

熱力学的考察に基づく二相流動・変形連成シミュレータの開発と水溶性天然ガス貯留層シミュレーションへの適用の試み

Thermodynamically consistent multiphase poroelasticity and its application to water-dissolved gas reservoir simulation

愛知 正温^{1*}, 徳永 朋祥²

Masaatsu Aichi^{1*}, Tomochika Tokunaga²

¹東大・工・地球システム工, ²東大・新領域・環境システム学

¹Dept. Geosystem Eng., Univ. Tokyo, ²Dept. Environment Systems, Univ. Tokyo

近年、地表面変動分布のモニタリングをもとに地下流体の挙動や地層の物性を評価する試みなどが研究され始めており、流体流動と地層の変形の連成過程の評価技術がますます重要となってきた。これまで、多相流体流動のモデリングについては、石油やガスの貯留層シミュレーションや、二酸化炭素地中貯留シミュレーションなどの分野でよく用いられているが、多相流体流動と地層の変形の連成過程のモデリングに関しては、構成関係をはじめとして明らかになっていない点が多い。本研究では、二相の間隙流体を含む多孔質弾性体の変形に関して、熱力学的な考察に基づいて一般性の高い構成関係の定式化を試みた。そのなかで、従来不明であった材料パラメータ間の関係式についても明らかにし、飽和多孔質弾性パラメータとBishopの有効応力係数を材料パラメータとする構成関係式を導出した。流体の圧縮性や、ガスの水相への溶解、水の気化を考慮しつつ、導出した構成関係式を力の釣り合い式および各流体成分の質量保存式に代入し、水・ガス二相流と変形の連成過程を記述する支配方程式系を得た。次に、導出した支配方程式系を解くための有限要素コードを開発し、単層の貯留層に対する軸対称シングルウェルモデルを用いた水溶性天然ガス貯留層を対象とするシミュレーションを行った。その結果、産出挙動および貯留層の変形挙動は、特に、貯留層深度、貯留層半径、泥岩の初期水飽和率、層厚、砂岩の絶対浸透率、砂岩の相対浸透率曲線、排水条件のヤング率、排水条件のポアソン比に強く依存することが示唆された。

キーワード: 連成解析, 二相流, 多孔質弾性, 熱力学, 数値シミュレーション, 水溶性天然ガス

Keywords: coupled modeling, thermodynamics, two-phase fluid flow, poroelasticity, numerical simulation, water-dissolved gas reservoir