

未固結砂岩を対象とした Digital Rock Physics による検討

(INPEX) ^{たかばやしかつも} 高林克百

当研究グループでは 2023 年から未固結砂岩の貯留層物性評価に Digital rock physics（以下 DRP）技術を取り入れた手法のワークフローの確立に取り組んできた。ワークフロー確立の第一歩として、球体充填型 DRP モデルから推算した浸透率と、ガラスビーズ（球体）を充填したスリムチューブの浸透率の実測値との比較を行い、良好な相関関係を確認した（表 1）。

表 1. スリムチューブ実験値と DRP モデル値

ITEM	孔隙率 (%)	浸透率 (md)
ST1 モデル	29.7	4000
ST1 実測	28.8	7700
ST2 モデル	32.18	3223
ST2 実測	31.59	6899

次に DRP モデルの精度を高める目的で、露頭から得られたサンプルの粒度分布、粒子形状（アスペクト比、真円度）を測定し、Stanford 大学が提供する Particula を用い、図 1 右に示す砂粒子のアスペクト比、真円度を反映した Nonspherical Irregularly Shaped Grains (NISG) を充填した DRP モデルを構築し、球体、楕円体を充填した DRP モデルから推算された浸透率のモデル間での比較を行い、対象としたエリアの砂粒子においては、粒子形状の情報の内、アスペクト比が浸透率予測には重要であり、楕円体を用いることで十分近似に耐えるモデルの構築が可能であることを確認した。

実測値との比較のために、凍結コアを用いた流動試験と楕円体を充填した DRP モデル、μCT 画像から作成した DRP モデルの比較を行った処、DRP モデルが高い浸透率を推算した（表 2）。検討の結果、未固結砂岩を用いた浸透率測定には、

浸透率を低く見積もる傾向があることが示唆された。そこで μCT 画像を元にした DRP モデルを基準とすることで、充填型 DRP モデルによる推算値の妥当性を検証する事とした。

表 2. DRP モデルの推算値と実測値の比較

ITEM	孔隙率 (%)	浸透率 (md)
楕円体充填モデル	39.54	13418
μCT 画像モデル	39.72	5120
U1-7 実測	39.72	235
球体充填モデル	39.76	874

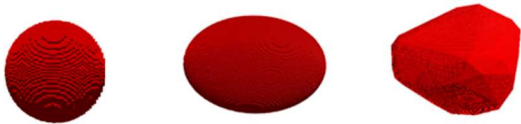


図 1. 粒子形状（左から球体、楕円体、NISG）

検討の結果、粒度分布測定結果（外接円相当）及びアスペクト比を反映させた楕円体を充填した DRP モデルは、外接円近似（図 2 左）に相当し浸透率を高く見積もる傾向があるため、この推算値を上限値とし、新たに μCT 画像データの砂粒子を図 2 右の様に球体の集合体として解析（内接円相当）し、その情報を元に球体を充填した DRP モデルから推算した浸透率を下限値（表 2、球体充填モデル）とした。これらの結果から、ある程度、対象とする未固結砂岩の浸透率の幅を推定する事が可能となった。

今後は、予測精度向上のため、μCT 画像から直接、砂粒子を 3D モデル化する手法を取り入れた充填型 DRP モデルを開発する。

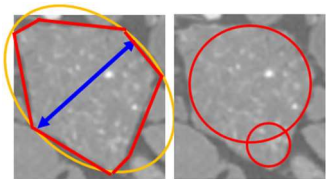


図 2. 充填粒子の近似方法（左:上限、右:下限）