

タチウオを対象とした小型機船底曳き網の網口高さについて

田村 怜子・石井 洋・相澤 康

The height of net mouth of small beam trawlers for the cutlassfish *Trichurus lepturus*

Satoko TAMURA*, Hiroshi ISHII**, and Yasushi AIZAWA***

緒言

東京湾では多様な種類の漁業が営まれているが、その中でも横浜市金沢区にある柴地区は小型機船底びき網漁業が盛んに行われている地区の一つである。ここでは主にビームを有する手繰第2種の底びき網が操業されており、主にシャコを漁獲して経営を成り立たせてきた。しかし、1990年代からシャコの資源が減少傾向になると、2006年にはシャコがほとんど漁獲できない状態となってしまった¹⁾。これを受けて、漁業者は操業回数の規制や数年間の休漁に取り組んだものの、資源状態は依然として回復していない²⁾。

このため、近年はシャコ以外の魚種を漁獲対象とした操業をするようになってきた。その中でも、タチウオを主たる漁獲対象種として経営の安定化を計ろうとする漁業者が増加している。タチウオは底びき網が操業される日中には海底に濃密な群れを形成することが報告されており³⁾、網の網口高さが大きい網で底層付近を曳くことが漁獲効率の向上につながると考えられている。そのため、漁業者はタチウオを対象とした網（以下、タチ網という）の網口高さが大きく開くよう、各々工夫を凝らして網を仕立てている。

一方で、これまで操業状況等を考慮した詳細な網口高さは調べられておらず、実際にどれほどの網口高さがあるのかは不明である。本研究は漁具改良のための基礎的データを得るため、底びき網漁船の曳網時の網口高さの状況を把握し、分析するための調査を行うこととした。

協同組合柴支所に所属する A~D の小型底びき網漁船（5.9~6.6 トン、25 馬力・77~80 kW）を各日 1 隻ずつ用い、操業で使用しているタチ網を用いて調査を行った。網は各自で仕立てているため、部分的に細かい違いはあるものの、概ね図 1 の規格に準ずる網を使用していた。ビームは長さ 10m、直径 10cm の鉄製のパイプを使用していた。

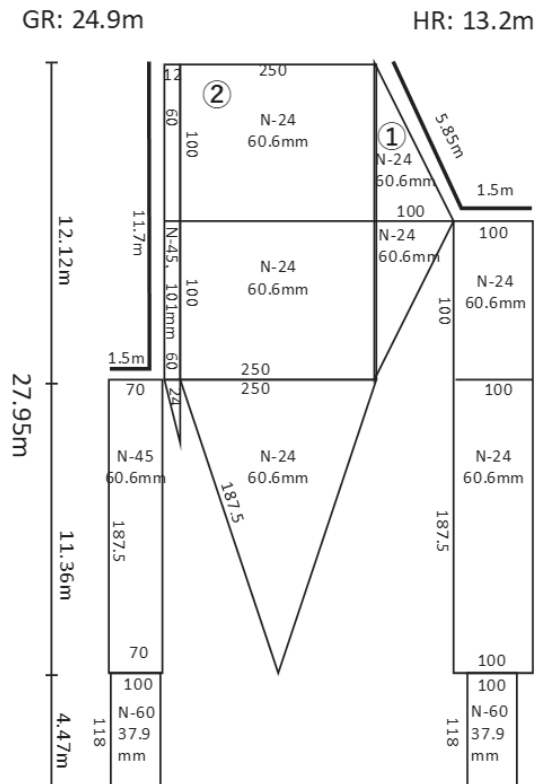


図1 タチウオ網の展開図 ①：三角網、②：袖網

材料と方法

2016年9月27日と10月11、18、25日に横浜市漁業

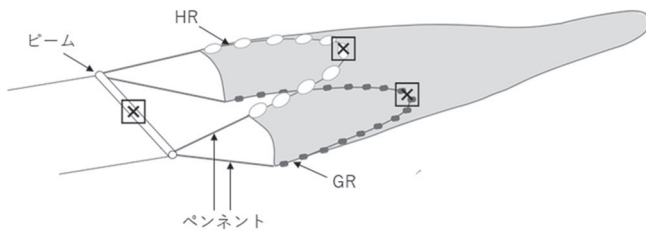


図2 タチウオ網の曳網時の図、**X**は水深計の取り付け位置

水深計 (HOBBO 製 US20-001-03) をヘッドロープ (以下、HR) とグラウンドロープ (以下、GR) の中央に取り付け (図2)、1分間隔で計測するよう設定した。網口高さは HR と GR の水深差として算出した。また、網口高さに影響を与える可能性があるビームについても中央に水深計を取り付け (図2)、他の部位と同様に計測し、HR と GR に対するビーム位置をそれぞれの水深から曳網中の位置について調べた。

調査では、漁業者に通常通りの操業をしてもらい、任意のワイヤー長さ、船速 (対地速度) になった時の時刻を記録した。調査終了後、記録した時刻における水深計のデータを抜き出して、各調査時刻における各部位の水深を求め、網口高さを算出した。また、漁業者が考えている網口高さへの影響要因としてワイヤー長さやペンネントの長さが挙げられたので、それらについて長さを変更して曳網した場合についても調査を行った。

結果

ワイヤー長さを固定した場合の網口高さ

4隻の漁船で行った調査で計測されたワイヤー長さと船速、各部の水深、網口高さを表1に示す。

A船ではA-1、A-2の2種類のワイヤー長さで曳網を行った。A-1はワイヤー長さを225mに固定して、船速2.2ktから2.6ktに変化させて曳網を行った。その結果、網口高さは5.7mから4.0mに縮小した。A-2ではワイヤー長さを255mに固定し、船速2.3ktから2.5ktへ変化させた。その時の網口高さは5.0mで変化しなかった。

B船ではB-1、B-2の2種類のワイヤー長さで曳網を行った。B-1はワイヤー長さを195mに固定して、船速を1.4ktから2.4ktに変化させて曳網した。網口高さは1.4ktの時5.2mで、2.1ktでは5.4mまで拡大したが、2.4ktでは4.8mに縮小した。B-2はワイヤー長さを210mに固定し、船速を1.7ktから2.5ktに変化させて曳網を行った。網口高さは1.7ktの時5.1mで、2.1ktで4.8mまで狭まったが、2.3ktでは5.0mとなり、2.5ktで4.5mにまで縮小した。

C船ではC-1、C-2の2種類のワイヤー長さで曳網を行った。C-1はワイヤー長さを225mに固定し、船速は1.8ktから2.4ktまで変化させた。網口高さは1.8ktで5.4m、2.2ktで5.9mまで拡大したが、2.4ktでは5.3mに縮小した。C-2ではワイヤー長さを255mに固定し、船速は2.0ktから2.4ktまで変化させた。その時の網口高さは5.1mから4.7mへと縮小がみられた。

D船ではD-1、D-2の2種類のワイヤー長さで曳網を行った。D-1はワイヤー長さを225mに固定し、船速は2.3ktから2.7ktに変化させた。その時の網口高さは5.9mから5.5mに縮小した。D-2はワイヤー長さを255mに固定し、船速を1.9ktから2.7ktまで変化させた。網口高さは1.9ktでは5.6m、2.5ktでは5.5mへ縮小したが、2.7ktでは5.7mに拡大した。

このように船速が増すと網口高さは縮小した場合もあれば、一旦は拡大したが、さらに船速が増すとその高さは縮小していった時もあり、そこに一定の傾向はみられなかった。なお、全調査で網口高さは4.0~5.9mの範囲内に収まった。

曳網中のビームの位置

表1のビームとHR、GRの水深から、各調査時におけるビームの位置を調査した。

A-1ではビームがHRよりも0.5m下に位置し、船速が増すにつれてその差は縮小する傾向がみられた。A-2でもビームはHRよりも0.5m下に位置していたが、船速が増すとその差は0.3mにまで縮小した。網口に対するビームの位置は、いずれの条件においても常に網口の上部に位置していた。

B-1ではビームはHRよりも0.8m下に位置していたが、船速が増すにつれてその差が縮小していき、2.1ktで差が無くなった。その後、2.4ktになるとHRより0.3m上に位置していた。B-2でもビームはHRよりも1.0m下に位置していたが、船速が増すとその差はほぼ無くなっていった。網口に対するビームの位置は、いずれの条件においても常に網口の上部に位置していた。

C-1ではビームはHRよりも1.4m下に位置していたが、船速が2.2ktより速い速度ではその差が0.6mまで縮小した。C-2でもビームはHRよりも2.0m下に位置していたが、船速が増すとその差は1.2mに縮小した。網口に対するビームの位置は、いずれの条件においても常に網口の上部に位置していた。D-1ではビームはHRよりも2.1m下に位置していたが、船速が増すにつれてその差は縮小していき、2.7ktより速い速度ではHRより0.3m上に位置していた。D-2でもビームはHRよりも0.5m下に

位置していたが、船速が増すにつれてその差は縮小していき、2.5ktではHRとの差が無くなった。網口に対するビームの位置は、いずれの条件においても常に網口の上部に位置していた。

全体的に、ビームはHRよりも下に位置していることが多かった。ビームがHRよりも上に位置することもあったが、その差は0.3mほどであった。

ワイヤー長さを変化させた場合の網口高さとビームの位置

B船で行った曳網調査で船速2.1ktで曳網した時のワイヤー長さ、各部の水深と網口高さのデータを表2に示した。ワイヤー長さは195mから270mまで6段階に変化させたデータが得られた。最もワイヤー長さの短いものは195mであったが、その網口高さは5.4mであった。ワイヤー

表1 各船における調査項目と計測値と網口高さ

使用漁船	調査番号	ワイヤー長さ(m)	船速(kt)	水深 (m)			網口高さ(m)
				ビーム	HR	GR	
A	A-1	225	2.2	44.2	43.7	49.4	5.7
			2.4	44.9	44.7	49.9	5.2
			2.6	44.5	44.6	48.6	4.0
	A-2	255	2.3	44.0	43.5	48.5	5.0
			2.5	43.9	43.6	48.6	5.0
			1.4	43.8	43.0	48.2	5.2
B	B-1	195	1.6	43.9	43.3	48.6	5.3
			1.8	44.0	43.7	49.0	5.3
			2.1	44.0	44.0	49.4	5.4
			2.2	44.4	44.5	49.8	5.3
			2.4	44.1	44.4	49.2	4.8
	B-2	210	1.7	46.0	45.0	50.1	5.1
			1.9	44.8	44.1	49.2	5.1
			2.0	43.8	43.4	48.2	4.8
			2.1	43.2	42.8	47.6	4.8
			2.3	43.7	43.6	48.6	5.0
C	C-1	225	2.5	40.5	40.3	44.8	4.5
			1.8	43.6	42.2	47.6	5.4
			2.0	42.4	41.0	46.6	5.6
	C-2	255	2.2	44.2	43.6	49.5	5.9
			2.4	43.6	43.0	48.3	5.3
			2.0	41.4	39.4	44.5	5.1
D	D-1	225	2.3	41.6	40.1	44.9	4.8
			2.4	41.5	40.3	45.0	4.7
			2.3	49.7	47.6	53.5	5.9
	D-2	255	2.5	47.9	48.0	53.7	5.7
			2.7	47.1	47.4	52.9	5.5
			1.9	49.2	48.7	54.3	5.6
			2.3	49.8	49.6	55.2	5.6
			2.5	46.4	46.4	51.9	5.5
			2.7	47.9	47.8	53.5	5.7

表2 ワイヤー長さを変化させた場合の計測値と網口高さ

船速(kt)	ワイヤー長さ(m)	水深 (m)			網口高さ (m)
		ビーム	HR	GR	
2.1	195	44.0	44.0	49.4	5.4
	210	43.2	42.8	47.6	4.8
	225	43.1	42.7	47.2	4.5
	240	44.1	43.5	48.0	4.5
	255	45.7	45.0	49.4	4.4
	270	46.8	46.0	50.1	4.1

長さが長くなるにつれて網口高さは縮小し、ワイヤー長さが最も長い270mでは4.1mまで縮小した。

各部の水深からビームの位置をみると、ワイヤー長さ195mの時、ビームはHRと同じ水深にあったが、ワイヤー長さが長くなるにつれてビームはHRより下へ下がっていき、ワイヤー長さ270mの時は0.8m下側に位置していた。一方で、網口に対するビームの位置は常に網口の上部に位置していた。

ペンネットの長さを短くした場合の変化

D船の曳網調査時に、HR側のペンネットを1.2m短くし曳網した時の、ワイヤー長さ225mと255mで計測した結果を表3に示す。ワイヤー長さが225mの時では、船速1.8ktから2.2ktの時の網口高さのデータが得られ、その値は5.5mから5.0mへと縮小していた。ワイヤー長さが255mの時では、船速2.5ktから2.9ktの網口高さのデータが得られ、その値は6.7mから4.9mへと縮小していた。このように船速が増すと、網口高さが縮小する傾向がみられた。

各部の水深からビームの位置をみると、ワイヤー長さが225mの時では、船速が1.8ktのときビームはHRより0.6m下側にあった。2.0kt及び2.2ktではその差はやや縮小し、0.3m下側に位置していた。一方、ワイヤー長さが255mの時では、船速が2.5ktのときビームはHRより0.7m下側にあった。2.7ktではその差が無くなったが、2.9ktではビームはHRより0.1m上側に位置していた。

考 察

本調査で計測された網口高さで最大の高さは6.7mであった。網には1割程度の縮結が入ることから、図1の規格を元に網口高さを計算すると、350目(袖網250目、三角網100目)と目合60.6mm、縮結1割の場合の幅の拡がり44%⁴⁾を掛け合わせた値となり、理論上は約9.3mまで開くこととなる。よって6.7mの網口高さは設計に対して約7割網口が開いているという結果となる。しかしながら、網口高さが6m台を計測したのは1回のみであり、ほとんどが5m台にとどまっていた。設計上は網口高さをもっと大きくできる余地があることから、網口高さをさらに大きくするためには、操業の方法や条件についてさらに検討を重ねていく必要がある。

タチウオの漁獲効率を良くするためには、ビームが網の上部、つまりHRに近い深さに位置し、網口に遭遇するタチウオの入網を妨げないようにすることが望ましい。今回の調査結果では、ビームが常にHRとほぼ同じかそれ以上の位置にあることが確認できた。このことから、調査に供した条件下では操業中にビームがタチウオの入網を妨げる心配がないことが裏付けられた。

船速に対する網口高さを条件別に見ると、Aのワイヤー長さ225mの操業時を除いて、船速が増すにつれて若干の網口高さの縮小傾向が見えるところもあるが、メートル単位で大きく変化するようなことはない。しかし一般に

表3 ペンネット (HR側) の長さを1.2m短くした場合の調査項目と計測値及び網口高さ

ワイヤー長さ(m)	船速(kt)	水深 (m)			網口高さ (m)
		ビーム	HR	GR	
225	1.8	41.6	41.0	46.5	5.5
	2.0	40.1	39.8	45.3	5.5
	2.2	39.5	39.2	44.2	5.0
255	2.5	40.7	40.0	46.7	6.7
	2.7	42.3	42.3	47.3	5.0
	2.9	40.4	40.5	45.4	4.9

底曳網の場合では、船速が増すほど網の抵抗が大きくなり、網口高さが抵抗に反比例して低くなる傾向がある⁵⁾。今回の調査で、Aのワイヤー長さ225mの操業時以外でそのような傾向が見られなかった理由の一つとして、底層を流れる海流の向きの影響が考えられる。この向きが漁船の曳網方向に対してどの向きになるかによって、網が受ける流速が変化し、抵抗が変わるため、網口高さもその影響を受けて変わってしまった可能性がある。今後、実験を行う際には底層の流れの向きや強さについても考慮する必要がある。

また、ペンネット長さを変化させた調査を比較すると、通常のパンネット長さで操業した場合は、船速の変化に対して網口高さは変化していなかったが、ペンネットを短くすると船速が大きくなるにつれ網口高さも変化した。これは、ペンネットの長さを短くしたことで天井網がHRよりも下に位置するビームへ引っ張られる形となったこと、また、それにより網の形状のバランスが変化したことで流れの影響を受けやすくなったことが要因として挙げられる。これらの要因により、ペンネットを短くした場合に網口高さが小さくなったと考えられる。

ワイヤー長さが長くなるほど網口が小さくなった理由は(表2)、ビームとワイヤーが成す角度が、ワイヤー長さが長くなるほど小さくなるため、自重で沈んだビームに引かれる形でHRが引き下げられたためと考えられる。過去に行われた模型実験でも、水深に対するワイヤー長さが網口高さに影響することを確認している⁶⁾。より軽量のFRP製のビームを導入することで網口高さが広がる可能性も考えられるが、軽量化したビームで既存のビームと同等の安定感と機能を備えられるかは不明である。また、理想の網口高さにするためのワイヤー長さなどの条件を知るためには、ビームとワイヤーが成す角度に注意する必要がある。その角度には現場の水深も大きく関係してくる。そのため、今後実験を行う際には船速とワイヤー長さだけでなく、現場の水深もデータとして収集する必要がある。

本調査から、網口高さが設計の約7割まで開くことは確認したが、それは今回の調査中においてたった1回であった。今後の操業でより大きな網口高さを得るためには、網の規格を改良する必要がある。網口高さが大きくならない要因の一つとして、天井網の角度をつけるための三角網(図1①)が機能せず、角度がつかずに海底とほぼ並行の状態となってしまうことが考えられる。過去に行われた模型実験でも、流れを受けた三角網の角度が

なくなり、天井の網地が底面と平行になっている様子が確認できる⁶⁾。これは、船速が増すと網地の抵抗やHRより下に位置するビームからかかる張力が増加し、三角網が潰れてしまうためである。また、このように網口高さが出ない状況になると、袖網(図1②)がたるみ、曳網中にふらつくようになる。一般に魚が漁具に遭遇した場合に最も刺激を受ける感覚が視覚と振動感覚ともいわれているため⁷⁾、このふらつきが魚を驚かせて網口から入網しない方向へ逃避させている可能性も大いにある。これらに対しては、ペンネットの延長線上に袖先からコッドエンドにかけて「筋綱」と言われるロープを導入することで、張力が直接網地にかからないようになれば、より網口高さが得られやすくなり、袖網のふらつきも軽減できると考える。

今回は現在使用している網についての現況を知るための手始めとして、網口高さに注目して現場調査を行ったが、現在の網口高さとなる理由について知るためには、模型実験によって流速、水深、ワイヤー長さ、網の形状などの条件を変えながら、網口高さがどの程度変化するかを把握する必要がある。模型実験から得られる情報から実際の漁船の船速やワイヤー長さ、網の形状、ビームの重量にかかる改良について、より具体的なヒントを得ることができるだろう。

また、この調査から得られたデータは瞬時のものであったが、曳網時の傾向について知ることができた。今後は今回の調査で見えてきた課題を踏まえた上で、改良方法の検討も含めた詳細な調査を実施する予定である。

謝辞

本実験を実施するに当たりご協力いただいた柴漁業研究会の皆さまに心より感謝する。また、本報告をまとめるに当たって、御指導と有益な御助言をいただいた東京海洋大学海洋生物資源学部門の胡 夫祥教授には心から厚くお礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 田島良博(2008):東京湾のシャコ資源, 黒潮の資源海洋研究, 9, 15-18.
- 2) 田島良博(2011):東京湾におけるシャコ資源の現状と課題. 黒潮の資源海洋研究, 12, 47-52.
- 3) 宗清正廣(1990):若狭湾西部海域におけるタチウオの日周期的鉛直移動, 日水誌, 56(8), 1193-1197.

- 4) 野村正恒 (1985) : 最新漁業技術一般, 成山堂書店, 420pp.
- 5) 和田光太 (1976) : 実用トロール漁法, 成山堂書店, 234pp.
- 6) 石黒雄一 (2006) : タチウオを対象とした小型機船底びき網の曳網中の漁具形状. 神奈川県水産技術センター研究報告, **1**, 35-41.
- 7) 肥後伸夫 (1971) . 底曳網の漁獲性能に関する基礎的研究 : 鹿児島大学水産学部紀要, **2**, 1-137.