

水道施設設計指針

2012

厚生労働省

5. 浄水施設

(抜粋版)

本指針は「水道施設設計指針 2012（日本水道協会）」5. 浄水施設を抜粋したものである。

【目 次】

5. 浄 水 施 設	1
5.1 総 説	1
5.1.1 基本事項	1
5.1.2 調査	4
5.1.3 計画浄水量と施設能力	8
5.1.4 浄水処理方法及び浄水施設の選定	9
5.1.5 排水処理	15
5.1.6 浄水施設の配置計画	15
5.1.7 水質管理	22
5.1.8 施設の改良と更新	22
5.1.9 安全対策	25
5.2 着水井	28
5.2.1 総則	28
5.2.2 構造及び容量	28
5.2.3 量水装置	29
5.3 凝集用薬品注入設備	30
5.3.1 総則	30
5.3.2 凝集剤	31
5.3.3 酸・アルカリ剤	33
5.3.4 凝集補助剤	34
5.3.5 検収設備	34
5.3.6 貯蔵設備	35
5.3.7 注入設備	35
5.4 凝集池	38
5.4.1 総則	38
5.4.2 混和池	39
5.4.3 フロック形成池	40
5.5 凝集沈澱池	47
5.5.1 総則	47
5.5.2 横流式沈澱池の構成及び構造	50
5.5.3 横流式沈澱池の設計指標	51
5.5.4 傾斜板（管）式沈澱池	52
5.5.6 整流設備及び取出し設備	53
5.5.7 排泥設備	54
5.5.8 排泥管及び越流管	55
5.6 急速ろ過池	56
5.6.1 総則	56
5.6.2 構造及び方式	58

5.6.3	ろ過面積、池数及び形状	58
5.6.4	ろ過流量調節	59
5.6.5	ろ過速度	61
5.6.6	ろ過砂及び砂層の厚さ	61
5.6.7	ろ過砂利及び砂利層の厚さ	64
5.6.8	下部集水装置	65
5.6.9	水深及び余裕高	69
5.6.10	洗浄方式	69
5.6.11	洗浄水量等	71
5.6.12	洗浄タンク及び洗浄ポンプ等	71
5.6.13	洗浄排水渠及びトラフ	72
5.6.14	急速ろ過池の配管（渠）及び弁類	74
5.6.15	配管廊及び操作廊	74
5.6.16	多層ろ過池	75
5.6.19	直接ろ過（マイクロブロック法）	76
5.7	緩速ろ過池	77
5.7.1	総則	77
5.7.2	構造及び形状	78
5.7.3	ろ過速度	79
5.7.4	ろ過面積及び池数	80
5.7.5	ろ過砂及び砂層の厚さ	80
5.7.6	ろ過砂利及び砂利層の厚さ	81
5.7.7	下部集水装置	81
5.7.8	水深及び余裕高	82
5.7.9	調節装置	82
5.7.10	逆送設備	83
5.7.11	流入設備、越流管及び排水管	83
5.7.12	洗砂設備等	84
5.8	膜ろ過施設	85
5.8.1	総 則	85
5.8.2	膜ろ過施設	87
5.8.3	前処理設備	87
5.8.4	膜及び膜モジュール	87
5.8.5	膜ろ過設備	92
5.8.6	膜洗浄と排水処理	93
5.8.7	機械・電気設備	93
5.8.8	付属設備	94
5.9	浄水池	95
5.9.1	総則	95

5.9.2	構造	95
5.9.3	水位	95
5.9.4	容量	96
5.9.5	流入管、流出管及びバイパス管	96
5.9.6	越流設備及び排水設備	96
5.10	消毒設備	97
5.10.1	総則	97
5.10.2	塩素剤の種類、注入量及び注入場所	98
5.10.3	貯蔵設備	103
5.10.4	注入設備	105
5.10.5	塩素注入制御	109
5.10.6	保安用具の保管場所	109
5.10.7	除害設備	110
5.10.8	配管その他	110
5.11	塩素処理設備	111
5.11.1	総則	111
5.11.2	前塩素処理	112
5.11.3	中間塩素処理	113
5.12	エアレーション設備	114
5.12.1	総 則	114
5.12.2	エアレーション方式	115
5.13	粉末活性炭吸着設備	116
5.13.1	総 則	116
5.14	粒状活性炭吸着設備	118
5.14.1	総 則	118
5.15	オゾン処理設備	119
5.15.1	総 則	119
5.16	生物処理設備	120
5.16.1	総 則	120
5.17	除鉄・除マンガン設備	121
5.17.1	総 則	121
5.17.2	除鉄設備	121
5.17.3	除マンガン設備	122
5.21	その他の処理	124
5.21.2	pH 値の調整	124
5.21.4	フッ素の除去	124
5.21.5	ヒ素の除去	124
5.23	場内連絡管路及び水路	125
5.23.3	平均流速	125

5. 浄 水 施 設

5.1 総 説

5.1.1 基本事項

浄水施設は水道施設の中樞をなすもののひとつであり、その機能が水道システム全般に直接的な影響を及ぼす。

浄水施設の機能は、浄水処理によって所要の水質の水を必要量、安定して得ることが基本となる。水道に対する社会的ニーズを反映して「安全・快適な水の供給」、「災害・事故等への対応を含むより安定した水供給」、「環境・エネルギー対策」、「非常時の対応」等、従来よりも一段高い水準の機能を持つような施設整備が求められている。

浄水施設整備の計画、設計においては、「水道施設の技術的基準を定める省令」（平成 12 年 2 月 23 日厚生省令第 15 号）のほか関係法令に定められた事項を遵守するとともに、関連する学会、協会等が定めた技術的な基準、指針を参考に必要な性能を確保する必要がある。浄水施設の関連基準、指針を表 5.1.1 に示す（1.3.4 設計の手順及び準拠すべき基準参照）。

表-5.1.1 構造物設計に関する関連基準・指針

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">・ JIS B 8501 : 1995 鋼製石油貯蔵の構造（全溶接製）（平成 8 年、日本規格協会）・ WSP 063-97 鋼製配水池設計指針（平成 9 年、日本水道鋼管協会）・ 水道用プレストレストコンクリートタンク設計施工指針・解説（1998 年版）（平成 10 年、日本水道協会）・ 道路土工－仮設構造物工指針、道路土工－のり面工・斜面安定工指針、道路土工－擁壁工指針（いずれも平成 11 年、日本道路協会）・ 水道施設の技術的基準を定める省令（平成 12 年、厚生労働省）・ 建築基礎構造設計指針（平成 13 年、日本建築学会）・ LNG 地上式貯槽指針（平成 14 年、日本ガス協会）・ コンクリート標準示方書設計編（平成 20 年、土木学会）・ 容器構造設計指針・同解説（平成 8 年、日本建築学会）・ 鋼・合成構造標準示方書（平成 20 年、土木学会）・ 建築基準法（昭和 25 年法律第 201 号）・ 建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）・ 建築物の構造関係技術基準解説書（平成 19 年、日本建築防災協会、日本建築センター）・ 水安全計画策定ガイドライン（平成 20 年、厚生労働省）・ 水道施設耐震工法指針・解説 2009（平成 21 年、日本水道協会） |
|---|

浄水施設の計画等に当たっては、以下の点について十分な調査、検討を行う必要がある。

1. 浄水施設の規模

浄水施設の規模は水道全体の基本計画の中で、拡張の見込みまで考慮に入れた適正な値として決定する。また、施設の改良、更新時においても計画浄水量が確保できるように、かつ、災害、事故等に対して水道システムの安定性を高めるため、水道施設全体計画との整合に注意しながら、必要に応じて一定の予備力を持つことが望ましい。

2. 水源の確保

水源からの取水可能量は、浄水施設の規模に直接関わるので、将来取得すべき水利権量も含めて、必要量の確保に長期的な計画が必要である。

3. 原水水質と浄水水質の管理目標

1) 原水水質の調査

原水水質は浄水方法の選定にあたっての最も重要な要素の一つである。水質項目としては、水質基準項目だけでなく、対応が必要となる項目についても調査する。原水水質については、現在得られるデータの分析だけでなく、水源水質に影響を及ぼす要因となる水源周辺の都市開発、工業立地あるいは農業開発などの動向にも注意して、将来の原水水質の予測を行い、将来的な浄水方法の変更、追加等の可能性も考慮しておく。

2) 浄水水質の管理目標

水質基準への適合等は給水栓水を対象とした最低限守るべき基準であることを考慮の上、水道事業者の自己責任において、安全・快適な水の供給を目指して、浄水水質の水質管理項目と目標値を設定する必要がある。

4. 浄水処理方法及び浄水施設の選定

1) 浄水処理方法

浄水処理方法には、消毒のみの方式、緩速ろ過方式、急速ろ過方式、膜ろ過方式、さらに高度浄水処理及びその他の処理を付加したものがある。その選定にあたっては、どのような原水水質に対しても浄水水質の管理目標を満足することをはじめ、浄水施設の規模や運転制御及び維持管理の技術水準などを考慮する必要がある。

2) 浄水施設の選定

浄水施設の選定に当たっては、同じ浄水処理方法であっても採用できる施設は条件によって異なってくるので、施設の設置スペース、建設費、運転費、維持管理費を含むトータルコスト、維持管理の確実性、容易性及び環境負荷低減技術の選択なども考慮する。浄水施設によっては、処理水量により処理性能が大きく低下する処理技術もあるため計画浄水量だけでなく、実際の運用水量を勘案し、いかなる場合でも求められる処理機能が発揮できるよう浄水施設を選定する必要がある。

また、各種の浄水処理技術の開発など、浄水施設が複雑かつ多様化する中で、できるかぎり維持管理しやすい浄水方法、浄水施設の選択に留意する

5. 浄水施設の位置及び配置

浄水施設を設置する位置については、用地の取得が可能であることはもちろん、給水区域との高低差を利用してエネルギーが効率的に利用でき、外部からの汚染を受けにくく、自然災害に対しても安全で安定した良好な基礎地盤が得られ、大規模な工事を行うことなしに整地のできる場所が理想である。

浄水施設の平面配置に当たっては、各浄水処理工程がそれぞれの機能を十分に発揮できるよう、また、全体の水位関係からみても土地の高低差を利用した合理的なものとするのが重要である。特に基礎地盤の位置によっては、施設の安定性や建設コストに大きく影響するため、事前調査結果を十分考慮し適正な垂直配置となるよう留意する。さらに、用地効率のよい配置に心掛け、必要に応じ将来の施設の改良・更新や拡張のための余地を確保しておく。

6. 環境への配慮

浄水施設は関係法令に基づいて、浄水処理排水の公共水域への排出、悪臭、騒音等について周辺環境に与える影響に配慮されたものであるほか、施設建設時の影響もできるだけ少なくするように配慮する必要がある。

7. 災害、事故に対する安全性、安定性の確保

浄水施設は、自然災害や事故等の非常時に際しても断水等の給水に対する影響をできるだけ少なくし、すみやかな復旧が行えるような配慮が必要である。このため、被害を未然に防止できるよう、あるいは、一部が破損又は停止した場合に、被害の拡大や二次災害を防止できるよう、必要に応じて水流の遮断、排水及び水圧の調整等の方策を施しておくことが重要である。

浄水施設は水道の基幹施設であり、地震動に対して十分な安全性を確保する必要がある。そのため、建設地はできるだけ良好な地盤で、地形変化が少ない場所を選定する。必要な場合は基礎工に留意するとともに、地盤改良などを行う。

必要に応じて施設の分散化や水源の多系統化及び原水、浄水の相互連絡施設の設置等にも配慮することが、渇水や水質事故等の発生、津波等による水源の塩水化等に備えるためにも有効である。さらに、機器の事故や故障に対して、必要な場所に予備設備を設置したり、受電を二回線や自家発電の充実等の対策を行っておく（1.1.4 リスク管理参照）。

8. 施設の改良と更新

施設はいずれ老朽化することから、将来の改良・更新が容易に行えるよう、用地の確保や施設の配置、構造及び必要に応じて予備力の確保等に配慮する。また、実際の改良・更新の際には施設規模の見直しや既存施設との間で処理性能、水理及び運転管理などの様々な面で整合、調和を図っておくことが重要である（1.1.3 施設の改良と更新参照）。

5.1.2 調査

浄水施設の計画に当たっての調査は、次の各項による。

1. 新設・拡張の場合
 - 1) 浄水施設計画のための調査
 - 2) 立地計画のための調査
 - 3) 建設計画のための調査
2. 改良・更新の場合
 - 1) 改良・更新計画のための調査
 - 2) 改良・更新の実施のための調査

〔解説〕

1.1) について；

浄水施設計画の策定に当たっては、原水水質を適切に把握する。

原水に含まれる成分やその濃度は変化に富み、水源によって固有の特徴がある。さらに、流域の都市化の進展、開発等による排水の影響を受けて、将来的に水質汚濁が進行する場合がある。したがって、現状水質を十分把握するとともに、流域の開発動向に基づいて将来の水質予測を十分に行っておく。

5.1.4 浄水処理方法及び浄水施設の選定を参考にし、原水水質及び浄水の目標水質が達成可能な浄水処理方法を選定した上で調査を行う。浄水場の計画に当たっては原水水質の把握に加え、各処理施設についての処理特性、処理方式、及び排水処理方式のほか、管理方式などについても調査が必要である。

①水質調査項目

現状水質の把握に当たり、調査すべき水質項目は、原水水質が最も悪化すると考えられる洪水時、渇水時などを含む少なくとも月1回の割合で1年間は消毒副生成物関連項目を除く水質基準全項目及び必要な水質管理目標設定項目、遊離炭酸、アンモニア態窒素、生物化学的酸素要求量（BOD）、化学的酸素要求量（COD）、紫外線吸光度（UV）、浮遊物質（SS）、侵食性遊離炭酸、全窒素、全リン、消毒副生成物生成能、生物等とする。

a. 河川水の場合

河川水の水質は、気温、流量、流域の地質、排水等の自然環境や社会環境の影響を受けやすく、その影響の度合いは地域や時期によって異なる。したがって、水質調査項目は、各水源の状況に応じて適正な調査箇所、項目、頻度等を定める。

洪水時には、特に濁度の変動が著しいので、その時間変動まで詳細に調査する。

一方、渇水時には、流量の減少とともに溶解性物質の濃度が高くなり、さらに流入する排水の影響を受けやすいので、アンモニア態窒素、全有機炭素（TOC）、BOD、陰イオン界面活性剤等につ

いて調査する。

b. ダム水、湖沼水の場合

既設の貯水池から取水する場合は、富栄養化の原因物質となる全窒素、全リン等とともに、ろ過障害や異臭味等の問題を生じるプランクトン藻類などの生物について調査を行う。生物は貯水池・湖沼の成層期や循環期等によって変動するため、年間を通してその種類と個体数、クロロフィル a、臭気等について調査する。

貯水池・湖沼の底層部では、溶存酸素の低下によって底泥から鉄、マンガンが溶出するので、深度別に水温、溶存酸素 (DO)、鉄、マンガン等を調査する。新設する貯水池から取水する場合は、類似の貯水池について調査し参考とする。

c. 地下水の場合

地下水には不圧地下水と被圧地下水とがあり、一般に水質は良好であるが、不圧地下水は地表水の影響を受けやすく、被圧地下水は帯水層周囲の地質に由来する固有の特徴がある。

水質項目としては、水温、pH 値、色度、侵食性遊離炭酸、アンモニア態窒素、硝酸態窒素、鉄、マンガン、鉄細菌、細菌等及び地域によってはヒ素やフッ素等に留意する。

また、有機溶剤による汚染の事例が多いので、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンに加え、1,1,1-トリクロロエタン等の揮発性有機化合物についても調査する。

d. 伏流水の場合

伏流水は河川水が透水性の良い地層を流れている状態であるので、河川水より濁度が低く、水温なども比較的安定しており、水質的には地表水と地下水の中間的性質を持っている。試験項目は河川水と地下水に準じて行う。

②水質データの解析

浄水施設は、原水の水質が悪いときでも十分処理できるよう計画する。原水の水質は、たとえ同一河川であっても、取水地点、時期が異なれば変わり、特に洪水時、渇水時、融雪時等には、濁度、アルカリ度、pH 値、アンモニア態窒素、TOC、過マンガン酸カリウム消費量、細菌数等に著しい変動がみられる。これらの水質データと流域の環境、洪水、融雪、気温、渇水等との関係について解明し、水源の水質特性を明らかにする。渇水時の河川流量の減少時、貯水池や湖沼の異常な水位低下時は水質の悪化が著しいので、そのデータは、発生頻度について考慮の上で、統計的解析に用いるかどうかを判断する。

1.2) について ;

浄水場の立地計画に当たっては、次の各事項について十分調査する。

(1) 水道施設全体の配置を考慮する。

浄水施設は、取水から配水に至る他の施設と一体となって水道としての機能を果たすものであるから、その立地に当たっては、水道施設全体の平面配置並びに水位関係に配慮することが重要である。

(2) 衛生的な環境とする。

浄水場は飲料水の生産の場所であるから、汚染源が近くにあるような場所は浄水施設計画とのかねあいも考慮の上で、できるかぎり避ける必要がある。取水点上流における工場や事業場等からの排水の放流状況だけでなく、浄水場は、通常開放された広い水面を有し外部からの汚染を受けやすいので、空中を飛来する汚染物に関連する汚染源（ゴミ処理場や農薬の空中散布の実施など）も含めて、周囲の環境を調査する。

(3) 災害に対して安全なものとする。

浄水場に限らず、水道施設は災害に対する安全性の確保が必要である。地震、豪雨、台風、津波等により、施設の倒壊・破損、浸水、塩害などの災害を受けやすい場所へ立地することは、給水の安定性確保の点から望ましくなく、立地計画にあたっては、当該地域のハザードマップなどを参考にしながらこれらの災害に対して安全な場所を選定する。

地震に対しては軟弱地盤や液状化の可能性のある場所及び直下型地震の発生のおそれのある活断層付近などをできるだけ避けて堅固な地盤の場所を選び、豪雨や浸水のおそれに対しては低地を避けて排水の良い場所を選ぶ。

(4) 用地は必要な面積と形状を確保する。

浄水場の用地としては、浄水施設のほか、管理建物用、管路用、維持管理用のためのスペースを考慮する。

浄水施設の建設計画は何期かに分けて実施されることが多いが、用地をその都度取得することは困難であり、あらかじめ全部の用地を確保しておくのが一般的である。また、施設の改良、更新のために必要な用地も考慮しておく。

浄水場の施設規模と用地面積の関連を図-5.1.2に示す。

用地の形状は、あまり細長くない長方形が配置上有利である。

用地はできるだけ平坦な地形が望ましいが、高低差があっても処理施設の水位関係に合わせることができれば不利にはならない。一部低い所は、排水処理施設を配置するなどがその例である。

(5) 施設の維持管理上便利な位置とする。

浄水場は水道施設の中でも中枢の施設であり、その維持管理は水道の維持管理の根幹をなしている。そのため、日常の維持管理がしやすい位置にあることが有利であり、また、浄水場への薬品や資材の搬入なども容易なように配慮する。

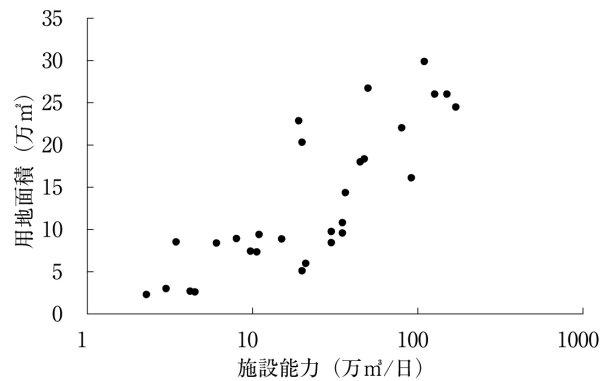


図-5.1.2 浄水場施設規模と用地面積

2.1) について；

施設の改良・更新は、老朽化、陳腐化した既存施設の機能回復、改善を目的とする場合と、水道水質の向上を目的とした処理性能、能力の向上を目的として行う場合がある。いずれの場合も事前に既存施設の機能評価と診断を行い、効果・効率的に改良・更新できるようにすることが重要である。施設の機能評価と診断は基本的に個別の施設を対象にするが、一方で改良・更新の対象は水道システム全体を総合的に評価し、最も効果が得られる施設を選定することが重要である。施設の劣化度や効率性などの技術上の問題点、水質基準等の強化などに伴う新たなニーズの発生、リスク管理強化などについて機能評価と診断を行うとともに、併せて施設の役割、備えるべき性能を整理したうえで改良・更新の目的と理由を明確にする。

2.2) について；

浄水施設の改良・更新は一般に既存施設を稼働しつつ行われるので、既存施設への影響をできるだけ少なくするとともに、改良・更新完了後、新旧施設が一体となって機能するよう、旧施設と十分な整合を図る必要がある。このため、次の事項について調査する（5.1.8 施設の改良と更新参照）。

- ① 改良・更新の施工方法
- ② 既存施設の能力減を補うための対策
- ③ 工事に伴う振動、粉塵その他の維持管理への影響
- ④ 用地内での施設の配置関係
- ⑤ 施設間の水位関係
- ⑥ 新旧施設の運転管理方式の整合性

5.1.3 計画浄水量と施設能力

浄水施設における計画浄水量及び施設能力は、次の各項による。

1. 計画浄水量は、計画一日最大給水量を基準とし、これに作業用水などを見込んで決める。
2. 浄水施設は計画浄水量を適正に処理できる能力とする。
また、改良・更新時にも浄水能力を確保し、災害や機器の故障・事故などに際しての水道システムとしての安全性を高めるため、予備力を持つことが望ましい。

〔解説〕

1. について；

計画浄水量は、計画一日最大給水量を基準として、これに浄水場内での作業用水、雑用水、その他損失水量を考慮して決定する。作業用水としては、沈澱池の排泥、ろ過池の洗浄用水又は洗砂用水、薬品の溶解希釈用水、液化塩素の注入のための圧力水、機器の冷却水、水質試験用水及び施設の清掃用水があり、雑用水としては、場内給水、場内清掃用水等がある。

2. について；

1) 予備力の考え方

浄水施設は、1. で決定した計画浄水量を安定して処理できる能力をもつもので、改良・更新時においても常にこの能力を維持できることが望ましい。また、災害時や機器の故障・事故等に際しても、給水への影響を最小化し復旧を迅速化しうるような配慮も必要であり、浄水施設においては、このための予備力を持つことが望ましい。

予備力は、従来の日常的な小規模の故障、清掃、点検等に対するものではなく、大規模、長期にわたる能力減に対するものであり、ろ過池の予備池など日常の運転管理上必要なものは含まない。

浄水場内の施設を複数の系列に分割する場合、浄水場の予備力は、その一系列相当分とし、当該浄水場の計画浄水量の 25%程度を標準とする（1.2.1 総則参照）。

2) 小規模浄水場等の予備力

浄水場の処理系が一系列あるいは二系列しかないような場合は、予備力として一系列分を上乗せすることは非常に困難であり、また上乗せできたとしても過大になる。このような場合にも、沈澱池、ろ過池は複数あるのが原則で、沈澱池には傾斜板、ろ過池には二層ろ過などによって簡単に能力を高められるようにしておくことにより、予備力を生み出すことができる。また、系列停止の場合には、水質及び水理上問題のない範囲であれば、残りの系列の一時的な過負荷運転を行うなど、施設のもつ余裕の利用について考慮することも可能である。

3) 水道システム全体としての予備力

複数の浄水場を保有する場合は、原水及び浄水の相互連絡施設を設けることにより、弾力的に水運用を可能にするとともに、主力となる浄水場を中心にして予備力を確保することへの配慮が必要である。

このように予備力の上限値は、いずれの水道にも一律に適用されるものではなく、浄水施設、配水池容量、原水連絡管等水道施設の整備状況によって異なるので、水道システム全体としての適切な予備力を設定する。

4) 運用・最低水量処理への配慮

選定する浄水処理の技術によっては、最大水量で設計した場合に通常の運用水量で処理機能に支障を来す場合があるので、工夫が必要である。

5.1.4 浄水処理方法及び浄水施設の選定

浄水処理方法及び浄水施設の選定は、次の各項による。

1. 浄水処理方法は、水質基準に適合した水道水を安定して給水できるもので、原水水質、浄水水質の管理目標等により、消毒のみの方式、緩速ろ過方式、急速ろ過方式、膜ろ過方式の中から選択し、必要に応じて高度浄水処理などを組み合わせる。その後、浄水施設の規模、運転制御及び維持管理の技術水準等を勘案し決定する。

〔解説〕

1. について；

浄水処理方法の選定においては、一般的に次の事項について配慮する。

1) 水質基準等及び浄水水質の管理目標

浄水処理方法は「水質基準に関する省令」（平成 15 年 5 月 20 日厚生労働省令第 101 号）に示された水質基準（表-5.1.2 参照）を満足するものを選定しなければならない。水質基準以外にも水質管理上留意する項目として水質管理目標設定項目（表-5.1.3 参照）が設定されており、項目ごとに設定された目標値を満足することが望ましい。浄水処理方法として、これらの水質基準等及び独自に設定した管理目標が十分に達成できる方法を選定する。

表-5.1.2 水質基準項目

(平成 23 年 4 月現在) 逐次改正につき注意を要する

項目名	基準値 (mg/L)	項目名	基準値 (mg/L)
一般細菌	100 個/mL 以下	総トリハロメタン	0.1mg/L 以下
大腸菌	検出されないこと	トリクロロ酢酸	0.2mg/L 以下
カドミウム及びその化合物	0.003mg/L 以下	プロモジクロロメタン	0.03mg/L 以下
水銀及びその化合物	0.0005mg/L 以下	プロモホルム	0.09mg/L 以下
セレン及びその化合物	0.01mg/L 以下	ホルムアルデヒド	0.08mg/L 以下
鉛及びその化合物	0.01mg/L 以下	亜鉛及びその化合物	1.0mg/L 以下
ヒ素及びその化合物	0.01mg/L 以下	アルミニウム及びその化合物	0.2mg/L 以下
六価クロム化合物	0.05mg/L 以下	鉄及びその化合物	0.3mg/L 以下
シアン化物イオン及び塩化シアン	0.01mg/L 以下	銅及びその化合物	1.0mg/L 以下
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	10mg/L 以下	ナトリウム及びその化合物	200mg/L 以下
フッ素及びその化合物	0.8mg/L 以下	マンガン及びその化合物	0.05mg/L 以下
ホウ素及びその化合物	1.0mg/L 以下	塩化物イオン	200mg/L 以下
四塩化炭素	0.002mg/L 以下	カルシウム、マグネシウム等 (硬度)	300mg/L 以下
1,4-ジオキサン	0.05mg/L 以下	蒸発残留物	500mg/L 以下
シス-1,2-ジクロロエチレン及びトランス-1,2-ジクロロエチレン	0.04mg/L 以下	陰イオン界面活性剤	0.2mg/L 以下
ジクロロメタン	0.02mg/L 以下	ジェオスミン	0.00001mg/L 以下
テトラクロロエチレン	0.01mg/L 以下	2-メチルイソボルネオール	0.00001mg/L 以下
トリクロロエチレン	0.01mg/L 以下	非イオン界面活性剤	0.02mg/L 以下
ベンゼン	0.01mg/L 以下	フェノール類	0.005mg/L 以下
塩素酸	0.6mg/L 以下	有機物(全有機炭素(TOC)の量)	3mg/L 以下
クロロ酢酸	0.02mg/L 以下	pH 値	5.8 以上 8.6 以下
クロロホルム	0.06mg/L 以下	味	異常でないこと
ジクロロ酢酸	0.04mg/L 以下	臭気	異常でないこと
ジブromクロロメタン	0.1mg/L 以下	色度	5 度以下
臭素酸	0.01mg/L 以下	濁度	2 度以下

表-5.1.3 水質管理目標設定項目

(平成 23 年 4 月現在) 逐次改正につき注意を要する

項目名	目標値	項目名	目標値
アンチモン及びその化合物	0.015mg/L 以下	マンガン及びその化合物	0.01mg/L 以下
ウラン及びその化合物	0.002mg/L 以下(暫定)	遊離炭酸	20mg/L 以下
ニッケル及びその化合物	0.01mg/L(暫定)	1,1,1-トリクロロエタン	0.3mg/L 以下
亜硝酸態窒素	0.05mg/L 以下(暫定)	メチル-tert-ブチルエーテル	0.02mg/L 以下
1,2-ジクロロエタン	0.004mg/L 以下	有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)	3mg/L 以下
トルエン	0.4mg/L 以下	臭気強度(TON)	3 以下
フタル酸ジ(2-エチルヘキシル)	0.1mg/L 以下	蒸発残留物	30mg/L 以上 200mg/L 以下
亜塩素酸	0.6mg/L 以下	濁度	1 度以下
二酸化塩素	0.6mg/L 以下	PH 値	7.5 程度
ジクロロアセトニトリル	0.01mg/L 以下(暫定)	腐食性(ランゲリア指数)	-1 程度以下とし、 極力 0 に近づける
抱水クロラール	0.02mg/L 以下(暫定)	従属栄養細菌	2000 個/mL 以下
農薬類(総農薬として)*	1 以下	1,1-ジクロロエチレン	0.1mg/L 以下
残留塩素	1mg/L 以下	アルミニウム及びその化合物	0.1mg/L 以下
カルシウム、マグネシウム等(硬度)	10mg/L 以上 100mg/L 以下		

※目標値に対する検出値の比の総和

2) 浄水処理方法の選定

(1) 浄水処理方法選定の条件

浄水処理方法の選定にあたっては、原水水質の状況、水質基準等及び浄水水質の管理目標を中心に以下の事項を総合的に検討する。

- ① 原水水質
- ② 水質基準等及び浄水水質の管理目標
- ③ 浄水施設の規模
- ④ 浄水施設の運転制御及び維持管理の技術水準

浄水処理方法の一般的な選定手順は、図-5.1.3 に示すとおりであり、塩素剤による消毒に加えて、原水水質の調査結果から、不溶解性成分と溶解性成分に分けて浄水水質の管理目標値を定め、処理対象物質に有効な処理方法の中から、適宜組み合わせていくことになる。その際には、各単位処理方法の間で合理的な処理負荷の分担を行い、バランスのとれた効率的な浄水処理フローとすることが必要である。

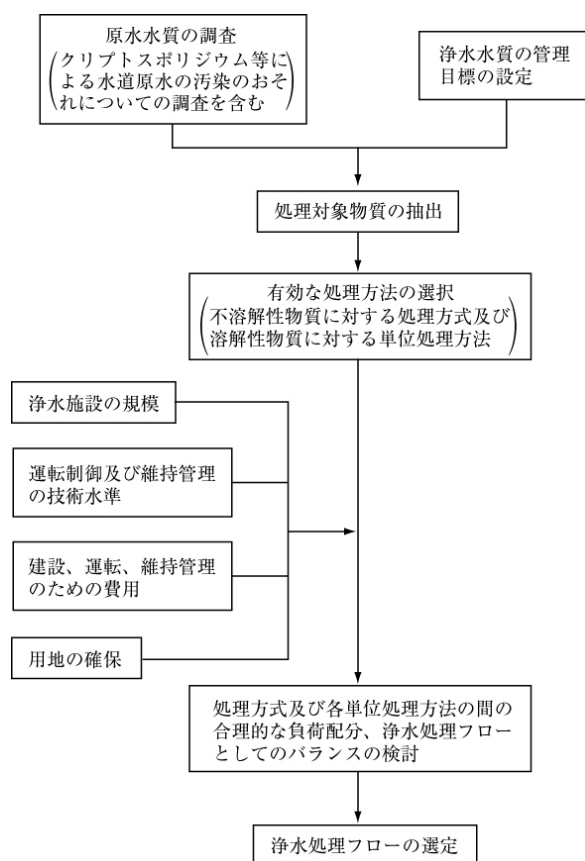


図-5.1.3 浄水処理方法の一般的な選定手順

また、処理性だけでなく施設の規模や運転制御、維持管理の技術水準、さらに、建設費、運転費及び設置に必要なスペース等を総合的に考慮の上、適正な処理フローとして組み立てていくこ

とが必要である。

さらに、用地の広さについても、浄水処理方法の選定の1つの条件となる。用地の狭い所では、緩速ろ過方式のような広い面積を必要とする浄水方法は採用が困難であり、面積的な処理効率の高い浄水方法を選定する必要がある。

(2) 浄水処理フローの選定

浄水処理フローを選定する際には、まず、不溶解性成分について、適切な処理方法を選択し、さらに、必要に応じて溶解性成分の処理のための処理方法を組み合わせることが一般的である。ただし、水質が良好な地下水などを水源とする場合は、消毒のみで水質基準が満足されることも多い。不溶解性成分の除去に有効な処理方式には代表的なものとして緩速ろ過方式、急速ろ過方式及び膜ろ過方式がある。以下にこれら代表的な処理方式の特徴を示す。

ア．消毒のみの方式

消毒のみの方式は、処理方法として最も単純であり、排水処理も不要であることなどから維持管理がしやすい。

イ．緩速ろ過方式

この方式は、一般に原水水質が良好で濁度も低く安定している（概ね10度以下）場合に採用される。比較的細かな砂層を4～5m/日のゆっくりした速さで水を通し、砂層表面と砂層に増殖した微生物群によって、水中の不溶解性物質や溶解性物質を捕捉及び酸化分解させるものである。

緩速ろ過方式は、維持管理が簡単で、安定した良質の処理水が得られるが、ろ過速度が遅いため、広い面積が必要であるとともに、砂の削り取りのための作業が必要である。

原水水質によって、沈澱池を設ける場合と省略する場合とがある。また、必要に応じて沈澱池には薬品処理可能な設備を付加する。

ウ．急速ろ過方式

この方式は、緩速ろ過方式では対応できないような原水水質の場合や敷地面積に制約がある場合に採用される。

処理方式は、凝集剤を注入して原水中の粘土質、細菌、藻類等の懸濁物質をあらかじめ凝集してフロックとし、一般的には沈澱池で沈降分離した後、急速ろ過池でろ過するもので、高濁度原水にも対処できるが、溶解性物質の除去能力は低い。

急速ろ過池は、緩速ろ過池よりも粗いろ過砂を用い、ろ過速度が緩速ろ過の30倍程度又はそれ以上の速さでろ過するもので、狭いろ過面積で大量の水が処理できる。

急速ろ過方式は凝集沈澱処理の良否が重要であり、凝集剤の最適注入など、管理運営に高度の技術が必要で、かつ、排水処理を伴う。しかし、自動化や遠隔制御などが可能であるため、省力化を行いやすい。

なお、原水濁度が長期にわたって安定して概ね 10 度以下の場合には、混和を主体とした凝集操作のみで、沈澱処理を省略して直接ろ過する直接ろ過法（**5. 6. 19 直接ろ過**参照）をとることも可能である。

エ．膜ろ過方式

この方式は懸濁物質やコロイドの除去を主な目的とする場合に用いられる。精密ろ過膜（MF）、限外ろ過膜（UF）の膜を用い、その膜孔径に応じた懸濁粒子等を物理的に除去するものである。

この方式は、数ヶ月間隔での膜の薬品洗浄、数年間隔での膜交換を要するが、機器数や可動部分が少なく、また、自動化や遠隔制御などが可能であり、運転管理などは一般に容易である。

オ．高度浄水処理

これまで述べた処理方法では、溶解性成分は十分除去できないため、除去対象となる溶解性物質の種類及び濃度により高度浄水処理を用いる必要がある。

高度浄水処理とは、不溶解性成分の除去を主体とする通常の浄水処理方法では除去できない臭気物質（2-メチルイソボルネオール、ジェオスミン等のカビ臭）、トリハロメタン等の消毒副生成物前駆物質、色度、アンモニア態窒素、陰イオン界面活性剤、トリクロロエチレン等の処理を目的とした、活性炭処理、オゾン処理、生物処理及びエアレーション（以下、エアレーション、揮散処理、曝気処理、ストリッピングを総称してエアレーションという。）をいう。

カ．その他処理

鉄、マンガン、侵食性遊離炭酸、フッ素、アンモニア態窒素、硝酸態窒素、硬度等の無機物を処理する目的で、それぞれの物質の除去に適した処理を行う必要がある場合もある（**5. 17 除鉄、除マンガン処理**、**5. 21 その他の処理**参照）。藻類等による生物障害のある場合は、障害生物の種類に適した生物除去処理を行う必要がある（**5. 18 生物除去設備**参照）。これら各水質項目別に有効な処理方法を整理すると**表-5. 1. 4**のとおりである。

表-5.1.4 処理対象物質と処理方法

	処理対象項目	処理対象物質	処理方法
不溶解性成分	濁度		緩速ろ過方式 ^{注1} 、急速ろ過方式(直接ろ過) ^{注2} 、膜ろ過方式 ^{注3}
	藻類		膜ろ過方式、マイクロストレーナ、浮上分離(急速ろ過方式の中で二段凝集、多層ろ過等の対応加去がある)
	微生物	クリプトスポリジウム	緩速ろ過方式、急速ろ過方式、膜ろ過方式、オゾン、紫外線処理 ^{注4}
		一般細菌、大腸菌	塩素、オゾン
溶解性成分	臭気	かび臭	活性炭、オゾン、生物処理
		その他の臭気 ^{注5}	活性炭、オゾン、エアレーション、塩素 ^{注6}
	消毒副生成	トリハロメタン前駆物質 ^{注7}	緩速ろ過方式、急速ろ過方式、膜ろ過方式、オゾン、活性炭
		トリハロメタン	活性炭、酸化、消毒方法の変更 ^{注8}
	陰イオン界面活性剤		活性炭、オゾン、生物処理
	トリクロロエチレン他		エアレーション、活性炭
	農薬 ^{注9} 、その他		活性炭、オゾン、塩素
	無機物	鉄	前塩素処理、中間塩素処理、エアレーション、鉄細菌利用法、生物処理
		マンガン	酸化(前塩素処理、中間塩素処理、オゾン、過マンガン酸カリウム)処理とろ過、生物理
		アンモニア性窒素	塩素(ブレイクイント塩素処理)、生物処理
		硝酸性窒素	イオン交換、膜処理(逆浸透)、電気透析、生物処理(脱窒)
		フッ素	凝集沈澱、活性アルミナ、骨炭、電気分解
		硬度	晶析軟化、凝析沈澱
		侵食性遊離炭酸	エアレーション、アルカリ剤処理
	色度	腐植質	凝集沈澱、活性炭、オゾン
	ランゲリア指数 ^{注10}		アルカリ剤処理、炭酸ガス・消石灰併用法

注1 原水濁度がおおむね10度以下で安定している場合。ただし、原水濁度の上昇に対して、沈澱処理または一次ろ過設備を緩速ろ過の前に追加して対応できる。

注2 原水濁度がおおむね10度以下で安定している場合は、凝集処理のみで急速ろ過を行う方式(直接ろ過)とすることができる。

注3 この表では膜ろ過(MF)式は精密ろ過(MF)及び限外ろ過(UF)をいう。中・高濁度の原水の処理には、一般的に前処理が必要。

注4 原水が地表水ではなく、その水質が紫外線処理に支障がない場合に用いることができる。

注5 臭気の原因物質により、有効な処理方法が異なる。

注6 アミン類のように塩素と結合して臭気が強くなるものがあるので注意を要する。

注7 ろ過方式で除去できるトリハロメタン前駆物質は懸濁性のものに限る。

注8 この表では、酸化、消毒方法の変更とは、前塩素処理方式から中間塩素処理への変更、前塩素・中間塩素処理からオゾン等他の酸化剤への変更及び遊離塩素から結合塩素への消毒方法の変更をいう。

注9 農薬の種類によって処理性が異なる(詳細については、水道維持管理指針13.水質管理参照)

注10 ランゲリア指数の改善は直接の処理対象物質ではないが、この欄に含めて記載した。

(3) 浄水処理フロー構成上の留意点

浄水処理方法について浄水処理フローとして構成する場合の留意点を示すと次のとおりである。

① 浄水処理フローを構成するに当たっては、それぞれの処理方法について、処理対象物質の適用可能な濃度、処理効果及び処理条件などの特性があるため、原水水質、浄水水質の管理目標等に基づいて選択された複数の処理方法について、適切な配列や負荷配分を考え、処理効率のよい合理的な浄水処理フローを設けるよう配慮する。

② 処理方法によっては、高濃度の濁質や消毒剤、酸化剤、pH調整剤等の薬品の注入、水温、

その他の影響を大きく受けて、処理効果変動する場合がある。

- ⑤ 選択された処理方法についての最大限の処理性を期待して、浄水処理フローを構成するのではなく、原水水質の変動範囲なども考慮して、個々の処理方法についての適切な余裕と浄水処理フロー全体としての柔軟性に配慮する。
- ⑥ 一つの処理方法のトラブルが浄水処理フロー全体に及ばないように、可能であれば、浄水処理フローの中にいくつかのバイパスを設ける。その際、バイパスの使用においては薬品注入の変更などを伴うことにも注意する。

5.1.5 排水処理

排水処理は、次の各項による。

1. 排水処理施設は、浄水施設から発生する排水を処理及び処分するのに十分な機能と能力を備えているものとする。
2. 排水処理の方法は、浄水施設との関連、原水水質、排水の量と質、スラッジの性状、脱水ケーキの有効利用又は処分方法、維持管理、用地面積、建設費、地域の環境等を考慮して適切なものを選定する。

5.1.6 浄水施設の配置計画

浄水施設の配置は、次の各項による。

1. 浄水処理方法に応じて、各浄水処理工程の施設がそれぞれの機能を十分発揮でき、かつ浄水場全体の調和と効率化が図られるとともに、維持管理や施設の拡張、改良及び更新が容易になるように配置する。
2. 処理系は、施設規模等に応じてできるかぎり独立した二つ以上の系列に分割する。
3. 各施設の水位は、水理計算や実験によって損失水頭を求めて定める。
4. 浄水場内の廃棄物集積所、汚水溜等は、汚染の危険のない構造及び配置とする。

〔解説〕

1. について；

1) 平面的配置の原則

浄水施設の平面的配置は、用地の広さと形状に制約されるが、原水の流入方向、送水方向、受電位置、処理工程の順序、管理に必要な空間、上屋などの場内の機能上必要な配列、接近道路の位置、ごみ処理場などの汚染源となる可能性のある外部施設及び騒音、振動、臭気等外部への影響のある施設などを総合的に考慮して定める。将来、拡張計画が予定されている場合は、そのスペースの確保と相互連絡のための管路、水路をあらかじめ配置計画に入れておくことや、改良、更新を考えた配置としておくことも重要である。

浄水施設の配置は、処理工程の順になるように計画することが原則である。このような配置は、水の流れ、薬品注入の容易さ、計装ケーブルの短縮、施設の切り替え使用の容易さなど水理上からも維持管理上からも有利である。

例として、急速ろ過方式の浄水施設の配置について留意すべきポイントを施設別にあげると以下のとおりである。

(1) 着水井

着水井は、その後の凝集、沈澱、急速ろ過と続く処理工程をスムーズに行える位置に選定する。

(2) 凝集池、フロック形成池及び沈澱池

凝集池、フロック形成池及び沈澱池は、連続した処理工程なので、それぞれを分離して配置することは好ましくない。分離すると距離が長くなり、流下時間が長くなって良好なフロックの成長を妨げたり、水路の途中でフロックの沈澱が生じたりする。また、排泥の方法、排泥管の方向も考慮して沈澱池の向き、配置を考慮する。

(3) 急速ろ過池

急速ろ過池は、ろ過水管、流入管、逆流洗浄管等多数の管を集めて配置することになるので、管廊を設けて付属施設をまとめ、配管の連絡及び弁類や流量調節装置の設置が容易なものとする。

(4) 消毒

消毒は、ろ過水が集合した所に混和渠を設けて塩素剤の注入を行う。ろ過後は、汚染を避けるために密閉した構造とすることが原則であるので、通常、混和渠はろ過水が浄水池に行くまでの間の浄水渠の一部を利用することが多い。

(5) 浄水池

浄水池は、水位的に低い位置となるので、地下構造となることが多い。上部の空間はろ過池を配置して立体構造として利用されることもある。

(6) 着水井から浄水池までの配置

着水井から浄水池までは通常自然流下で連絡するので、連絡管や水路をなるべく短くして損失水頭の軽減を図る。用地の制約上、これらを近接して配置できない場合には、凝集池から沈澱池まではなるべく一つにまとめ、ろ過池と浄水池はやや離れた所に配置することもある。

(7) 送水ポンプ所

送水ポンプ所は、浄水池の近くに配置するのが水理上好ましい。また、送水方向に合わせて配置することが場内の配管延長を短くすることになり、場内埋設管などの輻輳を避けるのに便利である。一方、ポンプ所は騒音の発生源でもあるので、周囲の環境を考慮して、外部への影響がないように配置する。

(8) 薬品貯蔵槽及び注入設備室

薬品貯蔵槽及び注入設備室は、注入点及び本館管理室に近い所が便利である。注入点が近いと、薬品注入配管、サンプリング管ともに配管延長が短くてすみ、制御、維持管理においても有利である。

(10) 排水処理施設

排水処理施設は、浄水処理工程に直接接続して設置しなくてもよいので、かなり離れた場所や別の用地に設けたりすることもある。しかし、長距離のスラッジ輸送は、管に詰まりを生じさせることがある。排泥を自然流下で排水施設へ送ることができるので、浄水場のなかでも低い位置に計画することが有利となる。ケーキのストックヤード、搬出経路、天日乾燥床などは、ケーキ臭による周囲の環境に及ぼす影響にも留意して配置する。

(11) 受変電施設

受変電施設は、なるべく使用電力の多い負荷設備に近い位置が望ましく、浄水施設と近接させる必要はない。これは受変電設備と負荷設備との動力ケーブルの距離をなるべく短くするのが配置上有利だからである。また、配電の際の電圧降下を防ぐためには、使用電力量の多いポンプ設備の近くにすることが得策である。電力は通常地下ケーブルにより機械、計装設備に配電されるが、維持管理上、ケーブルが管路やダクトと交差しないようにすることが望ましい。

(12) 平面配置例

平面配置例を図-5.1.4、図-5.1.6、図-5.1.8に示す。

2) 平面配置できない場合

(1) 無理のない配置

浄水処理工程に沿った無理のない施設配置とし、かつ、できる限り空間的に無駄のない配置を考える。特に、揚水ポンプ施設を有する場合は、浄水処理フロー上でポンプの位置がどこにあるかによって全体の配置が大きく異なってくるので慎重な検討が必要である。

浄水と、まだ浄水処理が終わっていない水とのクロスコネクションが起きないような配置とする。

2. について；

浄水工程が1系列では、清掃、補修、部品の取り替え、また不測の事故等の際に、浄水場全体を停止する必要がある。さらに、施設の改良・更新などで長期間停止することも考慮して、できるかぎり2系列以上の独立した処理工程にすることが必要である。それらの系列は相互に管渠で連絡し、ゲート、弁を設け、相互に利用できるようにしておく。ただし、複数の浄水場がある場合はそれらの相互応援の状況等も考慮して系列分割を考えることもできる。

3. について；

浄水場の損失水頭は水理計算によって設計するが、施設の老朽化による表面粗度の増加などを見込んで余裕をとるのが普通である。

緩速ろ過方式の場合、着水井から沈澱池、ろ過池での全損失水頭は概ね1～2 m程度である（図-5.1.5 参照）。急速ろ過方式の場合、高度浄水処理などを行わない通常の凝集・沈澱・ろ過の施設全体での損失水頭は3.0～5.5 m程度である（図-5.1.7 参照）。

膜ろ過方式の場合の水位高低図を図-5.1.9 に示す。

損失水頭の大部分はろ過池の損失水頭である。その他はブロック形成池や管路及び水路、渠などの抵抗、流量制御の弁・ゲートの損失などである。

次に、水理的に重要なことは、各池への流入をいかに均等に分配するかということがある。ろ過池は各池に流量制御装置がついているので均等性は保たれる（自然平衡形は流量制御装置がないが均等性はほぼ保たれる構造になっている）。しかし、沈澱池は各池への流入量の制御が難しい。その理由は、各池までの渠の長さの違いによる水理的不均衡、渠の途中でのブロックの堆積による流下断面の減少、ゲート制御の不便さ等が挙げられる。このため、水路、管路等の損失水頭が同じになるように工夫するばかりでなく、きめ細かに流量を制御できるように、ゲートの電動化などの対策が必要となる場合がある。

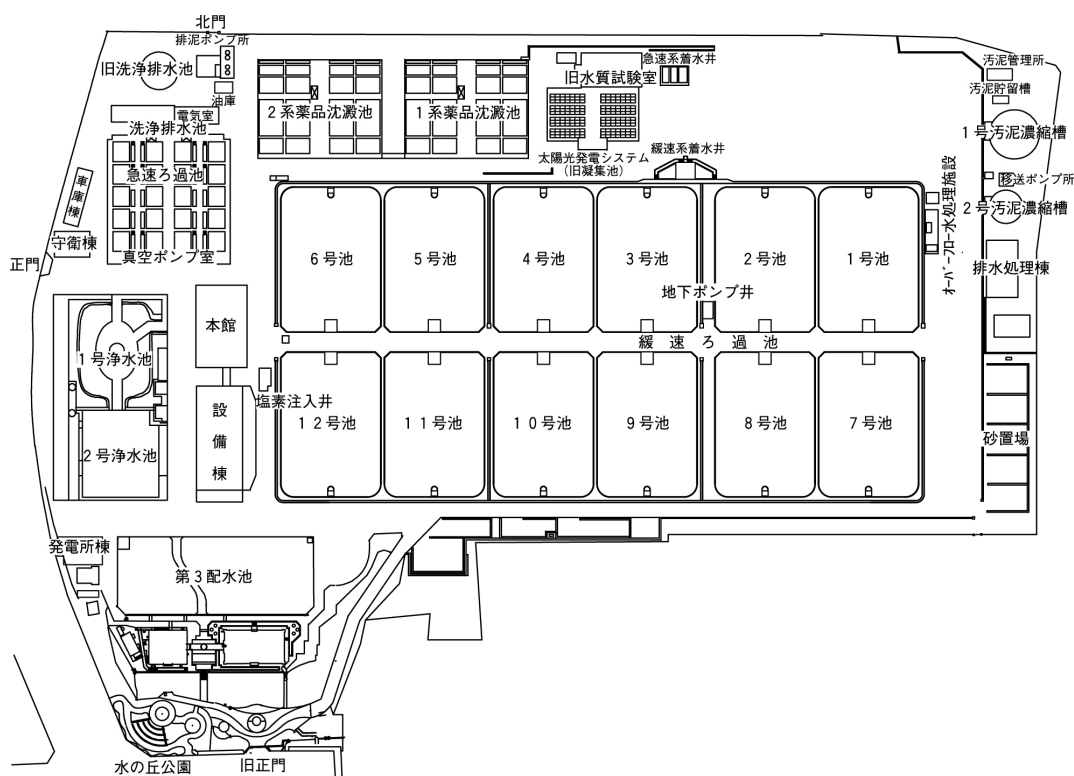


図-5.1.4 緩速ろ過方式と急速ろ過方式を併せ持った浄水場の平面図
(名古屋市水道局鍋屋上野浄水場 290,000m³/日)

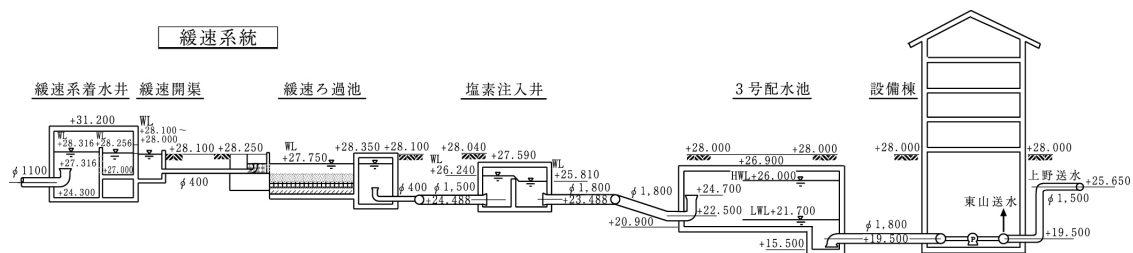


図-5.1.5 緩速ろ過方式と急速ろ過方式を併せ持った浄水場の水位高低図
(名古屋市水道局鍋屋上野浄水場 290,000m³/日) (単位 mm)

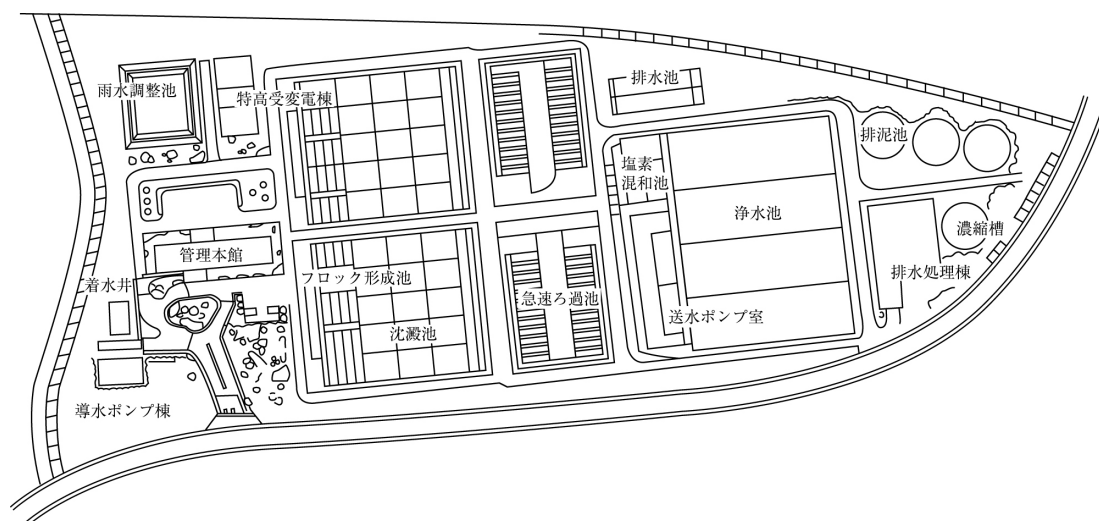


図-5.1.6 急速ろ過方式の浄水場の平面図 (横浜市水道局西谷浄水場 356,000m³/日)

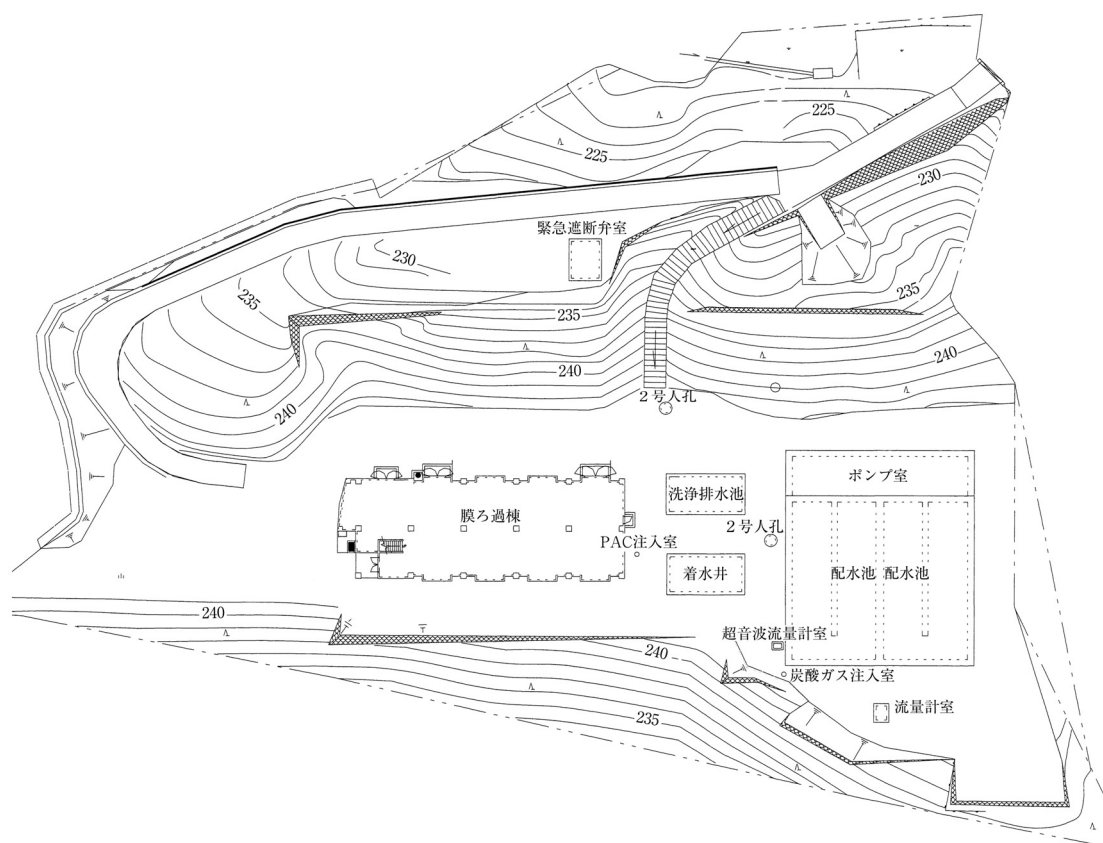


図-5.1.8 膜処理方式の浄水場の平面図(東京都水道局日向和田浄水所 3,300m³/日)

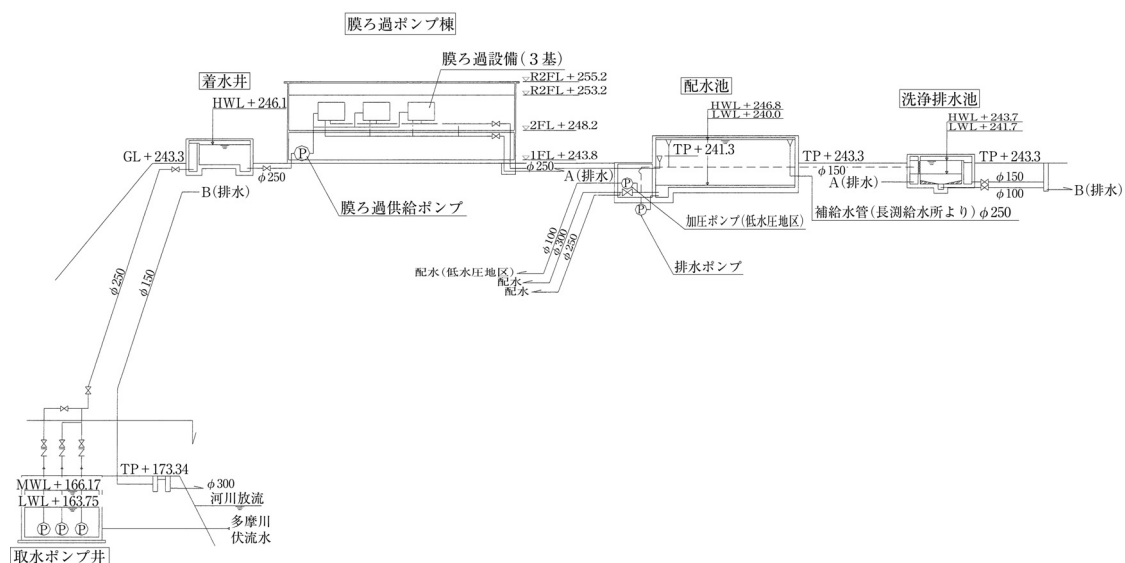


図-5.1.9 膜処理方式の浄水場の水位高低図
(東京都水道局日向和田浄水所 3,300m³/日) (単位 mm)

5.1.7 水質管理

浄水施設における水質管理については次の各項による。

1. 浄水場に設定された水質管理目標に浄水が適合するよう水質管理を行うため、必要な水質試験設備を設ける。「水道法」に定められた水質検査を行う場合は、良好な検査環境を確保し、必要な分析機器が配置できる設備とする。
2. 浄水処理過程で注入される薬品等及び、浄水処理過程で水に接する資機材等が水質面に与える影響について留意する。

〔解説〕

1. について；

1) 水質試験室の設置

確実な水質管理を行うためには、水源から給水栓に至るまでの各過程について、理化学試験、微生物試験（細菌試験）及び生物試験を行って、その結果を水道施設の管理運営に反映させ、各種操作を適切に行うことが必要である。

浄水場では、より良い水質を目指し設定された水質管理目標に適合する浄水を得るため、各々の処理工程で水質を管理する。

原水、沈澱水、ろ過水、浄水等各処理工程の水質を測定して処理効果を確認するとともに、その結果を浄水処理薬品の注入量調整や浄水処理方法の改善などに反映させることが重要である。そのためには、原水の水質状況と浄水方法及び施設の規模に応じた水質試験室を設ける必要がある。

3) 自動水質監視設備の設置

水質の連続測定と記録が可能な自動水質モニタリング設備を浄水施設の適当な位置に配置することが望ましい。水質項目としては、水温、濁度、色度、pH 値、アルカリ度、臭気、アンモニア態窒素、塩素要求量等がモニタリングの対象になる。また、突発的な水質事故等で水道原水が有害物質によって汚染されるおそれのある場合は、魚類等による原水水質監視水槽等を設け、原水の水質異常の早期発見に努めることが望ましい。

5.1.8 施設の改良と更新

施設の改良・更新は、次の各項による。

1. 施設の改良・更新にあたっては予め施設の機能評価と診断を行う。既存施設の浄水処理の性能、安定性及び運転管理上の整合性を失うことなく、新施設の能力が発揮できるものとする。
2. 稼働中の施設の能力減に対する対応策をあらかじめ用意し、また工事は稼働中の既存施設への影響が最小になるよう対策を講じる。

〔解説〕

1. について；

施設の改良、更新はその内容からみると、

- ① 既存施設と全く同じ方式で改良・更新を行うもの。
- ② 既存施設の処理方式を新しい処理方式に変更するもの。
- ③ 既存の施設とは別の処理方式の施設を追加するもののほか、排水処理施設、電気機械計装設備などの更新、新規システムの導入などがある。

既存施設との調和を図るため、次のような配慮が必要である。

- 1) 稼動中の既存施設の処理効果を妨げないようにする。

既存の浄水処理工程について、処理対象物質や処理性、及び運転条件に変化が生じたり、薬注量が増加する場合があるため注意を要する（表-5.1.6 参照）。

表-5.1.6 高度浄水処理の導入に伴う既存施設に対する留意点及び対応策の例〔前塩素系処理及び洗浄排水の返送を行っている急速濾過方式の浄水場に、オゾン、粒状活性炭（BAC）処理を導入する場合〕

施 設	留 意 点	対 応 策
着水井	粒状活性炭吸着設備の洗浄排水返送及び急速ろ過池洗浄頻度の増加等に伴う返送水量の増加	着水井の嵩上げ、洗浄排水の均等返送
凝集・フロック形成	前塩素処理の廃止に伴う pH 調整剤注入量の減少	フロック形成状態の確認
沈殿池	前塩素処理の廃止に伴う藻類の発生、スラッジの再浮上	藻類の発生やスラッジの再浮上を防止する程度の最小限の前塩素注入、沈殿池の遮光（覆いの設置等）
急速ろ過池	前塩素処理の廃止によりろ層で生物が発生することによる洗浄頻度の増加 生物処理効果の発現による薬品注入率の変更	ろ層の汚れ除去に十分な洗浄速度、時間及び洗浄関係設備（洗浄ポンプ、洗浄タンク）の能力確保、定期的なろ層の状態の確認
排水処理	粒状活性炭吸着設備の洗浄排水返送及び急速ろ過池の洗浄頻度の増加等に伴う洗浄排水量の増加 前塩素処理の廃止によるスラッジの脱水性、脱水ケーキの質の変化	洗浄排水の返送関係設備（返送ポンプ、洗浄排水だめ）の能力確保、洗浄排水の均等返送（着水井の洗浄排水受入れのピーク量の緩和及び返送に伴う水質変化に対して、薬品注入量の調整を容易にするため）脱水処理の強化
薬品注入設備	前塩素処理の廃止に伴う pH 調整剤注入量減少 塩素注入点の変更（後塩素注入のみへの変更） オゾン、粒状活性炭処理の導入による塩素注入量の減少	薬品注入設備の容量、台数、注入ラインの見直し塩素接触池の設置（アンモニア性窒素除去のためブレイクポイント塩素処理を行う場合）
電気・機械	オゾン、粒状活性炭処理のための消費電力の増加	電力設備容量の増強、ポンプ設備の増強等
計装	オゾン、粒状活性炭処理関係の計装設備の追加塩素注入関係計装設備の変更	計装システムの変更
その他	オゾン、粒状活性炭処理設備及び連絡配管等による損失水頭の増加既存施設とのスペース調整	ポンプの設置等場合により既存施設の改良によるスペースの確保、施設の立体化考慮

2) 水理上の変更を生じた場合は適切な措置を講ずる。

水理的な問題としては、改良・更新のため水量の均等配分が適正に行えなくなることがある。水路の形状、勾配などは既設のものと同様にして、水理計算上は水量の均衡を保つようにしても、実際は不均一な流れになることがある。このような場合の対策として、流量調節用のゲート、弁を設置し、管路、水路もなるべく短い距離で連絡する。

損失水頭についても、既存施設と新施設で同じということは少なく、また従来 of 処理工程に新工程を挿入すれば損失水頭は大きくなる。このような場合は、水頭を補うため、ポンプの設置が必要となる。また、ポンプの設置によって以前より水頭の上昇が起こる場合は、浄水場内で溢水が起こらないような措置が必要である。

3) 新施設の運転管理方式は、既存施設のそれと調和のとれたものとする。

新しい処理方式の導入は、浄水施設の運転及び維持管理が大きく変わることとなる。日常の運転、点検、補修などは、施設規模にもよるが、機器の種類の多さ、複雑さなどにより運転制御及び維持管理作業の量、質が左右される。したがって、改良・更新に当たっては、運転、維持管理を容易にするような配慮や施設の安全性を高めるため、二重化や予備設備などを考慮する。

新しい処理方式の導入において、浄水場に適当な空きスペースがないときは、既存の処理施設の改良等（沈澱池への傾斜板の設置や緩速ろ過池の急速ろ過池への変更、急速ろ過池の多層化など）でスペースを生み出すことが必要になる場合がある。

施設の改良や新処理方式の採用により新たな機器の導入が必要な場合は、電力量が増大するため、受配電施設の容量の検討が必要である。

2. について；

1) 計画的な工事の実施

改良・更新は既存施設を稼動しながら行うが、十分な予備力を有する場合は別として、浄水能力の低下は避けられない。このため、工事は需要の少ない時期を選び、他の浄水場からの応援などの対策のほか、水質及び水理上の問題のない範囲で、沈澱池やろ過池の過負荷運転を行うことにより浄水場内で対応する。ただし、この対策は能力を大幅に上げることは困難なので、あらかじめ無理のないように計画を立てて検討する必要がある。

5.1.9 安全対策

浄水施設は、自然災害、機器の事故、水質事故、人身事故等に対して安全対策を講じておく。

〔解説〕

1. 自然災害対策

自然災害に対する安全性を確保し、事故・故障の未然防止を図るほか、たとえ事故が発生してもその影響を最小限にとどめられるようにしておくことが必要である。

1) 地震時の安全性

浄水施設用地の取得は、都市部においては非常に困難であることから、耐震上は好ましくない軟弱地盤地域等にも建設を余儀なくされることが多い。また、十分な広さの用地を取得できない場合は、施設を立体化するなど、浄水施設はますます複雑になる傾向にあり、震災による一部の被害が浄水場全体の運転に影響する危険性が大きくなってきている。

浄水施設を構成する各々の要素及び地盤条件によって、一般的に次のような対策が考えられる。

- ① 軟弱地盤、液状化の可能性の大きい場所…地盤改良、構造物の特性及び地盤、条件に適合した基礎工
- ② 池状構造物…基礎を含む池状構造物の耐震設計、地震時動水圧の対策（密閉式圧力水槽）、伸縮継手の配置
- ③ 建築物…基礎を含む上屋の耐震設計
- ④ 浄水場内配管…重要路線の複数系統化、ループ化、相互融通システム、共同構内配管、伸縮可撓管の配置
- ⑤ 薬品注入設備等…薬品類及び油類等の貯槽の耐震設計、漏洩対策
- ⑥ 機械電気計装設備…重要設備の二重化、二系統化、バックアップシステム
- ⑦ その他…緊急遮断設備の設置、停電対策他

浄水施設の中で被害を受けやすい場所は、構造物のジョイント、管と構造物との連絡部分などである。構造物のジョイントは、地震時の各ブロックの挙動の差により変位が大きくなり、ジョイントが開いてしまうもの、不同沈下が生じて上下差ができてしまうものがある。これらについては、地盤変位を予測して対応可能なジョイントを採用し、十分な支持力を持つ基礎の設計を行う。

構造物と管との連絡部は伸縮可撓管を配置するなどして、地盤変位に対応できる構造とし、応力の集中を避ける構造とする。

2) 豪雨時の排水

場内の地盤高を周囲より一段高くしたり、浸水対策用の塀等を設置するなどして浸水の防止を図

るほか、排水対策を講じる。浄水場内に雨水の遊水池を設けたり、排水ポンプを設置することもある。

3) 強風時の対策

4) 塩害対策

5) 雪害対策

2. 事故、火災対策

1) 水質事故対策

原水に起因する水質事故の対策としては、その原水を浄水場内に取り入れないようにしておくことが重要である。そのための施設として、遮断用のゲート、弁を着水井以前に設置する。油類に対しては、取水口や水路にオイルフェンスなどを設置しておく。

水質事故は、早期に発見できると対策がとりやすい。取水施設の上流に、水質監視装置を設けたり、同一水系間の浄水場や河川管理者との連絡通信網を整備しておくことが望ましい。

2) 停電対策

自然災害や事故、火災及び送配電回線や機器の補修作業等による停電の発生に備えて、最低限の電力を確保しておく必要がある。その方法としては、無停電電源装置や非常用自家発電設備の設置及び受電の二回線化がある。これらのうちどの対策をどの程度（設備容量）実施するかについては、浄水場の立地条件や施設の規模及び重要度などを総合的に考えて、停電時に予想される被害と対策案について比較検討の上で判断する。

3) 機器の故障、事故対策

浄水施設で用いられる機器のうち、一般に故障や事故の多いものは、薬品関係の機器、水質計器、電子制御機器、水没機器の摩耗部分等である。これらの故障・事故を防止するには、機器自体の信頼性の高いものを選ぶことは当然であるが、できるだけ機構の簡単な、かつ維持管理の容易なものを選ぶようにする。

4) 薬品の漏洩事故対策

浄水場で使用する薬品のうち、漏洩事故で特に注意を払う必要のあるものは、塩素剤、酸・アルカリ剤及び酸化剤であり、万一の漏洩事故に備えて、薬品の種類に応じた漏洩検知設備や除害設備、保安用具等を整備しておく。

5) 火災対策

浄水場では可燃性のものとして、自家発電用などの燃料油、可燃性の薬品、暖房などに使用する灯油及びガス、トランスオイル、ケーブルの被覆材、建築材料等がある。

施設の規模、構造などに応じて、必要な消防設備（火災感知機、スプリンクラー、二酸化炭素

消火器、消火栓等）を設置する。

6) 労働安全対策

浄水場は衛生上の安全性の他、日常的な維持管理作業を行う上での安全の確実性を期す必要がある。このため、「労働安全衛生法」など関連法令にしたがい、高所からの転落防止用の手摺や柵、照明、換気設備、排水設備等必要な設備を設ける。

7) テロ等不法行為の対策

「水道法施行規則」第 17 条では水道施設に人畜等が容易に侵入できないよう取水場、浄水場などの施設にはかぎを掛け、柵を設けるなどの措置を行うこととされている。

3. システムとしての安全対策

浄水場は着水井から浄水池に至るまでの各単位処理から構成されているが、それらの施設全体が相互にバランスのとれた一つの水処理施設として、適正に稼働する必要がある。

このため、水量、水質等の条件変化があっても極端な能力低下をきたさないよう、設計上、余裕のあるシステムとしておく。また、機器のある程度の故障は不可避であり、機器の操作も必ずしも正しく行われるとは限らないことから、機器の一部の故障や操作の誤りが、全体に影響を及ぼさないようにしておかなければならない。

したがって、浄水施設の複数系列化、重要設備の二重化、予備設備の設置、機器の誤操作に対する安全装置の設置等に配慮する。

5.2 着水井

5.2.1 総則

1. 着水井の役割

着水井は、導水施設から流入する原水の水位変動を安定させ、原水量を測定し、その量の調整を行い、後続の薬品注入、沈澱、ろ過等の一連の浄水処理が適切に、かつ容易に行えることを目的として設置する。ただし、原水圧力の有効利用や、水位の変動が十分に吸収できるほど着水部の渠が大きい場合は、着水井を設けないこともある。

また着水井では、浄水薬品の注入、複数系統からの原水の混合、原水の処理系統への配分、ろ過池洗浄排水を主とする返送水の受け入れなどの機能を併せ持つ場合がある。

2. 着水井に設置する設備

着水井には、水位変動を安定させるために必要な表面積及び滞留時間を持たせ、整流設備、量水装置、水位計、流量調節弁、必要に応じて水質計器を設ける。

5.2.2 構造及び容量

着水井の構造は、次の各項による。

1. 着水井は、原則として二つ以上に分割し、各々に排水設備を設ける。
2. 着水井の水位が高水位以上にならないよう、越流設備など必要な措置を講じる。
3. 必要に応じて除塵設備などを設ける。
4. 着水井の滞留時間は 1.5 分以上とし、水深は 3.0～5.0m とする。

〔解説〕

1. について；

着水井は、清掃や付帯設備の修理等を考慮して、二つ以上に分割し、排水設備を設けることを原則とする。分割できない場合はバイパス管を設ける。

2. について；

着水井は、水量、水位の急な変化に対処できるよう、越流管又は越流堰を設ける。

越流管の管径や越流堰の幅は、流入量の 1/5 以上を排水できるものとし、その位置は高水位に設ける。

3. について；

着水井から塵芥が流下すると、後続の浄水処理に影響を及ぼすので、原水が塵芥を多く含む場合には、スクリーンなどの除塵設備を設ける。

4. について；

着水井は、計画最大浄水量が達成できる範囲内で、耐震性、経済性など維持管理面を考慮して過大とならないようにする。

5.2.3 量水装置

原水の水量を正確に測定するため、量水装置を設ける。

〔解説〕

原水水量（取水量）を測定することにより、凝集剤や塩素剤等の薬品注入量制御及び沈澱、ろ過等の浄水作業を適正に行う。また、浄水処理水量の把握により浄水効率の確認などを行うために量水装置を設置する。

5.3 凝集用薬品注入設備

5.3.1 総則

1. 凝集の目的

原水が低濁度であっても、急速ろ過池でろ過するのみではコロイド懸濁物質の十分な除去は期待できず、さらにクリプトスポリジウム等によって水道原水が汚染されるおそれのある場合はクリプトスポリジウム等の確実な除去の目的も含め、急速ろ過方式においては、前処理として薬品による凝集が不可欠である。

緩速ろ過方式においても、原水の濁度が30度以上になると、沈澱後の濁度が高くなり、ろ過閉塞が著しくなるので、凝集沈澱によって濁度を下げておく必要がある。

2. 凝集用薬品

凝集用薬品は、凝集剤、pH調整剤（酸剤、アルカリ剤）及び凝集補助剤に大別される。凝集剤は、原水中の懸濁物をフロックの形に凝集させ、沈澱しやすく、ろ過池での捕捉を容易にするために用いる。酸剤は、原水のpH値等が高すぎる場合に、アルカリ剤は、アルカリ度が不足する水質の場合に用いる。また、凝集補助剤は、フロック形成、沈澱及びろ過の効果を高める場合に、それぞれ凝集剤と併用して用いる。凝集用薬品については、「水道施設の技術的基準を定める省令」において、浄水又は浄水処理過程における水に注入される薬品等により水に付加される物質の濃度基準が定められている。また使用する凝集用薬品については処理効果を十分確かめるほか、安全性、購入のしやすさ、経済性、注入後の水質に悪影響を及ぼさないことはもちろん、取扱い性の良いことなども選定の条件である。

3. 薬品の注入率

薬品の注入率は、ジャーテストにより決定するのが一般的である。ジャーテストの自動化、あるいは原水の濁度、アルカリ度などを水質計器により連続測定し、それに応じた薬品の注入率を自動的に算出する方式などもある。

4. 貯蔵・注入設備

凝集用薬品の貯蔵設備は、使用量を考慮した適切な容量とし、注入設備は、注入量の最大から最小まで精度よく計量、調節し注入できる容量、台数が必要である。注入方式は、薬品の性状、処理水量の多少などにより湿式か乾式、定量注入か流量比例注入等使用条件に適した方式を選定する。薬品の多くは酸性あるいはアルカリ性が強いので、設備は腐食などに対応できる構造、材質とする必要がある。

5.3.2 凝集剤

1. 凝集剤は、原水の水量、濁度（最高値、経時変化）などの水質、ろ過方式及び排水処理方式等に関して適切であり、かつ衛生的に支障のないものとする。
2. 凝集剤の注入は、次の各号による。
 - 1) 注入率は、原水水質に応じた実験により定める。
 - 2) 凝集剤を用いるときの濃度は、注入量や取扱い性等に留意する。
 - 3) 注入量は、処理水量と注入率から算出する。
3. 注入場所は原則として混和池とする。

〔解説〕

1. について；

凝集剤としては、水道用硫酸アルミニウム、水道用ポリ塩化アルミニウム、塩化第二鉄及び水道用ポリシリカ鉄が用いられる。

アルミニウム塩の凝集剤の作用については、一般的に次のように説明されている。アルミニウム塩を水に加えると容易に加水分解して、正に荷電したアルミニウムヒドロキシ錯体を生じる。一方、水中の濁質コロイドは、その表面が負に荷電しているため、相互に反発し合い沈澱しにくい状態にあるが、この荷電をアルミニウムヒドロキシ錯体の正荷電によって中和すれば、反発力は減じる。このような状態の微粒子が互いに近づくと、集合して大きくなり、同時に水に懸濁する無機物、有機物、細菌、生物等も包み込み、フロックとして成長する。

硫酸アルミニウムは、硫酸ばんどとも呼ばれ（JWWA K 155：2005（水道用硫酸アルミニウム））、固形と液体があり、取扱いの容易さからほとんど液体で用いられている。液体の場合、酸化アルミニウム換算値濃度が高いと結晶が析出し、送液管を詰まらせる例もあるので、適切な濃度（8.0～8.2％）で使用する（水道維持管理指針 2006 7.3.2 凝集剤参照。）。水温 10℃前後を下回るとフロックの形成が著しく悪くなり、高濁度時、低水温には凝集補助剤が必要となる。

ポリ塩化アルミニウムは、PAC（パック）とも呼ばれ（JWWA K 154：2005（水道用ポリ塩化アルミニウム））、凝集特性は、硫酸アルミニウムに比べ優れた凝集性を示し、適用 pH 値範囲が広く、アルカリ度の低下量も少ないなどの特徴がある。浄水処理及び薬品管理の容易さから使用する所が多くなっている。ポリ塩化アルミニウムは、酸化アルミニウム換算値 10.0～11.0％の状態が最も安定し、貯蔵・注入に適しているが、希釈すると加水分解により懸濁し配管等に影響を及ぼす。

鉄系凝集剤は、適用 pH 値範囲が広く、硫酸アルミニウムに比べてフロックが沈降し易いといった利点もあるが、酸性が強く腐食性が強いこと、接液部の材質が制限される。過剰注入すると処理水中に鉄が残留し着色するため、注入量の制御が重要である。また貯蔵性や希釈安定性が悪いなどの欠点がある。

水道用ポリシリカ鉄は PSI（ピーエスアイ）と呼ばれ（JWWA K 159：2010（水道用ポリシリカ鉄））、マンガンの除去の関係から浄水処理において前塩素処理・中間塩素処理のいずれか、または

両方で遊離残留塩素が存在する条件で砂ろ過を採用している浄水場に限定をしている。水道用ポリシリカ鉄はポリ塩化アルミニウムより大きく重いフロックを形成するため沈降性に優れており、鉄に対するシリカの割合が高くなるほどフロックは強固かつ大型化されるが、反面フロックの生成量は多くなる。

2.1) について；

凝集剤の注入率は、薬品の種類、原水の水温、水質（濁度、色度、pH 値、アルカリ度、有機物量等）によって異なる。前塩素処理又は粉末活性炭処理を行うとき、さらには凝集沈澱施設の効率、沈澱池と急速ろ過池での濁質負荷配分、直接ろ過法による処理など、多くの要素によって異なるので、一概には決められない。しかし、設備容量を決めるための基礎となる注入率は、次のような方法によって決める。

原水について、洪水による高濁度時、低濁度時、低水温時等の水質変動時を含め一定期間、またその河川環境から予想される最高濁度の人工懸濁液（その河川底泥、粘土を用いる）を作り、これらについてジャーテストによる実験を行い、凝集剤の選定、酸剤、アルカリ剤及び凝集補助剤の必要の有無を調べ、使用すべき薬品の種類と注入率範囲（最高、最低及び平均）を決める。

〔参考 5.1〕 ジャーテスト

ジャーテストは、回転数を制御できる数連の回転翼をもったジャーテストと呼ばれる試験装置を用い、凝集・沈澱に最適な pH、薬品注入量などを決定する試験を言う。通常すべてのビーカーの凝集剤注入量を一定とし、pH を種々変化させて試験を行い、次に凝集剤注入量を変化させて同様に繰り返す定量注入・変 pH 法が多く用いられる。その他の条件設定法として定 pH・変注入量法もある。試験の手順としては薬品を注入して急速攪拌（4～5 分、約 150rpm）、緩速攪拌（15～30 分、約 40rpm）、静置（15～30 分）を行い、上澄液をサンプリングし残留濁度（色度）、pH などを測定し評価する（水道維持管理指針 2006〔参考-7.2〕参照）。

2.2) について；

液体硫酸アルミニウムは原液のまま使用する例が多い。しかし、注入率が少ない場合は、一定濃度に希釈して用いる。

ポリ塩化アルミニウムは、水で薄めると加水分解を促進するので原液のまま使用することが多い。

3. について；

アルミニウム塩が水中で加水分解する速度は速いので、注入後直ちに均一に拡散し、濁質コロイドを凝集させる必要から、注入場所は急速攪拌の設備をもつ混和池が一般的である。

5.3.3 酸・アルカリ剤

1. 酸・アルカリ剤の種類は、原水の水質に応じ凝集効果を高めるために適切であり、かつ衛生的に支障のないものとする。
2. 酸・アルカリ剤の注入は、次の号による。
 - 1) 注入率は、原水のアルカリ度、pH 値及び凝集剤の注入率に応じた実験やあらかじめ換算式をつくり求める。
 - 2) 酸・アルカリ剤を溶解又は希釈して用いるときの濃度は、注入量や取扱い性等を配慮して決める。
 - 3) 注入量は、処理水量と注入率とにより算出する。
3. 注入場所は、凝集剤注入場所の上流側とし、よく混和する場所とする。

〔解説〕

1. について；

原水の pH 値が恒常的あるいは一時的に高すぎる場合又は低すぎる場合には、最適凝集領域になるように酸剤又はアルカリ剤により pH 値又はアルカリ度を調整する必要がある。

凝集作用の原理から、アルミニウム塩などは水中のアルカリ分（アルカリ度で示される）と反応し、これを表-5.3.2 のような割合で消費するので、原水のアルカリ度や凝集剤の使用量に応じてアルカリ剤により不足するアルカリ分を補給する。貯水池や湖沼などを水源とする場合などは、生物の光合成作用により水中の炭酸ガスが減少し（炭酸同化作用）、原水の pH を上昇させる。pH の高い原水が浄水場に入ると凝集剤（アルミ塩）による凝集性能が低下する。このため上昇した pH 調整法として酸剤の注入がある。

1) 酸剤

硫酸、塩酸、二酸化炭素（炭酸ガス）が用いられる。

2) アルカリ剤

水酸化カルシウム、炭酸ナトリウム、水酸化ナトリウムが用いられる。

表-5.3.2 浄水薬品 1mg/L 注入によるアルカリ度の増減

薬品名		アルカリ度	
		増加	減少
水酸化カルシウム（消石灰 CaO として）（72%）		1.29	－
炭酸ナトリウム（ソーダ灰 Na_2CO_3 ）（99%）		0.93	－
液体水酸化ナトリウム （液体かせいソーダ NaOH ）	（45%）	0.56	－
	（20%）	0.25	－
硫酸アルミニウム（ Al_2O_3 として）	液体（7%）	－	0.21
	液体（8%）	－	0.4
	液体（15%）	－	0.45
ポリ塩化アルミニウム〔 Al_2O_3 （10%）塩基度（50%）として〕		－	0.15
塩基（ Cl_2 ）		－	1.41

2.1) について；

(1) 注入率の決定

酸剤、アルカリ剤の注入率は、凝集剤の注入率と関連して決める。同時に原水の pH 値、アルカリ度、凝集剤注入率、ジャーテストにおける上澄水アルカリ度（水の腐食性との関連から 20mg/L 以上残るのが望ましい）などから酸剤、アルカリ剤の必要の有無、必要とする場合の注入率範囲（最高、最低、平均）を決める。

5.3.4 凝集補助剤

凝集補助剤は、原水水質に応じ、フロックの形成、沈澱及びろ過の効果を高めるために適切であり、かつ衛生的に支障のないものとする。なお、その選択にあたっては、凝集効果、経済性、取扱い性を考慮する。

〔解説〕

降雨量によって原水濁度が高い時、冬季水温が低い時には凝集剤単独、酸剤又はアルカリ剤の併用によっても、よいフロックが形成されず、沈澱水濁度が上昇し、ろ過水濁度も高くなることもある。

このような場合には、フロックを大きく重くして沈澱分離を容易にし、またフロックを強靱にして急速ろ過池で捕捉性を良くすることが必要である。さらに、鉄、マンガン、生物の除去、粉末活性炭注入時においては、沈澱、ろ過の効果をより高めることが必要な場合もあり、これらの目的のために凝集補助剤が用いられる。一般に凝集剤がポリ塩化アルミニウムの場合は凝集補助剤を必要としないことが多い。

凝集補助剤としては、活性ケイ酸などがある。活性ケイ酸はケイ酸ナトリウムを酸（硫酸、塩酸、二酸化炭素等）により、ケイ酸塩の高分子コロイドとして活性化させたもので、補助剤としての機能は優れているが、注入装置内でのゲル化、ろ過池の損失水頭の上昇が大きく、また活性化の操作に難点がある。

5.3.5 検収設備

凝集用薬品の受入れのため、適切な検収用の計量装置などを設ける。

5.3.6 貯蔵設備

1. 各薬品の貯蔵設備は、構造上安全であって、薬品の種類、性状に応じた適切な材質とする。
2. 各薬品の貯蔵設備の容量は、計画浄水量にそれぞれの薬品の注入率を乗じて算出し、次の号を標準とする。
 - 1) 凝集剤は 30 日分以上とする。
 - 2) アルカリ剤は、連続注入の場合は 30 日分以上、その他の場合は 10 日分以上とする。
 - 3) 酸剤、凝集補助剤は 10 日分以上とする。

〔解説〕

1. について；

万一漏洩した場合に備え、防液堤、中和装置、廃液貯留槽等を設置する必要がある。防液堤の容量については貯蔵する凝集用薬品に対しての危機管理や安全対策を考慮して決めていくことが必要である（例 貯蔵槽の容量＝防液堤内の容量）。

5.3.7 注入設備

凝集用薬品注入設備は、次の各号による。

1. 注入方法は、使用する薬品の種類、性状に応じて適正な注入が確保できるものを選ぶ。
2. 注入装置の容量は、最大注入量から最小注入量まで安定した注入ができるものとする。
3. 注入機は、予備機または、予備設備を設けること。ただし薬品等注入設備が停止しても給水に支障が無い場合は、この限りではない。

〔解説〕

1. について；

注入方式は注入量、制御方式及び経済性等の条件を比較検討して決める必要がある。薬品の注入方式は次のように分類される。

- ① 計量時の薬品の形態の違いにより乾式、湿式
- ② 乾式薬品の場合に計量が質量か体積かにより質量式、容積式
- ③ 湿式計量の場合の流量測定方式によりポンプ計量式、流量計量式
- ④ 送液の方法によりポンプ圧送、インジェクタ圧送、自然流下
- ⑤ 操作方式により自動、手動
- ⑥ 操作方法により遠隔操作、現場操作

これらのうちからどの方式を選ぶかは、薬品の種類、処理効果、経済性、購入のしやすさ、安全性、注入後の水質に悪影響を及ぼさないことはもちろん、取扱い性の良いことなどを検討して決める。

消石灰

サイロ

供給機

ブローア

小出しホッパ

溶解槽

ラインミキサ

未溶物ポンプ

未溶物槽

ポンプ井

調節弁

電磁流量計

浄水

湿式では、オリフィスを利用した自然流下方式の定量注入設備、遠心ポンプや容量制御ポンプ等によるポンプ方式、インジェクタ方式等がある。

	薬品の種類	注入方式	摘 要
凝集剤	液体硫酸アルミニウム	湿式	酸化アルミニウム(Al_2O_3)換算として 6～8%のものを使用する。
	ポリ塩化アルミニウム	湿式	酸化アルミニウム(Al_2O_3)換算として 10～11%のものを使用する。
	液体硫酸アルミニウム	湿式	固形硫酸アルミニウムは、水溶液として注入する。
酸剤	硫酸	湿式	硫酸(H_2SO_4)濃度 98%を 80～100 倍に希釈したものを使用する。
	塩酸	湿式	塩酸(HCl)濃度 35%を 4～5 倍に希釈したものを使用する。
	炭酸ガス	湿式	液化ガスを気化器を使用して注入する。
アルカリ剤	液体水酸化ナトリウム (かせいソーダ)	湿式	水酸化ナトリウム($NaOH$)濃度 20～25%に希釈したものを使用する。
	水酸化カルシウム (消石灰)	乾式又は湿式	消石灰は粉体のまま使用する場合と、石灰乳又は飽和水溶液等を一定濃度の水溶液として注入する場合がある。
	炭酸ナトリウム (ソーダ灰)	乾式又は湿式	ソーダ灰は細粒状のものを乾式で注入する場合と、パッチ式で一定濃度の水溶液として注入する場合がある。

薬品の注入量は、処理水量に注入率を乗じて求められるが、注入率は原水の水質によって異なるので、ある期間の実験及び過去の実績を参考にして決定する。最大注入量と最小注入量との比は、薬品の種類によっても異なるが、数倍から数十倍という範囲の広いものとなるので、複数の

注入機を組み合わせ、常時最大注入量から最小注入量までの変動範囲に対応できるよう計画する。

3. について ;

注入機の故障及び修理点検等に対処するため、予備機を設ける。予備機は注入系統ごとに 1 台設けることが望ましいが、系統数が多い場合には状況に応じて共用することができる。

5.4 凝集池

5.4.1 総則

凝集池は、原水中の濁質のうち、粒子径が 10^{-2}mm 程度以上のものは単純な沈澱によって除去することが可能であるが、粒子径が 10^{-3}mm 以下のコロイド粒子になると、ほとんど沈降せず、また急速ろ過では捕捉することもできない（図-5.4.1 参照）。このために、濁質を凝集沈澱や急速ろ過で効果的に除去するために、前段の処理施設として、凝集剤を原水に注入してコロイド状の濁質を効果的にフロック化するための凝集池を設ける必要がある。

凝集処理の機能は、凝集剤を添加後できるだけ急速に攪拌して、濁質を微小なフロックに凝集させる前段と、生成した微小フロックを大きく成長させるために、緩やかに攪拌する後段とに分けられる。

前段を混和、後段をフロック形成という。凝集池は、この機能に対応して、混和池とフロック形成池とで構成される。

凝集剤を添加し、混和池、フロック形成池を経る工程は、後に続く沈澱、ろ過の処理を行ううえで大切であり、浄水処理の効果を左右する要素となるものであるから、フロックの形成状況は常に的確に監視する必要がある。

低濁度の原水を処理する場合には、混和後、フロック形成及び沈澱処理を省いて、直接ろ過する方法がある（5.6.19 直接ろ過（マイクロフロック法）参照）。

なお、凝集池の計装設備については、8.11 計装用機器及び 8.12.5 凝集池及び凝集沈澱池を参照とする。

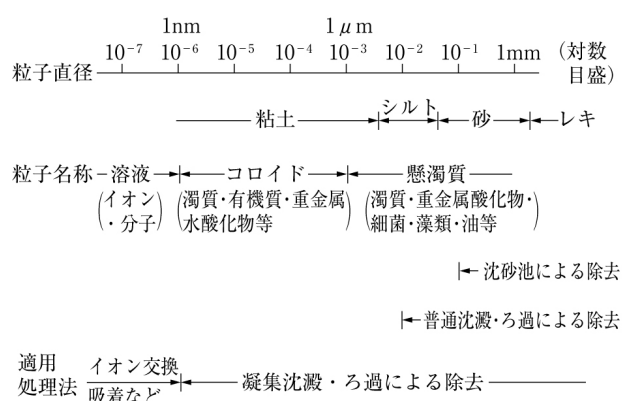


図-5.4.1 水中に存在する物質と適用処理法

5.4.2 混和池

混和池は、次の各項によるものとする。

1. 凝集剤を注入したあと、直ちに急速な攪拌を与え、凝集剤を原水中に均一に拡散させることのできる適切な混和装置を設ける。
2. 混和時間は、攪拌強度にもよるが計画浄水量に対して1～5分間を標準とする。
3. 水流が共回り運動を起こしたり、短絡流を生じたりしない構造とする。

〔解説〕

1. について；

凝集剤が水中で加水分解して重合反応を起こし水中の懸濁コロイドと反応する速度は早いので、凝集を十分に効果的に行うには、添加した凝集剤は急速、かつ均一に原水中に混和する必要がある。混和は、外部から与える機械的エネルギー又は水流自体のエネルギーによって、水流中に乱流や渦流を生じさせて行う。

混和の方式には次のものがある。

1) 外部から機械的エネルギーを与える方式

一般的に用いられているのがフラッシュミキサ（図-5.4.2 参照）であり、鉛直軸の周りに数枚ないし数十枚の羽根を有する回転翼を、周辺速度 1.5m/s 以上で回転して混和する。このような機械攪拌方式は、損失水頭がほとんどないのが特徴である。

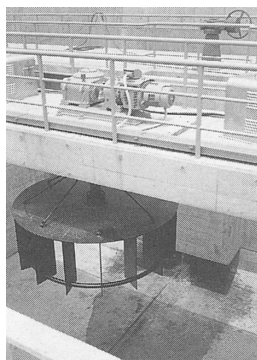


図-5.4.2 フラッシュミキサ(タービン方式)
(東京都水道局三園浄水場 300,000m³/日)

2) 水流自体のエネルギーによる方式

水路中に阻流板を設けて、水流方向を急激に変えて大きな乱流を起こす方式があり、この場合には、1.5 m/s 程度の流速が必要である。そのほかに、パーシャル・フリュームあるいは跳水現象を利用する方法がある。

水流自身による混和方法は、機械的作動部分がないので故障がなく、維持管理は容易であるが、

損失水頭が大きくなる。一般に設備に弾力性がなく、決められた流量範囲内だけに適用できる。

2. について；

混和の時間は、攪拌強度にもよるが計画浄水量の 1 ～ 5 分間を標準とし、良好な攪拌が期待できる場合は、1 分程度で十分と考えられる。

3. について；

機械攪拌方式の混和池は、水槽中の水が攪拌翼等の動きにつれ、共回り運動を起こさないように、円形よりも角形の方がよい。円形池では、共回り運動を妨げるため、攪拌機を偏心して設置したり、側壁に直角に阻流板を設けたりする。また、混和池への原水の流入、流出は、池内の流れを乱すような短絡流が生じない構造とする（図-5.4.4 参照）。

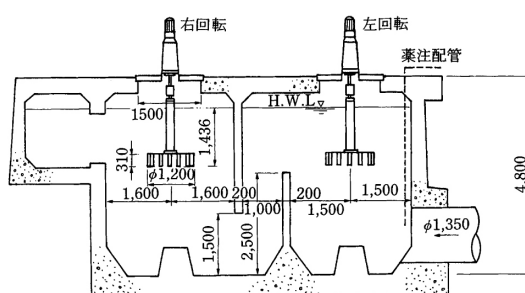


図-5.4.4 混和池の例 (機械攪拌方式)

(名古屋市上下水道局大治浄水場 554,000m³/日) (単位 mm)

5.4.3 フロック形成池

フロック形成池は、次の各項によるものとする。

1. 設置場所は、混和池と沈澱池の間とし、それらと一体構造として設ける。
2. 形状は、長方形を標準とし、機械式あるいは迂流式の攪拌装置を設ける。
3. 滞留時間は、計画浄水量の 20～40 分間を標準とする。
4. 攪拌強度は、次の各号による。
 - 1) 攪拌装置の周辺速度は 15～80cm/ s、迂流方式の場合の平均流速は 15～30cm/ s を標準とする。
 - 2) 下流に行くに従って、攪拌強度を漸減する。
 - 3) 攪拌の強度を調節できるものとする。
5. 短絡流や停滞の生じないような構造とし、またスラッジやスカムを除去できるような設備を設ける。

〔解説〕

1. について；

フロックの形成は、混和後、直ちに行い、かつ形成されたフロックの過剰流動による破壊、途

中での沈澱防止のため、設置場所は、混和池と沈澱池の間とし、それらと一体構造とすることが望ましい。

3. について；

滞留時間は、20～40 分間が適当とされている。滞留時間が短すぎると、攪拌エネルギーを十分に与えたとしても、フロック形成効果は著しく低下する。つまり、水流による剪断作用が過大となりフロックが破壊する。

4. 1) について；

大きく成長したフロックは、水流による剪断作用に抵抗できなくなって破壊を起こすようになる。したがって、大きなフロックを作るため、フロックの粒径が小さい初期には強い攪拌を与えて、フロックが大きく成長するにつれて段階的に攪拌強度を下げていくテーパード・フロキュレーション方式を採用することが望ましい。すなわち、フロック形成池の後段に行くにつれ、水流自体のエネルギーによる攪拌の場合は、水路幅などを広げ平均流速を遅くし、また機械エネルギーによる攪拌の場合は、回転数を下げて、攪拌装置の周辺速度を遅くする。

〔参考 5. 2〕 混和池における G 値の計算^{注1)}

注 1) 藤田賢二・内藤幸穂共著：改訂上水道工学演習 学献社

1. フラッシュミキサ方式

1) 攪拌翼の回転速度と抵抗係数を基にした計算

$$G = \sqrt{\frac{\rho C \sum_i (a_i v_i^3)}{2 \mu V}}$$

ここに、

ρ ：水の密度

(例えば、 $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、 20°C)

C ：攪拌翼の抵抗係数 (= 1.5)

a_i ：攪拌翼 i の運動方向に直角な面積 (m^2)

v_i ：攪拌翼 i の平均速度 (m/s)

μ ：水の粘性係数

(例えば、 $=1.0 \times 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$ 、 20°C)

V ：混和池の容量 (m^3)

なお、上式においては、水流が共回り運動を起こさないものとしている。

2) 駆動装置の軸動力を基にした計算

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu}} = \sqrt{\frac{W \eta}{V \mu}}$$

ここに、

P：単位時間・単位体積あたりの仕事量

W：駆動装置の軸動力 [(kg/m²) /s³]

η：減速機の効率

2. ポンプ拡散方式

$$G = \sqrt{\frac{\rho v^2 Q}{2\mu V}}$$

ここに、

v：ノズル噴出水の初速度 (m/s)

Q：ノズル噴出水流量 (m³/s)

〔参考-5.3〕 迂流方式フロック形成池における G・T 値の計算^{注1)}

$$G \cdot T = \sqrt{\frac{\rho g h T}{\mu}}$$

ここに、

g：重力の加速度 (= 9.8m/s²)

h：フロック形成池内における損失水頭 (m)

T：フロック形成池内の滞留時間 (s)

損失水頭は、次式から求める。

(1) 上下迂流式

1) 下部屈曲損失水頭 h_b

$$h_b = f_b \cdot \frac{v_b^2}{2g}$$

ここに、

v_b：下部屈曲部の平均流速 (m/s)

f_b：屈曲損失水頭係数 2～4.5、平均 3.5

2) 暗渠の摩擦損失水頭 h_c

$$h_c = \frac{1}{C^2 R} v_c^2, C^2 = \frac{1}{n^2} R^{1/3}$$

ここに、

v_c：暗渠部の平均流速 (m/s)

l：換算水路長 (m)

C：シェジの係数 (上向流・下向流部分の流路の合計)

n：マンニングの粗度係数

R：径深 (m)

3) 越流損失水頭 h_o

速度水頭が全部失われると考えて、

$$h_o = \frac{v_o^2}{2g}$$

ここに、

v_o : 越流部の平均流速 (m/s)

実際の計算に当たっては、阻流壁間隔が広い場合は、1)、2)、3) の和から求め、阻流壁間隔が狭い場合は、潜流、越流ともに 1) によって計算し、これに 2) を加えた方が実際の値に近くなる。

(2) 水平迂流式

上下迂流式の場合と全く同様に 180° 屈曲による損失水頭 h_b と、開渠としての摩擦損失水頭を加算すればよい。ただし h_c の計算において、上下迂流式の場合は、径深 R を暗渠として計算するが、水平迂流式の場合は、 R を開渠として計算する。

〔計算例-1〕急速攪拌池において駆動装置の軸動力から G 値、 $G \cdot T$ 値を求める計算

駆動装置の軸動力を 2 Kw、減速機の効率を 90%、混和池の容量を 60m^3 、滞留時間を 2 分とする。

〔解〕 G 値を与える式

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu}}$$

において、

P = 単位時間・単位体積あたりの仕事量 (= 水単位体積あたり消費される動力)

$$= \frac{2 \times 0.9 \times 10^3}{60} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3/\text{m}^3]$$

$$\mu = 1[cP] = 10^{-3} \quad [\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})]$$

とすると、

$$G = \sqrt{\frac{2 \times 0.9 \times 10^3}{60 \times 10^{-3}}} = 173 \quad [1/\text{s}]$$

$$G \cdot T = 173 \times 120 = 2.08 \times 10^4 \quad [-]$$

〔計算例-2〕上下迂流式緩速攪拌池^{注2)}において G 値、 $G \cdot T$ 値を計算するための損失水頭を求める計算

注 2) 藤田賢二・内藤幸穂共著：改訂上水道工学 例題 6-22 (p171) 学献社

緩速攪拌池の全長を 156m、幅を 2 m、屈曲部数を 104 (下部開口屈曲部 52、上部越流屈曲部 52)、屈曲部下部の開口高及び上部の越流水深をいずれも 1.5m (いずれの阻流壁も水との接触長は 2 m、阻流壁の間隔は 1.5m) とする。計画処理水量は 50000m^3 、水深を 3.5m とする。

(1) 下部屈曲損失水頭 h_b

$$h_b = f_b \cdot \frac{v_b^2}{2g} = 3.5 \times \frac{1}{2 \times 9.8} \times \left[\frac{50000}{86400 \times 2 \times 1.5} \right]^2$$

$$\times 52 = 0.345 \quad (\text{m})$$

f_b : 3.5 (屈曲損失水頭係数)

(2) 暗渠の摩擦損失水頭 h_c

$$h_c = \frac{1}{C^2 R} v_c^2 = \frac{39 \times 4 + 2 \times 104}{3352 \times 2 \times 1.5 / \{2 \times (2 + 1.5)\}} \\ \times \left[\frac{50000}{86400 \times 2 \times 1.5} \right]^2 = 0.009 \text{ (m)}$$
$$C^2 = \frac{1}{n^2} R^{1/3} = \frac{1}{0.015^2} \times \{2 \times 1.5 / \{2 \times (2 + 1.5)\}\}^{1/3} \\ = 3352$$

n : 0.015 (マニングの粗度係数)

(3) 越流損失水頭 h_o

速度水頭が全部失われると考えると、

$$h_o = \frac{v_o^2}{2g} = \frac{1}{2 \times 9.8} \times \left[\frac{50000}{86400 \times 2 \times 1.5} \right]^2 \times 52 \\ = 0.099 \text{ (m)}$$

したがって全損失水頭 (h_f) は 0.453 (m) になる。G 値は下式に全損失水頭を代入して求めればよい。

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu}} = \sqrt{\frac{\rho g Q h_f}{V \mu}}$$

〔参考 5.4〕 上下迂流式フロック形成池の設計事例

「〔計算例-1〕 上下迂流式緩速攪拌池において G 値、G・T 値を計算するための損失水頭を求める計算」で示した方法により算出した結果と実施設で生じる損失水頭が異なる場合があり、結果的に設計時に設定した G 値が得られなかったり、処理水量に影響がでる事例がある。下記は実施設での損失水頭をもとに計算方法を検討した例である。

(実例)

上下迂流式フロック形成池の設計事例として、実測値等を参考に設定した損失係数を用い、フロック形成池の越流堰高や下部開口高さを決定した事例を示す。このフロック形成池は、容量を運用水量のモード値と設定している基本浄水量(最大水量の 85%値)において滞留時間 30 分とし、適切にテーパードフロキュレーションが確保できるよう複数のモデルケースについて水理検討を行い、参考図-5.4.1 に示すように阻流壁間隔、越流堰高さ及び下部屈曲部開口を設定した。

最大水量 $Q_{\max}=1,940 \text{ m}^3/\text{時}/\text{池}$

基本浄水量 $Q_{\text{ave}}=1,650 \text{ m}^3/\text{時}/\text{池}$

最小水量 $Q_{\min}=1,100 \text{ m}^3/\text{時}/\text{池}$

1. 損失水頭の計算

1) 越流部損失

対象施設に応じた推定式を作成、使用することとした。

$$h_0 = f_0 \cdot \frac{v_0^2}{2g}$$

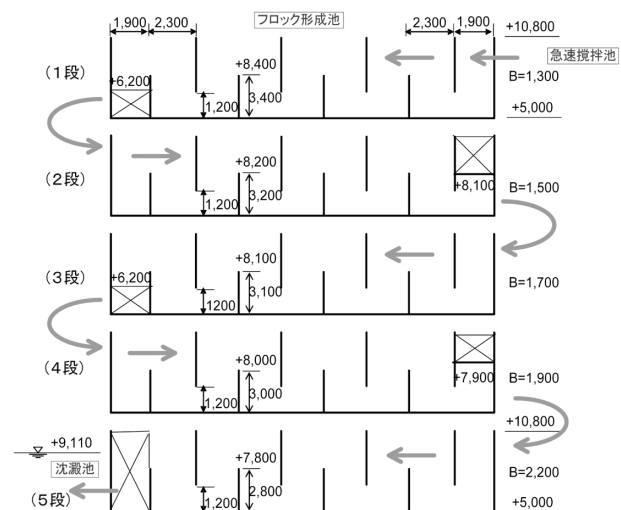
ここに、

h_0 : 越流部の損失水頭 (m)

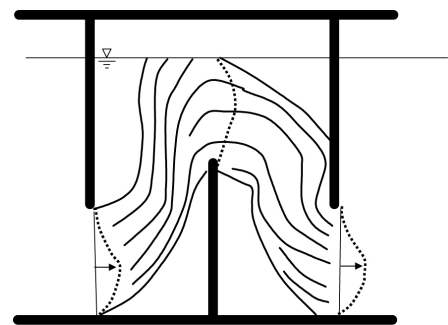
f_0 : 越流部の損失係数

v_0 : 越流部の平均流速 (m/s)

実施設では越流部において速度水頭が全て失われておらず、運動量が連続しているものと考えられることや、参考図-5.4.2 に示すような縮流の影響があると考えること等を踏まえ、理論式の再評価や、同形状施設の実測値も考慮し越流部の損失係数 $f_0=2.5$ とする。



参考図-5.4.1 上下迂流式ブロック形成池断面図



参考図-5.4.2 池内の流速分布

2) 下部屈曲損失

対象施設に応じた推定式を作成、使用することとして、G 値、GT 値の計算。

$$h_b = f_b \cdot \frac{v_b^2}{2g}$$

ここに、

h_b : 下部屈曲部の損失水頭 (m)

f_b : 下部屈曲部の損失係数

v_b : 下部屈曲部の平均流速 (m/s)

理論的には下部屈曲損失係数は、構造条件 B_1 、 B_2 によって変化すると考えた。各種実験や実測等も行い推定した B_1/B_2 と損失係数 f_b の関係 (例) を参考図-5.4.3 に示す。

ここでは、 $B_1/B_2=1.2\text{m}/2.3\text{m}=0.52$ より $f_b=2.2$

但し、実際は縮流の影響があること等から、同形状施設の実測値も考慮し若干の割増を行い $f_b=2.7$ とした。

3) 暗渠の摩擦損失水頭

従来の標準式を用いることとした。

$$h_c = \frac{1}{C^2 R} v_c^2, \quad C^2 = \frac{1}{n^2} R^{1/3}$$

ここに、

h_c : 暗渠部の摩擦損失水頭 (m)

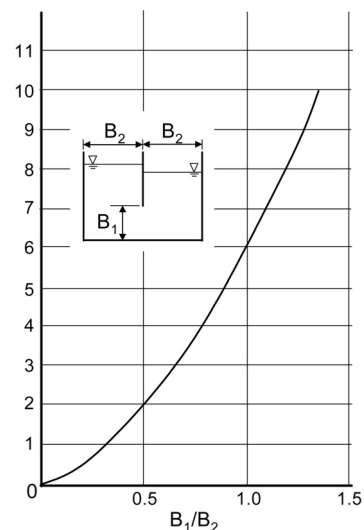
l : 換算水路長 (m)

C : シェジューの係数

n : マニングの粗度係数 ($n=0.015$)

R : 径深 (m)

最大水量、設計基本浄水量、最小水量時の各屈曲部の流速、損失水頭、G 値及び GT 値を算出した結果を参考表-5.4.1 に示す。前段部より後段部に流れるにあたり、最大流速が後段部のほうが小さくなるテーパードフロキュレーションになっており、G 値、GT 値が指針標準値範囲内にあることを確認する。



参考図-5.4.3 下部曲部の損失係数

参考表-5.4.1 上下迂流式ブロック形成池計算結果

			1 段目	2 段目	3 段目	4 段目	5 段目	全 体	備 考
最大水量	越流流速	cm/s	40.6	31.9	28.1	24.3	18.5		最下流部 15~30
	下部流速	cm/s	34.6	30	26.5	23.7	20.4		15~30
	損失	m	0.148	0.104	0.086	0.069	0.044	0.451	
	G 値							55	10~75
	滞留時間	分	3.9	4.3	4.8	5.3	6	24.4	20~40 分
	GT 値		40.6	31.9				80, 387	23, 000~210, 000
			1 段目	2 段目	3 段目	4 段目	5 段目	全 体	備 考
基本浄水量	越流流速	cm/s	37.4	28.6	24.6	20.9	15.8		最下流部 15~30
	下部流速	cm/s	29.4	255	22.5	20.1	17.4		15~30
	損失	m	0.12	0.082	0.063	0.051	0.031	0.347	
	G 値							44.5	10~75
	滞留時間	分	4.6	5.1	5.7	6.2	7.1	28.7	20~40 分
	GT 値							76, 446	23, 000~210, 000
			1 段目	2 段目	3 段目	4 段目	5 段目	全 体	備 考
最小水量	越流流速	cm/s	28.7	20.7	17.	14.2	10.6		最下流部 15~30
	下部流速	cm/s	19.6	17	15	13.4	11.6		
	損失	m	0.062	0.039	0.03	0.023	0.014	0.168	15~30
	G 値							25.2	
	滞留時間	分	6.8	7.7	8.5	9.3	10.7	43.1	20~40 分
	GT 値							65, 159	23, 000~210, 000

5.5 凝集沈澱池

5.5.1 総則

凝集沈澱池は、凝集処理で成長したフロックを重力沈降作用によって除去し、後続のろ過池にかかる負担を軽減するために設ける。凝集処理を伴う凝集沈澱池に対して、横流式沈澱池のうち、通常は原水の懸濁物質を凝集処理しないで自然沈降により分離するものを普通沈澱池という(5.7 緩速ろ過池参照)。沈澱池には、沈澱、緩衝及び排泥の三つの機能を持たせ、それらの在り方は、浄水処理全体の流れの中で検討することが必要である。

1. 沈澱機能

沈澱機能とは、流入してきた濁質をいかに効果的に沈澱除去させるかという働きであり、沈澱池における除去率を考える場合の最も基礎になる指標が、表面負荷率である。表面負荷率 V_0 は、沈澱池に流入する流量を Q 、沈澱池の沈降面積を A とすると、

$$V_0 = Q/A$$

で与えられ、mm/min といった速度の次元を持っている。表面負荷率は、図-5.5.1(1)に示すように、理想的沈澱池の上端から流入した粒子がちょうど沈澱池の出口において池底に沈澱する沈降速度を意味している。

図-5.5.1(2)のように表面負荷率 V_0 より小さな沈降速度 V を持つ粒子の除去率は、理想的沈澱池では V/V_0 となる。図-5.5.1(3)のように V が V_0 より大きい場合は、除去率 100%となる。

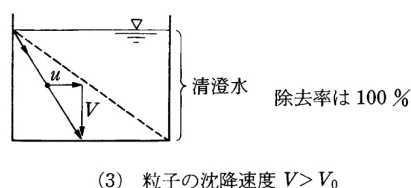
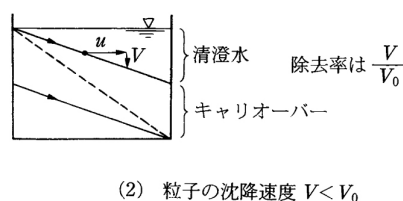
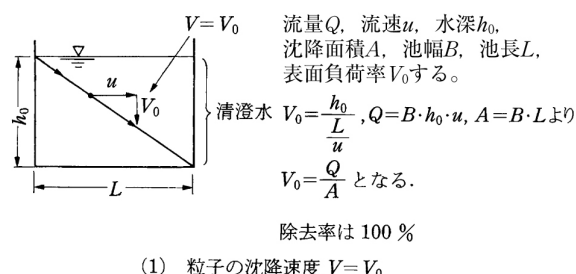


図-5.5.1 横流式沈澱池(理想的沈澱池)

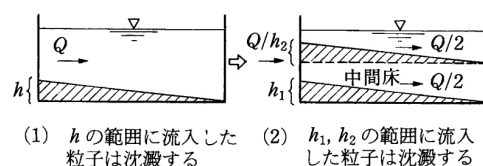


図-5.5.2 2階層の効果

したがって、除去率を向上させるには、

- (1) 池の沈降面積Aを大きくする。
- (2) フロックの沈降速度Vを大きくする。
- (3) 流量Qを小さくする。

の三通りの方法が考えられる。

- ① 池の沈降面積Aを大きくするには、図-5.5.2 に示すように、水面と池底の間に中間床を入れると良い。この中間床によって、除去率は2倍になる。同様に中間床を2床入れると除去率は3倍になることも容易に理解できる。この考え方に基づく沈澱池が多階層式沈澱池であり、用地の占有面積のわりには、大きな処理能力を得ることができる。その反面、構造が複雑で管理も繁雑になる。図-5.5.3 に2階層式沈澱池の例を示す。

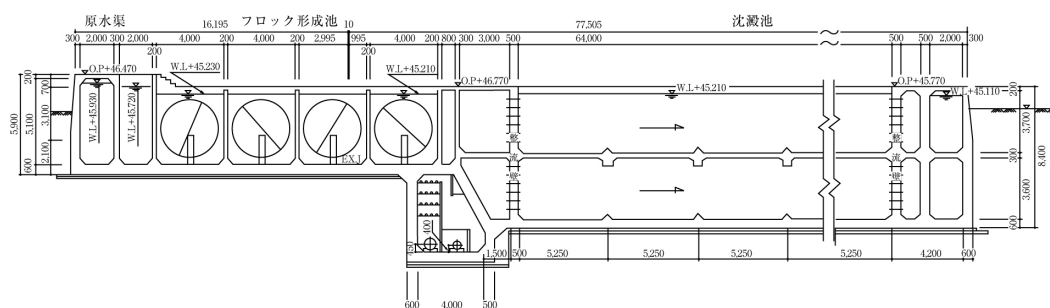


図-5.5.3 2階層式沈澱池(大阪市水道局豊野浄水場 450,000m³/日) (単位 mm)

このように階層数を増やしていけばいくほど、除去率は良くなる。その考え方を究極にまで押し進めたものが傾斜板式沈澱池や傾斜管式沈澱池（以下、「傾斜板（管）式沈澱池」という）である。これは、沈澱池に挿入した何枚もの板や管を円滑な排泥を行うために傾斜させたものであり、傾斜板及び傾斜管（以下、「傾斜板等」という）の沈降装置の例を図-5.5.7 に示す。

2. 沈澱池の緩衝機能

凝集沈澱池へ流入する原水の水量、水質は年間を通じてかなりの変動を示す。沈澱池は、これらによる濁質量の変動を吸収して、ろ過池への負担のかかり方を一定に近くするような働きを持っている。このような緩衝機能は、凝集沈澱池の大切な働きである。

沈澱の効率化を図り、滞留時間を短くすることは、緩衝機能を低下させる。これを補うためには、フロックの沈降状況やスラッジの再浮上の有無などを監視し、適正な薬品注入を行う必要がある。クリプトスポリジウムによって水道原水が汚染されるおそれのある場合は、沈澱池の滞留時間、池内の流速に特に留意し十分な沈澱処理を行うことが必要であり、沈澱効果を高める必要のある場合は傾斜板等の設置を考慮する。上向流式の沈澱池は特に密度流の影響を避け沈澱操作を確実にを行う必要がある。

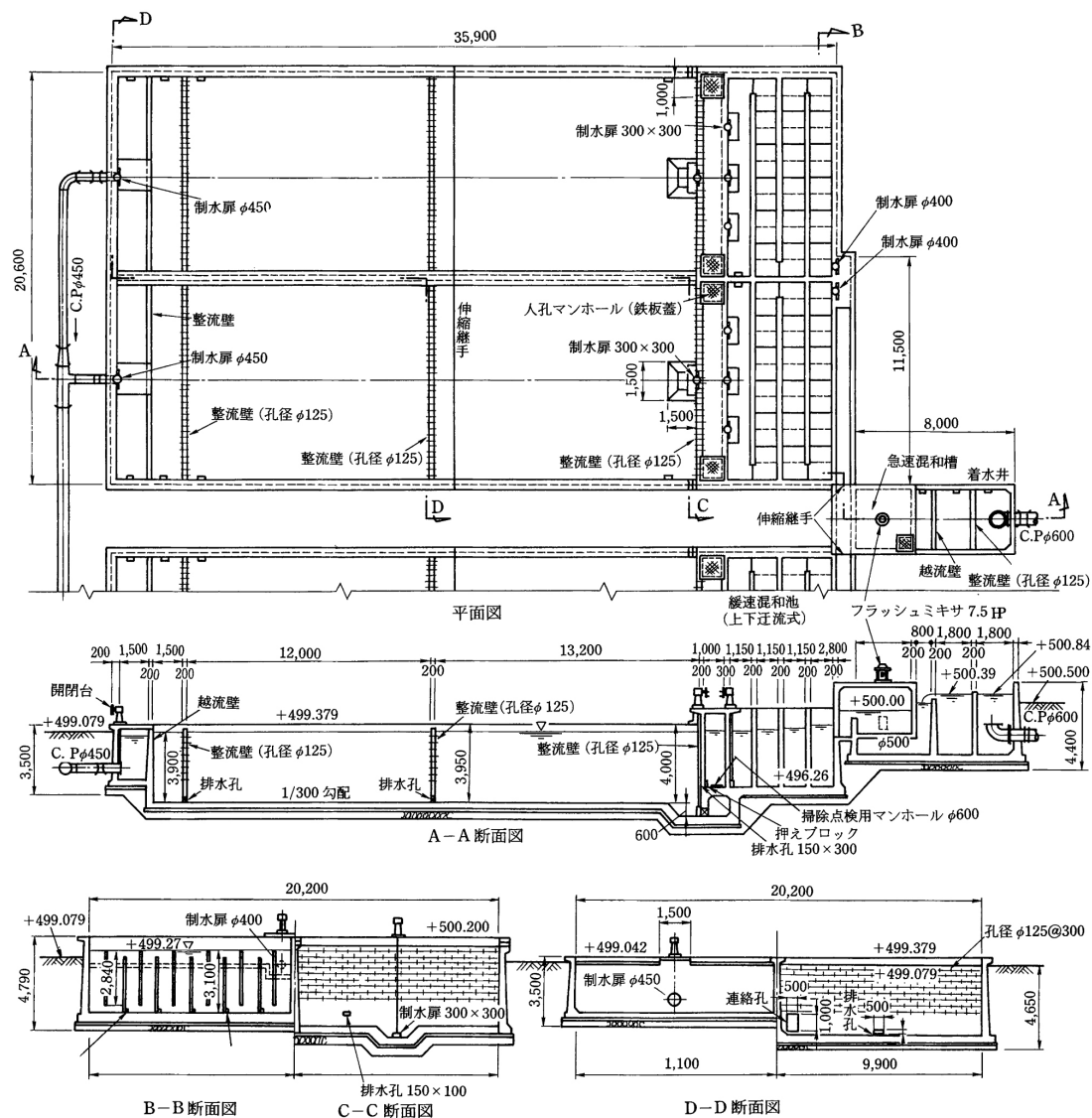


図-5.5.7 凝集沈殿池(富士市水道部北山浄水場 16,500m³/日) (単位 mm)

3. 排泥機能

凝集沈殿池には構造に見合った排泥設備を設ける。排泥の機構は、故障が少なく、堆泥を十分に排出できるものであることが必要であり、さらに、後に続くスラッジ処理との関連も考慮して、設計する必要がある。凝集沈殿池を分類すると、表-5.5.1 のようになる。

表-5.5.1 凝集沈殿池の分類

横流式沈殿池	単層式	
	多階層式	2 階層
		3 階層
傾斜版式等	水平式	
	上向流式	
高速凝集沈殿池	スラリー循環形	
	スラッジ・ブランケット形	
	複合形	

5.5.2 横流式沈澱池の構成及び構造

横流式沈澱池（凝集沈澱池）の構成及び構造は、次の各項による。

1. 池数は、原則として2池以上とする。
2. 各々の沈澱池に水を均等に流出入させるように配置する。
3. 各池ごとに独立して使用可能な構造とする。
4. 形状は長方形とし、沈澱部の長さは幅の3～8倍を標準とする。
5. 有効水深は3～4m程度とし、堆泥深さとして30cm以上を見込む。
6. 高水位から沈澱池天端までの余裕高は、30cmを標準とする。
7. 池底には排泥に便利のように、排水口に向かって勾配をつける。
8. 必要に応じ覆蓋設備を設ける。

〔解説〕

1. について；

清掃、点検及び修理等の場合を考慮して、沈澱池の池数は2池以上とすることが必要である。

しかし、短期間ならば、沈澱池を省いて混和池からろ過池という操作をしても差し支えないような原水の場合には、バイパス管を入れて例外的に1池とすることができる。

2. について；

配置計画に当たっては、複数の沈澱池への水量配分がなるべく均一になるように、水路構造、整流設備及び流出入弁扉の設置等を考慮する。このほか、修理作業等の作業空間の確保等に配慮する。

3. について；

流入、流出、排泥等の各設備が1池ごとに独立して使用できるような構成とし、池を清掃、修理及び点検する場合に、他の稼働中の池に影響を与えないようにする。

4. について；

池内の偏流を防ぎ、池の容量をできるだけ有効に活用するために、横流式沈澱池の平面形状は長方形とし、水流は一端から他端へ流れるようにするのが良い。円形あるいは方形池の、中央より流入させる放射流式沈澱池は、水流の方向が定まらないこと、風などの二次的外乱の影響が大きいこと等により、水流状態が不安定であることが確認されており、採用は避けた方がよい。

長方形の池においても、長さに比べて幅が大きすぎると、池内の水流は均等性を欠いて停滞部が多くなり、偏流や短絡流を生じ、効率を減少させる。したがって、水流の安定化には、池を細長くして流れに直線性を与えることが大切である。実験結果並びに実績から、長さは幅の3～8倍とすることが良いとされている。中間整流壁を設ける場合は3～5倍程度とするものが多い。導流壁を入れて全長を仕切の場合には、その仕切られた区画ごとにこの比を適用する。

傾斜板（管）式沈澱池の場合には、その沈降装置内で整流が行われるため、長さは幅の3倍以下とすることができる。沈澱池の幅は、汚泥掻き寄せ機等設備の面から15m程度までのものが多い。

5. について；

1) 有効水深

横流式沈澱池でフロックが沈降するとき、フロック間の沈降速度の差によって衝突、凝集が行われて、さらに大きな沈降速度の粒子となって沈澱していく。これを凝集性沈降といい、単一粒子の沈降を取り扱った表面負荷率の考え方では説明しきれない現象、すなわち除去率に池の水深が影響し、水深の大きい方が除濁効果も良いという結果が表れてくる。

しかし、池を深くすることは建設費が増加する結果となり、水流の安定性からいってもおのずと限度があり、今までの経験上から有効水深は3～4m程度が良い。水深を浅くしすぎると、風、気温等の影響を大きく受けるので好ましくない。

2) 堆泥深さ

池の水深として有効水深のほかに、スラッジの堆泥深さとして30cm以上は見込む。堆泥深さの推定に当たっては、原水の水質状況と排泥作業の頻度等について考慮する。堆泥量（体積）は、原水濁度、凝集剤の種類と量、スラッジの圧密性状等、影響する要因が多いので、推定することはむずかしい。同じ水系で似通った浄水処理をしている所の実績を参考にすることが望ましい。

6. について；

高水位から沈澱池天端までの余裕高さは、沈澱池も含めてその前後にある自由水面の大きさ、越流設備の容量等を基にした水面変動の解析や風による水面上昇を考慮して経験的に定めた。しかし、地震時の液面動揺は、条件によっては計算上30cmを超す場合もあるので、これによって危険な事態の発生が予測される場合には特別な対策をとる。

7. について；

沈澱池の堆泥は、機械により掻き寄せるのが一般的である。人力による掻き寄せ排泥の場合も考えて、排泥口に向かって池底に1/200～1/300程度の勾配をつけることが望ましい。

5.5.3 横流式沈澱池の設計指標

横流式沈澱池は、次の各項による。

1. 表面負荷率は、次の各号を標準とする。
 - 1) 単層式沈澱池は、15～30mm/min とする。
 - 2) 多階層式沈澱池は、15～25mm/min とする。
2. 池内の平均流速は、0.4m/min 以下を標準とする。

〔解説〕

1. について；

沈澱池の必要とする表面負荷率は、原水水質、凝集の成果、沈澱池の整流度合、水温等によって大きく異なる。また、多階層式沈澱池では、流向の変更等による水流の乱れや、清掃の都合上、階層が部分的なものがあり、階層を増やした分だけ直ちに効果はあがらない。ここでは、これらを考慮して、実績から単層式沈澱池は 15～30mm/min、多階層式沈澱池は 15～25mm/min を標準とする。

5.5.4 傾斜板（管）式沈澱池

傾斜板（管）式の沈澱池は、次の各項による。

1. 沈澱池の形式等を考慮して、傾斜板等の沈降装置の種類・形式等を定める。
2. 傾斜板等の沈降装置への流入を均等にし、短絡流を防止するための有効な措置を講ずる。
3. 水平流式の傾斜板等の沈降装置を設置する場合には、次の各号を標準とする。
 - 1) 表面負荷率は、4～9mm/min とする。
 - 2) 装置の傾斜角は、60° とする。
 - 3) 池内の平均流速は、0.6m/min 以下とする。
 - 4) 装置の下端と池底との間隔は、1.5m以上とする。
 - 5) 装置の端と沈澱池の流入部壁及び流出部壁との間隔は、それぞれ 1.5m以上とする。
4. 上向流式の傾斜板等の沈降装置を設置する場合には、次の各号を標準とする。
 - 1) 表面負荷率は、7～14mm/min とする。
 - 2) 装置の段数は、1 段とする。
 - 3) 装置の傾斜角は、60° とする。
 - 4) 池内の平均上昇流速は、80mm/min 以下とする。
 - 5) 上向流水を可能な限り沈降装置内を通過させるため、次の各目によるものとする。
 - (1) 装置の設置面積は、沈澱池の上向流部分の 90%以上とする。
ただし、構造上の制約等でやむを得ない場合は、80%以上とすることができる。この場合は、阻流壁を設けるなど、短絡流を生じないように注意する。
 - (2) 装置と池側壁及び阻流壁との間隔は、100 mm 以下とする。
 - 6) 横流式沈澱池に設置する場合には、次の各目による。
 - (1) 装置の下端と池底との間隔は、1.5m以上とする。
 - (2) 装置の端と流入部壁との間隔は、1.5m以上とする。
 - (3) 装置下部の入口における平均流速は、0.7m/min 以下とする。
5. 傾斜板等の沈降装置は、地震等によって破損することがないように適切な装置を講じる。
6. 処理の効率化を図るため、既設の沈澱池に傾斜板等の沈降装置を設置する場合は、付帯する既設設備の能力を考慮する。
7. 藻類の繁茂による障害対策を講じる。

5.5.6 整流設備及び取出し設備

1. 凝集沈殿池の整流設備は、池内の偏流を少なくして除去率を高めるものであり、次の各号による。
 - 1) 流入口は、池断面にできるだけ均等に流入するように、その位置及び構造を定める。
 - 2) 横流式沈殿池の整流設備は、次の各目による。
 - (1) 流出入口には、整流壁などを設けて、池断面に均等に流入し、かつ流出するようにする。
 - (2) 整流壁は、流出入口から 1.5m 以上離す。
 - (3) 整流壁の孔の総面積は、流水断面積の 6 % を標準とする。
 - (4) 池内には、必要に応じ導流壁や中間整流壁を設ける。
- (図-5.5.23 参照)
2. 凝集沈殿池の取出し設備は、次の各号による。
 - 1) 取出し設備は池内の流況を乱さないような構造とし、その堰負荷は $500\text{m}^3/(\text{日} \cdot \text{m})$ 以下とする。
 - 2) 上向流式の傾斜板等の沈降装置を設置する場合には、次の各目による。
 - (1) 取出し設備下端と沈降装置上端との間隔は原則として 30cm 以上とする。
 - (2) 取出し設備の堰負荷は、 $350\text{m}^3/(\text{日} \cdot \text{m})$ 以下とする。

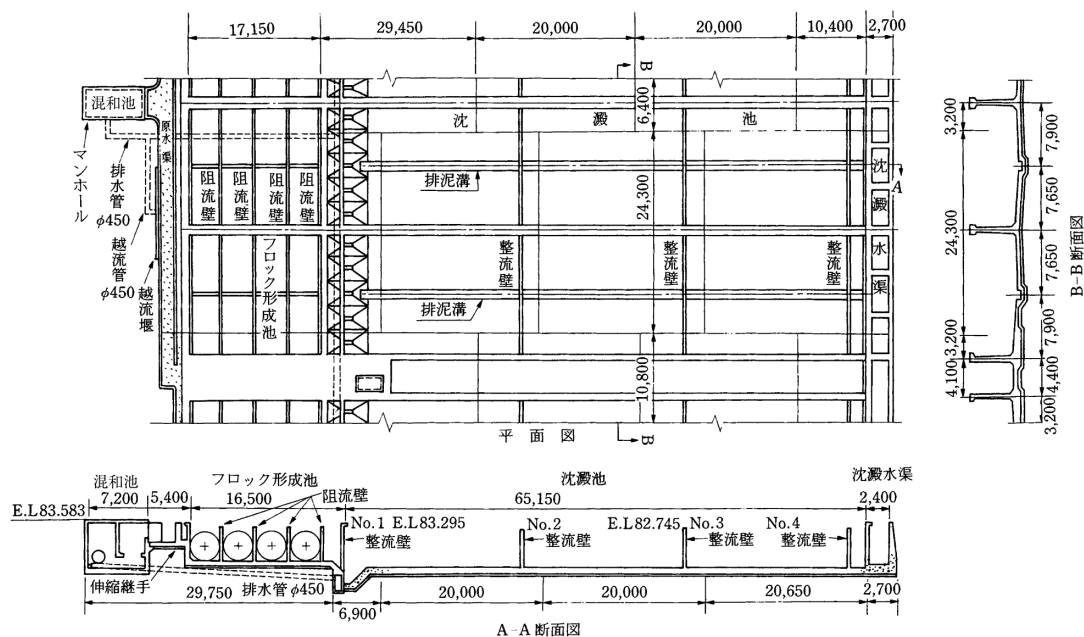


図-5.5.23 中間整流壁式沈殿池

(東京都水道局東村山浄水場 1,265,000 $\text{m}^3/\text{日}$) (単位 mm)

5.5.7 排泥設備

1. 横流式沈澱池の排泥設備は、沈澱池の構造や維持管理、スラッジの性状を考慮して、方式を選定する。
2. 高速凝集沈澱池の排泥設備は、池内の余剰スラッジを随時又は一定間隔で、十分に排出できる構造とする。
3. 排泥弁は、停電などの事故に際して、閉止状態になるものとする。

〔解説〕

1. について；

排泥方式には、次のようなものがある。

1) 機械的に掻寄せを行う方式

この方式は、池底にホップと排泥弁を設けるなどして、水压あるいはポンプによって排泥するものである。必要に応じて圧力水噴射装置を備えることもある。

2) 気圧を利用して行う方式

この方式は、水平集泥管を中継点として、池底より沈澱スラッジを吸い込む枝管と、管内に取り込んだスラッジを池外へ放出する排泥管、圧力空気を供給する空気供給管等からなり、集泥管内の圧力空気を出し入れすることで集泥と排泥を交互に行うものである。

3) 池底全面にホップを設けて行う方式

この方式は、ホップ内に水道（みずみち）ができ、排泥が完全に行えないことがあるので、ホップに圧力水噴射装置を設置したり（図-5.5.31 参照）、ホップ形状を工夫したりする必要がある。

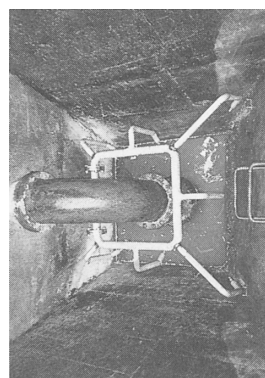
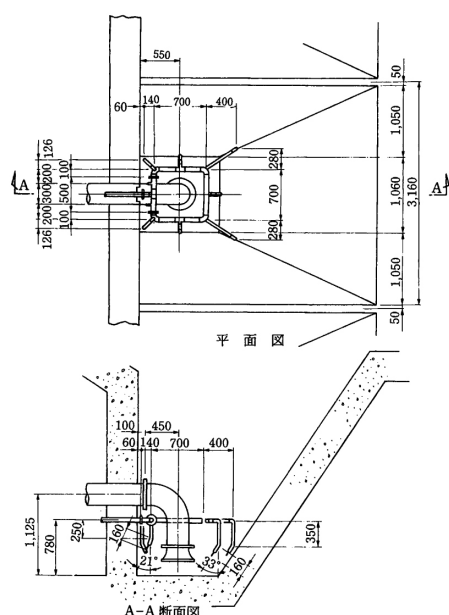


図-5.5.31 全面ホップ排泥圧力水噴射装置(大阪広域水道企業団村野浄水場)

4) 池を空にして行う方式

この方式をとる場合は、必要に応じてスラッジ排除のために圧力水を利用できるような設備を設けることが必要である。圧力水配管を固定しても良いし、可搬式ポンプ等により隣接池の水を加圧送水できるようにしておくだけでも良い。

5.5.8 排泥管及び越流管

沈澱池の排泥（排水）管及び越流管は、次の各項による。

1. 排泥管の管径は、排泥時間及び排泥量に応じて適正なものとする。
2. 原則として排泥池へ自然流下で排泥する。
3. 必要に応じて越流管を設ける。

5.6 急速ろ過池

5.6.1 総則

1. 急速ろ過池の役割

急速ろ過池は、原水中の懸濁物質を薬品によって凝集させた後、粒状層に比較的速い流速で水を通し、主としてろ材への付着とろ層でのふるい分けによって濁質を除去作用する。除去対象の懸濁物質は、あらかじめ凝集作用を受けて、付着やふるい分けされやすい状態のフロックになっていることが必要である。

たとえ、原水が低濁度であっても急速砂ろ過池でろ過するのみではクリプトスポリジウム等を含めコロイド・懸濁物質の十分な除去は期待できないので、必ず凝集剤を用いて処理を行う。

2. 懸濁物質除去のメカニズム

ろ層における懸濁物質除去の機構は、二つの段階に分けて考えられている。第一は、懸濁粒子が流線から離脱してろ材の表面近くまで輸送される段階で、ふるい分け作用、阻止作用と重力沈降作用が卓越して進行すると考えられている。

第二は、輸送された粒子がろ材表面に付着して捕捉される段階で、これは懸濁粒子と抑留表面（ろ過初期にはろ材表面そのもの、その後は捕捉された懸濁粒子により形成された表面）との関係に依存すると考えられている。

このようにろ材表面での抑留が、ろ過作用の主要因であるので、できるだけ多くのろ材表面を付着用に供した方が、ろ過作用は有効に果たされる。

1) 表層ろ過と内部ろ過

単位ろ過面積当たりのろ材表面積は、ろ材粒子径とろ層厚さの関数である。したがって、ろ材の粒径を細かくするほど抑止効果は高まり、ろ層厚さが薄くても濁質を抑止できることになるが、抑留物が表面のろ層に集中して高い損失水頭を生じるので、長時間のろ過持続が困難になる。これに対し、ろ層の内部にフロックを侵入させ、ろ層全体を利用して濁質を捕捉できるようろ層にすれば、大量の濁質をろ層内に抑留することが可能であり、損失水頭も小さい。

ろ層の厚さ方向でのろ過機能の負担のさせ方により、前者を表層ろ過、後者を内部ろ過（体積ろ過）と称している。

2) フロック強度と濁質補足量

ろ層でのフロックの捕捉状態はフロックの強度によって異なる。一般的に濁質当たりの凝集剤量（ALT 比）の高いフロックは強度が低く、いったんろ材粒子の表面に付着しても、水流による剪断力によって破壊され、漏洩しやすい。

一方、ALT 比が低く、強い攪拌を受けて生成したフロックは強度が高く漏洩しにくい。

3. 単層ろ過と複層ろ過

通常のろ材は、粗細いり混じった粒径分布を持つので、逆流洗浄すると細かいろ材が上に集まり、粗いろ材が下に分けられる傾向があり、それを模式的に示すと図-5.6.1 (A) のようになる。このろ層に下向きに未ろ水を流すと、水中のフロックの大部分は表層近くで除去され、抑留量は図-5.6.1 (A') のように分布する。そのため、表層における損失水頭が高まり、ろ層内部の抑留容量を十分に利用しないうちにろ過を打ち切り、洗浄することになる。

砂だけをろ材とする単層ろ過池で、この短所を緩和するには、ろ材の粒径分布幅を小さくし、かつ粒度を大きくして、表層への抑留量の集中を和らげ、さらにろ層を厚くすることによって、漏洩を遅らす工夫がなされる。

内部ろ過は、比較的高速のろ過をすることにより、フロックをろ層深部に侵入させ、ろ層全体を利用するものである。

図-5.6.1 (B) のように、粒径も空隙率も水流方向に向かって、徐々に小さくなるようなろ層構成を作ることができれば、高度の除濁能力と大量の抑留機能を合わせ持つことができる。

逆流洗浄を行っても、このようなろ層構成を保つには、上層よりも下層を構成するろ材の沈降速度を大きくすればよい。そのためには、下層に密度の大きなろ材を用いる必要がある。

粗粒層から細粒層へと、水を流すろ過池を目指した一つの形として、密度の異なる複数のろ材を用いた多層ろ過がある。実例が多いのは、砂の上にアンスラサイトをのせた二層ろ過で、濁質の抑留を砂と比較して粒径が大きく密度の小さいアンスラサイト層に、抑止機能を砂層にそれぞれ分担して負担させるものである。その粒径分布は図-5.6.1 (C) のようになり、各層の中では、上部に細かいろ材が集まる傾向は避けられないが、全体として上から粗粒ろ材、細粒ろ材の順にろ層構成が得られる。二層ろ過では抑留量分布が図-5.6.1 (C') のようになるろ層設計が望ましいと考えられている。

通常の単層ろ層（図-5.6.1 (A)）を上向流でろ過する方法（上向流ろ過）は、粗粒から細粒へと一様に粒径の変化するろ層によるろ過ができるが、ろ過速度を大きくするとろ層が膨張して濁質が漏洩したり、ろ過水が通過する部分に洗浄後の洗浄排水が残留するといった欠点がある。

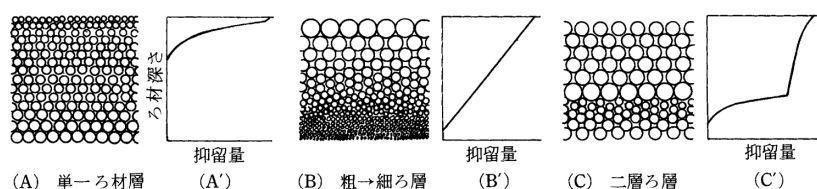


図-5.6.1 ろ層の粒度分布と濁質抑留量の分布

4. ろ過池に必要な機能

ろ過池は浄水処理工程で除濁の最終段階として用いられる場合がほとんどであり、次のような機能を必要とする。

- ① 水質基準及び「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」に適合するろ過水が得られる浄化機能。
- ② 濁質の量的抑留機能。
- ③ 水質、水量の変動に対する緩衝機能。
- ④ 十分な洗浄機能。

ろ層内での濁質抑留状態は、流入フロックの性状と量、ろ層の構成、ろ過速度、ろ過持続時間等によって異なるので、洗浄方式は、それらに合わせて設計する必要がある。

5. ろ過池設計の留意点

急速ろ過池は、急速ろ過方式という総合的な固液分離システムの一環であるので、システム全体でろ過池に割り当てた除濁負荷や緩衝能力（負荷変動の吸収）に見合った設計を行う必要がある。すなわち、浄水施設の計画に当たって、原水水質、特に濁度に対して、沈澱、ろ過が、それぞれどれだけの、あるいはどのような量的、質的負荷を担い、またろ過水の安全確保のための余裕を分担するかを求め、その結果として、ろ過池に課せられた機能を満足できるように設計することが重要である。マンガン除去などろ過池の除濁以外の機能を考慮すると、濁質の除去はできるだけ沈澱池で分担し、ろ過池にはあまり負担をかけず、浄水としての仕上げのための処理設備として機能させることが望ましい。

ろ過池設計上選択できる主要な項目は、ろ材粒径、ろ層厚を含めたろ層の構成、ろ過速度とその調節方式、ろ層の洗浄方式と洗浄頻度等である。これらは相互に密接な関連を持つので、その選択には全体としての調和が保たれるよう考慮する。

5.6.2 構造及び方式

急速ろ過池の構造・方式は次の各項による。

1. ろ過が適正にできるもの、またろ層の洗浄が十分にできるものとする。
2. 重力式を標準とする。

5.6.3 ろ過面積、池数及び形状

急速ろ過池のろ過面積、池数及び形状は、次の各項による。

1. ろ過面積は、計画浄水量をろ過速度で除して求める。
2. 池数は、予備を含め最小限2池以上とし、予備池は10池までごとに1池の割合とする。
3. 1池のろ過面積は、150m²以下を標準とする。
4. 形状は、長方形を標準とする。

〔解説〕

4. について；

池の形状は、長方形の方が円形や扇形のものより建設面で有利であり、維持管理面でも問題が

少ないので、これを標準とする。

長さとの比は、あまり大きくなると、池内での水流の均一性が確保しにくくなるので、おおむね 5 : 1 以下を目安とする。

5.6.4 ろ過流量調節

急速ろ過池には、ろ過流量を調節する機構を備える。

〔解説〕

ろ過方式及びろ過制御方式を以下に示す。

1. 定速ろ過方式

1) 定速ろ過方式の概要

ろ層の閉塞の進行に伴って、上流側水位を高めるか、あるいは下流側流量制御系の抵抗を低下させる（バルブを開く）ことによって、ろ層にかかる圧力差を増してやれば、ろ過水量を確保することができ、一定のろ過流量を保つことができる。この方式を定速ろ過方程式といい一般的に広く使用されている。

2) 定速ろ過方式の制御

定速ろ過方式の制御には、流量制御方式、水位制御方式及び自然平衡方式の三つの方式がある（図-5.6.4 参照）。

(1) 流量制御方式

流量制御方式は、ろ過水流出側に計量装置と流量調節装置を設けておき、ろ過初期には、調節装置によって大きな損失水頭を発生させることにより、ろ過流量を抑制する。ろ過の進行に伴ってろ層の閉塞が進み、ろ層内損失水頭が増加した分だけバルブを開いて、調節装置における損失水頭を減らすことにより、ろ過流量を一定に保つものである。この方法には、砂面から流入渠水位までの高低差を比較的小さくできるという長所を有する反面、装置が比較的複雑で、高損失水頭時の負圧発生に伴い水質悪化を招く可能性があるなどの短所がある。

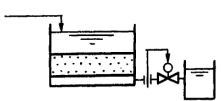
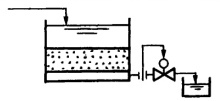
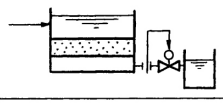
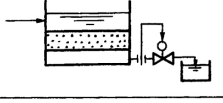
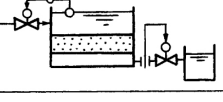
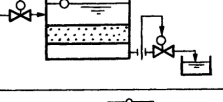
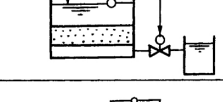
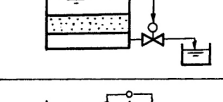
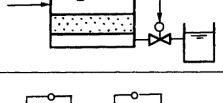
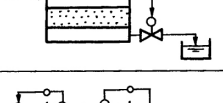
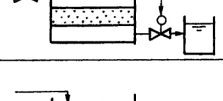
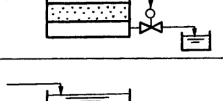
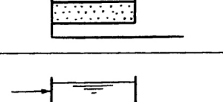
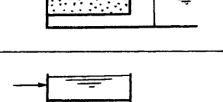
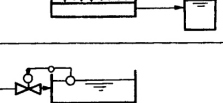
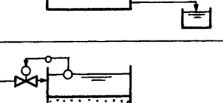
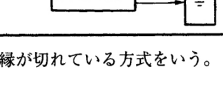
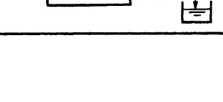
(2) 水位制御方式

水位制御方式は、ろ過池の水位が一定になるようにろ過池の水位を検知し、その信号を水量調節機構に伝達して定速ろ過を維持するものである。比較的浅い砂面上水深とすることができるが、機構が複雑になる。

(3) 自然平衡方式

自然平衡方式は、流出側に砂面より高い位置に堰などを設け、ろ過池自体の砂面上水深が徐々

に高まることによって、ろ層の閉塞に伴う通水量の減少を防止し、一定のろ過流量を得る方法である。また、流入量の設定変更に際して、ろ過速度は急変することなく緩やかに変化することから、ろ過水水質の保持に優れていると言える。砂面上水深がある設定値に達したら、ろ過を停止し洗浄を行うことから、砂面上水深を大きくとるほどろ過持続時間が長くとれる。この方式は、流出側にろ過流量調節装置を設けずに定速ろ過が可能で、砂層内に負圧の発生する危険が少なくなること等の長所を持っているが、ろ過池の槽深が大きくなる短所も持っている。

調節方式		流入法	流出法	
			非カスケード	カスケード
定速ろ過法	流量制御方式	カスケード		
		非カスケード		
		水位制御		
	水位制御方式	カスケード		
		非カスケード		
		水位制御		
	自然平衡方式	カスケード		
減衰ろ過法		非カスケード		
		水位制御		

注) カスケード方式とは落下方式のこと、流入又は流出側水面と縁が切れている方式をいう。

図-5.6.4 流量調節方式と流出入方式

2. 定圧ろ過方式

1) 定圧ろ過方式の概要

ろ過を続けると、ろ層に濁質が抑留されるのに伴ってろ層内の流路断面積は減少し、透水性が低下する。したがって、ろ層の上流側水位と下流側水位、すなわちろ層にかかる圧力差が一定であれば、ろ層の閉塞に伴ってろ過流量は徐々に減少する。これを定圧ろ過方式という。

2) 定圧ろ過方式の制御

定圧ろ過方式では、ろ過速度が低下し、所要の水量が得られなくなるまでの時間を長くするためには、ろ層、下部集水装置、流出側配管等での抵抗を大きくすることが必要である。これを小さくすることは、初期のろ過速度が極端に大きくなったり、外乱によるろ過流量の変化が大きくなって濁質の漏洩が生じやすくなる。いずれにしても、ろ過流量が変動するため水量管理が難しくなる。このため、一般的には、流出部に固定した絞り部を設け、ろ過速度の上限をある限度に抑える。減衰ろ過方式は定圧ろ過方式の典型である。

減衰ろ過方式は、多数のろ過池を持つ場合にのみ採用できるものである。沈澱池からの流入水量をそのままろ過するため、ろ層の抵抗によりろ過流量が減少していく。定圧ろ過方式といっても、ろ過水量が減少すると、池内の水位が自然に上昇する。ろ過速度が低下して水位が一定以上に上昇した場合には、池を洗浄し、全体としてのろ過能力を回復させて水位を低下させる。

この方式は、機構が単純であること、必要な水頭が少ないこと、ろ層の閉塞に伴う自然の流量減少にゆだねているので濁質の漏洩の危険の少ないこと等の長所がある。

しかし、池数が少ない場合は、ろ過速度の減衰により流量管理が難しく、ろ過池の休止や復帰に伴うろ過速度の変動や、水位の変動が大きくなるという短所もある。

5.6.5 ろ過速度

ろ過速度は、120～150m/日が一般的である。

〔解説〕

ここで、ろ過速度を 120～150m/日としたのは、この設計指針で示した凝集・沈澱処理、ろ過砂の形質及び砂層構成とした場合に、安定したろ過水と、維持管理上からみて必要な 1～3 日のろ過持続時間を得るためには、これまでの実績から、この程度のろ過速度が適当と考えられるからである。

凝集・沈澱処理や高度浄水処理等で特に良好なろ過池流入水を得ることのできる場合は、これを超えるろ過速度を採用することも可能であり、300m/日程度のろ過速度で運転されている例がある。

5.6.6 ろ過砂及び砂層の厚さ

急速ろ過池に使用するろ過砂及び砂層の厚さは、次の各項による。

1. ろ過砂は、粒度分布が適切で、夾雑物が少なく、摩耗しにくく、衛生上支障のないもので、ろ過及び洗浄を安定して効率よく行うことができるものとする。
2. 砂層の厚さは、60～70cm を標準とする。

〔解説〕

1. について；

ろ過砂としては一般に珪砂が用いられている。ろ過砂の品質は、次のとおりである。

1) 洗浄濁度

30 度以下であることとする。ろ過砂の清浄さ（汚れの限度）をこのように定めたものである。ただし、加工したマンガン砂の場合には、この項を適用しない。

2) 密度

2.57～2.67g/cm³の範囲であることとする。天然の砂の比重は、2.6 前後であるが、比重が 2.57 以下の砂には、有機性物質や多孔性の砂が混入している場合があり、2.67 以上の砂には、石灰石や重金属類の鉱石を混入している場合があるので、ろ過砂としては好ましくない。

3) 強熱減量

0.75%以下であることとする。ろ過砂は、なるべく爽雑物の少ない純良な砂であることが望ましい。そこで、有機性不純物並びに石炭粒、石灰石及び貝殻等爽雑物の混入量の上限を比較的簡単に試験できる強熱減量によって定めた。

4) 摩滅率

3.0%以下であることとする。洗浄を繰り返すうちに、ろ過砂が破碎損耗して、洗浄排水中に流出し、砂層の粒度構成や砂層厚さが設計状態と異なってくることを防ぐために、ろ過砂の摩滅率をこのように定めた。

5) 塩酸可溶率

3.5%以下であることとする。前項と同じく、爽雑物の混入限度を塩酸可溶率によって定めたものである。

6) 外観

ごみ、粘土質等の不純物あるいは偏平又は脆弱な砂等を多く含まないで、石英質の多い、堅い均等な砂が良い。特に砂鉄の含有の少ないものが望ましい。

7) 有効径

0.45～0.70mm が一般的である。様々な径の粒子の混合体である砂の粒径の表し方にはいろいろあるが、ここでは、水道で慣用的に用いられてきた有効径（砂の粒度加積曲線上での 10%通過径をいう。図-5.6.6 参照）をもって表した。

小さな径のろ過砂を用いるほどブロック阻止率は高まり、表面ろ過の傾向が強まる。小径の砂は、抑留可能濁質量が少ないこと、マッドボールが生成しやすいこと、損失水頭が早く上昇すること等の短所はあるが、逆流洗浄流速が小さくてすむこと、厚い砂層が不用なこと等の利点もある。

逆に、大きな径のろ過砂を用いる場合には、内部ろ過の傾向が増すので、砂層を厚くし、砂の均等係数を小さめにすれば、損失水頭をあまり高めずに、持続時間を長く保ち、ろ過速度を高めることが可能となる。この場合、逆流洗浄速度をあげたり、空気洗浄を併用して、洗浄効果を高める必要がある。

砂層厚が、60～70cm の通常の急速ろ過池では、阻止率、ろ過持続時間、逆流洗浄速度及び広範な原水水質への対応等の観点から、有効径 0.6～0.7mm の砂が広く用いられている。

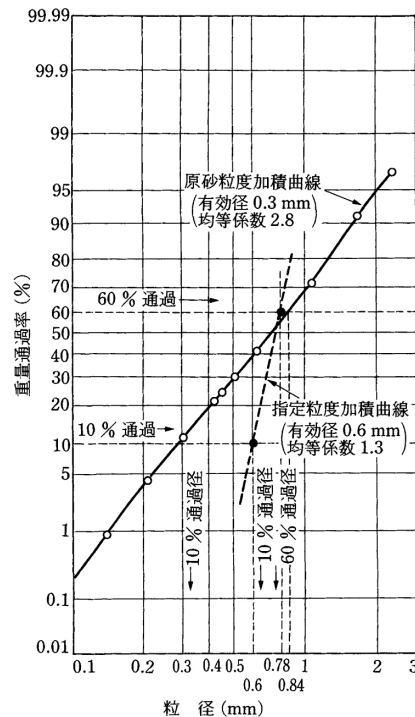


図-5.6.5 粒度加積曲線の例

8) 均等係数は、1.70 以下であること。

砂の粒度加積曲線（図-5.6.5 参照）で 60%通過径と 10%通過径の比を均等係数といい、粒径分布の均一度合を表す指標である。

自然に存在する砂の均等係数は、大体 1.5～3.0 の範囲にある。このような砂を使うと、逆流洗浄中に上層の砂と下層の砂は入り混じって洗浄されるのであるが、洗浄停止時に、粗粒のもののほど沈降速度が速いので下層に集まり、細粒のものは上層に集まる。このため、ろ過における濁質の抑止率は極めて高い反面、閉塞しやすいので損失水頭が大きくなり過ぎ、十分なる過持続時間を保てない。

均等係数の大きな砂では、表層の細砂と下層の粗砂の粒径勾配が大きくなるとともに、最密充填の傾向を示す。したがって、砂層表面における目詰まりを緩和して、砂層内部に高い濁質抑留能力を持たすには、ろ過砂の粒径の均一度を高める必要がある。そこで、均等係数の上限を 1.70 と定めた。

均等係数は 1 に近いほど粒径がそろってくるので、砂層の空隙率が大となり、濁質の抑留可能

量は増す。しかし、均等係数を小さくするほど、原砂から得られるろ過砂の量は少なくなり、均等係数 1.3 を下回る付近から歩止まりは急に低下する。そこで、有効径が 0.6～0.7mm の砂の場合、実際には 1.3～1.6 程度の均等係数のものが用いられている。

9) ろ過砂の最大径は、2.0mm を超えず、最小径は 0.3mm を下らず、やむを得ない場合でも最大径を超えるもの、あるいは最小径を下回るものが 1 % 以下であること。

逆流洗浄を繰り返すうちに、表層には細かい砂が多くなり、下層に粗い砂が多くなる。ろ過砂の有効径と均等係数だけでは、粒度分布のうちの質量 10% 径以下と 60% 径以上の分布については、規定されないので、分級の傾向が極端に大きくなることを避けるため、粒径の上下限を定めた。

ろ過池へろ過砂を敷き込み後、膨張率 30% を超えない逆流洗浄を繰り返し、表層の数 cm に集まる細かく軽い成分や泥等を取り除く。したがって、ろ過砂は、表層の削り取りを前提とし、設計の砂層厚さより数 cm 多く敷き込むことが必要である。

2. について ;

従来から用いられてきた標準的なろ過池では、ろ過持続時間とろ過効率を考えた経済的見地並びに砂層への濁質侵入度合からみて、経験上、砂層厚さは大体 60～70cm が適当であり、これを標準とした。

5.6.7 ろ過砂利及び砂利層の厚さ

急速ろ過に使用するろ過砂利及び砂利層の厚さは次の各項による。

1. ろ過砂利は、砂利の形状や粒径が適切で夾雑物が少なく、衛生上支障がないもので、砂層の十分な支持ができ、安定して効率よく洗浄を行うことができるものとする。
2. ろ過砂利の粒径と砂利層の厚さは、下部集水装置に合わせて適切に決める。
3. ろ過砂利は、粗粒のものを下層に、細粒のものを上層にするのを標準とし、不陸のないように順序よく敷きならす。

〔解説〕

砂利層は、ろ過砂がろ過中に下部集水装置を通して流出渠などへ漏出しないよう支持するために設けるものであり、逆流洗浄時には下部集水装置から噴出する洗浄水を均等に分散させる役割を果たすものである。

1. について ;

ろ過砂利の品質は、規格として JWWA A 103 : 2006 (水道用濾過砂利) の中に選定標準があるのでこれに準拠して判定することができる。

1) 洗浄濁度

30 度以下であることとする。

2) 密度

表面乾燥状態で 2.50 以上とする。

3) 塩酸可溶率

3.5%以下とする。

4) 外観

形状が堅く丸みのあるもので、偏平なものやきょう雑物、粘土質、ぜい弱な粒子等の含有が少ないものとする。

5) 砂利粒子の形状

砂利粒子の形状は、長径が短径の 5 倍以上のものが質量比で 2 %以下とする。

6) 粒径の質量比

各層ごとの設計最小径以下の粒径と設計最大径以上の粒径の質量比を加えたものが、合計で 15%以下であることとする。

5.6.8 下部集水装置

下部集水装置は、均等かつ有効なろ過と洗浄ができる構造とする。

〔解説〕

ろ過池には、ろ材の支持、ろ過水の集水、逆流洗浄水の均等配分等の機能を併せ持つ下部集水装置を設ける。

洗浄が平面的に不均一であると、ろ過時にはよく洗浄された部分のみを水が通ることになり、ろ過速度の極端に速い部分が生じ、洗浄不十分な部分には徐々にろ層の部分的閉塞が生じる。洗浄の均一性は、ろ過池の機能の継続上重要である。

下部集水装置の損失水頭は、開口部の面積、流速及び形状係数によって決まる（図-5.6.6 参照）具体的な下部集水装置について、その要件を次に述べ、解説を加える。

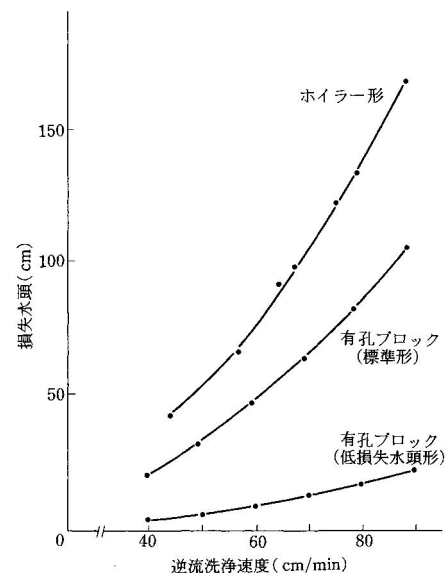


図-5.6.6 下部集水装置の損失水頭

1. 有孔ブロック形

底版上に分散室と送水室を有する成形ブロックを並べるもので、ブロックの標準形状並びに布設状況は、図-5.6.7、図-5.6.8 に示すとおりである。

この形式は、オリフィス孔で連通した二段構造による圧力の均等化と、ブロック上面に配列さ

れた多数の集水孔により、均等な過と逆流洗浄効果を期待するものである。

有孔ブロックの特徴は、ブロックが軽く支柱等が不要で施工が容易、圧力室が不要であるなど、構造を浅くできる、平坦性を得やすいこと等である。送水室断面の大きなものほど均等な圧力が保たれるので、集水孔の孔径を大きくしても、水分散の均一性を保つことができ、結果的に下部集水装置における損失水頭を減らすことができる。

有孔ブロックの材質としては陶磁器やプラスチックが使用されている。ろ過池の中央か管廊側には集水渠を設けて、ブロックとの間で水の出し入れを行うものとするが、その断面積は、ろ過面積の1%以上（逆流洗浄速度0.6m/minのとき）とするのが良い。

通常用いられているものの開口比（集水孔総面積のろ過面積に対する比）は0.6～1.4%である。

ブロックの布設長さは、あまり長くなると位置による圧力の不均衡が大きくなるので、一般的には5m程度が限度と考えられる。

また、逆流洗浄時にはブロックの一部に上向きの力が働くため、適当な間隔でアンカーを設置して固定する必要がある。なお、ブロック間の目地は漏水しないように入念に施工する必要がある。

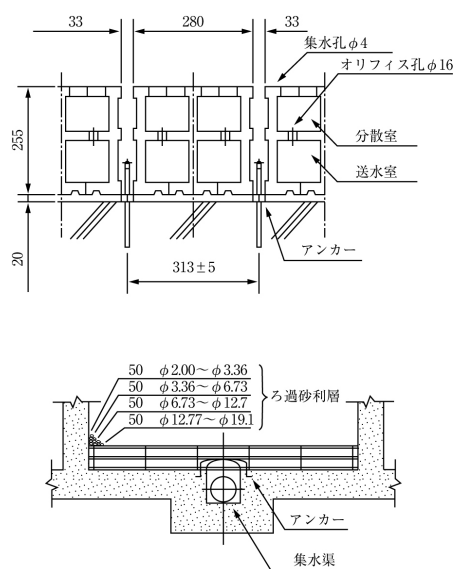


図-5.6.7 有孔ブロック形下部集水装置（単位 mm）

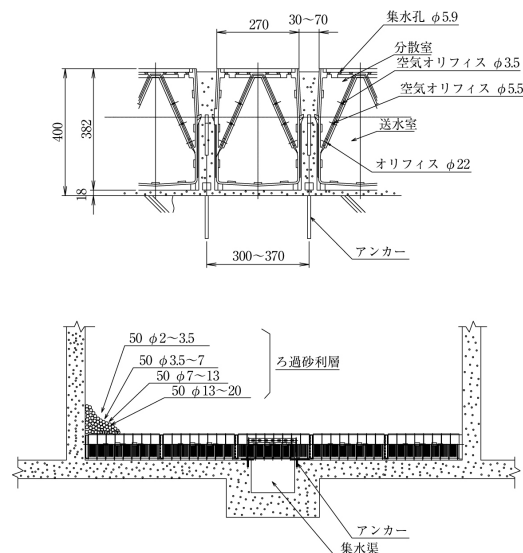


図-5.6.8 有孔ブロック低損失水頭形下部集水装置(プラスチック製) (単位 mm)

2. ストレーナ形

底版上に布設する管あるいは支持版にストレーナを取り付け、それを通じてもろ過水と逆流洗浄水の出し入れを行うもので、その標準形状並びに布設状況の一例は図-5.6.9に示すとおりである。管に取り付ける場合には、管と水の出し入れを行う集水渠をろ過池中央に設ける。管は耐久性のものとし、取付けに当たっては、ストレーナの最下孔の近くまでコンクリートを充填して水が停滞する部分をなくするとともにストレーナが管から外れないように十分固定しておく必要がある。

ストレーナの間隔は、これまでの経験から 10~20cm が適当であり、取付け高さは同一になるような注意が必要である。

ストレーナ取付け短管の総断面積は、ろ過面積の 0.25~1.0% とすると、逆流洗浄時に平面的に均一な水流が得られる。

ストレーナ装置の成否は、ストレーナの腐食と閉塞の防止にある。腐食防止には、耐食性の強い金属か合成樹脂を使用する。また、閉塞防止には、ストレーナの大きさに見合った適切な粒径と厚さを持つ砂利層を設けて、細かい素材の脱落を予防することが有効である。また、ストレーナの形状寸法は、砂が脱落しても閉塞しないようなものを選択することが必要である。

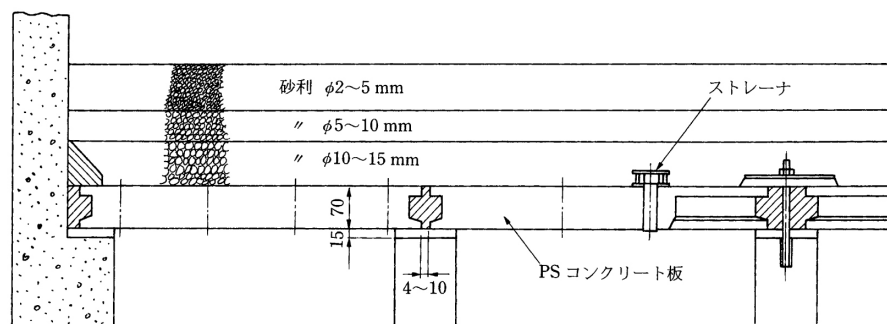


図-5.6.9 ストレーナ形下部集水装置 (単位 mm)

3. 多孔管形

通水孔を開けた管を孔が下向きになるように、底版上に支台を設けて設置するもので、図-5.6.10 に一例を示す。

使用する管は、耐食性、耐久性、耐圧性に富んだ材質で作られたもので、孔は口径、角度とも均等に開ける。集水支管の間隔は 30cm 以下とし、その長さは管径の 60 倍以下とする。管径に比して管長が長すぎると、逆流洗浄時に管内水压の不均衡が大きくなり、均等な洗浄ができなくなる。

多孔管は、洗浄時に管が振動しやすいから支台に十分定着していることが必要である。また、逆流洗浄時の集水管内の圧力分布をできるだけ均等にするため、集水管末端を相互に連絡しておくこともある。

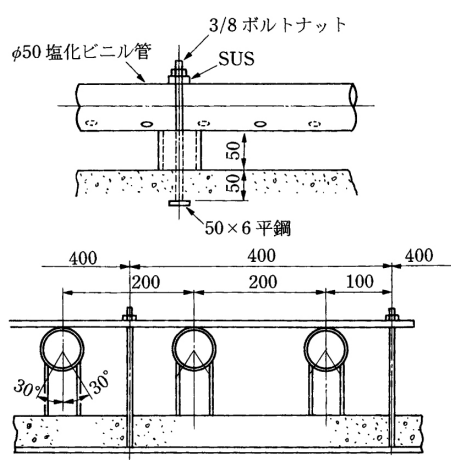


図-5.6.10 多孔管形下部集水装置（単位 mm）

4. 多孔板形

径が数 mm の粒状物を菓子の「おこし」状に成形した板で、底版上に支壁を設けて圧力水室とし、支壁上に多孔板を取り付けて集水装置とする。板の標準品は図-5.6.11 に示すような形状である。

粒状物としては、角を削って丸みを付した熔融アルミナ（長径 3 mm 程度）が用いられている。

多孔板の長所は、砂利層を省略でき、したがってろ過池構造を浅くできることであるが、大きな面積のものについては、板の水平性の確保等、確実な施工管理が必要となる。また、水質によっては目詰まりを起こすことがある。

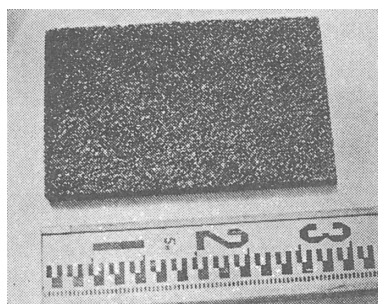


図-5.6.11 下部集水装置用多孔板

5.6.9 水深及び余裕高

急速ろ過池の水深及び余裕高は、次の各項による。

1. ろ層中に負圧を生じない砂面上水深とする。
2. 高水位からろ過池天端までの余裕高は、30cm 程度とする。

〔解説〕

1. について；

濁質がろ材の間隙内に抑留され、ろ材粒子間の水路が閉塞してくると損失水頭が増え、ろ層内の水圧が漸次低下していく。この関係を単層ろ層について模式的に示したものが図-5.6.12 である。

直線①：ろ過池に水を満たすと直線の水圧分布が得られる（ろ過開始前）。

折線②：ろ過を始めた直後にはろ層及び砂利層の抵抗に応じた水圧分布を示す。

曲線③：ろ過を継続し、ろ層内に濁質の抑留が進むと、ろ層による損失水頭が大きくなってくる。表層部には多くの濁質が抑留されるので、表層部での損失水頭が他の部分に比べて大きくなる。

曲線④：全損失水頭が大きくなって利用可能な全損失水頭に近くなり、通水能力の点からろ過を停止する状態である。実際の急速ろ過池では、全損失水頭を 1 ～ 2 m 程度にとっている場合が多い。

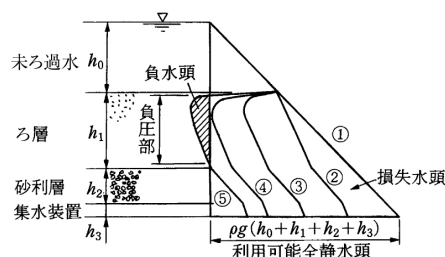


図-5.6.12 ろ層内の水圧分布

5.6.10 洗浄方式

ろ層の洗浄は、逆流洗浄に表面洗浄を組み合わせた方式を標準とし、ろ層が効率よく洗浄できるものとする。また、必要に応じて逆流洗浄と空気洗浄を組み合わせたものにする。

〔解説〕

洗浄の良否は、ろ過効果に大きく影響を及ぼすので、ろ層全体のろ材がむらなく十分洗浄できる方式を選択することが重要である。

洗浄効果が不十分なときは、ろ過持続時間の減少、ろ過水の劣化、マッドボールの発生のほか、ろ層の亀裂、ろ層表面の不陸、側壁とろ層の間に間隙ができる等の障害の原因となる。

洗浄効果の判定は、通常、洗浄排水の最終濁度で行われる。クリプトスポリジウム対策としては、この洗浄排水の最終濁度の管理が重要となり、最終濁度は2度以下を目標とし、可能であれば1度以下とすることが望ましいとされている。

標準的な方式は、表面洗浄と逆流洗浄とを組み合わせたもので、ろ層表面の濁質を水流による剪断力で破壊し、次いでろ層が流動状態になるまで逆流洗浄流速を高め、ろ材相互の衝突摩擦や水流による剪断力で付着濁質を剥離し、ろ層から排出させる。

そのほか、空気洗浄と逆流洗浄を組み合わせた方式がある。これは上昇気泡の微振動により付着濁質を剥離したうえ、逆流洗浄でろ層から排出する方法である。

濁質をろ層内部まで侵入させるもの、ろ層が深いものあるいはろ材粒径が大きなものでは、内部に抑留した濁質を効率よく除去することが必要となるが、このためには空気洗浄が有効である。

1. 表面洗浄

表層部には多くの濁質が抑留されており、逆流洗浄のみでは、表層部に濁質が残り、長い間にろ層表面のろ材に泥状物質が蓄積して、ろ層の濁質抑留容量を減少させるばかりでなく、マッドボールの形成に至ることがある。このような欠点を補うためには、逆流洗浄のほかに表面洗浄を併用する。

表面洗浄は、ろ層表層部に圧力水を噴射し、水流のエネルギーによって泥状層を破碎し、洗浄効果を高めようとするものである。

表面洗浄装置には、固定式と回転式がある。

2. 逆流洗浄

逆流洗浄では、ろ層内に抑留された濁質をろ材から剥離し、剥離した濁質をろ層から分離してトラフから排出させるに必要な洗浄流速と均等な水流分布が保たれていることが必要である。

逆流洗浄は、二つの段階からなっており、第1段階は、逆流洗浄水によってろ層を流動状態とし、局所的な短絡流や小さな渦によるろ材粒子相互の衝突・摩擦と水流の剪断力により、付着濁質の剥離を促し分離することである。付着濁質の剥離やろ層からの分離は、ろ層を20～30%膨張させたときに最も有効であり、洗浄効果が良いとされている。

第2段階は、ろ層から分離された濁質を速やかに排出することで、トラフの高さ、間隔等に影響される。

3. 空気洗浄

空気洗浄方式は、ろ層の下部から空気を吹き込んでろ材に付着した濁質を剥離するもので、逆流洗浄と併用し、表面洗浄は、通常行なわない

5.6.11 洗浄水量等

急速ろ過の洗浄水及び洗浄水量等は、次の各項による。

1. 洗浄には、浄水を用いる。
2. 洗浄に必要な水量及び時間は十分な洗浄効果が得られるものとする。

〔解説〕

2. について；

有効径 0.6mm、均等係数 1.3 の砂層では、水温 20℃の場合、約 0.3m/min の逆流洗浄流速から流動化し、膨張を始めるが、濁質をろ材から剥離し、十分に分離・排出するには不足である。逆流洗浄流速を約 0.6m/min にすると、膨張率は約 20% となり、砂層は適当な流動状態となり、砂粒子相互の衝突、摩擦や水流による剪断力により付着濁質の剥離が生じ、ろ層からの分離も円滑に行われるようになる。洗浄効果を上げるには、ろ層をこのような流動状態にすることが大切である。このためには、ろ層を 20～30% 膨張させて維持することができ、しかもろ層より分離された濁質がトラフに速やかに排出できるような逆流洗浄流速を設定する。

同じ膨張率を得るために必要な逆流洗浄流速は、ろ材粒子径が大きくなると速くなり、水温が低くなると遅くなる。(表-5.6.2 参照)

表-5.6.2 洗浄水量、水压及び時間の標準

項目	洗浄方式	表面洗浄と併用の場合		逆流洗浄のみの場合
		固定式	回転式	
表面噴射水压	(m)	15～20	30～40	
同 水量	[m ³ /(min・m ²)]	0.15～0.20	0.05～0.10	
同 時間	(min)	4～6	4～6	
逆流洗浄水压	(m)	1.6～3.0	1.6～3.0	1.6～3.0
同 水量	[m ³ /(min・m ²)]	0.6～0.9	0.6～0.9	0.6～0.9
同 時間	(min)	4～6	4～6	4～6

注) 1 表面噴射水压は、噴出部における動水頭

2 逆流洗浄水压は、下部集水装置の噴出部(下部取水装置を含まず)における動水頭、これはろ層と砂利層の損失水頭 0.4～0.8m と、下部集水装置天端から洗浄トラフ越流水面までの標準的水深 1.2～1.6m に余裕を加味したものである。

5.6.12 洗浄タンク及び洗浄ポンプ等

洗浄用の水及び空気を供給するための洗浄タンク、洗浄ポンプ、送風機は、洗浄に必要な水量、水压及び空気量を確保できるものとする。

〔解説〕

ろ過池の逆流洗浄水は、洗浄タンク又は洗浄ポンプを設置して供給することが必要である。

ポンプ直送で洗浄するには、一時に大量の水を揚水するので、相当大きい容量のポンプを必要

とするが、連続して洗浄を行えるという利点がある。

一方、洗浄タンクを設ける場合は、揚水ポンプの容量は小さくできるが、全体としての設備費は高くなりがちである。

ポンプ直送とするか、洗浄タンクを設けるかは、規模、建設費、電力容量、維持管理費、立地条件等を総合的に検討したうえで決定する必要がある。

1. 洗浄タンク

洗浄タンクの容量は、少なくとも1池を洗浄できる水量を貯えられる大きさとし、池数が20池を超える場合には、2池以上を同時に洗浄できる大きさとするのが望ましい。

2. 逆流洗浄ポンプ

洗浄水を直送するときの逆流洗浄ポンプの容量は、表-5.6.2を参考にし、必要な洗浄水量を十分に送水できるものとする。

洗浄ポンプの揚程は、洗浄配管、バルブ、流量調節器、下部集水装置、砂利層及びろ層等の損失水頭にポンプ井水位とトラフ上端との高低差を加算したものに多少の余裕を付加して決定する。

逆流洗浄ポンプには、故障や維持管理を考慮し、予備を設ける。その他については、洗浄タンクと同様である。

3. 表面洗浄ポンプ

表面洗浄に必要な水量は、逆流洗浄に比較して少ないことから、場内用の圧力給水の利用をまず検討し、これが利用できない場合は、専用のポンプを設置する必要がある。

4. 洗浄用送風機

空気洗浄を行うための送風機の容量は5.6.10 洗浄方式の3. 空気洗浄を参考とし、吐出し圧はノズル上水深、配管及び下部集水装置の損失水頭を考慮して決定する。

送風機は、1台で1池の所要風量に対応でき、故障などに備えて予備を設けることが必要である。

5.6.13 洗浄排水渠及びトラフ

洗浄排水渠及びトラフは、次の各項による。

1. 洗浄排水渠及びトラフは、最大排水量に約20%の余裕を見込んだ水量を排出することが可能であり、トラフの上縁では完全越流の状態が保たれる容量を有する。
2. トラフは、耐食性、耐久性に富む材質で作られ十分な強度を有するもので、上縁は水平、かつ同一高さで堅固に据え付ける。
3. 洗浄時にろ材の流出が生じないように、越流するトラフの縁の間隔は、1.5m以下とし、砂層表面からの高さは、40～70cmとする。

〔解説〕

1. について；

洗浄排水渠及びトラフの大きさは、最大洗浄水量を完全に排水できるものが必要であるが、洗浄水量については、表-5.6.2 に示したように、ある程度設計の際に選択の幅があり、実際に池を築造した後、洗浄の実績をみて洗浄水量を増加したい場合も生じる。このようなことを考えると、設計に当たって洗浄水量を少なめに抑えて、ぎりぎりの寸法で設計すると支障を生じることもあるので、設計洗浄水量に対して 20% 程度の余裕を見込んでおくことが適切である。なお、トラフの設計に使われる公式には、ミラー公式、キャンプ公式及び中川公式がある。

1) ミラー公式

$$Q=1.05B(h_0+L \tan i)^{1.5}$$

ここに、

Q : トラフに流れる流量 (m³/s)

B : トラフの幅 (m)

h₀ : トラフ上流側の水深 (m)

L : トラフの長さ (m)

i : トラフの底が水平となす角度

2) キャンプ公式 (下流端自由越流の場合)

$$h_0 = \sqrt{2h_c^2 + \left(h_c - \frac{iL}{3}\right)^2} - \frac{2}{3}iL$$

ここに、

$$h_c : \text{限界水深} = \left(\frac{aQ^2}{gB^2}\right)^{\frac{1}{3}}$$

a : 速度エネルギーの補正係数 (≒1.10)

iL : トラフ底面の upstream 端と downstream 端の高さの差

3) 中川公式

$$h_0 = h_c \left(x - \frac{iL}{h_c} \right)$$

ここに、

x : iL/h_c によってきまる値

図-5.6.24 により求める。

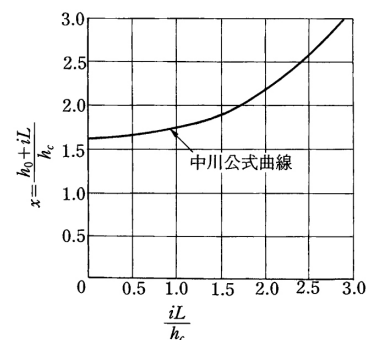


図-5.6.24 トラフ上流端水深計算図

5.6.14 急速ろ過池の配管（渠）及び弁類

急速ろ過池の配管・渠及び弁類は、次の各項による。

1. 配管の口径、渠の断面は、流速や損失水頭を考慮して適切に定める。
2. 管・弁類は確実に固定し、修理の際に取り外しのできる構造とし、構造物の伸縮継手部分には、管にも伸縮継手を設ける。
3. 弁類は、ろ過工程並びに洗浄工程の切り替えが確実に行えるものであること。
4. 弁類は、緊急時に安全側に作動するものであること。
5. ろ過水が洗浄排水等により汚染されるおそれのない構造にする。

〔解説〕

1. について；

急速ろ過池の各種配管・渠の断面の標準流速は、表-5.6.3 による。

3. について；

急速ろ過池には、多数のバルブを必要とし、これを短時間に操作することになるで、電動などのアクチュエーターにより操作する。

表-5.6.3 急速ろ過池の配管の流速

名 称	流 速 (m/s)		注 意 事 項
	標 準	範 囲	
流入管（渠）	0.6	0.50～1.00	流量調節器の標準流量でその管径を定める 各池の洗浄圧力をできるだけ等しくする
流出管（渠）	1.00	0.60～1.50	
洗浄管 { 本管	2.00	1.50～3.00	
	分岐管	2.50	2.00～3.50
洗浄排水管	2.00	1.50～3.00	速やかに排除するため十分大きくする

5.6.15 配管廊及び操作廊

急速ろ過池の配管廊及び操作廊は、次の各項による。

1. 配管廊は機器の点検並びに搬出入に便利な構造とし、通風、排水及び除湿に注意する。
2. 操作廊を設ける場合には、ろ過池全面を監視できるような構造とする。

5.6.16 多層ろ過池

多層ろ過池は、次の各項による。

1. ろ材の品質は、十分なるろ過並びにろ層構成を保持できるもので、かつ衛生的なものであること。
2. 総ろ層厚は、60～80cm を標準が一般的である。
3. ろ層の構成は、十分なるろ過効果が得られるとともに、上下のろ材の分離や洗浄時の膨張が適切なものとする。
4. 支持層については、5.6.7 ろ過砂利及び砂利層の厚さに準拠する。ただし、最下層に粒径の細かいろ材を使用する場合には、ろ材の漏洩を避けるための配慮をする。
5. ろ過速度は、240m/日以下が一般的である。
6. 洗浄方式は、ろ材の境界部やろ層の内部に抑留されている濁質を効率よく除去できるものとする。
7. 単層ろ過池の二層化に当たっては、既設設備を充分把握して、決定する。

〔解説〕

多層ろ過池とは、密度及び粒径の異なる複数のろ材を用いて、水流方向に粗粒から細粒の構成となる逆粒度ろ層を構成し、5.6.1 総則のように、砂単層のろ過池に比べて、ろ層全体を有効に使うことでろ過機能をより合理的、効率的に発揮させることを目的としたろ過池である。二種類の異なったろ材を用いる場合は二層ろ過池、三種類のろ材を用いる場合は三層ろ過池と呼ぶが、これらの複数のろ材を用いるろ過池を総称して多層ろ過池という。

多層ろ過池は、砂単層のろ過池と比較して次のような特徴をもつ。

- ① 内部ろ過の傾向が強いので、ろ層の単位体積当たりの濁質抑留量が大きく、ろ過効率が高い。
- ② 濁質抑留量に対する損失水頭が低く、ろ過持続時間が長い。
- ③ ろ過速度を大きくできる。
- ④ ろ過水量に対する逆流洗浄水量の比率が小さい。
- ⑤ 高速ろ過によりろ過面積を小さくできる。
- ⑥ 藻類、特にシネドラ、メロシラ、ミクロキスチス等の凝集沈澱で除去しにくいものに対してもろ過閉塞を起こしにくい。

5.6.19 直接ろ過（マイクロブロック法）

直接ろ過の採用に当たっては、次の各項による。

1. 原水の水質が低濁度で、長期的に安定している。
2. 凝集及びろ過の管理が適切であり、十分な水質監視を行う。
3. 原水水質が高濁度の場合は、通常の凝集沈澱、急速ろ過方式によって対処できる設備を有する。

〔解説〕

直接ろ過は、低水温・低濁度原水を対象として少量の凝集剤を注入、混和した後、ブロック形成と沈澱処理を経ることなく、ろ過を行うものである。

濁度が低い場合には、沈澱池による除濁を期待すると、ブロックの径を大きくするため、濁質当たりの凝集剤量を多くすることになり、ブロックの密度が小さくて壊れやすくなって、ろ過池からの漏洩を生じやすい。また、沈澱池で生じるスラッジは、濃縮性、脱水性が悪く、スラッジの処理・処分に困難を来すことが多い。これらの問題を改善するため、低濁度の原水に対して直接ろ過が行われることがある。

5.7 緩速ろ過池

5.7.1 総則

1. 緩速ろ過のメカニズム

緩速ろ過法は、砂層表面や砂層に増殖した微生物群によって、水中の浮遊物質や溶解性物質を捕捉、酸化分解する作用に依存した浄水方法である。この方法は伏流水など比較的水質が良好な原水に適する方法で、生物の機能（生物膜）を阻害しなければ、水中の懸濁物質や細菌等の浮遊物質を除去できる。また、アンモニア態窒素、鉄、マンガン、臭気、合成洗剤、フェノール等の溶解性物質も、ある限度内であれば取り除くことができる。

浄化機能は、原水が砂層をゆっくりとした速度で通過することにより、砂層表面での機械的ふるい分け作用並びに水中微粒子の砂粒表面への付着作用がなされて、水中の懸濁物質が砂層表面に抑留される。

この抑留物に、水中の腐植質や栄養塩類が付着し、その上に藻類や微小動物が繁殖し、さらにこれらを分解する多数のバクテリアが繁殖して、生物ろ過膜が形成される。

この生物ろ過膜が形成されると、砂層表面における懸濁物質の阻止率が高くなり、有機物は、この膜内で無機化される。さらに、砂層部の砂粒の表面には、バクテリアとその代謝産物が付着して、寒天状の皮膜を形成しており、流下するアンモニアなどを酸化安定化させる機能を果たしている。

また、緩速ろ過における懸濁物質の阻止は、砂層表面に集中するので、その部分で大きな過損失水頭が生じる。損失水頭の増加に伴い、流出側の水位を下げて定速ろ過を維持するのであるが、必要なろ過水量が保てなくなったら、ろ過を停止して砂層表面を 10mm 程度平坦かつ均等に削り取り、ろ過機能を回復させる。

緩速ろ過の特徴は、急速ろ過法のような浄水薬品を使用しないで処理するため、上記のような浄化機能が安定して得られることである。一方、留意点は、広大な面積を必要とすること、及び削り取り・補砂に労力を要することである。緩速ろ過池の設計にあたってはこれらの特徴に配慮する必要がある。

なお、緩速ろ過池にかかる負担を軽減するために普通沈澱池を設ける場合があるが、池の形状や、流入・流出部、整流設備等の設計に十分な考慮を払う必要がある。

2. 原水水質上の制約

普通沈澱池は、原水水質に次のような制約を伴う。

- (1) 原水の年間最高濁度が 30 度以上の場合には、凝集処理が可能な施設としておく必要がある。

なお、貯水池水や地下水を水源とする場合など、原水濁度がおおむね 10 度以下の場合には、普通沈澱池を省くことができる。

- (2) 原水中に多量のプランクトン藻類が含まれていると、プランクトン藻類の繁殖で、一般に pH 値が上がり、池水が緑～暗赤色に着色し、臭いがつく場合がある。

このような場合には、塩素処理が可能な設備を考慮しておく必要がある。ただし、これは後続の緩速ろ過池のろ過膜生物への悪影響を与えないように、慎重に行う必要がある。

緩速ろ過池は、その機能上において原水水質に次のような制約を伴う。

- 1) 緩速ろ過池は砂層表面で懸濁物質を抑止するので、濁質の高い水や、プランクトン藻類が異常に多い水は、損失水頭を短期間で高め、ろ過持続時間を短縮させるので適さない。ろ過池流入水の濁度は、おおむね 10 度以下とする (5.1.4 浄水処理方法及び浄水施設の選定参照)。
- 2) 2 週間程度のろ過持続日数しか得られない場合には、濁質やプランクトン藻類をあらかじめ低下させる前処理を行うことが望ましい。濁質の除去には、沈澱や一次ろ過による方法があり、プランクトンの除去には、貯水池での処理、取水の水位調節、マイクロストレーニング、一次ろ過及び凝集沈澱等の方法がある。なお、原水濁度と沈澱処理の適用については 5.5 凝集沈澱池を参照とする。
- 3) 原水中の鉄、マンガンに起因する色度は、緩速ろ過池である程度除去可能であるが、フミン酸などの天然の安定な化合物による色度はほとんど除去できない。
- 4) 緩速ろ過の浄化は、生物作用に依存するものなので、正常な生物機能を阻害するような、汚染を受けている水は緩速ろ過に適さない。
- 5) ろ層内は、常に好気性状態にあることが必要である。砂層内で溶存酸素が欠乏すると、砂層内で有機物分解や窒素酸化を行っている好気性細菌が機能しなくなるばかりでなく、砂層内で阻止蓄積されていた鉄、マンガン等が溶出するので、溶存酸素濃度の低い水は直接緩速ろ過を行うには適さない。

5.7.2 構造及び形状

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. 普通沈澱池は次の各号による。<ol style="list-style-type: none">1) 構造及び形状は、5.5.2 横流式沈澱池の構成及び構造に準じる。2) 表面負荷率は、5～10mm/min を標準とする。3) 沈澱池内の平均流速は、0.3m/min 以下を標準とする。2. 緩速ろ過池の構造及び形状は、次の各号による (図-5.7.1 参照)。<ol style="list-style-type: none">1) 深さは、下部集水装置の高さ、砂利層厚、砂層厚、砂面上の水深と余裕高を加えたもので、2.5m～3.5m を標準とする。2) 形状は長方形を標準とする。3) 配置は、池数ごと接して 1 列あるいは 2 列とし、その周囲には維持管理上必要なスペースを設ける。4) 周壁の天端の高さは地盤より 15cm 以上とする。 |
|---|

〔解説〕

1.2) について：

表面負荷率は、原水の濁度分布と沈降速度の実測資料等を基にして決める。

表面負荷率を $5 \sim 10 \text{ mm/min}$ とし、構造を **5.5.2 横流式沈澱池の構成及び構造** によって定めると、滞留時間は約 8 時間となる。また、高濁度時に凝集処理した場合にも、実例からみてこの値で十分である。

1.3) について：

流速があまり大きいと沈澱を阻害したり、沈澱したスラッジを巻き上げるおそれがあるので、経験上から、池内平均流速は 0.3 m/min 以下を標準とした。

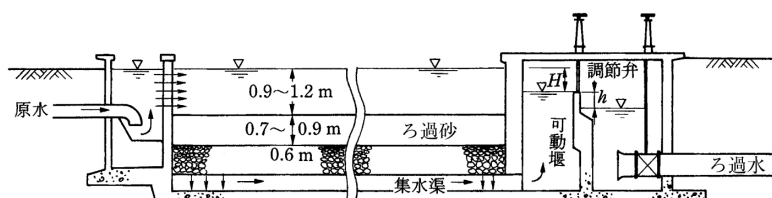


図-5.7.1 緩速ろ過池構造略図 (単位 mm)

5.7.3 ろ過速度

ろ過速度は、 $4.0 \sim 5.0 \text{ m/日}$ を標準とする。

〔解説〕

緩速ろ過は、本質的には表面ろ過であり、砂層表面を削り取ることによりろ層が更新されるので、ろ層内部に懸濁物質が浸入させることは極力避けるようにする。ろ過速度を大きくすることにより、ろ層全体の早期劣化、濁質の漏洩、損失水頭の上昇によるろ過持続日数の短縮などを招くので、水質及び維持管理面において得策ではない。これらのことを考慮して、通常の表流水では、ろ過速度を $4.0 \sim 5.0 \text{ m/日}$ を標準とした。ただし、原水水質が良好である場合には、緩速ろ過機能が維持できる範囲で、ろ過速度を上げることができる。この場合でも 8.0 m/日 が限度である。

ろ過砂の削り取り後、ろ過水を排水しながら生物膜が形成され、ろ過水濁度が 0.1 度以下になるまでろ過速度を下げて運転し、徐々に速度を上げるようにする。ろ過機能発現には、夏期で 1 日程度、冬期で 7 日程度を要す。

5.7.4 ろ過面積及び池数

緩速ろ過池のろ過面積及び池数は、次の各項による。

1. ろ過面積は、計画浄水量をろ過速度で除して求める。
2. 池数は予備池を含めて2池以上とし、予備池は10池までは1池とする。

〔解説〕

1. について；

ろ過池の運用は、ろ過、休止、削り取り作業及び補砂作業等のサイクルからなっており、これらに加えて浄水場の規模、建設費、維持管理の難易等を考慮して1池の面積を決める。実例では、大きいもので4,000～5,000m²/池、小さいもので50～100m²/池程度のものがある。

2. について；

予備池の必要数は、ろ過持続日数、削り取り作業時間、補砂作業日数によって異なるが、少なくとも10池までは1池の割合で設ける必要がある。ろ過持続日数は、主に原水の水質及びろ過速度により、また、削り取り時間や補砂日数は、その作業能率と面積によって決まる。

5.7.5 ろ過砂及び砂層の厚さ

緩速ろ過池に使用する、ろ過砂及び砂層の厚さは次の各項による。

1. ろ過砂の品質は、粒度分布が適切で、夾雑物が少なく、摩耗しにくく、衛生上支障のないもので、ろ過を安定して効率よく行うことができるものとする。
2. 砂層の厚さは、70～90cmを標準とする。

〔解説〕

1. について；

ろ過砂の品質は、

- 1) 有効径は、0.30～0.45mmとする。ろ層によるろ過効果は細砂ほど大であるが、半面、細砂は詰まりやすく、削り取り回数が多くなり経済的でないので、作業上及び経済上を考慮して、緩速ろ過池のろ過砂の有効径は0.30～0.45mmが多く使用されている。
- 2) 均等係数は、2.0以下とする。緩速ろ過は、表面ろ過であるため、急速ろ過のように洗浄に伴う粗粒と細粒の上下分布を生じないので、均等係数の上限は急速ろ過より大きくなっている。しかし、均等係数が大き過ぎると、細粗のろ材が密なろ層を構成して、高い阻止率を示す半面、大きな損失水頭を起こす。また、汚砂の洗浄により、長い間に細粒が流出して、全体の粒度分布が変化し、有効径を増大させることになる。
- 3) 最大径は2.0mmを超えず、最小径は0.18mmとする。
- 4) 外観、洗浄濁度、強熱減量、比重、摩擦率、塩酸可溶率は、5.6.6 ろ過砂及び砂層の厚さを参照とする。

2. について；

緩速ろ過は、濁質除去に関してみれば表面ろ過であるが、砂層も溶解性物質の除去に機能しており、ろ過水の安全性を確保するため、ある程度の厚さのろ層が必要である。削り取りを繰り返し行った場合に、ろ過水の水質低下を招かない砂層の最小厚さは、原水水質、ろ過速度、砂の汚れ具合、ろ過砂の粒径等にも関係するが、ろ層内の生物機能の分布並びに、実際の運転管理より約 40cm が限度である。

削り取りを繰り返し行って、限界ろ層厚さ 40cm に達したら補砂を行う（図-5.7.5 参照）。ろ過機能を回復するための削り取り回数の目安を 30 回程度にすれば、最初の砂層の厚さ、又は補砂後の厚さは、70～90cm が適当である。

補砂後のろ過機能回復は、2～4 週間を必要とする。補砂後の砂層表面部には微生物等が少ないので、補砂後砂層表面に削り取った砂（洗浄していないもの）を入れ替える作業を行うことで、微生物の補充と分散を図り、ろ過機能を早めるようにする。ただし、ろ過砂を全面入れ替えした場合のろ過機能の回復には、夏期 1 ヶ月から冬期 2 ヶ月程度を要する。



図-5.7.5 補砂作業の例

5.7.6 ろ過砂利及び砂利層の厚さ

緩速ろ過池に使用する、ろ過砂利及び砂利層の厚さは次の各項による。

1. ろ過砂利の品質は、砂利の形状や粒径等が適切で夾雑物が少なく、衛生上支障のないもので、砂層の十分な支持ができるものとする。
2. ろ過砂利の粒径と砂利層の厚さは、下部集水装置に合わせて適切に決める。また、粗粒を下層に細粒を上層に不陸のないように順序良く敷きならす。

5.7.7 下部集水装置

下部集水装置は、次の各項による。

1. ろ過池全面で均等なろ過ができるような構造並びに配置とする。
2. 渠及び池底には、排水を考慮して必要な勾配をつける。

5.7.8 水深及び余裕高

緩速ろ過池の水深及び余裕高は、次の各項による。

1. ろ過池砂面上の水深は、90～120cm を標準とする。
2. 高水位からろ過池天端までの余裕高は、30cm 程度とする。

〔解説〕

1. について；

ろ層や集水装置等の摩擦抵抗に打ち勝って水を通過させるのに必要な水頭（図-5.7.1 のHに当たる）がろ過水頭であるが、ろ過水頭の許容限界は、砂面上水深までとされている。つまり、ろ過水の水位（引き出し水位）は、砂層表面より低下させてはならない。その理由は、それ以上損失水頭が大きくなると、砂層内に負水頭を生じて水中の空気が遊離し、これが砂層管に蓄積していわゆるエアバイディングを起こし、ろ過を妨げるからである。ろ過水頭を増加するためには、あらかじめ水深を増しておく必要がある。

水深が浅いと風の影響を受けるので、砂面上水深は 90～120cm を標準とした。ろ過継続中は、ろ層に水流変動を与えないよう、ろ過池水位は一定に保つ必要がある。このためには、原水（沈澱水）引き入れ量を調節するための制水扉、バルブ、越流設備等を水位調節に有効な位置に設ける。

5.7.9 調節装置

緩速ろ過池の調節装置は、次の各項による。（図-5.7.8 参照）

1. ろ過池ごとに調節装置を設ける。
2. 調節装置には、流量調節装置、ろ過損失水頭計、ろ過速度並びにろ過水量の指示計のほか、必要な管、バルブ類を設ける。
3. 流量調節装置は、ろ層内に負水頭を生じないような構造とする。

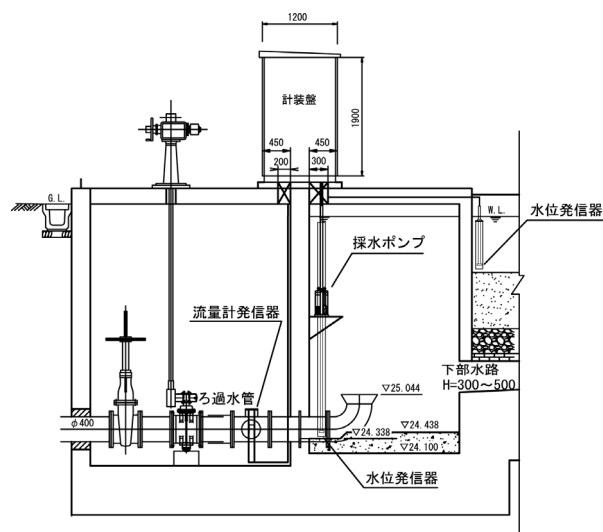


図-5.7.8 緩速ろ過池の流量調整装置（名古屋市鍋屋上野浄水場 290,000m³/日）（単位 mm）

5.7.10 逆送設備

緩速ろ過池には、ろ過水の逆送設備を設ける。

〔解説〕

汚砂削り取り作業終了後、ろ過池内に原水を流入させる前に他のろ過水を逆送する（ろ過水の代わりに浄水を用いることもある）。これは、砂層内の空気を徐々に抜き、ろ過の障害とならないようにするためである。逆送は、水が砂面上 10cm 程度になったときに止めて、原水を徐々に流入させる。

逆送水には、他のろ過池のろ過水を自然流下で利用する場合は、連絡用の逆送管などを設ける。圧送する場合はポンプ及び逆送管等を設ける。

5.7.11 流入設備、越流管及び排水管

緩速ろ過池の流入設備、越流管及び排水管（砂面上、砂面下）は、次の各項による。

1. ろ過池に接して流入主管（渠）を設け、これに連絡する流入支管には、制水扉や仕切弁を設ける。
2. 流入支管は、池の大きさに応じて 1～2 箇所設け、管径は、平均流速 50cm/s 程度として定める。
3. 流入部の周囲には、砂層表面保護設備を設ける。
4. 越流管は、5.5.8 排泥管及び越流管の 1. に準じて設ける。
5. 砂面上排水管の管径は、排水時間が 3～4.5 時間となるようにする。また、砂面下排水管の管径は、同様に 1～1.5 時間となるようにする。
6. 排水管の吐出口は、常時排水が可能で、汚水が逆流しない場所に設ける。

〔解説〕

1. について；

原水流入主管（渠）は、ろ過池に近接して設ける。これより、各ろ過池に流入する支管の分岐部には、ろ過池の休止、削り取り作業及び流入量の調節をするため、制水扉や仕切弁を設置する。

2. について；

流入支管は、池の大きさによって通常 1～2 箇所設けるが、流入速度が大きいと、流入部付近のろ過砂が攪乱され、ろ過が不均等になるおそれがあるので、流入支管の管径は、なるべく大きく、緩やかにろ過池に流入するようにする。そのため、流入速度は平均 50cm/s 程度とする。実際の運用では、30～60cm/s が多い（図-5.7.9 参照）。

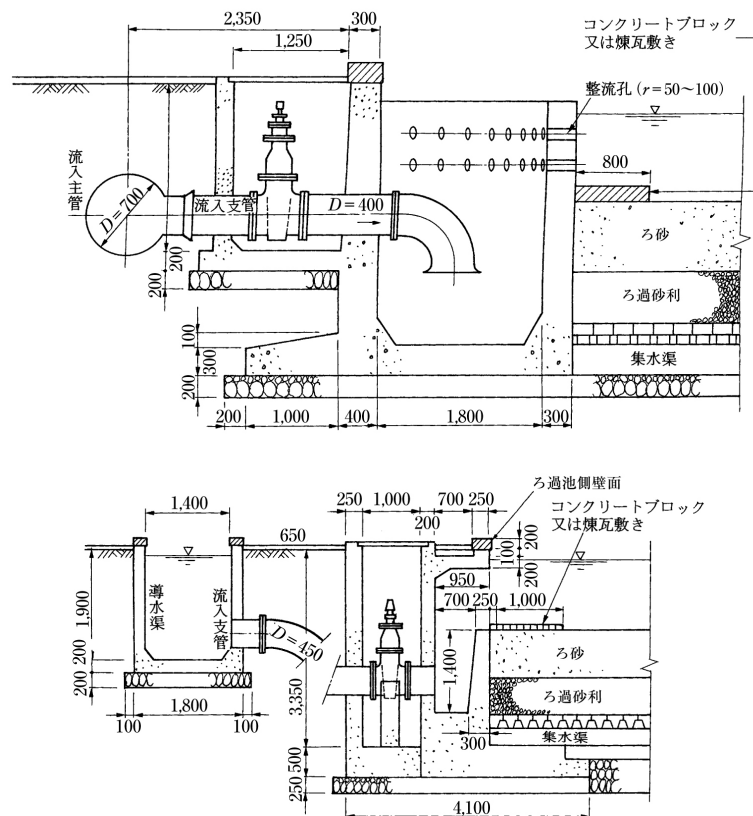


図-5.7.9 緩速ろ過池流入設備 (単位 mm)

5.7.12 洗砂設備等

緩速ろ過池の洗砂設備は、次の各項による。

1. 洗砂設備は、砂の搬出入が容易にできる場所に設けることが望ましい。また、補砂用の洗浄砂及び削り取った汚砂及び不用砂（微砂）を別々に格納する櫛を設ける。
2. 場内で洗砂する場合は、洗砂装置のほかに、必要とする水量、水压を有する洗浄配管、洗砂排水沈澱櫛等の必要な設備を設ける。

5.8 膜ろ過施設

5.8.1 総 則

膜ろ過 (membrane filtration) とは、膜 (membrane) をろ材として水を通し、原水中の不純物質を分離除去して清澄なる過水を得る浄水方法をいう。

浄水処理に主に使用されている膜ろ過は精密ろ過と限外ろ過であり、除去対象物質は、懸濁物質を主体とする不溶解性物質である。しかし、実際には原水中に溶解性物質を含む場合が多く、そのような場合は除去物質に応じて、前処理、後処理がフローに加えられる。原水中の溶解性物質は溶解性無機物 (溶解性鉄・マンガンなど) と溶解性有機物 (カビ臭原因物質、農薬、トリハロメタン前駆物質など) に分けられる。

なお、溶解性物質を除去対象物質とする膜ろ過法としてはナノろ過があるが、現在のところ採用例は少ない。

1. 精密ろ過法 (micro-filtration MF)

顕微鏡で見ることができる細孔 (ポア) のある精密ろ過膜 (MF 膜ともいう) を用い、ふるい分け原理に基づいて粒子の大きさで分離を行うろ過法である。粒径 $0.01\mu\text{m}$ 程度以上の領域を分離対象とし、分離性能は分離粒径で表す。浄水処理に使用される膜の孔径は一般的に $0.01\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$ 程度であり、この孔径よりも大きいコロイド、懸濁粒子、菌体の除去に用いられる。クリプトスポリジウム除去を目的とする場合、 $2\mu\text{m}$ 程度の大孔径膜が使用される場合がある。

2. 限外ろ過法 (ultra-filtration UF)

限外ろ過膜 (UF 膜ともいう) を用いてふるい分け原理に基づいて分子の大きさで分離を行うろ過法である。限外ろ過膜は細孔径では $0.01\mu\text{m}$ 以下と定義され、分離性能は分画分子量で表す。分子量 $1,000 \sim 300,000\text{Da}$ 程度の領域を分離対象とする。

3. ナノろ過法 (nano-filtration NF)

ナノろ過膜を用いて 1nm 前後の大きさの分子を除去する膜ろ過法 (ナノろ過、または低圧逆浸透法ともいう) である。限外ろ過法と逆浸透法の間位置し、使用する膜はナノろ過膜 (NF 膜ともいう) である。

これらの膜を用いた分離法等については、表-5.8.1 のとおりである。

この他に海水淡水化に用いられる逆浸透法も膜ろ過法の一つである。5.8 膜ろ過施設では、我が国で多く導入されている精密ろ過法及び限外ろ過法について記述する。

表-5.8.1 膜ろ過の分類

膜の種類	分離粒径 分画分子量	公称孔径	原 理	除去対象
精密ろ過膜 (MF膜)	粒径 $0.01\mu\text{m}$ 以上	$0.01\sim 0.3\mu\text{m}$ クリプト スポリジウム等の除去 を目的とした $1\sim 2\mu\text{m}$ の大孔径膜もある	ふるい分け	懸濁物質、コロイド、細菌、藻類、 クリプトスポリジウム等
限外ろ過膜 (UF膜)	分子量 $1,000\sim 300,000$ Da	$0.01\mu\text{m}$ 以下	ふるい分け	懸濁物質、コロイド、細菌、藻類、 ウイルス、クリプトスポリジウム等
ナノろ過膜 (NF膜)	分子量 $200\sim 1,000\text{Da}$		ふるい分け 表面荷電に よるイオン 除去能	フミン酸、フルボ酸、消毒剤生成物 前駆物質、農薬、陰イオン、界面活 性剤、臭気原因物質、カルシウムな どの硬度成分、蒸発残留物等

4. 膜ろ過採用理由

膜ろ過法を浄水処理として採用する主な理由は下記のとおりである。(図-5.8.1 参照)

- 1) 膜の特性に応じて原水中の懸濁物質、コロイド、細菌類、クリプトスポリジウム等の一定以上の大きさの不純物を除去することができる。
- 2) 定期点検や膜の薬品洗浄、膜の交換等が必要であるが、自動運転が容易であり、他の処理法に比べて日常的な運転及び維持管理における省力化を図ることができる。
- 3) 凝集剤が不要又は使用量が少なくてすむ。
- 4) 他の処理法に比べて施設規模が小さいため敷地面積が少なくてすみ、施設の建設工期も短くなる。
- 5) 大規模であっても設備全体を一つの建屋内に設置することが多いため、入退場の制限やカメラによる遠方監視が容易となり、リスク対策（テロ対策）の面では従来より安全性が向上する。

膜ろ過法はある大きさ以上の物質の除去に対して、安定で高い除去率を示すことから、懸濁物質以外の溶解性物質があまり含まれていないような原水に適している。

小規模な水道では一般的に、清澄な河川水などを水源にしており、膜ろ過法に適した原水をもつ水道が多い。

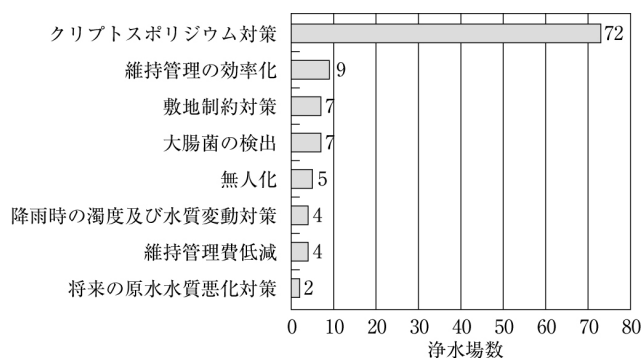


図-5.8.1 膜ろ過方式の採用理由

5.8.2 膜ろ過施設

膜ろ過施設は次の各項による。

1. 原水の水質に対し、処理目標水質が十分達成できるよう必要に応じて各種の前処理設備や後処理設備を設ける。
2. 膜ろ過設備の系列数は、維持管理や事故等による停止を考慮して2系列以上とする。
3. 施設の能力は計画浄水量を確保するほか、設備の改良時あるいは事故時等にも対応ができるよう考慮する。
4. 膜ろ過に水位差を利用する施設の場合は必要な膜差圧を得ることができるようにするなど、施設の配置に配慮する。
5. 十分な安全、環境対策を講ずる。

5.8.3 前処理設備

膜ろ過施設の前処理は、原水の水質、処理目標水質等を勘案し、必要に応じて以下のものなどの適切な方法を選定する。

1. 夾雑物除去設備
2. 凝集剤注入設備
3. 次亜塩素酸ナトリウム注入設備等

5.8.4 膜及び膜モジュール

膜及び膜モジュールは、次の各項による。

1. 膜及び膜モジュールは、処理性能、耐久性等を考慮して選定する。
2. 膜モジュールの通水方式は処理対象水の性状や洗浄方式、膜の特性を考慮し選定する。
3. 膜モジュールは、点検、交換が容易なものとする。

〔解説〕

1. について；

1) 処理性能

精密ろ過膜又は限外ろ過膜の処理性能は、膜の種類や細孔の分布、さらには原水に含まれる懸濁物質の性状等により異なる。精密ろ過膜の細孔は小さいもので $0.01\mu\text{m}$ 、一般によく用いられているものは $0.01\sim 0.9\mu\text{m}$ 程度であり、分離対象物は形をもった粒子あるいは微生物である。これに対して限外ろ過膜の孔径は数 nm ～数十 nm であり、高分子量物質（分子量 $1000\sim 30$ 万 Da 程度）、コロイド、蛋白などの分子も分離できるようになる。したがって、実施例や既存の実験データ等を参考に総合的な観点から採用する膜モジュール等を選定するが、判断がつかない場合は、実際に実験することにより選定することが必要となる（表-5.8.3 参照）。

表-5.8.3 水道用膜の特徴（水道用膜モジュール規格に基づく分類）

	大孔径ろ過膜	精密ろ過膜	限外ろ過膜	ナノろ過膜	逆浸透膜	海水淡水化逆浸透膜
膜の種類	(大孔径膜)	(MF 膜)	(UF 膜)	(NF 膜)	(RO 膜)	(海水淡水化 RO 膜)
規格	AMST-004	AMST-001	AMST-001	AMST-002	AMST-002	AMST-003
公称孔径	2 μ m 程度	0.01 μ m 超	0.01 μ m 以下			
分画分子量			1,000～300,000 程度	200～1,000		
塩化ナトリウム除去率 (脱塩率)				5～93%未満 ^{注1}	93%以上 ^{注2}	平均濃度基準 90.0%以上 人口濃度基準 95%以上 ^{注3}
膜構造	非対称他	対称、非対称	対称、非対称	非対称、複合	非対称、複合	非対称、複合
膜材質	PS、PVDF、CE、他	CE、PAN、PE、PP、PS、PVA、PVDF、PTFE、他	C、CA、E、PAN、PES、PS、PVDF、他	CA、PA、他	CA、PA、他	CA、PA、他
膜製法	相転換法他	相転換法、延伸法、焼結法		相転換法、界面重合法		相転換法、界面重合法
モジュール	中空糸型他	中空糸型、スパイラル、管状型、平膜型、モノリス型		中空糸型、スパイラル型、平膜型、他		中空糸型、スパイラル型

注記 ※1 評価条件 NaCl 濃度、500 から 2,000mg/L、操作圧 0.3～1.5MPa

※2 評価条件 NaCl 濃度、500 から 2,000mg/L、操作圧 0.3～1.5MPa

※3 評価条件 NaCl 濃度または TDS 濃度 $3.0 \times 10^4 \sim 6.0 \times 10^4$ mg/L、操作圧 5.0～10.0MPa

膜材質の記号は次のとおり。

有機膜 C:セルロース、CA:酢酸セルロース、PA:ポリアミド、PAN:ポリアクリロニトリル、PS:ポリエチレン、PES:ポリエーテルスルホン、PP:ポリプロピレン、PS:ポリスルホン、PVA:ポリビニルアルコール、PVDF:ポリフッ化ビニリデン、PTFE:ポリテトラフルオロエチレン無機膜 CE:セラミック

2) 耐久性等

(1) 膜及び膜モジュールの選定

- ① 膜及び膜モジュールの強度は、ろ過圧力、負圧、エアレーションによる洗浄時の繰り返し応力などの機械的変化、加えて、長期使用での熱変形や薬品洗浄による化学的変化に対しても十分対応できるものとする。なお、膜及び膜モジュールはウォーターハンマーによる衝撃を極力受けないよう配慮する。
- ② 膜及び膜モジュールは、凍結すると使用不可となる恐れがあるので耐寒性を十分調査して選定する。保存、保管や設置に際しても凍結防止対策を施す。
- ③ 膜の薬品洗浄には、アルカリ又は酸、酸化剤、有機酸、洗剤等の様々な薬品が使用されるので、膜の耐薬品性については十分調査しておく。

(2) 膜材質

膜材質の選定にあたっては下記のような膜特性に十分注意し、処理対象水の性状や洗浄方式に

合った膜の選定を行う。

- ① 有機膜はその素材により親水性、疎水性の別があるほか、耐熱性や耐薬品性も異なる。なお、膜材質がセルロース系のものは、微生物の侵食により劣化する恐れがあるため、塩素注入による微生物抑制が必要となる。
- ② 無機膜は有機膜に比較して耐熱性や耐薬品性がよく、物理的強度もあるが衝撃に弱い。しかし、凝集剤の注入が必須といえる。一方で、内圧式の膜では凝集剤の注入を行うことが適さない場合もあるので注意を要する。

なお、膜はその材質により寿命や価格に大きく差があることから、経済性を含めた総合的な検討が必要となる。

3) 膜の劣化とファウリング

運転時間の経過とともに膜の劣化とファウリングが起きる。

(1) 膜の劣化

圧力によるクリープ変形や損傷などの物理的劣化、加水分解、酸化などの化学的劣化、微生物により資化（栄養源利用）される生物的劣化（バイオフィアリング）など、膜自身の不可逆的な変質が生じたことによる性能変化で、性能回復はできないと言われている。

(2) ファウリング

膜自身の変化ではなく、膜供給水中の溶質が膜によって阻止されることにより膜の目詰まりや付着層の形成が進行し膜機能が低下する現象のことで、その原因によっては洗浄することで性能が回復できる。洗浄については **5.8.6 膜洗浄と排水処理** を参照する。

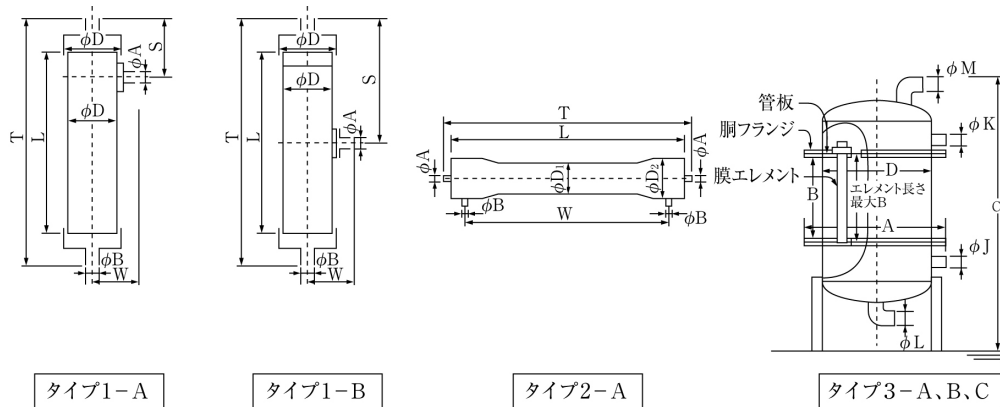
膜モジュールの劣化とファウリングの分類、定義及び内容については、**表-5.8.4** のとおりである。

表-5.8.4 膜モジュールの劣化とファウリング

分類	定 義	内 容		
劣 化	膜自身の変質により生じた不可避的な膜性能の低下	物理的劣化 圧密劣化 損傷 乾燥	長期的な圧力負荷による膜構造の緻密化(クリープ変形) 原水中の固形物や、振動による膜面の傷や摩耗、破断 乾燥、収縮による膜構造の不可逆的な変化	
		化学的劣化 加水分解 老化	膜が pH や温度などの作用による分解 酸化剤により膜材質変化や分解	
		生物化学的变化	微生物による膜材質化または分泌物の作用による変化	
フ ァ ウ リ ン グ	膜自身の変質でなく外的因子により生じた膜性能の低下	付 着 層	ケーキ層	供給水中の懸濁物質が膜面上に蓄積されて形成される層
			ゲル層	濃縮により溶解性高分子等の膜表面濃度上昇し膜面に形成されるゲル状の非流動性の層
			スケール層	濃縮により難溶解性物質が溶解度を越えて膜面に折出した層
			吸着層	供給水中に含有される膜に対して吸着性の大きな物質が膜面上に吸着されて形成される層
		目づまり		固体:膜の多孔質部の吸着、折出、捕捉などによる閉塞 液体:疎水性膜の多孔質部が気体で置換(乾燥)
		流路閉塞		膜モジュールの供給流路あるいはろ過水流路が固形で閉塞して流れなくなること

〔参考-5.11〕 水道用膜モジュール JWRC 仕様

浄水処理に使用する水道用精密ろ過膜（MF 膜）及び限外ろ過膜（UF 膜）の膜モジュールについて、寸法の互換性を主眼とし、（財）水道技術研究センターによる水道用膜モジュール JWRC 仕様（参考図-5.11.1）が示されている。JWRC 仕様には、縦ケーシング一体型（タイプ 1-A、1-B）、横ケーシング収納型（タイプ 2-A）、縦ケーシング収納型（タイプ 3-A、B、C）が規定されている（詳細寸法については、（財）水道技術研究センター「水道用モジュール JWRC 仕様」参照）。



参考図-5.11.1 JWRC 仕様水道用膜モジュール概要図

2. について；

膜モジュールの通水方式には、処理対象水を膜の外側から供給する外圧式と膜の内側から供給する内圧式とがある。選定にあたっては、処理対象水の性状や洗浄方式及び膜の特性等を考慮し、膜及び膜モジュールの構造に適合したものとする。膜モジュールの種類には次のようなものがある。

1) 中空糸型モジュール（hollow fiber（type） membrane module）

外径 0.5～3mm 程度の中空の糸状をした膜を集積したものであり、膜の支持体が不要なため、一般には膜の充填密度を大きくでき、他のモジュールと比較して装置がコンパクトになる。図-5.8.8に中空糸型モジュールの例を示す。

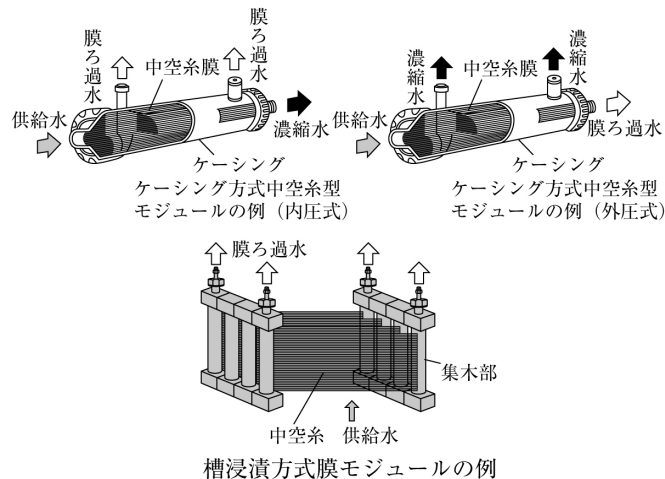


図-5.8.8 中空糸型モジュール

2) 平膜型モジュール (flat sheet (type) module)

図-5.8.9 に平膜型モジュールの例を示す。回転平膜型のモジュールは外圧式で、集水管も兼ねた回転軸に円板が複数枚取り付けられた構造となっている。浸漬吸引平膜型のモジュールは、多孔室の集水部を持つプレート型支持板の外側両面に膜を張った膜エレメントを連結した構造となっている。

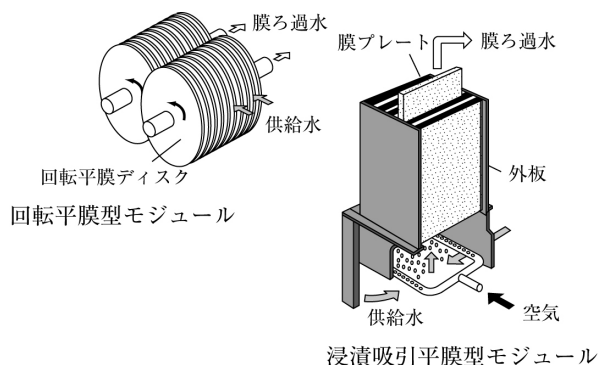


図-5.8.9 平膜型モジュール

3) スパイラル型モジュール (spiral wound (type) module)

平膜を袋状に形成したものを、袋支持体とスペーサとともにのり巻き状に成形した膜モジュールで、エレメントとエレメントを挿入するベッセル（耐圧容器）から構成される。この形式のものは、膜の充填密度が高く圧力損失が小さい。図-5.8.10 にスパイラル型モジュールの例を示す。

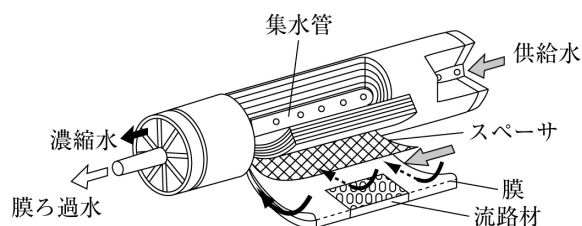


図-5.8.10 スパイラル型膜モジュールの例

4) 管型モジュール (tubular (type) module)

多孔管の内側又は外側に膜を装着した膜モジュール（円形状に形成した膜で、外径 3～15mm 程度のものをいう）であり、外圧式ろ過法と内圧式ろ過法がある。

内圧式モジュールは膜の充填密度は小さいが、スポンジボールなどによる膜面洗浄が可能であり、外圧式モジュールも圧力損失が少なく洗浄が容易である。図-5.8.11 に管型モジュールの例を示す。

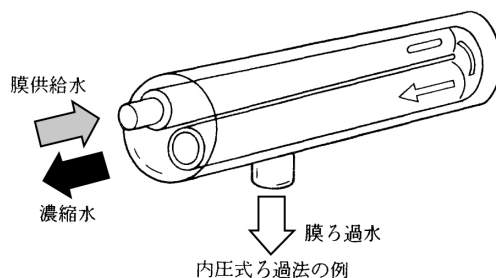


図-5.8.11 管型モジュール

5) モノリス型モジュール (monolith (type) module)

マルチルーメン膜あるいはマルチチャンネル膜とも呼ばれ、柱状に成形した支持体に複数の流路を設け、その内壁面に密着層を形成した膜で、形状が1本の石柱（モノリス）に似ていることからこう呼ばれている。一般にモノリス膜材質はセラミック系である。膜の形状から内圧式となる。図-5.8.12にモノリス型モジュールの例を示す。

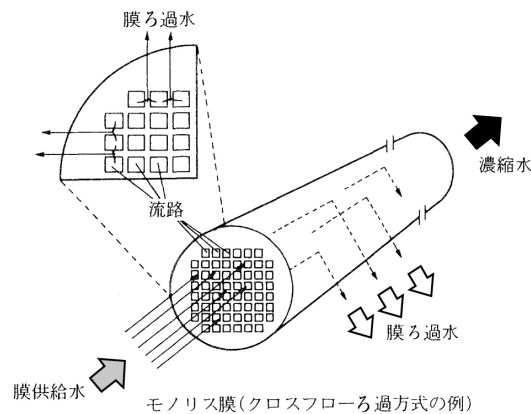


図-5.8.12 モノリス型モジュール

5.8.5 膜ろ過設備

膜ろ過設備は次の各項による。

1. 回収率は、取水条件や膜供給水質、洗浄排水処理などの諸条件を考慮し、効率性、経済性等を総合的に検討し設定する。
2. 膜ろ過流束と膜面積は次の各号による。
 - 1) 膜ろ過流束は次の条件や経済性、保守性を総合的に考慮して適切な値を設定する。
 - (1) 膜の種類
 - (2) 膜供給水質及び最低水温
 - (3) 前処理設備の有無及び方法
 - (4) 立地条件及び設置スペース
 - 2) 膜面積は、ろ過水量及び膜ろ過流束から次式により算出する。
$$\text{膜面積 (m}^2\text{)} = \frac{\text{ろ過水量 (m}^3\text{/日)}}{\text{膜ろ過流束 (m}^3\text{/m}^2 \cdot \text{日)}}$$
3. 膜ろ過方式と運転制御は次の各号による。
 - 1) 膜ろ過方式は膜供給水質や膜の種別等の条件を考慮し、最適な方式を選定する。
 - 2) 駆動圧方式及び運転制御方式は、駆動圧や膜の種類、配水条件などを考慮し最適な方式を選定する。
 - 3) 膜ろ過設備の運転は原則として自動運転とする。
 - 4) 膜の損傷検知機能を設ける。

5.8.6 膜洗浄と排水処理

膜洗浄と排水処理は次の各項による。

1. 膜の性能回復のための物理洗浄と薬品洗浄は次の各号による。
 - 1) 物理洗浄は、膜材質や構造、膜モジュール、ろ過方式、運転制御方式等それぞれの方式に適した洗浄方法を選定する。
 - 2) 薬品洗浄は、ファウリング物質の種類とその程度から有効な洗浄方法を選択する。
 - 3) 薬品洗浄に使用する薬品は衛生的に支障のないものを用いる。
2. 膜ろ過施設においては、物理洗浄排水、薬品洗浄廃液（薬品洗浄を浄水場内で行う場合）等の処理を適切に行うため、必要な処理設備を設ける。

5.8.7 機械・電気設備

膜ろ過施設の機械、電気設備については、8. **機械・電気・計装設備**による他、次の各項による。

1. ポンプ類については、次の各号による。
 - 1) ポンプ類は、ろ過方式、駆動圧等を考慮し、適切な機種、容量、台数を選定する。
 - 2) ポンプ類には、原則として予備機を設ける。ただし、系統毎に設置するものは各系統の処理能力等を考慮して必要性を検討する。
 - 3) 膜ろ過水供給ポンプ（原水または循環ポンプ）の揚程は、膜及び膜モジュールの耐圧を十分考慮して選定する。
2. 空気源設備（操作・洗浄用）については、次の各号による。
 - 1) コンプレッサ類（ブロワを含む）は、操作方式、洗浄方式等を考慮し適切な機種、容量、台数を選定する。
 - 2) コンプレッサ類には、原則として予備機を設ける。
 - 3) 空気源タンクの容量は、緊急時の操作等を考慮する。
3. 電気設備については次の各号による。
 - 1) 遠方制御装置等の無停電化が必要な機器を設置する場合は無停電電源装置を設置する。
 - 2) 主電源や制御電源等は、系列毎及び常用、予備毎に分割する。

5.8.8 付属設備

原水槽、洗浄水槽等の付属設備については次の各項による。

1. 原水槽は次の各号による。
 - 1) 膜ろ過施設には原則として原水槽を設ける。
 - 2) 原水槽は維持管理に考慮して、複数に分割することが望ましい。
 - 3) 原水槽に薬品を注入する場合は、薬品の混和を十分考慮した構造又は攪拌装置を設置する。
2. 洗浄用水、場内用水等に使用する洗浄水槽は、次の各号による。
 - 1) 洗浄水槽は、膜材質や洗浄方式などを考慮して設置を検討する。
 - 2) 洗浄水槽は、衛生的で必要な容量を持ったものとする。
3. 薬品槽は次の各号による。
 - 1) 薬品槽は貯蔵する薬品に耐久性のある材質を使用するとともに、耐震性を考慮する。
 - 2) 浄水処理に使用する薬品槽は原則として複数設置する。
4. 配管、弁類は次の各号による。
 - 1) 配管類は、操作圧力、設置環境等を考慮し長時間の使用し耐える材質構造のものを選定する。
 - 2) 切替等自動制御に使用する弁類は、信頼性や保守性等を考慮し、適切な機種、駆動方式のものを選定する。
 - 3) 弁類の設置個所は、維持管理を十分考慮し適切な箇所に設置する。
 - 4) 寒冷地においては、必要な箇所に凍結防止対策を施す。

5.9 浄水池

5.9.1 総則

1. 浄水池の役割

浄水池は、浄水処理の運転管理上、ろ過水量と送水量との間で生じる不均衡を調整緩和するとともに、原水水質異常時における水質変動への対応や、突発事故、施設の点検、保守作業等に備えて浄水を貯留する役割をもち、浄水処理施設として最終段階の施設である。また、場内に配水池があるときは、配水池が浄水池の役目を兼ねたり、地震災害時等の応急給水拠点としての役割を持つこともある。

2. 消毒作業

浄水池を新設した場合は「水道法」第13条給水開始前の届出及び検査を行わなければならない。消毒作業の詳細については水道施設維持管理指針 2006 7.8 浄水池を参照とする。

なお、浄水池及び配水池等のコンクリート構造物に関する一般的事項については本章で記述する。

5.9.2 構造

浄水池の構造は、次の各項による。

1. 構造的に耐震性、耐久性を十分保ち、衛生的に安全で、かつ水密性を有するものとする。
2. 池数は、原則として2池以上とする。
3. 高水位から上床版まで30cm程度の余裕高をとる。
4. 低床版は低水位より15cm以上低くする。
5. 低床版は必要に応じて排水のための勾配をつける。
6. 地下水位の高い場所や砂質地盤、埋立地等に築造する場合は、沈下、浮き上がり等を防止する対策を講じる。
7. 寒冷地において、水温保持の必要がある場合は、適当な対策を講じる。

5.9.3 水位

浄水池の水位は、次の各項による。

1. 有効水深は3～6m程度を標準とする。
2. 最高水位は、施設全体としての水理条件により決定する。

5.9.4 容量

浄水池の有効容量は、計画浄水量の1時間分以上とする。

5.9.5 流入管、流出管及びバイパス管

1. 浄水池の流入管及び流出管は、次の各号による。
 - 1) 浄水が滞留しないように、池の構造を考慮して、その位置及び数を決定する。
 - 2) 流出管の流出口中心高は低水位から管径の2倍以上低くする。
 - 3) 管が浄水池の躯体を貫通する個所は、水密性に十分注意する。また、壁の外側の近くに、必要に応じて可撓性の伸縮継手を設ける。
 - 4) 流入管及び流出管には、それぞれ遮断用の弁を設置する。
 - 5) 流出管には、必要に応じて緊急遮断弁を設ける。
2. 浄水池のバイパス管は次の各号による。
 - 1) 浄水池を経由しないで、直接送配水できるように、必要に応じてバイパス管を設ける。
 - 2) バイパス管には遮断用の弁を設ける。

5.9.6 越流設備及び排水設備

1. 越流設備は、次の各号による。
 - 1) 高水位に設け、ラップ口または堰とする。
 - 2) 越流能力は、池の面積、余裕高及び流入量を考慮して決定する。
 - 3) 越流設備の放流先の高水位は、浄水池の越流水位より低くする。
2. 排水設備は、次の各号による。
 - 1) 池底の最低部に排水管を設け、これに遮断用の弁を設ける。
 - 2) 排水管の口径は、低水位以下の水量、排水時間を考慮して決定する。
 - 3) 排水管吐出口の高水位は、浄水池の最低部より低くする。全量を自然排水することができない場合は、排水ピットを設けてポンプ排水できる設備とする。

5.10 消毒設備

5.10.1 総則

1. 消毒の必要性

水道水は、病原生物に汚染されず衛生的に安全でなくてはならない。沈澱とろ過では、水中の病原生物を完全に除去することは不可能であり、配水系統における衛生上の安全を保つために、水道水は常時、確実に消毒されたものでなければならない。このため、浄水施設には、浄水方法の方式を問わず、また、施設規模の大小にかかわらず、必ず消毒設備を設けなければならない。

2. 消毒方法

消毒方法としては、「水道法施行規則」により給水栓水で保持すべき残留塩素濃度が規定されており、また厚生労働省通知によって「水の消毒は塩素によるものとする」とされているので、塩素剤以外の使用は認められていない。塩素剤の利点は、消毒効果が大きく大量の水に対しても容易に消毒できるとともに、消毒の効果が残留すること等が挙げられる。残留塩素は水質管理目標設定項目として塩素濃度の上限の目標値が定められている。

塩素はトリハロメタンなどの有機塩素化合物を生じ、特定の物質と反応して臭気を強めたり、アンモニア態窒素と反応して消毒効果が弱まる性質を持っている。浄水施設での塩素注入量をできるだけ低減し、配水施設の各所に追加塩素消毒設備を設けることで、残留塩素濃度を抑えた安全でおいしい水を提供できる。

一方、耐塩素性病原生物であるクリプトスポリジウム等に対して、塩素剤による消毒は完全であるとはいえないことが判明している。原水がクリプトスポリジウム等に汚染されるおそれがある場合、ろ過などの処理を行うこととされてきたが、平成19年4月以降、紫外線処理設備による対応も可能となった（5.19 紫外線処理設備参照）。

3. 塩素剤

塩素剤の選定は、施設規模や取扱い性等を考慮し、注入量は水質によっても異なるので十分調査し、これを基に設備容量を決める。

塩素剤のうち、次亜塩素酸ナトリウムは、分解による有効塩素の減少及び塩素酸の増加に留意する必要がある。また、液化塩素は、「高圧ガス保安法」、「労働安全衛生法」等の法令や基準の適用を受けるので、設備の構造、耐震性、材質、さらに維持管理面においても、それらに十分対応できるように配慮しなければならない。なお、液化塩素を使用している場合は、地震等による二次災害防止のため、より安全性の高い次亜塩素酸ナトリウム等の薬品への切り替えを検討することも必要である。

4. 貯蔵設備

塩素剤の貯蔵設備は、使用量を考慮した適切な容量とし、注入設備は、注入量の最大から最小

まで精度よく計量、調節して注入でき、予備注入機を含めた容量と台数が必要である。また、複数の消毒剤を保有している場合には、消毒剤の切り替えによって、注入機の故障などに対応することも可能である。注入方式は、塩素剤の種類、処理水量の多寡等により、定量注入か流量比例注入か等、使用条件に適したものを選定する。

除害設備は、塩素ガスが漏洩した場合、重大な事故につながらないように、十分な中和能力とする。

設備の更新や塩素剤の転換を行う場合には、仮設設備の設置、運転操作、切り換え方法等について検討する。

5.10.2 塩素剤の種類、注入量及び注入場所

1. 塩素剤の種類は、処理水量、取扱い性、安全性等を考慮して適切なものを選定する。
2. 塩素剤の注入は、次の各号による。
 - 1) 注入率は、塩素消費量、塩素要求量、浄水過程や浄水場出口以降の塩素消費量を考慮して、給水栓水での残留塩素が定められた濃度になるよう決定する。
 - 2) 塩素剤の濃度は、注入量や取扱い性等を考慮して決定する。
 - 3) 注入量は、処理水量と注入率により算出する。
3. 注入場所は、着水井、塩素混和池、浄水池入口等で、よく混和される場所とする。
4. 浄水場外でも残留塩素を制御する必要がある場合は、配水池などに追加塩素消毒設備を設ける。

〔解説〕

1. について；

塩素剤には、次亜塩素酸ナトリウム、液化塩素及び次亜塩素酸カルシウム（高度さらし粉を含む）がある。また、次亜塩素酸ナトリウムは、電解法によって自家製造して使用方法もある。

1) 塩素剤の種類

(1) 次亜塩素酸ナトリウム

一般的に有効塩素が12%以上の淡黄色の液体で、アルカリ性が強い。初期有効塩素の高いものほど不安定で、貯蔵中に有効塩素が減少しやすい。次亜塩素酸ナトリウムは水質基準項目である塩素酸を不純物として含む。塩素酸は有効塩素成分である次亜塩素酸が分解することによって生成されるため、有効塩素が減少したものほど塩素酸を多く含む。液化塩素に比較すれば、安全性、取扱い性とも良いが、保存中に酸素を放出して分解し気泡が配管やポンプ内に溜り、溶液の流れを阻害することがある。詳細については8.5.2 薬品注入設備を参照する。

日本水道協会規格では、次亜塩素酸ナトリウム中に含まれる塩素酸や臭素酸、塩化ナトリウム等の量により、特級、一級、二級、及び三級に分類されている。塩化ナトリウムが高濃度だと析

出が起こり、ポンプや配管に影響を及ぼすことから、水道で使用する次亜塩素酸ナトリウムの食塩分は4%以下が望ましい。

次亜塩素酸ナトリウム生成装置による生成次亜塩素酸ナトリウムは、有効塩素が1～6%程度の薄い溶液であるので、市販の次亜塩素酸ナトリウムと比較して、気泡による障害は少ないが、設備は複雑となる。

(2) 液化塩素

塩素ガスを液化して容器に充填したものである。塩素ガスは空気より重く刺激臭のガスであり、毒性が強いので、法令を遵守し、取扱いには十分注意しなければならない。液化塩素中の有効塩素はほぼ100%であるから、他の塩素剤に比較して貯蔵容量は少なくてすみ、また、品質は安定している。塩素ガスの性質上、除害設備を設ける必要がある。

(3) 次亜塩素酸カルシウム

粉末、顆粒及び錠剤があり、有効塩素は60%以上で保存性がよい。

2) 塩素剤の選定

上記のような各種塩素剤の性質などとともに、設備の維持管理の難易及び災害時における安全性等を考慮することが必要である。こうした点では、市販又は生成次亜塩素酸ナトリウムを使用するのが望ましい。近年は、ほとんどの水道で市販の次亜塩素酸ナトリウムが使用されている。また、輸送時の事故による二次災害を防止するために生成次亜塩素酸ナトリウムを使用することもある。

災害など非常対策用として準備しておくには、取扱い性、化学的安定性から次亜塩素酸カルシウムがよい。

塩素剤の品質規格については、表-5.10.1に示すものがある。

表-5.10.1 塩素剤の品質規格

種 類 項 目	液化塩素	水道用次亜塩素酸ナトリウム				高度さらし粉	
		JWWAK120:2008				JIS1425	
規格	JSIA 05-1998	特級	1 級	2 級	3 級	1 号	2 号
有効塩素 (%)	99.4	12.0 以上				70 以上	60 以上
外観	－	淡黄色の透明な液体				－	－
密度 (比重)	－	1.16 以下	1.16 以下	1.16 以下	－	－	－
遊離アルカリ (%)	－	2 以下				－	－
臭素酸 (mg/L)	－	10 以下	50 以下	100 以下	100 以下	－	－
塩素酸 (mg/L)	－	2000 以下	4000 以下	10000 以下	10000 以下	－	－
塩化ナトリウム (%)	－	2.0 以下	4.0 以下	4.0 以下	12.5 以下	－	－

2. について；

2.1) について；

給水栓水における残留塩素の濃度を定めているので、この規定濃度を保持するための塩素注入率を、次の事項を考慮して決める。

(1) 給水栓水で保持しようとする遊離残留塩素濃度又は結合残留塩素濃度

給水栓水で保持すべき残留塩素濃度は、赤痢菌、腸チフス菌等の病原生物を殺菌するのに十分な濃度であって、平常の場合は、遊離残留塩素で 0.1mg/L（結合残留塩素では 0.4mg/L）以上、消化器系感染症流行時や広範囲の断水後給水を開始するとき等においては、遊離残留塩素で 0.2mg/L（結合残留塩素では 1.5mg/L）以上とする。

(2) 浄水場出口から水が消費者に届くまでに消費される塩素量

配水池、送・配水管、給水管、ポンプ及びメータ等の水と接触する水道施設によって消費される塩素量と被酸化物により消費される塩素量がある。前者は施設によりほぼ一定しているが、後者は水中の被酸化物量や浄水場出口から消費者に届くまでにかかる時間により変動する。

(3) 水の塩素要求量あるいは塩素消費量

塩素は、水中の有機物、鉄、マンガン、アンモニア態窒素等の被酸化物により消費されるので、原水について水質変動期を含め、塩素要求量あるいは塩素消費量を測定する。同時にこの結果より、遊離残留塩素又は結合残留塩素のいずれの消毒方法にするか定める。

注入率範囲（最高・最低及び平均）は、上記(1)と(2)の合計に(3)の値を考慮して決める。最高注入率は、原水のアンモニア態窒素（水質によっても異なるが、アンモニア態窒素の約 10 倍量の塩素が必要とされている）の将来動向に留意して決める。

〔参考-5.13〕 塩素剤の基本事項

1. 消毒効果

次亜塩素酸ナトリウム及び液化塩素は、水中に注入した場合、次亜塩素酸及び次亜塩素酸イオンを生じる。

次亜塩素酸ナトリウムの場合



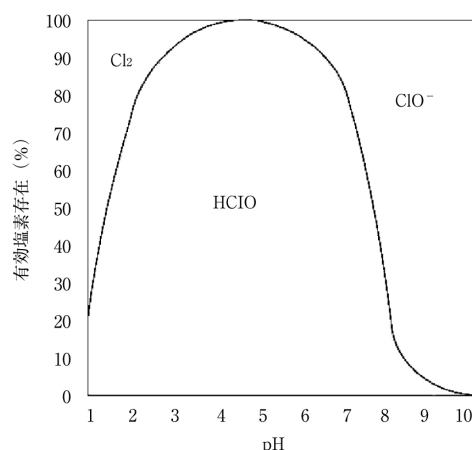
液化塩素の場合





次亜塩素酸（HClO）と次亜塩素酸イオン（ClO⁻）とは、同じ有効塩素であるが殺菌力に差があり、次亜塩素酸の方が殺菌作用は強い。

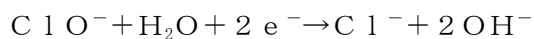
次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンの存在比は、pH 値が低くなるほど次亜塩素酸の占める割合が高くなるので、pH 値が低いほど消毒効果は大きい（参考図-5.13.1 を参照）。



参考図-5.13.1 遊離有効塩素の存在比

2. 有効塩素

次亜塩素酸ナトリウム（NaClO）の有効塩素は、液化塩素（Cl₂）と同等である。



3. 遊離残留塩素、結合残留塩素

塩素は水に溶解すると、水と反応して次亜塩素酸（HClO）と塩酸とになり、次亜塩素酸は、その一部が次亜塩素酸イオン（ClO⁻）と水素イオンに解離する。

この反応は可逆的であり、水の pH 値や水温によって変化する。次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンを遊離塩素又は遊離残留塩素という。

一方、水中にアンモニア態窒素があると、塩素はこれと反応してクロラミンを生じる。クロラミンには、モノクロラミン（NH₂Cl）、ジクロラミン（NHCl₂）及びトリクロラミン（NCl₃）があり、アンモニア態窒素と塩素の存在比に応じて異なるクロラミンが生成する。モノクロラミンとジクロラミンを結合塩素又は結合残留塩素という。

遊離残留塩素の殺菌力は結合残留塩素より高く、同等の殺菌力を得るためには結合残留塩素の濃度を高くする必要がある。

4. CT 値

CT 値とは、一定の殺菌率または不活化率に達するために必要な消毒剤濃度 C（mg/L）と接触時間 T（min）を乗じた値のことで、参考表-5.13.1 を参照する。

参考表-5.13.1 種々の消毒剤に対する各種微生物のCT値

微生物種	消毒剤			
	遊離塩素 pH6-7	クロラミン pH8-9	二酸化塩素 pH6-7	オゾン pH6-7
<i>E. Coli</i>	0.034-0.05	95-180	0.4-0.75	0.02
<i>G. lamblia cysts</i>	47->150	2,200 (a)	26 (a)	0.5-0.6
<i>Cryptosporidium</i>	7,200 (b)	7,200 (c)	78 (c)	5-10 (b)

注:CT値は下記の例外を除いて5℃における99%不活化のための値である。単位は $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}$

(a)pH6~9、25℃における99.9%不活化のための値

(b)pH7、25℃における99.9%不活化のための値

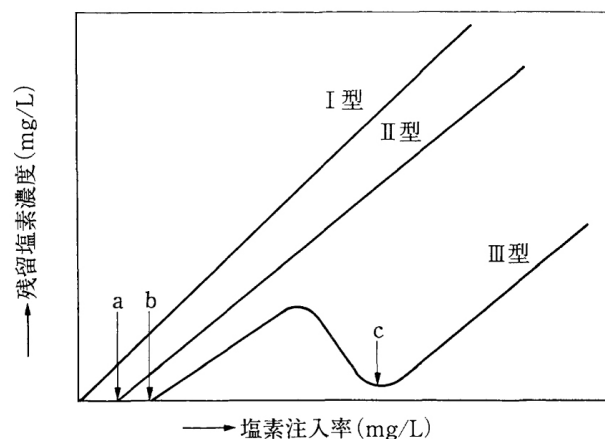
(c)pH7、25℃における99.9%不活化のための値

出典:オゾンによる消毒、大垣眞一郎、水道協会雑誌、第64巻、第10号(733号)、p16、平成7年10月

5. 塩素要求量、塩素消費量

塩素消毒において、遊離残留塩素による消毒方法では塩素要求量を、結合残留塩素による消毒方法では塩素消費量を、それぞれ基にして注入率を決める必要がある。一般に、良質な水では塩素要求量と塩素消費量とは同じであるが、アンモニア態窒素などを多く含む水では、その差が大きくなる。

参考図-5.13.2は、塩素注入率と残留塩素濃度との関係を示したもので、水質によってⅠ、Ⅱ、Ⅲ型が生じる。



参考図-5.13.2 塩素注入率と残留塩素濃度との関係

Ⅰ型は、有機物や被酸化物を全く含まない水で、実際には存在しない。Ⅱ型は一定の塩素要求量をもっている水で、塩素注入率の増加に比例して遊離残留塩素が検出される場合である。Ⅲ型は水中にアンモニア態窒素を含む場合で、このような水に塩素を注入すると結合残留塩素を生じ、その濃度は塩素量に応じて次第に増加する。しかし、ある濃度に達すると、塩素注入率を増加するにもかかわらず残留塩素は減少し、ゼロ又はそれに近くなる（塩素の過剰によってクロラミンが分解する）。さらに、塩素注入率を増加すると、今度はその増加に比例して遊離残留塩素が増加する。

Ⅱ型では、a点までの塩素注入率が塩素要求量であり、塩素消費量でもある。Ⅲ型では、b点までの塩素注入率が塩素消費量、c点までの塩素注入率が塩素要求量である。

6. 不連続点塩素処理

原水にアンモニア態窒素が存在する場合に、遊離残留塩素によって消毒を行う方法のことで、参考図-5.13.2のⅢ型のc点を不連続点（ブレイクポイント）と称し、この点を超えて遊離残留塩素を検出するように塩素を注入する方法を不連続点塩素処理という。遊離残留塩素は酸化力・殺菌力が強いので、溶存マンガンの処理や消毒など十分な効果をあげることができる。ただし、トリハロメタン等消毒副生成物に留意する。

7. 結合塩素処理

地下水にみられるような、細菌が少なく、アンモニア態窒素が多量に存在する場合は、結合残留塩素（クロラミン）によって消毒を行ってもよい。汚染が原因でアンモニア態窒素が存在しているような水質では、消毒等が不完全になるおそれがあるので、不連続点塩素処理によって行うものとする。しかしながら、残留塩素を長く持続させる必要がある場合や、色度の上昇、異臭味の発生防止等の理由で結合塩素処理を行う場合は、あらかじめ塩素注入によってアンモニア態窒素及び生成したクロラミンを分解した後、アンモニアの添加と結合残留塩素を生じさせるのに必要な塩素を加えて行う。アンモニアは、塩化アンモニウム溶液等を使用すれば、塩素注入機と同様の装置により注入できる。

結合塩素処理を行う場合、注入後使用されるまでに十分接触できるようにする。また、配水施設で結合塩素処理した水と不連続点塩素処理した水とが混合するような場合、残留塩素が消滅するおそれがあるので、混合は避ける必要がある。

5.10.3 貯蔵設備

1. 塩素剤の貯蔵量は、1日平均注入量の10日分以上とする。
2. 市販の次亜塩素酸ナトリウムの貯蔵設備は、次の各号による。
 - 1) 貯蔵槽又は容器で貯蔵し、2基以上設ける。
 - 2) 貯蔵槽又は容器は、直射日光のあたらない通風の良い場所に設置し、耐震・耐火性を有する、安全な位置に設ける。
 - 3) 貯蔵槽の周囲には、防液堤又はピットを設ける。
 - 4) 貯蔵槽又は容器で、次亜塩素酸ナトリウムとの接触面の材質は、耐食性を有するものとする。
 - 5) 貯蔵室は、必要に応じて換気装置又は冷房装置を設ける。
 - 6) 貯蔵室の床面は、勾配をつけ、耐食性モルタルなどを施す。
3. 生成次亜塩素酸ナトリウムの原料塩の貯蔵設備は、次の各号による。
 - 1) 貯蔵槽で貯蔵し、2基以上設ける。
 - 2) 貯蔵槽は、原料塩が雨や直射日光のあたらない構造とし、耐震・耐火性を有する、

安全な位置に設ける。

3) 貯蔵槽の周囲には、防液堤又はピットを設ける。

4. 液化塩素の容器による貯蔵設備は、次の各号による。

1) 容器は、50kg、1 t 入りのものを使用し、法令に基づく各種検査に合格し、登録番号を刻印したもの。

2) 容器は、40℃以下に保持する。

3) 容器を固定するために、容器架台を設ける。なお、1 t 容器を使用する場合には、容器の搬出入のための装置を設ける。

5. 液化塩素の貯槽による貯蔵設備は、次の各号による。

1) 液化塩素を貯槽に受け入れるための空気源設備を設ける。

2) 貯槽本体は、法令に基づく各種検査に合格したものを設ける。

3) 貯槽は、非保冷式とし、弁などの操作のために操作台を設ける。

4) 貯槽は、2 基以上設け、そのうち1 基は予備とする。

6. 液化塩素の貯蔵室は、次の各号による。

1) 室温は、常に 10～35℃を保ち、出入口などから直射日光があたらない構造とする。

2) 耐震・耐火性とし、安全な位置に設ける。

3) 湿気の多い場所を避け、外から密閉できる構造とし、2 方向に扉を設ける。

4) 貯槽を設ける貯蔵室の出入口は、気密構造とし、二重に扉を設ける。

5) 防液堤及びピットを設け、漏洩した液化塩素の拡散を防止する構造とする。

6) 塩素注入機室と分離し、容器の搬出入に便利な位置で監視しやすい箇所に設ける。

7. その他の塩素剤の貯蔵は、2. に準じる。

〔解説〕

2.3) について；

次亜塩素酸ナトリウムは、強いアルカリ性と酸化作用により、ほとんどのものを腐食させる。また、硫酸や塩酸等の酸類や凝集剤等の酸性薬品と反応して塩素ガスを発生するのでこれらとの混触は絶対に避ける。また、漏洩した場合の拡散を防止するため、防液堤又はピットを設け、近くには洗浄用の給水設備を設ける。

防液堤又はピットの容積は、1 槽の全貯蔵量分の大きさ以上とし、他の薬品と混触しないように区分する。

次亜塩素酸ナトリウム溶液の受入口は溶液名を明示し、他薬品の受入口とは区分し、特に酸性薬品とは受け場所を離して設置する。

5.10.4 注入設備

1. 塩素剤の注入設備は、次の各号による。
 - 1) 容量は、最大から最小注入量まで安定して正確に注入できるもので、かつ予備設備を設ける。
 - 2) 耐腐食性、耐摩耗性に優れ、補修の容易な構造とする。
 - 3) 保守、点検が容易に行える配置とする。
2. 次亜塩素酸ナトリウムの注入設備は、次の各号による。
 - 1) 注入設備は、できるだけ注入点に近い場所で、屋内に設置する。
 - 2) 注入設備は、注入に必要な圧力等を確保する。
3. 液化塩素による注入設備は、次の各号による。
 - 1) 使用量が 20kg/h 以上の施設には、原則として気化器を設ける。
 - 2) 注入設備は、地下室や通風の悪い場所を避け、できるだけ注入点近くで、注入点水位より高い室内に設置する。
 - 3) 注入設備室は、耐震・耐火性とし、換気口を設け、床はコンクリートとし、寒冷時でも室内温度を常に 15～20℃に保てるように間接保温装置を設ける。
 - 4) 注入設備室面積は、注入設備の操作に支障のない広さとする。

〔解説〕

1.2) について；

(1) 次亜塩素酸ナトリウムの注入方式

注入方式には、インジェクタ方式、ポンプ方式等がある。各方式とも使用する次亜塩素酸ナトリウムは気泡の発生が少なく、析出が起こりにくい低食塩（塩化ナトリウム 4 %以下）の次亜塩素酸ナトリウムを使用する方が安定した注入ができる（8.5.2 薬品注入設備参照）。

また、市販の次亜塩素酸ナトリウムの有効塩素は一般に 12%であり、有効塩素が高くなるほど気泡が発生しやすく、注入管内のスケールの付着も多くなるため、必要に応じて脱泡装置を設けたり、定期的な配管等の取替えが必要である。注入量が少ない場合は、次亜塩素酸ナトリウムを薄めて使用することで、気泡の発生を抑制できる。さらに、浄水場での次亜塩素酸ナトリウムの注入量をできるだけ少なくして、給水する直前の配水池で補充的に次亜塩素酸ナトリウムを追加注入することで、塩素濃度を抑制できる。

(2) 生成次亜塩素酸ナトリウムの注入方式

次亜塩素酸ナトリウム生成装置は、食塩水を電気分解して水酸化ナトリウムと塩素を生成させ、これらを反応させる方法（電解法）を用いている。この方法では電気分解の際に副生成物として水素ガスが発生する。水素は可燃性ガスで爆発することもあり、製造設備には排気ファンを設け屋外へ放出する必要がある。生成次亜塩素酸ナトリウム貯蔵槽への移送配管は水素混入の防止装置を施すものとする。製造設備の容量により、副生成物の水素の発生量が一定量を超える場合、「高圧ガス保安法」の規制を受けることがある。所轄の関係官庁（労働基準監督署等）に確認す

る必要がある。

電解法には、無隔膜法と隔膜法があり、小規模施設では無隔膜法、大規模施設では隔膜法が有利である。

a. 無隔膜法

電解槽に陽極板と陰極板が設置され、両極間を仕切る隔膜はない。供給された食塩水は電解されて、陽極で塩素が、陰極では水素が発生し、水酸化物イオンが生成する。

陰極側では、ナトリウムイオンと水酸化物イオンで水酸化ナトリウムが生成し、陽極で生じた塩素と水酸化ナトリウムが反応して次亜塩素酸ナトリウム (NaClO) が生成する。原理図を図-5.10.5 に示す。

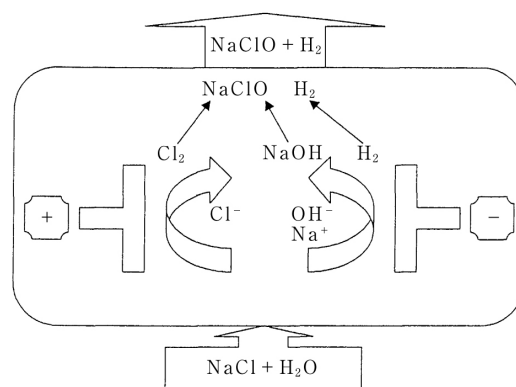


図-5.10.5 無隔膜法の原理

生成した次亜塩素酸ナトリウムの有効塩素は、1.0%前後と市販品と比べて低い。また、未反応の食塩が含まれるため、塩化ナトリウムと有効塩素との比は市販の次亜塩素酸ナトリウムより多い。無隔膜法で生成した次亜塩素酸ナトリウムは、弱アルカリ（pH 値約 9）であり市販のものと比較して気泡の発生・スケールの付着が少なく配管途中での閉塞が少ない。

製造設備及び注入設備フローの例を図-5.10.6 及び図-5.10.7 に示す。

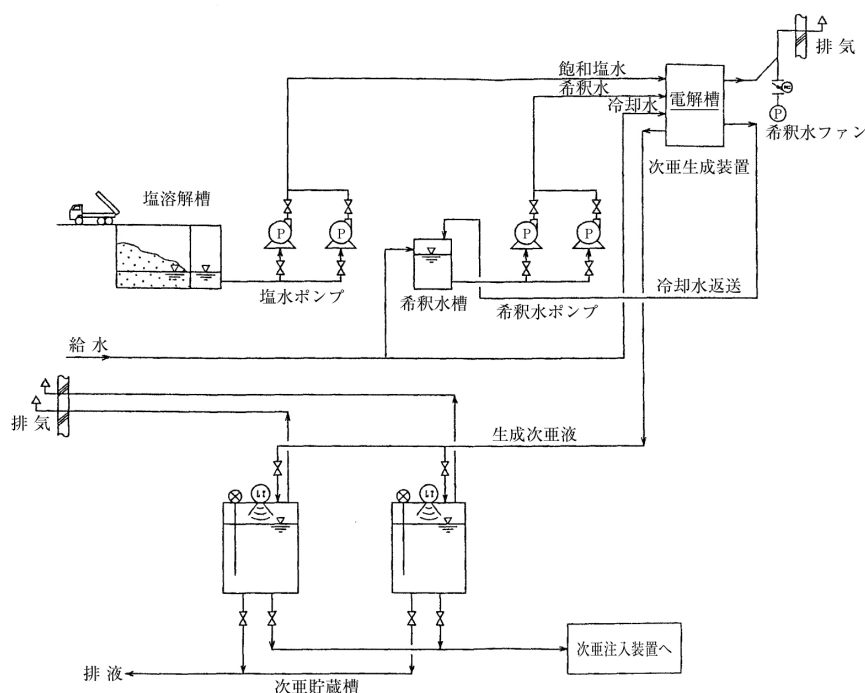


図-5.10.6 無隔膜法による次亜塩素酸ナトリウム製造設備フローの例

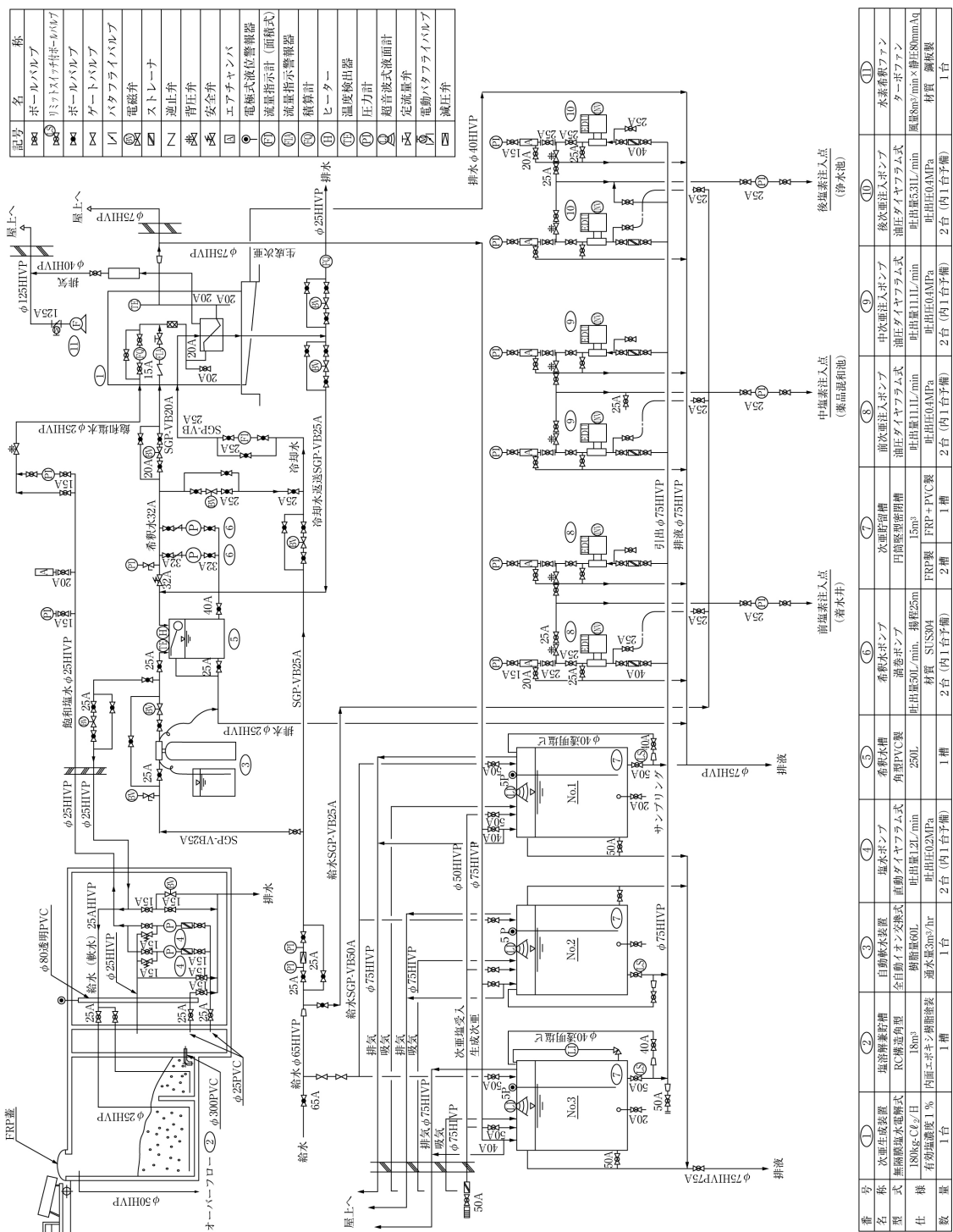


図-5.10.7 無隔膜法による次亜塩素酸ナトリウム注入設備フローの例
(仙台市水道局福岡浄水場)

b. 隔膜法

電解槽の陽極と陰極間にイオン交換膜を設け、陽極側に食塩水、陰極側に水を供給すると、陽極側では塩素が発生し、ナトリウムイオンが交換膜を透過して陰極側へ移る。陰極側では水素が発生し、水酸化物イオンが生成する。そして、陽極側から透過してきたナトリウムイオンと水酸化物イオンとで陰極側に水酸化ナトリウムが生成される。さらに、陽極側で発生した塩素と陰極側で生成した水酸化ナトリウムが電解槽の流出部で反応して次亜塩素酸ナトリウム (NaClO) が製造される。原理図を図-5.10.8 に示す。

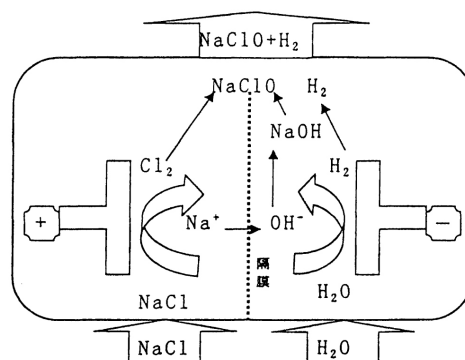


図-5.10.8 隔膜法の原理

生成液の有効塩素は無隔膜法に比べて高く、6%程度である。製造設備の例を図-5.10.9 に示す。

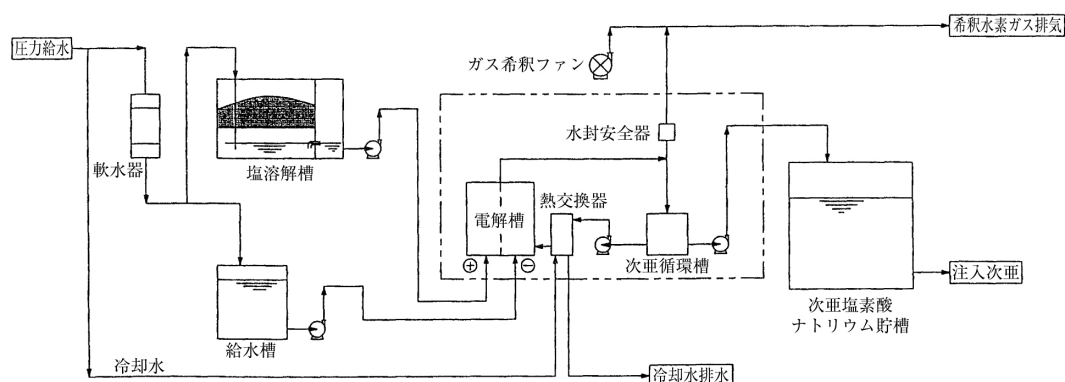


図-5.10.9 隔膜法による次亜塩素酸ナトリウム製造設備フローの例

(3) 液化塩素の注入方式

塩素注入機は、容器又は気化器から連続的に供給される塩素ガスを、安全かつ正確に計量し注入する設備である。

注入機の概要は、インジェクタと圧力調整機構により真空圧力を発生し、真空圧力状態で塩素ガスを計量、制御し、インジェクタ内で圧力水と混合し、塩素水として注入点に送液する設備である。インジェクタの給水圧力が低下して機内の真空圧力が正圧になると、自動的に塩素を停止するなどの機能を有している。代表的な塩素注入機を図-5.10.10 に示す。

インジェクタの使用水量は、注入機の容量により異なり、インジェクタの給水圧力は、インジェクタ本体の運転に必要な圧力と、インジェクタから注入点までの損失水頭を考慮して決定する。

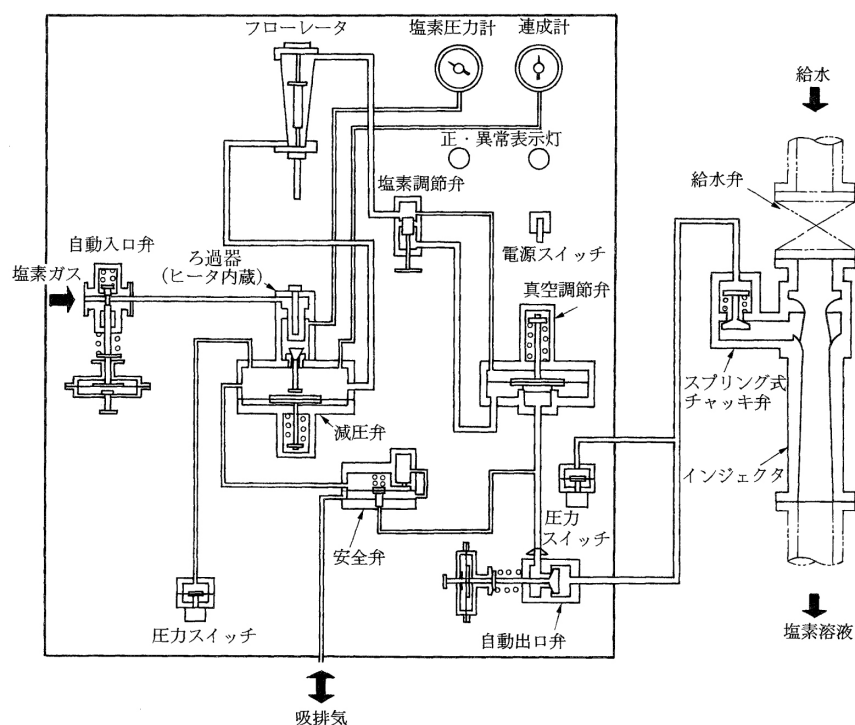


図-5.10.10 乾式計算(湿式注入)真空式塩素注入機

5.10.5 塩素注入制御

塩素の注入制御には、手動制御、流量比例制御、フィードバック制御及びフィードフォワード制御等があり、水量、水質の変動、施設の規模、維持管理等を考慮して適切なものを選定する。

5.10.6 保安用具の保管場所

1. 次亜塩素酸ナトリウムを取扱う場合には、必要に応じて適切な保護具を使用するため、これらを保管する場所を確保する。
2. 液化塩素を取扱う場合には、維持管理上必要な保安用具を常備し、塩素注入機室及び貯蔵室の近くに安全な保管場所を確保する。

〔解説〕

2. について；

保安用具は、次のような種類がある。

1) 保護具

防毒マスク（隔膜式、直結式小型）、空気呼吸器又は送気式マスク、空気予備容器、保護衣（ゴム製）、保護手袋及び保護長靴（ゴム製）、安全帽、保護眼鏡。

2) 非常用工具

漏洩防止用安全キャップ、袋ナット並びにパッキン類、鉛栓又は木栓、フランジ蓋、焼鈍した鉄線及びテープ類、応急修理用工具。

3) その他

漏洩検知用アンモニア水（濃度 28%以上）、うがい薬、耐酸性塗料。

5.10.7 除害設備

塩素ガスの除害設備は、次の各項を考慮して定める。

1. 貯蔵量 1,000kg 未満の施設では、塩素ガスの漏洩に備えて、中和及び吸収用の除害剤を常備する。また、ガス漏洩検知設備を設ける。
2. 貯蔵量 1,000kg 以上の施設では、塩素ガスの漏洩に備えて、ガス漏洩検知設備、中和反応塔、中和剤貯蔵槽、排風機等を備えた除害設備を設ける。
3. 除害設備は、漏洩した塩素ガスを十分に中和できる能力とする。

5.10.8 配管その他

1. 次亜塩素酸ナトリウム用配管及び塩素（液化塩素、塩素水）用配管は、耐圧力、耐薬品性の材料を使用し、かつ、点検容易な配管とする。
2. 貯蔵室及び注入機室内に設置する電気器具などの金属類は、耐食処理を施したものを使用する。

5.11 塩素処理設備

5.11.1 総則

塩素剤は、通常消毒の目的でろ過後に注入されるが、殺菌、殺藻作用とともに強力な酸化力を持っていることから、水質汚濁の進行した原水の浄水処理対策の一環として、凝集沈澱以前の処理過程の水に注入する場合と、沈澱池とろ過池との間に注入する場合とがある。前者を前塩素処理、後者を中間塩素処理という。これらは、次のような目的で行われる。

1. 生物の処理

藻類、小型動物、鉄バクテリア等が多数存在するような原水では、これらを死滅させ、また、浄水施設内での繁殖を防止する。

特に、凝集しにくい珪藻類のオーラコセイラやシネドラ等に対しては、前塩素を強化し十分な殺藻処理を行った後に凝集沈澱処理を行うことが望ましい。ただし、原水中に群体として存在するミクロシスチスは、塩素処理で群体が壊れ細胞が分散して除去しにくくなることが知られている。この場合、前塩素処理は行わずに凝集沈澱処理してできるだけ除去し、その後に中間塩素処理を行う。

2. 鉄、マンガンの処理

原水に鉄、マンガンが溶存し、塩素消毒によって濁度、色度を増すような場合は、あらかじめこれらを不溶性の酸化物として除去する。ただし、マンガンイオンと塩素はpH値9以上でしか反応が進まないため、pH値7付近で処理を行う場合はろ過砂としてマンガン砂を使用する(5.17.3 除マンガン設備参照)。

3. アンモニア態窒素、有機物等の処理

アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硫化水素、有機物等を酸化する。

4. 異臭味の処理

フェノール、硫化水素臭、下水臭、藻臭等の異臭に対しては除去効果がある。しかし、種類によっては塩素により臭味を強めたり、新たな異臭を発生させることがあるので、この場合は粉末活性炭等を併用する。

5. 細菌の処理

細菌が多く存在するような原水で、消毒設備における塩素注入後、接触時間を十分に取れないような施設では、ろ過前の水の細菌を減少させて安全性を高め、また、沈澱池やろ過池の内部を衛生的に保持する。

なお、緩速ろ過方式においては、塩素がろ過膜生物に悪影響を与えるので、原則として前塩素・中間塩素処理は行わない。

前塩素・中間塩素処理は、上記のような目的で行われるが、原水水質の状態によっては十分な効果が得られない場合もあるので、採用にあたってはその効果を確認する必要がある。

また、フミン質等の有機物が存在する原水を塩素処理するとトリハロメタン等の消毒副生成物が生成するので、その低減のためには前塩素処理より中間塩素処理とした方がよい。

5.11.2 前塩素処理

前塩素処理は、次の各項による。

1. 塩素剤の注入場所は、着水井、混和池等で、良く混和される場所とする。
2. 塩素剤の注入率は、処理目的に応じ必要とする塩素量、及び原水の塩素要求量等を参考として定める。
3. 塩素剤の種類、注入量、貯蔵・注入・除害の各設備等については、5.10 消毒設備に準じる。

〔解説〕

2. について；

前塩素の注入率は、次の事項を参考として決める。

1) 処理目的に応じ必要とする塩素量

例えば、理論上、鉄イオン 1 mg/L を酸化するには塩素 0.63mg/L を必要とし、マンガンイオンでは同様に塩素 1.29mg/L、アンモニア態窒素では塩素 7.6mg/L が必要である。

2) 所定の場所で保持すべき残留塩素濃度

例えば、ろ過水で保持すべき遊離残留塩素濃度は、細菌を対象とする場合は 0.1～0.2mg/L 程度、マンガン処理の場合は 0.5mg/L 程度である。

3) 沈澱池などの施設で消費される塩素量

水中の塩素は直射日光を受けると分解が進むので、季節、天候、昼夜、傾斜板の有無、沈澱池の形式等の違いによって消費量は異なる。粉末活性炭処理を同時に行えば、活性炭によっても分解が進行する。以上の事項などを考慮し、凝集池、沈澱池等の施設で消費される塩素量を推定する。

4) 原水の塩素要求量

前塩素処理は、通常アンモニア態窒素を含む原水を対象とすることが多く、不連続点塩素処理で行うのがよい。したがって、原水の水質変動期を含め、塩素要求量を測定する（5.10 消毒設備〔参考-5.13〕参照）。

一般に、塩素注入率は、原水中のアンモニア態窒素の約 10 倍で、ろ過水で遊離残留塩素 0.5mg/L

程度の保持が一応の目安である。しかし、原水水質や処理目的によって異なるので、上記 1) ～ 4) を参考として注入率範囲（最高、最低、平均）を決める。処理においては、過剰な注入とならないように配慮する。

5.11.3 中間塩素処理

中間塩素処理は、次の各項による。

1. 塩素剤の注入場所は、沈澱池とろ過池との間で、よく混和される場所とする。
2. 塩素剤の注入率は、5.11.2 前塩素処理の 2. に準じる。
3. 塩素剤の種類、注入量、貯蔵・注入・除害の各設備等については、5.10 消毒設備に準じる。

〔解説〕

1. について；

中間塩素処理は、凝集沈澱池とろ過池との間で塩素剤を注入する方法である。この方法は、主としてトリハロメタン前駆物質、あるいは塩素によってかび臭原因物質を水中に放出する藍藻類のアナベナやフォルミジウム等、また、前塩素処理を行うと群体が壊れ、細胞が分散してろ過水に漏出するおそれのある藍藻類のミクロキスチス等を凝集沈澱によりできるだけ除去した後に塩素処理を行い、トリハロメタン及びかび臭生成の低減を図るものである。凝集沈澱処理によるアナベナやフォルミジウムの除去が期待できない場合は、前塩素処理と活性炭処理を組み合わせた処理を行う（5.13 粉末活性炭吸着設備参照）。

注入点には混和池を設けることが望ましいが、新たに混和池を設けることができない場合には、注入した塩素剤が良く混和される場所を選定する。

なお、沈澱池の傾斜板や集水装置等の付属設備で、藻類などの繁殖による障害が懸念される場合や、藻類が繁殖後剥離してろ過障害を生じたりする懸念がある場合に、殺藻目的として断続的な前塩素処理ができる設備を付帯することもある。または、水による洗浄装置を設けることが望ましい。

中間塩素処理を基本とした場合、原水に一定濃度以上の溶解性マンガンが存在すると、マンガン砂による接触酸化のみでは除去ができず、色度による障害を起こすおそれがある。このような場合は、前塩素処理に替える必要がある。

5.12 エアレーション設備

5.12.1 総 則

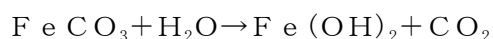
エアレーションは、水と空気を十分に接触させて、水中に含まれるガス状物質を放出させたり、空気中の酸素を取入れて、水中に含まれる酸化されやすい物質の酸化を促進させるものである。

1. エアレーションの効果

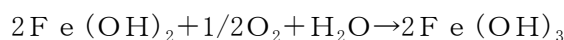
- 1) pH 値の低い水に対して水中の遊離炭酸を除去して pH 値を上昇させる。
- 2) 揮発性有機塩素化合物（トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン等）を除去する。
- 3) 水に空気中の酸素を供給して、溶存している鉄の酸化を促進する。例えば、水中に溶存している炭酸水素第一鉄は、エアレーションにより、次のように炭酸第一鉄を生じる。



炭酸第一鉄は、加水分解して水酸化第一鉄を生じる。



この水酸化第一鉄が更に酸化されると、難溶性の水酸化第二鉄を生じる。



しかし、鉄の形態によっては、エアレーションのみで完全に酸化されないことがある（5.17 除鉄・除マンガン設備参照）。

- 4) 硫化水素などの不快な臭気物質を除去する。

2. エアレーションの方式

エアレーションの方式には噴水式、充填塔式等がある（図-5.12.1 参照）。

1) 噴水式

固定又は回転式のノズルにより霧状に噴水させる方式があり、その構造は単純であるが、水の噴霧にかなりの動力を必要とし、また、水が空気とともに飛散することが難点である。

2) 充填塔式

垂直な円筒型の塔内に充填材を詰めたものが一般的である。充填材には、種々の形状、材質のものがあり、気液接触効率も優れている。

3) その他の方式

その他の方式として、塔内に多孔板などの棚を何段か設けた段塔式、水中に空気を吹き込む方式、水を5～10mの高さより落下させる瀑布式がある。

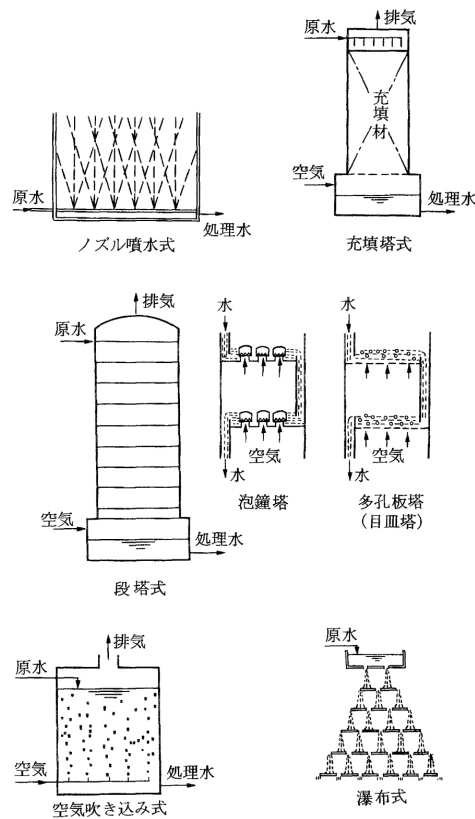


図-5.12.1 エアレーションの方式

5.12.2 エアレーション方式

1. 噴水式エアレーション装置は、次の各号による。
 - 1) ノズルは、水の噴霧と空気とをできるだけよく接触できるものとする。
 - 2) ノズルは、処理水を均等に噴出するように配置する。
 - 3) エアレーション室は、飛沫の飛散を防ぐ構造とし、2室以上設ける。
2. 充填塔式エアレーション装置は、次の各号による。
 - 1) 充填塔の構造は、垂直な円筒形とし、材質は耐食性のものを使用する。
 - 2) 充填材は、空隙率が大きく、空気抵抗が少なく耐食性で機械的強度の大きいものとする。
 - 3) 充填塔径は空気流速により、充填層高は容量係数などにより決める。
 - 4) 気液比は、原則として実験により決める。
 - 5) 送風機は、充填塔空気流入側に設置するものとし、所要動力は、風量及び充填材、ダクト等による圧力損失により決める。
 - 6) トリクロロエチレンなどを対象とし、法令に該当する場合には排出ガスの処理に活性炭吸着設備を設ける。

5.13 粉末活性炭吸着設備

5.13.1 総 則

活性炭は、その形状から粉末活性炭と粒状活性炭に分けられる。粉末活性炭と粒状活性炭は、処理形態によって使い分けられるが、活性炭としての物性、吸着機構等は同様であるから、本章でとりまとめて記述する。

1. 処理対象

活性炭処理は、凝集、沈澱、砂ろ過という通常の浄水処理で除去できない異臭味原因物質（2-メチルイソボルネオール（以下、2-MIB とする。）、ジェオスミン等）、陰イオン界面活性剤、フェノール類、トリハロメタン及びその前駆物質、トリクロロエチレン等の低沸点有機塩素化合物、農薬などの微量有害物質、水源域での事故などによる一時的に混入する化学物質、その他の有機物等に対して適用される。

2. 物 性

活性炭は、木質（ヤシ殻、おが屑）、石炭等を原料として、これらの原料を炭化及び賦活処理を施して造られた黒色、多孔性の炭素質の物質で、気体や液体中の微量有機物を吸着する性質を有している。

賦活は、原料を 900℃前後の高温の水蒸気で活性化する水蒸気賦活法と、木質材料を塩化亜鉛、硫酸等の薬品に浸漬した後、炭化させる薬品賦活法がある。薬品賦活法は処理水中に亜鉛などの薬品が溶出するので、浄水処理用活性炭には用いられず、水蒸気賦活法が主流になっている（表-5.13.1 参照）。

表-5.13.1 活性炭の種類

	種 類	
原料	木材 石炭 その他	ヤシ殻、木材、おが屑等 泥炭、亜炭、かつ炭、瀝青炭等 石油ピッチ、合成樹脂、各種有機質灰物等
賦活方法	薬品賦活 ガス賦活 その他	塩化亜鉛、硫酸塩、リン酸等 水蒸気、二酸化炭素、空気等 薬品と水蒸気の併用など
形状	粉末炭 粒状炭	150 μ m 以下 150 μ m 以下

活性炭は、多孔質構造の発達した炭素材料で、その原料、炭化方法及び賦活方法により吸着特性が異なる。活性炭の内部は、 $10^{-5} \sim 10^{-7}$ m (10 μ m ~ 100 nm) 程度の直径をもつマクロ孔が立体的に迷走しており、マクロ孔壁には更に 10 ~ 0.1 nm 程度のミクロ孔が配置している。これら細孔の内部表面積は、700 ~ 1,400 m²/g と著しく大きく、このことが吸着性能の高い理由である。浄水処理では、この吸着力を利用して前記の諸物質の除去を行う。活性炭の物理的性質は空隙率、比表面積、細孔容積、細孔分布等で表される。

活性炭は、空気中の酸素を徐々に吸着するため、貯蔵槽などの密閉容器内では酸素が欠乏するおそれがあるので、保守・点検の際には注意が必要である。

3. 特 長

活性炭の特長は、水中に溶解している有機物に対する除去能力が大きく、薬品処理の場合と異なり、処理水に反応生成物を残さないことである。

活性炭処理の実施にあたっては、事前に除去対象物質の物性、実態、処理効果等について、実験を含めた調査を十分に行う必要がある。現状に関するだけでなく、除去対象物質の将来動向の予測なども行い、処理設備の規模、方式の適切な決定を図るのが望ましい。

4. 活性炭の種類と処理特性

粉末活性炭は、直径1～20nm程度の細孔が多く、粒状活性炭は10nm以下の細孔が多い。

粒状活性炭のうち、木質系のヤシ殻炭は直径3nm以下の細孔が多く、30nm以上の大きな細孔は少ない。したがって、低分子量の物質が除去されやすい。一方、石炭系は3nmからかなり大きな細孔まで幅広く存在する。したがって、より大きい分子量の物質が除去されやすい。また、粒状活性炭には、0.1～数μmの大きさのマクロ孔が存在し、被吸着物質の粒子内への拡散通路となっている。

一般に、疎水性が強く、分子量が大きい物質ほど活性炭に吸着されやすい。また、水に溶けやすく、分子量が小さい物質は、活性炭に吸着されにくい傾向がある。

水に溶けにくい農薬は、活性炭に吸着されやすいが、フミン質のように分子量が大きくても水に溶けやすい性質を有していると、活性炭による吸着がされにくくなる。

このように、有機物質の水への溶けやすさや、活性炭の細孔分布等が処理性に影響を与える。

5. 活性炭の処理方式

応急的あるいは短期間使用の場合は、粉末活性炭処理が適し、年間連続あるいは比較的長期間使用の場合は、粒状活性炭処理の方が経済的に有利とされている。活性炭の吸着特性は、種類によって異なるので、使用目的に適した品質のものを選定する。

粉末活性炭と粒状活性炭は使用目的や処理期間によって維持管理、経済性が異なり、その利害得失は表-5.13.2のようである。

表-5.13.2 粉末活性炭処理と粒状活性炭処理の利害得失

項 目	粉末活性炭	粒状活性炭
①処理施設	○既設の施設を用いて処理できる	△ろ過槽を作る必要がある
②短期間の場合	○必要量だけ購入すれば良いから経済的	△不経済である
③長期間の場合	△経済性が悪い 再生できない	○層厚を厚く出来る 再生使用するから経済的となる
④生物の繁殖	○使い捨てだから繁殖しない	△原生動物を繁殖するおそれがある
⑤廃棄	△灰を含む黒色スラッジは公害の原因となる	○再生使用するので問題ない 廃棄しない
⑥漏出による黒水の トラブル	△特に冬期に起こりやすい	○ほとんど心配がない
⑦層厚管理	△注入作業を伴う	○得に問題はない

注)○は有利、△は不利

5.14 粒状活性炭吸着設備

5.14.1 総 則

粒状活性炭吸着設備は、吸着槽（池）に粒状活性炭を充填し、これに処理対象水を流入させ、処理対象物質を主に吸着して除去するものである。

1. 粒状活性炭処理方法

粒状活性炭処理方法には、吸着効果を主体とした方式と、活性炭の吸着作用に加えて活性炭層内の微生物による有機物の分解作用を利用することによって、活性炭の吸着機能をより長く持続させる生物活性炭吸着方式とがある。

5.15 オゾン処理設備

5.15.1 総 則

オゾン処理は、塩素よりも強いオゾンの酸化力を利用し、異臭味及び色度の除去、消毒副生成物の低減を目的として行われる。

オゾンは、様々な副生成物を生成するので、オゾン処理は単独では使用できず、粒状活性炭処理を併用しなければならない。

一方、オゾン処理を行うと処理水に溶存オゾンが残留し、水に吸収されない排オゾンが排出される。処理工程内での過度の残留オゾンは、その強力な酸化力により後段の活性炭の消耗を促進する。また、排オゾンが大気中に放出されると、労働安全衛生あるいは環境上の問題を引き起こすおそれがあるので、十分に低濃度になるよう処理する必要がある。

水処理単位操作としてのオゾン処理が、他の処理法に比べて優れている点は次のとおりである。

1. オゾン処理の優位点

1) 異臭味、色度除去に優れた効果を有する。

ジェオスミンや 2-MIB 等による臭気やフミン質等による色度、あるいは塩素では臭味を増すようなフェノール類の臭気を、除去するのに有効である。

2) 有機物質の生物分解性を増大させる。

難分解性の有機物の生物分解性を増大させ、後段の粒状活性炭処理（生物活性炭）と併せて有機物の除去性を向上させる。

3) 塩素要求量を減少させる。

塩素注入に先立ってオゾンを注入すれば、鉄、マンガン、亜硝酸塩、有機物等を酸化するため、塩素の消費量を減少できる。

4) 微生物に作用して強い不活化力をもつ。

オゾンは、強い酸化力で微生物の細胞成分に損傷あるいはダメージを与えて塩素よりも強い不活化力を示す。しかし、残留性に乏しいため、塩素に代わる水道の消毒剤としては使用できない。

2. オゾン処理の留意点

オゾン処理の留意点として次のような事項がある。

1) 十分な溶解機能を発揮する接触槽（池）が必要である。

2) 排オゾン処理設備が必要である。

3) 水中の有機物や臭化物イオンとの反応により、副生成物を生成する。

4) 水温が高くなると溶解量が減少し、分解が速くなる。

5) 設備の使用材料は、高い耐食性が要求される。

5.16 生物処理設備

5.16.1 総 則

生物処理は、微生物の働きにより、原水中のアンモニア態窒素、藻類、カビ臭、鉄、マンガン、懸濁物質、陰イオン界面活性剤などを酸化・分解作用により浄化する処理法である。

生物の自然浄化作用を、人為的に水槽の中で効率よく進めさせるものであり、微生物の付着する表面積を著しく増大させるための充填材あるいは円板等を水槽内に設置し、生物膜を形成させて水との接触頻度を高めたものである。

通常は、凝集、沈澱、ろ過等の浄水処理の前処理として行われている。

生物処理の方式には、水中に固定したプラスチックの小筒の集合体による浸漬ろ床方式（ハニカム方式）、回転する円板による回転円板方式、粒状のろ材による生物接触ろ過方式等が用いられている。

水中の有機物、窒素、リン等は、生物膜に存在する微生物が分解あるいは摂取することによって水質の浄化が行われるが、生物膜中の微生物の生物化学的反応は制御が難しく、対象物質を完全に除去することは困難であることや、水温の影響を受ける等の特性を有している。したがって、対象物質についての処理設備への流入負荷は同じであっても、処理効果は季節や原水水質によって大きく異なる。

5.17 除鉄・除マンガン設備

5.17.1 総 則

1. 鉄

鉄は、鉱山排水、工場排水などの混入や鉄管に由来して検出されることがあり、高濃度に含まれると異臭味や、洗濯衣類や水洗器具等を褐色にする原因となる。

水質基準では、鉄の量に関して、0.3mg/L 以下と定められている。

原水中に含まれる鉄が、この基準値以上の場合でも、沈澱、ろ過の過程である程度除去されるので、特別な除鉄設備を設けるかどうかは、含まれている鉄の量及び存在状態や、その水道の施設等を具体的に考慮したうえで決定すべきである。

2. マンガン

マンガンは、花崗岩地帯、盆地、含ガス地帯等の地下水に多く含まれることがある。また、鉱山排水、工場排水、下水等の影響によって河川水に含まれることがある。

湖沼や貯水池では、夏期に水温成層を形成した時、底層水が無酸素状態となり、底泥から鉄及びマンガンが溶出することがある。

水道水中にマンガンが微量でも含まれると、遊離残留塩素によってマンガン量の 300～400 倍の色度が着いたり、析出した微細な黒色酸化物が配・給水管の内面に付着して黒水の原因となる。また、マンガンと鉄が混在するときは、鉄錆の色が混じり黒褐色を呈する。

マンガンは、通常の浄水処理ではほとんど除去できないので、障害が発生するおそれがある場合には、処理効果の確実な除マンガン処理が必要である。

水質基準では、マンガンの量に関して、0.05mg/L 以下と定め、水質管理目標設定項目における目標値は、マンガンに関して 0.01mg/L 以下としているが、極力少ないことが望ましい。

なお、鉄の多い原水にはマンガンも共存する場合が多いので、鉄の除去方法の検討に際しては、除マンガン処理の必要の有無についても併せて検討すべきである。

5.17.2 除鉄設備

除鉄設備には、エアレーション、塩素処理等を単独又は適切に組み合わせた前処理設備とろ過池を設ける。

〔解説〕

鉄は、地下水中に、炭酸水素鉄（Ⅱ） $[\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2]$ の形で多く含まれ、また泥炭地帯などではフミン酸などと結合した、コロイド状の有機鉄化合物（コロイド鉄）として存在している。

河川水では、多くの場合、鉄は酸化されて不溶性の鉄（Ⅱ）塩となっており、鉄（Ⅱ）イオンとしての存在は比較的少ない。しかし、温泉や鉱山・工場排水等の混合によって硫酸鉄（Ⅱ）が存在することもある。

除去方法は、一般に、原水中に溶解して存在する鉄（Ⅱ）イオンやコロイド鉄を、エアレーション又は前塩素処理によって酸化し、第二鉄塩として析出させた後、凝集沈澱とろ過、あるいはろ過のみを行って除去する。

pH 調整を上記の方法と組み合わせたり、ろ過を接触ろ過法にするほか、単独に鉄細菌利用法が行われることもある。

エアレーションは、炭酸水素鉄（Ⅱ）の形で溶存している鉄の除去には有効で、酸化された後は不溶性の水酸化鉄（Ⅱ） $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ となって沈澱し、同時に遊離炭酸、硫化水素等も除去される。水中に溶性ケイ酸が 30mg/L 以上含まれている場合には、鉄はケイ酸と結合してコロイド状の微粒子となり、凝集沈澱、ろ過による処理が困難となるので、塩素による酸化などの他の方法による。

前塩素処理は、鉄（Ⅱ）イオンを酸化して鉄（Ⅱ）として沈澱した後、ろ過する。この処理方法では、pH 値が低い場合でも容易に鉄を酸化でき、コロイド状の鉄の除去にも効果がある。水に可溶性の鉄（Ⅱ）イオンを不溶性の鉄（Ⅱ）とするためには、理論上、鉄 1 mg に対して塩素 0.635mg を必要とするが、実際には、水中の有機物や他の還元性物質によって塩素が消費されるので、塩素は遊離残留塩素が沈澱水に検出される程度に注入する必要がある。

pH 調整を組み合わせる場合は、炭酸水素鉄（Ⅱ）以外の鉄は、pH 値を 9 以上に高めると、水中の酸素で酸化されて水酸化鉄（Ⅱ）が析出する。エアレーションによる酸化を早めるためには、pH 値を 8.5 程度とする

5.17.3 除マンガン設備

1. 除マンガン設備には、薬品酸化処理、pH 値調整処理、薬品沈澱処理等を、単独又は適切に組み合わせた前処理設備とろ過池を設ける。
2. 薬品酸化処理は、前塩素・中間塩素処理、オゾン処理又は過マンガン酸カリウム処理による。

〔解説〕

1. について；

マンガン除去方法には、塩素、オゾン又は過マンガン酸カリウムによる薬品酸化処理の後で凝集沈澱・ろ過する方法、マンガン砂をろ材とする接触ろ過法、鉄バクテリア利用法等がある。

地下水のように、濁度はないがマンガンを含む場合には、凝集沈澱処理を必要としないので、マンガン砂による接触ろ過法が適する。この場合、前塩素処理の直後にろ過を行う。実施例では、

マンガン砂層の厚さは 600～2,000mm、ろ過速度は 120～600m/日程度である。

塩素を酸化剤として用いるとき、理論的には pH 9 以下ではマンガンはほとんど酸化されないため、アルカリ剤によって pH 値を 9 以上に調整するとよい。しかし、水中にマンガン砂のようなマンガンの酸化物が存在すると、これが触媒となって pH 値が 7 付近でも酸化が促進される。

2. について；

塩素をマンガンの酸化剤として用いる場合、塩素処理後、凝集沈澱・ろ過又はろ過のみを行う。この場合の pH 値は、若干アルカリ性にするると除去効果が良くなることが認められている。塩素注入率は、ろ過水における所定の遊離残留塩素濃度が確保されるよう留意する。理論上は、マンガン 1 mg に対して塩素 1.29mg が対応するが、水中の有機物や他の還元物質によっても消費されることを考慮する。

塩素を酸化剤とする除マンガン処理を継続すると、ろ過砂は次第にマンガン酸化物に被覆されて黒色となり、マンガン砂と同じ作用を現すようになる。このようになると、pH 調整を行わなくてもマンガンを除去できる。前塩素処理に次いで凝集沈澱・ろ過を行う浄水場では、ろ過砂が数か月以内にマンガン砂となり、確実に除マンガン処理ができるようになる。

オゾンを酸化剤として用いる場合には、5.15.2 オゾン処理特性を参照する。

過マンガン酸カリウムを酸化剤として用いる場合は、酸化力が強いので、中性でも短時間で確実に酸化できる。

5.21 その他の処理

5.21.2 pH 値の調整

pH 値が低い場合には、フロック形成後にアルカリ剤を注入し、pH 値を調整する。

5.21.4 フッ素の除去

フッ素を多量に含む場合には、フッ素を減少させるため、凝集沈澱、活性アルミナ、骨炭、電解等の処理を行う。

5.21.5 ヒ素の除去

ヒ素を多量に含む場合には、ヒ素を減少させるため、凝集処理、又は活性アルミナ、水酸化セリウム、二酸化マンガンのいずれかを用いた吸着処理を行う。

5.23 場内連絡管路及び水路

5.23.3 平均流速

凝集池、薬品沈澱池、急速ろ過池を結ぶ連絡管路及び水路内の平均流速は、15～80cm/s を標準とし、その他は、50～150cm/s を標準とする。
--