

静的なガス圧変化を介した液体金属液面の連続測定に関する基礎的研究

On-line monitoring of liquid metal level through change of static gas pressure

*西尾 龍乃介¹, 近藤 正聡²

¹東京工業大学工学院機械系, ²東京工業大学科学技術創成研究院

液体金属流動ループのタンク等の液位の変化を、不活性カバーガスの静的な圧力変化によりオンラインで監視する液面レベル計測法を提案する。液位計測時のモデル計算を行い、妥当性を検証した。

キーワード: 液面計, 液体金属, 液体ブランケット, 流動ループ

1. 緒言 核融合炉の炉心を取り囲む液体ブランケットは燃料増殖材、冷却材、中性子遮蔽といった重要な役割を同時に担う。その液体ブランケットのタンク等の液位の連続的な監視は、システム内での液体の漏洩や閉塞等の異常を早期に発見し、安全に稼働させるために必要不可欠である。従来の液面計測法を表1に纏めた。本研究の目的は、静的なカバーガス圧の変化を介した新しい液位計測法を提案することである。

表1 主な液面レベル計測法とその特徴

液面レベル計測法	原理	特徴	液体金属 適性
浮子式	浮子が液面上に浮かぶことを利用	単純構造、機械的に脆弱	△
電極式	電極の導通により高さを検出	導電性必要、不連続測定	△
静電容量式	液体の比誘電率を利用	高導電性流体には不向き	×
超音波式	液面で超音波が反射する時間を測定	液面と測定機に最低限の距離が必要	○
相互インダクタンス式	2つのコイルの相互インダクタンスを利用	熔融金属用、金属の種類に依存	○
直接差圧式	タンク下部とカバーガス内の差圧を計測	単純構造、液体が圧力計に直接接触	×
ガス吹込み式	ガスを吹き込んだ時の背圧とカバーガスの差圧を利用	ガス吹込み必要	△
静的ガス圧式 (本提案)	測定管内カバーガスとタンク内カバーガスの差圧を利用	単純構造、ガスの吹込み不要	○

2. 静的ガス圧式の構造

図1のように、液面測定管をタンク内の液面に挿入する。この時、液面測定管内カバーガスの絶対圧は $\Delta P + P_{\text{tank}}$ である。液位測定では、液面が変化すると液面測定管内部に密閉されたカバーガス圧が変化し、液面測定管内カバーガスとタンク内カバーガスに差圧が生まれる。その際の気体の状態方程式と圧力のつり合いの式から、差圧と液面高さの関係式を導出した。

$$h = L_1 + \left(1 - \frac{P_{\text{tank}}}{\Delta P + P_{\text{tank}}}\right) L_2 + \frac{\Delta P}{\rho g} \quad (1)$$

ここで、タンク内カバーガスの圧力と温度が一定であり、液面測定管と差圧計をつなぐ配管と差圧計内部の体積は無視できると仮定している。ただし、 ρ : 液体の密度、 g : 重力加速度である。現在製作中の実験装置の寸法は、 $L_1 = 25\text{mm}$, $L_2 = 80\text{mm}$ であり、 $h = 35 \sim 85\text{mm}$ の範囲で測定を行う計画である。大気圧下でLBE、Li、Pb-17Li、FLiBe、水を用いたときの差圧と液面高さの関係式のグラフは図2のようになり、液面変化を十分計測できる事が分かった[1, 2]。

参考文献

- [1] Handbook on Lead-bismuth Eutectic Alloy and Lead Properties, Materials Compatibility, Thermal-hydraulics and Technologies – 2007 Edition
 [2] T. Tanaka, T. Norimatsu, J. Plasma Fusion Res. Vol.92, No.2 (2016) 113

*Ryunosuke Nishio¹, Masatoshi Kondo²

¹Tokyo Institute of Technology School of Engineering Department of Mechanical Engineering, ²Tokyo Institute of Technology Institute of Innovative Research

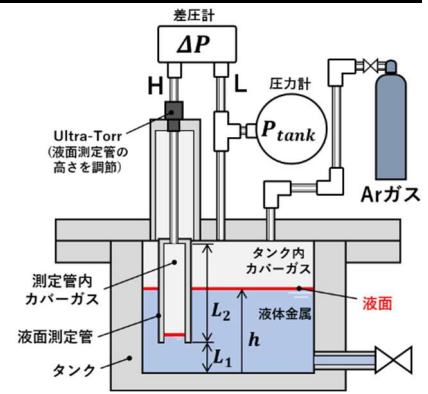


図1. 装置概略図

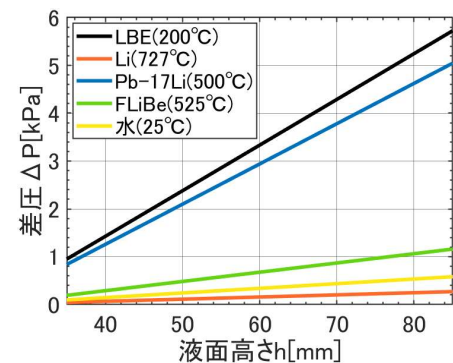


図2. 液面高さに対する差圧の変化