静的安全炉心注水系としての蒸気インジェクタ作動特性に関する研究

Characteristics of the Steam Injector as the Passive Reactor Cooling System

*遠藤宏純　三輪修一郎　森治嗣
北海道大学　原子力システム安全工学研究室

静的噴流ポンプとして知られる蒸気インジェクタを沸騰水型原子炉 BWR へ静的安全系として導入することを想定し、その作動特性に関する知見収集を行った。本研究にて用いた蒸気インジェクタは、供給蒸気圧力 0.65 MPa までの範囲でポンプ性能を有することを実験的に明らかにし、数値解析により蒸気供給ノズル内は超音速流れとなることを確認した。

キーワード：　原子力、蒸気インジェクタ、気液二相流、CFD

1.　緒言

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災に伴い発生した福島第一原子力発電所事故からの教訓として、沸騰水型原子炉 BWR の事故時は、ADS 作動後においても大気圧以上で炉心注水が可能であることが課題として挙げられる。蒸気インジェクタ（Steam Injector: SI）は、水と蒸気を供給すると内部で噴流を形成し、供給時よりも高い圧力で吐出することから、起動に電源が不要なポンプとして知られている。この SI を、沸騰水型原子炉 BWR の新たな静的安全系として利用される事が期待できるが、その詳細な作動特性や作動条件の解明は未だ不十分であり、更なる知見収集が求められる。本研究は、先行研究ではほとんど例のない 0.2~0.5MPa 以上の蒸気圧力を用いて実施した。

2.　実験

蒸気はボイラから、水はタンク内の水道水をポンプによりそれぞれ SI へ供給し、各供給ラインに設置された弁の開度により供給蒸気圧力及び供給水流量をそれぞれ調整した。また、SI 後方に設置された弁の開度を小さくしていくことで吐出圧力を上昇させ、SI の最高吐出圧力を調査した。本実験での供給条件は、蒸気圧力を 0.2~0.65 MPa、水流量を 0.4~0.6 kg/s の範囲で変更し、供給水温度は 22.5±1.0 °C とした。実験の結果、いずれの供給水流量においても最高吐出圧力は蒸気及び水の供給流量と共に上昇した。また、SI 吐出圧力を供給蒸気圧力で除した圧力増倍率により評価したところ、供給蒸気流量が増大するにつれ、圧力増倍能力は低下していく傾向が見られた。

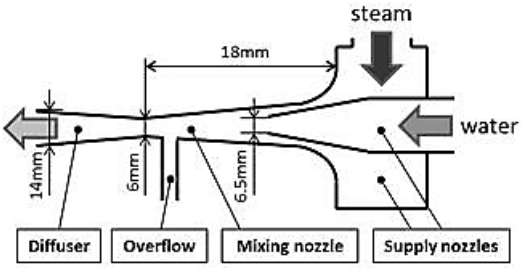

Fig.1 SI used in the experiments

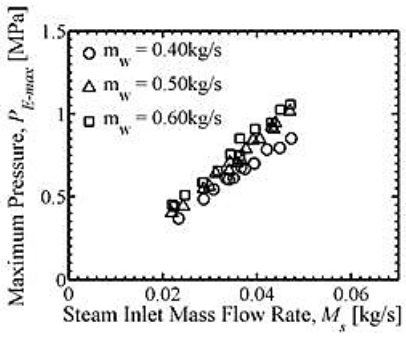

Fig.2 Maximum discharge pressure against inlet steam mass flow rate

3.　結言

実験により、低圧蒸気条件においてポンプ性能を有することを確認し、最大吐出圧力と供給蒸気流量及び供給水流量との関係性が明らかとなった。また、3 次元数値解析により蒸気供給ノズル内では超音速流となることを確認した。今後は、高圧な供給蒸気条件での作動特性評価を実験により行うと同時に、SI 本体内における直接接触凝縮を伴う二相流問題の数値解析モデル構築を検討していく予定である。本研究は JSPS 科研費 25289345 の助成を受けた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

1)　M.GROLMES, "Steam-Water Condensing-Injector Performance Analysis with Supersonic Inlet Vapor and Convergent Condensing Section", *Argonne National Laboratory*, Reactor Engineering Division (1968).
2)　Y.ABE, Y.KAWAMOTO, C.IWAKI, T.NARABAYASHI, M.MORI, S.OHMORI, "Study on Operational Characteristics of Supersonic Steam Injector", *Japan Society of Mechanical Engineers*, **74**,742,1297 (2008).

*Hiroto ENDO, Shuichiro MIWA, Michitsugu MORI
Hokkaido University, Nuclear System Safety Engineering Laboratory