔板を用いて体長を測定した。

水中ビデオカメラの設置方法と撮影時の操業 前述した海域において、2006年8月1日～8月4日に、桁網の枠に水中ビデオカメラを設置して底魚類の撮影を実施した。使用した桁網およびカメラの設置方法の模式図をFig. 2に示した。桁枠に設置したカメラは、ハロゲンライト（光源出力150W、電圧24V）を備えた深海用水中ビデオカメラ（耐水压1000 m、SONY製デジタルビデオカメラDCR-HC1000を内蔵）である。昼間4回（撮影操業1～4回目）と夜間2回（撮影操業5、6回目）の計6回曳網および撮影を実施して（Table 2）、カナガシラの昼夜の行動を観察した。

1回目の撮影操業では斜め前方を撮影するようにカメラを固定し、2回目以降の撮影操業では真下（垂直）を撮影できるようにカメラを固定した（Fig. 2）。撮影される範囲を事前に陸上にて確認したところ、撮影範囲は、カメラを斜め前方に向けて固定するとおよそ縦（曳網方向）2.7 m、横2.9 m、真下に向けて固定すると縦1.9 m、横2.6 mであった。カメラを斜めに固定した際には、カナガシラの観察が困難になるほどではなかったが、底魚類や海底が鮮明に写る範囲が垂直に設置した場合の半分程度であった。

カメラを設置した桁網による操業では、曳網時間を40分間とした。曳網速度については、1回目と2回目の撮影操業では前半20分間を約2ノット、後半20分間を約1ノットとした。2回目の撮影操業において、1ノットで曳網した際、桁網の向きが安定せずワイヤーが海底と接した。そのため、泥が巻き上がり観察が困難になった。そこで、3回目以降の撮影操業では40分間約2

ノットでの曳網とした。なお、曳網開始時刻としたのは、桁網に取り付けているワイヤーを繰り出し終えた時刻であり、実際に桁網が着底した時刻とは若干異なる。このことを考慮して、桁網曳網時の40分間の撮影が出来るようにカメラおよびライトのタイマーをセットした。実際に観察出来た時間はTable 2に示した。

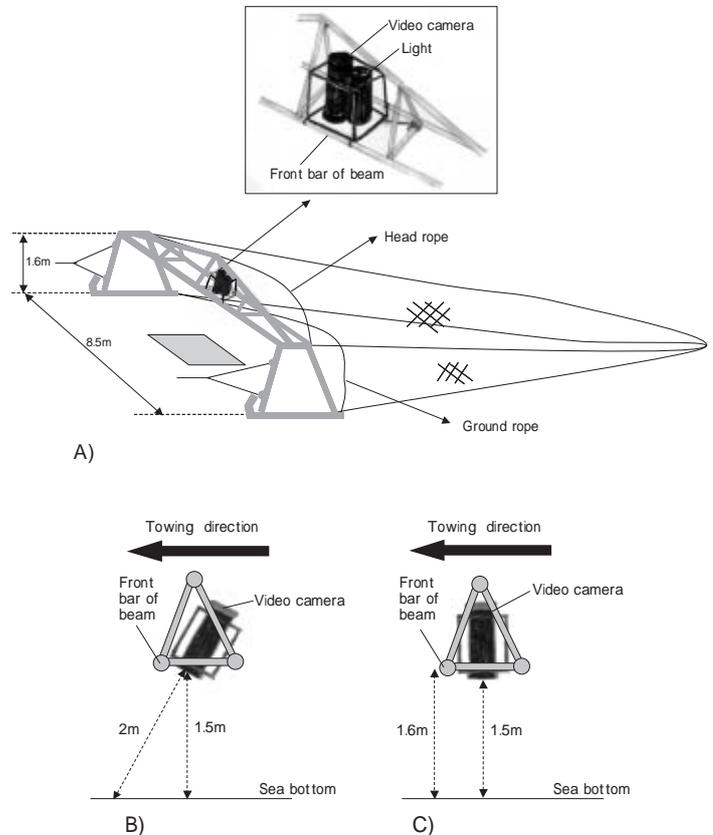


Fig. 2 Schematic drawing of attachment of the underwater video camera at the center of head bar of the beam trawl net. A) general view of the beam trawl net; B) when camera was attached diagonally; C) when camera was attached perpendicularly. Shaded area indicates the observed area on the sea floor.

Table 2 Towing conditions for observation of behavior of *Lepidotrigla microptera* with the underwater video camera in 2006

Date	Operation No.	Setting time of beam trawl	day or night	Duration of tow (min.)	Towing speed (knot)	Duration observed with the under video camera	Direction of attachment of the underwater video camera	Observed swath (m)	Number of catch	Number of individuals observed with underwater video camera
1 Aug.	1 ^{*1}	11:15	day	20 / 20	2 / 1	15min 23s / 19min 38s	diagonally	2.9	-	4 / 4
	2 ^{*1}	13:23	day	20 / 20	2 / 1	20min 10s / 1min 50s ^{*2}	perpendicularly	2.6	-	0 / 0
2 Aug.	3	12:58	day	40	2	37min 31s	perpendicularly	2.6	0	1
	4	16:35	day	40	2	34min 17s	perpendicularly	2.6	3	1
3-4 Aug.	5	23:10	night	40	2	36min 42s	perpendicularly	2.6	34	7
	6	1:09	night	40	2	34min 16s	perpendicularly	2.6	55	21

^{*1} Test towing to adjust attachment of the underwater video camera and towing speed.

^{*2} Shot of the bottom was not taken, because mud was swirled after the towing speed was reduced.

カメラを設置した操業においても前述した網を装着してカナガシラを採集した。1回目と2回目の撮影操業では、カメラの取り扱いおよび設置の作業手順を確認することを重視したため、採集個体の計数および体長の測定は行わなかったが、3回目以降の撮影操業では採集個体数の計数および体長の測定を行った (Table 2)。

底層におけるカナガシラの行動観察 カメラにより撮影したデジタルビデオ映像を、PC (Fujitsu製 FMV-BIBLO NB75K) の画面上にてAdobe Systems社 Adobe Premiere Elements 2.0およびMicrosoft社 Windows Media Playerを用いて再生し、カナガシラの行動を観察した。観察の結果に基づき、行動パターンを区別して、各行動パターンに該当する個体を計数し、昼間および夜間それぞれにおける出現頻度を調べた。

結 果

採集個体数と体長組成 桁曳網調査において採集されたカナガシラの個体数とその平均および標準偏差を、Table 1とFig. 3に示した。各曳網におけるカナガシラの採集個体数は、2005年には、昼間0~11個体、夜間8~58個体であり、平均では、昼間で3.5個体、夜間で26.7個体であった。2006年では、各曳網における採集個体数は、昼間0~4個体、夜間14~43個体で、平均では昼間で0.89個体、夜間で23.4個体であった (Table 1 ,

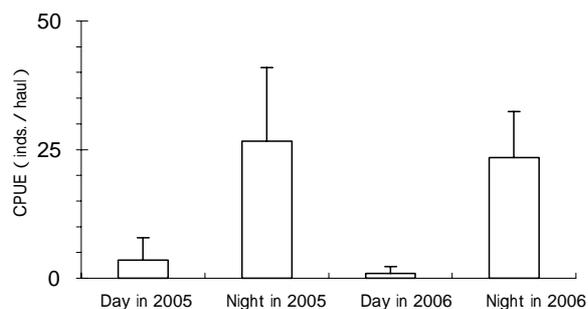


Fig. 3 CPUE of *Lepidotrigla microptera* caught during day and night beam trawl sampling in 2005 and 2006. Columns and bars indicate mean and s.d., respectively.

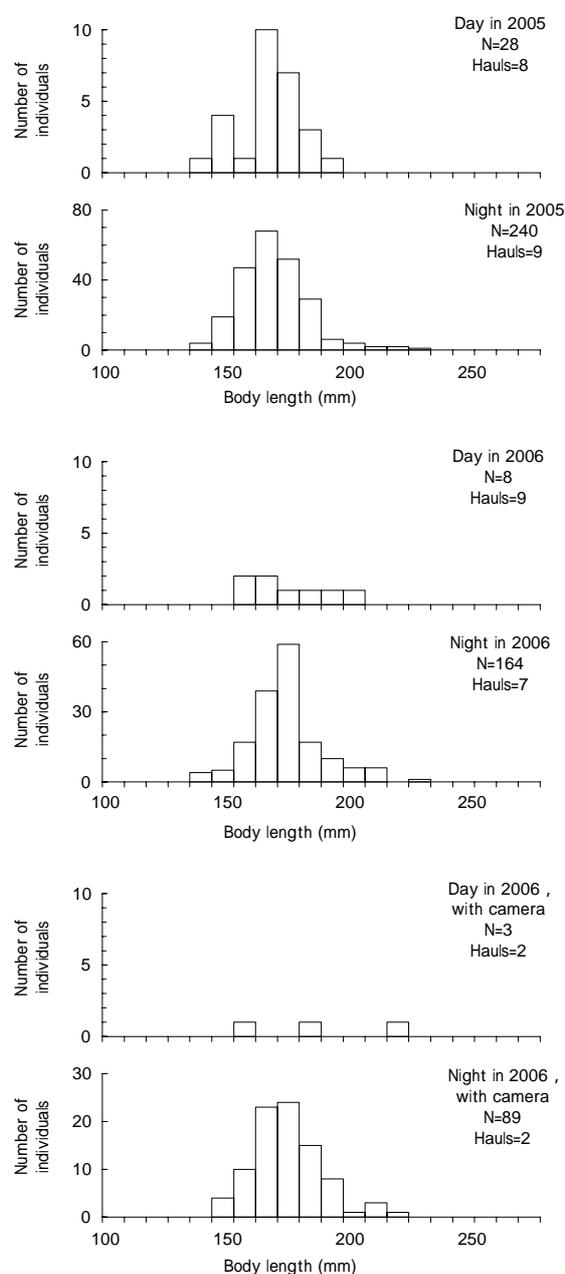


Fig. 4 Body length compositions of *Lepidotrigla microptera* caught by the beam trawl net during day and night in 2005 and 2006.

Fig. 3)。2005年と2006年のいずれにおいても、夜間の採集個体数が昼間に比べて多く、昼夜で有意な差が認められた (Mann-Whitney U-test, $p < 0.01$)。また、2006年8月に実施した撮影操業におけるカナガシラの採集個体数の平均は、昼間1.5個体、夜間44.5個体であり、カメラを設置しなかった際と同様の傾向がみられた (Table 2)。

2005年および2006年に昼間および夜間に採集されたカナガシラの体長組成をFig. 4に示した。2005年において、昼間は体長140~210 mmの個体が出現し、夜間は体長140~250 mmの個体がみられ、夜間の方がより大きな個体が出現していた。しかしながら、昼夜ともに体長170~180 mmの個体が最も多く、両者の体長組成に大きな違いはみられなかった (Fig. 4)。2006年において、夜間には体長140~250 mmの個体が出現しており、昼間にはこの体長範囲に含まれる個体のみが出現していた (Fig. 4)。カメラ撮影を実施した操業において採集されたカナガシラの体長範囲も、カメラを設置しなかった際と同様のサイズであった (Fig. 4)。

ビデオ映像による行動観察 昼間には、4回の撮影操業により合計128分間 (うち、2ノット時107分、1ノット時21分) 夜間には2回の撮影操業により合計71分間、海底付近の映像を撮影することができた。昼間に計10個体 (0.85個体/10分撮影*)、夜間に計28個体 (3.95個体/10分撮影) のカナガシラが観察された (Table 2)。

観察されたカナガシラについて、桁網接近前後の行動に基づき、行動パターンを分類した。移動していた個体では、海底から離れて胸鰭をたたんで体を激しく揺らし、加速しながら遊泳して、数十秒あるいは数分の間、桁網と併走する個体 (以下、遊泳個体と呼ぶ) と、海底から若干離れて胸鰭を広げてゆっくり漂う個体 (以下、漂泳個体と呼ぶ) が確認された。一方、静止していた個体では、カメラの視野に入った時は海底に静止していたものの桁網が接近すると反射的に動く個体 (以下、静止移動個体と呼ぶ) と、カメラの視野に入っている間は胸鰭を広げたまま海底表面に静止している個体 (以下、静止個体と呼ぶ) が確認された。なお、体が海底の泥に少し埋まっているような個体は確認されなかった。昼夜における観察個体数を4通り

Table 3 Number of individuals of *Lepidotrigla microptera* showing each of the 4 behavioral patterns during the day or night observed with the underwater video camera in August 2006

Behavior	Day	Night
Swim	6 (60.0)	2 (7.1)
Drift	4 (40.0)	6 (21.4)
Move off after rest	0	10 (35.7)
No response	0	10 (35.7)

の行動パターンに分け、Table 3に示した。昼間には10個体が観察され、そのうち6個体が遊泳個体、4個体が漂泳個体であり、静止個体および静止移動個体は観察されなかった。夜間には28個体が観察され、そのうち20個体 (出現頻度71%) が静止個体あるいは静止移動個体であった。

遊泳個体、漂泳個体および静止移動個体については、移動方向も観察したところ、曳網方向である前方へ移動した前方移動個体と前方以外へ移動した前方以外移動個体が確認された。各行動パターンにおける前方移動個体と前方以外移動個体の観察個体数をTable 4に示した。遊泳個体では、昼間も夜間も全て前方移動個体であり、漂泳個体および静止移動個体は全てが前方以外移動個体であった。

また、遊泳個体でかつ前方移動個体であった個体について、前方に遊泳する様子が確認された後、画面上方 (前方) に姿を消した個体と、画面下方 (網のある方向) に姿を消した個体が観察された。前者は網を回避した個体、後者は入網した個体と考え、前者を遊泳網回避個体、後者を遊泳後入網個体と、以下、呼ぶこととした。この両者の昼夜における観察個体数を撮影された時の曳網速度 (2ノットおよび1ノット) ごとにTable 5に示した。全8個体のうち、7個体が遊泳網回避個体であった。遊泳後入網個体は、2ノットで曳網した時に1個体だけ出現した。この個体は、カメラの視野内で1分11秒間、前方へ遊泳した後、画面下方に姿を消した。

考 察

カナガシラの桁網による採集個体数は、水中ビデオ

Table 4 Number of individuals moving in the same direction as the towing or the other directions for *Lepidotrigla microptera* observed with the underwater video camera in August 2006

Direction of movement	Swim		Drift		Move off after rest	
	Day	Night	Day	Night	Day	Night
Same direction as towing	6	2	0	0	0	0
Other directions	0	0	4	6	0	10

*1ノットでの曳網の時間は実測時間の半分とした。

Table 5 Number of individuals* of *Lepidotrigla microptera* disappearing from the view of the underwater video camera to outlet or inner part of the net, when the beam trawl was towed at two different speeds in August 2006

Direction of disappearance from the view of the camera	Towing speed			
	2 knots		1 knot	
	Day	Night	Day	Night
To outlet of the net	4	2	1	-
To inner part of the net	1	0	0	-

* Those categorized as behavioral pattern "swim" (see Tables 3 and 4)

カメラによる撮影の有無に関わらず、昼間に少なく、夜間に多かった (Table 1, Table 2)。カメラによる撮影個体数も、採集個体数と同様に、昼間よりも夜間に多かった (Table 2)。カメラによる撮影個体数については、ライトによる対象種の蝟集もしくは逸散の影響を考慮して分析する必要があるが、概ね桁網の曳網範囲内の分布量を反映していると考えられる。つまり、桁網の採集可能な範囲内に分布していた個体数が、元々、昼間は少なく夜間は多かったと思われる。

丹後半島周辺に分布するカナガシラは、主にツノナシオキアミ *Euphausia pacifica*、ニホンウミノミ *Themisto japonica*、キュウリエソ *Maurollicus japonicus* を多く捕食する (渡辺ら, 1958; 濱中, 1979)。これら餌生物は、いずれも、日周鉛直移動を行う種であり、昼間には海底近くの下層に降下し、夜間には昼間より上層に浮上している (瀧, 2003; 杉崎, 1988; 濱野ら, 1992)。タイセイヨウダラ *Gadus morhua* は、摂食活動に関連して夜間海底から離れて数十~数百m浮上する (Godó and Michalsen, 2000)。今回のカメラによる行動観察では、カナガシラが海底から離れて遊泳する様子が観察されている。また、遊泳個体の出現頻度が夜間よりも昼間に高く、静止個体は夜間にのみ出現しており (Table 3)、カナガシラは夜間よりも昼間に活発に行動すると思われる。これらのことから、昼間には今回の撮影範囲である海底から1.5 mまでの層よりも上方の層に浮上して、索餌および摂食などを行っていることが示唆された。

Walsh (1988) は、カレイ類の一種である *Limanda ferruginea* がトロール網で夜間に多く漁獲される理由として、夜間には摂食活動や漁具に対する逃避行動が不活発になるためと推測している。今回の観察結果において、カナガシラは夜間よりも昼間に活発に行動していた。Munro and Somerton (2002) は、魚類のトロール網からの逃避行動を1) グランドロープの下方から逃避する、2) 網目から抜ける、3) ヘッドロープの上を越えて逃避する、4) グランドロープの前方で遊泳し続けて漁獲を回避する、に分類した。本研究で用いた桁曳網では、グランドロープと海底面の隙間は、設計上、最大でも25 mm程度であり、網の目合いは約

20 mmである。それに対して、体長140 mm以上のカナガシラの体高は約30 mm以上である。カナガシラがグランドロープの下方から網を逃避することや網目から抜ける可能性は低く、静止個体が、網を回避していた可能性は低い。

移動行動を示した個体のうち、漂泳個体や静止移動個体では、移動方向が全て前方以外であったが、遊泳個体では、全ての個体が前方移動個体であった (Table 4)。前方へ遊泳した個体は、グランドロープの前方で遊泳し続けて網を回避する逃避行動を示したと考えられる。今回の観察では、前方へ遊泳した個体は8個体確認され、そのうち7個体 (昼間5個体、夜間2個体) がそのまま前方へ姿を消した遊泳網回避個体であった (Table 5)。そして、これら遊泳網回避個体の86% (7個体中6個体) の個体が2ノットで曳網した時に観察されていた。カナガシラは、桁網の接近を察知して2ノット以上の速度で前方へ遊泳することが可能であり、遊泳行動を活発に行う昼間には、夜間より高い頻度で網を逃避すると考えられる。

カナガシラが、夜間に多く採集され、昼間はほとんど採集されない理由として、昼間には桁網の高さよりも上層に浮上して索餌あるいは摂食を行う可能性があることと、昼間は活発に遊泳して、夜間は海底に静止していることが多く、遊泳力を生かして桁網を逃避する確率が夜間より昼間に高くなっていることが考えられる。

本報告において、本種の日周的鉛直移動の可能性が示唆された。今後、その現象について摂食リズムとの関係に注目して検証することが必要である。また、底曳網により漁獲されているカナガシラ以外の種についても生活様式や摂食活動の日周期性および網に対する逃避行動について明らかにすることが、底曳網漁業の資源管理において重要である。

謝 辞

本研究で用いた深海水中ビデオカメラ一式は、福井県水産試験場のご厚意によりお借りすることが出来ました。心より感謝申し上げます。本研究を進めるにあたり、(独)水産総合研究センター 水産工学研究所の藤田薫氏に多くのご助言を頂きました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

文 献

- Godó O.R., Michalsen K. 2000. Migratory behaviour of north-east Arctic cod, studied by use of data storage tags. *Fish. Res.*, 48: 127-140.
- 濱中雄一. 1979. 若狭湾西部海域における底生魚類の食性と十脚類との関係. 京都海洋セ研報, 3: 66-75.
- 濱野 明, 内田和良, 武田靖昭. 1992. 音響的調査手

- 法による日本海産キュウリエソの資源量評価のための魚種判別法について．水産海洋研究，56：295-308．
- 松岡正信，時村宗春，藤田 轟，北島忠弘．1992．東シナ海におけるトロール漁獲物組成の昼夜差に関する一考察．西水研研報，70：1-9．
- Munro P.T.，Somerton D.A. 2002. Estimating net efficiency of a survey trawl for flatfish. *Fish. Res.*，55：267-279.
- Petrakis G.，MacLennan D.N.，Newton A.W. 2001. Day-night and depth effects on catch rates during trawl surveys in the North Sea. *ICES J. Mar. Sci.*，58：50-60．
- Pillar Stan C.，Manuel B. 1997. Diel variability in bottom trawl catches and feeding activity of the Cape hakes off the west coast of South Africa. *ICES J. Mar. Sci.*，54：485-499.
- 最首光三，小島喜久雄．1960．東海・黄海における底棲魚類の生態 - 垂直移動について．西水研研報，19：1-24.
- 杉崎宏哉．1988．親潮域及び日本海における浮遊性端脚類 *Themisto japonica* の生態学的研究. 博士論文，東京大学，東京．
- 瀧 憲司．2003．本州東方海域におけるツノナシオキアミの漁業及び生活史に関する研究. 博士論文，東京大学大学院，東京．
- Verheijen F.J.，Degroot S.J. 1967. Diurnal activity pattern of plaice and flounder (Pleuronectidae) in aquaria. *Neth. J. Sea Res.*，3：383-390.
- Walsh S.J. 1988. Diel variability in trawl catches of juvenile and adult yellowtail flounder on the Grand Banks and the effect on resource assessment. *N. Am. J. Fish. Manage.*，8：373-381.
- 渡辺 徹，伊藤勝千代，小林敏男，名角辰郎，吉岡三良．1958．兵庫県津居山沖における底魚群集構造に関する研究．兵水試研報，9：1-20．