

ドデカンおよび水を流体とした砂岩中の変形層における浸透率測定

Permeability measurements on the deformed layers formed in sandstone using dodecane and water as fluids

本多 克也[1], 鈴木 清史[2], 石川 正道[1]

Katsuya Honda[1], Kiyofumi Suzuki[2], Masamichi Ishikawa[3]

[1] 三菱総研・先端研, [2] 石油公団 T R C

[1] Adv. Sci. Dep., Mitsubishi Res. Inst. Inc., [2] JNOC, TRC, [3] Adv. Sci. Dep., Mitsubishi Res. Inst.

断層シールにおける石油貯留能力の評価およびそのメカニズムを理解する上で、断層での浸透率を評価することは重要である。とくに断層において形成された変形層は緻密であるために浸透率が小さく、そこでの浸透率がシール能力を支配していると考えられる。そこで、本研究では砂岩層中に形成された変形層の浸透率特性について知見を得ることを目的とし、変形層およびその母岩である砂岩の浸透率を測定した。

浸透率の測定は流量をパラメトリックに変化させた際の試料での圧力損失を測定することによって行った。実験には間隙水として蒸留水を、また模擬石油として物性の明確なドデカンを用いた。実験に際しては、試料の孔隙を蒸留水を通すことによってウォーターウェットとした後、ドデカンを通過させた。また実験温度は室温とした。

母岩である砂岩層の浸透率特性を評価するために、浅海成砂岩中に形成されたミリ断層の砂岩部について浸透率測定を行った。また比較のために風成砂岩であるモアブ砂岩についても測定を行った。両者の違いはモアブ砂岩は粒状の石英がパッキングされているだけであるのに対し、ミリ砂岩では粒間に細粒分が存在することである。両者の浸透率測定では、より粒状性の明確なモアブ砂岩の浸透率のほうが粒間を細粒が埋めているミリ砂岩に比較して浸透率が高いことが明らかとなった。

ミリ断層中、変形を受けた層であるガウジ層およびスミア層について行った浸透率測定では、ガウジ層の浸透率は砂岩に比較して非常に小さいこと、スミア層を含むガウジ層の浸透率は、ガウジ層の浸透率と差が小さいことなどが明らかとなった。スミア層は本来緻密であり、浸透率は極端に小さいことが予想されるが、実際にはクラックなどの欠陥によって層が不連続になっているために圧力損失にあまり寄与しないと考えられる。

浸透率と測定流量の関係において、ガウジ層試料では流量が大きくなると浸透率が小さくなるという特異な挙動が観察された。さらには粘性係数の大きなドデカンを流体とした場合のほうが圧力損失が小さくなるという挙動も認められた。加えて一定流量で測定中、圧力損失が非常にゆっくりと上昇するという現象も確認された。この現象は特に水を流体とした場合に顕著であった。

ガウジ層試料で確認された特異な挙動、とくに粘性係数の大きなドデカンのほうが圧力損失が低くなることと長時間に渡って圧力損失が上昇することについては、類似部位から採取した試料でも同様に観察され、高い再現性を示した。またガウジ層試料に対してドデカンを直接流した場合の浸透率と水を流した場合の浸透率を比較した場合、流体をドデカンとしたほうが浸透率は約2倍程度大きいという結果になった。水とドデカンの粘性係数を比較した場合、ドデカンのほうが約1.4倍粘性係数が大きく、ハーゲンポアズイコ流れなどを仮定した場合、この現象は説明できない。

一方圧力損失の時間変化は流体を水とした場合に100時間以上の間で圧力損失の上昇が確認された。流体をドデカンとした場合には60時間程度で圧力損失の上昇が停止した。したがって、水を流体とした場合には試料内部に流路を減少させるような長時間に渡る変化が生じたことが予想される。

そこで水およびドデカンによるガウジ層の変化を知るために膨潤率を測定した結果、ガウジ層は水によって膨潤する一方、ドデカンでは変化しないことが明らかとなった。これらの結果から、ガウジ層内の粘土(細粒)部の水による膨潤、圧力損失によるコンパクションおよび水とドデカンにおける流路の違いなどがこれらの現象に影響を与えていることが推測された。