

付録Ⅶ

リスク評価例（処理場・ポンプ場施設）

1. リスク評価の実施手順

処理場・ポンプ場施設のリスク評価の実施手順は、図 1 に示すとおりである。

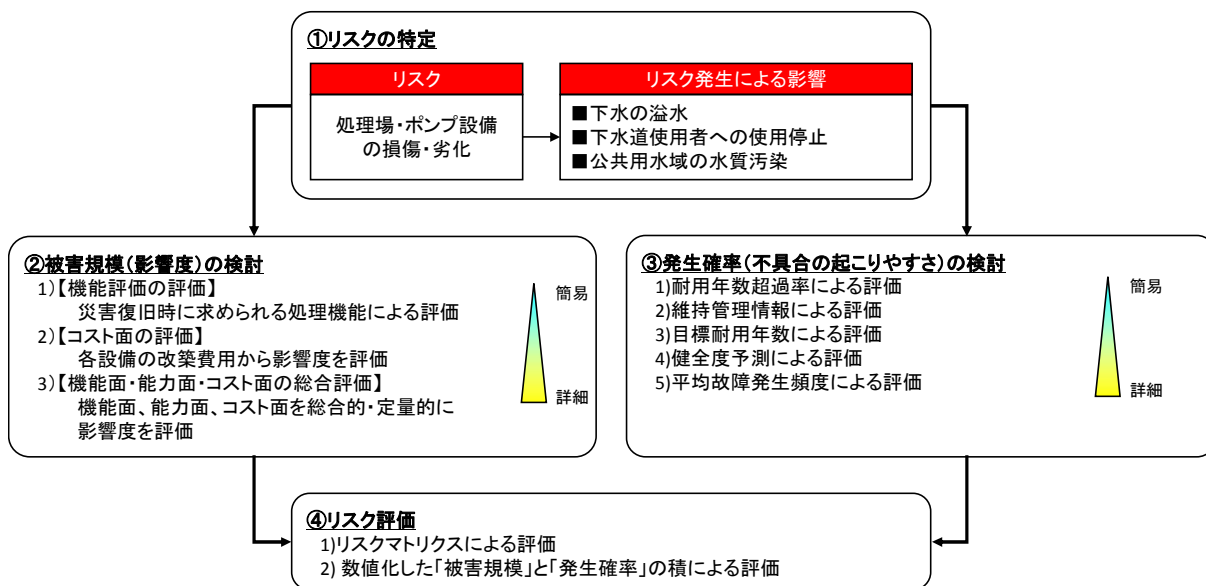


図 1 処理場・ポンプ場施設のリスク評価の実施手順

図 1 に示すとおり、リスク評価では以下の事項について検討する。

- ① リスクの特定
- ② 被害規模（影響度）
- ③ 発生確率（不具合の起こりやすさ）
- ④ リスク評価

「① リスクの特定」では、下水道施設にとって好ましくない事象を洗い出し、特定する。本ガイドラインが対象とする処理場・ポンプ場施設のリスクは、設備の劣化に起因する事故・故障である。

「② 被害規模（影響度）」の検討では、リスクの被害規模、あるいは影響度を評価する。評価については、以下に示す方法が考えられる。

- 1) 【機能面の評価】 災害復旧時に段階的に求められる処理機能から影響度を評価する方法
- 2) 【コスト面の評価】 各設備の改築費用から影響度を評価する方法
- 3) 【機能面、能力面、コスト面の総合評価】 機能面、能力面、コスト面に重み付けを行い、定量的に影響度を評価する方法

なお、評価方法は数値化することも可能であり、ランク付けによる方法や、階層化意思決定法（AHP）等が考えられる。

「③ 発生確率（不具合の起こりやすさ）」の検討では、リスクの発生確率を算定する。評価については、以下の方法が考えられる。

- 1) 経過年数／標準耐用年数を算出し、その倍率で整理する方法
- 2) 故障・巡視・修繕情報や経験者への確認により、不具合の起こりやすい設備を整理する方法
- 3) 過去の改築実績等から期待される耐用年数(目標耐用年数)を設定する方法
- 4) 劣化の度合を定期的に診断・評価し、その傾向で予測する方法
- 5) 過去の故障情報から平均故障間隔を算出する方法経過年数による評価

なお、評価方法は数値化することも可能であり、ランク付けによる方法等が考えられる。

「④ リスク評価」では、「② 被害規模（影響度）」と「③ 発生確率（不具合の起こりやすさ）」で得られた結果から、リスクの大きさを評価する。評価については、以下の方法が考えられる。

- 1) リスクマトリクスによる評価
- 2) 数値化した「被害規模」と「発生確率」の積による評価

以上に示したとおり、「② 被害規模（影響度）」、「③ 発生確率（不具合の起こりやすさ）」、「④ リスク評価」の各検討事項において何パターンかの評価方法が考えられる。

対象とする施設規模の大小や、点検・調査及び修繕・改築実績の蓄積の度合い等により、リスク評価を簡易評価するか、あるいは詳細評価するか、選択することが可能である。

ここでは、リスク評価方法を3パターンに分類し、その評価事例を表1に示す。

表 1 リスク評価方法の例

リスク評価の簡易or詳細	被害規模(影響度)	発生確率(不具合の起こりやすさ)	リスク評価	適用例
簡易 数値化方法	機能面の評価 ランク付け	耐用年数超過率 (=経過年数/標準耐用年数) ランク付け	リスクマトリクス	・施設規模が小さい ・点検・調査及び修繕・改築実績の蓄積が少ない 等
やや詳細 数値化方法	機能面、能力面、コスト面から総合的に評価 -	維持管理者ヒアリング ランク付け	リスクマトリクス	両者の中間程度
詳細 数値化方法	機能面、能力面、コスト面から総合的に評価 -	健全度予測 ランク付け	「被害規模」と「発生確率」の積	・施設規模が大きい ・点検・調査及び修繕・改築実績の蓄積が多い 等

2. リスク評価例

2-1. 簡易なリスク評価

(1) 被害規模（影響度）の検討

被害規模（影響度）は、機能面により検討を行う。機能面別のランク付けの例を表 2 に示す

表 2 被害規模（影響度）のランク付けの例

被害規模ランク	機能
4	揚水機能、消毒機能
3	沈殿機能(最初沈殿池)、汚泥貯留機能
2	汚泥脱水機能
1	その他水処理・汚泥処理機能

出典：下水道施設の耐震対策指針と解説-2014 年版- P14～18 参考

(2) 発生確率（不具合の起こりやすさ）の検討

発生確率（不具合の起こりやすさ）は、耐用年数超過率により検討を行う。

耐用年数超過率別のランク付けの例を、表 3 に示す

表 3 発生確率（不具合の起こりやすさ）のランク付けの例

経過年数÷標準耐用年数	ランク付け
1.0未満	1
1.0～1.3未満	2
1.3～1.6未満	3
1.6～2.0未満	4
2.0以上	5

(3) リスク評価

被害規模の検討及び発生確率の検討から得られた結果をもとに、リスクの大きさを評価する。
 リスクの大きさは、リスクマトリクスにより評価を行う。

リスク評価の例を、図 2 に示す。

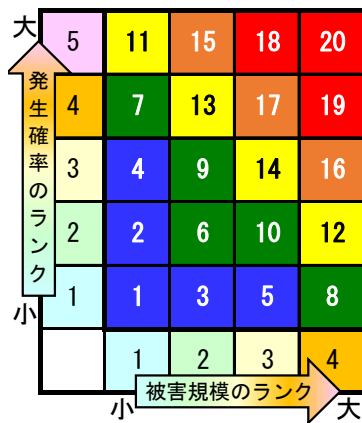


図 2 リスクマトリクスによるリスク評価の例

2-2. やや詳細なリスク評価

(1) 被害規模（影響度）の検討

被害規模（影響度）は、機能面、能力面、コスト面から施設特性を総合的に勘案して評価を行う。故障や劣化により、各設備に機能低下・停止等の不具合が発生した場合の影響として、表 4 に示すように、自然環境や生活・労働環境等、環境への影響と下水道利用者への影響が考えられる。

表 4 影響を受ける事象と影響度評価項目・考え方

影響を受ける事象		影響度評価の項目と考え方
項目	内容	
公共用水域への影響	水質汚染	【機能面】：設備の各機能の役割を評価する。 不具合発生時における設備がもたらす左記事象への影響。
生活環境への影響	大気汚染 下水の溢水	
生活環境及び施設内労働環境への影響	騒音・悪臭の発生	
使用者への影響	下水道施設の使用制限・中止	【能力】：設備の各系列の能力を評価する。 全体の処理能力に対する 1 系列の処理能力が占める割合。
	ライフサイクルコストの増加に伴う下水道使用料の値上げ	【コスト】：取得価格が高い設備

1) 機能面の影響度評価

機能面の評価は、階層化意思決定法（AHP）で行う。AHPとは、1971年に米国ピッツバーグ大学のT. L. Saaty博士により提唱された意思決定手法のひとつである。

この手法は、ある問題に対して複数の解決策（代替案）が考えられるとき、「直感」や「フィーリング」といった人間の主観を取り入れつつ、数学モデルを用いて合理的な決定を下すことを可能にするもので、「主観的判断」と「システム・アプローチ」をミックスした意思決定法とされている。

具体的には、表5に示すように主観的・定性的な評価を数値に置き換えて、表6に示すように評価対象を1対1のペア比較及びペア比較のマトリクス集計を行い、集計結果を幾何平均し、評価対象の影響度を算出する手法である。

例えば、「沈砂池設備」と「最初沈殿池設備」のペアを比較する場合、「最初沈殿池設備」に対して、「沈砂池設備」が、「かなり重要」な場合は5と評価する。

逆に、「沈砂池設備」に対して、「最初沈殿池設備」が“あまり重要でないでない場合は、”1/5となる。

表5 重要度の尺度とその定義

重要性の尺度	定義
1	同じくらい重要
3	少し重要
5	かなり重要
7	非常に重要
9	極めて重要

※ 2、4、6、8は中間の場合に用い、重要でない場合は逆数を用いる。

表6 AHPによる機能面の影響度評価表

	沈砂池設備	主ポンプ設備	最初沈殿池設備	幾何平均	重み付け
沈砂池設備	1	1/a	1/b	A	A/(A+B+C)
主ポンプ設備	a	1	1/c	B	B/(A+B+C)
最初沈殿池設備	b	c	1	C	C/(A+B+C)
計				A+B+C	1

【検討方法】

- ① 処理場・ポンプ場設備について、分類した機能ごとのグループにおける不具合発生時の機能面への影響を一对比較により評価する。
- ② 回答に不整合が生じているサンプルを除去する。
- ③ 幾何平均値により、グループ内的一对比較の平均値を算定する。
- ④ AHPを適用して、評価項目間の重みを計算する。

AHPによる機能面のグループ設定およびAHPによる検討例を表7に示す。

表 7 機能面グループ設定および AHP による検討の例

項目		平均値	機能面採用値	順位
算出方法		①	②	③
		AHP結果	【①】/【①】の最大値	①の順位
機能面 グループ	沈砂池設備	0.121	0.48	3
	主ポンプ設備	0.246	1.00	1
	最初沈殿池	0.099	0.40	4
	反応タンク設備	0.12	0.49	2
	最終沈殿池設備	0.093	0.38	5
	消毒設備	0.076	0.31	8
	用水設備	0.045	0.18	9
	脱臭設備	0.03	0.12	10
	汚泥濃縮・脱水設備	0.092	0.37	6
	汚泥焼却設備	0.078	0.32	7
合計		1	-	-

2) 能力面の影響度評価

能力面の影響度評価では、全体の処理能力に対して、各設備・各系列の処理能力が占める割合の大きさにより評価する。

【実施例】

図 3 に示すような水処理フローを想定し、各設備の各系列の処理能力は同じ能力とすると、各設備の能力面の影響度は、以下の通りとなる。

- ・沈砂池設備の影響度：1/1
- ・主ポンプ設備の影響度：1/3
- ・最初沈殿池設備の影響度：1/2
- ・反応タンク設備：1/4
- ・最終沈殿池設備：1/4

となる。

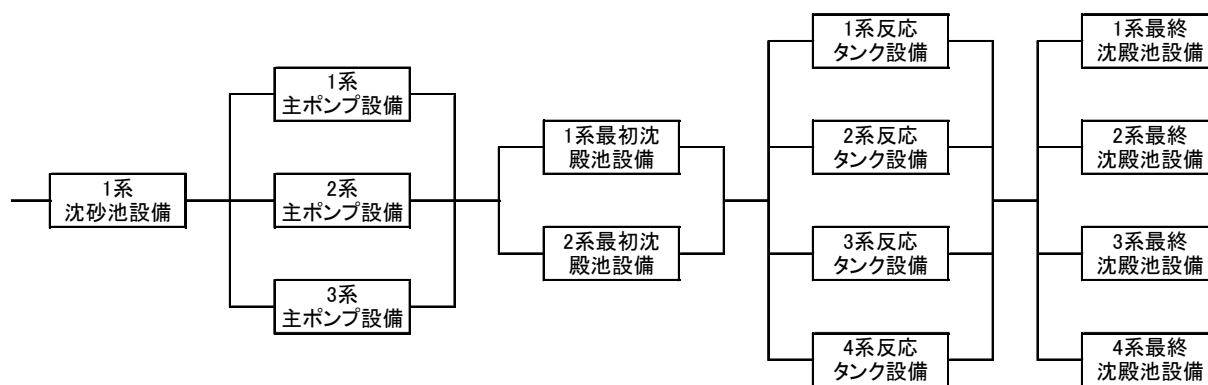


図 3 水処理フロー図の例

3) コスト面の影響度評価

コスト面の影響度評価は、全体事業費に対する各設備の改築費用が占める割合等により評価する。コスト面の影響度評価例を表 8 に示す。

表 8 設備ごとのコスト面の評価表の例

項目	大分類	中分類	小分類	機器名称	改築費用	コスト面評価
1	沈砂池設備	スクリーンかす設備	自動除塵機	No1自動除塵機	●	●/□
2	ポンプ設備	汚水ポンプ設備	ポンプ本体	No1汚水ポンプ	▲	▲/□
3	水処理設備	最初沈殿池設備	汚泥掻寄機	No1汚泥掻寄機	■	■/□
4	水処理設備	反応タンク設備	散気装置	No1散気装置	★	★/□
5	水処理設備	最終沈殿池設備	汚泥掻寄機	No1終沈汚泥掻寄機	○	○/□
6	汚泥処理設備	汚泥濃縮設備	汚泥掻寄機	No1濃縮タンク掻寄機	△	△/□
7	汚泥処理設備	汚泥脱水機設備	汚泥脱水機	No1汚泥脱水機	□	□/□

				最大値	□	

4) 影響度の算出例

機能面、能力面、コスト面を定量的に評価し、式 1 により影響度を算出し、5 段階で評価する。

- ・機能面 : AHP により、対象設備群（中分類）の処理機能の重み付けを行った。
- ・能力面 : 処理場全体に対する対象設備群の系列が占める能力評価を行い重み付けを行った。
- ・コスト面 : 対象設備群の改築費用により重み付けを行った。

$$\text{【影響度} = a \times \text{「機能面」} + b \times \text{「能力面」} + c \times \text{「コスト面」} \text{】} \cdots \text{式 1}$$

(a、b、c は、AHP により機能面、能力面、コスト面の重み付けを行った。)

項目	0.42	0.38	0.2	影響度	順位	影響度 ランク
	機能面	能力面	コスト面			
沈砂池設備	0.48	0.33	0.20	0.367	8	2
主ポンプ設備	1	0.33	0.26	0.597	1	5
最初沈殿池	0.40	0.20	0.45	0.334	10	1
反応タンク設備	0.49	0.20	0.52	0.386	5	3
最終沈殿池設備	0.38	0.33	0.45	0.375	6	3
消毒設備	0.31	0.50	0.20	0.360	9	1
用水設備	0.18	1	0.16	0.488	3	4
脱臭設備	0.12	1	0.2	0.470	4	4
汚泥濃縮・脱水設備	0.37	0.25	0.60	0.370	7	2
汚泥焼却設備	0.32	0.5	1	0.524	2	5

(2) 発生確率（不具合の起こりやすさ）の検討

点検情報や維持管理者へのヒアリングにより、設備の劣化状況を確認し、3段階で定性評価する。維持管理情報による発生確率の評価例を表9に示す。

表9 維持管理情報による発生確率の評価例

発生確率	維持管理情報により評価
大(ランク5)	設備に劣化や異状が確認され、速やかに措置が必要な状況
中(ランク3)	設備に劣化や異状が一部確認され、計画的な措置が必要な状況
小(ランク1)	設備に劣化や異状がほとんど認められない状況

(3) リスク評価

被害規模の検討及び発生確率の検討から得られた結果をもとに、リスクの大きさを評価する。リスクの大きさは、図4に示すリスクマトリクスにより、評価をおこなう。

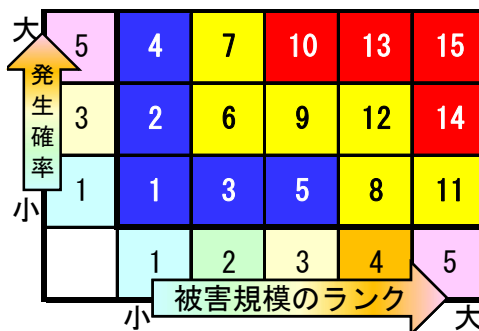


図4 リスクマトリクスによるリスク評価の例

2-3. 詳細なリスク評価

(1) 被害規模（影響度）の検討

被害規模（影響度）は、「2-2. やや詳細なリスク評価」に示す能面、能力面、コスト面から総合的に勘案して評価を行う手法とする。

(2) 発生確率（不具合の起こりやすさ）の検討

発生確率（不具合の起こりやすさ）は劣化の度合いを定期的に診断・評価し、その傾向で予測する方法である。

劣化の度合い（健全度）の予測は、時間の経過と健全度との関係式であり、図 5 に示すように調査対象の設置年、調査結果から機能低下・停止する期間を予測する方法である。

健全度によるリスクの起こりやすさの評価は、図 5 に示すように、過年度の健全度評価結果から傾向を予測し、現時点の健全度を算出する。

なお、図 5 の場合のリスクの起こりやすさは、 $3.3 (= 5 - 1.7)$ となる。

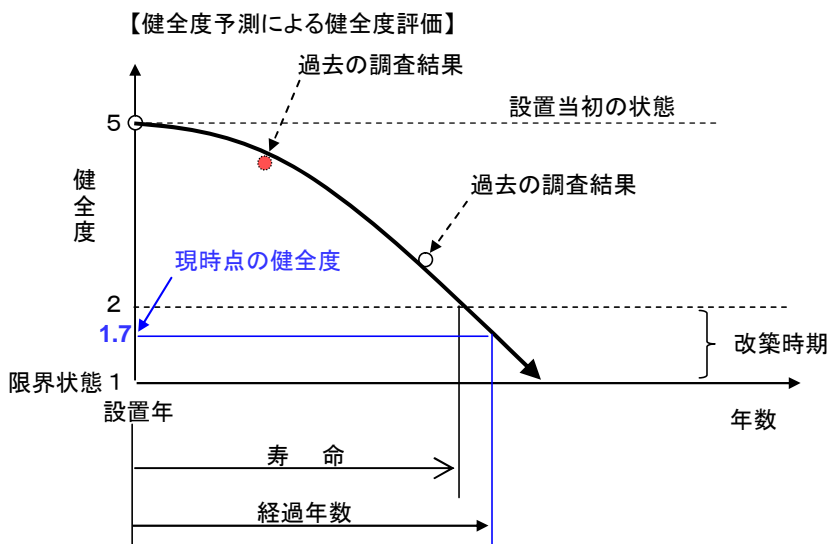


図 5 健全度予測式による発生確率の設定の例

3) リスク評価

被害規模の検討及び発生確率の検討から得られた結果をもとに、リスクの大きさを評価する。

リスクの大きさは数値化した「被害規模」と「発生確率」の積により評価を行う。

リスク評価の例を表 10 に示す。

表 10 被害規模と発生確率の積によるリスク評価の例

項目	影響度【A】	経過年数	発生確率【B】	リスク評価【A】×【B】
主流入ゲート	0.367	8年	2.0	0.7
No1自動除塵機	0.597	10年	2.2	1.3
No2自動除塵機	0.334	5年	1.5	0.5
し渣搬送コンベヤ	0.386	15年	2.4	0.9
し渣脱水機	0.375	23年	3.0	1.1
沈砂掻揚機	0.360	10年	2.2	0.8
沈砂搬送コンベヤ	0.488	8年	2.0	1.0
沈砂し渣ホッパ	0.470	20年	2.8	1.3
脱臭ファン	0.370	2年	1.0	0.4
活性炭吸着塔	0.524	5年	1.5	0.8