

易な設備の追加によるほか、二段凝集処理用の注入ポンプを新たに設け、既存の凝集剤貯留槽から凝集剤を供給している事例があった。

- 3) 水質管理が容易な薬品注入方法の検討  
 (1) 高塩基度 PAC の導入に向けた検討  
 (7) 実施設における効果の検証  
 凝集剤として高塩基度 PAC を使用して

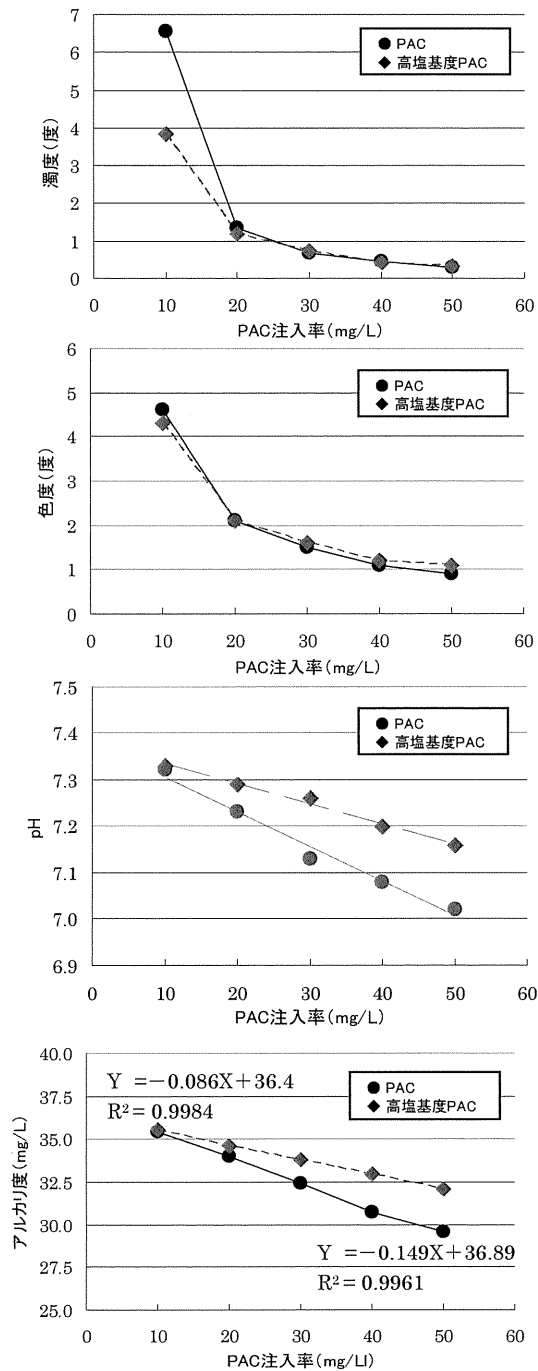


図 26 PAC・高塩基度 PAC 注入率に対する水質変化の違い (ジャーテスト)

いる Ar 浄水場において、水道事業体が実施したジャーテストの結果を図 26 に示す。この図は、同じ原水に PAC と高塩基度 PAC を同様の注入率で注入した時の処理水における pH、濁度、色度、アルカリ度の変化を比較したものである。図から、濁度の変化に大きな差は見られないものの、色、色 pH、アルカリ度の低下は高塩基度 PAC よりも PAC のほうが大きく、その傾向は注入率が大きいほど顕著となっている。

図 27 はこの浄水場で凝集剤として PAC を使用していた期間と高塩基度 PAC に変更した後の期間における混和水の pH を年間変動として重ね合わせたも

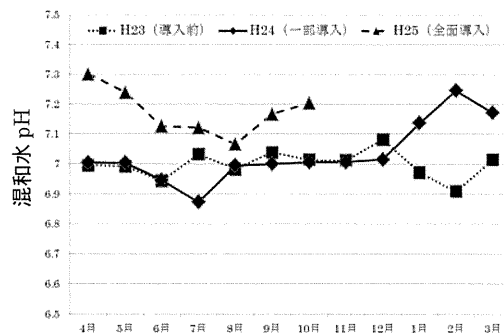


図 27 PAC・高塩基度 PAC 注入による混和 water pH の年間変動の違い

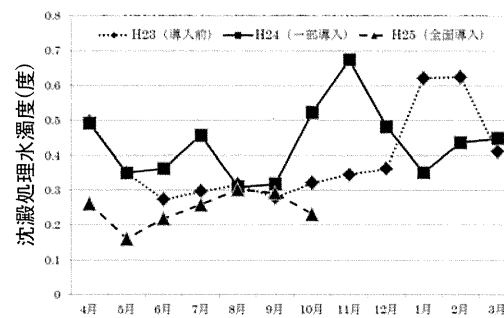


図 28 PAC・高塩基度 PAC 注入による処理水濁度の年間変動の違い

のである。この浄水場では、平成 23 年 12 月に PAC の一部を高塩基度 PAC に変更し、平成 25 年 12 月に高塩基度 PAC への全面的な変更を行った（図では平成 25 年 10 月までの数値を記載）。図に示すとおり、平成 25 年 12 月以降ではそれ以前よりも pH が大きな値で推移しており、凝集剤注入による pH の低下が抑制されている。また、図 28 は前述の期間において、沈澱処理水濁度、ろ過水濁度を年間変動として重ね合わせたものである。図に示すとおり、沈澱処理水濁度、ろ過水濁度はともに平成 25 年 12 月以降ではそれ以前よりも低く安定的に推移しており、濁度の除去性が向上している。

次に、図 29 は、凝集剤を PAC から高塩基度 PAC に変更した Ue 浄水場での凝集剤変更前後におけるろ過水アルミニウム濃度の変動を比較したものである。この浄水場では、平成 23 年 5 月に PAC から高塩基度 PAC への全面的な変更を行い、PAC 注入率は濁度に応じて 30~60mg/L、高塩基度 PAC は 30mg/L（一定）とした。図に示すとおり、平成 23 年 5 月以降ではそれ以前よりも処理水中の残留アルミニウム濃度が大きく低下しており、アルミニウムの漏出が抑制されている。このようなことから、凝集剤として高塩基度 PAC を使用することにより、注入による pH、アルカリ度の低下が PAC よりも小さく、アルミニウムの漏出が抑えられることが分かった。また、濁度、色度の除去性の違いについては、原水水質によって異なることが分かった。

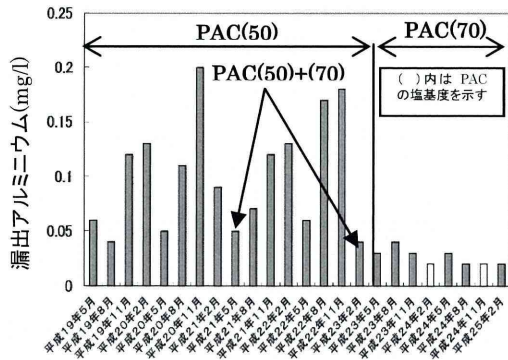


図 29 PAC・高塩基度 PAC 注入によるろ過水アルミニウム濃度の変動の比較

(イ) 適用に向けた留意事項等の提示

PAC 及び高塩基度 PAC を用いたジャーテストにおける注入率と濁度、色度及びアルカリ度の関係を図 30、図 31 に示す。これらの図から、高塩基度 PAC は PAC よりも注入によるアルカリ度の低下が小さく、注入率が過剰となる条件ではいずれの凝集剤でも濁度、色度の除去性が低下していることが分かった。また、図 32 は注入率と注入後のアルカリ度の関係を示したものであり、注入量 1mg 当りのアルカリ度低下量は PAC で約 0.13mg/CaCO<sub>3</sub>、高塩基度 PAC では約 0.08mg/CaCO<sub>3</sub> であった。こうしたこと

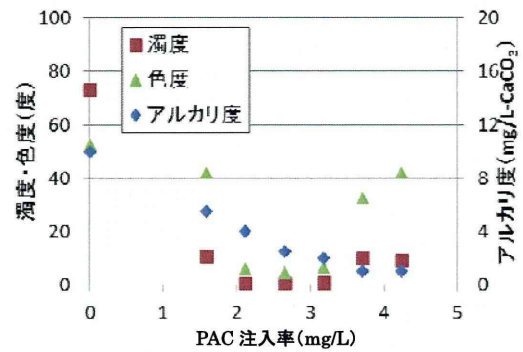


図 30 ジャーテストにおける PAC 注入率と濁度、色度及びアルカリ度の関係

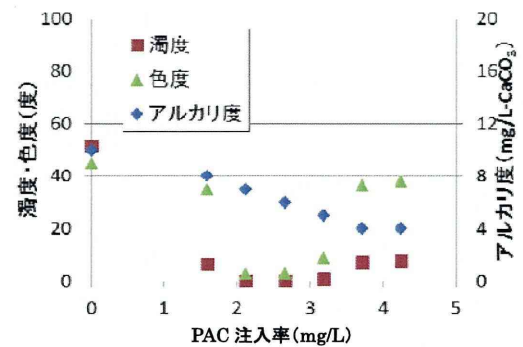


図 31 ジャーテストにおける高塩基度 PAC 注入率と濁度、色度及びアルカリ度の関係

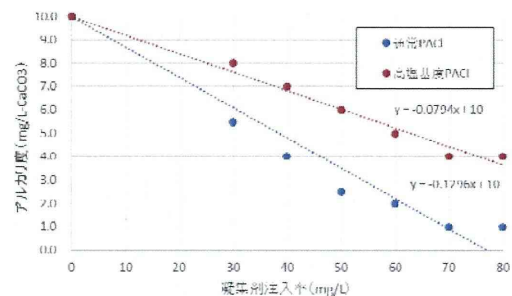


図 32 PAC・高塩基度 PAC 注入率と注入後のアルカリ度の関係

から、高塩基度 PAC は PAC よりも注入によるアルカリ度の低下が小さいことが明らかとなった。一方、前述の図 14 で示したように、低アルカリ度原水への適量のアルカリ剤注入により濁度、色度の除去性が向上したことから、高塩基度 PAC の適用によって PAC の注入に比べてアルカリ度低下が小さくなることが、必ずしも濁度、色度の除去性向上に繋がらない場合のあることが分かった。その他、高塩基度 PAC の導入に際しては、既存の PAC 注入設備を利用できるほか、PAC よりも劣化が遅いなどの特長のあることが分かった。

### (3) 集塊化開始時間測定法の導入に向けた検討

図 33～図 35 に示すとおり、実験系列において集塊化開始時間測定法による凝集剤注入率は、浄水場の注入率に比べ、原水濁度 110 度以上では高く、それ以下では低い値となった。また、浄水場の注入率と集塊化開始時間測定法によるものをそれぞれ適用した場合の沈澱処理水濁度は、原水濁度 80 度付近までは前者が高く、原水濁度がそれより低くなると後者が高い値を示した。一方、実験期間を通してろ過水濁度は浄水場の注入率よりも

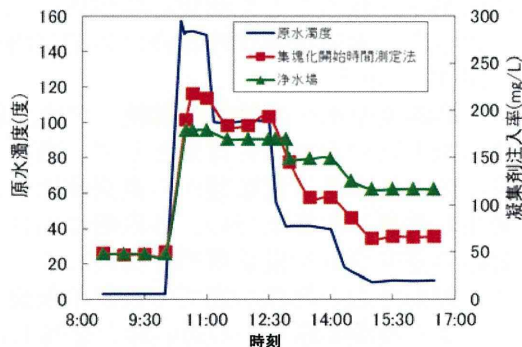


図 33 原水濁度と凝集剤注入率の変化

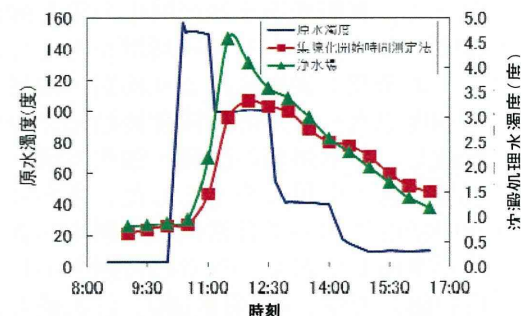


図 34 原水濁度と沈澱処理水濁度の変化

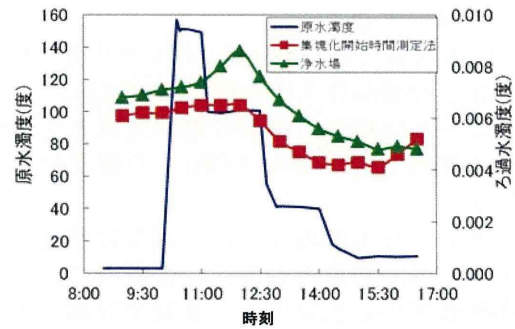


図 35 原水濁度と沈澱処理水濁度の変化

集塊化開始時間測定法による注入率を適用した方が低く抑えられ、濁度に対する注入率制御がよりの確になることで、凝集剤注入量は浄水場に比べて約 80%まで削減された。このことから、自動化が可能な集塊化開始時間測定法は、原水濁度の変動に対して的確な PAC 注入制御が行え、浄水場の技術職員不足を解消できる技術としての可能性が示された。

## 3 「高濁度原水への対応の手引き(案)」の作成

### 1) 作成方針の策定

中小事業体では担当職員数が少なく、経験の浅い職員が業務に従事しているケースがあった。また、浄水場の運転マニュアルが未整備のケースも多く見られた。こうしたことから、「手引き(案)」の作成に際しては、以下の 3 つを基本方針とした。

#### (1) 課題認識と解決

事業体自らが浄水場の現在の状況を把握し、課題を認識した上で、その解決に向けた取り組みに導く。

#### (2) 基礎的事項の解説

技術的な専門用語や高濁度原水への対応に関する基本的な知識を解説する。

#### (3) 現場実務への応用

本研究で検討・検証した浄水処理の改善・強化方策を現場実務へ応用しやすい記載方法とする。

### 2) 構成の検討

「手引き(案)」の作成過程において、中小事業体でのレビューを実施した結果、以下の指摘があった。

- ・「手引き(案)」を本編と要約編に分けて記載する。
- ・「手引き(案)」の要約版を見えやすい場所

へ掲示する。

- ・原水水質に応じた pH、アルカリ度、おおまかな薬品注入条件等を記載する。

こうした指摘と作成の基本方針とを合わせて検討した「手引き(案)」の構成を表 8 に示す。

表の「浄水処理における濁度管理マニュアル」は、急速ろ過方式の浄水場における濁度管理の必須要件を「水安全計画」の考え方を採用してマニュアル化し、活用のしやすさを考慮して本編と分けて編集した。内容に汎用性を持たせたため、現場での使用に際しては浄水場ごとの特性を踏まえた

表 8 「手引き(案)」目次構成

|   |
|---|
| <b>浄水処理における濁度管理マニュアル</b>  |
| 1. 濁度管理マニュアルについて  |
| 2. 用語の説明  |
| 3. 濁度管理マニュアルによる管理方法   |
| 4. 困った時にお読みください<br>(トラブルシューティング)  |
| <b>高濁度原水への対応のポイント</b>   |
| 水道技術管理者向け   |
| 現場実務者向け   |
| <b>高濁度原水への対応の解説</b>   |
| I 本編  |
| 1. 総説   |
| 2. 高濁度原水対応の基本要件と現状評価  |
| 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)   |
| 4. 事前準備と平常時の対応  |
| 5. 高濁度原水が発生する場合の対応  |
| 6. 事態が終息した後の対応 (今後に向けた検証や検討)  |
| 7. 技術紹介   |
| ・原水水質変動早期検知・予測のための情報収集  |
| ・水質計が未整備の場合の水質測定<br>(電気伝導率を用いたアルカリ度監視など)  |
| ・適切な薬品注入の順序・位置、高塩基度 PAC の適用、適切な PAC 注入率・変更タイミング、適切な前アルカリ剤注入率、高濁度原水対応のジャーテスト要領など |
| ・二段凝集処理   |
| II 資料編  |
| ・用語の解説  |
| ・現状評価チェックシート  |
| ・水質異常時対応フロー、改善シートの事例  |
| ・薬品注入率早見表   |
| ・近年の水質事故の概況   |
| ・関連指針、参考図書等の紹介  |

修正や、余裕を持ってろ過水濁度を 0.1 度以下に管理するための基準を各浄水工程について設定する作業は必要となるものの、可能な限り実践的な記載内容とした。ここでは職員の浄水処理に関する知識や運転管理体制・状況等を自己診断することで課題認識へ導くためのチェックシートを提示した。このチェックシートでは、現状の課題認識とともに、課題に応じた対応方策の章を参照できるように示した。また、表 9 に示すとおり、「水安全計画」の考え方に準じて職員自らが浄水処理における水質管理基準を設定し、それに基づく運転管理を行う方法とそのマニュアルを作成するための雛形を提示した。この表は、凝集沈澱ろ過処理において濁度の除去に関連する pH、アルカリ度等の水質項目を含めた管理基準を設定する書式となっている。さらに、原水高濁度時の対応事例を図 36 のようなフローチャート形式で示した。

次に、「高濁度原水への対応のポイント」は、対応の全体像を理解しやすいように、「高濁度原水への対応の解説」の要点をまとめた章であり、利用者の立場を考慮して 2 種類 (水道技術管理者向け、現場実務者向け) を作成した。この章は、いつでも容易に確認できるよう、職場の見えやすい場所に掲示されることを想定して作成した。このうち、水道技術管理者向けの記載内容を図 37 に示す。

「高濁度原水への対応の解説」では、急速ろ過方式の浄水場を対象として、現状の再認識に始まる日常管理から高濁度原水が発生し終息した後までの、各段階における対応の基本原則や留意事項を整理した。また、運転方法の軽微な変更や装置の仮設などにより高濁度原水への対応能力を向上させる方法を示し、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参考資料としての利用を想定した。また、本研究で実験等により検討・検証した高濁度原水への対応技術を技術紹介の章へ記載し、浄水処理の改善・強化方策として現場実務へ応用しやすくした。さらに、平素の状況において日常的に管理すべき事項及び準備しておくべき対応技術を示した。「資料編」では、「手引き(案)」に記載した技術的用語、降雨が浄水処理に及ぼす影響

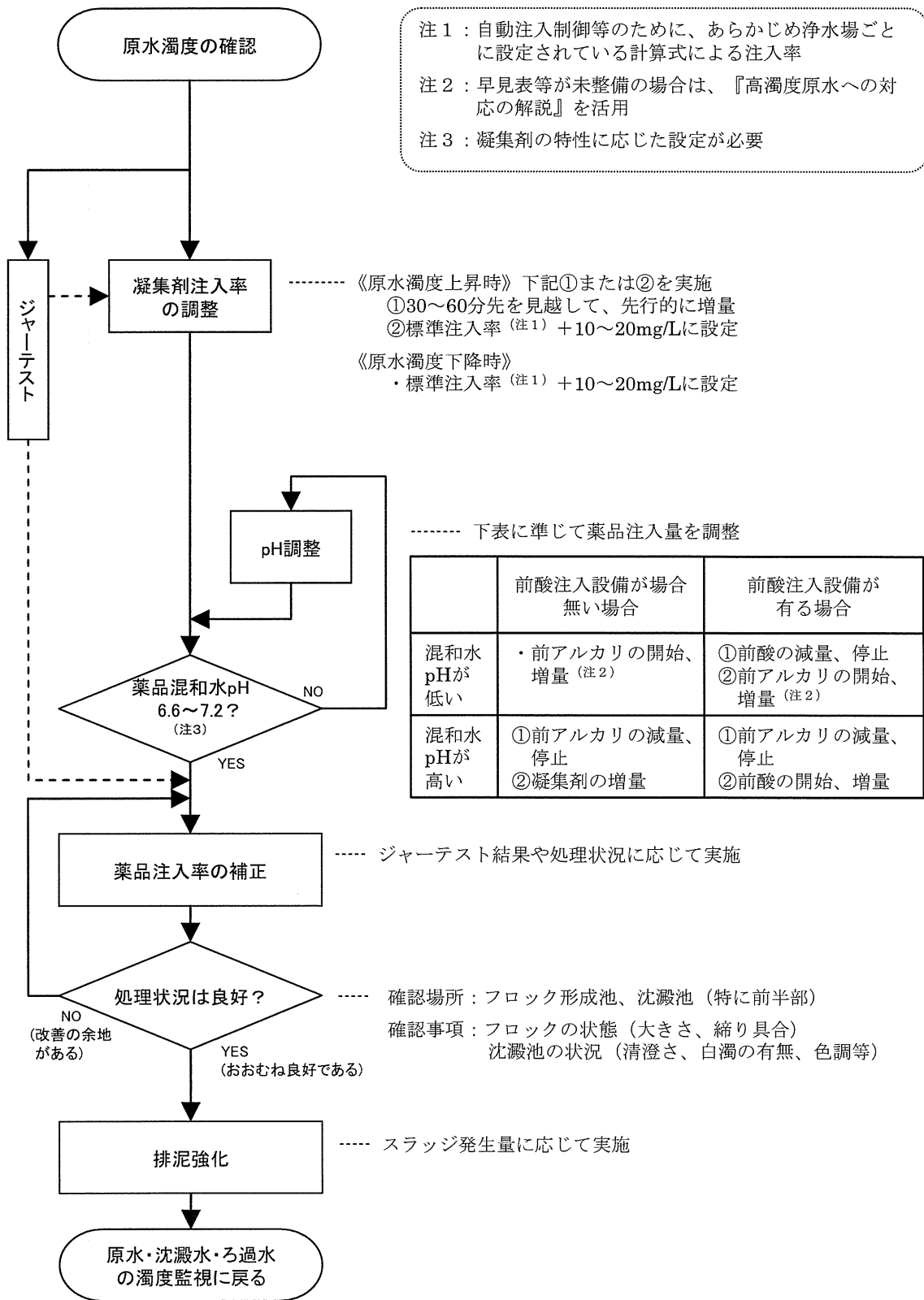


図 36 原水高濁度時の対応フローチャート（凝集沈澱強化の対応フロー）

## 高濁度原水への対応のポイント【水道技術管理者】

**水道技術管理者の責務**

- ① 清浄かつ安全な水道水の供給：責任を持って技術的判断の全てを行う
- ② 給水の緊急停止：水道水が健康を害するおそれがある場合に実施（外部委託を実施している場合でも、需要者に対する責任は水道事業者にある）

### 《まず実施すべきこと》

#### 1. 事故事例から学ぶ教訓

✓ 対応が遅れて高濁度水により浄水施設を汚染させてしまうと、復旧作業のために断水が長期化する。その結果、住民生活に大きな混乱をもたらし、地域産業や経済にも大きな損失を与えることになる。

#### 2. 対応の基本要件の再認識

✓ 高濁度原水への基本対応フローは図1のとおりである。事故の影響を最小限に抑えるためには、マニュアル整備等の『事前対応』と『日常管理』が極めて重要である。

#### 3. 水道システムや管理状況の評価と改善

- ✓ チェックシートを用いて、水道システムや管理の現状を評価する。
- ✓ 不十分あるいは不適切な事項や見直しの余地がある事項については改善する。

**推奨事項**

- ・ 二段凝集の採用
- ・ 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
- ・ 超高塩基度 PAC の使用（アルカリ度不足に苦慮している場合）

### 《日常的に実施すべきこと》

- ✓ 日常の管理状況を点検し、職員を監督する。
- ✓ 高濁度原水の発生時を想定した対応訓練を実施する。
- ✓ 他の水道事業者や関係機関との情報ネットワークを構築し、情報を交換する。

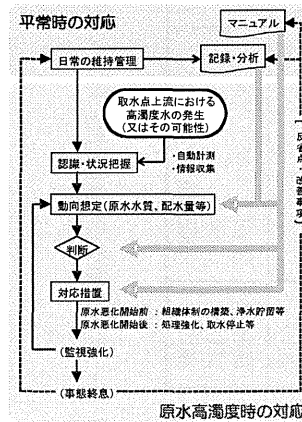


図1 基本対応フロー

### 《高濁度原水が発生した時の対応》

✓ 高濁度原水に起因する事故の未然防止あるいは拡大防止のために、水道技術管理者としての判断を下す。

#### 1. ろ過水を濁らせないために（事故の未然防止に向けた判断）

- ✓ 次のような局面では、取水制限・停止を検討し、判断する。
  - (1) 原水濁度が取水停止の管理基準を超過した場合
  - (2) ピークカットにより回避したい場合
  - (3) 浄水処理が困難となった場合

#### 2. 事態の長期化により断水が懸念される場合

✓ 濁度が安定的に 0.1 度を下回ったろ過水を供給できない場合は、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。

#### 3. ろ過水が濁った場合（事故の拡大防止に向けた判断）

✓ ろ過水濁度が継続的に 0.1 度を超過する場合は、汚染拡大防止のために、まず取水及び送水を緊急停止して、その後の対応を関係機関に相談の上、判断する。

### 《事態が終息した後の対応》

- ・ 必要に応じてマニュアルを改訂
- ・ 取水停止や断水の懸念が多発する場合は、施設整備等による対応を検討
- ・ 特定の原因により高濁度原水が発生する場合は、関係機関と調整し改善策を検討

### 《知っておくべき基本事項》

- ・ 急速ろ過方式における凝集沈殿の重要性
- ・ ろ過水濁度を 0.1 度以下に管理することの意味
- ・ 降雨に伴う水質変動と浄水処理への影響
- ・ ピークカットの意義
- ・ 原水水質変動の早期検知・予測の重要性

高濁度原水に対して適切に対応するためには、これらの事項を知っておく必要がある。

について模式図を用いて解説するとともに、浄水処理における水質管理の意義・要点、薬品注入等に関する早見表、凝集沈澱で発生するスラッジ量の簡易な計算方法、事業者の水質事故対応マニュアル等の事例を記載した。

### 3) 有用性の検証

#### (1) ケーススタディによる「手引き(案)」の評価

梅雨時期や台風時期に、上流域の降雨により、原水の濁度が数百度から千度程度に上昇し、低アルカリ度となる Mk 浄水場においてケーススタディを実施し、「手引き(案)」の有用性を検証した。この事業者は、市町村合併により旧町から市へ移管されたことを機に、浄水場の改善を行い、施設水準の向上や維持管理の強化を図った。主な改善点は、水安全計画

の策定を行い、浄水場の現状把握とリスク分析から水質管理基準を設定して、それに応じた対応を実施している。原水や浄水処理過程において水質管理基準値を逸脱した場合には、状況の確認、薬品注入の強化、二段凝集処理など具体的な対応を実施することとしている。また、管理基準値の逸脱が大きくなる又は管理基準値を継続的に維持できない場合には、そのレベルに応じた管理体制が執られていることが分かった。

また、「手引き(案)」に示した浄水場の運転管理体制・状況等を自己診断するためのチェックシート内容と Mk 浄水場における課題改善事例との比較を行った結果、表 10 に示すとおり多くの点で一致が見られたことから、「手引き(案)」の有用性が確認された。このうち、主な一致点

表 9 管理基準設定表

| 対応レベル | 主要な対応措置                        | (参考) 水質異常の概況               |  |
|-------|--------------------------------|----------------------------|--|
| レベル1  | 通常の管理                          | 異常なし                       |  |
| レベル2  | 監視強化                           | 異常の兆候が認められる                |  |
| レベル3  | 監視強化、処理強化                      | 処理強化により、水道水質への影響を最小限に抑制できる |  |
| レベル4  | 監視強化、処理強化、予備水源等の活用、処理水量減量、取水制限 | 処理能力を超え、利用上の支障がある          |  |
| レベル5  | 取水停止、監視強化                      | 処理能力を超え、健康影響が現れる恐れがある      |  |

| 監視項目  | 監視地点<br>(重要管理点) | 監視方法   | 管理基準 (レベル2～5は基準逸脱時の対応レベル) |             |               |           | 水道水質基準等 |
|-------|-----------------|--------|---------------------------|-------------|---------------|-----------|---------|
|       |                 |        | レベル2                      | レベル3        | レベル4          | レベル5      |         |
| 濁度    | 取水点             | 濁度計    | A度以下                      | —           | —             | C度以下      | —       |
|       | 原水(着水井)         | 濁度計    | A度以下                      | B度以下        | —             | C度以下      | —       |
|       | 沈澱水             | 濁度計    | —                         | D度以下        | 《D度以下》        | —         | —       |
|       | ろ過水             | 高感度濁度計 | —                         | E度以下        | 0.1度以下        | 《0.1度以下》  | 0.1度以下  |
|       | 浄水池出口           | 濁度計    | —                         | —           | F度以下          | 《2度以下》    | 2度以下    |
| pH値   | 原水(着水井)         | pH計    | G～H                       | —           | —             | —         | —       |
|       | 薬品混和水           | 手分析    | —                         | 6.6～7.2     | 《6.6～7.2》     | —         | —       |
|       | 沈澱水             | pH計    | —                         | 6.6～7.2     | 《6.6～7.2》     | —         | —       |
|       | 浄水池出口           | pH計    | —                         | I～J         | 5.8～8.6       | 《5.8～8.6》 | 5.8～8.6 |
| アルカリ度 | 原水(着水井)         | 手分析    | K mg/L以上                  | —           | —             | —         | —       |
|       | 薬品混和水           | 手分析    | —                         | 10～20mg/L以上 | 《10～20mg/L以上》 | —         | —       |
|       | 沈澱水             | 手分析    | —                         | 10～20mg/L以上 | 《10～20mg/L以上》 | —         | —       |

注：《 》付きの管理基準については、継続的に逸脱して改善の見込みがない場合に、当該レベルの対応措置を実施すること。

表 10 「手引き(案)」に示した浄水場の運転管理状況チェックシートと Mk 浄水場課題改善事例との比較

| 分類           | チェック項目                                     | 移管前または直後の状況  | 現在(改善後)の状況   | 改善の内容   |
|--------------|--|--|--|---|
| 日常の現場管理      | 現場における定期的な薬品注入量の実測                         | していない  | しており、計器指示値とほぼ同じである   | 設備修理時などに実施している。   |
|              | 定期的なジャーテスト                                 | 水質異常時のみ実施している  | 実施している   | 日常的にジャーテストを実施することにより、高濁度時でも処理状況に応じた適切な凝集剤やアルカリ剤の注入率設定ができるようになった。                  |
|              | 定期的な水質計器の保守点検                              | メーカーの定期点検のみ実施している  | メーカー推奨の頻度・内容で実施している  | 点検頻度・内容を充実したことにより、正確な水質データが得られるようになった。  |
| 運転状況、施設仕様・規模 | 凝集用薬品の注入能力                                 | 悪化時の原水水質に対して十分な能力の注入設備を有している【最大注入率:PAC 80mg/L、苛性ソーダ 5mg/L(100%換算)】 | 悪化時の原水水質に対して十分な能力の注入設備を有している【最大注入率:PAC 180mg/L、苛性ソーダ 20mg/L(100%換算)】 | 注入機を増強したことにより、以前より高濁度・低アルカリ度時での浄水処理が可能となった。                                       |
|              | 沈澱池内の流れ                                    | 短絡流や密度流によるフロックのキャリオーバーが著しい場合がある                                    | おおむね均等に流れており、乱れがない   | 沈澱池の傾斜管の高さを大きくし、沈澱距離を長くしたことで、沈澱効率が改善した。   |
|              | ろ過砂の管理                                     | 調査や更生等を行っていない、あるいは、層が著しく薄くなっていたことがある                               | 定期的に調査を行い、状況に応じて更生や補砂を実施している   | ろ過砂の適正な管理により、高濁度時でも安定した浄水処理ができるようになった。  |
|              | 排水処理施設の処理能力                                | 容量や処理能力の不足により、ケーキ含水率が高くなる場合がある【天日乾燥床:有効面積1,200m <sup>2</sup> 】     | 含水率70%程度のケーキが得られている【天日乾燥床:有効面積6,000m <sup>2</sup> 】                  | 場外に天日乾燥床を新設し、高濁度時でも余裕を持って排水処理ができるようになった。  |
| 処理の良否        | 濁度計やpH計の整備状況                               | 原水と浄水だけでなく、沈澱水やろ過水も連続監視している  | 同左【ろ過水濁度計を高感度タイプに取り換えた】  | ろ過水濁度を、より厳密に管理できるようになった。  |
|              | 沈澱水濁度                                      | 日頃から1度を超えることが多い  | 安定的に1度以下を達成している【まれに1度を超える】   | 施設や運転条件の改善を行い、以前より低い沈澱水濁度で管理できている。  |
|              | ろ過水濁度                                      | 安定的に0.1度以下を達成している  | 同左【0.04度以下で維持管理】   | 施設や運転条件の改善を行い、以前より低いろ過水濁度で管理できている。  |
| 情報等の管理       | 河川や流域の特性                                   | 各種情報の把握は不十分である   | 各種情報(水位・雨量観測点、汚濁源、土地利用等)を収集・整理し、原水水質に及ぼす影響(リスク)を検討し把握している            | 水安全計画を策定し、リスクを検討し把握した。  |
|              | 原水・浄水や各浄水工程の水質                             | 各種データは記録しているが、分析は行っていない  | 各種データ(水質と運転状況)を記録し、季節変化や相互の関連を分析している                                 | 取水場に水質計器(濁度、pH、電気伝導率)及び魚類監視水槽を設置し、浄水場に情報送信することで、原水水質変動の早期把握ができ、適切な浄水処理ができるようになった。 |
|              | 過去の高濁度原水時のデータ                              | 各種データは記録しているが、分析は行っていない  | 各種データ(雨量、河川流況、原水・処理水水質、対応状況等)を記録し、相互の関連を分析している【移管以降のデータのみ】           | 過去の高濁度原水時のデータより、施設整備計画を策定した。  |
|              | 施設等の修繕・更新                                  | 履歴は残しているが、修繕等は事後保全として実施している  | 同左   | 統廃合計画に基づき、施設整備を実施中である。  |
| 水質異常時等の管理    | 水源水質に関する関係機関との連絡体制(流域の水道事業者や河川管理者、環境行政機関等) | 連絡体制が整備され、異常時には連絡がある等、実際に機能している                                    | 同左   | 当市が河川水質協議会の事務局であるため、連絡体制がより緊密となった。  |
|              | 緊急時体制                                      | マニュアル等はあるが、対応が必要になったことが無く、訓練も行っていない                                | マニュアル等により配備計画が整備されており、定期的な対応訓練も実施している                                | 定期的な訓練を行うことにより、緊急時に迅速かつ適切な対応ができる体制を構築した。  |
|              | 異常の判断基準、管理目標                               | 定めていない、あるいは定めてはいるが具体的にでない  | 取水制限・停止の判断基準や、処理工程ごとの管理目標を定めている                                      | 水安全計画で設定した。   |
|              | 水質事故対応マニュアル等の整備                            | 整備していない  | 整備している   | マニュアルを整備したことにより、水質事故時に迅速かつ適切な対応ができる体制を構築した。                                       |
|              | 水安全計画の整備                                   | 整備していない  | 整備している【平成22年8月に策定】   | 水安全計画で、次の異常時対応マニュアルを作成した。<br>・ 原水の濁度<br>・ 沈澱処理水の濁度<br>・ ろ過水の濁度                    |

【 】:数値や方式などの詳細



は以下に示すとおりであった。

- ・二段凝集処理によるろ過水濁度管理
- ・沈澱池傾斜管の傾斜角度及び高さの変更による沈澱処理能力の強化
- ・取水場での濁度計、pH計、電気伝導率計、魚類監視装置及びテレメータ設備の整備による原水水質変動の早期把握及び河川協議会との連携

## (2) 活用に関する調査の実施

中小事業体を対象に作成した「手引き(案)」に関するアンケート調査を行った結果、表 11 に示すとおり、半数近くの事業体が取り組みたい改善項目として「対応マニュアルの作成」を回答した。また、二段凝集処理、原水高濁度時の凝集剤注入適正化など、「手引き(案)」で提案した技術の導入についても活用したいとの回答があった。

さらに、「手引き(案)」の活用に関する有識者へのヒアリングでは以下の指摘があった。

- ・特に技術職員の少ない事業体では、活用の際に技術的なアドバイスの必要なケースが想定される。
- ・今後の課題として「手引き(案)」には継続的なフォローアップが必要である。
- ・事業体の技術水準を考慮した浄水場の設計、維持管理手法を確立する必要があると考えられ、「手引き(案)」で提案した技術を浄水場の設計に盛り込むことにより維持管理の簡素化を図るべきである。

表 11 「手引き(案)」を活用して取り組みたい改善内容 (調査対象件数 27 件)

| 取り組みたい改善項目            | 回答数 |
|-----------------------|-----|
| (原水水質悪化)対応マニュアルの作成    | 12  |
| (原水水質悪化時の取水)ピークカットの実施 | 7   |
| 二段凝集処理の実施             | 6   |
| 原水高濁度時の凝集剤注入適正化       | 5   |
| 水質計器の充実               | 5   |
| 薬品注入位置や注入順序の見直し       | 1   |
| 薬品注入能力の強化             | 1   |
| ジャーテストの実施             | 1   |

## D. 考察

### 1 中小事業体における課題の把握

中小事業体では、原水水質悪化により直

面する課題の認識とその解決に向けた技術的根拠に基づく対応が不十分なケースが多く見られた。したがって、課題解決方策の提案には、事業体自らの課題認識と解決への取り組みを促す工夫が必要である。

## 2 課題解決方策の検討・効果の検証

### 1) 薬品注入の適正化に向けた検討

実施設での実用性が評価された凝集剤注入率算定式は、個々の浄水場でジャーテストを実施し、原水の色度、pH 及びアルカリ度の実測値について、それぞれの関数式を整理して係数 a、b へ対応させることで簡便な凝集剤注入指標として適用が可能である。

降雨に伴う原水高濁度への対応には、ジャーテストで求めた凝集剤注入率を濁度変動に応じたタイミングで増減させることが重要であり、凝集剤注入率の変更は、原水濁度上昇時には早目、下降時には遅めにすることで、より安定した処理を行うことができる。また、有機色度成分（ここではフミン酸ナトリウム）を含む原水では、濁質の除去に加え、有機色度成分の除去で消費される分の凝集剤増量が必要である。

アルカリ度は凝集・沈澱処理における重要なファクターであり、研究結果で示したアルカリ度の指標を基に、降雨に伴う原水濁度上昇時にアルカリ剤の注入を行うなど、アルカリ度の管理を適正に行う必要がある。また、EC はアルカリ度との強い相関が認められたことから、個々の浄水場ごとに相関を求めた上で、アルカリ度代替指標として用いることが可能である。EC 計は、アルカリ度計よりもコストが小さく維持管理が容易なことから、中小事業体に適したアルカリ度管理指標として有効である。また、EC 計の導入が困難な場合には、あらかじめ手分析で EC 及びアルカリ度を測定し、それらの相関を求めた上で、測定が簡易的な EC 値によってアルカリ度管理を行うことができる。

このような薬品注入に係る指標を薬品注入管理へ適用し、さらに水質計の整備や薬品注入設備の改善に生かすことで、高原水濁度への適正な対応が可能となる。

### 2) ろ過水濁度の安定的な管理に向けた検討

二段凝集処理は、凝集・沈澱不良が生じた場合でもろ過水濁度を安定的に管理でき

る実用的な技術であり、有機色度成分を含む高濁度原水に対しても有効である。また、簡易な設備で維持管理が容易であることから、中小事業体が導入しやすい技術である。この技術の導入に際しては、原水水質によって間欠的な処理も可能であるほか、ろ過抵抗の上昇が見られる場合には、ろ過池の複層化が有効な対策となる。

### 3) 水質管理が容易な薬品注入の検討

高塩基度PACは原水のpH、アルカリ度の調整が困難な中小事業体に適した凝集剤である。また、既存のPAC注入設備を利用できるほか、PACよりも劣化が遅いなど、導入や維持管理の容易な点も評価できる。この導入に際しては、注入によるアルカリ度やpHの変化をあらかじめ把握し、効果の検証を行うことが必要である。また、集塊化開始時間測定法を用いた凝集剤注入では、ジャーテストを基にした注入よりも処理水濁度が低く安定し、適正かつ自動化が可能な凝集剤注入率算定方法である。

### 3 「高濁度原水への対応の手引き(案)」の作成

中小事業体の抱える浄水処理の課題を捉えて具体的な解決方を提案し、さらにレビュー等の結果を反映したことにより、事業体の視点に立った実用的な「手引き(案)」となった。中小事業体では、この活用による自発的な課題改善意欲が見られたことから、「手引き(案)」が目標とした事業体自らによる課題認識とその解決を促すものと期待できる。

一方、浄水処理の課題とその解決方策は個々の事業体、浄水場で異なり、技術レベルや財政状況も多様であることから、活用に際しては中小事業体への技術的支援を要するケースが想定される。また、既存の指針等に基づく標準的な浄水場の設計や維持管理に「手引き(案)」の提案内容を加えることで、個々の事業体に即した施設整備や維持管理の実現が可能になるものと考えられる。今後は、「手引き(案)」の内容について、技術革新、自然的・社会的環境の変化に応じた継続的なフォローアップを実施することが課題である。

### 【耐震化促進等に関する検討】

## B. 研究方法

平成23年3月に発生した東北地方太平洋沖地震による被災浄水施設等を調査し、更に水道事業体における耐震化の課題について調査した。また、浄水施設等の詳細耐震診断に当たり診断対象選定に用いる既往簡易耐震診断表(昭和56年3月、厚生省水道環境部)は、新震度階に未対応でかつ診断表の提案以来既に30年余を経ているため、耐震化に際しての課題を整理するとともに、詳細耐震診断実施の事業体からその診断結果を収集し、簡易耐震診断表との比較による既往簡易診断表の問題点抽出と改善を行い、新しい簡易耐震診断表を作成することとした。

平成23年度は水道事業体等へのアンケート調査により、浄水施設の耐震化取組み状況や耐震化への課題の整理を行うとともに、東北地方太平洋沖地震による被災浄水施設等の調査及び過去の地震による被災実態を整理した。さらに、被害実態の調査結果及び詳細耐震診断済の構造物への既往簡易耐震診断表の適用と詳細耐震診断結果の比較により改善手法案の検討を実施した。

平成24年度は東北地方太平洋沖地震により地盤液状化以外の地盤変状に伴う被害を蒙った浄水場の被害実態の調査を追加して実施した。また、浄水施設の土木構造物に係る簡易耐震診断の手法として、「構造的強度」等の評価方法について検討し、構造的強度の評価指標の設定を行った。さらに、構造物の立地条件や劣化状態、水密性(貯水維持機能)などに係る耐震性能も考慮した総合的な「耐震性」を評価することとし、加えて、地震被災時の給水等への「影響範囲」を考慮して、簡易耐震診断後の詳細耐震診断実施の優先順位付けを行う方法について検討した。これらの検討結果に基づき、新しい簡易耐震診断表の使い方及び解説をまとめた「浄水施設簡易耐震診断の手引き」の原案を作成した。

平成25年度は耐震性の有無が判明している有蓋及び無蓋構造物のデータを追加収集し、構造的強度に関する評価指標の検証を行った。さらに、新しい簡易耐震診断表を用いたケーススタディを実施し、診断表の有効性の検証を行った。また、複数の事業体による「浄水施設簡易耐震診断の手引

き(案)」の試用を通じて、その使い勝手等のレビューを実施するとともに、手引きをブラッシュアップしてより使いやすい手引きを作成した。

以下、テーマごとに具体的な研究方法を示す。

## 1 浄水施設耐震化の取組み状況と課題

厚生労働大臣認可事業体及び水道技術研究センター会員 535 事業体を対象とするアンケート調査によって、浄水施設の耐震化状況や耐震化への課題を把握した。ただし、震災影響等の事情に配慮し、岩手県、宮城県、福島県の事業体は調査対象外とした。

## 2 近年の地震被害の実態把握及びこれに基づく簡易診断手順の検討

東北地方太平洋沖地震における被災 5 県（岩手、宮城、福島、茨城、千葉）の水道行政部署を対象とするアンケート調査、現地調査及びヒアリング調査によって、浄水施設等の地震被害（津波被害を除く）の実態を把握するとともに、兵庫県南部地震以降の地震における被害実態を文献により調査した。これらの調査結果から明らかになった被害の特性に基づき、3 段階の判定による簡略化した簡易耐震診断手順を提案し、さらに、この診断手順を具体的な判定基準とこれに基づく診断実施フローとして示して、水道事業体等によるレビューを実施し、その際の意見に基づき使いやすくなるようブラッシュアップを図った。

## 3 簡易耐震診断表の改善

浄水施設における有蓋・無蓋池状構造物の詳細耐震診断結果を収集し、既往簡易耐震診断表による診断結果との比較によってその問題点の解決策を検討して、新たな簡易耐震診断表案を検討した。特に構造的強度の評価項目は、既往の基準を見直すとともに、新たな評価項目を加えるなどの改善を行い、追加収集した詳細耐震診断結果によって設定基準値の検証と精度向上を図った。

新診断表は、ケーススタディにおける試用によって一層使いやすい簡易耐震診断表に改良するとともに、既往診断簡易耐震診断表と新簡易耐震診断表との双方を用いたケーススタディ結果を比較し、新診断表の

改善効果を検証した。さらに、耐震性の有無が判明している構造物に簡易耐震診断を実施し、構造物の耐震性の有無と、簡易耐震診断表の耐震性の高低について比較検討を行い、新診断表適用の有効性を検証した。

有蓋・無蓋池状構造物以外の構造物については、有蓋・無蓋池状構造物の検討に倣って簡易耐震診断表の改善を検討した。

## 4 詳細耐震診断実施の優先順位設定方法の検討

簡易耐震診断は、構造物の「耐震性の程度」（高い・中・低い）を判定するものであって、想定地震動に対する「耐震性の有無」及び補強の必要性・方法は詳細耐震診断を実施する必要があることから、詳細耐震診断実施の優先順位付けの方法として、「耐震性評価点」と構造物が被災したときの給水等への「影響範囲」によって「耐震性改善必要度」を求め、これによって簡易耐震診断後の詳細耐震診断実施の優先順位付けを行う方法を提案し、さらに、バックアップ給水の有無などの状況に応じて耐震性改善必要度の補正を行えるように、レビューにおける修正意見等を反映して一部追加・修正した。

## 5 「浄水施設簡易耐震診断の手引き(案)」の作成

新簡易耐震診断表の適用方法・留意点、詳細耐震診断実施の優先順位設定方法などをまとめ、中小事業体の使用を念頭に置いた「浄水施設簡易耐震診断の手引き」原案を作成し、中小事業体における試用（ケーススタディ及びレビュー）によって読みやすさ、使いやすさ等に対する意見を反映して推敲・ブラッシュアップし、使いやすい「手引き(案)」とした。

## 6 浄水施設等の耐震性の現況把握

浄水施設等の簡易耐震診断のケーススタディ結果を利用し、全国の浄水施設等の耐震性の状況（高い・中・低い）を把握した。（倫理面への配慮）

本研究に係わる実験は、ヒトや動物への影響を及ぼすことはなく、倫理面への問題は生じない。

## C. 研究結果

### 1 浄水施設の耐震化取組み状況と課題

水道事業体における耐震化状況や課題を調査した結果、図 38 に示すとおり取水・導水施設の多くは詳細耐震診断が未実施であった。多くの中小事業体では水道施設全般の詳細耐震診断の実施割合が低く、耐震化に向けての課題として、以下の事項が挙げられた。

- ・ 経済的課題：多くの対象施設があり、多額の費用確保が必要
- ・ 人材的課題：専門技術職員の確保と技術継承の実施が必要
- ・ 技術的課題：既存資料の整備が必要。低コストかつ効率的な耐震技術の開発・確立が必要
- ・ その他：耐震工事中の代替施設の確保が必要（水運用が困難）

また、簡易耐震診断の実施状況は、詳細耐震診断と同様に中小事業体での実施割合が低い結果であり、中小事業体では耐震化に対する取組みが大きく遅れていることが明らかになった。

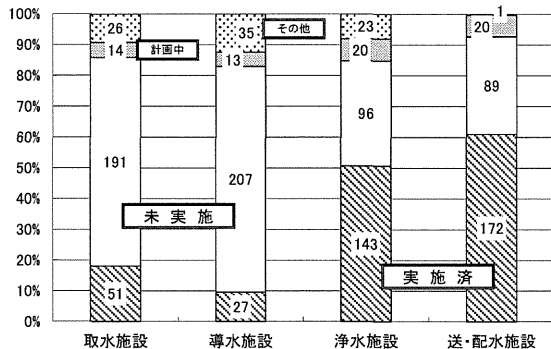


図 38 詳細耐震診断の実施状況

### 2 近年の地震被害の実態把握及びこれに基づく簡易診断手順の検討

浄水施設の被災状況に関する被災 5 県の水道行政担当部署へのアンケート調査の結果、福島県を除く 4 つの県から回答が得られた。浄水施設の被害としては、傾斜板の移動・滑落などがあったが、長期にわたる機能停止を伴う甚大な被害のあった浄水場は、以下の蛇田浄水場など 4 浄水場であった。これらの浄水場については、現地調査及びヒアリング調査を行った。

- ・ 宮城県：石巻地方広域水道企業団 蛇田浄水場

- ・ 茨城県：茨城県企業局 鱒川浄水場
- ・ 千葉県：神崎町水道事業 神宿浄水場
- ・ 宮城県：女川町上下水道課 鷺神浄水場

これらの浄水場では、地震動そのものによる浄水施設等の地震被害は見当たらず、液状化等の地盤変状に伴う被害がほとんどであった。（図 39～41 参照）

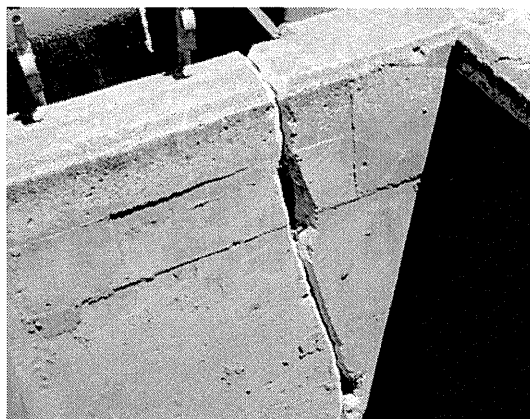


図 39 地盤液状化に伴う不同沈下による沈澱池側壁のクラック（蛇田浄水場）



図 40 地盤液状化に伴う沈澱池目地の開き（新宿浄水場）

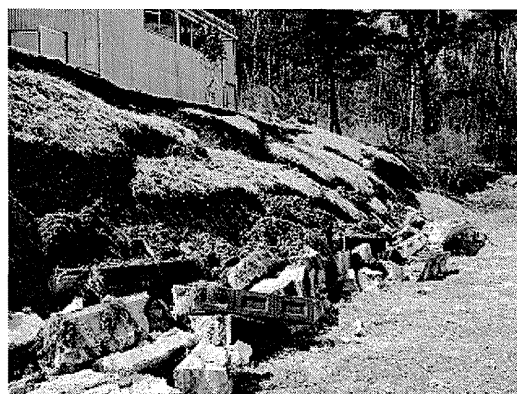


図 41 ろ過池下流側のブロック積擁壁の崩壊（鷺神浄水場）（女川町上下水道課提供）

また、兵庫県南部地震以降の地震以降の地震被害を精査した結果も同様の傾向を示し、浄水施設等の地震被害については、液状化等の地盤変状により施設は甚大な被害を蒙ったが、それ以外では軽微な被害であった。

こうした被害実態を考慮し、始めに液状化等の発生の可能性に基づく評価、次に適用耐震工法指針の変遷を考慮した竣工年度による評価、更に構造物の地震動への抵抗力としての構造的強度に基づく評価、という段階的な簡易耐震診断手順を具体化した診断実施フローとし、水道事業者によるレビュー結果による修正等の上、図 42 のとおり提案した。

### 3 簡易耐震診断表の改善

#### 1) 既往簡易耐震診断表の適用

最新耐震工法指針適用又は詳細耐震診断実施済で十分に耐震性があると考えられる池状土木構造物の設置条件、構造詳細及び詳細耐震診断結果を収集し、これらの構造物に既往簡易耐震診断表を適用した簡易耐震診断を行い、双方の診断結果を比較することにより既往簡易耐震診断表における問題点を把握した。ただし、収集できた耐震性がある構造物はほぼ浄水池・配水池等の有蓋構造物と沈澱池・ろ過池・着水井等の無蓋構造物で占められ、その他の取水堰・井戸・隧道などのデータ収集は困難であった。このため検討対象を有蓋・無蓋の池状構造物とした。

表 12 は検討対象とした有蓋構造物（浄水池、配水池など）に既往の簡易耐震診断表により診断を行った結果である。A～G は詳細耐震診断によって耐震性なしと評価された構造物、H～T は既往の耐震工法指針で設計施工されたもので、耐震性ありと評価される構造物である。

表 13 は評価対象とした無蓋構造物（沈澱池、沈砂池など）の概要であり、A～E は詳細耐震診断によって耐震性なしと評価された構造物で、F～Q は既往の耐震工法指針で設計施工され、又は詳細耐震診断によって耐震性ありと評価された構造物である。

既往の簡易耐震診断表は、項目ごとの点数を掛け合せることにより、その数値の大

小で耐震性評価を行う。なお、評価点が高いほど耐震性が低いことを示している。

有蓋構造物（表 12）においては、耐震性がない 2～3 の配水池が、耐震性ありの配水池よりも評価点が小さい（耐震性が高い）結果となっているものの、耐震性のない構造物の耐震性評価は「低い」～「中」、耐震性のある構造物の評価は「中」～「高い」という結果となっており、耐震性の評価は概ね妥当であると言える。また、無蓋構造物（表 13）においても、耐震性のない構造物のすべてが耐震性は低いと判定され、耐震性のある構造物のうち 2 施設についてのみ耐震性が低いと判定されており、概ね良好な結果と言える。

しかし、有蓋構造物及び無蓋構造物の耐震性は、共に液状化の有無や伸縮目地、可とう管の有無により点数が大きくなって耐震性が低いと評価されている傾向にあり、このことは、構造的強度の評価を中心に既往簡易耐震診断表の改善の必要性を示唆している。

#### 2) 構造的強度の評価における問題点

有蓋構造物では、既往簡易耐震診断表における構造的強度を示す指標である「方向別壁面積/池面積」、「総深さ」、「型式」、「上載土厚」を抽出して集計すると、耐震性のない構造物と耐震性のある構造物の評価結果の差が小さくなっている（表 14）。また、無蓋構造物においては構造的強度を示す指標としては「壁面積/池面積」のみであり、今回収集した無蓋構造物では、耐震性の有無にかかわらず一定の数値となっている。

すなわち、既往の簡易耐震診断表では、地盤種別や液状化などの立地条件、可とう管の有無や伸縮目地などの貯水維持機能条件に左右される形で耐震性の高低が評価されており、構造物の強度に対する評価については耐震性の有無にかかわらずそれほど大きくない。しかし、簡易耐震診断とは詳細耐震診断の前段階としてふるい分けや優先順位づけを行うために実施する手法の一つであることを考慮すると、その構造物の持つ強度・耐力は非常に重要な項目であると考えられる。

こうしたことから、より精度の高い簡易耐震診断を行うためには、既往簡易耐震診断表の「構造的強度」の評価方法の改善に

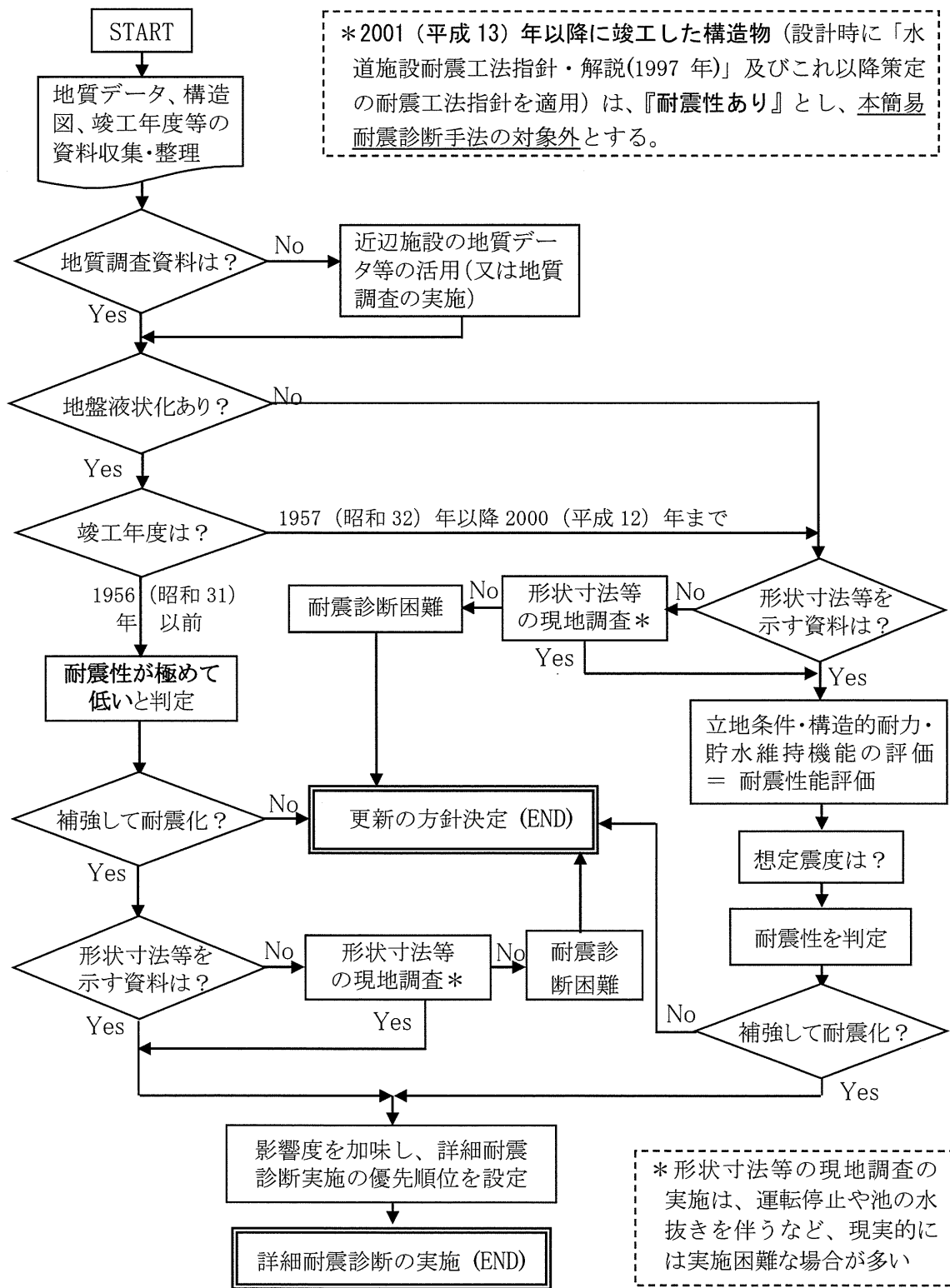


図 42 簡易耐震診断の実施手順

表 12 既往簡易耐震診断表による診断結果（有蓋構造物）

| 項目      | 範疇        | 重み係数  | 耐震性なし |      |      |      |      |      |      | 耐震性有り |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
|---------|-----------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
|         |           |       | A     | B    | C    | D    | E    | F    | G    | H     | I    | J   | K   | L   | M   | N   | O   | P   | Q   | R   | S   | T    |     |
| 地盤      | I種        | 0.5   | 1.5   | 1.5  | 1.8  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 1.5   | 1.5  | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1.5 | 0.5 | 0.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5  |     |
|         | II種       | 1.5   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
|         | III種      | 1.8   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
| 液状化     | なし        | 1     | 1.0   | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0   | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 2.0  |     |
|         | 恐れあり      | 2     |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
|         | あり        | 3     |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
| 施工地盤    | 地山, 切土    | 1     | 1.0   | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0   | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |     |
|         | 傾斜地等      | 1.2   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
|         | 山頂        | 1.3   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
|         | 埋立地・盛土    | 1.5   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
| 位置      | 地上        | 1.2   | 1.0   | 1.0  | 1.1  | 1.0  | 1.1  | 1.1  | 1.1  | 1.0   | 1.0  | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1  |     |
|         | 半地下       | 1.1   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
|         | 地下        | 1     |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
| 材質      | 鉄筋コンクリート  | 1     | 1.0   | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0   | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |     |
|         | レンガその他    | 3     |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
| 壁面積/池面積 | 0.05<     | 1     | 1.5   | 1.5  | 1.0  | 1.5  | 1.0  | 1.5  | 1.5  | 1.5   | 1.5  | 1.5 | 1.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 1.0  | 1.0 |
|         | 0.05>     | 1.5   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
| 総深      | 5m≥       | 1     | 1.0   | 1.3  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.3   | 1.3  | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.0 | 1.3 | 1.0 | 1.3 | 1.3  |     |
|         | 5m<       | 1.3   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
| 型式      | 壁式        | 1     | 1.4   | 1.4  | 1.4  | 1.4  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.4   | 1.4  | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.0 | 1.0 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.4  |     |
|         | 柱・梁式      | 1.2   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
|         | フラットスラブ   | 1.4   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
| 上置土厚    | 0.4m≥     | 1     | 1.2   | 1.2  | 1.2  | 1.0  | 1.2  | 1.0  | 1.0  | 1.0   | 1.2  | 1.0 | 1.0 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |     |
|         | 0.4m<     | 1.2   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
| 建設年代    | 1953年以前   | 1.8   | 1.5   | 1.0  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.0   | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |     |
|         | 1953~1966 | 1.6   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
|         | 1967~1980 | 1.5   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
|         | 1980年以降   | 1     |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
| 可撓管     | あり        | 1     | 2.0   | 2.0  | 2.0  | 2.0  | 2.0  | 2.0  | 2.0  | 1.0   | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |     |
|         | なし        | 2     |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
| 伸縮目地    | 良         | 1     | 1.0   | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0   | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |     |
|         | 不良        | 2     |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
| 老朽度     | 小         | 1     | 1.5   | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.0   | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  |     |
|         | 中         | 1.5   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
|         | 大         | 2     |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
| 震度階     | V         | 1     | 3.6   | 3.6  | 3.6  | 3.6  | 3.6  | 3.6  | 3.6  | 3.6   | 3.6  | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6  |     |
|         | VI        | 2.2   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
|         | VII       | 3.6   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
| 評点      | 高い        | 10>   | 61.2  | 53.1 | 53.9 | 17.0 | 10.7 | 13.4 | 13.4 | 14.7  | 17.7 | 4.2 | 4.2 | 2.8 | 4.3 | 2.8 | 7.7 | 2.2 | 2.6 | 8.9 | 7.7 | 21.6 |     |
|         | 中         | 10~17 |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
|         | 低い        | 17<   |       |      |      |      |      |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |
| 耐震性評価   |           |       | 低     | 低    | 低    | 低    | 中    | 中    | 中    | 中     | 中    | 高   | 高   | 高   | 高   | 高   | 高   | 高   | 高   | 高   | 高   | 低    |     |

表 13 既往簡易耐震診断表による診断結果（無蓋構造物）

| 項目      | 範疇        | 重み係数 | 耐震性なし |      |      |      |      | 耐震性あり |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
|---------|-----------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|------|-----|-----|--|
|         |           |      | A     | B    | C    | D    | E    | F     | G    | H   | I   | J   | K    | L   | M   | N    | O    | P   | Q   |  |
| 地盤      | I種        | 0.5  | 1.5   | 1.5  | 1.5  | 1.8  | 1.5  | 1.8   | 1.8  | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1.8  | 1.8 | 1.5 | 1.8  | 1.5  | 1.5 | 1.5 |  |
|         | II種       | 1.5  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
|         | III種      | 1.8  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
| 液状化     | なし        | 1.0  | 1.0   | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0   | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0  | 1.0  | 1.0 | 1.0 |  |
|         | 恐れあり      | 2.0  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
|         | あり        | 3.0  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
| 施工地盤    | 地山、切土     | 1.0  | 1.0   | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0   | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.5  | 1.0  | 1.0 | 1.0 |  |
|         | 傾斜地等      | 1.2  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
|         | 山頂        | 1.3  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
|         | 埋立地・盛土    | 1.5  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
| 位置      | 地上        | 1.2  | 1.1   | 1.1  | 1.0  | 1.1  | 1.1  | 1.1   | 1.1  | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1  | 1.2 | 1.1 | 1.1  | 1.1  | 1.1 | 1.2 |  |
|         | 半地下       | 1.1  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
|         | 地下        | 1.0  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
| 材質      | 鉄筋コンクリート  | 1.0  | 1.0   | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0   | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0  | 1.0  | 1.0 | 1.0 |  |
|         | レンガその他    | 3.0  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
| 壁面積／池面積 | 0.2≤      | 1.0  | 1.5   | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.5   | 1.5  | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5  | 1.2 | 1.5 | 1.5  | 1.5  | 1.5 | 1.5 |  |
|         | 0.2～0.12  | 1.2  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
|         | 0.12>     | 1.5  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
| 建設年代    | 1953年以前   | 1.8  | 1.5   | 1.5  | 1.6  | 1.0  | 1.6  | 1.0   | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0  | 1.6  | 1.0 | 1.0 |  |
|         | 1953～1966 | 1.6  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
|         | 1967～1980 | 1.5  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
|         | 1980年以降   | 1.0  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
| 可撓管     | あり        | 1.0  | 2.0   | 2.0  | 2.0  | 2.0  | 2.0  | 1.0   | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0  | 2.0  | 1.0 | 1.0 |  |
|         | なし        | 2.0  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
| 伸縮目地    | 良         | 1.0  | 2.0   | 2.0  | 2.0  | 2.0  | 1.0  | 1.0   | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0  | 2.0  | 1.0 | 1.0 |  |
|         | 不良        | 2.0  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
| 老朽度     | 小         | 1.0  | 1.0   | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0   | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0  | 1.0 | 1.0 | 1.0  | 1.0  | 1.0 | 1.0 |  |
|         | 中         | 1.5  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
|         | 大         | 2.0  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
| 震度階     | V         | 1.0  | 3.6   | 3.6  | 3.6  | 3.6  | 3.6  | 3.6   | 3.6  | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6  | 3.6 | 3.6 | 3.6  | 3.6  | 3.6 | 3.6 |  |
|         | VI        | 2.2  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
|         | VII       | 3.6  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
| 評点      | 高い        | 7>   | 53.5  | 53.5 | 51.8 | 42.8 | 28.5 | 10.7  | 10.7 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 10.7 | 8.6 | 9.7 | 16.0 | 57.0 | 8.9 | 9.7 |  |
|         | 中         | 7～15 |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
|         | 低い        | 15<  |       |      |      |      |      |       |      |     |     |     |      |     |     |      |      |     |     |  |
| 耐震性評価   |           |      | 低     | 低    | 低    | 低    | 低    | 中     | 低    | 高   | 高   | 高   | 低    | 低   | 低   | 低    | 低    | 低   | 低   |  |



表 14 構造的強度部分の簡易耐震診断の適用（有蓋構造物）

| 項目            | 耐震性なし |     |     |     |     |     |     | 耐震性あり |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|               | A     | B   | C   | D   | E   | F   | G   | H     | I   | J   | K   | L   | M   | N   | O   | P   | Q   | R   | S   |
| 方向別壁面積<br>池面積 | 1.5   | 1.5 | 1.0 | 1.5 | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5   | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 1.0 | 1.0 |
| 総深            | 1.0   | 1.3 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.3   | 1.3 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.0 | 1.3 | 1.0 | 1.3 |
| 型式            | 1.4   | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.4   | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.0 | 1.0 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 上置土厚          | 1.2   | 1.2 | 1.2 | 1.0 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0   | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 評点            | 2.5   | 3.3 | 1.7 | 2.1 | 1.2 | 1.5 | 1.5 | 2.7   | 3.3 | 2.1 | 2.1 | 1.4 | 2.2 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 1.5 | 1.3 |

向けた検討を行う必要があると判断された。

### 3) 構造的強度評価方法の検討

構造的強度の評価項目の検討に当たり、まず、強度及び耐震性に大きく影響する評価項目として「壁の量の多さ」について着目した。壁の量の多さは、池面積に対する方向別壁面積の比率で評価され、既往簡易耐震診断表においては、面積比率 0.05 を耐震性の判定基準としている。

図 43 は耐震・非耐震の有蓋・無蓋構造物の方向別壁面積と池面積の比率と池容量とを求め、その関係を示したものであるが、この図は、既往の判定基準では、小規模の非耐震構造物に対して「耐震性あり」の判定となる場合があることを示している。

このことは、小規模構造物ほど池面積は小さくなるが、壁の面積（壁の厚さ）は施工上の制限からあまり小さく（薄く）することができないためであると考えられる。こうしたことから、現行の判定基準である一律 0.05 から、池容量 1,000m<sup>3</sup> 未満では

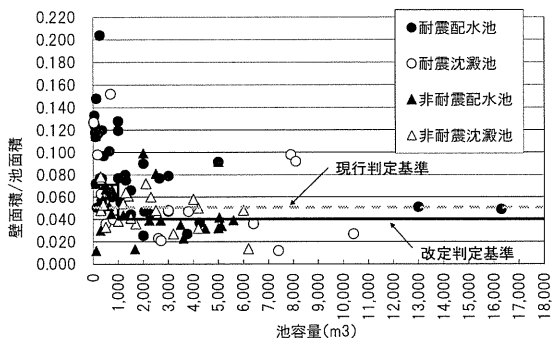


図 43 壁/池面積比と池容量の関係

0.07、1,000m<sup>3</sup>以上では 0.04 として、池容量に応じて評価基準を変えることにより規模別に適正な評価が可能となる。

また、図 44 は耐震・非耐震の配水池・沈澱池の側壁高さ（m）と側壁厚さ（cm）の実績値を示したものである。鉄筋量を無視しているため数値にややバラツキを生じているが、非耐震構造物では、そのほとんどの側壁厚が側壁高の 10% 以下であり、耐震構造物については、概ね側壁高の 10% 以上である傾向が示されていて、判定基準として有効であると考えられるため、側壁厚/側壁高の評価基準値を 0.1 とした。

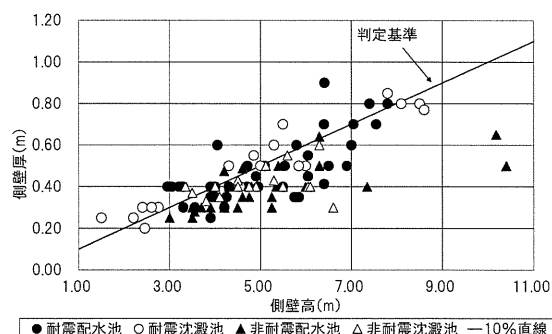


図 44 側壁高と側壁厚の関係

一般に、鉄筋コンクリートは、作用する圧縮力にはコンクリートが働き、引張力には（稀には圧縮力にも）鉄筋が効果的に作用するという原理から、側壁の強度はコンクリートの厚さが支配的要因ではあるものの、鉄筋量も考慮する必要がある。しかし、中小水道事業体における竣工配筋図（使用

鉄筋の太さや間隔を示す図面)の保有状況を調査したところ、旧基準適用構造物の30～40%が鉄筋量不明となっており、鉄筋量を考慮した側壁厚さの評価が困難な場合があることから、側壁強度の支配的要素であるコンクリート厚さのみを評価することとした。

#### 4) 新たな簡易耐震診断表(案)の提案

##### (1) 評価項目の設定

「新簡易耐震診断表(案)」では、基本的に既往の簡易耐震診断表の評価項目をベースとし、現況の土木技術水準などを踏まえて評価項目の追加・削除を行った。その際の基本的な考え方として、評価項目を「立地条件等」、「構造的強度」、「貯水機能保持力」の3つの大項目に分類し、これらを実評価の上、想定地震を考慮することとした。

表15に「新簡易耐震診断表(案)」の評価

表15 「新簡易耐震診断表(案)」における評価項目(有蓋及び無蓋構造物)

| 評価項目  |       | 区分            |            |
|-------|-------|---------------|------------|
| 耐震性能  | 立地条件等 | 地盤種別          | I種         |
|       |       |               | II種        |
|       |       |               | III種       |
|       |       | 液状化           | なし         |
|       |       |               | おそれあり      |
|       |       | 施工地盤          | あり         |
|       |       |               | 地山、切土      |
|       |       |               | 傾斜地等       |
|       |       |               | 山頂         |
|       |       | 位置            | 盛土         |
|       | 地下    |               |            |
|       | 半地下   |               |            |
|       | 構造的強度 | 竣工年度          | 地上         |
|       |       |               | 1983～2000年 |
|       |       |               | 1970～1982年 |
|       |       |               | 1957～1969年 |
|       |       | 方向別壁面積<br>池面積 | 1956年以前    |
|       |       |               | 基準値以上      |
|       |       | 側壁厚<br>側壁高    | 基準値未満      |
| 基準値以上 |       |               |            |
| 劣化度   | 基準値未満 |               |            |
|       | 小     |               |            |
|       | 中     |               |            |
| 水密性   | 可撓管   | 大             |            |
|       |       | あり            |            |
|       | 伸縮目地  | なし            |            |
| あり    |       |               |            |
| 想定震度  |       | あり            |            |
|       |       | 5+, 6-        |            |
|       |       | 6+, 7         |            |

※1997年以降の耐震工法指針適用の施設については「耐震性あり」とし、簡易耐震診断の対象外とする。

評価項目案を示す。

##### (ア) 立地条件等

東日本大震災において浄水施設等の構造物などに大きな被害が発生した地域では、液状化や盛土地盤の崩壊などが見受けられたことから、構造物が築造されている場所の影響は非常に大きいと考えられるため、「立地条件等」として、既往簡易耐震診断表の評価項目である「地盤」、「液状化」、「施工地盤」、「位置」の4項目を設定した。

##### (イ) 構造的強度

構造物本体の強度に関する項目として、設計時に適用した耐震工法指針の構造物強度に与える影響は極めて大きい。「竣工年度」は、旧「建設年代」と同様に設計時の適用耐震工法指針による評価を意図するものであるが、設計施工に要する年数(おおむね4年)を考慮した上で年度設定を行った。また、「側壁厚の側壁高に対する比率」は新たな評価項目として壁厚さの適切さを評価するものであり、特に「無蓋池状構造物」における「総深」の評価に代わるものといえる。また、構造物の経年化が著しいと構造物の強度を低下させることから、「老朽度」は「劣化度」と変えて評価項目とし、「側壁厚と側壁高」を合わせた4項目により「構造的強度」として評価する。

##### (ウ) 水密性(貯水保持力)

池状構造物と場内配管との接続部の可とう管、及びRC構造物の伸縮目地は、対象構造物の水密性・貯水保持力という基本性能に大きく影響する。可とう管の評価は既往診断表と同様であるが、伸縮目地については、旧「良、不良」の判定が目視では困難であるため、「なし、あり」の評価に変更した。

##### (エ) 震度階(想定地震の震度)

簡易耐震診断が対象とする浄水施設等の構造物は「重要度」が高いことから、想定地震動レベルは、以下に示すレベル1又はレベル2の地震動のうち、原則としてレベル2地震動とした。

- ・レベル1地震動：当該施設の設置地点において発生すると想定される地震動のうち、当該施設の供用期間中に発生する可能性の高いもの

- ・レベル2地震動：当該施設の設置地点において発生すると想定される地震動のうち、最大規模を有するもので、通常、レベル2>レベル1である
- さらに、レベル2地震動に対応する想定地震の震度は、当該地域の特性に応じて以下の2段階のうちいずれかを選定することとした。
- ・震度5強又は震度6弱
- ・震度6強又は震度7

なお、この震度階には震度5弱を入れていないが、近年における震度5弱の地震では浄水施設の被害は見当たらないことから、これを除外した。

#### (オ) 削除項目

「材質」については、レンガ造り・石造りは歴史的遺産として保存される場合を除いて極めて稀であり、今回調査の構造物を含め、現存する水道施設の構造物はそのほとんどが鉄筋コンクリート構造物であるため、新簡易耐震診断表の評価項目としては除外した。また、有蓋構造物の構造的強度の評価として使用されていた「総深」、「型式」、「上置土圧」について、「総深」は「側壁厚と側壁高」で評価でき、「型式」、「上置土圧」は今回収集した構造物の調査結果から、構造物の強度を表す指標としての相関が非常に低く、大きな影響を与えないことから、これらを除外することとした。

#### (2) 重み係数

「新簡易耐震診断表(案)」における各評価項目の重み係数は、既往の簡易耐震診断表における設定値をベースとし、これをケーススタディにおいて実際の構造物に適用し、その結果整合性の取れない場合などは必要に応じて設定変更を行うこととした。

#### (3) 耐震性判定基準

新簡易耐震診断表では評価内容及び評価項目数が既往のものとは異なることから、新たな耐震性判定基準が必要である。このため、詳細耐震診断結果等により耐震性の有無が明らかな構造物のデータを用いたROC解析などの統計的手法等によって耐震性判定基準を検討し、次のとおり設定した。

- 耐震性高い：12<
- 耐震性中：12～24
- 耐震性低い：24<

#### (4) 新簡易耐震診断表

以上の検討の結果、最も使用実績が多く、また今後も多くの使用が見込まれる「無蓋池状構造物（沈澱池・ろ過池等）」及び「有蓋池状構造物（浄水池・配水池等）」の簡易耐震診断表をひとつにまとめ、表16のとおり作成した。評価方法は、既往簡易耐震診断表と同様にすべての項目の重み係数（評価点）の積を求め、これによって耐震性の評価を行うこととした。既往簡易耐震診断表と同様に評価点の数値が大きいほど耐震性が低いことを示す。なお、「有蓋・無蓋池状構造物」以外の構造物に関する簡易耐震診断表については、改善の検討に必要な詳細耐震診断の実施例が見当たらず、検討データが得られなかったことから、「有蓋・無蓋池状構造物」における検討結果を参考にし、「材質」、「建設時期」等を工学的判断によって改善した。また、「場内配管」の簡易耐震診断表は存在しなかったが、「平成18年度管路の耐震化に関する検討会」（厚生労働省）の資料に基づいて、新たに作成した。

評価項目数が異なる異種構造物間の耐震性を比較する場合は、最下段の耐震評価点（10点満点換算値）を用いる。この数値が大きいほど耐震性が低いことを示す。

さらに、診断表の右欄の「平均値」の欄には幾何平均値とその10点満点換算値が示され、その数値が大きいほど耐震性能上の弱点となっていることを表し、立地条件、構造的強度、水密性のどの部分が耐震性能上の弱点となっているかを把握するために用いられる。

#### 5) ケーススタディによる新簡易耐震診断表の改善効果及び診断の有効性の検証

対象構造物の耐震性が予め判明している表12、表13の有蓋構造物及び無蓋構造物を対象に耐震性評価を行うケーススタディを実施した。その耐震性評価結果を、有蓋構造物については表17に、無蓋構造物については表18にそれぞれ示す。

また、図45及び図46に、これらの既往簡易耐震診断表及び新簡易耐震診断表の耐

表 16 有蓋及び無蓋構造物の新簡易耐震診断表

| 種 別                       |                     | 有蓋・無蓋池状構造物（浄水池・配水池、沈澱池・ろ過池等） |            |        |                |                |  |
|---------------------------|---------------------|------------------------------|------------|--------|----------------|----------------|--|
| 名 称                       |                     | 〇〇市水道部 ●●第2浄水場 横流式薬品沈澱池      |            |        |                |                |  |
| 評 価 項 目                   |                     | 区 分                          | 点 数        | 評価点    | 平均値            | 備 考            |  |
| 耐<br>震<br>性<br>能          | 立地条件等<br><br>(外的条件) | 地盤種別                         | I 種        | 0.5    | 0.5            | (0.86)<br>4.87 |  |
|                           |                     |                              | II 種       | 1.5    |                |                |  |
|                           |                     |                              | III 種      | 1.8    |                |                |  |
|                           |                     | 液状化                          | なし         | 1.0    | 1.0            |                |  |
|                           |                     |                              | おそれあり      | 2.0    |                |                |  |
|                           |                     |                              | あり         | 3.0    |                |                |  |
|                           |                     | 施工地盤                         | 地山、切土      | 1.0    | 1.0            |                |  |
|                           |                     |                              | 傾斜地等       | 1.2    |                |                |  |
|                           |                     |                              | 山 頂        | 1.3    |                |                |  |
|                           |                     |                              | 埋立地、盛土     | 1.5    |                |                |  |
|                           |                     | 施工位置                         | 地 下        | 1.0    | 1.1            |                | 3.0m/2 = 1.5m < 2.0m                       |
|                           |                     |                              | 半地下        | 1.1    |                |                |  |
|                           | 地 上                 |                              | 1.2        |        |                |                |  |
|                           | 構造的強度<br><br>(内的条件) | 竣工年度                         | 1983～2000年 | 1.0    | 1.5            | (1.36)<br>8.03 |  |
|                           |                     |                              | 1970～1982年 | 1.5    |                |                |  |
|                           |                     |                              | 1957～1969年 | 1.6    |                |                |  |
|                           |                     |                              | 1956年以前    | 1.8    |                |                |  |
|                           |                     | 方向別壁面積<br>池面積                | 基準値以上      | 1.0    | 1.5            |                | 池容量 474.5m <sup>3</sup><br>基準値0.04 > 0.027 |
|                           |                     |                              | 基準値未満      | 1.5    |                |                |  |
|                           |                     | 側壁厚<br>側壁高                   | 0.1以上      | 1.0    | 1.0            |                | (0.12)                                     |
| 0.1未満                     |                     |                              | 1.5        |        |                |                |  |
| 部材の劣化度                    | 小                   | 1.0                          | 1.5        |        |                |                |  |
|                           | 中                   | 1.5                          |            |        |                |                |  |
|                           | 大                   | 2.0                          |            |        |                |                |  |
| 水<br>密<br>性<br><br>(基本性能) | 可とう管<br>(場内配管接続部)   | あり                           | 1.0        | 1.0    | (1.41)<br>7.07 |                |  |
|                           |                     | なし                           | 2.0        |        |                |                |  |
|                           | 伸縮目地                | なし                           | 1.0        | 2.0    |                |                |  |
|                           |                     | あり                           | 2.0        |        |                |                |  |
| 想定震度                      |                     | 震度5+、6-                      | 2.2        | 3.6    |                |                |  |
|                           |                     | 震度6+、7                       | 3.6        |        |                |                |  |
| 耐 震 性                     |                     | 高い (12.0>)                   |            | 13.37  |                |                |  |
|                           |                     | 中 (12.0～24.0)                | *          |        |                |                |  |
|                           |                     | 低い (24.0<)                   |            |        |                |                |  |
| 耐 震 性 評 価 点               |                     | 評価平均値                        |            | (1.27) | (参考)最大値        | 1.90           |  |
|                           |                     | 10点満点換算値                     |            | 6.68   |                |                |  |

注1) ( )内は幾何平均値、その下の数値は最大値に対する10点満点換算値を示す。

2) 方向別壁面積/池面積の基準値: 池容量1,000m<sup>3</sup>未満の場合0.07、1,000m<sup>3</sup>以上の場合0.04