

自動計測制御を用いた、 豚尿排水における窒素・リン一貫除去の実証

安藤康紀*、井上祥一郎**、北島督市**

* 愛知県農業総合試験場 畜産研究所
愛知郡長久手町大字岩作三ヶ峯 1-1

** 株式会社 エステム 研究開発部
名古屋市南区弥次工町 2-9-1

概 要

平成5年8月に水質汚濁防止法の改正があり、閉鎖性海域へ排出される排水に対し、窒素・リンの規制が実施されることとなった。そこで、愛知県農業総合試験場内既設処理施設に流入する窒素・リン濃度の高い豚尿排水を用い、前段でDOと時間を制御因子として回分処理法により窒素を、後段で珪酸カルシウム粒材を用いた晶析法によりリンを一貫して除去する実証プラントを設置し運転を行っている。

水温の上昇してきた4月中旬以降、一般農場でも受け入れ可能な簡易な計測制御により、T-N除去率で平均95%、T-P除去率で平均89%の成果が得られ、本方式の効果を実証することができた。

キーワード

養豚 高度処理 回分式活性汚泥法 好気時間 嫌気時間 DO制御
硝化 脱窒 晶析法 脱リン

1. はじめに

汚水処理における窒素除去に関してはこれまで循環式硝化脱窒法が採用される場合が多く、リン除去に関してはPAC・硫酸バンドを用いた凝集法が採用される場合が多かった。ここ最近の研究発表により、回分式活性汚泥法において計測制御を厳密に行うことにより窒素とリンの同時除去の可能性について言及されるに至ったが、今の所、実施施設において標準化されてはいない。

一般的な養豚農家においては、窒素・リンの除去につき、高度な維持管理技術を要求をされずになおかつランニングコストが低くすむ手法が望まれている。

本法では前段（回分処理）により窒素、後段（晶析法）でリンの除去を行う直列の一貫システムの概要と、これまでの制御実験結果につき報告するものである。

2. 実証プラントの概要

各槽容量、計測項目は表1の通りであり、各計測項目は24時間自記録させた。

豚尿排水は細目スクリーン、ウェッジワイヤースクリーン、既設処理場原水槽を経て、既設処理場調整槽に入る。本プラントの原水は既設処理場調整槽からポンプアップした。通常回分処理の場合沈殿槽は必要としないが、微細なSSの捕捉のため実験施設の沈殿槽を改造してバイオコード（ひも状接触材）を設置し、SS捕捉槽とした。各槽ともにSS製であり、槽壁面への防温材の取り付けは行わなかった。

3. 設計諸元

設計に係わる原水濃度は既設処理場での過去の実測値を平均したものから求めた。回分槽での負荷条件の設定は低負荷半回分式活性汚泥法の標準値を用いた。

処理水の水質目標値は改正になった水質汚濁防止法に定められた日間平均値を満足するものとした。

4. 計測制御の実際

回分槽における DO・ORP・pH・水温の測定は槽底から1mの高さに設置した投込型センサにて水位は槽上に設置した超音波式センサにて測定を行った。晶析脱リン槽におけるpHの測定は浸漬型センサにて測定を行った。

回分層は12時間で1バッチの処理を行うこととした。流入・攪拌・曝気・汚泥引抜・処理水の排出（晶析脱リン槽）・上澄水の排出の各工程（開始時刻順に記載）開始は時刻による固定

とした。ただし、汚泥引抜は回分槽におけるSV30の値から判断し、その頻度を決定していたため、全バッチにおいて実施されたわけではない。なお、曝気工程の終了は曝気停止DO値とその継続時間によりフラグを立てることとし、フラグの成立により曝気を停止することとしたが、曝気開始後数時間内のフラグの監視は行わなかった。一方、フラグが不成立のまま曝気終了時刻になった場合は、その時刻で曝気を停止した。攪拌工程の終了条件はブロワの停止と時刻の併用により決定することとした。したがって、曝気工程と攪拌工程の終了時刻は負荷の変動によって各バッチ毎に異なる結果となった。詳細は図1・表3に示す通りである。

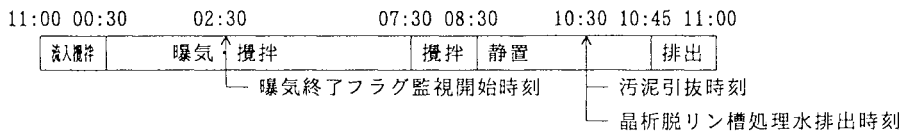


図1 標準タイムチャート（時刻は12時間表示）

試験	期間	日処理量	曝気終了フラグ監視開始時刻	曝気停止設定DO	DOオーパ一継続時間	攪拌終了条件	特記事項
I	4/12~4/15	200 l	04:30	5.0	3 min	08:30 固定	
II	4/15~5/ 9	200 l	04:30	4.0	3 min	08:30 固定	
III	5/10~5/13	200 l	04:30	4.0	3 min	08:30 固定	7°ロワ停止
IV	5/14~5/16	200 l	04:30	4.0	3 min	08:30 固定	
V	5/17~5/20	200 l	04:30	2.0	30 min	08:30 固定	
VI	5/20~5/23	200 l	02:30	2.0	30 min	08:30 固定	
VII	5/24~6/17	200 l	02:30	2.0	30 min	7°ロワ停止1時間後	
VIII	6/18~	300 l	02:30	2.0	30 min	7°ロワ停止1時間後	

表3 運転設定条件の詳細（時刻は12時間表示）

槽名	槽有効容量	計測項目等
回分槽	3m ³	pH・DO・ORP・水温・水位
SS捕捉槽	1m ³	(バイオコード設置)
晶析脱リン槽	0.5m ³	pH

表1 槽容量および計測項目（処理フロー順）

項目	原水設計値	処理目標値
BOD (mg/l)	3000	60
COD (mg/l)	1000	120
T-N (mg/l)	600	60
T-P (mg/l)	100	8
項目	設計値	
MLSS (mg/l)	4000	
処理量 (l/DAY)	200	
BOD容積負荷 (kg/m ³ ・DAY)	0.2	
BOD-MLSS 負荷 (kg/kg・DAY)	0.05	

表2 設計諸元

晶析脱リン槽内の珪酸カルシウムは、粒径約15mm白色をしており、2mmメッシュの網に入れた。5/19までは38.8kg（乾燥重量）、5/20からは33.1kg追加し全量71.9kgを槽内に平積みした。SS捕捉槽の越流水は槽内で約11時間45分間滞留の後排出される。滞留時の槽内水量は珪酸カルシウム粒材が全量ちょうど水面下にあるように調整した。処理水として排出された後、越流水が入ってくるまでの槽内水量は188lである。なお、槽内は9l/minで常時エア搅拌した。

曝気風量は実証プラント管理日（週2回）にチャート紙の記録を見て調整した。4/12～6/30間の送風量は5.0～6.5Nm³/Hrであった。

5. 波形情報

図2～5はこの期間中の記録の実例である。このうち図2と図5は標準的な波形を示している。回分槽水位の波形から、汚泥引抜・上澄水の排出と流入（図では上に凸で表される）及び曝気（線の乱れ）がわかる。曝気開始と共にORPが上昇し、曝気開始数時間後にDOとORPが急に立ち上がっている。曝気停止によりDOは急激に減少し、ORPも減少に転ずる。ORPはその後もう1段減少している。このDOの立ち上がりが遅いときは負荷が過大であるか相対的に送風量が少ないことを示し、逆に立ち上がりが速いときは負荷が軽い相対的に送風量が多いことを示している。

図3はタイマの設定ミスにより曝気が停止しなかったときの波形である。回分槽水位の波形からブロワが停止しなかった上に過排出・過流入になっていることがわかる。

図4はDO計の感度が低下していたときの波形である。DOが山型にならずに台形になっている。DO計を調査したところ、内部液に白色の沈殿が発生していた。

このように、標準的な波形の場合、負荷の与え方と送風量のチェックが可能となり、そうでない波形の時は機器的なトラブルの発見が可能となる。

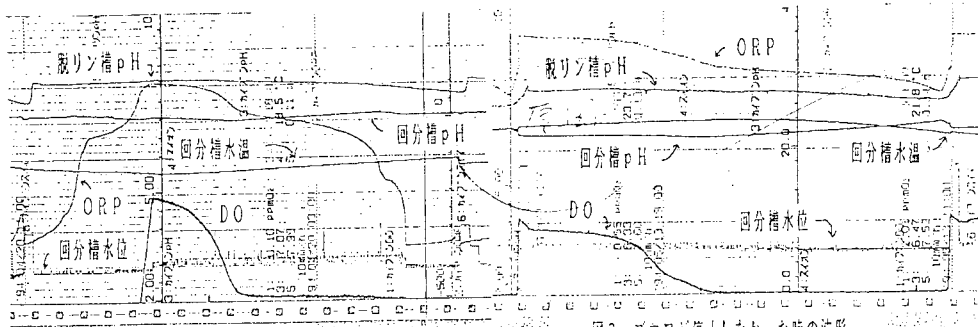


図2 標準波形1

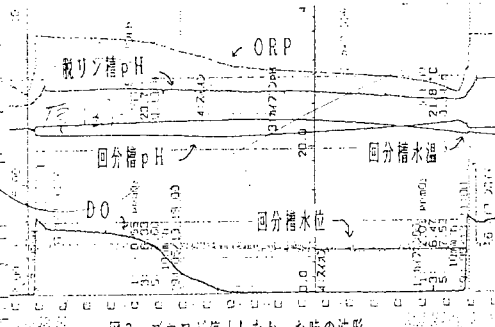


図3 ブロワが停止しなかった時の波形

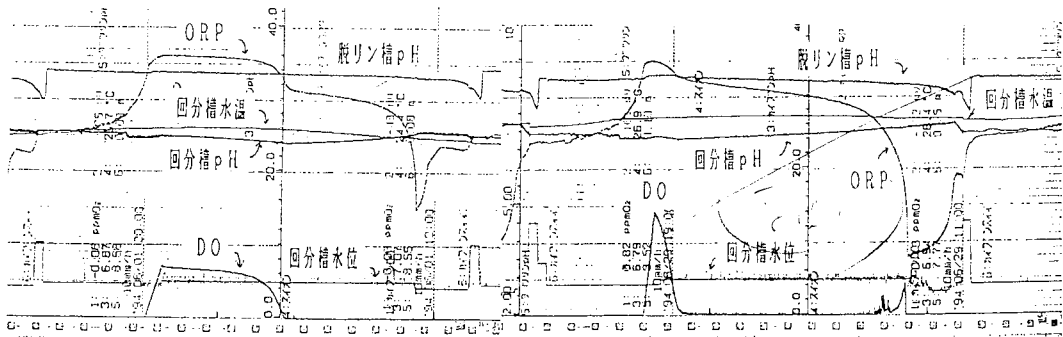


図4 DO計感度不良時の波形

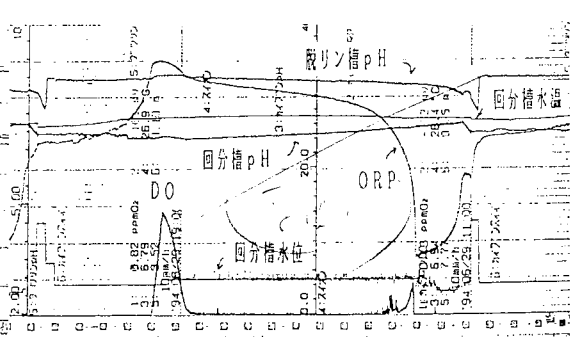


図5 標準波形2

6. 実証試験の結果

平成5年10月30日より通水を開始したが、屋外のプラントのため槽内水温が処理可能なレベルにまでなかなか回復せず、安定した処理水を出すまでに5.5ヶ月くらい日数を必要とした。しかし、4月中旬以降は安定した処理が可能となり、現在に至っている。4/15～6/30の分析結果を表4・表5・図6・図7に示す。

	原水		上澄水(脱窒処理水)			処理水(脱リン処理水)			
	平均	最大	最小	平均	平均除去率(%)	最大	最小	平均	平均除去率(%)
BOD(mg/l)	1801	90	3.7	15.4	99.1	----	----	----	-----
COD(mg/l)	869	140	12	53	93.9	----	----	----	-----
T-N(mg/l)	441	62	7	21.6	95.0	----	----	----	-----
T-P(mg/l)	54	68	9.8	33.9	37.3	14	1.5	6.1	89.0

表4 水質分析結果

	未使用品	5.5ヶ月通水後常温乾燥したもの
リン酸イオン含有量(mgP/kg)	280	19000

表5 珪酸カルシウム粒材 成分試験結果

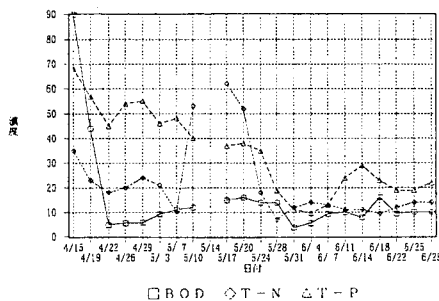


図6 上澄水分析結果

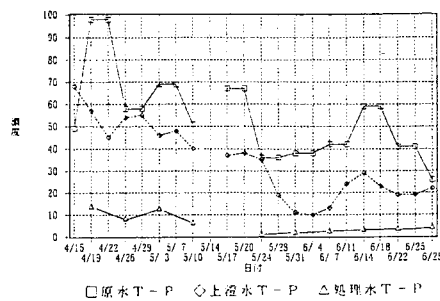


図7 T-P分析結果

7. まとめ

これまでの試験により、DOと時間を制限要素とした回分処理により窒素が、珪酸カルシウム粒材による晶析処理によりリンが安定して除去できることが実証され、結果として窒素・リンが一貫処理できることが実証された。

自動計測制御を用いた回分式活性汚泥法による脱窒処理は民間の大型養豚場で実績が多いが、データが明らかにされることは少なかった。以上報告してきたように処理条件のモニタリング及び負荷に追従する自動制御で極めて正確に脱窒はコントロールできる。また、脱リン槽のpHをモニタリングすることで、特にpH制御を必要としないことも明らかになった。しかも波形(アナログ)情報はデジタル情報とは異なり、誰でも容易に判断しうる特性を持つ。

これからの課題としては、生物処理の水温の影響範囲、現在の曝気停止フラグ(DO 2mg/l以上の状態が30分継続していること)の適否、DOの波形と窒素の形態の関係、曝気停止後のORPの波形と脱窒の量的及び質的把握、珪酸カルシウム粒材のリン晶析破瓜をどのようにつかむかという事等があるが、それらについては今後の試験の継続により究明していく所存である。

- (参考文献) 1) 岸 博ら 半回分式活性汚泥法による合併排水処理、公害と対策(1984)
2) 群馬県農業総合試験場 新しい汚水浄化の技術と施設、(1989)