

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K03991

研究課題名（和文）地表付近の基盤岩に発達する断層破砕帯における最近の地震性すべり検出方法の開発

研究課題名（英文）Development of detect method of recent seismic slip in the fault zone of near-surface basement rocks

研究代表者

大谷 具幸（Ohtani, Tomoyuki）

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：20356645

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：原子力規制庁が掘削したボーリングコアを用いて、根尾谷断層の地下浅部破砕帯において各種分析を行った。断層ガウジ帯全体ではスメクタイト・方解石が検出されるとともに、Caが多く含まれる。一方で、低CT値を示す領域として認められる最新すべり面は隣接する断層ガウジと比べるとCaが相対的に少ない。SEM観察により、最新すべり面ではCaの濃集部が点在するのに対して、隣接する断層ガウジでは脈状の分布を示す。これは断層破砕帯の発達において古くはクラックを方解石が充填していたものの、最近の活動では破砕を生じるのみであり、濃尾地震から約130年が経過した現在でも鉱物充填は進んでいないことを示している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果より浅部断層破砕帯における最新すべり面の特徴を根尾谷断層を例として明らかにした。これにより断層破砕帯の性状から最近の活動の手がかりを定性的に見いだすことが可能となった。学術的には地震性すべりに伴う浅部断層破砕帯の挙動をCT値や鉱物充填の観点から明らかにしたとともに、社会的には従来の手法では活動性評価が困難であった上載層を伴わない、あるいは地下浅部の活断層を対象として本研究成果を適用することにより定性的な評価が行えるようになることが期待される。

研究成果の概要（英文）：Analyses of fault gouges in the shallow zone of the Neodani Fault were performed using the borehole core drilled by the Nuclear Regulation Authority. Smectite and calcite are detected and Ca is well included in the whole zone of fault gouges. Latest slip plane, which is defined as a region with lower CT values, is Ca-poor relative to the neighboring fault gouges. SEM observation shows Ca-rich spots in the latest slip plane and mineralized veins with Ca in the neighboring fault gouges. This suggests that calcite filled cracks during ancient fault activity and no filling occurs recently and after the 1891 Nobi Earthquake.

研究分野：地質学

キーワード：断層破砕帯 最新すべり面 根尾谷断層

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 地表の断層破砕帯を調査して、断層破砕帯の地下深部で生じる現象を明らかにしようとする研究が以前より行われてきた(例えば、Chester et al., 1993)。近年では、活断層破砕帯を調べることにより、地表付近における断層活動が破砕帯に与える影響を明らかにしようとする試みが進められている(例えば、加藤ほか, 2015)。

(2) 活断層破砕帯の熱年代学的な研究では、摩擦発熱が期待される地下深部と低封圧条件下であり摩擦発熱が期待されない地表付近では得られる年代値が異なっており、地下深部と地表付近での封圧等の違いが結果に影響することが知られている。地表付近の断層破砕帯を用いた断層活動年代の研究例として、K-Ar 年代測定法では Clauer (2013)、フィッシュトラック年代測定法では Tagami (2012)、ESR 年代測定法では Fukuchi et al. (2007) がある。これらの研究では、断層破砕帯における地震性すべりにより摩擦発熱が生じ、その結果として年代値のリセットが生じることにより断層の最新活動年代を特定することができる。ただし、そのためには年代値のリセットが十分に生じる必要があり、摩擦発熱が不十分な場合にはリセットに至らず、最新活動年代を求められないことになる。

2. 研究の目的

(1) 原子力発電所の安全評価や高レベル放射性廃棄物の処分サイト選定等では上載層を用いた活断層評価を行うことができず、基盤岩に発達する活断層破砕帯から活動性評価を試みざるを得ない場合がある。そのために、地表付近の基盤岩に発達する活断層破砕帯の特徴を明らかにすることを通して、摩擦発熱によらない手法により最近の地震性すべりの有無を評価できるようにすることを本研究の目的とする。

(2) 1891 年濃尾地震で地表変位を生じた根尾谷断層を対象に原子力規制庁が掘削した 2 本のボーリングコアを用いて、破砕物質の密度変化、化学組成の変化、温度変化に伴う粘土鉱物の変化を調べることにより、地表付近の基盤岩に発達する断層破砕帯から最近の地震性すべりの有無の検出を試みる。さらには、地表付近と地下の断層破砕帯を比較検討することにより、地表付近の断層破砕帯の特徴を明らかにする。

(3) 活断層での鉱物充填過程を知るためには、活動直後ではなく活動からある程度時間が経過した断層を対象とすることが望ましい。根尾谷断層は 1891 年の濃尾地震を引き起こしてから約 130 年が経過しており、鉱物充填過程を調べるのにふさわしい。これらのボーリングコアには、濃尾地震の際に変位を生じた最新すべり面が含まれており、地下における最新すべり面を観察・分析することができる。そこで、最新すべり面の断層ガウジ中における充填鉱物の産状を確認することにより、鉱物充填が断層活動に伴うものか明確にして、その形成過程を解明する。

3. 研究の方法

(1) 調査対象地は濃尾地震の際に 6 m の垂直変位を生じた岐阜県本巣市根尾水鳥であり、圧縮性断層ジョグに位置している。本研究では、2019 年に原子力規制庁が掘削したパイロット孔である NDFP-1 と本孔である NDFD-1-S1 のボーリングコアを調査対象とする。NDFP-1 孔は傾斜井であり、掘削長 140.0 m、孔底深度 106.8 m である。NDFD-1-S1 はほぼ鉛直に掘削された孔井であり、掘削長 524.8 m、孔底深度 516.9 m である(原子力規制庁, 2019)。

(2) 原子力規制庁が行った孔井掘削により得られたボーリングコアを用いて、断層破砕帯の X 線 CT 観察、粉末 X 線回折分析(XRD)、蛍光 X 線分析(XRF)、微小部蛍光 X 線分析(XGT)を行った。

4. 研究成果

(1) NDFP-1, NDFD-1-S1 とともにジュラ紀付加体である美濃帯の泥岩基質メランジュを主体とし、一部にチャート、玄武岩を含む。NDFP-1 では掘削深度 110.8 m、NDFD-1-S1 では 387.7 m で最新すべり面を貫通する(図 1)。

(2) X 線 CT 観察では、NDFP-1 と NDFD-1-S1 における最新すべり面と想定されるせん断断面内部はきわめて低い CT 値、すなわち

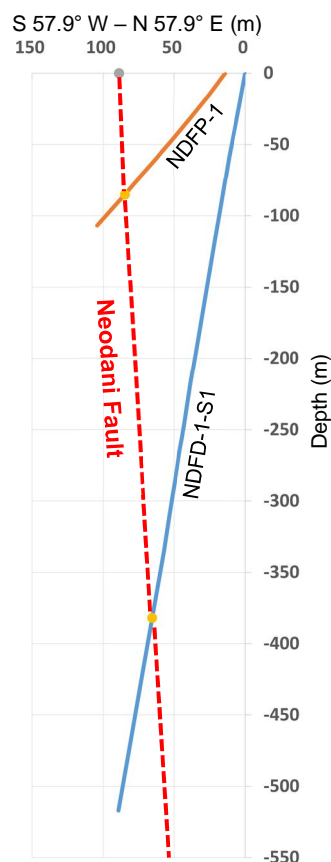


図 1 NDFP-1, NDFD-1-S1 の孔跡図

低密度である(図2)。一方、最新すべり面でない断層ガウジでは低いCT値は認められず、断層角礫等の他の断層岩類と同様の値を示す。

(3) XRD では、最新すべり面の有無にかかわらず断層ガウジで方解石とスメクタイトが検出された。XRF では、NDFP-1 の最新すべり面とその近傍で Ca の濃度が高い値を示す。XGT では、最新すべり面の近傍で Ca の濃度が高いのに対して、最新すべり面そのものでは相対的に低い値を示す。

(4) SEM-EDX により低倍率で元素マッピングを行った結果、Ca は最新すべり面内ではフラグメント状に分布するのに対し、最新すべり面外では脈状に分布している部分が認められる(図3)。BSE 像により最新すべり面内で Ca を含むフラグメントを詳細に観察すると、その形状は垂円形であり、自形性を有していない。これは、断層活動により方解石の破碎が繰り返されたこととともに、濃尾地震後の約 130 年間に於いて最新すべり面内の断層ガウジでは方解石の充填は生じていないことを示唆している。最新すべり面外で脈状に分布する Ca は、BSE 像観察により細粒で自形性を有する方解石の集合体であることが確認できる。

(5) 最新すべり面では、圧縮性断層ジョグであるにもかかわらず、濃尾地震の際に最新すべり面に沿って断層ガウジの体積膨張が生じ、密度が低くなったと考えられる。これは、Scaringi et al. (2018) が低封圧下の 600 kPa で行った地すべり粘土のリングせん断試験で変位速度が大きい場合には変位量が大きいほど地すべり粘土の体積膨張が大きくなることを示している点と調和的である。他のガウジでは、CT 値が高く、密度が大きいことから、すべり面の密度回復が十分に生じたと考えられる。その要因として断層ガウジ形成後の鉱物充填や、ある地震の際にすべり面とならないガウジにおける圧縮性ジョグの作用による圧密、広域応力場のもとで生じる地殻の短縮が挙げられる。なお、断層ガウジ試料全般からスメクタイトが検出されることから、最新すべり面の断層ガウジで密度が低くなることは、スメクタイトの膨潤作用によって生じたものではないといえる。

(6) 根尾谷断層の平均活動間隔は約 2100~3600 年(地震調査研究推進本部、2005)であり、濃尾地震から約 130 年が経過した現在でも最新すべり面は他と比べて CT 値が低いので、最新すべり面における密度回復はまだまだ不十分であると考えられる。最新すべり面でない断層ガウジでは、時間の経過とともに密度回復をし、断層の強度回復過程を終えていることが考えられる。しかし、今回対象としているボーリングコアは浅部の試料であり封圧が小さいことから、高い断層強度を必要としないことが考えられる。よって、根尾谷断層の次の地震に向けた大きなひずみエネルギーをこの深度では蓄積できないため、次の断層運動までに完全には密度回復をしないことが考えられる。

<引用文献>

- Chester et al. (1993) J. Geophys. Res. Solid Earth, 98, 771-786.
 Clauer (2013) Chem. Geol., 354, 163-185.
 Fukuchi et al. (2007) Tectonophysics, 443, 127-138.
 原子力規制庁 (2019) 平成 30 年度原子力規制庁請負成果報告書、断層活動性評価手法の構築に係る破碎帯掘削調査。
 加藤ほか (2015) 活断層研究, 43, 1-16.
 地震調査研究推進本部 (2005) 濃尾断層帯の長期評価について. 49pp.
 Scaringi et al. (2018) Geophysical Research Letters, 45, 766-777.
 Tagami (2012) Tectonophysics, 538-540, 67-85.

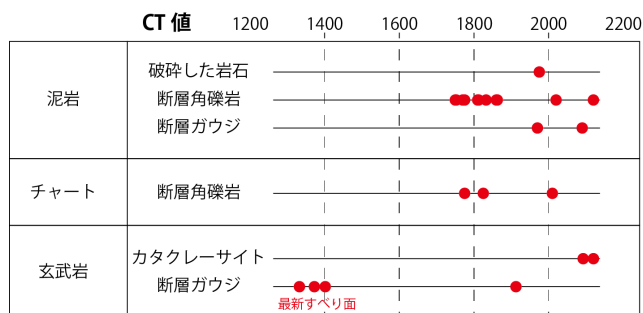


図2 各岩相における CT 値

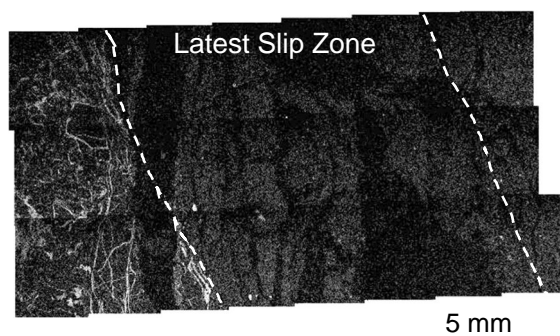


図3 NDFD-1-S1 387.61 m における Ca の面分析結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 荒木 統真・大谷 具幸
2. 発表標題 根尾谷断層の断層ジョグ中のキンクバンドに記録された断層運動
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢田部 和真・大谷 具幸・森 崇
2. 発表標題 X線CTによる根尾谷断層ボーリング掘削の最新すべり面の特徴
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢田部 和真・大谷 具幸・森 崇
2. 発表標題 根尾谷断層ボーリング孔から得られた低密度の最新すべり面と鉱物充填
3. 学会等名 日本地質学会第128年学術大会 名古屋大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢田部 和真・大谷 具幸・森 崇
2. 発表標題 X線CTによる根尾谷断層ボーリング掘削の最新すべり面の特徴
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荒木 統真・大谷 具幸
2. 発表標題 根尾谷断層の断層ジョグ中のキンクバンドに記録された断層運動
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 津留合気・大谷具幸・矢田部和真
2. 発表標題 根尾谷断層の極浅部における基盤岩中の最新すべり面の特徴
3. 学会等名 JpGU - AGU Joint Meeting 2020:Virtual
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関