

# タリム盆地の掘削調査で地下 7km の地殻にかかる力を計測

## 概要

林 為人 (りん うえいれん) 京都大学大学院工学研究科教授、孫 東生 中国地質科学院地質力学研究所主任研究員、曾根大貴 (そね ひろき) ウィスコンシン大学マディソン校助教らの研究グループは、中国のタリム盆地で行われた天然ガス探査の掘削調査によって地下 7km というこれまでにない大深度から取り出した岩石試料の地殻応力<sup>1</sup>測定に成功しました。今回の計測には ASR 法<sup>2</sup>という計測手法を用いていますが、これほどの大深度で周囲の地層の様子などと整合性のある測定に成功したのは今回が初めてです。大深度での地殻応力が測定可能になったことで、地球科学や地球工学などの分野で更に ASR 法活用が進むことが期待されます。

本研究成果は平成 29 年 7 月 3 日 (月)、*Scientific Reports* に掲載されました。



地下約 7 キロメートルの深度から採取し今回の実験に用いた岩石試料。試料の表面に貼り付けた「ひずみゲージ」で微小なひずみを測定する。

## 1. 背景

地震や火山運動などの地殻運動を理解し解明するには、その原動力である地殻応力の状態を知ることが必要不可欠です。地殻深部に現在かかっている応力を実際に計測するには大深度掘削が必要ですが、技術的・予算的な制約から実施が難しい場合が多いのが現状です。加えて、大深度下では孔内の高温や不安定な孔壁の状態などで計測が難しいため、掘削で取り出した岩石試料を用いた測定手法の確立に期待が寄せられています。

これまで岩石試料を用いたさまざまな応力測定の手法が提案されてきたものの、信頼性の高い手法はいまだに存在していません。大深度での地殻応力計測は地震発生メカニズムの解明などの地球科学分野と石油等の地下天然エネルギー資源開発などの地球工学分野から強いニーズが寄せられており、手法の確立を目指した研究

<sup>1</sup> 物体に力が加かったときに力に応じて物体の内部に生じる抵抗が応力。地殻を構成する岩石の応力を地殻応力と呼ぶ。

<sup>2</sup> 岩石試料を地層から取り出した際に、瞬時に回復する弾性ひずみと徐々に回復する非弾性ひずみが生じる。ASR 法では非弾性ひずみを測ることで地層から切り離す前にかかっていた力を測定することができる。

が世界各地で行われていました。

## 2. 研究手法・成果

今回の研究では、天然ガスの探査のためタリム盆地の中央部に掘られた深度 7,169 メートルの大深度鉛直掘削で取り出された試料を用いました。孔内の温度は約 200℃という高温状態であるため、孔内で応力測定は実施できませんでした。しかし、盆地の形成史や地質構造を解明するためには地殻応力の測定が必要です。そこで、採取直後の掘削岩石試料に地殻応力測定 ASR 法を適用し、盆地中央部の応力状態の測定を試みました。ASR 法がこれほどの大深度に適用された例はありません。

ASR 法による測定の結果、タリム盆地の中央部 6~7 キロメートルの深度範囲の現在の地殻応力状態は鉛直方向の応力成分が最大で、水平成分が最小となる正断層を形成するような状態であることが判明しました。この応力状態は、タリム盆地周辺に見られる、水平応力成分が最大で、鉛直成分が最小となる逆断層の応力状態とは異なるものです。ASR 法による応力測定結果は、掘削孔の孔壁に発生した局所的な破壊から推定された二次元応力状態とも整合性のあるものでした。更に盆地中央部の音波探査で観察された正断層の構造特性とも一致しました。つまり、地殻応力測定 ASR 法は 7 キロメートルの大深度下でも適用できることが証明されたといえます。

## 3. 波及効果、今後の予定

一般的には、災害を引き起こすような地震の震源深度は 5 キロメートル以深~数 10 キロメートルであり、石油や天然ガス貯留層の深度も数キロメートル以深の場合が多いとされています。このような大深度の地殻応力は ASR 法で計測できることが確認されました。東南海地震と南海地震の震源断層であるフィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界断層を掘削する海洋科学掘削プロジェクトが南海トラフ海域で行われており、海底下深度 5 キロメートルまでの掘削が計画されています。そのような掘削の際にも、ASR 法により地殻応力測定の道筋ができるものと期待されます。したがって、今後は地震断層関連の大深度掘削プロジェクトや地下天然エネルギーの掘削孔内において、ASR 法を用いた地殻応力の測定をさらに積極的に行っていきたいと考えています。

ASR 法は、掘削による岩石試料の応力解放後に徐々に回復する微小なひずみを測定の対象としており、このひずみは岩石試料を原位置の地層から切り離れた瞬間から発生するため、応力解放<sup>3</sup>後できる限り早く測定することが重要です。深度が増すと、掘削岩石試料を取り出す時間が長くなります。今回の実験では、試料を取り出してから約 2 日が経過しても応力の測定ができましたが、約 4 日経過すると測定不能となったこともわかりました。今後の運用では応力解放後から計測開始までの時間をいかに短縮するかが課題となります。

## 4. 研究プロジェクトについて

本研究は JSPS 科学研究費補助金(課題番号：16H04065)による支援を受けました。

---

<sup>3</sup> 水中の圧力と同じように、地下の岩石は応力の作用を受ける。岩石試料は掘削により地層から切り離されると、その応力の作用からも解放される。

**<論文タイトルと著者>**

タイトル : Stress state measured at ~7 km depth in the Tarim Basin, NW China

著者 : Dongsheng Sun, Hiroki Sone, Weiren Lin, Junwen Cui, Bizhu He, Haitao Lv & Zicheng Cao

掲載誌 : *Scientific Reports*

DOI : 10.1038/s41598-017-04516-9