

4 検討手順

4.1. 検討フロー

最適な汚水処理システムの選定は図 4-1 に示すフローに従って検討を行う。
それぞれの説明は次頁以降に示す。

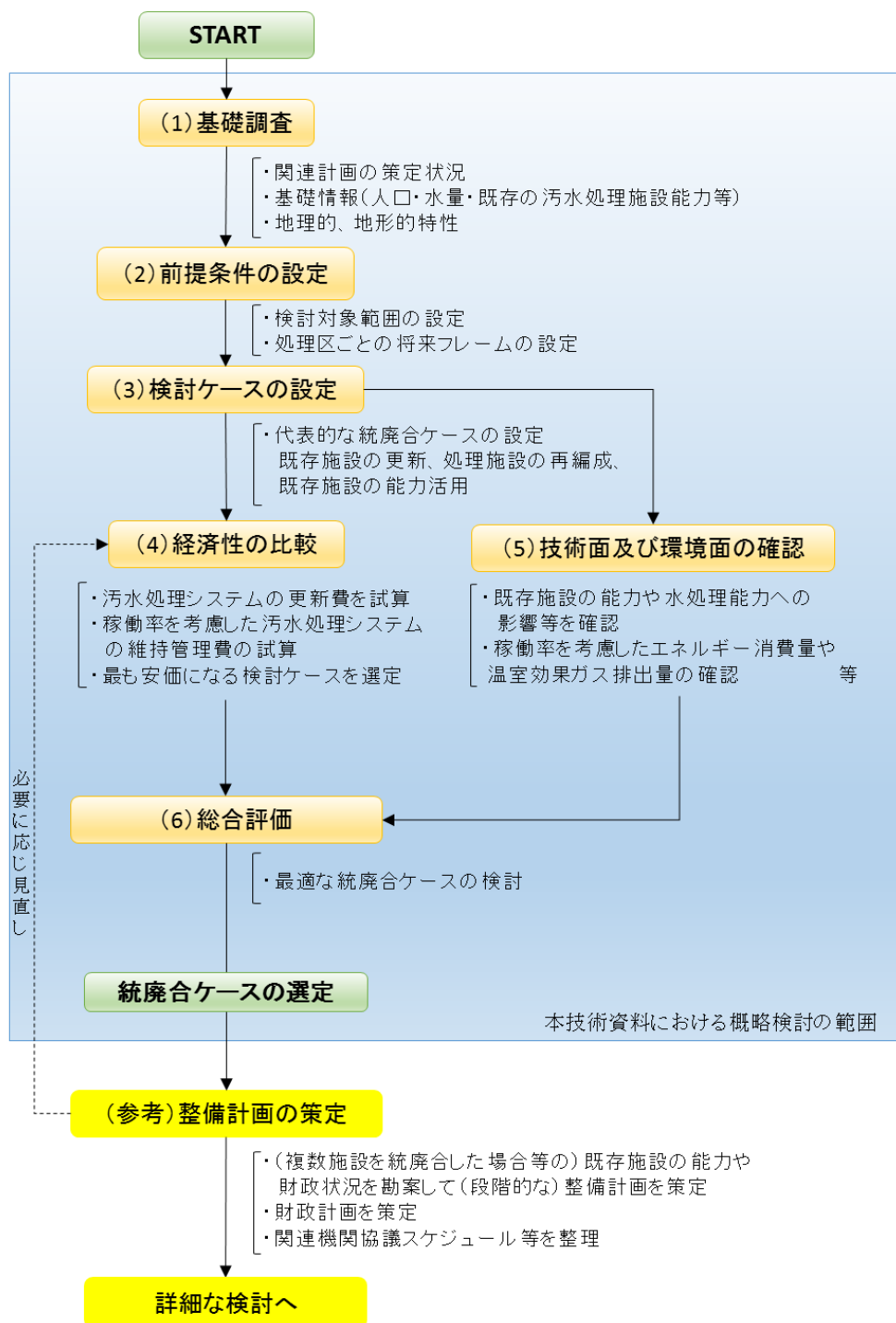


図 4-1 最適な汚水処理システムの選定フロー

(1) 基礎調査

基礎調査では、「都道府県構想マニュアル」に準拠して、都道府県構想や下水道全体計画、下水道事業計画、生活排水処理基本計画等の関連計画を収集する。収集した計画を基に将来フレームの検討に用いる基礎資料を整理するとともに、汚水処理システムの位置関係や地理的・地形的条件について整理し、検討ケースの設定等の基礎資料とする。

(2) 前提条件の設定

検討対象範囲（対象事業等）を設定するとともに、検討の目標年次を設定して、基礎調査で収集した資料等を基に将来フレームの検討を行う。

(3) 検討ケース(代表的な統廃合ケース)の設定

地理的・地形的条件等を踏まえて、採用しうる（可能性のある）汚水処理システムの統廃合ケースを設定する。本技術資料では、①既存施設の更新、②既存施設の再編成、③既存施設の能力活用を代表的な統廃合ケースとしている。

(4) 経済性の比較

設定した統廃合ケースそれぞれについて、汚水処理施設の建設費（更新費）及び稼働率を考慮した維持管理費を算定する。

(5) 技術面及び環境面の確認

設定した統廃合ケースそれぞれについて、既存施設の能力等の技術的な視点での実現可能性の確認、また、エネルギー消費量や温室効果ガスの排出量（GHG）の算定等により、環境面の視点での評価を行う。

(6) 総合評価

経済性、技術面及び環境面を総合的に勘案し、最適な統廃合ケースを選定する。

(7) 【参考】整備計画の策定

各自治体は、選定した統廃合ケースに基づき財政状況等を勘案した段階的整備計画を策定する。この際、財政計画や関連機関協議スケジュール等も勘案して検討する必要があることに留意する。

4.2. 基礎調査

基礎調査については、基本的には「都道府県構想マニュアル」に準拠して、必要に応じて以下の項目を把握するための調査を行う。なお、本項で示す調査内容は基本的には「都道府県構想マニュアル」に準拠する。

- (1) 関連計画の策定状況
- (2) 污水处理施設の整備の現状
- (3) 人口、家屋数の現状と見通し
- (4) 水環境の現状等
- (5) 土地利用の現状と見通し
- (6) 地理的、地形的特性
- (7) 現状の維持管理費等
- (8) 污水处理施設の整備年次と更新時期

(1) 関連計画の策定状況

「都道府県構想マニュアル」に準拠する。

※関連計画の例

- ・ 流域別下水道整備総合計画
- ・ 下水道全体計画
- ・ 下水道事業計画（下水道法に基づく事業計画）
- ・ 農業集落排水整備計画
- ・ 生活排水処理基本計画
- ・ 生活排水対策実施計画
- ・ 污水处理施設の改築・更新や長寿命化に関する計画
- ・ 都道府県構想
- ・ 都市計画（都市計画決定及び事業認可）

(2) 污水处理施設の整備の現状

「都道府県構想マニュアル」に準拠し、現状の整備状況を整理する。下水道、農業集落排水およびし尿処理それぞれについて、どの区域がどの污水处理事業により整備されているか確認し、管きよ、ポンプ施設、污水处理施設について、台帳等（管路台帳や設備台帳等）により現在の能力を整理する。污水处理施設については、現在の流入実績、収集量実績を整理し、当該施設の稼働率を確認する。

(3) 人口、家屋数の現状と見通し

「都道府県構想マニュアル」に準拠し、人口、家屋数の現状と見通しを確

認する。

(4) 水環境の現状等

「都道府県構想マニュアル」に準拠し、公共用水域の水質等、水環境の現況及び水利用の現況等を確認する。

(5) 土地利用の現状と見通し

「都道府県構想マニュアル」に準拠し、土地利用の現状と見通しを確認する。

(6) 地理的、地形的特性

「都道府県構想マニュアル」に準拠し、地理的、地形的特性を確認する。

汚水処理施設間の距離や河川・山地等の位置・大きさ等は、汚水処理施設の統廃合の検討に影響を及ぼすため重要な基礎情報である。特に、大規模河川や道路を横断する場合は、接続費用に大きく影響することから、事前に河川管理者または道路管理者等に横断の条件（非開削工法の採用や地盤改良の実施等）を確認しておく必要がある。

【参考】地理的・地形的特性とその影響例

- 処理施設間の距離 ⇒ 接続管路の延長に影響
- 山地や森林等 ⇒ 接続管路のルート選定に影響
- 地形（高低差） ⇒ 中継ポンプの必要性や揚程に影響
- 河川や道路 ⇒ 横断工の工事費に影響

『平成 28 年 8 月 農業集落排水施設再編計画作成の手引き（案） 農林水産省』より引用

(7) 現状の維持管理費等

各汚水処理施設について、現在の年間維持管理費及び維持管理費原単位（年間維持管理費 [円/年] / 年間処理水量 [m³/年]）、年間消費電力量 [kwh/年] 及び消費電力量原単位 [kwh/m³]、また、年間電力費 [円/年] についてもあわせて整理する。

(8) 汚水処理施設の整備年次と更新時期

各汚水処理施設の整備年次とそれぞれの耐用年数を踏まえた更新予定時期（土木躯体や主要な設備（送風機・返送汚泥ポンプ・濃縮機・脱水機等））を整理する。

4.3. 前提条件の設定

前提条件は、以下の項目について設定する。

(1) 検討対象範囲の設定

汚水処理施設の効率化検討を行うにあたり、検討対象範囲を設定する。検討対象範囲は、処理区や行政界等の単位で適宜設定する。

流域関連公共下水道等の効率化検討を行う場合には事前に流域下水道の管理者等と協議する。また、し尿処理施設に代表されるように、組合等で複数の市町村を管理する施設については、必要に応じて関連する市町村や周辺住民等との調整を行ったうえで、検討対象範囲を設定する。

(2) 処理区ごとの将来フレームの設定

① 将来フレームの想定年次

「都道府県構想マニュアル」に準拠し20年から30年とする。

なお、本技術資料で提示する検討シナリオ例においては25年と設定した。

② 将来人口

将来フレーム想定年次における人口は、汚水処理施設の効率化検討を行う上で重要な要素となるため、人口減少等の社会変化を適切に反映した将来値を設定する必要がある。

将来人口の推計は都市計画等についても極力反映させたものとして、土地利用計画や人口推移等により、区域ごと（汚水処理形態別）の想定ができる場合にはその想定値を設定する。なお、想定が困難な場合には、現況の人口割合で配分を行う。（「都道府県構想マニュアル」p15～17, 36, 37参照）

③ 将来の処理水量および汚泥処理量

既存処理施設の能力を活用できるかどうか確認するため、あるいは、処理施設の建設費・維持管理費を算出するため（費用関数に将来の計画処理水量または汚泥量を代入して算定する）に、処理区ごとに将来にわたる処理水量および汚泥処理量を把握する必要がある。

将来の処理水量および汚泥処理量はそれぞれ下式により算定する。

処理水量＝将来人口に汚水量原単位をかけて算出する。

$$\cdot \text{処理水量}[\text{m}^3/\text{日}] = \text{将来人口}[\text{人}] \times \text{汚水量原単位}[\text{L}/\text{人} \cdot \text{日}]$$

$$\begin{aligned} \cdot \text{汚泥処理量}[\text{m}^3/\text{日}] &= \text{処理水量}[\text{m}^3/\text{日}] \times \text{流入 SS 濃度}[\text{mg}/\text{L}] \times 1/10^{-6} \\ &\quad \times \text{水処理施設での総合 SS 除去率}[\%] \\ &\quad \times \text{除去 SS 当たりの汚泥発生率}[\%] \\ &\quad \div (\text{汚泥濃度}[\%] \times \text{湿潤状態汚泥比重量}[\text{t}/\text{m}^3]) \end{aligned}$$

汚水量原単位は、「生活污水量」と「営業污水量」を1人1日あたりの換算値としてまとめることが多く、一般的には地下水量（経験的にはフレーム値×生活および営業汚水量原単位の和を用いて求めた日最大計画汚水量の10～20%）を見込んで算定され、すでに全体計画等で定められている。また、計画汚泥収集量原単位については、し尿および浄化槽の収集量の実績に基づいて設定する。

また、この際にあわせて、処理施設への流入水質（BODやSS等）も整理しておくことが望ましい。

4.4. 検討ケース(代表的な統廃合ケース)の設定

最適な汚水処理システムを構築するために、代表的な統廃合ケースとして、(1) **既存施設の更新**、(2) **処理施設の再編成**、(3) **既存施設の能力活用**の3つのケースを設置する。地域の実情等を勘案していずれのケースも実現が困難である場合は、別途検討を行うものとする。

以下、これらの定義を示す。

(1) 既存施設の更新

既存施設の更新は、汚水処理施設を個々で存続する際に、現状および将来の流入水量等の見通しより、必要となる処理能力を確認し、適切な施設能力で更新し、効率化を図っていくケースとなる。

(すべての汚水処理施設が対象)

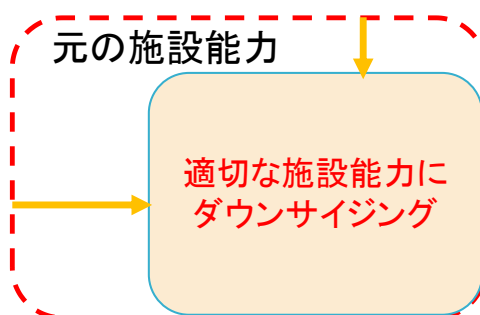
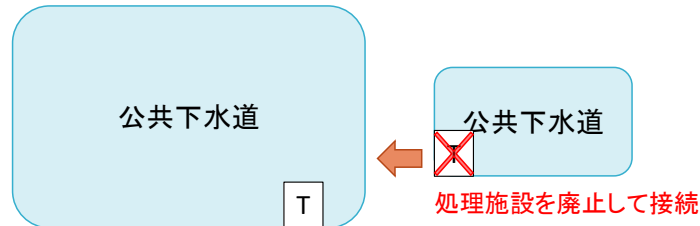


図 4-2 既存施設の更新イメージ

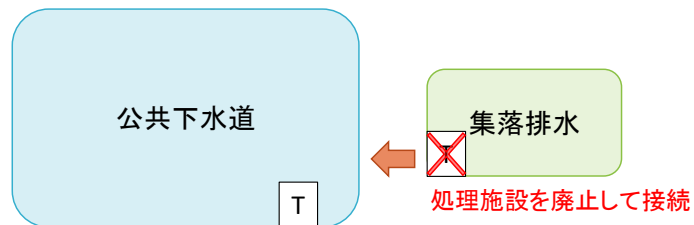
(2) 処理施設の再編成

処理施設の再編成は、処理区同士や核となる処理区と農業集落排水施設等の統合を行うことで一方の処理施設を廃止し、維持管理等の効率化を図っていく完全統合ケースである。

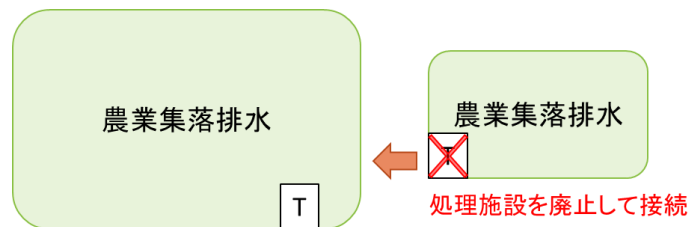
(下水処理施設と下水処理施設の場合)



(下水処理施設と農業集落排水施設の場合)



(農業集落排水施設と農業集落排水施設の場合)



(下水処理施設とし尿処理施設の場合)

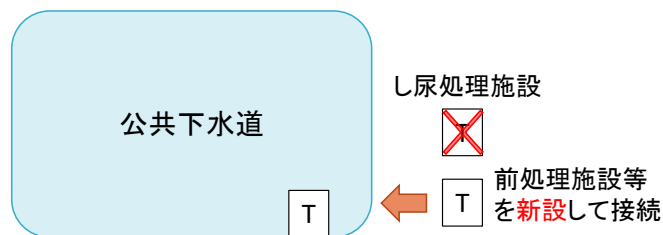
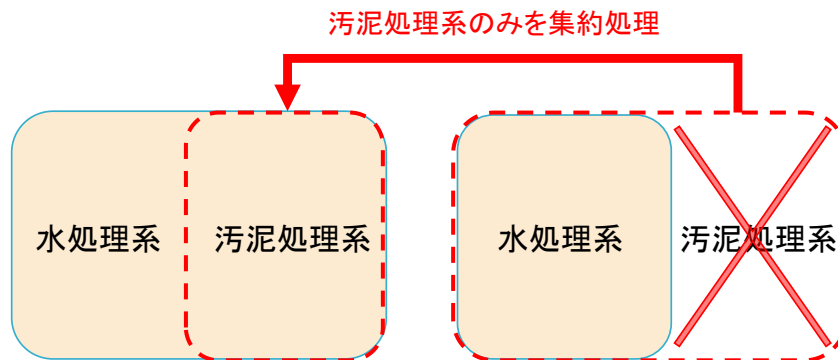


図 4-3 処理施設の再編成イメージ

(3) 既存施設の能力活用

既存施設の能力活用は、汚泥処理機能のみを統合するケースである。汚泥は汚水に比べてはるかに少量であるため集約しやすくスケールメリットも出やすい。

(下水処理施設と下水処理施設の場合)



(下水処理施設とし尿処理施設の場合)

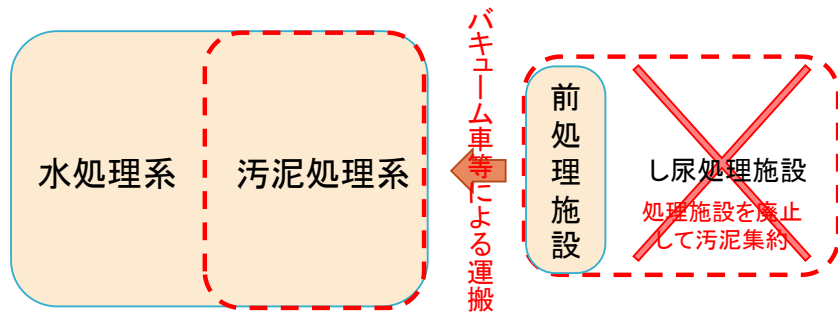


図 4-4 既存施設の能力活用イメージ

図 4-5 に検討ケースの設定イメージを示す。

なお、農業集落排水施設については、通常、汚泥を他の処理区へ集約することはないため、『既存施設の能力活用』の検討対象外とした。

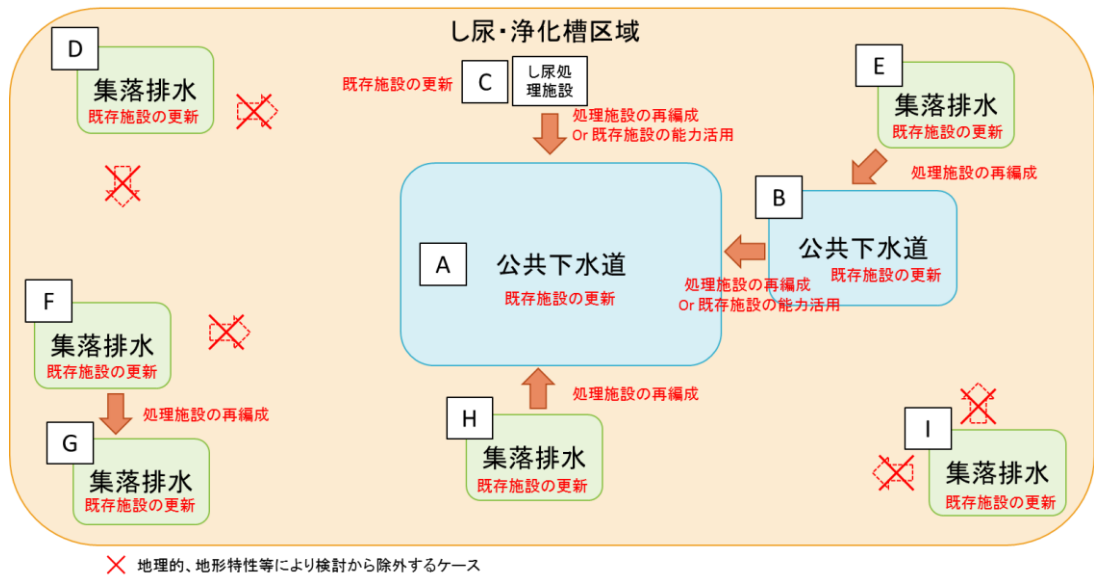


図 4-5 検討ケースの設定イメージ図

【参考】統合における傾向

図4-6のように、統合にかかる経費は汚水処理施設間の距離に大きく依存する。汚水処理施設が増えるほどスケールメリットが働くため、対象となる施設が増えるに従い統合の方が経済的に有利になっていく傾向がある。一方、地方の小規模自治体等に見られる処理施設が点在しており遠距離である状況では接続にかかる費用が高くなる。本技術資料では1施設同士（計2箇所）の検討例のみ掲載しているが、3箇所以上の施設を検討する際も本技術資料の検討手法を活用することができる。

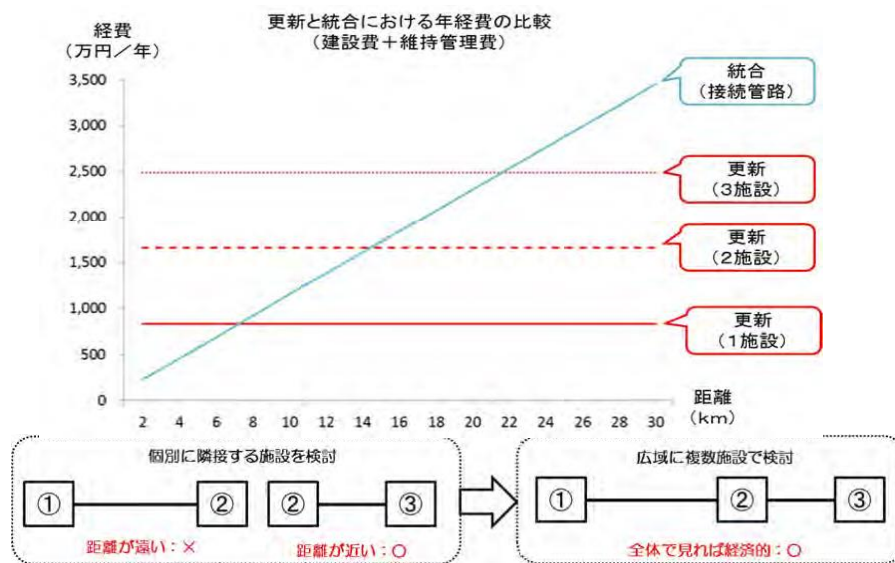


図 4-6 統合の傾向(イメージ)

『平成 28 年 8 月 農業集落排水施設再編計画作成の手引き (案) 農林水産省』より引用

4.5. 経済性の比較

経済性の比較に当たっては、(1) 既存施設の更新、(2) 処理施設の再編成、(3) 既存施設の能力活用それぞれのケースについて、25年間の総費用（建設費、維持管理費）を算出する。

本手法においては、基準となる費用については、実績値を用いることを基本とするが、更新後の費用算出や現状の費用についてデータが不足する場合等には表 4-1 に示す費用関数を使用する。

また、将来の維持管理費については、流入水量の変化に伴う稼働率変化を考慮して維持管理費原単位を補正する（後述のとおり維持管理係数を用いる）。

なお、流域関連公共下水道において処理施設の当該処理区のコストを簡易的に算出する方法としては、下水処理場の処理水量における対象処理区の水量割合に基づき費用を按分する方法が考えられる。

以下、各ケースにおける費用算出方法を記載する。

表 4-1 本検討で使用する費用関数一覧

区分	施設		Xの値	Xの単位	適用範囲	関数式	備考		
更新費 建設費 [千円]	下水処理施設	標準法	●処理場全体建設費※1	処理能力	m3/日	10,000～50,000m3/日	$y = 1,550,000(x/1,000)^{0.58} \times (103.3/101.5)$	(焼却なし・参考)	
			処理場全体機械設備更新費	処理能力	m3/日	1,000～10,000m3/日	$y = 72,734x^{0.26}$		
		O D法	●処理場全体建設費※1	処理能力	m3/日	～299m3/日	$y = 14,680x^{0.49}$		
			●処理場全体建設費※1	処理能力	m3/日	300～1,300m3/日	$y = 505,000(x/1,000)^{0.64}$		
			●処理場全体建設費※1	処理能力	m3/日	1,400～10,000m3/日	$y = 1,380,000(x/1,000)^{0.42} \times (103.3/101.5)$		
			水処理系機械設備	処理能力	m3/日	1,000～10,000m3/日	$y = 1,580x^{0.66}$		
		共通	汚泥処理系※2	処理能力	m3/日	15～170m3/日	$y = 112,140x^{0.26}$		
			脱臭設備（活性炭）	処理能力	m3/日	1,000～10,000m3/日	$y = 125,019x^{0.04}$		
		農業集落排水施設		●処理場全体建設費	計画人口	人	-		$y = 2271.2x^{0.6663}$
		し尿処理施設	施設全体※6	標準脱窒素処理	処理能力	kL/日	20～100kL/日		$y = 237,636x^{0.4571}$
	高負荷脱窒素処理			処理能力	kL/日	20～100kL/日	$y = 796,386x^{0.1031}$		
	高負荷膜分離			処理能力	kL/日	20～100kL/日	$y = 766,089x^{0.0971}$		
	浄化槽汚泥の比率高い脱窒素			処理能力	kL/日	20～100kL/日	$y = 226,590x^{0.4569}$		
	標準脱窒素処理、高負荷膜分離			処理能力	kL/日	20～100kL/日	$y = 57,548x^{0.5274}$		
	高負荷脱窒素処理			処理能力	kL/日	20～100kL/日	$y = 55,786x^{0.5207}$		
	前処理施設※3 (機械設備更新)		浄化槽汚泥の比率高い脱窒素	処理能力	kL/日	20～100kL/日	$y = 121,642x^{0.4949}$		
			新設※4	前処理+20倍希釈	処理能力	kL/日	20～100kL/日	$y = 234,173x^{0.4582}$	
	管路施設	新設	●MP建設費	基数	基	-	$y = 9,200x$	機械電気設備のみ、ポンプ設備は2台	
			●自然流下管建設費（下水道）	延長	m	-	$y = 63x$		
			●圧送管建設費（下水道）	延長	m	-	$y = 45x$		
●管きよ建設費（集落排水）			延長	m	-	$y = 56x$			
維持 管理費 [千円/ 年]	下水処理施設	標準法	処理場全体	処理能力	m3/日	1,000～10,000m3/日	$y = 2,468x^{0.382}$	(焼却なし・参考)	
			●処理場全体	処理能力	m3/日	10,000m3/日以上	$y = 18,800(x/1000)^{0.69} \times (103.3/101.5)$		
		O D法	●処理場全体	処理能力	m3/日	300～1,300m3/日	$y = 19,000(x/1000)^{0.78}$		
			●処理場全体	処理能力	m3/日	1,400～10,000m3/日	$y = 28,600(x/1000)^{0.58} \times (103.3/101.5)$		
	農業集落排水施設		●処理場全体	計画人口	人	-	$y = 37,811x^{0.6835}$		
	し尿処理施設	施設全体	処理場全体	処理能力	kL/日	20～100kL/日	$y = 17,845x^{0.57}$		
		前処理施設	処理場全体	処理能力	kL/日	20～100kL/日	$y = 6,716x^{0.2692}$		
	管路施設		●MP	基数	m	-	$y = 220x$		
			●管きよ（下水道）	延長	m	-	$y = 60x/1000$		
			●管きよ（農集）	延長	m	-	$y = 31x/1000$		

※1 土木、建築、機械、電気を含む

※2 汚泥濃縮への投入汚泥量は、TS1%を想定して設定

※3 し尿前処理施設の改造は、受入施設（トラックスケール、し渣除去装置等）、前処理施設（破砕機、ドラムスクリーン等）、貯留施設（攪拌機、攪拌ブロウ等）に加えて、脱臭設備を見込む

※4 し尿前処理の新設費は建築、土木、機械、電気等すべての建設費を見込む

※5 「都道府県構想マニュアル」以外の費用関数は平成26年度単価で試算

※6 機械、電気を含む（土木、建築は含まない）

●の記載は「都道府県構想マニュアル」に記載されている費用関数、その他の費用関数はメーカーヒアリング（更新費の費用関数、関数ごとに1者から5者）及び事業者へのアンケート（下水処理施設111箇所、し尿処理施設72箇所）に基づき作成

4.5.1 既存施設の更新

既存施設の更新に係る事業費は、表 4-2 に示すとおり、①処理施設の維持管理費、②処理施設の更新費、③その他の事業費を計上することを基本とする。

表 4-2 既存施設の更新の事業費の内訳

事業費の区分	備考
既存施設の更新ケースの事業費	
処理施設の更新費	費用関数等
処理施設の維持管理費	維持管理係数の比により補正
その他の事業費	

(1) 処理施設の更新費

本技術資料では、既存の土木躯体を活用することを念頭に置いているため、土木・建築の改築更新は考慮せずに、機電設備のみ計上することとしている。費用算出に当たっては、本来は、実績値や詳細な設計による試算を実施し、機械設備ごとに更新費等を積み上げ計上することが望ましいが、時間的や財源、人員的に限られた中では困難な場合も想定される。したがって、本技術資料では、表 4-1 に示した費用関数を用いて事業費を試算することとする。

このうち、下水処理施設については、「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説平成 27 年 1 月」※（以下「流総指針」という。）に記載されている建設費の割合より各工種の更新費の試算が可能である。工種別の構成比については、表 4-3 に示す。※工種別の構成比は、平成 27 年 10 月に公表された流総指針参考資料編に記載されている。

また、農業集落排水施設の更新費については「都道府県構想マニュアル」に準拠し、土木・建築：機械・電気の比率を 1：1 として試算する。

（下水処理施設における設備更新費の算出例）

処理場全体の機械設備更新費 [千円]

$$= \text{処理場全体の更新費 [千円]} \times \text{機械工種別構成比 [\%]}$$

※標準法の処理能力 10,000m³/日以下の場合は表 4-1 の費用関数を使用可能

処理場全体の電気設備更新費 [千円]

$$= \text{処理場全体の更新費 [千円]} \times \text{電気工種別構成比 [\%]}$$

水処理系・汚泥処理系・脱臭設備の電気設備更新費 [千円]

$$= \text{水処理系・汚泥処理系・脱臭設備の機械設備更新費 [千円]}$$

$$\times (\text{電気工種別構成比 [\%]} \div \text{機械工種別構成比 [\%]})$$

表 4-3 工種別構成比(出典:「流総指針」より)

項目	日最大処理水量 (千m ³ /日)	工種別構成比(%)			
		土木	建築	機械	電気
標準法 (焼却なし)	Q ₁ = 10	25.8	17.0	33.4	23.8
	Q ₁ = 50	36.9	12.2	33.1	17.8
	Q ₁ = 100	43.3	8.5	31.7	16.5
	Q ₁ = 500	50.4	5.8	29.8	14.0
	平均	39.1	10.9	32.0	18.0
OD法	Q ₁ = 1.4	14.4	17.0	37.5	31.1
	Q ₁ = 5	16.7	16.3	40.6	26.4
	Q ₁ = 10	18.8	18.2	41.9	21.1
	平均	16.6	17.2	40.0	26.2

※本技術資料で対象としている小規模処理施設（処理能力 10,000m³/日以下）の場合、標準法では Q₁=10 の行、OD 法では平均の行の割合を使用する。

(計算例)

以下に下水処理施設（OD法）の更新費用算定例を示す。設定条件は表4-4に示すとおりである。

表4-4 計算例の設定条件(OD法)

項目	設定値
更新後の処理能力	5,000 m ³ /日
処理場全体更新費の費用関数	$y = 1,380,000(x/1,000)^{0.42} \times (103.3/101.5)$

処理場全体の更新費 [千円]

$$\begin{aligned} &= 1,380,000 \times (5,000/1,000)^{0.42} \times (103.3/101.5) \\ &= 2,761,091 \text{ [千円]} \end{aligned}$$

処理場全体の機械設備更新費 [千円]

$$\begin{aligned} &= \text{処理場全体の更新費 [千円]} \times (40.0/100) \text{ 機械設備の割合} \\ &= 2,761,091 \text{ [千円]} \times 40/100 \\ &= 1,104,436 \text{ 千円} \end{aligned}$$

処理場全体の電気設備更新費 [千円]

$$\begin{aligned} &= \text{処理場全体の更新費 [千円]} \times (26.2/100) \text{ 電気設備の割合} \\ &= 2,761,091 \text{ [千円]} \times 26.2/100 \\ &= 723,406 \text{ [千円]} \end{aligned}$$

(2) 処理施設の維持管理費

処理施設においては、稼働率が下がれば運転効率も下がる（維持管理費原単位が増える）ことが想定される。そのため、将来の維持管理費算出に当たっては、以下のとおり、検討対象施設の処理能力と処理水量（流入水量予測）から算出される稼働率に基づき、維持管理費原単位を、国総研の調査に基づき算定した維持管理係数を補正して用いて算出する。

ステップ 1. ①現状の維持管理費原単位 [円/m³]



= 現状の維持管理費の総額 [円/年] / 現状の年間処理水量 [m³/年]

ステップ 2. ②維持管理係数の比 [-] = 将来の維持管理係数 / 現状の維持管理係数



ステップ 3. ③将来の維持管理費原単位 [円/m³]

= ①現状の維持管理費原単位 [円/m³] × ②維持管理係数の比 [-]



ステップ 4. 将来の維持管理費 [円/年]

= ③将来の維持管理費原単位 [円/m³] × 将来の処理水量 [m³/年]

《定義》

○稼働率 [%] = 日平均処理水量 [m³/日] / 処理能力 [m³/日] × 100

※ただし、農業集落排水施設については処理能力を日平均処理水量 [m³/日] とする。

○維持管理係数 [-] = ある稼働率での維持管理費原単位 [円/m³]

/ 稼働率最大時の維持管理費原単位 [円/m³]

下式より当該稼働率の維持管理係数 ($km(x)$) を算定する (図 4-7~4-10 参照)。

・下水処理施設 (OD 法) $km(x) = 65.846x^{-0.986}$

・下水処理施設 (標準法) $km(x) = 63.406x^{-0.977}$

・農業集落排水施設 $km(x) = 66.057x^{-0.910}$

・し尿処理施設 $km(x) = 62.107x^{-0.925}$

※ $km(x)$: 維持管理係数 [-], x : 稼働率 [%]

なお、維持管理係数の適用範囲は 2 適用範囲に記載する処理施設である。

○維持管理費原単位 [円/m³] = 年間維持管理費 [円/年] / 年間処理水量 [m³/年]

なお、更新後の維持管理費 (更新により現状の維持管理費原単位と異なることが想定される) については、表 4-1 に示した費用関数を用いて更新後の維持管理費原単位を算出した上で、上記のステップにより算出する。

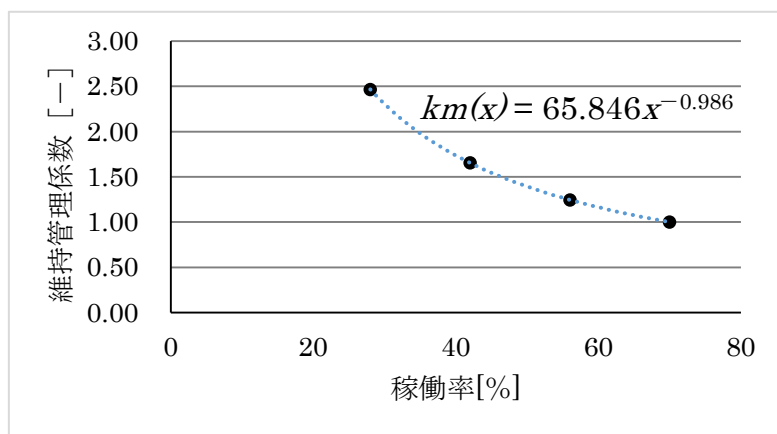


図 4-7 稼働率と維持管理係数の関係(下水処理施設:OD 法)

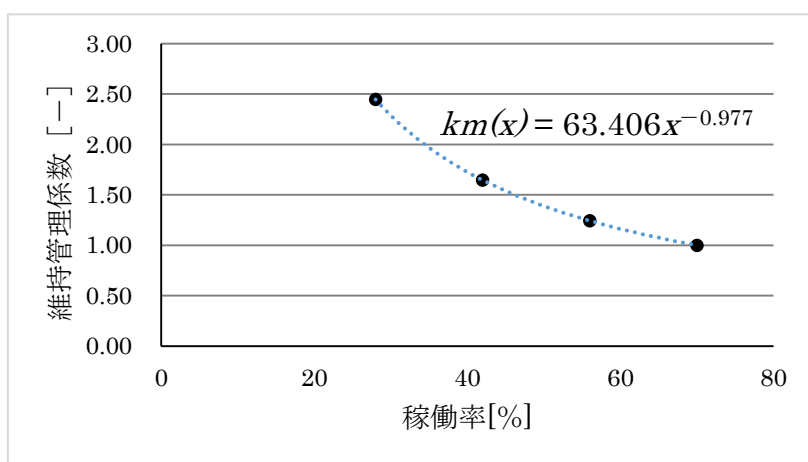


図 4-8 稼働率と維持管理係数の関係(下水処理施設:標準法)

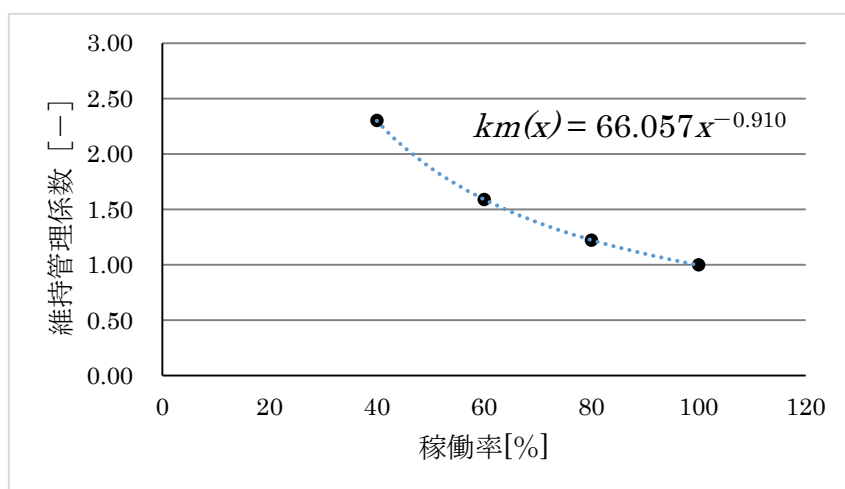


図 4-9 稼働率と維持管理係数の関係(農業集落排水施設)

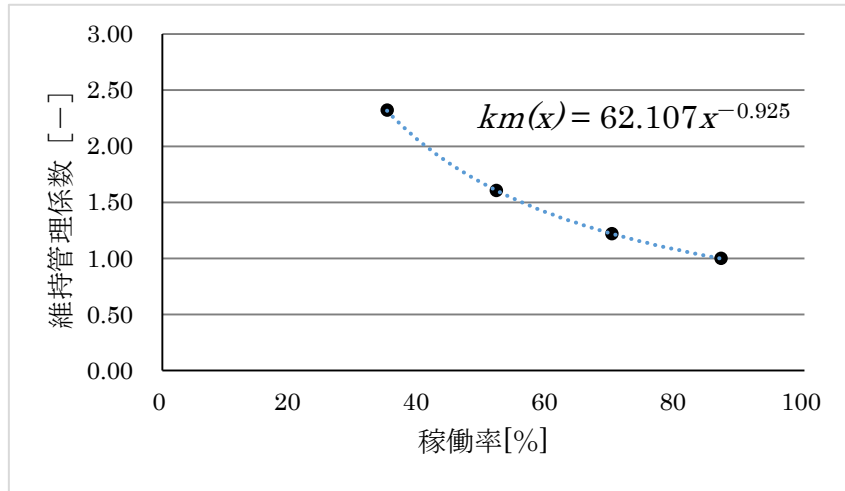


図 4-10 稼働率と維持管理係数の関係(し尿処理施設)

(計算例)

以下に下水処理施設（OD法）の維持管理費算定例を示す。設定条件は表4-5に示すとおりである。

表4-5 計算例の設定条件(OD法)

項目	設定値
処理方式	OD法
現状の維持管理費の総額	65,000 千円/年
現状の処理能力	5,000 m ³ /日
検討年次(将来)の処理能力	5,000 m ³ /日
現状の処理水量(日平均)	3,000 m ³ /日
現状の年間処理水量	1,095 千m ³
将来の処理水量(日平均)	2,790 m ³ /日
将来の年間処理水量	1,018 千m ³
現状の稼働率(日平均)	60.0%
将来の稼働率(日平均)	55.8%

現状の維持管理費原単位[円/m³]

$$\begin{aligned} &= \text{維持管理費の総額[円/年]} / \text{年間処理水量[m}^3\text{/年]} \\ &= 65,000,000[\text{円/年}] / 1,095,000[\text{m}^3\text{/年}] \\ &= 59.4[\text{円/m}^3] \end{aligned}$$

維持管理係数の比[-] = 将来の維持管理係数 / 現状の維持管理係数

維持管理係数 $km(x) = 65.846(x \cdot \text{稼働率})^{-0.986}$ を用いて現状および将来の維持管理係数をそれぞれ算定し、

$$\begin{aligned} &= 1.25 / 1.16 \\ &\doteq 1.08 \end{aligned}$$

将来の維持管理費原単位[円/m³]

$$\begin{aligned} &= \text{現状の維持管理費原単位[円/m}^3\text{]} \times \text{維持管理係数の比} \\ &= 59.4[\text{円/m}^3] \times 1.08 \\ &\doteq 64.2[\text{円/m}^3] \end{aligned}$$

将来の維持管理費[円/年]

$$\begin{aligned} &= \text{将来の維持管理費原単位[円/m}^3\text{]} \times \text{将来の水量[m}^3\text{/年]} \\ &= 64.2[\text{円/m}^3] \times 1,018,350[\text{m}^3\text{/年}] \\ &= 65,378,070[\text{円/年}] \end{aligned}$$

※[参考]稼働率補正を行わない(現状の原単位を用いて計算する)場合

$$59.4 \times 1,018,350 = 60,469,200[\text{円/年}] \cdots \text{稼働率を見込む場合の結果と大きく異なる}$$

(3) その他の事業費

その他の事業費については、起債に係る利子等の償還費の減価償却費や国庫返納等を必要に応じて計上する。

4.5.2 処理施設の再編成

処理施設の再編成に係る事業費は、表 4-6 に示すとおり、①核となる処理施設の事業費、②施設の廃止ならびに接続に係る事業費、③その他の事業費を計上することを基本とする。

表 4-6 処理施設の再編成の事業費の内訳

事業費の区分	備考
処理施設の再編成ケースの事業費	
核となる処理施設の事業費	核となる処理施設の事業費
処理施設の更新費	費用関数等
処理施設の維持管理費	維持管理係数の比により補正
施設の廃止ならびに接続に係る事業費	廃止処理施設の事業費
処理施設の撤去費※	必要に応じて設定する
マンホールポンプ建設費	費用関数等
マンホールポンプ維持管理費	〃
管きょ建設費	〃
管きょ維持管理費	〃
その他の事業費	

※各汚水処理施設の有効活用等も考慮した上で、必要に応じて計上する

(1) 核となる処理施設の事業費

核となる処理施設の事業費は、「処理施設の更新費」と「処理施設の維持管理費」を計上する。

① 処理施設の更新費

処理施設の更新費については、本来、増設が必要となる施設等を詳細に検討したうえで、事業費を試算することが望ましいが、本技術資料では、「4.5.1 (1)既存施設の更新」ケースのコスト算出と同様に、表 4-1 で示した費用関数を活用して算出することとする。なお、し尿処理施設との統合の場合は、必要能力に希釈水量を見込んで必要能力を算出する必要がある (p32 参照)。

② 処理施設の維持管理費

処理施設の維持管理費については、将来の稼働率変化を考慮して、「4.5.1 (1) 既存施設の更新」ケースのコスト算出に示した方法で算出する。

(2) 施設の廃止ならびに接続に係る事業費

施設の廃止ならびに接続に係る事業費は、「処理施設の撤去費」、「マンホールポンプ建設費」、「マンホールポンプ維持管理費」、「管きよ建設費」及び「管きよ維持管理費」が対象となる。

接続のための「管きよ」については、「4.2 基礎調査」における既存管きよの整備状況や地形特性等の確認に基づき、必要となる管きよ延長を簡易的に算定する方法が考えられる。

また、「マンホールポンプ」についても、核となる処理区と廃止する処理区双方の管路台帳から接続管の高さを確認すること等により、簡易的に必要箇所を確認することが可能である。

これら費用については、過去の実績値を用いる方法も考えられるが、実績値の把握が困難な場合には、「都道府県構想マニュアル」に準拠し、表 4-1 に示す費用関数を用いて算出することが可能である。

また、し尿処理施設との再編成においてし尿の希釈が必要となる場合は、水道料金等の希釈に要する費用を計上する必要がある。

なお、「処理施設の撤去費」については、各污水处理施設の有効活用等も考慮した上で、必要に応じて計上する。

(3) その他の事業費

その他の事業費については、起債に係る利子等の償還費や法定耐用年数未満で施設を廃止する場合等の減価償却費や国庫返納等を必要に応じて計上する。

※し尿処理施設との統合時の留意点
(希釈倍率を踏まえた投入水量の計算)

し尿および浄化槽汚泥は下水と比較すると BOD や COD、SS、T-N、T-P 等の汚濁濃度が高い傾向にある。処理施設の再編成において、し尿および浄化槽汚泥を水処理系に投入する場合 (図 4-11) には、現状の流入下水等と同程度の水質になるよう前処理や希釈を行うことが多く、汚泥濃度を確認したうえで、投入する水量を試算する必要がある。また、希釈を水道水を用いて行う場合は、これに係る費用を維持管理費として計上する必要がある。



図 4-11 処理施設の再編成(下水道施設とし尿処理施設)(再掲)

表 4-7 に計算例を示す。本例では排除基準 (BOD210 mg/L、SS180mg/L) に希釈する場合の必要水量を計算している。ここでは、SS を満足するために、必要となる希釈倍率は 47.3 倍、希釈後の投入水量は 946m³/日、また、希釈のために必要な水量は 926 m³/日となる。

表 4-7 下水道投入水量の計算例

項目 (単位)	②求められる水質 (mg/L)	③し尿等の濃度 (mg/L)	④必要希釈倍率 ③/② (倍)	⑤水処理施設 への投入水量 ①×④ m ³ /日	⑥希釈のために必要 な水量(参考) ⑤-① m ³ /日
①し尿等の量	20				
BOD	210	5,000	23.9	478	458
SS	180	8,500	47.3	946	926

4.5.3 既存施設の能力活用

既存施設の能力活用に係る事業費は、表 4-8 に示すとおり、①核となる処理施設の事業費、②施設の廃止ならびに接続に係る事業費、③その他の事業費を計上することを基本とする。

表 4-8 既存施設の能力活用の事業費の内訳

事業費の区分		備考
処理施設の能力活用ケースの事業費		
核となる処理施設の事業費	処理施設の更新費	費用関数等
	処理施設の維持管理費	維持管理係数の比により補正
	施設の廃止ならびに接続等に係る事業費	
施設の廃止ならびに接続等に係る事業費	処理施設の撤去費 [※]	処理施設の再編と同様
	改造費及び存続施設の更新費	費用関数等
	存続施設の維持管理費	費用関数等
	管きょ建設費	管きょ輸送の場合(費用関数等)
	管きょ維持管理費	管きょ輸送の場合(費用関数等)
	その他の維持管理費	管きょ輸送を行わない場合
その他の事業費		

※各汚水処理施設の有効活用等も考慮した上で、必要に応じて計上する

(1) 核となる処理施設の事業費

核となる処理施設の事業費は、「処理施設の更新費」と「処理施設の維持管理費」を計上することを基本とする。

① 処理施設の更新費

処理施設の更新費については、「4.5.1 (1)既存施設の更新」ケースと同様に、表 4-1 で示した費用関数を活用して算出することとする。

このとき、核となる処理施設 (A 下水処理場) は、「水処理施設及び脱臭施設」の更新費と、集約する汚泥量を踏まえた「汚泥処理施設」の更新費に分けて算出し、存続施設 (B 下水処理場) は、「水処理施設及び脱臭施設」の更新費のみを算出する。ただし、表 4-1 に示す費用関数は汚泥濃縮施設における汚泥濃度が 1%を前提としているため、当該関数の変数として設定する汚泥量については必要に応じて 1%相当量を補正する必要がある。

② 処理施設の維持管理費

一般的に、汚泥処理施設は処理量が減少した場合でも運転時間を調整することが可能である等、稼働率の影響は小さいと考えられるため、本技術資料においても汚泥集約による稼働率変化は考慮しない。したがって、処理施設の維持管理費については、以下のとおり、現状の維持管理費原単位と将来の稼働率変化を考慮して「4.5.1 (1)既存施設の更新」ケースのコスト算出に示した方法で算出する a)将来の処理施設全体の維持管理費に、b)汚泥処理集約に伴い汚泥処理系で増加する維持管理費を加えて算出する。

ステップ 1. ①現状の維持管理費原単位 [円/m³]

$$= \text{維持管理費の総額 [円/年]} \div \text{年間処理水量 [m}^3\text{/年]}$$

ステップ 2. ②維持管理係数の比[-] = 将来の維持管理係数 / 現状の維持管理係数

下記式(再掲)より当稼働率の維持管理係数($km(x)$)を算出する。

・下水処理施設(OD法) $km(x) = 65.846x^{-0.986}$

・下水処理施設(標準法) $km(x) = 63.406x^{-0.977}$

・農業集落排水施設 $km(x) = 66.057x^{-0.910}$

・し尿処理施設 $km(x) = 62.107x^{-0.925}$

※ $km(x)$:維持管理係数[-], x :稼働率[%]

ステップ 3. ③将来の維持管理費原単位 [円/m³]

$$= \text{①現状の維持管理費原単位 [円/m}^3\text{]} \times \text{②維持管理係数の比[-]}$$

ステップ 4. a) 将来の処理施設全体の維持管理費 [円/年]

$$= \text{③将来の維持管理費原単位 [円/m}^3\text{]} \times \text{将来の処理水量 [m}^3\text{/年]}$$

ステップ 5. ④汚泥処理系にかかわる維持管理費 [円/年]

$$= \text{処理施設全体維持管理費 [円/年]} \times \text{汚泥処理系にかかわる維持管理費割合 (51\%※)}$$

※p36のとおり

ステップ 6. ⑤汚泥処理系にかかわる維持管理費原単位 [円/m³]

$$= \text{④汚泥処理系にかかわる維持管理費 [円/年]} \div \text{現状の汚泥処理量 [m}^3\text{/年]}$$

(ステップ 7.) 集約する汚泥量(補正) [m³/年]

$$= (\text{集約する汚泥濃度 [\%]} \div \text{現状の汚泥濃度 [\%]}) \times$$

$$\times \text{集約する汚泥量 [m}^3\text{/年]}$$

※集約する汚泥濃度が現状の汚泥処理施設における濃度と異なる場合に濃度補正する。

ステップ 8. b) 汚泥処理集約に伴い汚泥処理系で増加する維持管理費 [円/年]

$$= \text{⑤汚泥処理系にかかわる維持管理費原単位 [円/m}^3\text{]}$$

$$\times \text{集約する汚泥量(補正) [m}^3\text{/年]}$$

ステップ 9. 将来の維持管理費 [円/年]

$$= \text{a) 将来の処理施設全体の維持管理費 [円/年]}$$

$$+ \text{b) 汚泥処理集約に伴い汚泥処理系で増加する維持管理費 [円/年]}$$

なお、更新後の維持管理費（更新により現状の維持管理費原単位と異なることが想定される）については、表 4-1 に示した費用関数を用いて更新後の維持管理費原単位を算出した上で、上記のステップにより算出する。

(参考) 維持管理費の各処理系が占める割合

平成26年度に国総研が実施したアンケート結果である下水処理施設における標準法およびOD法の処理能力ごとの維持管理費の各処理系の内訳を図4-12と図4-13に示す。この結果、各処理系の平均値は、

- ・水処理系：34%
- ・汚泥処理系：36%
- ・脱臭設備：30%

となる（標準法とOD法の平均値）。

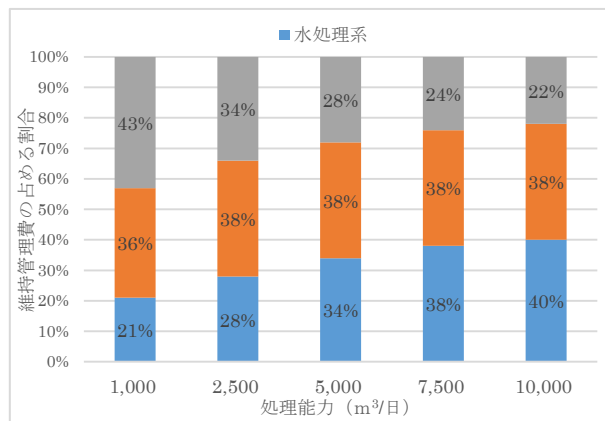


図4-12 標準法の処理能力と維持管理費の内訳割合

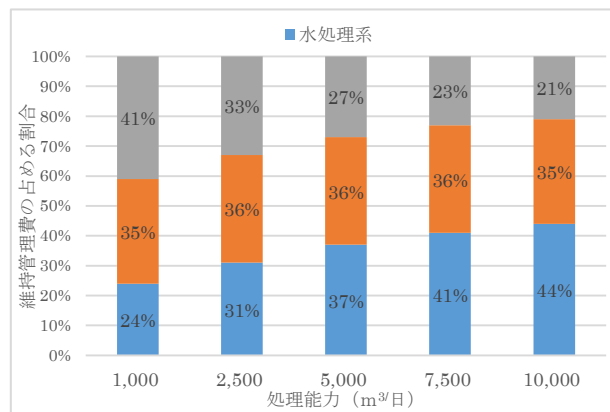


図4-13 OD法の処理能力と維持管理費の内訳割合

これらの割合に基づき、汚泥処理系にかかわる維持管理費の割合（核となる処理施設の更新費算出で使用）、水処理系にかかわる維持管理費の割合（存続する処理施設の更新費算出で使用）を、下記のとおり、それぞれ脱臭設備の割合も踏まえて簡易的に設定した。

[汚泥処理系にかかわる割合]

・汚泥処理系の割合 (36%) + 脱臭設備の割合 (30 × 36 / (34 + 36) %) = 51%

[水処理系にかかわる割合]

・水処理系の割合 (34%) + 脱臭設備の割合 (30 × 34 / (34 + 36) %) = 49%

(計算例)

以下に下水処理施設 (OD 法) の既存施設の能力活用 (下水処理施設 (OD 法) とし尿処理施設) における維持管理費算定例を示す。設定条件は表 4-9 に示すとおりである。

表 4-9 計算例の設定条件(下水処理施設とし尿処理施設)

	項目	設定値
下水処理施設	現状の維持管理費の総額	65,000 千円/年
	現状の処理能力	5,000 m ³ /日
	当該年次の処理能力	5,000 m ³ /日
	現状の処理水量(日平均)	3,000 m ³ /日
	現状の年間処理水量	1,095 千m ³
	現状の年間汚泥処理量	25,112 m ³ /年
	現状の汚泥濃度(濃縮槽投入)	1 %(TS)
	検討年次の処理水量(日平均)	2,790 m ³ /日
	検討年次の年間処理水量	1,018 千m ³
	現状の稼働率(日平均)	60.0%
当該年次の稼働率(日平均)	55.8%	
し尿処理施設	集約する汚泥量(し尿)	20 m ³ /日
	集約する汚泥濃度(し尿SS濃度)	0.85 %(TS)

現状の維持管理費原単位[円/m³]

$$\begin{aligned} &= \text{維持管理費の総額}[\text{円/年}] / \text{年間処理水量}[\text{m}^3/\text{年}] \\ &= 65,000,000[\text{円/年}] / 1,095,000[\text{m}^3/\text{年}] \\ &= 59.4[\text{円}/\text{m}^3] \end{aligned}$$

維持管理係数の比[-] = 将来の維持管理係数 / 現状の維持管理係数

$$\begin{aligned} \text{維持管理係数 } km(x) &= 65.846(x:\text{稼働率})^{-0.986} \text{ を用いて維持管理係数を算定し、} \\ &= 1.25 / 1.16 \\ &\doteq 1.08 \end{aligned}$$

将来の維持管理費原単位[円/m³]

$$\begin{aligned} &= \text{現状の維持管理費原単位}[\text{円}/\text{m}^3] \times \text{維持管理係数の比} \\ &= 59.4[\text{円}/\text{m}^3] \times 1.08 \\ &\doteq 64.2[\text{円}/\text{m}^3] \end{aligned}$$

a) 将来の処理施設全体の維持管理費[円/年]

$$\begin{aligned} &= \text{将来の維持管理費原単位}[\text{円}/\text{m}^3] \times \text{将来の処理水量}[\text{m}^3/\text{年}] \\ &= 64.2[\text{円}/\text{m}^3] \times 1,018,350[\text{m}^3/\text{年}] \\ &= 65,378,070[\text{円}/\text{年}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{汚泥処理系の維持管理費[円/年]} &= \text{処理施設全体維持管理費[円/年]} \\
 &\quad \times \text{汚泥処理系の維持管理費割合(51\%※)} \\
 &= 65,000[\text{千円/年}] \times 1,000 \times 0.51 \\
 &= 33,150,000[\text{円/年}]
 \end{aligned}$$

※汚泥処理系にかかわる維持管理費割合[%]: 処理施設全体維持管理費の 51%

$$\begin{aligned}
 \text{汚泥処理系にかかわる維持管理費原単位[円/m}^3\text{]} \\
 &= \text{汚泥処理系にかかわる維持管理費[円/年]} / \text{現状の汚泥処理量[m}^3\text{/年]} \\
 &= 33,150,000[\text{円/年}] / 25,112[\text{m}^3\text{/年}] \\
 &\doteq 1,320.1[\text{円/m}^3]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{集約する汚泥量(補正)[m}^3\text{/年]} \\
 &= (\text{集約する汚泥濃度[\%]} / \text{現状の汚泥濃度[\%]}) \\
 &\quad \times \text{集約する汚泥量[m}^3\text{/年]} \\
 &= (0.85[\%] / 1.0[\%]) \times (20[\text{m}^3\text{/日}] \times 365 \text{ 日}) \\
 &= 6,205[\text{m}^3\text{/年}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b)汚泥処理集約に伴い汚泥処理系で増加する維持管理費[円/年]} \\
 &= \text{汚泥処理系にかかわる維持管理費原単位[円/m}^3\text{]} \times \text{集約する汚泥量(補正)[m}^3\text{/年]} \\
 &= 1,320.1 \text{ 円/年} \times 6,205[\text{m}^3\text{/年}] \\
 &= 8,191,221[\text{円/年}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{将来の維持管理費[円/年]} \\
 &= \text{a)将来の処理施設全体の維持管理費[円/年]} \\
 &+ \text{b)汚泥処理集約に伴い汚泥処理系で増加する維持管理費[千円/年]} \\
 &= 65,378,070[\text{円/年}] + 8,191,221[\text{円/年}] \\
 &= 73,569,291[\text{円/年}]
 \end{aligned}$$

(2) 施設の廃止ならびに接続等に係る事業費

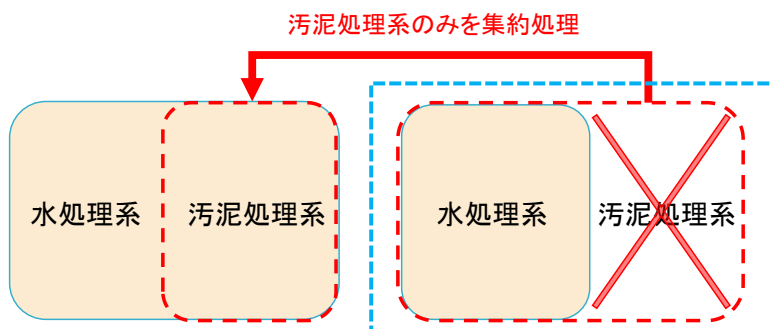
施設の廃止ならびに接続に係る事業費は、「処理施設の撤去費」、「改造費及び存続施設の更新費」、「存続施設の維持管理費」、「管きょ建設費」、「管きょ維持管理費」、「その他維持管理費」を計上することを基本とする。

「処理施設の撤去費」については、各汚水処理施設の有効活用等も考慮した上で、必要に応じて計上する。

① 改造費及び存続施設の更新費

図 4-14 の一部存続する施設（右側の青色点線で囲った施設）において、前処理施設への改造費（し尿処理施設のみ対象）及び更新費をそれぞれ計上する。これら費用については、詳細な劣化診断等を実施し、機械設備ごとに必要に応じた更新費等を計上することが望ましいが、他のケースと同様、表 4-10 の費用関数（下水処理施設は水処理施設及び脱臭施設のみ、し尿処理施設は前処理施設のみ）を用いて事業費を算出することが可能である。

（下水処理施設と下水処理施設の場合）



（下水処理施設とし尿処理施設の場合）

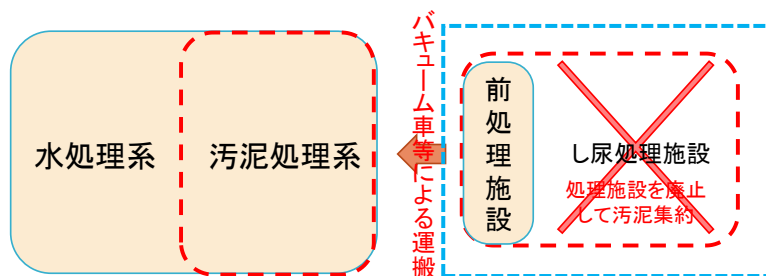


図 4-14 既存施設の能力活用イメージ(再掲に一部加筆)

表 4-10 機械設備の更新費（再掲に一部加筆）

着色箇所が「既存施設の能力活用」ケースの一部存続する施設のコスト算出に活用可能な費用関数								
区分	施設		Xの値	Xの単位	適用範囲	関数式	備考	
更新費 建設費 [千円]	下水処理施設	標準法	●処理場全体建設費※1	処理能力	m3/日	10,000~50,000m3/日	$y = 1,550,000(x/1,000)^{0.58} \times (103.3/101.5)$	(焼却なし・参考)
			処理場全体機械設備更新費	処理能力	m3/日	1,000~10,000m3/日	$y = 72,734x^{0.26}$	
			水処理系機械設備	処理能力	m3/日	1,000~10,000m3/日	$y = 978x^{0.59}$	
		O D法	●処理場全体建設費※1	処理能力	m3/日	~299m3/日	$y = 14,680x^{0.49}$	
			●処理場全体建設費※1	処理能力	m3/日	300~1,300m3/日	$y = 505,000(x/1,000)^{0.64}$	
			●処理場全体建設費※1	処理能力	m3/日	1,400~10,000m3/日	$y = 1,380,000(x/1,000)^{0.42} \times (103.3/101.5)$	
			水処理系機械設備	処理能力	m3/日	1,000~10,000m3/日	$y = 1,580x^{0.66}$	
		共通	汚泥処理系※2	処理能力	m3/日	15~170m3/日	$y = 112,140x^{0.26}$	
	脱臭設備（活性炭）		処理能力	m3/日	1,000~10,000m3/日	$y = 125,019x^{0.04}$		
	農業集落排水施設		●処理場全体建設費	計画人口	人	-	$y = 2271.2x^{0.6663}$	
	し尿処理施設	施設全体※6	標準脱窒素処理	処理能力	kL/日	20~100kL/日	$y = 237,636x^{0.4571}$	
			高負荷脱窒素処理	処理能力	kL/日	20~100kL/日	$y = 796,386x^{0.1031}$	
			高負荷膜分離	処理能力	kL/日	20~100kL/日	$y = 766,089x^{0.0971}$	
			浄化槽汚泥の比率高い脱窒素	処理能力	kL/日	20~100kL/日	$y = 226,590x^{0.4569}$	
		前処理施設※3 (機械設備更新)	標準脱窒素処理、高負荷膜分離	処理能力	kL/日	20~100kL/日	$y = 57,548x^{0.5274}$	
			高負荷脱窒素処理	処理能力	kL/日	20~100kL/日	$y = 55,786x^{0.5207}$	
			浄化槽汚泥の比率高い脱窒素	処理能力	kL/日	20~100kL/日	$y = 121,642x^{0.4949}$	
	新設※4	前処理+20倍希釈	処理能力	kL/日	20~100kL/日	$y = 234,173x^{0.4582}$		

※1 土木、建築、機械、電気を含む

※2 汚泥濃縮への投入汚泥量は、TS1%を想定して設定

※3 し尿前処理施設の改造は、受入施設（トラックスケール、し渣除去装置等）、前処理施設（破砕機、ドラムスクリーン等）、貯留施設（攪拌機、攪拌ブロワ等）に加えて、脱臭設備を見込む

※4 し尿前処理の新設費は建築、土木、機械、電気等すべての建設費を見込む

※5 「都道府県構想マニュアル」以外の費用関数は平成26年度単価で試算

※6 機械、電気を含む（土木、建築は含まない）

●の記載は「都道府県構想マニュアル」に記載されている費用関数、その他の費用関数はメーカーヒアリング（更新費の費用関数、関数ごとに1者から5者）及び事業者へのアンケート（下水処理施設111箇所、し尿処理施設72箇所）に基づき作成

② 存続施設の維持管理費

他施設の実績や同じ方式の施設の実績を用いることなどが考えられるが、これらのデータの入手が困難な場合、表 4-1 の費用関数から算出することとする。

例)

し尿投入前処理施設の維持管理費： $y = 6,716x^{0.2692}$

y：維持管理費 [千円/年]

x：処理量 [kL/日]

適用範囲：処理量が 20～100kL/日の場合

③ 管きよの建設費及び維持管理費

汚泥集約を管きよ輸送で行う場合に計上する。

接続のための「管きよ」については、「4.2 基礎調査」における既存管きよの整備状況や地形特性等の確認に基づき、簡易的に対象となる管きよ延長を算定する方法が考えられる。これら費用については、「**処理施設の再編成**」ケースと同様に、表 4-1 の費用関数を用いて算出することが可能である。

④ その他維持管理費

その他維持管理費は汚泥等を管きよ輸送しない場合に、バキューム車等の運送費用を計上する。主に計上する項目は以下に示すものであり、実情に合わせて計上する費用を検討するものとする。

- ◆ バキューム車の購入費用（所有していない場合）
- ◆ 作業員の人件費
- ◆ バキューム車の走行燃料
- ◆ 吸泥、排泥に伴う操作燃料費

これらの項目は、国交省から公表されている労務単価や建設物価版等からの試算が可能であるが、少額である場合には割愛することも考えられる。

(3) その他の事業費

その他の事業費については、起債に係る利子等の償還費や法定耐用年数未滿で施設を廃止する場合等に減価償却費や国庫返納等を必要に応じて計上する。

【参考】統廃合以外の対策

本技術資料は、汚水処理システムの効率化のパターンとして、施設の統廃合を対象としているが、**既存施設の更新**ケースのように、施設間距離が離れているために接続管路の布設距離や汚泥輸送距離が大きくなるために統廃合が効率的に実施できない場合は、各々の処理施設をダウンサイジングすることになる。そのような場合でも、たとえば下記のような内容を検討することにより、より効率化が図られることが期待される。

○新技術（B-DASH 等）の活用

たとえば、人口減少等に伴い流入水量減少が見込まれる施設に導入することで、効率的に処理施設をダウンサイジングすることができ、ライフサイクルコストおよび消費エネルギーの削減を図る下記2つの下水道革新的技術（B-DASH）が挙げられる。

[DHS システムを用いた水量変動追従型水処理技術]

標準活性汚泥法の水処理施設に導入することで、水処理施設のダウンサイジングを図る。本技術の導入ガイドライン（案）には、技術の概要や導入を検討する際に必要となる費用関数等が記載されている。

URL：<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1051.htm>

[特殊繊維担体を用いた余剰汚泥削減型水処理技術]

オキシデーションディッチ法の水処理施設に導入することで余剰汚泥を削減し、汚泥処理施設のダウンサイジングを図る。本技術の導入ガイドライン（案）には、技術の概要や導入を検討する際に必要となる費用関数等が記載されている。

URL：<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1060.htm>

○ICT の活用

既存処理施設が複数存続した状態でも、それらの処理施設を効率的に維持管理する方法として、ICT を活用した遠隔監視が挙げられる。

（参考）平成 26 年 3 月 下水道における ICT 活用に関する報告書

国土交通省水管理・国土保全局下水道部

4.6. 技術面及び環境面等の確認

4.6.1 技術面の確認

処理施設の統廃合を実施するに当たって確認が必要と考えられる主な内容を表 4-11 のチェックリストに記載する。これら各項目について確認を行う。

表 4-11 技術面のチェックリスト

No.	チェック	項目	確認事項	備考
(1)	<input type="checkbox"/>	管きよ	流下能力が確保できているか	「設計指針」
(2)	<input type="checkbox"/>		適切な流速を確保できているか	〃
(3)	<input type="checkbox"/>		適切な流速を確保できない場合は清掃頻度を高くすることが可能か	
(4)	<input type="checkbox"/>		圧送区間を設ける場合の汚泥濃度の確認	
(5)	<input type="checkbox"/>	ポンプ施設	揚水能力が確保できているか（マンホールポンプを含む）	
(6)	<input type="checkbox"/>		ポンプ施設での高濃度の汚泥堆積への措置	
(7)	<input type="checkbox"/>	処理施設	し尿を水処理施設に投入する場合の影響確認	
(8)	<input type="checkbox"/>		水処理施設への負荷増加に伴う影響確認	
(9)	<input type="checkbox"/>		アルカリ度の確認	
(10)	<input type="checkbox"/>		水処理施設統合時の汚泥処理施設の能力確認	

(1) 流下能力が確保できているか

統廃合に伴う流量増加に伴い、接続地点より下流側管よの流下能力が不足する可能性があるため、現在の管きよ能力を確認した上で、統合後の流量を流下させる必要能力*が確保できているか確認する。確保できていない場合は、別途、増補管の検討を行うか、流下能力が確保できる接続位置を再検討して設定する。

※分流区域の汚水管きよの場合は表 4-12 に示す余裕が確保できることを確認する。

表 4-12 汚水管きよの余裕

管きよの内径	余裕
700mm 未満	計画下水量の 100%
700mm 以上 1,650mm 未満	計画下水量の 50%以上 100%以下
1,650mm 以上 3,000mm 以下	計画下水量の 25%以上 50%以下

出典：「設計指針」

(2) 適切な流速を確保できているか

既存施設に対して流速が表 4-13 に示す流速の範囲に収まるかどうか確認する。収まらない場合には、接続位置を再検討して設定する。

表 4-13 管きよの流速

管きよ区分	流速
汚水管きよ	0.6m ³ /s 以上、3.0m ³ /s 以下
合流管きよ（雨水管きよ）	0.8 m ³ /s 以上、3.0m ³ /s 以下

出典：「設計指針」

(3) 適切な流速を確保できない場合は清掃頻度を高くすることが可能か

汚水処理施設の統廃合等に伴う水量減少により、管きよの流速が表 4-13 の下限値よりも小さくなる場合には、清掃頻度を高く設定して汚泥の滞留を防ぐ等の対策が可能か検討する。

(4) 圧送区間を設ける場合の汚泥濃度の確認

圧送管等による汚泥輸送を行う場合には汚泥濃度を確認する必要がある。特に、汚泥濃度が高い場合には汚泥が滞留しやすく、硫化水素も発生しやすい環境となるため、必要に応じて汚泥濃度を下げることが目的とした希釈についても検討する必要がある。また、圧力開放部分がある場合や圧送先の段差が大きい場合等は管きよが腐食する恐れがあるため、そのような腐食の恐れが大きい区間については、別途、防食等について詳細な検討が必要となる。

(5) 揚水能力が確保できているか(マンホールポンプを含む)

ポンプ施設の揚水能力と計画水量を比較して処理能力を超過していないか確認する。処理能力を超過している場合は、増設や接続ルートの見直し等を行う必要がある。また、マンホールポンプが設置されている場合は、これらの揚水能力についても問題が無いか確認する。

(6) ポンプ施設での高濃度の汚泥堆積への措置

やむを得ず、し尿等の高濃度汚水を管渠に投入する際等、ポンプ施設で汚水が滞留すると汚泥が沈降・堆積し、硫化水素が発生しやすい環境となるため、必要に応じて間欠的にフラッシュ洗浄水（希釈水）を流すことや、定期的な点検、洗浄を行うことを検討する。また、下流側の腐食のおそれの大きい箇所についても同様に検討する。

(7) し尿を水処理施設に投入する場合の影響確認

し尿を下水道の水処理系に投入する場合（本技術資料においては**処理施設の再編成**のケース）には、過去の研究成果¹に基づき、核となる処理施設の処理水量に対するし尿の量の割合（受入れ割合）が0.5%以下であれば安定した処理を維持できるとして**(8)水処理系への負荷増加に伴う影響確認**は不要とする。

(8) 水処理系への負荷増大に伴う影響確認

し尿を受け入れる場合や汚泥処理系を統合する場合（本技術資料においては**既存施設の能力活用**ケース）には、返流水による水処理系への負荷量の増加等により水処理施設における負荷増大に伴う影響が懸念される。特に、返流水は一般的には流入水質よりもBOD、SSともに高濃度となるため、必要酸素量、MLSS、SRT等に影響を与え、処理水質が悪化、また、現状の送風量等が不足する可能性もある。そのため、当該負荷がどの程度増加するか試算し、し尿受入れ後の処理水質や送風機等の能力を簡易的に確認することが望ましい（p.47-48 参照）。

¹ 終末下水処理場初期運転におけるし尿等混入対策調査（Ⅱ） 昭和56年3月 日本下水道事業団

【参考】国総研が平成 28、29 年度に実施したアンケート

し尿・汚泥等受入時の課題に対するアンケート調査結果を図 4-15 に示す。受入処理場の約 2 割 (8/41) で、(汚泥処分費の増加以外の) 維持管理に掛かる経費や手間の増加といった課題等があることを確認した。なお、このような課題があると回答のあった 8 施設のうち、半数以上はし尿等の受入割合 (受入量/受入前の計画処理量) が比較的大きい (1 割以上)。

また、アンケート調査を行った対象のうち、表 4-14 に示す 3 処理場についてヒアリングを行った結果、下記のような課題及び対応策を講じていた。

- ・ 受入汚泥の脱水性不良に伴い処理場全体の汚泥脱水性が悪化したため、各農業集落排水施設の濃縮汚泥貯留槽で 1 週間程度曝気処理してから、下水処理場へ搬出している。
- ・ 水処理施設への負荷が増大したため、曝気量を増大させている。
- ・ 臭気が増大したため、脱臭設備を連続運転させている。

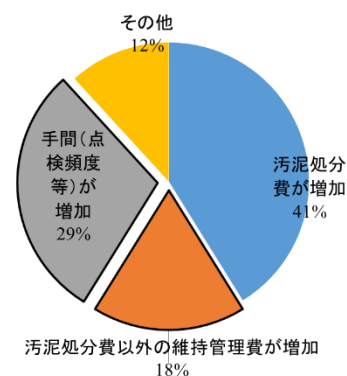


図 4-15 し尿・汚泥等受入時の課題のアンケート調査結果

表 4-14 ヒアリング対象施設

処理場	受入れ前の計画処理量 (m ³ /年)	受入汚泥量 (m ³ /年)	受入割合 (%)
A処理場	8,000	2,902	36%
B処理場	1,500	532	35%
C処理場	5,750	2,199	38%

【参考】「下水処理場における地域バイオマス利活用マニュアル」－2017年3月－（国土交通省 水管理・国土保全局下水道部）を参考にして掲載

○地域バイオマス受入れによる既施設への影響

し尿や汚泥等の地域バイオマスを受け入れることによる影響例の一例を表 4-15 に示す。

表 4-15 地域バイオマス受入れによる影響と対策例

設備		影響	対策
水 処 理	反応タンク	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 汚泥処理施設からの返流水高濃度化による有機物負荷量，アンモニア性窒素負荷量の増大 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 送風機，ブロワ等の運転条件変更 ◆ 設備の改造，増設 ◆ 地域バイオマス受入量の見直し
	消化槽	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 汚泥量増加による滞留日数の短縮 ◆ 有機物負荷量増大による酸敗の発生 ◆ アンモニア性窒素負荷量増大による発酵阻害の発生 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 地域バイオマス受入量の見直し ◆ 投入汚泥の濃度調整
汚 泥 処 理	消化槽攪拌機	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 投入汚泥性状（濃度，粘度等）の変化による攪拌効率の低下 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 運転条件の変更 ◆ 攪拌方式の変更
	脱水機	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 投入汚泥性状（濃度，粘度）の変化による脱水効率の低下 ◆ 処理汚泥量の増加 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 凝集剤の変更 ◆ 運転条件の変更 ◆ 設備の改造，増設
	汚泥移送設備（汚泥ポンプ等）	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 投入汚泥性状（濃度，粘度）の変化による汚泥移送能力の低下 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 汚泥性状の調整 ◆ 設備の改造，増設

○処理水質への影響

し尿や汚泥を受け入れることによる返流水による水処理への負荷上昇に伴い、処理水質が悪化する可能性がある。

BOD 濃度については、表 4-16 の例のように負荷量を計算し簡易的に算定でき、統合後の水質濃度は、 $42.5/8050 \div 5.3\text{mg/L}$ となる（現状は 5.0mg/L ）。

表 4-16 し尿等受入れ前後の負荷量計算例

	水量 [m ³ /日]	流入水質 [mg/L]	流入負荷量 [kg/日]	放流負荷量 [kg/日]	除去率 [%]
現状	8,000	200	1,600	40	97.5
し尿由来の 返流水	50	2,000	100	-	-
統合後	8,050	-	1,700	42.5	97.5

（除去率は統廃合後も変わらないという前提）

なお、し尿を受け入れる場合は、その影響を受ける色度と COD について簡易算定式を用いて増加分を簡易的に算定できる。

・増加する COD (mg/L) $dy/dx=5 \times$ し尿受入れ率 [%] …………… (a)

・増加する色度 (度) $dy/dx=70 \times$ し尿受入れ率 [%] …………… (b)

※し尿受入れ率=受け入れるし尿量/現状の処理水量

○水処理反応タンク送風量およびブロワ動力への影響

返流水による水処理への負荷が上がり反応タンク送風量が増える可能性があるため、既設送風機能力を確認する必要がある。また、送風量が増えるため、ブロワ動力も高くなることが予想される。返流水中の増加する BOD を完全に酸化し、窒素分を完全に硝化すると仮定した場合、増加する送風量 ΔQ (m³/分) は式(1)、増加する送風機軸動力 ΔL_S (kW) は式(2)で簡易的に計算できる。

$$\Delta Q = 2.46 \times (0.6 \times CL_{BOD,R} + 4.57 \times CL_{KN,R}) \times 10^{-2} \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta L_S = 2.83 \times (0.6 \times CL_{BOD,R} + 4.57 \times CL_{KN,R}) \times 10^{-2} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、

$CL_{BOD,R}$: バイオマス受け入れに起因する返流水の増加 BOD 量 kg/日

$CL_{KN,R}$: バイオマス受け入れに起因する返流水の増加ケルダール窒素量(≒T-N) kg/日

なお、式(1)および式(2)は、「設計指針」に記載されている必要酸素量、必要空気量および送風機動力の計算式に、以下の条件を入力し作成したものである。

・脱窒による BOD 消費は無視 ・増加する返流水成分の汚泥転換は無視 ・溶存酸素濃度維持に必要な酸素量は無視 ・大気圧：1 気圧 ・散気装置の散気水深：4.5m ・反応タンク水温：20℃ ・気温：20℃ ・散気装置酸素移動効率：15% (散気水深 4.5m において)
 ・送風機吸込圧力：-2 kPa ・送風機吐出圧力：54 kPa ・送風機全断熱効率：70%

(9) アルカリ度の確認

アルカリ度は硝化工程において、1mgのアンモニア性窒素 (NH_4^+-N) が硝酸性窒素 (NO_3^--N) に酸化 (硝化反応) されるとき、化学量論的には7.14mgのアルカリ度が消費される (「設計指針」より)。したがって、特にアンモニア性窒素濃度が高いし尿を下水処理施設の水処理系に投入する場合には、硝化反応に起因するアルカリ度の低下を確認する必要がある。アルカリ度が大きく低下すると生物活性の低下や排除基準の超過等の影響が考えられるため、以下のような対策を講じることを検討する。

- ◆ 硝化抑制運転への切り替え (ただし、必要処理水質等の条件による)
- ◆ 前段微曝気や返送汚泥比を上げるなどの脱窒による回復
- ◆ し尿等の投入量を減少させる
- ◆ 炭酸カルシウムの投入による調整

【参考】「設計指針」(後編) P173 より引用

○アルカリ度の消費量 ΔCL_{ALK}

$$\Delta CL_{ALK} = 7.16 \times \alpha \times C_{TN,in} - 3.57 \times (C_{orgN} + \Delta C_{NOX}) + \varepsilon \times C_{AL}$$

ここで、

$C_{TN,in}$: 流入水の T-N 濃度 (mg/l)

C_{orgN} : NH_4-N に分解される有機性窒素濃度 (mg/l)

ΔC_{NOX} : 脱窒された窒素濃度 (mg/l)

α : C_{TN} に対し硝化される窒素の比 (通常 0.7~0.8)

ε : 添加アルミニウム 1mg 当たりのアルカリ度消費量 (mg/mg)

5.56 (硫酸アルミニウム), 3.24 (PAC)

C_{AL} : アルミニウム添加濃度 (mg/l)

なお、窒素、リン除去対応の高度処理対応ではない等、脱窒および凝集剤の影響を考慮しない場合は、上記式を活用し、

$$\Delta CL_{ALK} = 7.16 \times \alpha \times C_{TN,in}$$

として、消費量を算出できるものと考えられる。

(10) 水処理施設統合時の汚泥処理施設の能力確認

処理施設の統廃合に伴い、核となる処理施設における汚泥処理施設の能力についても、本来は、改めて容量計算を行う等の手法で確認することが望ましいが、本技術資料では、表 4-17 に例示するような簡易的な方法で確認することとする。これは、事業計画等の容量計算から、現有処理能力や水量比（水処理系の流入水量に対する各処理工程の汚泥処理量の比）等を整理することで、各年次の汚水量に由来する汚泥処理量を試算する方法である。

表 4-17 汚泥処理施設能力の簡易的な確認方法例

項目	現状の汚泥処理量(事業計画書の容量計算書で確認)				統合時の汚泥処理量		判定
	施設能力				汚水量由来		
	機器仕様	投入条件 TS[%]	A 水量比 ※1	B 施設能力 [m ³ /日]※2	C 汚泥処理量① [m ³ /日] 日最大ベース	C ≤ B	
汚泥	重力濃縮	-	2.00%	0.78%	100	63	○
	脱水機	10 m ³ /時(2台)	2.00%	0.59%	60	47	○
水処理系(日最大水量)				10,000	8,000	-	

※1容量計算書における、水処理系の流入水量に対する各処理工程の投入汚泥量の比

※2汚泥処理量もm³/日換算して計上

4.6.2 環境面等の確認

環境面等の確認項目として、(1) 有効利用（再生水、消化ガス、汚泥有効利用）、(2) 消費エネルギー、(3) 温室効果ガス排出量削減効果、(4) 環境負荷、(5) その他（防災、リスク管理等）が考えられる。

(1) 有効利用(再生水、消化ガス、汚泥有効利用)

再生水利用や消化ガス等の有効利用について、すでに実施している施設において処理施設の統廃合によるメリットを考慮することはもちろん、まだ実施していない施設においても統廃合を契機に有効利用の可能性を検討することが望ましい。

再生水利用については、既に導入されている場合は検討ケースにより処理水量が増加することに伴い再生水の利用量が増加することが考えられる。

消化ガス利用については「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン—平成 29 年度版—」（平成 30 年 1 月 国交省）の次式により消化ガス発生量を簡易的に算出することができる。なお、消化ガス転化量は「下水処理場へのバイオマス（生ごみ等）受け入れマニュアル 2011 年 3 月 財団法人 下水道新技術推進機構」より引用する。

$$\text{消化ガス発生量 [Nm}^3\text{/日]} = \text{汚泥量 [m}^3\text{/日]} \times \text{固形物濃度 [\%]} \\ \times \text{有機物濃度 [\%]} \times \text{消化ガス転化量 (Nm}^3\text{/kg)}$$

$$\text{し尿消化ガス転化量 [Nm}^3\text{/kg]} : 0.50$$

$$\text{浄化槽汚泥消化ガス転化量 [Nm}^3\text{/kg]} : 0.35$$

$$\text{下水汚泥消化ガス転化量 [Nm}^3\text{/kg]} : 0.5 \sim 0.6$$

汚泥有効利用については、緑農地利用（肥料、土壌改良、園芸用土壌等）や建設資材利用（セメント原料、コンクリート骨材、路盤材、タイル・レンガ・ブロック、融雪剤、脱水助剤等）、さらには固形燃料化施設の導入による汚泥の燃料化が挙げられる。

なお、一般廃棄物である農業集落排水施設及びし尿処理施設から発生する汚泥と、産業廃棄物である下水処理施設から発生する汚泥は、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」等関連法規における適用が異なるため、有効利用に当たって注意が必要である。

(2) 消費エネルギー

汚水処理システムの効率化による省エネ効果を確認するため、それぞれのケースにおける消費電力量を算定し、エネルギー消費量に換算する。この際、汚水処理施設の消費電力量は稼働率変化の影響を踏まえることでより現実的な検討が可能となる。本手法では、維持管理費と同様、稼働率変化の影響を踏まえて消費電力量を補正する以下の方法を採用する。

ステップ 1. ①現状の単位消費電力量[kWh/m³]



= 現状の年間消費電力量[kWh /年] / 現状の年間処理水量 [m³/年]

ステップ 2. ②電力係数の比[-] = 将来の電力係数 / 現状の電力係数



ステップ 3. ③将来の消費電力量原単位[kWh/m³]

= ①現状の消費電力量原単位[kWh/m³] × ②電力係数の比[-]



ステップ 4. 将来の消費電力量 [kWh/年]

= ③将来の消費電力量原単位[kWh/m³] × 将来の処理水量 [m³/年]

《定義》

○稼働率[%] = 日平均処理水量[m³/日] / 処理能力 [m³/日] × 100

※ただし、農業集落排水施設については処理能力を日平均処理水量[m³/日]とする。

○電力係数[-] = ある稼働率での単位消費電力量[kWh/m³]

／稼働率最大時の単位消費電力量[kWh/m³]

下記式より当稼働率の電力係数($k_p(x)$)を算出する(図 4-16～図 4-19)。

・下水処理施設(OD法) $k_p(x) = 38.842x^{-0.862}$

・下水処理施設(標準法) $k_p(x) = 34.510x^{-0.834}$

・農業集落排水施設 $k_p(x) = 27.302x^{-0.718}$

・し尿処理施設 $k_p(x) = 6.966x^{-0.434}$

※ $k_p(x)$:電力係数[-], x :稼働率[%]

なお、電力係数の適用範囲は P6 に記載する処理施設である。

○消費電力量原単位[kWh/m³] = 年間消費電力量[kWh /年] / 年間処理水量[m³/年]

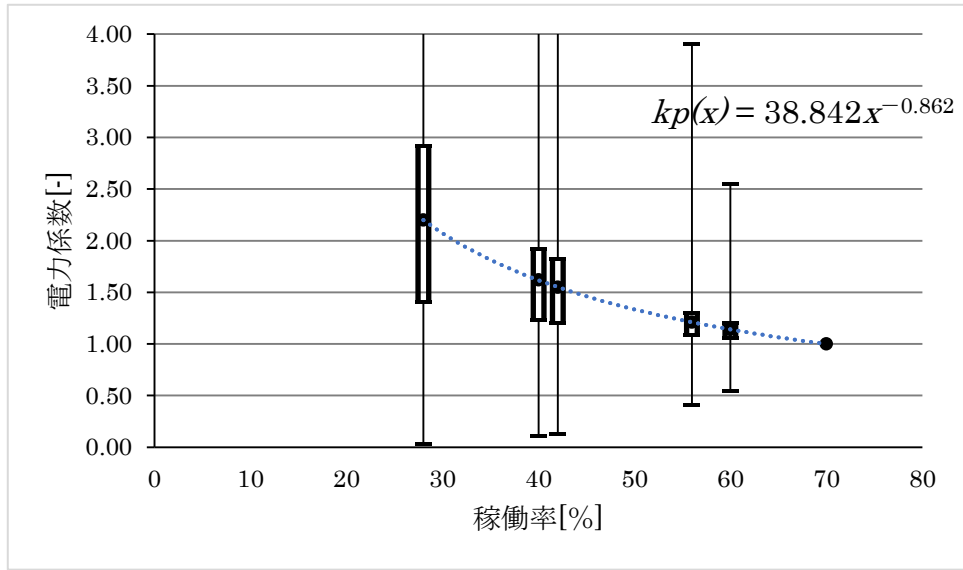


図 4-16 稼働率と電力係数の関係(下水処理施設:OD法)

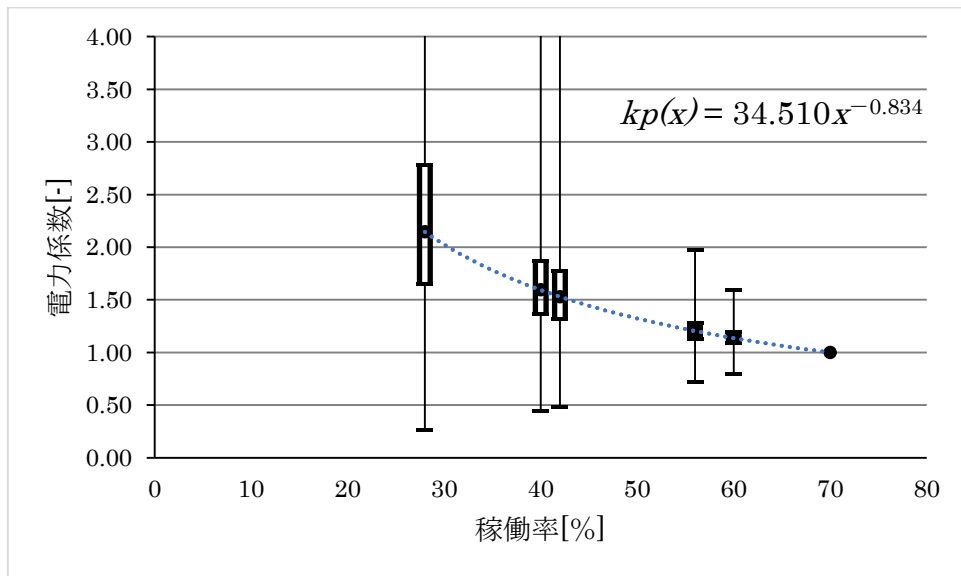


図 4-17 稼働率と電力係数の関係(下水処理施設:標準法)

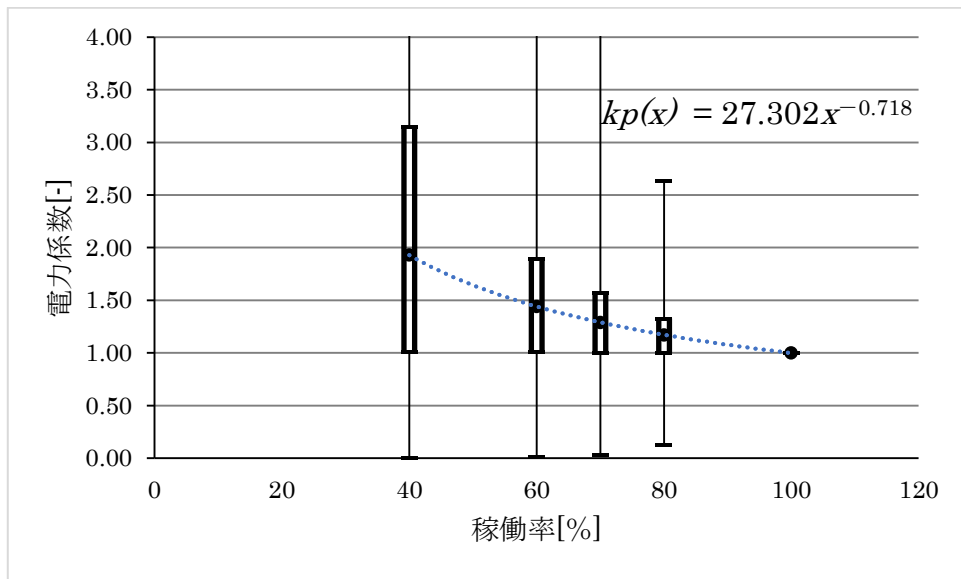


図 4-18 稼働率と電力係数の関係(農業集落排水施設)

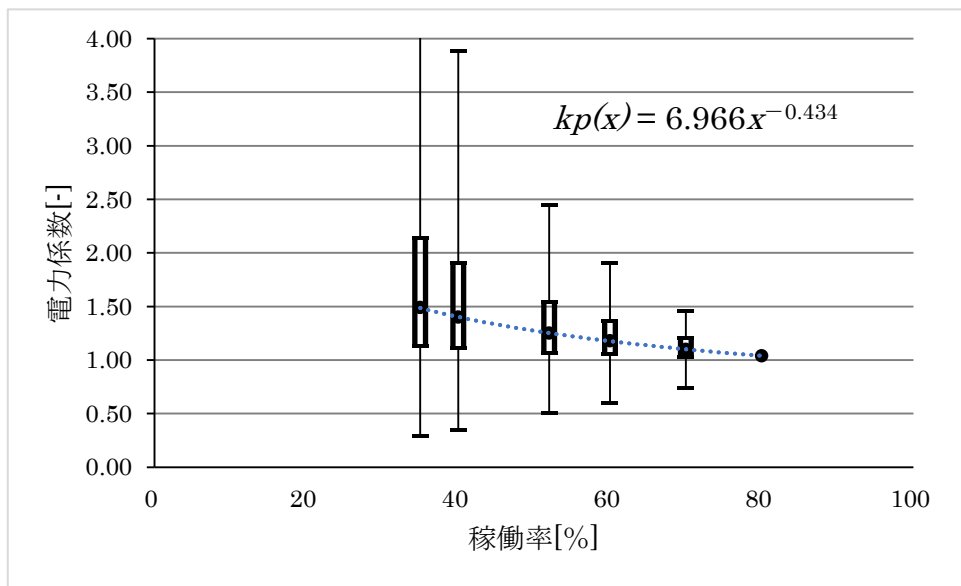


図 4-19 稼働率と電力係数の関係(し尿処理施設)

なお、電力係数については、後述（p.56）のように、全国の処理場の実態調査に基づき設定しているが、ばらつきがあるデータの中央値を代表値（電力係数）としている。（図 4-16～図 4-19 に示すとおり四分位範囲と同じ傾向となっており、中央値を選択したことは概ね妥当と言える。）

現状の消費電力量が不明な場合には維持管理費から消費電力量を試算することも可能である。過年度の国総研の行った調査においては、維持管理費の中で電力費が占める割合は下水処理施設とし尿処理施設で 10～20%程度、農業集落排水施設で 20～30%程度となっているため、この割合を用いて簡易的に算定できる。

（下水処理施設・し尿処理施設）

$$\text{消費電力量 [kWh]} = (\text{維持管理費} \times 10\sim 20\%) \div \text{電力料単価 [円/kWh]}$$

（農業集落排水施設）

$$\text{消費電力量 [kWh]} = (\text{維持管理費} \times 20\sim 30\%) \div \text{電力料単価 [円/kWh]}$$

なお、**既存施設の能力活用**ケースで汚泥処理系を廃止する場合は、全体から汚泥処理施設相当の消費電力量（処理場全体の 10%程度（H25 下水道統計平均値））を控除して簡易的に算出することができる。一方、核となる処理施設の消費電力量は、上述の受入に相当する消費電力量を足し合わせて簡易的に算出することができる。

以上で算定した消費電力量は、下式により MJ（メガジュール）単位に換算する。

$$\text{エネルギー消費量 [MJ]} = \text{消費電力量 [kWh]} \times 3.60 \text{（換算係数）}$$

[参考] 電力係数および維持管理係数

1. 電力係数について

稼働率と消費電力量の関係をより明確にするための詳細調査を実施した。特に人口減少に伴う処理水量の減少により費用面での影響を大きく受けると考えられる中小規模の処理場を対象とし、具体的な施設規模として、下水処理施設は日最大汚水量 10,000m³/日以下、農業集落排水施設は 1,000 m³/日以下、し尿処理施設は 100kl/日以下を対象とした。処理方式については、対象とした施設の 8 割程度を占める処理方式として、下水処理施設はオキシデーションディッチ法(以下、「OD 法」と呼ぶ。)、標準活性汚泥法(以下、「標準法」と呼ぶ。)、農業集落排水施設は JARUS-I、III、XI、XII、XIVとした。し尿処理施設は、下水処理施設、農業集落排水施設に比べ処理場の箇所数が少ないことから、処理方式を特定しないこととした。また、汚泥脱水工程までを調査の対象範囲とした。

統計資料、事業者へのアンケート調査により、過去 10 年間程度の処理場における処理能力、処理量、消費電力量を調査した。下水処理施設は、「下水道統計」より実績値を収集できるため、平成 16 年度から平成 25 年度までの下水道統計を用いて整理した。農業集落排水施設とし尿処理施設は、事業者へのアンケート調査により、平成 18 年度から平成 27 年度までの実績値を用いて整理した。調査対象は、上述した処理能力、処理方法に該当する処理場のうち脱水工程までを有する(消化・焼却工程は有しない)ものとした。また、稼働率の影響をより明確にするために安定した条件(稼働率由来以外の状況変化を可能な限り排除することが目的)の処理場を対象とし、供用開始後 5 ヶ年以上を経過した処理場、調査対象期間中に水処理能力の変更を行っていない処理場、他処理場の汚泥受入を行っていない処理場、過去 10 年間の稼働率差が 10%以上ある処理場等の条件に該当する処理場から選定した。各汚水処理施設の調査施設数を表 4-18 に示す。この結果を用い、各処理場における過去 10 年間程度の稼働率と消費電力量の関係を整理した。

ここで、稼働率は以下の式のとおり定義した。なお、稼働率が最大(定格運転)となるのは、年間平均処理水量が設計上の日平均処理水量となる場合であり、そのときの稼働率をそれぞれ、下水処理施設が 70%、農業集落排水施設が 100%、し尿処理施設が 87%とした。(各事業の設計思想により、処理能力(日最大処理水量)に対する日平均処理水量の比が異なる。たとえば下水処理施設の場合は、日最大と日平均の比が一般的には 1.0:0.7~0.8 とされているため、稼働率の最大値を 70%とした。)

$$\text{稼働率}[\%] = \text{日平均処理水量}[\text{m}^3/\text{日}] / \text{処理能力}[\text{m}^3/\text{日}] \times 100$$

※農業集落排水施設については処理能力を日平均処理水量[m³/日]とした。

消費電力量は以下の式で示される電力係数として整理し、単純化及び稼働率の影響の明確化を図った。電力係数が大きいほど非効率な運転状況であることを示す。

$$\text{電力係数}[-] = \frac{\text{ある稼働率での単位消費電力量}[\text{kWh}/\text{m}^3]}{\text{稼働率最大時の単位消費電力量}[\text{kWh}/\text{m}^3]}$$

表 4-18 詳細調査施設

	調査数	(施設)
		有効回答数
下水処理施設 (OD法)	125	125
下水処理施設 (標準法)	50	50
農業集落排水施設	100	71
し尿処理施設	47	33

表 4-18 の調査施設それぞれについて、稼働率ごとの電力係数を算出した。稼働率ごとの電力係数は、調査施設によるばらつきが確認されたが、全データの中央値を代表値とし、これを各稼働率の電力係数とした。

各污水处理施設における稼働率と電力係数の関係を図 4-20（四分位範囲も表示）に示す。全データ範囲としては大きいですが、四分位範囲で見ると稼働率変化に伴い電力係数が上昇する傾向が現れているため、全データの中央値を各稼働率の電力係数と設定したことは妥当と考えられる。

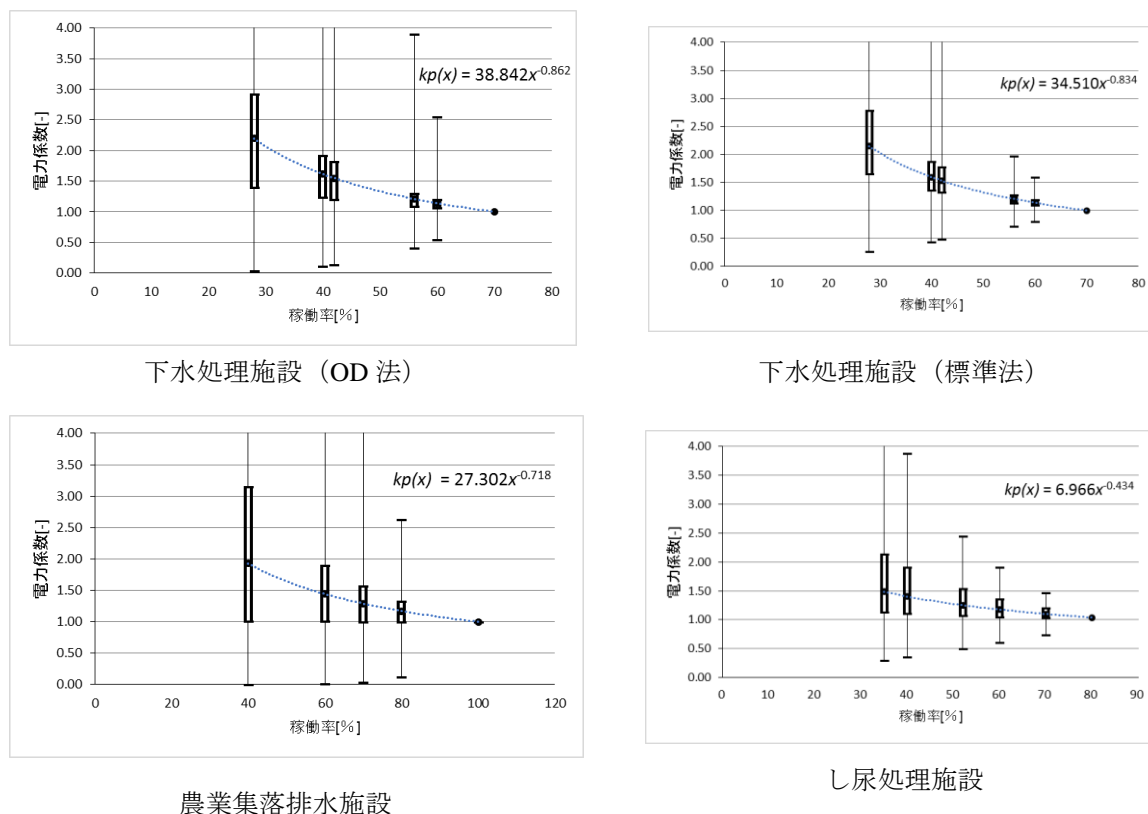


図 4-20 各污水处理施設における稼働率と電力係数の関係

この結果から、すべての污水处理施設において、稼働率低下に伴い電力係数が増加する傾向を確認した。これは、流入水量が減少しても消費電力量はそれほど減少していないことを示しているが、この原因としては、槽内攪拌や汚泥返送等の処理機構を維持するための必要最低限の運転に伴う電力が必要であることに加え、特に中小規模処理場は単一ブロウしか有しない水処理施設が多く流入水量変動に対する曝気制御が困難であること等が推察される。なお、し尿処理施設においては稼働率低下に伴う電力係数の増加率がその他の処理施設に比べ小さくなっているが、これは、し尿処理施設の場合、収集したし尿を一旦貯留し、その後にはば一定量を処理設備に投入して処理¹⁾することもあり、処理施設への流入量（収集量）の変化にかかわらず、1日の水処理にかかる消費電力量がそれほど変動していないものと考えられる。

2. 維持管理係数について

表 4-19 の調査施設数について、維持管理費の内訳を調査した。具体的には、事業者へのアンケート調査により、平成 26 年度（研究当時最新）の処理能力、処理量、消費電力量、維持管理人員数、主要設備の更新費、定格電力、薬品費、保守点検費等を調査した。主要設備は、下水処理施設については流入ポンプ、送風機、水中機械攪拌機、返送汚泥ポンプ、汚泥濃縮設備、汚泥脱水設備、脱臭ファンとし、農業集落排水施設、し尿処理施設については、消費電力量が大きい設備を 5 から 10 設備程度調査した。また、維持管理費について不足する情報はメーカーヒアリングにより適宜補完した。各汚水処理施設の維持管理費は、これら調査に基づく電力費、維持管理人件費、薬品費、保守点検費より算出（平均値で整理）した。なお、電力費単価は 15 円/kWh、人件費は 700 万円/人として計算した。

表 4-19 調査施設数

	調査数	(施設) 有効 回答数
下水処理施設 (OD法)	106	84
下水処理施設 (標準法)	28	27
農業集落 排水施設	100	78
し尿処理施設	91	72

上記調査の結果（維持管理費の内訳）及び稼働率と電力係数の関係を用いて、稼働率と維持管理費の関係を整理した。維持管理費についても、消費電力量と同様、使い易さを考慮して単純化し、さらに稼働率の影響をより明確化するために係数（維持管理係数）として整理した。維持管理係数は以下の式で示され、同係数が大きいほど非効率な運転状況であることを示す。

維持管理係数[-] = ある稼働率での維持管理費原単位[円/m³]

／稼働率最大時の維持管理費原単位[円/m³]

維持管理費原単位[円/m³] = 年間維持管理費[円/年] / 年間処理水量[m³/年]

維持管理係数の具体的な算出方法としては、事業者へのアンケート調査の回答を得た（平均稼働率における）施設全体の維持管理費において、電力費（消費電力量に電力費単価をかけて算出）を差し引いた額を固定費（稼働率及び水量による影響を受けない一定値として設定）と

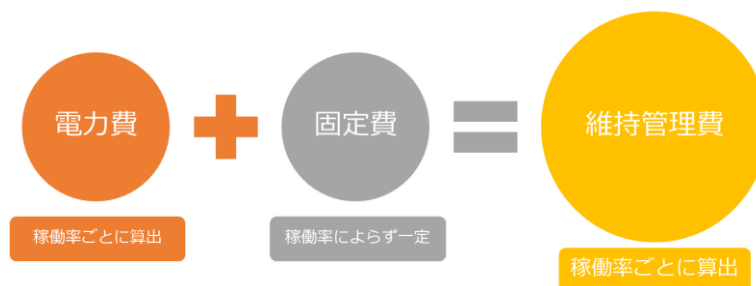


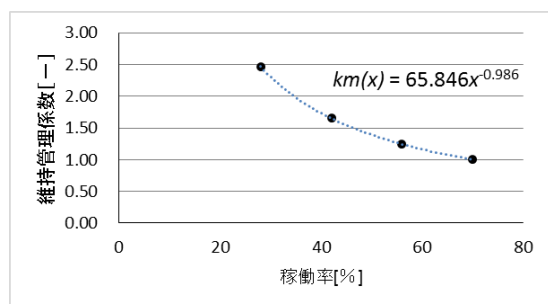
図 4-21 維持管理費算出イメージ

した上で、電力係数を用いて算出した稼働率ごとの電力費を足し合わせて維持管理費を算出した（図 4-21 にその算出イメージを示す）。その後、原単位及び係数として整理した。なお、汚泥処分費については、統廃合による影響が相対的に軽微であるとして、算出の対象外とした。

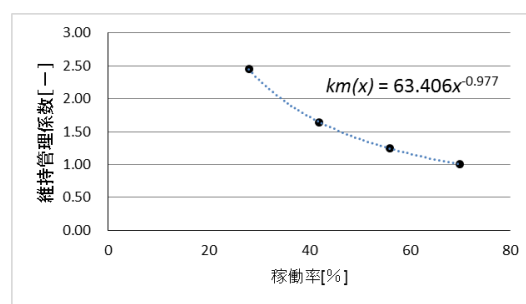
調査結果に基づき算出した維持管理係数を図 4-22 に示す。電力係数と同様に、すべての汚水処理施設において、稼働率の低下に伴い維持管理係数（処理水量あたりの維持管理費）が増加す

る（処理原価の増大）傾向を確認した。なお、維持管理係数算出で用いた電力係数はすでに中央値として決定された値であるため、**図 4-22** では四分位範囲を表示していない。また、電力係数（**図 4-20**）と違って処理施設による傾きの違いが顕著に現れていないのは、維持管理費における電力費の割合が小さい（概ね 1 割～3 割）ことが原因と考えられる。

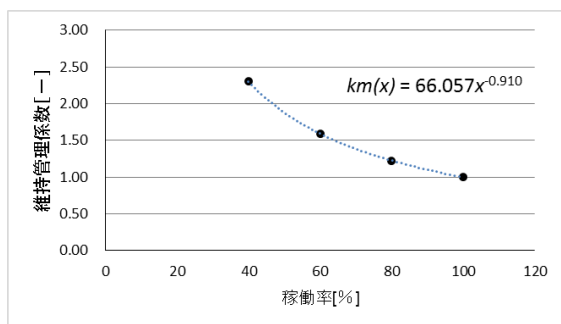
以上により、これまで定性的に捉えられてきた稼働率の低下がコスト・エネルギーに与える影響を定量化することができた。これらの関係性を用い、現在の稼働率と維持管理原単位及び将来の稼働率（予測値）から、将来の人口減少時（稼働率低下時）の維持管理費が推算可能となった。



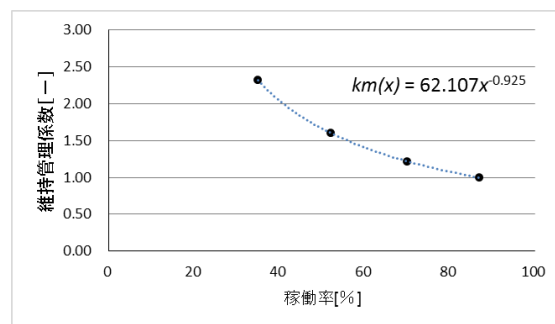
下水処理施設（OD法）



下水処理施設（標準法）



農業集落排水施設



し尿処理施設

図 4-22 各汚水処理施設における稼働率と維持管理係数の関係

(3) 温室効果ガス排出量削減効果

地球温暖化対策の推進に関する法律では7種類の温室効果ガス(以下、GHG)が規定されているが、これらのうち下水道温暖化防止計画では、二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)および一酸化二窒素(N₂O)の3種類のGHGを対象としている。

本技術資料では、消費電力量由来の二酸化炭素(CO₂)排出量と、汚水処理方式等に依存する処理工程で発生するメタン(CH₄)および一酸化二窒素(N₂O)を二酸化炭素(CO₂)換算した排出量をそれぞれのケースで算定する。

GHGの排出量は、次の計算式により算定する。

$$\text{(各GHGの排出量)} = \sum \{ \text{(活動の種類ごとの排出量)} \} = \sum \{ \text{(活動量)} \times \text{(排出係数)} \}$$

また、それぞれのGHGについて、地球温暖化係数¹を用いて(t-CO₂)に換算することとする。(CO₂、CH₄、N₂Oそれぞれの地球温暖化係数は1:25:298)

GHG総排出量(t-CO ₂)		
= $\sum \{ \text{各温室効果ガスの排出量(t)} \times \text{各温室効果ガスの地球温暖化係数} \}$		
(地球温暖化係数)		
・二酸化炭素 (t-CO ₂ /年)	× 1	= 温室効果ガス排出量(t-CO ₂ /年)
・メタン (t-CH ₄ /年)	× 25	= 温室効果ガス排出量(t-CO ₂ /年)
・一酸化二窒素(t-N ₂ O/年)	× 298	= 温室効果ガス排出量(t-CO ₂ /年)

¹ 温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン 平成27年4月 環境省

・二酸化炭素(CO₂)排出量[t-CO₂] = 消費電力量[kWh] × CO₂排出係数[t-CO₂/kWh]

消費電力量由来の二酸化炭素排出量を算定する。CO₂の排出係数は環境省のホームページにて毎年公表されている。参考として、地域ごとの代表会社における排出係数の実績値を表 4-20 に示す。

表 4-20 代表会社の二酸化炭素(CO₂)排出係数(H29 年度)

単位:t-CO₂/kWh

代表会社	排出係数	備考
北海道電力	0.000678	
東北電力	0.000523	
東京電力エナジーパートナー	0.000474	旧東京電力(株)
中部電力	0.000472	
北陸電力	0.000574	
中国電力	0.000677	
四国電力	0.000535	
九州電力	0.000463	
沖縄電力	0.000772	

・メタン(CH₄)排出量[t-CH₄] = 活動量(処理水量) × 排出係数(「環境省 HP」²より)

表 4-21 下水等及び雑排水の処理に係るメタン(CH₄)排出係数(出典:「環境省 HP」より)

対象となる排出活動	区分	単位	値
下水等及び雑排水の処理	終末処理場	tCH ₄ /m ³	0.00000088
	し尿処理施設(嫌気性消化処理)	tCH ₄ /m ³	0.000054
	し尿処理施設(好気性消化処理)	tCH ₄ /m ³	0.0000055
	し尿処理施設(高負荷生物学的脱窒素処理)	tCH ₄ /m ³	0.0000050
	し尿処理施設(生物学的脱窒素処理(標準脱窒素処理))	tCH ₄ /m ³	0.0000059
	し尿処理施設(膜分離処理)	tCH ₄ /m ³	0.0000055
	し尿処理施設(その他の処理)	tCH ₄ /m ³	0.0000055
	コミュニティ・プラント	tCH ₄ /人	0.00020
	既存単独処理浄化槽	tCH ₄ /人	0.00020
	浄化槽(既存単独処理浄化槽を除く。)	tCH ₄ /人	0.0011
	くみ取便所の便槽	tCH ₄ /人	0.00020

・一酸化二窒素(N₂O)排出量[t-N₂O] = 活動量(処理水量) × 排出係数(「環境省 HP」より)

表 4-22 下水等及び雑排水の処理に係る一酸化二窒素(N₂O)排出係数(出典:「環境省 HP」より)

対象となる排出活動	区分	単位	値
下水等及び雑排水の処理	終末処理場	tN ₂ O/m ³	0.00000016
	し尿処理施設(嫌気性消化処理)	tN ₂ O/tN	0.0000045
	し尿処理施設(好気性消化処理)	tN ₂ O/tN	0.0000045
	し尿処理施設(高負荷生物学的脱窒素処理)	tN ₂ O/tN	0.0029
	し尿処理施設(生物学的脱窒素処理(標準脱窒素処理))	tN ₂ O/tN	0.0000045
	し尿処理施設(膜分離処理)	tN ₂ O/tN	0.0024
	し尿処理施設(その他の処理)	tN ₂ O/tN	0.0000045
	コミュニティ・プラント	tN ₂ O/人	0.000039
	既存単独処理浄化槽	tN ₂ O/人	0.000020
	浄化槽(既存単独処理浄化槽を除く。)	tN ₂ O/人	0.000026
	くみ取便所の便槽	tN ₂ O/人	0.000020

² <http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran2015.pdf>

なお、既存施設の能力活用ケースにおいて汚泥を運搬する場合、その活動に伴い温室効果ガスが排出されるが、本技術資料では省略する。これを見込む場合は、燃料費を算出した上で燃料当たりの排出係数（表 4-23 のとおり、たとえば、ガソリンの場合 2.32 t-CO₂/k1、軽油の場合 2.58 t-CO₂/k1）を用いて算出することが可能である。

表 4-23 燃料の使用に関する排出係数(出典:「環境省 HP」より)

対象となる排出活動	区分	単位	値
燃料の使用	原料炭	tCO ₂ /t	2.61
	一般炭	tCO ₂ /t	2.33
	無煙炭	tCO ₂ /t	2.52
	コークス	tCO ₂ /t	3.17
	石油コークス	tCO ₂ /t	2.78
	コールタール	tCO ₂ /t	2.86
	石油アスファルト	tCO ₂ /t	3.12
	コンデンセート(NGL)	tCO ₂ /kl	2.38
	原油(コンデンセート(NGL)を除く。)	tCO ₂ /kl	2.62
	ガソリン	tCO ₂ /kl	2.32
	ナフサ	tCO ₂ /kl	2.24
	ジェット燃料油	tCO ₂ /kl	2.46
	灯油	tCO ₂ /kl	2.49
	軽油	tCO ₂ /kl	2.58
	A重油	tCO ₂ /kl	2.71
	B・C重油	tCO ₂ /kl	3.00
	液化石油ガス(LPG)	tCO ₂ /t	3.00
	石油系炭化水素ガス	tCO ₂ /1,000Nm ³	2.34
	液化天然ガス(LNG)	tCO ₂ /t	2.70
	天然ガス(液化天然ガス(LNG)を除く。)	tCO ₂ /1,000Nm ³	2.22
	コークス炉ガス	tCO ₂ /1,000Nm ³	0.85
	高炉ガス	tCO ₂ /1,000Nm ³	0.33
	転炉ガス	tCO ₂ /1,000Nm ³	1.18
都市ガス	tCO ₂ /1,000Nm ³	2.23	

(4) 環境負荷

汚水処理施設はそれぞれ放流水質が異なる傾向にある。また、統廃合により地域内の処理水が集約され河川等への放流量が増加する箇所が生じる。一般的に処理水の水量は、河川流量に対して少量であるため影響は小さいが、小規模処理施設においては流量が少ない小河川や用水路等に放流している場合もあり、統廃合に伴い水質等に悪影響を及ぼす可能性がある。したがって、下水処理施設に、農業集落排水施設またはし尿処理施設を統合する場合は、放流水質、放流量及び放流箇所が変更されることに伴う水域への影響についても確認することが望ましい。

(5) その他(防災、リスク管理等)

汚水処理施設の統廃合に伴い、防災やリスク管理等の観点も含めて整理する。

リスク管理の観点からは耐震設計や耐水化等の現在の処理施設の状況、また、当該地区における大規模災害時の震度や浸水深等のリスクを確認する。たとえば、経済性比較等において統廃合により核となる処理施設とすることが望ましい場合でも、震災による被害リスク（処理機能の停止、復旧にかかるコスト等）を踏まえて統廃合ケースを判断する必要がある。

また、防災の観点からは、統廃合により廃止する施設の有効活用を検討する。たとえば、管理棟スペースを水防・防災倉庫として活用することや、設備を撤去した後の反応槽等の水槽内を防火水槽として活用すること等が考えられる。

その他、統廃合の際には、接続管の設置に伴う施工及び占用協議や、受入れ側の核となる処理施設の周辺住民への説明、運搬ルートを検討・調整（汚泥やし尿を車両により運搬する場合）が必要となるが、処理施設または地域によってはこれらの協議・調整が難航して統廃合が長期化するリスクが想定される。

4.7. 総合評価

設定した検討ケース（既存施設の更新、処理施設の再編、既存施設の能力活用）それぞれについて経済性、技術面、環境面の観点で総合評価を行い、最適な污水处理システムの統廃合ケースを選定する。表 4-24 にそのイメージを示す。

（経済性）統廃合に伴う建設費も含めたライフサイクルコスト

（技術面）既存施設能力の確認、汚泥受入れに伴う処理施設への影響等

（環境面）消費エネルギー量、GHG 排出量等

表 4-24 総合評価イメージ

検討ケース		既存施設の更新	処理施設の再編成	既存施設の能力活用
概要		A、B 処理場をそれぞれ ダウンサイジング	B 下水処理場を廃止し、 A 下水処理場に接続	B 下水処理場の 汚泥処理系を廃止し、 A 下水処理場に接続
経済性比較 LCC	総額	●●百万円	●●百万円	●●百万円
	年価	●●百万円/年	●●百万円/年	●●百万円/年
		△	○	◎
技術面の確認		問題なし	<ul style="list-style-type: none"> ・●● ・▲▲ ・■ について簡易的に確認	<ul style="list-style-type: none"> ・●● ・▲▲ ・■ について簡易的に確認
			◎	△
環境面の確認	エネルギー消費量	●●MJ	●●MJ	●●MJ
	GHG 排出量	●●t-CO ₂	●●t-CO ₂	●●t-CO ₂
		△	◎	○
その他		・ICT 活用し諸施設の 集中管理を検討	<ul style="list-style-type: none"> ・施工及び占用協議 ・周辺住民(特に核となる 処理施設周辺)への 説明 	<ul style="list-style-type: none"> ・運転方法の変更検討 ・汚泥運搬ルートを検討
総合評価				

なお、表 4-24 の例のように 3 つの観点で有利なケースが異なる場合は、地方公共団体としての優先項目（経済性か環境面か等）を踏まえ統廃合ケースを選定する。

4.8. (参考)段階的整備計画の策定

(1) 段階的整備計画

選定した最適な汚水処理システムの統廃合ケースを基に、核となる施設、廃止する施設それぞれの更新時期等を踏まえて整備計画を策定する。整備計画の策定時には、各地方公共団体における財政状況等を勘案した上で実現可能なスケジュールとすることに留意する。

なお、廃止する処理施設が複数ある場合は、対象施設の経過年数や現状の維持管理費等を総合的に考慮して、どの施設から統廃合を実施していくことが有利か優先順位を検討することも重要である。

【段階的な再編の検討】

施設統合については、更新時期を目安とした時間軸の概念を基に検討する必要があるが、複数の処理区の統合においては、処理区毎に更新時期が異なることから、段階的な統合手法についても検討することが必要である。

特に人口減少の進む中、既存施設を有効に活用し統合を進める上では、段階的な統合を行うことにより、施設の増設が不要となる可能性もある。



図4-23 段階的統合の検討イメージ

『平成 28 年 8 月 農業集落排水施設再編計画作成の手引き (案) 農林水産省』より引用

(2) 財政計画

財政計画については、適用する制度等を踏まえたうえで、必要となる財源も含めて策定し、起債償還費等についても考慮して検討することが望ましい。

財政計画で考慮すべき項目は表 4-25 の財政計画様式(例)に示すとおりである。

表 4-25 財政計画様式(例)

単位:百万円

		区分	H〇年	H〇年	H〇年	H〇年	H〇年	合計	備考
支出	維持 管理費	核となる処理施設							適用事業等を記載
		再編施設1							
		再編施設2							
		再編施設3							
		再編施設4							
	更新費	再編施設5							
		核となる処理施設							
		再編施設1							
		再編施設2							
		再編施設3							
	接続費	再編施設4							
		再編施設5							
		再編施設1							
		再編施設2							
	計	再編施設3							
再編施設4									
収入	再編施設5								
	合計								
	累計事業費								
	起債償還費								
	国費								
	下水道使用料等								
	起債(単費)								

(3) 関連手続き等

効率化に係る事業を実施するにあたって、必要となる申請や関連する手続き等について確認し、事業着手までのスケジュールを整理する。以下に必要な手続き等を示す。

- ① 関連部局との協議（し尿・農集部局、河川や道路管理者、都市計画部局、近隣市町村等）
- ② 各事業の計画（下水道法に基づく事業計画、流総計画、都道府県構想等）の変更協議
- ③ 廃止等する汚水処理施設の財産処分もしくは跡地利用協議
- ④ 住民説明