

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 1 日現在

機関番号：82110

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22760651

研究課題名（和文）

高強度中性子を用いた岩石中の応力ひずみ分布測定技術の開発

研究課題名（英文）

Stress-Strain Measurement in Rock materials using high-intensity neutron beam

研究代表者

阿部 淳（ABE JUN）

独立行政法人日本原子力研究開発機構・J-PARC センター・博士研究員

研究者番号：70513604

研究成果の概要（和文）：茨城県東海村に建設された J-PARC の高強度パルス中性子ビームを用いて、中性子回折法による応力ひずみ測定を岩石材料へ展開するために、岩石材料中の残留ひずみ測定と一軸圧縮試験を行いながらのその場中性子回折実験を行った。その結果、岩石材料からでも、ひずみ解析可能な中性子回折パターンを取得することに成功し、中性子回折法を用いた岩石中の応力ひずみ解析を行えるようになった。

研究成果の概要（英文）：While the stress-strain measurements using neutron diffraction technique has been focused mostly on metals, the application to geological materials was examined. Measurements of residual strain in rock sample and in situ strain measurement on specimens under uniaxial compression have been performed. As results of neutron diffraction measurement, sufficient neutron diffraction patterns could be obtained. This indicated that stress-strain distribution in rock samples is measurable using neutron diffraction technique.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	2,100,000	630,000	2,730,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学

キーワード：地殻工学

1. 研究開始当初の背景

これまで、岩石材料のひずみ測定は、ひずみゲージを用いるマクロスコピックな測定手法が主であったが、X線や中性子などの量子ビームを用いたミクロスコピックな測定手法が発達してきた。茨城県東海村に建設さ

れた J-PARC の物質・生命科学実験施設では、2008 年から供用運転を開始し、世界最高クラスの高強度パルス中性子ビームを用いた実験が可能になっている。さらに、従来の岩石ひずみ測定は試料表面のひずみ測定にとどまっていたが、高い透過能を持つ中性子を用

いることにより、試料内部のひずみ解析が行えるようになり、岩石の変形挙動や破壊発生挙動の解明に有益な情報が得られると考えられる。

2. 研究の目的

量子ビームを用いた応力ひずみ解析はこれまで金属材料を対象にしたものが主であったが、これを岩石材料へ展開することを目指す。岩石試料内部を用いて、ひずみ解析可能な中性子回折パターンを取得するための実験条件（中性子侵入深さ、測定時間、測定波長領域、ゲージボリュームなど）を検討し、岩石材料の残留ひずみ測定および一軸圧縮下におけるその場ひずみ計測を行う。得られた中性子回折パターンからひずみ解析を行い、岩石の変形挙動、破壊発生挙動を解析する。

3. 研究の方法

(1) J-PARC の物質・生命科学実験施設には、中性子回折法を用いて工学材料中の応力ひずみ状態を解析することを目的とした工学材料回折装置「匠」が建設された。「匠」を用いて、岩石試料からでも応力ひずみ解析可能な中性子回折パターンが取得できるか検討した。そのために、地下深部の応力情報を保持していると考えられる岩石試料を用いて、岩石材料中の残留ひずみ測定を行った。また、ひずみ解析可能な中性子回折パターンを取得するために、測定波長領域、ゲージボリュームおよび測定ジオメトリの最適化を行った。

(2) 一軸圧縮試験を行いながら中性子回折測定が行えるように、圧縮試験用の装置を設計・開発し、様々な岩種の岩石コア試料の一軸圧縮試験を行いながらその場ひずみ測定を行った。ひずみ量は中性子回折法とひずみゲージから求め、それぞれから得られるひずみ量と両者の違いから岩石の変形挙動、ひずみ発生挙動を検討した。

4. 研究成果

(1) 地下深部の応力情報を保持していると考えられる岩石試料の残留ひずみ測定を行った。その結果、ゲージボリュームを 2x2x2mm に絞り、中性子の透過パス長さが 40mm ほどでもひずみ解析可能な中性子回折パターンの測定に成功した。このことから、中性子ビームを用いることで、これまで測定することができなかった試料内部のひずみに関する情報が得られると言える。測定された中性子回折パターンの石英の回折ピークシフト量からひずみ解析を行い、その結果、試料片に対してひずみの異方性が観測された。さらなる残留ひずみ測定を行うことにより、岩石試料が形成された地下深部の応力状態を復元

できると考えられる。

(2) 様々な岩種の岩石コア試料を用いて、一軸圧縮試験を行いながら中性子回折パターンを測定し、その場ひずみ測定を行った。圧縮荷重の増加に伴って、石英の回折ピーク位置が原子面間隔の小さい方へシフトするのが観測された。このことから、鉱物結晶中にひずみが蓄積していることがわかる。

空隙をほとんど含まない Novaculite を試料に用いた場合には、ひずみゲージから求まるマクロなひずみ量と中性子回折から求まる結晶中に蓄積するミクロなひずみ量とは近い値となった。一方で、空隙を多く含む Berea 砂岩（空隙率 20%）を試料に用いた場合には、マクロなひずみとミクロなひずみに差異が見られた。これは、岩石中に含まれる空隙が変形あるいは粒子が滑ることにより、ミクロなひずみよりもマクロに大きくひずむことに起因していると言える。

高強度中性子ビームを用いて、岩石材料からでもひずみ解析可能な中性子回折パターンの取得する事ができた。岩石の残留ひずみの測定からは、地下深部の応力情報を解明できると考えられ、圧縮試験を行いながらのひずみ測定からは、岩石の破壊発生挙動、変形挙動が明らかになると考えられる。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔学会発表〕（計 4 件）

- ① 阿部 淳 ほか、J-PARC 「匠」での中性子回折を用いた岩石中のひずみ測定、日本地球惑星科学連合 2011 年大会、2011 年 5 月 24 日、幕張メッセ国際会議場
- ② 阿部 淳 ほか、中性子回折を用いた一軸圧縮下にある岩石のひずみ測定、資源・素材関係学協会合同秋季大会 2011 年 9 月 28 日、大阪府立大学
- ③ 阿部 淳 ほか、Strain Measurement in Geological Material with Engineering Materials Diffractometer (BL-19) at J-PARC, AOCNS 2011 年 11 月 23 日、EPOCHAL TSUKUBA
- ④ 阿部 淳 ほか、中性子回折を用いたひずみ測定 of 岩石材料への展開、第 3 回 MLF シンポジウム 2012 年 1 月 19 日、いばらき量子ビームセンター

6. 研究組織

(1) 研究代表者

阿部 淳 (ABE JUN)

独立行政法人日本原子力研究開発機構・

J-PARC センター・博士研究員

研究者番号：70513604

(2) 研究分担者
なし

(3) 連携研究者
なし