

5. 4 診断に必要な器具及び診断者

劣化の度合いを計測するのに必要な測定器具及び各診断を行う診断者の例を表 5. 4. 1 に示す。

表 5. 4. 1 診断に必要な測定器具等の例

計測器具	用途	診断方法	写真	診断者	
				管理者等	専門家
テストハンマ	ボルト・ナット等のゆるみを確認する	ナット側面をテストハンマで打診することにより、ゆるみの有無を確認する。		○	
金属製直尺	架台や配管等の寸法、変形、平滑度を測定する [mm]	変形量や平滑度の測定は鋼尺とノギス等を併用して、隙間を計測することにより把握する。		○	
鋼製巻尺	機器間の距離や配管の長さ等を測定する [mm]	大きな外形寸法や長さ等は巻尺を用いて計測する。		○	
スキマゲージ	ブレーキライニング等の隙間測定に使用する [mm]	隙間にゲージを差し込んで計測する。			○
ダイヤルゲージ	継手部の面ブレ、芯ズレの計測に使用する [mm]	継手部の連結を解放し、片側にダイヤルゲージを取り付けて1回転させ、もう一方の継手面の傾きや芯のズレを計測する。			○
ノギス	板厚、軸径、軸受内径、スピンドル径、ワイヤロープ径等の測定に使用する [mm]	各測定体に対して、ノギスのジョウ、クチバシ、ディプスバーを使用して計測する。		○	○
板厚計	部材の厚さを計測し、腐食や磨耗を診断する [mm]	部材の塗装を剥離し、測定面を平滑に仕上げたあと、センサーを当てて計測する。1箇所につき4点計測して平均値を板厚とする。			○

計測器具	用途	診断方法	写真	診断者	
				管理者等	専門家
膜厚計	塗装の厚さを計測し、腐食や磨耗を診断する 〔 μm 〕	10m ² につき3箇所、1箇所につき4点計測して平均値及び最小値を算出する。		○	○
温度計	操作装置軸受部の温度測定に使用する 〔°C〕	軸受の状態を判断する方法であり外観の状況と計測により調査する。温度が異常に上昇する兆候が認められた場合は、異常現象が相当進んでいることが多く、直ちに処置を執る必要がある。		○	○
回転計	電動機の回転数を計測する 〔min ⁻¹ 〕	回転計は接触式と非接触式がある。接触式は回転中心に接触子を当てて計測。非接触式は反射テープを回転体に貼り付け、反射光の周期を計測。			○
振動計	操作装置駆動軸受部の振動測定に使用する 〔振幅 mm〕	振動測定は、回転機械の運転状態の診断に最も適した方法であり外観の状況と計測により調査する。振動が正常な状態（運転当初の状態）から高くなったという現象から、その要因を推定する。			○
圧力計	油圧力や空気（水）圧力の測定に使用する 〔MPa〕	油圧配管や油圧シリンダのリークを判断するため、配管途中に取り付けて圧力の低下がないか計測する。袋体の内圧等を計測するため、配管途中に取り付ける。			○
電圧計	電動開閉装置の電圧を測定する 〔V〕	袋体起伏時に、決定しておいた堰高での電圧値を計測する。		○	○
電流計	電動開閉装置の電流を測定する 〔A〕	袋体起伏時に、決定しておいた堰高での電流値を計測する。		○	○

計測器具	用途	診断方法	写真	診断者	
				管理者等	専門家
絶縁抵抗器	電動機の絶縁抵抗を測定する 〔MΩ〕	回路等の対地間や線間の絶縁が保たれているかどうかを絶縁抵抗器で計測する。			○
接地抵抗計	接地極の接地抵抗を測定する 〔Ω〕	接地極（アース）の状態を接地抵抗計で計測する。			○
ゴム厚み計	ゴムの厚みを計測し、摩耗を診断する 〔mm〕	袋体の表面を清掃して、センサーを当てて計測する。1箇所につき4点計測して平均値を厚みとする。			○
ゴム硬度計	ゴムの硬度を計測し、劣化の程度を診断する 〔ショア〕	袋体の表面を清掃して、計測器を押し付けて計測する。1箇所につき4点計測して最小値を硬度とする。			○

表 5.4.2 診断に必要な測定器具（ゴム堰 袋体）

機 器 名 称			ゴム堰 袋体					点検条件	測定器具
装置区分	調査部位	詳細部位	調査項目	調査方法	目視・計測部位	許容値又は判定基準			
袋体	外層ゴム	-	厚み	計測	ゴムの厚さ	規定値以上	停	ノギス、マイクロメータ ゴム厚み計	
			材料劣化 硬度	計測	外層ゴム	設計値（材料値）と同等であること	停	ゴム硬度計	

※ 点検条件欄の「停」は停止中、「運」は運転中、「断」は電源遮断状態を示す。

表 5.4.3 診断に必要な測定器具（ゴム堰 操作装置）

機 器 名 称			ゴム堰 操作装置					点検条件	測定器具
装置区分	調査部位	詳細部位	調査項目	調査方法	目視・計測部位	許容値又は判定基準			
起伏装置	全体	-	起立時間	計測		設計値の±10%以内であること	運	ストップウォッチ	
		-	倒伏時間	計測		設計値以内であること	運	ストップウォッチ	
	ブロー	-	温度上昇	計測	ブロー	異常過熱がないこと（温度上昇50℃以下）	運	温度計	
		-	振動	計測	ブロー	異常振動がないこと	運	振動計	
	ポンプ	-	温度上昇	計測	ポンプ	異常過熱がないこと（温度上昇50℃以下）	運	温度計	
		-	振動	計測	ポンプ	異常振動がないこと	運	振動計	
	電動機	-	電流値	計測	電動機電流	定格電流値以下であること	運	電流計	
		-	電圧値	計測	電動機電圧	定格電圧に対し、およそ±10%の範囲内であること	運	電圧計	
		-	絶縁抵抗値	計測	電動機絶縁抵抗	1.0MΩ以上であること	断	絶縁抵抗計	
		-	接地抵抗値	計測	電動機接地抵抗	300Vを越えるもの10Ω以下、 300V以下のもの100Ω以下であること	断	接地抵抗計	
		-	回転数	計測	開閉速度	設計値の±10%以内であること	運	回転計	
		-	温度上昇	計測	軸受部	異常過熱がないこと（温度上昇40℃以内）	運	温度計	
	内圧検知装置	ブルドン管 圧力計	-	圧力値	計測		適正であること	停	圧力計
		圧力伝送器	-	圧力値	計測		設計値と同等であること	停	圧力計
過圧防止装置	全体	-	過圧防止圧力	計測		設計値と同等であること	運	圧力計	
排水装置	水中ポンプ	-	絶縁抵抗値	計測	電動機 絶縁抵抗	1.0MΩ以上であること	断	絶縁抵抗計	

※ 点検条件欄の「停」は停止中、「運」は運転中、「断」は電源遮断状態を示す。

表 5.4.4 診断に必要な測定器具（機側操作盤）

機 器 名 称			機側操作盤					点検条件	測定器具
装置区分	調査部位	詳細部位	調査項目	調査方法	目視・計測部位	許容値又は判定基準			
機側操作盤	全体	-	絶縁抵抗値	計測	絶縁抵抗	1.0MΩ以上であること	断	絶縁抵抗計	
		-	接地抵抗値	計測	接地抵抗	300Vを越えるもの10Ω以下、 300V以下のもの100Ω以下であること	断	接地抵抗計	
	電圧計	-	電圧値	計測	電圧	定格電圧に対し、およそ±10%の範囲内であること	運	電圧計	
	電流計	-	電流値	計測	電流	定格電流値以下であること	運	電流計	

※ 点検条件欄の「停」は停止中、「運」は運転中、「断」は電源遮断状態を示す。

6. 機能保全計画

6. 1 機能保全計画を検討する期間

機能保全コストの検討対象期間は、調査計画の目的により任意に定めることとし、国営土地改良事業や国庫補助事業として実施する事業計画を策定する場合には、検討の対象とする期間は、着工予定年から40年間とする。

【解説】

機能保全コストがより小さくなる対策工法の組合せを検討するための期間については、長期とすると不確定の要素による影響が支配的となり、かつ社会的割引率により対策の選択肢の相違による結果が与える影響は小さくなる。このため、公共事業の多くで40～60年の期間を用いていること、土地改良事業の経済効果算定が「建設期間+40年」とされていることを踏まえ、検討の対象期間は40年を基本とする。

また、適切な補修・補強等の実施により既存施設の有効活用を図りつつ、機能の継続的な確保を図ろうとするものであるため、「新設～廃棄」までの概念が必ずしも明確でなくなることから、評価の対象とする期間を一定に定めることが必要となる。

機能保全計画を検討する40年の間に既存施設を更新する計画がなければ、機能保全コストは既存施設を継続して保全するものとして算出すればよい。(図6.1.1(a))

しかし、機能保全計画を検討する40年の間に土木構造物の更新等の理由により既存施設を更新する計画がある場合は、機能保全コストとしては更新までは既存施設を継続して保全するものとして算出し、更新後は更新後の施設を保全するものとして算出し、それらを合算して保全コストを算出する。(図6.1.1(b))

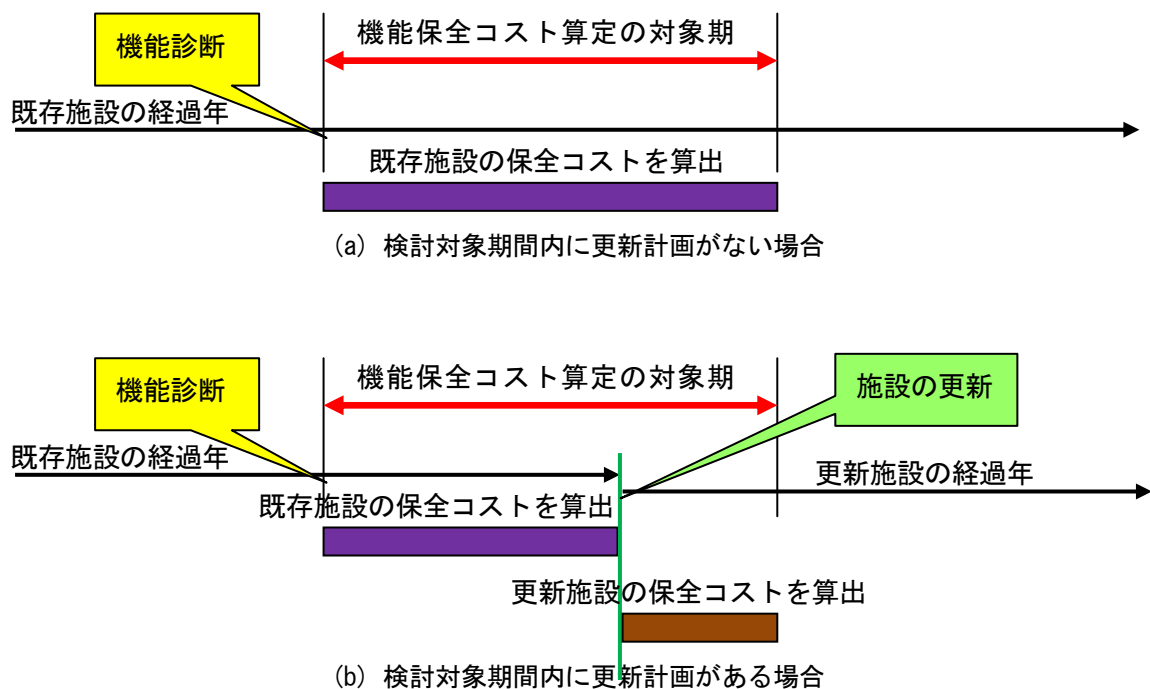


図 6.1.1 機能保全計画の検討対象期間

6. 2 機能保全コストの対象となる経費

機能保全コストは、検討の目的に応じて定めた対象期間について、その間に発生するコストの総額から、期間終了時の残存価値を控除し、現在価値に換算して算定する。

【解説】

機能保全コストは、機能診断調査以降に発生する以下の経費について計上する。

(当面要する経費)

- ①調査、計画、設計に要する費用（調査費）
- ②工事の実施に要する費用（事業費）

(将来的に必要となる経費)

- ③維持管理費（運転経費、維持管理の範疇の補修経費）
- ④更新整備や予防保全対策に要する経費

(検討対象期間終了時)

- ⑤当該施設の残存価値

なお、比較対象となるそれぞれのシナリオにおいて、経費に大きな差が見込まれない項目（調査費、維持管理費等）については、機能保全コストに含めないで検討してもよい。

6. 3 将来に発生する費用の現在価値化

将来に発生する機能保全コストについては、これを現在価値に換算し、算定に用いる社会的割引率は特別の事情がない限り年4%を適用する。

【解説】

社会的割引率はLCCや機能保全コストの算定に大きく影響する。

費用対効果分析の前提となる社会的割引率等の指標等の前提条件については、関係行政機関においてその妥当性について検証し、各事業間で整合性を確保することになっている。このため、公共事業の分野では全て4%が適用されている。

この場合の現在価値は次式で算出できる。また、年次毎の割引係数を表6.3.1に示す。

現在価値 = t年の実際の費用 × t年次の割引係数

t年次の割引係数 = $1 / (1 + \text{社会的割引率})^t$

社会的割引率 = 0.04

表 6.3.1 割引率4%における割引係数

年数	割引係数	年数	割引係数	年数	割引係数	年数	割引係数
1	0.96154	11	0.64958	21	0.43883	31	0.29646
2	0.92456	12	0.62460	22	0.42196	32	0.28506
3	0.88900	13	0.60057	23	0.40573	33	0.27409
4	0.85480	14	0.57748	24	0.39012	34	0.26355
5	0.82193	15	0.55526	25	0.37512	35	0.25342
6	0.79031	16	0.53391	26	0.36069	36	0.24367
7	0.75992	17	0.51337	27	0.34682	37	0.23430
8	0.73069	18	0.49363	28	0.33348	38	0.22529
9	0.70259	19	0.47464	29	0.32065	39	0.21662
10	0.67556	20	0.45639	30	0.30832	40	0.20829

6. 4 残存価値

検討対象期間に係る機能保全コストを比較する場合、検討終了時点において当該施設に残存価値が存在する場合には、これを控除して比較を行う。

【解説】

比較対象とする機能保全コストは、検討対象期間にかかる総費用（建設費、維持管理費、中間の補修・補強等すべての経費）に、40年後の残存価値を控除して求める。

残存価値は、実施した予防保全対策に要した経費そのものを価値と見なして、それが耐用年数末時点で消滅するように経過年数とともに減少すると仮定し、検討終了時点における価値とする。そのイメージを図6.4.1に示す。

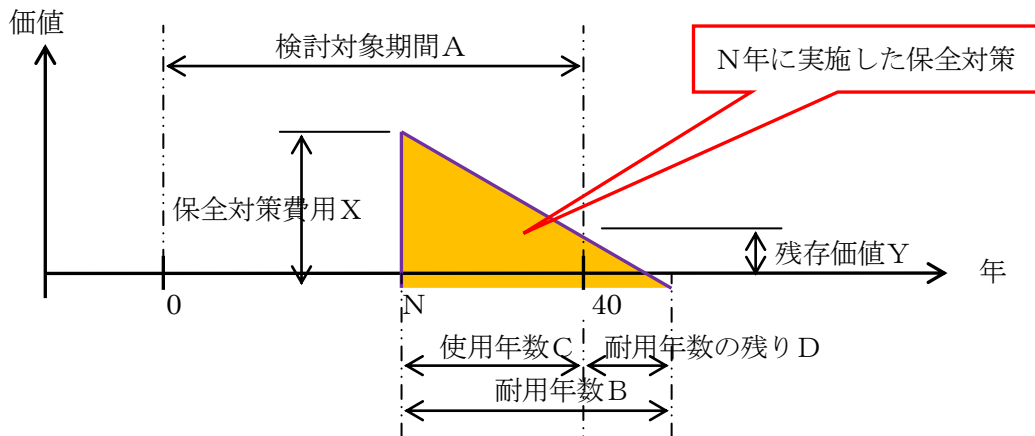


図 6. 4. 1 残存価値のイメージ

個々の保全対策毎に残存価値を次の要領で算出し、それぞれを集計すると設備全体としての残存価値を算出することができる。

$$\text{残存価値} Y = \text{保全対策費用} X \times \text{耐用年数の残り} D / \text{耐用年数} B$$

$$\text{現在価値に換算した残存価値} = \text{残存価値} Y \times 40 \text{ 年後の割引係数} (=0.20829)$$

【計算例】

検討対象期間（A）の開始時期から20年目（N）に袋体を取り換える保全計画を検討する場合を例として次に示す。

・前提条件：保全対策費用（工事費）950万円（X）、耐用年数30年（B）

①耐用年数の残り

$$\text{耐用年数の残り} D = \text{実施年} N + \text{耐用年数} B - \text{検討対象期間} A = 20 + 30 - 40 = 10 \text{ 年}$$

②残存価値

$$\begin{aligned} \text{残存価値} Y &= \text{保全対策費用} X \times \text{耐用年数の残り} D / \text{耐用年数} B \\ &= 950 \times 10 / 30 = 317 \text{ 万円} \end{aligned}$$

③現在価値に換算した残存価値

$$\begin{aligned} \text{現在価値に換算した残存価値} &= \text{残存価値} Y \times 40 \text{ 年後の割引係数} \\ &= 317 \times 0.20829 = \mathbf{66 \text{ 万円}} \end{aligned}$$

6. 5 シナリオの設定と機能保全コスト比較の検討例

(1) 機能診断結果

設置後15年を経過したゴム堰の機能診断を行ったところ、表6.5.1に示す結果が得られたとする。
(比較検討を簡略化するために表では主要機器のみを対象としている。)

表 6.5.1 余寿命予測結果

装置名	機器・部品名	規格・材質	参考 耐用年数	余寿命	備考欄
袋体	①袋体	ゴム引布	30	20	
固定金具	① 取付金具	SC	40	25	
	② 固定ボルト	SUS	40	30	
操作装置	① ブロワ		15	10	
	② 電動機		25	15	
	③ バルブ		15	5	
	④ 配管	SGP	—	17	露出部
	⑤ 水中ポンプ		10	2	
機側操作盤	①本体		20	10	

注1. 余寿命は機能診断した結果として予測したものであり、必ずしも「参考耐用年数－使用年数」とはなっていない。

(2) 対策工法の検討

各機器に対する対策工法とコストを検討した結果を表6.5.2に示す。

表 6.5.2 対策工法とコスト

装置名	機器・部品名	規格・材質	余寿命	耐用年数	単独施工の場合の 保全コスト (万円)	同時施工の場合の 保全コスト (万円)	備考欄
袋体	①袋体	ゴム引布	20	30	950	900	
固定金具	① 取付金具	SC	25	40	150	100	
		SUS		60	200	150	シナリオ3
	② 固定ボルト	SUS	30	45	400	350	
操作装置	① ブロワ		10	15	60	50	
	② 電動機		15	30	60	50	
	③ バルブ		5	20	40	30	
	④ 配管	SGP	17	32	80	70	
		SUS		45	100	90	シナリオ3
⑤ 水中ポンプ		2	17	10	5		
機側操作盤	①本体		10	25	300	290	

注1. 単独施工の場合の保全コストとは、その機器のみを単独で保全する場合のコストである。同時施工の場合の保全コストとは、複数の機器を同時に保全する場合の保全コストである。(共通費用の低減効果を考慮している。)

注2. 耐用年数は、過去の使用実績から参考耐用年数よりも確実に長いと判断される機器・部品については、「使用年数＋余寿命」としている。

シナリオ1は各機器が耐用年数に達した時点で順次既設と同じ仕様で保全する対策案である。

シナリオ2はシナリオ1の対策実施時期を同期化した対策案である。

シナリオ3はライフサイクルコスト低減の可能性を期待して、シナリオ2の取付金具と配管をステンレス製にする対策案である。

(4) 機能保全コストの比較

機能保全コストを算定・比較するには、各シナリオについて表6.5.3で整理した対策時期毎に対策コストを表6.5.4に示すような表に整理するとよい。

表 6.5.4 機能保全コストの算定・比較表の作成例

シナリオ区分	装置区分	機器名	保全対策工法	対策時期	保全対策費用	現在価値した対策費用	検討期間末の残存価値	機能保全コスト	残耐用年数	年度毎対策費現在価値
シナリオ1	操作装置	水中ポンプ	市販の標準品で更新	2年目	100	92				92
	操作装置	バルブ	市販の標準品で更新	5年目	400	329				329
	操作装置	ブロウ	既設仕様のまま更新	10年目	500	338				
	機側操作盤		既設仕様のまま更新	10年目	2,900	1,959				2,297
	操作装置	電動機	市販の標準品で更新	15年目	600	333	21		5	333
	操作装置	配管	既設仕様のまま更新	17年目	800	411	47		9	411
	操作装置	水中ポンプ	市販の標準品で更新	19年目	100	47				47
	袋体		①継続使用後、既設仕様のまま更	20年目	9,500	4,336	660		10	4,336
	固定金具	取付金具	既設仕様のまま更新	25年目	1,500	563	195		25	
	操作装置	ブロウ	既設仕様のまま更新	25年目	500	188				
	操作装置	バルブ	市販の標準品で更新	25年目	400	150	21		5	900
	固定金具	固定ボルト	既設仕様のまま更新	30年目	4,000	1,233	648		35	1,233
	機側操作盤		既設仕様のまま更新	35年目	3,000	760	500		20	760
	操作装置	水中ポンプ	市販の標準品で更新	36年目	100	24	16		13	24
						24,400	10,763	2,107	8,656	
シナリオ2	操作装置	水中ポンプ	市販の標準品で更新	5年目	50	41				
	操作装置	バルブ	市販の標準品で更新	5年目	300	247				288
	操作装置	ブロウ	既設仕様のまま更新	10年目	500	338				
	機側操作盤		既設仕様のまま更新	10年目	2,900	1,959				
	操作装置	電動機	市販の標準品で更新	10年目	500	338				2,635
	操作装置	配管	既設仕様のまま更新	19年目	700	332	50		11	
	操作装置	水中ポンプ	市販の標準品で更新	19年目	50	24				356
	袋体		①継続使用後、既設仕様のまま更	25年目	9,000	3,376	937		15	
	固定金具	取付金具	既設仕様のまま更新	25年目	1,000	375	130		25	
	固定金具	固定ボルト	既設仕様のまま更新	25年目	3,500	1,313	486		30	
	操作装置	ブロウ	既設仕様のまま更新	25年目	500	188				
	操作装置	バルブ	市販の標準品で更新	25年目	400	150	21		5	5,402
	操作装置	水中ポンプ	市販の標準品で更新	35年目	100	25	15		12	
	機側操作盤		既設仕様のまま更新	35年目	3,000	760	500		20	786
						22,500	9,466	2,139	7,327	
シナリオ3	操作装置	水中ポンプ	市販の標準品で更新	5年目	50	41				
	操作装置	バルブ	市販の標準品で更新	5年目	300	247				288
	操作装置	ブロウ	既設仕様のまま更新	10年目	500	338				
	機側操作盤		既設仕様のまま更新	10年目	2,900	1,959				
	操作装置	電動機	市販の標準品で更新	10年目	500	338	15		5	2,635
	操作装置	配管	ステンレス仕様で更新	19年目	900	427	100		24	
	操作装置	水中ポンプ	市販の標準品で更新	19年目	50	24				451
	袋体		①継続使用後、既設仕様のまま更	25年目	9,000	3,376	750		10	
	固定金具	取付金具	ステンレス仕様で更新	25年目	1,500	563	234		45	
	固定金具	固定ボルト	既設仕様のまま更新	25年目	3,500	1,313	510		35	
	操作装置	ブロウ	既設仕様のまま更新	25年目	500	188				
	操作装置	バルブ	市販の標準品で更新	25年目	400	150	21		5	5,589
	操作装置	水中ポンプ	市販の標準品で更新	35年目	100	25	15		13	
	機側操作盤		既設仕様のまま更新	35年目	3,000	760	500		20	786
						23,200	9,748	2,145	7,603	

表 6.5.4 に示す「年度毎対策費現在価値」を利用して、最終的に図 6.5.4 に示すようにグラフ化すると、各シナリオの特徴が比較しやすい。

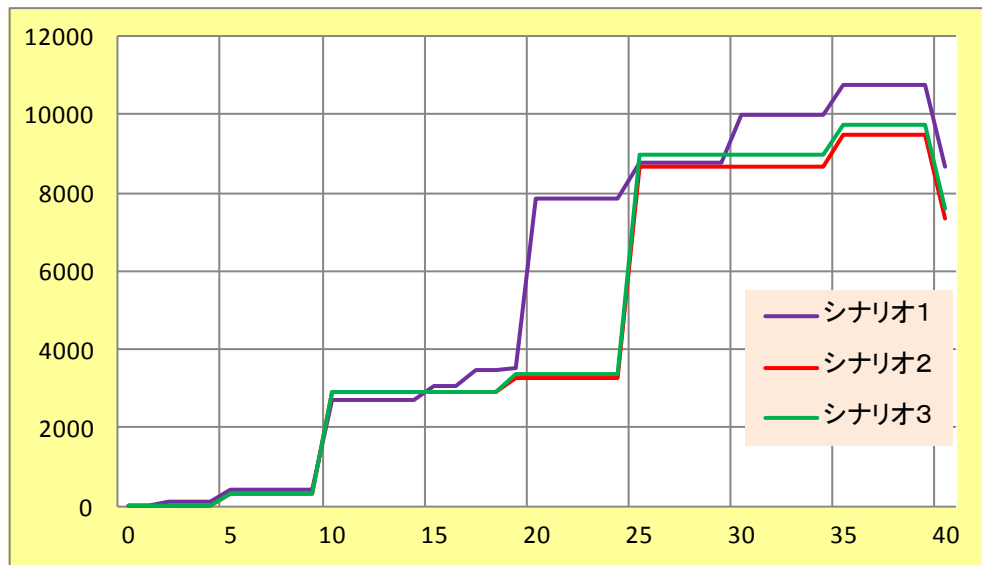


図 6.5.4 保全コストの比較図

(5) シナリオ比較表

説明用資料として、機能保全コストを最小化するだけでなく、機能維持、リスクの軽減、環境への調和の観点から各シナリオを総合的に比較・評価した表 6.5.5 に示すような比較表を作成するとよい。

表 6.5.5 保全対策シナリオ比較表

保全対策シナリオ	シナリオの特徴	機能能保全コスト	施設の機能維持	事業実施の合理性	施設重要度との適合性	リスク軽減への貢献度	環境との調和	総合評価
シナリオ1	耐用年数に達した時点で既設と同じ仕様で保全する	8,656千円	健全度がやや高く維持される	短い回間隔で保全対策が必要で、合理的とはいえない。	適合する。	リスク軽減については、各シナリオとも大差ない。	問題ない。	△
シナリオ2	対策実施時期を同期化	7,327千円	保全時期を遅らせる機器があるので、健全度がやや低く維持される	合理的である。	適合する。		問題ない。	◎
シナリオ3	シナリオ2をベースに長寿命化が期待できる取付金具と配管についてステンレス製にする	7,603千円	同上	合理的である。	適合する。		問題ない。	○

◎:最も適する。○:次点で適する。△:望ましくない。×:不適である。

7. 参考文献

- 『農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き』（農村振興局整備部設計課）
- 『ゲート点検・整備要領（案）』（（社）ダム・堰施設技術協会）
- 『基幹水利施設指導・点検・整備マニュアル（頭首工編）』（農村振興局整備部水資源課施設保全管理室）
- 『摩擦の世界』（角田和雄 岩波新書、1994.11.21）
- 『金属材料の疲労の話』（宮田隆司 技術開発ニュースNo.115／2005-7）
- 『ダム・堰施設技術基準(案)防食マニュアル』（ダム・堰施設技術協会）
- 『既設構造物の延命化技術に関する研究報告書（平成19年2月）』
（新都市社会技術融合創造研究会研究プロジェクトチーム）
- 『農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工（ゲート設備）参考資料編（案）」（保全技術センター）
- 『ゴム引布製起伏堰施設技術指針』（農村振興局整備部設計課）
- 『ゴム引布起伏堰技術基準（案）』（財団法人 国土開発技術センター）
- 『ゴム引布起伏堰点検・整備要領（案）』（ダム・堰施設技術協会）