

Development of methane fermentor for restraining ammonia inhibition

著者	王 慶宏
内容記述	Thesis (Doctor of Environmental Studies)--University of Tsukuba, (A), no. 6320, 2012.7.25 Includes bibliographical references (leaves 81-96)
発行年	2012
URL	http://hdl.handle.net/2241/120336

氏名(本籍)	おお 王 けい こう 慶 宏 (中 国)
学位の種類	博 士 (環 境 学)
学位記番号	博 甲 第 6320 号
学位授与年月日	平成 24 年 7 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	Development of Methane Fermentor for Restraining Ammonia Inhibition (アンモニア阻害抑制型メタン発酵槽の開発)
主 査	筑波大学教授 博士(農学) 張 振 亜
副 査	筑波大学教授 農学博士 杉 浦 則 夫
副 査	筑波大学教授 学術博士 水 鉦 揚四郎
副 査	筑波大学准教授 博士(生物工学) 楊 英 男

論 文 の 内 容 の 要 旨

窒素含有量が極めて高い養豚廃棄物の処理には、廃棄物処理と再生可能エネルギーの生産が同時にかつ効率的にできる発酵プロセスである高効率嫌気性消化が有効である。しかしながら、高窒素含有量の養豚廃棄物を基質として嫌気性消化を行った場合、代謝の最終生成物であるアンモニアによる対嫌気性細菌毒性が嫌気性消化プロセスを阻害することが問題となっている。

この問題を解決する方法として、従来から化学沈殿法、アンモニアのストリッピング法、生物的除去法などが提案されているが、時間とコストがかかるため実用化されていない。これらに対して、申請者はアンモニアを吸着させながら発酵を同時進行させることを考えた。この手法では、アンモニウムを吸着した吸着剤は肥料としてリサイクルすることができるメリットもある。本研究は、この考え方に基づいて、アンモニウム阻害抑制可能な吸着材の開発とアンモニア吸着・嫌気性消化効率を向上させる嫌気性バイオリアクターの構築を目指している。

申請者は、まずゼオライトを吸着材料として用いたアンモニア吸着・固定バイオリアクターの作成を試みた。ゼオライトの設置方式としては、ネットに包んでリアクターの真ん中に吊り下げた場合と同量のゼオライトをリアクターの底部に入れた場合を比較している。また、コントロールとしてゼオライト添加しないリアクターを用いている。それぞれのバイオリアクターに高窒素含有量の養豚廃棄物を基質として嫌気性消化を行った結果、ゼオライトをネットに包んだ方式が最も優れた特性を示した。35℃でスタートアップから14日目で、メタン収率は178.5 ml/g-VSに達成した。その結果は、他のリアクターに比べ、2倍以上のメタン収率、短いスタートアップ時間と高いCOD除去率が得られた。

加えて、斑状安山岩(WRS)を原料とし、カルシウム塩処理・焼成法を用いてCa改変WRSを新しいアンモニア吸着剤として用いることを試みた。その材料特性を評価するため、電子顕微鏡(SEM)による表面観察とBrunauer-Emmett-Teller(BET)表面積分析を行った。また、吸着メカニズムを解明するため、吸着等温線と動力学的検討を行っている。その結果、開発した材料のアンモニウムの吸着プロセスは、擬似二次反応速度モデルによく一致し、Ca改変WRSの表面積は4.56 m²/g、最大アンモニア吸着容量は45.45 mg/gで

あった。一方、天然 WRS の表面積は $0.97 \text{ m}^2/\text{g}$ 、最大アンモニア吸着容量は 23.98 mg/g であった。これらの結果から Ca 改変 WRS は天然 WRS よりアンモニアの吸着性能が向上したことが明らかになった。さらに、Ca 改変 WRS のアンモニア吸着容量は pH が 5.0 から 9.0 の広い範囲で一定の値に保たれたことも確認された。これらの利点により、WRS は有望なアンモニア吸着材料として様々に応用できることが判明した。

Ca 改変 WRS、天然 WRS、をネットに包んでそれぞれバイオリアクターに吊り下げ設置したものとコントロールの 3 つのバイオリアクターにおける高アンモニア濃度 (3550 mg/l) の養豚廃棄物の嫌気性消化を行った。その結果、Ca 改変 WRS を用いたバイオリアクターは極めて高い性能を示した。スタートアップ時間は 7 日まで短縮し、メタン収率は 359.71 ml/g-VS 、高濃度の COD (80537 mg/l) の除去率は 67.99 % に達成し、高アンモニア養豚廃棄物の高効率嫌気性消化が実現できたとしている。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究は、高窒素含有豚糞尿の有効な処理法として注目されている、廃棄物処理と再生可能エネルギーの生産が同時にできるメタン発酵において課題である代謝の最終生成物である高濃度アンモニアによるメタン菌阻害に対して、アンモニア吸着剤を用いる手法に着目し、高効率な吸着材料およびリアクターの開発に成功し、新しいアンモニア阻害抑制型メタン発酵システムの開発に成功している。

特に、自然界に幅広く存在する材料が利用できることは実用化の重要な条件のひとつであり、また、研究手法は高い普遍性と応用性を有しており高く評価される。

平成 24 年 5 月 18 日、学位審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査および最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判断された。

よって、著者は博士（環境学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。