

## 紀伊山地中央部に分布する四万十付加体における重力斜面変形と深層崩壊の形成要因について Geological conditions of gravitational slope deformation and deep-seated catastrophic landslides in the Shimanto accretionary complex of the central Kii Mountains

○荒井紀之・千木良雅弘

○Noriyuki ARAI, Masahiro CHIGIRA

The purpose of this study is to reveal the geological structure and geomorphological primary causes and mechanisms of rain-induced deep-seated catastrophic landslides (DCLs) and related deep-seated gravitational slope deformations (DGSDs) in an accretionary complex, focusing the Shimanto accretionary complex as a typical example. We undertook a thorough geological and geomorphological investigation in the middle of the Kii peninsula, where many rain-induced DCLs occurred in 1889 and 2011 by heavy rainfalls of typhoons. As a result, we found many unknown thrusts with clay gouge and clayey breccia in a typical accretionary complex, and the thrust faults form the base of DGSDs and rain-induced rockslides. It is due to the weakness and low permeability of the crush zones. Accretionary complexes, which typically have thrust faults with incohesive fault rocks, thus provide a place for DGSDs and DCLs.

### 1. はじめに

近年、世界各地で地球温暖化に関係すると考えられる異常気象が発生し、これまでの観測記録を塗り替える豪雨が多発するようになり、それとともに世界各地で大規模な崩壊が発生している。例えば、台湾では2009年の台風モラコットの豪雨による小林村の斜面崩壊 (Tsou et al., 2011) 等がある。

日本の西南日本外帯には、四万十帯や秩父帯といった付加体が広く分布し、これらの地域では、台風に伴う降雨や海溝型の巨大地震に伴い、大規模な崩壊が数10年から数100年間隔の頻度で発生しているが、その発生メカニズムや発生場所を予測する手法はいまだに確立されていない。付加体中には、衝上断層のように低角の破碎帯が一般的に認められるが、その山地斜面内での分布や地形形成プロセスへの影響については研究例に乏しい。

本研究の目的は、豪雨に伴って四万十付加体で発生する深層崩壊とその発生に密接な関係のある重力斜面変形を対象として、徹底的な地質調査を行い山地斜面内の地質構造と衝上断層の分布と性状を明らかにするとともに、重力斜面変形や深層崩壊発生の地質学的な素因を究明することである。

### 2. 研究域

熊野川上流域の隣接する3地域、さらに、それ

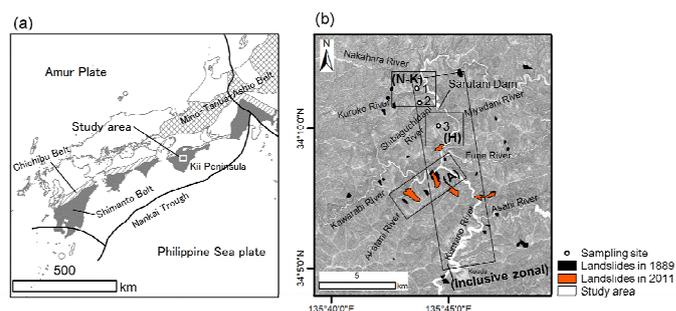


Fig. 1: Locality map of the study area. (a) Location of the study area in the wider context of Japan, showing the plate boundaries and various lithological belts. (b) Detailed map of the study area showing the elevation and locations of landslides that occurred in 1889 (black areas) and in 2011. The black rectangular outlines show the four study areas: (A) Akatani; (N-K) Nakahara Kuroko; (H) Hiyoso; (K) Nakahara-Koudou. Open circles with numbers are the sampling points for dating.

らを含む広域について調査を行った (Fig. 1)。ここでは、2011年台風12号 (Talas) によって多くの深層崩壊が発生し、その時の出水は河川沿いの植生をなぎ取り、極めて良好な露頭を露出させた。調査地に分布する地層は、四万十帯北帯の美山コンプレックスと花園コンプレックスに属している。

まず、地質構造と重力斜面変形や深層崩壊と衝上断層との関係を、3つの地域 (A, N-K, H) について調査した。A (赤谷) は、2011年に深層崩壊が2箇所発生した地域で、砂岩主体の岩盤が含まれる。N-K (中原-黒河) は、面構造の発達し

た泥質岩主体の破断層，ブロックインマトリックス岩の分布地域である．H（飛養曾）は，泥岩と砂岩とからなる破断層が向斜構造をなす地域である．次に，これら3つの地域を包含し，地質構造のトレンドに大きく斜交するK地域について衝上断層分布，重力斜面変形や新旧の深層崩壊地の分布と衝上断層との関係について研究した．

### 3. 結果とまとめ

研究の結果、深層崩壊とそれに先立つ重力斜面変形は、付加体に特有の非固結粘土質脆性破砕帯を伴う衝上断層と、それを含む山体の侵食過程に支配されていることが初めてわかった．

- ・研究域の四万十付加体北帯中には、数 km 間隔で厚さ 1 m 以上の非固結粘土質の脆性破砕帯を伴う北西傾斜 ( $16^{\circ} \sim 52^{\circ}$ ) の衝上断層が存在する (Fig. 2)．

- ・研究域の四万十付加体北帯で発生する重力斜面変形や深層崩壊は、非固結粘土質脆性破砕帯を伴う北西傾斜の衝上断層が北～北西傾斜の斜面において流れ盤をなし、河川侵食により断層が浅い深度を通過する場所の上盤で選択的に発生する．このような斜面では、まず、斜面上部に谷向き小崖や線状凹地が形成される．調査地域ではこれらの小崖の形成開始は、少なくとも約 7 千年から約 5 万年前まで遡ることが示された．河川侵食がさら

に進行し、衝上断層が斜面脚部においてある限界深度に到達すると、豪雨が引き金となって深層崩壊が発生する．この限界深度は、岩盤の性質や構造、断層上盤を構成する岩盤の剛性や斜面の比高等により変わると推定される．

- ・非固結の脆性破砕帯を伴う衝上断層は、粘土質の破砕物質を有し、連続的な力学的弱層かつ遮水層となる．その結果、このような衝上断層は、豪雨時に間隙水圧の急上昇をもたらす急激な崩壊発生の原因となる．

- ・流れ盤を構成する衝上断層に加えて、斜面傾斜方向の高角断層が存在する場合、周辺の岩盤と切り離された不安定くさびが形成され、衝上断層が単独で存在する場合よりも重力斜面変形や深層崩壊が発生しやすい場となる (Fig. 3, a)．

- ・頻度は少ないが局所的な向斜構造により付加体中の帯状構造や衝上断層が変形した場所においては、一般的な方向からはずれた重力斜面変形や深層崩壊が発生すると推定される (Fig. 3, c)．

- ・四万十帯では、北から北西向に傾斜し数 km 以上側方に連続する衝上断層や、北西-南東走向の高角断層が多数存在することが知られており、衝上断層単体や、衝上断層と高角断層、節理等の地質不連続面とからなるくさび体の流れ盤をなす場所では、上記のような重力斜面変形と降雨による深層崩壊の発生は、一般的なものであると考えられる．

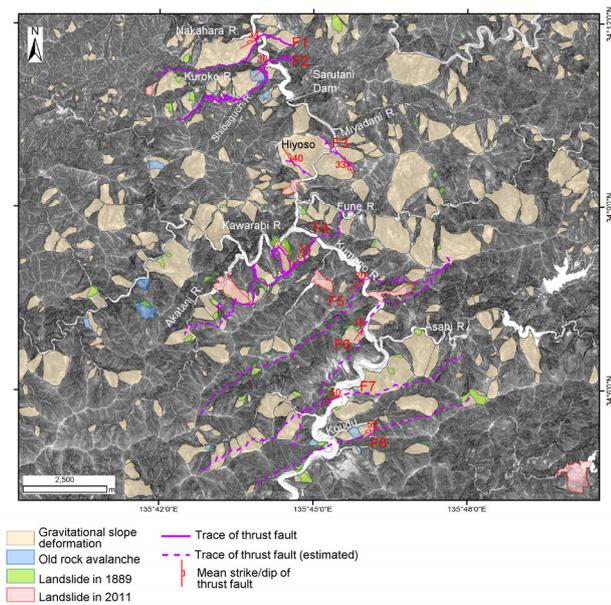


Fig. 2: Map showing the distribution of thrust faults with incohesive crush zones, gravitational slope deformation, and landslides.

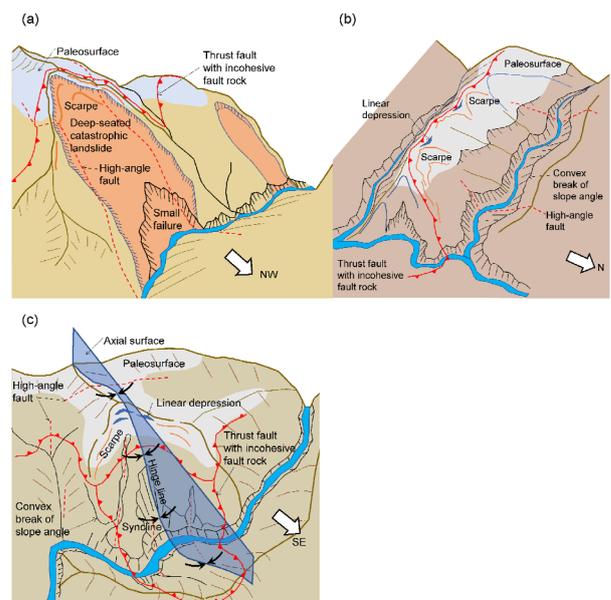


Fig. 3: Schematic diagrams showing geological structures and geomorphic features of DGSDs and landslides in an association with a thrust fault. (a) mixed rock and sandstone-dominated rocks and cataclinal slope, (b) mudstone-dominated rocks and cataclinal slope, (c) mixed rock, broken formation and sandstone-dominated rocks and partially cataclinal slope and valleyward-plunging syncline. Shaded surface is the axial surface.