

小型底びき網漁業における省エネ・省力化に関する研究

酒井健一^{1†}, 永松公明¹

Study of energy and labor saving in small-scale trawl fishery

Kenichi Sakai^{1†}, Kimiaki Nagamatsu¹

Abstract : Small-scale trawl fishing is an important industry that provides a diverse variety of marine products for Japan. In recent years, however, it has been affected by factors such as worsening fishery resources, a downturn in fish prices, and an upturn in fuel costs. As a result, the financial situation has become difficult. Additionally, people engaged in this fishery are becoming older, and its continuation is threatened. Therefore, we conducted a study of possibilities for saving labor and energy in small-scale trawl fishing (beam trawling), with the aim of stabilizing the management of fishery households. We created prototype fishing gear that is lighter than conventional fishing gear by reducing the weight of various components, in order to make low-speed trawling possible. We then carried out a comparative study of the conventional and lightweight fishing gear in terms of the characteristics of onboard work, and fuel consumption. We found that the lightweight fishing gear could be used with existing equipment, without interfering with onboard work, and that reducing the weight of the components reduced the physical burden on the operators (Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) method). Additionally, the lightweight fishing gear made it possible to reduce the trawling speed to 2.2 knots, and the fuel required to produce a catch equivalent to that with conventional fishing gear was reduced by approximately 30%, meaning that the lightweight fishing gear can be expected to contribute to energy saving.

Key words : Fishing technology, Small-scale trawl fishery, Beam trawling, Energy saving, Labor saving, Lightweight fishing gear

緒 言

我が国において小型底びき網漁業は、海面漁業生産量の約12%を占める重要な漁業種類の一つであり¹⁾、多様な魚介類を供給する役割を担っている。しかし、昨今の漁業資源悪化、魚価低迷、燃料価格高騰の影響を受けて、他の漁業種と同様に漁家経営は大変厳しい状況にある。このような状況の中、今後の漁家経営の持続的安定化を図る方策の一つとして、小型底びき網漁業における省エネ・省力化技術の開発・普及が急がれている。

小型底びき網漁業の省エネ化を図る手法としては、曳網速度の低減による燃料消費量軽減が効果的であると考えられる。また、省力化を図る手法としては、漁具重量の軽減

による船上作業の身体的負荷軽減があげられる²⁻⁶⁾。しかし、現用の漁具・漁法において、漁具重量を軽減させると着底性が阻害される。また、曳網速度を低下させると海底泥土の多量入網や掃海面積の減少が生じるため操業の安全性や漁獲量の低下が危惧される。

このような状況を踏まえ、胡らは「平成23、24年度 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業：小型底びき網漁業における省力・省エネ化技術の開発と普及」において、小型底びき網手繰第二種漁業に対する省エネ・省力化に関する技術開発を行なった²⁾。現状の拡網装置である長大で重いビームに替えて、軽量な柔構造拡網装置(カイト)^{7, 8)}を導入することにより、曳網速度をこれまでの約3ktから約2.2ktまで低減させることが可能となり、その

1. 水産大学校海洋生産管理学科 (Department of Fisheries Science and Technology, National Fisheries University)

〒759-6595 下関市永田本2-7-1 (2-7-1Nagata-honmachi, Shimonoseki 759-6595)

† 別刷り請求先 (corresponding author): k.sakai@fish-u.ac.jp

結果、漁獲物の種組成ならびに掃海容積あたりの漁獲量を維持しつつ、主機関回転数を約15%、燃料消費量を約30%軽減させることができた。さらに、漁具の軽量化により船上作業時の労力を軽減させることにも成功している。しかし、カイト式トロールは漁業法や各都道府県漁業調整規則における漁業許可や規制に抵触しているため、現在の手続第二種漁業の操業許可では利用できない。

本研究では、従来のビーム式漁具に対して、漁具各部の重量を削減することによって低速曳網を可能とした「軽量型漁具」を試作し、漁具特性、船上作業特性および燃料消

費量を調べ、従来漁具との比較調査を行った。

材料と方法

調査操業は、福岡県糸島市加布里周辺海域 (Fig. 1) において、糸島漁業協同組合加布里支所所属小型底びき網手続第二種漁船を備船して実施された。当該漁船の仕様を Table 1 に記す。調査に供した漁具は、当該漁船が使用しているビーム式小型底びき網 (全長26.4m、ヘッドローブ長17.4m) である。供試漁具の概要を Fig. 2 に示す。拡網

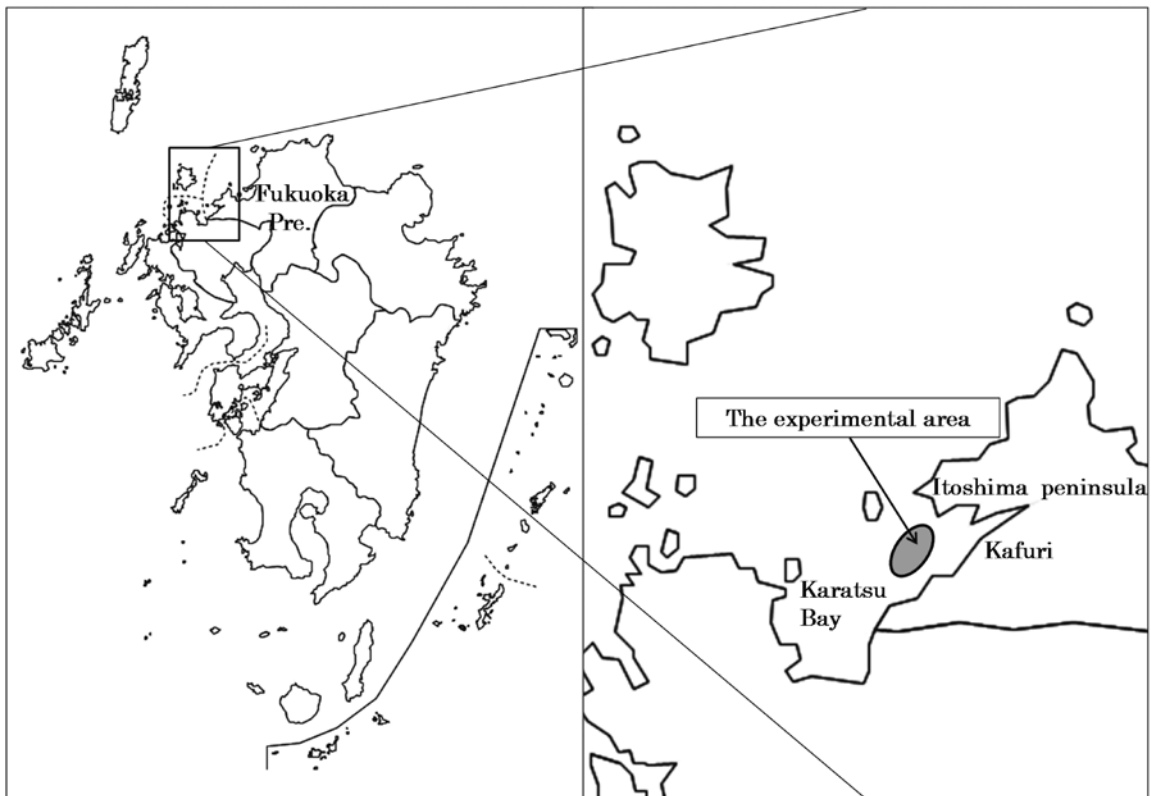


Fig. 1 Location of the experimental area in Karatsu Bay, Fukuoka Prefecture.

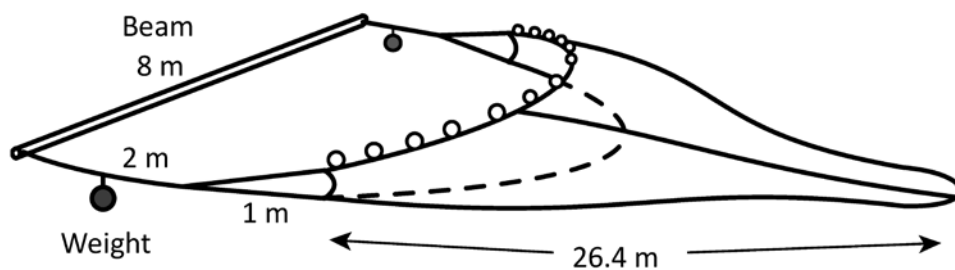


Fig. 2 Schematic illustrations of the small-scale beam trawl net.

Table 1 Specification of the small-scale trawl boat

Hull		
Loa	(m)	10.80
BR	(m)	2.57
DR	(m)	0.80
GT	(ton)	4.86
Main Engine		
4-cylinder 4-stroke marine diesel engine		
Type		4CX-GT
Output	(kW/rpm)	169.17/2,600
Crew		
Officer	(person)	1
Crew	(person)	1

装置であるビームはFRP製であり、長さ8m、空中重量40kgである。ビームと網を結着するブライドルの中央部には、網本体のグランドロープの着底性を良くするために空中重量20kg（片側）の重錘を取り付けられていたが、これらを14kg（片側）に削減し約30%の軽量化を図った。さらに、グランドロープに配置装着されていたウエイトの一部（約10kg）を取り外した。今後、軽量化を施す前の漁具を「従来型」、軽量化を施した漁具を「軽量型」と呼ぶ。なお、従来型漁具については、胡らが調査に使用した漁具（ビーム式トロール）²⁾と同一である。

調査曳網は特別採捕許可のもとに、軽量型漁具については、平成26年10月7～9、15日、11月18、19日の6日間に実施した。一方、従来型漁具に関する資料は、前述した胡らの事業²⁾における資料、すなわち、平成23年10月10日、11月15日、平成24年6月5日、10月9日、11月22日の5日間で得られた結果を利用した。全ての調査曳網は、日没直後から夜間にかけて実施され、1回の曳網時間は60分間とし、1日の操業回数は2回である。

従来型漁具の曳網速度は2.8kt（対地）であった。軽量型漁具の曳網速度は、当該漁場における既往の知見と、漁業者の意見を合せて判断し、従来型漁具に対して約20%低い2.2ktとした。曳網中には、漁具の形状を確認するために、ヘッドロープ中央とグランドロープ中央に自記式深度計（アレック電子製：COMPACT-TD）を取付け、1秒ごとに記録して曳網中の網口高さの変化を調べた。

操業中の燃料消費量を調べるために、主機関に回転計（小野測器製：LG-930）と燃料流量計（オーバル製：フ

ローベットEG）を設置した。なお、燃料流量計の装着にあたっては、長谷川⁹⁾、溝口ら¹⁰⁾の方法にしたがった。各計測器から出力された電圧信号は、1秒ごとにデータロガーに記録すると同時に、各計測値を船橋に表示し曳網速度に応じた変化を確認した。また、操業中の船位および曳網速度を計測するために、GPSロガー（San Jose Technology Inc. 製：GL-50S）を船橋上部に設置し、1秒ごとに記録した。

船上作業が与える身体的負荷を調べるために、投網から揚網作業に至る一連の作業を2台のビデオカメラにより撮影した。カメラの設置位置、撮影範囲をFig. 3に示す。記録した動画から1秒ごとに切り出した静止画をもとにOWAS法¹¹⁾を用いて筋骨格系にかかる負担度（Action Category: AC1, AC2, AC3, AC4）を求めた。負担度は背部の姿勢、上肢の状態、下肢の状態、重さまたは力の4項目の組み合わせによって算出される。負担度は、「AC1：改善は不要である」、「AC2：近いうちに改善すべき」、「AC3：できるだけ早期に改善すべき」、「AC4：ただちに改善すべき」の4段階に評価される。負担度の算出にはOWAS法解析支援ソフトのJOWAS¹²⁾を使用した。1秒ごとに求めた負担度を一連の作業において集計し、作業に要した時間で除して算出した値をAC平均値として検討に用いた。

軽量型漁具については、上述した調査期間のみではなく、当該漁業の漁期中（平成26年5～12月）を通して試用を依頼し、燃料消費量、漁獲物の種組成、水揚額に関する聞き取り調査を実施した。

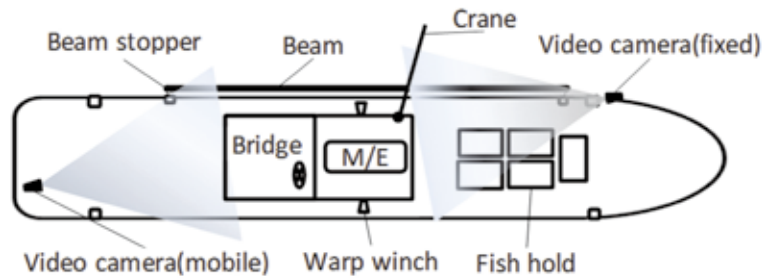


Fig. 3 Schematic drawing of position of video camera and deck arrangement of fishing equipment.

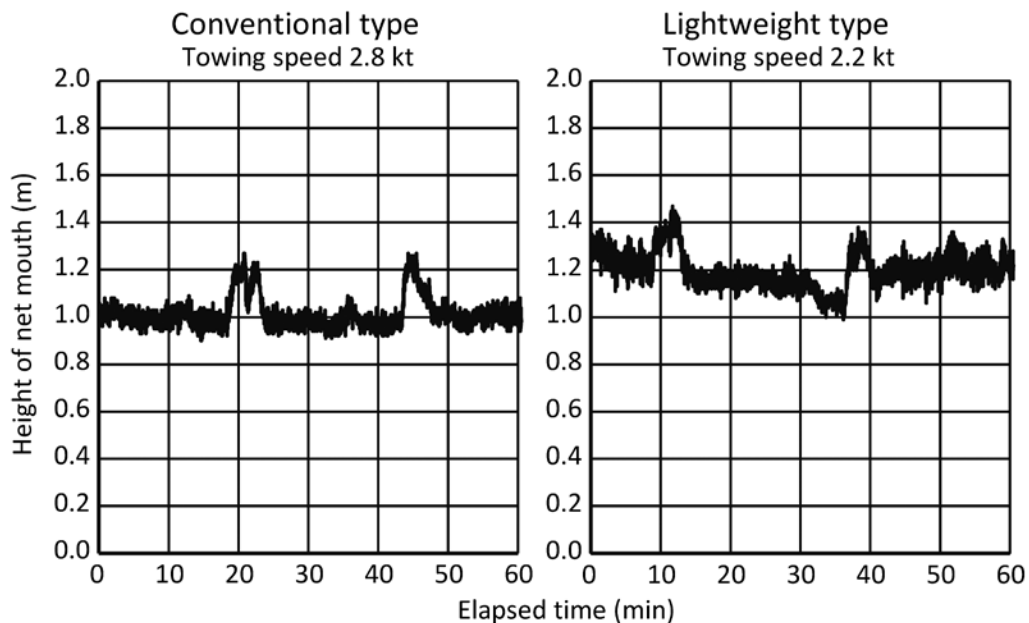


Fig. 4 Height-time sequential records of the small-scale beam trawl net.

結 果

漁具特性

従来型漁具と軽量型漁具では、拡網装置として同一のビームを使用しており、さらに、ビームと袖先を結ぶブライドル（長さ3m）も同一であるため、袖先間隔はほぼ同等であったと推察される。一方、網口高さについては、曳網速度が異なるため両者に差が認められた。漁具別に実施した3回の調査曳網における直線曳網時の平均網口高さは、従来型漁具では0.98m、軽量型漁具では1.16mであり、両者ともに風浪の影響により常に上下5cm程度の変動は認められるものの、軽量型漁具が約20cm（18%）高い値を示した。各調査作業における各漁具の網口高さには違いが認められなかったため、一例として1回曳網分の曳

網開始直後から揚網直前までの網口高さの時系列変化をFig. 4に示す。グラフ中、網口高さが凸状に増加・減少している箇所は、漁場が狭小であるため旋回曳網を行った際に漁具の曳網速度が低下し流水抵抗が一時的に低下したことが原因である。旋回曳網を終了した時点から約1分後には、従来型漁具ならびに軽量型漁具の網口高さは回頭直前の網口高さにまで戻り安定した。

燃料消費量

従来型漁具と軽量型漁具では、漁具重量以外の漁具構成は同一であるため、投揚網時における作業および機関操作に違いはない。投網時の燃料消費量は、従来型漁具では0.3l（範囲：0.2l～0.5l）、軽量型漁具では0.2l（範囲：0.2l～0.3l）であり、揚網時は両漁具ともに0.5l（範

囲：従来型漁具0.4ℓ～0.6ℓ，軽量型漁具0.5ℓ～0.6ℓ）であった。両漁具において投揚網に要する燃料消費量は少量であり，ほぼ同等であった。

曳網中における曳網速度と主機回転数の関係をFig. 5に，曳網速度と燃料消費量の関係をFig. 6に示す。なお，軽量型漁具については，試行時の曳網速度（2.0-2.5kt）も含めて示した。

曳網速度に対する回転数および燃料消費量の変化は直線的であり，従来型漁具と軽量型漁具の各計測値は同じ直線上に位置する傾向が認められた。前述したとおり，曳網速度は，従来型漁具では2.8kt，軽量型漁具では2.2ktであり，それぞれの主機関回転数の範囲は1,349rpm～1,387rpm，軽量型漁具は1,152rpm～1,195rpmであった。この場合の燃料消費量の平均値は，従来型漁具では11.8ℓ/h（範囲：11.2ℓ/h～12.5ℓ/h），軽量型漁具では8.2ℓ/h（範囲：7.8ℓ/h～8.7ℓ/h）であり曳網速度を約20%減速した軽量型漁具の燃料消費量は，従来型漁具と比較して約30%軽減した。

作業労力

供試漁船は，人力およびクレーンの併用により舷側から投揚網を行なうスタイルである。投網作業時に記録した作業の様子をFig. 7-1に，揚網作業時に記録した作業の様子

をFig. 7-2に示した。投網作業は，ビーム後方のブライドルに装着された重錘と手木投入（Fig. 7-1：①），グランドロープ投入（1-②），網投入（1-③）の順に作業が進められる。漁具を全て投入した後，網成りを整えるために左旋回し，船体は円を描きながら曳網針路に向首した時点で，ビームを係止するストッパーを開放し（1-④），網とワープを船尾に移動させ曳網状態に入る。一方，揚網はワープを巻き揚げた後にビームを左舷に引き寄せ，ビームをストッパーに掛け（Fig. 7-2：①），身網の一部とコードエンドを甲板上に取り込む（2-②，③）。その日の操業が終了した場合は，重錘と手木を人力で甲板上に引き揚げる（2-④，⑤）。

軽量型漁具の投揚網作業は，従来型漁具と同様の漁具構成であるため，既存の漁労設備を用いて支障なく作業を行なうことができた。投網作業に要する時間は従来型漁具では3.7分，軽量型漁具は3.4分であり，揚網作業に要する時間はそれぞれ4.6分，4.1分であった。

一連の投網作業，揚網作業において，身体的負荷が最大となる作業要素はビームに装着された重錘の投入，揚収作業であった。この作業のみをOWAS法により解析すると，従来型漁具ではAC3に分類され，軽量型漁具ではAC2に分類された。これらの影響を受け，この作業におけるAC平均値は，従来型漁具では2.2であったのに対して，軽

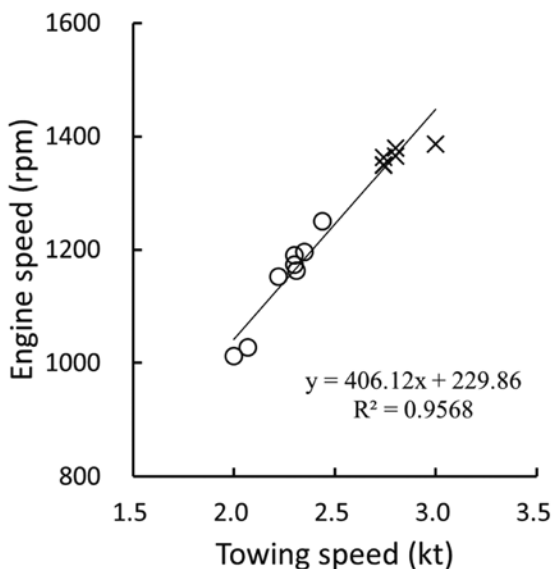


Fig. 5 Engine speed of the trawl with different small trawl fishing gear. ○: Lightweight type, ×: Conventional type

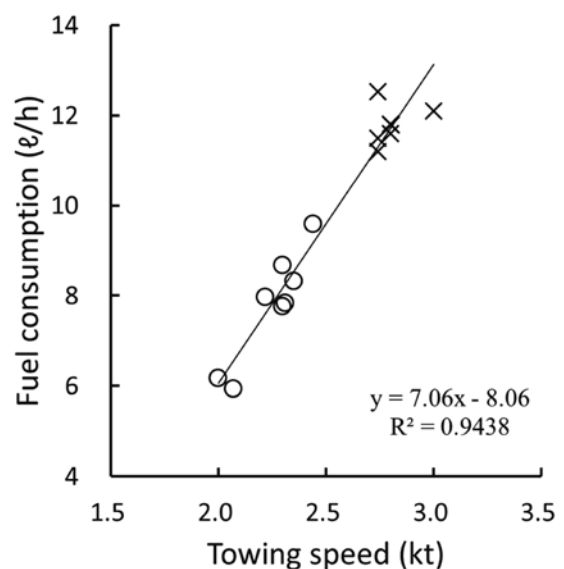


Fig. 6 Fuel consumption of the trawl with different small trawl fishing gear. ○: Lightweight type, ×: Conventional type

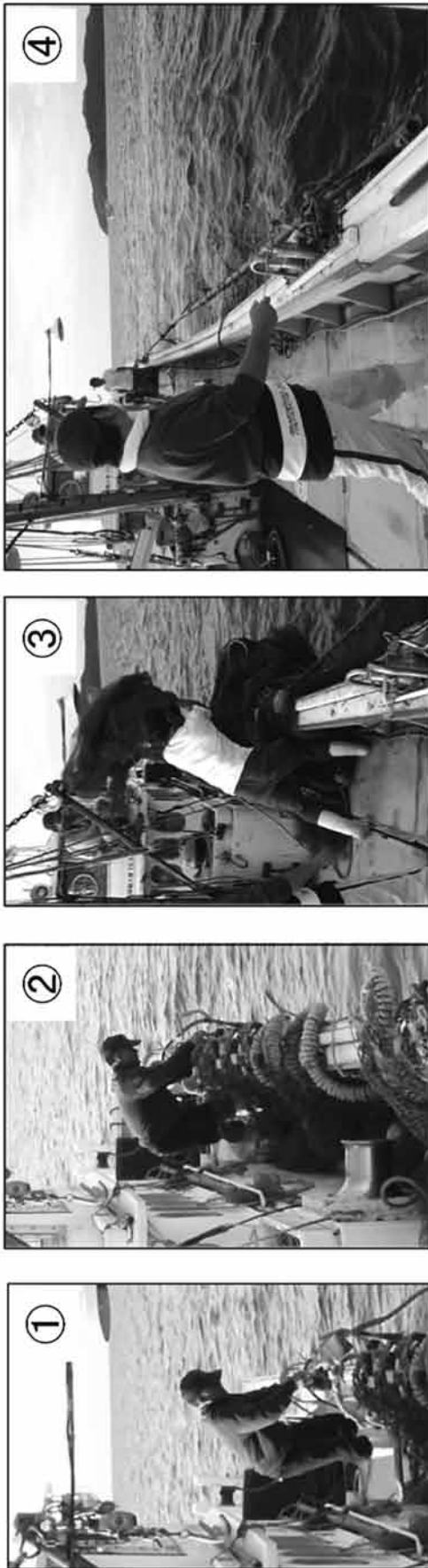


Fig. 7-1 Example of the video-recorded works at shooting net.

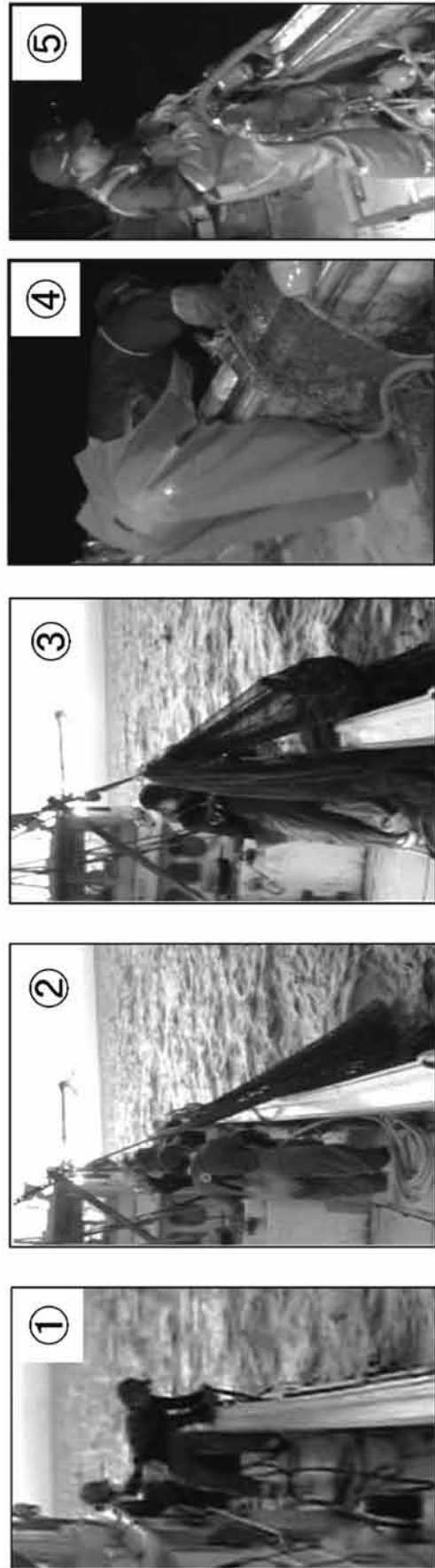


Fig. 7-2 Example of the video-recorded works at hauling net.

量型漁具のそれは1.8であった。

水揚額への影響

軽量型漁具の導入が漁家経営に与える影響を調べるために、糸島漁業協同組合と当該漁業者の協力を得て、平成24年度および平成26年度の水揚伝票をもとに出漁日数、燃料消費量、水揚額について聞き取り調査を行った。平成24年度においては従来型漁具を使用した操業であり、平成26年度においては軽量型漁具を使用した省エネ・省力を目指した試行操業である。

平成24年度と平成26年度の年間操業日数は、それぞれ127日、118日であった。ここでは水揚額に関する詳細は伏せるが、従来型漁具を基準とした場合、軽量型漁具における年間水揚額比率は102%であり同等、燃料消費量は80%であり20%減少、さらに、燃料1ℓあたりの水揚額比率は128%であり約30%増加した。

考 察

軽量化を施したビーム式小型底びき網に関して、省エネ効果ならびに省力効果について考察する。

今回の調査に供した小型底びき網漁船の年間操業日数ならびに1日あたりの曳網中の燃料消費量をもとに推定した軽量型漁具による燃料消費量軽減効果は、1日あたりでは約15ℓであり、これを年間に換算すると約1.8kℓ（120日間）となる。これは、操業経費の大半を占める燃料消費量を1.8kℓ抑制できると同時に、温室効果ガスの排出量を年間約4.7トン抑制することにつながり、低炭素化社会に向けた貢献が期待できる（平成25年12月改正「地球温暖化対策の推進に関する施行令第三条」）。

今回の軽量型漁具における作業労力軽減効果については、ビームに装着される重錘重量を軽減した要因のみが影響したと考えられる。一連の作業時間の中に占める重錘重量の影響を受ける作業時間は僅少であるが、作業者に対しては持ち上げる物体の重量を軽減することは有効であると考えられる。今回は労力判定にはOWAS法によるAC平均値のみを用いて検討したが、AC値は連続値ではなく、AC値間の尺度も均等ではない。今後は、不破らの方法³⁾を導入し、各AC値に重みづけを行い、各作業の継続時間を考慮した指数を用いて検討する必要がある。

本調査報告においては、漁獲物に関する検討は年間の水揚金額と燃料消費量をベースとした指数でのみ評価を試みた。漁獲物の詳細については、現在、魚種組成、種別漁獲重量、体長組成について精査中であり、曳網速度の低下による漁獲物組成の相違については今後の検討課題としたい。

燃料1ℓあたりの水揚額比率は、軽量型漁具が従来型漁具に対して約30%高い結果となったが、これは異なる年度における比較であるため、魚価や燃料費の変動は考慮に入れていない。また、漁獲量は時期により変動すると考えられるため、継続的な調査が必要である。漁家経営の立場から考えると、支出に対する収入、すなわち燃料消費量あたりの水揚額は重要な指標となるであろう。幸いにも漁業者の理解は得られているため、平成27年度以降も引き続き調査を実施し、費用便益分析を行いつつ、さらなる漁具改良を実施する予定である。これに加え、今回の調査における標本船は1隻のみであったが、同業他船についても調査を実施し、燃料消費量軽減による経済的効果の判定の精度を向上させる予定である。

今回の軽量型漁具は、ビームに装着される重錘ならびにグランドロープのウエイトを軽減した軽微な改造であり、長大で重いビームはそのまま存在するため、抜本的な省力化とは言い難い。一方、胡ら²⁾が開発を試みたカイト式トロールは、ビームを必要としないため作業労力を大幅に軽減させると同時に、網口の前方に障害物がなくなるため、漁獲対象種に対する網口逃避を緩和させ、漁獲性能の向上が期待される。曳網速度を現状よりも低下させると、時間あたりの掃海容積が減少するため、現在と同等の漁獲量を得るためには漁獲性能を高める必要があると考えられる²⁻⁶⁾。今後、省エネ・省力化のための新しい技術の導入を推進するためには、資源保護、環境保全に考慮した漁業の実行を漁業生産者に周知し、理解を得るとともに、産官協同の取り組みが期待される。

以上

謝 辞

本研究における調査操業の実施は、福岡県水産海洋技術センター杉野浩二郎氏にご尽力いただいた。ここに記して感謝いたします。調査を実施するにあたって、協力をいた

だいた福岡県糸島漁業協同組合, 同加布里支所所属芳福丸船長および乗組員へ感謝いたします。従来型ビームトロールに関する調査操業は, 平成23, 24年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業: 小型底びき網漁業における省力・省エネ化技術の開発と普及により実施された。また, 軽量型ビームトロールに関する調査操業は, 平成26年度独立行政法人水産大学校学内横断プロジェクトにより実施された。ここに記して関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 水産庁: 平成25年度水産白書. 東京 (2014)
- 2) 胡 夫祥, 他研究グループ: 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業/研究紹介2013, 159-160 (2014)
- 3) 不破 茂, 熊沢泰生, 工藤 嵩, 平山 完, 木下弘実: トロール漁具性能の多面的比較. 水産工学, 47 (2), 119-128, (2010)
- 4) 永松公明, 酒井健一: 拡網装置にカイトを用いた小型底びき網の漁具特性. 日本水産学会誌, 79, 1047 (2013)
- 5) 熊沢泰生, 胡 夫祥, 永松公明, 酒井健一, 不破茂, 平山 完, 伊藤 翔: 底びき網漁業の省コスト化に繋がる新たな漁具・漁法技術. JATAFFジャーナル, 2 (6), 28-32 (2014)
- 6) 熊沢泰生, 平山 完, 伊藤 翔: 漁船漁業の省コスト化に繋がる新たな漁具漁法技術-底びき網漁業における事例-. 水産工学, 51 (2), 153-163 (2014)
- 7) 熊沢泰生, 胡 夫祥, 渡部俊広, 木下弘実, 東海正: カイト式表中層トロールの開発. 水産工学, 46, 197-204 (2010)
- 8) 木下弘実, 熊沢泰生: 柔構造拡網装置(カイト)を用いたトロール漁具の開発. 水産工学, 48 (2), 89-98 (2011)
- 9) 長谷川勝男: 小型底曳網漁船の燃料消費量計測. 平成19年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, 217-220 (2007)
- 10) 溝口弘泰, 芳賀圭悟, 長谷川勝男: 小型底曳き網漁船の燃料消費量について. 平成21年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, 225-226, (2009)
- 11) Karlu O, Kansu P, Kuorinka I. Correcting working posture in industry. A practical method or anarisis. App. Ergon. 8, 199-201 (1977)
- 12) 瀬尾明彦: 人間工学と産業保健のホームページ (<http://homepage2.nifty.com/aseo/jowas.htm>)