

（課題名）養豚バイオマス利用嫌気性アンモニア酸化による排水処理実証実験  
 （委託先）前澤工業株式会社  
 （再委託先）東北大学大学院農学研究科  
 （統括責任者）安部収司（前澤工業株式会社産業環境事業部執行役員・事業部長）

■研究項目と実施体制

SBR（回分式活性汚泥）型嫌気性アンモニア酸化菌利用反応装置の開発（前澤工業株）  
 嫌気性アンモニア酸化菌のモニタリングと実用化（東北大学大学院農学研究科）

■研究開発の概要

研究開発の目的

バイオマスニッポン政策のもと、畜産廃棄物のメタン発酵が盛んになり、現在までに国内100基弱のプラントが稼働している。しかし、養豚においては、メタン発酵した後に排出される消化液の処理が困難であるため、酪農等での設置例に比べて、廃棄物のメタン発酵プラントは圧倒的に少ない。

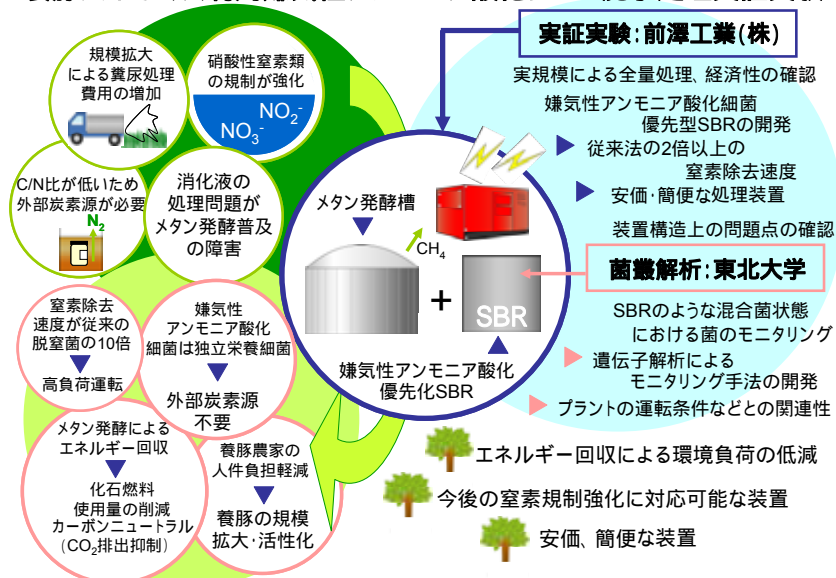
また、国による硝酸性窒素の有害物指定及び畜産排水の窒素規制値の強化が予想される中、畜産排水処理においては高濃度のアンモニアを除去することが必要となる。しかし、従来の活性汚泥脱窒法では、大部分の有機物が脱窒に使用されることから、メタン発酵に使用できる有機物が半分以下になるため、メタンガスの回収が少なく、エネルギー回収のメリットが発生しない。

このため、当社は有機物を利用しない生物脱窒法の研究に取り込み、これまでに嫌気性アンモニア酸化細菌（略称：アナモックス細菌）を用いた生物脱窒法を開発し、現在の活性汚泥法より2倍以上早い窒素除去速度を得ることができ、かつ有機物が不足した状態でも窒素を規制値まで除去できることを明らかにした。本研究では、母豚100頭規模の養豚廃棄物を対象とする実証プラントを用いた実証試験を行い、実用可能であることを確認し、販売開始に繋げる。

研究開発の概要

本研究では、養豚排水をメタン発酵し、有機物をメタンガスに変換した後、嫌気性アンモニア酸化細菌を利用したSBR型水処理装置を用いてアンモニア性窒素を窒素ガスに変換し、窒素規制値を達成できる処理水を得る。

養豚バイオマス利用嫌気性アンモニア酸化による排水処理実証実験



■成果の概要

SBR型嫌気性アンモニア酸化菌利用反応装置の開発

(a) アナモックス種菌の培養

アナモックス種菌培養の実験を通じて、アナモックス細菌を培養することに成功した。なお、本培養装置では、地下水から単離したアナモックス細菌が成長し、活性汚泥から単離したアナモックス細菌が成長しなかった。

(b) メタン発酵

設計排水処理量 6t/日、メタン発酵槽は有効容積 192m<sup>3</sup>、滞留時間約 30 日で設計した。なお、当初設計では 6t/日の原料投入でバイオガス 45m<sup>3</sup>/日の生成を想定していたが、実際には実験現場の養豚場の拡張に伴い排水の濃度が上昇したため、2.2t/日の原料投入で 40～70m<sup>3</sup>/日のバイオガスを生成している。メタン発酵の加温は発電機の廃熱を利用するようになっており、予備として灯油ボイラーを備えている。

通常、メタン発酵の立ち上げにおいては立ち上げ時に種汚泥の接種を行うが、養豚業におけるメタン発酵においては家畜衛生上、種汚泥の投入を行うことが出来ない。そのため、今回メタン発酵は種汚泥を接種することなく立ち上げた。その過程でメタン発酵槽内の菌叢解析を行った。その結果、立ち上げ時から定常運転に至るまでのメタン発酵細菌を特定し、定常期に出現した *Methanosarcina* 属が酢酸を利用しメタン発酵を行っていることを確認した。

表. 確認されたメタン生成菌の基質利用特性

属	形態	種の数	メタン生成のための基質
<i>Methanobrevibacter</i>	短い桿体	7	H <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub> 、ギ酸塩
<i>Methanosarcina</i>	束状の大きく不規則な球菌	8	H <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub> 、メタノール、メチルアミン、酢酸塩
<i>Methanlobus</i>	塊状の不規則な球菌	5	メタノール、メチルアミン

メタン発酵の実証実験を通じて、種汚泥を接種しなくてもメタン発酵は順調に立ち上がる。*Methanobrevibacter* 属メタン菌は本施設の豚糞と発酵槽に見られたため、本施設メタン発酵槽の *Methanobrevibacter* 属メタン菌は豚糞由来である可能性が考えられる。

(c) バイオガス利用

バイオガス中のメタン濃度が 60～70%であり、正常にバイオガスが発生していることがわかる。バイオガス中の腐食成分である硫化水素を 100ppm 以下まで処理して、バイオガス発電に使用する。脱硫は生物脱硫と化学吸着との組み合わせで行なっている。脱硫材は 3 種類検討し、性能がよく、かつコストパフォーマンスに優れたものを選択した。脱硫材の使用コストは年間数千円程度になる見込みである。

発電機にガスコジェネレーション 6kW タイプを使用した。電力網の問題があるものの、現在のところ正常に運転している。

(d) 消化液の固液分離

脱水機はジャステック社製のトンバラ脱水機 LP-300R 型を用いた。凝集剤は選定の結果、ハイモ社製の両性高分子凝集剤 MX-9134A を使用している。固液分離後の消化液中の SS 濃度は

400 (mg/L) と目標値を達成している。溶解ポリマー濃度を最適化することにより、凝集剤のコストを削減することができた。

(e) SBR による消化液処理

本実証プラントはアナモックス菌と従属栄養性の脱窒菌を共存させた状態で窒素除去とそれに伴い有機物の除去を行なう SBR1 とアナモックス菌を優占化させ、窒素除去をおこなう SBR2 を有している。

SBR1、2 の両方とも実験途中であり、最終的な成果は前澤工業が継続して行な

う実証実験の終了で明らかになる予定。現段階で以下の知見を得た。pH、ORP、DO を制御することにより、一槽内で部分亜硝酸化の立ち上げに成功した。また、窒素除去の増加に伴って、槽内から接種したアナモックス細菌の増加を菌叢分析で確認した。維持コストとして、曝気用電気代、及び加温の費用が見込まれるが、今後の確認事項となっている。

嫌気性アンモニア酸化細菌は、基質である亜硝酸性窒素の濃度が約 100 ~ 200mgN/L になるとその活性が阻害されることが知られているが、もう片方の基質であるアンモニア性窒素によってこの反応が阻害されるかどうかに関する知見は少ない。そこで、本研究では様々なアンモニア濃度の溶液を用いて嫌気性アンモニア酸化の回分実験を行い、窒素除去速度の変化について調べた。その結果、アンモニア性窒素濃度が 1000mgN/L までは明らかな阻害が見られないが、2000mgN/L 以上では顕著な阻害が観測できた。

嫌気性アンモニア酸化菌のモニタリングと実用化

(a) アナモックスの検出方法の確立

培養槽内の担体から、アナモックスの DNA を抽出した。DNA の抽出には三種類のキットを

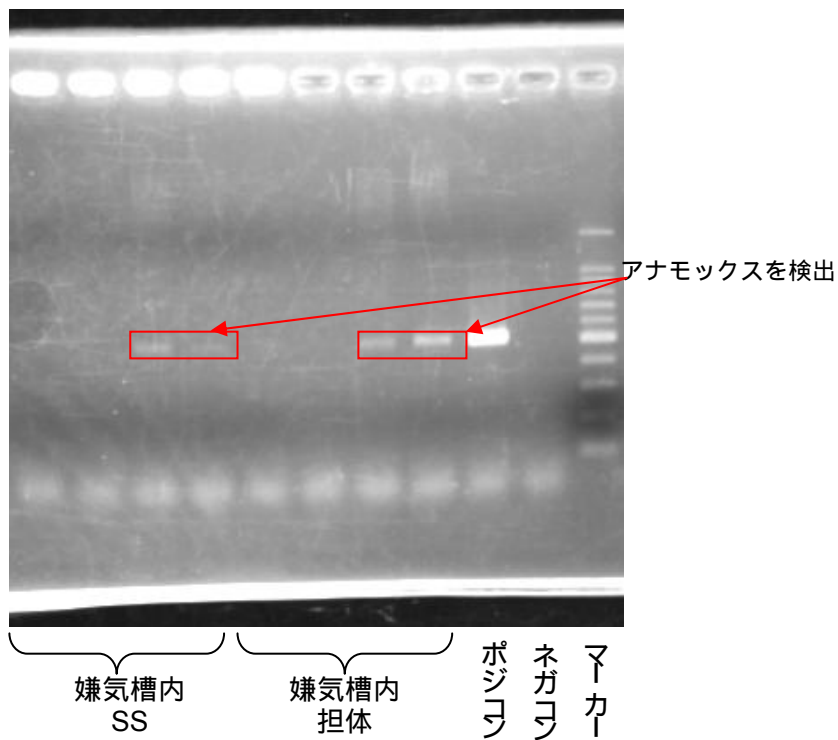
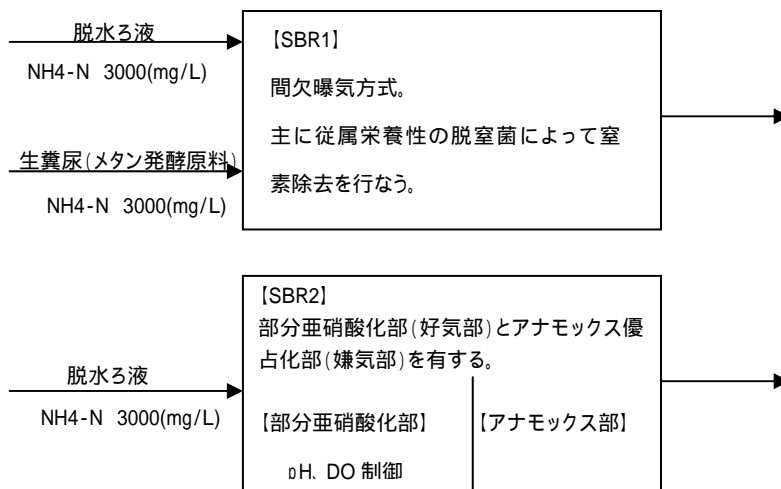


図 PCRの産物の電気泳動

嫌気性アンモニア酸化菌のモニタリングと実用化

(a) アナモックスの検出方法の確立

培養槽内の担体から、アナモックスの DNA を抽出した。DNA の抽出には三種類のキットを

【民間実用化研究促進事業（平成18～20年度）研究成果の概要】

用いて検討を行った。アナモックス汚泥中の最も優占な菌種 1 種の遺伝子解析を行い、最適なプライマーによるモニタリング方法を確立した。それぞれの塩基配列を解読し、アナモックス菌種と特定を行なった。

(b) アナモックス汚泥の分析

SBR 内のアナモックス菌をモニタリングし、処理性能・運転状況との関連性を明確化するために、SBR 槽内の汚泥分析を行なった。アナモックス処理性能の向上に伴い、SBR 槽内からアナモックス菌を検出されるようになった。処理性能・運転状況との関連を引き続き調べている。

■今後の事業化について

実証実験は各構成機器の立ち上げを完了した。現在は当初予定の継続実験を進めている。実験終了後事業化に本格的に取り込むが、計画として、以下の事業を予定している。

養豚業メタン発酵・水処理複合プラント

平成 21 年度に実験を完了させ、製品化することを目標にしている。

アナモックスを用いたメタン発酵消化液処理装置は、現時点において日本では実用化されていないので、競合製品がまだ存在していない。

なお、本装置のメリットとして、

- a. 装置点数少なく、イニシャルコストを安価にできる
- b. SBR 槽による希釈効果のため、原水アンモニア性窒素濃度が 4000-5000mg-N/L の廃水にも対応可能
- c. 生成されてすぐに亜硝酸性窒素が除去されるため、短期間での亜硝酸の蓄積が起こりにくく、アナモックス細菌死滅の危険性が少ない
- d. 亜硝酸化および脱窒を同一槽内で行なうため、pH 調整のための中和薬剤の使用量が非常に少なく、薬注設備と薬品代が節約することができる

などが挙げられる。

酪農、食品工場メタン発酵・水処理複合プラント

製品化の予定は当初計画のとおり平成 24 年である。酪農、食品工場のメタン発酵消化液は固形分が多く、固液分離が困難で問題になってくる。固形分のハンドリングが消化液処理の根本課題である。今回の研究では、固形分の少ない養豚排水で行なったが、この経験を踏まえて、新たな技術を駆使して酪農・食品工場向けのアナモックス装置を今後開発する予定である。

■問い合わせ先

前澤工業株式会社技術開発センター 張 亮

電話番号： 048-253-0710

E-mail： liang\_zhang@maezawa.co.jp