

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。

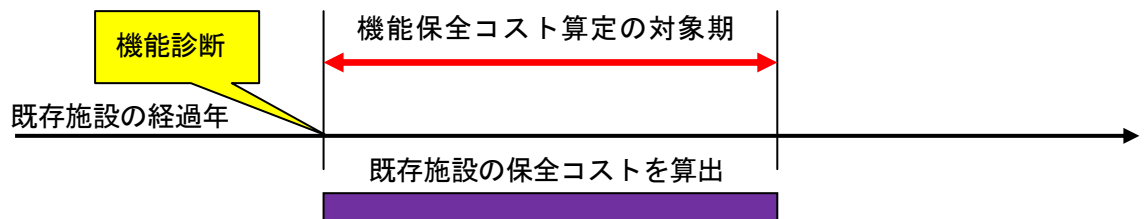
【解説】

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。

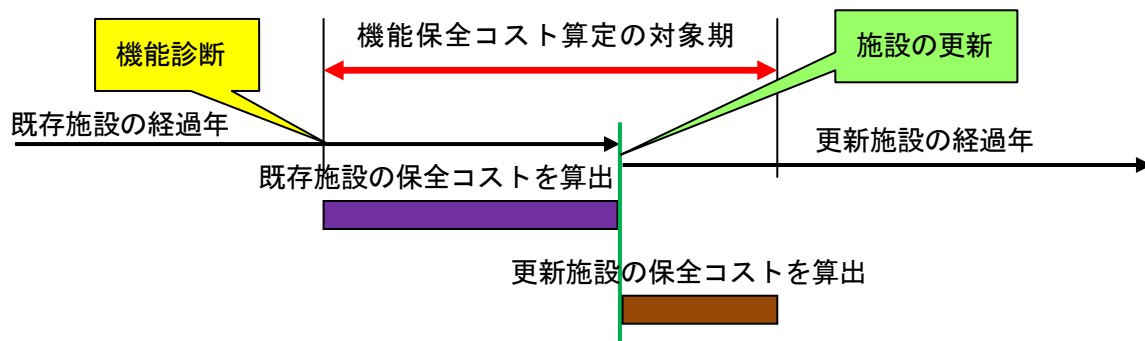
また、適切な補修・補強等の実施により既存施設の有効活用を図りつつ、機能の継続的な確保を図ろうとするものであるため、「新設～廃棄」までの概念が必ずしも明確でなくなることから、評価の対象とする期間を一定に定めることが必要となる。

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))



(a) 検討対象期間内に更新計画がない場合



(b) 検討対象期間内に更新計画がある場合

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。

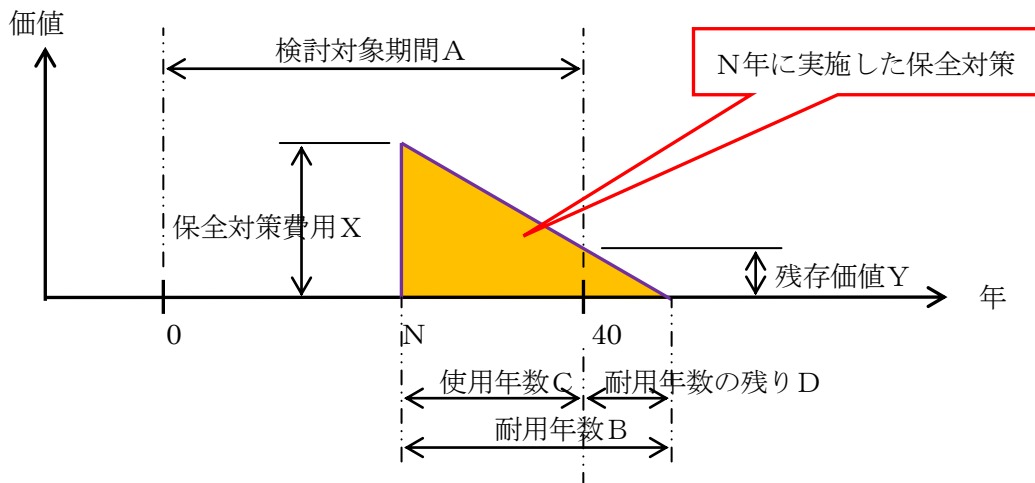


図 6. 4. 1 残存価値のイメージ

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10年目と35年目（N）にレーキ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。（残存価値は35年目の取替えに存在する。）

・前提条件：保全対策費用（工事費）60万円（X）、耐用年数25年（B）

①耐用年数の残り

$$\text{耐用年数の残り } D = \text{実施年 } N + \text{耐用年数 } B - \text{検討対象期間 } A = 35 + 25 - 40 = 20 \text{ 年}$$

②残存価値

$$\begin{aligned} \text{残存価値 } Y &= \text{保全対策費用 } X \times \text{耐用年数の残り } D / \text{耐用年数 } B \\ &= 60 \times 20 / 25 = 48 \text{ 万円} \end{aligned}$$

③現在価値に換算した残存価値

$$\begin{aligned} \text{現在価値に換算した残存価値} &= \text{残存価値 } Y \times 40 \text{ 年後の割引係数} \\ &= 48 \times 0.20829 = \mathbf{10 \text{ 万円}} \end{aligned}$$

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年を経過した除塵設備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
スクリーン	①	スクリーンバー	SS	—	12	
	②	受桁	SS	—	18	
除塵機	①	レーキ	SS	25	10	
	②	レーキチェーン		10	5	
	③	電動機		25	10	
	④	フレーム	SS	—	15	陸上部
ベルトコンベヤ	①	ベルト		10	5	
	②	電動機		25	10	
	③	キャリアローラ		10	5	
	④	引紐スイッチ		10	5	
	⑤	フレーム	SS	25	15	
ホッパ	①	ホッパ	SS	25	10	
	②	カットゲート	SS	25	10	
	③	電動シリンダ		15	5	
	④	フレーム	SS	25	15	
機側操作盤	①本体			20	5	

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	保全コスト (万円)		備考欄
						単独施工の場合	同時施工の場合	
スクリーン	①	スクリーンバー	SS	12	27	60	50	
			SUS					
	②	受桁	SS	18	33	50	40	
			SUS					
除塵機	①	レーキ	SS	10	25	60	50	
			SUS					
	②	レーキチェーン		5	10	160	150	
	③	電動機		10	25	60	50	
	④	フレーム	SS	15	30	200	180	
			SUS					

ベルトコンベヤ	①	ベルト		5	10	150	130	
	②	電動機		10	25	60	50	
	③	キャリアローラ		5	10	80	70	
	④	引紐スイッチ		5	10	20	10	
	⑤	フレーム	SS	15	30	200	180	
SUS			40		300	280	シリオ3	
ホッパ	①	ホッパ	SS	10	25	60	50	
			SUS		40	90	80	シリオ3
	②	カットゲート	SS	10	25	40	30	
			SUS		40	60	50	シリオ3
	③	電動シリンダ		5	20	60	50	
	④	フレーム	SS	15	30	150	130	
			SUS		40	230	210	シリオ3
	機側操作盤	①	本体		5	20	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。

(3) シナリオの作成

施設の将来予測は、対象施設において、今後 40 年間に必要となる対策の時期、内容等を予測して、機能保全コストを算出するために行う。

そのため、対策範囲・工法とその実施時期の組合せ（以下「シナリオ」という）を検討する。

除塵設備の保全対策のシナリオとしては対策工法、対策範囲、対策時期等の組合せにより多数のシナリオが考えられるが、むやみにシナリオを増やしても検討が煩雑になるだけで、それらの差異も表面化しない。従って、数ケースのシナリオを設定するのが現実的であり、設定例（考え方）を次に示す。

①シナリオ1

各部位が表 6.5.1 で予測した余寿命に到達した時点で、従来仕様の内容で順次保全対策を実施するとして設定する。この時の各工法の耐用年数は参考耐用年数でなく、過去の実績を踏まえて見直している。

②シナリオ2

シナリオ1では、対策工事を実施すべき時期が分散して非効率的になることが考えられるため、個々の対策実施時期をずらして同期化して設定する。対策時期をずらす場合には、繰り下げるのではなく繰り上げて早い時期に同期化することを基本とするが、性能低下の予測から算出した余寿命が必ずしも厳密なものではないことを考慮すると、余寿命に対して数年の幅で対策実施時期をずらしても問題はないと考えられる。

③シナリオ3

シナリオ2をベースにして、可能な範囲で部位、装置等について長寿命化が期待できる対策工法で保全対策を実施するとして設定する。長寿命化の対策を実施する部位・装置のその後の対策時期はそれらの耐用年数に応じて見直し、同期化の時期も再検討する。

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					A	B	C(現在価値)	D=B-C		
	除塵機	レーキチェーン	市販の標準品で更新	5年目	1,600	1,315				
ベルトコンベヤ	ベルト	既設仕様のまま更新	5年目	1,300	1,069					
ベルトコンベヤ	キャリアローラ	市販の標準品で更新	5年目	700	575					
ベルトコンベヤ	引紐スイッチ	既設仕様のまま更新	5年目	100	82					
ホツバ	電動シリンダ	市販の標準品で更新	5年目	600	493					
機側操作盤		既設仕様のまま更新	5年目	3,000	2,466					6,000
除塵機	レーキ	既設仕様のまま更新	10年目	500	338					
除塵機	電動機	市販の標準品で更新	10年目	500	338					
ベルトコンベヤ	電動機	市販の標準品で更新	10年目	600	405					
ホツバ	ホツバ	既設仕様のまま更新	10年目	500	338					
ホツバ	カットゲート	既設仕様のまま更新	10年目	300	203					1,621
スクリーン	スクリーンバー	既設仕様のまま更新	12年目	600	375					375
除塵機	レーキチェーン	市販の標準品で更新	15年目	1,500	833					
除塵機	フレーム	既設仕様のまま更新	15年目	1,800	999	62			5	
ベルトコンベヤ	ベルト	既設仕様のまま更新	15年目	1,300	722					
ベルトコンベヤ	キャリアローラ	市販の標準品で更新	15年目	700	389					
ベルトコンベヤ	引紐スイッチ	既設仕様のまま更新	15年目	100	56					
ベルトコンベヤ	フレーム	既設仕様のまま更新	15年目	1,800	999	62			5	
ホツバ	フレーム	既設仕様のまま更新	15年目	1,500	833	52			5	4,831
スクリーン	受桁	既設仕様のまま更新	18年目	500	247	35			11	247
除塵機	レーキチェーン	市販の標準品で更新	25年目	1,500	563					
ベルトコンベヤ	ベルト	既設仕様のまま更新	25年目	1,300	488					
ベルトコンベヤ	キャリアローラ	市販の標準品で更新	25年目	700	263					
ベルトコンベヤ	引紐スイッチ	既設仕様のまま更新	25年目	100	38					
ホツバ	電動シリンダ	市販の標準品で更新	25年目	500	188	26			5	
機側操作盤		既設仕様のまま更新	25年目	3,000	1,125	156			5	2,663
除塵機	レーキ	既設仕様のまま更新	35年目	600	152	100			20	
除塵機	レーキチェーン	市販の標準品で更新	35年目	1,500	380	156			5	
除塵機	電動機	市販の標準品で更新	35年目	500	127	83			20	
ベルトコンベヤ	ベルト	既設仕様のまま更新	35年目	1,300	329	135			5	
ベルトコンベヤ	電動機	市販の標準品で更新	35年目	500	127	83			20	
ベルトコンベヤ	キャリアローラ	市販の標準品で更新	35年目	700	177	73			5	
ベルトコンベヤ	引紐スイッチ	既設仕様のまま更新	35年目	100	25	10			5	
ホツバ	ホツバ	既設仕様のまま更新	35年目	600	152	100			20	
ホツバ	カットゲート	既設仕様のまま更新	35年目	400	101	67			20	1,571
スクリーン	スクリーンバー	既設仕様のまま更新	39年目	600	130	120			26	130
					33,400	17,438	1,323	16,116		17,438
シナリオ2					A	B	C(現在価値)	D=B-C		
	除塵機	レーキチェーン	市販の標準品で更新	5年目	1,600	1,315				
ベルトコンベヤ	ベルト	既設仕様のまま更新	5年目	1,300	1,069					
ベルトコンベヤ	キャリアローラ	市販の標準品で更新	5年目	700	575					
ベルトコンベヤ	引紐スイッチ	既設仕様のまま更新	5年目	100	82					
機側操作盤		既設仕様のまま更新	5年目	3,000	2,466					5,507
スクリーン	スクリーンバー	既設仕様のまま更新	10年目	600	405					
除塵機	レーキ	既設仕様のまま更新	10年目	500	338					
除塵機	電動機	市販の標準品で更新	10年目	500	338					
ベルトコンベヤ	電動機	市販の標準品で更新	10年目	600	405					
ホツバ	ホツバ	既設仕様のまま更新	10年目	500	338					
ホツバ	カットゲート	既設仕様のまま更新	10年目	300	203					
ホツバ	電動シリンダ	市販の標準品で更新	10年目	500	338					
ホツバ	フレーム	既設仕様のまま更新	10年目	1,300	878	39			5	3,243
スクリーン	受桁	既設仕様のまま更新	15年目	500	278	25			8	
除塵機	レーキチェーン	市販の標準品で更新	15年目	1,500	833					
除塵機	フレーム	既設仕様のまま更新	15年目	1,800	999	62			5	
ベルトコンベヤ	ベルト	既設仕様のまま更新	15年目	1,300	722					
ベルトコンベヤ	キャリアローラ	市販の標準品で更新	15年目	700	389					
ベルトコンベヤ	引紐スイッチ	既設仕様のまま更新	15年目	100	56					
ベルトコンベヤ	フレーム	既設仕様のまま更新	15年目	1,800	999	62			5	4,276
除塵機	レーキチェーン	市販の標準品で更新	25年目	1,500	563					
ベルトコンベヤ	ベルト	既設仕様のまま更新	25年目	1,300	488					
ベルトコンベヤ	キャリアローラ	市販の標準品で更新	25年目	700	263					
ベルトコンベヤ	引紐スイッチ	既設仕様のまま更新	25年目	100	38					
機側操作盤		既設仕様のまま更新	25年目	3,000	1,125	156			5	2,476
ホツバ	電動シリンダ	市販の標準品で更新	30年目	600	18	6			10	18
スクリーン	スクリーンバー	既設仕様のまま更新	35年目	600	152	102			22	
除塵機	レーキ	既設仕様のまま更新	35年目	600	152	100			20	
除塵機	レーキチェーン	市販の標準品で更新	35年目	1,500	380	156			5	
除塵機	電動機	市販の標準品で更新	35年目	500	127	83			20	
ベルトコンベヤ	ベルト	既設仕様のまま更新	35年目	1,300	329	135			5	
ベルトコンベヤ	電動機	市販の標準品で更新	35年目	500	127	83			20	
ベルトコンベヤ	キャリアローラ	市販の標準品で更新	35年目	700	177	73			5	
ベルトコンベヤ	引紐スイッチ	既設仕様のまま更新	35年目	100	25	10			5	
ホツバ	ホツバ	既設仕様のまま更新	35年目	600	152	100			20	
ホツバ	カットゲート	既設仕様のまま更新	35年目	400	101	67			20	1,723
					32,660	17,243	1,261	15,981		17,243

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3					A	B	C(現在価値)	D=B-C			
	除塵機	レーキチェーン	市販の標準品で更新	5年目	1,600	1,315					
	ベルトコンベヤ	ベルト	既設仕様のまま更新	5年目	1,300	1,069					
	ベルトコンベヤ	キャリアロー	市販の標準品で更新	5年目	700	575					
	ベルトコンベヤ	引紐スイッチ	既設仕様のまま更新	5年目	100	82					
	機側操作盤		既設仕様のまま更新	5年目	3,000	2,466					5,507
	スクリーン	スクリーンパー	ステンレス仕様で更新	10年目	900	608	47			10	
	除塵機	レーキ	ステンレス仕様で更新	10年目	800	540	42			10	
	除塵機	電動機	市販の標準品で更新	10年目	500	338					
	ベルトコンベヤ	電動機	市販の標準品で更新	10年目	600	405					
	ホツパ	ホツパ	ステンレス仕様で更新	10年目	800	540	42			10	
	ホツパ	カットゲート	ステンレス仕様で更新	10年目	500	338	26			10	
	ホツパ	電動シリンダ	市販の標準品で更新	10年目	500	338					
	ホツパ	フレーム	ステンレス仕様で更新	10年目	2,100	1,419	109			10	4,526
	スクリーン	受桁	ステンレス仕様で更新	15年目	800	444	62			15	
	除塵機	レーキチェーン	市販の標準品で更新	15年目	1,500	833					
	除塵機	フレーム	ステンレス仕様で更新	15年目	2,800	1,555	219			15	
	ベルトコンベヤ	ベルト	既設仕様のまま更新	15年目	1,300	722					
	ベルトコンベヤ	キャリアロー	市販の標準品で更新	15年目	700	389					
	ベルトコンベヤ	引紐スイッチ	既設仕様のまま更新	15年目	100	56					
	ベルトコンベヤ	フレーム	ステンレス仕様で更新	15年目	2,800	1,555	219			15	5,553
	除塵機	レーキチェーン	市販の標準品で更新	25年目	1,500	563					
	ベルトコンベヤ	ベルト	既設仕様のまま更新	25年目	1,300	488					
	ベルトコンベヤ	キャリアロー	市販の標準品で更新	25年目	700	263					
	ベルトコンベヤ	引紐スイッチ	既設仕様のまま更新	25年目	100	38					
	機側操作盤		既設仕様のまま更新	25年目	3,000	1,125	156			5	2,476
	ホツパ	電動シリンダ	市販の標準品で更新	30年目	60	18	6			10	18
	除塵機	レーキチェーン	市販の標準品で更新	35年目	1,500	380	156			5	
	除塵機	電動機	市販の標準品で更新	35年目	500	127	83			20	
	ベルトコンベヤ	ベルト	既設仕様のまま更新	35年目	1,300	329	135			5	
ベルトコンベヤ	電動機	市販の標準品で更新	35年目	500	127	83			20		
ベルトコンベヤ	キャリアロー	市販の標準品で更新	35年目	700	177	73			5		
ベルトコンベヤ	引紐スイッチ	既設仕様のまま更新	35年目	100	25	10			5	1,166	
					34,660	19,246	1,469	17,776		19,246	

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 6.5.1 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。

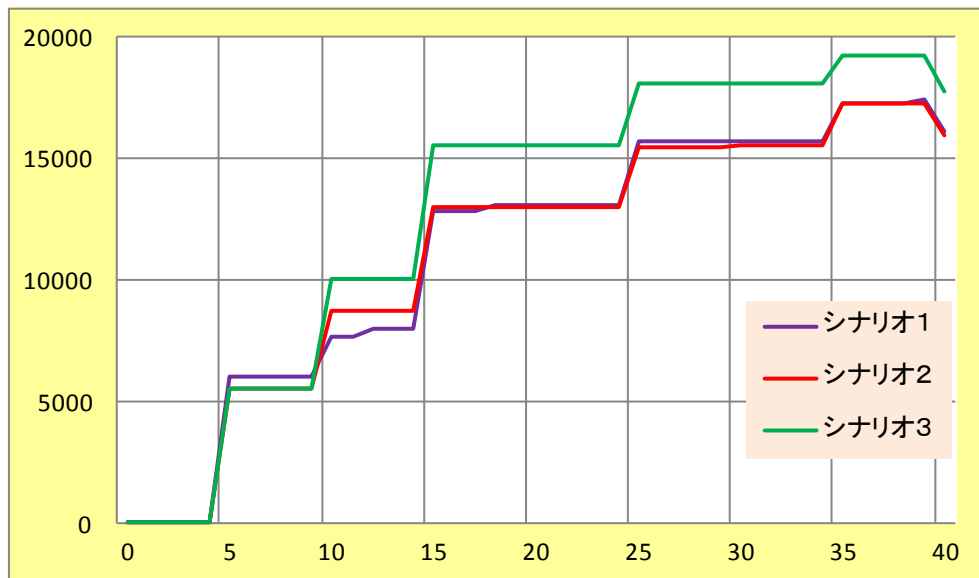


図 6.5.1 保全コストの比較図

(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	16,116千円	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	15,981千円	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スクリーン、レーキ、フレーム等についてステンレス製にする	17,776千円	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）
- 『鋼構造物計画設計技術指針（除塵設備編）』（農林水産省農村振興局整備部設計課）
- 『除塵設備設計指針－付設計参考例－』（（社）水門鉄管協会）