

ホウ素中性子捕捉療法用中性子源ターゲットを模擬した 高速水噴流の流動特性に関する研究

Study on flow characteristics of high speed water jet
simulating neutron source target of Boron Neutron Capture Therapy

*前原 佑生¹, 高橋 実², 近藤 正聡²

¹東工大院原子核, ²東工大原子力研

加速器を利用したホウ素中性子捕捉療法のターゲット系である液体リチウム平面液膜噴流の開発のため、安定な薄い液膜噴流の生成が可能なノズル入口形状を検討した。入口エッジに半径 1mm の曲率をもつノズルまたは入口から 0.2 mm の位置に高さ 0.3 mm の段差をつけたノズルで、安定な高速液膜が形成可能となった。

キーワード：ホウ素中性子捕捉療法、水液膜噴流、安定性、リチウムターゲット

1. 緒言 細胞単位での選択的がん治療が可能なホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) システムの加速器による中性子源として、入射粒子による材料損傷が起こらず除熱が容易なリチウム (Li) 液膜噴流ターゲットが有望である。安定な Li 液膜噴流はノズル長さの長いもの (70 mm) で実現可能である^[1]が、圧損が大きくなることからノズル長さは短いもの (10 mm) が望ましい。本研究では、薄く安定な液膜噴流を実現する圧損の小さいノズル形状について、Fluent を用いた流動解析で予測した後、水を模擬流体とした実験により調べる。

2. 実験装置 水液膜噴流は水循環装置を構成するテスト部で生成される。液膜はスリット型ノズルによって生成した。ノズル形状は入口を鋭角のエッジ状、ベルマウス状としたもの、入口近傍に小突起を取り付けたものに着目した。これらについて二次元流動数値解析を行い、液膜噴流の安定性に影響するノズル入口で生じたはく離渦のノズル内流入抑制効果をもつ入口形状を調べた。解析の結果から、小突起はノズル入口との段差部ではく離渦をトラップすることでノズル内流入抑制効果を持ち、ノズル入口から 0.2 mm、高さ 0.3 mm の小突起形状および曲率 1 mm のベルマウス形状について流入抑制効果があった。実験ではノズル入口に段差を付けることで小突起ノズルを模擬した。流速は 15 m/s、ノズル長さは 10 mm、ノズル隙間は 0.5 mm、ノズル幅は 60 mm として大気圧下で水液膜噴流実験を行った。

3. 実験結果 液膜噴流の安定性は液膜からの液滴発生の有無によって評価した。液滴の発生を観察するため、液膜を横方向から液滴は高速度カメラによって観察した。鋭角のエッジのノズルでは液膜が乱れ、液滴が多く発生した。入口段差付ノズルおよび入口ベルマウスノズルでは液膜は乱れず、液膜からの液滴発生はなかった。以上から、ノズル入口の段差およびベルマウス形状によってはく離渦が抑制され、入口形状を段差およびベルマウスとした長さ 10 mm、隙間 0.5 mm のスリットノズルで安定な液膜が形成可能であることがわかった。

4. 結論

解析・実験より、曲率 1 mm のベルマウス形状をもつノズルまたはノズル入口から 0.2 mm の位置に高さ 0.3 mm に段差をつけたノズルで安定な液膜噴流を形成することがわかった。

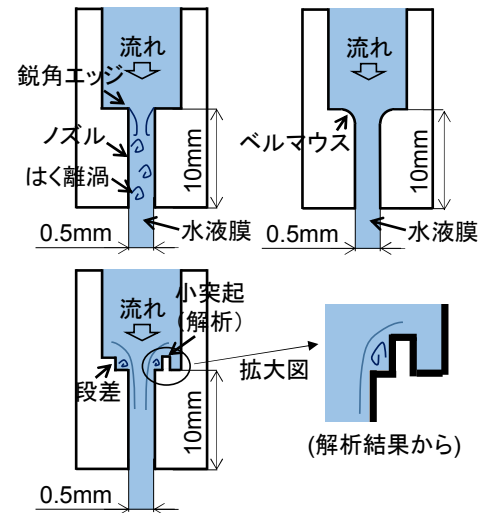
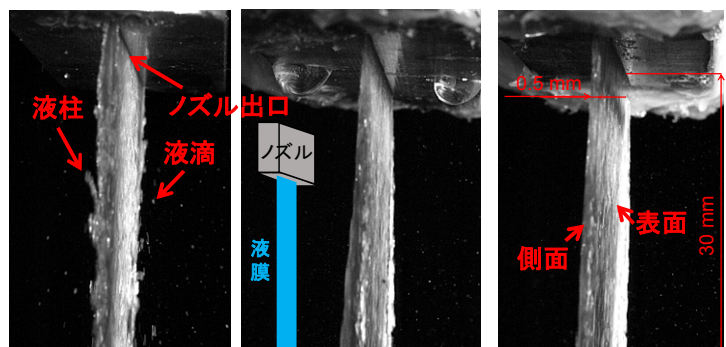


図1 各ノズル入口形状



(a)鋭角エッジ
(不安定)

(b)段差付
(安定)

(c)ベルマウス
(安定)

図2 液膜噴流(ノズル長さ 10 mm、流速 15 m/s、大気圧下)

参考文献

[1] M. Takahashi, et al. ICONE18-29516(2010).

*Yuki Maehara¹, Minoru Takahashi² and Masatoshi Kondo²

¹Tokyo Institute of Technology, Department of nuclear engineering., ²Tokyo Institute of Technology, Laboratory for Advanced Nuclear Energy.