

高速道路に影響を与える土石流危険渓流の資料調査に基づく評価手法

Evaluation Method of Debris Flow Hazard Affecting Expressways Based
on Documents Investigation

村上豊和	Toyokazu MURAKAMI	(西日本高速道路(株))
下野宗彦	Munehiko SHITANO	(西日本高速道路エンジニアリング中国(株))
中田幸男	Yukio NAKATA	(山口大学大学院理工学研究科)

昨今の集中豪雨の頻発から、土石流等の土砂流入災害に対する高速道路の安全性の確保が課題となっている。特に、高速道路区域外の危険渓流からの安全性の確保は、重点的に行われる必要がある。そこで、現地調査を効率的に進めるため、既往の調査資料に基づいて、高速道路への影響度を評価し現地調査の優先度付けを行う渓流評価手法を検討した。本研究では、高速道路と渓流の横過形式による被災のし易さや地形や地質による土石流の発生し易さに着目し検討した。この評価手法を西日本高速道路(株)中国支社管内の約 1,000km の高速道路沿線の渓流に対し実施した。この結果、4,037 渓流を 5 つのカテゴリー区分に分類し、現地調査を行う 1,186 渓流を抽出することができた。

キーワード：道路防災，土石流，危険度把握，維持管理，既往資料調査 (IGC : B-0)

1. はじめに

近年、梅雨前線の活発な活動や急激な積乱雲の発達などにより局地的大雨や集中豪雨の発生件数も、年々増加傾向をたどっており、局地的大雨や集中豪雨から引き起こる土砂災害件数も、土石流災害を含め、図-1¹⁾のとおり全国的に増加傾向にある。

平成 21 年 7 月 21 日、梅雨前線活動の活発に伴う集中豪雨により、山口県西部を中心に住宅などの浸水や国道や高速道路への土石流の流れ込みによる土砂災害が多数発生した^{2),3)}。この中には、高速道路に影響を及ぼしたものもあり、土石流等の土砂流出災害に対して高速道路の安全性の確保が課題となっている。しかし、高速道路に影響を及ぼすと考えられる渓流は、膨大にあり、全ての渓流で現地調査を行うことは、多大な時間と費用を要する。そのため、現地調査を行う必要のある危険渓流を事前にある程度絞り込むための机上評価手法が必要となる。

これまで、土石流の発生する危険性のある渓流に対する評価については、多くの研究が行われてきている^{4)~10)}。それらは、土砂災害の発生の有無を説明できる条件を、素因および誘因から示そうとするもので、統計的な手法を取り入れることにより、できるだけ条件の数を絞り込む工夫がなされているものもある。一方で、砂防施設整備事業の優先順位を検討する等のために、土砂災害に対する危険箇所の評価も行われている^{11),12),13)}。しかし、本研究で対象とするような広域にわたる渓流を対象とするものではなく、高速道路への被災を考慮した検討は極めて少ない。さらに、危険な渓流については詳細な現地調査を行うことを前提

にしており、詳細な現地調査箇所を絞り込むための手法を検討した事例はない。

以上のことから、本研究は、既往資料を活用した机上調査に基づく土石流危険渓流の評価手法の検討を行うものである。この渓流評価手法は、広域の渓流のデータを収集するという観点で、砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説¹⁴⁾（以下、砂防指針と称する）に基づいて構築した。その上で、渓流の主流路と高速道路が交差する地点の道路横断構造や高速道路横過地点の溪床勾配、地質区分、渓流特性（最急溪床勾配、発生流域面積）により類型区分されるという特徴を有する。提案する手法は、約 1,000km の高速道路沿線にある 4,037 の渓流に適用し、過去の災害履歴との対応関係について検討したものである。

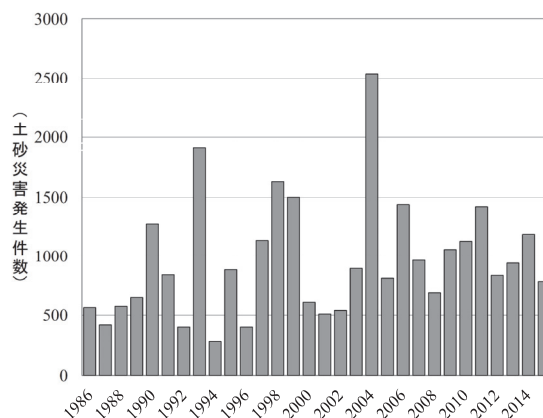


図-1 土砂災害発生件数の推移

2. 溪流評価に関連する既往資料の整理と溪流評価の流れ

2.1 既往資料の収集、整理及び対象溪流の把握

高速道路に影響を及ぼす溪流について、まず、西日本高速道路(株)中国支社（以下、NEXCO 中国支社と称する）内部の既往調査資料を整理精査するとともに、中国地方各県の砂防課等から高速道路沿線に關係する地形図（1/5000 森林基本図や 1/25000 地形図等）を収集した。また、土砂災害防止対策の推進に関する法律（以下、土砂災害防止法と称する）に基づく基礎調査資料^{15),16)}や土砂災害警戒区域の指定状況等を収集し、地理情報システム（以下、GIS と称する）のデータとして整理した。その後、GIS のデータを活用し、谷地形を抽出して、高速道路沿線の溪流数の把握を行った。その流れを図-2 に示す。

その結果、約 1,000km の高速道路沿線にある溪流は、4,037 溪流と判明した。その内、土砂災害警戒区域に該当する箇所は、173 箇所となっており、全体の 4%程度しか指定されていないことが判明した。その結果を図-3 に示す。

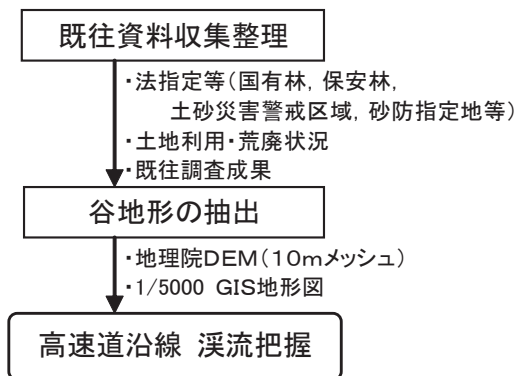


図-2 溪流把握の流れ

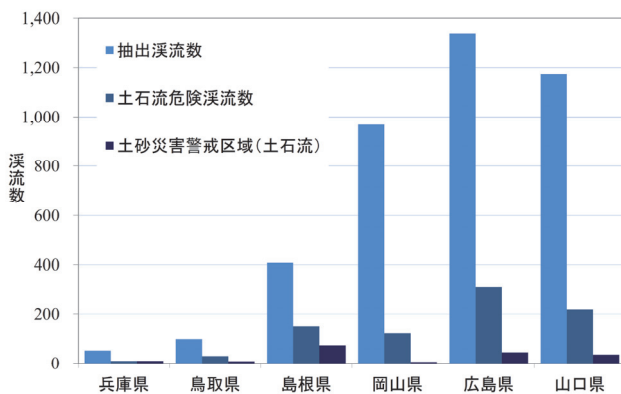


図-3 各県別 高速道沿線の溪流状況

2.2 溪流の抽出方法について

溪流の抽出には、GIS のデータ（縮尺：1/5000 地形図【ベースは森林基本図】）を用いた。また、高速道路部は管理用平面図（縮尺：1/1000）を用い、さらに森林基本図未整

備範囲は国土地理院地形図（縮尺：1/25000）を用いた。抽出条件としては、条件①として縮尺 1/5000 図にて谷地形及び集水地形を呈する斜面、条件②として流域面積 1ha 以上の谷及び山壁（0 次谷）と、両方の条件を満たすものを溪流として抽出した。この条件②で 1ha 以上としたのは、国道などで一般的に行われる道路防災総点検で、流域面積 1ha 以上で、かつ上流の最急溪床勾配 10°以上である溪流を調査対象としていることからである。なお、抽出した溪流は、収集した法規制等の情報との関係性が分かるよう、対象溪流位置図として整備を行った。整備した溪流位置図の代表例を図-4 に示す。

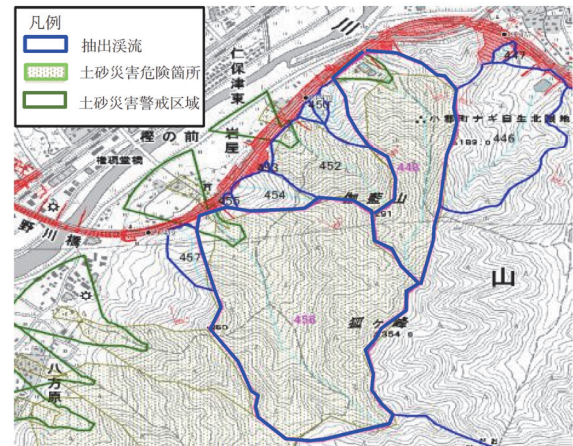


図-4 整備した対象溪流位置図

※山口県森林基本図に高速道路平面図を追記して掲載

2.3 対象溪流の基本データの取得

対象溪流の定量的評価を行うため、溪流の基本諸元の取得を行った。作業には、数値標高データ（以下、10mDEM と称する）及び 1/5000 地形図を用い、計測については、GIS のデータで行った。

主な基本データは次のとおりである。

- ① 流域面積（ha）：抽出した対象溪流の流域界 GIS のデータから流域面積を取得した。
- ② 溪流長（m）：抽出した対象溪流の全支流のうち最長流路を抽出し、その溪流長を GIS のデータから取得した。
- ③ 最急溪床勾配（°）：10mDEM の標高データから、対象溪流内の最急溪床勾配を計測・取得した。
- ④ 高速道路横過地点における溪床勾配（°）：10mDEM の標高データから、土石流の流下経路の高速道路との横過地点から上流 200m の勾配を計測した。
- ⑤ 発生流域面積（ha）：発生流域面積を計測するにあたり、溪床勾配を 10mDEM の標高データから取得し、溪床勾配 10°以上、15°以上の面積を GIS のデータとして作成し、そのデータから面積計測を行った。具体的には下記の手順によるものとし、取得状況を図-5 に示す。

（手順 1）10mDEM より作成した三次元地形モデルを用いて 10m コンターの等高線を作成する。

- (手順2) 溪流線ラインを手順1で作成した等高線で分割する。
- (手順3) 分割した溪流線の長さ L (m) 及び溪流線の上流端と下流端の標高差 H (m) を取得し、 $\tan\theta = H/L$ で、渓床勾配 θ を求める。
- (手順4) 渓床勾配 15° 以上の溪流線を緑色に、 $10^\circ \sim 15^\circ$ を桃色に着色し、それぞれの線の下流部端より流域界を作成する。
- (手順5) 手順4で作成した流域界の面積を計測する。

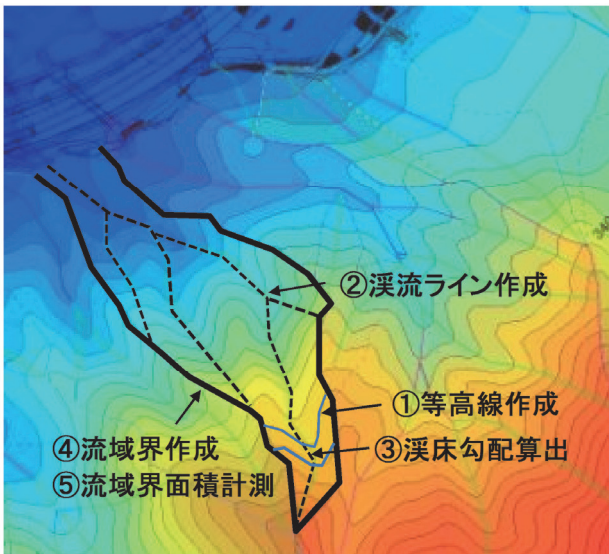


図-5 発生流域面積の取得状況

※国土地理院の基盤地図数値標高モデルに高速道路平面図を追記して掲載

2.4 計画流出土砂量の想定について

計画流出土砂量の算出方法は、砂防指針¹⁴⁾に準拠するものとし、計画流出土砂量は、主流路内（土砂量が最大になる流路で支流を含めない）の移動可能土砂量と計画規模の土石流によって運搬できる土砂量とを比較し、小さい方の値とした。

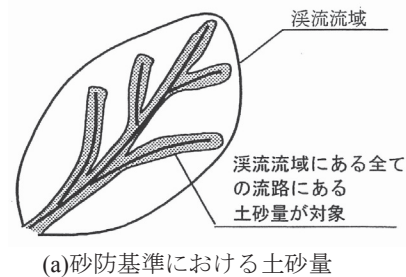
計画流出土砂量の算出のための諸条件は、本研究では、現地調査は行わず、既往資料による溪流評価を行うため、土砂災害防止法に基づく基礎調査資料¹⁵⁾（以下、区域調査と称する）や各県より収集した土石流危険渓流カルテ¹⁶⁾（以下、カルテと称する）の値を用いることとした。

計画流出土砂量は、区域調査やカルテから谷次数毎の浸食幅と浸食深さを抽出し、その結果から、各県ごとに谷次数毎の浸食幅と浸食深さの平均値を算出した。なお、算出に用いる区域調査やカルテは、収集した資料のうち、高速道路沿線の溪流と重複する箇所だけに絞込み、それらの値を用いることとした。溪流評価においては、本算出結果を用いて影響度評価を実施するが、評価結果で危険度が高いと判定された溪流については、今後、渓床状況を再度現地で確認することが必要である。

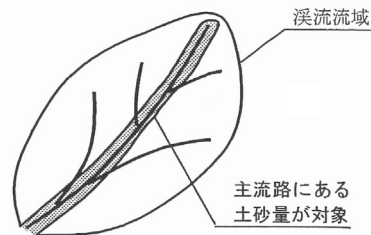
また、計画流出土砂量を算出するにあたり、河川砂防技術基準（計画編）¹⁹⁾（以下、砂防基準と称する）と土石流対策の手引き¹⁷⁾（以下、NEXCO基準と称する）では図-6のとおり算定方法に相違がある。砂防基準の場合、溪流内

の全支流に存在する不安定土砂量を算定するが、NEXCO基準の場合、溪流流域内の主流路上に存在する不安定土砂量のみを算定することとなっている。NEXCO基準は、過去（手引きの制定されたH15以前）の災害で発生した流出土砂量（実績値）が、ほぼ、主流路から流出する土砂量（想定値）と同じであったことから、主流路のみを対象にしているものである。

しかし、昨今の局地的大雨や集中豪雨に起因する土石流災害は、主流路以外からの支流からの土砂流出が見られ、平成21年7月21日の中国自動車道山口インターチェンジでの災害や同じく山口西部で発生した土石流災害箇所においても、同じ傾向であった。従って、本研究（評価）での、計画流出土砂量については、安全性を鑑み、砂防基準での計画流出土砂量を用いて行うこととした。



(a)砂防基準における土砂量



(b)NEXCO 基準における土砂量

図-6 計画流出土砂量の算出概念図

2.5 高速道路横過形式の抽出・整理

土石流災害が発生した場合に、その流出土砂が高速道路へ与える影響度を把握するため、溪流の主流路と高速道路が交差する地点の道路横断構造（以下、横過形式と称する）の抽出・整理を行った。抽出には、高速道路の管理用図面（1/1000）を用い、①切土、②盛土、③橋梁、④カルバートの4つの横過形式に整理した。横過形式の整理後、盛土は、盛土ポケット容量を算出し、橋梁及びカルバートは、流下能力の算出を行って、高速道路への影響度を評価した。

横過形式が、盛土構造の場合、高速道路本線盛土の上流側に土砂の堆積（捕捉）が可能な空間が存在する。この空間を盛土ポケットとみなし、容量の算出を行った。

なお、盛土ポケット容量は、以下の式により算出した。

$$\begin{aligned} \text{ポケット容量} V \text{ (m}^3\text{)} \\ &= \text{区間幅} W \text{ (m)} \times \text{盛土高} H \text{ (m)} \times \\ &\quad \text{ポケット長} L \text{ (m)} \times \text{断面形状係数} \alpha \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、各諸元は、以下のとおり求めている。

(a) 区間幅 W (m)： 流出した土砂が溜まると想定される高速道路横過部の縦断方向の長さを1/5000の地形図から読み取った。

(b) 高さ H (m)： 高速道路の横断図より盛土のり尻と路肩との比高差を読み取った。

(c) ポケット長 L (m)： 高速道路の路肩の高さと溪流（流域）が同じ高さになるまでの距離を算出した。

(d) 断面形状係数 α ： 高速道路の横過部の形状は各々異なるため、断面形状を図-7の3パターンに区分し係数を与えた。各パターンの α の値は、パターン①を1、パターン②を1/2、パターン③を1/3とした。

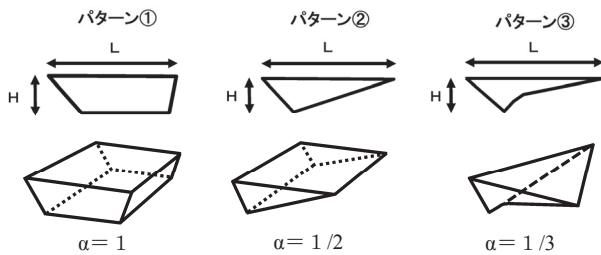


図-7 断面形状係数

流下能力は、マニング式による流下能力の算出を行った。この際、流下能力の算出は、NEXCO西日本設計要領第一集土工保全編¹⁸⁾に準じ、満流流量に対して8割の流量を算出することとした。

2.6 机上による溪流評価の流れ

各県等から収集した膨大な資料と、過去、NEXCO 中国支社で作成したGISベースマップと地質データベース、国土地理院から入手した10mDEM、砂防基準、砂防指針、NEXCO 基準等を参考に、NEXCO 中国支社が管理する高速道路沿いの溪流について、高速道路（保全対象）の横過形式・溪流内の勾配・面積及び過去の災害履歴等を組み合わせ評価する新たな評価手法で溪流評価を行った。

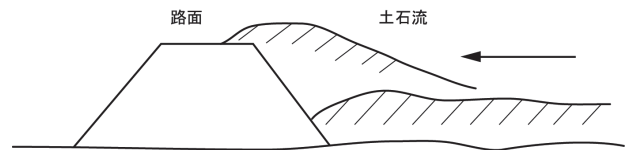
3. 溪流評価項目の抽出と評価基準

土石流は、溪流の地形や地質の条件により発生頻度が異なると考えられる。また、高速道路と溪流の横過形式や高速道路の横過地点の溪床勾配によって被災のしやすさが変わってくる。

そこで、本研究で対象としたNEXCO 中国支社が管理する高速道路沿いの溪流に関する「溪流評価項目」と「評価基準」は、図-8の流れ図に準じ、溪流の特性（地形や地質等）と高速道路の構造諸元（横過形式等）に応じて、下記のとおり行った。各々の評価による結果は、表-1～3及び表-8に示す。

3.1 溪流評価（その1）「高速道路横過条件」による区分

図-9は、横過条件による評価のイメージ（盛土）を図示したものである。横過形式によって、捕捉あるいは流下タイプと氾濫タイプの条件を設定する。評価は、土石流発生時に、流出土砂が高速道路上に氾濫、堆積すると想定される場合、高速道路への影響度が大きく、反対に下流側へ流下もしくは、上流側で捕捉するのであれば影響度は小さいという観点で行った。



(a) 高速道路上に流出土砂が氾濫、堆積（影響度は大きい）

【評価区分 I～II】



(b) 高速道路上流側で流出土砂を捕捉（影響度は小さい）

【評価区分 III～IV】

図-9 溪流評価（その1）の評価イメージ（盛土）

机上評価（素因の評価）

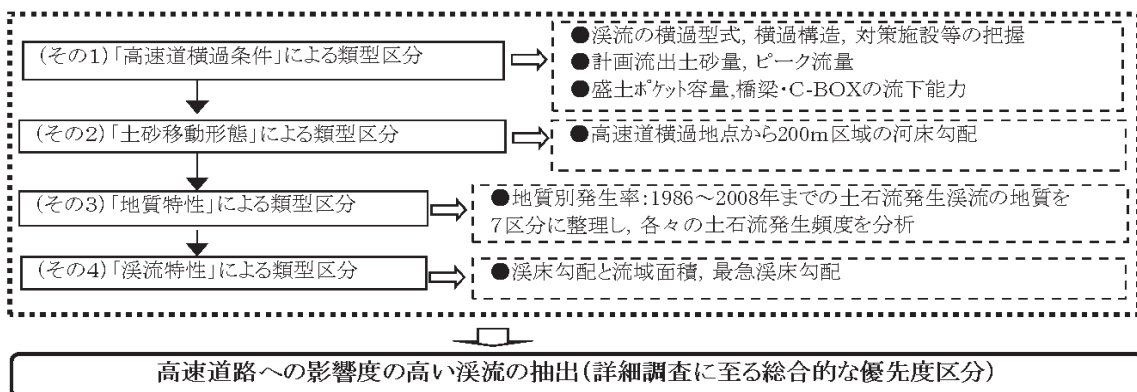


図-8 溪流評価の流れ

その上で、渓流と高速道路交差箇所における、「計画流出土砂量とポケット容量」、「計画規模から算出される土石流のピーク流量と流下能力」とをそれぞれ比較を行い、表-1 のとおり区分分けを行った。これにより、切土部で直撃を受ける渓流を含む 1,322 渓流を最も危険度の高い「特に影響が大きい」渓流と評価した。

表-1 評価項目と評価基準【渓流評価（その1）】

(単位: 渓流)

影響度	評価	区分	内訳
特に影響が大きい	ポケット容量が計画流出土砂量の50%以下あるいはピーク流量に対して流下能力が50%以下 ※横過形式が切土の場合を含む	I	1,322
影響が大きい	ポケット容量が計画流出土砂量の50%~100%あるいはピーク流量に対して流下能力が50%~100%	II	234
影響がある	ポケット容量が計画流出土砂量の100%~200%あるいはピーク流量に対して流下能力が100%~200%	III	298
ほとんどない	ポケット容量が計画流出土砂量の200%以上あるいはピーク流量に対して流下能力が200%以上	IV	1,371

3.2 渓流評価（その2）「土砂移動形態」による区分

渓流の高速道路横過地点における渓床勾配(横過地点の上流側200mの平均勾配)は、図-10の算出方法に基づき算出し、表-2のとおり区分分けを行った。土石流発生時における土砂移動の形態は、渓床勾配により異なっており、砂防指針では、図-11に示すように渓床勾配をもとに渓流の区間を発生区間(渓床勾配15°以上)、流下区間(渓床勾配10°以上20°未満)、堆積区間(2°以上10°未満)、掃流区間(2°未満)にそれぞれ設定している。そこで、土石流が高速道路に到達するかどうかの指標として、高速道路横過地点から上流側200m区間の平均渓床勾配を用いて、土砂移動形態による影響度区分を行うものとした。この結果、高速道路横過地点が発生区間及び流下区間に該当する2,413渓流を「特に影響が大きい」渓流と評価した。

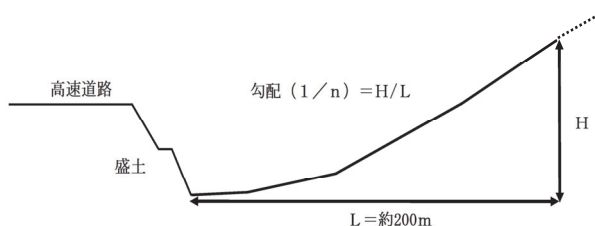


図-10 高速道路横過地点における渓床勾配取得例(盛土)

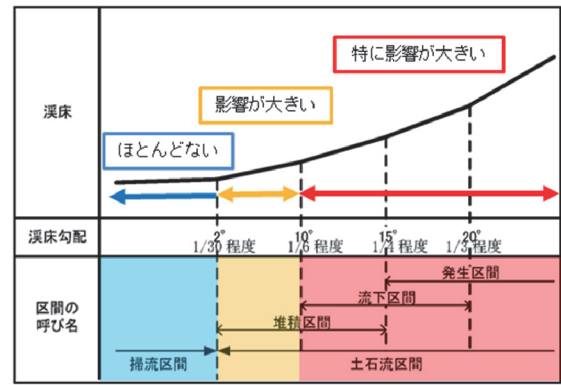


図-11 土砂移動形態の渓床勾配による目安

表-2 評価項目と評価基準【渓流評価（その2）】

(単位: 渓流)

影響度	高速道路横過地点の状況		区分	内訳
	土砂移動形態	横過地点における渓床勾配		
特に影響が大きい	発生区間	15°以上	I	2,413
	流下区間	10°以上15°未満		
影響が大きい	堆積区間	2°以上10°未満	II	1,463
ほとんどない	掃流区間	2°未満	III	161

3.3 渓流評価（その3）「地質特性」による区分

既往文献²⁰⁾及び NEXCO 中国支社管内の災害発生状況にあわせて表-3のとおり4ランクに区分することとした。中国地方でも、NEXCO 中国支社管内においても、ともに発生率の高い花崗岩類を最も危険な評価とし、同様に、ともに発生率の低い第四紀層を最も安全な評価とした。その他の地質の区分2と1の閾値については、NEXCO 中国支社管内の土石流発生履歴の有無で判定した。この結果、1,728 渓流を「特に影響が大きい」渓流と評価した。

なお、地質特性による評価区分のプロセスについては、STEP1~3の過程を経て検討した。

STEP1：近年の土石流発生事例と地質との関係

地質別の土石流の発生率について、片岡ら²⁰⁾の手法により、砂防便覧による土石流発生件数を用いて全国的な地質分布面積当たりの土石流発生比が整理されている。

片岡ら²⁰⁾の地質区分は砂防便覧(1979, 1983, 1987)より過去15年分の土石流による被害渓流の地質を整理したものからなる。

これを、今回災害の発生した平成21年以前のデータで見直すため、平成20年度版「砂防便覧」(社)全国治水砂防協会の「最近の土石流による被害」より、片岡ら²⁰⁾の手法と同じ手法で、1986年から2006年までの土石流発生渓流数について、地質グループ(7区分)毎に抜粋・整理し、地質グループ毎の土石流発生頻度を分析し、各々の土石流災害頻度を整理した。分析結果は、表-4に示すとおりである。

STEP2：全国データから中国地方データに更新

SETP1 で片岡ら²⁰⁾の手法を用いて近年の発生比のデータに更新した結果(表-4)、更新前のデータと比較して極端な差はみられないが、変成岩の発生頻度が1/3、花崗岩の発生頻度が2/3と減り、火山岩類の発生頻度が1.5倍となった。但し、片岡ら²⁰⁾の手法により、評価した発生比のデータは、全国の土石流発生件数を示したものであるため、次に、中国地方における土石流発生件数に絞り込み算出した。全国の土石流発生件数を中国地方で発生した土石流に絞り込み、面積比率も、中国支社管内高速道路沿線の地質面積比率に変更し、各々の土石流発生率を推定し表-5のとおり整理した。なお、表-5に記載の中国支社管内の地質区分については表-6に示す。

表-4 地質別の土石流発生率について
(片岡らの手法により1986～2006年の事例で整理したもの)

地質 (砂防便覧)		土石流発生 件数		岩石の 種類	岩石の 分布面 積比率 M	地質分布 面積あた り土石流 発生比	
		件 数	比率 N			N/M	順 位
1	花崗岩	138	18.8%	花崗岩類	10.4%	1.80	2
2	その他 深成岩	9	1.2%	塩基性お よび超塩 基性貫入 岩類	0.5%	2.46	1
3	火山 噴出岩	227	31.0%	火山岩類	28.1%	1.10	5
4	変成岩	36	4.9%	広域変成 岩類	3.8%	1.28	4
5	古生層・ 中生層	121	16.5%	古生代・中 生代の堆 積岩類	21.4%	0.77	6
6	第三紀層	159	21.7%	第三紀堆 積岩類	14.4%	1.51	3
7	第四紀層	43	5.69%	第四紀堆 積岩類	21.4%	0.27	7
合計		733	100.0%		100.0%	9.20	

表-5 地質別の土石流発生率について
(中国地方データに絞り込み整理したもの)

地質 (砂防 便覧)		土石流発生 件数		岩石の 種類	岩石 の分 布面 積比 率M	地質分布面 積あたり土 石流発生比		中国支社 管内地質 区分 (表-6参 照)
		件 数	比率 N			N/M	順 位	
1	花崗岩	43	61.4%	花崗岩類	24.4%	2.52	1	21.22. 25
2	その他 深成岩	0	0.0%	塩基性お よび超塩 基性貫入 岩類	1.4%	0.00	6	20.37. 39
3	火山噴 出岩	13	18.6%	火山岩類	12.5%	1.49	2	7.8.10.14. 15. 23.24. 27.29. 35
4	変成岩	3	4.3%	広域変成 岩類	7.2%	0.60	5	28.38
5	古生 層・中 生層	4	5.7%	古生代・ 中生代の 堆積岩類	6.9%	0.83	4	26.30. 31.32. 33.34. 36.40
6	第三 紀層	7	10.0%	第三紀堆 積岩類	10.3 %	0.97	3	9.11.12.13 .16.17.18. 19
7	第四 紀層	0	0.0%	第四紀堆 積岩類	37.3 %	0.00	6	1.2.3. 4.5.6
合計		70	100.0 %		100.0 %	6.4		

STEP3：NEXCO中国支社の災害履歴を整理

STEP2 で整理・算出した「中国地方での発生率」に加え、NEXCO 中国支社管内の災害が発生した地質を整理し評価に加えた。その結果、溪流評価(その3)「地質特性」による区分については、4ランクとし、表-3のとおりとなった。なお、この溪流評価(その3)は、各地域の地質分布状況や地質と災害発生率の関係を調査し、適用する地域の地質特性に適した区分を検討する必要がある。

表-3 評価項目と評価基準【溪流評価(その3)】

影響区分	評価	対象地質	区分	区分内訳 (溪流数)	片岡ら 手法	中国支社 災害履歴
特に影響 が大きい	発生率の 高い地質	花崗岩類・土石流堆積物	3	1,728	最上位	最上位
影響が 大きい	発生率の 比較的 高い地質	大山火山岩類・川合層・ 花崗閃緑岩・流紋岩類・関門層群・玖珂層群・安山岩類・ 同質火砕岩類・舞鶴層群・三郡変成岩類・古生層	2	1,691	2位 ～ 5位	有
影響が ある	発生率の 比較的 低い地質	大山-青野火山岩類・三平山安山岩類・山砂利層・布志名 層・大森層・久利層・備北層・福山層・宇部層群・岩脈 類・周南層群・石英閃緑岩・下関亜層群・領家変成岩類・ 酸性凝灰岩類・豊浦層群・広野層・美祢層群・厚保層群・ 夜久野複合岩類・塩基性岩類	1	615	2位 ～ 5位	無
ほとんど ない	発生率の 低い地質	沖積層・崖錐堆積物・段丘堆積物・西条層・都野津累層・ 砂丘堆積物・扇状地堆積物・ため池・貯水池・人口造成地	0	3	6位 ～ 7位	無

表-6 高速道路沿いの地質分類表（中国地方）

No	記号	地質区分名	No	記号	地質区分名
1	B	盛土	21	Gr	花崗岩類
2	al	沖積層	22	Gd	花崗閃緑岩
3	dt	崖錐堆積物	23	Rt	流紋岩類
4	tr	段丘堆積物	24	Sl	周南層群
5	df	土石流堆積物	25	Qd	石英閃緑岩
6	Sg	西条層	26	Ka	関門層群
7	Py	大山火山岩類	27	Sm	下関亜層群（関門層群）
8	Ab	大山-青野火山岩類	28	Rp	領家変成岩類
9	Ts	都野津累層	29	Rt	酸性凝灰岩類
10	An	三平山安山岩	30	Tu	豊浦層群
11	Yg	山砂利層	31	Hi	広野累層
12	Fm	布志名層	32	Ku	玖珂層群
13	Os	大森層(1)	33	Mn	美祢層群
14	Ad	大森層(2)	34	At	厚保層群
15	Rt	久利層	35	Ad	安山岩類・同質火砕岩類
16	Kw	川合層	36	Ma	舞鶴層群
17	Bi	備北層群	37	Ya	夜久野複合岩類
18	Fu	福山累層	38	Sp	三郡変成岩類
19	Us	宇部層群	39	Up	塩基性岩類
20	Dk	岩脈類	40	Pc	古生層

表-7 渓流特性の評価区分項目

要因	評価区分	区分
発生流域面積 （渓床勾配と流域面積）	渓床勾配15°以上の面積（発生流域面積）が5ha以上	A1
	渓床勾配15°以上の面積（発生流域面積）が5ha未満	A2
	渓床勾配が10°以上15°未満 発生流域面積＝0ha	B
	渓床勾配が10°未満 発生流域面積＝0ha	C
最急渓床勾配 （A1・A2を対象）	40°以上	2
	30°以上40°未満	1
	15°以上30°未満	0

※上記の組合せ



表-8 評価項目と評価基準【渓流評価（その4）】

区分	影響区分	評価区分	評価	内訳（渓流）
A	特に影響が大きい	非常に危険な渓流	A1-2・A1-1・A2-2	1,112
B	影響が大きい	危険な渓流	A1-0・A2-1・A2-0	1,573
C	ほとんどない	危険性の少ない渓流	B・C	540

4. 高速道路への影響評価とカテゴリー区分

渓流評価（その1）～（その4）による区分に対し、各ランクの組合せ（パターン）を作成した後、表-9に示すカテゴリー区分（5区分）の観点で整理を行った。

表-9 カテゴリー区分と災害履歴

カテゴリー	観点	渓流数(率)		災害履歴
①	渓流評価の全ての項目において最上位ランクの評価	84	(2%)	1
②	渓流評価の全ての項目において、影響区分が「影響が大きい」以上の評価項目（カテゴリー①を除く）	1,102	(27%)	12
③	渓流評価（その1、その2）において、影響区分が「影響が大きい」以上で、机上評価（その3、その4）で「影響がある」以下	336	(8%)	0
④	渓流評価（その2）において、ランクⅢの評価	34	(1%)	0
⑤	渓流評価（その1）において、ランクⅢ、Ⅳの評価	1,669	(42%)	0
斜面	1ha未満、もしくは1ha以上且つ200m未満の渓流	812	(20%)	—
		4,037	(100%)	

3.4 渓流評価（その4）「渓流特性」による区分

渓流の「渓床勾配・発生流域面積」と「最急渓床勾配」を組み合わせ、表-7・8のとおり評価した。この結果、1,112渓流を「特に影響が大きい」渓流と評価した。なお、各項目の判定区分は、道路防災総点検の安定度調査表²¹⁾を参考とした。これは、土石流の発生要因に関わる地形の評価指標として、安定度調査表に「渓流の特性」で評価する項目があるためである。このうち、「斜面の特性」については、不安定な土砂を伴う土工事の有無や新しい亀裂・滑落など現地調査を必要とする評価区分が多く存在するため、本評価については、「渓流の特性」のみを評価指標に用いることとした。なお、発生流域面積を5haで区分したのは、面積が大きいほど流出してくる土砂量も多くなるという観点から5ha以上の危険ランクを上げたものである。

カテゴリー区分後、NEXCO 中国支社管内における過去の「自然斜面・土石流災害」の発生箇所と今回の溪流調査判定結果との関連性について整理した。過去の災害履歴については、溪流評価（その3）に用いた災害履歴の時期に合わせて、昭和61年～平成21年の災害までの約25年間の災害記録より、「自然斜面・土石流災害」に該当するものを抽出し、溪流以外の斜面及び発生場所の特定できなかった箇所を除く13溪流について、比較を行った。比較を行った災害の代表例を図-12・13及び表-10・11に示す。比較の結果、表-9に示すとおり、カテゴリー①に該当する溪流が1災害、カテゴリー②に該当する溪流が12災害であった。今回、既往災害箇所について、資料調査による溪流評価手法を用いて評価を行ったが、カテゴリー②以上に全てが該当する結果となった。よって、カテゴリー②以上に該当する溪流については、局地的大雨や集中豪雨での異常降雨の際には、土石流災害の発生の可能性があり、高速道路へ影響を与える可能性がある溪流と考えられ、詳細現地調査の優先度の高い溪流とした。

このことから、溪流評価に用いた条件及び特性は、今後の現地調査箇所の抽出及び優先度を把握することに対して、妥当であったといえる。

本研究は、既往資料を用いた溪流評価により現地調査箇所の抽出を行ったが、土石流及び土砂流出に対する重要な要素として、溪流内に存在する不安定堆積物の有無が挙げられる。机上評価では、収集した区域調書及びカルテから各県毎、谷次毎の浸食幅と浸食深さを算出したが、実際の浸食幅と浸食深さとの階差等の検証が必要である。同様に、机上調査と現地調査の横過形式の整合性についても、現地調査の結果を踏まえ、今回の研究結果を検証したい。また、誘因である降雨と土石流との関連性については、今後の課題と考えている。

表-10 既往災害箇所と溪流調査のランク区分（例1）

路線名	山陽自動車道(防府西 IC～山口南 IC)		
発生日	1993/8/2	被災土量	2,000 m ³
カテゴリー	2(溪流評価: I - I - 3-B)		
評価(その1)	切土	評価(その2)	発生区間 16.2°
評価(その3)	花崗岩	評価(その4)	発生流域面積 :3.15ha 最急溪床勾配:16.0°

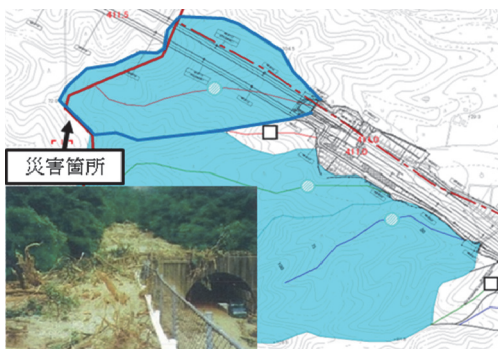


図-12 既往災害箇所と溪流調査のランク区分（例1）

※山口県森林基本図に高速道路平面図を追記して掲載

表-11 既往災害箇所と溪流調査のランク区分（例2）

路線名	中国自動車道(徳地 IC～山口 IC)		
発生日	2009/7/21	被災土量	1,200 m ³
カテゴリー	2(溪流評価: I - II - 3-A)		
評価(その1)	切土	評価(その2)	堆積区間 6.9°
評価(その3)	花崗岩	評価(その4)	発生流域面積 :13.79ha 最急溪床勾配:39.3°

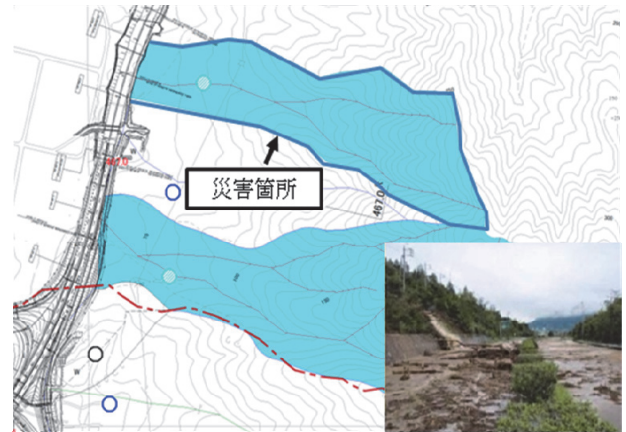


図-13 既往災害箇所と溪流調査のランク区分（例2）

※山口県森林基本図に高速道路平面図を追記して掲載

5. まとめ

本研究では、詳細現地調査の優先度を設定することが可能な、既往資料を活用した資料調査に基づく土石流危険溪流の評価手法の検討した。この溪流評価手法は、砂防指針に基づいて構築され、高速道路の横過形式や高速道路付近の土石流移動形態、地質区分、溪流特性により類型区分されるものである。この手法は NEXCO 中国支社管内約1,000kmの高速道路沿線の溪流に対して適用された。その結果、適用した4,037の溪流を5段階の危険度に分類することが可能となった。また、その結果を土石流の既往の災害履歴と比較すると、全ての災害がカテゴリー②以上に該当する結果となった。このことから、検討した土石流危険溪流の評価手法は、中国地方の高速道路沿線の溪流を対象とした詳細調査箇所の抽出に対し、ある程度の妥当性があるものと結論付けられた。

謝辞

本研究を行うにあたり、既存資料収集や各関係機関との協議に際しては、西日本高速道路㈱中国支社及び同管内の各事務所の関係者に御協力頂いた。なお、本研究の成果の一部は、西日本高速道路㈱中国支社の中国支社管内防災対策検討会によるものである。記して、感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 内閣府：平成 28 年度版防災白書。
- 2) 古川浩平，杉原成満，海堀正博，久保田哲也，地頭菌隆，権田豊，林真一郎，池田暁彦，荒木義則，柏原佳明：2009 年 7 月 21 日山口県防府市での土砂災害緊急調査報告，砂防学会誌，Vol. 62，No. 3，pp. 62-73，2009。
- 3) 鈴木素之：2009 年 7 月 21 日豪雨による山口県防府地区での斜面災害，地盤工学会誌，Vol. 57，No. 12，pp. 39-42，2009。
- 4) 伊達裕樹，加納誠二，吉富健一，中井真司，竹内次郎：広島県の災害データの解析による土石流・がけ崩れの特徴，地盤と建設，Vol. 28，No. 1，pp. 79-86，2011。
- 5) 海堀正博：近年の豪雨による土砂災害発生の実態から見た中国地方における危険度，地盤と建設，Vol. 28，No. 1，pp. 7-14，2011。
- 6) 澤田尚，大石博之，杉原成満，古川浩平，荒木義則：既存の調査データを用いた H21.7 山口県防府土砂災害における土石流発生・非発生ルール抽出，砂防学会誌，Vol. 64，No. 1，pp. 17-24，2011。
- 7) 篠崎嗣浩，芦田悠輔，PARK Dong Jun，YOON Min，YUN Yeboon，大石博之，古川浩平：ロジスティック回帰モデルを用いた災害発生危険度の活用に関する研究，砂防学会誌，Vol. 63，No. 1，pp. 14-21，2010。
- 8) 篠崎嗣浩，森田真人，大石博之，古川浩平：SVM とラフ集合を用いた土石流の発生・非発生ルールの作成方法に関する研究，土木学会論文集 F，Vol. 65，No. 4，pp. 448-460，2009。
- 9) 内田太郎，田村圭司，盛伸行：表層崩壊に起因する簡易な土石流発生危険度調査・評価手法，土木技術資料，Vol. 50，No. 9，pp. 20-25，2008。
- 10) 大石博之，竹本大昭，榊原弘之，古川浩平，八木俊夫，荒木義則，浦真：統計手法を利用した 1999 年 6 月 29 日広島県西部における土砂災害発生状況と降雨・地形要因の関連についての考察，砂防学会誌，Vol. 58，No. 6，pp. 3-10，2006。
- 11) 福田友久，大石博之，井上亘，西尾陽介，古川浩平：包絡分析法による土砂災害危険箇所評価に基づく砂防施設整備事業の優先順位検討，砂防学会誌，Vol. 61，No. 1，pp. 11-20，2008。
- 12) 大石博之，杉原成満，光永臣秀，古川浩平：DEA（包絡分析法）を用いた土砂災害危険箇所の順位設定，第 9 回設計工学に関するシンポジウム講演論文集，pp. 49-54，2005。
- 13) 三木洋一，万膳英彦：高速道路における土石流対策，基礎工，Vol. 32，No. 9，pp. 56-61，2004。
- 14) 国土交通省国土技術政策総合研究所：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）及び同解説書，2016。
- 15) 建設省河川局砂防部砂防課：土石流危険渓流および土石流危険区域調査要領（案），1999。
- 16) 建設省河川局砂防部砂防課：土石流危険渓流カルテ作成要領（案），1999。
- 17) 西日本高速道路㈱：土石流対策の手引き，2003。
- 18) 西日本高速道路㈱：設計要領第一集土工保全編，2016。
- 19) 国土交通省河川局：河川砂防技術基準（計画編），2004。
- 20) 片岡順：土石流の発生及び規模の予測に関する研究，文部省科学重点領域研究「自然災害の予測と防災力」研究成果，pp54，1990。
- 21) 財団法人道路保全技術センター：道路防災点検の手引き（豪雨・豪雪等），2007。

(2016 年 6 月 19 日 受付)

