

1. 総説

1.1 本書作成の目的

本書は、主に中小規模の水道事業者において、水道技術管理者等が中心となって高濁度原水への対応方策を検討する際の支援資料として作成した。

【解説】

本書は、次に示す背景や課題を踏まえて作成した（図 1-1 参照）。

- ✓ 水道事業は事業運営に係る様々な課題に直面しており、特に中小水道事業者において問題が深刻になりつつある。
- ✓ 近年の気候変動が水道原水水質に対して及ぼしている幾つかの影響のうち、高濁度原水への対応や凝集不良を課題としている中小水道事業者が多い。（資料 2 参照）

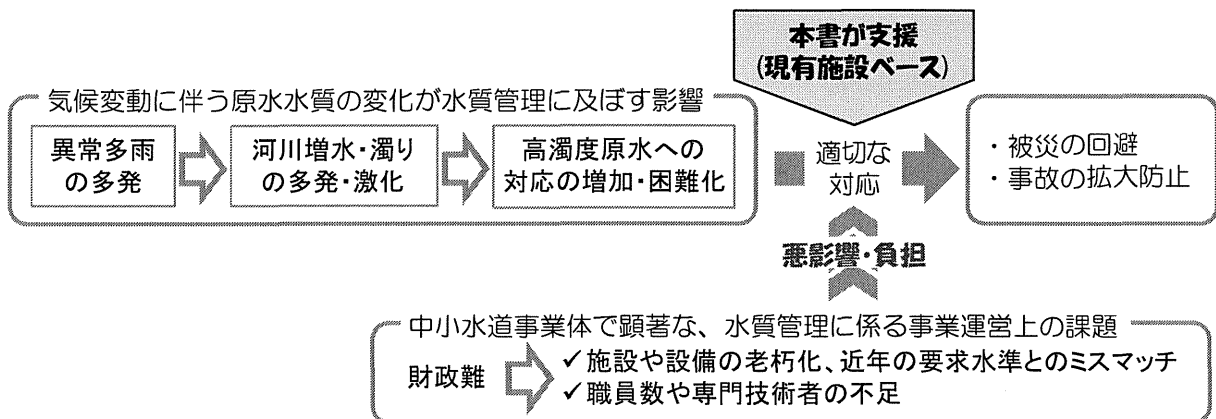


図 1-1 本書作成の背景と目的

1.2 本書作成の方針

- (1) 対象とした水道事業者規模と事象及び浄水場
規 模：中小水道事業者（運転管理を外部委託している水道事業者も含む）
事 象：高濁度原水の発生（主に降雨に伴い原水濁度が高くなる事象）
浄水場：河川表流水を水源とする急速ろ過方式（凝集沈澱＋急速ろ過）の浄水場
（図 1-2 参照）
- (2) 想定した主な利用者
水道技術管理者及び浄水場運転管理の統括責任者、現場責任者（各シフトの責任者）
- (3) 本書の内容
 - ① 現有水道システムの特性把握と対応方法のマニュアル化の喚起、及び手法の提示
 - ② 簡便な運転操作・変更や設備の仮設程度で実施できる改善策の提示
 - ③ 事故の影響を最小限に抑えるために必須となる、日常管理の内容の提示
 - ④ 実際に高濁度原水が発生した場合の対応方法の提示
（被災回避あるいは事故拡大防止の手段として、ピークカットを明確に位置付け）
- (4) 想定した主な利用場面
 - ① 当該水道システムにおける対応方策の検討
 - ② 施設整備等による対応能力増強の必要性の検討

【解説】

(1) 対象とした水道事業者規模と事象及び浄水場について

- ① 対象とする水道事業者には、水道用水供給事業者と簡易水道事業者を含む。
- ② 水道事業者規模と事象の主たる選定理由は「1.1 本書作成の目的」のとおりであり、多くの中小水道事業者では水質異常や水質事故への対応マニュアルが整備されていないことも背景にある（資料 2 参照）。
- ③ 浄水場等の運転管理を外部委託している水道事業者も含む理由は、「1.3.2 運転管理の外部委託に関して」に後述するとおりである。
- ④ 膜ろ過や緩速ろ過を導入している浄水場は対象として想定していない。その理由は、膜ろ過の場合は、濁質により膜が目詰まりして処理水量が減少することはあっても、浄水が濁る可能性は極めて低いためである（言い換えると、急速ろ過方式で対応が不適切な場合は、その危険性が高くなる）。緩速ろ過は、元来、高濁度原水には適していないためである。

(2) 想定した主な利用者について

- ① 高濁度原水の発生自体は自然現象によるものであるが、高濁度原水への不適切な対応が招く事態は人災である。その責任を負うことになる水道技術管理者及びその補佐にあたる浄水場運転管理の統括責任者を、主たる利用者として想定した。
- ② また、高濁度原水への対応では、実際の発生時だけでなく日頃の管理も重要である。実際

の運転管理に従事する職員のうち、各シフトの現場責任者も利用者として想定した。

(3) 本書の内容について

- ① 本来、河川表流水を原水とする浄水場は、高濁度原水に対する一定の考慮の上に計画・設計されているので、適切な運転管理を行えば、基本的には設計条件内の高濁度原水を継続的に処理することが可能である。したがって、まず、現有の水道システムの特性を再認識したうえで高濁度原水への対応方法をマニュアル化することが重要であり、本書ではその手法を提示する（4.1 参照）。
- ② さらに高濁度原水への対応能力の向上や安定化を図りたい場合に対しては、簡便な運転操作・変更や設備の仮設程度によって実施できる改善策を提示する（4.2 参照）。抜本的対策については各種技術図書等に委ねることにした。
- ③ 日常の維持管理が不適切であると、高濁度原水への対処を失敗する可能性が極めて高くなるので、日常管理の必須要件を提示する（4.3 参照）。
- ④ 実際に発生した高濁度原水に対しては、状況を踏まえた適切な対応が求められる。本書では、発生が予想される段階から事態の終息までの一連における対応方法を提示する（5～6 参照）。

(4) 想定した主な利用場面について

- ① 当該水道システムの特性によっては適用できない対応方策があるので、あらかじめ、限界を認識して適用できる対応方策を構築しておくことが肝要であり、その検討段階における利用を想定した。
- ② 本書で提示する対応方策を講じても頻繁に給水への影響が発生するようであれば、本格的な施設整備等により対応能力の増強を図るべきであり、その必要性の裏付け資料としての利用を想定した。

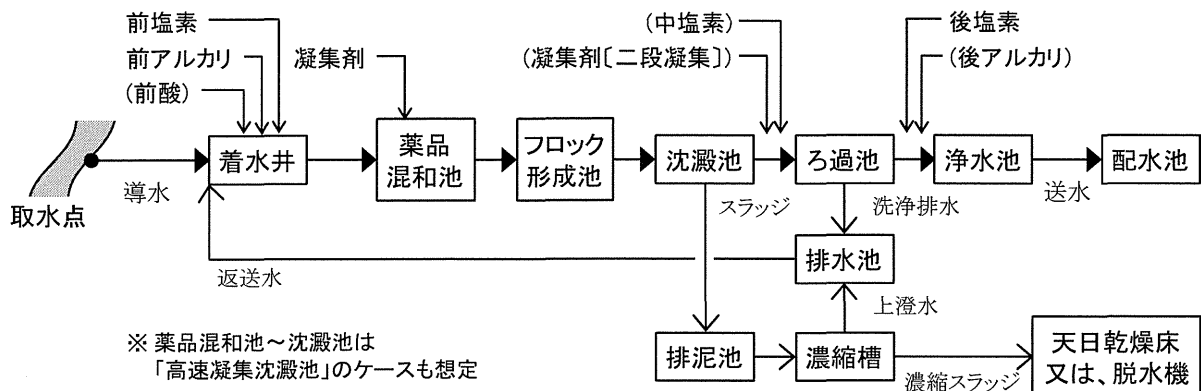


図 1-2 想定した浄水フロー

1.3 適切な対応の必要性

1.3.1 事故が拡大した事例の紹介

濁度を原因とする水質事故は、全国で毎年 10～40 件発生している。^[1]
 取水停止判断の遅れにより断水が長期化した事例では、住民生活に大きな混乱をもたらしただけでなく、地域の産業や経済にも大きな損失を与えることになった。

【解説】

平成 19 年 6 月に北海道の水道事業で起きた断水事故は異常な高濁度原水の発生に端を発するが、断水が長期化した原因は、取水停止の判断が遅れて高濁度水により浄水施設を汚染させたことにあることが、外部有識者による原因調査報告書で指摘されている。^[2]

平成 25 年 7 月に山形県の水道用水供給事業で起きた送水停止事故では、土砂崩れ等により大量の土砂が貯水池に流入したため原水水質の回復が極めて遅く、処理水量（送水量）の制限と一部受水団体における断水が長期化した（表 1-2 参照）。

地域独占事業である給水サービスの長期停止は、医療・消防や水道水を利用する全産業に大打撃を与えることは当然として、水道事業経営にも大きな影響を及ぼす（表 1-1 参照）。

表 1-1 平成 19 年 6 月の断水事故にまつわる様々な数字

- ✓ わずか 2.5 時間で原水濁度は約 15,000 度まで上昇した。
 （その 7.5 時間後には 390 度に改善した。過去は高くても 1,500～2,000 度程度[†]）^[2]
- ✓ 約 58,000 世帯で断水《市内全戸》^[3]
- ✓ 浄水場停止から復旧作業（浄水施設の洗浄、配水池水張り等）を経て全域の通水再開までに約 3.5 日^[3]
- ✓ 約 1 億 2,700 万円におよぶ水道料金の減額措置^[3] 《前年度料金収入の約 6.1%》

表 1-2 平成 25 年 7 月の送水停止事故にまつわる様々な数字

- ✓ 原水の最高濁度は約 3,000 度であったが、100 度以上の状態が 26 日間も継続した。
 （ダム流入河川の多数箇所では土砂崩落等が発生し、貯水池に大量の土砂が流入した。なお、過去 20 年で 1,000 度を超過したことが 2 回あったが、3 日後には 100 度以下に改善している）^[4]
- ✓ 受水団体 11 団体（6 市 6 町）のうち、半数の 6 市町で断水した。^[5]
 （残り半数の 6 市町は自己水源の融通等により断水を回避）
- ✓ 断水は 9 日間にわたり、ピーク時には約 54,000 世帯で断水した。^[5]

[†] 当時の濁度計の測定範囲上限が 2,000 度であり、この値を超過したことは何度かあった。

1.3.2 運転管理の外部委託に関して

浄水場等の運転管理を外部委託している場合でも、水質異常や水質事故への対応方法は水道事業者が積極的かつ主体的に策定する。

【解説】

- ✓ 従来型の業務委託（いわゆる手足業務委託）では、委託業務内容に関する水道法上の責任は水道事業者にある。
- ✓ 第三者委託であっても、給水契約に基づく需要者に対する責任は水道事業者が負っているため、受託者の不適切な業務が原因であっても常時給水義務等の責任が果たされない場合には、水道事業者としての責任を問われることになる。^[6]

2. 高濁度原水対応の基本要件と現状評価

高濁度原水への対応方策の検討に際しては、『何が必要で、何が足りていないか』の認識が欠かせない。したがって、ここでは対応の基本フローと基本要件を示すとともに、本書の利用者が簡単に現状評価できるチェックシートを提示する。

【解説】

詳細は当該水道システムの特性によって異なるものの、高濁度原水への基本対応フローは図 2-1 のとおりであり、その実行に際しては表 2-1 に示す基本要件を満たしていることが求められる。

なお、より具体的には次の視点で管理の現状を点検することも必要である（参考としてチェックシートを資料 3 に示す）。

- 浄水施設の運転状況
- 処理の良否
- 現場における日常管理の内容
- 水質異常時の管理方法
- 基礎情報や履歴の管理

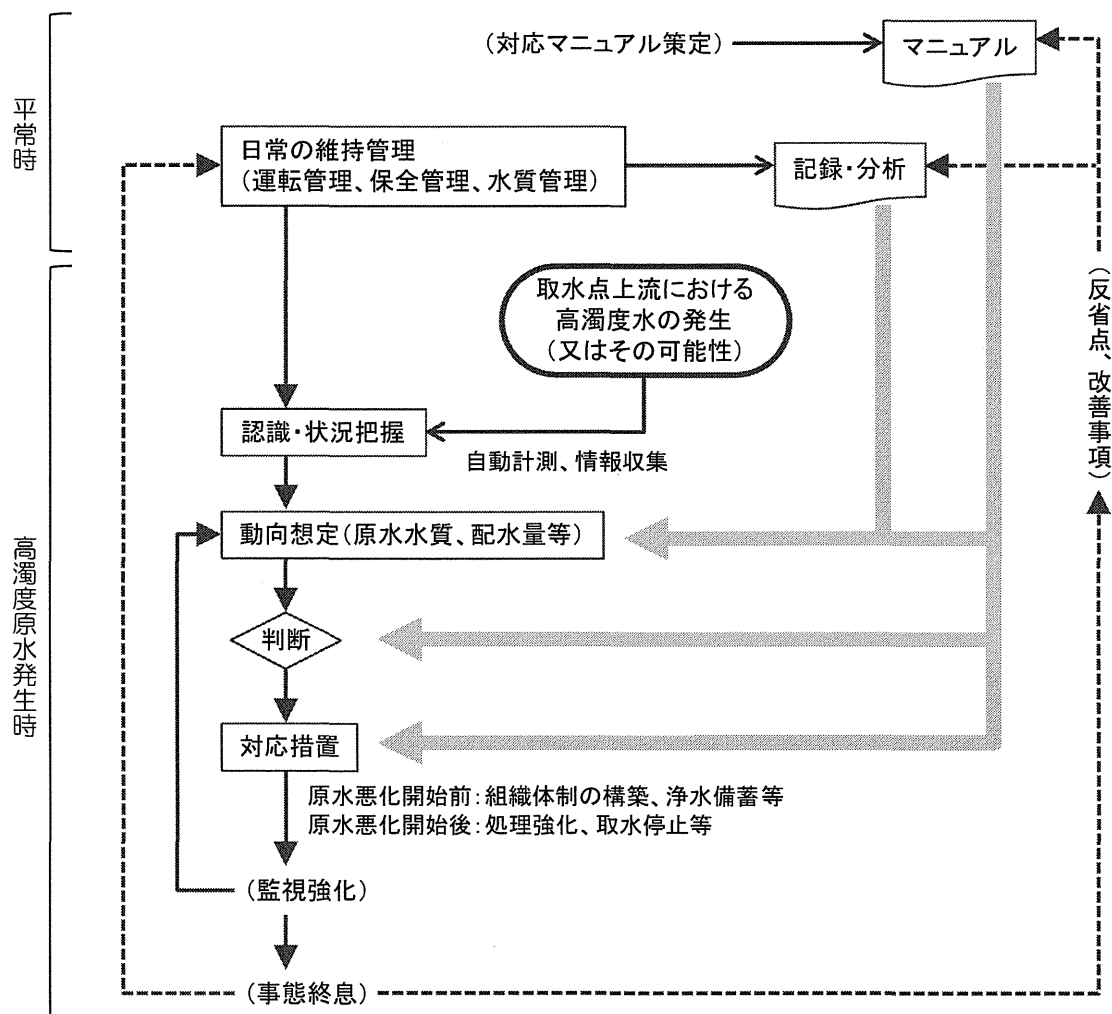


図 2-1 高濁度原水への基本対応フロー

表 2-1 高濁度原水対応の基本要件及び現状評価チェックシート

備えるべき基本要件		現状評価 チェック欄			現状不十分 の場合に 参照する章	(参考) 不備の場合 に想定される状況
項目	具体的内容	①	②	③		
(1) 基礎知識の 習得	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 降雨に伴う水質変動が浄水処理に及ぼす影響を理解している ✓ 高濁度原水への誤った対応が招く事態を理解している 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3章参照	<ul style="list-style-type: none"> ✗ 対応可能な原水濁度であるのに、浄水処理が破綻する ✗ 基礎知識の欠如により、天災が人災となる
(2) 事前対応	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高濁度原水に対する、当該浄水場の対応限界を把握している（除濁可能な原水水質、排水処理能力等） ✓ 原水がクリプトスポリジウム等により汚染されるおそれ（リスクレベル）を判断している。 ✓ 水質変動・異常の早期検知が可能である（関係機関との連絡体制、水質計器の整備等） ✓ 当該浄水場に水質異常等があった場合の給水方法を確立している（配水系統の変更、取水停止可能時間の把握、応急給水体制・資機材の整備等） ✓ 水質異常の判断基準や対応の指揮系統・業務分担を確立している 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.1章参照	<ul style="list-style-type: none"> ✗ 高濁度原水により施設が汚染され、復旧作業に長時間を要する ✗ 水道水に起因するクリプトスポリジウム等による感染症発生リスクが高まる ✗ 体制・準備が整う前に対応せざるを得なくなる ✗ 回避できたはずの断水が発生する、応急給水も行えない ✗ 主観で判断を誤る、現場が混乱する
(3) 日常管理	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 浄水施設や配水施設の運転管理状況を記録し、目視確認も行っている ✓ 計器の点検・校正を適切な頻度で実施している ✓ 交代勤務の引き継ぎを確実に実施している 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.3章参照	<ul style="list-style-type: none"> ✗ 物差しがないので、異常を異常として認識できない ✗ 誤った情報で判断する ✗ 情報が共有されず、対応が後手になる
(4) 発生が予想される場合及び発生時の適切な対応	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高濁度原水の取水点流達までに、さまざまな準備ができています（職員の招集、配水池への浄水貯留等） ✓ 現状の対応は、技術的な裏付けをもとに実行している。 ✓ 臨機応変に対応しつつも、マニュアル等に基づき組織的に対応できている 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5章～ 6章参照	<ul style="list-style-type: none"> ✗ 準備不足や場当たりの対応により、事故が拡大する

【現状評価の選択肢】 ①：かなりできている ②：多少はできている ③：ほとんどできていない

3. 基礎知識（降雨に伴う水質変動が浄水処理や給水に及ぼす影響）

高濁度原水に対して適切に対応するため、少なくとも以下の事項は知っておく必要がある。

- (1) 急速ろ過方式（凝集沈澱＋急速ろ過）による処理の良否は、凝集沈澱が鍵を握る。
- (2) クリプトスポリジウム等による感染症発生の未然防止のため、ろ過水濁度は0.1度以下に管理する。
- (3) 高濁度原水に対して必要となる浄水管理は凝集剤注入にとどまらない。その他薬品（アルカリ剤、塩素剤）の注入や増大するスラッジの処理等の管理も不可欠である。
- (4) 降雨に伴う高濁度原水は一過性の現象であり、無理せず取水を減らす、あるいは止める（ピークカット）ことは賢明な対応である。この判断を誤ると水道施設が濁水で汚染され、復旧作業（洗浄）に伴う断水等の給水影響が大きくなる。
- (5) 高濁度原水が予想される場合や実際に見舞われた場合は、業務量が確実に増加する。したがって状況に応じた準備や体制強化が不可欠であり、そのためには原水水質変動の早期検知・予想が肝要である。
- (6) やむを得ず給水を停止する場合、配水池等の水位を下げすぎてはならない。下げすぎると沈澱物がまきあがり、第(4)項同様に洗浄作業が発生する。
- (7) 日常の維持管理を怠っていると異常時に適切に対応することはできない。正常な状態を知らなければ異常は認識できない。

【解説】

(1) 凝集沈澱について

- ✓ 沈澱処理水濁度の上昇が続くと、ろ過水濁度の上昇を招く。また、ろ過池の洗浄間隔が短くなり、やがて洗浄作業が追いつかずろ過不能に陥る。

- ✓ 急速ろ過を安定的に続けるには、日頃の沈澱処理水濁度は1度以下に管理し、数百度～数千度におよぶ高濁度原水が発生した場合でも、2度程度を目標にする。

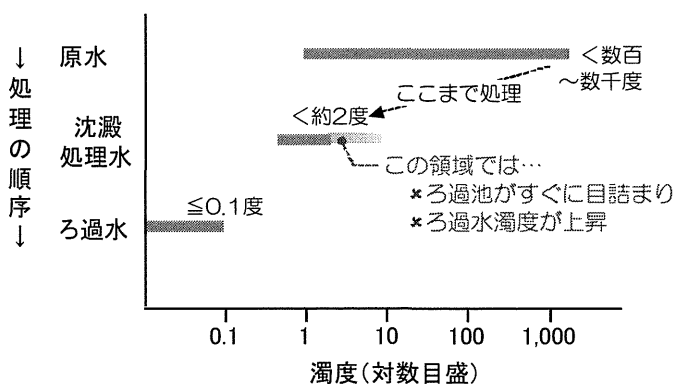


図 3-1 各浄水工程の濁度

- ✓ 凝集沈澱とは『凝集剤の注入・攪拌により良質なフロックを作り、それを沈めて清澄な水を得ること』であり、そのための要件は以下のとおりである。

- ① 原水水質に対して凝集剤の注入率が適切である

(通常時：多すぎず少なすぎず、高濁度時：少し多いくらいに → 図 3-2 参照)

② アルカリ度が十分にある

(凝集剤で消費されるので、不足する場合はアルカリ剤を補給 → 図 3-3 参照)

③ 凝集 pH 値が適切である (7.0 よりやや低いくらいが最適 → 図 3-4 参照)

④ 凝集用薬品の注入順序や場所が適切であり、水中で均一に混ざる

⑤ フロック形成の攪拌強度・時間が適切である (十分な時間で、強すぎず弱すぎず)

⑥ 沈澱池の流速が速すぎない (時間をかけるほど、よく沈む)

⑦ 沈澱池にスラッジを溜めこまない

(まき上げないため、スラッジで水深を浅くしないため)

✓ わが国で主流の凝集剤 (PAC、硫酸ばんど) の主成分はアルミニウムであり、凝集 pH 値が不適切であると凝集不良となり、濁質と共に懸濁態アルミニウムがろ過水に漏出してくる。また、pH 値が高く、かつ水温が高いと溶解性アルミニウム濃度が上昇するため、ろ過水に残留する総アルミニウム濃度は更に高くなり、水道水質基準値を超過するおそれが高まる。この点からも凝集 pH 値の適切な管理が求められる。

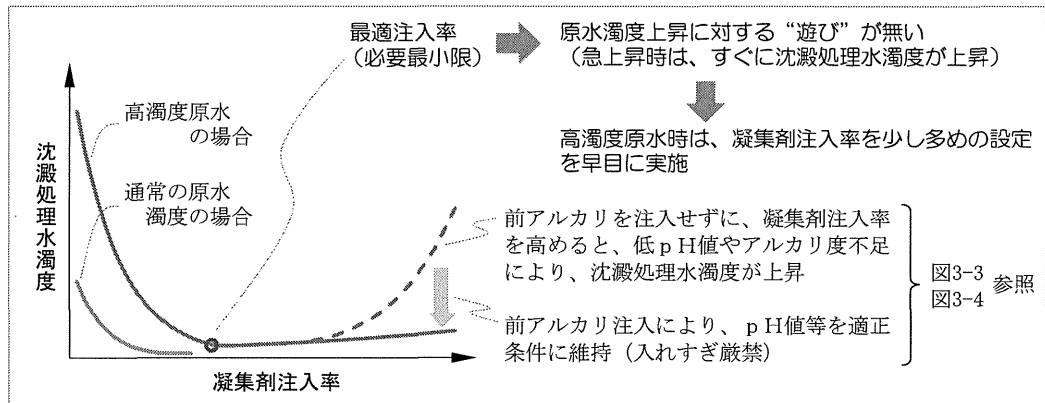


図 3-2 凝集剤注入率と沈澱処理水濁度の関係 (概念図)

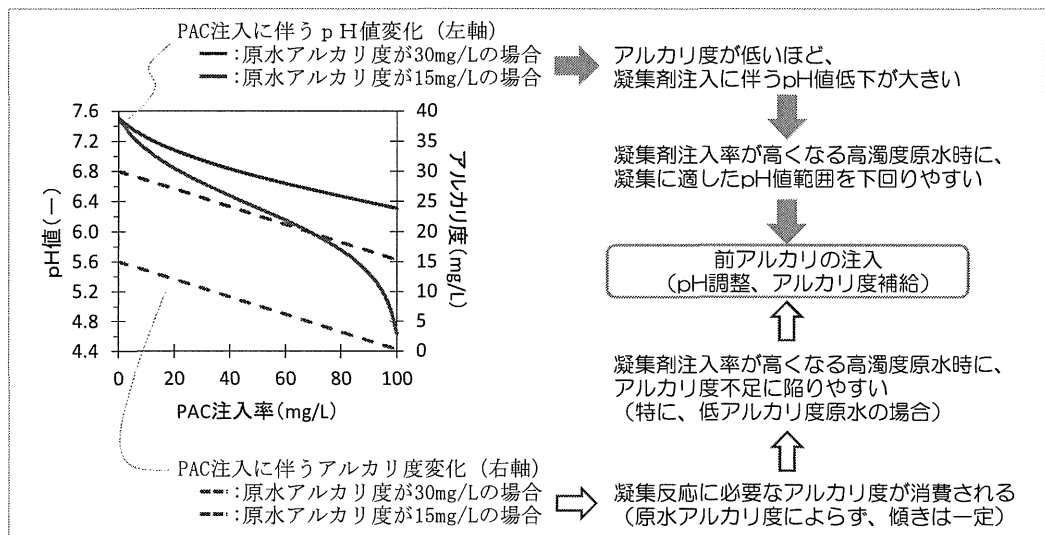


図 3-3 凝集剤 (PAC) 注入に伴う pH 値やアルカリ度の変化

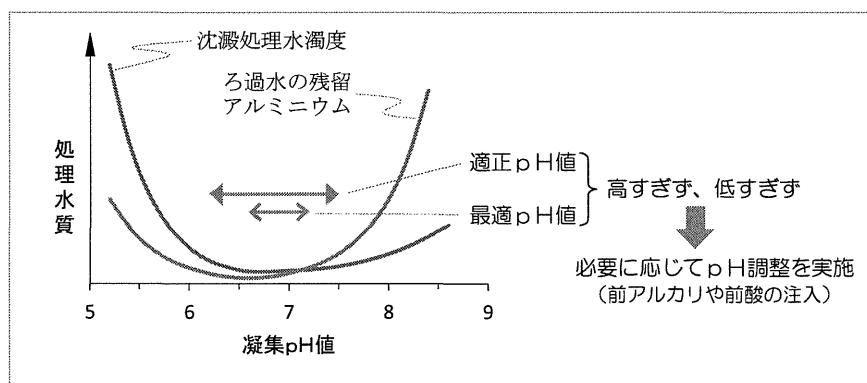


図 3-4 凝集 pH 値と処理水質の関係（概念図）

(2) ろ過水等の濁度管理について

- ✓ 河川表流水を原水とする浄水場は、原水がクリプトスポリジウム等に汚染されるおそれが高い。したがって、「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」^[7]に基づき、ろ過水濁度は 0.1 度以下に管理する。
- ✓ 継続的にろ過水濁度が 0.1 度を超過する場合、給水継続で懸念されるクリプトスポリジウムに係るリスクと断水による影響の双方を考慮の上、関係機関と相談して対応を検討・判断する（5.4(1)、5.5 参照）。

(3) 高濁度原水に対する浄水管理について（降雨に伴う水質変動と浄水処理への影響）

- ✓ 降雨に伴う水質変動と浄水処理への影響を表 3-2 に要約し、併せて経時変化を模式化して図 3-5 に示す。
- ✓ 前述のとおり、凝集では pH 値とアルカリ度の管理が必須である。具体的には表 3-1 の①に示す適正条件の維持であり、逸脱すると凝集不良が生じる。なお、これらの項目は降雨時に原水濃度が低下するうえ、凝集剤注入によっても低下するので、高濁度原水に対して凝集剤注入率を増やしている状況では、適正条件を下回りやすい。よって高濁度時は pH 値とアルカリ度の監視も強化し、不足する場合は前アルカリ処理を開始（あるいは増量）する。
- ✓ 原水水質が変化する様子はその都度異なるので、凝集剤やアルカリ剤の注入率設定に際してはジャーテストを実施することが基本である。しかし、ジャーテスト終了時には原水水質が変化していることも多いので、薬品注入操作が遅れないよう、原水水質の区分に応じた薬品注入率の早見表等（資料 11、資料 12 参照）を準備しておき、併用する。

表 3-1 pH値とアルカリ度の適正条件及び降雨時や凝集剤注入による挙動

	pH値	アルカリ度
①薬品混和水※ の適正条件	6.2～7.5 (最適は6.6～7.2)	10mg/L以上 (最適は20mg/L以上)
②降雨時の 原水濃度変化	・やや低下する ・回復は比較的早い	・低下する ・回復は遅い (雨水はアルカリ度がほとんどない)
③凝集剤注入に 伴う変化	低下する (アルカリ度が低い ほど低下しやすい)	低下する (PACの場合、1mg/L注入につき0.15mg/L低下)

※前処理としてのpH調整（酸剤やアルカリ剤の注入）に次いで、凝集剤を注入した後の段階

- ✓凝集沈澱の良否の評価は、定量的には沈澱処理水水質によることとなる。しかし、凝集剤注入から沈澱池流出までには数時間を要するので、原水水質が急変しているのに沈澱処理水水質の応答を待っているのは、確実に対応は遅れる。よって、フロック形成や沈澱の目視確認が不可欠であり、このような定性評価では、雨天時や夜間も含めた日頃の正常な状態を経験的に把握しておかねばならない（7.3.2(6)参照）。
- ✓一般的に、有機物による色度が共存すると、より高い凝集剤注入率が必要となる（7.3.2(2)参照）。有機物による色度は土壌の腐植含量が多い地域で高くなりやすく、土壌が泥炭土（主に北海道）や黒ボク土（主に東日本や九州）の森林等のほか、田畑が該当する。
- ✓凝集沈澱に伴い発生するスラッジを沈澱池に過度に溜めると、水質悪化だけでなく、排泥設備の故障や閉塞を招く。よって、スラッジ発生量が増大する高濁度原水の処理では、通常よりも頻りに沈澱池からスラッジを引き抜く（7.3.2(4)参照）。また、排水処理が滞るとスラッジが行き場を失い浄水処理の停止を余儀なくされるので、脱水機の運転時間延長等を図り、連続処理の系内から遅滞なくスラッジを排出する。
- ✓沈澱処理水で濁度が多少上昇しても急速ろ過で除去できるが、長時間続けば、ろ過閉塞やろ過水濁度の上昇が生じる。このような状況を防ぐため、洗浄によりろ過池の機能回復を図るが、洗浄頻度が多くなり過ぎると、洗浄用水量の不足により浄水処理を止めざるを得なくなる。よって、安易に急速ろ過に頼ることなく、良好な凝集沈澱の維持に努める。
- ✓原水濁度が上昇しピークに達した後の下降期では、この過程において特有の凝集不良を起こしやすい要素がある。具体的には、次のとおりである。
 - ・凝集しにくい微細な濁質が原水に残りやすい
 - ・原水のアルカリ度は上昇（回復）が遅いので、低い状態が続く
 したがって、原水濁度の上昇期と同等あるいはそれ以上に凝集沈澱に注意を払う。
- ✓原水の塩素要求量が上昇する場合は、適正な残留塩素濃度を維持するために塩素注入率を高めることになる。この管理は、手動制御の場合に極めて重要であることは当然とし

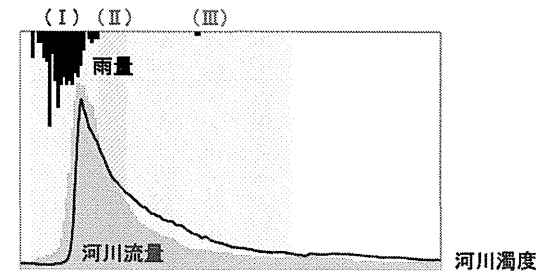
て、自動制御の場合でも幾つかの要因が重なり異常を検知できない可能性があるので、少なくとも残留塩素濃度の監視は強化する。

- ✓ 高濁度原水では臭気（かび臭、土臭、木材臭等）も高いことが多い。よって、注入設備がある場合は粉末活性炭を注入することが望ましい。
- ✓ 取水点の上流域に畜産ふん尿の管理が不適切な施設等が存在すると、処理施設からのふん尿（またはその処理水）の溢流や野積み堆肥の流出等が生じやすく、その場合は、原水のアンモニア態窒素（塩素要求量）や有機物の上昇や、クリプトスポリジウム等に汚染されるおそれが高まる。このような懸念がある浄水場においては、特に慎重な管理が要求される。

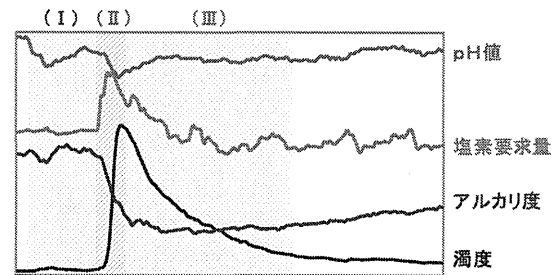
表 3-2 降雨に伴う水質変動と浄水処理への影響

段階	気象や河川流況、原水水質の変化	浄水処理への影響
I (濁水流達まで)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 流域内で降雨があると、河川は雨水を集水しながら次第に増水する。 ✓ 雨水により表土が流出あるいは土砂が崩落し、濁質が河川に流入する。 ✓ 増水で河床が洗掘され、河川が濁る。 ✓ 濁水が取水点に向かって流下する。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ この段階では浄水処理への影響はないが、段階IIに備えた監視強化や準備を行う。 <p>【注意事項】 段階Iの時間は、降雨範囲と取水点の位置関係や降雨強度等に左右されるので、上流監視はできるだけ広域的に行う。なお、中小河川では、段階IとIIがほぼ一致する場合もある。</p>
II (原水濁度の上昇期)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 取水点でも河川が増水し、濁水が流達する。(浄水場が晴天でも、流域内で降雨があれば濁る) ✓ 濁度上昇と同時に(あるいは、やや先行して)アルカリ度とpH値が低下し、塩素要求量が上昇する。流域の土壌特性によっては色度も上昇しやすい。 ✓ 次のような場合は段階Iが短く、段階IIの水質変化も速い <ul style="list-style-type: none"> • 降雨範囲と取水点が近い • 降雨強度が強い(集中豪雨や台風等) ✓ 前回降雨からの日数が経過しているほど濁度は上昇しやすく、アルカリ度等は低下しやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 適切な凝集沈澱を維持するために、次の管理強化を原水水質の急変に対して遅れることなく行う。 <ul style="list-style-type: none"> • 凝集剤注入率の増加 • 前アルカリ注入の開始(あるいは注入率増加) • スラッジ引き抜き頻度の増加 • 目視や水質監視、ジャーテストの頻度の増加 ✓ 塩素要求量が上昇する場合、消毒効果保持のために、塩素注入率(特に前塩素や中塩素)を増加する。 ✓ 沈澱処理水濁度が上昇するとろ過池が目詰まりしやすく、ろ過水濁度も高くなりやすい。よって、ろ過抵抗とろ過水濁度の監視を強化して、必要に応じてろ過池洗浄を行う。 ✓ 排水処理がボトルネックにならないよう、脱水機運転時間の延長等により、スラッジ処理量を増加する。
III (原水濁度の下降期)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 河川流量の減少とともに原水濁度は下降するが、次のような特徴がある。 <ul style="list-style-type: none"> • 濁質については、凝集しにくい微細粒子が残りやすい • アルカリ度の上昇(回復)が遅い • 流域面積や降雨範囲が広いほど、濁度下降やアルカリ度の上昇が遅い 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 原水濁度の下降に合わせて、薬品注入率等を徐々に通常状態に戻していくが、次の点に留意する。 <ul style="list-style-type: none"> • 原水に微細粒子が残りやすいので、同じ濁度でも上昇期より高い凝集剤注入率を必要とする場合がある。 • アルカリ度が低いので、凝集pH値が低くなりすぎないように、必要に応じて前アルカリ注入を継続する。

《① 上流における雨量と河川流量・濁度》



《② 原水水質》



《③ 薬品注入率、スラッジ発生量》

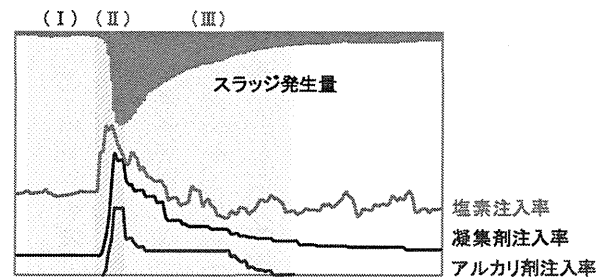


図 3-5 降雨に伴う水質変動等(模式図)

(4) 高濁度原水対応における取水制限・停止（ピークカット）の意義

- ✓ 浄水施設を汚染させることの最大の問題は、清浄な洗浄用水を確保できなくなることである。したがって、対応限界を超える高濁度原水を水道施設に流入させてしまうと、断水が長期に及ぶこととなる。特にろ過池を濁質で汚染させることは厳禁であり、その可能性がある時点で取水を停止しなければならない。
- ✓ 降雨に伴う原水濁度の上昇は、継続時間の長短はあっても一過性の現象である。よって、配水運用が許すのであれば、浄水処理で無理を重ねるよりも、被災を回避あるいは事故の拡大を防止するため、積極的に取水を制限するか停止（ピークカット）したほうがよい。なお、原水水質や配水量の動向をある程度予想できれば取水制限・停止を判断しやすくなるので、この点においても、取水点上流の情報収集や当該浄水場における事例の整理は重要である（4.1(2)及び(3)参照）。
- ✓ 高濁度原水対応における取水制限には、次のような意義がある。

- より高い薬品注入率を設定できる
（同じ注入量ならば、処理水量を半分にすると注入率が倍になる）
- 沈澱池の流速やろ過池のろ過速度を抑えられるので、処理の悪化が生じにくい
（ただし、高速凝集沈澱池の一部形式や迂流式攪拌の場合は、1池あたりの処理水量に下限がある）
- スラッジ発生量を抑えられる
- 取水停止と異なり運転状態を維持するので、通常復帰が容易である

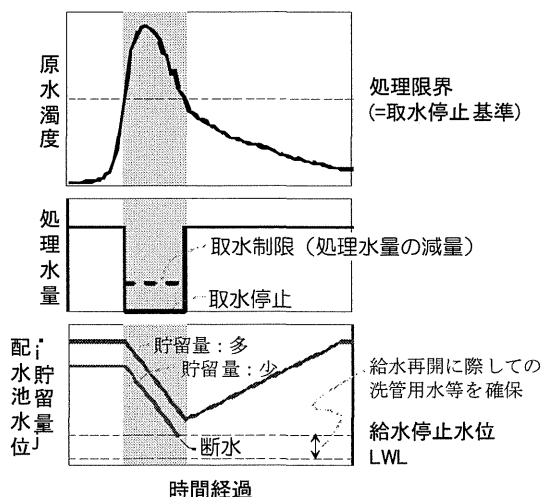


図 3-6 ピークカットの概要

(5) 原水水質変動の早期検知・予測について

- ✓ 高濁度原水への対応では、予想される状況に対して適切な準備をあらかじめ行い、原水水質の急変に対する迅速な対応が求められる（表 3-3 参照）。よって、あらゆる手段を駆使して情報を収集することにより（7.1 参照）、原水水質の変動を早期に検知あるいは予測して、準備時間を十分に確保することが、高濁度原水への対応における鉄則である。
- ✓ 雨量や流量の観測値から間接的に予測する場合は、参考とする類似例が必要である。この点においても、当該浄水場における事例の整理は重要である（4.1(3)参照）。

表 3-3 水質変動の各段階における予測内容と準備作業

段階※	予測すべき内容	予測される状況に応じて実施すべき準備や作業
I	①原水濁度の上昇開始時刻 ②原水濁度のピークレベル、 pH値やアルカリ度の低下程度 ③高濁度原水の継続時間	<ul style="list-style-type: none"> 組織体制の構築 薬品の貯蔵量確認、補充 配水池水位の確認 処理水量の増量、配水池への貯留 (処理が容易な間に浄水を生産) ろ過池洗浄 (多少の沈澱処理水濁度上昇に耐えうるよう、ろ過時間の長いろ過池より順次洗浄) 排水処理の促進 (スラッジ発生量の増大に備え、できるだけ排水処理を済ませておく)
II III	④原水水質の変化の動向 (上記②③含む)	<ul style="list-style-type: none"> 先行的な処理強化 (5.1(9)参照) 取水制限・停止の必要性見通しと準備 給水制限・停止の必要性見通しと準備
※段階について (表 3-2 及び図 3-5 参照) I : 高濁度水が取水点に流達するまで II : 原水濁度の上昇期 III : 原水濁度の下降期		

(6) 給水停止時における水位保持について

- ✓ 急速ろ過方式を採用している水道システムでは、水道水に残存する微量のアルミニウム等が凝集し、フロックとなって配水池等に沈澱している場合がある。したがって、配水池等の水位を下げすぎると沈澱物により水道水が濁り、洗浄作業のために通常復帰が遅れることになる。よって、やむを得ず給水を停止する場合は、配水池等の水位保持に配慮する。
- ✓ また、送配水管路についても給水停止中に内面を露出させると、通水再開時に、内面付着物の剥離による水道水の濁りが発生する。よって、できるだけ満水状態を保持できるよう弁を閉止する。
- ✓ 具体的内容は、「5.4(3)水道施設の水位保持」のとおりである。

(7) 日常の維持管理について

- ✓ 大きな問題が生じていないことを理由に、急速ろ過方式における日常の維持管理を次のような状態で放置していると、予想を超えた異常事態に対応できないばかりか、想定内の異常事態に対しても一連のシステムが正常に機能しない事態に陥るおそれがある。
 - 運転管理は自動制御任せであり、記録や分析をほとんど行っていない
 - 設備や計測機器の保守点検は、数箇月～数年ごとの定期点検だけである
- ✓ 日常的に必要な維持管理の具体的内容は、「4.3 日常管理の必須要件（事故の影響を最小限に抑えるための備え）」のとおりである。

4. 事前準備と平常時の対応

4.1 事前対応（現有システムや事例の評価、組織体制や対応マニュアル等の整備）

高濁度原水に対して選択できる対応方法は、水道システムやその時々々の原水水質等の個々の条件によって異なる。よって、あらかじめ下記(1)～(3)の特性を整理し評価する。また、評価した結果は管理方法（下記(4)、(5)）に反映し、対応マニュアルとして取りまとめておく。

- (1) 現有水道システムの諸元整理及び評価
- (2) 取水点上流域の特性把握
- (3) 事例整理及び分析（代表例における水質変動や管理状況、配水量の時間変動等）
- (4) 高濁度原水が発生した時の対応方法や監視等の方法の設定
- (5) 組織体制の整備
- (6) 対応マニュアルの策定

【解説】

(1) 現有水道システムの諸元整理及び評価について

- ✓ 現有水道システムの諸元整理では、施設容量だけでなく、水量や原水水質等の設計条件についても整理する。
- ✓ なお、次の事項は運転方法に制約等を与える場合があるので、特に着目する。
 - 原水調整池の有無
 - 沈澱池やろ過池の形式
 - 薬品の注入点、注入量範囲及び混和方法
 - 薬品注入機の最大注入能力で対応可能な原水濁度
 - 沈澱池の排泥方法や1回あたり排泥量
 - ろ過池洗浄用水の供給方法や1回あたり洗浄排水量
 - 濃度を考慮したスラッジ貯留可能量
 - 配水池等の運用水位、運転再開時の用水量を見込んだ最低確保水位、給水継続時間
 - 緊急時の排水（ドレン）に要する時間、排水放流先の環境（残留塩素の影響等）
 - （用水供給事業者の場合）受水団体の施設形態や水運用上の特徴、留意事項 等
- ✓ 整理した諸元等は「水道施設設計指針」等と照らして評価し、高濁度原水への対応における脆弱点を知ることが肝要である。
- ✓ 参考として記入様式や作成例を資料 4 に示すが、省力化のため既存の資料を必要に応じて修正のうえ利用すればよい。
- ✓ また、システム全体を把握しやすいように、できるだけ次のような情報を盛り込んだフロー図（取水施設から配水施設まで）も整備する（資料 5 参照）。
 - 薬品の注入点及び注入量範囲
 - 水質測定地点及び項目（自動計器（測定範囲を併記）、採水分析）

- 設備や配管の常用／非常用の区別
- 他浄水場等からの供給ルート及び供給量
- 施設の滞留時間や流下時間
- ドレンルート 等

(2) 取水点上流域の特性把握について

- ✓ 取水点上流の気象や河川水質の変化を早期に検知できるよう、次のような情報を収集しておく。なお、自動計器については測定範囲も把握しておく。
 - 水道取水口の位置及び自動監視項目
 - 河川水質、水位及び流量観測点
 - 雨量観測点
 - 濁水の発生しやすい区間や支川（次項(3)や土地利用状況より） 等
- ✓ 収集した情報は、河川を模式化したフロー図等に整理する。その場合、大まかであっても主要地点から取水点までの流下時間を併記する。作成例を資料 6 に示すが、省力化のため既存の地図等を加工してもよい。

(3) 高濁度原水の事例整理及び分析について

- ✓ 降雨に伴う原水水質の変動や、その変動に対処した際の浄水処理等の応答は、流域や水道システムの特性に大きく左右される。よって、高濁度原水への対応方策の検討にあたり、当該水道システムにおいて高濁度原水に対応した事例を整理・分析し、雨量と原水濁度の関係や、原水や沈澱処理水における許容濁度等を把握する。
- ✓ 参考として整理・分析手法の例を資料 7 に示す。代表例としては、パターンの異なる複数例を抽出することが望ましく、また、全く問題が生じなかった事例よりも、むしろ問題（例えば処理の悪化等）が生じた事例のほうが、分析や教訓を得る上で参考になる。
- ✓ また、取水制限・停止（ピークカット）や給水制限・停止の検討材料として、季節的な特徴も考慮の上で配水量の時間変動を整理することも必要である。

(4) 高濁度原水が発生した時の対応方法や監視等の方法の設定について

- ✓ 通常とは異なる事態への対応では柔軟性も求められるが、判断の遅れや主観による思い込みを防止するために、あらかじめ対応方法の基本を設定しておかねばならない。
- ✓ 対応方法としては、第(1)項～第(3)項の整理・分析結果をもとに、表 4-1 に示す 3 項目を一体的に設定する。なお、水質の悪化程度や配水状況によって選択できる、あるいは選択すべき対応方法は異なるので、数段階に分けて対応方法を設定する。
- ✓ 設定した対応方法は、手順化してフローチャートにする（資料 8 参照）。
- ✓ 重要管理点における監視等の方法のうち、自らが管理する自動計器については警報設定値と管理基準を整合させることが必要である。また、他機関や web 等の情報（7.1 参照）の利用については収集方法（手段、頻度、実施者等）を設定しておく。

- ✓ 自動計器が十分に整備されていない場合でも、簡易測定キットや携帯型計器による水質測定を行い、濁度やpH値、アルカリ度等の状況を把握する（7.2参照）。

表 4-1 対応方法として設定すべき3項目

項目	内容	具体例
対応措置	管理基準を逸脱した場合に、逸脱した状態を元に戻すため、あるいは逸脱による影響を回避・低減するための措置	監視強化、浄水処理強化、取水制限・停止、配水系統の変更、広報等
管理基準	対応措置の発動要件あるいは、対応措置の良否の判断基準	発動要件：原水濁度の〇度超過 判断基準：沈澱処理水濁度は〇度以下であること
重要管理点	管理基準を設定する地点（警報機能付きの自動計器設置箇所が望ましい）	取水点上流の観測点、取水点、沈澱池出口等

(5) 組織体制の整備について

- ✓ 中小水道事業者では、職員が幾つもの業務を兼務することは珍しくないが、異常事態に対する全ての業務を一人だけで担うことは現実的に不可能であることを考えると、少なくとも作業分担表は作成しておく（資料9参照）。なお、作業分担表には対応漏れを防ぐ効果もある。
- ✓ 組織の人数にもよるが、指揮系統図の作成により指揮系統は明確にしておく（資料10参照）。特に、指揮系統図に委託業者が位置付けられていない水道事業者や、高濁度原水対応の際に通常業務の場合と異なる組織を組成する水道事業者においては、それらを考慮した指揮系統図を作成する。
- ✓ 作業分担表や指揮系統図等の作成では、次の点を明確にする。
 - 作業項目と分担（広報についても配慮が必要）
 - 委託職員の分担（関連業務の外部委託を行っている場合）
 - リーダー（班を編成する場合は、各班に設置）
 - 判断者（判断が必要な事項の個別について取り決め）
 - 報告、連絡、指示のルート

また、交通機関が乱れた場合や夜間等のように、職員の参集が遅れる事態も想定しておく。

(6) 対応マニュアルの策定について

- ✓ 実際に高濁度原水に見舞われた場合に迅速に対応できるよう、第(4)項と第(5)項の内容については、対応マニュアルとして取りまとめておく。
- ✓ ただし、高濁度原水対応に限定したマニュアルとする必要はなく、「水質事故対策マニュアル」や「水安全計画」を整備しているのであれば、その中で、高濁度原水を扱うことが妥当である。また、新たに作成する場合については、省力化のため、できるだけ既存の資料を引用あるいは参照すればよい。

✓ 高濁度原水に関する対応マニュアルが具備すべき内容は表 4-2 のとおりである。

表 4-2 対応マニュアルが具備すべき内容

内容	必要性	備考
対応方法、対応フローチャート	必須	第(4)項参照
水質等の監視あるいは情報収集方法	必須	第(4)項参照
作業分担表、指揮系統図	必須	第(5)項参照
流域情報図、水源河川のフロー図、流下時間早見図	流域特性に応じて	第(2)項参照
水道システムのフロー図、滞留時間	必須	第(1)項参照
ジャーテスト実施要領、薬品注入率早見表	必要に応じて	7.3.2(5)、 資料 11、 資料 12 参照
簡易水質測定・目視確認要領、資機材一覧	必要に応じて	7.2、 7.3.2(6)参照
スラッジ発生量早見表、排泥間隔早見表	必要に応じて	7.3.2(4)、 資料 13 参照
その他の要領（取水制限・停止・再開、給水停止・ 応急給水、各種作業）や対応記録様式	必要に応じて	

4.2 軽微な変更や仮設による対応能力の向上

浄水施設の大がかりな改良や整備を行わずとも、運転方法や設備の軽微な変更や仮設程度の装置等の設置により、高濁度原水への対応能力を向上できる場合がある。具体的には、下記(1)～(9)のような方法であり、4.1(1)にて整理・評価した現有システムに採用の余地があれば、検討する。

- (1) 薬品注入位置や注入順序の見直し
- (2) 仮設による凝集剤注入能力の増強
- (3) 凝集剤の変更（超高塩基度 PAC 等の使用）
- (4) 原水濁度変動に対する凝集剤注入率の操作時機の見直し
- (5) 薬品混和池やフロック形成池における攪拌強度の変更
- (6) 洗浄強度の見直し
- (7) 二段凝集設備の設置及び実施
- (8) 余剰施設の活用（原水調整池やスラッジの緊急貯留施設としての利用）
- (9) 配水池水位の見直し

【解説】

(1) 薬品注入位置や注入順序の見直しについて

- ✓ 浄水用薬品（特に凝集剤）は、注入後ただちに均一に拡散させ、十分に混和できる位置で注入する（7.3.1(1)参照）。
- ✓ pH調整剤（酸剤、アルカリ剤）は、凝集剤注入点よりも前に注入する（7.3.1(1)参照）。
- ✓ 現状で以上のことに関する課題があっても、工作程度の注入配管の改良によって、改善できることが多い。

(2) 仮設による凝集剤注入能力の増強について

- ✓ 想定される最高原水濁度に対して凝集剤注入機の注入能力が不足している場合は、不足分を補える容量の注入機を仮設することにより、高濁度原水への対応能力を向上できる。
- ✓ 凝集剤注入能力を増強する場合は、必要に応じてアルカリ剤注入能力の増強も図る。

(3) 凝集剤の変更（超高塩基度 PAC 等の使用）について

- ✓ 硫酸ばんどを使用している場合は、それよりも単位注入率あたりのアルカリ度消費が少ない PAC に変更したほうが、高濁度原水の処理は容易にある。
- ✓ また、近年開発された超高塩基度 PAC も従来の PAC よりアルカリ度消費が少ないので、アルカリ度の確保に苦慮している浄水場で使用すると、アルカリ度不足による凝集不良は生じにくくなる（7.3.1(3)参照）。