

中国地質調査業協会 岡山県支部
R3技術講演会(2021.9.1)

**被覆層（正常堆積岩）の地すべり発生を促進する基岩構造
－特に硬質岩・軟質岩の分布構造－**

横山俊治
高知大学名誉教授
公益財団法人 深田地質研究所

1

**基盤岩(付加体)と被覆層(正常堆積岩)の
地すべりの違い**

付加体(堆積岩・変成岩)の地すべり

- * 不安定化の始まり: 尾根の割れ目(線状凹地)から
- * すべり面: 微小割れ目による規制 (micro-fracture control)
→ 原岩の種類、片理の発達度、変成度などに支配される面構造の剥離性

正常堆積岩の地すべり

- * 不安定化の始まり: 斜面麓の河川侵食から
- * すべり面: 岩質による規制 (lithofacies control)
→ 固結度、粒度、粘土鉱物などに支配される“岩”の強度
- * 硬質岩と軟質岩と組合せが重要

2

講演で取り上げる事例

- ① 和泉山地の後期白亜紀和泉層群において、傾斜した硬質岩と軟質岩の互層で発生している岩盤クリープについて
- ② 古第三紀の神戸層群において、軟質岩を硬質岩が被う二階建て構造(キャップロック構造)で発生しているスプレッドについて

3

**I. 傾斜した硬質岩・軟質岩の互層の岩盤クリープ
紀伊半島和泉山地の和泉層群の例**

4

5

鳴門

6

7

砂岩: 応力開放による破断
泥岩: 乾燥収縮による破断

8

応力開放による地表付近の砂岩の断裂構造



層理面と節理面に沿って発生する砂岩の断裂構造（応力解放）



9

乾燥収縮による泥岩の破断構造

タマネギ状の破断群

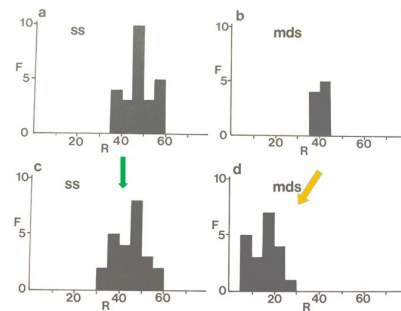


らっきょ状の破断群



10

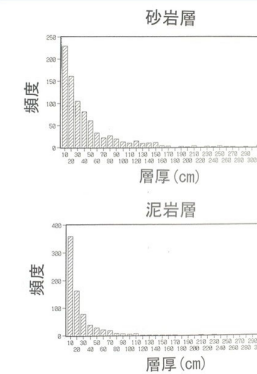
シュミットハンマー打撃の反発係数(R) a, b: 新鮮な岩盤と, c, d: 地表付近の岩盤の比較



- 地表付近では、砂岩のR値は変わらないが、泥岩は1/2以下に低下し、両者の強度差が大きくなる。
- また、破壊せずに延性的に変形する程度である延性度も、泥岩で大きくなり、両者の延性度較差も大きくなっている。

11

単層の層厚の特徴と、岩盤の変形特性に及ぼす影響



特徴: 単層が薄い

結果、通常規模の斜面であれば、硬軟が繰り返す、延性度較差の大きな層状岩盤になっている

このような斜面は、岩盤クリープ性褶曲を形成しやすい

12

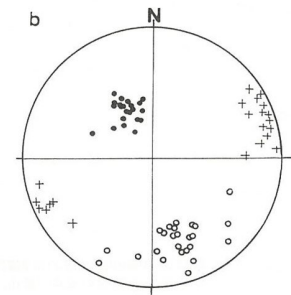
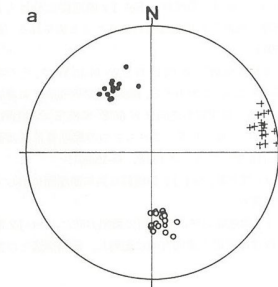
砂岩層中の系統的節理群の特徴:①方向

- J1: 早期形成。走向は層理面の最大傾斜方向で、層理面に垂直。
- J2: J1にアバットし後期形成。走向は層理面の走向方向で、層理面に垂直。



13

層理面と系統的節理群の姿勢

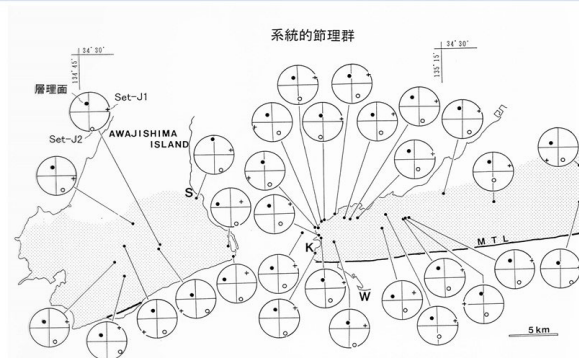


第13図 層理面と節理群の方向のシュミットネット
下半球投影 (横山, 1991).

- (a) ひとつの露頭での測定例
(b) 各露頭での卓越方向をプロット
●: 層理面 +: Set-J1 節理群
○: Set-J2 節理群

14

層理面・系統的節理群の関係: 広域に安定 → 層理面と節理を基準構造にして、ノンテクトニックな変形を捉えることが可能になる



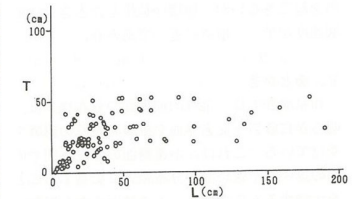
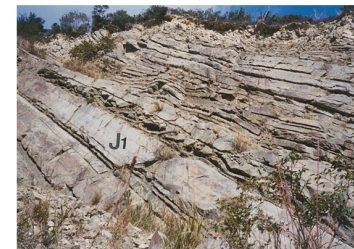
15

砂岩層中の系統的節理群の特徴:②連続性

- J1: 早期形成。連続性がよい。
- J2: 後期形成。J1にアバットしているので、短い。

J1: 20mから50m以上

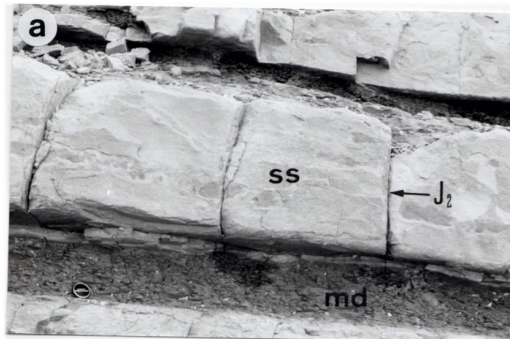
J2: 砂岩の層厚が薄いときは
やや相関あり



第7図 砂岩層の層厚 T と層理面上で測定した Set-J2 節理の長さ L との関係。

16

砂岩層中の系統的節理群の特徴：
③泥岩に伸びない



17

砂岩層中の系統的節理群の特徴：④間隔(S)
・J1, J2共に、層厚(T)が1mより薄い場合は層厚に比例して間隔が広くなる。

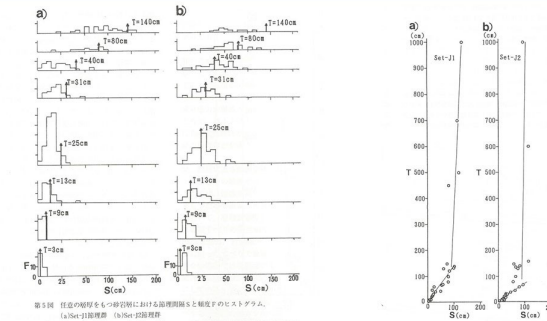


図5 任意の層厚をもつ節理群における節理間隔Sと頻度Fのヒストグラム。
(a) Set J1 節理群 (b) Set J2 節理群
Fig. 5 Histograms of joint spacing S and frequency F on sandstone beds of a given bed thickness T.
(a) Set J1 joints (b) Set J2 joints

図14 砂岩層の層厚Tと節理間隔Sとの関係(横軸、1991)。
(a) Set J1 節理群 (b) Set J2 節理群

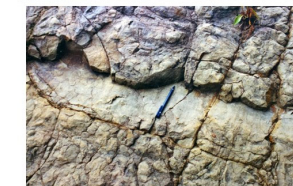
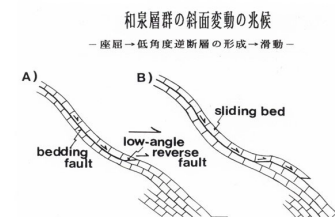
18

様々な岩盤クリープ

- ① 厚い砂岩と薄い泥岩が繰り返す一般的な互層の場合
- ② 一般的な互層に、厚い泥岩層を挟在する場合
- ③ 流れ盤側斜面上に山差しのテクトニック断層が存在する場合

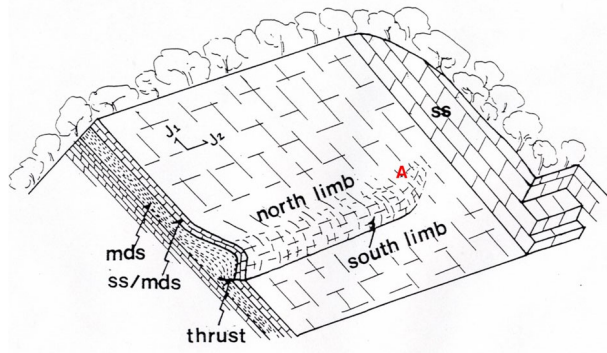
19

対称座屈褶曲と低角度逆断層



20

非対称座屈褶曲模式図
上翼（北翼）：緩傾斜で長い，下翼（南翼）：急傾斜で短い



21

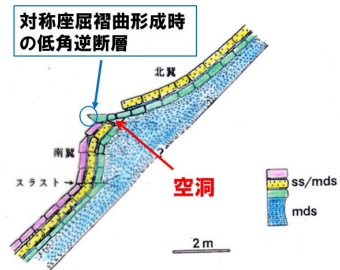
非対称座屈褶曲
東端：褶曲軸が斜面上方に湾曲しながら消滅



22

非対称座屈褶曲の形成条件と機構

- ①素因：厚い泥岩層，②対称座屈褶曲から成長
- ③機構：対称座屈褶曲の軸部に泥岩物質の流れ込み（破碎流動）



23

山差しテクトニック断層の上盤が逆断層センスでせり出す



24

掘削による応力解放で、掘削1年後には断層上盤がせり出し



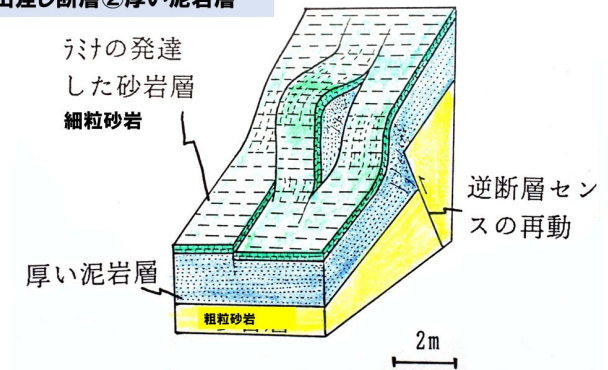
掘削直後



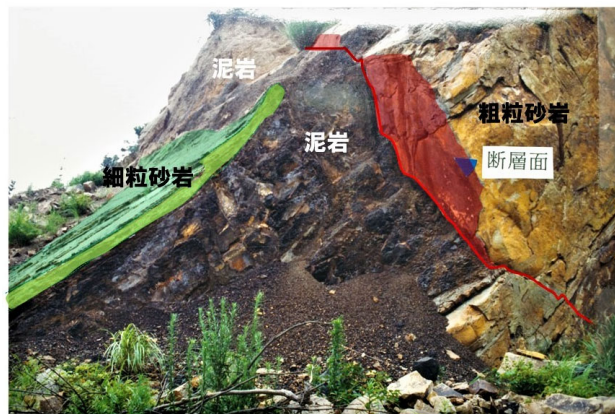
掘削1年後

25

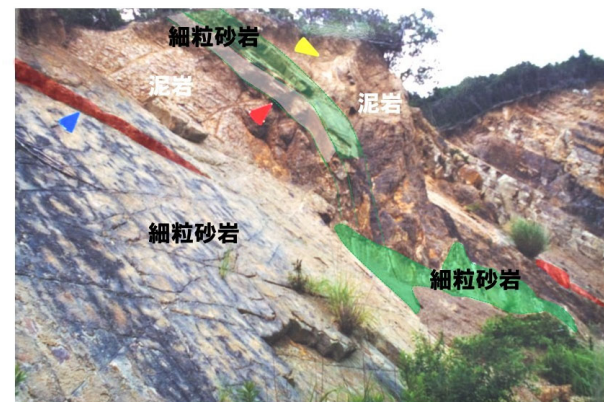
断層上盤がドライブ褶曲に成長
素因①山差し断層②厚い泥岩層



26

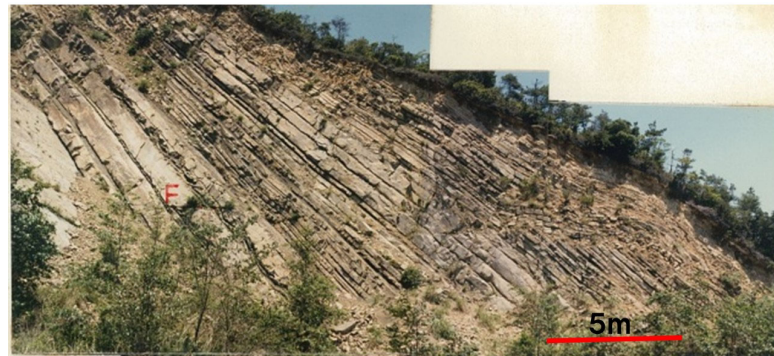


27



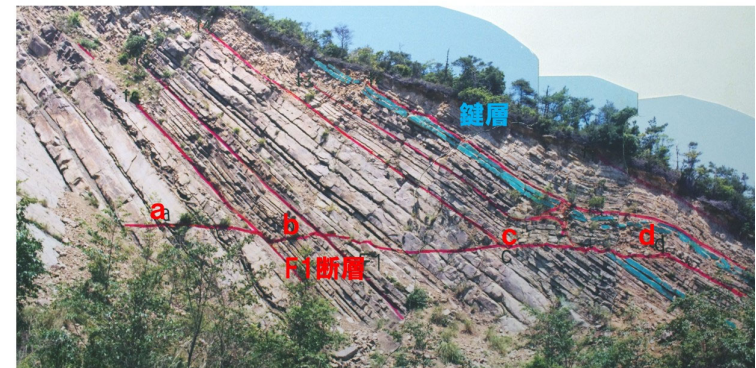
28

この岩盤には、大規模な岩盤クリープと岩盤すべりが発生している



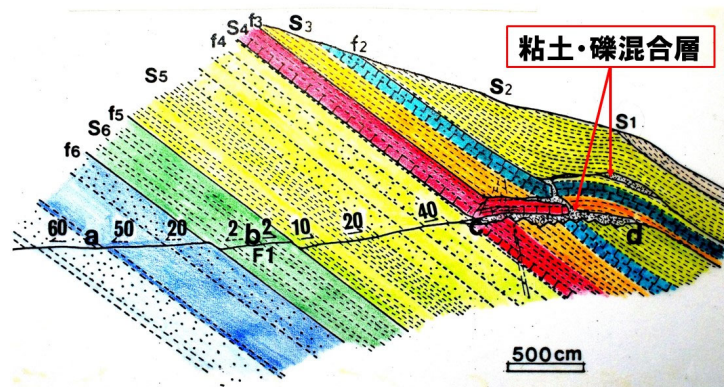
29

気づき: ①青色の地層 ②F1断層の存在



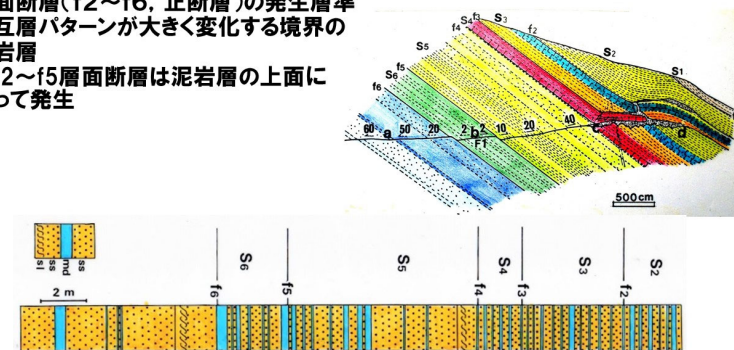
30

テクトニック断層(F1断層)のノンテクトニックなインバージョン



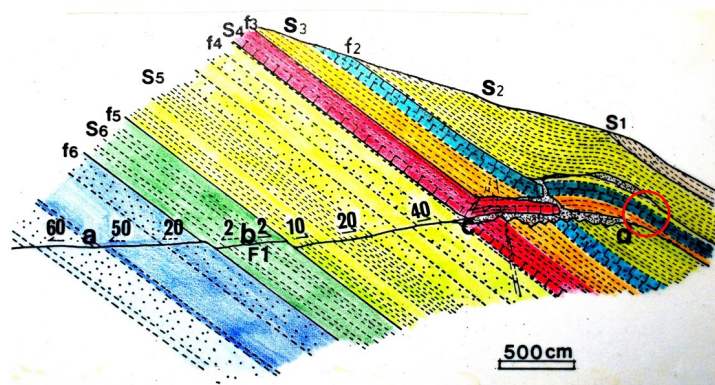
31

層面断層(f2~f6, 正断層)の発生層準
①互層パターンが大きく変化する境界の泥岩層
②f2~f5層面断層は泥岩層の上面に沿って発生



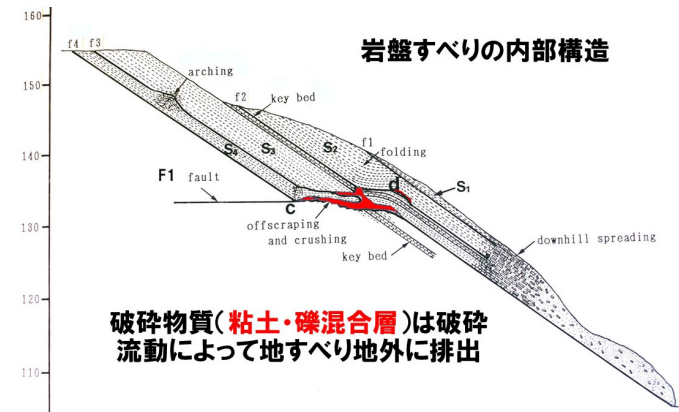
32

移動体下部層準(S4のすべて・S3の2/3)の破碎・欠損



33

岩盤すべりの内部構造



破碎物質(粘土・礫混合層)は破碎流動によって地すべり地外に排出

34

なぜ、和泉層群の砂岩泥岩互層は、
層面すべりに先行して岩盤クリープ性褶曲を多発するか

- ① 傾斜したリズムックな硬軟互層→褶曲しやすい
- ② 変形が進むと、泥岩層は自由に層厚を変えて変形する
②→フレキシユラルフロー褶曲をつくる条件を持っている
- ③ 砂岩層の直下、泥岩層の最上部はすべり破壊を生じ易い
- ④ 複数の泥岩層ですべり破壊を起こす
③④→フレキシユラルスリップ褶曲をつくる条件を持っている
- ⑤ 互いに直交する二組の系統的節理群の配置と狭い節理間隔が砂岩層の曲げを容易にする

35

II. 硬質岩(上位層)が軟質岩(下位層)を被う二階建て構造(キャップロック構造)のスプレッド

神戸層群の例

スプレッドとは、上位層の下から下位層が抜け出すことによって移動する斜面変動

36

神戸層群の一軸圧縮強度

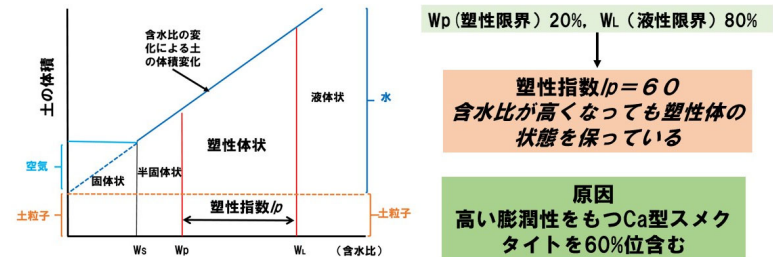
岩相	一軸圧縮強度 (MPa)	測定方法 (測定数)
礫岩～含礫粗粒砂岩	20～50	シュミットハンマー (n=40)
硬質凝灰岩	30～60 *	ポイントロード試験 (n=54)
軟質凝灰岩 (粘土質、粘土分60%)	0.01～0.13	針貫入試験 (n=20)
軟質凝灰岩 (シルト質、粘土分23%)	0.3～1.2	針貫入試験 (n=20)

*100MPaを越えるものも少量ある

- * 粘土質軟質凝灰岩の一軸圧縮強度は、礫岩のその1/154から1/5000と非常に小さい。
- * 粘土分が増えると強度が低下する。

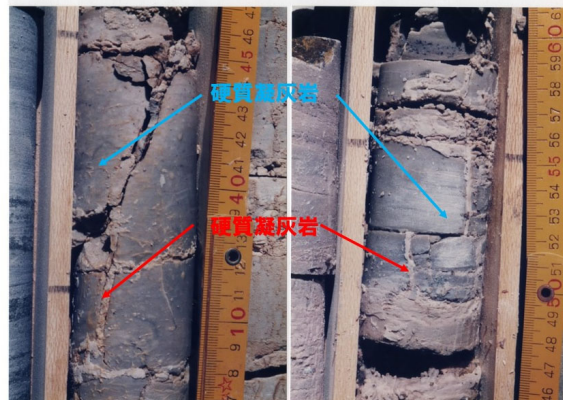
41

粘土化軟質凝灰岩のコンシステンシー限界



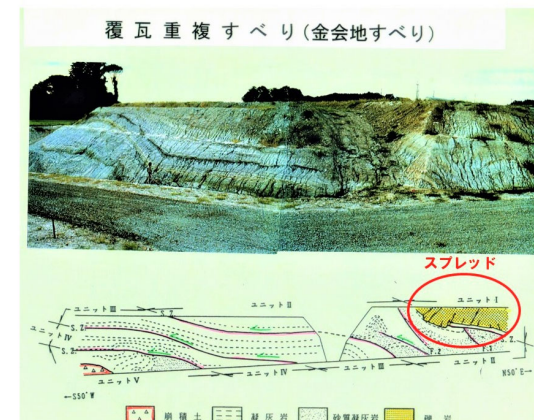
42

割れ目に流入した神戸層群の軟質凝灰岩 (神戸層群)



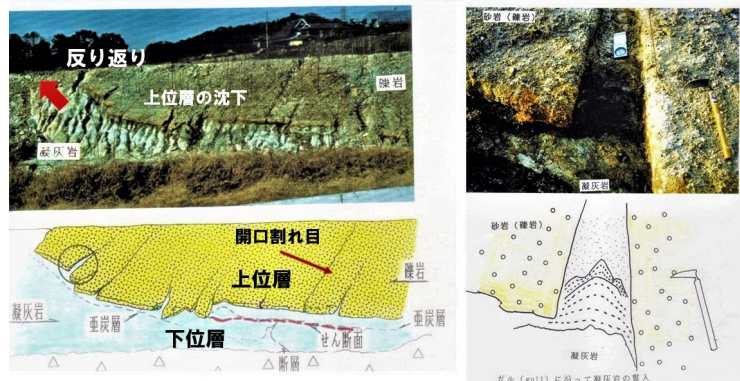
43

覆瓦重複すべり (金会地すべり)



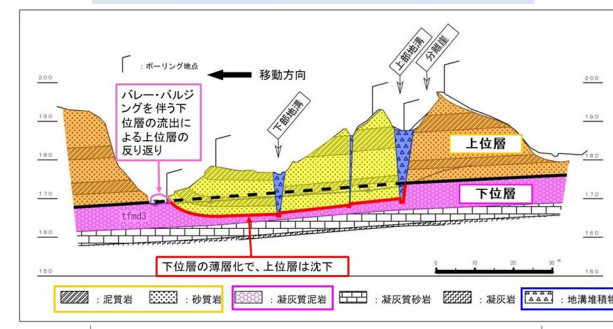
44

金会地すべりのスプレッド



45

西畑ラテラルスプレッド



加藤靖郎(2000), 加藤ほか(1999)

46

まとめ

正常堆積岩の地すべりの調査のポイント

- ①硬質岩と軟質岩の組合せ
- ②硬質岩と軟質岩の物性差(強度差・延性度較差)
- ③硬質岩:節理群の分布・方向・連続性・間隔など
- ④軟質岩:塑性流動と破碎流動

47