

不動産コンサルティングの地学

—都市と斜面の物語— (5)

危機の深刻化—激甚化する都市の斜面災害—

(後編：温暖化列島の土砂水害)

釜井 俊孝

京都大学防災研究所教授

【かまい・としたか】1979年筑波大学卒業（地球科学専攻）。1986年日本大学大学院修了（地盤工学専攻）。民間地質調査会社、通産省工業技術院地質調査所、日本大学理工学部土木工学科助手・専任講師・助教授、京都大学防災研究所助教授などを経て現職。博士（工学）。主な著書に、『宅地崩壊—なぜ都市で土砂災害が起こるのか』（NHK出版、2019年）、『宅地の防災学—都市と斜面の近現代』（京都大学学術出版会、2020年）など。

スーパー線状降水帯

20世紀の終わり頃から、数十年に一度のはずだった集中豪雨に出会う間隔が短くなった気がします。実際、気象庁がまとめた「アメダスによる短時間強雨発生回数の長期変化」によると、1976年の観測開始以降、時間雨量50mm以上の観測回数は、明瞭に増加傾向を示しています。要するに大雨の回数が増加しているのですが、そのメカニズムとして、バックビルディング型の線状降水帯が注目を集めています。

海からやって来る水蒸気を大量に含んだ暖かい空気が、陸の冷たい空気に触れると、上昇気流が生じて垂直な雲、つまり積乱雲が生じます。この時、上層に海から陸に向かう風が吹いていると、積乱雲が流されて内陸の少し離れた所に豪雨が降ります。ここまでは、普通の雨です。しかし、海からの水蒸気の供給が続いた場合、積乱雲がほぼ同じ場所で発達し、豪雨が降り続くことになります。これが、バックビルディング現象による集中豪雨のメカニズムと言われています。

こうした自然現象自体は、昔からあったわけです。しかし最近では、雨雲レーダーのおかげで、集中豪雨の際に積乱雲が線状に並んでいる状況が見えるようになりました。これを線状降水帯と呼びます。最近では、それらが幾筋も同時に発達する、スーパー線状降水帯とも呼ぶべき雲の列も観測されています。その結果、100年確率の予測すら上回る膨大な雨量が一度に集中的に降るという事態が、毎年のように発生しています。

20世紀の日本のニュータウンは、比較的穏やかな気象条件や地震の少ない時代に生まれました。そうした自然からのボーナスに甘えて、山際にまで住宅を配

置した結果、今や地すべりや土石流による土砂災害が頻発するようになったのです。今後は、「極端気象の時代」に適応した、新たなニュータウン計画が必要とされています。

広島における郊外の拡大と土砂災害

1999年、2014年、2018年と、典型的な土砂災害が、広島で続いています。「広島土石流災害」とか「広島土砂災害」などと呼ばれる深刻な災害です。広島は、太田川三角州から始まった町でした。したがって、戦前の市域は、ほぼ沖積平野の部分に限られています。しかし、1970年代以降、山地を含む周辺の町村を吸収合併することで市域が拡大し、全国有数の斜面都市となりました。問題は、こうして広がった郊外に花崗岩からなる山地が多かったことです。花崗岩山地で風化が進行すると、斜面は「真砂（マサ）」と呼ばれる砂勝ちの地盤で覆われることになります。真砂は基本的に砂なので、豪雨によって斜面では表層崩壊、溪流では土石流が発生しやすくなります。実際、藩政期から広島旧市街を取り囲む花崗岩の山地では、土石流災害が繰り返し起きていたのです。山地で崩壊や土石流が多発すると、平野に供給される土砂が増えます。その結果、太田川や根谷川など大河川の上流では、支流が山地から出る部分に扇状地が良く発達しています。同じ平野の中でも、扇状地は高燥で住みやすい場所です。そのため、高度経済成長期になると、扇状地の山際まで宅地化されるようになりました。しかし、これらの扇状地は、土石流の繰り返しによって形成されたものだったのです。これを土石流扇状地と呼びま

す。つまり、広島市郊外に広がった宅地のかなりの部分は、大雨が降ると土石流が流れてくるような、そもそも災害リスクが高い場所だったのです。1999年と2014年、そして2018年の広島市を中心とした地域の土砂災害には、都市開発の矛盾と災害の関係が典型的に顕^{あらわ}れていると言えます。

土砂災害防止法を生んだ災害 ―広島1999年―

1999年（平成11年）6月29日、広島市佐伯区から安佐北区へ向かう北東に延びる幅7kmの地帯と、呉市から東広島市に至る幅10kmの狭い範囲に集中豪雨が発生しました。この線状降水帯は、多くの斜面崩壊と土石流等を発生させ、郊外のニュータウンを中心に31名の死者と行方不明者1名を出しました。この被害の深刻さは、副産物として新たな法制度を生みしました。2001年（平成13年）4月の「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律」（土砂災害防止法）の制定です。ハード主体からソフトを重視する災害対策の始まりです。

この法律では、土砂災害の警戒区域と特別警戒区域が設定されます。この情報は、不動産取引の重要事項説明に含まれるので、資産価値に影響を与えると予想されました。以前はとてもできなかったこうした施策も、バブル崩壊後のこの頃になると可能になったわけです。そして、当初のもくろみでは、リスク情報を整備すれば、災害は減少するはずでした。しかし、実際には、人々の行動におけるリスク情報の重みは期待したほどでもなかったのです。その現実をわれわれは、2014年（平成26年）の広島で見ることになったのです。

繰り返された災害 ―2014年広島土砂災害―

平成26年（2014年）8月20日午前3時20分から40分にかけて、広島市北部に線状降水帯が形成されました。安佐北区では時間雨量100mmを超える集中豪雨となり、安佐北区可部、安佐南区八木・山本・緑井などの住宅地後背の山が崩れ、大規模な土石流が約50ヶ所、土砂崩れ（崖崩れ）が少なくとも170ヶ所で発生、死者は74人に上りました。雨域＝被災地域が少しづれていたのですが、地形・地質条件、メカニズム、被害の発生パターンのいずれにおいても、この災害は、1999年災害の再現でした。その典型的なケースが八木三丁目の災害です。

写真1 土石流扇状地（広島市安佐南区八木三丁目）に広がる住宅地と2014年に流下した土石流



八木三丁目では、土石流が、溪流沿いの住宅地と県営緑丘住宅を直撃し、土砂が土石流扇状地の上に拡がりました（写真1）。その結果、この地域だけで、死者・行方不明者44名を出したのです。災害の原因は、都市計画・宅地開発計画において、この土石流扇状地の危険性が考慮されなかったことです。しかし、当初から土地の性質を無視した開発が行われたわけではありません。この地域に住宅が建ち始めたのは、県営緑丘住宅がきっかけだと言われています。その頃（1961年4月）の空中写真を見ると、県営団地は真新しい土石流堆積物を避けるように配置されています。つまり、この頃は土石流のリスクは意識されていたようです。しかし、10年後の写真を見ると、空き地として残されていた土石流扇状地の表面は、整地され、駐車場、宅地として利用されています。列島改造ブームを経て、土石流に対する危険性の認識が、経済効率の前に薄れた（忘れられた）のかも知れません。

こうした無謀な開発を後押ししたのは、都市計画法による「線引き」（市街化区域と調整区域の区別）です。広島市での線引き作業は昭和46年に完了しましたが、その直前には、開発業者による用地買収が活発に行われ、山麓、つまり土石流扇状地での開発が増加していました。その結果、市街化区域は、既存の開発地を包含するように設定され、その後も土地所有者等の要請によって拡張され続けたのです。こうして、危険な土石流扇状地の多くが、合法的に市街化区域に含まれる結果となり、多くの犠牲者を出す結果を招いたのです。

2017年台風21号による豪雨―三郷町 ―倒れる擁壁―

豪雨や地震で崩壊した斜面を後で調べてみたら、実

は以前から少し不安定であったというケースはよくあります。こうした「被害は常に最も弱い所に出現する」という災害の原則は、2017年台風21号による豪雨災害でも発揮されました。その一つが、奈良県三郷町、近鉄生駒線線路脇の擁壁の倒壊と宅地盛土の崩落です。

この地域は、もともと大阪層群からなる丘陵で、大阪のベッドタウンとして、1960年代から開発されてきました。2000年代に入ると、宅地化が付近を走る近鉄生駒線の線路脇まで進みました。その際、丘陵斜面の凹凸が慣られ、低い部分を通る線路に対して、高さ約5mのブロック積擁壁が連続する状況となったのです。その際、凹んでいた部分、つまり丘陵を刻む谷の谷頭だった部分はやや厚い盛土となり、擁壁は、より大きな土圧を受けていました。10月22日、この谷埋め盛土部分の擁壁が幅60mにわたって崩れ、土砂が近鉄生駒線の敷地に流入、線路を埋めてしまいました。擁壁に支えられていた住宅の基礎がむき出しになり、6戸が危険宅地に指定されたのです（写真2）。当初は原因がよくわからなかったために、近鉄と住民が対立する場面もありましたが、奈良県による調査の結果、この崩壊のメカニズムは比較的単純で、地下水を大量に含んだ盛土の土圧が増加し、擁壁を巻き込むように滑ったことがわかりました。

この擁壁には以前から不安定化の兆候がありましたが、持ち主である住民達の危機意識は高くなかったようです。この場合、住民達は近鉄に対して加害者なので、莫大な賠償が予想されます。しかし、被害者が寛容であったことと保険の適用ができたため、住民達の負担は非常に軽く済みました。ただし、そうした幸運

な例ばかりではありません。宅地を買う場合、その土地のリスクも漏れなく付いてくることを端的に示す事例だと思います。

2018年西日本豪雨 ―逃げない人々―

平成30年（2018年）7月6日から8日にかけて、台風7号がもたらした大量の水蒸気が、日本列島を横断するように停滞した梅雨前線に数日間にわたって流入し、西日本一帯に記録的豪雨をもたらしました。中国・近畿・四国の119の観測点で、観測史上最多の72時間降水量を記録したのです。概算ですが、年間降水量の約8%が3日間で降った計算になります。こうした猛烈な雨のため、広島県、岡山県を中心に死者224名。西日本の11府県で同時に特別警報を出す事態となりました。平成史上最悪の「平成30年7月豪雨災害（西日本豪雨災害）」の発生です。河川の決壊による洪水もありましたが、土砂災害も相次ぎました。谷の出口や谷の中で、多くの住宅が土砂に埋もれ、犠牲者を出したのです。広島県では、土砂災害だけで87名が亡くなりました。この災害による広島県の犠牲者は108人ですから、圧倒的な割合です。被災地の有様は、極端気象時代を迎えたニュータウンそのものであったと思います。

ここで、少し視点を変えて、「避難」という点からこの災害を見てみたいと思います。実は、土砂災害による広島県の死者の約9割、つまりほとんどの犠牲者は、広島県が指定した土石流特別警戒区域（レッドゾーン）か警戒区域（イエローゾーン）にいた人々でした。つまり、逃げるべき人が逃げていなかったわけです。このように、イエローゾーンの中にいるのに逃げなかった事例は、他の地域でも見られます。例えば、神戸市灘区篠原台も、この時の豪雨によって土石流に見舞われました。この団地でも土石流が流れた地域は、警戒区域に含まれていたのです。広島と異なり、たまたま、土石流に巨岩が含まれていなかったため、死者が出ませんでした。ほとんどの住民（警戒区域であることを知っていた人でも約7割が残留）は避難しませんでした。

警戒区域にいて、避難勧告が出ているにも関わらず、避難しなかった理由を尋ねてみると、ほぼ次の3点に集約されます。「自宅が安全と判断、近所が避難していなかった、避難所に行くのが危険と判断した」です。

写真2 2017年台風21号の豪雨によって崩壊した盛土斜面



回答した人は生き残ったわけですが、犠牲になった人も同じような気持ちで居残っていたと考えることができます。山際に住んでいるほとんどの人は、災害リスクの存在自体は意識していたようです。しかし、それを逃げるという「行動」に結び付けるのは難しかったということでしょう。つまり、人は、避難の面倒くささと身の安全を天秤にかけて、行動を決めるのです。そこで、そうした人々をどうやったら避難行動に駆り立てることができるのか、この災害で浮かび上がった重要な課題と言えます。具体的にどうすべきかは、この連載の最後に考えたいと思います。

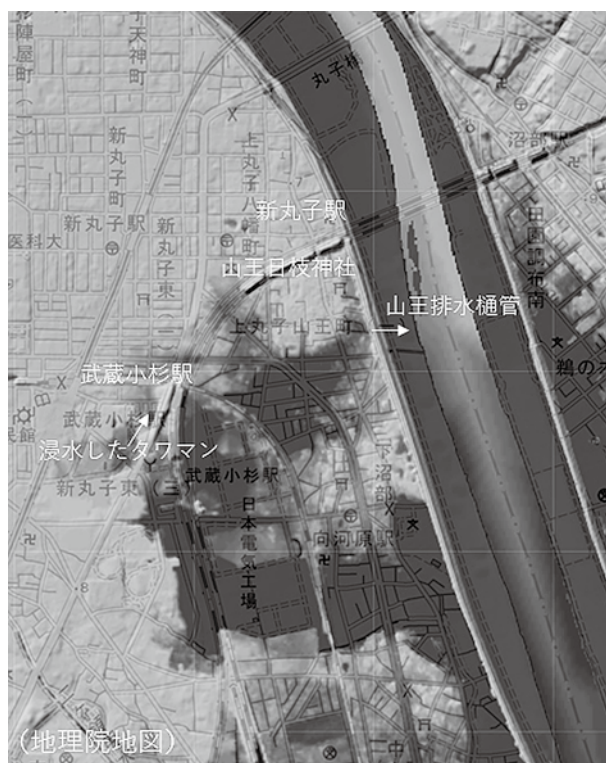
2019年の東日本台風 ―タワマンの憂鬱―

2019年（令和元年）は、関東にとって台風の当たり年でした。10月7日、台風19号中心部の気圧は、24時間で77hPaも急激に低下、最低気圧915hPaを記録した後、10日まで猛烈なレベルを保ちました。原因は、日本南方の海水水温が、29～30度と高かったためです。台風は反時計回りに回転しているので、暖かい海の水蒸気をポンプのように引きずり込み（吸い込み）、自分に同化していきます。台風19号のように強く回ると、それだけ大量の水蒸気が、長時間供給される状態が続くことになります。その結果、伊豆、関東山地、東北地方南東部の山沿いでは、総降水量が10月の平均降水量の3～5倍に達しました。この大量の雨水が河川に流入し、長野県（千曲川）、神奈川県・東京都（多摩川）、福島県（阿武隈川）など各地で大被害や崖崩れを引き起こしたのです。

中でも、川崎市の武蔵小杉一帯で発生した浸水被害は、中心部の商業的な繁栄との対比から、注目されました。東急東横線武蔵小杉駅の周辺は、近年、いくつものタワーマンションが立ち並ぶようになり、急速に人口が増えた地域です。もともとこの地域は、京浜工業地帯の一角で、大きな工場がいくつか立地していました。しかし、工場の海外（特に中国）への移転によって、広大な空き地ができたため、タワーマンションの用地や一戸建ての宅地に転用されていたのです。

この地域は、もともと多摩川の氾濫原で、低地には蛇行した古い流路が点々と残されています。現在の多摩川の流路は、明治になって人工的に固定されたものなのです。蛇行する旧流路部分の標高は少し低く、ここに集まる雨水を多摩川に排水するため、山王排水樋

図1 武蔵小杉地域の標高分布図



暗色の部分は、標高6m未満でほぼ浸水域に相当する。神社や寺は、自然堤防の上であって無事だった

管が設置されていました（図1）。10月12日の深夜、豪雨によって市街地の内水氾濫が起きた頃、多摩川の水位も急速に上昇していました。こうした場合、通常は、樋管を閉じて多摩川からの逆流を防ぐのですが、この時、なぜか樋管は開けられたままでした。そのため、多摩川からの大量の河川水が、たちまち下水管網を伝って市街地に流入、マンホールから吹き出た泥水が街を襲いました。この時の水位は、旧流路の地域では約1.5mに達し、多くの戸建て住宅で床上浸水、あるタワーマンションでは地下の機械室が浸水して停電という事態になりました。

一応、水害を想定したインフラ整備もされていました。しかし、極端気象時代の今となっては、全然歯が立たなかったというのが実情です。一方で、地域の鎮守である山王日枝神社は浸水を免れました。旧流路沿いの自然堤防という少し小高い場所に位置していたからです。つまり、今回の宅地被害の根本的な原因は、土地の特性（地学）を軽視した都市計画にあると言えます。特に、今回顕著になった、タワーマンションの災害に対する脆弱性は、近代の都市計画が志向してきた、高密度都市の終わりの始まりを意味するものかも知れません。