

第3章 導入効果

第1節 実証研究に基づく導入効果

§ 15 評価項目

実証研究に基づく本技術の評価項目を以下に示す。

- (1) 施設運転支援に基づく浸水被害軽減効果
- (2) 情報配信による自助・共助の促進効果

【解説】

本技術の導入検討を進めるにあたり、導入効果を定量的に把握できるように、評価項目および評価結果を提示する。本技術は、施設運転支援と自助・共助促進の両方に活用できることから、支援の対象および期待する効果を予め明確にしておく必要がある。さらに、効果に対する評価については、施設運転支援に基づく浸水被害軽減効果、および情報配信による自助・共助の促進効果に対して別々に行う必要がある。

(1) 施設運転支援に基づく浸水被害軽減効果

本技術導入による浸水被害軽減効果は、支援対象とする施設について、現状運転時と施設運転支援情報に基づく運転（以下、対策運転とする）に対する浸水被害の変化に基づいて評価する。なお評価にあたっては、浸水被害に関連する被害額や浸水面積、浸水深、浸水継続時間等の指標の中から、必要に応じて選定し、期待する効果が得られるかどうか評価を行うものとする。

さらに、本技術導入による浸水面積の軽減効果および浸水被害軽減効果により導入費用をどのくらいの期間で回収出来るかを示す指標として、経費回収年を算定する。

(2) 情報配信による自助・共助の促進効果

本技術による自助・共助の促進効果は、対象とする活動に関する技術導入前後における行動の変化等に基づいて評価する。評価にあたっては、表 2-2 等を参考に対象とする自助・共助活動を選定し、期待する効果が得られるかどうか評価を行う。

なお、自助・共助活動による効果の算定方法は、現状ではまだ確立されていない。その点をふまえて、本実証研究における評価は、あくまでも一事例であることに留意し、導入する現場や評価対象に応じて適切に算定できるよう工夫することが望ましい。

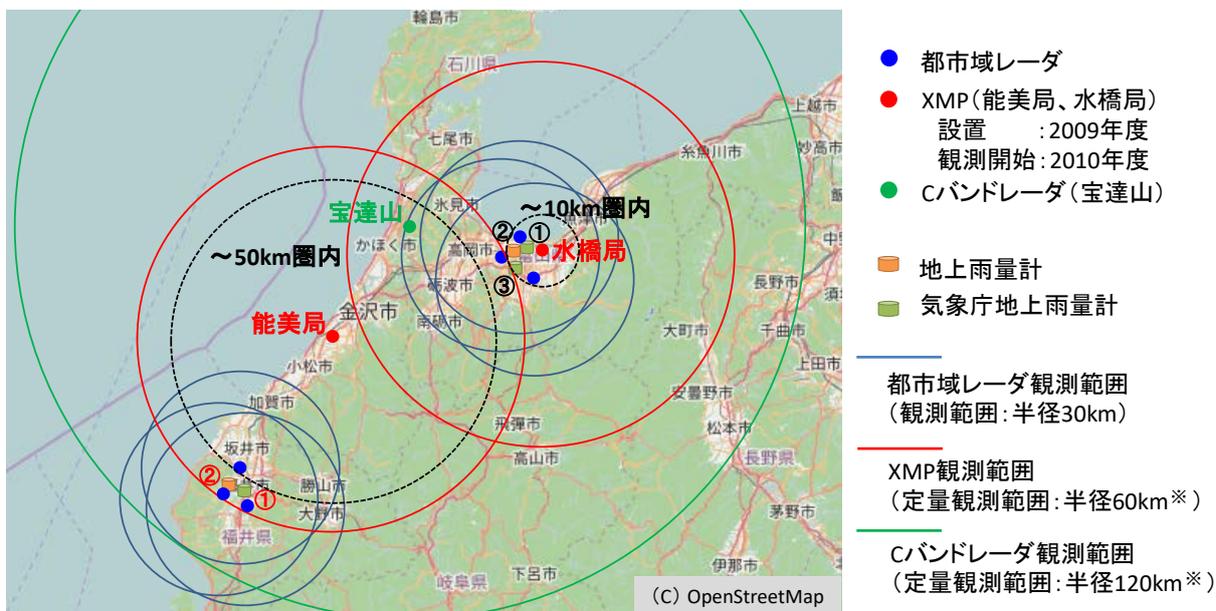
(評価事例：実証研究での評価結果)

§ 15 に示した評価項目の評価指標および目標値は、導入する現場や対象とする降雨等により異なる。そのため本ガイドラインでは、評価の一事例として実証研究で実施した評価結果を示す。

実証研究は、実証フィールドとして福井市および富山市を対象に実施し、福井市では施設運転支援および情報配信による自助・共助の促進について、富山市では情報配信による自助・共助支援の促進効果について評価を行った。

実証研究における降雨観測体制を図 3-1 に示す。福井市および富山市を観測対象とする各レーダ雨量計の観測範囲を円で示しており、福井市の実証フィールドは、XMP 能美局から 50km~60km の距離に、富山市の実証フィールドは、XMP 水橋局から 10km 程度にそれぞれ位置している。

なお実証フィールドにおいては、平成 16 年に発生した浸水被害以降、浸水被害軽減に向けた取り組みを強化し、浸水ハザードマップや水防活動マニュアルの整備、土のうの配布・備蓄、止水板の導入、車の移動、定期的な防災・避難訓練等が実施されてきた。



【地上雨量計】 ①富山、②吳羽排水区、③秋ヶ島
①福井、②第6排水区

※出水期における定量観測範囲の目安であり、設置場所や季節で異なる

図 3-1 降雨観測体制

(1) 福井市における評価事例（施設運転支援および情報配信による自助・共助促進）

1) 実証フィールドの概要

福井市における下水道全体区域（雨水）は、1,821ha、12排水区から構成されており、雨水対策施設として排水区内に 11 の雨水貯留管が整備されている。このうち、施設運転支援における実証研究は、貯留管規模および排水先能力を考慮し、月見・みのり雨水貯留管が整備されている狐川右岸第六排水区および下北野雨水貯留管が整備されている下北野排水区の 2 排水区を対象に実施した。さらに、自助・共助支援における実証対象は、近年最も浸水被害が頻発している加茂河原・小山谷排水区および橋南排水区を対象に実施した（図 3-2 参照）。

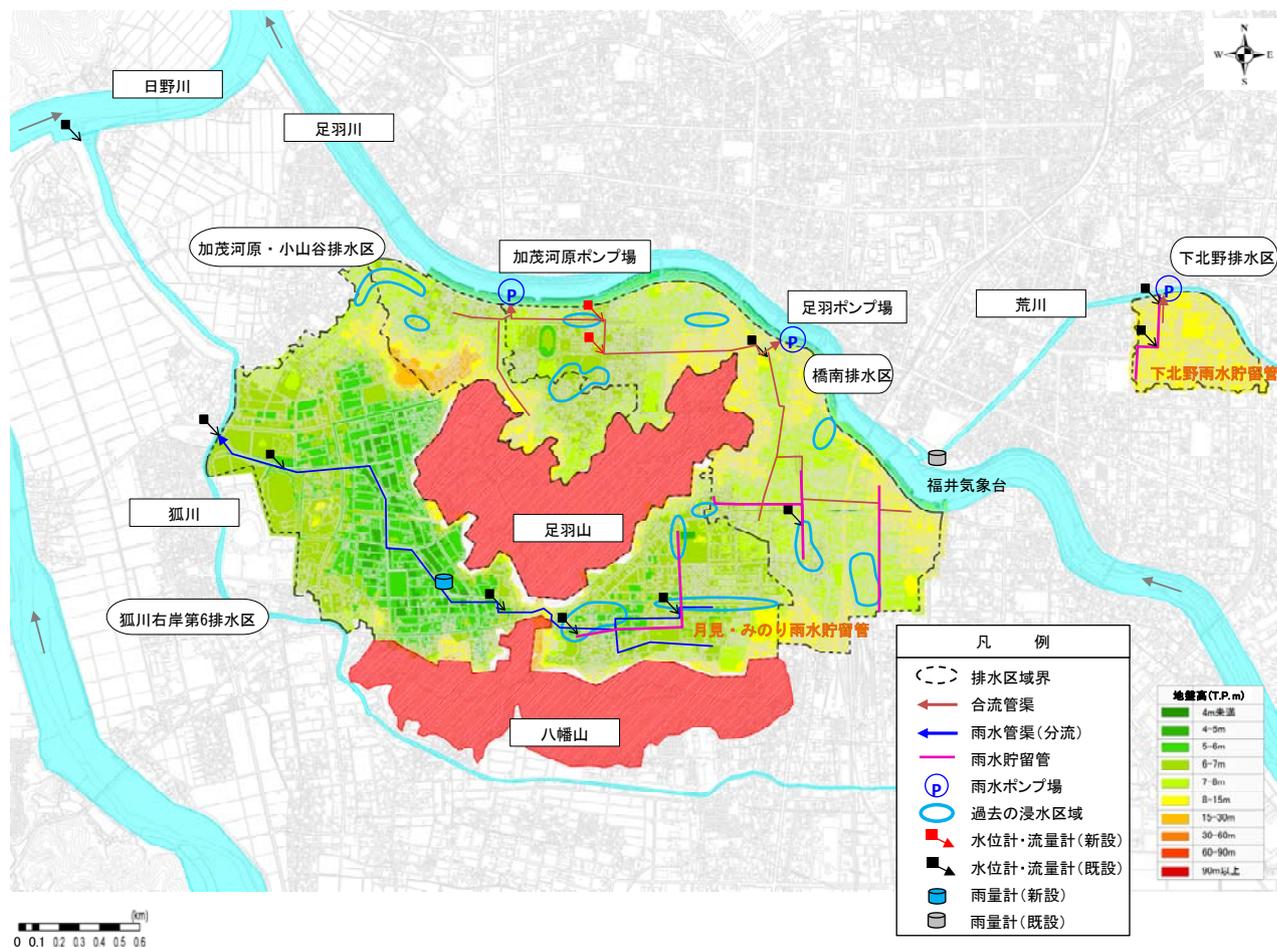


図 3-2 実証フィールドと施設配置図

2) 施設運転支援による浸水被害軽減効果の評価事例

① 実証研究における評価方法

施設運転支援による浸水被害軽減効果は、まず実証対象とした雨水貯留管（実証 2 貯留管）に対して対策運転のシナリオを設定し実運転を通して評価を行い、さらにその他 9 貯留管においても実証対象と同様の運転シナリオを設定した上で全体の効果を試算した。評価の指標は、本技術の導入前後における浸水面積削減量および年平均被害軽減期待額とした。なお、実証期間中に浸水を伴う降雨が発生しなかったため、実証期間中に観測された降雨波形（前方集中，中央集中，後方集中型）ごとに 60 分最大降雨量の上位 2 降雨を選定し、計画降雨規模まで引き伸ばした降雨を用いて評価を行った。

② 実証研究における施設運転支援

福井市における施設運転支援情報の提供は、§ 13 に示す情報配信技術により作成した実測・予測水位，排水ポンプ起動・停止の基準値，および判断結果等の情報を施設操作画面へ表示することにより行った（図 3-3）。情報提供の詳細については、資料編 6.1 に示す。

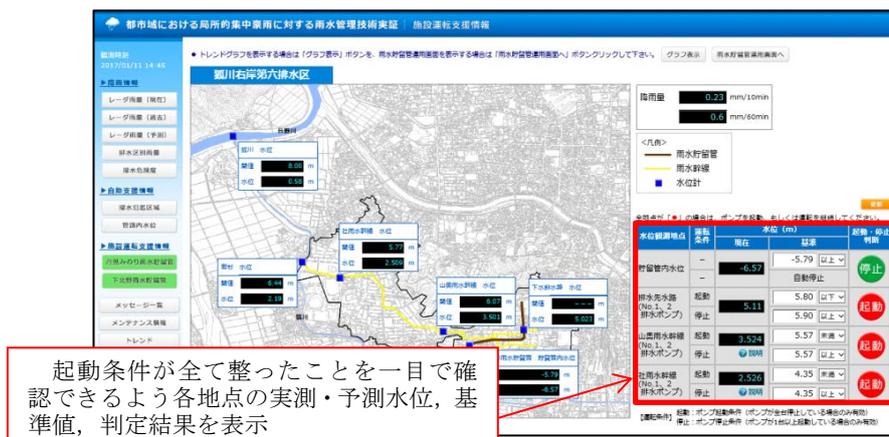


図 3-3 施設運転支援情報例（福井市）

③ 施設運転シナリオの設定

実証対象とした雨水貯留管の現状運転では、降雨が終了し放流先水位が低下したことを確認後、貯留管内の雨水の排水を行っている。一方、本技術導入後は、降雨期間中における放流先水位の予測が可能であるため、放流先において規定水位以下であると予測される期間においては降雨中でも排水ポンプを連続稼働することで、次降雨に備え可能な限り貯留量を確保する運転シナリオを設定した。

導入後の運転シナリオおよび実運転に基づく導入後運転の実現性、浸水被害軽減効果については、資料編 4.1 および 4.2 を参照のこと。

④ 浸水被害軽減効果の試算

(a) 浸水面積削減効果

①で示した対象降雨について、運転支援情報に基づく対策運転を実施した場合、浸水面積は現状運転時よりも 12.5%~47.8%の削減率（(1-対策運転による浸水面積/現状運転による浸水面積)×100）となり、一定の被害軽減効果を期待できる結果となった。

(b) 浸水被害軽減額

浸水被害額に対する効果として、年平均浸水被害軽減期待額で評価を行った。

評価は、実証 2 貯留管およびその他 9 貯留管両方で、浸水面積の削減効果が中間的な効果を示した降雨（平成 28 年 9 月 17 日降雨）を対象に、5 年・10 年・30 年・50 年確率雨量に引き伸ばし、「下水道事業における費用対効果分析マニュアル 平成 28 年 12 月」¹²⁾ に準じて、年平均浸水被害軽減期待額を算出することで実施した。

その結果、福井市全域に本技術を導入した場合における年平均浸水被害軽減期待額は、109.8 百万円/年と試算された。

(c)経費回収年

施設運転支援および自助・共助支援における浸水被害軽減効果の合計および技術導入に必要な費用（導入費）および維持管理費を算定し、経費回収年を試算した。

$$\text{経費回収年} = \frac{\text{導入費（実証区域＋実証区域外※）}}{\text{年平均浸水被害軽減期待額－維持管理費（実証区域＋実証区域外※）}} \dots\dots\text{①式}$$

※下水道排水区域全体のうち、実証フィールドを除いた区域。

福井市の経費回収年算定結果を表 3-1 に示す。導入費が 616 百万円、維持管理費が 17.2 百万円/年、年平均浸水被害軽減期待額は 109.8 百万円と算定しており、①式から試算すると、経費回収年は 6.7 年となった。詳細については資料編 4.3 を参照のこと。

表 3-1 福井市における経費回収年

項目		金額
導入費	百万円	616
維持管理費	百万円/年	17.2
年平均浸水被害軽減期待額	百万円/年	109.8
経費回収年	年	6.7

3) 情報配信による自助・共助促進の評価事例

① 実証研究における評価方法

実証研究では、技術の導入前後における自助・共助活動実施率の差（自助・共助対応向上率）を促進効果として評価することとした。ただし、実証期間中は浸水を伴う降雨は発生しなかったため、ここで示す自助・共助活動実施率とは、実際の行動の結果ではないことに留意されたい。また、あわせてリードタイムの確認も行った。

② 実証研究における自助・共助支援

自助・共助支援情報の提供は、対象者に向けた情報確認を促すメールの配信と、実証にあたりあらかじめ配布したタブレット保有者に向け、情報配信技術により作成した降雨、管路内水位、浸水氾濫区域に関する現状および予測情報画面を表示することにより行った（図 3-4）。情報提供の詳細については、資料編 6.1 に示す。

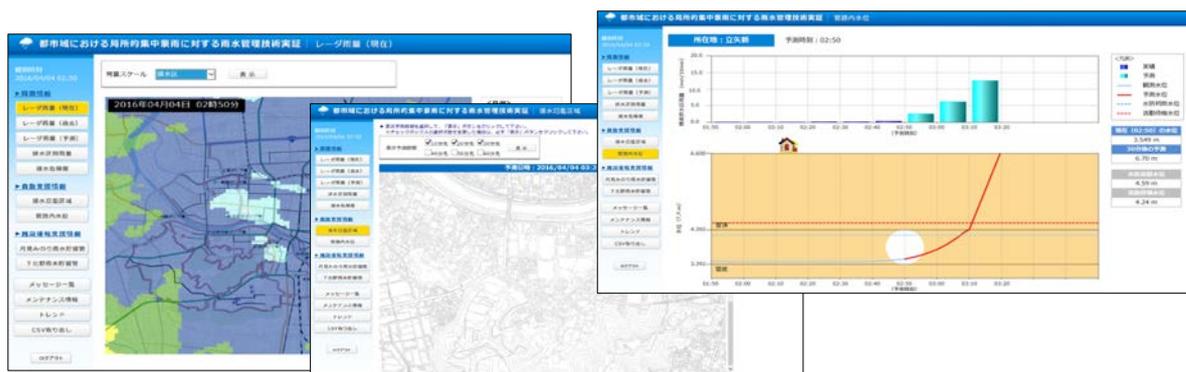


図 3-4 自助・共助支援情報例（福井市，左から降雨・浸水氾濫区域・管路内水位情報）

③ 自助・共助対応向上率の確認

自助・共助対応向上率は、本実証研究前後で行ったアンケート結果より設定した。

本実証研究では、福井市での取り組みの状況を考慮した上で、自助・共助活動の促進効果を示す指標として土のう・止水板の設置，自動車の移動を対象とした。浸水被害経験のある世帯の中で浸水発生時における対応の有無を聞き，行動意思のある世帯数の率を算出した。次に，実証前後の対応率の差分を対応向上率とした。

自助・共助対応向上率については，本来本技術導入前後の対応行動実施割合の変化で評価すべきであるが，研究期間中に浸水が生じるような降雨が発生しなかったため，技術導入後の実施割合を計測することができなかった。このため，行動意思のある世帯の行動実施率が100%と仮定して対応向上率を推定した。

その結果，土のう・止水板設置の対応向上率は53%，自動車移動の対応向上率は40%となり，本技術の導入により自助・共助活動が促進されることが確認された。自助・共助対応向上率の詳細については，資料編 5.1 に示す。

④ リードタイムの確認

本実証研究では，住民に対するアンケート調査やヒアリング等から目標値として自助・共助活動に必要なリードタイムを設定し，それに対して実証研究中の情報配信に要した時間を比較することで評価を実施した。

本実証研究での必要なリードタイムは，自助・共助活動のうち，土のう（止水板）の設置や家財（自動車）の移動に要する時間とし，住民へのヒアリングより，20分として設定した。

確認の結果，一部の対象降雨においてリードタイム 20分以上を確保できない状況が確認されたが，実証研究で用いた特異移流モデルで計算される複数の予測結果の中で，特異最大がリードタイムを確保できるケースが多く，自助・共助支援においては，安全側を予測する特異最大を導入することで，住民が必要とするリードタイムを確保しやすくなることが確認できた。なお，安全側を予測すると，リードタイムは確保しやすくなるが，一方で予測情報の空振りが増えやすくなる点に注意が必要である。

リードタイム確認方法および結果の詳細については，資料編 3.5 に示す。

(2) 富山市における評価事例（情報配信による自助・共助の促進）

1) 実証フィールドの概要

富山市においては実証フィールドである分流式下水道で整備された呉羽排水区（排水区面積 200ha）を対象として、情報配信による自助・共助の促進効果について評価を行った。

実証研究では都市域レーダおよび水位計で実証フィールド内の雨量および下水管路（分流式雨水）内水位を計測し、これら情報を用いたリアルタイム降雨予測・リアルタイム流出解析による浸水予測情報を実証研究区域における特定の住民に配信した。

実証フィールドにおける施設配置を図 3-5 に示す。

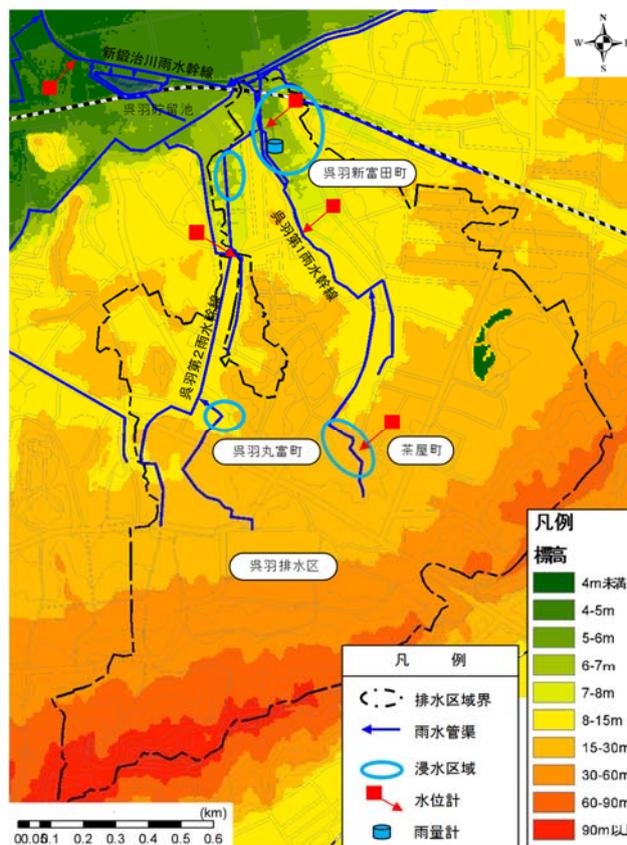


図 3-5 実証フィールドと施設配置図

2) 情報配信による自助・共助促進の評価事例

① 実証研究における評価方法

富山市においても福井市と同様に、技術の導入前後における自助・共助活動実施率の差（自助・共助対応向上率）を促進効果として評価することとした。なお、同様に実証期間中は浸水を伴う降雨は発生しなかったため、ここで言う自助・共助活動実施率とは、実際の行動の結果ではないことに留意されたい。また、あわせてリードタイムの確認も行った。

② 実証研究における自助・共助支援

自助・共助支援対象地区 84 世帯中、浸水常襲地点である低地の 46 世帯を対象として選定した。このうち、町内の自主防災組織、過去の浸水で被害を受けた地域住民にタブレットを配布し、局地的な豪雨の発生時や基準水位に達した場合のアラート情報や、§ 13 に示す情報配信技術により作成した降雨、管路内水位、浸水氾濫区域に関する現状と予測情報の配信（図 3-6）を行うことで、防災隊長や自主防災組織が早期に自助・共助活動に取り組めるよう自主防災組織と地域住民の自助・共助活動を支援することとした。情報提供の詳細については、資料編 6.1 に示す。

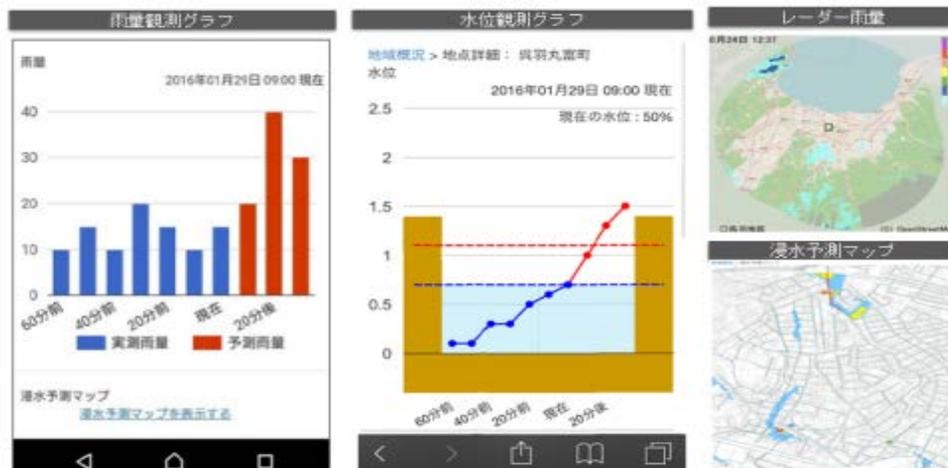


図 3-6 自助・共助支援情報例（富山市）

③ 自助・共助対応向上率の確認

富山市における自助・共助対応向上率は、富山市での取り組みの状況を考慮した上で指標として土のう・止水板の設置、自動車の移動を対象とし、福井市同様に本実証研究前後で行ったアンケート結果より設定した。自助・共助対応向上率は、本実証地域における本技術導入前後のアンケート調査より、土のう・止水板の設置については45%、自動車の移動については47%となった。なお、実証研究中に浸水が発生する降雨が無かったため、導入後の対応率は、今後の被害軽減活動への対応意向にて設定した。

自助・共助対応向上率の詳細については、資料編 5.1 に示す。

④ リードタイムの確認

本実証研究での富山市におけるリードタイムの確認は、福井市同様に住民に対するアンケート調査やヒアリング等から目標値として自助・共助活動に必要なリードタイムを設定し、それに対して実証研究中の情報配信に要した時間を比較することで評価を実施した。

必要なリードタイムは、自助・共助活動のうち、土のう（止水板）の設置や家財（自動車）の移動に要する時間とし、住民へのヒアリングより、20分として設定した。

確認の結果、一部の対象降雨においてリードタイム20分以上を確保できない状況が確認されたが、実証研究で用いた特異移流モデルで計算される複数の予測結果の中で、特異最大がリードタイムを確保できるケースが多く、自助・共助支援においては、安全側を予測する特異最大を導入することで、住民が必要とするリードタイムを確保しやすくなることが確認できた。リードタイムの確認方法および結果の詳細については、資料編 3.5 に示す。

第2節 本技術の段階的導入と活用方法

§ 16 要素技術の段階的導入における導入効果

本技術では、§6に示した構成が基本となるが、以下に示す要素技術の段階的導入においても導入効果を発揮することができる。

- (1) レーダ雨量情報の活用
- (2) 雨量・水位・施設運転情報の活用

【解説】

(1) レーダ雨量情報の活用

段階的導入としてレーダ雨量計（都市域レーダもしくはXRAIN）、雨量解析技術および情報配信技術の組合せによる構成例を図3-7に示す。

本構成では、過去から現時点までのレーダ雨量強度のメッシュ表示画像およびメッシュごとの値、レーダ雨量に基づく排水区別雨量等の閲覧が可能となる。これによって、施設運転支援においては、操作人員が豪雨の接近や雨量の変化に応じた水量の増減をある程度推測することで、雨水ポンプ（手動）の起動遅れの防止、豪雨時の雨水ポンプ流入ゲートの確実な運用等の運転操作が可能となる。さらに、自助・共助支援では局地的な豪雨の発生、基準雨量に達した場合のアラート情報の提供に基づく浸水被害軽減活動の促進による浸水被害軽減が期待される。

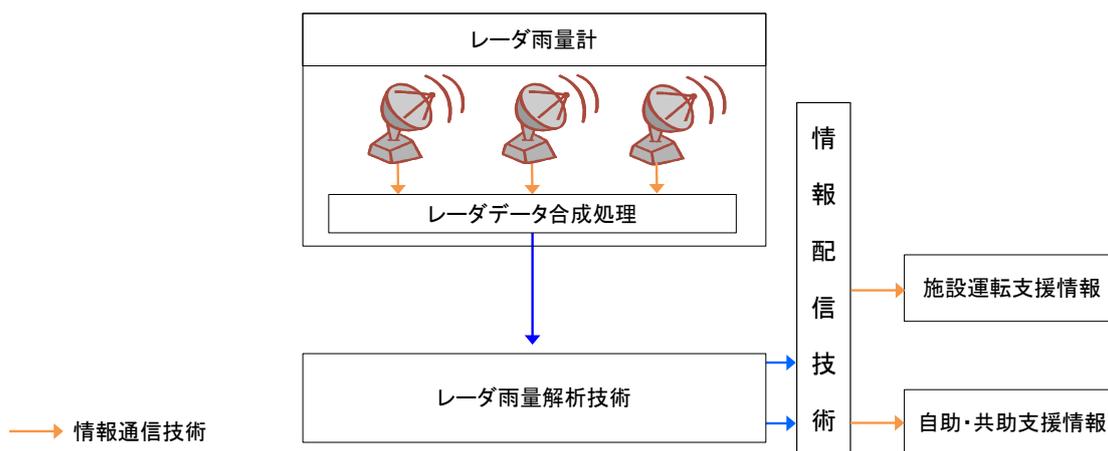


図 3-7 レーダ雨量情報の活用事例

(2) 雨量・水位・施設運転情報の活用

上記の要素技術に加え、データ収集管理技術、水位観測情報の組合せによる構成例を図 3-8 に示す。

本構成では、(1)に加え、過去から現在までの下水道管路内水位の時系列情報の閲覧が可能となる。これによって、下水道施設の運転支援においては、操作人員が下水道管路内の水位変動を確認しながら運転操作を行うことで、(1)よりさらに確実に雨水ポンプの起動遅れの防止や、豪雨時の雨水ポンプ流入ゲートの適切なタイミングでの操作が可能となる。また、自助・共助支援においては、下水道管路内水位に基づいたより確実なタイミングでの自助・共助のための情報配信を行うことが可能となり、さらなる浸水被害軽減が期待される。

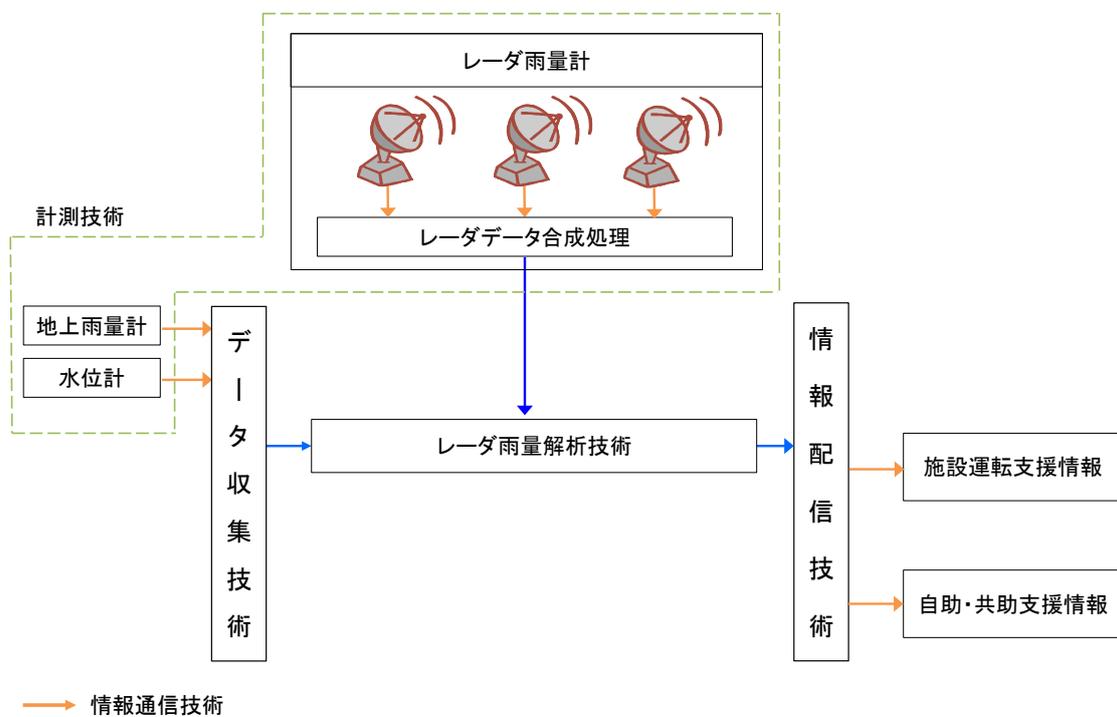


図 3-8 雨量・水位・施設運転情報の活用

§ 17 本技術の活用方法

本技術は、実証研究で実施したような雨水貯留管による浸水対策の他に、以下のような都市域における雨水管理についても、活用が可能である。

- (1) 早期の雨水ポンプ排水
- (2) 放流先水位の低下を予想した排水ポンプ運転
- (3) 雨水滞水池における合流改善，浸水対策の併用利用
- (4) 浸水対策施設間のネットワーク化による効果的運用
- (5) 浸水対策施設の合流改善利用
- (6) 遮集ポンプ高水位運転による省エネルギー化
- (7) 各種維持管理作業の管理

【解 説】

本技術を活用した場合の都市域における雨水管理について、実証研究で確認した効果以外に浸水被害軽減効果等の発現が可能となるケースを以下に示す。

(1) 早期の雨水ポンプ排水

雨水ポンプ場において局地的豪雨により流入量が急激に増加する場合には、本技術による予測水位に基づきポンプ起動水位を変更し、早期にポンプを稼働することによる浸水被害軽減が可能となる(図 3-9 参照)。

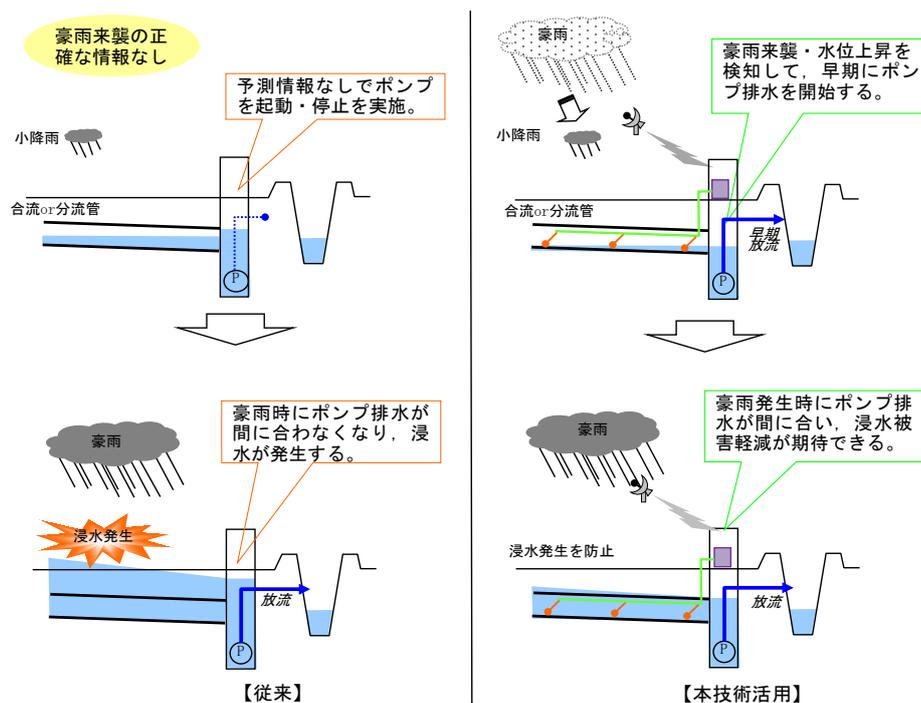


図 3-9 豪雨来襲を予測した早期の排水ポンプ運転

(2) 放流先水位の低下を予想した排水ポンプ運転

下水道の放流先河川の能力が不足する流域では放流制限を受けることがあり、内水を十分に排除できずに浸水が発生することが予想される。

本技術を放流先河川も含めた水位計測および浸水予測を行うことにより、放流先河川の水位が下がることを予測して、早期に内水を排除して浸水時間の短縮を図ることが可能となる(図 3-10 参照)。

なお、放流先河川の管理者が異なる場合は、事前に管理者との調整が必要となる。

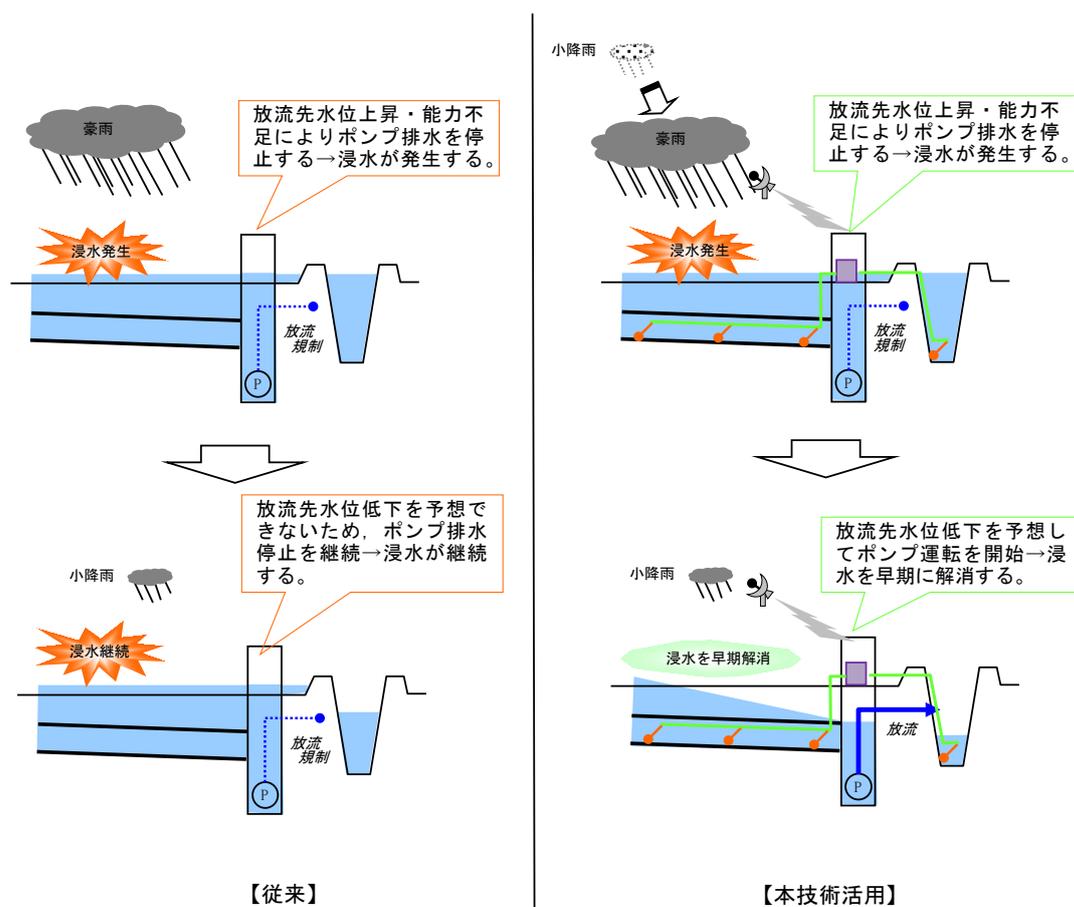


図 3-10 放流先水位の低下を予想した排水ポンプ運転

(3) 雨水滞水池における合流改善, 浸水対策の併用利用

合流式下水道においては, 未処理放流における汚濁負荷量の削減を目的として雨水滞水池を設置することがある。雨水滞水池は, 初期雨水を貯留するものであるが, 本技術を適用することで, 浸水が発生するような大規模な降雨が予測された場合には, 初期降雨の貯留の中止, または貯留した初期降雨の先行排水を実施し, 浸水対策のための貯留容量を確保することが可能となる。これによって, 浸水の危険がある段階において, 雨水滞水池に雨水の貯留を行うことで浸水被害軽減が期待される (図 3-11 参照)。

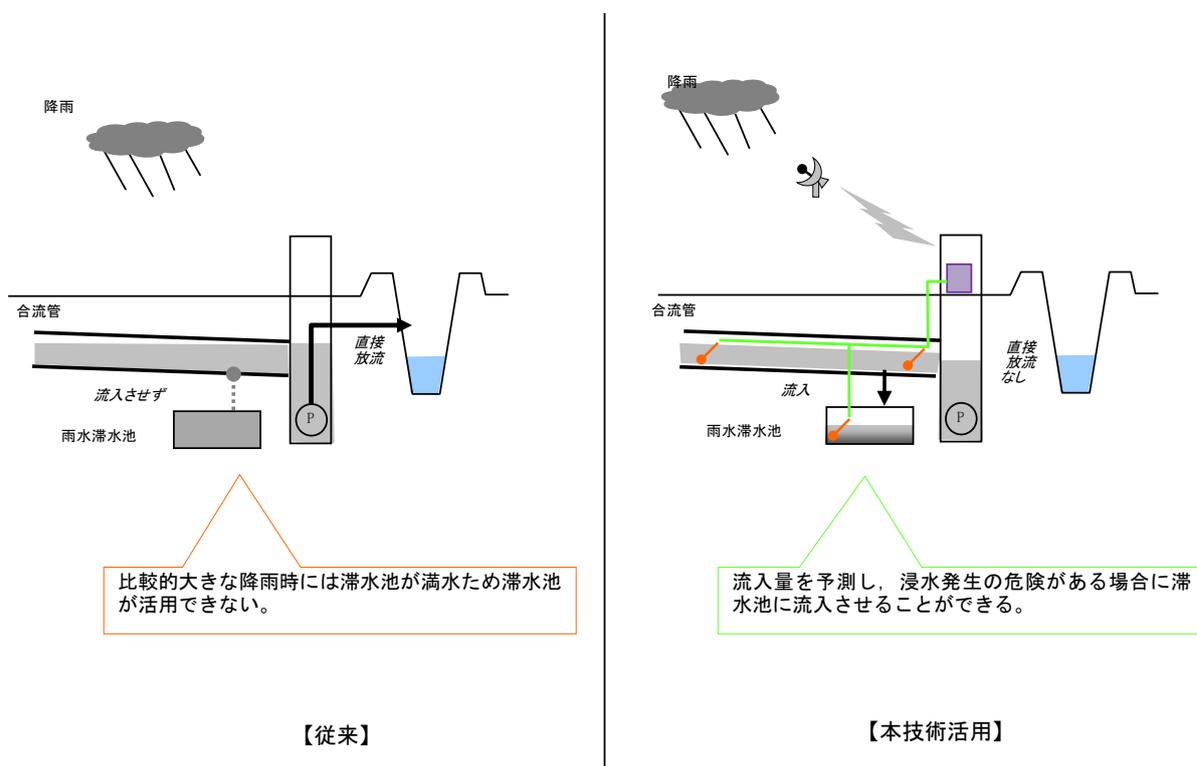


図 3-11 雨水滞水池における合流改善, 浸水対策の併用利用

(4) 浸水対策施設間のネットワーク化による効果的運用

雨水ポンプ場、雨水貯留管等の浸水対策施設間をネットワーク化により接続する場合において、本技術を導入することで、各施設の排水区における施設への流入量の予測が可能となる。これによって、流入量の多い排水区から流入量の少ない排水区へ、安全性を確保しつつ積極的に雨水を流入させること可能となり、流入量の少ない排水区の施設を最大限活用した浸水被害軽減が期待できる。(図 3-12 参照)。

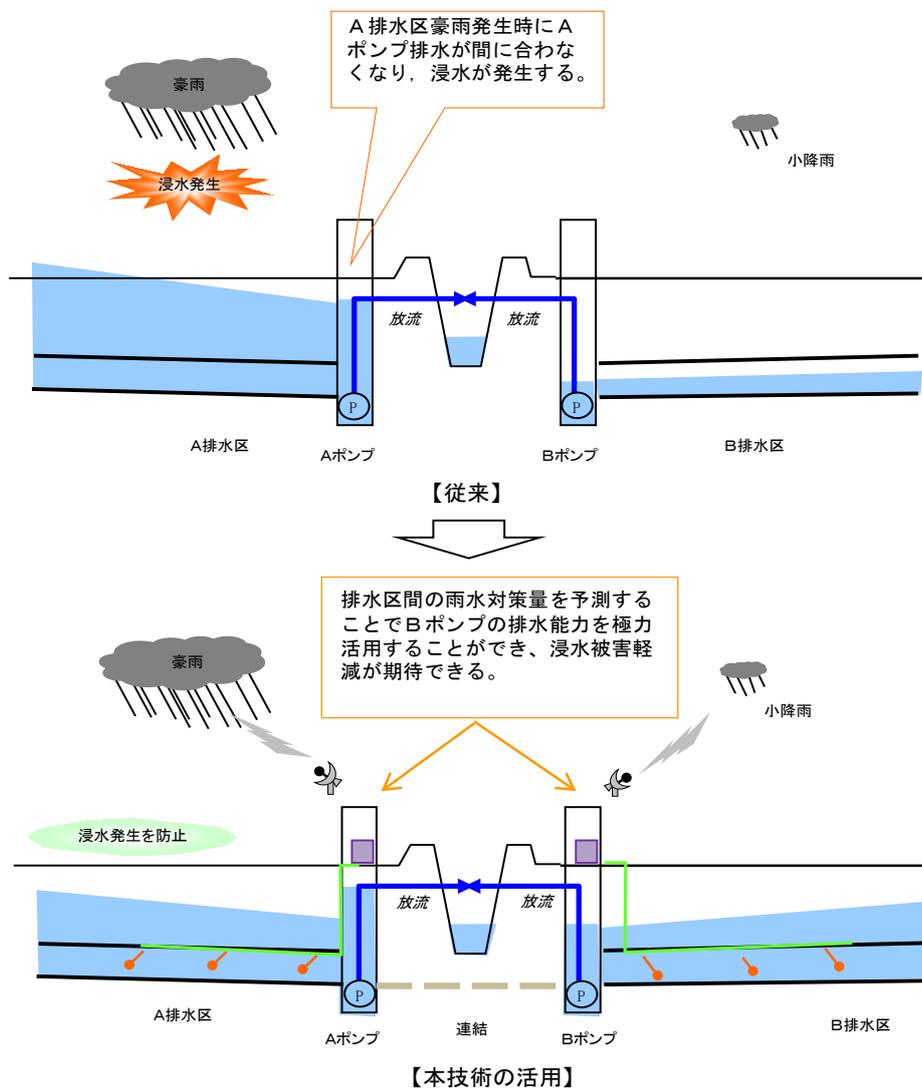


図 3-12 浸水対策施設間のネットワーク化による排水ポンプの運用

(5) 浸水対策施設の合流改善利用

浸水対策を目的とした雨水貯留管は、一定規模を上回る降雨規模においてのみ活用されるため、一般的に活用頻度は低い。このため施設の有効活用として、合流式下水道区域における浸水対策目的の雨水貯留管を、合流改善施設として活用することが考えられるが、合流改善と浸水対策の運用の切り替えが困難であるという課題がある。

本技術による降雨や水位の予測情報を用いることで、小降雨時には流入ゲートを低くし一定規模の初期雨水を貯留する合流改善目的の運用を行い、浸水対策としての運用が必要と判断される場合においては、流入ゲートを浸水対策レベルに切り替え、合わせて初期雨水を先行排水することで、豪雨時の流入に備えた雨水貯留管としての運用を行う。これにより当初の浸水対策能力を確保しつつ既存施設を併用利用した効率的な合流改善対策が期待される（図 3-13 参照）。

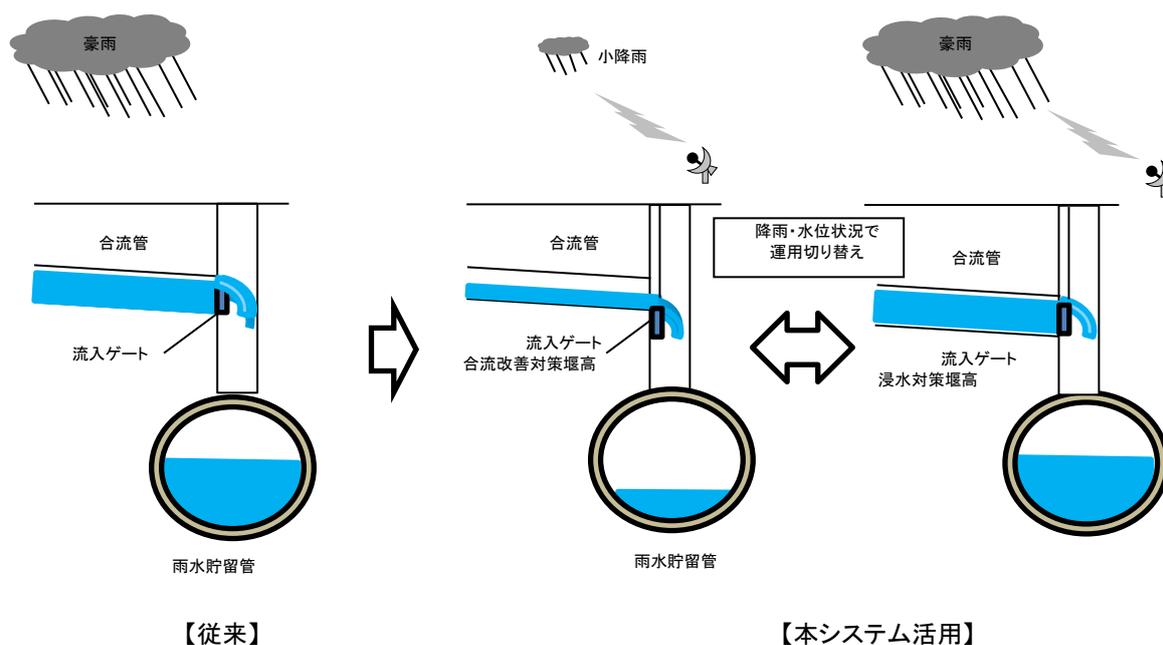


図 3-13 雨水貯留施設の併用利用のイメージ図

(6) 遮集ポンプ高水位運転による省エネルギー化

合流式下水道における遮集ポンプの起動水位を晴天時において高水位とすることで、ポンプの実揚程を小さくし、ポンプ運転における電力量を削減することができる。しかしながら、高水位運転時において豪雨が発生した場合において浸水を助長する恐れがある。このため、本技術の予測情報に基づき、豪雨の発生により管内の水位上昇が見込まれる場合には、あらかじめ低水位運転に切り替えて水位を低下させておくことにより、浸水リスクを高めることなく、高水位運転による省エネルギー化が可能となる（図 3-14 参照）。

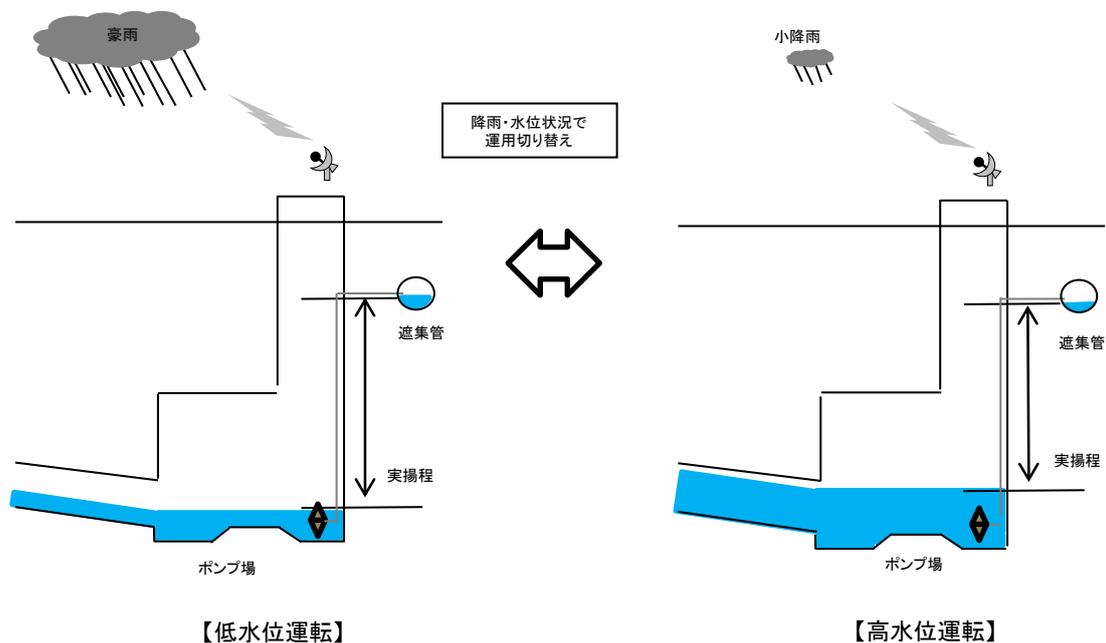


図 3-14 遮集ポンプの高水位運転のイメージ図

(7) 合流管路内の維持管理作業の管理

本技術を導入している排水区において、合流管内における工事や維持管理（清掃・点検）が実施される際には、本技術の利用により降雨や管内の水位などの予測情報を活用し、工事や維持管理作業の実施、中止に関する早期判断を行うことで作業の安全性を確保することが可能となる。