超音波照射された擬塑性流体中の落下球実験

丹羽 英人

# １．緒言および研究目的

擬塑性流体は，非Newton流体でありせん断速度 が大きくなるほど粘度 が低くなる性質を有している．擬塑性流体の代表例として，泥やポリマー，血液といったものが挙げられる．擬塑性流体を工業的に扱うには，流体中を運動する，気泡や剛体に対する周囲流体の粘度分布，流動構造から影響を明らかにする必要がある．これらに関して，系統的に調査がされている．また，擬塑性を用いて気泡の膨張収縮による上昇速度の高速化や粒子の機械振動によった高速化が調査された．

例えば，Ohta {\it et al.} \cite{ref:2}は非弾性擬塑性流体中における液滴の上昇運動に対し，液滴周りのせん断速度による粘度低下があたえる影響を明らかにした．加えて，Ohta {\it et al.} \cite{ref:3}は液滴周りの粘度分布を数値計算より求め，局所的な粘度低下は液滴の形状に大きく依存することを明らかにした．また，Zhang {\it et al.} \cite{ref:4}は非弾性擬塑性流体中における単一気泡の上昇運動に対し，後方に生じる2つの高粘度領域が影響を与えることを明らかにした．

超音波振動の影響による抵抗低下に関してvan den Wildenberg {\it et al.}\cite{ref:6}による研究があげられる．本研究では，粒子の上部を水で満たした容器ごと振動させ，その粒子中に球を落下させた．その結果をFig.\ref{fig:4-sinking}に示す．Fig.\ref{fig:4-sinking}(a1)において，$\Gamma$は振動強度である．振動によって落下球表面におけるせん断応力が減少し，振動強度を強くするとより深くまで沈降すると報告された．Iwata {\it et al.}\cite{ref:5}は，擬塑性流体中における気泡の体積を超音波振動によって周期的に増加・減少させた．そのことにより，気泡周囲のせん断粘度が低下し，上昇速度が増加することを明らかにした．

岩室[2]は擬塑性流体中を落下する球に超音波振動を照射し，流体物性，物体形状，超音波強度および周波数を変化させることで調査を行った．この場合，落下速度の高速化は音響境界層内部における粘度低下と，音響境界層の形成が関係していると明らかにした．一方で，その調査された流体物性の範囲は限れられており，落下物体の密度も一定であった．

そこで本研究は，流体物性，落下物体の密度をより大きく変化させた．これにより，超音波照射による高速化における，擬塑性による影響と弾性による影響を明らかにすることを目的とした．

# ２．実験方法および流体粘度測定

実験装置の概略図をFig.1に示す．

本研究では，PAA溶液を擬塑性流体として用いた．PAA粉末と水道水を混合することによって，各種濃度（0.05，0.2，0.5，0.7，1.0，1.3，1.5wt.% ）のPAA溶液を作成した．また，作成した溶液の粘度特性を確認するため，粘度計を用いて粘度計測を行った．その結果をFig.1に示す．続いて，マイクロフォンを用いて溶液中の圧力場振幅を計測した．このことにより，超音波振動子によって圧力場が適切に形成されており，その圧力場による影響（平均圧力振幅）を確認した．その結果をTable.1に示す．そして，擬塑性流体中を落下する球に対する超音波照射による影響を調べるため，球落下実験を行った．落下球実験は10分ごとに行った．また，超音波照射なし，超音波照射ありを交互に行い超音波照射による影響を明らかにした．

Table.1 濃度と圧力平均振幅の関係

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 濃度 [wt.%] | 0.05 | 0.2 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.3 | 1.5 |
| 圧力振幅 [kPa] |  |  |  |  |  |  |  |

# ３．実験結果および考察

# 参考文献

[1] R.P.Chhabra. Bubbles, Drops, and Particles in Non-Newtonian Fluids, pp. 14–22, 61–72. CRC press, 2006.

[2] 岩室秀. 超音波照射された擬塑性流体中における物体の高速化. 修士論文, 大阪大学, 2020.