

プロパント処理した岩盤亀裂の室内透水試験

愛媛大学大学院 学生会員

○菅野巧

愛媛大学大学院

正会員

安原英明

愛媛大学大学院

正会員

木下尚樹

1. はじめに

近年、シェールガスが新たな資源として注目を浴びている。その背景に水圧破碎技術の革新が挙げられる。これは、坑井内を満たした流体を加圧して、坑井付近の頁岩層に人工的な引張亀裂を発生させる技術である¹⁾。この技術によって発生させた亀裂は、岩盤に作用する地圧によって時間の経過と共に閉塞する。従って、開放させた亀裂から効率的にシェールガスを回収し続けるために、開口状態を維持する必要がある。そこで、流体に亀裂閉塞防止材であるプロパントを圧入する。しかし、高温高压環境である地下では、プロパントの破壊や続成作用により透水性能の低下が予測される。即ち、効率的かつ持続的にシェールガスを回収するためには、プロパントを挿入した亀裂の透水特性評価が必要不可欠となっている。そこで、本研究では、温度、拘束圧を制御した環境で、プロパント供試体及びプロパント処理した亀裂に対する透水試験を実施し、透水性変化を時系列で観察する。さらに、透水性変化に起因するメカニズムについて検証する。

2. 実験概要

本研究は、高温高压環境下である地下深部を実験的に再現することでプロパント供試体の透水性変化を観察する。供試体はプロパントのみで構成される粒状供試体と、人工的に泥岩に亀裂を作製し、その亀裂にプロパント処理を施した岩石挟持供試体の2種類を用いて、透水試験を実施した(図1)。粒状供試体においてはプロパントのみの透水性変化を評価し、岩石挟持供試体においては岩石の亀裂とプロパントとの相互作用に起因する透水性変化を評価する。また、透水試験中に透過水を採取しICP発光分光分析を行い、供試体より溶出した物質の濃度経時変化を評価した。さらに、実験前後におけるプロパントの微視構造観察を実施した。

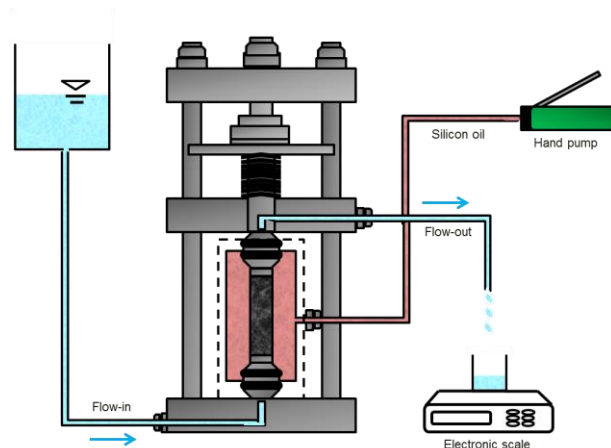


図1 透水試験模式図

3. 透水試験結果

本研究では、粒状供試体と岩石挟持供試体の2種類の供試体を用いて透水試験を実施したため下記の方法でそれぞれ評価した。粒状体透水試験は、以下の式で示す。

$$K = \frac{\mu Q H}{A \Delta P} \quad (1)$$

ここで μ : 透過流体の粘性係数 [Pa s], Q : 流量 [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$], L : 供試体の高さ[m], A : 供試体断面積 [m^2], ΔP : 透水差圧 [Pa] である。岩石挟持透水試験は、以下の式で水理学的亀裂開口幅 b を算出する。さらに、水理学的亀裂開口幅 b を以下の式に代入することで透過率 K を求める。

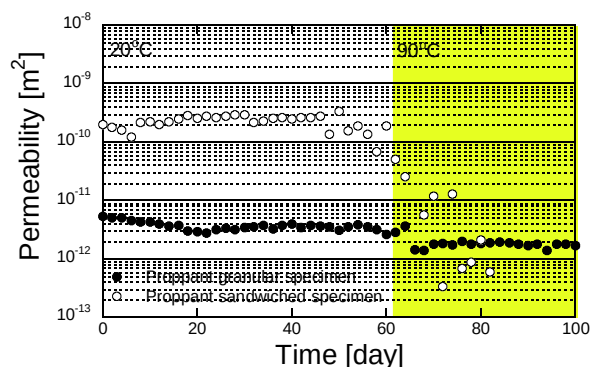


図2 透水試験結果

$$b = \left(\frac{12\mu QL}{W\Delta P} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

ここで b : 水理学的亀裂開口幅 [m]である。

$$K = \frac{b^2}{12} \quad (3)$$

透水試験結果を図2に示す。粒状体透水試験では、20℃条件および90℃条件での透過率がほぼ定常値を示していることから、プロパントの性能は100日程度で変化しないことが判明した。また、岩石挟持供試体では、20℃条件および90℃条件で82日までに2オーダー以上の減少が観察された。これは、プロパント粒子が泥岩実部へ徐々に貫入したことによる亀裂開口幅の閉塞が要因であると考えられる。

4. 物質濃度評価

物質測定結果を図3に示す。粒状供試体では、20℃条件、90℃条件ともにSi濃度が高い結果となった。これはプロパントに含有しているSi元素が粒子表面より溶出したことにより起因している。岩石挟持供試体では、Si濃度よりもNa濃度が高い結果となった。これはNaを含有する泥岩の鉱物溶解が起因しており、微視構造観察で見られた二次鉱物の成分元素であると考えられる。

5. 微視構造観察

SEM観察画像を図4に示す。粒状体透水試験後のプロパントは、滑らかな面が多く観察できた。これは、粒子表面が溶解したと考えられ、物質濃度分析結果からプロパントの粒子表面のSiが溶出したためであると考えられる。また、岩石挟持供試体に用いたプロパントの表面には、泥岩から溶解した鉱物が二次鉱物として粒子表面に再沈殿していた。このことから、二次鉱物の沈殿が流路を妨げる要因となり透過率低下に寄与したと推察できる。

6. 終わりに

本研究では、水圧破碎時のプロパントの透水特性評価を実施した。透水試験結果からプロパントの性能は100日程度で変化しないことが判明した。今後は、より高温・高圧・長期間の等方圧保持透水試験を実施することで、透過率の経時変化およびプロパントの劣化状況について確認する必要がある。

参考文献

- 1) 伊原賢：水圧破碎技術の歴史とインパクト，石油天然ガス・金属鉱物資源機構資料 2011，Vol.45 No.3，pp.17-20，2011。

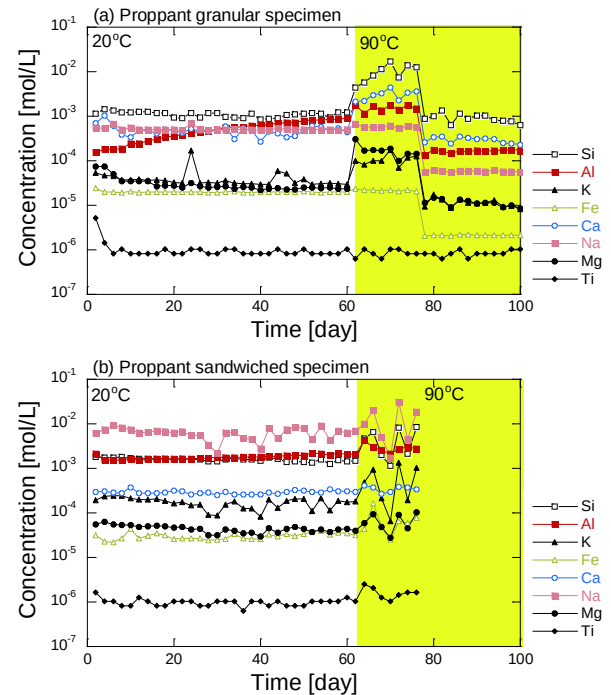


図3 ICP 発光分光分析結果

(a) プロパント粒状供試体

(b) 岩石挟持供試体

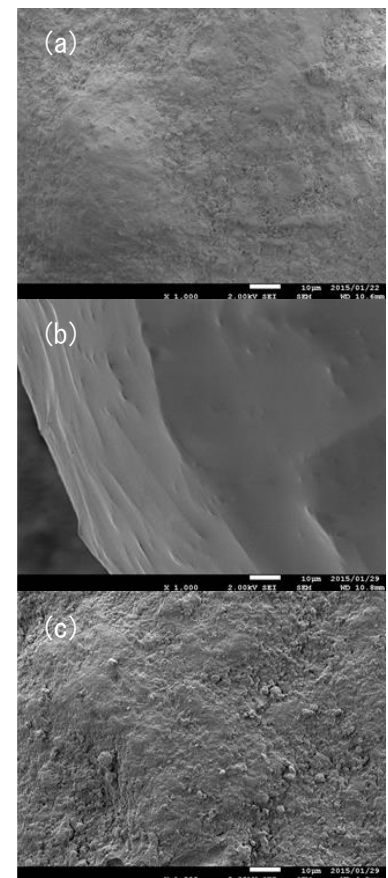


図4 (a) プロパント SEM 画像 (1000 倍)

(b) 透水試験後粒状供試体プロパント
SEM 画像 (1000 倍)

(c) 透水試験後岩石挟持供試体プロパント
SEM 画像 (1000 倍)