

厚真町幌内地区で2018年9月6日の地震により発生した移動距離の長い土砂移動現象の事例調査(C班)

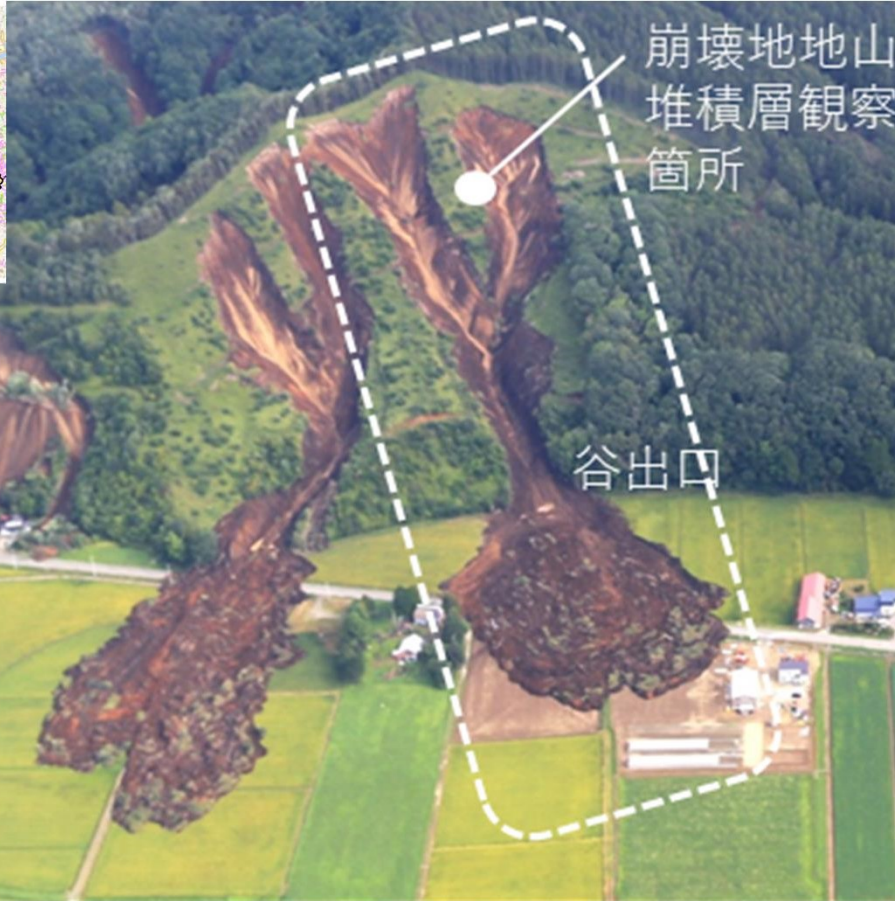
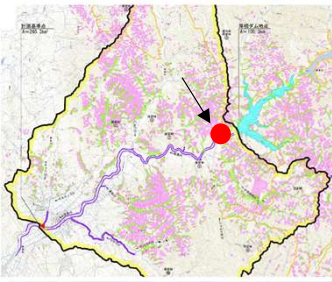
2018年9月13, 14日調査

山田孝(北海道大学)

宮崎知与(シン技術コンサル)

上野順也(シン技術コンサル)

柳井一希(国土防災技術北海道(株))



●谷地形を呈した流域(0.037km²)の上流部(山頂近傍)で発生した複数の崩壊に起因

●調査項目①:

崩壊発生実態, 崩壊末端部から谷出口までの区間での土砂移動実態, 谷出口下流での土砂氾濫・堆積実態(谷出口からの最長到達水平距離, 最大堆積幅, 堆積深, 堆積先端部微地形(snout)の傾斜角, 堆積到達地点付近での旧地盤の地形勾配など), 堆積土砂の内部構造の攪乱状況

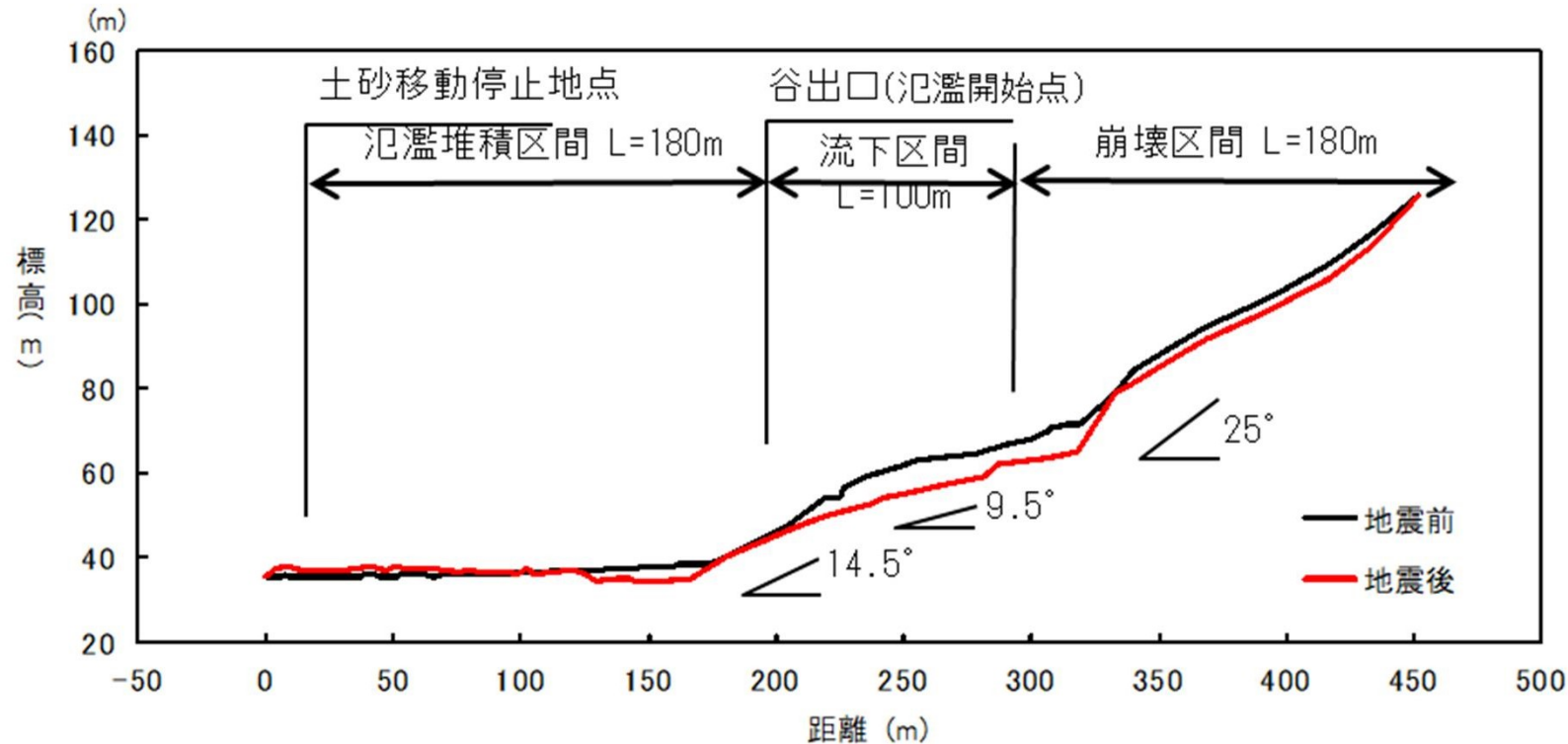
●調査項目②:

崩壊発生場の地山の堆積層や堆積土砂から土砂サンプルを攪乱状態で採取

⇒崩壊の発生特性や土砂移動特性を考察するための土質試験(粒度分布, 含水比, 液性・塑性限界)

写真-1 調査対象流域の崩壊地および土砂移動・氾濫・堆積区域(株式会社シン技術コンサル撮影)

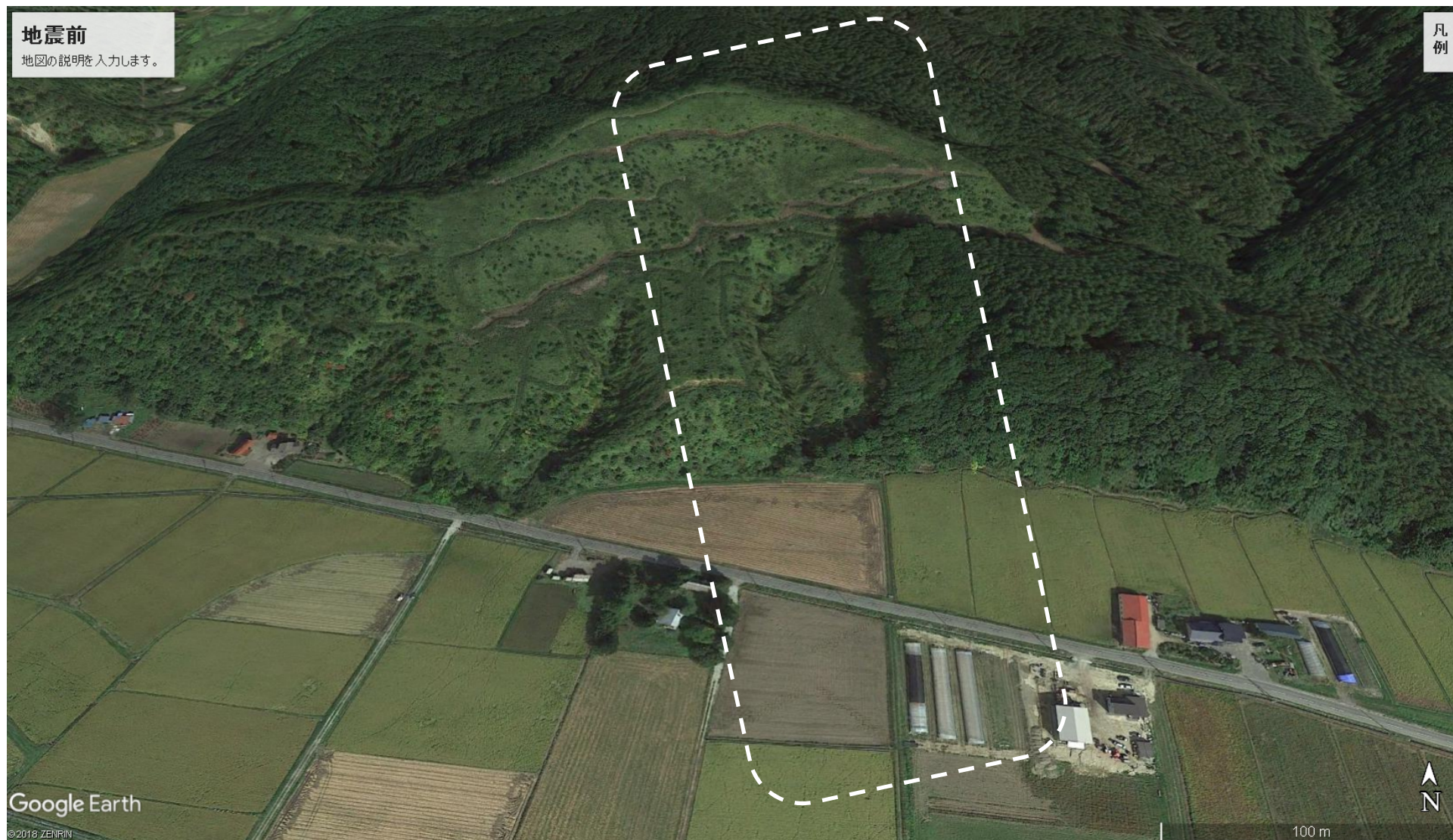
1. 調査対象流域の縦断形と概算の土砂量



● 谷出口下流に堆積した土砂量 : $13,400\text{m}^3$

● 単位面積当たり流出土砂量 : $360,000\text{m}^3/\text{km}^2$

● 崩壊面積率 : 33%



地震前(2016年)の調査対象地

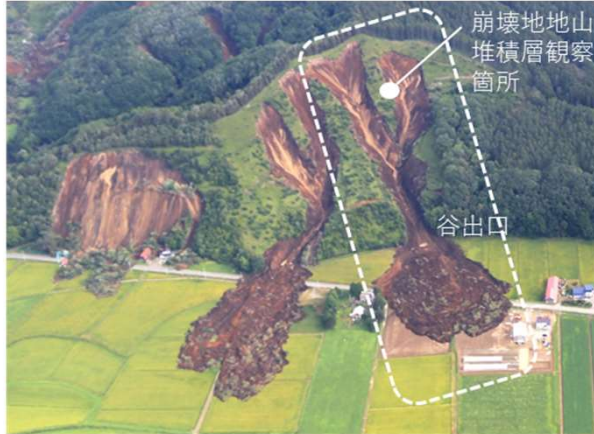


写真-1 調査対象流域の崩壊地および土砂移動・氾濫・堆積区域(株式会社シン技術コンサル撮影)

2. 崩壊(主要な土砂発生源)

●樽前山を噴出源とする約3mの厚さの降下火砕堆積物が崩壊

●最表層部：

Ta-a (1739年の降下火山灰) と腐植土が混在

●Ta-aの下位層：

Ta-b (1667年の降下火砕物) (層厚0.3m)

●Ta-bの下位層：

Ta-c (約3000年前の降下火砕物) (層厚0.3m)

●Ta-cの下位層：

Ta-d (約9000年前の降下火砕物) (層厚1.5m)

●Ta-dの下位層：

En-a (約15000年前の降下火砕物)

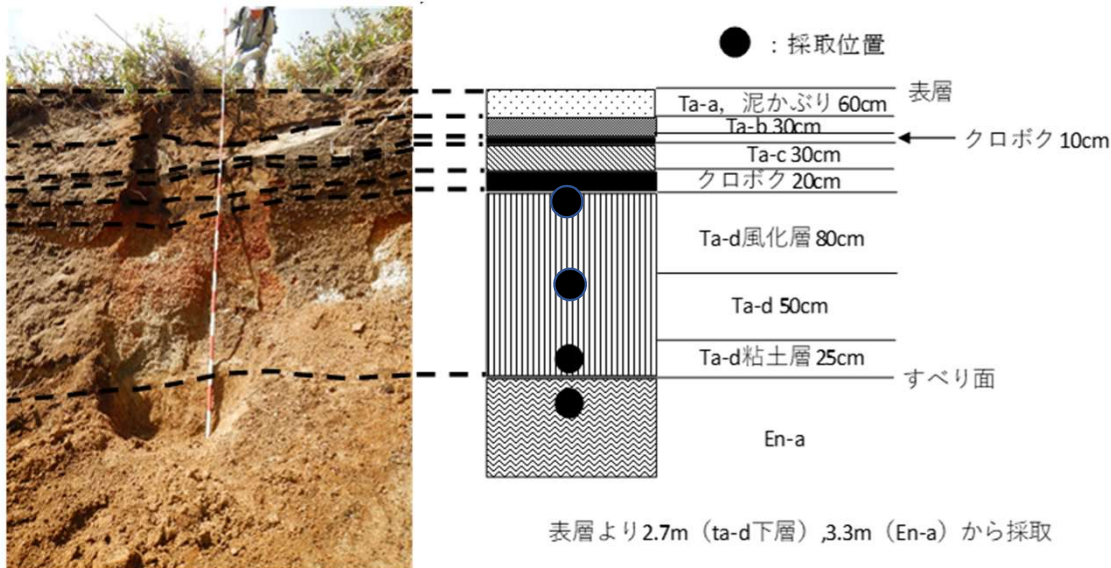


図-2 崩壊地の滑落崖の地山堆積層

Ta-d内 (En-aとの境界) に水を多く含む。
すべり面：Ta-dとEn-aとの境界付近

3. 崩壊地から谷出口までの土砂移動

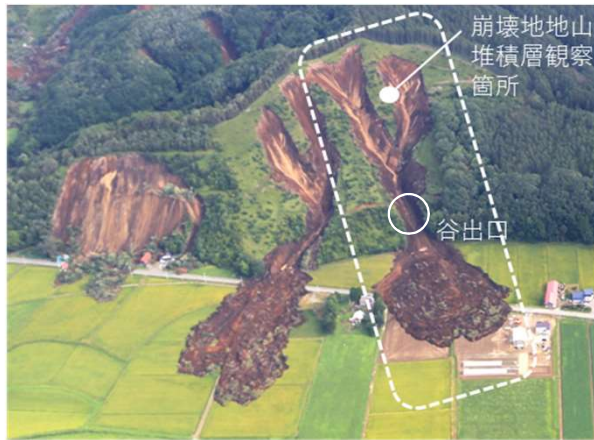
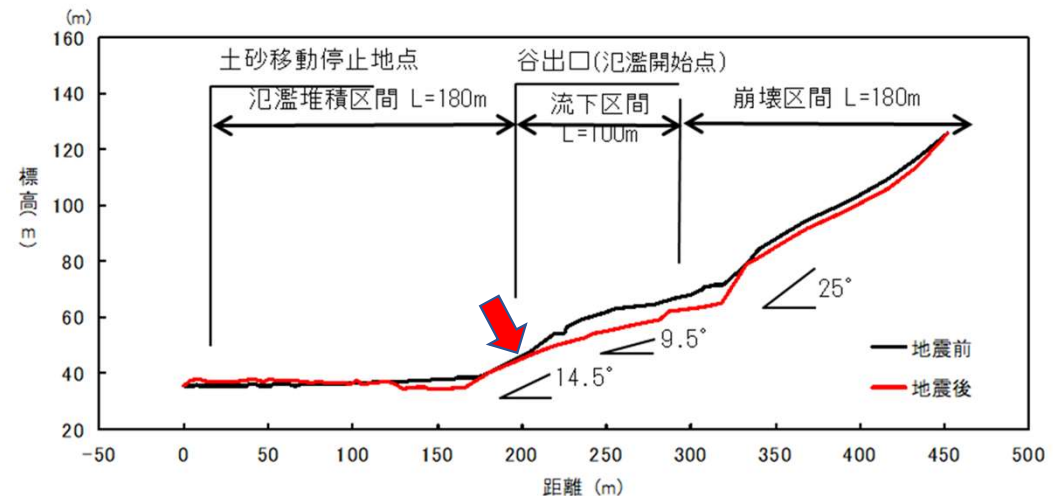


写真-1 調査対象流域の崩壊地および土砂移動・氾濫・堆積区域(株式会社シン技術コンサル撮影)



写真5 氾濫開始地点の溪床

- 崩壊地から谷までの流下区間への崩土の流入角度：約 20°
- 崩壊前の常時表流水のない谷にはEn-a上層のTa-d層内に多くの滞水があったと思われる。
- 基盤岩となる泥岩上に、溪床幅2.0m、厚さ約1.0mの土砂堆積層があったと推定される。
- 延長約100mの流下区間において平均4.0mの浸食(崩壊?)が発生し、今回の土砂移動によってこれらの多くが流出し、基岩が露出している。
- 仮にこの堆積層が飽和していたとして空隙率を0.5とすれば約 400m^3 の水量が存在していたことになり、そのような水も土砂移動に加わった可能性が考えられる。



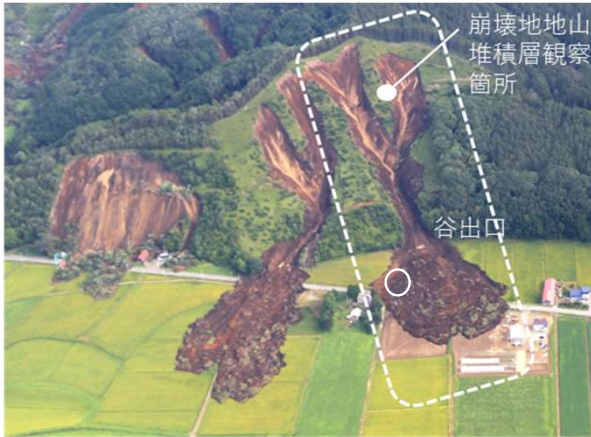


写真-1 調査対象流域の崩壊地および土砂移動・氾濫・堆積区域(株式会社シン技術コンサル撮影)

4. 谷出口から下流の土砂氾濫・堆積(1)

- 谷出口を通過した土砂は、ほぼ地形勾配が水平に近い旧地盤(田や畑)上に氾濫・堆積した。
- 最長到達水平距離は180m、最大堆積幅は120m程度
- 土砂堆積厚は、谷出口から水平距離80mの地点で2.0m、谷出口から水平距離で105mの位置に相当する道路沿いで約1.3m、堆積先端部で約1.2m

- 堆積表面より下位にはTa-b, ブロック状のTa-dとクロボクが含まれており、クロボクがTa-dとTa-bに一部貫入するようにして存在することから層境界は明瞭ではなく内部構造は乱れている。
- 旧地盤(路面)より直上位層(層厚約0.5m)は、せん断破壊が顕著で、粘土・シルト、砂、礫が含まれている。谷内の堆積物等から取り込まれたと想定される礫が多い。

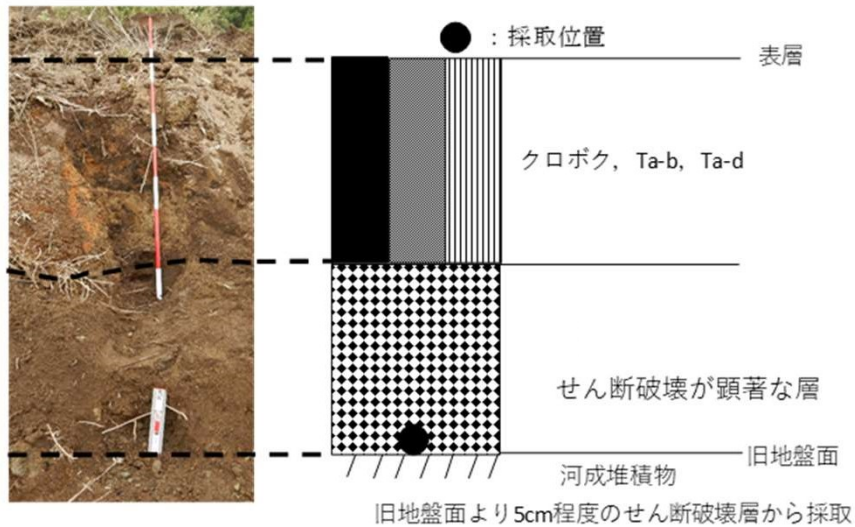
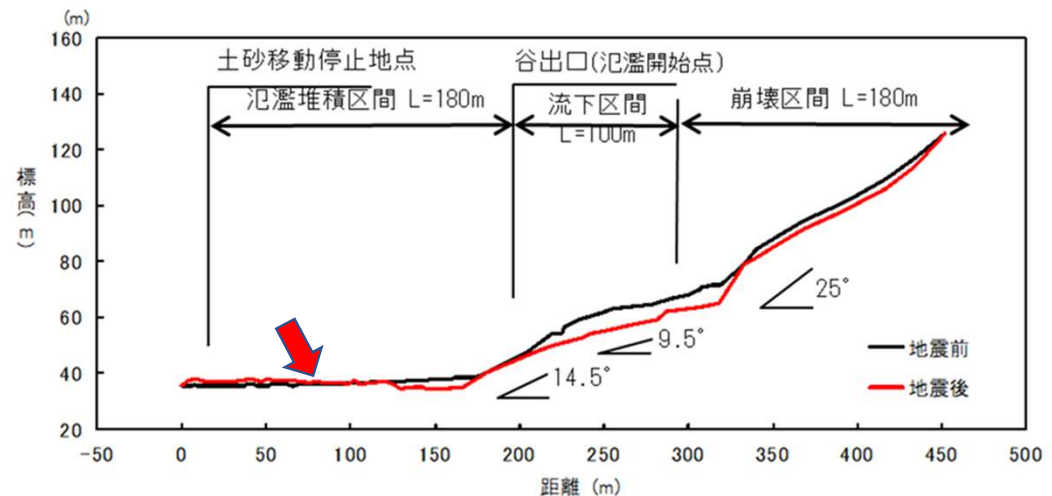


図-3 谷出口を通過した土砂の堆積横断面(谷出口から105m下流の道路沿い)



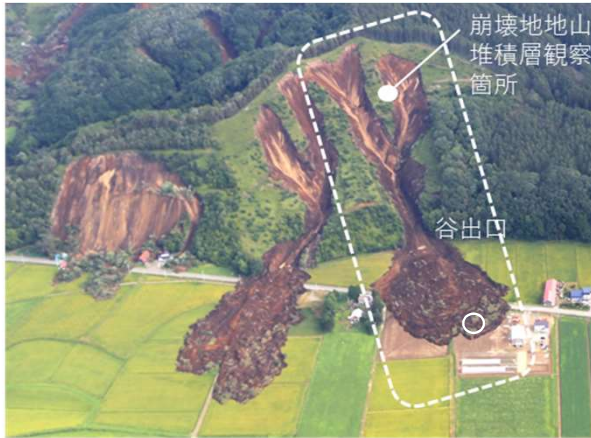


写真-1 調査対象流域の崩壊地および土砂移動・氾濫・堆積区域(株式会社シン技術コンサル撮影)

4. 谷出口から下流の土砂氾濫・堆積(2)

- 土砂堆積先端部の層厚は約1.2m
- 堆積土砂先端部(snout)の傾斜角は、約40度と急こう配を呈している。
- 堆積表面より下位にはブロック状のTa-bとクロボクを含み、クロボクがTa-bに一部貫入している。さらに下位にはクロボクとTa-dが含まれており、Ta-dは指でつぶれて湿り気があるほどの高含水となっている。
- 堆積土砂の層界は不明瞭で内部構造は乱れている。
- 旧地盤より直上位層(層厚約0.1m)は、せん断破壊が顕著で、粘土・シルト、砂、礫が含まれている。旧地盤から取り込まれたと想定される砂が多い。

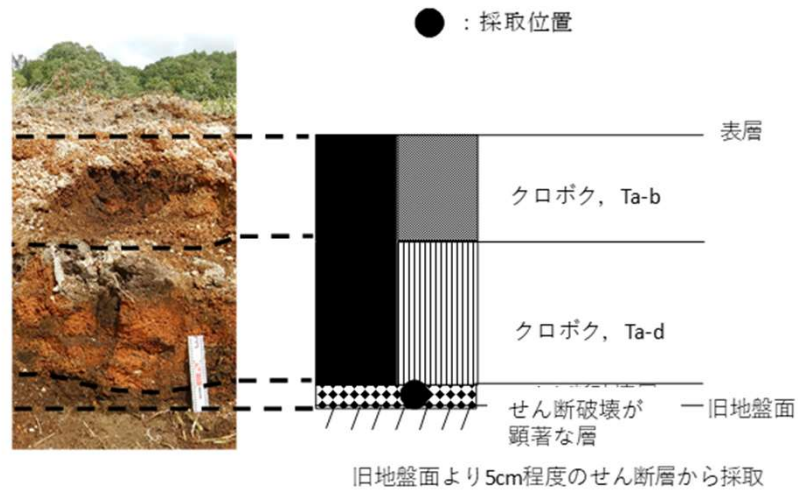
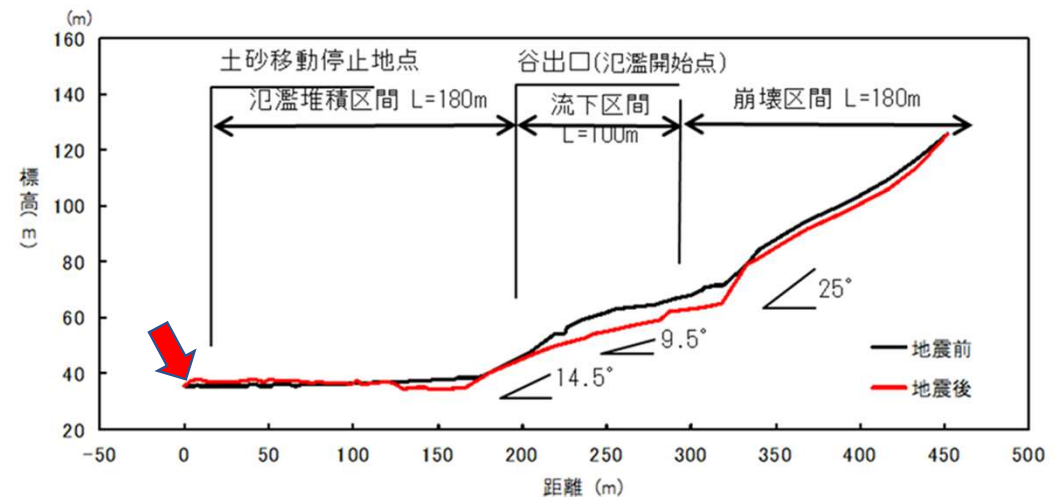


図-4 土砂堆積先端部での堆積横断面
(谷出口から180m下流、道路沿い(図-3)から75m下流)



5. 採取した土砂の土質試験結果

通過質量百分率(%)

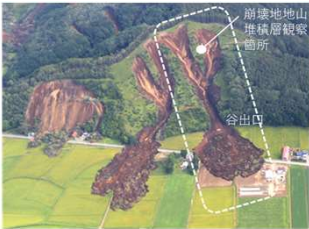
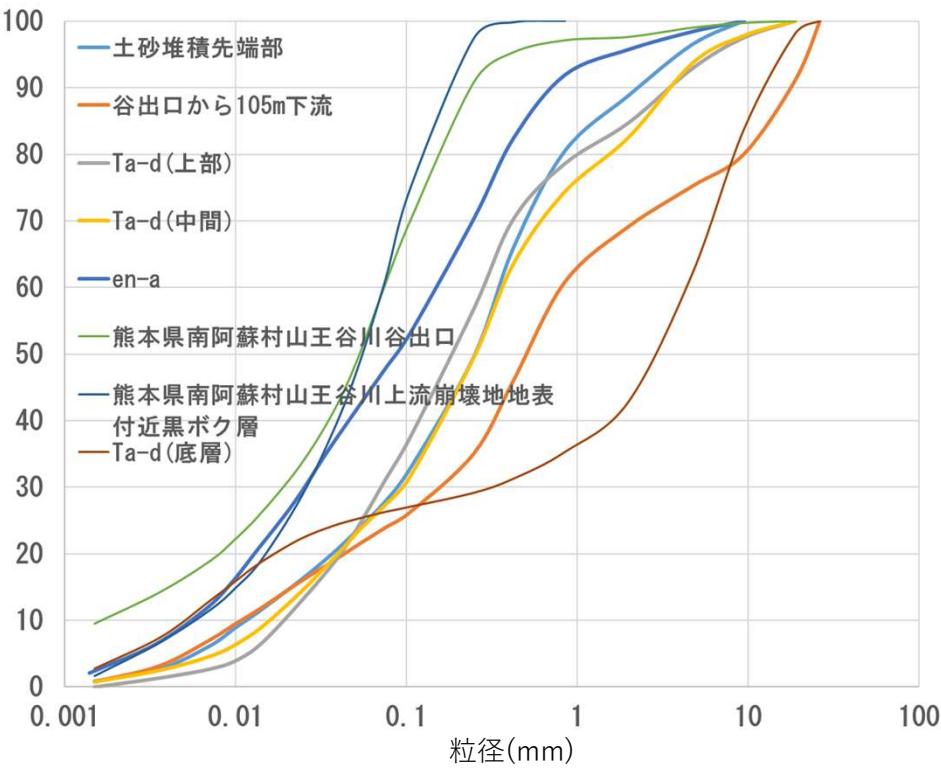
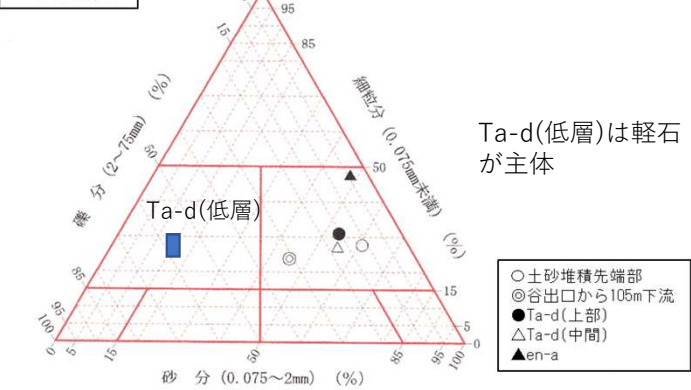


写真-1 調査対象流域の崩壊地および土砂移動、
氾濫・堆積区域(株式会社シン技術コンサル撮影)

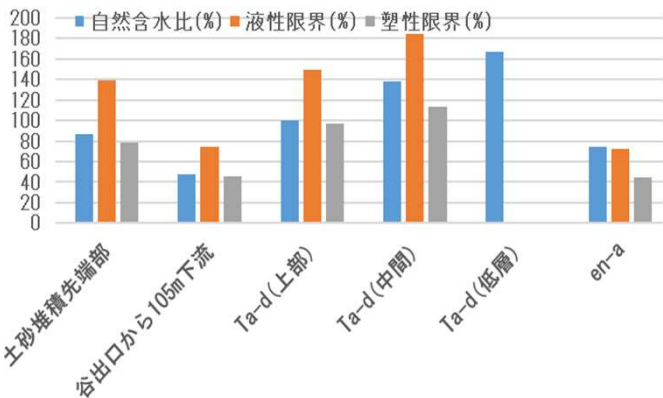
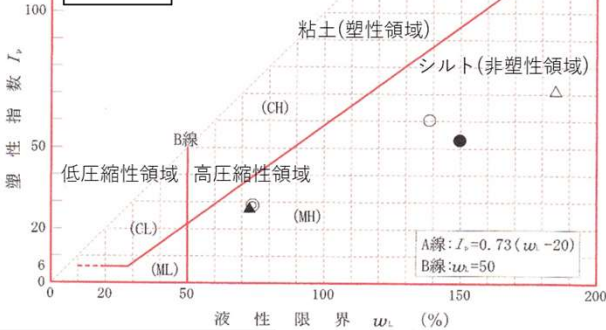


熊本県南阿蘇村山王谷川で地震により発生した泥流(2016)

三角座標



塑性図



●Ta-dの自然含水比は高い値を示す。
●en-aは自然状態で液性限界に近い。
●Ta-d, 谷出口から流出した土砂の自然含水比は、塑性限界よりも若干大きい。

	土砂堆積先端部	谷出口から105m下流	Ta-d(上部)	Ta-d(中間)	Ta-d(低層)	en-a
自然含水比(%)	86.6	47.6	99.9	137.7	166.6	74.3
液性限界(%)	138.7	74	149.9	184.9	NP	72.8
塑性限界(%)	78.2	45.1	96.8	113.3	NP	44.9
塑性指数	60.5	28.9	53.1	71.6	NP	27.9
液性指数	0.14	0.09	0.06	0.34	NP	1.05
※自然含水比は2018年9月13, 14日時点			※Ta-d(低層)は軽石主体			

●土砂が谷出口から比較的長い距離流走した理由

⇒崩壊した土砂が谷に流入した地点から谷出口までの約100mの谷地形区間(勾配9.5～14.5°)を土砂が流下したときに、

- ①河床や溪岸との衝突や摩擦などによる移動土砂内部構造の破壊の促進
- ②崩土が溪床堆積物に衝突した時の急激な間隙水圧の発生⇒崩土に溪床堆積物量が追加され、谷出口から流出した土砂量が増加
- ③谷内の堆積土砂の間隙水が移動土砂に取り込まれ、その流れ底面付近の含水率の増加

●谷出口からの土砂の流出とその停止に至るまでの土砂移動現象のレオロジー

土砂移動内部が全体的に攪乱した流れ(流れ底面はせん断破壊が特に顕著)であったと考えられる。※流動深がプラグ部分の厚さを下回った時に停止する「ビンガム流体」ではないと考えられる。

●道路沿いのほうが堆積先端部よりも、せん断破壊が顕著な層厚が大きい理由

谷出口から下流域は、勾配がほぼ水平の区間に移行するため、そこを通過した土砂(谷内に堆積していた土砂を含む)は、急激に速度が減少し、流れの底面(せん断破壊が顕著な層)から堆積が順次進行し、土砂の移動厚が減少して堆積に至ったものと考えられる。

6. 崩土の移動距離指標値の算出

今回の調査地とその近傍(右図の○内)において、

平行斜面における崩壊(15事例)
谷地形を土砂が移動(15事例)

を対象として、
「移動係数」(臼杵ら, 2005)と
「流下比」(石川, 1999)

を算出した。

移動係数=L2/L1

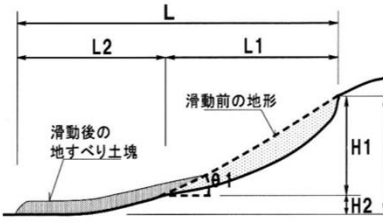


図-1 地すべり土塊の移動距離の計測方法

流下比=ℓ / H

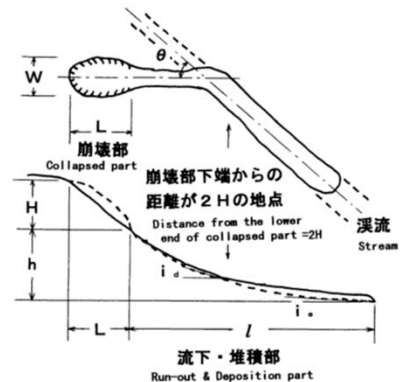
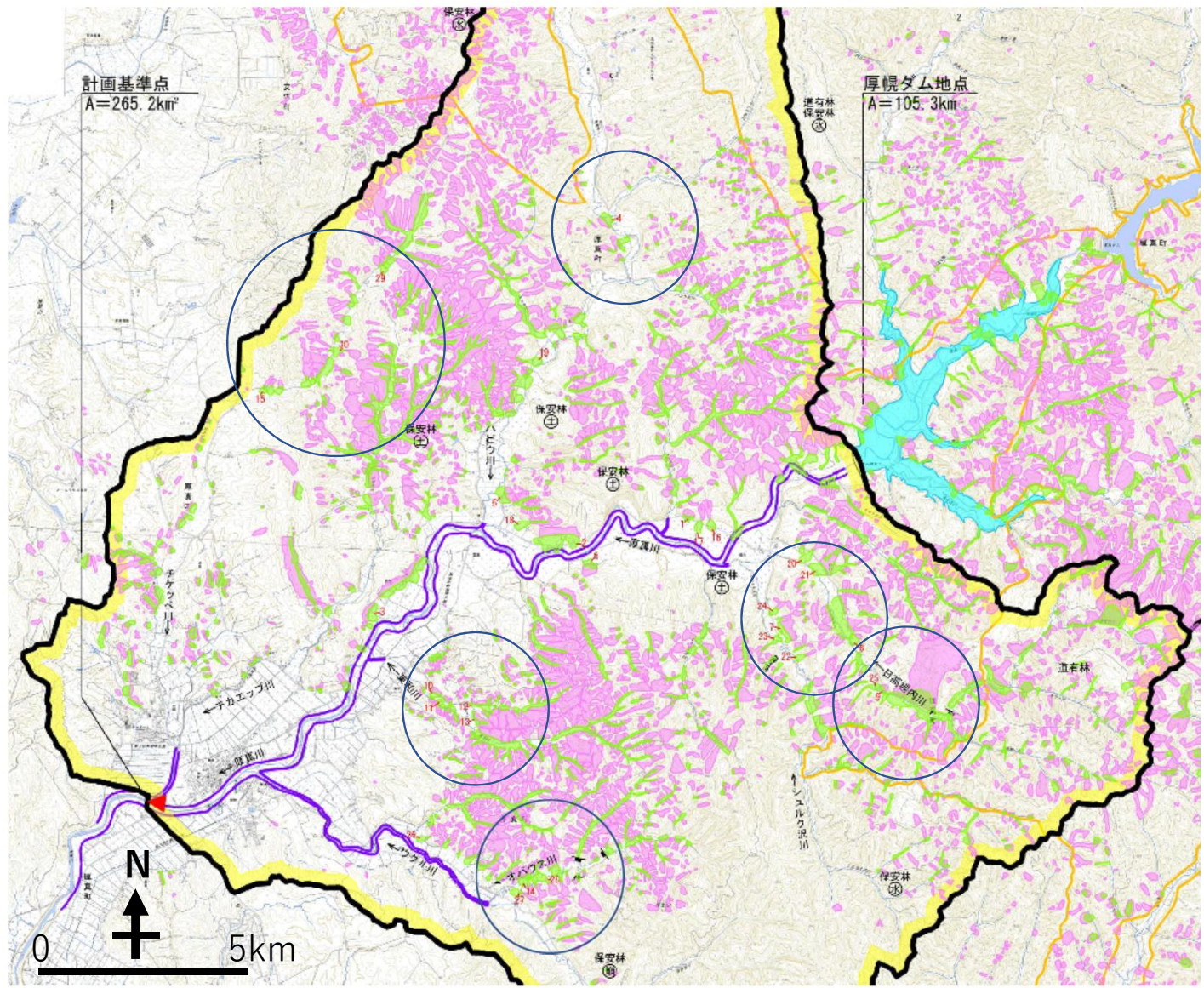


図-1 斜面崩壊の地形パラメータの模式図



7. 崩土の移動距離指標値の比較

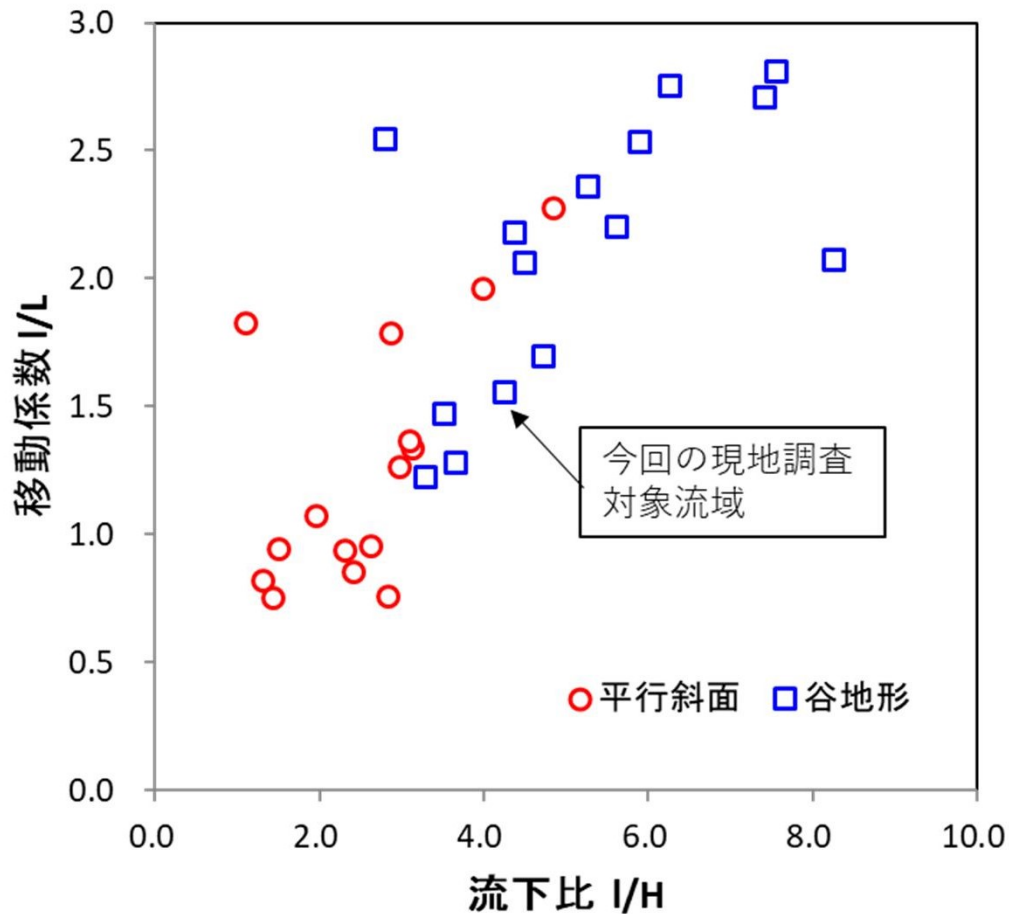


図-5 土砂の移動指標(移動係数(臼杵ら, 2005), 流下比(石川, 1999))についての比較

●移動係数

平行斜面 : 0.8~2.3

谷地形 : 1.2~2.8

●流下比

平行斜面 : 1.1~4.8

谷地形 : 2.8~8.3

移動係数が概ね0.5以上で土砂移動が「完全流動」, 0.3以上0.5未満で「不完全流動」((臼杵ら, 2005))

火山噴出物に覆われた地域において地震により発生した崩土が谷地形を流下した5事例の流下比は10~18
流下比が7.5以上の事例は, 崩土の堆積物表面の攪乱が著しいために土石流化した(石川, 1999)

●今回の調査地ならびにその近傍で発生した土砂移動は比較的流動性は高いが土石流化には至らないものであったと評価できる。

●谷地形は平行斜面に対してより土砂が遠方まで移動しやすいといえる。