

ガイドライン説明会

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

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

# 目次

<b>1</b>	<b>革新的技術の概要</b>	• • • • •	P2-7
<b>2</b>	<b>技術の適用条件・導入効果</b>	• • • • •	P8-11
<b>3</b>	<b>導入検討</b>	• • • • •	P12-13
<b>4</b>	<b>計画・設計</b>	• • • • •	P14-16
<b>5</b>	<b>運用・維持管理</b>	• • • • •	P17-18
<b>6</b>	<b>問い合わせ先</b>	• • • • •	P19

# 1-1 革新的技術の概要(背景と目的)

## 背景

- ・老朽化施設の増加
- ・下水道使用料の減収
- ・技術職員の減少

## 下水道事業全般の課題

- ・故障等のリスク増大への対応
- ・維持管理費の抑制・削減を図りつつ  
予防保全型維持管理へ転換
- ・技術の継承、省力化・効率化

## マンホールポンプの維持管理

### 自治体ニーズ

- ・事後対応(緊急対応)からの脱却
- ・省力化、低コスト化、効率化
- ・リスク評価に沿った客観的な更新計画の策定

### 技術導入の目的

マンホールポンプの維持管理にAI・IoTを活用し、  
低コストで導入可能な効率的予防保全型維持管理への移行を促進。



# 1-2 革新的技術の概要(実証フィールド)

## 実証フィールド

対象自治体	管理対象 機場数	実証対象 機場数	各実証フィールドの特性(課題)
大阪府 河内長野市	146機場	87機場	・老朽化機場増加により故障リスクが増大 ・市街地及び広範囲部の <u>中山間部</u> に点在
愛媛県 今治市	127機場	82機場	・老朽化機場増加により故障リスクが増大 ・市町村合併により <u>島しょ部</u> にまで点在
岡山県 赤磐市	76機場	32機場	・老朽化機場増加により故障リスクが増大 ・市内 <u>広範囲</u> に点在 ・維持管理に関わる職員が少ない
<b>合計</b>	<b>349機場</b>	<b>201機場</b>	



## 本技術の構成

### ○異常運転検知機能(AI技術)

クラウド上に実装されたAIが蓄積された運転データを学習することで、異常な運転状態を検出し通知する

### ○更新優先順位自動作成機能(IoT技術)

点検データ、台帳データをクラウド上で一元管理し、蓄積された各種データを基に、影響度と故障発生確率によるリスク評価マトリックスで各施設・主要機器等の更新優先順位を自動で作成し表示する

### ○Web会議システム(IoT技術)

故障発生時など現場状況を映像(動画)配信することで、委託業者・専門業者・地方公共団体職員間で共有し、リアルタイムでのサポートが容易になり、迅速な対応が可能となる

# 1-4 革新的技術の概要 (異常運転検知機能)

## 従来の維持管理

### 事後保全

休日、夜間を問わず  
いつ故障が発報されるか分からない

【考え方】ポンプは2台交互運転  
⇒通常の運転時間や回数はほぼ同じ  
⇒運転時間や運転回数に差があったら異常



【よくある例】  
ポンプにゴミが詰まって  
流量が低下するため  
運転時間が長くなる



数が多いため、  
日常的な確認は非常に困難  
または膨大な時間がかかる

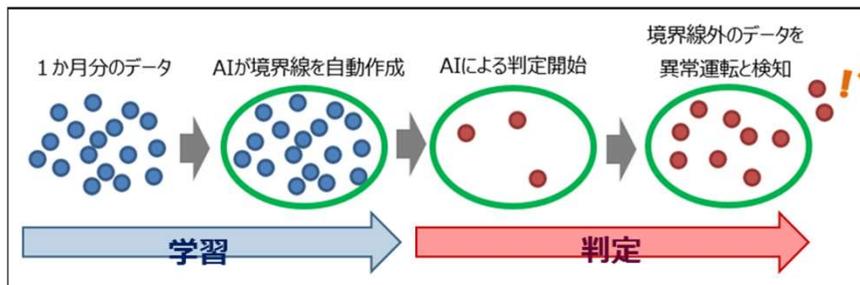
## 異常運転検知機能

### 予防保全

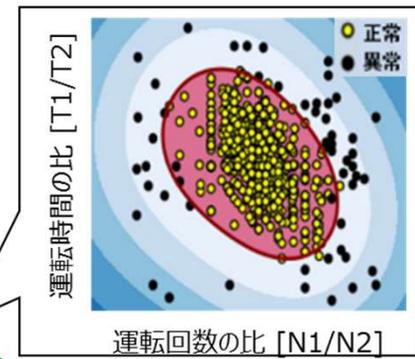
- ・緊急出動の低減
- ・省力化 ・効率化
- ・機器の延命化
- ・低コスト化

### 異常運転の早期解消

【考え方】運転時間や運転回数の「比」の通常の変動範囲をAIが学習し、外れたら知らせる



WEB画面や  
メールでお知らせ



AIが人に代わって  
大量のデータを自動で分析

※AIで検知可能な故障は異物の詰まりに起因するものに限る  
但し、大きな異物の流入による突発的な故障は、AIで検知できない

# 1-5 革新的技術の概要(更新優先順位自動作成機能)

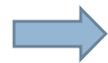
## 従来の維持管理

台帳データ・点検データ



一般的にエクセルベース・紙媒体で管理  
情報収集、データ整理に**労力を要す**

運転データ

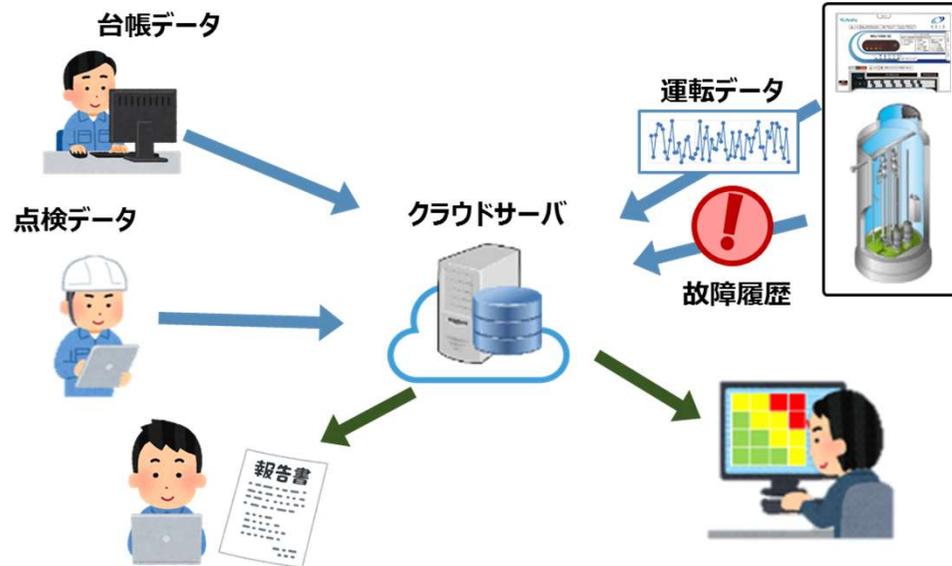


データは蓄積されるが**分析ツールがない**

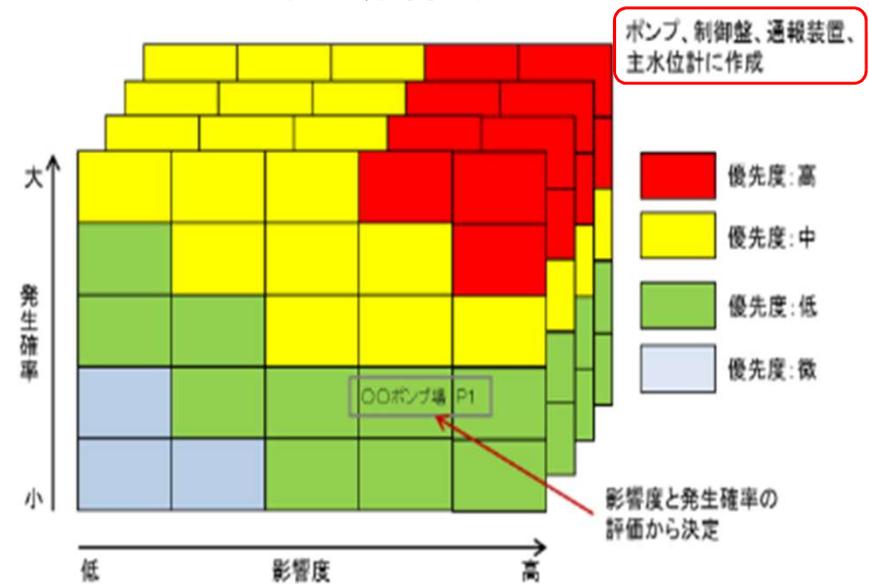


## 更新優先順位自動作成機能

### 情報の一元管理



### 主要機器毎に更新優先順位を自動作成



点検データを直接クラウド入力 → 事務所での作成作業不要

台帳データ・点検データのクラウド管理 → 情報共有の迅速化・効率化・ペーパーレス

# 1-6 革新的技術の概要 (Web会議システム)

## 従来の維持管理

不具合発生 → 初期対応 → 日程調整 → 職員・技術者現地確認 → 方針決定 → 修繕・復旧



出勤



状況報告



修繕設計・発注

不具合  
長期化

## Web会議システム

人件費・交通旅費等  
の費用低減効果

不具合の早期解決

リアルタイムでの情報共有  
意思決定の効率化

維持管理業者



専門技術者



迅速な技術的判断



ポンプに不具合が.....  
どう対処したら  
良いでしょうか?

修繕は必要か?  
対応方法は.....

トレンドグラフと  
ポンプの状態から  
〇〇で応急処置して  
おきましょう!

的確な指示

地方公共団体職員

現場に出向く必要なし

## 2-1 技術の適用条件

### 異常運転検知機能(AI技術)の適用条件

- (1) 携帯電話網(インターネット)への通信が確保できること
- (2) ポンプ設置台数が2台であること
- (3) 水位制御であること

### 更新優先順位自動作成機能の適用条件

- (1) 携帯電話網(インターネット)への通信が確保できること
- (2) リスク評価に用いるデータ項目がクラウド上に記録されていること
- (3) 2回以上の点検記録報告書がクラウド上に記録されていること※

※ 運転時間をリスク評価の項目として使用しない場合は、1回の点検データの入力でも可。

### Web会議システム(IoT技術)の適用条件

- (1) 携帯電話網(インターネット)への通信が確保できること
- (2) 持ち運び可能な通信機器で、かつ、カメラ機能及び音声機能を有すること
- (3) 撮影(映像確認)が可能な光度が確保できること

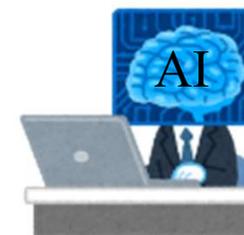
## 2-2 導入効果(実証研究結果①)

評価	評価項目	具体的評価指標	評価方法	目標値	評価結果	
有効性	AI異常運転検知機能の確認	AI検知性能	正解率	実証における現地確認データにより算定	70%以上	96.0%
		AI検知性能	検出率	実証における現地確認データにより算定	70%以上	73.8%
		AI導入効果	緊急出動回数低減率	従来と実証期間中の緊急出動回数を比較	従来比70%以上低減	83%低減
		AI導入効果	異常運転時間削減率	実証における異常的中事例により算定	11%以上削減	最大22%削減
	更新優先順位自動作成機能の確認	更新優先順位自動作成機能の確認	ペーパーレス化による書類枚数削減	削減可能な書類枚数を計測	効果確認	点検報告書の書類枚数が削減可能なことを確認
		更新優先順位自動作成機能の確認	有効性	下水道管理者に有効性の評価を確認	有効性確認	更新計画策定の資料として有効活用可能なことを確認
		更新優先順位自動作成機能の確認	Web会議システムの確認	効率、利便性、データ共有	実証において活用し有効性を確認	有効性確認

## 2-3 導入効果 (AI検知性能)

### TPの(異常的中)事例

(件数)		AIによる判定	
		異常運転	正常運転
現地状況	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= 73.8%
- ・正解率= 96.0%

異常的中事例の異常原因は、異物詰まりやエアロックによるものが大半であった。



異物詰まり: ハンドタオル



異物詰まり: プラスチック片



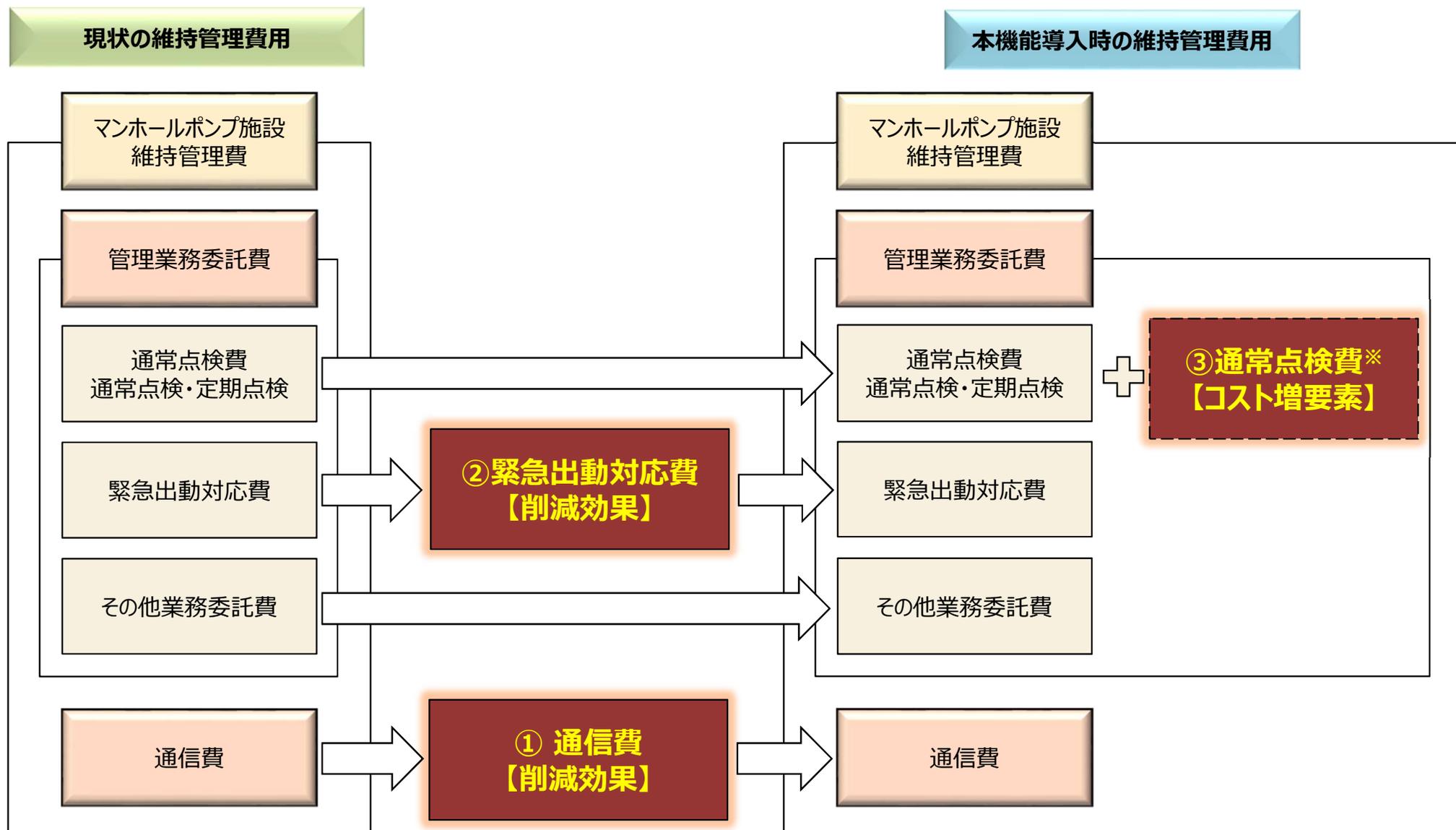
エアロック: 空気孔のし渣詰まり



AI技術の導入により、故障に至る前に処置することで、  
異物の詰まり(過電流)に起因する緊急出動回数を **70%以上低減**

## 2-4 導入効果(実証研究結果②)

評価	評価項目	具体的評価指標		評価方法	評価結果
経済性	導入による コスト削減の効果	コスト削減率	異常運転検知機能による維持管理費削減	緊急出動回数低減効果を実証フィールドに適用した場合の維持管理費削減率を試算(緊急出動費用の削減・機器の延命化等)	従来比 約18%削減
			情報一元化によるコスト削減	一元管理や点検記録のクラウド入力によって情報共有の迅速化・効率化、報告書作業の省力化によるコストを比較	従来比 約72%削減
			Web会議システムを活用した緊急対応コストの削減	緊急時、現地臨場にかかる人件費・交通費等のコスト削減を比較	従来比 約75%削減
	導入による 時間削減の効果	時間削減率	情報一元化による時間削減	点検報告書のクラウド入力によって事務所作業が不要となることによる作成時間の削減、維持管理情報検索にかかる時間削減を比較	従来比 約77%削減
			Web会議システムを活用した緊急対応時間の削減	緊急時の現地臨場が不要となり、作業効率化による緊急時対応時間の削減を比較	従来比 約62%削減



※ 現状の通常点検回数が緊急出動回数の削減回数より少なくなる場合にのみ発生

## 3-2 導入検討(実証フィールドの維持管理費削減試算結果) 13

### 従来持管理費(実績)

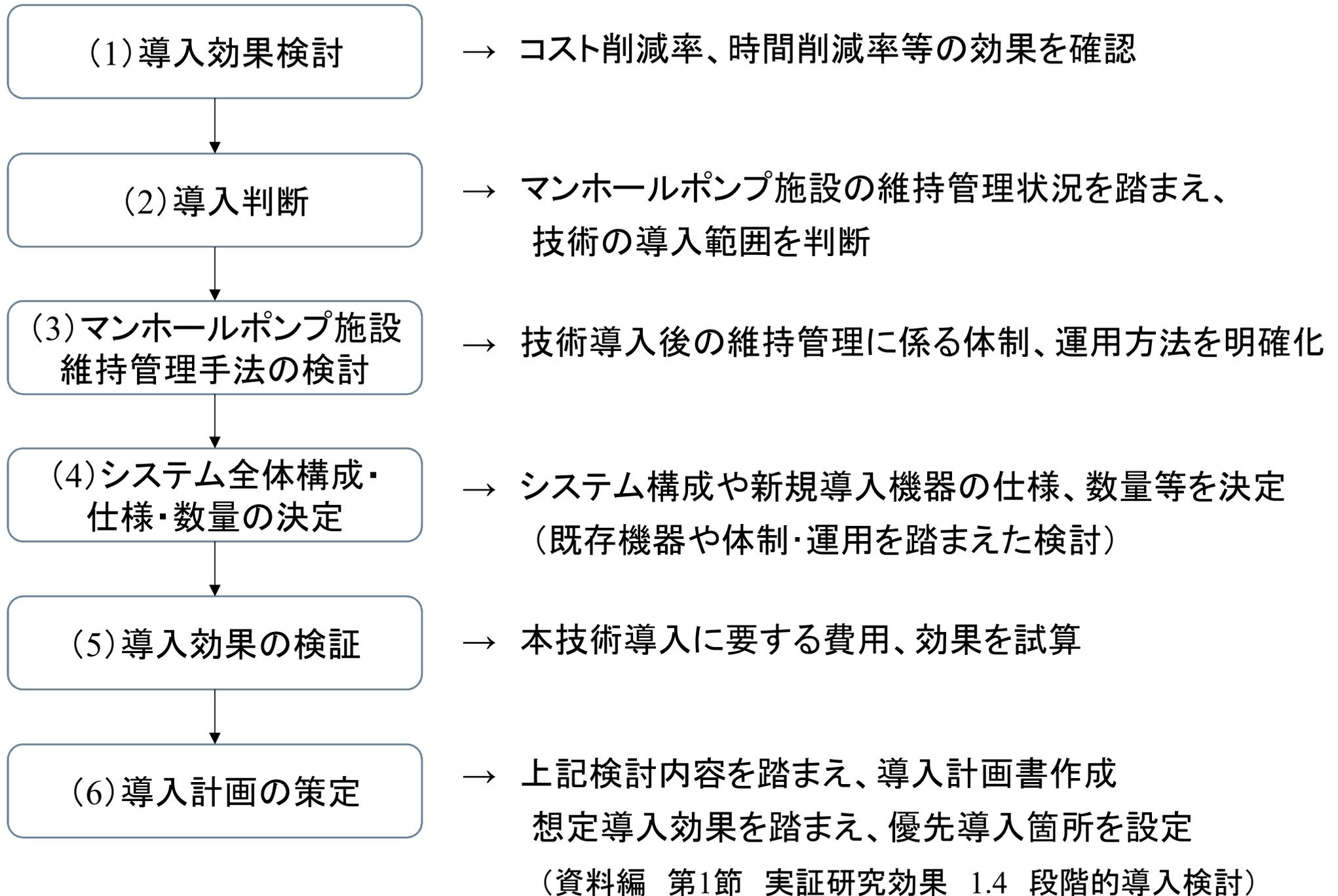
	河内長野市	今治市	赤磐市	合計
マンホールポンプ施設数	145機場	127機場	76機場	348機場
管理業務委託費用	1,452万円/年	700万円/年	1,443万円/年	3,595万円/年
修繕費用計	1,450万円/年	2,464万円/年	500万円/年	4,414万円/年
通信費	519万円/年	381万円/年	228万円/年	1,128万円/年
<b>維持管理費合計</b>	<b>3,421万円/年</b>	<b>3,545万円/年</b>	<b>2,171万円/年</b>	<b>9,137万円/年</b>



### 維持管理費削減率試算結果

	河内長野市	今治市	赤磐市	合計
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
<b>維持管理費合計</b>	<b>3,004万円/年</b>	<b>3,255万円/年</b>	<b>1,611万円/年</b>	<b>7,870万円/年</b>
<b>【削減率】</b>	<b>【12%】</b>	<b>【8%】</b>	<b>【26%】</b>	—
<b>【平均削減率】</b>	<b>【15%】</b>			

## 4-1 計画・設計(導入計画)



## 4-2 計画・設計(本技術の設計・導入)

(1) 設置スペースの検討

→ 対象マンホールポンプ施設の制御盤内に、導入する自動通報監視装置の設置スペースの有無を確認(概略寸法 W500×H500×D250mm 程度)

(2) 管理項目の検討

→ 既設の故障信号を調査し、自動通報監視装置に入力する管理項目を決定

名 称	信 号 種 別	目 的
№1ポンプ故障*	接点入力(故障)	機器の故障や異常状態を即座に自動通報監視装置がクラウドサーバに送信し、クラウドサーバからメールで管理者に通知する。
№2ポンプ故障*		
異常高水位		
停電		
№1ポンプ運転	接点入力(状態)	自動通報監視装置内にポンプの運転時間・運転回数を運転データとして、蓄積する。クラウドサーバは自動通報監視装置が運転データを取得し、蓄積・表示する。本技術において、異常運転検知を行うためのデータとして使用する。
№2ポンプ運転		

※過負荷、漏電、浸水、過熱等の故障信号をまとめて故障信号としたもの

(3) 自動通報監視装置  
(クラウド型監視システム方式(AI付き))  
(4) クラウドサーバ

→ 自動通報監視装置・クラウドサーバの仕様を確認  
資料編の参考資料に、仕様書例を掲載している。

## 4-3 計画・設計(仕様書例)

### 資料編 第2節 参考資料 2.3 仕様書例

自動通報監視装置（クラウド型監視システム方式（AI 付き）とクラウドサーバの仕様書例を以下に示す。↵

#### (1) 概要↵

施設の監視をデータセンタのクラウドサーバを利用して行う。施設に故障が発生した場合にはクラウドサーバより管理者の携帯電話やパソコンにメール通報を行う。また、インターネットに接続されたパソコンやタブレット端末より、各種帳票及び管理上必要な情報を閲覧及びダウンロードできるようにする。↵

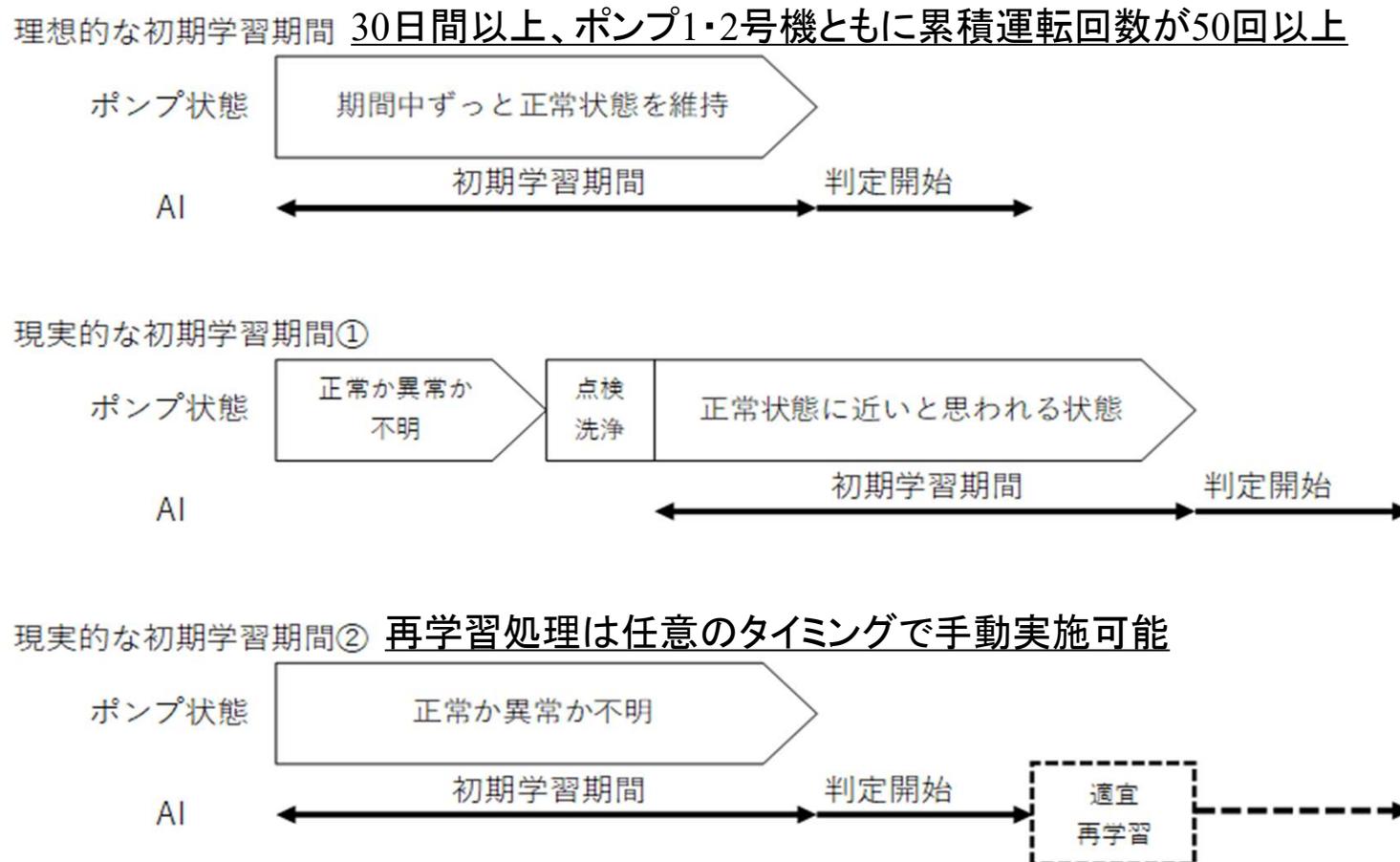
#### (2) 自動通報監視装置仕様（LTE 回線タイプ）↵

- |         |                 |
|---------|-----------------|
| 1) 数量   | ●台↵             |
| 2) 設置条件 | マンホールポンプ施設制御盤内↵ |
| 3) 周囲温度 | 0～50℃*1↵        |

※1 周囲温度が 0℃以下になる場合は、制御盤内のスペースヒータにて対応する。

- |         |  |
|---------|--|
| 4) 電源   | AC100V/AC200V/AC220V 50/60Hz↵                      |
| 5) 入力信号 | デジタル入力 20点↵<br>(無電圧 a 接点、b 接点切替可能) ↵<br>アナログ入力 4点↵ |

## (1) 運用開始時に必要な作業(初期学習)



## (2) 再学習

直近のデータを元に、およそ1か月毎に自動的に再学習が行われる。  
季節変動などによる変化に自動的に追従し、誤判定を減らすことが可能。

メール通知や判断フロー・チェックリストに従い、現場確認を行う。施設状況を踏まえ、必要に応じてメール通知タイミング、判断フロー・チェックリストを変更し運用する。

## (3) メール通知設定の運用方法

機場特性に応じて、異常運転検知の通知頻度を変更

### メール通知タイミング設定画面例

機場名	ポンプ 休止		異常運転検知 再学習	異常検知機能の状態		メール通知タイミング設定 <span>更新</span>		
	P1	P2		P1	P2	<input type="checkbox"/>	3	1
マンホールポンプ場	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	実行	実行中	実行中	<input type="checkbox"/>	3	1
第1マンホールポンプ場	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	実行	実行中	実行中	<input type="checkbox"/>	3	1

## (4) 判断フロー・チェックリスト及び事例集の運用方法

現地確認要否の判断指標として活用

### 判断フロー・チェックリストの変更対応方法

【是正すべきと判断する事象】	【変更対応方法】
<ul style="list-style-type: none"> <li>出動回数を減少させたい。 (空振り件数が多い)</li> </ul>	“過去1週間に同じ判定理由の有無” を“3回発生”など出動判断する異常発生 回数を増加する変更を行う。
<ul style="list-style-type: none"> <li>出動回数を増加させたい。 (見逃し件数が多い)</li> </ul>	“過去1週間に同じ判定理由の有無” を“過去1週間に発生の有無”にするか “過去2週間に同じ判定理由の有無”にす るなど、出動判断する異常発生回数の期 間変更を行う。

クリアウォーター-OSAKA 株式会社	事業戦略部 事業開発課 〒541-0053 大阪府大阪市中央区本町1丁目7番7号 WAKITA堺筋本町ビル6階 TEL 06-6121-2329
株式会社クボタ	東京本社 水循環プラント営業部 販売促進課 〒104-8307 東京都中央区京橋2丁目1番3号 TEL 03-3245-3337
河内長野市	上下水道部 下水道課 〒586-8501 大阪府河内長野市原町1丁目1番1号 TEL 0721-53-1111
今治市	上下水道部 下水道工務課 下水道管理事務所 〒794-0032 愛媛県今治市天保山町4丁目6番地2 TEL 0898-23-5616
赤磐市	建設事業部 上下水道課 〒701-2292 岡山県赤磐市町苅田516 TEL 086-957-2222

## 警報と緊急出動回数目標

目標：緊急出動回数 従来比 **70%以上低減**

従来実績(2019年度)

警報回数：301回、緊急出動回数：171回(154回)

実証目標イメージ

警報回数：194回、緊急出動回数：64回(47回)

	河内長野市	今治市	赤磐市	計		河内長野市	今治市	赤磐市	計
過電流 (異物堆積 ／噛み込み等)	72	52	30	154	70%低減	22	16	9	47

## 検証結果

緊急出動回数低減効果 従来比 **平均70%以上**

			河内長野市	今治市	赤磐市	計
実証対象機場数			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 (2019年度)	1年当たり回数	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)	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
評価 (低減率)						平均70%以上

## AI検知性能の検証結果

実証期間中、合計531件の現地確認データを取得(ポンプを引き上げて実際の状態を確認)した結果を、検出率、正解率としてAI検知性能を評価している。

(件数)		AIによる判定	
		異常運転	正常運転
現地状況	異常	TP (異常的中: True Positive) <b>31</b>	FN (見逃し: False Negative) <b>11</b>
	正常	FP (空振り: False Positive) <b>10</b>	TN (正常的中: True Negative) <b>479</b>

評価指標 (目標値70%以上)	・検出率 (Recall) = $TP / (TP + FN)$ = $31 / (31 + 11) = 73.8\%$
	・正解率 (Accuracy) = $(TP + TN) / (TP + FP + FN + TN)$ = $(31 + 479) / (31 + 10 + 11 + 479) = 96.0\%$

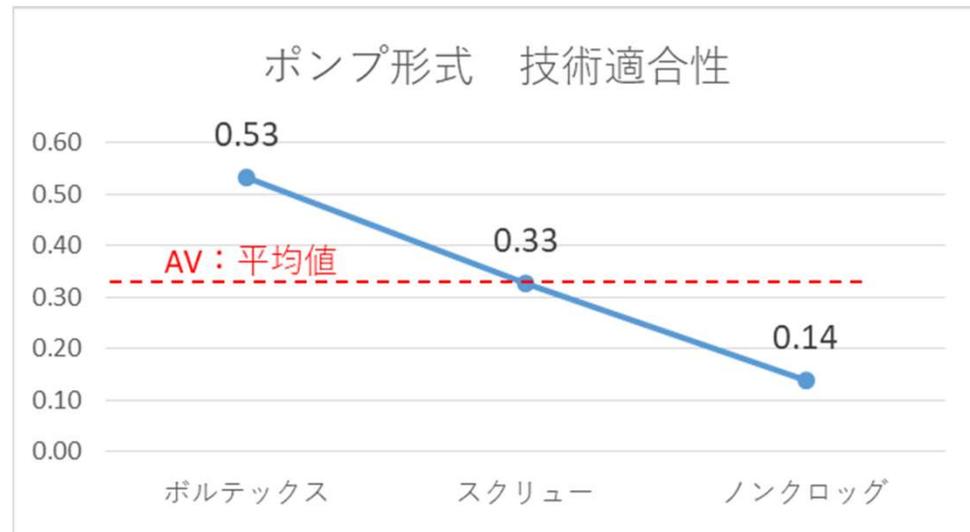
# 参考資料

## 技術適合性を評価

実証研究の結果から、技術適合性を評価している。最も技術適合性が高い**ポンプ形式**は**ボルテックス**であった。

ポンプ形式により、モノ詰まりやエアロックの発生確率が異なり、ボルテックス型はその発生確率が高い傾向であったことが要因の一つと考えられる。

ポンプ口径や出力による技術適合性の差は無い。



## 導入優先順位付け

- ・基礎情報を用いてリスク評価し優先順位付
- ・階層化意思決定法(AHP法)を活用

### (①影響度)

番号	機場名	影響度	ポンプ特性 0.900											
			ポンプ口径			ポンプタイプ			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	0.874	設定値	リスク値	0.098	設定値	リスク値
00	0000マンホールポンプ場	0.402	80	0.333	0.018	スクリュー	0.167	0.025	長時間	0.500	0.303	5.5	0.300	0.026
00	0000マンホールポンプ場	0.434	80	0.333	0.018	ボルテックス	0.500	0.076	長時間	0.500	0.303	3.7	0.200	0.017
00	0000マンホールポンプ場	0.433	80	0.333	0.018	ボルテックス	0.500	0.076	長時間	0.500	0.303	1.5	0.100	0.009
00	0000マンホールポンプ場	0.426	80	0.333	0.018	ボルテックス	0.500	0.076	長時間	0.500	0.303	1.5	0.100	0.009
00	0000マンホールポンプ場	0.424	65	0.167	0.009	ボルテックス	0.500	0.076	長時間	0.500	0.303	0.75	0.100	0.009
00	0000マンホールポンプ場	0.416	150	0.500	0.027	スクリュー	0.167	0.025	長時間	0.500	0.303	11	0.400	0.035
00	0000マンホールポンプ場	0.383	80	0.333	0.018	スクリュー	0.167	0.025	長時間	0.500	0.303	3.7	0.200	0.017

経過年数	発生確率	経過年数	発生確率	経過年数	発生確率	経過年数	発生確率
0	0.0%	6	26.1%	12	52.2%	18	78.3%
1	4.3%	7	30.4%	13	56.5%	19	82.6%
2	8.7%	8	34.8%	14	60.9%	20	87.0%
3	13.0%	9	39.1%	15	65.2%	21	91.3%
4	17.4%	10	43.5%	16	69.6%	22	95.7%
5	21.7%	11	47.8%	17	73.9%	23	100.0%

### (②発生確率)

○優先順位の数値化(①影響度 × ②発生確率)

順位	番号	機場名	リスク評価	発生確率	影響度
1	00	0000マンホールポンプ場	38.44%	95.7%	0.402
2	00	0000マンホールポンプ場	33.98%	78.3%	0.434
3	00	0000マンホールポンプ場	33.92%	78.3%	0.433
4	00	0000マンホールポンプ場	33.37%	78.3%	0.426
5	00	0000マンホールポンプ場	33.14%	78.3%	0.424
6	00	0000マンホールポンプ場	30.78%	73.9%	0.416
7	00	0000マンホールポンプ場	28.32%	73.9%	0.383
8	00	0000マンホールポンプ場	28.20%	73.9%	0.382
9	00	0000マンホールポンプ場	27.77%	69.6%	0.399
10	00	0000マンホールポンプ場	25.94%	78.3%	0.331