

一般演題 基礎研究 OP1-3
 気液界面での物質輸送を考慮した単一気泡運動の数値シミュレーション

○川島久宜¹⁾ 新里みふ²⁾ 福田純平³⁾ 堀江正樹³⁾
 石間経章¹⁾

- 1) 群馬大学
- 2) 当時群馬大学大学院 (現マックス株式会社)
- 3) オリエンタル白石株式会社

【はじめに】

減圧症は高気圧環境にさらされた人が大気圧まで圧力回復する場合のように、減圧に伴うした際に、血液中に気泡が出現することが要因の一つであると言われている。医学分野では、減圧症のメカニズムを理解するため、症例の集積や気泡モデルを作成し議論をされてきた。

機械工学では、液体中の気泡の運動は流体機器に問題を生じさせることから、古くから流体力学分野の一つである混相流として取り扱われてきた。そこで、本研究では、減圧症に寄与する気泡の運動に注目し、単一気泡の運動について直接数値計算を行い、減圧症のメカニズムを理解することを目的とする。

【数値モデル】

ここでは、液体中にある気泡の半径運動に着目する。数値モデルでは無限静止液体中に単一の球形気泡があり、気泡周囲に圧力変化が生じた場合の気泡の半径運動（膨張・収縮運動）を対象とする。

気泡の半径運動に対して気泡の内部現象は重要な役割を与える。本研究では、極力現象の省略せずにモデル化を行った。具体的には、気泡内部の密度分布 ($\rho_g(r,t)$)、速度分布 ($u_g(r,t)$)、温度分布 ($T_g(r,t)$) を考慮し、液体側は温度分布 ($T_L(r,t)$)、ガス濃度分布 ($C_{gL}(r,t)$) を考慮した。また、気液界面での不凝縮ガスの溶解/析出を考慮した。また、界面における不凝縮ガス濃度はヘンリーの法則に基づくことを仮定した。気泡半径の運動方程式には、物質輸送を考慮した Rayleigh-Plesset 方程式 (Fujikawa and Akamatsu の式) を使用した。

数値計算は液体側圧力 ($p_L(t)$) を変化させ、各物理量に関して導出された常微分方程式を数値的に解くことで解を得る。

【計算結果】

図1に気泡の周囲圧力を0.9MPaから大気圧(0.1MPa)まで急激に変化させた場合の気泡半径と気液界面でのガスの質量流束を示す。図より、圧力が急激に減圧された時刻で気液界面での物質移動が大きく、気液界面近傍での濃度が非一様となることが考えられる。

図2に大気圧にある気泡に正弦波により加振した場合の計算結果を示す。振幅は6kPaである。また液体に初期溶解ガス濃度は0.9MPaの時の値を初期値として与えている。本計算結果から、液体に溶解していたガスが気泡内部に析出し、気泡の成長に大きく影響を与えることがわかる。

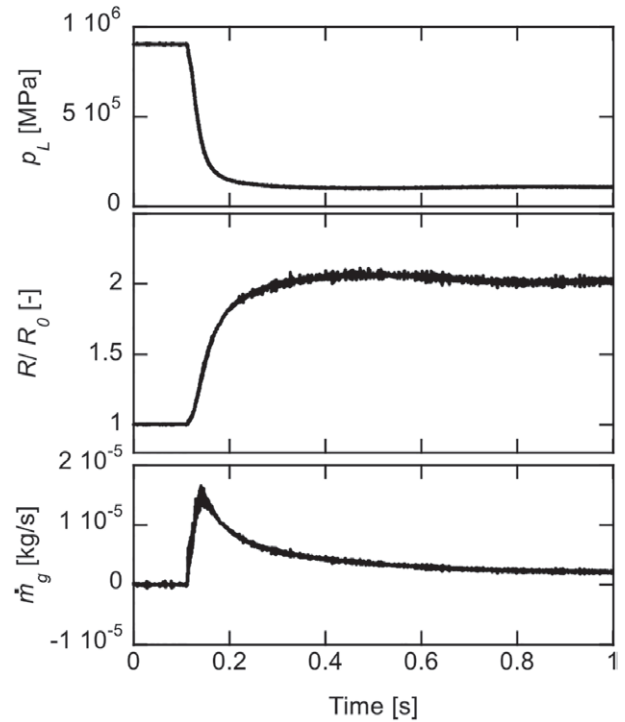


図1：計算結果例。上から気泡に与えた圧力履歴、気泡半径、気液界面でのガス輸送

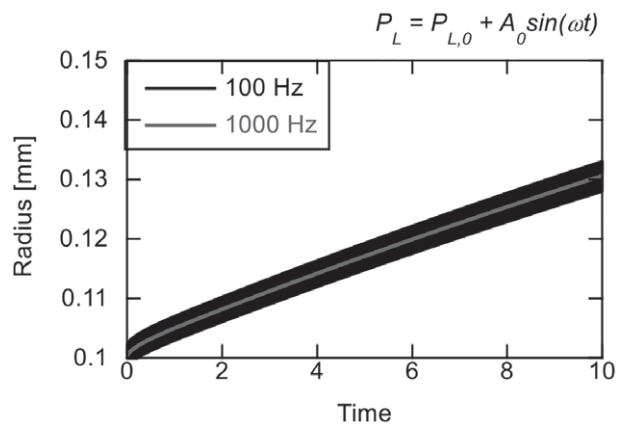


図2：液体側初期ガス濃度を变化させた場合の気泡半径変化