

B-DASHプロジェクト自主研究報告(最終)

[H26採択]

ICTを活用した浸水対策施設運用
支援システムの実用化に関する技術

1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. ガイドラインについて
5. 普及展開
6. まとめ

1. 研究概要

2. 自主研究

3. 実証施設の性能比較

4. ガイドラインについて

5. 普及展開

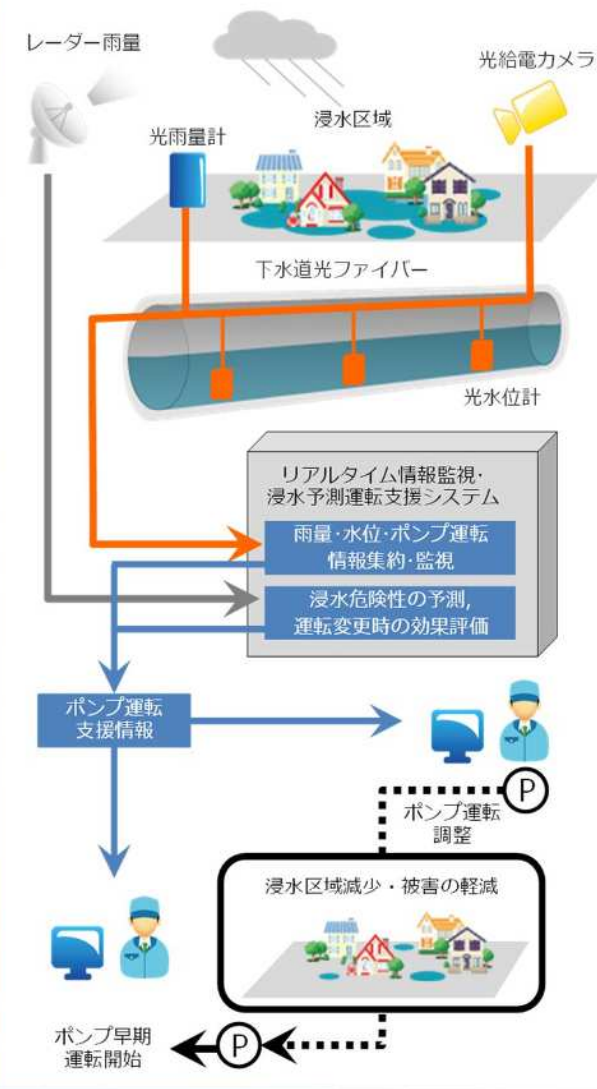
6. まとめ

1. 研究概要

◇技術名称	ICTを活用した浸水対策施設運用支援システムの 実用化に関する技術
◇実施期間	委託研究：平成26年7月～平成28年3月 自主研究：平成28年4月～平成31年3月 ガイドライン発刊：平成28年12月
◇実施者 (委託研究時)	広島市・(一社)日本下水道光ファイバー技術協会・ 株NJS・日本ヒューム(株)共同研究体
◇実証フィールド	広島県広島市江波地区
◇実証施設規模	329ha
◇実証技術	本技術は、水位・雨量・浸水予測情報をリアルタイムに監視・分析評価し、各種情報を集約して施設管理者等に提供するものである。本技術を導入することで、ポンプ等の既存浸水対策施設の効果的な運用により、浸水被害を低減することが可能となる。

1. 研究概要

技術の概要



技術の適用範囲

- 適用条件**
- ・合流式・分流式(雨水)下水道
 - 【適用可能な活用方法】
 - ・暫定貯留管の早期排水
 - ・放流先水位の低下を予想した排水ポンプ運転
 - ・降雨時の雨水滞水池流入制御(合流区域対象)

レーダー雨量情報 (実況/予測)



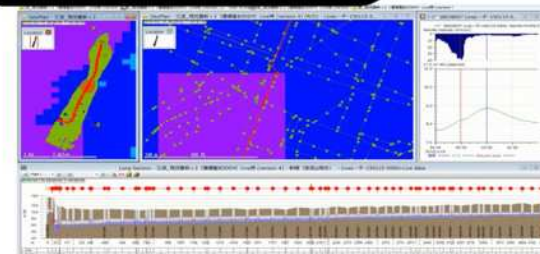
浸水発生状況 (光給電監視カメラ)



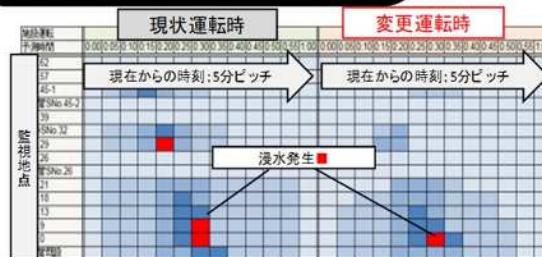
管路内水位・ポンプ運転雨量情報



リアルタイム浸水予測シミュレーション



ポンプ運転支援情報 (現状/対策運転時の浸水状況表示)



1. 研究概要(委託研究成果まとめ)

➤ 技術の導入効果

従来技術	<ul style="list-style-type: none"> 現状ポンプ運転(ポンプ井水位上昇に伴うポンプの起動) 	試算方法	対象区域	合流式約329ha
革新的技術	<ul style="list-style-type: none"> 雨量・管内水位情報に基づくリアルタイムシミュレーションによる流出解析・浸水予測 予測情報に基づいた対策運転(排水ポンプの早期起動・雨天時遮集量の調整) 		対象降雨	実証期間中の代表6降雨(A~F)を発生確率年に応じて引き伸ばし
			対策効果	現状及び対策運転時の被害を比較 ①浸水区域面積削減率(対象降雨を3年確率降雨相当※まで引き伸ばし) ②浸水被害軽減額(対象:降雨F)

浸水面積削減率

2~29%削減

浸水被害軽減額(F降雨)

252~423百万円

※対象降雨の引き伸ばしは対象区域で浸水被害が想定される最小規模である3年確率降雨相当とした。

対象降雨	降雨特性		浸水面積(ha)		浸水面積削減率(%)	効果発現状況	年平均被害軽減期待額(百万円/年)
	波形	強雨域	現状運転	対策運転			
A降雨	前方集中	全域	65.45	46.65	29	最大	138
B降雨	中央集中	上流側	58.71	53.00	10		
C降雨	中央集中	下流側	60.23	58.93	2	最小	2
D降雨	後方集中	全域	43.21	35.37	18		
E降雨	後方集中	上流側	64.15	59.71	7		
F降雨	後方集中	下流側	54.19	46.71	14	平均	114



1. 研究概要(稼働状況)

自主研究概要

- ① 降雨時運用データ計測・分析
- ② リアルタイム浸水予測シミュレーションの予測精度向上
- ③ 浸水被害軽減効果の検証

① 降雨時運用データ計測・分析

委託研究期間では浸水を伴う豪雨を計測されなかった。したがって、浸水を伴う豪雨時における本システムの安定稼働について確認する。

② リアルタイム浸水予測シミュレーションの予測精度向上

浸水を伴う豪雨時における予測値の信頼性に関する検証を行う。

③ 浸水被害軽減効果の検証

長期計測によって得られた様々な特性を有する降雨を対象とした浸水被害軽減効果を検証する。

1. 研究概要(稼働状況)

稼働状況

- ・令和元年度までは一時的なシステム不具合があったものの、比較的安定稼働
- ・データサーバは令和2年度前半より故障が発生



凡例

- [Blue bar]: システム正常稼働
- [Green bar]: 水位データ正常取得
- [Yellow bar]: 雨量データ正常取得
- [Red bar]: システム異常/データ欠測

1. 研究概要

2. 自主研究

3. 実証施設の性能評価

4. ガイドラインについて

5. 今後の予定

6. まとめ

2. 自主研究

① 降雨時運用データ計測・分析

自主研究期間中に浸水を伴う豪雨は4度計測できた。そのうち、H28.9.17豪雨およびH30.7.5豪雨(西日本豪雨)では、増補管内の水位計が故障しており、地表面まで短時間で急激に水位上昇したことが要因と考えられる。R2.7.5豪雨では降雨前のデータサーバHDD故障に伴い、計測データのみ取得できている。

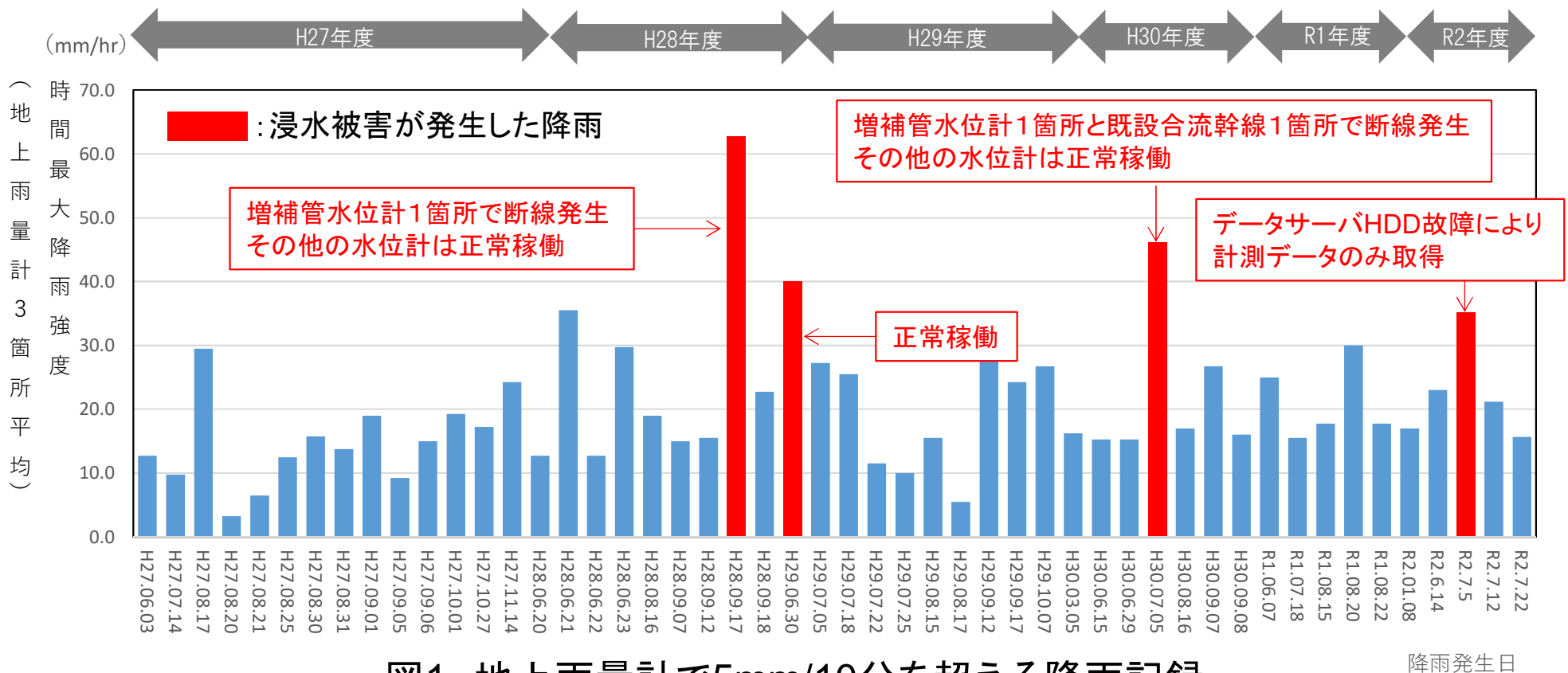


図1 地上雨量計で5mm/10分を超える降雨記録

降雨発生日

2. 自主研究

② リアルタイム浸水予測シミュレーションの予測精度向上

自主研究期間中に浸水を伴う3降雨における浸水発生地点の水位の実測値と予測値の比較を示す。ガイドラインP.147において予測値(計算値)は実測値と同様の水位上昇とそれ以上の水位ピークを確保できるようにシミュレーションモデルを構築している。

● 累積雨量の少ない豪雨での信頼性

浸水の発生したH28.9.17降雨及びH29.6.30降雨(累積雨量100~150mm)では水位計実測値に対し、10~20分前予測水位は水位上昇やピークが追随する結果が得られている。ただし、予測時間が長くなるにつれ乖離が大きくなっている。

● 累積雨量の多い豪雨での信頼性

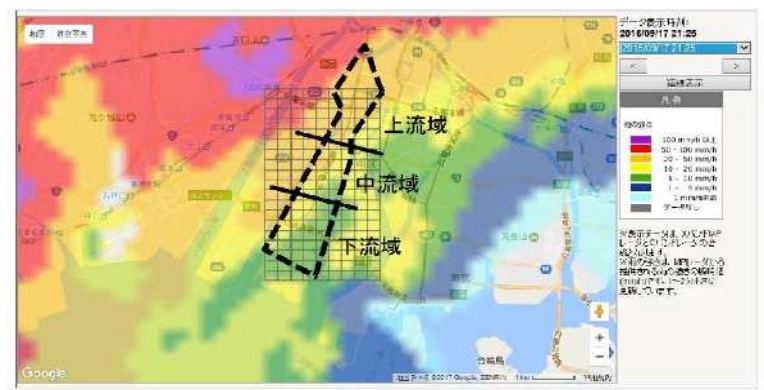
H30.7.5降雨(平成30年7月豪雨、累積雨量300mm以上)は長時間にわたり連続した降雨であり、水位計実測値と予測値の乖離が短時間予測から乖離する結果であった。

構築したシミュレーションモデルに対し、キャリブレーション(実績降雨を用いたシミュレーション)では計算値と実測値が一致するため、乖離の理由は実況と予測の降雨データの乖離と判断される。

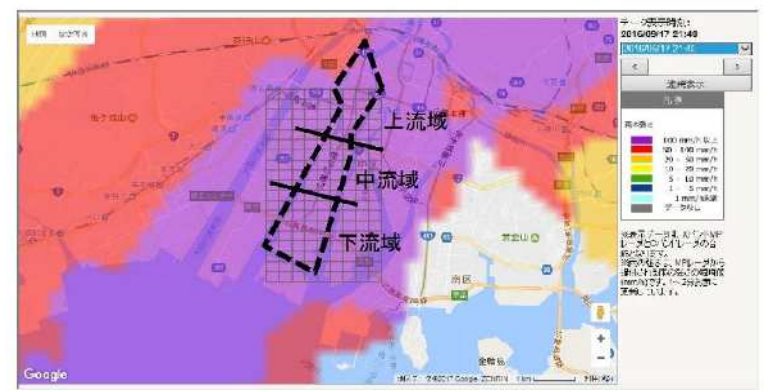
2. 自主研究



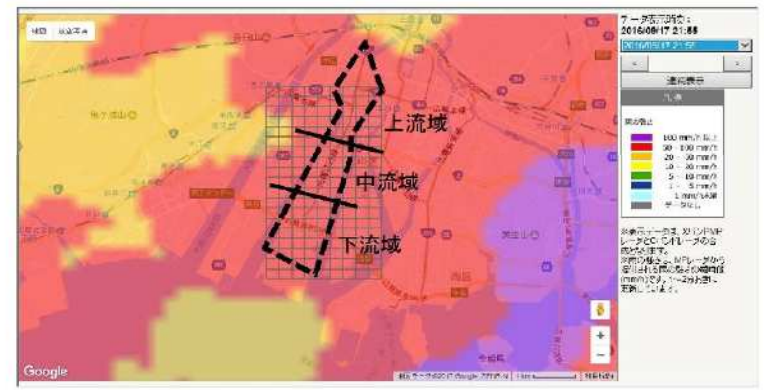
1
降雨強度
ピーク時刻
15分前



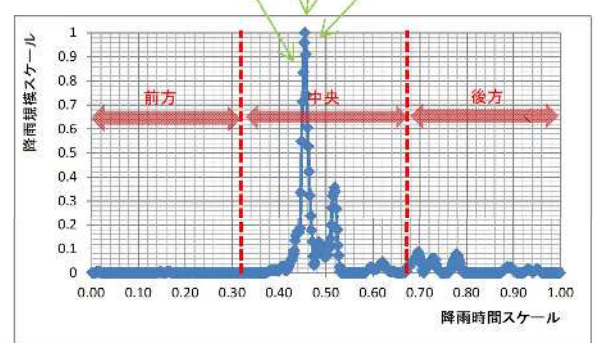
2
降雨強度
ピーク時刻



3
降雨強度
ピーク時刻
15分後



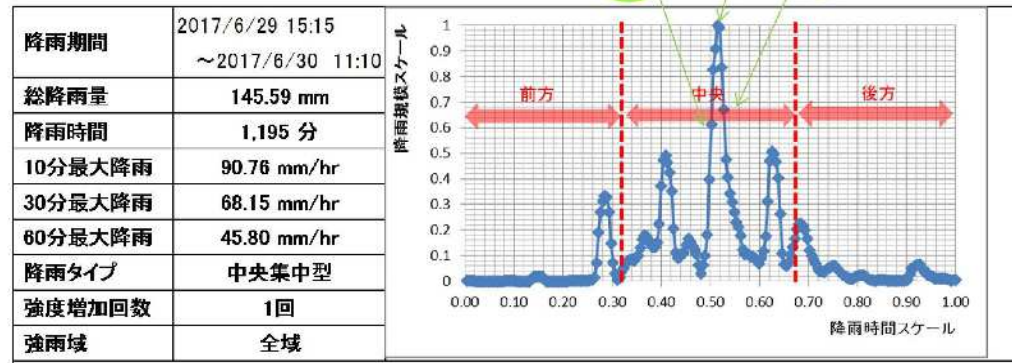
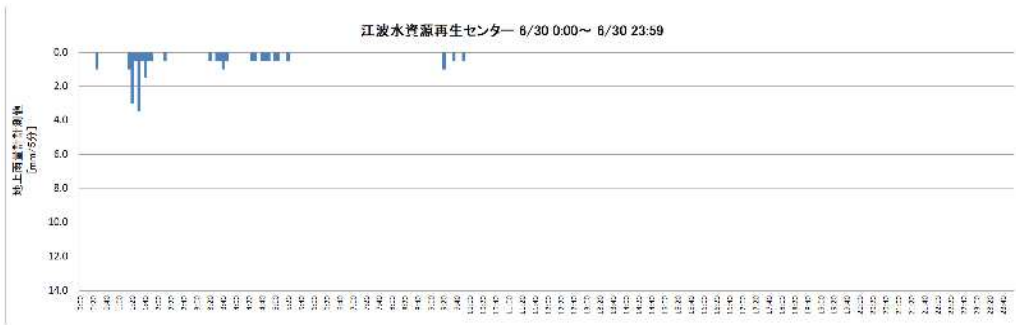
降雨期間	2016/9/17 20:10 ~9/18 1:10
総降雨量	108.20mm
降雨時間	2855 分
10 分最大降雨	113.56mm/hr
30 分最大降雨	89.78mm/hr
60 分最大降雨	61.93mm/hr
降雨タイプ	中央集中型
強度増加回数	1回
流域	排水区全域



※表内の降雨強度は排水区内の分布雨量の平均値
 ※グラフは降雨時間と60分間雨量を正規化している

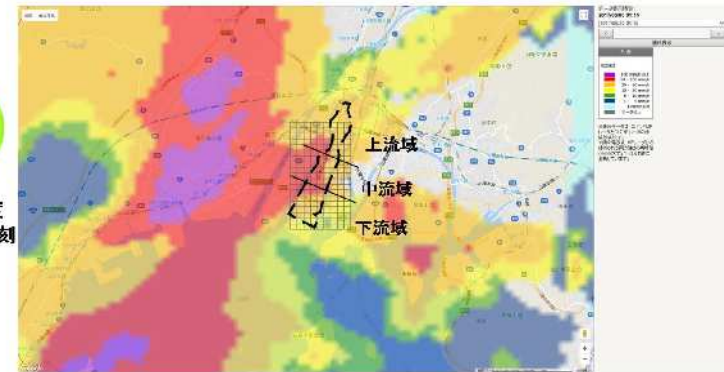
図2 H28.9.17降雨の降雨特性

2. 自主研究

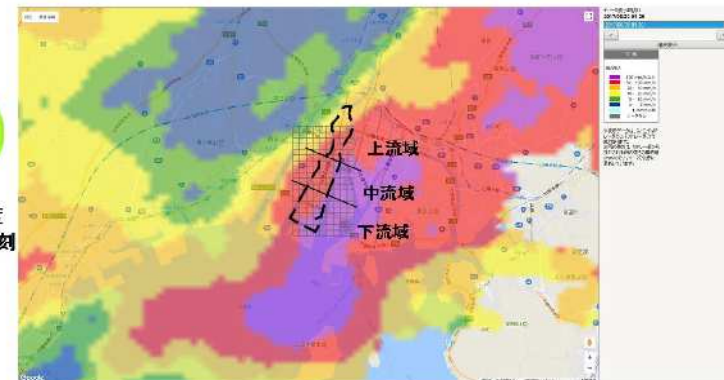


※表内の降雨強度は排水区内の分布雨量の平均値
 ※グラフは降雨時間と60分間雨量を正規化している

1
降雨強度
ピーク時刻
15分前



2
降雨強度
ピーク時刻



3
降雨強度
ピーク時刻
15分後

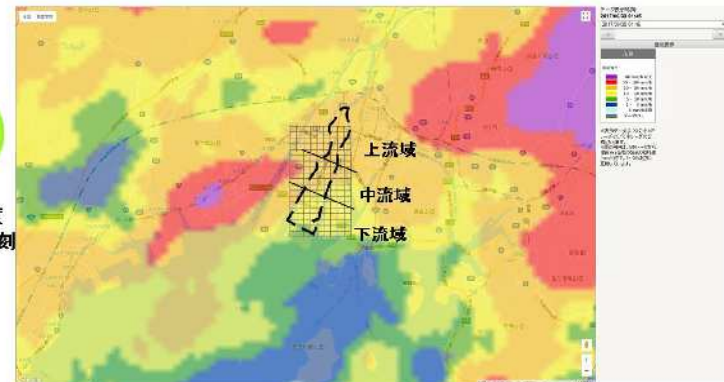
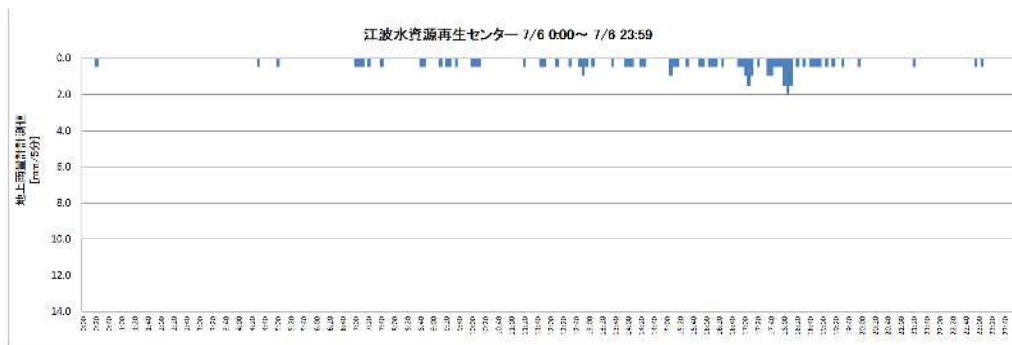


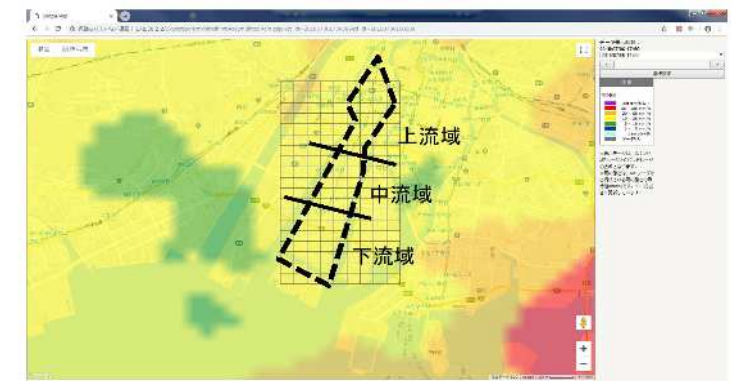
図3 H29.6.30降雨の降雨特性

2. 自主研究



1

降雨強度
ピーク時刻
15分前



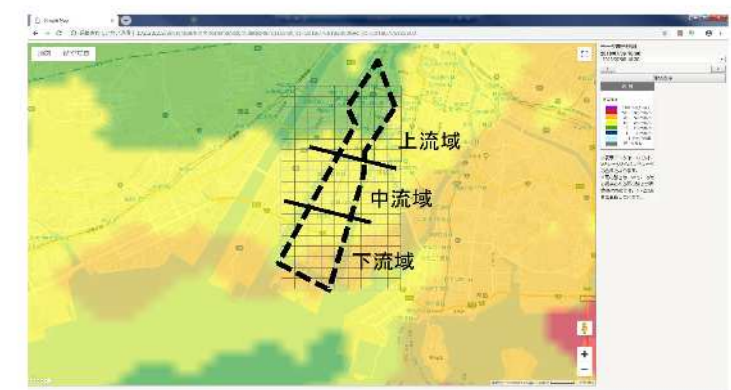
2

降雨強度
ピーク時刻

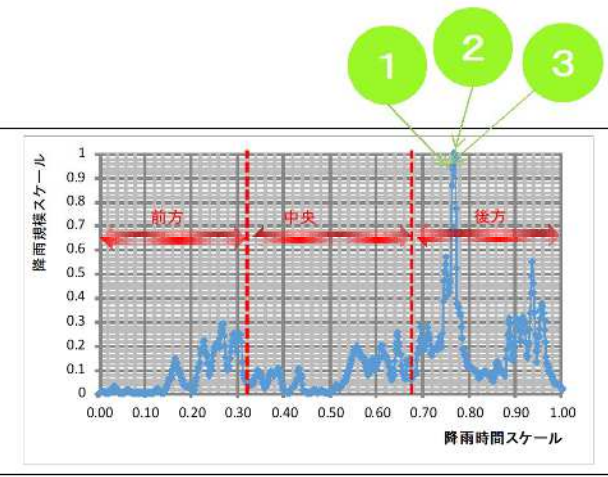


3

降雨強度
ピーク時刻
15分後



降雨期間	2018/7/5 1:10 ~2018/7/7 6:50:00
総降雨量	377.53 mm
降雨時間	3,200 分
10分最大降雨	94.74 mm/hr
30分最大降雨	58.76 mm/hr
60分最大降雨	42.57 mm/hr
降雨タイプ	後方集中型
強度増加回数	2回
強雨域	全域



※表内の降雨強度は排水区内の分布雨量の平均値
※グラフは降雨時間と60分間雨量を正規化している

図4 H30.7.5降雨の降雨特性

2. 自主研究

概要 ②リアルタイム浸水予測シミュレーションの予測精度向上

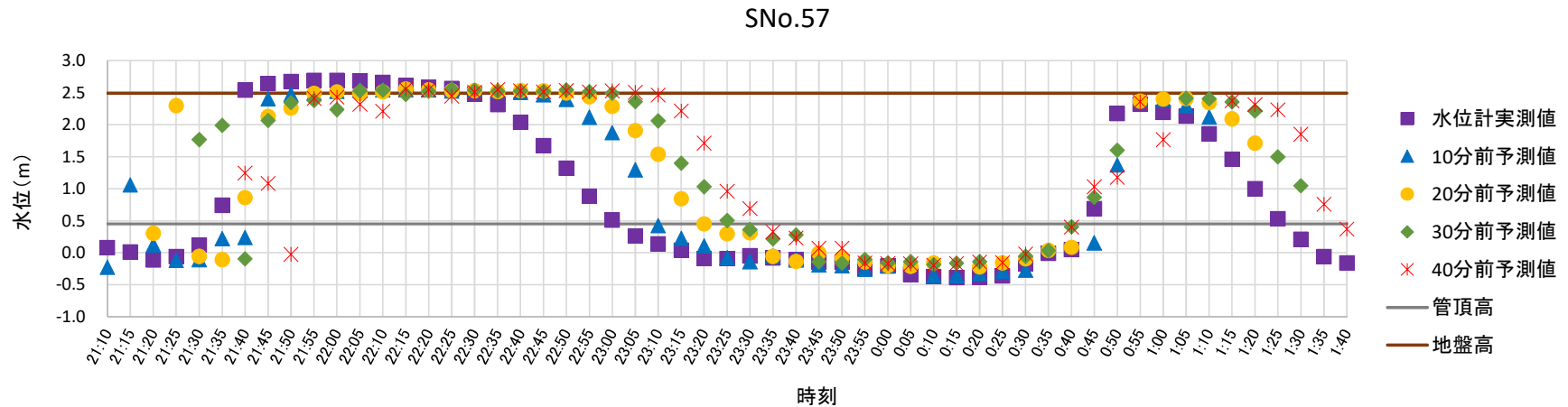


図5 H28.9.17降雨における水位の実測値と予測値の比較

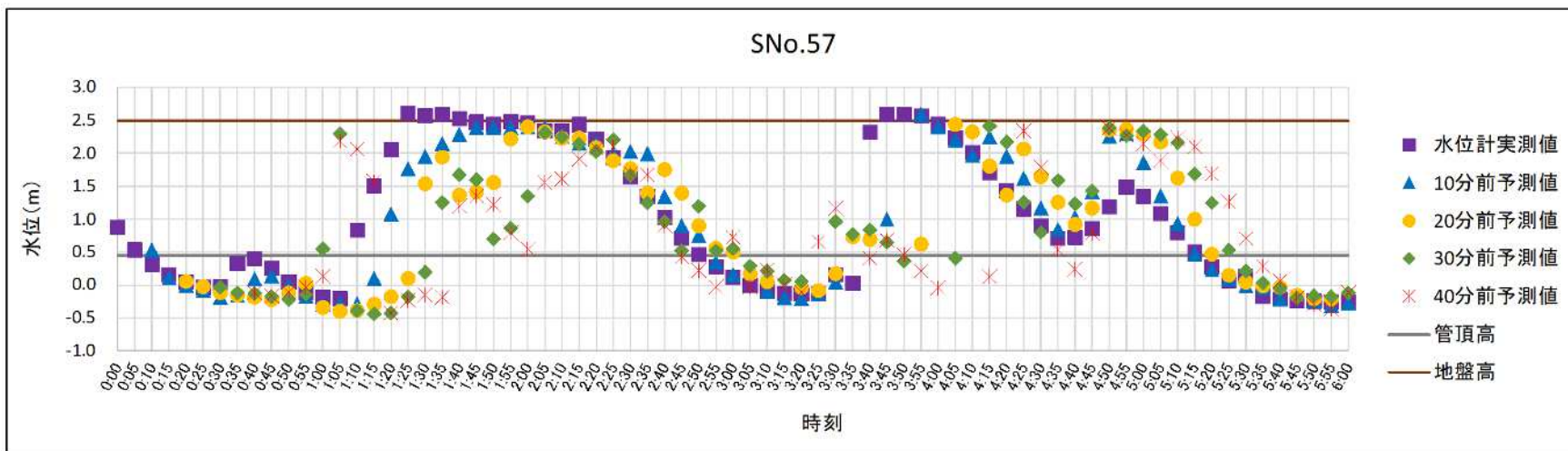


図6 H29.6.30降雨における水位の実測値と予測値の比較

2. 自主研究

概要 ②リアルタイム浸水予測シミュレーションの予測精度向上

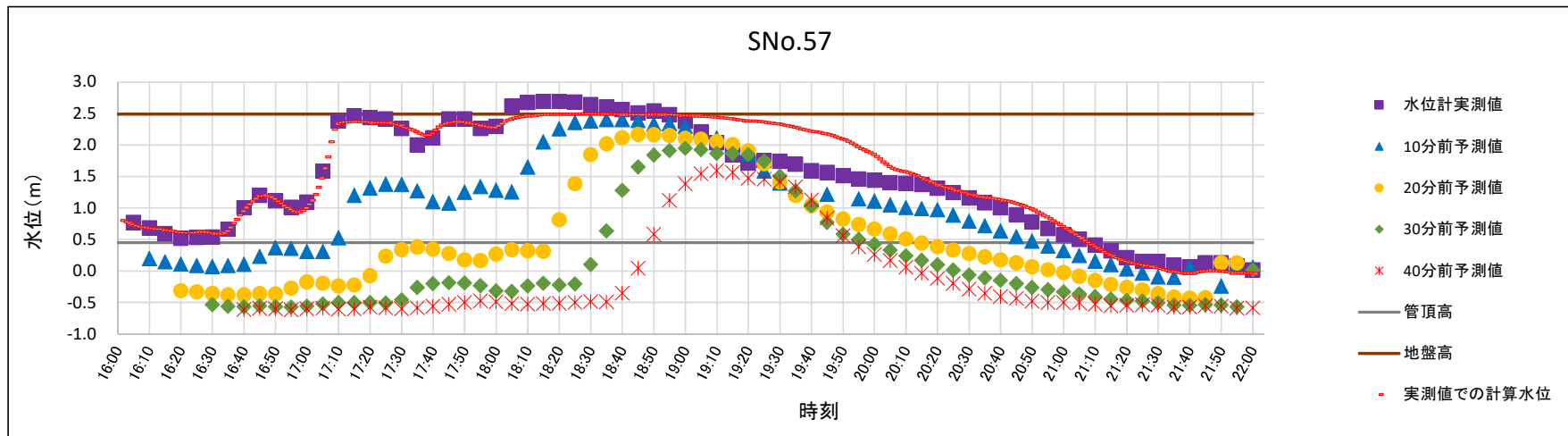


図7 H30.7.5降雨における水位の実測値と予測値の比較

2. 自主研究

概要 ③ 浸水被害軽減効果の検証

自主研究期間中に浸水を伴う3降雨のうち、実測値とシミュレーション結果が比較的近似していた2降雨を対象に、実証フィールド内の3ポンプ場の現状運転と対策運転※の浸水面積を比較した。

排水区全域一様に下水道計画降雨を上回る規模であったH28.9.17降雨(63mm/hr※)では対策効果は低いが、これを若干下回るH29.6.30降雨(40mm/hr※)では13%の浸水面積の削減が見込まれる結果であった。

ガイドラインP.41では、現状で浸水が発生し始める、計画降雨を下回るような降雨を対象に概ね1割程度の削減効果を見込んでいるため、期待される効果は発揮できている。

※「対策運転」: 既設合流幹線の浸水しやすい地点の管内水位が5割に達した段階で、末端ポンプ場の早期運転と中継2ポンプ場の送水量減少を行う運転。

※文中の実績降雨量は地上雨量計での計測値でありシミュレーションで使用したXRRAIN降雨データとは異なる。

表1 実績降雨における浸水被害軽減効果

検討ケース	評価項目	対象降雨	
		2016/9/17	2017/6/30
現状運転	浸水面積 (ha)	98.50	89.50
対策運転	浸水面積 (ha)	96.70	77.70
	浸水削減面積 (ha)	1.80	11.80
	削減率※	2%	13%
備考		H28年間 最大降雨	H29年間 最大降雨

※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

2. 自主研究

自主研究結果

① 降雨時運用データ計測・分析

データサーバーHDDの故障によるデータ蓄積の問題は発生したものの、リアルタイム計測は比較的安定して実施できた。

増補管の使用状況の把握を目的として設置した光水位計は、2つの実績豪雨において故障しており、短時間での急激な水位上昇が要因と考えられる。ただし、計測目的である増補管の使用状況は確認できており、システム上の大きな問題はなかった。

② リアルタイム浸水予測シミュレーションの予測精度向上

累積雨量の少ない豪雨ではリアルタイム浸水予測シミュレーションの予測精度は10～20分先予測値まで高い精度が確認できた。一方、累積雨量が多い豪雨では降雨予測値の乖離に起因して予測値と実績値に乖離が発生している。

③ 浸水被害軽減効果の検証

降雨によって差異はあるものの、ガイドラインにて期待した10%程度の浸水削減効果が期待できる。

1. 研究概要
2. 自主研究
- 3. 実証施設の性能比較**
4. ガイドラインについて
5. 普及展開
6. まとめ

3. 実証施設の性能比較(その他項目)

概要

使用した水位計で計測対象である合流幹線内の水位および増補管の使用状況をリアルタイムで確認することができた。

ガイドラインP.15	今回
<p>§8 水位計</p> <p>本システムの要素技術として用いる水位計の選定にあたっては、以下の項目に関する仕様について確認した上で、機器の特徴や設置環境、費用等を勘案し、総合的に判断する。</p> <ol style="list-style-type: none">1) 満管以上の計測可否2) 計測精度3) 計測範囲4) 分解能5) データ転送	<p>圧力式水位計(小型光水位計)を使用。</p> <ol style="list-style-type: none">1) 満管以上の計測可否 ⇒圧力状態で計測できている2) 計測精度 ⇒シミュレーション結果より要求性能を確認3) 計測範囲 ⇒合流幹線内水位および増補管の使用状況を確認できている4) 分解能 ⇒要求性能どおり 水位1cm・1秒間隔計測5) データ転送⇒要求性能どおり

3. 実証施設の性能比較(その他項目)

概要

流出解析・浸水予測技術について本研究ではInfoWorks ICM Liveを使用した。
 実証研究期間中、ガイドラインの要求性能は満足していた。

ガイドラインP.25/資料編P.159

§13 流出解析・浸水予測技術

本システムで用いる流出解析・浸水予測技術は、レーダ雨量計の予測値をリアルタイムで収集し流出解析処理を行い、下水管路内の水位や浸水発生箇所を予測するものであることから、その選定にあたっては、以下の項目に関する仕様および条件について確認した上で、各技術の特徴や導入条件、費用等を勘案し、総合的に判断する。

(1) 必要となる仕様

- 1) リアルタイムでのレーダ雨量計の予測値の自動読み込み

(2) 現場ごとに考慮すべき条件

- 1) 予測精度
- 2) 解析時間 (情報提供間隔)

(2) 解析時間 (情報提供間隔)

実証研究におけるリアルタイム浸水予測シミュレーションにおける予測水位と計測水位の予測時間別誤差を表 3-7 に示す。実証研究では浸水を伴う降雨は発生していないため、解析時間は下水管路内水位に求められる予測精度を基に決定する。

下水管路内水位に求められる予測精度は5cmであり、予測水位と計測水位の誤差において 5cm 以上の誤差が発生するのは10分先の予測時間からである。一方、実証研究で要した解析時間は5分であるため、予測精度以上の誤差が発生する予測時間以内に解析を完了することができている。

したがって、解析時間 (情報提供間隔) は5分とする。

表 3-7 予測水位と計測水位の
 予測時間別誤差 (2015/8/17)

項目	予測時間	予測水位と計測水位の誤差(cm)
予測期間	5分先	3.9
	10分先	7.9
	20分先	6.2
	30分先	12.5
	40分先	18.4
	50分先	28.2
	60分先	50.2

今回

(2)現場ごとに考慮すべき条件

ガイドラインと同一地点で評価(H29.6.30降雨)

●予測精度(5cm以上の誤差発生予測時間)

浸水開始で5分先=ガイドライン5分先

浸水終了で10分先>ガイドライン5分先

⇒5分先予測で5cm未満の精度を確保可能

●解析時間(5分以内での解析完了)

今回:約3分<ガイドライン:5分

⇒5分以内での解析完了

表2 予測水位と計測水位の予測時間別誤差

項目	予測時間	予測水位と計測水位の誤差(cm)	
		浸水開始時刻 (1:25)	浸水終了時刻 (1:50)
予測期間	5分先	0.1	0.0
	10分先	82.8	3.5
	20分先	249.5	86.9
	30分先	278.4	173.0
	40分先	283.7	120.4
	50分先	196.0	143.4
	60分先	203.3	285.5

3. 実証施設の性能比較(浸水被害軽減効果)

概要

浸水被害軽減効果は、ガイドライン作成時は6種類の降雨を対象としたが、自主研究では26種類の降雨を追加して評価した。降雨によって効果に差はあるものの、ガイドラインで提示した平均10%程度の浸水被害軽減効果が期待できる。

ガイドラインP.41

検討ケース	項目	対象降雨					
		A	B	C	D	E	F
		2015/5/25	2015/8/17	2015/6/3	2015/10/27	2015/10/1	2015/11/24
現状運転	①浸水面積 (ha)	65.45	58.71	60.23	43.21	61.15	54.19
対策運転	②浸水面積 (ha)	46.65	53.00	58.93	35.37	59.71	46.70
	③浸水削減面積 (ha)	18.80	5.72	1.30	7.84	4.44	7.49
	④削減率*	29%	10%	2%	18%	7%	14%
備考		最大の削減効果		最小の削減効果		中間的な削減効果	

*浸水削減面積=①浸水面積-②浸水面積
 ※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

浸水面積の中間的な削減率14%
 6降雨で2~29%

※対象降雨は比較的強度の強い降雨のうち、波形実績のみを採用し、降雨強度は対象区域で浸水被害が想定される最小規模の3年確率降雨相当まで引き延ばしている。

今回

検討ケース	項目	対象降雨 (H28)						
		C	H	I	J	K	L	
		2017/5/17	2017/2/1	2017/2/29	2017/8/16	2017/9/25	2017/9/14	
現状運転	浸水面積 (ha)	96.80	74.31	49.54	87.12	49.92	39.92	
	浸水削減面積 (ha)	46.68	69.58	45.57	81.62	37.68	29.37	
対策運転	浸水面積 (ha)	2.12	3.73	6.27	3.92	3.24	5.35	
	削減率*	2%	20%	13%	6%	13%	15%	
備考		最大の削減効果		中間的な削減効果		最小の削減効果		

H28削減率
 2~20%

検討ケース	項目	対象降雨 (H29)					
		M	N	O	P	Q	R
		2017/5/30	2017/7/5	2017/7/23	2017/3/14	2017/10/12	2017/10/7
現状運転	浸水面積 (ha)	12.27	182.01	105.55	109.48	77.32	158.85
	浸水削減面積 (ha)	101.79	180.01	98.58	97.64	72.85	106.79
対策運転	浸水面積 (ha)	10.48	2.01	5.25	11.84	4.45	3.76
	削減率*	9%	2%	5%	11%	6%	3%
備考		最大の削減効果		中間的な削減効果		最小の削減効果	

H29削減率
 3~11%

検討ケース	項目	対象降雨 (H30)				
		S	T	W	X	Y
		2017/3/5	2016/5/29	2017/3/16	2017/3/7	2017/3/9
現状運転	浸水面積 (ha)	93.84	105.13	75.72	105.95	96.95
	浸水削減面積 (ha)	81.5	103.27	68.72	103.39	89.28
対策運転	浸水面積 (ha)	12.33	2.75	5.05	2.75	8.37
	削減率*	1%	3%	7%	3%	5%
備考		最大の削減効果		中間的な削減効果		最小の削減効果

H30削減率
 3~14%

検討ケース	項目	対象降雨 (R1)				
		Z	AA	AB	AC	AD
		2015/3/7	2015/3/19	2015/3/29	2015/8/23	2015/11/8
現状運転	浸水面積 (ha)	77.97	105.31	75.74	98.94	72.85
	浸水削減面積 (ha)	60.11	92.73	69.51	81.53	71.05
対策運転	浸水面積 (ha)	17.85	9.67	4.73	17.41	11.80
	削減率*	22%	9%	6%	5%	5%
備考		最大の削減効果		中間的な削減効果		最小の削減効果

R1削減率
 5~23%

検討ケース	項目	対象降雨 (R2)			
		AE	AF	AG	AH
		2006/5/11	2006/7/12	2006/7/29	2006/7/29
現状運転	浸水面積 (ha)	15.46	101.55	68.11	78.95
	浸水削減面積 (ha)	12.55	92.48	59.57	75.49
対策運転	浸水面積 (ha)	1.80	7.07	9.73	3.49
	削減率*	5%	12%	15%	1%
備考		最大の削減効果		最小の削減効果	

R2削減率
 4~15%

※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

1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. ガイドラインについて
5. 普及展開
6. まとめ

4. ガイドラインについて

概要

自主研究により、ガイドラインでの要求性能と相違ない結果が確認された。

1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. ガイドラインについて
- 5. 普及展開**
6. まとめ

5. 普及展開

(1) 実績

自治体名	年度	概要
S市	令和2～3年度 (進行中)	Tポンプ場におけるリアルタイム流出解析技術の導入の可能性について検討。 浸水軽減や運転最適化に対する効果を検証。
K市	令和2～3年度	既設ポンプ場・雨水滞水池のICT技術を活用した有効活用方策を研究。 既存の光水位計のリアルタイム計測データを活用し、既設の運用方法もしくは改造による浸水軽減対策を検討。

5. 普及展開

(2) 今後の予定

ターゲット	技術導入に伴い期待する効果
浸水軽減	・雨水ポンプの予測水位に基づく早期運転による浸水被害の低減 ・上流側合流ポンプ場の雨天時送水量調整による浸水被害の低減
運転最適化	・予測水位に応じた雨水ポンプ場の先行待機ポンプの起動・停止タイミングの最適化による省エネ運転、カーボンニュートラルへの貢献
ストック活用	・豪雨予測時における雨水滞水池の浸水対策活用による浸水被害の低減、合流改善施設の浸水対策としての併用利用



1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. ガイドラインについて
5. 普及展開
6. **まとめ**

6. まとめ

● リアルタイム計測技術

大量の降雨・水位データを取得するため、定期的なデータバックアップやクリーンアップ等のサーバーへの負荷低減や確実なメンテナンスが必要であるが、降雨及び水位のリアルタイム計測は長期間で安定して実施できた。

● リアルタイム浸水予測シミュレーションの予測精度

累積雨量の少ない豪雨での短時間予測であれば精度は確保できる。累積雨量の多い豪雨では降雨の予測精度の向上が望まれる。

● 浸水被害軽減効果

降雨によって差異はあるものの、ガイドラインにて期待した10%程度の浸水削減効果が期待できる。

● 普及展開

浸水対策の活用のほか、浸水対策施設の省エネ等の運転適性化や合流改善施設の併用利用への活用等、幅広い需要が増加しており、今後の普及が期待できる。