

Theme : 自然災害を教訓に

頻発する都市水害の特徴とその備え

京都大学 防災研究所
流域災害研究センター 河川防災システム研究領域 教授

川池 健司氏



★ 本日の内容

- はじめに
- 都市水害が起こるしくみ
- 都市水害の事例
- 行政による都市水害対策
- 都市水害への備え
- ハザードマップを使った高校生のグループ学習

I はじめに

まず、【図1】に従って進めていきます。終戦直後、水害により非常に多くの人的被害が出ていたことがわかります。大型台風の来襲や、一級河川の堤防決壊等が相次ぎ、1,000人超の方が亡くなる年も少なくありませんでした。1960年頃からこのような人的被害が減少していくことになりました。これは、日本が高度経済成長の時代を迎え、基盤整備、法整備等も進んでいった結果です。その一方で、都市への人口・資産の集中が始まり、いわゆる都市型水害や内水氾濫といったタイプの水害が頻発に発生するようになりました。このグラフからわかるように、終戦直後、国土が

荒廃していた時代と現在と比較して、被害額は減少していません。被災する面積は減少しているのですが、人口・資産が集中している都市が被災することによって、被害額としては大きく積み上がってしまうのです。これが、ここ最近の傾向です。

II 都市水害が起こるしくみ

ここから都市水害の話になります。

特徴としては、まず都市が非常に複雑な構造をしているため、特徴的な浸水が見られることです。例えば、地下街、地下駐車場、地下鉄等の地下空間に大量の水が入り込むと大惨事にも繋がりがねません。また、道路や鉄道の下をくぐるアンダーパスという構造です。それも複雑な構造の一種ですが、アンダーパスに水が溜まり、そこに気付かずに車で浸入して動けなくなり、被災してしまうということも、全国的に起こっています。

また、自動車やコンピュータに代表されるように、浸水に弱い資産や機器が増加しており、我々の生活や経済がこのような資産や機器に大きく依存しています。そのために浸水によって交通網やライフラインが被害を受け、それがストップすると波及的に被害が広がっていきます。そういった被害の連鎖化も考えられるのです。こういった特徴を持っているものを都市水害と呼び、今日のテーマにしています。



次に、都市水害が起こるしくみについてです。

一般的に水害というと、【図2】のような映像場面を思い浮かべるとと思います。これは、真ん中に川が流れていて、川の手前側も奥側も浸水していますが、奥側と手前側では水の色が違います。手前側は、川の堤防が決壊し、川を流れる洪水が手前側の地域に入ってきて浸水している外水氾濫と言われるものです。それに対して奥側は、内水氾濫というタイプの水害になります。この地域に降った雨が、本来は排水路、下水道等によって排水されるはずであるのに、何らかの原因で排水できなくなり浸水する、あるいは排水システムから逆流し、住宅地が浸水する、こういったものを内水氾濫と呼んでいます。なお、これが複合的に同時に起こることも珍しくないです。

【図3】は、全国の被害額を比較したのですが、4割程度の被害額が、内水氾濫によるものだということがわかります。更に、東京都だけに絞ると、都市化が進んでいる地域では、それが70%を占めています。また、全国の浸水棟数で見ても、やはり7割程度で内水氾濫による被害が示されており、内水氾濫が多くの被害をもたらしているということがわかります。

最近、雨の降り方が激しくなっています。【図4】は、横軸に1976年から2020年までとって、縦軸に、上の図では1時間当たり50mm以上の雨を観測した回数を表していますが、全国的に観測する回数が増加傾向にあるというデータを、気象庁が発表しています。下の図は、1時間当たり80mm以上の雨を観測する回数ですが、こちらも増えてきています。これが最近、都市水害が増えてきている原因の一つと言えます。

今回、都市水害をテーマにしていますが、都市化されることによって、どういった影響があるのかというところについてお話しします。【図5】は、開発前のイメージになります。降った雨は土の中に浸透し、その水がゆっくり川に流れていくという構造をしています。また、人口も少ないので、比較的安全な、周りよりも高い場所等を選んで居住するということが可能でした。それに対して開発が進んでいくと、降った雨が、地中に浸透できる面積が少なくなります。アスファルトで舗装されたり、建物の屋根で覆われたりすることによって、不透透域が増加し、雨が浸透できる面積が少なくなることにより、降った雨は表面を素早く流れていき、川に集められることとなります。その結果どうなるかというと、【図6】は、神奈川県鶴見川についてですが、ある地点で見た川の流量が時間的にどう変化していくのかというのをグラフに描いています。この茶色い方のグラフが、都市化が進む前の流量の変化ですが、ゆっくり上がり、ピークを迎えてゆっくり下がっていくという波形をしていたところが、都市化が進むと、降った雨が地中に染み込まずに、素早く大量に川に集められることにより、急激に大量の水を流さなければいけないことになり、治水上非常に難しい対応を迫られてしまうという影響が起きてしまうということです。



図3

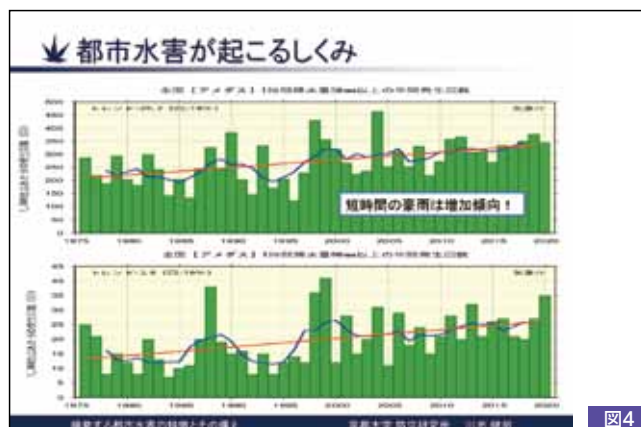


図4

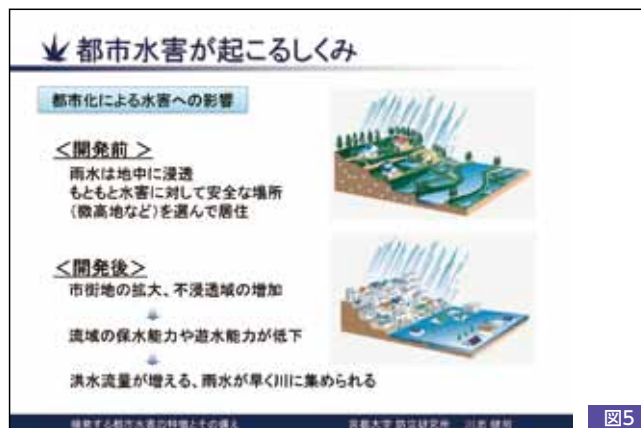


図5



図6

また、元々水害が起こり易い場所に、都市が立地していると言われています。日本は平地が少なく、こういった平地は、河川の氾濫を繰り返すことにより、水と一緒に土砂が運ばれ、その土砂の堆積を繰り返していくことによって形成された、いわゆる沖積平野と言われます。そういった平野の上に大都市が立地しています。ですので、元々そういうポテンシャルを持っている場所に都市が、立地していることが多いと言われています。また、社会的条件として、日本で氾濫の起こり易い場所が、国土の10%程度を占めています。そこに人口の約50%、資産の約75%が集中しています。水害が起こり易い場所に、人口や資産が集中しているということも、日本で水害による被害が起こりやすい原因になっています。

Ⅲ 都市水害の事例

ここで、都市水害の幾つかの事例を紹介します。

日本で都市水害が起こってきたのは、高度経済成長が進み、三大都市圏に人口が集中してきた時期です。そして、都市が拡大していくと、住宅地を確保しなければなりません。そうすると、土地を確保する上で、地価の安いところ、すなわち水害危険度が高いようなところから土地を入手しやすくなります。そういったところから住宅地が開発されていき、水害に遭いやすいところに住宅地が拡大していくことによって、被害が拡大していくといった傾向が、高度経済成長期の頃から進むようになってきました。この1999年頃から、また、都市水害が頻繁に起こるようになってきた印象を私は持っています。



1999年に福岡県で起こった水害がありますが【図7】、福岡の都心で1時間に77mmという、激しい雨を観測しています。これによって、JR

博多駅の近くを流れている御笠川から洪水があふれました。JR博多駅が地盤の低いところに造られていたということもあり、その周辺に氾濫水がたまっていきます。博多駅には地下街や地下鉄の駅があり、そこに氾濫水が流れ込み、その結果、1人が地下浸水の中で逃げ遅れて亡くなり、この福岡の水害以降、地下浸水、地下空間の危険性に注目が集まった、そのきっかけとなった水害と考えられています。



続いて、2000年に東海豪雨災害【図8】が起こりました。アメダスの名古屋地点での時間雨量が93mmで、24時間雨量も534.5mmを記録した、非常に猛烈な雨でした。当然、名古屋地点での新記録を更新し、外水氾濫、内水氾濫の両方が起こっています。冒頭に見ていただいた堤防決壊の写真【図2】は、この災害時の写真で、新川の左岸側で100mにわたって堤防が決壊し、西枇杷島町のほぼ全域が浸水するという被害が起こりました。名古屋市野並地区では雨水を排水するためのポンプが設置されていたのですが、そのポンプが浸水し、機能停止となったことが原因となり、被害が更に拡大したのです。

都市水害で見られる特徴の様々な側面が、この東海豪雨災害で見られました。福岡の水害と同様に、地下空間で浸水が起こったり、動けなくなった車両によって交通渋滞が引き起こされたり、避難勧告の発令が、夜中の水害であったために遅れたりしました。また本来安全であるべき役所や避難所が浸水し、機能不全に陥ってしまったということもありました。また、鉄道が止まってしまったため、帰宅困難者が見られたということもありました。被災後も大量に水害ゴミが出され、収集に1か月、処理に半年かかったということもありました。こういった都市水害のあらゆる特徴が、東海豪雨災害のときには出てきたと言えるかと思います。

Ⅳ 行政による都市水害対策

続いて、このような都市水害に対して、どのような対策がなされてきているかについてです。

まず、行政による対策ですが、ハード対策とソフト対策に分けられます。ハード対策としては、大きく分けて2つです。1つは堤防、下水道、捷水路、地下河川、これらは洪水を速やかに下流に流すための対策です。もう1つはダム、調節池、遊水地、貯留浸透施設等で、集まってくる水を一時的に貯めておき、川の水位が下がってから安全に流していくという対策です。それに対してソフト対策は構造物ではなく、雨の情報伝達、洪水ハザードマップやタイムライン作成、そういったものによる対策です。



地下貯留施設についてご紹介します。

京都市、向日市、長岡京市にまたがる桂川右岸に、いろは呑龍トンネルという施設【図9】があり、これは雨水が流入して増水した川から水を取り込んで貯留するための施設です。まだ全区間が完成していませんが、平成13年から供用を開始しています。

また、これよりももう少し規模の大きなものになりますが、いわゆる地下河川です。これは川の洪水の一部分を大規模な立坑で地下に落とします。そして地下に大きなトンネルを掘って、洪水の一部を落としたものをこのトンネルの中に集め、それをポンプアップし、更に大きな川に排出するというもので、これは既に建設され、供用を始めています。これによってかなり水害を軽減したことが報告されています。

遊水地や調節池も対策の一つです。これは、公共の広場や公園、公共の施設の地下に雨水を貯め込む施設を設けていて、河川の洪水であったり下水道の雨の一部を一時的に貯め込むことによって、その流出を遅らせるといった効果が期待されて

います。また、少し小規模なものとして、各種貯留施設というものも設けられています。マンションとマンションの間の広場を少し低くしておいたり、学校の校庭の標高を少し低くしておき、周りから雨水を貯められるようにしておいたり、あるいは建物の一軒一軒で屋根から落ちてくる雨水を貯め込み、地中に浸透させるような貯留施設、浸透施設という小規模なものを数多く設置することで、流域全体とした効果があるとされています。

昨年の7月から、国土交通省では流域治水という方針を新たに打ち出しています。これは、河川流域全体のあらゆる関係者が協働して流域全体で治水に対応し、防災・減災が主流となる社会を目指すというものです。これまでもそれに近いものは進められてきたのですが、より流域全体で治水対策を進めていこうということで、全国的に展開されています。

これから実施すべき施策として、河川の流域を、河川の流れる区域（河川区域）とその川に水が入っていく地域（集水域）、氾濫するかもしれない区域（氾濫域）として分け、そのあらゆる関係者が、どのように対策していくかを示したものです。従来の対策より対象となる人がより広い範囲で、しかも河川管理者等だけでなく、地域の企業や住民等も含めた関係者に広めていこうという対策になっています。

どのようなことをするのかを表したのが、【図10】です。



河川区域なら、管理者が対策を実施して、より多くの洪水が流せるように河川を整備するといったこともあるでしょうし、ダムの運用方法を効率良くできるようにするといった対策があります。集水域では、雨水貯留浸透施設の整備、溜池等によって、少しでも河川に集まる水量を抑えようという対策をしています。これが、一つ目の柱となっている氾濫をできるだけ防ぐための対策となっています。二つ目の柱は、被害対象を減少さ

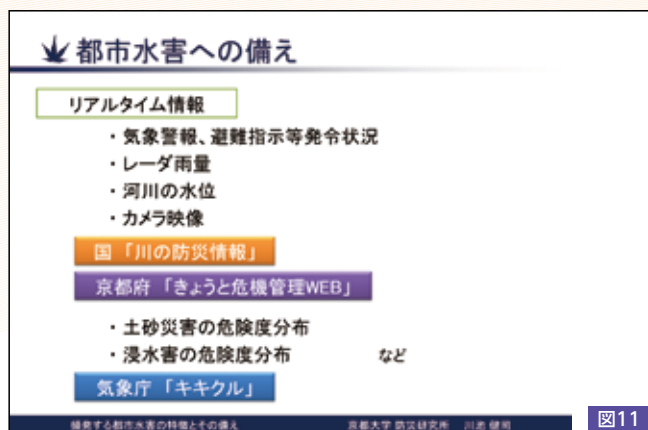


図11



図12

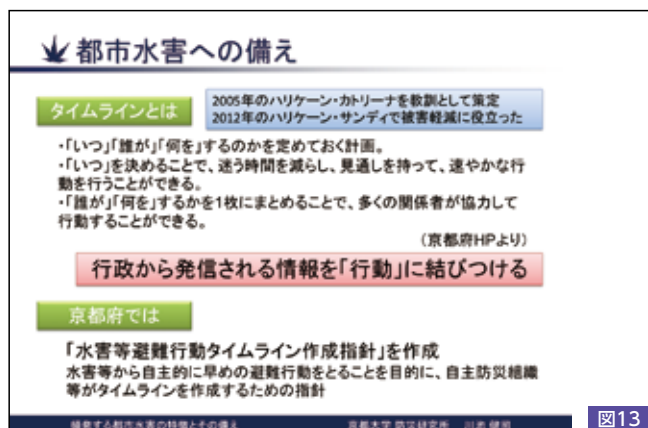


図13

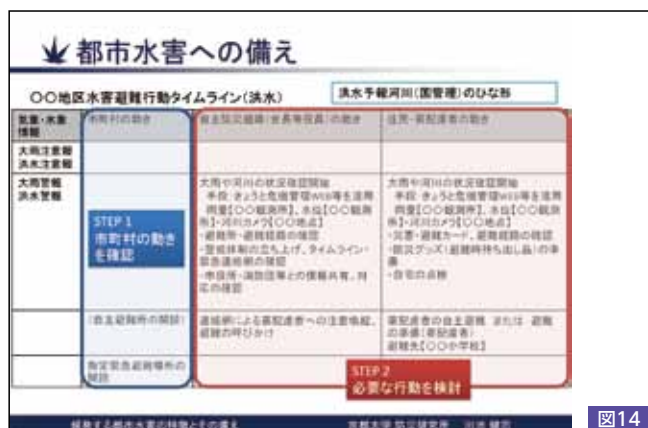


図14

せるための対策ということで、この氾濫域において、土地利用規制、誘導、移転促進等で、被災する可能性の高いところには住まないようにといったこともこれから進めていこうと検討されています。また、浸水範囲を減らすということも検討されています。また、三つ目の柱としては、被害の軽減、早期復旧・復興のための対策で、水害リスク情報の空白地帯解消、情報を共有し、リアルタイムでの浸水・決壊等の把握といったことが進められています。この3つの柱によって流域全体の住民や企業、関係者が協働して治水対策を行うということが検討され、これが全国展開されることになっています。全国109の国管理河川で、既にどのような対策を、どこで進めるのかといったことが、具体的に公開されています。これが行政としての対策です。

V 水害への対応策

次は、住民がどのように都市水害に対して備えることができるかということをお話したいと思います。

最近、減災という言葉もよく使われています。完全に水害を発生させないという考え方に合わせて、万が一、発生したときに、被害を最小限に食い止めていこうというのが減災の考え方になります。その減災をより効果的に実現していくためには、自助、共助、公助のバランスが重要です。

これまで話した行政による対策は公助に当たるわけですが、自分自身の自助から、コミュニティーであったり、自分の周辺の方達の命を守るといったことが求められています。

では、どのようにしてそういう行動ができるのかということですが、1つには情報を重視することです。今、行政から様々な情報がリアルタイムで発信されています。それをうまく手に入れていくということが重要になってきます。どのような情報かというと、気象警報、洪水警報、特別警報、避難指示等の発令状況といったものや、レーダ雨量、川の水位やカメラ映像、これらの情報が国や京都府から、リアルタイムで発信されてきます。特に、今はインターネット情報で、特徴的なのが気象庁の「キキクル」です【図11】。このサイトでは、土砂災害の危険度分布がマップの状態に表示されているので、ご自身のおられる地点が、今、危険度がどの程度かといった情報がわかります。

また、京都府では「きょうと危機管理WEB【図12】」が発信されているので、ここにアクセスすると様々な情報を閲覧できます。浸水だけではなく、地震や津波、土砂災害等、様々な情報が載せられています。

それから、タイムラインというものがここ最近使われています【図13】。これは京都府HPから抜粋してきたものですが、いつ、誰が、何をするのかを定めておく計画で、いつを決めることによって迷う時間を減らし、見通しをもって、速やかに行動できるといえるものです。誰が何をするのかをまとめることで、多くの関係者が協力して行動することができる、すなわち、行政から発信される情報を行動に結びつけることを目的としたものです。

京都府ではこのタイムラインを、自治会、地域毎に定めることを援助するための作成指針を作成し、それをサポートするような雛形を用意しています【図14】。その雛形を使い、タイムラインを作成するにはどうすればいいのかも、防災研修ワークショップを行い、災害発生メカニズム、注意報、警報等の基礎知識の学習や、ハザードマップを活用した洪水浸水想定区域、土砂災害警戒区域等の確認、災害時の情報の入手方法の確認、過去の災害時の状況や被害の振り返り、避難の際の危険個所の把握といったものを、このワークショップを地域で開催することによって、共有を図っていきます。そしてタイムラインを作ってみて、行政・住民が協働し、的確な住民避難のために、地域や住民自身で行うべき行動を時間軸で構成していくため、この表を作るということです。これを一旦作って終わるのではなく、それを実際に活用した訓練を行うことにより、検証、必要に応じて修正し、そして実際に災害のときにそれを運用し、また、それをアップデートするということを繰り返していくことが推奨されています。

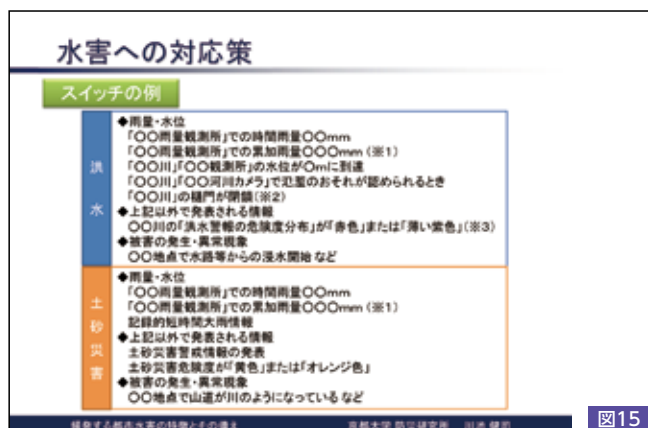
行政からの情報の発令をきっかけに、どのような行動を起こせばいいのかを考えることが、水害への対応策となります。ただ、それは自治会等の事情に応じて変えていくことも大切です。避難行

動を起こすためのきっかけになるものをスイッチと呼んでいますが、そのスイッチを何によって設定するのか。ある地点の雨量計を参照するにしても、その雨量が何mmを超えれば避難行動を起こすのか、何mmにしても、1時間雨量で決めるのか、累積雨量で決めるのか、様々な指標があるわけです。それは地域に応じて違ってきます。実際、京都府のホームページでは、具体的にスイッチのサンプルが出されています【図15】。

ハザードマップという言葉もよく聞かれるかと思いますが、ここ最近、メディアも取り上げるようになりましたので、簡単に説明しておきます。ハザードマップとは、円滑かつ迅速な避難行動を促すためのマップで、日本では避難行動を促すことを目的として作られています。各地点において予想される最大規模の浸水深を表示し、その上に避難所の位置等の情報を表示しています。発行するのは市区町村で、形態は様々です。

ただ、問題点として、最大規模の浸水深を表示しているというところの解釈が難しいということも指摘されていますし、期待するほど認知度が高くないです。配っているのですが、「見たことがない。」「見た覚えはあるが、内容は覚えていない。」といったところが問題点として指摘されています。

このハザードマップがどれくらい普及しているかですが、水防法という法律で、洪水ハザードマップの発行は義務づけられています。対象となっている市区町村が全国で1,403あります。そのうち97%、ほぼ全ての市区町村でハザードマップが発行されています。そして、近年起こっている水害で見ると、例えば、2015年の鬼怒川の堤防決壊のときの浸水ですが、実際に浸水したと推定されている地域と、ハザードマップで予め浸水が想定されていた地域とが、非常によく似ている、予測がよく合っているということが指摘されています。ぜひ、皆様も改めてご自身のお住まいのところや、よく行く場所のハザードマップを確認してもらいたいと思います【図16】。



ハザードマップを用いた高校生のグループ学習

各グループに、異なるシナリオを与え、それについて考えてもらう。



東高校から自宅に帰る途中で突然の豪雨に会いました。雨がやむ気配もなく、近くの側溝から水があふれて道路が冠水し始めました。あなたなら、どのようなことに注意して、どのような行動をとりますか。

図17

京都大学防災研究所 川島 健司

図17

ハザードマップを用いた高校生のグループ学習

各グループに、異なるシナリオを与え、それについて考えてもらう。



自宅で一人で留守番をしていると、大雨が降りだし、国道2号線の北側で武庫川の堤防が決壊しそうとの情報が流れてきました。家族と連絡が取れない中、あなたなら一人で避難しますか？

図18

京都大学防災研究所 川島 健司

図18

ハザードマップを用いた高校生のグループ学習

高校生たちのコメント

自分たちで地図上の危険箇所気づいて注意を払っている

- ・自宅周辺には水路がかなり多い。
- ・避難経路のすぐ横を川が流れていて、川から水があふれてくる危険性があるので、そこを通るときは注意が必要。
- ・3mの浸水が予想されている場所なので、3階以上であれば大丈夫。
- ・地下道、アンダーパスを通るのは危ないのではないかな。

図19

京都大学防災研究所 川島 健司

図19

ハザードマップを用いた高校生のグループ学習

高校生たちのコメント

避難に対する危機意識は、生徒(世帯)によってまちまち

- ・日ごろから家族と話し合っ避難場所は決めているので、一人でも避難する。
- ・ハザードマップの白い部分、マンションの高層階に住んでいるので、避難する必要がない。

多くの生徒にとって、初めてハザードマップを見る機会であった

- ・これまで土砂災害の危険を意識することはなかった。ハザードマップを見るのも初めて。

図20

京都大学防災研究所 川島 健司

図20

VI ハザードマップを用いた高校生のグループ学習

最後に、ハザードマップを用いて、我々の京都大学に訪問してきた高校生を対象にグループ学習を行ったので、その様子をご紹介します。午前中に水害の現象をリアルに体験してもらい、午後からは最近日本で起こった水害の写真をスライドで見ってもらって、福岡水害時のビデオ映像、武庫川決壊による洪水氾濫のアニメーションを見てもらうことで、できる限りリアルに水害の現象を想像してもらいました。次に、参加した40人を地域に従って6グループに分け、そのグループのそれぞれの地域のハザードマップを配布しました。各グループには、自宅と最寄りの避難所をマークし、それを結ぶ避難経路を線で繋ぎ、その避難経路上に川や水路、あるいは別の危険箇所があれば、そこも印をつけるということをしてもらいました。次に、この避難経路が何らかの理由で通れない場合を想定し、第二の避難所とそこへの避難経路を着色して、上記の避難経路の安全性について、グループ内で話し合い、最後に話し合った内容を、各グループの代表者が発表し、クラス全体で共有するという作業を行いました。また、各グループにそれぞれ違うシナリオを与え、そのときにどういう行動をとるかを考えるという課題を出しました【図17】【図18】。生徒たちのコメントとして、多くの生徒がハザードマップを見るのは初めてだということも話してくれました【図19】【図20】。

おわりに

- 日本では、毎年各地で豪雨による浸水被害が発生している。今後も、令和2年7月豪雨、令和元年台風19号、平成30年西日本豪雨のような、内水・外水の氾濫による浸水被害が発生することが懸念される。
- 地上の浸水のほか、側溝・小水路、アンダーパス、地下空間などの浸水にも注意が必要。
- 行政による対策に加えて、市民一人一人の行動も被害を減らすためには重要。国や都道府県から出されるリアルタイムの情報を活用することができる。
- ハザードマップを活用して、地域の浸水リスクを把握しておくこと、いざというときの避難先を確認しておくことなどが重要。避難は浸水前に完了しておく。

全国的に豪雨災害が起っていますが、やはり温暖化等の影響もあり、今後も同じように、あるいはより甚大な被害が、起こることが懸念されています。特に都市域では、地上の浸水だけではなく、側溝・小水路、アンダーパス、地下空間等、様々な危険空間が存在しているので、注意が必要です。行政による対策もありますが、私達市民一人一人がタイムラインやハザードマップを用いて、危険を認知し、いざというときには避難に導くということも意識しておく必要あると考えています。