

光触媒法による返流水処理（その2）

—溶解性 COD を中心とした有機物除去効果—

横浜市

○ 宮下 茂昭
田邊 孝二

1. はじめに

汚泥処理返流水処理施設処理水は、難分解性 COD 成分が高濃度で残留するため、返送先処理場に様々な影響を与えている。本研究では上記処理水に光触媒法 (PCP 法: Photocatalytic Process) を適用することにより難分解性 COD 成分を除去し、将来導入される高度処理施設の処理の安定化を図るとともに、公共用水域に直接放流可能な処理水質が得られるか検証することを目的としている。

2. 実験概要

2-1.平成 15 年度に引き続き汚泥処理返流水処理施設の処理水を対象とし、テ-ラ-テスト規模の実験装置を使用して光触媒法を適用した処理実験を行った。実験フローは、反応筒を 4 筒使用した連続処理と 1 筒のみ使用した循環処理実験の 2 種類を行った。また PCP 法の光源は、近紫外線ランプ (A 社製 BL ランプ (以下 ABL と表記):主波長 352nm)、低圧紫外線ランプ (A 社製と B 社製 UV ランプ (以下 AUV と BUV と表記):主波長 254nm)、真空紫外線ランプ (B 社製 VUV ランプ (以下 BVUV と表記): 主波長 185nm + 254 nm) の 3 種を使用し、処理性能について比較検討を行った。

2-2.上記と同様な内容で、都筑高度処理水の砂ろ過水に光触媒法を適用した処理実験を行った。

1) 処理目標

2-1.については、東京湾への放流基準 COD20mg/l 以下を安定して達成するために目標水質を 15 mg/l 以下に設定した。

2-2.については、目標 1 として東京湾流総計画の長期目標値 COD8mg/l 以下に目標 2 として都筑高度処理水の砂ろ過水の実績値 COD6.2mg/l 以下に、目標 3 として滋賀県湖南中部浄化センター超高度処理施設目標値 COD3mg/l 以下に設定した。

2) 調査時期と調査回数

一期(H16. 11.26-12.14)・二期(H17.1.26-2.16)・三期(H17.2.25-3.15)の計 3 回実施した。

3) 実験条件と実験プロセス

連続処理実験 (一期実験、二期実験、三期実験) の実験条件を表-1 に示す。

循環処理実験 (一期実験、二期実験、三期実験) の実験条件を表-2 に示す。

表-1. 連続処理実験の実験条件

| 調査時期 及び 調査期間 | 原水名 | 条件名 | 実験条件 | | | | | | | |
|---|--------------------|----------------|-----------|---------------|----------|----------------|-----------------|-----------------|-------------|------------|
| | | | PCP 担体 | 使用ランプ と反応筒 | 反応 筒数 | 処理流量 (ml/分) | 反応筒 HRT (分)* | 総処理水量 (L) | 運転日数 (日) | |
| 一期 (H16.11/29 ~12/14) | 高度 処理水の 砂ろ過水 | ICABL | HQC51 | ABL | SUS 製 | 2 | 30 | 7.30-6.98 | 604.8 | 反応筒毎 14 |
| | | ICAUV | | AUV | | | | 7.17-7.13 | | |
| | | ICBUV | | BUV | | | | 7.12-7.08 | | |
| | | ICBVUV | | BVUV | | | | 7.03-7.07 | | |
| 二期 前半:H17. 1/24-2/5 後 半:2/6-2/16 | 高度 処理水の 砂ろ過水 | 前 半 II CABL | HQC51 | ABL | sus 製 | ろ過 筒+4 | 30 | 7.1-6.9-6.9-7.0 | 302.4 | 反応筒毎 7 |
| | | II CAUV | | AUV | | | | 6.9-6.9-6.8-7.0 | | |
| | | 後 半 II CABL | | ABL | | | | 7.1-6.9-6.9-7.0 | | |
| | | II CBUV | | BUV | | | | 6.9-6.9-6.8-7.0 | | |
| 三期 (H17.2/28 ~3.15) | 返流水 処理施設 処理水 | III CABL | HQC51 | ABL | 塩ビ 製 | ろ過 筒+4 | 7.5 | 22-21.6-21-21 | 75.6 | 反応筒毎 7 |
| | | III CBUV | | BVUV | | | | 28-28-27.8-26.6 | | |

*. 二期と三期の HRT は 1 筒-2 筒-3 筒-4 筒の順番で各筒毎の値を示す。

表-2. 循環処理実験の実験条件

| 調査時期 及び 調査期間 | 原水名 | 条件名 | 実験条件 | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------|----------|-----------|---------------|----------|----------------|----------------|--------------|-------------|------|
| | | | PCP 担体 | 使用ランプ と反応筒 | 反応 筒数 | 処理流量 (ml/分) | 反応筒 HRT (分) | 総処理水量 (L) | 運転日数 (日) | |
| 一期 (H16.11/29 ~12/27) | 返流水 処理施設 処理水 | IR7.5 | HQC51 | ABL | 1 | 7.5 | 20 | 45 | 14(28) | |
| | | IR15 | | 塩ビ製 反応筒 | | | 10 | | | |
| | | IR30 | | 30 | | | 5 | | | |
| 二期 (H17.1/26 ~2/9) | 高度 処理水の 砂ろ過水 | II R15 | HQC51 | ABL | 1 | 15 | 11.3 | 50 | 14 | |
| | | II R30 | | 塩ビ製 反応筒 | | | 5.5 | | | |
| | | II R60 | | 60 | | | 2.7 | | | |
| | | III R7.5 | | BVUV | | | 7.5 | | | 27.5 |
| 三期 (H17.2/28 ~3/14) | 返流水 処理施設 処理水 | III R15 | HQC51 | SUS 製 反応筒 | 1 | 15 | 13.7 | 50 | 14 | |
| | | III R30 | | | | | 30 | | | 6.8 |
| | | III RG15 | | | | | 15 | | | 12.8 |

4) 実験装置及び実験方法

代表例として図-1 に第三期の光触媒連続実験装置フロー図、図-2 に第三期光触媒循環実験装置フロー図、表-3 に実験方法を示す。

表-3. 実験方法

| 光触媒法 | ウ-ミンクアップ | 紫外線ランプを 実験開始 30 分前に点灯する |
|------|----------|---|
| | pH 調整 | 実験試料の pH 値を約 7.5 に調整後、 実験を開始した |
| | 試料採水方法 | 各期の実験とも始めに試料を全量採水し、 各実験条件とも同一試料を使用した |

図1. 第三期光触媒連続実験装置フロー図

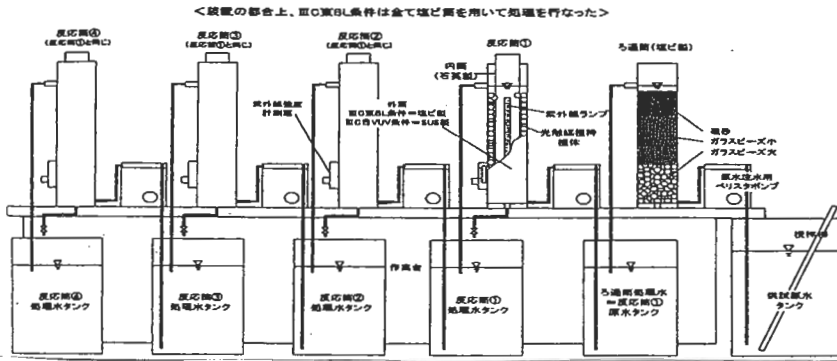
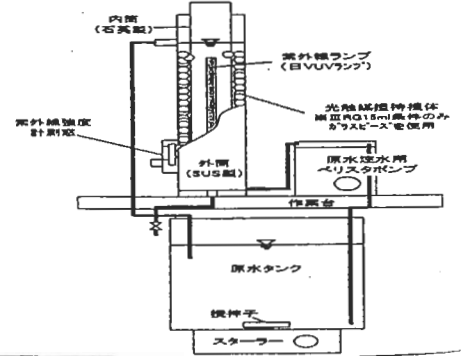


図2. 第三期光触媒循環実験装置フロー図



3. 実験結果と考察

3-1 一期実験結果

表-4に第一期の原水の性状を示す。表-4に示すように、連続実験の原水についてはCOD濃度にばらつきが見られた。循環実験の原水は5Aろ紙でろ過したものを実験に供した。しかし、返流水処理が不安定であったためNO₂-N濃度が1.43mg/l、SS濃度が3.1mg/lと若干高め濃度であった。

表-4. 第一期の原水の性状

| 実験の種類 | 連続実験 | | | | 循環実験 |
|---------------------|-------|------|-------|------|-------------|
| | 原水の種類 | 都筑下水 | 処理場高度 | ろ過水 | 返流水処理水の砂ろ過水 |
| COD _{Mn} | 6.83 | 6.28 | 6.73 | 7.78 | 29.7 |
| S-COD _{Mn} | — | — | — | — | 26.0 |
| NO ₂ -N | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.43 |
| SS | 2 | 1以下 | 1以下 | 1以下 | 3 |

1) 連続実験結果

図-3にSCOD処理結果を示す。

図-3. SCOD処理結果

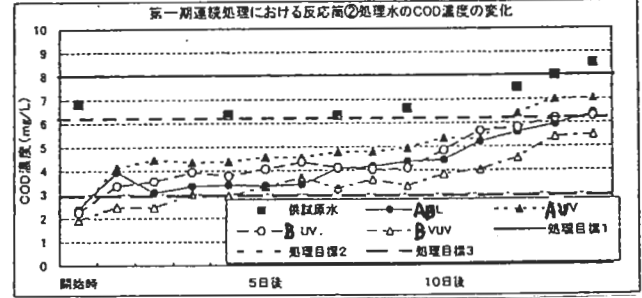
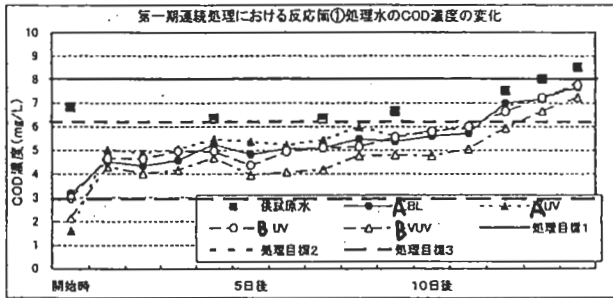


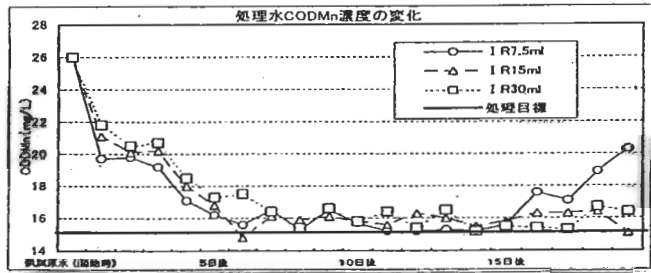
図-3より、①使用したランプの種類によりSCOD除去性能は異なり、BVUV > BUV > ABL > AUVの順であった。また②処理目標1(8mg/l ≧ SCOD)は全ての条件で達成していたが、処理目標2(6.2mg/l以下)はBVUVの2筒目のみで達成していた。

2) 循環実験結果

図-4にSCODの除去結果を示す。

図-4より、①処理開始15日後までの濃度変化はどの流量条件も良く似た傾向を示し、処理水SCOD濃度は処理開始9日頃にかけて低下した後は15日後まで15mg/lをやや上回る濃度で推移しており、処理目標は達成出来なかった。②流量条件毎の変動を比較すると、若干の逆転現象があるものの反応筒内処理時間の長いIR7.5mlの条件が最も良好な処理水が得られていた。③一方処理開始18日以降は各条件とも処理水のSCOD濃度が上昇する傾向(特にIR7.5mlの条件で顕著)が見られた。この時期には近紫外線が照射されない反応筒下部の筒内に藻類が繁殖・剥離しているのが肉眼でも確認されており、反応筒内の担体に付着・堆積した粒子状有機物質や藻類が増殖・剥離したことにより処理が悪化したものと推察される。

図-4. SCOD除去結果



3.2 二期実験結果

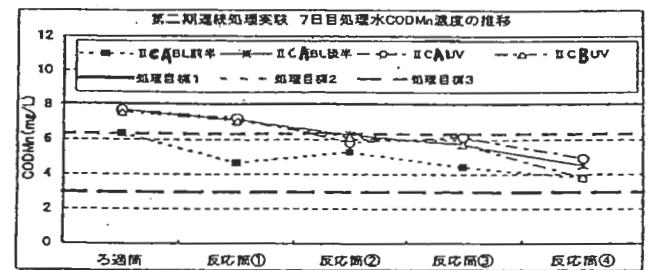
第二期では連続実験の原水のSS濃度が処理に与える影響を極力排除する目的で、光触媒処理前段でろ過筒によるろ過処理を実施し、ろ過筒処理水を原水とした。循環実験についても同様に採水した供試水は5Bろ紙で一括ろ過したものを実験原水とした。

1) 連続実験結果

図-5にSCOD除去結果を示す。

図-5よりSCODの挙動を比較すると、各条件とも処理目標1はろ過筒処理水の段階で達成していたが、処理目標3は未達成であった。処理目標2の達成について比較すると、ろ過筒処理水濃度自体が低かったII CABL前半条件では反応筒①の段階で、II CAUV条件とII CBUV条件では反応筒②の段階で、II CABL後半条件では反応筒③の段階でそれぞれ達成していた。

図-5. SCOD除去結果



2) 循環実験結果

図-6に SCOD 除去結果を示す。

図-6より SCOD 濃度についてみると、①採水した原水の時点で処理目標1の8mg/l以下であった。また処理目標2についても各条件とも処理開始1~2日後にかけて達成しており、処理目標3についても処理開始6~7日後を目処に達成されていた。②各処理条件について比較すると、原水タンク内の回転に要するII R15ml条件の処理が若干遅れる傾向がある他はII R30条件もII R60条件も殆ど同一の傾向を示していた。

3.3 三期実験結果

表-5に第三期の原水の性状を示す。

第三期に連続実験に使用した原水は採水後5Aろ紙または5Bろ紙でろ過した後実験に供した。また第二期に引き続きろ過筒によるろ過処理を実施し、ろ過処理水を対象にPCP処理を行った。循環実験においても原水は採取後5Bろ紙でろ過し、実験原水とした。

1) 連続実験結果

図-7に SCOD 処理結果を示す。

図-7より、①返流水処理水を対象としてBVUVランプとABLランプを使用した4筒連続処理実験を比較すると、BVUVランプの方が安定して優れていた。②反応筒毎に紫外線ランプの種類別のSCOD除去量を比較すると、反応筒①ではBVUVランプの除去量が多く、反応筒②・③ではほぼ同等の除去量、反応筒④ではABLランプの除去量が多いという結果になった。これはBVUVランプの処理が劣化したのでは無く、BVUVランプは除去能力が高いため分解可能な有機物を比較的早い段階で処理してしまい、反応筒④には比較的難分解性の有機物濃度が高い処理原水しか流入しないための現象であると推測される。③処理目標(15mg/l以下)の達成について見ると、BVUV条件では反応筒④処理水の段階で安定して達成していたが、ABL条件では達成できなかった。

2) 循環実験結果

図-8に原水タンク内のSCOD除去結果を示す。

図-8より、第一期と同様な処理傾向にあった。しかし原水のSCOD濃度が高かった(一期:26.0mg/l、三期:31.6mg/l)ため、ABLランプより処理効率の高いBVUVランプを使用しても14日後のSCOD濃度は各流量条件7.5、15、30ml/分で各々17.5、16.4、16.7mg/lであり、処理目標(15mg/l以下)を達成することは出来なかった。

4. まとめ

4-1. 返流水処理水に光触媒処理法を適用した場合

表-6. 返流水処理水にPCP法を適用した場合の処理目標達成度

| 有機物指標 | 目標値 | 第三期連続処理実験 | | 第一期循環処理実験 | | | 第三期循環処理実験 | | | | |
|--------------|----------|-----------|---------|----------------|----------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | ABL条件 | BVUV条件 | ABLランプ使用 | | | BVUVランプ使用 | | | | |
| | | | | III C ABL | III C BVUV | 7.5ml/分条件 (I R7.5ml) | 15ml/分条件 (I R15ml) | 30ml/分条件 (I R30ml) | 7.5ml/分条件 (III R7.5ml) | 15ml/分条件 (III R15ml) | 30ml/分条件 (III R30ml) |
| COD | 15mg/L以下 | 達成不可 | 反応筒④処理水 | 達成不可 | 達成不可 | 達成不可 | 達成不可 | 達成不可 | 達成不可 | 達成不可 | 達成不可 |
| 通算反応筒接触時間(分) | | (96.0) | 110.5 | 83.1~98.3分/14日 | 83.1~98.3分/14日 | 82.8~98.8分/14日 | 67.2~79.7分/14日 | 67.2~79.7分/14日 | 67.2~79.7分/14日 | 67.2~79.7分/14日 | |

- (1) 連続流処理実験では、BVUV条件の反応筒④処理水の段階で処理目標(15mg/l以下)を達成していたが、ABL条件では達成できなかった。
- (2) 循環処理実験では、
 - ① 第一期及び第三期とも処理目標の達成はなされなかった。
 - ② 同じVUVランプを使用して同一の供試原水に対して実施した第三期の循環処理実験(III RBVUV条件)では、第三期の連続処理実験(III CBVUV条件)に比べて通算反応筒接触時間が短かったために処理目標の達成がなされなかったものと推定される。

4-2. 下水高度処理水の砂ろ過水に光触媒法を適用した場合

- (1) 供試原水は採取時に既に処理目標1とほぼ同等のSCOD濃度であったため、循環処理実験及び連続処理実験ともに処理目標1、2とも比較的容易に達成できた。
- (2) 処理目標の3については、連続処理実験では達成されず、循環処理実験でのみ達成出来た。

問い合わせ先: 横浜市環境創造局環境施設部水再生施設課 宮下茂昭、〒236-0003
横浜市金沢区幸浦1-17 TER045-773-3056 E-mail sh00-miyashita@city.yokohama.jp

図-6. 原水タンク内のSCOD除去結果

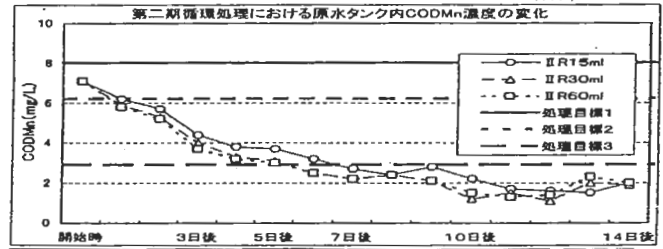


表-5. 第三期の原水の性状 (mg/l)

| | 連続実験原水 | | 循環実験原水 |
|-------|-----------------|---------|-----------|
| | 返流水処理施設処理水の砂ろ過水 | | |
| 採水日 | H17.2.25 | H17.3.4 | H.17.2.25 |
| | 5Aろ過後 | 5Bろ過後 | 5Bろ過後 |
| SCOD | 33.0 | 34.8 | 31.6 |
| NO2-N | 1.49 | 1.05 | 2.44 |
| SS | 3 | 2 | 2 |

図-7. SCOD 処理結果

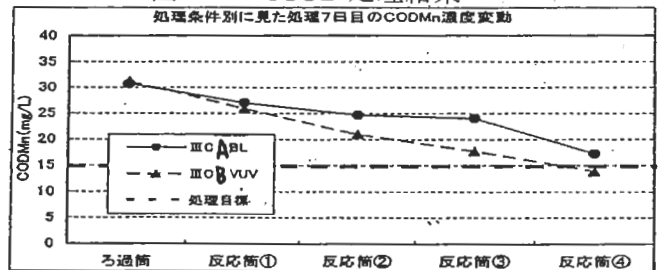


図-8. 原水タンク内のSCOD除去結果

