

**災害時における下水の
排除・処理に関する考え方（案）**

平成 24 年 9 月

国土交通省国土技術政策総合研究所

目 次

はじめに

| | |
|---------------------------------|----|
| 1. 総論 | 1 |
| 1.1 目的 | 1 |
| 1.2 主たる対象範囲 | 2 |
| 1.3 構成 | 4 |
| 2. 被災直後の対応 | 5 |
| 2.1 総論 | 5 |
| 2.2 被災状況の把握 | 6 |
| 2.3 緊急措置の実施 | 8 |
| 2.3.1 公衆衛生の確保について | 8 |
| 2.3.2 緊急措置について | 8 |
| 2.3.3 東日本大震災における緊急措置の対応状況 | 9 |
| 2.3.4 宮城県等における対応状況 | 10 |
| 2.3.5 周辺住民への広報について | 14 |
| 3. 応急復旧の実施 | 15 |
| 3.1 総論 | 15 |
| 3.2 応急復旧の処理方式の選定 | 15 |
| 3.2.1 選定の考え方 | 15 |
| 3.2.2 適用性の検討 | 20 |
| 3.2.3 目標達成時期への対応の検討 | 20 |
| 3.2.4 モニタリング | 23 |
| 3.3 応急復旧に適用可能な下水処理方式の例 | 24 |
| 3.3.1 沈殿法 | 24 |
| 3.3.2 凝集沈殿法 | 30 |
| 3.3.3 簡易曝気（簡単な生物処理） | 33 |
| 3.3.4 生物処理 | 35 |
| 3.4 消毒 | 43 |
| 3.4.1 塩素消毒 | 43 |
| 3.4.2 UV（紫外線）消毒 | 52 |
| 3.4.3 オゾン消毒 | 53 |
| 3.4.4 膜ろ過技術 | 54 |
| 3.5 汚泥処理 | 55 |
| 3.5.1 基本的な考え方 | 55 |
| 3.5.2 搬出先の確保 | 56 |
| 3.5.3 汚泥処理装置 | 56 |
| 3.5.4 汚泥の一時貯留 | 57 |
| 3.6 今後の技術開発について | 58 |

参考資料

はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災により、東日本の、120 箇所の下水处理場が被害を受け、特に岩手、宮城、福島各県沿岸域に位置する多くの下水处理場、ポンプ場においては、地震に加え、津波により処理機能の全部を失うほどの壊滅的な被害を受けた。

また、東日本大震災による甚大な被害を受けた地域以外においても、首都直下型地震や、東海・東南海・南海の三連動地震等による大規模地震・津波災害発生の可能性が指摘されているほか、近年多発する豪雨災害等、いつどこで大規模な下水处理施設等の被害が発生してもおかしくない状況にあることから、これらの大規模災害に伴い下水の排除及び処理機能を喪失した場合に備える必要性が高まっている。

災害時の下水の排除及び処理については、東日本大震災を受け設置された「下水道地震・津波対策技術検討委員会」の報告において、緊急措置及び段階的復旧の考え方が示されており、これに基づいて被災自治体においては、段階的な応急復旧を実施しているところである。

東日本大震災における対応結果の知見を蓄積するため、国土交通省下水道部と国土技術政策総合研究所下水道研究部では、応急復旧段階にある下水处理場の処理機能と放流先水域への影響について実態を把握して、災害時における下水の適切な管理を検討するための調査を、平成 24 年 1 月～3 月に実施した。

その結果明らかにされた知見並びに被災自治体の下水道における緊急措置及び応急復旧の対応事例の検討による知見等に基づき、「災害時の復旧段階における下水処理の適正な管理に関する検討会」（委員長：大村達夫東北大学教授）で議論いただいた結果も踏まえ、「災害時における下水の排除・処理に関する考え方（案）」を作成し、次の災害に備えるとともに、災害時の対応において活用されることを期するものである。

1. 総論

1.1 目的

本書は、災害時において必要とされる下水の排除及び処理機能を、現場の状況に応じて、緊急措置として確保するとともに、段階的な応急復旧として向上させるための考え方を示すことを目的とする。

【解説】

下水道は、公衆衛生の確保、公共用水域の水質保全など市民生活にとって重要なライフラインの一つであり、災害時には一日も早い機能回復が求められる。被災しない構造等とすることが理想ではあるが、発生確率が低い大規模災害まで完全に対応可能な施設とすることは予測可能性や費用効果の観点で難しい。

従って最低限守るべき機能は確保した上で、それ以外の機能については、重要度・優先度に応じて、迅速な復旧等を図りうるようにする必要がある。特に、東日本大震災のように、処理機能を全て失うほどの甚大な被害を受けた場合は、本復旧が完了するまでに相当程度の時間を要することが予想され、「緊急措置」に続く「応急復旧」段階において、処理レベルを段階的に向上せざるを得ない状況が生じると予想される。そのため、被災による制約条件の下にあっても、可能な限り迅速に必要な処理機能向上を図ることができる手法を選択し、かつ適正な管理を行うことで、放流先水域への影響を最小化することが望まれる。

本書は、大規模災害により下水の排除及び処理機能に被害を受けた下水道管理者が、その機能を緊急措置として確保するための手法並びに応急復旧として（必要に応じて段階的に）向上させる場合の下水処理方式及び維持管理方法を検討して取り組む際に、参考として活用されることを目的とするものである。

1.2 主たる対象範囲

本書は、災害により深刻な被害を受け、下水の緊急放流や下水処理機能の(段階的)復旧を必要とする下水道施設を対象とし、その緊急措置段階から本復旧に至る応急復旧段階の期間を対象とする。なお、被災後の迅速な機能確保を図るため平時に備えておくべき事項についても参考記述している。

【解説】

(1) 対象施設

本書は、大規模災害により下水の排除又は処理機能の一部又は全部を喪失した下水道施設を対象とする。

(2) 対象期間

本書は、大規模災害により下水の排除又は処理機能の一部又は全部を喪失してから、再度災害を防止することも念頭に置いた本復旧に至るまでの復旧段階・期間を対象とする。「緊急措置」段階は、二次災害の防止や重大な機能障害に対応する期間であり、「応急復旧」段階は、段階的に処理機能を回復することで、放流水質レベルを向上させ、放流先水域への影響を軽減していく期間である。図 1.1 には、下水道 BCP 策定マニュアル～第 2 版～(地震・津波編)に示される対象期間のうち、本書が対象とする段階・期間を示す。

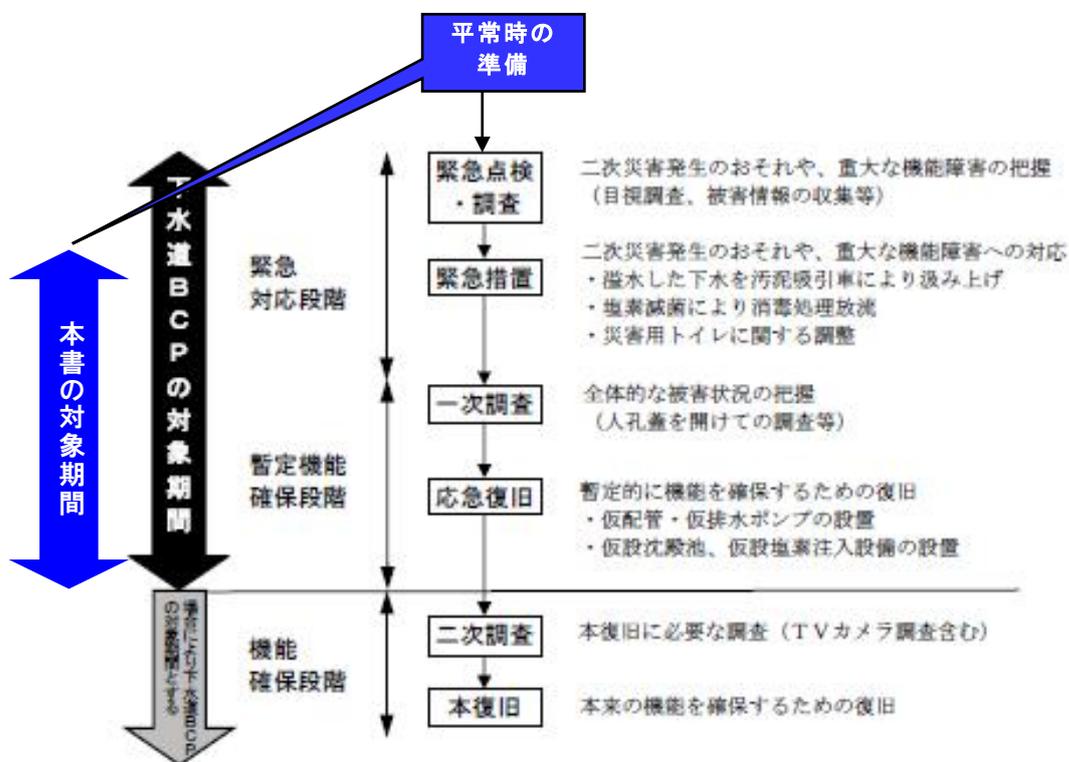


図 1.1 下水道 BCP マニュアルの対象期間および本書の対象期間

(下水道 BCP 策定マニュアル～第 2 版～(地震・津波編)の「図 1-7 下水道 BCP の対象期間」を一部改変)

本書は、上述の施設・期間を対象としているが、主に東日本大震災により被災した沿岸域に位置する下水処理場において実施された応急復旧事例等限られた知見に基づいているため、被災施設の立地条件の違い、検討される水処理方式・消毒方式によって、援用が困難になることが考えられる。本書は新たな知見の集積や今後開発される新たな技術等によって随時改定されるべきものである。

今回の東日本大震災で実際に適用された処理技術等と、今回は適用されなかったものの将来適用されうると考える技術等を表 1.1 に整理して示した。

表 1.1 今回の震災で実施した技術等、および今回は実施しなかったが今後検討すべき技術等

| 項目 | 検討対象技術等 | 今後の知見が必要な技術等 |
|--------|--------------------------|------------------|
| 放流先 | 沿岸域、河川（高希釈） | 河川（低希釈）、湖沼 |
| 下水処理方法 | 沈澱、凝集、（簡易）曝気、接触酸化、活性汚泥処理 | 膜、急速ろ過、栄養塩類除去 |
| 消毒方法 | 塩素消毒（固形塩素、次亜塩素酸ナトリウム） | オゾン、UV等 |
| 汚泥処理方法 | 脱水 | 濃縮、消化、焼却・熔融 |
| 水質項目 | BOD、COD、SS、大腸菌群数 | 栄養塩類、大腸菌、原虫、ウイルス |

1.3 構成

本書は、総論、被災直後の対応、応急復旧の実施、及び参考事例の各章で構成される。

【解説】

本書は本章（第1章）で目的と適用範囲を明らかにした上で、第2章以下で緊急措置及び復旧段階の適切な下水処理のための取組手法と事例を示している。

第2章では、被災直後において行うべき迅速な被災状況の把握及び緊急措置について示す。ただし、迅速な被災状況の把握は、緊急措置の必要性を把握するとともに、本復旧に向けた対策を検討するために必須であるが、その考え方は現行指針等に十分に整理されているため、ここでは骨子の紹介にとどめた。

被災した下水道施設における緊急措置の考え方については、今回の震災における対応として「下水道地震・津波対策技術検討委員会（以下、地震津波委員会という）」による報告書や提言において基本的な考え方が示されていることから、その骨子を整理して示すとともに、今回の震災における緊急措置の取り組み事例を整理して示す。

第3章では、下水道施設の本復旧までの間に暫定的に行う応急復旧について扱う。被災直後の緊急措置に続いて行う応急復旧への取り組みにおいては、できるだけ早く通常の下水処理に復旧することを目指すのは当然であるが、被災状況及び利用可能な資機材・人員等の制約により本復旧までに相当の期間を要するために、当面の間は暫定的な下水処理を、必要に応じて段階的に向上させながら行わざるを得ない場合も想定される。こうした場合における応急復旧の考え方についても、地震津波委員会による報告書や提言において基本的な考え方が示されている。本書では、この基本的な考え方を踏まえつつ、今回の震災における応急復旧の取り組み事例で実際に用いられた対策の手法及び効果を整理するとともに、国交省による下水処理場及び放流先水域に関する調査結果等にも基づいて、応急復旧において採用が検討される処理方法について、その設計・維持管理の考え方を具体的に示す。

また、平常時において備えるべきこと、今回は採用事例がなかったものの期待できる技術や今後期待される技術開発等についても可能な範囲で触れた。図 1.2 に本書の構成を示す。

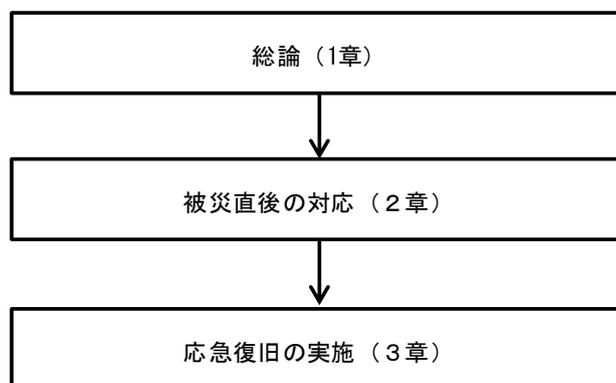


図 1.2 本書の構成

2. 被災直後の対応

2.1 総論

被災直後においては、下水道施設の被災状況を速やかに把握した上で、緊急措置を行う。

【解説】

被災直後において行うべき迅速な下水道施設の被災状況の把握及び緊急措置について示す。迅速な被災状況の把握は、緊急措置の必要性を把握するとともに、応急復旧及び本復旧に向けた対策を検討するために必須であるが、その考え方は現行指針等に十分に整理されているため、ここでは骨子の紹介にとどめた。

被災した下水道施設における緊急措置の考え方については、今回の震災における対応として「地震津波委員会」による報告書や提言において基本的な考え方が示されていることから、その骨子を整理して示すとともに、今回の震災における緊急措置の取り組み事例を整理して示す。

2.2 被災状況の把握

津波や余震等による被災の防止に注意しつつ、下水排除施設（ポンプ場等）および下水道施設の被災状況全般を確認し、緊急措置を行う上で制約となる事項について整理を行う。

なお、必要な資機材の調達ルートや、設備の応急復旧にかかる時間等については、事前に調査しておくことが望ましい。

【解説】

大きな災害の場合、下水排除機能が働かなくなることもあり得る。特にポンプ場や主幹を中心として被害の状況を把握する。下水量は災害直後は断水によって少ないことが多いが、水道の開通とともに増加する。水道の復旧見通しについての情報も収集すべきである。

深刻な被害を受けた下水道施設では当面の間は緊急措置として下水の排除及び消毒を実施することとなる。このために必要な場内の緊急整備や仮設資材の手配等を行うため、処理場内は基より放流先等周辺の状態、処理場への交通状況、ライフラインの状況、職員や従業員の状況等を含む、被災状況全般を確認し、当面の緊急措置を実施するために制約となる事項を整理して、その解消に向けた作業に着手する。

応急復旧の方針を検討するため、被災後、すみやかに処理場の被災状況を確認（「下水道の地震対策マニュアル 別冊・緊急対応マニュアル 2006年版（社）日本下水道協会」の緊急点検表を参照）し、施設・機器の異常の有無の把握により緊急措置、応急復旧にあたっての制約条件の整理を行う必要がある。

ただし、東日本大震災では地震後の施設点検中に津波が来襲したことや、本震とさほど規模の変わらない余震による強い揺れが発生したことから、津波による被害が予想される沿岸部に位置する下水道施設では、地震後の被災状況確認は津波に関する警報・注意報が解除されてから行い、それ以外の地域でも強い余震による被害を警戒し、危険が予想される部分の調査は安全な退避経路等が確保されていない場合には実施しないこととする（詳細は各自治体等で策定された下水道事業継続計画（BCP）に従う）。

収集した情報は表 2.1 の様な形式にまとめ、応急復旧検討の際に利用できるようにする。

また、過去の震災等の経験から、下水道施設において対応を想定しておくべき事態は多様であり、かつ深刻なものが多い。抜本的な対策は施設の耐震化や耐水化によらなければならないが、当面は何段階かの被害想定を行い、緊急対応や応急復旧のシミュレーションによって、必要な資器材の調達や、設備の応急復旧にかかる時間等について調査しておくことが望ましい。調査結果に基づいて、常備しておくべきものを準備し、実際の災害時における必要資器材の調達方法や復旧に長期を要する場合の水処理方法や汚泥処分方法について関係者と協議し、必要に応じ協定等を交わしておく等の措置を講じておく。また、広域災害によって通常の調達等が長期にわたり困難となる事態に対しても、現実的な対応策を検討しておく。

表 2.1 被災した下水処理施設の状況

| 標準活性汚泥法と準拠施設 | | 躯体損傷 | | | | 設備損傷 | | | | 動力・制御 | | | | | | | | |
|--------------|-------------|------|------|--------|-------|------|------|--------|-------|-------|------|--------|-------|------|------|--------|-------|--|
| 発災日 | 作成日 | 軽微 | 交換修理 | 無有(時期) | 有(時期) | 軽微 | 交換修理 | 無有(時期) | 有(時期) | 軽微 | 交換修理 | 無有(時期) | 有(時期) | 軽微 | 交換修理 | 無有(時期) | 有(時期) | |
| 流入 | | 系列 1 | | | | | | | | 系列 2 | | | | 系列 3 | | | | |
| | スクリーン | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | し渣掻き揚げ装置 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 沈砂池 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 粗砂洗浄装置 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | し渣洗浄脱水装置 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 調整池 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 揚水ポンプ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 最初沈殿池 | | 系列 1 | | | | | | | | 系列 2 | | | | 系列 3 | | | | |
| | 掻き寄せ機 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ゲート | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 分配装置 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 最初沈殿池 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 汚泥ポンプ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 曝気槽 | | 系列 1 | | | | | | | | 系列 2 | | | | 系列 3 | | | | |
| | 送風機 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 生物反応槽 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | エアレーション装置 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 風量調整装置 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 計測装置 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 攪拌機 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 最終沈殿池 | | 系列 1 | | | | | | | | 系列 2 | | | | 系列 3 | | | | |
| | 掻き寄せ機 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 最終沈殿池 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 返送汚泥ポンプ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 余剰汚泥ポンプ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 消毒設備 | | 系列 1 | | | | | | | | 系列 2 | | | | 系列 3 | | | | |
| | 消毒装置 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 消毒剤貯槽 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 混和池(接触槽) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | (電源) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 汚泥処理 | | 系列 1 | | | | | | | | 系列 2 | | | | 系列 3 | | | | |
| | 濃縮装置 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 濃縮汚泥貯槽 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 汚泥消化槽 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ガスホルダー | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 脱水機 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 汚泥調整設備 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ケーキ貯留槽 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 乾燥炭化焼却溶融等設備 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | コンベヤ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 炉等本体 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 送風機 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 熱回収装置 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 排ガス洗浄装置 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 集塵機 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 灰等ホッパー | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 受電設備 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 配電設備 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 水道設備 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| OD法(機械式曝気)と準拠施設 | | 躯体損傷 | | | | 設備損傷 | | | | 動力・制御 | | | | | | | | |
|-----------------|----------|------|------|--------|-------|------|------|--------|-------|-------|------|--------|-------|------|------|--------|-------|--|
| 発災日 | 作成日 | 軽微 | 交換修理 | 無有(時期) | 有(時期) | 軽微 | 交換修理 | 無有(時期) | 有(時期) | 軽微 | 交換修理 | 無有(時期) | 有(時期) | 軽微 | 交換修理 | 無有(時期) | 有(時期) | |
| 流入 | | 系列 1 | | | | | | | | 系列 2 | | | | 系列 3 | | | | |
| | スクリーン | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | し渣掻き揚げ装置 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 沈砂又は砂溜り | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 破砕機 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | し渣洗浄脱水装置 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 調整池 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 揚水ポンプ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 流量分配装置 | | 系列 1 | | | | | | | | 系列 2 | | | | 系列 3 | | | | |
| | ゲート | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 分配装置 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 反応槽 | | 系列 1 | | | | | | | | 系列 2 | | | | 系列 3 | | | | |
| | 曝気ロータ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | OD槽 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 計測装置 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 最終沈殿池 | | 系列 1 | | | | | | | | 系列 2 | | | | 系列 3 | | | | |
| | 掻き寄せ機 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 最終沈殿池 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 返送汚泥ポンプ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 余剰汚泥ポンプ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 消毒設備 | | 系列 1 | | | | | | | | 系列 2 | | | | 系列 3 | | | | |
| | 消毒装置 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 混和池(接触槽) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 汚泥処理 | | 系列 1 | | | | | | | | 系列 2 | | | | 系列 3 | | | | |
| | 汚泥貯槽 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 脱水機 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 汚泥調整設備 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ケーキ貯留槽 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 受電設備 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 配電設備 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 水道設備 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2.3 緊急措置の実施

発災後の緊急措置では、被災者の生活空間から、下水（汚水・雨水）を速やかに排除し、水系感染症を防止するための消毒を行う。

【解説】

東日本大震災において被災した下水道施設における緊急措置の考え方については、下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書（平成 23 年 5 月 18 日公表）（以下、「報告書」と言う）、「下水道施設の復旧にあたっての技術的緊急提言」（平成 23 年 4 月 12 日公表）（以下、「緊急提言」と言う）等における整理が参考となる。その要点は次に示す通りである。

2.3.1 公衆衛生の確保について

- ・ 公衆衛生の確保を第一に考え、し尿由来の感染症リスクを低減させるため、未処理下水がマンホールから溢水する事態の予防と早期解消が重要である。また、マンホールの高低図を下水道システム全体にわたって比較し、溢水しやすい箇所を予測し監視する。
- ・ 震災直後の早い段階から下水道管きよの排除機能を把握し、管きよ破断・汚水ポンプ停止の場合は、早急に仮設ポンプ・仮配管による排除が必要である。
- ・ 水道事業者等への連絡、溢水情報などの市民周知および節水の呼びかけを行い、マンホールトイレの設置が有効な場合、設置適地の選定を急ぐ。

2.3.2 緊急措置について

(1) 管路施設

- ・ 都市内から下水を速やかに排除することを最優先とする。
- ・ 溢水対策としてやむを得ない場合、土のう、ビニールシート等によって仮設水路を作り、汚泥沈積がない流速を確保しつつ、近傍の水路まで誘導し、放流する。
- ・ 必要な場合、仮設ポンプの利用やマンホールの側壁の取り壊しにより放流する。
- ・ 緊急放流する場合、液体または固形（ネット等で流出防止）の塩素剤により最低限の消毒を行い、可能なら仮設沈殿池を設ける。
- ・ 小水量であれば、吸泥車による処理場への運搬も考えられる。

(2) 処理施設

- ・ 揚水機能を確保し、溢水を防止することを最優先とする。
- ・ 仮設ポンプ等を用いて揚水を行い、最低限の消毒を実施し、放流する。

これらの緊急措置の考え方を踏まえつつ、今回の震災における実際の被害発生および対応状況、対応事例を次に整理して示す。

(3) 消毒剤の調達

- ・ 被災直後は、汚水処理が十分に行われず消毒剤使用量が増加するうえ、薬剤の入

手が困難となることが予想されるため、あらかじめ緊急時用として消毒剤（固形塩素剤）を貯蔵しておく。

- ・ 処理場が被災し、貯蔵している消毒剤が使用不可能となった場合は、維持管理において契約している薬品業者に連絡し、消毒剤を確保する。また、被害が小さかった処理場から消毒剤を調達する。
- ・ 道路が瓦礫等で埋まり移動が困難である場合は、自衛隊等により通路が確保された後に搬入する。

(4) 関係機関との協議

- ・ 被災時において円滑に緊急措置を行うためには、平常時より関係機関と以下の項目について協議しておくことが望ましい。
- ・ 下水処理時の薬品使用量や放流場所について関係機関と協議を行う。
- ・ 緊急放流はあくまでも緊急避難的措置であり、基本的には仮設沈殿池を設置し、沈殿・消毒を行ったのち放流することを説明する。
- ・ 場所の選定に当たっては下流の水利権者の同意が必要であるため、関係機関と協議を行う。ただし、上水道水源地の上流域では同意が困難である。

関係機関：関係自治体（自治体長、上水道所管課、河川所管課、水産業振興課、都市計画課）、水道事業者、農業用利水権者、河川管理者、地元の町内会、水産業者等

これらの緊急措置の考え方を踏まえつつ、今回の震災における実際の被害発生および対応状況、対応事例を次に整理して示す。

2.3.3 東日本大震災における緊急措置の対応状況

東日本大震災における緊急措置の対応状況については、「下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書（平成24年3月）」には次の通り整理されている。

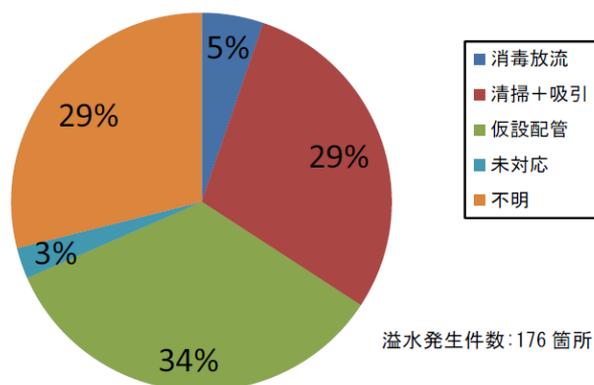


図 2.1 溢水発生時における対応状況（平成23年3月24日時点）

これによると、把握された範囲では、清掃および吸引と、仮設配管の布設（土のう等を用いた側溝への排水含む）による対応が約3割ずつで多数を占めていた。次に災害が発生した場合でも同様の対応が主体となる可能性が高いことから、緊急措置段階では水中ポンプ、仮設電源、高圧水洗浄車、排泥車、それらの燃料など、清掃・吸引用の資機材・車両の確保、仮設配管の資機材、土のう等の確保が必要になると考えられる。

今回の震災においては、被災時で資機材が入手困難な中で、緊急対応指定業者、地元で被災を逃れた業者、指定管理者、他処理場、災害対策本部、災害時応援協定等の様々なルートを活用して入手の努力がなされていた。

2.3.4 宮城県等における対応状況

具体事例として、宮城県における対応状況を紹介する。宮城県土木部下水道課（以下、宮城県）によると、次の通りである。

- ・ 処理場周辺の流域下流部低地、中継ポンプ場の直上流でマンホール溢水が発生。
- ・ 溢水は震災直後には見られず、1週間を過ぎて上水道が段階的に復旧するにつれて発生。
- ・ 終末処理場主ポンプの応急仮復旧、中継ポンプ場の仮復旧によりマンホール溢水は収束。

緊急措置の考え方およびこれらの対応事例を踏まえると、断水が発生して汚水の発生が一時的に停止するほどの被害が生じた場合は、上水道が復旧してから溢水の発生が始まるため、それまでにできるだけ早急に管きよの緊急点検を行い、閉塞箇所等を把握して溢水を未然に防ぐとともに、溢水が発生した場合は、近傍水路への導水等による緊急的な対策を行う必要がある。

こうした溢水地点での対策をとりつつ、管きよ閉塞等の解消、仮設配管の設置等を行うとともに、末端での流下能力の確保として処理場主ポンプ・中継ポンプ等の仮復旧を行うことにより、抜本的な問題の解消を図ることになる。

他都市も含めた対応事例のうち、参考になる代表的な事例を抽出して、次に示す。

(1) 管路施設における対応

| 事例 | 放流ルート等 | 放流方法 | 仮設ポンプ | 消毒 | 対応期間 |
|---------------------------|------------------------------------|-------------------|---------------|------|-------|
| 事例1：図 2.2 参照 (宮城県多賀城市) | マンホール→近傍水路 | 土のう仮設水路 | 使用せず | 固形塩素 | ～4/1 |
| 事例2：図 2.3 (青森県馬淵川流域) | マンホール→近傍水路 | 素堀水路+ビニールシート | 使用せず | 固形塩素 | ～5/18 |
| 事例3：図 2.4 (千葉県習志野市) | マンホール→河川（応急復旧として、4月中に菊田川に簡易処理施設設置） | 雨水管や被災していない汚水管を経由 | 一部区間でポンプ使用 | 固形塩素 | ～6/30 |
| 事例4：図 2.5 (茨城県潮来市) | マンホール→処理場 | バキューム車吸引 | ポンプの都合がつき次第導入 | － | ～4/24 |



図 2.2 土のうを使用し近傍水路へ導水した事例（宮城県多賀城市）

出典：国土交通省「下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書 平成 24 年 3 月」より



図 2.3 素掘水路で近傍水路へ導水した事例（青森県馬淵川流域）

出典：国土交通省「下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書 平成 24 年 3 月」より



図 2.4 川の一部を締め切り簡易沈殿処理を行った事例（千葉県習志野市）

出典：習志野市資料より



図 2.5 バキュームカーでの回収事例（茨城県潮来市）

出典：国土交通省「下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書 平成 24 年 3 月」より

(2) 処理施設における対応

| 事例 | 箇所 | 放流方法 | 消毒 | 実施期間 |
|---------------------------------|-----------------|----------|---------------------|-----------|
| 事例 5：図 2.6 (宮城県南浄化センター) | 流入きょ→仮設沈殿池または河川 | 仮設ポンプで導水 | 次亜塩素酸ナトリウム溶液(移動タンク) | 3/19～4/1 |
| 事例 6：図 2.7 (宮城県石巻東部浄化センター) | 流入きょ→最初沈殿池 | 仮設ポンプで導水 | 固形塩素 | 4/1～6/30 |
| 事例 7：図 2.8 (宮城県石巻東部流域汚水ポンプ場) | 汚水ポンプ場→河川 | 本川まで導水 | 固形塩素 | 3/26～7/19 |



図 2.6 緊急排水のための簡易消毒実施状況（宮城県県南浄化センター）
出典：宮城県 県南浄化センター「甦る水」再生だより Vol.1 より



図 2.7 仮設ポンプの設置状況（宮城県石巻東部浄化センター）
出典：国土交通省「下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書 平成 24 年 3 月」より



図 2.8 ポンプ場や幹線管渠人孔から河川等に簡易処理放流した事例
（旧北上川（石巻市内））
出典：国土交通省 下水道地震・津波対策技術検討委員会(第 2 回)「機動的な公衆衛生のあり方について」より

2.3.5 周辺住民への広報について

下水処理施設が被災し、十分な汚水処理を行うことが困難である場合、放流先の水質悪化やマンホール等からの溢水を防ぐため、以下のような項目について様々な媒体を用いて早急に周辺住民へ周知する必要がある。

(1) 広報項目

- ・節水や汚れ物の減量の協力要請
- ・被災状況
- ・応急復旧状況
- ・今後の復旧計画
- ・放流水水質

(2) 広報媒体

- ・インターネット

自治体のホームページにおいて、被災状況、応急復旧状況、放流水の水質、および節水等の呼びかけ等に関して、広く情報提供を行う（参考_図-3・参考_図-4）。また、ソーシャル・ネットワーキング・サービスを利用した情報提供も有用であると考えられる（参考_図-5）。インターネットを通じての情報提供は、特に電力の供給再開以降有力な手段となる。また、インターネットの閲覧に慣れていない人々への配慮も必要である。

- ・マスメディア（記者発表、新聞、テレビCM等）

被災直後には終末処理場に関する取材が殺到することが予想されるため、処理場を公開し、被災状況と応急対応状況について情報提供の正確化、効率化をはかる必要がある（参考_図-6）。また、同時に住民に広く節水や汚れ物の減量についての協力呼びかけを行う必要がある。テレビCMを用いる場合は、様々な立場の人にアピールするため、特に時間帯を設定せずに各放送局で広い時間に渡り流すとよい（参考_図-1）。

- ・通知文（特定事業所に対して）

通常下水道へ排水を行っている事業所に対し、事業所の除外施設を使用した河川排水への切り替え等の対応をお願いする。

- ・広報車・無線による広報
- ・貼り紙、回覧板（参考_図-8）

3. 応急復旧の実施

3.1 総論

下水の排除機能が最低限確保され、処理機能の本復旧を進める段階において、本復旧までに時間を要する場合、都市の衛生確保および放流先水域の水質保全を速やかに達成するために、本復旧までの間に暫定的に行う処理方式を検討し、応急復旧として実施する。

【解説】

被災直後の緊急措置に続いて行う応急復旧への取り組みにおいては、できるだけ早く通常の下水处理に復旧することを目指すのは当然である。しかし、被災状況及び利用可能な資機材・人員等の制約により本復旧までに相当の期間を要する。そのため、当面の間は暫定的な下水处理を、必要に応じて段階的に向上させながら行わざるを得ない場合も想定される。こうした場合における応急復旧の考え方についても、地震津波委員会による報告書や提言において基本的な考え方が示されている。

本章では、この基本的な考え方を踏まえつつ、今回の震災における応急復旧の取り組み事例で実際に用いられた対策の手法及び効果を整理するとともに、国交省による下水处理場及び放流先水域に関する調査結果等に基づいて、将来の災害時において応急復旧のために導入に値しうる処理方法について、その設計・維持管理の考え方を具体的に示す。

3.2 応急復旧の処理方式の選定

応急復旧として暫定的に行う下水处理方式について、目標水質及び達成時期、施設の被害状況、施設・敷地・人員等の利用可能状況、本復旧までの工程等を考慮して選定する。

3.2.1 選定の考え方

処理方式の選定においては、目標水質を達成できる技術を抽出した上で、抽出技術の適用性及び達成可能時期の妥当性を検討して決定する。条件を満たす技術がない場合は、目標達成時期の見直しが必要となる。

【解説】

応急復旧段階における処理方式及び目標水質並びに実施期間について、地震津波委員会の第2次提言(平成23年5月24日)において提示された考え方を整理して、以下に示す。

なお、ここでは処理技術ごとに目標水質を述べているが、処理場全体としては、様々な処理技術を組み合わせて処理せざるを得ないこととなろう。処理場全体としての目標水質は、各方法で処理する水量の配分と各方法の処理能力とを勘案し、平均処

理水質を求めることとなる。

(1) 沈殿＋消毒処理

(目標処理水質)

「沈殿＋消毒処理」における目標処理水質は、水質汚濁防止法の一律排水基準と沈殿での除去率（30～50%）より BOD120mg/L 以下とする。これは、法令による水質基準と、技術的に達成可能な水質（流入 BOD200mg/L とすると、40%除去で 120mg/L）により決定した。

(実施期間)

長期間沈殿処理だけを継続するのは、法令遵守、管理者の責務、下水道料金支払い者の視点等から困難である。このため、小規模施設、あるいは被災の程度が軽微等で早期（3～6ヶ月）に本復旧できる場合等、限定的に採用される。

(2) 沈殿＋簡単な生物処理＋消毒処理

(目標処理水質)

「沈殿＋簡単な生物処理＋消毒処理」における目標処理水質は、昭和 47 年の下水道法施行令第 6 条にある技術上の基準と「下水道施設設計指針と解説（1972 年）」に掲載されている中級処理の除去率（65～75%）より、BOD 60mg/L とするが、当初は BOD120mg/L の確保とし、段階的に向上を目指すものとする。これは、「簡単な生物処理」は処理法として、必ずしも確立されておらず、安定的ではないためであり、凝集剤添加、ろ過設備付加により段階的達成を目指すものとする。

(実施期間)

沈殿処理段階の後、本復旧まで簡単な生物処理を導入する手法であり、本復旧完成まで比較的短期間（おおむね 1 年以内）の場合に採用される。

(3) 生物処理＋沈殿＋消毒処理

(目標処理水質)

「生物処理＋沈殿＋消毒処理」における目標処理水質は、現在の下水道法施行令第 5 条 6 の技術上の基準により BOD15mg/L とするが、当初は BOD60mg/L の確保とし、段階的に目指すものとする。これは、「生物処理」の技術的なオプションには中級処理も含まれており、凝集剤添加、ろ過設備付加により段階的達成を目指すものとする。

(実施期間)

中級処理より高い水準の生物処理を行うもので、本復旧完成まで比較的長期間（1～3 年程度）の場合に採用される。既設の水槽、増設用地等を活用し反応槽、沈殿池を設置するため、本復旧工事の工程、作業スペース等に関する十分な調整が不可欠である。

また、(1)～(3)の消毒処理については、疫学上リスク回避の観点から、復旧段階においても、大腸菌群数 3000 個/cm³ 以下を確保することとする。

これらの概念をまとめた表 3.1 及び図 3.1 を次に示す。

表 3.1 目標水質

| 機能 | 目標水質 | | 備考 |
|------------|-----------|---------------------------|---------------|
| | BOD(mg/l) | 大腸菌群数(個/cm ³) | |
| 沈殿+消毒 | 120 | 3000 | 水濁法一律基準、沈殿除去率 |
| 沈殿+簡単な生物処理 | 60 | | 中級処理除去率 |
| 生物処理+沈殿+消毒 | 60→15 | | 下水道法施行令 |

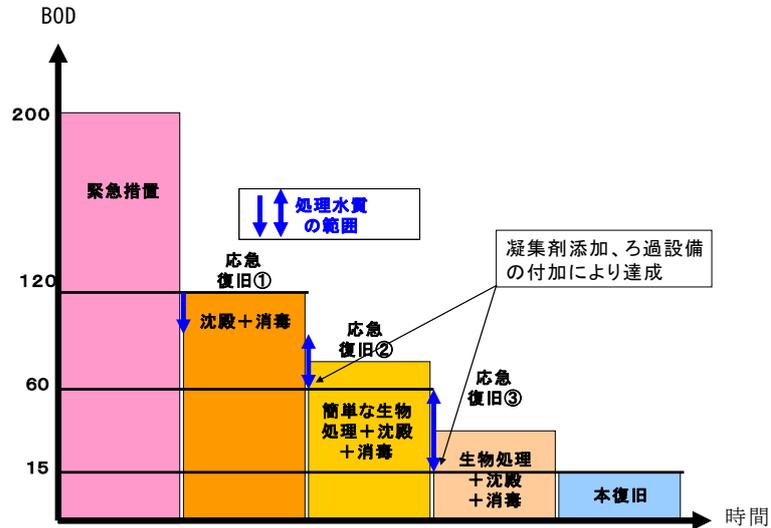


図 3.1 目標水質と応急復旧の概念図

以上の考え方を踏まえると、処理レベルと目標水質、目標達成時期の関係は次のように考えることができる。

(1) 3～6ヶ月で本復旧に移行可能な場合は、本復旧までの間、沈殿+消毒処理を採用してBOD120mg/L程度の水質を目標とすることができる。

(2) 本復旧まで6ヶ月～1年を要する場合は、まず沈殿+消毒処理をすみやかに実施してBOD120mg/L程度の水質を目標とした上で、6ヶ月以内に簡単な生物処理を導入してBOD60mg/L程度の中級処理の水質を目標とし、1年以内に達成を目指すこととする。

(3) 本復旧まで比較的長期間(1～3年程度)を要する場合は、まず沈殿+消毒処理をすみやかに実施してBOD120mg/L程度の水質を目標とした上で、6ヶ月以内に生物処理を導入してBOD60mg/L程度の中級処理の水質を1年以内に達成することを目標とし、段階的にBOD15mg/Lの達成を目指すこととする。

実際の被災時においては、施設の被害状況、施設・敷地・人員等の利用可能状況、本復旧の工程等に応じて柔軟に対応する必要があり、ここで示した目標水質と目標達成時期の通りに必ず実施できるとは限らないが、一つの目安として活用できるように、具体的な検討手順を以下に示す。

処理方式は図 3.2 に示すフローに従って決定するものとし、初めに目標水質を達成できる処理方式の大まかな抽出を図 3.3 に従って行う。

次に、抽出した処理方式の適用性を巻末の参考資料、参考_図-1 および参考_図-2 に従って検討する。適用性可否判断については、3.2.2 節で説明する。

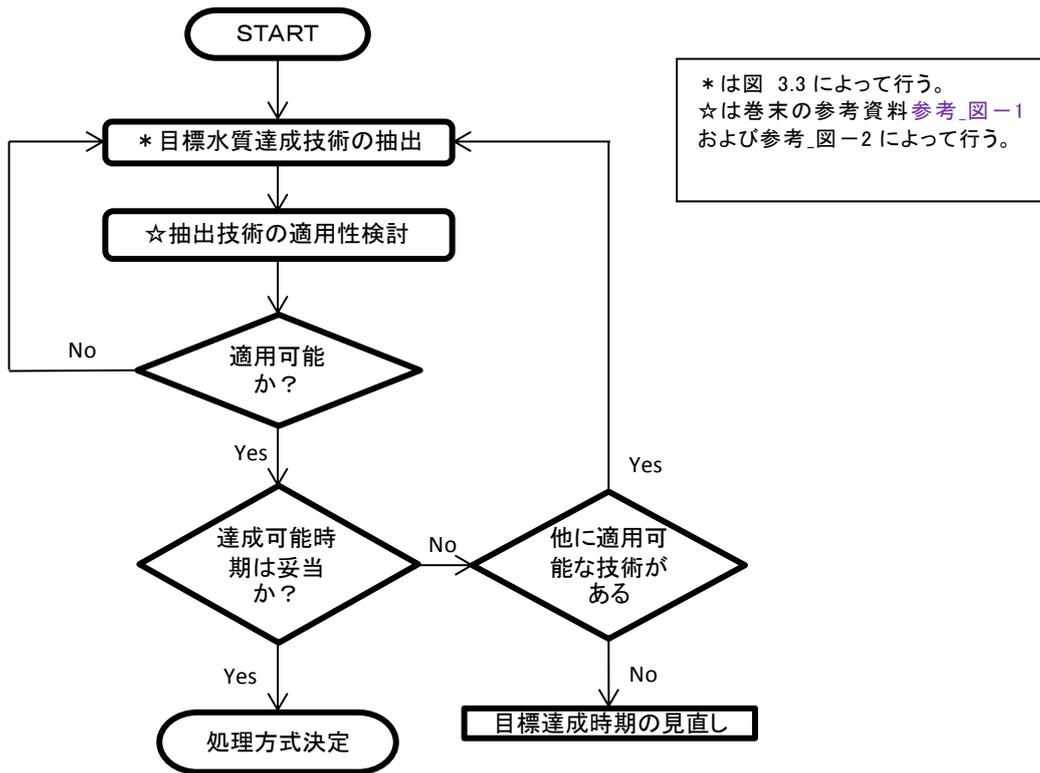
適用性可否判断の結果、適用可能な処理方式でないと判定された場合は別の方式を

抽出して可否判断をやり直す。一方、適用可と判断された場合は、次に目標水質の達成が必要な時期と比較し、選択した処理方式で処理を開始することができるまでに必要な時間が適切であるか検討する。必要な時間の検討については、3.2.3 で説明する。

必要な時間が長すぎる場合は抽出した処理方式の中から別の処理方式を選んで適用性可否から検討し直し、他に抽出された処理方式がない場合は目標達成時期（場合によっては目標水質）の見直しを検討する。この様にして、実行可能な応急復旧の各段階の処理方式と目標達成時期の決定を行う。

表 3.2 被災施設の復興に関わる制約条件整理表の例（記入例）

| | | | | |
|----------|-----------|--------|---------|-----------|
| 発災日 | 2020/1/25 | | | |
| 作成日 | 2020/2/1 | | | |
| 項目 | 充足の状況・条件等 | | | |
| 要員 | | | | |
| 職員 | 皆無 | 減少 | 通常 | 増員可(応援含む) |
| 作業員 | 皆無 | 不足 | 充足 | 増員可(応援含む) |
| 土砂瓦礫 | 極多量 | 多量 | 少量 | なし |
| 浸水 | 水没状態 | 一部水没 | 軽微 | 通常 |
| 必要資材 | 大量 | 多数 | 少量 | なし |
| 調達 | 調達不可 | 調達難 | 制限有り | 通常 |
| インフラ | | | | |
| アクセス | 不可 | 困難 | 制限有り | 通常 |
| 電気 | 不可 | 自家発対応 | 商用制限有り | 通常 |
| ガス | 不可 | | 制限有り | 通常 |
| 燃料 | 不可 | 困難 | 制限有り | 通常 |
| 水道 | 不可 | | 制限有り | 通常 |
| 通信 | 不可 | 困難 | 制限有り | 通常 |
| 食糧 | 不可 | 困難 | 不足気味 | 通常 |
| 放射能 | 進入不可 | 短時間作業可 | 制限有り | 通常 |
| 復旧業務担当者 | 事業者なし | 不足 | 不安定 | 充足 |
| 仮設仮置き等用地 | 皆無 | 狭小・不足 | 有り・制限有り | 十分有り |



*は図 3.3 によって行う。
 ☆は巻末の参考資料参考_図-1
 および参考_図-2 によって行う。

図 3.2 処理方式の選定フロー

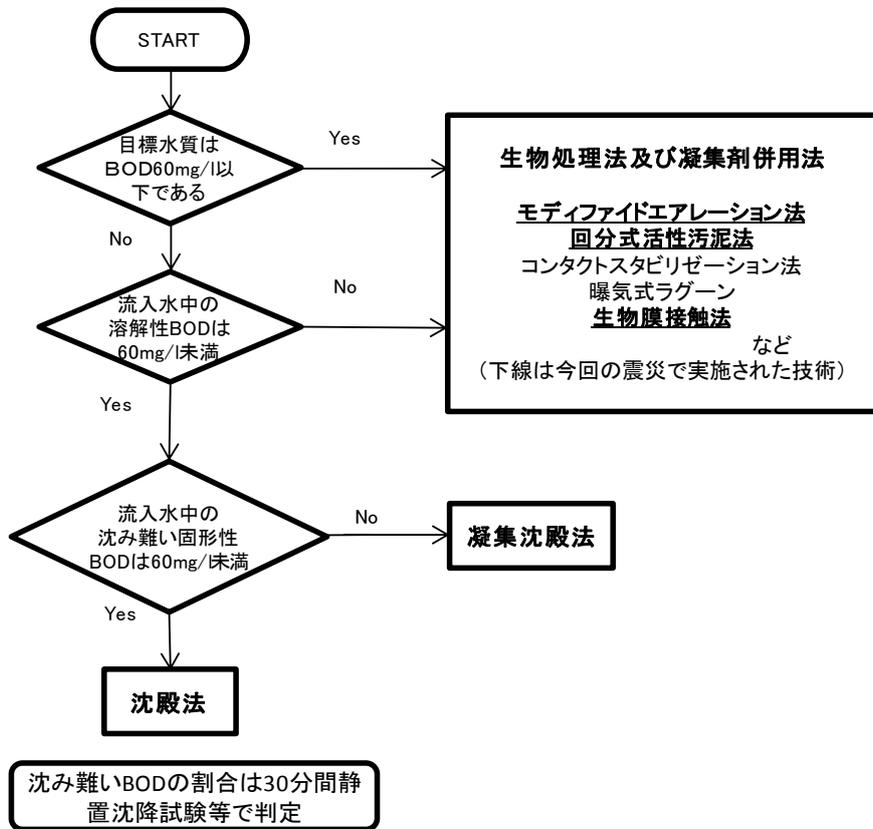


図 3.3 目標水質達成技術の抽出

3.2.2 適用性の検討

選定した処理方式によって目標水質を達成するために必要な滞留時間、送風量、等を算定し、施設の現状や今後の復旧見込に照らして、実際に適用することが可能かを判断する。

【解説】

選定した処理方式を当該施設に適用して目標水質を達成することができるか、検討する段階である。目標水質を達成するために、必要な汚濁削減量を達成できるか、必要な施設の容量等は確保できるか、必要な電力や薬品、要員を確保できるか、発生する汚泥量はいかほどでその処理や処分はできるか、など実際に運用可能か検討する。次に、達成時期を検討する。

- ①はじめに目標達成時期に予想される流入下水の水量・水質から、放流水の水質目標を達成するために必要な汚濁の除去量、除去濃度、除去率等を決定する。
- ②次に、3.2.1において大まかに抽出した処理方式の中から1つ選び、表3.3から該当する処理方式について、必要な施設とその諸元、汚濁除去量に対する汚泥発生量、各種負荷率の範囲等を決定する。
- ③次に、施設の現状および復旧に関する状況をまとめた表3.2に基づいて、目標達成時期において利用可能な施設の諸元と、予想される流入下水量等と上記②で決定した必要な施設の諸元とを比較し、必要な諸元が満足されているか検討する。満足されていない場合は、応急復旧作業等によって必要な諸元を満足できるようになるか、検討を行う。
- ④汚濁除去量に対する負荷率等が適正な範囲にあるか検討し、適正な範囲にない場合は③と同様に、応急復旧作業等によって適切な範囲内に納めることができるか、検討を行う。
- ⑤③④の検討によって、施設の諸元等が必要な要件を満たさない場合は、選出した処理方式は適用不可と判断し、②に戻って別の処理方式の検討を行う。
- ⑥③④の検討によって、施設の諸元等が必要な要件を満たすことが確認された場合は、続いて、必要な資器材や運転要員の確保ができるか表3.4等に基づいて検討し、これが可能な場合は、選んだ処理方式は適用可と判定する。

3.2.3 目標達成時期への対応の検討

適用可と判断された処理方式を実現するために必要な資器材・人員の調達、設備の復旧・仮設および電力の確保、等のために必要な期間を把握し、着手時期等を勘案して現実的な目標達成時期を推定する。その結果を目標を達成すべき時期と比較して最終的な適否を決定する。

表 3.3(1) 消毒技術と適用条件

| 処理方式 | 必要反応時間 | 薬品注入率 | 備考 |
|---------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 塩素消毒 | 15分程度 ¹⁾ | 沈殿処理水に対し10~15mg/L程度 ²⁾ | 必要反応時間の短縮には攪拌混合の改善(希釈混合も有効) |
| UV消毒 | UV出力と必要注入率から計算で求める | 沈殿処理水に対し40mJ/cm ² 程度 | 注入率は実験値 |
| オゾン消毒 | 10~20分程度 ¹⁾ | 沈殿処理水に対し30mg/L程度 | 注入率は実験値 |
| 臭素消毒 | 5分以下で可 ³⁾ | 有効塩素換算0.6~6.4mg/L ³⁾ | 水道水源には適用不可 |
| 二酸化塩素消毒 | 3~5分程度 ⁴⁾ | 5~15mg/L程度 ⁴⁾ | 現場で生成させて使う。爆発性ガスであるが易水溶性。 |

出典：1) 公益社団法人 日本下水道協会 (2009) 下水道施設計画・設計指針と解説
 2) 実施における経験値
 3) 財団法人 下水道新技術推進機構「臭素系消毒剤を用いた消毒技術」
 4) 財団法人 下水道新技術推進機構「二酸化塩素を用いた高効率消毒技術」

表 3.3(2) 簡易処理技術と適用条件

| 処理方式 | 必要反応時間 | 沈殿池水面積負荷率 (m/日) | 薬品注入率 | 汚泥発生率 (乾物) | 備考 |
|-------|------------------------|---------------------|--------------|-----------------|--------------------------|
| 沈殿法 | HRT2時間程度 ¹⁾ | 50以下 ¹⁾ | — | 除去浮遊物量と同じ | 傾斜板等で滞留時間短縮可、池内汚泥の均等引き抜き |
| 凝集沈殿法 | 同上 | 25~50 ¹⁾ | Alとして7mg/L前後 | 除去浮遊物量+添加凝集剤水和物 | 同上。処理水質は凝集剤注入率である程度制御可 |

出典：1) 公益社団法人 日本下水道協会 (2009) 下水道施設計画・設計指針と解説

表 3.3(3) 生物処理技術と適用条件

| 処理方式 | 必要反応時間 | 貯水池水面積負荷率 (m/日) | 薬品注入率 | BOD/微生物量比 (有機物 kg/生物量 kg/日) | BOD容積負荷率 (BOD-kg/m ³ /日) | 汚泥発生率 (乾物) | 必要酸素量 (O ₂ -kg/除去 BOD-kg) | 備考 |
|-----------------|----------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| モディファイド・エレーション法 | 1.5時間以上 | 40以下 | 通常は不要(沈降性改善等必要に応じて添加) | 5以下 | 2.4以下 | 除去BOD量とほぼ同じ | 1.4~ | 負荷率と処理水質はトレードオフ。各数値は文献1)。 |
| 回分式活性汚泥法 | 1日4サイクル以下(1日当たりの処理水量は槽容積の2倍程度まで) | — | 同上 | (2.5以下)* | (1.2以下)* | 同上 | 1.4~1.7 | 同上。流入、曝気、沈殿、排出で1サイクル。各数値は文献1)。 |
| 生物膜接触法 | 0.5時間以上 | 30以下 | 同上(微細SS除去のため凝集剤使用が望ましい) | — | 10以下 | 除去BOD量(+凝集剤反応物発生量) | 0.9~1.4(好気性ろ床の場合、その他は1.4?) | 適宜接触材の生物膜除去が必要。容積負荷率は文献2)。その他は文献1)。 |

*モディファイド法と同じ限度とした場合の最大限度
 出典：1) 松尾他翻訳(1993)水質環境工学, 技報堂
 2) 環境省(2002)産業排水処理技術移転マニュアル 第二部

表 3.4(1) 消毒技術と必要資器材等

| 処理法 | 電力 | 水 | 要員 | 薬品等 資材 | 器材 |
|-------|--|-------|----------|-------------|--|
| 塩素消毒 | 不要(固形、および液体では手動のバルブの開け具合で制御する場合) 要(液体でポンプ注入の場合) | 不要 | 要(薬剤の補充) | 塩素剤 | 液体塩素の場合は貯留槽、注入ポンプ及び制御装置、固形の場合は溶解器 混合接触時間 20 分程度 |
| UV 消毒 | 要 | 不要 | 不要 | 不要 | UV ランプと制御装置 照射水槽と遮蔽板等 |
| オゾン消毒 | 同上 | 要(冷却) | 同上 | 活性炭(廃オゾン処理) | オゾン製造装置と廃オゾン処理装置 オゾン反応塔 |

表 3.4(2) 簡易処理技術と必要資器材等

| 処理法 | 電力 | 水 | 要員 | 薬品等 資材 | 器材 | 備考 |
|-------|----|---------|---------------|---------------|--|----------------|
| 沈殿法 | 要 | 要(汚泥処理) | 要(汚泥管理) | 凝集剤(汚泥処理) | 汚泥用「(引抜ポンプ、移送ポンプ、脱水関連設備・配管)沈殿池、汚泥引き抜きポンプ、かき寄せ機 | 安定処理のため汚泥処理不可欠 |
| 凝集沈殿法 | 同上 | 同上 | 要(薬剤の補充、汚泥管理) | 凝集剤(水処理、汚泥処理) | 汚泥用+凝集用(貯槽、ミキサ、ポンプ) | 同上 |

※仮設沈殿池の場合、汚泥の掻き寄せや引き抜きが困難であるため、その場合は仮設沈殿池の撤去時にまとめて除去する対応も考えられるが、処理水質への影響についても留意が必要である。

表 3.4(3) 生物処理技術と必要資器材等

| 処理法 | 電力 | 水 | 要員 | 薬品等 資材 | 器材 | 備考 |
|-----------------|----|---------|-----------------|-----------|--|----------------|
| エアリフト エレーション | 要 | 要(汚泥処理) | 要(曝気及び汚泥管理) | 凝集剤(汚泥処理) | 送水、送風、散気、返送及び汚泥用 沈殿池+掻き寄せ機 +汚泥引抜きポンプ +反応タンク | 安定処理のため汚泥処理不可欠 |
| 回分式 活性汚泥法 | 同上 | 同上 | 要(サイクル管理及び汚泥管理) | 同上 | 同上+流入分配、処理水排出 複数の反応タンク、 汚泥引き抜きポンプ | 同上 |
| 生物膜 接触法 | 同上 | 同上 | 同上 | 同上 | 同上 | 同上 |

3.2.4 モニタリング

モニタリングにおける考え方について、地震津波委員会による報告書や提言では、段階的な応急復旧における目標水質を達成するためには、適切な維持管理と放流水および放流先のモニタリングによる確認が必要であると示されている。下水道管理者は、放流先モニタリングの結果によっては、以下のような対応が必要であるとされている。

表 3.5 放流先モニタリング結果と対応

| モニタリング結果 | 程度等 | 応急復旧での対応 |
|-------------------|--------|------------------------|
| 大腸菌群数の超過 | 小 | 塩素消毒における混合方法や添加率の工夫 |
| | 大 | 凝集剤による SS 濃度低下、生物処理の適用 |
| 有機物濃度（BOD、COD）の超過 | 小 | 凝集剤による SS 濃度低下 |
| | 大 | 生物処理の適用 |
| DO | 表層での低下 | 生物処理の適用 |
| | 底層での低下 | 凝集剤による SS 濃度低下 |

出典：国土交通省「下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書 平成 24 年 3 月」より

今回の震災時における放流先の水質状況の事例として、東日本大震災により甚大な被害を受けた宮城県内 4 箇所の浄化センター（石巻東部浄化センター、仙塩浄化センター、南蒲生浄化センター、県南浄化センター）の放流先水域を対象とし、国交省（国総研）が 2012 年 1 月～3 月に水質調査（BOD、COD、大腸菌群数）を行った結果では、応急復旧段階の下水処理水の放流先水域への影響は放流口近傍に限定され、海域等では顕著な影響は見られなかった。このように、応急復旧段階においても下水道管理者がモニタリング結果等をふまえて適切に対応を行うことにより、放流先水域への影響を可能な限り抑えることができると考えられる。今後、段階的復旧が進むにつれてさらに水質も向上し、放流先の状況も改善されることが期待されるが、モニタリングにより確認していくことが必要である。

3.3 応急復旧に適用可能な下水処理方式の例

応急復旧段階で採用する技術は、被災した施設が本復旧するまでの間に、暫定的な処理の役割を担うものである。現時点で、この様な目的に特化した処理技術は開発されていないため、既存技術の中から、施設の被害状況、施設・敷地・人員等の利用可能状況、本復旧の工程等を考慮して、適用可能な技術を採用することとする。

通常の下水处理で用いられている代表的な技術としては、沈殿、簡易曝気、生物処理、消毒が挙げられる。

また、今回の震災対応では導入事例が見受けられなかったため本資料では論じていないが、合流式下水道改善対策向けに開発された技術（固形物除去、消毒等）は、コンパクト化による限られたスペースへの導入、高負荷・高速処理による大きな水面積負荷への対応等を念頭においたものであり、応急復旧段階への導入について検討の余地があるものと考えられる。

3.3.1 沈殿法

沈殿法に用いる施設は、流入生下水を沈殿処理する沈殿池である。その設計及び維持管理については、最初沈殿池の考え方に準じる。

【解説】

設計の参考になるものとして、下水道施設計画・設計指針と解説（以下、設計指針という）では、設計因子として、①形状及び池数、②構造、③水面積負荷、④有効水深、⑤余裕高、⑥整流設備、⑦スカム除去装置、⑧流出設備、⑨汚泥かき寄せ機、⑩汚泥引抜き設備について定めている。

(1) 既存施設を利用する場合

既設の最初沈殿池が利用できる場合は、施設の損傷の程度にもよるが、各設計因子についてそのままあるいは迅速な補修等により対応可能な場合が多いと考えられる。

ただし、地震により②鉄筋コンクリートの水密性が損なわれている場合は最低限の補修が必要である。

また、次のような場合には、設計通りの沈殿除去能力が期待できない可能性があるため、対応策の検討が必要である。

- 1) 一部の系列しか利用できず、①池数が不足、③水面積負荷が過大
- 2) 津波による堆積物等が沈殿池に流入・堆積しており、④有効水深が不足
- 3) 機械電気設備の破損により、⑦スカム除去装置、⑨汚泥かき寄せ機や⑩汚泥引抜き設備等が機能せず、スカムの流出や沈殿汚泥の堆積・流出が発生
- 4) ⑥整流設備、⑧流出設備の破損により、流れが不均等

(2) 仮設沈殿池（素堀、河川の一部せき止め等）の場合

既設施設ではなく、素堀等により仮設沈殿池を設ける場合は、コンクリート構造物でないこと、また敷地面積や水深等に制約があることを踏まえると、上記設計因子の

多くは十分に満たすことが困難であるが、特に①形状及び池数、③水面積負荷、④有効水深、⑤余裕高について、可能な範囲で考慮するとともに、⑩汚泥引抜きについて、可能な限り実施することで、少しでも沈殿処理機能の向上を図るものとする。

(3) 震災の対応事例の考察を踏まえた留意事項

上述の基本的考え方を踏まえて、今回の震災の対応事例を整理すると、留意事項として次の点が挙げられる。

- 1) 素堀・河川せき止めによる仮設沈殿池では、水面積負荷が $50\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$ 以上の場合もあったが、概ね 50 未満で設計および運転管理がなされていた。
- 2) しかしながら、最初沈殿池に通常で期待される除去率（BOD 30～50%、SS40～60%）と比べて、水質面では不十分な処理効率である場合が多く見受けられた。
- 3) これは、特に仮設沈殿池において水深が 1.5～2m 程度とやや浅めであることも一因と考えられるが、汚泥の引き抜き等がほとんど実施されずに（特に初期）、水深がより浅くなるとともに、汚泥の巻き上がり等により沈殿除去効率が著しく低下したものと推測される。
- 4) また、堆積して嫌気化した汚泥からの還元性物質等により、塩素消毒の効果も著しく低下したと考えられる。

上述に加え、特に設計指針の考え方に準じることが現実的に難しい部分としては、汚泥かき寄せ等の汚泥管理が挙げられる。

仮設沈殿池では、水深等が自在に設定できず、汚泥かき寄せ、引き抜き等も困難である。既存の土木躯体を用いる沈殿池でも、汚泥かき寄せ機等の破損、反応タンク等では水深が深すぎる場合等の課題がある。

従って、汚泥かき寄せ等の汚泥管理が可能な沈殿池を早急に復旧させることが、最初の重要な取組となると考えられる。

(4) 震災の対応事例

今回の震災における具体的な対応事例としては、表 3.6 の通りである。

表 3.6 沈殿池および仮設沈殿池の対応事例

| | 沈殿池、仮設沈殿池の対応事例 | 処理センター (宮城県) | 期間 | 放流先 | 寸法 | 処理水量 | 水面積負荷 (m ³ /m ² ・日) | 沈殿時間 (h) | 消毒方法 | 処理水質 | | | |
|-----------------|------------------------------------|-----------------|----------------------|------|---|------------------------|--|-------------|-----------------------|--------------------|-------------------|--------------------------------------|----------------|
| | | | | | | | | | | BOD (mg/L) | SS (mg/L) | 大腸菌群数 (個/ml) | 残留塩素 |
| (土木躯体利用) | 土木躯体利用の沈殿池 (県南浄化センターの復旧ステップ2) | 県南 | H23.6.6~ H23.7.14 | 太平洋 | 最初沈殿池(13.7m×19.2×3.4)+ 反応タンク(6.6m×6.3×5.55)+ 最終沈殿池(13.7m×47.7×3.6) 将来用既存1/2系列(第5、2/2) | 78m ³ /min | 64.3 | 2.61 | 次亜塩 | 160~240 (平均203) | 43~240 (平均139) | 11~3,000 (平均566) | 0.05未満 ~0.1 |
| | 土木躯体利用の沈殿池 (仙塩浄化センターの復旧ステップ1) | 仙塩 | H23.3.22~ H23.6 | 奥山運河 | 予備タンク(2268m ³ +900m ³)+ 最初沈殿池(6981m ³)+ 反応タンク(32063m ³)+ 最終沈殿池(14592m ³) 既存2系列(第2、3) | 52m ³ /min | 11.8 | 14.24 | 3.22~固形塩素 3.29~次亜塩 | 97~250 (平均161) | 20~57 (平均41) | 150~980,000 (平均370,458) | 0.05未満 |
| | 土木躯体利用の沈殿池 (石巻東部浄化センターの一次放流対策) | 石巻東部 | H23.4~ 24.4 | 太平洋 | 3.95m×16.2m×3m× 2水路×4池 | 8,000m ³ /d | 31.3 | 2.30 | 固形塩素 | 5.3~140 (平均67) | 20~170 (平均67) | 30~110,000 (平均6,637) | 0.05未満 ~2.0 |
| (素掘・河川設一沈殿せき止め) | 処理場敷地内の素掘沈殿池 (県南浄化センターの復旧ステップ1) | 県南 | H23.4.2(4.4) ~6.7 | 太平洋 | 35m×35m×1.5m | 32m ³ /min | 37.6 | 1.28 | 次亜塩 | 75~240 (平均159) | 12~73 (平均29) | 38,000~ 430,000 (平均178,667) | 0.05未満 |
| | 増田川の一部せき止め | 県南 | ~H23.5.31 | 増田川 | 10m×70m×2m | 8m ³ /min | 16.5 | 2.92 | 次亜塩 | 160~300 (平均248) | 25~54 (平均41) | 150,000~ 1,200,000 (平均437,000) | 0.05未満 |
| | 処理場外敷地(多賀城緩衝緑地)での素掘沈殿池 | 仙塩 | H23.3.20 ~8.5 | 砂押川 | 30m×30m×2m | 8m ³ /min | 12.8 | 3.75 | 固形塩素 | 120~200 | 24~28 | 1万以上~11万 | 0.05未満 ~1.6 |
| | 石巻第2ポンプ場(真野川)での素掘沈殿池 | 石巻東部 | H23.3.26~ 7.19 | 旧北上川 | 18.5m×5m×1.5m | 8m ³ /min | 124.5 | 0.39 | 固形塩素 | 24~170 (平均79) | 14~160 (平均61) | 77~28,100 (平均5,043) | 0.05未満 ~1.5 |

出典：東日本大震災への対応について、宮城県ホームページ
http://www.pref.miyagi.jp/gesui/70_saigai/76_H23_3_11jisin_suisitu.html
 宮城県資料 より

(5) 詳細な技術事項 (参考)

仮設沈殿池を含め、応急復旧段階で沈殿処理を行う場合の水面積負荷率は 50m³/m²/日未満、容積は水理学的滞留時間 2 時間分程度以上を確保することを目標とすること。また、水面積負荷率と汚泥堆積量の制御が主たる作業となる。

【解説】

応急復旧段階で最も一般的な処理である沈殿処理は、下水中の汚濁物質のうち重力沈降によって沈殿可能な成分を除去することによって放流水の水質改善をはかる処理方式である。仮設沈殿池を使用する場合の池の深さは汚泥堆積の厚さと越流部分の流出速度を考慮して決める。通常は 1.5~2m とする。

必要容積確保困難又は水面積負荷率が 50m³/m²/日を超える場合は、傾斜板等の沈殿効率を高める補助材を利用することによって目標水質を達成できる場合がある。その場合は、傾斜板等により汚泥の収集・排除が妨げられないようにしなければならない。

仮設沈殿池では短絡流の発生による水質低下を防止するために整流壁等を適切に配置すること。また、汚泥排出管等を予め設置し、汚泥排出が池内均等に行われ、堆積汚泥の腐敗による硫化水素ガスの発生や水質悪化が防止できるよう配慮しなければならない。

なお、通常の沈殿池に備わっている越流堰による均等排出機能や掻き寄せ機能、ポンプによる汚泥排出機能などを持たない仮設沈殿池やこれらの機能が損なわれている沈殿池の場合、適切な管理は困難であり、十分な除去機能を発揮できない場合が多い。

沈殿処理を行う場合は、汚泥の処理処分についてめどが立っていなければならない。汚泥の脱水設備は被災しても速やかに機能を回復することができるよう、日頃から対策を講じておく。また、万一、汚泥処理設備が機能を喪失した場合は、汚泥の場内への蓄積とのバランスを考えながら沈殿処理を行わなければならない。

(6) 仮設沈殿池（素堀等）

既設の沈殿池に瓦礫が堆積しているなどの理由で、一時的に躯体が使用できない場合は、仮設沈殿池で対応する。設置にあたっては、以下の点に留意する。

- ・ 仮設沈殿池の設置場所については、造成予定地および放流地点をあらかじめ決定しておくことが望ましい。処理場の敷地内にスペースが確保できない場合などは、周辺の民地を借り上げる等の措置が必要となるが、手続きに時間がかかる可能性が高いため、事前に協議しておく必要がある。
- ・ 水みちが形成されないよう、流入位置の調整、阻流体の設置・調整など、均一流路の確保に留意すること。
- ・ 汚泥引き抜き作業に先立ち、引き抜き汚泥の排出先とを結ぶ排出管の接続や破断の有無を確認すること。
- ・ 流出部から沈殿汚泥が流出しないように、汚泥の引き抜きをコントロールして沈殿汚泥の界面を低い位置に保持する。また、越流速度の調整や排水ポンプの位置の調整を行って局部的な速い流れによって汚泥が吸い出されないようにすること。
- ・ 沈殿した浮遊物が腐敗しないうちに排除するよう、均等な汚泥引抜きを行うこと。
- ・ 海水混入による硫化水素の発生は、有効塩素を消費し塩素消毒効率を低下させるほか、ガスの突出による事故の発生が懸念されるので、汚泥の嫌氣的堆積部が生じないように引き抜き管理を行う。また、引き抜き等の作業の際にはガス突出等による事故発生の防止に努めること。
- ・ 気温・水温の上昇による腐敗の進行、水温低下による凝集反応や固形剤溶解速度の低下、等に留意すること。

仮設沈殿池を設置した事例として、宮城県県南浄化センターでは、2011年4月2日より敷地内に素堀りの仮設沈殿池が設置され、仮設ポンプ・配管により簡易沈殿処理を実施の上、消毒し放流している（図 3.4）。また、同県仙塩浄化センターでも、隣接する多賀城緩衝緑地公園に仮設沈殿池を設置し、簡易処理（沈殿+消毒）を行った上で砂押貞山運河へ放流した（図 3.5）。本施設は2011年3月下旬から運用を開始したが、ポンプ等の排水能力の復旧、および臭気の問題等から、同年7月末までに撤去を完了している。



図 3.4 仮設沈殿池の設置事例（宮城県県南浄化センター）

・ 仮設沈殿池 平成23年7月撤去完了



図 3.5 仮設沈殿池の設置事例（宮城県仙塩浄化センター）

出典：宮城県仙塩浄化センター「震災復旧だより(臭気対策編)平成 24 年 1 月 17 日」より

(7) 沈澱池（土木躯体利用）

仙台市南蒲生浄化センターおよび宮城県県南浄化センターでは、既存の躯体までには甚大な被害が及ばず、沈殿池として引き続き活用可能であった（図 3.6）。仙台市南蒲生浄化センターでは被災後 1 週間で沈殿・消毒処理を開始し、当初は高い値であった SS 濃度が徐々に低下し始めた（図 3.7）。

既設の沈殿池が使用可能な場合、運用にあたっては以下の点に留意する。

- ・ 掻き寄せ機能がない場合は、越流堰からの流出が均等になる様に堰板を調節すること。その他は仮設沈殿池の場合と同様の運転管理とする。
- ・ 掻き寄せ機能があるが、汚泥引き抜きポンプが使えない場合は、汚泥ホッパー部分に水中汚泥ポンプを設置するか引き抜き管と自吸ポンプを設けて汚泥引き抜きを行い、ホッパー部分の汚泥界面を管理する。
- ・ 汚泥ポンプと汚泥排出先との接続パイプ等の異常の有無を確認すること。

1) 汚泥掻き寄せ機

既存沈殿池の場合は掻き寄せ機能が回復していることが望ましい。掻き寄せ機能が回復していない場合は池内に汚泥堆積部分が生じないように仮設ポンプ等を適切に配置する必要がある。

なお、掻寄機を使用しないポンプによる汚泥の排出による対応は非効率であり、地震時に最も被害を受けやすい物の一つが矩形沈殿池の掻き寄せ装置であることから、早期の機能回復に向けた対策を講じておくことが望ましい。掻寄機は躯体に合わせた受注生産であるため修理に時間がかかるため、損傷を受けやすい部品を準備しておくことや、保守点検業者との連携を取っておくことなどが有効と考えられている。被災を想定し、予備品の確保やメンテナンス業者との連携などにより、早期復旧のための体制を整えておくことも一つの方策である。復旧が容易な掻き寄せ方式の開発なども考えられる。

2) 汚泥引抜ポンプ

既存沈殿池の場合は掻き寄せ機能と共に既設汚泥ポンプ機能が回復していることが望ましい。応急措置による場合は汚泥発生量に応じたポンプ能力を確保することが必要である。

3) 汚泥発生量

汚泥固形物発生量は除去SS量に等しいものとする。発生汚泥の濃度は平常時の最初沈殿池引抜き汚泥と同等か低めに設定する。



図 3.6 既存沈殿池の活用

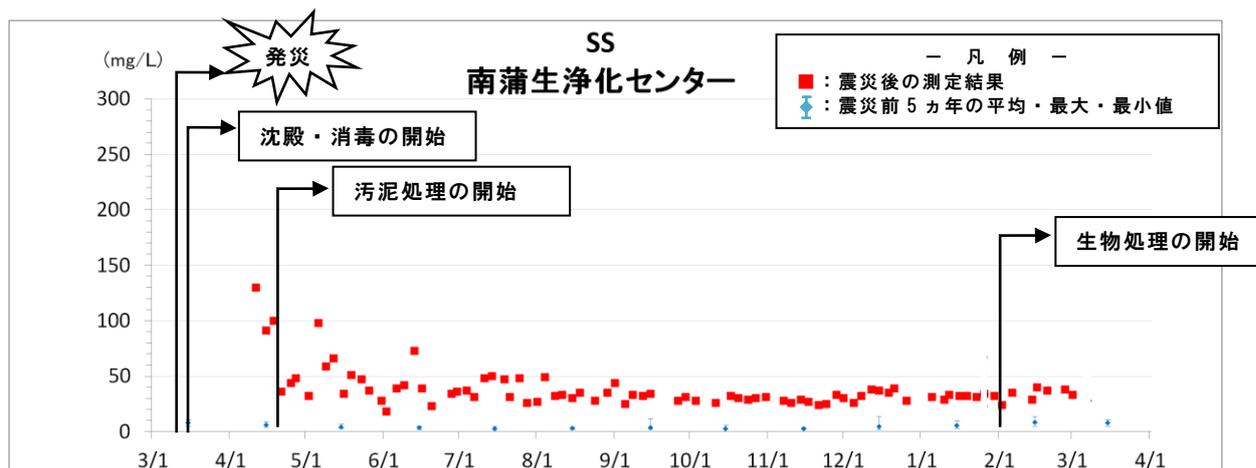


図 3.7 沈殿の開始と放流水の SS 濃度の関係（仙台市南蒲生浄化センター）

3.3.2 凝集沈殿法

沈殿のみで十分な固液分離が得られない場合には凝集沈殿を行うものとする。

凝集沈殿法に用いる施設は、生下水の沈殿池または仮設沈殿池であり、凝集剤のかくはん池がない場合が多いため、かくはん混合を考慮して凝集剤の注入位置を設定する。

【解説】

凝集沈殿法は、平常時では化学凝集剤を使用してコロイド物質までを除去対象とする沈殿処理法であるが、被災時の応急復旧段階においては、沈降しにくい有機物が多い下水を沈殿処理のみで BOD 60mg/L 程度の水質に達せしめるために用いることができる。

設計指針においては、下水処理水中の SS や有機物除去を目的とした凝集沈殿法について示されており、急速かくはん池、緩速かくはん池及び沈殿池で構成されること、附属設備として凝集剤の貯槽と注入ポンプ等が必要であることが整理されている。

被災時に生下水を対象として凝集沈殿を行う場合、急速かくはん池や緩速かくはん池に相当する施設が存在しないのが一般的と考えられるため、それらの施設が担うべき機能を他の方法で代替する必要がある。技術的な詳細については次の通りである。

（急速かくはん）

凝集剤の注入後直ちにかくはん混合されることが必要であり、通常は急速かくはん池で行われる。その代替としては、沈砂池ポンプの吸入口または吐出口の近傍に注入することでかくはん混合させることが考えられる。注入後に汚水調整池に流入する場合には、そこでフロックが形成されて固形物が沈降することも考えられるが、通常はかくはん装置が設けられていることから、大部分は後段の最初沈殿池に運ばれて沈殿すると考えられる。

また、沈殿池入口の手前にかくはん機を設置できる場合は、そこで注入してかくはん混合を実施することも可能である。

(緩速かくはん)

急速なかくはん混合後にフロック形成に必要な緩やかなかくはん混合状態が 10～30 分続くことが望ましく、通常は緩速かくはん池で行われる。その代替としては、沈殿池への流入部及び流入後の流れの中でかくはんがなされフロックがある程度は形成されることが期待できる。

(沈殿池容積等)

沈殿池容積は流入水量の 2 時間相当分程度が必要であり、水面積負荷率は 25～50m³/m²/日とする。沈殿法の場合と同様に沈殿時間が不足する場合は傾斜板等の沈殿効率を高める方法を併用することができる。

(貯槽及び注入ポンプ等)

凝集剤の貯槽及び適量を注入することができるポンプ等が必要である。注入ポンプの設置位置は、かくはん効果等を考慮して設定する。

(凝集剤の選定等)

凝集剤は効果が確実なものの中から、価格、入手のしやすさ、使いやすさ、放流先への影響、汚泥の脱水性などを勘案して決定する。PAC 等の無機系凝集剤が主体であるが、十分な凝集効果を得ることができない場合に有機系高分子凝集剤を併用することによって良好な結果を得ることができる場合がある。

凝集剤には液体のものと濁水処理用に開発された固形状のものが入手可能であり、液体のものを利用する場合は注入ポンプ及び薬液貯留槽が必要である。固形状のものはメーカーの取扱説明に従って適切な方法で注入するが、一般的には、水温、接液面積、接触部分の流速との関係から適切な注入率となる様に配置方法に留意する必要がある。

分流式下水の直接凝集処理実験ではスラッジブランケット型沈殿池で硫酸アルミニウムを使用した場合に、アルミニウムとして 7mg/L 以上の注入率で 60%以上の浮遊物除去率が達成されている (図 3.8 参照)。浄水処理では濁質の重量に対してアルミニウムを 5～20%添加するのが PAC の標準的な使用量とされている。

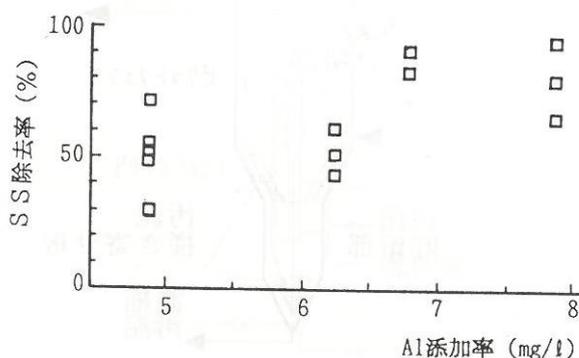


図 3.8 アルミニウム添加率と SS 除去率との関係 (建設省総合技術開発プロジェクト「バイオテクノロジーを活用した新排水処理システムの開発」報告書平成 3 年 2 月より)

凝集剤の種類と注入率の選定は実際の処理対象下水を用いてジャーテスト等を行い、実際の攪拌条件等を考慮し、慎重に決定する。凝集剤の注入率の設定にあたっては、上述の情報を参考にして対象下水によるジャーテストを行い、適切な注入率を決定することが望ましい。

沈殿池の掻き寄せ機及び引き抜きポンプについては沈殿法と同様で、これらが機能することが望ましい。

汚泥発生量は浮遊物等除去率の上昇に伴う増加のほか、添加凝集剤成分の水和反応物分が加わることになる。また、発生汚泥の濃度は凝集剤を添加しない場合より低下することが多いので、必要な引き抜き容量や脱水機への投入容量は相当増加することとなる。更に、発生汚泥の脱水性も沈殿汚泥とは異なるため、脱水用凝集剤の選定のほか、必要な脱水機能力、その他関連機器の能力についても検討が必要である。

管理における主要なポイントは次の通りである。

- ・凝集剤注入率の管理

確実に注入されていること。

注入直後に下水との混合：攪拌が十分に行われていること。

注入量が適切で良好な凝集フロックが形成されていること。

凝集剤注入位置の管理：

沈殿池流入までに十分な反応時間が見込まれる位置で、注入後速やかに混合攪拌が行われること。

凝集剤貯蔵量の管理：

使用量や発注から納入までの時間を考慮し、常に十分な貯蔵量が確保されていること。

貯蔵タンクの温度が使用する凝集剤の凍結温度以下になる恐れがある場合はタンクとこれにつながる注入配管の保温を行う。

凝集効果の管理：

水温や流入水質の変化に対応して、良好な凝集効果が得られるよう、注入率や攪拌混合状況を調整する。必要に応じて使用薬剤の変更や高分子凝集剤等の併用も検討する。

沈殿池の管理：

3.3.1 (5)に準ずる。

凝集汚泥は一般的に生汚泥より軽く沈降しにくい。そのため、水面積負荷率や越流堰負荷が大きいと流出しやすい。また、沈殿の密度も低く、かつ変動するため、汚泥界面が高くなる傾向があり、汚泥引き抜き管理に留意する必要がある。

3.3.3 簡易曝気（簡単な生物処理）

簡易曝気は嫌氣的雰囲気の流れ下水または沈殿処理水に空気を吹き込み、腐敗の進行を防止して水質改善を図るために行う補助的な措置である。

【解説】

送風機（エアレータ）は、生物反応槽に酸素を供給するために不可欠の設備であり、段階的復旧において処理水質向上の要となる装置である。耐震化、耐水化が重要であると考えられ、浸水エリアにある処理場で地下管廊に設置しているケースなどでは設置場所の変更を含む対策が必要と考えられる。（腐敗防止のための必要ばっ気量に関する情報＝1994年版下水道施設計画・設計指針と解説「予備エアレーションタンクに関する参考資料」より HRT10～20分、送気量は水 1m³に対して空気 1m³とした）

宮城県仙塩浄化センターでは、2011年7月上旬に仮設ポンプを設置し、攪拌によって腐敗の進行を止めることを目的として簡易曝気処理を開始した（図 3.9）。また、本処理場の放流水における水質モニタリングの結果（図 3.10）をみると、簡易曝気開始後から BOD 濃度の低下が確認されている。



図 3.9 簡易曝気の実施状況（宮城県仙塩浄化センター）

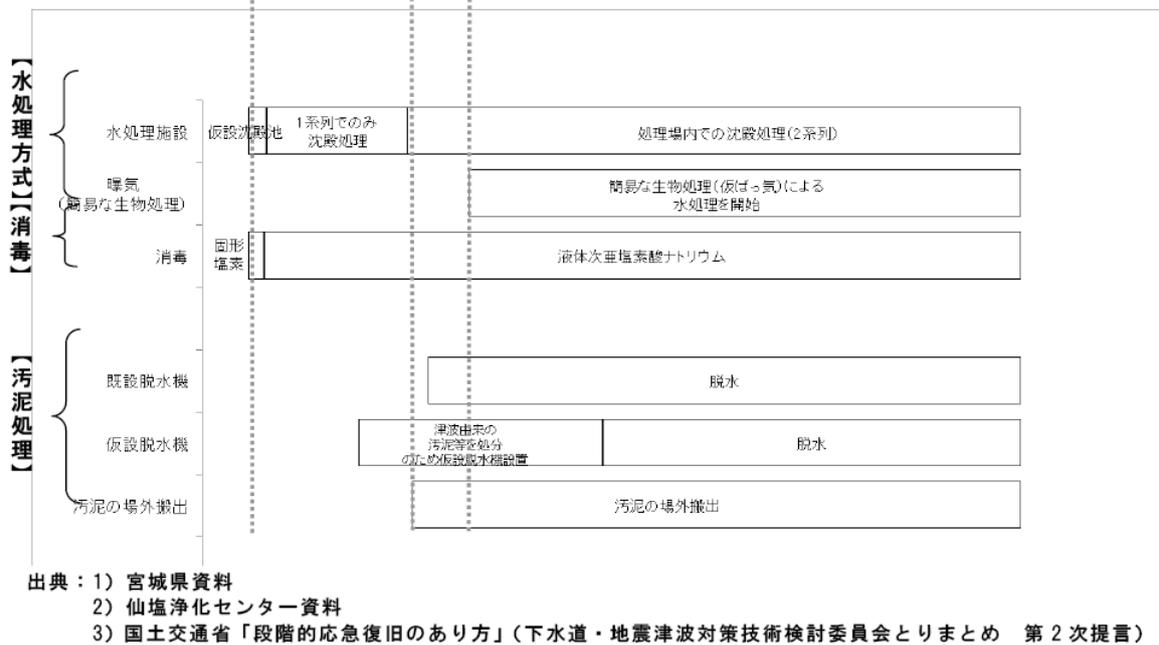
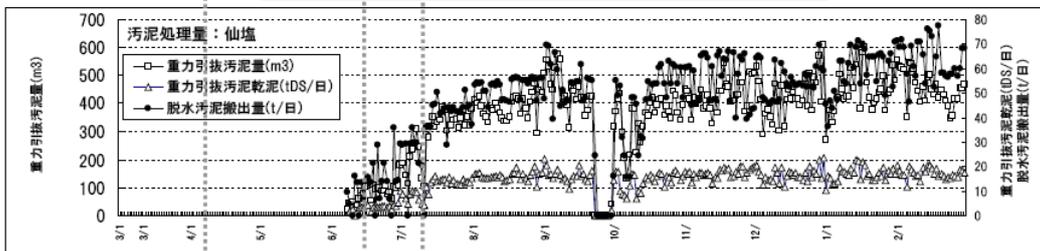
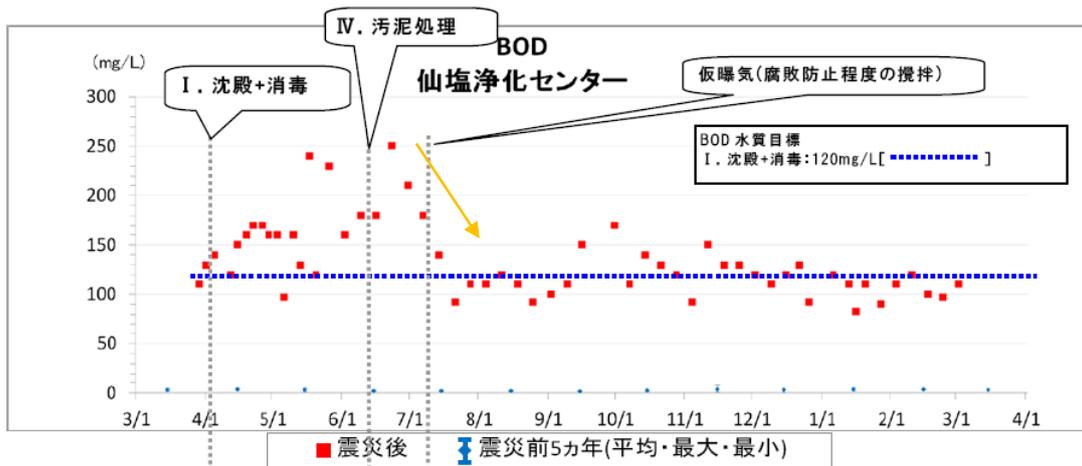


図 3.10 震災後の段階的処理と放流水水質 (BOD) との関係 (宮城県仙塩浄化センター)

3.3.4 生物処理

沈殿処理や凝集沈殿による目標水質の達成が困難な場合は生物処理の適用を検討する。生物処理方式は、応急復旧における制約、被災前の処理方式、本復旧で採用される処理方式を考慮して、選定する。

【解説】

今日の処理場では、標準活性汚泥法及びその変法が用いられている場合が多いが、応急復旧段階の暫定的な処理法として被災前と同じこれらの処理法を採用しようとした場合、良好な処理水質を得るためには、適切な滞留時間を与える反応槽容積の確保、効率的な曝気装置の整備、活性汚泥濃度を適正な水準に保つための汚泥返送・引き抜きや最終沈殿池の確保を含めた精緻な汚泥管理、さらには余剰汚泥の適正な処理処分等が必要となる。しかしながら、本復旧に向けた工事を進める中で、一部の系列のみで全流入水を処理しなくてはいけない場合、汚泥管理や曝気のための機器・施設が不十分な場合、汚泥の処理処分が完全復帰できていない場合等の制約のある条件下では、これらの要件を満たすことが難しい場合が多いと考えられる。

従って、暫定的な処理法としては、限られた反応槽容積でより多くの下水を処理できる処理法（水面積負荷、BOD 容積負荷が大）、汚泥管理が簡易で汚泥発生量も少ない処理法のうちで、そこそこの処理水質を達成できるものが採用しやすいと考えられる。こうした処理法の中には、中級処理としての適用も含めて過去に用いられていたものの、現在新規には採用されていない処理技術も含まれているため、過去の資料も参考にして設計及び維持管理の考え方を整理する必要がある。

本資料では、今回の震災における対応事例が、生物膜法の一つである接触酸化方式であることを踏まえ、まず同法についての基本的考え方および事例における処理状況等を取り上げる。また、被災前の処理方式と同じ方式を採用することも合理的と考えられるため、平常時の採用事例が多い活性汚泥法等の浮遊生物処理方式やそれ以外の処理方式についても技術的解説を述べる。

(1) 接触酸化法及びその他の生物膜処理方式（例えば好気性ろ床法、RBC：回転生物接触法、嫌気好気ろ床法等）

設計の考え方

生物膜処理方式は、適切な生物膜保持材を反応容器内に設けて下水を供給し、保持材表面の微生物膜に BOD を除去させる処理法である。我が国では回転生物接触法や保持材の下部から散気する好氣的浸漬ろ床タイプが一般的である。生物膜と接触した後に固液分離を行い、保持材から剥離した生物膜を汚泥として除去する必要がある。

平常時の生物膜保持体単位面積当たりの有機物（BOD）負荷は、RBC の場合の参考値として $0.098\sim 0.0197\text{kg/m}^2/\text{日}$ であり、通常の処理を念頭に設計指針等で示されている BOD 容積負荷の目安としては、接触酸化法では $0.3\text{kg/m}^3/\text{日}$ 程度、好気性ろ床法では $2\text{kg/m}^3/\text{日}$ 以下とされている。

一方、災害時の応急復旧では、処理効率の高い技術の採用も含めた設計及び維持管

理の工夫等により、平常時の処理を念頭に推奨されている負荷率よりも高い負荷率を選択することも可能と考えられる。今回の震災における対応の事例として、南蒲生浄化センターで採用された「揺動式生物膜法」について、効果検証のために下水道事業団がおこなったベンチスケール実験では $5.2\text{kg}/\text{m}^3/\text{日}$ の負荷において処理水の目標水質 (BOD) の $40\sim 60\text{mg}/\text{L}$ を達成と報告されており、メーカー見解では 20 倍の $6\text{kg}/\text{m}^3/\text{日}$ でも可能とされている。

一般に、負荷率の増加にともない処理水質は低下する傾向にあると考えられるが、有機物負荷率の限度及びその際の処理水質については、流入水量および水質の変動、ろ材の特性、沈澱池の滞留時間、汚泥返送の有無等の様々な要因に影響されるため、上述の例のように設計及び維持管理の工夫等により、高い負荷率のもとで中級処理程度の水質を確保することも十分に可能と考えられる。

また、負荷率の増加と共に保持体上の生物膜増殖速度も増加するので、目詰まり防止等のために洗浄の頻度を増加させる等、維持管理への適切な反映も必要である。

仙台市南蒲生浄化センターでは、被災前は標準活性汚泥法（擬似嫌気好気法運転）による浮遊生物処理方式であったが、被災した前曝気槽を活用して接触酸化法（揺動式生物膜法）による中級処理を 2012 年 1 月末に半系列を、3 月末に全系列で運転を開始している。2012 年 2 月より開始している。（図 3.11）。図 3.12 に示すとおり、放流水 BOD の推移をみると、接触酸化法導入後は徐々に減少する傾向にある。

また、気仙沼市では気仙沼終末処理場が復旧するまでの間に発生する下水を処理するため、接触酸化法を用いた応急処理施設が設置された（図 3.13）。大きさは 40 フィートコンテナサイズにコンパクトにまとめられ、日最大処理水量は $75\text{m}^3/\text{日}$ となっている（気仙沼市鹿折中継ポンプ場）。

維持管理の考え方

接触酸化法ユニットは膜の剥離により処理水 SS 濃度を上昇させることがあり、定期的に生物膜を除去するメンテナンスが必要である。

沈殿池で微細フロックの沈降が不十分な場合は（高分子）凝集剤の添加により SS 除去性を高めて水質の確保を図る（沈殿池を用いる方法の場合）。

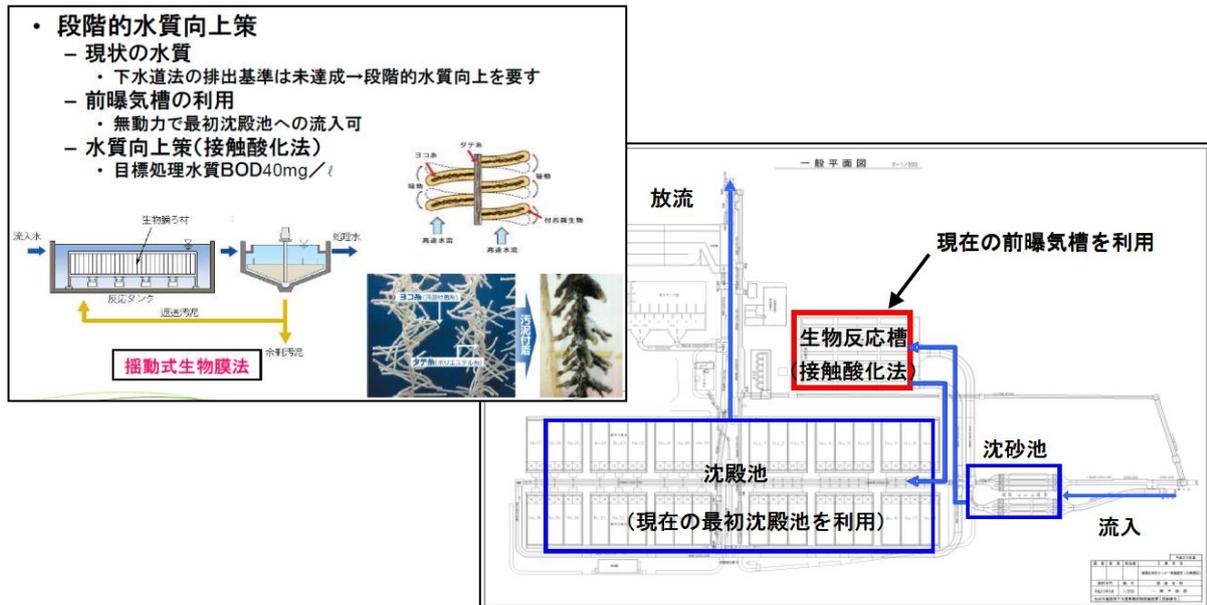


図 3.11 前曝気槽を活用した生物膜処理方式（接触酸化法：揺動式生物膜法）
（仙台市南蒲生浄化センター）

出典：仙台市「東日本大震災における仙台市下水道事業の被災と復旧」平成 24 年 1 月

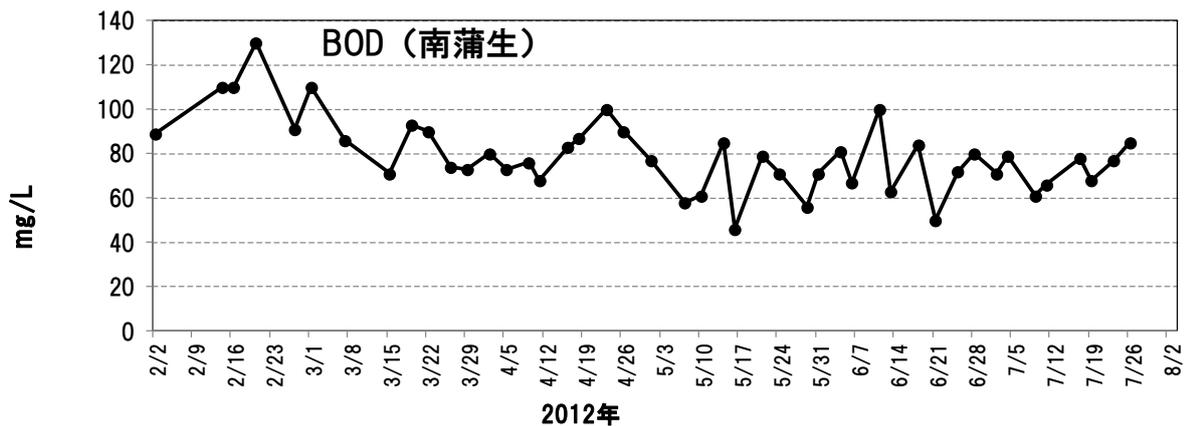
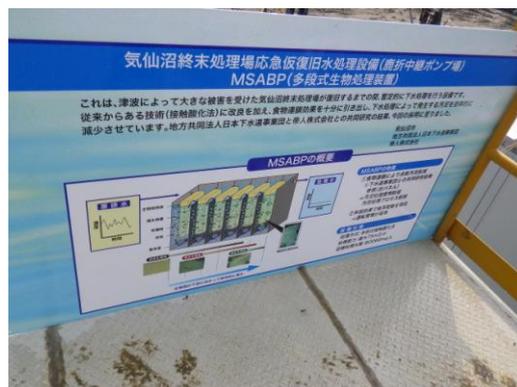
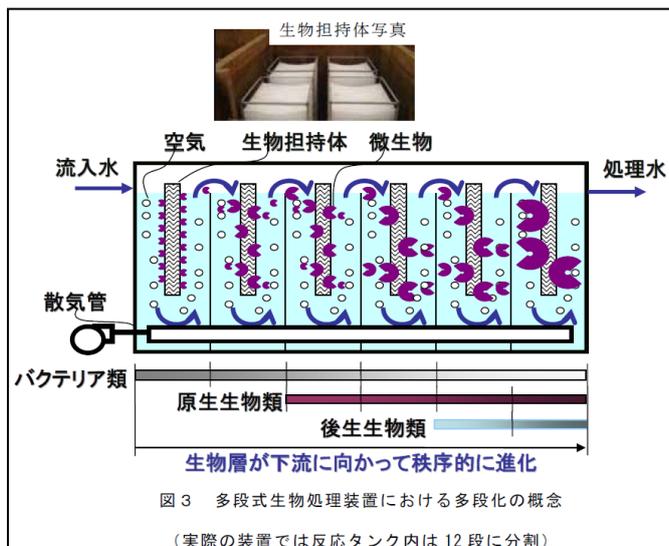


図 3.12 接触酸化法導入後の放流水 BOD の推移（仙台市南蒲生浄化センター）



水質測定結果

| | COD (mg/L) | BOD (mg/L) | SS (mg/L) | T-N (mg/L) | T-P (mg/L) |
|-------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| 10/24 | 5.3 | 1 | 1 | 12 | 0.3 |
| 11/28 | 89 | 45 | 8 | 28 | 2.5 |
| 12/20 | 28 | 7.7 | 7 | 28 | 2.7 |
| 1/24 | 28 | 21 | 6 | 23 | 3.2 |

図 3.13 接触酸化法（多段式生物処理装置）による水質浄化施設

出典：日本下水道事業団記者発表資料「気仙沼市における応急処理施設の整備について」平成 23 年 10 月 7 日
気仙沼市資料

(2) 浮遊生物処理方式（標準活性汚泥法や OD 法とその変法）の場合

設計の考え方

浮遊生物処理方式としては、標準活性汚泥法、OD 法、各種変法が考えられる。変法としては、モディファイドエアレーション法、回分式活性汚泥法、コンタクトスタビリゼーション法等が挙げられる。また、それ以外の処理法の候補としては、曝気式ラグーン法が挙げられる。

1) モディファイドエアレーション法

モディファイドエアレーション法は標準活性汚泥法の高負荷型であり、残存施設の応急措置によって適用できる可能性が高い方式である。また、処理施設の機能回復の程度に応じて順次 BOD 負荷を削減し、段階的に処理レベルを向上させることができる。

適用範囲は、F/M 比（BOD/MLVSS 5 (kg/kg/日) 以下（MLSS 200mg/L 以上） HRT 1.5 時間以上、BOD 容積負荷 2.4kg/m³/日以下 とされる。

適用にあたっては、所期の目標（BOD 除去量）を達成することができる曝気槽容量、沈殿池（HRT2 時間、水面積負荷 40m²/日以下）、送風機および散気装置（必要酸素量を供給できること）、返送汚泥ポンプ、汚泥引き抜きポンプが必要である。

2) 回分式活性汚泥法

回分式活性汚泥法は沈殿池が不用で、複数の反応タンク、または、一つの反応タンクと十分な容量の流量調整池があれば適用できる方式である。汚泥の沈降性が悪化しない範囲内で高負荷運転も可能であり、比較的適用の柔軟性が高いと考えられる。低負荷運転の実績もあるので沈殿池が機能しない OD 法施設への適用も可能である。

反応タンク（流量調整池）に下水を分配して流入させるためのポンプまたはゲート（自動で遠隔制御できるものが望ましい）、処理水を排出するためのポンプ等、汚泥引き抜きポンプ、所期の BOD 除去に必要な酸素供給能力を有する送風機および散気装置と曝気を間欠で行うための制御装置が必要である。

3) コンタクトスタビリゼーション法（国内実施例がないため参考）

コンタクトスタビリゼーション法は生物反応槽を吸着槽と安定化槽に分けることで処理装置の容量を小さくすることができる。国内での実施例はない。曝気槽では汚泥と下水を 1 時間前後接触させ、沈殿池に導く。汚泥返送系に安定化槽を設けておき、そこで十分に曝気することで、微生物の BOD 吸着能力を再生する。

4) 曝気式ラグーン（国内実施例がないため参考）

処理施設本復旧までの間、周辺にある広い空き地等を利用することができ、流入水量、目標とする BOD 除去量に対して十分な滞留時間（数日～10 日）とエアレーター等により必要な酸素供給能力を確保できる場合に適用できる。

適当な固液分離設備を使用し、汚泥返送を行うことによって、良好な処理水質を得

ることができ、処理に必要な滞留時間を短縮できる。

なお、固液分離装置として前処理用のスクリーン装置と浸漬膜を設置すると、処理水の消毒や汚泥返送が不用になるほか、高負荷運転が可能になり、滞留時間の大幅な削減（滞留時間は通常の活性汚泥法と同程度）が可能になる。また、低負荷運転（OD法と同程度）を行う場合は長期にわたり汚泥引き抜きを行わない運転が可能になるなど、応急復旧段階の処理方式としての利点が多くなる。

維持管理の考え方

浮遊生物法では必要送風量や余剰汚泥引き抜き量は異なるが、その他は通常の活性汚泥処理と同様の管理が必要である

曝気の管理：除去 BOD 量と保持している活性汚泥量に見合う曝気量で管理する。反応タンク内の溶存酸素濃度が 0 にならないように注意する（曝気量の調節ができない場合はこの項は不要）。

活性汚泥の管理：設定した MLSS 濃度になるよう ML または余剰汚泥を引抜管理。

沈殿（池）の管理：掻き寄せ機能や汚泥ポンプ機能が回復していない場合は回分式以外の適用は困難である。モディファイドエアレーション法とコンタクトスタビリゼーション法の沈殿池の管理は通常の活性汚泥法の場合と同じ。回分式の場合は設定された処理水量を得ることができるまで十分に界面位置が低下するように MLSS 濃度で管理（BOD 負荷が上昇して水質が低下することあり）。

浮遊式生物処理の実施例として、宮城県県南浄化センターにおける、簡単な生物処理（簡易曝気として開始されたが、汚泥返送もなされ生物処理に近い）の処理状況を図 3.14 に示す。

県南浄化センターの応急復旧状況（H23.9.1）

マンホールからの溢水を回避する緊急対策を終了。
6月7日(火)に、メインポンプが全台(5台)復旧！！

メインポンプの復旧に伴い、処理場内のみ沈殿処理への切替が完了！！
簡易な生物処理(仮ばっ気)による水処理を開始しました。

○ 簡易な生物処理を開始。



簡易な生物処理（仮ばっ気）を開始しました。

処理場内に設置した仮設の送風機。

※簡易な生物処理とは？
仮設の送風機で汚水中の微生物に酸素を供給し、
通常より少ない微生物量や反応時間で
簡易的な生物処理を図るものです。

○ 今後は水処理能力の復旧に向けた作業を行う予定。(段階的に復旧)

図 3.14 簡易な生物処理（簡易曝気）の実施状況（宮城県県南浄化センター）

出典：宮城県県南浄化センター資料

県南浄化センターでは、平成 24 年 3 月時点で処理系列によって汚水処理方法や汚泥の引き抜き状況が異なっていた（表 3.7）。汚水処理方法は沈殿処理のみと沈殿処理に簡易曝気による生物処理を加えたものがあり、汚水流入量の 87%は沈殿処理のみを行っている。

表 3.7 宮城県県南浄化センターにおける各処理系列の概要

| 処理系列名 | 汚水流入量（全流量に対する割合） | 処理方法 | 汚泥引抜 |
|------------------------------------|------------------------------|-----------|-----------------------------|
| ①仮設沈殿池 | 7,200m ³ /日(7%) | [沈殿] | なし |
| ②簡易曝気Ⅰ | 7,500m ³ /日(9%) | [沈殿+生物処理] | あり（一部返送） 余剰汚泥 1.4t/日 |
| ③簡易曝気Ⅱ | 4,000m ³ /日(4%) | [沈殿+生物処理] | あり（3月より一部返送） 余剰汚泥 0.7t/日 |
| ④仮沈殿池（曝気槽や修理が完了していない沈殿池を転用した仮設沈殿池） | 76,160m ³ /日(77%) | [沈殿] | なし |
| ⑤最初沈殿池 | 4,500m ³ /日(3%) | [沈殿] | あり 生汚泥 1.9t/日 |

※データは H24 年 3 月時点

各処理系列内で採水調査をそれぞれ 3 回ずつ行い、BOD、SS、大腸菌群数を測定した。3 回の測定結果の平均値を表 3.8、および図 3.15 に示す。

簡易曝気系列への流入量は全体の流入量に比較して少ないが、汚水処理は適切に行われており、BOD で 94～97%、SS で 97～98%、大腸菌群数で 99.5～99.9%除去されている。負荷量についてみると、②簡易曝気Ⅰ系列は全体の負荷量の約 40%（多いときで 45%以上）、また、③簡易曝気Ⅱ系列では全体の約 20%の BOD を除去している。一方、最も流入量が多い④仮沈殿池系列では、除去量は全体の負荷量の 30～40%と簡易曝気系列と同等であるが、除去効率は低い。曝気風量はⅠ系、Ⅱ系とも 30m³/min で連続運転している。

また、同じ沈殿処理でも、汚泥の引き抜きが行われている⑤最初沈殿池系列と、汚泥の引き抜きが行われていない①仮設沈殿池系列および④仮沈殿池系列とを 1 月の調査結果で比較すると、汚泥の引き抜きが行われていない系列では BOD で 7～8%、SS で 25～39%除去されているのに対し、⑤最初沈殿池系列では BOD で 26%、SS で 59%除去されていた。大腸菌については 9 割近く除去されており、汚泥の引き抜きが水質の改善に効果的であることが示された。3 月の調査時には降雨の影響もあり、沈殿した汚泥の巻き上げ等によって水質が流入水より悪化したと考えられる。

このように、簡易曝気や汚泥の引き抜きを行うことで、負荷の除去効率を向上させることが可能であり、災害時の応急対策として有効である。また、簡易曝気を実施し

ている 2 系列では、汚泥処理も合わせて実施されており（掻き寄せ機も稼働中）、これらの水処理によって効果的に負荷を除去できているものと考えられる。

ここで、②③は、「簡単な生物処理」と呼称されているが、比較的長時間の曝気となっており、特に汚泥返送を行っている運転期間については「生物処理」に近い処理方法となっている。この処理方法については、脱水機の洗浄水を得るために、一部系列について良好な水質が得られる処理法・運転方法として、さらに砂ろ過まで実施していたという側面もあるが、簡易曝気として開始した処理系列で汚泥返送も行うことで生物処理に段階的に向上させた事例として参考になると考えられる。

表 3.8 宮城県県南浄化センターの処理系列毎の水質分析結果

| 調査項目 | 調査日 | 流入水 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
|-----------------------|-------|--------|--------|-----|-----|--------|-------|
| BOD (mg/l) | H24.1 | 153.3 | 140.0 | 3.9 | 9.9 | 143.3 | 113.3 |
| | H24.3 | 133.3 | 146.7 | 3.8 | 4.8 | 156.7 | 130.0 |
| SS (mg/l) | H24.1 | 120.0 | 73.0 | 2.0 | 3.7 | 90.3 | 49.7 |
| | H24.3 | 75.3 | 78.3 | 4.0 | 2.3 | 93.0 | 52.7 |
| 大腸菌群数 (deso)(個/ml) | H24.1 | 166000 | 262667 | 223 | 533 | 341000 | 21000 |
| | H24.3 | 38667 | 49667 | 126 | 190 | 70667 | 83667 |

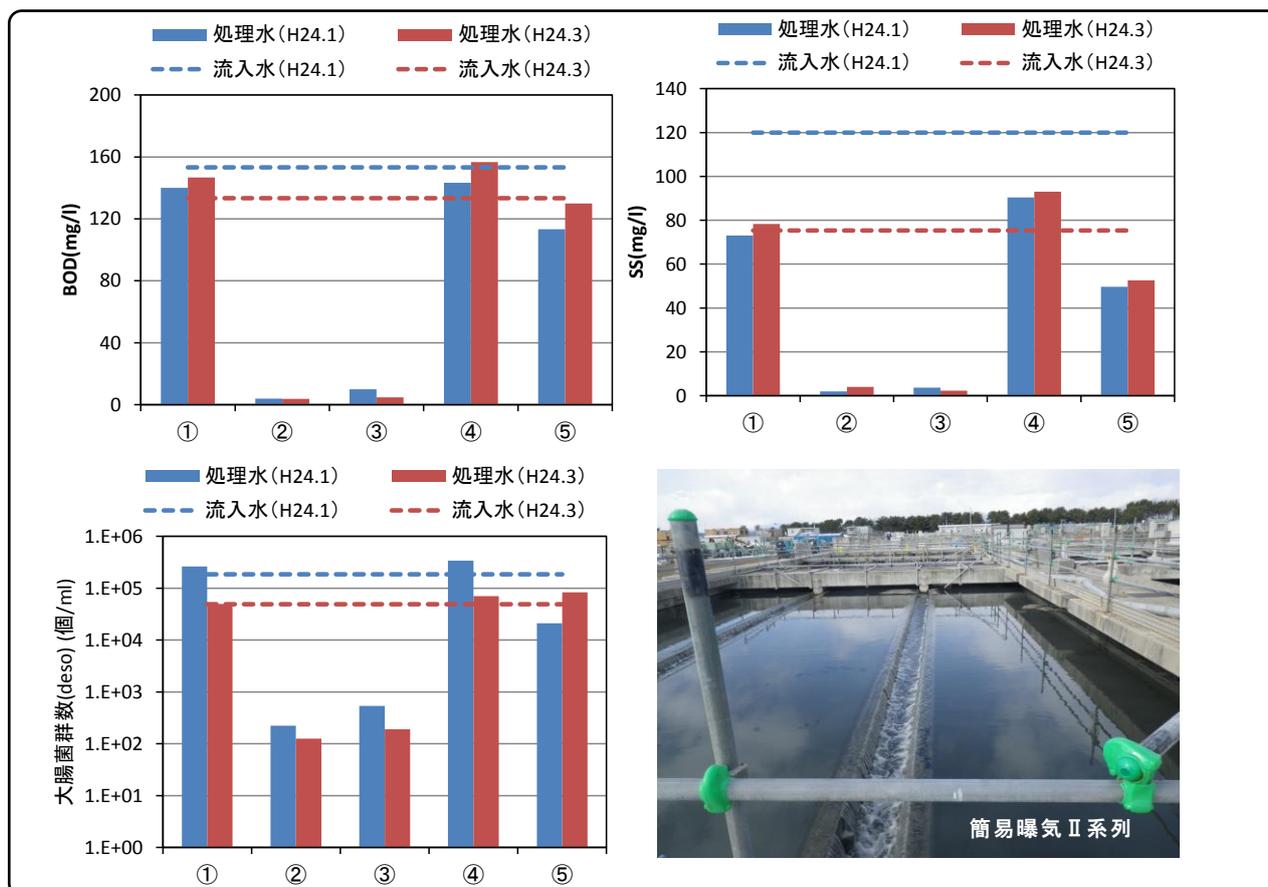


図 3.15 宮城県県南浄化センターの処理系列毎の水質分析結果

3.4 消毒

応急復旧段階における消毒においては、放流先の利用状況や処理水質との関係を考慮し、適切な手法を選択することで処理水中の大腸菌群数を 3,000 個/cm³ 以下とし、処理水の安全性を高めることとする。

なお、応急復旧段階での下水処理水は通常時に比べ、残留する汚濁濃度が高く消毒効果が発揮されにくい。適切な消毒効果が得られていることを確認するため、消毒剤の残留濃度や、指標細菌のモニタリングを行って、確実な効果が得られるよう消毒強度を制御しなければならない。

【解説】

災害時における消毒については、処理場の規模等の特性及び被災前に採用していた消毒方法に応じて次の通り分類して考えることができる。

- (1) 比較的小規模で、被災前も固形塩素による消毒を実施していた処理場での消毒
- (2) 被災前は次亜塩素酸ナトリウム溶液等の液体の塩素剤による消毒を実施していた処理場での消毒
- (3) 緊急措置または応急復旧としての沈殿処理に付随した消毒
- (4) 塩素消毒以外の方法（UV、オゾン等）で消毒を実施していた処理場での消毒

今回の震災における対応事例としては、固形または液体の塩素剤による消毒（1）（2）及び塩素剤を用いた（3）が主体であり、それ以外の UV、オゾン等による消毒（4）における対応事例がないことから、ここではまず塩素消毒について、共通事項を示した上で（1）～（3）の各場合における基本的考え方を述べる。（4）については、詳細な技術事項について、3.4.2～3.4.4 節に後述する。

3.4.1 塩素消毒

（塩素消毒に関する共通事項）

被災前と同じ消毒方法とすることを基本とする。

塩素消毒施設の被災状況に応じて、注入・接触・混和が適切に行えるよう対処する。水処理施設の被災による処理水質の悪化や接触タンクへの汚泥堆積等がある場合や緊急措置または応急復旧としての沈殿処理の場合には、消毒剤の効果が適切に得られるよう注入率を検討する。

平常時より消毒剤の備蓄並びに被災時の消毒剤及び消毒資機材の入手手段の確保に留意する。

【解説】

下水処理場の規模に応じて、安全性、維持管理性、経済性等を踏まえて最適な塩素消毒方法が採用されており、被災後も可能な限り同じ消毒方法を採用することが合理的と考えられる。しかしながら、塩素消毒施設の被災状況及び消毒剤の備蓄及び入手

状況に応じて、被災前と異なる消毒方法を暫定的に採用せざるを得ない場合もある。

塩素消毒施設の主要な装置としては、接触タンク（混和池）、接触装置（固形の場合）または注入装置（液体の場合）、及び薬品貯蔵設備が挙げられる。

既設の塩素消毒施設がそのまま使用できる場合においても、水処理施設の被災により消毒対象の下水の水質が通常の二次処理水相当の水質よりも消毒剤の効果を減じる有機物等の濃度や大腸菌群等の消毒対象の微生物濃度が高いことが想定されるため、消毒剤の効果が適切に得られるように注入率を検討する必要がある。

また、接触タンク（塩素混和池）にがれきや汚泥等の堆積がある場合は、混和を阻害するとともに有機物や嫌気化により生成された還元性物質等が消毒剤の効果を減じる等の影響が想定されるため、消毒効果について留意するとともに、できるだけすみやかに堆積物の除去等の適切な対応を行う必要がある。

塩素消毒剤としては固形塩素が備蓄に適しているため、平常時よりその備蓄に留意するとともに、液体の塩素剤を用いる場合についても、注入装置や貯蔵設備が破損した場合に備えて代替可能な注入ポンプや薬液タンクの入手手段の確保に留意する。

また、消毒剤の入手について、生産・流通の停滞等も考慮して代替手段の確保も含めて準備しておく必要がある。

これらの共通事項を踏まえた上で、消毒方法に応じた各場合における基本的考え方について以下に述べる。

（１）比較的小規模で、被災前も固形塩素による消毒を実施していた処理場での消毒

小規模処理場においては、安全性の確保や維持管理の容易さ（無人・巡回管理が基本であり薬品の補充間隔が長い、消毒剤の使用量が少なく液状の塩素剤では注入ポンプや配管が小口径となり閉塞が起きやすい等）を考慮して、固形塩素が用いられることが多い。

従って、被災時においても、下水の水量・水質の特性としては固形塩素による消毒で十分に対応可能と考えられる。

固形塩素による消毒には、接触装置及び接触タンクが必要である。接触装置が被災して使えない場合は、錠剤を流出防止のネットに入れて流路につるす等の代替的な注入方法を取る必要がある。また、接触タンクが被災して使えない場合は、必要な混和がなされ接触時間が確保できるよう、代替の接触流路及び注入位置を検討する必要がある。

（２）被災前は次亜塩素酸ナトリウム溶液等の液体の塩素剤による消毒を実施していた処理場での消毒

中規模以上の処理場では、消毒対象の下水の流量が大であり、消毒剤の使用量も多く、常駐管理が主体であることから、経済性および注入の容易さ等を考慮して、次亜塩素酸ナトリウム溶液等の液体塩素剤による消毒が実施されている。

従って、被災時においても、下水の水量・水質の特性としては次亜塩素酸ナトリウム溶液等による消毒が適していると考えられるが、塩素消毒施設の被災や消毒剤の入手困難により、暫定的に固形塩素による消毒を実施せざるを得ない状況が発生するこ

とが十分に考えられる。

その場合は、固形塩素による消毒方法の考え方（１）に従って対応することが基本となるが、消毒対象の下水流量が大の場合、必要な大量の塩素を迅速かつ継続的に溶解させて供給するとともに、十分に混和及び接触させて必要な消毒効果を安定的に発揮させることが固形塩素では難しい場合があると考えられるため、できるだけすみやかに次亜塩素酸ナトリウム溶液等による消毒法に復旧することが望ましい。

次亜塩素酸ナトリウム溶液等による消毒には、注入装置及び接触タンク並びに薬品貯蔵設備が必要である。注入装置が被災して使えない場合は、応急復旧として代替の注入ポンプを調達する必要があるが、塩素による腐食等に考慮した選定が必要である。薬品貯蔵設備が被災して使えない場合は、代替的に貯留タンク等を用意して、安全性に配慮しつつ貯留する必要がある。

（３）緊急措置または応急復旧としての沈殿処理に付随した消毒

設計指針では、接触時間は状況に応じて放流きよも含めて 15 分間以上とし、塩素注入率は、流入下水で 7～12 mg/L、最初沈殿池流出水で 7～10mg/L、二次処理水で 2～4mg/L とされている。

従って、緊急措置または応急復旧における沈殿処理後に行う消毒は最初沈殿池流出水を対象とする場合の考え方を基本とするが、沈殿効率が十分でない場合は、最初沈殿池流出水よりも水質が悪く消毒効果に影響する可能性を考慮して、注入率 10mg/L 以上を検討する必要がある。

さらに、沈殿池の堆積汚泥が嫌気化して還元性物質が生成されて塩素が消費される場合は、流入下水に対する消毒よりも余計に塩素が必要となることも考えられ、また、混和及び接触を十分に確保することが施設の状況として難しい場合は、注入率に対応した本来の消毒効果が得られないことも考えられるため、実際の消毒効果（残留塩素濃度及び大腸菌群数）を把握して、大腸菌群数が 1cm³ 中 3,000 個以下になるように注入率を調整する必要がある。残留塩素濃度については、0.1mg/L 程度を目安とするが、大腸菌群数の状況及び放流先水域への配慮等を踏まえて管理する。

【各消毒方法に関する詳細な技術事項（参考）】

以下に、塩素消毒及びそれ以外の消毒方法（UV、オゾン等）について、参考となる詳細な技術事項について述べる。また、消毒剤による微生物の不活化ではないが、膜処理による微生物除去についても参考に示す。

（全般）

簡易沈殿処理水等水質の悪い処理水では、消毒効果の確実性、入手の容易性、経済性等を考慮すると、塩素系消毒剤の使用が適している。しかし、残留塩素や塩素消毒の副生成物に鋭敏な水域など塩素消毒の適用に問題がある水域に放流される場合は UV やオゾンなど塩素以外の消毒法の適用を検討しなければならない。

ただし、最も一般的な塩素剤による緊急措置では、多量の塩素剤を必要とする。一方、薬品取扱業者の元にも在庫量は少なく、製造工場が被災して製品の供給ができな

い事態も発生する。通常のルートによる調達が困難な場合も想定し、対策を検討しておく必要がある。

また、UV やオゾンの場合は、電力供給があり、ランプやオゾン発生装置等が利用可能なら、消毒を行うことができる。しかし、塩素剤のように通常の注入地点と異なるところに注入するといった機動性には欠けるため、特別な場合を除き、緊急事態における適用性には難がある。現場での作業に従事する者への安全性に関して、オゾンには廃オゾン処理が適切に行わなければならないという重大な問題があり、UV についても周囲に紫外線が漏れないよう照射流路には UV 光漏洩防止のための適切な遮蔽が必要というような課題がある。UV 及びオゾン消毒については設備の耐震性、耐水性を向上させることが重要であると考えられる。

(塩素消毒の詳細な技術事項)

沈殿処理水等、応急復旧段階の下水処理水には多くの有機物や浮遊物が残留しており、透視度が低く、大腸菌等の濃度も高い。このため消毒にあたっては、その強度を通常の処理水の場合と比較して相当程度高くしなければならない。

【解説】

適切な消毒条件の設定は次の様に行うことが望ましい。

(1) 固形塩素を用いる場合

- 1) 塩素剤の溶解速度と処理水水温、流速および処理水との接触面積から配置方法と注入率の関係を推定する。
- 2) 注入率 10mg/L (有効塩素として)。但し、沈殿法処理水の場合。水質レベル向上と共に必要注入率はこれより低下する。この値を中心に前後に数段階、実際の処理水で消毒効果(注入前後の大腸菌群の不活化率)を計測し、必要な注入率を決定する。
- 3) 塩素剤注入点は直後に十分な攪拌混合が行われ、注入点以降に汚泥等が堆積する部分がなく、放流まで 20 分程度を要する地点とする。

また、運転管理に際して、以下の点に留意する。

- ・接触後の混合攪拌が確実に行われるよう、注入位置を選定すること。
- ・水温や流量にあわせて、適切な塩素注入が行われるよう、接液面積や流速など固形塩素の配置を工夫し、必要量の供給が行われるようにする。
- ・供給率の管理は指標細菌の濃度測定のほか、残留塩素濃度によって行う。残留塩素濃度は 0.1mg/L 以上を常時検出できることが望ましい。
- ・海水混入があると pH が高くなるため、消毒効果が低下することに注意する。
- ・海水混入による硫化水素の発生は、次亜塩素酸や酸素を消費するので消毒効率・酸素供給能力を低下させることに注意する。
- ・腐敗した下水を対象とする場合は、曝気等によって嫌氣的雰囲気的好氣的雰囲気への改善を図ることが望ましい。



図 3.16 固形塩素による初期段階の消毒の状況（仙台市南蒲生浄化センター）

出典：国土交通省「東北地方太平洋沖地震での下水道処理施設の被害状況と復旧状況について」より

今回の震災における、固形塩素による暫定的な消毒の対応事例として、図 3.16 に仙台市南蒲生浄化センター、図 3.17 には石巻東部浄化センターの事例をそれぞれ示した。石巻東部浄化センターでは、2012年2月時点において、汚水流入量約 16,000m³/日に対し、概ね 120～140kg の固形塩素を投入していたが、放流水の大腸菌群数は震災後と大きく変化していなかった（塩素添加率約 8.4mg/L）。また、今回被災した処理場の多くでは、管渠の破損および地盤沈下によって流入汚水に海水が混入しており、効率的な水処理が困難な状況となっていることも適切な消毒を難しくしている一因と考えられる。

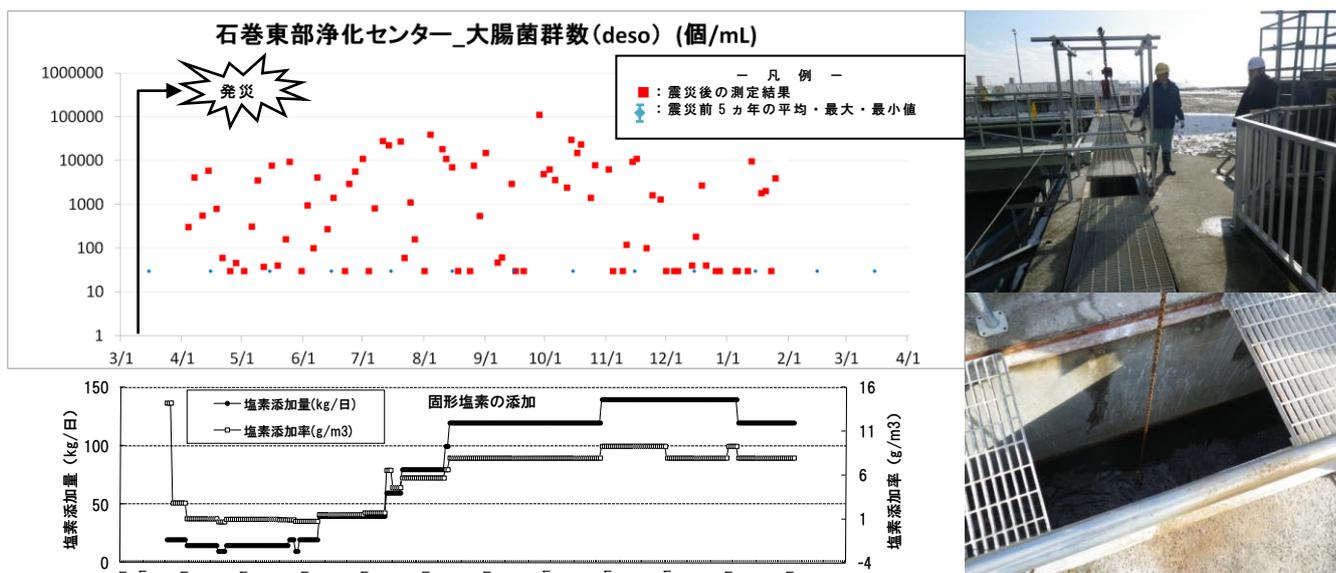


図 3.17 固形塩素による消毒の状況および水質の時系列変化
 (宮城県石巻東部浄化センター)
 出典:宮城県石巻東部浄化センター資料より

(2) 次亜塩素酸ナトリウム溶液を用いる場合

固形塩素を用いる場合の2)、3)と同様である。また、運転管理に際して、以下の点に留意する。

- ・次亜塩素酸ナトリウム溶液の貯蔵量は、貯蔵期間が長くなると有効塩素濃度が低下することを考慮して、適切に定めること。
- ・注入後の混合攪拌が確実にされるよう、注入位置を選定すること。
- ・腐敗した下水に注入する場合は注入前に曝気等によって嫌氣的雰囲気的好氣的雰囲気への改善を図ることが望ましい。
- ・供給率の管理は指標細菌の濃度測定のほか、残留塩素濃度によって行う。残留塩素濃度 0.1mg/L 以上を常時検出できることが望ましい。
- ・海水混入があると pH が高くなるため、消毒効果が低下することに注意する。
- ・海水混入による硫化水素の発生は、次亜塩素酸や酸素を消費するので消毒効率・酸素供給能力を低下させることに注意する。

仙台市南蒲生浄化センターでは、被災後に工場生産の停止などによって次亜塩素酸ナトリウム溶液が入手困難となり、緊急措置として 2011 年 3 月 18 日より固形塩素 (1 日あたり 200g/個×1,000 個) を投入した。その後、2011 年 4 月 14 日から次亜塩素酸ナトリウム溶液 (1 日あたり 12% 溶液 (有効塩素量 10%) を 30m³) に切り替えた。津波により沈殿池に堆積したがれき撤去が完了した 2011 年 9 月以降、大腸菌群数の減少傾向が認められている (図 3.18)。流入汚水量は 2012 年 3 月現在でおよそ 30 万 m³ である。

同様に、宮城県県南浄化センターでは、消毒剤（次亜塩素酸ナトリウム）の投入により大腸菌群数の減少傾向が6月上旬から認められている（図3.19）。消毒剤の順次増加が大腸菌群数の削減に大きな効果をもたらしたものと考えられる。

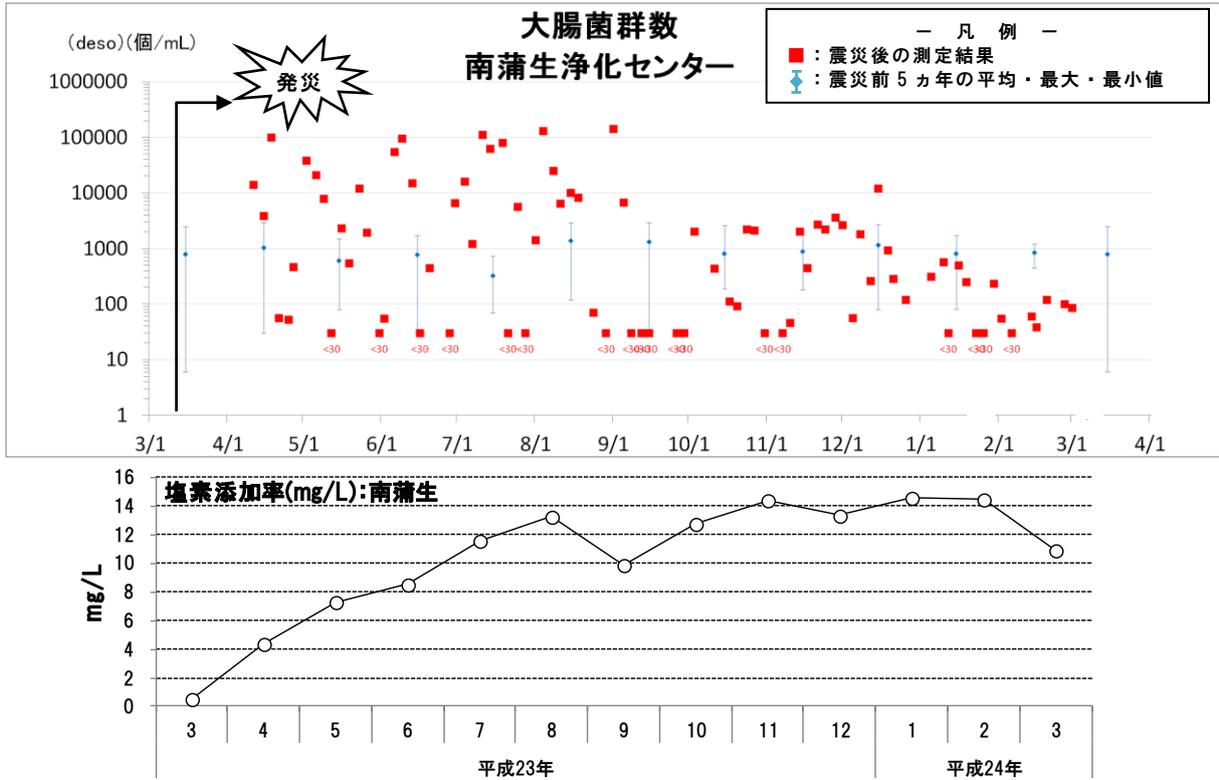


図 3.18 塩素の添加量と放流水の大腸菌群数の関係
(仙台市南蒲生浄化センター)

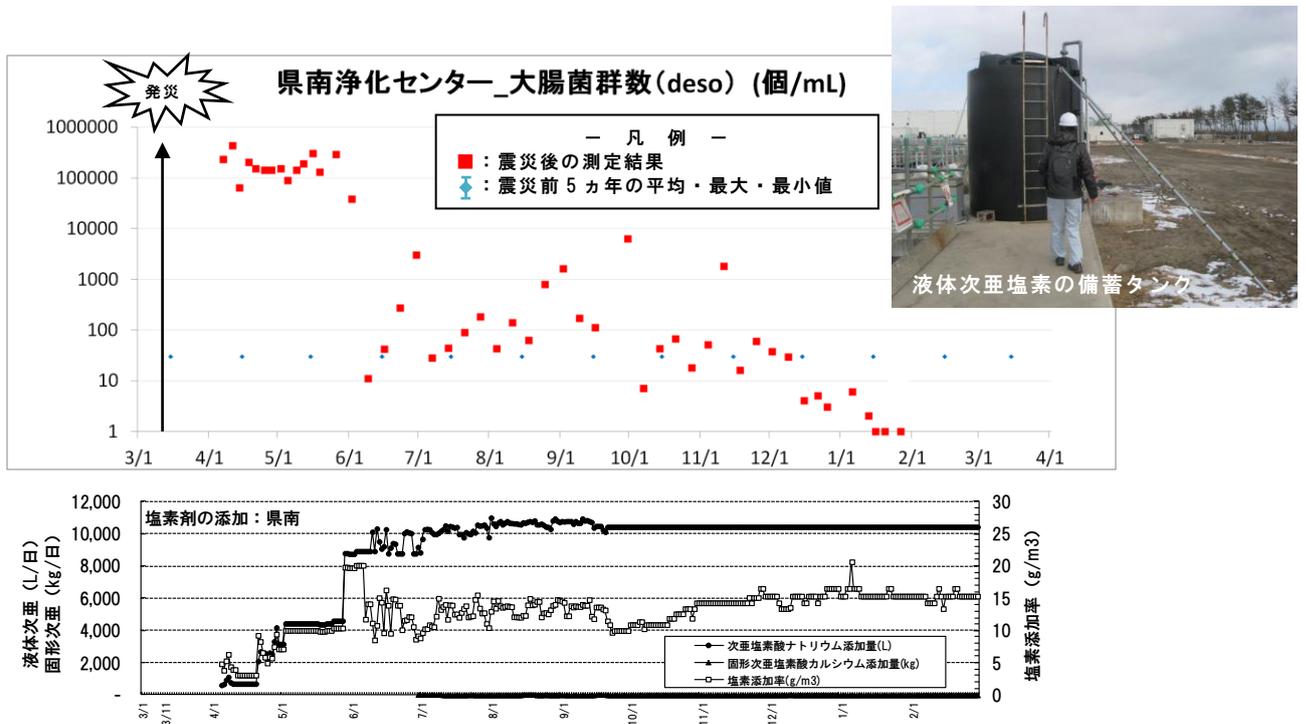


図 3.19 塩素の添加量と放流水の大腸菌群数の関係（宮城県県南浄化センター）

また、応急復旧段階の生物処理水に対する塩素消毒の実施及び放流先水域への残留塩素の影響へ配慮した消毒管理の取組について、仙台市南蒲生浄化センターの対応事例を図 3.20 に示す。同センターでは接触酸化法の導入により処理水中の BOD 及び SS が低減されており、次亜塩素酸ナトリウム溶液による塩素消毒の効果も発揮されてきている。

そして次の段階の対応として、仙台湾のノリ養殖の再開も考慮し、放流水の残留塩素濃度をできるだけ低く管理するために、大腸菌群数を 3,000 個/mL 以下を保ちつつ次亜塩素酸ナトリウムの注入量を減らす取組をしている。

このように、震災後の応急復旧段階においては、水処理が万全でない中で、法令の基準として放流水の大腸菌群数を満たして安全性を確保しつつ、一方で、放流先水域の水産業や生態系への残留塩素の影響にも配慮しなくてはならない場合がある。このような難しい状況について、画一的な対処方策は定めがたいが、流入水質・水量の変動、塩素剤の注入位置・混和状況等、塩素消毒に影響する要因を的確に把握し、消毒効果のモニタリングを行いつつ、効率的に消毒できる必要十分な注入率を見いだすことが有効と考えられる。

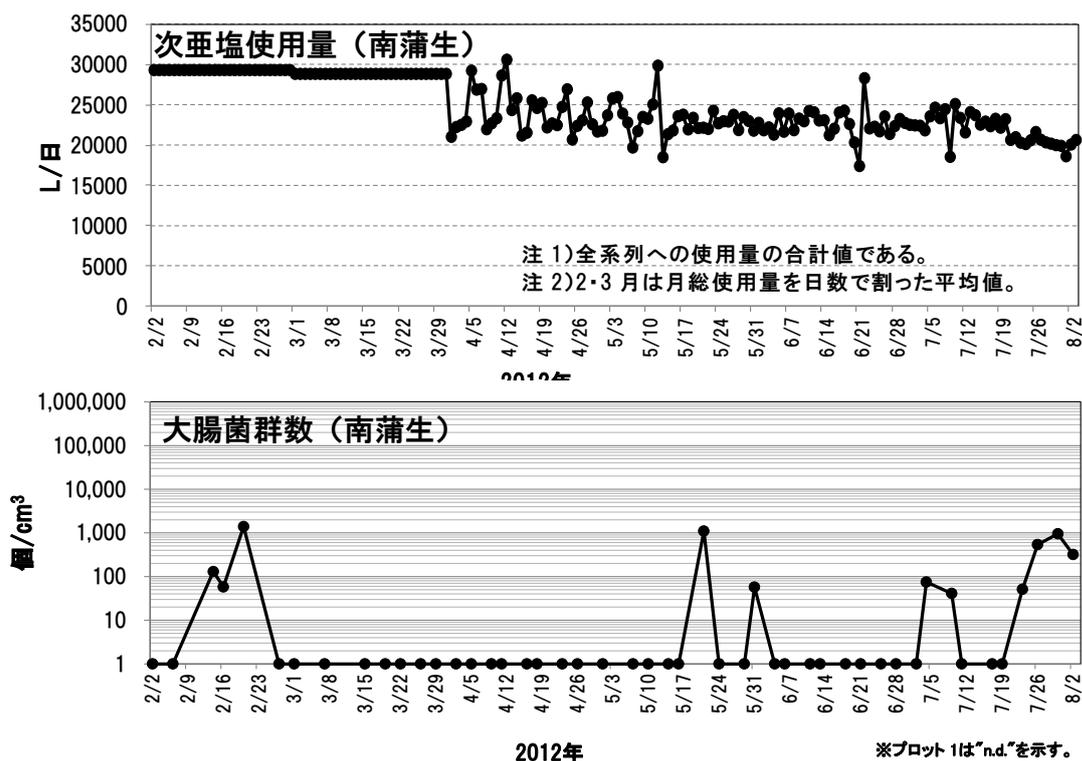


図 3.20 塩素の添加量と処理水（接触酸化法＋塩素消毒）の大腸菌群数の関係（接触酸化法の導入は 2012/1/31～：仙台市南蒲生浄化センター）

(3) その他の方法

通常時の塩素以外の消毒施設が稼働できる場合や塩素の使用が制限される場合に適用する。

(4) 留意すべき点

塩素消毒については、初沈越流水を試料水とした場合において、大腸菌群や腸球菌といった細菌類については消毒効果が認められるが、ウイルスについては消毒効果が低いとの知見が示されている。

塩素濃度が 1.0 mgCl/L を超えた場合には、水生生物への毒性影響が大きくなるため、チオ硫酸ナトリウムや亜硫酸ナトリウムなどに代表される還元剤によって塩素を脱塩素したり、海水などの環境水によって、50 倍以上の希釈を行う必要がある。

固形塩素は、使用方法によっては溶解が不十分になったり、接触面積が大きすぎて過剰に溶解したりすることがあるので、接触方法や接触後の攪拌に留意する必要がある。

次亜塩素酸ナトリウムの有効塩素濃度は、貯留日数、直射日光および温度の影響を受けて減少するので、貯留タンクの材質、設置場所や容量については注意を要する。

今回の震災では、津波により次亜塩素酸ナトリウム溶液の貯留タンクが流出したことにより、復旧の初期段階で固形塩素による消毒を使用せざるを得なかったケースが多い。従って、貯留タンクを屋外にむき出しで設置することはできるだけ避けるとともに、屋内においても建屋の開口部を津波の影響を受けにくい方向に設置し、貯留タンク自体にも流出防止策（固定等）を施すことが望ましい。

3.4.2 UV（紫外線）消毒

沈殿処理水等、応急復旧時の処理水は浮遊物や溶解性物質の残留が多く、通常の処理水と比較してUV透過率が相当低い。また、浮遊物の陰になって照射されない部分の割合も高くなることから消毒効果はかなり低下することが予想される。このため、照射強度や照射時間の増加による照射量の増加および均質な照射の確保などが消毒効果を高めるために必要と考えられる。

【解説】

UV（紫外線）消毒は、残留塩素による放流先水域への影響への配慮やクリプトスポリジウム等の原虫類対策への有効性等から、近年、一部の下水処理場において、塩素消毒に代わる消毒プロセスとして導入がなされつつある消毒技術である。設計指針における設計の考え方としては、次の通り示されている。

紫外線消毒施設は、紫外線を処理水に照射して消毒するものであり、紫外線消毒装置本体と動力制御版、消毒装置設置水路等により構成される。紫外線消毒施設の設計因子として、①計画時間最大汚水量、②紫外線透過率、③紫外線照射量、④設置方式、⑤照射方式、⑥紫外線ランプの種類、⑦ランプの設置方法、⑧ランプと流水の関係について定められている。このうち、震災時において、処理水質が悪化した場合に対応が難しい事項としては、②紫外線透過率が低下することにより、③紫外線照射量が確保できなくなり、結果として必要な消毒効果が発揮できなくなることが考えられる。

設計指針では、下水処理水を対象として紫外線消毒を行う場合の大腸菌群不活化率（%）と紫外線照射量（ J/m^2 ）との関係について、一般に大腸菌群不活化率 90%で紫外線照射量 150～200（ J/m^2 ）、99%で 200～300、99.9%で 300～500 が必要とされている。

一方で、国交省の調査（水環境学会により実施）による沈殿処理水の紫外線消毒実験では、大腸菌群に加えて他の微生物指標（大腸菌、腸球菌、MS-2 大腸菌フェージ）でも、99%程度の不活化率を得るために、紫外線照射量 400（ J/m^2 ）が必要との知見が得られている。従って、災害時において沈殿処理相当の水質に対して紫外線消毒を行う場合に、平常時の下水処理水の消毒と同等の効果を得るためには、約 1.3～2 倍の紫外線照射量が必要と考えられる。よって、震災時においては、最適な照射条件を設定するため、通常時の約 2 倍の 400（ J/m^2 ）の照射強度（沈殿法処理水の場合。水質の向上と共に紫外線透過率や浮遊物濃度が低下すれば、より低い照射強度とする）を中心に前後数段階の照射強度を設定し、必要な消毒効果を得ることができる条件を設定することが望ましい。

また、UV消毒の効果は、照射強度×照射時間（CT値）が大きいほど高くなるので、十分な効果が得られない場合は、UV透過率が高くなるように水質を向上させるか、UVランプを追加して、照射時間あるいは照射強度を高める。また、UV消毒では照射後に可視光を受けると大腸菌群の 10%程度が生き返る光回復効果があるので、予めこれを見込んでCT値を高めに設定する必要がある。

3.4.3 オゾン消毒

沈殿処理水等、応急復旧時の処理水は浮遊物や溶解性物質の残留が多く、これらによって消費されるオゾンが多くなるため、より高いオゾン注入率が必要とされることになる。

【解説】

オゾン消毒は、オゾンの強い酸化力によって水中の微生物を不活化させる消毒方法で、水の脱臭や脱色にも利用される技術である。設計指針における設計の考え方としては、次の通り示されている。

オゾン消毒施設は、反応タンク内で処理水にオゾンを接触させることにより、処理水を消毒する物であり、オゾン反応設備及びオゾン発生設備で構成される。オゾン消毒施設の設計因子として、①計画下水量、②反応タンク、③注入装置、④注入率、⑤排オゾン処理装置、⑥原料ガス供給装置、⑦オゾン発生装置、⑧冷却装置について定められている。このうち、震災時において、処理水質が悪化した場合に対応が難しい事項としては、処理水中のオゾン消費物質の量が多くなることにより、通常の④注入率では必要な消毒効果が発揮できなくなることが考えられる。

設計指針では、下水処理水を対象としてオゾン消毒を行う場合は、オゾン注入率 5～10mg/L 程度以上、反応時間 10 分程度以上の条件において、概ね 99%以上の大腸菌群不活化率を期待することが可能であり、大腸菌群数 3,000 個/mL 以下を達成できるが、下水処理水中に有機物や SS 等の還元性物質が多い場合はより高い注入率が必要となる場合があるとされている。

一方で、国交省の調査（水環境学会により実施）による沈殿処理水のオゾン消毒実験では、大腸菌群に加えて他の微生物指標（大腸菌、腸球菌、MS-2 大腸菌フェージ）の多くにおいて、90%程度の不活化率を得るために、オゾン消費量 32 (mg/L) に相当するオゾン注入率が必要であった。従って、災害時において沈殿処理相当の水質に対してオゾン消毒を行う場合に、平常時の下水処理水の消毒と同等の効果を得るためには、少なくとも 3 倍程度のオゾン注入率を検討する必要があると考えられる。

よって、最適な注入率を設定するため、通常時の 3 倍 (30mg/L) 程度（沈殿法処理水の場合。水質向上と共にオゾン消費量が低下すれば、より低い注入率で検討する）のオゾン消費率を中心に前後数段階の注入率を設定し、必要な消毒効果を得ることができる条件を設定することが望ましい。

また、オゾン消毒は下水中の化学物質の分解には有効であることから、生態毒性の面から見ると水生生物への毒性影響が低減されるなどの効果があり、消毒効果や生態毒性の面から見た場合には今後期待できる消毒方法である。しかし、オゾン消毒によって NDMA や臭素酸など種々の消毒副生成物が生成することから、消毒副生成物の低減に考慮する必要がある。

なお、復旧段階でのオゾン消毒では通常時に比べ、高濃度の注入となるため、特に、オゾンの外部への漏れがないか、また、処理水と共に未反応のオゾンが排出されないように注入率の制御が確実に行われているか、常に監視・点検を行うこと。また、排

オゾンの処理が確実に行われているか、監視・点検を行う必要がある。

復旧段階の処理水質は不安定であるため、必要注入率も変動する。このため、消毒効果も変動が激しくなると考えられるので、最大時でも大腸菌群数の基準値を超過しないよう、水質変動の特性を把握して注入率制御を行うことが望ましい。

3.4.4 膜ろ過技術

膜ろ過技術を用いることにより、細菌類の除去率は 100% となり、またウイルスについても凝集剤との組み合わせ技術等により高い除去率を得ることができる。しかし、初沈越流水レベルの水質の下水に対する長期運転の安定性については検討が必要である。

【解説】

膜ろ過 (Membrane filtration) は、近年の膜処理技術の進歩に伴って、新しい水処理方法として導入がなされつつある技術である。実際の施設として稼働している膜処理プラントは比較的清浄な水を対象とした浄水処理施設が多いが、近年は浄水処理だけでなく、膜分離活性汚泥法 (MBR) や下水処理水の再生処理など種々の水試料を対象に検討が行われている。また、生物処理を行っていない下水 (沈殿処理のみ) についても膜処理の適用性検討がなされており、被災時における処理・消毒施設の代替技術として利用することも可能と考えられる。

具体的には、膜の種類としては有機膜と無機膜 (セラミック等) があり、孔径による分類としては MF 膜や UF 膜が検討の対象となる。膜分離に加えて、凝集剤添加、オゾン処理、UV 処理等を組み合わせる手法も検討されている。

例えば初沈越流水をセラミック膜 (孔径 $0.1\mu\text{m}$ 程度) で処理する技術では、大腸菌・大腸菌群・SS はほぼ除去可能であり、ウイルス (大腸菌ファージ MS2) については 1Log 程度の除去率が得られ、凝集剤添加あるいは凝集剤+オゾン処理と併用すると 5Log 以上の除去率が得られている。

また、初沈越流水を有機膜 (UF 膜、孔径 $0.01\mu\text{m}$ 程度) で処理する技術では、大腸菌・大腸菌群・SS は 100% (定量下限まで) 除去可能であり、凝集剤添加により、ウイルス (大腸菌ファージ MS2) についても 3Log 程度の除去率が得られている。

(出典：①田中宏明、井原賢、水再生技術の最前線 JST CREST「21 世紀型都市水循環系の構築のための水再生技術の開発と評価」、水と水技術、18、35-43、2012、②李善太他、最初沈殿池を対象とした膜処理における運転性およびウイルス処理性能の評価、第 49 回下水道研究発表会、2012、③李善太他、初沈殿池越流水の限外ろ過膜直接処理による運転性およびウイルス除去性能評価、第 15 回水環境学会シンポジウム、2012、④和田直也他、オゾンとセラミック膜を用いた下水再生処理技術の衛生微生物除去に関する検討、第 49 回下水道研究発表会、2012)

一方、膜ろ過処理水の生態毒性に関するデータは示されていないが、塩素等の薬剤を用いた消毒技術ではないことから、膜ろ過透過水の水生生物への毒性については、膜ろ過前の試料と比較してほとんど変化しないことが推測され、生態毒性の面からは有利な処理技術であると考えられる。

ただし、初沈越流水レベルの水質の下水を長期で膜ろ過運転を行った研究は報告が見られないことから、今後の技術開発の成果が期待されることである。

3.5 汚泥処理

応急復旧段階の水処理が適切に機能するためには、汚泥処理処分を適切に行うことが不可欠である。

特に応急復旧段階では生汚泥が主体となるため性状が不安定であり、速やかに水分を除去し、最終処分に向けた搬出等を行う。

【解説】

下水処理は汚泥処理がなければ成り立たず、下水処理に伴って発生する汚泥が排除され適切に処分されないと、汚濁が処理施設内に滞留し、最終的には処理水と共に流出することとなって著しく処理水質を悪化させることとなる。

したがって、平常時における備えとして、汚泥処理装置の耐震化、耐水化は早急に進められなければならない。既存施設においては対応が困難な場合もあると考えられるので、広域的な取組についてあらかじめ検討しておくことも重要であると考えられる。

3.5.1 基本的な考え方

汚泥処理においては汚泥の発生量の見込みをたてた上で、処理処分の方策を検討する。

(1) 発生量

応急復旧段階の下水処理では、乾燥固形物重量として除去された浮遊物重量や BOD 重量にほぼ等しい汚泥が生じると考えるのが適当である。実際の発生量はこれに水分含有量を加えた値になるので、処分に先立って濃縮・脱水等の汚泥処理によって体積と重量を削減することが不可欠である。汚泥処理が困難な場合は、未使用の水槽内や敷地内の仮置き場等に一時的に貯留することができるが、広大な貯留空間がある場合を除き、短期間の対応に限られる。長期の汚泥貯留は衛生害虫獣や悪臭を発生させる原因となるので極力これを避けるとともに、気温・水温の上昇による腐敗の進行に注意する必要がある。また、応急復旧段階では汚泥性状の変化が生じやすいと考えられるので、汚泥の調整に必要な凝集剤等の最適添加率について、適切な頻度で検討を行うことが必要である。

表 3.9 運転管理の事例（汚泥処理）

県南浄化センターにおける汚泥処理の運転管理事例：処理場職員への聞き取り調査結果(2012年4月)より作成

- ・2011年12月1日～2012年2月29日までの汚泥処理量（日平均）は以下のとおり。

県南浄化センターにおける汚泥処理実績（91日間の流量積算値）

| | 生汚泥流量 | 返送汚泥量 | 余剰汚泥流量 |
|---------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 簡易曝気Ⅰ系列 | 500m ³ /日（1/4） | 4,323m ³ /日 | 171m ³ /日（1/4） |
| 簡易曝気Ⅱ系列 | 139m ³ /日（5/8） | 12,677m ³ /日 | 418m ³ /日（5/8） |

- ・余剰汚泥引抜量は、MLSS調整により随時変更。
- ・生汚泥は固定のまま運転。
- ・工事による水処理の停止により、ろ過水が確保できなくなるため、脱水機の停止にあたっては直近の脱水量を増加させている。
- ・汚泥処理系は、重力濃縮槽が3槽中1槽、遠心濃縮機が3台中0台、消化槽が3槽中0槽、ベルトプレス脱水機が2台中2台、遠心脱水機が3台中1台、復旧している（2012年4月現在）
- ・遠心脱水機は、沈砂除去や汚泥のスクリーンが稼働していない為、使用していない。
- ・被災前の消化槽稼働中の汚泥発生量は約50t/日（消化槽がない場合、理論上は約80t/日と推測）。現在、約11t/日の発生量であり、被災前の1/8程度が処理できていると推測。水処理量が被災前の1/10程度であるとすれば、概ね妥当な値と考える。
- ・掻き寄せ機は、各系列の半分が連続稼働中。

(2) 対処法

汚泥処理に必要な設備は、既存施設の復旧を図ることが基本であるが、小規模施設では移動脱水車の利用や、レンタル機器の利用が可能な場合がある。中大規模施設でも、機器メーカーの保有設備や他施設の予備機の活用等に関する可能性を検討する。

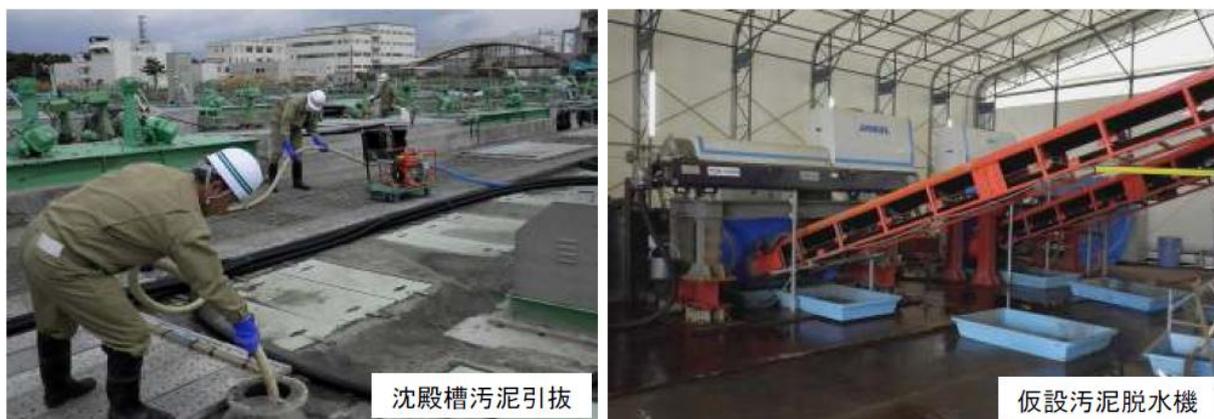


図 3.21 汚泥処理状況（仙台市南蒲生浄化センター）

出典：仙台市「東日本大震災における仙台市下水道事業の被災と復旧」平成 24 年 1 月

3.5.2 搬出先の確保

汚泥処理の復旧には、処分先・受け入れ先の確保が不可欠である。処分先へ搬出するため必要な運搬車両が確保できることや、処分先まで運搬する車両が通行できる道路が復旧していることも必要不可欠である。また、汚泥処理施設の被災に伴い、従来焼却して灰として搬出していたものを脱水汚泥の形態で搬出せざるを得なくなる場合等、汚泥形態が異なる場合においては搬送方法や輸送量も異なってくることに留意が必要である。

また、他の下水処理場や他施設による汚泥の受け入れ、処理・処分も可能性として検討し、平常時にあらかじめ災害時の支援協定を結ぶ等の準備を行っておくと、被災時における協力が得られやすくなるものと考えられる。

3.5.3 汚泥処理装置

応急復旧段階における当面の汚泥処理は簡易沈殿処理施設からの生汚泥である場合が多いと想定される。生汚泥は比較的容易に沈殿濃縮が可能であり、多くの場合 2%程度の濃度で次の処理工程に送ることが可能であると考えられる。また、脱水機および調整用薬剤の性能向上に伴い、2%程度の濃度があれば脱水可能な装置が普及している。したがって、沈殿法汚泥については、汚泥処理装置の一部復旧や仮設脱水装置の導入によって、脱水処理を行うことが可能であると考えられる。

凝集処理汚泥や生物処理汚泥は沈殿法汚泥に較べると濃縮性が劣るため、利用可能な濃縮装置による濃縮性を検討し、不十分な場合は、より低い濃度でも脱水が可能な装置による脱水等についても検討する必要がある。したがって、これらの下水処理方式の導入を検討する場合は、発生汚泥量の増加に対する処理能力確保について検討す

ると共に汚泥の濃縮・脱水性状の低下に対する対応についても検討を行う必要がある。

汚泥の減容化に必要な濃縮・脱水等のうち、近年の機械式処理装置については、水処理系の装置と比較して小型であることや、工場製作型で輸送時の振動対策から装置自体が高い耐震性を有することなどから、地震動による被害は比較的受けにくいと考えられる。東北地方太平洋沖地震においても、津波による浸水被害を受けなかった施設では、比較的早期に復旧が可能であった。下水処理機能の復旧において、汚泥処理機能の回復は欠くことのできないものであることから、将来の災害に備え、これらの装置は、その設置建物が十分な耐震性を有するとともに、浸水に対する安全性が確保できる位置に設置することとし、更に、汚泥搬送機器等の付帯設備については被災後の復旧を早めるための備えを検討しておくことが望ましい。

3.5.4 汚泥の一時貯留

汚泥の最終処分が困難な場合は、最終処理形態で処理場内あるいは処理場外の一時貯留施設に仮置きすることとなる。同じ容積の一時貯留施設で貯留可能な期間は、最終処理形態が焼却灰の場合が最も長く、生汚泥の場合が最も短い。その期間は焼却灰の場合を100として、脱水汚泥ではおよそ3、濃縮汚泥で0.3、生汚泥では0.1である。焼却灰以外の場合は、先に述べたように悪臭の発生等の問題が生じることになるため、それらに対する対策を講じておくことが必要である。

・汚泥仮置場

平成23年12月撤去完了



図 3.22 汚泥仮置き場の設置事例（宮城県仙塩浄化センター）

出典：宮城県仙塩浄化センター「震災復旧だより(臭気対策編)平成24年1月17日」より

3.6 今後の技術開発について

本書では、主として今回の東日本大震災における取組事例に基づいて考え方を取りまとめた。従って、今回は実施例がなかったものの今後の活用が期待される技術および今回直面した課題に対応するために今後の技術開発が求められるものについては十分に論じることができていない。

例えば、消毒については、固形塩素や次亜塩素酸ナトリウム溶液は現場で備蓄できる量に限りがあり、外部からの継続的な供給が必要であるが、製造工場の被災、物流の寸断または需給の逼迫等により、特に被災直後に必要な量が確保できないという課題に直面した。

また、沈殿については、容量等が十分でない仮設沈殿池や既存の水槽での対応、さらには、汚泥かき寄せ機が動かない等、汚泥の引き抜き管理も十分にできない状況の中、沈殿処理能力が十分でなく水中に有機物やSS等が多く残存している状態では、BOD、SS等の水質も悪く、消毒効果も十分に発揮されない事例が見受けられた。

これらの課題へ対処するための技術としては、例えば次のようなものが考えられる。

- ・ 限られた設置面積と施設容量の中で、多量の下水を効率的に沈殿および消毒することを目的として開発された合流式下水道改善技術
- ・ 凝集剤により沈殿処理を高度化し、消毒効果を高める技術
- ・ 電気が確保できれば利用可能となる紫外線照射、オゾン注入による消毒技術

また、生物処理については、活性汚泥法等への本復旧に時間を要する場合に利用可能な応急復旧技術として、膜分離等のハイテク技術を導入したユニットタイプの可搬型処理施設など、あるいは逆に発展途上国への適用も視野に入れて中級処理のローテク技術を見直したもの等、様々な可能性が考えられる。

災害に強い下水道を実現するために、以上に挙げた例に限らず、幅広い分野において技術開発の取組が期待される。

参考資料

参考1：「災害時の復旧段階における下水処理の適正な管理に関する検討会」概要

参考2：目標水質達成のために抽出した技術の適用性検討

参考3：周辺住民への広報事例

参考4：放流先水域の利用用途に応じた水質基準

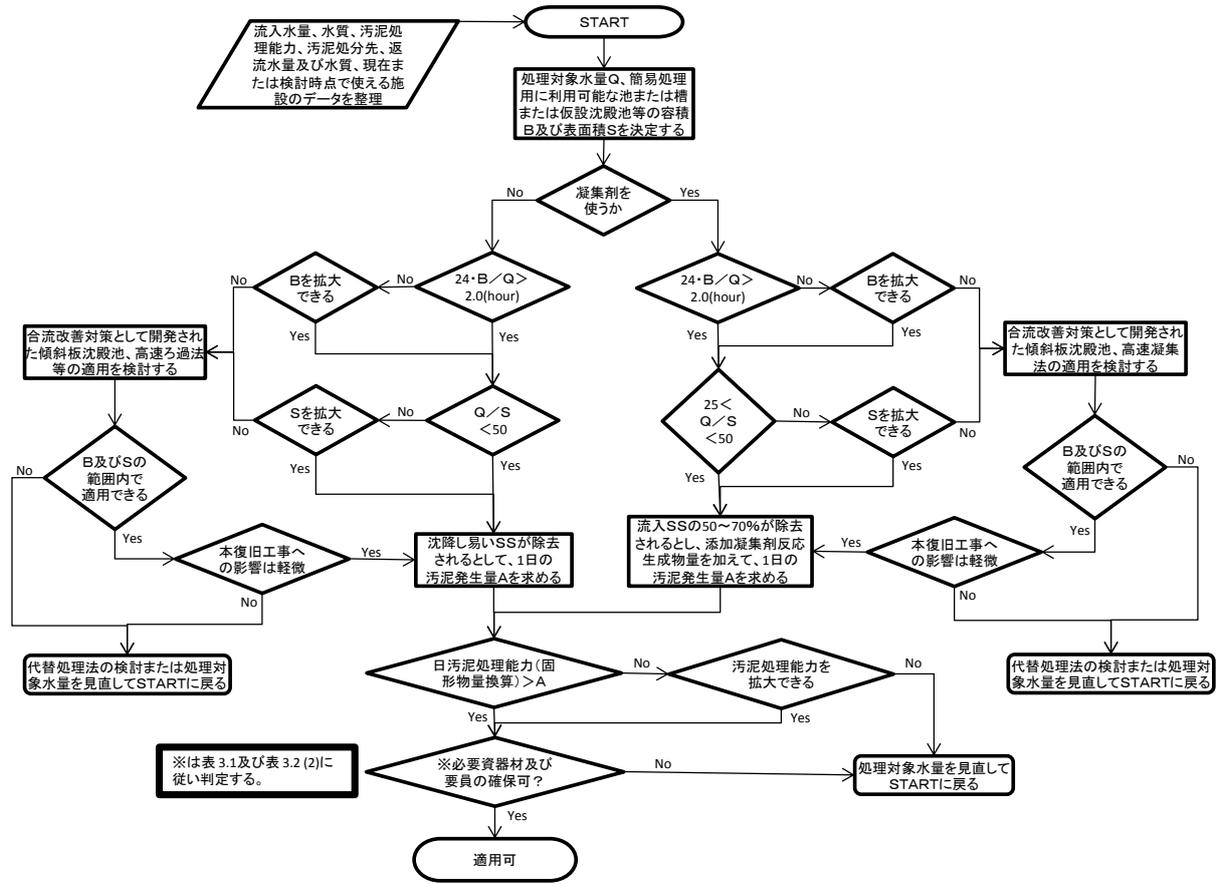
参考 1 : 「災害時の復旧段階における下水処理の適正な管理に関する検討会」概要

「災害時における下水の排除・処理に関する考え方（案）」をとりまとめるに際し、学識者、地方公共団体、関係団体が参画する「災害時の復旧段階における下水処理の適正な管理に関する検討会」を設置し、意見聴取を行った。

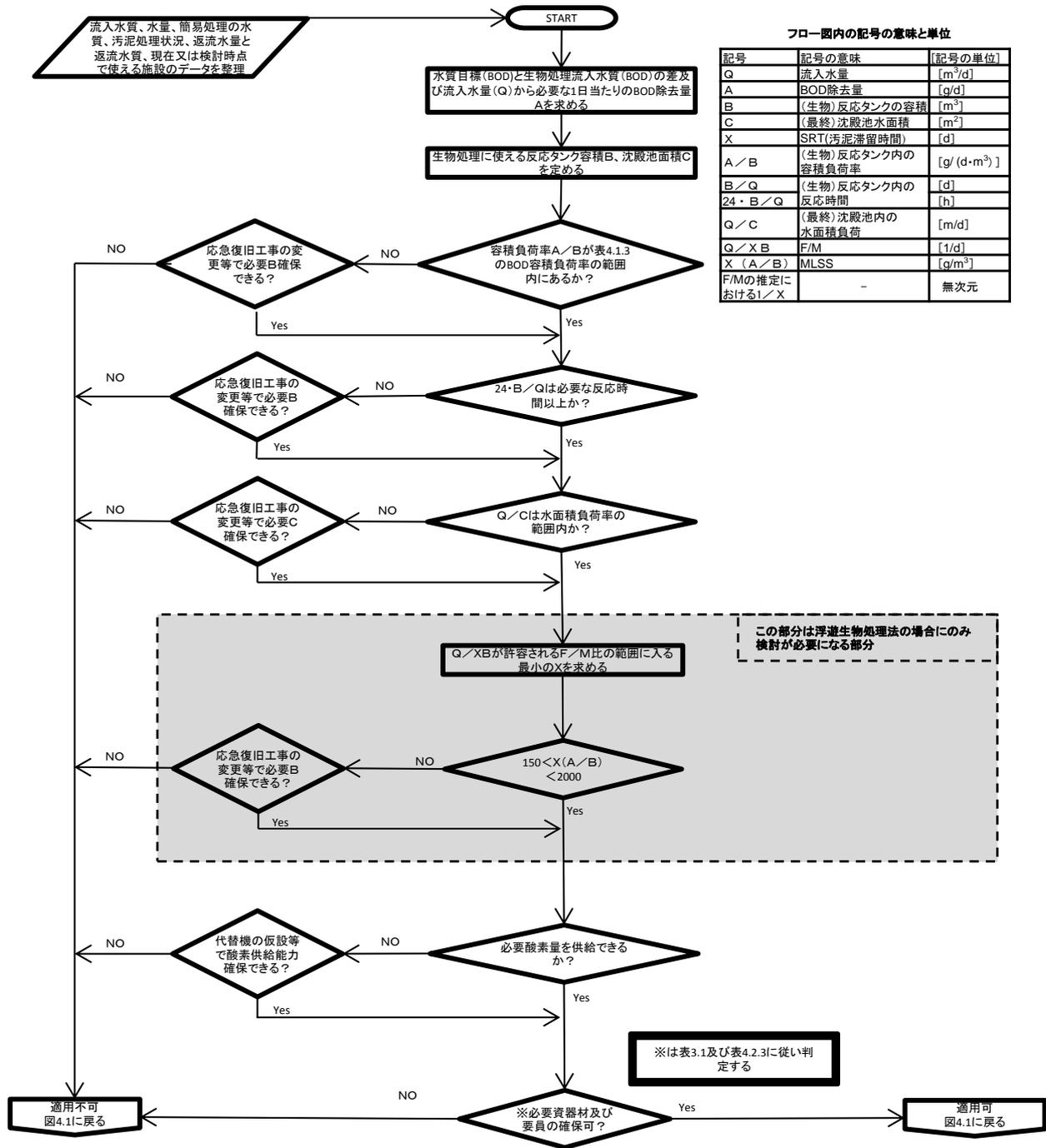
参考_表-1 「災害時の復旧段階における下水処理の適正な管理に関する検討会」委員名簿

| | 氏名 | 所属・役職 |
|------|-------|--|
| 委員長 | 大村 達夫 | 東北大学大学院 工学研究科 教授 |
| 副委員長 | 田中 宏明 | 京都大学大学院 工学研究科 附属流域圏総合環境質研究センター 教授 |
| 委員 | 神子 直之 | 立命館大学理工学部 環境システム工学科 教授 |
| 委員 | 片山 浩之 | 東京大学大学院 工学系研究科 准教授 |
| 委員 | 佐藤 弘泰 | 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 准教授 |
| 委員 | 菅原 敬二 | 宮城県土木部 下水道課 課長 |
| 委員 | 渋谷 昭三 | 仙台市建設局 次長兼下水道事業部長 |
| 委員 | 橋本 敏一 | 地方共同法人 日本下水道事業団 技術戦略部 水処理技術開発課 課長 |
| 委員 | 南山 瑞彦 | 独立行政法人 土木研究所 水環境研究グループ 水質チーム 上席研究員 |
| 委員 | 諏訪 守 | 独立行政法人 土木研究所 材料資源研究グループリサイクルチーム 主任研究員 |

参考2：目標水質達成のために抽出した技術の適用性検討

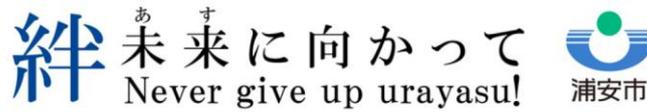


参考_図-1 沈殿法・凝集沈殿法の検討



参考_図-2 抽出した生物処理法の適用性検討

参考3：周辺住民への広報事例



災害復興情報

ここに掲載している災害復興情報を、インターネットが使えない環境の方に伝えていただくと幸いです。

最新情報

下水道の使用制限（午前10時46分発表） 一覧

2011年3月19日

下水道施設にも、マンホールの浮上や土砂の流入などによる下水道管の閉塞などの被害が生じています。このため、現在下水道の使用の制限を行うとともに、早急な復旧を目指して被害調査と応急作業を順次行っているところですが、復旧時期などを見通すことが困難な状況になっています。市民の皆さんには大変ご迷惑をお掛けしますが、現在のところ、次の地区にお住まいの方は、下水道の使用を控えていただきますようご協力をお願いします。

下水道の使用制限地区（3月12日午後6時現在）
 高洲一丁目・二丁目、明海一丁目・五丁目、今川一丁目～四丁目、富岡四丁目、井天一丁目・四丁目、美浜三丁目～四丁目、入船四丁目、舞浜三丁目の各地区の一部

防災情報

☐ 東北地方太平洋沖地震関連のお知らせ

- 震災からの復興～絆 未来に向かって
- 浦安市液状化対策技術検討調査委員会
- 東北地方太平洋沖地震による地盤変動状況
- 市独自の支援制度～安心して住み続けられるまちを目指して
- 市内における放射線量の測定結果
- 計画停電除外放射線量のお知らせ
- 防災気象情報
- 重要なお知らせメールサービス
- 浦安市公式ツイッター（http://twitter.com/urayasu_koho）（外部リンク）
- 浦安市災害義援金のお礼
- 震災にまつた犯罪にご注意を

☐ いざという時のために

- 浦安市水害ハザードマップ（水害予測）Q & A
- 浦安市の水害小史
- 浦安市水害ハザードマップ
- 浦安を襲った水害の記録
- 防災のてびき
- 防災マップ

☐ 災害復旧状況など

- 浦安市液状化対策技術検討調査委員会
- 浦安市復興計画検討委員会
- 浦安市水道の復旧状況マップ
- 浦安市の水道の応急復旧作業は終了しました。
- 浦安市ガス供給停止地域マップ
- 浦安市の都市ガスの復旧作業は終了しました。
- 浦安市下水道被害・復旧状況マップ
- 浦安市の下水道の応急復旧作業は終了しました。
- ※復旧事業に係る災害査定を終了し、本復旧への設計段階へ入ります
- 市指定工事店
- 浦安市給水所・簡易トイレマップ
- 浦安市道路側溝の清掃状況マップ
- 浦安市の道路（公道）は、おおむね応急復旧が完了しました。
- ※復旧事業に係る災害査定を終了し、本復旧への設計段階へ入ります
- 防災マップ（【JAM（地図情報システム）】へリンクします）

☐ 市の取り組み

- 復興計画
- うらやすこびきスタウン
- 防災行路無縁
- 地域防災無縁
- 防災線の無償配付
- 自主防災組織づくり
- 防災社協（災害への体制づくり）
- 浦安市災害対策基本条例
- 豊水橋緊急遮断装置設置補助金

- | | | |
|---|---|--|
| <p>◆ライフライン情報 電気：東京電力 ガス：京葉ガス ガス：千葉県LPガス協会 水道：千葉県水道局 電話： NTT東日本 NTTDoCoMo. au SoftBank WILLCOM</p> | <p>◆道路情報 緊急災害情報ページ（国土交通省） 千葉県道事務所 千葉県葛南土木事務所 日本道路交通情報センター 東日本高速道路株式会社 首都高速道路株式会社</p> <p>◆交通情報 JR東日本 東京都交通局 東京メトロ 京成電鉄 東京ベイシティ交通（路線バス・おさんぽバス）</p> | <p>◆地震情報 地震情報（気象庁） ◆気象情報 防災気象情報（気象庁） 防災情報（財団法人日本気象協会）</p> <p>防災情報提供センター（国土交通省）</p> <p>◆河川情報 防災情報提供センター（国土交通省）</p> <p>◆防災無線 浦安市防災無線</p> |
|---|---|--|

- | | |
|---|--|
| <p>◆災害時伝言ダイヤル(171) 災害用伝言ダイヤル(NTT東日本)</p> | <p>◆携帯電話災害用伝言板 災害用伝言板(NTTDoCoMo) 災害用伝言板(au) 災害用伝言板(SoftBank) 災害用伝言板(WILLCOM)</p> |
|---|--|

出典：浦安市 H.P.（<http://www.city.urayasu.chiba.jp/menu9765.html>）

参考_図-3 インターネットを使用した災害復興情報の提供（浦安市）

県南・仙塩・石巻東部浄化センターの機能停止にかかる

水道利用自粛のお願いについて

平成23年3月17日
宮城県土木部下水道課

地震直後の大津波により県南浄化センターは全壊、仙塩浄化センター、石巻東部浄化センターは浸水による機能停止になりました。下水管渠から浄化センター内に入る流入ゲートが緊急遮断されたままの状態にあり、下水の管渠内滞留が進行しています。今後、上水道の復旧に伴って大量の生活水が下水管渠に流入し始めることによりマンホールから下水が市街地にあふれ出る恐れがあります。このことから、流域下水道供用区域内の県民の皆様には水道使用量の縮減にご協力をお願いします。

下水道施設の応急対応と今後の予定

(1) 県南浄化センター

- ①処理場及び上流の数カ所に一次沈殿池を設け、上澄み液を消毒し仮設ポンプにより近隣河川に放流します。(応急措置)
- ②処理場内の既設汚水ポンプを点検・整備したのち、既設の池を利用して沈殿し、上澄み液を殺菌し、既設放流管渠から放流します。
- ③下水処理機能を全面的に復旧します。(平成25年4月目標)

(2) 仙塩浄化センター

- ①多賀城緩衝緑地内に一次沈殿池を設け、上澄み液を消毒し砂押川に放流します。(応急措置)
- ②処理場内の既設汚水ポンプを点検・整備したのち、既設の池を利用して沈殿し、上澄み液を殺菌し、既設放流管渠から放流します。
- ③下水処理機能を全面的に復旧します。(平成25年4月目標)

(3) 石巻東部浄化センター

- ①処理場を迂回する既設バイパス管を通し、消毒して放流します。(応急措置)
- ②処理場内の既設汚水ポンプを点検・整備したのち、既設の池を利用して沈殿し、上澄み液を殺菌し、既設放流管渠から放流します。
- ③下水処理機能を全面的に復旧します。(平成25年4月目標)

出典：宮城県 H.P. (http://www.pref.miyagi.jp/gesui/70_saigai/irai.pdf)

参考_図-4 インターネットを使用した水道利用自粛の呼びかけ（宮城県）



Takayoshi Kudou
@maruhinamaru

浦安市内の皆様、少なくとも新町地区では断水が続いています。給水量には制限があるのが現実です。無駄な水を使わない、用途によって再利用、極力節水、浦安市民らしい良心が求められています。ご理解お願い申し上げます

←返信 ↺リツイート ★お気に入りに登録

6:24 AM - 12月31日 11 webから - このツイートをサイトに埋め込む

出典：浦安市 Twitter

参考_図-5 ソーシャルネットワーキングシステムを利用した節水の呼びかけ

記者発表資料
平成23年6月8日
下水道課整備指導班
内線：3144

流域下水道の復旧状況について

東日本大震災により甚大な被害を受けた3箇所の流域下水処理場（仙塩浄化センター、県南浄化センター、石巻東部浄化センター）について、現在の復旧状況と今後の方針についてお知らせします。

1 メインポンプの復旧について

下水処理場では、幹線管渠を流れて集まってくる下水をメインポンプで汲み上げてから、水をきれいにする処理を行います。そのメインポンプが今回の震災で被災しました。下水の滞留によるマンホールからの溢水を回避するため、仮設ポンプを設置するとともに、メインポンプの復旧に急ぎ取り組んできましたが、2つの下水処理場で復旧が完了しましたのでお知らせします。

- ・仙塩浄化センター 4月20日から5月30日までに復旧（4台中、4台復旧）
- ・県南浄化センター 6月7日に復旧。（5台中、5台復旧）
- ・石巻東部浄化センター 6月中の復旧に向け作業中。（現在仮設ポンプで対応中）

2 今後の水質改善の方針について

現在、各処理場では沈殿・消毒の処理を行っていますが、放流水質の向上を図るための応急措置として、仙塩及び県南の浄化センターにおいて仮設の送風機を用いた「簡易な生物処理（※）」を行うこととし、7月上旬からの実施に向けて現在準備を進めています。

放流予定水質は、国土交通省が設置した学識者等からなる「下水道地震・津波対策技術検討委員会」において取りまとめられた「下水道施設の復旧にあたっての技術的緊急提言」を踏まえBOD60mg/l を目標とすることとし、併せて大腸菌群数等の他の指標についても、改善を図ります。また、今後も放流先の状況等に応じて、処理レベルの段階的な向上を図ってまいります。

なお、本復旧は平成24年度末までの早期に完了させることを目標に進めています。

| | | |
|------------|-------|---------------------------------|
| 仙塩浄化センター | BOD | 平均 153mg/l 最大 240mg/l 最小 97mg/l |
| | 大腸菌群数 | 平均 332,000個/cm ³ |
| 県南浄化センター | BOD | 平均 159mg/l 最大 240mg/l 最小 75mg/l |
| | 大腸菌群数 | 平均 179,000個/cm ³ |
| 石巻東部浄化センター | BOD | 平均 39mg/l 最大 84mg/l 最小 12mg/l |
| | 大腸菌群数 | 平均 2,000個/cm ³ |

現況の放流水質は以下のとおりです。（3月29日から6月2日採取分まで）

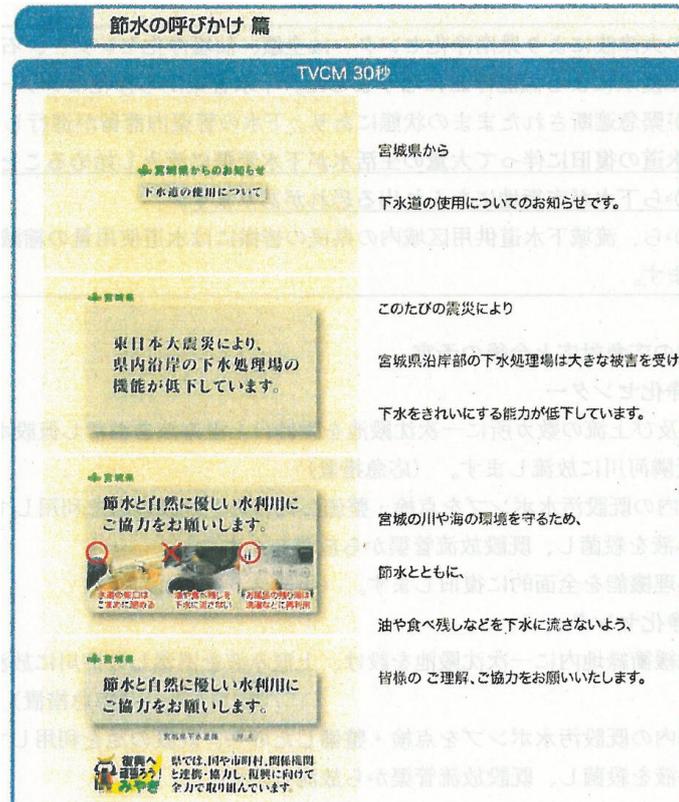
詳細につきましては、下水道課のホームページにて公表します。

※簡易な生物処理とは？

仮設の送風機で汚水中の微生物に酸素を供給し、通常より少ない微生物量や反応時間で、簡易的な生物処理を図るものです。

出典：宮城県 H.P. (http://www.pref.miyagi.jp/gesui/70_saigai/0608happyou.pdf)

参考_図-6 流域下水道の復旧状況に関する記者発表資料（宮城県）



出典：宮城県土木部下水道課
参考_図-7 節水を呼びかけるテレビCM

■地震直後の対応状況(3月18日現在までの経過です)

3月11日(金)

- 午後2時46分 三陸沖を震源にマグニチュード9.0の地震が発生。古河市役所総和庁舎では震度5強を観測。
- 午後3時12分 市長を本部長とする災害対策本部を設置。ただちに、負傷者や被害状況の情報収集に努めるよう指示。
- 午後9時30分 三和地区停電に伴い、広報車・三和地区同報無線による広報を行う。非常用発電機により三和浄水場を稼働し、水道水の確保に努める。

3月12日(土)

- 午前9時55分 臨時庁議にて被害状況の報告。
- 正午 市役所各部所で市内の被害状況を確認。地震で被害を受けた、ブロック塀、瓦などの処分受け入れを開始。
- 午後1時 三和地区電気の復旧と節水および火の元の安全を目的に広報車・三和地区同報無線にて広報を行う。

3月13日(日)

- 建物危険度判定のため石岡市に職員を派遣(13日～15日、延べ10人)。
- 午後1時30分 県から避難者受け入れ体制の確認要請があり、要請を受諾。
- 午後9時 東京電力より計画停電の予定が発表されたため、市内全域、広報車・消防団・消防署・三和地区同報無線にて広報を行う。

3月14日(月)

- 県の要請により、給水車を土浦市に派遣。
- 午前7時 計画停電による窓口業務時間等の案内

を市内全域、広報車・三和地区同報無線にて広報を行う。

- 午前8時30分 り災証明書の申請受付(個人)
- 午後3時 市内循環バス(ぐるりん号)、デマンド交通運休を広報車にて広報を行う。

3月15日(火)

- 午後1時 被災地に対する募金箱を各施設に設置。

3月16日(水)

- 午前10時 古河市復旧・支援チームを設置。全市内の被害状況を職員が各自治会長・行政区長等協力により調査(16日～22日)。
- 午後3時 各事業所等の援助を受けながらとねミドリ館に福島県からの避難者の受け入れを開始。

3月17日(木)

- 午前9時 市民からの被災地に対する救援物資の受け入れを開始。
- 午後1時 ボランティア団体による炊き出しを開始。

市ホームページ上に掲載した震災に伴う情報を、多くの市民に伝えるため、別途、3庁舎および社会教育施設、駅など市内16カ所に掲示。

3月18日(金)

- 水戸市、常陸太田市に支援物資を配送。
- 午前8時30分 り災証明書の申請受付(法人)
- 午後4時 各自治会長・行政区長等に支援物資提供、義援金の募集、情報提供のための掲示板設置の回覧を配布。

古河市災害対策本部(復旧・支援チーム)を設置しました

市では、東北地方太平洋沖地震および東京電力(株)福島第一原子力発電所事故による、避難者の受け入れおよび生活救援物資等の支援を円滑に進めるための総合窓口として、3月16日に復旧・支援チームを設置しました。主な業務は、避難者の把握、避難生活の確保・健康管理、ボランティア活動の支援、生活救援物資の供給、救援物資の支援、被災者からの相談、復旧事業の相談(道路を除く)、その他震災に係る市民からの相談などです。

【問】総和庁舎(本庁) 古河市復旧・支援チーム
☎92-5071、92-5076、92-5130、92-5136、92-5138



出典：茨城県古河市広報「古河」No.67
参考_図-8 地震直後の対応状況(茨城県古河市)

参考 4 : 放流先水域の利用用途に応じた水質基準

参考_表-2 環境基準 (河川 (湖沼を除く) <項目ア>)

| 類型 | 項目 | 利用目的の適応性 | 基準値 | | | | |
|---|----|---------------------------|------------------|------------------|------------------|--------------|---------------------------|
| | | | 水素イオン濃度(pH) | 生物化学的酸素要求量 (BOD) | 浮遊物質 (SS) | 溶存酸素量 (DO) | 大腸菌群数 |
| AA | | 水道1級・自然環境保全及びA以下の欄に掲げるもの | 6.5 以上 8.5 以下 | 1mg/リットル以下 | 25mg/リットル以下 | 7.5mg/リットル以上 | 50MPN/ 100 ミリリットル以下 |
| A | | 水道2級・水産1級・水浴及びB以下の欄に掲げるもの | 6.5 以上 8.5 以下 | 2mg/リットル以下 | 25mg/リットル以下 | 7.5mg/リットル以上 | 1,000MPN/ 100 ミリリットル以下 |
| B | | 水道3級・水産2級及びC以下の欄に掲げるもの | 6.5 以上 8.5 以下 | 3mg/リットル以下 | 25mg/リットル以下 | 5mg/リットル以上 | 5,000MPN/ 100 ミリリットル以下 |
| C | | 水産3級・工業用水1級及びD以下の欄に掲げるもの | 6.5 以上 8.5 以下 | 5mg/リットル以下 | 50mg/リットル以下 | 5mg/リットル以上 | — |
| D | | 工業用水2級・農業用水及びEの欄に掲げるもの | 6.0 以上 8.5 以下 | 8mg/リットル以下 | 100mg/リットル以下 | 2mg/リットル以上 | — |
| E | | 工業用水3級・環境保全 | 6.0 以上 8.5 以下 | 10mg/リットル以下 | ごみ等の浮遊が認められないこと。 | 2mg/リットル以上 | — |
| 備考 基準値は、日間平均値とする(湖沼、海域もこれに準ずる)。 | | | | | | | |

注

1. 自然環境保全: 自然探勝等の環境保全
2. 水道1級: ろ過等による簡易な浄水操作を行うもの
3. 水道2、3級: 沈殿ろ過等による通常の浄水操作、又は、前処理等を伴う高度の浄水操作を行うもの
 水産1級: ヒメマス等貧栄養湖型の水域の水産生物用並びに水産2級及び水産3級の水産生物用
 水産2級: サケ科魚類及びアユ等貧栄養湖型の水域の水産生物用及び水産3級の水産生物用
 水産3級: コイ、フナ等富栄養湖型の水域の水産生物用
4. 工業用水1級: 沈殿等による通常の浄水操作を行うもの
 工業用水2級: 薬品注入等による高度の浄水操作、又は、特殊な浄水操作を行うもの
5. 環境保全: 国民の日常生活(沿岸の遊歩等を含む。)において不快感を生じない限度

参考_表-3 環境基準（湖沼〈項目ア〉）

| 類型 | 項目 | 利用目的の適応性 | 基準値 | | | | |
|--|----|-------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|---------------------------|
| | | | 水素イオン濃度(pH) | 生物化学的酸素要求量(BOD) | 浮遊物質質量(SS) | 溶存酸素量(DO) | 大腸菌群数 |
| AA | | 水道1級・水産1級・自然環境保全及びA以下の欄に掲げるもの | 6.5 以上 8.5 以下 | 1mg/リットル以下 | 1mg/リットル以下 | 7.5mg/リットル以上 | 50MPN/ 100 ミリリットル以下 |
| A | | 水道2、3級・水産2級・水浴及びB以下の欄に掲げるもの | 6.5 以上 8.5 以下 | 3mg/リットル以下 | 5mg/リットル以下 | 7.5mg/リットル以上 | 1,000MPN/ 100 ミリリットル以下 |
| B | | 水産3級・工業用水1級・農業用水及びCの欄に掲げるもの | 6.5 以上 8.5 以下 | 5mg/リットル以下 | 15mg/リットル以下 | 5mg/リットル以上 | — |
| C | | 工業用水2級・環境保全 | 6.0 以上 8.5 以下 | 8mg/リットル以下 | ごみ等の浮遊が認められないこと | 2mg/リットル以上 | — |
| 備考 水産1級、水産2級及び水産3級については、当分の間、浮遊物質量の項目の基準値は適用しない。 | | | | | | | |

注

1. 自然環境保全：自然探勝等の環境保全
2. 水道1級：ろ過等による簡易な浄水操作を行うもの
3. 水道2、3級：沈殿ろ過等による通常の浄水操作、又は、前処理等を伴う高度の浄水操作を行うもの
 水産1級：ヒメマス等貧栄養湖型の水域の水産生物用並びに水産2級及び水産3級の水産生物用
- 水産2級：サケ科魚類及びアユ等貧栄養湖型の水域の水産生物用及び水産3級の水産生物用
 水産3級：コイ、フナ等富栄養湖型の水域の水産生物用
4. 工業用水1級：沈殿等による通常の浄水操作を行うもの
 工業用水2級：薬品注入等による高度の浄水操作、又は、特殊な浄水操作を行うもの
5. 環境保全：国民の日常生活(沿岸の遊歩等を含む。)において不快感を生じない限度

参考_表-4 環境基準（湖沼〈項目イ〉）

| 類型 | 項目 | 利用目的の適応性 | 基準値 | |
|---|----|---|--------------|----------------|
| | | | 全窒素 | 全磷 |
| 1 | | 自然環境保全及びⅡ以下の欄に掲げるもの | 0.1mg/リットル以下 | 0.005mg/リットル以下 |
| 2 | | 水道1、2、3級(特殊なものを除く)・水産1種・水浴及び3以下の欄に掲げるもの | 0.2mg/リットル以下 | 0.01mg/リットル以下 |
| 3 | | 水道3級(特殊なもの)及びⅣ以下の欄に掲げるもの | 0.4mg/リットル以下 | 0.03mg/リットル以下 |
| 4 | | 水産2種及びⅤの欄に掲げるもの | 0.6mg/リットル以下 | 0.05mg/リットル以下 |
| 5 | | 水産3種・工業用水・農業用水・環境保全 | 1mg/リットル以下 | 0.1mg/リットル以下 |
| 備考 1. 基準値は年間平均値とする。 2. 水域類型の指定は、湖沼植物プランクトンの著しい増殖を生ずるおそれがある湖沼について行うものとし、全窒素の項目の基準値は、全窒素が湖沼植物プランクトンの増殖の要因となる湖沼について適用する。 3. 農業用水については、全磷の項目の基準値は適用しない。 | | | | |

注

1. 自然環境保全：自然探勝等の環境保全
2. 水道1級：ろ過等による簡易な浄水操作を行うもの
 水道2級：沈殿ろ過等による通常の浄水操作を行うもの
 水道3級：前処理等を伴う高度の浄水操作を行うもの
 (「特殊なもの」とは、臭気物質の除去が可能な特殊な浄水操作を行うものをいう。)
3. 水産1種：サケ科魚類及びアユ等の水産生物用並びに水産2種及び水産3種の水産生物用
 水産2種：ワカサギ等の水産生物用及び水産3種の水産生物用
 水産3種：コイ、フナ等の水産生物用
4. 環境保全：国民の日常生活(沿岸の遊歩等を含む。)において不快感を生じない限度

参考_表-5 環境基準（海域〈項目ア〉）

| 類型 | 項目 | 利用目的の適応性 | 基準値 | | | | |
|----|----|-----------------------------|------------------|---------------|--------------|---------------------------|-----------------|
| | | | 水素イオン濃度(pH) | 化学的酸素要求量(COD) | 溶存酸素量(DO) | 大腸菌群数 | n-ヘキサン抽出物質(油分等) |
| A | | 水産1級・水浴・自然環境保全及びB以下の欄に掲げるもの | 7.8 以上 8.3 以下 | 2mg/リットル以下 | 7.5mg/リットル以上 | 1,000MPN/ 100 ミリリットル以下 | 検出されないこと |
| B | | 水産2級・工業用水及びCの欄に掲げるもの | 7.8 以上 8.3 以下 | 3mg/リットル以下 | 5mg/リットル以上 | — | 検出されないこと |
| C | | 環境保全 | 7.0 以上 8.3 以下 | 8mg/リットル以下 | 2mg/リットル以上 | — | — |

注

1. 自然環境保全：自然探勝等の環境保全
2. 水産1級：マダイ、ブリ、ワカメ等の水産生物用及び水産2級の水産生物用
水産2級：ボラ、ノリ等の水産生物用
3. 環境保全：国民の日常生活(沿岸の遊歩等を含む。)において不快感を生じない限度

参考_表-6 環境基準（海域〈項目イ〉）

| 類型 | 項目 | 利用目的の適応性 | 基準値 | |
|----|----|------------------------------------|--------------|---------------|
| | | | 全窒素 | 全磷 |
| 1 | | 自然環境保全及び2以下の欄に掲げるもの(水産2種及び3種を除く。) | 0.2mg/リットル以下 | 0.02mg/リットル以下 |
| 2 | | 水産1種・水浴及び3以下の欄に掲げるもの(水産2種及び3種を除く。) | 0.3mg/リットル以下 | 0.03mg/リットル以下 |
| 3 | | 水産2種及び4の欄に掲げるもの(水産3種を除く。) | 0.6mg/リットル以下 | 0.05mg/リットル以下 |
| 4 | | 水産3種・工業用水・生物生息環境保全 | 1 mg/リットル以下 | 0.09mg/リットル以下 |

注

1. 自然環境保全：自然探勝等の環境保全
2. 水産1種：底生魚介類を含め多様な水産生物がバランス良く、かつ、安定して漁獲される
水産2種：一部の底生魚介類を除き、魚類を中心とした水産生物が多獲される
水産3種：汚濁に強い特定の水産生物が主に漁獲される
3. 生物生息環境保全：年間を通して底生生物が生息できる限度

参考_表-7 水産用水基準(水産資源保護協会が定める)

▼表 2-4-2-9 水産用水基準

【水産業基盤整備課】

| 水産用水基準[昭和58年3月、改正平成18年3月] [(社)日本水産資源保護協会(2005年版)] | | | |
|---|---|---|---|
| 項目 | 基準値 | | |
| | 河川 | 湖沼 | 海域 |
| 有機物(BOD) | 自然繁殖条件:3mg/L以下 ただし、サケ・マス・アユ:2mg/L以下 成育の条件:5mg/L以下 ただし、サケ・マス・アユ:3mg/L以下 | — | — |
| 有機物(COD) | — | 自然繁殖条件:4mg/L以下 ただし、サケ・マス・アユ:2mg/L以下 成育の条件:5mg/L以下 ただし、サケ・マス・アユ:3mg/L以下 | 一般海域:1mg/L以下 ノリ養殖場、閉鎖性内湾の沿岸域:2mg/L以下 |
| 全窒素 | — | コイ・フナ:1.0mg/L以下 ワカサギ:0.5mg/L以下 サケ科・アユ科:0.2mg/L以下 | 水産1種0.3mg/L以下 水産2種0.6mg/L以下 水産3種1.0mg/L以下 ノリ養殖の最低限必要な栄養塩濃度:0.07~0.1(無機態窒素)mg/L |
| 全リン | — | コイ・フナ:0.1mg/L以下 ワカサギ:0.05mg/L以下 サケ科・アユ科:0.01mg/L以下 | 水産1種0.03mg/L以下 水産2種0.05mg/L以下 水産3種0.09mg/L以下 ノリ養殖の最低限必要な栄養塩濃度:0.007~0.014(無機態リン)mg/L |
| DO | 一般:6mg/L以上 サケ・マス・アユ:7mg/L以上 | 一般:6mg/L以上 サケ・マス・アユ:7mg/L以上 | 一般:6mg/L以上 内湾漁場の夏季底層において最低限維持しなくてはならない溶存酸素:4.3mg/L(3m/L) |
| pH | 6.7~7.5 生息する生物に悪影響を及ぼすほどpHの急激な変化がないこと | 6.7~7.5 | 7.8~8.4 |
| SS | 25mg/L以下(人為的に加えられる懸濁物質は5mg/L以下) 忌避行動などの反応を起こさせる原因とならないこと。 日光の透過を妨げ、水生植物の繁殖、生長に影響を及ぼさないこと。 | サケ・マス・アユ:1.4mg/L以下(透明度4.5m以上) 温水生魚類:3.0mg/L以下(透明度1.0m以上) | 人為的に加えられる懸濁物質は2mg/L以下 海藻類の繁殖に適した水深において、必要な照度が保持され、その繁殖と生長に影響を及ぼさないこと。 |
| 着色 | 光合成に必要な光の透過が妨げられないこと。忌避行動の原因とならないこと。 | | |
| 水温 | 水産生物に悪影響を及ぼすほどの水温の変化がないこと。 | | |
| 大腸菌群数 | 100mLあたり1,000MPN以下であること。ただし、生食用のカキを飼育するためには100mLあたり70MPN以下であること。 | | |
| 油分 | 水中には油分が検出されないこと・水面には油膜が認められないこと。 | | |
| 有害物質 | 有害物質の基準値は別表に掲げる物質ごとに同表の基準値の欄に掲げるとおりとする。 | | |
| 底質 | 河川及び湖沼では、有機物などによる汚泥床、みずわたなどの発生をおこさないこと。 海域では乾泥としてCODは20mg/g乾泥以下、硫化物は0.2mg/g乾泥以下、ノルマルヘキサン抽出物0.1%以下であること。 微細な懸濁物が岩面、礫、または砂利などに付着し、稚魚の着生、発生あるいはその発育を妨げないこと。 海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律に定められた溶出試験(昭和48年2月17日環境庁告示第14号)により得られた換液中の有害物質のうち水産用水基準で基準値が定められている物質については、水産用水基準の基準値の10倍を下回ること。ただしカドミウム、PCBについては溶出試験で得られた換液中の濃度がそれぞれの化合物の検出下限値を下回ること。 ダイオキシン類の濃度は150pgTEQ/gを下回ること。 | | |

参考_表-8 水産用水基準(水産資源保護協会が定める)

(別表)

| 水産用水基準(人の健康の保護に関する環境基準に定められている有害物質の基準値)[昭和58年3月、改正平成18年3月] | | | |
|--|-----------|--|----------|
| [(社)日本水産資源保護協会、(2005年版)] | | | |
| 項目 | 基準値(mg/L) | | |
| | 淡水域 | | 海域 |
| カドミウム | 検出されないこと | | 検出されないこと |
| 鉛 | 0.005 | | 0.001 |
| 六価クロム | 0.003 | | 0.003 |
| 砒素 | 0.002 | | 0.01 |
| 硫酸 | 0.01 | | 0.01 |
| 総水銀 | 0.0002 | | 0.0001 |
| アルキル水銀 | 検出されないこと | | 0.001 |
| PCB | 検出されないこと | | 検出されないこと |
| ジクロロメタン | 0.02 | | 0.02 |
| 四塩化炭素 | 0.002 | | 0.002 |
| 1,2-ジクロロエタン | 0.004 | | 0.004 |
| 1,1-ジクロロエチレン | 0.02 | | 0.02 |
| 1,1,1-トリクロロエタン | 0.5 | | 0.5 |
| 1,1,2-トリクロロエタン | 0.006 | | 0.006 |
| トリクロロエチレン | 0.03 | | 0.03 |
| テトラクロロエチレン | 0.01 | | 0.002 |
| 1,3-ジクロロプロペン | 0.002 | | 0.002 |
| チウラム | 検出されないこと | | - |
| シマジン | 0.003 | | - |
| チオベンカルブ | 0.001 | | 0.02 |
| ベンゼン | 0.01 | | 0.01 |
| セレン | 0.002 | | 0.01 |
| 硝酸態窒素 | 9 | | 7 |
| 亜硝酸態窒素 | 0.03 | | 0.06 |
| ふっ素 | 0.8 | | 1.4 |
| ほう素 | 検出されないこと | | 4.5 |

注-1は基準値が設定されていない。

| 水産用水基準(生活環境の保全に関する環境基準に定められている有害物質の基準値)[昭和58年3月、改正平成18年3月] | | | |
|--|-----------|--|----------|
| [(社)日本水産資源保護協会、(2005年版)] | | | |
| 項目 | 基準値(mg/L) | | |
| | 淡水域 | | 海域 |
| 亜鉛 | 検出されないこと | | 検出されないこと |

| 水産用水基準(要監視項目として定められている有害物質の基準値)[昭和58年3月、改正平成18年3月] | | | |
|--|-----------|--|----------|
| [(社)日本水産資源保護協会、(2005年版)] | | | |
| 項目 | 基準値(mg/L) | | |
| | 淡水域 | | 海域 |
| クロロホルム | 0.05 | | 0.06 |
| 1,2-ジクロロプロパン | 0.06 | | 0.06 |
| n-ジクロロベンゼン | 0.1 | | 0.07 |
| イソキサチオン | 検出されないこと | | 検出されないこと |
| ダイアジノン | 検出されないこと | | 検出されないこと |
| フェニトロチオン(MEP) | 検出されないこと | | 検出されないこと |
| イプロチオラン | 0.04 | | 0.04 |
| オキシム類 | 0.006 | | - |
| クロロタロニル(TPN) | 0.001 | | 0.002 |
| プロピザミド | 0.008 | | - |
| EPN | 検出されないこと | | 検出されないこと |
| ジクロルボス(DDVP) | 検出されないこと | | 検出されないこと |
| フェノカルブ(BPMQ) | 検出されないこと | | 0.003 |
| イプロボホス(IPP) | 検出されないこと | | 0.008 |
| クロルニトロフェン(CNP) | 0.0008 | | 0.08 |
| トルエン | 0.4 | | 0.3 |
| キシレン | 0.4 | | - |
| フタル酸ジエチルヘキシル | 0.001 | | 0.06 |
| ニッケル | 0.004 | | 0.007 |
| モリブデン | 0.07 | | 0.07 |
| アンチモン | 0.008 | | 0.4 |
| マンガン | 0.2 | | 0.2 |

注-1は基準値が設定されていない。

| 水産用水基準(ダイオキシン類による大気汚染、水質汚濁及び土壌汚染に係る環境基準)[昭和58年3月、改正平成18年3月] | | | |
|---|--------------|--|----|
| [(社)日本水産資源保護協会、(2005年版)] | | | |
| 項目 | 基準値(pgTEQ/L) | | |
| | 淡水域 | | 海域 |
| ダイオキシン類 | 1 | | 1 |

| 水産用水基準(基準値、指針値が定められていない有害物質の基準値)[昭和58年3月、改正平成18年3月] | | | |
|---|-----------|--|----------|
| [(社)日本水産資源保護協会、(2005年版)] | | | |
| 項目 | 基準値(mg/L) | | |
| | 淡水域 | | 海域 |
| アンモニア態窒素 | 0.01 | | 0.03 |
| 残留窒素(残留オキシダント) | 検出されないこと | | 検出されないこと |
| 窒化水素 | 検出されないこと | | 検出されないこと |
| 銅 | 0.0008 | | 検出されないこと |
| アルミニウム | 検出されないこと | | 0.1 |
| 鉄 | 0.09 | | 0.2 |
| 陰イオン界面活性剤 | 検出されないこと | | 検出されないこと |
| 非イオン界面活性剤 | 検出されないこと | | 検出されないこと |
| ベンゾ(a)ピレン | 検出されないこと | | 0.00001 |
| トリブチルスズ化合物 | 0.000007 | | 0.000002 |
| トリフェニルスズ化合物 | - | | 検出されないこと |
| フェノール類 | 0.008 | | 0.2 |
| ホルムアルデヒド | 0.5 | | 0.04 |

注-1は基準値が設定されていない。

参考_表-9 農業用水基準（都道府県の試験場の定め等により異なる場合がある）

| 項目 | 農業用水基準 |
|---------------|------------|
| pH(水素イオン濃度) | 6.0~7.5 |
| COD(化学的酸素要求量) | 6ppm 以下 |
| SS(浮遊物質) | 100ppm 以下 |
| DO(溶存酸素) | 5ppm 以上 |
| T-N(全窒素濃度) | 1ppm 以下 |
| 電気伝導率(塩類濃度) | 30mS/m以下 |
| 重金属 As(砒素) | 0.05ppm 以下 |
| Zn(亜鉛) | 0.5ppm 以下 |
| Cu(銅) | 0.02ppm 以下 |

参考_表-10 水浴場水質基準（全国一律）

| | | ふん便性大腸菌群数 | 油膜の有無 | COD | 透明度 |
|---|-------|---------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|
| 適 | 水質 AA | 不検出 (検出限界 2個/100mL) | 油膜が 認められない | 2mg/L 以下 (湖沼は 3mg/L 以下) | 全透 (または1m以上) |
| | 水質 A | 100 個/100mL 以下 | 油膜が 認められない | 2mg/L 以下 (湖沼は 3mg/L 以下) | 全透 (または1m以上) |
| | 水質 B | 400 個/100mL 以下 | 常時は油膜が 認められない | 5mg/L 以下 | 1m未満 ~50cm 以上 |
| 可 | 水質 C | 1,000 個/100mL 以下 | 常時は油膜が 認められない | 8mg/L 以下 | 1m未満 50cm 以上~ |
| | 不適 | 1,000 個/100mL を 超えるもの | 常時油膜が 認められる | 8mg/L 超 | 50cm 未満* |

