

## 微地形判読の避難計画への応用-Stay Home と避難行動-

○下河敏彦(株式会社環境地質)

### 1. はじめに

2020年に入ってから新型コロナウイルスの感染拡大を防ぐ目的で、いわゆる3密を避けるなど、「場の条件」に対する意識が近年に高まっている。感染症の予防策のひとつとして、施設内における清潔度別区域分け(ゾーニング)が重要視されている(例えば、小野寺他:2008, ㈱日建設計HP)。小野寺他(2008)によれば、この感染症予防策は、十分な科学的エビデンスに基づいており、予防策の有効性を検証する段階を超え、臨床の場でいかに実施できるかが実効性を保証する条件となっており、感染リスクの高い区域から清潔(安全)な区域まで設定されている。

一方、「有害土砂の経路に関するゾーニング」とも言うべき土砂災害防止法による土砂災害警戒(特別)区域は、感染症のゾーニングにある安全圏の設定がない。特に広範囲に及ぶイエローゾーンにおいて顕著であるが、同じゾーンのなかで場所によるリスクが大きく異なる(田中他:2020)。

また、避難所が土砂災害や洪水の危険箇所(窪地)に立地していたことや(朝日新聞デジタル;2019/11/6)、勾配 $30^{\circ}$ に満たない集水型斜面内部の土砂が崩壊し人的被害が出るなど、土砂災害防止法に基づく基礎調査の盲点とも言うべき災害が発生している(稲垣:2018)。

これらの点を解決するためには、災害履歴と地形の成り立ち(地質科学的エビデンス)を微地形判読によって分析し、現在地の災害安全(危険)性に基づいて避難計画を最適化することで、結果として密を避け感染症対策も踏まえた避難行動が有効である。

### 2. 地形発達史に基づく災害危険区域の考え方

#### 2.1 微地形判読

出水時の土砂移動実態と土砂災害警戒区域の整合性が低い場合がある。例えば、土石流のイエローゾーンは、土石流の停止条件が勾配 $2^{\circ}$ 及び逆勾配に比高5mの地形・地物であるため、すでに離水し安定した段丘面(安全圏)であっても河床からの比高が5m未満であれば「警戒区域」として指定される。急傾斜地の崩壊のイエローゾーンは、急傾斜地の高さの2倍または下端から50m以内であり、斜面の崩壊しやすさ、崩積土の流動性など質的な情報は加味されない。

一方、微地形判読は、1)災害となるような地形変化が累積した結果としての現況と、現地形の制約下で次の地形変化が生じるといった発達史を分析する、2)地形変化をハザードとしてとらえ、発生する規模と形成される時間との階層性(小規模突発的~大規模連続的)を分析、3)地形の新旧、沖積錐のように土石流の繰り返して形成される

危険な場、段丘面のように数万年以上も変化せず上土石流や崩壊に伴う土砂堆積の履歴がない安定した場の条件を解析する。

#### 2.2 災害危険(安全)区域と避難行動

表-1に豪雨時の災害発生要因と頻度に基づく避難行動を整理した。崖錐及び沖積錐に立地する場合、何らかの避難行動を計画した方が望ましい。避難行動は、以下の4段階を設定した。

- I: 全員できるだけ早い避難。少なくとも大雨・洪水注意報レベル。対象範囲は相対的に狭いため少人数となる。
- II: 大雨・洪水警報レベルでの避難。斜面や谷出口からやや距離があるため、避難に対する時間的猶予はレベルIよりはる。
- III: 土砂災害及び洪水災害の発生頻度は概ね数十年に1回程度である。土砂災害警戒情報や氾濫危険情報に応じ、避難を検討する。発生源との距離、河川の堤防や砂防設備の整備状況によってはSTAYHOMEも可能。
- IV: 既に離水し安定した地形面である。段丘平坦面に避難施設を誘致してもよい。イエローゾーンであっても安全である。

### 3. 災害と避難行動の事例

#### 3.1 平成21年7月中国・九州北部豪雨

山口県防府市で被災した特別養護老人ホームは、土石流帯と土砂流の扇状地との境界付近であり、堆積厚は0.5~2.0mであった(阪口:2010)。背後の山で発生した土石流の大量土砂が流入し、1階食堂で食事の45名の入所者中7名が土砂に巻き込まれ死亡した。稲垣(2018)によれば、山口県等は当日早朝から数度にわたって「土砂災害警戒情報」を発していたが、防府市が真尾地区に避難勧告を出したのは土砂に襲われてから5時間後だった。被災時刻が日中であることを考えると、早期の避難や最悪建物内の垂直避難を行えなかったか悔やまれる。表-1の区分では、避難行動段階IIに相当する。

#### 3.2 平成29年7月九州北部豪雨

下河・小林(2019)は、平成29年7月九州北部豪雨の土砂・洪水氾濫域の地形解析により、河床からの比高5m未満であっても殆ど土砂堆積の見られない地形面を明らかにした。また、野々村(2018)は、谷底低地に住むAさんが、公民館が段丘の上にあることを知った上で避難をした事例、上位の段丘に位置し家は谷から離れているところに住むBさんが、避難するより家にいる方が安全と判断して避難せず自宅にいた事例を紹介してい

る。これらの事例は、自宅の安全度に応じた避難行動の最適化に資すると判断できる。

### 3.3 呉市天応地区(平成 30 年 7 月西日本豪雨)

当該地域は段丘化した地形面が狭く、全体として沖積錐あるいは砂質谷底堆積低地となっている。今後も土砂氾濫が繰り返される地形条件であり、支流の沖積錐も形成されるなど土砂災害に関しては過酷な環境にあると言わざるを得ない。避難できるとすれば、わずかな最低位段丘であるがこれを除けば全域が避難行動のⅠ～Ⅱ段階であり、人口も密集している。このため、盛土のうえ新たな避難施設を新設することも考えられるが、水系感染症と病原体感染症の両方の対策が必要である。

### 3.4 栃木県の実例

東流する河川の北側から沖積錐が発達する。沖積錐末端及び河川の侵食段丘の間は、土石流及び河川の洪水を受けにくい安定した地形面である。しかし、実際には避難所が土石流の谷出口直下に位置するなど、最も危険な場所に避難所が位置している。

### 4.おわりに

新型コロナウイルスの感染拡大により、避難行動にも多様性が求められる。しかし、現行の避難体制では安全圏(グリーンゾーン)と避難しないという選択肢がない。今後、過去の災害事例を検証し、最適化された防災計画の策定が望まれる。

### 文献

1) 小野寺直人他(2008):大学附属病院における新たな感染制御支援策「感染経路別ゾーニング・

システム」導入の経緯と効果,日本環境感染学会誌,Vol23,No・1,PP・58-65

- 2) ㈱日建設計「感染症対策と建築デザイン」  
[https://www.nikken.co.jp/ja/expertise/mep\\_engineering/kansenshotaisaku.html](https://www.nikken.co.jp/ja/expertise/mep_engineering/kansenshotaisaku.html)
- 3) 田中隆文他(2020):土砂災害に備える観点からの地区防災計画事例の比較研究,地区防砂計画学会誌, Vol19, pp35-57
- 4) 稲垣秀輝(2018):豪雨災害調査事例と住民避難行動からみた市民への防災アウトリーチ活動,日本地すべり学会誌,Vol56,No.4,pp153-161
- 5) 冠水しやすい低地に避難所向かった住民を襲った水,朝日新聞デジタル 2019/11/6  
<https://www.asahi.com/articles/ASMC54W0DMC5UNHB00D.html>
- 6) 稲垣秀輝他(2016):平成26年8月広島土砂災害の土石流粒度構成の違いによる沖積錐の形成過程,日本地すべり学会誌 Vol53, No.5, pp.185-195
- 7) 阪口和之(2010):平成21年7月中国・九州北部豪雨における防府地域の斜面崩壊形状とその特徴,地盤と建設,Vol.28,No.1,pp.87-94
- 8) 下河敏彦・小林浩(2019):花開岩地域における地形発達史からみた土砂洪水氾濫の危険(安全)度評価-九州北部豪雨、広島地域、羽越災害の比較研究-、令和元年度砂防学会研究発表会概要集 pp31-32
- 9) 野々村敦子(2018):東峰村における住民の避難行動分析,日本応用地質学会 2017年九州北部豪雨災害調査団報告,pp.174-179.
- 10) 下河敏彦・清水勇介(2020):微地形判読のハザードマップ・防災計画への応用,令和元年度砂防学会研究発表会概要, pp.535-536

表-1 豪雨時の災害発生要因と頻度に基づく避難行動

地形区分	土石等の堆積物の高さ <sup>※1</sup>	該当する主な土砂災害警戒区域 <sup>※2</sup>	災害特性			避難行動				
			現象	頻度	特記事項	段階	避難開始時期	垂直避難の可否	特記事項	
土砂災害 (急傾斜地の崩壊・崖崩れ)	土石堆(下端)	3m	暴風による落石・風倒木	毎年	比高10m以上の自然斜面では、SRが設定されていることが多い。	I	豪雨・暴風接近前	否(危険)	全員はやめの避難	
	崩壊土	1~3m	表層崩壊劣化した法面の崩落	数年~十数年	レッドゾーンが到達している箇所が多い。	I	大雨・洪水注意報	堅牢な建物で可	要支援者は立ち退き避難	
	崖崩れ	1m未満	落石の最大到達範囲差の二次移動		レッドゾーンの指定は比較的少ない。 イエローゾーンと崖崩れの範囲を要確認	II~III	斜面近傍では大雨警報 末端付近では土砂災害警戒情報までは猶予あり	可	要支援者との分散避難 末端付近は対策工整備や降雨の状況に応じSTAY HOME	
	土石流堆	最大4m 平均2m	SR/R	先頭巨礫の直進 木造家屋の破壊	数年~十数年	沖積錐が形成されている ・落水線や水路付近では土砂が通りやすい	I	豪雨・暴風接近前	否(危険)	全員はやめの避難
	土石流	最大12.0m 平均0.5m	R/Y	1階部分の破壊・埋没 φ1mの巨礫を含む		II	深流近くは大雨警報、遠くは土砂災害警戒情報までは、猶予あり	堅牢な建物で可	要支援者は立ち退き避難 堅牢な建物では垂直避難	
	掃流・洪水流	最大1.0m 平均0.3m	Y (稀にR)	建物の破壊は少ないが土砂の堆積あり		II~III	大雨・洪水警報	堅牢な建物で可	要支援者との分散避難。末端付近は対策工整備や降雨の状況に応じSTAY HOME	
洪水災害 (河成低地)	河川敷	-	一部Y	洪水流の増大 激流・水難事故	毎年	-	I	大雨・洪水注意報	否(危険)	・全員はやめの避難 ・避難経路や施設の設定を極力避ける
	旧河道・湖沼閉塞低地	-		内水で最も冠水しやすい	数十年	-	I	大雨・洪水注意報	否(危険)	-
	後背低地	-		内水による冠水 外水氾濫による浸水	数十年	内水は数十年に1回 外水は数十年に1回	II~III	氾濫警戒情報 STAY HOME	可	河川との距離、比高に応じて分散避難
	自然堤防	-		外水氾濫による浸水	数十年	-	III	氾濫警戒情報 STAY HOME	可	堅牢な建物の2F以上ではSTAY HOME
	浅い谷・凹地	-		内水による冠水	数十年~数十年	ゲリラ豪雨で局所的冠水	III	氾濫警戒情報 STAY HOME	可	堅牢な建物の2F以上ではSTAY HOME
	最低位段丘	-		後背低地に近い範囲が一階冠水	数十年~稀	一般に浸水しても床下に留まることが多い。	III~IV	STAY HOME	可	避難施設、高度医療施設の誘致
最低位以上の段丘平坦面	-	-	基本的に安定	極めて稀	-	IV	STAY HOME	可	-	

※1:急傾斜地の崩壊は特別警戒区域内の堆積高さ、土石流は、資源庁環境修(1990)「地すべり・崩壊・土石流-予測と対策」産出図表を参考とした。  
 ※2:SR-急傾斜地の崩壊、土石等の移動の高さが1m以下で、土石等の移動による力が100kN/mを超えない区域(あるいは土石の堆積高さ9mを超える区域)  
 土石流:土石等の移動の高さが1mを超える区域 R-土砂災害特別警戒区域(レッドゾーン) Y-土砂災害警戒区域(イエローゾーン)