

小・中規模下水処理場 SBR 法  
応用評価及び設計・運転管理ガイドラ  
イン

2013年3月

国家都市給水排水工程技術研究センター

住宅・都市農村建設部村鎮司

住宅・都市農村建設部都市建設司

日本国際協力機構

## まえがき

より良い施設を設計・建設するためには、施設稼働後の状況を可能な限りモニターし、生じた不具合を随時改善すると共に、設計にフィードバックすることが重要である。

しかし、現在の中国の設計・建設の流れの中には、稼働後の状況を系統的に調査して施設の改善点を次の設計に反映する「事後評価制度」がないため、設計上の問題点を次の設計に生かし、また運転上の問題点を適時改善或いは是正するのが非常に困難な状況である。

本ガイドラインが依拠した主な作業は、日本の事後評価の手法を参考に「回分式活性汚泥法（SBR）」の中国における応用状況について事後評価を行った。主な目的は具体的な調査実践を通じて、当該処理法の実用状況、その長所と存在する問題点を客観的に分析・評価し、プロセスと運転の改善方法を幅広く検討し、同じ処理法を使っている污水处理場の設計と運転のために役立つことである。

統計によると、現在、中国で比較的多く応用されている SBR 法には、有機物除去を主な目的とする従来型の SBR 法に加え、窒素やリンの除去など、より高度な処理を目的とした CASS 法、CAST 法、ICEAS 法、DAT-IAT 法、MSBR 法などの改良型処理法があり、2010 年までに約 300 ヶ所近くの污水处理場で導入され、稼働している。処理規模は、最大で 20 万  $\text{m}^3/\text{d}$  を超えるが、5 万  $\text{m}^3/\text{d}$  以下が約 75% を占め、主に中・小規模処理場で採用されている。

江蘇省、安徽省および雲南省の SBR 法採用処理場を対象として実施したアンケート調査では 22 ヶ所から回答を得え、このうち 6 ヶ所について現地調査を実施した。

得られた調査サンプル数と内容の完全性は期待したものとは差があったが、中国での初の試みとして、しかも中国側スタッフが全過程に参画して実施並びに調査作業をやり遂げ、日本側専門家と共にガイドライン編纂を完成し、この点のみでも非常に大きな収穫だったと言える。

本ガイドラインは 4 つの編に分かれており、第 1 部分の基礎編では、主に中国の基本的な環境政策、污水处理施設の整備状況、及び SBR 法の設計と運転管理の基本方法などを紹介している。第 2 部分の調査編は、アンケート調査と現地調査の過程について説明し、調査結果についてのまとめと簡単な分析を行っている。第 3 部分は評価編で、調査結果に対して詳細なまとめと分析を行っている。流入条件、投資とコスト、処理効果と処理水質の安定性について分析と評価を行い、主な設計パラメータと処理プロセスに対する影響が比較的大きい施設、設備の機種選定と設計及び運転過程の監視と運転操作制御などの面について評価を行っている。第 4 部分は提言編で、調査で発見した問題点について、処理法の選択、プロセス設計と運転管理などについてソリューションと改善提案を提出している。

本ガイドラインの編纂は日中双方が合同で完成し、日本側専門家の川嶋幸徳（プロジェクト長期専門家）、川口幸男（短期専門家）、服部聡之（短期専門家）の諸氏が一部の章を作成し、短期専門家の竹島正氏は昆明市で行われた現地調査を指導並びに参加し、プロジェクト後半の実施総括である北川三夫氏からもガイドラインの内容について貴重な提案をいただいた。中国側の国家都市給水排水工程技术研究センターの顔秀勤、張維、夏瓊瓊、張向陽の諸氏が大部分の章を編纂した。川口幸男氏は中国側が編纂した内容をチェックし、そして修正と補強の提案をいただいた。ガイドライン（中国語版）の編集責任者は顔秀勤氏である。

本ガイドラインが污水处理分野の設計と運転管理スタッフにとって参考価値があり、他の研究者にとってもある程度参考となるよう希望する。

ガイドラインの中の不備及び誤りについては、専門家と同業に携わる方々からのご指摘を切に願います。

# 目 次

まえがき

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| <b>I 基礎編</b> .....                | <b>1</b>  |
| <b>1 中国における汚水処理の状況</b> .....      | <b>1</b>  |
| 1.1 中国における水環境汚染および汚濁負荷削減対策.....   | 1         |
| 1.1.1 中国における水環境汚染の状況.....         | 1         |
| 1.1.2 中国における水環境保全施策.....          | 2         |
| 1.2 中国における汚水処理の実施体制.....          | 4         |
| 1.2.1 五カ年計画.....                  | 4         |
| 1.2.2 中央及び地方政府の役割.....            | 6         |
| 1.2.3 建設資金及び運営資金.....             | 7         |
| 1.3 中国における汚水処理場の整備状況.....         | 10        |
| 1.3.1 概要.....                     | 10        |
| 1.3.2 地方部（小城镇）における汚水処理場の整備状況..... | 12        |
| <b>2 SBR法の原理と分類</b> .....         | <b>14</b> |
| 2.1 SBR法の原理.....                  | 14        |
| 2.1.1 SBR法の基本的運転モデル.....          | 14        |
| 2.1.2 SBR法の分類.....                | 14        |
| 2.1.3 SBR法の基本パラメータ.....           | 15        |
| 2.1.4 SBR法の高度処理.....              | 15        |
| 2.2 SBR法の特長.....                  | 17        |
| 2.2.1 SBR法の特長（利点）.....            | 17        |
| 2.2.2 SBR法の問題点.....               | 18        |
| 2.3 SBR法の改良法.....                 | 18        |
| 2.3.1 ICEAS法.....                 | 18        |
| 2.3.2 CASS/CAST法.....             | 19        |
| 2.3.3 DAT-IAT法.....               | 20        |
| 2.3.4 UNITANK法.....               | 21        |
| 2.3.5 MSBR法.....                  | 21        |
| <b>3 SBR法的设计</b> .....            | <b>22</b> |
| 3.1 国内外におけるSBR法的设计に関する基準と指針.....  | 22        |
| 3.1.1 SBR法的设计基準.....              | 22        |
| 3.1.2 その他の関連基準と規範.....            | 24        |
| 3.1.3 国内外における基本パラメータの比較.....      | 24        |
| 3.2 SBR法的设计方法と要点.....             | 26        |
| 3.2.1 SBR法设计方法の概述.....            | 26        |
| 3.2.2 汚泥負荷法.....                  | 26        |
| 3.2.3 SRT法.....                   | 29        |
| 3.2.4 SBR法的设计要点.....              | 35        |

|           |                              |           |
|-----------|------------------------------|-----------|
| <b>4</b>  | <b>SBR法の運転管理</b> .....       | <b>38</b> |
| 4.1       | SBR 下水処理場の運転管理に関する規範と基準..... | 38        |
| 4.1.1     | プロセス運転管理規範.....              | 38        |
| 4.1.2     | 処理水と汚泥の管理規範.....             | 38        |
| 4.2       | SBR法の運転管理手法.....             | 39        |
| 4.2.1     | 運転管理パラメータ.....               | 39        |
| 4.2.2     | 固定タイミング制御法.....              | 40        |
| 4.2.3     | 排水量の管理.....                  | 41        |
| <b>II</b> | <b>調査編</b> .....             | <b>43</b> |
| <b>5</b>  | <b>事後評価の概要</b> .....         | <b>43</b> |
| 5.1       | 事後評価の目的と意義.....              | 43        |
| 5.2       | 事後評価調査.....                  | 44        |
| 5.2.1     | アンケート調査.....                 | 44        |
| 5.2.2     | 現地調査概要.....                  | 46        |
| 5.2.3     | 文献調査.....                    | 46        |
| <b>6</b>  | <b>アンケート調査の結果</b> .....      | <b>47</b> |
| 6.1       | 汚水処理場の基本情報.....              | 47        |
| 6.1.1     | 竣工年／供用開始年.....               | 47        |
| 6.1.2     | 建設／運営方式.....                 | 48        |
| 6.1.3     | 汚水の収集方式.....                 | 48        |
| 6.1.4     | 設計処理量／実際処理量.....             | 48        |
| 6.1.5     | 処理方式（高度処理を含む）／排出基準／処理効果..... | 50        |
| 6.1.6     | 運転要員.....                    | 52        |
| 6.1.7     | 建設費.....                     | 53        |
| 6.1.8     | ランニングコスト.....                | 56        |
| 6.2       | 主要機器及び構造物の状況.....            | 60        |
| 6.2.1     | 流入機器.....                    | 60        |
| 6.2.2     | 前処理装置.....                   | 60        |
| 6.2.3     | SBR 反応槽.....                 | 62        |
| 6.2.4     | 高度処理.....                    | 63        |
| 6.2.5     | 汚泥処理.....                    | 64        |
| 6.3       | SBRの運転方法.....                | 66        |
| 6.3.1     | 運転サイクル／排水比.....              | 66        |
| 6.3.2     | 負荷条件.....                    | 66        |
| 6.3.3     | 窒素とりんの除去状況.....              | 66        |
| 6.4       | 運転管理.....                    | 67        |
| 6.4.1     | 監視と検査測定.....                 | 67        |
| 6.4.2     | 負荷変動対策.....                  | 69        |
| 6.4.3     | 事故と問題の解決方法.....              | 70        |
| <b>7</b>  | <b>現地調査の結果</b> .....         | <b>71</b> |

|            |                                  |            |
|------------|----------------------------------|------------|
| 7.1        | 調査対象処理場の状況 .....                 | 71         |
| 7.1.1      | 基礎条件の調査 .....                    | 71         |
| 7.1.2      | 処理水排出基準 .....                    | 71         |
| 7.1.3      | 竣工年／操業開始年／建設と運営方式 .....          | 72         |
| 7.1.4      | 汚水収集方式／処理方法／設計処理水量／実際処理水量 .....  | 72         |
| 7.1.5      | 近年の流入状況（流入水量、負荷率、流入水質） .....     | 73         |
| 7.1.6      | 近年の処理水質状況 .....                  | 81         |
| 7.1.7      | ランニングコスト（電力、薬品とその他燃料の消費など） ..... | 86         |
| 7.2        | SBR 反応槽の運転パラメータ .....            | 87         |
| 7.2.1      | 運転サイクル／HRT／排水比 .....             | 87         |
| 7.2.2      | 負荷条件 .....                       | 88         |
| 7.3        | SBR 反応槽運転プロセスの監視 .....           | 89         |
| 7.3.1      | DO/ORP の変化状況 .....               | 89         |
| 7.3.2      | COD/ BOD の分解変化状況 .....           | 97         |
| 7.3.3      | 窒素の変化状況 .....                    | 102        |
| 7.3.4      | りんの変化状況 .....                    | 108        |
| 7.3.5      | 汚泥沈降性能 .....                     | 113        |
| 7.4        | SBR 反応槽の全体的処理効果 .....            | 119        |
| 7.5        | 主な問題点 .....                      | 121        |
| 7.5.1      | 設計上の問題点 .....                    | 121        |
| 7.5.2      | 運転プロセスの問題点 .....                 | 121        |
| <b>III</b> | <b>評価編 .....</b>                 | <b>122</b> |
| <b>8</b>   | <b>評価基準と評価方法 .....</b>           | <b>122</b> |
| 8.1        | 流入条件からみた評価 .....                 | 122        |
| 8.2        | 建設／ランニングコストからみた評価 .....          | 122        |
| 8.3        | 処理効果からみた評価 .....                 | 122        |
| 8.4        | 施設設計面からみた評価 .....                | 123        |
| 8.5        | 施設運行管理面からみた評価 .....              | 123        |
| <b>9</b>   | <b>評価結果 .....</b>                | <b>123</b> |
| 9.1        | 流入条件からみた評価 .....                 | 123        |
| 9.2        | 建設／ランニングコストからみた評価 .....          | 125        |
| 9.2.1      | 建設費用 .....                       | 125        |
| 9.2.2      | 運転保守管理コスト .....                  | 125        |
| 9.3        | 処理効果からみた評価 .....                 | 126        |
| 9.3.1      | 調査結果の概要 .....                    | 126        |
| 9.3.2      | 処理水質の安定性 .....                   | 127        |
| 9.3.3      | 処理水質の総合評価 .....                  | 144        |
| 9.4        | 設計の評価 .....                      | 150        |
| 9.4.1      | 流入水調整池 .....                     | 150        |
| 9.4.2      | SBR 反応槽排水比 .....                 | 150        |
| 9.4.3      | SBR 反応槽の運転サイクル .....             | 151        |

|           |                             |            |
|-----------|-----------------------------|------------|
| 9.4.4     | BOD-SS 負荷と処理水質 .....        | 151        |
| 9.4.5     | 好気処理時間と硝化率.....             | 151        |
| 9.4.6     | 総合返送比と窒素除去率の関係.....         | 151        |
| 9.4.7     | MLSS 濃度と固液分離能力 .....        | 152        |
| 9.4.8     | 設備選定と操作モード.....             | 153        |
| 9.4.9     | 前処理施設.....                  | 154        |
| 9.5       | 運転管理の評価 .....               | 155        |
| 9.5.1     | 運転過程の監視.....                | 155        |
| 9.5.2     | 運転操作制御.....                 | 155        |
| 9.5.3     | 余剰汚泥の排出.....                | 155        |
| <b>IV</b> | <b>提言編.....</b>             | <b>156</b> |
| <b>10</b> | <b>まえがき .....</b>           | <b>156</b> |
| <b>11</b> | <b>総則.....</b>              | <b>157</b> |
| <b>12</b> | <b>プロセスフローの選択 .....</b>     | <b>158</b> |
| 12.1.1    | プロセスフロー選択の原則.....           | 158        |
| 12.1.2    | 処理水質の要件.....                | 159        |
| 12.1.3    | 提案するプロセスフロー及びその特徴.....      | 159        |
| <b>13</b> | <b>SBR 法の設計.....</b>        | <b>162</b> |
| 13.1      | SBR 法のタイプの選択.....           | 162        |
| 13.2      | 流入水の調整 .....                | 164        |
| 13.2.1    | 流量調整池の設置.....               | 164        |
| 13.2.2    | 流入ポンプの機種選定と配置.....          | 165        |
| 13.3      | 前処理の留意事項 .....              | 165        |
| 13.3.1    | スクリーン.....                  | 165        |
| 13.3.2    | 沈砂池 .....                   | 165        |
| 13.4      | SBR 反応槽.....                | 166        |
| 13.4.1    | 設計パラメータ .....               | 166        |
| 13.4.2    | 上澄水排出装置上澄水排出装置の機種選定と配置..... | 167        |
| 13.4.3    | 散気板の機種選定と配置.....            | 167        |
| 13.4.4    | 送風機の機種選定と配置.....            | 167        |
| 13.4.5    | 攪拌機の選択.....                 | 167        |
| 13.4.6    | 汚泥排出.....                   | 168        |
| 13.5      | 高度処理.....                   | 168        |
| <b>14</b> | <b>SBR プロセスの運転.....</b>     | <b>169</b> |
| 14.1      | 日常運転管理 .....                | 169        |
| 14.1.1    | SBR 反応槽システムの運転管理 .....      | 169        |
| 14.1.2    | 設備の運転・メンテナンス・管理.....        | 169        |
| 14.2      | 水質指標及びその検査・測定 .....         | 170        |
| 14.2.1    | オンライン測定.....                | 170        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 14.2.2 日常試験.....            | 170        |
| 14.2.3 精密試験（特別検査）.....      | 170        |
| 14.3   運転管理指標及びその監視.....    | 171        |
| 14.3.1 オンライン監視.....         | 171        |
| 14.3.2 日常試験.....            | 171        |
| 14.3.3 精密試験（特別監視）.....      | 172        |
| 14.4   処理効率を向上する運転管理.....   | 172        |
| 14.4.1 負荷変動に対する運転管理.....    | 172        |
| 14.4.2 窒素除去効率を向上する運転管理..... | 173        |
| 14.4.3 脱リン効率を向上する運転管理.....  | 173        |
| 14.4.4 汚泥沈降性能を改善する運転管理..... | 174        |
| 14.4.5 省エネ・電力削減の運転管理.....   | 175        |
| <b>あとがき.....</b>            | <b>178</b> |



# I 基礎編

## 1 中国における汚水処理の状況

### 1.1 中国における水環境汚染および汚濁負荷削減対策

#### 1.1.1 中国における水環境汚染の状況

中国の水問題は、深刻な「水資源不足」と「水質汚濁」に集約される。水資源については、水資源総量は2兆8124億 $m^3$ と世界6位のレベルであるが、一人当たりの水資源は $2,292m^3$ （2007年）で世界平均 $8,559m^3$ を大きく下回っている。水資源の偏在も顕著で、北部（長江以北）の水不足は顕著である。

1979年の改革開放後、中国は急激な経済発展を遂げ、これにともない、環境汚染が深刻化した。第九次五カ年計画（九五）期間（1996-2000年）中にいわゆる「三河」（淮河・海河・遼河）、「三湖」（太湖・巢湖・滇池）、兩区（酸性雨制御区と二酸化硫黄制御区）、一市（北京市）、一海（渤海）が「環境保護重点区域」に指定された。

環境保護部の「2011年中国環境状況公報」によると、「三河」を含む十大水系（河川）の状況は下図に示すとおりで、「十一五」以前に比較して改善は見られるものの、海河、松花江などで依然として汚染が続いている。これらの水系に設定されている国の観測地点469箇所のうち、I～III類、IV～V類、劣V類に分類されるものの割合は、それぞれ61.0%、25.3%、13.7%で、主な汚染指標はCOD、 $BOD_5$ であった。

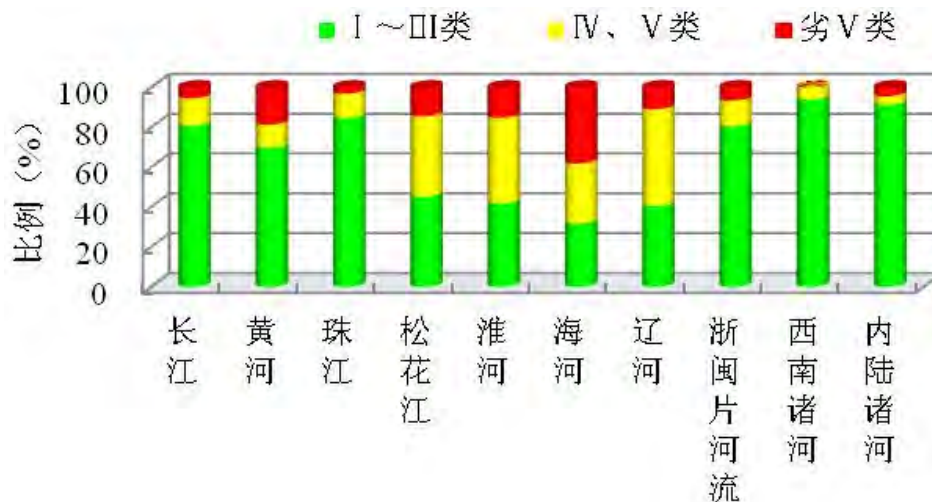


図 1.1-1 2011年十大水系水質類型比率

湖沼では、国がモニタリングを行っている26の重点湖沼（ダム）のうち、I～III類、IV～V類、劣V類に分類されるものの割合は、それぞれ42.3%、50.0%、7.7%で、主な汚染指標は全りん、CODであった。

表 1.1-1 2011 年重点湖沼（ダム）水質状況

| 湖沼(ダム)類型 | I 類 | II 類 | III 類 | IV 類 | V 類 | 劣V 類 | 主要汚染指標  |
|----------|-----|------|-------|------|-----|------|---------|
| 三湖*      | 0   | 0    | 0     | 1    | 1   | 1    | 全リン、COD |
| 大型淡水湖    | 0   | 0    | 1     | 4    | 3   | 1    |         |
| 都市内湖     | 0   | 0    | 2     | 3    | 0   | 0    |         |
| 大型ダム     | 1   | 4    | 3     | 1    | 0   | 0    |         |

\*「三湖」とは太湖（江蘇省）、滇池（雲南省）および巢湖（安徽省）

## 1.1.2 中国における水環境保全施策

### (1) 行政機構

中国の中央行政組織において、污水处理に関係するのは環境保護部（以下「環保部」という。）、住宅・都市農村建設部（以下、「建設部」という。）および水利部である。なお、例えば「建設部」は日本における国土交通省と農林水産省それぞれの機能の一部を合わせたものに相当する。また、地方にもこれと同様の組織があり、各省には環保庁、建設庁、水利庁が、市には環保局、建設局、水務局が設置されているのが一般的である。

これら水行政に係る組織については、2008 年の機構改革において一定の役割分担がなされている。これによると、環保部門は汚染物質の排出基準の制定、汚染物質排出許可、監視など汚濁負荷削減目標の実行および重大開発計画に係る環境評価等を行うとされている。

また、建設部門は都市施設としての污水处理施設、管網の建設および管理を担当する。なお、污水处理施設、管網の管理については地方政府へ権限委譲されている。水利部門は、それまで建設部にあった地下水資源管理を引き継ぎ、水資源の統一管理体制の強化を図った。また、新たな分野として再生水の管理が加えられた。

### (2) 污水处理に係る法令、指針、ガイドライン

污水处理場からの放流水に係る基準は、「環境保護法」、「水污染防治法」および「海洋環境保護法」に基づく「城鎮污水处理場汚染物排放標準」（GB18918-2002）に定められたが、2006 年には閉鎖性水域等の重要水域に排出する場合の基準が 1 級 B から 1 級 A に強化された。このため、当該地域に新設される污水处理場だけでなく、既存の污水处理場においても高度処理対応が必要となった。

污水处理場の設計に係る指針、ガイドラインは、大きく国家級（部門標準を含む）、地域級（各都市で作成したもの）、その他（市販の技術書等）に分類される。国家級のものには「GB 標準」（「GBXXXXX-西暦」で表記される。）「国家標準」および環保部の制定する部門基準である「HJ 標準」、建設部の「CJ 標準」等の「部門標準」がある。地域級には、省および主要都市で定める「DB 標準」がある。

污水处理に関連する基準、指針等のうち主な例を以下に示す。

#### 設計指針の例

「室外排水設計規範」（2011 年版）GB50014-2006（国家標準）

「建築給水排水設計規範」GB50015-2003（国家標準）

「嫌気無酸素好気法污水处理プロセス技術規範」HJ576-2010（環保部部門標準）

「回分式活性汚泥法污水处理プロセス技術規範」HJ577-2010（環保部部門標準）

「江蘇省太湖流域都市污水处理場における建設技術ガイドラインの提示」（地方版ガイドライン）

運転管理指針の例

「都市污水处理場運行、維持及び安全技術規定」CJJ60-2011（建設部部門標準）

污水处理場に係る処理水排出基準等の例

「都市下水処理場汚染物排出標準」GB18918-2002（国家標準）

「水汚染物質排出基準」DB11/ 307-2005（地方標準）

汚泥の利用に係る基準等の例

「都市污水处理場汚泥処置 分類」GB/T23484-2009

「都市污水处理場汚泥処置 単独焼却用泥質」GB/T24602-2009

「都市污水处理場汚泥処置 土地改良用泥質」GB/T24600-2009

「都市污水处理場汚泥処置 農用泥質」CJT309-2009 など

## 1.2 中国における汚水処理の実施体制

### 1.2.1 五カ年計画

#### (1) 第9次五カ年計画以前

中国の基本的な国家発展開発政策は「国民経済・社会発展五カ年計画」、いわゆる「五カ年計画」としてまとめられる。1979年の改革開放後、中国は急激な経済発展を遂げ、これにともない太湖（江蘇省）に代表される環境汚染が次第に深刻化した。1980年～1990年代にかけて、国際金融機関の支援等により汚水処理場の整備が行われるようになり、1998年以降、いわゆる「三河」（淮河・海河・遼河）、「三湖」（太湖・巢湖・滇池）の汚染防止対策への国債の重点投入によって、汚水処理場の数および下水処理能力が急激に増加した。

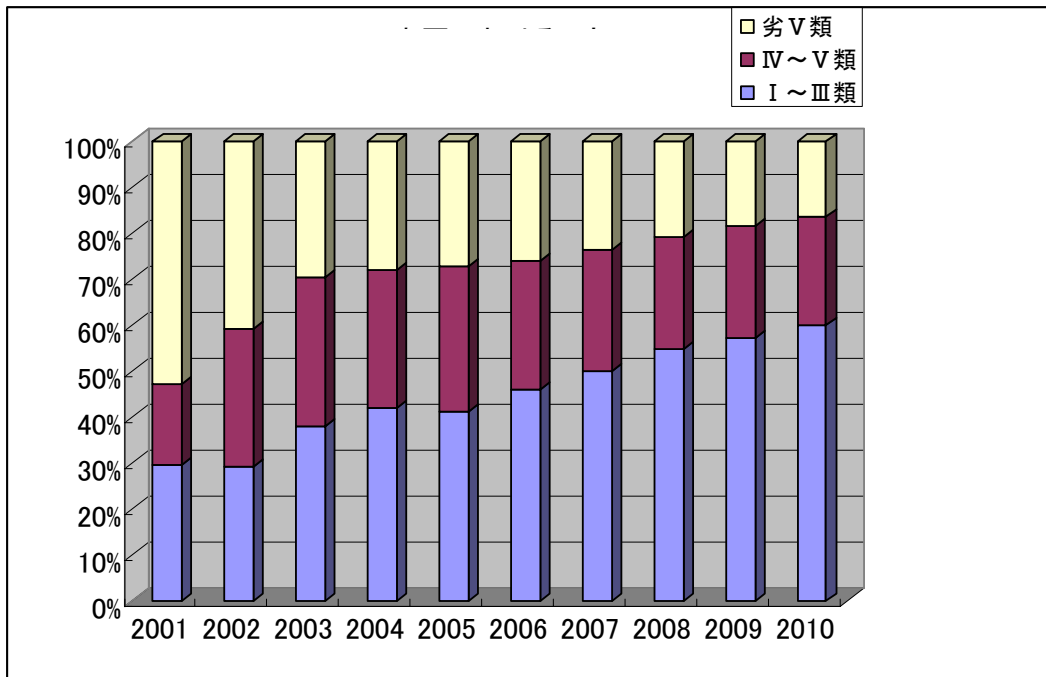
#### (2) 第10、11次五カ年計画

2000年以後になって、「第10次五カ年計画（十五）」（2001～2005年）、「第11次五カ年計画（十一五）」（2006～2010年）にCOD（化学的酸素要求量）の大幅な削減が目標に掲げられ、都市部を中心に汚水処理場の建設が加速された。

当初、中国の汚水処理事業は政府主導で展開してきたが、2002年の「市政公用事業市場化」改革で民間資本の参加が広く認められ、さらに2003年に行われた汚水処理運営主体の企業化等の改革により、国内企業および外資系企業が積極的に当該分野に進出した。

これらにより汚水処理場の数は「十五」以降著しく増加し、その処理能力も急速に増加した。2010年末における中国全体の汚水処理場数は、約2,700箇所、処理能力の合計は約1.25億m<sup>3</sup>/日に達し、都市部の汚水処理率は約77.5%に達した。（「十一五」目標：70%）

このような集中的・計画的な下水道建設により、河川の水質状況は改善されてきており、中国における7大河川（長江、珠江、松花江、淮河、黄河、遼河、海河）の水質改善状況は、図1.2-1に示す通り、2001年（「十五」の初年度）には、約50%以上が劣5類の水質であったものが、2010年には、約20%まで減少してきている。



※) 2001年～2010年までの中国環境状況公報<sup>2)</sup>に基づいて、各年のデータを集計して作成

図 1.2-1 中国における7大河水質改善状況

(3) 第12次五カ年計画

「十二五」では、CODの削減目標(2010年比-8%)に加え、新たにアンモニア性窒素の削減(-10%)が「拘束性」指標になった。さらに、都市部污水处理率の目標は85%(直轄市、省都および「計画単独市(计划単列市)」の市街地県級市については全量収集、地級市85%、県級市70%)、県人民政府所在鎮は平均70%、建制鎮は平均30%とされた。「十二五」における主要な目標を表1.2-1に示す。

表 1.2-1 「十二五」における城鎮汚水処理及び再生利用に関する主要指標

| 指標                                |            | 2010 年 | 2015 年  | 新增   |  |
|-----------------------------------|------------|--------|---------|------|--|
| 汚水処理率 (%)                         | 設市都市       | 77.5   | 85      | 7.5  |  |
|                                   | うち：        |        | 36 重点都市 | 100  |  |
|                                   |            |        | 地級市     | 85   |  |
|                                   |            |        | 県級市     | 70   |  |
|                                   | 県城         | 60.1   | 70      | 9.9  |  |
| 建制鎮                               | <20        | 30     | >10     |      |  |
| 汚泥無害化処置率 (%)                      | 設市都市       | <25    | 70      |      |  |
|                                   | うち：36 重点都市 |        | 80      |      |  |
|                                   | 県城         |        | 30      |      |  |
|                                   | 建制鎮        |        | 30      |      |  |
| 再生水利用率 (%)                        |            | <10    | 15      | >5   |  |
| 管網規模 (万 km)                       |            | 16.6   | 32.5    | 15.9 |  |
| 汚水処理規模 (万 m <sup>3</sup> /日)      |            | 12476  | 20805   | 4569 |  |
| グレードアップ改造規模 (万 m <sup>3</sup> /日) |            |        |         | 2611 |  |
| 汚泥処理処置規模 (万トン/年)                  |            |        |         | 518  |  |
| 再生水規模 (万 m <sup>3</sup> /日)       |            | 1210   | 3885    | 2675 |  |

出典：「十二五における全国城鎮汚水処理及び再生水利用施設の建設計画に関する国務院の通知」国弁発[2012]24号

また、「十二五」期間中の汚水処理場および再生水施設に対する計画投資額は約 4,300 億元で、その内訳は下記のとおりである。(出典：中華人民共和国国務院官房(国務院弁公庁)通知 2012 年 24 号)

|           |       |    |
|-----------|-------|----|
| 施設建設投資額   | 4,271 | 億元 |
| うち、管網投資   | 2,443 | 億元 |
| 汚水処理施設新增設 | 1,040 | 億元 |
| グレードアップ改造 | 137   | 億元 |
| 汚泥処理施設建設  | 347   | 億元 |
| 再生水利用施設建設 | 304   | 億元 |
| 施設管理能力関係  | 27    | 億元 |

### 1.2.2 中央及び地方政府の役割

中国の行政機構は、大きくは中央政府と地方政府に分けられる。中央政府には、立法機関である全国人民代表大会(全人代)、行政機関である国務院、司法機関である最高人民法院、および中央軍事委員会で構成される。中央政府の行政機構である国務院には、先に紹介した建設部、環保部、水利部のほか国家發展改革委員会(以下、「発改委」という。)がある。發展改革委員会は、政策や経済の「マクロ・コントロール」を行う組織である。

このような機構は、地方行政においてもほぼ同様である。

表 1.2-2 中央政府、地方政府の機構

| 中央政府  | 地方政府  |       |       |     |
|-------|-------|-------|-------|-----|
| 国务院   | 省級    | 地級    | 県級    | 郷級  |
| 外交部   | 外事弁公室 | 外事弁公室 | —     | —   |
| 財政部   | 財政庁   | 財政局   | 財政局   | 財政所 |
| 建設部   | 建設庁   | 建設局   | 建設局   | —   |
| 環境保護部 | 環境保護庁 | 環境保護局 | 環境保護局 | —   |
| 水利部   | 水利庁   | 水務局   | 水利局   | —   |

※上表は政府機構の概略を示したもので、必ずしも正確に表現されていない。

※上表の機関名は通称であり、正式な名称ではない。(例) 建設部：住房和城郷建設部

ここ数年、中国の行政機構は、これまで繰り返し改革が行われ、全体の方向としては縮小の方向である。中央政府と地方政府の関係も変化してきており、「以奨代補(以奨代補)」(報奨を以て補助に代える)という政策に見られるように、地方の自主性、自立性を促し、成果重視による競争原理の導入により、効率的な発展を図っており、このことが污水处理場の整備、運営の面にも反映されている。

### 1.2.3 建設資金及び運営資金

#### (1) 建設資金

建設に関する資金調達としては、地方自治体による投入、各種社会資本による投資主体と融資ルートの多元化、国の財政的支援、融資と補助金等があげられている。

污水处理分野における政府と民間役割分担については、先に述べたような污水处理施設の建設、運営への民間資本の参入促進が進められ、「政府建網、社会建厂(政府建網、社会建廠)」、すなわち「政府が管網を建設し、民間が処理場を建設する」という原則により、污水处理施設の建設促進と運営の効率化を図っている。さらに、「以奨代補」の政策により、地方政府が様々なチャンネルから資金調達し整備を進めることを促進する政策をとっている。

污水处理場の運営形態には、地方政府直接管理、運営委託(O&M)、BOT(Build Operation Transfer)、TOT(Transfer Operation Transfer)等があるが、近年、中国ではBOT、TOTが多くなっており、2010年末で約30%程度がこの形式というデータもある。日本の大都市の一部では、地方政府(地方公共団体)による直接管理が行われているが、現在、中国ではこの形式はほとんど見られない。

なお、運営を行っている機関の多くは政府(地方政府を含む)が設立したもので、本プロジェクトのC/Pである北京城市排水集団や昆明滇池投資有限責任公司是北京市政府、昆明市政府が設立した「国有独資企業」で、北京首都創業集団有限公司(北京首創集団: Beijing Capital)は水産業への投資を行う企業としては中国最大級の国有企業である。このように、インフラ整備等への投融資を目的とした国有企業を「地方投融資平台(プラットフォーム)」と呼ぶ。

図1.2-2は、污水处理場の建設、運営の代表的な形態を模式的に表したものである。図中の「項目公司(部門)」は、建設、運営などの目的別に設けられるもので、例えば、北京城市排水集団の場合、傘下に污水处理場運営部門、研究開発部門、設計コンサルティング

グ会社、水処理設備製造会社等を持っている。また、北京首創集団と共同出資して排水処理会社を設立、後述する外資系の威立雅水務と共同して汚水処理場の建設、運営を行っている。

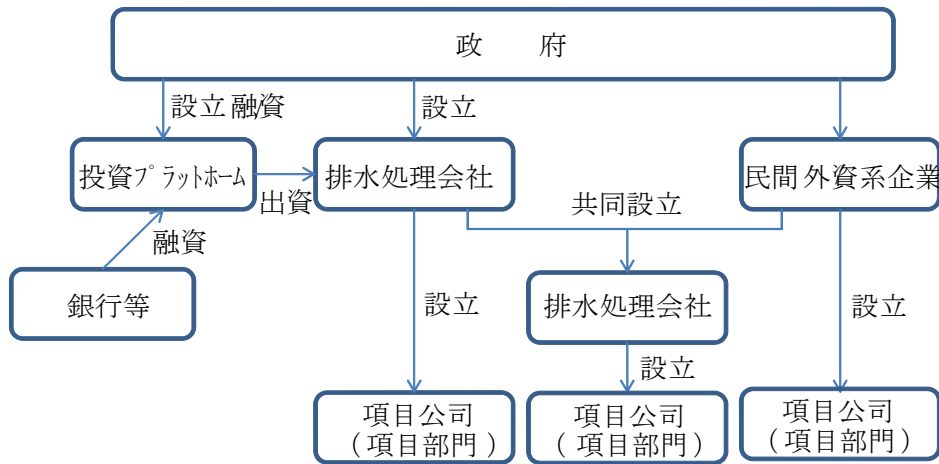


図 1.2-2 中国における汚水処理場の建設・運営形態 (例)

このほか、民間企業としては**安徽国禎集团股份有限公司 (安徽国禎)**がよく知られており、この企業の傘下にある**安徽国禎環保節能科技股份有限公司**には日本の商社である丸紅が 30%の資本参加している。また、安徽国禎とはクボタ (本社：大阪市) が、膜処理に特化した**久保田国禎環保工程科技 (安徽) 有限公司**を合弁で設立している。また、世界的な水メジャーとして知られるスエズは香港の新世界集団と合弁で**中法水務 (Sino French Water Development)**を 1992 年に設立し、**ベオリア**も**威立雅水務 (Veolia Water China)**を 1997 年に設立し市場参加している。

## (2) 運営資金

中国では、生活排水処理に係る料金は水道料金とともに地方政府が徴収し、契約に基づいて地方政府から排水処理会社に経費が支払われている。一般に、給水料金は、「水資源費＋水道水運営費 (処理コスト＋正常利潤)＋汚水処理費」で構成される。

改革開放以前、汚水処理は公益事業として政府が施設を建設し、民間や各家庭は無償でこれを使用し、運行費用はすべて地方財政負担とされていた。1987 年に国務院が提出した「**关于加快城市建设工作的通知 (都市建設の加速に関する通知)**」に基づき、1993 年 4 月に国家物価局と財政部は「**关于征收城市排水设施使用费的通知 (都市排水施設使用費の徴収に関する通知)**」を出している。ただし、本格的に汚水処理費の徴収を始めたのは、1996 年に発布された「**中華人民共和国水污染防治法**」に基づき、1997 年に三河、三湖流域の都市で試行されたのが最初である。

その後、各省、都市で汚水処理費の徴収が行われているが、経費に見合う料金の徴収ができていない場合が多いと言われている。2006 年、国家環境保護総局 (現環境保護部) は、同年末までにすべての城鎮において汚水処理費の徴収を行い、原則的に徴収額を 0.8 元/ton まで逐次上げるべきであると指摘した。

なお、汚水処理場の運営単位 (会社) に支払われる運営費は、地方政府との契約によって決まるが、処理原価 (直接処理経費＋減価償却費＋借入金利息＋間接費) に見合った運営費にはなっておらず、特に汚泥処理処分費については適正に算定されていないと指摘されている。さらに、施設建設への投資が汚水処理に偏り、汚泥処理が軽視されてきた。(「重



### 水軽泥」)

このようなことから、運営経費を調査する場合、汚水処理費、汚泥処理費を区別して調査することが望ましい。また、中国では地域によって人件費等の価格に大きな差がある。このため、運営経費総価だけでなく、直接部門人員数、消費電力量などのデータをあわせて入手する必要がある。

参考として、表 1.2-3 に北京市の給水料金体系を示す。

表 1.2-3 北京市供水分類価格

| 類 別               | 水道水価格<br>(元/m <sup>3</sup> ) | 水資源費価格<br>(元/m <sup>3</sup> ) | 汚水処理費価格<br>(元/m <sup>3</sup> ) | 総合価格<br>(元/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 住民                | 1.70                         | 1.26                          | 1.04                           | 4.00                        |
| 行政事業              | 2.80                         | 1.32                          | 1.68                           | 5.80                        |
| 工商業               | 3.00                         | 1.44                          | 1.77                           | 6.21                        |
| ホテル、レストラン、<br>飲食業 | 3.50                         | 1.16                          | 1.55                           | 6.21                        |
| 公衆浴場業             | 58.90                        | 21.10                         | 1.68                           | 81.68                       |
| 洗車業               | 38.90                        | 21.10                         | 1.68                           | 61.68                       |
| 浄水                | 38.90                        | 21.10                         | 1.68                           | 61.68                       |
| 中水                | --                           | --                            | --                             | 1.00                        |

出典：北京市自来水集团有限公司 (<http://www.bjwatergroup.com.cn>)

## 1.3 中国における污水处理場の整備状況

### 1.3.1 概要

中国における污水处理場の数は、1990年にはわずか数十箇所であったと言われている。2000年以後になって、「第10次五カ年計画」(2001～2005年)、「第11次五カ年計画」(2006～2010年)にCOD(化学的酸素要求量)の大幅な削減が目標に掲げられ、都市部を中心に污水处理場の建設が加速された結果、その処理能力は急速に増加した。

「十一五」における下水処理場、及び污水处理率の増加を図1.3-1に示す。



図 1.3-1 中国における下水処理場の整備動向

住宅都市農村建設部によると、2012年3月末で、全国657都市のうち639都市に污水处理場が存在し、污水处理場の数は3,198箇所、2010年末の2,739箇所から約460箇所増加、処理能力は1.38億 $m^3$ /日で、2010年末の1.25億 $m^3$ /日から約1,300万 $m^3$ /日増加した。また、建設中の処理場は約1,300箇所、その処理能力は約2,700万 $m^3$ /日である。

全国657都市のうち639の都市にある処理場は1,884箇所、その処理能力は1.15億 $m^3$ /日である。また、県人民政府所在鎮のうち污水处理場を有しているものは1,177箇所、すべての県人民政府所在鎮の72.5%に相当し、県人民政府所在地および部分建制鎮(都市以外)の污水处理場は1,314箇所、処理能力は2,334万 $m^3$ /日である。なお、中国の場合、一般に污水处理場の処理能力は「日平均」で表される。(日本の場合は「日最大」)

これらのデータを分析すると、全国3,198箇所の処理場の平均処理能力は4.3万 $m^3$ /日、都市の処理場の平均処理能力は6.1万 $m^3$ /日、都市以外の処理場は1.8万 $m^3$ /日、建設中の処理場は2.1万 $m^3$ /日となり、污水处理場建設の中心が都市の大型処理場から中小規模の処理場に移行していくことが示唆されている。

また、污水处理率については、都市の污水处理率のみが公表されており、2011年末の都市污水处理率は82.6%で、2010年末の77.5%から5.2%増加した。なお、污水处理率は、日本の下水道普及率、污水处理人口普及率とは異なり、「污水处理総量/污水排放総

量＝流入汚水量／給水量×0.9」で計算される数値である。流入水量には、合流区域の雨水、管渠への浸入水も含まれる。(日本の場合、「人口普及率＝処理人口／行政区域内人口」である。)

しかしながら、その整備の状況は都市規模により一様ではない。図 1.3-2 は、下水道実施都市に関して、「十一五」までに実施した都市と「十二五」で実施予定の都市について、都市規模別にまとめたものであるが、水質汚濁の著しい都市・県レベルでは、「十二五」においてすべての市が下水道事業に着手する予定であるが、「十二五」以降においても鎮・村レベルでは、まだ着手自治体数は、少ない状態である。

中国では海外から導入した技術に加え、それを独自に改良した技術があり、数多くの処理方式が存在する。いわゆる高度処理（深度処理）に対応した処理方式としては、A<sup>2</sup>/O法が最も一般的で、「倒置 A<sup>2</sup>/O 法」などの「改良法」も多く採用されている。また、高度処理対応の OD 法（酸化溝法）、回分式活性汚泥法（SBR：批序式活性汚泥法）なども多く採用されており、最近では膜分離活性汚泥法（MBR：膜生物反応器）の採用数も増加しているが、経済面、技術面からみると地方部での膜法採用には問題があると考えられる。

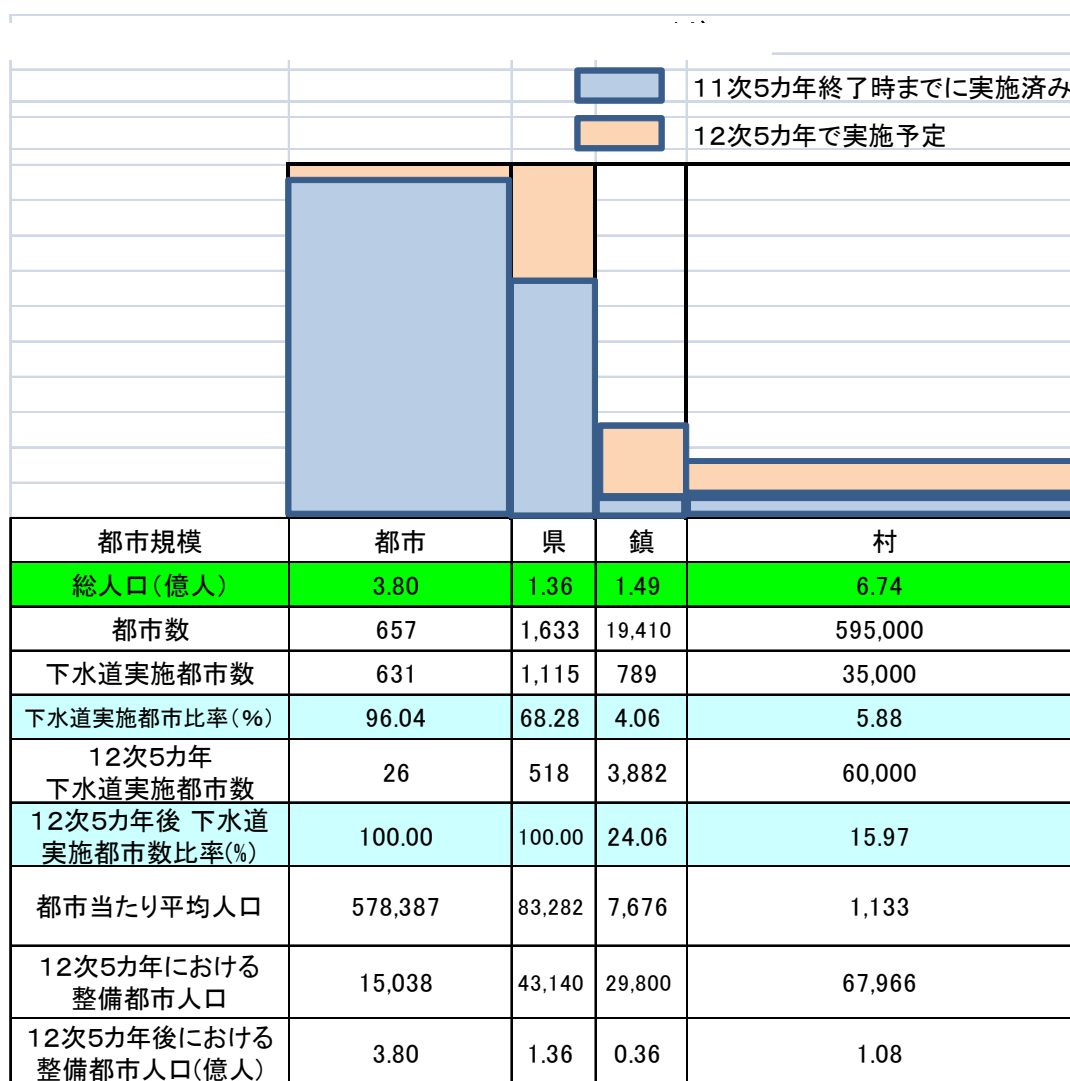


図 1.3-2 都市規模別下水道実施都市比率

### 1.3.2 地方部（小城镇）における汚水処理場の整備状況

中国の行政単位は、省級、地(地区)級、県級、郷級の4層構造から成り、省級には河北省、福建省などの省、北京市、重慶市、上海市、天津市の4つの直轄市や内モンゴル自治区などの5自治区および香港、マカオの特別行政区が含まれる。また、地級には副省級市と地級市、県級には県、県級市が含まれる。すなわち、省級市、地級市の中に「県」が存在する。なお、中国の人口は2010年時点で13億人余り、このうち都市人口比率は約46%とされている。

郷級に含まれる郷、鎮、これは日本の町程度（人口数千人～数万人）に相当するが、その数は全国で合計約4万（2002年のデータとして、建制鎮20,021箇所、その他の鎮22,612箇所という数字がある。）、その下のレベルである村は約60万に及ぶ。関係部門の紹介によると、これらの汚水処理率は、鎮で15%、村で3%程度である。

都市レベルの処理能力は全国の83%で、県・鎮・村レベルの処理能力は17%であるが、人口比では、県・鎮・村が72%を占めており、表1.3-1からも、今後、小規模処理場が必要となっていくことが理解できる。

表 1.3-1 2011 年度における都市規模別下水道施設整備状況

|  | 都市                     | 県・鎮・村 合計              | 合計                     |
|--|------------------------|-----------------------|------------------------|
| 都市数                                    | 657                    |                       |                        |
| 下水道実施都市数                               | 639                    |                       |                        |
| 処理場数                                   | 1,884                  | 1,314                 | 3,198                  |
| 処理能力                                   | 115百万m <sup>3</sup> /日 | 23百万m <sup>3</sup> /日 | 138百万m <sup>3</sup> /日 |
|  | 83%                    | 17%                   | 100%                   |
| 処理場1カ所あたり<br>平均処理能力(m <sup>3</sup> /日) | 61,040                 | 17,504                | 43,152                 |
| 人口比                                    | 28%                    | 72%                   | 100%                   |
| 人口                                     | 3.8億人                  | 10億人                  | 13.8億人                 |

なお、小規模処理場の定義は、日本では、設計指針において、おおむね人口1万人以下とされており、処理能力に換算すると約3,000～4,000m<sup>3</sup>/日程度に相当する。中国における「小規模汚水処理場」の定義は明確ではないが、一般に2万m<sup>3</sup>/日以下のものが「小規模」に分類される。

小規模施設に多い処理方式は、OD（Oxidation Ditch）法、SBR（Sequential Batch Reactor）法等である。日本では、SBRは「回分式活性汚泥法」呼ばれ、小規模施設向けの技術と考えられており、日本下水道事業団の「標準設計」は300～2,000m<sup>3</sup>/日の範囲に限定されている。事業団の調査では、2006年現在で既存のSBR施設77箇所のうち、計画処理水量が1万m<sup>3</sup>/日を超えるものは2箇所のみであり、ほとんど（61箇所）の計画処理水量が5000m<sup>3</sup>/日以下であった（表1.3-2参照）。一方、中国では10万m<sup>3</sup>/日を超えるSBR法の汚水処理場もある。

表 1.3-2 日本における水処理方式別処理場数（2009 年度末現在）

| 処理方式              | 5千未満 | 5千～10千 | 10千～50千 | 50千～100千 | 100千～500千 | 500千以上 | 合計   |
|-------------------|------|--------|---------|----------|-----------|--------|------|
| 沈殿法               | 1    |        | 1       |          |           |        | 2    |
| 嫌気無酸素好気法          |      | 3      | 12      | 8        | 19        |        | 42   |
| 循環式硝化脱窒法          | 5    | 4      | 12      | 2        | 6         | 1      | 30   |
| 硝化内生脱窒法           | 1    |        | 1       |          |           |        | 2    |
| ステップ流入式多段硝化脱窒法    | 2    | 2      | 11      | 4        | 5         |        | 24   |
| 嫌気好気活性汚泥法         | 13   |        | 5       | 3        | 10        |        | 31   |
| 標準活性汚泥法           | 41   | 49     | 321     | 119      | 119       | 13     | 662  |
| 長時間エアレーション法       | 36   | 5      | 2       |          |           |        | 43   |
| 酸素活性汚泥法           | 2    | 1      | 4       | 2        | 3         |        | 12   |
| ステップエアレーション法      |      |        | 1       | 2        | 2         |        | 5    |
| 回分式活性汚泥法          | 61   | 9      | 2       |          |           |        | 72   |
| 好気性ろ床法            | 23   | 5      |         |          |           |        | 28   |
| 嫌気好気ろ床法           | 42   | 2      |         |          |           |        | 44   |
| 高速散水ろ床法           |      | 1      | 2       |          |           |        | 3    |
| 接触酸化法             | 11   |        |         |          |           |        | 11   |
| 回転生物接触法           | 10   | 6      | 1       | 1        |           |        | 18   |
| 土壤被覆型礫間接触法        | 31   |        |         |          |           |        | 31   |
| 高度処理オキシレーションディッチ法 | 45   | 8      |         |          |           |        | 53   |
| オキシレーションディッチ法     | 819  | 95     | 33      |          |           |        | 947  |
| その他               | 37   | 11     | 16      | 3        | 9         |        | 76   |
| 計                 | 1180 | 201    | 424     | 144      | 173       | 14     | 2136 |
| 高度処理              | 108  | 30     | 72      | 33       | 86        | 7      | 336  |

出典：日本下水道協会「下水道白書」

## 2 SBR法の原理と分類

### 2.1 SBR法の原理

#### 2.1.1 SBR法の基本的運転モデル

SBRの特長は、図2.1-1に示すように、単一のタンクに反応タンクおよび最終沈澱池としての2つの機能を持たせていることで、「流入」、「ばっ気（攪拌）」、「沈殿」、「排水」という一連の工程（サイクル）の繰り返しが基本的な運転パターンである。

なお、現在ではPLC（Programmable Logic Controller）の応用により様々な運転パターンを採ることが可能となっており、流入水の分割流入、好気運転と嫌気あるいは無酸素運転の切り替え等が比較的容易に行えるようになってきている。逆に、柔軟な運転が可能であることから、最適な運転パターンの設定には知識と経験が必要となる。

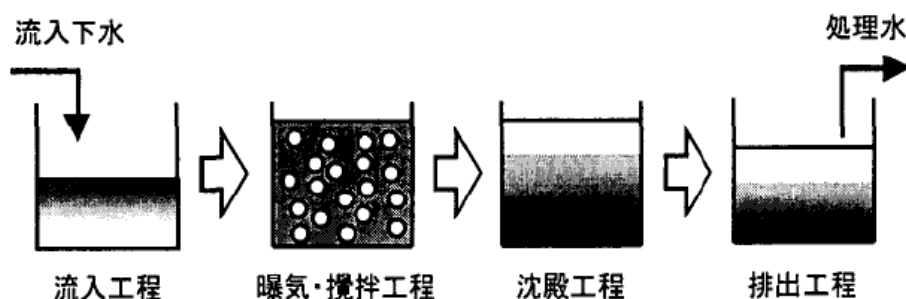


図 2.1-1 SBR法の基本運転パターン

#### 2.1.2 SBR法の分類

SBR法には様々な改良法がある。定まった分類方法は存在しないが、一般には、流入方式、SBR槽の構造および汚泥返送の有無で分類される。流入方式は、大きく分けて「間欠流入」と「連続流入」がある。また、間欠流入は、「急速流入」と「緩速流入」に区別される場合もある。SBR槽の構造は、生物選択区の有無で分類される。

なお、SBR法に分類される処理方法には、「DAT-IAT法」、「UNITANK法」、「MSBR法」など、順序式（Sequencing）運転や最終沈澱池を持たないなどSBR法の特徴を持ちつつ、複数の槽を組み合わせて連続処理を可能とした処理方式も開発されているが、他の「従来SBR法」、「ICEAS法」、「CASS/CAST法」などの「単一槽を使用し、流入水または排水の何れかを間欠方式」とする回分型処理方法とは異なる処理法として分類できる。したがって、本書では「従来SBR法」、「ICEAS法」、「CASS/CAST法」を対象とし、その他の方式は概要の説明のみとする。これらの方式について、流入方式と槽の構造に着目した比較を表2.1-1に示す。

表 2.1-1 各種 SBR 法の比較

| 処理方式   | 流入方式 | 予反応区<br>(生物選択区) | 無酸素区 | 汚泥返送 | 排水方式 |
|--------|------|-----------------|------|------|------|
| 従来 SBR | 間欠   | 無               | 無    | 無    | 間欠   |
| ICEAS  | 連続   | 有               | 無    | 無    | 間欠   |
| CAST   | 間欠   | 有               | 有    | 有    | 間欠   |
| CASS※  | 連続   | 有               | 有    | 有    | 間欠   |

※ICEAS 法を基本とし、これに汚泥返送を付加して窒素およびりん除去効率の向上を図っているものを「改良型 ICEAS」と呼ぶ場合がある。

### 2.1.3 SBR 法の基本パラメータ

SBR に関する主なパラメータには以下のようなものがある。

#### (1) 基本的パラメータ

- 流入水量および変動比（日間変動）
- 設計水質／BOD-SS 負荷
- 設計水温
- 滞留時間
- サイクル数（1 サイクル所要時間）
- 引抜比（排水比）
- MLSS 濃度
- 必要空気量／酸素移動効率
- 処理水質

#### (2) 施設構造に関するパラメータ

- 予反応区（生物選択区）容積比（CASS または CAST）
- 無酸素区容積比（CASS または CAST）
- SBR 槽水深
- 上澄水排出装置堰長／越流負荷
- 流量調整槽

#### (3) 運転に関するパラメータ

- 流入方式（間欠、連続、分断）
- 流入時間
- ばっ気／攪拌時間

### 2.1.4 SBR 法の高度処理

SBR 法では、反応タンクにおいて、好気、嫌気、無酸素を比較的柔軟に設定できる。このため、運転条件を適切に設定することで、生物学的な窒素、りん除去が可能である。

しかしながら、窒素の除去効率を確保しながら、生物学的りん除去に必要な PAO（ポリりん酸蓄積細菌）の選択的生育条件（嫌気状態）を十分に形成することは困難である。このため、高い窒素、りんの除去率を同時に実現することは困難で、SBR プロセスの後

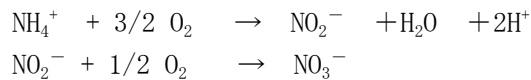
に凝集剤添加、ろ過等のプロセスを追加することもある。

また、このような従来型 SBR 法の欠点を改善した改良法も開発されている。例えば、CASS (Cyclic Activated Sludge System) 法や CAST (Cyclic Activated Sludge Technology) 法では、SBR 主反応槽の前に「予反応区 (生物選択区)」と「無酸素区」を設け、PAO の選択的生育条件を確保するとともに、脱窒反応の促進を図っている。また、MSBR (Modified Sequencing Batch Reactor) 法は、嫌気槽、無酸素槽、好気槽を有し、SBR と A<sup>2</sup>/O 法の特徴を併せ持った方式である。

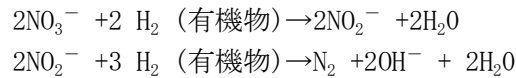
(1) 窒素除去の原理：生物学的硝化脱窒

生物学的硝化脱窒反応による窒素除去の原理を下記に示す。

好気条件下では、アンモニア性窒素はアンモニア酸化細菌と亜硝酸酸化細菌 (以下総称して硝化菌という。) により、以下のとおり酸化される。



無酸素 (遊離態酸素が存在しない) 条件において、通性嫌気性細菌に分類される脱窒細菌が、亜硝酸態窒素 (NO<sup>2-</sup>) や硝酸態窒素 (NO<sup>3-</sup>) を利用して有機物代謝を行うことで、窒素は窒素ガス (N<sub>2</sub>) へと還元される。この場合、有機物を水素供与体 (または炭素源) ということがある。



従来型 SBR でも、活性汚泥への取り込み等により、ある程度の窒素除去はできる。積極的に窒素除去を行う場合、SBR 槽内でのばっ気を間欠で行い、好気状態で窒素の硝化、無酸素状態で流入水中の有機物を水素供与体とした脱窒を行う。窒素除去を効率的に行うためには、好気状態において硝化を完全に行い、流入水中の有機物を効率よく利用して脱窒を行う必要がある。また、活性汚泥中の硝化菌量を保持するために、硝化菌の生育に必要な SRT を確保することが重要である。図 2.1-2 は、窒素の効率的除去を目的とし、硝化の促進と、流入水中有機物を脱窒反応に有効に利用することを考慮した工程時間の設定例である。

|     |  |  |  |  |
|-----|--|--|--|--|
| 流入  |  |  |  |  |
| 攪拌  |  |  |  |  |
| ばっ気 |  |  |  |  |
| 沈殿  |  |  |  |  |
| 排水  |  |  |  |  |

図 2.1-2 窒素除去を目的とした工程時間設定例

CASS または CAST は、SBR 槽を生物選択区 (予反応区)、反応区 1 (無酸素区または



「兼気区」)、反応区2 (主反応区) の3つに分割している。このうち、生物選択区 (予反応区) は嫌気状態または無酸素状態を保持する構造となっている。また、生物選択区 (予反応区) の後段の反応区1は、無酸素槽、または無酸素と好気を切り替えられる構造 (これを「兼気区」という。) である。なお、反応区1を設けない場合もある。

一般に排水工程を除いて、流入工程～沈殿工程の間、主反応槽から生物選択区 (予反応区) に混合液を循環する。これにより、混合液中の硝酸態窒素、亜硝酸態窒素が脱窒され、主反応槽において沈殿工程等で生じる脱窒反応とあわせて、従来型 SBR より高い窒素除去率を実現する。

なお、CASS、CAST を含む SBR 法では、ばっ気工程の後に沈殿、排水を行うが、沈殿工程では、活性汚泥と液中の硝酸態窒素が十分接触しないため脱窒は不十分で、硝化された窒素の一部は必然的に槽外に排出される。SBR 法における窒素除去率は、流入方式、ばっ気および攪拌時間、引き抜き比 (排水比)、汚泥循環比等さまざまなパラメータが関係する。

## (2) りん除去の原理：生物学的りん除去

活性汚泥中には、嫌気条件下で、細胞内に蓄えたポリりん酸を利用してエネルギーを獲得し有機物を摂取することができる従属栄養細菌 (ポリりん酸蓄積細菌: PAOs (Phosphorus Accumulating Organisms)) が存在する。嫌気状態で PAOs は体内のポリりん酸を放出し混合液中の正りん酸態りん ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) は増加する。好気状態では PAOs は逆に混合液中の正りん酸態りんを体内に摂取するとともに菌体合成を行う。これにより、嫌気状態で放出した量より多くの正りん酸態りんが混合液中から菌体に摂取され、りん除去が行われる。

污水処理プロセスにおいて嫌気状態と好気状態を交互に繰り返すと、嫌気状態でエネルギーを獲得できない従属栄養の好気性細菌に対し PAOs が優占となり、実効性のあるりん除去が実現する。

従来型 SBR の攪拌流入工程や沈殿工程では、流入水中の有機物が希釈あるいは酸化分解されて濃度が低く、十分な嫌気状態を形成することが困難である。このため、PAOs は脱窒菌を含む他の従属栄養細菌と競合することになり、優占となることができない。CASS または CAST は、生物選択区 (予反応区) に汚泥を循環して流入水と混合することで F/M 比 (有機物と微生物の比) を高く保ち、嫌気状態を作ることで、PAOs の優占状態を実現しようするものである。

## 2.2 SBR 法の特徴

### 2.2.1 SBR 法の特長 (利点)

従来型 SBR 法の特長 (利点) としては、一般に次のような点が上げられている。

- 沈殿池が不要で敷地面積が小さくて良い。
- 設備が比較的簡単で建設コストが小さく、運転管理が容易である。
- SBR 池が流量変動に対応する機能を持っている。このため、一般には SBR 池の前段に調整池は不要である。
- 汚泥返送、混合液循環がないため、消費電力、運転コストが小さい。
- 流入水の水質、水量に応じて工程時間を比較的柔軟に設定できる。
- 沈殿を静置した状態で行うので、連続流の沈殿池と比較して固液分離の安定性が高い。

- 工程中に嫌気状態を作ることによって糸状性細菌によるバルキングを防止できる。
- 反応タンクにおいて、好気、嫌気、無酸素を比較的柔軟に設定できる。このため、運転条件を適切に設定することで、生物学的な窒素、りん除去が可能である。

## 2.2.2 SBR 法の問題点

SBR 法的主要な問題点としては、以下のようなものが上げられている。

- タイミングユニットなど制御装置、自動化設備に関して、特に大規模な施設では高度な技術を必要とする。
- 水質、水量の変動に応じた最適処理のための工程時間の調整には、高度な経験が必要である。
- SBR 槽の形式によっては、排水時にスカムや沈殿した活性汚泥が流出する可能性がある。
- 窒素、りん除去効率を高いレベルで同時に実現することは困難で、後段に凝集沈殿、ろ過等の施設を付加する必要がある。
- 後段にろ過施設を付加する場合、SBR 池の排水が間欠で行われるため、必要ろ過面積が大きくなる。ろ過面積を小さくするためには、流量調整池を設ける必要がある。
- ばっ気を間欠で行うため、散気装置の形式によっては目詰まりの可能性がある。
- SBR 池の満水位と低水位の差が大きく、水理的には不利になる。特に、後段にろ過施設を付加する場合、ろ過による損失水頭を考慮してポンプが必要になることがある。

## 2.3 SBR 法の改良法

### 2.3.1 ICEAS 法

ICEAS (Intermittent Cyclic Aeration System) 法は、1968 年にオーストラリアのニュー・サウス・ウェールズ大学とアメリカの ABJ 社によって共同開発された処理方式で、その特徴は、SBR 池の前端に「予反応区 (Pre-reactor)」を設置していることと、流入方式が「連続流入」であることである。なお現在、ABJ 社は ITT 社に合併し、ICEAS は ITT 社の登録商標となっている。

ICEAS の「予反応区」は「生物選択区 (Selector)」とも呼ばれ、主反応区とは阻流壁 (Baffle Wall) で仕切られ、流入水は阻流壁の下部数か所に設けられた通水口を通して、常に予反応区から主反応区に連続流入する。「予反応区」は、流入水の変動を吸収、平準化する、嫌気状態 (無酸素状態) を作り糸状菌の増殖を抑制する、連続流入する流入水の短絡 (ショートカット) を防止する、さらに浮遊物の手作業による除去を可能にするなどの機能を持っている。

また、「連続流入」させることにより、すべての SBR 池に均等に負荷分配することができ、流量調整池を設けなくても流量変動を吸収できる。(ITT 社の説明では、設計平均流量の 6 倍まで活性汚泥のウォッシュアウトを起こさずに対応可能とされている。) さらに、連続流入については、流量調整のためのバルブ類が不要である、負荷が小さい場合は池数を減らすことが容易である。(運転開始初期やメンテナンス時に 1 池運転も可能) などの利点がある。

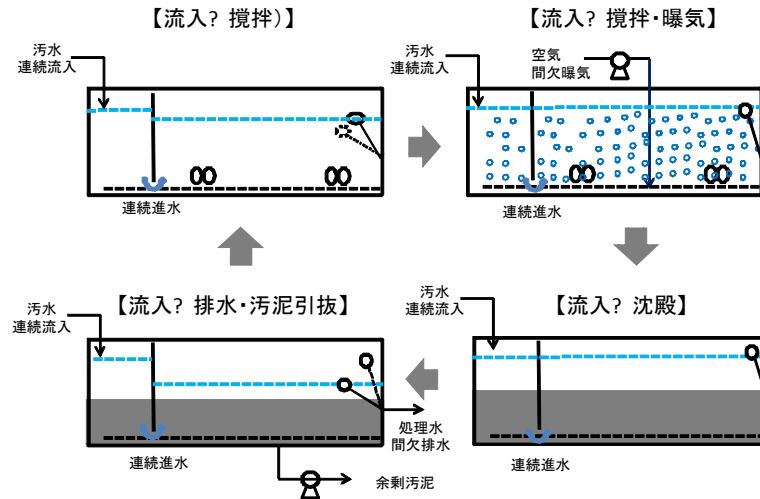


図 2.3-1 ICEAS 法の運転方法

### 2.3.2 CASS/CAST 法

CAST (Cyclic Activated Sludge Technology) 法は、1978 年にオーストラリアの Goronszy 教授が開発した方式で、中国語では、「周期的循環延時曝気法」とも呼ばれている。

CAST 法の反応タンクは、基本的には「阻流壁 (Baffle Wall)」で「予反応区 (生物選択区)」、「反応区 1」、「反応区 2」に 3 分割 (※) されており、主反応区から予反応区に汚泥返送を行うことが特徴である。予反応区の機能は ICEAS と同様であるが、汚泥返送を行うことで、りん除去、糸状菌抑制、脱窒の効率向上を図っている。

CAST 法と類似する処理方法として「CASS (Cyclic Activated Sludge System)」がある。CAST 法と CASS 法の相違点は流入方式で、CAST 法の場合は沈殿工程の前までに流入停止するのに対し、CASS 法では沈殿工程中も流入を継続する。(排水工程では流入停止する。)

図 2.3-2 に CAST 及び CASS の運転方法の例を示す (出典：HJ577-2010「回分式活性汚泥法汚水処理プロセス技術規範」 環境保護部)。

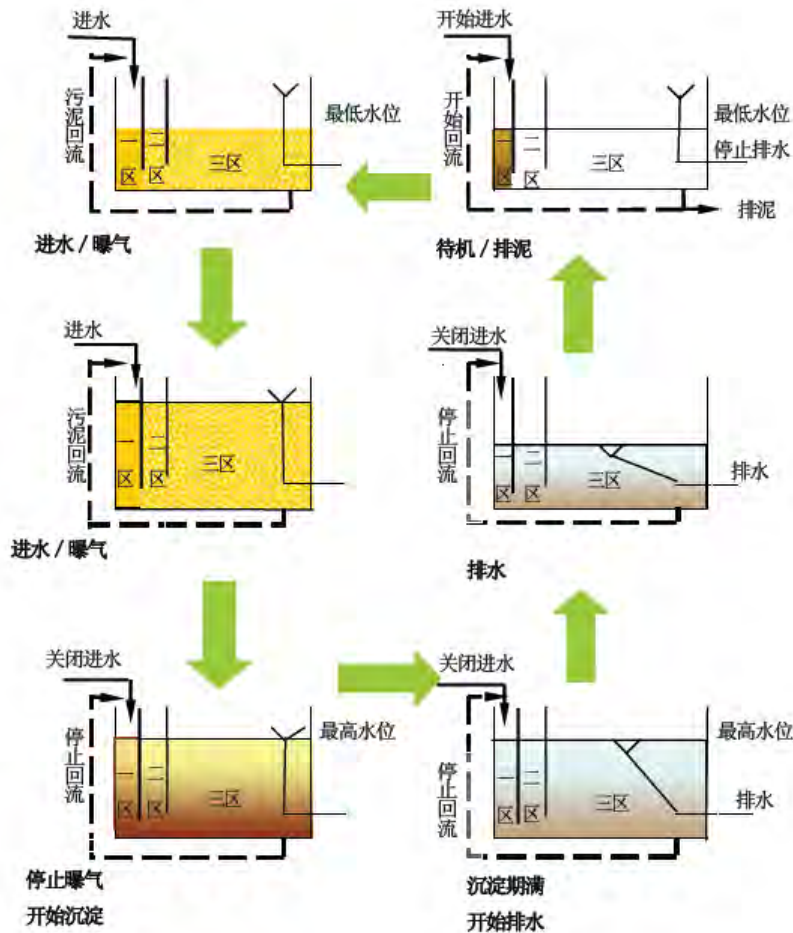


図 2.3-2 CAST/CASS 法による運転方法（窒素・りん除去目的）

※ 先に紹介した「HJ577-2010 回分式活性汚泥法污水处理プロセス技術規範」では、CAST と CASS は同様の処理法とされ、反応タンクは窒素除去を目的とする場合は 2 分割（予反応区、主反応区）、窒素・りん除去を目的とする場合は 3 分割としている。3 分割の場合の第 2 区について、「無酸素区」としている場合と「兼気区」としている場合がある。「兼気区」では、ばっ気と攪拌が可能となっており、流入水質の変化などに応じて切り替えができるようになっている。このようなことから、本書では、3 分割の場合、それぞれの槽を、「予反応区」、「反応区 1」、「反応区 2」と表記する。

また、CAST および CASS の区別は曖昧で、污水处理の現場でも混同して用いられている。したがって、本書では各污水处理場で用いられている呼び方で表記するが、反応タンクの構造、流入方式などの情報を併記して、混乱を防ぐこととする。

### 2.3.3 DAT-IAT 法

DAT-IAT (Demand Aeration Tank - Intermittent Aeration Tank)法は、2つのタンク（DAT と IAT）から構成される連続処理プロセスで、IAT の運転方法が間欠排水であることから、SBR 法に分類されている。

汚水は DAT 槽に連続的に流入し、DAT 槽は連続曝気、連続排水で運転され、槽内は水力学的に均衡維持され、定常運転されている。一方、IAT 槽は間欠排水運転される。また、DAT 槽の MLSS 濃度を維持するため IAT 槽から混合液の循環と汚泥返送が行われる。混合液循環率は、流入水量に対して 200~400%で、循環流量はかなり大きい。

### 2.3.4 UNITANK 法

UNITANK 処理法は 1987 年に INTERBREW と K. U. Leuven が発明した処理法で、中国では「一体化活性汚泥処理法」とも呼ばれる。従来 SBR 法の「順序式 (Sequencing) 運転」と押出流による連続運転を組み合わせた処理方法である。

各反応タンクは間欠流入、間欠排水運転を行いながら、システム全体としては連続流入、連続排水を行うものである。UNITANK は現在、シンガポール・ケッペル社のグループ会社である Keppel Seghers 社の登録商標である。

### 2.3.5 MSBR 法

MSBR (Modified Sequencing Batch Reactor) 法は 80 年代に開発された汚水処理法で、アメリカ Aqua Aerobic Inc が特許を保有している。

MSBR 法は基本的に 7 つの槽で構成されており (図 2.3-3)、連続流の処理方式である A<sup>2</sup>/O 法と SBR の特徴を併せ持った処理法である。

原水は、まず嫌気槽に連続流入し、無酸素槽を経て、主ばっ気槽 (好気槽) に流入する。嫌気槽、無酸素槽、好気槽は何れも連続運転する。好気槽から一部の混合液は無酸素槽に循環され、残りの混合液は主ばっ気槽から SBR 槽 1 または SBR 槽 2 に交互に流入する。SBR 槽は間欠的に運転され、沈殿工程で沈殿した汚泥は汚泥濃縮槽 (泥水分離槽) で濃縮されたのち、一部は余剰汚泥として引き抜かれ、残りは無酸素槽を経て嫌気槽に返流される。

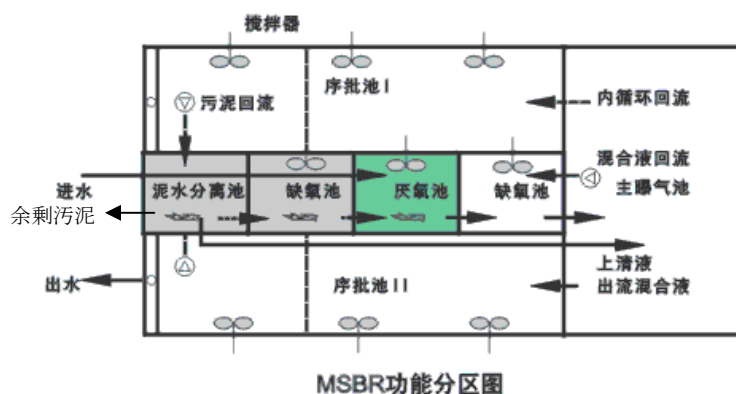


図 2.3-3 MSBR 法による運転方法

## 3 SBR 法の設計

### 3.1 国内外における SBR 法の設計に関する基準と指針

#### 3.1.1 SBR 法の設計基準

##### (1) 日本

日本では、SBR を「回分式活性汚泥法」と呼んでいる。日本に SBR が導入されたのは 1980 年代で、必要敷地面積が小さい、機器数が少ない、運転管理が比較的容易などの理由で、主として小規模下水処理場向けの技術と位置づけられ発展してきた。

日本の生活排水処理は、都市污水处理施設（公共下水道施設）、農業（漁業・林業）集落排水処理施設、住宅団地などの小規模生活排水処理施設および戸別浄化槽に区別され、それぞれ国土交通省、農林水産省、環境省が所管している。このうち、都市污水处理施設（公共下水道施設）については、日本下水道協会（Japan Swage Works Association : JSWA）が「下水道施設の計画・設計指針と解説」を策定し、これが日本における事実上の「標準」となっている。また、地方自治体に代わって多くの下水処理場を建設してきた日本下水道事業団（Japan Swage Works Agency : JS）は、新たに導入した技術の評価を行い、その結果を反映した設計基準（標準設計）を策定している。なお、両者の指針、基準には密接な関係があり、多くの点で共通している。

日本下水道事業団 JS は、1983 年から回分式活性汚泥法の調査、研究を行い、第 1 次（1986 年）、第 2 次（1988 年）の技術評価を行った。この技術評価に基づき、1990 年に「回分式活性汚泥法設計指針（案）」を策定し、有機物除去を目的とする小規模下水処理場の設計に適用していた。その内容としては、SBR 法の設計手順、設計水量・水質、主な施設・設備および運転管理などが含まれている。また、1993～1994 年、既存 SBR 下水処理場のグレードアップ改造を行い、1996 年、「事後評価」の成果等に基づき「標準設計（内部資料）」を策定した。（1999 年一部改訂）

日本下水道協会 JSWA が発行している「下水道施設計画・設計指針と解説」では 1994 年版から回分式活性汚泥法が記載され、また、2001 年には事後評価の結果に基づいて回分式活性汚泥法の内容を一部改訂し、流量調整池の増設を薦めた。現在、2009 年版が最新のものである。

日本では、回分式活性汚泥法は必要敷地面積が小さいことが大きな特長として小規模下水道向けに導入されたが、小規模下水道では流量変動が大きく、安定した処理を行うためには流量調整池を設けることが必要で、現在の「標準設計」や「設計指針」には流量調整池を設置することとされている。そのため、回分式活性汚泥法の特長が弱まってきた。また、回分槽におけるスカムの発生、初期における上澄水排出装置のトラブルの多発などの問題点が生じ、2009 年以降、都市污水处理分野では普及していない。

なお、前述したように、日本では農業集落や漁業集落の小規模排水処理施設は農林水産省が所管し、地域環境資源センター（旧日本農業集落排水協会（Japan Association of Rural Sewage : JARUS））が小規模施設向けの様々な排水処理施設を開発している。地域環境資源センターが開発した施設は JARUS 型排水処理施設として JARUS I 型、II 型などと呼ばれており、生物膜（接触ばっ気）法、OD 法、膜分離活性汚泥法などの処理方式、無人自動化運転などの技術が使われている。回分式活性汚泥法は JARUS X I～X III で用いら

れている。

## (2) アメリカ合衆国

米国環境保護局 (United States Environmental Protection Agency : USEPA) は 1986 年、1992 年に SBR 法の設計マニュアル、1999 年には技術報告 (Technology Fact Sheet: EPA 832-F-99-073) を出版しており、これらに SBR 法に関する基本的な情報が掲載されている。1999 年出版の技術報告の中では、米国では主として 5MGD (米国 Gallon は約 3.785L なので、約 18,925m<sup>3</sup>/日に相当する。) 以下の施設で採用されており、これより大きな施設の場合、運転管理に高度な技術が必要であることから採用されにくいとしている。なお、技術報告に取り纏められた SBR 法の特徴 (利点、欠点) は以下の通り。

### 利点

- 流量調整池、最初沈殿池、生物反応池、最終沈殿池の機能を一つの槽で実施可能。したがって、必要敷地面積が小さい。
- 柔軟な運転操作が可能。(窒素除去を目的とした運転も含む。)
- 沈殿池などの施設を省略でき、コスト低減が可能。

### 欠点

- タイミングユニットなど制御装置に関して、特に大規模な施設では高度な技術を必要とする。
- 高度な制御装置、自動スイッチ、自動バルブなどに高いレベルのメンテナンスが必要である。
- SBR 槽の形式によっては、排水時にスカムや沈殿した活性汚泥が流出する可能性がある。
- ばっ気と沈殿を繰り返すため、散気装置の種類によっては、目詰まりする可能性がある。
- 後段の処理によっては、SBR の後に流量調整池が必要となる。

## (3) 中国

中国における SBR 法の利用はすでに成熟し、現在 300 ヶ所を上回る城鎮の下水処理場が SBR 法を採用している。中国は国外からの技術導入を通じて、下水処理場の建設を推進し、同時に独自の研究開発を通じて処理技術の改良を行っている。汚水処理技術の研究開発は主に大学と研究機関が担い、各主要都市、例えば北京、天津、上海などにはいずれも「市政工程設計研究院」と称される「諮問機関」があり、施設の計画及び設計を担っている。「市政工程」の意味は「Municipal Engineering」で、これらの「設計院」はいずれも自前の設計技術とノウハウがあり、大学や研究機関なども多くの研究を展開している。ただし、政府機関は今までこれらの技術、ノウハウや成果を基礎に、SBR 法のために統一的な技術基準を制定したことはない。2010 年 10 月に至って、環境保護部は業界基準という形で『回分式活性汚泥法汚水処理プロセス技術規範』(HJ 577-2010) を公布した。同規範は回分式活性汚泥法を採用した汚水処理プロセスの設計、主要プロセス設備、検査・測定と制御、施工と検収、運転と保守の技術的要件を規定している。プロセス技術基準であるため、同規範のプロセス設計面での内容は詳述されておらず、主に汚泥負荷法に基づき異なる処理要件における基本的パラメータの選択範囲を示している。

北京工業大学の彭永臻氏らが編著した『回分式活性汚泥法の原理と応用』(2010.6、化学出版社)と天津市市政工程設計研究院の周電氏が書いた『活性汚泥法の簡明原理及び設計計算』(2005.10、中国建築産業出版社)は、政府機関が発行した標準規範ではないが、

総合的にまとめられた専門書であり、参考価値は高い。

### 3.1.2 その他の関連基準と規範

ドイツ ATV-DVWK-A131E 基準『単段活性汚泥下水処理場の設計』は特に汚水中の BOD<sub>5</sub>、窒素とリンの除去に焦点を合わせ、汚泥齢法を採用して処理プロセスに対する設計を行っている。同基準で提供されている汚泥齢 (SRT) と汚泥発生率係数の計算式は科学研究と実践を基礎に提出されたもので、比較的正確で信頼性が高い。この他に、同基準は硝化及び脱窒について、いずれも詳しい設計プロセスの紹介があり、栄養物質除去も目的とする SBR 下水処理場の設計もこの基準を参考にできる。

上澄水排出装置は SBR 法の専用機器で、住宅・都市農村建設部の汚水処理設備都市建設業界基準『ロータリー・上澄水排出装置』(CJ/T 176-2007) はロータリー・上澄水排出装置の定義、基本パラメータと型式、技術的要件、検査方法及び検査規則などを規定している。

### 3.1.3 国内外における基本パラメータの比較

日本下水道協会が策定した「下水道施設計画・設計指針と解説」および下水道事業団が策定した設計基準など、各バージョンの主なパラメータは表 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 回分式活性汚泥法の設計諸元等の比較 (日本)

| 設計諸元                     | 回分式活性汚泥法設計指針 (案)<br>(1990年、下水道事業団) |             | 回分式活性汚泥法標準設計<br>(1996年、下水道事業団) | 下水道施設計画・設計指針と解説<br>(2009年、下水道協会) |             |
|--------------------------|------------------------------------|-------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------|
|                          | >2,000                             | <2,000      | 300~2,000                      | 記載無し                             | 記載無し        |
| 対象水量 (m <sup>3</sup> /日) | >2,000                             | <2,000      | 300~2,000                      | 記載無し                             | 記載無し        |
| 負荷型式                     | 高負荷型                               | 低負荷型        | —                              | 高負荷型                             | 低負荷型        |
| 流入形式                     | 間欠                                 | 間欠 / 連続     | 間欠                             | 間欠                               | 間欠          |
| 滞留時間 (h)                 | 記載無し                               | 記載無し        | 24                             | 12~24                            | 24~48       |
| BOD-SS 負荷 (kg/kg·d)      | 0.1~0.4                            | 0.03~0.1    | 0.13                           | 0.2~0.4                          | 0.03 ~ 0.05 |
| MLSS (mg/L)              | 1500 ~ 2000                        | 3000 ~ 4000 | 3000 (2000~3000)               | 1500~2000                        | 2000 ~ 3000 |
| サイクル数 (回/日)              | 3~4                                | 2~3         | 3                              | 3~4                              | 2~3         |
| 引き抜き比                    | 1/4~1/2                            | 1/6~1/3     | 1/3                            | 1/4~1/2                          | 1/6~1/3     |
| 流量調整池                    | 設置しない                              |             | 設置 (滞留時間 6 時間)                 | 設置 (流入の特徴により滞留時間を決める)            |             |
| ばっ気攪拌装置                  | 標準機種選定無し                           |             | 実績より 3 機種を標準                   | 実績より 3 機種を標準                     |             |
| 上澄水排出装置                  | 標準機種選定無し                           |             | 実績より 2 機種を標準                   | 実績より 2 機種を標準                     |             |
| スカム対策                    | 上澄水排出装置からの流出を防ぐ                    |             | サイクル毎にスカム除去                    | サイクル毎にスカム除去                      |             |

1995年、米国が公表した「AquaSBR Design Manual」に示した設計パラメータは表 3.1-2



の通りである。

表 3.1-2 標準的な負荷条件におけるパラメータの例（米国）

| 設計パラメータ             | 生活排水        | 産業排水        |
|---------------------|-------------|-------------|
| BOD-SS 負荷 (kg/kg・日) | 0.15~0.4    | 0.15~0.6    |
| サイクルタイム (時間/回)      | 4.0         | 4.0~24      |
| MLSS (mg/L)         | 2,000~2,500 | 2,000~4,000 |
| 滞留時間 (時間)           | 6~14        | varies      |

出典：「AquaSBR Design Manual」, 1995

「回分式活性汚泥法污水处理プロセス技術規範」(HJ577-2010) は、表 3.1-3 に取りまとめたように、異なる汚染物質の除去を目的とする設計パラメータの選定要求を提示している。

表 3.1-3 処理目的別パラメーター一覧（中国）

| 設計パラメータ                     | 有機物除去            | アンモニア性窒素除去       | 生物学的脱窒           | 生物学的窒素りん同時除去     | 生物学的りん除去         |
|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 滞留時間 (時間)                   | 8~20             | 10~29            | 15~30            | 20~30            | 3~8              |
| うち嫌気時間比 (%)                 | —                | —                | —                | 5~10             | 25~33            |
| うち無酸素時間比 (%)                | —                | —                | 20               | 10~15            | —                |
| うち好気時間比 (%)                 | —                | —                | 80               | 75~80            | 67~75            |
| 汚泥返送比 (%) (CASS または CAST)   | —                | —                | —                | 20~100           | 40~100           |
| 混合液返送比 (%) (CASS または CAST)  | —                | —                | —                | ≥200             | —                |
| 引き抜き比(—)                    | 0.4~0.5          | 0.3~0.4          | 0.3~0.35         | 0.3~0.35         | 0.3~0.4          |
| MLSS 濃度(mg/L)               | 3,000 ~<br>5,000 | 3,000 ~<br>5,000 | 3,000 ~<br>5,000 | 2,500 ~<br>4,500 | 2,000 ~<br>4,000 |
| MLVSS 濃度(mg/L)              | 1,500 ~<br>3,000 | —                | —                | —                | —                |
| BOD-SS 負荷(kg/kgMLSS・日)      | 0.10~0.25        | 0.07~0.20        | 0.04~0.13        | 0.07~0.15        | 0.40~0.70        |
| BOD-SS 負荷(kg/kgMLVSS・日)     | 0.25~0.50        | 0.10~0.30        | 0.06~0.20        | 0.15~0.25        | —                |
| 全窒素負荷(kg/kgMLSS)            | —                | —                | ≤0.05            | ≤0.06            | —                |
| 発生汚泥量(初沈有り)<br>(kg/kg ΔBOD) | 0.3              | 0.4~0.8          | 0.3~0.6          | 0.3~0.6          | —                |
| 発生汚泥量(初沈無し)<br>(kg/kg ΔBOD) | 0.6~1.0          | 0.6~1.0          | 0.5~0.8          | 0.5~0.8          | 0.4~0.8          |
| SVI (ml/g)                  | 70~100           | 70~120           | 70~140           | 70~140           | 70~140           |

出典：「HJ577-2010 回分式活性汚泥法污水处理プロセス技術規範」, 2010, 環境保護部

## 3.2 SBR 法の設計方法と要点

### 3.2.1 SBR 法設計方法の概述

SBR 法は活性汚泥法に属するため、その基本的設計原理は活性汚泥法に基づくが、SBR 法自体の特徴により、他の活性汚泥法と異なる具体的な設計方法がある。

現在、国内外の SBR 反応槽の設計計算には多くの方法があり、主に 3 種類に要約される。一つ目は汚泥負荷法で、この方法は日本下水道事業団が『回分式活性汚泥法設計指針』（1990 年版）で初めて提起したもので、主には日本の当時の状況を対象として制定したものであり、有機物除去を目的とした小規模な汚水処理の設計に適用される。『回分式活性汚泥法汚水処理プロセス技術規範』（HJ577-2010）の中の SBR 反応槽容積の設計計算も汚泥負荷法に基づくが、汚泥負荷などのパラメータ選択が依拠する処理目的の違いにより、いくらか異なるに過ぎない。二つ目は SRT 法で、この方法が依拠するドイツ ATV-131 基準『単段活性汚泥下水処理場の設計』は最も広範に応用されている。ドイツ ATV-131 基準は大量の実践と理論を基礎にまとめられたもので、非常に高い参考価値があるが、ドイツと異なる水質条件、処理要件などの具体的状況を勘案し、実際の応用の中では一部のパラメータ値について適切な修正が必要である。天津市市政工程設計研究院の周電氏が自らの長年の設計経験に基づいて執筆した『活性汚泥法の簡明原理及び設計計算』の中の SBR 法に関する設計計算も、主にこの方法に依拠している。三つ目はモデル法で、活性汚泥の数学的モデルに依拠した設計方法を指す。活性汚泥の数学的モデル 1 号（ASM1）は国際水協会（IWA）が 1987 年に提案したもので、その後の 10 年間に、活性汚泥の数学的モデル 2 号と 3 号（ASM2 と ASM3）が相次いで提案された。この方法は有機物の分解と微生物の成長動力学の理論体系に基づいて確立されたもので、設計時に工事と一致する動力係数と化学定数の決定を通じて、必要な各種の設計パラメータの算出を可能にする。モデル法の採用は設計レベルと効率を向上でき、それは経験に依存せず、厳格に理論に従って論証し、設計の正確さと信頼性を著しく向上する。しかし、この数学モデルの中には 20 個近くの係数と定数があり、しかもモデルが改良されるに従ってそれに関わる化学計量パラメータがますます多くなり、これらのパラメータの決定が比較的複雑で難しいため、モデル法は国内外においてまだ普遍的に採用される設計計算方法とはなっていない。IWA が出版した『Mechanism and Design of Sequencing Batch Reactors for Nutrient Removal』（Artan Nazik, Orhon Derin, 2005）の中に、モデル法を採用して行った SBR 法の設計がある。著者は ASM1 と ASM2 を理論的基礎とし、実際の工事を勘案して化学計量パラメータの数量を大幅に簡略化し、脱窒の設計について比較的具体的な計算を提供し、異なる運転方式（プレ脱窒、交互無酸素/好気、段階的流入）に対する SBR 法の設計方法を提供している。彭永臻氏はその著書『回分式活性汚泥法の原理と応用』の中で比較的詳細に紹介している。

数学的モデルの研究の高度化と高規格下水処理場の制度が高く確実な設計と調整制御の需要の増加に伴って、多くの専門家と研究者が数学的モデルを採用したプロセス設計と制御を将来の発展方向として考えているが、現在、モデル法自体のいくつかの制限事項と欠陥、例えば SBR 法に適合した数学的モデル、補正モデルの多くのパラメータを確立することが非常に困難であることなどが、その実際の工事の中での応用を制限している。そのため、本書では主に汚泥負荷法と SRT 法を紹介する。

### 3.2.2 汚泥負荷法

汚泥負荷法で採用する公式は簡単で、設計手順が少なく、一部の処理基準の高くない下

水処理場にとって比較的簡便な設計方法の一つである。

この方法は、汚泥負荷  $L_s$  を基本設計パラメータとし、設計者が流量、水質、処理基準と環境条件を考慮して、自らの経験に基づき、汚泥負荷  $L_s$ 、排水比  $m$ 、混合液汚泥濃度 MLSS、安全高度  $H_f$  (最低水位時の活性汚泥界面以上の最少水深)、運行サイクル  $N$ 、槽数  $n$  及び反応槽水深  $H$  を選定し、それらから槽容積とその他のパラメータを算出するものである。

#### (1) 設計基本パラメータの決定

BOD 汚泥負荷  $L_s$  ( $\text{kg/kgMLSS} \cdot \text{d}$ )、MLSS、排水比  $m$  などの設計パラメータの数値選択範囲は前掲表 3.1-3 を参照して選択できる。その他のパラメータは以下の通り。

サイクル数  $N$  : 毎日の周期数は一般に 3、4、6 を取るべき。

槽数  $n$  : 反応槽系列の数量は 2 個を下回ってはならない。

安全高度  $H_f$  : 排水時に、汚泥が排出されないよう保証するため、泥水界面以上に一つの最少水深を設置しなければならない。この安全高度は 0.5m 以上でなければならない、一般には 0.6~0.9m を選択できる。

反応槽水深  $H$  : 4~6m でなければならない。長方形槽を採用する場合、反応槽のアスペクト比(縦横比)は 1:1~2:1 でなければならない。

#### (2) 反応槽有効容積の計算

下水処理場の最高 1 日流量を  $Q_d$  と仮定すると、反応槽の有効容積は式 3-1 で求められる。

$$V_T = \frac{Q_d}{mnN} \quad (3-1)$$

式中、 $V_T$ —SBR 反応槽の有効容積 ( $\text{m}^3$ )

$m$ —排水比

$n$ —SBR 反応槽個数

$Q_d$ —下水処理場の日最大計画流入汚水量 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )

$N$ —1 日の運転サイクル数

#### (3) サイクルタイム及び作業手順所要時間の計算

##### ① 流入時間 $T_F$

流入時間  $T_F$  は下の式 3-2 により計算

$$T_F = \frac{T_C}{n} \quad (3-2)$$

式中、 $T_F$ —流入時間 (h)

$T_C$ —サイクルタイム (h)

$n$ —SBR 反応槽の個数

##### ② 反応時間 $T_R$

ばっ気時間は公式 3-3 により計算

$$T_R = \frac{24S_0m}{L_S X_T} \quad (3-3)$$

式中、 $T_R$ —反応時間 (h)

$S_0$ —反応槽流入 BOD<sub>5</sub> 濃度 (mg/L)

$L_S$ —BOD<sub>5</sub> 負荷 [kgBOD<sub>5</sub> / (kgMLSS · d)]

$m$ —排水比

$X_T$ —SBR 反応槽最高水位時の汚泥濃度 (mg/L)

### ③沈殿時間 $T_s$

活性汚泥界面の最大沈降速度  $v_{max}$ 、MLSS 濃度  $X_T$  及び水温  $T$  の関係は公式 3-4 と 3-5 を使って予測できる。

MLSS 濃度が  $X_T \leq 3000$ mg/L の時、

$$v_{max} = 7.4 \times 10^4 T \cdot X_T^{-1.7} \quad (3-4)$$

MLSS 濃度が  $X_T \geq 3000$ mg/L の時、

$$v_{max} = 4.6 \times 10^4 T \cdot X_T^{-1.26} \quad (3-5)$$

式中、 $v_{max}$ —活性汚泥界面の初期沈降速度 (m/h)

$T$ —水温 (°C) ;

$X_T$ —SBR 反応槽高水位時の汚泥濃度 (mg/L)

必須の沈殿時間  $T_s$  は式 3-6 で求められる。

$$T_s = \frac{Hm + H_f}{v_{max}} \quad (3-6)$$

式中、 $T_s$ —沈殿時間 (h)

$H$ —反応槽の水深 (m)

$m$ —排水比

$H_f$ —安全水深 (m)

$v_{max}$ —活性汚泥界面の初期沈降速度 (m/h)

注意しなければならないことは、上述の公式で算出された初期沈降速度 ( $v_{max}$ ) は非常に控えめな値であり、実際に必要な沈殿時間よりも長めである可能性が大きいので、設計時に通常の下で選定する沈殿時間は 1h とする。

### ④排水時間 $T_D$

排水時間を決定する場合、二つの方面から考慮しなければならない。一つは排水時間が排水装置台数の増加あるいは溢流負荷の拡大により短縮できること。もう一つは排水装置の台数あるいは排水槽の容量の減少のためには、排水時間をできるだけ長くしなければならないことである。一般的に、排水時間は 1.0~1.5h とすべきである。

### ⑤サイクルタイム $T_C$ とサイクル数 $N$

SBR 法の一つの運転サイクルは流入、ばっ気、沈殿と排水などの作業手順で構成され、各作業手順に必要な時間は以下の条件を満たさなければならない。

$$T_C \geq T_R + T_S + T_E \quad (3-7)$$

$$T_C \geq T_F + T_S + T_E \quad (3-8)$$

式中、 $T_C$ —サイクルタイム (h)

$T_F$ -流入時間 (h)

$T_R$ -反応時間 (h)

$T_S$ -沈殿時間 (h)

$T_E$ -排水時間 (h)

サイクル数とサイクルタイムの関係は以下の通り。

$$N = \frac{24}{T_C} \quad (3-9)$$

式中で、サイクル数  $N$  はできるだけ 3、4、6 などの整数値であることが望ましい。

#### (4) 酸素要求量と給気量の計算

酸素要求量と給気量の計算方法と手順は一般活性汚泥と同様である。しかし SBR 反応槽については、ばつ気が間欠的であるため、更に槽単体の 1 時間当たり給気量を算出しなければならない。これはサイクル数に関係し、下の式を採用する。

$$G_h = \frac{G}{nNT_0} \quad (3-10)$$

式中、 $G_h$ —槽単体の 1 時間当たり給気量 (Nm<sup>3</sup>/h)

$G$ —処理場全体の 1 日当たり吸気量 (Nm<sup>3</sup>/d)

$T_0$ —サイクルごとのばつ気時間 (h)

$$T_0 \leq T_R$$

#### (5) 余剰汚泥量の計算

『回分式活性汚泥法汚水処理プロセス技術規範』(HJ577-2010) の中では、余剰汚泥量は汚泥収率係数、自己分解係数、非生物分解性、不活性浮遊物質に基づき、下式のように計算できることが提起されている。

$$\Delta X = YQ(S_o - S_e) - K_d VX_v + fQ(SS_o - SS_e) \quad (3-11)$$

式中、 $\Delta X$ —余剰汚泥発生量 (kg/d)

$Y$ —汚泥収率係数、表 3.1-3 により選択

$Q$ —設計 1 日当たり平均流量 (m<sup>3</sup>/d) ;

$S_o$ —反応槽流入 BOD 濃度 (kg/ m<sup>3</sup>) ;

$S_e$ —反応槽放流 BOD 濃度 (kg/ m<sup>3</sup>) ;

$K_d$ —自己分解係数 (d<sup>-1</sup>),  $K_d=0.04\sim0.075$  (d<sup>-1</sup>) (20°C)

$V$ —反応槽総容積 (m<sup>3</sup>) ;

$X_v$ —反応槽混合液の揮発性浮遊物質平均濃度 (kgMLVSS/ m<sup>3</sup>) ;

$f$ —流入浮遊物質の汚泥転換率 (kgMLSS/ kgSS) は、試験で決定すべきである。

試験資料が無い場合は 0.5~0.7 を採用できる。

$SS_o$ —反応槽流入 SS 濃度 (kg/ m<sup>3</sup>) ;

$SS_e$ —反応槽放流 SS 濃度 (kg/ m<sup>3</sup>)。

### 3.2.3 SRT 法

この方法は SRT (汚泥日齢) を基本設計パラメータとし、基本的計算式は主にドイツ ATV-131 基準『単段活性汚泥下水処理場の設計』を参照している。国内では現在、しばし

ば一種の簡略化した計算方法が採用されている。すなわち、通常の活性汚泥法により SRT、汚泥収率係数と混合液濃度 MLSS を計算して反応槽容積を算出し、更に選定したサイクルに基づき槽総容量、総 SRT を調整し算出する方法である。以下に設計手順を示す。

- ①設計パラメータの選定は、サイクル数  $N$ 、槽数  $n$ 、サイクルタイム  $T_C$ 、流入時間  $T_F$ 、反応時間  $T_R$ 、沈殿時間  $T_S$ 、排水時間  $T_E$  を選定する。
- ②反応槽の総 SRT と反応 SRT を決定する。
- ③SBR 反応槽の汚泥総量  $X_T$  を決定する。
- ④SBR 反応槽高水位時の汚泥濃度  $X$  を決定する。
- ⑤汚泥発生量（余剰汚泥量） $\Delta X$  を決定する。
- ⑥SBR 反応槽の容積を計算する。
- ⑦酸素要求量を計算する。

#### (1) 運転サイクル及び各工程時間の決定

運行サイクル数、サイクルタイム、沈殿時間、排水時間の選定は 3.2.2 汚泥負荷法と同様である。反応時間は以下のように決定する。

$$T_R = T_C - T_S - T_E \quad (3-12)$$

脱窒が求められる場合、反応は好気と無酸素に分けなければならない、それらの長さは好気 SRT と無酸素 SRT の比較値により決定する。

$$T_O / T_D = \theta_{CO} / \theta_{CD} \quad (3-13)$$

$$T_O + T_D = T_R \quad (3-14)$$

式中、 $T_O$ —1 サイクルの好気反応時間 (h)

$T_D$ —1 サイクルの無酸素反応時間 (h)

$\theta_{CO}$ —好気 SRT (d)

$\theta_{CD}$ —無酸素 SRT (d)

#### (2) SRT の計算

SBR 反応槽は反応、沈殿、排水が一体になっているが、槽中の汚泥は反応時間にもみ生物分解機能を発揮し、反応 SRT も総 SRT の一部分でしかない。反応 SRT と総 SRT の関係は以下の通り。

$$\theta_C = \frac{T_C}{T_R} \theta_{CR} \quad (3-15)$$

式中、 $\theta_C$ —SBR 反応槽の総 SRT (d)

$\theta_{CR}$ —SBR 反応槽の反応 SRT (d)

$T_C$ —サイクルタイム (h)

$T_R$ —1 サイクルの反応時間 (h)

反応 SRT の計算と従来の活性汚泥プロセス、A/O 脱窒法は同じで、唯一異なるのは脱窒パラメータを決定する場合、A/O 脱窒法は無酸素区を設ける場合の脱窒により数値取りを行うが、SBR 法は間欠脱窒によりパラメータの数値取りを行うことである。間欠脱窒の効率は無酸素区を設けた脱窒に及ばないため、水質要件が同じ条件の下では、SBR 法の無酸素 SRT はいくらか長くなる。

硝化菌は好気条件でのみ成長し、しかも世代時間が従属栄養微生物より長い。そのため、硝化が求められる下水処理場に対しては、好気 SRT の設計は硝化菌の好気 SRT を採用しなければならない、その値は下水処理場の処理規模（毎日処理する BOD 総量）と設計温度

に關係する。好氣 SRT は下式により計算する。

$$\theta_{CO} = F \times 3.4 \times 1.103^{15-T} \quad (3-16)$$

式中、 $\theta_{CO}$ —設計好氣 SRT、つまり硝化 SRT (d)

$F$ —流入水中のアンモニア態窒素の濃度變動の影響を考慮して採用した安全係数：下水処理場の規模に關係し、水量が多い場合はアンモニア態窒素の變動は小さく、逆であれば變動は大きくなる。規模の大小は流入 BOD 総量で判断し、規模が 1200kgBOD/d より小さい場合は 1.8 を、6000kgBOD/d より大きい場合は 1.45 を選択し、その他の規模は補間法により計算する。

3.4—水温が 15°C の時に硝化の最小 SRT が保証される：硝化菌が 15°C の時の最小世代時間 2.13d に 1.6 を掛けた経験係数に由来する。経験係数の採用は活性汚泥の中で十分な硝化菌が生成維持されるよう保証するためである。

1.103—温度修正係数

$T$ —設計温度 (°C)：最も不利な低温条件で設計、一年中で最も低い月の平均水温を採用し、通常、わが国の北方地域は 10°C、南方地域は 11~12°C を採用する。

脱窒比  $K_{de}$  は BOD を 1kg 消耗するごとに除去できる硝酸態窒素量。

$$K_{de} = \frac{N_o}{S_o} \quad (3-17)$$

式中、 $K_{de}$ —脱窒比 (kgNO<sub>x</sub>/kgBOD)

$N_o$ —脱窒に必要な硝酸態窒素の濃度 (mg/L)

$S_o$ —流入 BOD 濃度 (mg/L)

理論により計算すると、2.86kg の BOD を消耗すると 1kg の硝酸態窒素の脱窒ができる、すなわち  $K_{de}=0.35$  であるが、実際の汚水処理プロセスの中では、無酸素槽に入る BOD がすべて脱窒菌に利用されるのは不可能であり、実際の  $K_{de}$  は 0.35 よりはるかに小さく、しかも嫌気槽の容積  $V_D$  (あるいは SRT  $\theta_{CD}$ ) と反応槽総容積  $V_R$  (あるいは SRT  $\theta_{CR}$ ) の比が小さいほど、 $K_{de}$  値は小さくなる。ドイツ ATV 基準はこれに対して表 3.2-1 に示す具体的な設計パラメータ値を提出している。

表 3.2-1 脱窒設計パラメータ表

| 脱窒比                                 | 無酸素区を設けた脱窒                     | 間欠あるいは同時脱窒 |
|-------------------------------------|--------------------------------|------------|
| VD/VR ( $\theta_{CD}/\theta_{CR}$ ) | Kde (kgNO <sub>x</sub> /kgBOD) |            |
| 0.20                                | 0.11                           | 0.06       |
| 0.30                                | 0.13                           | 0.09       |
| 0.40                                | 0.14                           | 0.12       |
| 0.50                                | 0.15                           | 0.15       |

脱窒に必要な硝酸態窒素濃度は下の式により計算する。

$$N_o = N - 0.05 (S_o - S_e) - N_e \quad (3-18)$$

式中、 $N$ —流入全窒素濃度 (mg/L)

$N_e$ —放流全窒素濃度 (mg/L)

式 3-16 で得た SRT は硝化の最小 SRT である。実際のプロセスの中では、外部条件が往々にして複雑に錯綜しており、設計の安全を確保するため、脱窒を求めない下水処理場の設計時には SRT を 1 日増加し、脱窒がある場合には更に脱窒 SRT を加えるよう推奨する。

これに基づき、表 3.2-2 では設計温度を 10℃とした場合、異なる処理目標と規模の下での最小 SRT と推奨 SRT を提供している。

表 3.2-2 異なる処理目標と規模の下での SRT 表 (T=10℃)

| 処理目標        |                                     | 下水処理場の規模     |            |              |            |
|-------------|-------------------------------------|--------------|------------|--------------|------------|
|             |                                     | ≤1200kgBOD/d |            | ≥6000kgBOD/d |            |
|             |                                     | 最小 SRT (d)   | 推奨 SRT (d) | 最小 SRT (d)   | 推奨 SRT (d) |
| 硝化なし        |                                     | 5            | 6          | 4            | 5          |
| 硝化あり        |                                     | 10           | 11         | 8            | 9          |
| 硝化脱窒        | V <sub>D</sub> /V <sub>R</sub> =0.2 | 12.5         | 13.8       | 10           | 11.3       |
|             | V <sub>D</sub> /V <sub>R</sub> =0.3 | 14.3         | 15.7       | 11.4         | 12.9       |
|             | V <sub>D</sub> /V <sub>R</sub> =0.4 | 16.7         | 18.3       | 13.3         | 15         |
|             | V <sub>D</sub> /V <sub>R</sub> =0.5 | 20           | 22         | 16           | 18         |
| 硝化脱窒及び汚泥の安定 |                                     | 25           | 25         |              |            |

注：1. 中間値は補間法で求める。

2. 設計水温が 10℃でない場合は式 (3-16) と、式 (3-17) 及び表 3.2-1 により自ら計算する。

設計流入・放流水の水質は、式 (3-18) と (3-17) で  $K_{de}$  を算出し、表 3.2-2 により  $V_D/V_R$  と  $\theta_{CD}/\theta_{CR}$  が求められ、更に表 3.2-2 から  $\theta_{CR}$  が求められ、続いて  $\theta_{CD}$  が算出できる。

$\theta_{CR}$  を式 (3-15) に代入すると、SBR 反応槽の総 SRT  $\theta_C$  が求められる。

### (3) 汚泥量の計算

SBR 反応槽中の反応汚泥量は下の式で計算する。

$$X_R = Q_d \times \theta_{CR} \times Y(S_0 - S_e) \times 10^{-3} \quad (3-19)$$

式中、 $X_R$ —SBR 反応槽の混合汚泥量 (kg)

$Q_d$ —下水処理場の設計流量 (m<sup>3</sup>/d)

$Y$ —汚泥収率係数 (kgSS/kgBOD)

$Y$  は下の式で計算する。

$$Y = 0.75 + 0.6 \frac{SS_0}{S_0} - \frac{(1-0.2) \times 0.17 \times 0.75 \theta_{CR} \times F_T}{1 + 0.17 \theta_{CR} \times F_T} \quad (3-20)$$

式中、 $F_T$ —内因性硝化の温度係数

$$F_T = 1.072^{(T-15)}$$

$T$ —設計温度 (℃)

周電氏は実践経験から提起している。上述  $Y$  の計算式を中国で応用する場合、修正係数  $K$  を掛けることを推奨しており、 $K=0.9$  としている。

反応汚泥量と総汚泥量の関係は以下の通り。

$$X_T = \frac{T_C}{T_R} X_R \quad (3-21)$$

式中、 $X_T$ —SBR 反応槽の汚泥総量 (kg)。



$X_R$ を式(3-21)に代入するとSBR反応槽の汚泥総量 $X_T$ が求められる。

余剰汚泥量は毎日SBRシステムの中から排出される汚泥量で、それには2つの部分が含まれる。一つは放流に従って流出し、他は汚泥処理システムに排出され、下式で示される。

$$\Delta X = \frac{Q_d SS_e}{1000} + Q_w X_w \quad (3-22)$$

式中、 $\Delta X$ -下水処理場の1日の余剰汚泥発生量 (kg/d)

$SS_e$ -放流浮遊物質濃度 (mg/L)

$Q_w$ -下水処理場の汚泥処理システムに排出される余剰汚泥量 (m<sup>3</sup>/d)

$X_w$ -汚泥処理システムに排出される余剰汚泥の濃度 (g MLSS/L)

プロセスの中において、余剰汚泥量は下式を採用して計算できる。

$$\Delta X = \frac{Q_d Y(S_0 - S_e)}{1000} \quad (3-23)$$

余剰汚泥量と混合汚泥量、反応SRTの関係は、下式となる。

$$X_R = \theta_{CR} \times \Delta X \quad (3-24)$$

#### (4) 汚泥濃度の決定

汚泥濃度の合理的な設定は、SBR反応槽の設計にとって非常に重要である。一方で、一般にSBR法は汚泥循環装置が必要なく、汚泥濃度を高めることが汚泥循環エネルギー消費の増加をもたらすことはあり得ない。したがって比較的高い汚泥濃度を選択することで反応槽の容積を減少し、建造費を節約できる。他方で、SBR反応槽は同時に二次沈殿槽の役割を務め、汚泥流失を防止するため、汚泥濃度を設定する場合にはまた具体的な水質のSVIを勘案しなければならない。分解し易い基質の割合が比較的大きい汚水は、そのSVI値が比較的高く、汚泥の沈殿性が劣るので、もし汚泥濃度が比較的高く、上澄水排出装置の深度と安全な水使用深度の要件を満たせない場合、放流に伴う汚泥の流出をもたらし、放流指標に悪影響を及ぼす。一方、汚泥SVI値が比較的低く、沈降性能の良い汚水に対し、もし選択したMLSSが比較的低ければ、槽容積の浪費をもたらし、インフラ投資を増加させる。

一般的には、汚泥濃度の選定時には、主に以下の点を考慮する。(1) SRTが長く、汚泥負荷が低ければ、比較的高い値を選び、逆に、SRTが短く、汚泥負荷が高ければ、比較的低い値を選ぶ。(2) 最初沈殿池がある場合は比較的低い値を選び、最初沈殿池が無い場合は比較的高い値を選ぶ。(3) SVI値が比較的低い場合は比較的高い値を選び、SVI値が比較的高い場合は比較的低い値を選ぶ。(4) 汚濁物質濃度が比較的高い場合は比較的高い値を選び、汚濁物質が比較的低い場合は比較的低い値を選ぶ。表3.2-3にドイツATV基準を参考とした、汚泥濃度の推薦数値選択範囲を提供している。

表 3.2-3 反応槽 MLSS 数値選択範囲

| 処理目標     | MLSS 数値選択範囲 (kg/m <sup>3</sup> ) |         |
|----------|----------------------------------|---------|
|          | 最初沈殿池あり                          | 最初沈殿池なし |
| 硝化なし     | 2.0~3.0                          | 3.0~4.0 |
| 硝化 (と脱窒) | 2.5~3.5                          | 3.5~4.5 |
| 汚泥の安定    | -                                | 4.5     |

(5) 反応槽容積の計算

汚泥発生量と汚泥 SRT の関係は以下の通り。

$$\theta_c = \frac{V_T \cdot X}{\Delta X} \quad (3-25)$$

式中、 $V_T$ —SBR 反応槽の有効容積 (m<sup>3</sup>)

求められる反応槽の有効容積は、

$$V_T = \frac{\theta_c \cdot \Delta X}{X} = \frac{X_T}{X} \times 1000 \quad (3-26)$$

式中、 $X$ —生物反応槽内の混合液浮遊物質平均濃度 (gMLSS/L)

SBR 反応槽の容積を計算し終わった後、汚泥負荷に対する校正をしなければならない。その範囲は 0.03~0.12kgBOD<sub>5</sub>/(kgMLSS・d) とする。

上述の方法は従来の活性汚泥法が通常採用する方法で、この方法の主な問題点は SBR 反応槽が上澄水排出装置機能を発揮する場合、汚泥の沈降特性が槽容積とその他のパラメータに与える影響を考慮していないことである。

以上の問題点に対応し、周電氏は新たな SBR 法反応槽の容積計算方法を打ち出した。SBR 反応槽自体が反応槽であり、また沈殿槽でもあることを考慮し、反応槽と沈殿槽に影響を及ぼすあらゆるパラメータをすべて組み入れた。その計算式は以下の通りである。

$$V_T = \left( H_f + \sqrt{H_f^2 + \frac{62400Q_h \times H \times T_s'}{X_T \times SVI \times N}} \right) \frac{X_T \times SVI}{1300T_s'} \quad (3-27)$$

式中、 $Q_h$ —時間最大計画汚水量 (m<sup>3</sup>/h)

$H$ —SBR 反応槽の水深 (m)

$T_s'$ —1 サイクル内の実際沈殿時間 (h)

$T_s' = T_s + T_d - 1/6$  ( $T_s$ —沈殿時間、 $T_d$ —排水時間)

$SVI$ —汚泥指数 (mL/g)

同公式は通常の SBR 法の槽容積計算式で、間欠流入の SBR 反応槽に基づき導き出したものであり、連続流入の SBR 反応槽 (例えば ICEAS と CASS 法) に対しても適用される。

### 3.2.4 SBR 法の設計要点

#### (1) 全体設計の要点

- ① 反応槽の槽数  $n$  は次の条件を満たされなければならない。槽数と排水時間の積がサイクルタイムで割り切れれば、反応時間ごとの間欠排水が処理場全体の連続排水として組み合わせられ、後の処理に便利である。槽数とばっ気時間の積はできるだけサイクル時間の整数倍とするのが良く、そうすることで送風機を連続運転させ、送風機の頻繁な起動停止が避けられる。
- ② 汚泥量の算出は、日最大流量で計算するが、もし遅延ばっ気を採用するなら、SRT は更に長く、緩衝能力は更に強くなるので、日平均流量により計算することができる。反応槽の容積を計算する場合、もし流入水の調整槽が設けられていなければ、最大水量を貯蔵するために、日最大・時間最大流量で計算しなければならない。酸素要求量は日最大負荷で計算する。
- ③ 抵抗力の違いが給気の不均衡をもたらすため、1 台の送風機が同時に 2 基の水位の異なる SBR 反応槽に給気する状況を避けなければならない。
- ④ SBR 反応槽がばっ気を停止した時、給気管の中は依然として気圧が維持されるため、排水開始後水位が下がり始めると、給気管の中の気圧が水压より高くなり、給気管の中に残留している圧縮空気が絶えず水中に排出される。沈殿した汚泥が上澄水に混入し、放流水質に悪影響を及ぼす。そのため、SBR 反応槽ごとの送風総管上にリリース・バルブを設置し、給気停止時に開いて圧縮空気を放出しなければならない。

#### (2) CAST/CASS 法の設計要点

- ① 主反応槽の稼働状況は通常の SBR 反応槽の稼働状況と基本的に同じであるため、標準 SBR 法の計算手順は CAST 法でも適用される。
- ② 嫌気（無酸素）選択槽の容積は一般に主反応槽容積の 10%~15%の値を選択する。
- ③ 汚泥返送比は調整可能でなければならない、20%~40%で設計する。
- ④ 汚泥の沈降性が比較的良好なら、設計時に SVI は低めの値を選択でき、一般には 130~140mL/g を選択できる。
- ⑤ 汚泥負荷は一般に 0.05~0.1kgBOD<sub>5</sub>/kgMLSS・d である。

#### (3) ICEAS 法の設計要点

- ① 予反応区と主反応区は完全に異なる稼働状況にあり、それぞれ設計計算を行うが、先ず主反応区の容積を計算し、予反応区の槽容積は一般に経験に基づいて決定するが、主反応区槽容積の 7%~10%の値を選択することができる。主反応区は間欠ばっ気で、生物化学的反応酸素要求量により計算し、予反応区と主反応区は同時にばっ気するが、攪拌功率 2.0Nm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>・h) を選択とする。
- ② ICEAS 法の場合は連続流入するため、間欠流入の標準 SBR 法と異なり、その水量のピーク値が均質化されるため、式 (3-27) により槽容積を計算する場合は時間最大計画汚水量  $Q_h$  を採用するのはあまり妥当でない。流量は係数 0.9 を掛けることで実際に近づく。
- ③ 連続流入の沈殿排水に対する干渉を減少するため、槽は長方形のものが適切で、そのアスペクト比は 2~2.5 を選択する。  
連続流入の放流水質に対する悪影響を減少するため、余裕水深を適切に増加しなければならない。0.8~0.9m を選択するとよい。

#### (4) DAT-IAT 法の設計要点

- ①同時連続流入のDAT-IAT法の最大の特徴は、反応槽をDATとIATに等分することある。それらは相互に接続され、水位は一緒に昇降するが、混合液の濃度は異なり、IAT中の汚泥濃度は高いが、DAT中の汚泥濃度は低く、汚泥濃度の差異があるため、設計計算時には修正が必要である。一般的な状況下でDATの汚泥濃度はIATの75%~80%であり、全槽の反応時間比は62%~63%まで下がるため、反応汚泥量により総汚泥量を

計算する場合は  $(X_T = \frac{X_R}{0.62})$  により計算する。

- ②式(3-27)で槽容積を計算する場合、汚泥濃度は2つの槽の平均濃度でなければならないが、上澄水排出装置があるIAT槽の汚泥濃度は平均濃度より高く、その汚泥の実際の沈降距離は計算値より小さく、ICEAS法の余裕水深数値選択を基礎に更に0.2~0.3mを補償として増加する。実際の余裕水深は1.1~1.2mを選択するのが適切である。
- ③DATの汚泥濃度は返送比で決定され、実際の経験に基づき、汚泥返送比は300%~400%を選択するのが適切である。
- ④DATとIATのばっ気装置にはいずれも休止期間の問題があり、計算時にはばっ気時間に基づき1時間当たり給気量を計算することにより、ばっ気装置の数を確定する。IATばっ気装置の利用率は低いため、IATの総酸素要求量はDATより小さいが、一般的な状況下ではIATのばっ気装置数はいずれもDATより多い。

#### (5) UNITANK 法の設計要点

- ①一つの系列の3つの槽は同じサイズに設計することができるが、異なるサイズを採用することもできる。一般には槽の辺長が比較的小さい場合(25m未満)、エッジプールは単一堰放流を採用し、槽形を長方形とすることができる。槽のサイズが比較的大きい場合、エッジプールは周辺放流堰を採用でき、槽の形は正方形とする。プロセスの実情により、中間槽のサイズは両側のエッジプールのサイズと異なっても良い。流入する汚濁物質の濃度が比較的高い場合は、槽全体の容積が大きくなり、エッジプールの水面積負荷が過度に低下し、装置が過大になるため、エッジプールのサイズを適度に縮小し、中間槽の容積を増大することができる。一方、流入する汚濁物質濃度が比較的低い場合は、槽全体の容積が小さくなり、エッジプールの水面積負荷が課題になるので、中間槽の容積を適度に縮小し、エッジプールのサイズを増大することにより、エッジプールの水面積負荷が低減できる。
- ②エッジプールの水面積負荷を計算する場合は、エッジプールの汚泥濃度を採用する。
- ③ばっ気段階ではエッジプールの放流堰内に混合液が流入するため、沈殿初期の放流は直接排出できないので、洗浄水排水システムを経て再び処理システムに入らなければならない。洗浄水排水システムには一般に2種類の形式がある。1つは電動バルブで制御するもので、洗浄放流水が管渠を経て、流入ポンプ室に排出される。この方式は簡単だが、おそらく流入水に対し一時的な過負荷を発生する可能性がある。もう一つは電動バルブで制御した洗浄水が単独の洗浄水槽に排出されるもので、槽内に潜水ポンプを設け、洗浄水を中間槽に送り戻すが、この方式は装置が多く、管理が複雑である。2種類の方式にはそれぞれ長所と短所があり、一般に後者の方式は運転システムが少ない状況に適する。

(6) MSBR 法の設計要点

- ①設計 SRT はリン・窒素除去の要件により決定し、一般に 7~20d に設定する。
- ②水理的滞留時間は流入水質と処理要件に関連し、一般には 12~14h とする。
- ③単槽の最大処理水量は 5 万  $\text{m}^3/\text{d}$  を上回らないよう設定し、そうならない場合はグループ分けしなければならない。
- ④MSBR 反応槽の深さは一般に 3.5~6.0m である。
- ⑤混合液返送量は 1.3~1.5 Q、濃縮汚泥返送量は 0.3~0.5 Q である。

## 4 SBR 法の運転管理

### 4.1 SBR 下水処理場の運転管理に関する規範と基準

#### 4.1.1 プロセス運転管理規範

『城鎮下水処理場の運転、保守及び安全技術規程』（CJJ 60-2011）は比較的全面的な下水処理場運転指導の業界技術基準であり、住宅・都市農村建設部が公布し、2012年1月1日から実施された。この規程は城鎮の下水処理場（現在採用されている大部分のプロセスタイプを含む）の運転、保守と安全について規範的要件を示し、すべての城鎮下水処理場に適用される。SBR 法に対応し、規程の中では運転技術パラメータを提供し、そしてプロセス運転サイクルの合理的な調整、設備に対する定期的な検査と保守の実施を求めている。

環境保護部が公布した『回分式活性汚泥法污水处理プロセス技術規範』（HJ 577-2010）は、SBR 法の排水比、運転サイクル、流入量、排水、上澄水排出装置、ばっ気などについて調整と管理面の規定を示している。

#### 4.1.2 処理水と汚泥の管理規範

中国の城鎮下水処理場は『城鎮下水処理場汚染物質排出基準』（GB 18918-2002）を実施しており、この基準は城鎮下水処理場の処理水と汚泥中の汚染物質の制御項目と基準値を規定している。

この基準は下水処理場の処理水基準を3つの級に分け、下水処理場の放流先が希釈能力の小さな河川や湖沼に景観用水と一般再利用水などの用途に使用する場合、1級A基準を実施する。城鎮下水処理場の処理水がGB3838 地表水Ⅲ類機能水域（画定した飲用水源保護区と水泳区を除く）、GB3097 海水Ⅱ類機能水域と湖沼、ダムなどの閉鎖あるいは半閉鎖水域に排出する場合は、1級B基準を実施する。城鎮下水処理場の処理水がGB3838 地表水Ⅳ、Ⅴ類機能水域あるいはGB3097 海水の3、4類機能海域に放流する場合は、2級基準を実施する。非重点規制流域と非水源保護区の建制鎮（県、郷レベルの国家機関所在地）の下水処理場が、地元の経済条件と水質汚染規制要件に基づき、1次強化処理プロセスを採用する場合、3級基準を実施するが、必ず2次処理施設の位置を事前に確保し、期間を分けて2級基準を達成しなければならない。

『城鎮下水処理場汚染物質排出基準』は城鎮下水処理場の汚泥を安定化処理し、安定化基準を達成すべきことを規定している。城鎮下水処理場の汚泥は汚泥脱水処理を行い、脱水後の汚泥含水率は80%未満でなければならない。処理後の汚泥を埋め立て処理する場合、安全埋め立てに関する環境保護要件を達成しなければならない。処理後の汚泥を農業に利用する場合、その汚染物質含有量は関連する要件を満たしていなければならない。

この他に、まだ多くの汚泥処置と利用に関する基準があるので、1.1.2 節を参照されたい。

## 4.2 SBR 法の運転管理手法

### 4.2.1 運転管理パラメータ

SBR 法の生物反応槽について、『城鎮下水処理場の運転、保守及び安全技術規程』（GB 18918-2002）は以下の内容を示している。SBR 法を採用する場合、運転サイクルを合理的に調整し制御しなければならず、そして装置の要件に基づき定期的の上澄水排出装置の検査、清掃と保守を行う。特にサイフォン式上澄水排出装置に対しては空気漏れ検査を行わなければならない。また、この規定では、表 4.2-1 に示すような SBR 生物反応槽の通常運転パラメータを提示している。

表 4.2-1 SBR 生物反応槽通常運転パラメータ

| イ生物処理のタイプ       | 汚泥負荷<br>(kgBOD5/kgMLSS.<br>d) | SRT<br>(d) | 外部循環<br>比<br>(%) | 内部循環<br>比<br>(%) | MLSS<br>(mg/l) | 水理的滞留時間 (h) |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------------|------------------|----------------|-------------|
| 従来型 SBR 法       | 0.05~0.15                     | 20~30      | —                | —                | 4000~6000      | 4~12        |
| DAT-IAT 法       | 0.045                         | 25         | —                | 400              | 4500~5500      | 8~12        |
| CAST 法          | 0.070~0.18                    | 12~25      | 20~35            | —                | 3000~5500      | 16~12       |
| LUCAS/UNITANK 法 | 0.05~0.10                     | 15~20      | —                | —                | 2000~5000      | 8~12        |
| MSBR 法          | 0.05~0.13                     | 8~15       | 30~50            | 130~150          | 2200~4000      | 12~18       |
| ICEAS 法         | 0.05~0.15                     | 12~25      | —                | —                | 3000~6000      | 14~20       |

『回分式活性汚泥法汚水処理プロセス技術規程』（HJ 577-2010）は運転に対してもいくつかの調整制御方法と技術要件を示している。主な調整対象あるいはパラメータは以下の通り。

排水比（あるいは充水比）：設定運転サイクルが不変の状況下において、実際の運転で流入水量に変化が生じた場合は、排水比（あるいは充水比）を調整する方法で各反応槽の配水の均等を図ることができる。

運転サイクルの調整：処理水量の変化が比較的大きい場合は、ピーク期の日処理水量、ボトム期の日処理水量、日平均処理水量により運転サイクルを調整しなければならない。

流入水量の調整：1 日の中での施設流入水量の時間による変化が比較的大きい場合は、流入水量を調整することにより、排水比（充水比）の相対的な安定、反応槽の良好な運転状態を維持する事が出来る。

排水の調整：排水時には水面の等速下降が求められ、下降速度は 30mm/min 以下でなければならない。

ばっ気の調整：ばっ気工程が終了した時、反応槽主反応区の溶解酸素濃度は 2mg/L 未満であってはならない。

上澄水排出装置の管理：各班は上澄水排出装置について一回巡視し、故障を発見したら直ちに処理する。上澄水排出装置の故障により運転停止する場合、非常用排水管を使って排水することができる。

#### 4.2.2 固定タイミング制御法

現在、国内外の SBR 下水処理場は大部分が固定タイミング制御法、すなわち運転サイクル各段階時間に固定値を採用している。調整が必要になった時は各段階の時間を調整することにより、実際のニーズに合った新たな定時制御プログラムを編成する。このような方法の実施が簡単で、操作に便利だが、操作の欠陥と限界といえる。流入・放流水の水質と運転状況に基づいてリアルタイムに制御調整ができないことが、特にばっ気段階では、送風機は通常一定の給気量を保持して間断なく運転しており、実際の酸素要求量に基づいてリアルタイムに給気量を調整できないため、処理効率を低下させたり、エネルギーの浪費をももたらすことになる。そのため、現在では国内外の研究傾向は SBR 法のオンライン・リアルタイム制御の実現にあり、すでにいくつかの研究成果があるが、全体的には初歩的段階にあり、まだ実際に応用されるレベルには達していない。

固定タイミング制御法は、主に各段階の時間を設定する方法である。運転サイクルは各段階の時間の経過の和である。BOD<sub>5</sub> と SS の除去のみを目的とする場合、流入、ばっ気、沈殿、排水の各段階の運転時間を直接に採用することができる。実際の運転の中では、運転サイクルを短縮し、処理効果を向上するため、いくつかの段階を合併、あるいは一部分を他の段階の中に合併させることができる。例えば、流入をばっ気と同時に進行させる、すなわち流入させながらばっ気することができ、また先にしばらく流入させた後、更にばっ気することもできる。その他に、排泥と排水を合併することができ、また沈殿段階と合併することも、あるいは沈殿、排水と排泥の3つの段階を同時に行うこともできる。

通常、ばっ気時間が長いほど、BOD<sub>5</sub> の分解はより十分であり、ばっ気時間は一般に 3.0～3.5h の間に制御する。SBR 法の中の沈殿は静止沈殿であり、沈殿効果は比較的良好で、一般に 1～1.5h 沈殿させれば放流の要件を満たすことができる。流入時間は設計と設置した反応槽数で決定付けられ、一般に 1～2h の間に制御する。沈降した汚泥がかき乱されることがあるため、排水時間はあまり短くはならない。設置した排水装置の排水能力によるが、一般には 0.5～1h の間を選択する。

以上から、上述したように、BOD<sub>5</sub> と SS の除去のみを目的とする場合の SBR の運転サイクルは、一般に 4.5～8h の間になる。下水処理場ごとにその処理場の具体的な状況を勘察し、運転プログラムを編成し、合理的な運転サイクルを確定しなければならない。流入する汚水が比較的多く難分解性有機物を含む場合は、ばっ気時間を適切に延長し、ばっ気段階を比較的完全な硝化状態にしなければならない。汚泥の沈降性能が良くない場合は、沈殿時間を適切に延長しなければならない。通常、SBR システム内での汚泥の沈降性能は良好で、このような間欠運転方式は糸状菌の大量繁殖に不利であるため、汚泥バルキングの問題は存在しない。

SBR システムの運転プログラムを適切に変更することで、生物学的リン除去を実現することができる。流入段階に攪拌を行い、流入した汚水と一つ前のサイクルの槽内に残った汚泥を十分に混合し接触させる。この段階の槽内環境は嫌気で、リン蓄積細菌がこの段階でリンを放出し、リンの吸収のために準備を行うので、この段階の混合液の DO は 0.2mg/L 以下を保たなければならない。ばっ気段階では、DO は 2.0mg/L 以上を保つことにより、BOD<sub>5</sub> の分解を行う以外に、リン蓄積細菌がこの段階でリンを過度に吸収し、それによってリン除去の目的を達する。なお、この段階のばっ気時間が長すぎることによる硝化の発生を避けなければならない。なぜなら硝化の過程で発生する硝酸態窒素が嫌気段階のリン放出を妨害し、リンの除去効率を低下させるからである。沈殿段階は排泥と同時に行うとよい。主な目的はリンの二次放出を防止するためである。こうすれば、たとえ二次放出の可能性が存在するとしても、リン蓄積細菌がリンを放出する前に余剰汚泥の形で



システムに排出することができる。最後に上澄み液をシステム外に排出する。以上の手順により運転すると、一般に 90%以上のリン除去効率が得られ、しかも全般的な運転サイクルは依然として 8h 以内である。

運転プログラムの変更を通じて、生物学的窒素除去を実現することもできる。ばっ気段階の混合液の DO を 2.0mg/L 以上、一般には 2.0~3.0mg/L に制御する。この段階では BOD<sub>5</sub> の分解を完成させる以外に、脱窒のための前段階として硝化反応を進行する。ばっ気時間は一般に 4h より長くしなければならない。次の段階はばっ気停止攪拌段階で、この段階でばっ気を停止し、攪拌混合を維持することにより、脱窒菌が脱窒を行う。ばっ気段階の後は栄養物質がすでに消耗し尽くされるため、脱窒効率はあまり高くない。しかし、すべての混合液がいずれも脱窒を行うため、全般的な脱窒効率も 70%ほどに維持することができる。最後に沈殿段階に入り、汚泥と水の分離を行う。硝化段階に求めるばっ気時間が比較的時間が長いので、運転サイクルも延長され、一般には 8~12h の間である。

運転プログラムの変更を通じて窒素・リンを同時に除去することもできる。流入段階で攪拌を行い、DO は 0.2mg/L 以下に制御する。この段階でリン蓄積細菌が嫌気性リン放出を行う。ばっ気段階では、DO は 2.0mg/L 以上に制御し、この段階に BOD<sub>5</sub> の分解を完成させる以外に、硝化とリン蓄積細菌の好気性リン吸収を行う。ばっ気時間は一般に 4h 以上である。ばっ気停止攪拌段階では、ばっ気を停止し、攪拌のみを行う。この段階に脱窒を行うが、この段階では硝酸塩濃度が比較的高い、一般にはリンの二次放出を招くことはない。この段階は 2h 以上維持すべきで、時間を延長すると、一方では脱窒効率を高め、他方では流入段階の混合液中の硝酸塩濃度を下げ、リン放出に対する妨害を避けることができる。最後に沈殿段階に入り汚泥と水の分離を完成する。全般的な運転サイクルは 10~14h の間である。

#### 4.2.3 排水量の管理

SBR 反応槽の排水段階では、合理的な排水量の管理が非常に重要である。排水量が多過ぎると、沈下した汚泥を流し去り、放流水質を下げることもある。一方、排水量が少な過ぎると、槽容積を浪費する。適正な排水量は、排水深度を適正に制御することにより実現でき、下式で計算することができる。

$$h = H \left( 1 - \frac{SVI \cdot MLSS}{10^6} \right) - \Delta h \quad (4-1)$$

最適排水比：

$$f = h/H \quad (4-2)$$

式中、 $h$ —最適排水深度

$H$ —槽内作業深度

SVI—活性汚泥容積指標

MLSS—ばっ気段階の汚泥濃度

$\Delta h$ —安全許容量

$h$ 、 $H$ 、 $\Delta h$  の三者間の関係は図 4-1 で示す通りで、 $\Delta h$  の最小は 0.5m を選択する。

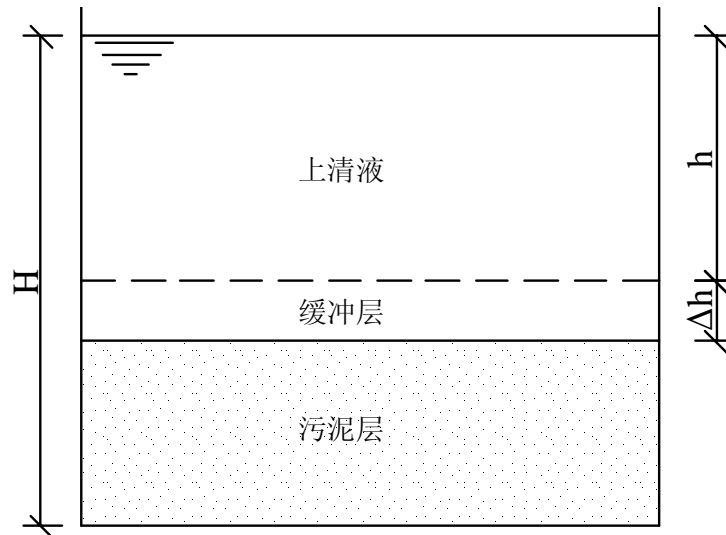


図 4-1 SBR 反応槽の最も良好な排水深度

SBR システムは上澄水排出装置で排水する。上澄水排出装置は、排水過程で排水点を水位の下降に従って下降することができ、終始最上層に属する上澄み液を排出する。なお、実際の排水点は一般に水中の一定の深さに水没し、スカムが上澄水排出装置に進入し排出されることを防止している。

上澄水排出装置の主な種類として、自力式上澄水排出装置、サイフォン式上澄水排出装置、機械式上澄水排出装置、無動力式上澄水排出装置などが挙げられる。自力式上澄水排出装置の利点は構造が簡単で安価であること、欠点としては、排水装置がずっと水面下にあるため、汚泥付着の問題があり、また対応の電動バルブが必要となる。サイフォン式上澄水排出装置の利点は運転が安定的で安価であること、また保守には手間がかからないなどが挙げられ、欠点は排水箇所が低すぎることである。機械式上澄水排出装置の利点は排水が安定的で、放流水の水質確保ができ、欠点は構造が複雑、設備が多い、エネルギー消費が多い、設備単価が高いことなどである。現在、中国の小・中規模下水処理場で最も多く採用されているのはロータリー・上澄水排出装置（機械式上澄水排出装置の一種）である。

## II 調査編

### 5 事後評価の概要

#### 5.1 事後評価の目的と意義

新技術の開発、導入、普及にあたっては、技術の信頼性、効率性を高めるために、技術の開発段階だけでなく、導入後においても、実際に稼働している施設の運転、維持管理から得られた知見（長所、短所、問題点、解決方法など）を設計や効果的な運転手法の確立のためにフィードバックすることが有効である。

日本下水道事業団では、図 5.1-1 に示すような流れで技術開発→技術評価→技術の標準化を体系的に行っている。「事後評価」は、その最終段階において、既に稼働している施設を対象に、開発段階に期待した性能が発揮されているか、発揮されていない場合はその原因や改善方法、運転上の課題や解決方法などを把握する目的で実施するもので、実際の処理施設を対象とした「アンケート調査」や「現地調査」を行い、その結果を解析、評価する。

本書の作成にあたっては、この手法を用いて調査を行い、その評価結果を反映することにした。なお、今回は SBR 法についてのみの評価を行ったが、評価手法は他の処理法の評価にも応用できるものである。

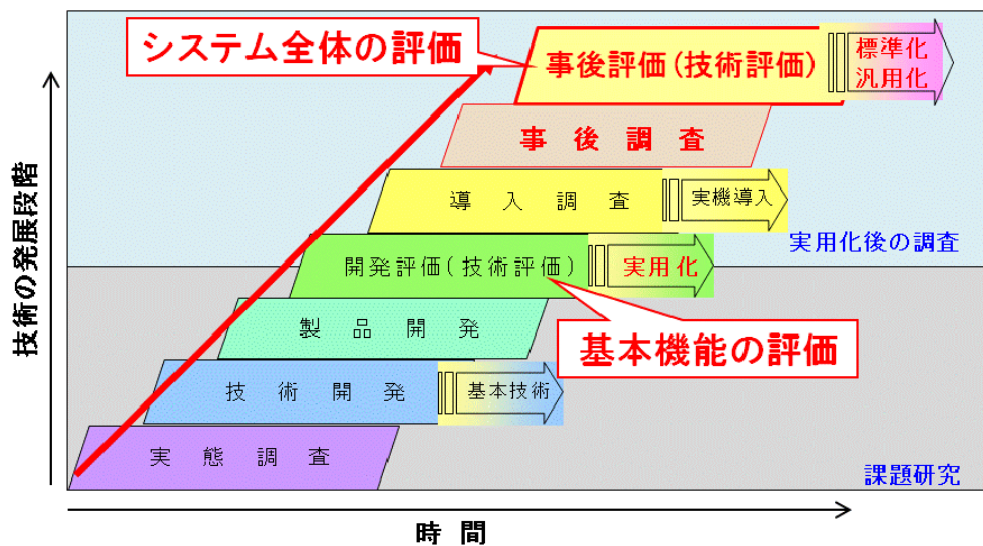


図 5.1-1 日本下水道事業団の技術評価及び標準化の流れ

## 5.2 事後評価調査

### 5.2.1 アンケート調査

#### (1) 対象地域

中国国内における SBR 法の汚水処理場（都市排水）は、2010 年末現在で約 312 箇所とされている。（「全国投運城鎮汚水処理施設清單」（環境保護部））。

本来、これらの処理場すべてを対象として調査を行うことが望ましいが、中国では地域毎の条件（気候、社会・経済、給水量、流入水質等）が著しく異なること、中国国内でこのような調査を行った経験がほとんど無いことなどから、全国の汚水処理場を対象にした調査ではなく、地域を限定して実施することとし、いわゆる「三湖」を抱える地域である、江蘇省、安徽省および雲南省を対象とした。

なお、アンケート調査では、対象とする処理法の施設数、分布、およびアンケート回収率等を考慮し、アンケート結果の代表性が確保されるようにする必要がある。これを補うため、建設部が整備している汚水処理場データベース、および既存の文献を利用することにした。

#### (2) 対象処理場

「全国投運城鎮汚水処理施設清單」（環境保護部）によると、対象地域である 3 つの省には、2010 年末現在、58 箇所の SBR 施設が稼働している。ただし、住宅・都市農村建設部から提供されたリストでは 51 箇所であった。これらの資料をもとに選定し、既に他の処理法に改造した箇所等を除いた 39 箇所にアンケート調査表を送付した。各省の対象処理場数は表 5.2-1 のとおりである。

表 5.2-1 アンケート調査対象処理場

| 選定対象           | 江蘇省 | 安徽省 | 雲南省 |
|----------------|-----|-----|-----|
| 全国投運城鎮汚水処理施設清單 | 43  | 2   | 13  |
| 住宅・都市農村建設部     | 31  | 2   | 18  |
| アンケート送付        | 25  | 4   | 12  |

#### (3) アンケート調査表

アンケートの調査表を作成するときは、必要な情報を得るとともに回答者に過度の負担がかからないように設問数、内容および回答方法を工夫する。（例えば、選択式にする、記述式の場合は回答例をつける、用語解説をつけるなど）、また、データの整理、解析を容易にするため、できるかぎり数値化しやすいようにすることなどが重要である。

今回の調査では、日本でこれまで実施した調査を基に、中国側の意見を聴きながら調査表を作成し、北京市、昆明市の汚水処理場における試験実施を経て、調査を行った。なお、アンケート調査の構成は次項に示すとおりである。

## アンケート調査表の構成

アンケート調査の設問は、調査結果を受けて実施する SBR 法の評価と密接な関係を持つように設定されている。SBR 法の評価は、主に下に示す視点（観点）で実施した（各評価基準については「評価編」で記述する）。

### ①実際の設計パラメータの確認

設計パラメータについては、各処理法毎に標準的な値または範囲が設定されている。ただし、中国では、各設計院が独自のノウハウをもって設計を行ってきたことから、実際にどのような値が用いられているかという点について、それぞれの汚水処理場の特性（水量、水質、水量変動など）との関係に注目して確認を行う。

### ②SBR 法の利点の確認

「基礎編 2.2 SBR 法の特性」で整理した SBR 法の特長（利点）、例えば必要敷地面積が小さい、運転管理が容易、建設/運営コストが低いなどについて、実際の状況を把握する。

### ③放流水質に対する要求と対応

前述したように、放流水質に対する要求が高い場合、SBR 法単独では要求基準を満たすことは困難で、凝集剤添加、ろ過などを追加する必要がある。このことから、ICEAS、CAST/CASS を含めた SBR 法で期待できる処理効率レベルを把握する。

### ④処理の安定性確保のための方策

小規模汚水処理場では、日間、年間の水量および水質変動が大きい。また、中国では多くの処理場で、いわゆる「截流式合流制（部分合流式）」が採用され、雨天時には雨水が流入し、水量、水質が大きく変動する。これらの影響、施設設計および運転管理における対応策を把握する。

### ⑤運転管理方法

SBR 法の特徴は、工程時間の調整を比較的柔軟に行えることである。しかし、その反面、多数の SBR 池を持つ汚水処理場では、運転を最適化するための調整は高度な技術と熟練が必要と言われている。この点について、実際の汚水処理場でどのような調整が行われているかを把握する。

### ⑥モニタリング（水質及び運転監視）

中国の汚水処理場では、水質測定は流入水と放流水について必要最低限の項目、頻度で実施されている場合が多い。また、SBR 池内には MLSS 計、DO 計などの機器が設置されていても、適切なメンテナンスがされていない、またはデータを適切に運転管理に利用できていないなどの問題がある。

また、SBR 法の運転管理を最適化するため、モニタリング機器と PLC（Programmable Logic Controller）を組み合わせた自動化も行われている。このような背景から、汚水処理場で行われているモニタリングの状況を把握する。

## ⑦トラブルの状況と対応

日本では、「回分式活性汚泥法」において、流量変動への対応、スカムの発生などのトラブルが問題となった。また、導入初期において、上澄水排出装置のトラブルが多発した。さらに、散気装置の目詰まり等のトラブルも懸念される。このため、これらトラブルの発生状況とその対応状況を把握する。

### 5.2.2 現地調査概要

#### (1) 現地調査の計画

アンケート調査は、広く、全体統計的な調査分析を行うのに適しているのに対して、現地調査はアンケート調査で把握することが難しい、より具体的な個別課題を掘り下げ、解決策を探ることが可能である。このため、日本で実施している事後評価では、アンケート調査の結果を参考に次のような観点で現地調査対象処理場を選定する。

- ① 放流水質、トラブルの発生状況、処理経費等に問題がある污水处理場を優先的に選定し、その原因と対応策を検討して評価に反映する。
- ② ①で選定した污水处理場と対比するため、処理状況が良好な施設を選定する。

現地調査の回数および実施時期については、年4回、春夏秋冬それぞれの季節に実施することが望ましい。特に、硝化菌は水温の影響を受けやすいことから、窒素除去を目的としている施設の調査では、冬季の調査が必須である。

なお、污水处理場の選定にあたっては、運転開始後数年を経過し、実際の流入負荷（水量、水質）が設計とほぼ同等であることが望ましい。これは、設計条件と運転条件がほぼ一致し評価に適していること、運転技術者が運転に習熟し、トラブルに対する対応など一定の運転方法が確立されていること、運転および水質に関するデータが蓄積されていることなどの理由による。

#### (2) 現地調査対象処理場

アンケート調査の実施時期が当初の予定より大幅に遅れたため、今回の現地調査では、アンケート調査の結果をみて対象処理場を決定することができなかった。このため、処理方式、施設規模、供用開始後年数等を考慮して調査箇所候補を選定し、最終的に、住宅・都市農村建設部が指定した8処理場のうち、事情により調査できなかった2箇所を除く6箇所で調査を実施した。調査対象処理場は江蘇省1箇所、安徽省1箇所、雲南省4箇所で、処理法別では従来型SBR法が1箇所、CASS法が3箇所、ICEAS法が2箇所である。

### 5.2.3 文献調査

日本で事後評価を行う場合、一般に、「アンケート調査」と「現地調査」を行い、その結果を解析、評価する。今回の調査では、これらの調査に加え、中国国内で発表されているSBRに関する文献を収集し、これを補足的な資料として用いることとした。これは、今回のアンケート調査が全数調査でないこと、中国における同種の調査の経験から、アンケート回収率およびデータの信頼度が必ずしも高くないことが予想されたことによる。

## 6 アンケート調査の結果

### 6.1 汚水処理場の基本情報

江蘇・安徽・雲南三省で正式にアンケート調査表を配布した汚水処理場は合計 39 箇所、アンケートの回答を 22 箇所から回収し（表 6.1-1 を参照）、回収率 56%であった。しかし、多くのアンケート回答が全ての設問に記入しているわけではなかった。

表 6.1-1 アンケート調査に回答した汚水処理場

| 所在地域   | 汚水処理場の名称               |
|--------|------------------------|
| 江蘇省常州市 | 江蘇中再生汚水処理場             |
| 江蘇省大豊市 | 江蘇省大豊市城北汚水処理場          |
| 江蘇省無錫市 | 無錫太湖国家旅游度假区汚水処理場       |
| 江蘇省宿遷市 | 宿遷富春紫光汚水処理有限公司         |
| 江蘇省揚州市 | 揚州市湯汪汚水処理場             |
| 江蘇省姜堰市 | 姜堰姜源汚水処理有限公司城区汚水処理場    |
| 江蘇省昆山市 | 昆山市巴城鎮石牌汚水処理場          |
| 江蘇省昆山市 | 昆山市自來水集團有限公司鉄南汚水処理場    |
| 江蘇省蘇州市 | 蘇州白蕩汚水処理場              |
| 江蘇省蘇州市 | 蘇州滸東汚水処理場              |
| 江蘇省蘇州市 | 蘇州鎮湖汚水処理場              |
| 江蘇省無錫市 | 無錫市錫山区汚水処理場            |
| 江蘇省盱眙県 | 盱眙県城南汚水処理場             |
| 江蘇省宜興市 | 宜興市建邦環境投資有限責任公司南漕汚水処理場 |
| 雲南省洱源县 | 洱源县城汚水処理場              |
| 雲南省昆明市 | 昆明市第三汚水処理場             |
| 雲南省昆明市 | 雲南省昆明市呈貢県汚水処理場         |
| 雲南省昆明市 | 雲南省昆明市東川汚水処理場          |
| 雲南省昆明市 | 雲南省昆明市石林県汚水処理場         |
| 雲南省麗江市 | 麗江供排水有限公司第一汚水処理場       |
| 雲南省普洱市 | 普洱市思茅区汚水処理場            |
| 安徽省阜陽市 | 阜陽市汚水処理場               |

#### 6.1.1 竣工年／供用開始年

調査に協力した 22 ヲ所の汚水処理場のうち、2 ヲ所が 2011 年に供用開始した外、残りはいずれも 2010 年以前に供用開始し、すでに正式運転が 2 年以上になる。11 ヲ所は竣工の年に本格稼働し、5

カ所が竣工 1 年ほどで本格稼働、3 カ所は竣工 2 年ほどで本格稼働している。ここから 60%の汚水処理場で建設後比較的迅速に供用開始されていることがわかる。

### 6.1.2 建設／運営方式

合計 21 カ所の汚水処理場が建設／運営方式について回答した。そのうち、BOT 方式で建設運営されている汚水処理場が最も多く、総計 (N=21) の 43%を占め、政府の直接管理方式がこれに次ぎ、総計の 28%を占めた。しかし、これはおそらく調査票記入者の誤解によるもので、政府の直接管理と自主運営、国有企業はいずれも同一の管理類型であり、政府部門傘下の企業が運営を担当していると思われる。この部分は過半数の 52%を占める。具体的状況を表 6.1-2 に示す。

表 6.1-2 汚水処理場の建設運営方式

| 運営方式   | 当該運営方式を採用する<br>汚水処理場数 | 総数に占める比率<br>(N=21) |
|--------|-----------------------|--------------------|
| BOT    | 9                     | 43%                |
| 政府直接管理 | 6                     | 28%                |
| 自主運営   | 2                     | 10%                |
| 国有企業   | 3                     | 14%                |
| TOT    | 1                     | 5%                 |

### 6.1.3 汚水の収集方式

合計 18 カ所の汚水処理場が汚水収集方式について回答した。そのうち、合流式は 6 カ所、分流式は 7 カ所、部分合流式／部分分流式は 5 カ所であった。

### 6.1.4 設計処理量／実際処理量

合計 20 カ所の汚水処理場が設計処理量と実際処理量の情報について回答している。具体的な処理量データを図 6.1-1 に示す。設計規模と実際処理量が 5 万 m<sup>3</sup>/d 以下の汚水処理場が 80%以上を占め、そのうち約半数の汚水処理場が 2 万 m<sup>3</sup>/d 以下である。設計処理量が 5 万 m<sup>3</sup>/d を超えるものは 4 カ所、実際処理量が 5 万 m<sup>3</sup>/d を超えるものは 3 カ所で、最大処理量は 21 万 m<sup>3</sup>/d に達する。



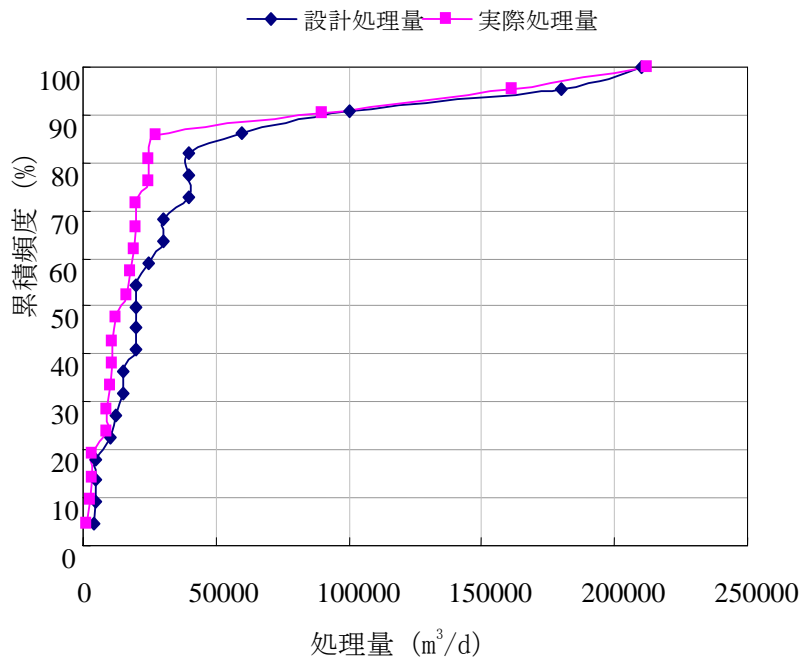


図 6.1-1 汚水処理場規模分布の調査結果

設計規模と比較した各汚水処理場の実際処理量の状況を図 6.1-2 に、運転負荷統計の状況を図 6.1-3 に示す。図より、一部の処理場を除いて、大部分の汚水処理場は設計水量に達していない。住宅・都市農村建設部の要請により、稼働開始 1 年以上の汚水処理場の稼働負荷率は 60% 以上に達しなければならないが、調査した汚水処理場の中で稼働負荷率が 60% 以下のものは 28% (6 カ所) であり、そのうち、5 カ所が稼働開始満 1 年以上の汚水処理場である。14% (3 カ所) の汚水処理場が過負荷 (稼働負荷率 > 100%)、5% (1 カ所) の汚水処理場がフル稼働 (稼働負荷率 = 100%) に達している以外、81% (17 カ所) の汚水処理場の稼働負荷率は 100% 未満である。

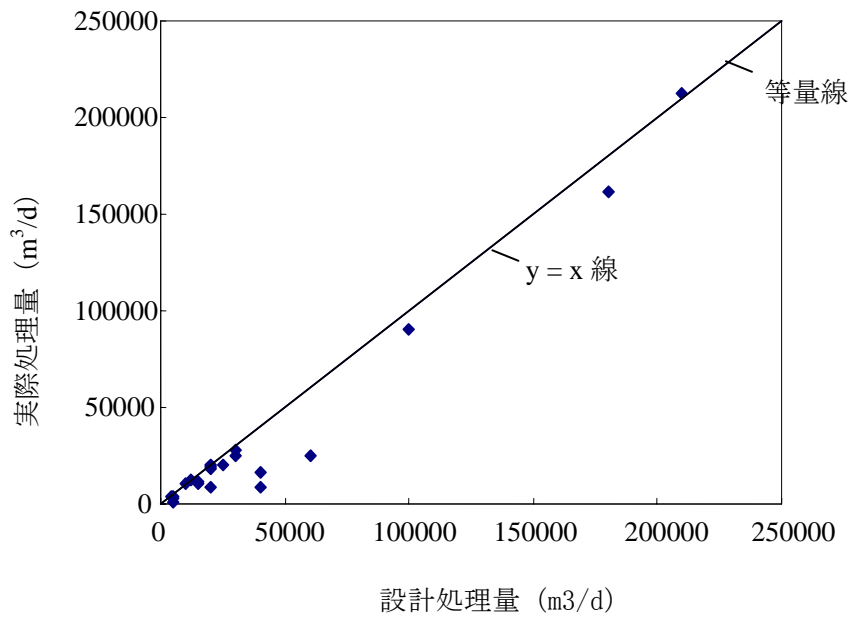


図 6.1-2 設計処理量と実際処理量の関係図

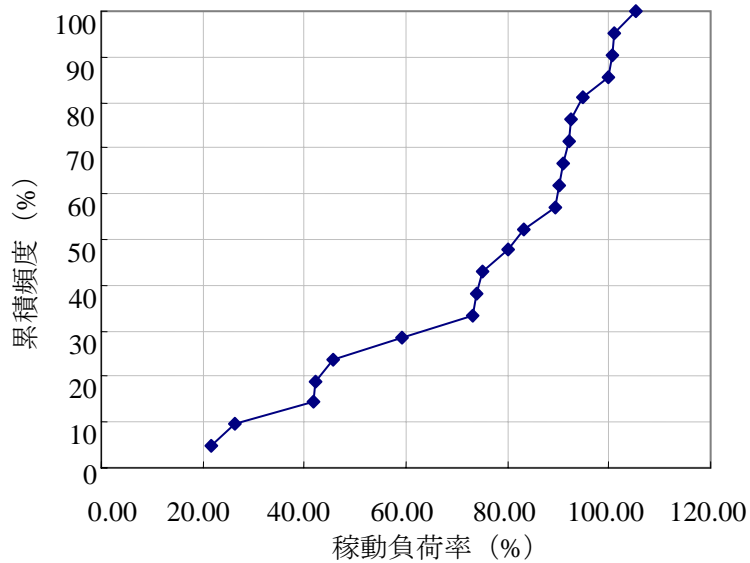


図 6.1-3 稼働負荷率の分布状況

### 6.1.5 処理方式（高度処理を含む）／排出基準／処理効果

合計 21 ヲ所の汚水処理場は処理方式が 2 級処理と回答している。処理法別の汚水処理場数と比率を図 6.1-4 に示す。従来型 SBR と比較して、改良型 SBR 法がすでに小城镇汚水処理場が利用する主流プロセスになっていることが分かる。

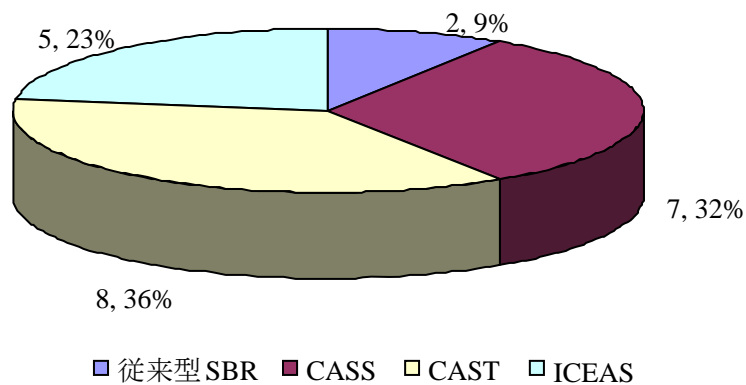


図 6.1-4 処理プロセス別の汚水処理場の数及び比率分布

処理プロセスと設計規模の関係を図 6.1-5 に示す。図より、5 万 m<sup>3</sup>/d 未満の汚水処理場では 4 種類の SBR 処理プロセスのいずれもが採用されていることが分かる。規模が 5 万 m<sup>3</sup>/d を超える 3 ヲ所の汚水処理場では 2 ヲ所が CAST 法を採用し、1 ヲ所が ICEAS 法を採用している。

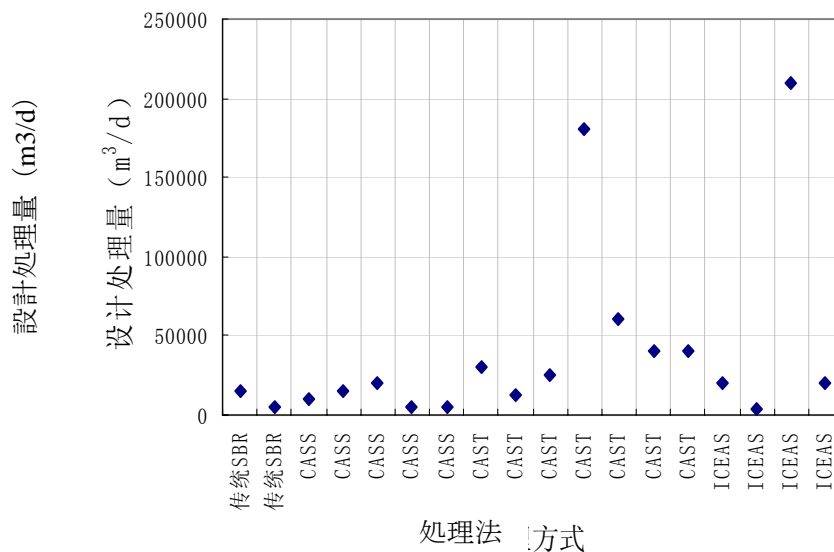


図 6.1-5 処理法と設計規模

調査に協力した汚水処理場は、いずれも放流すべき排出基準を回答している。排水基準別の汚水処理場数及び比率を図 6.1-6 に示す。国が環境保全に力を入れることによって、多くの汚水処理場が 1 級排出基準の達成を求められ、多くの都市と地域ではすでに最も厳しい 1 級 A 基準の達成が明確に求められている。

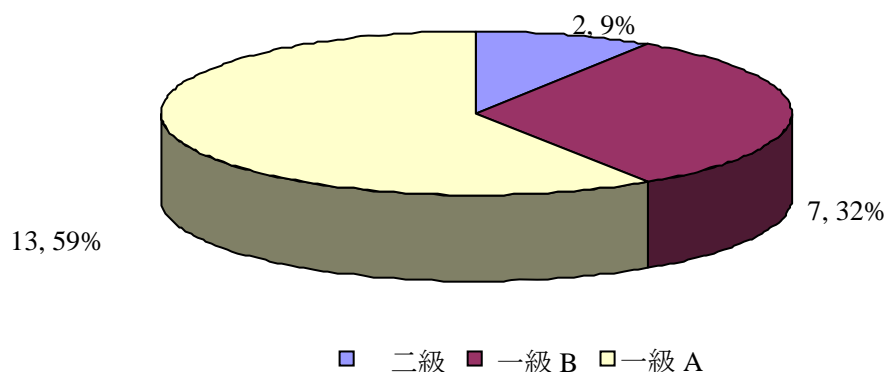


図 6.1-6 排出基準別の汚水処理場数及び比率の分布

調査に協力した汚水処理場のうち、高度処理プロセスを明確に持っているものは 64%（14 ヲ所）で、主なプロセスは凝集沈殿＋ろ過＋消毒である。各処理場の排出基準を勘案すると、高度処理を持つ汚水処理場のうち 93%（13 ヲ所）が 1 級 A 排出基準を、残り 1 ヲ所が 1 級 B 排出基準を実施しており、高度処理と実施する排出基準が密接に関連していることが分かる。高度処理はすでに高い水準の排出基準、特に 1 級 A の汚水処理場では必須のプロセスになっている。

処理結果から見ると、一部の汚水処理場が提供したデータ及び住宅・都市農村建設部の都市汚水処理場情報システムの統計データにより、調査対象（N=22）のうち、一級 B と二級排出基準に適用する汚水処理場は月平均排出指標でいずれも基準に達成しており、一級 A 排出基準に適用する汚水処理場は約 77%が基準に達成している。残りの処理場は TP または COD などの個別指標が年間を通して基準に達することができない。

#### 6.1.6 運転要員

合計 21 ヲ所の汚水処理場が運転要員情報を記入した。処理規模の違いにより分析統計した結果を図 6.1-7 に示す。

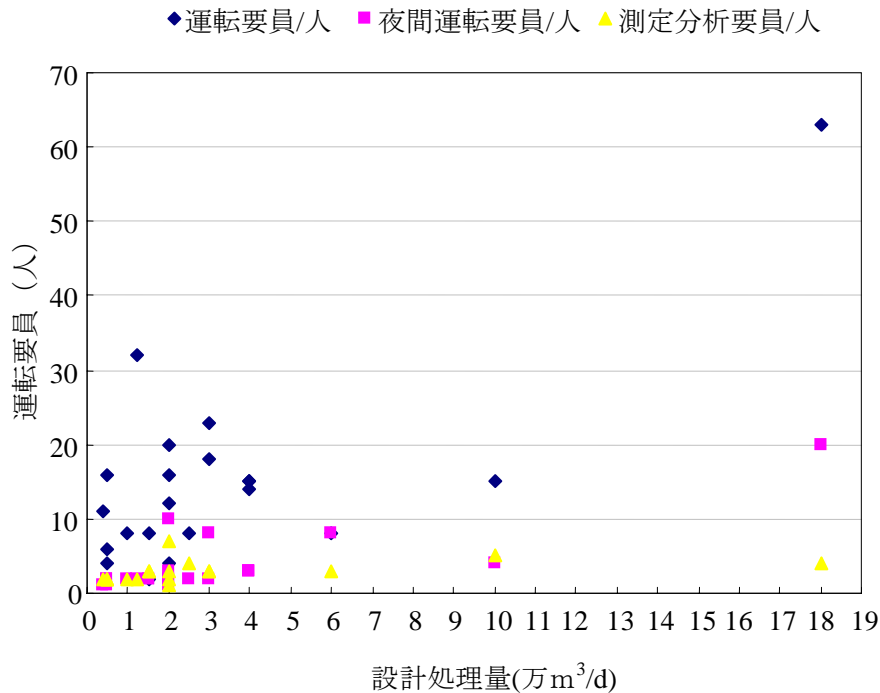


図 6.1-7 処理規模と汚水処理場運転要員数

設計規模が 5 万  $\text{m}^3/\text{d}$  未満の処理場で平均的に投入している要員数は 13 人で、そのうち夜間運転要員は 3 人、測定分析要員は平均 3 人である。5 万  $\text{m}^3/\text{d}$  を超える汚水処理場は 3 ヶ所あり、そのうち 2 ヶ所の運転要員と分析要員は規模の増大にかかわらず増加していない。しかし、もう 1 ヶ所の規模が 18 万  $\text{m}^3/\text{d}$  の汚水処理場の運転要員（夜間運転要員を含む）は明らかに他の処理場より多い。全体的には、処理規模が一定の範囲を超えた場合、運転要員の必要人数は処理量の増加に従って増加するが、検査・測定を必要とする水試料と水質指標の数量及び規模との相関性はそれほど無いため、分析測定要員の人数は各汚水処理場であまり違いが無い。

### 6.1.7 建設費

合計 18 ヶ所の汚水処理場が汚水処理場建設費用の情報について回答した。各汚水処理場の設計規模を用いて計算した汚水処理能力当たり投資額の累積頻度分布を図 6.1-8 に示す。この図からは、90% の汚水処理場の汚水処理能力当たり投資額は 1,000～4,000 元/ $\text{m}^3$  の範囲内で、そのうち 50% の汚水処理場の汚水処理能力当たり投資額は 2,000 元/ $\text{m}^3$  以下である。2 ヶ所の汚水処理能力当たり投資額は 4,000 元/ $\text{m}^3$  を上回り、最高は 10,400 元/ $\text{m}^3$  に達する。この最高の処理能力当たり投資額は通常値をかなり乖離しているため、信頼性が高くない。最高投資額を除いた平均の汚水処理能力当たり投資額は 2,313 元/ $\text{m}^3$  である。

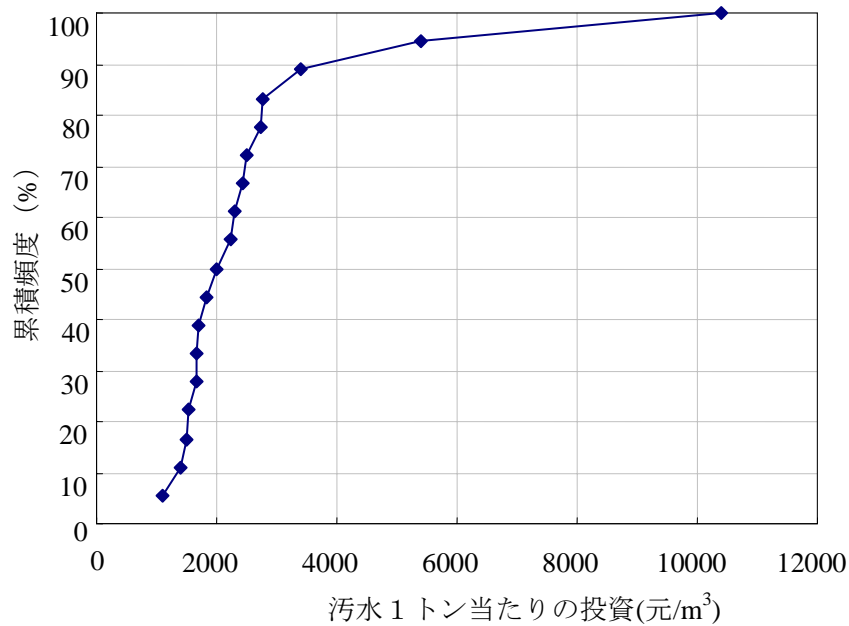


図 6.1-8 汚水処理場の汚水処理能力当たりの投資状況

汚水処理場の汚水処理能力当たりの投資と処理規模、処理方式と排出基準との間の関係は図 6.1-9、6.1-10 と 6.1-11 を参照されたい。これらの図から分かることは、処理規模の増大に従って、汚水処理能力当たりの投資は下がる傾向にある。処理プロセスと汚水処理能力当たりの投資には全く相関性が無い。4 種類の SBR 法処理場の中には汚水処理能力当たりの投資が 2,000 元/m<sup>3</sup> 以下の処理場があり、いずれも大部分は 4,000 元/m<sup>3</sup> 未満で、2つの処理場（それぞれ CASS と CAST 法を採用）の汚水処理能力当たりの投資だけが比較的高くなっている。この 2 ヶ所の汚水処理場はいずれも 1 級 A 排出基準を実施し、しかも高度処理施設を設け、前者は凝集沈殿（凝集沈殿槽の流入管位置で PAC を投入）＋繊維ろ過を採用し、後者は凝集沈殿（預反応区で PAC を投入）＋ロータリーディスクフィルター＋二酸化塩素消毒を採用している。汚水処理能力当たりの投資と排出基準の関係図からは、排出基準が高まるに従って、汚水処理能力当たりの投資は増加する傾向があることが分かる。

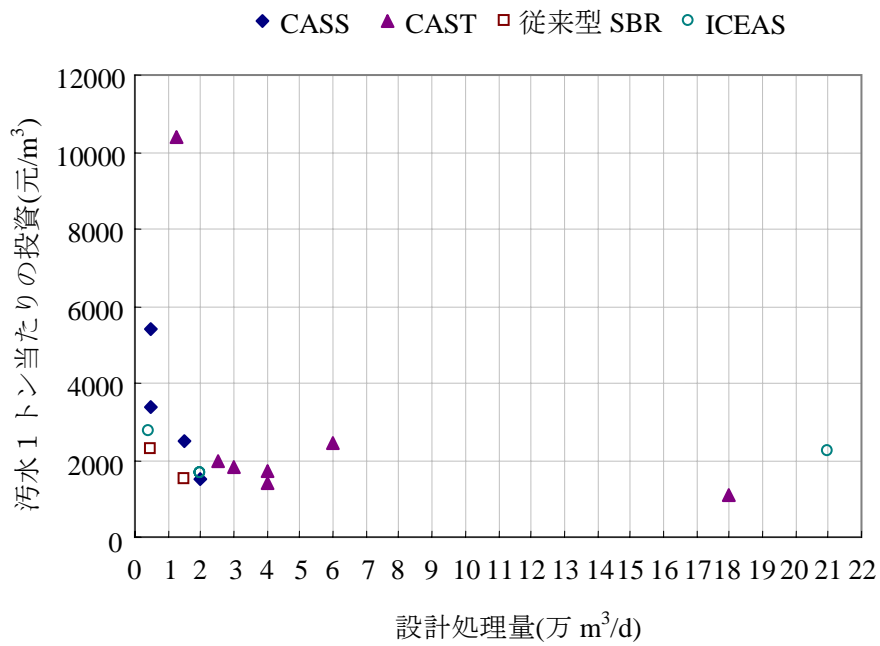


図 6.1-9 汚水処理能力当たりの投資と設計規模

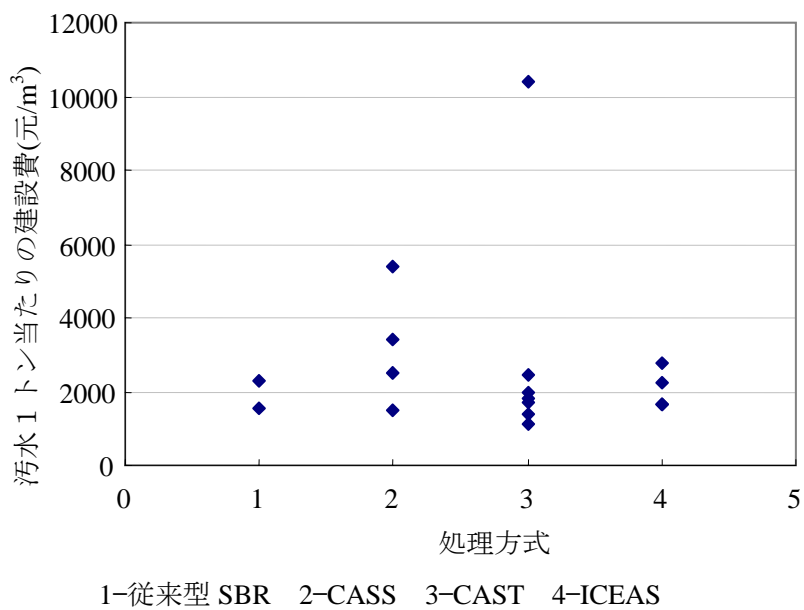


図 6.1-10 汚水処理能力当たりの投資と処理プロセス

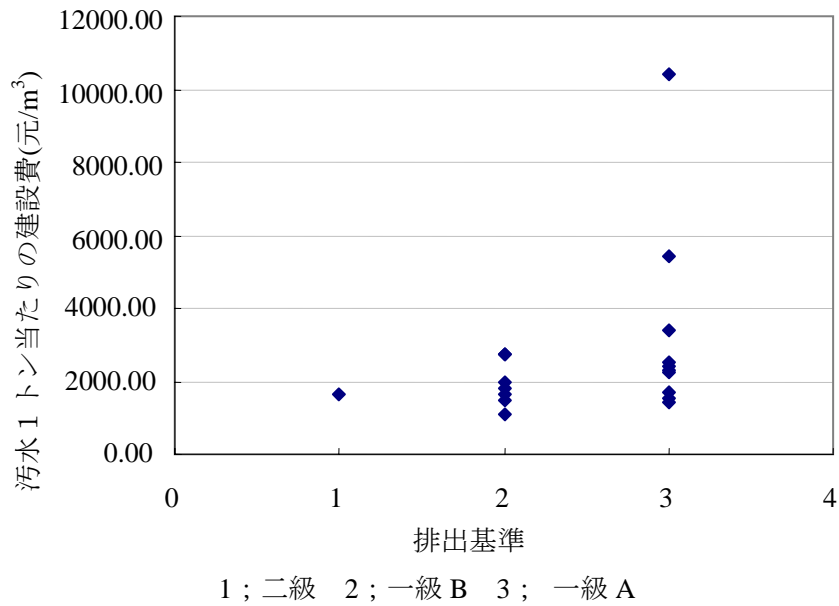


図 6.1-11 汚水処理能力当たりの投資と排出基準の関係

#### 6.1.8 ランニングコスト

汚水処理場の汚水処理価格と直接的ランニングコスト、汚水処理水量当たり電力消費量の調査状況を図 6.1-12 と図 6.1-13（汚水処理価格、直接的ランニングコスト、電力消費量はいずれも 2010 年のデータ）に示す。図の中の処理水量当たりとは、いずれも実際の処理水量である。これらの図からは、汚水処理価格の範囲は 0.45～1.5 元/m<sup>3</sup> の間で、平均汚水処理価格は 0.99 元/m<sup>3</sup>（サンプル数 N=19）であることが分かる。93%の汚水処理場の直接的ランニングコストは 0.25～1.3 元/m<sup>3</sup> の間で、平均ランニングコストは 0.84 元/m<sup>3</sup>（サンプル数 N=14）である。汚水処理価格と直接的ランニングコストを合わせて回答した汚水処理場（サンプル数 N=13）のうち、31%の汚水処理場の直接的ランニングコストが汚水処理価格より高くなっている。95%の汚水処理場の汚水処理水量当たり電力消費量は 0.48kWh/m<sup>3</sup> 以下にあり、平均の汚水処理水量当たり電力消費量は 0.28kWh/m<sup>3</sup> である。なお、図 6.1-12 と図 6.1-13 の中で示された直接的ランニングコストと汚水処理水量当たり電力消費量の 1 つの異常な高値は、事実確認によると同一汚水処理場であり、1 級 A 排出基準を実施しており、高度処理があった。このため、電力消費と薬剤費が比較的高く、しかも同処理場が記入した直接的ランニングコストの中には固定資産減価償却費を含んでいた。以下の理由により直接的ランニングコストが他の汚水処理場よりはるかに高くなっている。



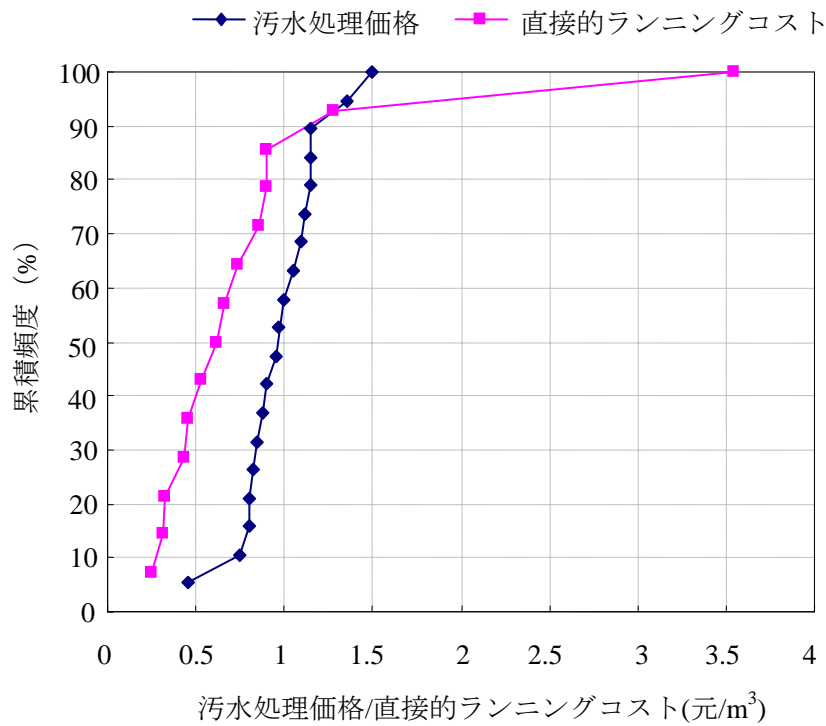


図 6.1-12 汚水処理価格/直接的ランニングコストの状況

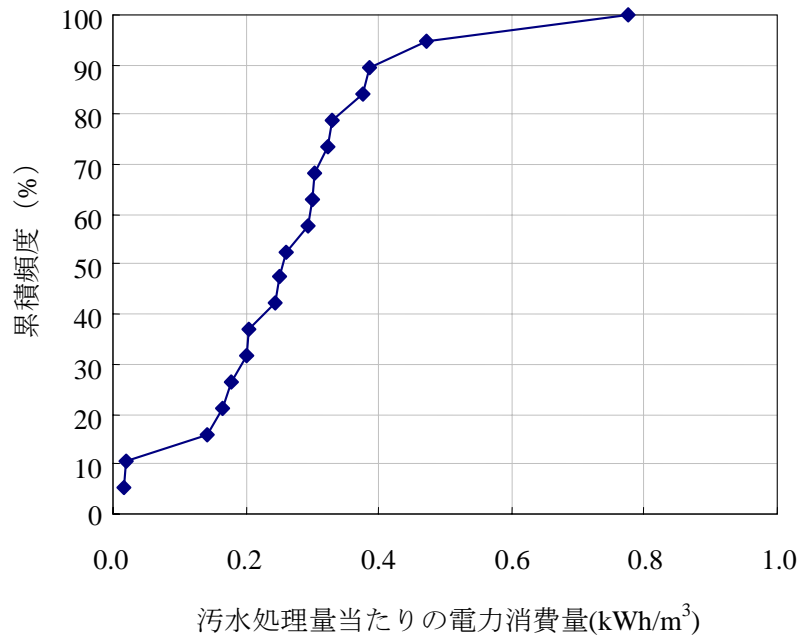


図 6.1-13 処理量当たり電力消費量の状況

直接的ランニングコスト、汚水処理水量当たり電力消費量と実際の処理量、処理法の関係を図 6.1-14、6.1-15 に示す。図からは、 $1\text{m}^3$  当り処理水量のランニングコスト、汚水  $1\text{m}^3$  当り電力消費量と処理量、及び処理法には明らかな相関性は認められない。電力消費、薬剤費用及びその他の費

用を含めた直接的ランニングコストが最高値の処理場は、汚水 1m<sup>3</sup> 当たり電力消費が比較的高いことが主な要因である。

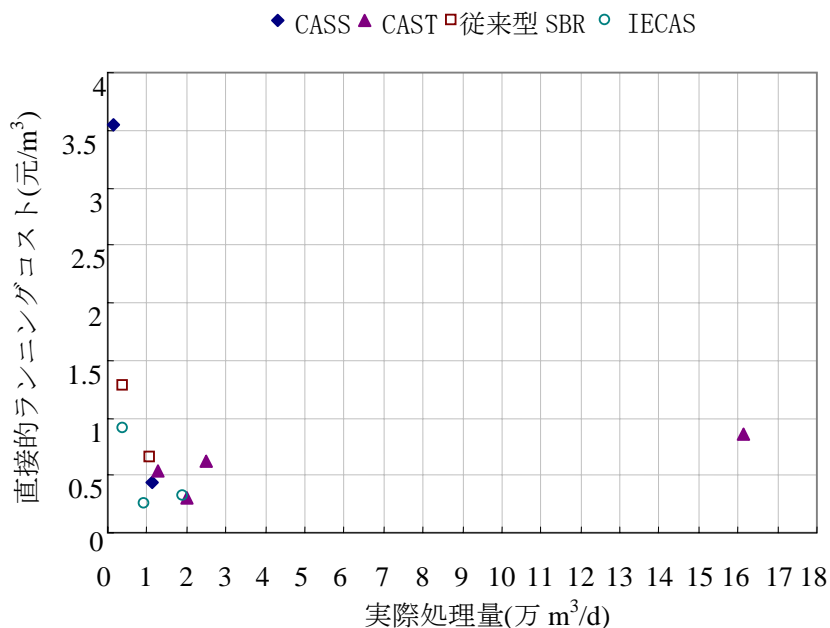


図 6.1-14 直接的ランニングコストと処理量及び処理法

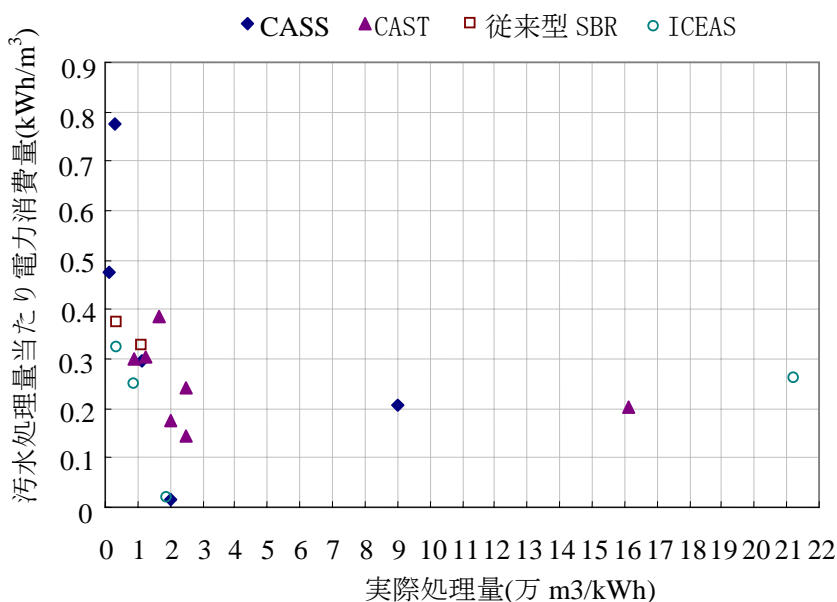


図 6.1-15 汚水処理量当たり電力消費量と処理量及び処理法

汚水処理量当たり電力消費量と処理法及び排出基準の関係を図 6.1-16 と 6.1-17 に示す。図中のデータから算出した従来型 SBR、CASS、CAST、ICEAS プロセスを採用する汚水処理場の平均汚水処理量当たり電力消費量は、それぞれ 0.35kWh/m<sup>3</sup>、0.25 kWh/m<sup>3</sup>、0.35 kWh/m<sup>3</sup>、0.21 kWh/m<sup>3</sup> である。2 級、1 級 B、1 級 A の排出基準を実施する汚水処理場の平均汚水処理量当たり電力消費量は、それぞれ 0.11 kWh/m<sup>3</sup>、0.20 kWh/m<sup>3</sup> と 0.36 kWh/m<sup>3</sup> である。全体的に、汚水 1m<sup>3</sup> 当たり電力消費量は排

出基準が高まるに従って増大するが、処理法との相関性は明らかでない。

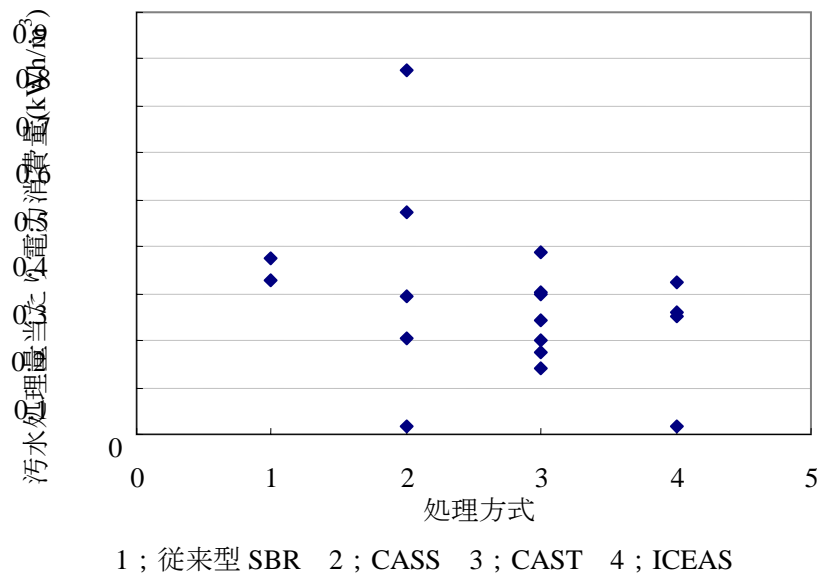


図 6.1-16 汚水処理量当たり電力消費量と処理法

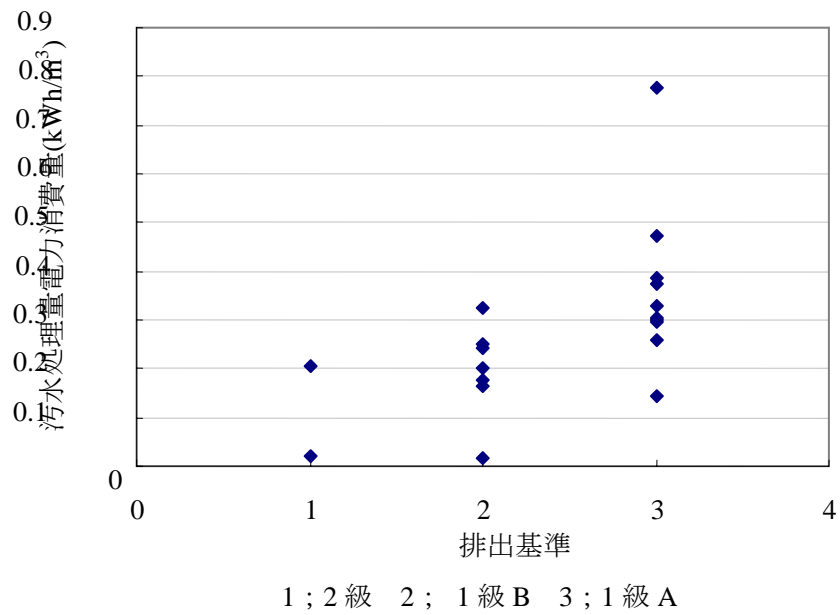


図 6.1-17 汚水処理量当たり電力消費量と排出基準

## 6.2 主要機器及び構造物の状況

### 6.2.1 流入機器

#### 流入ポンプ

流入揚水ポンプの台数及びそのパラメータを明確に回答した汚水処理場は合計 19 ヶ所で、調査協力総数の 86% を占めた。それぞれの処理場には平均して流入揚水ポンプ 4 台が設置され、総流量は設計処理能力と密接に関連し、揚程はいずれも 10m 以上ある。

#### 流量調整池

流量調整池の設置状況を表 6.2-1 に示す。調査に協力した汚水処理場 (N=22) の中、流入・放流の流量調整池があると明確に回答した処理場は 4 ヶ所で、総数のわずか 18% を占めるに過ぎなかった。規模が 2 万 m<sup>3</sup>/d 未満の 12 ヶ所の汚水処理場のうち、流入水調整池を設置しているのはわずか 3 ヶ所に過ぎなかった。

表 6.2-1 汚水処理場の流量調整池設置状況

| 設計処理量<br>(m <sup>3</sup> /d) | 処理法     | 流入水調整池の数<br>(個) / 調整容量(m <sup>3</sup> ) | 放流水調整池の数<br>及び調整容量 (個) |
|------------------------------|---------|---|------------------------|
| 60000                        | CAST    | 2/ -                                    | なし                     |
| 15000                        | 従来型 SBR | 1/500m <sup>3</sup>                     | 1/150m <sup>3</sup>    |
| 10000                        | CASS    | なし                                      | 1/350 m <sup>3</sup>   |
| 5000                         | CASS    | 1/4000 m <sup>3</sup>                   | なし                     |

### 6.2.2 前処理装置

#### スクリーン

調査に協力した汚水処理場 (N=22) の中、18 ヶ所が粗目・細目の 2 つのスクリーンを設けており、総数の 82% を占めた。1 ヶ所では粗目・細目・微細目の 3 つのスクリーンを設けていた (総数の 4%)。残りの 3 ヶ所の汚水処理場は明確に回答していない。粗目・細目スクリーンの目幅別比率分布を図 6.2-1、6.2-2 に示す。粗目スクリーンの目幅は 20mm を採用しているものが最も多く、細目スクリーン (微細目スクリーンを含む) の中では 5mm の比率が最大を占め、3~4mm の微細目スクリーンを採用しているものは約 22% を占める。SBR 法の種類に関わらず、各汚水処理場は一般的に粗目・細目の 2 つのスクリーンを設けており、目幅にも明らかな差異は無い。

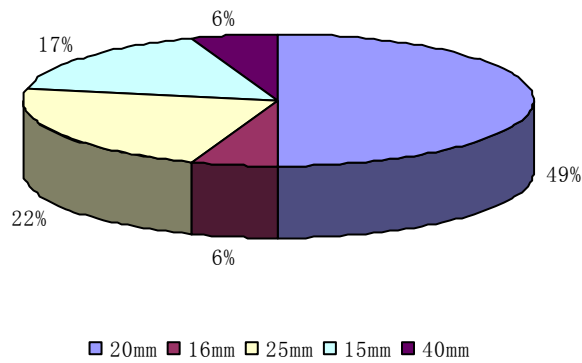


図 6.2-1 目幅別の粗目スクリーンの比率

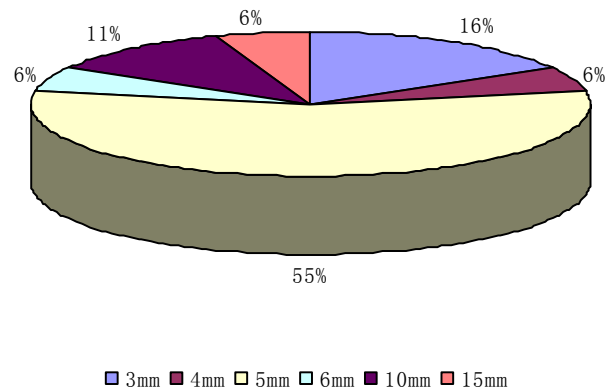


図 6.2-2 目幅別の細目スクリーンの比率

### 沈砂池

調査に協力した汚水処理場 (N=22) の中では、サイクロン沈砂池を採用しているものが最も多く、13 ヲ所あり、総数の 59% を占めた。6 ヲ所が曝気沈砂池を採用し、総数の 27% (そのうち、1 ヲ所はサイクロン沈砂池と曝気沈砂池を同時に採用) を占め、2 ヲ所が平流沈砂池を採用していた。その他の 2 ヲ所は明確に回答していない。

### 最初沈殿/加水分解槽

この項目に回答した汚水処理場 (N=21) のうち、9 割 (19 ヲ所) の汚水処理場が最初沈殿池を設置しておらず、1 ヲ所が最初沈殿池を設置し、1 ヲ所が加水分解槽を設置していた。

### 6.2.3 SBR 反応槽

処理法／流入方式

SBR 法の分類を図 6.2-3 に示す。

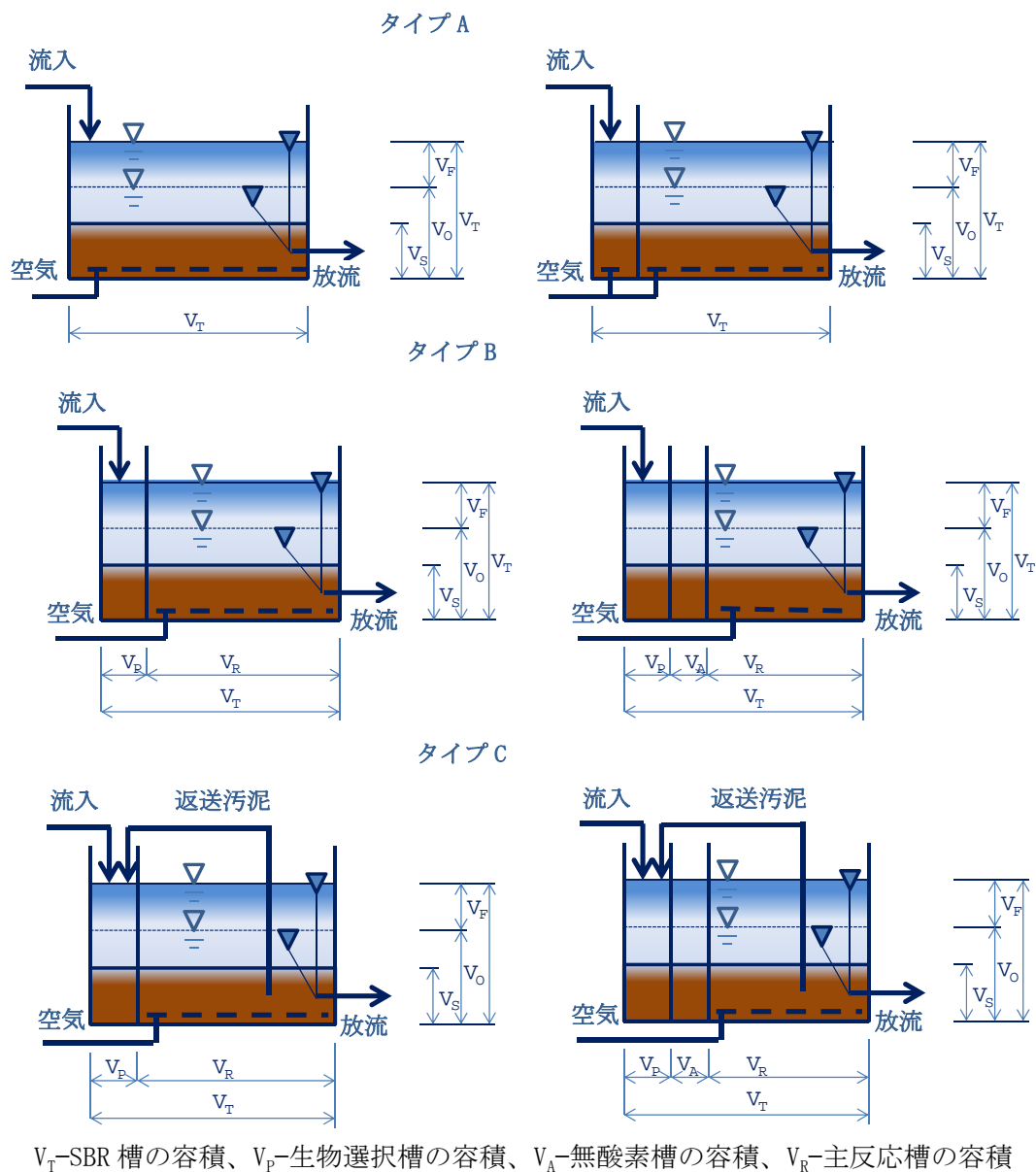


図 6.2-3 SBR 槽の分類

合計 17 か所の污水処理場が SBR 法と明確に回答し、タイプ C の採用が最も多く、全部で 12 カ所あり、調査総数の 54% を占めた。タイプ B の採用は 3 カ所で、総数の 14%、タイプ A とその他の処理法（どの処理法かは説明なし）の採用は各 1 カ所で、総数の 9% を占めた。流入方式については、13 カ所が間欠流入方式を、6 カ所が連続流入方式を採用していた。残り 3 カ所は明確に回答していない。

SBR 反応槽の構造 (L/B 比、水深、安全高度、前処理区などの容量比)

合計 20 ヲ所の汚水処理場が、SBR 反応槽の構造と具体的な寸法を明確に回答した。そのうち、円形 SBR 槽を採用しているのは 1 ヲ所のみで、他の 19 ヲ所はいずれも長方形の SBR 槽を採用し、L/B 比の平均値は 2.0 で、55%の SBR 槽の L/B 比は 2 未満であった。この他、最小水深は 4.5m、最大水深は 6m、平均水深 (サンプル数 N=22) は 5.6m であった。

SBR 槽は一般に預反応区、無酸素区、主反応区で構成される。SBR 槽の構造を回答した汚水処理場 (N=20) の中で、17 ヲ所の SBR 槽が予反応区と主反応区を設け、回答総数 (N=22) の 8 割近くに達した。予反応区、無酸素区、主反応区を設けているのはわずか 3 ヲ所のみだった。予反応区、無酸素区、主反応区の平均容積比はそれぞれ 11%、15%、84%である。

上澄水排出装置

合計 21 ヲ所が上澄水排出装置の形式を明確に回答した。そのうち 16 ヲ所がメカ上澄水排出装置を採用、3 ヲ所がセルフフローティング・上澄水排出装置を採用、また 2 ヲ所がロータリーフロート・上澄水排出装置を採用している。

ばっ気装置

調査に協力したすべての汚水処理場 (N=21) のばっ気装置はいずれも微細気泡 (中気泡) 散気装置を採用している。

水中攪拌機

預反応区と主反応区で水中攪拌機を設置した汚水処理場はそれぞれ 13 ヲ所と 11 ヲ所で、それぞれ総数 (N=21) の 62%と 52%を占めた。また、3 ヲ所の無酸素区には、水中攪拌機が設置されていた。

#### 6.2.4 高度処理

合計 17 ヲ所の汚水処理場が高度処理について回答し、そのうち 70% (14 ヲ所) の汚水処理場で高度処理を設けていた。高度処理を行っている処理場のうち 93%が 1 級 A 排出基準を実施しているが、高度処理を設けていない処理場のうち 2 ヲ所が 1 級 B 排出基準、1 ヲ所が 2 級排出基準を実施している。高度処理のメインプロセスは凝集沈殿+ろ過+消毒である。

凝集沈殿

14 ヲ所の汚水処理場の中、12 ヲ所が凝集沈殿処理を設けていた。広範に使用されている凝集剤は PAC で、9 ヲ所が使用しており、残りはそれぞれ PAM、重合硫酸アルミニウム、高分子凝集剤である。これらの処理場のうち、選択している凝集剤の投入位置はそれぞれ異なった (3 ヲ所が投入位置を明示していない)。主に 3 ヲ所の投入位置があり、それぞれ第 2 段階揚水ポンプ室の後、反応槽の中、凝集沈殿槽の前である。そのうち、専用の凝集沈殿装置を設けているのは 3 ヲ所のみで、それぞれ高効率沈殿槽、斜管沈殿槽と DJW 浄水器であった。

凝集沈殿処理を設けている汚水処理場が採用している処理法には、従来型 SBR 法のほか、改良型 SBR 法 (CASS、CAST と ICEAS) もある。これは改良型 SBR は、従来型 SBR に比べて脱リン能力

の面である程度改善されているが、より高度な放流水の排出基準を満たすためには、化学脱リンも併せて実施する必要があることを証明している。

#### ろ過設備

14 ヲ所の汚水処理場のうち、繊維ろ過を採用しているものが最も多く、5 ヲ所あった。膜ろ過と砂ろ過を採用しているものはそれぞれ4 ヲ所で、ロータリーディスクフィルターを採用しているのは1 ヲ所のみだった。

#### その他

消毒設備があるのは5 所だけで、そのうち、4 ヲ所が紫外線消毒、1 ヲ所が二酸化塩素消毒を採用していた。

### 6.2.5 汚泥処理

#### 汚泥処理設備（濃縮、消化、脱水）

22 ヲ所の汚水処理場のうち、汚泥濃縮処理を行っているものが13 ヲ所あり、いずれも重力濃縮方式を採用している。汚泥の嫌気性消化プロセスを行っているものはわずか3 ヲ所のみで、総数の14%であった。9 割以上の汚水処理場が余剰汚泥の脱水処理を行っており、うち90%はベルトプレスを採用し残りはフレームプレスと遠心脱水を採用していた。

#### 汚泥発生量／汚泥性状

汚泥発生量は汚水処理量、流入／放流水の有機物濃度と密接に関連する。調査結果では、各汚水処理場の脱水汚泥発生量はずいぶん差があり、汚水1 トン当たりの実際汚泥発生量は $0.11\text{kg/m}^3$ ～ $1.12\text{kg/m}^3$ である。各汚水処理場の実際汚水処理量を勘案すると、汚水1 トン当たりの汚泥発生量は平均 $0.62\text{kg/m}^3$ （汚泥含水率80%）であった。汚水1 トン当たり汚泥量の累積頻度を図6.2-4に示す。各処理場の凝集剤添加による高度処理の有無で比較すると、凝集剤を投入している汚水処理場の汚水1 トン当たりの実際汚泥発生量（脱水汚泥）は約 $0.65\text{kg/m}^3$ 、一方、凝集剤を投入していない汚水処理場の汚水1 トン当たり汚泥発生量（脱水汚泥）は約 $0.50\text{kg/m}^3$ であった。凝集剤の投入により、汚泥発生量が3 割程度増加している。



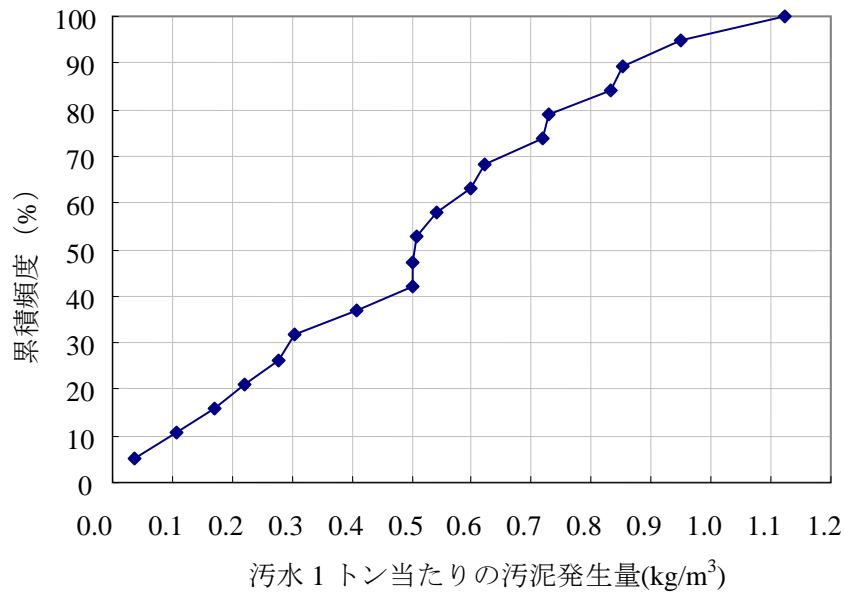


図 6.2-4 汚水トン当たりの汚泥発生量（含水率 80%）

22 カ所の汚水処理場の脱水汚泥含水率の状況を図 6.2-5 に示す。脱水汚泥含水率は 60%～81%の間で、平均含水率は 77%である。汚泥含水率が 80%未満（80%を含まない）の汚水処理場が総数の 68%を占める。最近の余剰汚泥濃度のデータを保有しているのは回答のあった 21 カ所のうち 9 カ所のみで、余剰汚泥濃度の最少は 2,755mg/L、最高は 16,000mg/L、平均値は 6,478mg/L であった。

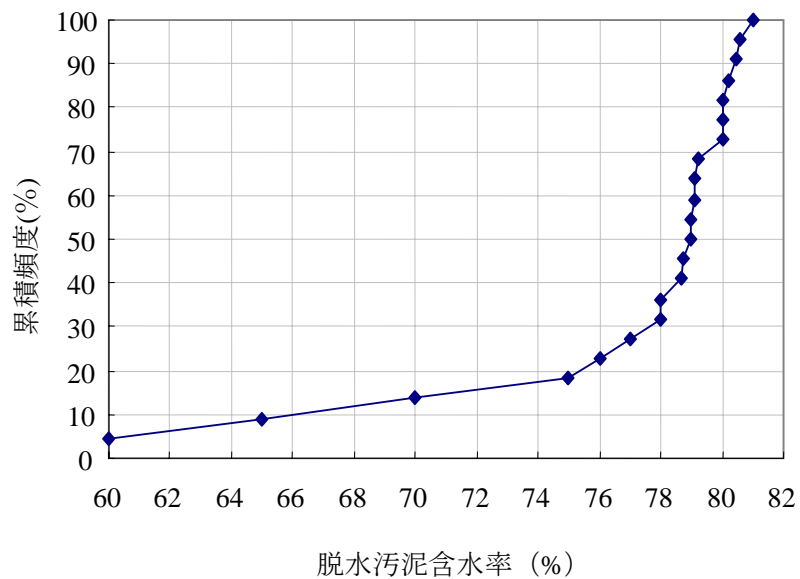


図 6.2-5 脱水污泥含水率

## 6.3 SBR の運転方法

### 6.3.1 運転サイクル／排水比

調査に協力した汚水処理場（N=22）のうち、95%の汚水処理場の各 SBR 槽の運転サイクルはいずれも一致し、CAST 法を採用している 1 ヲ所の汚水処理場の異なる系列の SBR 槽のみが運転サイクルが異なっていた。82%の汚水処理場は各 SBR 槽の運転サイクルの設定を変更できるが、CASS、CAST、ICEAS 法を採用している汚水処理場では SBR 槽毎に運転方式の設定を変更することはできない。SBR 反応槽のサイクルごとの運転時間は 3～6h の間で、平均運転サイクルは 4.6h である。

CASS 法を採用している汚水処理場の SBR 槽の平均排水比は 25%で、CAST、ICEAS 法と従来型 SBR 法の平均排水比はいずれも 26%であった。

### 6.3.2 負荷条件

#### BOD-SS 負荷

アンケート表の中で BOD-SS 負荷を記入しているのは 1 ヲ所のみで、0.1kg BOD<sub>5</sub>/kgMLSS・d であった。なお、現地調査を通じてそれ以外の 6 ヲ所の汚水処理場の BOD-SS 情報が得られた。結果は 7.2.2 で具体的に述べる。

#### SRT (ASRT)

アンケート表の中で汚泥滞留時間を記入したのは 1 ヲ所だけ（BOD-SS 負荷を記入したのと同じ処理場）で、14d であった。

大部分の汚水処理場がこの 2 つの設問に回答していない主な原因は 2 点あると推測する。①従業員が具体的な負荷条件についてあまり知らないか、重要な運転パラメータとして管理していない。②従業員が設問を具体的な運転パラメータの数値を聞くものではなく、汚水処理場の重要な運転パラメータにはどのような指標が含まれているかを聞くものと誤解している。

### 6.3.3 窒素とリンの除去状況

アンケート表の中で窒素とリンの除去状況を回答したのは 3 ヲ所の汚水処理場のみで、総数（N=22）の 14%にとどまった。TN、TP の平均除去率はそれぞれ 55.2%、88.4%であった。そのうち、1 ヲ所の汚水処理場の放流水 TN は排出基準を満たしていなかった。分析によると、大多数の汚水処理場のこの設問に回答していない原因は、従業員がこの設問を具体的な数値を回答するものではなく、汚水処理場の放流水質に含まれる指標について聞くものと誤解している事によるものと思われる。

そこで、一部の処理場が提供した水質月報と住宅・都市農村建設部都市汚水処理システムのデータから各処理場の窒素、リンの除去状況を解析した。結果は、86%の汚水処理場の放流水の月平均の窒素、リン濃度はいずれも排出基準に達していた。基準に達していない 3 ヲ所の処理場はいずれも最高レベルの 1 級 A 排出基準を実施していた。そのうち、一ヶ所の CAST 法を採用している汚水

処理場はおそらくシステムの運転が不適当なため、年間の  $\text{NH}_3\text{-N}$  は  $8\text{mg/L}$  以下で安定しているが、 $5\text{mg/L}$  以下が 3 カ月のみである。TP は 1 カ月だけ  $0.5\text{mg/L}$  以下で、残りは 7 カ月が  $1.0\text{mg/L}$  以上である。一カ所の従来型 SBR 汚水処理場は、TN が  $1.0\text{mg/L}$  以上であるのが 2 カ月 (2、3 月) に達し、 $0.5\text{mg/L}$  以下が 4 カ月 (1、6、7、8 月) のみである。もう 1 カ所の CASS 汚水処理場では、1 カ月だけ COD が基準を少し超えたが、これは産業排水が混入したことによると考えられる。

## 6.4 運転管理

### 6.4.1 監視と検査測定

#### オンライン・モニタリング

調査に協力した汚水処理場 (N=22) のオンライン・モニタリング装置の配置状況とモニタリング位置を表 6.4-1 に示す。圧倒的多数の汚水処理場 (総数の 95% を占める) はオンライン DO 計を設けている。どのような処理法を採用するかに関わらず、DO 計のモニタリング位置はすべて主反応区に設けられ (1 カ所の汚水処理場だけが予反応区に DO 計を設置)、主に主反応区の好気条件とばっ気量に対する制御を行っており、省エネと消費削減の実現に役立っている。

大部分の汚水処理場が嫌気選択槽を設置しており、いくつかの処理場はまた除リン脱窒機能により設計されているが、36% の汚水処理場しか ORP オンライン測定装置を設けていなかった。ORP を設置している処理場のうち 1 カ所は CASS 法 (主反応区) を採用、その他の 7 カ所は CAST 法 (主反応区と予反応区) を採用している。ORP の嫌気/好気環境制御の重要性を考えれば、この設置比率は著しく低い。

大部分の汚水処理場には pH オンライン測定装置が設置されていた。多くは流入/放流口の位置に設置され、それにより流入/放流水の pH 値変化を観測し、制御に反映し易くしている。

68% の汚水処理場は主反応区でオンライン MLSS 監視測定を配置している。しかし、一般に MLSS のオンライン監視測定値と実際値の差が比較的大きく、しばしば実際の測定値によるオンライン測定値の校正が必要になっている。

主反応区に余剰汚泥濃度のオンライン・モニタリング装置を配置していると回答したのは 4 カ所の汚水処理場であり、多くの処理場は実験室の測定を通じてデータを得ている。余剰汚泥濃度に対するリアルタイム監視測定は汚泥排出量と汚泥滞留時間の制御に役立つが、MLSS モニタリングと同様に、一般的に言って、オンライン・モニタリングの結果は実験室の測定結果に比べて不正確である。

表 6.4-1 オンライン・モニタリング装置の配置状況及びモニタリング位置

| モニタリング項目 | 配置処理場数 | モニタリング位置  |
|----------|--------|---|
| DO       | 21     | 予反応区 (N=1) 、主反応区 (N=21)                           |
| ORP      | 8      | 予反応区 (N=6) 、主反応区 (N=2)                            |
| pH       | 13     | 流入段階 (N=10) 、放流段階 (N=7) 、加水分解槽 (N=1) , 主反応区 (N=1) |
| MLSS     | 15     | 主反応区  |
| 余剰汚泥濃度計  | 4      |   |

#### 化学検査項目とサンプリングサイト

調査に協力した污水处理場の各項目の化学検査及びサンプリングサイトの状況を表 6.4-2 に示す。統計結果から分かることは、調査に協力した污水处理場 (N=22) のうち、どの種の SBR 技術を採用しているかに関わらず、有機物、窒素、リン、浮遊物、pH などの基本的水質項目の検査測定は主に流入/放流位置に集中しており、DO、ORP 及び汚泥状態の検査測定は主に SBR 槽に集中している。これは現在の国内の一般的な污水处理場が採用している日常運転管理方式でもある。極少数の污水处理場だけが SBR 反応槽の流入/流出水に対する試料採取検査・測定を行っている。その他、77% の污水处理場の流入/放流水質検査は 24h のコンポジットサンプルを採用しており、サンプリングの時間的間隔は 2-4 時間である。残り 23% の污水处理場がスポットサンプルを採用している。スポットサンプルの採用は基準・規範に相応しくないし、代表性も比較的劣る。

表 6.4-2 検査測定項目及びサンプリングサイトの分布状況

| サンプリング<br>サイト<br>測定項目 | 流入水 | SBR 流入水 | SBR 槽 | SBR 流出水 | 放流水 |
|-----------------------|-----|---------|-------|---------|-----|
| BOD                   | 21  | 0       | 0     | 4       | 20  |
| COD                   | 21  | 1       | 0     | 5       | 21  |
| SS                    | 21  | 1       | 0     | 5       | 21  |
| 全窒素                   | 19  | 1       | 0     | 5       | 18  |
| アンモニア態<br>窒素          | 19  | 0       | 0     | 5       | 19  |
| 硝酸態窒素                 | 8   | 0       | 0     | 0       | 8   |
| 全リン                   | 21  | 1       | 0     | 6       | 21  |
| リン酸塩リン                | 4   | 0       | 0     | 0       | 4   |
| DO                    | 3   | 1       | 14    | 1       | 4   |
| ORP                   | 1   | 0       | 7     | 0       | 1   |
| pH                    | 22  | 1       | 0     | 3       | 17  |
| MLSS                  | 5   | -       | 15    | -       | 3   |
| SVI                   | 5   | -       | 13    | -       | 3   |

注：表中の数字はそのサンプリングサイトで、何らかの項目を検査測定している污水处理場の数を表示している。各検査測定項目について、「あり」あるいは「なし」と明確に回答していないものはいずれも「なし」と見なしている。

#### 6.4.2 負荷変動対策

合計19カ所の污水处理場が負荷変動に対して採る対策を回答した。各污水处理場は規模が異なり、採用しているプロセスも異なるが、取っている対策は基本的に一致していた。

##### 流入水量変動対策

流入水量に変動がある場合、大多数の污水处理場はいずれも排水比、待機時間、運転サイクルなどの調整を選択して運転を制御し、あるものはまた汚泥濃度、ばっ気強度などの調整を通じて解決している。

流入水量が多い場合、一般には排水比を高め、待機時間を短縮し、運転サイクルを増加することで調整している。流入水量が少ない場合、相応に排水比を下げ、待機時間を延長し、運転サイクルを減少することで調整している。

##### 流入水質変動対策

流入水質の変動が比較的大きい場合、大多数の污水处理場はいずれもばっ気量及びばっ気時間、

流入水量、運転サイクルなどの調整を選択し運転を制御している。

低負荷時には、一般にばっ気量の減少、ばっ気時間の短縮、あるいは流入水量の増加を選択して調整している。高負荷時には、相応にばっ気量の増加、ばっ気時間の延長、流入水量の減少を通じて調整している。

ICEAS法を採用している1カ所の污水処理場だけは、水量変動と低負荷時には現状維持、高負荷時には流入水量減少の方法を採っている。

#### 6.4.3 事故と問題の解決方法

調査に協力した污水処理場(N=22)のうち、4割の污水処理場だけがこれについて回答した。未回答の原因はおそらくアンケート記入者が問題の所在について良く知らないため、あるいは污水処理場の日常運転管理において深刻な事故または問題に遭遇していないためと考えられる。

##### 水質悪化の問題

5カ所の污水処理場はこの問題を提出した。流入水質の比較的大きな変動は運転の安定性に対し比較的大きな影響を及ぼす。そのうち、3カ所が流入調整池と前処理装置が無い(そのうち1カ所のSBR槽は予反応区と無酸素区を設けていない)ため、流入水質に比較的大きな変動が発生した場合、運転上で問題の発生を招き、放流水質の制御が難しくなると回答した。その他、2カ所は放流水のCODと全窒素の制御において問題が発生したことがあると回答しており、これはおそらく運転方式と関係があると考えられる。

##### 設備の故障

5カ所の污水処理場で設備運転故障の面での問題が発生していると回答した。主な原因はSBR槽の運転操作が複雑で、自動制御の要件が高く、設備のメンテナンス量が多いなどのより、管理が困難なためである。それ以外には、放流水の排出基準と汚泥管理要求が高まり、加えて設備の自然磨耗と老朽化が伴って、一部の設備の更新と増設を早急に要するというものがあった。

以上の問題に対し、各污水処理場はあまり良好な解決プランを提出できていない。

## 7 現地調査の結果

### 7.1 調査対象処理場の状況

#### 7.1.1 基礎条件の調査

現地調査に応じた合計 6 ヶ所の污水处理場は、江蘇・安徽・雲南の 3 省に分布している。基本的状況を表 7.1-1 に示す。現地調査は調査対象の最も不利な条件下での運転状況を視察するため、気温が比較的低い冬季あるいは初春季を選択して行った。

表 7.1-1 現地調査した污水处理場の情報

| 所在省 | 污水处理場（略称） | 調査日時   |
|-----|-----------|--|
| 雲南  | X1        | 新処理場：2010 年 12 月 13 日<br>旧処理場：2010 年 12 月 16 日 |
| 雲南  | X2        | 2011 年 12 月 13 日                               |
| 雲南  | X3        | 2011 年 12 月 21 日                               |
| 雲南  | X4        | 2012 年 2 月 6 日                                 |
| 安徽  | X5        | 2012 年 3 月 8 日                                 |
| 江蘇  | X6        | 2012 年 3 月 13 日                                |

現地調査の重点は SBR 反応槽の 1 サイクルの運転状況に対する調査である。現地調査を実施した雲南省の 4 ヶ所の污水处理場は、SBR 反応槽の後ろに凝集沈殿、ろ過及び紫外線消毒などの高度処理施設を設置しているため、排出基準の要件である「処理水質」が決して SBR 反応槽出口の水質ではないことを強調する必要がある。また、本現地調査の結果は、各処理場に設置されている複数 SBR 反応槽の中の 1 反応槽だけに限定し、しかも 1 サイクルの測定結果であり、排出基準で定めた「日平均値」と異なることを特に注意する必要がある。

#### 7.1.2 処理水排出基準

現地調査に応じた污水处理場が実施している処理水排出基準を表 7.1-2 に示す。X4 が 1 級 B、X5 が 2 級排出基準を実施している。残りの 4 ヶ所の処理場はいずれも 1 級 A 基準を実施している。

表 7.1-2 現地調査した污水处理場の処理水排出基準

| 污水处理場（略称） | 処理水排出基準           |
|-----------|-------------------|
| X1        | GB18918-2002 一級 A |
| X2        | GB18918-2002 一級 A |
| X3        | GB18918-2002 一級 A |
| X4        | GB18918-2002 一級 B |
| X5        | GB18918-2002 二級   |
| X6        | GB18918-2002 一級 A |

### 7.1.3 竣工年／操業開始年／建設と運営方式

現地調査に応じた汚水処理場の建設と運営状況を表 7.1-3 に示す。調査時まで、すべての調査対象がいずれも 2 年以上正常に稼働している。

表 7.1-3 現地調査した汚水処理場の建設及び運営状況

| 汚水処理場の名称 | 竣工年                        | 操業開始年                      | 建設運営方式 |
|----------|----------------------------|----------------------------|--------|
| X1 汚水処理場 | 1997 (旧処理場)<br>2009 (新処理場) | 1997 (旧処理場)<br>2009 (新処理場) | 国有企業   |
| X5 汚水処理場 | 2003 年                     | 2003 年                     | TOT    |
| X2 汚水処理場 | 2004                       | 2004                       | 国有企業   |
| X6 汚水処理場 | 2005                       | 2005                       | BOT    |
| X3 汚水処理場 | 2008                       | 2008                       | BOT    |
| X4 汚水処理場 | 2009                       | 2009                       | BOT    |

### 7.1.4 汚水収集方式／処理方法／設計処理水量／実際処理水量

現地調査に応じた汚水処理場の汚水収集方式、処理方法及び処理量の情報を表 7.1-4 に示す。

表 7.1-4 現地調査した汚水処理場の規模とプロセス

| 汚水処理場の名称 | 汚水収集方式 | 処理プロセス  | 設計処理量<br>( $\text{m}^3/\text{d}$ ) | 2010 年平均処理量<br>( $\text{m}^3/\text{d}$ ) |
|----------|--------|---------|------------------------------------|--|
| X2 汚水処理場 | 合流式    | 従来型 SBR | 15000                              | 11206                                    |
| X6 汚水処理場 | 合流式    | CASS    | 5000                               | 2964                                     |
| X3 汚水処理場 | 合流式    | CASS    | 10000                              | 10539                                    |
| X5 汚水処理場 | 一部合流式  | CASS    | 100000                             | 90100                                    |
| X1 汚水処理場 | 合流式    | ICEAS   | 210000                             | 212390                                   |
| X4 汚水処理場 | 一部合流式  | ICEAS   | 20000                              | 9127                                     |

調査に応じた汚水処理場の排水体制の大部分は合流式で、ごく一部が合流と分流を共有する一部合流式であった。処理規模は、 $5,000\sim 210,000\text{m}^3/\text{d}$  と比較的広い範囲にあり一様でないが、大部分（4カ所の処理場）が  $2\text{万 m}^3/\text{d}$  以下である。採用プロセスは SBR の代表的な形式である従来型 SBR、CASS、ICEAS の 3 種類をカバーしている。ただし、従来型 SBR 法と回答した X2 汚水処理場は、SBR 反応槽に予反応区（生物選択区）が設置されており、正確な意味では従来型 SBR 法とは異なっている。また、表に「CASS」と書かれているのは「CAST」と理解しても結構で、定義は厳格的でない。CASS 法を採用する全ての SBR 反応槽では、沈殿と排水プロセスにおいて、流入が停止している。



### 7.1.5 近年の流入状況（流入水量、負荷率、流入水質）

6カ所の汚水処理場について流入状況の調査を行い、2010年と2011年のデータを収集した。解析結果から見ると、70%近くの汚水処理場では流入水量と水質の変動が比較的大きく、半分の汚水処理場に過負荷運転状況が発生していた。調査に応じた汚水処理場は合流式を主な汚水収集方式にしているため、雨季、特に豊水期の雨水が汚水処理場に流入する影響がかなり大きく、流入水量の増加に従って、汚濁物質の濃度は低下するが、流入水量が過大になり処理システムにかなり大きな影響を与えている。それ以外の問題点として、一部の汚水処理場では水質検査・測定項目のうち、いくつかの重要な項目（例えばアンモニア態窒素、BOD<sub>5</sub>、TN など）が日常の検査・測定に組み入れられておらず、運転状況に対する正確な把握と運転プロセスの正確な制御に悪影響を及ぼしていることが上げられる。

#### (1) X6 汚水処理場

X6 汚水処理場の流入水量と水質の変化を表 7.1-5 と図 7.1-1、7.1-2 に示す。この処理場の最高月平均処理量は 6,891m<sup>3</sup>/d（2011年7月）、最低月平均処理量は 1,770m<sup>3</sup>/d（2010年5月）、2010～2011年の2年間の月平均処理量は 4,180m<sup>3</sup>/d、平均運転負荷率は 83.6%である。流入水量の変動が比較的大きく、後続の生物システムに対するインパクトは比較的大きい。

表 7.1-5 X6 汚水処理場の流入水量・水質変化（2010～2011年のデータ）

| 項目<br>変化範囲 | 処理水量<br>(m <sup>3</sup> /d) | COD<br>(mg/L) | BOD <sub>5</sub><br>(mg/L) | SS<br>(mg/L) | NH <sub>3</sub> -N<br>(mg/L) | TP<br>(mg/L) |
|------------|-----------------------------|---------------|----------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
| 最低値        | 1770                        | 334           | 77                         | 64           | 5.13                         | 0.65         |
| 最高値        | 6891                        | 405           | 135                        | 170          | 34.10                        | 3.22         |
| 平均値        | 4180                        | 360           | 109                        | 84           | 14.72                        | 1.55         |

図と表から、X6 汚水処理場の流入水質は COD を除き、その他の汚濁物質濃度の変化が比較的大きいことが分かる。流入水中の 70%～80%が捺染廃水と化学工業廃水であり、生分解性が比較的劣るため（BOD/COD 比が約 0.3）、おそらく反応槽中の汚泥の生物活性に対し影響を及ぼし、それにより処理効果に影響を及ぼしている。

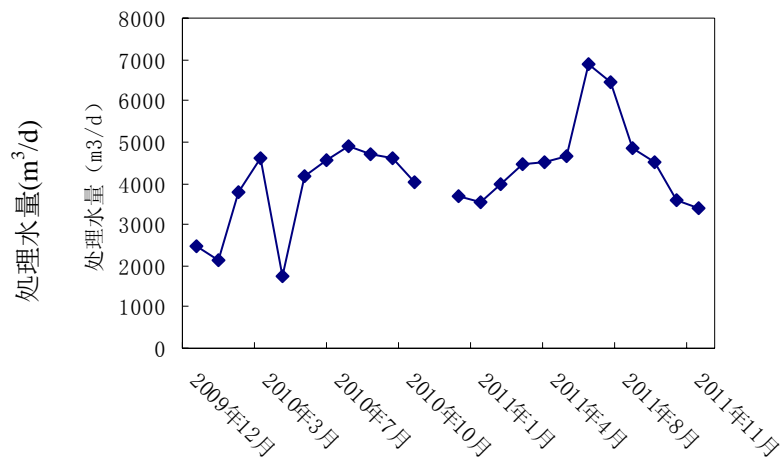


図 7.1-1 X6 污水处理場の処理水量変化（2010～2011 年のデータ）

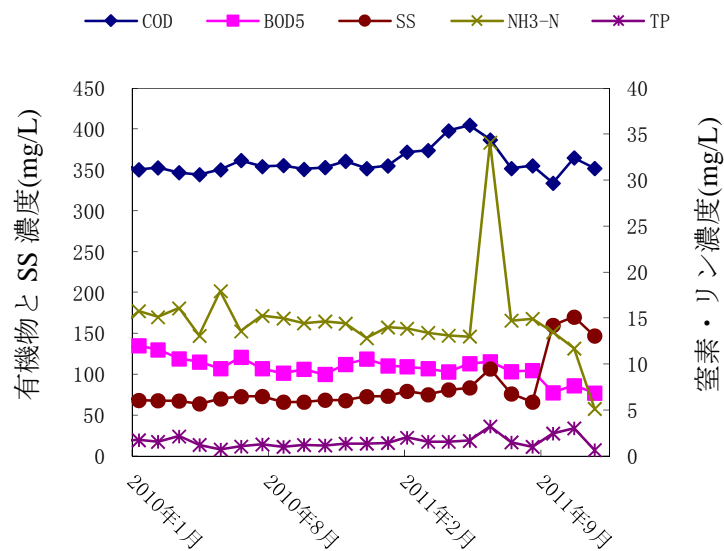


図 7.1-2 X6 污水处理場の流入水質変化（2010～2011 年のデータ）

(2) X5 污水处理場

X5 污水处理場の流入水量の変化を表 7.1-6 と図 7.1-3、7.1-4 に示す。最低月平均処理水量は  $77,653\text{m}^3/\text{d}$  (2010 年 1 月)、最高月平均処理水量は  $110,884\text{m}^3/\text{d}$  (2011 年 12 月)、月平均処理量は  $93,094\text{m}^3/\text{d}$ 、平均運転負荷率は 93.1%で、フル負荷運転状態に近い。流入水量の変動は小さく、後続の生物システムの安定運転への影響は比較的少ない。

表 7.1-6 X5 汚水処理場の流入汚濁物質変化範囲（2010～2011 年のデータ）

| 項目<br>変化範囲 | 処理水量<br>(m <sup>3</sup> /d) | COD<br>(mg/L) | BOD <sub>5</sub><br>(mg/L) | SS<br>(mg/L) | TN<br>(mg/L) | NH <sub>3</sub> -N<br>(mg/L) | TP<br>(mg/L) |
|------------|-----------------------------|---------------|----------------------------|--------------|--------------|------------------------------|--------------|
| 最低値        | 77653                       | 147           | 60                         | 111          | 25.79        | 17.53                        | 3.05         |
| 最高値        | 110884                      | 311           | 142                        | 255          | 38.14        | 27.60                        | 5.37         |
| 平均値        | 93094                       | 203           | 89                         | 176          | 31.58        | 22.13                        | 4.08         |

図と表から、流入水質は TP の変動が比較的小さい以外、残りの汚濁物質濃度にはいずれも一定程度の上下変動があることが分かる。流入水はほとんど生活排水であり、 $BOD/COD=0.44$  で、生分解性は比較的良好である。しかし  $BOD/TN=2.8$  で、生物学的窒素・リン除去に必要な炭素源はあまり十分ではない。

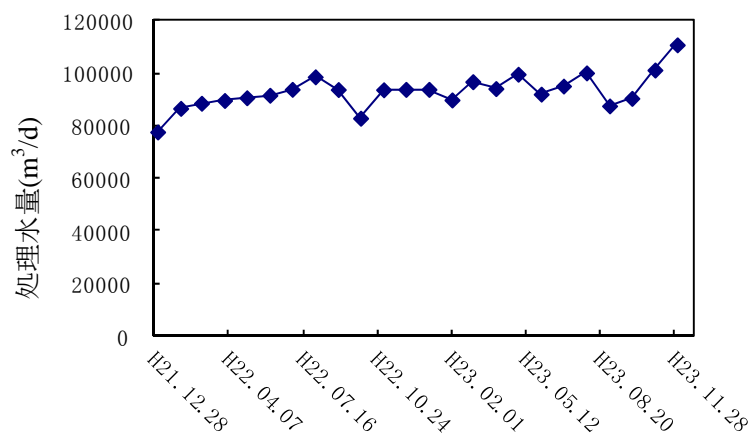


図 7.1-3 X5 汚水処理場の処理水量変化（2010～2011 年のデータ）

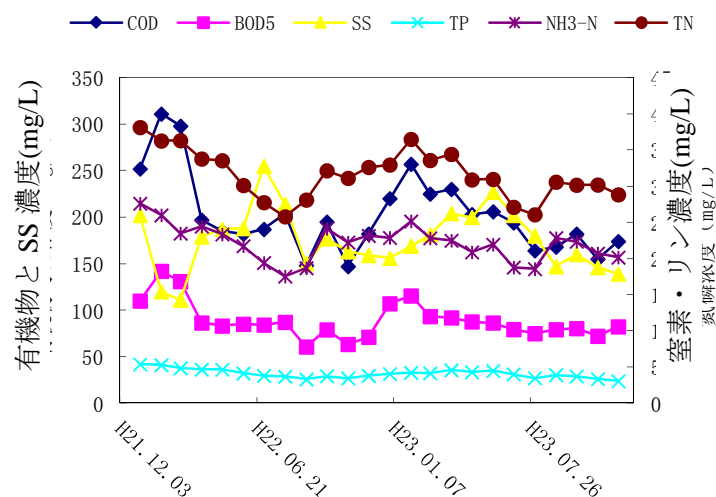


図 7.1-4 X5 汚水処理場の流入水質変化（2010～2011 年のデータ）

(3) X2 汚水処理場

X2 汚水処理場の流入水量と水質の変化を表 7.1-7 と図 7.1-5、7.1-6 に示す。図 7.1-5 より、X2 汚水処理場の日処理水量の変化は比較的大きく、特に 2010 年には 1 日の最大処理水量 (22,586m<sup>3</sup>) と最小処理水量 (4,247m<sup>3</sup>) の差が 5.3 倍あった。2011 年になると日処理水量は次第に安定し、日平均処理水量は 11,135m<sup>3</sup> に達し、平均運転負荷率は 74.2% になっている。

図 7.1-6 と表 7.1-7 より、X2 汚水処理場の流入水の各汚濁物質濃度の変化は非常に大きく、最低値と最高値の差が数十倍になっている。主な原因は、X2 汚水処理場が所在している県は雨水と汚水の合流式を採用しており、大量の雨水が排水管きよに進入した場合、汚水処理場の処理水量の増加に加えて、水質の比較的大きな変動をもたらすことにある。

表 7.1-7 X2 汚水処理場の流入汚濁物質変化範囲 (2010~2011 年のデータ)

| 項目<br>変化範囲 | 処理水量<br>(m <sup>3</sup> /d) | COD<br>(mg/L) | SS<br>(mg/L) | TN<br>(mg/L) | TP<br>(mg/L) |
|------------|-----------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 最低値        | 4247                        | 54            | 20           | 7.56         | 0.90         |
| 最高値        | 22586                       | 932           | 675          | 35.56        | 22.01        |
| 平均値        | 11135                       | 169           | 138          | 17.90        | 2.95         |

なお、日常の水質検査・測定状況を見ると、例えば BOD<sub>5</sub>、アンモニア態窒素は水質管理にとって非常に重要な 2 つの指標だが、2010、2011 年には検査・測定の記録がなかった。

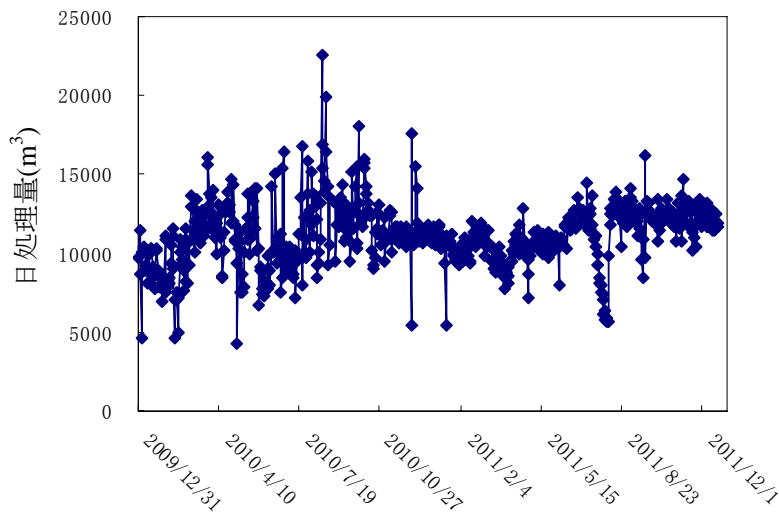


図 7.1-5 X2 汚水処理場の処理水量変化 (2010~2011 年のデータ)

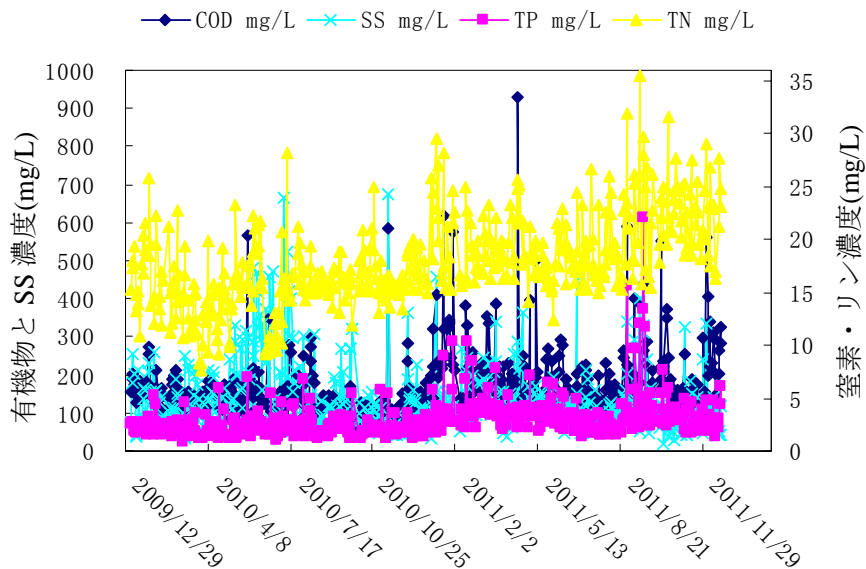


図 7.1-6 X2 污水处理場の流入水質変化 (2010~2011 年のデータ)

(4) X4 污水处理場

X4 污水处理場の流入水量と水質の変化を表 7.1-8 と図 7.1-7、7.1-8 に示す。この処理場の 2010~2011 年の日平均処理水量は 11,618m<sup>3</sup>/d、平均負荷率は 58.1%である。ただし、2010 年 2 月頃は流入水量が最高で、平均で 75,000m<sup>3</sup>/d ほどを維持し、日最大処理水量は 76,900m<sup>3</sup>/d、運転負荷率は 384.5%に達し、深刻な過負荷運転となっている。その他の時期の日処理水量は、変動も小さく、平均 10,000 m<sup>3</sup>/d ほどを維持している。

表 7.1-8 X4 污水处理場の流入汚濁物質変化範囲 (2010~2011 年のデータ)

| 項目<br>変化範囲 | 処理水量<br>(m <sup>3</sup> /d) | COD<br>(mg/L) | BOD <sub>5</sub><br>(mg/L) | SS<br>(mg/L) | TN<br>(mg/L) | NH <sub>3</sub> -N<br>(mg/L) | TP<br>(mg/L) |
|------------|-----------------------------|---------------|----------------------------|--------------|--------------|------------------------------|--------------|
| 最低値        | 3342                        | 216           | 93                         | 108          | 35.09        | 24.01                        | 3.07         |
| 最高値        | 76900                       | 556           | 231                        | 122          | 53.90        | 37.77                        | 10.27        |
| 平均値        | 11618                       | 297           | 134                        | 116          | 43.12        | 32.31                        | 5.33         |

図と表より、X4 污水处理場の流入水質の変動は小さく、2010 年のデータは 2011 年よりやや高かったが、2011 年には汚濁物質濃度が更に安定化の傾向にある。BOD/COD=0.45、BOD/TN=3.10、BOD/TP=25.14 で、汚水の生分解性は比較的良好だが、生物学的窒素・リン除去に必要な炭素源不足の問題が現れる可能性がある。

図 7.1-7 と図 7.1-8 を勘案して解析すると、2010 年 2 月頃は各汚濁物質の濃度が明らかに平均値より高くなっており、冬季であるため、雨水の影響ではなく、その他の汚濁源が収集管きよに流入したことが水量増加の原因と推測される。この汚濁源は、水量が多く、汚濁物質濃度も比較的高いので、システムに対する影響を流入調整池で緩衝するのが難しく、発生源を制御してはじめて根絶す

ることができる。

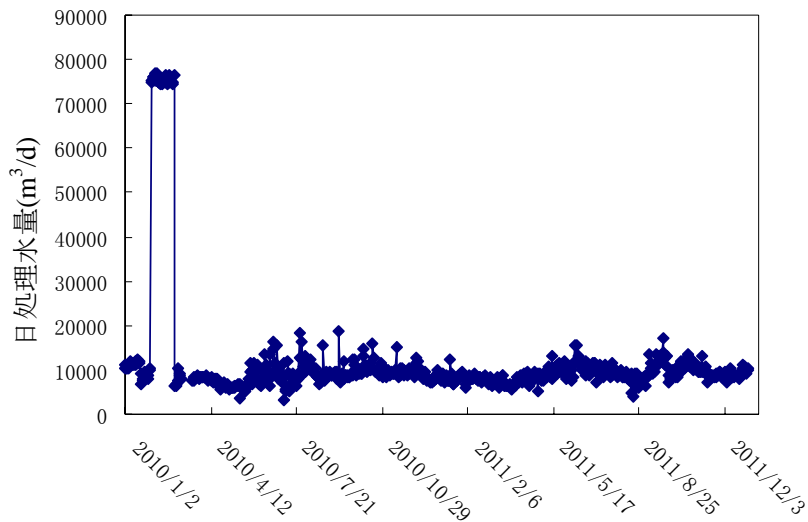


図 7.1-7 X4 污水处理場の処理水量変化 (2010~2011 年のデータ)

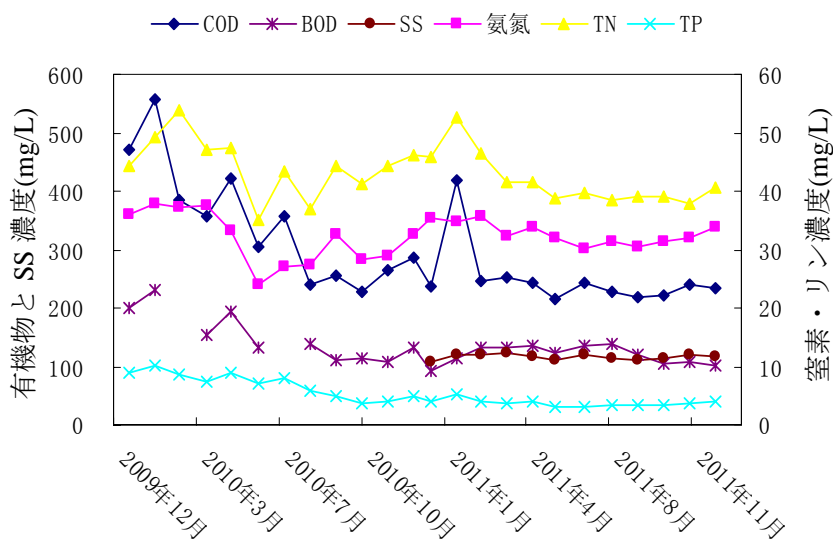


図 7.1-8 X4 污水处理場の流入水質変化 (2010~2011 年のデータ)

(5) X3 污水处理場

X3 污水处理場の流入水量・水質の変化を図 7.1-9、7.1-10 と表 7.1-9 に示す。2011 年は一年を通して変動が比較的大きく、日処理水量の変化範囲は 5,326~15,496m<sup>3</sup>、日平均処理水量は 11,330m<sup>3</sup>、平均負荷率は 113.3%で、大部分の時期は過負荷運転状態にあった。流入調整池を設けていないため、流入水量の変動が後続の生物処理システムに対して一定の影響を及ぼしている。

表 7.1-9 X3 汚水処理場の流入汚濁物質変化範囲（2011 年のデータ）

| 項目<br>変化範囲 | 処理水量<br>(m <sup>3</sup> /d) | COD<br>(mg/L) | BOD <sub>5</sub><br>(mg/L) | SS<br>(mg/L) | TN<br>(mg/L) | TP<br>(mg/L) |
|------------|-----------------------------|---------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| 最低値        | 5326                        | 36            | 11                         | 19           | 6.72         | 0.60         |
| 最高値        | 15496                       | 265           | 70                         | 215          | 24.64        | 6.64         |
| 平均値        | 11330                       | 108           | 36                         | 78           | 14.39        | 2.11         |

図と表より、X3 汚水処理場の流入水質の変化は比較的大きく、各汚濁物質濃度の最低値と最高値の差は数十倍にも達することが分かる。BOD/COD=0.33、BOD/TN=2.5、BOD/TP=17.1、汚水の生分解性は通常であるが、流入水中には利用可能な炭素源はあまり十分でなく、後続の生物学的処理が比較的難しい状況である。

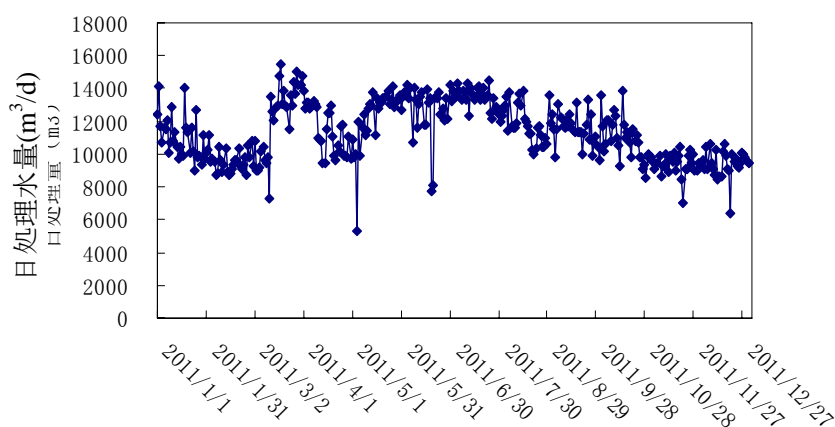


図 7.1-9 X3 汚水処理場の処理水量変化（2011 年のデータ）

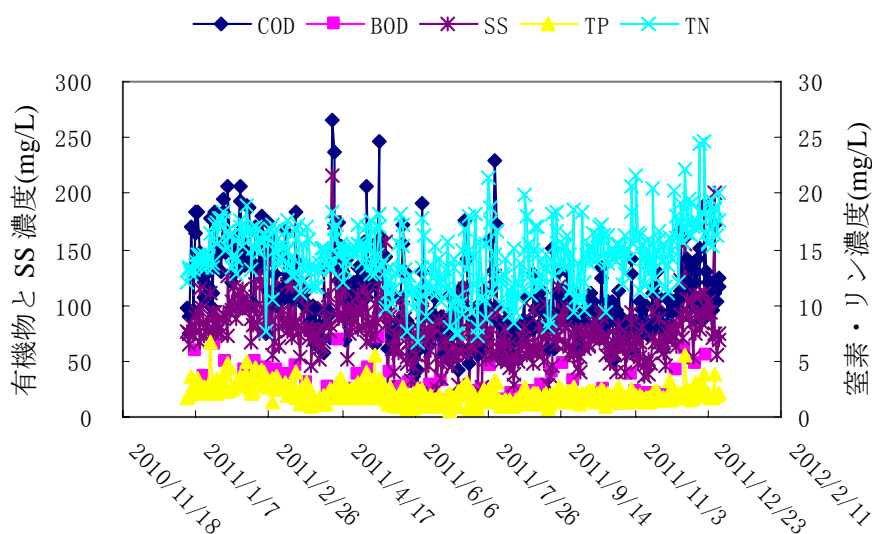


図 7.1-10 X3 汚水処理場の流入水質変化 (2011 年のデータ)

(6) X1 汚水処理場

X1 汚水処理場の流入水量・水質の変化を図 7.1-11、7.1-12 に示す。図 7.1-11 からは、X1 汚水処理場の日処理水量の変化には 2 つのピーク値があり、日最大処理水量は 262,645m<sup>3</sup>(2011 年 9 月 9 日)、日最小処理水量は 169,244m<sup>3</sup> (2011 年 3 月 22 日)、日平均処理水量は 209,055m<sup>3</sup> で、平均運転負荷率は 99.6%であった。図 7.1-12 と合わせると、水量ピーク値の汚濁物質濃度は逆に比較的低くなっており、雨水の流入の影響により、同処理場の流入水量負荷が増大していることが推測できる。

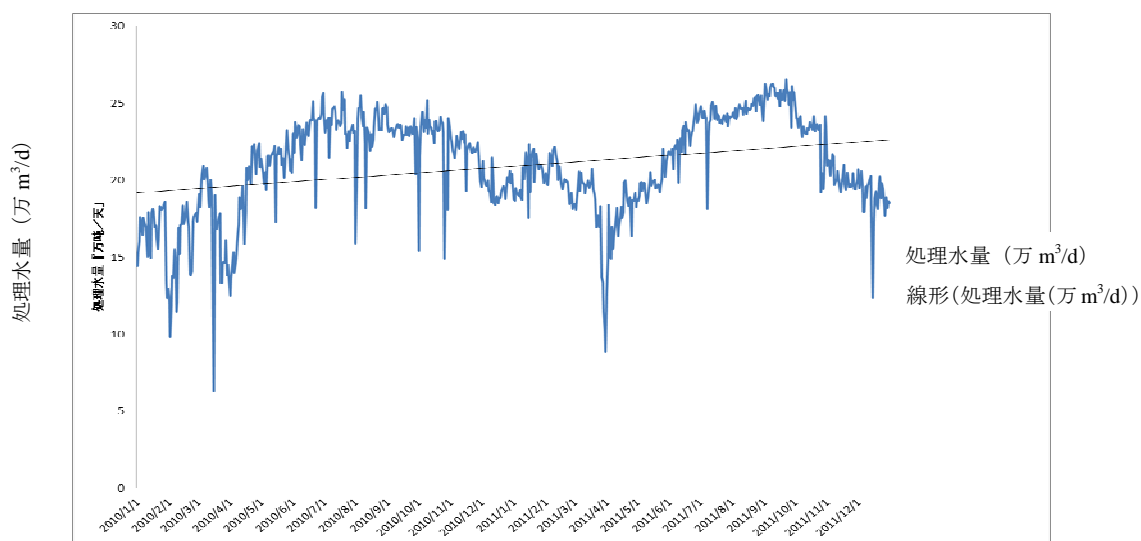


図 7.1-11 X1 汚水処理場の処理水量変化 (2010～2011 年のデータ)

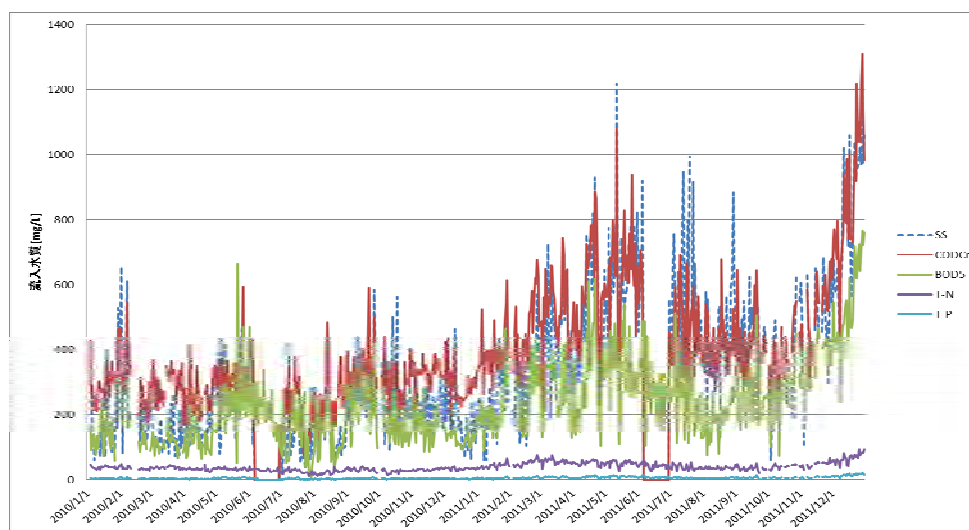


図 7.1-12 X1 汚水処理場の流入水質変化 (2010～2011 年のデータ)



### 7.1.6 近年の処理水質状況

6カ所の污水処理場に対し処理水質状況の調査を行い、2010年と2011年のデータ（X1 污水処理場旧処理場は2009年のデータ）を収集した。全体的な状況から推測すると、1級A基準を適用した場合、すべての污水処理場の通常6項目の指標すべてについて安定的に基準を達するのは難しい。特にTN、TPの基準達成率が最も低く、安定的に基準を達成するのも困難である。

#### (1) X6 污水処理場

X6 污水処理場の処理水質の変化を表7.1-10と図7.1-13に示す。TN以外の通常5項目指標の2010、2011年月平均処理水質は国家1級A排出基準を達成可能だが、TNはデータが不足しているため判断できない。

表 7.1-10 X6 污水処理場の放流水質指標の変化状況（2010～2011年のデータ）

| 項目<br>変化範囲 | COD<br>(mg/L) | BOD <sub>5</sub><br>(mg/L) | SS<br>(mg/L) | NH <sub>3</sub> -N<br>(mg/L) | TP<br>(mg/L) |
|------------|---------------|----------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
| 最低値        | 39            | 5                          | 6            | 0.28                         | 0.14         |
| 最高値        | 51            | 8                          | 8            | 2.89                         | 0.27         |
| 平均値        | 44            | 7                          | 7            | 1.38                         | 0.22         |

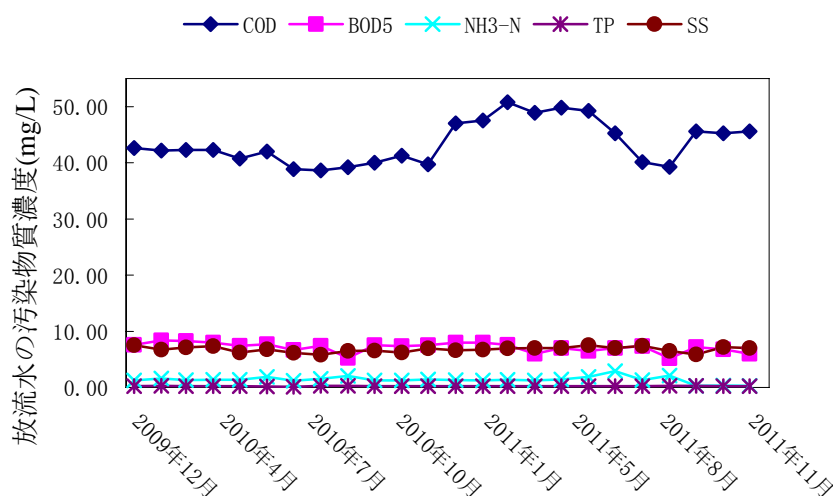


図 7.1-13 X6 污水処理場の放流水質変化（2010～2011年のデータ）

#### (2) X5 污水処理場

X5 污水処理場の月平均処理水質を表7.1-11と図7.1-14に示す。この処理場が現在実施している2級基準に基づいて見ると、2010年と2011年の放流水質は完全に基準に達している。

しかし、現在、圧倒的一部の污水処理場はすでに1級基準へのグレードアップ改造が求められている。もし、この基準を実施すれば、X5 污水処理場の処理水質指標中のTN、TP以外は1級A基準の達成が可能であるが、TN、TPは達成が難しい。

表 7.1-11 X5 汚水処理場の放流水質指標の変化状況（2010～2011 年のデータ）

| 項目<br>変化範囲 | COD<br>(mg/L) | BOD <sub>5</sub><br>(mg/L) | SS<br>(mg/L) | TN<br>(mg/L) | NH <sub>3</sub> -N<br>(mg/L) | TP<br>(mg/L) |
|------------|---------------|----------------------------|--------------|--------------|------------------------------|--------------|
| 最低値        | 15            | 5                          | 2            | 10.84        | 0.81                         | 0.50         |
| 最高値        | 35            | 12                         | 12           | 17.15        | 5.30                         | 1.52         |
| 平均値        | 20            | 8                          | 8            | 13.81        | 2.27                         | 1.04         |

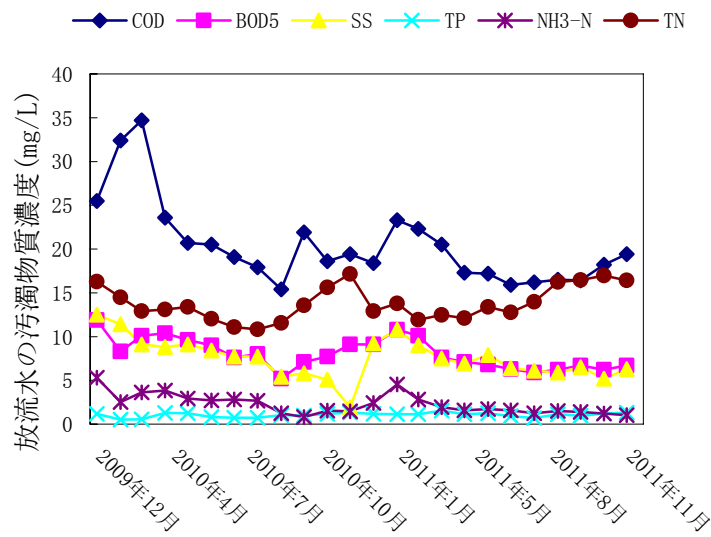


図 7.1-14 X5 汚水処理場の放流水質変化（2010～2011 年のデータ）

(3) X2 汚水処理場

X2 汚水処理場の日平均処理水質及びその変化状況を表 7.1-12 と図 7.1-15 に示す。処理水の COD は安定的に 1 級 A 基準を達成している。SS、TN は基本的に 1 級 A 基準を達成しているが、あまり安定せず、時折基準未達成の状況が発生している。TP の基準達成日数は比較的少ない。なお、BOD<sub>5</sub> とアンモニア態窒素のデータが不足しており、この 2 つの指標の基準達成状況は明らかでない。

表 7.1-12 X2 汚水処理場の放流水質指標の変化状況（2010～2011 年のデータ）

| 項目<br>変化範囲 | COD<br>(mg/L) | SS<br>(mg/L) | TN<br>(mg/L) | TP<br>(mg/L) |
|------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 最低値        | 6             | 2            | 3.26         | 0.02         |
| 最高値        | 50            | 14           | 16.84        | 2.80         |
| 平均値        | 20            | 7            | 10.99        | 0.63         |

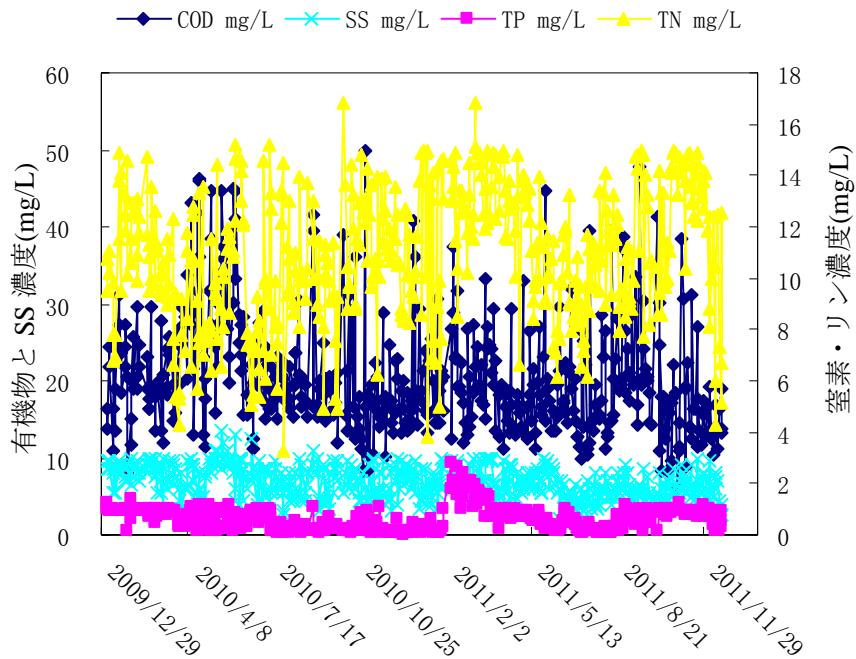


図 7.1-15 X2 汚水処理場の放流水質変化 (2010~2011 年のデータ)

(4) X4 汚水処理場

表 7.1-13 と図 7.1-16 より、X4 汚水処理場の月平均処理水質は完全に国家 1 級 B 基準に適合していることがわかる。しかし、もし処理水の基準引き上げを考慮し、1 級 A 基準の要件と比較すると、COD が安定的に基準を達成している以外、残りの指標はいずれも大部分の日数で基準を達しできていない。

表 7.1-13 X4 汚水処理場の放流水質指標の変化状況 (2010~2011 年のデータ)

| 項目   | COD    | BOD <sub>5</sub> | SS     | TN     | NH <sub>3</sub> -N | TP     |
|------|--------|------------------|--------|--------|--------------------|--------|
| 変化範囲 | (mg/L) | (mg/L)           | (mg/L) | (mg/L) | (mg/L)             | (mg/L) |
| 最低値  | 6      | 5                | 10     | 8.49   | 1.74               | 0.48   |
| 最高値  | 31     | 13               | 16     | 17.49  | 7.63               | 0.94   |
| 平均値  | 25     | 9                | 13     | 14.90  | 5.85               | 0.70   |

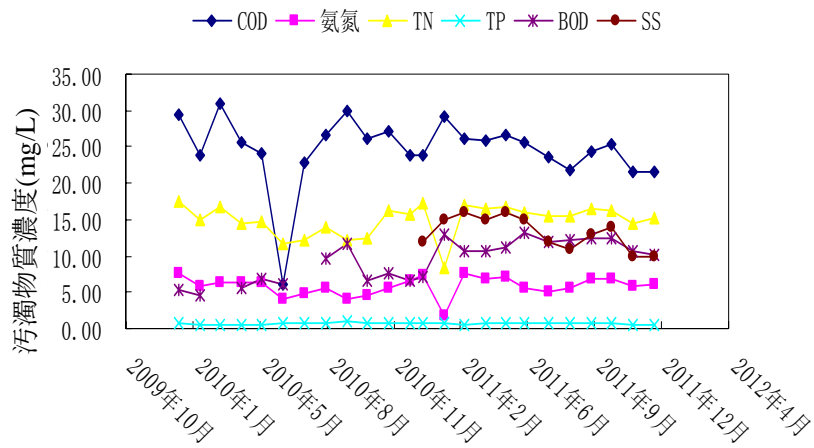


図 7.1-16 X4 污水处理場の放流水質変化 (2010~2011 年のデータ)

(5) X3 污水处理場

表 7.1-14 と図 7.1-17 より、X3 污水处理場の放流水質指標はアンモニア態窒素のデータが欠けており、その基準達成状況は明らかでない。それ以外の指標はいずれも国家 1 級 A 基準に達している。

表 7.1-14 X3 污水处理場の放流水質指標の変化状況 (2011 年のデータ)

| 項目  | COD<br>(mg/L) | BOD <sub>5</sub><br>(mg/L) | SS<br>(mg/L) | TN<br>(mg/L) | TP<br>(mg/L) |
|-----|---------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| 最低値 | 4             | 3                          | 1            | 1.66         | 0.10         |
| 最高値 | 27            | 7                          | 9            | 13.80        | 0.50         |
| 平均値 | 15            | 5                          | 4            | 8.66         | 0.38         |

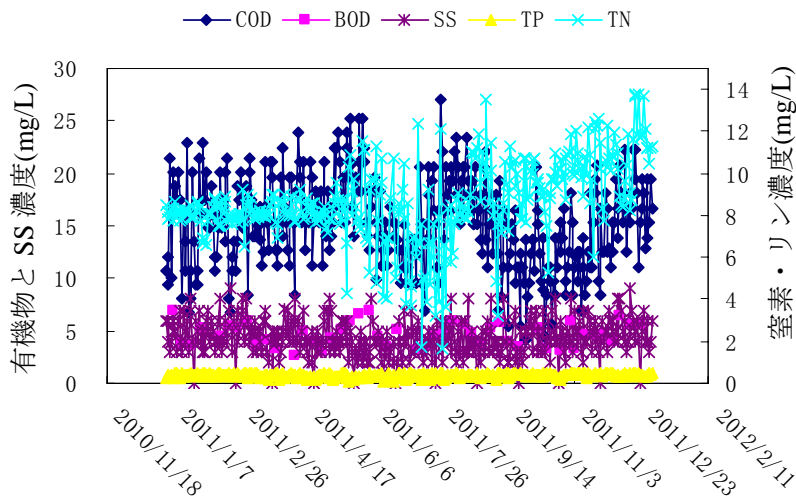


図 3-17 X3 污水处理場の放流水質変化 (2011 年のデータ)

(6) X1 汚水処理場

表 7.1-15 と図 7. 1-18 は X1 汚水処理場旧処理場の放流水質状況で、2009 年のデータである。新処理場は 2009 年 11 月に試運転を開始し、竣工操業開始後の汚水処理場は 1 級 A 排出基準を実施している。図と表より、旧処理場は TP が基準に達しなかった以外、残りの放流水指標はいずれも 1 級 B 基準を達成していることがわかる。

表 7.1-15 X1 汚水処理場（旧処理場）の放流水質指標の変化状況（2009 年のデータ）

| 項目<br>変化範囲 | COD<br>(mg/L) | BOD <sub>5</sub><br>(mg/L) | NH <sub>3</sub> -N<br>(mg/L) | TN<br>(mg/L) | TP<br>(mg/L) |
|------------|---------------|----------------------------|------------------------------|--------------|--------------|
| 最低値        | 25            | 9                          | 1.74                         | 11.39        | 0.55         |
| 最高値        | 49            | 20                         | 8.38                         | 20.22        | 1.71         |
| 平均値        | 38            | 14                         | 5.26                         | 16.70        | 1.22         |

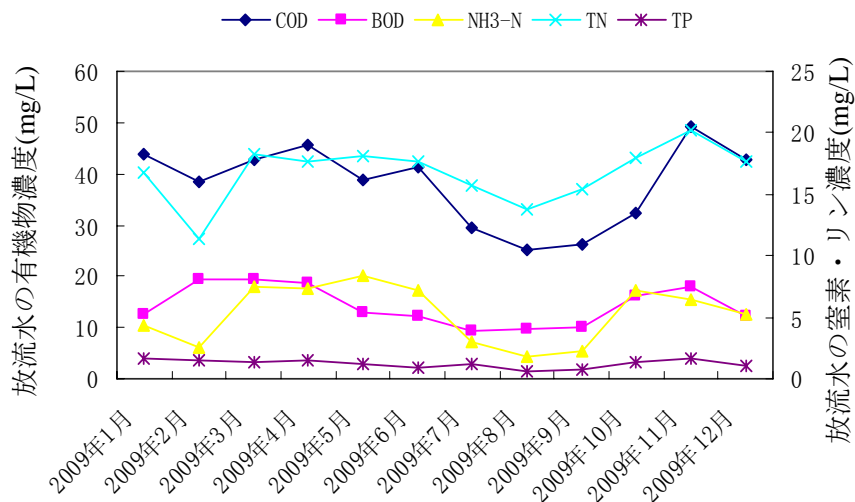


図 7.1-18 X1 汚水処理場（旧処理場）の放流水質指標の変化状況（2009 年のデータ）

表 7.1-16 は X1 汚水処理場の 2011 年の平均放流水質で、新処理場の建設後は、処理場全体の放流水が 1 級 A 基準を達することができている。

表 7.1-16 X1 汚水処理場の月平均放流水質（2011 年のデータ）

| 項目  | COD<br>(mg/L) | BOD <sub>5</sub><br>(mg/L) | SS<br>(mg/L) | NH <sub>3</sub> -N<br>(mg/L) | TN<br>(mg/L) | TP<br>(mg/L) |
|-----|---------------|----------------------------|--------------|------------------------------|--------------|--------------|
| 最低値 | 18            | 2.0                        | 6            | 0.20                         | 8            | 0.26         |
| 最高値 | 42            | 6.0                        | 9            | 2.20                         | 14           | 0.41         |
| 平均値 | 27            | 3.5                        | 7            | 0.90                         | 11           | 0.34         |

### 7.1.7 ランニングコスト（電力、薬品とその他燃料の消費など）

表 7.1-16 に示すように、現地調査を行った 5 か所の汚水処理場が、ランニングコスト及び電力消費情報を提供した。おそらくいくつかの汚水処理場は汚水処理価格をランニングコストとしており、電力消費量のデータが比較的正確である。

表 7.1-16 現地調査した汚水処理場のランニングコスト

| 汚水処理場名称  | ランニングコスト<br>(元/m <sup>3</sup> ) | 水処理トン当たり電力消費量<br>(kWh/ m <sup>3</sup> ) |
|----------|---------------------------------|---|
| X1 汚水処理場 | -                               | 0.26                                    |
| X2 汚水処理場 | 0.74                            | 0.33                                    |
| X4 汚水処理場 | 0.46                            | 0.25                                    |
| X5 汚水処理場 | 0.75                            | 0.21                                    |
| X6 汚水処理場 | 1.12                            | 0.78                                    |

## 7.2 SBR 反応槽の運転パラメータ

### 7.2.1 運転サイクル/HRT/排水比

現地調査当日の各污水处理場 SBR 槽の運転状況を表 7.2-1～7.2-7 に示す。運転工程と運転サイクルは実際の状況に基づき調整される可能性があるため、調査時の各処理場の運転状況は、必ずしも通年で採用する運転方式を代表するものではない。

表 7.2-1 X6 污水处理場の CASS 槽反応プロセス

| 運転サイクル[h] | SBR プロセス[min] | 各工程の時間 [min] | 工程        |
|-----------|---------------|--------------|-----------|
| 5         | 0～120         | 120          | 流入、ばっ気、返送 |
|           | 120～180       | 60           | ばっ気、返送    |
|           | 180～210       | 30           | 沈殿        |
|           | 210～300       | 90           | 排水        |

表 7.2-2 X5 污水处理場の CASS 槽反応プロセス

| 運転サイクル[h] | SBR プロセス[min] | 各工程の時間 [min] | 工程             |
|-----------|---------------|--------------|----------------|
| 4         | 0～60          | 60           | 流入、ばっ気、(攪拌)、返送 |
|           | 60～120        | 60           | ばっ気            |
|           | 12～180        | 60           | 沈殿             |
|           | 180～240       | 60           | 排水             |

表 7.2-3 X2 污水处理場の SBR 槽反応プロセス

| 運転サイクル[h] | SBR プロセス[min] | 各工程の時間 [min] | 工程       |
|-----------|---------------|--------------|----------|
| 3.5       | 0～15          | 15           | 流入*、一次攪拌 |
|           | 15～105        | 90           | 流入*、ばっ気  |
|           | 105～115       | 10           | 二次攪拌     |
|           | 115～165       | 50           | 沈殿       |
|           | 165～210       | 45           | 排水       |

注\*：0～80min は流入段階。

表 7.2-4 X3 污水处理場の CASS 槽反応プロセス

| 運転サイクル[h] | SBR プロセス[min] | 各工程の時間 [min] | 工程           |
|-----------|---------------|--------------|--------------|
| 3         | 0～70          | 70           | 流入、攪拌、ばっ気、返送 |
|           | 70～120        | 50           | 沈殿           |
|           | 120～180       | 60           | 排水           |

表 7.2-5 X4 汚水処理場の ICEAS 槽（連続流入）反応プロセス

| 運転サイクル[h] | SBR プロセス[min] | 各工程の時間 [min] | 工程     |
|-----------|---------------|--------------|--------|
| 4.58      | 0~155         | 155          | 攪拌、ばっ気 |
|           | 155~215       | 60           | 沈殿     |
|           | 215~275       | 60           | 排水     |

表 7.2-6 X1 汚水処理場（新処理場）ICEAS 槽（連続流入）反応プロセス

| 運転サイクル[h] | SBR プロセス[min] | 各工程の時間 [min] | 工程   |
|-----------|---------------|--------------|------|
| 4.8       | 0~22          | 22           | 攪拌   |
|           | 22~132        | 110          | ばっ気  |
|           | 132~154       | 22           | 二次攪拌 |
|           | 154~216       | 62           | 沈殿   |
|           | 216~288       | 72           | 排水   |

表 7.2-7 X1 汚水処理場（旧処理場）ICEAS 槽（連続流入）反応プロセス

| 運転サイクル[h] | SBR プロセス[min] | 各工程の時間 [min] | 工程   |
|-----------|---------------|--------------|------|
| 4.47      | 0~18          | 18           | 攪拌   |
|           | 18~75         | 57           | ばっ気  |
|           | 75~114        | 39           | 二次攪拌 |
|           | 114~167       | 53           | ばっ気  |
|           | 167~168       | 1            | 三次攪拌 |
|           | 168~218       | 50           | 沈殿   |
|           | 218~268       | 50           | 排水   |

現地調査した 6 ヲ所の汚水処理場 SBR 槽の設計水理的滞留時間と排水比を表 7.2-8 に示す。HRT は一般に 10~20h、排水比は 18%~30%である。

表 7.2-8 現地調査した汚水処理場 SBR 槽の HRT と排水比

| 汚水処理場名称  | HRT (h)           | 排水比 (%) |
|----------|-------------------|---------|
| X6 汚水処理場 |                   | 20      |
| X1 汚水処理場 | 23.3 (新) 13.6 (旧) | 18      |
| X2 汚水処理場 | 11.8              | 30~32.5 |
| X4 汚水処理場 | 18.0              | 29      |
| X3 汚水処理場 | 11.0              | 30      |
| X5 汚水処理場 | 18                | 30      |

## 7.2.2 負荷条件

現地調査した汚水処理場の検査測定と調査対象が提供したデータに基づき、算出した各処理場 SBR 槽の有機負荷を、表 7.2-9 に示す。大半の処理場の BOD-SS 負荷は 0.1~0.25kgBOD/kgMLSS・d



の間である。X6 汚水処理場の現地調査期間の流入水 BOD 濃度は工業廃水の影響を受けて、非常に低くなっており、計算で得られた BOD-SS 負荷は他の汚水処理場よりはるかに低かった。

SRT データは、わずか 1 つの調査対象しか得られず、残りの調査対象は SBR 槽の SRT あるいはそれを計算で導き出せるデータすら回答されなかった。

表 7.2-9 現地調査した汚水処理場の負荷条件

| 汚水処理場名称  | BOD-SS 負荷<br>(kgBOD/kgMLSS·d) | SRT<br>(h) | ASRT<br>(h) |
|----------|-------------------------------|------------|-------------|
| X6 汚水処理場 | 0.0047~0.0055                 |            |             |
| X1 汚水処理場 | 0.138~0.154                   |            |             |
| X2 汚水処理場 | 0.093~0.124                   |            |             |
| X4 汚水処理場 | 0.232~0.253                   |            |             |
| X3 汚水処理場 | 0.150~0.191                   |            |             |
| X5 汚水処理場 | 0.14                          | 15.7       | 7.85        |

## 7.3 SBR 反応槽運転プロセスの監視

### 7.3.1 DO/ORP の変化状況

#### (1) DO のプロセス変化

一般的に、SBR 法の種類に関わらず、流入ばっ気からばっ気の終了までの間、主反応区の DO はいずれも急速上昇、安定維持、急速下降の過程を経る。ばっ気段階では、主反応区の DO 濃度は一般に 1~2.5mg/L に制御され、好気状態に維持されるが、予反応区の DO は比較的低いレベルに制御され、無酸素/嫌気状態が維持される。

現地調査した汚水処理場のサイクル内の SBR 反応槽の DO 変化を図 7.3-1~7.3-7 に示す。調査当日のモニタリングデータから分析すると、X2 と X4 の 2 ヶ所の汚水処理場はばっ気が明らかに不足しており、X5 処理場のばっ気強度はやや低く（ばっ気工程の DO は 0.5~2.5 mg/L）、X1、X3、X6 汚水処理場はばっ気過剰の現象が認められる。この外に、ICEAS 法を採用している X1 汚水処理場の新・旧処理場 SBR 槽の予反応区の DO 濃度変化は基本的に主反応区の DO 濃度変化と一致し、ばっ気段階はいずれも比較的高くなっている。このシステムは汚泥返送が全くないので、おそらく主反応区の影響を受け、処理区を区分した効果が明らかでない。

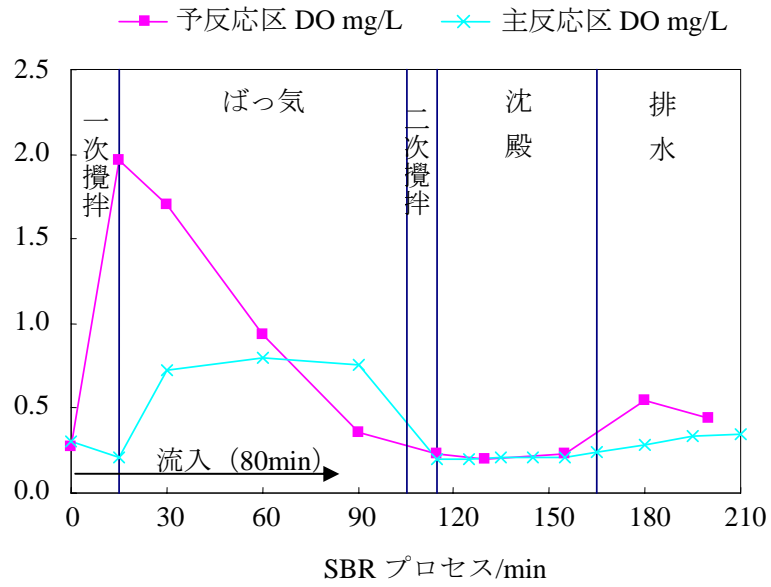


図 7.3-1 X2 汚水処理場 SBR 槽 DO のプロセス変化

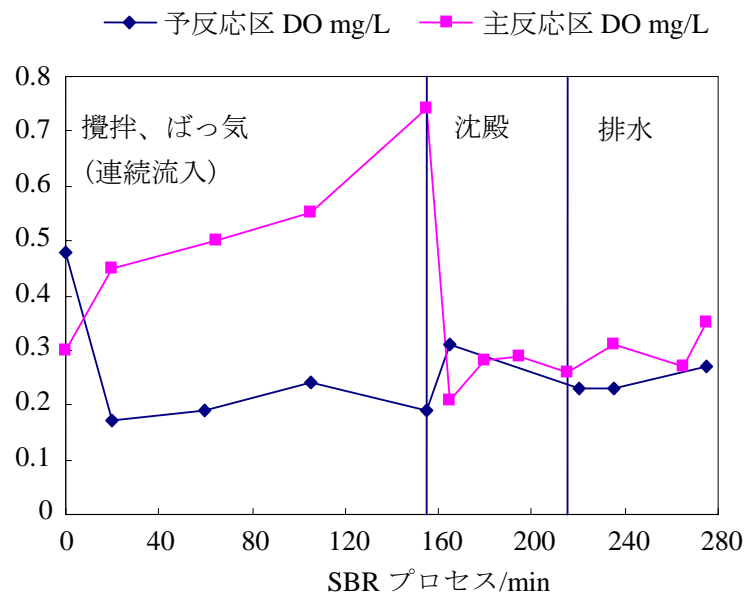


図 7.3-2 X4 汚水処理場 SBR 槽 DO のプロセス変化

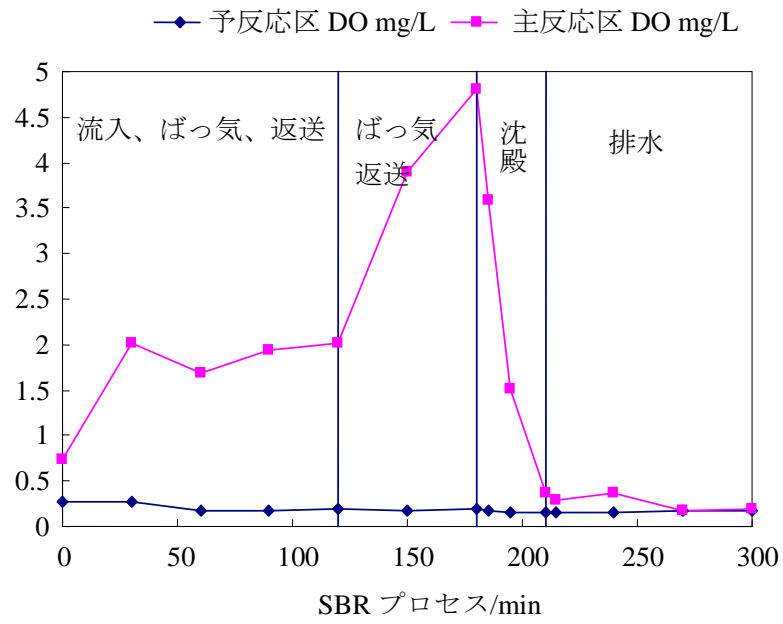


図 7.3-3 X6 汚水処理場 SBR 槽 DO のプロセス変化

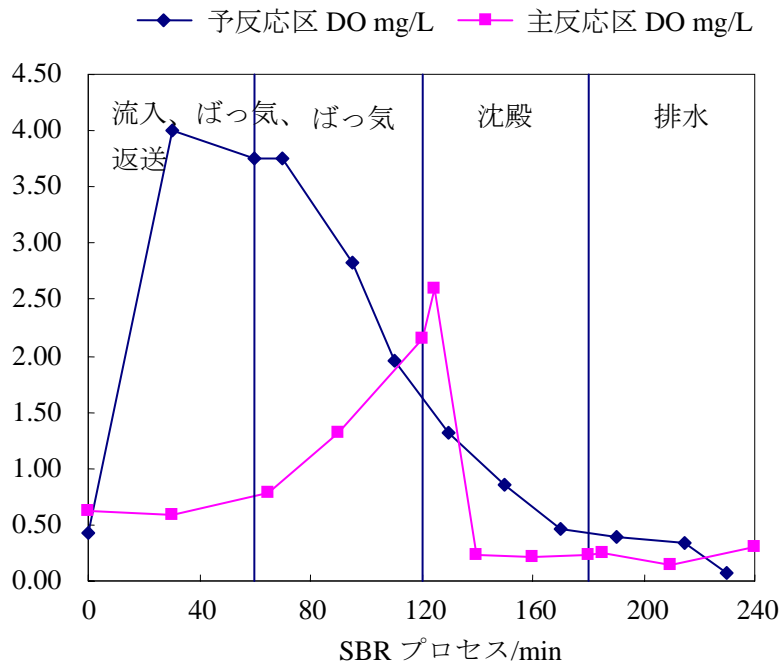


図 7.3-4 X5 汚水処理場 SBR 槽 DO のプロセス変化

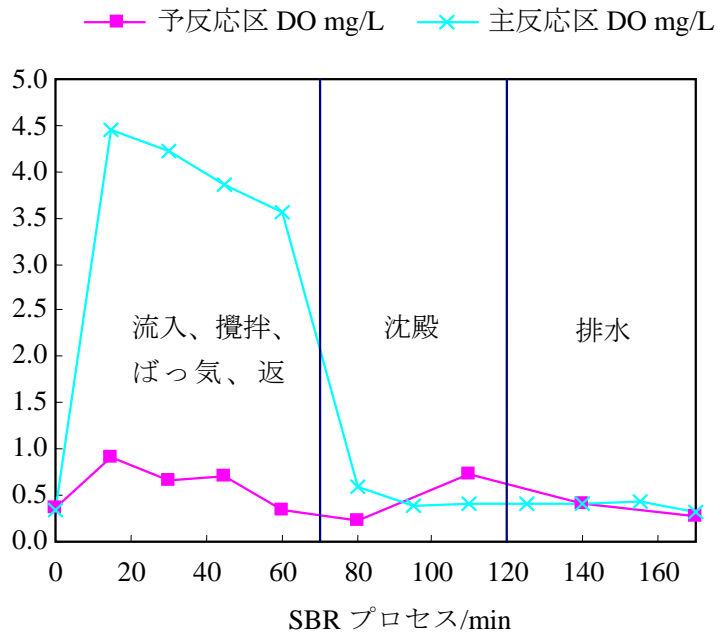


図 7.3-5 X3 汚水処理場 SBR 槽 DO のプロセス変化

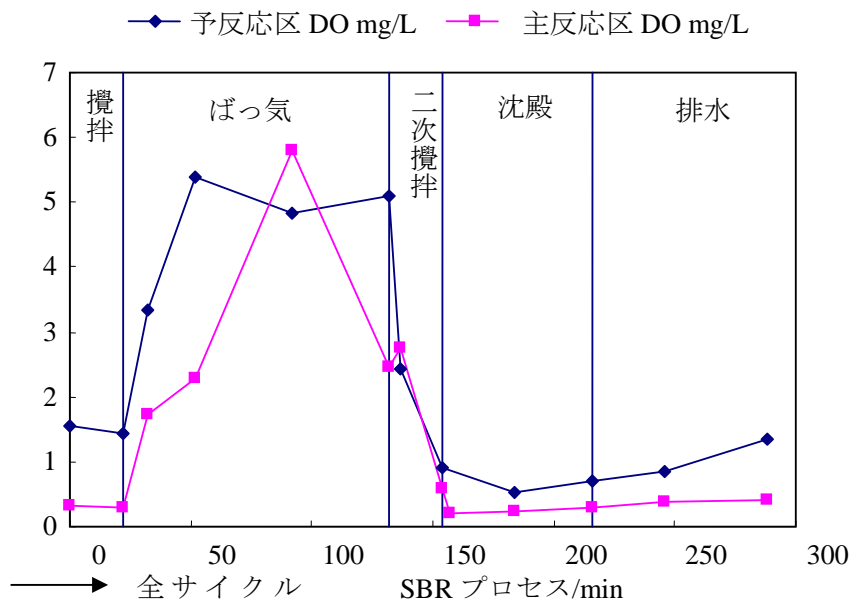


図 7.3-6 X1 汚水処理場（新処理場）SBR 槽 DO のプロセス変化

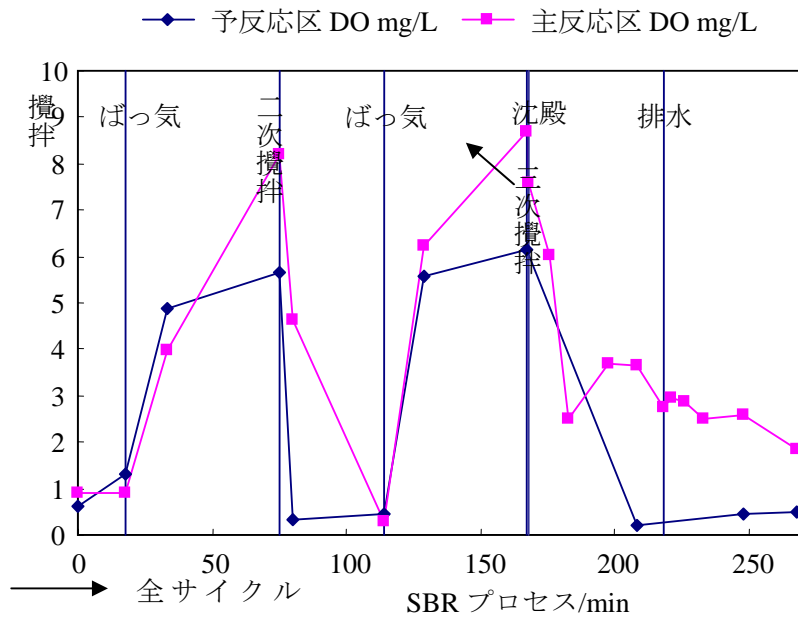


図 7.3-7 X1 汚水処理場（旧処理場）SBR 槽 DO のプロセス変化

(2) ORP プロセス変化

ORP は測定環境の好気-嫌気状態を精確に反映し、環境中の酸化物質と還元物質（DO、有機物、窒素類汚濁物質など）の反応の総合的表現であるため、特に窒素・リン除去の要件がある場合は、予反応区と主反応区内の ORP 測定と制御も非常に重要である。従来型 SBR 法と ICEAS 法は汚泥返送システムがなく、CASS 法は汚泥返送があるため、処理法により予反応区の ORP 変化はそれぞれ異なる。主反応区では汚濁物質が絶えず酸化・分解されるため、ORP は環境の酸化還元状態を反映するだけでなく、汚水の浄化程度も反映することができる。通常、主反応区の ORP は予反応区より高い。現地調査期間における汚水処理場の SBR 反応槽の ORP 変化を、図 7.3-8~7.3-14 に示す。

調査対象の SBR 反応槽中の ORP は基本的に 0~300mV の間で、異なる工程の変化の幅が比較的大きい。予反応区の ORP 変化でマイナス値が現れたのはわずか 3 つの調査対象で、そのうち 2 つはいずれも排水段階の終了間近に発生した。他の 1 つはその主反応区 ORP にも同時にマイナス値がはっきりと現れ、排水終了後の流入が始まったばかりのフロントエンド・プロセスで出現している。

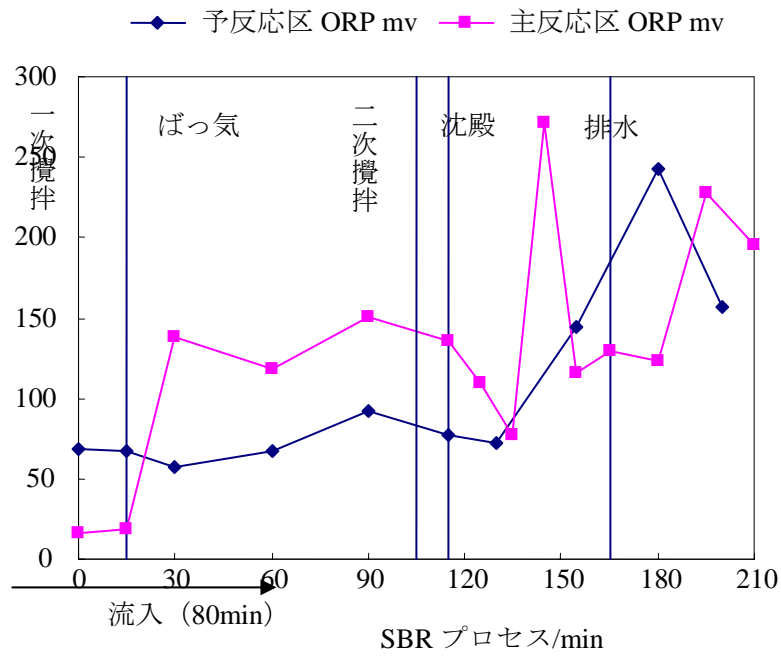


図 7.3-8 X2 汚水処理場 SBR 槽 ORP のプロセス変化

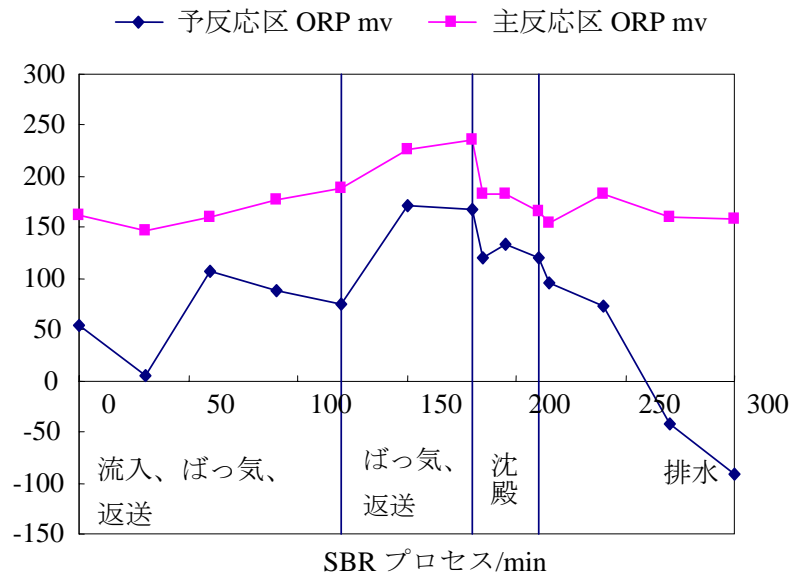


図 7.3-9 X6 汚水処理場 SBR 槽 ORP のプロセス変化

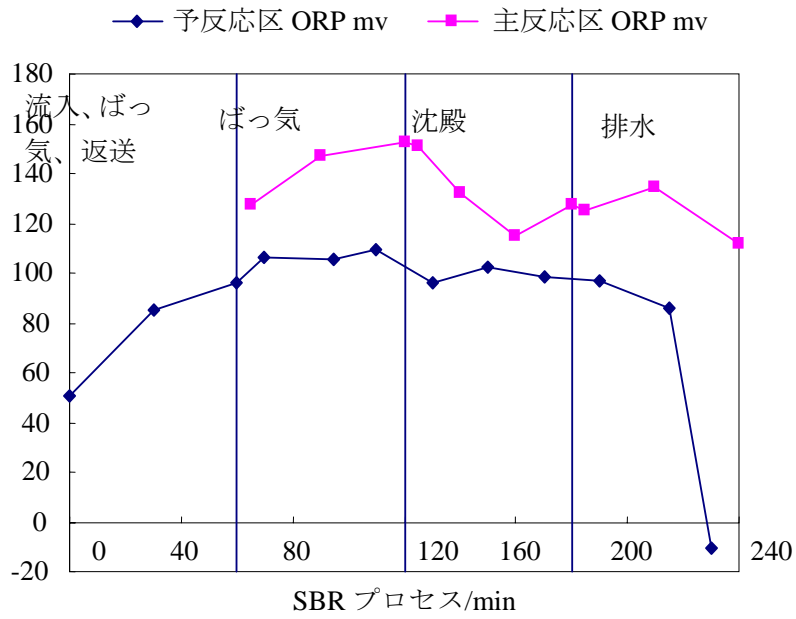


図 7.3-10 X5 汚水処理場 SBR 槽 ORP のプロセス変化

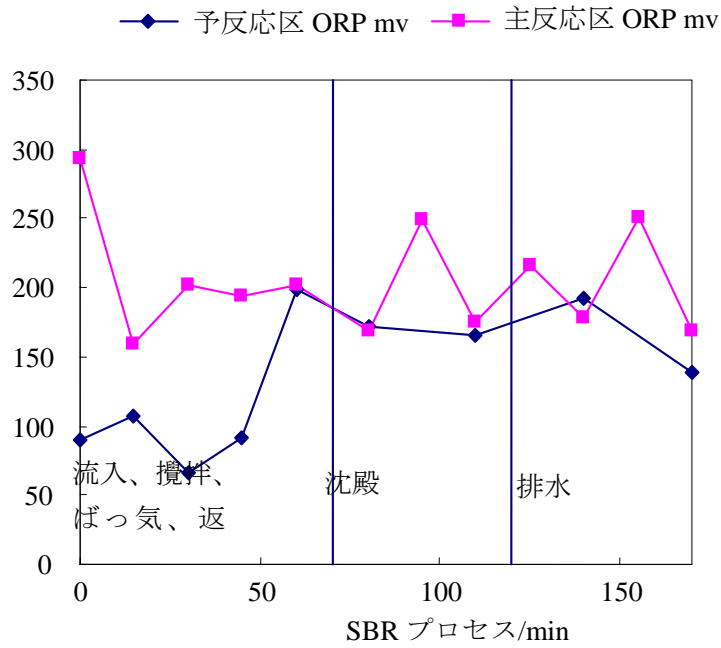


図 7.3-11 X3 汚水処理場 SBR 槽 ORP のプロセス変化

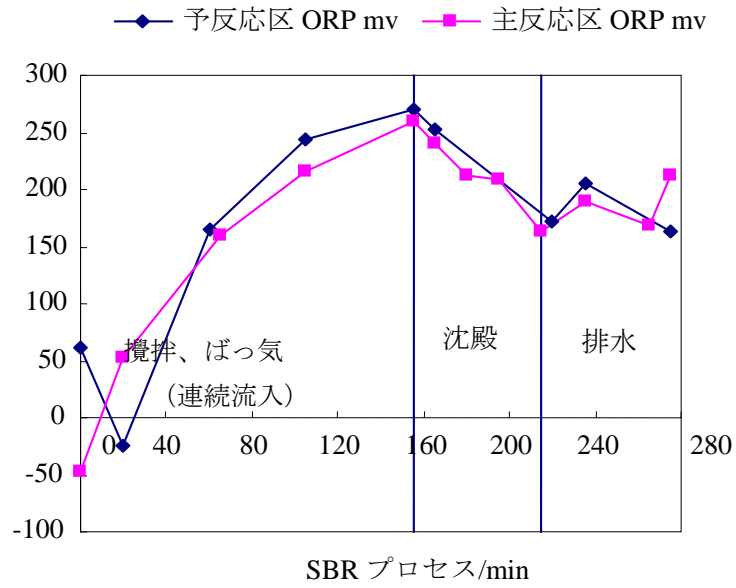


図 7.3-12 X4 汚水処理場 SBR 槽 ORP のプロセス変化

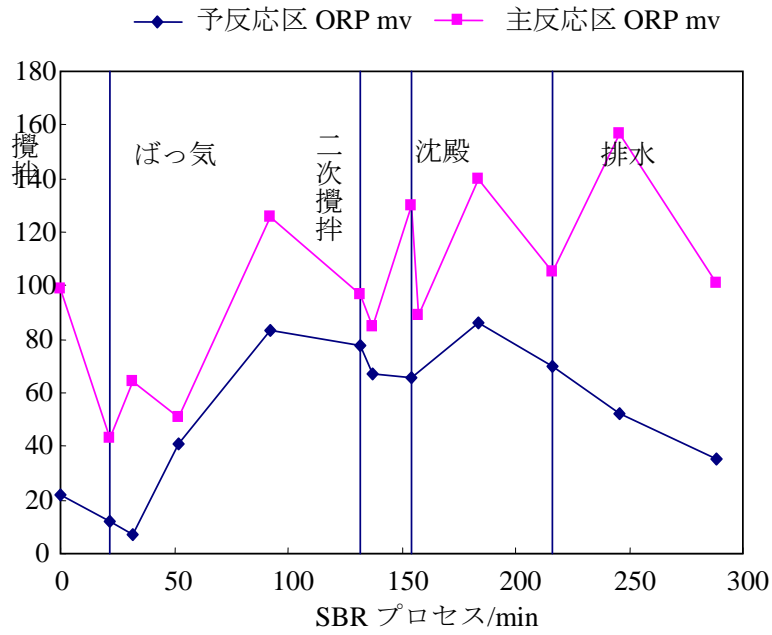


図 7.3-13 X1 汚水処理場（新処理場）SBR 槽 ORP のプロセス変化



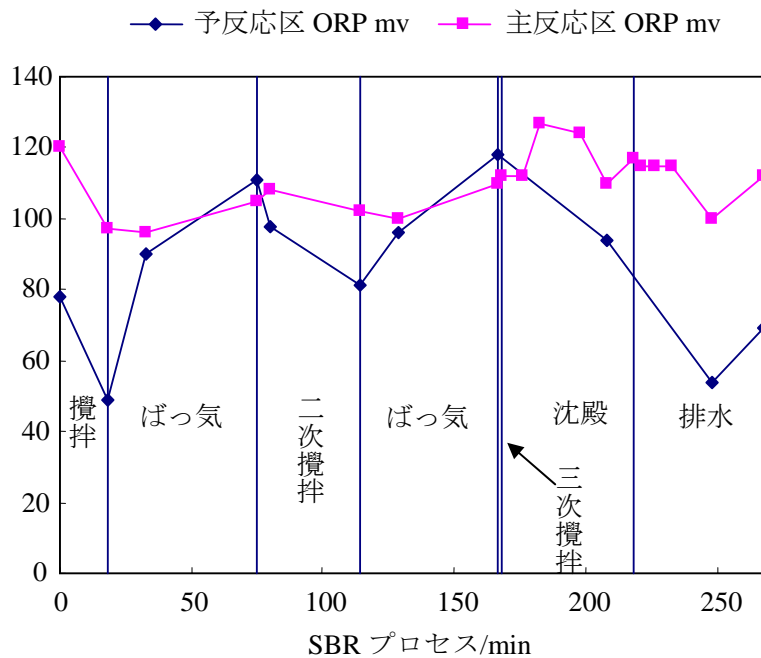


図 7.3-14 X1 汚水処理場（旧処理場）SBR 槽 ORP のプロセス変化

### 7.3.2 COD/ BOD の分解変化状況

各汚水処理場の SBR 槽調査期間内の COD と BOD の分解変化状況を図 7.3-15～7.3-22 に示す。

間欠流入の CASS 法に関しては、汚水が予反応区に流入する初期、予反応区内の有機物濃度はあまり高くないが、汚水の絶え間ない流入にしたがって、有機物濃度が次第に高くなっていく。流入が始まった時点から、予反応区において流入水と返送汚泥の混合及び汚濁物質の活性汚泥による吸着、吸収及び酸化などが開始するが、予反応区における汚水の滞留時間が比較的短いため、有機物は主に高負荷の蓄積過程を経て、一部の易分解溶解性の有機物だけが除去される。連続流入の ICEAS 反応槽の予反応区は一般に水流による混合に依存しており、流入水と予反応区内の混合液が比較的良好な完全混合状態に達することができないため、しばしば汚濁物質濃度の変動がもたらされる。また、どのような処理法であるかに関わらず、濾液中の BOD と COD の変化傾向は基本的に同じであり、予反応区で除去された有機物の大部分が微生物により高速に分解・利用される可溶性物質であることを裏付けている。

X5 汚水処理場だけが無酸素区に CASS 槽を設けている。このゾーンにはばっ気システムを設けず、無酸素状態にし、それにより微生物の脱窒プロセスに役立てている。生物学的窒素除去は汚水中の炭素源を消費するため、無酸素区の有機物濃度全体に下降傾向が現れる。その外、このゾーンは流入水質と水量に対しても一定の緩衝作用がある。なお、水流による混合であるため、有機物濃度には上下変動が現れている。

予反応区と無酸素区を経た後、残りの大部分の有機物が主反応区で除去される。全体的には主反応区の COD と BOD 変化はそれほど大きくない。X2、X4 と X1 の 3 つの処理場の COD と BOD の除去効果は比較的良好で、国家 1 級 A 排出基準を達成できている。X6 汚水処理場は流入水中に捺染

廃水と化学工業廃水が比較的多い。このため、難分解性有機物の比率が比較的高く、微生物の活性が低いため、ばっ気は十分だが、処理水の COD 濃度が依然として高い。さらに、外部炭素源を加えるなどの原因（炭素源を補充し窒素除去率を高めるために反応槽に糞尿を加える）により、主反応区の BOD-SS 負荷の増加を招き、予反応区と比べて BOD が下がらず、逆に上昇する傾向がある。X5 汚水処理場と X3 汚水処理場の状況は類似し、反応プロセスの末端で、いずれも有機物濃度が下がり、却って上昇する現象が現れている。これはおそらく排水後半に上澄水排出装置の液面低下により汚泥界面が攪乱され、浮遊物の上昇を招くことによりもたらされるもので、排水比の引き下げを通じてこの現象の発生を避けることができると思われる。

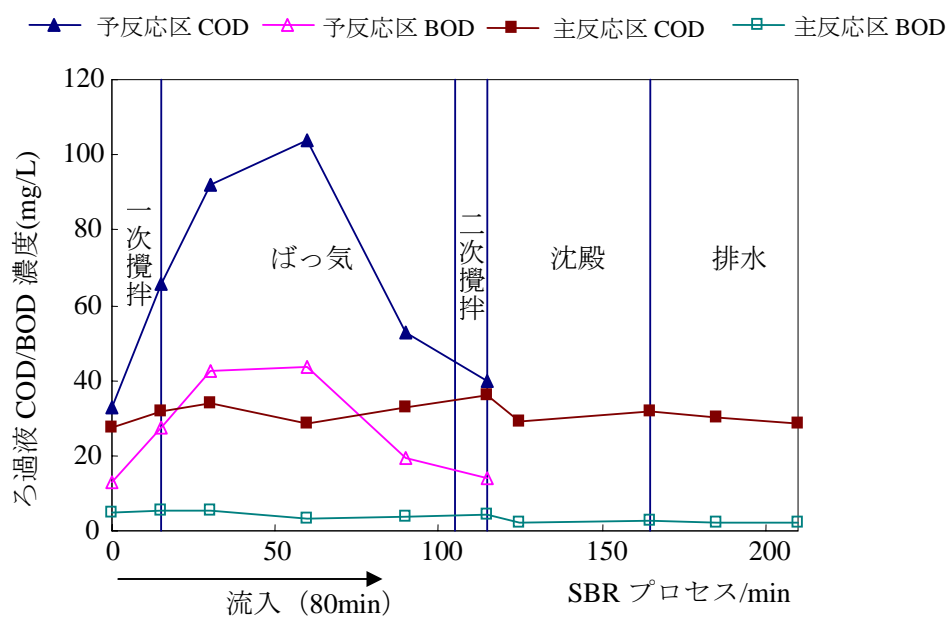


図 7.3-15 X2 汚水処理場 SBR 槽の COD/BOD 変化状況

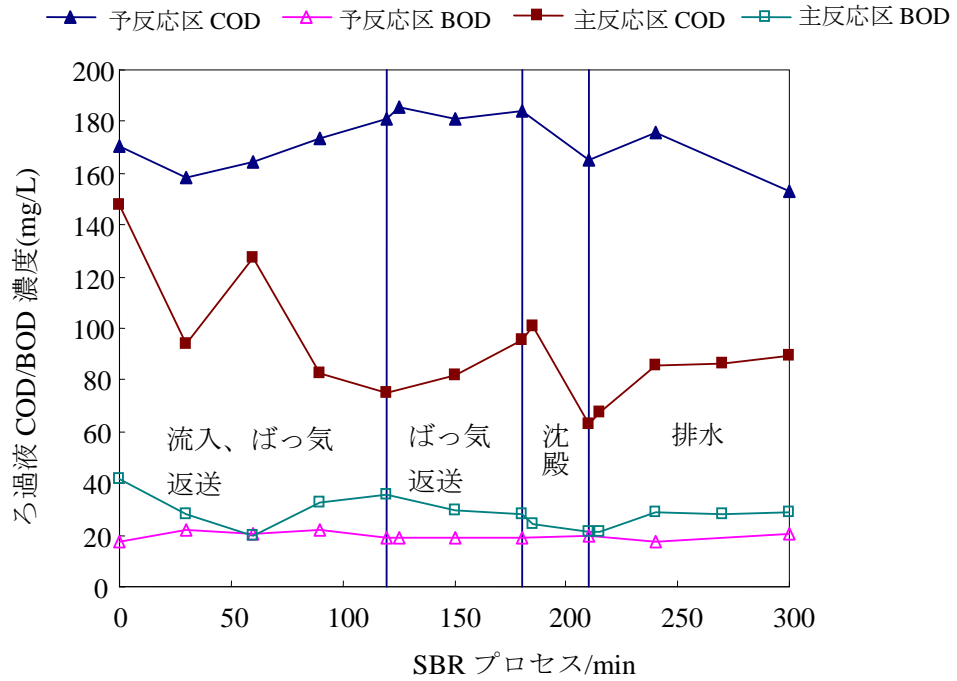


図 7.3-16 X6 汚水処理場 SBR 槽の COD/BOD 変化状況

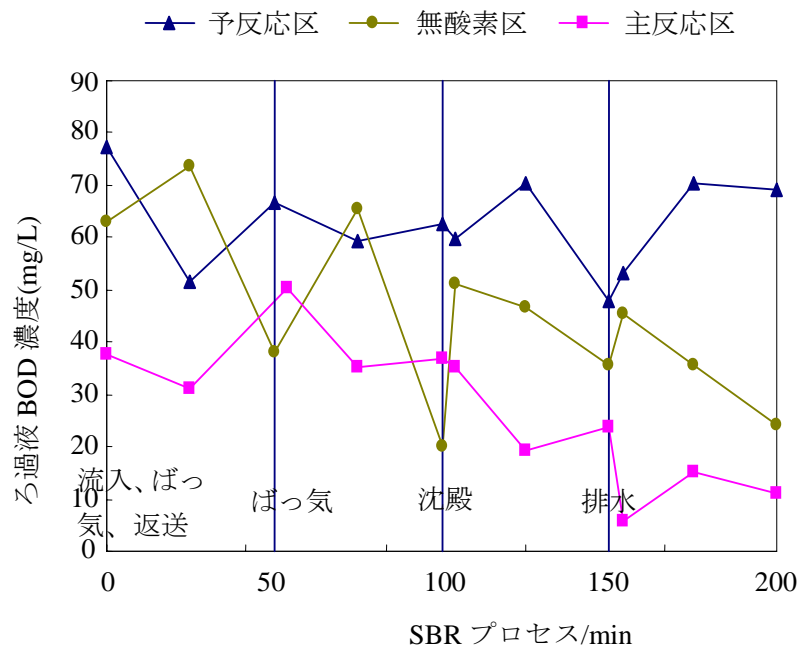


図 7.3-17 X5 汚水処理場 SBR 槽の BOD 変化状況

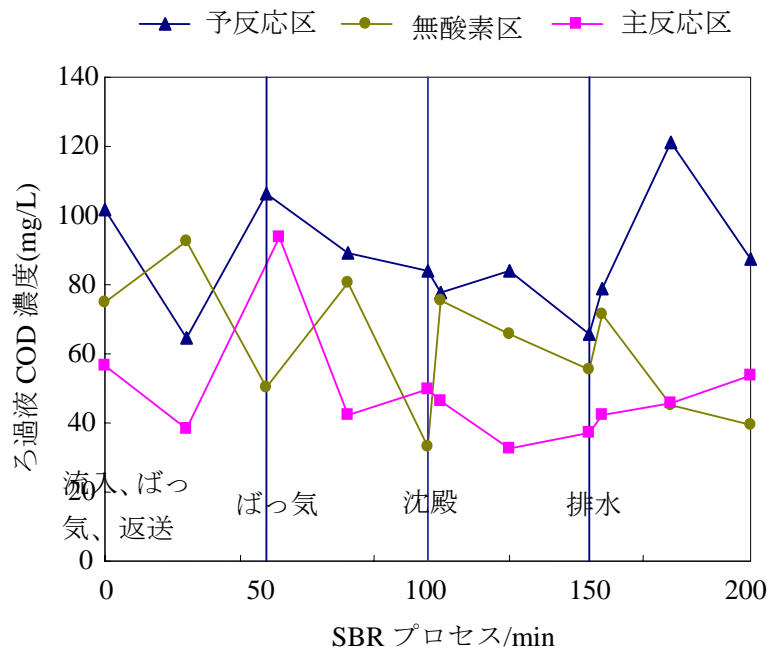


図 7.3-18 X5 汚水処理場 SBR 槽の COD 変化状況

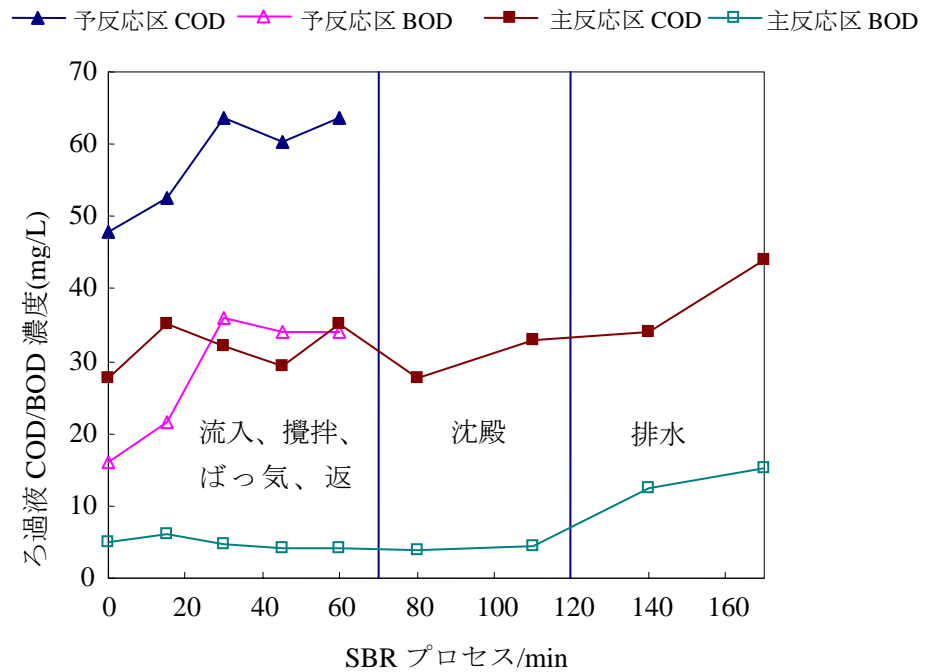


図 7.3-19 X3 汚水処理場 SBR 槽の COD/BOD 変化状況

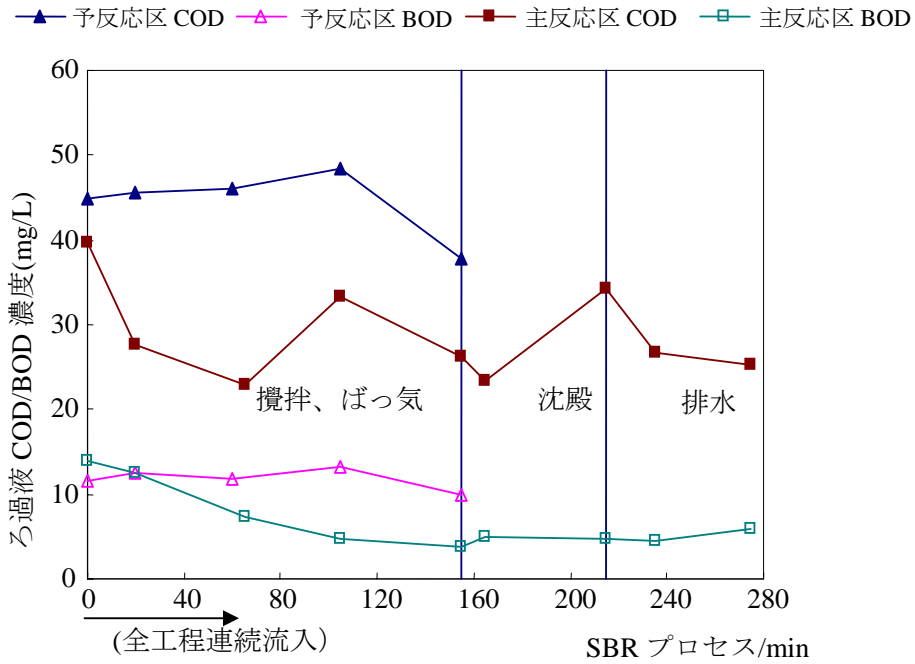


図 7.3-20 X4 汚水処理場 SBR 槽の COD/BOD 変化状況

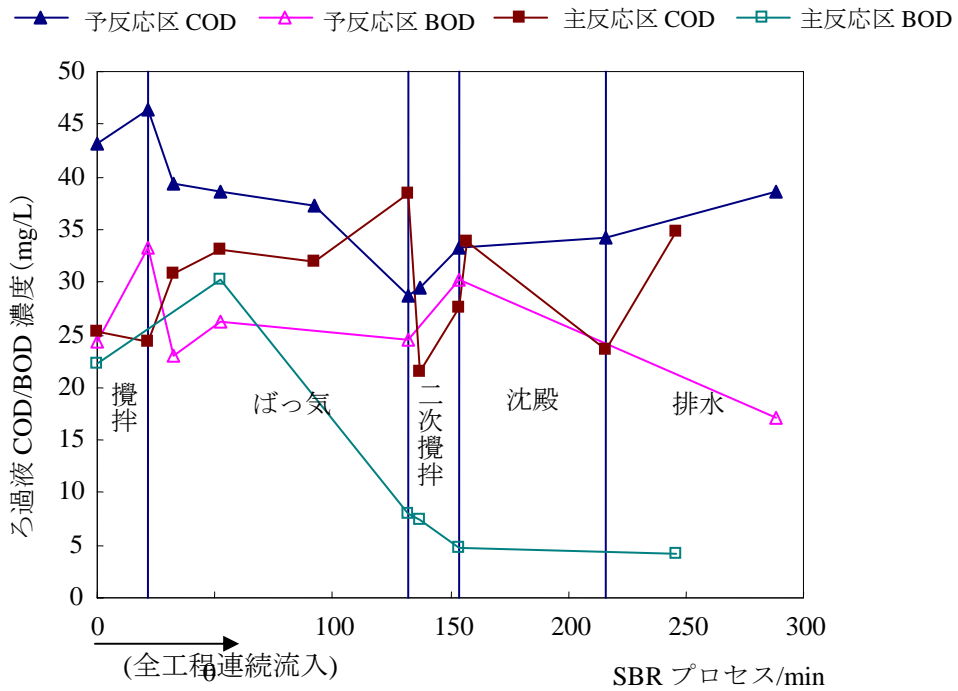


図 7.3-21 X1 汚水処理場（新処理場）SBR 槽の COD/BOD 変化状況

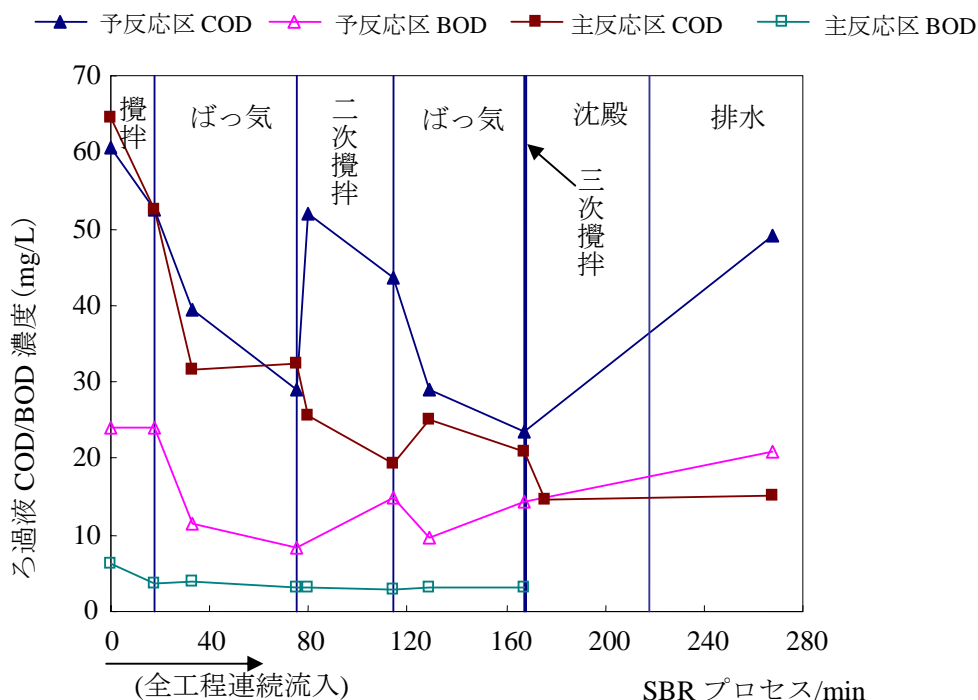


図 7.3-22 X1 汚水処理場（旧処理場）SBR 槽の COD/BOD 変化状況

### 7.3.3 窒素の変化状況

各汚水処理場 SBR 反応槽の調査期間内の窒素変化状況を図 7.3-23～7.3-31 に示す。

従来型 SBR 法（予反応区あり）を採用している X2 汚水処理場は、その SBR 槽予反応区の TN とアンモニア態窒素が流入段階では経過とともに上昇しているが、流入停止後には下降傾向が現れ、しかも  $\text{NO}_3^-$ -N の変化は大きくない。主反応区は全体的に TN と  $\text{NO}_3^-$ -N はいずれも比較的低いレベルを維持できている。一方、アンモニア態窒素は  $5\text{mg/L}$  ほどを維持し、しかも反応プロセス全体の中でアンモニア態窒素はいずれも  $\text{NO}_3^-$ -N より高い。項目別に見ると、主反応区の TN は流入期間に変動が比較的大きく、流入停止後には緩慢な下降傾向を示している。 $\text{NO}_3^-$ -N はばっ気と二次攪拌段階でやや上昇し、沈殿と排水段階ではやや下降するが、全プロセスの中では終始  $5\text{mg/L}$  以下で比較的低いレベルにある。

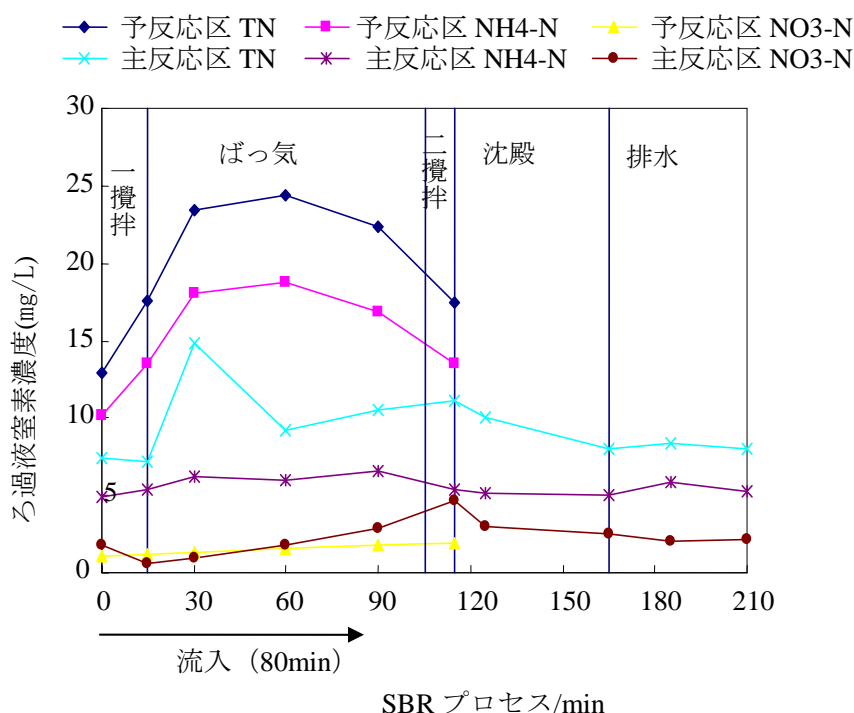


図 7.3-23 X2 汚水処理場 SBR 槽の窒素変化状況 (従来型 SBR)

CASS 法を採用している 3 つの汚水処理場の状況はそれぞれ異なる。X6 汚水処理場の SBR 槽中の各指標は反応プロセス全体で大きな変動がなく、主反応区の TN、アンモニア態窒素と  $\text{NO}_3^-$ -N はいずれも比較的低いレベルを維持できている。流入停止後のばっ気返送段階はアンモニア態窒素が下降し、 $\text{NO}_3^-$ -N が上昇する傾向を示し、次のサイクルで流入が開始した後、アンモニア態窒素は上昇、 $\text{NO}_3^-$ -N は下降している。この変化過程は生物反応プロセスの原理と一致している。なお、明確な変化がみられた原因は、同処理場は窒素の除去率を上げるために反応槽の中に糞尿を炭素源として加えていることがあげられる。

X5 汚水処理場の SBR 槽中のアンモニア態窒素、TN は、予反応区から無酸素区へ、更に主反応区へと段階的に下降している。ばっ気段階のアンモニア態窒素は反応の経過に従っての比較的に下降が明らかで、残りの段階の変化は安定している。主反応区のアンモニア態窒素と TN はいずれも比較的低い濃度レベルを維持している。硝酸態窒素はばっ気段階で明らかに上昇し、全体的には比較的低いレベルを維持し、アンモニア態窒素の濃度より低くなっている。なお、無酸素区は良好な脱窒環境下にあるため、その硝酸態窒素の濃度が調査処理場の中で最も低くなっている。

X3 汚水処理場の SBR 槽中の各窒素指標には明らかな変動がない。主反応区のアンモニア態窒素濃度は比較的 low、硝酸態窒素と TN 濃度はやや高く、1 級 B 基準にしか達していない。もし、1 級 A 基準の要件を適用する場合は、更に脱窒効果を高めなければならない。

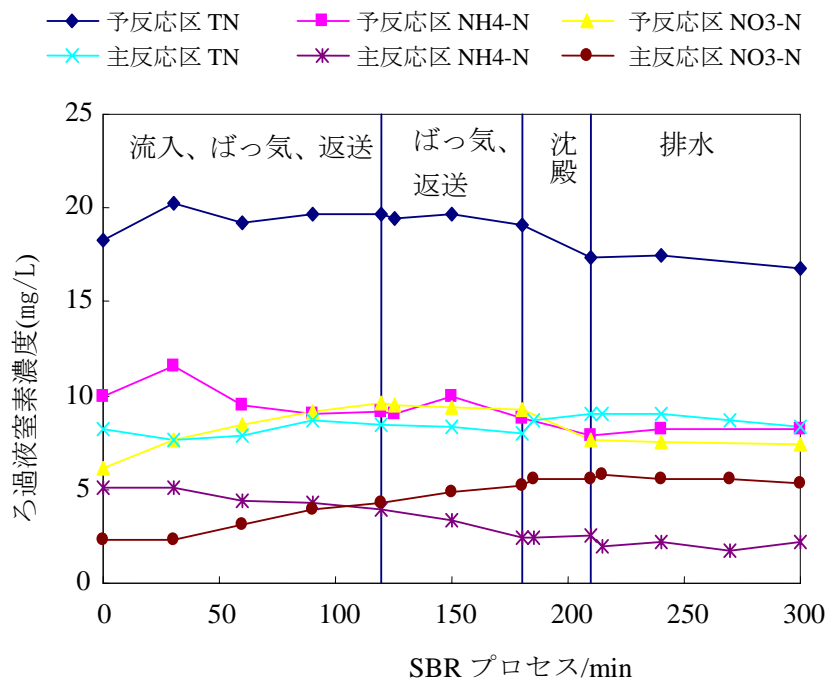


図 7.3-24 X6 汚水処理場 SBR 槽の窒素変化状況 (CASS)

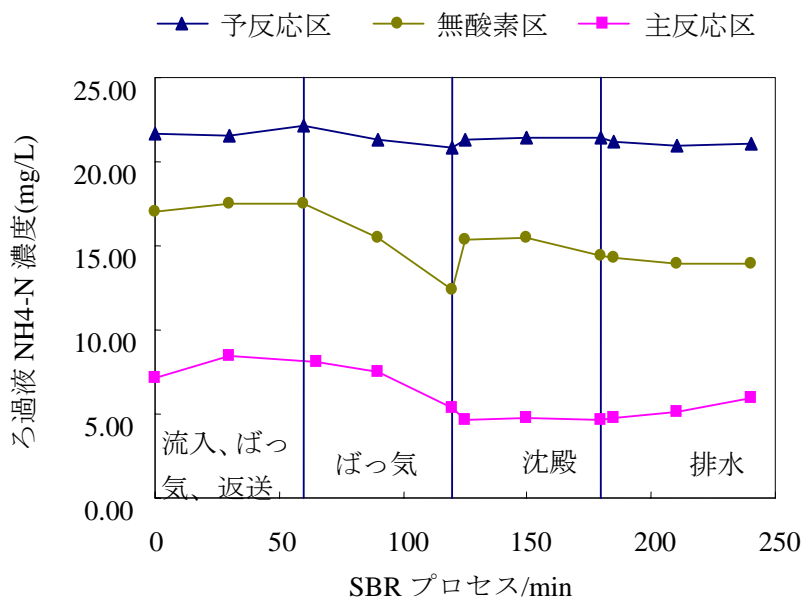


図 7.3-25 X5 汚水処理場 SBR 槽の窒素変化状況 (CASS)



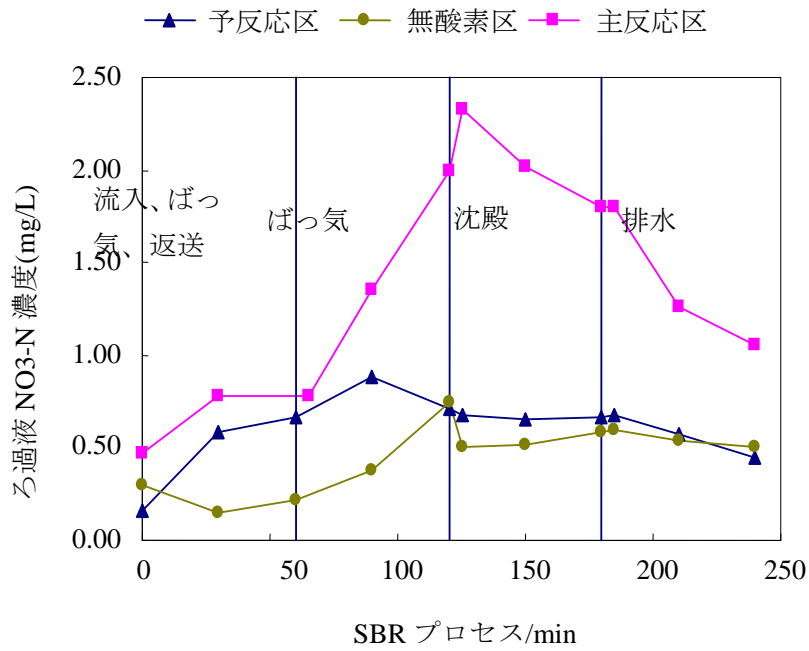


図 7.3-26 X5 汚水処理場 SBR 槽の硝酸態窒素変化状況 (CASS)

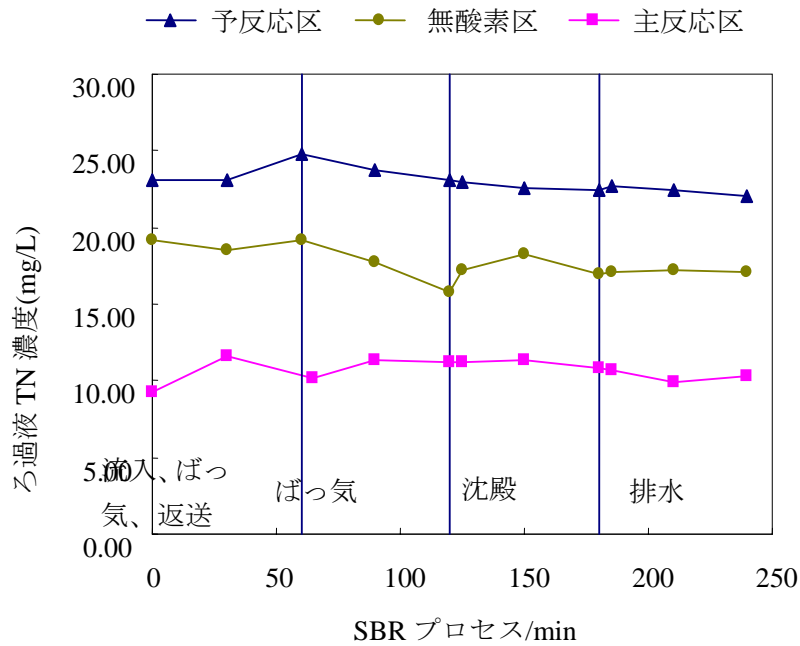


図 7.3-27 X5 汚水処理場 SBR 槽の全窒素変化状況 (CASS)

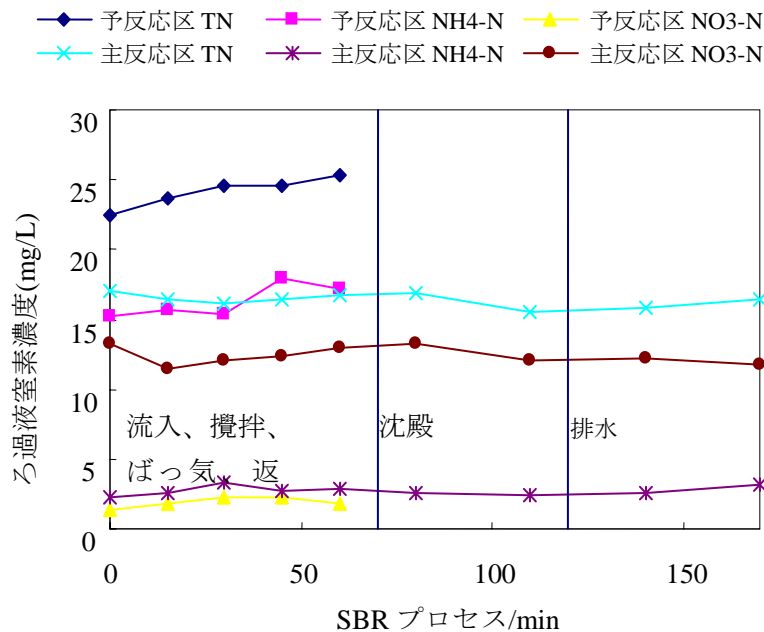


図 7.3-28 X3 汚水処理場 SBR 槽の窒素変化状況 (GASS)

ICEAS 法を採用している X4 汚水処理場は、その SBR 槽の硝化効果は明らかに悪い。主な原因はおそらくばっ気不足で、脱窒効果も悪く、排水段階の TN、アンモニア態窒素はいずれも 1 級 B 基準の要件に達していない。

一方、同じ ICEAS 法を採用している X1 汚水処理場は、予反応区の TN は反応プロセスに従って下降傾向を示している。主反応区の TN と硝酸態窒素は攪拌段階では下降傾向、ばっ気段階では上昇傾向が現れ、反応プロセス全体でいずれの窒素濃度も低いレベルに維持され、窒素除去効果は比較的良好である。ICEAS 法を採用する 2 つの処理場を比較すると、主反応区での複数回攪拌、ばっ気を採用する方式が窒素除去効果の向上に役立つことが分かった。

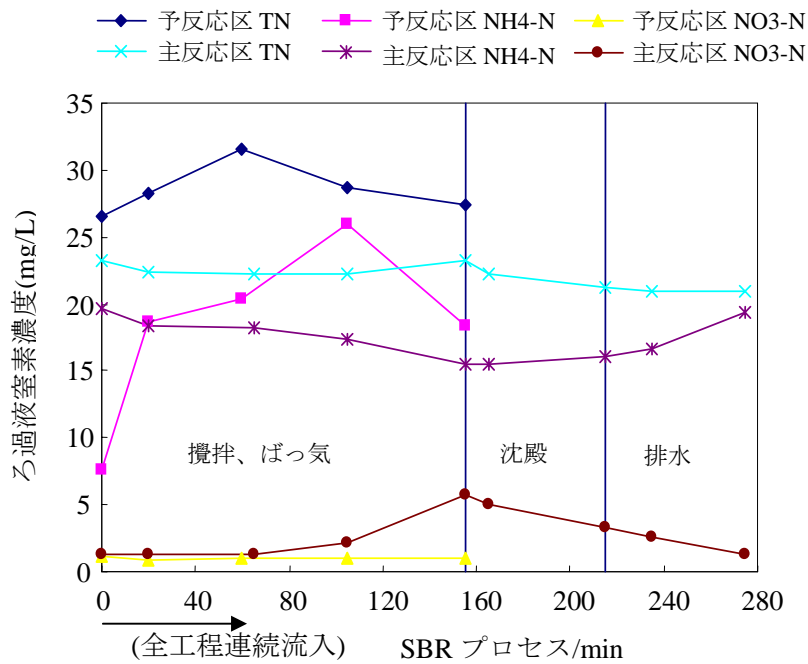


図 7.3-29 X4 汚水処理場 SBR 槽の窒素変化状況 (ICEAS)

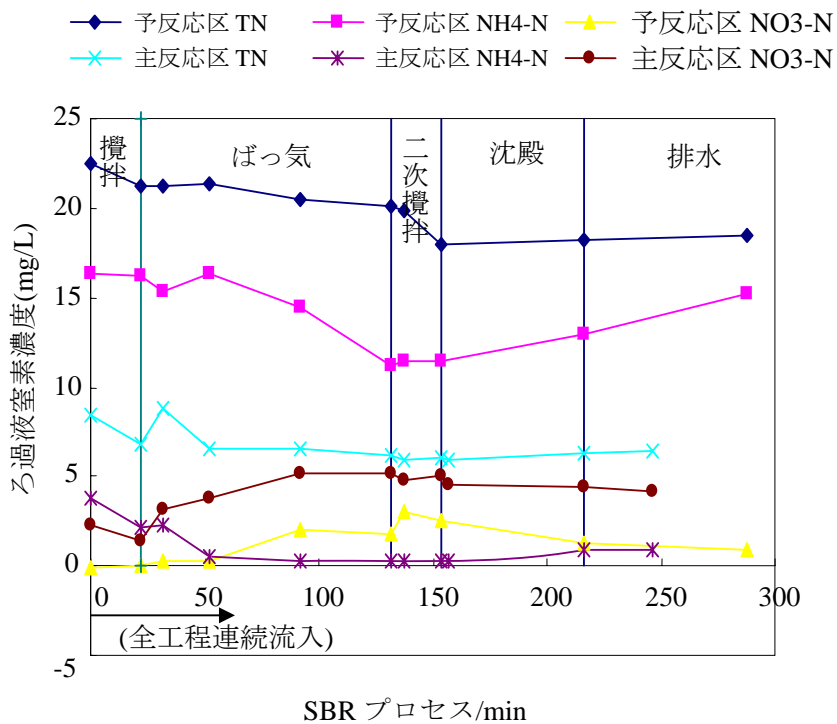


図 7.3-30 X1 汚水処理場 (新処理場) SBR 槽の窒素変化状況 (ICEAS)

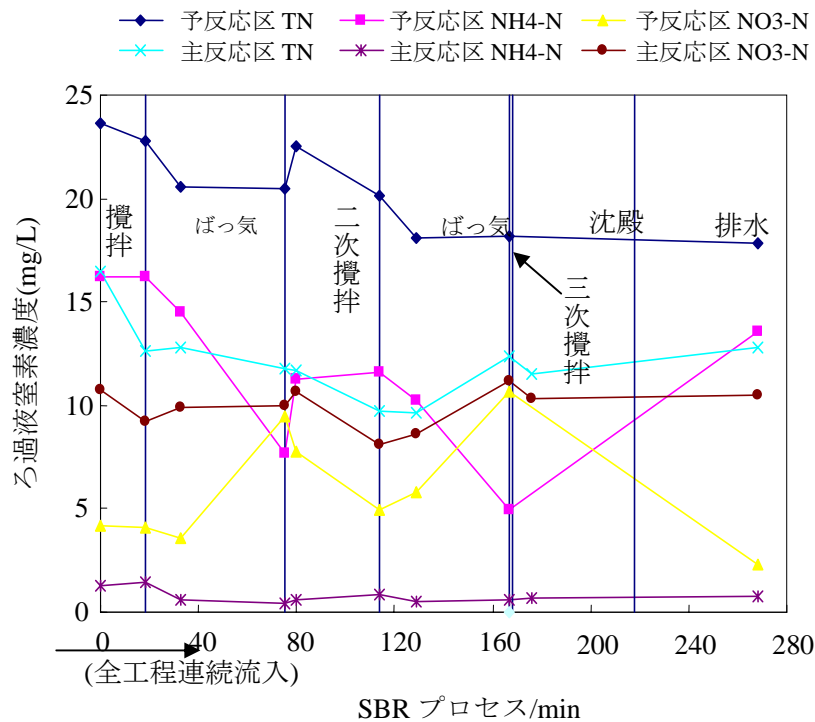


図 7.3-31 X1 汚水処理場（旧処理場）SBR 槽の窒素変化状況（ICEAS）

現地調査の結果から見ると、各種の SBR 法の優劣の差による明らかな違いは無く、合理的な設計、適切な運転条件制御（例えばばっ気強度、SRT など）、効果的な運転方式（例えば運転サイクル）と工程計画（例えばばっ気と攪拌の交替実施）が良好な窒素除去効果を得るキーポイントである。また、水質条件の生物学的処理効果に与える影響は比較的大きく、水量の急激な増加も SBR システムの運転安定性に対し不利な影響を生じることがある。そのため、適切な水質・水量条件をできるだけ安定して維持しなければならないといえる。

#### 7.3.4 リンの変化状況

各汚水処理場における調査期間内のリンの変化状況を図 7.3-32～7.3-38 に示す。

一部調査対象の流入水質の特殊な原因を除いて、大部分の調査対象（各種異なる SBR 法を含む）の SBR のリン除去効果はいずれも比較的良好で、主反応区ではいずれもリン含有量の低い放流水を得ることができている。

それぞれ従来型 SBR 法、CASS と ICEAS 法を採用する X2、X3、X4 汚水処理場の SBR 槽主反応区内には、いずれも明らかなリン放出とリン吸収現象があり、ばっ気段階でも、先ずリンを放出した後、リンを吸収する状況が現れている。中でも X4 汚水処理場のリンの変化幅が最も大きく、主反応区ではリン放出時のリン酸塩は 12mg/L 以上に達し、ばっ気段階終了時は 0.5mg/L 以下まで減少できている。

CASS 法を採用する X6 汚水処理場は、流入水のリン濃度が非常に低い（0.5mg/L 未満）ため、全体的な変化傾向は安定し、明らかな変動はない。X5 と X3 の 2 ヶ所の汚水処理場では、予反応区の

流入段階でリン濃度が減少傾向がある。これはおそらく返送液の希釈作用のためと考えられる。ICEAS 法を採用する X1 汚水処理場（新処理場）は、流入水のリン濃度が比較的低い（TP は 1.2～3.6mg/L）ため、SBR 槽の全反応プロセスのリン濃度はいずれも比較的低いレベルに維持されている。予反応区と主反応区では濾過した後の TP はそれぞれ 0.4mg/L と 0.1mg/L 以下になっている。一方、X1 汚水処理場の旧処理場は流入水にその他の高リン含有汚染源が流入するため、流入水リン濃度の突然の上昇（TP の最高が 28 mg/L に達する）があり、SBR 放流水の TP（ろ過後）は 1.0～1.3mg/L にしか達していない。

なお、大部分の調査対象、特に ICEAS 法の汚水処理場では、SBR 槽の排水末期にはいずれもリン濃度がわずかに上昇する現象が現れている。原因を分析すると上澄水排出装置の設置場所が深いか、あるいは連続流入が水流に対してもたらず振動（短絡流）によると考えられる。もし、処理水質に対し比較的大きな影響が生じるようであれば、排水比の低下あるいは運転工程の調整を考慮しなければならない。また、沈殿と排水工程の時間が長いことと DO 濃度が低いことも、ポリリン酸蓄積細菌のリン放出を引き起こす可能性があり、上澄水のリン濃度を高める原因となる。

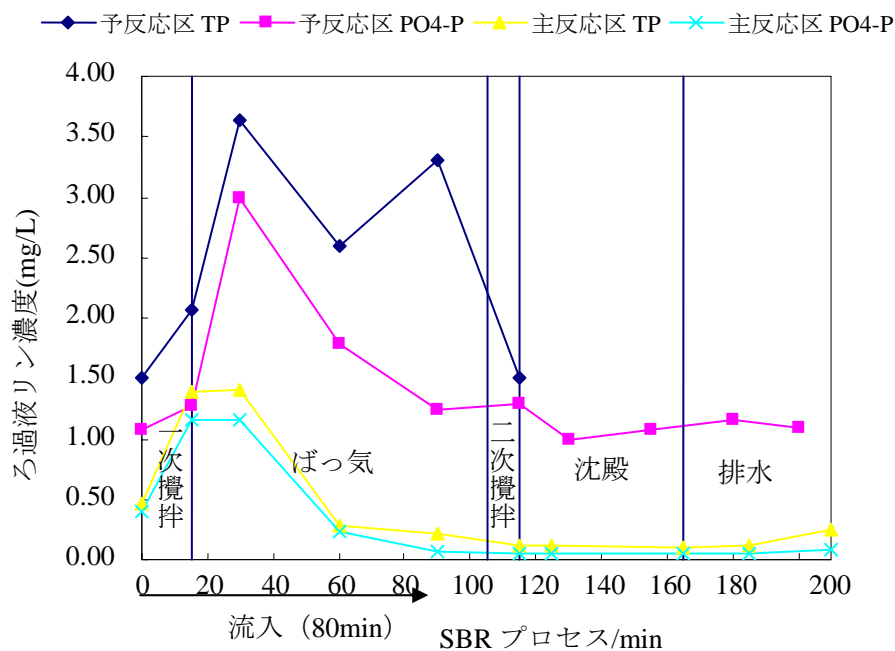


図 7.3-32 X2 汚水処理場 SBR 槽のリン変化状況

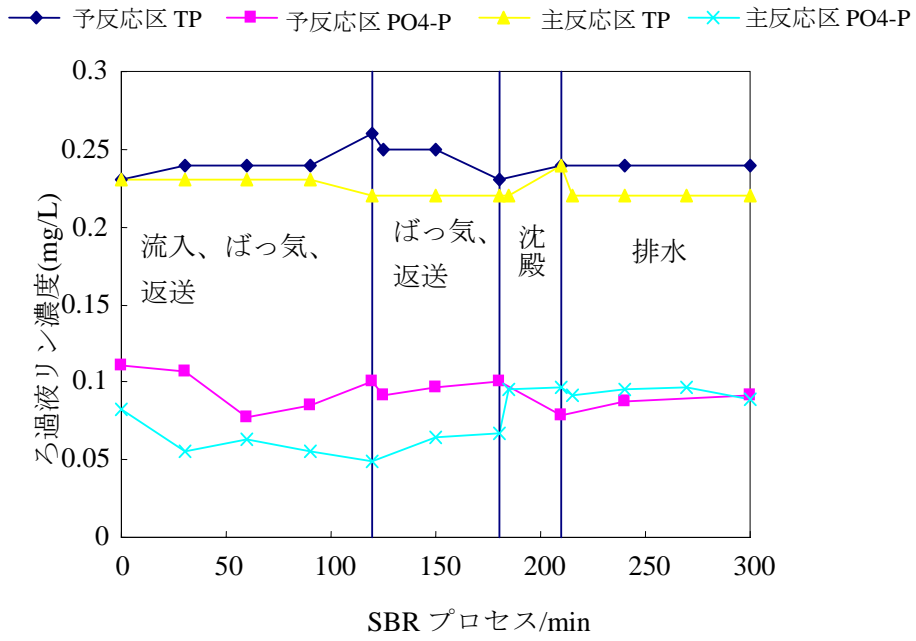


図 7.3-33 X6 汚水処理場 SBR 槽のリン変化状況

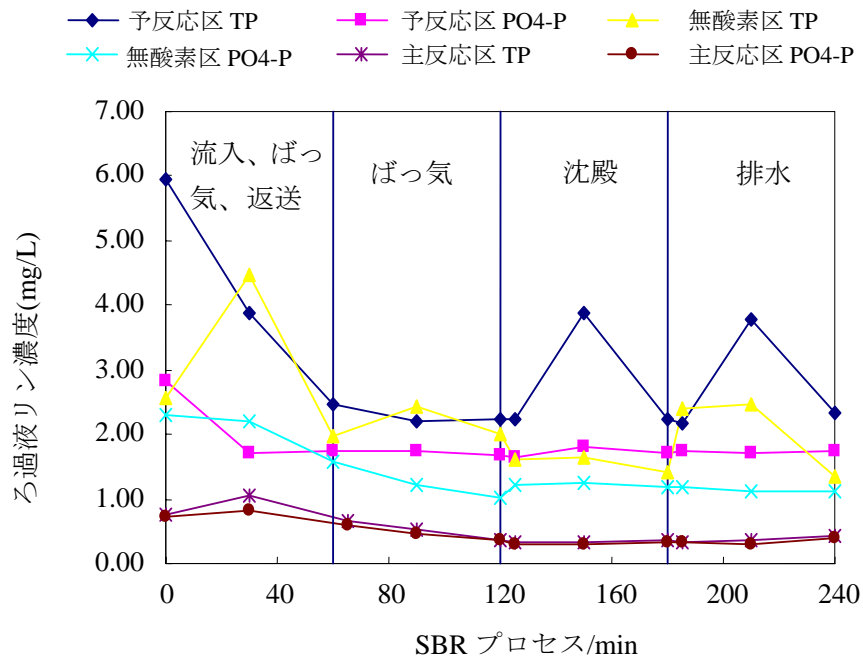


図 7.3-34 X5 汚水処理場 SBR 槽のリン変化状況

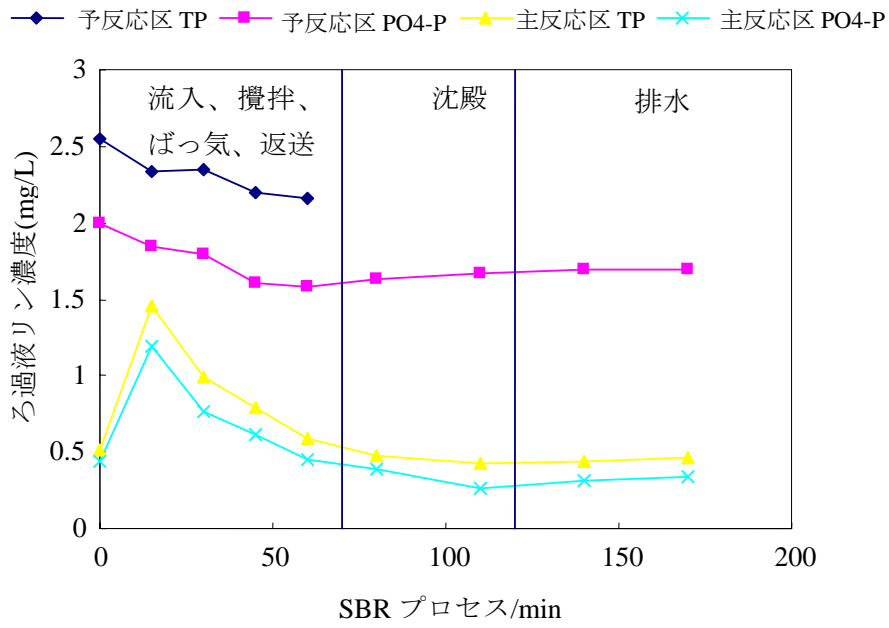


図 7.3-35 X3 汚水処理場 SBR 槽のリン変化状況

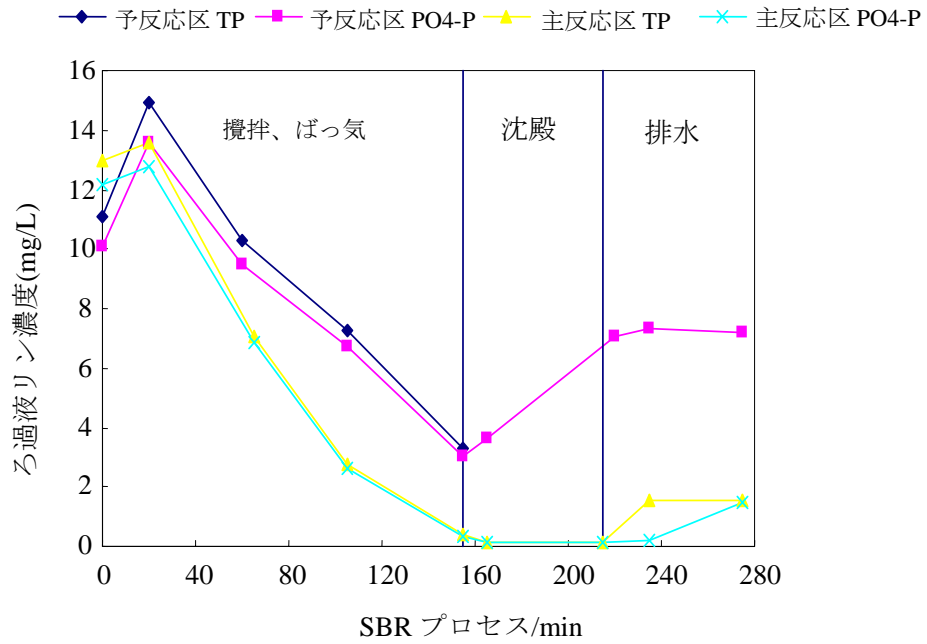


図 7.3-36 X4 汚水処理場 SBR 槽のリン変化状況

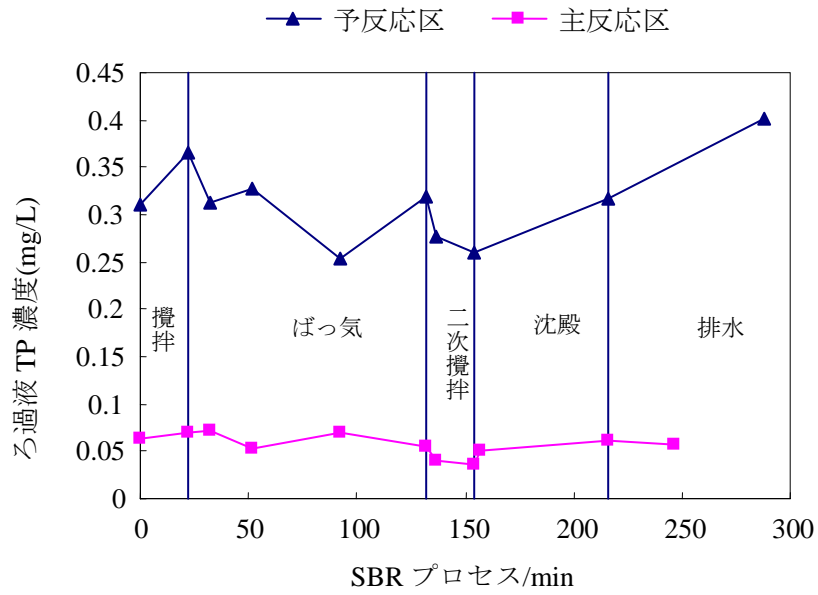


図 7.3-37 X1 汚水処理場（新処理場）SBR 槽のリン変化状況

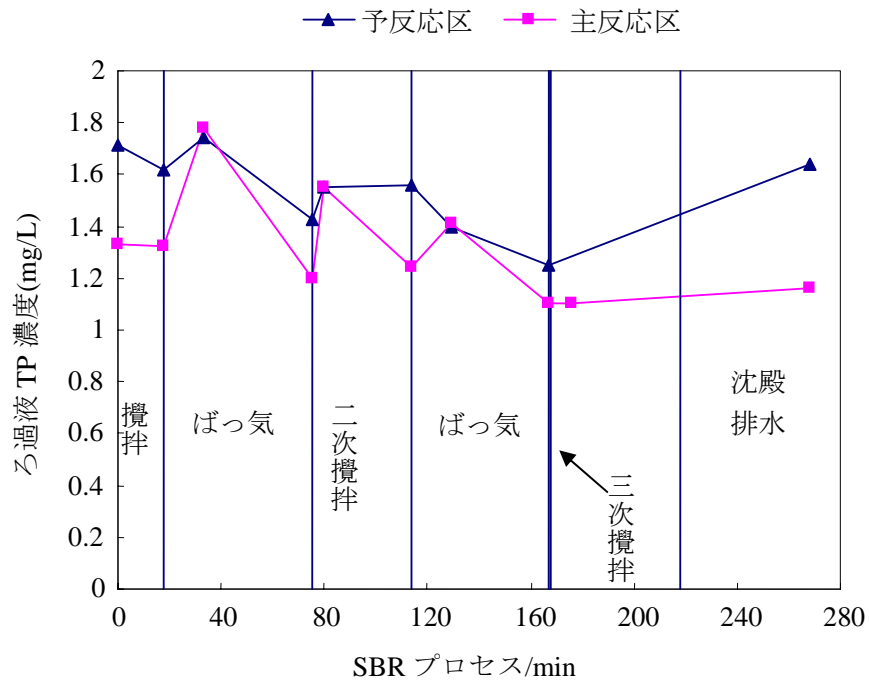


図 7.3-38 X1 汚水処理場（旧処理場）SBR 槽のリン変化状況



### 7.3.5 汚泥沈降性能

現地調査対象における汚泥沈降性能の検査・測定結果を図 7.3-39～7.3-45 に示す。

比較結果からは、従来型 SBR 法と改良型 SBR 法との間には活性汚泥の沈降性能に明らかな差異がなかった。単純に SVI 値で比較することができ、SVI 値が低ければ汚泥沈降性能は良好で沈殿速度が速く、逆に SVI 値が高ければ汚泥沈降性能が劣り汚泥沈殿速度は遅くなった。

なお、ICEAS 法は連続流入のため、主反応区の沈殿プロセスに対して一定の影響を及ぼしていた。

#### (1) X2 汚水処理場

X2 汚水処理場の汚泥沈降性能を図 7.3-39 に示す。モニタリングデータからは、この処理場の汚泥沈殿速度の平均は 2.08m/h であることが分かる。汚泥 SV<sub>30</sub> と汚泥濃度の測定を通じて求められた汚泥 SVI の平均は 57.8mL/g で、比較的低いレベルにある。図中の汚泥界面の変化からは、X2 汚水処理場の汚泥沈降性能が良好であることがわかる。

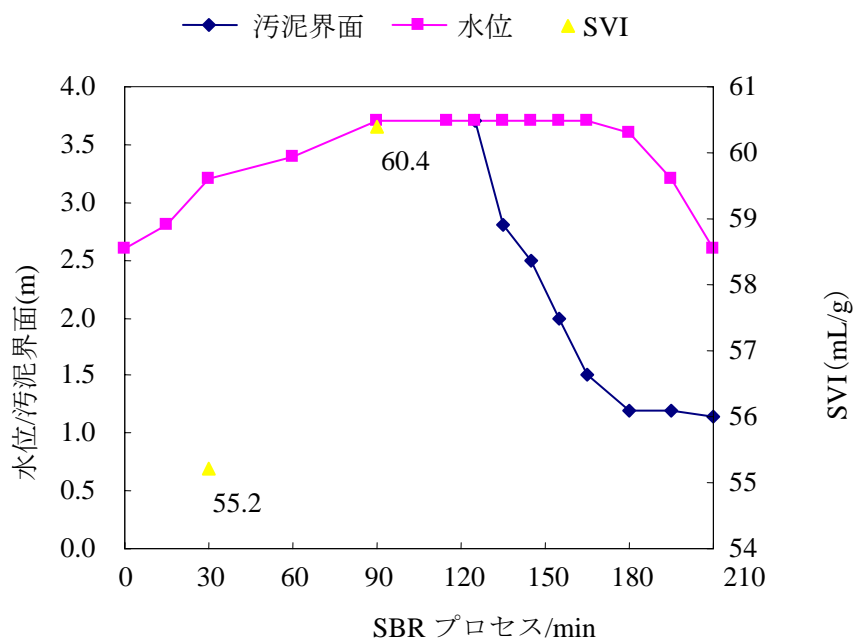


図 7.3-39 X2 汚水処理場の汚泥沈降性能

(2) X6 汚水処理場

X6 汚水処理場の汚泥沈降性能を図 7.3-40 に示す。モニタリングデータから、同処理場の汚泥沈殿速度は 1.92 m/h であることが分かる。汚泥  $SV_{(30)}$  と汚泥濃度の測定を通じて求められた汚泥の平均 SVI は 39.2mL/g で、比較的低いレベルにある。図中からは汚泥界面の変化もわかるが、X6 汚水処理場の汚泥沈降性能は良好である。

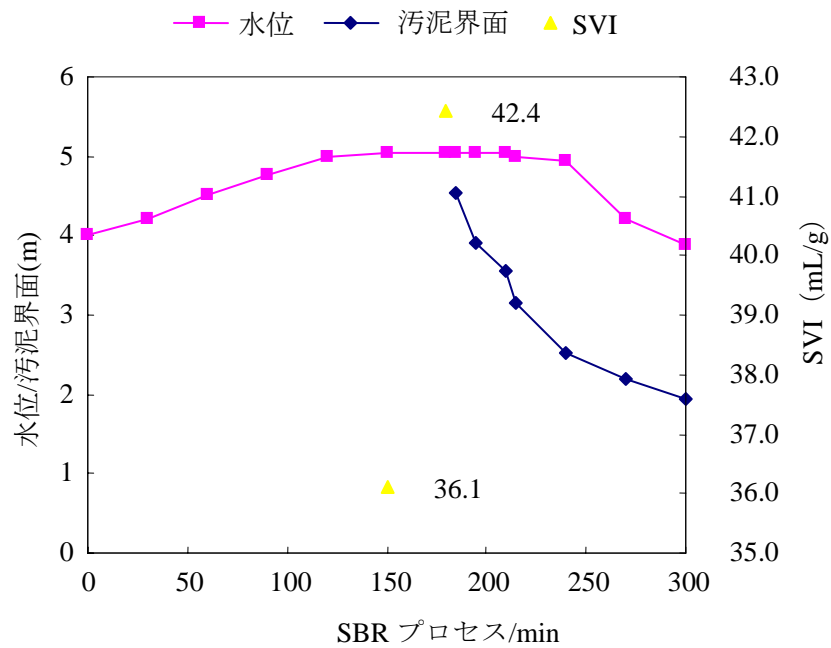


図 7.3-40 X6 汚水処理場の汚泥沈降性能

(3) X5 汚水処理場

X5 汚水処理場の汚泥沈降性能を図 7.3-41 に示す。モニタリングデータからは、この処理場の汚泥沈殿速度の平均は 1.37m/h であることが分かる。汚泥  $SV_{(30)}$  と汚泥濃度の測定を通じて、汚泥 SVI の平均は 129.2mL/g が得られ、比較的高いレベルにある。汚泥沈降性能は図中の汚泥界面の変化を見ると普通であるが、水位と汚泥界面の差が少なくなっており、もし制御が不適切であれば、汚泥の流出が生じる可能性がある。

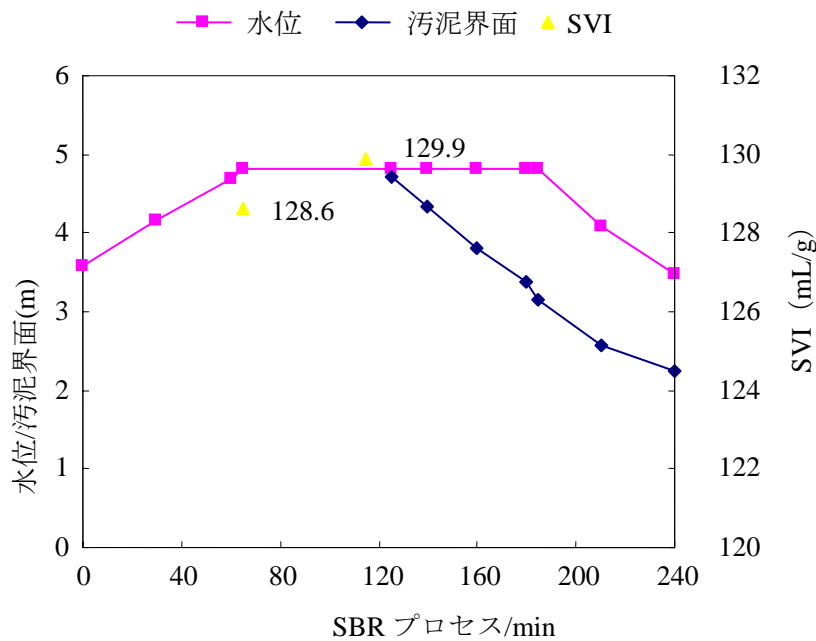


図 7.3-41 X5 汚水処理場の汚泥沈降性能

(4) X3 汚水処理場

X3 汚水処理場の汚泥沈降性能を図 7.3-42 に示す。モニタリングデータからは同処理場の汚泥沈殿速度の平均は 1.47m/h と算出される。汚泥 SV<sub>30</sub> と汚泥濃度の測定を通じて、汚泥の平均 SVI は 60.1mL/g と求められ、比較的低いレベルにある。図の汚泥界面の変化を見ると、沈殿後半の汚泥界面下降は比較的緩慢だが、沈殿開始時の汚泥沈降は急速で、20min 以内に汚泥界面はすでに比較的低い値に下降しており、その沈降性能は良好といえる。

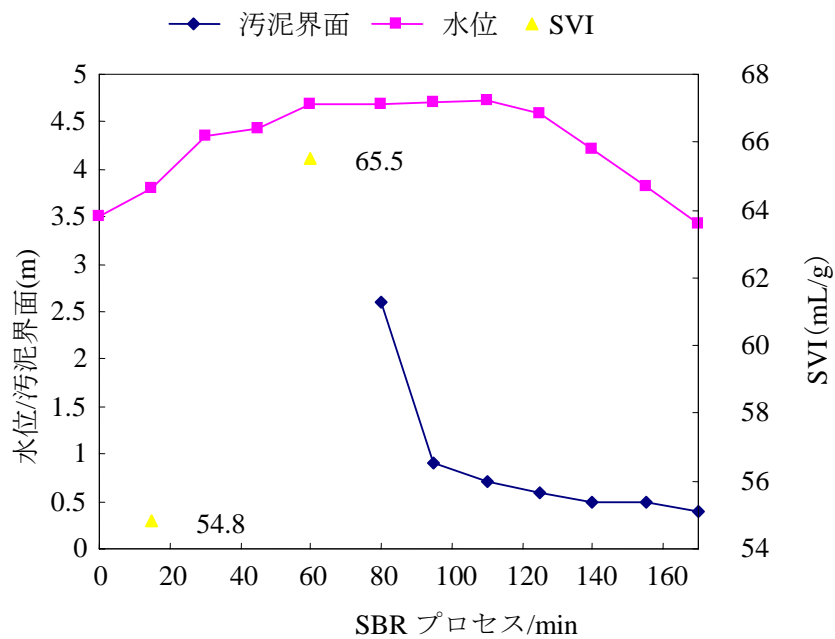


図 7.3-42 X3 汚水処理場の汚泥沈降性能

(5) X4 汚水処理場

X4 汚水処理場の汚泥沈降性能を図 7.3-43 に示す。モニタリングデータから同処理場の沈殿速度の平均は 0.63m/h と算出される。汚泥 SV<sub>30</sub> と汚泥濃度の測定を通じて、汚泥 SVI の平均は 132mL/g と求められる。図中の汚泥界面の変化を見ると、汚泥沈降性能は普通であるが、水位と汚泥界面の差が非常に小さくなっており、もし制御が不適切であれば、汚泥の流出が容易に発生する。なお、ICEAS 法の連続流入方式は主反応区の汚泥沈殿プロセスに対して一定の影響をもたらしていると思われる。

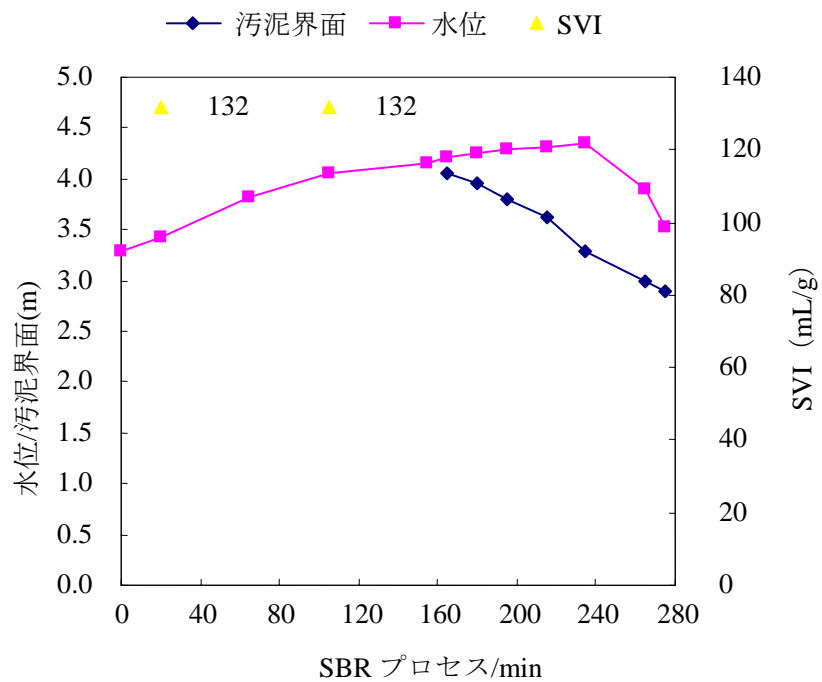


図 7.3-43 X4 汚水処理場の汚泥沈降性能

(6) X1 汚水処理場

X1 汚水処理場の新処理場、旧処理場の汚泥沈降性能を、それぞれ図 7.3-44 と図 7.3-45 に示す。モニタリングデータから汚泥沈殿速度はそれぞれ 1.88m/h、1.66m/h と算出された。汚泥 SV<sub>30</sub> と汚泥濃度の測定を通じ、新旧両処理場の汚泥平均SVIはそれぞれ 70.1mL/g、62.2 mL/g であることが分かる。図中の汚泥界面の変化を総合すると、X1 汚水処理場の汚泥沈降性能は良好であると言える。

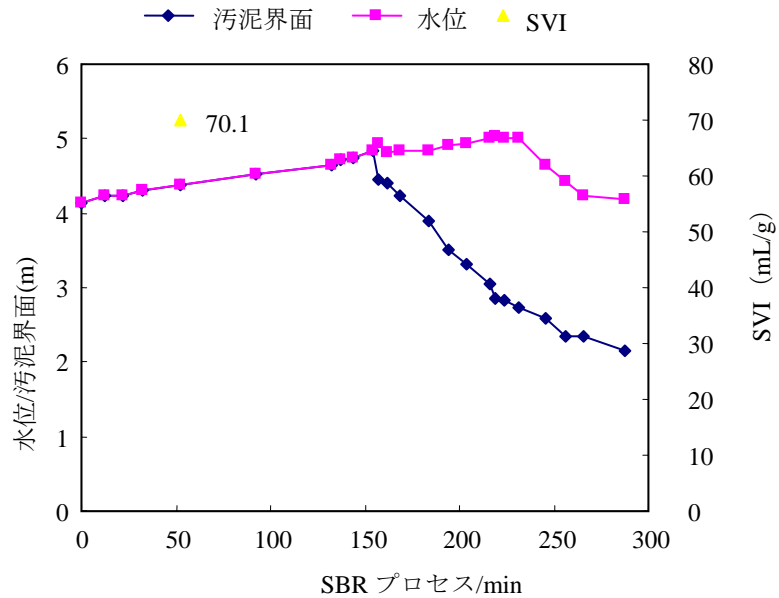


図 7.3-44 X1 汚水処理場（新処理場）の汚泥沈降性能

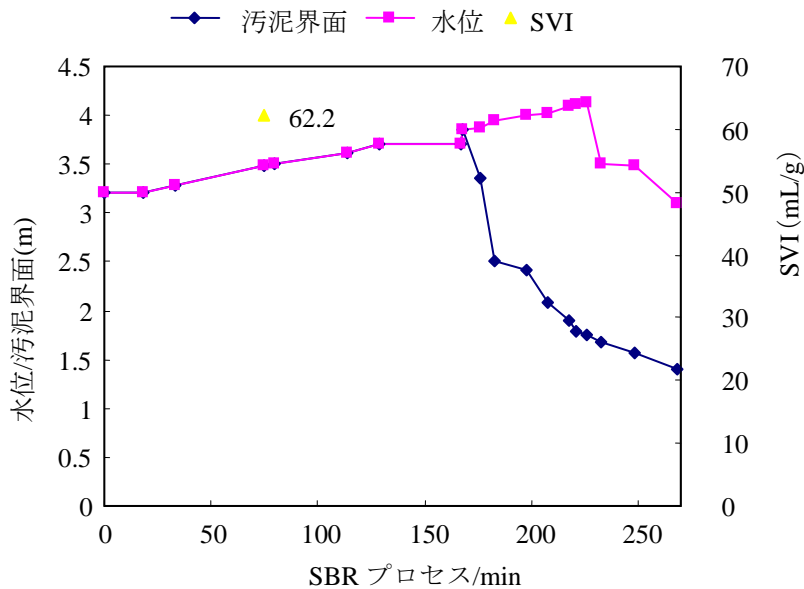


図 7.3-45 X1 汚水処理場（旧処理場）の汚泥沈降性能

## 7.4 SBR 反応槽の全体的処理効果

現地調査期間の各汚水処理場の SBR 槽流入・処理水質を図 7.4-1、7.4-2 に、除去率を図 7.4-3 に示す。

監視測定結果からは、いかなる種類の SBR 法を採用しても、全窒素の除去率はいずれも 50%以上を到達可能であることが分かる。もし、流入濃度があまり高くなければ、一般に 1 級排出基準に到達可能である。しかし、流入水の全窒素濃度が比較的高く、しかも運転条件の制御（例えばばっ気強度、SRT など）が不適切であれば、窒素除去効果に影響を及ぼすことになる。また、一部の調査対象では流入水の生分解性が劣るため、微生物活性の低下を招いていた。この対策として処理プロセスで大量の外部炭素源を加えることにより、TN は排出基準に達するが、同時に処理水の有機物と浮遊物の規準超過をもたらしていた。

従来型 SBR 法と ICEAS 法を採用する汚水処理場の全窒素除去率は、CASS 法の汚水処理場に比べて高く、いずれも 60%を上回り、大部分が 70%以上にあった。

従来型 SBR 法を採用する汚水処理場の各指標除去率は比較的高く、処理水質は完全に基準に達し（1 級 A）、2010～2011 年の監視測定データと比較すると、処理水の TP 濃度は非常に大きく改善された。

現地調査結果からは、調査対象の各指標の除去率は低くはなく、特に BOD、TP、SS の除去率はいずれも 80%以上、COD も 70%以上であった。しかし、もし 1 級 A を排出基準とするなら、1 ヲ所の調査対象の通常 6 項目指標がいずれも基準達成可能である以外は、残りの調査対象はいずれも 2～3 項目の指標が基準を達成できないことになる。規準超過が最も多い指標は BOD と SS で、4 ヲ所が規準を超えていた。その次は COD、TP と TN で、2 ヲ所が規準を超えていた。アンモニア態窒素はそれぞれ 1 ヲ所が規準を超えていた。したがって、いかにプロセスの性能を改善して更に高い排出基準の要件を満たし、そして安定的な処理効果を得られるかが、各汚水処理場に普遍的に存在する問題であり、検討に値する課題でもある。

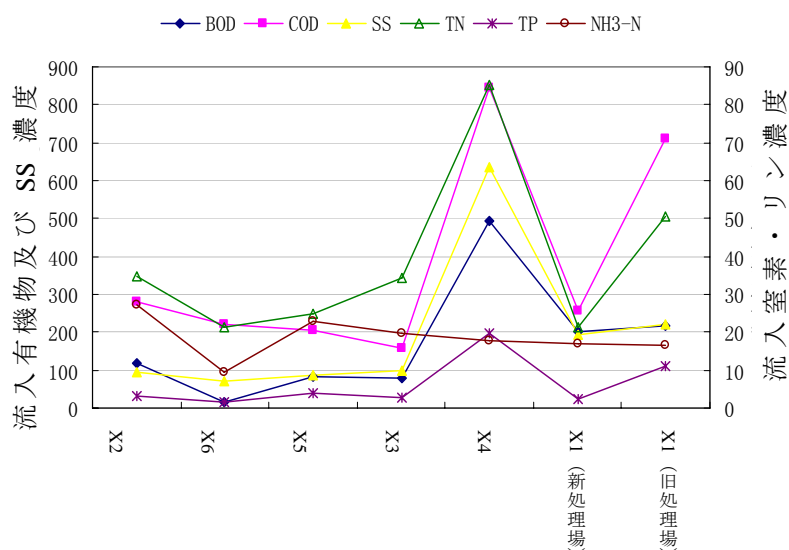


図 7.4-1 調査期間の SBR 反応槽流入汚濁物質濃度

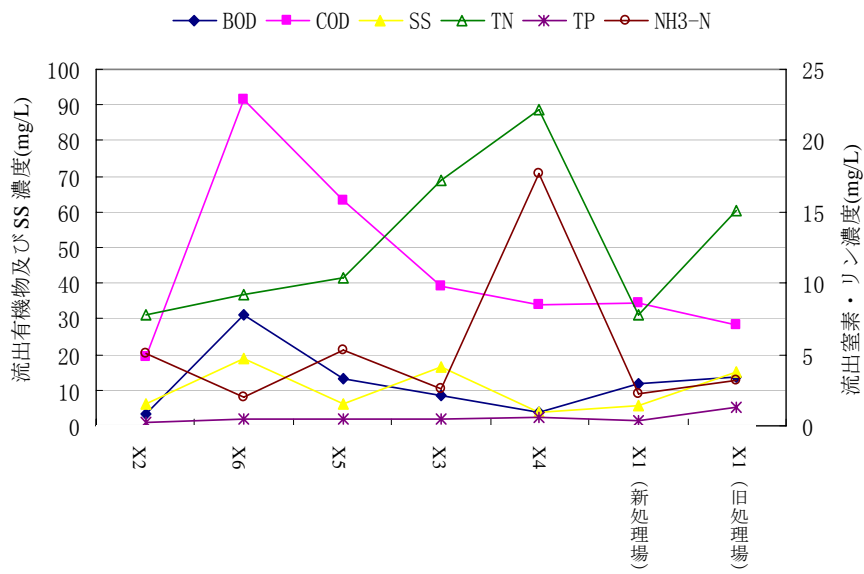


図 7.4-2 調査期間のSBR 反応槽処理水汚濁物質濃度

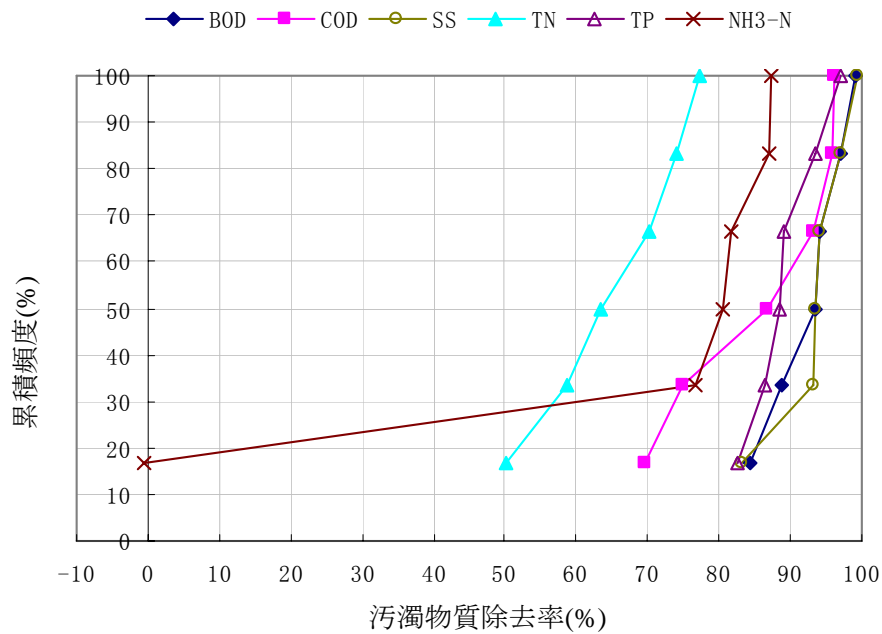


図 7.4-3 調査期間のSBR 反応槽汚濁物質除去率集計



## 7.5 主な問題点

### 7.5.1 設計上の問題点

現地調査中に発見した設計上の問題点は主として以下のものが上げられる。

流入水調整施設がない。水量・水質が大きく変動する場合、プロセス運転と処理効果にマイナス影響をもたらすことがある。規模が小さければ小さいほど、その影響が大きい。

改良型 SBR 法は監視・制御しなければならない箇所が多いため、運転管理がより難しくなる。

窒素・リン除去の高度処理改造を行う場合、既存施設の容量が不足する可能性がある。

### 7.5.2 運転プロセスの問題点

現地調査中に発見した汚水処理場運転プロセスで存在する主な問題点は以下のとおりである。

- (1) ばっ気強度が不足し、硝化効果低下を招き、全窒素の除去率が低い。
- (2) 流入水の工業廃水含有量が高く、生分解性が劣り、分解し難い有機物含有量が高く、利用可能な生物炭素源が少なく、反応槽内の微生物活性低下を招き、処理水の有機物濃度が比較的高く、かつ不安定である。
- (3) 従属栄養細菌の競合の影響により、硝化菌の増殖が抑えられ、さらに好気時間が比較的短いため、硝化効果が比較的劣る。
- (4) 汚泥 SVI 値が高い場合は、連続流入方式では汚泥の沈殿過程でも沈殿効果に悪影響をもたらす易く、また、排水段階で汚水が流入するので汚濁物質濃度が下がらず、逆に上がる現象が現れやすい。

### Ⅲ 評価編

#### 8 評価基準と評価方法

SBR 法の最大の特長は、単一のタンクに反応タンクおよび最終沈澱池としての2つの機能を持たせていることであり、他の処理法と異なり、処理水が間欠的に排出されることである。これにより、沈澱池が不要で敷地面積が小さくて良い、設備が比較的簡単で建設コストが小さく、運転管理が容易であるなどの利点があると言われている。

しかし、調査結果では、連続排出方式の他の処理法に比べて運転操作が複雑であり、実際の処理では操作の適否が処理性能に大きく影響を与えていると考えられた。

そこで、評価は先ず下水処理の基本的性能である処理水質の安定性について評価対象処理法毎の違いを確認し、その上で SBR の利点と言われている項目の優位性について検証し、欠点あるいは問題点と指摘されている項目の対応策について、検討手順を以下に示す。

##### 8.1 流入条件からみた評価

調査結果より、SBR が導入されている地域の地域特性を解析し、SBR に求められる流入条件を整理・評価する。

##### 8.2 建設／ランニングコストからみた評価

調査結果より、処理規模と建設コスト、運転管理体制、維持管理コスト等を解析し、SBR の経済性を評価する。

##### 8.3 処理効果からみた評価

調査結果より、SBR 法の流入・流出水質を分析し、2010 年から 2 カ年の月平均水質が回答された汚水処理場（表 8.3-1 に示す）の水質項目と処理状況を整理し、処理法ごとの処理性能を評価する。

なお、以下の各水質項目に示す図の箇所記号は、処理水質に影響を及ぼす可能性のある項目を考慮して、次に示す分類に従って付している。

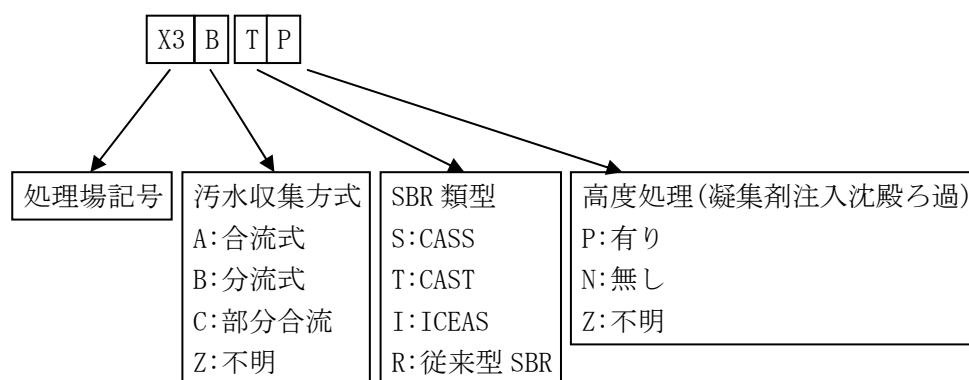


表 8.3-1 水質評価対象処理場の概要

| 処理場略称 | 月報   |      | 日報   |      | 汚水収集方式 | 処理方法  | 高度処理  |    | 図表記号  |
|-------|------|------|------|------|--------|-------|-------|----|-------|
|       | 2010 | 2011 | 2010 | 2011 |        |       | 凝集剤注入 | ろ過 |       |
| W1    | ○    | ○    |      |      | 分流     | CAST  | 有     | 有  | W1BTP |
| W2    | ○    | ○    |      |      | 分流     | CAST  | 有     | 有  | W2BTP |
| W3    | ○    | ○    |      |      | 部分合流   | CAST  | 不明    | 不明 | W3CTZ |
| W4    | ○    | ○    |      |      | 分流     | CAST  | 有     | 有  | W4BTP |
| W5    | ○    | ○    | ○    | ○    | 部分合流   | CASS  | 有     | 有  | W5CSP |
| X4    | ○    | ○    |      | ○    | 部分合流   | ICEAS | 有     | 有  | X4CIP |
| X3    |      | ○    |      |      | 合流     | CASS  | 有     | 有  | X3ASP |
| X6    | ○    | ○    |      |      | 合流     | CASS  | 無     | 無  | X6ASN |
| X5    | ○    | ○    |      |      | 部分合流   | CASS  | 無     | 無  | X5CSN |

なお、表 8.3-1 に示すように、今回評価対象とした **SBR** は、何れも従来法を改良した高度処理タイプの処理法である。したがって、今回の評価は、主に **SBR** で窒素・リン除去の高度処理を行った場合について行った。

## 8.4 施設設計面からみた評価

調査結果より、調査対象ごとの主な設計パラメータを分析し、基準・規範または処理効果に対する影響のレベルを基準に、施設の設計パラメータについて選定評価する。

## 8.5 施設運行管理面からみた評価

調査結果より、調査対象ごとの運転管理パラメータと制御方式を分析し、処理効果と運転の安定性に対する保障レベルを基準に、施設の運転管理パラメータについて評価する。

# 9 評価結果

## 9.1 流入条件からみた評価

適用規模の面では、**SBR** 法は大・中・小規模の汚水処理場でいずれも採用されているが、プロセスの特徴と設備性能パラメータの制約により、規模が大きくなるほど反応槽の数が多くなり、監視制御、調整が複雑になり、システム制御・設備メンテナンスに対する要求が高くなる。特に上澄水排出装置 1 台当たりの上澄水排出量の制限により、容積の大きい反応槽では複数台の上澄水排出装置が必要になり、これが設備の精確度に対する要求を高め、設備運転制御面の難度を増加している。そのため、現在の中国における上澄水排出装置性能と品質、自動制御システム及び運転管理のレベルから見ると、**SBR** 法は処理規模が 15 万  $\text{m}^3/\text{d}$  以下の中・小規模汚水処理場に比較的適合しているといえる。

流入水質・水量変動の対応能力の面でみると、流入負荷の変動は **SBR** 法に対する影響がある。水質の変化は生化学反応が受け入れ可能な範囲内で一般的に適応できるが、水量変動に対しては他の連続式の反応槽より比較的大きな影響を受ける。初期と比較して、近年の **SBR** 法の採用規模は、多くが数万トン級以上であり、多系列を設置することにより

SBR 法の適用範囲を広げている。しかし、1 サイクルの運転時間を自動制御する運転方式は、SBR 法の水量変動に対する優位性を部分的に喪失させている。具体的には、一つの系列と一つの工程を調整する場合、他の系列と工程も同時に調整しなければならないため、運転過程と運転方式の変更が処理効果に影響を与える。また、反応槽内の水位変動は散気装置の吐出圧を変化させるため、複数系列のばっ気量に不均衡が生じ、個々の系列の運転サイクル時間にも影響を及ぼし、それにより処理効果の低下を招くことがあるからである。そのため、規模が大きく多系列運転を行わなければならない施設では、水量変動により発生する影響に対して、施設的设计面から考慮しなければならない。

一方、SBR 法を小城镇で利用する場合、水量の変動は対策をさらに考慮しなければならない。また、合流式では流入変動がさらに大きくなる。

大都市に比べ、小城镇の汚水は以下の特徴をもつため、小城镇污水处理場の設計と運営及び保守管理ではこれらの特徴を十分に考慮しなければならない。

- 汚水総量の地域間差異が比較的大きい。
- 農村に接近した地域であるほど、汚水の単位収集量が少なくなる。
- 水量・水質の変動（時間差、日差、季節差、年間差）が大きい。
- 開水路が比較的多く、流入水に大量の夾雑物と土砂が混じる。

現地調査対象である雲南省の4カ所の污水处理場の流入量の変動は表9.1-1で示した通りである。表中の処理場の順序は昆明市の中心からの遠近で配列しており、上方ほど昆明市の中心に近く、ライフスタイルは都市型で、下へ行くほど、県・鎮型に属する。「月間最大/月間最小比」からは、表の上の部分の月間差が非常に小さく、下の部分の月間差が比較的大きいことが分かる。これは都市中心から離れた地域であるほど開水路が多く、降雨量の影響を大きく受けることを証明している。データが少ないため、日間変化の法則性は強くないが、全体的にみると、中規模処理場の日毎変化が小規模処理場より小さい傾向がある。

SBR 法は、負荷の変化に対応し良好な処理効果を維持しようとする、水量と水質の変動に従って、反応槽の運行方法を調整しなければならない。小城镇で小規模であるほど水量と水質の変動が大きくなるため、調整の頻度と程度も大きくなり、運転管理は相対的により複雑になる。したがって、流入水量・水質の変動状況に適應する設計・運営及び維持管理上の配慮が必要である。

表 9.1-1 現地調査を実施した雲南省污水处理場の汚水量変化の比較

| 污水处理場略称 | 処理水量 (2011 年の実際データ)        |                            |                            |             |             |                            |                            |             |
|---------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|-------------|----------------------------|----------------------------|-------------|
|         | 日差                         |                            |                            |             |             | 月間差                        |                            |             |
|         | 日平均<br>(m <sup>3</sup> /日) | 日最大<br>(m <sup>3</sup> /日) | 日最小<br>(m <sup>3</sup> /日) | 日最大<br>/日平均 | 日最大<br>/日最小 | 月最大<br>(m <sup>3</sup> /月) | 月最小<br>(m <sup>3</sup> /月) | 月最大<br>/月最小 |
| X1      | 209,055                    | 262,645<br>[2011/9/9]      | 169,244<br>[2011/3/22]     | 1.3         | 1.6         | 6,276,248                  | 5,254,209                  | 1.2         |
| X2      | 11,206                     | 14,560<br>[2011/8/23]      | 7,142<br>[2011/4/29]       | 1.3         | 2.0         | 379,415                    | 293,917                    | 1.3         |
| X4      | 9,146                      | 17,193<br>[2011/9/22]      | 5,667<br>[2011/3/30]       | 1.9         | 3.0         | 329,719                    | 218,458                    | 1.5         |
| X3      | 11,330                     | 15,496<br>[2011/3/18]      | 8,549<br>[2011/10/29]      | 1.4         | 1.8         | 416,526                    | 268,431                    | 1.6         |

## 9.2 建設／ランニングコストからみた評価

### 9.2.1 建設費用

90%の調査対象の汚水処理能力当たり投資額は 1,000～4,000 元/m<sup>3</sup> の間で、全体的にはやや高い。平均汚水処理能力当たり投資額は 2,313 元/m<sup>3</sup> で、そのうち 50%の調査対象の汚水処理能力当たり投資額は 2,000 元/m<sup>3</sup> 以下である。調査対象の中で、汚水処理場の規模が大きいほど、m<sup>3</sup> 当たり水量の投資額は低くなる。適用する排出基準が高いほど、汚水処理能力当たり投資額は大きくなる。これは一般的な法則性と一致する。その他、SBR 法のタイプと汚水処理能力当たりの投資額との相関性は無い。

### 9.2.2 運転保守管理コスト

ランニングコストには主に電力料金と薬品費用、人件費、メンテナンス費用などが含まれ、また規模（サービス対象面積、サービス対象人口、設計処理量）、水質（流入水質、放流水質の要求レベル）、高度処理の状況など各種要素の影響を受ける。得られた調査結果から見ると、調査対象の中で 93%の汚水処理場の直接的ランニングコストが 0.25～1.3 元/m<sup>3</sup> の間であり、平均ランニングコストは 0.84 元/m<sup>3</sup> である。95%の汚水処理場の汚水処理水量当たり電力消費量が 0.48kWh/m<sup>3</sup> 以内で、平均汚水処理水量当たり電力消費量は 0.28kWh/m<sup>3</sup> である。その他処理法との同期比の差異は小さい。

2 級、1 級 B、1 級 A の排出基準を実施する SBR 汚水処理場の平均汚水処理水量当たり電力消費量は、それぞれ 0.11kWh/m<sup>3</sup>、0.20kWh/m<sup>3</sup>、0.36kWh/m<sup>3</sup> で、その他の同種処理法と比較して明らかな差異はない。全体的には、汚水処理水量当たり電力消費量は排出基準が高まるに従って増大するが、プロセスのタイプとの相関性は明らかでない。

調査対象の中で、規模が ≤1.5 万/m<sup>3</sup> の場合、単位当たりの運転担当者の平均は 16.9 人である。規模 ≤3 万/m<sup>3</sup> の場合、単位当たりの運転担当者の平均は 6.1 人である。規模が 3～20 万/m<sup>3</sup> の場合、単位当たりの運転担当者の平均は 2.9 人である。ここからは汚水処理場の規模が小さいほど、単位水量当たりの人員は多くなり、対応する人件費は高くなることから分かる。図 9.2-1 を参照されたい。

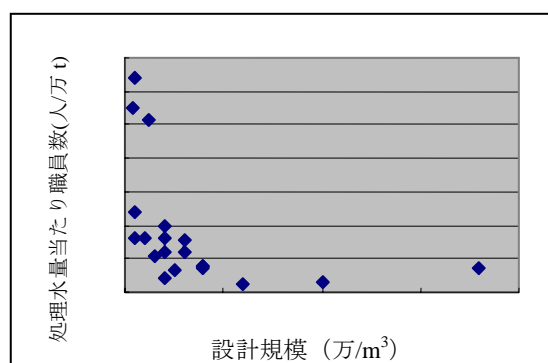


図 9.2-1 単位処理規模と処理能力当たりの職員数の関係

現地調査を実施した雲南省の 4 ヲ所の汚水処理場を例にすると、その運転管理者数と比率は表 9.2-2 で示す通りである。X1 汚水処理場を除いて、他の処理場の運転管理担当者数はわずか 10～12 人であるが、単位処理能力当たりの人数から見ると、汚水処理能力 1 万トン当たりの平均人数は X1 汚水処理場の 1.9 人に対して、他の処理場は 10 人前後である。

小規模汚水処理場は中・大規模の汚水処理場に比べ、人件費が高いことが明らかである。

表 9.2-2 現地調査対象処理場における現場運営管理人数

| 汚水処理場略称 | 日平均処理量 (m <sup>3</sup> /日) | 管理人員 | 現場レベル運転管理員 |    |       |    |      | 現場運転管理者合計 | 単位処理量現場運転管理員数 (人/万 m <sup>3</sup> ・日) |
|---------|----------------------------|------|------------|----|-------|----|------|-----------|---------------------------------------|
|         |                            |      | 技術管理者      |    | オペレータ |    | 水質分析 |           |                                       |
|         |                            |      | 運転         | 設備 | 運転    | 設備 |      |           |                                       |
| X1      | 209,055                    | 1    | 1          | 1  | 24    | 11 | 3    | 40        | 1.9                                   |
| X2      | 11,206                     | 4    | 1          | 1  | 7     |    | 3    | 12        | 10.7                                  |
| X4      | 9,146                      | 2    |            | 1  | 6     | 3  | 1    | 11        | 12.0                                  |
| X3      | 11,330                     | 2    |            |    |       | 8  | 2    | 10        | 8.8                                   |

注\* : 2011年のデータを採用

小規模レベルでは、地域間の協力を展開しなければ、汚水処理施設の建設と運営費用が比較的高くなることに注意しなければならない。それ以外に、技術者と管理者の経験が不足していれば、合理的な運営、管理、施設の検査及び補修などの業務を行うことができず、長期にみると施設の老朽化、故障の多発などの問題が出現し、結果としてさらにコスト増加を招くと考えられる。

その他に、城鎮レベルでは非常に多くの箇所で十分な予算の確保が難しいため、周辺の郷・鎮・村と協力し、地域横断的な汚水処理体系を構築しなければならない。また、運営面では、おそらく技術者不足という状況が存在するため、運転管理しやすい処理法を選択することは最も重要な要件となる。

## 9.3 処理効果からみた評価

### 9.3.1 調査結果の概要

調査に応じた 22 ヶ所の汚水処理場の中で、1 級 A、1 級 B、2 級の排出基準を実施しているのは、それぞれ 13 ヶ所、7 ヶ所、2 ヶ所である。処理効果から見ると、82%の汚水処理場の月平均放流指標がいずれも排出基準に達している。しかし、1 級 A 基準を実施している処理場の一部は、一部の月で基準に達しない指標がみられた。基準に安定的に到達しない状況は、ほとんど水温が比較的低い 12~3 月に現れており、基準に達しない主な指標はアンモニア態窒素、TP がある。これは排出基準の要求が高い場合は、各指標の安定的基準達成が困難であることを物語っている。

調査結果からは、SBR 法は一般に化学的処理を付加しなくても、TP の『城鎮汚水処理場汚染物質排出基準』GB18918-2002 中の 1 級 B 基準の要件達成が可能であることが分かった。しかも、設計、運転が適切であれば、ある程度の流入濃度の変動があっても、比較的良好な処理効果を得られていた。しかし、化学脱リンの採用により更に良好な処理水質に達することが必要になれば、この処理法は他の独立した最終沈殿池を持つ処理法ほど操作が容易ではなくなる。主な問題は、他の処理法と同様に反応槽に凝集剤を直接注入しようとする、混合時間と流動形態の制限及び SBR 法特有の水位変動があるため、薬剤投入量と混合の均一性の実現が比較的に難しく、しかも運転サイクルの段階制御との連動も必要になり、自動制御システムの難度と運転の不安定性が増す。したがって、SBR 法では一般に流量調整機能を有する混合凝集装置と沈殿施設を独立して設ける必要が生じる。

小城镇污水处理場においては、水量・水質変動プロセス運転の安定性に対する影響はより大きくなる。このため、SBR 法の設計と運転管理の中で、各種マイナス要素を十分に考慮し、設計プラン(施設とパラメータ)と運転条件を合理的に決定しなければならない。

### 9.3.2 処理水質の安定性

下水処理では、処理の安定性が最も重要な機能である。そこで、調査で取得できた 2010 年から 2 カ年の月平均水質を用いて、SBR 各処理法の処理水質の安定性について以下に評価する。なお、本調査で得られた 2, 3 の日報例を用いて、月平均水質による評価の信頼性について検証したものを、次の節に参考として示す。

#### (1) 処理水量

処理水量の月別平均値が得られた 7 処理場の処理水量の累積頻度を図 9.3-1 に示す。また、処理水量の統計量と変動比(最大/平均)を図の下欄に併せて示した。

月平均処理水量をみると、7 処理場は 1,000~100,000m<sup>3</sup>/日の範囲にあり、10,000 m<sup>3</sup>/日前後を中心に幅広く分布している。中国では、SBR が中規模以下の幅広い範囲で使用されていることを考慮すると、規模の面では概ね導入実績を反映していると考えられる。

最大値/平均値比と処理水量の関係を図 9.3-2 に示す。測定点の分布をみると、X4CIP を除けば、処理規模が大きくなるほど比が小さくなる傾向があり、X4CIP を除いた 6 処理場のプロットを指数回帰した場合が最も相関係数が高く、次式で示された。

$$y = 1.63 \exp(0.00338 \cdot Q) \quad (R^2 = 0.968)$$

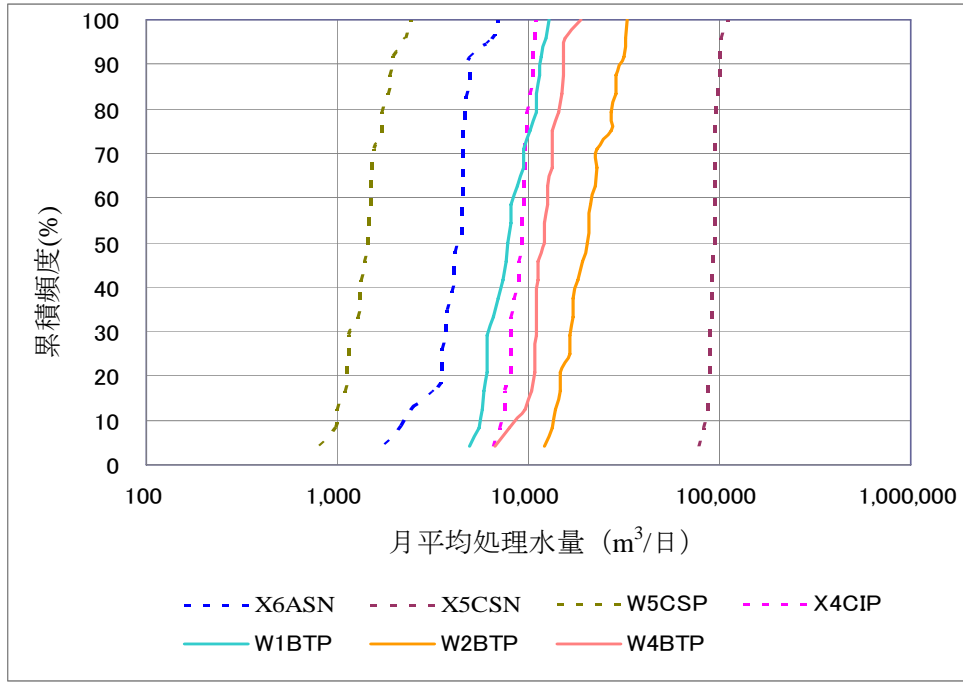
式中、y：日処理水量の月平均値の最大/平均比（－）

Q：日処理水量の年間平均値(m<sup>3</sup>/日)

一般に、設計値として採用される日最大水量と日平均水量の比は、上水道の使用量実績等から決められ、日本の場合、最大値/平均値比は処理規模によらず 1.2~1.5（日最大水量に対する日平均水量の比：0.7~0.8）とされることが多い。

今回の結果では、処理規模が小さいほど最大値/平均値比が大きくなり、処理規模 1 万ト m<sup>3</sup>/日程度以下の処理場では、日平均水量の変動比を設計上 1.5~1.6（日最大水量に対する日平均水量の比：0.6~0.7）程度を見込む必要があることになる。

しかし、今回の調査は計測処理場数が少なく推測の域を出ない。したがって、今後詳細な補足調査を実施して実態を明らかにすることが求められる。



| 指標         | X6ASN | X5CSN   | W5CSP | X4CIP  | W1BTP  | W2BTP  | W4BTP  |
|------------|-------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 平均値 (m³/日) | 4,180 | 93,094  | 1,474 | 9,025  | 8,368  | 21,355 | 12,285 |
| 最大値 (m³/日) | 6,891 | 110,884 | 2,406 | 10,926 | 12,883 | 33,097 | 18,884 |
| 最小値 (m³/日) | 1,770 | 77,653  | 805   | 6,575  | 4,942  | 12,132 | 6,668  |
| 最大/平均(-)   | 1.65  | 1.19    | 1.63  | 1.21   | 1.54   | 1.55   | 1.54   |

図 9.3-1 処理水量の累積頻度

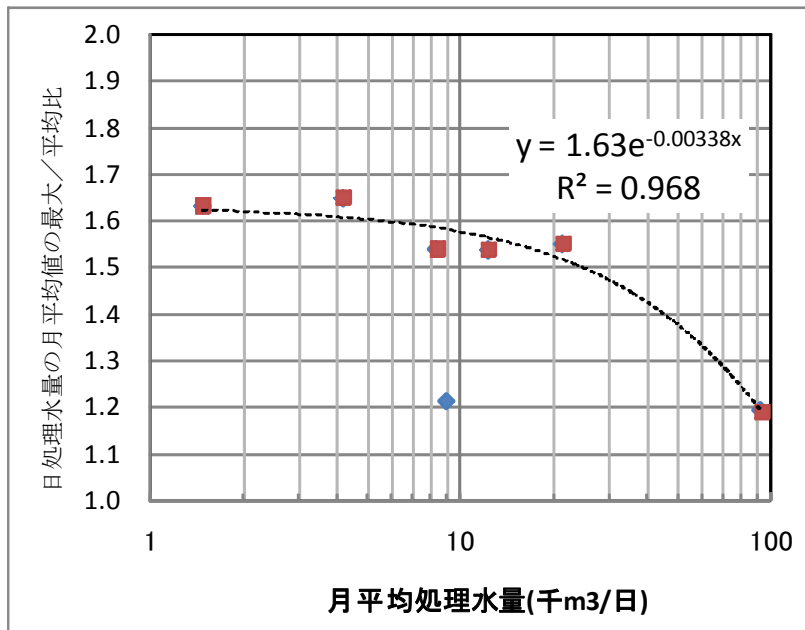


図 9.3-2 最大値/平均値比と処理水量の関係



(2) COD

COD<sub>Cr</sub>は、有機汚濁物質の総量を表し、流入水質の特性および各処理法の基本的な能力を評価する上で重要な指標である。

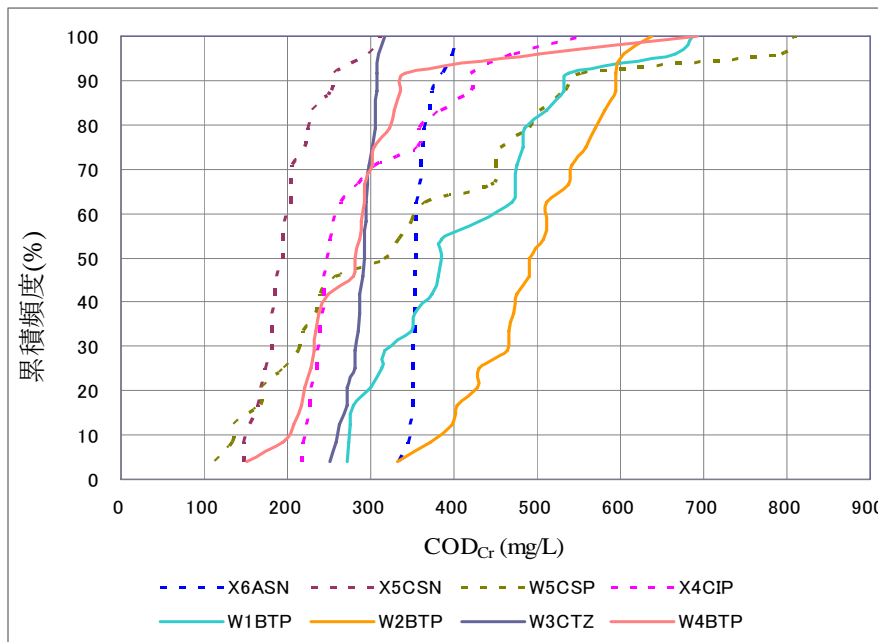
流入水と処理水の COD<sub>Cr</sub> の累積頻度分布を図 9.3-3、図 9.3-4 に、除去率の累積頻度分布を図 9.3-5 に示す。なお、各図に添付した統計量には、流入水と処理水は最大/平均比を、除去率は最小/平均比を併せて示した。

流入水の累積頻度分布と平均値で比較すると、分流式の W1BTP と W2BTP でやや高い傾向があるものの、合流式の X6ASN も比較的高いため、污水収集方式による顕著な違いは認められなかった。分布の幅が大きいのは、部分合流式の W5CSP と分流式の W4BTP で、月平均値であるにもかかわらず最大/平均比が 2 倍以上と大きく変化していた。

処理水の累積頻度分布は、概ね 30mg/L 以下に分布する比較的処理が良好なグループ (X5CSN、X4CIP、W4BTP)、20~50mg/L 程度の範囲で大きく変動するグループ (W5CSP、W1BTP、W2BTP)、40~50mg/L 程度の比較的高い濃度で推移するグループ (X6ASN、W3CTZ) の 3 つに分類できる。

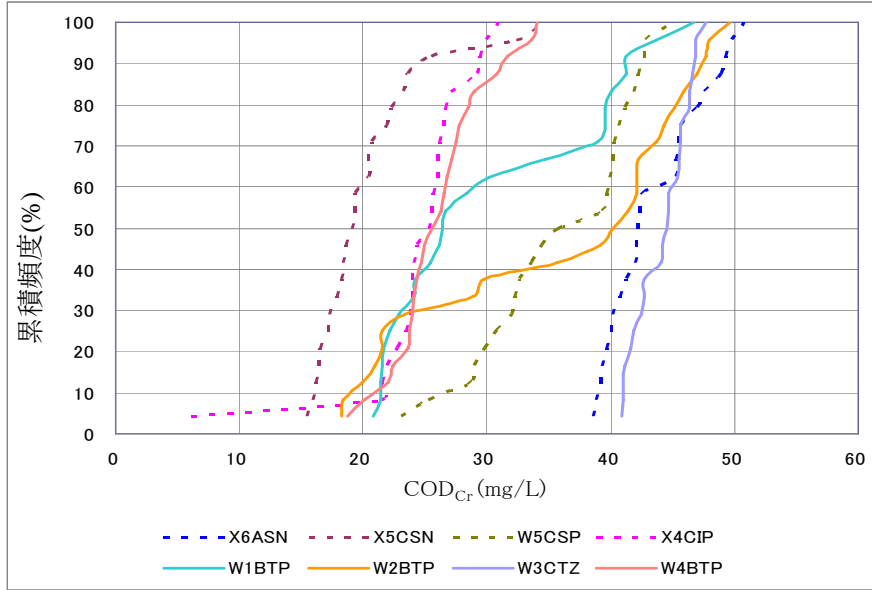
除去率をみると、変動幅がわりと大きい W5CSP で 75%程度まで低下しているのを除けば最低でも 83%以上が確保され、処理法によらず概ね良好に処理されている。なお、W5CSP では、流入水に比べて処理水の変動幅が大幅に小さくなっており、除去率の低下は流入水濃度の低下が原因と考えられる。

以上から、COD<sub>Cr</sub> の評価では流入水質の違いを十分考慮する必要があり、それを考慮すれば何れの処理法でも COD<sub>Cr</sub> は良好に処理されていると考えられる。



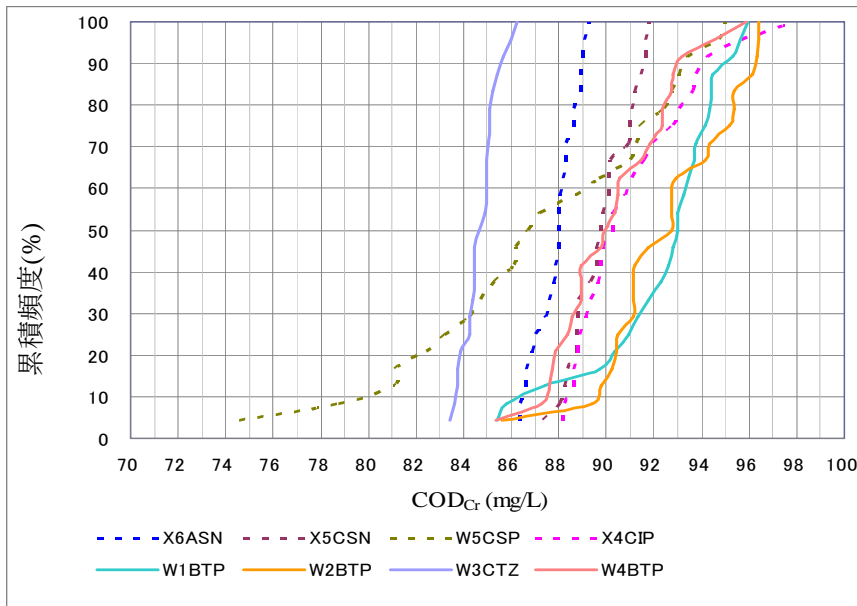
| 指標         | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値 (mg/L) | 360   | 203   | 353   | 297   | 417   | 499   | 290   | 292   |
| 最大値 (mg/L) | 405   | 311   | 809   | 557   | 687   | 638   | 317   | 692   |
| 最小値 (mg/L) | 334   | 147   | 113   | 216   | 272   | 333   | 251   | 150   |
| 最大/平均 (-)  | 1.12  | 1.53  | 2.29  | 1.87  | 1.65  | 1.28  | 1.09  | 2.37  |

図 9.3-3 流入水 COD<sub>Cr</sub> の累積頻度分布



| 指標         | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値 (mg/L) | 44    | 20    | 36    | 25    | 30    | 36    | 44    | 26    |
| 最大値 (mg/L) | 51    | 35    | 45    | 31    | 47    | 50    | 48    | 34    |
| 最小値 (mg/L) | 39    | 15    | 23    | 6     | 21    | 18    | 41    | 19    |
| 最大/平均(-)   | 1.17  | 1.70  | 1.26  | 1.25  | 1.54  | 1.39  | 1.08  | 1.30  |

図 9.3-4 処理水 COD<sub>Cr</sub> の累積頻度分布



| 指標         | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値 (mg/L) | 88    | 90    | 87    | 91    | 92    | 93    | 85    | 90    |
| 最大値 (mg/L) | 89    | 92    | 95    | 98    | 96    | 96    | 86    | 96    |
| 最小値 (mg/L) | 86    | 87    | 75    | 88    | 85    | 86    | 83    | 85    |
| 最小/平均(-)   | 0.98  | 0.97  | 0.85  | 0.97  | 0.93  | 0.92  | 0.98  | 0.94  |

図 9.3-5 COD<sub>Cr</sub> 除去率の累積頻度分布

### (3) BOD<sub>5</sub>

BOD<sub>5</sub>は、微生物が5日間に消費する酸素の総量を表し、総合的な汚濁指標として重要である。ただし、測定時の微生物の種類や量により、測定される汚濁質が異なることがあるので、解析・評価には留意が必要である。

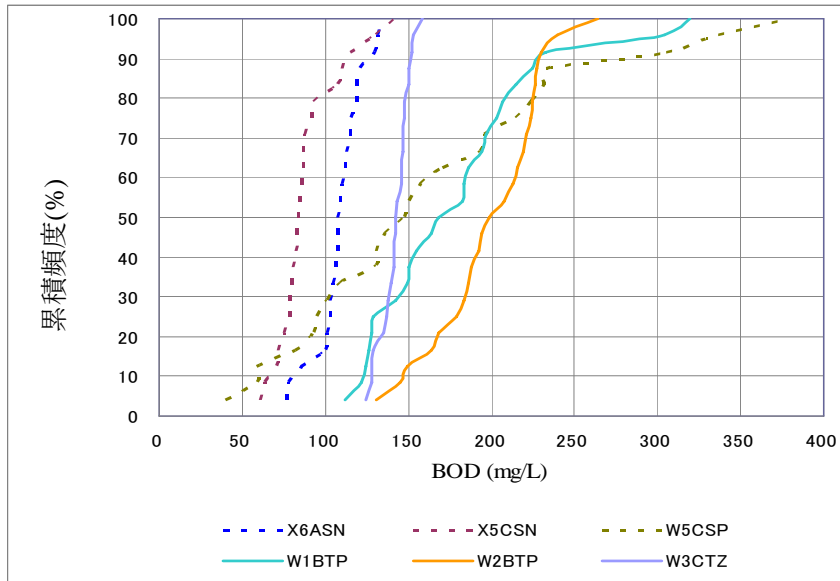
BOD<sub>5</sub>に十分な数のデータがなかったX4CIPとW4BTPを除く6か所について、流入水と処理水のBOD<sub>5</sub>の累積頻度分布を図9.3-6、図9.3-7に、除去率の累積頻度分布を図9.3-8に示す。なお、各図に添付した統計量には、流入水と処理水は最大/平均比を、除去率は最小/平均比を併せて示した。

流入水の累積頻度分布は、汚水収集方式により多少の違いがみられ、分流式のW1BTP、W2BTPが高く、部分合流のX5CSNと合流式のX6ASNで低くなる傾向が認められる。合流式では雨水による希釈のほか、管きょ径が太く流下中に生物分解が進みやすいことも一因と考えられる。

処理水の累積頻度分布は、何れも15mg/L未満で良好に処理されているものの、処理法により傾向が分かれている。CASS法(破線)の3か所はほぼまとまっているのに対し、CAST法では、W3CTZが高く、W1BTPとW2BTPが低く、両極端に分かれている。W3CTZは、処理水のSSも他に比べて高く、その影響がBODにも現れていると考えられる。これを除いて比較すれば、沈殿開始前に流入を停止するCAST法のBODが2~8mg/Lの範囲で推移するのに対して、沈殿工程まで流入するCASS法では5~8mg/Lの範囲にある。

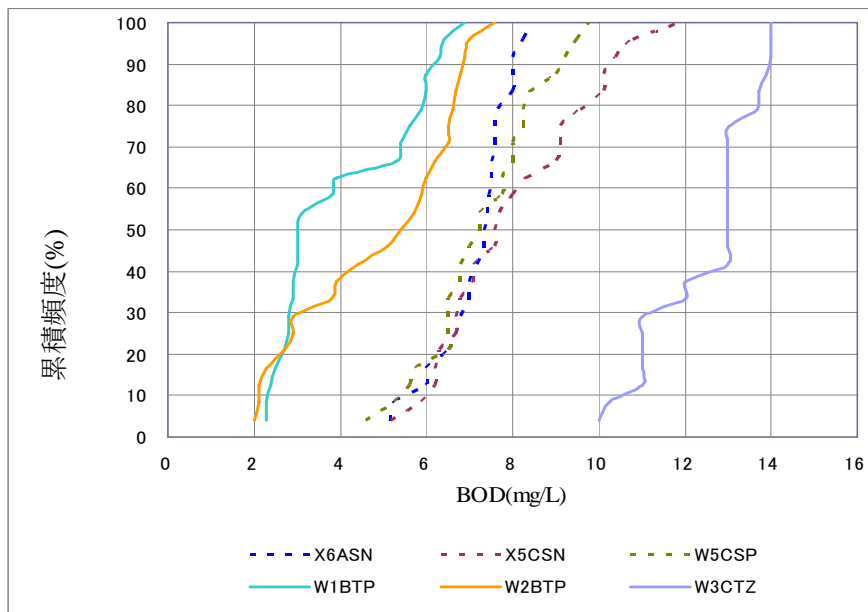
除去率をみると、CAST法では、W3CTZを除けば95~99%の高い除去率を維持しているのに対し、CASS法の3か所はCAST法より明らかに低く、87~98%の範囲に分散している。

以上から、BODは他の水質項目の影響を十分考慮する必要があるものの、それを考慮すれば何れの処理法でもほぼ良好にされていると評価される。なお、沈殿工程まで流入を継続するCASS法では排水時に流入水の一部が短絡流を起し、処理水質を僅かに悪化させている可能性があり、維持管理上、短絡流の発生に十分留意する必要がある。



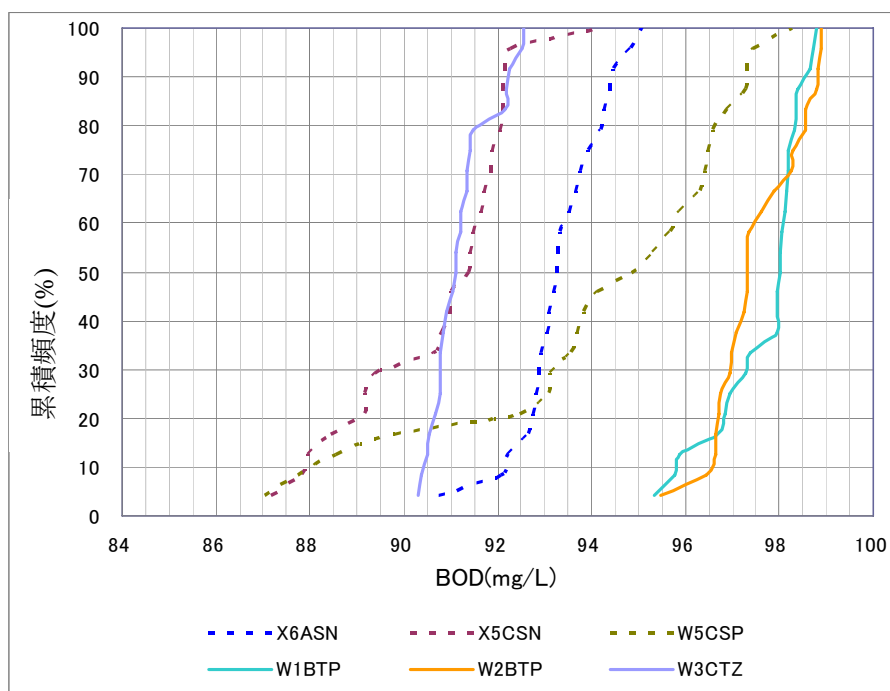
| 指標         | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値 (mg/L) | 109   | 89    | 166   | -     | 180   | 200   | 142   | -     |
| 最大値 (mg/L) | 135   | 142   | 379   | -     | 319   | 264   | 158   | -     |
| 最小値 (mg/L) | 77    | 61    | 41    | -     | 112   | 131   | 124   | -     |
| 最大/平均 (-)  | 1.24  | 1.60  | 2.28  | -     | 1.77  | 1.32  | 1.11  | -     |

図 9.3-6 流入水 BOD の累積頻度分布



| 指標         | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値 (mg/L) | 7.1   | 8.1   | 7.3   | -     | 4.1   | 4.9   | 12.5  | -     |
| 最大値 (mg/L) | 8.4   | 11.9  | 9.8   | -     | 6.9   | 7.6   | 14.0  | -     |
| 最小値 (mg/L) | 5.2   | 5.2   | 4.6   | -     | 2.3   | 2.0   | 10.0  | -     |
| 最大/平均 (-)  | 1.17  | 1.48  | 1.33  | -     | 1.70  | 1.55  | 1.12  | -     |

図 9.3-7 処理水 BOD の累積頻度分布



| 指標        | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値(mg/L) | 93    | 91    | 94    | -     | 98    | 98    | 91    | -     |
| 最大値(mg/L) | 95    | 94    | 98    | -     | 99    | 99    | 93    | -     |
| 最小値(mg/L) | 91    | 87    | 87    | -     | 95    | 95    | 90    | -     |
| 最小/平均(-)  | 0.97  | 0.96  | 0.92  | -     | 0.98  | 0.98  | 0.99  | -     |

図 9.3-8 BOD 除去率の累積頻度分布

(4) SS

SS は浮遊性物質を表し、処理施設の固液分離性能を表す指標として重要である。

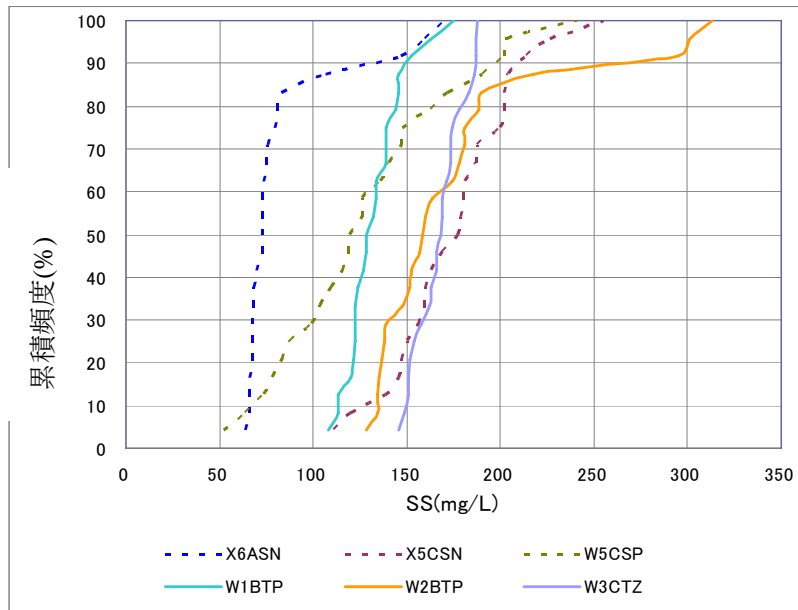
BOD<sub>5</sub>と同様に、SS に十分な数のデータがなかった X4CIP と W4BTP を除く 6 か所について、流入水と処理水の SS の累積頻度分布を図 9.3-9、図 9.3-10 に、除去率の累積頻度分布を図 9.3-11 に示す。なお、各図に添付した統計量には、流入水と処理水は最大/平均比を、除去率は最小/平均比を併せて示した。

流入水の累積頻度分布を、平均値でみると、合流式の X6ASN が 80mg/L 程度と低いほかは、分流式と部分合流式共に 120~180mg/L の範囲に分布し、違いはほとんど見られない。

処理水の累積頻度分布は、W3CTZ が 12~15mg/L と高い範囲にあるのに対して、X5CSN の累計頻度 10%以下と 90%以上を除けば、何れも 5~9mg/L の範囲で良好に処理されている。良好な処理を示した 4 処理場のうち不明の 1 か所を除く 3 か所がろ過設備を有しており、ろ過設備の有無が処理水質に大きく影響していると考えられる。

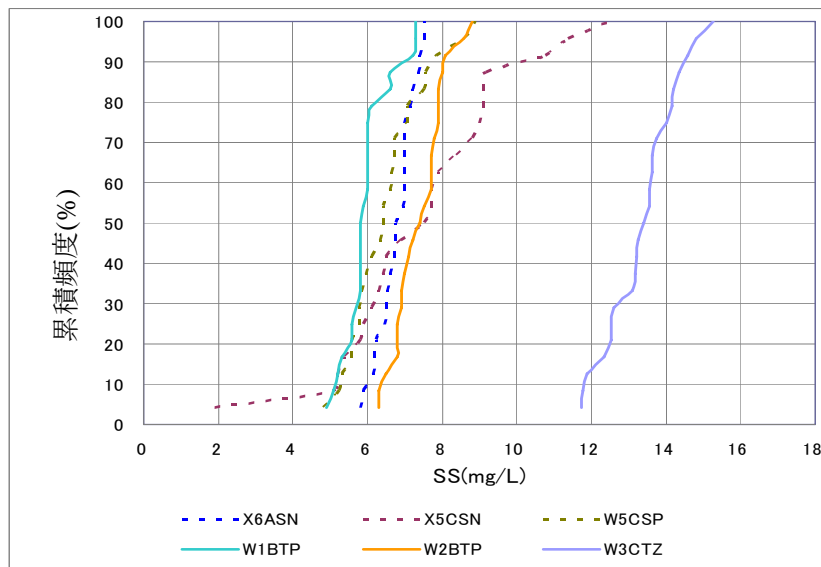
除去率の平均値をみると、流入濃度が低い X6ASN と処理水濃度が高い W3CTZ で 91~92%程度であるが、それ以外は 94~96%と良好な値となっている。

以上から、SS は生物反応タンク流出水では 10mg/L 以上で不安定な箇所も見られるが、ろ過設備を設置することにより 10mg/L 未満の良好な水質を安定して確保できると評価される。なお、処理水 SS の大半は微粒子状の微生物と考えられ、前述のように BOD に影響するほか、後述の T-N や T-P などにも影響を与えるので、十分に管理することが望ましい。



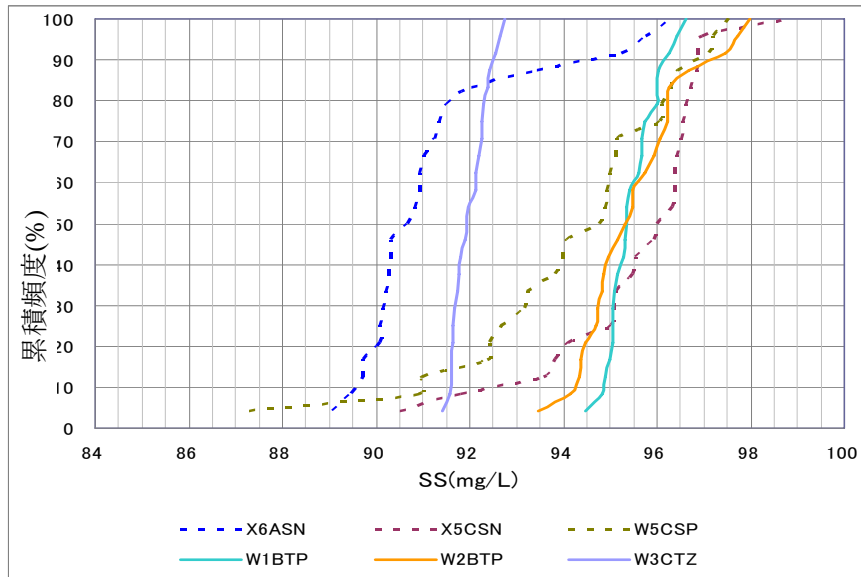
| 指標         | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値 (mg/L) | 84    | 176   | 129   | -     | 133   | 177   | 168   | -     |
| 最大値 (mg/L) | 170   | 255   | 241   | -     | 175   | 313   | 188   | -     |
| 最小値 (mg/L) | 64    | 111   | 52    | -     | 109   | 129   | 146   | -     |
| 最大/平均 (-)  | 2.03  | 1.45  | 1.87  | -     | 1.31  | 1.77  | 1.12  | -     |

図 9.3-9 流入水 SS の累積頻度分布



| 指標         | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値 (mg/L) | 7     | 8     | 7     | -     | 6     | 7     | 13    | -     |
| 最大値 (mg/L) | 8     | 13    | 9     | -     | 7     | 9     | 15    | -     |
| 最小値 (mg/L) | 6     | 2     | 5     | -     | 5     | 6     | 12    | -     |
| 最大/平均 (-)  | 1.11  | 1.66  | 1.37  | -     | 1.22  | 1.19  | 1.14  | -     |

図 9.3-10 処理水 SS の累積頻度分布



| 指標         | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値 (mg/L) | 91    | 96    | 94    | -     | 95    | 96    | 92    | -     |
| 最大値 (mg/L) | 96    | 99    | 98    | -     | 97    | 98    | 93    | -     |
| 最小値 (mg/L) | 89    | 91    | 87    | -     | 94    | 93    | 91    | -     |
| 最小/平均(-)   | 0.98  | 0.95  | 0.93  | -     | 0.99  | 0.98  | 0.99  | -     |

図 9.3-11 SS 除去率の累積頻度分布

(5) TN

TN は、栄養塩類の窒素総量を表し、脱窒処理性能を表す指標として重要である。

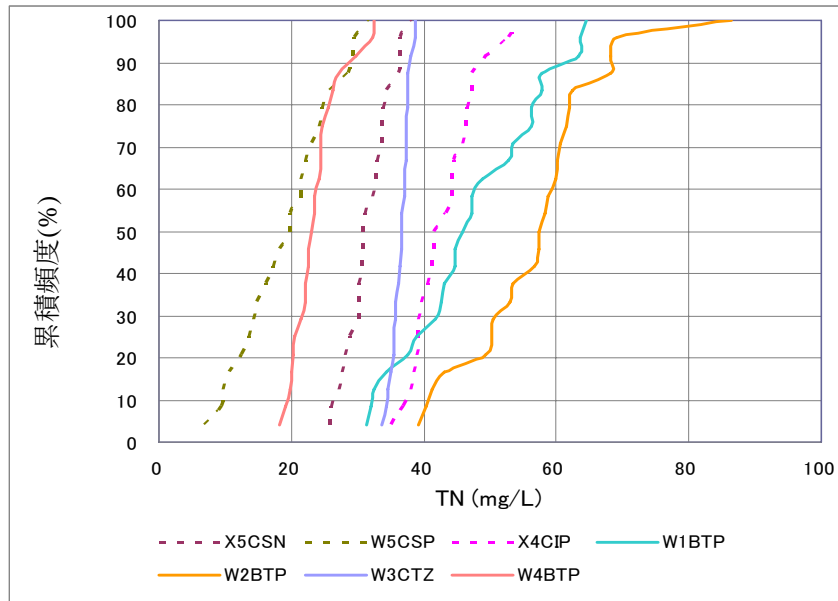
十分な数のデータがなかった X6ASN を除く 7 か所について、流入水と処理水の TN の累積頻度分布を図 9.3-12、図 9.3-13 に、除去率の累積頻度分布を図 9.3-14 に示す。なお、各図に添付した統計量には、流入水と処理水は最大/平均比を、除去率は最小/平均比を併せて示した。

流入水の累積頻度分布は、データがない合流式の X6ASN は確定できないが、他の 7 か所も同じものではなく、10~70mg/L 程度の範囲に広く分布している。また、個々の累積頻度の範囲も W3CTZ のように年間を通して 34~39mg/L でほとんど変わらないものから、W5CSP のように 7~32mg/L まで 4 倍以上の濃度範囲で変動する箇所もある。ただし、前掲の COD<sub>Cr</sub>、BOD、SS のように他の箇所の濃度範囲を超えて大きく変動する箇所はなく、水質項目としては流入濃度が比較的安定しているとみてよい。

処理水の累積頻度分布は、流入水と同様に他の箇所の濃度範囲を超えて大きく変動する箇所はなく、個々の処理場の処理水が 1~18mg/L の間に広く分散している。処理法との関係も不明瞭であり、それぞれの処理場の流入水質の特性により処理水質が大きく異なると考えられる。

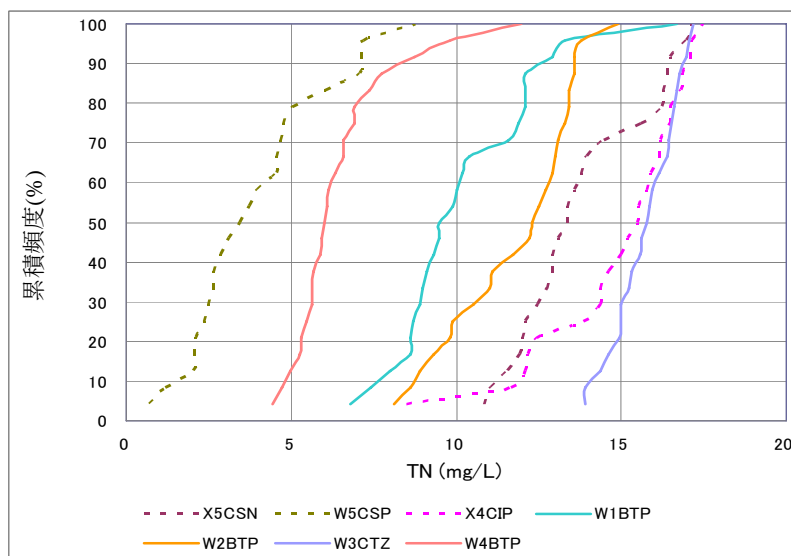
除去率も 43~94% の範囲に広く分布している。詳細にみると、X5CSN、W5CSP、W4BTP のように累積頻度の低い側で除去率が大きく低下するグループと、W1BTP、W2BTP、W3CTZ のように累積頻度が直線的で比較的狭いに変化するグループに分けられる。

以上から、TN は処理場により処理水質が大きく異なっており、処理法の違いによっても安定性が異なると推測され、処理法と流入水質に応じた適正な運転管理を行うことが必要と考えられる。



| 指標         | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値 (mg/L) | -     | 32    | 19    | 43    | 47    | 57    | 37    | 24    |
| 最大値 (mg/L) | -     | 38    | 32    | 54    | 65    | 86    | 39    | 33    |
| 最小値 (mg/L) | -     | 26    | 7     | 35    | 31    | 39    | 34    | 18    |
| 最大/平均(-)   | -     | 1.21  | 1.64  | 1.25  | 1.36  | 1.52  | 1.06  | 1.37  |

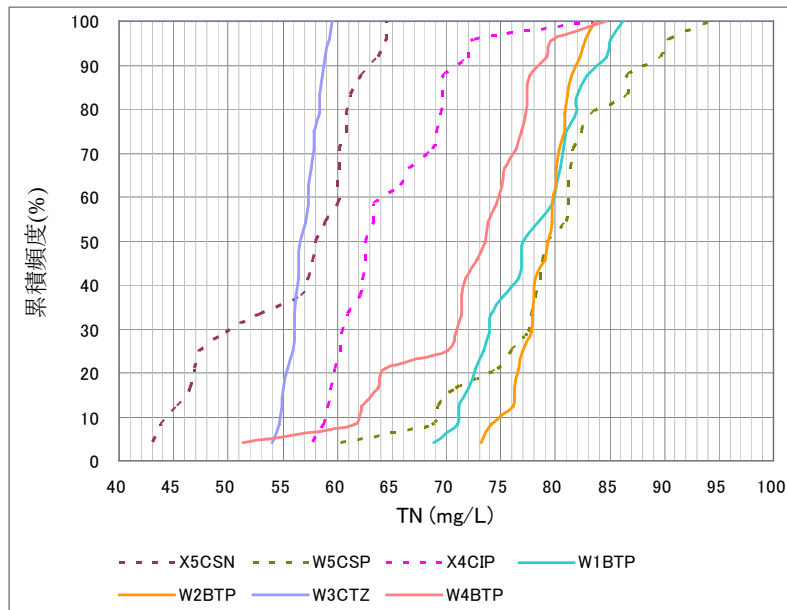
図 9.3-12 流入水 TN の累積頻度分布



| 指標         | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値 (mg/L) | -     | 13.8  | 4.0   | 14.9  | 10.3  | 11.8  | 15.7  | 6.5   |
| 最大値 (mg/L) | -     | 17.1  | 8.8   | 17.5  | 16.7  | 14.9  | 17.2  | 12.0  |
| 最小値 (mg/L) | -     | 10.8  | 0.7   | 8.5   | 6.8   | 8.1   | 13.9  | 4.4   |
| 最大/平均(-)   | -     | 1.24  | 2.21  | 1.17  | 1.63  | 1.26  | 1.09  | 1.84  |

図 9.3-13 処理水 TN の累積頻度分布





| 指標         | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値 (mg/L) | -     | 56    | 80    | 65    | 78    | 79    | 57    | 72    |
| 最大値 (mg/L) | -     | 65    | 94    | 84    | 86    | 84    | 60    | 85    |
| 最小値 (mg/L) | -     | 43    | 60    | 58    | 69    | 73    | 54    | 51    |
| 最小/平均(-)   | -     | 0.77  | 0.76  | 0.89  | 0.89  | 0.93  | 0.95  | 0.71  |

図 9.3-14 TN 除去率の累積頻度分布

(6)  $\text{NH}_4^+\text{-N}$

$\text{NH}_4^+\text{-N}$  は、主な排出源が生活排水であり、流入水に占める生活系排水の割合を推定するのに役立つほか、処理水中の  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  濃度は反応タンクの硝化処理性能を表す指標として重要である。そのため、回答のあった全処理場で  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  が測定されており、反応タンクの重要な管理指標の一つとして既に十分認識されている。

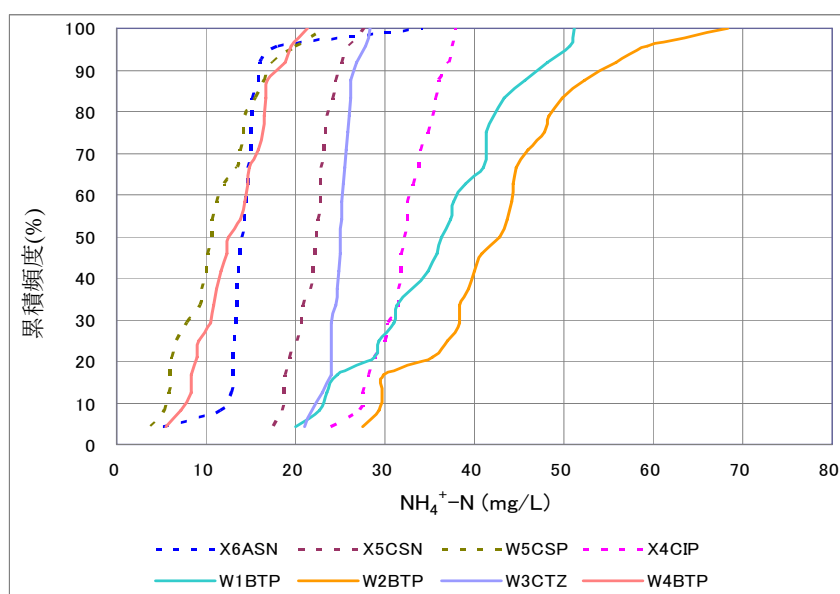
流入水と処理水の  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  の累積頻度分布を図 9.3-15、図 9.3-16 に、除去率の累積頻度分布を図 9.3-17 に示す。なお、各図に添付した統計量には、流入水と処理水は最大/平均比を、除去率は最小/平均比を併せて示した。

流入水アンモニア態窒素の累積頻度分布は、4~68mg/L 程度の範囲に広く分布しており、各処理場の相対的關係は TN と同様である。TN データがなかった合流式の X6ASN は、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$  では濃度の最も低いグループに属している。分流式のうち、W1BTP と W2BTP は濃度も 40mg/L 程度と高く、分布幅も 30mg/L と広がっている。なお、同じ分流式の W4BTP は処理区にリゾート地があり、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$  濃度は 10~20 mg/L 程度と最も低いグループに属している。

処理水の累積頻度分布をみると、ICEAS 法の X4CIP が比較的高く、4mg/L が 90%以上、5mg/L を超えるものも 75%前後で、平均値が 6mg/L 近くである。他の処理場の処理水は 5mg/L 以下の累積頻度がいずれも 95%以上である。ICEAS 法は沈殿・排水工程を含めて連続流入しており、窒素除去を目的としない処理法であるため、このように高い  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  濃度で推移していると考えられる。他の処理法は窒素除去あるいは硝化促進を目的に運転されていると考えられ、処理水の  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  濃度が低いが、累積頻度 85~90%以上で  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度が急激に高くなる処理場が多いことに留意が必要である。

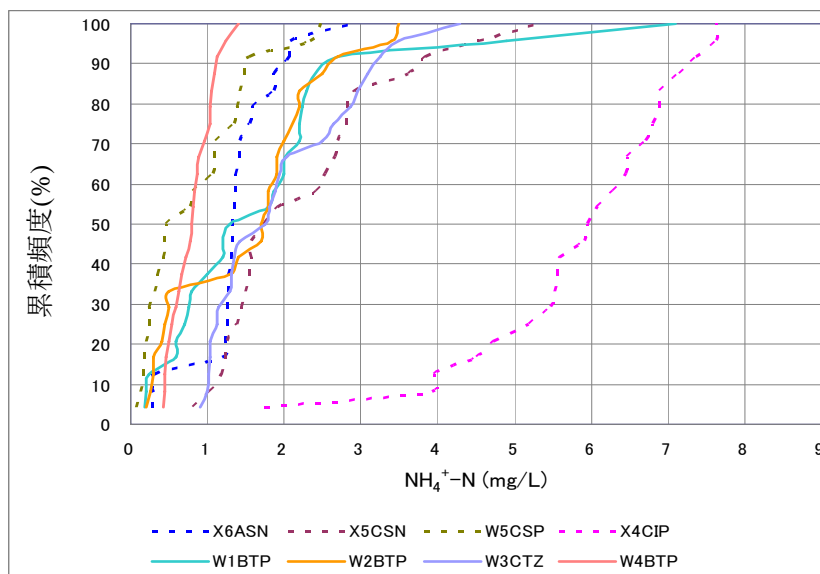
除去率は、ICEAS 法の X4CIP を除き、平均値は何れも 90%以上となっているが、破線で示した CASS 法でやや低い傾向が認められる。前掲の BOD の項で述べたように CASS 法では沈殿工程でも流入を継続しており、排水時に流入水の一部が短絡して流出していることも考えられる。すべての処理法で累積頻度の低い側で除去率が大きく低下する箇所が認められており、水温低下時に硝化が不十分になっていることが懸念される。

以上から、流入水の  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  濃度は污水収集方式による違いがあり、処理水濃度は処理法による違いがあった。また、窒素除去または硝化促進を目的とした何れの処理法でも、水温低下の影響とみられる処理水濃度の上昇が認められ、水温に応じた適正な運転管理を行うことが必要と考えられる。



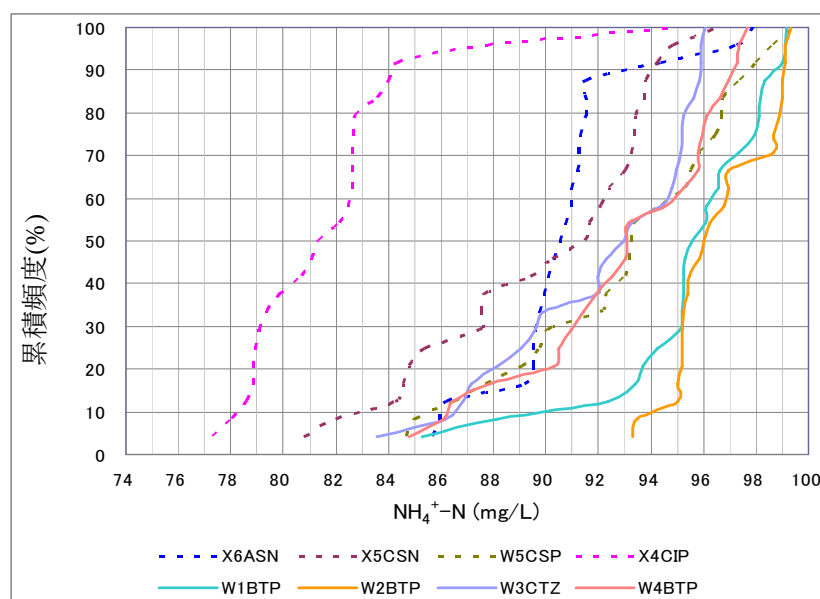
| 指標         | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値 (mg/L) | 15    | 22    | 11    | 32    | 36    | 43    | 25    | 13    |
| 最大値 (mg/L) | 34    | 28    | 23    | 38    | 51    | 68    | 28    | 21    |
| 最小値 (mg/L) | 5     | 18    | 4     | 24    | 20    | 28    | 21    | 5     |
| 最大/平均(-)   | 2.32  | 1.25  | 2.06  | 1.17  | 1.41  | 1.59  | 1.13  | 1.62  |

図 9.3-15 流入水  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  の累計頻度分布



| 指標         | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値 (mg/L) | 1.4   | 2.3   | 0.8   | 5.9   | 1.8   | 1.5   | 2.0   | 0.8   |
| 最大値 (mg/L) | 2.9   | 5.3   | 2.5   | 7.6   | 7.1   | 3.5   | 4.3   | 1.4   |
| 最小値 (mg/L) | 0.3   | 0.8   | 0.1   | 1.7   | 0.2   | 0.2   | 0.9   | 0.4   |
| 最大/平均(-)   | 2.09  | 2.34  | 2.96  | 1.30  | 4.01  | 2.27  | 2.19  | 1.75  |

図 9.3-16 処理水 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N の累積頻度分布



| 指標         | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値 (mg/L) | 91    | 90    | 93    | 82    | 95    | 97    | 92    | 93    |
| 最大値 (mg/L) | 98    | 97    | 99    | 95    | 99    | 99    | 96    | 98    |
| 最小値 (mg/L) | 86    | 81    | 85    | 77    | 85    | 93    | 84    | 85    |
| 最小/平均(-)   | 0.94  | 0.90  | 0.91  | 0.94  | 0.89  | 0.97  | 0.91  | 0.91  |

図 9.3-17 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 除去率の累積頻度分布

(7) TP

TP は、栄養塩類のリンの総量を表し、環境の富栄養化指標として重要である。生物学的処理を行う場合は、汚泥処理からの返流により場内循環量が増加しないように留意が必要である。

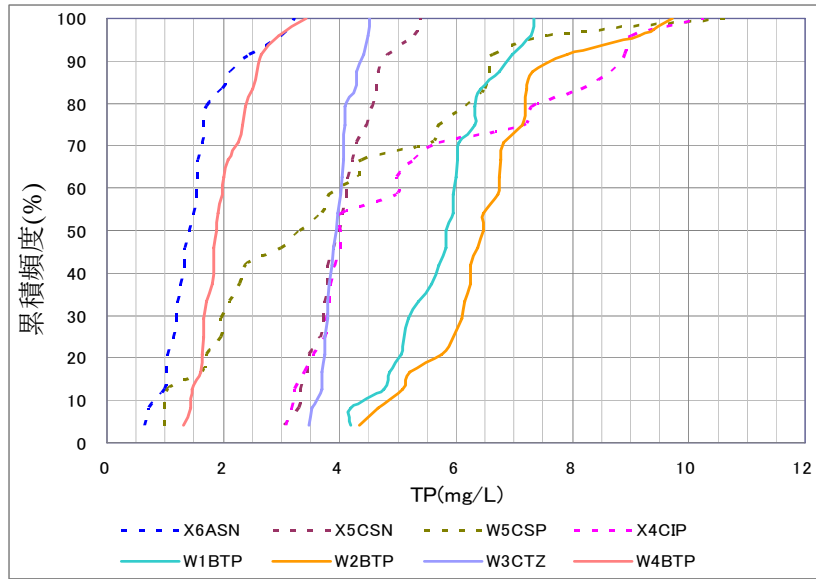
流入水と処理水の TP の累積頻度分布を図 9.3-18、図 9.3-19 に、除去率の累積頻度分布を図 9.3-20 に示す。なお、各図に添付した統計量には、流入水と処理水は最大/平均比を、除去率は最小/平均比を併せて示した。

流入水の累積頻度分布は、1~11mg/L 程度の範囲に広く分布しているが、各処理場の特徴も現れている。W5CSP と X4CIP の変化範囲は 10mg/L 近くで最も広い。W4BTP、W3CTZ、X5CSN、X6ASN、W1BTP の変化範囲は何れも 4 mg/L 以内である。

処理水の累積頻度分布の幅は、最大でも 1.0 mg/L 程度であり、良好に処理されている。詳細にみると、0.5~1.5mg/L まで分布するグループ (X5CSN)、 $0.7 \pm (0.1 \sim 0.2)$  mg/L に分布するグループ (X4CIP、W3CTZ)、 $0.4 \pm 0.2$  mg/L に分布するするグループ (W1BTP、W2BTP)、 $0.2 \pm 0.1$  mg/L に分布するするグループ (X6ASN、W5CSP、W4BTP) に分かれている。箇所記号に“P”があるのは生物槽の後ろに凝集ろ過を併用している処理場であり、同じ位置に“Z”と記したのは、当該施設があるかどうか確定できない処理場で、不明の処理場を含め、X5CSN 以外は凝集剤注入ろ過処理を実施していると考えられる。

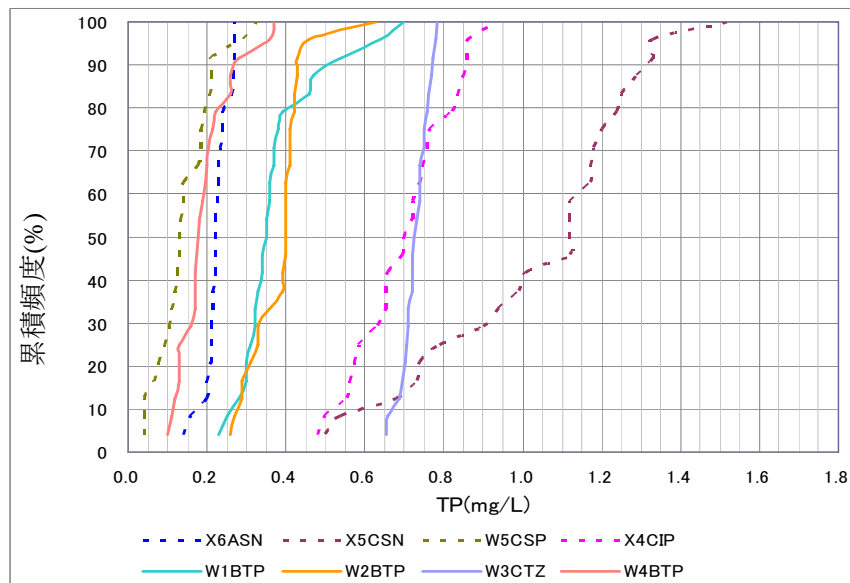
除去率は、X5CSN を除き、大半が 80%以上を示しており、凝集ろ過の適用により高い除去率が確保されていると考えられる。なお、凝集処理を行っていないと考えられる X5CSN は、処理水濃度や除去率の傾向が SS と類似しており、SS 性リン濃度の大小が TP 濃度に影響を与えている可能性がある。

以上から、流入水の TP 濃度は他のいずれの水質項目とも傾向が異なり、場内返流水を含めて様々な影響を受けている可能性がある。処理水濃度は凝集ろ過を適用した場合は 1.0mg/L 以下に維持することが可能であるが、SS 性リン濃度の大小が TP 濃度に影響を与えている可能性が高く、沈殿排出工程の運転管理にも留意することが望まれる。



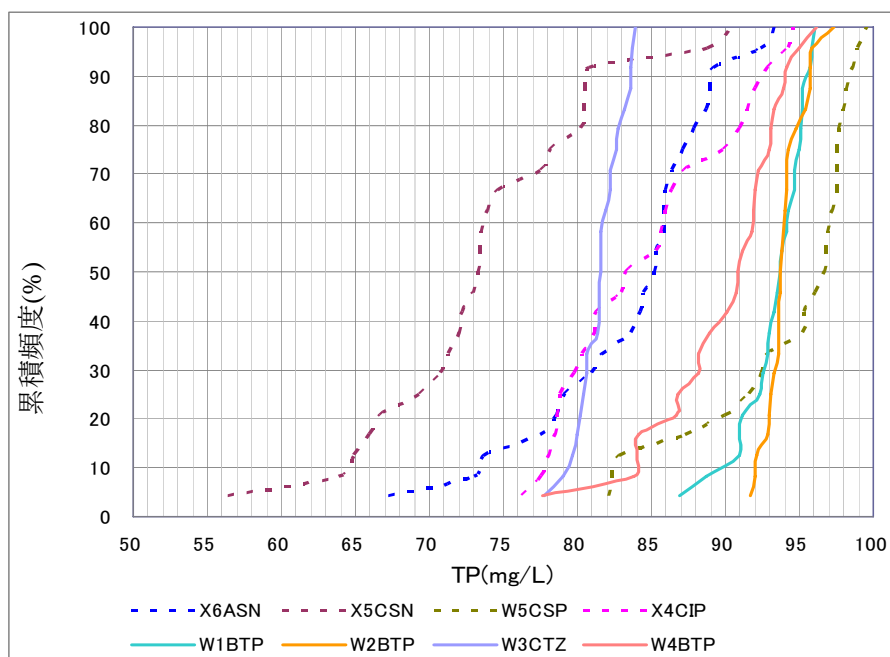
| 指標        | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値(mg/L) | 1.6   | 4.1   | 4.0   | 5.3   | 5.8   | 6.6   | 4.0   | 2.0   |
| 最大値(mg/L) | 3.2   | 5.4   | 10.6  | 10.3  | 7.3   | 9.7   | 4.5   | 3.4   |
| 最小値(mg/L) | 0.7   | 3.1   | 1.0   | 3.1   | 4.2   | 4.3   | 3.5   | 1.3   |
| 最大/平均(-)  | 2.07  | 1.32  | 2.68  | 1.93  | 1.27  | 1.48  | 1.14  | 1.67  |

図 9.3-18 流入水 TP の累積頻度分布



| 指標        | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値(mg/L) | 0.22  | 1.04  | 0.14  | 0.70  | 0.38  | 0.39  | 0.73  | 0.19  |
| 最大値(mg/L) | 0.27  | 1.52  | 0.33  | 0.94  | 0.70  | 0.63  | 0.78  | 0.37  |
| 最小値(mg/L) | 0.14  | 0.50  | 0.04  | 0.48  | 0.23  | 0.26  | 0.65  | 0.10  |
| 最大/平均(-)  | 1.21  | 1.46  | 2.25  | 1.34  | 1.85  | 1.64  | 1.08  | 1.90  |

図 9.3-19 処理水 TP の累積頻度分布



| 指標         | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値 (mg/L) | 84    | 74    | 94    | 85    | 93    | 94    | 82    | 90    |
| 最大値 (mg/L) | 93    | 91    | 100   | 95    | 96    | 97    | 84    | 96    |
| 最小値 (mg/L) | 67    | 56    | 82    | 76    | 87    | 92    | 78    | 78    |
| 最小/平均(-)   | 0.80  | 0.76  | 0.87  | 0.90  | 0.93  | 0.98  | 0.95  | 0.86  |

図 9.3-20 TP 除去率の累積頻度分布

#### (8) pH

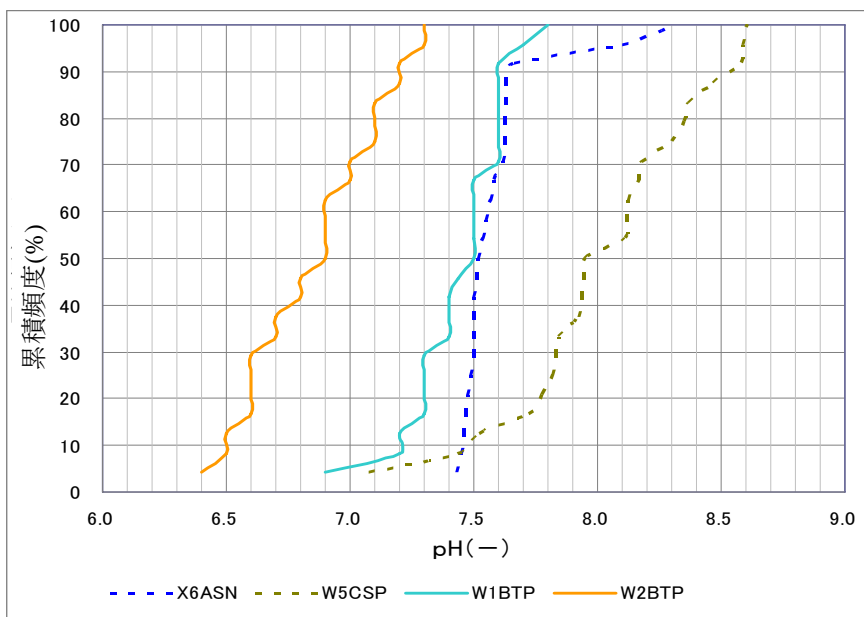
pH は、様々な塩類の存在状態を反映する水質の基本指標であり、硝化の進行を管理するのにも重要な項目である。

pH データが入手できたのは流入水 4 か所、処理水 2 か所である。それぞれの累積頻度分布を図 9.3-21、図 9.3-22 に示す。なお、pH グラフが階段状になっているのは、表示値が 0.1 刻みになっているためである。

流入水の累積頻度分布は、平均値で見ると 6.9～8.0 の間にあり、処理場により 1.0 近い開きがある。他の水質項目と同様、W5CSP が大きく変化する以外は、いずれの処理場も約±0.5 の範囲に収まっている。

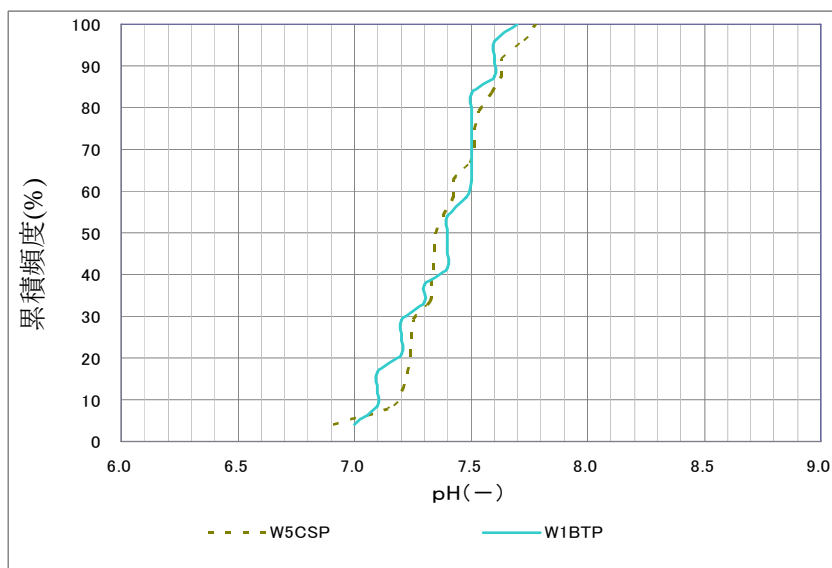
処理水の累積頻度分布は、2 か所しかないが、何れも 7.4±0.4 の範囲に分布し、流入水に比べて収束する方向になっている。一般に硝化が進行すると処理水の pH が低下するが、硝化が進行している W1BTP でも pH の低下がほとんど見られないことから、硝化に伴って消費されるアルカリ度は十分足りていると考えられる。

以上から、流入水の pH は個々の処理場により異なるが、硝化の進行により pH が大きく低下する傾向は認められず、硝化に伴うアルカリ度の不足はあまり心配しなくてよいと考えられる。



| 指標       | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値(-)   | 7.6   | -     | 8.0   | -     | 7.4   | 6.9   | -     | -     |
| 最大値(-)   | 8.3   | -     | 8.6   | -     | 7.8   | 7.3   | -     | -     |
| 最小値(-)   | 7.4   | -     | 7.1   | -     | 6.9   | 6.4   | -     | -     |
| 最大/平均(-) | 1.09  | -     | 1.07  | -     | 1.05  | 1.06  | -     | -     |

図 9.3-21 流入水 pH の累積頻度分布



| 指標       | X6ASN | X5CSN | W5CSP | X4CIP | W1BTP | W2BTP | W3CTZ | W4BTP |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均値(-)   | -     | -     | 7.4   | -     | 7.4   | -     | -     | -     |
| 最大値(-)   | -     | -     | 7.8   | -     | 7.7   | -     | -     | -     |
| 最小値(-)   | -     | -     | 6.9   | -     | 7.0   | -     | -     | -     |
| 最大/平均(-) | -     | -     | 1.05  | -     | 1.04  | -     | -     | -     |

図 9.3-22 処理水 pH の累積頻度分布

### 9.3.3 処理水質の総合評価

#### (1) 月平均値の代表性の検討

今回の解析では、データの取得状況から、水質の月平均値を用いて処理の安定性を評価したが、排水基準の適用を勘案すれば、水質の評価は日間平均値で行うべきである。そこで、日報と月報が入手できた2処理場のデータを用いて、月平均値と最大値の関係を解析し、月平均値の代表性について検討してみる。

##### ① 日平均値と月平均値の関係

処理水質の安定性評価の対象とした処理場のうち、日報データが入手できたのはW5CSPのみである。前掲の通り、当処理場は窒素項目を除いて月平均値の変動幅が最も大きい箇所である。

日報値と月平均値の統計量を比較した一覧表を表9.3-1に、流入水と処理水COD<sub>Cr</sub>の日報値と月平均値の累積頻度分布を比較したものを一例として図9.3-23、図9.3-24に示す。なお、表では日/月比が最大値で2.0以上、最小値で0.5未満となる項目を色分けして示した。

表をみると、どの項目の日・月平均値もほぼ等しいが、その他の統計量には大きな違いがみられる。処理性能評価で問題になるのは、「流入水質」、「流入負荷量」、「処理水質の日・月平均値の最大値の比」及び「除去率の日・月平均値の最小値の比」である。表より、日・月平均値の最大値の比を比較すると、流入水質と負荷量ではCOD<sub>Cr</sub>、SS、TPが、処理水質ではNH<sub>4</sub>-N、TPがそれぞれ2倍を超え、除去率では、COD<sub>Cr</sub>、SS、NH<sub>4</sub>-Nの日・月平均値の最小値の比が0.5未満になっている。また、標準偏差の比を見ても、全ての項目で日平均の方が大きくなっており、日平均値の変化範囲が月平均値のそれより広いことが読み取れる。もし、日平均値で処理水質の安定性を評価するとしたら、月平均値より悪い結果になり、うちNH<sub>4</sub>-NとTPの2項目は基準を超える可能性が最も大きいと考えられる。

同一の処理場では、流入水質濃度の日/月平均値の比を負荷量の日/月平均値の比に読み替えても良いと考えられる。



表 9.3-1 測定項目の日報値と月平均値の統計量の比較

| 指標                          | 平均                              |         |        | 標準偏差  |       |        | 最大      |         |         | 最小    |       |        |      |
|-----------------------------|---------------------------------|---------|--------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|-------|-------|--------|------|
|                             | 日平均                             | 月平均     | 日 / 月比 | 日平均   | 月平均   | 日 / 月比 | 日平均     | 月平均     | 日 / 月比  | 日平均   | 月平均   | 日 / 月比 |      |
| 処理水量<br>(m <sup>3</sup> /日) | 1,479.0                         | 1,474.1 | 1.00   | 455.7 | 402.3 | 1.13   | 3,348.0 | 2,405.9 | 1.39    | 400.0 | 805.4 | 0.50   |      |
| 流入水<br>(mg/L)               | COD                             | 353.8   | 353.4  | 1.00  | 351.8 | 193.9  | 1.81    | 2,855.0 | 808.8   | 3.53  | 36.0  | 112.6  | 0.32 |
|                             | SS                              | 129.3   | 129.2  | 1.00  | 156.1 | 48.0   | 3.25    | 2,086.0 | 241.4   | 8.64  | 8.0   | 52.3   | 0.15 |
|                             | TN                              | 19.5    | 19.4   | 1.01  | 8.5   | 7.0    | 1.22    | 46.9    | 31.8    | 1.48  | 2.9   | 6.9    | 0.42 |
|                             | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | 11.4    | 11.4   | 1.00  | 6.6   | 4.9    | 1.36    | 41.1    | 23.5    | 1.75  | 0.35  | 3.84   | 0.09 |
|                             | TP                              | 4.0     | 4.0    | 1.00  | 4.1   | 2.5    | 1.62    | 28.5    | 10.6    | 2.69  | 0.28  | 0.99   | 0.28 |
|                             | pH                              | 8.0     | 8.0    | 1.00  | 0.6   | 0.4    | 1.65    | 10.6    | 8.6     | 1.23  | 6.84  | 7.07   | 0.97 |
| 処理水<br>(mg/L)               | COD                             | 36.0    | 36.0   | 1.00  | 9.5   | 6.2    | 1.54    | 58.0    | 45.2    | 1.28  | 8.00  | 23.10  | 0.35 |
|                             | SS                              | 6.5     | 6.5    | 1.00  | 2.4   | 1.0    | 2.37    | 10.0    | 8.9     | 1.12  | 1.00  | 4.83   | 0.21 |
|                             | TN                              | 4.9     | 4.0    | 1.23  | 2.9   | 2.1    | 1.39    | 13.6    | 8.8     | 1.56  | 0.24  | 0.72   | 0.34 |
|                             | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | 0.8     | 0.8    | 0.99  | 1.1   | 0.7    | 1.65    | 7.2     | 2.5     | 2.90  | 0.02  | 0.08   | 0.25 |
|                             | TP                              | 0.1     | 0.1    | 1.00  | 0.1   | 0.1    | 1.52    | 0.7     | 0.3     | 2.21  | 0.01  | 0.04   | 0.25 |
|                             | pH                              | 7.4     | 7.4    | 1.00  | 0.3   | 0.2    | 1.41    | 8.4     | 7.8     | 1.07  | 6.79  | 6.91   | 0.98 |
| 除去率<br>(%)                  | COD                             | 82.6    | 87.3   | 0.95  | 12.0  | 5.4    | 2.22    | 98.6    | 95.0    | 1.04  | 29.2  | 74.5   | 0.39 |
|                             | SS                              | 91.2    | 94.2   | 0.97  | 7.5   | 2.4    | 3.19    | 99.7    | 97.5    | 1.02  | 25.0  | 87.3   | 0.29 |
|                             | TN                              | 73.7    | 79.6   | 0.93  | 14.7  | 7.5    | 1.96    | 96.8    | 94.3    | 1.03  | 30.4  | 60.2   | 0.51 |
|                             | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | 92.6    | 93.1   | 1.00  | 9.9   | 4.3    | 2.31    | 99.7    | 99.4    | 1.00  | 11.3  | 84.7   | 0.13 |
|                             | TP                              | 92.8    | 94.1   | 0.99  | 8.0   | 5.4    | 1.49    | 100.0   | 99.6    | 1.00  | 42.9  | 82.1   | 0.52 |
| 負荷量<br>(kg/d)               | COD                             | 512.9   | 519.8  | 0.99  | 544.1 | 311.4  | 1.75    | 5,583.6 | 1,368.6 | 4.08  | 28.8  | 109.7  | 0.26 |
|                             | SS                              | 184.5   | 188.2  | 0.98  | 221.5 | 80.4   | 2.76    | 3,129.0 | 351.7   | 8.90  | 6.4   | 73.9   | 0.09 |
|                             | TN                              | 26.1    | 26.8   | 0.97  | 12.9  | 7.9    | 1.63    | 67.8    | 44.3    | 1.53  | 5.0   | 13.1   | 0.38 |
|                             | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | 15.7    | 15.7   | 1.00  | 8.3   | 5.4    | 1.53    | 44.3    | 25.8    | 1.71  | 0.69  | 7.53   | 0.09 |
|                             | TP                              | 5.8     | 5.8    | 1.00  | 6.5   | 4.0    | 1.62    | 49.5    | 18.3    | 2.71  | 0.29  | 1.02   | 0.29 |

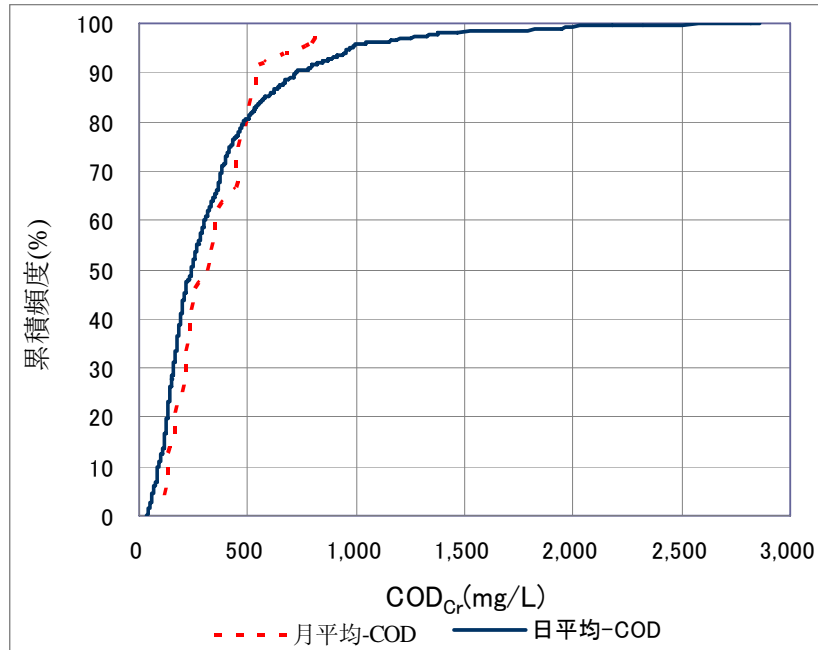


図 9.3-23 流入水 COD<sub>Cr</sub> の累計頻度分布比較

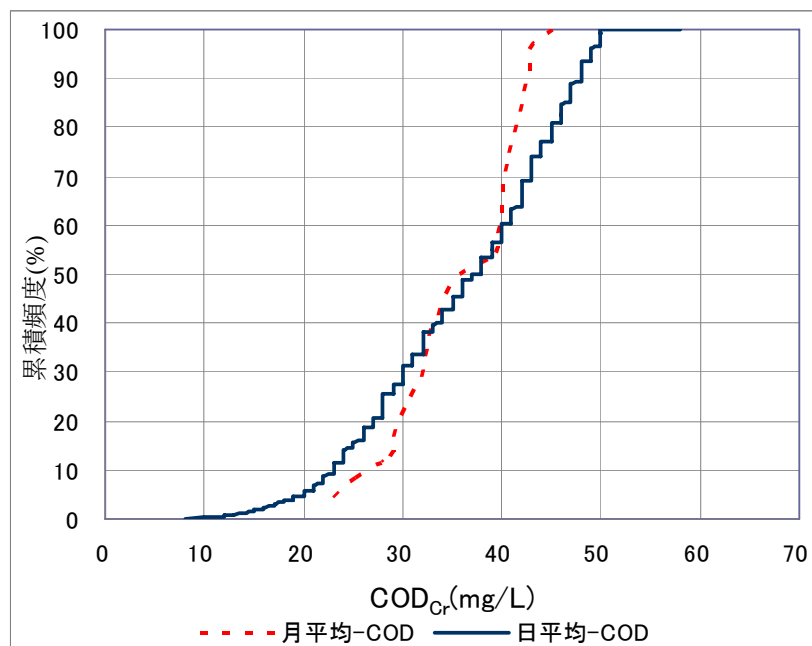


図 9.3-24 処理水 COD<sub>Cr</sub> の累計頻度分布比較

② 月平均値と月最大値の関係

値別の月平均値のほか、値別の月最小値と月最大値が入手できたのは W3CTZ で、その月平均値と月最大値の統計量を比較した一覧表を表 9.3-2 に、流入水と処理水の COD<sub>Cr</sub> の月平均値、月最大値と月最小値の累計頻度分布を一例として図9.3-25、図9.3-26に示す。

W3CTZ は、前掲の月平均水質の累計頻度ではいずれの項目も最も分布幅が小さく年間

変動の少ない処理場である。ここで各月の最大値はその月の日報最大の値であるから、月平均値と月最大値の比が月の平均値と日最大値の比に相当する。

そこで、表の年間最大の月最大/月平均比に着目すると、流入水はSS値の1.39、処理水は $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の1.87が最大であり、他の項目に比べ、流入水SSと処理水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の月変化が大きくなっている。

表 9.3-2 測定項目の月平均値と月最大値の統計量の比較

| 水質指標          |                        | 年間平均  |       |        | 標準偏差 |      |        | 年間最大  |       |        |
|---------------|------------------------|-------|-------|--------|------|------|--------|-------|-------|--------|
|               |                        | 月平均   | 月最大   | 最大/平均比 | 月平均  | 月最大  | 最大/平均比 | 月平均   | 月最大   | 最大/平均比 |
| 流入水<br>(mg/L) | COD <sub>Cr</sub>      | 289.5 | 352.8 | 1.22   | 16.6 | 21.4 | 1.29   | 317.0 | 383.0 | 1.21   |
|               | BOD <sub>5</sub>       | 142.2 | 176.9 | 1.24   | 8.5  | 12.2 | 1.43   | 158.0 | 200.0 | 1.27   |
|               | SS                     | 167.7 | 215.7 | 1.29   | 12.8 | 25.3 | 1.97   | 188.0 | 262.0 | 1.39   |
|               | $\text{NH}_4\text{-N}$ | 25.0  | 28.4  | 1.14   | 1.6  | 1.8  | 1.15   | 28.3  | 34.3  | 1.21   |
|               | TP                     | 3.97  | 4.95  | 1.25   | 0.27 | 0.43 | 1.59   | 4.51  | 5.89  | 1.31   |
|               | TN                     | 36.5  | 39.8  | 1.09   | 1.3  | 1.5  | 1.16   | 38.8  | 43.9  | 1.13   |
| 処理水<br>(mg/L) | COD <sub>Cr</sub>      | 44.2  | 51.7  | 1.17   | 2.1  | 2.7  | 1.29   | 47.7  | 57.2  | 1.20   |
|               | BOD <sub>5</sub>       | 12.5  | 15.9  | 1.28   | 1.2  | 1.3  | 1.04   | 14.0  | 18.0  | 1.29   |
|               | SS                     | 13.4  | 17.5  | 1.31   | 0.9  | 1.1  | 1.16   | 15.3  | 19.0  | 1.25   |
|               | $\text{NH}_4\text{-N}$ | 2.0   | 3.3   | 1.67   | 0.9  | 1.8  | 1.98   | 4.3   | 8.0   | 1.87   |
|               | TP                     | 0.73  | 0.90  | 1.24   | 0.03 | 0.05 | 1.50   | 0.78  | 0.98  | 1.25   |
|               | TN                     | 15.7  | 18.3  | 1.16   | 1.0  | 1.0  | 1.06   | 17.2  | 19.6  | 1.14   |

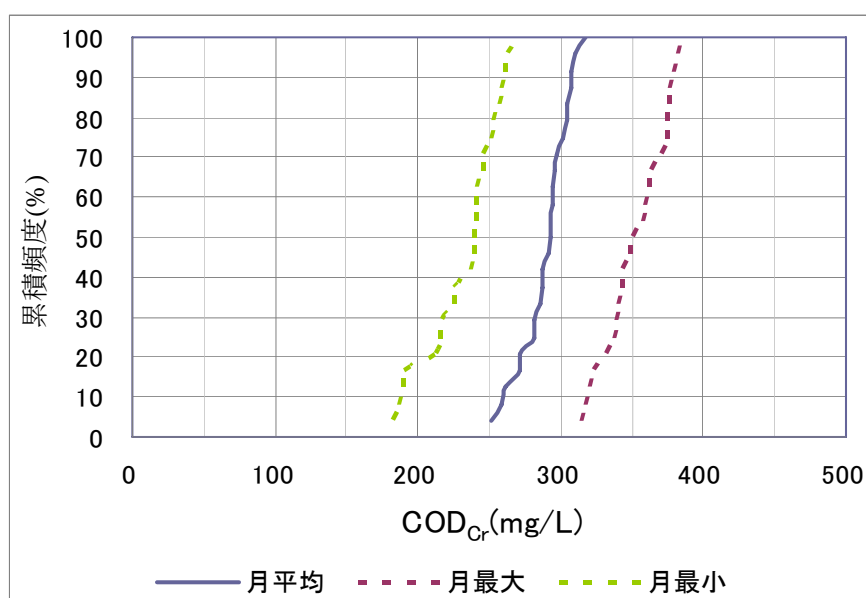


図 9.3-25 流入水 COD<sub>Cr</sub> の累積頻度分布比較

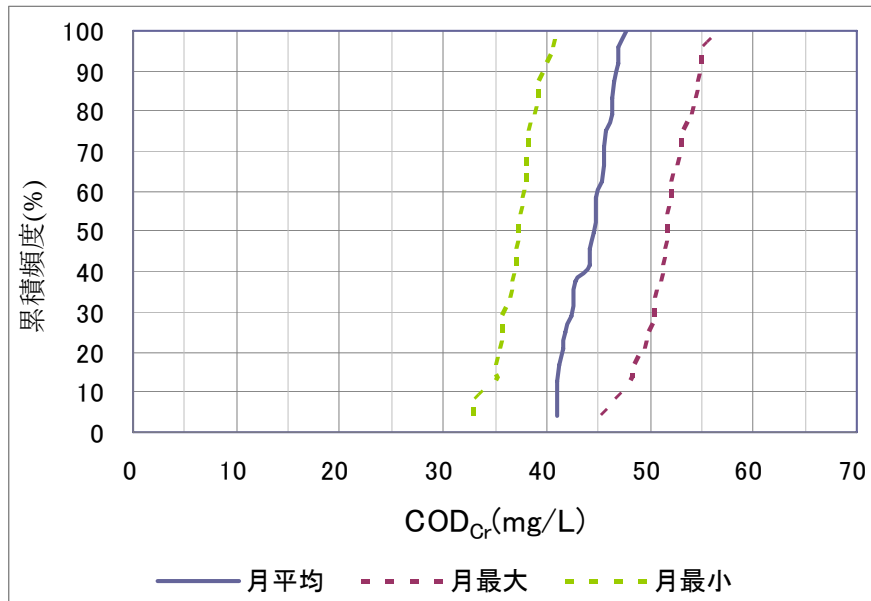


図 9.3-26 処理水 COD<sub>Cr</sub> の累積頻度分布比較

(2) 月平均最大値による日最大値の推定と処理法の評価

上記 2 ケースの流入水と処理水について、月平均値の平均値と最大値、日最大値と月平均の最大値比を比較して、表 9.3-3 に示す。表には両者の平均値を合わせて示した。

表 9.3-3 流入水と処理水の統計量の比較

|               |                    | 月平均値  |       |       |       |       |       | 日最大/月平均最大比 |       |      |
|---------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|------|
|               |                    | 平均    |       |       | 最大    |       |       |            |       |      |
|               |                    | W3CTZ | W5CSP | 平均    | W3CTZ | W5CSP | 平均    | W3CTZ      | W5CSP | 平均   |
| 流入水<br>(mg/L) | COD <sub>Cr</sub>  | 289.5 | 353.4 | 321.5 | 317.0 | 808.8 | 562.9 | 1.21       | 3.53  | 2.37 |
|               | SS                 | 167.7 | 129.2 | 148.5 | 188.0 | 241.4 | 214.7 | 1.39       | 8.64  | 5.02 |
|               | TN                 | 36.5  | 19.4  | 28.0  | 38.8  | 31.8  | 35.3  | 1.13       | 1.48  | 1.30 |
|               | NH <sub>4</sub> -N | 25.0  | 11.4  | 18.2  | 28.3  | 23.5  | 25.9  | 1.21       | 1.75  | 1.48 |
|               | TP                 | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.5   | 10.6  | 7.6   | 1.31       | 2.69  | 2.00 |
| 処理水<br>(mg/L) | COD <sub>Cr</sub>  | 44.2  | 36.0  | 40.1  | 47.7  | 45.2  | 46.4  | 1.20       | 1.28  | 1.24 |
|               | SS                 | 13.4  | 6.5   | 10.0  | 15.3  | 8.9   | 12.1  | 1.25       | 1.12  | 1.18 |
|               | TN                 | 15.7  | 4.0   | 9.9   | 17.2  | 8.8   | 13.0  | 1.14       | 1.56  | 1.35 |
|               | NH <sub>4</sub> -N | 2.0   | 0.8   | 1.4   | 4.3   | 2.5   | 3.4   | 1.87       | 2.90  | 2.38 |
|               | TP                 | 0.7   | 0.1   | 0.4   | 0.8   | 0.3   | 0.6   | 1.25       | 2.21  | 1.73 |

表をみると、流入水は TN 以外の項目の日最大値と月平均値の差が大きく、処理水の差が小さい。NH<sub>4</sub>-N と TP を除く他の項目の日最大値と月平均値が比較的近い値を示している。水質データを入手できた 8 処理場の内、上述 2 つの処理場は変動幅が両極端にあり、他の 6 処理場の年間月平均最大値と日最大値の比は、概ね両者の間に入ると考えられる。そこで、試みとして表中の日最大/月平均最大比の平均値により他の 6 処理場の日最大値

を推定し、結果を表 9.3-4 に示す。なお、表には各処理場が実施する排水基準を、また表の最下欄には参考として排水基準値を示した。

表 9.3-4 主な処理水質項目の日最大値の推定結果

| 項目             | 処理法   | 処理場   | 実施する排水基準 | 処理水質 (mg/L)       |      |      |                                 |      |
|----------------|-------|-------|----------|-------------------|------|------|---------------------------------|------|
|                |       |       |          | COD <sub>Cr</sub> | SS   | TN   | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | TP   |
| 月平均<br>平均値     | CASS  | W5CSP |          | 36.0              | 6.5  | 4.0  | 0.8                             | 0.14 |
|                |       | X6ASN |          | 43.5              | 6.8  | -    | 1.4                             | 0.22 |
|                |       | X5CSN |          | 20.5              | 7.5  | 13.8 | 2.3                             | 1.04 |
|                |       | 平均    |          | 33.3              | 6.9  | 8.9  | 1.5                             | 0.5  |
|                | ICEAS | X4CIP |          | 24.7              | -    | 14.9 | 5.9                             | 0.70 |
|                | CAST  | W3CTZ |          | 44.2              | 13.4 | 15.7 | 2.0                             | 0.73 |
|                |       | W1BTP |          | 30.4              | 6.0  | 10.3 | 1.8                             | 0.38 |
|                |       | W2BTP |          | 35.7              | 7.4  | 11.8 | 1.5                             | 0.39 |
|                |       | W4BTP |          | 26.1              | -    | 6.5  | 0.8                             | 0.19 |
|                |       | 平均    |          | 34.1              | 8.9  | 11.1 | 1.5                             | 0.4  |
| 月平均<br>最大値     | CASS  | W5CSP | 一級 A     | 45.2              | 8.9  | 8.8  | 2.5                             | 0.33 |
|                |       | X6ASN | 一級 A     | 50.8              | 7.5  | -    | 2.9                             | 0.27 |
|                |       | X5CSN | 二級       | 34.7              | 12.5 | 17.1 | 5.3                             | 1.52 |
|                |       | 平均    |          | 43.6              | 9.6  | 13.0 | 3.6                             | 0.7  |
|                | ICEAS | X4CIP | 一級 B     | 30.9              | -    | 17.5 | 7.6                             | 0.94 |
|                | CAST  | W3CTZ | 一級 B     | 47.7              | 15.3 | 17.2 | 4.3                             | 0.78 |
|                |       | W1BTP | 一級 A     | 46.7              | 7.3  | 16.7 | 7.1                             | 0.70 |
|                |       | W2BTP | 一級 A     | 49.6              | 8.8  | 14.9 | 3.5                             | 0.63 |
|                |       | W4BTP | 一級 A     | 34.1              | -    | 12.0 | 1.4                             | 0.37 |
|                |       | 平均    |          | 44.5              | 10.5 | 15.2 | 4.1                             | 0.6  |
| 日最大<br>値       | CASS  | W5CSP | 一級 A     | 58.0              | 10.0 | 13.6 | 7.2                             | 0.70 |
|                |       | X6ASN | 一級 A     | 63.1              | 8.9  | -    | 6.9                             | 0.47 |
|                |       | X5CSN | 二級       | 43.1              | 14.8 | 23.1 | 12.6                            | 2.63 |
|                |       | 平均    |          | 54.7              | 11.2 | 18.4 | 8.9                             | 1.27 |
|                | ICEAS | X4CIP | 一級 B     | 38.4              | -    | 23.6 | 18.2                            | 1.63 |
|                | CAST  | W3CTZ | 一級 B     | 57.2              | 19.0 | 19.6 | 8.0                             | 0.98 |
|                |       | W1BTP | 一級 A     | 58.0              | 8.6  | 22.5 | 16.9                            | 1.21 |
|                |       | W2BTP | 一級 A     | 61.6              | 10.4 | 20.1 | 8.3                             | 1.09 |
|                |       | W4BTP | 一級 A     | 42.4              | -    | 16.2 | 3.3                             | 0.64 |
|                |       | 平均    |          | 54.8              | 12.7 | 19.6 | 9.2                             | 0.98 |
| 日最大/<br>月平均最大比 | W5CSP |       |          | 1.28              | 1.12 | 1.56 | 2.90                            | 2.21 |
|                | W3CTZ |       |          | 1.20              | 1.25 | 1.14 | 1.87                            | 1.25 |
|                | 其它    |       |          | 1.24              | 1.18 | 1.35 | 2.38                            | 1.73 |
| (参考) 排水基準<br>値 | 一級 A  |       |          | 50                | 10   | 15   | 5(8)                            | 0.5  |
|                | 一級 B  |       |          | 60                | 20   | 20   | 8(15)                           | 1.0  |
|                | 二級    |       |          | 100               | 30   | -    | 25(30)                          | 3.0  |

表の日最大値をみると、CASS 法と CAST 法は、COD<sub>Cr</sub>、SS、TN、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N の 4 項目とも平均値ではほとんど差がないが、TP の差が大きい。これに比べて、ICEAS 法は COD<sub>Cr</sub>

が低い割には TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$  が明らかに高くなっている。

水質項目別の最大値を排水基準値と比較してみると、 $\text{COD}_{\text{Cr}}$  は月平均の最大値ではいずれの処理場でも一級 A を満足しているが、推定した日最大値では、一級 A 排水基準を実施する大部分の CASS と CAST 処理場が基準を達成できず、一級 B を超える処理場もある。

SS は、処理法に関わらず、一級 A または一級 B 排水基準を実施する月平均の最大値と日最大値がすべて基準を達成している。

T-N は、一級 A 基準を実施する処理場の月平均最大値が 1 ヶ所を除いてすべて基準を満足し、一級 B を実施する処理場はすべて基準を達成している。しかし日最大値で評価すれば、一級 A を実施する全ての処理場が基準達成できず、一級 B を超える処理場すらある。一級 B 基準を実施する ICEAS も基準を満足できない。

$\text{NH}_4^+\text{-N}$  については、排水基準値を( )書きした  $12^\circ\text{C}$  以下の基準値と比較した場合は、月平均の最大値では一級 B と二級基準を実施する処理場を含めて全ての処理場が一級 A を満足しているが、日最大値で評価すれば、一級 A と一級 B を実施する処理場の内、それぞれ 1 か所が基準を満足できない。

TP については、一級 A を実施する処理場のうち、2 ヶ所の CAST 処理場の月平均最大値が  $1.0\text{mg/L}$  と  $0.5\text{mg/L}$  の間にあり、他の処理場が  $0.5\text{mg/L}$  以下である。日最大値で評価すれば、基準を超える処理場とその数値がかなり多くなり、1 ヶ所だけが  $0.5\text{mg/L}$  を下回り、一級 A または一級 B を実施する処理場の内、半数近くが  $1.0\text{mg/L}$  を超えている。

以上より、特に窒素の除去では、ICEAS 法で他の 2 法より明らかに処理水質が悪い。また、推定した日最大値で評価する場合、CASS 法および CAST 法では、SS を除く  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、TP などの項目で一級 B を達成できない可能性があり、より適切な維持管理の実施が求められる結果となった。

## 9.4 設計の評価

### 9.4.1 流入水調整池

ほとんどの調査対象は流入水調整池を設置していない。回分処理では 1 回で処理できる水量が決まっており、水量の一時的かつ急激な増加には処理施設が対応できない。流入水の調整機能が無いと、各反応槽への水質負荷量の変動も大きくなるので、各槽の処理状況も異なり、処理時間の制御も一層複雑になる。日本では、このような処理機能上の問題点から、SBR 法に流入水調整池の設置を義務付けたが、これにより SBR 法のメリットが少なくなり、公共下水道への新たな導入が減少した一因となっている。

### 9.4.2 SBR 反応槽排水比

調査対象の SBR 槽の排水比は 15%~42% の間にあるが、42% は 1 ヶ所だけで、残りの排水比は 30% 及びそれ以上と 30% 以下がそれぞれ半分を占める。関連基準で示された「30%~40% の排水比」と比較して、実際の運転過程における排水比が小さめの状況は普遍的に存在する。その他に、異なる SBR タイプの排水比に明らかな違いは無く、平均的にはいずれも 25% ほどである。実際の運転プロセスでは、排水比の高低の調節は設備の制限以外に、また運転負荷及び汚泥沈降性能に関連する。

### 9.4.3 SBR 反応槽の運転サイクル

SBR 反応槽のサイクルごとの運転時間は 3~6h の間で、多くは 4h と 6h を採用しているが、個別には整数値を採用せず、更には 24h で整除できない、つまり一日以内に整数倍の運転サイクルを完了できない処理場もあり、これは運転管理に困難を増し、また複数槽間のマッチング調整にもマイナスである。

### 9.4.4 BOD-SS 負荷と処理水質

現地調査対象の通常状態下での BOD-SS 負荷は 0.1~0.25kgBOD/kgMLSS・d の間で、BOD-SS 負荷が 0.2kgBOD/kgMLSS・d を上回る条件下では、SBR 処理水のアンモニア態窒素と TN は比較的高く、これは関連基準が窒素・リン除去の要件を示している場合、BOD-SS 負荷は一般に 0.15kgBOD/kgMLSS・d 以下であることに一致している。

### 9.4.5 好気処理時間と硝化率

現地調査対象の中で、1つの運転サイクルにおける好気時間が占める比率から見ると、25%~60%で、普遍的に低めであり、特に好気時間の占める比率がわずか 25%の場合、ばっ気は明らかに不足しており、硝化率の悪化や、全窒素除去率の低下を招く。なお、主反応区での複数回(2回が適切)の交替攪拌、ばっ気方式の採用は窒素除去効果の向上に役立つ。

### 9.4.6 総合返送比と窒素除去率の関係

活性汚泥による硝化・脱窒法では、有機性窒素やアンモニア性窒素を好気処理により一旦硝酸性窒素まで酸化した後、無酸素状態で硝酸呼吸により窒素ガスにして除去する工程を踏む。このため、硝化・脱窒が十分進行する条件下でも、無酸素状態下に供給できる硝化液の量によって、除去量の上限が制約されることになる。連続式の処理法では、この上限値を次式で表すことができる。なお、下式の硝化対象窒素とは余剰汚泥や SS として系外に引き抜かれる窒素を除いた窒素総量で、日本の設計では一般に流入 TN の 90%程度に設定されている。

$$\eta_{DNmax} = 1 - \frac{1}{N} \cdot \frac{1}{1+r+R} \quad (9.4-1)$$

式中、 $\eta_{DNmax}$  : 理論最大窒素除去率 (-)

$r+R$  : 総合返送比 (-)

$r$  : 汚泥返送率 (-)

$R$  : 硝化液循環率 (-)

(ステップ流入法 : 最終段(N段目)の硝化液(内部)循環率)

$N$  : ステップ段数 (-)

(循環式硝化脱窒法 :  $N=1$ 、OD 法 : HRT 当りの嫌気-好気運転繰返し回数)

SBR 法でも、硝化・脱窒工程が完全に進行すると仮定した時の理論最大窒素除去率が存在し、それぞれの処理法の理論最大窒素除去率は次のように表わされる。

1) 主反応槽の嫌気-好気運転で窒素除去を行う場合。(従来式 SBR 法、ICEAS 法)

$$\eta_{DNmax} = 1 - (1 - k) \cdot \alpha \quad (9.4-2)$$

式中、 $k$  : 無酸素-好気繰返し攪拌を行う場合の最終無酸素攪拌前の流入率 (-)。

流入率=最終無酸素-好気前の流入水量/合計流入水量(複数無酸素-好気期間連続流入の条件下)

$\alpha$  : 引抜き比 (排水比) (—)

2) 硝化混合液を無酸素槽に返送(循環)して脱窒を行う場合 (CASS 法、CAST 法)

$$\eta_{\text{DNmax}} = 1 - \frac{1}{1 + R_s} \quad (9.4-3)$$

式中、 $R_s$  : 硝化液の返送(循環)率 (—)

上式の  $\alpha$  または  $R_s$  が連続式の処理法の総合返送比に相当する。

上式でわかるように、汚泥返送を行わない従来式 SBR 法や ICEAS 法の場合は、排水比により理論最大窒素除去率が左右されるので、流入水の窒素濃度と水量の両方を同時に管理する必要が生じる。一方、CASS 法や CAST 法では連続式の処理法と同様に混合液の返送(循環)量の調整のみで除去率が管理できる。なお、SBR 法の一般的な引抜き比を 0.33(1/3) とすれば、これは返送(循環)率 200% に相当し、理論除去率は 67% になる。

実際の窒素除去率の評価は、これらの式で求めた理論最大窒素除去率と比較した時の達成率で行うことになる。

なお、今回の調査では窒素除去率の実績が確認できたのはほとんどが汚泥返送(循環)を行う CASS 法や CAST 法の処理場であり、これらの処理場の返送(循環)時間は回答を得ているものの、返送(循環)量を把握していないため、窒素除去率の評価は行えなかった。

#### 9.4.7 MLSS 濃度と固液分離能力

日本下水道事業団 (JSWA) の活性汚泥法の設計では、活性汚泥の初期沈降速度と MLSS、SVI (SV)、水温の間に次のような関係が成り立つことを利用して、最終沈澱池等のより合理的な設計が行われている。

$$V_0 = 1.78 \cdot 10^7 \cdot M_s^{-1.46} \cdot S_i^{-0.804} \cdot T^{0.852} \quad (9.4-4)$$

式中、 $V_0$  : 活性汚泥の初期沈降速度 (m/日)

$M_s$  : 活性汚泥濃度 (MLSS) (mg/L)

$S_i$  : 活性汚泥の汚泥容量指標 (SVI) (mL/g)

T : 水温 (°C)

活性汚泥の沈降速度の予測は、SBR でも沈殿時間の設計や管理に重要な要素であることから、現地調査結果を用いて検討してみる。

現地調査で実施した沈降速度観測時の各指標の測定結果を表 9.4-1 に示す。

表 9.4-1 沈降速度観測時の各指標の測定結果

| 処理場<br>記号 | 初期沈降速度 | MLSS  | MLVSS | SV    | SVI   | 水温   |
|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|------|
|           | $V_0$  | $M_s$ | $M_v$ | $S_v$ | $S_i$ | T    |
|           | m/hr   | mg/L  | mg/L  | %     | mL/g  | °C   |
| B1        | 2.64   | 4,472 | 3,900 | 27    | 60.4  | 16.3 |
| C1        | 2.72   | 5,655 | 2,396 | 24    | 42.4  | 13.6 |
| C2        | 6.80   | 2,288 | 1,375 | 15    | 65.5  | 16.0 |
| C3        | 1.60   | 4,310 | 2,534 | 56    | 129.9 | 14.9 |
| D2        | 0.59   | 4,855 | 3,343 | 64    | 132   | 18.2 |

式 9.4-4 に倣って、上表の値を回帰すると次式が得られた。

$$V_{0h} = 2.452 \cdot 10^{13} \cdot M_s^{-1.867} \cdot S_i^{-0.887} \cdot T^{-2.71} \quad (R^2=0.971) \quad (9.4-5)$$



式中、 $V_{oh}$ ：活性汚泥の初期沈降速度（m/hr）

表の初期沈降速度の実測値と両式の計算値の関係を図 9.4-1 に示す。得られた式は、水温の係数がマイナスになり理論と矛盾するが、相関係数は高く、データが集積されれば、日本と同様に各水質指標から活性汚泥の初期沈降速度が予測できると考えられる。

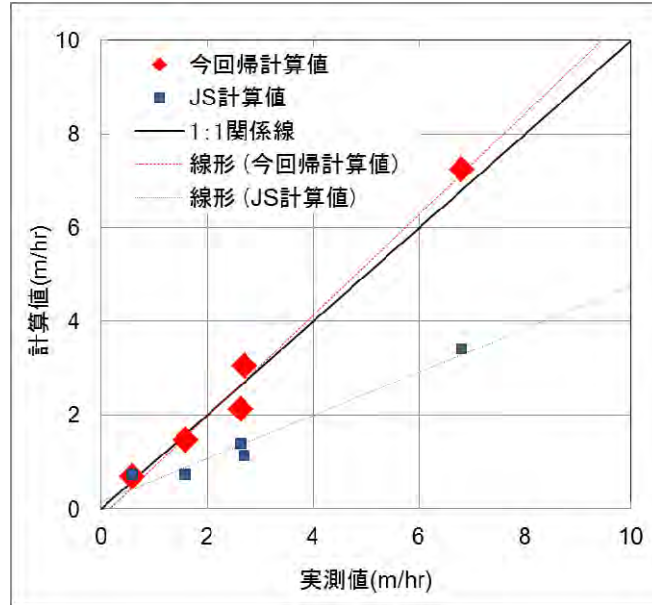


図 9.4-1 初期沈降速度の実測値と両式の計算値の関係

#### 9.4.8 設備選定と操作モード

SBR 法の運転管理システムの中で、流入（配水を含む）とばっ気の均一化と風量調節機能は、プロセス運転の適応性に対する影響が最も大きい。そのため、流入ポンプと送風機の機種選定と設置方法は、プロセスの運転モードに適合しなければならない。

調査結果から見ると、採用集水方式が合流式でも、分流式でも、汚水処理場の 24h の流入水量の変化は、比較的大きい。大多数のタイプの SBR 反応槽は間欠流入であり、1 サイクルは通常 4h~6h である。処理プロセス、特に生物学的処理段階の運転を安定させるためには、比較的稳定した流入を維持し、水量を比較的均一に各反応槽に分配することが非常に必要である。これには流入ポンプの機種選定と設置上の要件として、水量変動に対応でき、比較的柔軟に変更できる運転調節機能を持つことが求められる。

同様に、送風機の機種選定と設置上でも、運転調節の融通性を十分に考慮しなければならない。SBR 法の特徴の一つは、ばっ気状態にある反応槽が同時に複数存在し、それぞれの状況の変化に応じて風量を適切に調整することである。もし、設備選定と設置が多様な状況変化を考慮していなければ、酸素供給能力の制限を受け、理論上は多種の運転方式の設定が可能な SBR 処理システムが実際には実施できず、一定の程度でプロセスの適応性と運転の融通性が制約される。調査した多くの汚水処理場では、いずれもある程度この要件が反映されている。SBR 法では、単独の反応槽は一般に間欠ばっ気方式で、1 サイクルには通常、ばっ気、沈殿、排水などの段階が含まれる。このうち、通常ばっ気段階は流入が伴い、あるプロセスでは更に沈殿排水段階でも流入する。流入水量の不均等と水位の違いはおそらく同じくばっ気段階にある隣接した反応槽のばっ気強度に相違を招き、相互に影響を生じる。そのため、ばっ気システムの設計では処理システム全体の送風量、風

圧の調節を考慮しなければならず、また単独槽の運転サイクルとのマッチングも考慮し、単独槽間のばっ気の不均衡を避けなければならない。SBR 法のもう一つの特徴は、反応槽の運転モードと運転サイクルの調整ができることだが、これは送風機の設置調整方法とが反応槽の調整と合致してはじめて実現可能になる。複数の反応槽を持つシステムで、複数の運転モードを実現させるには、送風機と配管システムの設計において十分に配列、組合せ、対比を行い、最終的に最も適切な配置プランを選択しなければならない。

#### 9.4.9 前処理施設

SBR 法には専用の最終沈殿池がないため、すべてのスカムは反応槽内に集まり、美観に影響する。また、人手による清掃と作業量も比較的大きく、スカムが多い場合、処理水質にも影響を及ぼす。そのため、生物処理工程の前処理は非常に重要で、建造物の選択、設備の設置と機種選択時には、微小な浮遊物に対する遮断効果を十分に考慮しなければならない。

本調査によれば、微細目スクリーンの設置により、微小浮遊物の遮断効果が認められており、最終沈殿池を持たない SBR 法では微細目スクリーンの設置は必須の要件と考えられる。

## 9.5 運転管理の評価

### 9.5.1 運転過程の監視

運転制御監視指標の一つである DO は、大半の汚水処理場で SBR 主反応区にオンライン監視装置を設置している。また一部の汚水処理場は MLSS オンライン監視装置を設置しているが、装置の精確度が高くないため、通常オンライン監視値を実測値に代替させることはできない。MLVSS、SVI 及び余剰汚泥濃度の計測頻度は比較的 low、いくつかの処理場は計測すらしていない。SRT は運転管理で注目すべき普遍的な指標になっておらず、ほとんど把握されていない。

調査対象の中では、SBR 反応槽の流入・処理水質については極めて少数の処理場のみでサンプリング測定されているに過ぎない。運転あるいは処理効果に問題があるとしても、SBR 反応槽の運転プロセスに対する計測もされていない。その他、少数の汚水処理場では流入・処理水のサンプリングについてスポットサンプルを採取していたが、基準と規格が求めているのは 24 時間のコンポジットサンプルである。

このように、運転過程の監視状況は、調査対象箇所によって様々であり、適正な運転管理を行うためには、何らかの監視基準を示す必要がある。

### 9.5.2 運転操作制御

SBR 反応槽はサイクリックに運転されるため、流入水質の負荷変動が大きい場合、間欠流入の条件において運転プロセスを調節する必要がある。適宜調節を行わなければ、処理効果の不均一、処理の不安定などの問題をもたらす可能性がある。適正に管理するため、「監視を代表的 SBR 槽だけで行い、複数系列を同じ条件で制御する」という一般的な管理方法を改善し、反応槽ごとに個別に監視・制御する方法を採用しなければならない。しかしながら、このような方法の採用はプロセス制御点やパラメータ監視数を増やすことになり、監視制御の上でも連続処理法に比べて規模のデメリットが大きくなる。

制御計器と装置の発展に従って、現在の SBR 法はいずれも自動制御を実現しているが、その運転サイクルの制御により精確性を必要とする点が、プロセス運転のほとんどを自動制御システムに依存させる結果を招いている。このことが計器と装置の品質及び運転管理者の資質に対して更に高い技術レベルを要求する。特に、流入負荷に比較的大きな変化が発生する場合はさらに高度になる。各分野のレベルがやや低い小規模にとって、SBR 槽の運転操作は複雑で、自動制御の要件が高く、設備のメンテナンス量が大きく、管理が難しいという特徴が欠点として更に際立つことになる。

### 9.5.3 余剰汚泥の排出

余剰汚泥ポンプは通常 SBR 反応槽の中に 1,2 ヶ所にしか設置されていない。このため、その吸泥範囲は槽底面全体をカバーできず、汚泥排出プロセスで堆積汚泥が漏斗状の水みちを形成し易く、汚泥排出の不均一、濃度の不均等という状況が出現する。そのため、余剰汚泥ポンプの設置と運転は汚泥排出の方式、時間帯及び時間の長短を考慮し、汚泥排出をできるだけ均一にしなければならない。

## IV 提言編

### 10 まえがき

従来型 SBR 法は改良と発展を経ており、現在、中国で比較的多く採用されているものには、CASS 法、CAST 法、ICEAS 法、DAT-IAT 法、MSBR 法などの改良型処理法がある。これらの処理法には比較的幅広い適応範囲があり、中国の東北地区、中西部地区、東南部沿海地区のいずれでも採用され、地域面での制限はない。SBR 法は大・中・小規模の污水処理場でいずれも応用されているが、プロセスの特徴と設備性能パラメータの制限を受け、最も広く利用されているのは処理規模が 5 万  $\text{m}^3/\text{d}$  以下の小規模污水処理場である。

統計によると、2010 年までに中国で既に建設され、操業開始している SBR 法の城鎮污水処理場は約 300 数カ所あり、設計規模が 5 万  $\text{m}^3/\text{d}$  以下のものが約 75%、5 万  $\text{m}^3/\text{d}$  以上 10 万  $\text{m}^3/\text{d}$  未満のものが約 18%、10 万  $\text{m}^3/\text{d}$  以上 20 万  $\text{m}^3/\text{d}$  未満のものが約 5%、20 万  $\text{m}^3/\text{d}$  以上のものが約 1.4% を占める。規模が 2 万  $\text{m}^3/\text{d}$  を超えない小規模な SBR 污水処理場は約 120 数カ所（そのうち 2 万  $\text{m}^3/\text{d}$  規模のものが約 1/3 を占める）があり、すでに操業開始している SBR 污水処理場全体の 44% を占め、主に県政府所在地に分布している。

しかし、中国の膨大な数の「建制鎮」（県、郷レベルの国家機関所在地）について言えば、污水処理場を建設している建制鎮の比率は依然として非常に低い水準にある。

中国は日増しに深刻になる水環境汚染に対応するため、一連の政策と基準を相次いで実施しており、その目的は水質悪化の傾向を抑制し、水環境本来の機能を保全し回復することにある。2003 年 7 月 1 日に正式実施された『城鎮污水処理場汚濁物質排出基準』（GB 18918-2002）は、城鎮污水処理場の処理水排出目標と水質について更に高い要求を打ち出した。特に 1 級基準のアンモニア態窒素、全窒素と全リンに対する規制を更に厳格にすることにより、窒素・リン除去をプロセスの必須機能とした。これは新設の城鎮污水処理場が効率的な窒素、リンの除去能力を持たねばならないことを意味するだけでなく、多くの既存の城鎮污水処理場でも放流水質を改善し、新たな排出基準の要件を満たすため、処理プロセスの改造と運転方式の変更を余儀なくされることを意味する。これは不可避免的に SBR 法の設計と運転に重大な影響を及ぼす。

本編を編纂した目的は、SBR 法の応用、特に事後評価調査で発見された問題点について、解決の解答あるいは手段を探索し、SBR 法処理機能向上の提案を示すことである。

## 11 総則

SBR 法を採用する場合、以下の基本的要件を順守しなければならない。

- (1) SBR 法は小・中規模污水处理場に適用する。ただし、排出基準の要求が高く、運転管理技術のレベルと設備の性能水準が保障できない污水处理場における採用は適しない。
- (2) 有機汚染物・窒素・リン除去などの異なる処理レベルの要求と内部・外部条件に応じて、適切な SBR 及びその改良法を選択しなければならない。
- (3) 調整池の設置により流入負荷変動に対応すべきである。流入水量変化の大きい污水处理場は、水量調整池を設置し、水質負荷の調整が適切になるように考慮しなければならない。
- (4) SBR 法システムは機動的な調節ができる運転方式を備え、そして処理プロセスと運転方式に応じた計測・制御システムを設置し、運転プロセスの自動化を実現し、システムの安定した運転を保障しなければならない。
- (5) SBR 法を選択する場合は、流入水質の条件により、粗目・細目スクリーン、あるいは微細目スクリーン、沈砂池などの適切な前処理施設を設置しなければならない。
- (6) 運転管理とオペレータは、必ず自らの処理場の SBR 法及び施設、設備の運転要件と技術指標を理解し、SBR 反応槽の運転制御方式を把握し熟練しなければならない。

## 12 プロセスフローの選択

### 12.1.1 プロセスフロー選択の原則

都市污水处理の主な除去対象は、SS、BOD、COD、TN、TP、ウイルス、細菌、天然有機物、少量の重金属、硬度、濁度、可溶性無機塩である。いくつかの汚濁物質の除去は一つの処理プロセスで同時に行えるが、いくつかのものは異なる処理プロセスが必要である。一般にすべての放流水質基準を満足するためには、いくつかの異なる処理プロセスを組み合わせる必要がある。また、大部分の汚濁物質の処理技術は1種類だけではないため、複数のプロセスフローから選択する必要がある。SBR 及びその改良技術を主体とした処理プロセスフローの選択にあたっては、一般に以下に説明するような複数の要件を満足することが求められる。

#### 要求処理水質に達すること

これは污水处理の基本的要件であり、処理プロセス選択の主な原則である。まず、処理水質と処理効果を保障でき、合理的な技術、成熟した信頼性の高い処理プロセスを採用しなければならない。もし受け入れ水域あるいはユーザーの栄養塩類に対する要件が厳格であれば、良好な窒素・リン除去機能を備えた改良型 SBR の使用を考慮し、必要な場合は物理的及び化学的方法を選択し脱リン効果を強化することを選択する。

#### 経済的で省エネルギーであること

ランニングコストが低い、土地占有が少ない、及び建設費用が低いことは経済的及び省エネルギーの基本的要件である。污水处理場にとっては、ポンプ室と送風機室の電力消費が総ランニングコストの70%~90%を占める。プロセスの違いが電力消費に与える影響は比較的小さいものの、設備の選択と配置及び投資額全体を検討する場合は、プロセスの比較選択時に詳細に考慮しなければならない。さらに、都市化の発展により、污水处理場の建設に提供可能な用地面積は減少し、地価は上昇しており、敷地面積が比較的少ない SBR 法は、経済面においてはおそらく一定の優位性を占めると考えられる。しかし、処理法の選択に当たっては、流入条件、工事規模、処理要件などを総合的に考慮しなければならない。

#### 工事規模に適すること

系列数が多くなった場合の SBR 法自動制御システムの複雑さの程度と運転制御の難易度、及び現段階における中国の上澄水排出装置の性能と品質による1槽当たりの処理水量の制約、污水处理場スタッフの運転管理レベルなどの見地から考慮すると、SBR 法は処理規模15万 m<sup>3</sup>/d 以下の中・小規模污水处理場に適している。しかし、2万 m<sup>3</sup>/d 以下の規模で、流入水量が極めて不安定な小規模污水处理場では、いかなる形式の SBR 法とプロセスを選択するにせよ、いずれも流入負荷変動の問題を考慮しなければならない。本来、SBR 法はバッチ処理により流入負荷に応じた処理時間と方法を選択できるということから、負荷変動に対応できる処理法であり、その特徴をできるだけ発揮する設置規模や配置を検討する必要がある。

運転制御と管理保守に好都合であること

運転制御と管理保守の便利さは、処理ユニットの組み合わせと処理法の選択においても考慮の必要な問題である。SBR を中核プロセスとする汚水処理場にとって、ばっ気装置と上澄水排出装置の選択と配置は、運転管理のキーポイントである。現在、国内で広範に使用されているばっ気方式は、機械ばっ気と送風ばっ気の2種類に分けられ、最も多く採用されているのはゴム膜細孔エアレーター(ゴムメンブレン微細気泡散気装置)である。上澄水排出装置は多くが機械回転(転倒)式上澄水排出装置である。設備の選択時には実際の状況に応じて、操作と管理が便利で信頼性が高く、かつメンテナンスが簡単な機械装置と電気設備を選択しなければならない。

現地の気候と水文地質条件に対する適応性

気候と水文地質条件は、しばしば2次処理あるいは2次強化プロセスの組み合わせと選択の比較的 주요な影響要素になるため、入念に考慮しなければならない。もし、それを怠ると、いくつかの処理水質指標の長期にわたる要件未達成という状態をもたらすことが懸念される。

### 12.1.2 処理水質の要件

城鎮汚水処理場については、汚水が処理を経た後に、排出される受け入れ水域の機能あるいは処理水の用途により、放流水質が達成すべき指標の程度が決定される。『城鎮汚水処理場汚濁物質排出基準』GB18918-2002はその基準値を明確に規定している。表 12.1-1 に基準別の通常の汚濁物質指標値を列挙した。処理水質は汚水処理場のプロセスフローの選択を決定付ける大きな要因となっている。

表 12.1-1 処理水排出基準と通常基準値

| 排出基準  | 排出水域及び主な用途   | 有機物指標<br>(mg/L)                          | 栄養塩類指標<br>(mg/L)                     | 衛生指標<br>(個/L)            |
|-------|--|--|--------------------------------------|--------------------------|
| 2 級   | 地表水Ⅳ類、Ⅴ類機能水域。<br>一般農業用水、生態用水                                 | COD≤100<br>BOD <sub>5</sub> ≤30<br>SS≤30 | NH <sub>3</sub> -N≤25 (30)<br>TP≤3.0 | 糞便性大腸<br>菌 群 数<br>≤10000 |
| 1 級 B | 地表水Ⅲ類機能水域（画定した飲用水源保護区と水泳区を除く）。都市雑用、非接触的景観環境用水                | COD≤60<br>BOD <sub>5</sub> ≤20<br>SS≤20  | NH <sub>3</sub> -N≤8 (15)<br>TP≤1.0  | 糞便性大腸<br>菌 群 数<br>≤10000 |
| 1 級 A | 国と省が指定した重点流域及び湖沼、ダムなどの閉鎖・半閉鎖水域。希釈能力が比較的小さい河川と湖沼の景観用水と一般再生利用水 | COD≤50<br>BOD <sub>5</sub> ≤10<br>SS≤10  | NH <sub>3</sub> -N≤5 (8)<br>TP≤0.5   | 糞便性大腸<br>菌 群 数 ≤1000     |

注：括弧内の数値は水温≤12℃の場合の制御指標。

### 12.1.3 提案するプロセスフロー及びその特徴

従来の SBR 法は、有機物の除去に対しては十分に有効だが、排出基準の引き上げに伴って、一部の指標の除去が基準を満足しない状況になっている。この対応策として多くの改良型プロセスが派生し、そのうちのあるものは窒素除去効果を、またあるものは脱リン

効果を強化している。これら改良された SBR 法は、必要とする前処理と後処理のプロセスが多少異なっており、流入水質、処理水質及びその他の実情に応じてプロセスフローを適切にしなければならない。

本章で論述したプロセスフロー選択の原則、及び流入/処理水質の違いにより、表 12.1-2 では 3 種類の SBR 及びその改良法を核心とする 2 次処理あるいは 2 次強化プロセスフローを列挙した。

表 12.1-2 異なる排出基準に対応する SBR プロセスフローの組み合わせ

| 番号 | 処理フロー                                   | 排出基準  |
|----|---|-------|
| 1  | スクリーン+沈砂池+SBR 法+消毒                      | 2 級   |
| 2  | スクリーン+沈砂池+SBR 改良法 (CASS、CAS など) +消毒     | 1 級 B |
| 3  | スクリーン+沈砂池+SBR 改良法+ (化学強化脱リン) + (ろ過) +消毒 | 1 級 A |

各処理フローの選択条件及びその特徴の説明は以下の通りである。

関連資料の統計によると、中国の都市污水の有機物濃度は普遍的に低く、COD は一般に 200~400mg/L で、表 12.1-2 のフロー1 を採用すれば、2 級放流水質の要件を満たすことができるが、1 級放流水質の要件を満たすことはできず、窒素とリンの指標でも、また SS でも、いずれも指標値以下に抑制するのは難しい。中等濃度の污水を設計値とする場合、異なる放流水質基準に達するための各指標の除去率を表 12.1-3 に示す。

表 12.1-3 中等濃度污水処理で異なる排出基準に達する汚濁物質除去率

| 汚濁物質              | 中等濃度<br>(mg/L) | 除去率 (%)      |              |              |
|-------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
|                   |                | 2 級          | 1 級 B        | 1 級 A        |
| COD <sub>Cr</sub> | 380            | ≥73.7        | ≥84.2        | ≥86.8        |
| BOD <sub>5</sub>  | 180            | ≥83.3        | ≥88.9        | ≥94.4        |
| SS                | 200            | ≥85          | ≥90          | ≥95          |
| アンモニア態窒素          | 35             | ≥28.6 (14.3) | ≥77.1 (57.1) | ≥85.7 (77.1) |
| TN                | 45             | 要件なし         | ≥55.6        | ≥66.7        |
| TP                | 5              | ≥40          | ≥80          | ≥90          |

注：括弧内は除去率が水温 ≤12°C の時の対応値。

排水水質に対する要求が比較的高い場所、例えば 1 級 B 放流水質に達しなければならない場合、有機物と栄養塩類に対する除去率が相応に引き上げられるので、ICEAS、CASS、MSBR などを含む改良型 SBR 法を採用し、生物学的窒素リン同時除去を行わなければならない。これらの窒素リン同時除去プロセスの汚泥発生量は、いずれも標準活性汚泥法の汚泥発生量より少ないが、汚泥からリンが溶解して污水処理システムの中に戻らないよう適切に処理しなければならない。生物学的脱リンの脱リン率の大小は主に流入水の BOD/P 比 (特に VFA/P 比) で決定付けられる。適切な BOD/P 比の範囲内においては、すべての生物学的脱リンはいずれも放流水 TP が 1~2mg/L 以下 (一般に最低全 BOD/TP 比が 20 : 1 以上、あるいは可溶性 BOD/溶解リン比が 12 : 1~15 : 1) の処理効果を得ることが可能である。比較的低い放流水のリン濃度を得るためには透視度(SS)を低く保つ必要がある。放流水の SS を 20mg/L 未満にするために、必要に応じてろ過装置を設置する。な



お、国内外の実績によると、特定の汚水については水質測定と現場でのプロセス試験ができるだけ多く実施されているが、その目的はプロセス特性と設計パラメータをより正確に合理的に決定するためである。

このように、SBR 改良プロセスの脱リン性能は、汚水 BOD/TP 比、特に VFA/TP 比の影響を受けるが、これに加えて良好な汚泥沈殿を維持しないと放流水 TP が 1mg/L を下回る処理効果は得られない。SBR 改良プロセスの沈殿工程はいずれも理想的な沈殿状態ではなく、また後続の最終沈殿池が無い場合、設計及び運転時には放流水の SS 濃度に特に配慮しなければならない。汚泥処理過程では、リン放出が生じ、汚水処理システムへ逆流する危険性があるため、必ず汚泥処理混合液のリン含有量を制御しなければならない。もし可能であれば、生物学的脱リンシステムの処理トラブルの発生を防ぐために、必要に応じて予備の薬品注入システムを設置することを検討する。

もし、1 級 A 処理水質の指標を達成しなければならない場合は、流入水の BOD<sub>5</sub>/TP 値が 20 以上であっても、従来型 SBR 法、あるいは SBR 改良法に依存するだけでは不足である。特に SS と TP 指標の基準達成が難しく、実際の適用に当たっては化学薬剤の投入による処理効果の増強を考慮する。さらに、長期に安定した効果に達するためには濾過処理を行う必要があり、これによりようやく放流水の比較的低い SS 値を確保できる。一般に生物学的脱窒脱リン法の汚泥のリン含有率は 6%ほどで、SS<10mg/L の時にのみ、放流水の TP<0.5mg/L を達成できる可能性がある。

都市汚水が高濃度汚水あるいは低濃度汚水で流入し、同時に窒素とリン除去を行わなければならない場合は、有機物負荷以外に排水比、サイクル数、毎日のばっ気時間などについて検討しなければならない。もし単純に SBR 及びその改良法を採用して放流水の要件に達しない場合は、他のプロセスと組み合わせるか、他のプロセスの採用を検討しなければならない。

## 13 SBR 法の設計

### 13.1 SBR 法のタイプの選択

全国の汚水処理場の稼働状況から、SBR 改良法は従来型 SBR 法に比べて多くの汚水処理場で採用され、特に CASS/CAST 法の採用事例が多い。しかし SBR 改良法の採用により従来型 SBR 法に代替できるか、あるいは従来型 SBR 法の欠点を克服し、同時にその長所を継承できるかは考慮しなければならない問題である。従来型 SBR 法の多くの長所の SBR 改良法における効果は、一様ではなく、おおむね一定程度弱められている。例えば、ICEAS、CASS などの改良法と従来型 SBR 法の沈殿特性は異なり、前者は理想的な静的沈殿を破壊し、従来型 SBR 法の理想的な推流という長所も喪失している。その他に、新型 SBR 技術には連続流入、連続放流と汚泥返送の SBR 反応装置が出現し、従来型の活性汚泥法と互いに融合する傾向が現れている。したがって異なるタイプの SBR の長所は異なり、簡単に判断できず、設計時には総合的に考慮しなければならない。表 13.1-1 には各種 SBR 法の基本的状況と性能の対比を、表 13.1-2 には各種 SBR 法の主な長所・短所と適用性を列挙しており、選択の参考として提供する。

表 13.1-1 各種 SBR 法の基本状況と性能の比較

| プロセスのタイプ  | 従来型 SBR        | ICEAS        | DAT-IAT        | CAST/CASS   | UNITANK        |
|-----------|----------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| 槽の形       | 長方形            | 予反応区と主反応区に区画 | DAT と IAT 直列連結 | 選択区と主反応区に区画 | 3つの槽の組み合わせ     |
| 流入        | 間欠             | 連続           | 連続             | 間欠          | 連続             |
| ばっ気       | 間欠             | 間欠           | DAT 連続 IAT 間欠  | 間欠          | 中心槽が連続 周辺槽が間欠  |
| 沈殿        | 静止             | 半静止          | 半静止            | 静止          | 半静止            |
| 排水        | 間欠             | 間欠           | 間欠             | 間欠          | 連続             |
| サイクル/h    | 4~8            | 4~6          | 3              | 4           | 8              |
| 容積利用率 (%) | 50~70          | 50~58        | 66.7           | 50          | 50             |
| 汚泥返送      | なし             | なし           | 200%~400%      | 20%~30%     | なし             |
| 運転水位      | 水位変化 1~2m      | 水位変化 1~1.5m  | 水位変化 <1m       | 水位変化 1~2m   | 固定水位           |
| 常用ばっ気装置   | 機械式ばっ気 / 送風ばっ気 | 送風ばっ気        | 送風ばっ気          | 送風ばっ気       | 送風ばっ気 / 機械式ばっ気 |
| 常用排水装置    | 上澄水排出装置        | 上澄水排出装置      | 上澄水排出装置        | 上澄水排出装置     | 固定堰            |
| 窒素除去機能    | 概ね良好           | 概ね良好         | 普通             | 良い          | 普通             |
| リン除去機能    | 普通             | 普通           | 比較的劣る          | 良い          | 比較的劣る          |
| 汚泥バルキング防止 | 普通             | 概ね良好         | 普通             | 良い          | 普通             |

表 13.1-2 各種 SBR 法の主な長所と短所及び適用性

| プロセスのタイプ | 従来型 SBR  | ICEAS  | DAT-IAT   | CAST/CASS  | UNITANK  |
|----------|--|--|---|--|--|
| 主な長所     | <p>工程が簡単：最終沈殿池、汚泥返送ポンプ室などの設備がない。<br/>                     管理が便利：処理設備が少ないため、管理が簡便化。<br/>                     敷地が少ない：各種汚水二次処理の中で最も少なく、通常の活性汚泥法に比べ敷地は 30%~50%。<br/>                     処理効果が良好：有機物除去効率が高く、また窒素・リン除去機能があり、衝撃緩和能力が高く、汚泥バルキング防止性能が比較的良好。<br/>                     土木建設の投資が少ない：規模 ≤ 10 万 m<sup>3</sup>/d の汚水処理場の土木建設の投資は通常の活性汚泥法に比べ 10%~20%の節約が可能。<br/>                     処理コストが低い：規模 ≤ 10 万 m<sup>3</sup>/d の汚水処理場の処理コストは通常の活性汚泥法より低い。<br/>                     設備の国産化率が高い。</p> |  |   |  |  |
|          | <p>施設が最も簡単<br/>                     操作が最も簡単<br/>                     静止沈殿の放流<br/>                     水質がより良好<br/>                     窒素・リン除去<br/>                     効果が概ね良好</p>  | <p>連続流入<br/>                     水位差が比較的<br/>                     小さい<br/>                     土木建設の費用が比較的<br/>                     少ない<br/>                     窒素・リン除去<br/>                     効果が概ね良好</p>  | <p>容積利用率が<br/>                     高い<br/>                     連続流入<br/>                     水位差が最も<br/>                     小さい<br/>                     土木建設の投資が比較的<br/>                     少ない</p>  | <p>窒素・リン除去が最も<br/>                     良好<br/>                     汚泥バルキング防止性能が<br/>                     最も良い<br/>                     同時に硝化と脱窒、電力消費が節約、槽容積が小さい<br/>                     静止沈殿の水質が良好</p>  | <p>固定水位で、揚水ポンプの揚程が比較的<br/>                     低い<br/>                     固定放流堰の設備費用が低い<br/>                     敷地が最も小さい<br/>                     土木建設の費用がより節約</p>   |
| 主な短所     | <p>自動制御システムと装置の性能、品質に対する要件が高く、運転と調整が比較的複雑<br/>                     オペレータの技術レベルに対する要件が比較的高く、主には技術型操作管理で、オペレータが一定の専門的技術レベルを持つことが求められる<br/>                     間欠サイクル運転がばっ気、攪拌、排水、汚泥排出などの設備利用率の低さをもたらし、設備費用と設備容量を増大する</p>  |  |   |  |  |
|          | <p>サイクルが比較的長く、槽容積と排水設備が比較的<br/>                     大きい。<br/>                     窒素・リン除去にはサイクルの延長、排水設備の拡大、攪拌増加が必要。<br/>                     水位変化が大きく、ポンプ揚程が比較的<br/>                     高い。<br/>                     少なくとも 2 つ</p>  | <p>容積利用率が比較的<br/>                     低く、槽容積が相対的に<br/>                     大きい。<br/>                     窒素・リン除去にはサイ<br/>                     クルの延長、排水設備の<br/>                     拡大、攪拌増加が必要。<br/>                     水位変化が大きく、ポン<br/>                     プ揚程が比較的</p> | <p>窒素除去にはサイクルの<br/>                     延長、排水設備の拡大が<br/>                     必要。<br/>                     返送汚泥量が非常に多く、<br/>                     エネルギー消費が大きい。<br/>                     水位変化がポンプの揚程を<br/>                     増加。<br/>                     脱リン効率が</p> | <p>容積利用率が低く、槽容積<br/>                     が相対的に大きい。<br/>                     水位変化がポンプの揚程を<br/>                     増加。<br/>                     少量の汚泥返送が、電力消<br/>                     費を増加。<br/>                     運転に少なくとも 2 つの槽<br/>                     が必要。</p> | <p>容積利用率が低く、槽容積<br/>                     が大きい。<br/>                     窒素・リン除去にはサイ<br/>                     クルの延長、排水設備の<br/>                     拡大、攪拌増加が必要。<br/>                     3 つの槽の汚泥濃度の差が<br/>                     大きく槽容積利用に影<br/>                     響。</p> |

|     |                 |                           |                           |                            |                  |
|-----|-----------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------|
|     | の槽が必要。          | 高い。                       | 低い。                       |                            | 脱リン効率が<br>高くない。  |
| 適用性 | 小規模汚水処理<br>場に適合 | 比較的大規模<br>な汚水処理場<br>に適用可能 | 比較的大規模<br>な汚水処理場<br>に適用可能 | 窒素・リン除<br>去が求められ<br>る場合に適合 | 土地が特に狭<br>い場合に適合 |

## 13.2 流入水の調整

汚水処理場に流入する水量や水質は通常は不均一で、規模が小さいほどこの変動は際立っている。**SBR** 反応槽の処理効果をいかに十分に発揮させるかは、選択した設計流量と流入変動の大きさとの関係に大きく依存し、もし設計流量が不適切なら、流入ピーク時の水位が上限を超え、流入水量が少ない場合は反応槽が十分に利用できない事態が生じる。しかも、**SBR** 反応槽の調整機能には限界があり、流入水量、水質の変動が比較的大きい場合は、**SBR** 槽の安定運転を確保するために流入水量の調整をことを考慮しなければならない。

流入負荷変動の問題に対して、日本では **SBR** 法に流入水調整池の設置を求めている（容積は日最大流入水量に滞留時間 **6h** にて計算）。しかしそうすると **SBR** 法の優位性が大いに削減され、これも日本が公共下水道事業で、このプロセスの処理場を新たに建設しなくなった原因の一つになっている。

調整池の設置以外に、もし条件が合えば、流入管きょ内等で汚水の一時貯留を行い、同時に流入ポンプの機種選定と配置の最適化を通じて **SBR** 反応槽の流量を調節し、バランスを維持させる方法もある。

### 13.2.1 流量調整池の設置

調整池は一般にその主な調整機能により水量調整と水質調整の2種類に分けられる。都市汚水について言えば、産業排水の占める割合が高くなければ、水質の変動は相対的に小さく、水量の変動が通常大きい。水量調整池は一般に以下の事項を遵守しなければならない。

- (1) 水量調整池は、水位の変わる貯水池であり、流入は一般に自然流下で、排出はポンプで揚水する。池の最高水位は流入管の設計高さを上回らず、水深は一般に **2m** ほどで、最低水位は死水位とする。
- (2) 調整池の形状は四角形あるいは円形が一般的で、完全混合状態の形成に有利な構造とする。長方形の池は複数の入口と出口の設置に適する。
- (3) 調整池の中には洗浄装置、越流装置、浮遊物と泡沫排出装置、及びスプリンクラー消泡装置を設けなければならない。
- (4) 調整池を良好に運転するため、攪拌装置を設けなければならない。

調整池の容量は水量バランス計算を利用して決定でき、主に汚水量の変化により、1日 (**24h**) の汚水流量 (流入量) 変化曲線と平均汚水流量 (汲み上げ流量) の曲線を作図し、更に図解法を利用すると理論調整容量が求められる。もし、複数 **SBR** 槽の運転で連続流入であれば、平均汚水流量 (汲み上げ流量) は連続した曲線である。また、単独槽の運転で間欠流入であれば、平均汚水流量 (汲み上げ流量) は間断した曲線になる。

一般に滞留時間を利用して調整池容量を決定している。滞留時間を **6~8h** にて計算し、

調整池容量は日最大流入水量で持って計算する。滞留時間は1サイクルの流入水量を満たすとよい。

### 13.2.2 流入ポンプの機種選定と配置

汚水処理場の流入水量は1日24時間常に変化しているが、通常は一定パターンが繰り返されるため、流量変動に応じた定形の運転パターンを確立すれば、このような変化が汚水処理場に対し極端な水質悪化をもたらすことはあり得ず、頻繁に運転調整することが却って処理効果に悪影響を及ぼすことがある。しかし、処理区域の管きょ網整備の途中段階では、時期により汚水処理場の流入水量が比較的大きく変化することもある。また、合流式の排除方式であれば、流入水量も比較的大きな季節的变化がある。さらに、流入水質と処理状況が設計時と異なってくることもあり、これらの条件下でSBR法の運転方式を適切に調整しなければならない。間欠的で周期的なSBR法の運転の特徴は、その運転方式と流入水量制御が密接に関連し、複数槽を組み合わせている場合は、運転方式を変更すると、しばしば流入サイクルと流入水量を調整しなければならない。そのため、流入ポンプの機種選定と配置はプロセスの融通性を十分に考慮し、要求されるプロセス運転方式に柔軟に対応できるようにしなければならない。

流入ポンプは一般に潜水型ポンプを採用する。ポンプの選択と配置では、比較的大きな調整空間を確保し、水量の適用範囲と調節能力を最大限発揮できるようにしなければならない。必要な場合は流入ポンプに可変周波数調整制御の採用を考慮する。設置台数は少なくとも2台以上とし、複数台のポンプの揚水能力はできれば大小を組み合わせたものとする。運転の調節では、回転数制御に台数制御を加えた制御調節方法を採用する。定速ポンプの揚水能力は平均流入水量を揚水できるように設定する。調速ポンプは変速運転により流量の変化に追随できるように運転し、流量に比較的大きな変動が生じた場合は運転台数の増減で補完する。

## 13.3 前処理の留意事項

### 13.3.1 スクリーン

SBRを中核とする処理プロセスの粗目スクリーンに対する要件は、その他の生物学的処理プロセスに対する要件とほぼ同じであり、スクリーンの目幅は流入水の種類により異なる。一般に、粗目スクリーンの目幅は25mmほどを採用する。一方、細目スクリーンに対する性能要件は、他の生物学的処理プロセスとやや異なる。実際の運転状況をみると、粗目スクリーンと細目スクリーンを設置するだけでは、一部の小さな浮遊物を遮断できず、目幅が3mmの細目スクリーンでさえ、スイカの種、瓜種の皮などのゴミを遮断できない。そのため、SBRプロセスに対しては、特に最初沈殿池を設けない場合、微細目スクリーン（目幅は一般に1.5mm以下）を設置すると良い。スクリーンの形式はグリッド式あるいは細かい篩式が推奨される。

### 13.3.2 沈砂池

沈砂池には、主にサイクロン沈砂池とばっ気沈砂池が用いられる。サイクロン沈砂池は敷地が節約でき、管理が便利で、沈砂効果が良好という長所を持ち、最近数年で幅広く利用されている。しかし、ばっ気沈砂池と比較すると、その処理効果が流入水量の変化の影響を受けやすく、しかもスカムを取り除くことができない。一方、ばっ気沈砂池は、螺旋形流れの形成を送気量で調整できるため、流量変化に対する適応性が高く、砂除去効果が

比較的安定し、同時にスカムと油脂を取り除くことができるという利点がある。欠点としては、ばっ気沈砂池の前ばっ気が後続の生物学的脱リン環境に悪影響を及ぼしたり、あるいはばっ気沈砂池の中で一定の炭素源を消費し、後続の生物学的処理に炭素源不足をもたらすことであり、沈砂池のばっ気量と滞留時間の管理が必要になる。しかし、ある資料では、ばっ気沈砂池のばっ気時間は非常に短く、炭素源の消費を無視することができるとしており、影響は少ないとも考えられる。いずれにしろ、設置個所の状況に適した砂除去方式と設計パラメータを選択しなければならない。

## 13. 4SBR 反応槽

### 13. 4. 1 設計パラメータ

#### (1) SRT 及び ASRT

SBR 槽内の固形物滞留時間 (SRT) と好気環境下の固形物滞留時間 (ASRT) の概略値の計算式は以下の通りであり、ASRT は、SRT にばっ気時間比を乗じて表わされる。『SBR 式活性汚泥法污水处理工程技術規範』(HJ577-2010) は SRT と ASRT について規定していないが、生物学的窒素除去の管理には重要な指標であり、適切に管理することが求められる。

$$SRT(H) = \frac{V_A \times C_A}{Q_W \times C_W} \quad (13.4-1)$$

$$ASRT(H) = e \times \frac{V_A \times C_A}{Q_W \times C_W} \quad (13.4-2)$$

式中、 $V_A$ -SBR 槽容積 (標準水位時) ( $m^3$ )

$C_A$ -平均 MLSS 濃度 (標準水位時) (mg/L)

$Q_W$ -余剰汚泥排出量 ( $m^3$ )

$C_W$ -余剰汚泥平均濃度 (mg/L)

$e$  -ばっ気時間比 (-) ( $0 < e < 1$ )

#### (2) ばっ気時間比

ばっ気時間比は、ばっ気時間と 1 サイクルの所要時間との比である。多くの污水处理場では、ばっ気時間比を設計と運転管理の指標にしていなが、ばっ気時間比はばっ気とばっ気停止の時間比の変更により簡単に制御できるため、サイクル数と排水比などの指標を制御するより簡単に ASRT を管理できる。また、ばっ気装置の動力費用削減の面でも有効な指標になる。窒素・リン除去の機能がある場合、ばっ気時間比を 40%~60%に制御することを推奨する。

#### (3) 予反応区の容積比

SBR のいくつかの改良法、例えば ICAES と CASS はいずれも予反応区を持つが、予反応区は連続流入を実現し、同時にバイオセクターの役割も発揮している。予反応区の槽容積は一般に経験値として設定されており、理論的な計算方法は示されていない。ICEAS と CASS 反応槽予反応区の容積は、一般にそれぞれ主反応区容積の 7%~10%、5%~10%に設定されている。

#### (4) 運転サイクル

複数反応槽の運転を調整するため、SBR 反応槽の各サイクルの運転時間はできるだけ 24h を整除できるようにし、4h、6h、8h を取ると良い。つまり一日のサイクル数は 6、4、3 などの整数値であることが望ましい。

#### 13. 4. 2 上澄水排出装置上澄水排出装置の機種選定と配置

上澄水排出装置の主な性能パラメータは、1 運転サイクル当たりの排水量と排出深度である。上澄水排出深度は SBR 槽の最大水深と活性汚泥の沈降性能により決定し、通常は最大水深の 1/3 で、多くは 1.5~2.5m を採用している。様々な形式の上澄水排出装置があるが、機械回転式上澄水排出装置は制御が容易で、運転が安定し、上澄水排出深度の範囲が大きいなどの優位性がある。回転式上澄水排出装置の排水量は 50~3,000m<sup>3</sup>/h である。

均一な放流水を得るためには、同一反応槽内の上澄水排出装置は比較的良好な同期動作状態を維持しなければならず、上澄水排出装置の数が多いほど制御は難しくなる。したがって、1つの反応槽ではできるだけ上澄水排出装置の数を少なくすべきである。また、上澄水排出装置の水と接触する部分及び水中部分は、できるだけステンレス材料を採用し、一般材料で製作するその他の部品は防腐処理を十分に行わなければならない。なお、異なる金属同士を直結する構造は腐食を促進するので行わない。

#### 13. 4. 3 散気板の機種選定と配置

SBR 法は間欠ばっ気方式であるため、非ばっ気ーばっ気転換時の抵抗力損失を減少するため、一般に開口部に弾力性があり、逆流防止機能があるゴム膜散気板を採用する。反応槽のニーズによりディスク式、球状キャップ型、プレート式、チューブ式などのタイプのゴム膜散気板が選択できる。ただし、同一事業、あるいは独立した1つのばっ気システムの中（1台あるいは複数台の送風機の同一稼働範囲内）では、圧力損失の違いによるばっ気不均一の影響を避けるため、同じタイプの散気板を採用すべきである。

#### 13. 4. 4 送風機の機種選定と配置

送風機は汚水処理プロセスの要となる装置であり、送风量、吐出圧、電力消費、騒音などは送風機選択の基本技術パラメータであり、摩耗率、メンテナンス性、モーター動作の安定性なども選択時に考慮しなければならない事項である。また、送風機の機種選定と配置の面で、設計時には、プロセス運転調整の融通性を高め、電力消費を減少するように十分に考慮しなければならない。送風機を選択する場合に重視することは、その適用範囲と調節能力であり、必要な場合は送风量が制御できる機種を採用する。設備の配置では、複数台の送風機の送风量ができるだけ階段状に調節できるような配置が好ましい。

生物反応槽のばっ気システムは一般に遠心ターボブロワを採用する。遠心送風機は効率がが高く、耐用年数が長い、ハウジング内は潤滑油が必要なく、気体が油により汚染されないなどの利点があり、特に空気供給量、吐出圧の適用範囲、騒音抑制及び動作の安定性などの面で、いずれもルーツブロワより優れている。ルーツブロワは一般に槽の深度が比較的浅く、必要とする风量と吐出圧が比較的小さい状況での使用に適する。

#### 13. 4. 5 攪拌機の選択

一般に、汚泥返送のある SBR 法は、返送汚泥と流入水を十分に混合するため、その前段の選択区の中に攪拌機の設置が必要である。これ以外に、他の SBR 反応槽の中に適切

に攪拌機を設置することにより、プロセス運転の融通性を増強することができる。特に窒素・リンの同時除去を行う場合、攪拌機を設置することにより、攪拌とばっ気の時間と強度を合わせて調整することにより、良好な無酸素条件や嫌気条件を創出できる。また、化学脱リンを行う場合も、攪拌機の設置により薬剤と混合液を十分に混合でき、処理効果を高められる。

SBR 反応槽中に設置する攪拌機は、一般に水中機械式攪拌機が採用される。羽根車の構造と製造加工技術の優劣は、水中攪拌機の性能と品質に大きく影響する。また、攪拌機の動作の水力学的条件、サポートシステムなども装置の安全で安定した動作を担保する重要な要因である。その他、装置が常に水中で動作するため、材質の選択と防食対策も非常に重要な選択要件である。

#### 13.4.6 汚泥排出

SBR 反応槽の汚泥排出管の配置、余剰汚泥ポンプの設置及び運転は汚泥排出方式、時間帯及び時間の長短を考慮し、汚泥排出ができるだけ均一に行えるようにしなければならない。

### 13.5 高度処理

評価編で述べたように、SBR 法に対しては、更に良好な放流水質（主にリンと SS の除去率の向上）を得るために化学的処理を追加する場合、もし SBR 反応槽の混合液の中に薬剤を直接投与しようとする、制御が非常に難しくなる。何故なら、反応槽内の水量と水位が刻々変化するため、薬剤を均一に混合するための混合強度や反応時間の制御が難しくなる。しかも、運転サイクルの段階的制御と連動（連鎖）しなければならないため、自動制御システムの難度が増し、運転の安定性が低下する恐れがある。そのため、SBR 法は生物学的反応槽の後ろに凝集、沈殿、濾過などの高度処理施設を単独に設置するのが一般的である。



## 14 SBR プロセスの運転

### 14.1 日常運転管理

#### 14.1.1 SBR 反応槽システムの運転管理

SBR 反応槽は污水处理場の中核的な構築物であり、特にその運転状況に注目する必要がある。流入・放流水の水質指標以外に、反応槽の混合液の濃度、SV、汚泥排出量、DO 及びばっ気装置の運転状況などについて、毎日検査と監視を行う必要がある。SBR 反応槽の運転管理の基本は以下のとおりである。

- (1) 常に SBR 槽の配水システムを監視することで、各槽間の汚水と汚泥の均一性を確保し、問題を発見した場合は直ちに調整措置をとる。
- (2) 常に SBR 槽混合液の静置沈殿速度、SV 及び SVI を観測し、汚泥の良好な沈降性能を維持する。もし、汚泥バルキング発生の傾向があれば、できるだけ速やかに原因を解明し、直ちに的確な措置をとらなければならない。
- (3) ばっ気装置は一定期間使用すると、散気効率が低下する。ばっ気装置の詰まり、あるいは抵抗力損失の過大な増加を防ぐため、定期的にはばっ気装置の洗浄を行わなければならない。ギ酸洗浄あるいは高圧空気洗浄を行う。ギ酸で洗浄する場合、ギ酸の濃度、洗浄頻度の管理に注意しなければならない。高圧空気洗浄する場合、空気量の大小、強度と洗浄の頻度に注意しなければならない。洗浄を行わなければばっ気装置の散気効率に影響を及ぼし、洗浄が不適切であればばっ気装置の使用寿命に影響を及ぼす。
- (4) 適時に上澄水排出装置上のバイオフィームを清掃する。
- (5) 常に沈殿時の液面を観察し、汚泥浮上現象がないかを確認し、ある場合は直ちに措置をとり放流水質への影響を防止する。
- (6) 常に放流水に微細な汚泥浮遊物が混入していないか検査測定し、汚泥の異常な流失が発見された場合はただちに的確な措置をとる。汚泥の異常な流失には通常以下の原因がある。
  - ①汚泥負荷が低めで、過ばっ気になっている。
  - ②有毒物質の突然の流入により活性汚泥の処理能力が低下している。
  - ③長期にわたって流入負荷に合わない運転が継続され、汚泥活性の沈降性が低下している。

#### 14.1.2 設備の運転・メンテナンス・管理

適切な使用と保守点検及び適正な管理は、各種設備を良好な稼働状況に置き、あるべき性能を発揮させ、プロセスの正常な運行を維持する重要な手段であり、かつ設備の使用寿命の延長を保証する有効な手段でもある。

設備は使用過程で必然的に磨損、疲労、変形、腐食などの現象が発生し、設備の動力性、経済性、耐久性と信頼性を低下させる。また、不適切な使用は、直接的に設備の寿命を短縮するだけでなく、設備のランニングコスト、修理回数と費用を増し、特に輸入設備の場合、その損失は更に大きくなる。設備を適切な状態に維持するため、定期メンテナンスと保守、設備の損壊部品の即時交換を励行する。

特に、SBR 法のほとんどすべての設備がいずれも間欠的に稼働し、頻繁なオン・オフ

状態で操作されており、連続運転プロセスの設備と比較して、SBR 法の設備の故障発生頻度はおそらく更に高く、メンテナンスと管理は更に入念に行わなければならない。

## 14.2 水質指標及びその検査・測定

水質の検査・測定は、主に汚水処理場の流入水と放流水に対して行われる。通常、汚水処理プロセスの選択と設計は汚水の特徴を理解した上で行われるが、様々な原因により、汚水処理場の流入水質、水量に変化が発生する。水質、水量が設計範囲を超えると汚水処理効果に影響し、深刻な場合は処理水質の基準未達成を招くこともある。そのため、放流水に対する検査・測定以外に、流入水について処理プロセスに影響する重要パラメータの検査・測定を行わなければならない。これらのパラメータは通常検査・測定と特別検査・測定の2種類に分けられ、通常検査・測定はまたオンライン測定と日常の実験室検査・測定の2種類に分けられる。特別検査・測定は流入水質が異常な場合に重点測定が必要な項目を指す。

### 14.2.1 オンライン測定

現在、汚水処理場のオンライン測定指標には通常、流入水の pH、流量、水温、放流水 COD がある。特定の条件がある地域では少なくとも流入・放流水の COD とアンモニア態窒素の指標を追加することを推奨する。

検査測定器は通常、流入・放流水配管に設置する。常用する流量測定計器には電磁流量計と超音波流量計があり、温度測定には温度センサ、pH 値測定にはオンライン pH 計が採用される。

### 14.2.2 日常試験

『城鎮汚水処理場汚濁物質排出基準』(GB 18918-2002) と『城鎮汚水処理場の運転、保守及び安全技術規程』(CJJ 60-2011) に規定されたモニタリング項目、周期と方法に基づき、流入・処理水質について通常検査・測定を行うほか、例えば SBR 反応槽の流入水と放流水の検査・測定を追加するなど、処理状況を的確に把握できるようにしなければならない。

### 14.2.3 精密試験 (特別検査)

一般的に、特別検査の必要な状況には2つの種類がある。1種類は SBR 反応槽の処理性能の実地調査並びに研究を目的として、全運転サイクルの過程を検査する。即ち異なる工程の代表的な時間帯を選択して試料採取し、有機物、窒素、リンの分解過程を分析する。この検査は一般に運転プロセスの調整時に行う必要がある。もう1種類は、流入水に特殊な物質(例えばいくつかの有毒・有害物質)が含まれ、プロセスに対して比較的大きな悪影響を生じる場合に実施する。無機物で代表的な物質は重金属イオン類、例えば水銀、クロム、カドミウムなどで、有機毒物の典型的代表はシアン化物、フェノール、有機塩化物などである。これらの物質は容易に活性汚泥の機能不全を引き起こし、深刻な処理障害を招く可能性があり、汚水処理効率の急速な低下を招く。したがって、必要時には検査・測定を強化しなければならない。

## 14.3 運転管理指標及びその監視

汚水処理プロセスの正常な運転状態を維持するため、運転状況を的確に把握できるいくつかの指標について、必ず監視を行わなければならない。水質の検査・測定と同じく、これらの指標もオンラインモニタリング指標、日常指標と特別監視指標に分けられる。

### 14.3.1 オンライン監視

SBR法のオンライン監視と運転管理の指標には、水温、pH、ORP、DO、汚泥界面、水位などが含まれる。汚水の生物学的処理の基本は、酸素供給と酸素消費のプロセスである。これは酸化還元過程でもあり、硝化・脱窒過程や、リン放出とリン吸収過程はいずれも酸度とアルカリ度の消費と生成を伴っている。このため、DO、ORPとpHの変化過程を監視することにより、汚水の処理過程を間接的に把握することができる。これらのオンライン監視装置を槽の中に設置することで、SBR中の汚水処理過程の進捗状況の判断と制御ができる。汚泥界面と水位はそれぞれ汚泥界面計と水位計で測定し、SBR排水過程の補助制御に使用することができる。

### 14.3.2 日常試験

運転管理の日常化学検査指標には以下のものが含まれる。

- (1) MLSSとMLVSS。これらは反応槽中の生物固形物濃度と見なされ、生物量をあらわす重要な指標である。
- (2) SVとSVI。これらは活性汚泥の沈降性能を評価する指標である。
- (3) アンモニア態窒素、 $\text{NO}_2^-$ と $\text{NO}_3^-$ 。これらを測定することで反応槽内の硝化と脱窒の進行状況を知ることができる。
- (4) STP（可溶性全リン）と $\text{PO}_4^{+}\text{-P}$ 。これらを測定することで反応槽内のリンの吸収と放出状況を知ることができる。

表 14.3-1 の中に推奨する運転管理指標及び監視頻度を列挙した。

表 14.3-1 運転管理指標及びその監視頻度

| サンプル採取/<br>監視位置               | 水サンプル/汚泥<br>サンプルの種類 | 検査・測定項目                      | サンプル採<br>取の頻度 | サンプル採取<br>の方式 |
|-------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------|---------------|
| SBR 池                         | -                   | DO                           | オンライン         | リアルタイム        |
|                               |                     | ORP                          |               |               |
|                               |                     | pH                           |               |               |
|                               |                     | 水温                           |               |               |
|                               |                     | 汚泥界面                         |               |               |
|                               |                     | 液面                           |               |               |
|                               | 混合液の原材料             | MLSS                         | 毎日 1 回        | スポットサン<br>プル  |
|                               |                     | MLVSS                        | 毎週 1 回        |               |
|                               |                     | SVI                          | 毎日 1 回        |               |
|                               |                     | SV                           |               |               |
|                               | 混合液の濾過液<br>資料       | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 毎週 1 回        |               |
|                               |                     | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> |               |               |
|                               |                     | アンモニア態窒素                     |               |               |
|                               |                     | STP                          |               |               |
| PO <sub>4</sub> <sup>+P</sup> |                     |                              |               |               |

### 14.3.3 精密試験（特別監視）

SBR 反応槽の処理性能を解析・評価するためには、いくつかの指標の特別監視が必要である。主な指標には、活性汚泥の酸素消費速度、硝化速度と脱窒速度などがある。酸素消費速度は、流入汚水に難分解物質が多過ぎないか、あるいは活性汚泥が被毒していないかを判断するのに重要な管理指標である。硝化速度と脱窒速度は、硝化反応と脱窒反応の進行の良し悪しと能力の高低を判断する重要な指標である。

## 14.4 処理効率を向上する運転管理

### 14.4.1 負荷変動に対する運転管理

流入水量、水質の変動が大きい時、前述した調整池あるいは流入ポンプはいずれも流入負荷の調節機能を果たすことができる。その他に、以下に示す SBR 運転方式の調節によっても流入負荷変動に対応することができる。

#### (1) 流入方式の調整

流入水質の濃度が比較的高い、あるいは難分解物質が存在する場合、制限ばっ気（流入完了後に再びばっ気を開始）を行う流入方式を採用することにより、流入水の生分解性と負荷変動の緩衝能力を併せて高めることができる。

## (2) 反応槽運転サイクルの調整

一般的に合流式システムに対しては、降雨時には短いサイクルで運転し、乾季には比較的長いサイクルで運転することで対応が可能である。また、流入水の汚濁物質濃度が高く、かつ水量が比較的少ない場合には、長いサイクルで運転し、除去率を高めることができる。つまり、SBR の運転サイクルは流入時間、ばっ気時間、沈殿時間、排水と汚泥排出の時間及び待機時間により決定されるので、流入水質、水量の変動が比較的大きい場合は、流入時間とばっ気時間の調整により負荷変動を吸収できる。生活廃水のような処理の容易な廃水に対しては、ばっ気時間は短めにでき、逆に難分解物質あるいは有毒物質を含んだ廃水に対しては、ばっ気時間を適切に延長できる。水量負荷が過大な場合（例えば雨季の流量）は、ばっ気時間の短縮、排水頻度の増加で要件を満たすことができる。

なお、運転サイクルの調整は、1 サイクル当たりの汚濁負荷量（濃度×水量）が設計値を超えない範囲での調整機能であり、水量と濃度が同時に変動するような場合は対応が難しい。

### 14.4.2 窒素除去効率を向上する運転管理

ばっ気と沈殿の間にばっ気停止攪拌段階を設けることで、脱窒効果を強化できる。ばっ気停止攪拌段階では、ばっ気後の混合液中の有機物はほとんど酸化されていて、脱窒効果はあまり顕著でないが、沈殿段階に比べて混合液全体で脱窒が進行するため、処理水の窒素除去効果の向上に役立つ。それ以外の窒素除去効果の向上策としては、流入段階での制限ばっ気（流入完了後に再びばっ気を開始）あるいは半制限ばっ気（流入完了後期にばっ気）する方式の採用を推奨する。非制限ばっ気（流入しながらばっ気する）する方式は脱窒に必要な有機物を無駄に消費するため、特に流入水炭素源が不十分な場合、採用すべきでないと提案する。一方、良好な窒素除去効果を得るためには、まず十分な硝化効果を得る必要もあり、十分なばっ気時間の確保も重要である。そのため、運転サイクル中の好気時間を長めにとる必要があり、1 サイクルに占める割合は水質条件により異なるが、1 日当たりの好気時間は 10～16h に制御すると良い。なお、硝化を促進するためのばっ気時間比の設定方法は、13.4.1「SBR 反応槽の設計パラメータ」に解説されている。

### 14.4.3 脱リン効率を向上する運転管理

生物学的リン除去では、まず流入段階で活性汚泥が嫌気条件下で流入水中の有機物を利用し、リンを十分に放出させるため、反応槽の溶存酸素濃度を厳格に制御する操作方式を採用しなければならない。この段階では、攪拌装置を設置して良好な攪拌を行うことにより、その前のサイクルに反応装置内に残した汚泥と流入水を十分に混合接触させ、 $DO \leq 0.2\text{mg/L}$  の良好な嫌気環境に制御する。また、ばっ気工程終了後の沈殿、排水、汚泥排出の 3 つの工程の進行順序と操作方式を、沈殿→排水→汚泥排出から沈殿→汚泥排出→排水の順序に変更する。すなわち、沈殿段階の後期に汚泥排出操作を先行して行い、排水を最後の工程として行う。このように改善する目的は、リン蓄積細菌がリンを放出する前に余剰汚泥をシステム外に排出し、蓄積リンの再溶出に伴う放流水質の悪化を極力防止することにある。それ以外に、リンの除去率向上を優先して運転する場合は、ばっ気時間を合理的に制御し、嫌気段階でのリン放出に影響しないように過度の硝化作用の進行を避けるほか、反応槽内での過度なリン累積を防止するための管理を行う。全体の好気時間は一般に 6～10h の間で制御される。

なお、窒素除去効率向上のための好気時間と脱リン効果向上のための好気時間に違いが

あり、両者を同時に達成する運転管理は非常に難しい。このため、一般には窒素除去効率向上を優先する運転管理を行い、リン除去は化学処理（凝集沈殿など）で補完する処理法が多い。

#### 14.4.4 汚泥沈降性能を改善する運転管理

活性汚泥の良好な沈降性能は、活性汚泥処理システムの正常な運転を維持する前提条件の一つであり、もし汚泥の沈降性能が悪くなれば、SBR 反応装置の処理水質は明らかに低下する。汚泥沈降性能の悪化を招く原因は様々であるが、典型的な原因の一つに活性汚泥のバルキングの発生がある。活性汚泥のバルキングには主に糸状性バルキングと非糸状性バルキングの2つがあるが、いずれのバルキングも污水成分、運転方式、汚泥負荷、負荷変動、溶存酸素、pH 値、水温などの要素に関係する。汚泥バルキングの抑制対策は大きく臨時抑制対策、プロセス運転調節制御対策、および恒久的抑制対策の3種類に分けることができる。

##### (1) 臨時抑制対策

バルキングが発生した時に応急的に実施される対策であり、凝集沈降法と殺菌法の2種類が含まれる。凝集沈降法とはバルキングが発生した活性汚泥に凝集剤を加えて活性汚泥の密度を増し、沈降し易くする方法である。通常使用する凝集剤にはポリ塩化第二鉄、硫酸鉄、硫酸アルミニウムのほか、ポリアクリルアミドなどの有機高分子凝集剤がある。凝集剤の投入量が多過ぎると細菌の生物活性が破壊され、処理効果を下げることがあるので注意する。FeCl<sub>3</sub>の通常の投与量は5~10mg/Lである。凝集沈降法は主に非糸状菌汚泥バルキングに使用される。

殺菌法とはバルキングが発生した汚泥中に化学薬剤を投与し、糸状菌を殺菌あるいは抑制し、糸状菌汚泥バルキングを抑制するものである。通常使用する殺菌剤には NaClO、ClO<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、漂白剤などがある。大部分の処理場には放流水の塩素消毒システムがあるので、塩素を添加するのが最も普遍的な方法になっている。1日の塩素添加量は汚泥単位当たり8~10kgCl<sub>2</sub>/(kg•d)である。

凝集沈降法と殺菌法の薬品投与の具体的な手順は以下の通りである。

- 1) 運転実績及び時間経過データの蓄積に基づき、限界SVI値を決定する。限界SVI値は、固液分離あるいは放流水質に影響を与えない上限値であるので、この限界値を最大許容汚泥指数SVI<sub>M</sub>とする。

評価編で解説したが、活性汚泥の初期沈降速度はSVI値のほか、MLSSや水温とも密接な関係がある。運転実績値を用いてこれらの関係式を作成して運転管理に役立てることも推奨される。

- 2) SVIがSVI<sub>M</sub>を超える回数と程度を継続的に測定し、制御措置を採るかどうかが決定する。
- 3) 薬剤が汚泥と十分均一に混合できるかを考慮し、主反応槽内の最適投入箇所を選択する。
- 4) 実際に投与する場合は、SVI値及び生物相を随時観察しながら、少量から多量まで段階的に行う。SVI値がSVI<sub>M</sub>より低くなるか顕微鏡で糸状菌の菌糸溶解が観察されたら、直ちに薬品添加を停止する。

##### (2) プロセス運転の調節制御による対策

運転制御の不適切な場合にも汚泥バルキングが発生するので、その調節によりバルキン

グを解消できることがある。例えば、DOが低過ぎるため招いた汚泥バルキングは、酸素供給の増加を通じて解決できる。工場排水などにより流入水のpH値が低過ぎるため招いた汚泥バルキングは、前ばっ気の増加により解消できることもある。窒素やリンなどの栄養物質の不足が招いた汚泥バルキングは、栄養物質の添加を通じて解決できる。低負荷が招いた汚泥バルキングは、処理水質を悪化させない範囲内で、適切にF/Mを高めるとよい。

### (3) 恒久的抑制対策

恒久的抑制対策とは既存の処理施設に対し改造を行い、汚泥バルキングの発生を根本的に防止することである。常用される恒久的対策は、反応装置の前端で生物選択装置を設置することである。選択装置内で凝集性の良い微生物のみを繁殖させ、糸状菌を大量繁殖させないように制御する。SBR改良法であるICEASとCASSの反応槽はいずれも生物選択装置が設置できる処理方式である。生物選択装置内は高有機物-低酸素濃度の環境にあり、凝集性の微生物の増殖を促進し、糸状性微生物の生長を抑制している。

## 14.4.5 省エネ・電力削減の運転管理

SBR反応槽の省エネルギー対策は、主に処理に必要な酸素量を低減することと、処理時間の無駄を省くことの2つに分けられる。

### (1) ばっ気量とばっ気時間の管理

#### 1) 非固定的酸素供給方式の採用。

非固定的酸素供給方式とは、酸素供給速度を微生物の基質利用速度に一致させ、DO濃度を常に2~3mg/Lに維持するように制御する方式である。このような状況下では、酸素供給速度は時間の推移に従って次第に減少する。一般的な固定酸素供給方式では反応後期にDOの過剰が出現するから、非固定的酸素供給方式は、ばっ気量と電力使用量を効果的に減少させることが明らかである。しかし、この方式では送風量を絶えず調節する必要があるため、実作業では操作制御が容易ではない。

#### 2) 好気、無酸素状態の交替運転

SBR反応槽の一つの運転サイクルの中で、ばっ気と攪拌を複数回交替運転する方式である。この方式は良好な窒素除去率を維持する条件下でばっ気時間を減少し、エネルギー消費を節約することができる。ある研究では、交替ばっ気を採用した場合の反応装置からの放流水質は、連続ばっ気に比べて浮遊物濃度、硝酸態窒素濃度が低く、脱窒率も連続ばっ気に比べて良好であり、有機物除去率も連続ばっ気と比べて大きな違いは無いとしている。

#### 3) SBR反応の前期が無酸素反応、後期が好気反応

反応の前期が廃水の前処理に相当し、難分解物質の分解転化に有利であり、前のサイクルから残存する硝酸態窒素を流入有機物により脱窒できるので、有機物の酸化に必要な酸素も節約できる。ただし、後期の好気反応時間を十分に取らないとアンモニア性窒素が処理水に残存することがある。

4) SBR 反応の前期が好気反応、後期が無酸素反応

SBR 反応の後期は攪拌だけで、ばっ気を行わない。理論上から言えば、これは内性呼吸型の窒素除去の考え方に合致するが、無酸素反応段階の炭素源が不足し、生物学的脱窒に不利である。

(2) オンライン・ファジーコントロール

SBR 反応槽の一般的制御方法には主に時間プログラム制御、流量プログラム制御、DO 限定制御、時間/DO 制御などの方法がある。時間プログラム制御は SBR 法の各段階の運転時間を設定して自動制御を行うもので、一般の污水処理場はいずれもこの制御方式を採用している。流量プログラム制御は流入水量の変化により SBR 各段階の運転時間を調整するものである。この 2 種類の方法の欠点は、いずれも流入水質の変化に対していくつかの運転パラメータを調整できないことである。一方、DO 限定制御方式は、DO を上限と下限の 2 つの値の間に制御し、オンラインで DO 値測定—フィードバック—ばっ気量調節という手順で制御するものである。また、時間/DO 制御方式は、反応段階では DO 限定制御方式により行い、沈殿段階では時間制御方式で運転するものである。

このほかに、ある研究ではファジーコントロールを SBR 法に用い、主に有機物の分解、硝化、脱窒、生物脱リンなど 4 つの反応過程の制御問題を解決していることが報告されている。この方式では、一般に ORP、DO、pH を被制御量として選択しており、これらの変数の SBR 運転中の特徴点とプラットフォームの再現性はいずれも非常に良好で、表 14.4-1 に示す変化法則があるという。

表 14.4-1 ORP/DO/pH の SBR 反応過程における変化法則

| 反応段階             | 被制御量   |                                  |                                 |
|------------------|--|----------------------------------|---------------------------------|
|                  | DO   | ORP                              | pH 値                            |
| COD 分解過程中        | 一定あるいはやや低下傾向を維持し、0~25min 以内で安定   | 一定あるいは緩慢な上昇を維持                   | 急速に上昇(約 0.5 上昇)                 |
| COD 分解から難分解部分まで  | 突然急速かつ大幅に上昇  | 急速かつ大幅に上昇(上昇速度は最初に速く後は遅い)        | 次第に下降(約 6.8 まで下降)               |
| アンモニア態窒素の分解過程が完了 | 第 2 次上昇速度加速現象が出現   | 一定値を維持                           | 急速に上昇し、続いて不変を維持あるいは硝化終了時から不変を維持 |
| 脱窒過程中(無酸素状態)     | もし原水を加え、攪拌すると、DO は急速に 0mg/L 近くまで下降し、サイクル終了まで維持。もし原水を加えなければ、DO は最高値をサイクル終了まで維持。 | 比較的速く下降(下降速度は最初に速く後は遅い)          | 大幅な上昇を持続                        |
| 脱窒終了(嫌気状態に入る)    |  | 変化曲線に変曲点が出現し、急速に比較的低い値まで下降し不変を維持 | 突然下降し、ターニングポイントが出現              |



この表によれば、各被制御量は比較的明確なプロセス制御情報を提供しており、オンライン監視測定値により反応の進行程度を推測し、それにより有効な制御対策を採ることができることになる。この方法は反応過程パラメータの精密測定と正確な推計を基礎に確立され、エネルギーの利用を最大化できるが、実用まではまだ距離がある。例えば、実際には一般的に複数の **SBR** 系列があるので系列ごとに単独のコントロールシステムを設置する必要があり、必然的に維持管理が非常に煩雑になる。もし、それぞれに設置しない場合は、個々の槽の運転方式の変更が他系列の処理に影響を与えるような相互間の影響の問題を解決しなければならない。

## あとがき

本ガイドラインでは事後評価の手法を採用し、中国で現在すでに操業している中・小型 SBR 法汚水処理場の運転状況に対し調査と評価を行い、今後の設計と運転管理の中に反映すべき重要な事柄と問題点を抽出した。

調査を通じて、以下のような SBR 法で今後解決すべきいくつかの課題が明らかになった。

高度処理を目的として発展して来た改良型 SBR 法では、いくつかの従来型 SBR 法が持っていた長所が、顕著なものではなくなっている。

例えば、OD 法などに比べ、SBR 法は流入負荷、特に水量変動への対応が難しく、しかも中・小規模の汚水処理場は往々にしていずれも流入負荷の変化が大きいためという問題を抱えている。このため、流入水の貯留と調整の機能を追加しなければならない状況である。

また、改良型 SBR 法の構造と装置は比較的複雑で、特に窒素・リン除去を行う場合、非常に高度な操作技術により更に厳格な制御を実現しなければならないとなっている。

本ガイドラインは JICA の中国における技術協力事業である「汚水処理場のグレードアップと運営改善プロジェクト」の成果の一つとして実施し、SBR 法についての調査の中で発見された問題点、解決についての対策と提案、及び日中双方がこれまで取り纏めた経験をすべてガイドラインに反映しようと努力してきた。しかし、調査期間と入手情報に限りがあり、運転状況を正確に評価するための統計的解析が完全ではなく、いくつかの問題についても具体的提案を提供できておらず、問題解決の方向を示す程度に留まっている。今後更に幅広く、綿密な調査研究が展開され、設計と運転管理で活用できる具体的解決方法をより多く探索することが期待される。

本プロジェクトの実施過程では、住宅と都市農村建設部村鎮司、都市建設司の強力な支援と協力を得た。特に趙暉司長、張悦司長には、プロジェクトの順調な実施のために、多くの指導と業務上の調整をいただき、ここで心からの謝意を表す。調査において、昆明市滇池投資有限公司、昆明市污水運営公司与雲南省、江蘇省、安徽省の建設庁及び関連する汚水処理場などの強力な支援と積極的な協力を得た。ここで合わせて謝意を表す。

事後評価という手法が、今後の中国において他の汚水処理法、あるいは導入及び研究開発される技術の中で幅広く応用されることを希望する。中国において、今後このような制度が確立され、更に多くの、更に優秀な汚水処理施設が設計、建設され、そして良好な運転と保守管理の下で、それらに最大の効果を発揮させることを期待するものである。

# 添付資料

- A2-1 汚水処理場のグレードアップ改造と運営改善に関するプロジェクトに係わる日本国際協力機構と中華人民共和国住宅都市農村建設部との討議議事録
- A2-2 汚水処理場のグレードアップ改造と運営改善に関するプロジェクト第2回 合同調整委員会 協議議事録
- C2-1 担体プランと高効率で安定した同時脱窒素脱リン（HERoS）プランの比較（北京排水集団高碑店下水処理場、研究開発センター、2012/2/13）
- C3-1 A20 法の改造設計の要点
- C3-2 A20 法の維持管理の要点
- D1-1 小城镇污水处理場 SBR 法応用評価および設計・運転管理ガイドライン(初稿)
- D3-1 SBR 現地調査実施手順書
- D3-2 「回分式活性汚泥法の評価に関する第一次報告書」及び「第二次報告書」
- F1-1 業務指標：パフォーマンス インディケーター（PI）について
- F1-2 初沈の閉塞予防と（閉塞した場合の）処置
- F1-3 消化槽投入汚泥濃度のコントロール方法について




汚水処理場のグレードアップ改造と運営改善に関するプロジェクト  
に係わる日本国際協力機構と  
中華人民共和国住宅・都市農村建設部との  
討議議事録

国際協力機構(以下、「JICA」とする)は、JICA 地球環境部次長 兼環境管理グループ長 森 尚樹を団長とする「汚水処理場のグレードアップ改造と運営改善に関するプロジェクト」(以下、「プロジェクト」とする)詳細計画策定調査団(以下、「調査団」とする)を2009年10月21日から10月29日までの期間で、中華人民共和国(以下、「中国」とする)に派遣した。

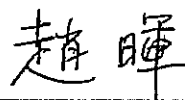
調査団は、主にプロジェクトの枠組みの最終確認のために、中国住宅・都市農村建設部を代表とする中国側関係当局と一連の協議を行い、日中双方で協議結果を付属文書に記載した内容のとおりであることを確認した。

本討議議事録は等しく正文である日本語、中国語による本書各2通作成し、本書は、双方の合意のもとに署名した。

北京 2009年10月28日



日本国際協力機構  
地球環境部次長  
兼環境管理グループ長  
森 尚樹



中華人民共和国  
住宅・都市農村建設部  
村鎮建設司 副司長  
趙 暉

## I. 両国の協力

1. 中国側と日本側は、プロジェクトの実施につき、相互に協力を行う。
2. プロジェクトは付表 I のプロジェクト・デザイン・マトリックス(PDM)に基づいて実施される。プロジェクトの進捗状況により計画を変更する際には、別途覚書により、合意、確認する。
3. プロジェクトの活動は付表 II に示す暫定的な活動計画(PO)に基づいて実施されるが、より具体的なスケジュールについてはプロジェクト開始後に両者協議を行う。

## II. プロジェクトの背景

「第 10 次五ヵ年計画」により、中国都市部の污水处理施設の建設速度は加速され、処理能力が向上し、一応の成果が見られている。しかしながら汚染物質排出量は水域が受容する許容量をはるかに上回り、水環境の情勢は依然として変わっていない。また、2002 年 12 月中国は『都市部污水处理場の汚染物質排出基準』(GB 18918-2002)を発表した。この新しい基準によって、都市部の污水处理場の排出目標はいっそう明確となり、全リン、アンモニア性窒素、全窒素の規制がより厳しくなった。新規建設を行った污水处理場がより効率の高い窒素・リン除去能力を保持する必要性の他、現有の約 2000 箇所におよぶ污水处理場がプロセスの改造と運営改善により、新しい排出基準の要件を満たさねばならないことを意味している。

以上の状況を踏まえ、2007 年より、JICA と中国住宅・都市農村建設部(全国の下水处理計画、建設と運営を指導する国務院部門)は、都市污水处理場のグレードアップ改造並びに、鎮レベル処理施設の運営改善を行うことについて協議を行い、双方は日本の污水高度処理分野における蓄積された経験を生かし、污水处理場のグレードアップ改造と運営改善の日中技術協力プロジェクトを実施することが必要であると判断した。これをもって、本プロジェクトが正式に中国から要請された。

## III. プロジェクトの概要

プロジェクトの概要は以下の通り。詳細は付表 I のプロジェクト・デザイン・マトリックス(PDM)の通り。

1. 上位目標  
污水处理施設から排出される放流水質が向上し、排出基準に適合する。
2. プロジェクト目標  
大規模及び鎮レベルの小規模污水处理施設の高度処理化のための技術が普及し、運営が改善される。

### 3. 成果

(1)大規模汚水処理施設の高度処理化のための技術が習得され、改造設計・運営改善指針が整備される。

(2)鎮レベルの小規模汚水処理施設の高度処理化のための技術が習得され、設計・運営改善指針が整備される。

(3)汚水処理場の運営に関わる省エネ・省資源化、汚泥の適正処分が検討され、技術資料が整備される。

### 4. 活動

1 大規模汚水処理場のグレードアップに向けた改造設計・維持管理の技術を普及する。  
1-1 高碑店汚水処理場において窒素・リン除去高度処理のための改造設計を行い、運転管理手法の改善を行う。

- 1-1-1 窒素・リン除去高度処理の改造設計を行う。
- 1-1-2 窒素・リン除去高度処理のための改造工事を実施する。
- 1-1-3 窒素・リン除去高度処理のための運営改善を実施する。
- 1-1-4 改造設計・運転管理の再評価を行い、技術検討する。

1-2 大規模処理施設のグレードアップに向けた設計指針・維持管理指針を作成し、技術を普及させるための活動を行う。

- 1-2-1 A2O 法のグレードアップに向けた設計指針を作成する。
- 1-2-2 A2O 法の適正な維持管理のための指針を作成する。
- 1-2-3 大規模処理施設のグレードアップ技術普及のための研修を行う。

2 鎮レベル汚水処理施設の設計、維持管理の技術を普及する。

2-1 阿子營汚水処理場において窒素・リン除去高度処理のための運転管理手法の改善を行う。

- 2-1-1 窒素・リン除去高度処理のための運転指導を実施する。
- 2-1-2 設計・運転管理の再評価を行い、技術検討する。
- 2-1-3 村・鎮レベル汚水処理場の効率的な管理手法を提案する。

2-2 鎮レベル汚水処理施設の高度処理に向けた設計指針・維持管理指針を作成し、技術を普及させるための活動を行う。

- 2-2-1 鎮レベル汚水処理施設の効率的整備手法について検討する。
- 2-2-2 鎮レベル汚水処理施設の設計指針及び、適正な維持管理のための技術指針を作成する。
- 2-2-3 鎮レベル汚水高度処理技術普及のための研修を行う。

3 高碑店、阿子營汚水処理施設の投入資源の最適化に向けた調査・技術検討を促進する。

- 3-1 投入資源の最適化に向けた調査・技術検討を促進する。
  - 3-1-1 処理効果の最適化に向けた調査・技術検討を行う。
  - 3-1-2 実地運転指導のための基本検討資料を作成する。

- 3-1-3 投入資源最適化に向けた運転を試行する。
- 3-2 汚泥処理の適正処分に向けた技術検討を促進する。
  - 3-2-1 汚泥の適正処分、資源化のためのセミナーを行う。
  - 3-2-2 汚泥の適正処分についての基本検討資料を作成する。

#### **IV. プロジェクト実施体制**

プロジェクト実施体制については以下の通り。

##### 1. プロジェクト総括責任者

中国住宅・都市農村建設部都市建設司副司長及び村鎮建設司副司長は、「プロジェクト総括責任者」としてプロジェクトに係る全体の責任を負う。

##### 2. プロジェクト実施責任者

プロジェクトの運営管理に関する実施責任者は、中国住宅・都市農村建設部村鎮建設司とする。北京排水集団は、大規模汚水処理施設の運営改善に関し、プロジェクトの負うものとし、昆明でん池投資有限責任公司・阿子営鎮人民政府は、鎮汚水処理施設改善プロジェクト実施担当者としてプロジェクトの運営管理に係る責任を負う。

##### 3. 日本側プロジェクトリーダー

日本側プロジェクトリーダーは、プロジェクトの総括責任者、実施責任者、実施担当者に対してプロジェクトの実施に関する諸事項について必要な提言及び助言を与える。長期専門家をプロジェクトリーダーとする。

##### 4. 日本人専門家

日本側は、プロジェクトの活動に必要な長期専門家、短期専門家を派遣し、中国側カウンターパートに対してプロジェクト実施に関する技術的事項において、必要な技術的提言及び助言を与える。

##### 5. プロジェクト体制

プロジェクトの中国側プロジェクト責任者及びカウンターパートは、付表Ⅲの通りである。



## 6. 合同調整委員会

プロジェクトを効果的にかつ成功裏に実施するために、付表IVに記述される機能及び構成による合同調整委員会を設置する。

## V. JICA 側によって取られる措置

JICA は、日本国において施行されている法律及び規則に従い、JICA 負担により以下の措置をとる。

### 1. 以下の分野にかかる長期専門家・短期専門家を派遣する。

#### (1) 長期専門家

- ・ 下水高度処理／業務調整

#### (2) 短期専門家

- ・ 大規模グレードアップ改造設計
- ・ 大規模グレードアップ改造オペレーション
- ・ 鎮レベル高度処理O&M
- ・ 鎮レベル高度処理技術
- ・ 最適化調査・技術検討
- ・ 汚泥処理・省資源化
- ・ 省エネシステム設計

### 2. 本プロジェクト協力分野に関連する日本での研修を検討する。検討にあたっては、プロジェクトの進捗に合わせ、日本国内の人材確保の都合により、JICA が決定する。

### 3. プロジェクト実施に必要な経費として、主に以下の項目を負担する。

- (1) 日本人専門家の基本的な活動に必要な経費
- (2) 本邦研修受け入れに必要な経費

### 4. 日本側は付表Vにあげるプロジェクトの実施に必要な資機材(以下、「機材」と称する)を供与する。機材は、陸揚げ地あるいは空港にて中国側関係当局へCIF建てにて引き渡されることにより、中国政府の所有となる。

## VI. 中国側によって取られる措置

中国側は、中国において施行されている法制及び規制に従い、中国側実施機関及びプロジェクト関連機関の責任において以下の措置を取る。

1. 付表Ⅲに示されるプロジェクト責任者及びカウンターパート等を配置する。
2. 日本人専門家に対する執務スペースおよび設備を確保する。
3. 本邦研修者の派遣にかかる中国国内の業務(研修員の選定、事前ブリーフィング、派遣手続き、帰国後のフォローアップ等)を行う。
4. 日本での研修実施に際し、本邦研修者に対する中国国内交通および査証取得にかかる経費の負担をする。
5. 中国国内研修を実施し、必要な経費を負担する。
6. その他プロジェクトの運営、管理および実施に必要な経費を負担する。
7. 中国側は、関係当局、受益者グループ及び団体をプロジェクトに積極的に参加させることより、日本の技術協力期間中及び終了後、プロジェクトの自立的運営が持続されることを確保するために、必要な措置を取る。
8. 中国側は、日本の技術協力の結果として中国国民が獲得する技術及び知識が、中国の経済及び社会発展に貢献することを確保する。
9. 中国側は、上記Ⅴにいう日本人専門家及びその家族に対し、以下に示されるような特別措置、免税及び便宜を与えるとともに、同様の任務を遂行する他国または国際機関の専門家に劣らない特別措置、免税及び便宜を与える。
  - (1) 中国側は、日本人専門家及びその家族に海外から送金された報酬に対する、またはそれに関連して課せられる所得税及びその他課徴金を免除する。
  - (2) 中国側は、日本人専門家及びその家族が持ち込む又は持ち出す個人的使用品並びに義務に関連する機材に対する関税その他の課徴金を免除する。
  - (3) 中国側は、日本人専門家及びその家族に対し、医療の便宜を提供する。
10. 中国側は上記Ⅴ. にいう機材が日本人専門家との協議をもとに、プロジェクト実施のために有効に使用されることを確保するために、維持管理も含め、必要な措置を取る。

11. 中国側は JICA が提供する機材について、以下のとおり必要な経費を負担する。

(1) 機材に対する中国国内において課される関税、国内税およびその他財政課徴金の免除

(2) 機材の中国における輸送、据付、操作および維持に必要な経費

#### VII. 合同評価

プロジェクトの評価は、協力期間の中間時及び終了時の間に、達成レベルを検討するために JICA と中国側関係機関により行われる。

#### VIII. 日本人専門家に対する請求

中国政府は、日本人専門家の中国内における職務の遂行に起因し、またはその遂行もしくはその遂行に関連して、日本人専門家に対する請求事項が発生した場合には、日本人専門家の故意または重大な過失による場合を除き、その請求に関する責任を負う。

#### IX. 相互協議

JICA と中国政府は、本付属文書に関連する主要事項について相互に協議を行う。

#### X. プロジェクトに関する理解及び支援の促進

中国側関連機関は、プロジェクトに対する中国内における理解及び支援の促進のため、プロジェクトを広く広報する。

#### XI. 協力期間

討議議事録は、JICA 本部にて必要な内部手続きを完了次第発効することについて中国側は合意した。この付属文書におけるプロジェクトのための技術協力期間は、初回の日本側から投入を開始した日から 3 年間とする。

付表:

付表 I プロジェクト・デザイン・マトリックス (PDM)

付表 II 活動計画 (PO)

付表 III 中国側プロジェクト責任者及びカウンターパート

付表 IV 合同調整委員会

付表 V 機材等 リスト

| Year   | Year 2009  |          |    |    | Year 2010 |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | Year 2011 |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    | Year 2012 |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | In charge of |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|----------|----|----|-----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|-----------|----------|---|---|-------------------------------|----|---|---|---|---|----|----|-----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|--------------|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  | Month  | 9        | 10 | 11 | 12        | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12        | 1        | 2 | 3 | 4                             | 5  | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12        | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |              | 12           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Project Period                                   |  | R/D      |    |    |           | [Shaded] |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           | [Shaded] |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           | [Shaded] |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              | In charge of |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Joint Coordination Committee (JCC)               |  | [Shaded] |    |    |           | [Shaded] |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           | [Shaded] |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           | [Shaded] |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Evaluation                                       |  | [Shaded] |    |    |           | [Shaded] |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           | [Shaded] |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           | [Shaded] |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 高碑店処理場において窒素・リン除去高度処理のための改造設計を行い、運転管理手法の改善を行う。 |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   | WWTP schedule                 |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              | グレードアップ 設    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  | 改造工事 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | オペレーション開始    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 事後評価・フォローアップ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.1.1  | 窒素・リン除去高度処理の改造設計を行う。                                   |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.1.2  | 窒素・リン除去高度処理のための改造工事を実施する。                              |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.1.3  | 窒素・リン除去高度処理のための運営改善を実施する。                              |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.1.4  | 改造設計・運転管理の再評価を行い、技術検討する。                               |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1  | 大規模汚水処理施設のグレードアップに向けた設計指針・維持管理指針を作成し、技術を普及させるための活動を行う。 |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.2.1  | A2O法のグレードアップに向けた設計指針を作成する。                             |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.2.2  | A2O法の適正な維持管理のための指針を作成する。                               |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.2.3  | 大規模処理施設のグレードアップ技術普及のための研修を行う。                          |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 研修(第1回目)   |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 阿子蓋汚水処理場において窒素・リン除去高度処理のための運転管理の改善を行う。         |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   | WWTP schedule                 |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              | 工事           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  | 試運転  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 事後評価・フォローアップ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.1.1  | 窒素・リン除去高度処理のための試運転指導を実施する。                             |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.1.2  | 設計・運転管理の再評価を行い、技術検討する。                                 |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.1.3  | 傾レベル汚水処理場の効率的な運営管理手法を検討する。                             |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2  | 傾レベル汚水処理施設の高度処理に向けた設計指針・維持管理指針を作成し、技術を普及させるための活動を行う。   |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.2.1  | 傾レベル汚水高度処理施設の効率的整備手法について検討する。                          |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.2.2  | 傾レベル汚水高度処理施設の設計指針、及び適正な維持管理のための技術指針を作成する。              |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.2.3  | 傾レベル汚水高度処理技術普及のための研修を行う。                               |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 研修(第1回目)   |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 投入資源の最適化に向けた技術検討を促進する。                         |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   | 3.1.1 処理効率の最適化に向けた調査・技術検討を行う。 |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3.1.2 実地運転指導のための基本検討資料を作成する。                     |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3.1.3 投入資源最適化に向けた運転指導を行う。                        |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 汚泥処理の適正処分に向けた技術検討を促進する。                        |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   | 3.2.1 汚泥の適正処分、資源化のためのセミナーを行う。 |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3.2.2 汚泥の適正処分についての基本検討資料を作成する。                   |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 投入 Input   |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   | 1 長期専門家 (下水高度処理/業務調整) 1人      |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 短期専門家 大規模GU改造設計 1 (プロセス1人、設備1人) 2人             |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 短期専門家 大規模GU改造設計 2 (プロセス1人、設備1人) 2人             |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 短期専門家 大規模GU改造設計 3 (プロセス1人、O&M1人) 2人            |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 短期専門家 大規模GU改造設計 4 (プロセス1人、O&M1人) 2人            |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 短期専門家 傾レベル高度処理O&M 1 (設備) 1人                    |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 短期専門家 傾レベル高度処理O&M 2 (プロセス) 1人                  |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 短期専門家 傾レベル高度処理技術 1 (設計レビュー) 1人                 |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 短期専門家 傾レベル高度処理技術 2 (プロセス) 1人                   |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 短期専門家 最適化調査・技術検討 (計画) 1人                       |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 短期専門家 最適化調査・技術検討 (りん凝集実験) 1,2 2人              |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 短期専門家 最適化調査・技術検討 (窒素除去精密試験) 1,2 2人            |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 短期専門家 汚泥処理・省資源 1,2 2人                         |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 短期専門家 省エネルギーシステム設計 1, 2 述べ2人 2人               |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 短期専門家 合計   |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 研修員 合計   |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   | 64人                           |    |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |          |    |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |          |   |   |                               | 16 |   |   |   |   | 16 |    |           |          |   |   |   |   |   |   |   | 8 |    |    |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 16 |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



## 汚水処理場のグレードアップ改造と運営改善に関するプロジェクト

### 第2回 合同調整委員会 協議議事録

汚水処理場のグレードアップ改造と運営改善に関するプロジェクト(以下、「プロジェクト」という。)に関し、2009年10月28日に日中双方で合意した討議議事録(R/D)に基づき、これまでの活動実績の確認、2012年度の活動計画の承認、ならびにプロジェクトの有効な実施に必要な事項に関する決定を行うため、2012年2月22日、北京市において第2回合同調整委員会を開催した。


本合同調整委員会において協議され、確認、承認ならびに決定された事項は付属文書のとおりである。

日中双方は、等しく正文である日本語、中国語による本書各二通を作成し、本書は双方の合意のもとに署名した。

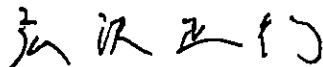
北京 2012年2月22日



日本国際協力機構  
地球環境部  
環境管理第一課長  
野田 英夫



中華人民共和国  
住宅・都市農村建設部 村鎮建設司  
司 長  
趙 暉



日本国際協力機構  
中国事務所  
次長  
広沢 正行

## 付属文書

### 1. これまでの活動実績

#### 1-1 投入実績

本プロジェクト開始の日(2010年2月21日)から本日(2012年2月22日)までは、R/Dに基づき、活動が実施された。各活動における投入実績は次のとおりである。

##### (1) 専門家

日本側は、以下の専門家を派遣し、これまで2回のセミナーを双方の協力により開催した。

① 長期専門家:1名(下水高度処理/業務調整)

② 短期専門家:18名

##### (活動1)

大規模グレードアップ設計(プロセス) 3名

大規模グレードアップ設計(設備) 2名

##### (活動2)

鎮レベル高度処理(プロセス) 1名

鎮レベル高度処理(事後評価) 2名

##### (活動3)

汚泥処理・省資源 5名 (セミナー講師)

省エネシステム設計 5名 (セミナー講師)

汚泥処理の適正処分・資源化に関するセミナー (北京) 2011年2月21・22日

省エネルギーセミナー(第6回水大会 齊南) 2011年9月20日

##### (2) 訪日研修

中国側は、活動1および活動2に係る技術習得を目的とし、2010年7月から2011年12月の間、関係分野の技術者等のべ49名を研修員として日本に派遣した。

第1回 高度処理/効率的な污水处理施設整備 18名

第2回 下水高度処理の計画と設計/事後評価 15名

第3回 下水高度処理/運営管理 16名

##### (3) 機材供与

下水の高度処理の最適化を目的としたモニタリング機器を北京市および昆明市に、試験研究に必要な機材を北京市のプロジェクトサイトに供与した。(附表3参照)

## 1-2 各活動における活動実績

### (1) 活動1: 大規模処理場のグレードアップに向けた改造設計・維持管理の技術の普及

#### 1) 高碑店污水处理場における高度処理改造設計と運転管理改善

- ・ 中国側はF/S調査に引き続き、「初步設計」を2011年5月に完成させた。関係する担当者、設計担当者から事業の背景、設計内容等の説明が行われた。
- ・ 本活動に関し日本側は長期・短期専門家を派遣し、高碑店污水处理場の調査等を行い、日本の状況に関する情報提供を行った他、日本の経験を踏まえた問題点の抽出、問題解決のため助言、提案を行った（「初步設計」に対する意見の提出 2011年8月）。

#### 2) 大規模処理場のグレードアップに向けた設計・維持管理指針の作成と技術の普及

- ・ 日本側からは高度処理化のための本邦研修が開催され、日本の関連する技術資料等の情報提供が行われた。
- ・ 中国側からは、設計、維持管理それぞれの「指針」の大綱案が示され、この中で「指針」の位置づけならびに構成が示され、既に2011年12月の段階で執筆者による素案が完成し、とりまとめが行われた。
- ・ これまでの過程においても長期専門家を通じた意見交換が行われ、日本側から大綱案に対する助言、提案が行われた。

### (2) 活動2: 鎮レベル污水处理施設の設計、維持管理の技術の普及

#### 1) 阿子營污水处理場における高度処理のための運転管理手法の改善

- ・ 中国側からは、設計担当者、運転管理担当者から、設計の経緯、運転管理状況について説明が行われ、運営改善に向けた意見交換が行われた。
- ・ 本活動で、日本側は短期専門家を派遣し、中国側と合同で処理場ならびに管路網の現状調査を行った。なお、阿子營污水处理場は、湧水の流入による影響が多く、正式運行に入っていない。

#### 2) 鎮レベル処理場の高度処理に向けた設計・維持管理指針の作成と技術の普及

- ・ 本活動では、回分式活性汚泥法(以下、「SBR」という。)を対象に、日本で経験がある「事後評価(現地調査及びアンケート調査)」の手法を用いながら、設計・維持管理指針のハンドブックを作成することを決定した。
- ・ 日本側は、「事後評価」のための短期専門家を2回派遣し、これら手法の紹介・指導を行い、昆明での現地ケーススタディーを通じ、SBRに対する「現地調査の手引き」を作成した。また、日中双方は、昆明での活動成果を共有するための報告会を開催し、現地調査対象施設の選定、及びそれらの技術者を対象にした研修を実施した。



- ・ 2012年2月現在、その後の現地調査は、雲南省の3処理場において実施済みである。(江蘇省、安徽省における現地調査を2012年2月までに完了予定。)
- ・ アンケート調査表は2010年12月に素案が完成し、その後中国側による検討を経て発送され、調査表の取りまとめ、解析が行われ、「事後評価報告書」が作成される予定である。
- ・ この活動では、大規模の高度処理化と同様、訪日研修の実施及び、中国側からの研修員の派遣が、重要な役割を果たした。

(3) 活動3: 汚泥の適正処理処分・資源化、下水道施設の省エネ化に向けた技術検討を行う。

1) 汚泥の適正処分、資源化のためのセミナーを行う

- ・ 日中双方講師を派遣し、2011年2月21・22日 北京市において「汚泥処理の適正処分・資源化に関するセミナー」及び、2011年9月20日 斉南市において「省エネルギーセミナー(第6回水大会)」を開催し、多くの聴講者を集め、技術交流を促進した。

2) 汚泥の適正処分についての基本検討資料を作成する

- ・ 日中共同の上述のセミナーでは双方から政府(地方政府)関係者、汚泥処理技術者、企業技術者、投資関係者などが参加し、活発な交流が行われた。これらのセミナーで発表された内容等を基に「技術資料」を作成する。

## 2. PDM 及びPOの修正

本プロジェクトでは、R/Dに添付されたプロジェクト・デザイン・マトリックス(PDM)及び第1回合同調整委員会で修正された活動計画(PO)に基づき、活動を実施してきた。しかしながらプロジェクトの進捗状況及び今後の日中双方による投入の制約に鑑み、PDM 及びPOをそれぞれ、附表1、2のとおり修正する。

なお、今後の具体的な活動内容については、3.「2012年の活動計画」のとおりとする。

### 3. 2012年の活動計画

#### 3-1 投入計画

2012年度、2012年4月1日からプロジェクトの終了日(2013年2月20日)までは、概ね以下のような活動を実施する。なお、投入の時期、投入量等の具体的内容は、双方協議のうえ決定するものとする。

##### (1) 専門家

短期専門家を、各活動に対して附表2 POのとおり派遣する。但し、これまで長期専門家が行ってきた調整業務については、日中双方にて対応することとし、残された活動に対し中国側は住宅都市農村建設部が指定する機関の担当者、日本側は JICA の定める支援要員が務める。

##### (2) 訪日研修

活動1、活動2 および活動3に関する技術者等を対象とした内容の研修を実施する。(附表4参照)

第4回 汚泥処理・省エネルギー 20名

##### (3) クロージングセミナー

これまでの活動における成果を普及すること、及び日中双方の技術交流を一層促進することを目的とし、クロージングセミナーを2012年10(または11)月に開催する。(附表5参照) 2012年5月末までに開催要領を作成する。

#### 3-2 各活動の計画

##### (1) 活動1: 大規模処理場のグレードアップに向けた改造設計・維持管理の技術の普及

- ・ これまでに執筆を終えている「大規模処理場改造設計、運行管理ガイドライン」(素案)について、中国側は、専門委員会等を通じたオーソライズのための作業を行う。
- ・ 日本側は、これまでの活動に引き続き、グレードアップ改造のための支援を行う(短期専門家派遣)。

##### (2) 活動2: 鎮レベル汚水処理施設の設計、維持管理の技術の普及

- ・ 「事後評価」のための現地調査、及びアンケート調査結果の整理、解析を行い、

「技術資料」(「SBR 事後評価報告書」)を完成する。

- ・ 上記の「技術資料」をもとに、SBR に係る設計指針案、維持管理ハンドブック(案)を作成する(短期専門家派遣)。

(3) 活動3: 汚泥の適正処分・資源化、下水道施設の省エネ化に向けた技術検討を行う。

- ・ 指針・ハンドブック作成作業の過程において、汚泥の適正処分・資源化、下水道施設の省エネ化の視点から、引き続き技術検討を行う。
- ・ セミナーの開催、及びこれら資料を「技術資料」として取りまとめを行う。

#### 4. その他

R/D(VII章)で定められた合同評価については、中間時の評価は本合同調整委員会の結果を踏まえ、また、終了時の評価は、次回合同調整委員会の結果を踏まえ、評価要約表にまとめることで行う。

以上

#### 5. 添付資料

附表1: PDM(Project Design Matrix)修正案

附表2: PO(Plan of Operation)修正案

附表3: 供与機材リスト(実績含む)

附表4: 訪日研修計画案(第4回)

附表5: クロージングセミナーの開催(素案)

*Handwritten signature*

*Handwritten signature*

プロジェクト名：中華人民共和国 汚水処理場のグレードアップ改造と運営改善に関するプロジェクト

期 間：2010年～2013年（3ヶ年）対象地域：中国（北京市、雲南省昆明市）

実施機関：住宅・都市農村建設部 都市建設司、村鎮建設司 北京市市政工程設計研究総院

国家都市給水排水工程技術センター 中国城鎮供水排水協会 北京都市排水集團 雲南省住宅都市農村建設庁

昆明市人民政府 昆明市でん池管理局 昆明でん池投資有限責任公司 阿子營鎮人民政府

| プロジェクト要約  | 指 標   | 入手手段   | 外部条件   |
|---|---|--|--|
| <b>上位目標</b><br>汚水処理施設から排出される放流水質が向上し、排出基準に適合する。   | 放流水質基準の 適合率   | 汚水処理施設 処理成績統計値<br>水環境モニタリング統計値   |  |
| <b>プロジェクト目標</b><br>大規模及び鎮レベルの小規模汚水処理施設の高度処理化のための技術が普及し、運営改善の方針が示される。  | 技術指針および技術資料の認知度・活用度<br>普及のためのセミナーの開催数<br>普及のためのセミナー受講者数   | 認知度・活用度の将来ヒアリングによる<br>セミナー開催の有無の確認   | 汚水処理整備事業の拡充に向けた施設費・運営費が十分確保される。水環境政策における汚水処理整備事業が加速される。対象とされる既設汚水処理施設の改造工事が、確実に着手・履行される。   |
| <b>成 果</b><br>・大規模汚水処理施設の高度処理化のための技術が習得され、改造設計・運営改善指針が整備される。  | 技術指針および技術資料の数<br>関係するセミナーの延べ聴講者数  | 技術指針および技術資料数の確認<br>研修・セミナーの実績、ヒアリング  | 高碑店を含む他都市の改造事例が利用可能となり、技術指針に反映される。技術指針、技術資料が公的資料として、公開される。   |
| ・鎮レベルの小規模汚水処理施設の高度処理化のための技術、事後評価手法が習得され、ハンドブック（設計・運営改善指針）が整備される。  | 事後評価報告書、ハンドブック及び技術資料の数<br>事後評価対象箇所数<br>関係するセミナーの延べ聴講者数  | 技術指針および技術資料数の確認<br>研修・セミナーの実績、ヒアリング  | 他施設の運転状況等の情報が利用可能となる。技術資料が公的資料として、公開される。   |
| ・汚水処理場の運営に関わる省エネ・省資源化、汚泥の適正処分が検討され、技術資料が整備される。  | 技術検討セミナーの開催数/受講者数<br>技術検討・提案資料の報告書数   | セミナー開催数<br>技術検討資料  |  |
| <b>活動</b><br>1 大規模汚水処理場のグレードアップに向けた改造設計・維持管理の技術を普及する。<br>1-1 高碑店汚水処理場の高度処理のための改造設計・運転管理の改善に関し、技術検討及び、他都市の事例を含めた相互の技術検討を行う。<br>1-1-1 調査・リン除去高度処理の改造設計を検討する。<br>1-1-2 調査・リン除去高度処理のための改造工事を検討する。<br>1-1-3 調査・リン除去高度処理のための運営改善を検討する。<br>1-2 大規模処理施設のグレードアップに向けた設計指針・維持管理指針を作成し、技術を普及させるための活動を行う。<br>1-2-1 A20法 によるグレードアップに向けた設計指針を作成する。<br>1-2-2 A20法の適正な維持管理のための指針を作成する。<br>1-2-3 大規模処理施設のグレードアップ技術普及のための研修を行う。<br>2 鎮レベル汚水処理施設の設計、維持管理の技術を普及する。<br>2-1 回分式活性汚泥法において調査・リン除去高度処理のための運転管理手法の改善を行う。<br>2-1-1 設計・運転管理の事後評価に関する現地調査・及びアンケート調査を実施する。<br>2-1-2 事後評価現地調査及びアンケートの解析を行い事後評価報告書を作成する。<br>2-2 鎮レベル/回分式汚水処理施設の高度処理に向けた設計指針・維持管理指針を作成し、技術を普及させるための活動を行う。<br>2-2-1 鎮レベル汚水処理施設のハンドブックを作成する。<br>2-2-2 鎮レベル汚水処理場の適正な維持管理のためのハンドブックを作成する。<br>2-2-3 鎮レベル汚水高度処理技術普及のための研修を行う。<br>3 高度処理導入後の処理システム運営の最適化のための活動を行う。<br>3-1 高碑店、昆明市内汚水処理場の高度処理施設の最適運転のための調査・技術検討を行う。<br>3-1-1 処理効果の最適化に向けた調査・技術検討を行う。<br>3-1-2 実地運転指導のための基本検討資料を作成する。<br>3-2 汚泥の適正処理処分・資源化、下水道施設の省エネ化に向けた技術検討を行う。<br>3-2-1 汚泥の適正処分、資源化のためのセミナーを行う。<br>3-2-2 汚泥の適正処分についての基本検討資料を作成する。 | <b>Inputs</b><br>(中国側)<br>(日本側)<br>(a) 長期専門家<br>( 下水高度処理/業務調整 ) 1名<br><br>(b) 短期専門家<br>(1) 大規模高度処理改造設計(プロセス)<br>(2) 大規模高度処理改造設計(設 備)<br>(3) 大規模高度処理改造設計(O&M)<br>(4) 鎮レベル高度処理技術(プロセス)<br>(5) 鎮レベル高度処理技術(設 備)<br>(6) 鎮レベル高度処理技術(事後評価)<br>(7) 汚泥処理・省資源化<br>(8) 省エネシステム設計<br><br>(c) 研修など<br>日本における研修<br>技術セミナー開催<br><br>(d) 供与機関<br>活動に必要な分析機材 | ( 中国側 )<br><br>(a) カウンターパート<br><br>(b) 活動場所<br>プロジェクトサイト<br>執務室(長期専門家、短期専門家)<br><br>(c) 設計員労務費/分析室労務費<br>(d) 汚水処理施設改造費/建設工事/維持管理費<br>(e) 研修施設( 普及のための研修 )<br>(d) その他活動に必要な経費 | <b>前提条件</b><br>グレードアップの設計、工事に<br>向けた十分な実施体制(技術者、<br>予算)が確保され、適正に機能<br>する。<br><br>調査、技術検討のための十分な<br>実施体制(技術者、予算)が確<br>保され、適正に機能する。<br><br>投入計画に適合した専門家、及<br>び 研修リソースが確保され<br>る。(日本国内の下水道セクター<br>に十分な協力が得られる。) |

*Handwritten signature/initials*

*Handwritten mark*

| Year   | Year 2009 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           | Year 2010 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | Year 2011 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        | Year 2012 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|--|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|-----------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|--------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|  | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12        | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12     | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Joint Coordinating Committee (JCC) ○                     |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | -R/D ■ 開始 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | ○  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | ● 終了 ■ |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Output 1: 大規模汚水処理場のグレードアップに向けた設計指針・維持管理指針を策定する。          |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 1 高汚濁処理場において懸濁・リン除去高度処理のための改造設計を行い、運転管理手法の改善を行う。         |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| WWTP schedule  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| current  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 1.1.1 懸濁・リン除去高度処理の改造設計を検討する。                             |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 1.1.2 懸濁・リン除去高度処理のための改造工事を検討する。                          |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 1.1.3 懸濁・リン除去高度処理のための運営改善を検討する。                          |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 2 大規模汚水処理施設のグレードアップに向けた設計指針・維持管理指針を作成し、技術を普及させるための活動を行う。 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| schedule   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| current  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 1.2.1 A2O法によるグレードアップに向けた設計指針を作成する。                       |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 1.2.2 A2O法の適正な維持管理のための指針を作成する。                           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 1.2.3 大規模処理施設のグレードアップ技術普及のための研修を行う。                      |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 訪日研修   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 普及セミナー   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Output 2: 鎮レベル汚水処理施設の設計・維持管理の技術を普及させる。                   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 1 回分式汚泥法において懸濁・リン除去高度処理のための運転管理を確立する。                    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| schedule   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| current  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 2.1.1 設計・運転管理の事後評価に関する現地調査・アンケート調査を実施する。                 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 2.1.2 現地調査・アンケート調査の結果を行い、事後評価報告書を作成する。                   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 2 鎮レベル汚水処理施設の高度処理に向けた設計指針・維持管理指針を作成し、技術を普及させるための活動を行う。   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| schedule   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| current  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 2.2.1 鎮レベル汚水処理場の設計ハンドブックを作成する。                           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 2.2.2 鎮レベル汚水処理場の適正な維持管理のためのハンドブックを作成する。                  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 2.2.3 鎮レベル汚水高度処理技術普及のための研修を行う。                           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 訪日研修   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 普及セミナー   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Output 3: 高度処理導入後の処理システム運営・最適化のための活動を行う。                 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 1 高汚濁、昆明市内汚水処理場の高度処理施設の最適運転のための調査・技術検討を行う。               |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 3.1.1 処理効率の最適化に向けた調査・技術検討を行う。                            |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 3.1.2 実地運転指導のための基本検討資料を作成する。                             |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 2 汚泥の適正処理・資源化、下水道施設の省エネ化に向けた技術検討を行う。                     |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 3.2.1 汚泥の適正処分・資源化のためのセミナーを行う。                            |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 3.2.2 汚泥の適正処分についての基本検討資料を作成する。                           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 訪日研修   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 普及セミナー   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| * 汚泥処理セミナー   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 訪日研修   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 研修員 合計   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 専門家 投入等  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 1 長期専門家 (下水高度処理/業務調整)                                    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 1 短期専門家 大規模OU改造設計 1(1) (プロセス)                            |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 2 短期専門家 大規模OU改造設計 1(2) (設備)                              |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 3 短期専門家 大規模OU改造設計 2(1) (プロセス)                            |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 4 短期専門家 大規模OU改造設計 2(2) (設備)                              |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 5 短期専門家 大規模OU改造設計 3(1) (プロセス)                            |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| プロジェクト運営支援 業務委託 (日本)                                     |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 6 短期専門家 鎮レベル高度処理技術 (設備)                                  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 7 短期専門家 鎮レベル高度処理 O&M(事後評価)1                              |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 8 短期専門家 鎮レベル高度処理 O&M(事後評価)2                              |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 短期専門家 鎮レベル高度処理 O&M(事後評価)3                                |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 9 短期専門家 汚泥処理・省資源 1 (セミナー講師)                              |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 10 短期専門家 汚泥処理・省資源 2 (セミナー講師)                             |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 11 短期専門家 汚泥処理・省資源 3 (セミナー講師)                             |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 12 短期専門家 汚泥処理・省資源 4 (セミナー講師)                             |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 13 短期専門家 汚泥処理・省資源 5 (セミナー講師)                             |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 14 短期専門家 省エネシステム設計 1 (セミナー講師)                            |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 15 短期専門家 省エネシステム設計 2 (セミナー講師)                            |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 16 短期専門家 省エネシステム設計 3 (セミナー講師)                            |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 17 短期専門家 省エネシステム設計 4 (セミナー講師)                            |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 18 短期専門家 省エネシステム設計 5 (セミナー講師)                            |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| (セミナー講師) 述べ 6名程度   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

附表 3

プロジェクトの活動のため日本側より投入された機材は、次のとおり。

| 機器名称   | 協議後計画<br>※1 | 実績 |    |      |
|--|-------------|----|----|------|
|  | 数量          | 北京 | 昆明 | 年度   |
| 携帯型DO計   | 4           | 4  | —  | 2010 |
| BOD 測定器(卓上DO計)   | —           |    | 2  | "    |
| 携帯型ORP計  | 6           | 4  | 2  | "    |
| 携帯型pH計   | 6           | 4  | 2  | "    |
| 可搬式自動採水器   | 6           | 4  | 2  | "    |
| 自動連続分析器(NH <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , COD)<br>(オンラインマルチパラメータ測定器) | 1           | 1  | —  | "    |
| 同上   |             | 1  | —  | 2011 |
| 自動連続分析器(リン)  | 1           | 1  | 1  | 2010 |
| 活性汚泥呼吸速度測定装置   | 4           | 1  | —  | 2011 |
| 窒素・リン分析器(分光光度計)  | 2           | 1  | 1  | 2010 |
| UV分光光度計  | 2           | 1  | 1  | "    |
| その他消耗品(交換電極など)   | —           | 1  | 1  | "    |
| 以下、携行機材(短期専門家)   |             |    |    |      |
| ポータブル濁度/SS/汚泥界面計   |             |    | 1  | 2010 |
| ORP計   |             |    | 1  | "    |
| RQフレックス(簡易測定器)   |             |    | 2  | "    |
| 電気伝導度計   |             |    | 1  | 2011 |
| 試料保管用冷蔵庫   |             |    | 3  | "    |
| 溶液ろ過器  |             |    | 2  | "    |

※1：は2011年4月のMM協議時の計画による。

in  
oh...

20

第4回 訪日研修計画案 (汚泥処理・省エネルギー)

(1) 研修時期 2012年7月中旬から8月上旬

(2) 受入人数 20人 (予定)

(3) プロジェクトにおける本研修の位置づけ/背景

本研修は、汚水処理量の急激な増加、汚水処理の高度化にともなう汚泥およびエネルギー消費の問題解決のため、日本の汚水処理分野がこれらの問題に関して持っている豊富な経験と高度な技術について学習し、技術の普及を担う人材を養成することを目的とするものである。

このため、汚水処理の計画、設計および施設の維持管理に携わるウンターパート機関の職員および中国国内の大都市、地方部から選抜された研修員を本邦において研修し、技術の習得と能力向上を図る。

成果1 : 汚泥の適正処理処分、資源利用等の技術を習得し、技術普及される。

成果2 : 汚水処理分野における省エネルギー技術を習得し、技術普及される。

成果3 : 汚水処理の高度化にともなう設計、運転管理の最適化手法を習得し、技術普及される。

種々の下水処理技術の体系的な理解、経験工学としての運営管理ノウハウが不足している。特に、今後整備される鎮レベル施設の関係者に関しては、この傾向が顕著である。また、汚泥処理、省エネ技術については、研究レベルでは進んできているものの、社会的、経済的に多様な中国の状況に適合した手法の選択、汚水処理システム全体の最適化(汚濁負荷削減、省エネルギー、コスト等)が課題となっている。

(4) 到達目標

- 下水汚泥の発生量予測、処理方法および広域処理計画等、汚泥処理計画策定に必要な技術の習得
- 汚泥処理技術とその選定、処理コストの算定等、汚泥処理施設の設計に必要な技術の習得
- 汚泥性状、トラブルの事例とその対策等、汚泥処理設備の運転管理技術の習得
- 汚水処理場のエネルギー消費予測、LCA等、省エネルギー計画策定に必要な技術の習得
- 省エネルギー機器、省エネルギー運転等、設計、運転管理に必要な技術の習得

*Handwritten mark*

*Handwritten mark*

クロージングセミナー開催要領（素案）

(1)開催時期 2012年10月（遅くとも11月中） 1日

(2)開催場所 プロジェクト関係者、一般の関係者が聴講可能な開催地

(3)クロージングセミナー タイトル(仮称):

日中合作 高度処理技術の普及促進と運営改善に関するセミナー

(4)クロージングセミナー開催目的

本セミナーは、高度処理の改造提案と運営改善の普及促進を目的として実施された技術協力プロジェクトの成果普及を目的として開催する。プロジェクト関係者のみならず、日中双方の関係者を聴講者とする。

また、今後の日中双方の実務者レベル、業界レベルにおける技術交流の促進を目的とし、関連団体の後援を得ながらの開催とする。

(5) プログラム概要

講演者 中方 5人 + 日方 5人 （計 10 題の 発表を行う。）

他、ポスターセッション 30者 程度 （最大）

プログラムの詳細、アナウンス方法、運営については、適宜双方の担当者が協議しながら進める。



## 資料 C2-1

### 担体プランと高効率で安定した同時脱窒素脱リン（HERoS）プランの比較 （北京排水集団高碑店下水処理場、研究開発センター、2012/2/13）

#### 一、高碑店処理場の運転の現状

2007年7月より、高井火力発電所及び石景山火力発電所等の産業使用者における高碑店処理場の再生水の供給量、品質及び安定性に対する要求は、いずれもより厳格なものとなっている。そのうち、アンモニア態窒素の指標は1mg/L未満であり、『都市污水再生利用工業用水の水質（GB19923-2005）』に規定される開放式循環冷却水系統の熱交換器を銅材質とする場合の循環冷却系統における循環水のアンモニア態窒素に関する指標を満たすものである。

高碑店処理場1期のプロセス設計時には、流出水のアンモニア態窒素に関する指標はなかったが、2期の設計では、北京の水資源が不足しており、二次流出水の水質を後続の高度処理や消毒等に有利なものとする必要があるという問題を考慮して、流出水のアンモニア態窒素を3mg/Lとした。1期、2期のプロセスフローは、図1に示すとおり。

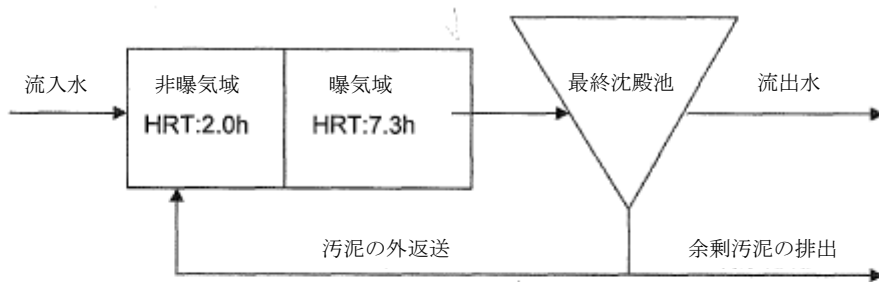


図1 高碑店下水処理場1期プロセス略図

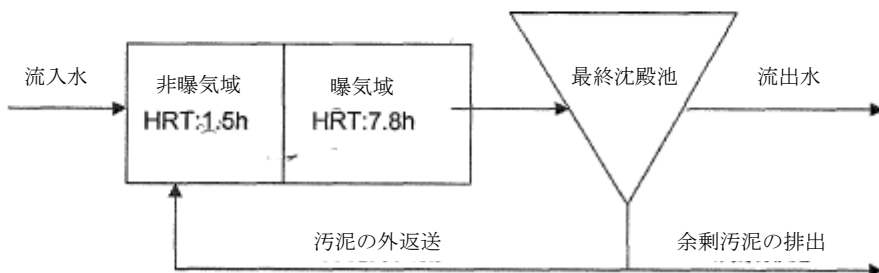


図1 高碑店下水処理場2期プロセス略図

国の水域汚染対策特別プロジェクト等の関連課題に関する支援を受け、高碑店処理場ではアンモニア態窒素の最適化制御及び化学的脱リンにより、流出水のアンモニア態窒素、TP等の主な指標について、4年連続で再生水の要件を満たしており、グレードアップ改造の流出水の水質要件にも適合している。下表を参照。かつ、2011年の処理水量はすでに93.7万m<sup>3</sup>/dに達しており、一部には設計負荷を超えた日もみられた。したがって、高碑店処理

場の運転実証では、現有プロセスを最適化することで、担体を添加せずに、グレードアップ改造の水質要件を実現することができ、また、投資を節約して、運転の安定性を高められるということが示されている。

| 年度    | 流出水 TNmg/L | 再生水・流出水<br>TPmg/L | 再生水・流出水アン<br>モニア態窒素 mg/L |
|-------|------------|-------------------|--------------------------|
| 2008年 | 27.9       | 0.53              | 0.6                      |
| 2009年 | 27.7       | 0.50              | 0.8                      |
| 2010年 | 26.6       | 0.54              | 0.4                      |
| 2011年 | 23.7       | 0.46              | 0.3                      |

## 二、高効率で安定した同時脱窒素脱リン（HERoS）プランと担体プランの比較

ここでの分析データは、担体プランについては『北京市高碑店再生水処理場及び再生水利用プロジェクト——再生水処理場部分 事業提案書 2007J294-KY00PS』及び『北京市高碑店再生水処理場及び再生水利用プロジェクト——再生水処理場プロジェクト予備設計の説明 2007J294-CS00PS0102』に基づいており、HERoSプランについては『高碑店下水処理場グレードアップ改造プロジェクト フィージビリティースタディ報告書 2007.04』に基づいている。

### 2.1 プロセスパラメータの比較

|     | 担体プラン HRT | HERoSプラン HRT |
|-----|-----------|--------------|
| 嫌気  | 1.5       | 1.6          |
| 無酸素 | 2.3       | 2.6          |
| 好気  | 5.5       | 7.8          |
| 合計  | 9.3       | 12.0         |

2つのプランはいずれも従来型の A2/O プロセスに基づいている。その主な違いについては、下表を参照。

|       | 担体プラン  | HERoSプラン   |
|-------|--|--|
| 最初沈殿池 | 既存の最初沈殿池を残し、元の設計における 160 万トン/日の雨水に対する一次処理能力を完全に残す。 | 2/6 の最初沈殿池——計 8 基を嫌気槽及び無酸素槽に改造し、依然として元の設計における 160 万トン/日の雨水に対する一次処理能力を満たすことができる（表面負荷は 2m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ・h、国の設計基準は 1.5～4.5m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ・h）。 |

|          |  |   |
|----------|--|---|
| 好気槽      | <p>充填率 50%の浮遊担体を添加し、硝化能力を保証する。</p>             | <p>既存の最初沈殿池と生物槽との間の通路を無酸素槽に改造し、無酸素区間の滞留時間を 1.1 時間増やす。好気槽は 2 期と同じ。4 年間の運転最適化から明らかのように、7.8 時間の滞留時間により 1mg/L という流出水のアンモニア態窒素の要件を満たすことができる。</p> |
| 流出水の水質保障 | <p>補助的な化学的脱リン及び外部炭素源を追加する措置により流出水の水質を保証する。</p> | <p>脱窒素に必要とされる外部炭素源は担体プランと同じ。化学的脱リンに必要とされる薬剤は担体プランをやや上回る。</p>  |

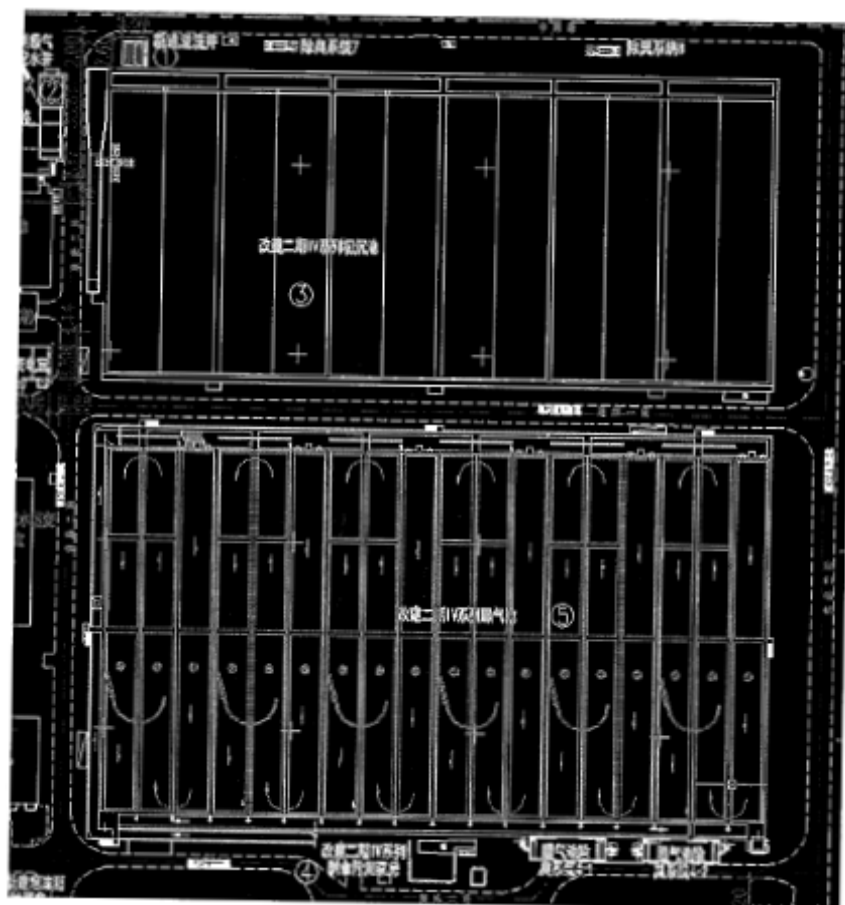


図 2 担体プランの水槽平面図

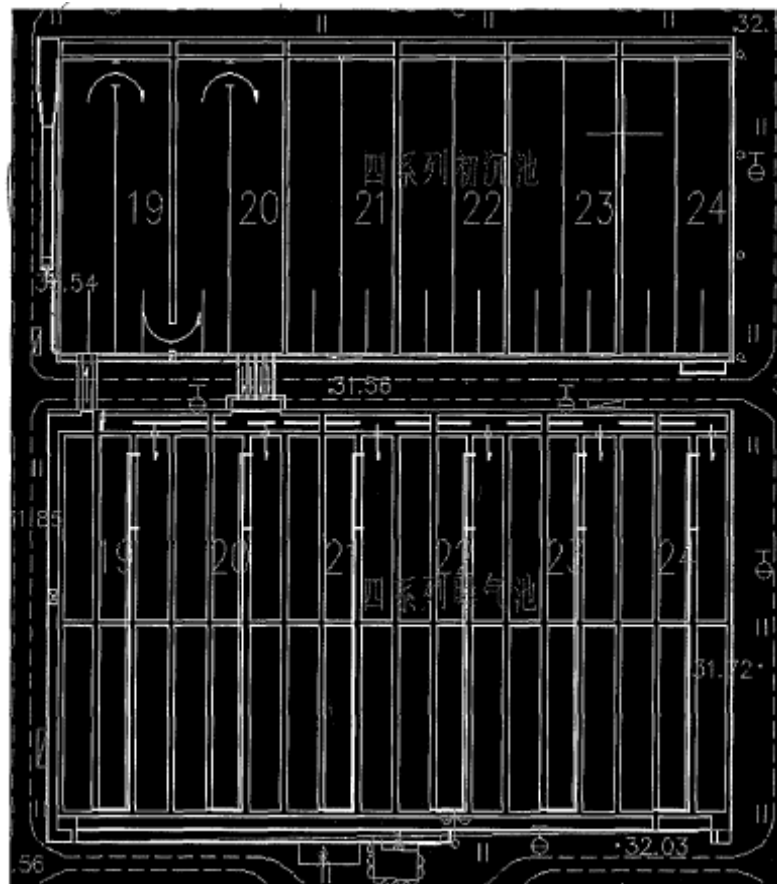


図3 HERoS プランの水槽平面図

## 2.2 投資及びランニングコストの比較

|                                       | 担体プラン  | HERoS プラン   |
|---------------------------------------|--|---|
| 直接工事費                                 | 7.5 億元   | 2.5 億元  |
| 直接運転費用<br>(2011 年の現状<br>プロセスとの比<br>較) | 0.32 (現状の運転。汚泥の輸送処理は含まない) + 0.1 (外部炭素源) + 0.07 (曝気量の増加) + ? (担体の補充、化学的脱リン) = 0.49 元/m <sup>3</sup> | 0.32 (現状の運転。汚泥の輸送処理は含まない) + 0.1 (外部炭素源) + 0.03 (化学的脱リン) = 0.45 元/m <sup>3</sup> |

2つのプランの主な違いは、次のとおり。

|       | 担体プラン  | HERoS プラン   |
|-------|--|---|
| 直接工事費 | 主に担体、並びに曝気槽の改造、並びに管路、ポンプ、送風機、最初沈殿池の回復改造等が含まれる。                                       | 担体及び曝気槽の改造が省かれ、最初沈殿池の改造費用が多少増加する。その他は担体プランと同じ。  |
| 直接運転費 | 現状のプロセスと比べて、主に担体の浮遊維持に必要とされる送風の電力消費、外部炭素源の脱窒素薬剤の費用、補助的な化学的脱リン薬剤の費用、並びに担体の補充費用等が増加する。 | 現状のプロセスと比べて、主に外部炭素源の脱窒素薬剤の費用、並びに補助的な化学的脱リン薬剤の費用等が増加する。担体プランと比べて、曝気のエネルギー消費（約0.11kWh/m <sup>3</sup> 、0.07 元/m <sup>3</sup> として計算）及び担体の補充費用が減少し、化学的脱リン薬剤の費用（4mg/L、0.03 元/m <sup>3</sup> として計算）が増加する。結果、HERoS プランの運転費用は担体プランよりも低くなる。 |

### 2.3 建設進度の影響

|      | 担体プラン   | HERoS プラン  |
|------|---|--|
| 複雑さ  | 施工が複雑であり、建設期間が比較的長い。                                      | 施工が単純であり、建設期間が比較的短い。かつ、最初沈殿池の改造等の一部施設はすでに完成している。                       |
| 設計   | F/S プランはすでに承認されている。予備設計プランは承認されていない(?)。詳細図面の設計はすでに開始している。 | F/S プランはすでに専門家による論証を通過し、承認されている(?)。予備設計プラン及び詳細図面の設計については、改めて調整する必要がある。 |
| 入札募集 | 開始前   | 開始前  |

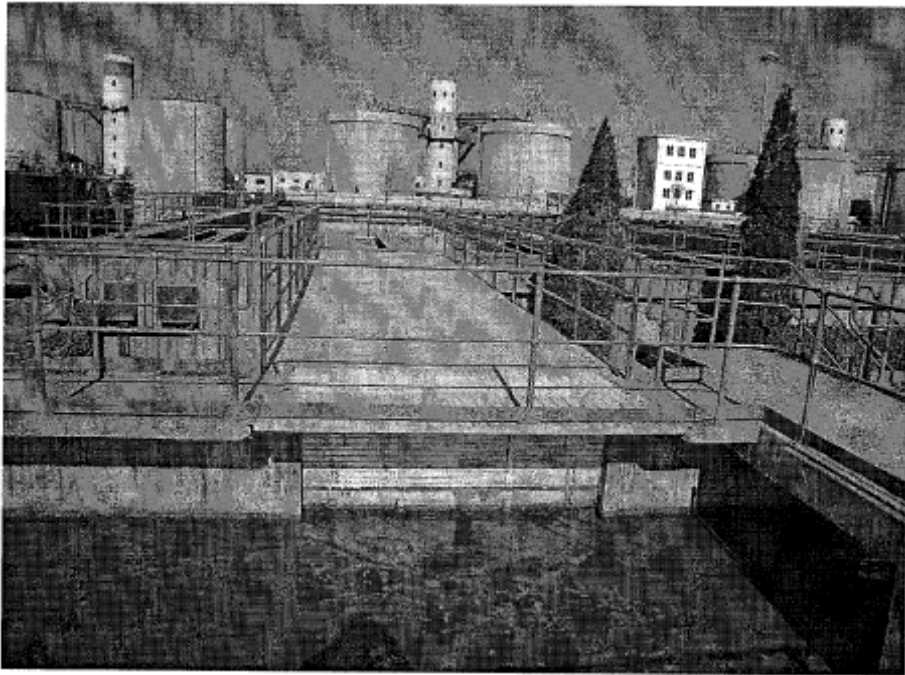


図4 2007年の改造後の外返送水路

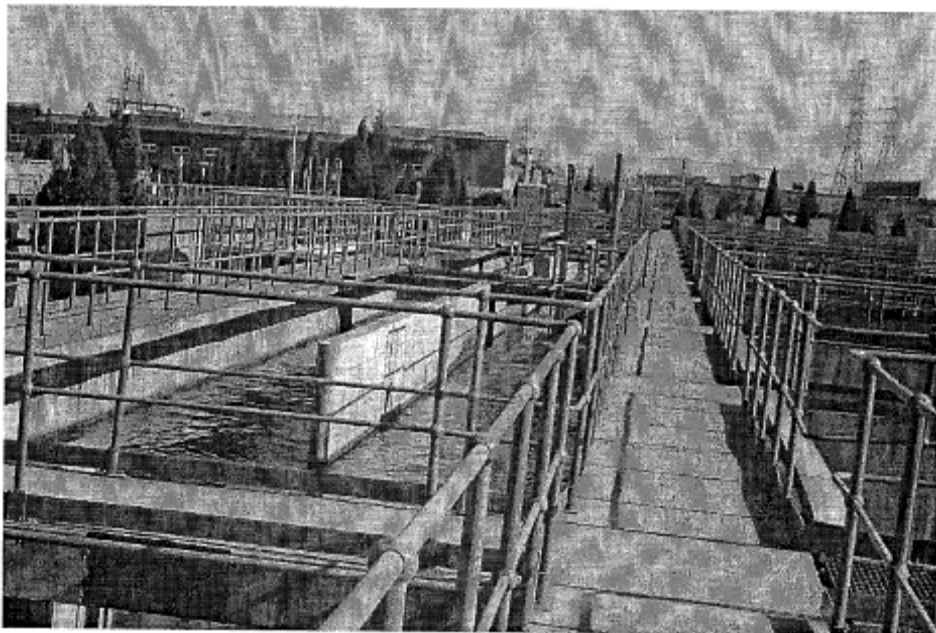


図5 2007年の改造後の最初沈殿池と曝気槽の連絡水路

## 2.4 運転の安定性の影響

|     | 担体プラン   | HERoS プラン   |
|-----|---|---|
| 国外  | アメリカでは基本的に担体が用いられておらず、運転の経験が少ない（WEF Manual No.11、2008 を参照）。欧州では多少応用されているが、関連する報告や考察は比較的少ない。 | 従来型 A2/O プロセスの改良であり、国外では各変形プロセスが広範に応用されている。   |
| 国内  | 国内の一部で応用されているが、成功の経験は少なく、教訓が多い。   | 国の特別プロジェクトや北京市の課題としてキーテクノロジーの開発、実証が行われ、すでに成熟しており応用可能である。特に高碑店処理場の応用実証では流出水のアンモニア態窒素及び全リンが安定して基準を達成している。 |
| リスク | 運転の安定性に比較的大きなリスクが存在する。  | 運転が安定しており信頼性がある。  |

### 三、中間まとめ

担体プランには MBR プランと比べて、投資及び運転費用、改造の難易度、運転の安定性のいずれにおいても一定の優位がある。流出水のアンモニア態窒素について安定的に基準を達成できるかに関する比較的大きな疑問があり、4 年前のプラン選択では、従来型 A2/O プロセスのプランは除外された。しかし、担体プロセスの試験、並びに国内の現有する担体プロセスについての考察を経て、特に、7 年近くの間、国や北京市の課題として支援が行われ、従来型 A2/O プロセスについて一連の改良が進められた結果、高効率で安定した同時脱窒素脱リンプラン（HERoS）が形作られており、高碑店処理場においては一部の実証が進められ、成功を収めている。このため、担体プランの代わりとして HERoS プランの改造を行うことには、明らかな経済的及び技術的な優位がある。下表を参照。

|           | 担体プラン                 | HERoS プラン             |
|-----------|-----------------------|-----------------------|
| プロセスパラメータ | 全体の滞留時間は 9.3 時間       | 全体の滞留時間は 12.0 時間      |
| 直接工事費     | 7.5 億元                | 2.5 億元                |
| 直接運転費     | 0.49 元/m <sup>3</sup> | 0.45 元/m <sup>3</sup> |
| 建設進度      | 計画に基づく                | 計画に基づく                |
| 運転の安定性    | やや不安定                 | 安定しており信頼性がある          |

## 四、問題点と提案

### 1. 合流式の排水系統における泥砂除去の要件を満たすことができるか？

元の設計：高碑店下水処理場の設計時に除去する必要があったのは COD だけであり、かつ「できる限り最初沈殿池を利用して汚染物質を除去し、後続プロセスのエネルギー消費を減らす」という国外の専門家の意見が採用された。このため、最初沈殿池の表面負荷は最終沈殿池と同じであり、現在の国の基準をはるかに下回っている。

現在の要件：2002 年以降、下水処理場について脱窒素脱リンの要件が示されており、適度な最初沈殿池の表面負荷により脱窒素脱リンの炭素源に関する要件を満たす必要がある。国外の専門家の推計によると、高碑店処理場の現有する最初沈殿池の 2 分の 1 を残すことで、合流式の排水系統の下水処理場における沈殿機能の要件を満たすことができる。

### 2. 合流式の排水系統における増水期の雨水処理対応の要件を満たすことができるか？

2007 年の改造の影響を受け、各系列 6 セットの最初沈殿池のうち、通常運転に投入されているのは 4 セットに過ぎない。1 セットは最初沈殿の機能が完全に失われており、1 セットは処理水量が比較的少ない。この 4 年間の運転から明らかのように、4～5 セットの最初沈殿池により増水期の雨水処理の要件を満たすことができる。

### 3. 硝化の信頼性が保障されるか？

2011 年における 1 日当たりの処理水量は、すでに 93.7 万 m<sup>3</sup>/d に達している。4 つの系列の流出水は、ほとんどの期間においてアンモニア態窒素 1mg/L 未満という要件を満たしている。

かつ、2007 年の改造の影響を受け、各系列 6 セットの曝気槽のうち、通常運転に投入されているのは 5 セットに過ぎず、1 セットは処理水量が比較的少ない(?)。6 セットの曝気槽の処理能力を完全に発揮させ、さらにプロセスの最適化を進めることにより、硝化の安定性をさらに向上させることができる。

今後、流入水の濃度がさらに高まる可能性を考慮すると、安定した硝化の保証には一定のリスクが存在するが、そのリスクは小さい。

### 4. 脱窒素脱リンが保障されるか？

HERoS プランと担体プランは、脱窒素脱リンの除去率及び方法において基本的に一致しており、流出水の窒素・リンの要件を満たすことができる。

### 5. 産業化の特徴を備えているか？

HERoS プランは国や北京市の課題として多くの支援を得ており、その成果として 10 数件の特許を有している。システムインテグレーションや設備のプラント化により、当該プラ



ンの応用技術には、担体技術と同様に、比較的良好な産業化の特徴が備わっている。

## 6. 国際的な発展の方向性に適合しているか？

下水処理場の発展は、単純で信頼性があり、エネルギー消費が少なく、またエネルギーが回収される持続可能な処理システムへと向かっている。担体技術は、エネルギー消費が比較的多く、運転操作が比較的複雑である。また、流出水の水質は通常のプロセスと同じであり、全体としての発展傾向は普通である。

HERoS プランは、エネルギー消費が比較的少なく、安定しており信頼性がある。自動化の水準も比較的高く、現時点における世界の主流技術である。

## 7. 提案

現在、高碑店下水処理場の現状において、すでに HERoS プランにより安定してアンモニア態窒素及び TP 除去の要件が満たされることが検証されている。また、高碑店下水処理場の流出水の TN は 24~28mg/L の間であり、外返送の硝酸塩は非曝気域での脱窒により約 10mg/L 除去される（『高碑店 1 期における 1 系列の嫌気区間の脱窒効果についての分析』を参照）。

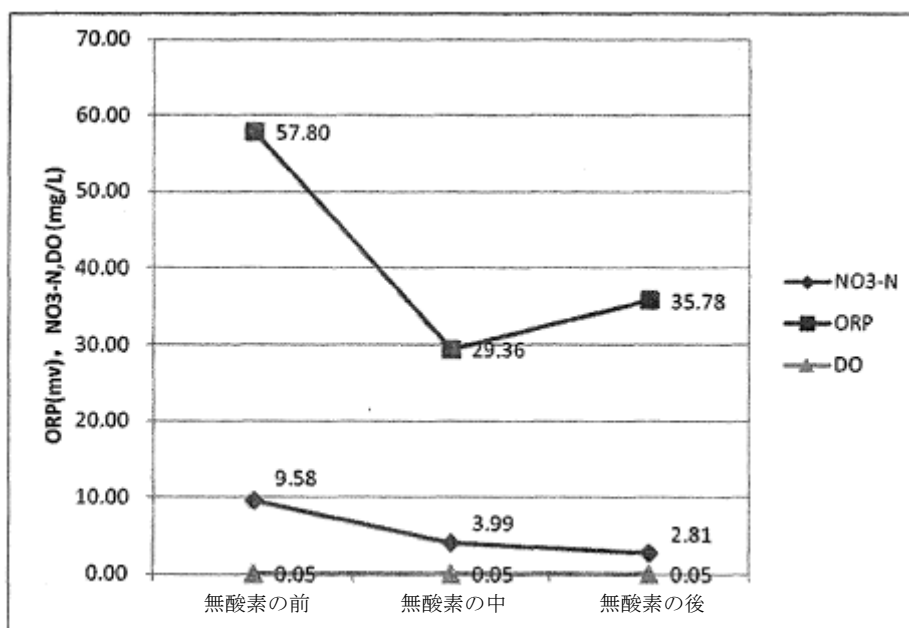


図 6 非曝気域の脱窒効果

このため、1 つの系列を利用し、2007 年の改造後におけるプロセスの運転に基づき、無酸素区間の利用によりさらに 10mg/L の硝酸塩窒素を除去して、流出水の TN を 20mg/L 未満とし、かつ外部炭素源の状況下においては流出水の TN を 15mg/L 未満とすることを提案する。グレードアップ改造については信頼性のある生産運転データの保証を提供する。

2007年中に完了していない主な改造には、7.0\*3.8mの接続穴3箇所、攪拌機（PST-PMI）12台が含まれる。

さらなる改造には3ヶ月が必要であり、試験にも3ヶ月を要する見込である。費用は300万円となる見込である。

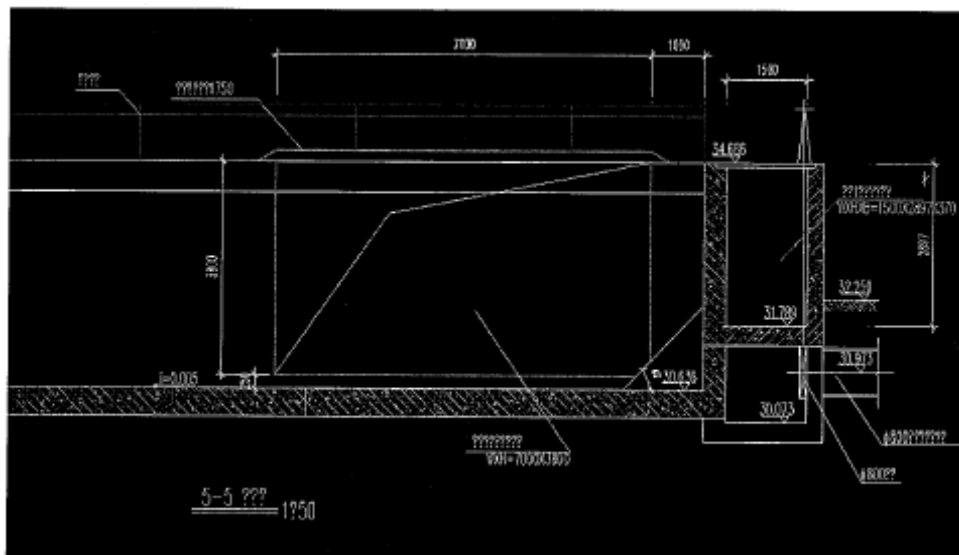


図7 開口部の大きさ

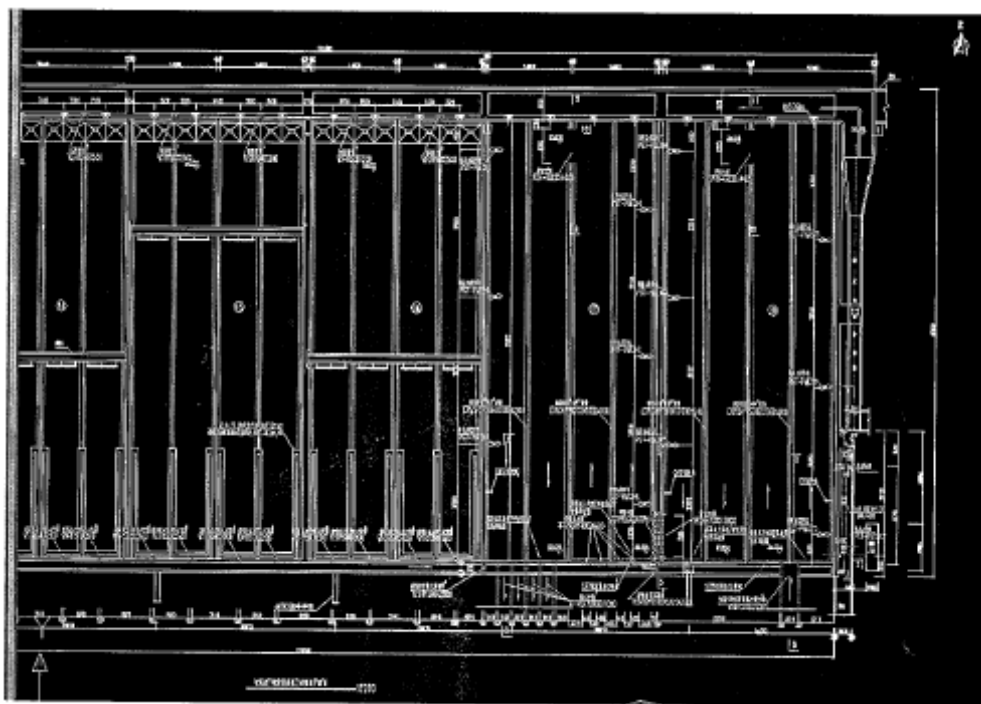


図8 開口部及び攪拌機の位置

## 資料 C3-1

### 【既存施設（標準活性汚泥法）からの A2O 改造設計の要点】

#### ◎窒素除去のための検討

1. 硝化に必要な ASRT 管理（水温と必要 ASRT の関係）・例）運転管理実績を用いて、水温(X 軸)–ASRT(Y 軸)グラフ上に硝化率で区分してプロットした ASRT 管理グラフを作成。

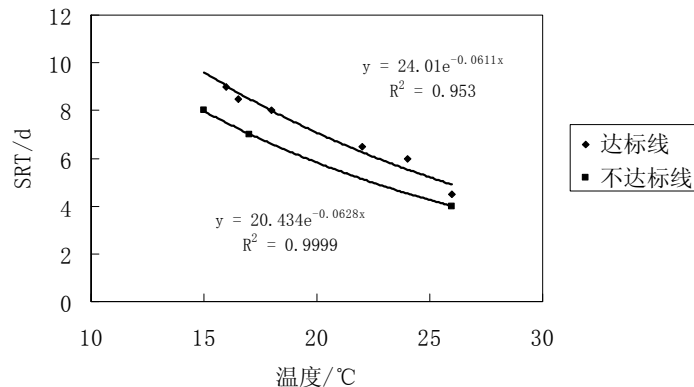


図 5 硝化に必要とされる汚泥日齢と温度の関係（条文解説より引用）

1. 上記の図に基づき、夏場、冬場に必要となる A-SRT を決定
2. 前述の A-SRT から、必要な好気槽滞時間を求める。

【関連指標】 MLSS、汚泥引き抜き濃度、汚泥引き抜き量

好気槽容量が不足する場合の対応方法

- ・ 担体添加
- ・ MBR
- ・ 曝気生物ろ過

関連運転指標： 硝化速度（A-SRT と水温の関係）

A-SRT（硝化細菌を系内に維持するために必要な時間以上となるよう水温を考慮して決定 →窒素とりん同除去を考慮した A-SRT）

水温（硝化速度に影響）、

MLSS（A-SRT、BOD-SS 負荷に影響）、

汚泥引き抜き量（A-SRT、MLSS に影響）、

返送汚泥量（MLSS に影響）

（好気槽滞留時間）

その他設計注意事項；

- ① 硝化のための送風機量（硝化槽内の DO 管理）
- ② 硝化に伴うアルカリ度の消費（pH 管理）  
脱窒に伴うアルカリ度の生成

- ③ 好機槽から無酸素槽への循環比（窒素除去率への影響）

## **2. 脱窒に必要な有機物の検討**

- ・例) 運転管理実績を用いて、無酸素槽における有機物消費量と脱窒量の関係(C/N比)をグラフ化する。
- 必要に応じて、室内実験により有機物濃度と脱窒速度の関係を測定する。(記述済み)

→有機物が不足する場合の対応方法

無酸素槽に有機物を添加(余剰の添加有機物は後段の好気槽で酸化分解される)

改良型 A2O

脱窒生物ろか(有機物の添加が必要で、有機物の添加量制御に課題)

## **3. 脱窒速度の確認**

脱窒速度は、BOD-SS 負荷の影響を受けるため、無酸素タンクの容量に関しては、設計 BOD-SS 負荷に対して脱窒速度が十分であるか確認する。

関連運転指標      無酸素層における有機物濃度  
                          ORP    (無酸素状態の維持)  
                          水温    (脱窒速度に影響)  
                          MLSS   (脱窒速度に影響)  
                          pH    (アルカリ度の生成)  
                          返流水の窒素濃度  
                          脱窒速度と BOD-SS 負荷  
                          (無酸素槽滞留時間)

→無酸素槽容量が不足する場合の対応方法

最初沈殿池改造による無酸素時間の増加

脱窒生物ろか(有機物の添加が必要)

## **◎リン除去のための検討**

通常、標準活性汚泥法前半部を嫌気状態とすることで、容量的に、嫌気・好気法による脱リンが可能であることから、既存施設にて、A O法による脱リンが可能か検討を行う。

【その場合の留意点】

- ・ 必要嫌気時間と必要好気時間の確認
- ・ 汚泥処理施設からの返流水によるリンの流入(逆に増加する場合もあり得る)
- ・ 雨天時のORPへの影響

- ・ 上記によるリン除去の安定性

→安定しない場合の対応方法

- ・ 活性汚泥法のエアレーションタンク後部に凝集剤を添加する設備の設置（同時凝集法）

#### 【維持管理上の課題】

##### 1. 嫌気槽の ORP 管理

- ・ 嫌気槽の ORP は相対指標として、その挙動を監視する。

##### 2. 処理場全体の物質収支の把握（返流水負荷の把握）と対策

- ・ 濃縮槽や消化槽からの返流水中の T-P 濃度を測定し、必要な対策を講じる。（同時凝集法の採用。脱水工程への鉄塩の添加、等。）

##### 3. 雨天時対策

- ・ 希薄流入水による ORP 上昇時の対策を記述。例）化学的リン除去法によるバックアップ、希薄流入水の嫌気槽バイパス等。

関連運転指標

ORP（りん制御）

MLSS

返流水のりん濃度

（嫌気槽滞留時間）

#### ◎ 総合的検討

##### ①好気槽容量が不足する場合の対応方法

- ・ 担体添加
- ・ MBR
- ・ 曝気生物ろ過

##### ②脱窒における有機物が不足する場合の対応方法

- ・ 無酸素槽に有機物を添加（余剰の添加有機物は後段の好気槽で酸化分解される）
- ・ 改良型 A2O
- ・ 脱窒生物ろか（有機物の添加が必要で、有機物の添加量制御に課題）

##### ③無酸素槽容量が不足する場合の対応方法

- ・ 最初沈殿池改造による無酸素時間の増加
- ・ 脱窒生物ろか（有機物の添加が必要）

④無酸素槽容量が不足する場合の対応方法

- ・ 最初沈殿池改造による無酸素時間の増加
- ・ 脱窒生物ろか（有機物の添加が必要）

⑤生物学的りん除去が安定しない場合の対応方法

- ・ 活性汚泥法のエアレーションタンク後部に凝集剤を添加する設備の設置（同時凝集法）

**○その他（維持管理指針への追記事項）**

<次の項目を追記する。>

1. 水質検査結果の運転管理への活用

- ・ 監視と制御への水質検査データ活用、水質検査部門との連携の明記。（日本文修正済み）

2. 処理原理の理解。

- ・ 水質検査部門の処理原理理解の明記。（日本文修正済み）

○保守点検

<保守点検基準の標準化を図る。>

1. 保守点検の標準帳票の例示

- ・ 日本の維持管理指針の帳票例を参考に作成。

## 資料 C3-2

### A20 法の維持管理の要点

○窒素除去のための運転管理

<要点を絞った記載とする。>

#### 1. 硝化に必要な ASRT 管理（水温と必要 ASRT の関係）→条文解説に既述！

- ・例) 運転管理実績を用いて、水温(X 軸)－ASRT(Y 軸)グラフ上に硝化率で区分してプロットした ASRT 管理グラフを作成。

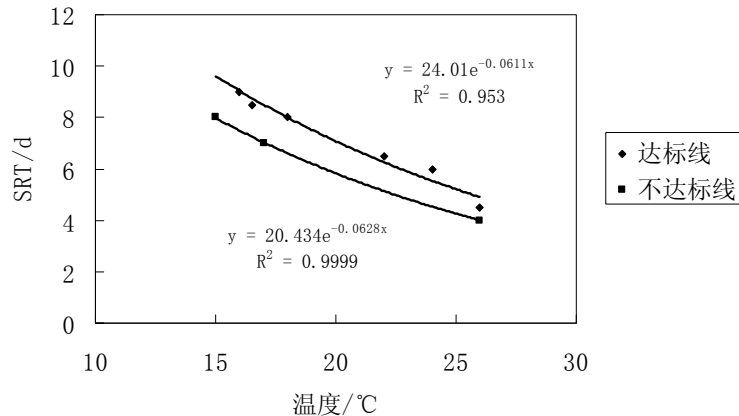


図 5 硝化に必要とされる汚泥日齢と温度の関係（条文解説より引用）

関連運転指標： 硝化速度（A-SRT と水温の関係）

A-SRT（硝化細菌を系内に維持するために必要な時間以上となるよう水温を考慮して決定 →窒素とりん同除去を考慮した A-SRT）

水温（硝化速度に影響）、

MLSS（A-SRT、BOD-SS 負荷に影響）、

汚泥引き抜き量（A-SRT、MLSS に影響）、

返送汚泥量（MLSS に影響）

（好気槽滞留時間）

その他注意事項；

- ① 硝化のための送風機量（硝化槽内の DO 管理）
- ② 硝化に伴うアルカリ度の消費（pH 管理）  
脱窒に伴うアルカリ度の生成
- ③ 好機槽から無酸素槽への循環比（窒素除去率への影響）

#### 2. 脱窒に必要な有機物の確保

- ・例) 運転管理実績を用いて、無酸素槽における有機物消費量と脱窒量の関係(C/N 比)をグラフ化する。

→必要に応じて、室内実験により有機物濃度と脱窒速度の関係を測定する。（記述済み）

関連運転指標 無酸素層における有機物濃度  
ORP (無酸素状態の維持)  
水温 (脱窒速度に影響)  
MLSS (脱窒速度に影響)  
pH (アルカリ度の生成)  
返流水の窒素濃度  
脱窒速度と BOD-SS 負荷  
(無酸素槽滞留時間)

#### ○リン除去のための運転管理

<要点を絞った記載とする。>

##### 1. 嫌気槽の ORP 管理

・嫌気槽の ORP は相対指標として、その挙動を監視する。(日本文修正済み)

##### 2. 処理場全体の物質収支の把握 (返流水負荷の把握) と対策

・濃縮槽や消化槽からの返流水中の T-P 濃度を測定し、必要な対策を講じる。  
(同時凝集法の採用。脱水工程への鉄塩の添加、等。)

##### 3. 雨天時対策

・希薄流入水による ORP 上昇時の対策を記述。例) 化学的リン除去法によるバックアップ、希薄流入水の嫌気槽バイパス等。

#### 関連運転指標

ORP (りん制御)

MLSS

返流水のりん濃度

(嫌気槽滞留時間)

#### ○その他

<次の項目を追記する。>

##### 1. 水質検査結果の運転管理への活用

・監視と制御への水質検査データ活用、水質検査部門との連携の明記。(日本文修正済み)

##### 2. 処理原理の理解。

・水質検査部門の処理原理理解の明記。(日本文修正済み)

#### ○保守点検

<保守点検基準の標準化を図る。>

##### 1. 保守点検の標準帳票の例示

・日本の維持管理指針の帳票例を参考に作成。



小城镇污水处理厂 SBR 工艺  
应用评价及设计运行指南  
(初稿)

小城镇污水处理场 SBR 法应用評価  
および設計・運転管理ガイドライン  
(初稿)

2012 年 6 月 30 日

国家城市给水排水工程技术研究中心

住建部城建司

住建部村镇司

日本国际协力机构

# 前 言

# 基礎編

# 1 中国における汚水処理の状況

## 1.1 中国における水環境汚染および汚濁負荷削減対策

### 1.1.1 中国における水環境汚染の状況

中国の水問題は、深刻な「水資源不足」と「水質汚濁」に集約される。水資源については、水資源総量は 2 兆 8124 億 m<sup>3</sup> と世界 6 位のレベルであるが、一人当たりの水資源は 2,292m<sup>3</sup> (2007 年) で世界平均 8,559m<sup>3</sup> を大きく下回っている。水資源の偏在も顕著で、北部 (長江以北) の水不足は顕著である。

1979 年の改革開放後、中国は急激な経済発展を遂げ、これにともない、環境汚染が深刻化した。第九次五カ年計画 (九五) 期間 (1996-2000 年) 中にいわゆる「三河」(淮河・海河・遼河)、「三湖」(太湖・巢湖・滇池)、両区 (酸雨制御区と二酸化硫黄制御区)、一市 (北京市)、一海 (渤海) が「環境保護重点区域」に指定された。

環境保護部の「2011 年中国環境状況公報」によると、「三河」を含む十大水系 (河川) の状況は下図に示すとおりで、「十一五」以前に比較して改善は見られるものの、海河、松花江などで依然として汚染が続いている。これらの水系に設定されている国のモニタリング断面 469 箇所のうち、I～III類、IV～V類、劣V類に分類されるものの割合は、それぞれ 61.0%、25.3%、13.7%で、主な汚染指標は COD、BOD<sub>5</sub> であった。

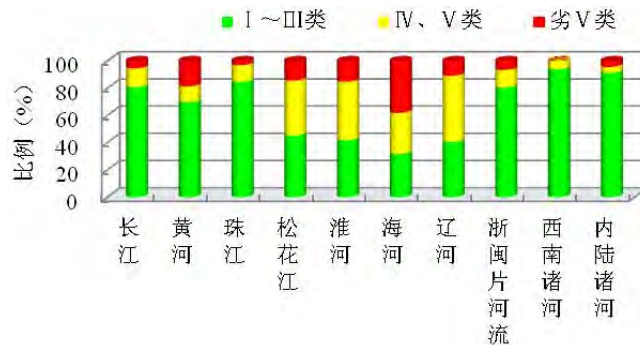


図 1.1.1 2011 年十大水系水質類型比率

湖沼では、国がモニタリングを行っている 26 の重点湖沼 (ダム) のうち、I～III類、IV～V類、劣V類に分類されるものの割合は、それぞれ 42.3%、50.0%、7.7%で、主な汚染指標は全りん、COD であった。

表 1.1.1 2011 年重点湖沼 (ダム) 水質状況

| 湖沼(ダム)類型 | I類 | II類 | III類 | IV類 | V類 | 劣V類 | 主要汚染指標  |
|----------|----|-----|------|-----|----|-----|---------|
| 三湖*      | 0  | 0   | 0    | 1   | 1  | 1   | 全りん、COD |
| 大型淡水湖    | 0  | 0   | 1    | 4   | 3  | 1   |         |
| 都市内湖     | 0  | 0   | 2    | 3   | 0  | 0   |         |
| 大型ダム     | 1  | 4   | 3    | 1   | 0  | 0   |         |

\*「三湖」とは太湖 (江蘇省)、滇池 (雲南省) および巢湖 (安徽省)

## 1.1.2 中国における水環境保全施策

### (1) 行政機構

中国の中央行政組織において、汚水処理に係るのは**環境保護部**（以下「環保部」という。）、**住宅・都市農村建設部**（以下、「建設部」という。）および**水利部**である。なお、例えば「建設部」は日本における国土交通省と農林水産省それぞれの機能の一部を合わせたものに相当する。また、地方にもこれと同様の組織があり、各省には環保庁、建設庁、水利庁が、市には環保局、建設局、水務局が設置されているのが一般的である。

これら水行政に係る組織については、2008年の機構改革において一定の役割分担がなされている。これによると、環保部門は汚染物質の排出基準の制定、汚染物質排出許可、監視など汚濁負荷削減目標の実行および重大開発計画に係る環境評価等を行うとされている。

また、建設部門は都市施設としての汚水処理施設、管網の建設および管理を担当する。なお、汚水処理施設、管網の管理については地方政府へ権限委譲されている。水利部門は、それまで建設部にあった地下水資源管理を引き継ぎ、水資源の統一管理体制の強化を図った。また、新たな分野として再生水の管理が加えられた。

### (2) 汚水処理に係る法令、指針、ガイドライン

汚水処理場からの放流水に係る基準は、「環境保護法」、「水污染防治法」および「海洋環境保護法」に基づく「城鎮汚水処理場汚染物排放標準」（GB18918-2002）に定められたが、2006年には閉鎖性水域等の重要水域に排出する場合の基準が1級Bから1級Aに強化された。このため、当該地域に新設される汚水処理場だけでなく、既存の汚水処理場においても高度処理対応が必要となった。

汚水処理場の設計に係る指針、ガイドラインは、おおざっぱに国家級（部門標準を含む）、地域級（各都市で作成したもの）、その他（市販の技術書等）に分類される。国家級のものには「GB標準」（「GBXXXXX-西暦」で表記される。）

「国家標準」および環保部の制定する部門基準である「HJ標準」、建設部の「CJ標準」等の「部門標準」がある。地域級には、省および主要都市で定める「DB標準」がある。

汚水処理に関連する基準、指針等のうち主な例を以下に示す。なお、ここに示す基準等を含む関連資料については、参考資料として巻末に添付する。

（設計指針の例）

- ・ 「GB50014-2006 室外排水設計規範」（国家標準）
- ・ 「GB50015-2003 建築給水排水設計規範」（国家標準）
- ・ 「HJ576-2010 嫌気無酸素好気法汚水処理プロセス技術規範」（環保部部門標準）
- ・ 「HJ577-2010 回分式活性汚泥法汚水処理プロセス技術規範」（環保部

部門標準)

- ・ 「江蘇省太湖流域都市污水处理場における建設技術ガイドラインの提示」(地方版ガイドライン)

(運転管理指針の例)

- ・ 「CJJ60-94 都市污水处理場運行、維持及び安全技術規定」(建設部部門標準)

(設備標準の例)

- ・ 「HJ-T252-2006 環境保護產品技術要求-中/微孔曝氣裝置」(環保部部門標準)
- ・ 「HJ-T260-2006 環境保護產品技術要求-水中エアレーター」(環保部部門標準)

(污水处理場に係る処理水排出基準等の例)

- ・ 「GB18918-2002 都市下水処理場汚染物排出標準」(国家標準)
- ・ 「DB11/ 307-2005 水汚染物質排出基準」(地方標準)

(汚泥の利用に係る基準等の例)

- ・ 「CJT239-2007 都市污水处理場汚泥処置 分類」
- ・ 「CJT290-2008 都市污水处理場汚泥処置 単独焼却用泥質」
- ・ 「CJT291-2008 都市污水处理場汚泥処置 土地改良用泥質」
- ・ 「CJT309-2009 都市污水处理場汚泥処置 農用泥質」など

## 1.2 中国における污水处理の実施体制

### 1.2.1 五カ年計画

#### (1) 第9次五カ年計画以前

中国の基本的な国家發展開發政策は「国民經濟・社会發展五カ年計画」、いわゆる「五カ年計画」としてまとめられる。1979年の改革開放後、中国は急激な經濟發展を遂げ、これにともない太湖(江蘇省)に代表される環境汚染がしだいに深刻化した。1980年～1990年代にかけて、国際金融機関の支援等により污水处理場の整備が行われるようになり、1998年以降、いわゆる「三河」(淮河・海河・遼河)、「三湖」(太湖・巢湖・滇池)の汚染防止対策への国債の重点投入によって、污水处理場の数および下水処理能力が急激に増加した。

#### (2) 第10、11次五カ年計画

2000年以後になって、「第10次五カ年計画(十五)」(2001～2005年)、「第11次五カ年計画(十一五)」(2006～2010年)にCOD(化学的酸素要求量)

の大幅な削減が目標に掲げられ、都市部を中心に汚水処理場の建設が加速された。

当初、中国の汚水処理事業は政府主導で展開してきたが、2002年の「市政公用事業市場化」改革で民間資本の参加が広く認められ、さらに2003年に行われた汚水処理運営主体の企業化等の改革により、国内企業および外資系企業が積極的に当該分野に進出した。

これらにより汚水処理場の数は「十五」以降著しく増加し、その処理能力も急速に増加した。2010年末における中国全体の汚水処理場数は、約2,700箇所、処理能力の合計は約1.25億m<sup>3</sup>/日に達し、都市部の汚水処理率は約77.5%に達した。（「十一五」目標：70%）

### (3) 第12次五カ年計画

「十二五」では、CODの削減目標（2010年比-8%）に加え、新たにアンモニア性窒素の削減（-10%）が「拘束性」指標になった。さらに、都市部汚水処理率の目標は85%（直轄市、省都および「計画単独市（計画単列市）」の市街地県級市については全量収集、地級市85%、県級市70%）、県人民政府所在鎮は平均70%、建制鎮は平均30%とされた。（「十二五」における主要な目標を表1-2に示す。）

また、「十二五」期間中の汚水処理場および再生水施設に対する計画投資額は約4,300億元で、その内訳は下記のとおりである。（出典：中華人民共和国国務院官房（国務院弁公庁）通知2012年24号）

|           |          |
|-----------|----------|
| 施設建設投資額   | 4,271 億元 |
| うち、管網投資   | 2,443 億元 |
| 汚水処理施設新增設 | 1,040 億元 |
| グレードアップ改造 | 137 億元   |
| 汚泥処理施設建設  | 347 億元   |
| 再生水利用施設建設 | 304 億元   |
| 施設管理能力関係  | 27 億元    |

#### 1.2.2 中央および地方政府の役割

中国の国家機構の特徴は、中国共産党の存在である。共産党の指導の下に、行政、立法、司法および軍の機構が存在する形で、地方政府を含めた隅々の単位まで党の組織が存在する。

中国の行政機構は、大きくは中央政府と地方政府に分けられる。中央政府には、立法機関である全国人民代表大会（全人代）、行政機関である国務院、司法機関である最高人民法院、および中央軍事委員会で構成される。中央政府の行政機構である国務院には、先に紹介した建設部、環保部、水利部のほか国家

発展改革委員会（以下、「発改委」という。）がある。発展改革委員会は、政策や経済の「マクロ・コントロール」を行う組織である。このような機構は、地方行政においてもほぼ同様である。

表 1.2.1 中央政府、地方政府の機構

| 中央政府  | 地方政府  |       |       |     |
|-------|-------|-------|-------|-----|
| 国务院   | 省級    | 地級    | 県級    | 郷級  |
| 外交部   | 外事弁公室 | 外事弁公室 | —     | —   |
| 財政部   | 財政庁   | 財政局   | 財政局   | 財政所 |
| 建設部   | 建設庁   | 建設局   | 建設局   | —   |
| 環境保護部 | 環境保護庁 | 環境保護局 | 環境保護局 | —   |
| 水利部   | 水利庁   | 水務局   | 水利局   | —   |

※上表は政府機構の概略を示したもので、必ずしも正確に表現されていない。

※上表の機関名は通称であり、正式な名称ではない。（例）建設部：住房和城郷建設部

中国の行政機構は、これまで繰り返し改革が行われ、全体の方向としては縮小の方向である。中央政府と地方政府の関係も変化してきており、「以獎代補（以獎代補）」（報奨を以て補助に代える）という政策に見られるように、地方の自主性、自立性を促し、成果重視による競争原理の導入により、効率的な発展を図っており、このことが汚水処理場の整備、運営の面にも反映されている。

### 1.2.3 建設資金および運営資金

#### (1) 建設資金

汚水処理分野における政府と民間役割分担については、先に述べたような汚水処理施設の建設、運営への民間資本の参入促進が進められ、「政府建網、社会建厂（政府建網、社会建廠）」、すなわち「政府が管網を建設し、民間が処理場を建設する」という原則により、汚水処理施設の建設促進と運営の効率化を図っている。さらに、「以獎代補」の政策により、地方政府が様々なチャンネルから資金調達し整備を進めることを促進する政策をとっている。

汚水処理場の運営形態には、地方政府直接管理、運営委託（O&M）、BOT（Build Operation Transfer）、TOT（Transfer Operation Transfer）等があるが、近年、中国ではBOT、TOTが多くなっており、2010年末で約30%程度がこの形式というデータもある。日本の大都市の一部では、地方政府（地方公共団体）による直接管理が行われているが、現在、中国ではこの形式はほとんど見られない。

なお、運営を行っている機関の多くは政府（地方政府を含む）が設立したもので、本プロジェクトのC/Pである北京城市排水集団や昆明滇池投資有限責任会社は北京市政府、昆明市政府が設立した「国有独資企業」で、北京首都創業集団有限公司（北京首創集団：Beijing Capital）は水産業への投資を行う企業としては中国最大級の国有企業である。このように、インフラ整備等への投融



資を目的とした国有企業を「地方投融资平台（プラットフォーム）」と呼ぶ。

下の図は、汚水処理場の建設、運営の代表的な形態を模式的に表したものである。図中の「項目公司（部門）」は、建設、運営などの目的別に設けられるもので、例えば、北京城市排水集団の場合、傘下に汚水処理場運営部門、研究開発部門、設計コンサルティング会社、水処理設備製造会社等を持っている。また、北京首創集団と共同出資して排水処理公司を設立、後述する外資系の威立雅水務と共同して汚水処理場の建設、運営を行っている。

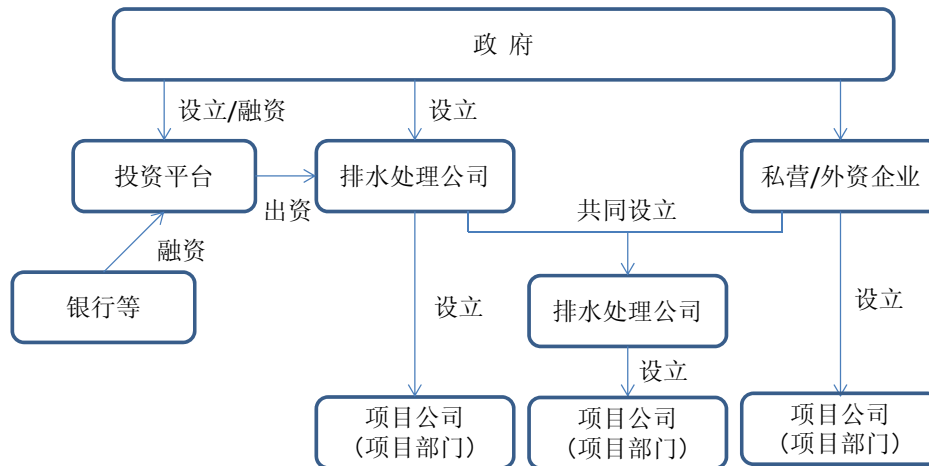


図 1.1.1 汚水処理場の建設、運営の形態（例）

このほか、民間企業としては**安徽国禎集团股份有限公司（安徽国禎）**がよく知られており、この企業の傘下にある**安徽国禎環保節能科技股份有限公司**には日本の商社である丸紅が 30%の資本参加している。また、安徽国禎とはクボタ（本社：大阪市）が、膜処理に特化した**久保田国禎環保工程科技（安徽）有限公司**を合弁で設立している。また、世界的な水メジャーとして知られる**スエズ**は香港の新世界集団と合弁で**中法水務（Sino French Water Development）**を 1992 年に設立し、**ベオリア**も威立雅水務（**Veolia Water China**）を 1997 年に設立し市場参加している。

## (2) 運営資金

中国では、生活排水処理に係る料金は水道料金とともに地方政府が徴収し、契約に基づいて地方政府から排水処理公司に経費が支払われている。一般に、給水料金は、「水資源費 + （経費 + 正常利潤） + 汚水処理費」で構成される。

水道水価格

改革開放以前、汚水処理は公益事業として政府が施設を建設し、民間や各家庭は無償でこれを使用し、運行費用はすべて地方財政負担とされていた。1987 年に国务院が提出した「关于加快城市建设工作的通知（都市建設の加速に関する通知）」に基づき、1993 年 4 月に国家物价局と財政部は「关于征收城市排水

施設使用費的通知(都市排水施設使用費の徴収に関する通知)」を出している。ただし、本格的に汚水処理費の徴収を始めたのは、1996年に発布された「中華人民共和国水污染防治法」に基づき、1997年に三河、三湖流域の都市で試行されたのが最初である。

その後、各省、都市で汚水処理費の徴収が行われているが、経費に見合う料金の徴収ができていない場合が多いと言われている。2006年、国家環境保全総局(現環境保護部)は、同年末までにすべての城鎮において汚水処理費の徴収を行い、原則的に徴収額を0.8元/tonまで逐次上げるべきであると指摘した。

なお、汚水処理場の運営単位(公司)に支払われる運営費は、地方政府との契約によって決まるが、処理原価(直接処理経費+減価償却費+借入金利息+間接費)に見合った運営費にはなっておらず、特に汚泥処理処分費については適正に算定されていないと指摘されている。さらに、施設建設への投資が汚水処理に偏り、汚泥処理が軽視されてきた。「**重水軽泥**」

このようなことから、運営経費を調査する場合、汚水処理費、汚泥処理費を区別して調査することが望ましい。また、中国では地域によって人件費等の価格に大きな差がある。このため、運営経費総価だけでなく、直接部門人員数、消費電力量などのデータをあわせて入手する必要がある。

参考として、表 1.2.2 に北京市の給水料金体系を示す。

表 1.2.2 北京市供水分類価格

| 類別        | 自来水价格<br>(元/立方米) | 水资源费价格<br>(元/立方米) | 污水处理费价格<br>(元/立方米) | 综合价格<br>(元/立方米) |
|-----------|------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| 居民        | 1.70             | 1.26              | 1.04               | 4.00            |
| 行政事业      | 2.80             | 1.32              | 1.68               | 5.80            |
| 工商业       | 3.00             | 1.44              | 1.77               | 6.21            |
| 宾馆、饭店 餐饮业 | 3.50             | 1.16              | 1.55               | 6.21            |
| 洗浴业       | 58.90            | 21.10             | 1.68               | 81.68           |
| 洗车业       | 38.90            | 21.10             | 1.68               | 61.68           |
| 纯净水       | 38.90            | 21.10             | 1.68               | 61.68           |
| 中水        | --               | --                | --                 | 1.00            |

出典：北京市自来水集团有限公司 (<http://www.bjwatergroup.com.cn>)

## 1.3 中国における汚水処理場の整備状況

### 1.3.1 都市における汚水処理場の整備状況

中国における汚水処理場の数は、1990年にはわずか数十箇所であったと言われている。2000年以後になって、「第10次五カ年計画」(2001~2005年)、「第11次五カ年計画」(2006~2010年)にCOD(化学的酸素要求量)の大幅な削減が目標に掲げられ、都市部を中心に汚水処理場の建設が加速された結果、そ

の処理能力は急速に増加した。

住宅都市農村建設部によると、2012年3月末で、全国657都市のうち639都市に汚水処理場が存在し、汚水処理場の数は3,198箇所、2010年末の2,739箇所から約460箇所増加、処理能力は1.38億m<sup>3</sup>/日で、2010年末の1.25億m<sup>3</sup>/日から約1,300万m<sup>3</sup>/日増加した。また、建設中の処理場は約1,300箇所、その処理能力は約2,700万m<sup>3</sup>/日である。

全国657都市のうち639の都市にある処理場は1,884箇所、その処理能力は1.15億m<sup>3</sup>/日である。また、県人民政府所在鎮のうち汚水処理場を有しているものは1,177箇所、すべての県人民政府所在鎮の72.5%に相当し、県人民政府所在地および部分建制鎮（都市以外）の汚水処理場は1,314箇所、処理能力は2,334万m<sup>3</sup>/日である。なお、中国の場合、一般に汚水処理場の処理能力は「日平均」で表される。（日本の場合は「日最大」）

これらのデータを分析すると、全国3,198箇所の処理場の平均処理能力は4.3万m<sup>3</sup>/日、都市の処理場の平均処理能力は6.1万m<sup>3</sup>/日、都市以外の処理7場は1.8万m<sup>3</sup>/日、建設中の処理場は2.1万m<sup>3</sup>/日となり、汚水処理場建設の中心が都市の大型処理場から中小規模の処理場に移行していくことが示唆されている。

また、汚水処理率については、都市の汚水処理率のみが公表されており、2011年末の都市汚水処理率は82.6%で、2010年末の77.5%から5.2%増加した。なお、汚水処理率は、日本の下水道普及率、汚水処理人口普及率とは異なり、「汚水処理総量/汚水排放総量=流入汚水量/給水量×0.9」で計算される数値である。流入水量には、合流区域の雨水、管渠への浸入水も含まれる。（日本の場合、「人口普及率=処理人口/行政区域内人口」である。）

### 1.3.2 地方部（小城镇）における汚水処理場の整備状況

中国の行政単位は、省級、地(地区)級、県級、郷級の4層構造から成り、省級には河北省、福建省などの省、北京市、重慶市、上海市、天津市の4つの直轄市や内モンゴル自治区などの5自治区および香港、マカオの特別行政区が含まれる。また、地級には副省級市と地級市、県級には県、県級市が含まれる。すなわち、省級市、地級市の中に「県」が存在する。なお、中国の人口は2010年時点で13億人余り、このうち都市人口比率は約46%とされているが、実際には人口は15億人以上、農村人口は約8億人という説もある。

郷級に含まれる郷、鎮、これは日本の町程度（人口数千人～数万人）に相当するが、その数は全国で合計約4万（2002年のデータとして、建制鎮20,021箇所、その他の鎮22,612箇所という数字がある。）、その下のレベルである村は約60万に及ぶ。これらの汚水処理率は、鎮で15%、村で3%程度であると考えられる。（2010年時点での中国建設部担当者からの聞き取りによる。）

中国では海外から導入した技術に加え、それを独自に改良した技術があり、数多くの処理方式が存在する。いわゆる高度処理（深度処理）に対応した処理

方式としては、A<sup>2</sup>/O 法が最も一般的で、「倒置 A<sup>2</sup>/O 法」などの「改良法」も多く採用されている。また、高度処理対応の OD 法（酸化溝法）、回分式活性汚泥法（SBR：批序式活性汚泥法）なども多く採用されており、最近では膜分離活性汚泥法（MBR：膜生物反応器）の採用数も増加しているが、経済面、技術面からみると地方部での膜法採用には問題があると考えられる。

なお、日本では一般に計画規模が人口 1 万人以下のものを「小規模下水道」と呼んでおり、処理能力に換算すると約 3,000～4,000m<sup>3</sup>/日程度に相当する。中国における「小規模污水处理場」の定義は明確ではないが、一般に 2 万 m<sup>3</sup>/日以下のものが「小規模」に分類される。

小規模施設に多い処理方式は、OD (Oxidation Ditch) 法、SBR (Sequential Batch Reactor) 法等である。日本では、SBR は「回分式活性汚泥法」呼ばれ、小規模施設向けの技術と考えられており、日本下水道事業団の「標準設計」は 300～2,000m<sup>3</sup>/日の範囲に限定されている。事業団の調査では、1998 年現在で既存の SBR 施設 64 箇所（2006 年現在では 77 箇所）のうち計画処理水量が 1 万 m<sup>3</sup>/日を超えるものは 3 箇所のみであった。一方、中国では 10 万 m<sup>3</sup>/日を超える SBR 法の污水处理場もある。

## 2 SBR法の原理と分類

### 2.1 SBR法の原理

#### 2.1.1 SBR法の基本的運転モデル

SBRの特長は、図 2.1.1 に示すように、単一のタンクに反応タンクおよび最終沈澱池としての2つの機能を持たせていることで、「流入」、「ばっ気(攪拌)」、「沈殿」、「排水」という一連の工程(サイクル)の繰り返しが基本的な運転パターンである。

なお、現在ではPLC(Programmable Logic Controller)の応用により様々な運転パターンを採ることが可能となっており、流入水の分割流入、好気運転と嫌気あるいは無酸素運転の切り替え等が比較的容易に行えるようになっている。逆に、柔軟な運転が可能であることから、最適な運転パターンの設定には知識と経験が必要となる。

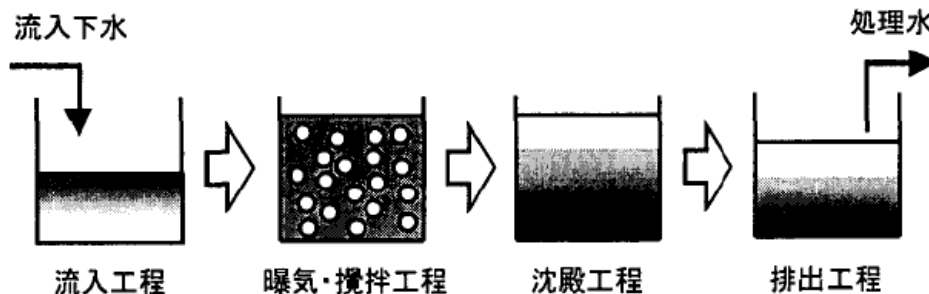


図 2.1.1 SBR法の基本運転パターン

#### 2.1.2 SBR法の分類

SBR法には様々な改良法がある。その分類の方法には定まった方法は存在しないが、一般には、流入方式、SBR槽の構造および汚泥返送の有無で分類される。流入方式は、大きく分けて「間欠流入」と「連続流入」がある。また、間欠流入は、「急速流入」と「緩速流入」に区別される場合もある。SBR槽の構造は、生物選択区の有無で分類される。

なお、SBR法に分類される処理方法には、「DAT-IAT法」、「UNITANK法」、「MSBR法」など、順序式(Sequencing)運転や最終沈澱地を持たないなどSBR法の特徴を持ちつつ、複数の槽を組み合わせることで連続処理を可能とした処理方式も開発されているが、他の「伝統SBR法」、「ICEAS法」、「CASS/CAST法」などの「単一槽を使用し、流入水または排水の何れかを間欠方式」とする回分型処理方法とは異なる処理法として分類できる。したがって、本書では「伝統SBR法」、「ICEAS法」、「CASS/CAST法」を対象とし、その他の方式は概要の説明のみとする。これらの方式について、流入方式と槽の構造に着目した比較を表 2.1 に示す。

表 1.2.1 各種 SBR 法の比較

| 処理方式   | 流入方式 | 予反応区<br>(生物選択区) | 無酸素区 | 汚泥返送 | 排水方式 |
|--------|------|-----------------|------|------|------|
| 伝統 SBR | 間欠   | 無               | 無    | 無    | 間欠   |
| ICEAS  | 連続   | 有               | 無    | 無    | 間欠   |
| CAST   | 間欠   | 有               | 有    | 有    | 間欠   |
| CASS※  | 連続   | 有               | 有    | 有    | 間欠   |

※ICEAS 法を基本とし、これに汚泥返送を付加して窒素およびりん除去効率の向上を図っているものを「改良型 ICEAS」と呼ぶ場合がある。

### 2.1.3 SBR 法の基本パラメータ

SBR に関する主なパラメータには以下のようなものがある。

#### (1) 基本的パラメータ

- ① 流入水量および変動比（日間変動）
- ② 設計水質／BOD-SS 負荷
- ③ 設計水温
- ④ 滞留時間
- ⑤ サイクル数（1 サイクル所要時間）
- ⑥ 引抜比（排水比）
- ⑦ MLSS 濃度
- ⑧ 必要空気量／酸素移動効率
- ⑨ 処理水質

#### (2) 施設構造に関するパラメータ

- ⑩ 予反応区（生物選択区）容積比（CASS または CAST）
- ⑪ 無酸素区容積比（CASS または CAST）
- ⑫ SBR 槽水深
- ⑬ 上澄水排出装置堰長／越流負荷
- ⑭ 流量調整槽

#### (3) 運転に関するパラメータ

- ⑮ 流入方式（間欠、連続、分断）
- ⑯ 流入時間
- ⑰ ばっ気／攪拌時間

## 2.1.4 国内外における設計基準および基本パラメータの比較

### (1) 日本

日本では、SBRを「回分式活性汚泥法」と呼んでいる。日本にSBRが導入されたのは1980年代で、必要敷地面積が小さい、機器数が少ない、運転管理が比較的容易などの理由で、主として小規模汚水処理場向けの技術と位置づけられ発展してきた。

日本の生活排水処理は、都市汚水処理施設（公共下水道施設）、農業（漁業・林業）集落排水処理施設、住宅団地などの小規模生活排水処理施設および戸別浄化槽に区別され、それぞれ国土交通省、農林水産省、環境省が所管している。このうち、都市汚水処理施設（公共下水道施設）については、日本下水道協会（Japan Swage Works Association : JSWA）が「下水道施設の計画・設計指針」を策定し、これが日本における事実上の「標準」となっている。また、地方自治体に代わって多くの汚水処理場を建設してきた日本下水道事業団は、新たに導入した技術の評価を行い、その結果を反映した設計基準（標準設計）を策定している。なお、両者の指針、基準には密接な関係があり、多くの点で共通している。

下水道事業団（Japan Swage Works Agency : JS）は、1983年から回分式活性汚泥法の調査、研究を行い、第1次（1986年）、第2次（1988年）の技術評価を行った。この技術評価に基づき、1990年に「回分式活性汚泥法設計指針（案）」を策定した。また、1993～1994年に行った「事後評価」の成果等に基づき、1996年に「標準設計」を策定した。（1999年一部改訂）

日本下水道協会が発行している「下水道施設計画・設計指針と解説」では1994年版から回分式活性汚泥法が記載され、現在、2009年版が最新のものである。表2.2にそれぞれの指針等における主なパラメータを示す。

表 1.2.2(1) 回分式活性汚泥法の設計諸元等の比較

|                    | 回分式活性汚泥法設計指針（案）<br>（1990年） |                           | 回分式活性汚泥法<br>標準設計（1996年）    |
|--------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                    | 概ね>2,000m <sup>3</sup> /日  | 概ね<2,000m <sup>3</sup> /日 |                            |
| 対象水量               | 概ね>2,000m <sup>3</sup> /日  | 概ね<2,000m <sup>3</sup> /日 | 300～2,000m <sup>3</sup> /日 |
| 負荷型式               | 高負荷型                       | 低負荷型                      | —                          |
| 流入形式               | 間欠                         | 間欠／連続                     | 間欠                         |
| 滞留時間               | 記載無し                       | 記載無し                      | 24                         |
| BOD-SS 負荷(kg/kg・日) | 0.1～0.4                    | 0.03～0.1                  | 0.13                       |
| MLSS 濃度(mg/L)      | 1,500～2,000                | 3,000～4,000               | 3,000 (2,000～3,000)        |
| サイクル数(回/日)         | 3～4                        | 2～3                       | 3                          |
| 引き抜き比(-)           | 1/4～1/2                    | 1/6～1/3                   | 1/3                        |
| 流量調整池              | 設置しない                      |                           | 設置（滞留時間 6 時間）              |
| ばっ気攪拌装置            | 標準機種選定無し                   |                           | 実績より 3 機種を標準               |
| 上澄水排出装置            | 標準機種選定無し                   |                           | 実績より 2 機種を標準               |
| スカム対策              | 上澄水排出装置からの流出を防ぐ            |                           | サイクル毎に<br>スカム除去            |

表 1.2.2(2) 回分式活性汚泥法の設計諸元等の比較

|                    | 下水道施設設計指針と開設<br>(2009年) |             |
|--------------------|-------------------------|-------------|
| 対象水量               | 記載無し                    | 記載無し        |
| 負荷型式               | 高負荷型                    | 低負荷型        |
| 流入形式               | 原則として間欠                 | 原則として間欠     |
| 滞留時間               | 12~24                   | 24~48       |
| BOD・SS 負荷(kg/kg・日) | 0.2~0.4                 | 0.03~0.05   |
| MLSS 濃度(mg/L)      | 1,500~2,000             | 2,000~3,000 |
| サイクル数(回/日)         | 3~4                     | 2~3         |
| 引き抜き比(-)           | 1/4~1/2                 | 1/6~1/3     |
| 流量調整池              | 設置する                    |             |
| ばっ気攪拌装置            | 実績より3機種を標準              |             |
| 上澄水排出装置            | 実績より2機種を標準              |             |
| スカム対策              | 上澄水排出装置からの流出を防ぐ         |             |

日本では、回分式活性汚泥法は必要敷地面積が小さいことが大きな特長として小規模下水道向けに導入されたが、小規模下水道では流量変動が大きく、安定した処理を行うためには流量調整池を設けることが必要で、現在の「標準設計」や「設計指針」には流量調整池を設置することとされている。また、回分槽におけるスカムの発生、初期における上澄水排出装置のトラブルの多発などの問題点があり、都市污水处理分野では広くは普及していない。

なお、前述したように、日本では農業集落や漁業集落の小規模排水処理施設は農林水産省が所管し、地域環境資源センター（旧日本農業集落排水協会（Japan Association of Rural Sewage : JARUS））が小規模施設向けの様々な排水処理施設を開発している。地域環境資源センターが開発した施設は JARUS 型排水処理施設として JARUS I 型、II 型などと呼ばれており、生物膜（接触ばっ気）法、OD 法、膜分離活性汚泥法などの処理方式、無人自動化運転などの技術が使われている。回分式活性汚泥法は JARUS X I ~ X III で用いられている。

## (2) 米国

米国環境保護局（United States Environmental Protection Agency : USEPA）は 1986 年、1992 年に SBR 法の設計マニュアル、1999 年には技術報告（Technology Fact Sheet: EPA 832-F-99-073）を出版しており、これらに SBR 法に関する基本的な情報が掲載されている。1999 年出版の技術報告の中では、米国では主として 5MGD（米国 Gallon は約 3.785L なので、約 18,925m<sup>3</sup>/日に相当する。）以下の施設で採用されており、これより大きな施設の場合、運転管理に高度な技術が必要であることから採用されにくいとしている。また、バッチ式であることから、SBR 池の後段にろ過工程を設ける場



合、流量調整池を設けるべきであると指摘している。

なお、SBR 法の特徴（利点、欠点）については、次のように整理している。

(利点)

- ・ 流量調整池、最初沈殿池、生物反応池、最終沈殿池の機能を一つの槽で実施可能。したがって、必要敷地面積が小さい。
- ・ 柔軟な運転操作が可能。（窒素除去を目的とした運転も含む。）
- ・ 沈殿池などの施設を省略でき、コスト低減が可能。

(欠点)

- ・ タイミングユニットなど制御装置に関して、特に大規模な施設では高度な技術を必要とする
- ・ 高度な制御装置、自動スイッチ、自動バルブなどに高いレベルのメンテナンスが必要である。
- ・ SBR 槽の形式によっては、排水時に浮渣（スカム）や沈殿した活性汚泥が流出する可能性がある。
- ・ ばっ気と沈殿を繰り返すため、散気装置の種類によっては、目詰まりする可能性がある。
- ・ 後段の処理によっては、SBR の後に流量調整池が必要となる。

また、Aqua-Aerobic Systems, Inc. が 1995 年に出した「AquaSBR Design Manual」を基に、主要な設計パラメータのいくつかを紹介している。

表 1.2.3 標準的な負荷条件におけるパラメータの例

|                     | 生活排水        | 産業排水        |
|---------------------|-------------|-------------|
| BOD-SS 負荷 (kg/kg・日) | 0.15~0.4    | 0.15~0.6    |
| サイクルタイム (時間/回)      | 4.0         | 4.0~24      |
| MLSS (mg/L)         | 2,000~2,500 | 2,000~4,000 |
| 滞留時間 (時間)           | 6~14        | varies      |

出典：「AquaSBR Design Manual」,1995

### (3) 中国

中国には、2011 年末現在で 300 箇所以上の SBR（改良型を含む。）があると推定される。中国では、海外の技術導入により污水处理場の建設が進められ、さらに独自の改良も行われてきた。污水处理技術の研究・開発は、主に大学や政府系研究機関で行われ、華北、北京、上海などの「市政工程設計院」と呼ばれる一種の「コンサルタント」が施設の計画、設計を行ってきた。「市政工程」は「Municipal Engineering」意で、大部分が各地域、市などの公的設計部門から発展した国有企業である。これらの「設計院」は、自らの設計ノウハウを持ち、大学や研究機関等も多くの研究を行っているが、これまで、これらのノウハウ、成果を公の機関が標準化するという事はほとんど行われてこなかった。

た。

現在、環境技術に関する「標準」や「規範」は環境保護部が主に担当しており、SBRに関する「規範」は、ようやく2010年に「HJ577-2010 回分式活性汚泥法汚水処理プロセス技術規範」として出された。ただし、「標準」や「規範」は、基本的なパラメータを示すのみで、設計や運転管理のためのマニュアルまたはハンドブックに類するものはほとんど無い。なお、公的機関の発行したものではないが、北京工業大学の彭永臻らが編著した「回分式活性汚泥法原理と応用（序批式活性汚泥法原理与应用）」（2010.6，化学出版社）は比較的良好なまとまった資料である。

表 2.3 に「HJ577-2010 回分式活性汚泥法汚水処理プロセス技術規範」に示されているパラメータを整理して示す。パラメータは、処理の目的別に示されている。

表 1.2.4 処理目的別パラメータ一覧

|                           | 有機物除去       | アンモニア性窒素除去  | 生物学的脱窒      | 生物学的窒素りん同時除去 | 生物学的りん除去    |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| 滞留時間（時間）                  | 8~20        | 10~29       | 15~30       | 20~30        | 3~8         |
| うち嫌気時間比（%）                | —           | —           | —           | 5~10         | 25~33       |
| うち無酸素時間比（%）               | —           | —           | 20          | 10~15        | —           |
| うち好気時間比（%）                | —           | —           | 80          | 75~80        | 67~75       |
| 汚泥返送比（%）（CASSまたはCAST）     | —           | —           | —           | 20~100       | 40~100      |
| 混合液返送比（%）（CASSまたはCAST）    | —           | —           | —           | ≫200         | —           |
| 引き抜き比（-）                  | 0.4~0.5     | 0.3~0.4     | 0.3~0.35    | 0.3~0.35     | 0.3~0.4     |
| MLSS 濃度(mg/L)             | 3,000~5,000 | 3,000~5,000 | 3,000~5,000 | 2,500~4,500  | 2,000~4,000 |
| MLVSS 濃度(mg/L)            | 1,500~3,000 | —           | —           | —            | —           |
| BOD-SS 負荷(kg/kgMLSS・日)    | 0.10~0.25   | 0.07~0.20   | 0.04~0.13   | 0.07~0.15    | 0.40~0.70   |
| BOD-SS 負荷(kg/kgMLVSS・日)   | 0.25~0.50   | 0.10~0.30   | 0.06~0.20   | 0.15~0.25    | —           |
| 全窒素負荷(kg/kgMLSS)          | —           | —           | ≪0.05       | ≪0.06        | —           |
| 発生汚泥量(初沈有り) (kg/kg Δ BOD) | 0.3         | 0.4~0.8     | 0.3~0.6     | 0.3~0.6      | —           |
| 発生汚泥量(初沈無し) (kg/kg Δ BOD) | 0.6~1.0     | 0.6~1.0     | 0.5~0.8     | 0.5~0.8      | 0.4~0.8     |
| SVI (ml/g)                | 70~100      | 70~120      | 70~140      | 70~140       | 70~140      |

出典：「HJ577-2010 回分式活性汚泥法汚水処理プロセス技術規範」，2010,環境保護部

## 2.1.5 SBR 法による高度処理

### (1) 窒素除去の原理：生物学的硝化脱窒

SBR 法では、反応タンクにおいて、好気、嫌気、無酸素を比較的柔軟に設定できる。このため、運転条件を適切に設定することで、生物学的な窒素、りん

除去が可能である。

しかしながら、窒素の除去効率を確保しながら、生物学的りん除去に必要な PAO（ポリりん酸蓄積細菌）の選択的生育条件（嫌気状態）を十分に形成することは困難である。このため、高い窒素、りんの除去率を同時に実現することは困難で、SBR プロセスの後に凝集剤添加、ろ過等のプロセスを追加することもある。

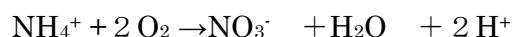
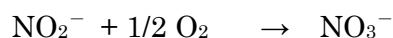
また、このような従来の SBR 法（以下、「伝統的 SBR 法」という。）の欠点を改善した改良法も開発されている。例えば、CASS（Cyclic Activated Sludge System）法や CAST（Cyclic Activated Sludge Technology）法では、SBR 主反応槽の前に「予反応区（生物選択区）」と「無酸素区」を設け、PAO の選択的生育条件を確保するとともに、脱窒反応の促進を図っている。また、MSBR（Modified Sequencing Batch Reactor）法は、嫌気槽、無酸素槽、好気槽を有し、SBR と A<sup>2</sup>/O 法の特徴を併せ持った方式である。

## (2) 窒素除去の原理：生物学的硝化脱窒

生物学的硝化脱窒反応による窒素除去の原理を下記に示す。

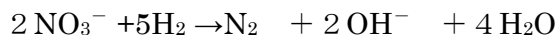
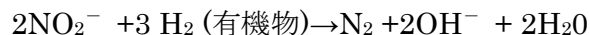
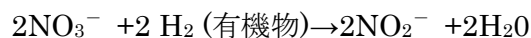
(好気条件)

好気条件下では、窒素化合物を酸化して増殖するアンモニア酸化細菌により、アンモニア性窒素は以下のとおり酸化される。



(無酸素条件)

無酸素（遊離態酸素が存在しない）条件において、通性嫌気性細菌に分類される脱窒細菌が、亜硝酸態窒素（NO<sup>2-</sup>）や硝酸態窒素（NO<sup>3-</sup>）を利用して有機物代謝を行うことで、窒素は窒素ガス（N<sub>2</sub>）へと還元される。この場合、有機物を水素供与体（または炭素源）ということがある。



伝統型 SBR でも、活性汚泥への取り込み等により、ある程度の窒素除去はできる。積極的に窒素除去を行う場合、SBR 槽内でのぼっ気を間欠で行い、好気状態で窒素の硝化、無酸素状態で流入水中の有機物を水素供与体とした脱窒を行う。窒素除去を効率的に行うためには、好気状態において硝化を完全に行い、流入水中の有機物を効率よく利用して脱窒を行う必要がある。また、活性汚泥中の硝化菌量を保持するために、硝化菌の生育に

必要な SRT を確保することが重要である。図 1.2.2 は、窒素の効率的除去を目的とし、硝化の促進と、流入水中有機物を脱窒反応に有効に利用することを考慮した工程時間の設定例である。

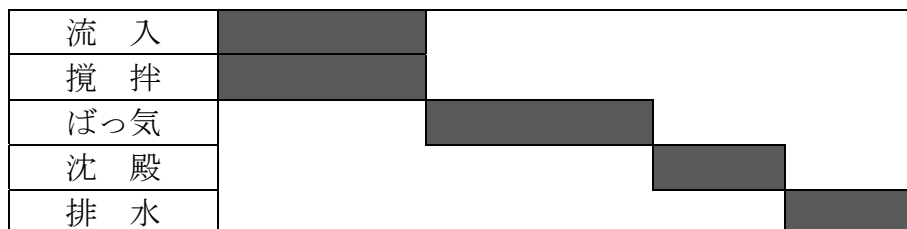


図 2.1.2 窒素除去を目的とした工程時間設定例

CASS または CAST は、SBR 槽を生物選択区（予反応区）、反応区 1（無酸素区または「兼気区」）、反応区 2（主反応区）の 3 つに分割し、生物選択区（予反応区）は嫌気状態または無酸素状態を保持する構造となっている。（反応区 2 を設けない場合もある。）

処理工程において、一般に排水工程を除いて、流入工程～沈殿工程の間、主反応槽から生物選択区（予反応区）に混合液を循環する。これにより、混合液中の硝酸態窒素、亜硝酸態窒素が脱窒され、主反応槽において沈殿工程等で生じる脱窒反応とあわせて、伝統型 SBR より高い窒素除去率を実現する。生物選択区（予反応区）の後段の反応区 1 は、無酸素槽、または無酸素と好気を切り替えられる構造（これを「兼気区」という。）である。

なお、CASS、CAST を含む SBR 法では、ばっ気工程の後に沈殿、排水を行う。沈殿工程では、活性汚泥と液中の硝酸態窒素が十分接触しないため脱窒は不十分で、硝化された窒素の一部は必然的に槽外に排出される。SBR 法における窒素除去率は、流入方式、ばっ気および攪拌時間、引き抜き比（排水比）、汚泥循環比等さまざまなパラメータが関係する。

### (3) りん除去の原理：生物学的りん除去

活性汚泥中には、嫌気条件下で、細胞内に蓄えたポリりん酸を利用してエネルギーを獲得し有機物を摂取することができる従属栄養細菌（ポリりん酸蓄積細菌：PAOs (Phosphorus Accumulating Organisms)）が存在する。嫌気状態で PAOs は体内のポリりん酸を放出し混合液中の正りん酸態りん ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) は増加する。好気状態では PAOs は逆に混合液中の正りん酸態りんを体内に摂取するとともに菌体合成を行う。これにより、嫌気状態で放出した量より多くの正りん酸態りんが混合液中から菌体に摂取され、りん除去が行われる。

污水処理プロセスにおいて嫌気状態と好気状態を交互に繰り返すと、嫌気状態でエネルギーを獲得できない従属栄養の好気性細菌に対し PAOs が優占となり、実効性のあるりん除去が実現する。

伝統型 SBR の攪拌流入工程や沈殿工程では、流入水中の有機物が希釈ある

いは酸化分解されて濃度が低く、十分な嫌気状態を形成することが困難である。このため、PAOs は脱窒菌を含む他の従属栄養細菌と競合することになり、優占となることができない。CASS または CAST は、生物選択区（予反応区）に汚泥を循環して流入水と混合することで F/M 比（有機物と微生物の比）を高く保ち、嫌気状態を作ることで、PAOs の優占状態を実現しようとするものである。

## 2.2 SBR 法の特徴

### 2.2.1 SBR 法の特長（利点）と欠点

#### (1) SBR 法の特長（利点）

SBR 法の特長（利点）については、USEPA の技術報告書の項でも簡単に紹介したが、それ以外のものも含め、一般に次のような点が上げられている。

- ・ 沈殿池が不要で敷地面積が小さくて良い。また、設備が比較的簡単に建設コストが小さく、運転管理が容易である。
- ・ SBR 池が流量変動に対応する機能を持っている。このため、一般には SBR 池の前段に調整池は不要である。
- ・ 汚泥返送、混合液循環がないため、消費電力、運転コストが小さい。
- ・ 流入水の水質、水量に応じて工程時間を比較的柔軟に設定できる。
- ・ 沈殿を静置した状態で行うので、連続流の沈殿池と比較して固液分離の安定性が高い。
- ・ 工程中に嫌気状態を作ることで糸状性細菌によるバルキングを防止できる。
- ・ 反応タンクにおいて、好気、嫌気、無酸素を比較的柔軟に設定できる。このため、運転条件を適切に設定することで、生物学的な窒素、りん除去が可能である。
- ・ 水量が少ない場合、運転する池数を少なくして運転することも可能である。また、

#### (2) SBR 法の欠点

- ・ タイミングユニットなど制御装置、自動化設備に関して、特に大規模な施設では高度な技術を必要とする
- ・ 水質、水量の変動に応じた最適処理のための工程時間の調整には、高度な経験が必要である。
- ・ SBR 槽の形式によっては、排水時に浮渣（スカム）や沈殿した活性汚泥が流出する可能性がある。
- ・ 窒素、りん除去効率を高いレベルで同時に実現することは困難で、後段に凝集沈殿、ろ過等の施設を付加する必要がある。
- ・ 後段にろ過施設を付加する場合、SBR 池の排水が間欠で行われるため、必要ろ過面積が大きくなる。ろ過面積を小さくするためには、流

量調整池を設けること必要がある。

- ・ ばっ気を間欠で行うため、散気装置の形式によっては目詰まりの可能性がある。
- ・ SBR 池の満水位と低水位の差が大きく、水理的には不利になる。特に、後段にろ過施設を付加する場合、ろ過による損失水頭を考慮してポンプが必要になることがある。

## 2.3 SBR 法の応用・改良法

### 2.3.1 ICEAS 法

ICEAS (Intermittent Cyclic Aeration System) 法は、1968 年にオーストラリアのニュー・サウス・ウェールズ大学とアメリカの ABJ 社によって共同開発された処理方式で、その特徴は、SBR 池の前端に「予反応区 (Pre-reactor)」を設置していることと、流入方式が「連続流入」であることである。なお現在、ABJ 社は ITT 社に合併し、ICEAS は ITT 社の登録商標となっている。

ICEAS の「予反応区」は「生物選択区 (Selector)」とも呼ばれ、主反応区とは阻流壁 (Baffle Wall) で仕切られ、流入水は阻流壁の下部数か所に設けられた通水口を通して、常に予反応区から主反応区に連続流入する。「予反応区」は、流入水の変動を吸収、平準化する、嫌気状態 (無酸素状態) を作り糸状菌の増殖を抑制する、連続流入する流入水の短絡 (ショートカット) を防止する、さらに浮遊物の手作業による除去を可能にするなどの機能を持っている。

また、「連続流入」させることにより、すべての SBR 池に均等に負荷分配することができ、流量調整池を設けなくても流量変動を吸収できる。

(ITT 社の説明では、設計平均流量の 6 倍まで活性汚泥のウォッシュアウトを起こさずに対応可能とされている。) さらに、連続流入については、流量調整のためのバルブ類が不要である、負荷が小さい場合は池数を減らすことが容易である。(運転開始初期やメンテナンス時に 1 池運転も可能) などの利点がある。

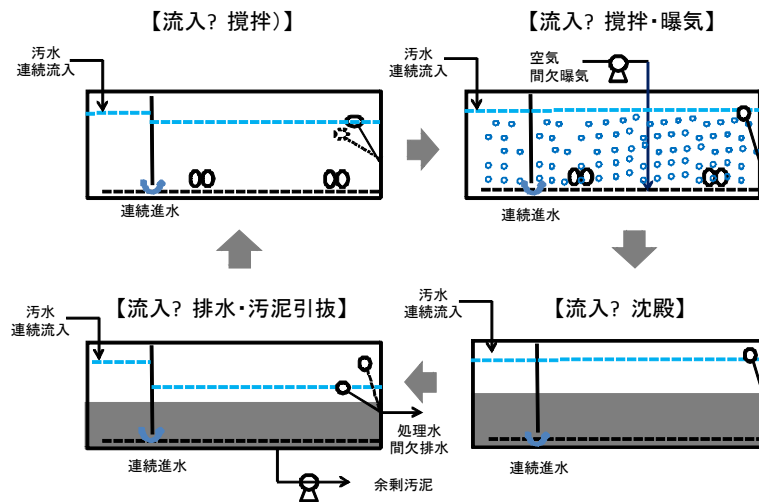


図 2.3.1 ICEAS 法による運転方法

### 2.3.2 CASS/CAST 法

CAST (Cyclic Activated Sludge Technology) 法は、1978 年にオーストラリアの Goronszy 教授が開発した方式で、中国語では、「周期的循環延時曝気法」とも呼ばれている。

CAST 法の反応タンクは、基本的には「阻流壁 (Baffle Wall)」で「予反応区 (生物選択区)」、「反応区 1」、「反応区 2」に 3 分割 (※) されており、主反応区から予反応区に汚泥返送を行うことが特徴である。予反応区の機能は ICEAS と同様であるが、汚泥返送を行うことで、りん除去、糸状菌抑制、脱窒の効率向上を図っている。

CAST 法と類似する処理方法として「CASS (Cyclic Activated Sludge System)」がある。CAST 法と CASS 法の相違点は流入方式で、CAST 法の場合は沈殿工程の前までに流入停止するのに対し、CASS 法では沈殿工程中也流入を継続する。(排水工程では流入停止する。)

図 2.2.3 に CAST および CASS の運転方法の例を示す

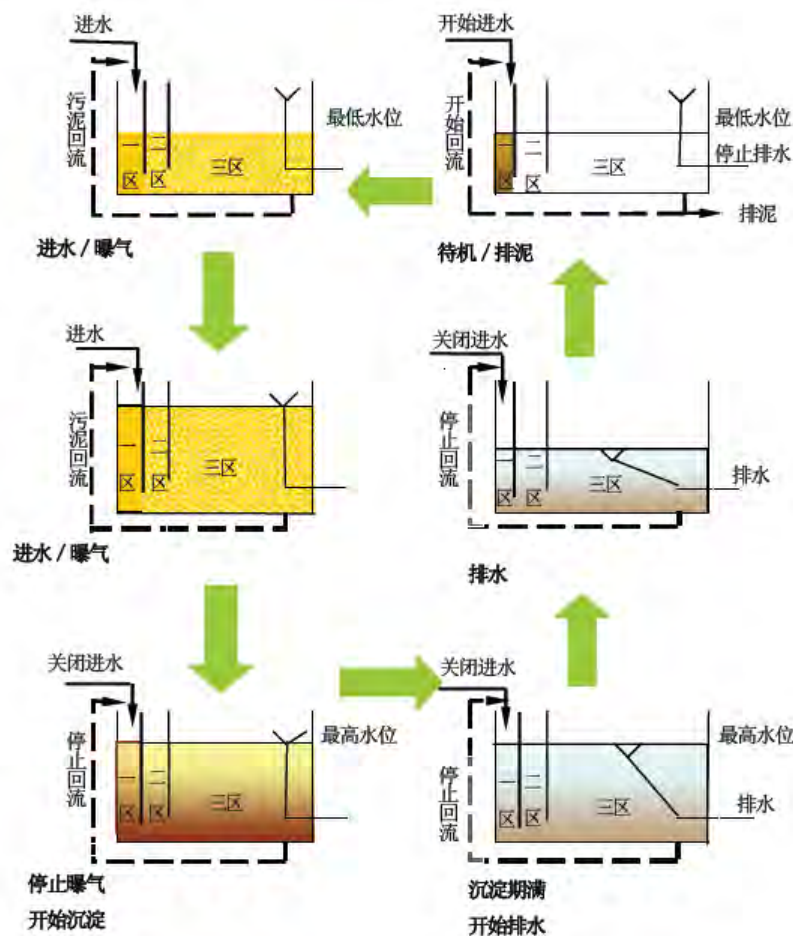


図 2.3.2 CAST/CASS 法による運転方法（窒素・りん除去目的）  
 （出典：HJ577-2010 回分式活性汚泥法污水处理プロセス技術規範, 環境保護部）

- ※ 先に紹介した「HJ577-2010 回分式活性汚泥法污水处理プロセス技術規範」では、CAST と CASS は同様の処理法とされ、反応タンクは窒素除去を目的とする場合は 2 分割（予反応区、主反応区）、窒素・りん  
 の除去を目的とする場合は 3 分割としている。  
 また、3 分割の場合の第 2 区について、「無酸素区（缺氧区）」としている場合と「兼気区（兼氧区）」としている場合がある。「兼気区（兼氧区）」では、ばっ気と攪拌が可能となっており、流入水質の変化などに応じて切り替えができるようになっている。このようなことから、本書では、3 分割の場合、それぞれの槽を、「予反応区」、「反応区 1」、「反応区 2」と表記する。
- ※ また、CAST および CASS の区別は曖昧で、污水处理の現場でも混同して用いられている。したがって、本書では各污水处理場で用いられている呼び方で表記するが、反応タンクの構造、流入方式などの情報を併記して、混乱を防ぐこととする。



### 2.3.3 DAT-IAT 法

DAT-IAT (Demand Aeration Tank - Intermittent Aeration Tank)法は、2つのタンク (DAT と IAT) から構成される連続処理プロセスで、IAT の運転方法が間欠排水であることから、SBR 法に分類されている。

汚水は DAT 槽に連続的に流入し、DAT 槽は連続曝気、連続排水で運転され、槽内は水力学的に均衡維持され、定常運転されている。一方、IAT 槽は間欠排水運転される。また、DAT 槽の MLSS 濃度を維持するため IAT 槽から混合液の循環と汚泥返送が行われる。混合液循環率は、流入水量に対して 200~400%で、循環流量はかなり大きい。

### 2.3.4 UNITANK 法

UNITANK 処理法は 1987 年に INTERBREW と K. U. Leuven が発明した処理法で、中国では「一体化活性汚泥処理法」とも呼ばれる。伝統 SBR 法の「順序式 (Sequencing) 運転」と押出流による連続運転を組み合わせた処理方法である。

各反応タンクは間欠流入、間欠排水運転を行いながら、システム全体としては連続流入、連続排水を行うものである。UNITANK は現在、シンガポール・ケッペル社のグループ会社である Keppel Seghers 社の登録商標である。

### 2.3.5 MSBR 法

MSBR (Modified Sequencing Batch Reactor) 法は 80 年代に開発された汚泥処理法で、アメリカ Aqua Aerobic Inc が特許を保有している。

MSBR 法は基本的に 7つの槽で構成されており、連続流の処理方式である A<sup>2</sup>/O 法と SBR の特徴を併せ持った処理法である。

原水は、まず嫌気槽に連続流入し、無酸素槽を経て、主ばっ気槽 (好気槽) に流入する。嫌気槽、無酸素槽、好気槽は何れも連続運転する。好気槽から一部の混合液は無酸素槽に循環され、残りの混合液は主ばっ気槽から SBR 槽 1 または SBR 槽 2 に交互に流入する。SBR 槽は間欠的に運転され、沈殿工程で沈殿した汚泥は汚泥濃縮槽 (泥水分離槽) で濃縮されたのち、一部は余剰汚泥として引き抜かれ、残りは無酸素槽を経て嫌気槽に返流される。

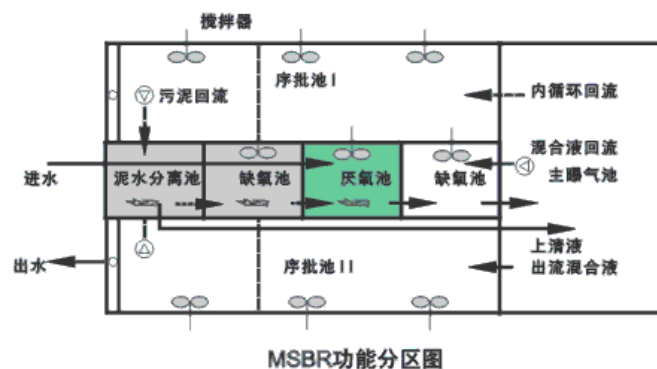


図 2.3.5 MSBR 法による運転方法

- 3 SBR 法の設計
  - 3.1 SBR 法の設計に係る標準、導則等
    - 3.1.1 SBR 法設計規範
    - 3.1.2 各設備等に係る基準等
  - 3.2 SBR 法の設計方法
    - 3.2.1 汚泥負荷法と汚泥齢法
    - 3.2.2 SBR 法の設計事例
  
- 4 SBR 法の運転管理【昆明污水处理運営公司】
  - 4.1 SBR 法の運転管理に係る標準、導則等
    - 4.1.1 污水处理場の運転管理に係る基準等
    - 4.1.2 処理水、汚泥等の排出に係る基準等
    - 4.1.3 その他関連基準等
  - 4.2 SBR 法の運転管理手法
    - 4.2.1 運行周期
    - 4.2.2 排水比
    - 4.2.3 曝気時間比／嫌気・好気運転
    - 4.2.4 BOD-SS 負荷
    - 4.2.5 SRT (汚泥齢)

# 調 査 編

# 1. 事後評価調査

## 1.1 事後評価の目的と意義

新技術の開発、導入、普及にあつたては、技術の信頼性、効率性を高めるために、技術の開発段階だけでなく、導入後においても、実際に稼働している施設の運転、維持管理から得られた知見（長所、短所、問題点、解決方法など）を設計や効果的な運転手法の確立にフィードバックすることが有効である。

日本下水道事業団では、図 1.1 に示すような流れで技術開発→技術評価→技術の標準化を体系的に行っている。「事後評価」は、その最終段階において、既に稼働している施設を対象に、開発段階に期待した性能が発揮されているか、発揮されていない場合はその原因や改善方法、運転上の課題や解決方法などを把握する目的で実施するもので、実際の処理施設を対象とした「現地調査」や「アンケート調査」を行い、その結果を解析、評価する。

本書の作成にあたっては、この手法を用いて調査を行い、その評価結果を反映することとした。なお、今回は SBR 法についてのみの評価を行ったが、評価手法は他の処理法の評価にも応用できるものである。

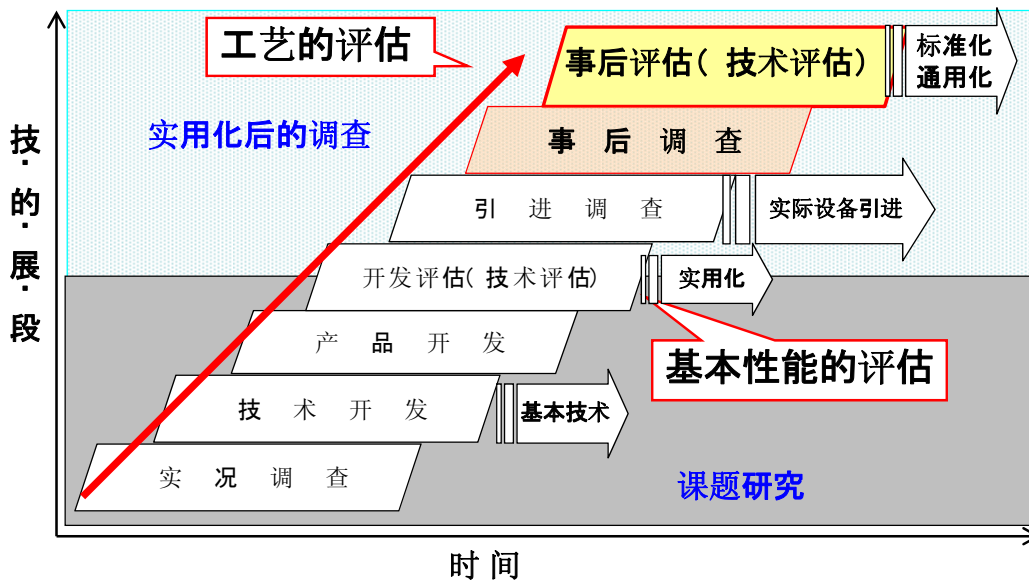


図 1.1 日本下水道事業団の技術評価および標準化の流れ

## 1.2 アンケート調査

### 1.2.1 アンケート調査の概要

#### (1) 対象地域

中国国内における SBR 法の汚水処理場（都市排水）は、2010 年末現在で約 312 箇所とされている。（「全国投運城鎮汚水処理施設清單」（環境保護部））

本来、これらの処理場すべてを対象として調査を行うことが望ましいが、中国では地域毎の条件（気候、社会・経済、給水量、流入水質等）が著しく異なること、中国国内でこのような調査を行った経験がほとんど無いことなどから、全国の汚水処理場を対象にした調査ではなく、地域を限定して実施することとし、いわゆる「三湖」を抱える地域である、江蘇省、安徽省および雲南省を対象とした。

なお、アンケート調査では、対象とする処理法の施設数、分布、およびアンケート回収率等を考慮し、アンケート結果の代表性が確保されるようにする必要がある。調査対象地域を限定したことにより、今回の調査を基にしたハンドブックの適用範囲は、対象地域と類似した条件の地域に限定される。これを補うため、建設部が整備している汚水処理場データベース、および既存の文献を利用する。

#### (2) 対象処理場

「全国投運城鎮汚水処理施設清單」（環境保護部）によると、対象地域である 3 つの省には、2010 年末現在、58 箇所の SBR 施設が稼働している。ただし、住宅・都市農村建設部から提供されたリストでは 49 箇所であった。これらの資料をもとに精査し、既に他の方式に改造した箇所等を除いた 39 箇所にアンケート調査表を送付した。各省の対象処理場数は表 1.2.1 のとおりである。

表 1.2.1 アンケート調査対象処理場

|                | 江蘇省 | 安徽省 | 雲南省 |
|----------------|-----|-----|-----|
| 全国投運城鎮汚水処理施設清單 | 43  | 2   | 13  |
| 住宅・都市農村建設部     | 31  | 2   | 18  |
| アンケート送付        | 25  | 4   | 12  |

#### (3) アンケート調査表

アンケートの調査表を作成するときは、必要な情報を得るとともに回答者に過度の負担がかからないように設問数、内容および回答方法を工夫する。（例えば、選択式にする、記述式の場合は回答例をつける、用語解説をつけるなど）、また、データの整理、解析を容易にするため、できるかぎり数値化しやすいようにすることなどが重要である。

今回の調査では、日本でこれまで実施した調査を基に、中国側の意見を聴きながら調査表を作成し、北京市、昆明市の汚水処理場における試験実施を経て、

調査を行った。なお、アンケート調査の構成は次項に示すとおりである。(アンケート調査表は資料編参照)

### 1.2.2 アンケート調査表の構成

アンケート調査の設問は、調査結果を受けて実施する SBR 法の評価と密接な関係を持つように設定されている。SBR 法の評価は、主に下に示す視点(観点)で実施する。(各評価基準については「評価編」で記述する。)

#### ① 実際の設計パラメータの確認

設計パラメータについては、各処理法毎に標準的な値または範囲が設定されている。ただし、中国では、各設計院が独自のノウハウをもって設計を行ってきたことから、実際にどのような値が用いられているかという点について、それぞれの汚水処理場の特性(水量、水質、水量変動など)との関係に注目して確認を行う。

#### ② SBR 法の利点の確認

「**基礎編 2.2 SBR 法の特性**」で整理した SBR 法の特長(利点)、例えば必要敷地面積が小さい、運転管理が容易、建設/運営コストが低いなどについて、実際の状況を把握する。

#### ③ 放流水質に対する要求と対応

前述したように、放流水質に対する要求が高い場合、SBR 法単独では要求基準を満たすことは困難で、凝集剤添加、ろ過などを追加する必要がある。このことから、ICEAS、CAST/CASS を含めた SBR 法で期待できる処理効率レベルを把握する。

#### ④ 処理の安定性確保のための方策

小規模汚水処理場では、日間、年間の水量および水質変動が大きい。また、中国では多くの処理場で、いわゆる「**截流式合流制**」が採用され、雨天時には雨水が流入し、水量、水質が大きく変動する。これらの影響、施設設計および運転管理における対応策を把握する。

#### ⑤ 運転管理方法

SBR 法の特徴は、工程時間の調整を比較的柔軟に行えることである。しかし、その反面、多数の SBR 池を持つ汚水処理場では、運転を最適化するための調整は高度な技術と熟練が必要と言われている。この点について、実際の汚水処理場でどのような調整が行われているかを把握する。

⑥ モニタリング（水質および運転監測）

中国の污水処理場では、水質測定は流入水と放流水について必要最低限の項目、頻度で実施されている場合が多い。また、SBR 池内には MLSS 計、DO 計などの機器が設置されていても、適切なメンテナンスがされていない、またはデータを適切に運転管理に利用できていないなどの問題がある。

また、SBR 法の運転管理を最適化するため、モニタリング機器と PLC (Programmable Logic Controller) を組み合わせた自動化も行われている。このような背景から、污水処理場で行われているモニタリングの状況を把握する。

⑦ トラブルの状況と対応

日本では、「回分式活性汚泥法」において、流量変動への対応、スカムの発生などのトラブルが問題となった。また、導入初期において、上澄水排出装置のトラブルが多発した。さらに、散気装置の目詰まり等のトラブルも懸念される。このため、これらトラブルの発生状況とその対応状況を把握する。

### 1.3 現地調査

#### 1.3.1 現地調査の概要

##### (1) 現地調査の計画

アンケート調査は、広く、全体統計的な調査分析を行うのに適しているのに対して、現地調査はアンケート調査で把握することが難しい、より具体的な個別課題を掘り下げ、解決策を探ることが可能である。このため、日本で実施している事後評価では、アンケート調査の結果を参考に次のような観点で現地調査対象処理場を選定する。また、現地調査の回数および実施時期については、年 4 回、春夏秋冬それぞれの季節に実施することが望ましい。特に、硝化菌は水温の影響を受けやすいことから、窒素除去を目的としている施設の調査では、冬季の調査が必須である。なお、現地調査の方法については、資料編「現地調査の手引き」を参考にするとよい。

- ① 放流水質、トラブルの発生状況、処理経費等に問題がある污水処理場を優先的に選定し、その原因と対応策を検討して評価に反映する。
- ② ①で選定した污水処理場と対比するため、処理状況が良好な施設を選定する。
- ③ なお、污水処理場の選定にあたっては、運転開始後数年を経過し、実際の流入負荷（水量、水質）が設計とほぼ同等であることが望ましい。これは、設計条件と運転条件がほぼ一致し評価に適していること、運転技術者が運転に習熟し、トラブルに対する対応など一定の運転方法が確立されていること、運転および水質に関するデータが蓄積されて

いることなどの理由による。

## (2) 現地調査対象処理場

アンケート調査の実施時期が当初の予定より大幅に遅れたため、今回の現地調査では、アンケート調査の結果をみて対象処理場を決定することができなかった。このため、「全国投運城鎮污水处理設施清單」（環境保護部）を参考に、処理方式、施設規模、供用開始後年数等を考慮して調査箇所候補を選定し、最終的に、住宅・都市農村建設部が指定した 8 処理場（江蘇省 2 箇所、安徽省 2 箇所、雲南省 4 箇所）のうち、事情により調査できなかった 2 箇所を除く 6 箇所で調査を実施した。調査対象処理場は表 1.3.1 のとおりである。

表 1.3.1 現地調査対象処理場

| 所在地           | 処理場名          | 処理方式     |
|---------------|---------------|----------|
| 江苏省宜興市        | 宜興市万石鎮南漕污水处理場 | CASS 法   |
| 安徽省阜陽市        | 阜陽市污水处理場      | CASS 法   |
| 雲南省昆明市呈貢区     | 昆明市呈貢区污水处理場   | 伝統 SBR 法 |
| 雲南省昆明市東川区     | 昆明市東川区污水处理場   | ICEAS 法  |
| 雲南省昆明市石林イ族自治州 | 昆明市石林県污水处理場   | CASS 法   |

### 1.3.2 文献調査

日本で事後評価を行う場合、一般に、「アンケート調査」と「現地調査」を行い、その結果を解析、評価する。今回の調査では、これらの調査に加え、中国国内で発表されている SBR に関する文献を収集し、これを補足的な資料として用いることとした。これは、今回のアンケート調査が全数調査でないこと、中国における同種の調査の経験から、アンケート回収率およびデータの信頼度が必ずしも高くないことが予想されたことによる。



## 2. アンケート調査結果

### 2.1 汚水処理場基本情報

#### 2.1.1 建設年度／運行開始年度

#### 2.1.2 建設／運営方式

#### 2.1.3 汚水収集方式

#### 2.1.4 処理規模／実際処理量

#### 2.1.5 処理方式（高度処理含む）／排水基準／流入水質／処理水質

#### 2.1.6 運営形態／運行人員

#### 2.1.7 建設コスト（処理規模別、処理方式別、設計処理水質別）

#### 2.1.8 運営コスト（処理規模別、処理方式別、汚濁負荷削減量当たり）

### 2.2 各設備の状況

#### 2.2.1 流入設備

- ・ ポンプ設備
- ・ 流量調整池

#### 2.2.2 予処理設備

- ・ スクリーン
- ・ 沈砂池
- ・ 最初沈殿池／水解酸化池

#### 2.2.3 SBR 反応タンク

- ・ SBR 形式／流入方式
- ・ SBR 反応タンクの構造（L/B 比、水深、余裕高、槽容量比）
- ・ 排水設備
- ・ 散気設備
- ・ 水中攪拌機

#### 2.2.4 高度処理

- ・ 凝集沈殿設備
- ・ ろ過設備

#### 2.2.5 汚泥処理

- ・ 汚泥処理設備（濃縮、消化、脱水）
- ・ 汚泥発生量／汚泥性状

### 2.3 SBR 運転方式

#### 2.3.1 運転周期／HRT／引抜比（排水比）

#### 2.3.2 負荷条件

- ・ BOD-SS 負荷
- ・ SRT（ASRT）

#### 2.3.3 窒素・りん除去の状況

- ・ 窒素除去
- ・ りん除去

### 2.4 高度な運転管理

#### 2.4.1 モニタリング

- ・ オンラインモニタリング
- ・ 水質測定
- 2.4.2 負荷変動対策
  - ・ 水量変動対策
  - ・ 水質変動対策
- 2.4.3 トラブルとその対策
  - ・ 水質悪化等のトラブル
  - ・ 設備の故障等
- 3. 現地調査結果
- 3.1 対象処理場の状況
  - 3.1.1 地域条件／排水基準
  - 3.1.2 建設年度／運行開始年度／建設&運営方式
  - 3.1.3 汚水収集方式／処理方式／処理規模／実際処理量
  - 3.1.4 流入状況（流入水量、負荷率、流入水質）
  - 3.1.5 処理状況（SBR 出水、出水水質）
  - 3.1.6 運営コスト
- 3.2 運転状況
  - 3.2.1 運行周期／HRT／引抜比（排水比）
  - 3.2.2 負荷条件
    - ・ BOD-SS 負荷
    - ・ SRT（ASRT）
  - 3.2.3 その他条件
    - ・ 曝気設備運転状況
    - ・ 薬品添加量
- 3.3 水質調査結果
  - 3.3.1 BOD（COD）除去の状況
  - 3.3.2 窒素除去の状況
  - 3.3.3 りん除去の状況
  - 3.3.4 汚泥沈降特性／SS 除去の状況
- 3.4 運転および処理における課題と改善提案
  - 3.4.1 運転および処理における課題
  - 3.4.2 改善提案

# 評 価 編

1. 評価基準
  - 1.1 流入条件からみた評価
  - 1.2 建設／運行経費からみた評価
  - 1.3 処理効率からみた評価
  - 1.4 施設運行管理面からみた評価
2. SBR 法の応用
  - 2.1 SBR 法の適用性および適応性
  - 2.2 SBR 法の設計パラメータ
  - 2.3 SBR 法の運転パラメータ
3. 処理効果に対する主な影響要素
  - 3.1 流入条件
  - 3.2 予備処理
  - 3.3 設計および運転の制御と調節

# 提 高 編

(設計・運行管理ハンドブック)

- 4. SBR 法の設計
  - 4.1 処理方式の選定／容量計算
  - 4.2 流入設備
    - 4.2.1 ポンプ設備
    - 4.2.2 流量調整池
  - 4.3 予処理設備
    - 4.3.1 スクリーン設備
    - 4.3.2 沈砂池
    - 4.3.3 最初沈殿池／水解酸化池
  - 4.4 反応タンク
    - 4.4.1 反応タンクの構造 (L/B 比、水深、余裕高、槽容量比)
    - 4.4.2 排水設備
    - 4.4.3 散気設備
    - 4.4.4 水中攪拌機
  - 4.5 高度処理設備
    - 4.5.1 凝集沈殿設備
    - 4.5.2 ろ過設備
  
- 5. SBR 法の運転管理【服部、顔秀勤、昆明污水处理運営公司、短期専門家】
  - 5.1 各設備の維持管理
    - 5.1.1 流入設備の運転管理
    - 5.1.2 予処理設備の運転管理
    - 5.1.3 SBR 槽の運転管理
    - 5.1.4 高度処理設備の運転管理
  - 5.2 水質モニタリング
    - 5.2.1 オンラインモニタリング
    - 5.2.2 日常管理および精密管理
  - 5.3 処理効率改善のための運転管理
    - 5.3.1 負荷変動に対する運転管理
    - 5.3.2 窒素除去効率改善のための運転管理
    - 5.3.3 リン除去効率改善のための運転管理
    - 5.3.4 汚泥沈降性改善のための運転管理
    - 5.3.5 省エネルギー・省コストのための運転管理
    - 5.3.6 トラブルと対策
  - 5.4 污水处理場管理体制
    - 5.4.1 人員計画
    - 5.4.2 データ管理 (帳票、台帳)
    - 5.4.3 技術管理
    - 5.4.4 施設・設備管理
    - 5.4.5 環境管理

# 資料編

# 附 件

## Appendix



## 用語の定義

### 略号リスト (アルファベット順)

#### (1) SBR法の名称、分類に関する用語

|        |   |
|--------|---|
| CASS   | : Cyclic Activated Sludge System                    |
| CAST   | : Cyclic Activated Sludge Technology                |
| DAT-IT | : Demand Aeration Tank - Intermittent Aeration Tank |
| ICEAS  | : Intermittent Cyclic Aeration System               |
| MSBR   | : Modified Sequencing Batch Reactor                 |
| SBR    | : Sequencing Batch Reactor                          |

#### (2) 下水処理全般に関する用語

|       |   |
|-------|---|
| BOD   | : Biochemical Oxygen Demand 生物化学的酸素要求量                  |
| COD   | : Chemical Oxygen Demand 化学的酸素要求量                       |
| DO    | : Dissolved Oxygen 溶存酸素                                 |
| HRT   | : Hydraulic Retention Time 水理学的滞留時間                     |
| MLSS  | : Mixed Liquor Suspended Solids 活性汚泥浮遊物質                |
| MLVSS | : Mixed Liquor Volatile Suspended Solids<br>活性汚泥有機性浮遊物質 |
| SS    | : Suspended Solid 浮遊物質 (量)                              |
| SRT   | : Solid Retention Time 固形物滞留時間                          |
| ASRT  | : Aerobic Solid Retention Time 好氣的固形物滞留時間               |
| SV    | : Sludge volume 活性汚泥沈殿率                                 |
| SVI   | : Sludge Volume Index 汚泥容量指標                            |
| TN    | : Total Nitrogen 全窒素                                    |
| TP    | : Total Phosphorus 全りん                                  |

#### 主な用語の中日用語対比

|          |                |
|----------|----------------|
| 序批式活性汚泥法 | : 回分式活性汚泥法     |
| 传统活性汚泥法  | : 標準活性汚泥法      |
| 氧化沟      | : オキシデーションディッチ |
| 进水/出水    | : 流入水/放流水      |
| 滗水器      | : 上澄水排出装置      |
| 厌氧/缺氧/好氧 | : 嫌気/無酸素/好気    |
| 兼氧       | : 嫌気好気交替式      |
| 成本       | : 経費、コスト       |

※これ以外の用語は、今後、追加する。

# 参考 雲南省における現地調査結果

## 1. 調査対象処理場の状況

雲南省で実施した現地調査結果を、表1および表2にまとめた。同表中には、2010年度に実施された昆明市第三污水处理場の結果も記載した。

なお、表1「現地調査結果（対処処理場の概況）」では、ヒアリング調査結果を含めて記載している。各処理場における2010年度のデータに基づくものである。一方、表2「現地調査結果（運転状況）」は、現地調査実施の結果に基づくデータであり、昨年度現地調査を行った昆明市第三污水处理場を除いては、本年度（2011年）のデータである。

表1 現地調査結果（対処処理場の概況）

|                        |                                  | 昆明市第三污水处理場 <sup>(註1)</sup> | 昆明市呈貢区污水处理場          | 昆明市東川区污水处理場                  | 昆明市石林县污水处理厂          |     |
|------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|-----|
| 対象処理場の状況（2010年度）<br>注2 | 建設年                              | 旧処理場 1996年<br>新処理場 2007年   | 2000年                | 2008年                        | 2007年                |     |
|                        | 運転開始年                            | 旧処理場 1997年<br>新処理場 2009年   | 2004年                | 2009年                        | 2008年                |     |
|                        | 建設・運営方式                          | 政府直接(国有会社)管理               | 政府直接(国有会社)管理         | BOT                          | 政府直接(国有会社)管理         |     |
|                        | 污水収集方式                           | 合流式                        | 合流式                  | 合流式                          | 合流式                  |     |
|                        | 処理方式                             | ICEAS法                     | 伝統SBR法               | ICEAS法                       | CASS法                |     |
|                        | 対象面積 [km <sup>2</sup> ]          | 旧処理場 49.1<br>新処理場 55.4     | 3.5                  | 8.5                          | 30                   |     |
|                        | 対象人口 [万人]                        | 旧処理場 66.9<br>新処理場 68.8     | 3.2                  | 8.4                          | NA                   |     |
|                        | 設計処理量 [m <sup>3</sup> /d]        | 210,000                    | 15,000               | 20,000                       | 10,000               |     |
|                        | 実際処理量 [m <sup>3</sup> /d]        | 212,390                    | 11,206               | 9,127                        | 10,539               |     |
|                        | SBR反応池数                          | 旧処理場14、新処理場6               | 4                    | 4                            | 2                    |     |
|                        | 排水基準                             | 国家1級A                      | 国家1級A                | 国家1級B                        | 国家1級A                |     |
|                        | 流入状況<br>(平均的水質)                  | 流入水質 BOD [mg/L]            | 141                  | 150                          | 152                  | 170 |
|                        |                                  | " COD [mg/L]               | 239                  | 400                          | 344                  | 340 |
|                        |                                  | " SS [mg/L]                | 168                  | 200                          | NA                   | 250 |
|                        |                                  | " 全窒素 [mg/L]               | 31                   | 35                           | 44                   | 35  |
|                        |                                  | " アンモニア性窒素 [mg/L]          | 23                   | NA                           | 32                   | NA  |
|                        | 処理状況<br>(平均的水質)                  | " 全りん [mg/L]               | 4.5                  | 4.5                          | 7                    | 4   |
|                        |                                  | 放流水質 BOD [mg/L]            | 10                   | 10                           | 7                    | 10  |
|                        |                                  | " COD [mg/L]               | 50                   | 50                           | 25                   | 50  |
|                        |                                  | " SS [mg/L]                | 10                   | 10                           | NA                   | 10  |
| " 全窒素 [mg/L]           |                                  | 15                         | 15                   | 14                           | 15                   |     |
| 高度処理                   | " アンモニア性窒素 [mg/L]                | 5                          | NA                   | 6                            | NA                   |     |
|                        | " 全りん [mg/L]                     | 0.5                        | 1                    | 0.7                          | 0.5                  |     |
| 高度処理                   | 高度処理方法                           | 凝集沈殿(ACTIFLOW)→D型ろ過→紫外線消毒  | 凝集沈殿(PAC)→D型ろ過→紫外線消毒 | 紫外線消毒<br>(凝集沈殿、D型ろ過は建設中、未稼働) | 凝集沈殿(PAC)→V型ろ過→紫外線消毒 |     |
| 污泥処理                   | 污泥処理方法(濃縮→脱水)                    | 力濃縮→遠心脱水/ベルトプレス            | 重力濃縮→ベルトプレス          | 重力濃縮→ベルトプレス                  | 重力濃縮→ベルトプレス          |     |
|                        | 脱水污泥含水率 [%]                      | 81                         | 75                   | 79                           | 80                   |     |
|                        | 脱水污泥污泥発生量 [t/月]                  | 3441                       | 100                  | 60                           | 28                   |     |
| 運転人員                   | 運転管理人数                           | 37                         | 9                    | 10                           | 8                    |     |
|                        | 分析人数                             | 3 <sup>(註3)</sup>          | 3                    | 1                            | 2                    |     |
| 運営コスト                  | 年間総費用 [万元/年]                     | NA                         | 360                  | 271                          | NA                   |     |
|                        | うち直接運転管理費用 [万元/年]                | NA                         | 298                  | 152                          | NA                   |     |
|                        | 処理量当たり総費用 [元/m <sup>3</sup> ]    | NA                         | 0.8                  | 0.45                         | NA                   |     |
|                        | 年間電力消費量 [kWh/年]                  | 20,109                     | 1,320                | 831                          | NA                   |     |
|                        | 処理量当たり電力消費量 [Wh/m <sup>3</sup> ] | 0.26                       | 0.32                 | 0.25                         | NA                   |     |

表2 現地調査結果（運転状況）

|                |                         | 昆明市第三污水处理場 <sup>(注1)</sup>   | 昆明市呈貢区污水处理場   | 昆明市東川区污水处理場  | 昆明市石林县污水处理廠  |    |
|----------------|-------------------------|--|---|--|--|----|
| 現地調査           | 実施日                     | (新)2010/12/13<br>(旧)2010/12/16   | 2011/12/13  | 2011/2/6   | 2011/12/21   |    |
|                | 実施時間                    | (新)(旧)とも10:00～14:28  | 12:40～16:10   | 13:00～17:40  | 12:30～15:30  |    |
|                |                         | 反応槽水温 [°C]   | 16.0～16.5   | 17.6～18.9  | 15.7～16.4  |    |
| SBR反応池<br>運転方法 | 運行周期 [h]                | (新)4.8 (旧)4.8  | 3.5   | 4.7  | 3.0  |    |
|                | うち嫌気時間比 [-]             | (新)0.08 (旧)0.06  | 0.06  | 0.04   |  |    |
|                | うち無酸素時間比 [-]            | (新)0.54 (旧)0.55  | 0.50  | 0.43   | 0.6  |    |
|                | うち好気時間比率 [-]            | (新)0.38 (旧)0.38  | 0.43  | 0.54   | 0.4  |    |
|                | サイクル数 [d]               | (新)5.0 (旧)5.0  | 6.9   | 5.1  | 8.0  |    |
|                | 引抜比(=排水比) [-]           | (新)0.18 (旧)0.22  | 0.3   | 0.26   | 0.27   |    |
|                |                         | HRT [h]  | (新)27.0 (旧)21.9   | 11.8   | 18.0   |    |
| 負荷条件           | MLSS [mg/L]             | (新)4,565 (旧)3,130～6,385  | 5,978～4,472   | 5,299～4,865  | 2,922～2,288  |    |
|                | MLVSS [mg/L]            | (新) (旧)3,231   | 4,651～3,900   | 3,675～3,343  | 1,753～1,375  |    |
|                | BOD-SS負荷 [kgBOD/kgSS・d] | (新)0.15 (旧)0.14  | 0.09～0.12   | 0.23～0.25  | 0.15～0.19  |    |
| 汚泥沈降特性         | SV [%]                  | (新)32 (旧)37～41   | 33～27   | 70～64  | 16～15  |    |
|                | SVI [ml/L]              | (新)70 (旧)37～41   | 55～60   | 132～132  | 55～66  |    |
| SBR反応池<br>処理性能 | BOD除去率 [%]              | (新)94 (旧)94  | 97  | 99   | 89   |    |
|                | COD除去率 [%]              | (新)87 (旧)96  | 93  | 95   | 75   |    |
|                | SS除去率 [%]               | (新)97 (旧)93  | 96  | >99  | 83   |    |
|                | 全窒素除去率 [%]              | (新)63 (旧)70  | 77  | 74   | 50   |    |
|                |                         | 全りん除去率 [%]   | (新)87 (旧)89   | 93   | 97   | 83 |
| 運転および処理における課題  |                         | (1)曝気に続く攪拌においては、硝酸性窒素の脱窒が出来ていない。<br>(2)生物学的りん放出現象は認められなかった。<br>(3)新処理場においては、高越流負荷による汚泥流出が見られた。 | 窒素除去に関して、曝気工程においてアンモニア性窒素の硝化反応進行中に、二次攪拌に移行しており、アンモニア性窒素が残存している。 | 窒素除去に関して、曝気工程における硝化が十分でなく、汚水の連続流入のため曝気工程終了時においても、基準値を超えるアンモニア性窒素が残存している。 | 窒素除去に関して、硝化反応は十分行われている反面、脱窒反応が充分に進んでおらず、硝酸性窒素がゆかりに残存しており、その結果、全窒素濃度が基準値を超えている。 |    |
| 改善提案           |                         | (2011年度より、新、旧処理場とも、2次曝気、2次攪拌が行われ、また、各工程時間が変更されている。)  | 二次攪拌を省略し、一次攪拌時間を延長した方が、より効果的と思われる。                              | 窒素除去を高めるため、曝気時間を延長することが望ましい。そのため、全体運行時間を延長し、サイクル数を減らすことが望ましい。            | 脱窒反応を促進するために、曝気・攪拌工程の後に、攪拌工程を入れることが望ましい。(汚泥の凝集、沈降性は良いので沈殿、排水時間は短縮できる可能性もある。)   |    |

(注1) 昆明市第三污水处理場に関する運転状況のみ、2010年度に行われた現地調査結果を記載した。(その他は、2011年度の調査に基づき記載した。) 昆明市第三污水处理場の運行周期は2011年に変更されている。

(注2) 対象処理場の状況は、現地調査に伴う事前調査票への記載データおよび聞き取り調査にもとづく。

(注3) 分析研究所計26名で、8污水处理場の水質を分析しているため、1処理場あたり分析人数は3名と算定した。

## 2. 各污水处理場の運転条件

現地調査対象施設における、調査時点での SBR 池運転工程を表 3 に示す。

昆明市第三污水处理場、呈貢区污水处理場、東川污水处理場で、流入開始時に攪拌のみの運転時間を設けており、第三污水处理場、呈貢区污水处理場では、ばっ気工程の途中またはばっ気工程の後に窒素除去効率向上を目的とした攪拌工程を設けている。

表 3 各処理場における運転条件一覧

| 処理場名(処理法)   | 工程 <sup>(注)</sup> | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 230 | 240 | 250 | 260 | 270 | 280 | 290 | 周期時間 |   |                 |   |   |   |
|---|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|---|-----------------|---|---|---|
| 昆明市第三污水处理場<br>(ICEAS法)<br>連続流入-間欠排水               | 流入                | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■    | ■ | 288分<br>(4.8時間) |   |   |   |
|   | 攪拌                | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■    | ■ |                 |   |   |   |
|   | 曝気                |    |    | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■    | ■ |                 |   |   |   |
|   | 沈殿                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■    | ■ |                 |   |   |   |
|   | 排泥                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |   |                 |   |   |   |
|   | 排水                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |   |                 |   |   |   |
| 昆明市呈貢区污水处理場<br>(伝統SBR法)<br>間欠流入-間欠排水              | 流入                | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■    | ■ | 210分<br>(3.5時間) |   |   |   |
|   | 攪拌                | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■    | ■ |                 |   |   |   |
|   | 曝気                |    |    | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■    | ■ |                 | ■ |   |   |
|   | 沈殿                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |   |                 |   |   |   |
|   | 排泥                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |   |                 |   |   |   |
|   | 排水                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |   |                 |   |   |   |
| 昆明市東川区污水处理場<br>(ICEAS法)<br>連続流入-間欠排水              | 流入                | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■    | ■ | 280分<br>(4.7時間) |   |   |   |
|   | 攪拌                | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■    | ■ |                 | ■ |   |   |
|   | 曝気                |    |    | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■    | ■ |                 | ■ | ■ |   |
|   | 沈殿                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |   |                 |   |   |   |
|   | 排泥                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |   |                 |   |   |   |
|   | 排水                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |   |                 |   |   |   |
| 昆明市石林県污水处理場<br>(CASS法/CAST)<br>間欠流入-間欠排水<br>汚泥返送有 | 流入                | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■    | ■ | 180分<br>(3.0時間) |   |   |   |
|   | 回流                | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■    | ■ |                 | ■ |   |   |
|   | 攪拌                | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■    | ■ |                 | ■ | ■ |   |
|   | 曝気                |    |    | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■   | ■    | ■ |                 | ■ | ■ | ■ |
|   | 沈殿                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |   |                 |   |   |   |
|   | 排泥                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |   |                 |   |   |   |
| 排水  |                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |   |                 |   |   |   |
| 工程  |                   | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 230 | 240 | 250 | 260 | 270 | 280 | 290 | 周期時間 |   |                 |   |   |   |

(注) 各工程のうち、斜体文字部分は、処理水量、水質の変化に応じて、時間(場合により回数)を変更していることを意味する。

SBR 法の利点のひとつは、工程時間を比較的柔軟に変更でき、生物学的脱窒、りん除去を利用した処理効率の向上を図ることができる点である。その反面、工程時間の設定には高度な技術と習熟が必要とも言われている。地方部小城鎮では、経験のある技術者の確保が困難な場合があり、実際の施設における状況を調査し、そのような地域で SBR 法を採用することの適否、また、採用した場合の留意点、現場技術者の支援となる資料の提供などを検討する必要がある。

### 3. 流入条件

雲南省における調査対象処理場の流入水量に関するデータを表4に示す。

昆明第三污水处理場は昆明市西山区、呈貢区污水处理場は旧昆明市呈貢県の市街地にあり、また、東川污水处理場は昆明市市中心部から約150km離れた人口30万人余りの地域の中心市街地に位置する。石林県污水处理場は、昆明市中心部から約100km離れた「石林風景区」を有する「石林彝族（イ族）自治県」にある。

これらの污水处理場の集水方式は、市政府が順次分流式への改善を進めているが、現時点では集水エリアの大部分で「截流式合流制」（インターセプト式合流方式）と呼ばれるものである。したがって、流入水量は降雨の影響を受ける。

表4のデータは、降雨の影響を考慮せずに単純な比較をしたもので、かつ管渠流下能力を超過した際の越流の有無を確認していないため、評価を行うためにはさらに検討を要するが、小規模の施設で、流量変動比が大きくなっていることがわかる。

表4 現地調査を実施した処理場における汚水量変化の比較（昆明市）

| 処理場名(処理法)                  | 処理水量 2011年実績               |                            |                            |              |              |                            |                            |              |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|
|                            | 日間差                        |                            |                            |              |              | 月間差                        |                            |              |
|                            | 日平均<br>[m <sup>3</sup> /天] | 日最大<br>[m <sup>3</sup> /天] | 日最小<br>[m <sup>3</sup> /天] | 日最大/<br>日平均比 | 日最大/<br>日最小比 | 月最大<br>[m <sup>3</sup> /月] | 月最小<br>[m <sup>3</sup> /月] | 月最大/<br>月最小比 |
| 昆明市第三污水处理場<br>(ICEAS法)合流式  | 209,055                    | 262,645                    | 169,244                    | 1.3          | 1.6          | 6,276,248                  | 5,254,209                  | 1.2          |
|                            |                            | 2011/9/9                   | 2011/3/22                  |              |              | 2011年9月                    | 2011年4月                    |              |
| 昆明市呈貢区污水处理場<br>(伝統SBR法)合流式 | 11,206                     | 14,560                     | 7,142                      | 1.3          | 2.0          | 379,415                    | 293,917                    | 1.3          |
|                            |                            | 2011/8/23                  | 2011/4/29                  |              |              | 2011年10月                   | 2011年2月                    |              |
| 昆明市東川区污水处理場<br>(ICEAS法)合流式 | 9,146                      | 17,193                     | 5,667                      | 1.9          | 3.0          | 329,719                    | 218,458                    | 1.5          |
|                            |                            | 2011/9/22                  | 2011/3/30                  |              |              | 2011年10月                   | 2011年3月                    |              |
| 昆明市石林県污水处理場<br>(CASS法)合流式  | 11,330                     | 15,496                     | 8,549                      | 1.4          | 1.8          | 416,526                    | 268,431                    | 1.6          |
|                            |                            | 2011/3/18                  | 2011/10/29                 |              |              | 2011年7月                    | 2011年2月                    |              |

SBR法は一般に負荷変動（流入水量、流入水質）への適応性が有ると言われているが、日本では、安定した処理を行うためには流量調整池が必要であるとされている。アンケート調査結果等とあわせて解析を行い、SBR法の負荷変動への適応性の評価を行う必要がある。

#### 4. 建設／運営コストからみた評価

現地調査のうち、雲南省における運転管理に係る人数を比較した例を表5に示す。昆明市の中心にある第三処理場を除くと、10名～12名と少ない人数で運転管理を行っている。処理量当たりの人数は、昆明市第三污水处理場は1万トン当たり1.9人であるが、その他処理場においては、1万トン当たり約10人となっている。小規模施設では、処理水量当たりの人件費が割高になる傾向が見られる。

表5 運転管理人員（昆明市）

| 処理場名                       | 日平均<br>処理量<br>[m <sup>3</sup> /日] | 管理職 | 現場レベル運転管理員 |    |        |    |          | 現場レベル<br>運転管理員<br>合計 | 処理量当り<br>現場レベル<br>運転管理員<br>数<br>[人/万m <sup>3</sup> -<br>日処理量] |
|----------------------------|-----------------------------------|-----|------------|----|--------|----|----------|----------------------|---|
|                            |                                   |     | 技術管理者      |    | オペレーター |    | 水質<br>分析 |                      |   |
|                            |                                   |     | 運転         | 設備 | 運転     | 設備 |          |                      |   |
| 昆明市第三污水处理場<br>(ICEAS法)     | 209,055                           | 1   | 1          | 1  | 24     | 11 | 3        | 40                   | 1.9   |
| 昆明市呈貢区污水处理場<br>(伝統SBR法)合流式 | 11,206                            | 4   | 1          | 1  | 7      |    | 3        | 12                   | 10.7  |
| 昆明市東川区污水处理場<br>(ICEAS法)合流式 | 9,146                             | 2   | 1          |    | 6      | 3  | 1        | 11                   | 12.0  |
| 昆明市石林県污水处理場<br>(CASS法)合流式  | 11,330                            | 2   | 8          |    |        |    | 2        | 10                   | 8.8   |

日平均処理量は2011年のデータを用いた

SBR法は、沈殿池が不要であり、運転管理も比較的容易であることから、建設費、運転管理費が低いと言われている。今回の調査では、SBR法のみを対象としているが、建設、運行管理費用のデータを収集しており、処理規模、高度処理の有無、汚泥処理方式等を考慮し、また文献調査のデータとあわせ、評価を試みる。

参考として、現地調査から得られたコスト関連データを表6にまとめる。

表6 現地調査におけるコスト関連データまとめ（昆明市）

|                                  |                         | 昆明市第三污水处理場                      | 昆明市呈貢区污水处理場  | 昆明市東川区污水处理場 | 昆明市石林县污水处理厂  |     |
|----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|--------------|-------------|--------------|-----|
| 対象<br>処理<br>場の<br>状況<br>(2010年度) | 建設年                     | 旧処理場 1996年<br>新処理場 2007年        | 2000年        | 2008年       | 2007年        |     |
|                                  | 運転開始年                   | 旧処理場 1997年<br>新処理場 2009年        | 2004年        | 2009年       | 2008年        |     |
|                                  | 建設&運営方式                 | 政府直接(国有会社)管理                    | 政府直接(国有会社)管理 | BOT         | 政府直接(国有会社)管理 |     |
|                                  | 污水収集方式                  | 合流式                             | 合流式          | 合流式         | 合流式          |     |
|                                  | 処理方式                    | ICEAS法                          | 伝統SBR法       | ICEAS法      | CASS法        |     |
|                                  | 対象面積 [km <sup>2</sup> ] | 旧処理場 49.1<br>新処理場 55.4          | 3.5          | 8.5         | 30           |     |
|                                  | 対象人口 [万人]               | 旧処理場 66.9<br>新処理場 68.8          | 3.2          | 8.4         | NA           |     |
|                                  | 設計処理量 [?/d]             | 210,000                         | 15,000       | 20,000      | 10,000       |     |
|                                  | 実際処理量 [?/d]             | 212,390                         | 11,206       | 9,127       | 10,539       |     |
|                                  | SBR反応池数                 | 旧処理場14、新処理場6                    | 4            | 4           | 2            |     |
|                                  | 排水基準                    | 国家1級A                           | 国家1級A        | 国家1級B       | 国家1級A        |     |
|                                  | 運転人員                    | 運転管理人数                          | 37           | 9           | 10           | 8   |
|                                  |                         | 分析人数                            | 3 (注3)       | 3           | 1            | 2   |
|                                  |                         | 処理量当たり運転人数 [人/万m <sup>3</sup> ] | 1.9          | 10.7        | 12.1         | 9.5 |
|                                  | 運営コスト                   | 年間総費用 [万元/年]                    | NA           | 360         | 271          | NA  |
|                                  |                         | うち直接運転管理費用 [万元/年]               | NA           | 298         | 152          | NA  |
| 処理量当たり総費用 [元/m <sup>3</sup> ]    |                         | NA                              | 0.8          | 0.45        | NA           |     |
| 年間電力消費量 [kWh/年]                  |                         | 20,109                          | 1,320        | 831         | NA           |     |
| 処理量当たり電力消費量 [Wh/m <sup>3</sup> ] |                         | 0.26                            | 0.32         | 0.25        | NA           |     |

運営コストについては、直接的な運転管理費（人件費、ユーティリティ費用（電力、燃料等）、修繕費用など）、減価償却費、借入金利息等を考慮する必要がある。また、水質（流入污水水質、処理水質要求水準）、高度処理状況など様々な要因も影響する。したがって、今回の調査のデータで十分な解析は困難ではあるが、一般的な傾向として、小城镇では污水处理施設の建設、運営費用は、高くなることに注意が必要である。また、技術者および運営管理の経験ノウハウが不足しており、運営、管理、施設点検、修繕などが適切に行われない場合、施設の老朽化、故障の多発などにつながる可能性が高く、結果として高コストとなることも懸念される。

また、小城镇においては、潤沢な予算措置が困難なことも多く、近隣郷鎮村の連携による広域的な下水処理システムの建設が必要である。また、運営面においても、技術者の不足が予想されることから、極力運転の自動化を進めるとともに、運転管理が容易な下水処理方法を採用することが重要である。

## 5. 処理効率（要求水準）からみた評価

汚水処理場の放流水に対する基準は、「城鎮汚水処理場汚染物放流基準：GB18918-2002」に規定されており、各汚水処理場では、この基準を満足するよう施設の設計、運転管理が行われている。しかし、SBR法では、その処理の原理から、単独で高度に窒素、りんを除去することは困難と考えられ、基準を満足するために凝集沈殿、ろ過などを組み合わせている例も見られる。

今回の調査では、水質面から見たSBR法の適用範囲について検討を行い、凝集沈殿、ろ過などの組み合わせが必要となる条件、組み合わせた場合の留意点等についてもあわせて検討を行う。

## 6. 負荷変動に対する運転管理

SBR法では、工程時間の調整などを行うことで各処理場では運転方法を変更して水量、水質の変動に対応することができる。実際の施設で行われている方法は、大きく(1)工程の変更、(2)排水比の変更である。

このうち、(1)工程の変更に関しては、さらに①「1周期内の工程の組み合わせ」を変更する場合と、②各工程の時間を変更する場合に分けられる。また、その結果として、③1周期全体に要する時間を変更する場合もある。伝統式SBR法のように間欠流入式の場合、1周期時間を変更する場合、1日当たりのサイクル数が変わり、同時に引抜比（排水比）、HRTの変更をともなうことになる。現地調査結果を表7にまとめる。

表7 現地調査結果に見られた運転条件変更方法

| 処理方法            | 処理場 | 工程変更              |                   |                       | 排水比変更            |
|-----------------|-----|-------------------|-------------------|-----------------------|------------------|
|                 |     | 1周期内工程変更          | 工程時間変更            | 1周期時間変更               |                  |
| 伝統SBR<br>(間欠流入) | 呈貢  | ○<br>(曝気工程数)      | ○<br>(流入、待機時間)    | ○<br>(250分/周期+待機)     | ○<br>(0.3~0.325) |
| CASS<br>(間欠流入)  | 石林  | ×                 | ○<br>(入水・攪拌・曝気時間) | ○<br>(180~190分/周期)    | ○<br>(0.26~0.30) |
| ICEAS<br>(連続流入) | 昆明  | ○<br>(曝気工程、攪拌工程数) | ○<br>(流入、攪拌、曝気時間) | ×                     | △<br>(0.17~0.19) |
|                 | 東川  | ×                 | 有<br>(攪拌、曝気、待機時間) | ○<br>(240~270分/周期+待機) | ○<br>(0.25~0.28) |

(参考) 伝統式SBR法の場合、流入下水量 $Q$ 、引抜比 $1/m$ 、サイクル数 $n$ の間には、 $Q=V \times n / m$ の関係があり、 $Q$ が一定の場合、サイクル数 $n$ と $1/m$ は反比例する。



# SBR 現地調査実施手順書

## 1.適用範囲

本手順書は、SBR 施設事後評価における現地調査の実施手順を示したものである。

## 2.調査の目的

SBR 法は、1 つの槽で、流入、曝気、攪拌、沈殿、排水の操作を時間を区切って行う方法である。したがって、その時間設定等のパラメータが処理効率に影響する。本調査は、SBR 施設の汚水処理の状況、特に SBR 反応槽内の水質変化を詳細に調査し、設計および運転管理の改善を図るために実施するもので、中日技術協力プロジェクトとして実施している「汚水処理場のグレードアップ改造と運営改善プロジェクト」の一環として実施する。

## 3.調査の実施時期

調査は春、夏、秋、冬の 4 回実施する。4 回実施できない場合は、夏、冬の 2 回実施する。冬季の調査は、低水温時における窒素の除去効率の低下状況を把握するため、当該処理場の流入水温および処理状況をあらかじめ把握し、適切な時期に実施する。

## 4.用語の定義

### SBR :

序批式活性汚泥法 (Sequencing Batch Reactor) とは、流入→曝気→沈殿→排水の工程を 1 つの槽で行う処理法で、標準 SBR (Conventional SBR)、ICEAS ( Intermittent Cycle Extended Aeration System)、CASS ( Cyclic Activated Sludge System)、CAST : (Cyclic Activated Sludge Technology) などの改良法がある。

### SBR 流入水 :

スクリーン、沈砂池を通過し、SBR 槽に流入する汚水 (汚泥処理返流水が混合されている場合がある。)

### SBR 流出水 :

デカンター (滲水器) で排水された処理水

### 系 列 :

流入汚水、返送汚泥、送風機等の系統が同じ、1 つのユニットと見なすことができる範囲の施設

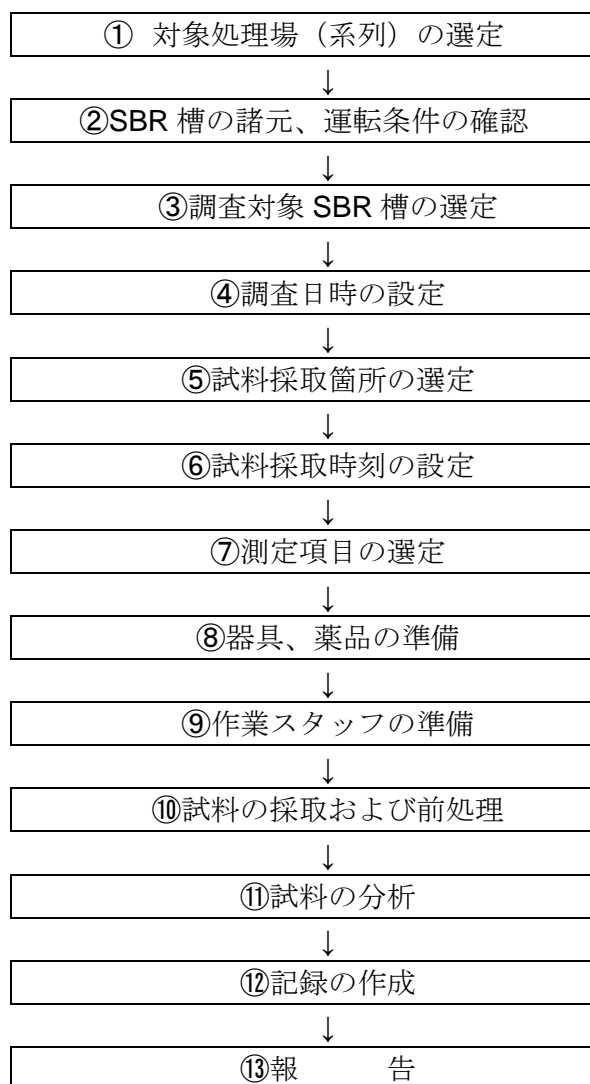
## 5.現地調査実施手順

---

### (1)調査の流れ

---

現地調査は、以下のような流れで実施する。



## (2)作業内容および注意点

### ①調査対象処理場（系列）の選定

管理する処理場が複数ある場合、または1つの処理場に条件の異なる複数の系列がある場合、運転期間の長い処理場、系列を優先する。また、必ずしも水処理が良好に行われている処理場（系列）を選定する必要はない。

#### 【解説】

- ・ 運転時間が短い場合、調査結果を解析する際に必要となる過去の運転データが十分得られない可能性がある。
- ・ 何らかの原因で処理水質が悪化しているなど水処理が良好でない場合、その原因を解明することで、設計、運転管理の改善につながることも考えられる。



- ✓ 水処理が良好でない処理場（系列）を対象とする場合、良好な処理が行われている処理場（系列）と比較することが望ましい。
- ✓ 水処理が良好でない処理場（系列）を対象とする場合、調査計画の作成等の支援を行うので、必ず事務局に連絡する。

### ② SBR 槽の諸元、運転条件の確認

調査計画の作成や結果の評価のため、SBR 槽の形状寸法、主な設備の仕様の一覧表、処理フロー図および SBR 槽の平面図（概略図）を作成すること。

また、調査結果の評価のため、運転状況のデータを整理する。

#### 【解説】

- ・ 処理状況の解析、評価を行うためには、SBR 槽の設計条件および現状の運転状況を知ることが必要である。
- ・ SBR 槽の諸元および運転条件については、別添のアンケート調査表に整理する。



- ✓ 処理フロー図には、汚泥処理施設のフロー（汚泥処理返流水を含む）も記入する。
- ✓ SBR 槽平面図（概略図）には、オンライン測定計器の設置位置、槽内の攪拌機や返送汚泥ポンプ、余剰汚泥ポンプの設置位置を明記する。

### ③ 調査対象 SBR 槽の選定

対象槽は、処理場（または系列）全体の平均的な槽を対象とする。

#### 【解説】

- ・ 複数の SBR 槽がある場合、槽ごとに MLSS 濃度等が異なる場合がある。このようなときは、これらの条件が処理場全体または系列の平均的な条件で運転されている SBR 槽を調査対象とする。



- ✓ 人員、器材、分析能力に余裕がある場合、調査の精度確認のため複数の槽を対象に調査を行うことが望ましい。
- ✓ DO 計や MLSS 計等の計器の指示値のチェックも兼ねて、これら計器が設置されている槽を調査対象とすることも検討する。
- ✓ SBR 槽の設定時刻と就業時間、休憩時間を考慮し、適当な槽を対象とすることも重要である。

### ④ 調査日時の設定

調査日時は、流入水の水量、水質変動等の影響が把握できるよう設定する。長時間連続の調査が困難な場合は、これらの変動を考慮して、平均的な処理状況が把握できる日時を設定する。なお、原則として、調査は晴天日に実施する。

#### 【解説】

- ・ 可能な場合、24 時間の連続調査を行うことが望ましい。
- ・ ただし、人員配置等の理由で困難な場合、昼間の時間帯で、1 サイクルを対象に調査を行ってもよい。
- ・ 晴天日とは、降雨の影響がほとんど無いと考えられる日のことである。



- ✓ 流入水量、流入水質等は、季節、曜日および時間により変動する。したがって、水処理に影響する条件の影響を把握するためには、季節別、曜日別（休日とそれ以外の日）、時間別のデータがあることが望ましい。
- ✓ 今回、昼間時間帯のみの調査とする場合、過去に 24 時間の流入水変動調査（水量、水質）があれば、そのデータを提出する。
- ✓ SBR 槽の各工程の設定時刻と就業時間、休憩時間を考慮し、適当な調査時間を設定する。
- ✓ 降雨の直後は、水量、水質が変化しているので、降雨後 2～3 日経過した日に調査する。
- ✓ 調査日時は、試料の分析の日程を考慮して設定する。（例：BOD<sub>5</sub>）

## ⑤ 試料採取箇所の選定

試料採取箇所は、**SBR 槽流入水、SBR 槽流出水**および**SBR 槽内の水質変化**が把握できるように設定する。なお、採取箇所は作業員の安全に十分配慮して設定すること。

### 【解説】

- ・ **SBR 槽内（主反応槽）**は2箇所以上で試料を採取する。**SBR 槽**が複数の槽に分割されている場合、それぞれの槽ごとに最低1箇所で試料を採取する。
- ・ **SBR 槽流入水**は流入水路、**SBR 槽流出水**は流出水ピットなど試料採取が容易な箇所を選定する。
- ・ 転落防止フェンスが無い箇所、ピット開口部、通路上の突起物等の付近で作業することは極力避ける。



- ✓ 大規模な **SBR 槽**の場合、流入側、流出側および中央部というように採取箇所をできるだけ多くとることが望ましいが、配置可能な人員、分析能力等を考慮して採取箇所を選定する。
- ✓ **SBR 槽流出水**の採取は、デカンターから直接採取しないで、処理水流出ピットから採取した方がよい。
- ✓ 試料は水面下 **50cm**程度で採取することが望ましい。不可能な場合は水面近くから採取してもよい。
- ✓ 調査の実施について、調査担当者以外の作業員に十分周知しておく。
- ✓ 採取箇所は看板などで明示する。また、開口部等では、転落防止の措置を講ずること。

## ⑥ 試料採取時刻の設定

試料採取は、1サイクル（流入開始～排水終了）の各工程の水質変化が把握できるように設定する。

### 【解説】

- ・ たとえば、「流入/攪拌」→「曝気」→「攪拌」→「沈殿」→「排水」の各工程の開始直後、終了直前および中間の試料を採取する。



- ✓ 曝気工程、攪拌工程における水質変化の把握が重要である。したがって、この工程では、できるだけ試料採取回数を増やす。

## ⑦ 測定項目の選定

測定項目は、水温、MLSS、DO、pH、BOD、COD、SS、汚泥界面、各態窒素および各態リンを基本とする。また、SBR槽の水位も合わせて記録する。なお、施設がリン除去を目的とした施設として設計されている場合、SBR槽のORPを追加する。

### 【解説】

- ・ DO、pH、ORP および汚泥界面はポータブル計器を用いて測定する。
- ・ リン除去を目的とした施設とは、CASS および CAST である。
- ・ 各態窒素とは、TN（総窒素）、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$  とする。
- ・ 各態リンとは、TP（総リン）、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  とする。



- ✓ 各項目の分析は、各処理場で通常実施している分析法を用いて行うことを基本とする。
- ✓ ポータブル計器の数が少ない場合、測定箇所を多くすると、同時刻の測定値を得られない場合がある。（測定時刻は多少異なっても問題はないが、実際に測定した時刻を記録しておくことが必要である。）

## ⑧ 器具、薬品等の準備

試料採取時刻、採取量、現場測定項目およびその記録欄を設けた記入用紙を採水箇所ごとに作成する。また、試料容器すべてに容器番号、採水箇所、採水時刻、分析項目を記入したラベルを貼付しておく。

採取後の水質変化を防ぐため、ろ過、薬品の添加が必要な場合、あらかじめ必要な器具、薬品を準備し、コンテナなどに入れておく。

### 【解説】

- ・ 試料採取時に混乱することを防ぐため、採取箇所ごとに記入用紙を作成する。記入用紙の作成例を別添1に示す。
- ・ 試料の取り違えを防ぐため、すべての試料容器にラベルをつけ、採取の順番にコンテナに入れておく。
- ・ 活性汚泥混合液中では窒素の形態が変化するので、採取後速やかにろ過する必要がある。また、そのほかの前処理が必要な場合もあるので、必要な器具、薬品を必要量準備し、紛失、事故の無いようコンテナ等に入れておく。なお、測定法により前処理方法は異なるので、使用する測定法のマニュアルに従うこと。



- ✓ 槽内に試料容器や測定機器を落下させることの無いよう、ロープに固定するなど留意する。

## ⑨ 作業スタッフの準備

調査スタッフは試料採取箇所ごとに置く。また、調査全体を統括する責任者を置き、運転管理担当者にも連絡責任者を置く。  
調査スタッフだけでなく、運転管理、その他の担当者も含めて作業内容を周知し、調査の円滑な実施、事故の防止を図る。

### 【解説】

- ・ 料採取箇所によって作業の頻度等が異なるため、採水箇所毎に担当者を決めておくことが望ましい。ただし、そのような体制が組めない場合、採水頻度の多少、採水の時刻の差が大きくなることなどに配慮して作業員を配置する。
- ・ 状況変化にともなう調査計画の変更等に的確に対応するため、調査全体を把握している責任者を置く。
- ・ 運転操作の変更の連絡等のため運転管理担当者にも連絡責任者を置く。
- ・ 事故、トラブルを避けるため、事前に説明会を行うなどして、場長を含めた全員が調査について周知しておくことが望ましい。



- ✓ 長時間の屋外での作業になる為、天候の推移に留意して責任者は調査の実施、あるいは延期を決定する。

## ⑩ 試料の採取および前処理

試料の採取は、それぞれの採取箇所で、できる限り同時刻に行う。SBR 槽内の試料はすぐに変化するので、速やかにろ過を行う。  
なお、分析に必要な試料の量を算定し、再試験分も考慮して採取量を決定する。

### 【解説】

- ・ 水質の時間変化を調査しているため、試料の採取時刻に差が生じることは好ましくない。また、作業が遅れ、次の工程に移行してしまうと、水質が変化してしまうので十分注意すること。
- ・ 記録用紙には、実際に試料を採取した時刻を記入する。
- ・ SBR 槽内の試料には活性汚泥が含まれており、採取後も DO の消費、硝化反応などが進行するため、すみやかにろ過を行い、ろ液を試料とする。
- ・ 異常な値が出た場合など、再試験を行う場合を考慮して試料採取量を決定する。



- ✓ 活性汚泥を含む試料は、バケツ（10リットル程度）でしばらく静置して活性汚泥を沈降させ、上澄水をろ過するとよい。
- ✓ SBR 槽流入水、SBR 槽流出水の採取は変化が少ないので、自動採水器を用い、まとめて分析を行ってもよい。



## ⑪ 試料の分析

試料の分析は、各污水处理場で通常実施している方法を用いる。ただし、分析能力が十分でない場合、簡易な分析法を用いてもよい。

なお、水温、DO、pH、ORP、汚泥界面は、ポータブル計器を用いて現場で測定する。

### 【解説】

- ・ 過去の水質データと比較するため、各処理場で通常行っている分析法を用いることを原則とする。
- ・ 人員、機器の数などが少ないなど、分析能力が十分でない場合、簡易な分析方法（吸光光度法、パックテスト等）を用いてもよい。また、SSに代わり濁度を用いてもよい。
- ・ 水温、DO、pH、ORPは採水後すぐに変化するので、ポータブル計器を用いて現場で測定する。ORP計が無い場合は計測しなくてもよい。
- ・ 汚泥界面計が無い場合、汚泥沈降速度またはSVIを測定する。



- ✓ 簡易な測定法を用いる場合、通常実施している分析法との相関関係を把握しておくのがよい。
- ✓ ポータブル計器は、あらかじめ校正、電解液の補充、バッテリーの充電等を行っておくこと。
- ✓ ポータブル計器の指示値が安定しない、あるいは連続的に変化する場合があるので、一定の時間経過した時点で平均的な数値を読み取るようにする。特に、計器の操作に慣れていない場合、あらかじめ練習しておくとうよい。
- ✓ 測定値に異常値がある場合は、残った試料により再試験を行う。なお、それでも解決しない場合でも、異常値の数が少ない場合は再調査を行う必要はない。（異常値は欠測扱いとする。）

## ⑫ 記録の作成

現場測定項目、分析室での測定項目を、試料採取箇所および採取時刻ごとに整理して記録する。あわせて、調査時間中の運転状況の記録を作成する。

### 【解説】

- ・ 現場測定項目（水温、DO、pH、ORP、汚泥界面、水位および採水時刻）は、試料採取箇所ごとに作成した記録用紙に採取時刻ごとに記録する。
- ・ 分析室での測定項目も、同様に採水箇所ごと、採取時刻ごとに整理する。
- ・ 運転状況については、調査対象SBR槽の流入水量、送風量、返送・余剰汚泥量のデータを記録する。





- ✓ 記録用紙は昆明第3処理場の例を参考に作成するとよい。
- ✓ 運転状況のデータがコンピュータで記録されている場合は、そのデータをプリントアウトしたものでよい。なお、運転状況データの記録が取れない場合は、運転担当者が定期的に表示値を読み取って記録する。
- ✓ 調査対象 SBR 槽の運転データだけを取り出せない場合、その槽を含む系列全体のデータでもよい。
- ✓ 現場にオンラインの測定器が設置されている場合、その指示値も合わせて記録しておく。

### ⑬ 評価

作成した記録は Excel に入力し、データの解析、評価を行う。

#### 【解説】

- ・ Excel を用いたデータの解析、評価事例を別添 2 に示す。

### ⑭ 補足調査

調査結果の解析、評価を行うときの補足データとするため、実験室で、活性汚泥の呼吸速度、硝化速度、脱窒速度等を測定する。

#### 【解説】

- ・ 実際の処理施設で観測したデータと比較するため、実験室において活性汚泥の硝化速度、脱窒速度を測定する。あわせて、活性汚泥の呼吸速度、嫌気状態におけるリン放出速度、好気状態におけるリン吸収速度を測定する。（測定方法は別添 3 に示す。）

## 資料D3-2

回分式活性汚泥法の評価に関する第1次報告書  
昭和61年11月18日  
日本下水道事業団技術評価委員会

(まえがき)

回分式活性汚泥法は、単一の反応槽により曝気、沈殿、処理水の排出等を行うもので、今世紀当初から下水処理の実験に用いられてきた処理方法であるが、実施設で採用されるには至っていなかった。しかしながら、近年の運転制御装置等の発達により、特に小規模な下水道において実用的な処理技術として見直されてきている。

この処理方法は、オーストラリア、アメリカ等の諸外国では、現在までにいくつかの下水処理場で採用されてきている。わが国においても下水道事業の重点が大都市から中小都市に移行し、下水処理場の規模も小さくなるにつれ、本処理方法が注目されており、現在、1処理場が稼働し、2処理場が建設中である。

本委員会は、昭和60年8月に出された日本下水道事業団理事長の諮問に応じ、回分式活性汚泥法の除去特性、特徴等について一般の都市下水を使用したパイロットプラントによる実験結果等に基づいて審議し、その結果を「第1次報告書」として報告することとした。

(評価の対象技術)

1. 本評価の対象とした回分式活性汚泥法（以下、本法という）は、単一の反応槽の中で、流入、曝気、沈殿、上澄水の排出等を時間的に順次繰り返す下水処理方式である。
2. 第1次報告書では、対象とするBOD-SS負荷は標準活性汚泥法の範囲（0.2-0.4 kg-BODs/kg-SS・日）程度のものとする。

回分式活性汚泥法の評価に関する第2次報告書  
昭和63年5月17日  
日本下水道事業団技術評価委員会

(まえがき)

回分式活性汚泥法は、単一の反応槽により曝気、沈殿、処理水の排出等を行うもので、今世紀当初から下水処理の実験に用いられてきた処理方法であるが、実施設で採用されるには至っていなかった。しかしながら、近年の運転制御装置等の発達により、特に小規模な下水道において実用的な処理技術として見直されてきている。

この処理方法は、オーストラリア、アメリカ等の諸外国では、現在までにいくつかの下水処理場で採用されてきている。わが国においても下水道事業の重点が大都市から中小都市に移行し、下水処理場の規模も小さくなるにつれ、本処理方法が注目されており、現在、1処理場が稼働し、8処理場で建設がすすめられている（昭和63年2月現在）。

本委員会は、昭和60年8月の日本下水道事業団理事長の諮問に応じ、回分式活性汚泥法の除去特性、特徴等について、一般の都市下水を使用したパイロットプラントによる実験結果等に基づいて審議し、その結果を「第1次報告書」として昭和61年11月に報告した。

「第1次報告書」では、標準活性汚泥法と同程度の高負荷の範囲の評価を行った。その後、汚泥発生量の低減や、ため込み運転による維持管理作業の軽減等を図るために、オキシデーションデイチ法等同程度の低負荷の範囲で、パイロットプラントによる調査を進めてきた。

これらの調査結果をつけ加えて、明らかになった事項について審議した結果を、「第2次報告書」として報告するものである。

(評価の対象技術)

1. 本評価の対象とした回分式活性汚泥法（以下「本法」という）は、主として小規模な処理場で用いられ、単一の反応槽に下水を流入させ、曝気、沈殿、上澄水の排出等を時間的に順次繰り返す処理方式である。
2. 第2次報告書では、対象とするBOD-SS負荷の範囲は0.03～0.4kg-BOD<sub>5</sub>/kg-SS・日とする。

## (評価の範囲)

沈砂池・スクリーンを経た下水が反応槽に流入し、流出するまでの下水処理過程、および余剰汚泥の濃縮性、脱水性を評価の範囲とする。

## (除去特性)

1. 本法は、都市下水の処理において、処理水のBOD、およびSSの値を下水道施行令第6条第1項に規定する技術上の基準（活性汚泥法、標準散水ろ床法その他これらと同程度に下水を処理することができる方法によって下水を処理する場合）に適合せしめる能力を有するものと認められる。
2. 評価の対象としたBOD-SS負荷の範囲では、有機物とリンの同時除去が期待できる。
3. 評価の対象としたBOD-SS負荷の範囲では、窒素の除去は標準活性汚泥法と同程度である。

## (特 徴)

## (1) 処理機能上の特徴

1. 本法では、流入下水の質・量の時間的変動が流入工程で平均化されるので、有機物の除去が安定している。
2. 本法では、1つの反応槽の中で1サイクル1)中に嫌気・好気の状態を交互に設定できるので、設計および運転条件によっては生物学的な栄養塩除去を図ることができる。
3. 本法では、1つの反応槽の中で1サイクル1)中に嫌気・好気の状態を交互に設定できるので、設計および運転条件によっては生物学的な栄養塩除去を図ることができる。
4. 本法では、嫌気工程を設けて脱窒を行うことにより、効果的にアルカリ度の回収を行うことができる。また、嫌気工程を設けない場合でも、沈殿、排出工程での脱窒により相応のアルカリ度の回収が行える。
5. 本法では、活性汚泥の沈殿が静止状態で行われるため、安定した固液分離が行われる。
6. 本法における処理水の透視度は、標準活性汚泥法について一般的にいわれている値と同程度である。

## (評価の範囲)

スクリーン等を経た下水が反応槽に流入し、上澄水として流出するまでの下水処理過程および余剰汚泥の濃縮性、脱水性を評価の範囲とする。

## (除去特性)

1. 本法は、都市下水の処理において、処理水のBOD、および、SS濃度の値を下水道施行令第6条第1項に規定する技術上の基準（活性汚泥法、標準散水ろ床法その他これらと同程度に下水を処理することができる方法によって下水を処理する場合）に適合する能力を有するものと認められる。
2. 評価の対象としたBOD-SS負荷の範囲のうちで、高負荷の領域では有機物とリンの同時除去が期待できる。
3. 評価の対象としたBOD-SS負荷の範囲のうちで、低負荷の領域では有機物と窒素の同時除去が期待できる。

## (特 徴)

## (1) 処理機能上の特徴

1. 本法では、流入下水の質・量の時間的変動が流入工程で平均化されるので、有機物の除去が安定している。
2. 本法では、沈殿、排出工程中であっても、処理機能を低下させることなしある程度以下の下水を流入させることができる。したがって、単一の反応槽のみによる連続流入式の運転も可能である。また、複数の系列を有する間欠流入式の場合においても、流入工程中の系列が設定水位に達した場合、曝気、沈殿、排出等の工程中のその他の系列に下水を流入させることができる。したがって、流量調整槽を設置することなく、ある程度以下の流入下水の流量変動に対応することが可能である。
3. 本法では、単一の反応槽において1サイクル中に嫌気・好気の状態を交互に設定できるので、設計および運転条件によって生物学的な栄養塩除去を図ることができる。
4. 本法において硝化を促進する場合、嫌気工程を設けて脱窒を行うことにより、効果的にアルカリ度の回収を行うことができる。また、嫌気工程を設けない場合でも、沈殿、排出工程での脱窒により相応のアルカリ度の回収が行える。
5. 本法では、活性汚泥の沈殿が静止状態あるいは静止状態に近い状態で行われるため、安定した固液分離が行われる。
6. 本法における処理水の透視度は、標準活性汚泥法について一般的にいわれている値と同程度である。

4. 本法における必要酸素量は、評価の対象としたBOD-SS負荷の範囲では、除去BOD、1 kg 当り0.5-1.5 kgである。この値は、標準活性汚泥法について一般的にいわれている値と同程度である。

3. 本法における汚泥発生量は、評価の対象としたBOD-SS負荷の範囲では、除去BODs 1kg当り1 - 2kg, 除去S 1 kg 当り0.8-1.3 kgである。この値は、標準活性汚泥法について一般的にいわれている値と同程度である。

7. 本法における汚泥の濃縮性と脱水性は、標準活性汚泥法の混合汚泥について一般的にいわれている値と同程度である。

#### (2)維持管理上の特徴

1. 本法においては、最終沈殿池、汚泥返送設備等が必要でないため、標準活性汚泥法に比較して施設構成が簡単で、維持管理に要する手間も少ない。

2. 本法においては、1 サイクル内の各工程の設定時間の配分を変えることにより柔軟な運転が可能である。

3. 活性汚泥界面の沈降速度は、主としてMLS S濃度、水温に関係する。したがって、本法においては季節的な水温の変化等に対応して必要な沈殿時間をより適切に定めることができる。

7. 本法における必要酸素量は、標準活性汚泥法のBOD-SS負荷の範囲(0.2 ~0.4kg-BOD<sub>5</sub>/kg-SS・日)では、除去BOD<sub>5</sub> 1kg当り0.5~1.5kgで、ある。この値は、標準活性汚泥法について一般的にいわれている値と同程度である。また、オキシデーションデイチ法等のBOD-SS負荷の範囲(0.03~0.07kg-BOD<sub>5</sub>/kg-SS・日)では、除去BOD<sub>5</sub>1kg当り1.5~2.5kgである。この値は、オキシデーションデイチ法等について一般的にいわれている値と同程度である。

8. 本法における汚泥発生量は、標準活性汚泥法のBOD-SS負荷の範囲(0.2 ~0.4kg-BOD<sub>5</sub>/kg-SS・日)では、BOD<sub>5</sub> 1 kg当り一般的にいわれている値と同程度である。

また、オキシデーションデイチ法等のBOD-SS負荷の範囲(0.03~0.07kg-BOD<sub>5</sub>/kg-SS・日)では、除去BOD<sub>5</sub>1kg当り0.3~1.5kg, 除去SS1kg当り0.3~0.8kgである。この値は、オキシデーションデイチ法等について一般的にいわれている値と同程度である。

9. 本法における汚泥の濃縮性と脱水性は、標準活性汚泥法の混合汚泥について一般的にいわれている値とほぼ、同程度である。ただし脱水性は低負荷になるにしたがって、やや悪化する傾向が認められる。

10. 本法においては、反応槽内に簡易な汚泥の濃縮部を設置することにより、2~3%程度の濃縮汚泥を容易に得ることができる。

#### (2)維持管理上の特徴

1. 本法においては、最終沈殿池、汚泥返送設備等が必要でないため、標準活性汚泥法に比較して施設の構成が簡単で、維持管理に要する手間も少ない。

2. 本法においては1サイクル内の各工程の設定時間の配分を変えることにより柔軟な運転が可能である。

3. 活性汚泥界面の沈降速度は、MLSS濃度が3,000mg/l程度を境として、低いMLSS濃度の領域では主としてMLSS濃度と水温に関係し、高いMLSS濃度の領域では主としてMLSS濃度に関係する。したがって、本法においては、必要な沈殿時間をMLSS濃度や季節的な水温の変化等に対応させて適切に定めることができる。

4. 本法においては、安定した固液分離が行なわれるので、適切な沈殿時間および、引抜き比を設定することにより、高いMLSS濃度での運転が可能である。

5. 本法においては、下水処理によって発生する汚泥を反応槽内にある程度貯留できるので、汚泥の引抜き頻度を少なくでき、汚泥管理に要する手間を標準活性汚泥法に比較して軽減することができる。

## (3) その他の特徴

1. 本法においては、上澄水の排出装置の構造および活性汚泥界面の沈降速度等による制約から、反応槽を著しく深くすることは経済的ではない。
2. 本法においては、反応槽内に簡易な濃縮部を設置することにより、2%程度の濃縮汚泥を容易に得ることができる。

## (設計に当たっての留意事項)

## (1) 一般的留意事項

1. 本法における1サイクル内の各工程の設定時間は、別添資料・設計編に示す手法によって求めることができる。
2. 流入下水の質・量の時間的変動が極めて大きい場合、1日の間の各サイクル毎の流入下水量がなるべく均等になるような対応策を検討する。
3. 雨天時等の流入下水量が著しく増加する場合には、平常時と異なる運転ができるような対応策を検討する。

## (2) 上澄水の排出装置に関する留意事項

1. 1サイクル当りの排出時間を設定する場合、上澄水の排出装置の越流負荷、活性汚泥界面上の最小水深等の他、塩素混和池、放流渠の容量との関連についても考慮する。
2. 上澄水の排出装置の故障等に備えて非常用排出装置を設ける。
3. 上澄水の排出装置には、スカム流出防止の対策を講ずる。

## (3) 曝気装置に関する留意事項

1. 曝気装置は、目づまりが生じにくく、流入工程や嫌気工程では攪拌のみを目的とした装置としても使えるものが望ましい。
2. 曝気装置からの酸素供給量の決定に当たっては、有機炭素化合物の除去と活性汚泥の自己酸化に必要な酸素量を考慮する。さらに、硝化が生じる場合には、硝化反応に必要な酸素量および脱窒反応に伴い低減できる酸素量についても考慮する。

## (3) その他の特徴

1. 本法においては、水深の深い反応槽を用いる場合、他の同程度のBOD-SS負荷の処理方法に比較して敷地面積を小さくすることができる。

## (設計に当たっての留意事項)

## (1) 一般的留意事項

1. 本去における1サイクル内の各工程の設定時間は、別添資料・設計編に示す手法によって求めることができる。
2. 流入下水の質・量の時間的変動が大きい場合、1日の間の各サイクルごとの流入下水量がなるべく均等になるような対応策を検討する。また、時間的変動がきわめて大きい場合は、反応槽容量の余裕を検討する。
3. 本法において、連続流入式を採用する場合、沈殿、排出工程中の流入下水量が少なくなるような対応策を検討する。
4. 雨天時等において流入下水量が著しく増加することが予想される場合には、平常時と異なる運転ができるような対応策を検討する。

## (2) 反応槽に関する留意事項

1. 本去においては、上澄水の排出装置の構造および活性汚泥界面の沈降速度等による制約から、反応槽を著しく深くすることは経済的ではない。また、反応槽を著しく浅くすることも、経済性や敷地面積を小さくできるという本法の特徴から好ましくない。
2. 本法においては、沈殿、排出工程中に下水が流入する場合があるので、下水が反応槽に流入する位置を、上澄水排出装置からできるだけ離すことが好ましい。さらに、流入した下水が活性汚泥界面を乱さないことや活性汚泥と流入した下水を十分に接触させることなどを考慮して、阻流板の設置等を検討する。

## (3) 上澄水の排出装置に関する留意事項

1. 1サイクル当りの排出時間を設定する場合、上澄水の排出装置の越流負荷、活性汚泥界面上の最小水深等のほか、塩素混和池や放流きよの容量との関連についても考慮する。
2. 上澄水の排出装置の故障等に備えて非常用排出装置を設ける。
3. 上澄水の排出装置には、スカム流出防止の対策を講ずる。

## (4) 曝気装置に関する留意事項

1. 曝気装置は、目づまりが生じにくく、流入工程や嫌気工程では攪拌のみを目的とした装置としても使用できるものが望ましい。
2. 曝気装置からの酸素供給量の決定に当たっては、有機炭素化合物の除去と活性汚泥の自己酸化に必要な酸素量を考慮する。さらに、硝化が生じる場合には、硝化反応に必要な酸素量および脱窒反応に伴い低減できる酸素量についても考慮する。

#### (4) 付帯設備に関する留意事項

1. 本法においては、原則的に最初沈殿池を設けないため、曝気装置や汚泥ポンプの故障の原因となるきょう雑物を反応槽流入前のバースクリーン等により除去したり、閉塞しにくい曝気装置、汚泥ポンプを使用する。
2. 簡単に運転条件を変更できる操作盤の採用を検討する。
3. 本法の維持管理を容易にするために、DO計等の測定・監視装置の設置を検討する。
4. 本法では、反応槽にスカムが蓄積しやすいので、スカム除去に関する検討が必要である。

##### (維持管理に当たっての留意事項)

1. 供用開始初期等で流入下水量の増加が続く場合や季節的な流入下水量の変動がある場合には、サイクル数、水深、1サイクル当りの曝気時間等を段階的に変更して経済的な運転を行うことが望ましい。
2. 上澄水の排出を適切に行うためには、MLSS濃度と活性汚泥界面の沈降速度を定期的に把握する必要がある。
3. 反応槽内のMLSS濃度が過度に高くなると沈殿工程に支障を来すので、余剰汚泥の引き抜きは適当な頻度で行う必要がある。

#### (5) 付帯設備に関する留意事項

1. 本法は、主として小規模処理場に用いられるため、施設構成の簡素化を意図して最初沈殿池を設けないことが多い。このため、曝気装置や汚泥ポンプの故障の原因となる、きょう雑物を反応槽流入前のバースクリーン等により除去したり、また閉塞しにくい曝気装置や汚泥ポンプ等を使用する。
2. 必要に応じて逆転条件を容易に変更できる簡易な操作盤を採用する。
3. 本法では、反応槽にスカムが蓄積しやすいので、スカム除去に関する検討が必要である。

##### (維持管理に当たっての留意事項)

1. 供用開始初期等で流入下水量の増加が続く場合や季節的な流量変動が大きい場合には、サイクル数、水深1サイクル当りの曝気時間等を段階的に変更して、経済的な運転を行うことが望ましい。
2. 本法において処理機能を確保するために、混合液の溶存酸素等を定期的に測定することが望ましい。
3. 上澄水の排出を適切に行うためには、MLSS濃度と活性汚泥界面の沈降速度を定期的に把握する必要がある。
4. 反応槽内のMLSS濃度が過度に高くなると沈殿工程に支障をきたすので、余剰汚泥の引き抜きは適当な頻度で行う必要がある。

## 資料 F1-1

### I. 業務指標：パフォーマンス インディケータ（PI）について

近年、民間企業などでは「PI」（Performance Indicator：業務指標）や「業績評価」といった手法を用いた経営が行われているが、地方公共団体においても評価システム（行政評価）の導入が進み、これらは財政状況の分析や事業の進捗管理、事業効果の点検・改善はもとより、市民への業務状況の説明などに活用されている。

これらの評価を行うことにより、計画を立て、事業に取り組み、その実施状況を評価し、評価結果を以降の方針に反映させていく、PDCA（Plan-Do-Check-Action）サイクルが確立される。以下、日本下水道協会から発行されている「下水道維持管理サービス向上のためのガイドライン（2007年版）」から、その概要を紹介する。

#### 1. 業務指標：PIの利用方法

##### ①事業体内部の目標設定

事業の具体的な問題点の把握、改善に向けた課題を明確にすることができる。

##### ②利用者に対する説明責任の遂行

事業が的確に運営されていることを客観的に、明確に示すことが可能となり、事業に対する利用者の理解を深めることができる。

##### ③事業運営に関わる課題の把握と分析、改善への取り組み

指標の経年的な変化を促え、あるいは同様の条件下の他事業体と比較衡量する中で、事業体が抱えている問題点を鮮明にすることができる。更に、他の関連指標による検証や詳細な分析と併せ事業改善策等の検討の契機とすることができる。

##### ④民間委託における契約条件

委託者、受託者間における契約条件の明確化、円滑な受託業務の遂行に活用出来る。等が挙げられる。

#### 2. PIの分類

| 指標の分類             | 指標数 | 指標の目的          |
|-------------------|-----|----------------|
| Op 運転管理の業務指標（管きょ） | 7   | 効率的な管きょ施設の維持管理 |
| Ot 運転管理の業務指標（施設）  | 12  | 効率的な水処理施設の運転管理 |
| U ユーザ・サービスの業務指標   | 17  | ユーザ・サービスの向上    |
| M 経営の業務指標         | 13  | 持続可能な経営        |
| E 環境の業務指標         | 7   | 環境負荷低減         |
| 合 計               | 56  |                |

### 3. CI（背景指標）とは

地域の法制度や地理的条件、人口、施設の規模や能力等、維持管理に関わる事業運営を進めていく上での条件、環境をいう。PIと組み合わせて、下水道事業の運営状況を表現するツールである。

各事業体の経営状況やサービス水準等をPIとして数値化することにより、事業者相互の比較が容易にできる。この際、PIはCIと一体で表現することで、いわゆる数字の一人歩きを防ぐように工夫されている。換言すれば、比較する事業体の置かれている状況が異なれば、同じPIでも数値が異なってくるのが必然であることを説明できるようにしている。CIには、定性的な表現(例えば温暖な南向きの急傾斜地など)を採用しても良いが、今回のガイドラインの例示では行われていない。

#### CIの分類と例示

| 〈事業体の特徴〉(9項目)    |  |
|------------------|--|
| 項目名              | 例示   |
| ・事業体の名称          | 〇〇下水道局   |
| ・地方公営企業法の適用の有無   |  |
| ・事業名             | 公共下水道、特定環境保全公共下水道、特定公共下水道、流域下水道等   |
| ・事業規模            | 総務省「下水道事業経営指標・下水道使用料の概要」分類区分(処理区域内人口別区分、有収水量密度別区分、供用開始後年数別区分により、東京、政令指定市を除き規模別に分類) |
| ・職員数(人)          | (総務省決算状況調査)  |
| ・資金収支(決算収入額)(千円) | 料金、企業債、国庫補助金、一般会計繰入金、その他収入(総務省決算状況調査、下水道に関する実態調査)                                  |
| ・資金収支(決算支出額)(千円) | 維持管理費、元金償還金、企業債利子、建設費、改良費(総務省決算状況調査)   |
| ・維持管理費(千円)       | 管きよ費、ポンプ場費、処理場費、その他(総務省決算状況調査)   |
| ・維持管理費民間委託率(%)   | 日本下水道協会「下水道統計」、施設別維持管理費を参照して、委託費用を合算する。<br>維持管理費民間委託率＝委託費／維持管理費×100                |



#### 4. 留意事項 中小規模都市での利用等

同じ下水道事業といっても、対象人口が 1,000人規模から 100万人以上まで差があつて、同じ尺度では量れないところに、ガイドライン作成の限界がある。

ガイドラインはその性格上、使用頻度の高い、ある程度の規模をもった事業を想定せざるを得ないので、中小規模の事業にはあまり関係しない指標も含まれる。

指標は全部で 56項目あるが、事業形態によっては該当しないものもある。

日本の下水道は大都市で合流式により整備されたところから始まった。雨天時の吐口からの放流水質に問題があり、現在は合流改善が進められている。したがって、近年採択される事業は皆、分流式である。

下水道のシステムが異なればその指標の立て方も異なる。経営形態、つまり地方公営企業法適用の有無によっても違ってくる。

##### 【経年劣化が進んだ歴史の古い下水道】

○ p 10、30、40、50、60

○ t 10

##### 【下水道に起因する事故】

U 90 (人口1万人規模の下水道では、10倍に換算されてしまう)

##### 【下水道サービスに関する苦情】

U 100、U 110 (苦情受付に関する統計が必要)

##### 【財務関連の指標】

本来、事業体の経営状況を分析するに当たっては、収益性や生産性など複数の視点から様々な財務指標を用いて多角的に分析する必要がある。しかし、それらの財務指標の多くが、地方公営企業法適用事業(法適事業)体でなければ算出できないことから、法非適の事業体が大半を占める下水道事業においては、ほとんど使えないものとなつてしまう懸念があり、まずできるだけ多くの事業体に算出していただくことを基本として、官庁会計でも算出できる指標の中から、さらに必要最小限のものに厳選されている。

経営状況をより正確に分析するためには、将来的な課題として、法適用(或いは企業会計の考え方の導入)に向け積極的に取り組む必要があり、この場合のためのさらに高度な利用をするための財務指標も示されている。

**【その他留意事項】**

下水処理による再生水は都市部では貴重な水資源であるが、高度処理した処理水でなければ利用できないので、指標としては重要だが適用は限られる。

また、下水汚泥リサイクル率（E30）は発生汚泥を緑農地や建設資材、エネルギーとして利用した数字だから産廃業者を通じて坦立処分している事業ではゼロである。

合流式下水道の改善に係わる取り組みも、古くから下水道の整備に取り組んできた都市に限られる。

このように 56の指標があるが、前述のような理由から全ての指標を使う必要はない。

**自らが関わる事業の運営改善のため何が問題か、目的によって使用指標は、それぞれ異なることになる。**

## 初沈の閉塞予防と（閉塞した場合の）処置

（高碑店処理場の「出砂量」は比較的lowく、初沈の排泥管（汚泥引き抜き管）の逆洗設備の設計と運転方法に関する資料）

### I. 閉塞予防について

①原因物資の沈砂、スクリーンかすの除去について調査の上、施設（設備）内容の検討が必要。また、日本における沈砂池の設計基準は下記となっている。

（下水道施設計画・設計指針と解説 2009 年版前編 P 358～第 3 章ポンプ場施設による）

- ・雨水沈砂池の水面積負荷は  $3600\text{m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{日})$
- ・沈砂池の平均流速は  $0.3\text{m} / \text{秒}$  程度
- ・沈砂池の滞留時間は  $30 \sim 60$  秒程度
- ・沈砂発生量合流式の場合、下水量  $1000\text{m}^3$  当たり  $0.001 \sim 0.05\text{m}^3$  程度
- ・スクリーンかす発生量合流式の場合、下水量  $1000\text{m}^3$  当たり  $0.0005 \sim 0.05\text{m}^3$  程度

②閉塞しにくい汚泥ポンプの採用

現状のポンプ型式について不明であるが、J S の標準仕様において初沈汚泥ポンプとして下記の 2 種が採用されており、砂分が多く閉塞が予想される場合は、「無閉塞型汚泥ポンプ」を推奨する。また、汚泥引き抜き管の口径は  $150\text{mm}$  以上とし、管の閉塞時に圧力水による逆洗浄用の配管を設置し、棒等による掃除口を配管屈曲部近辺に考慮している。

a. 無閉塞型汚泥ポンプ（主な仕様）

- ・原則として口径  $100\text{mm}$  以上
- ・原則としてプーリ駆動方式
- ・最大通過粒径は口径の **70%** 以上



b. 吸込スクリュ付汚泥ポンプ（主な仕様）

- ・原則として口径  $100\text{mm}$  以上
- ・原則としてプーリ駆動方式
- ・最大通過粒径は口径の **50%** 以上



表 7.3.1 渦巻ポンプ羽根車の例

|        | 無閉塞   | 吸い込みスクリュー  | ボルテックス  |
|--------|---|--|---|
| 羽根車の形状 |  |  |  |
| 特徴     | 通路面積を確保した詰まりにくい構造の効率がいくぶん低いポンプ  | 一枚羽を有する通路面積が広いにもかかわらず比較的高効率のポンプ  | 繊維質のきょう雑物を含む汚物に適していて、無閉塞よりさらに通路面積を確保した効率が犠牲になったポンプ                                  |
| 維持管理性  | 小口径ポンプの羽根車には繊維質のきょう雑物が絡み、その除去作業が生じる   | 閉塞性能は、無閉塞とボルテックスのほぼ中間に位置する   | 無閉塞と比較し、つまりや絡みが少ない  |

(下水道維持管理指針 2003 年版後編 P291)

## II. 閉塞時の処置について

- ① 圧力水による逆洗浄
- ② 掃除口より棒等による閉塞物の除去
- ③ ポンプ吸込み部の点検口より閉塞物の除去
- ④ 配管の分解により閉塞物の除去 (分解を可能とするための配管構造とする)

## 消化槽投入汚泥濃度のコントロール方法について

初沈引き抜き一汚泥濃縮一嫌気性消化メタンガス発生のシステムにおける汚泥濃度のコントロール方法（低濃度の汚泥が嫌気性消化に入るのをどのように防止するか、初沈汚泥と余剰汚泥を分離濃縮すべきかどうか、混合濃縮する場合に濃縮槽分離液の ss が高くなるのを防止できるかどうか？）

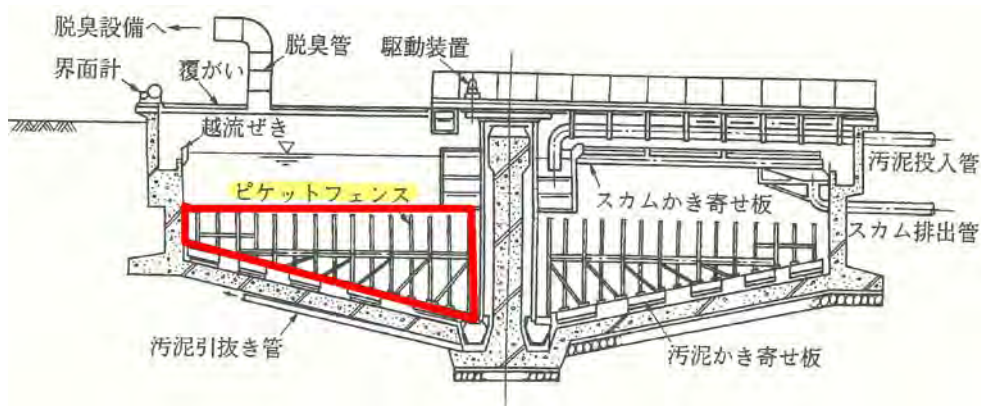
### I. 分離濃縮の検討について

- ・ 「濃縮汚泥の含水率が 98%以上となった場合には、生汚泥と余剰汚泥を各々別に濃縮する分離濃縮について検討することが必要である。」（下水道施設計画・設計指針と解説 2009 年版後編 P 325 第 3 節汚泥濃縮による）
- ・ 「最近では、汚泥を機械的に濃縮し高濃度汚泥を汚泥消化タンクに投入する高濃度消化方式の採用が増えている。この方式では、タンクの有効容積が小さくでき、加温エネルギーが少なくて済む。また、脱離液の抽出を行う必要が無いことに加え、投入汚泥量当たりの消化ガスの発生倍率が高まる。」（下水道施設計画・設計指針と解説 2009 年版後編 P 341 第 4 節汚泥消化による）

### II. 重力濃縮汚泥の低濃度対策

- ① 「適正な汚泥管理を行うため、汚泥界面計を設けることが望ましい。」
- ② 「汚泥濃縮を効率的に行うため、汚泥かき寄せ機にピケットフェンスを設けることが望ましい。」

（下水道施設計画・設計指針と解説 2009 年版後編 P 329 第 3 節汚泥濃縮 § 5.3.4 付帯設備による）



### ③汚泥の引抜きについて

「濃縮汚泥の引抜きは、タイマや汚泥濃度計を利用し自動で間欠的に行われる。安定して一定固形物濃度の濃縮汚泥を引抜くには、1 回の引抜き時間を短くして均等に引抜くようにする。（下水道維持管理指針 2003 年版後編 P 313(3)濃縮汚泥の引抜きについて）

### Ⅲ. その他

#### ① 汚泥輸送・貯留施設の前処理について

##### § 5.2.5 付帯設備

汚泥輸送の付帯設備を設けるときは、次の各項を考慮して定める。

- (1) 必要に応じて汚泥輸送・貯留施設の前処理として沈砂、ごみの除去装置を設ける。
- (2) 必要に応じて除去装置から発生する沈砂、ごみ等の処理及び処分を容易にするための装置を設ける。

##### 【解説】

###### (1)について

汚泥処理の一般的な処理方法である濃縮、消化、脱水、焼却等の各処理施設に沈砂、ごみが入ることにより処理に悪影響を及ぼすため、汚泥輸送の前処理施設として必要に応じて除砂装置、除塵装置等を、また、水処理施設から発生する汚泥を汚泥処理施設に送泥して処理する場合、汚泥を一時貯留する汚泥貯留タンクや調整タンクなどの前にも必要に応じてこれらの装置を設けるとよい。

この場合の除砂装置としては排砂ポンプ、サイクロン、ごみの除去装置としては自動除塵機、スクリーンなどが一般的である。

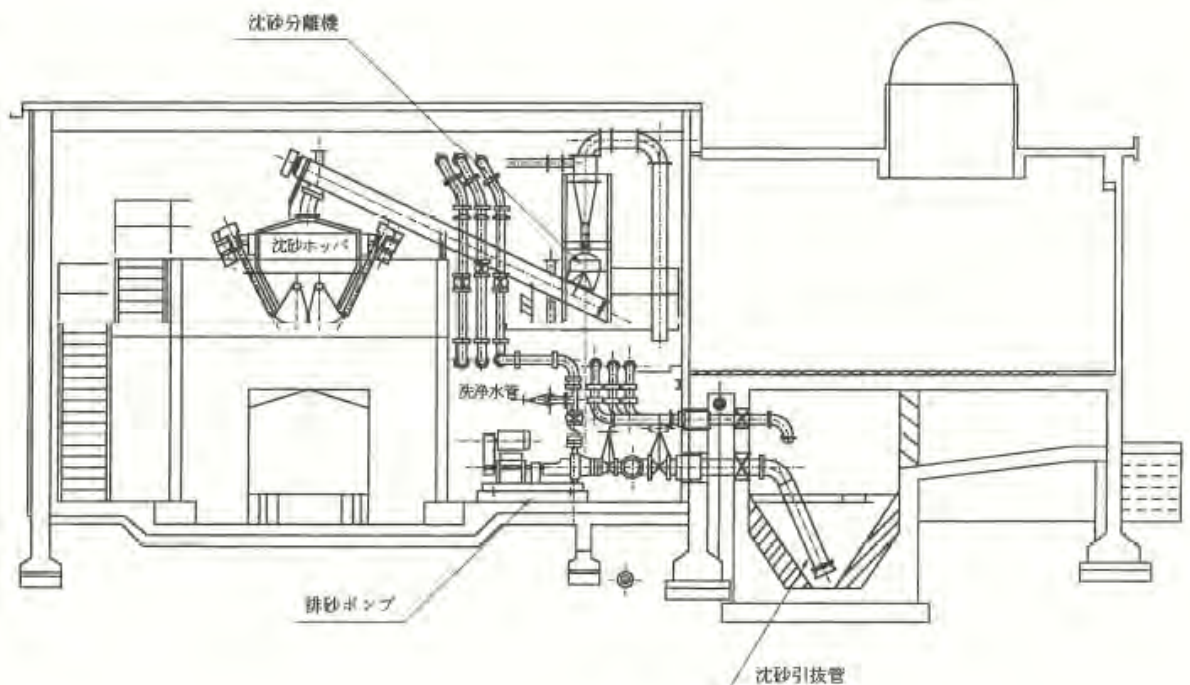
###### (2)について

前処理施設等を設置した場合にはさらに沈砂、ごみ等の搬出や処分を容易にするための装置を設けることが望ましい。

除砂装置から発生する沈砂を処理するため、必要に応じて沈砂分離機を、また、沈砂の搬出貯留設備として沈砂ホップを設けるとよい。

ごみの除去装置で取り除いたものは、減量化を目的とした脱水装置を、また、ごみの搬出貯留設備としてのコンベヤ及びごみホップなどを設けると運搬が容易となる。

(下水道施設計画・設計指針と解説 2009 年版後編 P 321 第 2 節汚泥輸送 § 5.2.5 付帯設備による)



(下水道施設計画・設計指針と解説 2009 年版後編 P 324 図 5.2.6 前処理施設の例による)