

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K13578

研究課題名(和文) 破砕帯・断層帯内に含まれる鉱物ナノ粒子に着目した新しい活断層評価法の確立

研究課題名(英文) Preservation of amorphous ultrafine material: A proposed proxy for slip during recent earthquakes on active faults

研究代表者

廣野 哲朗 (Hirono, Tetsuro)

大阪大学・理学研究科・准教授

研究者番号：70371713

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：1596年慶長伏見地震で活動した有馬-高槻断層帯の断層試料を電子顕微鏡で観察・分析した結果、周辺の岩石と比較して、数10ナノメートル以下のサイズの非晶質な微粒子が、多く含まれていることを発見した。そこで、非晶質微粒子の溶解速度定数³を文献値から参照し、現地の環境条件(温度・pH)にて、何年間保存されるかを解析した結果、約1000年で完全に消失(地下水に溶解)することが明らかになった。この結果は、「非晶質微粒子が残存している断層 約1000年前以降に活動した活断層」ということを意味し、活断層の新しい活動性評価手法として期待される。

研究成果の概要(英文)：Displacement of the Quaternary strata known of the sedimentary age is a unique proxy for evaluating the activity of the faults. However, such soft ground was often removed for the plant construction, falling in the difficulty (nearly impossible) to judge whether the faults beneath the plant are still active or not. Here we propose a new proxy, amorphous ultrafine particles preserved in the fault, to be evident that the fault recently slipped, after at least approximately a thousand years ago, by the chemical kinetic constraint of the dissolution reaction: Amorphous ultrafine particles with orders of size from 10 to 100 nm, formed by comminution during earthquake slip^{4,5}, have faster dissolution rate than the corresponding crystalline form⁶. Evaluation of fault activity by using this proxy directly contributes not only to the earthquake risk assessment of the nuclear plants but also to the sustainability of urban civilization on tectonically active zones.

研究分野：地震断層学

キーワード：活断層 地震

1. 研究開始当初の背景

福島第一原子力発電所の炉心熔融と建屋爆発事故を受けて、現在、国内の多くの原子力発電所（例えば大飯、敦賀、東通）の安全性の見直しが原子力規制委員会の有識者会合（専門家調査団）によって実施されつつある。特に、原子力発電所敷地内に発達する破碎帯の活動性の評価が喫緊の最重要課題である。しかし、活断層かどうかの評価には、地表付近に堆積している第四紀堆積層のズレの存在が唯一の判断基準であり、敷地の整地時に第四紀堆積層を削割した場合、破碎帯の活動性の評価はほぼ不可能である（図1）また、破碎帯が確認される場合でも、構造的

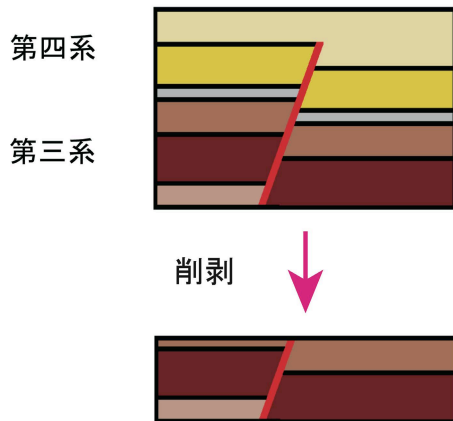


図1: 削割による断四系の消失

か地滑り性かといった認定も極めて難しい。

2. 研究の目的

破碎帯・断層帯の活動性評価は、地表付近に堆積している第四紀堆積層のズレの存在が唯一の判断基準である。しかし、人工的な削割などで第四紀堆積層が存在しない場合、その評価は極めて難しい。そこで本研究では、この大問題を打開すべく、破碎帯・断層帯内に含まれる鉱物ナノ粒子に着目した新しい活断層評価法の確立を目指す。地震時の強い破碎によって鉱物は細粒化するが、ナノスケールの微粒子は H_2O への高い溶解度と早い溶解速度を持つため、interseismic の期間に消失することが予想される。すなわち、「ナノ粒子が保存されている断層 ≡ 最近活動した断層」と期待できる。そこで、粉碎岩石試料を用いた水熱溶解実験を実施し、反応速度論的に時間軸の導入を試みる。

3. 研究の方法

破碎帯・断層帯内に含まれる鉱物ナノ粒子に着目した新しい活断層評価法の確立のため、次の分析・実験を計画している。初めに第四紀での活動履歴が明瞭な断層にて、粉末X線回折法と RockJock プログラムを用いた

鉱物組成の定量分析、および走査型電子顕微鏡による粒径分布計測・ナノ粒子定量と透過型電子顕微鏡による結晶性評価を実施する。次に、高速摩擦試験機と粉碎ミルを用いて粉碎試料を精製し、その試料にて温度領域 50-200°C での水熱反応実験を実施する。実験後試料では、同様に鉱物組成・粒径分布・結晶性の分析より、鉱物ナノ粒子の溶解速度定数、およびアレニウスの式に基づく活性化エネルギーおよび頻度因子を算出する。これにより任意の温度での鉱物ナノ粒子の減少プロファイルの評価が可能になり、実際の断層での鉱物ナノ粒子の量との比較によって、活断層の最新活動時期の推定を目指す。

4. 研究成果

まず、1596年慶長伏見地震で活動した有馬-高槻断層帯の断層露頭（図2）を調査し、断層部分より試料を採取した。

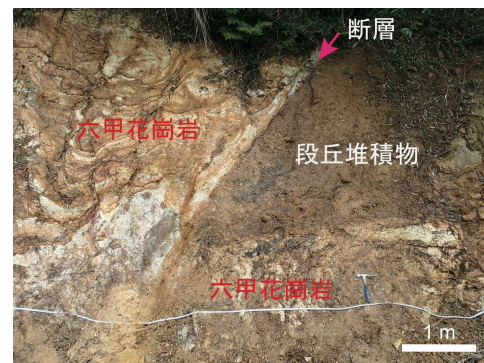


図2: 有馬-高槻断層帯の露頭

次に採取した試料において、電子顕微鏡で観察・分析した結果、周辺の岩石と比較して、数 10 ナノメートル以下のサイズの非晶質な微粒子が、多く含まれていることを発見した（図3）。

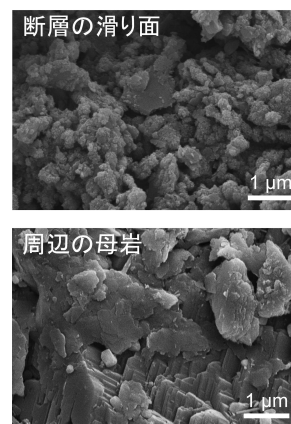


図3: 電子顕微鏡による観察画像

そこで、非晶質微粒子の溶解速度定数を文献値から参照し、現地の環境条件（温度・pH）

にて、何年間保存されるかを解析した結果、約 1000 年で完全に消失（地下水に溶解）することが明らかになった。

この結果は、「非晶質微粒子が残存している断層≒約 1000 年前以降に活動した活断層」ということを意味する。これまで、活断層・破碎帯の評価では、地表付近に堆積している第四紀堆積層のズレの存在が唯一の判断基準であった。しかし、構造物を建築する際、敷地の整地時に第四紀堆積層を削剥し、かつ破碎帯の側方延長の調査でもこの層の露出が得られない場合、その評価はほぼ不可能であった。このようなケースにおいても、本研究で示すように、破碎帯に非晶質微粒子が含まれるかどうかを確認し、その場の環境条件を含めた溶解反応の速度論的解析を実施することによって、直近約 1000 年前以内に活動したのかどうかを判定することが可能になる。

今後、歴史地震を引き起こした他の活断層にて検証を重ね、断層に含まれる鉱物の種類等による影響の精査を行うとともに、溶解速度定数を各断層の試料にて実験的に決定することによって、最新活動時期の推定が期待できる（図 4）。

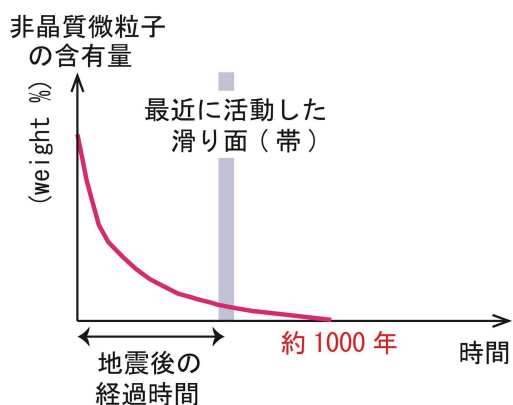


図 4: 非晶質微粒子の含有量の経時変化

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）

〔雑誌論文〕（計 3 件）

Hirono T., Asayama S. Kaneki S. and Ito A. 2016 Preservation of amorphous ultrafine material: A proposed proxy for slip during recent earthquakes on active faults. Scientific Reports 6 36536 doi:10.1038/srep28184, 査読有。

Kato N. and Hirono T. 2016 Heterogeneity in friction strength of an active fault by incorporation of fragments of the surrounding host rock. Earth

Planets and Space 68:134, 査読有。

加藤尚希・廣野哲朗・石川剛志・大谷具幸, 2015, 阿寺断層田瀬露頭における断層ガウジの鉱物学的・地球化学的特徴. 活断層研究, 43 1-16, 査読有。

〔学会発表〕（計 3 件）

山下純子・朝山暁・廣野哲朗, タイトル: 長野県北部神城断層における非晶質微粒子の生成 学会名: 日本地震学会 2016 年秋季大会, 2016 年 10 月 5 日, 兵庫。

朝山暁・金木俊也・廣野哲朗, 活断層における地震すべり由来非晶質微粒子の保存. 日本地震学会 2015 年度秋季大会, 2015 年 10 月 26 日, 兵庫。

朝山暁・金木俊也・廣野哲朗, 有馬高槻構造線における主滑り面での非晶質微粒子の保存. 日本地球惑星化学連合大会 2015 年大会, 2015 年 5 月 26 日, 千葉。

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 1 件）

名称: 断層活動性評価方法及び断層活動性評価システム

発明者: 廣野哲朗

権利者: 大阪大学

種類: 特許

番号: 特願 2017-92231

出願年月日: 2017 年 5 月 8 日

国内外の別: 国内

○取得状況（計 0 件）

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣野 哲朗 (HIRONO, Tetsuro)

大阪大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号: 7 0 3 7 1 7 1 3

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

()