

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4回

都市水害— 地下と車に要注意 —

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26日の第4回講演では、経営管理大学院の戸田圭一教授が「都市水害—地下と車に要注意—」と題して、都市水害の最近の事例を取り上げながら、対応策や今後の課題など、一連の研究成果を紹介した。

●近年の都市水害の事例



最近、気候変動に伴う局地的大雨が多発化し、都市部での水害が増加している。都市水害にはどんな特徴があるのか。近年の事例とともに、経営管理大学院の戸田圭一教授は話した。

都市水害の特徴としては、地下空間の浸水、ライフラインなどの機能低下、交通機能の麻痺、地下空間やアンダーパス（道路や鉄道の高架下）での水難事故、などが挙げられる。思わぬことで生命を失う危険性があり、市民生活や経済活動に大きな影響を及ぼす。

「都市水害にはどんな危険があり、どんな対応策が有効なのか。それを考えるために、実態を把握し、問題を抽出することが大事」と戸田教授

「都市水害」と呼ばれるようになった契機は、1999年の福岡水害である。福岡市内を流れる御笠川が氾濫し、他より低い場所であるJR博多駅に集中して地下施設が浸水した。

「都市で水害が起これば、地下街が浸水し、地下鉄が止まるなど、間接的、連鎖的な被害が起こる。他の場所で起こった水害とは違うことを知らしめた最初の事例と言えます」

2000年の東海水害でも電気やガスが止まり、鉄道も地下鉄も不通になり、新幹線も立ち往生してほぼ1日運転停止となった。

東海水害の様子を撮影した写真は、氾濫パターンを明確に表している。

川を挟んだ下側の町に浸水しているのは茶色の水。決壊した川の水が流れ込んだもので、自分たちが住む堤防に囲まれた場所の“外”からの浸水ということで、「外水氾濫」と呼ぶ。津波や高潮も同じだ。それに対し、川を挟んだ上側の町の水はそれほど濁っていない。こちらは、降った雨が大量すぎて、下水道やポンプ場で処理できずに起こっている浸水。つまり自分たちの住む“内”での氾濫ということで、「内水氾濫」と呼ぶ。

2005年の東京都西部での集中豪雨では、神田川流域が氾濫。氾濫水が激しく波打ちながら、道路を流れている様子が写真に撮られている。「氾濫水は静かにひたひたと浸かっているのではないため、氾濫最中の避難はかえって危険となることがあります」

都市水害は各地で毎年のように発生している。京都でも、2012年の宇治での水害、2013年の嵐山での水害と立て続けに起こり、2013年の際は地下鉄に浸水して、復旧に3日ほど要した。

氾濫ではないが、2008年の神戸市・都賀川の増水事故も一種の水害と言えるだろう。神戸市は急傾斜都市で河川の勾配も大きく、短時間豪雨によって水位と流速が急激に増大、鉄砲水が発生して5人が亡くなった。

「なぜ近年、都市水害が増えているのでしょうか」

都市には、そもそも水害に対する脆弱性がある。理由の1つが都市開発だ。都市化の前は、森林や水田が雨水を一時的に貯留したり地中に浸透させたりして、下流への流出を抑えていた。しかし都市化して地表がアスファルトなどで覆われると、雨水の貯留・浸透ができなくなり、下流への流出が速くかつ大きくなってしまうのである。

横浜の鶴見川のデータでは、流量の最大値は都市化後で倍以上、最大値となる時間も都市化後のほうが2時間ほど早くなっている。

加えて、近年は短時間集中豪雨が激化・増加し、降雨から被害に至る時間が短時間化されている。雨水排除能力が低い都市に短時間集中豪雨が増加することで、水害が頻発するわけだ。

●地下浸水時に発生する思わぬ危険

戸田教授は都市水害の実態を把握するために、各種解析を行っている。中でも、都市水害で大きな問題となる「地下浸水」については、解析に加えて模型実験も実施している。

まず解析のほうは、地下浸水の進行状況を、地上部と地下空間とを同時進行でシミュレーションする。

京都市の地下を対象とした解析モデルでは、鴨川から毎秒 100m³の流量が、御池大橋右岸と五条大橋右岸でそれぞれ溢水したケースをシミュレーション。京都は北から南への傾斜があるため、水は南に流れ、鴨川の近くの御池地下街は東半分が浸水。特に、御池地下街は空間が狭く 3 層構造となっているため、水が集中し、短時間で水位が上昇する。一方、京都駅の地下空間は広く、袋小路のような閉鎖的空間が少ないため、それほど水位は上がらない。地下浸水には、地下空間の位置と構造が大きく関わる、ということだ。

このシミュレーションの妥当性は模型実験でも検証されているが、模型実験で驚くのは、地下への流入時、水が階段を流れ下る時の激しさ。「大きく波打ちながらものすごい勢いで流れ落ちていく。階段で避難することの難しさを物語っています」

これらのシミュレーションや模型による実験で地下浸水の危険性が明らかになれば、次に考えるべきは「避難」のことだ。

「どういう条件なら避難できるのか。限界を知るために、実物での実験を行うことにしました。それが、水が流入する階段での避難実験と、前面が浸水したドアの開閉実験です」

まず、階段避難実験。避難時間やアンケート調査結果などを総合的に勘案するに、地上の浸水深 30cm の水が階段に流れ込むと、その状況が、成人男性が歩いて避難できる限界と考えられた。避難の「限界」の定義は避難成功率 50%、つまり 2 人のうち 1 人が避難できない状況だ。

「地上での浸水深 30cm は床下浸水程度ですが、それが地下に流入する際は、歩けないほどの激流となり、避難を妨げてしまうのです」

ドア開閉実験では、水深 40cm を超えると成人男性はドアが開けられなくなる。予想以上に低い水深だろう。

「思った以上に早く限界はやってきます。早めの避難がいかに大切か分かるはずですよ」

●望まれる総合的な水害対策

水害対策の基本となるのは河川改修・下水道整備だが、最近では地下空間を有効活用した治水施設の建設も進められている。治水対策施設には、地下河川や地下放水路などの流下タイプと、調節池や各戸貯留、浸透ますなどの調節・流出抑制タイプなどがある。

「調節・流出抑制タイプは、内水氾濫対策には一定の効果があるとされ、今後、水害対策としての地下空間の有効利用はますます進むと考えられます」

一方、ソフト面での対策としては、都市水害対応のハザードマップの作成のほか、各種のシステム整備が急がれる。洪水情報などを一元化して地下鉄や地下街管理者に迅速に伝達するための「地下への情報伝達システム」、避難経路の設定や地下浸水時の救助体制の確立といった「避難・救助システム」などが考えられるだろう。

戸田教授は、避難・救助システムの確立に役立てようと、模型を使った階段避難実験を消防署の人に体験してもらうなどの活動も行っている。

●都市水害での要注意は「車」

都市水害で注意すべき危険。それは地下浸水ともう1つ、「車」である。誤ってアンダーパスに進入して脱出できなくなる、という事故事例は多い。

「実物大の車模型を用いた避難実験により、その危険性を検討しています」

実験に用いたセダン型小型乗用車の場合、成人男性では地上から75～80cm（ドア底部から45cm程度）の水深でドアが開けられなかった。水圧が関係するため、ドアが大きいほど、また車高の低い車ほど開けにくくなる。後部がスライド式ドアの軽自動車でも、水深約80cmで避難成功率50%となった。つまり、目安としては、ドアノブに近い80cmの高さまで水がくれば避難の限界だろう。「とにかく危険な箇所には突っ込まない。誤って進入してしまったら、すぐさま逃げる。それが基本です」

車については、もう1点検討すべきこととして「漂流」がある。洪水氾濫時、人が取り残されたまま車ごと流される、避難経路が車でふさがれ避難に支障をきたす、流された車が構造物に衝突して破損する、といった危険性がある。

そこで、戸田教授は車が流され始める流量・水深や車の漂流速度を調べるため、水路に車模型を配置し、流量や水深、車の向きやサイドブレーキの有無など、条件を変化させて実験。現時点での結果は、流速毎秒2m以上かつ水深が50cm以上で、車が漂流する危険性が大きい。

鴨川氾濫時のシミュレーションでは、御池大橋付近で100m³/sの溢水があった場合、河原町通や木屋町通では氾濫した水の流速は毎秒2m、水深は50cm以上となる。河原町通や

木屋町通といった繁華街には車も多く、漂流による危険は増大してしまう。

●望まれる車の水難事故防止策

多くの危険がつきまとう車だが、その水難事故防止のためにどんな対応策が有効だろうか。

まず、洪水氾濫時の交通規制は迅速に行わなければならない。河川・道路管理者と防災担当者の連携や、アンダーパスへの侵入防止策も必要である。

ドライバーへ迅速に情報伝達するだけでなく、その情報も、GPS 技術の活用などによる高精度化が求められる。

さらに、ドライバーの自助意識向上のため、車の水に対する弱点を、運転免許更新時の講習で伝えることも有効だろう。もちろん、市民の意識の向上も必要で、戸田教授が行っているような実物大の模型やミニチュア模型を活用した、ビジュアルに訴える防災教育の徹底も重要だ。

いつどこで起こっても不思議ではない都市水害。対応策に近道はなく、自分の身を守る「自助」、地域コミュニティで助け合う「共助」、治水施設などを整備する「公助」、それぞれをレベルアップしていくしかない。

「そして何より」と、戸田教授は次の言葉を参加者に贈った。「危険をかぎ分け、危険を回避する“判断力”を、一人ひとりが向上させることが大事なのです」



「地下浸水の際、もっとも危険なのは停電ではないか」との質問に、戸田教授は「停電はさらなるトラブルを引き起こすもので、確かに危険。どこにどの程度の浸水が起これば電気システムのトラブルを招くのかについても、検討する必要がある」