OS14-01

クランプオン式超音波流量計による湿り蒸気流量計測における計測誤差の検討

Study on Measurement Error for Wet Steam Flow Rate using Clamp-on Ultrasonic Flowmeter

○正 村川 英樹^{*1}, 杉本 勝美^{*1}, 梅沢 修一^{*2}井樋 雅行^{*2}, 平 博寿^{*2}, 赤羽 元^{*2}Hideki MURAKAWA^{*1}, Katsumi SUGIMOTO^{*1}, Syuichi UMEZAWA^{*2}Masayuki IBI^{*2}, Hirotoishi TAIRA^{*2} and Hajime AKAHANE^{*2}^{*1} 神戸大学 Kobe University^{*2} 東京電力ホールディングス株式会社 Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc.**Key Words** : Wet steam, speed of sound, Time-of-flight, Wetness fraction, Velocity distribution

工場における熱需要の多くは蒸気によって供給されている。ボイラによって生成された蒸気は、工場内の配管によって使用場所まで供給される。この際、蒸気の使用場所の多くでは流量計が設置されていないことが多く、実際の蒸気使用量を把握することが困難である。さらに供給配管における放熱に起因した蒸気流量の低下も考えられることから、ボイラでは過剰に蒸気が生成されることが多い。そのためエネルギーの有効利用の観点から、既設配管内の蒸気流量を計測することが求められている。

既設配管において蒸気流量を計測する手法として、クランプオン式超音波流量計が着目されている。しかしながら超音波による蒸気流の計測では、液体の計測に比べ蒸気中での超音波の減衰が大きいこと、配管と蒸気の音響インピーダンスの差が大きく、配管から蒸気への超音波の透過率が減少することから、受信される超音波の信号強度が低くなる。更に配管からの放熱に伴い、蒸気が湿り蒸気となる条件では、液滴や液膜が伴う二相流となる。このような流動の変化より流量計測結果が影響されることが知られている。そこで本研究では、クランプオン式超音波流量計を用いて、様々な湿り度の条件において流量計測を実施し、計測結果と参照流量値を比較することで、湿り度の違いによる流量計測結果への影響について評価した。

電力中央研究所に設置の蒸気試験ループ⁽¹⁾を用いて、超音波の透過計測実験を行った。試験部には水平に設置されたSGP 65A配管（炭素鋼配管、外径76.3 mm、内径67.9 mm）を用い、センサは配管外部に上流側、下流側センサをそれぞれ向かい合う位置に水平に設置した。配管内圧力 $P=0.2\text{--}0.8\text{ MPa}$ とし、過熱蒸気および湿り蒸気条件で実験を行った。湿り度 β は20%の範囲で設定した。市販の超音波パルス・レシーバ、A/DボードおよびPCによって構成された計測装置を用い、上流から下流、および下流から上流側センサに送信された波形データを1,000波形ずつ取得し、その平均波形および波形の標準偏差から流れに起因する伝播時間差を算出した。流量算出に用いた補正係数（ k 値）は、過熱蒸気条件にて算出した。

$P=0.2\text{ MPa}$ の条件では流体中での超音波の減衰が大きく、平均波形に基づく伝播時間差の測が困難であった。しかしながら標準偏差法⁽²⁾を用いることで、蒸気流量の計測が可能であった。全圧力条件、速度条件において、湿り度に関わらず10%以下の流量計測誤差で、蒸気流量が計測可能であることを示した。しかしながら、流量計測誤差は正の偏りがあり、更に湿り度の増加に伴い誤差が増加する傾向が確認された。この要因を確認するため、湿り度による音速変化、液相の体積割合および速度分布の変化に着目し検討を行った。その結果、液相の存在に起因して速度分布が変化し、 k 値が変化することが流量の過大評価が生じた要因であることが示唆された。

文 献

- (1) 内山雄太, 森田良, 梅沢修一, 杉田勝彦, “クランプオン型超音波流量計による湿り蒸気流量の計測値特性”, 日本機械学会論文集, Vol. 86, No. 887 (2020), pp. 20-00098.
- (2) Murakawa, H., Ichimura, S., Sugimoto, K., Asano, H., Umezawa, S., and Sugita, K., “Evaluation method of transit time difference for clamp-on ultrasonic flowmeters in two-phase flows”, *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol. 112 (2020), 109957.