

大規模崩壊発生の地形・地質的要因と土砂生産機構—四国山地結晶片岩地域の崩壊例—

建設省四国地方建設局 吉野川砂防工事事務所 立石 耕一
森 和夫
復建調査設計株式会社 高松支社 坂本 省吾
高知事務所 ○落合 文登

1. はじめに

『つえ谷』は高知県大川村川崎地内に位置し、早明浦ダム貯水池上流端で吉野川本流の左岸側から流れ込む谷である。流域面積は0.6km²と小さいものの、流域全体が崩壊地と形容できる急峻な谷地形で、谷というよりは山腹斜面としての性格の強い特殊な渓流である。当地区は、全体としていわゆる大規模崩壊（後述）により形成され、その後も中規模崩壊が繰り返して発生している。山腹と渓流の確たる区分を持たない急勾配（平均勾配30'以上）の斜面では、様々なタイプの土砂生産が現在も活発に行われ、吉野川本流への多大な土砂流出及び濁水が懸念されている。

本報告では、①つえ谷地区の災害履歴を整理するとともに、②大規模崩壊の発生機構（素因・誘因）、③現況の土砂生産機構、④将来予想、さらに⑤今後つえ谷に取り組む上での課題についてまとめたものである。

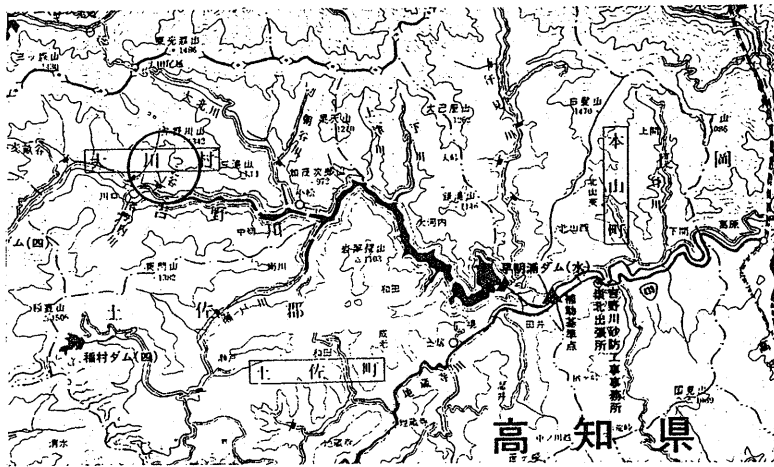


図-1 つえ谷位置図¹⁾

2. つえ谷概要（災害履歴と調査経緯）

つえ谷のツエは「潰れる」が縮訛されて「潰（ヅ）る」となったもので、高知県をはじめとする四国地方の地すべり・崩壊地によく用いられる地名の1つである²⁾。当地区は、豪雨期を中心に小～中規模の土砂移動を繰り返しており、個々の災害発生箇所も再発性・反復性があることが過去の空中写真判読・聞き込みにより判明している。

つえ谷には昭和28年～33年に高知県が施工した既設堰堤4基があったものの、昭和51年9月台風17号の豪雨時に土石流が発生し、堰堤の袖部を中心に被害を及ぼした。調査地の北東約4kmの大北観測所のデータによれば、この時の5日間（8日～12日）連続雨量は1,649mmに達しており、土石流はこの間に発生したと考えられる（9月11日の日雨量500mmは、過去20年間の日最高雨量である）。この時、つえ谷流域内から発生した流出土

砂は56,800³と見積もられており⁸⁾、吉野川本川に一時的なダムアップが発生したとされる。吉野川本川には、その時に流出した巨礫が現在も合流部を中心に下流側に散在している。また、近年発生した土砂移動の中で最も規模の大きいものとして、平成5年の台風5・7号通過時に中央部東側斜面において崩壊と土石流の発生が確認されている。

当地区を含めた吉野川上流域は昭和50年・51年の連年の豪雨により著しく荒廃し、昭和54年より建設省直轄区域に拡大編入された。この流れを受けてつえ谷地区も昭和56年度より調査に着手し、現在までに下流域を中心に砂防堰堤2基をはじめとする砂防施設群が完成している。

3. 機構解析

つえ谷地区における土砂災害発生の機構解析を、素因となる地形・地質、誘因となる降雨・地震に分けて以下に述べる。また、一般的な大規模崩壊事例とつえ谷の位置づけについても若干の考察を加えた。

3.1 地形・地質的特徴

調査地を含む四国脊梁部は第四紀の平均隆起速度が1.5mm/年を超え、四国内でも地殻変動の著しい地域の1つとされる⁴⁾。つえ谷は流域面積0.6km²のボトルネック型を呈し、土石流通過経路となる4本の溪流を流域内に有する。最大標高差は800m(1,150-350m)、平均勾配は30°を超える。また、地質的に低温高压型の三波川変成作用を受けた異方性の強い結晶片岩類により山体を構成する。これまでの調査結果より、本地区の地形・地質的特徴としては以下のように整理される。

①基盤の一般地質構造は、NW-SE方向の走向を有し、20°~30°で北へ傾斜する。したがって、つえ谷を斜面としてみた場合全体として受け盤構造を呈する。この地質構造を反映して山体としては非対称地形(ケスタ地形)を呈する。また、侵食に対して抵抗性のある緑色片岩及び珪質片岩が侵食に弱い泥質片岩を覆い、全体として“キャップロック”的な地質構造をとる。

②斜面上部の稜線付近には、二重山稜・大規模凹地(カラ池)・溝状凹地・懸崖連続部など通常の線上侵食では考えられない特異地形が認められる。これらの地帯は、弾性波探査の結果により深部まで最終速度層に到達しない“緩み領域(弾性波速度値2.0km/s未満)部”が厚く(約90m)分布している。

③流域内には、厚い被覆層が分布する。平成6年度に行ったボーリング調査結果では、GL-37.90mまで崖錐性堆積物を確認しており、さらに流域中央ではこれを上回る厚い(最大約60m)分布域が予想される。これらの被覆層は現在も2次・3次移動を繰り返し、その一部は土石流となって吉野川本川へ流出している。

④調査地域は全体として急勾配の斜面形状を示すが、局所的な緩斜面が残存する(標高560-580m, 630-650m, 780-790m)。対岸の同一標高付近にも緩斜面が断続的に認められることから、これらの緩斜面は侵食平坦面の可能性が強い。

以上を総括して、つえ谷地区の現地状況概念図を図-2に示す。また、図-3には、つえ谷地区の土砂移動形態と地質構造模式図を示す。

3.2 土砂災害となる誘因について

(1)降雨…多年度(1948年~1994年間の13時期)にわたる空中写真判読により、災害発生場所・時期及び規模を把握することができた。このうち、推定崩壊量10⁴m³オーダーの崩壊を降雨との相関でみると、いずれも日雨量400mmを超えた時期と一致し、さらに日雨量500mmに達すると崩壊量は10⁵m³オーダーとなり一部は土石流化して吉野川本川にまで到達していることが判明した。これらの日雨量は確率雨量計算結果上、前者が8~10年、後者が25~30年確率年に相当し、災害発生履歴と概ね矛盾がない。

(2)地震…調査地域周辺は、南海トラフで周期的に発生するマグニチュード8を超える南海地震の被害範囲内にある。既設堰堤掘削時の木片の年代は、684年に発生した巨大地震発生(白鳳地震)時期を示唆する範囲内にある⁵⁾。また、聞き込みではあるが、昭和21年南海地震発生時に小規模崩壊が発生している。古文書や年代測定等による確認はできなかったが、つえ谷の土砂移動もこの地震活動と密接な関わりがあると考えられる。

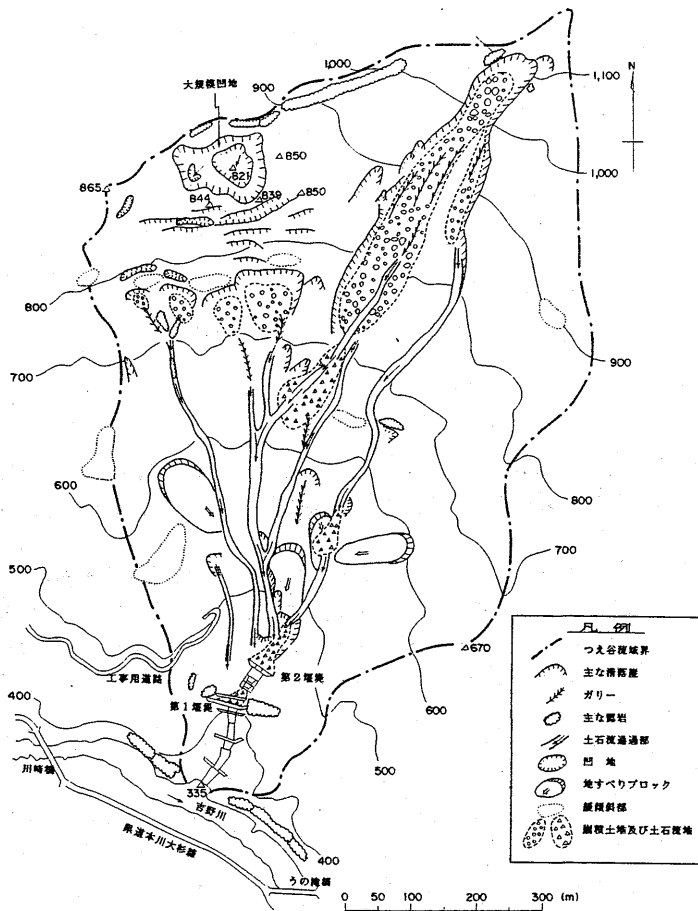


図-2 つえ谷地区現地状況概略図

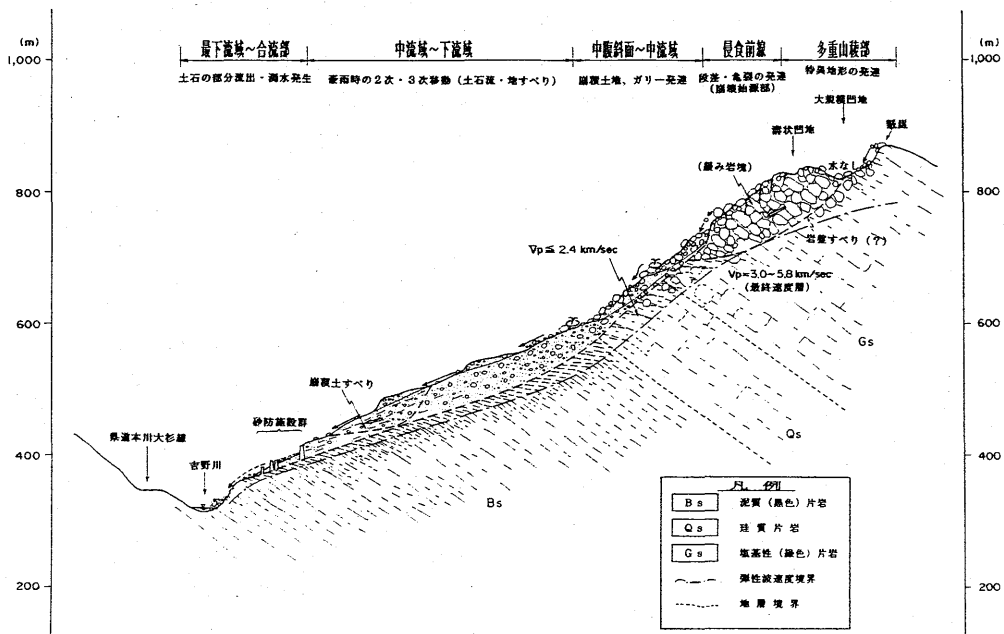


図-3 つえ谷地区の土砂移動形態と地質構造模式図

3.3 一般的な大規模崩壊事例とつえ谷の位置づけ

大規模地すべり・崩壊に関する多くの事例解析のなかに、その発生条件として様々な地形・地質的条件が指摘されている^{6), 7), 8), 9)}。つえ谷の特徴をこれらの諸条件と比較すると、多くの合致点が認められる。すなわち、①比高が顕著(旺盛な隆起量を示す大起伏山地内)、②緩斜面の残存、③崩壊頂部が逕急線の上下にまたがる、④キャップブロック的な地質構造、⑤線状凹地の発達、⑥誘因となる巨大地震の影響下、⑦大規模岩盤クリープが進行しやすい泥質片岩の存在、⑧崩壊地下方の多量の崩積土の存在、さらに⑨崩積土の末端が現河床よりはるかに高い位置にあり溪岸侵食が崩壊の主因となったものではなく現在の地形環境と異なる時代に初生崩壊が発生したと推察されること、等が挙げられる。

したがって、つえ谷としての初生崩壊は他の大規模崩壊と同様に、比較的滑動しやすい環境の時期(四国山地の急激な隆起と吉野川による急速な下刻作用が進んだ時期)に形成されたものと考えられる。一方、凹地と二重山稜地形は、将来のマスムーブメントの先駆的な現象ではなく既に活動が終わったあとの産物と捉えるべきものと判断される。しかし、残存する緩んだ岩塊層は決して安定とは言えず、侵食前線付近の小～中規模崩壊の繰り返しにより、潜在する残存移動岩塊層(二重山稜前面部)の2次的な岩盤すべりの安全率を徐々にではあるが小さくしていることも否定できない。

図-4には、これまでの調査結果から予想されるつえ谷の地形発達と大規模崩壊の模式図を示す。

4. 現在の土砂生産機構(2次移動)

(1) 崩壊…つえ谷地区の現況は平成5年の豪雨時に発生した崩壊・土石流等により、東側斜面を中心に裸地化が進行し、部分的な地形変化が起きている。崩壊地内にはガリー状の侵食が発達しており、既に崩積土の2次移動が始まっている。崩壊始源部付近には、長径10mを超える緑色片岩巨礫が残存する。これらの巨礫は、転石状を呈するが、斜め写真を含めた過去の空中写真から判断すれば原地性に近いものである。一方、西側に分布する2つの崩壊地は、もともと昭和51年に発生した崩壊跡地であるが、崩壊始源部付近は植生の復活がなく、その後の再崩壊や2次侵食が進行している。

(2) 地すべり…地表踏査のみの結果から判断すれば、つえ谷全体が不安定化しているのではなく、その中の小ブロックが現在も徐動的な変状を起こしていることが推察される。下流域にある小ブロックは、地層構成も細粒分を多く含むこと、また地形的にも地表水が集中し地下水位も高いことが予想され最も不安定な地すべりブロックと判断される。実際に、末端部の崩積土すべりブロック内での約10年間に及ぶ多層移動量計の観測結果によれば、豪雨期を中心に基盤岩との境界付近をすべり面とする累積変位が確認されている。

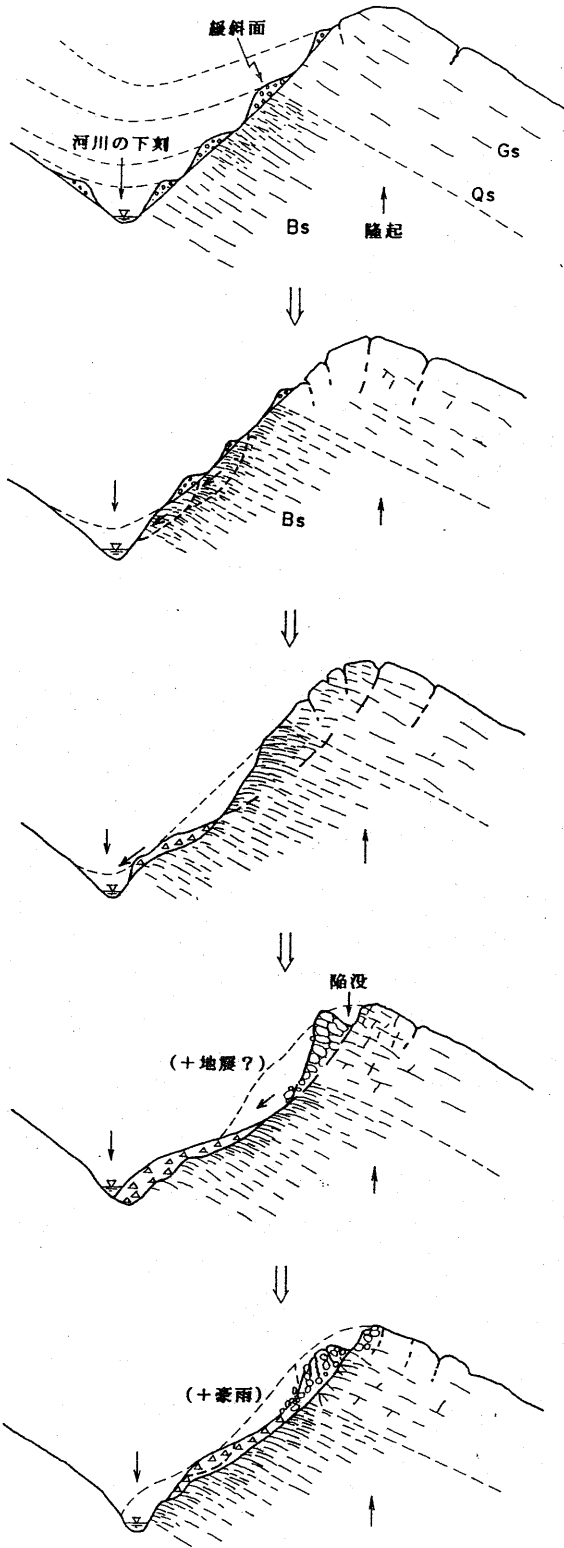
(3) 土石流…比較的最近に発生したと判断される土石流堆は、3箇所で見られる。このうち、平成5年に発生した土石流は第2堰堤を直撃している(図-2参照)。

つえ谷本流を中心とする溪床沿いには基盤の三波川変成岩類の露頭はなく、崖錐性堆積物に厚く被覆される。ただし、土砂生産の供給を受けにくい周辺溪床部や尾根部等には、基盤露頭がみられる。

5. 今後の土砂生産予想

斜面上部崩壊の再発性とその発生サイクルの予測は、中流域～下流域における2次移動(土石流・崩積土すべり)を抑止するためにも重要である。ここでは、土砂生産のうち、特に崩壊について今後も発生し得るのかどうか(継続性・再発性)、起こるとすればどれぐらいの時間スケールで起こるのか(サイクル)を考察してみる。

a. 大規模崩壊…ここでの大規模崩壊は、 10^7 m³オーダーの巨大崩壊に匹敵するような斜面上部の崩壊あるいは岩盤すべりを指す。一般に巨大崩壊の場合は、地質年代的な時間スケールで起こり、地点を限定すれば1回発生すれば数千年から数万年間再び発生することは考えられず、再起性はほとんどないと言ってよい⁶⁾。また、それだけのボリュームをつえ谷内だけで発生させることは、谷地形となった現在では不可能と言える。しかし、二重山稜前面部の侵食前線付近の不安定化によっては、その再発の可能性が徐々に高くなることが



①原地形

山地の増起伏・増傾斜の不安定化, 河谷の侵食
 Bs: 泥質片岩 Qs: 珪質片岩
 Gs: 塩基性片岩

②斜面下部の不安定化

岩盤クリープの進行 (特にBs)

③末端崩壊と斜面上部の不安定化

小崖地形・線状凹地などの前兆現象 (?)
 深部での岩盤クリープの進行

④大規模崩壊発生

大規模凹地 (2重山稜) の形成と
 多量の崩積土の発生

⑤現在のつえ谷

残存移動岩塊の徐動 (?) と小~中崩壊
 崩積土の2次・3次移動 (土石流・地すべり)

図-4 つえ谷の地形発達と大規模崩壊の模式図

考えられる。それでも、最大 10^6 m³オーダー程度の規模のものとなろう。

b. 中規模崩壊…平成5年や昭和50年に発生した程度の規模（概ね 10^4 m³オーダー）の崩壊は、今後も継続して発生することが予想される。この規模の崩壊は、過去の空中写真判読により再発性があり、崩壊始源部は地形的に逶急線部に集中している。そのサイクルを確率雨量から判断すれば、8~10年程度のサイクルとなる。

c. 小規模崩壊…特に、侵食前線部に相当する急斜面裸地部は臨界状態に近く、通常の降雨でも容易に分離・崩落・移動が起こっていると考えられる。

6. おわりに

本報告は、これまで建設省吉野川砂防工事事務所が取り組んだつえ谷に関する業務報告書・空中写真等の資料を再整理し、つえ谷の地形・地質の特徴、土砂災害発生の機構解析及び今後の課題等について総括したものである。当地区に関する調査・研究成果の一部は既に公表されているもの¹⁰⁾、本文中にも述べたように、まだまだ不確定な要素が多く残っている。特に、斜面上部の不安定岩塊部の岩盤すべりの有無、動いているとすればどの程度の移動速度があるのか、その運動機構に地下水流動がどのように関与しているのか等は、今後の対策範囲や対策順位・対策方法を決定する上で重要な判断材料になると考えられる。さらに、大規模崩壊発生時期の特定や詳細な発生機構・原地形の復元・周辺地山の岩盤クリープの有無等、地質的問題点へのアプローチも必要と考えている。

今後はつえ谷全体の斜面変動量把握のための観測態勢（GPS測量等）を整備するとともに、個々の土砂移動抑止のための精査（ボーリング・孔内観測）を進めてより現実的な対策工の絞り込みを行う予定である。

【引用文献】

- 1) 建設省四国地方建設局吉野川砂防工事事務所（1994）：吉野川砂防工事事務所管内図。
- 2) 小川豊（1983）：危険地帯がわかる地名，pp. 39-40。
- 3) 建設省吉野川砂防工事事務所（1983）：昭和57年度つえ谷地区砂防計画調査報告書，pp. 18-21。
- 4) 大森博雄（1990）：四国山地の第四紀地殻変動と地形，『変動地形とテクトニクス（米倉ほか編）』，古今書院，pp. 60-86。
- 5) 建設省吉野川砂防工事事務所（1989）：昭和63年度つえ谷地区施設計画検討業務報告書，p. 3。
- 6) 菅原捷（1987）：巨大崩壊と地すべり，『防災地質の現状と展望』，応用地質第28巻特別号，pp. 1-12。
- 7) 古谷尊彦（1980）：地すべりと地形，『地すべり・崩壊・土石流』，鹿島出版会発行，pp. 200-209。
- 8) 千木良雅弘（1995）：巨大崩壊『風化と崩壊』，近未来社発行，pp. 89-106。
- 9) 甲藤次郎（1989）：地すべりと地質“古期崩壊”，『地すべり等防止法施行30周年，四国の地すべり』，建設省吉野川砂防工事事務所発行，pp. 12-14。
- 10) 高橋，綱木（1985）：大規模崩壊地つえ谷の移動形態について，第24回地すべり学会研究発表予稿集，pp. 24-27。