

1. 提案事業の背景と目的

異常気象に起因する豪雨・土砂災害，地震による家屋崩壊，津波災害，地盤災害など，自然災害が多発している中で，豊田市においても地域住民からの防災・減災対策への要求が高まっている。その中で，豊田高専が得意とする専門分野を生かす機会として，次代の防災スキルを有する人材を育成し，行政と連携して防災啓発に努めることが重要となる。また，豊田市中心部では一級河川である矢作川が流れていることから，流域治水といったさらなる地域防災対策への対応が必要不可欠である。

このような背景を受けて，豊田高専と豊田市防災対策課が連携し，豊田高専の学生および教職員が地域の防災活動に参加することで，実践的防災スキルを有する人材の養成と活用を図る。また，豊田高専の専門性を活かし，豊田市を流れる河川の洪水氾濫解析等を行い，その情報を地域と共有することで，さらなる地域の防災力向上を目指す。

2. 事業実施体制

豊田高専環境都市工学科および専攻科建設工学専攻のカリキュラムでは，様々な自然災害のメカニズムについて学ぶ機会を設けており，防災・減災対策に関する基礎的な知識と技術を身に付けることができる学習環境を学生に提供している。さらに，防災士や技術士補の資格試験に合格する学生を多数輩出するなど，実践的な防災・減災スキルを有する人材を輩出するよう努めている。

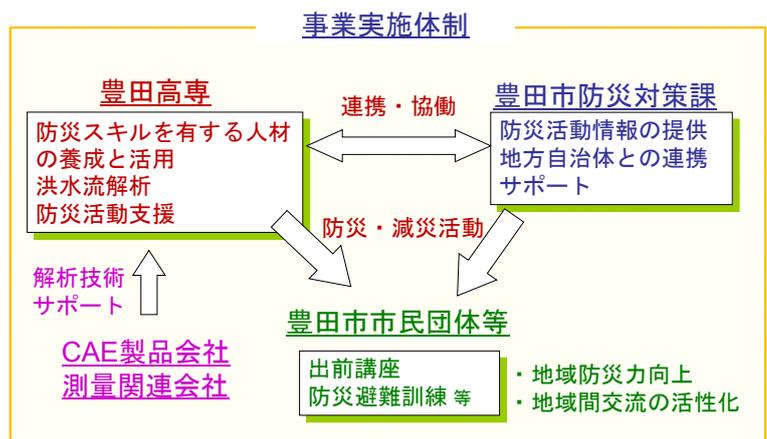


図1 事業実施体制

そのような防災・減災スキルを有する豊田高専学生および教職員が豊田市防災対策課と連携し，豊田市の様々な団体から要請のあった防災出前講座等に参加して防災活動をサポートしていく。また，豊田高専にて最新の測量機器および河川流解析技術を導入し，数値解析により甚大な洪水被害が発生すると予測される地域を対象に洪水氾濫解析を行う。本事業では豊田市上郷地区の幸町を対象とし，自治区長に全面的にご協力いただいた。解析に関しては，地形測量はトリンプルパートナーズ中部株式会社，街区氾濫解析はサイバネットシステム株式会社にご協力をいただいた。その他にも，地形データおよび洪水ハザードマップに関する情報を国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所にご提供いただくとともに，防災減災活動については愛知工業大学を始めとした豊田市内の大学等，愛知ネットなどのNPO法人の方々にもご協力いただいた。

3. 事業実施内容

事業実施内容について、次の活動を柱として実施した。

- ・豊田市避難所運営訓練への豊田高専学生および教職員の参加
- ・豊田市出前講座への豊田高専学生および教職員の参加
- ・豊田高専への豊田市職員等による実践的な防災講座の実施
- ・豊田市における様々な防災減災連携活動への参加
- ・河川洪水氾濫解析の実施と地域住民への防災情報の共有

これらの実施内容について報告する。

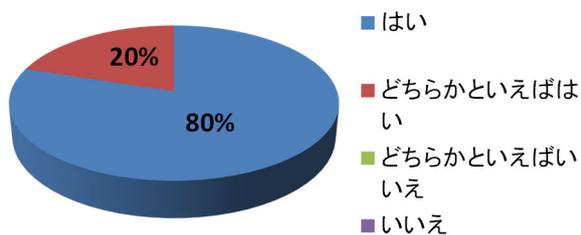
3.1 豊田市避難所運営訓練への豊田高専学生および教職員の参加

令和5年4月27日（木）に豊田市避難所運営訓練に環境都市工学科第1学年および教員が参加した。豊田市職員を対象とした避難所運営の説明を聴講するとともに、車中泊避難者を想定した避難所運営訓練や要配慮者支援訓練，給水コンテナ設置訓練といった様々な訓練に参加した。豊田市避難所運営訓練に学生が参加したのは初めてのことであり，本取り組み内容は令和5年4月29日の中日新聞にも掲載された。



写真1 豊田市避難所運営訓練の様子

問 今回の訓練の内容に興味は持てましたか？



問 今回の訓練に参加して良かったと思いますか？

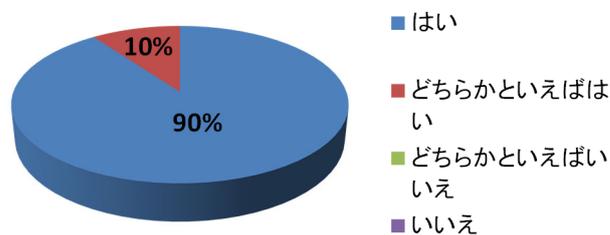


図2 豊田市避難所運営訓練学生アンケート結果の一例

図2は豊田市避難所運営訓練に参加した学生を対象にアンケートを実施した結果の一部を示したものである。回答者数は40名である。

アンケートの結果により，学生全員が訓練内容に関して興味を持った，またはどちらかといえば持ったと回答しているとともに，訓練に参加して良かった，どちらかといえば良かったと学生全員が肯定的な回答していることから，学生にとって大変有意義な体験にな

ったと考えられる。自由意見についても貴重な機会となったとの回答がほとんどであり、学生の防災スキル向上に大きく寄与する活動となったと考えられる。

また、令和5年7月6日（木）に本校環境都市工学科第1学年「防災リテラシー」の授業にて避難所運営訓練ゲーム「HUG」を実施した。静岡県が開発した「HUG」は避難者の年齢、性別、国籍やそれぞれが抱える事情が書かれたカードを避難所に見立てた平面図にどれだけ適切に配置できるか、また避難所で起こる様々な出来事にどう対応していくかを模擬体験するゲームとなっている。



写真2 避難所運営訓練ゲーム「HUG」実施の様子

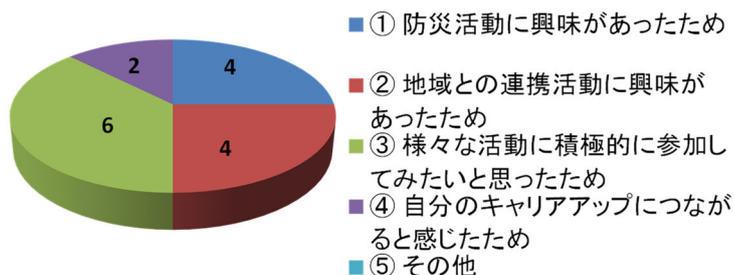
ゲーム終了後に学生にアンケートを実施したところ、興味、関心ともに全員が肯定的な意見を示すとともに、避難所運営において現実起こりうる多岐に渡る問題への対応の困難さについて実感したとの意見が多く見られた。また、豊田市職員を対象とした避難所運営訓練に参加した経験が活かされたとの意見が会場でも挙げられた。

3.2 豊田市出前講座への豊田高専学生および教職員の参加

豊田市防災対策課に依頼のあった出前講座（災害に備える、避難所運営ゲーム、防災ゲーム、マイ・タイムラインを作ろう！）について、豊田高専の学生および教職員が参加して講座のサポートを行うことで学生の防災・減災対応スキルの向上を図るとともに、将来的には講座の講師を担える人材を養成していく。本校学生および教職員が令和5年度に参加した出前講座の件数は6件、参加人数は合計で11人となった。

年度末に出前講座に参加した学生にアンケートを実施した。出前講座に参加して有意義と感じたかとの質問については100%が肯定的な意見を示した。それ以外の結果は図3のとおりである。

問 豊田市防災対策課の出前講座に参加したきっかけについて教えてください。



問 豊田市防災対策課の出前講座に参加して防災、地域連携活動への関心は高まりましたか？

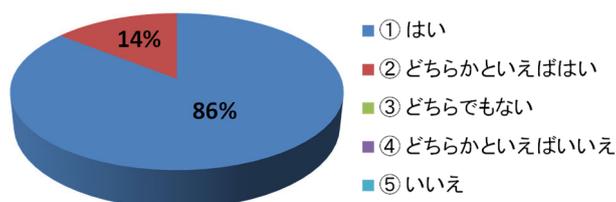


図3 豊田市避難所運営訓練学生アンケート結果の一例

学生が出前講座に参加したきっかけについては、様々な活動に積極的に参加してみたいと思ったためが最も多く、防災活動、地域との連携活動に興味があったためとの回答が続いた。また、参加後に防災、地域連携活動への関心は高まったとの意見がほとんどであった。

これらの結果から、本校学生および教職員が豊田市出前講座に参加することは、自身の防災スキルを向上させることができるとともに、若い年齢の学生が様々な地域活動に参加することで地域活性化に貢献できることが確認できた。課題としては、本校の授業と出前講座が重なることが多く、今後参加者数をどのように増加させることができるかが挙げられる。

3.3 豊田高専への豊田市職員等による実践的な防災講座の実施

令和5年6月22日（木）に第1学年防災リテラシーの授業にて、豊田市役所防災対策課の方々に防災に関する出前講座を実施していただいた。豊田市にて発生した自然災害に関する紹介や、ハザードマップによる豊田市の自然災害発生予測情報の確認、本校OBOGによる豊田市役所職員としての災害時の対応例などについてご講演いただいた。災害時における市の一般職および専門職における対応を早期に知ることができ、将来の働き方について学ぶ重要な機会を新たに提供していただいた。



写真3 豊田市防災対策課
出前講座参加の様子

3.4 その他の防災連携活動について

3.4.1 防災ゲーム「LIFE」を用いた防災教育の実施

豊田市防災対策課よりご紹介いただいた防災ゲーム「LIFE」について、令和5年9月29日（金）に本校環境都市工学科第4学年の学生を対象に実施した。「LIFE」はプレイヤー全員が運命を共にする仲間となり、次々に起きる予測不能な災害に立ち向かう「協力型防災ゲーム」である。このゲームは誰かに勝つことが目的ではなく、プレイヤー全員が生存を目指すことが基本的な目的となる。

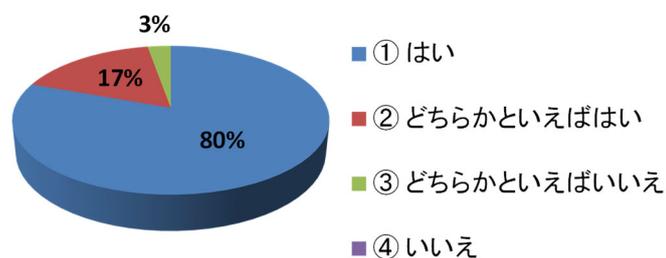


写真4 防災ゲーム「LIFE」実施の様子

ゲーム終了後に学生にアンケートを実施したところ、興味を持てたか、楽しめたか、との質問に対しては全員が肯定的な意見を示す結果となった。その他の結果は図4のとおりである。

防災ゲームが防災啓発活動に役立つと思うかとの問いには、97%の学生が肯定的な回答であった。実際に様々な自治体や団体等が防災啓発活動のため「LIFE」を導入していることから、今後も小中学校を始めとした様々な地域団体を対象に防災活動の一環として活用していくことが望ましいと考えられる。また、このゲームを行う前と後で気づいたことに対する回答として、協力することの大切さ、食料の事前準備の大切さと回答した学生が多かった。その他にも災害に対する防災意識、道具の事前準備の大切さ、2次災害の重大さ、避難所の有効性といった項目についてもゲーム後に意識が高まったとの回答を得られている。これらにより、災害発生時には自助、共助がまず重要であること、事前準備が大切であることに関して意識が高まっていることが伺える。

問 今回の防災ゲームは防災啓発活動に役立つと思いませんか？



問 このゲームを行う前と後で気づいたことについて選んでください。(複数回答可)

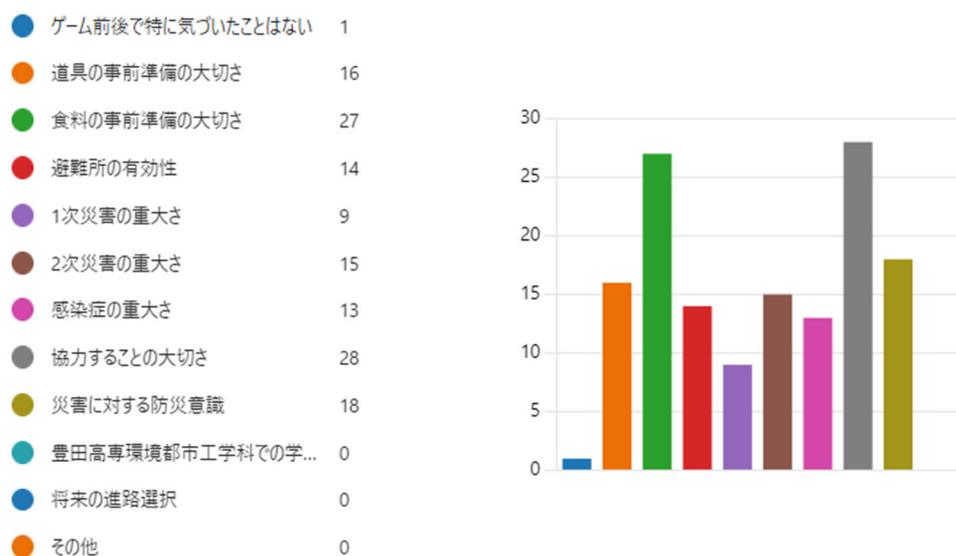


図4 防災ゲーム「LIFE」学生アンケート結果の一例

3.4.2 防災イベント「親子で車中泊に挑戦しよう！」へのスタッフとしての参加

令和5年11月18日(土)、19日(日)に豊田スタジアム周辺の千石公園にて開催された防災イベント「親子で車中泊に挑戦しよう！」に本校学生17名および教員2名がスタッフとして参加した。イベント全体の運営補助を行うとともに、参加者に防災ゲーム「LIFE」を紹介し、一緒にプレイすることで防災について楽しく学んでいただいた。学生にとっても車中泊時の注意点や応急手当、ペットの防災対策など、実践的な防災スキルを身に付け

ることができる貴重な機会となった。



写真5 「親子で車中泊に挑戦しよう！」の様子

3.4.3 防災士養成研修講座への参加

豊田市防災対策課の紹介により、本校学生が愛知工業大学主催の「防災士養成研修講座」に多数参加した。対象者は愛知工業大学関係者を始めとして、豊田市大学・高専関係者、豊田市自主防災会所属者等である。事前に教本が配布されてレポートが課されるとともに、講座前に救急救命講習の受講が必要となる。講座は令和5年12月9日（土）、10日（日）に愛知工業大学で開催された。防災士資格取得試験も講座最終日に実施され、本校学生60名以上が合格し、防災士の資格を取得した。

3.4.4 学生大防災会議2024への参加

令和6年3月15日（金）に愛知工業大学にて開催された「学生大防災会議2024」に参加した。参加対象は愛知工業大学を始めとした愛知県内の大学・高専・関連高校となっている。本校からは専攻科建設工学専攻1年生2名、環境都市工学科4年生3名、3年生2名が参加した。本校の防災活動に関する発表として、専攻科建設工学専攻1年生2名が豊田市との防災連携事業に関して説明した。「災害を乗り越えるためにできること、すべきこと」をテーマにグループディスカッションも行われ、豊田市内の学生同士が防災に関して真剣に話し合いを行った。本校学生にとって他大学等の学生と防災に関してディスカッションして交流を深めることができ、豊田市全体として防災に取り組むことの重要性について認識する貴重な機会となった。



写真6 「学生大防災会議2024」の様子

3.5 河川洪水氾濫解析の実施と地域住民への防災情報の共有

毎年のように発生する豪雨災害を受け、豊田市中心部では一級河川である矢作川が流れていることから、流域治水といったさらなる地域防災対策への協力が必要不可欠である。そこで豊田市内の河川において、洪水氾濫発生危険箇所を対象に洪水氾濫解析を行った。その結果を対象地域の住民の方々と情報を共有し、防災訓練等に活用していただく。

3.5.1 解析対象地および現地調査

解析対象地は図5に示すとおり、矢作川湾曲部外岸に位置する豊田市上郷地区幸町を選定した。幸町周辺の上郷地区は洪水ハザードマップにて再現確率年1000年以上、計画降雨量683mm/2日の場合、浸水深は主に5m～10m未満とされている。幸町では自治区としてこれまでも防災・減災活動に積極的に取り組んでおり、今回も自治区長が全面的に協力していただけることになった。令和5年11月2日（木）に、幸町公民館にて幸町自治区長、豊田市防災対策課職員、豊田高専教員および学生で本事業について打ち合わせを行った。



図5 解析対象地



写真7 幸町公民館での打ち合わせの様子



写真8 3D スキャナによる現地測量の様子

また、洪水氾濫解析に用いる地形データを取得するため、令和5年11月2日（木）および11月8日（水）に現地調査を行った。計測機器はNikon Trimble社の3Dレーザースキャニングシステム、Trimble X7を用い、三脚に3Dレーザースキャナーを設置して点群計測を行った。計測範囲は約200m～300m四方であり計測点は110点程度である。計測した点群データの一例を図6に示す。計測した点群データを地理空間総合オフィスソフトウェアである「Trimble Business Center Pro」に取り込み、地盤データをサーフェスデータに変換する。建築物については面データとして処理する必要があるとともに、計算処理負担の軽減および個人情報の保護を目的として、3DCADにて個別に作成して簡素化した。街区氾濫解析に用いる3D地形データを図7に示す。

3.5.2 解析条件および方法

洪水氾濫解析は広範囲における解析が可能である二次元解析と、二次元に比べ狭い範囲となるものの洪水氾濫流の挙動を詳細に解析できる三次元解析を行った。

1) 二次元解析条件および方法

二次元解析には、iRIC (International River Interface Cooperative)ソフトウェアのNays2DFloodソルバーを用いる。解析方法として、一般曲線座標で境界適合座標を用いた



図6 3D スキャナによる測量点群データ

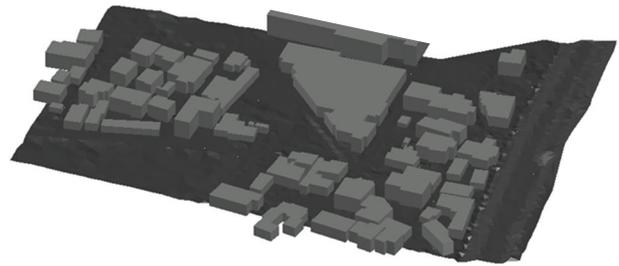


図7 街区氾濫解析に用いる 3D 地形データ

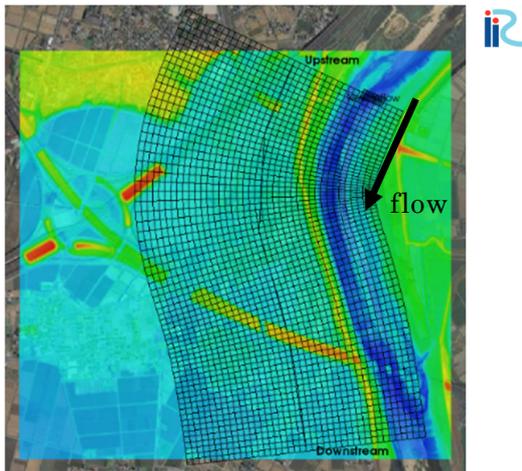


図8 二次元解析に用いる
地形データと計算格子

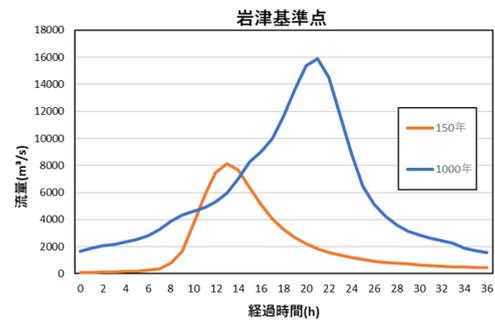


図9 流入ハイドログラフ

非定常平面二次元流計算による氾濫流解析を行う。地形データについては、国土地理院の地形データ (DEM) における 5m メッシュを使用する。二次元解析については、破堤は想定せず、越水による氾濫を対象とした。

計算格子は図8に示すように設定し、生成条件は流れ方向分割数を 68、横断方向分割数を 40、横断方向の全幅を 1,000m とした。

二次元解析では、再現確率年 150 年および 1000 年以上における流量ハイドログラフを用いる。矢作川の治水計画では、再現確率年 150 年での岩津基準点における基本高水については、ピーク流量 8,100 m^3/s 、計画高水流量 6,400 m^3/s と設定されている。また、現行の洪水ハザードマップに使用されている再現確率年 1000 年以上においては、国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所よりご提供いただいた平成 27 年度豊川・矢作川氾濫解析検討業務【矢作川編】報告書より、ピーク流量 16,000 m^3/s として、今回は昭和 50 年 8 月型降雨パターンの降雨波形を引き延ばして使用した。図9に解析で使用した流入ハイドログラフを示す。

2) 三次元解析条件および方法

三次元解析においては CFD (Computational Fluid Dynamics) ソフトの Ansys Fluent を用い、ピーク流量時に破堤が発生した状態を対象とする定常流解析と、LES (Large Eddy Simulation) による非定常解析を行った。本解析では、混相流における開水路流れの解析手法である VOF (Volume of Fluid) 法を用いる。

街区氾濫解析では再現確率年 1000 年以上を対象とし，図 9 の再現確率年 1000 年以上を対象に，破堤が発生した際の街区氾濫流挙動解析を行う。決壊口および流出流量については，図 7 に示す右岸側堤防にて，平成 27 年度豊川・矢作川氾濫解析検討業務【矢作川編】報告書を参考に諸条件を算定した。

3.5.3 二次元における洪水氾濫解析結果

二次元解析については，ここでは再現確率年 1000 年以上を対象とした結果について報告する。解析範囲内で浸水深がピークを示した解析時間 $t=75,600\text{s}$ ($t=21\text{h}$) の浸水深コンターを図 10 に，その際の流速のコンター，流速ベクトル分布図を図 11 に示す。図 10 より，解析時間の中で地点 B にて最大水深を示し，浸水深は約 4.8m となった。図 11 より流速は約 2.0m/s となっている。須賀ら（1995）の安全避難に関する研究を参考に考察すると，流速は小さいものの，浸水深が大きいため安全避難は困難となる。また，米田ら（2018）の浸水による被害リスクランク分類に関する研究を参考とすると，リスクランク⑤の死者発生・家屋倒壊発生に分類されている。幸町公民館周辺の地点 A では，浸水深は約 3.7m，流速は約 1.2m/s となっている。このため，地点 B と同様に浸水深が高いため安全避難は困難，リスクランク⑤死者発生・家屋倒壊発生に分類される。これにより，想定最大規模の降雨が発生した場合は，安全避難が困難となるため，発生前の避難が重要となる。

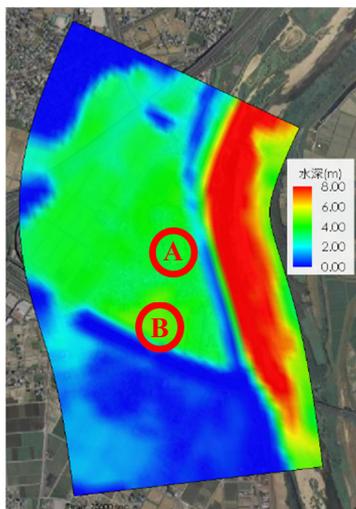


図 10 再現確率年 1000 年以上における $t=75,600\text{s}$ の浸水深コンター

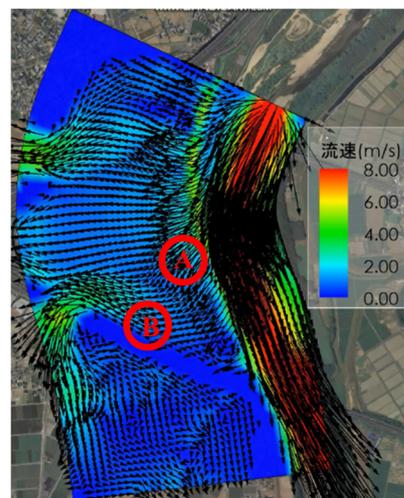


図 11 再現確率年 1000 年以上における $t=75,600\text{s}$ の流速のコンターおよび流速ベクトル

3.5.4 三次元における洪水氾濫解析結果

再現確率年 1000 年以上を対象に、非定常流解析を行った結果を図 16 に示す。

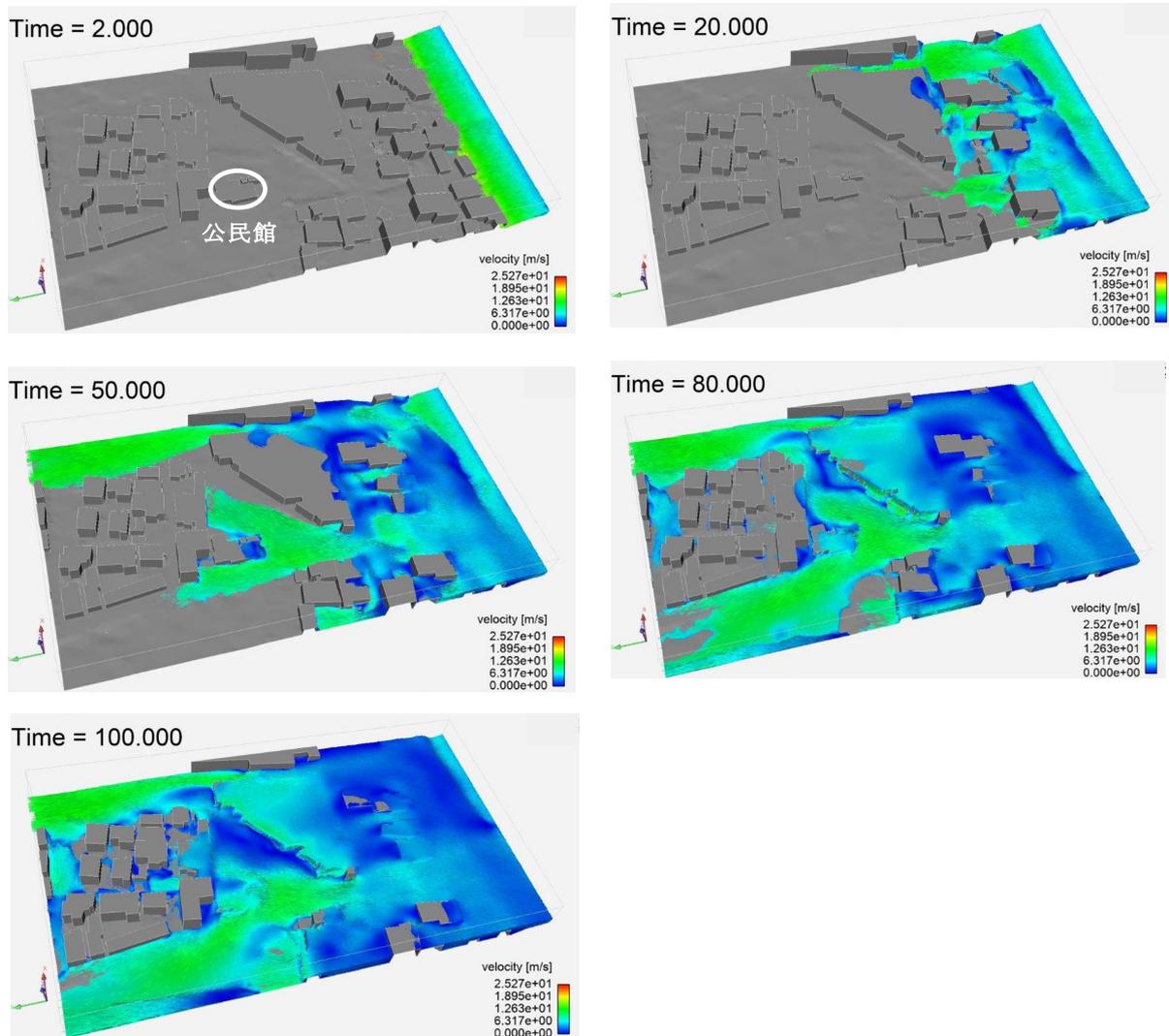


図 12 再現確率年 1000 年以上の各解析時間（単位：s）における水表面の流速コンターおよび流速ベクトル

解析時間 $t=2s$ の図に示すように、解析対象範囲にて矢作川右岸側全体より破堤によって氾濫した状況から計算を始めている。 $t=20s$ では公民館の北東に位置する大きな建築物に流水が到達し、そこで滞留が発生している様子が伺える。 $t=50s$ では公民館に流水が到達しており、周囲の流速は約 $10m/s$ を示している。 $t=80s$ では公民館は浸水してしまい、周囲の浸水深は $5m$ を超えている。 $t=100s$ では解析対象範囲のほとんどの地点で浸水しており、東側の建築物は一部を除いてほぼ屋上まで浸水してしまっている。このように、公民館周辺においては破堤が発生すると非常に短時間で浸水してしまうため、氾濫が発生する前の早期避難が必要となる。

また、洪水ハザードマップの結果を参考に、想定最大規模の降雨が発生して破堤により公民館周辺の水位が約 $8m$ の値を示した際の解析結果について考察する。図 13 は水表面における流速コンター図である。

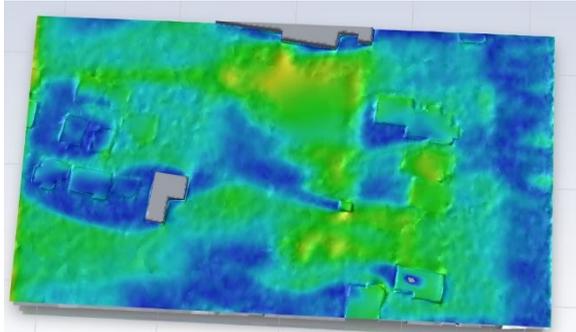


図 13 再現確率年 1000 年以上における想定最大規模降雨による破堤が発生した際の水表面における流速コンター図

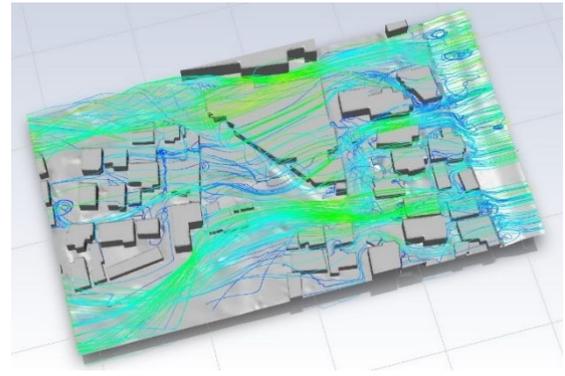


図 14 再現確率年 1000 年以上における想定最大規模降雨による破堤が発生した際の流跡線

図 13 より、解析対象範囲においては公民館西側の建築物および北側の工場以外は屋上まで浸水しており、道路沿いを中心に流速は約 5m/s を超えていることが伺える。図 12 と比較して最大流速は小さな値を示しているが、これは浸水深が高くなることで建物全体の抵抗力が増加するとともに、通水領域が増加することが原因と考えられる。また、図 14 に堤防付近からの流跡線を示す。これにより流水がどのような挙動を示すかが明らかになり、流速の変化と浮遊物の挙動も予測が可能となる。

3.5.5 洪水氾濫解析結果の地域住民への情報提供と意見交換

令和 6 年 3 月 26 日（火）に、豊田市幸町公民館にて幸町自治区長，豊田市防災対策課職員，豊田高専学生および教員が集い，豊田高専より二次元および三次元における氾濫解析結果について情報提供を行うとともに，今後の防災活動に関して意見交換を行った。豊田市幸町では公民館の建替えを検討しており，浸水深や耐荷重などを参考に計画を練っていくとのことであった。また，自治区の役員に情報を共有し，今後の防災対策に活用していただくとのことをお話をいただいた。洪水氾濫が発生してからの避難は難しいため，今後手作りハザードマップの作成や避難場所の整理などを地域住民の方々とともに進めていく予定である。



写真 9 幸町公民館における洪水氾濫解析結果の情報提供と意見交換の様子

4. 事業内容のまとめ

本事業において、豊田高専学生および教職員が豊田市防災対策課と防災・減災活動において密接に連携することで、学生にとって普段の学生生活では経験することができない実践的な防災知識とスキルを身に付けることができる貴重な機会を提供することができた。また、地域の方々と連携する多くの機会があり、これにより地域の活性化と将来の有望な人材を育てることができ、豊田市を始め様々な地域に将来的に還元することができると思われる。また、豊田高専において地形データ解析や洪水氾濫解析といった先端的な技術を導入する機会にもなり、これらの成果を豊田市の方々と共有することで関係する様々な団体にとって有意義な事業を行うことができた。今後も本事業での成果を基に、他の地域で洪水氾濫解析を行うなど、豊田市内の様々な地域の方々と連携した防災・減災活動に取り組んでいく。

謝辞

本事業を実施するにあたり、豊田市防災対策課の皆様には様々な活動に懇切丁寧にご対応いただきました。若い世代の学生にとって様々な行事や地域の方々と接する機会はあまりなく、未熟な点もある中でどのような現場でも優しくお声がけいただき、温かいお心で接していただきました。このような機会を得た学生が、将来的に豊田市等で防災・減災を始めとした様々な場面で活躍してくれると期待できます。ここに深く感謝申し上げます。また、豊田市経営戦略課の皆様にも事業を行うにあたり様々なアドバイスとご対応をいただきました。ここに感謝の意を表します。

防災・減災活動を行うにあたり、豊田市幸町を始め、多くの自治体の方々にご協力いただきました。また、NPO 法人や他大学等教育機関の皆様、洪水氾濫解析を行う上で地形データの取得においてはトリンプルパートナーズ中部株式会社の皆様、矢作川測量データ、洪水氾濫解析データをご提供いただきました国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所の皆様、氾濫解析のサポートをいただいたサイバネットシステム株式会社の皆様には、事業を実施する上でこの上ないサポートをいただきました。ここに改めて深く感謝申し上げます。

参考資料

国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所：令和3年度矢作川三次元測量業務報告書，令和5年2月

国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所：平成27年度豊川・矢作川氾濫解析検討業務【矢作川編】報告書，平成28年3月

国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所：矢作川水系河川整備基本方針，平成18年4月

国土地理院 基盤地図情報ダウンロードサービス：

<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>

豊田市 HP : 豊田市洪水ハザードマップ

<https://www.city.toyota.aichi.jp/kurashi/bousaibouhan/1031852/1029984/1002342.html>

須賀堯三, 上坂恒雄, 吉田高樹, 浜口憲一郎, 陳志軒 : 水害時の安全避難行動 (水中歩行) に関する検討, 水工学論文集, 第 39 巻, pp879-882, 1995.

米田駿星, 佐藤誠, 川村育男, 山口昌志, 松本勝治, 山田朋人 : 降雨・流出の不確実性を考慮した内外水同時氾濫解析による浸水被害リスク評価, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.74, No.5, pp. I_1387- I_1392, 2018.