

平成28年度 公益財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構 調査研究成果報告会 2017年3月22日

## 新規下水処理プロセスの開発を目的とした オゾン処理の設計のための研究

水野忠雄  
京都大学大学院  
2017年3月22日（水）

1/13

平成28年度 公益財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構 調査研究成果報告会 2017年3月22日

## 本研究で目指す新規下水処理プロセス

物理・化学的処理により構成されるプロセス

2/13

平成28年度 公益財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構 調査研究成果報告会 2017年3月22日

## 本研究の目的

高効率固液分離槽の適用/技術開発を前提として  
オゾン処理/促進酸化処理の装置設計に資する  
研究となること

※オゾン/促進酸化処理に求める機能：  
 ・溶存有機物(BOD, COD, TOC)の除去  
 ・微量汚染物質の除去、病原微生物の不活化

昨年度  
 ◆ 量論：目的を達成するためにどれだけオゾンが必要か？  
 （その過程における水質変換特性評価）

今年度  
 ◆ 速度論：どれほどの速度で反応が進み、処理目的を達成しうるか？

3/13

平成28年度 公益財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構 調査研究成果報告会 2017年3月22日

## 研究方法

### オゾン処理の機能を評価するために必要となる

- 気液の流動 気液とも完全混合
- 気液間物質移動 実験により物質移動容量係数を取得
- 水中での反応 既報より気液分配係数を計算
- 既報の利用と有機物の反応系の仮定

について、実験データを再現するモデルを構築し、必要パラメータの取得を行う。

4/13

平成28年度 公益財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構 調査研究成果報告会 2017年3月22日

## 実験装置概要（再現対象）

### 半回分式（オゾン）

対象水：回分、オゾンガス：連続  
過酸化水素：連続

有効容積：5 L  
 底面積：254 cm<sup>2</sup>、有効水深：19.7 cm  
 ガス濃度：100 mg/L、ガス流量：1 L/min.  
 温度：室温（20℃として）  
 物質移動容量係数：0.09 min.<sup>-1</sup>  
 気液分配係数：0.31  
 水中におけるガス容積（推定）：33 mL  
 ※過酸化水素は連続注入：  
 0.15~0.75 mg/L/min.

5/13

平成28年度 公益財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構 調査研究成果報告会 2017年3月22日

## 対象水質（ろ過流入下水）

水質項目	単位	Run			
		2	3	4	5
pH (初期)		7.3	7.3	7.4	7.4
pH (平均)		8.0~8.1	8.0~8.1	8.0	7.9~8.2
TOC(NPOC) (初期)	mg/L	21.9	26.1	20.9	23.9
TOC(NPOC) (最大)		38.3~39.1	35.2~36.8	24.0~26.5	43.5~44.5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	mgN/L	17.2	15.9	14.7	20.7

※Run番号は昨年度報告書に一致する

6/13

平成28年度 公益財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構 調査研究成果報告会 2017年3月22日

### 取り扱う反応

- オゾンの分解
  - 自己分解
  - 物質との反応に伴う分解
- HOラジカルの生成/分解
  - オゾン/HOラジカルの分解に伴う生成
  - 物質との反応に伴う分解（物質の分解）
- 有機物の質変換と無機化
  - 複数の酸化状態と無機化
- アンモニアの硝酸への酸化
  - 1モルのアンモニア態窒素が4モルの酸化剤を消費（1mgNが14mgO<sub>3</sub>を消費）

7/13

平成28年度 公益財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構 調査研究成果報告会 2017年3月22日

### オゾンの自己分解モデル

オゾン、HOラジカル、過酸化水素

Equation No.	Reaction
1	$O_3 + OH \rightarrow HO_2 + O_2$
2	$HO_2 \rightleftharpoons O_2 + H$
3	$O_2 + H \rightarrow HO_2$
4	$O_2 + O_3 \rightarrow O_2 + O_2$
4	$HO_2 \rightleftharpoons O_2 + H$
4	$O_2 + H \rightarrow HO_2$
5	$HO_2 \rightarrow HO + O_2$
6	$O_3 + HO \rightarrow HO_2 + O_2$
7	$HO + HO \rightarrow H_2O_2$
8	$HO + O_2 \rightarrow OH + O_2$
9	$HO + HO_2 \rightarrow H_2O_2 + O_2$
10	$HO_2 + HO_2 \rightarrow H_2O_2 + O_2$
11	$H_2O_2 + O_2 \rightarrow OH + 2O_2$
12	$H_2O_2 \rightleftharpoons HO_2 + H$
12	$H_2O_2 \rightarrow HO_2 + H$
12	$HO_2 + H \rightarrow H_2O_2$
13	$O_3 + HO_2 \rightarrow HO + O_2 + O_2$
14	$O_3 + H_2O_2 \rightarrow HO_2 + O_2$
15	$HO + H_2O_2 \rightarrow HO_2 + H_2O$
16	$HO + HO_2 \rightarrow O_2 + H_2O$

Mizuno et al., Ozone Science & Engineering, 2007

8/13

平成28年度 公益財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構 調査研究成果報告会 2017年3月22日

### 有機物の質変換

無機化率  
β TOC1  
β TOC2

9/13

平成28年度 公益財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構 調査研究成果報告会 2017年3月22日

### 結果および考察-被酸化物-

Run5

• 被酸化物については、ある程度濃度変動を再現することが可能であった

Run5-1 (線実線) : オゾン処理  
Run5-2 (点線) : 過酸化水素注入速度 0.20 mg/L/min.  
Run5-3 (太実線) : 過酸化水素注入速度 0.39 mg/L/min.

10/13

平成28年度 公益財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構 調査研究成果報告会 2017年3月22日

### 結果および考察-酸化物-

Run5

• 酸化剤濃度については、低く評価された  
• ただし、過酸化水素濃度が一旦上昇したのちに、低下する現象は再現できた

11/13

平成28年度 公益財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構 調査研究成果報告会 2017年3月22日

### 結果および考察-有機物-

• 同じパラメータを使用することで、おおむね有機物濃度を表せた

12/13

平成28年度 公益財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構 調査研究成果報告会 2017年3月22日

## まとめ

ろ過流入下水中の溶存有機物の除去を目的としたオゾン/過酸化水素処理について、気液間物質移動、水中での反応（流動は気液ともに完全混合）を考慮したモデルを作成し、反応評価に必要なパラメータを推定・取得し、処理装置の設計に資することを目的とした。

- 被酸化物質（有機物の質変換およびアンモニアの硝酸への酸化）濃度については、濃度変化を再現可能とした。
- 酸化物質（溶存オゾンおよび過酸化水素）については、その濃度は低く評価された。
- ただし、連続的に供給される過酸化水素濃度が、一旦上昇し、その後低下する現象は再現可能であった。

今後、パラメータの推定値の精度を向上させ、それらをもとに、処理機能について検討を行う予定である。

13/13