微地形解析を踏まえた砂防計画の立案について
―現行手法と比較しながら―

砂防エンジニアリング株式会社　○鈴木　隆司　前海　眞司
近藤　年範　大石　道夫
建設省利根川水系砂防工事事務所　高梨　和行　山本　順一

1　はじめに

従来の砂防計画は、降雨量を年超過確率で評価した計画規模に対応する一洪水によって発生する土砂移動現象を対象として立案されるのが一般的である。しかし、この計画立案手法では、流域ごとにもつ多様な土砂移動現象とその時系列的な動きといった「荒廃特性」を計画に十分に反映しているとはいい難い（本報告では、土砂移動現象の生じる素因と土砂移動痕跡の両者を合わせた意味で、「荒廃特性」と呼ぶこととする。）。一方では、砂防事業が地域社会に貢献すべく、住民にその目的を分かりやすく説明することが求められてきている。

このような背景を基に、流域の荒廃特性を踏まえた砂防計画立案の考え方を示し、これと現行の計画立案手法とを比較して整理した。また、片品川流域と流域内の支川である仁加又沢をその事例としてここに紹介する。

2　微地形解析を踏まえた砂防計画の特徴

2.1　砂防計画における微地形解析の意義

現在の地形は、地質，気象，侵食営力などの自然的属性である各要素の相互作用の結果として形成されたもので、様々な時間スケールのものから構成されている。その地形の持つ素因に規制されて土砂移動現象が発生する。砂防では一般に 10^2 以下のオーダーの時間スケールの土砂移動現象を対象としている。砂防計画における微地形解析とは、これら土砂移動現象を地形変化の一断面として捉えることである。その内容は、土砂生産・流出を規制する条件としての微地形の種類，位置および相互の関連などを明らかに、また、それらを手がかりにして地形発達史的に過去の土砂移動状況を明らかにするというものである。そして、これらが将来の土砂移動現象の種類・頻度・規模の予測に繋がるという観点から、土砂移動の結果として生じた微地形要素を抽出するというものである。ここで"微地形"とは、砂防の立場から山地とその周縁部の侵食・堆積現象に関わる地形という意味で用いている。

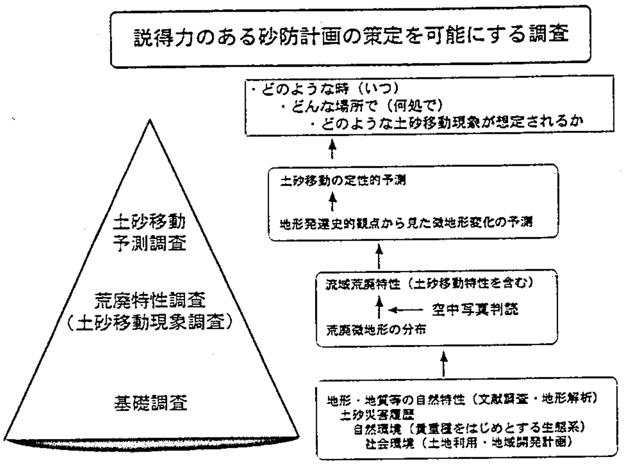

図-1　微地形解析を踏まえた砂防計画の概念

2.2　現行の砂防計画の考え方と微地形解析を踏まえた砂防計画の考え方の相違

現行の砂防計画と微地形解析を踏まえた砂防計画の考え方の違いを表-1に示す。

現行の砂防計画は、計画超過土砂量に見合う効果量を確保するように砂防施設の配置を行うというもので、冒頭でも触れたように個々の流域の荒廃特性は十分に反映されない。

微地形解析を踏まえた砂防計画では、計画対象流域についてその荒廃特性に関わる微地形要素を抽出し、まず場の条件として流域の荒廃特性を表わす微地形要素の分布を明らかにして土砂生産・流出・堆積の予測を行う。これに基づいて、施設が必要な位置あるいは適地と施設に期待する機能を判断し、目的にかなった工種を選定する。微地形分類図に基づいた砂防計画の立案手法は、その地域の地形変化の大勢を知り、計画で対象と

表-1　砂防計画の考え方の比較

	微地形解析を踏まえた計画	現行の計画
砂防計画の基本となる調査図面の種類	・微地形分類図 ・水系網図，接峯面図，河道縦断図，地質図，植生図等の流域の砂防情報図	・崩壊地分布図，河道の侵食・堆積状況を示した荒廃状況図等 ・左記と同様の砂防情報図
図面の作成目的	・流域の荒廃特性（土砂移動特性を含む）を明らかにし、砂防施設配置計画の重点地域を抽出する。 ・地形形成過程から土砂移動現象を予測し、効果的な対策の実現に向けての基本方針（ハード対策およびソフト対策で対象とする現象の種類と概略規模）を明らかにした後、砂防施設配置計画を検討する。	・不安定土砂量の量と分布を明らかにする。
施設配置計画の基本	・対象とする土砂移動現象による土砂の生産・流出のコントロールである。	・土砂収支計算に基づく計画超過土砂量の整備である。
計画規模	・過去の実績を考慮し、計画で対象とする現象の種類，社会的条件等を考慮して技術的に判断する。	・原則として、降雨量の年超過確率で一義的に決めている。
土砂生産・流出の予測	・流域内の（一次的あるいは初生的な）土砂生産源となり得る危険箇所を明らかにする。	・二次的な土砂移動に関する予測以外は具体的な情報は得られにくい。
施設配置計画の評価	・現在のところ流出土砂の調節箇所等の評価方法は確立されていない。	・計画超過土砂量の整備量（率）
利　点	・期待される施設の機能とそれを的確に発揮する配置位置が検討できる。 ・対象流域での対象現象に対して大局的な誤りが防げる。	・計画検討の点では普遍性がある
改善点	・判読では河道の情報が十分に読みとれない可能性がある。 ・事業を進める上での規模の設定手法や効果の評価手法を確立する必要がある。	・土砂収支計算による土砂処理計画が必ずしも実際の現象を反映していない。 ・事業効果の評価が実際の土砂整備を反映しきれていない面もある。

する現象や規模，流域の土砂管理の大局的な判断の誤りを防ぐための必須の条件である。さらに、現地調査により微地形分類図では判別されない土砂移動痕跡を調査し、土砂移動予測を補完することが必要である。

3　砂防計画の検討事例

3.1　計画立案の手順

計画立案の手順は以下のとおりである。ただし、本報告では⑥，⑦は検討範囲に含めていない。

① 文献調査，机上地形解析，空中写真判読，現地調査等による流域の荒廃に関わる微地形の分析・検討。

② その結果の図示（微地形分類図の作成）と地形発達史の観点からの荒廃特性の考察。

③ 微地形分類図に基づいた土砂移動予測と砂防計画の重点地域，施設配置が必要な地点の抽出とその施設に期待する機能の判断。

④ 土砂移動痕跡のある地点と施設配置が必要な地点における現地調査による②，③の判断のチェック。

⑤ ④の判断結果基づいた施設配置，施設に期待する機能に合致した工種やその諸元の暫定的な決定。

⑥ 必要に応じて行う水理学的な検討（水理模型実験や数値シミュレーション等による検討）。

⑦ ①～⑥の検討後、計画対象地域の自然環境，社会環境等に調和した施設配置計画の作成。

3.2　片品川流域の荒廃特性とこれに基づいた土砂移動現象の予測

流域の荒廃特性は、流域界となる稜線を形成する火山地の開析，そこで発生している崩壊や地すべりの集中，および火山地の開析の結果生じた本川の河成段丘に現れている。河成段丘は過去の流域の荒廃特性を反映した地形であり、現時点で砂防対策上問題となるのは、支川の下刻の進行に伴う大量の土砂供給の原因となる本川と支川の合流点における不協和合流である。

微地形解析と土砂移動痕跡の確認の結果から、片品川本川へ土石流形態で流出する主な支川からの土砂はほとんどないが、各支川流域の主流路へは土石流形態での土砂の流出が想定される。笠ヶ岳や錫ヶ岳の古い成層火山の開析谷斜面に、崩壊地や地すべり地形が密に分布する香沢，仁加又沢（以上大滝川左支）では、流域内での土石流形態の流下が主体となり、三重泉沢（泙川上流），不動沢（栗原川上流）では、下流域にある既設ダムの堆砂状況から判断すると掃流形態での平年流砂が多いことが特徴である。

3.3　施設配置の考え方

（1）侵食地形に対する考え方

崩壊地や地すべり地形などの斜面の不安定地形が河道と接している場合、土砂の移動・流出の可能性は非常に高い。土砂移動現象の規模に応じて土砂生産の抑制工を計画するか、下流の河道地形（埋積谷）を利用して土砂流出のコントロール機能を持った施設を計画する。

侵食前線とその上部の斜面が地すべり地形などの不安定地形で、両者が接するような位置関係にある場合、河道の縦・横侵食の進み具合によっては土砂生産が増大する可能性が高い。河道における侵食防止工と斜面対策の併用によって土砂生産の抑制を図る。

（2）堆積地形に対する考え方

堆積地形はその形成地点の勾配が緩いことが多く、土地利用が進んでいる場合が多い。したがって、上流の荒廃特性と保全対象との位置関係により考え方は異なる。堆積地形のうち沖積錐や扇状地と保全対象の距離がある場合には、谷出口の頂部を防災空間として砂防林等を用いた面的な砂防対策を検討する。近接する場合には直接的に流出土砂を捕捉する。埋積谷に対しては平面形状（狭窄部と拡幅部）を考慮し、砂防林や人工構造物を組み合わせて土砂流出のコントロールを促進させる。

（3）仁加又沢の検討結果

大縮尺（S=1/8,000）の空中写真を詳細に判読し、縮尺S=1/10,000の微地形分類図を作成した。これを基にして、笠ヶ岳や錫ヶ岳の古い成層火山の開析谷斜面に密に分布する崩壊地からの生産土砂や、左岸支谷の開析谷から本川へ流出する土砂の調節・抑制を検討した。施設は、土砂流出の激しい樅の木沢では不透過型ダムにより流出土砂の捕捉と地すべり地形の脚部侵食防止の機能を期待して配置した。本川下流部においては、不透過型ダムによる流出土砂の捕捉と地すべり地形の脚部侵食防止，透過型砂防ダムによる流出土砂の捕捉機能を期待して配置した。

4　まとめ

微地形解析を踏まえた砂防計画の考え方を事例を用いて示した。この手法によると、流域全体の整備方針や荒廃特性に対する各施設の位置づけが明らかとなる。これに現地での土砂移動状況の調査を加えることによって、より具体的かつ効果的な計画が可能となる。また、想定した計画規模や施設に期待した機能の妥当性を追跡調査し、時宜に応じて計画の部分的な変更を行うことも必要である。