

学 位 論 文 題 名

キャンバスカイトを用いた
資源調査用曳網の水深制御に関する研究

学位論文内容の要旨

[研究の背景と目的]

我が国は、1996 年の国際海洋法批准により、翌年から TAC 管理制（総量規制）を開始した。持続的生産を維持するシステムの構築には、漁獲可能量を決定するための資源量の正確な推定のためにサンプリング漁具の漁獲性能や漁獲位置の精度を向上させる必要がある。漁獲位置については、航海計器類の技術進歩により、平面的には精度良く求めることが可能であるが、調査漁具の水深を正確に設定する技術は未だ不十分であるといえる。漁具の水深制御に関する研究は、曳網速度や曳網索長の調整によるものが多く、キャンバスカイトの水中における姿勢によってその流体力特性が大きく変ることを利用した水深制御技術に関する知見はほとんどない。本研究では、1. 大型回流水槽における模型実験により、キャンバスカイトを用いた袋網水深の制御の可能性と問題点を明らかにした。2. 大型回流水槽の模型実験により、異なる形状のキャンバスカイトの単純化模型の流体力特性を求めてカイトの最適形状を決定した。3. 海上実験において、キャンバスカイトを取り付けた簡易型サンプリング漁具の曳網試験をおこない、キャンバスカイトによる水深制御特性と問題点を明らかにした。そして、キャンバスカイトを使用した資源調査用曳網の水深制御技術に関する基礎的知見を得ることを目的とした。なお、本研究ではキャンバスカイトに取り付けたリフティングロープの、曳網船から繰り出した設定長を変化させて、カイトの展開状態を変化させて、カイトを取り付けた袋網の水深を制御することを想定している。

[キャンバスカイトを取り付けた袋網の運動]

方法：キャンバスカイトと袋網の単純化模型を作成し、リフティングロープに相当するカイトに接続した張り糸を、設定長まで一定速度で巻き上げて、袋網水深の変化と流れに対する袋網の相対迎角を計測した。対照実験として、袋網の網枠上部中央部に接続した張り糸長を変化させた場合についても計測した。

結果：カイトに張り糸を接続した場合、張り糸の設定巻き上げ長を長くするにつれて、袋網の水深は深くなる、深くなってから浅くなる、深くなって浅くなってさら

に深くなる運動を示したが、網枠に張り糸を接続した場合は、いずれの設定巻き上げ長でも浅くなる運動を示した。また、カイトに張り糸を接続した場合の水深変化は、網枠に取り付けた場合に対して大きかった。張り糸をカイトに接続した場合は、張り糸の設定巻き上げ長によって、網口の迎角は初期値のままほぼ一定、網口上部が下部の後方に傾斜、網口上部が下部の後方に傾斜してから網口上部が下部の前方に傾斜といった変化を示し、設定長 26 cm 以下では 10° 以内の変化であった。28 cm 以上では 70° 以上になった。網枠に接続した場合は、いずれの場合も巻き上げの間に網口上部が前方に傾斜する変化を示した。設定巻き上げ長 28 cm 以上では、張り糸をカイトに接続した場合と網枠に接続した場合は、ほぼ同じ相対迎角となったが、設定巻き上げ長が 28 cm より短い場合は、前者の場合の方が迎角変化が小さかった。

[キャンバスカイトの流体力特性]

方法：形状が異なる 3 種類のキャンバスカイトの単純化模型（Ⅰ型：三角形、Ⅱ型：台形、Ⅲ型：長方形）を作成し、迎角とキャンバーを変化させて、抗力、揚力およびモーメントを三分力計を用いて計測し、抗力係数、揚力係数、揚抗比および圧力中心係数を算出して、流体力特性を明らかにした。また、キャンバスカイトの水深制御効果を示すパラメータ Pa を導入し、キャンバスカイトの最適形状を決定し、この最適形状のカイトについて、異なるアスペクト比の単純化模型を作成し、迎角とキャンバーを変化させて流体力特性を明らかにした。さらに、これらの流体力特性に関する資料を実用に供するために、リフティングロープ長を変化させた場合の、迎角とキャンバーとの関係について、アスペクト比の異なる単純化模型を用いた実験により明らかにした。

結果：最大抗力係数、最大揚力係数および最大揚抗比はいずれもⅠ型が最大で、キャンバーが小さい場合に大きくなった。また、この時の迎角は、Ⅰ型で大きくなる傾向が認められた。圧力中心は、Ⅰ型で最も先端側に存在し、キャンバーの増加に伴って末端方向へ移動した。Ⅰ型で安定迎角範囲は最も広く Pa 値が大きいことから、キャンバスカイトの最適形状は三角形であると判断できた。同じ三角形では、アスペクト比が大きい場合に、最大抗力係数、最大揚力係数、最大揚抗比は大きくなったが、これらの係数が最大となる迎角はどのアスペクト比でも同じで、圧力中心には明確な差は認められなかった。 Pa 値は、アスペクト比が大きい場合に大きくなり、アスペクト比が大きいほうが水深制御効果は大きいことがわかった。迎角とキャンバーとの関係は、いずれのアスペクト比においても、初期迎角とキャンバー 0 を通る直線で回帰され、リフティングロープの設定長によりカイトは、なびき状態、激しく振動する臨界状態および安定状態に分類された。

[海上実験によるキャンバスカイトの水深制御効果]

方法：簡易式サンプリング漁具の袋網に円形網枠を取り付け、この網枠上部にⅠ型のキャンバスカイトを取り付けた。曳網索長は 200 m の一定とし、カイトに取り付けたリフティングロープ長を 205 m から 184 m まで 1 m ずつ巻き上げて、網枠に取り付けた水深計と加速度計により、袋網水深と網枠迎角を計測した。同時に、曳網

索張力とリフティングロープ張力を計測した。曳網速度は対水速度 2.5 ノットとした。対照実験として、カイトを取り付けずに、リフティングロープを網枠上部に直接取り付けけた場合についても、同様に計測した。

結果：カイトを取り付けた場合、リフティングロープの巻き上げ長が短い場合は水深の変動が大きく、巻き上げ長の増加に伴って水深変動が小さくなった。巻き上げ長 18 m で最浅深度となり、さらに巻き上げ長を増加させると水深は増加した。最浅水深と初期水深との差は約 80 m であった。カイトを取り付けていない場合は水深の変動は小さく最浅水深と最深値との差は約 13 m で、カイトの深度制御の効果が認められた。カイトを取り付けた場合は、取り付けていない場合に対してリフティングロープと曳網索共に大きく振動し、水深が大きく減少した巻き上げ長では、張力の増加が認められた。カイトを取り付けていない場合は、巻き上げ長の増加に伴って、リフティングロープ張力は増加したが、曳網索張力は減少した。なお、初期状態の曳網索張力はリフティングロープ張力より大きかったが、巻き上げ長を増加すると、リフティングロープ張力は曳網索張力より大きくなった。網枠迎角は、カイトを取り付けた場合、初期状態では約 45° であったが、巻き上げ長の増加に伴って増加し、水深が大きく減少した巻き上げ長では 90° となった。カイトを取り付けていない場合は、初期状態で約 90° であったが、巻き上げに伴って減少した。

[考察と今後の課題]

キャンバスカイトの最適形状はアスペクト比が大きい三角形であり、この頂点を網枠側に取り付ける方法が袋網の水深制御に適している。リフティングロープの巻き上げによる袋網水深の制御は有効であると判断できた。しかし、以下の問題点が確認された。1. 初期状態の網枠迎角が 90° より小さいこと、2. 振動の発生、3. 応答速度が遅いこと。1. については、漁具の調整やカイトの取り付け方法の検討、2. については、振動が大きく発生する臨界状態を避けるために巻き上げ時に臨界状態となる時間を短縮すること、3. については、曳網速度、曳網索長およびカイトを取り付けたリフティングロープ長の操作による 3 パラメータ制御の試み、を今後検討する必要がある。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 梨 本 勝 昭

副 査 教 授 山 本 勝太郎

副 査 助教授 平 石 智 徳

副 査 助教授 山 下 成 治

学 位 論 文 題 名

キャンバスカイトを用いた

資源調査用曳網の水深制御に関する研究

我が国では1996年に国連海洋法を批准し、1997年より新たな漁業管理制度であるTAC管理制が導入された。持続的に海洋生物資源を生産維持する生産システムを構築するには漁獲可能量を決定するための基礎資料となる資源量や生物学的な許容漁獲量を正確に推定することが必要である。資源量推定は実際の漁獲資料に基づくことが多い。この場合は漁具効率が明らかで、また漁獲場所が正確でなければ正しく資源量推定は行えない。従って資源調査用漁具は濾水量が常に一定であるか、常に把握する必要がある。この問題については予め漁具効率を調べることによって対応可能である。さらに漁獲場所については航海計器や魚群探知機の技術開発により、意図した場所に正確に到達することが容易にでき、対象魚群の存在や大きさ、水深を正確に把握することが可能である。漁具に取り付けた水深計から回収後に正確な曳網水深を読み取るか、音響技術を応用した漁具監視システムを用いて漁具水深を監視しながら、曳網索長を加減したり、曳網速度を調整して漁具水深を設定している。しかし、魚群探知機で発見された魚群の組成を解析するためには魚群が存在する水深に漁具を正確にかつ迅速に設定し資料採取をすることが必要であるが、これらの技術は十分に確立されていないのが現状である。資源調査用曳網漁具を応答良く正確に所定の水深に短期間で設置する制御技術の開発が強く要望されている。申請者は曳網漁具の水深を制御するためにキャンバスカイトに注目した。キャンバスカイトはオッターボードと異なり柔軟なため、流れを支えて展開させるためには、ロープなどをキャンバスカイトの頂部や底部に取り付けて支持する必要がある。またこの時、キャンバスカイトは変形し、長さは縦横ともに流れを受けないときより短くなる。従って支持しているロープの長さを調節することによってキャンバーや流れに対する迎角を任意に変えることが可能である。これに伴って流体力特性も変わってくる。キャンバスカイトを曳網の網口上部に取り付け曳網船上からリフティングロープの長さを操作することによってカイトの

流体力特性は変化させることができ、効果的に曳網の水深は制御できるものと想定される。

本論文ではキャンバスカイトを用いた調査用曳網漁具の水深制御技術を確立するために、形状とアスペクト比が異なるキャンバスカイトの単純化した模型を用い、大型回流水槽において模型実験を行い抗力係数、揚力係数、揚抗比および圧力中心係数を求めた。またキャンバスカイトの水深制御効果を示すパラメータを導入して最適形状とアスペクト比を決定した。またリフティングロープの巻上げ長を変化させた場合のカイトの迎角とキャンバーの関係を解明した。さらにキャンバスカイトを簡易式資源調査用曳網に取り付け、リフティングロープを操作して海上実験を行い、キャンバスカイトによる水深制御の有効性と問題点を検討した。

特に審査員一同が高く評価した点は以下の通りである。

- 1) 形状とアスペクト比の異なる縮小した模型のキャンバスカイトについて迎角とキャンバー別に抗力係数、揚力係数、揚抗比、圧力中心係数をそれぞれ求めた点。
- 2) キャンバスカイトの水深制御効果を表すパラメータをカイトと取り付ける網の代表面積、抗力係数、揚力係数、沈降力係数、流速との関数として導入して最適形状とアスペクト比を決定した点。
- 3) リフティングロープの長さを変化させた場合のキャンバスカイトの迎角とキャンバーの関係について実験的に明らかにした点。
- 4) 形状が三角形のキャンバスカイトは最大抗力係数、最大揚力係数および最大揚抗比は最も大きくなり、キャンバーが小さい場合には小さくなることを見出した点。
- 5) 水深制御に用いるキャンバスカイトの形状はアスペクト比の大きい三角形で、頂点を網枠側に取り付ける方法が最も適していることを指摘した点。
- 6) 簡易な資料採取用曳網にキャンバスカイトを取り付け、リフティングロープの調整により水深制御の手法として有効であることを確かめた点。

以上の成果は資源調査用曳網の水深制御についてキャンバスカイトの技術を確立するための重要な基礎的知見を得たものであり、高く評価できる。よって審査員一同は本論文が博士（水産科学）の学位を授与される資格あるものと判定した。