

2015年7月9日豪雨によって

松山市で発生した水害の特徴と土地利用変化の関係

(社会科教育講座) 川瀬久美子

Feature of flood disaster which occurred in Matsuyama by heavy rainfall on July 9, 2015 and relation between the flood and the land use change.

Kumiko KAWASE

(平成29年6月15日受理)

抄録：2015年7月9日に愛媛県松山市で発生したゲリラ豪雨では、市内の複数箇所ですべて局地的に道路の冠水や家屋の浸水被害が発生した。松山市のまとめによると、被害は床上浸水が17棟、床下浸水が144棟、道路の冠水が8カ所に上った。水害発生の背景を地形的な水害リスクと土地利用変化の観点から検討すると、もともと水害リスクが低い浜堤では地表被覆がアスファルト舗装などに変化することで、ごく狭いスケールで雨水が低所に集中し浸水が起こった。また、もともと地形的・地盤高的に水害リスクが高い後背湿地では、地表被覆の変化のほかに遊水地機能を果たしていた周辺の水田が宅地に転用されることで、浸水が起こったと考えられる。後背湿地の中でも地盤高が低く潜在的に水害リスクが明らかに高い場所では、排水機能の強化や土地や家屋の嵩上げによって水害が起きにくくなっているが、後背湿地の中でもやや地盤が高く水害リスクがそれほど高くなかった場所では、家屋の構造が水害リスクの上昇に対応できていないため、冠水した道路から家屋内に雨水が侵入した。様々な社会経済的要因の下で水害リスクは変化しつつあり、リスク管理を見直す必要がある。

キーワード：水害 (Flood disaster)、豪雨 (Heavy rainfall)、地形 (Landform)、土地利用 (Land use)

1. はじめに

湿潤温帯に位置する日本列島は、梅雨前線や秋雨前線による長雨、夏季の積乱雲による雷雨、台風による豪雨など、気象災害の発生しやすい自然条件にあり、近代以前から様々な防災・減災対策がとられてきた。しかし、近年、50年あるいは100年に一度と想定されるほどの豪雨が頻発し、甚大な被害を引き起こしている。

2015年7月9日に愛媛県松山市で発生した豪雨では、極めて短時間のうちに道路の冠水や家屋の浸水被害

が発生した。幸いにも人的・物的被害は大きくなかったが、「松山では水害は起こらない」という一般市民の認知に対する警鐘として筆者は捉えている。本稿では被害の特徴を水害発生の経緯とともに整理しながら、2015年の水害発生の背景を地形的な水害リスクと土地利用変化の観点から検討する。

2. 2015年7月9日豪雨の概要

梅雨前線に暖かくしめった空気が流れ込んだこの日、9時半頃から降り始めた雨は、市域の西部で10時半頃

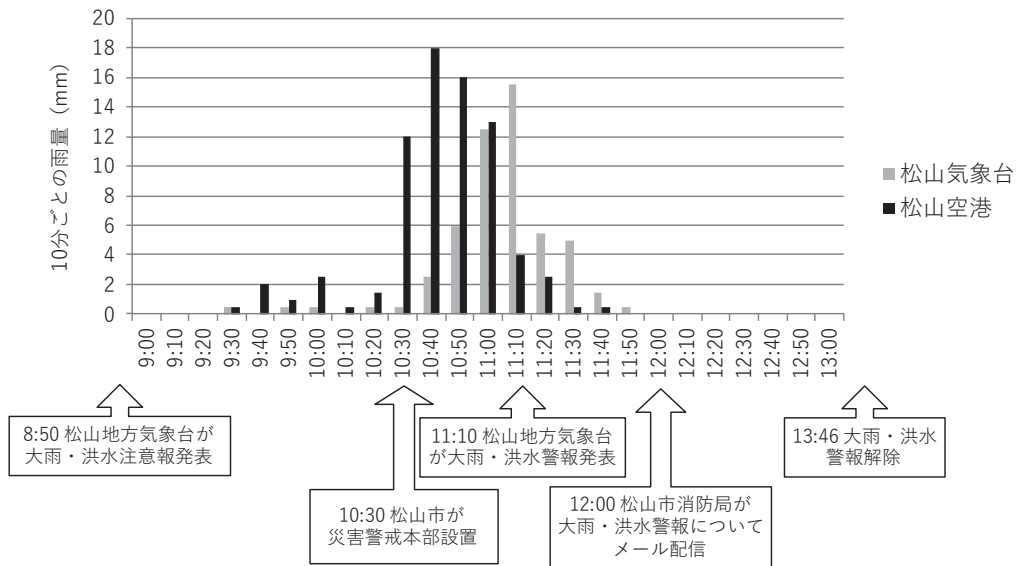


図1 2015年7月9日の雨量変化と行政対応
アメダスデータおよび松山市資料から作成

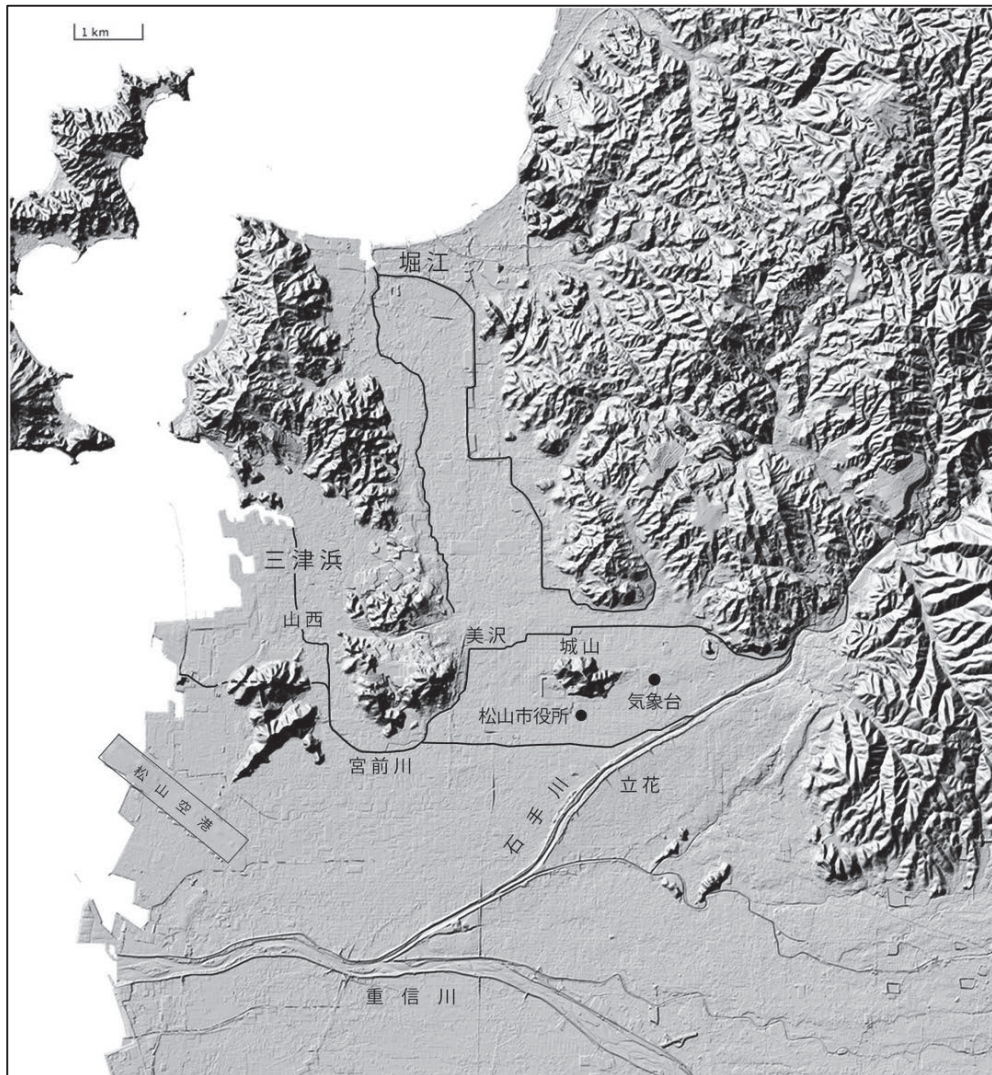


図2 松山平野の概観
地理院地図（電子国土WEB）の陰影起伏図を基図として作成

以降、中心部で11時頃以降急に激しくなった(図1)。市域西部の臨海部に位置する松山空港では午前11時17分までの1時間降水量は66mm、松山空港の東約7kmに位置する松山地方気象台においても午前11時34分までの1時間降水量は48mmで観測史上最大となった。しかし、この強雨は長くは続かず12時には雨は完全に上がり午後には快晴となった。2015年7月9日の降水前後の気温、地上相当温位、地上風などの解析した一(2016)によると、1990年代後半以降で大雨が発現するときには四国地方に明瞭な前線帯が形成され寒冷前線の性質を有する降水が卓越するが、2015年の降水イベントはそれとは異なる性質を持っていたという。

当日朝の気象予報は降雨を示していたものの、9時頃まで梅雨時期によく見られる曇天であり豪雨の気配はなかった。松山市危機管理課によると、台風襲来が予測される場合には早い段階から災害警戒本部を立ち上げ発災に備えるが、この日は特に警戒を要するような気象予報はなかった。また、今回の豪雨は松山市西部から始まり極めて狭い範囲に降雨をもたらしながら雨雲は東に移動したため、松山市西部の三津浜地区で浸水被害が発生した10時30分頃には、松山気象台や市役所の位置する松山市中心部では雨の強度は微弱だった。災害対策本部が設置されたのは、三津浜地区の住民から通報を受けてからであり、松山地方気象台から大雨・洪水警報が発表されたのは市中心部でも雨が強度を増し始めた11時10分である。しかし、この頃にはすでに三津浜地区の降水は弱くなっていた。松山市消防局や災害警戒本部は、家屋の浸水や冠水した道路における車両の立ち往生など、三津浜地区や市中心部から相次ぐ通報への対応に追われた。このため、松山市消防局が大雨・洪水警報について市民向け災害情報メールサービスを用いて登録者に配信したのは12時であり、三津浜など松山市西部ではすでにこの時には雨は止んでいた。

以上のように、この時の豪雨は従来とは異なるメカニズムで発生し予測の難しい豪雨であったこと、極めて局所的に降水をもたらす雨雲が行政本部から離れた西部から到来したことで、行政本部の対応が難しかったことがわかる。

雨雲は市街地を東進し、三津浜地区以外でも市内各

所で床下浸水や道路の冠水が発生した。松山市のまとめによると、松山市内の被害は床上浸水が17棟、床下浸水が144棟、道路の冠水が8カ所に上った。

3. 松山平野および三津浜低地の地形的特徴

松山平野は重信川が形成した沖積低地と、重信川の支流石手川が形成した沖積低地に大別できる。石手川の右岸には松山城が築造されている城山(標高131m)のほか、総合運動公園のある朝日ヶ丘や弁天山など標高150m以下の西部丘陵、四国八十八ヶ所霊場太山寺が立地する経ヶ森(標高203m)などの北西部の丘陵が点在している。これらの丘陵の間を埋積するように沖積低地が発達しており、松山市の市街地は城山の南側を中心に拡大してきた。朝日ヶ丘近隣の丘陵から北西の海岸までの一帯と、経ヶ森近隣の丘陵と高縄山系の山岳地域に挟まれた一帯には沖積低地が発達し、本稿ではそれぞれ三津浜低地と堀江低地と呼称する。本稿では豪雨被害の顕著であった三津浜低地を中心に考察する。

三津浜低地は宮前川による土砂の堆積作用と、沿岸の波浪による堆積作用によって形成されている。宮前川は、石手川扇状地の扇頂に位置する岩堰から分流する水路(寺井内川)と、岩堰からやや下流から分水する中の川が市街地を流れた後に合流したものである。石手川からの分水地点ではどちらも樋門によって管理されており市街地では幅3~5mの水路であるが、宮前川(寺井内川)は美沢地区付近から下流で川幅が10m以上に広がっている。都市河川化している宮前川では河道規模に対して降雨時の増水が激しく、昭和43(1968)年台風16号などたびたび浸水被害が発生していた。このため、増水した河水を捷水路で放出させるため弁天山にトンネルを掘削し、宮前川放水路が昭和59年に完成した。最近でも美沢地区において河道の拡幅・川床の掘り下げ工事によって流下能力の向上が図られているが、宮前川(寺井内川)の中流域では河道ぎりぎりまで宅地化が進んでいるため、これ以上の河道の拡幅工事は難しい。

宮前川の下流部に発達する三津浜低地には、弁天山の麓から北方向に浜堤が発達する(図3)。浜堤の幅は

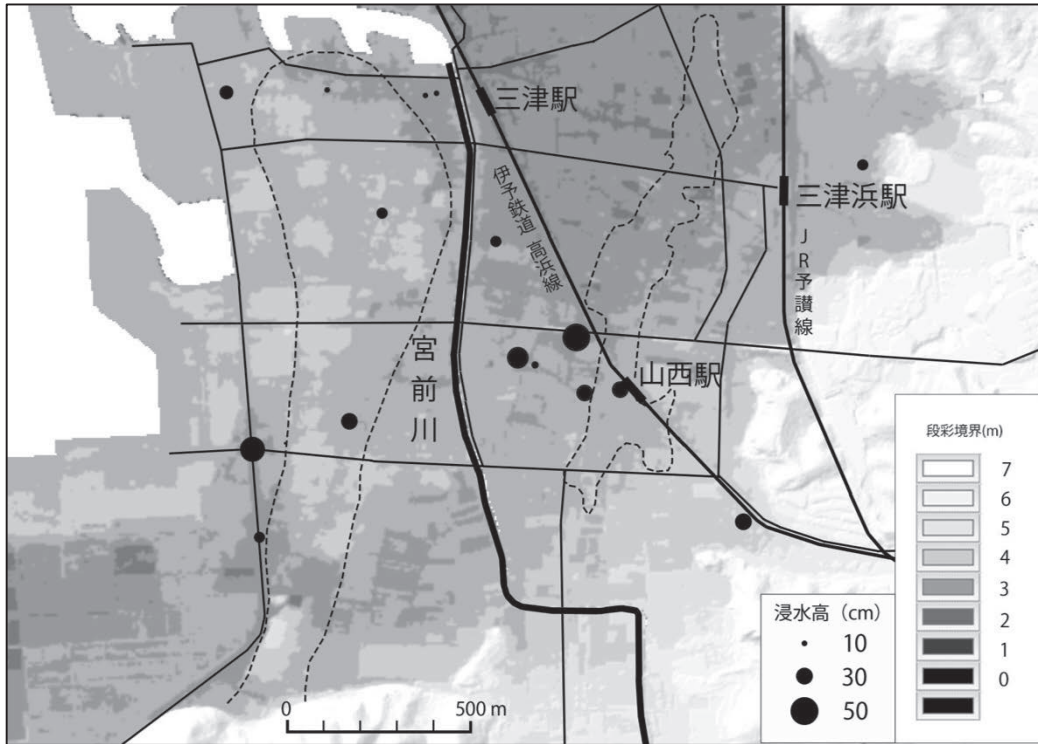


図3 三津浜低地の地盤高と浸水高

地盤高は5mメッシュDEMによる。

宮前川や鉄道以外の実線は主要街路。

破線の浜堤列は地理院地図（電子国土WEB）の土地条件図に基づく。



写真1 水路から水があふれて冠水した道路
2015年7月大谷さん撮影・提供



写真2 冠水した道路を通行する自動車
2015年9月三津1丁目で筆者撮影



写真3 冠水した道路からの浸水を土のうで防ぐ
2015年9月三津1丁目で筆者撮影

200～500 mで、この上に形成された港町・三津浜は松山の海の玄関口として近代以前から隆盛を誇った。国土地理院発行の土地条件図では宮前川右岸にも浜堤状の微高地が示されているが、5 m メッシュ DEM から作成した地盤高図では起伏は明瞭でなく、左岸の浜堤に比べて発達は良くない。海岸部の浜堤より東側は全体的に標高が低く、後背湿地となっている。

4. 三津浜低地の被害状況

豪雨発生当日の7月9日午後と7月13日に現地調査を行った。現地調査はSNSで住民が浸水被害をアップしていた三津浜商店街や、新聞報道で被害が取り上げられた山西駅周辺を中心におこなった。松山市によると図3に示した地点以外でも浸水・冠水は発生しているが、公開されている資料では浸水箇所が町名でしか示されていないため、地図上に示すことは難しい。本稿では、筆者が現地調査で確認した浸水地点がどのような状況で浸水し、それがいかなる要因によるものなのか検討する。

調査では住民への聞き取りのほか、フェンスや構造物のコンクリート壁などに残された浸水の痕跡（土砂や湛水面に浮遊して残存したと考えられる落ち葉・ゴミなど）を道路面から計測した。また、冠水した道路に車両が進入して立ち往生した地点については、車両のマフラーが水没する30 cmを浸水高とした。図3に筆者が現地調査によって確認した浸水高を示す。

住民の証言によると、発災時の状況はどの地点でも共通している。突然始まった豪雨によって雨水は瞬く間に路面に集まり、川のように流れ始めた。そして雨水はごくわずかに周囲より地盤が低い場所や水路に向かって流れて瞬く間に道路の冠水や水路の溢水が起こった。被害のあった家屋はすべて住宅の玄関や店舗入り口が直接道路に接しており、道路を流れた雨水がそこから家屋内に進入していた。雨水が湛水したのは極めて短時間で、雨が止むと一気に水位が低下し水が捌けていった。普段水のほとんど流れていない小さな水路が溢れて水路脇の道路が冠水した地点があったが、雨が止むとすぐに水路内の水位は低下したという（写真1）。

浸水地点の物的被害は、住宅では家屋の玄関や土間

の床下浸水、住宅に隣接する車庫内の浸水で、床に置いていた物品が濡れるなどの被害があった。店舗では床に直接商品や什器、電化製品を置いていることがあり、三津浜低地では10 cm程度の浸水高で床に置いていたパソコンが被害を受けた店舗があった。また、三津浜低地以外の聞き取り調査では、美沢地区の飲食店で床に置いていた冷蔵庫が被害を受けた事例があったほか、立花地区では店舗内の差し込みプラグ（コンセント）が床上10 cmのところであり、浸水で漏電して電気配線設備の修繕が必要となった事例もあった。

道路の冠水被害は市内各所で多数発生したが、三津浜低地においても冠水した道路に進入してエンジンが停止し、立ち往生した車両があった。前述のように、短時間で雨は止み浸水はすぐ解消されたものの、松山市消防局は市内各所からの通報への対応に追われ、車両のレッカー移動には時間を要した。また、30 cm程度冠水した道路を車両が通行すると、道路に接した家屋の間口には波が打ち寄せ、波の高さは1 m近くにまで達したという（写真2に2015年9月に発生した豪雨時の様子を示す）。車両の起こす波によって家屋内の浸水がひどくなったという住民の証言は、三津浜低地のほかに美沢地区でも確認された。

5. 浸水被害と土地利用変化

1) 浸水被害と地形・地盤高の関係

三津浜低地で今回浸水したのは宮前川左岸エリアと右岸の山西駅西エリアである。宮前川左岸エリアでは、浜堤上や浜堤から海岸や後背湿地へ漸移するような場所で浸水した。また、山西駅西エリアは浜堤背後の後背湿地の中でも比較的地盤が高い場所である。

一般的に浜堤地形は後背湿地との比高が1～3 mで、このわずかな地盤高の違いが河川氾濫や高潮の被害を軽減する。三津浜の市街地が古くから浜堤に立地して発展してきたのは、海岸部に近接しているという物流の利便性ととも、災害に遭いにくいという防災上の経験知に基づいていたと考えられる。

今回、宮前川左岸エリアで浸水・冠水した地点は、浜堤上のわずかな凹部や浜堤の縁辺である。宮前川左岸エリアは三津浜低地の中では後背湿地に対して地盤が高く起伏の凸部にあたるが、数十～百 m四方という

狭い範囲におけるわずかに地盤高の低さが、雨水集中を引き起こしたと考えられる。同じことは後背湿地の山西駅西エリアにおいても言える。後背湿地の中で潜在的に水害リスクが高いのは、地盤が低い伊予鉄道三津駅から JR 三津浜駅にいたる一帯である。それに対して地盤の高い山西駅西エリアで、今回の浸水被害が発生した。

2) 土地利用変化との関係

地形や地盤高からみれば大局的には安全なはずの場所で浸水被害が発生した要因を、土地利用変化の観点から考察する。

この半世紀で地表被覆の様相が変化して、わずかな低所に雨水が集まりやすくなっている。今回発生したような内水氾濫は都市型水害とも称され、水田や畑のような農地がアスファルトや建物が地表を覆う都市的土地利用に転用されて発生すると指摘されている（海津 2012）。このような土地利用変化が都市型水害を発生させる仕組みは、①地表被覆の変化（地中への雨水の浸透機能を有する農地がアスファルトや建物で覆われると、雨水は地表面を流動し凹地や河川に短時間のうちに集まる）②遊水地機能の低下（農地の中でも水田は一時的に雨水を貯留する遊水池としての機能を持ったため、水田が減少することによって水害が発生しやすくなる）の二つがある。これらの土地利用変化が複合的に影響して、低所や河川、下水道への雨水の集中が短時間のうちに進み、浸水を引き起こす。

戦前、三津浜低地では市街地は浜堤上のみ立地し、内陸の後背湿地には水田が、海岸部には塩田があった。戦後、市街地は浜堤から周辺に拡大し、後背湿地の水田も宅地に変化してきた。三津浜低地は松山市中心市街地に対する郊外住宅地としても土地利用変化が進行し、現在では水田や農地は宅地や商業施設などの間にごくわずかに残るのみである。

宮前川左岸の浜堤上の土地は、もともと水田に利用されていなかったことから、このエリアの浸水被害は水田の減少ではなく地表被覆の変化によるものと考えられる。一方、山西駅西エリアで発生した浸水は、地表被覆の変化と遊水地機能の低下が複合的に影響して発生した可能性がある。明治 38 年発行の旧版地形図を確認すると、山西駅西エリアは古三津村の集落の南端

に相当し、狭い範囲に宅地があったものの周辺一帯は水田に利用されていた。昭和に入って現在の位置に山西駅が設置されると、駅周辺の水田が住宅地に転用されていく。昭和 50 年修正の地形図では、まだ山西駅西エリアの南部には宮前川沿いに 1 km 四方の規模で水田が残っている。しかし、その後も宅地化は進行し、現在では水田はごくわずかに点在するのみである。このように山西駅西エリアより地盤の高い場所で水田が減少し後背湿地の遊水地機能が低下したうえ、地表被覆の変化も重なって、山西駅西エリアの水害リスクが高まったと考えられる。

ところで、もともと地形的・地盤高的に水害リスクの高い後背湿地のほぼ全域で、都市的土地利用への変化が起こっていながら、なぜ今回の浸水被害は山西駅西エリアで発生したのだろうか。後背湿地の中でも潜在的に水害リスクの高い場所（伊予鉄道三津駅から JR 三津浜駅の間に広がる地盤の低い土地）では、水害リスクが明瞭でこれまでも軽微な浸水被害が発生してきた。このため、雨水の排水網の整備が松山市内でも優先的に進められてきた。しかし、後背湿地の中でもやや地盤が高い山西駅西エリアでは、土地利用変化で水害リスクが高まっていながら水路や下水による排水機能が追いつかず、今回の豪雨の雨水を処理しきれなかったと考えられる。

3) 水害リスクに対する住民の応答

宮前川左岸エリアでも山西駅西エリアでも、現地調査で確認した浸水家屋は営業開始年が古い店舗や築年代が古い住宅ばかりで、店内の床や三和土の高さは道路とほとんど変わらなかった。むしろ、間口の床が道路よりも 5~10 cm 低くなっている家屋が 2 軒あった。

おそらく、伊予鉄道三津駅と JR 三津浜駅の間の一帯のように、もともと地形的・地盤高的に水害リスクが明らかに高い場所では、家屋を建設する際には土地の嵩上げを行ってきたと考えられる。一方、水害リスクの小さい浜堤や、後背湿地の中でも比較的地盤が高い土地では、家屋は地表面や道路面と同じ高さに建設されてきた（図 4）。特に商店は道路に直接間口が開いており、客の出入りや商品の搬出入がしやすいよう、道路面と店内の床のあいだに段差は設けられなかった。

最近建て替えられた家屋のほとんどは洋風建築で、

道路からセットバックした上で道路面と玄関の間に段差を設けている。これに対して、古い家屋の中に店舗の床や玄関の三和土の高さが路面より低い家があったのは、当初は路面の高さに家屋の床面を揃えて建築されたが、その後、道路の舗装が上に重なるように繰り返し修繕され、わずかず路面の高さが増したためと推測される。

土地利用の変化で水害リスクが高まると、新しい家屋は浸水被害を免れるが、古い家屋では道路に集まって流れてきた雨水が、建物の間口から家屋内に進入するようになった。今回、冠水した道路の多くは、「最近は大雨が降ると浸かる」と近隣住民から認知されていた。そのような水害リスクの経験的認知にもとづいて、道路が冠水した時には入り口を土のうや段ボールで塞ぎ家屋内への浸水を防いでいたという店舗もある。しかし、今回の豪雨はこれまでにない規模で路面に雨水が集まった上、冠水道路を通行する車両が波を立て、入り口に置いた土のうや段ボールを超えて家屋内に雨水が進入して店内が浸水したという（写真3）。

変化する水害リスクに対して、土地の嵩上げなど個人として対応するのは、家屋を建て替える際などに限られている。古い家屋には高齢者が独居している場合も多く、豪雨発生に備えた行政的対策が求められている。松山市は市民からの要請に応じて排水網の整備や

排水能力の向上を図っているが、短期的な解決は難しいのが現状である。

なお、美沢地区では頻繁に冠水する道路近くの住民が、2015年の豪雨時に冠水道路を通行しようとする車両に侵入しないよう呼びかけていた。しかし、車両は呼びかけを振り切って冠水道路を通行し、結局エンジンが停止して立ち往生してしまったという。冠水道路に車両が侵入することの危険性がまだ十分認知されていないことと、近隣住民以外にはその場所の水害リスクに関する知識がなく、運転者が冠水規模を甘く見積もって通行してしまったと推測される。

6. おわりに

愛媛県で近年気象災害が発生した地域としては、平成16年や17年に大きな浸水被害を出した肱川流域大洲盆地や、平成16年に台風による豪雨のため大規模な土砂災害が発生した西条市や四国中央市がある。松山市では平成29年9月に重信川が氾濫危険水位を超えたものの大きな被害は無かった。

今回の豪雨の前年、平成26（2014）年には松山市の離島・中島で局地的な豪雨があった。斜面崩壊で多くのミカン果樹園が被害を受けたほか山狩川下流の集落では床上・床下浸水が発生した。中島の被災地における観察と住民の説明では、河川上流で発生した斜面

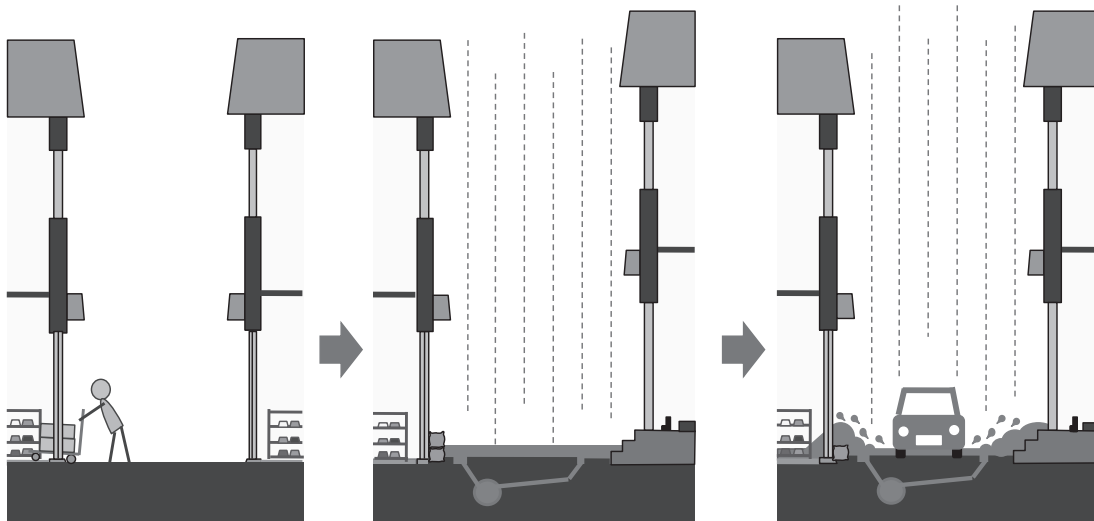


図4 土地利用変化と浸水

地形的・地盤高的に水害リスクの小さい土地では、住宅や店舗は道路面と同じ高さに作られていた。都市的土地利用が進むと、わずかに低い場所に雨水が集中するようになった。頻繁に浸水する家屋では家屋入り口に土のうをおいて自衛を図っていたが、冠水道路を通行する車両によって波が立ち、室内に水が侵入して浸水した。

崩壊が土石流となって山狩川を増水させたという自然現象に加え、河川の護岸内側に沿って無数に張られたミカン果樹園の灌水パイプが崩落して流され、集落の河道にかかる橋脚を塞ぎ濁流が溢水したということであった。現在の中島では果樹園の耕作放棄地も多く、放棄地につながる灌水パイプがそのまま残存していることもある。また、果樹園経営者が各々灌水パイプを引くために5本、10本の灌水パイプが束になって水路の内側にあることは、豪雨時の水害リスクを高めている可能性がある。

このように社会経済的要因によって、都市の市街地でも離島のような過疎地域でも、水害リスクが変化している。個人として、社会としてそれぞれの土地でどのように水害リスクが変化しているか確認し、リスク管理を見直す必要がある。

参考文献

本研究にあたって、松山市三津浜・山西地区、美沢地区、立花地区、中島の住民の皆様には、現地調査や写真提供でご協力いただきました。松山市危機管理課、下水道サービス課には聞き取り調査や資料提供でご協力いただきました。ここに記して感謝申し上げます。

本報告は科学研究費補助金『四国臨海低地における水災害ポテンシャルマップの作成とGIS分析』（基盤研究(C)、代表：古田昇、平成24-27年度、課題番号24520903）による成果の一部である。

参考文献

海津正倫（2012）沖積低地と水害．海津正倫編『沖積低地の地形環境学』古今書院、47-56

一 広志（2016）2015年7月9日に発生した松山の短時間強雨．第8回日本気象予報士会研究成果発表会講演予稿集