

# PET ボトルリサイクル工場排水を処理する多段型人工湿地の1年目の浄化性能

○ (非) 森拓馬<sup>1</sup>, (正) 武田文彦<sup>2</sup>, (正) 中野和典<sup>2</sup>, (非) 稲葉一剛<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> 日本大学大学院工学研究科土木工学専攻, <sup>2</sup> 日本大学工学部土木工学科, <sup>3</sup> 株式会社稲葉商店)

## 1. はじめに

人工湿地は、自然の湿地での浄化メカニズムである沈殿、生物分解、酸化反応と還元反応の連動を原理として、浄化の制限となる条件（水の有無）を人工的にコントロールした半自然条件下で水質浄化性能を向上させたシステムであり、低コストかつ省エネルギーでの運用を可能とした持続可能な排水処理法として期待されている。ヨーロッパ諸国ではガイドラインが整備され、人工湿地の普及が推奨されている。一方、わが国では、全国 15 箇所で行われている人工湿地を用いた排水処理が行われているが、その適用は畜舎排水に限られている。従って、工場排水をはじめとする様々な産業排水への適用事例は未だ乏しく、持続可能な排水処理法としての人工湿地の信頼性について検討する必要がある。そこで本研究では、人工湿地の工場排水への適用としてわが国で初めての事例である PET ボトルリサイクル工場排水を浄化処理する実スケールの人工湿地を調査対象とし、稼働開始一年目の水質浄化性能を評価した。

## 2. 調査対象及び方法

調査対象とした人工湿地は、静岡県富士市の PET ボトルリサイクル工場である (株) 稲葉商店で 2012 年 5 月より実際に稼働している 4 つの濾床で構成される総面積 143 m<sup>2</sup> の鉛直流式人工湿地システムである。その排水処理のフローを図-1 に示す。主に PET ボトルの飲み残しである残留排水と PET ボトルの洗浄工程で生じる洗浄排水は、それぞれ別の経路で調整用人工湿地に流入する。そして後段の 3 つの人工湿地濾床を経て浄化処理が行われる仕組みである。本研究では、これら後段の 3 つの人工湿地の 1 年間の浄化性能について調査を実施した。

## 3. 結果および考察

### 3.1. 運転条件および処理水量

17 ヶ月の処理期間における温度条件及び処理水量を図-2 に示す。稼働開始から 1 年間の現地の平均気温は 17.1 度、平均水温は 17.6 度であった。日最高及び最低水温は、それぞれ 31.7 度及び 6.6 度を示した。日処理水量は、最初の 4 ヶ月はほぼ 10 m<sup>3</sup> 以下であっ

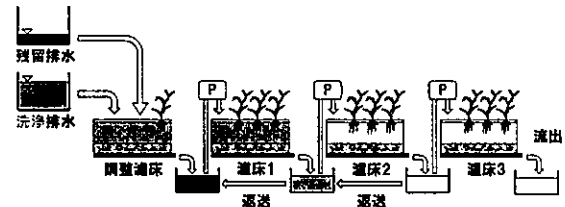


図-1 鉛直流式人工湿地システムによる排水処理のフロー

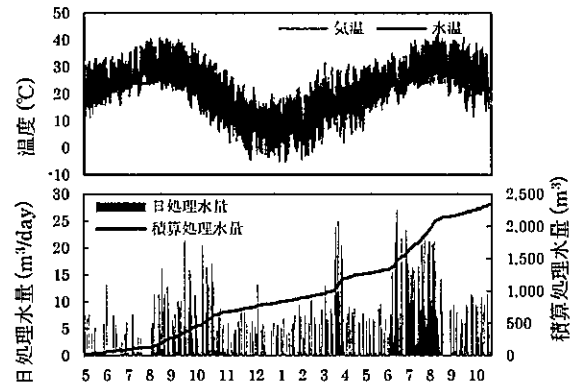


図-2 17ヶ月の運転期間における処理水量と温度条件

たが、その後工場の稼働率の上昇に伴い増加する傾向を示し、稼働開始から 17 ヶ月間の積算処理水量は、2340 m<sup>3</sup> に達した。1 日あたりの平均処理水量は 4.41 m<sup>3</sup> であり、最大日処理水量は 27 m<sup>3</sup> であった。

### 3.2. 後段の 3 つの人工湿地濾床全体の浄化性能

稼働開始から 15 ヶ月間の後段の 3 つの人工湿地濾床による BOD<sub>5</sub>、T-N、T-P 除去性能の推移を図-3 に示す。BOD<sub>5</sub> 流入濃度の平均値、最大値及び最小値は、それぞれ 2157、6182 及び 8mg/l であった。その流出濃度は、それぞれ 213、696 及び 3mg/l であった。その結果、BOD<sub>5</sub> の平均除去率は 90% となったが、冬季の 2 月から 3 月において明らかな処理能力の低下が観察されたことから、稼働開始 1 年目の人工湿地の微生物活性が水温の低下の影響を大きく受けることが示唆された。

一方 T-N 流入濃度の平均値、最大値及び最小値は、それぞれ 7.0、23.0 及び 1.6mg/l であった。流出濃度は、それぞれ 1.7、6.8 及び 0mg/l であった。その結果、T-N の平均除去率は 75% となり、好氣的と考えら

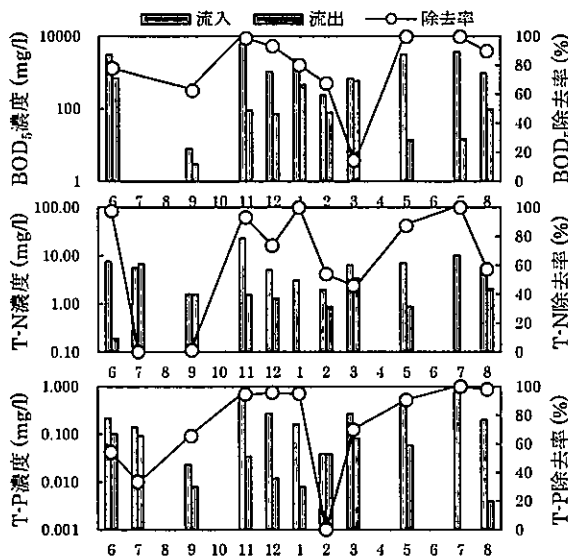


図-3 15ヶ月間の後段の3つの人工湿地濾床による除去性能の推移

れる鉛直流人工湿地でも脱窒が進行することが分かった。稼働開始から間もない7月から9月及び冬季の2月から3月における処理能力の低下は、BOD<sub>5</sub>より顕著であり、BOD<sub>5</sub>以上に1年目の処理性能が不安定であることが示された。

一方、T-P 流入濃度の平均値、最大値及び最小値は、それぞれ 0.31、0.84 及び 0mg/l であった。流出濃度は、それぞれ 0.04、0.10 及び 0mg/l であった。その結果、平均除去率は 87%に達した。人工湿地におけるリンの除去は、植物による吸収作用と濾材による吸着作用によると考えられ、冬季の2月に観察された除去率の低下は、植物の吸収作用の低下を反映していると考えられた。

### 3.3. 後段の3つの人工湿地濾床各段の浄化性能

15ヶ月間の処理における後段の3つの人工湿地それぞれの寄与率を図-4に示す。BOD<sub>5</sub>では、濾床1、濾床2及び濾床3の寄与率は、それぞれ74%、19%及び6%であった。T-Nでは、濾床1、濾床2及び濾床3の寄与率は、それぞれ76%、24%及び0%であった。T-Pでは、濾床1、濾床2及び濾床3の寄与率は、それぞれ

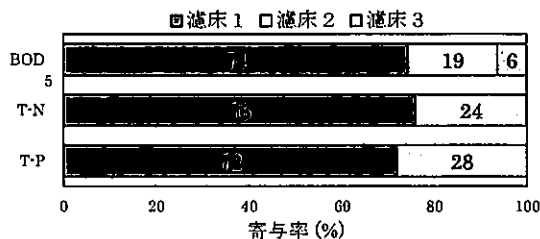


図-4 15ヶ月間の処理における後段の3つの人工湿地それぞれの寄与率

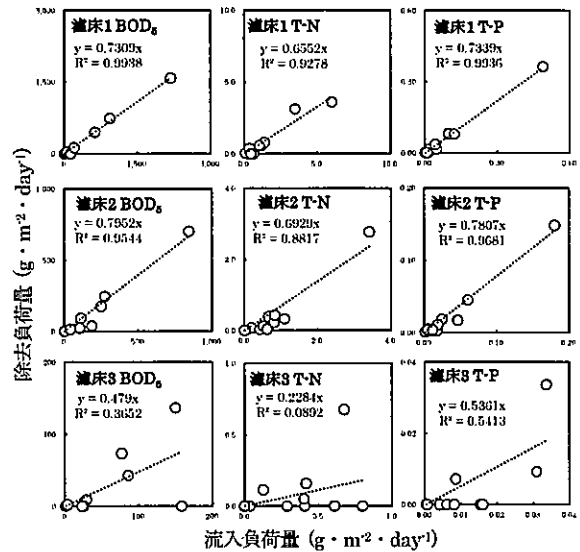


図-5 後段の3つの人工湿地濾床それぞれにおける流入負荷量と除去負荷量の関係

72%、28%及び0%であった。従って、水質項目に関わらず濾床1の寄与率が非常に高く、逆に濾床3の寄与率が非常に低いことが明らかとなった。

後段の3つの人工湿地濾床それぞれにおける流入負荷量と除去負荷量の関係を図-5に示す。近似直線の傾きは、それぞれの人工湿地濾床による除去率に相当し、相関係数(R<sup>2</sup>)は除去性能の安定性を示している。濾床1及び濾床2と比較して濾床3の近似直線の傾きは明らかに小さく、相関係数も明らかに小さいことが分かる。これらにより、濾床3の浄化性能の向上が本人工湿地システムの今後の課題であることが明らかとなった。この要因として、濾床2による処理時点で懸濁物質や易分解性物質の大半が除去され、濾床3には主に溶存態の難分解性物質が流入したことや脱窒に必要な有機物が不足したことが考えられた。

### 4. まとめ

人工湿地によるPETボトルリサイクル工場排水の処理性能について調査した結果、以下のことが分かった。

- (1) BOD<sub>5</sub>、T-N及びT-Pの平均除去率は、それぞれ90%、75%及び87%であった。
- (2) BOD<sub>5</sub>、T-N及びT-Pの除去性能は稼働開始1年目の冬季に低下する。
- (3) 好氣的と考えられる鉛直流式人工湿地でも脱窒が進行する。
- (4) 水質項目に関わらず濾床1の寄与率が非常に高く、逆に濾床3の寄与率は非常に低い。濾床3の浄化性能の向上が本人工湿地システムの今後の課題である。