

# Ⅲ 未災の地盤

—それは想定外ではない—



京都大学防災研究所 斜面災害研究センター 教授 **釜井 俊孝氏**

## 1 都市外縁型の災害

都市の斜面災害には、2つのタイプがあります(図1)。都市内部型と都市外縁型です。都市は外に向かってどんどん膨張していきますが、山地等は土石流が普段から日常的にあり、地すべりも起きています。そういう所に都市を造っているわけですから、当然、被災の可能性が生じます。それが都市外縁型です。都市内部型は、そもそも昔は無かったのですが、都市を造るにあたって谷を埋めたり崖を造ったりすることによって、そこで地震が発生したら、当然災害が起こる。都市の膨脹と成熟による歴史的必然性の産物というものが、その中にはあるのだということ覚えておいて頂けたらと思います。

その典型的な例が、1985年に起きた地附山地すべりです。これは都市近郊における大規模な地すべり災害として、戦後初めてという程の災害でした。まず道路を造り、道路に沿って団地もできました。都市が山の方に広げられていったわけですが、そこに地すべりが起きたのです。日本の地すべりというのは、大体休んでいるものの再活動です。このとき、老人ホームも被災し、26名が亡くなられたという悲劇が起きました。これは後に裁判になりました。団地で約50戸が被害を受け、住民が県を相手取った損害賠償請求訴訟において、住民が勝訴したのです。そういう意味では重要な地すべりだったと思います。

そもそも我が国は、災害によって作られた国土なの

です(図2)。我が国は、地殻変動の激しい島国で、約75%が山地や丘陵地です。斜面は急すぎるので、山地の集落は、地すべりの上に拡がりました。つまり日本人にとって地すべり地は、危険ではあるのですが、生産と居住という生活の重要な基盤だったのです。また都市化の進展によって、宅地の被害が増加していますが、その被害の大半が地すべりによるものです。

昨年の西日本豪雨のときに、神戸市灘区篠原台という住宅地で土石流が発生しました。なぜ土石流の災害が起こるかということ、谷があった所を埋め、その上に三面張り水路を作り、その上に人が住んでいたのです。三面張り水路というのは、平常時には機能しますが、土石流を防げる程ではなく、埋まってしまいました。幸いなことに、このとき、死者はゼロでした。何故かと言うと、この崩壊した土砂の中に巨岩が無かったために助かったのです。

土石流災害を考える上で、ポイントは地下水の問題です(図3)。段丘面から数メートル下の滑落崖の下半部に巨大な地下水噴出孔(パイプ)が点在していますが、崩壊から数日経っても、パイプからの地下水の流出は止まりませんでした。深い地下水での異常な水圧上昇が、崩壊の主な原因かと考えられています。ただ、山地丘陵地において、地下水の実態を知ることは難しいというのが現状です。今の科学で言えば、安定計算ができないのです。不飽和帯における地下水の流れというのは非常に複雑で、それを正しく評価できる計算というのは存在しません。それ程大きな問題なのです。



図1



図2



図3

都市神戸にとって、水害の危険が少ない高位段丘面は貴重な場所です(図4)。そのため早くから開発が進み、高級住宅街が形成されました。伯母野山住宅街もそうした戦前の宅地造成地の一つで、昭和7年には神戸の新聞社の企画によって、神戸八景の一つに選ばれています。しかし戦後になり、下に篠原台が、やや強引に開発されました。そこには我が国特有の、資産効果に依存した不動産開発の姿が見えると言えます。

## 2 都市内部型の災害

次に内部型の、谷埋め盛土の話をしてします。その典型的なタイプというのは、地震でよく起きるのですが、2018年の胆振東部地震もその例です。札幌の里塚という所で谷埋め盛土が液状化し、液状化層が流出、泥流化しました。そして液状化領域が沈下して住宅に被害が及びました。この谷埋め盛土の液状化、地すべりというのは、地震のときに必ず起きる問題なのです。そこで宅造法という法律が改正され、それによって、大規模盛り土造成地マップを作り、住民に公開することになりました。

また、札幌市南部にはこういったことが過去に何度も繰り返されています(図5)。1968年の十勝沖地震、1982年の浦河地震、2003年の十勝沖地震、2018年の胆振東部地震でも同じことが起きています。大体いつも同じパターンで起こっているのですが、それは支笏火砕流の台地を削った谷を埋めるという造成の仕



図4



図5

方が根本的に間違っており、そのために起きているわけです。

1972年、ある工務店が谷埋め盛土を資材置き場として造成したのですが、それを2004年にある大手ハウスメーカーが土地を購入し、区画を整理し、エンドユーザーである住民の皆さんに売ったのですが、その際、「この地域は盛土ではなく、切土である」と説明したのです。それが当然盛土ですから、地震で変形し、住宅が被害を受けました。住民はハウスメーカーに補償を求めたのですが、ハウスメーカーは工務店から盛土という説明が無かったということで、責任は無いとして補償を拒否し、現在協議中です。必要なのは、理科だけではだめですよということです。社会科も大事だということです。で、社会科で大事なものは地理と歴史ですね。

大都市に被害をもたらしている地震では、盛土の地すべりが必ず発生しています。主に、宮城県沖地震、兵庫県南部、新潟県中越、東北地方太平洋沖、そして東日本大震災です。人口百万人以上の大都市で関東南部、大阪、名古屋ではまだ起きていないのですが、それは単にそこで地震が起きていないだけだと言えます。

こうした災害が起きた背景は、谷埋めが広く行われた宅地開発があります。高度経済成長期に行なわれた場合が多いのですが、戦前に一部の地域、例えば東京の郊外等では宅地開発が進められました。玉川全円耕地整理と言われ、当時は耕地整理法という法律のもとで進められました。ただしこういったことが本格化するのは戦後になります。

レビットタウンの話をしてします。これは、「誰でも自分の家と土地があれば、共産主義者にならない」ととなえるウィリアム・レビットという人が、オートメーションシステムによる安価な住宅を供給しました。そうしてできた町を、彼の名前をつけてレビットタウンとしたのです。この当時1957年で、電子レンジやアイランドキッチンといった生活、ある種のアメリカンドリームを主張しました。そんなときに繰り広げられた、フルシチョフとニクソンのキッチンディベート(キッチン討論)。これは、有名な出来事です。モス

クワでアメリカ産業博覧会があり、ニクソンがそこに行き、会場をフルシチョフと一緒に回るわけです。そうしているうちに、どちらの体制が優れているかという話がエスカレートしていきます。特にヒートアップしたのが、アメリカのキッチンの展示場だったので、それでキッチンディベートと言われているわけです。そういう意味では、アメリカの専業主婦というのは、戦略兵器だったと言えると思います。

### 3 谷埋め盛土地すべりのメカニズム

東京や横浜は、戦災後、大発展します。それは戦後の高度経済成長期に、大都市に人が集まってくるからです。1995年には人口密集地が広がり、今、東京、川崎、横浜だけで我が国における人口の15%を占めています。当然、地方から上京した人は、住宅を求めることから、大量に作られました。このことの是非はともかくとして、このときにしたことが今になって響いてきているのです。高度経済成長期は、生活スタイルが大きく変わった時期です。盛土もこのときに造られました。この時代は四大公害病の時代でもありました。水俣病、第二水俣病、四日市ぜんそく、イタイイタイ病です。国は必死にそれらを押しえ込もうとし、厳しい環境規制も行いました。そうして大気、水、騒音についてほぼ解決しました。もちろん様々な意見があり、一部では解決していないという声もありますが、ほぼ解決しました。ところが、最近頻発し、これからも発生する宅地盛土の地すべりは、この時代に準備されたのです。つまり同じように、目に見えるところは解決したのですが、目に見えない地盤、地下のことは忘れ去られていた。それが今、地震によって被害が多発しています。それがいわゆる「遅れてきた公害(図6)」と呼ぶべき災害なのです。公害なのですから、原因者を巻き込んだ法律や対策基金等、管理の仕組みが必要なのです。

1978年の宮城県沖地震(図7)、これは重大な災害でした。当時、東北大学の理学部地質学古生物学教室は、この災害を総力をあげて調べました。かなり詳しく



図7

い記録が残っていますが、同じようなことが2017年に起きました。30年以上経っても、何も進歩しなかったということが突きつけられたわけです。で、どうしてそうってしまったのかということ、実はこのとき、都市計画全体を見直すチャンスだったのですが、そうはならず、以後も同じように宅地盛土は作られ続けたからです。谷埋め盛土の地すべりは再発見されたのですが、仙台の宅造法以前の盛土に限定して処理されたのです。それを大きく覆す地震が1995年に起きます。兵庫県南部地震です。これで、宅地盛土の地すべりが、全国区になったのです。以前は仙台限定だとされていたのが、全国にあるのではないかということが否定できない事実として突きつけられました。仁川百合野の地すべりでは、34人が犠牲になりました。

これは西宮市豊楽町の地すべりです(図8)。1885年の西宮町の地形図と地すべりの状況を見ると、高い地下水位、噴砂、緩い斜面勾配等が、液状化による地すべりを示唆しています。

もう一つは、戦後半世紀を経て、宅地のブランド化という社会的問題が起きたということです。その背景には、不動産業の資産効果経営がもたらせた土地本位制があり、それがバブル崩壊によって資産効果経営は行き詰まったのです。

2006年に、宅造法が初めて改正されます。そのきっかけになったのが2004年の新潟県中越沖の地震による、長岡市高町団地です。ここは今は真っ平らですが、元々山だったのです。その山を切り、その土砂を周縁

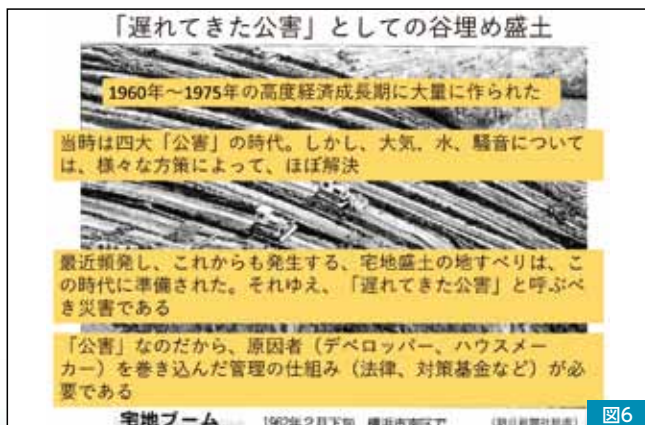


図6



図8

部に盛土したのです。地震によって四方八方で地すべりが起こり、大変大きな被害が起きました。これを見れば、造成に問題があったことは明らかでした。国交省は、もし同じことが首都圏で起きたらということで方針を変えようと、造成は善となっていたのを大きく変えようということで、1961年に制定された宅造法を45年ぶりに改正しました。これによって、国交省はカミングアウトします。危険な盛土を作ってしまったのだが、それがどこにあるかを皆さんに知らせ、対策をとることとしました。

そのようなとき、2011年に東日本大震災が起きました。同じように強い地震は、1978年にも起きているのですが、仙台市がさぼっていたため、33年後も結局同じような地すべりが起こったのです。少し仙台市のために擁護すると、地震そのものは78年の震災を上回る規模でした。東日本大震災で地すべり被害を受けた主な住宅地は、ドーナツ状に分布するのですが、それは約半世紀に渡る東北地方の人口動態と都市形成史が反映していると言えるのです。

理学的な話を少しさせてください。

一応防災学を研究しているので、詳しく調べました。われわれの高時間密度地すべり観測で、どのように地すべり斜面の様子が変わっていくかがわかりました。それは局所的な破壊が断続的に発生し、その後、その破壊がつながって地すべり全体が変動しました。こうした地すべりにおいて普遍的と考えられる現象が捉えられたのです。これは、地震の場合においては、多分初めてのことで。

このような研究もしています。このとき、つまり盛土では本震の記録は取られていないのです。しかし、東京の盛土ではたまたま記録が取れました。それからわかったことがあります。東京で、大体200ガル。結構大きな震度がありました。しかも、せん断ひずみの速度を測ってみると、塑性化が始まっていたことがわかりました。つまり、世田谷区等々力の盛土も、実は破壊しかけていたわけです。そこで現地に行って詳しく調べてみると、塀がずれているのです。塀がずれているということは壊れているということです。それは、他の盛土、渋谷区松濤でも起きていました。規模が小さく、すぐに修復されたので気づかれなかっただけなのです。これは、首都直下地震では、仙台や熊本を上回る規模で地すべりが発生するということを示唆しています。

では、なぜそのようなことが起きるかということですが、谷埋め盛土の揺れというのは、想像以上に大きいのです。2014年5月5日に起きた伊豆大島近海の地震は、千代田区で震度5弱の地震でした。谷埋め盛土での地震動、間隙水圧観測によって、谷埋め盛土の材質、形状、地下水位、更に地震の性質(直下か離れ

たところか、震央距離、規模等)を反映して、多様な地震応答が現われ、間隙水圧の上昇パターンも盛土によって異なりました。

2014年5月5日の地震、谷埋め盛土での地震動・間隙水圧や、傾斜(せん動)応答の変化等を観測し、その結果から谷埋め盛土の不安定化プロセスを推定しました。その結果、側部抵抗の大きさが盛土の不安定化をコントロールしているのではないかととなり、それを元にしたのが、ローラースライダーモデルというものです。これによって、側部抵抗の影響を土圧と関連づけて評価し、底面の摩擦は過剰間隙水圧の上昇によって著しく低下しました。単純化したモデルですが、滑った例と滑らなかった例を区別することができたのです。

#### 4 崖っぷち問題

これまでは、谷を埋めた盛土の話でしたが、次にお話しするのは崖っぷちのリスクです。一つの例が2018年の大阪北部地震(図9)です。被害のあった南平台というのは東京都渋谷区にある南平台が名前の元になっているのですが、どちらも同様の災害リスクがあります。高槻市には大規模な宅地盛土が分布しているのですが、その盛土を南平台の擁壁が押さえているのです。つまり、ここに擁壁があって、そこでの盛土のへりは非常に滑り易くなっています。それで、盛土と防土の境に建物の亀裂ができる。これが大体、南平台で起きた被害です。こうした盛土は、都市の内部に多数ありますが、私有財産なので、住民が対策を任されている、つまり、事実上無視されているという状況なのです。

このような崖っぷちは、大阪にも多くあります。例えば四天王七寺の坂という所(図10)です。ここは数々の歴史のドラマが生まれ、大阪の文化が生まれ育った地域なのですが、同時に坂の周囲は災害リスクの高い急斜面なのです。ですから、坂の歴史には斜面都市における災害受容の課程が凝縮されているのです。

これはある学校の校舎(図11)なのですが、沈下し





図10

て亀裂が入っています。1995年の兵庫県南部地震で沈下した、つまり坂が少し変形したということです。その変形は建物だけに留まらず、地盤が変形しているわけです。実はこの先の崖の下には少し盛り上がった、圧縮した亀裂があります。このように、地域全体が下に動いているのです。斜面の上部には盛土が張り付いていて、既に沈下しています。こういった場所が大阪市内には点在しています。もちろん大阪だけではなく、東京にも存在します。工事のわずかな振動で建物が崩壊したりするというような所が東京にはたくさんあり、東京大震災ではこうした光景が、至る所に出現するだろうと言われていました。

われわれは崖っぶちはどの様に揺れるのかを測っているのですが、その観測地が横浜市にあります。そこには、下末吉面、台地縁辺部の腹付け盛土斜面、谷埋め盛土、低地を包括するように、複数の観測点を配置しています。そして、その測定結果から、崖際には極端な地震動の増幅が見られました。台地(下末吉面)縁辺部に張り付けられた盛土斜面の揺れは、中央部に比べて約3倍でした。

崖際、谷埋め盛土における揺れと地山の揺れを調べてみると、震度で比べると、崖際と谷埋め盛土は、ほぼ同様です。崖際の震度は、台地に比べて、約1大きくなっています。また、震源に遠い近いに関係なく、崖際と谷埋め盛土での揺れは、台地中央部に比べて大きくなっています。加速度で見ても約3倍で、上下方向の加速度のみを見ると、台地中央に比べて、約5倍になります。その場所の傾斜や特徴等によって震度等は変わってきますが、このような観測結果によって、現実に崖っぶちで起きている不安定化現象は説明できるということです。



図11

## 5 分布図問題

次は、大規模宅地盛土分布図についてです。これは、谷埋め盛土の地すべりによる被害が相次いだため、必要になったのです。2004年の地震をうけて、2006年に改正された法律によって作るようになりました。これは大きな成果なのですが、問題は「調査の結果、危険な盛土は無い」とされた場合です。防災、減災の視点で見ると、「分布図に記された盛土のどこかで災害が起きる可能性がある」と言うべきであったと私は思います。横浜市の例でお話すると、横浜市が公開した地図を拡大すると、至る所に盛土がある、これが近代都市の実態なのです。だから、本当はこれを知らなければいけない。これを示した上で、どうしますかという話を住民の方としなければいけないのですが、なかなかそれだけ勇気のある自治体は少ないのが実態です。

最大の問題は、実は、東京都なのです。東京都がかなり隠しています。

東京都が公表した大規模宅地盛土分布図によると、23区内には盛土がほぼ無いということになっているのですが、それは有り得ないと思っています。

都市化の過程で、多くの川が失われました。東京でも、特に戦後の高度経済成長の過程で多くの川や水路に蓋がされました。これらロストリバーの多くは、地中暗渠に置き換えられましたが、川の最上流部や支流は谷埋め盛土になっています。少なくとも、東京都の認識より、はるかに多くの大規模な宅地盛土があるはずなのです。なぜこうなったかという、東京都は、昭和30年代の地図をベースに盛土の分布を調べました。それによって精度が等しくなく、まちまちになってしまったと考えられます。その他、様々な理由で、東京23区の盛土の認識がおかしくなったのだと思います。

世田谷区が示している谷埋め盛土のボーリングデータですが、多くのボーリングによって谷埋め盛土が確認されており、そのデータは容易に閲覧することができます。これは(図11)、ボーリングの標高を地理院



図12

地図から求め、簡易な断面図を描いたものです。この図の範囲では、少なくとも2本の谷埋め盛土が認められます。

東京都の大規模宅地盛土分布図について検証します。これは新旧地形図の比較やボーリングデータから、谷埋め盛土の分布を独自に作成したのですが、東京都が表現した大規模盛土は、宅造法の条件を考慮しても、極端に少ないのです。台地縁辺部にあるはずの谷埋め盛土がほとんど示されていないのは異常だと言えます。

滑動崩落事業というのは、2006年に法改正されて、国交省によってどんどん進められていますが、大きな問題が一つあります。モラルハザード(図13)が起きつつあるのです。何故かという、本来は事前対策のはずだったのですが、今は事後の復興スキームとして使われているのです。東日本大震災で、ほぼ全ての宅地盛土の被害を公費で補修しました。また、熊本地震でも、宅地耐震化事業の住民負担を複雑な処理で大幅に減額しました。地震が起きる度に、何千という宅地が被害を受けています。けれども、どうせ国が面倒を見てくれるであろうから、事前に努力しない方が得だと考えてしまう自治体のモラルハザード、デベロッパは売ってしまえば、ほぼ逃げ切れるという民間のモラルハザード、そして購入した住民には危機感、自主防衛意識が乏しい。この三重の厚い壁が、宅地防災に立ちはだかっているのです。



図13



図14

## 6 残土斜面問題

次に、新たな公害の話をしてしたいと思います。これは、京都市伏見区小栗栖(図14)の話なのですが、投棄された残土が土石流になって崩れました。実は、こういった都市近郊で残土の崩壊が非常に多くなっています。2013年の大津市、2017年の岸和田市、この他にも2014年の大阪豊能町や横浜市緑区等、頻発しているのです。この背景には残土ビジネスの問題が存在しています。最近の都市では、建設残土の発生量が多くなり、適正な処理能力を越えてしまっているのです。罰則強化も含めた抜本的な制度改革と同時に、残土ビジネスに依存する建設工事の総量規制も検討すべき段階にきていると言えます。

20世紀後半から起きてきた地震は、9世紀と酷似しています。つまり9世紀に起きたことが、今起きているのです。地震にはサイクルがあります。その歴史的サイクルの途中に我々はいるのですが、十分備えられているかどうか、考えるべきところです。

まとめになりますが、住民が未災の意識(未来に被災するであろうという覚悟)を高めることが、最も効果的な防災、減災対策になります。そうした意識のみが経費負担を実現させるのです。また、一部の歴史・考古学も含めた広義の地学は、災害列島に住む日本人にとって、生存のための必須の教養であることが改めて確認できたと思っています。

