

CO₂を利用したEORおよびECBMRを目的とした高圧CO₂雰囲気下における水・石油・石炭のその場観察 In-situ observation of water, oil and coal under high CO₂ pressure for CO₂-EOR and ECBMR

*菅井 裕一¹

*Yuichi Sugai¹

1.九州大学

1.Kyushu University

CO₂を利用した石油およびコールベットメタンの増進回収においては、貯留層内に圧入されたCO₂が地層水や石油に溶解したり、石炭表面に吸着することが予想される。これにより、地層水のpH変化や、石油および石炭の体積膨張が生じ、EORやECBMRに影響を及ぼすことが考えられる。本研究においては、水、石油ならびに石炭が高圧CO₂雰囲気下に晒された際に生じる変化挙動について、高圧可視化セルを用いてその場観察を行なった。各種貯留層内に存在する水にCO₂が溶解した場合、そのpHが低下すると予想されるが、貯留層水および貯留層を構成する岩石にはpHの緩衝作用を有する成分が存在し、そのpH変化は貯留層条件により様々であると考えられる。本研究では混合pH指示薬を含む水試料を高圧可視化セルに導入し、同セル内にCO₂を圧入しながら吸光度分析を行なうことにより、水試料のpHを高圧CO₂雰囲気下で測定する方法を検討した。pH5.6を境として、より高pH側および低pH側において、614 nmおよび444 nmの波長の吸光度とpH値に相関が認められた。これらの一次関係式を用いて、高圧CO₂雰囲気下で測定された純水のpH変化は、化学平衡論に基づいて推算されたpH変化と一致し、本方法の妥当性が示された。本方法を用いて、油田で採取された油層水のpHを高圧CO₂雰囲気下で測定した結果、油層水に含まれる重炭酸イオン濃度の違いに基づくpH変化の違いが検出された。すなわち本方法によれば、地層水へのCO₂の溶解ならびに地層内の各種成分の影響を反映した地層水pHの測定が可能である。

石油貯留層内において石油にCO₂が溶解すると石油の体積膨張が生じることが知られている。これにより、石油の見かけ体積が増加するため、石油の増進回収に有効であるとされている。石油を高圧可視化セルに導入し、CO₂の圧力を変化させながらリアルタイムに石油の膨潤挙動を観察した。CO₂の圧力に加えてCO₂と油の接触面積によっても石油の膨潤率は変化することが示唆され、5.6 MPaのCO₂圧力条件下において、CO₂と油の接触面積が約4 cm²/g-oilの場合に約27 %の膨潤率を示した。油層内においては油の飽和率が変化するとCO₂と油の接触面積も変化することが考えられ、CO₂の溶解に伴う油の膨潤を考慮する場合に、油の飽和率もそのパラメータの一つとして考慮した数値予測等の必要があると考えられる。

コールベットメタンの増進回収のために、メタンよりも石炭への吸着性が高いCO₂を炭層に圧入する方法においては、CO₂が吸着することにより石炭の膨潤が生じ、その浸透率が低下するため、CO₂の圧入とメタンの生産が停滞する。そのため、石炭の膨潤を生じさせない窒素などの不活性ガスをCO₂と交互に圧入するなどして炭層の浸透率維持が試みられているが、経済的に効率的ではなく、CO₂の圧入を継続しながら石炭の膨潤も抑制する手法の開発が求められている。本研究においては、高圧CO₂雰囲気下に晒された石炭を直接観察することによって、その膨潤を求める実験を行ない、その膨潤特性を調べた。石炭（瀝青炭）を30~60℃の温度条件下において高圧CO₂雰囲気下に晒した場合において、30℃ならびに40℃においては約3.4%の膨潤率が観察され、これらの温度条件下においては膨潤率に大きな差は認められなかったが、50℃以上において膨潤率の低下が認められた。一般に温度が高いほどCO₂の石炭への吸着量は低下するため、石炭の膨潤量も低下すると予想される。すなわち、CO₂圧入井周辺の炭層温度を上昇させることができれば、石炭の膨潤を抑制し浸透率の維持に有効であると考えられる。

キーワード：CO₂、水、石油、石炭、pH、膨潤

Keywords: CO₂, water, oil, coal, pH, swelling