

三重県藤原岳周辺流域の土石流対策について

前 三重県県土整備部
 (財)砂防・地すべり技術センター ○池田暁彦
 京都大学大学院農学研究科 水山高久
 三重大学生物資源学部 林 拙郎
 静岡大学農学部 土屋 智

1. はじめに

三重県北西部に位置する藤原岳(標高1,120m)の周辺流域では、1998年以降ほぼ毎年のように土石流が発生している。これに対して、三重県ならびに桑名建設部では砂防えん堤の整備とともに既設えん堤の除石、雨量計の配置、ワイヤーセンサーの整備、藤原町(現いなべ市)では地域住民への防災情報の提供、防災訓練の実施、自主避難の促進などにより、土石流災害を未然に防いできた。しかし、各流域には依然として多量の土砂が残存していることから、今後も土石流対策の必要性・重要性が高い。本報告はこのように土石流が頻発する藤原岳周辺流域におけるハード対策とソフト対策を併用した土石流対策について紹介するものである。

2. 流域概要

土石流対策の対象流域は、西之貝戸川(A=1.22km²)、小滝川(A=2.70km²)、小部原谷川(A=0.15km²)、鳴谷川(A=0.50km²)であり、全て土石流危険渓流に指定されている。平均溪床勾配1/2.5~1/3.0と急勾配渓流であり、顕著なV字谷が形成されている。地質は緑色岩類と石灰岩を主体とする霊仙山層で構成されている。石灰岩は比較的新鮮な岩盤と著しく風化して礫質化した岩相からなる。礫質化した石灰岩は粒径20~30cm程度の石灰岩礫が溶出して石灰分で結合した“さざれ石”と呼ばれるもので、過去に発生した土石流の主たる構成材料となっている。

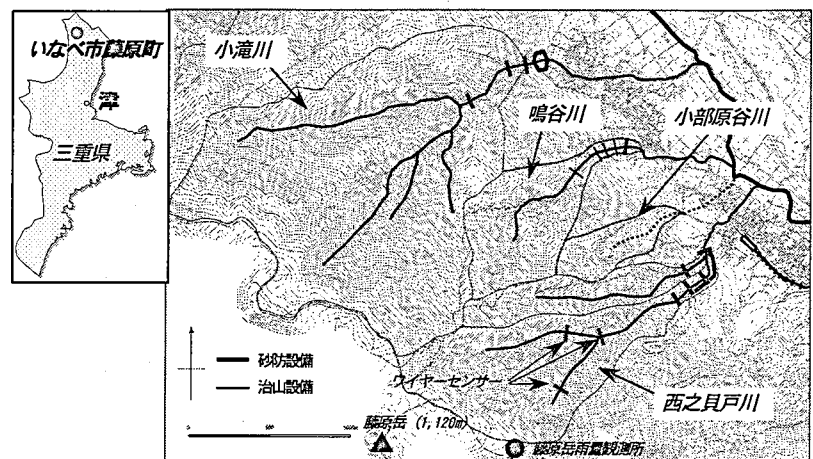


図-1 藤原岳周辺流域の位置と砂防設備等の整備状況

西之貝戸川には砂防えん堤4基と導流堤、小滝川には砂防えん堤3基と遊砂地、鳴谷川には治山えん堤4基と砂防えん堤1基が整備されており、小部原谷川は未整備である。

3. 土石流の発生状況とその発生機構

藤原岳周辺流域における土石流発生状況は表-1に示すとおりである。

1998年7月の土石流発生時に山腹崩壊が散発し、流下した土石流によって溪床・溪岸を著しく侵食されるようになった。1998年以降、崩壊地から供給される土砂は溪床に堆積し、これが土石流となって流出するようになった。土石流が下流に流出するに伴って溪岸侵食が進行し、溪床では土砂が流出するものの上流から新たに土砂が供給・堆積するために絶えず溪床には多量の土砂が存在することになり、土石流が頻発する大きな原因となっている。また、藤原岳周辺流域の基盤地質が“さざれ石”と呼ばれる礫質化した石灰岩であり、これが崩落しやすいことが土砂生産を活発化させる原因になっている。

表-1 土石流の発生状況と推定流出土砂量

土石流発生年月日	溪流名	推定 流出土砂量 (m ³)
1998年7月29日	西之貝戸川	—
1999年8月19日	西之貝戸川	3,000
1999年9月24日	小滝川	10,000
	西之貝戸川	3,700
	小滝川	5,000
2002年7月9日	鳴谷川	1,200
	西之貝戸川	—
	小滝川	21,080
2002年7月17日	西之貝戸川	39,860
	小滝川	20,970
	鳴谷川	2,500
2003年8月8日	西之貝戸川	26,000
	小滝川	50,000

4. 砂防設備による土石流対策；ハード対策

藤原岳周辺流域では、溪床堆積土砂の大規模流出が主な土石流の発生原因であると推定される。したがって、本来であれば、土石流発生源がある程度特定されているので、直接的な生産源対策を実施することが効果的である。しかし、各溪流は急勾配である上にV字谷を呈する急峻な地形であるために、上流域へのアクセスは非常に困難である。そこで、基本的には、中流域から下流域にか

表-2 各流域の計画流出土砂量

溪流名	計画流出土砂量 (m ³)
西之貝戸川	106,442
小部原谷川	4,140
鳴谷川	11,135
小滝川	101,530

けて土砂生産・流出抑制を図り、下流域では土石流の捕捉を図るものとした。ただし、表-2に示すように計画流出土砂量が比較的大きいため、流域内で完全に土石流を捕捉することが困難であることから、砂防設備を除石して土石流捕捉容量を確保するものとした。なお、小滝川では既設えん堤の施工に際して設置した索道があることから、土石流発生源において生産抑制を図るものとした。

この土砂処理方針を受け、各流域とも砂防えん堤を、小滝川と小部原谷川の谷出口には比較的広い堆砂空間が確保できることから遊砂地を整備して除石を行うこととした。ただし、土砂生産区間では除石は行わない。西之貝戸川と小部原谷川の保全対象の直上流では土石流の氾濫防止のために導流堤を整備するものとした。小滝川の土石流発生源ではフトンカゴと砂防ソイルセメントを併用した横工を整備するものとした。砂防えん堤、遊砂地、導流堤等には可能であれば溪流内に多量に存在する土砂を活用するものとした。

5. 警戒避難体制の支援による土石流対策；ソフト対策

土石流発生降雨の分析結果から、土石流が最も頻発している西之貝戸川では短時間の降雨（10分間雨量）が急増する時点で土石流が発生する傾向があることが確認された。また、溪床堆積土砂の大規模流出が主な土石流の発生原因であると推定されることから、平野（1986）*を参考に洪水到達時間の平均降雨強度による土石流発生降雨の評価を試みた。この結果、洪水到達時間は10分～70分程度となり、流域特性と過去の発生状況から西之貝戸川では土石流が発生するような状態での洪水到達時間は10分程度と推定した。これにより10分間雨量に着目して土石流発生降雨／非発生降雨の分析結果から、10分間雨量が17mm以上になると土石流が発生する傾向が確認できた。一方、降雨の溪床への浸透量とともに溪床堆積土砂の流動化を支配する表面流の変化を追跡できる視点から、タンクモデル（3段直列）による土石流発生支配降雨についても分析した。その結果、タンク合計貯留高が概ね110mmを超えると土石流が発生する傾向があることが確認できた。

藤原岳周辺流域における土石流に対する警戒避難基準は10分間雨量17mmという降雨量を基本として考えた。しかし、これを現実的に運用する場合、事前の警戒・避難基準として活用するには評価時間が短い。ここで、ハード対策で砂防設備を予め除石しておく計画としていることを踏まえると、土石流は砂防えん堤を満砂させながら流出してくることになるので、砂防えん堤による土石流の流出遅延効果を見込めるものとした。この遅延効果に加えてタンクモデルによる発生基準を補完的に組み入れ、ワイヤーセンサーや監視カメラ等による土石流の検知システム、いなべ市藤原町の警戒配備基準と過去の運用経験を考慮して図-2に示す警戒避難基準を設定した。

	フェーズ	基準
第1段階	緊急体制開始 (職員参集・警戒配備)	藤原岳観測所で1時間雨量10mmを超え、今後の気象情報によりまとまった降雨が予想されるとき
第2段階	避難動作準備	タンク貯留高合計が90mmを超え、今後も降雨の継続が予想されるとき 土石流発生の前兆を確認したとの目撃情報が寄せられたとき
第3段階	避難警告	土石流発生基準雨量を超えたとき (10分雨量17mmを超え または タンク貯留高合計が110mmを超え) 巡回中の職員が土石流の前兆を確認したとき
第4段階	避難指示	検知センサーや監視カメラにより土石流を検知したとき 土石流発生基準雨量を超え、降雨の継続や増加など状況の悪化が見込まれるとき
避難解除		【解除の検討開始】 余裕をもった解除を行なう場合：土石流発生基準雨量を下回り、降雨が終了したとき 早期解除や一次帰宅が必要な場合：2段目タンク貯留高が減少に転じるとき。ただし、3段合計貯留高が上昇傾向にあるときは除く。 【解除の決定】 現地確認の結果、土石流発生の危険性がないと判断され、また、今後の気象情報によりまとまった降雨が予想されていないとき

図-2 藤原岳周辺流域の警戒避難基準

6. 今後の課題

藤原岳周辺流域では、土石流の発生機構や地形特性を把握し、砂防設備による土石流対策を考慮した警戒避難体制、すなわちハード対策とソフト対策を併用した土石流対策を実施している。2003年8月8日の土石流発生時には、本対策が効果的に機能したことを検証できた。

しかし、砂防設備による対策では毎年のように発生する土石流に対して除石を実施する計画であるため、その予算確保が困難であることと、除石した土砂の搬出先が必要となることである。現状ではいなべ市藤原町における開発計画での基盤材・盛土材として活用しているが、それ以降の搬出先は確保できていない。

また、警戒避難体制の支援による対策においては、土石流発生基準とした10分間雨量の予測が困難となっている。現状ではタンクモデルと併用しているが、10分間雨量の予測精度を向上させる必要がある。土石流の発生検知はワイヤーセンサーが主体となっているが、土石流によって切断されるとそれ以降の土石流は検知できないことから、新たに設置した振動センサーのトリガー設定の後、発生検知の信頼性が確保できれば振動センサーに主体を切り替えることを考えている。

参考文献*：平野宗夫・疋田 誠・森山聡之（1986）：活火山地域における土石流の発生限界と流出規模の予測。第30回水理講演会論文集，p.181-186