

伊勢湾底びき網漁業で使用されるトロール網に 取り付けたカイトによる網高さの変化

松下吉樹^{*1}・富山 実^{*2}・熊沢泰生^{*3}・稲田博史^{*4}・
木下弘実^{*3}・平山 完^{*3}・藤田 薫^{*1}・山崎慎太郎^{*1}

Application of the Headrope Kite for Maintaining Vertical Opening of the Small Scale Trawl Net Used in Ise Bay, Aichi, Japan

Yoshiki MATSUSHITA^{*1}, Minoru TOMIYAMA^{*2}, Taisei KUMAZAWA^{*3}, Hiroshi INADA^{*4},
Hiromi KINOSHITA^{*3}, Mamoru HIRAYAMA^{*3}, Kaoru FUJITA^{*1}, and Shintaro YAMASAKI^{*1}

Abstract: Performance of the headrope kite was examined in the field trial by comparing changes in heights, spread and towing speed between the conventional trawl net and the net with the headrope kite for the small scale trawl fishery in Ise Bay, Aichi, Japan. Headrope heights from top toe to the center part were increased 0.25-0.68 m when the headrope kite was installed while wing spread and towing speed were decreased. It was estimated that swept area and filtering volume for the net with the headrope kite became 80 and 120 % of those of the conventional net, when usual tow duration and measured values were taken into account. This result suggests the net with the headrope kite has an advantage for catching semi-pelagic fish, while catch of demersal organisms may be decreased.

Key words: small scale trawl fishery, otter trawl fishing gear, gear modification, headrope kite, filtering volume

1. はじめに

伊勢湾と三河湾内で操業する「まめ板漁業」と呼ばれる漁業は643隻に許可されており（水産庁Web：<http://www.jfa.maff.go.jp/sigen/isewan.html>），小型のトロール漁具を用いて，シャコやマアナゴなど海底付近に分布する生物やイボダイやカマスなどの遊泳性の生物を漁獲している（玉越，2000）。漁場におけるこれらの種の遊泳水深や漁具に対する行動についての知見は少ないものの，イボダイやカマスは海底からある程度離れた層に分布していると考えられる。そのため，漁業者らは現在使用している，海底からヘッドローブ（以降，HRと呼ぶ）までの高さ（これ以降，網高さと

呼ぶ）が最大での1.8m程度のトロール網（松下ら，印刷中）ではこれらの種を十分に漁獲していないと考えている。一方これとは逆に，異体類を主対象とするトロール網では，網高さを意識的に小さくしてcodやhaddockなどの魚類の混獲を緩和する漁具の改良が行われた例もある（Thomsen，1993）。このようにトロール網の網高さは，遊泳性の生物の漁獲を左右する。

トロール網は，袖網上端部から身網前上部にHRが取り付けられ，そこに浮力を有する部品を装着することで網口が上方向に開くようにつくられる。この浮力を有する部品には合成樹脂製の浮子が一般的に使用され，浮子の浮力は網の抗力の下向き成分と釣り合い，一定の網高さを保持する。また，網高さを保持には，流体中で物体が受ける力のうち，流れに直角な成分

(揚力と呼ぶ)を利用して網口を上方向に開かせるカイト(kite, 英語で凧の意)と呼ばれる部品を用いることもある。カイトは1900年代初めから使われはじめ(Brandt, 1964), 我が国でも中層トロール漁具を用いる大型漁船や調査船では実用されている(海洋水産資源開発センター, 1997; 長谷川, 1997; 上野ら, 2002)。これは、浮子は中層トロール網で多用される大目合の網地に絡むことがあり、カイトは浮子に比べてこの絡みを防ぐために有効であるためである。また、曳網速力の増加で網の抗力が増加しても、カイトの揚力も増加するので、適切な規模のカイトを取り付ければ曳網速力の変化に起因する網高さの減少を防ぐことも可能である。その一方で、カイトは適切な揚力を得るために曳網方向に対して一定の角度を保つ必要があるが、柔軟な構造の網に取り付けるため、その角度の調整が困難な場合もある。着底トロール漁具では浮子と網の絡みの問題も少ないので、網高さの保持には浮子の付加が一般的である。しかし、まめ板漁業などの小型底びき網漁業では、揚網する前に主機関の出力を上げて曳網速力を増加させ、網内の生物をコッドエンドまで追い込もうとするので、浮子を装着した網では網高さが減少する。仮にこの網にカイトを装着した場合には揚力も増大するので、計画曳網速力時の網高さを保つことも可能となる。また、浮子は使用期間が長くなるにつれて材質が劣化して破損する消耗品であり、漁具資材費に占める割合も比較的大きいので、カイトを導入できれば、長期的には漁具資材費を抑えることも可能である。

以上のような理由から、本研究ではまめ板漁業で使用するトロール網にカイトを装着して曳網実験を行い、網高さの変化を検討した。

2. 資料と方法

曳網実験は2004年6月に豊浜漁業協同組合所属の小型底びき網漁船(12トン, 農林35馬力)によって行った。使用した漁具はFig. 1に示すシャコを漁獲の主対象とするときに使用するトロール漁具で、詳細な設計は松下ら(印刷中)に詳しい。この漁具の曳網中の形状を現用の構成(以降, 現用網と呼ぶ)と現用網にさらにカイトを装着した構成(以降, 試験網と呼ぶ)で比較した。以降では、曳網方向を前、その逆の方向を後として漁具の説明を行う。

使用したカイトは井上, 木下(2002)が公表したソフト・ドアと似た構造のカンバス製のカイト(Fig. 2, 0.6x0.6mx2枚, ニチモウ株式会社製)で、迎え角 20° で揚力と抗力の比(揚抗比)は約1.3程度であり、3.5

ノット曳網時に2枚で約780Nの揚力を発生させる。このカイトは我が国で現在一般的に使用されているカイトと構造が異なり、翼(wing)の迎え角はカンバス製のリブ(rib)で固定され、迎え角を調整する必要はない。また、翼には導水口(water intake)が備わっており、投網時にこの導水口が水をはらみ、カイトの姿勢を保てるように工夫されている。このカイトを前端部がHRに沿うように網のスクエア(網の上面となる網地のうち、グランドローブ(以降, GRと呼ぶ)より前を覆う部分)に取り付けた(Fig. 1, 2)。

現用網と試験網の曳網実験を、知多半島西岸地先の海底が砂地の水域(水深20~27m)においてそれぞれ1回実施した。各曳網は、主機関の回転数(以降, 回転数と呼ぶ)を5分おきに順次1700, 1800, 1900rpmに変更しながら直進して行った。曳索の長さは150mで一定、曳網速力は、GPSの対地速力を記録した。

曳網中の漁具の形状を調べるために、HR中央、身網と袖網の連結部より1.5m前側の位置のHR(以降, 奥袖上端と呼ぶ)、袖先上端、GR、そしてGR直上のベーチング(網の上面となる網地のうち、GRの直上より後方の部分)前端にそれぞれ自記式水深計(アレック電子, MDS-MkV/D, 分解能0.05m, 精度 $\pm 1\%$ FS)を取り付け(Fig. 1)、1秒間隔で水深を記録した。そして、同時刻のGRとその他の位置に取り付けた水深計の計測値の差を各部の高さとした。記録値は、これらの自記式水深計を水深約4mの静水中に設置して求めた機差から校正した。また、漁網監視装置(Simrad PI-32, 分解能0.1m, 精度 $\pm 0.25\%$ FS)を袖網上端に取り付け、袖網の開き(以降, 袖先間隔と呼ぶ)を1分間隔で記録した。

東海黄海の二そう曳網における漁具各部の張力計測では、曳索長を固定してから1~2分後にほぼ一定の値となることが報告されている(不破, 1981)。そこで本研究では、回転数を固定してから2分以後の2分間の測定値(漁網監視装置では2個、それ以外の測器では120個)を平均した値を各回転数における代表値とした。そしてこれらの代表値を用いて、袖先からHR中央部にかけての網口の形状を以下の方法で曳網条件毎に求めた。

網口の形状を推定するためには、漁具各部の高さだけでなく水平位置も明らかにする必要がある。本研究では袖先間隔の計測値と漁具各部の長さを利用して、自記式水深計を取り付けた漁具各部の水平距離を計算した。本研究で対象とした網はスクエア部に用いられている網地が少なく、HRはV字に近い形状となるものと考えた。そこで網口の形状をFig. 3に示したように、スクエアに縫合されたHR部分を曳網方向に対し

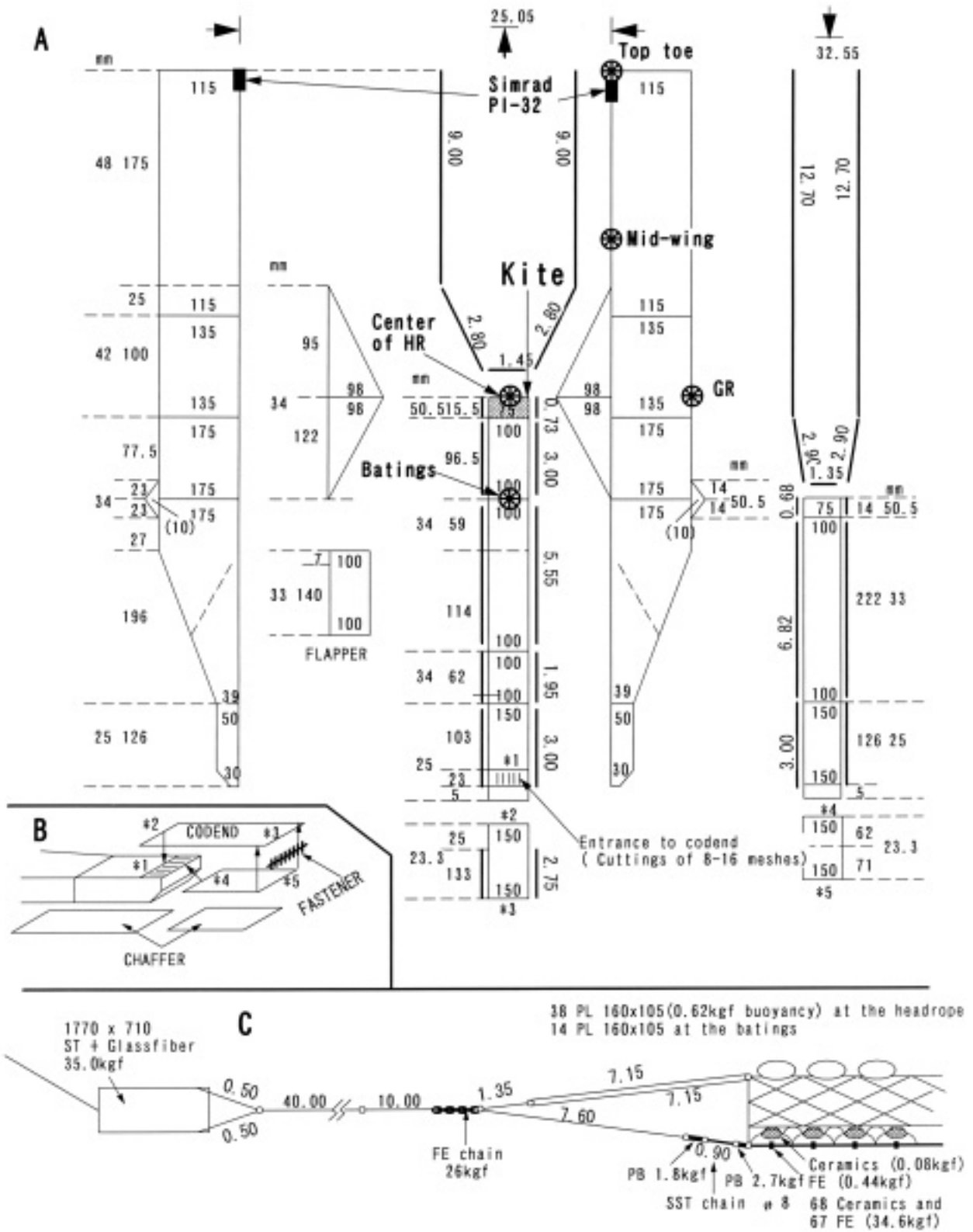


Fig. 1 A plan of conventional trawl net used in Ise Bay, Aichi
Grey section indicates a position where the kite was installed, ⊗, positions of depth loggers, ⊙, positions of spread sensors. A; net plan, B; codend construction C; rigs, For more details on net design, see Matsushita *et al* (in printing).

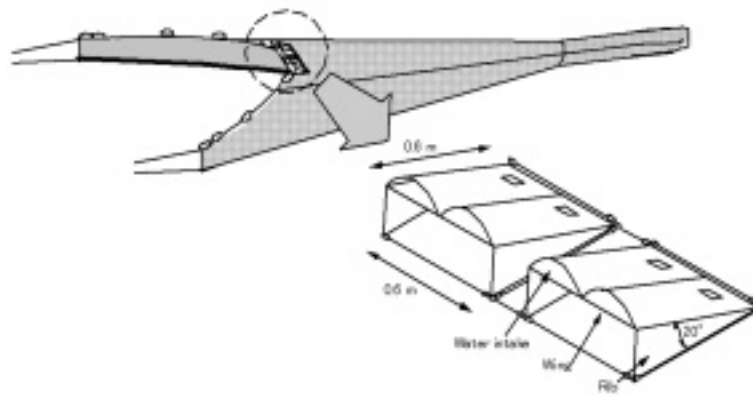


Fig. 2 Schematic diagram of the kite. A net is not drawn to scale.

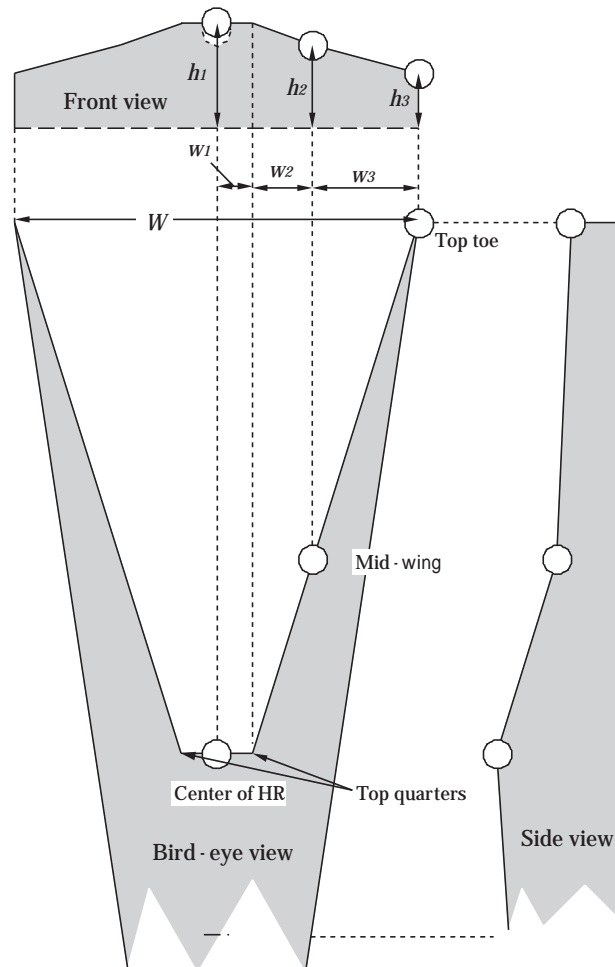


Fig. 3 An approximation of cross section area of the trawl net from heights and spread measured by depth loggers and spread sensors. shows positions of depth loggers.

て直角となる直線で、そしてスクエアと脇網の縫合部 (Top quarters) から袖先にかけてのHR部分は曳網方向に対して一定の角度を持つ直線で近似した。HRの高低差に関しては、スクエアに縫合されたHR部分だけはHR中央部と同じ高さを保ち、Top quartersから奥袖の間と奥袖から袖先までの間は直線で近似した。

袖先間隔を W , HR中央部, 奥袖, 袖先の高さをそれぞれ h_1, h_2, h_3 , 設計図におけるスクエアに縫合されたHR, Top quartersから奥袖の間, 奥袖から袖先までの間のHRの長さをそれぞれ L_1, L_2, L_3 , とすると, 網口を前方から投影した時の見かけ上のこれらの位置間の距離 w_1, w_2, w_3 は,

$$w_1 = \frac{L_1}{2} \quad (1)$$

$$w_2 = \frac{(W - L_1) \sqrt{L_2^2 - (h_1 - h_2)^2}}{2 \left[\sqrt{L_2^2 - (h_1 - h_2)^2} + \sqrt{L_3^2 - (h_2 - h_3)^2} \right]} \quad (2)$$

$$w_3 = \frac{(W - L_1) \sqrt{L_3^2 - (h_2 - h_3)^2}}{2 \left[\sqrt{L_2^2 - (h_1 - h_2)^2} + \sqrt{L_3^2 - (h_2 - h_3)^2} \right]} \quad (3)$$

で表され, 前方からの網口の投影面積 S は,

$$S = 2w_1h_1 + w_2(h_1 + h_2) + w_3(h_2 + h_3) \quad (4)$$

となる。実験条件毎に得られた W, h_1, h_2, h_3 の代表値を上記の式に当てはめ, 網口の投影面積 S の変化を検討した。

3. 結果

計測項目の平均値を実験ごとに Table 1 に示した。曳網速力は現用網と試験網ともに主機関の回転数の増

加に伴って増加したが, それぞれの回転数において試験網の曳網速力は現用網のそれに比べて 0.2 - 0.3 ノット減少した。

GRに取り付けた自記式水深計の記録値と漁船に装備された魚群探知機が示した水深値は実験を通じてほぼ同じで, 現用網と試験網はともに海底に接地していたと考えられた。また, 現用網と試験網の網高さ記録値の標準偏差はどの測定部位においても 0.04m 以下で, 両網はともに安定してその形状を維持していたことが推定できる。現用網の網高さは回転数の増加とともに減少する傾向がみられ, 例えば HR 中央部の高さは 1700rpm 時には 1.42m であったが, 1800rpm では 1.40m, 1900rpm まで増加した場合には 1.34m に減少した。袖先上端と奥袖上端およびベーシングの高さも同様に回転数の増加とともに減少した。一方, 試験網の網高さは各部ともに回転数にかかわらず現用網の値を上回った。カイトの装着で最も高さが変化した部位は装着位置に近い HR 中央部で, 高さは 1700rpm 時には 2.10m, 1800rpm では 2.03m, 1900rpm では 2.04m となり, 現用網に比べて 0.62 - 0.68m (現用網の 1.4 - 1.5 倍) 高くなった。この傾向は試験網の他の測定部位でもみられ, 1700rpm 時に最も高い値を示し, 1800 から 1900rpm に回転数を増加させても高さの変化はほとんど認められなかった。

袖先間隔は, 回転数を 1800rpm と 1900rpm に設定した時には漁網監視装置の信号を受信するハイドロホンの姿勢の悪化により欠測となった。1700rpm 時の値は, 現用網の 8.6m に対して, 試験網は 7.8m (現用網の 0.9 倍) であり, 0.8m 減少した。

袖先間隔の記録が得られた回転数 1700rpm 時の現用網と試験網の網口の形状とこの網口を前からみた場合の投影面積を Fig. 4 に示した。試験網は現用網に比べて上下方向に拡がり, その一方で水平方向の拡がりが増加していることがわかる。投影面積は現用網で

Table 1 Results on gear mensuration

Engine revolution (rpm)	1700		1800		1900	
	Conventional	Kite	Conventional	Kite	Conventional	Kite
Towing speed over the ground (kn)	3.4	3.1	3.6	3.4	3.8	3.6
Heights (m)						
Top toe (h_3)	0.71	0.99	0.73	0.97	0.70	0.99
Mid-wing (h_2)	1.06	1.58	1.05	1.52	0.98	1.52
Center of HR (h_1)	1.42	2.10	1.40	2.03	1.37	2.04
Batings	1.39	1.82	1.38	1.74	1.33	1.75
Wing spread (W , m)	8.6	7.8	ND*	ND*	ND*	ND*

*, No data due to poor signal transmission

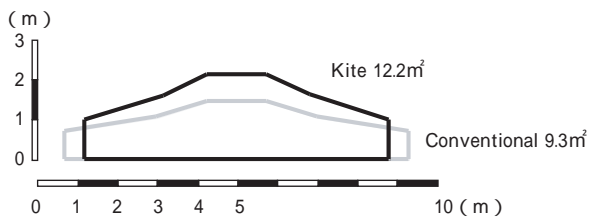


Fig. 4 Cross sections of the conventional net and the net with kite at engine revolution 1700 rpm.

9.3m²、試験網で12.2m²と計算され、カイトを装着した試験網が約1.3倍の値を示した。

4. 考 察

カイトは、浮子が網地に絡むことを避けるためや、曳網速力を変化させた際にも網口の形状を安定して維持するために、中層トロール網で効果的に利用されている。カイトは考案当初は木製などの剛体のものであったが、近年では柔軟なカンパス地などの布製のものも一般的となり（松田ら，1989；米沢ら，1996；海洋水産資源開発センター，1997；長谷川，1997；上野ら，2002；井上，木下，2002），その構造もブライドル（カイトの迎え角を保つために連結される索具）によって迎え角を調整するもの（Takayama *et al.*, 1958；高山，小山，1958；松田ら，1989；米沢ら，1996；海洋水産資源開発センター，1997；上野ら，2002）や今回使用したような迎え角が固定されているもの（長谷川，1997；井上，木下，2002）まで多様なものとなってきた。

本研究で使用した迎え角が固定されたカンパス製のカイトは、他の研究で報告されたブライドルによって迎え角を調整するカンパス製のカイトの揚抗比の範囲内の性能を持つ（松田ら，1989；米沢ら，1996）。このカイトは迎え角の調節が不要なことより、小型漁船においても操業中に必要に応じて網への装・脱着が容易であるが、揚抗比はオッターボードに比べて小さい（松田，2001）。したがって、構造や資材の検討による揚抗比の改善など、さらなる研究が必要である。

我が国ではカイトを着底トロール網の網高さの維持のために用いた例は少なく、高山，小山（1958）が黄海・東海で操業するトロール漁船において木製のカイトを装着した曳網実験があるが、それ以降の研究例は見当たらない。着底トロール網は中層トロール網のように曳索の出し入れや曳網速力の変更によって曳網層を制御する必要もないので網口の形状は比較的安定しており、計画速力において単に網高さを高めるだけで

あれば、浮子の浮力の増加で対応できるためと考えられる。しかし、緒言で述べたように着底トロール操業においても曳網中に速力を増加させる場合もある。また、まめ板漁業では漁場の底質によって回転数を変更して曳網を行う（海底が粗い砂地で覆われた水域で1800～1850rpm程度、海底が泥で覆われた水域で1900rpm前後）（松下ら，印刷中）。このような場合には、浮子を使用したトロール網では網高さも変化することになるが、カイトを用いることで網高さを安定して確保することが可能である。

本研究では浮子が装着されている現用網（浮子浮力250N）にさらにカイトを装着して試験網とした。カイトが実際に780Nの揚力を発生させていたとすると、試験網にはたらく上向き力は合計1kN以上となり、GRの沈降力（340N）を大幅に上回る。今回の実験では漁具の抵抗を計測していないので抵抗と浮力および沈降力の釣り合いを詳しく検討することができないが、オッターボードや索具に取り付けられたチェーンや錘の水中重量は索具自体の水中重量を除いても約130kgf（沈降力約1.3kN）程度あるので、これらの沈降力によって網は着底状態を維持できたものと考えられる。試験網のHR中央の高さは回転数1700rpm時に現用網と比べて0.68m高くなった。一方、HR中央から約2.9m後方のGR直上のベーチングの高さの増加は0.42mであったので、曳網方向に対するスクエア部の網地の勾配は約5°増加したことになる。網地の勾配をあまり大きくすると網目を通過する魚が多くなることが経験的に知られており、これを防ぐために底曳網で約10～20°、中層トロール網で7～12°程度のように設計される（水上，2001）。したがってカイトは、網のHR中央部分だけを無理に上方向に引っ張って網高さを変化させており、スクエア部付近の網地の勾配は上述の設計範囲よりも大きくなっている可能性がある。今回用いたカイトの揚力を網高さの確保に十分に利用するためには、例えば脇網の網目数を増やすなど、網高さの増加に対応した設計に変更することが望ましいと考える。

試験網は、現用網と比べて網高さは増加したがその一方で袖先間隔と曳網速力は減少した。トロール網を用いた底魚資源調査では、着底トロール漁具の掃過面積当たりの漁獲量が現存量の指標として用いられ（北川ら，1997），底魚資源の密度が海底の面積と相関があることを示している。したがって底魚資源をより多く漁獲するためには、網ができるだけ広い面積の海底を掃過することが望まれる。伊勢湾内におけるまめ板漁業の1回の曳網時間を45分間とすると、袖先間隔と曳網速力を乗じることで、現用網と試験網の掃過面積

はそれぞれ約39500m²、約32700m²と見積もられ、カイトを装着した試験網の掃過面積は現用網の約0.8倍程度になり、底魚類の漁獲の減少が予想される。一方、網口の投影面積と曳網速力を乗じた、網が濾過する水の容積は現用網と試験網でそれぞれ42700m³、51100m³となり、試験網は現用網に比べて濾水量は約1.2倍に増加する。中層トロール漁具やプランクトンネットなどを用いた浮魚資源調査では、生物の密度は単位容積当たりの漁獲量で表されることもあり(米沢ら, 1996; 青木ら, 2000), 網の濾水量の増加は立体的に分布する浮魚類の漁獲の増加につながると期待できる。したがって、カイトをまめ板漁業で使用される網に導入した場合には、浮魚の漁獲が増加し、底魚の漁獲が減少するといった漁獲結果を期待できる。高山、小山(1958)が東海・黄海で行った研究結果でも、カイトの使用によってタイショウエビやグチ、タチウオなど海底からある程度離れて分布する生物の漁獲が増加し、着底して生息する異体類の漁獲が減少したことを報告しており、その原因は網高さの増加に伴う水平方向の開きの減少によると考察している。近年、まめ板漁業の主要対象種であるシャコとマアナゴの資源状態の悪化が懸念されているので(水産庁増殖推進部、独立行政法人水産総合研究センター, 2002), 底魚資源への漁獲圧力を低減させ、浮魚の漁獲の増加が期待できるカイトの導入は、漁家経営と資源管理の点から見て有効であると考えられる。そのためには、カイトの性能を十分に利用できるよう、漁具の改良が必要である。

謝 辞

曳網実験に当たってご協力頂いた愛知県豊浜漁業協同組合青年部諸氏に感謝申し上げます。本研究は農林水産技術会議農林水産研究高度化事業の一環として実施した。

参考文献

- 青木一郎, 三浦汀介, 今井信幸, 小松輝久, 2000: フレーム型中層トロールによる浮魚類仔稚魚の採集 日水誌, 66, 10-17.
- Brandt, A., 1964: Fish catching methods of the world. Fishing News Books, London, pp.118-126.
- 不破茂, 1981: 張力記録からみた二そう曳網の動態について. 鹿大水産紀要, 30, 47-55.
- 長谷川誠三, 1997: 表層トロール試験航海記. 日本海区水産試験研究連絡ニュースNo.380, 日本海区水産研究所, 新潟, pp.1-3.
- 井上喜洋, 木下弘実, 2002: ソフト・トロール漁具開発. 水工研技報, 24, 15-26.
- 海洋水産資源開発センター, 1997: 平成7年度遠洋底びき網深海漁場開発調査報告書(北大西洋西部海域). 東京, 246pp.
- 北川大二, 服部努, 斉藤憲治, 今村央, 野澤清志, 1997: 1996年の底魚類資源量調査結果. 東北底魚研究, 東北区水産研究所, 17, 79-96.
- 松田皎, 胡夫祥, 石沢聡, 1989: キャンバス製拡網装置, ウイングパラカイトの流体特性. 日水誌, 55, 785-790.
- 松田皎, 2001: 拡網板の流体力特性, 「漁具物理学」(松田皎編). 成山堂, 東京, pp.43-63.
- 松下吉樹, 熊沢泰生, 富山実, 藤田 薫, 山崎慎太郎, (印刷中): 伊勢湾内の小型機船底びき網漁業で使用されるトロール漁具の設計と曳網中の形状. 日水誌.
- 水上洋一, 2001: 曳網漁具設計の実際, 「漁具物理学」(松田皎編). 成山堂, 東京, pp.146-160.
- 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター, 2002: 我が国周辺水域の漁業資源評価. 東京, 914-927.
- Takayama, S. and T. Koyama, 1958: Studies on trawl net-I. A net-mouth stretcher working on kite principle. 東海区水研報, 19, 1-26.
- 高山重嶺, 小山武夫, 1958: 漁獲組成から見たカイト式トロールの漁獲効果について. 東海区水研報, 21, 25-32.
- 玉越紘一, 2000: 愛知県の底びき網漁業のあゆみ. 愛知水試研報, 7, 17-41.
- Thomsen, B., 1993: Selective flatfish fishing. *ICES Mar. Sci. Symp.*, 196, 161-164.
- 上野康弘, 巢山哲, 栗田豊, 2002: サンマの資源調査を目的とした中層トロールの設計及操業方法の検討. 第50回サンマ資源研究会議報告, 独立行政法人水産総合研究センター東北水産研究所八戸支所, 青森, pp.237-243.
- 米沢崇, 藤森康澄, 清水晋, 梨本勝昭, 三浦汀介, 1996: キャンバスカイトを用いた資源調査用中層トロール網. 日水誌, 62, 254-261.