

第3章 導入検討

第1節 導入検討手法

§ 12 導入検討手順

本技術の導入の検討にあたっては、対象とする下水処理場の現況および課題等を把握し、導入効果の検討を行い、適切に導入判断する。

【解説】

導入検討にあたっては、**図 3-1** に示す導入検討フローにしたがって、必要な情報を収集し、導入効果の概略試算評価を行い、導入判断を行う。

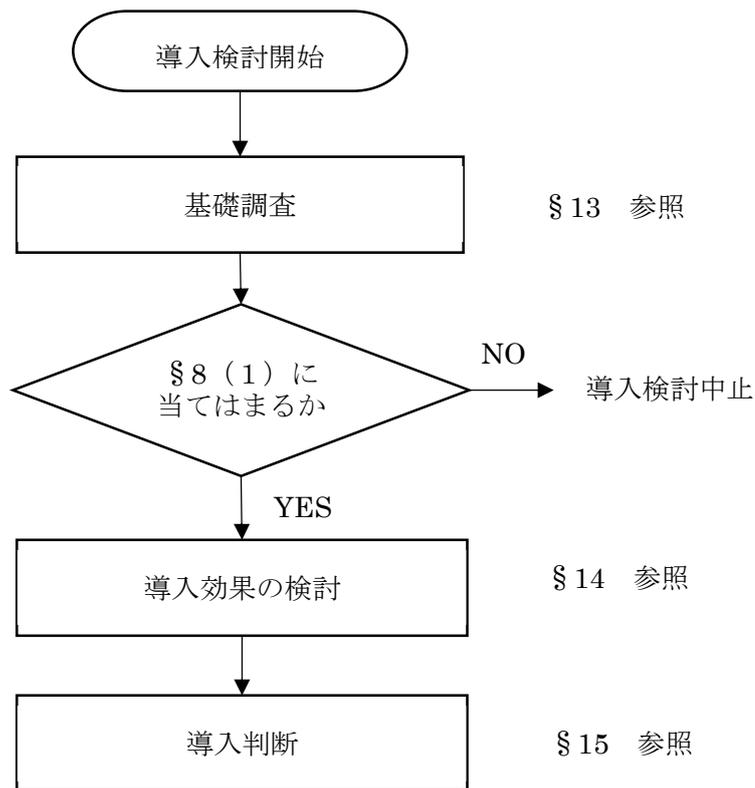


図 3-1 導入検討フロー

§ 13 基礎調査

導入検討に必要な、以下の情報を把握する。

- (1) 流入汚水量の現状把握と将来予測
- (2) 流入水質および放流水質、水温
- (3) 運転操作対象の選定
- (4) 既存施設の運用情報の確認
- (5) 既存施設情報の確認

【解説】

概略の導入検討に必要な情報として、施設情報、流入水質、流入汚水量、更新計画を調査する。なお、本格的な計画・設計のための情報収集は **§ 17 基本事項の把握** に詳述している。

(1) 流入汚水量の現状把握と将来予測

下水処理場の維持管理年報等により、日最大汚水量を含む年間の水量の傾向変動を確認する。さらに、人口増加あるいは減少に伴う流入汚水量の将来的な増減の予測を確認し、処理場統廃合等の計画がある場合は、それらを考慮した流入汚水量の予測も確認する。

(2) 流入水質および放流水質、水温

下水処理場の水質日報等から下水流入水質、最初沈殿池流出水質、処理水質、放流水質、水温の年間水質を調査する。また、流入水質、処理水質、放流水質の計画値および設計値も確認する。

(3) 運転操作対象の選定

設定変更の頻度が多く、技術継承を実施したい運転操作対象を選定する。活性汚泥法では、重要な運転設定項目として生汚泥引抜量設定、余剰汚泥引抜量設定、DO、送風量若しくは送気倍率設定、返送汚泥量若しくは返送率設定、消毒剤注入率が挙げられる。オキシレーションディッチ法では、攪拌機運転タイマー設定や返送汚泥量、余剰汚泥引抜量設定が挙げられる。

(4) 既存施設の運用情報の確認

処理目標水質の変更、工事等による通水停止履歴、散気装置の変更による風量の変化、薬品の注入点や攪拌方法の変更等は、運転操作内容に影響を及ぼすため、特に注意して確認する。

(5) 既存施設情報の確認

導入検討対象とする下水処理施設の既存施設情報（流入方式、反応タンク、最終沈殿池、送風機、風量、風量制御方法）を収集する。

§ 14 導入効果の検討

本技術の導入にあたっては、AIを導入しない場合と比較して、AI導入により削減できる電力量や薬品使用量と導入費用や維持管理費用を比較して得られるコスト効果の他、維持できる運転技術レベル、技術継承の内容等を勘案し、総合的に効果を検討する。

【解説】

本技術の導入検討フローを図3-2に示す。ここでは、§6 技術の構成と機能に掲載した構成を全て導入した場合の導入効果について示す。

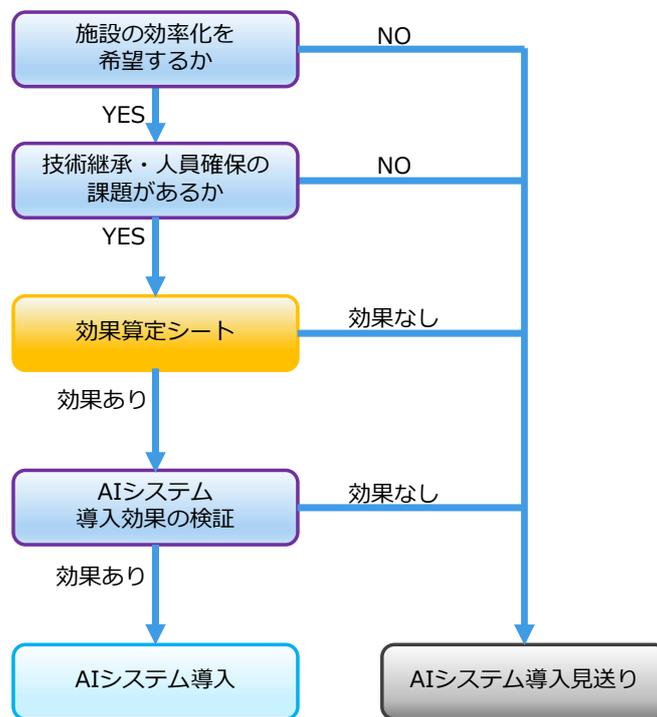


図 3-2 本技術の導入検討フロー

(1) 本技術の導入コストの算出

①AI 推論システムを全て現地に設置するオンプレミス型、AI 推論機能や結果表示をクラウド上で行うクラウド型を選定する。クラウド型を選定メリットとしては、初期導入費用を抑えることによる費用平準化、遠隔地からの運用状況確認や AI 推論エンジンの保守点検、複数の下水処理場に AI 技術を導入した場合でも一括管理できる点が挙げられる。一方、クラウド型を選定デメリットとして、クラウドサービス契約やデータ通信量の増加による費用増加が挙げられる。

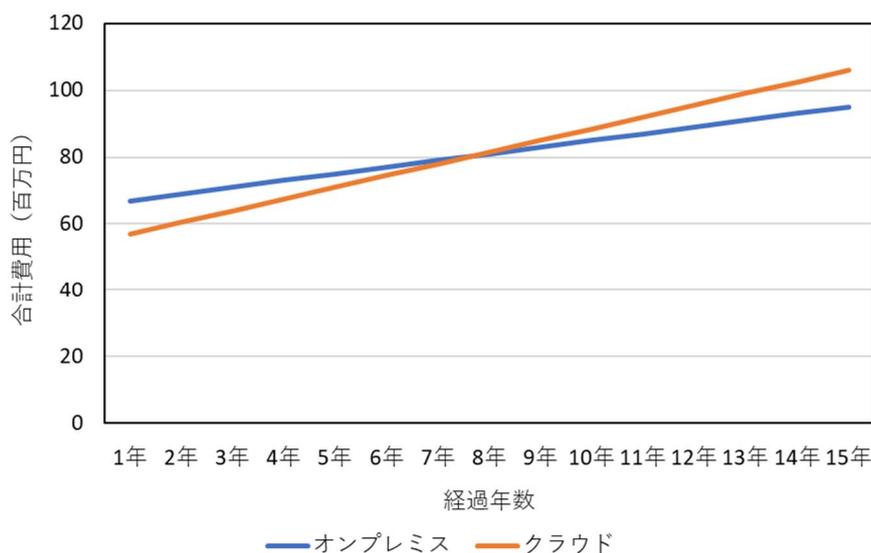


図 3-3 標準活性汚泥法における導入費用 (処理能力 100,000 m³/日以上)

表 3-1 標準活性汚泥法における導入費用及び維持管理費用 (単位：百万円)

		処理規模 (m ³ /日)				
		≦10,000	≦30,000	≦50,000	≦100,000	>100,000
初期費用	オンプレミス	26	37	47	57	67
	クラウド	15	27	37	47	57
維持管理費用	オンプレミス	1	1.5	1.5	2	2
	クラウド	2.5	3	3	3.5	3.5

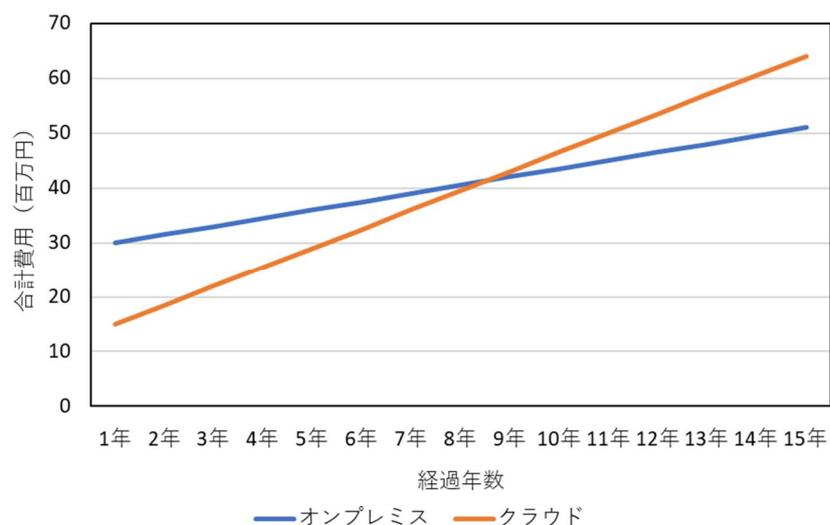


図 3-4 オキシレーションディッチ法における AI 導入費用 (処理能力 10,000 m³/日以上)

表 3-2 オキシレーションディッチ法における導入費用及び維持管理費用 (単位：百万円)

		処理能力 (m ³ /日)				
		≦1,000	≦3,000	≦5,000	≦10,000	>10,000
初期費用	オンプレミス	20	20	25	25	30
	クラウド	15	15	15	15	15
維持管理費用	オンプレミス	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5
	クラウド	2.5	2.5	3.0	3.5	3.5

②処理能力ではなく、導入したい水処理系列数を設定することも可能である。

(2) 本技術の維持管理コストの算出

- ①水処理に係る電力使用量や薬品使用量の変化を確認する。多くの場合、包括的民間委託レベル 2 以上に切り替わる前後で、維持管理業者の運用コストを削減する意図が働き、水処理電力使用量や薬品使用量減少の傾向が見られるため、熟練技術者による運転ができなくなった場合、包括的民間委託レベル 1 以下に戻ると想定して、その時の電力使用量や薬品使用量の原単位（処理水量又は水質当たり）の変化から削減可能な電力使用量や薬品使用量、それぞれの単価（電力使用量の場合、円/kWh、薬品使用量の場合、円/kg）を乗じて金額換算する。
- ②長期的に AI 導入で更に電力使用量や薬品使用量の削減が見込まれる場合、その効果を加算する。

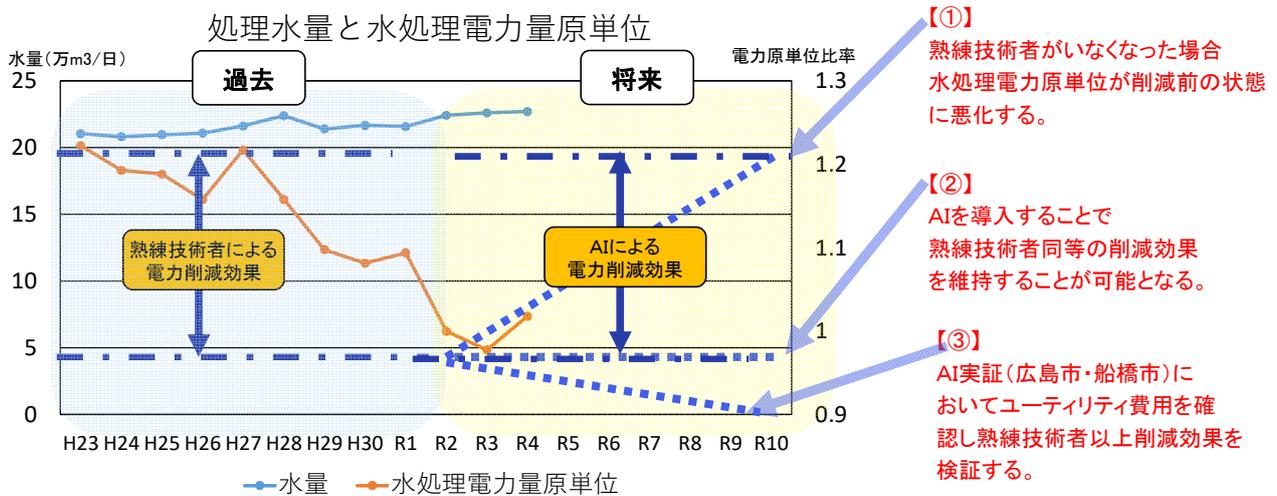


図 3-5 電力量削減効果のイメージ

- ③AI による人件費削減として、運転管理に関する検討作業の日数（工数）削減が挙げられる。具体的には、施設及び設備の運転、操作、制御及び監視、巡視点検等が挙げられる。また、降雨時においても施設及び設備の運転、操作、制御及び監視、巡視点検を行う必要がある。AI 導入で効率化された箇所と全ての操作量項目との割合、人件費単価から、削減可能な人件費を算出する。

$$\text{削減可能な人件費} = \text{検討作業日数} \times \frac{\text{AI 導入箇所}}{\text{全ての操作量}} \times \text{人件費単価}$$

(3) 経費回収年

- (1) による導入費用及び維持費用と (2) による削減費用から経費回収年を計算する。

$$\text{経費回収年} = \frac{\text{技術導入費用}}{\text{費用削減効果} - \text{技術維持費用}}$$

§ 15 導入判断

導入効果の検討結果に加えて、必要に応じて技術継承が可能であるという本技術の特徴を考慮し、導入の判断を行う。

【解説】

基本的に導入効果の検討（§ 14 導入効果の検討）の結果に基づいてコスト的に有利であれば「導入」と判断する。これに加えて、必要に応じて、技術継承が可能であること、AI 技術導入で空いた作業時間を他に転用可能という本技術の特徴を勘案し、導入の判断を実施する。

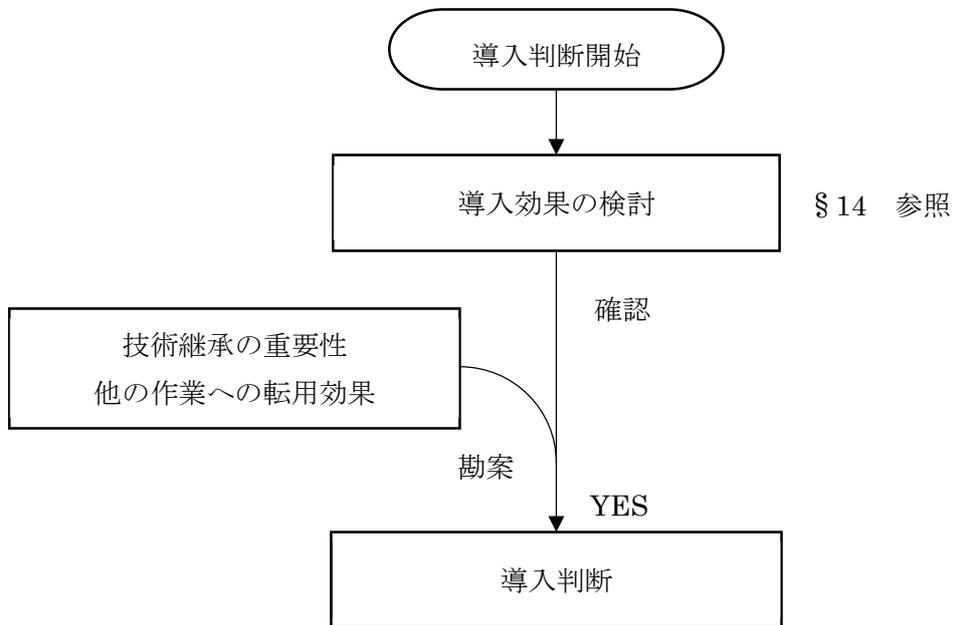


図 3-6 導入判断フロー

第2節 導入効果の検討例

広島市西部水資源再生センターにおける本技術の導入効果の検討例を示す。

(1) 電力量や薬品使用量の経年変化の整理

価格については、費用の高騰に注意する。

(2) 評価対象年度の設定

電力量の評価年度については、過去の増改築等のイベントはあるが電力原単位は減少傾向である。令和2年度にはメンブレン式散気装置が導入され水処理の効率に影響している。そのため、評価年度は平成23年度と令和元年度の原単位を用い評価した。

次亜塩素酸ナトリウム、ポリ塩化アルミニウム（PAC）の評価年度については、平成30年度から熟練技術者がより効率的な運転実施に向けた試験運転を行っている。増改築が安定している時期として平成23年度と平成29年度の原単位を用い評価した。

(3) 削減効果の考え方

本技術による費用削減効果としては、基準年度、評価年度から熟練技術者によるユーティリティ費用削減を求めた。熟練技術者は本技術で代用可能で基準年度と評価年度の差分が削減効果として期待できるものとした。

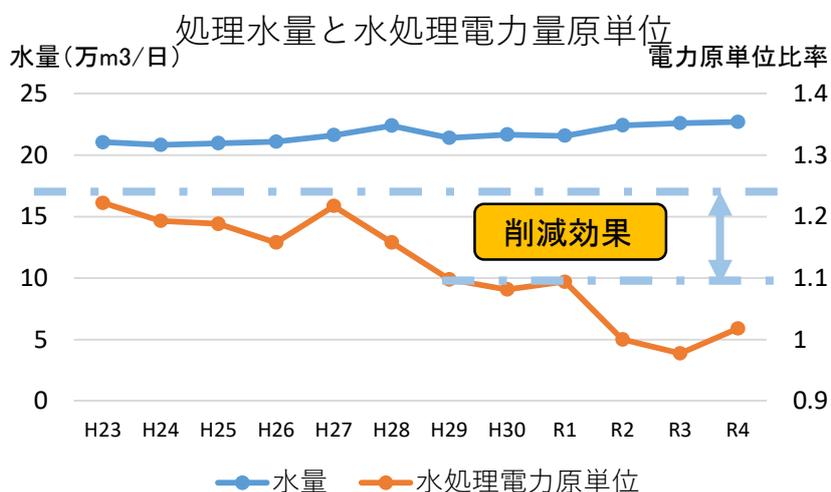


図3-7 年度ごとの電力量の推移と削減効果

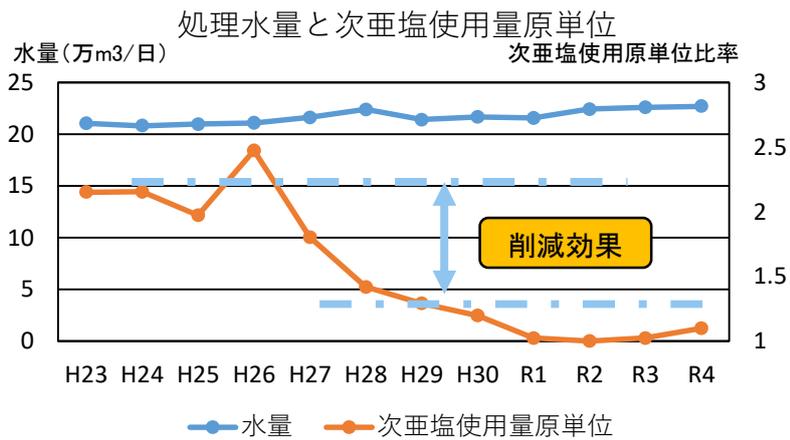


図 3-8 次亜塩素酸ナトリウム使用量の推移と削減効果

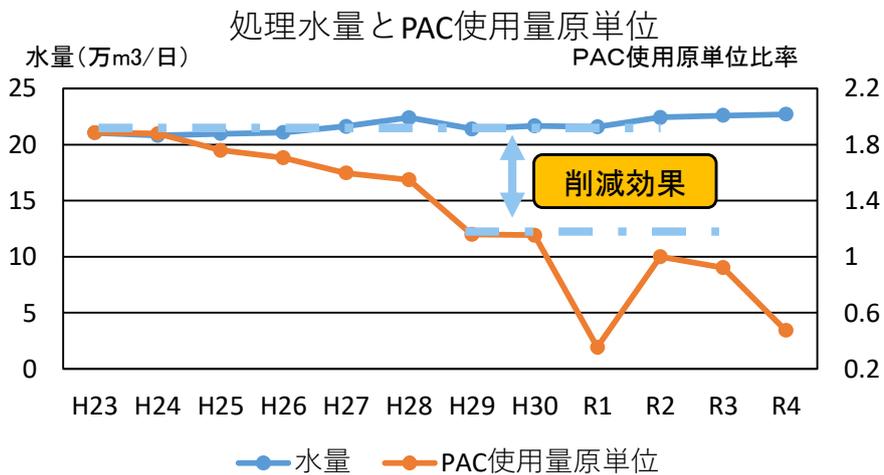


図 3-9 ポリ塩化アルミニウム使用量の推移と削減効果

(4) 人件費削減の範囲と費用算出

本技術は、水処理の運転管理に関わる異常の把握、運転操作の方針の推定と提示、及び運用設定値を自動演算するものである。水処理の運転監視操作業務及び水質試験業務の副総括及び主任の活動日数のうち、本技術の導入で削減可能な作業日数を調査した。その結果、**図 3-11** に示す合計 85 日分が年間で削減可能とした。また、この作業日数を金額換算した結果、**図 3-12** に示す通り、約 7.1 百万円の人件費削減効果が期待できる。

職 種	職 種 の 基 準
業 務 総 括 責 任 者	業務全体の責任者で、下水道処理施設管理技士有資格者、又は下水道法施行令で定める有資格者、若しくは同等の能力を有し、総括の職務にあたり管理能力が有る者。
副 総 括	業務総括責任者を補佐及び代行ができ、管理及び高度な技術を有し、かつ各業務の責任者としての確な判断ができる者。
主 任	各業務の責任者で、高度な技術を有し、業務の専門職として主体的業務を行える者。
技 術 員	基礎的な技術を有し、保守点検業務、運転監視等の業務を遂行できる者。
技 能 員	運転操作、水質分析等の作業について必要とされる技能を伴った補助業務が行える者。

図 3-10 水処理に係る運転員の職種と役割

業務分類	業務項目	活動日数						
		現場作業		所内作業		その他作業		
		作業	情報収集	書類作成	検討	打合	移動	研修・学習
運転監視に関する業務	施設及び設備の運転、操作、制御及び監視、巡視点検(施設の運転状況確認、異常早期発見)	717日	215日	251日	72日	224日	0日	56日
	降雨時の施設等の運転、操作、制御及び監視	134日	40日	47日	13日			
	産業廃棄物を場外搬出する際の運転操作、立ち合い(沈砂、しき、スカム、脱水汚泥等)	45日	13日	16日	4日			
保守点検に関する業務	軽微な保守点検	56日	17日	20日	6日			
修繕に関する業務	軽微な修繕	56日	17日	20日	6日			
その他	薬品搬入立合、工事立合その他	112日	34日	39日	11日			
小計		1120日	336日	392日	112日	224日	0日	56日
合計		2240日						

※活動日数合計2240日は(水処理グループ9人+(副総括責任者×1/3))×240日(年間推定就業日数)から算出した

図 3-11 本技術の導入で削減可能な作業日数

【水処理AI導入前の業務価格】

項目	業務総括責任者	副 総 括	主 任	技 術 員	技 能 員
① 運転操作監視業務費 水処理のみ	基準人数(人、日)	64	64	190	764
	労務単価(円/人)	29,300	25,900	22,600	20,300
	金額(円)	1,875,200	1,657,600	4,294,000	15,509,200
	計(円)			36,247,000	
② 水質試験業務費 水処理のみ	基準人数(人、日)	0	216	433	693
	労務単価(円/人)	27,900	24,700	21,500	19,300
	金額(円)	0	5,335,200	9,309,500	11,157,300
	計(円)			25,802,000	
			③直接業務費計(円)	[(1)+(2)]	62,049,000
			④直接経費(円)	[(3)×4%]	2,481,000
			⑤技術経費(円)	[(3)×25%]	15,512,000
			⑥間接業務費(円)	[(3)×23.5%]	14,581,000
			⑦業務原価計(円)	[(3)+(4)+(5)+(6)]	94,623,000
			⑧諸経費(円)	[(7)×15.5%]	14,496,000
			⑨業務価格計(円)	[(7)+(8)]	109,119,000

【水処理AI導入後の業務価格】赤字に示す人工をAIに置き換えた

項目	業務総括責任者	副 総 括	主 任	技 術 員	技 能 員
① 運転操作監視業務費 水処理のみ	基準人数(人、日)	64	52	152	764
	労務単価(円/人)	29,300	25,900	22,600	20,300
	金額(円)	1,875,200	1,346,800	3,435,200	15,509,200
	計(円)			35,078,000	
② 水質試験業務費 水処理のみ	基準人数(人、日)	0	173	348	693
	労務単価(円/人)	27,900	24,700	21,500	19,300
	金額(円)	0	4,273,100	7,482,000	11,157,300
	計(円)			22,912,000	
			③直接業務費計(円)	[(1)+(2)]	57,990,000
			④直接経費(円)	[(3)×4%]	2,319,000
			⑤技術経費(円)	[(3)×25%]	14,497,000
			⑥間接業務費(円)	[(3)×23.5%]	13,627,000
			⑦業務原価計(円)	[(3)+(4)+(5)+(6)]	88,433,000
			⑧諸経費(円)	[(7)×15.5%]	13,609,000
			⑨業務価格計(円)	[(7)+(8)]	102,042,000

図 3-12 本技術の導入で削減可能な作業日数と費用

(5) 電力量及び電力料金の削減

電力量については、大手電力会社の料金体系は、①電力量料金単価、②燃料費調整単価、③再生可能エネルギー発電促進賦課金単価に使用電力量を掛け合わせ算出される。そのため、各単価を設定し削減効果を算出した。なお、電力料金には、市場価格調整単価に電力使用量を掛け合わせた市場価格調整額が加算・減算されるが、本試算例では市場価格調整額については考慮していない。

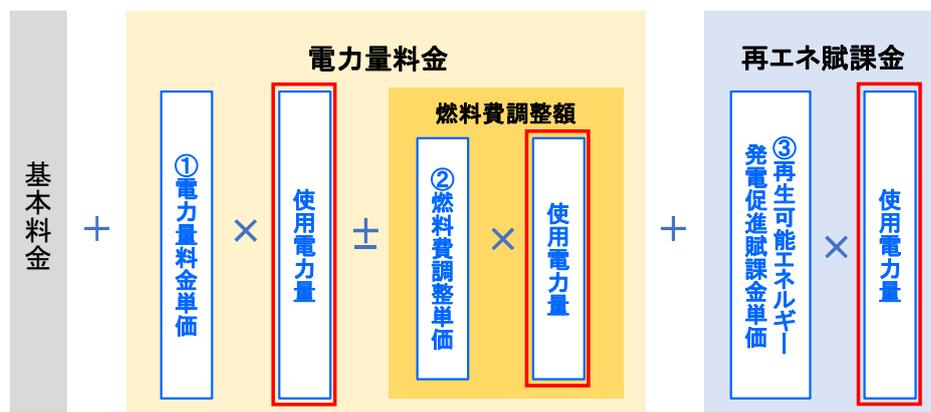


図 3-13 電力会社の料金体系概念。赤枠は効率的な運用で削減が見込まれる箇所

1) 単価

- ①電力量料金単価は、26.54 円/kWh（国総研調べ）とした。
- ②燃料費調整単価は、令和 5 年度の平均値（-0.01 円/kWh）とした
- ③再生可能エネルギー発電促進賦課金単価は近年上昇傾向であるため、直近かつ最高額の令和 4 年度の単価「3.45 円/kWh」とした。

2) 計算

電力量料金単価（26.54 円）×使用電力量（令和元年度：21,372,570 kWh）
 +（燃料費調整単価（-0.01 円/kWh）×使用電力量）
 +賦課金（3.45 円/kWh）×使用電力量）
 から、令和元年度電力料金=600 百万であった。

令和元年度電力原単位=水処理電力量（kWh）÷令和元年度流入水量(m³)
 =21,372,570（kWh）÷75,773,170(m³)=0.2821（kWh/m³）

平成 23 年度電力原単位=水処理電力量（kWh）÷平成 23 年度流入水量(m³)
 =23,304,150（kWh）÷73,291,270(m³)=0.3180（kWh/m³）

平成 23 年度電力原単位÷令和元年度電力原単位
 =0.3180（kWh/m³）÷0.2821（kWh/m³）=1.127

平成 23 年度電力原単位を用いた場合の電力料金
 =600 百万×1.127≒676 百万円

よって、電力削減費用は、以下の通りとなる。

$$\begin{aligned} & \text{平成 23 年度電力原単位を用いた場合の電力料金} - \text{令和元年度電力料金} \\ & = 676 \text{ 百万円} - 600 \text{ 百万円} \\ & = 76 \text{ 百万円} / 8 \text{ 年 (令和元年度 - 平成 23 年度の 8 年間の削減費)} \\ & = 9.5 \text{ 百万円} / \text{年} \end{aligned}$$

(6) 薬品料金の削減

1) 単価

国総研調べより、次亜塩素酸ナトリウム 40.8 円/kg、PAC29.9 円/kgとした。

2) 計算

薬品削減費用

$$\begin{aligned} & = \text{平成 23 年度薬品原単位を用いた場合の薬品料金} - \text{平成 29 年度薬品料金} \\ & = 158 \text{ 百万円} - 96 \text{ 百万円} \\ & = 62 \text{ 百万円} / 6 \text{ 年 (平成 29 年度 - 平成 23 年度の 6 年間の削減費)} \\ & = 10.3 \text{ 百万円} / \text{年} \end{aligned}$$

(7) 削減効果のまとめ

削減効果から、経費回収年は以下のように算出した。

$$\begin{aligned} \text{経費回収年} &= \frac{\text{技術導入費用}}{\text{費用削減効果} - \text{技術維持費用}} \\ &= \frac{\text{①イニシャルコスト}}{(\text{③人件費削減} + \text{④電力費削減} + \text{⑤薬品費削減}) - \text{②ランニングコスト}} \\ &= \frac{80.0}{(7.1 + 9.5 + 10.3) - 2.4} = 3.25 \text{ 年} \end{aligned}$$

なお、人件費のみ（電力量や薬品使用量の削減がない）の場合は、以下の通りとなる。

$$\text{経費回収年} = \frac{\text{技術導入費用}}{\text{費用削減効果} - \text{技術維持費用}} = \frac{\text{①イニシャルコスト}}{\text{③人件費削減} - \text{②ランニングコスト}} = \frac{80.0}{7.1 - 2.4} = 17.0 \text{ 年}$$