

連続講演会「東京で学ぶ 京大の知」シリーズ17  
変動する社会と激変する自然災害 第1回

## 豪雨と斜面災害

### — 雨の降り方、地質、地形から地域の減災を考える —

京都大学が東京・品川の「京都大学東京オフィス」で開く連続講演会「東京で学ぶ 京大の知」のシリーズ17「変動する社会と激変する自然災害」。3月5日の第1回講演では、防災研究所の松四雄騎 准教授が「豪雨と斜面災害—雨の降り方、地質、地形から地域の減災を考える—」と題して、近年激化する豪雨に対応できる、しなやかな地域社会のあり方について考えた。

#### ●斜面崩壊の種類



「“減災”を考えるためには、自分の住む地域の特性を理解し、どんな現象が起こりうるのかという知識を持つことが重要」と  
松四准教授

近年、日本各地で豪雨による斜面災害が頻発している。特に2014年は、広島土砂災害をはじめ、豪雨災害の多い年だった。

「2014年は、短く強烈などしゃ降り、やまないう長雨、これまでにない豪雨、という近年の豪雨の特徴をすべて現していました」と、防災研究所の松四雄騎准教授は言う。

2010年以降、豪雨による斜面災害は、毎年発生している。2010年代は多雨期にさしかかったとされ、地球温暖化の進行による水蒸気量の増加も多雨化に拍車をかけている。

「今後、豪雨がさらに極端になり、斜面災害発生の危険性が高まることが考えられます」

ハード対策に加え、近年はハザードマップの作成などソフト対策もなされているが、広島市の例のように、ハザードマップで危険箇所に指定されていた場所で発災するなど、豪雨災害はなくなることはない。

「“防災”に加え、斜面崩壊などは自然現象として当然起こるものとの前提に立ち、被害

を最低限にとどめる“減災”の取り組みが、今後ますます重要になるでしょう。そのためには、斜面災害の実態や発生のメカニズムを知ることが必要です」

斜面崩壊にはさまざまな種類があるが、今日取り上げるのは表層崩壊と深層崩壊である。

表層崩壊と深層崩壊はどちらも岩盤の風化帯が滑り落ちる現象だが、前者が厚さ数 m 程度の表層土が滑り落ちるのに対して、後者は基盤層である岩盤ごと崩壊する。2つの最大の違いはその規模で、2009年の山口県防府の表層崩壊は、幅 20m、長さ 50m なのに対し、2011年の紀伊半島の深層崩壊は幅 500m、長さ 800m にも及ぶ。

また、表層崩壊となるか深層崩壊となるかは、地形と地質によって分かれる。

斜面崩壊が発生すると、土砂が溪流を流れ下って土石流となる。土石流は土や石、水が混合したものだが、先頭に巨礫が集まる特徴がある。巨礫は表面に浮き上がる作用が働き、また、土石流は、摩擦のある底面よりも表面のほうが流速が大きいため、巨礫ほど速く流れて先頭に集まるのである。

## ●斜面崩壊はなぜ起こるのか

「斜面崩壊が起こる仕組みを、身近なものを使って説明しましょう」

雨の浸透と地中の水圧の関係を見るための、スポンジを使った実験だ。

斜めに立てかけた滑らかな板に、濡らしたスポンジを乗せても、水が流れ出てこないというのは、スポンジ内の水圧、つまり「間隙水圧」は大気圧より小さい。スポンジ内に空気穴が残る「不飽和状態」である。

このスポンジに水を注ぐと、スポンジから水が滴り落ちてくる。空気穴がすべて水で埋められて「飽和状態」となり、間隙水圧が大気圧より大きくなったためだ。

飽和状態となったところに、赤インクを注ぐとスポンジから水が滴ってくるが、直後に出てくる水は赤くない。つまり、赤インクが入ったことで押し出されるのは、もともとスポンジ内にあった水。スポンジが濡れている状態では、圧力は速やかに深いところに伝わるため、深部の水がしみ出てくるというわけだ。

地中で考えてみると、すでに雨によって地盤内が飽和状態にあると、さらに降り続く雨が速やかに深部に浸透し、地中の水があふれてしまい、斜面崩壊の原因となる。

また別の実験で、ガラス板に底に穴のあいたビール缶を置くと、炭酸が吹き出し、水圧がビール缶を持ち上げ、摩擦が減ってビール缶はガラス板の上を滑り出してしまふ。

これを土の中で考えてみる。土の粒子には粘着力と摩擦力の両方が働いていることによって、土は安定を保っているのだが、ここに雨が降ることで隙間が水で埋まり飽和状態となる。水があふれると、土粒子には浮力が働いて粘着力と摩擦力を減じ、地中でせん断破壊が起こるのである。

## ●花崗岩とテフラの表層崩壊

日本で斜面崩壊が頻発する素因は、花崗岩や堆積岩、火山砕屑物などが入り混じり、複雑で脆弱な地質であること。そこに火山活動・地震活動が活発で、雨量が多いことが誘因として働き、斜面災害が発生しやすくなる。こうした特徴から、日本は「湿潤変動帯」と称される。

「近年発生した表層崩壊を例に、地質別に見ていきましょう」

まず、花崗岩の表層崩壊の例として挙げられるのは、2014年の長野県南木曾と広島土石流災害だ。花崗岩は風化速度の異なる4つの鉱物から構成されているため、花崗岩が風化した「マサ土」は、強度が著しく低く、表層崩壊を起こしやすい地質である。

南木曾の表層崩壊の体積はそれほど大きくないが、沢の土砂を巻き込み、下流に行くほど土石流が成長。また、岩盤の割れ目がはがれ落ちたことも、土石流の破壊力を強大にした。土石流の流動速度は20km/h。発生に気づいてからでは、到底逃げるのが難しい速度である。

広島ではピーク雨量200mmを超える強烈な雨が、わずか3×10km程度の限られた範囲で降った。広島の場合、マサ土がわずか1~2mの薄皮として斜面を覆っていた。仮に飽和度60%、1mの土層厚と想定すると、水が入る余地は面積当たり160mm程度。つまり160mmを超える雨が短時間に降れば土層は飽和して、斜面崩壊の原因となる。

次に、テフラの表層崩壊の例が、2013年の伊豆大島豪雨災害だ。テフラとは火山噴出物の総称で、堅くて水を通しやすい溶岩の上に火山灰が堆積しており、こちらも表層崩壊の発生頻度が高い。

「崩壊を起こした土層厚は75cm程度でしたが、陥入試験の結果、軟らかい層が4m近くも続いていました。それだけの厚みがあるのに、なぜ75cmのところでは崩壊したのでしょうか」

伊豆大島の土層断面は特徴的で、黒と黄色の層が縞模様となっている。伊豆大島の火山噴火史を物語る地層で、黒の層は火山灰が堆積したもの、黄色の層は噴火休止時に粒子の細かい砂などが堆積したものだ。黒の層は強度が弱く、水通しがいいのに対し、黄色の層は強度が強く、水通しが悪いため、黄色の層に水がたまりやすくなる。

「つまり、4m もの軟らかい土層の中に局部的な地下水が生じたことが、表層崩壊の原因になったと考えられます」

広島は 1m、伊豆大島は 75cm だが、表層崩壊を考える上で重要なのが、この土層の厚み。「土層厚を知ることができれば、表層崩壊がどこで起こるのか、どの程度の土量で起きるか、予測することができます」

土層厚の予測は難しいとされてきたが、最近はさまざまな方法が試みられている。そのひとつが「航空レーザー測量」である。

これは、ヘリコプターから地表面の詳細な形状をスキャニングする測量方法。これまでの研究から地形と土層厚には関係があることが判明しており、航空レーザー測量による地形データをもとに、土層厚を予測することができる。

「まだ開発途上の技術ですが、土層厚、土砂量が分かれば、危険斜面の絞り込みができるだけでなく、砂防ダムの規模や、避難すべき雨量を考える根拠とすることができます」

## ●降雨と地質と深層崩壊

深層崩壊の例は、2011 年の紀伊半島での豪雨災害。2,000mm という桁違いの雨が降り、70 カ所以上で深層崩壊が起きた。降水量の多さと深層崩壊の規模の大きさは比例し、紀伊半島の深層崩壊による振動が、北海道まで伝わったことが地震計に記録されている。

深層崩壊の特徴は、大量の土石が高速で長距離を移動すること。時速数百 km に及ぶこともあり、紀伊半島でも、石礫によって橋の欄干など、鉄の構造物が曲がったり、打ち抜かれたりした痕跡がいくつも見られた。

深層崩壊は地質構造と関わり、岩盤の露頭において、地層の傾斜が地形の傾斜に対して同一方向に傾斜している流れ盤で発生することが多い。紀伊半島も流れ盤で多発している。

深層崩壊は降雨量と関係するとはいえ、紀伊半島の過去のデータでは、降水量と深層崩壊の分布は必ずしも一致しない。雨の総量より、もともと降雨量の少ない土地で大量の雨

が降った、つまり「雨のめずらしさ指数」が高い場所のほうが、よく深層崩壊の分布と一致するのだ。「地盤が雨慣れをして、水を排出する機能を備えているか否かということです。地球温暖化などの気候変動は、雨慣れをしていない地域での深層崩壊の発生頻度を高めてしまいます」

国土交通省が深層崩壊発生頻度マップを作成しており、さらなる危険斜面の絞り込みが必要だが、そこでも、前述の「航空レーザー測量」の活用が期待されている。

自分の住む市町村の地盤でどんな現象が起こりうるか、具体的なイメージを持つことは難しい。「しかし、山国で斜面災害と隣り合わせで生きる日本人にとって、公助に頼りきるのではなく、自助や共助によって身を守る方策を考えることは不可欠です」

個人や地域社会が正しく“敵を知り”、過去の事例から学び、自助・共助できる力をつける。「このことで減災は実現できるはずです」と、松四准教授は力強く締めくくった。



参加者からは、「植生も斜面崩壊に影響を与えるのではないか」、「衛星の活用など公的機関の助けは欠かせないのではないか」といった意見も聞かれた