

畜産排水対策

(独)農業・生物系特定産業技術研究機構
畜産草地研究所

浄化システム研究チーム長 田中 康男

1 はじめに

畜舎污水处理は、養豚では古くから開発・普及の努力がなされ、技術の基本はすでに確立されている。しかし、硝酸性窒素規制への対応や、着色の低減等、水質高度化の必要性が高まる一方で、飼料価格上昇により経営環境が厳しくなり処理コストは低減が求められるという、相反する要請に応えねばならないという新たな状況も生まれてきている。

また、従来からの課題、例えば活性汚泥法の適正管理、余剰汚泥の確実かつ低コストな処理などに関しては、今後も取り組みが必要である。

以上のように、畜舎污水处理は、従来から積み重ねてきた開発・普及の実績を踏まえつつ、さらに新たな展開を図るべき点も多い分野といえる。本稿では、現状の研究・開発の動向について概説する。

2 新プロセスの実用化および開発の状況

2.1 膜分離活性汚泥法

最近では膜分離活性汚泥法の適用事例が各分野で増加し、畜産分野でも利用指針が取り纏められ（膜分離型畜舎排水処理装置の手引き作成委員会、2004）、通常の選択肢の一つになっている。

この方法は、原理的には活性汚泥法と同様であるが、通常沈殿槽で行う活性汚泥と処理水の分離を、ろ過膜によるろ過で行う点が大きな相違点となる。ろ過膜には孔径0.2~0.4 μm 程度の合成樹脂性精密ろ過膜が用いられる場合が多く、これらの膜を活性汚泥の曝気槽に浸漬し、吸引ポンプでろ液を槽外へ排出する。

この処理法は、施設の小型化と処理水質の安定化の面で効果がある。また病原微生物も膜により除去できるため、クリプトスポリジウムなどのように、塩素消毒に耐性を有する有害微生物の除去の面では特に有利と考えられる。

一方、ろ過膜の定期的な薬品洗浄や交換が必要である。薬品洗浄については、分離膜の内側に薬品を圧入させる簡略な手法が行われるようになってきており、管理の省力化が進んでいる。できるだけ小面積の分離膜で、かつ薬品洗浄を最低限で済ます運転手法の最適化が今後の検討課題の一つと思われる。

また、膜分離法を適用すると硝化は活発化するが、脱窒をいかに促進にするかが課題となる。上記利用指針では、膜分離活性汚泥法での窒素除去手法として、脱窒槽—硝化槽（膜分離槽）の2槽式、またはさらに第2脱窒槽—再曝気槽（膜分離槽）を組み合わせた2段脱窒法が記載されており、また、脱窒の炭素源としてメタノールを使用することとしている。

槽を複数化せずに、汚水中有機物を有効利用しながら硝化脱窒を図る膜分離活性汚泥法リアクターの検討も行われている。渡辺ら（2007）は、液の移動のための開口部を設けた仕切り板でリアクターを上下に分け、曝気は上部だけ行い、下部は嫌気部とするリアクターを検討している。このリアクターでは、流入汚水は嫌気部に流入させ、さらに好気部の流出水の一部を嫌気部に循環させることで脱窒を図る。

また、彼らは、曝気槽を外槽と内槽の2重構造とした上で、曝気は内槽のみで行い、さらに槽内水位を周期的に変化させ、高水位時には槽全体が曝気により好気性となり、一定水位以下になると内槽と外槽が分断され、嫌気化した外槽で脱窒が生ずるというリアクターも検討している。

2.2 嫌気性処理法（メタン発酵）と好気性処理法の組み合わせ処理

高濃度有機性排水の処理を、活性汚泥などの好気性処理だけで行う場合、曝気で多くの電力が消費される。このため、食品工場排水処理などでは、好気性処理の前処理として、低消費電力で有機物を低減できる嫌気

度を含む脱臭施設廃液が污水处理施設に流入するケースも予想され、この面でも窒素対策技術は重要である。

活性汚泥法で窒素除去を行う場合、循環式硝化脱窒法または間欠曝気式活性汚泥法を採用すれば、生物学的な硝化・脱窒が進行し窒素除去率が向上する。特に、間欠曝気法は既存施設でも部分的な改造で適用可能で、しかも管理も容易なことから、畜産分野に適した方法である (Osada et al.1991)。

しかし、流入汚水の易分解性有機物と窒素濃度の比 (BOD/N比) がおよそ3以下の場合には、脱窒のための有機物が不足し窒素が硝酸態で残留するようになるため、何らかの付加的なプロセスの導入が必要となる。代表的な既存技術としては、メタノール添加法があるが、導入のためには、危険物であるメタノールの貯留設備、メタノール注入設備、嫌気槽、および再曝気槽等の増設が必要になる。また、水質の変化に合わせてメタノール注入量制御を行うことは、現実的には難しいので注入量は過剰にせざるをえない。

メタノール添加法の代替となり、しかも設備や維持管理が一層簡易な窒素低減技術が求められており、各種の検討が行われている。

以下に、畜産分野での新たな窒素低減技術として検討されているいくつかの技術について紹介する。

①易分解性有機物含有廃液の利用による脱窒

メタノールに代わる、安価で取り扱いやすい脱窒用有機物については従来から種々検討されている。具体例としては、缶詰工場シロップ廃液 (嶋澤ら、2006)、焼酎製造廃液 (阿部、2007)、廃揚げ油などがある。

このような食品産業副産物を有効利用した脱窒は、工場が近くに立地している場合には、有効な選択肢と考えられる。しかし、放流水質の悪化を防ぐため、注入量の制御や処理プロセスについては十分な事前検討が必要である。

②リアルタイム制御法

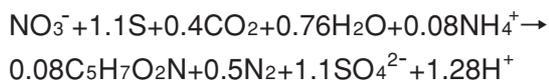
この処理法では、回分式活性汚泥法をベースとし、センサーにより水質状況を把握しながら適切な制御を行う。具体的には、酸化還元電位 (ORP) に

よって脱窒工程における脱窒用有機物の注入制御を行い、pHによって硝化工程の曝気時間を制御する (金主鉉、2002)。この方法は装置構造が比較的単純で済む長所がある上に、流入汚水水質が変化しても自動的に最適の処理を行える可能性がある。また、ORP、pHの絶対値は使用せず、変曲点の出現によって制御を行うことから、センサーの汚れ等による絶対値のドリフトの影響を受けないという利点もある。ただし、ORPやpHの変曲点がはっきりと検出されない場合にどのような制御対応をするかの検討も必要であろう。脱窒用有機物が不足する場合、畜舎で分離した豚糞を水に溶解させ脱窒工程で注入することも検討し、有効と報告している。ただし、糞の添加はリン濃度の上昇をもたらすことから、リン除去面の検討も併せて行う必要がある。

③硫黄脱窒法

特別な制御や薬液の注入が不要な簡易な脱窒法として、有機物の代わりに硫黄を脱窒の電子供与体に用いる硫黄脱窒法がある。

一般に、硫黄脱窒は、Thiobacillus denitrificansなどの細菌により、以下のような反式で進行する。



この反応に必要なCO₂の供給と、発生する硫酸イオンによるpH低下防止のため、従来は炭酸カルシウム粒を硫黄粒とともにリアクターに投入していた。硫黄と炭酸カルシウムの消耗バランスを保つことが困難という難点があった。

この点を改善するため、加熱溶融した硫黄中に炭酸カルシウムを混合・分散させた後固化し、碎石状に破碎した硫黄脱窒資材が開発されている (河原塚ら、2001)。この資材では、硫黄中に包埋された状態で炭酸カルシウムが分散しているので硫黄の消耗と炭酸カルシウムの溶出が同時進行し、前記のようなアンバランスが生じない利点がある。この資材を水槽に充填し、硝酸イオンを含んだ液を流入させると、資材の表面に硫黄酸化細菌が増殖し、脱窒が進むようになる。

この資材を使用した畜舎汚水の脱窒の検討は、陳、田中（2001）、長峰ら（2008）などにより行われている。この方法の利点は、特別な制御を行わなくても流入する硝酸・亜硝酸の量に応じた脱窒が自然に進行し資材の無駄な消耗が起こらないことである。一方、ろ過的な操作であるため、資材層に閉塞が生じ、性能が低下することもある。閉塞対策としては、流出処理水を循環させることで資材層通過流速を上げる方法や、定期的に資材層底部から通気を行い、資材層に捕捉された懸濁物を流出させる逆洗手法がある。

逆洗効果を高めるには、資材の粒径・比重を小さくし、通気時に資材が流動化したほうが良い。この観点から、パーライト粒子の表面に有効成分をコーティングした粒状資材も検討されている（Tanaka et al, 2007；田中、手島、2008）（図2、図3）。この資材では、有効成分の消耗後パーライトが残留するが、逆洗時に槽外に排出され、余剰汚泥とともに処理されることになる。

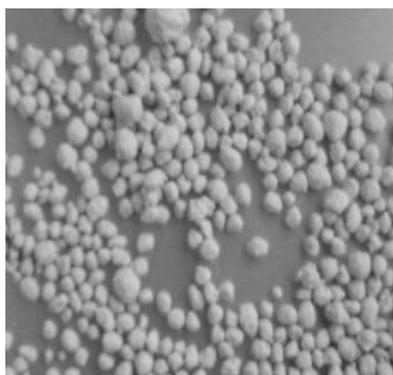


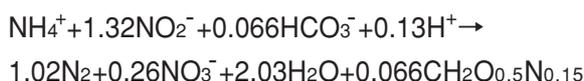
図2 パーライトを核とした脱窒用硫黄資材（粒径2～5mm）



図3 パーライト型硫黄脱窒資材を利用した脱窒装置の例

④アナモックス細菌による脱窒法

近年、亜硝酸とアンモニアをほぼ等量利用し窒素ガスに変化させる反応（下式）を行う細菌を利用した脱窒法が注目されている。



この細菌は一般的にANAMMOX（アナモックス）細菌と呼ばれ、オランダのデルフト工科大学で最初に汚水処理リアクター内から発見された。その後多様な汚水処理装置から発見され、この微生物群を利用した実処理装置も国内外で稼働を開始している。アナモックス細菌を利用する脱窒の大きな長所は以下の二点である。

- ・アンモニアの半量を亜硝酸にまで酸化するだけでよい。このため、硝化用電力費が格段に低下する。
 - ・脱窒の電子供与体にはアンモニアが利用されるので、メタノール等の有機物や硫黄などの電子供与体は不要である。この分のコストが低下する。
- 一方、現実的な適用面で難しい点は、硝化過程を亜硝酸生成までで止まるように制御し、しかもアンモニアを半分残す必要のあることである。このため、硝化過程の微妙な制御が必要になる。硝化用リアクターの水温や水理学的滞留時間を制御することで亜硝酸生成だけを生じさせる手法も考案されている（Van Dongen et al., 2001）。

最近では硝化槽とアナモックス反応槽を分離せずに、単一槽で部分亜硝酸酸化とアナモックス反応を同時に進める手法も検討されている（古川、2007）。

なお、アナモックス細菌が発見された当初は、非常に特殊な条件でのみ増殖すると考えられていたが、その後種々の汚水処理施設（和木ら、2008）や自然環境中からもその存在が報告されるようになってきている。

汚水処理に関する微生物学的視点からの研究が発端になって、微生物学の教科書の一部が書き換えられるような発見がなされ、それが応用面にフィードバックされつつあるということは、現場の現象をじっくり見つめることが新技術開発に重要であることを改めて感じさせるものと言えよう。

3.2 リン除去・回収

近年リン鉱石価格が急騰したことから、リンは汚濁物質という面だけでなく、貴重な資源という面がクローズアップされ、回収再利用できる技術の重要性が増している。

なお、工場排水などでのリン除去には無機系凝集剤を使用した凝集沈殿法が多く採用されているが、この方法では脱水性の悪い凝集汚泥が大量に発生する上に、凝集剤はアルミニウム塩または鉄塩を含むことから、凝集汚泥は肥料利用に適さない。再利用を視野に入れた除去手法として以下のような技術が畜産分野で検討されている。

①ジルコニウムフェライト樹脂吸着法

ジルコニウムフェライト樹脂を充填したカラムに通水してリン酸を吸着させ、その後リン酸を苛性ソーダ溶液で樹脂から溶離して、リン酸ナトリウムの結晶として回収する手法がある（道宗、2003）。この手法は、吸着剤を繰り返し使用できる長所があるが、一方で溶離に高濃度のアルカリを使用する点と、溶離液から結晶を取り出す工程が必要となる。

②MAP法

豚舎汚水は、リン酸以外にもマグネシウムイオン、アンモニウムイオンを高濃度で含有することから、比較的容易にこれらの成分が結合した結晶を生成させ（MAP反応）回収することができる。

豚舎汚水への適用については、鈴木らによる検討がなされている（Suzuki et al., 2006；鈴木一好、2007）。この検討では、曝気により汚水を弱アルカリ性にして結晶化させる簡易な手法が採用され、また結晶をステンレス金網などに付着させて高純度で回収する手法も開発され、回収MAPの肥効性の検討もなされている。

なお、下水道分野でもMAPによるリン回収が実用化されており、回収されたMAPは、野菜（大根・キャベツ）、観賞用植物（シクラメン・キク）、果物（柑橘苗木）、常緑針葉樹（ヒノキ園芸品種）、常緑広葉樹（カナメモチ）、落葉広葉樹（夏椿）な

どに対して、カリ分を補うことで、生育に効果的であり、ヨウリンやマグアンプなどの既存のリン酸肥料と同等であるとされている（日本下水道協会、2005）。

③ケイ酸カルシウム資材による吸着法

ケイ酸カルシウムを含有する発泡コンクリート塊を充填した接触曝気式処理法で、生物学的な有機物分解と発泡コンクリートへのリンの吸着除去を同時に行う手法が開発され（高橋朋子、1995）ている。この手法は、充填層の確実な逆洗さえ行えば、それ以外の特別な操作を要せずにリン除去ができるため、簡易性の面で優れている。リンは、摩耗した資材粉末に吸着した形で余剰汚泥に含有され、堆肥化に移行し、リン資源の有効利用が可能になると思われる。

3.3 色度

畜舎汚水は、良好な浄化処理が行われても難分解性の茶褐色の着色成分（色度）が残るため、水質規制上は問題ない処理水でも、近隣住民に未処理と誤解され、放流に支障が生ずる場合がある。色度の確実な除去技術としては、オゾン酸化法と活性炭吸着法がすでに確立された技術として多くの分野で利用されているが、畜産分野ではコスト面で導入は容易ではない。

畜産向けの低コストで操作の容易な技術としては、黒ボク土吸着法がある（森、1998）。土層の目詰まりが発生するリスクがあるため、前処理として塩化第二鉄による凝集処理を組み合わせる手法も検討されている。凝集処理段階でもある程度着色度低減の効果がある。

処理水を滞留させた槽に電極を挿入し、さらに食塩を投入して電気分解を行い、発生した塩素類の漂白作用で除去する技術も開発されている（道宗ら、2003）。この技術は、膜分離活性汚泥法処理水への適用が前提とされ、処理前の色度が200度以上になると処理能力が低下するとされている。

最近研究された技術としては、グラファイトカーボンによる吸着手法がある（矢吹ら、2007）。吸着が飽和状態に達すると、グラファイトカーボンをエタノー

ルで洗浄・再生する。洗浄に使用したエタノールは蒸留によって回収し、繰り返して利用する。実用化にはコストの低減が重要と思われる。

色度除去専用技術ではないが、逆浸透膜による処理を行うと、窒素・リンなどの各種塩類とともに色度も除去できる。また、蒸留水に近い処理水が得られるため、処理水を畜舎洗浄などに再利用することも可能である。ただし、逆浸透膜でのろ過には高圧ポンプでの加圧が必要なため電力費が高く、また定期的な薬品洗浄も必要となる。さらに、処理に伴い発生する濃縮水の処分が不可欠になる。濃縮水は、発酵中の堆肥への散布による処分の可能性もあるが、塩類濃度の上昇に注意が必要である。なお、最近では排水処理用途向けに、比較的低压でろ過可能でしかも膜面への付着物質が蓄積しにくい逆浸透膜も開発され、従来よりは適用が容易になってきている。

イオン交換膜を利用した電気透析法によっても、窒素、リン等の各種塩類とともに、色度も除去できる (Fukumoto & Haga, 2004)。ただし、逆浸透処理と同様に濃縮水の処分法が課題である。

3.4 銅、亜鉛

水質汚濁防止法での銅、亜鉛の規制値は近年強化され、銅が 3 mg/L、亜鉛が 2 mg/L になっている。Suzuki et al. (2007) によると、豚舎汚水中の銅、亜鉛の多くは浮遊物の形態で存在する。このことから、鈴木ら (2006) は、確実な重力沈殿処理を行えば、銅、亜鉛濃度は充分低減化可能であり、また、凝集沈殿処理、膜分離などを行えば、一層の低減ができると推測している。

これらの知見は、最終沈殿槽での汚泥分離が不十分にならないよう、余剰汚泥の適切な引き抜きなどの管理を確実に行うことが、銅、亜鉛の面でも重要であることを示唆する。

3.5 性ホルモン

畜舎汚水中には家畜から排出される性ホルモン (エストロゲン) が微量ながら含まれており、その含有量や処理過程での動態については若干の研究事例がある (Furuichi T. et al., 2004)。性ホルモンは、人由

来のものが下水道等を通じて排出されることもあり、排出源は畜産に限られるわけではないが、関連情報の収集は必要であろう。

4 余剰汚泥処理および余剰汚泥発生量低減化技術

汚水の浄化に付随して発生する余剰汚泥の処理・処分も重要なプロセスである。現状では、高分子凝集剤を添加し機械式脱水機で脱水するのが最も確実であるが、脱水機が高額な上に、凝集剤の費用も高いため農家には大きな負担となる。また、凝集剤の適正添加量の制御は容易でないことから、不適正な注入量により含水率が十分に低下しない場合も生じてくる。よって、簡易で低コストな余剰汚泥脱水技術の検討は今後も重要である。

使用例の減っている砂ろ床方式の脱水法を改善することで、簡易で低コストな脱水技術を開発しようという試みは、最近でも少数ながら行われている。例えば、中村、柚山 (2004) は、砂ろ床の砂層の上面にポリエステル不織布を置くことで、乾燥の促進と乾燥汚泥の回収作業の効率化を図る検討を行っている。この技術では、不織布の利用可能回数がコストを決定する要因になるものと思われる。

勝野ら (2007) は、砂のかわりにオガクズを利用したろ床の上に、ステンレス製金網を底面に取り付けた容器を置き、容器内に汚泥を投入する手法の試験を行った。その結果、乾燥時間の短縮が確認されたが、実用化に関しては乾燥汚泥の移動方法などの点でまだ検討が必要としている。

また、畜産草地研究所では毛細管現象を利用したペーパードレイン法で含水率を低下させ、最終的に天日乾燥を行う手法の基礎検討を行っている。この方法では、凝集剤が不要で、清澄な分離液が得られる。

余剰汚泥発生量の低減技術として、都市下水処理分野ではオゾン酸化処理や、超音波や各種方式の破碎機により汚泥中微生物を破碎可溶化し、活性汚泥曝気槽に循環させ分解を図るなどの技術が検討され、一定の効果が認められている。また、畜産分野でも、キャビテーション効果で汚泥を破碎する基礎検討がなされている (廣岡ら, 2008)。しかし、これらの方式は、装

置の導入コストが負担になることが予想され、費用対効果のバランスが取れるかどうか課題である。また、余剰汚泥を分解・可溶化するとリンが汚水中に回帰するため、リン除去面では不利な点もある。

5 放流水の自動監視システム

処理施設からの汚泥流出などトラブルの防止には、処理水の自動監視が有効な可能性が有る。水質の自動監視装置としてはすでに光学式や化学方式の種々の装置が市販されているが、価格面や維持管理面でそれらの導入は容易ではない。処理水の汚濁程度の相対変化をモニタリングし、異常値を検知する簡易な監視装置も検討されているが（田中ら、印刷中）（図4）、普及のためには一層の低価格化が課題である。



図4 3色のLED光による放流水監視装置の試作品

6 酪農雑排水の処理技術

近年では、酪農でもパーラー廃水処理などに汚水処理技術を導入する例も出てきており、この分野での新たな技術展開も求められている。酪農雑廃水は養豚汚水に比較して水量は少ないものの、水質は状況に応じて大きく変動するため適切な設計や安定した性能維持は容易ではない。水質面から大別すると、糞の混入の少ない低濃度廃水と、糞が比較的多く混入した高濃度廃水に分かれる。前者については、沈殿処理等の簡易な対応で済む可能性もあるが、後者については生物処理が必要な場合もある。従来から、各地域の試験場などで酪農雑排水処理の検討も行われているが、今後さらに簡易かつ低コスト技術の開発が望まれる。畜産草

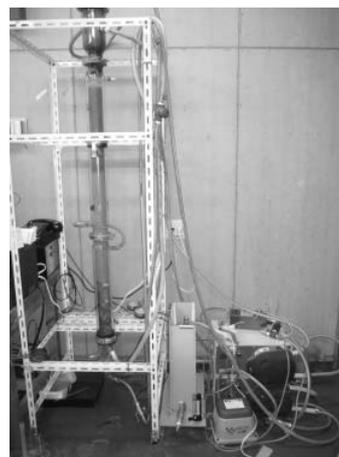


図5 簡易型生物膜ろ過法によるパーラー廃水処理の実験装置
地研究所では、生物膜ろ過法を簡易化した技術による処理の検討も行っている（図5）。

7 終わりに

各方面の努力により、家畜排泄物の適正管理についての対応は大きく前進した。しかし、汚水処理について見ると、本稿で述べたように、今後まだ効率向上および新技術導入の必要性は多いと思われる。各方面で一層の研究・開発が期待される。

参考文献

- 阿部正八郎（2007）焼酎製造後の凝縮液を利用した豚汚水の脱窒処理技術．平成19年度家畜ふん尿処理利用研究会「畜産環境の動向と汚水高度処理および悪臭防除の新技術」、39-44.
- 道宗直昭、原田泰弘、根津昌樹、福森功、古山隆司、名川稔（2003）畜舎排水浄化処理水の脱色装置．畜産草地研究成果情報、No.2：255-256.
- 道宗直昭、原田泰弘、根津昌樹、福森功、古山隆司、名川稔（2003）畜舎排水浄化処理水のリン除去装置．畜産草地研究成果情報、No.2：257-258.
- Fukumoto Y. & Haga K. (2004) Advanced treatment of swine wastewater by electrolysis with a tubular ion exchange membrane. *Animal Science Journal* 75 (5)：479-485.
- Furuichi T., Suzuki, K., Kannan K., Giesy JP. and Masunaga S. (2004) Occurrence of estrogenic compounds at swine waste treatment plant. *Proceedings of 4th SETAC World Conference, Portland, USA*. P297.
- 廣岡佳弥子、浅野亮樹、横山厚、岡崎征男、中井裕（2008）キャビテーションノズルによる余剰汚泥減量型排水処理システムにおける窒素除去機能の検討．*日本畜産環境学会誌*、7 (1)：30.

J. リロンデル、J-L・リロンデル (2006) 硝酸塩は本当に危険かー崩れた有害仮説と真実ー (越野正義訳)、農山漁村文化協会.P P 256.

勝野伸吾、中谷洋、増田達明、鈴木良地、近藤一 (2007) 金網を利用した畜産浄化槽汚泥の効率的な処理技術の検討. 愛知農総試研報39 : 77-82.

河原塚琢磨、谷田貝敦、増島博 (2001) 硫黄-石灰石粉混合造粒物を用いた畑地暗渠排水の脱窒処理. 東京農業大学農学集報, 46, 7-12.

金主鉉 (2002) リアルタイム制御による畜舎排水の高度窒素除去. 第44回日本水環境学会セミナー硝酸・亜硝酸性窒素汚染対策に向けた新たな展開, 76-86.

膜分離型畜舎排水処理装置の手引き作成委員会 (2004) 膜分離型畜舎排水処理装置の手引き. 農林水産省農林水産技術会議事務局、農業・生物系特定産業技術研究機構畜産草地研究所.

三宅英成、張亮、奥田絵美、中井裕 (2006) 嫌気性アンモニア酸化 (ANAMMOX) 法による畜舎汚水処理とANAMMOX細菌の検索. 日本畜産環境学会誌, 5 (1) : 36.

森隆、田中康男、田中章浩 (2004) 日中農業科学技術交流考察団報告ー農畜産廃棄物処理の実態調査及びエネルギー変換等の農畜産廃棄物の有効利用に関する調査ー. 農林水産省農林水産技術会議事務局、平成16年度.

日本下水道協会 (2005) 下水汚泥の農地・緑地利用マニュアルー2005年版ー.

森達摩 (1998) 色度の除去. 平成10年度家畜ふん尿処理利用研究会資料ー畜産汚水処理と環境マネージメントの現状と今後の方向ー. (畜産試験場 '98-10資料) : 15-20.

長峰孝文、小堤恭平、古谷修 (2008) 硫黄酸化脱窒による豚舎汚水の活性汚泥処理水の脱窒と脱色. 日本畜産環境学会誌, 7 (1) : 16.

中村真人、柚山義人 (2004) 汚泥の乾燥方法. 特願2004ー54337.

Osada, T., Haga, K. and Harada, Y. (1991) Removal of nitrogen and phosphorus from swine wastewater by the activated sludge units with the intermittent aeration process. Water Research, 25, 1377-1388.

嶋澤光一、大串正明、大保稲実 (2006) 回分式活性汚泥浄化処理における缶詰シロップ廃液を活用した窒素除去. 日本畜産学会大106回大会講演要旨, 115.

新汚水処理施設設計指針作成委員会 (2004) 高効率嫌気性リアクターと不織布懸架式散水ろ床による豚舎汚水処理施設設計・維持管理暫定指針. 畜産草地研究所研究資料, 第5号 : 1ー38.

Suzuki K., Tanaka Y., Kuroda K., Hanajima D., Fukumoto Y., and Yasuda T. (2006) The technology of phosphorus removal and recovery from swine wastewater by struvite crystallization reaction. JARQ 40 (4), p341-349 (2006)

鈴木一好、田中康男、黒田和孝、花島大、福本泰之、安田知子、和木美代子 (2006) 浮遊物質の除去処理によって豚舎汚水の全亜鉛、全銅濃度は低減化できる. 畜産草地研究成果情報 5, p71-72 (2006)

鈴木一好 (2007) MAP結晶化法による有限資源であるリンの豚舎汚水からの除去回収技術. 畜産の研究, 61 (2), p275-280.

Suzuki K., Tanaka Y., Kuroda K., Hanajima D., Fukumoto Y., Yasuda T. and Waki M., (2007) Removal and recovery of phosphorus from swine wastewater by demonstration crystallization reactor and struvite accumulation device. Bioresource Technology 98 (8), p1573-1578 (2007)

高橋朋子 (1995) 循環式TBX生物膜法. 畜産環境対策大事典, p 295-301. 農文協編.

田中康男、鈴木一好、福永栄、永田龍三郎 (2006) UASBリアクターと不織布懸架式散水ろ床を組合わせたプラントによる畜舎汚水の処理特性. 水環境学会誌, 29 (2) : 107-113.

Tanaka Y., Yatagai A., Masujima H., Waki M., Yokoyama H. (2007) Autotrophic denitrification and chemical phosphate removal of agro-industrial wastewater by filtration with granular medium containing sulfur, CaCO₃ and Mg (OH)₂. Bioresource Technology, 98: 787-791.

田中康男、手島信貴 (2008) 硫黄含有資材と発泡コンクリート資材による豚舎汚水の窒素・リン等の低減. 日本畜産環境学会誌, 7 (1) : 17.

田中康男、森達摩、矢吹芳教、相子伸之、渡辺高秀、篠崎秀明、渡辺是文、横山浩、荻野暁史. 畜舎排水水質の簡易自動モニタリング装置の性能検討. 畜産学会報 (印刷中)

陳昌淑、田中康男 (2001) 硫黄酸化反応による畜舎汚水の窒素除去と脱色. 用水と廃水, 43 : 1053-1059.

Van Dongen et al. (2001) The combined Sharon/Anammox process-A sustainable method for N-removal from sludge water-. Water and Wastewater Practitioner Series: STOWA Report, IWA Publishing.

和木美代子 (2007) ANAMMOX反応の畜産汚水への適用可能性. 平成19年度家畜ふん尿処理利用研究会「畜産環境の動向と汚水高度処理および悪臭防除の新技術」, 21-25.

和木美代子、安田知子、鈴木一好、荻野暁史、横山浩、田中康男、坂井隆宏、山岸昂夫、諏訪裕一 (2008) 汚水処理施設由来汚泥中のアナモックス活性測定. 第42回日本水環境学会年回講演集, 587.

渡辺義公、木村克輝 (2007) 膜分離活性汚泥法による窒素除去技術. 排水・汚水処理技術集成. 株式会社エヌ・ティー・エス.

矢吹芳教、森達摩、相子伸之、切畑光統、杉村仁、田中康男 (2007) グラファイトカーボンを含有した磁性アルギン酸ビーズによる畜産排水の色度および有機成分の除去. 日本畜産学会報, 78 (3) : 339-344.