

P11 2014年8月 広島土砂災害におけるリニアメントに着目した 土石流発生メカニズムの推定と NEXCO 西日本としての溪流対策の現状

The Lineament and its Correlation to the Hiroshima Debris Flow Disaster Caused by Heavy Rainfall in August 2014, and the Current Countermeasures against the Mountain Stream Instability of the NEXCO-West Nippon Expressway Co., Ltd.

○濱沖俊史・村上豊和（西日本高速道路株）

下野宗彦（西日本高速道路エンジニアリング中国株）

中田幸男（山口大学大学院）

1. はじめに

2014年8月20日未明の局地的な短時間豪雨(3時間雨量 217mm, 広島市安佐北区三入; 気象庁)に伴い, 広島市安佐南区緑井・八木地区, 安佐北区可部地区で同時多発的に大規模な土石流が発生し, 死者74名もの甚大な被害が発生した. 8月19日18:00~8月20日6:00におけるアメダス及びNEXCO雨量データを解析した結果を図-2に示す. 強雨域と土砂災害の分布域は概ね一致しており, 短時間降雨が今回の災害の誘因である.



図-1 土砂災害発生直後の空撮写真(安佐南区
緑井地区; NEXCO エンジニアリング中国株撮影)

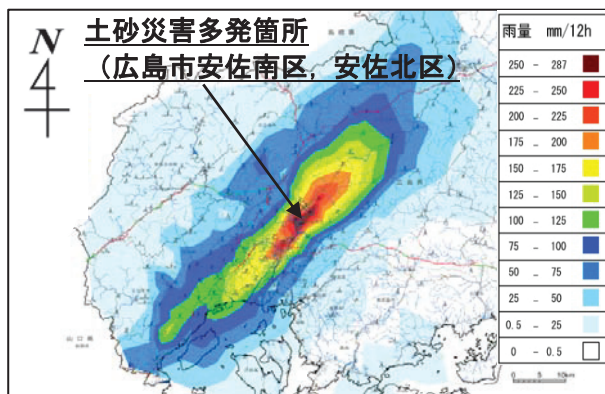


図-2 アメダス及び NEXCO 雨量データから
解析した累積雨量 (8/19 18:00~8/20 6:00)

2. 研究の背景及び目的

土砂災害は主に, 降雨による多量の水の供給を誘因とし, 地形, 地質等の素因と相まって発生する. このうち, 地形条件の一つである「リニアメント(断層)」の存在は, 崩壊性の重要な素因の一つとして近年研究が進められているキーワードである¹⁾. リニアメントとは, 空中写真等の上で, 直接・間接的に地下の地質や構造等を反映している線上模様であり, その多くは節理や破碎帯などの弱線構造の存在を示唆している²⁾. リニアメントに粘土質なものが存在すれば滞水層となる可能性があり, 破碎されて空隙が大きいものであれば, 透水層となることが考えられる. 今回, 土石流が多発した地域では, 地形判読結果において複数のリニアメントが確認された.

今回発生した土砂災害に関しては, 国交省, 広島県及び有識者を中心とした学協会等により様々な報告がなされているが, リニアメントに着目した調査は行われていない. そこで, 2014年9月に山口大学を中心に緊急現地調査を行い, 土石流の素因の一つとしてリニアメントの存在に着目し, 破碎帯の性質や崩壊形態から土石流発生メカニズムの推定を行った. 加えて, 今回の一考察から今後の土砂災害軽減へ向けての展望と NEXCO 西日本としての溪流対策の現状を報告する.

3. 中国地方の活断層と被災箇所の位置関係

産総研による中国地方の活断層データベース³⁾に加筆したものを図-3に示す。金折⁴⁾は、広島県西部から山口県にかけて卓越して発達している北東-南西方向を主とする活断層や明瞭なリニアメントを連続性があるものとして、大きく2つにグルーピングしている。図-4のように、今回の土石災害はそのうちの「岩国-上根断層系」と定義された上根断層南側から己斐断層までの空白区間で発生している。従って、今回発生した土石流災害は、空白地帯に内在する「リニアメント(断層)」が何らかの影響を与えたと推察した。

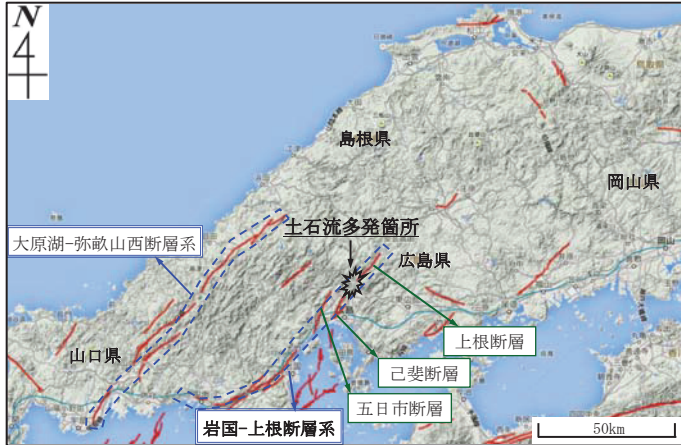


図-3 中国地方の活断層とリニアメントのグルーピング(産総研；活断層データベースに加筆)



図-4 五日市断層帯とその周辺の断層(地震調査委員会, 2005に加筆)

4. 被災箇所の地形・地質及び地形判読結果

4-1. 地形・地質概要

図-5に被災地域の地形・地質概要を示し、表-1、表-2にそれぞれの特徴を示す。

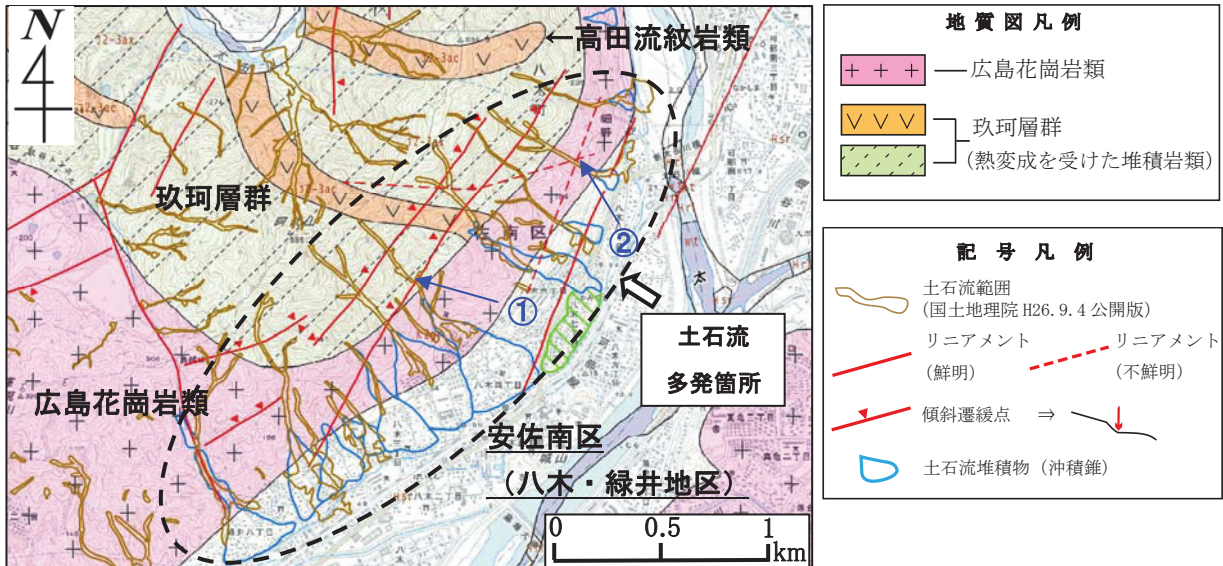





図-5 被災地域の地質及び地形判読によるリニアメント抽出結果(産総研；シームレス地質図に加筆)

表-1 被災地域の地形の特徴

地形	特徴
①	急峻な山岳地域にあり、浸食の繰り返しにより谷部は深いV字型を成す。
②	山麓は元来、土石流の堆積によって形成した沖積錐にある。このことは、当地域で土石流が繰り返し発生してきたことを示唆している。

表-2 被災地域の地質の特徴

地質	記号	岩質や風化の特性
広島花崗岩類		①硬く塊状のものと、風化により岩質が軟化する特性を持つ。 ②地表付近には、マサ土から成る厚い風化帯を形成する。 ③マサ化が進むと砂状に崩れ易くなる。
玖珂層群		①相対的に緻密で硬く、塊状である。 ②風化により、割れ目間隔が密になる特性を持つ。
		③地表付近に厚い風化帯を形成せず、崩落等により谷底にガレ場を形成する。

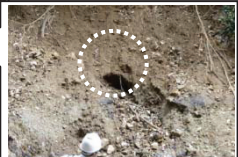
4-2. 地形判読結果

図-5 中に示す土石流多発箇所において、鍵となる判断地形を結んだ結果、複数のリニアメントを抽出した。なお、リニアメントは北北東-南南西方向に卓越し、これは岩国-上根断層系と類似する方向であった。リニアメントを抽出した箇所は、図-4 に示す断層の空白区間であり、それらの卓越方向から上根断層、己斐-広島西縁断層帯、五日市断層の副断層が分布している可能性も考えられる。

5. リニアメント抽出箇所における現地調査結果

地形判読から抽出したリニアメント付近の性状及び崩壊部の状況確認を目的として、図-5 中の①、②箇所において現地調査を実施した。その結果を表-3 に示す。①、②箇所共に、地形判読から抽出したリニアメントとほぼ同じ位置に、既往文献の一般走向(北北東-南南西)に合致する破砕帯を確認した。

表-3 地形判読から抽出したリニアメント付近の現地調査結果と既往文献との特性比較

	①箇所	②箇所	五日市断層	己斐-広島西縁断層帯
断層・破砕帯の卓越走向	北北東-南南西	北北東-南南西	北北東-南南西	北北東-南南西
傾斜	高角(東傾斜)	高角(東傾斜)	高角(西傾斜)	ほぼ垂直(地表付近)
リニアメント付近の破砕帯の性質や崩壊形態の特徴	<ul style="list-style-type: none"> 破砕帯の性質は、粘土化を伴うものや不安定なガレ場の堆積が見受けられた。 破砕帯上流部付近に、大小多数のパイピング孔の痕跡を確認した(写真右)。 土石流発生溪流には、破砕帯の他に鉛直や水平方向の節理等の透水性の高い部分が散見された。 		<ul style="list-style-type: none"> 基盤の花崗岩中に変質粘土脈を伴う断層が存在する。 	 <p>↑パイピング孔</p>

6. 土石流発生メカニズムの推定

現地調査でのリニアメント付近の破砕帯の性質や崩壊形態から、土石流発生メカニズムを図-6の破砕帯を伴わない場合(Type1)と伴う場合(Type2-1, Type2-2)のタイプに分類して推定を行った。それぞれのタイプにおける特徴を以下に示す。

1) Type1：破砕帯を伴わない場合

・降雨の浸透については、地形による集水面積のみである。

2) Type2-1：破砕帯が粘土化を伴う場合（難透水層）

・破砕帯の存在により、豪雨に伴う大量の地盤浸透水が3次元的に沢筋に集水し、破砕帯中の粘土層上流部で間隙水圧が上昇する。その後、被圧水が発生し、過去の土石流堆積物や崖錐堆積物（溪床堆積物）を押し出す様な作用で土石流が発生したと考えられる。その証拠として、複数の崩壊源頭部にパイピング孔を確認した。

3) Type2-2：破砕帯が亀裂性岩盤の場合（透水層）

・破砕帯の存在により、豪雨に伴う大量の地盤浸透水が破砕体中の亀裂岩砕部を通して沢筋に集水することに伴い、水圧の上昇とともに噴出する。その後、上層堆積物と共に土石流が発生したと推定される。

何れのタイプでも、破砕帯の存在が土石流発生的重要視すべき素因の一つと考えられる。また、今回の土石流は、破砕帯の他にも岩盤中の節理の発達やマサ土から成る厚い風化帯など、いくつかの素因が複合的に関与し、局所的な降雨を引き金として斜面を急激かつ大規模に不安定化させた可能性が考えられる。

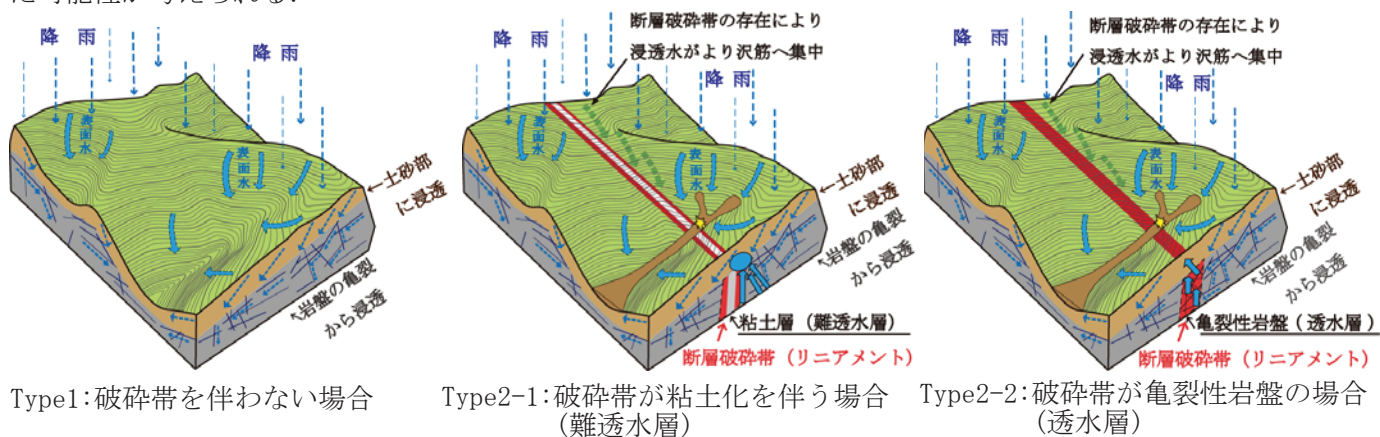


図-6 土石流発生メカニズムの推定

7. NEXCO 西日本としての溪流対策の現状

7-1. 溪流評価に関する既往資料の整理と机上評価の流れ

近年、土砂災害などに直結する1時間降雨量50mm以上の短時間豪雨の発生頻度は増加傾向にあり、それに伴う甚大な土砂災害発生が全国各地で頻発している状況にある。高速道路本線上においても区域外自然斜面からの被災は減少しておらず、道路の自衛対策が近々の課題である。

2009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土石流災害が発生した。高速道路でも図-7に示すように、中国自動車道山口インターチェンジにおいて、区域外から土石流が流れ込んだ。



図-7 2009年7月中国自動車道山口インターチェンジにおける土石流発生状況

そこでNEXCO西日本では、昨今の短時間豪雨の頻発から、土石流等の土砂流出災害についてどう対応するかという課題に対し、区域外の危険渓流を把握すること、既存図面、既往資料等を基に評価する手法の検討を行い、詳細調査の優先度を設定することを柱とした渓流の抽出評価を行い、土石流渓流の危険度分類を実施した事例について報告する。

まず、高速道路に影響を及ぼす渓流については、NEXCO西日本中国支社管内の既往調査資料を整理及び精査するとともに、中国地方各県の砂防課等から、高速道路沿線に関する土砂災害危険箇所カルテや土砂災害防止法の指定状況、指定のための基礎調査資料等を収集し、GIS基盤データとして整理を行った。その流れを図-8に示す。

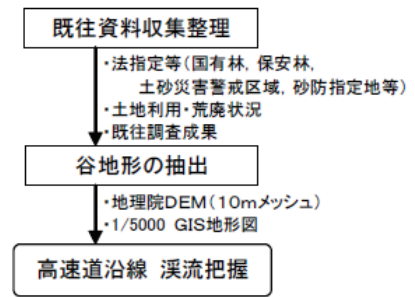


図-8 高速道路沿線の渓流把握の流れ

7-2. 机上評価の流れ

各県等から収集した資料と、過去にNEXCO西日本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DEM(数値標高モデル)及び過去の災害履歴等を組み合わせ、砂防指針、河川砂防技術基準、NEXCO版土石流対策の手引き等を参考に、高速道路沿いの渓流について新たな評価手法で机上評価を行った渓流評価の流れを図-9に示す。

1次評価(素因の評価)

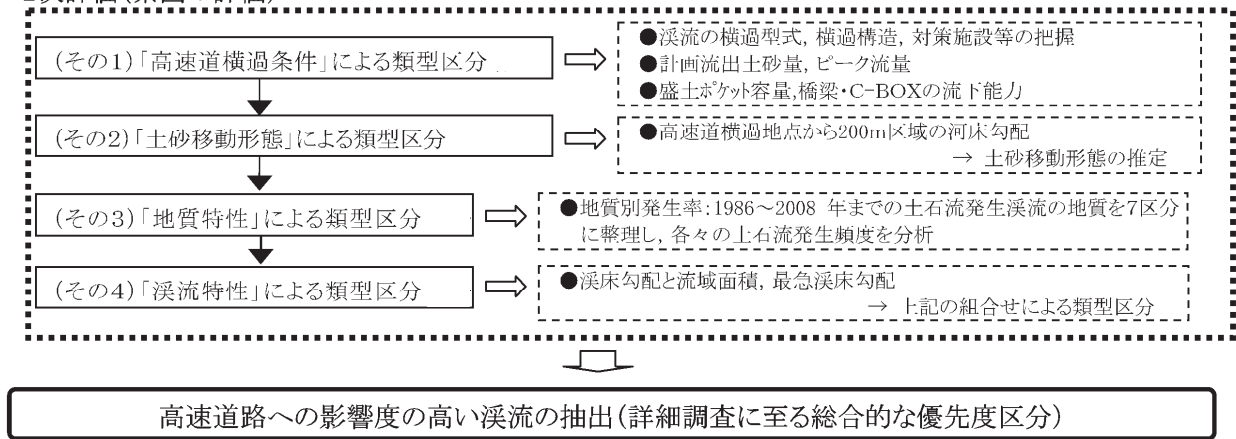


図-9 渓流評価の流れ

7-3. 机上評価項目と評価基準について

NEXCO西日本中国支社が管理する高速道路沿いの渓流に関する机上評価項目と評価基準は、図-9の流れに準じ、渓流特性と高速道路の構造諸元に応じて、表-4~7のとおり行なった。

表-4 評価項目と評価基準 [1次評価(その1)]

影響度	評価	区分	区分内訳 (単位: 渓流)
特に影響が大きい (切土直撃Type)	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	I	1,333
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	242
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	317
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	1,333

表-5 評価項目と評価基準 [1次評価(その2)]

影響度	高速道路横過地点の状況		区分	区分内訳 (単位: 渓流)
	土砂移動形態	横過地点における河床勾配		
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

表-6 評価項目と評価基準 [1次評価(その3)]

影響区分	評価	対象地質	区分	区分内訳 (単位: 渓流)
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	1,740
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	1,068
		発生率の比較的低い地質		
影響がある		太山-青野火山岩類・三平山安山岩類・山砂り層・布志名層・大森層・久利層・備北層 福山層群・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 酸性凝灰岩層・豊浦層群・広野層群・美祿層群・厚保層群・夜久野複合岩類・塩基性岩類	1	1,047
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・人工造成地	0	182

表-7 評価項目と評価基準 [1次評価(その4)]

要因	評価区分	区分	※左記の 組合せ					
発生流域面積 (渓床勾配と流域面積)	渓床勾配 15° 以上 発生流域面積 5ha(0.05km ²)以上	A1	→	A	特に影響が大きい	非常に危険な溪流	A1-2・A1-1・A2-2	1,112
	渓床勾配 15° 以上 発生流域面積 5ha(0.05km ²)未満	A2						
	渓床勾配 10° ~15° 発生流域面積 0ha	B						
	渓床勾配 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	B	影響が大きい	危険な溪流	A1-0・A2-1・A2-0	1,573	
	30° 以上40° 未満	1	C	ほとんどない	危険性の少ない溪流	B・C	540	
	15° 以上30° 未満	0						

7-4. 机上調査結果のまとめ

表-4~7に示す一次評価(その1)~(その4)に応じて、高速道路沿線の溪流を机上評価し、類型された区分に対し、そのランクの組合せパターンを作成した。その結果を表-8に示すカテゴリー区分の観点で整理を行った。

表-8に示す高速道路への影響評価とカテゴリー区分から、土石流災害に対する妥当性の検証を行った結果、全ての既往災害箇所が、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、中国地方の高速道路沿線の溪流を対象とした一次評価の条件、特性と評価手法は、過去の災害履歴との関係を考えると、詳細調査箇所の抽出及び優先度を把握することに対する妥当性が非常に高いものであるといえる。

以上のことより、国交省を中心として行なわれている土砂災害防止法に基づく様々な施策の展開に対し、詳細調査の優先度付けの一助になる可能性が大きいといえる。

表-8 カテゴリー区分と災害履歴

カテゴリー	カテゴリー区分の観点	組合せ パターン数	溪流数	中国支社管内の 災害(土石流)履歴
①	一次評価の全ての項目において最上位ランクの評価	1	77	1件有り
②	一次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(カテゴリー①を除く)	15	834	16件有り
③	一次評価(その1, 2)において、影響区分が「影響が大きい」以上で、一次評価(その3, 4)で「影響がある」以下	32	629	なし
④	一次評価(その2)において、ランクⅢの評価	24	35	なし
⑤	一次評価(その1)において、ランクⅢ, IVの評価	72	1,650	なし
斜面		—	812	—
計		144	4,037	

7-5. 溪流対策の現状と今後の展開及び課題について

机上調査で抽出された溪流に対して、NEXCO 西日本では現地調査の実施を行った。その結果を踏まえ机上評価と現地調査の階差や机上評価の判定項目の是非等、机上評価へのフィードバックを実施し、1次評価(その1~その4)以外の評価項目の抽出や評価項目毎の重み付け等を行い、危険度評価手法の精度向上を目指す。

また、今後は現地調査結果について、他官庁等関係機関に情報の提供及び意見交換を実施し、砂防整備や治山整備のハード整備に関して、それを実現するための連携を強化し、安全・安心な高速道路の実現、高速道路沿線の安全性向上、国土保全に貢献することを目指していく。

参考文献

- 1) 中田幸男・村上豊和・下野宗彦・中本昌希：土石流危険溪流での地下水圧の現場計測，第50回地盤工学研究発表会，2015.
- 2) 兵動正幸・中田幸男・吉本憲正・下野宗彦：2009年山口防府土石流災害との比較，(公益社団法人)土木学会・地盤工学会 平成26年広島豪雨災害合同緊急調査団 調査報告書，pp. 271-284，2014.
- 3) 産総研：活断層データベース，GoogleMap版。
- 4) 金折裕司：地震モーメントの平均解放速度に基づく内陸地震の危険度評価，応用地質，Vol. 39(3)，pp. 287-297，1998.