

第1節 実証研究結果

1.1 実証研究概要

(1) 実証研究名称

IoT と AI を活用した効率的予防保全型マンホールポンプ維持管理技術の実証研究

(2) 実施者

クリアウォーターOSAKA・クボタ・河内長野市・今治市・赤磐市共同研究体

(3) 実証期間

実証期間①：令和2年9月11日～令和3年6月8日

実証期間②：令和3年9月10日～令和4年3月31日

(4) 実証フィールド

- ・ 大阪府河内長野市（狭山処理区、滝畑処理区）
- ・ 愛媛県今治市（今治処理区、北部処理区、小部処理区、樋口処理区、大西処理区、井口処理区、宮浦処理区、吉海処理区）
- ・ 岡山県赤磐市（山陽処理区、熊山処理区）

(5) 実証研究の目的

下水道事業は建設の時代から改築・更新や維持管理の時代へと大きく構造変化している。また、技術者の恒常的な不足や、下水道使用料の減少、下水道施設の老朽化による故障リスクの増大や施設の改築更新需要が増加する中で、下水道事業全般に効率的な実施が求められている。多くの地方公共団体において、保有する膨大なストック（施設・管路・設備）について、故障等のリスク増大への対応、維持管理費の抑制・削減を図るための予防保全型維持管理への転換、技術の継承などの共通の課題が顕在化してきた。とりわけ、マンホールポンプ施設の維持管理に関しては、機場数が多く、広範囲に点在しているため、維持管理における課題が山積している。一方で、近年の情報革命に代表される技術革新は目覚ましく、下水道維持管理分野においても AI や IoT 活用によって上記の課題解消が期待される。

本実証研究は、低コストで導入可能な AI を用いた異常運転検出機能や IoT を活用し、効率的予防保全維持管理への移行を促進し、維持管理の効率性向上を目的とする。

1.2 実証結果

実証研究における評価結果を表 1-1 に示す。

表 1-1 評価結果(実証期間①)

革新的技術	項目		目標	検証結果
異常運転検知機能	AI 検知性能	検出率	70%以上	73.8%
		正解率	70%以上	96.0%
	緊急出動回数低減効果		70%以上	83.0%
	異常運転時間削減効果		11%以上	最大 22%
	異常運転検知機能によるコスト削減率		コスト削減効果確認	約 15%コスト削減効果を確認
更新優先順位自動作成機能	ペーパーレス化	書類枚数削減	書類枚数削減効果確認	100~900 枚/年削減効果を確認
	情報一元化	点検報告書作成機能による時間削減	時間削減効果確認	約 78%時間削減効果を確認
		点検報告書作成機能によるコスト削減	コスト削減効果確認	約 73%コスト削減効果を確認
	更新優先順位自動作成		有効性確認	更新計画作成の資料として有効活用可能なことを確認
Web 会議システム	有効性(緊急時対応)	効率,利便性,データ共有等	有効性効果確認	専門技術者の知見や経験に基づいた的確な対応が可能なことを確認
	経済性(緊急時対応)	コスト削減	コスト削減効果確認	約 75%コスト削減効果を確認
		時間削減	時間削減効果確認	約 62%時間短削効果を確認

(1) 異常運転検知機能

1) 緊急出動回数低減効果

実証期間中の緊急出動回数は実証フィールド（3 地方公共団体）合計で 11 回であり、実証期間（0.43 年）を 1 年当たりの回数に換算すると 25 回／年となった。

令和元年度の実証フィールド（3 地方公共団体）合計の緊急出動回数実績である 154 回／年と比較して、緊急出動回数は 83%低減可能という結果となった。

実証研究における緊急出動回数低減効果の検証結果を表 1-2 に示す。

表 1-2 緊急出動回数の実績及び低減効果(実証期間①)

実証フィールド			河内長野市	今治市	赤磐市	計
機場数			80機場	82機場	32機場	194機場
過電流 〔異物堆積 噛み込み等〕	従来実績 (令和元年度)	1年当たり回数 (a)	72回/年	52回/年	30回/年	154回/年
		1機場当たり平均回数	0.90回/年	0.63回/年	0.94回/年	0.79回/年
	実証実績	実証期間回数	9回	1回	1回	11回
		実証期間	0.43年	0.43年	0.45年	0.43年
		1年当たり回数(換算) (b)	20.8回/年	2.3回/年	2.2回/年	25回/年
		1機場当たり平均回数	0.26回/年	0.03回/年	0.07回/年	0.13回/年
低減率 (1-b/a)			71%	95%	93%	83%

2) AI 検知性能

実証期間中の AI による異常運転検知時に、ポンプの引き上げ点検を実施し、異物詰まりやエアロック等の異常運転原因の有無とを確認することで、AI の判定結果と実際のポンプ設備の状態とを比較した結果を TP（異常的中）又は FP（空振り）として集計している。

また、正常状態確認のため AI が異常運転を検知していないマンホールポンプ施設においても、一度引き上げ点検を実施し確認することで、同様に FN（見逃し）又は TN（正常的中）として集計している。

これらの実証結果を基に AI 判定の検出率及び正解率を求め、AI 検知性能の評価としている。

実証期間中の AI 判定と実際のポンプ設備の状態との比較結果を表 1-3 に示す。

表 1-3 AI 判定と実際のポンプ設備の状態との比較結果(実証期間①)

(件数)		AI による判定	
		異常運転	正常運転
実際の ポンプ設備 の状態	異常	【TP】 異常的中 (True Positive) 31	【FN】 見逃し (False Negative) 11
	正常	【FP】 空振り (False Positive) 10	【TN】 正常的中 (True Negative) 479

- ・ 検出率 $= TP / (TP + FN) = 31 / (31 + 11) = 73.8 \%$
- ・ 正解率 $= (TP + TN) / (TP + FP + FN + TN)$
 $= (31 + 479) / (31 + 10 + 11 + 479) = 96.0 \%$

なお、AI が異常を検知せず見逃した事例のうち、現場確認時に異物詰まり等の異常が確認された事例では、実際には緊急出動に至っていないが緊急出動につながるものとして実績回数に含み計上した。これらの事象の大半は、現場確認の時点ではポンプの運転に影響を与えない異物詰まりであり、AI が判断する前段階で異常とみなした事例もカウントしている。このまま放置し、異物が大きくなりポンプ運転に影響を与えた段階で、AI が検知し未然に緊急出動を防止できると想定される。

2年目の実証においてはメール通知設定を変更可能とすると共に、現場確認要否の判断フローの運用により、空振り事例の発生がなく運用できることを確認した。

表 1-4 AI 判定と実際のポンプ設備の状態との比較結果(実証期間②)

(件数)		AI による判定	
		異常運転	正常運転
実際の ポンプ設備 の状態	異常	【TP】 異常的中 (True Positive) 8	【FN】 見逃し (False Negative) 0
	正常	【FP】 空振り (False Positive) 0	【TN】 正常的中 (True Negative) 14

3) 異常運転時間削減効果

異常運転時間削減率は実証研究における TP（異常的中）事例より算出した。算出方法（イメージ）を図 1-1 に示す。従来であれば異常運転は通常点検時に発見されるため「異常運転継続期間 D」継続される。それに対し、異常運転検知機能を導入すると通常点検以前に AI が異常運転を検知し対処できるため「削減可能期間 d」の期間における異常運転時間 T2 と正常運転時間 T1 の差分が削減可能であり、削減運転時間（ $d \times (T2 - T1)$ ）が算定できる。この削減運転時間（赤点線）を異常運転継続期間 D の総運転時間（緑点線）で除し異常運転時間削減率を評価した。

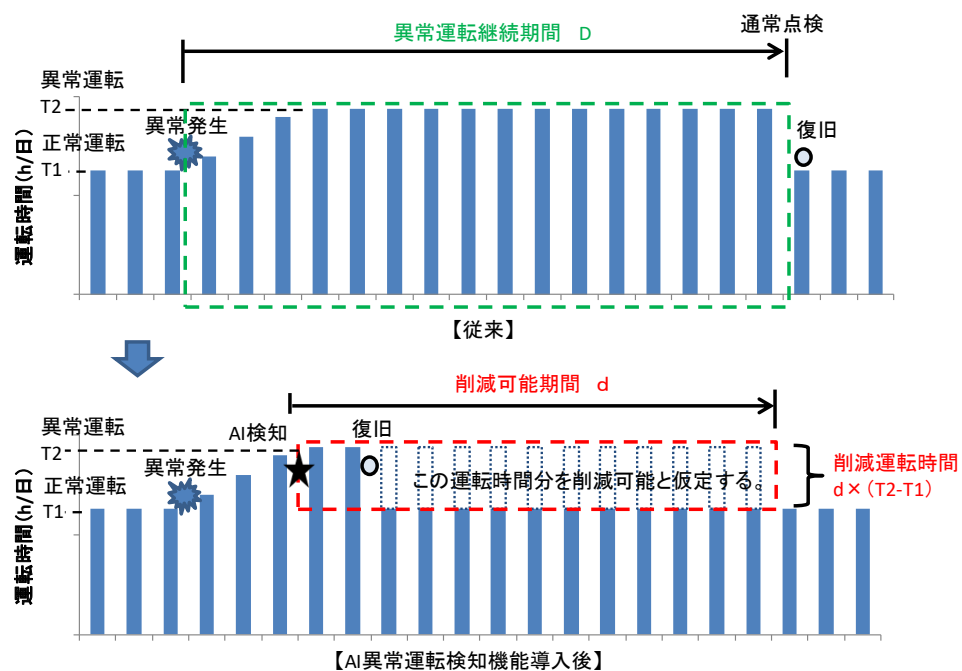


図 1-1 異常運転時間削減の算出方法イメージ

実証研究における異常運転継続期間 D 及び削減可能期間 d は、日常点検で確認する項目（目視点検や動作確認等）により異常を発見し、異常状態の解消までに要した期間の実績に加え、定期点検や故障発報により、実際にポンプを引上げて点検を実施し、異常状態の確認及び正常状態への復旧までに要した期間としている。そのため、マンホールポンプ施設の通常点検頻度によって異常運転の削減可能期間に変動があることに留意する。実証フィールドのマンホールポンプ施設では、計画的に実施される通常点検の頻度は、1 回／週～1 回／4 か月であった。

実証期間中の TP（異常的中）31 件において、異常運転時間の削減率を次のとおり求める。また、事象毎の異常運転時間の削減率を表 1-5 に示す。

$$\begin{aligned}
 \text{削減率} &= \frac{\text{期間 } d \times (\text{異常運転時間 } T2 - \text{正常運転時間 } T1)}{\text{異常運転継続期間 } D \text{ の総運転時間}} \\
 &= \frac{30.4 \text{ 日} \times (1\text{h}35\text{min/日} - 1\text{h}13\text{min/日})}{49\text{h}10\text{min}} \\
 &= \frac{11\text{h}01\text{min}}{49\text{h}10\text{min}} = 22 \% > 11\%
 \end{aligned}$$

異常運転時間削減効果は、地方公共団体毎の点検内容及び頻度等の維持管理体制並びに設備の使用周辺環境及び使用年数等によって異なるため、実証にて検証した削減率はあくまでも想定される削減効果の最大値であり、目安である。

事象原因別に見ると、異常運転時間の削減可能比率は「異物詰まり：16%」より「エアロック：28%」による削減率が高い傾向にあった(表 1-5)。これは、エアロックによる異常運転時間は、異物詰まりによる異常運転時間より長くなることを示している。本技術は「異物詰まり」だけではなく、異常運転時間の長い「エアロック」にも有効であり、異常運転時間の削減に効果的な技術であるといえる。

異常運転時間は、全ポンプ運転時間に占める割合は非常に少ないものの、ポンプに与える負荷が大きくなる。このため、極力異常運転時間を削減することでポンプに与える負荷を下げ、機器の延命化を実現することは、維持管理費の削減及び下水道サービスの安定提供に大きく貢献すると考えられる。

表 1-5 事象毎の異常運転時間の削減率(実証期間①)

No	事象発生日	事象原因	従来管理 の確認見 込み日	異常運転 発生日	AI検知日	異常運転 発生～AI検 知日までの 総運転時間	日当たり運転 時間 (異常運転 時間T2)	日当たり運転 時間 (正常運転 時間T1)	日当たり異常 運転削減時 間 (T2-T1)	異常運転 継続期間D	削減可能 期間d	異常運転 継続期間Dの 総運転時間	異常運転 削減可能 時間 期間d× (T2-T1)	削減可能 比率
1	12/3	異物詰まり	3/31	11/17	11/26	15:47	1:43	1:31	0:12	134	125	231:28	25:21	11%
2	12/3	エアロック	3/31	11/29	11/29	0:00	1:28	1:20	0:08	122	122	180:20	17:32	10%
3	12/9	エアロック	1/8	12/8	12/8	0:00	1:28	1:01	0:27	31	31	45:54	14:18	31%
4	12/20	エアロック	12/20	12/19	12/19	0:00	1:36	1:25	0:10	1	1	1:36	0:10	11%
5	12/22	エアロック	1/19	12/19	12/19	0:00	6:51	3:52	2:59	31	31	212:39	92:29	43%
6	12/22	電気系統故障		12/18	12/18									
7	12/28	異物詰まり	1/4	12/24	12/25	3:25	3:38	3:31	0:07	11	10	39:54	1:11	3%
8	12/29	異物詰まり	12/29	12/22	12/26	2:11	0:33	0:31	0:02	7	3	3:52	0:08	4%
9	1/4	異物詰まり	1/4	12/25	12/30	17:16	3:34	3:16	0:18	10	5	35:10	1:33	4%
10	1/13	異物詰まり	3/27	12/27	12/28	0:49	0:50	0:39	0:10	90	89	75:48	15:44	21%
11	1/15	エアロック	2/13	1/13	1/13	0:00	2:45	0:38	2:07	31	31	85:18	65:40	77%
12	1/26	エアロック	2/15	1/15	1/15	0:00	1:52	1:16	0:35	31	31	58:05	18:27	32%
13	1/28	異物詰まり	1/28	1/5	1/9	2:27	0:55	0:45	0:10	23	19	20:01	3:19	17%
14	2/12	異物詰まり	3/4	2/4	2/5	0:21	0:18	0:15	0:03	28	27	8:42	1:21	16%
15	2/12	異物詰まり	3/7	2/7	2/7	0:00	1:27	1:12	0:15	28	28	41:01	7:01	17%
16	2/14	異物詰まり	2/14	2/11	2/11	0:00	0:52	0:34	0:18	3	3	2:38	0:55	35%
17	3/3	異物詰まり	3/26	2/26	2/26	0:00	0:11	0:10	0:00	28	28	5:26	0:23	7%
18	3/11	異物詰まり	4/4	3/4	3/4	0:00	2:18	1:37	0:40	31	31	71:29	21:01	29%
19	3/25	異物詰まり	3/25	3/23	3/23	0:00	1:40	1:10	0:29	2	2	3:20	0:59	30%
20	4/14	異物詰まり	5/3	4/3	4/3	0:00	0:30	0:19	0:10	30	30	15:20	5:25	35%
21	4/14	異物詰まり	5/7	4/7	4/7	0:00	0:09	0:06	0:03	30	30	4:53	1:42	35%
22	4/15	エアロック	5/2	4/2	4/2	0:00	2:23	2:22	0:00	30	30	71:37	0:13	0%
23	4/16	異物詰まり	5/3	4/3	4/9	0:21	0:04	0:01	0:02	24	24	1:57	0:49	42%
24	4/18	異物詰まり	4/18	4/16	4/16	0:00	1:49	1:48	0:00	2	2	3:38	0:01	1%
25	4/20	エアロック	5/17	3/17	3/17	0:00	0:41	0:40	0:00	61	61	41:45	0:08	0%
26	4/20	異物詰まり	5/4	4/4	4/4	0:00	3:59	3:16	0:43	30	30	119:39	21:36	18%
27	4/20	エアロック	5/3	4/3	4/7	0:42	0:15	0:10	0:05	26	26	7:34	2:25	32%
28	4/27	エアロック	5/3	4/3	4/7	0:00	2:06	1:47	0:18	26	26	54:41	8:08	15%
29	4/30	エアロック	4/30	4/3	4/16	0:00	1:15	1:07	0:08	14	14	17:41	2:02	11%
30	5/11	異物詰まり	5/28	4/28	4/28	0:00	0:09	0:09	0:00	30	30	4:37	0:07	3%
31	5/11	異物詰まり エアロック	5/27	4/27	4/29	0:19	0:18	0:16	0:01	28	28	8:43	0:32	6%
合計							47:52	36:58	10:54	973	948	1475:01	330:54	
平均(全体)							1:35	1:13	0:21	32.4	30.4	49:10	11:01	22%
平均(異物詰まり)							1:19	1:07	0:12	29.9	28.6	36:43	5:45	16%
平均(エアロック)							1:55	1:19	0:35	36.0	36	65:29	18:30	28%

(2) 更新優先順位自動作成機能

機場台帳、点検報告書及び故障記録等の情報収集時間の削減により、維持管理が効率化される。また、維持管理に必要な情報がクラウド上で一元管理されるためペーパーレス化が期待できる。さらには、情報共有や担当者間の引き継ぎが容易になることも期待される。

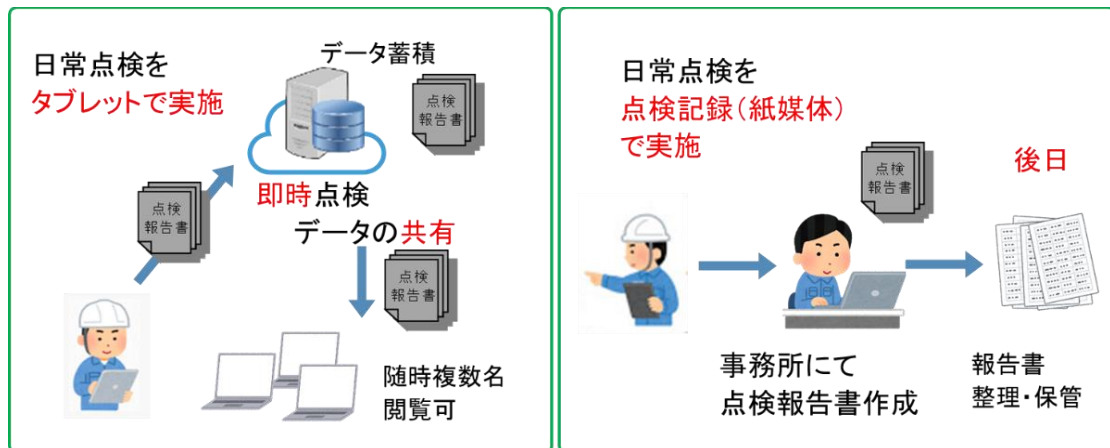


図 1-2 ペーパーレス化及び情報一元化

1) ペーパーレス化

従来の日常点検報告書、定期点検報告書、日報、月報、年報、機場台帳について、クラウド上で一元管理が可能となることからペーパーレス化（書類枚数削減効果）を見込むことができる。令和 2 年度の各地方公共団体の点検報告書枚数を従来点検報告書枚数（削減可能書類枚数）とし、実証研究で実施した方法によって削減可能な書類枚数を、担当者へのヒアリングにより確認した(表 1-6)。点検報告書枚数は、発注形態や維持管理業者によって、点検回数や報告書の様式が異なるため効果にバラつきがあった。

表 1-6 令和 2 年度点検報告書枚数(削減可能枚数)

	河内長野市	今治市	赤磐市
削減(枚/年)	292	900	100

2) 情報一元化

クラウド上での台帳データ及び点検データ等の情報一元化による維持管理効率化の効果（点検報告書作成時間、異常時の情報探索時間）を以下のとおり確認した。

①点検報告書作成時間

点検報告書作成時間（現場点検作業から点検報告までの時間）について、各維持管理業者による従来の方法で維持管理する全てのマンホールポンプ施設の月間の点検報告書作成時間を計測した（表 1-7）。本技術は、クラウドでの一元管理により点検結果をタブレット等を活用して現場入力することで、点検報告書が自動で作成される。そのため、従来の事務所における点検報告書作成にかかる時間が省略可能となる。

実証結果より、事務所での月間の点検報告書作成時間は、全体合計で 84.88h（表 1-7）、1 機場当たりの 0.31h（表 1-7 の平均値）の削減効果が期待できる。なお、従来の報告書作成にかかる時間は、維持管理業者ごとに点検の周期（頻度）、内容、項目等に影響されることを考慮する。

表 1-7 月間の点検報告書作成時間(従来)

維持管理業者	全機場数(実証対象機場数)	作成時間(h)※	1 機場当たり(h)
A 社	143 (80)	17.92	0.13
B 社	31 (23)	28.83	0.93
C 社	11 (7)	4.08	0.37
D 社	165 (79)	27.75	0.17
E 社	22 (20)	4.92	0.22
F 社	26 (20)	1.38	0.05

※作業時間(h)は、全機場数の事務所での報告書作成にかかる計測 2 回の平均

従来技術の点検報告書作成時間（現場作業時間の実測値 0.15h と事務所での 1 機場当たりの報告書作成時間の実測値平均 0.31h から算出）と、本技術による点検報告書作成時間（現場作業時間の実測値 0.1h）を用いて時間削減（表 1-8）及びコスト削減（表 1-9）を算出した。

表 1-8 更新優先順位自動作成機能による点検報告書作成の時間削減

	従来技術		本技術	
	1か所当たり (時間) * 1	100か所当たり (時間)	1か所当たり (時間) * 2	100か所当たり (時間)
現場作業	0.15	15	0.1	10
事務所作業	0.31	31		0
計		46		10
削減率 (%)				78.3%

* 1.2: 実証研究での実測結果

表 1-9 更新優先順位自動作成機能による点検報告書作成のコスト削減

	従来技術		本技術	
	1か所当たり 作業単価(円)	100か所当たり (円)	1か所当たり 作業単価(円)	100か所当たり (円)
現場作業	1,125	112,500	750	75,000
事務所作業	2,325	232,500	0	0
機器費		0		20,000
計		345,000		95,000
削減率(%)				72.5%

作業単価は、1日当たり30,000円として算出

② 異常時の情報探索時間

点検で異常が見つかった場合を想定し、①前年度同月点検時の絶縁抵抗値（又は電流値）、②納入後経過年数、③1日当たりの運転時間、④ポンプの口径・出力・吐出量・全揚程の4つの情報を確認するまでの時間について、従来手法（紙ベース報告書・台帳）、情報一元化によるデータベースを活用した方法の2パターンで、地方公共団体職員による情報検索時間を計測し比較した。

従来の紙ベースと比較して情報検索の対応時間は、河内長野市で73%、今治市で79%、赤磐市で98%、単純平均で83%の短縮効果が確認された。赤磐市では担当職員の勤務地以外の下水処理施設に報告書類を保管していたため情報検索に時間を要す結果となった。

表 1-10 情報検索時間の比較

【従来手法】

	①	②	③	④	合計(a)
河内長野市	3分	2分	3分	4分	12分
今治市	3分55秒	1分47秒	55秒	1分47秒	8分24秒
赤磐市	15分	15分	15分	13分30秒	58分30秒

【情報一元化によるデータベースを活用した方法】

	①	②	③	④	合計(b)	削減率 (1-b/a)
河内長野市	2分2秒	27秒	30秒	18秒	3分17秒	73%
今治市	46秒	17秒	34秒	10秒	1分47秒	79%
赤磐市	23秒	19秒	30秒	10秒	1分22秒	98%

③ 地方公共団体及び維持管理業者への聞き取り調査

情報一元化による効果について、地方公共団体や維持管理業者へ聞き取り調査を実施した(表 1-11)。

表 1-11 情報一元化による効果の聞き取り調査結果

	河内長野市	今治市	赤磐市
効率化	○	-	○
迅速化	○	○	○
利便性向上	○	○	○
省スペース	-	○	-
操作性	○	-	△

(○：効果確認、△：課題点、－：コメントなし)

点検報告書作成にかかる業務時間は、維持管理業務の効率化が河内長野市、赤磐市で確認された。今治市では維持管理業者の中に、独自のデータベースを構築している業者もあるため、効率化が実感できたという効果確認には至らなかった。

また、運転情報・修繕履歴等の確認作業では、スマートフォン等端末による維持管理の現場での情報閲覧が可能となり作業の迅速化が確認された(表 1-10)。

複数担当者での情報共有ができるため技術継承等に役立つといった副次的な効果も期待される。

マンホールポンプ施設が島しょ部にまで多く点在する今治市では、その地域特性から点検報告書枚数が多量であったが、ペーパーレス化により省スペース化が期待できるとの評価が得られた。

一方、赤磐市では、現場で直接点検結果をクラウド入力できるといった評価の反面、タブレット端末を用いた点検結果入力における操作性が課題として挙げられた。

3) 更新優先順位自動作成機能

各地方公共団体の担当者を対象に、更新優先順位自動作成機能を実際に活用し、業務効率化に資するかについての効果を評価した結果等を以下に示す。

① 河内長野市

・ 更新優先順位自動作成結果

登録した台帳データ及び実証期間中に入力した点検データ（入力回数：2回）を元にクラウドシステムで自動作成された更新優先順位、発生確率及び影響度の評価項目を、図1-3、表1-12に示す。

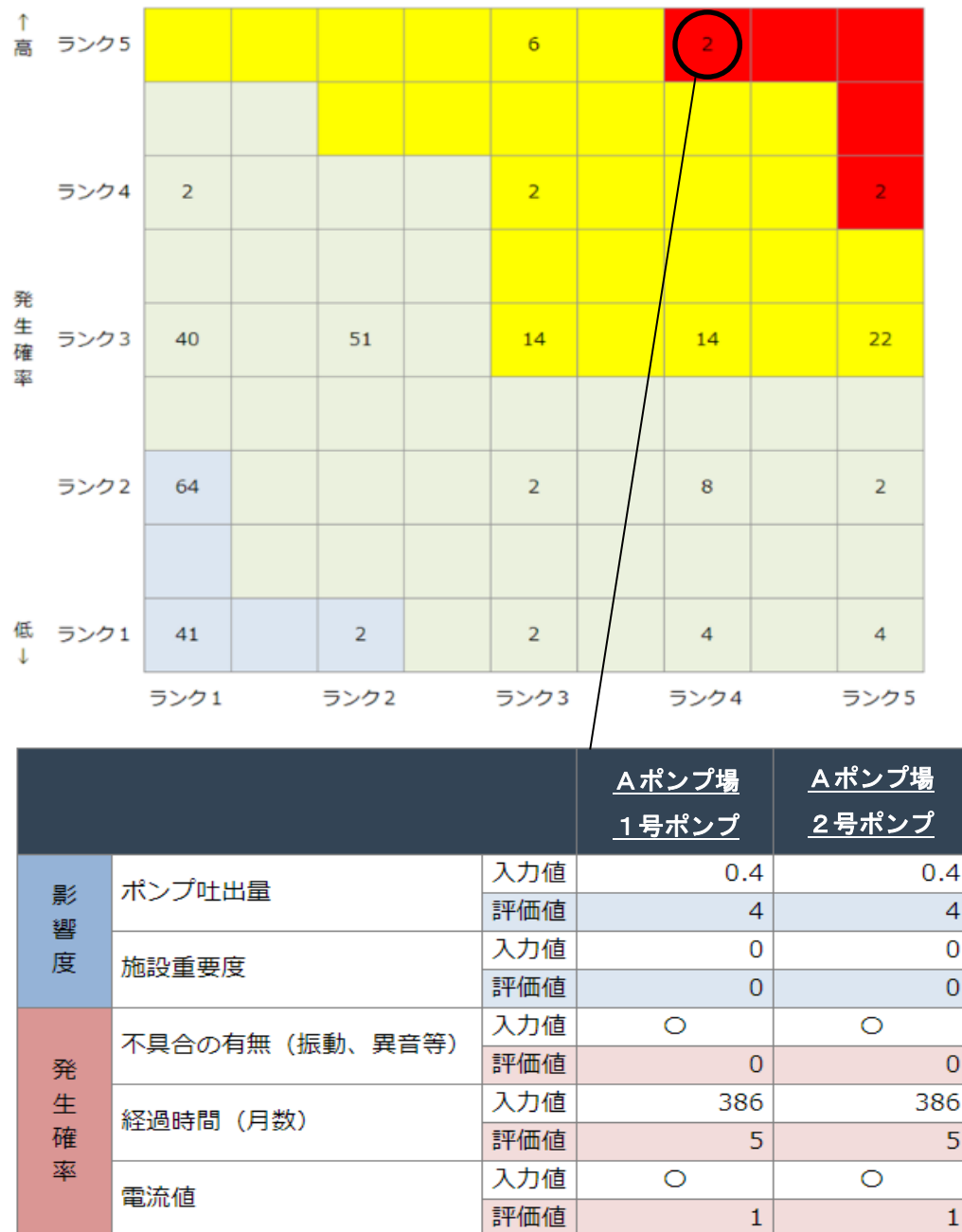


図1-3 河内長野市における更新優先順位自動作成結果及び
評価値「影響度:4 発生確率:5」の例

表 1-12 河内長野市における発生確率及び影響度の評価項目

	項目	データ元
影響度	吐出量	台帳
	施設重要度	台帳
発生確率	不具合の有無	点検記録
	経過年数（設置年度）	台帳
	電流値	点検記録

- 従来の更新計画手法

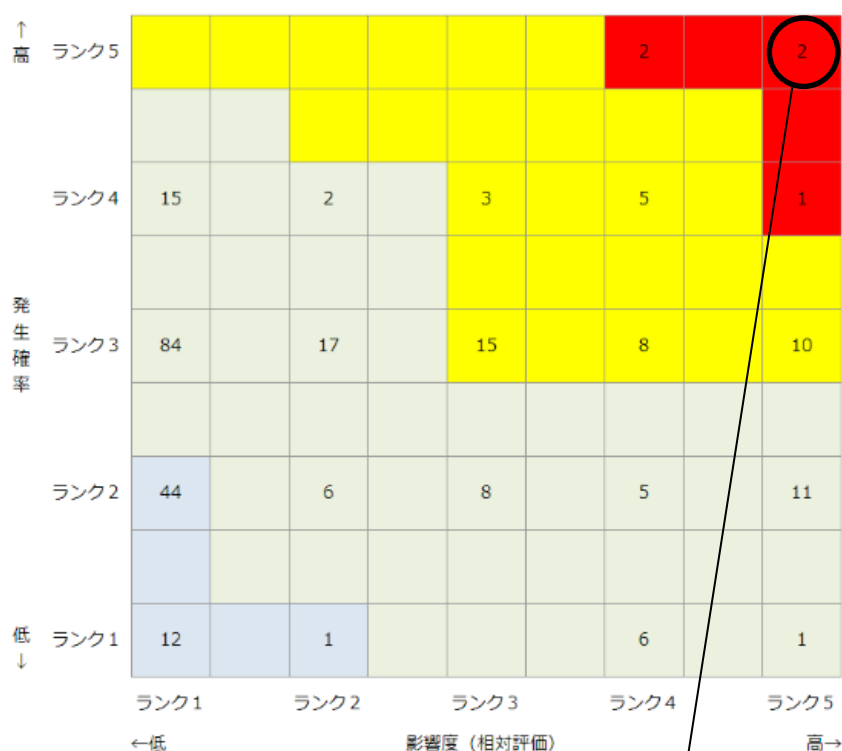
令和 2 年度より、作成したストックマネジメント計画をベースに、維持管理業者からの報告を加味して、更新計画を作成するように切り替えている。
- 比較結果

概ね担当者の感覚とは合致していた。クラウドシステムからダウンロードした各マンホールポンプ施設の詳細の評価値等のデータは、「客観的に評価されており分かりやすい」「作成済みのストックマネジメント計画の比較・参考資料として活用していきたい」との評価であった。

② 今治市

・ 更新優先順位自動作成結果

登録した台帳データ及び実証期間中に入力した点検データを元にクラウドシステムで自動作成された更新優先順位、発生確率及び影響度の評価項目を、図 1-4、表 1-13 に示す。



			Bポンプ場 1号ポンプ	Bポンプ場 2号ポンプ
影響度	ポンプ吐出量×運転時間	入力値	209.808	202.476
		評価値	5	5
	施設重要度	入力値	0	0
		評価値	0	0
発生確率	不具合の有無（振動、異音等）	入力値	○	○
		評価値	0	0
	経過時間（月数）	入力値	316	316
		評価値	5	5
	電流値	入力値	○	○
		評価値	1	1

図 1-4 今治市における更新優先順位自動作成結果及び
評価値「影響度:5 発生確率:5」の例

表 1-13 今治市における発生確率及び影響度の評価項目

	項目	データ元
影響度	運転時間	点検記録
	吐出量	台帳
	施設重要度	台帳
発生確率	不具合の有無	点検記録
	経過年数（設置年度）	台帳
	電流値	点検記録

・ 従来の更新計画手法

事後対応中心だが、一部施設（重要な施設）については、維持管理業者からの報告（点検情報）により、計画的な更新を実施している。

・ 比較結果

施設の影響度について、市の意見を踏まえてパラメータの調整を行い、市の考え方と一致した。「運用方法を確立する必要があるが、機器毎の計画的な修繕等の検討にも活用したい」との評価であった。パラメータ調整後の更新優先順位自動作成結果を図 1-5 に示す。

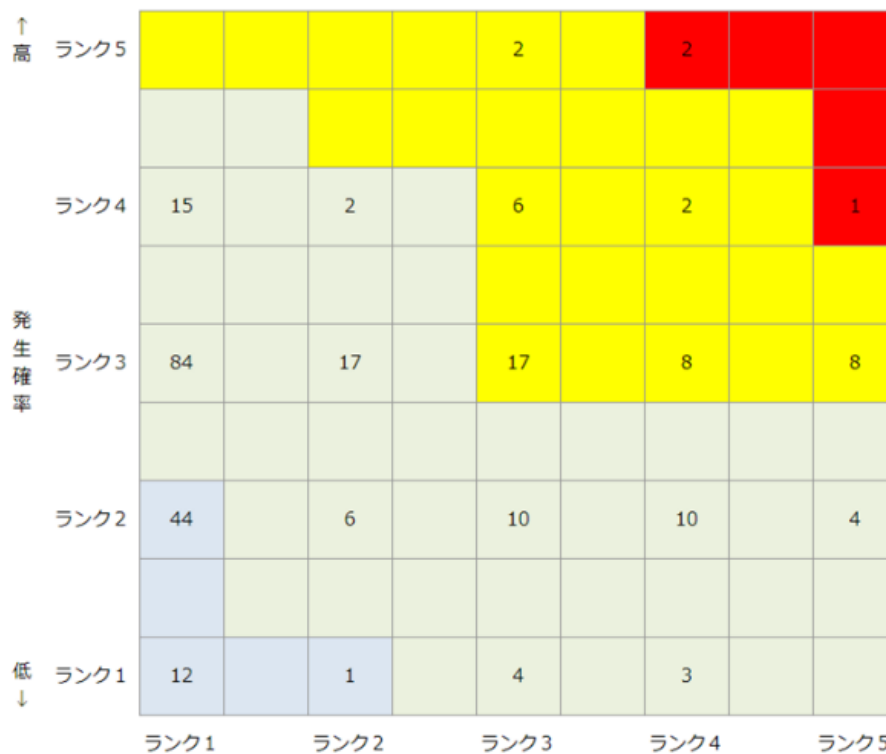
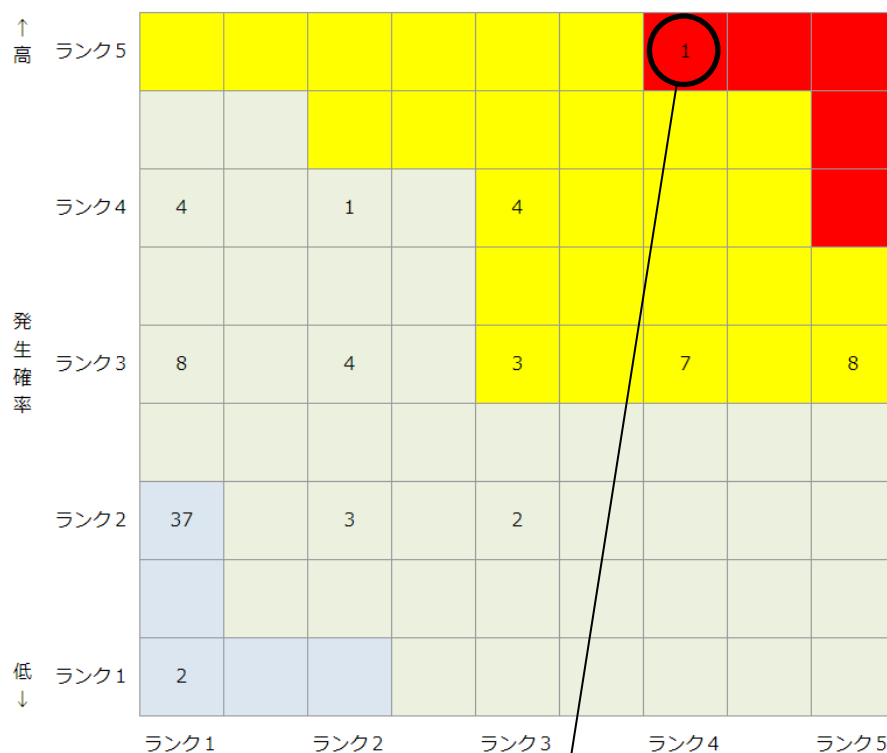


図 1-5 今治市におけるパラメータ調整後の更新優先順位自動作成結果
（機器:ポンプ）

③ 赤磐市

・ 更新優先順位自動作成結果

登録した台帳データ及び実証期間中に入力した点検データを元にクラウドシステムで自動作成された更新優先順位、発生確率及び影響度の評価項目を、図 1-6、表 1-14 に示す。



			Cポンプ場 1号ポンプ
影響度	ポンプ吐出量×運転時間	入力値	3601.125
		評価値	4
	施設重要度	入力値	0
		評価値	0
発生確率	不具合の有無（振動、異音等）	入力値	○
		評価値	0
	経過時間（月数）	入力値	234
		評価値	3
	絶縁抵抗値	入力値	0.5
		評価値	5
	電流値	入力値	○
		評価値	1

図 1-6 赤磐市における更新優先順位自動作成結果
及び評価値「影響度:4 発生確率:5」の例

表 1-14 赤磐市における発生確率及び影響度の評価項目

	項目	データ元
影響度	運転時間	点検記録
	吐出量	台帳
	ケーブル長	台帳
	施設重要度	台帳
発生確率	不具合の有無	点検記録
	経過年数（設置年度）	台帳
	絶縁抵抗値	点検記録
	電流値	点検記録

- ・ 更新計画手法

従来の経過年数及び絶縁抵抗（点検結果）又は維持管理業者からの不具合報告内容等で判断しているが、更新と判断する明確な基準値の設定はなく、保有するマンホールポンプ施設全体の状況を客観的に把握することが困難である。これにより、事業計画の作成が困難であり、結果的に事後対応になっているケースが多い。

- ・ 比較結果

「影響度 4、発生確率 5」と評価される C ポンプ場 1 号ポンプは、赤磐市が更新が必要と判断している箇所と一致している。また、経験の少ない担当者でも、機器の状況を可視化できることを確認した。

(3) Web 会議システム

導入効果を算定するため、AI が異常判定したマンホールポンプ施設の現場を目視で確認する場合と、現場から離れて Web 会議システムの映像を介しての現状把握する場合の比較項目を図 1-7 に示す。

		従来の対応	Web 会議システム
維持管理業者		現場	現場
地方公共団体		現場(事後)	遠隔(Web 会議)
専門技術者		現場(事後)	遠隔(Web 会議)
比較項目	時間面	× (移動や日程調整に時間がかかる)	◎ (現場への移動時間が不要・迅速な対応可)
	技術面	◎ (現場状況の把握)	○ (専門技術者の知見と経験に基づいた的確な対応可)
	経済面	△ (トラブルの長期化)	○ (派遣費用や人件費の節減)

図 1-7 Web 会議システムと従来の対応との比較項目

1) 有用性

緊急時の対応として、維持管理業者を通じて状況を把握し、迅速な意思決定が必要である。通常、故障報告を受けてから、日程調整や移動時間を含めると現場での状況確認に時間を要する。Web 会議システムで代替できれば、時間面では時間削減が可能となり有用であり、技術面では専門技術者の知見に基づく迅速かつ適切な意思決定が可能となり有用である。また、クラウド上の機場台帳、点検報告書及び故障記録等の情報を閲覧しながらの意思決定が可能となる。

2) 経済性

時間計測データ等から時間削減効果を算定した。その結果に基づいて計算した各実証フィールドでの Web 会議 1 回当たりのコスト削減効果を、表 1-15 に示す。

表 1-15 Web 会議システムの経済性(コスト削減・時間削減)

コスト削減

単位：円

		従来技術	Web会議システム
河内長野市	人件費+交通費	48,923	14,753
	コスト削減率		69.8%
今治市	人件費+交通費	90,808	16,601
	コスト削減率		81.7%
赤磐市	人件費+交通費	47,594	14,517
	コスト削減率		69.5%
	合計	187,325	45,871
	コスト削減率		75.5%

時間削減

単位：分

		従来技術	Web会議システム
河内長野市	作業時間	296.5	117.5
	時間削減率		60.4%
今治市	作業時間（異常通報～会議招集）	437.5	132.5
	時間削減率		69.7%
赤磐市	作業時間（異常通報～会議招集）	228.5	115.5
	時間削減率		49.5%
	合計	962.5	365.5
	時間削減率		62.0%

Web 会議システムは、クラウド上の情報一元化の効果等と併せて効果が確認された。複数の担当者による情報共有化や現場状況の確認等によって、表 1-10 に示す結果のとおり情報検索の利便性が向上し、現場保守点検・緊急対応に係る現場確認が Web 会議システムに代替されたことによって、時間が削減された。

1.3 異常運転検知機能に係る技術適合性

実証フィールドの各マンホールポンプ施設の特性（ポンプ形式、口径、出力）、異常運転検知回数及び【TP】異常的中回数のデータを用いて重み付けすることにより、異常運転検知機能で検知されやすいポンプの特徴を相対的に比較した。「異常運転の検知」、更に「異常的中」が可能であるマンホールポンプ施設は、異常運転検知機能により未然に異常運転に対処できる可能性が高く、技術適合性が高いものと考えられる。そこで、1 機場当たりの異常運転検知回数を実証データから算出し、各マンホールポンプ施設の特性（ポンプ形式、口径、出力）に対し平準化及び重み付けを行って、技術適合性（ウエイト）として算出する。重み付けは、異常運転検知（高）：2Pt、異常運転検知（低）：1Pt とし、更に異常的中した場合は、異常的中：3Pt を重複して計上する。

(1) ポンプ形式の技術適合性

ポンプ形式の技術適合性を評価した結果を表 1-16 及び図 1-8 に示す。表 1-16 の具体的な計算式を以下に記載する。

「ポンプ形式毎の技術適合性（ウエイト）（g）」

$$= \{ (a) / (A) \times 2Pt + (b) / (B) \times 1Pt + (c) / (C) \times 3Pt \} / (H)$$

最も技術適合性が高いポンプ形式はボルテックス：0.53 であり、次いでスクリー：0.33、ノンクログ：0.14 である。ポンプ形式により異物詰まりやエアロックの発生確率が異なり、その発生確率が高いボルテックス型が技術適合性が高い結果となった。ボルテックスは他のポンプ形式に比べ異物詰まりやエアロックの発生しやすい形式であり、相対的に技術適合性の重み付けが高くなる。

ポンプ形式により技術適合性に变化があり、ポンプ形式が技術適合性に影響を与えると考えられる。

表 1-16 ポンプ形式の技術適合性評価

ポンプ形式	機場数	1機場当たりの回数（回/機場）			平準化 [※]			重み付け（Pt）			合計	技術適合性 ウエイト (g)
		異常運転検知		異常的中	異常運転検知		異常的中	異常運転検知		異常的中		
		高 (a)	低 (b)	TP (c)	高 (d)	低 (e)	TP (f)	高(2Pt)	低(1Pt)	TP(3Pt)		
ボルテックス	150	3.54	11.88	0.45	0.62	0.38	0.52	1.25	0.38	1.57	3.20	0.53
スクリー	29	1.14	4.31	0.41	0.20	0.14	0.48	0.40	0.14	1.43	1.97	0.33
ノンクログ	22	1.00	15.20	0.00	0.18	0.48	0.00	0.35	0.48	0.00	0.84	0.14
合計	201	5.68 (A)	31.39 (B)	0.87 (C)	1.00 a/A	1.00 b/B	1.00 c/C	2.00 d×2	1.00 e×1	3.00 f×3	6.00 (H)	1.00

※平準化：ポンプ形式毎の1機場当たりの異常運転発生割合

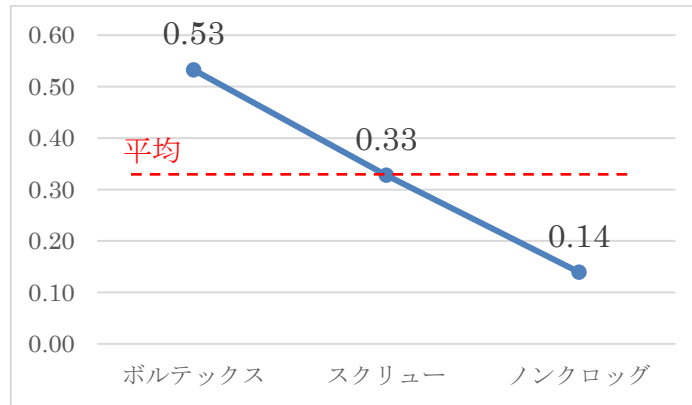


図 1-8 ポンプ形式の技術適合性評価

(2) ポンプ口径の技術適合性

ポンプ口径の技術適合性を評価した結果を表 1-17 及び図 1-9 に示す。表 1-17 の具体的な計算式を以下に記載する。

「ポンプ口径毎の技術適合性（ウエイト）（g）」

$$= \{ (a) / (A) \times 2Pt + (b) / (B) \times 1Pt + (c) / (C) \times 3Pt \} / (H)$$

各ポンプ口径の技術適合性は平均値 0.33 に近く、ポンプ口径により技術適合性が大きく変化しない。よって、ポンプ口径は技術適合性に与える影響は少ないと考えられる。

表 1-17 ポンプ口径の技術適合性評価

ポンプ口径	機場数	1機場当たりの回数（回/機場）			平準化子 [※]			重み付け（Pt）				技術適合性 ウエイト
		異常運転検知		異常的中	異常運転検知		異常的中	異常運転検知		異常的中	合計	
		高	低	TP	高	低	TP	高(2Pt)	低(1Pt)	TP(3Pt)		
		(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)					
50mm	49	2.429	7.408	0.367	0.342	0.291	0.478	0.683	0.291	1.435	2.41	0.40
65mm	46	0.978	5.413	0.261	0.138	0.213	0.340	0.275	0.213	1.019	1.51	0.25
80mm以上	106	3.703	12.628	0.140	0.521	0.496	0.182	1.042	0.496	0.545	2.08	0.35
合計	201	7.11	25.45	0.77	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	3.00	6.00	1.00
		(A)	(B)	(C)	a/A	b/B	c/C	d×2	e×1	f×3	(H)	

※平準化：ポンプ口径毎の1機場当たりの異常運転発生割合

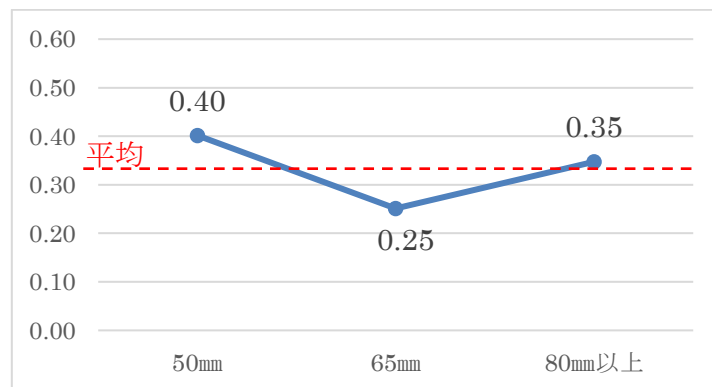


図 1-9 ポンプ口径の技術適合性評価

(3) ポンプ出力の技術適合性

ポンプ出力の技術適合性を評価した結果を表 1-18 及び図 1-10 に示す。表 1-18 の具体的な計算式を以下に記載する。

「ポンプ出力毎の技術適合性（ウエイト）（g）」

$$= \{ (a) / (A) \times 2Pt + (b) / (B) \times 1Pt + (c) / (C) \times 3Pt \} / (H)$$

各ポンプ出力の技術適合性は平均値 0.25 に近く、ポンプ出力により技術適合性が大きく変化しない。よって、ポンプ出力は技術適合性に与える影響は少ないと考えられる。

表 1-18 ポンプ出力の技術適合性評価

ポンプ出力	機場数	1機場当たりの回数（回/機場）			平準化			重み付け（Pt）				技術適合性 ウエイト
		異常運転検知		異常的中	異常運転検知		異常的中	異常運転検知		異常的中	合計	
		高	低	TP	高	低	TP	高(2Pt)	低(1Pt)	TP(3Pt)		
		(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)					
0.4kW以下	18	4.000	10.529	0.118	0.325	0.192	0.096	0.650	0.192	0.288	1.130	0.19
0.75kW以下	37	2.135	6.297	0.432	0.174	0.115	0.353	0.347	0.115	1.060	1.522	0.25
3.7kW以下	112	4.475	16.738	0.340	0.364	0.305	0.278	0.727	0.305	0.834	1.866	0.31
5.5kW以上	34	1.694	21.389	0.333	0.138	0.389	0.272	0.275	0.389	0.817	1.482	0.25
合計	201	12.30	54.95	1.22	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	3.00	6.00	1.00
		(A)	(B)	(C)	a/A	b/B	c/C	d×2	e×1	f×3	(H)	

※平準化：ポンプ口径毎の1機場当たりの異常運転発生割合

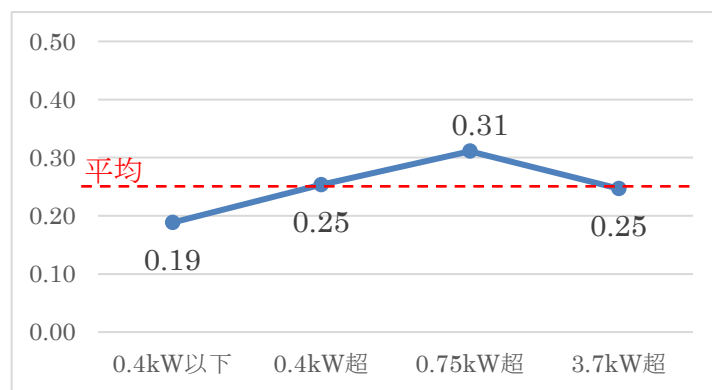


図 1-10 ポンプ出力の技術適合性評価

1.4 段階的導入検討

システムを導入する際には、地方公共団体の予算制約から、複数年度に亘って段階的に導入することが想定される。そこで、異常運転検知機能に係る技術適合性を加味した導入優先順位付けを行える手法について検討した。

マンホールポンプ施設のリスク評価は、「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン-2015 年版-」や「下水道マンホールポンプ施設の改築計画に関する技術資料-2016 年 3 月-」に準拠しており、異常運転検知機能に係る技術適合性を加味した優先順位付けが行える。実施手順は、①リスクの特定、②被害規模（影響度）の検討、③発生確率（不具合発生）の検討、④リスク評価の順である（図 1-11）。

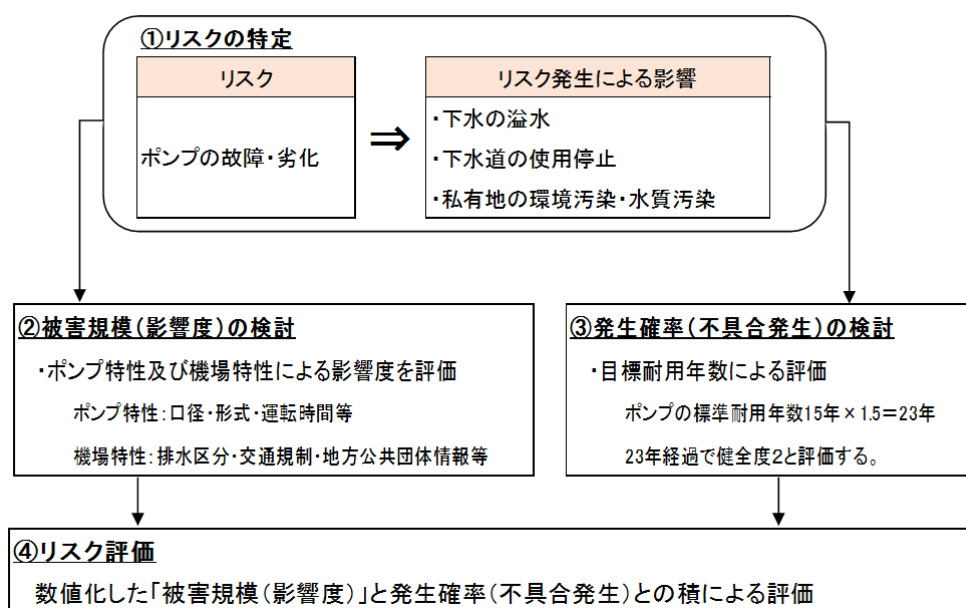


図 1-11 マンホールポンプ施設のリスク評価の実施手順

(1) リスクの特定

ポンプ（補器類等）の故障・劣化により、「下水の溢水」や「下水道の使用停止」等のリスク発生による影響があることが想定される。

(2) 被害規模（影響度）の検討

被害規模（影響度）は、ポンプ特性及び機場特性から総合的に評価した。

定量的な評価を行うため、重み付けを行う階層化意思決定法（AHP 法）で検討を行った。ここでは、ポンプ特性として、ポンプ口径、ポンプ形式、年間運転時間及びポンプ出力を、機場特性として、緊急出動、排水区分（地域特性）、交通規制及び地方公共団体情報を評価項目とする。各項目に関する重み付けは、表 1-19 に示すとおりである。

表 1-19 被害規模(影響度)各項目に関する重み付け(AHP 法)

階層1

項目	左項目								同等	右項目								項目
	極めて	非常に+	非常に	かなり+	かなり	少し+	少し	同等+		同等+	少し	少し+	かなり	かなり+	非常に	非常に+	極めて	
ポンプ特性 配点	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	機場特性 配点

評価基準	ポンプ特性	機場特性	調和平均	ウエイト
ポンプ特性	1	2	1.33	0.667
機場特性	1/2	1	0.67	0.333
			2.00	1.000

階層2

項目	左項目								同等	右項目								項目
	極めて	非常に+	非常に	かなり+	かなり	少し+	少し	同等+		同等+	少し	少し+	かなり	かなり+	非常に	非常に+	極めて	
ポンプ口径													○		○			ポンプ形式
ポンプ口径													○					年間運転時間
ポンプ口径													○					ポンプ出力
ポンプ形式																		年間運転時間
ポンプ形式					○													ポンプ出力
年間運転時間					○													ポンプ出力
配点	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	配点

評価基準	ポンプ口径	ポンプ形式	年間運転時間	ポンプ出力	調和平均	ウエイト
ポンプ口径	1	1/7	1/5	1/5	0.2222	0.080
ポンプ形式	7	1	1/5	5	0.6306	0.170
年間運転時間	5	5	1	5	2.5000	0.674
ポンプ出力	5	1/5	1/5	1	0.3571	0.096
					3.71	1.000

階層2

項目	左項目								同等	右項目								項目
	極めて	非常に+	非常に	かなり+	かなり	少し+	少し	同等+		同等+	少し	少し+	かなり	かなり+	非常に	非常に+	極めて	
緊急出動													○					排水区分(地域特性)
緊急出動					○													交通規制
緊急出動													○					地方公共団体情報

排水区分(地域特性)					○													交通規制
排水区分(地域特性)									○									地方公共団体情報
交通規制															○			地方公共団体情報
配点	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	配点

評価基準	緊急出動	交通規制	排水区分	地方公共団体情報	調和平均	ウエイト
緊急出動	1	1/5	5	1/5	0.3571	0.090
排水区分(地域特性)	5	1	5	1	1.6667	0.422
交通規制	1/5	1/5	1	1/7	0.2222	0.056
地方公共団体情報	5	1	7	1	1.7073	0.432
					3.95	1.000

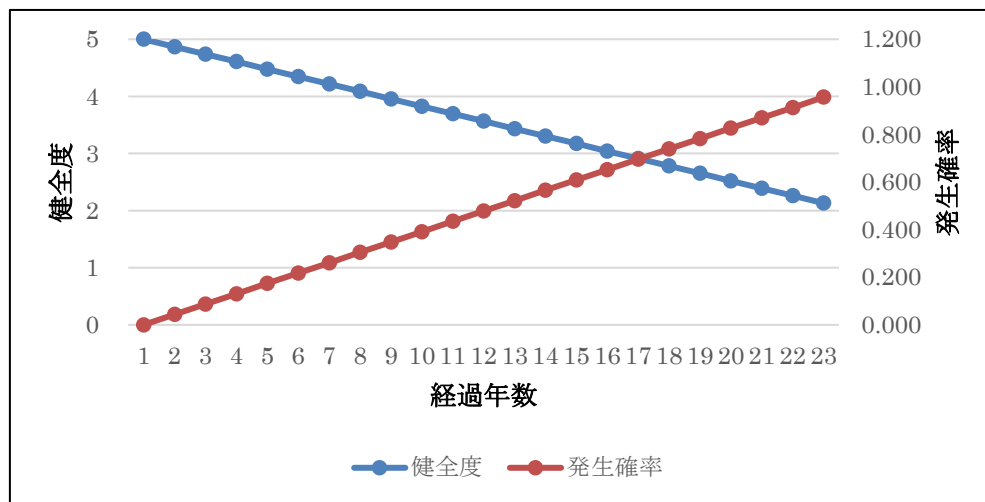
重み付けによる設定値の決定をもとに各機場の被害規模（影響度評価）を評価した。

表 1-20 機場別の被害規模(影響度)の算出(例)(AHP 法)

番号	機場名	リスク評価	発生確率	影響度	ポンプ特性 0.667											
					ポンプ口径			ポンプ形式			年間運転時間			ポンプ出力		
					0.060	設定値	リスク値	0.170	設定値	リスク値	0.674	設定値	リスク値	0.096	設定値	リスク値
○○	○○○○マンホールポンプ場	37.45%	95.7%	0.392	80	0.333	0.013	スクリュー	0.328	0.037	長時間	0.500	0.225	5.5	0.300	0.019
○○	○○○○マンホールポンプ場	30.91%	78.3%	0.395	80	0.333	0.013	ボルテックス	0.533	0.060	長時間	0.500	0.225	3.7	0.100	0.006
○○	○○○○マンホールポンプ場	30.15%	78.3%	0.385	80	0.167	0.007	ボルテックス	0.533	0.060	長時間	0.500	0.225	1.5	0.100	0.006
○○	○○○○マンホールポンプ場	29.34%	78.3%	0.375	80	0.333	0.013	ボルテックス	0.533	0.060	長時間	0.500	0.225	1.5	0.200	0.013
○○	○○○○マンホールポンプ場	29.16%	73.9%	0.395	65	0.500	0.020	ボルテックス	0.328	0.037	長時間	0.500	0.225	0.75	0.400	0.026
○○	○○○○マンホールポンプ場	29.08%	78.3%	0.372	150	0.333	0.013	スクリュー	0.533	0.060	長時間	0.500	0.225	11	0.100	0.006
○○	○○○○マンホールポンプ場	27.25%	73.9%	0.369	80	0.333	0.013	スクリュー	0.328	0.037	長時間	0.500	0.225	3.7	0.100	0.006
					機場特性 0.333											
					緊急出動			排水区分(地域特性)			交通規制			地方公共団体情報		
					0.090	設定値	リスク値	0.422	設定値	リスク値	0.056	設定値	リスク値	0.432	設定値	リスク値
	あり	0.667	0.020	一般+事業所	0.333	0.047	片側通行	0.333	0.006	情報(小)	0.167	0.024				
	なし	0.333	0.010	一般+事業所	0.333	0.047	通行止め	0.500	0.009	情報(小)	0.167	0.024				
	なし	0.333	0.010	一般+事業所	0.333	0.047	片側通行	0.333	0.006	情報(小)	0.167	0.024				
	なし	0.333	0.010	一般	0.167	0.023	片側通行	0.333	0.006	情報(小)	0.167	0.024				
	なし	0.333	0.010	一般+事業所	0.333	0.047	片側通行	0.333	0.006	情報(小)	0.167	0.024				
	なし	0.333	0.010	一般	0.167	0.023	通行止め	0.500	0.009	情報(小)	0.167	0.024				
	なし	0.333	0.010	一般+事業所	0.333	0.047	片側通行	0.333	0.006	情報(小)	0.167	0.024				

(3) 発生確率（不具合発生）の検討

設備の標準耐用年数（ポンプの場合は15年）に1.5を乗じた年数（ポンプの場合は23年）を目標耐用年数とし、目標耐用年数の経過時に発生確率（不具合発生）が100%、健全度2となるように、ポンプ設備の不具合発生確率、健全度予測を設定した（図 1-12）。図 1-12 をもとに各機場の発生確率（不具合発生）の評価を行う（図 1-13）。



経過年数	健全度	発生確率	経過年数	健全度	発生確率	経過年数	健全度	発生確率	経過年数	健全度	発生確率
0	5.00	0.0%	6	4.22	26.1%	12	3.43	52.2%	18	2.65	78.3%
1	4.87	4.3%	7	4.09	30.4%	13	3.30	56.5%	19	2.52	82.6%
2	4.74	8.7%	8	3.96	34.8%	14	3.17	60.9%	20	2.39	87.0%
3	4.61	13.0%	9	3.83	39.1%	15	3.04	65.2%	21	2.26	91.3%
4	4.48	17.4%	10	3.70	43.5%	16	2.91	69.6%	22	2.13	95.7%
5	4.35	21.7%	11	3.57	47.8%	17	2.78	73.9%	23	2.00	100.0%

図 1-12 ポンプ設備の不具合発生確率及び健全度予測の設定

No	番号	機場名	マンホールポンプ基礎情報		発生確率
			ポンプ		
			設置年度	経過年数	
1	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	2014/3/1	6	26.1%
2	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	2014/3/1	6	26.1%
3	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	2014/3/1	6	26.1%
4	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	1999/3/1	21	91.3%
5	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	1999/3/1	21	91.3%
6	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	1999/3/1	21	91.3%
7	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	1999/3/1	21	91.3%

図 1-13 機場別の不具合発生確率の算出(例)

(4) リスク評価

数値化を行った被害規模（影響度）と 発生確率（不具合発生）との積によりリスク評価値を算定し、数値の高い機場から優先度の高い機場となる。

順位	番号	機場名	リスク 評価	発生 確率	影響度
1	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	38.70%	95.7%	0.405
2	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	32.44%	78.3%	0.414
3	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	31.17%	78.3%	0.398
4	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	30.60%	78.3%	0.391
5	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	30.36%	78.3%	0.388
6	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	29.16%	73.9%	0.395
7	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	28.69%	73.9%	0.388
8	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	27.00%	69.6%	0.388
9	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	26.96%	73.9%	0.365
10	〇〇	〇〇〇〇マンホールポンプ場	26.33%	78.3%	0.336

図 1-14 機場別のリスク評価値の算出(例)

1.5 費用対効果

実証フィールドの各地方公共団体の令和元年度における維持管理費に対し、実証研究で得られた結果を用い、本技術導入による削減効果を算定する。

現状の維持管理の方法及び管理業務委託に含まれる業務や費用支払方法は各地方公共団体によって異なるので、算定条件を次のとおり整理して削減効果を算定する。

管理業務委託費用に緊急出動対応費を含んで契約するものとし、その緊急出動対応費は過去の緊急出動実績回数から算出された費用とする。その上で、緊急出動対応回数を低減した分、次年度の委託契約では委託費が削減できる。また、緊急出動に至る前にAIで異常運転を検知し、通常の点検を前倒して対応することで緊急出動が低減できることを前提条件として算定する(図1-15)。

また、修繕費においては、異常運転時間が削減された分、機器の延命化が図られ、年当たりのオーバーホール費が削減されることを前提とする。

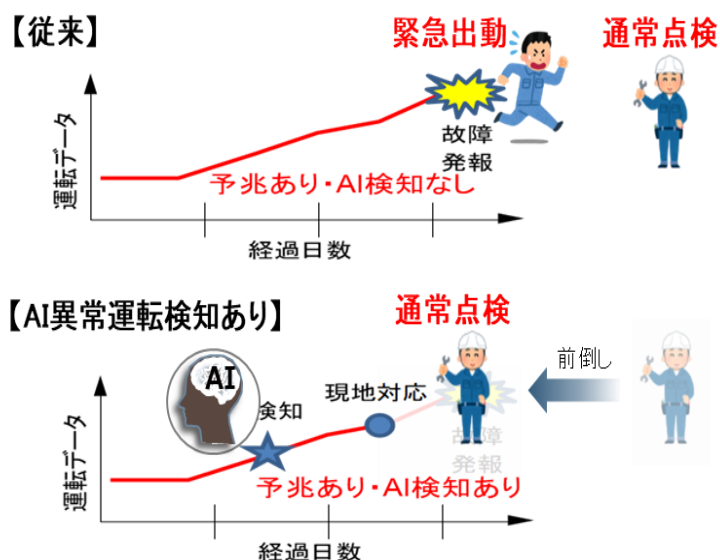


図 1-15 本技術導入によるコスト削減のイメージ

本技術導入による維持管理費削減効果について、表 1-1 に示す実証研究における評価結果を用いて、実証フィールドの地方公共団体毎に算定して整理した結果を表 1-21 に、各地方公共団体における算定条件及び算出結果を表 1-22～表 1-30 に示す。

表 1-21 実証フィールドにおける維持管理費削減効果の算定結果

【従来の維持管理費（実績）】

	河内長野市	今治市	赤磐市	合計	備考
マンホールポンプ施設数	145機場	127機場	76機場	348機場	
緊急出動回数実績	74回	59回	37回	170回	令和元年度
管理業務委託費用	1,452万円/年	700万円/年	1,443万円/年	3,595万円/年	
修繕頻度	37件/年	16件/年	10件/年	63件/年	
修繕費用	39万円/件	154万円/件	50万円/件	243万円/件	
修繕費用計	1,450万円/年	2,464万円/年	500万円/年	4,414万円/年	
通信費	519万円/年	381万円/年	228万円/年	1,128万円/年	
維持管理費合計	3,421万円/年	3,545万円/年	2,171万円/年	9,137万円/年	



【本技術を導入した場合の維持管理費】

	河内長野市	今治市	赤磐市	合計	備考
管理業務委託費用	1,411万円/年	682万円/年	1,031万円/年	3,124万円/年	
修繕費用	1,431万円/年	2,432万円/年	493万円/年	4,356万円/年	
通信費	161万円/年	142万円/年	87万円/年	390万円/年	
維持管理費合計	3,004万円/年	3,255万円/年	1,611万円/年	7,870万円/年	
【削減率】	【12%】	【8%】	【26%】	—	
【平均削減率】	【15%】				

表 1-22 河内長野市における維持管理費削減効果の算定条件

記号	項目		従来技術		本技術	
			根拠	値	根拠	値
①	マンホールポンプ場総数	箇所	設定値	145		
②	巡回距離計	km	設定値	220		
③	巡回速度	km/h	設定値	30		
④	巡回体制	人	設定値	2		
⑤	巡回頻度	回/日	設定値	1/7		
⑥	保守点検所要時間	h/箇所	設定値	0.5		
⑦	その他の業務作業時間	h/箇所	※1	1.2		
⑧	職種構成比率	%	※1	表1-23の別表1		
⑨	職種別業務比率	%	※1	表1-23の別表1		
⑩	電工労務単価	円/人・日	※2	19,600		
⑪	職種別労務単価補正率	%	※1	表1-23の別表1		
⑫	クレーン付トラック (積載質量2t、吊り能力2t) 損料単価	円/日	※1	5,490		
⑬	直接経費率	%	※1	4		
⑭	技術経費率	%	※1	1		
⑮	間接業務比率	%	※1	23.5		
⑯	諸経費率	%	※1	15.08	※1	15.11
⑰	交通誘導員基準人員	人	※1	2		
⑱	交通誘導員労務単価	円/人・日	※3	11,900		
⑲	緊急対応業務作業時間	h/回	設定値	4		
⑳	緊急対応発生回数	回/年	設定値	74		
㉑	時間外労務単価補正率	%	設定値	50		

【注記】

※1 「下水道施設維持管理積算要領 -終末処理場・ポンプ場施設編- 2011年度版」社団法人 日本下水道協会

※2 「平成30年度 公共工事設計労務単価」(国土交通省)の電工労務単価の全国平均値

※3 「平成30年度 公共工事設計労務単価」(国土交通省)の交通誘導警備員AおよびBの労務単価の全国平均値

※4 諸経費率 $=(-2.57568 \times \log X + 28.137)$ ここで X:業務原価(千円)、 $X \leq 10,000$ (千円)は諸経費率=17.83%

表 1-23 河内長野市における業務委託費の算出結果

記号	項目		従来技術		本技術	
			根拠	計算値	根拠	計算値
A	年間巡回回数	回	365×⑤	52		52
B	保守点検所要時間計	h	①×⑥	72.5		72.5
C	保守点検所要日数	日	B÷8h	9.0625		9.06
D	保守点検年間所要日数	日	A×C	471.25		471.25
E	1巡回あたり所要日数	日	②÷③÷8h	0.92		0.92
F	巡回年間所要日数	日	A×E	47.84		47.84
G	保守点検業務基準日数計	日	D+F	519.09		519.09
H	保守点検業務年間延べ業務人数	人	④×G	1038.18		1038.18
I	保守点検業務職種別業務人数計上値	人	H×⑧	別表1		別表2
い	緊急対応の業務所要時間計	h	⑯×⑳	296	緊急出動回数低減効果 70%	89
ろ	緊急対応の業務基準日数	日	い÷8h	37		11.1
は	緊急対応の業務年間延べ業務人数	人	④×ろ	74		22.2
に	緊急対応の業務職種別人数計上値	人	ろ×⑨	別表1		別表2
ほ	職種別労務単価計上値	円/人・日	⑩×⑪×21	別表1		別表2
J	その他の業務所要時間計	h	①×⑦	174		174
K	その他の業務所要日数	日	J÷8h	21.75		21.8
L	その他の業務基準日数	日	A×K	1131		1131
M	その他の業務年間延べ業務人数	人	④×L	2262		2262
N	その他の業務職種別人数計上値	人	M×⑨	別表1		別表2
O	職種別労務単価計上値	円/人・日	⑩×⑪	別表1		別表2
P	交通誘導員年間延べ人員数	人	⑰×(G+L+㉔)	3448	緊急出動回数低減効果 70%	3345
Q	交通誘導員等人件費	千円	P×⑬	41,031		39,806
R	クレーン付トラック(2t、吊り能力2t)損料	千円	⑫×(G+L+㉔)	9,465	緊急出動回数低減効果 70%	9,180
S	保守点検業務費	千円	O×Iの合計	19,309		19,309
へ	緊急対応の業務費	千円	に×ほの合計	2,065		622
T	その他の業務費	千円	O×Nの合計	31,193		31,193
U	直接業務費計	千円	S+T+へ	52,567		51,124
V	直接経費	千円	Q+R+(U×⑬/100)	52,599		51,030
W	技術経費	千円	S×⑭/100	193		193
X	間接業務費	千円	U×⑮/100	12,353		12,014
Y	業務原価	千円	U+V+W+X	117,712		114,361
Z	諸経費	千円	Y×⑯/100	17,746		17,278
a	業務価格	千円	Y+Z	135,458		131,639
b	業務価格(改め)	千円	aを万円未満切捨て	135,450		131,630

(従来技術)

【別表1】	⑧	I	S	⑨	N	T	に	ほ	⑪	21	O
	職種構成比率	点検保守業務職種別業務人数計上値	保守点検業務費	職種別業務比率	その他の業務職種別人員数計上値	その他の業務費	緊急対応業務職種別業務人数計上値	緊急対応業務費	職種別労務単価補正率	時間外労務単価補正率	職種別労務単価計上値
	%	人	円	127	人	円	人	円	-	-	円/人・日
業務総括責任者	5	51.9	1,318,260	-	-	-	3.7	140,970	1.3	1.5	25,400
副総括	15	155.7	3,503,250	-	-	-	11.1	374,625	1.15	1.5	22,500
主任	30	311.5	6,105,400	10	226.2	4,433,520	22.2	652,680	1	1.5	19,600
技術員	25	259.5	4,567,200	-	-	-	18.5	488,400	0.9	1.5	17,600
技能員	25	259.5	3,814,650	20	452.4	6,650,280	18.5	407,925	0.75	1.5	14,700
その他	0	0.0	0	70	1583.4	20,109,180	0.0	0	0.65	1.5	12,700
計	100	1038.1	19,309,000		2262.0	31,193,000	74.0	2,065,000			

(本技術)

【別表2】	⑧	I	S	⑨	N	T	に	ほ	⑪	21	O
	職種構成比率	点検保守業務職種別業務人数計上値	保守点検業務費	職種別業務比率	その他の業務職種別人員数計上値	その他の業務費	緊急対応業務職種別業務人数計上値	緊急対応業務費	職種別労務単価補正率	職種別労務単価補正率	職種別労務単価計上値
	%	人	円	%	人	円	人	円	-	-	円/人・日
業務総括責任者	5	51.9	1,318,260	-	-	-	1.1	41,910	1.3	1.5	25,400
副総括	15	155.7	3,503,250	-	-	-	3.3	111,375	1.15	1.5	22,500
主任	30	311.5	6,105,400	10	226.2	4,433,520	6.7	196,980	1	1.5	19,600
技術員	25	259.5	4,567,200	-	-	-	5.6	147,840	0.9	1.5	17,600
技能員	25	259.5	3,814,650	20	452.4	6,650,280	5.6	123,480	0.75	1.5	14,700
その他	0	0.0	0	70	1583.4	20,109,180	0.0	0	0.65	1.5	12,700
計	100	1038.1	19,309,000		2262.0	31,193,000	22.3	622,000			

表 1-24 河内長野市における維持管理費の算出結果

工種	種別	細別	従来技術	本技術	根拠
			金額(千円)	金額(千円)	
マンホールポンプ場					
	直接業務費	保守点検業務費	19,309	19,309	S
		その他の業務費	31,193	31,193	T
	直接業務費計		52,567	51,124	U
	直接経費		52,599	51,030	V
	技術経費		193	193	W
	間接業務費		12,353	12,014	X
業務原価			117,712	114,361	Y
	諸経費		17,746	17,278	Z
業務価格			135,458	131,639	a
			135,450	131,630	b
①業務委託費					
			135,450	131,630	削減率3%
			14520	14111	削減率3%
②オーバーホール費	従来 耐用年数15.0年	今回 耐用年数15.2年	14,504	14,313	削減率1%
③通信費・クラウド利用料	従来 2.5千円/月	今回 0.9千円/月	5,190	1,566	削減率70%
④オプション費用 (異常運転検知)		今回 4.0千円/月		48	
①+② 維持管理費合計			29,024	28,424	削減率2%
①+②+③+④ 維持管理費合計			34,214	30,038	削減率12%

緊急出動回数	削減率	解消回数	異常運転継続期間 T	異常運転時間削減率	削減運転時間	機場数	削減率
74回	70%	52回	32.4日	22%	1H h/年	145機場	1%

年間運転時間の削減比率及び長寿命化比率

導入効果として、異常運転時間削減率 22%が見込まれる場合の年間運転時間削減率を下記のとおりに算定する。

故障発報を事前に検知できる回数

$$= \text{故障発報回数} \times \text{AI 検知検出率} = 74 \text{ 回/年} \times 70\% = 52 \text{ 回}$$

52 回の異常運転を解消できるものとし、異常運転継続期間 T は実証データの平均値より 32.4 日間と想定する。

削減運転時間

$$\begin{aligned}
 &= 52 \text{ 回} \times 1 \text{ 機場当たりの平均運転時間 (H)} \times \text{異常運転継続期間 T} / 365 \text{ 日} \times \text{異常運転時間削減率} \\
 &= 52 \text{ 回} \times \text{H h/年} \cdot \text{機場} \times 32.4 \text{ 日} / 365 \text{ 日} \times 22\% \\
 &= 1\text{H h/年}
 \end{aligned}$$

よって、

年間運転時間の削減比率

$$\begin{aligned}
 &= \text{削減運転時間} / \text{導入前運転時間} \\
 &= 1\text{H h/年} / (145 \text{ 機場} \times \text{H h/年}) \\
 &= 1\%
 \end{aligned}$$

長寿命化比率

$$\begin{aligned}
 &= \{ 1 / (1 - \text{年間運転時間の削減比率}) \} \\
 &= 1 / 0.99 \\
 &= 101\%
 \end{aligned}$$

従来の耐用年数 15 年に対し、導入後は $15 \text{ 年} \times 101\% = 15.2 \text{ 年}$ となる。

表 1-25 今治市における維持管理費削減効果の算定条件

記号	項目		従来技術		本技術	
			根拠	値	根拠	値
①	マンホールポンプ場総数	箇所	設定値	127		
②	巡回距離計	km	設定値	190		
③	巡回速度	km/h	設定値	30		
④	巡回体制	人	設定値	2		
⑤	巡回頻度	回/日	設定値	1/7		
⑥	保守点検所要時間	h/箇所	設定値	0.5		
⑦	その他の業務作業時間	h/箇所	※1	1.2		
⑧	職種構成比率	%	※1	表1-26の別表1		
⑨	職種別業務比率	%	※1	表1-26の別表1		
⑩	電工労務単価	円/人・日	※2	19,600		
⑪	職種別労務単価補正率	%	※1	表1-26の別表1		
⑫	クレーン付トラック (積載質量2t、吊り能力2t) 損料単価	円/日	※1	5,490		
⑬	直接経費率	%	※1	4		
⑭	技術経費率	%	※1	1		
⑮	間接業務比率	%	※1	23.5		
⑯	諸経費率	%	※1	15.23	※1	15.26
⑰	交通誘導員基準人員	人	※1	2		
⑱	交通誘導員労務単価	円/人・日	※3	11,900		
⑲	緊急対応業務作業時間	h/回	設定値	4		
⑳	緊急対応発生回数	回/年	設定値	59		
㉑	時間外労務単価補正率	%	設定値	50		

【注記】

※1 「下水道施設維持管理積算要領 -終末処理場・ポンプ場施設編- 2011年度版」社団法人 日本下水道協会

※2 「平成30年度 公共工事設計労務単価」(国土交通省)の電工労務単価の全国平均値

※3 「平成30年度 公共工事設計労務単価」(国土交通省)の交通誘導警備員AおよびBの労務単価の全国平均値

※4 諸経費率 $=(-2.57568 \times \log X + 28.137)$ ここで X:業務原価(千円)、 $X \leq 10,000$ (千円)は諸経費率=17.83%

表 1-26 今治市における業務委託費の算出結果(別紙2)

記号	項目		従来技術		本技術	
			根拠	計算値	根拠	計算値
A	年間巡回回数	回	365×⑤	52		52
B	保守点検所要時間計	h	①×⑥	63.5		63.5
C	保守点検所要日数	日	B÷8h	7.9375		7.94
D	保守点検年間所要日数	日	A×C	412.75		412.75
E	1巡回あたり所要日数	日	②÷③÷8h	0.79		0.79
F	巡回年間所要日数	日	A×E	41.08		41.08
G	保守点検業務基準日数計	日	D+F	453.83		453.83
H	保守点検業務年間延べ業務人数	人	④×G	907.66		907.66
I	保守点検業務職種別業務人数計上値	人	H×⑧	別表1		別表2
い	緊急対応の業務所要時間計	h	⑬×⑳	236	緊急出動回数低減効果 70%	71
ろ	緊急対応の業務基準日数	日	い÷8h	29.5		8.9
は	緊急対応の業務年間延べ業務人数	人	④×ろ	59		17.7
に	緊急対応の業務職種別人数計上値	人	ろ×⑨	別表1		別表2
ほ	職種別労務単価計上値	円/人・日	⑩×⑪×21	別表1		別表2
J	その他の業務所要時間計	h	①×⑦	152.4		152
K	その他の業務所要日数	日	J÷8h	19.05		19.1
L	その他の業務基準日数	日	A×K	990.6		990.6
M	その他の業務年間延べ業務人数	人	④×L	1981.2		1981.2
N	その他の業務職種別人数計上値	人	M×⑨	別表1		別表2
O	職種別労務単価計上値	円/人・日	⑩×⑪	別表1		別表2
P	交通誘導員年間延べ人員数	人	⑪×(G+L+㉑)	3007	緊急出動回数低減効果 70%	2924
Q	交通誘導員等件費	千円	P×⑬	35,783		34,796
R	クレーン付トラック(2t、吊り能力2t)損料	千円	⑫×(G+L+㉑)	8,253	緊急出動回数低減効果 70%	8,027
S	保守点検業務費	千円	O×Iの合計	16,881		16,881
へ	緊急対応の業務費	千円	に×ほの合計	1,652		494
T	その他の業務費	千円	O×Nの合計	27,321		27,321
U	直接業務費計	千円	S+T+へ	45,854		44,696
V	直接経費	千円	Q+R+(U×⑬/100)	45,870		44,610
W	技術経費	千円	S×⑭/100	169		169
X	間接業務費	千円	U×⑮/100	10,776		10,504
Y	業務原価	千円	U+V+W+X	102,669		99,979
Z	諸経費	千円	Y×⑯/100	15,636		15,256
a	業務価格	千円	Y+Z	118,305		115,235
b	業務価格(改め)	千円	aを万円未満切捨て	118,300		115,230

(従来技術)

【別表1】	⑧	I	S	⑨	N	T	に	ほ	⑪	21	O
	職種構成比率	点検保守業務職種別業務人数計上値	保守点検業務費	職種別業務比率	その他の業務職種別人員数計上値	その他の業務費	緊急対応業務職種別業務人数計上値	緊急対応業務費	職種別労務単価補正率	時間外労務単価補正率	職種別労務単価計上値
	%	人	円	127	人	円	人	円	-	-	円/人・日
業務総括責任者	5	45.4	1,153,160	-	-	-	3.0	114,300	1.3	1.5	25,400
副総括	15	136.1	3,062,250	-	-	-	8.9	300,375	1.15	1.5	22,500
主任	30	272.3	5,337,080	10	198.12	3,883,152	17.7	520,380	1	1.5	19,600
技術員	25	226.9	3,993,440	-	-	-	14.8	390,720	0.9	1.5	17,600
技能員	25	226.9	3,335,430	20	396.2	5,824,728	14.8	326,340	0.75	1.5	14,700
その他	0	0.0	0	70	1386.8	17,612,868	0.0	0	0.65	1.5	12,700
計	100	907.6	16,881,000		1981.2	27,321,000	59.2	1,652,000			

(本技術)

【別表2】	⑧	I	S	⑨	N	T	に	ほ	⑪	21	O
	職種構成比率	点検保守業務職種別業務人数計上値	保守点検業務費	職種別業務比率	その他の業務職種別人員数計上値	その他の業務費	緊急対応業務職種別業務人数計上値	緊急対応業務費	職種別労務単価補正率	職種別労務単価補正率	職種別労務単価計上値
	%	人	円	%	人	円	人	円	-	-	円/人・日
業務総括責任者	5	45.4	1,153,160	-	-	-	0.9	34,290	1.3	1.5	25,400
副総括	15	136.1	3,062,250	-	-	-	2.7	91,125	1.15	1.5	22,500
主任	30	272.3	5,337,080	10	198.12	3,883,152	5.3	155,820	1	1.5	19,600
技術員	25	226.9	3,993,440	-	-	-	4.4	116,160	0.9	1.5	17,600
技能員	25	226.9	3,335,430	20	396.2	5,824,728	4.4	97,020	0.75	1.5	14,700
その他	0	0.0	0	70	1386.8	17,612,868	0.0	0	0.65	1.5	12,700
計	100	907.6	16,881,000		1981.2	27,321,000	17.7	494,000			

表 1-27 今治市における維持管理費の算出結果

工種	種別	細別	従来技術	本技術	根拠
			金額(千円)	金額(千円)	
マンホールポンプ場					
	直接業務費	保守点検業務費	16,881	16,881	S
		その他の業務費	27,321	27,321	T
	直接業務費計		45,854	44,696	U
	直接経費		45,870	44,610	V
	技術経費		169	169	W
	間接業務費		10,776	10,504	X
業務原価			102,669	99,979	Y
	諸経費		15,636	15,256	Z
業務価格			118,305	115,235	a
			118,300	115,230	b
①業務委託費					
			118,300	115,230	削減率3%
			7000	6818	削減率3%
②オーバーホール費	従来 耐用年数15.0年	今回 耐用年数15.2年	24,640	24,316	削減率1%
③通信費・クラウド利用料	従来 2.5千円/月	今回 0.9千円/月	3,810	1,372	削減率64%
④オプション費用 (異常運転検知)		今回 4.0千円/月		48	
①+② 維持管理費合計			31,640	31,134	削減率2%
①+②+③+④ 維持管理費合計			35,450	32,554	削減率8%

緊急出動回数	削減率	解消回数	異常運転継続期間 T	異常運転時間削減率	削減運転時間	機場数	削減率
59回	70%	41回	32.4日	22%	0.8H h/年	127機場	1%

年間運転時間の削減比率及び長寿命化比率

導入効果として、異常運転時間削減率 22%が見込まれる場合の年間運転時間削減率を下記のとおりに算定する。

故障発報を事前に検知できる回数

$$= \text{故障発報回数} \times \text{AI 検知検出率} = 59 \text{ 回/年} \times 70\% = 41 \text{ 回}$$

41 回の異常運転を解消できるものとし、異常運転継続期間 T は実証データの平均値より 32.4 日間と想定する。

削減運転時間

$$\begin{aligned}
 &= 41 \text{ 回} \times 1 \text{ 機場当たりの平均運転時間 (H)} \times \text{異常運転継続期間 T} / 365 \text{ 日} \times \text{異常運転時間削減率} \\
 &= 41 \text{ 回} \times \text{H h/年} \cdot \text{機場} \times 32.4 \text{ 日} / 365 \text{ 日} \times 22\% \\
 &= 0.8\text{H h/年}
 \end{aligned}$$

よって、

年間運転時間の削減比率

$$\begin{aligned}
 &= \text{削減運転時間} / \text{導入前運転時間} \\
 &= 0.8\text{H h/年} / (127 \text{ 機場} \times \text{H h/年}) \\
 &= 1\%
 \end{aligned}$$

$$\text{長寿命化比率} = 1 / (1 - \text{年間運転時間の削減比率})$$

$$= 1 / 0.99$$

$$= 101\%$$

従来の耐用年数 15 年に対し、導入後は $15 \text{ 年} \times 101\% = 15.2 \text{ 年}$ となる。

表 1-28 赤磐市における維持管理費削減効果の算定条件

記号	項目		従来技術		本技術	
			根拠	値	根拠	値
①	マンホールポンプ場総数	箇所	設定値	76		
②	巡回距離計	km	設定値	150		
③	巡回速度	km/h	設定値	30		
④	巡回体制	人	設定値	2		
⑤	巡回頻度	回/日	設定値	1/120		
⑥	保守点検所要時間	h/箇所	設定値	0.5		
⑦	その他の業務作業時間	h/箇所	※1	1.2		
⑧	職種構成比率	%	※1	表1-29の別表1		
⑨	職種別業務比率	%	※1	表1-29の別表1		
⑩	電工労務単価	円/人・日	※2	19,600		
⑪	職種別労務単価補正率	%	※1	表1-29の別表1		
⑫	クレーン付トラック (積載質量2t、吊り能力2t) 損料単価	円/日	※1	5,490		
⑬	直接経費率	%	※1	4		
⑭	技術経費率	%	※1	1		
⑮	間接業務比率	%	※1	23.5		
⑯	諸経費率	%	※1	18.43	※1	18.81
⑰	交通誘導員基準人員	人	※1	2		
⑱	交通誘導員労務単価	円/人・日	※3	11,900		
⑲	緊急対応業務作業時間	h/回	設定値	4		
⑳	緊急対応発生回数	回/年	設定値	37		
㉑	時間外労務単価補正率	%	設定値	50		

【注記】

※1 「下水道施設維持管理積算要領 -終末処理場・ポンプ場施設編- 2011年度版」社団法人 日本下水道協会

※2 「平成30年度 公共工事設計労務単価」(国土交通省)の電工労務単価の全国平均値

※3 「平成30年度 公共工事設計労務単価」(国土交通省)の交通誘導警備員AおよびBの労務単価の全国平均値

※4 諸経費率 $=(-2.57568 \times \log X + 28.137)$ ここで X:業務原価(千円)、 $X \leq 10,000$ (千円)は諸経費率=17.83%

表 1-29 赤磐市における業務委託費の算出結果(別紙 3)

記号	項目		従来技術		本技術	
			根拠	計算値	根拠	計算値
A	年間巡回回数	回	365×⑤	3		3
B	保守点検所要時間計	h	①×⑥	38		38
C	保守点検所要日数	日	B÷8h	4.75		4.75
D	保守点検年間所要日数	日	A×C	14.25		14.25
E	1巡回あたり所要日数	日	②÷③÷8h	0.63		0.63
F	巡回年間所要日数	日	A×E	1.89		1.89
G	保守点検業務基準日数計	日	D+F	16.14		16.14
H	保守点検業務年間延べ業務人数	人	④×G	32.28		32.28
I	保守点検業務職種別業務人数計上値	人	H×⑧	別表1		別表2
い	緊急対応の業務所要時間計	h	⑬×⑳	148	緊急出動回数低減効果 70%	44
ろ	緊急対応の業務基準日数	日	い÷8h	18.5		5.6
は	緊急対応の業務年間延べ業務人数	人	④×ろ	37		11.1
に	緊急対応の業務職種別人数計上値	人	ろ×⑨	別表1		別表2
ほ	職種別労務単価計上値	円/人・日	⑩×⑪×21	別表1		別表2
J	その他の業務所要時間計	h	①×⑦	91.2		91
K	その他の業務所要日数	日	J÷8h	11.4		11.4
L	その他の業務基準日数	日	A×K	34.2		34.2
M	その他の業務年間延べ業務人数	人	④×L	68.4		68.4
N	その他の業務職種別人数計上値	人	M×⑨	別表1		別表2
O	職種別労務単価計上値	円/人・日	⑩×⑪	別表1		別表2
P	交通誘導員年間延べ人員数	人	⑪×(G+L+㉑)	175	緊急出動回数低減効果 70%	123
Q	交通誘導員等人件費	千円	P×⑬	2,083		1,464
R	クレーン付トラック(2t、吊り能力2t)損料	千円	⑫×(G+L+㉑)	479	緊急出動回数低減効果 70%	337
S	保守点検業務費	千円	O×Iの合計	600		600
へ	緊急対応の業務費	千円	に×ほの合計	1,038		313
T	その他の業務費	千円	O×Nの合計	943		943
U	直接業務費計	千円	S+T+へ	2,581		1,856
V	直接経費	千円	Q+R+(U×⑬/100)	2,665		1,875
W	技術経費	千円	S×⑭/100	6		6
X	間接業務費	千円	U×⑮/100	607		436
Y	業務原価	千円	U+V+W+X	5,859		4,173
Z	諸経費	千円	Y×⑯/100	1,080		785
a	業務価格	千円	Y+Z	6,939		4,958
b	業務価格(改め)	千円	aを万円未満切捨て	6,930		4,950

(従来技術)

【別表1】	⑧	I	S	⑨	N	T	に	ほ	⑪	21	O
	職種構成比率	点検保守業務職種別業務人数計上値	保守点検業務費	職種別業務比率	その他の業務職種別人員数計上値	その他の業務費	緊急対応業務職種別業務人数計上値	緊急対応業務費	職種別労務単価補正率	時間外労務単価補正率	職種別労務単価計上値
	%	人	円	127	人	円	人	円	-	-	円/人・日
業務総括責任者	5	1.6	40,640	-	-	-	1.9	72,390	1.3	1.5	25,400
副総括	15	4.8	108,000	-	-	-	5.6	189,000	1.15	1.5	22,500
主任	30	9.7	190,120	10	6.84	134,064	11.1	326,340	1	1.5	19,600
技術員	25	8.1	142,560	-	-	-	9.3	245,520	0.9	1.5	17,600
技能員	25	8.1	119,070	20	13.7	201,096	9.3	205,065	0.75	1.5	14,700
その他	0	0.0	0	70	47.9	608,076	0.0	0	0.65	1.5	12,700
計	100	32.3	600,000		68.4	943,000	37.2	1,038,000			

(本技術)

【別表2】	⑧	I	S	⑨	N	T	に	ほ	⑪	21	O
	職種構成比率	点検保守業務職種別業務人数計上値	保守点検業務費	職種別業務比率	その他の業務職種別人員数計上値	その他の業務費	緊急対応業務職種別業務人数計上値	緊急対応業務費	職種別労務単価補正率	職種別労務単価補正率	職種別労務単価計上値
	%	人	円	%	人	円	人	円	-	-	円/人・日
業務総括責任者	5	1.6	40,640	-	-	-	0.6	22,860	1.3	1.5	25,400
副総括	15	4.8	108,000	-	-	-	1.7	57,375	1.15	1.5	22,500
主任	30	9.7	190,120	10	6.84	134,064	3.3	97,020	1	1.5	19,600
技術員	25	8.1	142,560	-	-	-	2.8	73,920	0.9	1.5	17,600
技能員	25	8.1	119,070	20	13.7	201,096	2.8	61,740	0.75	1.5	14,700
その他	0	0.0	0	70	47.9	608,076	0.0	0	0.65	1.5	12,700
計	100	32.3	600,000		68.4	943,000	11.2	313,000			

表 1-30 赤磐市における維持管理費の算出結果

工種	種別	細別	従来技術	本技術	根拠
			金額(千円)	金額(千円)	
マンホールポンプ場					
	直接業務費	保守点検業務費	600	600	S
		その他の業務費	943	943	T
	直接業務費計		2,581	1,856	U
	直接経費		2,665	1,875	V
	技術経費		6	6	W
	間接業務費		607	436	X
業務原価			5,859	4,173	Y
	諸経費		1,080	785	Z
業務価格			6,939	4,958	a
			6,930	4,950	b
①業務委託費					
			6,930	4,950	削減率29%
			14430	10307	削減率29%
②オーバーホール費	従来 耐用年数15.0年	今回 耐用年数15.2年	5,000	4,934	削減率1%
③通信費・クラウド利用料	従来 2.5千円/月	今回 0.9千円/月	2,280	821	削減率64%
④オプション費用 (異常運転検知)		今回 4.0千円/月		48	
①+② 維持管理費合計			19,430	15,241	削減率22%
①+②+③+④ 維持管理費合計			21,710	16,110	削減率26%

緊急出動回数	削減率	解消回数	異常運転継続期間 T	異常運転時間削減率	削減運転時間	機場数	削減率
37回	70%	26回	32.4日	22%	0.5H h/年	76機場	1%

年間運転時間の削減比率及び長寿命化比率

導入効果として、異常運転時間削減率 22%が見込まれる場合の年間運転時間削減率を下記のとおりに算定する。

故障発報を事前に検知できる回数

$$= \text{故障発報回数} \times \text{AI 検知検出率} = 37 \text{ 回/年} \times 70\% = 26 \text{ 回}$$

26 回の異常運転を解消できるものとし、異常運転継続期間 T は実証データの平均値より 32.4 日間と想定する。

削減運転時間

$$\begin{aligned}
 &= 26 \text{ 回} \times 1 \text{ 機場当たりの平均運転時間 (H)} \times \text{異常運転継続期間 T} / 365 \text{ 日} \times \text{異常運転時間削減率} \\
 &= 26 \text{ 回} \times \text{H h/年} \cdot \text{機場} \times 32.4 \text{ 日} / 365 \text{ 日} \times 22\% \\
 &= 0.5\text{H h/年}
 \end{aligned}$$

よって、

年間運転時間の削減比率

$$\begin{aligned}
 &= \text{削減運転時間} / \text{導入前運転時間} \\
 &= 0.5\text{H h/年} / (76 \text{ 機場} \times \text{H h/年}) \\
 &= 1\%
 \end{aligned}$$

長寿命化比率 = $1 / (1 - \text{年間運転時間の削減比率})$

$$\begin{aligned}
 &= 1 / 0.99 \\
 &= 101\%
 \end{aligned}$$

従来の耐用年数 15 年に対し、導入後は $15 \text{ 年} \times 101\% = 15.2 \text{ 年}$ となる。

1.6 地方公共団体状況調査

本技術の適用性・普及可能性を検討するため、国内の地方公共団体に対してマンホールポンプ施設の維持管理に関する調査を実施し、維持管理・機器更新等の課題についてのヒアリングを行った。

調査した地方公共団体の基本情報一覧を表 1-31 に示す。

表 1-31 調査した地方公共団体の基本情報一覧

地方公共団体	全体計画面積 (ha)	処理区域面積 (ha)	下水道人口普及率 (%)	管きょ延長(km)			処理場数 (箇所)	マンホールポンプ施設数 (箇所)
				分流汚水	分流雨水	合流		
A市	4,371	3,606	97.3	678	36	29	1	202
B市	618	577	80.9	137	0	0	1	84
C市	2,788	2,536	98.3	631	0	0	4	180
D市	7,395	5,220	51.0	1,085	13	62	5	238
E市	327	327	53.7	98	0	0	3	31
F市	425	425	92.7	14	10	0	3	52
G市	4,465	4,465	91.4	786	110	274	0	34
H市	1,067	678	87.5	156	55	35	0	27
I市	1,617	1,007	98.0	283	27	27	0	8
J市	3,582	3,500	99.9	324	169	343	2	35
K市	1,205	880	99.9	194	66	0	0	24
L市	2,818	1,930	92.7	353	85	0	0	37
M市	1,690	1,036	46.8	234	14	8	6	109
N市	4,453	2,538	63.7	445	102	0	1	11
O市	3,216	2,191	59.5	473	38	0	2	67
P市	6,943	5,172	63.8	1,090	340	128	4	33
Q市	248	248	100.0	61	2	0	2	31
R市	12,082	7,789	67.4	2,145	66	289	10	294
S市	13,724	11,894	89.9	2,385	55	245	5	310
T市	16,031	15,603	99.5	2,219	170	1,836	5	186
U市	900	334	43.2	129	0	0	3	61
V市	0	0	92.0	0	0	0	8	114
W市	1309	1266	86.0	493	493	0	10	557
X市	257.3	257.3	100.0	11.45	0	0	3	149
Y市	100	100	62.0	67	0	0	1	105
Z市	1062	796	97.5	216	8.1	0	3	106

調査した内容のうち、故障発報の件数及びその内訳を表 1-32 及び表 1-33 に示す。年間故障発報件数の約 5 割が過負荷・過電流であり、故障対応の負担が窺える結果であった。なお、年間 1 機場当たりの故障数が多い D 市及び J 市は、設備の劣化等による通信系の異常が複数回発生していることが原因であった。

表 1-32 マンホールポンプ施設の年間故障発報件数

地方公共 団体	年間故障発報件数 (回程度)	マンホール ポンプ施設数	年間 1 機場当たり の故障数
A 市	129	202	0.6
B 市	150	84	1.8
C 市	360	180	2.0
D 市	10,000	238	42.0
E 市	10	31	0.3
F 市	60	52	1.2
G 市	169	34	5.0
H 市	76	27	2.8
I 市	3	8	0.4
J 市	1,611	35	46.0
K 市	120	24	5.0
L 市	180	37	4.9
M 市	6	109	0.1
N 市	50	11	4.5
O 市	50	67	0.7
P 市	80	33	2.4
Q 市	50	31	1.6
R 市	110	294	0.4
S 市	640	310	2.1
T 市	85	186	0.5
U 市	158	61	2.6
V 市	40	114	0.4
W 市	100	557	0.2
X 市	120	149	0.8
Y 市	20	105	0.2
Z 市	50	106	0.5

表 1-33 マンホールポンプ施設の年間故障発報の内訳

地方 公共団体	過負荷・過電流	異常高水位	停電	その他
A 市	28%	19%	2%	51%
B 市	12%	84%	4%	0%
C 市	12%	45%	36%	7%
D 市	30%	40%	5%	25%
E 市	70%	30%	0%	0%
F 市	5%	12%	65%	18%
G 市	86%	4%	10%	0%
H 市	32%	49%	3%	16%
I 市	90%	0%	10%	0%
J 市	5.2%	6.7%	0%	88.1%
K 市	85%	9%	1%	5%
L 市	50%	50%	0%	0%
M 市	100%	0%	0%	0%
N 市	8%	0%	2%	90%
O 市	70%	25%	5%	0%
P 市	30%	60%	10%	0%
Q 市	60%	30%	10%	0%
R 市	59%	8%	10%	23%
S 市	10%	28%	10%	52%
T 市	24%	8%	13%	39%
U 市	34%	36%	25%	5%
V 市	30%	10%	10%	50%
W 市	85%	10%	5%	0%
X 市	50%	40%	10%	0%
Y 市	50%	35%	15%	0%
Z 市	94%	4%	2%	0%

地方公共団体におけるマンホールポンプ施設の維持管理・機器更新等の課題についてのヒアリング結果を表 1-34 に示す。

表 1-34 マンホール施設の維持管理・機器更新等の課題

費用	マンホールポンプ更新（稼働時間が少ないポンプが劣化傾向大）の予算要求が大きいため、電気設備の予算に充てる額が少ない。
	費用がかかる。
	更新したいが財源がない。
	状態監視保全は予算負担が大きい。
	機器の更新費用が高額。
	更新費用が高く計画的にできない状況。
	最近のポンプの故障が多くなってきており、予算的に負担が大きい。
異物 詰まり	繊維物等の異物の流入により過負荷、ポンプの停止等の異常が頻発している。
	異物の噛み込み・スカム等による詰まり。
	周辺住民への対策済みであるが、異物（布切れ等）の噛み込みなどがあり、ポンプが故障する。
	一部機場で異物が流入し、停止が頻発することがある
流入水	能力を超過した流入による高水位警報の頻発（雨天時浸入水等の影響）。
	異物流入によるポンプの閉塞及びマンホールからの悪臭。
	不明水の流入。
	当初計画より多い水量又は不明水の流入。
電気	機械や電気機器であるため、急な故障や不具合が発生することがある。
	管理するマンホールポンプの数が多いため、広範囲にわたる停電等への対応が困難である。
	停電に弱い。
更新	事後保全の場合は故障してから更新となるため、更新時期まで故障した機器を使用し続ける必要あり。
	事後保全で2台の単独交互運転であるため（日常点検でマンホールポンプの状況を把握）、1台がほぼ完全停止となるぐらいのレベルまで延命して使用している。
経験	技術者不足により維持管理経験者の不足。
	今まで機器の全面更新を行った経験がなく、使いながらの更新方法の検討に苦慮している。
その他	ポンプの吸い込み能力が低下しているマンホールポンプがあるが、原因がポンプの不具合なのか圧送管の詰まり等なのか分からない。
	マンホールポンプの状況把握をリアルタイムでできない。
	夏期になると高温で制御盤及び通信装置等が熱せられ、誤送信等の通信異常がよく起こる。
	現状、改築の優先順位が経過年数のみによって決まっており、計画的であるとは言えない。
	機場数が多い。