

審査の結果の要旨

氏名 陸 新 林

地球温暖化ガスの排出規制の強化や燃料価格の高騰のため、船舶の抵抗低減技術に対し、近年強い関心が持たれている。中でも、気泡を用いた摩擦抵抗低減法は実用化が近いと期待されている。

これまで、気泡を用いた摩擦抵抗低減技術の研究においては、多孔質板などからの、空気吹き出しにより生成された 1 ミリメートルから 2 ミリメートル程度の直径の気泡が用いられてきた。しかし、最近の研究により、電気分解により生成された直径 50 マイクロメートル程度の微細気泡では、気泡単位体積当たりの摩擦抵抗低減効果が飛躍的に大きくなる可能性が指摘されてきた。本研究は、この微細気泡による摩擦抵抗低減のメカニズムを解明することを目的として、実験により様々な面から検討を行っている。

本論文は 7 つの章で構成されている。第 1 章では、気泡による摩擦抵抗低減技術に関する過去の研究について調査した結果と、明らかにすべき課題を整理している。実験結果は第 2 章から第 6 章までにまとめられている。まず、第 2 章では、電気分解により生成された微細気泡を用いた場合と、空気吹き出しにより生成された気泡を用いた場合についてそれぞれ摩擦抵抗の計測を行い、気泡直径と摩擦抵抗低減効果の関係を明らかにしている。実験結果によれば、気泡体積率が同じ場合、微細気泡は、大きい直径の気泡より摩擦抵抗低減効果が 100 倍以上大きいことを確認した。これは他の研究者によって発表されている結果と整合性があるものであるとともに、本研究においては、剪断力計と差圧計という 2 つの異なる方法で摩擦抵抗を計測して、効果を確認したことが重要な成果である。続いて第 3 章では、画像解析による気泡径分布の計測と、気泡体積率の空間分布の計測を行っている。この実験結果から、微細気泡の分布は壁面近くに鋭いピークを持つことが明らかになった。

第 4 章では高速度ビデオ映像を用いた PTV(Particle Tracking Velocimetry) 解析により、微細気泡を含むチャンネル乱流の各種統計量を計測している。液相の運動と、気泡の運動を分離して計測し、さらに気泡の運動については気泡の

直径別に整理することで、様々な新しい知見を得ている。まず、微細気泡の存在下では液相のレイノルズ応力は低下していることを初めて明らかにした。また、気泡の乱流統計量と直径の間には強い相関関係があることも初めて明らかになった。

第 5 章では、壁面近傍における気泡分布の空間構造に関する実験結果を示している。高速度ビデオ映像の解析から、気泡の分布は縦筋状になっており、その間隔は壁面近傍の低速ストリークの間隔と同じ約 100 粘性長であることを示した。

第 6 章では、本研究における実験結果をまとめて、微細気泡による摩擦抵抗低減のメカニズムに対する検討を行っている。ここで、微細気泡では分布のピークが鋭く、最大値の平均値に対する倍率が約 7 倍であること、また、レイノルズ応力の生産に対する寄与が大きいバッファー層に体積率分布のピークを持つこと、乱流構造に対して選択的に集積することにより、実効的な体積率が高まることの 3 つの要因が重要であるとのメカニズムに関する仮説を示している。

最後の第 7 章においては、本研究における成果をまとめるとともに、応用の可能性について述べている。

以上に示したように、本論文では、工学的に応用価値が高い、微細気泡による摩擦抵抗低減技術に関し、実験的に多くの新事実を明らかにした。また、これまで不明であった抵抗低減のメカニズムに対して合理的な解釈を与えた。これらの成果は当該分野において画期的なものである。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。