

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 許 敏

褐藻ホンダワラ類は、繁茂期である春季に浅海岩礁域に大型海藻群落を形成するが、波などにより海底から剥がされた個体は漂流し流れ藻となる。この流れ藻は大量に発生し、それにブリやマアジの稚魚などが随伴することから水産的に非常に重要である。東シナ海沖合の流れ藻は、アカモク *Sarassum horneri* (Turner) C. Agardh だけで構成されおり、アカモク流れ藻の来遊予測が望まれているが、固着生活期のアカモクが波の力で基質から剥離する過程の基礎的知見は未だない。

このような背景から、本論文においては、アカモクを対象として、1) 毎月の現場での引き剥がし実験により、生長や成熟と固着力との関係について検討した。また、振動流下の流体力は、最大の水粒子速度で最大となることから、2) 小型のアカモク個体にかかる抗力を陸上水槽の定常流下で計測し、3) 大型のアカモク個体にかかる抗力を現場海域で漁船により一定速度で曳航して計測し、それらの抵抗係数を推定し、4) 固着力を計測した個体にかかる抗力による引き剥がし力と固着力との関係について検討した。

静岡県下田市大浦湾志太ガ浦で生育するアカモク群落を対象に研究を行った。現場において基質からアカモク個体を引き剥がす固着力計測実験を、2013年12月から2014年6月までと2014年12月から2015年5月までの毎月行った。アカモク個体の基部の周囲にロープを巻いて、置き針式力量計につなぎ、波の進行方向にアカモク個体が基質から引き剥がされるまで力量計を引っ張ることで固着力を求めた。また、引き剥がした個体は持ち帰り、基部の状態、葉部の長さ、湿重量、基部面積を計測した。底深および個体サイズについてはランダムに選び、毎回10-30個体を計測した結果、固着力は、最大90N程度で、藻体の湿重量や長さに依存せず、成熟前までは基部面積に依存していた。

水平1.5m、深さ0.8m、幅0.5mの観測部をもち、定常流を発生できる陸上水槽において小型アカモクの抵抗力計測実験を行った。2015年1月28日と29日に大浦湾志太ガ浦で採集した10cmから40cm未満の葉状部を持つアカモク個体を採集し、実験に供した。アカモクの基部直上部にテグスを結び、もう一端を張力計につなぎ、張力を記録し、アカモクを付けない場合の張力も計測し、オフセット値として減じた。定常流の流速は、 20 cm s^{-1} から 130 cm s^{-1} まで 10 cm s^{-1} 間隔で変化させた。使用したアカモクの葉状部の長さ、湿重量、葉状部面積を計測した。定常流下にある物体にかかる流体力 Fd は次式で表せられる。

$$Fd = \frac{1}{2} Cd \rho U^2 A \quad (1)$$

ここに、 ρ は流体の密度、 Cd は物体の抵抗係数、 A は物体の面積、 U は流速である。実験では、 Fd 、 U を、実験後に葉面積 A を計測し、各個体の Cd を求めた。流体中にある物体の周囲の流れの状態を表すレイノルズ数(Re)は、 L を物体の代表スケール、 ν を流体の動粘性係数とすると、

$$Re = \frac{UL}{\nu} \quad (2)$$

で表される。 U あるいは L が増加するとレイノルズ数は大きくなる。本実験では、 U と L が増加すると、 Re は、 2.65×10^5 程度になり、アカモクの Cd は、 0.037 程度になった。

葉状部の長さが $40\text{--}280\text{cm}$ の大型アカモクの抗力を計測するために、志太ガ浦のアカモク群落から採集したアカモクを用い大浦湾において 2014 年 4 月 17 日と 2015 年 2 月 $25\text{--}26$ 日に実験を行った。アカモク個体の固着器直上部をテグスに結び、鉄パイプの中を通し、鉄パイプ上端の滑車を介して力量計につなげた。このパイプの下端先端にプロペラ式流速計ロガーを取り付け漁船(0.5t)の舷に、下端が海面下 0.5m 深になるように固定し、対水速度を計測しながらアカモクを曳航した。一定速度で航走して曳航したアカモクに作用する抗力を力量計のゲージから目視で読み取り、テグスだけの場合にかかる力を計測し、オフセット値として減じた。 40cm s^{-1} から 400cm s^{-1} の範囲で 4 段階の対水速度で、抗力は最大 30N 程度であった。 Re が増加し、 5×10^6 程度になると、 Cd は 0.0026 程度になった。生長して長くなると流線に沿ってたなびくために、 Cd は小さくなるものと考えられた。

下田港外の 50m 深の海底で計測されている波高と波周期の固着力実験中の毎月の最大値を用いて志太ガ浦アカモク群落の周辺海底の最大水粒子速度を求めた。また、この期間の毎月の固着力実験で計測した各個体の代表長さ、水粒子速度から Re を決定し、 Cd を求め、表面積、 Cd 、最大水粒子速度から抗力を推定し、固着力と比較した。その結果、固着力は抗力よりも大きく安全側にあったことが判明した。

本論文は、アカモクの固着力と引き剥がし力について調べ、生長と成熟という個体の状態に影響されることを明らかにした。さらに、葉長部の長さと流速とを踏まえて Re と Cd との関係をまとめ、計測された波高と波長からアカモクに作用する抗力を求め、固着力と比較し、固着力は安全側にあることを示した。これらの知見は、アカモク流れ藻の生じる時期を推定するために必要な基礎となるものであり、水産学上応用上意義のある研究であると認められる。よって、審査委員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。