

# 潮江下水処理場処理水再利用技術 に関する研究

## 1. 研究目的

高知市の市立公園「わんぱくこうち」内の人工池は閉鎖水域のため、汚濁が進みアオコの発生など環境上の問題を引き起こしている。そこで、高知市は下水処理水利用促進の観点から隣接する潮江下水処理場処理水を高度処理し、この池に放流することで閉鎖性を解消して池を浄化することを計画した。さらに、処理水の高度処理にあたっては高知県内で生活排水処理に実績のある木質系充填物を利用した簡易なフローの浄化方式の適用を合わせて推進するものである。

本研究は平成9年度から3ヶ年の計画で高知市と当財団が共同研究として実施しており、全体の工程は表-1 のようである。

表-1 研究工程

|      | 9年度 | 10年度                 | 11年度 |
|------|-----|----------------------|------|
| 基本検討 | ——  |                      |      |
| 実験調査 |     | パイロットプラント実験<br>カラム実験 |      |
| 性能評価 |     |                      | ——   |
| まとめ  |     |                      | ——   |

平成10年度は以下の項目を目的にパイロットプラントの実験を中心として、窒素・りん等の除去特性を把握するとともにカラム実験によって充填物の基礎特性を調査することとした。

- (1) 最適運転条件の把握  
窒素・りん等の除去性能の確認（パイロットプラント実験）と除去機構の検討（カラム実験）
- (2) 設計手法の確立  
スケールアップ時の装置各部分の容量推定方法の確立

## 2. 研究内容

### 2.1 対象技術の概要

木質系充填材などの自然浄化作用を利用する浄化方式である。図-1 に示すような分割された槽にそれぞれ目的を有する充填材を投入し、さらに必要に応じて曝気するようになっている。

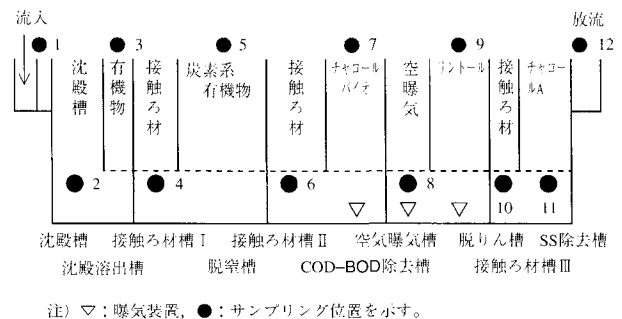


図-1 浄化方式模式図(槽構成 I (RUN1) の場合)

また、各槽の機能について表-2 に示す。

表-2 槽の機能

| 番号 | 槽名称        | 充填物      | 目的               |
|----|------------|----------|------------------|
| 1  | 沈殿槽        | なし       |                  |
| 2  | 沈殿溶出槽      | 炭素系有機物   | 脱窒準備             |
| 3  | 接触ろ材槽Ⅰ     | 接触ろ材     | SS, 有機物除去        |
| 4  | 脱窒槽        | 炭素系有機物   | 脱窒               |
| 5  | 接触ろ材槽Ⅱ     | 接触ろ材     | SS, 有機物除去        |
| 6  | COD-BOD除去槽 | チャコールバイオ | COD, BOD, LAS 除去 |
| 7  | 空曝気槽       | なし       | 好気状態維持           |
| 8  | 脱りん槽       | リントール    | 難溶解性りん化合物生成      |
| 9  | 接触ろ材槽Ⅲ     | 接触ろ材     | SS, 有機物除去        |
| 10 | SS除去槽      | チャコールA   | 脱色, SS 除去        |

2.2 研究項目

2.2.1 パイロットプラント実験

表-3 にパイロットプラントの概略仕様を示す。

表-3 パイロットプラント概略仕様

| 項目   | 仕様                                 |
|------|------------------------------------|
| 流入水  | 潮江下水処理場最終沈殿池流出水                    |
| 流入水量 | 最大50m <sup>3</sup> /日              |
| 施設構造 | 系列数 1系列                            |
|      | 段数 10段                             |
|      | 寸法 幅1.0m×長16.2m×深4.15m             |
| HRT  | 15.6hr (流入水50m <sup>3</sup> /日のとき) |

実験は以下をパラメータとして種々変化させ実施した。

[パラメータ] 槽構成：4種類 (図-1, 図-2 参照)

流入水量：50, 25, 12.5m<sup>3</sup>/日

有機源 添加位置：第1槽, 第3槽

種類：廃糖蜜/メタノール

添加量：12, 24, 48mg/L

リントール充填量：500, 1000kg

2.2.2 カラム実験

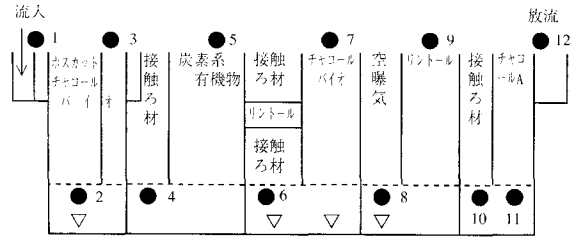
図-3 にカラム実験装置を示す。リントールの交換期間を把握するために、実際の処理場で採取した処理水を流入水として通水し実験した。

3. 研究成果

3.1 パイロットプラント実験

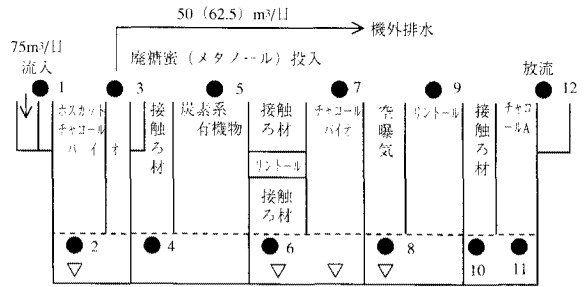
3.1.1 実験条件

表-4 にパイロットプラント実験各RUNのねら



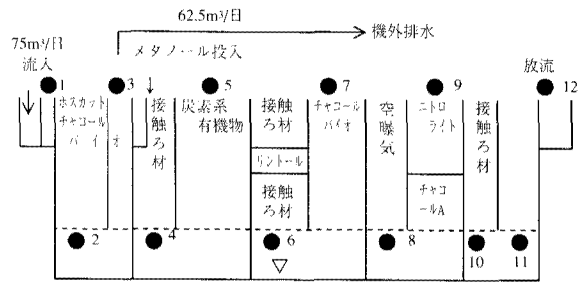
酸化槽Ⅰ 接触ろ材槽Ⅰ 脱りん槽Ⅰ 空曝気槽 脱りん槽Ⅱ SS除去槽  
酸化槽Ⅱ 脱窒槽 COD-BOD除去槽 接触ろ材槽Ⅱ  
注) ▽: 曝気装置, ●: サンプル位置を示す。

(a) 槽構成Ⅱ (RUN 2 ~ 3)



酸化槽Ⅰ 接触ろ材槽Ⅰ 脱りん槽Ⅰ 空曝気槽 脱りん槽Ⅱ SS除去槽  
酸化槽Ⅱ 脱窒槽 COD-BOD除去槽 接触ろ材槽Ⅱ  
注) ▽: 曝気装置, ●: サンプル位置を示す。

(b) 槽構成Ⅲ (RUN 4 ~ 7)



酸化槽Ⅰ 接触ろ材槽Ⅰ 脱りん槽Ⅰ 空曝気槽 SS除去槽 沈殿槽  
酸化槽Ⅱ 脱窒槽 COD-BOD除去槽 接触ろ材槽Ⅱ  
注) ▽: 曝気装置, ●: サンプル位置を示す。

(c) 槽構成Ⅳ (RUN 8 ~ 9')

図-2 パイロットプラント槽構成

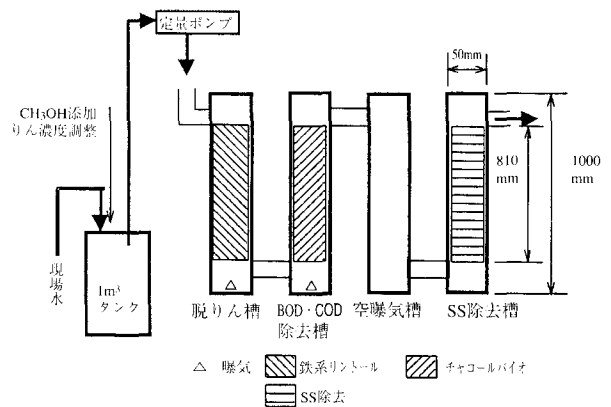


図-3 カラム実験装置

表-4 パイロットプラント実験条件

| RUN | 期 間           | 実験の狙いと条件設定  | 槽構成 | 流入水量<br>(m/H) | 有 機 源    |            |    | 曝気位置         |
|-----|---------------|---|-----|---------------|----------|------------|----|--------------|
|     |               |   |     |               | 添加<br>位置 | 添加量 (mg/l) |    |              |
|     |               |   |     |               | 廃糖蜜      | メタノール      |    |              |
| 1   | 4/1 ~ 7/10    | 当初  | I   | 50            | -        | -          | -  | 第6, 7, 8槽    |
| 2   | 7/11 ~ 8/5    | 硝化促進: 第1, 2槽曝気<br>脱窒促進: 有機源(廃糖蜜)添加<br>脱りん促進: 鉄系リントール充填(500kg) 曝気第5槽   | II  |               | 第3槽      | 12         | -  | 第1, 5, 6, 7槽 |
| 3   | 8/6 ~ 10/21   | 脱窒促進: 有機源(廃糖蜜) 増量×2   |     |               |          | 24         | -  |              |
| 4   | 10/23 ~ 11/10 | 脱窒促進<br>脱りん促進   流入負荷減第3槽以降滞留時間×2  | III | 25            |          |            | -  |              |
| 5   | 11/11 ~ 11/20 | 脱窒促進: 有機源(廃糖蜜) 増量×4   |     |               |          | 48         | -  |              |
| 6   | 11/21 ~ 11/27 | 脱窒促進<br>脱りん促進   流入負荷減第3槽以降滞留時間×4  |     | 12.5          |          |            | -  | 第5, 6槽       |
| 7   | 11/28 ~ 12/18 | 脱窒促進: 有機源変更 廃糖蜜→メタノール   |     |               |          | -          | 48 |              |
| 8   | 12/26 ~ 1/8   | 脱窒促進: 無酸化促進-メタノール投入位置第1槽<br>脱りん促進: リントール増量(当初500kg→1,000kg)<br>SS除去促進: SS増加に対応しニトロライト-チャコールA充填第8槽<br>色度対策: 第6槽曝気<br>(流入負荷増: 滞留時間×1) | IV  | 50            | 第1槽      | -          | 24 | 第5槽          |
| 9   | 1/9 ~ 1/16    | 脱窒促進<br>脱りん促進   流入負荷減第3槽以降滞留時間×4<br>(無酸化戻し: メタノール投入位置第3槽)   |     | 12.5          | 第3槽      | -          |    |              |
| 10  | 1/17 ~ 1/22   | 脱窒促進: 無酸化促進-メタノール投入位置第1槽  |     |               | 第1槽      | -          |    |              |
| 9'  | 1/23 ~ 2/26   | RUN9を再試。実験期間の延長   |     |               | 第3槽      | -          |    |              |

□: 逆洗実施

いと実験条件をまとめて示す。実験は平成10年4月から平成11年2月までほぼ連続して実施した。途中、RUN4およびRUN8の開始前に充填物の洗浄を行っている。

### 3.1.2 実験結果

全実験期間中における対象物質(指標)の実験装置への流入水中と流出水中の濃度の経日変化の例を示す。図-4は窒素, りんの流入水および流出水の濃度と装置全体としての除去率を示すものであるが、全てのRUNで除去されていることがわかる。D-BOD, CODについても全RUNで除去されていた。SSはRUN7までは除去されて、流入水より放流水の方が低下していたが、RUN8以降はほとんど除去できていなかった。色度は全RUNで流入水より放流水の方が高くなっていた。濁度はRUN3までは除去していたが、RUN4~RUN7では流入水と放流水で変化なく、RUN8以降は放流水で増加していた。

### 3.2 カラム実験結果

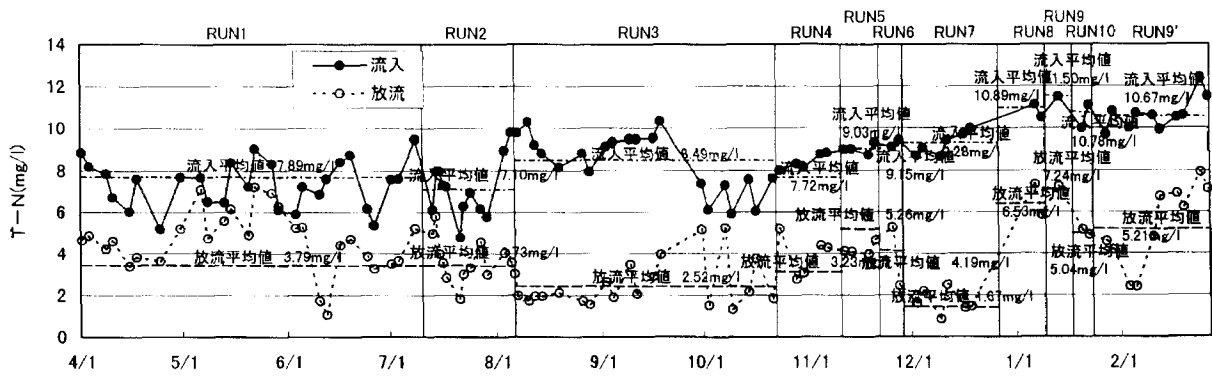
カラム実験装置にパイロットプラント最大流入量に相当する25L/日を連続通水し、りん除去性能および色度・濁度の状況を調べた。その結果、T-Pについては通水初期の20日間程度までは徐々に除去性能が低下するが、それ以降は大きな変化はなかった。

また、濁度については脱りん槽出口において高い濁度を示すが、通水後約20日間で徐々に低下し、以後は変化していない。これは通水直後ではリントールに含まれる鉄表面が清浄な状態であり、酸素との反応性が高く、鉄イオンの溶出が活発であり、反応が進みやすいためと考えられる。このため、通水初期には難溶解性のりん酸鉄の生成量が多く、濁度の原因となると思われる。一方、色度については流出水の色度が徐々に上昇し続ける傾向があった。

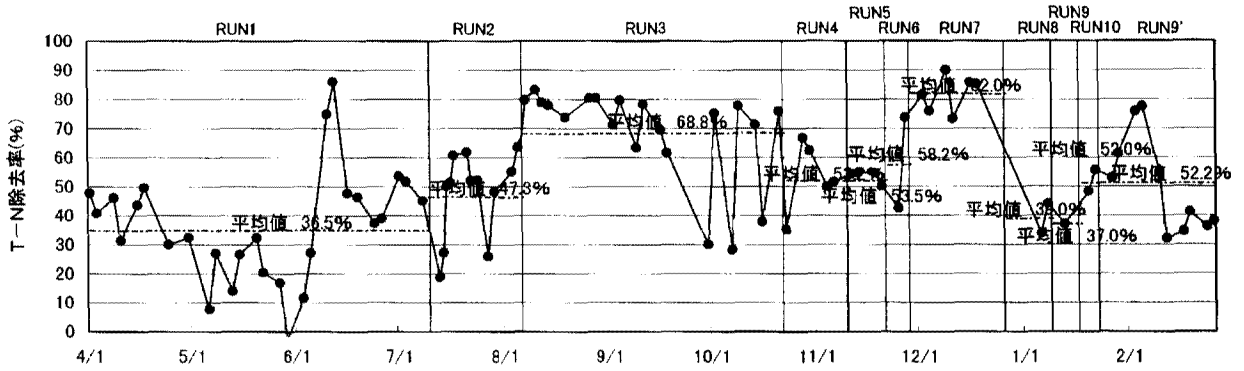
### 3.3 性能評価検討

#### 3.3.1 窒素除去

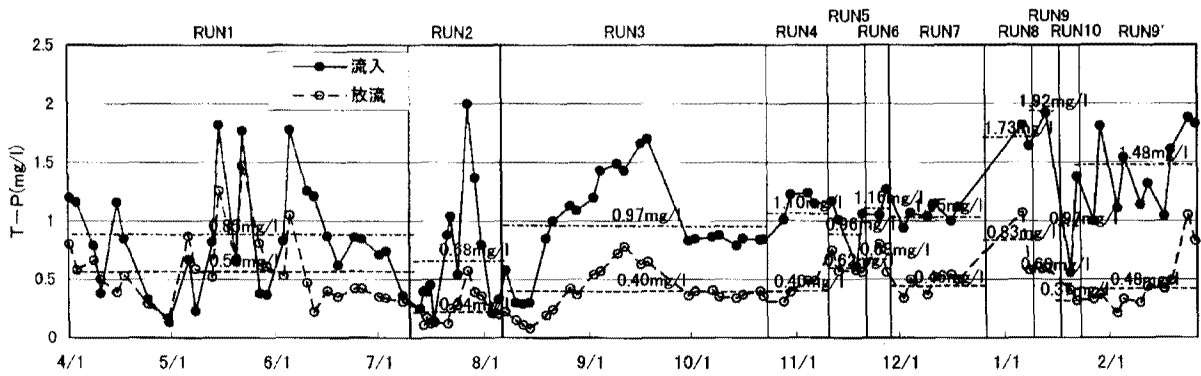
窒素除去率はRUN8のとき最高で80%程度に達したが、放流水で2~5mg/Lであった。図-5に各RUN毎の各槽における窒素各態成分を示す。接触ろ材槽I, 脱窒槽および脱りん槽Iの間でD-T-Nが低下している。各態別の窒素について見ると、有機性窒素は全槽に亘り概ね変化しない。接触ろ材槽Iおよび脱窒槽でNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Nが還元され、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-Nが生成している。NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-Nはさらに還元され、N<sub>2</sub>ガスとして大気拡散してT-Nが低下することになるが、RUN3やRUN9'では再び酸化してNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Nになり、脱窒が中断している。図-6に各槽の脱窒速度を示すが、脱窒槽後段の脱りん槽でも速度が大き



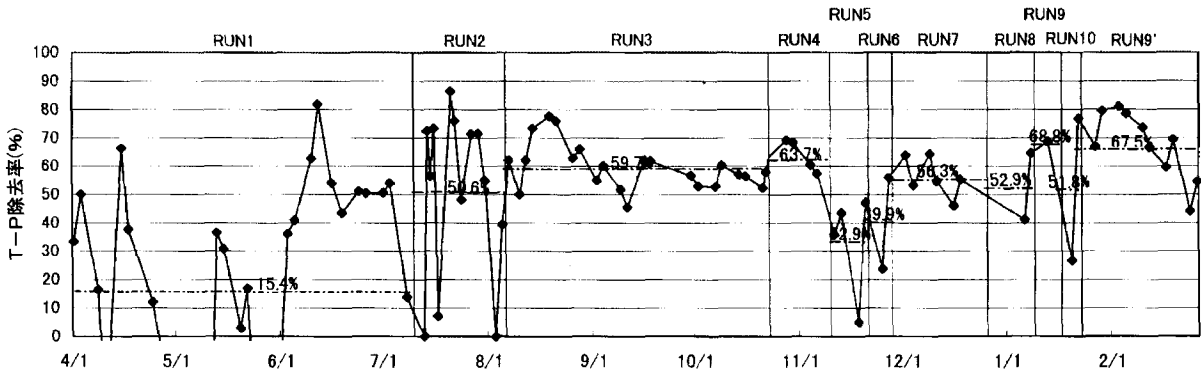
(1) T-Nの経日変化



(2) T-N除去率の経日変化 (流入→放流)



(3) T-Pの経日変化



(4) T-P除去率の経日変化 (流入→放流)

図-4 窒素・りん除去結果

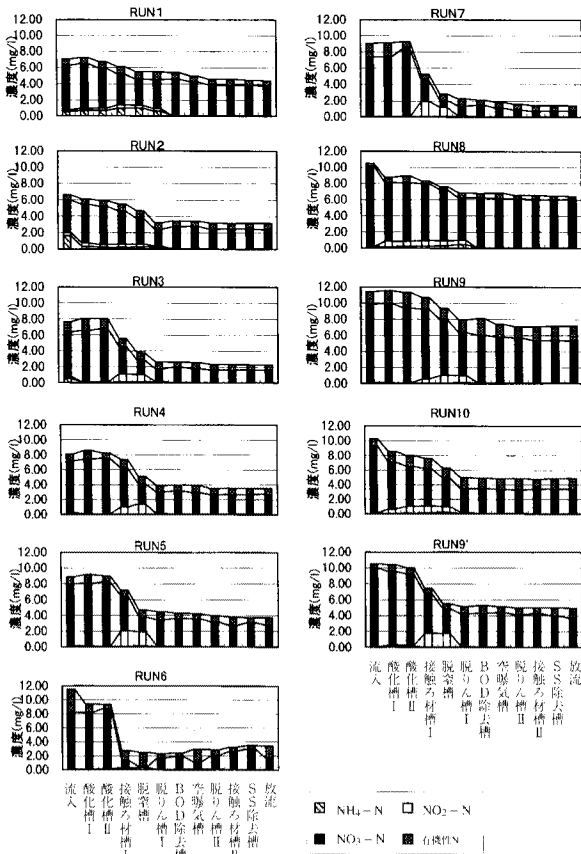


図-5 D-T-N成分の各槽における変化

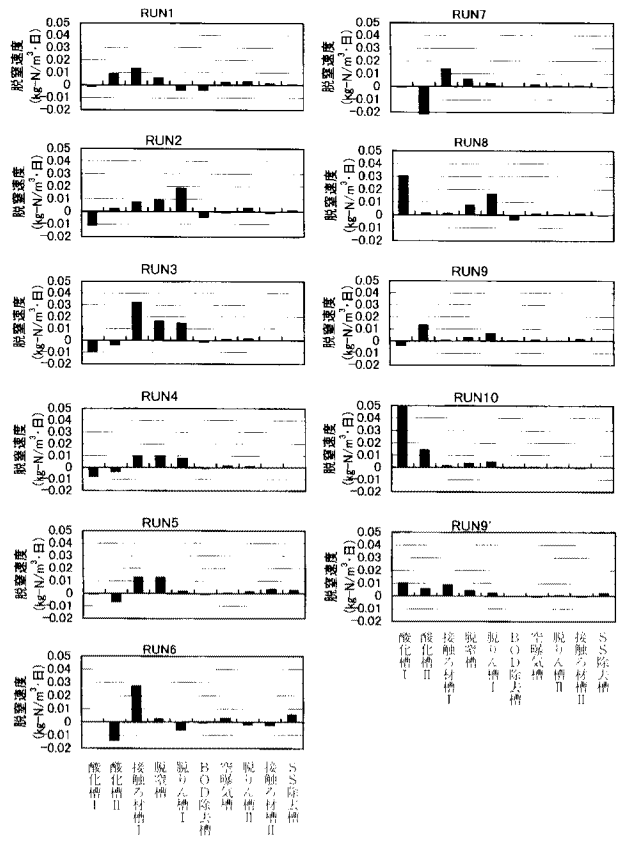


図-6 脱窒速度の各槽における変化

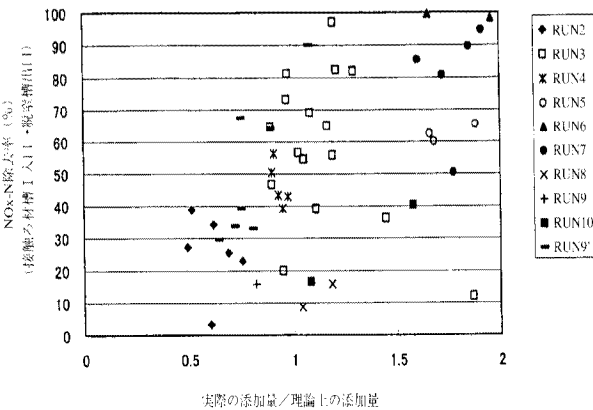


図-7 有機源添加量と窒素除去率

なる例がある。これらから、現状の脱窒槽では容量が不足していると考えられ、適正容量の検討が必要である。

図-7に有機源添加量と窒素 (NO<sub>x</sub>-N) 除去率の関係を示す。横軸の理論添加量は流入水のT-Nから必要な有機源量を算出したものである。これより、T-N除去率80%程度を目標とすると有機源添加量は理論値の1.2~1.5倍程度となる。

### 3.3.2 りん除去

パイロットプラント実験では、りん除去率はRUN9'で最高の67%程度であった。RUN3以降、概ね50~70%程度であり、放流水で0.5mg/L程度であった。

カラム実験では流出水T-Pは0.3mg/L程度であり、パイロットプラント実験と同程度であり、パイロットプラントにおいてもリントールの性能は十分現れていると思われる。

### 3.3.3 D-BOD, COD, SS除去

放流水D-BODは概ね、3mg/L以下であったが、流入水と放流水の比較から見たD-BODの除去性能にはバラツキが大きく、最高で80%、最低で-60%(放流で増大)であり平均で20%程度であった。これは脱窒用に添加する有機物の残留の影響が大きい。実設備の設計に当たっては、添加有機源量から脱りん槽後段に配したBOD除去槽の適正化を検討する必要がある。

CODについては平均除去率が20%程度であった。流入水中のCODは処理場の二次処理工程で易分解性のCODが分解した後に残った難分解性CODと見られ、本方式では現状以上の除去は困難と思われる。

実設備において必要ならば別途除去を検討することになる。

SSはパイロットプラント実験ではRUN4～7で10mg/L以上、それ以外では3mg/L程度であったが、カラム実験の結果からりん除去時に発生する難溶解性のりん酸鉄が増加の原因と見られる。よって、リントールを500kgから1,000kgに増加させたRUN8以降はほとんど除去できていない。りん除去槽後段にろ材による除去槽を強化するなどの必要がある。

### 3.3.4 色度，濁度改善

パイロットプラントでは放流水色度は流入水よりも高い20度以上であり，全く改善できなかったが，カラム実験においてはチャコールバイオおよびチャコールAを充填した槽での改善効果がみられた。運転条件などさらに検討する必要がある。

濁度についてはSS同様，りん酸鉄の生成と関連しており，リントールが500kgであったRUN7までは3度程度であったものが，リントール充填量が多くなったRUN8以降では高く（8度程度）なる傾向であった。SS除去性能を高めることと併せて改善を図ることになる。

## 4. まとめ

### 4.1 平成10年度のまとめ

#### (1) 脱窒状況について

硝化反応および脱窒反応の総体としてのT-N除去率は，メタノール有機物添加量24mg/Lで，T-N

除去率70%以上を達成できるものと思われるが，放流T-Nは3mg/L程度であった。脱窒槽での亜硝酸性窒素の還元が不十分であり，後段で再び硝酸性窒素となり残留する。

有機源の必要添加量は流入水質から算出した理論添加量の数十%増であった。

#### (2) りん除去状況について

T-P除去率は概ね50～70%であり，放流水質は0.5mg/L程度であった。

#### (3) D-BOD，色度，濁度について

##### ① D-BOD

除去性能はバラツキがあるが，放流D-BODは，概ね3mg/L程度であった。

##### ② 色度

全てのRUNにおいて流入水よりも放流水の色度が高く，概ね20度以上であった。

##### ③ 濁度

放流水で3～8度程度であったが，鉄系リントール充填量の多い（充填量1,000kg）RUNでは5度以上となった。

### 4.2 今後の課題

平成11年度は長期定常運転実験を予定しているが，

- i) 脱窒において槽の最適容積負荷が把握できていない。
  - ii) 色度が流入水より悪化する。
- などの問題があるため，さらに槽構成を変えた条件での実験を実施し，実験条件を決定する。

●この研究に関する問い合わせは 研究第一部長  
研究第一部主任研究員  
研究第一部研究員

大嶋 吉雄  
星野 寧  
木町 元康