

発表日	平成 29 年 10 月 24 日 (火)	発表形式	講演
所属・氏名	下水道水質課・野村悠介		
発表名称	擬似 AO 法における降雨時のりん除去悪化対策の検討		
ジャンル	研究成果	部門	水処理

1. はじめに

本市では東京湾の富栄養化対策として、高度処理法や擬似 AO 法の導入により窒素・りん除去を進めている。水質汚濁防止法上乗せ条例の改正により、本年度から窒素・りんに関してより厳しい排水基準が適用されたが、りん除去はさまざまな原因により悪化するため、排水基準遵守のためには対策が必要な状況である。そのため昨年度は、各水再生センターのりん除去悪化事例の収集と悪化原因の整理を行った[1]。その結果、降雨が原因でりん除去が大きく悪化したケースはいずれも擬似 AO 法の系列であった。また、擬似 AO 法と高度処理法ではりんの悪化パターンに明らかな違いが見られ、それぞれ異なるメカニズムによって悪化していることが示唆された。そこで今回、擬似 AO 法における降雨時のりん除去の悪化メカニズムについて検証を行い、必要な対策について検討を行った。

2. 擬似 AO 法におけるりん除去悪化パターン

擬似 AO 法および高度処理法における典型的なりん除去悪化パターンとして、南部水再生センター(擬似 AO 法)、北部第一水再生センターⅡ系統 (A₂O 法) の例を図 1、図 2 に示す。いずれの処理方式においても、降雨の翌日以降数日間にかけてりん除去の悪化が起こっているが、擬似 AO 法では降雨の直後にも TP のピークが見られているのが特徴的である。擬似 AO 法で見られる降雨直後の悪化は、一時的ではあるものの TP の上昇が急激で悪化の度合いも大きい。排水基準超過を防止するためには、悪化の原因を明らかにして対策を検討する必要があると考えられた。

表 1. 南部水再生センターおよび北部第一水再生センターⅡ系統の比較 (平成 27 年度データ)

	南部	北部第一Ⅱ系統
処理方式	擬似 AO 法	A ₂ O 法
排除方式	合流	合流
処理水量	163,000 (m ³ /日)	58,000(m ³ /日)
AT 滞留時間	5.0 (h)	9.6 (h)

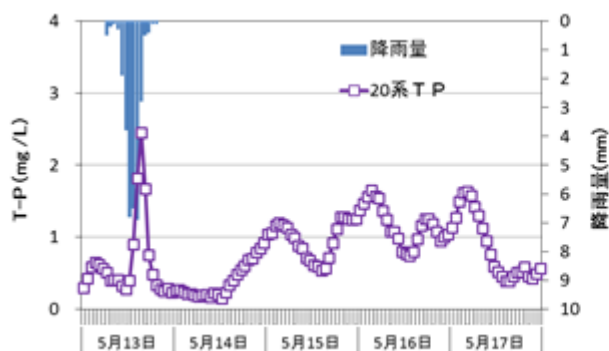


図 1. 擬似 AO 法 (南部) における降雨後のりん除去悪化パターン (2017/5/13-2017/5/17)

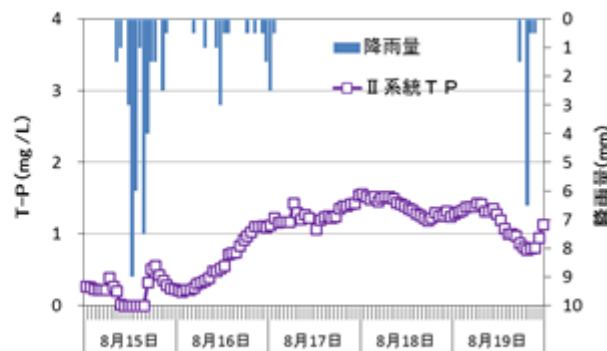


図 2. A₂O 法 (北一Ⅱ系統) における降雨後のりん除去悪化パターン (2017/8/15-2017/8/19)

3. 検討内容・結果

生物学的りん除去では、(擬似) 嫌気槽でのりん放出に続く好気槽での過剰摂取により下水中からりんを除去している。降雨で流量が急増した場合には、一時的に嫌気槽と好気槽の滞留時間のバランスが崩れ、嫌気槽で放出した分のりんを好気槽で摂取できずに反応タンクから流出してしまう可能性がある。擬似 AO 法は高度処理と比較して反応タンク滞留時間が短く、降雨直後に起こるりんの悪化は以上のような滞留時間の不足によるものではないかと考えられた。そこで実施設での調査および机上での数値計算により検討を行った。

3-1. 実施設での調査

降雨によって流量が急増した時間帯に、反応タンクの嫌気槽流出水、好気槽流出水を 1 時間おきに採水しイオンクロマトグラフィーで分析を行った。調査は南部水再生センターで実施した。

図 3 は 2017/8/15 の全自動 TP 計データ、降雨量、処理水量を示したグラフである。正午過ぎから降雨により処理水量が増大しており、16:00 に TP のピークが生じている。

同日 12:00-16:00 における、嫌気槽および好気槽流出水の $\text{PO}_4\text{-P}$ の時間変動を図 4 に示す。嫌気槽では、りんの放出作用が活発な時間帯とそうでない時間帯がある影響で 13:00 を中心に $\text{PO}_4\text{-P}$ のピークが生じている。一方好気槽では 14:00-15:00 頃に $\text{PO}_4\text{-P}$ のピークが生じており、嫌気槽と好気槽のピーク中心時間の差は 1~2 時間である。処理水量からこの時間帯の好気槽滞留時間を計算するとおよそ 1.5 時間であり、嫌気槽から流れ込んだ $\text{PO}_4\text{-P}$ のうち好気槽で再吸収しきれなかった分が、好気槽流出水の $\text{PO}_4\text{-P}$ のピークとして表れていることが示唆された。

3-2. りん収支モデルを用いた数値計算

流量の変動により好気槽滞留時間が不足し、りんの悪化が起こることを理論的に確かめるため、りんの放出と摂取を数式により簡易的にモデル化し、濃度予測を行った。放出過程は線形関数、摂取過程は指数関数で近似し、処理水量から計算される滞留時間をもとに、りん濃度を計算した。

図 5 に 2017/8/15 の流量変動から予測されるりん濃度、および当日の TP 実測データを示す。計算値と実測値が概ね一致する結果となった。

3-3. 対策の検討 (まとめ)

以上により、擬似 AO 法における降雨時のりん除去悪化は処理水量の増大に伴う好機槽滞留時間の不足により嫌気槽で放出したりんを摂取できなくなることが原因と考えられた。対策としては以下の 2 つが有効と考えられる。

- ① 雨水滞水池の活用等による流量変動の緩和
- ② 凝集剤 (PAC) の事前添加によるりんの上昇抑制

流量の変動がりん悪化の原因であるため、悪化を防ぐには流量変動を抑える必要がある。急な豪雨などで①が難しい場合について、りんの悪化は急激であるため TP 計の数値が上昇し始めてからでは対応が遅れてしまう可能性が高い。大幅な水量増大が起こった場合には TP の上昇を待たず予防的に PAC の添加を行うことが有効であると考えられる。

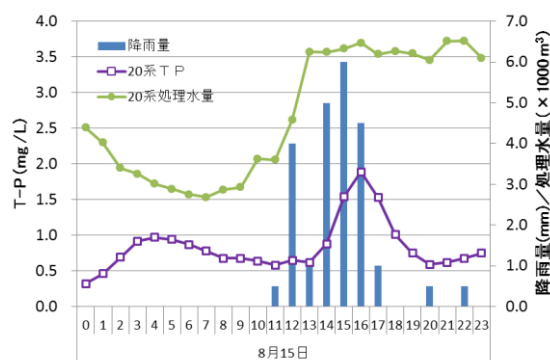


図 3. 降雨時の TP、降雨量、処理水量 (南部 20 系 2017/8/15)

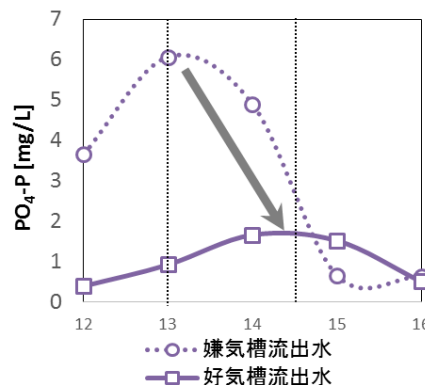


図 4. $\text{PO}_4\text{-P}$ の時間変動 (南部 20 系 2017/8/15 12:00-16:00)

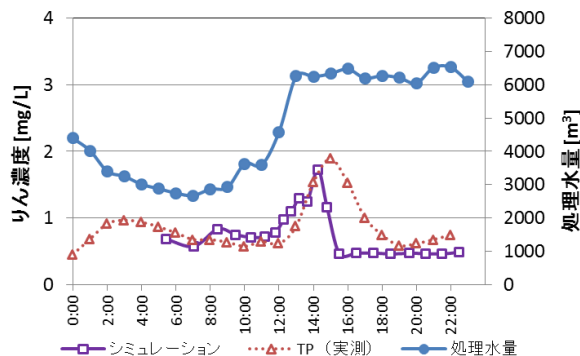


図 5. 水量の変動に伴うりん濃度予測