

非線形共鳴音波を用いた蒸発係数測定法

Novel Method for Measurement of Evaporation Coefficient

- 中村篤人, 北大, 札幌市北区北 1 3 条西 8 丁目, nshigeto@mech-me.eng.hokudai.ac.jp
 矢野 猛, 阪大, 吹田市山田丘 2 - 1, yano@mech.eng.osaka-u.ac.jp
 小林一道, 北大, 札幌市北区北 1 3 条西 8 丁目, kobakazu@eng.hokudai.ac.jp
 渡部正夫, 北大, 札幌市北区北 1 3 条西 8 丁目, masao.watanabe@eng.hokudai.ac.jp
 藤川重雄, 北大, 札幌市北区北 1 3 条西 8 丁目, fujikawa@eng.hokudai.ac.jp
 Shigeto Nakamura, Div. of Mechanical and Space Engineering, Hokkaido Univ., Sapporo 060-8628
 Takeru Yano, Department of Mechanical Engineering, Osaka University, Suita 565-0871
 Kazumichi Kobayashi, Div. of Mechanical and Space Engineering, Hokkaido Univ., Sapporo 060-8628
 Masao Watanabe, Div. of Mechanical and Space Engineering, Hokkaido Univ., Sapporo 060-8628
 Shigeo Fujikawa, Div. of Mechanical and Space Engineering, Hokkaido Univ., Sapporo 060-8628

We propose a new method for measurement of the evaporation coefficient using nonlinear sound resonance experiment based on a theory of molecular gas dynamics. The evaporation coefficient is determined from the pressure amplitude of second harmonics generated by the nonlinear effect of resonant sound wave in a cylindrical space bounded by a sound source and a gas-liquid interface. To demonstrate the applicability of this method, we conduct a test experiment. As a result, we confirm the increase of second harmonics amplitude caused by the sound resonance.

1. はじめに

蒸発, 凝縮現象は自然分野, 工学分野においてしばしば見られる, 基礎的かつ重要な物理現象の一つである. 自然分野においては例えば地球規模で生じる水循環が代表例であり, 工学分野においては混相流, キャビテーションなどに見ることができる.

蒸発, 凝縮に関する研究は古くから様々に行われてきたが, 蒸発, 凝縮を伴う非平衡な蒸気の振る舞いを取り扱うことができる Boltzmann 方程式において, 液体とその飽和蒸気の界面に対して課せられる気体論境界条件⁽¹⁾に含まれる未知数, 蒸発係数については, いまだ明らかになっていない. 本研究は非線形共鳴音波を用いた蒸発係数測定法の開発を目的としてなされるものである.

2. 測定方法

本研究では, 試料液体とその飽和蒸気, 例えば水と水蒸気などの単一物質で満たされた系を実験系として考える. 蒸気中に振動面が界面と平行になるように音源を設置し, 音源を一定周期, 一定振幅で連続的に振動させると, 進行波が界面に向かって蒸気中を伝播し, 界面で反射し, 数周期後に蒸気中に定在波が形成される. このとき界面においては, 音波によって生じる圧力変化によって系が平衡状態から弱い非平衡状態に移り, これに伴い弱い蒸発, 凝縮が周期的に生じる. 蒸発, 凝縮が生じることにより, 気体の圧力, 密度, 温度, 液体の温度などが変化すると考えられる. 本研究では音波の振幅変化を測定し, 蒸発, 凝縮による圧力変化を求める. 一方, 分子気体力学の理論解析⁽²⁾により, 蒸発係数と圧力の関係式を求め, 先に測定した圧力をこの関係式に代入することで, 最終的に蒸発係数を求める.

実験装置は試料液膜を形成する液膜ホルダ, 音源, 受信器, および粗微動ステージから構成される. また実験装置は真空容器内および恒温器内に設置されている. 受信器は液膜ホルダ内に設置されており, 試料液膜は受信器振動面上に形成される. 音源は微動, 粗動ステージに固定されており, 液膜ホルダ内に試料液膜と平行になるように設置される. なお液膜間の距離は蒸気中での共鳴を利用するため, 半波長および 1 波長に設定され, 共鳴により生じた 2 次高調波成分を蒸発係数測定に用いる.

3. 実験結果

ここでは試料液体として水を用いた場合の実験結果を Fig.1 に示す. 主な実験条件は以下の通りである. 初期液膜温度は 305K, 初期真空容器内圧力は 4.8kPa であり, 初期液膜温度に対する水の飽和蒸気圧にほぼ一致する. 初期液膜厚さは 4.6mm, 音源への印加電圧は 20Vrms, 駆動周波数は 28.3kHz である.

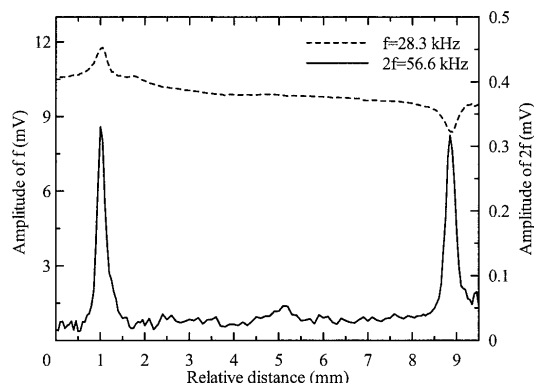


Fig.1 Output amplitude of receiver

横軸は音源, 液膜間の距離の変化量を示しており, 左端が半波長付近, 右端が 1 波長付近にそれぞれ対応する. 左縦軸は駆動周波数 f 成分の振幅, 右縦軸は 2 次高調波 $2f$ 成分の振幅を示す. 実線で示した $2f$ 成分において, 1mm 付近と 8.8mm 付近に見られるピークがそれぞれ半波長, 1 波長における共鳴による影響と考えられる. これは, ピーク間の距離 7.85mm が実験条件から求めた音波の半波長と一致することからも確認できる.

4. おわりに

気体論境界条件に含まれる未知数, 蒸発係数を測定するために非線形共鳴音波を用いた新しい蒸発係数測定法の提案を行った.

参考文献

- (1) T. Ishiyama, T. Yano and S. Fujikawa, "Kinetic Boundary Condition at a Vapor-liquid Interface", PRL, Vol.95, No.8, Art.No.084504, (2005).
- (2) M. Inaba, S. Fujikawa and T. Yano, "Molecular Gas Dynamics on Condensation and Evaporation of Water Induced by Sound Waves", AIP Conference Proceedings, Vol.1084, (2008), pp. 671-676.