養豚農場における汚水浄化処理施設

㈱戸上電機製作所　石田　稔

はじめに　―浄化処理施設の高度処理要望高まる―

当社は、養豚場、酪農場において100ヵ所以上の排水処理施設（畜産業界では浄化槽と呼ばれている）の建設を行っている。畜産汚水の浄化は一般的に活性汚泥法が用いられる。方式は、標準活性汚泥法、膜分離活性汚泥法、複合ラグーン方式、回分式ＯＤ法（神奈川方式）など、その農場に適した方式が選択されている。以前はＢＯＤ除去を目的とした浄化処理施設が主流であり、曝気槽容積とブロワ送気量が適切であって維持管理をしっかり行えば、排水基準値まで浄化することはさほど難しいものではなかった。

最近、施設維持管理の負担軽減と農場周辺の環境に配慮して、安定した高度な処理水が得られる膜分離法を採用される農場も多くなってきている。また、硝酸性窒素等の一般基準値（100mg／L以下）対応が喫緊の課題となってきている。窒素除去は、活性汚泥によるＢＯＤ除去と違って、複雑な経路（メカニズム）をとるため、それを理解して適切なシステムを構築する必要がある。リンに関しても、自治体によっては条例により独自の基準が定められている場合があり、これまで以上に排水処理施設の高度処理を要望されることが多くなってきている。

常に安定した処理水を得られる膜分離活性汚泥法

膜分離活性汚泥法は、標準活性汚泥法の最終沈殿槽の替わりに膜分離槽を設け、精密ろ過膜（ＭＦ膜）により常に清澄性のある処理水を得る方法である。反応槽内の活性汚泥濃度を標準法の２～３倍で運転でき、ＢＯＤ処理能力は極めて高く、0.4μm以下の孔径でろ過を行うため、バルキングやスカムの問題が解消され、処理水中のＳＳはもちろん、大腸菌やクリプトスポリジウムなどの有害微生物が除去できるのが特徴である（**図１**）。

反応槽の容積は、標準法同様ＢＯＤ容積負荷にて決定する。活性汚泥濃度を高められることから、0.5kg／m^3・日以上で設定するメーカーもあるが、容積負荷を高くすると活性汚泥が不安定になりやすく、窒素の除去も不利になることから、0.5kg/m^3・日を超えない設計が妥当である。膜分離活性汚泥法を導入するにあたっては、膜の閉塞による処理の低下に注意をする必要がある。膜の単位面積、単位時間あたりのろ過水量をフラックス（透過流束）といい、処理水量と膜面積との間には次式の関係がある。

フラックス（m^3/m^2・日）＝
処理水量（m^3/日）÷膜面積（m^2）×{（ろ過稼働時間＋休止時間）÷（ろ過稼働時間）}

フラックスを大きく設定すると、単位面積あたりの通過しようとする流量が多くなり、目詰まりを起こしたり、膜の寿命を縮めることとなる。畜産汚水では、0.25m^3/m^2・日以下に設定することが望ましい。運転管理においては、特に活性汚泥濃度に注意が必要で、余剰汚泥の引き抜きを怠ると、濃度が上昇し、クロスフロー（**図１**）がうまくできず膜間に活性汚泥が堆積し、処理水量を著しく低下させる。槽内MLSSは、15,000mg/Lを超えないよう管理が必要である。

窒素除去　―硝酸性窒素等一般排水基準値をクリアするためには―

硝酸性窒素等の一般基準値（100mg/L以下）達成のためには、処理工程に脱窒素工程を装備する必要がある。窒素除去のメカニズムを**図２**に、処理フロー例を**図３**に示す。

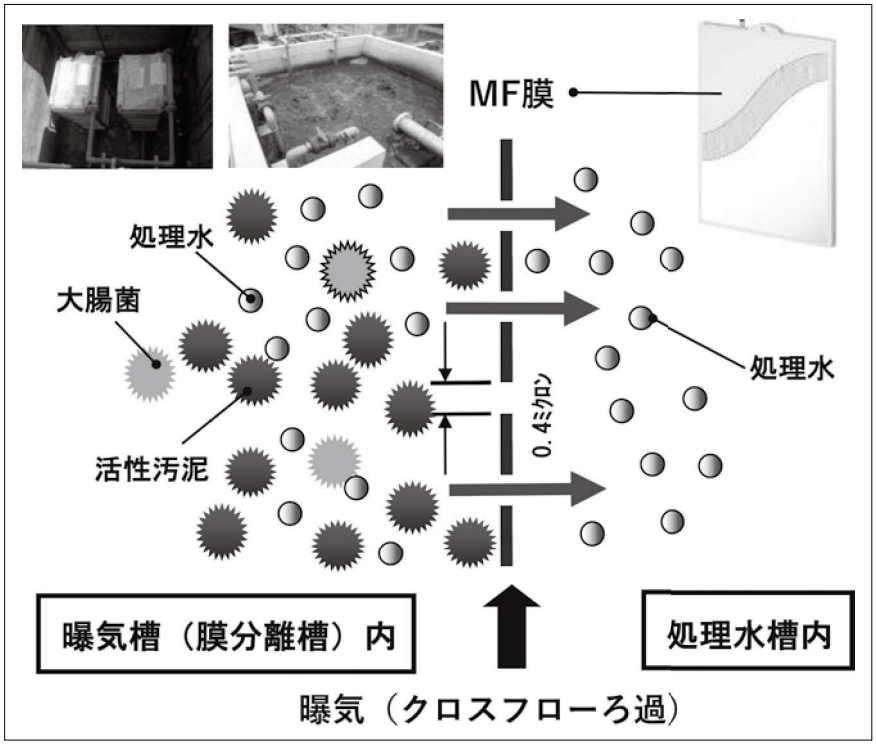
脱窒素は、反応槽の間欠曝気もしくは、脱窒素槽（無酸素槽）と硝化槽（好気槽）の硝化液循環法にて行われる。硝化工程では硝化菌により、アンモニアを亜硝酸や硝酸に酸化し、脱窒工程にて脱窒細菌により、亜硝酸や硝酸を、窒素ガスに還元、揮散させる原理である。

脱窒素を行うためには、次の４点の条件が特に重要となるので設計に取り入れる必要がある。

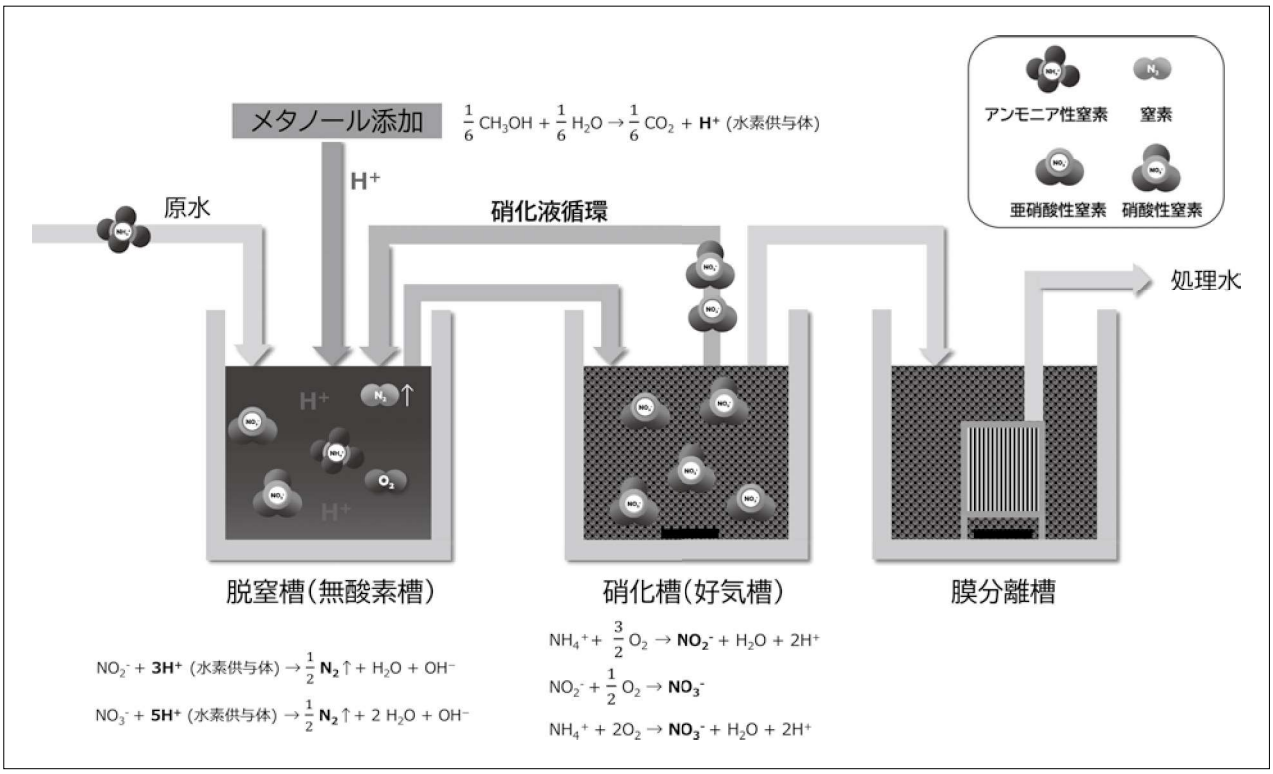
①硝化に必要なSRT（汚泥滞留時間）を十分にとること。
②硝化工程の溶存酸素濃度を確保すること。
③硝化工程は少なくとも水温15℃ を確保すること。
④ＢＯＤ／Ｎ比が３以上あること。

ＢＯＤ／Ｎ比が３以上ない場合、メタノールのような水素供与体が必要となる。畜舎がふん尿分離豚舎で、原水の凝集分離（前搾り）を採用する場合は、特に注意が必要となる。ふん尿混合の場合は前搾りを行っても３以上を確保できる場合が多い。

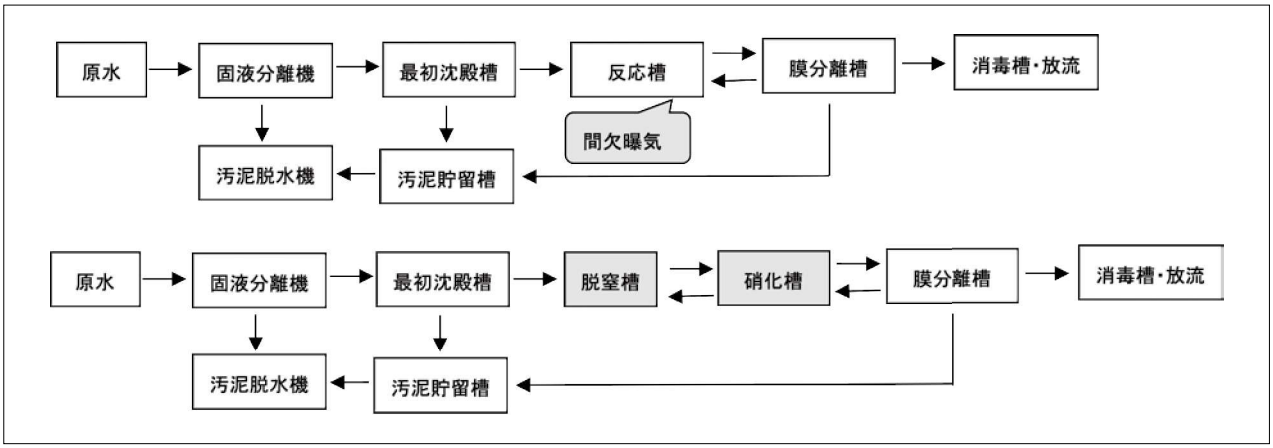
（図１）膜分離活性汚泥法の概念



（図２）窒素除去のメカニズム



（図３）脱窒素フロー例



当社における高度処理の事例と特長

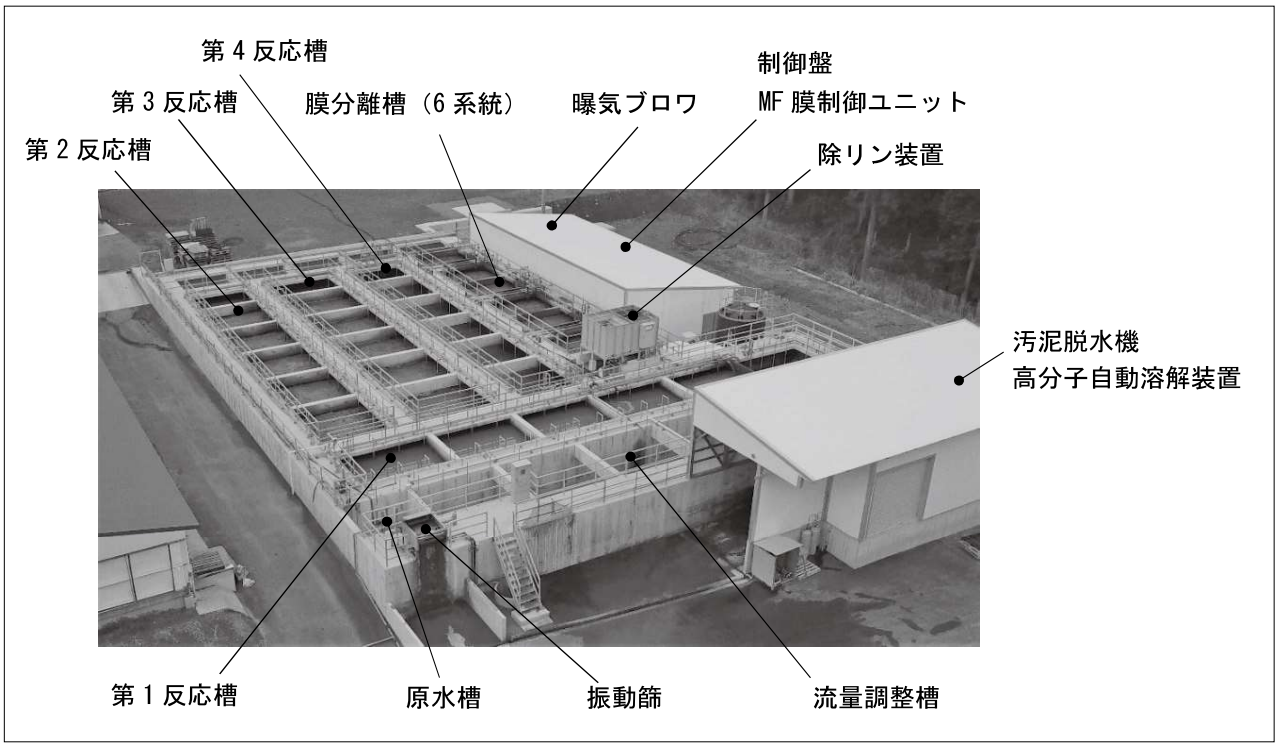
図４は、熊本県肥育豚１万4,000頭規模の浄化処理施設（設計排水量250m^3/日）である。この法人は現在母豚1,800頭一貫経営だが、他の２農場でも膜分離法を採用されている。農場周辺の環境を特に重要視されており、今回も水質と維持管理性能の観点から膜分離法を採用された。さらには、硝酸性窒素等、全リンの対応も必要とのことで、システム内に組み込まれた。

＜本施設の特長＞

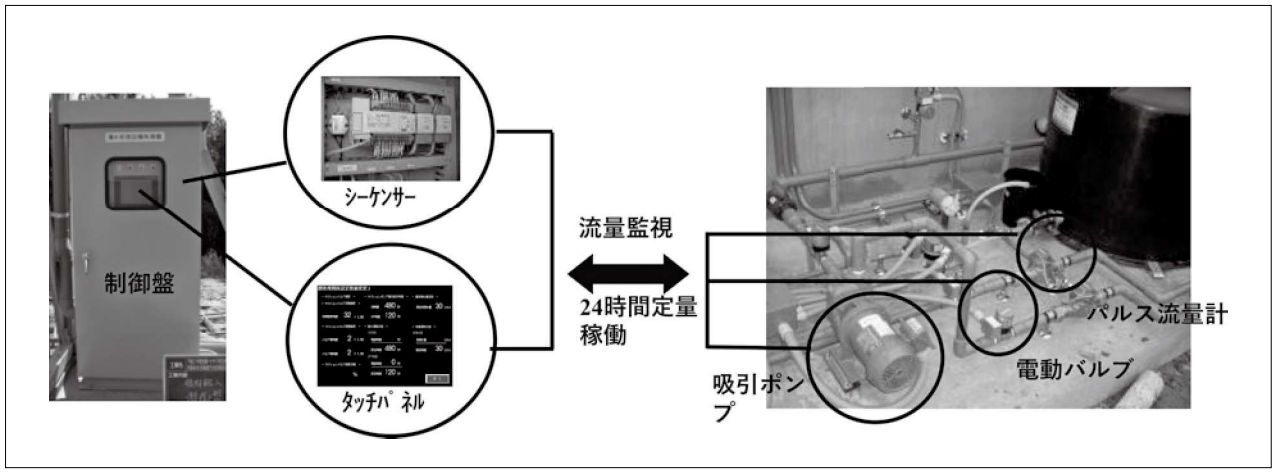
（１）常時安定した処理水MF膜分離を採用

先述したとおり膜分離法は活性汚泥濃度をある程度まで高めることができるため、ＳＳはもちろんのこと、ＢＯＤ、T-N処理能力にも優れる。また当社は膜目詰まりを低減させるための独自の制御技術（定流量ユニット）を装備している（**図５**）。ろ過流量をパルス流量

（図４）熊本県肥育豚１万4,000頭規模の浄化処理施設



（図５）膜に対するストレスを緩和する運転方法（トガミ定流量ユニット）



計で監視し24時間均等に処理を行うように自動で電動バルブの開度を調整するシステムである。このように膜に対するストレスを緩和することで、最長で14年間膜を交換しなかった事例もある。膜分離槽は、複数系統（この施設は６系統）に分けて、メンテナンスやトラブル時も処理を滞らないように考慮している。

・設計ＢＯＤ容積負荷：0.3kg/m^3・日
・設計膜フラックス：0.25m^3/m^2・日

（２）硝酸性窒素対応

本施設は、間欠曝気法による窒素除去を行っている。反応槽を１槽から４槽まで分割しているため、反応槽１や反応槽３を無酸素槽に、反応槽２と反応槽４を好気槽にするなど、消化液循環方式での運転も可能である。畜舎でのふん尿の分離状況が計画より低かったため、前搾りを行っている。結果ＢＯＤ／Ｎ比は３を超えており脱窒素は良好に行えている。

（3）リン対応

膜分離後に、凝集沈殿装置を配置し、無機系凝集剤で脱リンを行っている。色度低減の副次的効果も期待できる。

本施設の水質分析代表例を**表１**に示す。要求水質に応じた適正な設計・施工と、農場管理者の正確な日常管理・メンテナンスにて水質は良好に推移している。

（表１）本施設の水質例

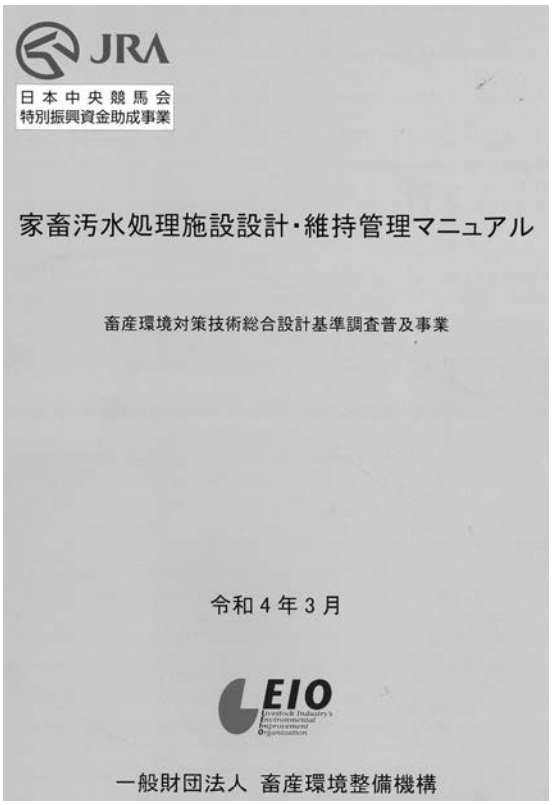
項目	原水	処理水	排水基準値
pH（－）	6.9	6.6	5.8 ～ 8.6
BOD（mg ／ L）	20,000	4.9	120以下
SS（mg ／ L）	15,000	4	150以下
T-N（mg ／ L）	5,300	23	－
硝酸性窒素等（mg ／ L）	－	22	100以下（暫定400以下）
T-P（mg ／ L）	350	0.13	８以下（暫定22以下）

おわりに

畜産汚水の浄化処理施設は、要求水質、原水量、原水濃度、敷地面積などを検討し、適切な仕様決定が必要である。実績のあるメーカーを中心に慎重に検討を行うことが必要である。最近、畜産汚水処理のマニュアルが約20年ぶりに改訂された（**図６**）。本マニュアルは窒素除去や高度処理に関しても詳細に解説されており、汚水処理の理解促進にもなると思われるのでぜひ参考にしていただきたい。当社も基本的に、このマニュアルに準拠した形での設計としている。浄化処理施設の増設、新築、高度処理の検討などあれば、遠慮なく問い合わせていただきたい。

また今回は養豚場での汚水処理を紹介したが、当社は、酪農場汚水（パーラー・スラリー・消化液）の適正な浄化処理方法を構築した。誌面の都合上紹介はできなかったが興味がある方は、次のＱＲコードにアクセスいただきたい（**図７**）。

（図６）家畜汚水処理施設設計・維持管理マニュアル（(一財）畜産環境整備機構）



持続可能な畜産経営の確立と畜産振興に当社の技術が一助となればと考える。

（図７）当社水処理システム事業紹介ＱＲコードURL

問い合わせ先：㈱戸上電機製作所
〒153-0042　東京都目黒区青葉台4-1-13戸上ビル
TEL　03-3465-0711　FAX　03-5738-3622
URL　http://www.togami-elec.co.jp/
（いしだ　みのる・㈱戸上電機製作所 システムエンジニアリング部 担当部長）