J05211

PEFC ガス拡散層における格子ボルツマン法を用いた蒸発を伴う二相流解析 Two-Phase Flow Simulation with Evaporation in Gas Diffusion Layer of PEFC by Lattice Boltzmann Method

○学 長山 龍也^{*1}, 境田 悟志^{*1}, 田中 光太郎^{*1}, 金野 満^{*1}Ryuya NAGAYAMA^{*1}, Satoshi SAKAIDA^{*1}, Kotaro TANAKA^{*1}, Mitsuru KONNO^{*1}^{*1} 茨城大学 Ibaraki University**Key Words** : Lattice Boltzmann method, PEFC, Two-phase simulation, Evaporation

固体高分子形燃料電池 (PEFC) の高電流密度化には耐フラッド性有するガス拡散層 (GDL) の開発が必要であり, GDL の水・蒸気輸送を解析できるモデルの構築が不可欠である. 著者らはこれまでに複雑形状における流体解析に適した格子ボルツマン法 (LBM) を用い, GDL における水輸送解析を行ってきた⁽¹⁾. 本研究では, GDL における水輸送解析モデルを拡張し, 蒸発を伴う水・蒸気輸送解析モデルの構築に取り組んだ.

本研究で構築したモデルでは水と空気の水・蒸気輸送解析が可能な稲室らのモデル⁽²⁾に蒸気の移流拡散方程式とエネルギー式を導入し, 蒸発に関するソース項を加えた Cahn-Hilliard 方程式を計算することで, 蒸発を伴う二相流解析をおこなう. 水が流動するとき, 蒸気は液相に対しての移動境界の計算を行う必要があり, 蒸気が保存するように境界を解く必要がある. LBM では, $\rho_v = \sum_{i=0}^9 d_i$ に示されるように蒸気濃度 ρ_v は周囲からの平衡分布関数 d を足し合わせることで得られる. そのため図 1 に示されるように, 液相に平衡分布関数 d を液相から跳ね返す Bounce back 境界を設け, 蒸気を保存する. 次ステップで液相が流動し格子が液相に変化する場合, その場の平衡分布関数 d を周囲の気液界面・気相格子に均等に分配することで, 蒸気総量の保存を図った.

本研究で構築されたモデルを用いて, 多孔質での蒸発を伴う水・蒸気輸送解析を行い蒸気の保存性を検証した. 下部に設けた流入口からキャピラリー数 $Ca=3 \times 10^{-5}$ で水を多孔質に流入させ, 水を蒸発させた. 初期の相対湿度は 0% とし, 初期温度は PEFC の作動温度を想定し 70°C とした. 得られた結果を図 2 に示す. 蒸気は水より広い範囲に分布しており, 蒸発により生成した蒸気が拡散により輸送されていることがわかる. 図 3 は各時間 t での蒸気量と時間 t までに蒸発した水量 $\int_0^t \dot{m} dt$ ($\dot{m}$ は蒸発速度) の比較を示す. 生成した蒸気が保存されていれば, 蒸気量と水の蒸発量は等しくなるはずであり, 得られた結果は蒸気量と水の蒸発量が等しいことから, 蒸気総量の保存が正しく行われていることが確認できる.

Fig.1 Calculation of d_i near the liquid phase.

Fig.2 Calculation of water transport with evaporation in gas diffusion layer at 2.5s.

Fig.3 Confirmation of preservation of total amount of vapor.

文 献

- (1) Sakaida, S., Tabe, Y., Chikahisa, T., "Large scale simulation of liquid water transport in a gas diffusion layer of polymer electrolyte membrane fuel cells using the lattice Boltzmann method", *Journal of Power Sources*, Vol. 361, (2017), pp. 133-143.
- (2) Inamuro, T., Ogata, T., Tajima, S., Konishi, N., "A lattice Boltzmann method for incompressible two-phase flows with large density differences", *Journal of Computational Physics*, Vol. 198, (2004), pp. 628-644.