

底魚類の資源量推定のための桁曳網調査の操業実態と曳網距離

藤原邦浩，宮嶋俊明，山崎 淳，藪本 隆

Investigation of the conditions and towing distance of a beam trawl net in order to estimate the biomass of demersal fish

Kunihiro Fujiwara, Toshiaki Miyajima, Atsushi Yamasaki and Takashi Yabumoto

We examined the effects of the towing conditions of a beam trawl net on the distance towed by the beam net at a depth of 120-320 m off the coast of the Tango Peninsula, Japan. The towing distance was estimated using the method of Kitagawa and Hattori (1998). In cases where the lengthening of the towing wire was stopped within 80 seconds following the landing of the beam, the beam floated and detached from the sea floor. In *RV Heian-maru*, the suitable length of the wire was estimated to be 2.45 times that of the sea depth; however, the length should be shortened when the tide and wind velocities are low. It was found that the towing distance differed considerably with the towing conditions among these tows.

キーワード：モニタリング，桁曳網，曳網距離，着底，潮流，風

我が国では，1996年のTAC制度の導入とともに，資源量推定を目的とした底魚類の分布密度に関する調査が積極的に実施されている。底魚類の採集には，オットートルールが多く利用されているが，廣瀬ら（2006）は，深海生物採集用の漁具として大型桁網を開発し，ベニズワイガニを主対象とした調査を行っている。桁網には，オットートルールよりも操作性に優れ，曳網幅が狭いものの常にほぼ一定で定量性も確保されるという利点がある（廣瀬ら，2006）。京都府では，1970年代後半から水深100 m以深の大陸棚から大陸斜面にかけての海域において桁曳網調査を行ってきた（濱中，1979；谷口・清野，1980；内野，1982；内野ら，1982）。しかし，底魚類の採集を目的としたこれらの調査では，調査結果をもとに底魚類の現存量推定が行われていない。底曳網漁業において資源を持続的かつ有効に利用するためには，漁業資源の現存量を推定し，資源変動の予測あるいは適正な漁獲量の推定などを行う必要がある。さらに，非有用種にも着目し，海洋生態系の保全を目的とした資源管理ができるよう，より詳細な知見を蓄積していくことが重要である。高い精度で生物の分布量（密度）データを得るためには，桁曳網調査の方法を改善していくとともに，その調査を持続させることが不可欠である。

本研究では，桁に取り付けた記録式深度計のデータに基づき，桁の挙動を解析した。そして，桁の挙動に影響するワイヤ長と水深の関係ならびに海況条件を整理した。さらに，曳網距離を推定して，従来のデータの取り扱いにおける誤差を把握し，京都府における桁曳網調査の改善点を明らかにすることとした。

材料および方法

調査日，調査海域，調査船，調査漁具 2007年6月20日～8月20日の期間中，京都府沖の水深120～320mの海域において，京都府立海洋センター海洋調査船平安丸（183トン，1500馬力）により，底魚類を対象とする桁曳網調査を，7航海，計25曳網実施した。

船と桁網をつなぐメインワイヤは，直径16 mmで，1 m当たりの重量が0.85 kgである。使用した桁枠は，幅8.5 m，高さ1.6 m，陸上重量は約1.1 トンである。桁枠に取り付けた網は，コッドエンドの目合が約20 mmで，重さ約0.4 kgの沈子（幅66mm，外径63mm，内径23mm）を計100個装着したものである。グラウンドロープは，長さ11.6 m，直径（太さ）約18 mmのロープにコッドエンド同様の沈子を約14 cm間隔で78個装着したものである。網の総陸上重量は約200 kgである。

各曳網では，桁枠上部に小型メモリー式深度計MDS-MkV/D（アレック電子株式会社製）を取り付け，海底付近における桁の挙動を調べるとともに，桁の着底および離底を判断した。また，深度計データを用いて，桁が50 m深，100 m深を通過した時刻を調べ，各操業における桁の沈降速度を算出した。なお，使用した深度計は，圧力を測定し，その値を水深に変換するものである。測定値の誤差は値の $\pm 1\%$ 程度であるものの，1秒毎の深度を0.01 m単位で記録しており，短時間（数秒，数十秒など）における変化量の信頼性は高い。

航海情報の収集 曳網前後および曳網中に，船上にて，船位，船速，針路，水深，流向・流速，風向・風速の

データを収集した。測位装置DGPS JLR-6800（日本無線）やジャイロコンパス TG-6000（トキメック）と連動する航海情報収録表示装置（環境計測システム）およびカラー魚群探知機 FCV-780（古野電気）を用いて、繰り出したワイヤ長100 m毎に、船の位置（緯度，経度）を0.001 単位で、船直下の水深を1 m単位で収集した。超音波式船速計CI-35（古野電気）を用いて、15秒毎に、対地船速，対地針路（平均時間1分間，対地モード），流向，流速（水深10m層）を収集した。収集したデータの単位は，対地船速は0.1ノット，対地針路と流向は0.1°，流速は0.1ノットである。自動気象観測装置（日本エレクトリックインスルメント）により表示された風向，風速のデータを，曳網中1回または2回，収集して平均値を求めた。なお，風向，風速は，対地船速・対地針路で補正されて真風向，真風速に変換して表示されている。風向は16方位（22.5°毎）単位で，風速は1 m/秒単位で収集した。波高のデータを目視で収集したが，各調査時の波高は0～1.5 mの範囲であり，曳網間の差が小さかったので本研究の解析から省いた。

曳網操業の方法 曳網時間は，便宜的に，ワイヤの繰り出しを止めて（以下，ワイヤセットと呼ぶ）から巻き上げを開始するまでの時間とし，原則として30分間とした。曳網時の対地船速は，0.2ノット程度の差を許容して2ノット前後とした。採集物が大量に入網して揚網作業が困難となる可能性がある調査点では15分間の曳網とした。また，船速が急に低下した際は採集物の大量入網の可能性があると判断して，ワイヤの巻き上げを開始し，曳網時間を短くした。

桁網の操作手順を以下の通りに取り決めて操業した。

1. 桁網の降下および着底

- ・曳網中に，対地船速で1.8～2.0ノット程度となるように，対地船速3.0ノット程度で操業を開始し，船速の変更はしない。
- ・ワイヤ繰り出し中のトロールウインチの回転速度*を16回転/分に固定する。なお，繰り出し長100～200m，～300 m，～400 mまでの繰り出し速度は，それぞれ約55 m/分，約54 m/分，約53 m/分である。
- ・予定したワイヤ長の手前50 mから繰り出しを減速させ，ゆっくりワイヤセットする。

2. 桁網の離底および上昇

- ・ワイヤの巻き上げ開始と同時に，対地船速を3ノットに上げる。
- ・トロールウインチの回転速度は，ワイヤの巻き上げ開始からワイヤ50 mを巻き上げるまでに16回転/分にする。

曳網距離の推定 曳網距離の推定値を用いて，各曳網

間における曳網距離の差を調べた。曳網時間，曳網速度，桁の着底および離底時の船と桁との位置関係（水平距離）の各曳網間における差も併せて整理した。後述するように，今回桁が浮いた曳網があった。桁浮きの全曳網において桁の浮き具合は大きくはなく，少なくとも網口の一部は着底していたと考えられた。そのため，本報告では桁浮きの場合も曳網中として曳網距離を推定した。なお，曳網（操業）時間を短くした曳網があったので，曳網距離の推定に関連する各値は，曳網（操業）時間を30分間とした場合に換算した。

曳網距離の算出には，北川・服部（1998）に従い，船の移動距離を緯度・経度で算出するとともに，桁の着底および離底時の船と桁との水平距離を考慮する方法を用いた。詳細は以下の通りである。

桁網の着底時刻と離底時刻を深度計データの解析により，秒単位で調べた。繰り出しワイヤ長100m毎（およそ2分毎），ワイヤの繰り出し減速時（ワイヤセット手前50m），およびワイヤセット時に，緯度，経度，ワイヤ長および船直下の水深のデータを収集した。それらを用いて，桁網の離着底時における緯度，経度，ワイヤ長および船直下の水深を推定した。

船と桁網との水平距離 HD (m) は，ワイヤがほぼ直線的に伸び，桁の着底水深と船直下の水深が同じであると仮定し，ワイヤ長 LW (m) と水深 D (m) から(1)式にて算出した。

$$HD = LW^2 - D^2 \dots\dots (1)$$

船の移動距離 MD (m) は，曳網軌跡が直線であると仮定して，推定された着底・離底時の船の緯度，経度により，2点間の距離として計算した。計算には国土地理院測地部がインターネット上に掲載しているプログラム**を利用した。

そして，桁着底時の船と桁との水平距離 HD_L (m)，桁離底時の船と桁との水平距離 HD_T (m) および船の移動距離 MD (m) を用いて，(2)式により曳網距離 TD (m) を推定した。

$$TD = MD + HD_L - HD_T \dots\dots (2)$$

結 果

桁網着底および離底時の桁の挙動 Table 1およびTable 2に，各曳網の桁の着底前後および離底前後における作業工程（操作）および桁の挙動の時間関係を示した。なお，Table 2には，各操業において桁が水深50 mから水深100 mまで沈降する速度（m/分）も併せて示した。

桁の着底とワイヤセットの順序およびその間の時間は，曳網毎で異なっていた。桁の着底は，ワイヤセット前207秒から，ワイヤセット後121秒の間にみられた。

*ワイヤの繰り出し速度（m/分）は，ウインチに巻かれているワイヤの量により変化する。

**国土地理院測地部 - 距離と方位角の計算 - <http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/bl2stf.html>

Table 1 Towing conditions of beam trawls

Number of tow	Date	Name of tow	Latitude	Longitude	Depth designed (m)	Length of wire (m)	Depth examined by MDS-MkV when beam landed on the bottom (m)	Length of wire (designed) / Depth examined by MDS-MkV on landing
1	20 June, 2007	E-210	35° 55′	135° 25′	210	500	204.8	2.44
2		E-230	57′	25′	230	580	225.3	2.57
3		E-260	58′	25′	260	650	256.4	2.53
4		E-120	47′	24′	120	300	120.5	2.49
5	9 June, 2007	W2-320	36° 10′	135° 15′	320	800	321.2	2.49
6		W2-280	1′	15′	280	700	281.4	2.49
7		W1-200	35° 51′	4′	200	500	204.2	2.45
8		W2-200	55′	14′	200	500	208.9	2.39
9	12 July, 2007	W2-210	35° 54′	135° 13′	210	500	207.0	2.42
10		W2-230	57′	15′	230	600	240.6	2.49
11		W2-260	58′	15′	260	650	265.0	2.45
12		E-200	54′	24′	200	500	199.7	2.50
13	17 July, 2007	Op-210	35° 50′	134° 55′	210	500	206.2	2.42
14		Op-230	52′	55′	230	560	226.2	2.48
15		Op-200	49′	54′	200	500	202.6	2.47
16		Op-180	48′	54′	180	450	180.3	2.50
17	19 July, 2007	Op-260	35° 59′	134° 56′	260	650	260.1	2.50
18	8 Aug., 2007	E-165	35° 51′	135° 25′	165	420	159.0	2.64
19		E-150	50′	24′	150	350	145.1	2.41
20		E-150	50′	24′	150	350	144.6	2.42
21		E-150	50′	25′	150	370	149.7	2.47
22	20 Aug., 2007	E-200	35° 54′	135° 25′	205	500	201.7	2.48
23		E-200	54′	25′	205	500	203.2	2.46
24		E-170	52′	24′	175	420	173.6	2.42
25		E-160	51′	24′	165	400	163.7	2.44

桁の離底は、巻き上げを開始して平均16秒（4～42秒）後にみられた。なお、今回の調査では、離底後、桁が再着底することはなかった。

深度計データによる桁の深度は、桁着底直後を除けば、曳網中に急激に変化することはなく安定していた。桁着底直後には、25回の曳網のうち7回で、桁が少し離底する現象（以下、桁浮きと呼ぶ）がみられた。各曳網における桁浮きの高さは最大で、約20～70 cm、時間は30～60秒間程度であった。桁浮きは、ワイヤセットから1～5秒後に生じた。

各曳網で、着底とワイヤセットの順番とその間の時間が異なったことに注目すると、桁が浮いた曳網は、着底してから27～80秒後にワイヤセットした曳網（以下、セット前着浮上曳網と呼ぶ）であった。着底してからワイヤセットしたが、桁が浮かなかった曳網（以下、セット前着非浮上曳網と呼ぶ）では、着底からワイヤセットまでの時間は88～207秒間であった。ワイヤセット後に着底した曳網（以下、セット後着非浮上曳網と呼ぶ）では桁が浮くことはなかった。

各曳網区分のワイヤ長、水深の関係 各曳網区分ごとのワイヤ長（ワイヤセット時）と着底時の水深の比（以下、ワイヤ長比と呼ぶ）をTable 3に示した。各曳

網のワイヤ長比は、2.39～2.64の範囲を示した。「セット前着浮上曳網」のワイヤ長比の平均値は2.52、範囲は2.44～2.64であった。「セット前着非浮上曳網」のワイヤ長比の平均値は2.48、範囲は2.42～2.50であった。「セット後着非浮上曳網」のワイヤ長比の平均値は2.45、範囲は2.39～2.50であった。「セット前着浮上曳網」のワイヤ長比と「セット後着非浮上曳網」のそれを比較すると、平均値では前者が大きかったが、両者の値の範囲は重なっていた。

各曳網区分の海況の整理 曳網区分ごとの、流向と風向、および流速と風速をそれぞれFig. 1とFig. 2に示した。Fig. 1では、流向と風向との関係が、平行で同方向、平行だが逆向き、直交する、をおよそ判断できるように90度間隔の点線で便宜的に区域を分けた。その区域毎の各曳網区分の出現数をTable 4に示した。全曳網においては、流向と風向が直交することが一番多かった。「セット前着浮上曳網」の7回はすべて、流向と風向が直交する、あるいは平行だが逆方向となっていた。「セット前着非浮上曳網」では、直交していたことが3回、平行になっていたことが2回あった。「セット後着非浮上曳網」は、平行になったことが4回、直交していたことが9回あった。

Table 2 Sedimentation speed of beam with time between wire set and landing (and floating), height and duration of floating, and the time from starting to wrap wire to taking off

Number of tow	Sedimentation speed of beam (m/min)	Time (sec) from landing to wire set	Time (sec) from wire set to landing	Time (sec) from wire set to floating	Height (cm) of floating	Duration (sec) of floating	Time (sec) from starting to wrap wire to taking off
5	21.7	207					42
9	32.3	173					30
6	25.2	129					33
12	26.3	126					16
17	22.9	88					17
2	22.6	80		2	20	30	17
4	23.4	72		1	30	30	12
1	21.9	62		3	30	30	13
3	21.9	60		5	30	30	8
11	21.7	50		5	70	60	18
10	20.7	34		4	30	30	9
18	18.3	27		1	30	30	12
24	19.6		33				14
16	21.3		35				12
25	19.2		45				18
22	19.5		46				16
23	19.7		49				13
8	20.4		58				No data
13	20.7		59				4
15	21.1		95				14
7	21.3		96				28
14	20.7		100				9
19	18.2		107				No data
21	18.2		114				11
20	18.1		121				7

Table 3 Mean, S.D. and range of wire length(designed) and depth examined by MDS-MkV at the landing rate in three towing categories

Tow compartmentalized by timing of landing with or without floating	Length of wire (designed) / Depth examined by MDS-MkV on landing		
	Mean	S.D.	Range
Landing before wire set with floating	2.52	0.07	2.44 - 2.64
Landing before wire set without floating	2.48	0.04	2.42 - 2.50
landing after wire set	2.45	0.03	2.39 - 2.50

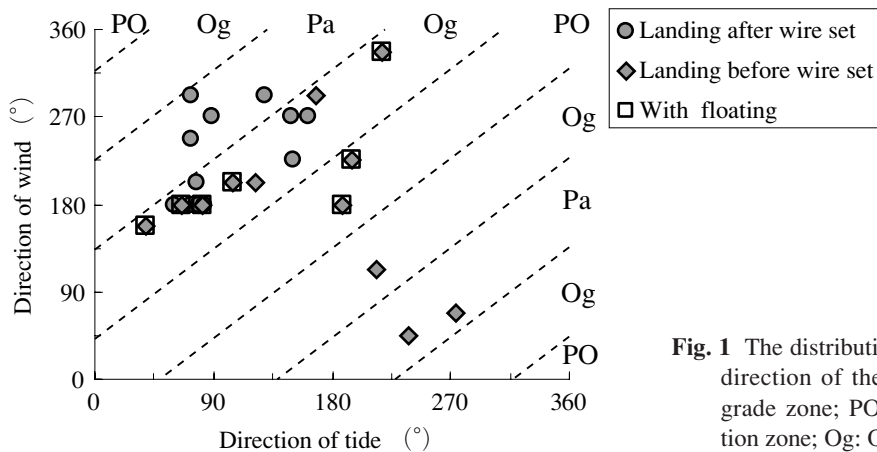


Fig. 1 The distribution of towing patterns in relation to the direction of the tide and wind. Pa: Parallel, antero-grade zone; PO: Parallel, retrograde, opposite direction zone; Og: Orthogonal zone.

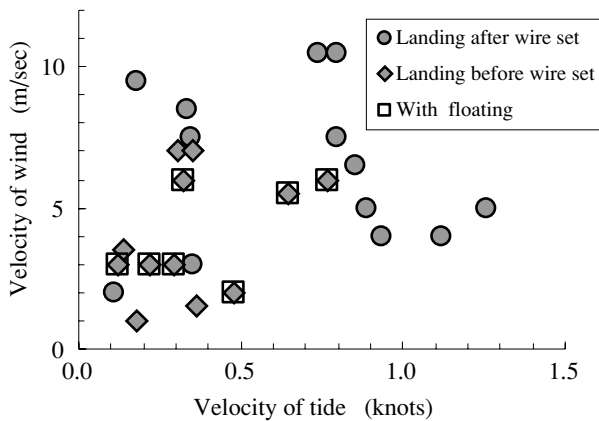


Fig. 2 The distribution of towing patterns in relation to the velocity of the tide and wind.

流速は0.1~1.3ノット、風速は1~11 m/sの値を示していた (Fig. 2)。「セット前着浮上曳網」は、流速0.8ノット以下、風速7 m/s以下であった。「セット後着非浮上曳網」は、流速0.8ノット以上、もしくは、風速7 m/s以上の場合に多くみられたが、それ以下にもみられた。「セット前着非浮上曳網」は、流速0.4ノット以下、風速7 m/s以下であった。

流速および風速と、各操業において桁の沈降速度 (m/分) との関係それぞれFig. 3とFig. 4に示した。流速は約0.1~1.3ノット、風速は約1~11 m/sの値を示し、桁の沈降速度は約18~26 m/分であった。流速や風速が小さいほど、桁の沈降速度は大きくなる傾向がみられた。特に、その傾向は流速で顕著であった。曳網距離の推定 曳網時間 (ワイヤセットからワイヤの巻き上げ開始までを30分間の場合に換算した値)、曳網速度 (曳網中の平均値)、桁離着底時の船と桁との水平距離の差および曳網距離の各推定値 (換算値) をTable 5に示した。曳網時間は、平均で30分38秒であり、その標準偏差は2分25秒であった。最短は27分36秒、最長は36分32秒であり、その差は8分56秒と大きかった。曳網速度は、平均で1.98ノットであり、その標準偏差は0.09ノットであった。最低は1.76ノット、最高は2.25ノットであり、その差は0.49ノットであった。桁着底時の船と桁との水平距離から桁離底時のそれを差し引いた値の推定値は、平均で - 21 mであり、

Table 4 Number of occurrences of these categories in the three zones in Fig.1

Zone	Category		
	Landing after wire set	Landing before wire set without floating	Landing before wire set with floating
Pa*1	4	2	0
Og*2	9	3	5
PO*3	0	0	2

*1 Pa : Parallel, anterograde zone

*2 Og : Orthogonal zone

*3 PO : Parallel, retrograde, opposite direction zone

その標準偏差は43 mであった。最小は - 134 m、最大は18 mであり、その差は152 mであった。曳網距離の推定値は、平均で1,918 mであり、その標準偏差は142 mであった。最短は1,733 m、最長は2,283 mであり、その差は551 mであった。

考 察

京都府における過去の桁曳網調査では、ワイヤセットから巻き上げ開始までを便宜的に曳網時間としてきた。ところが、今回の調査でわかるように、ワイヤセットと桁着底とは同時ではなかった。一方、桁の離底についても、巻き上げ開始から数十秒の間に完了してはいるものの、桁の離底と巻き上げ開始は一致していなかった。また、着底後の桁網の挙動に注目すると、着底後に、桁が浮いてしまう現象がみられた。今回の桁浮きは、高さにして20~70cm、時間は30~60秒であり、それによる採集量の違いは小さいと思われる。しかし、桁が浮けば網の両端が海底から離れ、曳網幅が狭くなり、厳密には採集効率が低下すると考えられる。現存量推定や漁獲効率を検討する上では、このような曳網は可能な限り避けるべきである。そこで、桁が浮いた状況について、曳網区分と、着底からワイヤセットまでの時間を参考に整理した。

桁浮きは、着底から80秒以内にワイヤセットした曳網で、ワイヤセットから数秒後にみられた。着底から

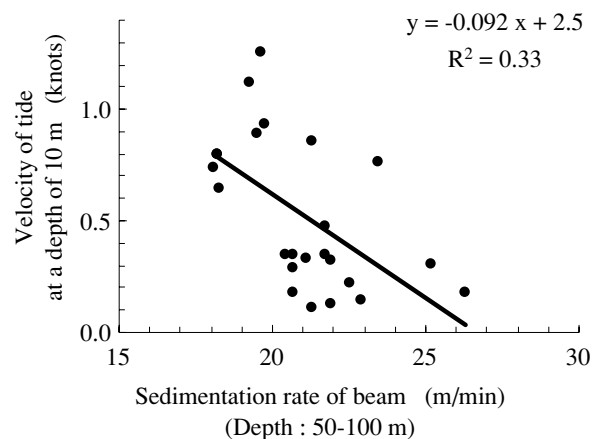


Fig. 3 The relationship between the sedimentation rate of the beam and velocity of the tide at a depth of 10 m.

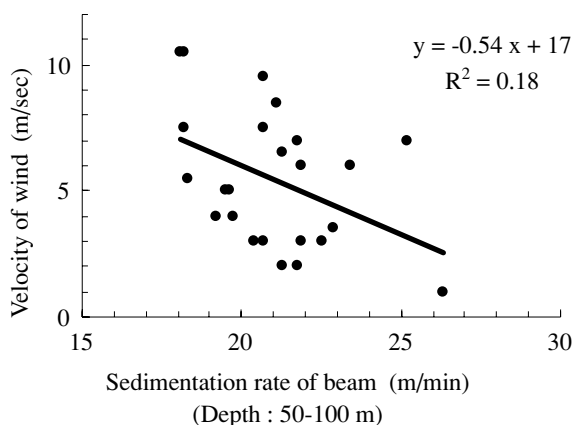


Fig. 4 The relationship between the sedimentation rate of the beam and velocity of the wind at a depth of 10 m.

88秒以上経過してワイヤセットした曳網や、ワイヤセット後に着底した曳網ではみられなかった。桁浮きは着底後のワイヤセット時にワイヤにかかる張力が急に上昇したことによる現象と思われる。ただし、着底後に十分にワイヤが緩むとワイヤセットしても張力が急には上昇せず桁は浮かないことが示唆される。なお、着底後のワイヤのゆるみは、曳網方向に対する桁の向きが、曳網中に変わりやすくなるなどの問題の生じることが予想される。

「セット前着浮上曳網」は、他の2区分よりもワイヤ長比が大きい傾向があった。ワイヤ長の調節によりワイヤセットまでの時間を短くすると、「セット前着浮上曳網」が回避でき、「セット後着非浮上曳網」と

なると思われる。廣瀬ら(2006)は、但州丸(499トン)による桁曳網調査で、ワイヤ長を、水深の1.4~1.8倍程度とし、水深の深い定点ほど倍率が低くなるよう調整した。但州丸のワイヤは直径20 mm、一方、今回の平安丸(183トン)のそれは直径16 mmである。したがって、平安丸のワイヤの方が但州丸のそれより、1mで0.5 kg程度、200mでは100 kg程度軽い。ワイヤの重量および抵抗は、海中における桁網の沈降速度、接地圧に影響する。船の大きさ、馬力、ワイヤの太さ(重さ)などが各船で異なるので、最適なワイヤ長比は各船においてそれぞれ求める必要があると考えられる。すなわち、但州丸で用いられているワイヤ長比の値を別の船において利用することはできないと判断される。そこで、今回の調査結果に基づいて平安丸における適切なワイヤ長比を検討すると、「セット後着非浮上曳網」を最良と仮定すれば、「セット前着浮上曳網」はワイヤ長比が大きすぎた可能性があった。但州丸で水深に応じてワイヤ長比を変えているように、適切なワイヤ長比は各水深において異なると思われる。平安丸の場合、調査回数の多かった水深150~210 m前後であれば、2.5以下、平均2.45前後にするとよいといえる(Table 3)。しかし、そのような条件においても、「セット前着浮上曳網」となっていた曳網があったことから、ワイヤ長比以外のことも影響して、「セット前着浮上曳網」になってしまうと思われる。

一般に、桁網やオッターロールを使用した底曳網調査では、海底地形、流向・流速、風向・風速を判断

Table 5 Estimated towing distance and towing condition

Number of tow	Towing time designed*	Towing time examined by MDS-MkV	Towing time examined by MDS-MkV (comberted into 30min of towing)	Mean ship speed (CI35)	Length of wire (m)		Depth beneath ship, estimated by FCV-780 (m)		Estimated horizontal distance from ship to beam		Difference in estimated distance from ship to beam between landing and taking off	Estimated distance of movement of ship from landing to taking off (comberted into 30min of towing)	Estimated towing distance (comberted into 30min of towing)
					Landing	Taking off	Landing	Taking off	Landing	Taking off			
1	30	0:31:00	0:31:00	1.94	459	494	208	216	409	444	-35	1946	1911
2	30	0:31:33	0:31:33	1.91	532	571	227	234	481	521	-40	1952	1912
3	30	0:31:08	0:31:08	1.99	608	646	258	260	550	591	-41	1990	1949
4	30	0:30:57	0:30:57	1.91	260	294	120	128	230	265	-35	1910	1877
5	30	0:33:37	0:33:37	1.88	665	780	325	318	580	713	-133	2020	1887
6	30	0:32:41	0:32:41	1.99	630	685	284	282	562	624	-62	2083	2023
7	22	0:20:20	0:27:44	1.92	500	484	206	205	456	439	17	1728	1745
8	15	0:14:03	0:28:06	1.96	500	484	211	213	453	435	18	1722	1740
9	14	0:17:03	0:36:32	1.76	370	487	211	212	304	438	-134	2135	2001
10	8	0:09:07	0:34:11	2.10	580	595	240	234	528	547	-19	2254	2235
11	15	0:16:00	0:32:00	2.25	616	643	266	251	556	592	-36	2206	2170
12	15	0:17:42	0:35:24	2.01	417	490	204	207	364	444	-81	2364	2283
13	15	0:14:54	0:29:48	1.88	500	499	209	211	454	452	3	1788	1791
14	30	0:28:13	0:28:13	2.09	560	555	230	231	511	505	5	1865	1870
15	15	0:14:44	0:29:28	2.02	500	494	203	202	457	451	7	1895	1902
16	30	0:29:25	0:29:25	2.10	450	443	181	178	412	406	6	1937	1943
17	30	0:31:41	0:31:41	1.93	612	641	263	264	552	584	-32	1987	1955
18	30	0:30:53	0:30:53	1.97	403	415	160	171	370	378	-8	1950	1942
19	30	0:28:35	0:28:35	1.96	350	350	147	158	318	312	5	1811	1816
20	30	0:28:06	0:28:06	2.00	350	345	147	158	318	307	11	1726	1737
21	30	0:28:53	0:28:53	1.98	370	364	151	161	338	326	12	1853	1865
22	15	0:14:26	0:28:52	2.04	500	493	203	200	457	450	7	1852	1859
23	15	0:13:48	0:27:36	1.97	500	495	204	205	456	451	6	1727	1733
24	30	0:30:05	0:30:05	1.96	420	413	173	179	383	372	10	1889	1899
25	30	0:29:29	0:29:29	1.99	400	391	164	169	365	352	13	1894	1907
		Mean	0:30:38	1.98					435	456	-21	1939	1918
		S.D.	0:02:25	0.09					94	109	43	167	142
		Maximum	0:36:32	2.25					580	713	18	2364	2283
		Minimum	0:27:36	1.76					230	265	-134	1722	1733
		Range	0:08:56	0.49					350	448	152	641	551

* Towing time is that between wire set and starting to wrap wire

材料にして操業位置，曳網方向が決定される。まず，流向と風向および桁浮きの有無について考察する。桁の着底時の挙動区分ごとの流向と風向（Fig. 1）から，「セット前着浮上曳網」は，流向と風向が直交するあるいは逆方向であるときのみに見られる。しかし，今回の調査中においては，流向と風向が直交することが最も多く，その場合では「セット後着非浮上曳網」が最も多く見られた。流向と風向は，適切な曳網方向を選択するために注意すべき情報であるが，桁浮きとはあまり関係性がないと考えられる。流速と風速の関係（Fig. 2）では，それぞれ0.8ノット以下，かつ，7 m/s以下の12曳網中7回で桁が浮いていた。また，「セット後着非浮上曳網」は，13回中11回が0.8ノット以上，もしくは，7 m/s以上であった。また，流速や風速が小さいほど，桁の沈降速度は早くなる傾向があった（Fig. 3, 4）。流速，風速とも小さいと，桁の沈降速度が早まり，ワイヤセットよりも先に桁が着底することが多くなり，桁浮きが生じると考えられる。したがって，流速や風速が小さい場合は，ワイヤ長比をやや小さめにするなどの調節をすべきと考えられる。

現在の調査方法における曳網距離の誤差 藤田・木元（1999）は，水深数 mの海域で利用する曳航式底生魚類撮影装置の開発において，日向野ら（1998）により開発された走行距離計を用いて曳網距離を実測している。この走行距離計は，桁枠の横に羽根のついた回転盤を取り付けたものであった。今回使用した大型で重い桁の場合では着底時の衝撃，接地圧などで破損するおそれがあり，使用は困難であると予想される。したがって，今回のような場合には，曳網距離を実測するよりも推定の方が現実的であった。以下においては，曳網距離の推定値およびそれに関連する各数値の各曳網間における差について検討する。

桁の着底とワイヤセットが同時ではない，あるいは，桁の離底とワイヤの巻き上げ開始が同時ではないことにより，曳網時間は最大で9分程度もの誤差があることが分かった。仮に9分間2ノットで曳いたとすると，距離にして約556 mもの差となる。当センターでは，これまでどの曳網も一律に30分間の曳網としてデータを取り扱ってきているが，それでは大きな誤差を見過ごすことになる。曳網速度でも，各曳網間における差は，最大0.49ノットであった。例えば，曳網速度が0.49ノット異なる2曳網における，曳網距離の差は454 mである。深度計（もしくはネットレコーダー）を利用して，桁浮きの有無を確認できるようした上で，曳網中の船速を調節する必要がある。また，曳網速度の平均値は1.98ノットであった。操業中に船速を調節するには限界があり，曳網速度の調整をどの程度厳密に行うべきか，曳網速度と漁獲効率との関係性などからの検討を要する。そして，曳網条件（時間や速度）には常々ある程度誤差が生じることを考慮し，各曳網

時の曳網距離を推定しておくことが極めて重要である。

北川・服部（1998）に従った今回の曳網距離の推定方法では，桁着底時から離底時までの船の移動距離に加え，桁離着底時の桁と船の水平距離を推定した。曳網距離の計算では，桁着底時における桁と船の水平距離と離底時におけるそれとの差を用いる。その差は，平均値で - 21 mと比較的小さい値であった。標準偏差は43 m，最大と最小の差は152 mであり，各曳網間で100～150 m程度の誤差が生じることが推察される。この誤差は2ノットで30分間曳網した場合の曳網距離（1,852 m）の5～8%であり，それほど大きな誤差ではないと思われる。ただし，桁着底時および離底時の桁と船の水平距離の平均値は，それぞれ435 m，456 mであり（Table 5），その差（曳網距離の推定に利用する数値）に比べ，大きな値であった。今回の方法では，船と桁とを結ぶワイヤの弛みを考慮していないので，船と桁の水平距離の桁着底時と離底時の差は，実際は，今回の推定値よりも大きいことも十分に予想される。今後，桁着底時および離底時のワイヤの弛み具合を調べておく必要がある。

曳網距離の推定値は，曳網時間，曳網速度，船と桁との水平距離などが，それぞれ各曳網間で異なることを反映して，最短と最長の差が551 m，標準偏差が142 mといずれも大きな値を示し，各曳網間で大きな差があることが明らかになった。また，推定値の平均値は1,918 mで，調査の設定条件（1,852 m）とやや異なる。各曳網ではそれほど目立った操船による異常はみられなかった。今後，調査していく上では，設定条件を揃えることよりも，随時，深度計などを用いてデータを収集し，各曳網において曳網距離を推定することのほうが重要である。なお，今回の推定方法では，船（および桁）の移動軌跡を直線として仮定し，着底時と離底時の2点間の直線距離を，緯度と経度により算出している。実際の船の移動軌跡は厳密には湾曲することが多いので，今回の推定値も過小評価している可能性がある。今後，船の移動軌跡が湾曲した場合の，船と桁との位置関係，曳網方向に対する桁の向きを調べ，船の移動軌跡に沿った曳網距離の推定方法を検討しておくべきである。

今後の課題 北川・服部（1998）に従った曳網距離の推定方法が生物の密度推定において，現状では最も実用的であると考えられるが，今後，桁と船の距離に関してワイヤの弛みを考慮した推定方法や，船の移動軌跡に沿った推定方法の確立が必要である。このようにして，実際の曳網距離を把握する精度を高めることで，桁曳網調査により得られる密度データの信頼性が高まり，さらに高度な解析ができるであろう。

謝 辞

本研究を進めるにあたり，(独)水産総合研究センター 日本海区水産研究所の廣瀬太郎博士に，多くのご指導とご助言を頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。また，(独)水産総合研究センター 水産工学研究所の藤田薫氏，ならびに，中央水産研究所の片山知史博士に，多くのご指導と励ましを頂きました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。兵庫県立香住高等学校実習船但州丸の丹生孝道船長に，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

- 藤田 薫，木元克則．1999．曳航式底生魚類撮影装置の開発．水工研技報，21: 41-46．
- 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．
- 廣瀬太郎，養松郁子，白井 滋，南 卓志，丹生孝道．2006．深海生物採集用大型桁網（Beni-Zuwai1号）の開発．水研センター研報，17: 69-82．
- 日向野純也，木元克則，藤田 薫．1998．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．
- 北川大二，服部 努．1998．調査船による底魚の資源評価とモニタリング．水産海洋研究，62: 32-35．
- 谷口三男，清野精次．1980．京都府沖合のヒレグロの分布生態（予報）．京都海洋セ研報，4: 45-51．
- 内野 憲．1982．京都府沖合水深130～280m水域における夏期の底魚の分布．京都海洋セ研報，6: 45-50．
- 内野 憲，清野精次，傍島直樹．1982．若狭湾経ヶ岬以西沿岸域の底生動物相．京都海洋セ研報，6: 25-44．