

＜研究発表＞

りん回収を組み込んだオゾンによる汚泥減容化の実証試験

荒川清美¹, 須山晃延², 葛 甬生³, 市原 昭⁴

(株)荏原製作所 知的財産室 (〒144-8510 東京都大田区羽田旭町11-1 E-mail:arakawa.kiyomi@ebar.com)¹
 荏原環境エンジニアリング(株) 技術統括室 (〒108-0075 東京都港区港南 1-6-27 E-mail:suyama.terunobu@ebar.com)²
 (株)荏原製作所 水・環境開発室 (〒251-8502 神奈川県藤沢市本藤沢 4-2-1 E-mail:katsu.yosei@ebar.com)³
 (株)荏原製作所 環境総合事業技術統括部 (〒108-0075 東京都港区港南 1-6-27 E-mail:ichihara.akira@ebar.com)⁴

概要

筆者らは廃水処理において高度処理を達成するとともに余剰汚泥を削減しりんを資源として回収しうる廃水処理プロセスの構築を行い、「愛・地球博」長久手日本館裏に設置したプラントで実証試験を行った。生物処理工程に汚泥のオゾン処理工程と晶析法(HAP 法)を利用したりん回収工程を組み込むことにより余剰汚泥の削減とりん回収の両立が可能であり、結晶物としてりんを回収できることを確認した。処理水水質は従来の生物処理と同等であり、有機性余剰汚泥量の削減率は 90.9%、りん回収率は 74.5%であった。

キーワード: 汚泥減容化, りん回収, 実証試験

1. はじめに

NEDO(独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構)の「省エネルギー型廃水処理技術開発」プロジェクトにおいて筆者らは廃水処理において高度処理を達成するとともに余剰汚泥を削減しりんを資源として回収しうる廃水処理プロセスの構築のため、実廃水を用いたパイロットプラントにて処理性能の検討を行ってきた。プロジェクトでは 2005 年 3 月 25 日から開催の「愛・地球博」長久手日本館裏に設置したプラントで実証試験を行った。この実証試験は、(1)汚泥減容化とりん回収を組み込んだ生物処理、(2)促進酸化、(3)オゾン酸化の三つのプロセスを組み合わせたものである。筆者らはその中の「(1)汚泥減容化とりん回収を組み込んだ生物処理」を担当し、有機性余剰汚泥削減率 90%以上、原水由来のりん回収率 70%以上を目標に実験を行った。以下に筆者らの実験により得られた結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 実験方法および実験装置フロー

実証プラントフローを Fig.1 に示す。実験はオゾンによる汚泥減容化を実施している実証プラントの系列(以下、オゾン系列とする)とオゾン処理のない系列(以下、対照系列とする)を並列で運転した。対照系列は、同じ実験期間での処理水水質および余剰汚泥発生量を把握するために実施した。オゾン系列は、「嫌気-無酸素-好気法」+「オゾン処理」+「りん回収」よりなる。対照系列はオゾン系列の 1/1640 スケールとし、「嫌気-無酸素-好気法」である。

原水は、計画値より BOD で約 2~3 倍の濃度であったことから、実験では水道水を用い約 2 倍に希釈した廃水を用いて運転を行った。

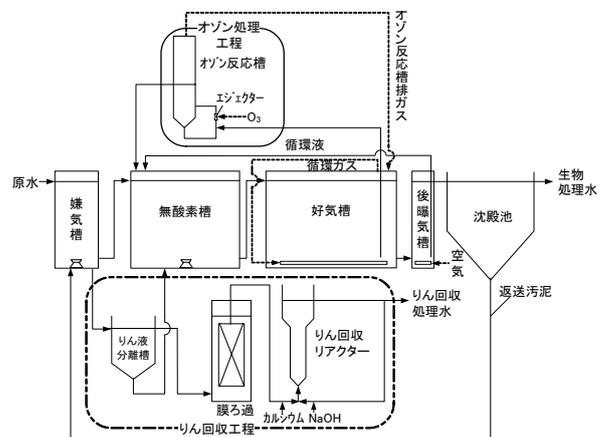


Fig.1 Flow diagram of the large-scale experimental facility

2.2 実験条件

運転条件を一定とし安定した運転を行った 8/11~9/22 のについて説明する。運転条件を Table1 に示す。オゾン系列は原水流量 61.6m³/d、返送汚泥流量 35.1m³/d、循環流量 158m³/d に設定した。対照系列は、原水流量 35.2L/d、返送汚泥流量 18L/d、循環流量 158m³/d に設定した。両系列とも BOD 汚泥負荷は 0.1kg/(kg-SS・d)程度とした。

オゾン反応槽へのオゾン注入はエジェクターにて連続注入し、オゾン注入量は 703g/d(流入原水あたり 11.3g/m³)とした。また、オゾン反応槽排ガス(酸素濃度約 80%)を好気槽に導入し、このガス中の酸素を好気槽の酸素源とした。

りん回収工程はりん液分離槽、膜ろ過槽およびりん回収リアクターからなる。りんはヒドロキシアパタイト(HAP)として回収した。りん回収リアクターは被回収水を上向流にて通水し、さらに、りん回収リアクター流出水の一部を循環液としてリアクター下部より通水した。カルシウムの添加は被回収水ラインに行い、NaOH 添加は循環ラインに行った。NaOH 添加量はりん回収リアクター流出水槽に設置した pH コントローラーを用いて制御した。

Table1 Average test condition for ozonation train (August 11-September 22)

		オゾン	対照
生物処理	MLSS (mg/L)	2850	2920
	BOD 汚泥負荷(好気槽) (kg/kg/d)	0.11	0.10
オゾン処理	オゾン注入量 (g/d)	703	—
	オゾン反応槽滞留時間(分間)	29.6	—
	オゾン処理汚泥流量(m ³ /d)	10.2	—
	オゾン注入率(mg-O ₃ /g-SS)	22.5	—
	オゾン注入率(g/m ³ -原水)	11.3	—
りん回収	りん回収水量(m ³ /d)	11.5	—
	Ca/P モル比(-)	5.30	—
	りん負荷 ²⁾ (kg/m ³ ・d)	1.68	—
	HAP 反応槽 pH(-)	8.9	—

注:1)循環流量は、直接無酸素槽に入る流量とオゾン反応槽を経由して無酸素槽に入る流量の合計である。
2)りん負荷は投入時のりん鉱石の体積あたりの負荷である。

3. 実験結果

3.1 原水および生物処理水水質

8/11~9/22 の原水および生物処理水の水質分析結果を Table2 に示す。

オゾン系列の生物処理水の水質(平均値)は、SS で 12mg/L、COD_{Mn} で 16mg/L、COD_{Cr} で 40mg/L、BOD で 2.7mg/L であり良好であった。硝化脱窒も良好に進行し生物処理水 T-N は 9.9mg/L であった。また、生物処理水の T-P は 0.61mg/L であった。オゾン系列の生物処理水水質は対照系列の生物処理水水質と比べると SS、COD_{Mn} および COD_{Cr} が高くなったものの BOD、T-N および T-P はほぼ同等でありオゾン処理による余剰汚泥の減容化とりん回収工程を付加しても生物処理への影響はないことが示されている。

Table2 Average qualities of influent and effluent on biological treatment (August11- September22)

	原水	生物処理水	
		オゾン	対照
pH (-)	8.7	7.7	7.9
SS (mg/L)	149	12	3.6
COD _{Mn} (mg/L)	73	16	8.9
COD _{Cr} (mg/L)	381	40	20
BOD (mg/L)	155	2.7	1.9
NH ₄ -N (mg/L)	19.5	0.4	<0.1
T-N (mg/L)	39.0	9.9	8.5
PO ₄ -P (mg/L)	2.43	0.24	0.18
T-P (mg/L)	3.96	0.61	0.28

3.2 りん回収リアクターの原水および処理水水質

りん回収リアクターの原水および処理水の水質を Table3 に示す。

りん回収リアクター原水の PO₄-P は 15.3mg/L(平均値)、T-P は 17.1mg/L(平均値)であった。

りん回収リアクター処理水の水質(平均値)は SS で 1.3mg/L、COD_{Cr} で 12mg/L、T-N で 14.5mg/L であった。COD_{Cr} および T-N はりん回収リアクターの流入水とほぼ同レベルであった。処理水の PO₄-P は 0.91mg/L、T-P は 1.18mg/L であり、りん回収リアクターでの平均 PO₄-P 除去率は 94.6%、平均 T-P 除去率は 86.0%であった。回収されたりんはヒドロキシアパタイトでありりん資源として利用が可能

なものであった。

Table3 Average of influent end effluent on phosphorus recover reactor (August11- September22)

	原水(りん分離液ろ過水)	りん回収処理水
pH (-)	7.1	8.7
SS (mg/L)	—	1.3
COD _{Cr} (mg/L)	19	12
T-N (mg/L)	14.9	14.5
PO ₄ -P (mg/L)	15.3	0.91
T-P (mg/L)	17.1	1.18

注:—は測定せず(膜ろ過水のため SS は 0 であると判断の上)

3.3 りんの収支

8/11~9/22 のりん収支は、原水での流入量は 239g/d であるのに対し、生物処理水として 30g/d およびりん回収処理水として 12g/d が流出した。りん回収リアクターでの回収量は 178g/d で流入量の 74.5%であり、これは目標値の 70%を十分に達成している値である。また、排泥により系外に排出されたりんは 14.5g/d で流入量の 6.14%であった。流入量と流出量、回収量および排泥による排出量の合計との差が生物処理槽内への蓄積量であり、算出した結果 4g/d であり流入量の 1.6%となった。

3.4 余剰汚泥発生量

余剰汚泥発生量は、分析用にサンプリングした余剰汚泥として引き抜いた汚泥量ならびに処理水とりん分離液として流出した汚泥量の合計とした。目標値である有機性余剰汚泥削減率はこのデータより算出した。

平均汚泥発生量はオゾン系列では 0.86kg-SS/d および 13.8g-SS/m³-原水であり、一方、対照系列では 140.8g-SS/m³-原水であり、オゾン系列と同じ処理施設規模として算出した際の汚泥発生量は 8.71kg-SS/d となった。オゾン系列での汚泥減少量を算出すると 7.85kg-SS/d、汚泥削減率は 90.2%であり目標値を達成した。

VSS あたりでは、オゾン系列では 0.69kg-VSS/d および 11.2g-VSS/m³-原水であり、一方、対照系列では 122.8g-VSS/m³-原水であり、オゾン系列と同じ処理施設規模として算出した際の余剰汚泥発生量は 7.60kg-VSS/d となった。オゾン系列での汚泥減少量を算出すると 6.91kg-VSS/d、余剰汚泥削減率は 90.9%であり VSS あたりにおいても目標値を満足した。

4. おわりに

汚泥減容化とりん回収を組み込んだ生物処理プロセスについて実証試験を実施し、以下のことを確認した。

- (1)生物処理工程に汚泥のオゾン処理工程と HAP 法を利用したりん回収工程を組み込むことにより余剰汚泥の削減とりん回収の両立が可能であり、結晶物としてりんを回収できることを確認した。
- (2)有機性余剰汚泥発生量 90%以上の削減と原水由来のりん回収率 70%を両立して達成できることを確認した。

最後に、本プロジェクトは NEDO との共同研究であり、今回の実証試験実施にあたり多大なるご協力頂いた NEDO に感謝する。