

第4章 計画・設計

第1節 施設計画

§ 27 施設計画の手順

本技術の施設計画の策定手順を示す。

【解説】

施設計画の策定手順フローを図 4-1 に示す。「第3章 導入検討」において、導入効果が見込まれると判定されたものについて、図 4-1 の手順で施設計画を策定する。

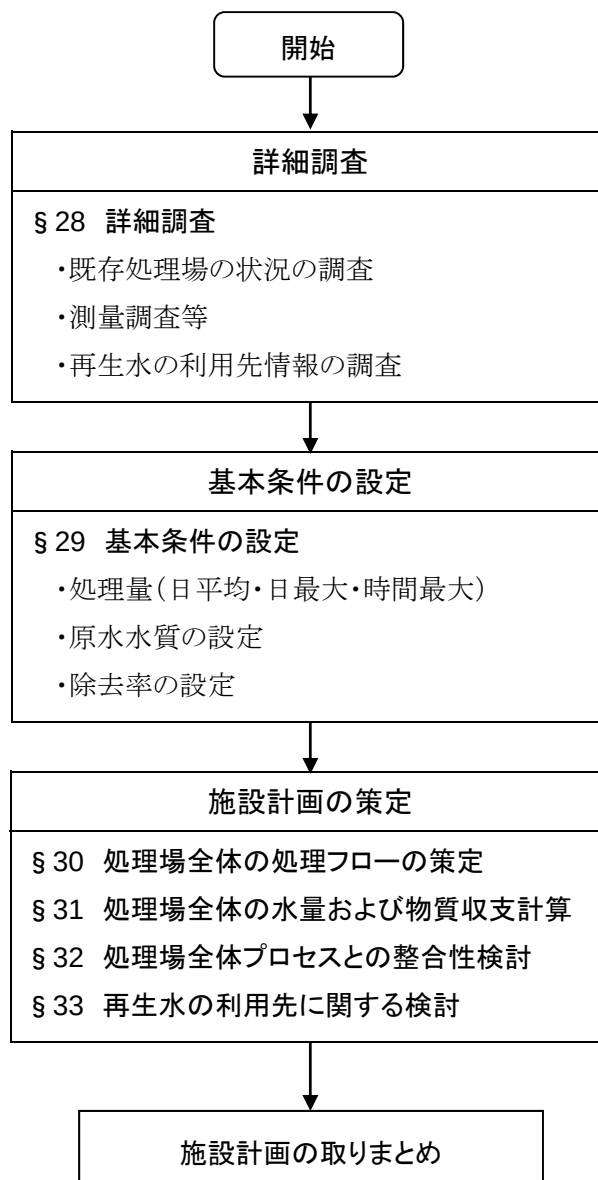


図 4-1 施設計画の策定手順フロー

§ 28 詳細調査

詳細調査では、再生水処理施設の具体的な計画・設計を行うにあたって、「§ 16 基礎調査」から追加に必要な資料等について調査・収集および整理を行う。

【解説】

詳細調査の段階では、再生水処理施設の具体的な計画・設計を行うために、「§ 16 基礎調査」で行ったものに加え、以下の資料等についても収集・整理を行って、以降の施設計画へ反映する。

(1) 既存処理場の状況の調査

1) 受変電施設の状況

再生水施設の受変電が既存施設を流用できるか判断を行うため、既存処理場の受変電施設の電源容量や余裕の状況・電力会社との契約状況などを把握する。

2) 上水道の状況

再生水施設において、手洗い場等を設置する場合には、上水道の引き回しが必要となるため、既存処理場の上水道の状況を把握する。

3) 下水排水管の状況

再生水施設の逆洗排水等の排出先の検討を行うため、既存処理場の排水系統および排水管の埋設位置等について把握する。

4) その他地下埋設物

再生水の原水導水管や逆洗排水管の布設において、地下埋設物を考慮する必要があることから、既存処理場内および周辺の地下埋設物について把握する。

5) 原水取水位置

既存の処理場からの原水取水地点付近について、躯体構造・止水方法(ゲート・弁・角落しの位置等)などを把握する。

(2) 測量調査等

1) 測量調査

再生水施設および原水導水管等の配管の予定位置について測量調査を行う。なお、既存の下水処理場内において、過去に測量調査が行われている場合は、これを流用することもできる。

2) 地質調査

再生水施設の予定位置について地質調査を行う。なお、既存の下水処理場内において、過去に地質調査が行われている場合は、これを流用することもできる。

(3) 再生水の利用先情報の調査

1) 再生水の送水計画

再生水の送水管の布設位置・送水ポンプの設置位置・規模や、車両運搬の場合の進入経路・車両規模など、再生水の送水計画について把握する。

2) 再生水の利用者とのコミュニケーション

再生水の利用者が、必要とする処理場情報の項目・頻度や、希望する情報伝達方法等のコミュニケーション方法について把握する。なお、農業利用の場合のコミュニケーション手法については「資料編9 農業利用リスクコミュニケーション」に詳述する。

§ 29 基本条件の設定

本システムの基本条件は以下のとおりとする。

(1) 日最大再生水量

日最大再生水量は、年間の日最大需要量に相当する水量とする。

(2) 設計運転時間

設計運転時間は、24 時間連続運転を原則とする。

(3) 時間最大再生水量

時間最大再生水量は、日最大再生水量を 24 時間で割り戻した値とすることを原則とする。

(4) 原水水質

原水水質は、最終沈殿池出口の設計水質の 95% 値を参考として設定する。

(5) 除去率

本システムの除去率は以下を標準とする。

項目	除去率
BOD	90%以上
SS	98～99.5%
T-N	0～10%
T-P	50～80%
ウイルス	99.9994%以上 (5.2 log 除去 以上)

【解説】

(1) 日最大再生水量

再生水施設の日最大再生水量は、過去の水使用量の実績等から、再生水の日別の需要量予測を行い、年間の日最大発生日の需要量に相当する水量とする。

(2) 設計運転時間

本システムは自動運転が可能であることから、日最大の需要量(再生水量)に対して、24 時間運転により対応できる施設とすることを原則とする。

(3) 時間最大再生水量

本システムは日最大の需要量に対して 24 時間運転により対応することから、時間最大処理水量は、日最大再生水量を 24 時間で割り戻した値とすることを原則とする。

(4) 原水水質

原水の水質は、下水道全体計画および事業計画における最終沈殿池出口の設計水質が設定されている場合は、これらの計画と整合を図ることを原則とする。なお、過去の実績が、これらの計画

と乖離がある場合には、実績の最大値もしくは 95%値を参考として原水水質を設定することもできる。

(5) 除去率

本システムの除去率(ウイルスはlog除去でも表示)は、以下の範囲を標準とする。データの詳細は資料編1を参照のこと。

表 4-1 除去率の標準値

項目	システム全体	UF 膜ろ過	
		UF 膜ろ過	UV 消毒
BOD	90%以上	同左	—
SS	98～99.5%	同左	—
T-N	0～10%	同左	—
T-P	50～80%	同左	—
ウイルス	99.9994%以上 (5.2 log 除去 以上)	90%以上 (1 log 除去 以上)	99.9937%以上 (4.2 log 除去 以上)

※実証研究において、BOD および SS は、UF 膜ろ過水の時点で検出下限値以下であった。

§ 30 処理場全体の処理フローの策定

本システムから発生する逆洗排水の返送先を考慮して、既存処理場に本システムを組み込んだ場合の処理フローを策定する。

【解説】

本システムから発生する逆洗排水の返送先を、ポンプ施設前の流入渠として、既設処理場に本システムに組み込んだ場合の標準的な処理場全体の処理フローを図 4-2 に示す。

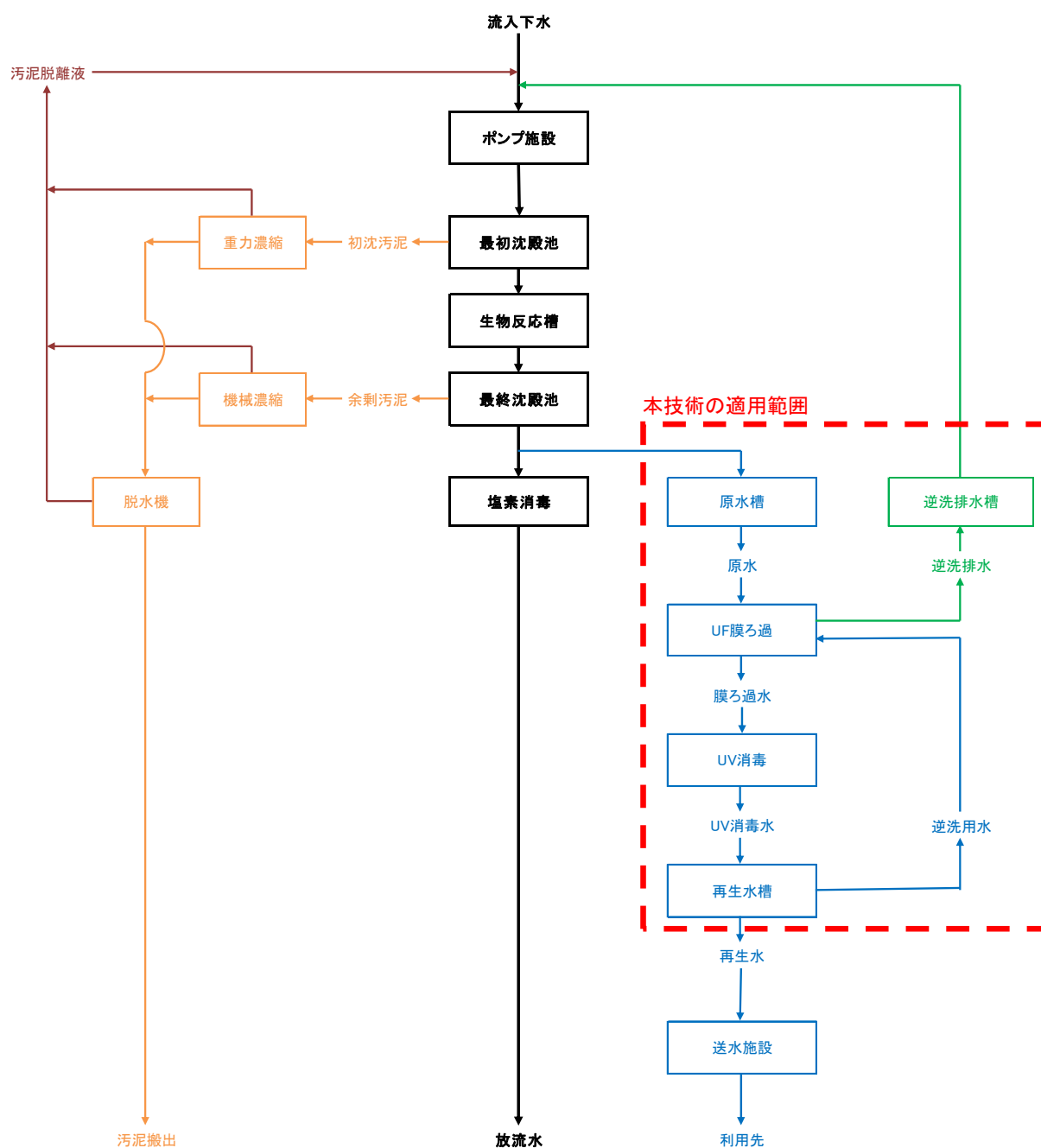


図 4-2 処理場全体の処理フロー

§ 31 処理場全体の水量および物質収支計算

処理場全体の処理フローに基づき、水量および物質収支計算を行う。

【解説】

本システムを適用した場合の処理場への影響等を検討するため、処理場全体の処理フローに基づき、水量と固形物の物質収支計算を行う。

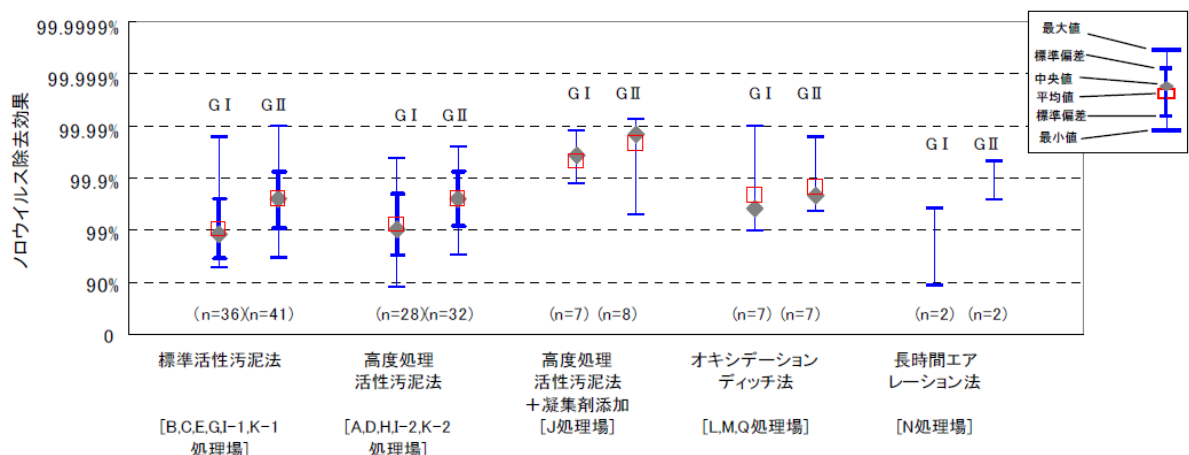
試算例を図 4-4(1) および図 4-4(2) に示すが、本試算においては、既設処理場の処理能力が $10,000\text{m}^3/\text{日}$ であることを前提として、以下の2つのシナリオを条件とした。

シナリオ1: 既設処理場流入水量の全量 ($10,000\text{m}^3/\text{日}$) 処理

シナリオ2: 既設処理場流入水量の一部 ($1,000\text{m}^3/\text{日}$) 処理

本試算例においては、本技術に関連する部分のみを抜粋して示しているが、実際の物質収支計算の検討においては、汚泥処理系(汚泥返流水含む)も含めた収支計算を行う。

なお、ウイルスの既設水処理施設における除去率(消毒処理を除く)は図 4-3 を参考として、除去率 99% (2 log 除去) として設定する。これは、ウイルスの多くは活性汚泥に取りまれて最終沈殿池から余剰汚泥として系外に取り出されることによるものと考えられる。



※データ数 $n \leq 3$ のとき、データの直接プロット。

データ数 n が $10 > n \geq 4$ のとき、平均、最大、最小、及び中央値を表示。

データ数 $n \geq 10$ のとき、平均、最大、最小、中央値、及び標準偏差の範囲を表示。

出典: 下水道におけるウイルス対策に関する調査委員会報告書(平成 22 年 3 月)
(下水道におけるウイルス対策に関する調査委員会)

19)

図 4-3 生物処理方式ごとのノロウイルスの除去性能

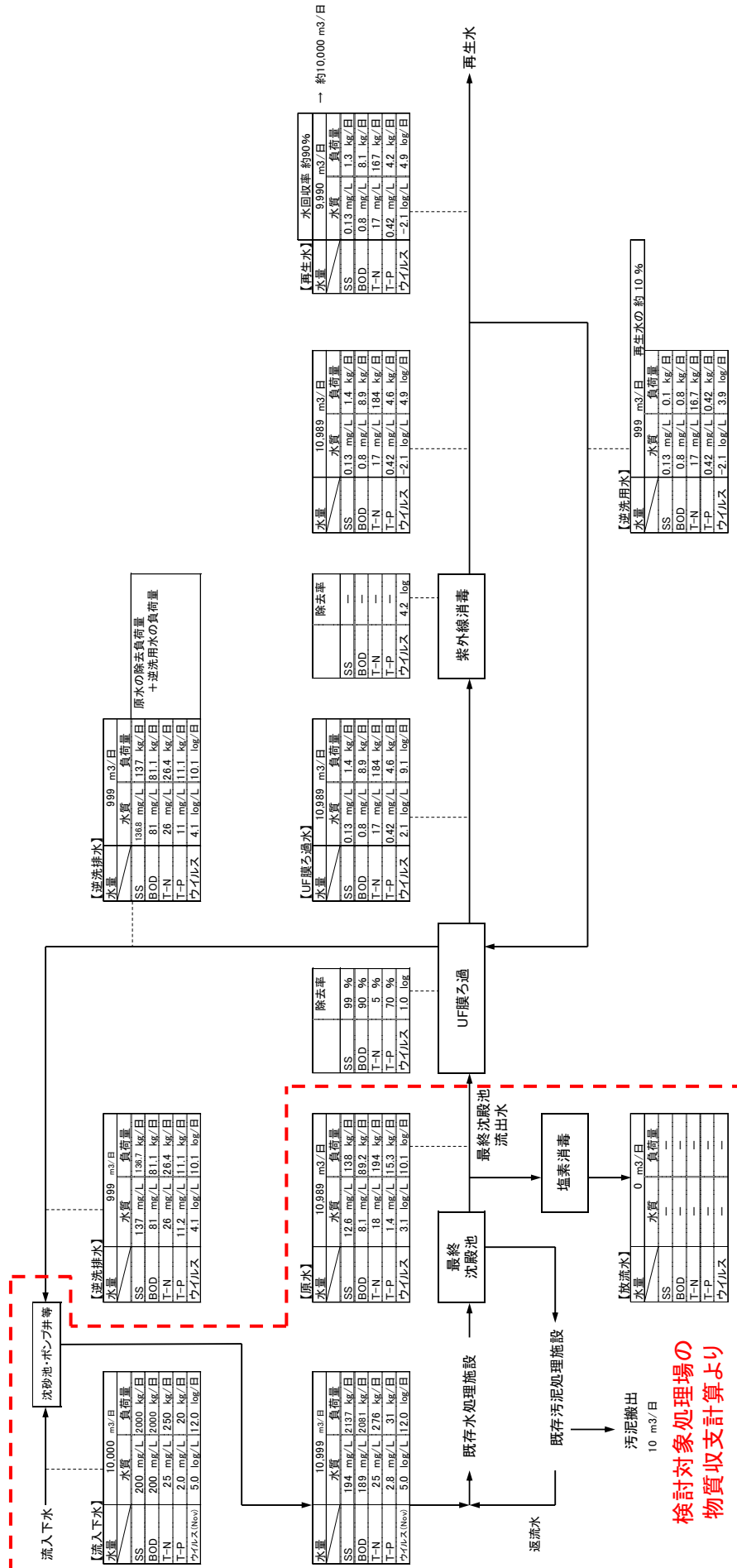


図 4-4(1) 既設処理場(処理能力 10,000m³/日)の全量処理における水量および物質収支計算(シナリオ1)

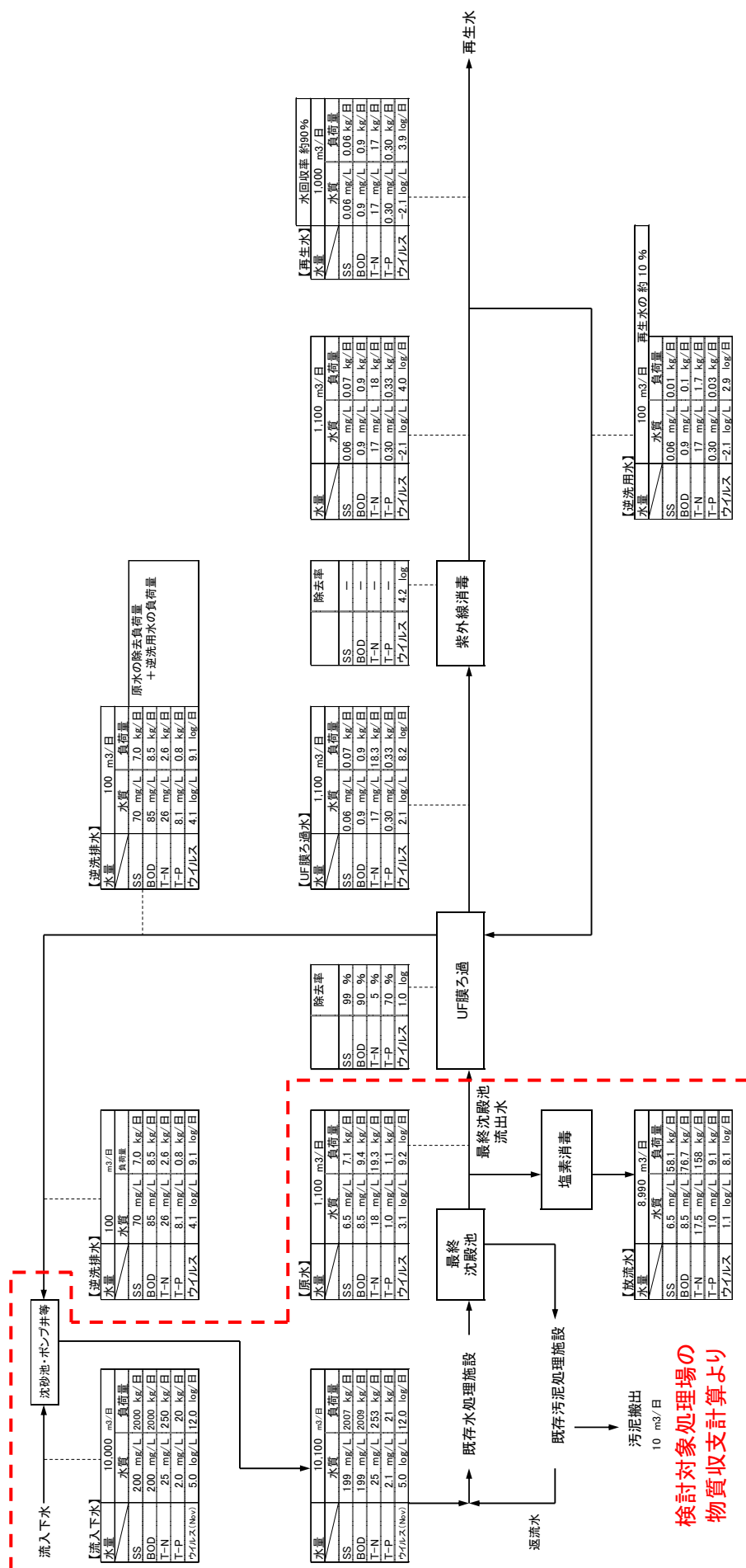


図4-4(2) 既設処理場(処理能力 10,000m³/日)の一部処理(再生水量 1,000m³/日)における水量および物質収支計算(シナリオ2)

§ 32 処理場全体プロセスとの整合性検討

物質収支の計算結果から、水量および T-P 水質について、水処理施設への逆洗排水による影響の検討を行う。

【解説】

§ 31 に示した物質収支の計算例から、水処理施設への逆洗排水中の負荷の影響により、既存処理場施設の流入水質が増加する項目は T-P のみであり、T-P については、水処理施設への逆洗排水による影響の検討を行う。また、逆洗排水により処理水量・発生汚泥量が増加となるため、既設水処理・汚泥処理施設の能力が満足できるか検討を行う必要がある。

(1) 水処理・汚泥処理能力の確認

「§ 31 処理場全体の水量および物質収支計算」から、逆洗排水により増加した既設処理場の流入水量の把握を行い、既設処理場の処理能力との比較を行う。

なお、能力比較の一例を表 4-2～表 4-3 に示すが、能力不足となる場合には、処理場の増設計画の見直しや、容量計算の見直しにより処理設備を見直すなどの対策により、処理能力不足を解消できるか検討することが必要である。

表 4-2 逆洗排水による影響：水量（シナリオ1）

項目	シナリオ1 10,000m ³ /日を全量処理		判定	既設処理場 処理能力
水量	計画流入水量	10,000m ³ /日	<	12,000m ³ /日
	逆洗排水量	999m ³ /日		
	合計	10,999m ³ /日		

表 4-3 逆洗排水による影響：水量（シナリオ2）

項目	シナリオ2 10,000m ³ /日のうち 1,000m ³ /日を処理		判定	既設処理場 処理能力
水量	計画流入水量	10,000m ³ /日	<	12,000m ³ /日
	逆洗排水量	100m ³ /日		
	合計	10,100m ³ /日		

(2) T-P 水質の確認

T-P の計画放流水質が定められている場合は、既存処理場施設における T-P の処理能力において計画放流水質を満足できるか確認を行う。

なお、比較の一例を表 4-4～表 4-5 に示すが、T-P 処理能力が不足となる場合には、凝集剤の添加量の増加などの対策により、処理能力不足を解消できるか検討を行うことが必要である。

表 4-4 逆洗排水による影響:T-P(シナリオ1)

項目	シナリオ1 10,000m ³ /日を全量処理			判定	既設処理場 処理能力
T-P	流入水質 (物質収支 計算より)	計画流入水質	2.0 mg/ℓ	<	85%以上
		逆洗排水水質	11.2 mg/ℓ		
		合計	2.8 mg/ℓ		
	計画目標放流水質		0.5 mg/ℓ		
	必要除去率		82.1%		

表 4-5 逆洗排水による影響:T-P(シナリオ2)

項目	シナリオ2 10,000m ³ /日のうち 1,000m ³ /日を処理			判定	既設処理場 処理能力
T-P	流入水質 (物質収支 計算より)	計画流入水質	2.0 mg/ℓ	<	85%以上
		逆洗排水水質	8.1 mg/ℓ		
		合計	2.1 mg/ℓ		
	計画目標放流水質		0.5 mg/ℓ		
	必要除去率		76.0%		

§ 33 再生水の利用先に関する検討

再生水の利用先においては、十分に協議・コミュニケーションを図るものとする。

【解説】

再生水の利用先においては、安定した供給の実施による再生水利用の促進、事業開始後のトラブルの回避等を念頭に、以下の事項について十分に協議・コミュニケーションを図るものとする。農業灌漑利用に関するコミュニケーションに関しては資料編9に一例を記載している。また、他の利用用途について検討する場合においても、これを参考として、以下の項目について十分に協議・コミュニケーションを図ることが重要である。

- (1) 需要水量(年間変動・日間変動)等
- (2) 送水施設の規模・位置等
- (3) 貯水施設の規模・位置等
- (4) 必要とする水質
- (5) 再生水施設の運転状況・水質の公開項目および方法

第2節 本システムの処理フロー

§ 34 本システムの処理フロー

本システムの基本処理フローを示す。

【解説】

本システムの基本処理フローは、図 4-5 のとおりである。

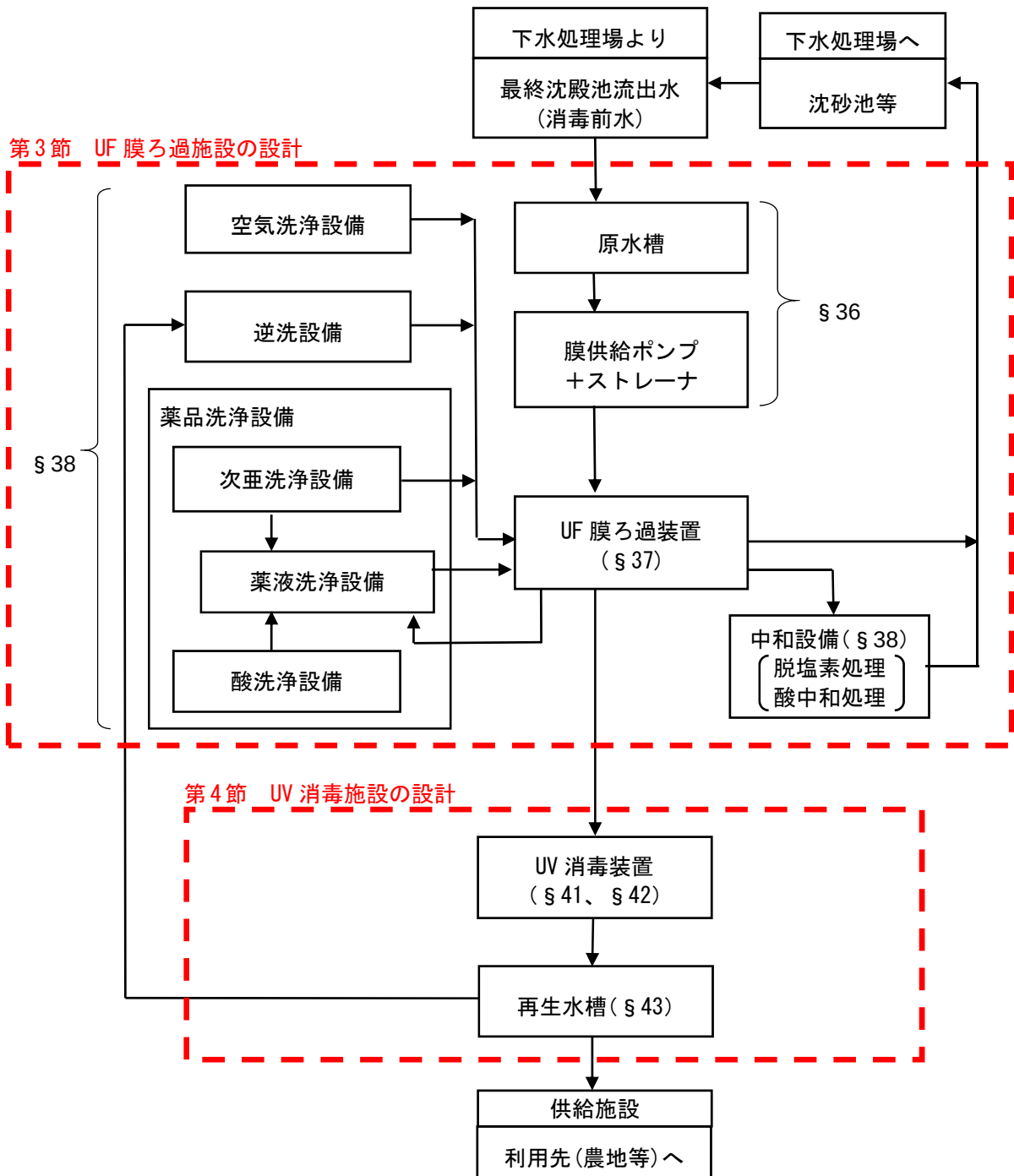


図 4-5 本システムの基本処理フロー

第3節 UF 膜ろ過施設の設計

§ 35 UF 膜ろ過施設の設計基本諸元

UF 膜ろ過の設計は、日最大の再生水量および UF 膜ろ過施設の運転サイクルを基本的な諸元とする。

【解説】

UF 膜ろ過においては、需要水量(再生水量)に加えて、逆洗用水量も含めてろ過を行って貯留しておく必要がある。そのため、UF 膜ろ過施設の設計にあたっては、逆洗用水量も算定する必要があるが、この逆洗用水量は、UF 膜ろ過施設の運転時間および運転サイクルにより決定される。

このことから、UF 膜ろ過施設の設計に必要な基本諸元は表 4-6 のとおりとなる。

なお、需要水量(再生水量)は「§ 33 再生水の利用先に関する検討」を参考に、運転サイクルの設定は「§ 48 UF 膜の洗浄」を参考として設定を行うものとする。

表 4-6 UF 膜ろ過施設における設計基本諸元の設定の考え方

設計基本諸元	諸元設定の考え方
日最大再生水量	再生水の需要量より設定する(「§ 33 再生水の利用先に関する検討」参照)
設計運転時間	原則として 24 時間連続運転とする(「§ 29 基本条件の設定」参照)
運転サイクル	「§ 48 UF 膜の洗浄」を参考として設定する

§ 36 UF 膜ろ過装置への原水供給施設の設計

UF 膜ろ過装置への原水供給施設の設計は以下のとおりとする。

(1) 膜供給圧力

UF 膜モジュールへの膜供給圧力の設計最大値は、200kPa を標準とする。

(2) 原水槽

原水槽は、UF 膜供給ポンプのポンプ井を兼ねるものとし、有効容量は、UF 膜供給ポンプの設計供給量の 30 分間流量に相当する容量を確保することを標準とする。

(3) UF 膜供給ポンプ

ポンプ台数は、1 系列ごとに 1 台以上設置することを標準とする。

(4) 自動ストレーナ

自動ストレーナは、原水中に含まれる夾雑物(木の葉等)が UF 膜ろ過装置へ侵入し、膜の目詰まり等の問題が発生することを防止するために設けるものとする。

【解説】

UF 膜ろ過装置への原水供給施設は、「§ 37 UF 膜ろ過装置の設計」～「§ 39 水収支の算定」の検討を行い原水供給水量を算定した後、これを諸元値として設計を行うものとする。

(1) 膜供給圧力

UF 膜の耐圧仕様は 300kPa(「§ 37 UF 膜ろ過装置の設計」参照)としていることから、UF 膜ろ過運転において、UF 膜の耐圧能力に達して膜破断が発生することがないように、余裕を考慮して膜供給圧力の設計最大値は 200kPa を標準とする。

なお、UF 膜供給ポンプの吐出量において、吐出倍率が 1.5 以上となる場合には、これを考慮して、さらに余裕をみて膜供給圧力の設計最大値を下げることを検討する。

(2) 原水槽

原水槽は、UF 膜供給ポンプのポンプ井を兼ねるものとする。

そのため、UF 膜供給ポンプの急激な稼働により、原水槽の水位が低下してキャビテーションを発生しないように、安全を考慮して、UF 膜供給ポンプの供給量の 30 分間流量に相当する容量を確保することを標準とする。

原水槽数は、系列ごとに運転を停止できるように、系列ごとに 1 槽以上を設置するものとする。

なお、1 槽を仕切り壁や各落しによって、区切って用いることもできるものとする。

(3) UF 膜供給ポンプ

UF 膜供給ポンプによる膜供給水量は、以下の式により算定する。膜の実総面積、実膜ろ過 Flux およびろ過運転時間の算定方法は「§ 37 UF 膜ろ過装置の設計」による。

$$[\text{膜供給水量}(\text{m}^3/\text{分})] = \frac{[\text{膜の実総面積}(\text{m}^2)] \times [\text{実膜ろ過Flux}(\text{m}/\text{日})]}{[\text{ろ過運転時間}(\text{時間}/\text{日})] \times 60} \dots\dots\dots (\text{式 4.1})$$

吐出量は、系列単位で故障発生に対応できるものとし、以下の式で算定される吐出倍率を膜供給水量に乗じたものとする。なお、系列数が 1 の場合や、吐出倍率が 1.5 を超える場合には予備ポンプの設置を検討し、予備ポンプを設置する場合は吐出倍率を 1.1 とする。

$$[\text{吐出倍率}] = \frac{[\text{系列数}]}{[\text{系列数}] - 1} \dots\dots\dots (\text{式 4.2})$$

したがって、吐出量は、以下の式により算定する。

$$[\text{設計吐出量}(\text{m}^3/\text{分})] = [\text{膜供給水量}(\text{m}^3/\text{分})] \times [\text{吐出倍率}] / [\text{系列数}] \dots\dots\dots (\text{式 4.3})$$

UF 膜供給ポンプの全揚程は、実揚程に配管等損失および膜供給圧力を加えたものとする。

したがって、原水槽の L.W.L から UF 膜モジュール入口までの水頭に、配管等の損失、および膜供給圧力 200kPa (20m)を加えたものが全揚程となる(図 4-6 参照)。

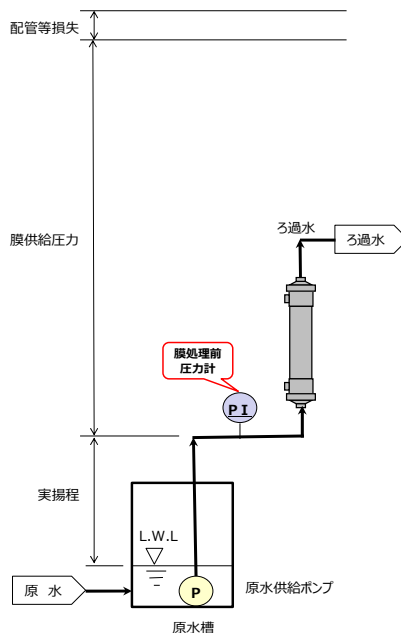


図 4-6 UF 膜供給ポンプの全揚程

UF 膜供給ポンプの台数は、系列ごとに運転を停止できるように、系列ごとにポンプ 1 台以上を設置するものとする。

(4) 自動ストレーナ

自動ストレーナは、UF 膜ろ過装置が早期に閉塞することを防止する目的から、原則として UF 膜ろ過装置の前段に設置するものとする。自動ストレーナは最大処理能力は、UF 膜供給ポンプの設計吐出量を処理できるものとする。

また、タイマーや差圧により、自動で定期的な洗浄を行う自動洗浄機能付きストレーナを標準とする。

§ 37 UF 膜ろ過装置の設計

UF 膜ろ過装置の設計基準は以下のとおりとする。

(1) 設計運転時間

UF 膜ろ過装置の設計運転時間は、§ 29 基本条件の設定で示したとおり、日最大再生水量の発生日において 24 時間運転(1440 分/日)を標準とする。

(2) UF 膜の仕様

UF 膜の仕様は以下の条件を標準とする。

項目	仕様	備考
UF 膜材質	PVDF	ポリフッ化ビニリデン
分画分子量	150,000	UF 膜 (孔径分布の 90%以上が 0.01 μ m以下であること)
公称孔径	0.01 μ m以下	
耐圧性能	300kPa	

(3) 設計膜ろ過 Flux

設計膜ろ過 Flux は、1.0m/日以下を標準とする。

(4) 1 日あたりの運転サイクル数

1 日あたりの運転サイクル数は「§ 48 UF 膜の洗浄」を参考として設定する。

(5) ろ過運転時間および逆洗洗浄時間

ろ過運転時間および逆洗洗浄時間は、ろ過および逆洗等の工程や、1 日あたりの運転サイクル数などの条件から算定する。

(6) ろ過水量および必要膜面積

ろ過水量および必要膜面積は、設計 Flux やろ過運転時間などの条件から算定する。

(7) UF 膜モジュール本数およびユニット数

総膜モジュール本数は、必要膜面積を膜モジュール 1 本の膜面積で除して算定する。

1 ユニットの膜モジュール本数、および 1 系列の膜ユニット数は、以下を参考に設定する。

- ・ 1 膜ユニット:膜モジュール 5～16 本
- ・ 1 系列:2 ユニット以上

(8) 実膜ろ過 Flux の確認

設定した UF 膜モジュールの膜面積およびモジュール本数やユニット・系列数から、実膜ろ過 Flux を算定し、設計膜ろ過 Flux を下回っていることを確認する。

(9) UF 膜モジュールへの初期給水

逆洗終了時においては、UF 膜モジュール中の水をすべて排水して空の状態となる。運転再開時においては、UF 膜モジュールを一旦満水とするために、原水の初期給水(水張り)を行うものとし、必要な給水量を確認する。

【解説】

(1) 設計運転時間

本システムの運転時間は、「§ 29 基本条件の設定」に示したように、日最大再生水量を 24 時間で処理することを原則としていることから、UF 膜ろ過装置についても、設計膜ろ過水量(日最大)を 24 時間運転で対応するものとし、設計運転時間は 24 時間運転(24 時間/日)とする。

(2) UF 膜の仕様

UF 膜の仕様は、ウイルスを一定量除去できることを考慮し、ウイルスサイズ(ウイルスで現在最も小さいとされるピコルナウイルスやバルボウイルスの大きさは約 $0.02 \mu\text{m}$ である)より孔径の小さな UF 膜(限外ろ過膜(Ultra Filtration Membrane): 孔径は概ね $0.01 \sim 0.001 \mu\text{m}$)を採用することを条件とし、以下を標準とする。

なお、膜モジュール 1 本あたりの膜面積は、特に制限はなく規格品の仕様によるものとする。

表 4-7 UF 膜の仕様

項目	仕様	備考
UF 膜材質	PVDF	ポリフッ化ビニリデン
分画分子量	150,000	UF 膜 (孔径分布の 90%以上が $0.01 \mu\text{m}$ 以下であること)
公称孔径	$0.01 \mu\text{m}$ 以下	
耐圧性能	300kPa	

(3) 設計膜ろ過 Flux

膜ろ過 Flux を大きくすると UF 膜モジュールの規模を小さくできるが、UF 膜の目詰まり(ファウリング)の進行が速く、逆洗等の頻度が多くなりランニングコストが高くなる。また、膜破断が発生する可能性も高くなり、膜交換頻度も多くなる可能性がある。

逆に、膜ろ過 Flux を小さくすると、UF 膜モジュールの規模が大きくなり、導入コストが大きくなる。そのため、膜ろ過 Flux は、適切な値を設定することが重要である。

UF 膜ろ過においては、原水 SS 水質が 10mg/l 、原水濁度が 10 度(「§ 6 再生水の利用用途」参照)の原水水質であっても、適切な洗浄頻度(「§ 48 UF 膜の洗浄」参照)で、長期的に安定した運転を行えることを考慮して、設計膜ろ過 Flux は 1m/日 を標準とする。

ただし、設計流量に対して、膜ろ過 Flux を 1m/日 ちょうどとすることはできないことから、実膜ろ過 Flux が 1m/日 以下の直近となるような膜モジュール本数等の条件を選定するものとする。

(4) 1 日あたりの運転サイクル数

1 日あたりの運転サイクル数は、以下の式により算定する。なお、[ろ過工程時間][通常逆洗工程時間][薬液逆洗工程時間]は、「§ 48 UF 膜の洗浄」を参考として設定する。

$$\begin{aligned}
 & \text{[1日あたりの運転サイクル数(回/日)]} \\
 &= \frac{\text{[設計運転時間(時間/日)]} - \text{[薬液逆洗工程時間(時間/日)]}}{\text{[ろ過工程時間(時間/回)]} + \text{[通常逆洗工程時間(時間/回)]}} \quad \cdots \text{(式 4.4)}
 \end{aligned}$$

(5)ろ過運転時間および逆洗洗浄時間

ろ過運転時間および逆洗洗浄時間は、以下の式により算定する。

$$\begin{aligned}
 & \text{[ろ過運転時間(時間/日)]} = \text{[ろ過工程時間(時間/回)]} \\
 & \quad \times \text{[1日あたりの運転サイクル数(回/日)]} \quad \cdots \text{(式 4.5)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{[通常逆洗洗浄時間(時間/日)]} = \text{[通常逆洗洗浄工程時間(時間/回)]} \\
 & \quad \times \text{[1日あたりの運転サイクル数(回/日)]} \quad \cdots \text{(式 4.6)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{[薬液逆洗洗浄時間(時間/日)]} = \text{[薬液逆洗洗浄工程時間(時間/回)]} \\
 & \quad \times \text{[1日あたりの薬液逆洗回数(回/日)]} \quad \cdots \text{(式 4.7)}
 \end{aligned}$$

なお、逆洗洗浄工程時間は、空気洗浄や排水・給水に係る時間を除いた、水逆洗および水＋次亜逆洗の1工程での合計時間であり、「§48 UF膜の洗浄」の運転条件を参考に設定することができる。また、逆洗洗浄時間は、これらの1日運転サイクルでの合計時間を表す。

(6)ろ過水量および必要膜面積

ろ過水量および再生水量は、以下の式により算定する。

なお、逆洗 Flux 倍率は「§38 洗浄設備の設計」の値を用いることを標準とする。

$$\begin{aligned}
 & \text{[ろ過水量(m}^3\text{/日)]} = \text{[設計膜ろ過 Flux(m/日)]} \times \frac{\text{[ろ過時間(時間/日)]}}{\text{[設計運転時間(時間/日)]}} \times A \\
 & \quad = \text{[膜面積あたりろ過水量(m}^3\text{/日} \cdot \text{m}^2\text{)]} \times A \quad \cdots \text{(式 4.8)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{[逆洗水量(m}^3\text{/日)]} = \text{[設計膜ろ過 Flux(m/日)]} \times \text{[逆洗 Flux 倍率]} \\
 & \quad \times \frac{\text{[通常逆洗洗浄時間(時間/日)]} + \text{[薬液逆洗洗浄時間(時間/日)]}}{\text{[設計運転時間(時間/日)]}} \times A \\
 & \quad = \text{[膜面積あたり逆洗水量(m}^3\text{/日} \cdot \text{m}^2\text{)]} \times A \quad \cdots \text{(式 4.9)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{[再生水量(m}^3\text{/日)]} = \text{[ろ過水量(m}^3\text{/日)]} - \text{[逆洗水量(m}^3\text{/日)]} \\
 & \quad = (\text{[膜面積あたりろ過水量(m}^3\text{/日} \cdot \text{m}^2\text{)]} - \text{[膜面積あたり逆洗水量(m}^3\text{/日} \cdot \text{m}^2\text{)]}) \times A \\
 & \quad \cdots \text{(式 4.10)}
 \end{aligned}$$

ここで、A：必要膜面積(m²)である。

これを、必要膜面積Aについてまとめると、以下の式となる。なお、下式の再生水量は「§29 基本条件の設定」における設計日最大再生水量を用いる。

$$\begin{aligned}
 & \text{[必要膜面積(m}^2\text{)]} = \\
 & \quad \frac{\text{[再生水量(m}^3\text{/日)]}}{\text{[膜面積あたりろ過水量(m}^3\text{/日} \cdot \text{m}^2\text{)]} - \text{[膜面積あたり逆洗水量(m}^3\text{/日} \cdot \text{m}^2\text{)]}} \quad \cdots \text{(式 4.11)}
 \end{aligned}$$

(7)UF 膜モジュール本数および膜ユニット数

総膜モジュール本数は、以下の式により算定する。

$$[\text{総膜モジュール本数(本)}] = \frac{[\text{必要膜面積}(\text{m}^2)]}{[\text{膜モジュール1本あたり膜面積}(\text{m}^2)]} \dots\dots\dots (\text{式 4.12})$$

総膜モジュール本数、経済性や維持管理性・施設配置を考慮して、適切な UF 膜モジュールの規格品を選定する。

なお、UF 膜ろ過装置の 1 系列あたりの膜ユニット数、およびユニットあたりの膜モジュール数は、「§11 適用条件」の解説において示した最小規模および最大規模のとおりであり、以下を標準とする(図 4-7 参照)。

- ・ 1 膜ユニット : 膜モジュール 5～16 本
- ・ 1 系列 : 2 ユニット以上 (最大ユニット数に制限はない)

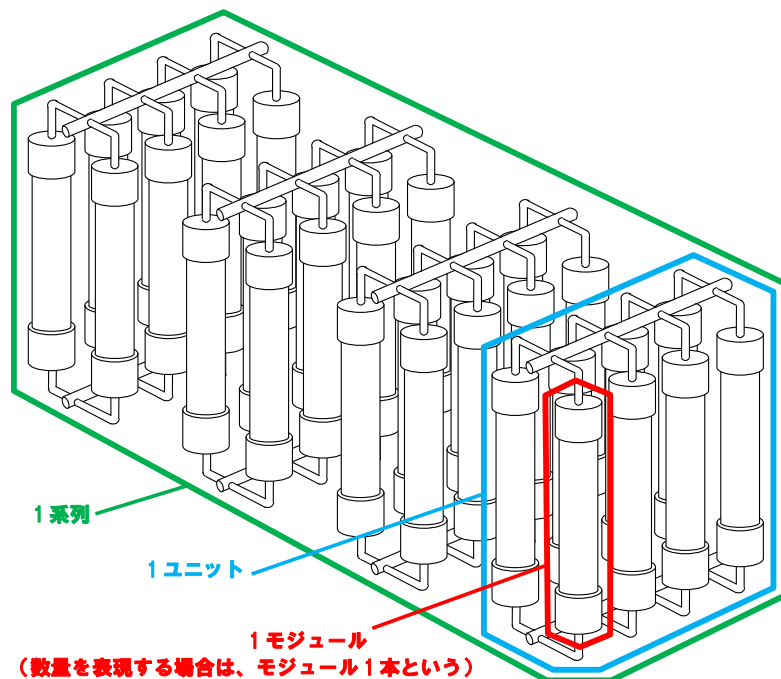


図 4-7 UF 膜ろ過装置の系列およびユニットのイメージ

系列数、ユニット数は、季節等の需要変動に対して、できる限り系列単位またはユニット単位での停止により対応ができるよう、適切な配置を行うものとする。

(8)実膜ろ過 Flux の確認

設定した UF 膜モジュールの膜面積およびモジュール本数やユニット・系列数から、以下の式により、実膜ろ過 Flux を算定する。さらに、この実膜ろ過 Flux が設計膜ろ過 Flux を下回っていることを確認する。

$$[\text{膜の実総面積}(\text{m}^2)] = [\text{膜モジュール 1 本あたり膜面積}(\text{m}^2)] \times [\text{膜モジュール本数(本/ユニット)}] \times [\text{膜ユニット数(ユニット/系列)}] \times [\text{系列数}] \dots (\text{式 4.13})$$

$$[\text{実膜ろ過 Flux}(\text{m/日})] = [\text{設計膜ろ過 Flux}(\text{m/日})] \times \frac{[\text{必要膜面積}(\text{m}^2)]}{[\text{膜の実総面積}(\text{m}^2)]} \dots (\text{式 4.14})$$

(9)UF 膜モジュールへの初期給水

給水は、UF 膜ろ過の初期動作であるため、給水 Flux は、実膜ろ過 Flux と同等とすることを標準とし、給水量は、以下の式により算定する。なお、逆洗給水時間は「§ 48 UF 膜の洗浄」参考として設定し、1 日あたりの運転サイクル数を用いて算定する。

・給水 Flux

$$[\text{給水 Flux (m/日)}] = [\text{実膜ろ過 Flux (m/日)}] \dots\dots\dots (\text{式 4.15})$$

・通常逆洗に対する給水量

$$[\text{給水量 (m}^3\text{/日)}] = [\text{膜の実総面積 (m}^2\text{)}] \times [\text{給水 Flux (m/日)}] \\ \times [\text{原水給水時間 (時間/サイクル)}] \times [\text{サイクル数 (サイクル/日)}] \div 24 \dots (\text{式 4.16})$$

・薬液逆洗に対する給水量

$$[\text{給水量 (m}^3\text{/日)}] = [\text{膜の実総面積 (m}^2\text{)}] \times [\text{給水 Flux (m/日)}] \\ \times [\text{原水給水時間 (時間/サイクル)}] \times [\text{サイクル数 (1 サイクル/日)}] \div 24 \dots (\text{式 4.17})$$

なお、給水は、UF 膜供給ポンプを用いて行うものとし、別途のポンプは設置しないものとする。

§ 38 洗浄設備の設計

洗浄設備の設計は以下のとおりとする。

(1) 逆洗設備

逆洗(水逆洗)は、1 日数回のサイクルで行う通常逆洗のほか、薬液洗浄における 1 工程(リンス処理)として実施する。

逆洗用水は再生水を用いるものとし、逆洗用水槽は再生水槽で兼ねるものとする。また、逆洗用水は逆洗ポンプにより送水するものとし、送水量は膜ろ過 Flux と逆洗 Flux 倍率から算定する設計逆洗 Flux から設定する。なお、逆洗 Flux 倍率は 1.1 を標準とする

(2) 空気洗浄設備

空気洗浄は、通常逆洗および薬液逆洗の仕上げ工程として実施する。

空気洗浄における必要送風量は、UF 膜モジュールあたりの設計送風量と膜モジュール数から算定する。なお、設計送風 Flux は、設計膜ろ過 Flux の 2 倍を標準とする。

(3) 薬品洗浄設備

(3)-1 次亜洗浄設備

次亜洗浄は、薬液逆洗および薬液(浸漬)洗浄の中の 1 工程として、次亜塩素酸ナトリウムによる洗浄を行うためのものである。次亜洗浄設備は、次亜貯留タンクと次亜移送ポンプからなる次亜の必要送水量は、薬液逆洗時の薬品使用量と次亜洗浄時間から算定する。

(3)-2 酸洗浄設備

酸洗浄は、薬液(浸漬)洗浄の中の 1 工程として実施するものである。酸洗浄設備は、酸貯留タンクと酸移送ポンプからなる。

酸の必要送水量は、酸使用量と酸洗浄時間から算定する

(3)-3 薬液洗浄設備

薬液洗浄設備は、薬液(浸漬)洗浄において、酸および次亜を薬液洗浄タンクに貯留し、薬液洗浄ポンプにより UF 膜ろ過装置との間で薬液を循環させるものである。

薬液洗浄の必要循環流量は、薬液洗浄 Flux と膜の実総面積から算定する。薬液洗浄 Flux は、膜ろ過 Flux と同等とすることを標準とする。

(4) 中和設備

(4)-1 脱塩素設備

脱塩素設備は、薬液(浸漬)洗浄において使用した次亜による塩素分の脱塩素処理を行い、既設水処理施設に返流するためのものであり、脱塩素剤貯留タンクと脱塩素剤送水ポンプからなる。

脱塩素剤の必要送水量は、脱塩素剤使用量と送液時間から算定する。

(4)-2 酸中和設備

酸中和設備は、薬液(浸漬)洗浄において使用した酸を中和して、既設水処理施設に返流するためのものであり、酸中和剤貯留タンクと酸中和剤送水ポンプからなる。

酸中和剤の必要送水量は、酸中和剤使用量と送液時間から算定する。

(5) 中和槽

中和槽は、薬液(浸漬)洗浄において使用した次亜の脱塩素処理および酸中和処理を行うための攪拌槽である。

中和槽の容量は、薬液(浸漬)洗浄の1回分の薬液洗浄排水および脱塩剤または中和剤量を確保できるものとし、中和槽排水の必要送水量は、中和槽排水量と排水時間から算定する

【解説】**(1) 逆洗設備**

逆洗は、1日数回のサイクルで行う通常逆洗のほか、薬液洗浄における1工程(リンス処理)として実施する(「§48 UF膜の洗浄」を参照)。

逆洗用水は、UV消毒後の水を用いるものとし、コストを低減させるために、再生水槽と兼ねることを標準とする。(再生水槽の設計は「§43 再生水槽の設計」を参照)。

逆洗ポンプの設計逆洗 Flux は、膜ろ過 Flux に逆洗 Flux 倍率を乗じて算定する。逆洗 Flux は、UF 膜ろ過により UF 膜表面に付着した懸濁物等をろ過と逆方向から押し出すために、膜ろ過 Flux より若干速いものとする。ただし、過大な逆洗 Flux は、膜破断の原因ともなることから、逆洗 Flux 倍率は 1.1 を標準とする。

逆洗ポンプの必要送水量は、以下の式により算定する通常逆洗水量と薬液逆洗水量の大きい方に対応できる必要があり、これらの大きい方の水量を採用する。

なお、膜の実総面積、実膜ろ過 Flux および通常逆洗洗浄時間の算定方法は「§37 UF 膜ろ過装置の設計」による。

$$\begin{aligned} \text{[通常逆洗水量(m}^3\text{/分)]} &= \text{[膜の実総面積(m}^2\text{)]} \times \text{[実膜ろ過 Flux(m/日)]} \\ &\quad \times \text{[逆洗 Flux 倍率]} \times \text{[通常逆洗洗浄時間(時間/日)]} \div (24 \times 60) \quad \cdots \text{(式 4.18)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{[薬液逆洗水量(m}^3\text{/分)]} &= \text{[膜の実総面積(m}^2\text{)]} \times \text{[実膜ろ過 Flux(m/日)]} \\ &\quad \times \text{[逆洗 Flux 倍率]} \times \text{[薬液逆洗洗浄時間(時間/日)]} \div (24 \times 60) \quad \cdots \text{(式 4.19)} \end{aligned}$$

逆洗ポンプの全揚程は、実揚程に配管等損失および膜供給圧力を加えたものとする。

したがって、再生水槽の L.W.L から UF 膜モジュール入口までの水頭に、配管等の損失、および膜供給圧力 200kPa(20m)(「§36 UF 膜ろ過装置への原水供給」を参照)を加えたものが全揚程となる。

(2) 空気洗浄設備

空気洗浄は、通常逆洗および薬液逆洗の仕上げ工程として実施するものである(「§48 UF 膜の洗浄」を参照)。

空気洗浄における必要送風量は、以下の式により算定する。なお、設計送風 Flux は、設計膜ろ過 Flux (「§ 37 UF 膜ろ過装置の設計」参照) の 2 倍を標準とする。

$$[\text{必要送風量}(\text{m}^3/\text{分})] = [\text{設計送風 Flux}(\text{m}/\text{日})] \times [\text{膜の実総面積}(\text{m}^2)] \div 1440 \quad \cdots (\text{式 4. 20})$$

空気洗浄ブロワの静圧は、吸込み損失に、配管損失および膜供給圧力を加えたものとする。膜供給圧力は、200kPa(20m) (「§ 36 UF 膜ろ過装置への原水供給」を参照) を標準とする。

$$[\text{空気洗浄ブロワの静圧}(\text{kPa})] = [\text{吸込み損失}(\text{kPa})] + [\text{配管損失}(\text{kPa})] + [\text{膜供給圧力}(\text{kPa})] \quad \cdots (\text{式 4. 21})$$

(3) 薬品洗浄設備

(3)-1 次亜洗浄設備

次亜洗浄は、薬液逆洗および薬液(浸漬)洗浄の中の 1 工程として、次亜塩素酸ナトリウムによる洗浄を行うためのものである(「§ 48 UF 膜の洗浄」を参照)。

次亜塩素酸ナトリウムの必要送水量は、薬液逆洗 1 工程の次亜洗浄時間から、以下の式により算定する。なお、次亜標準使用量、次亜溶液の比重および次亜洗浄時間、薬液洗浄時の送液時間は「§ 48 UF 膜の洗浄」を参考として設定する。

① 薬液逆洗の場合

$$[\text{次亜使用量}(\text{l}/\text{日})] = \frac{[\text{次亜標準使用量}(\text{g}/\text{再生水m}^3)] \times [\text{再生水施設規模}(\text{m}^3/\text{日})]}{[\text{次亜溶液の比重}] \times 10^3} \quad \cdots (\text{式 4. 22})$$

$$[\text{必要送水量}(\text{m}^3/\text{分})] = [\text{次亜使用量}(\text{l}/\text{日})] \div [\text{次亜逆洗時間}(\text{秒}/\text{日})] \times 60 \times 10^{-3} \quad \cdots (\text{式 4. 23})$$

② 薬液(浸漬)洗浄の場合

$$[\text{次亜使用量}(\text{l}/\text{回})] = \frac{[\text{次亜標準使用量}(\text{g}/\text{再生水m}^3)] \times [\text{再生水施設規模}(\text{m}^3/\text{日})]}{[\text{次亜溶液の比重}] \times 10^3} \quad \cdots (\text{式 4. 24})$$

$$[\text{必要送水量}(\text{m}^3/\text{分})] = [\text{次亜使用量}(\text{l}/\text{回})] \div [\text{送液時間}(\text{分})] \times 10^{-3} \quad \cdots (\text{式 4. 25})$$

次亜貯留タンクは、毎日実施する薬液逆洗と、原則 1 年ごとに実施する薬液(浸漬)洗浄を兼用するため、どちらか大きい方の使用量を基に、必要容量を設定する。

次亜使用量は、以下の式により算定する。なお、1 日の洗浄回数は「§ 48 UF 膜の洗浄」を参考に設定する。薬液逆洗の貯留日数については、巡回監視点検の頻度(「§ 54 保守点検」を参照)の日数分を確保することを参考として設定する。

薬液(浸漬)洗浄の場合は、洗浄実施時に人員を配置して、洗浄実施前および実施後に薬液補充を行うことから、貯留能力は 1 回分として算定を行う。

$$[\text{薬液逆洗における次亜貯留タンクの必要容量}(\text{l})] = [\text{次亜使用量}(\text{l}/\text{日})] \times [\text{貯留日数}(\text{日})] \quad \cdots (\text{式 4. 26})$$

$$\begin{aligned} & \text{〔薬液(浸漬)洗浄における次亜貯留タンクの必要容量(ℓ)]} \\ & = \text{〔次亜使用量(ℓ/回)]} \times \text{〔1 回分]} \cdots \text{(式 4.27)} \end{aligned}$$

(3)-2 酸洗浄設備

酸洗浄では、UF 膜に付着した無機物等を酸により分解除去する。そのために、必要な酸の種類を適切に選定する必要がある、「§ 48 UF 膜の洗浄」を参考として選定を行うものとする。

酸の必要送水量は、1工程での酸使用量および送液時間から、以下の式により算定する。なお、酸標準使用量、酸溶液の比重および送液時間は「§ 48 UF 膜の洗浄」を参考として設定する。

$$\begin{aligned} \text{〔酸使用量(ℓ/回)]} &= \frac{\text{〔酸標準使用量(g/再生水m}^3\text{)]} \times \text{〔再生水施設規模(m}^3\text{/日)]}}{\text{〔酸溶液の比重]} \times 10^3} \\ &\cdots \text{(式 4.28)} \end{aligned}$$

$$\text{〔必要送水量(m}^3\text{/分)]} = \text{〔酸使用量(ℓ/回)]} / \text{〔送液時間(分)]} \times 10^{-3} \cdots \text{(式 4.29)}$$

酸貯留タンクの必要容量は、薬液(浸漬)洗浄 1 回に必要な使用量を確保するものとする。

なお、酸の種類は、UF 膜に付着した無機物等を分解させるために必要な酸化力を有した適切なものを選定する必要がある、「§ 48 UF 膜の洗浄」を参考として選定を行うものとする。

(3)-3 薬液洗浄設備

薬液洗浄設備は、薬液(浸漬)洗浄において、酸および次亜を薬液洗浄タンクに貯留し、薬液洗浄ポンプにより UF 膜ろ過装置との間で薬液を順流で循環させるものであり、薬液洗浄のフローは図 4-8 に示すとおりである。

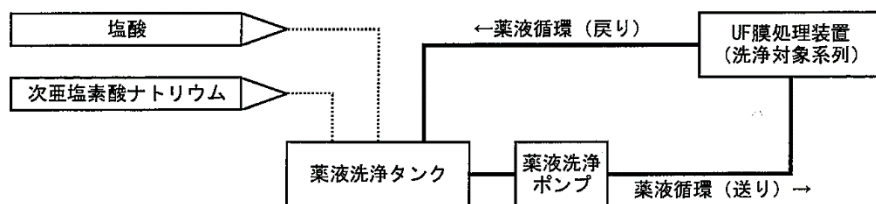


図 4-8 薬液洗浄のフロー

薬液洗浄の必要循環流量は、薬液(浸漬)洗浄時のモジュール 1 本あたりの標準洗浄流量(実証研究に用いたモジュールの場合は 50L/分・本)から設定する。

$$\text{〔必要循環流量(m}^3\text{/分・本)]} = \text{〔標準薬液洗浄流量(50L/分・本)]} \cdots \text{(式 4.30)}$$

薬液洗浄は、施設の停止を最小限に抑えるためにも、UF 膜ろ過装置の 1 系列ごとに実施するものとし、薬液洗浄ポンプの吐出量は以下の式により算定する。

$$\begin{aligned} \text{〔設計吐出量(m}^3\text{/分)]} &= \text{〔必要循環流量(m}^3\text{/分・本)]} \times \text{〔1 系列のモジュール本数(本)]} \\ &\cdots \text{(式 4.31)} \end{aligned}$$

薬液洗浄ポンプの全揚程は、実揚程に配管等損失および膜供給圧力を加えたものとする。

したがって、薬液洗浄タンクの L.W.L から UF 膜モジュール入口までの水頭に、配管等の損失、および膜供給圧力 200kPa(20m) (「§ 36 UF 膜ろ過装置への原水供給」を参照)を加えたものが全揚程となる。

薬液洗浄タンクの必要容量は、薬液(浸漬)洗浄において、次亜洗浄および酸洗浄の1回分の調整薬液量のうち、大きい方を確保できるものとする。

なお、薬液標準使用量、薬液濃度および薬液調整濃度は、「§ 48 UF 膜の洗浄」を参考として設定する。

・次亜の調整薬液量

$$[\text{次亜の純重量(kg/回)}] = [\text{次亜標準使用量(g/再生水 m}^3\text{)}] \times [\text{再生水施設規模(m}^3\text{/日)}] \times [\text{溶液の次亜濃度(}\%\text{)}] \times 10^{-6} \quad \cdots (\text{式 4.32})$$

$$[\text{次亜の調整薬液量(m}^3\text{/回)}] = \frac{[\text{次亜の純重量(kg/回)}]}{[\text{次亜の調整濃度(mg/l)}]} \times 10^3 \quad \cdots (\text{式 4.33})$$

・酸の調整薬液量

$$\begin{aligned} & [\text{酸の純モル数(mol/回)}] \\ &= \frac{[\text{酸標準使用量(g/再生水m}^3\text{)}] \times [\text{再生水施設規模(m}^3\text{/日)}] \times [\text{溶液の酸濃度(}\%\text{)}]}{[\text{モル質量(g/mol)}] \times 100} \quad \cdots (\text{式 4.34}) \end{aligned}$$

$$[\text{酸の調整薬液量(m}^3\text{/回)}] = \frac{[\text{酸の純モル数(mol/回)}]}{[\text{酸の調整濃度(mol/l)}]} \times 10^{-3} \quad \cdots (\text{式 4.35})$$

(4) 中和設備

(4)-1 脱塩素設備

脱塩素設備は、薬液(浸漬)洗浄において使用した次亜による塩素分の脱塩処理を行い、既設水処理施設に返流するためのものであり、脱塩剤貯留タンクと脱塩素剤送水ポンプからなる。脱塩剤送水ポンプの送水先は、中和槽である。なお、中和槽は、脱塩素処理と酸中和処理の共有槽である。

脱塩素剤の必要送水量は、1工程での脱塩素剤使用量および送液時間から、以下の式により算定する。なお、脱塩素剤標準使用量、脱塩素剤溶液の比重および送液時間は「§ 48 UF 膜の洗浄」を参考として設定する。

$$[\text{脱塩素剤使用量(l/回)}] = \frac{[\text{脱塩剤標準使用量(g/再生水m}^3\text{)}] \times [\text{再生水施設規模(m}^3\text{/日)}]}{[\text{脱塩剤溶液の比重}] \times 10^3} \quad \cdots (\text{式 4.36})$$

$$[\text{必要送水量(m}^3\text{/分)}] = [\text{脱塩剤使用量(l)}] / [\text{送液時間(分)}] \times 10^{-3} \quad \cdots (\text{式 4.37})$$

酸中和剤貯留タンクの必要容量は、薬液(浸漬)洗浄1回に必要な酸中和剤量を確保するものとする。

なお、脱塩素剤の種類は、コストや薬液の取り扱いの容易さなどを考慮して、適切に選定する必要がある。「§ 48 UF 膜の洗浄」を参考として選定を行うものとする。

(4)-2 酸中和設備

酸中和設備は、薬液(浸漬)洗浄において使用した酸を中和して、既設水処理施設に返流するためのものであり、酸中和剤貯留タンクと酸中和剤送水ポンプからなる。酸中和剤送水ポンプの送水先は、中和槽である。なお、中和槽は、脱塩処理と酸中和処理の共有槽である。

酸中和剤の必要送水量は、1工程の酸中和剤使用量および送液時間から、以下の式(式4.38)により算定する。なお、酸中和剤標準使用量、酸中和剤溶液の比重および送液時間は「§48 UF 膜の洗浄」を参考として設定する。

$$\begin{aligned} & \text{[酸中和剤使用量(ℓ/回)]} \\ &= \frac{\text{[酸中和剤標準使用量(g/再生水m}^3\text{)]} \times \text{[再生水施設規模(m}^3\text{/日)]}}{\text{[酸中和剤溶液の比重]} \times 10^3} \quad \dots (\text{式 4.38}) \end{aligned}$$

$$\text{[必要送水量(m}^3\text{/分)]} = \text{[酸中和剤使用量(ℓ)]} / \text{[送液時間(分)]} \times 10^{-3} \quad \dots (\text{式 4.39})$$

酸中和剤貯留タンクの必要容量は、薬液(浸漬)洗浄 1 回に必要な酸中和剤量を確保するものとする。

酸中和剤の種類は、コストや薬液の取り扱いの容易さなどを考慮して、適切に選定する必要がある、「§48 UF 膜の洗浄」を参考として選定を行うものとする。

(5) 中和槽

中和槽は、薬液(浸漬)洗浄において使用した次亜の脱塩処理および酸中和処理を行うための攪拌槽であり、中和槽と中和槽排水ポンプからなる。中和槽排水ポンプの送水先は、既設処理場の流入渠もしくは沈砂池である。なお、中和槽は、脱塩処理と酸中和処理の共有槽である。

中和槽の必要容量は、薬液(浸漬)洗浄 1 回に必要な次亜洗浄排水量および脱塩剤調整薬液量の合計と、酸洗浄排水量および酸中和剤調整薬液量の合計のうち、大きい方を確保できるものとし、以下の式により算定する。なお、余裕率は 1.1 を標準とする。

- ・次亜に対する中和槽必要容量

$$\text{[中和槽排水量(m}^3\text{)]} = \text{[次亜の調整薬液量(m}^3\text{)]} + \text{[脱塩素剤使用量(m}^3\text{)]} \quad \dots (\text{式 4.40})$$

- ・酸に対する中和槽必要容量

$$\text{[中和槽排水量(m}^3\text{)]} = \text{[酸の調整薬液量(m}^3\text{)]} + \text{[酸中和剤使用量(m}^3\text{)]} \quad \dots (\text{式 4.41})$$

- ・中和槽必要容量

$$\text{[中和槽必要容量(m}^3\text{)]} = \text{[上記の大きい方(m}^3\text{)]} \times \text{[余裕率]} \quad \dots (\text{式 4.42})$$

なお、タンク容量は、空容量で表記される場合もあるため、必要容量をタンクの有効容量(排水ポンプの H.W.L から L.W.L までの容量)として確保できるものとする。

中和槽排水の必要送水量は、中和槽排水量および排水時間から、以下の式により算定する。なお、排水時間は「§48 UF 膜の洗浄」を参考として設定する。

$$\text{[必要送水量(m}^3\text{/分)]} = \text{[中和槽排水量(m}^3\text{)]} / \text{[排水時間(分)]} \quad \dots (\text{式 4.43})$$

§ 39 水収支の算定

本設計に基づき、水収支の算定を行い、必要に応じて「§ 31 処理場全体の水量および物質収支計算」の収支計算の見直しを行う。

【解説】

UF 膜ろ過装置周りの水フローは図 4-9 に示すとおりであり、本設計に基づき、以下の要領での各水量の算定を行う。

ここでの逆洗排水の再生水量に対する割合が、「§ 31 処理場全体の水量および物質収支計算」の設定値と大きく異なる場合は、収支計算の見直しを行うものとする。

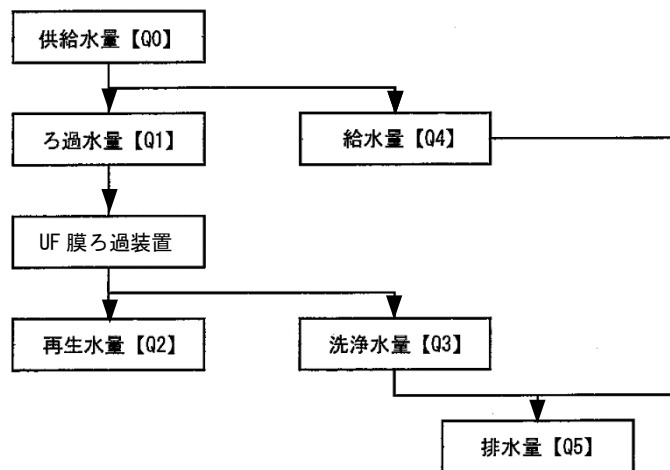


図 4-9 UF 膜ろ過装置周りの水フロー

①供給水量【Q0】

供給水量は、ろ過水量【Q1】と給水量【Q4】の合計として算定される。

②ろ過水量【Q1】

ここで算定するろ過水量は、逆洗を行うために必要な水量を確保するために UF 膜ろ過を行う量も含めた実ろ過水量であり、下記の再生水量【Q2】と洗浄水量【Q3】の合計値として算定する。

③再生水量【Q2】

再生水量は、再生水の利用先で必要とされる需要量であり、「§ 29 基本条件の設定」の日最大再生水量を用いる。

④洗浄水量【Q3】

洗浄水量は、通常逆洗水量と薬液逆洗水量の合計である。逆洗に用いる逆洗用水量と、逆洗後に排水される逆洗排水量は同量となるため、その総称として用いる水量である。

通常逆洗水量、および薬液逆洗水量は「§ 38 洗浄設備の設計」において算定したものをを用いる。

⑤給水量【Q4】

給水量は、逆洗実施後における空の状態の UF 膜モジュールに対して、原水を一旦満水の状態にするための量を示す。この給水量に相当する量が、逆洗実施前において UF 膜モジュールに残っている状態となっており、この量は UF 膜ろ過を行わずに(ろ過水量としてカウントされずに)排水されるものとなる。

この給水量は、「§ 38 洗浄設備の設計」において算定した通常逆洗給水量と薬液逆洗給水量を合計したものをを用いる。

⑥排水量【Q5】

排水量は、逆洗時の排水として既設処理場側に返送される水量であり、洗浄水量【Q3】と給水量【Q4】の合計として算定される。

⑦水回収率

水回収率および再生水に対する逆洗排水の割合は、以下の式により算定する。

$$[\text{水回収率}] = \frac{[\text{再生水量【Q2】}]}{[\text{供給水量【Q0】}]} \dots\dots\dots (\text{式 4. 44})$$

$$[\text{再生水に対する逆洗排水の割合}] = \frac{[\text{排水量【Q5】}]}{[\text{再生水量【Q2】}]} \dots\dots\dots (\text{式 4. 45})$$

第4節 UV 消毒施設の設計

§ 40 UV 消毒装置の設計水量

UV 消毒装置の設計水量は、最大膜ろ過水量 (UF 膜供給ポンプの吐出量) とする。

【解説】

UV 消毒装置は、UF 膜ろ過装置の後段に位置し、UF 膜ろ過装置からの UF 膜ろ過水の全量が処理対象水量となる。UF 膜ろ過装置は定期的に逆洗運転を行う等、常時、UF 膜ろ過運転を行っている訳ではないが、設置した UF 膜ろ過施設の全系列が UF 膜ろ過運転を行っている時が最も膜ろ過水量が多くなる。

したがって、UV 消毒装置は、対象となる UF 膜ろ過装置の全系列がろ過運転を行った際の最大膜ろ過水量 (=UF 膜供給水ポンプの吐出量) を、設計水量とする。

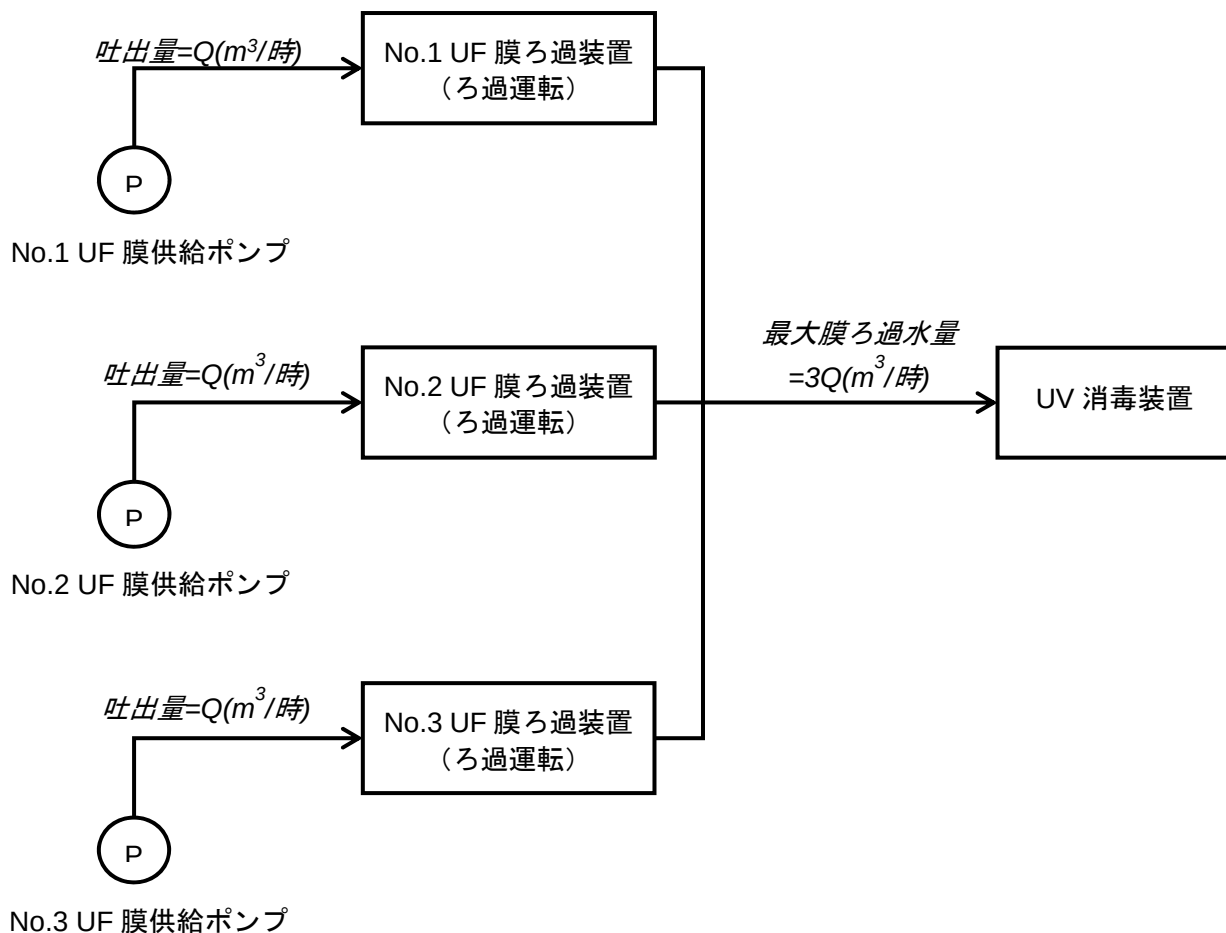


図 4-10 UV 消毒装置の設計対象水量 (UF 膜ろ過装置が 3 系列の場合の例)

なお、最大膜ろ過水量(=膜供給水ポンプの吐出量(m³/時))は、1 日当たりの計画ろ過水量をろ過運転時間(逆洗時間等を除いた 1 日当たりの正味のろ過運転時間)で除したものであり、単純に 24 時間で除した値とは異なるため、注意が必要である。ろ過運転時間の算定方法は「§ 37 UF 膜ろ過装置の設計」による

$$\begin{aligned} [\text{UV 消毒装置設計水量 (m}^3/\text{時)}] &= [\text{最大ろ過水量 (m}^3/\text{時)}] \\ &= \frac{[\text{設計ろ過水量 (m}^3/\text{日)}]}{[\text{ろ過運転時間 (時間/日)}]} \dots\dots\dots (\text{式 4. 46}) \end{aligned}$$

§ 41 UV 消毒装置の設計

UV 消毒装置の設計基準は以下のとおりとする。

(1) 型式

本システムには、開水路浸漬型、密閉流通型のどちらも適用可能とする。

(2) 目標 UV 照射量

UV 消毒装置の目標照射量は、ウイルスを 4.2log 不活化できる照射量として $85\text{mJ}/\text{cm}^2$ 以上とする。

(3) 設計 UV 透過率

設計紫外線透過率は 70%を標準とする。

(4) 目標 UV 照射量に対する UV 消毒装置の設計

UV 消毒装置は、目標 UV 照射量および UV 透過率に基づいて設計を行う。

(5) ユニット数

UV 消毒装置は、ランプ切れ等の故障時にも的確に対応するため、予備ユニットを設ける。

(6) UV ランプ保護管の洗浄装置

長期に渡る使用においても、ランプ保護管の汚れ等に伴う性能低下を避けるため、UV 消毒装置には自動洗浄機構を具備するものとする。

【解説】

(1) 型式

UV 消毒装置には、自由水面を持つ開水路にランプを浸漬させる方式(開水路浸漬型:図 4-11 参照)と、配管内にランプを配設し、そこに被処理水を流通させる方式(密閉流通型:図 4-12 参照)があるが、実証研究において、どちらの方式でも所定の性能が得られることを確認しているため、本システムにはこれら両方式を採用可能とする。なお、紫外線は目の障害を生じさせる恐れがあるため、開水路浸漬型は上部を遮蔽する等、紫外線が漏れないようにする必要がある。

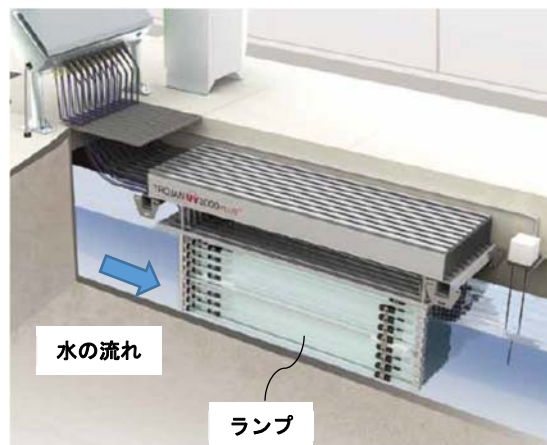


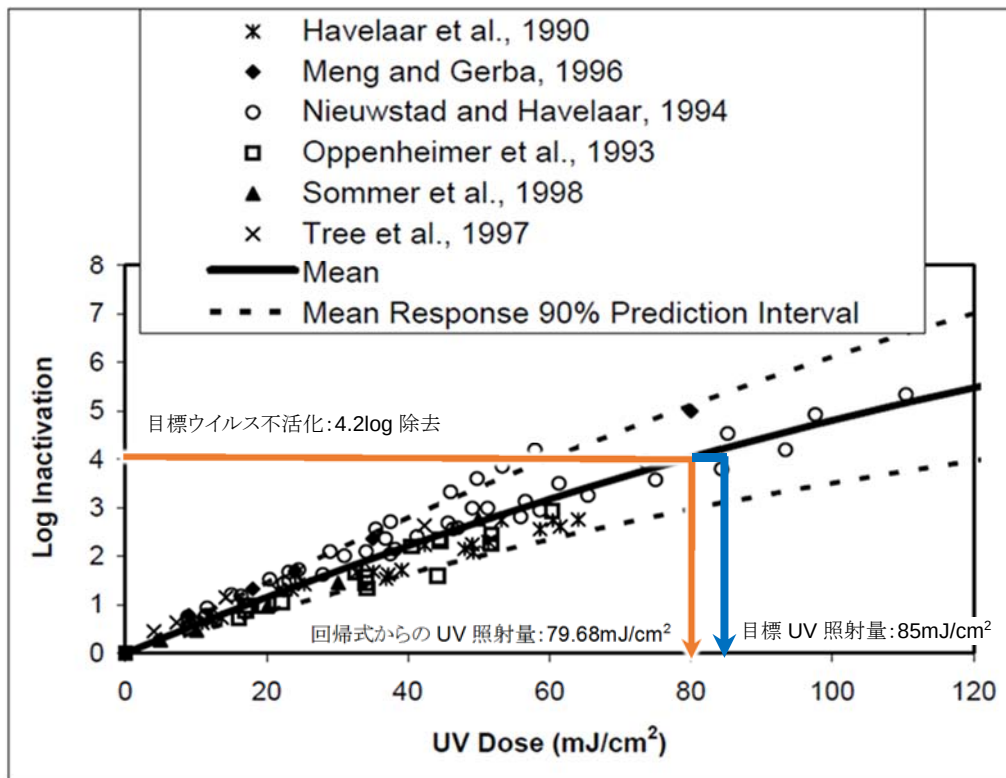
図 4-11 開水路浸漬型の例



図 4-12 密閉流通型の例

(2) 目標 UV 照射量

目標ウイルス不活化率(「§ 29 基本条件の設定」参照)を得るための目標 UV 照射量(UV 照射エネルギー量)は、主に米国環境保護庁(U.S. EPA)より発刊されている「紫外線消毒ガイドライン²⁰⁾」(以下、「UV ガイドライン」という)における MS2 フェージの不活化と紫外線照射量の関係(図 4-13 参照)より設定する。図 4-13 は、横軸に UV 照射量(UV Dose)、縦軸にウイルス不活化を log 除去として表したもの(log inactivation)が示されており、ウイルス不活化は MS2 フェージで測定している。パイロット実験ではMS2を添加することで、ウイルス不活化率が検証できるが、実証施設ではMS2の添加が不可能であるため、本研究では下水処理水に含まれているGIフェージの不活化率をUF膜をバイパスしたUV施設で評価した。また実験室での小型照射施設で、GIフェージとMS2フェージのUVの感受性が概ね同等であることを確認しているため、両者の不活化率を同等に扱うものとする。



UV ガイドライン(米国環境保護庁)²⁰⁾より引用

図 4-13 MS2 ファージの不活化率と紫外線照射量の関係

図 4-13 中の上界および下界のウイルス不活化(log 除去)の回帰式、およびその平均値の算定式は以下のとおりとなる。

[上界のウイルス不活化]

$$= -1.4 \times 10^{-4} \times [\text{UV 照射量}]^2 + 7.6 \times 10^{-2} \times [\text{UV 照射量}] \quad \cdots (\text{式 4.47})$$

[下界のウイルス不活化]

$$= -9.6 \times 10^{-5} \times [\text{UV 照射量}]^2 + 4.5 \times 10^{-2} \times [\text{UV 照射量}] \quad \cdots (\text{式 4.48})$$

[平均ウイルス不活化]

$$= -0.0001 \times [\text{UV 照射量}]^2 + 0.0607 \times [\text{UV 照射量}] - 0.0017 \quad \cdots (\text{式 4.49})$$

目標とする UV 消毒におけるウイルス不活化は 4.2 log 除去(「§ 29 基本条件の設定」参照)であり、式 4.49 の平均ウイルス不活性化(log 除去)が 4.2 となる UV 照射量を求めると 79.68mJ/cm²となる。これに余裕を見込み、目標とする UV 照射量は以下の値を平均的に確保できるものとする(資料編1参照)。

$$[\text{目標 UV 照射量}] = 85 \text{ mJ/cm}^2 \text{ 以上}$$

(3)設計 UV 透過率

UF 膜ろ過水の UV 透過率が 70%まで低下した状態においても、目標とするウイルス不活化が得られるように UV 消毒装置の設計を行うものとする。

(4)目標 UV 照射量に対する UV 消毒装置の設計

UV 消毒装置の設計は、「紫外線消毒装置技術マニュアル²¹⁾」((財)下水道新技術推進機構(現:(公財)日本下水道新技術機構):2006 年 3 月)に示された設計手法に準じ、以下の手順で行う。

① 設計 UV 強度の設定

本システムに適用する UV 消毒装置の設計 UV 強度は、以下により設定する。装置内に複数のランプが配設されている場合は、装置の有効反応部での平均値を使用するものとする。

$$I = I_p \times f_1 \times f_2 \dots\dots\dots (式 4.50)$$

I : 設計 UV 強度 (mW/cm²)

I_p : 設計 UV 透過率 (70%) における装置仕様に基づく UV 強度 (mW/cm²)【メーカー値】

f_1 : 経年劣化による UV 強度の低下係数【メーカー値】

f_2 : 保護管の汚れによる UV 強度の低下係数【メーカー値】

なお、上記で「メーカー値」となっているものについては、採用するメーカーの保障値とする。

② 必要照射時間の設定

本システムに適用する UV 消毒装置に必要な目標 UV 照射量 (85mJ/cm²) と設計 UV 強度 (上記①) より、以下に基づいて必要な照射時間を設定する。

$$T = \frac{D}{I} \dots\dots\dots (式 4.51)$$

T : 必要照射時間 (秒)

D : 目標 UV 照射量 (85mJ/cm²)

I : 設計 UV 強度 (mW/cm²)

③ ランプ 1 本あたりの処理可能水量の設定

設定した照射時間 (上記②) と本システムに適用するランプの有効照射容積から、ランプ 1 本あたりの処理可能水量を設定する。

$$q = \frac{T}{V} \times 3600 \times 10^{-3} \dots\dots\dots (式 4.52)$$

q : ランプ 1 本あたりの処理可能水量 (m³/時)

V : ランプの有効照射容積 (ℓ) (図 4-14 参照)

T : 必要照射時間 (秒)

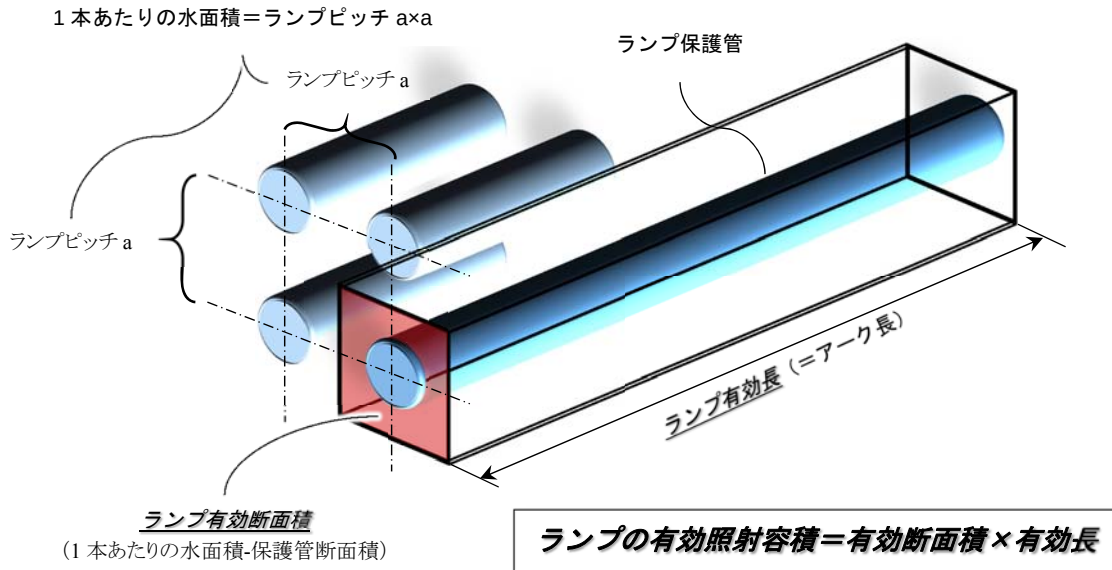


図 4-14 ランプの有効照射容積

④ 必要ランプ本数の設定

ランプ 1 本あたりの処理可能水量(上記③)から、システムとしての必要ランプ本数を設定する。なお、メーカーによりモジュール毎の最小ランプ本数や最大ランプ本数、1 ユニットに配設できる最小モジュール数や最大モジュール数に制約があるため、実際の機種選定に当たっては、算出された必要ランプ本数を満たす機種選定を行う。

$$n = \frac{Q}{q} \dots\dots\dots (式 4. 53)$$

n : 必要ランプ本数(本)

Q : 設計対象水量(＝最大ろ過水量) ($m^3/時$)

q : ランプ 1 本あたりの処理可能水量($m^3/時$)

(5) ユニット数

本システムは再生水の利用者だけでなく、その再生水を使って作られた作物を口にする消費者等にも高い安全性と安心感を与えるために設置するものである。一方、利用者に再生水を継続的に使用してもらうためには、安定した供給が確保されているシステムであることが重要となる。そのため、主となる装置の故障等のリスクへは、事前に対策を講じておく必要があり、UV 消毒装置は、ランプ切れ等の故障時にも的確に対応可能なように、予備ユニットを設ける(図 4-15 参照)。

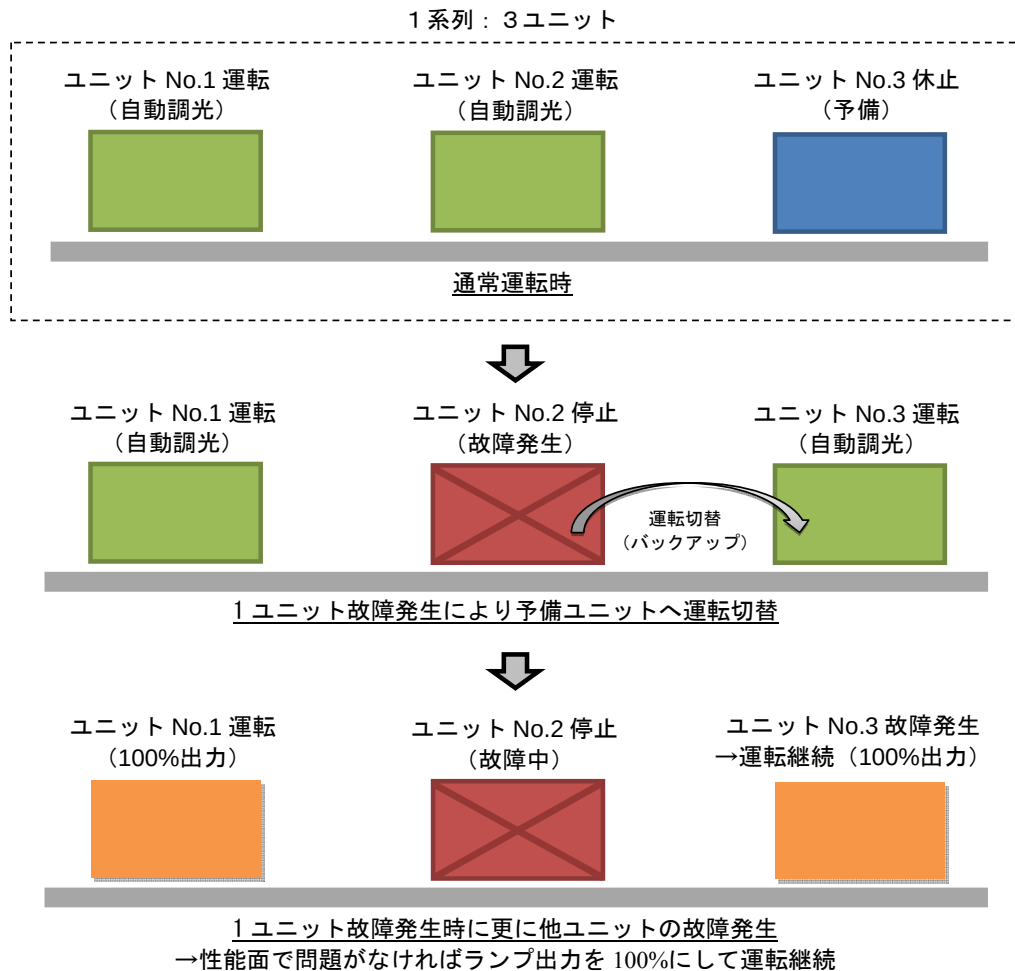


図 4-15 UV 消毒装置の予備ユニットと運用方法の例(1系列3ユニット構成の場合)

(6) UV ランプ保護管の洗浄装置

UV 消毒装置は、ランプ本体の周りに保護管(石英製の円筒等)が設置されるが、運転の継続に伴い保護管の表面(接液面)には原水に含まれる有機物や無機物によるスケールが付着する。これを放置しておくと、光がスケールに遮られることによる性能の低下(UV 強度の低下)を招くため、定期的に保護管の表面を洗浄する必要がある。

洗浄装置は、洗浄効果を高めるために、実証研究でも使用した自動の薬液/機械式ワイパーを標準とする(図 4-16 参照)。形状や作動方法・原理、材質等は規定しないが、保護管の確実な洗浄が行えるものとする。なお、使用する薬液については、含有する成分や濃度が再生水に影響を与えないものとする。例として、実証研究に用いた薬液の性状等を示す。

- ・形式等: 酸洗浄剤
- ・成分等: リン酸性水溶液(リン酸濃度 5%以下)
- ・再生水への影響: リン酸濃度として 0.02ppb(mg/m^3)程度

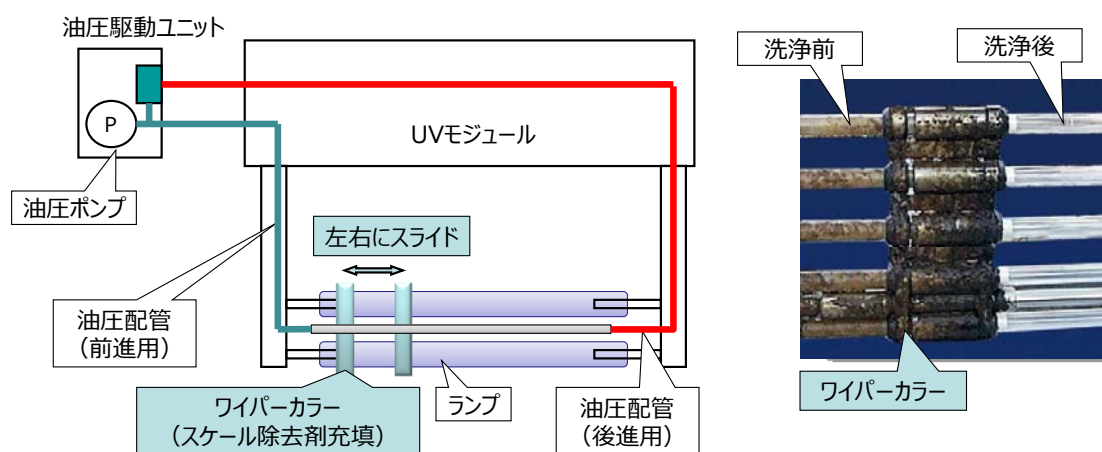


図 4-16 UV 消毒装置の洗浄装置の例

§ 42 UV 消毒水路の設計

UV 消毒水路の設計基準は以下のとおりとする。

(1) UV 消毒水路の寸法諸元

開水路浸漬型の場合の水路の設計に必要な一般的な諸元を解説に示す。密閉流通型の場合は、必要スペースや損失水頭を考慮して配置検討を行う。

(2) 水位制御装置

UV 消毒水路の水位変動を吸収し、最も水面に近いランプ保護管の天端と水面との距離が規定値以内となるように、水位制御装置を設置するものとする。

【解説】

(1) UV 消毒水路の寸法諸元

開水路浸漬型の場合、選定した UV 消毒装置の仕様を踏まえ、装置を設置する消毒水路の設計を行う。装置の形状はメーカーにより異なるため、詳細は選定したメーカーの仕様に合わせる必要があるが、水路の設計に必要な一般的な諸元を以下に示す(図 4-17 参照)。

なお、密閉流通型の場合は、装置の形状や設置方式(ポンプ圧送式等)に合わせ、必要スペースや損失水頭を考慮して配置検討を行う。

$$\begin{aligned} \text{[水路幅]} &= \text{[装置幅]} \\ &+ \text{[調整代 (0.15m 程度: 水路側壁とランプのクリアランス調整のため)]} \cdots (\text{式 4.54}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{[水路長]} &= \text{[上流側余裕 (1.0m 程度: 整流のため)]} + \text{[装置長]} \\ &+ \text{[下流側余裕 (3.0m 程度: 水位制御装置設置のため)]} \cdots (\text{式 4.55}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{[水路高]} &= \text{[装置浸漬深]} \\ &+ \text{[余裕高 (0.6m 程度: 開口蓋とのクリアランス確保等のため)]} \cdots (\text{式 4.56}) \end{aligned}$$

なお、装置幅、装置長、および装置浸漬深さは、選定した装置の仕様で決定される。

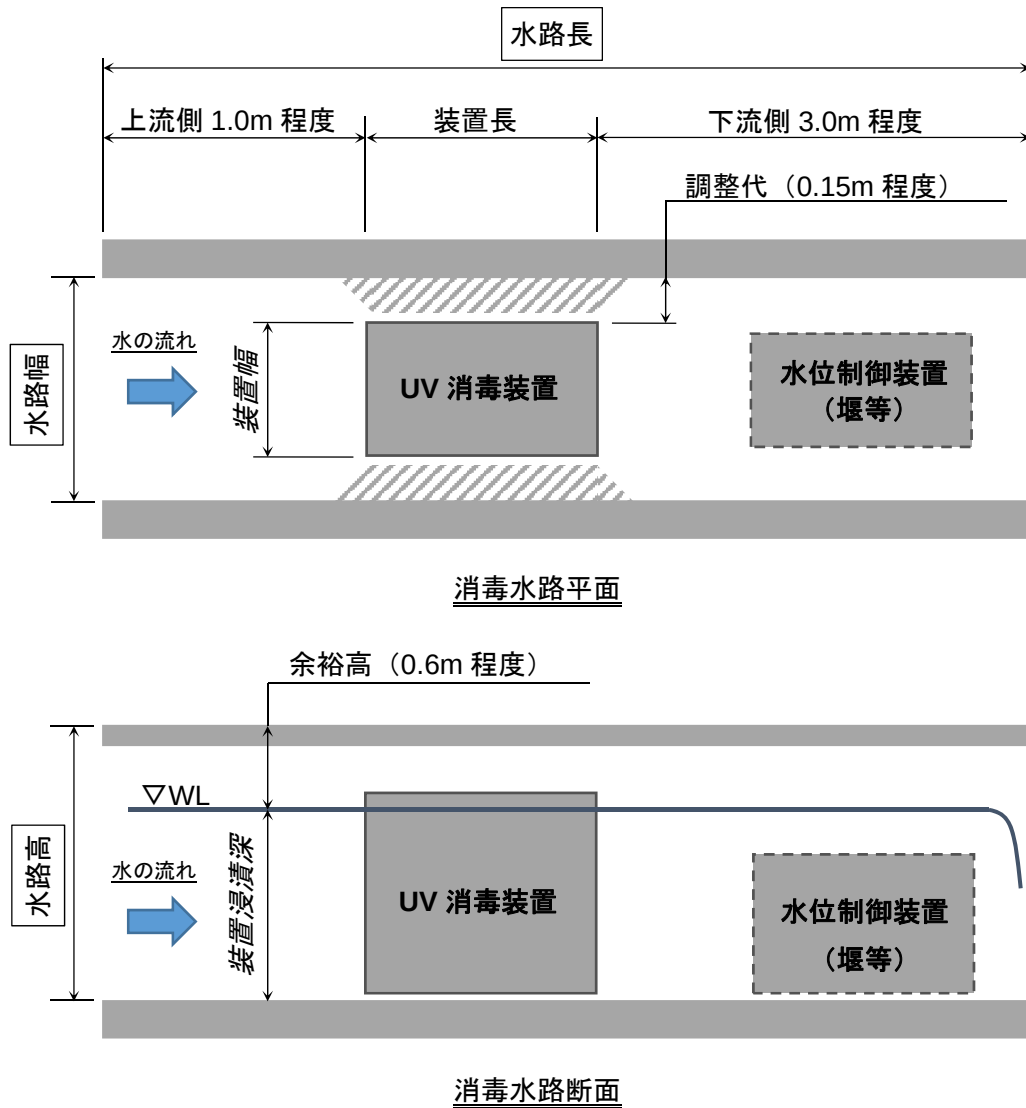


図 4-17 UV 消毒水路の一般諸元

(2) 水位制御装置

開水路浸漬型の場合は、自由水面を持った水路内に UV 消毒装置が設置されるため、原水の流量変動に応じて UV 消毒水路内の水位が変動することになる。この水位変動を吸収し、設計対象水量においても最も水面に近いランプ保護管の天端と水面との距離が規定値以内となるように、水位制御装置を設置する。

水位制御装置には固定堰(図 4-18 参照)と自動水位調整ゲート(フラップゲート式等)があるが、設置スペースの制約等を考慮して選定する。

なお、密閉流通型の場合は、自由水面を持たないため、流量が変動しても水位変動の影響は受けないが、装置のケーシング内は常に水で満たされた状態となるように設置する必要がある。

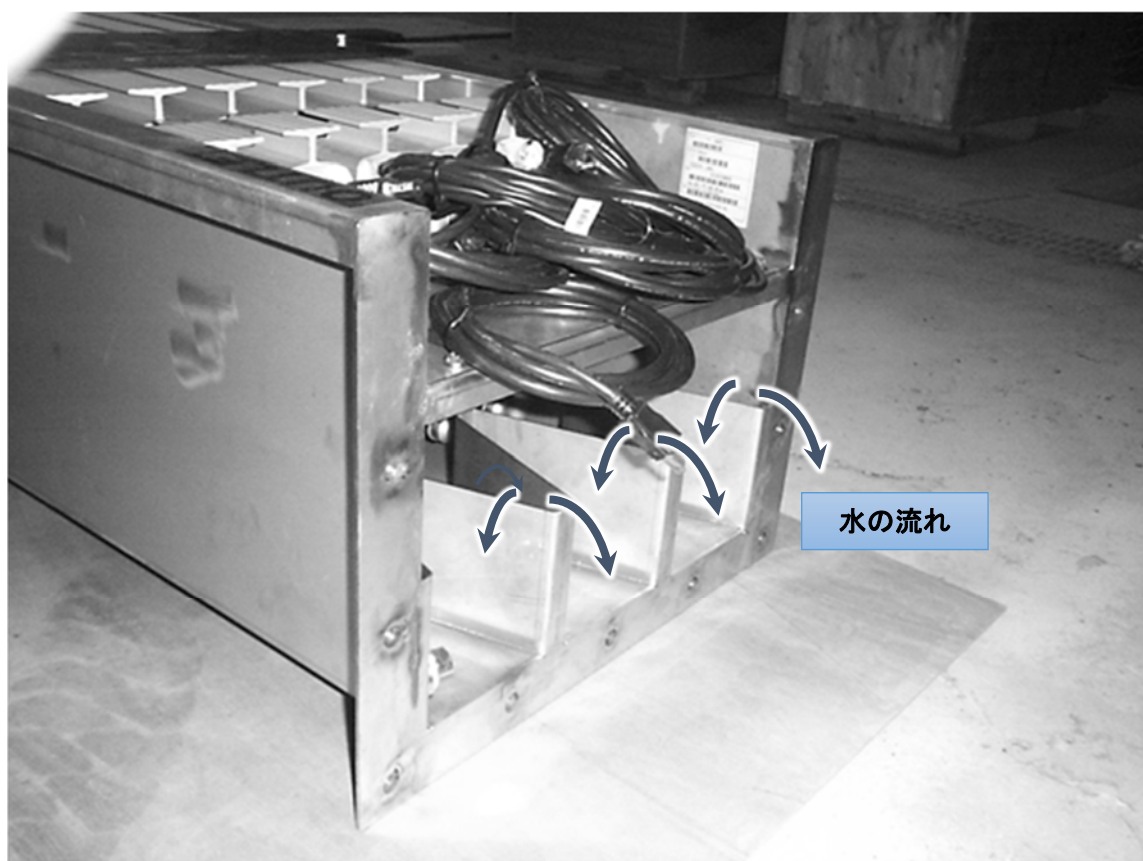


図 4-18 水位制御装置(固定堰)の例

§ 43 再生水槽の設計

再生水槽の設計基準は以下のとおりとする。

(1) 再生水槽数

再生水槽の設置数は、全系列で 1 槽、または運転サイクルや再生水の利用先の異なる系列ごとに 1 槽の設置が可能であり、状況に応じて選定する。

(2) 再生水槽の容量

再生水槽の容量は、必要な逆洗流量および、供給先での使用量の変動等を吸収できる容量を確保できることを標準とする。

【解説】

(1) 再生水槽数

再生水槽の設置数は、運転サイクルを全系列で同じとする場合には、全体に対して 1 槽の設置とすることができる。一方、系列ごとに運転サイクルを異なるものとする場合や、系列ごとに再生水の利用先が異なり、異なった運転管理を行う必要がある場合などは、条件の異なる系列ごとに 1 槽設置する。その場合、必要容量は、1 槽ごとに算定を行うものとする。

(2) 再生水槽の容量

再生水槽は逆洗用水槽を兼ねることから、逆洗用水が不足しないように、1 運転サイクルに必要な逆洗流量を確保できる容量を持つことを標準とする（「§ 38 洗浄設備の設計」参照）。

また、供給先でのバッファ能力（配水タンク等）を考慮し、再生水槽側で使用量の変動を吸収する必要がある場合は、その容量も加味する。

第5節 施設配置検討

§ 44 施設配置の検討

施設配置については、用地の条件等をもとに、経済性や維持管理性等を考慮して検討を行うものとする。

【解説】

配置検討にあたっては、用地の形状や、地盤や隣接地の条件をもとに、経済性や維持管理性、再生水の利用者と近隣住民の意見等を総合的に判断して検討を行うものとする。

検討すべき主な条件について以下に示す。

(1) 用地形状条件

用地形状によっては、配置上のデッドスペースが多くなり、必要な用地面積が大きくなる恐れがある。これにより、用地費が高くなることから、施設の多層階化による用地費の縮減効果と、建設費の増加額などを比較して、経済性の検討を行うことが重要である。

(2) 地盤条件

地盤条件により、基礎が必要となる場合があり、基礎が不必要な場合と比較して、建設費に大きな違いが出ることから、建屋や水槽の配置位置の地盤を確認することが重要である。

(3) 隣接地条件

利用者に、処理施設まで再生水を取りにきてもらう場合には、利用者の車両の出入りが多くなり、近隣住民の苦情などの恐れもある。そのため、利用者車両の出入り口や作業場所については、近隣住民の意見を踏まえて検討を行うことが重要である。

また、多層階の施設とする場合には、隣接地への日照に関する検討を行うことも重要である。

(4) 維持管理条件

更新等の際の機器搬出入の動線の確保や、工事用車両の出入り、駐車・転回スペースの確保など、維持管理に必要な事項についても、検討を行い施設配置を決定することが重要である。

なお、本システムの標準的な配置面積は「§ 22 本システムの施設面積」に示している。

第6節 監視制御システム

本システムにおける標準的な計装機器の設置位置は図 4-19 に示すとおりであり、各計装機器において監視および制御する内容を § 45～ § 47 に示す。

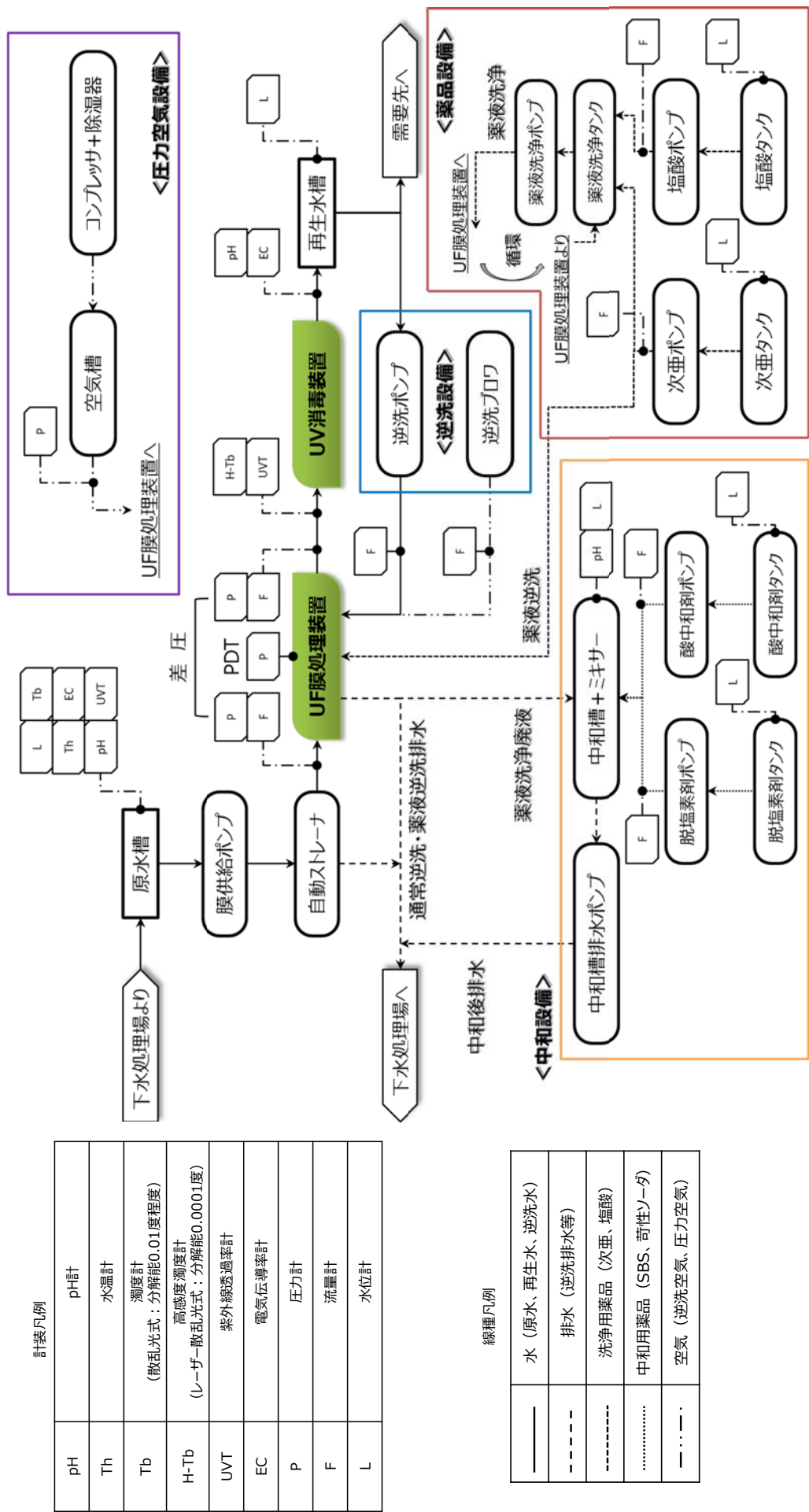


図 4-19 標準的な計装機器の設置位置

§ 45 UF 膜ろ過装置の監視制御システム

UF 膜ろ過装置について、正常な稼働状況を確認するため、以下の監視を行うことができるものとする。

(1)ろ過水量、膜ろ過 Flux の監視および UF 膜供給ポンプの制御

ろ過水量および膜ろ過 Flux を監視し、膜ろ過 Flux が設計値の一定となるよう、UF 膜供給ポンプの運転を制御できるものとする。

(2)膜間差圧の監視

UF 膜の前後において圧力を算定し、前後の差圧(膜間差圧)を監視できるものとする。

(3)圧力減衰試験のための圧力監視

圧力減衰試験の際に、UF 膜モジュール内の圧力を連続的に監視できるものとする。

(4)濁度の監視

UF 膜出口において、高感度濁度計による濁度監視をできるものとする。

【解説】

(1)ろ過水量、膜ろ過 Flux の監視および UF 膜供給ポンプの制御

UF 膜ろ過装置の前後においてろ過水量を測定し、膜モジュールの水漏れ等が発生していないかを監視できるものとする。

また、ろ過水量と、稼働中の UF 膜ユニットの膜面積から、膜ろ過 Flux を換算して監視できるものとし、膜ろ過 Flux が一定となるように UF 膜供給ポンプの運転を制御できるものとする。

(2)膜間差圧の監視

UF 膜ろ過装置の前後において圧力を算定し、前後の差圧(膜間差圧)を測定(図 4-20 参照)し、膜間差圧が設計圧力「§ 36 UF 膜ろ過装置への原水供給」を超えることがないよう監視できるものとする。

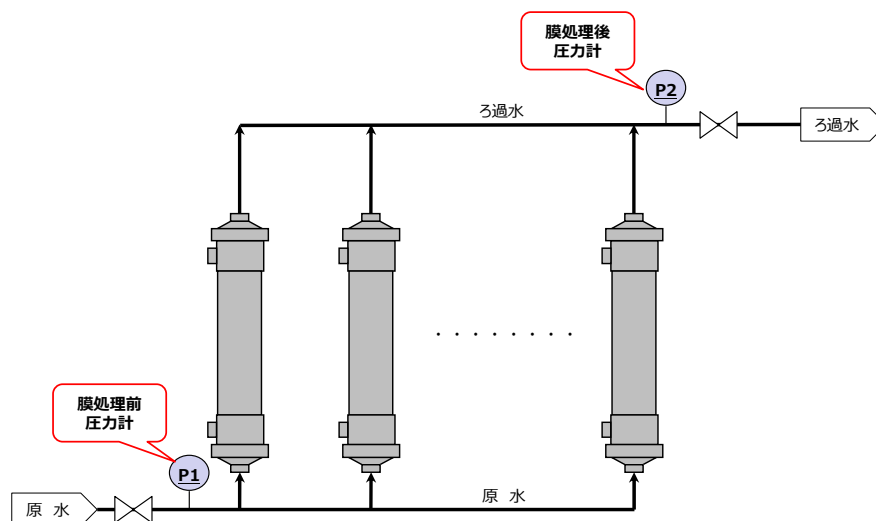


図 4-20 UF 膜ろ過前後の圧力計測位置

(3) 圧力減衰試験のための圧力監視

UF 膜の破断の有無を確認するための圧力減衰試験の際に、空気槽およびUF 膜モジュール内の圧力を連続的に監視できるものとする。

なお、圧力減衰試験の方法については資料編6を参照されたい。

(4) 濁度の監視

UF 膜ろ過装置出口において、分解能 0.0001 度までの測定が可能な高感度濁度計による濁度監視をできるものとする。

なお、濁度の管理値については、「§ 49 安定的処理状況の連続的な確認方法」に示しているので参照されたい。

§ 46 UV 消毒装置の監視制御システム

UV 消毒装置の監視制御システムは、以下のとおりとする。

(1) UV 透過率の監視

UV 消毒装置の流入部において、UV 透過率の監視ができるものとする。

(2) UV 照射ランプの自動調光制御

UV 透過率、および UF 膜ろ過装置出口の流量(UV 消毒装置への流入量)から、UV 照射ランプの自動調光制御を行うことができるものとする。

【解説】

(1) UV 透過率の監視

UV 透過率は、UV 照射量およびウイルス不活化性能に大きな影響を与える因子のひとつである。図 4-21 に示すように、実証施設では MS2 の添加が不可能であるため、本研究では下水処理水に含まれている GI フェージの不活化率は UF 膜をバイパスした UV 施設で評価した。また実験室での小型照射施設で、GI フェージと MS2 フェージの UV の感受性が概ね同等であることを確認しているため、両者の不活化率を同等に扱っている。図 4-21 では、UV 照射出力を低下させた場合、GI フェージの log 不活化は、低下した。設計値の 60% 程度の出力では、GI フェージが検出限界にまで低下し、log 不活化は、少なくとも 4.2 であることが確認されている。このため、100% の設計出力では、UV 照射での log 不活化は、4.2 を上回って確保できている。

このことから、UV 消毒装置の流入部において、UV 透過率の監視を行い、必要に応じて UV 消毒装置の調整を行うことができるものとする。

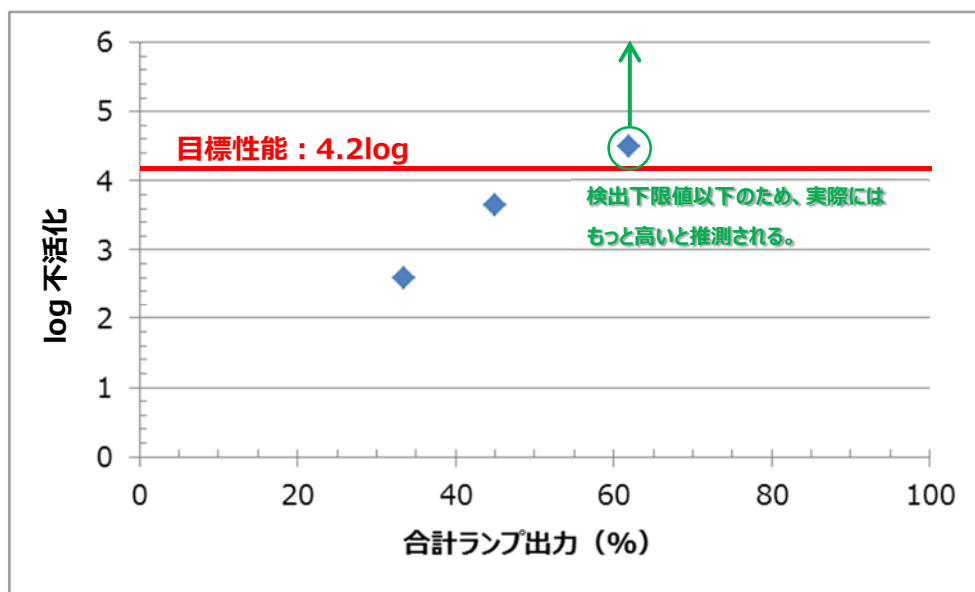


図 4-21 ランプ出力とウイルス除去（不活化）の関係の例

(2) UV 照射ランプの自動調光制御

UV 消毒装置の機種によっては、原水の性状に応じてランプの出力を自動的に増減させる機能（自動調光機能）を持っているものがある。自動調光機能は、流入水（UF 膜ろ過水）の状態に合わせて本システムでの目標紫外線照射量を確保できるようにランプの出力を調整するもので、過大なランプ出力での運転を防ぎ、消費電力の低減等の効果が期待できる（資料編1参照）。

自動調光制御は、UV 透過率、および UF 膜ろ過水量（UV 消毒装置への流入量）から、UV 照射量が、「§ 41 UV 消毒装置の設計」において設定した設計値となるようにランプ出力を自動制御するものである。制御の詳細は採用するメーカーによるが、下式に標準的な出力調整の考え方を一例として示す（図 4-22 参照）。

$$[\text{UV 照射ランプ出力}(\%)] = [\text{UV 照射ランプ設計出力}(\%)] \times \frac{[\text{実測流量}] / [\text{設計流量}]}{[\text{実測UV透過率}] / [\text{設計UV透過率}]} \quad \cdots (\text{式 4.57})$$

なお、UV 照射ランプの調光制御は、本システムに必須ではないことから、自動調光制御を行うことによるコスト低減効果を検討し、必要性を判断するものとする。

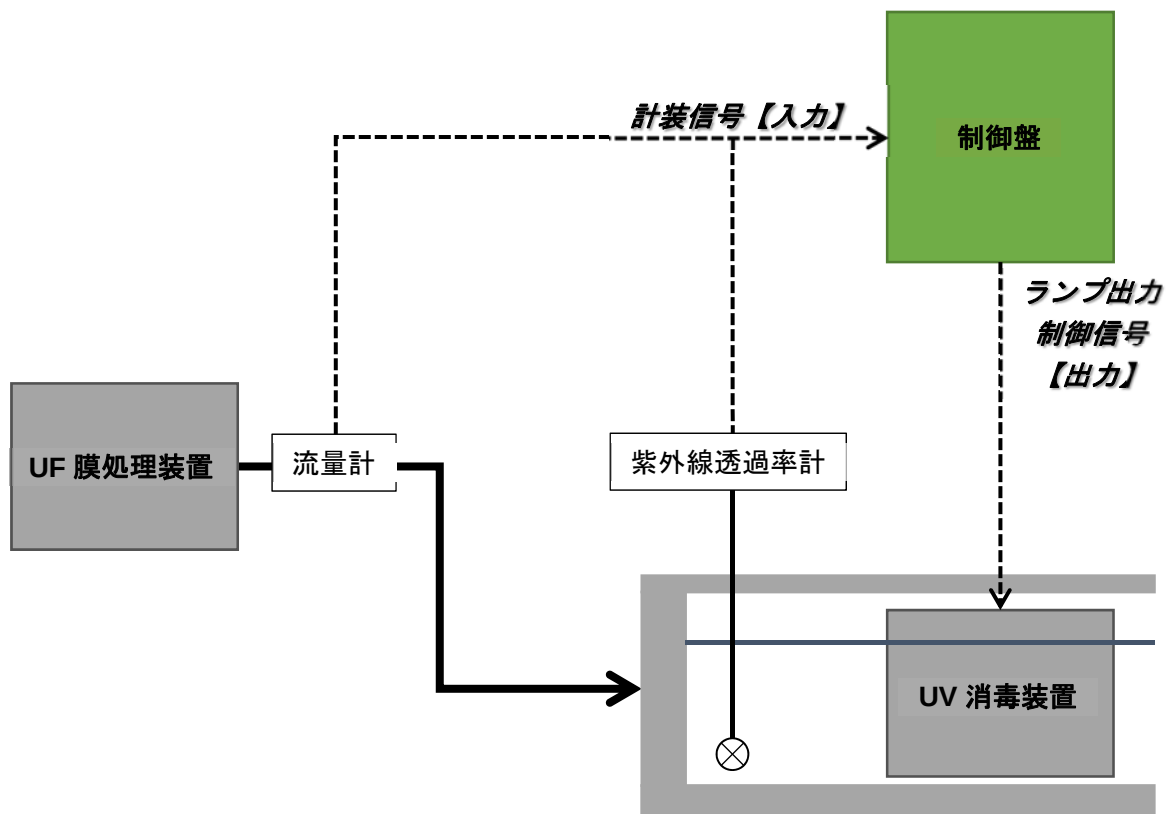


図 4-22 自動調光制御システムの例

§ 47 水質異常の監視システム

流入原水の水質異常を確認するために、以下の監視を行うものとする。

(1) 原水の水温監視

原水槽において、水温の監視ができるものとする。

(2) 原水および再生水の pH 監視

原水槽および再生水槽において、pH の監視ができるものとする。

(3) 原水および再生水の EC 監視

原水槽および再生水槽において、電気伝導度 (EC 値) の監視ができるものとする。

【解説】

(1) 原水の水温監視

流入原水に異常な工場排水などの流入があった場合の判断を行うために、原水槽において水温の監視ができるものとする。

(2) 原水および再生水の pH 監視

流入原水に異常な工場排水などの流入があった場合の判断を行うために、原水槽において pH の監視ができるものとする。

また、再生水について、利用先の利用基準が設けられている場合には、再生水槽においても pH の監視ができるものとする。

(3) 原水および再生水の EC 監視

原水槽および再生水槽において電気伝導度 (EC 値) の監視ができるものとする。

また、再生水について、利用先の利用基準が設けられている場合には、再生水槽においても電気伝導度 (EC 値) の監視ができるものとする。