

P37. 神戸層群の大規模地すべり発生の地形・地質条件

Geomorphological and geological control of occurring large scale landslide in the Kobe Group

○村井政徳 (高知大院・黒潮圏海洋), 横山俊治 (高知大・理)

Masanori MURAI, Shunji YOKOYAMA (Kochi Univ.)

1. はじめに

神戸層群の分布地域は近畿地方でも有数の地すべり多発地帯として知られており, 空中写真や地形図判読によって多くの地すべり地形の存在を読みとることができる。なかでも三田盆地中央部の吉川町一帯は, ほとんどの斜面が地すべりによって形成されている。

神戸層群は多数の凝灰岩層を挟在しており, これらを素因とする地すべりが発生している。神戸層群に多くみられる地すべりは, 幅 50~100m, 長さ 100~300m, 深さ 5~15m で $10^3 \sim 10^4 \text{m}^3$ 規模の比較的小規模な地すべりである。しかし, 吉川町南東部の吉川川沿いの豊岡北地区や南水上地区では, 移動体の層厚は最大でも 20m 程度と薄いものの $10^6 \sim 10^7 \text{m}^3$ 規模の大規模地すべりが発生している。

本発表では, これら神戸層群にみられる大規模地すべりが発生する地形・地質条件について既往研究成果も踏まえて考察することとする。

2. 三田盆地中央部の地形・地質

三田盆地は西側を除く三方を「コの字」状に山地に囲まれている。稜線の標高は 150~300m, 斜面の平均傾斜 $10 \sim 15^\circ$, 起伏量は 30~50m の丘陵地である。三田盆地に分布する地すべりのほとんどは傾斜 15° 以下の斜面で発生している。

三田盆地の神戸層群は非海成堆積物からなり, 一部に流紋岩質凝灰岩層や亜炭層を挟在する。尾崎・松浦¹⁾は, 三田盆地に分布する神戸層群を下位より三田層, 吉川層, 細川層の 3 層に細分しており, 調査対象としている地域には吉川層が分布している。また, 秋山ほか²⁾によって, 調査対象地域に分布する凝灰岩層は下位より滝, 中大沢, 豊岡, 市原, 北畑, 奥谷の 6 部層に区分されている。

地質構造は西に緩やかにブランチしている大向斜構造で代表されるが, 北西-南東方向系と東北東-西南西方向系の断層および褶曲軸が発達し, 向斜・背斜を繰り返していて, 単調な西方傾斜ではないと考えられる。

3. 神戸層群大規模地すべりの事例 (豊岡北地すべり)

神戸層群分布域における大規模地すべりの事例として美囊郡吉川町の豊岡北地すべりについて詳述する。豊岡北地すべりは, 兵庫県美囊郡吉川町の南東部に位置し, 東を坊主岩と大岩鼻を結ぶ稜線と西を吉川川に

挟まれた東西方向に細長い緩傾斜地を形成している。

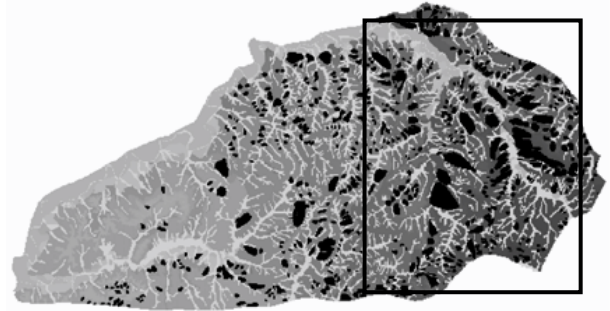


図-1 研究対象地域の地すべり分布図 (梶山敦司原図)
(四角囲いは図-2 の範囲)

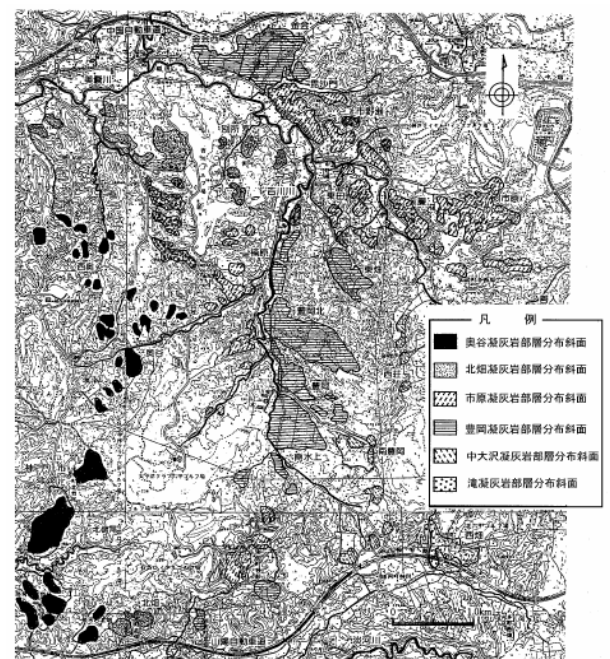


図-2 地すべり発生斜面分布図 (秋山晋二原図)

<地形>

豊岡北地すべりを形成する吉川川右岸斜面 (西向き斜面) で平均勾配は約 4° と非常に緩い。この緩傾斜面は吉川川河床 (標高 130m) から標高 200m まで続く。礫岩層が分布する標高 200~270m の斜面は傾斜 $10 \sim 15^\circ$ で, 稜線に至る。尾根頂部の標高は 230~270m で尾根線は西北西-東南東方向に伸びている。稜線を挟んだ東向き斜面は傾斜 20° 前後の急斜面となっている。本地域は層理面が大局的には西~西北西方向に傾斜しており, この地質構造を反映して, 典型的なケスタ地形が発達している。

<地質>

豊岡北地すべりが発達する斜面には下位より天狗岩砂岩泥岩部層、豊岡凝灰岩部層、日西原砂岩礫岩部層³⁾からなる吉川層が分布している(図-5)。図-3には地表踏査およびボーリングコア観察から得られた情報をもとに作成した本地域の総合柱状図を示す。

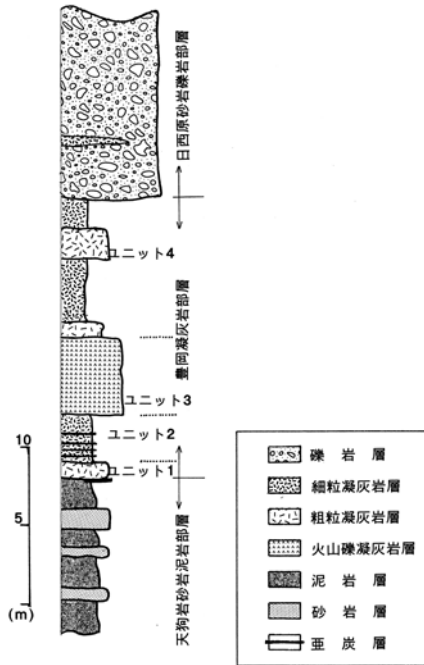


図-3 豊岡北地すべり地の岩相層序

豊岡北地すべりの斜面地質は延性度較差の大きな硬質層と軟質層との互層で、西に3~4°傾斜する同斜構造である。最上位には硬質の礫岩層である日西原砂岩礫岩部層が地すべり地の背後斜面から尾根にかけて分布している。豊岡凝灰岩部層はその下位に位置し、一軸圧縮強度で数 10^3 ~数 10^4 倍の差をもつ硬軟互層からなり、4つのユニットに岩相区分される。ユニット4は軟質層優勢互層で、礫岩層分布域では礫岩層をキャップブロックとするキャップブロック構造を形成している。ユニット3は硬質な火山礫凝灰岩層でハンマー衝撃により火花が出るほどの硬さをもつ。一軸圧縮強度は103~167MPaである。ユニット2は基本的にはユニット3同様、硬質層であるが、一部軟質化している部分もある。軟質化しているとはいえ、ユニット4やユニット1に比べると硬質である。ユニット1は全体がほぼ均質な軟質層であり、含水により著しくスレーキングする性質がある。黄灰色を呈するのが特徴的で、地元では“イヌグツ”と呼ばれている。豊岡凝灰岩部層の下位には硬質層である天狗岩砂岩泥岩部層の砂岩・泥岩互層が分布している。泥岩層は塊状ないしは水平~3°のラミナが発達する。露頭では乾湿繰り返しによるスレーキングのため軟質化していることが多い。一方、砂岩層は塊状の細粒~中粒砂からなりスレーキングはしない。砂岩・泥岩ともにボーリングコアでは短柱状~棒

状で採取され、岩盤等級ではC_L級(一部C_M級)に相当する。

<豊岡北地すべりの発生層準>

豊岡北地すべりでは、ユニット1をすべり面とする大規模地すべり(10⁶~10⁷m³オーダー)とユニット4をすべり面とする小規模(10²~10³m³オーダー)地すべりが共存している。図-4に示した本地すべりの輪郭をつくる大規模地すべり地形は、ユニット1下底と砂岩・泥岩互層との境界部をすべり面とする地すべりによって形成される。ユニット1をすべり面とする地すべりは、凝灰岩とその下位層との境界のみをすべり面として滑動するのではなく、ユニット1(層厚約1m)の層全体が塑性変形をして滑動していると考えられる。ユニット1は側方変化に乏しく層厚はほぼ一定であるものの、一部のボーリングコアではそれが引き伸ばされて層厚50~80cmに減少している。さらに、集水井工事の事前調査ボーリングではその層厚は1~5cmと極端に薄くなり、局部的には完全に欠如してしまっているところもある。これは層全体が塑性変形をしている証拠といえる。

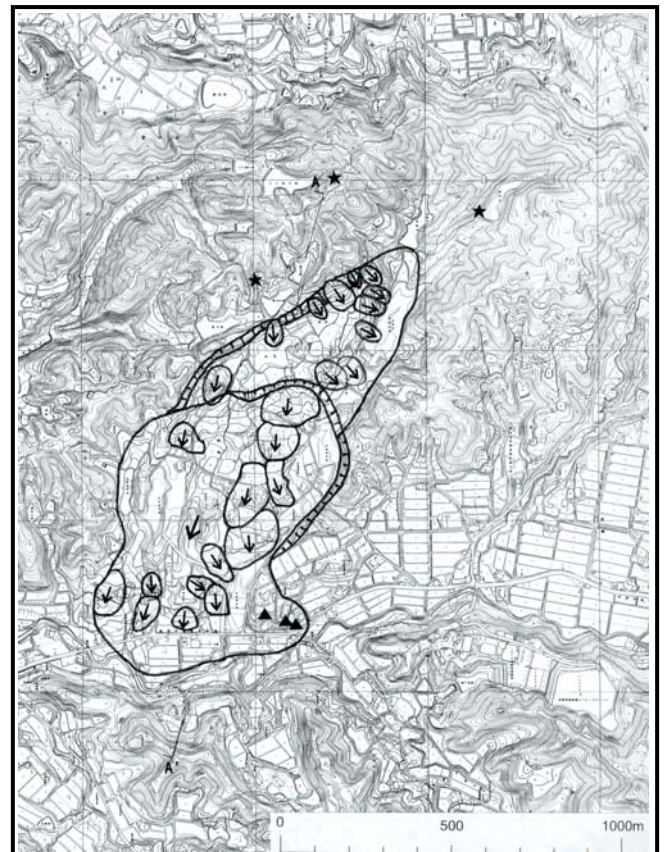


図-4 豊岡北地すべり・地すべりブロック図

(→: 地すべりの移動方向, ★: 含礫砂岩への凝灰岩の貫入が認められた箇所, ▲: 露頭およびボーリングにおいてユニット1の繰り返し確認された箇所)

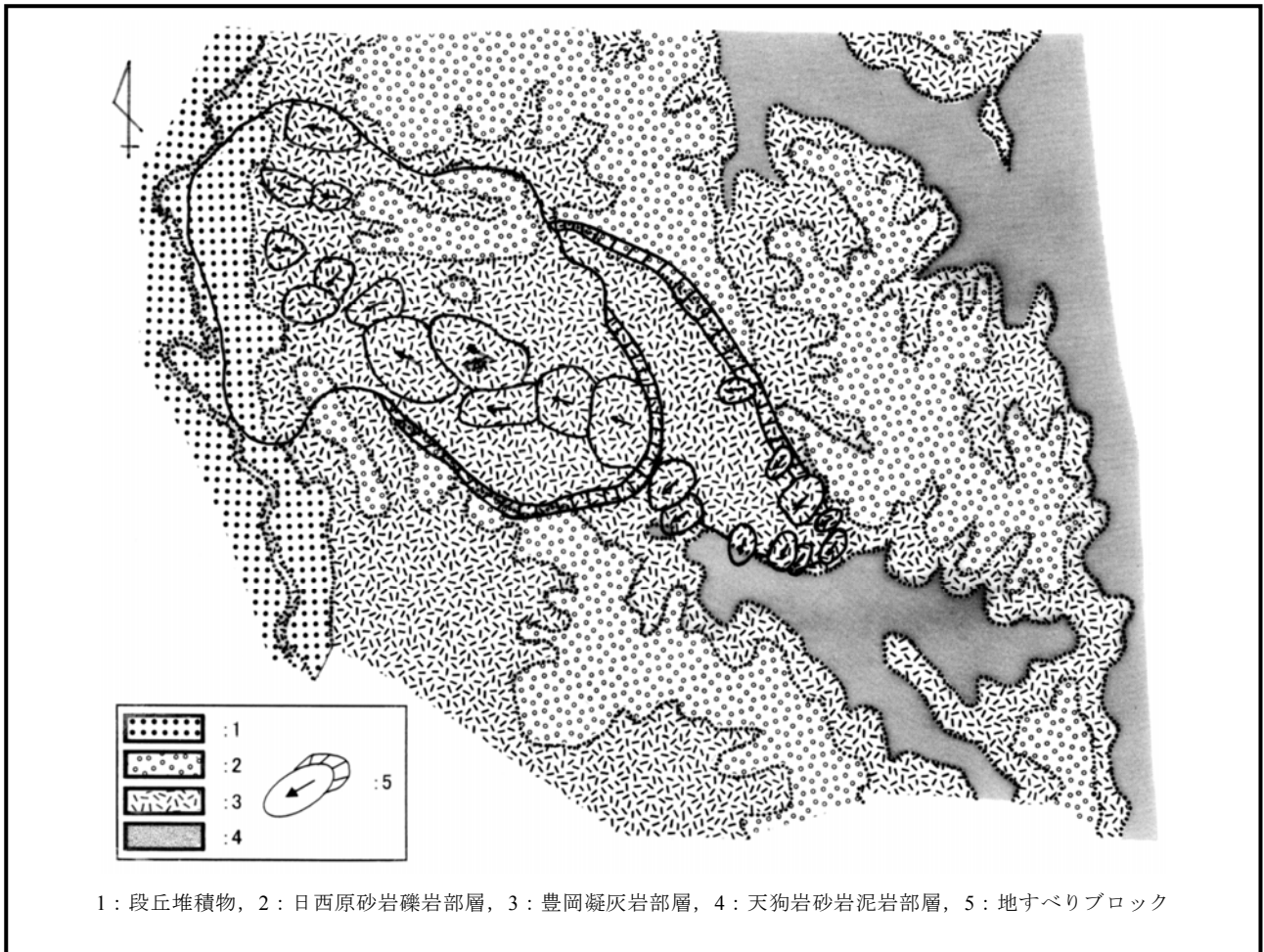


図-5 豊岡北地すべり地の地質図

このほかに、大規模地すべりのすべり面はユニット1であるという根拠としては、集水井施工中にユニット1の下底面で地すべり滑動を示唆する条線が認められていること、ユニット1の直下位に薄く挟まれる亜炭層をユニット1が取り込んでいることが挙げられる。また、地すべりの末端部におけるボーリングでは、岩相の繰り返し（ユニット1とユニット2が2回出現）が数箇所認められることから、大規模地すべりの末端では、ユニット1は上位層であるユニット2やユニット3に衝上して移動体スラブを形成していると考えられる。ユニット1は上位をユニット2、下位を砂岩・泥岩互層と上下を硬質層に挟まれていて、塑性変形領域が固定されていることが大規模地すべり形成の素因となっているものと考えられる。

一方、ユニット4をすべり面とする地すべりは小規模な地すべりである。すべり面はユニット4の軟質凝灰岩と中粒硬質凝灰岩との境界、軟質凝灰岩とユニット3（硬質火山礫凝灰岩）の境界に形成されることが多い。ユニット4からなる地すべり移動体は、微地形と硬軟互層構造を反映して、容易に座屈褶曲や礫岩層への乗り上げ構造を形成して圧縮域の変形に移行するため、地すべり規模が小さくなっている。また、ユニット4の軟質層は全層が流動化するフロータイプの地

すべりも起こす。

4. 神戸層群にみられる大規模地すべりの特徴

調査地域の地すべり地形、地すべり分布地質などを検討した結果、大規模地すべり発生には次のような特徴があることが明らかとなった。

- (1) 同地域は同斜構造を反映して、典型的な非対称山稜が発達している。この非対称山稜のケスタの背面に、大規模な地すべり地形は形成されている(図-6)。
- (2) 神戸層群の大規模地すべりは、移動体の層厚が最大でも20mと薄いにもかかわらず、広い面積を有している。斜面構成地質は硬質層と軟質層とが互層する延性度較差の大きな層状岩盤である。すべり面は延性度較差が大きい凝灰岩と非凝灰岩(砂岩泥岩互層)との境界に沿って凝灰岩層中に形成され、平滑で連続性が良い。
- (3) 神戸層群の地すべりの滑落崖や側方崖の形態は節理や断層などの構造割れ目に規制される。中川⁴⁾でも示されているように、大規模地すべりの滑落崖の方向はリニアメントや節理群の方向とも一致しているという結果が得られている。また、横山⁵⁾では宮崎層群の大規模地すべりも神戸層群同様、滑落崖や側方崖の形態は割れ目に規制されていると報告している。

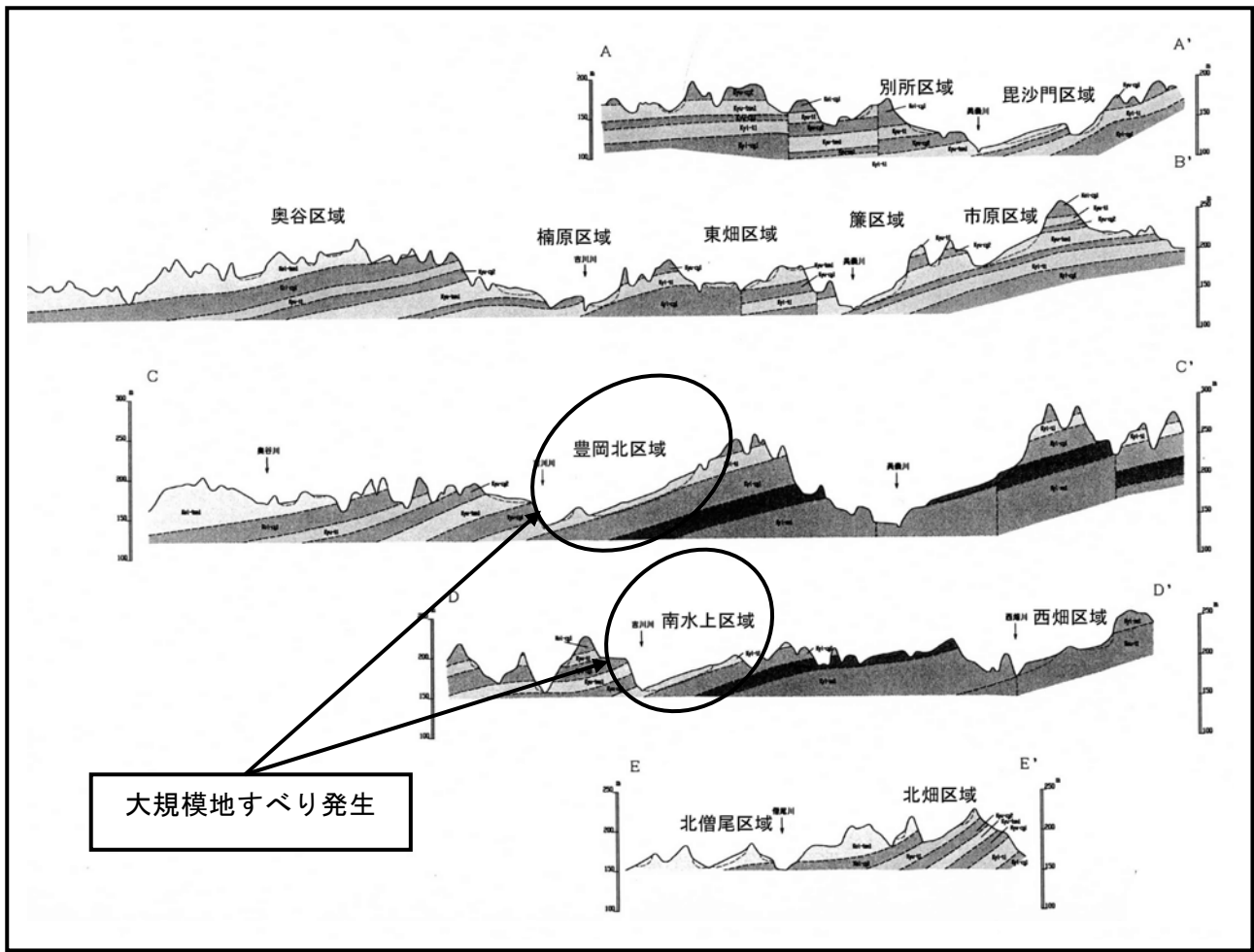


図-6 吉川町周辺地域の地質断面図³⁾ に加筆

- (4) 大規模地すべり末端には吉川川や美囊川などの河川が流下しており、その下刻作用によって斜面末端部が不安定化すると逐次地すべりが発生すると考えられる。現在、豊岡北地すべりや南水上地すべりなど大規模地すべりの素因となっている豊岡凝灰岩部層最下部は吉川川河床付近に位置している。
- (5) 凝灰岩層上位には硬質な礫岩層が分布しており、凝灰岩の浸食を妨げるとともに、地下水を供給すると考えられ、凝灰岩の軟質粘土化を徐々に促進させると考えられる。
- (6) 大規模地すべりの素因となる凝灰岩部層最下位には著しく軟質粘土化した降下火山灰が分布する。この凝灰岩層はほとんどがモンモリロナイトに変質しており、高塑性粘土からなる。凝灰岩の風化機構については今後の研究課題である。

このように、神戸層群凝灰岩地すべりにおける大規模地すべりの発生は、地質構造・岩相組合せ・斜面物質の物性の相互作用によって起こると考えられる。

引用文献

- 1) 尾崎正紀・松浦浩久 (1988) : 三田地域の地質. 地域地質研究報告(5 万分の1 地質図幅). 地質調査所, 93p.
- 2) 秋山晋二・谷 保孝・中川 渉・廣田清治 (2004) :

凝灰岩を鍵層にした神戸層群の層序と地すべりとの関係. 第43回日本地すべり学会研究発表講演集.

- 3) 農林水産省近畿農政局北神戸農地保全事業所 (2004) : 北神戸地区地すべり総合検討 (その5) 業務報告書 (国際航業株式会社).
- 4) 中川 渉・高田卓也・遠藤 司・上野将司 (1999) : 北神戸地域における第三紀層地すべりの地形地質的特徴. 第38回日本地すべり学会研究発表講演集, pp.427-430.
- 5) 横山俊治 (2000) : 上部中新統～下部更新統宮崎層群の大規模岩盤すべり. 山地の地形工学, 古今書院, 東京, 176-177p.