

集約管理システム評価モデル に関する調査

1. 調査の背景と目的

近年、下水道事業に着手しようとする人口規模の小さな市町村が飛躍的に増加しており、これにともなう、今後供用開始をむかえる小規模下水道の数も増加していくものと考えられる。

このような市町村においては、整備した下水道施設を適切に運営していくために、大都市とは異なった地域の特性に対応した効率的で経済的な維持管理体制が求められている。

そこで、本調査では、オキシデーションディッチ法を対象に、小規模下水道における現状の維持管理内容を整理するとともに、広域的な維持管理手法を提案し、これを実施するために必要な維持管理体制について調査を行ってきた。

2. 調査概要

本調査は平成4年度からの継続調査であり、平成4年度は次の調査を行った。

- (1) オキシデーションディッチ法を採用している地方自治体に対し、維持管理の実態及び省力化の需要をアンケート調査。
- (2) 現在採用されている運転管理手法の整理及びオキシデーションディッチ法に適した運転管理手法の設定。

平成5年度は、平成4年度の調査結果を基に次のような調査を行った。

- (1) 処理場モデルの設定
- (2) 維持管理費の算出及び比較
- (3) 集約管理評価モデルの設定
- (4) ケーススタディ

3. 調査結果

3.1 処理場モデルの設定

評価モデルの設定を行うにあたり、処理規模等により個々の処理場の構成が異なることが予想されるため、現状単独処理場及び自動化改良単独処理場について、次の各項目毎に処理場のモデル化を行った。

- (1) 処理規模クラスの設定
- (2) 処理規模クラス毎の施設フロー及び設備仕様
- (3) 各設備運転操作方式
- (4) 処理規模クラス毎の計装装置
- (5) 処理規模クラス毎の水質試験項目
- (6) 処理規模クラス毎の維持管理業務

また、現状単独処理場及び自動化改良単独処理場は、次のように位置づけた。

現状単独処理場：

現在、稼働している小規模処理場

自動化改良単独処理場：

遠方監視制御を行い、無人で管理を行える小規模処理場

ただし、1ヶ月に1回程度は巡回管理を行う。

処理規模クラス毎の施設フローを表3.1に、各設備の運転操作方式を表3.2に示す。

表 3.1 処理規模クラス毎の施設フロー

	処理規模クラス	施設フロー	数
クラス 1	700 m ³ /日 (POD) 300 m ³ /日 ~ 1,200 m ³ /日	水処理; マンホールポンプ→スクリーンユニット→オキシデーションディッチ→終沈→固形塩素 汚泥処理; 濃縮槽(ホッパー型)→貯留槽→脱水機	1
クラス 2	1,500 m ³ /日 (POD) 1,201 m ³ /日 ~ 2,000 m ³ /日	水処理; マンホールポンプ→スクリーンユニット→オキシデーションディッチ→終沈→固形塩素 汚泥処理; 濃縮槽(ホッパー型)→貯留槽→脱水機	2
クラス 3	3,000 m ³ /日 2,001 m ³ /日 ~ 5,000 m ³ /日	水処理; 流入ゲート→砂溜り→自動除塵機→主ポンプ→オキシデーションディッチ→終沈→次亜塩素注入 汚泥処理; 濃縮槽→貯留槽→脱水機	2
クラス 4	7,000 m ³ /日 5,001 m ³ /日 ~ 10,000 m ³ /日	水処理; 流入ゲート→砂溜り→自動除塵機→主ポンプ→オキシデーションディッチ→終沈→次亜塩素注入 汚泥処理; 濃縮槽→貯留槽→脱水機	4
クラス 5	14,000 m ³ /日 10,001 m ³ /日 ~ 18,000 m ³ /日	水処理; 流入ゲート→砂溜り→自動除塵機→主ポンプ→オキシデーションディッチ→終沈→次亜塩素注入 汚泥処理; 濃縮槽→貯留槽→脱水機	6

注) POD: プレハブオキシデーションディッチをいう。
右端の数は、オキシデーションディッチ及び最終沈殿池の池数である。

表 3.2 各設備の運転操作方式

設備名称	現状単独処理場	自動化改良単独処理場
主ポンプ	水位による制御	水位による制御
自動除塵機	間欠運転	流入水位による制御
曝気装置	間欠運転	定期的試験等により定量的経験則を確立し、運転パターンを設定する。PH, DO を連続的に計測し、コンピュータ支援による制御
終沈汚泥掻寄機	連続運転	連続運転
返送汚泥ポンプ	返送量一定	MLSS 濃度及び終沈汚泥界面高さを連続的に計測し、コンピュータ支援による制御
余剰汚泥ポンプ	タイマー間欠定量	MLSS 濃度、引抜汚泥濃度、終沈汚泥界面高さを連続的に計測し、定量的経験則にて適正な SRT を設定し、コンピュータ支援による制御
消毒設備	放流量比例	放流量比例

3.2 維持管理費の算出及び比較

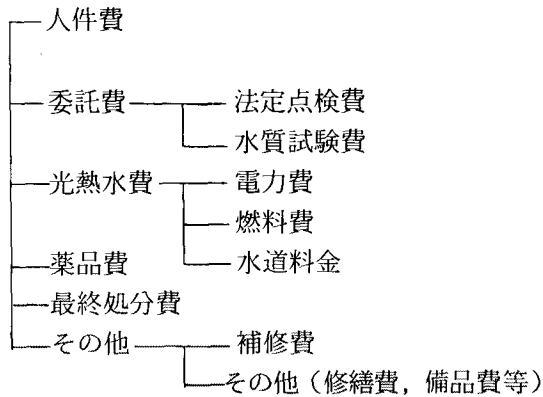
次の各項目について検討を行った。

- (1) 維持管理費用検討対象項目
- (2) 維持管理費用算出モデル式

- (3) 自動化による省力化率
- (4) 現状単独処理場の維持管理時間
- (5) 自動化改良単独処理場の維持管理時間

3. 2. 1 維持管理費用検討対象項目の選定

下水処理施設において維持管理費が必要な項目については、次に示すとおりである。



現状単独処理場及び自動化改良単独処理場の維持管理費の比較をするにあたり、機器及び監視・操作の自動化による効果の有無について検討した結果を表3.3に示す。

表3.3 自動化による効果の有無

項目	機器の自動化による効果	監視・操作の自動化による効果
人件費	○	○
法定点検費	—	—
電力費	△	△
燃料費	—	—
水道料金	—	—
薬品費	—	—
最終処分費	—	—
補修費	△	△
その他	—	—

○：自動化により効果が期待できるもの
 △：自動化により効果と逆効果の両方が予想されるもの
 —：自動化によっても効果が変わらないもの

以上より、維持管理費用の検討対象項目を人件費、電力費、補修費とした。

3. 2. 2 維持管理費用算出モデルの設定

3. 2. 1 で選定した項目に対し、維持管理費用算出モデル式の検討を行った。

維持管理費用算出モデル式は、次のようになる。

$$\Sigma M = M_1 + M_2 + M_3 + M_x \quad \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

- ΣM：維持管理費用（円／年）
- M₁：人件費（円／年）
- M₂：電力費（円／年）
- M₃：補修費（円／年）
- M_x：その他の維持管理費用項目（円／年）

また、人件費の算出モデル式は、次のようになる。

$$M_1 = M_{1A} + M_{1B} + M_{1C} + M_{1D} + M_{1X} \quad \dots\dots\dots \text{式(2)}$$

- M_{1A}：水処理運転操作・監視に係る人件費
- M_{1B}：水処理保守・点検に係る人件費
- M_{1C}：水質試験に係る人件費
- M_{1D}：日報・月報作成に係る人件費
- M_{1X}：その他に係る人件費

水処理運転操作・監視に係る人件費の算出モデル式を1例として次に示す。

$$M_{1A} = \Sigma (Z_{1A} \times \alpha_1 \times T) \quad \dots\dots\dots \text{式(3)}$$

Z_{1A}：水処理運転操作・監視に係る作業時間（時間／年）

α₁：水処理運転操作・監視に係る省力化率（現状単独処理場の場合＝1.0）

T：労働単価（円／時間）

3. 2. 3 省力化率の設定

自動化改良単独処理場の維持管理費を求めるため3. 2. 2 で設定した人件費モデル式に必要な省力化率の検討を行った。

ここでの省力化率は、現状単独処理場の設備機器の自動化及び計装機器の設置による作業の省力割合をいう。

(1) 水処理運転操作・監視に係る省力化率

運転操作については、運転操作方式モデル及び、平成4年度調査結果の作業時間を基に設定を行った。

その結果、運転操作の省力化率は、70%となった。

監視に係る作業時間の増加については、単独処理場の監視作業時間とはほぼ変わらないものと判断した。

(2) 水処理保守・点検に係る省力化率

自動化改良単独処理場は、計装装置を設置するため現状単独処理場よりも保守・点検に費やす作業時間が増大することが予想される。

計装装置の保守・点検に費やす作業時間の算出は「小規模処理場の省力化に関する調査」（平成5年3月、（社）日本下水道施設業協会）より設定した。

この結果、自動化改良単独処理場の水処理保守・点検時間は、32時間となった。

(3) 水質試験に係る省力化率

自動化改良単独処理場で自動計装装置の設置による水質試験項目の省力化率は、水質試験頻度の省略化サンプル数より設定を行った。

この結果、水質試験の省力化率は、クラス1～2は29%、クラス3～4は16%、クラス5は19%となった。

(4) 日報・月報作成に係る省力化率

日報・月報作成に係る自動化改良単独処理場の省力化率の設定は、自動計測装置の設置による日報・月報の記入回数の省略化より設定を行った。

この結果、日報・月報の省力化率は、クラス1～2は57%、クラス3～5は49%となった。

3.2.4 現状単独処理場の維持管理時間の算出

現状単独処理場の維持管理時間の算出は、平成4年度調査を基に、処理水量と維持管理作業時間との近似式を求め設定した。

求められた近似式は以下ようになった。

$$Y = 24.3X^{0.65}$$

X: 処理水量, Y: 作業時間, R: 相関係数 (0.7)

ただし、脱臭設備に係る作業時間、清掃に係る作業時間、その他に係る作業時間については含まれていない。

これらの作業時間については、全体に占める割合(26%)を上乗せし設定した。

3.2.5 自動化改良単独処理場の維持管理作業時間の算出

自動化改良単独処理場の維持管理作業時間は、3.2.2で設定を行ったモデル式に、3.2.3で検討した省力化率及び3.2.4で設定した現状単独処理場の維持管理作業時間を用い、算出を行った。

各クラスの現状単独処理場及び自動化改良単独処理場の維持管理作業時間の内訳を表3.4に示す。

3.3 集約管理モデルの設定

3.3.1 集約化による省力化効果

汚泥処理、運転監視操作、水質試験等の一部または全部を共同化することによる省力化効果について検討を行った。

検討結果を表3.5に示す。

3.3.2 集約化処理場の維持管理方針

それぞれのモデルの維持管理方針を表3.6のように位置づけた。

3.4 ケーススタディ

大分県国東地方の船団方式を対象に、現状単独処理場、自動化改良単独処理場、広域的維持管理処理場、自動化改良広域的維持管理処理場の4つのモデルにおける維持管理時間を、設定した維持管理方針に基づいて算出を行った。

検討結果を表3.7に示す。

4. 定性的項目の評価

維持管理費用に直接的には、結びつかない項目について評価を行った。

検討項目及び検討結果を以下に示す。

(1) 人件費削減以外の労力に対する効果

自動化することにより3Kイメージが低下し、雇用時の応募率の向上する。

また、運転操作技術者の技術レベルはある程度低くても可能である。

集約化することにより法定有資格者を個々の処理場に確保する必要がない。

(2) 維持管理技術の集積効果

自動化・集約化することにより処理状態が記録蓄積され、運転ノウハウの蓄積が可能である。

また、複数の処理場を管理することから人的経験が蓄積される。

(3) 巡回時目視等の人的判断回数の低下

自動化により人的判断の部分が少なくなり判断ミスが低下する。

表3.4 各クラスの現状単独処理場及び自動化改良単独処理場の維持管理作業時間の内訳

単位: h/年

項目	クラス1 (700 m ³ /日)			クラス2 (1,500 m ³ /日)			クラス3 (3,000 m ³ /日)			クラス4 (7,000 m ³ /日)			クラス5 (14,000 m ³ /日)			
	現状	省力化率	自動	現状	省力化率	自動	現状	省力化率	自動	現状	省力化率	自動	現状	省力化率	自動	
作業時間合計	2,320	79	1,827	3,810	78	2,980	5,980	75	4,473	10,370	75	7,733	16,270	75	12,207	
水処理	441	70	309	723	70	506	1,136	70	795	1,969	70	1,378	3,091	70	2,164	
運転管理	255	113	287	419	108	451	658	105	690	1,141	103	1,173	1,789	102	1,821	
汚泥処理	302	100	302	495	100	495	777	100	777	1,348	100	1,348	2,115	100	2,115	
運転管理	93	100	93	152	100	152	239	100	239	415	100	415	651	100	651	
脱臭設備	23	100	23	38	100	38	60	100	60	104	100	104	163	100	163	
設備	23	100	23	38	100	38	60	100	60	104	100	104	163	100	163	
清掃等	屋内	162	100	162	267	100	267	419	100	419	726	100	726	1,139	100	1,139
	屋外	139	100	139	229	100	229	359	100	359	622	100	622	976	100	976
	植栽	139	100	139	229	100	229	359	100	359	622	100	622	976	100	976
水質試験	302	29	88	495	29	144	777	16	124	1,348	16	216	2,115	19	402	
週間試験	139	29	40	229	29	66	359	16	57	622	16	100	976	19	185	
日報月報作成	日報	116	57	66	191	57	109	299	49	147	519	49	254	814	49	399
	月報	70	57	40	114	57	65	179	49	88	311	49	152	488	49	239
その他	116	100	116	191	100	191	299	100	299	519	100	519	814	100	814	

表3.5 集約化による省力化効果

業務内容		現状広域的維持管理処理場	自動化改良広域的維持管理処理場
水処理 運転管理	運転監視	<p>運転管理については、現状技術では集約化を凶っても効果は期待できないが、監視については集約化により個々に配置された管理要員の削減が期待できる。</p> <p style="text-align: center;">○小</p>	<p>運転管理については、自動化により巡回管理（1回/月）、さらに管理要員の効果的な時間配分が可能となることから、集約化による要員の削減が期待できる。監視については、個々に配置された要員が集約される事から省力効果が期待できる。</p> <p style="text-align: center;">○大</p>
	保守点検	<p>単独処理場と変わらない。</p> <p style="text-align: center;">—</p>	<p>監視操作システム、計測装置が増える事から管理点数は増加するものの、機器の改良により1ヶ月間隔の管理が可能となることから、省力効果が期待できる。</p> <p style="text-align: center;">○大</p>
汚泥処理 運転管理		<p>移動式脱水車の巡回処理により、個々の処理場に定置式脱水機を置く必要がなく作業の省力化、動力費の低減が可能となる。</p> <p style="text-align: center;">○大</p>	<p>同左</p> <p style="text-align: center;">○大</p>
脱臭設備		<p>移動脱水車の使用によって個々の処理場の脱水機室の脱臭設備が不必要となる分、削減効果が期待できる。</p> <p style="text-align: center;">○小</p>	<p>同左</p> <p style="text-align: center;">○小</p>
清掃等		<p>集約化の効果は期待できない。</p> <p style="text-align: center;">—</p>	<p>同左</p> <p style="text-align: center;">—</p>
水質試験		<p>水質試験員の効率的な活用が期待できる。</p> <p style="text-align: center;">○小</p>	<p>計測装置の設置により、水質試験項目数が減少することから、業務量の削減が期待できる。また、水質試験要員の効率的な活用が期待できる。</p> <p style="text-align: center;">○小</p>
日報・月報 の作成		<p>要員の効率的な活用が期待できる。</p> <p style="text-align: center;">○小</p>	<p>計測装置と自動記録装置により日・月報の作成が行われる事から、業務量の削減が期待できる。</p> <p style="text-align: center;">○大</p>

表3.6 集約化処理場の維持管理方針

項目	処理水量ランク	現状単独処理場	自動化改良単独処理場	現状広域的維持管理処理場	自動化改良広域的維持管理処理場
維持管理体制	300～1,200 m ³ /日	子：巡回3回/週 休日・夜間（無人） 通報先：休日・夜間（1人）	子：巡回2回/週 休日・夜間（無人） 通報先：休日・夜間（1人）	子：巡回2回/週 休日・夜間無人	子：保守点検：巡回1回/月 水質サンプル：巡回1回/週 汚泥処理処分：必要回数 休日・夜間無人 親：保守点検：1人 運転監視：1人 脱水車運転操作：2人/台 水質試験：1人 管理：2人 休日・夜間：1人
	1,201～2,000 m ³ /日	子：常駐（3人） ：休日・夜間（無人） 通報先：休日・夜間（1人）	子：常駐（2人） ：休日・夜間（無人） 通報先：休日・夜間（1人）	子：常駐（2人） 休日・夜間無人 親：常駐	
	2,001～5,000 m ³ /日	子：常駐（3人） ：休日・夜間（無人） 通報先：休日・夜間（1人）	子：常駐（2人） ：休日・夜間（無人） 通報先：休日・夜間（1人）	子：常駐（2人） 休日・夜間無人 親：常駐	
	5,001～10,000 m ³ /日	常駐（6人） 休日・夜間（1人）	常駐（4人） 休日・夜間（1人）	子：常駐（4人） 休日・夜間無人 親：常駐	
	10,001～18,000 m ³ /日	常駐（8人） 休日・夜間（1人）	常駐（6人） 休日・夜間（1人）	子：常駐（6人） 休日・夜間無人 親：常駐	
遠方監視制御	300～1,200 m ³ /日 1,201～2,000 m ³ /日 2,001～5,000 m ³ /日 5,001～10,000 m ³ /日 10,001～18,000 m ³ /日	非常通報 通報先：役場	非常通報 通報先：役場	監視システム 中核処理場及び役場	監視制御システム 中核処理場

表3.7 4つのモデルにおける維持管理作業時間

市町村名	水量規模 日最大 m ³ /日	現状単独処理場	自動化改良単独処理場	現状広域維持管理処理場	自動改良広域維持管理処理場	②/①	③/①	④/①
		①	②	③	④			
武蔵町	2,300	4,583	4,172	3,999	3,026	91%	87%	66%
国東町	2,480	4,944	4,500	4,313	3,264	91%	87%	66%
安岐町	3,160	6,298	5,733	5,494	4,158	91%	87%	66%
姫島町	1,420	3,609	3,097	2,827	1,907	86%	78%	53%
国見町	1,040	2,640	2,267	2,069	1,396	86%	78%	53%
杵築町	3,720	7,414	6,750	6,468	4,897	91%	87%	66%
合計	14,120	29,488	26,518	25,170	18,648	90%	85%	63%

(4) 維持管理の安定性

緊急時・異常時の対応が自動化によりリアルタイムとなる。

但し、維持管理要員詰所と管理箇所が離れているため対応が遅れる可能性がある。

5. 汚泥処理の自動化による省力化効果の試算

汚泥処理作業の維持管理における時間割合は、平成4年度調査結果を分析推定すると、17%であり、このうち運転・監視に13%、保守・点検に4%となっていた。

これらの数値を用いて、機器の自動化がなされ、運転・監視作業が80%程度の省力化が達成されるものと仮定すれば約10%の省力化効果が期待できる。

また、機器の改良がなされて、1回/月程度の保守点検頻度が達成されると仮定すれば、60%程度の保守点検作業割合となり、約2%程度の省力化効果が期待できる。

以上を合わせると全体の維持管理作業時間に対して、12%の省力化効果が期待できる。

6. 今後の課題

今回はオキシレーションディッチ法を対象に調査を行ったが、下水道施設では各種の処理法が採用さ

れており、これらの施設を集約化する場合、管理の複雑性が増すと共に管理者の能力負担がより増えてくる。

これに対応する為には、コンピュータを活用した運転操作・監視の自動化を図り、更に設備機器の自動化・改良をより高度化することが必要となる。

但し、コンピュータ故障時の対応については検討を要する。

また、汚泥処理の問題点と課題として、長期間のメンテナンスフリーを達成する自動制御が可能であるのか、信頼性の高い計測装置、設備は安価かなど、さらなる実施設での実証実験と研究開発の積み上げが必要と思われる。

<参考文献>

- 「小規模下水処理場標準化に関する調査報告書」
(平成元年3月, 建設省・日本下水道事業団)
- 「小規模処理場設計指針(案)」
(平成3年3月, 日本下水道事業団)
- 「小規模処理場の省力化に関する調査」
(平成5年3月, 日本下水道施設業協会)
- 「終末処理場供用開始の手引き」
(平成元年9月, 日本下水道事業団)
- 「基本設計指針」
(平成2年4月, 日本下水道事業団)
- 「オキシレーションディッチ法設計指針(案)」
(昭和62年12月, 日本下水道事業団)

● この研究に関する問い合わせは

技術部長	村上 忠弘
研究第二部主任研究員	阿久津 忠
研究第一部主任研究員	鈴木 茂
研究第二部研究員	浦川 与作
前任者	細洞 克己