

P.21 台湾における土石流

鳥取大学地域共同研究センター 宮本邦明
台湾國立成功大學 謝 正倫
鳥取大学地域共同研究センター 飯塚史教

1. はじめに

近年、地球温暖化に伴う、地球環境に対する様々な影響が指摘されている。中でも地球温暖化による気象に対する影響として、日本付近の緯度を持つ温帯モンスーン気候帯では、周辺の海水温度の上昇と大気の蒸気圧変化、前線の位置の変化により、現在の亜熱帯地方のように降雨の集中豪雨的要素が強くなる可能性が高いことが指摘されている。集中豪雨によって生じる崩壊や土石流は、直接的な災害を引き起こすだけでなく、ダムへの大量の濁水の流入、流路や河床の大幅な変動など、長期にわたって溪流・流域の自然環境に影響を及ぼす原因となる。

台湾は気候的には亜熱帯に属しているため、集中豪雨が多いという降雨特性を有している。また、日本と同様にプレートの境界に位置していて激しい地殻変動を受け、脆弱な地質と急峻な地形を有している。その結果、土砂の生産・流出が非常に活発で、斜面崩壊、土石流が多発し、河床変動、流路変動が活発におこる。加えて、国土の約5割が山岳地域であり、人口密度が高い（世界第2位）ため山間部人口が多く、土砂災害は深刻な問題となっている。このように台湾の土砂災害をめぐる社会的環境は、日本とよく似た面をもっている。

このような点から、現在の台湾における土砂生産、流出の過程や土砂災害の特徴を知ることは、単に台湾における土砂災害の状況を把握するだけでなく、わが国にとって気象変動が進行した場合の溪流・流域に対する影響を評価する上で重要である。このたび台湾において、土石流発生現場の踏査を行う機会が得られたので、その状況を報告する。踏査を行った現場は、台湾東部の花蓮縣郊外に位置する東興地区と、花蓮縣から台東縣へ南下する途中に位置する紅葉溪である（図-1）。東興の流域は、海底（フィリピン海プレート）の隆起によって形成された海岸山脈の麓に位置しており、固結度の低い泥岩からなる場所である。一方、紅葉溪の流域は、内陸部（大陸プレート）の隆起によって形成された中央山脈の麓に位置しており、変成作用を受けたかなり強固な地質構造を持つ場所である。

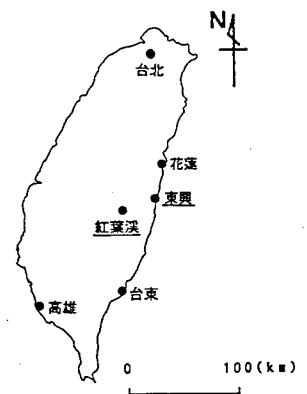


図-1 調査位置

2. 東興地区の土石流

東興地区では1994年7月に土石流（泥流）が発生し、家屋の損壊等の被害が生じた。土石流が発生したのは、流域面積0.85km²、主流路長1,900mほどの東西方向にやや長い流域である。流域は主に固結度の低い泥岩からなるが、一部に砂岩との互層を見ることができる。また、海岸山脈から海岸部までの距離が短いため、平均河床勾配は1/4と急である。流域の下流部には、1/8~1/10程度の一様な勾配を持つ扇状地が広がっている。扇頂部の直上流には屈曲した狭さく部が200mほど続き、そのさらに上流域はV字谷になっている。流域の源頭部には、かなり大規模な崩壊地を2箇所確認することができる。

土石流が発生したときの降雨は、最大1時間雨量で104mm（7月10日20～21時）であった。花蓮周辺での1/50年確率60分雨量が118mm、1/25年で114mmということであるから、このときの降雨は60分（あるいは1時間）雨量で評価すると、十～数十年に1回程度の降雨に相当するであろう。土石流発生前後の降雨状況は、詳細な降雨データが入手できていないためよくわからないが、住民の話によると7月10日の夕方まではさほど雨は降っていなかったということである。また、土砂が集落に到達したのは最大1時間雨量を記録した時刻から数時間後（23～24時頃）で、泥流が家屋内に流れ込んできて初めて気がついたということである。

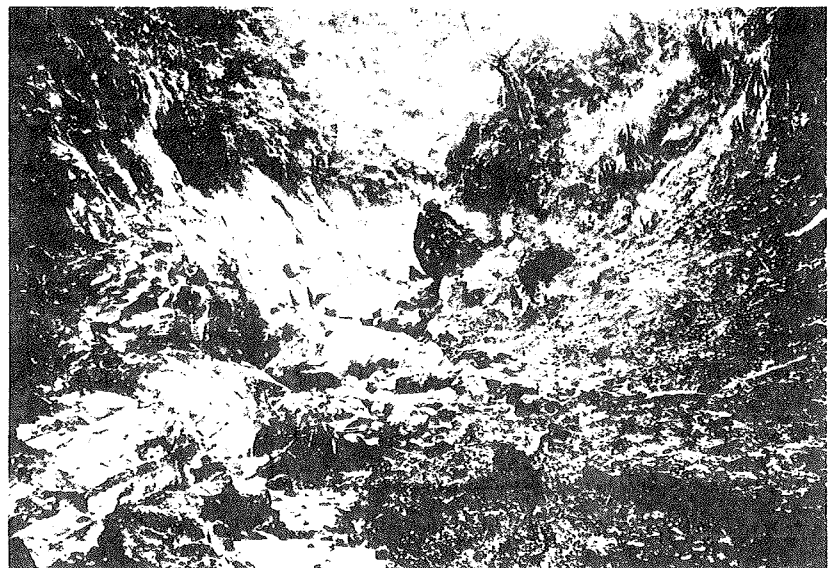
写真－1は、扇状地における土砂の堆積の様子である。扇状地に堆積している土砂は細粒分に富んでおり、表面には泥の固まり（泥球）が存在する。このことは、泥球のマトリックスと流下した土砂の比重に大きな差がなかったことを示しており、したがって泥流の土砂濃度はかなり高かったこと、また、もろい泥球が破壊されずに流下していることから、流れの表面ではプラグが形成されていた可能性が高いことが推察される。泥流は、扇状地上を直線的に海に向かって流下しており、長



写真－1 扇状地における土砂の堆積状況

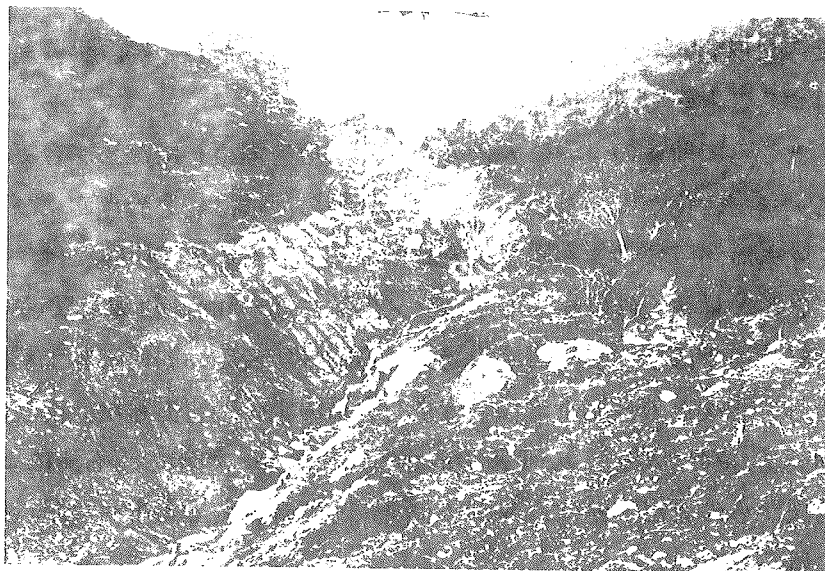
さ300m、幅150mにわたって厚さ2～3mで土砂を堆積させている。土砂の堆積は海岸にまでおよんでおり、かなりの土砂が海へ流出したと推定される。泥流の規模は、扇状地上の堆積土砂量から単純に見積もっても約50,000m³となり、したがって単位面積当たりの流出土砂量で評価すると、7～8万m³/km²以上であったことになる。このような大量の泥流の流下にもかかわらず、主流が通過した近くの家屋や樹木の倒壊は生じていない。このことは、土砂の流動速度はかなり遅く、流体力が小さかったことを意味している。

土砂の堆積は扇状地への入り口から始まっており、狭さく部とその上流のV字谷ではほとんど見られない。写真－2に示すように、狭さく部の右岸側は泥岩の基盤で構成されており、左岸は崖錐性堆積物から構成されている。左岸側の比高は右岸側の比高より低く、泥流はその左岸側の上面に部分的にあふれるように流下している。狭さく部の横断形状と流下痕跡から、泥流は幅20～25m、高さ十数m、流積にして200～300m²の断面をもって流下したと想定される。また、その上流のV字谷



写真－2 狭さく部の様子

の区間（写真－3）では、河床から十数mの高さに泥流の流下痕跡が残っており、V字谷側岸の傾斜角を仮に45°と見積もっても、その流積は、幅30m、高さ十数mとして200～250m²であったと推定される。通常、土石流などであれば、流動深が十数m、勾配が1/4～1/5程度であると、流速は少なくとも10m/sec程度にもなる。すると流量は2,000～3,000m³/secとなり、泥流ハイドログラフはせいぜい20秒程度という極端に短い現象ということになる。



写真－3 V字谷の様子

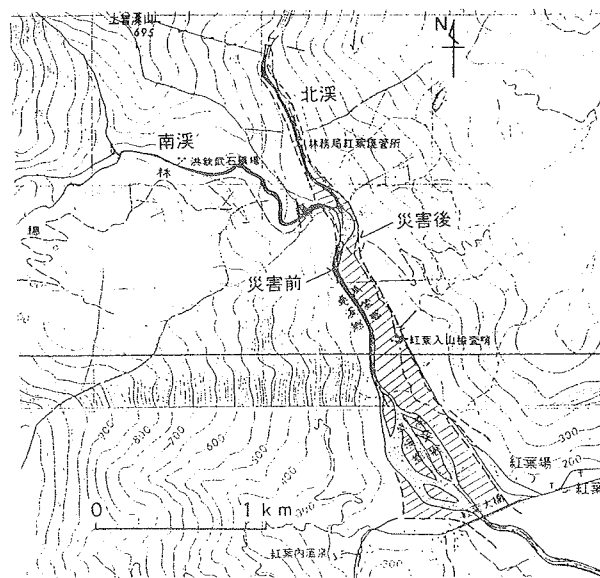
これはかなり非現実的であり、またV

字谷区間や狭さく部、特に狭さく部の屈曲部での流れの慣性力による内外両岸の水位差がほとんど見られないということからも、速度はかなり遅かったと推察される。以上のことから、東興で発生した泥流は、細粒分が卓越した高濃度の土砂が低速度で流下していったと考えることができる。この泥流の発生源は、流域源頭部の2箇所の崩壊地のいずれかまたは両方であると推定されるが、ここで述べた流下特性も含め、より詳細な、崩壊から停止、堆積までの情報を得るためには、総合的な現地調査や雨と泥流の対応、泥流の流動メカニズムに関する検討が必要である。

3. 紅葉溪の土石流

紅葉溪では1990年6月に土石流が発生した。紅葉溪は本川である北溪と支溪である南溪からなる。流域面積は両支溪の合流点に対してそれぞれ約16.6km²、14km²である。流域源頭部から合流点までの比高差は1,000～1,600mあり、平均河床勾配は共に約1/2と非常に急である。流域は中央山脈の麓に位置しており、かなり強固な地質構造を有するものの、地形図からは溪床沿いに地すべりブロックや崖錐堆積物らしきものが存在していることが推定される。

土石流発生前後の河道の変化を図－2に示す。南溪と北溪の合流点から下流約1kmの区間では、土石流によって河床が3m程度上昇し、北溪沿いの道路が埋没した。また、合流点下流1kmほどの所にあった数百戸の集落にも被害が生じた。堆積土砂量から見積もられる、合流点における流出土砂量は、約200～300万m³である。南溪からの流出土砂は、本川（北溪）との合流点に小さな扇状地を形成しているが、主な土砂流出は北溪で生じている。もし、すべての土砂流出が北溪からもたらされたとすると、単位面積あたりの土砂流出は、12～18万m³/km²となる。紅葉溪に関しては、雨に関する資料もなく、土砂生産・流出に関する調査もなされていないため、どの



図－2 土石流発生前後の河道の変化

ような形態でこれほど膨大な土砂が生産・流出したのか、土砂量が降雨強度に対して大きいのかどうか検討することができないでいる。

ところで前述のように大量の土砂が河道を埋積したため、合流点下流部では集落に被害が及ぶほど流路に大きな変化が生じた。土石流発生以前の河道は、合流点および合流点から約2 km下流の紅葉大橋直上流を除き流路は狭く、右岸側を流れていた。土石流の発生後には、流路が網状となって所々に浮州を形成している。堆積土砂は、マトリックスの間に40～50 cm程度の礫がかなり含まれている。

紅葉溪では、この土石流の発生から約4年後の1994年にも土石流が発生した。94年の土石流は南溪で発生し、北溪との合流点より下流まで大量の土砂が流出した。南溪の出口付近には、90年の災害後すぐに有効高7 m位の砂防ダムが1基設置されていたが、94年の土石流によって完全に埋積してしまった。さらに、南溪からの流出土砂は、本川（北溪）との合流点で大規模な扇状地を形成し、本川は対岸の左側岸に押しつけられてしまった。

4. おわりに

本報告で紹介したように、台湾においては土砂生産・流出が著しく、一度に $10\text{万m}^3/\text{km}^2$ 規模の大量の土砂移動が生じている。このように大規模な土砂の生産と流出のメカニズムを、特に降雨時系列との関連の中で調査、観測、解析、検討することが必要である。

なお、本調査の一部は、財団法人 砂防・地すべり技術センターの研究開発助成金、河川環境管理財団の河川整備基金の補助を受けて進められた。関係各位に深謝の意を表します。