

(i) 崩壊斜面に含まれる各メッシュの傾斜分布による検討

まず平滑なテフラの崩壊が集中するエリア⑤（図 2.1）において、タイプ1に該当する崩壊斜面内にポリゴン（17箇所）を作成し、ポリゴン内に含まれる各メッシュ（5m）の斜面傾斜をGISで抽出した。各メッシュの傾斜角を集計すると図 2.22 のような頻度分布が得られた。

図 2.22 で示す平均傾斜は 27.5° であり、 30° 以下の斜面で多く発生しているという踏査結果と整合調和的である。傾斜量分布も正規分布に概ね良好に従っており、両側 10% 値は 17° と 37° を示している。現地踏査で推察された崩壊の傾斜上限は約 35° であり、90% 値と概ね等しく、10% を有意差と考えると傾斜量の下限值は約 17° 付近にあるといえる。十数度の緩斜面でも発生する可能性があるといえる。

なお、ここで各メッシュの傾斜量算出で対象とした斜面は平板状斜面のみであり、陰影図で斜面中に凹凸が見られるような斜面は除き、比較的一様な斜面のみをポリゴンで囲っている。本検討の目的は傾斜の下限值推定のために傾斜量分布を明らかにすることであり、図 2.22 で示す頻度分布が当該地域におけるテフラの崩壊全体の斜面特性を必ずしも反映するものではない点に留意が必要である。

データ数	5861
平均傾斜角	27.5°
10% 値	約 17°
90% 値	約 37°

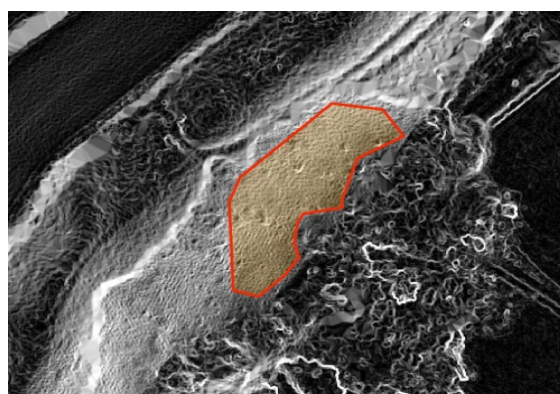


図 2.21 崩壊地内のポリゴン

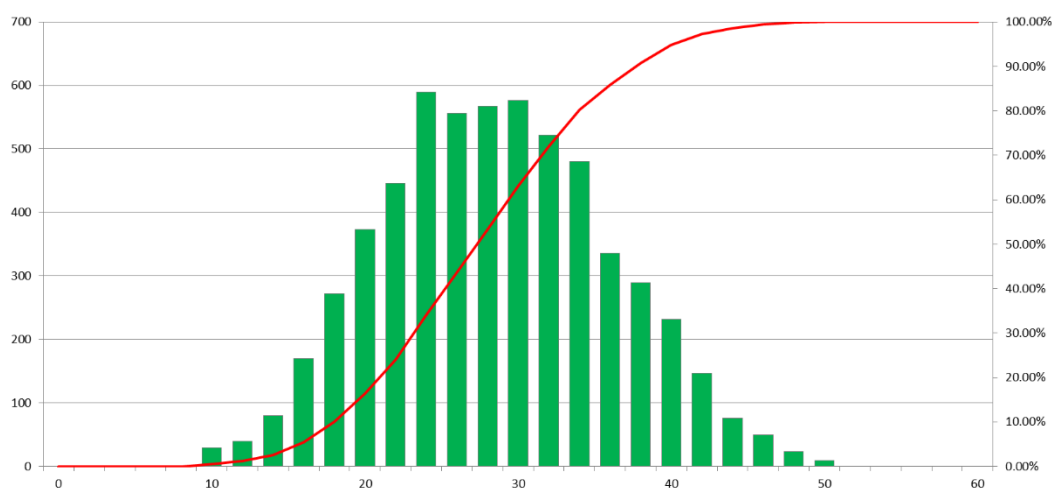


図 2.22 崩壊斜面内に含まれる各メッシュの傾斜量分布（5m メッシュ）

(ii) 崩壊斜面の断面傾斜角の分布による検討

次に先述の崩壊土砂の流動性を検討するために等価摩擦係数を抽出した平板状斜面において、崩壊頭部から崩壊斜面基部までの斜面傾斜をGIS上で計測し、崩壊地斜面の傾斜角について整理をした(図 2.25)。

図 2.25 では複数のエリアから抽出しており溪流の開析度などが異なるため、分布のばらつきが大きい。最大傾斜量は 35° 付近を示し、現地踏査結果と整合的である。また、平均傾斜は 21.4° と検討 (i) と比べると緩くなる。最小値も 6° となる。下限の 10% 値も約 13° となるが、正規分布に良好に従っていないので斜面傾斜分布の有意差については注意が必要である。全体としては検討 (i) も低い値をとる傾向があることがわかる。

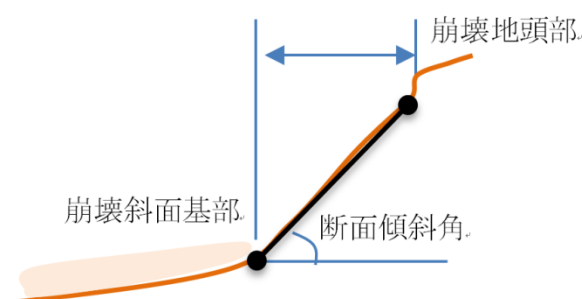


図 2.24 斜面傾斜角の考え方

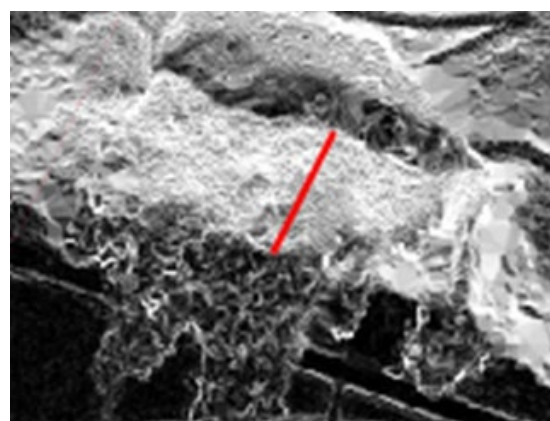


図 2.24 崩壊地の頭部と末端を結ぶ線

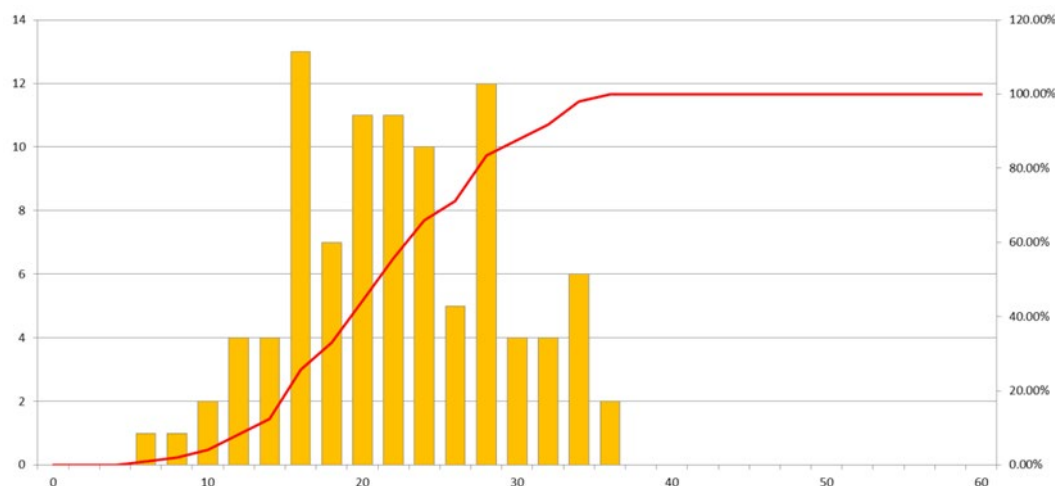


図 2.25 各崩壊斜面の傾斜量分布

昨年度実施された調査報告書では、森林地域全域の斜面傾斜および崩壊発生斜面傾斜の頻度分布が整理されている（図 2.26、図 2.27）。両者を比較すると、18° 未満の緩傾斜を除くと概ね類似した斜面傾斜分布をしていることがわかる。

どちらも傾斜角の最頻値は 26～28° であり、特に斜面傾斜の最頻値について一般的な斜面崩壊の傾斜より緩い角度を示している。図 2.22 で示したテフラの崩壊による傾斜分布の最頻値は 24～26° であり、崩壊斜面全域における傾斜角の最頻値と概ね一致している。また、各傾斜の崩壊斜面と森林全域の面積の割合をから、およそ 18～20° の範囲に崩壊率の変化点（崩壊率が急に増える斜面傾斜）が見られる。テフラを含む岩屑の崩壊や表層崩壊は 30° 以上の急傾斜地で確認されることから、図 2.22 で求めた 10% 値を示す 17° はテフラの崩壊の下限值範囲を示唆している可能性があるといえる。

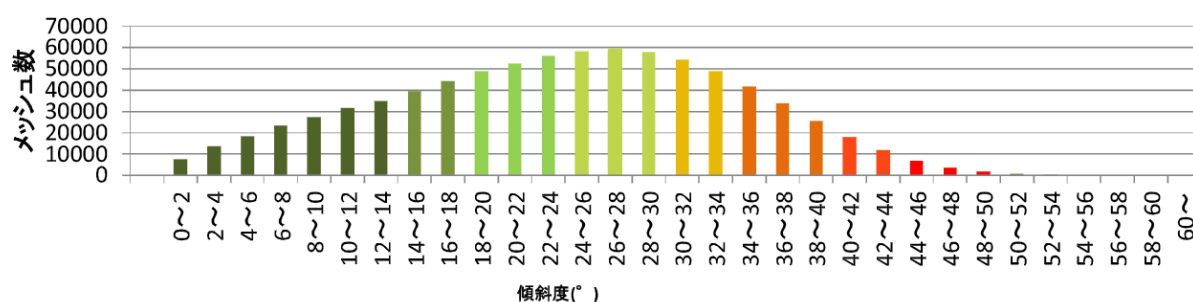


図 2.26 森林地域全域の斜面傾斜の頻度分布（20m メッシュ） n=約 107 万

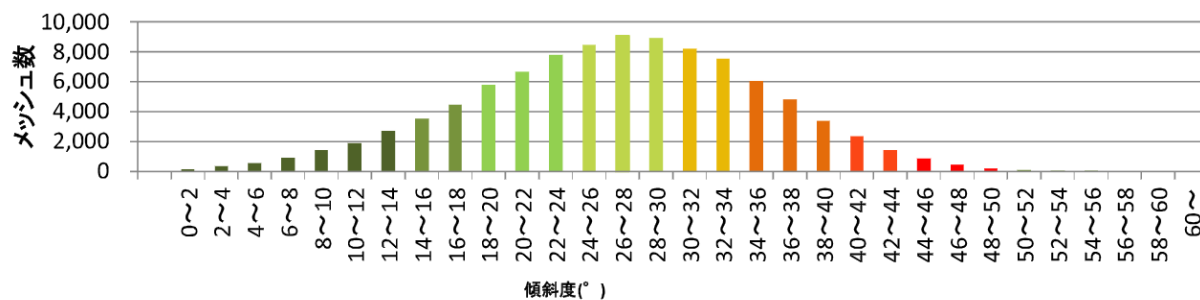


図 2.27 崩壊地全域の斜面傾斜の頻度分布（20m メッシュ）

(3) まとめ

これらの検討からテフラの崩壊における、崩壊土砂の流動性および斜面傾斜について整理すると、以下の点があげられる。

- ✓ 等価摩擦係数は、降水による崩壊と比較して小さく、**0.16～0.28** の間に最頻を示し、**0.1** 前後を示す崩壊もいくつか認められる。
- ✓ 等価摩擦係数は平板状崩壊のタイプ 1 は、谷頭崩壊のタイプ 2、タイプ 3 よりも小さくなる。これは、谷頭崩壊の場合は側方の抵抗力が原因である可能性がある。
- ✓ 斜面傾斜が急になるほど等価摩擦係数が大きくなる。このことは、傾斜が急な斜面ほど、残存するテフラの破壊や変形に対する抵抗性が大きいことが予想される。
- ✓ 斜面脚部からの流動距離は、位置エネルギーの影響が大きく、谷頭の崩壊では最大で **300m** 以上に達することがある。ただし、流下時の側方抵抗力が原因で等価摩擦係数は大きくなると考えられる。
- ✓ 斜面方位と崩壊の流動性には明瞭な関係がなく、土壌水分量がテフラの崩壊に与える影響については、関係が有意な傾向はみられなかった。
- ✓ 崩壊は、傾斜 **5～35°** 斜面で発生しており、**15～25°** の斜面で多く、**10°** 以下の斜面でも多数発生している。傾斜 **35°** 以上の崩壊は抽出されなかった。
- ✓ 平板状崩壊斜面の 5 メッシュの傾斜量を計算すると、平均が約 **27°** になり、**30°** より小さい値を示す。
- ✓ 傾斜分布の **90%** 値は約 **37°** であり、現地踏査の結果と整合的であった。
- ✓ 崩壊斜面の傾斜角と森林地域全体の傾斜角の割合を各傾斜で求めると **18～20°** 付近に明瞭な崩壊斜面の増加が見られ、平板状崩壊斜面で算出した **10%** 値と整合する。

本調査地区のテフラの崩壊の特性についてまとめると次のようになる。

厚真地区のテフラの崩壊の流動性は非常に高く（最小等価摩擦係数 **0.1** 前後）、**等価摩擦係数はテフラの破壊や変形に対する抵抗性を反映していると推測される**。谷頭凹地の崩壊は、流下時の側方抵抗により等価摩擦係数は低下するが、高い位置エネルギーを持つため、土砂の到達距離は **300m** 以上に達することがある。

テフラの崩壊が発生する斜面は主に **30° 以下の緩斜面に集中することが多く、35° 以上の斜面では見られない**。傾斜の下限値は **10° 以下の緩斜面でも見られるが、既往データを用いて検討した結**

※厚真地区から西方約 **5km** の**本郷地区**で発生した緩斜面中の崩壊について、前原ほか（2019）によって調査・報告されている。前原ほかによると緩斜面浅部には、**Ta-d** を伴う混在土層が複数確認され、混在土中の **Ta-d** など降下軽石類が湿潤な風化環境であったことから、過去の崩積土中の弱面で発生した崩壊と指摘している。本検討のうち谷頭崩壊にあたるタイプ 3 の等価摩擦係数で、最も低い値であった箇所が本郷地区の斜面であった。厚真地区山地部と比べると傾斜が非常に緩いものの、土塊の移動様式についてはテフラの崩壊の移動特性を示しており、後述する高野台地すべりなどに類似した崩壊形態といえる。

2.2.5 山地災害の発生条件の特徴

本章では平成 30 年北海道胆振東部地震における厚真町およびその周辺地域における山地被災状況を把握し、崩壊の運動様式の分類、発生土砂動態などを整理した。特に当該調査地特有の斜面変動についてその崩壊発生特性等を検討し、地質的背景による特徴的な崩壊・運動様式の解釈を試みた。その結果明らかになった各崩壊様式の特徴について以下列記し、各発生条件を整理したものを図 2.28 に示す。

- ✓ 当該地域における山地斜面災害の斜面条件や土砂形態などをふまえ、運動様式について大きく 5 つに分類することができた。
- ✓ 一般的に崩壊が発生しにくいとされる 30° 以下の緩斜面においても、広い範囲で斜面崩壊が確認されており、これらは厚く堆積したテフラによる崩壊であることが分かった。テフラの崩壊は、35° 以上の斜面では見られないことが現地踏査・地形解析の結果から示された。またテフラの崩壊が発生する斜面傾斜の下限值については、地形解析の結果から 10~15° 付近に下限の閾値がある可能性を示唆する結果が得られた。
- ✓ テフラの崩壊は低い等価摩擦係数（最小 0.1 前後）を示し、斜面高の 10 倍程度まで土砂が流出することがあり、平板状斜面では脚部から 100m 以上、谷頭で発生する崩壊では溪流出口から 400 m 以上も土砂が流走していた。
- ✓ 崩壊が高密度に発生した流域では、緩傾斜の谷壁斜面と谷頭凹地が発達していたことが原因である。谷頭凹地と谷壁斜面の規模が大きくなると、崩壊規模も大きくなる。
- ✓ 開析が未発達な下部谷壁斜面ではテフラの二次堆積物や岩屑を含む崩壊が見られた。上部緩斜面のテフラの崩壊を伴う複合的な崩壊形態になることがあり、発生土砂量は表層崩壊より多くなる。発生件数は少なく、高低差のある谷壁斜面の一部で確認される。
- ✓ 急峻な下部谷壁斜面などで風化基岩や表土中で表層崩壊が発生し、テフラの崩壊と発生域が明瞭に分かれる。また崩壊深が浅いことから発生土砂量も少なく流動性に乏しい。
- ✓ 溪流出口や侵食崖の露頭部ではトップリング性の岩盤崩落が発生するが、当該地域では他の崩壊と比較すると発生件数は極端に低い。
- ✓ 調査地である厚真町山地部は褶曲を繰り返す第三紀堆積岩で構成された低起伏山地であり、流れ盤構造の斜面には顕著に地すべり地形が分布している。地層勾配が緩い地域では、尾根部やその近傍で地層の不連続面をすべり面とする大規模な岩盤地すべりが発生しており、いずれも初生の地すべりであった。また、溪流に押し出された末端部によって河床の隆起や土砂ダムを形成する。

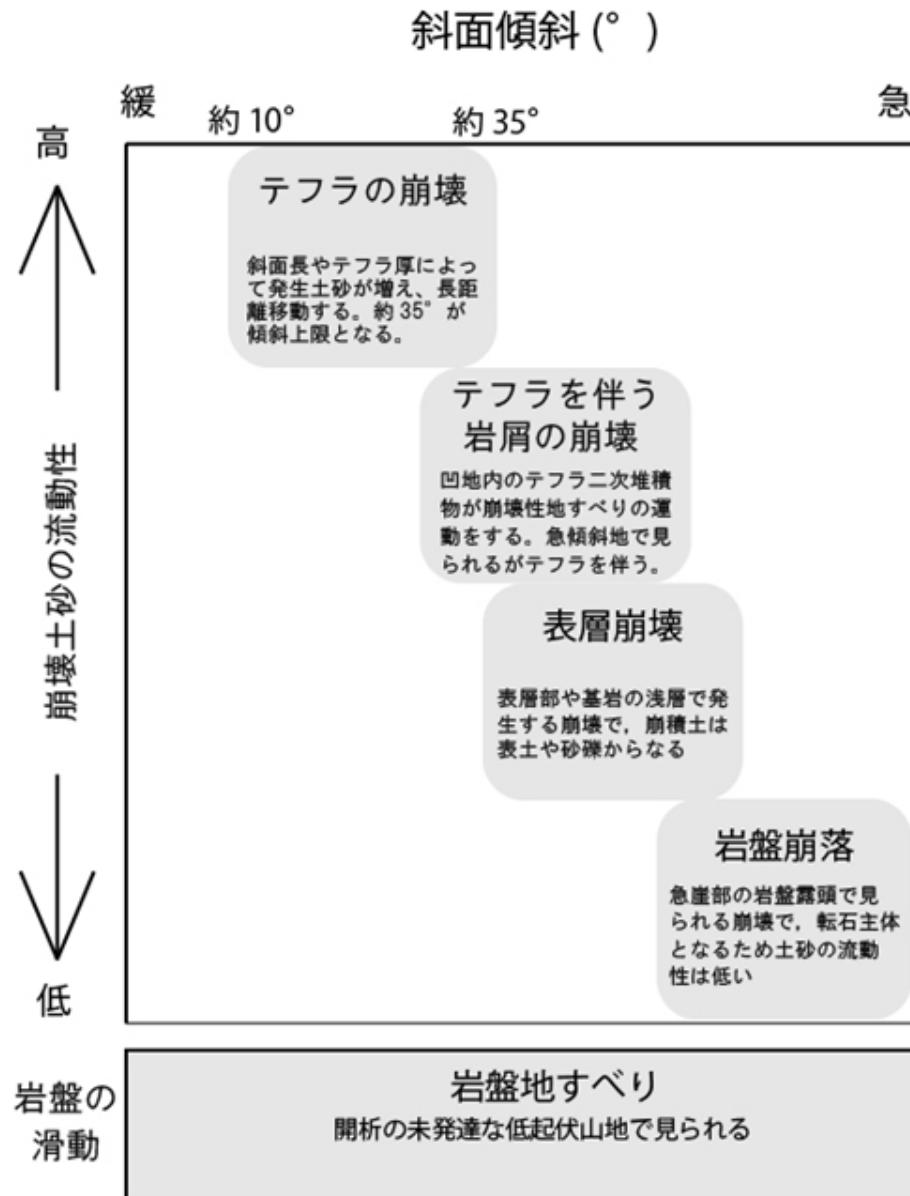


図 2.28 斜面傾斜と崩壊土砂の流動性からみた各崩壊様式の関係