フィッション・トラック　ニュースレター　第33号　22 - 24　2020年

野外調査に基づく断層運動の影響に関する研究事例の紹介

丹羽正和*

Showcase of case studies on impacts of fault activities based on field investigations

Masakazu Niwa*

* 日本原子力研究開発機構，Japan Atomic Energy Agency

はじめに

断層は模式的には1条の面として扱われるが，実際には，断層運動により周辺岩盤が破砕されてできたある幅（厚さ）を持ったゾーン（破砕帯）で構成されることがほとんどである（本報告においては，断層ガウジまたは断層角礫を伴い，目安として1本/10 cm以上の割れ目密度を持つゾーンを破砕帯と呼ぶ；Niwa et al., 2011）．特に，地質図で表記できるような数100 m～数km以上の長さの断層については，長期にわたる繰り返しの活動に伴い，露頭でも明瞭に認識できる幅数10 cm～数m以上の破砕帯をしばしば伴う．

さらに，断層は複数条からなる断層帯を構成することが多い．断層帯およびその周辺には，断層運動の継続により一貫して成長を続けている破砕帯のみならず，過去の断層運動により形成されたものの現在は活動を放棄した破砕帯も多数存在する．また，過去に活動を放棄したが，応力場の変化により，活動を再開した破砕帯の存在も考えられる．

地層処分などの地下空間利用においては，断層運動が周辺岩盤に及ぼす変位や破壊などの影響範囲を評価することが求められる．地下坑道掘削中には，過去に形成された破砕帯や小断層に遭遇する可能性もある．遭遇した破砕帯や小断層の活動性を検討するため，それらから採取した試料の鉱物・化学分析や年代測定を行うことが考えられる．こうした地質構造は，現在の活動が地表で認められる断層帯の延長ではないことも多い．しかし，広域的なスケールでは，散在する破砕帯や小断層の分布傾向や性状は,その地域の特徴を反映していると考えられる．したがって，地表での広域的な調査により得られる破砕帯や小断層の分布傾向の把握や性状ごとの分類に基づき，広域的な地史や断層帯の発達史に関して検討しておくことは，評価のバックグラウンドとして非常に重要である．

本報告では，岐阜県北部，飛騨地域の跡津川断層を事例対象とした野外調査に基づき，活断層帯周辺における破砕帯の空間分布と性状について整理し，断層運動の影響を検討した事例について紹介する．

活断層帯周辺における破砕帯の空間分布とその特徴

跡津川断層は東北東－西南西走向の右横ずれ断層 (北西隆起を伴う)で，最新活動は1858年の飛越地震とされている（跡津川断層トレンチ発掘調査団，1989）．また，既往の構造地質学的研究からは，跡津川断層の形成時期は白亜紀まで遡るとされている（竹内，1983；金折ほか，1988；Takagi et al., 2005）．したがって，白亜紀～現在までの長い期間の中で形成された様々な性状の破砕帯が分布すると考え，跡津川断層西部を中心とした約10 km×25 km四方の範囲を対象に破砕帯の分布と性状を把握するための野外調査を行った（図1）．

調査の結果，破砕帯の分布密度は跡津川断層から両側約500 m以内の範囲で急増し，破砕帯の幅も，2 mを超える規模の大きいもののほとんどが同じ範囲内に存在することが分かっ

た（図2；Niwa et al., 2011）．ただし，跡津川断層の両側500 mより離れた領域にも，幅2 m以下の小規模な破砕帯は普遍的に点在する．

さらに，Niwa et al.（2011）は，破砕帯を特徴ごとにいくつかのタイプに分類し，破砕帯充填物質の鉱物組成などの情報も踏まえながら，跡津川断層帯の発達過程について考察を行っている．分類ごとの記載と考察の詳細については当該論文を参照いただきたいが，跡津川断層の両側500 mより離れた領域に分布する幅2 m以下の小規模な破砕帯の多くは，節理，片理，岩相境界といった弱面に沿って発達する破砕帯で特徴づけられる傾向が見られる．

調査地域で観測されている過去の微小地震の震源分布を整理すると，跡津川断層沿い（両側1 km以内）の震源の深さは約10 km前後のものが多いのに対し，それより離れた領域で観測された地震の震源は，深さが10 kmより浅いものが多い（図3；Niwa et al., 2011）．跡津川断層から離れた領域に分布する節理，片理，岩相境界などの弱面に沿って発達する破砕帯の成因は，重力滑動や封圧の開放といった地震以外の要因も考えられるが，過去の地殻浅部の微小地震に伴って形成されたものである可能性にも留意する必要があろう．

最近，Tamura et al.（2020）は，跡津川断層帯を含む飛騨地域の新潟－神戸ひずみ集中帯における地質調査に基づき，当該地域に普遍的に存在する小断層が，GNSS観測から推定されるひずみ速度（～12 mm/年）と，当該地域に分布する第四紀断層の変位速度の総和（～6.7 mm/年）との乖離を賄う役割を担っている可能性を指摘している．前述した跡津川断層の中心から離れた領域に分布する小規模な破砕帯についても，ひずみ集中帯内部においては，現在の応力場のもとで変位しうる断層として認識すべきものが存在することを示唆する．

引用文献

跡津川断層トレンチ発掘調査団（1989）岐阜県宮川村野首における跡津川断層のトレンチ発掘調査. 地学雑誌，98，440-463.

金折裕司ほか（1988）跡津川断層北東部における花崗岩類の微小変形構造とその形成過程. 地質学雑誌，94，887-901.

Niwa, M. et al. (2011) Spatial distribution and characteristics of fracture zones near a long-lived active fault: A field-based study for understanding changes in underground environment caused by long-term fault activities. Engin. Geol., 119, 31-50.

Takagi, H. et al. (2005) Dating of fault gouges from the major active faults in southwest Japan: Constraints from integrated K–Ar and XRD Analyses. AAPG Mem., 85, 287-301.

竹内　章（1983）跡津川断層のルーツ．月刊地球，5，373-377.

Tamura, T. et al. (2020) Contribution to crustal strain accumulation of minor faults: a case study across the Niigata–Kobe Tectonic Zone, Japan. Earth Planets Space, 72:7. https://doi.org/10.1186/s40623-020-1132-5

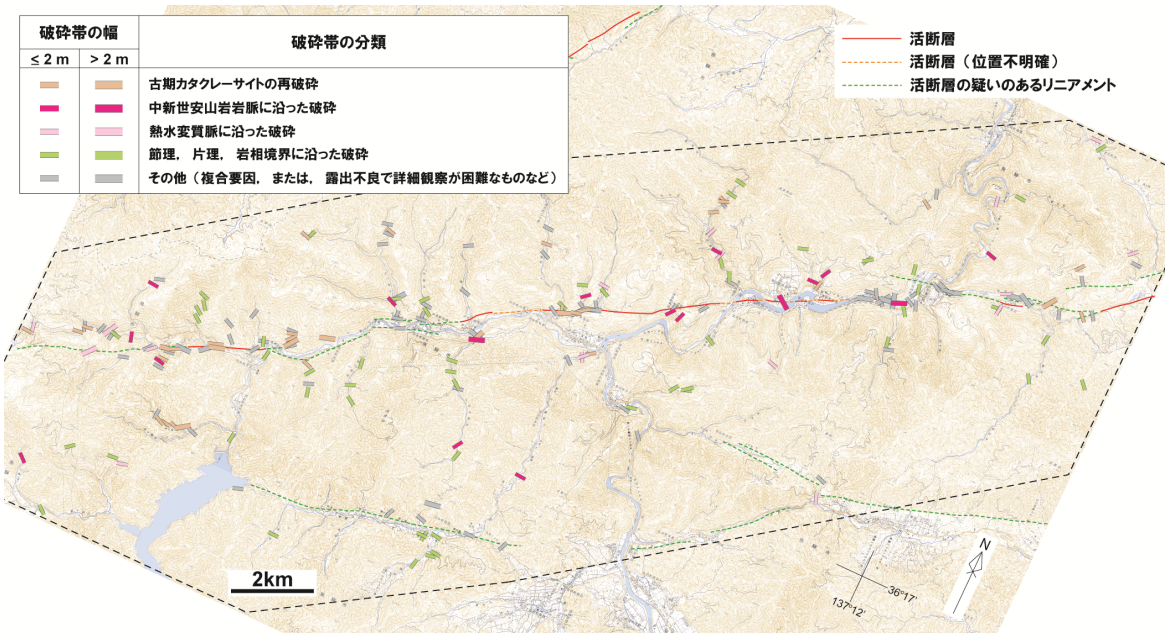

図1　調査地域の破砕帯の分布と分類．破砕帯の位置を示す棒の長軸の向きは破砕帯の走向に相当する．ベースマップには地理院地図を採用した．Niwa et al.（2011）に基づき作成．

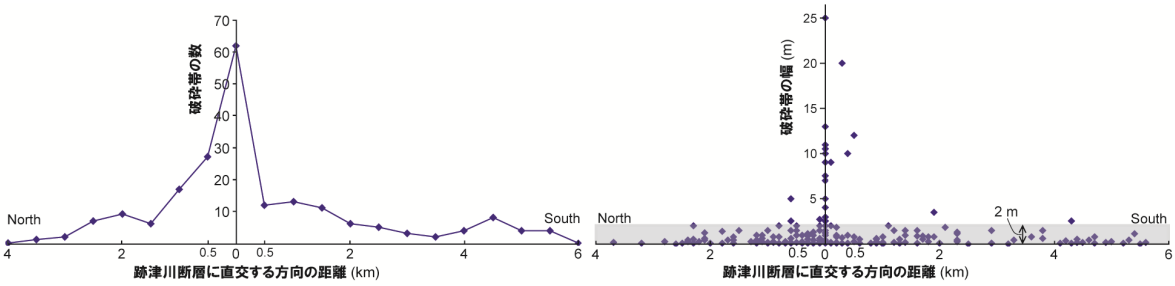

図2　調査地域内に分布する破砕帯の数と幅の跡津川断層に直交する方向における変化．Niwa et al.（2011）に基づき作成．

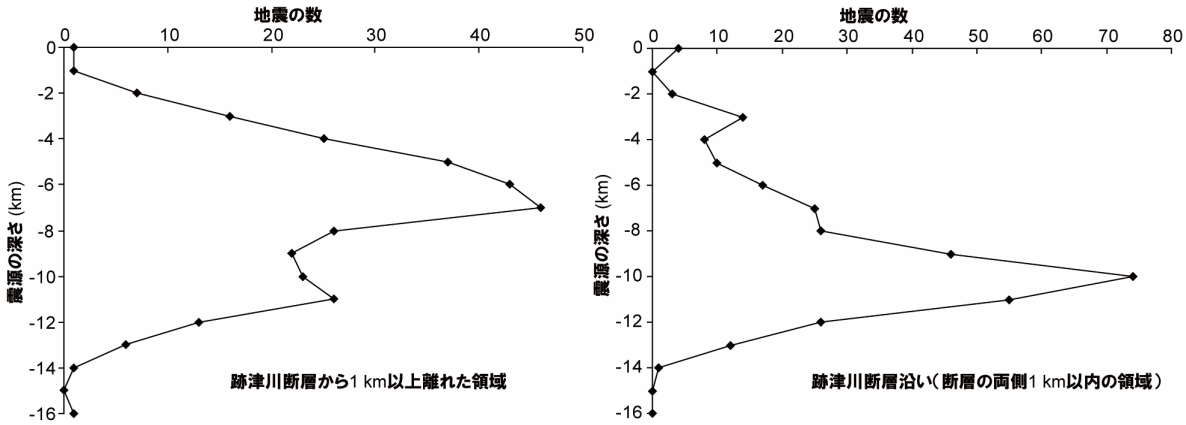

図3　1997年10月～2007年12月の期間に調査地域において観測された地震の震源の深さのヒストグラム．気象庁による観測データに基づく．Niwa et al.（2011）に基づき作成．