庄内川の大規模浸水発生時における迅速かつ効率的な排水活動の支援ツール構築について

白石はつみ[1]

[1]庄内川河川事務所　調査課（〒462-0052 名古屋市北区福徳町5-52）

庄内川洪水浸水想定区域図では，庄内川決壊時に浸水継続時間が4週間以上となる地区が広域に広がることが想定されている．災害対応関係者は，限られた人員体制で排水活動や堤防復旧等，人的被害のみならず経済被害の最小化を図ることが求められている．本検討では多機関との連携や，適切な判断のための支援として，「堤防決壊時排水対応マニュアル」の改良，「排水活動支援ツール」の作成を行い，堤防決壊シミュレーションで試行することで更なるブラッシュアップをはかり，PDCAサイクルによって検討を実施した．

キーワード：排水作業準備計画，水防災意識社会，危機管理，排水活動支援ツール

１．はじめに

平成30年7月豪雨では，広域的かつ同時多発的に河川の氾濫や土石流等が発生し，甚大な社会経済被害が発生した．これを受けて，関係機関の連携によるハード対策の強化に加え，大規模氾濫減災協議会等を活用し，多くの関係者の事前の備えと連携の強化により複合的な災害にも多層的に備え，社会全体で被害を防止，軽減させる対策の強化を緊急的に図るため，「水防災意識社会」の再構築に向けた緊急行動計画が平成31年1月29日に改定された．緊急行動計画では氾濫水の排除，浸水被害軽減に関する取組として，排水施設等の改善，国管理河川における浸水が長期間継続する地区等において排水準備計画を作成することとされている．

平成27年の水防法改正を受けて平成28年12月に公表した庄内川洪水浸水想定区域図では，庄内川下流部において浸水継続時間が4週間以上となることが想定されている（**図－1**参照）．庄内川下流部は，我が国最大の海抜ゼロメートル地帯である濃尾平野であり，ひとたび浸水すると自然に排水されず，長期にわたり浸水が継続される．既存排水施設は浸水により機能停止するため，排水困難となることが想定されている．

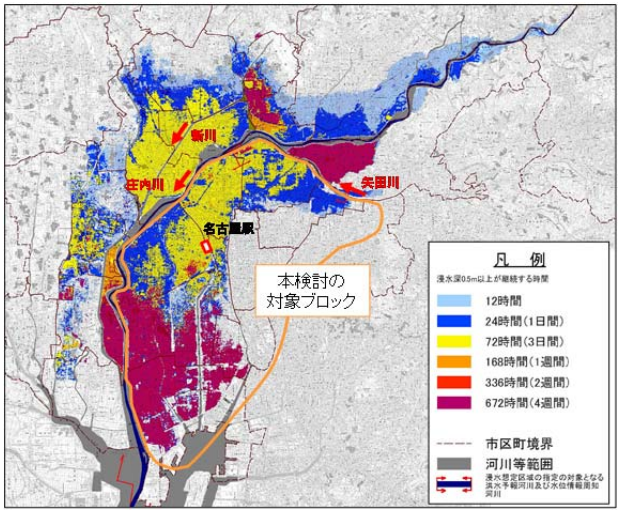
また，庄内川下流部には，名古屋市をはじめとした中部圏の中枢機能が集中しており，氾濫発生時は当該地域に甚大な被害を及ぼすだけでなく，我が国全体の社会経済にも大きな打撃をもたらすことになる．実際に新川の破堤を伴った東海豪雨では，名古屋市及びその周辺では大規模水害が発生し，新川上流地域，名古屋南部地域，春日井市においては，経済の復旧に40日～60日程度の期間を要している[1)]．

これらの背景を踏まえ，庄内川左岸下流域ブロックを対象に，浸水時間・範囲を速やかに低減させるため，国・地方公共団体等が保有する既存排水施設や排水ポンプ車などを最大限に活用して，浸水被害を最小化するための事前対策及び排水計画の検討を行った．

２．堤防決壊時排水対応マニュアルの改良

庄内川河川事務所では過年度より堤防決壊シミュレーションで堤防決壊後の復旧工法の検討に加えて，迅速な排水活動が行えるように排水対応マニュアルを活用した排水対応を含めたシミュレーションも実施している．

排水対応マニュアルは，堤防決壊後の排水活動における事務所全体の動きの把握することが出来，排水対応計



図－１　庄内川洪水浸水想定区域図（愛知県域）と本検討の対象ブロック

画を立案する際に必要となる基礎的な情報についても可能な限り盛り込むことを目的に作成されている．

本検討では，災害時の混乱時にも災害対応関係者が把握しやすいように排水対応マニュアルの改良を図った．

排水対応マニュアルからの改良内容を以下に示す．

(1) 排水活動の流れ・役割の明確化

排水対応マニュアルは**図- 2**に示すように堤防決壊時排水対応フロー図（以下，「排水対応フロー図」という），堤防決壊後の排水活動リスト，対応行動・チェックリスト，事前準備データ，報告様式，ツールマニュアル，参考図面集の7種類の資料で構成される．

排水対応フロー図は各班の行動の流れを矢印で結び，排水活動一連の大まかな作業を見える化するとともに，複数人でフロー図を確認することも想定し，色分けすることで視認性の向上を図った．

また，堤防決壊時排水活動リストを新たに作成し，各対応行動に対して，主体的に行動する班，または支援する班を星取表で確認できるようにすることで，各班が自らに関連する役割の総体量を把握することが可能となった．

(2) 資料構成の簡素化

過年度の排水対応マニュアルでは，各班の具体的な行動内容・留意事項を整理した「対応行動」，行動内容に漏れがないか確認するための「チェックリスト」が個別で整理されていた．災害時においても，把握しやすい構成とするため，各対応行動について「対応行動・チェックリスト」としてA3版の１枚に整理した（**図- 2**参照）．

(3) 排水活動支援ツールとの連動

本検討では，**３．**で後述するように排水活動支援ツールを作成した．排水対応時にツールの操作ステップについて確認できるようにツールマニュアルとの関連性を整理した．

３．排水活動支援ツールの作成

災害対応関係者は避難，救助，堤防復旧等のような複数の条件下でも，迅速かつ効率的に排水ポンプ車の配置箇所を判断する必要がある．そのため，本業務ではこのような条件であっても，排水ポンプ車の配置箇所を迅速に判断できるように，排水活動支援ツール（以下，「ツール」という）を作成した．ツールは災害時の限定される人員体制下であっても，誰もが使用可能なようにExcelで作成した．

ツールの構成は排水対応フロー図（**図- 2**参照）内において，排水ポンプ車の配置に関わる「④排水ポンプ車の概略配置検討」以降の4ステップと整合を図るように作成した（**表- 1**参照）．

本項では，**表- 1**内の①～③について具体的に説明する．④はシミュレーション時の意見も反映し，修正したため，**４．**で具体的に示す．

(1) 排水ポンプ車の概略配置の検討

本ステップでは対象外力，決壊地点が判明した段階であり，氾濫ボリューム，浸水面積等の概略把握に加えて，氾濫域の特定等の排水活動に向けた概略把握を目的としてツールを構築した．また，出力されるデータは公表資料としても活用可能なように作成した．

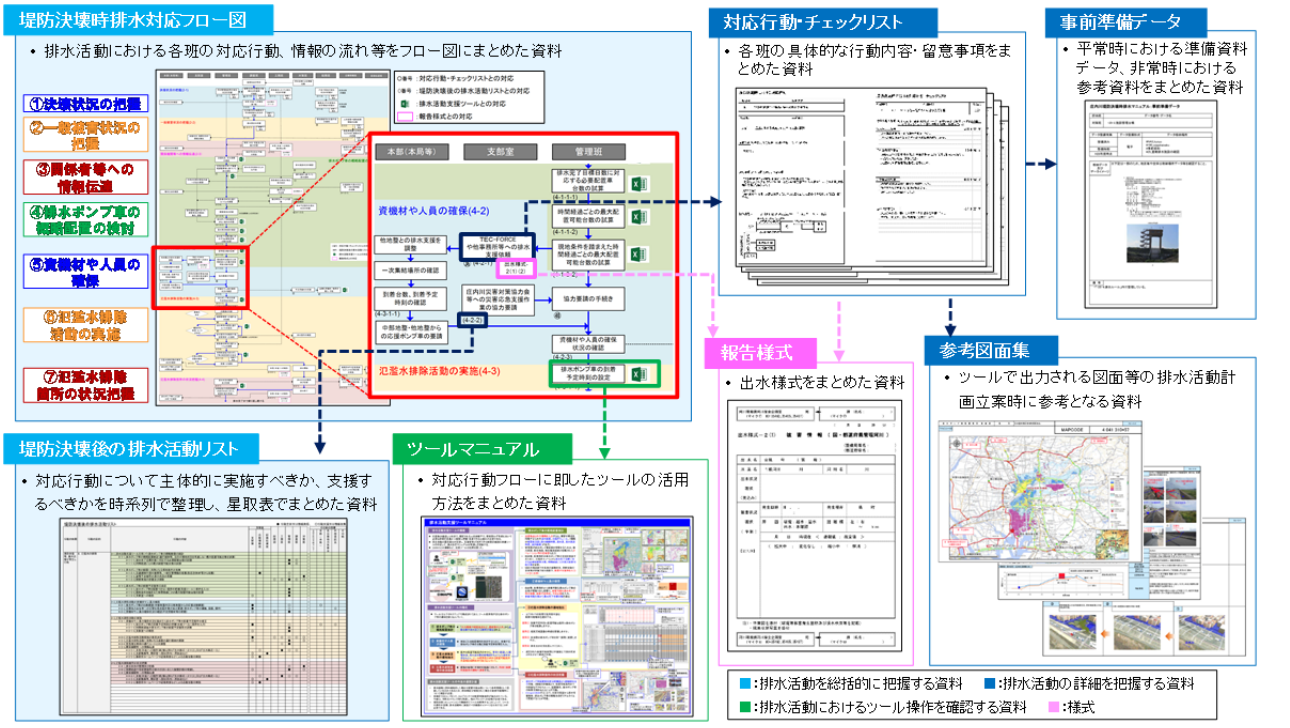


図- 2　堤防決壊時排水対応マニュアルの構成

表－１　ツール操作の各ステップにおける入力項目と出力項目

操作ステップ	ユーザーの疑問	目的
①排水ポンプ車の概略配置の検討	・浸水被害，氾濫ボリュームは？ ・必要な排水ポンプ車の台数は？	・外力規模・決壊地点など，最低限の入力から必要台数や排水完了日数等が算出。
②資機材や人員の確保	・要請した排水ポンプ車の到着予定時刻は？	・時刻ごとの配置場所を決定するために，参集する排水ポンプ車の台数と到着予定時刻等を入力。
③氾濫水排除活動の実施	・排水ポンプ車を小段等に配置したいが、どこに配置すればよいか？ ・浸水が継続的に発生している箇所はどこか？	・膨大な配置可能箇所の中から，事前に調査した現場状況，洪水浸水想定区域図をもとにした浸水状況をもとに，ツール使用者の求める配置可能箇所の適地を質問形式で絞り込んでいく。
④氾濫水排除箇所の状況把握	・現地で作業する人に何を伝えればよいか？	・現場の地理に不案内な職員に対して，円滑に配置可能箇所の適地へ誘導する。

本ステップにおける入力項目は決壊情報（決壊時刻，外力規模，決壊地点）である．ツールでは，この入力から洪水浸水想定区域図のデータをもとに以下の諸量が確認可能となるように設定した．

- 浸水範囲
- 氾濫ボリューム
- 排水完了目標日数に対する必要な排水ポンプ車の台数
- 時間経過ごとの最大排水ポンプ車配置可能台数
- 広域図（対象決壊地点の浸水想定区域と排水ポンプ車配置可能箇所，既存排水施設の位置等が確認可能なオペレーション用の大判図面）

(2) 資機材や人員の確保

平成30年7月豪雨では，7日の決壊等により浸水被害が発生した倉敷市真備町の浸水において，関東・北陸・中部地整等の全国から排水ポンプ車が集結し，排水活動を実施している[2)]．ただし，排水ポンプ車の移動には時間を要するため，翌8日の午後から作業を開始している．

庄内川左岸下流域の氾濫ブロックは拡散型であり，氾濫状況は時々刻々と変化することが想定される．そのため，本ステップでは排水ポンプ車の到着予定時刻も踏まえた配置箇所の適地を判断するために，到着予定情報を入力するように設定した．災害時における排水ポンプ車の到着予定時刻は交通渋滞や土砂災害等も想定されるため，予想できない場合も想定される．そのため，既往の災害時の排水ポンプ車の移動状況についても考慮し，排水ポンプ車の所属する地整を入力すると，到着予定時刻が自動入力されるような機能も設定した．

(3) 氾濫水の排除活動の実施

本ステップでは，排水ポンプ車の配置箇所の適地を迅速に判断することを目的とした．排水ポンプ車の配置箇所は，庄内川左岸下流域のブロック全体であらかじめ抽出しておく．そのデータをツールに格納しておき，(1)で入力した対象決壊地点の浸水状況による排水ポンプ車の概略配置の検討情報，(2)で入力した排水ポンプ車の情報（到着時刻，地整，台数），及び災害時の現地状況をもとに，排水ポンプ車の配置箇所の適地を抽出可能なようにツールを構築した．

a) 排水ポンプ車配置可能箇所の抽出

災害時に排水ポンプ車配置箇所の適地を抽出するために，図－3に示すように排水ポンプ車の規格によって，配置可能な条件について以下の2点を設定し，事前に庄内川左岸下流域のブロックで配置可能箇所を抽出した．

条件①：排水ポンプ車の幅員が2.5mであることを踏まえて，幅員5m以上の堤防天端や幅員3m以上の裏小段を設定した．幅員5m以上の堤防天端道路では，燃料補給車との離合が可能であり，燃料補給車からの直接給油が可能である．

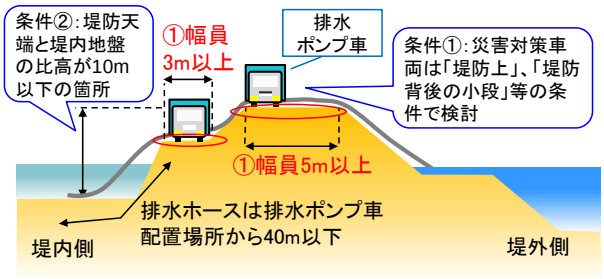
条件②：排水ポンプ車の排水能力が限定的であることから，堤防天端と堤内地盤高の比高が10m以下の箇所

①，②の条件については現地調査，LPデータ等を確認し，配置可能箇所を抽出した．

b) 排水ポンプ車配置可能箇所の分類

さらに図－4に示すように現地状況を確認し，排水ポンプ車配置箇所の状況，排水元の状況をもとに分類した．この分類はc)で後述するように災害時にツールで適地を抽出する際に活用する．

配置可能箇所へは，排水ポンプ車が対岸からアクセス



図－３　排水ポンプ車配置可能箇所の条件

図－４　排水ポンプ車配置可能箇所の分類イメージ

配置可能区間	池または大きな水路		堤脚水路あり（道路・公園等）		堤脚水路なし（道路・公園等）		家屋が隣接している		合計
	小段等（小段、坂路等）	堤防天端道路	小段等（小段、坂路等）	堤防天端道路	小段等（小段、坂路等）	堤防天端道路	小段等（小段、坂路等）	堤防天端道路	
①	9	10	9	12	2	7	-	-	49
②	1	3	7	33	-	3	-	7	54
③	-	-	32	39	3	11	3	4	92
④	-	-	2	21	17	27	2	2	71
⑤	-	-	7	17	8	26	-	-	58
⑥	-	-	-	-	19	28	-	-	47
⑦	-	-	-	-	5	17	-	-	22
⑧	-	-	-	-	4	17	-	-	21
⑨	-	-	-	-	13	54	7	15	89
⑩	-	-	-	2	11	44	5	8	70
⑪	-	-	3	3	15	53	-	2	76
⑫	-	-	-	-	25	41	8	21	95
⑬	-	-	-	-	6	-	-	-	6
⑭	-	-	-	-	16	-	-	-	16
⑮	-	-	-	12	19	13	1	26	71
⑯	-	-	-	5	-	17	3	38	63
⑰	-	-	-	-	6	14	25	65	110
⑱	7	9	-	-	8	21	-	45	90
⑲	3	3	-	-	5	27	4	8	50
⑳	-	-	-	-	8	16	-	-	24
㉑	-	-	-	-	9	2	-	-	11
㉒	-	-	-	-	4	23	-	7	34
合計	20	25	60	144	203	461	58	248	1219

図– 5　庄内川左岸下流域における排水ポンプ車の配置可能箇所

することも想定し，橋梁に挟まれた区間で整理した．庄内川左岸の下流域での配置可能箇所は，22の区間で計1200台程度である．庄内川左岸下流域での排水ポンプ車配置可能箇所の分類結果について**図– 5**に示す．

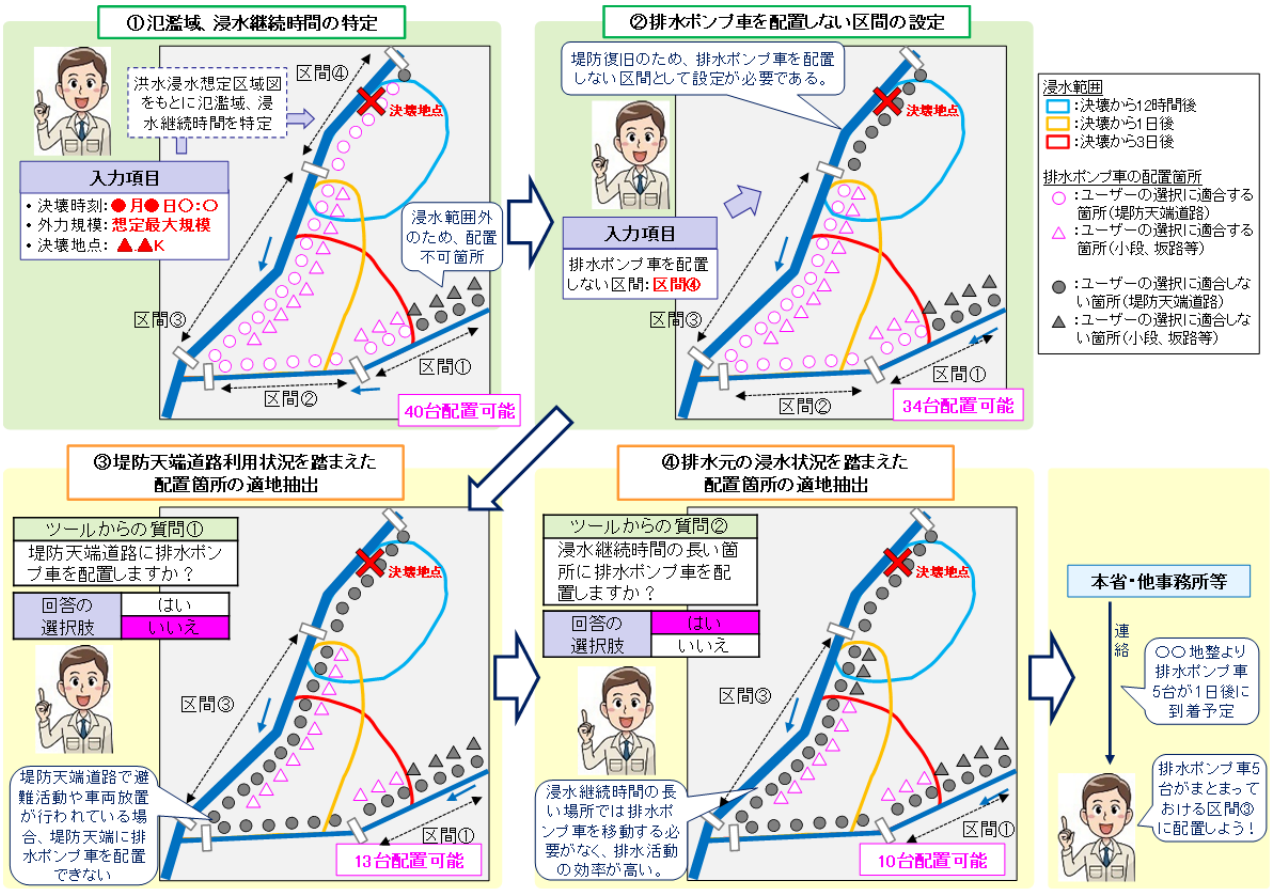
配置箇所の状況については，堤防天端道路，小段等（坂路等含む）の2種類によって分類した．

庄内川左岸下流域の堤防天端道路は兼用道路である．平常時は市道として機能している堤防天端道路は災害時には堤防復旧活動，救助活動等の移動ルートとなっている可能性がある．排水ポンプ車を小段等にのみ配置し，堤防天端道路にはホースブリッジを設置することで，交通を妨げないようにすることも想定されるため，配置箇所の状況は2種類の分類とした．

排水元の状況は，池または大きな水路，堤脚水路あり（道路・公園等），堤脚水路なし（道路・公園等），堤防背後に家屋が隣接の4段階に分類した．平成30年7月豪雨の際の真備町における排水活動では，水路を排水元として排水活動を実施している状況もあった．水深が継続的に大きいような箇所にポンプの設置が可能であれば，排水ポンプ車の移動等が必要ないため，排水活動の作業効率が向上すると考えられる．そのため，排水ポンプ車配置可能箇所ごとの集水に影響する条件として，上記，4種類の分類となるように設定した．

c）排水ポンプ車配置箇所の適地抽出

(1)，(2)における入力情報，a），b)で整理した配置箇所の情報をもとにツールにおける排水ポンプ車配置箇所の適地抽出の流れを**図– 6**に示す．**図– 6**の例では決壊地点の把握時において配置可能箇所は40台であったが，最終的に10台まで絞り込んだ例である．ユーザーは排水ポンプ車の到着予定情報（到着予定時刻，到着予定台数，所属する地整）とのバランスを考慮し，絞り込みを行うことが可能である．



図– 6　排水活動支援ツールでの排水ポンプ車配置箇所の適地抽出の流れのイメージ

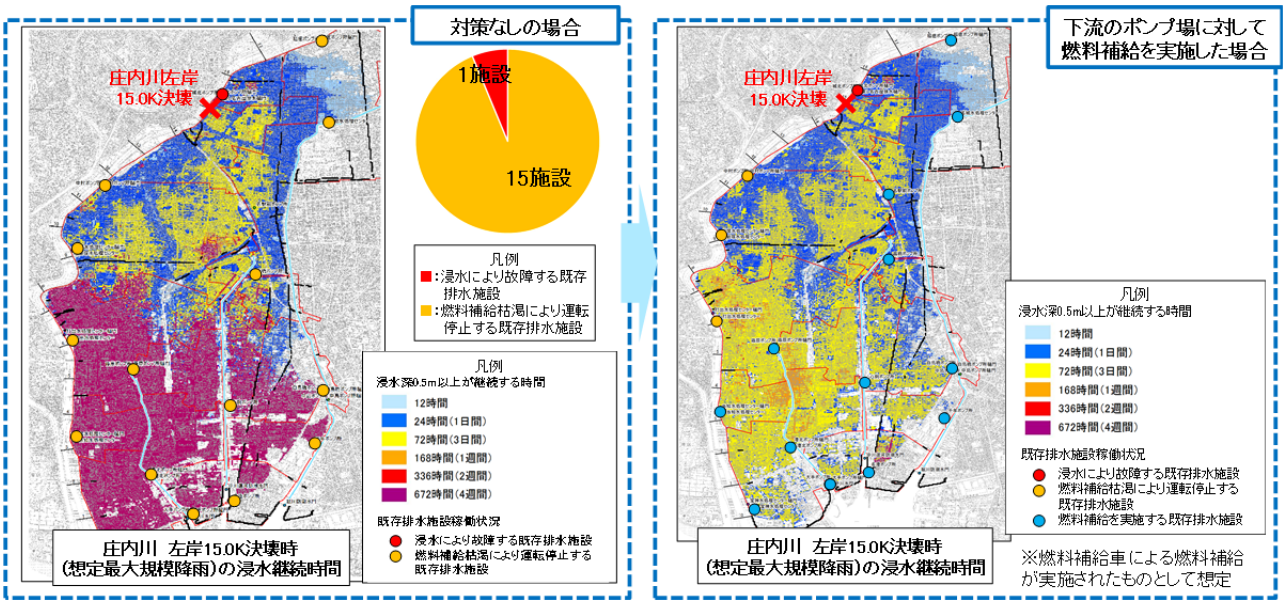


図- 7　既存排水施設へ燃料補給を実施しない場合（左），燃料補給を実施した場合（右）の浸水継続時間

まず，堤防決壊後にユーザーはツールに決壊情報（決壊時刻，決壊地点，外力規模）の入力を行う．これにより，ツールでは洪水浸水想定区域図をもとに時刻ごとの氾濫区域が認識され，a）で整理した排水ポンプ車の配置可能箇所の排水元が浸水している排水ポンプ車の配置可能箇所が抽出される（**図- 6** ①参照）．

決壊地点付近では，堤防復旧活動等が想定される．そのような箇所には排水ポンプ車の配置箇所として事前に除外することも想定されるため，ユーザーは排水ポンプ車を配置しない箇所を設定することが可能である（**図- 6** ②参照）．

ここまでの状況をもとにツールからは**図- 6** ③，④に示すような質問にユーザーが回答することで排水ポンプ車の配置箇所の適地を絞り込む．

図- 6 ③は災害時に，堤防天端道路で車両放置，避難活動等が行われており，排水ポンプ車を小段等にのみ設置する場合をユーザーが選択した例である．**図- 6** ④で，ユーザーは排水元の浸水状況や，今後の浸水継続時間をもとに質問に回答することでさらに絞り込むことが可能としている例である．

図- 6 ⑤で得る排水ポンプ車の到着予定情報によっては，**図- 6** ③，④の回答を変更し，絞り込みを再度実施し直すことも可能である．

(4) 既存排水施設による排水活動の考慮

ツールは当初，排水ポンプ車の適切な配置箇所を迅速かつ効率的に選定するために作成した．ただし，排水ポンプ車による排水計画のみでは排水能力に限界があり抜本的な対策とならないことが懸念される．そのため，自治体の保有する既存排水施設による排水活動等も含めた検討も可能なようにツールに機能を付加した．

本検討では氾濫解析モデルを構築し，既存排水施設への燃料補給が実施できた場合，広域的に浸水継続時間が2週間以上となる結果から，3日程度に低減できる可能性があることを確認した（**図- 7**参照）．堤防決壊前後にポンプ場への燃料補給を確実に行うことによって，浸水継続時間の短縮効果，浸水深・浸水面積縮小効果は大きく，対策としても，大規模なハード整備の必要がないため現実的と考えられる．ただし，先行する内水氾濫によるポンプ稼働の燃料減少や燃料補給を行うタイミング等を施設管理者と調整を行う必要がある．

庄内川左岸下流域では名古屋市上下水道局の排水施設が複数存在する．その稼働状況は稼働ポンプの個数より確認可能である．そのため，ツールでは自動的に名古屋市上下水道局のWebサイトから各排水施設の稼働ポンプを自動取得する機能を付加した．また，洪水浸水想定区域図から算出される氾濫ボリュームと排水機場の稼働状況を比較し，(1) で算出した排水ポンプ車の必要台数の変化にも対応可能なように機能を付加した．ただし，HPから取得する排水施設の排水容量は排水機場全体のポンプの個数より按分して算出している．また，排水機場の排水容量は河道の水位によって変更するものと想定されるが，本ツールでは考慮していない．

4．堤防決壊シミュレーションの実施・改良

シミュレーションは以下の2点を目的とし，庄内川河川事務所の各班（各課）に加え，庄内川災害対策協力会等も参加して実施した．

- 排水対応マニュアルのシミュレーションを行い，検証する．
- 排水ポンプ車配置箇所をツールによって出力し，的確かつ迅速な排水活動の実施が可能か検証する．

シミュレーションではコントローラーがプレイヤーに状況を説明する付与カードを渡すことで，実際の災害時と同様に状況が時々刻々と変化し，他班や多機関との調整が必要となる状況を模擬的に再現した（**図- 8**参照）．

図- 8　堤防決壊シミュレーションの様子

なお，シミュレーション終了後には事務所職員，庄内川災害対策協力会の意見（表- 2参照）をもとに排水対応マニュアル・ツールの修正，改良を行った．

ツールの改良の一例として，ステップ④氾濫水排除活動の状況把握で更新した内容について示す．シミュレーションでは，ユーザーが選定した排水ポンプ車配置箇所の最適地をDiMAPS（統合災害情報システム）での出力の要望があった．そのため，排水ポンプ車配置箇所の最適地の位置情報を付与したファイル（GeoJSON形式，KML形式）で出力可能となるように改良した．この機能により，災害時に出力ファイルをDiMAPSにアップロードし，実際の排水ポンプ車の位置と排水ポンプ車配置箇所の最適地をリアルタイムで比較することが可能となった．

５．本検討の成果と今後の課題

本検討では，排水対応マニュアルの改良，ツールの作成を実施したのち，堤防決壊シミュレーションでの試行を通じて改良を図ることができた．この検討手順により，排水対応マニュアルは，実態に即したものとして改良することができた．

以上の検討結果を踏まえた上で，今後の課題について以下に示す．

- 大規模災害時には事務所も被災している可能性がある．災害時には，災害対策協会が主体的に総合啓開（道路啓開，排水活動）等を実施する必要も考えられることから，今後，組織的な対応として，災害対策協力会が災害時に瞬時に参集場所を把握し，主体的に行動できるような仕組みづくりが必要である．
- 排水活動支援ツールは浸水想定区域図のデータをもとに算出しているが，排水施設の操作状況や想定降雨の違いにも対応できる排水作業準備計画の作成が必要である．そのため，実際の浸水状況による排水可能エリアの精度向上を図るとともに，災害対策車両配置の見直しが行えるツール機能の改善を検討する必要がある．
- 本検討では庄内川左岸下流域ブロックのみについてツールを整備しているが，今後他の氾濫ブロックも含めたツールの構築を行う必要がある．

表- 2　シミュレーションで挙げられた意見

区分	番号	意見内容
ツールに関する意見	1	参集可能台数から排水完了目標日数を算出すること。
	2	緊急復旧車両も通行可能なホースブリッジ構築に必要な資機材数量を算出すること。
	3	到着予定情報の入力は，柔軟に記載可能なように変更すること。
	4	災害対策車両等の位置情報をDiMAPSによって把握しているため，配置箇所をDiMAPSへ出力可能かどうか確認する。
	5	排水ポンプ車を運転する作業員がカーナビで入力可能なようにMAPCODEを詳細図に記載すること。
	6	配置検討結果を公表資料として出力できることが望ましい。
	7	過去の検討中のデータの一時保存の機能を検討すること。
	8	管理班については，排水活動支援ツールについても班員全員が理解し，使用可能になることが必要である。
マニュアルに関する意見	1	河川管理施設等の被災状況の把握，排水状況の監視及び記録のために，CCTVの位置情報と視認範囲を事前に整理することが望ましい。
	2	洪水規模の確認，特定するためには，調査班からの予測雨量・水位情報が必要である。
	3	緊急復旧車両の通行ルートとの調整の前に道路管理者への通行規制の確認が必要である。また，規制の予定についても道路管理者に確認を行うこと。
	4	破堤地点より下流部に位置するポンプ場は，破堤後いつから再稼働させるかについて共通認識とすること。
	5	災害対策基本法に基づく障害車両の把握及び排除は管理班のみでの対応は困難であるため、対応について整理すること。
	6	緊急時の対策のためには，事務所全体で排水対応マニュアルを理解・共有しておく必要がある。

謝辞：本稿の執筆にあたり，ご協力を頂きました八千代エンジニヤリング株式会社のご担当者様，また,関係各位に感謝申し上げます．

参考文献

1) 忘れない，東海豪雨　東海豪雨から10年　一般社団法人　中部地域づくり協会　平成22年7月．
2) 国土交通省中国地方整備局　記者発表資料　平成30年7月8日．