

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 ジャドン ヴァルン

本論文は、「Numerical study on interaction of two bubbles rising in Newtonian and non-Newtonian fluid (ニュートン流体及び非ニュートン流体中を上昇する二気泡の相互作用に関する数値解析)」と題し、水中だけでなく、粘性の異なる様々な流体中を上昇する二気泡の相互作用に関して数値解析を実施している。本研究では、特に、非ニュートン流体として、粘度がひずみ速度のべき乗で変化する、べき乗則流体中を上昇する気泡に関して、べき指数が気泡間相互作用に与える影響を詳細に調べている。べき乗則流体は、泥水や微粒子を含む液体、高分子溶液などで見受けられる。特に、湖沼の浄化システムや昨今話題となっている南鳥島沖深海からのレアアース泥の揚泥水システム等での利用が考えられるエアリフトポンプでは、ひずみ速度の増加につれて粘度が下がる擬塑性流体中の気泡の振る舞いに対する知見が求められている。本研究では、これらを背景に、気泡流からスラグ流への流動様式の変化にとって重要となる気泡の合体と関連して、べき乗則流体中の二気泡間に働く流体力学的相互作用に関して数値計算を実施し、ニュートン流体の場合と比較し、気泡間に働く引力・斥力がべき指数に応じてどのように変化するかを議論している。

本論文は、全 7 章から構成されている。

第 1 章「Introduction」では、本研究の背景となる応用分野を紹介した後、気泡間に働く力に関する理論や従来の研究について説明を加え、関連する数値解析についても紹介している。第 2 章「Numerical Method」では、本研究で用いている数値計算手法について、べき乗則流体の定式化も含め、基礎方程式およびその離散化について説明している。第 3 章「Verification and Validation」では、数値計算手法及び計算結果の妥当性の検証を行っている。第 4 章「Interaction between two bubbles rising side by side」では、初期に水平方向に離れて配置された二気泡に関して数値計算を実施している。得られた結果は、ニュートン流体においては、従来研究として信頼性が高いとされている Legendre らの数値解析結果と良好な一致を示し、べき乗則流体においては、べき指数が 1 より小さい Shear-thinning 流体においては、上昇運動に伴い、気泡間には引力がより働き易くなることが示された。第 5 章「Interaction between two inline bubbles」では、初期に鉛直方向上下に引き離されて配置された二気泡に対して数値計算を実施し、ニュートン流体中において気泡レイノ

ルズ数 50 以上で見られる二気泡の力の釣り合い位置が、液体の非ニュートン性に依りて変化することが示されている。特に、**Shear-thinning** 流体の場合には、縦方向に対しても水平方向の場合と同様、流れ場のポテンシャル成分の影響が現れやすく、下方に位置する気泡は、ニュートン流体の場合よりも離れた位置より、軸対称から外れて水平方向に移動するようになることが示されている。第 6 章「Interaction of two bubbles initially inclined at a certain angle」では、様々な角度で初期配置された二気泡に対して数値計算を実施し、初期角度がその後の気泡間相互作用に与える影響を調べている。その結果、気泡間相互作用については、**Shear-thinning** 流体では、流れ場のポテンシャル成分の影響が顕在化し、**Shear-thickening** 流体では、粘性の影響が現れやすくなることが示された。第 7 章は、「Conclusions」と題し、本論文で得られた結論をまとめている。

以上、本研究では、水平方向、鉛直方向および斜めの位置で配置された二気泡の上昇過程について、液体の非ニュートン流体特性として、粘性がひずみ速度のべき乗で変化するべき乗則流体を対象とし数値解析を実施し、べき指数が気泡間相互作用に与える影響を明らかにしている。得られた結果は、泥水や高分子溶液中における上昇気泡間の相互作用に対して重要な知見を与え、エアリフトポンプなどへの応用の観点から、その工学的意義は大きい。よって本論文は博士（工学）学位請求論文として合格と認められる。