

3-7 畜産廃棄物：パーラー排水の資源回収型処理技術開発

岡山大学大学院環境学研究科・資源循環学専攻
永禮 英明

1. 研究概要

本研究では畜産過程で排出される出荷不可能な牛乳（廃棄乳）の処理プロセスについて検討した。新たに検討したプロセスは、排水を資源としてとらえ、処理過程で牛乳中の成分を回収し資源化することで経済的価値を生みながら、排水処理を持続的に実施できることを目指している。平成23年度はその基本技術の確立を行い、タンパク質（カゼイン）の75%を沈殿物として回収し、糖質（ラクトース）の97%を分解する一方、そのうちの26%を乳酸に変換できた。

2. 交流報告

平成22年10月30日（日）から11月7日（火）の間、米国テキサス州オースチン、ならびにジョージア州アトランタに出張した。オースチンでは、14th World Lake Conference（10/31-11/3 @ Austin）に参加し、“Extraction of Nutrients in Macrophyte for Recycling”と題する発表を行った。また、湖に関連するバイオマス（水草、植物プランクトン）の除去・利活用技術について情報を収集した。また、アトランタではGeorgia Institute of Tech.にて、米国におけるバイオマスおよび化学物質に関する研究の現状について情報を収集し、今後の共同研究と学生交換の可能性について意見を交換した。

【面会者】 Prof. J. C. Crittenden、S. G. Pavlostathis、C. Huang、Dr. D. Minakata
Prof. A. J. Ragauskas

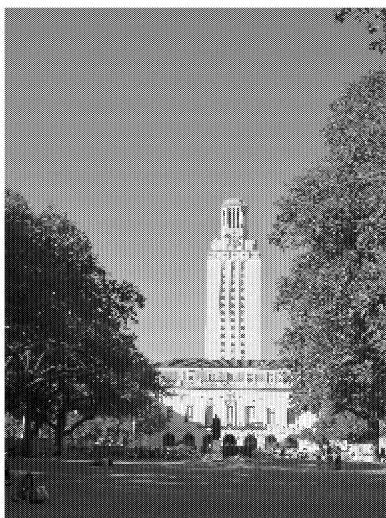


図1 University of Texas



図2 Georgia Institute of Tech.

3. 研究報告

3.1 背景と目的

畜産過程で排出される搾乳機洗浄排水（パーラー排水）は有機物濃度が高く農業地域における水環境負荷の一因となっている。パーラー排水には、搾乳機の洗浄廃水と出荷できずに廃棄される牛乳（廃棄乳）とが含まれる。前者に比べ後者の有機物濃度は都市下水の約 600 倍と極めて高い（BOD 濃度は約 120 g/L）。そのため、たとえ少量であったとしても環境負荷が大きい。

そこで、本研究では廃棄乳の処理プロセスについて検討した。新たに検討したプロセスは、排水を資源としてとらえ、処理過程で牛乳中の成分を回収し資源化することで経済的価値を生みながら、排水処理を持続的に実施できることを目指している。平成 23 年度はその基本技術の確立を目標とした。

新たに検討したプロセスでは、まず牛乳からタンパク質主成分であるカゼインを分離する。次に、残存する糖類を発酵により乳酸に転換し、これを回収する。

3.2 実験方法

市販の牛乳を蒸留水で 10 倍に希釈したものを使用した。牛乳中タンパク質の主成分であるカゼインの等電点付近で pH を調整し、凝集剤無添加条件での凝集処理を検討した。凝集後の上澄み水 100 mL に yeast extract 2g を加え、ここに *Bacillus coagulans* JCM2258 を 1% 量植菌し、pH5.5、55°C の一定条件で 4 日間発酵させた¹。

凝集前後の濁度は 5 cm ガラスセルにより波長 660 nm 吸光度を測定した。ラクトース、乳酸濃度測定には r-biopharm 社の酵素分析キットを使用した。

3.3 結果および考察

凝集前後での TOC、濁度の変化を図 3 に示す。なお、これ以降に示す結果は全て 10 倍希釈なしの原水（牛乳）での値に換算したものである。原水の TOC は 78 g/L と極めて高い。pH4.5 に調整した場合、良好に凝集が生じ、濁度 0.055 という清澄な上澄水が得られた（濁度除去率>99%）。しかし、TOC の除去率は 50%にとどまり、後述のようにラクトース等が残存した。この除去率は凝集剤を使用した場合（80%、ただし BOD 除去率として）に比べ低い。凝集がカゼインタンパクに限定して生じていたためと考えられる。なお、タンパク質（窒素）の除去率は 75%であった。

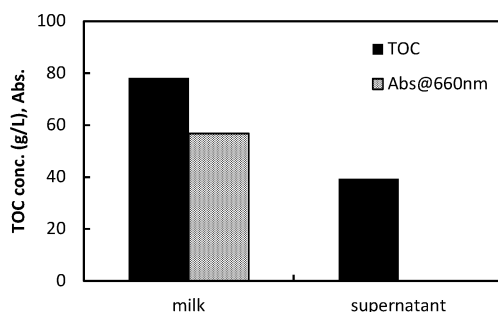


図 3 凝集による TOC 濃度と濁度（66nm 吸光度）の変化

¹ 前田光太郎, 赤尾聡史, 細井由彦, 永禮英明, 前田守弘, 藤原 拓 (2011) ソフトバイオマスを原料とした酵素糖化における各種前処理の糖化効率比較, 土木学会論文集 G, 67(7), III_433- III_440.

図4に原水から乳酸発酵（4日間）までのラクトースと乳酸の濃度変化を示す。原水中ラクトース濃度は凝集過程では変化がないものの、乳酸発酵過程で徐々に減少し、96時間後の残存率は3%であった。その一方、乳酸濃度は上昇し、最終的に11 g/Lの濃度が得られた。

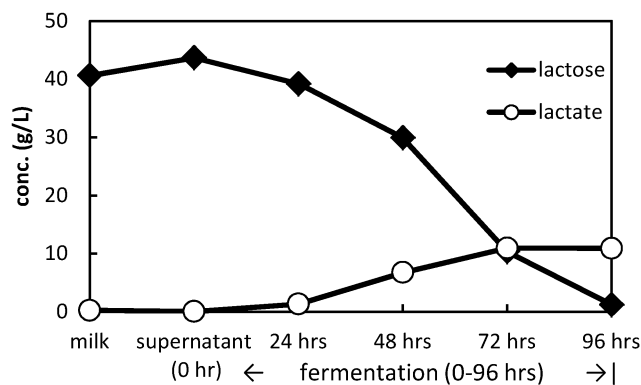


図4 処理過程でのラクトース、乳酸濃度の変化

3.4 まとめ

凝集によるタンパク質除去と乳酸発酵とを組み合わせたパーラー排水の処理技術について検討し、凝集により50%の有機物が除去可能で清澄な上澄水が得られること、発酵によりラクトースが乳酸に変換されることを確認した。

4. 今後の計画

今年度の研究で、ラクトースの26%に相当する乳酸を得た。次年度はこの変換率（収率）の向上を目指す。

5. 活動資料

- 1) 永禮英明, Pham Thi Minh Duc, 岩田匠, 赤尾聡史 (2012) 凝集と生物処理とを組み合わせた搾乳機洗浄廃水処理プロセスの開発. 第46回日本水環境学会年会.

凝集と生物処理とを組み合わせた搾乳機洗浄廃水処理プロセスの開発

岡山大・環 ○永禮英明, Pham Thi Minh Duc, 岩田匠
鳥取大・工 赤尾聡史

Treatment of Wastewater from Milking Parlor by Coagulation and Biological Decomposition, by Hideaki NAGARE, Pham Thi Minh Duc, Takumi IWATA (Okayama Univ.), and Satoshi AKAO (Tottori Univ.)

1. はじめに

畜産過程で排出される搾乳機洗浄排水（パーラー排水）は有機物濃度が高く農業地域における水環境負荷の一因となっている。パーラー排水には、搾乳機の洗浄廃水と出荷できずに廃棄される牛乳（廃棄乳）とが含まれる。前者に比べ後者は有機物濃度が非常に高い（BOD 濃度は約 120 g/L）¹⁾。そのため、たとえ少量であったとしても環境負荷がきわめて高い。

有機性排水は主として活性汚泥法に代表される生物処理によって処理される。しかし、パーラー排水の場合、廃棄乳の混入によって有機物負荷が極めて高く、そのため処理施設規模も大きなものとなる。一方、処理主体は農家自身であり、特に小規模農家の場合、処理施設を導入・維持することは困難である。

そこで、筆者らは凝集によるパーラー排水処理技術を提案している ¹⁾。ただし、牛乳に含まれるラクトースを主成分とする炭水化物は凝集で除去できないため、凝集によりタンパク質を除去することで有機物負荷を減じ、その後生物処理を行うことを検討した。この場合、生物処理の負担を小さくできるため全体の施設規模を縮小することが可能となる。本研究では、生物処理として乳酸発酵を採用した結果について報告する。

2. 実験方法

市販の牛乳を蒸留水で 10 倍に希釈したものを使用した。凝集は牛乳中タンパク質の主成分であるカゼインの等電点付近 ²⁾ で pH を調整し、凝集剤無添加条件での処理を検討した。凝集後の上澄み水 100 mL に yeast extract 2g を加え、ここに *Bacillus coagulans* JCM2258 を 1% 量植菌し、pH5.5, 55°C の一定条件 ³⁾ で 4 日間発酵させた。

凝集前後の濁度は 5 cm ガラスセルにより波長 660 nm 吸光度を測定した。ラクトース、乳酸濃度測定には r-biopharm 社の酵素分析キットを使用した。

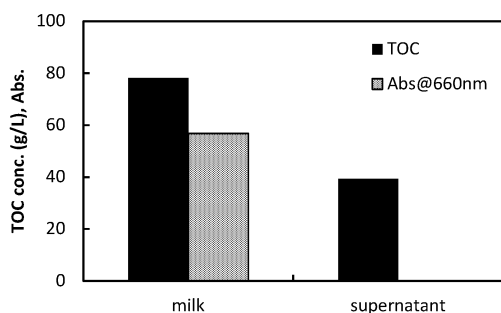


図 1 凝集による TOC 濃度と濁度 (66nm 吸光度) の変化

3. 結果および考察

凝集前後での TOC、濁度の変化を図 1 に示す。なお、これ以降に示す結果は全て 10 倍希釈なしの原水（牛乳）での値に換算したものである。原水の TOC は 78 g/L と極めて高い。pH4.5 に調整した場合、良好に凝集が生じ、濁度 0.055 という清澄な上澄水が得られた（濁度除去率 >99%）。しかし、TOC の除去率は 50%にとどまり、後述のようにラクトース等が残存した。この除去率は凝集剤を使用した場合（80%、ただし BOD 除去率として ¹⁾）に比べ低い。凝集がカゼインタンパクに限定して生じていたためと考えられる。

図 2 に原水から乳酸発酵（4 日間）までのラクトースと乳酸の濃度変化を示す。原水中ラクトース濃度は凝集過程では変化がないものの、乳酸発酵過程で徐々に減少し、96 時間後の残存率は 3%であった。その一方、乳酸濃度は上昇し、最終的に 11 g/L の濃度が得られた。

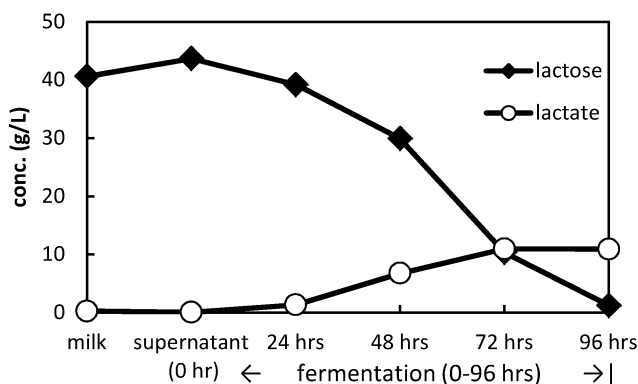


図 2 処理過程でのラクトース、乳酸濃度の変化

4. まとめ

凝集によるタンパク質除去と乳酸発酵とを組み合わせたパーラー排水の処理技術について検討し、凝集により 50% の有機物が除去可能で清澄な上澄水が得られること、発酵によりラクトースが乳酸に変換されることを確認した。

参考文献

- 1) 安曇朋子ら(2010) 第 44 回日本水環境学会年会講演集, 626.
- 2) 上野川修一ら編: ミルクの事典, 朝倉書店.
- 3) 赤尾聡史ら(2010) 第 47 回環境工学研究フォーラム講演集, 219-221.