OS2-08

蒸気気泡の崩壊過程における 非凝縮性気体分子の影響についての数値解析

Numerical simulation of the influence of non-condensable molecules on collapsing vapor bubble

○学 山本 恭平^{*1}, 小林 一道^{*1},

渡部 正夫^{*1}, 藤井 宏之^{*1},

今 美沙紀^{*1}, 高比良 裕之^{*2}

Kyohei YAMAMOTO^{*1}, Kazumichi KOBAYASHI^{*1},

Masao WATANABE^{*1}, Hiroyuki FUJII^{*1},

Misaki KON^{*1} and Hiroyuki TAKAHIRA^{*2}

^{*1} 北海道大学工学研究院 Hokkaido University, Faculty of Engineering

^{*2} 大阪府立大学工学研究科 Osaka Prefecture University, Graduate School of Engineering

Key Words: Interface, Condensation, Molecular gas dynamics.

局所的に液体の圧力が飽和蒸気圧以下となると、蒸気気泡が生じる。生じた気泡は周囲圧力の変動によってただちに収縮して崩壊する。蒸気気泡の崩壊によってもたらされる現象は、尿管結石の破碎やバブルメスなどの医工学分野に加えて、キャビテーションピーニングやレーザーアブレーションといった産業分野において利用できることが確認されており、今もなお様々な物理現象について議論されている。

例えば、気泡の崩壊過程では気泡内部に衝撃波が発生するという説がある⁽¹⁾。この気泡内衝撃波が中心部へ収束することにより、数百万℃という高温場が発生することが予想されている。この高温場の予測のためには、気泡内衝撃波の発生メカニズムの解明が必要となる。これまでの気泡崩壊現象を調査した研究では、気液界面における気泡内部気体の蒸発・凝縮を考慮せずに数値解析を行ってきた。それに対して筆者らは、気泡内部の気液界面で蒸発・凝縮をする蒸気分子と、蒸発・凝縮をしない非凝縮性気体分子という二成分気体を考慮した数値計算を行った^{(2),(3)}。これより、気泡内部のわずかな非凝縮性気体分子の存在が衝撃波の発生を抑制するが、完全に純粋な蒸気気泡が崩壊する際には、気泡内部に衝撃波が発生することが示唆された。ここで、純粋な蒸気気泡が崩壊し、その内部に衝撃波が発生するためには、(1) 気泡壁速度が気体の音速を超えること、(2) 気泡崩壊時に界面近傍の気相の温度場が中心部に比べて高くなる必要がある、といった条件を満たさなくてはならない。しかし、この気泡壁近傍の蒸気の温度上昇については未だそのメカニズムは完全に明らかとなっていない。

そこで本研究では、気体の音速を超える速度で移動する気液界面近傍の蒸気中に発生する高温場の形成メカニズムを明らかにするために、分子気体力学解析に基づく数値解析を行った。本稿では、気相の界面での凝縮係数の値が界面の進展によって生じる圧力波に与える影響について報告する。

文 献

- (1) 安井久一, “ソノルミネッセンスとソノケミストリー”, *ながれ*, Vol.24, No.4 (2005), pp. 413-420.
- (2) Yamamoto, K., Kobayashi, K., Watanabe, M., Fujii, H., Kon, M., and Takahira, H., “Influence of a small amount of noncondensable gas on shock wave generation inside a collapsing vapor bubble”, *Physical Review Fluids*, Vol. 4, (2019), 063603.
- (3) Kobayashi, K., Nagayama, T., Watanabe, M., Fujii, H., and Kon, M., “Molecular gas dynamics analysis on condensation coefficient of vapour during gas-vapour bubble collapse”, *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 856, (2018), pp. 1045-1063.