

一様流中の円柱周りの減圧挙動に対する微小慣性の影響

Small Inertia Effect on Depressurization Behavior of Circular Cylinder in Uniform Flow

杉山和靖、高木 周、松本洋一郎

平成14年7月

日本機械学会論文集 B編 68巻 671号

気泡・液滴・固体粒子が並進運動することによって、界面上で平均化された圧力は無限遠における圧力よりも低くなる。この並進運動に伴う減圧は、「並進減圧」と呼ばれる。混相流の数値予測では、二流体モデルのような平均化方程式を用いた解析が主流であるが、混相流体としての応力を記述する構成方程式を定式化する上で、並進減圧の評価手法の高度化が求められている。そのためには、まず、理論解析可能な微小レイノルズ数の条件で解析を行い、その理論が適用可能なレイノルズ数の範囲や形状の違いによる近傍場・遠方場での並進減圧の寄与の仕方の違いを明らかにすることが重要である。

著者らは、これまでに、並進減圧を流体の密度と並進速度で無次元化して並進減圧係数 C_{DP} を定義し、直接数値シミュレーション(DNS)や理論解析によって「球形」液滴に対する C_{DP} のレイノルズ数(Re)や流体・粒子粘性比に対する依存性を調べてきた。本報では、微小 Re の「円柱」周りの流れ場を対象とした理論解析と DNS を行い、 C_{DP} に対する形状の影響を調べた。

はじめに、接合漸近展開法による理論解析を行い、円柱の C_{DP} を以下のように求めた。

$$C_{DP} = \frac{-(\log Re)/2 + 0.259... + o(Re^0)}{(\log(8/Re) - \gamma + 1/2)^2},$$

ここで、 γ は Euler の定数(0.57721...)である。理論解析より、円柱の C_{DP} のリーディング項は、外部展開領域の速度場によって求まり、外部展開領域の速度場が C_{DP} のリーディング項に寄与しない球形液滴の場合と異なることがわかった。また、 Re が 0 の極限では、球形液滴の C_{DP} は有限値へと漸近するのに対して、円柱の C_{DP} は 0 になることがわかった。

次に DNS を行い、 C_{DP} の理論解の検証を行った。まず、 C_{DP} に対する Re 依存性を調べるために必要な計算領域の大きさを決定するため、抗力係数の計算領域依存性を調べ、 $Re=0.1$ 程度では、計算領域の遠方境界の半径が円柱半径の 10^4 倍程度であれば十分であることを確認した。また、DNS の結果が、抗力係数の Re 依存性を、よく再現できることを確認した。そして、 C_{DP} と Re の関係や C_{DP} と関連のある圧力の 0 次モード p_0 の分布を調べ、 Re が十分に小さい場合において DNS 結果と理論解がよく一致することから、本理論の妥当性を確認した。また、微小 Re を仮定した本理論の適用限界について調べた。 $Re \geq O(1)$ では外部展開領域と内部展開領域での p_0 の理論解が分離してしまうため、 C_{DP} の理論解の Re 依存性は DNS 結果と異なる傾向を示すことがわかった。

FRP製救命艇のCO₂排出に関するLCI分析Life Cycle Inventory Analysis on CO₂ Emission from FRP Lifeboat

櫻井昭男、小野正夫、東 登

平成14年9月

47th FRP CON-EX 2002 講演要旨集

近年、地球環境への関心が高まるにつれ、FRP製品の廃棄やリサイクル性に対する問題がクローズアップされている。救命艇においても主要構造材にFRPを多用していることからその例外ではなく、全ライフサイクルを通じた環境負荷を評価し、改善することが求められている。本研究ではその手がかりとして、FRP製の救命艇の製造における環境負荷の概略を把握するために、現在製造が続けられている救命艇の製造の実績値に基づいてインベントリ分析を実施した。

対象とした救命艇は、全長5.4m、25人乗りのもので、全閉囲型救命艇(TR艇)と耐火救命艇(FR艇)である。

救命艇のライフサイクルにはFRP資材、主機関の部品及び電力、燃料等のエネルギーの生産に加え、救命艇の製造、使用及び解体並びにリサイクル等のステージが含まれる。しかし、本解析では救命艇の製造のみを解析の対象とし、救命艇の使用、解体及びリサイクルはシステムの対象外とした。解析の対象とした環境負荷項目はCO₂である。また参考として、石炭、原油、天然ガス、水、原木、鉄鉱石、ガラス原料等の消費資源の消費及びスチレンモノマー、固形廃棄物、鉄スクラップ、アルミスクラップ等の排出物を考慮する。解析は製造のプロセスフローに基づいてプロセス行列を作成し、行列法により実施した。

その結果、救命艇の建造に関するCO₂排出量はTR艇が6,199(kg)、FR艇が7,132(kg)であった。TR艇では、ガラス繊維の生産に係わるCO₂排出量が全体の約30(%)、工場での建造作業(重油の燃焼)と電力の製造が約15(%)、鋼材及び樹脂の製造が約14(%)を占めた。またFR艇では、ガラス繊維の生産に係わるCO₂排出量が全体の約26(%)、工場での建造作業(重油の燃焼)と電力及び鋼材の製造が16~17(%)、樹脂の製造が約11(%)を占めた。なお、部品の製造プロセスを素材の重量のみ考慮したため、CO₂排出は主として電力の製造等のエネルギー及び素材の製造に関するプロセスから排出される結果となっている。