

液体金属の管内流熱伝達率についての考察

Consideration on Heat Transfer Coefficient of Liquid Metal in Tube Flow

*望月 弘保¹

¹ 東京工業大学 科学技術創成研究院 先導原子力研究所

過去の液体金属の熱伝達実験での装置、計測方法、実験データの処理法を検討して、Nu 数データをグループ分けした。バルク温度を定義に基づいて算出したグループと出入口温度で線型補間したグループには大きな差があり、よく用いられる後者のバルク温度の求め方は、液体金属では問題があると結論される。

キーワード：液体金属、熱伝達率、円管内流、CFD 解析、バルク温度

1. 緒言： Pe 数が小さな領域の液体金属熱伝達率計測値が理論値を大きく下回っているのは、実験装置の問題であることが判明している[1]。Pe 数が大きな領域でも、Nu 数が明らかに低くなっている実験結果があり、その原因を考察した。また、これまでの研究で問題になったバルク温度の求め方に関しては、液体金属流の温度分布と流速分布を計測するか速度を乱流理論に基づいて仮定して定義通りに積分して求めているグループと出入口の温度から線型補間しているグループに分けられ、両者の差の範囲を調べるため、実験体系を FLUENT コードで解析した。

2. 実験の検討： 図 1 に示すように歴代の液体金属の熱伝達率計測結果は、Pe 数の全域にわたって極端に低いものが数例見られる。これらの実験装置、計測方法、データ処理方法を調べると、明らかに考慮していなかった現象が影響した可能性が大きく、低及び高 Pe 数領域で Nu 数の全体特性から外れた傾向を示している。これらを排除すると、Nu 数評価のバルク温度を、流体の温度・速度分布を計測し積分して算出した Gr-1、出入口の混合温度の線型補間より算出した Gr-2 に分けられ、両者間には、Pe 数が 100 以下で大きな差がある。この差は、CFD 解析より Pe 数が 1000 以上で無視できる事が明確になった。

水銀を用いた Johnson 等[2]の実験体系を FLUENT コードで CFD 解析した結果と Gr-1 実験結果の比較を図 2 に示す。また、Aoki[3]の相関式等、乱流理論を用いて Nu 数を導出した半理論相関式を 2 例示した。

3. 結論： 60 年以上も修正されずにハンドブック等に掲載されてきた液体金属の熱伝達率は見直す必要があると結論できる。また、出入口温度の線型補間でバルク温度を求めて液体金属の熱伝達率を算出した場合には、Nu 数が低 Pe 数ほど低下することを考慮すべきである。

参考文献： [1] Mochizuki, H., Consideration on Nusselt numbers of liquid metals under low Peclet number conditions, NED, 339, (2018), 171-180. [2] Johnson, H.A., et al., AECU-2627, (1953). [3] Aoki, S, Bulletin of TIT, 54, (1963).

*Hiroyasu Mochizuki¹

¹ Laboratory for Advanced Nuclear Energy, Institute of Innovative Research, Tokyo Institute of Technology

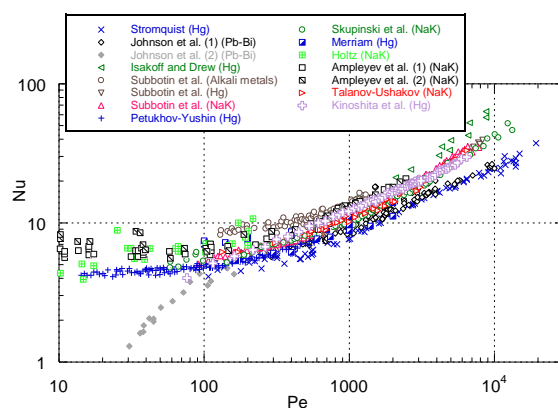


図 1 歴代の液体金属熱伝達率実験結果

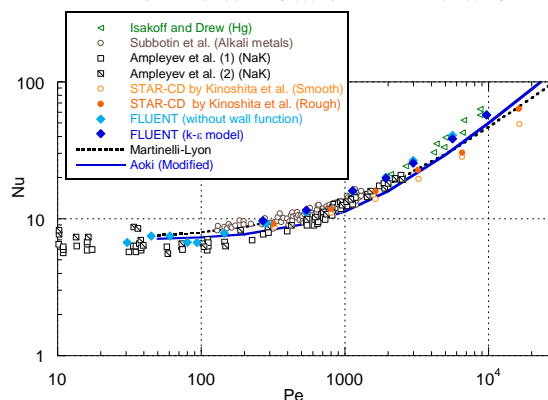


図 2 Gr-1 実験結果と CFD 解析結果の比較