

管理番号

2022 年度「深田研究助成」研究報告書概要

（深田地質研究所のホームページで公開します）

研究題目 （和文）	誘発地震発生場の応力状態解明に向けた光弾性注水実験		
研究題目 （英文）	Stress state observation with photoelastic experiment to simulate induced earthquakes accompanied by water injection		
研究代表者	氏名	（漢字）	吉光 奈奈
		（カタカナ）	ヨシミツ ナナ
		（英文）	Nana YOSHIMITSU
	所属機関・職名	大学院工学研究科 社会基盤工学専攻・助教	

概要（600字～800字程度にまとめてください。図表、写真添付の場合は1ページ以内2枚まで）

資源採掘の際におこなう注水の影響で発生する誘発地震が各地で問題となっている。地下岩盤中で亀裂がどのように進展し応力場がどのように変化するか直接観察することは難しい。そこで、地殻にかかる応力を直接観察できる方法として、光弾性効果を利用した実験を着想した。光弾性とは、透明な弾性体に生じる応力の大きさによって、光学的異方性が発生する現象である。本研究では、注水による誘発地震が生じる過程で、亀裂の進展や応力変化を視覚的に観察すること、また注水孔近傍に存在する断層の有無による挙動の違いを調べることを目的として、寒天ゲルを用いた光弾性実験システムを開発するとともに、実験を実施した。

薄型アクリル水槽に1%濃度の寒天ゲルを注入して固め、これを偏光板と1/4波長板からなる実験装置の間に置き、装置の後方から白色光を当て、透過光を記録する。試料表面の中心にボアホールを模した直径4mmのアクリルパイプを配置し、注射器から注水した。注水に伴う応力変化で生じた等色線縞を120fpsで動画撮影し、亀裂進展に伴う応力変化を画像として取得した。さらに、寒天ゲルを作製する際に2度に分けて注入することで断層（不連続）があるモデルを作製し、断層がないモデルと結果を比較した。各20回前後の実験を行い、解析した。

断層がないモデルに注水した場合、亀裂はパイプ先端から水平方向へ進展した。その際、亀裂先端の破壊進展方向に対して斜め前方に最も強い応力集中を見せた。さらに亀裂進展の影響で、孔先から離れた部分も含めて試料全体の応力が変化した。断層があるモデルでは、亀裂は断層面に到達後、断層面に沿って進展した。その際、断層がない場合と同様に亀裂先端に強い応力集中が生じるとともに、断層上盤側により強い応力集中が見られた。亀裂進展速度を比較すると、断層がないモデルに比べて断層があるモデルは数倍の速さで破壊が進み、断層の存在は亀裂進展を加速させることがわかった。

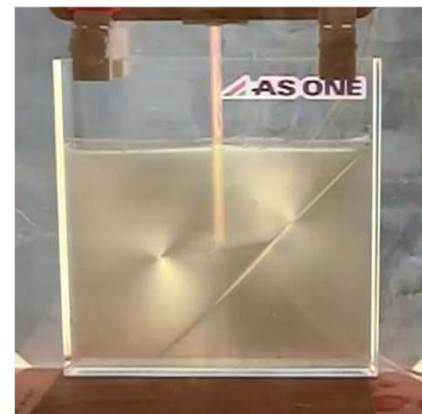


図 1. 寒天ゲルに断層を模した弱面をつくり、アクリルパイプから注水をおこない、光弾性観察を行った様子。亀裂先端に強い差応力がかかって白くなっている。

発表文献等（この研究を発表した雑誌・図書・学会等について記入してください。印刷中は in press と記入してください。著者名は省略せず、全てを記入し、自分の名前に下線を引いてください。欄が足りない場合は、増やして記入してください。）

雑誌	論文標題	注水による誘発地震発生場を模擬した寒天ゲルを用いた光弾性実験手法				
	著者名	大嵯 雅人, <u>吉光 奈奈</u> , 平野 史朗, 福山 英一				
	雑誌名	地震 第2輯				
	ページ	83~91	発行年	2022	巻号	75
学会等	演題	Photoelastic Experiments to Visualize the Stress Distribution during the Fluid Injection				
	発表者名	<u>Yoshimitsu, N</u> ; S. Hirano; E. Fukuyama				
	学会名	19th International Conference on Flow Dynamics	発表年	2022年11月11日		
学会等	演題	Visualization of the spatiotemporal changes in the stress distribution accompanying with the fluid injection through photoelastic experiments				
	発表者名	Masato Osaki; <u>Nana Yoshimitsu</u> ; Eiichi Fukuyama; Hirano Shiro				
	学会名	日本地球惑星科学連合 2022 年大会	発表年	2022年5月25日		

英文抄録（100語～200語程度にまとめてください。）

For efficient energy resource recovery, fluid injection has been an important procedure in recent years. However, an increment of the pore pressure of a preexisting weak plane induces earthquakes. In a natural environment, direct stress spatiotemporal observation is difficult. Photoelasticity is a unique method to visualize the differential stress strength with transparent materials in the laboratory. We chose agar gel to mimic the crust to observe the stress distribution during crack propagation accompanied by fluid injection. We put a thin cuboid container with gel between two polarization plates and quarter-wave plates and shed light from behind. We took high-speed videos during the water injection from a syringe through an acrylic pipe. After the water injection started, water cracked the gel sample, and we observed an intense stress concentration on the crack tip, similar to the theoretical pattern of the mode I crack. When the crack tip reached the weak plane, the propagation direction changed along the plane. The crack propagation speed showed a clear difference on the weak plane and other areas with similar injection rates. We observed a very high-stress concentration when the water was initially injected into the sample, and a crack reached the fault plane. Arrangement of this experimental method would deepen understanding of the stress state around the injection hole.