

畜産汚水を対象とした高度処理に関する研究

和波 一夫 嶋津 暉之 羽田野一幸** 谷田貝 敦***

(*前・環境科学研究所 **クリオン(株) ***(株)ニッチツ)

1 はじめに

硝酸・亜硝酸性窒素の水質汚染について、我が国では環境基準超過率が高く、その対策が求められている¹⁾。水質汚濁防止法排水基準の暫定基準が適用されている畜産業等の窒素排水濃度が高い業種は、今後、基準を遵守するための適切な技術導入が必要である²⁾。

当研究所では、窒素除去に関して独立栄養性細菌である硫酸酸化菌を用いた硝酸性窒素除去技術の研究を進めてきた。また、難分解性有機物質及び富栄養化の主因であるりんについてはメンテナンスフリーの除去技術の研究を行ってきた^{3),4)}。当研究所のこれらの研究成果を活用し、硝酸性窒素およびりんを同時除去する高度処理装置を開発するため、民間会社2社と共同研究を行った。平成16年度は下水処理場の処理工程水(沈殿槽上澄水)を利用して実証試験を実施した⁵⁾。平成17年度は、畜産業の高濃度窒素排水を対象に実証試験を行ったので、その結果を報告する。

2 調査方法

(1) 実験装置

硝酸性窒素除去の高度処理実験装置を養豚汚水処理施設内に設置して、同汚水処理施設の処理工程水(活性汚泥膜処理水)を原水にして実験を行った。実験装置の概要を表1、図1に示す。また、実験装置の外観を図2に示す。現在、同汚水処理施設は、日量約100 m³の汚水を固液分離後に活性汚泥法、膜処理、凝集沈殿法で処理している。本実験では流量、ばっ気量、逆洗時間等の条件を適宜変化させ実験を行った。実験装置Aは、インゴットを割ってブロック化した硫黄 カルシウム系脱窒材を脱窒槽(第2・3槽)に充填し、実験装置Bは、ラシヒリング状(直径と長さが等しい中空の円筒形の充填物)の硫黄 カルシウム系脱窒材を脱窒槽に充填した。硫酸酸化脱窒細菌は、栄養源となる硫黄を硝酸性窒素の酸素を利用して酸化し、窒素ガスは大気中に放出する。その際の副生物として硫酸カルシウムが生成される。

表1 実験装置の概要

槽名称	容量	充填材等
第1槽 : 接触ばっ気槽	0.4m ³	珪酸カルシウム系ろ材を充填してばっ気
第2槽 : 脱窒槽	0.4m ³	硫黄—カルシウム系脱窒材を充填
第3槽 : 脱窒槽	0.4m ³	硫黄—カルシウム系脱窒材を充填
第4槽 : 再ばっ気槽	0.4m ³	珪酸カルシウム系ろ材を充填してばっ気
各槽容量計	1.6m ³	
処理水量の条件	処理水量(処理時間)	
	実験装置A	6月7日から7月21日まで 1 m ³ /日(38時間)
	実験装置A	7月22日から8月11日まで 2 m ³ /日(19時間)
	実験装置A	8月12日から8月26日まで 3 m ³ /日(13時間)
	実験装置A	8月27日から11月24日まで 1.5 m ³ /日(26時間)
実験装置B	9月21日から11月24日まで 1.5 m ³ /日(26時間)	
各槽の容量(実験装置A、実験装置Bも同じ)		
原水の流入方式	流量調整型 : 20分後ごとに定量流入	

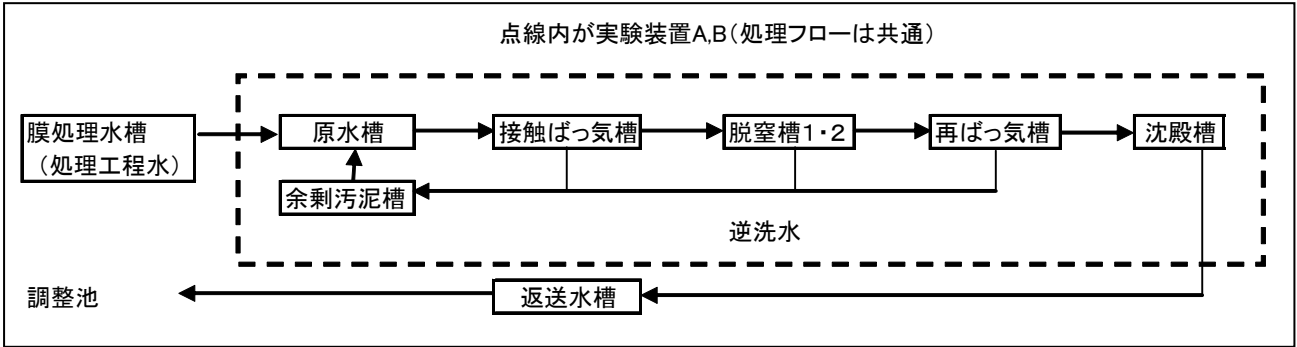


図1 実験装置の処理フロー

接触ばっ気槽（第1槽）と再ばっ気槽（第4槽）にはりんを吸着する珪酸カルシウム系ろ材（TBX）を充填し、常時エアレーションを行い、流入水中の有機物の除去および窒素成分を接触ばっ気槽で硝酸性窒素に硝化させるとともに、流入水中のりんをりん酸カルシウムとして除去する。

(2) 実験時期

実験装置 A（第1系施設）は2005年6月から2005年11月まで、実験装置 B（第2系施設）は2005年9月から2005年11月まで稼働させ、1週間に1回の頻度でサンプリングを行った。



図2 実験装置の外観

3 結果

(1) 処理水質

ア 水温

原水等の水温を図3に示す。土地条件から実験装置を地上部に設置したので、外気温の影響は大きく、実験装置処理水の水温は、8月には30以上まで上昇し、11月には10以下まで低下した。

イ BOD等

BOD(T-BOD、生物化学的酸素要求量)、C-BOD(ATU添加し硝化作用を抑制したBOD)、COD(化学的酸素要求量)、DOC(溶存性有機体炭素量)の経時変化を図4~7に示す。原水のBODは1mg/lから100mg/l程度の大きな変動があったが、処理水は2mg/l前後の安定した値であった。一方、C-BODについては原水、処理水とも2mg/l前後の低い値であった。

原水のBODはNH₄-N(アンモニア性窒素)濃度との相関性が高く(図8)、C-BODは全期間とも低い濃度であることから、原水のBODが高くなったのは、NH₄-Nの硝化による酸素消費と推測された。BODに

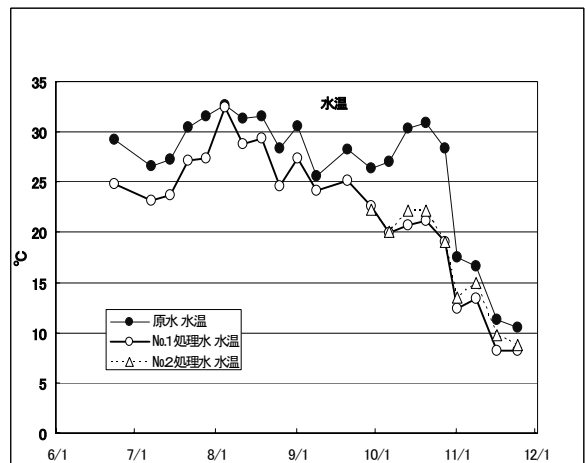


図3 水温変化

比べるとCODは、原水・処理水とも100mg/l以上の高い濃度であった。DOCも原水・処理水とも60~90mg/lの高い濃度であった。これは、原水に生物分解できない物質が残存し、当実験装置によっても分解できない物質が残存しているものと考えられる。

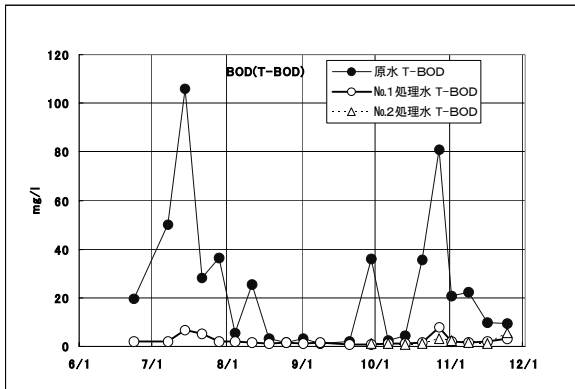


図4 BOD

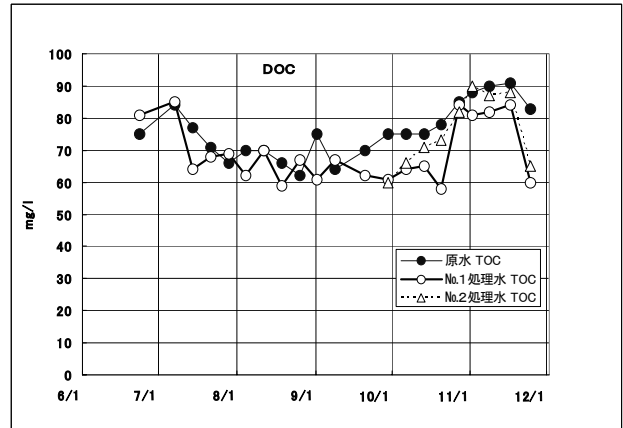


図7 DOC

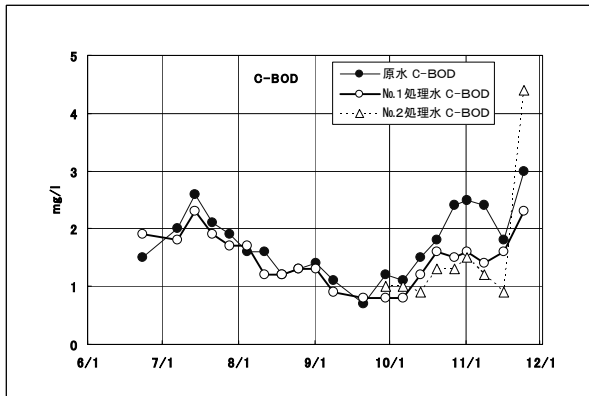


図5 C - BOD

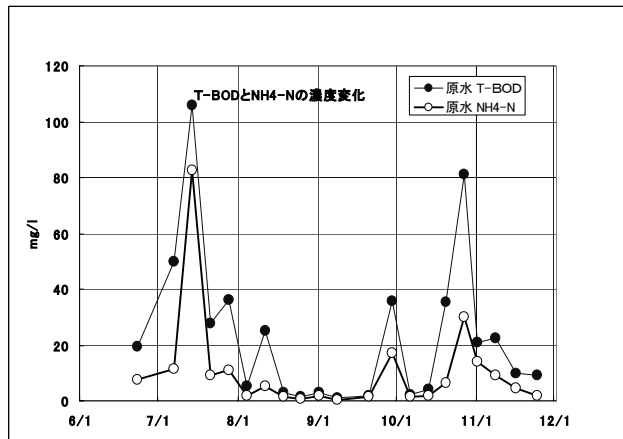


図8 - 1 T - BODとNH₄-N

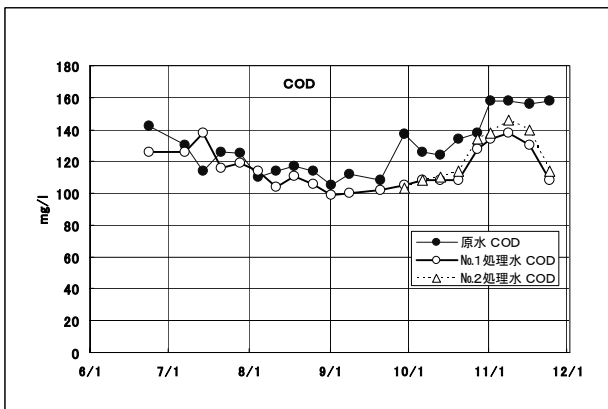


図6 COD

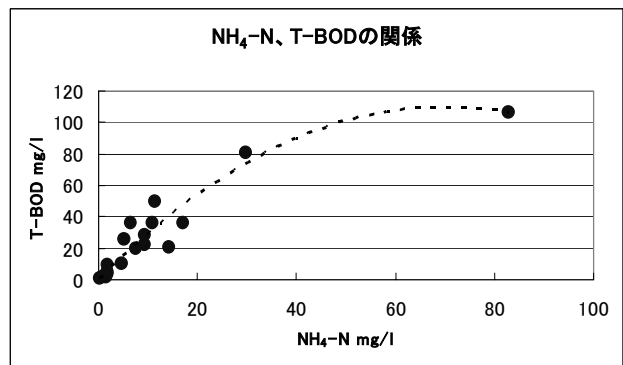


図8 - 2 T - BODとNH₄-N

ウ T - N等

T - N (全窒素) と硝酸性窒素等の濃度経時変化を図 9、10 に、また、T - N除去率の経時変化を図 11 に示す。原水の T - N 及び硝酸性窒素等の濃度は 9 月下旬から 10 月上旬にかけて上昇し、これに対応して処理水の T - N も上昇した。原水の T - N が上昇したのは、秋期の養豚生産ライン増加に伴う負荷量増加が原因と考えられる。

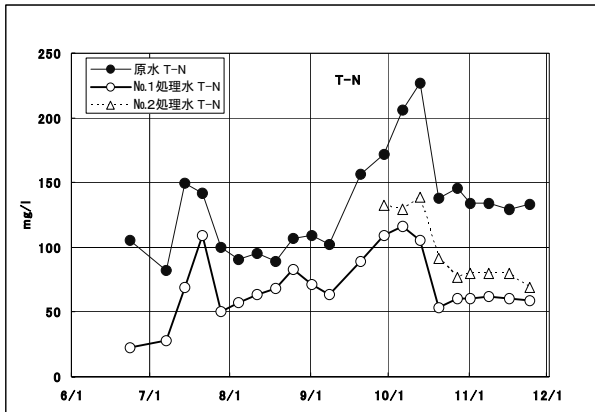


図 9 T - N

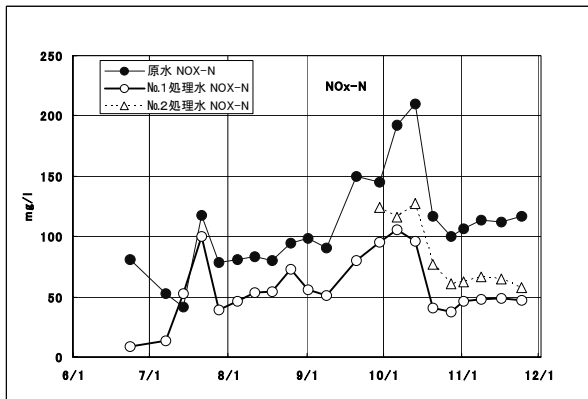


図 10 NO_x - N

実験装置 A の T - N 除去率は、図 11 に示すとおり流量増加にともなって低下した。この対策として流量を 8 月下旬以降 3 m³/日から 1.5 m³/日に下方設定し、脱窒材を補充した結果、除去率は上昇した。秋期からの水温低下にともなって除去率は低下すると予測していたが、11 月の水温低下時期であっても除去率は 50% 以上を維持した。T - N の排水基準 120mg/l と照らし合わせると、実験装置 A の処理水は、実験期間中すべて排水基準以下であった。実験装置 B は、9 月下旬から稼働させたが、

処理が安定した 10 月下旬以降は排水基準以下であった。このように、実験後期は、実験装置 A、実験装置 B とともに T - N の排水基準に適合した処理水を得ることができた。

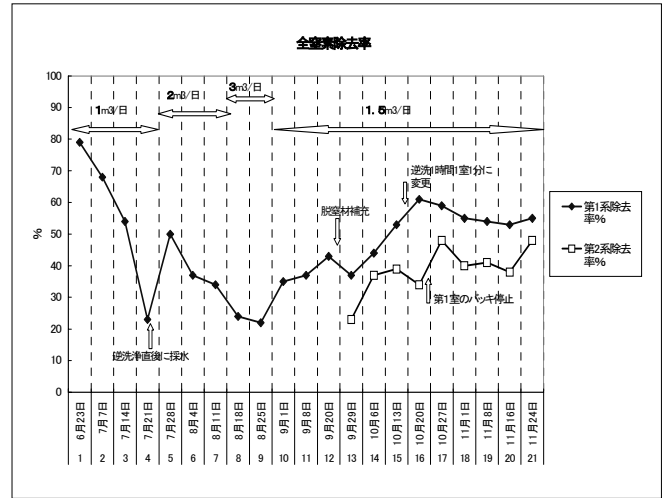


図 11 T - N 除去率の変化

エ T - P

T - P (全りん) 濃度の経時変化を図 12 に、除去率の経時変化を図 13 に示す。原水の T - P は T - N と同様に 9 月下旬から 10 月上旬にかけて上昇した。これに対し、処理水の T - P は処理水の T - N のようには変化せず、原水濃度が高くても処理水濃度は 30 mg/l 前後の安定した値であった。実験装置 A の T - P 除去率は、図 13 に示すとおり、実験後期は 40% 以上を維持した。ただし、T - P の排水基準と照らし合わせると、実験装置 A の処理水の多くは、排水基準 16mg/l を超える濃度であった。実験装置 B は 9 月下旬から稼働させたが、稼働初期と終期を除いて排水基準以上の濃度であった。なお、実験に用いた原水は、養豚汚水処理施設の凝集沈澱処理する前の処理工程水であり、この実験処理水が直ちに放流水となるわけではない。実験処理水は原水と比べて T - P 濃度が低く、除去率も 40% 以上あることから、同処理施設への T - P 負荷量を下げると当実験装置は有効である。

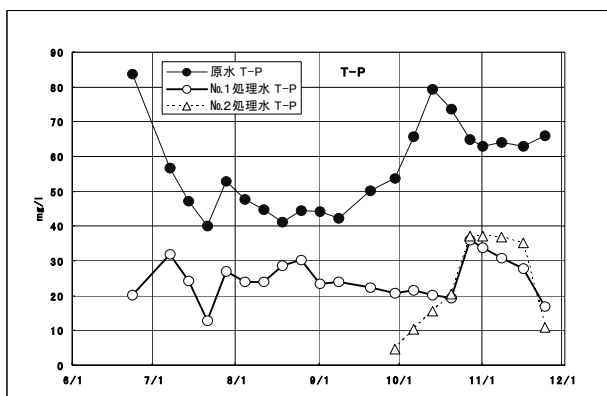


図 12 T - P

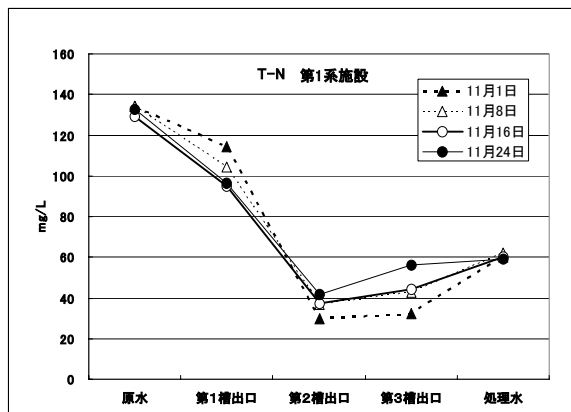


図 14 槽別の窒素 T - N濃度

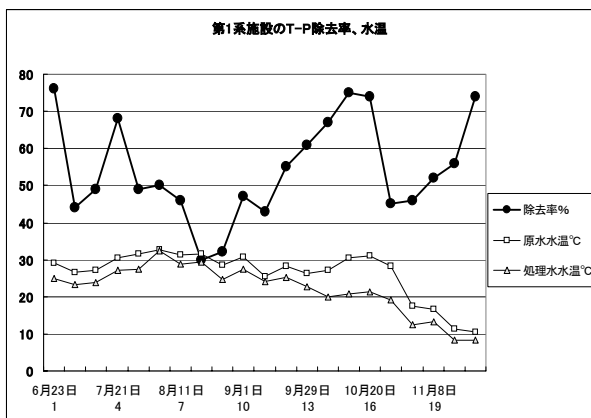


図 13 T - P 除去率と水温

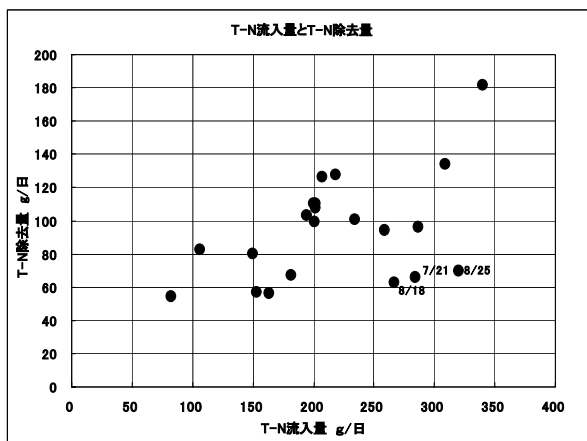


図 15 T - N 流入量と除去量

(2) 窒素及びりんの除去能

ア 槽別の T - N 濃度

除去率が安定した 11 月の槽別 T - N 濃度変化を 図 14 に示す。第 1 槽 (接触ばっ気槽) 出口、第 2・3 槽 (脱窒槽) 出口、第 4 槽 (再ばっ気槽) 出口の濃度変化から、窒素除去の約 7 割が第 2 槽 (脱窒槽) で行われていることが確認された。

イ 窒素及びりんの流入量と除去量の関係

前述のとおり、T - N の除去率は、流量・逆洗時間等の条件を一定にした 10 月下旬以降は、水温が 10 程度まで低下しても、除去率の大幅な低下はなかった。一方、6 月から 10 月下旬までは、流量設定を適宜変化させたのと、原水の濃度も変動したことから、除去率に大きな変動があった。そこで、本処理装置の除去能力を判断するために流入量と除去量との関係を検討する。

T - N 及び T - P の流入量と除去量を 図 15、16 に示す。図中の 7 月 21 日の検体は逆洗直後に採水したもので

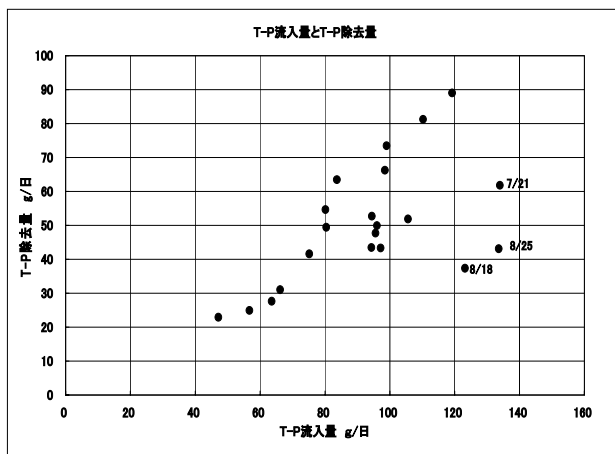


図 16 T - P 流入量と除去量

あり、8 月 18 日と 8 月 25 日の検体は、流量を 3 m³/日 (処理時間 13 時間) に設定した脱窒素・脱りん材との接触時間が他に比べて短くした時のものであることから、この 3 回のデータを除いて考察すると、T - N 及び T - P の

流入量と除去量は正の相関傾向が見られる。このことは、流量が 1 m³/日から 2 m³/日の範囲（処理時間で 19～38 時間）であれば、T - N及びT - Pの流入量が増加すると除去量も比例して増加することを示している。

4 検討課題

(1) 脱窒材の改良

実験装置 A は、硫黄 カルシウム系脱窒材はインゴットを割ってブロック化（大きさは、こぶし大）したもので、単位重量あたりの表面積が比較的小さい。単位重量あたりの表面積が大きい形状に成型した硫黄 カルシウム系脱窒材を用いれば、窒素除去率の大幅な向上を期待できると考えて、ラシヒリング状の硫黄 カルシウム系脱窒材を開発し実験装置 B に充填したが、その除去率は実験装置 A に比べ低かった。これは、ラシヒリング状の細く入り組んだ表面に生物膜が付着して定期的な逆洗だけでは生物膜の剥離が十分に行えないことが原因のひとつとして考えられる。硫黄との接触面積を大きくしながら、かつ、生物膜の剥離を容易に行える脱窒材の開発が今後の課題である。

(2) 脱りん材の改良

りんの除去率は概ね 40～75%であったが、高濃度の汚水を排水基準以下に処理するためには、より高い除去率を確保する必要がある。りんの除去率を高めるためには単にりんの吸着だけでなく、晶析脱りんの現象も並行して進むように、脱りん材の改良が必要である。

謝辞

本実験装置の設置および原水の提供については、F 養豚会社の多大なご協力をいただいた。採水作業等の現地調査は群立機器株式会社：篠崎秀明氏、渡辺是文氏が担当された。ここに関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 田瀬則雄：硝酸・亜硝酸性窒素による水質汚染の現状と動向、水環境学会誌, Vol.26, No.9, pp.546-550 (2003)
- 2) 田中康男：畜産業における汚水処理技術の現状と今後の展望、水環境学会誌, Vol.26, No.9, pp.557-562 (2003)
- 3) 嶋津暉之ら：小規模処理による難分解性有機物質の除去に関する研究、東京都環境科学研究所年報 2000, pp.144-152 (2000)

4) 嶋津暉之ら：高度処理型小型合併処理浄化槽の研究、東京都環境科学研究所年報 1998, pp.195-204 (1998)

5) 和波一夫ら：硝酸性窒素等の高度処理装置の開発に関する研究、東京都環境科学研究所年報 2005, pp.257-260 (2005)