

P3. 神戸層群の切土斜面における風化削剥プロセス

Weathering and denudation process on a cut slope in the Kobe Group



廣田 清治



村井 政徳



廣田 清治 / 愛媛大学大学院理工学研究科
Kiyoharu HIROTA / Ehime Univ.
E-mail : sbhirota@muc.biglobe.ne.jp



村井 政徳 / 高知大学大学院黒潮圏海洋科学研究科
Masanori MURAI / Kochi Univ.
E-mail : mmurai@cc.kochi-u.ac.jp

◆はじめに◆

古第三紀神戸層群が分布する兵庫県三田盆地はベッドタウン建設、高速道路建設の舞台となってきたところで、近年開発の波が急激に押し寄せてきた地域である。また、古くから酒米「山田錦」の高生産地としても有名である。三田盆地では、近年インフラ整備や圃場整備による地形改変によって多くの切土斜面が出現した。掘削によって現れた神戸層群は急速に劣化し、平坦であった斜面は数年を経ずして多数のリルが刻まれ、複雑なリル網で覆われる。そして、その削剥によって流出した土砂で側溝や水田は埋められ、現在は深刻な問題となっている。このような建設工事や農業活動に起因する削剥に関しては国内外を問わず古くから大きな社会問題とされてきた。削剥の発生機構やその対策に関してはこれまでも世界各地で多くの研究があるが、各地域によって削剥要因の特性が異なり、その間に普遍性は見出せない。これは削剥に影響をおよぼす各因子が複雑に錯綜するからである。したがって、神戸層群が分布する三田盆地においても現地に即した研究が必要である。そこで本論文では、農道切土斜面を対象として神戸層群の削剥形態を明らかにするとともに、それらの削剥プロセスについて検討する。



調査位置図

◆調査地の選定◆

調査の対象として、三田盆地のほぼ中央部に位置する神戸市北区大沢町日西原の農道切土斜面(標高 180 m 前後)を選定した。この斜面は切土後 10 数年が経過しており、1:1.0 勾配(45°)で切り取りされている。斜面長は 10 ~ 18 m で、鉛直高は 10 m 前後の西向き斜面である。

◆調査地の気象条件◆

調査地に近い場所の気象データとして、調査対象斜面から北東へ約 5 km 離れた気象庁三田観測所(北緯 34°53.6", 東経 135°12.7", 標高 150 m)における、1979 年 1 月から 2000 年 12 月までの気象データを調べた。この間の平均気温は 13.7°C、年間総降水量の平均は 1,264.5 mm であり、いわゆる瀬戸内式気候に属する。また、最大 1 時間降水量は 1978 年 6 月 16 日の 54 mm、最大日降水量は 1999 年 6 月 29 日の 179 mm である。

◆調査地の地質◆

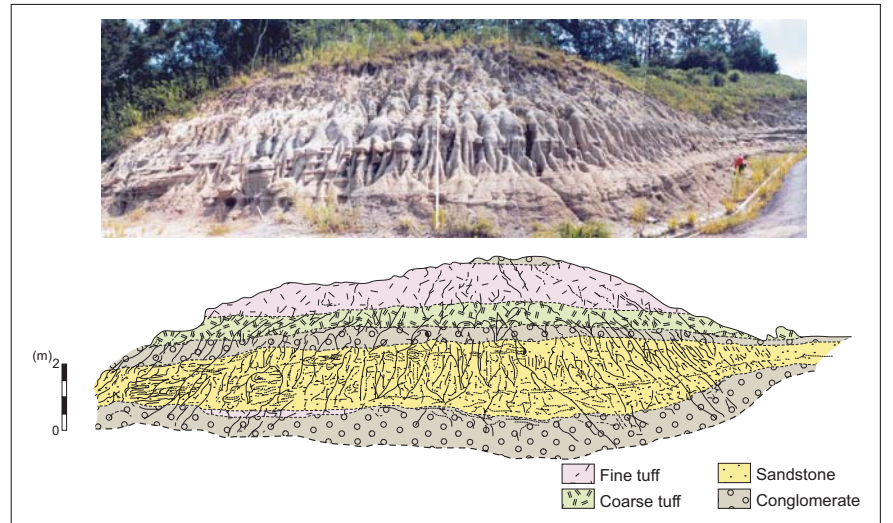
調査対象斜面を構成する地質は神戸層群吉川層吉安砂岩泥岩礫岩部層に相当し、下位から礫岩(Cg1)、砂岩、礫岩(Cg2)、粗粒凝灰岩、細粒凝灰岩、礫岩(Cg3)の順に重なる。また、レンズ状に細粒凝灰岩が挟まれる部分もある。地質構造は概ね NNE - SSW 走向で西に 5° 程度傾斜している。

礫岩は粗粒砂質で、単位面積当たりの礫の占める割合は 30 % 程度である。礫は長径 2 ~ 5 cm の垂円礫~円礫が主体で、泥岩・チャート・流紋岩類からなる。層厚は Cg1 が 50 cm 以上、Cg2 が 1.0 m 程度、Cg3 が 1.0 m 以上である。

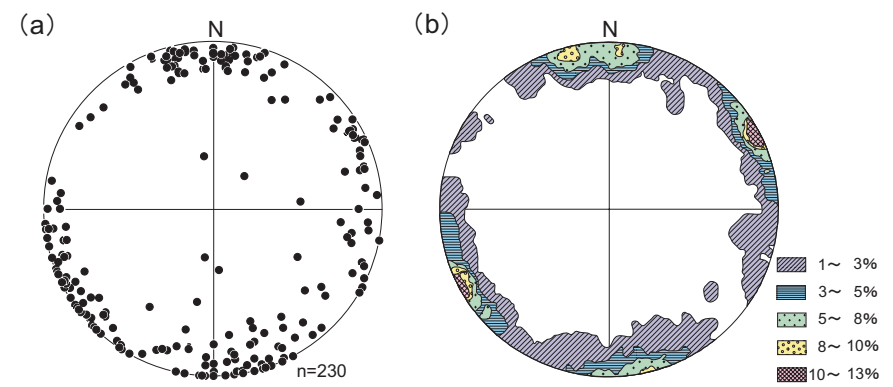
砂岩は上下の礫岩層とは漸移関係にあり、斜交層理 - 平行層理が発達する粗粒砂岩である。層厚は 1.5 ~ 2.0 m である。

凝灰岩は下位の粗粒凝灰岩と上位の細粒凝灰岩とに区別することができ、Cg2 と Cg3 に挟まれて産する。層厚は粗粒凝灰岩が 1.5 m 程度、細粒凝灰岩層が 2.5 m 程度である。凝灰岩は新鮮部では青灰色を呈するが、地表部では細粒凝灰岩は緑灰色、粗粒凝灰岩は淡褐灰色に変色している。細粒凝灰岩、粗粒凝灰岩ともに、表面は日射による乾燥によって亀甲状の微細な割れ目が生じており、厚さ数 cm のバン皮状のクラストを形成する。

また、調査対象斜面には 20 ~ 50 cm 間隔で節理が発達する。節理は砂岩層や礫岩層では明瞭であるが、凝灰岩層では不明瞭となる。右図に示すように、N30°W と N80°E のほぼ直交する 2 方向の節理が卓越しており、傾斜はいずれもほぼ鉛直である。



日西原農道切土斜面の全景写真と地質スケッチ

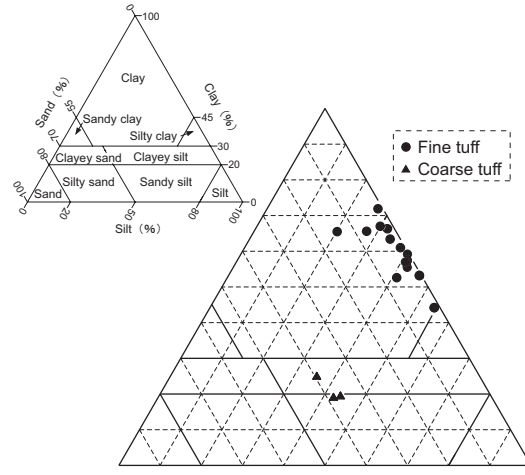


日西原農道切土斜面でみられる節理のステレオネット(下半球投影)(a)とコンターマップ(b)

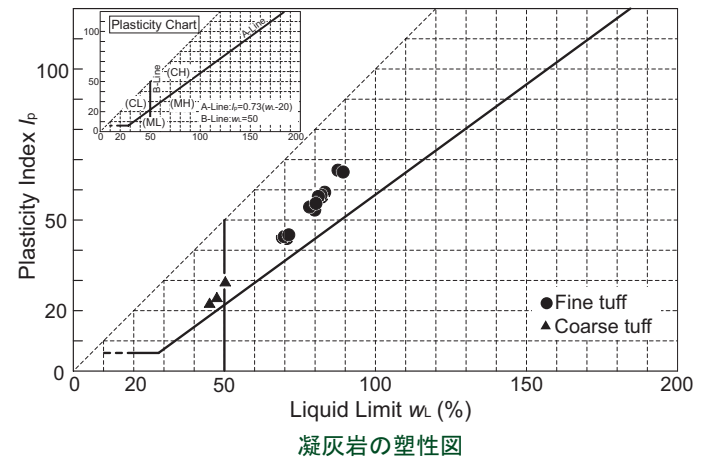
◆斜面構成物質の性質◆

各岩相の力学特性

	Cone penetration hardness (mm)		
	max.	min.	mean (σ)
Upper			
→			
Conglomerate (Cg3) (n=3)	29.0	19.5	22.83 (4.37)
Fine tuff (n=46)	25.0	11.0	17.23 (3.58)
Coarse tuff (n=19)	35.0	24.0	29.76 (3.50)
Conglomerate (Cg2) (n=9)	33.5	20.0	27.50 (3.96)
Sandstone (n=17)	38.0	31.5	34.74 (1.66)
Lower			
↓			
Conglomerate (Cg1) (n=12)	38.0	23.0	31.00 (4.43)



細粒土の三角ダイヤグラム

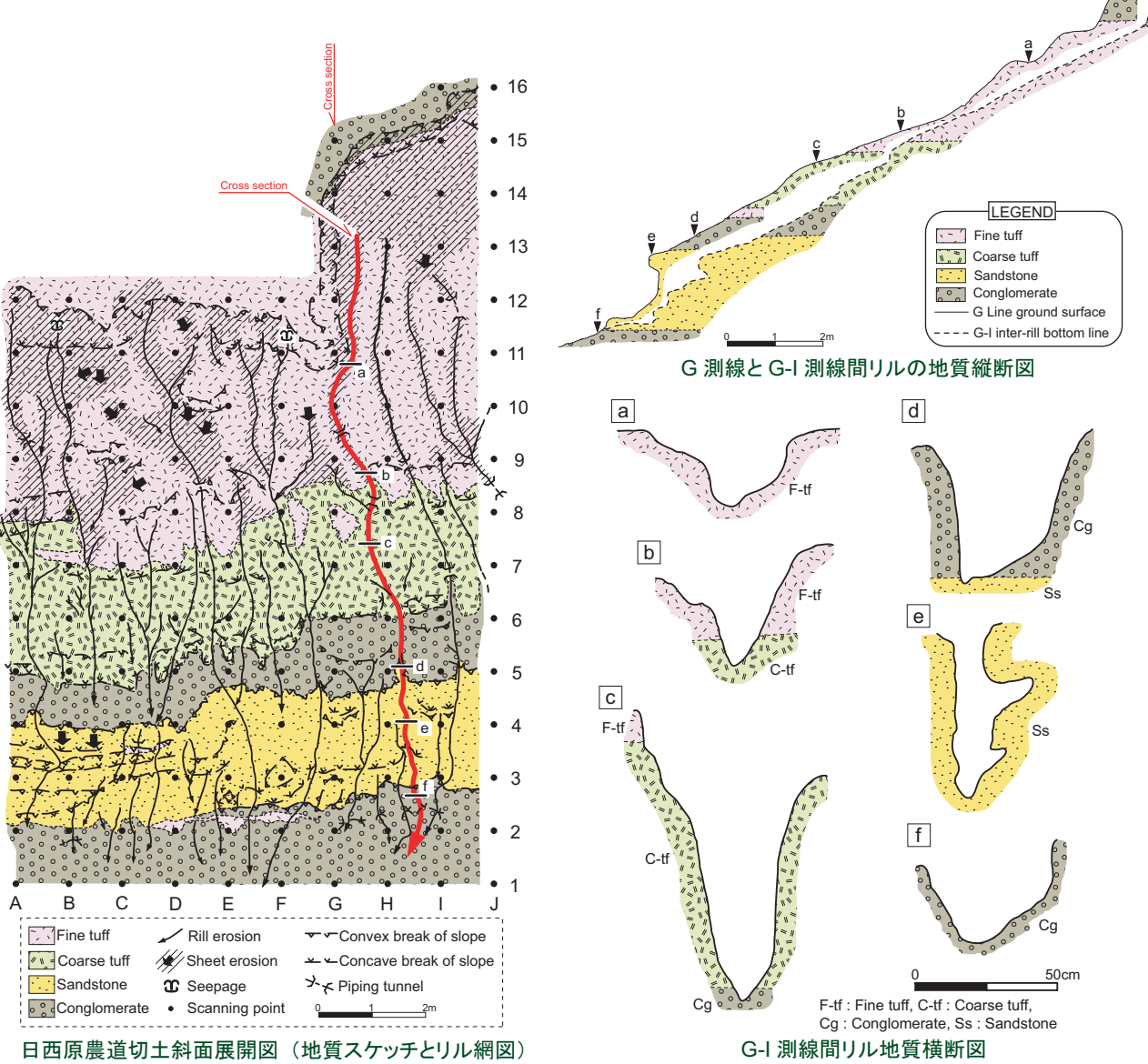


凝灰岩の塑性図

斜面構成物質の力学的強度を統一的に測定し得る指標として、山中式土壌硬度計による貫入硬度値(mm)を採用した。もっとも貫入硬度が小さいのは細粒凝灰岩層で平均 17.23 mm (σ = 3.58) である。一方、もっとも貫入硬度が大きいのは砂岩層で平均 34.74 mm (σ = 1.66) であり、同一層内での測定値のバラつきは小さい。礫岩層は上位層ほど貫入硬度が小さくなる傾向があり、Cg1、Cg2、Cg3 の貫入硬度の平均はそれぞれ 31.00 (σ = 4.43)、27.50 (σ = 3.96)、22.83 (σ = 4.37) mm である。また、同一層内での測定値のバラつきは大きい。粗粒凝灰岩層の貫入硬度は平均 29.76 mm (σ = 3.50) で Cg1 と Cg2 のほぼ中間値である。

細粒凝灰岩は大部分が粘土およびシルトサイズの粒子から構成されており、細粒土の三角ダイヤグラム上で「粘土」に分類できる。粗粒凝灰岩はシルト分が約 40 % 含まれており、「粘土質シルト」あるいは「砂質シルト」に分類できる。

◆斜面の削剥形態◆



日西原農道切土斜面展開図(地質スケッチとリル網図)

リルの縦断形状

G 測線の表面形状... 斜面上端から a 点までの区間は階段状を呈する。a 点から b 点にかけては凹状で a、b 点のほぼ中間に遷延点がある。そこから e 点まではほぼ一定の勾配である。e 点付近の砂岩層はほかよりも固結度が高く強度が大きいために突出する。そして、その突出部から下方は急崖となる。

G-I 間リル下底面の形状... 細粒凝灰岩および礫岩層では斜面勾配とほぼ一致したならかな勾配を示すのに対し、粗粒凝灰岩および砂岩層では勾配が急に変化する境界点や浅状の地形が存在する。粗粒凝灰岩層では b 点の下部と c 点の上部の 2ヶ所、砂岩層では d 点と e 点の間で 3ヶ所の遷延点が認められる。また、d 点では水平方向にも深くえぐれオーバーハングしている。

リルの横断形状

細粒凝灰岩... リルの断面形状はほぼ U 字型を呈し、D/W 値は 0.13 ~ 1.00 (平均 0.42, σ = 0.24) である。リル深は深いところでも 20 cm 程度であり、他の岩相よりも浅いのが特徴である。

粗粒凝灰岩層... リルの断面形状は試験管様の形態を示し、左右ほぼ対称である。D/W 値は 0.30 ~ 2.22 (平均 0.85, σ = 0.51) である。リル粗粒凝灰岩層は他の岩相に比べてもっとも深く下刻されており、リル深は最深 73 cm のものがある。

砂岩層... リルの断面形状はおおむね試験管様の形態を示すが、粗粒凝灰岩層に比べ高角度で直線的な側壁を持つ。リルの D/W 値は 0.43 ~ 9.00 (平均 1.74, σ = 2.03) である。砂岩層には斜交層理 - 平行層理が発達している。e 断面に示すように、弱面に沿って水平方向に深くえぐられた箇所がしばしばある。

礫岩層... リルの D/W は Cg1 では 0.11 ~ 0.71 (平均 0.42, σ = 0.21)、Cg2 では 0.27 ~ 2.50 (平均 0.89, σ = 0.63) である。Cg1 の断面形状は細粒凝灰岩層によく似ており、D/W 値も細粒凝灰岩層に近似する。一方、Cg2 の D/W 値は粗粒凝灰岩層に近似する。しかし、d 断面に示すように、Cg2 のリルの断面形状は左右非対称であり粗粒凝灰岩層の形状とは異なる。左側の側壁は節理面に沿って発達し、高角度で直線的なのに対し、右側は上方に向かって開きが拡大した断面形状である。

◆斜面の風化削剥プロセス◆

複数の風化プロセスが神戸層群の劣化に関与していることは疑いない。スメクタイトの膨潤による劣化は確実に起こっており、乾燥 - 収縮によるマイクロクラックの発生、土中の蒸散作用による塩類風化も一部認められる。冬期、斜面表層部はしばしば凍っており、凍結 - 融解が岩石表面の劣化に影響していると考えられる。

削剥の規制要素は地質構造規制 (Structural control) と岩相規制 (Lithological control) に分けることができ、地質構造規制による削剥は砂岩や礫岩層のような硬質な岩相、岩相規制による削剥は凝灰岩層に優先的に認められる。

