

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Anaerobic methane production from separated liquid produced in hydrothermal treatment of sewage sludge
著者(和文)	孟大為
Author(English)	Meng Dawei
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9689号, 授与年月日:2014年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉川 邦夫,竹下 健二,上田 宏,高橋 史武,時松 宏治
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9689号, Conferred date:2014/12/31, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

(2000字程度)

報告番号	乙 第 号	学位申請者	孟 大為	
論文審査員	氏 名	職 名	氏 名	職 名
	主査 吉川 邦夫	教授	時松 宏治	准教授
	竹下 健二	教授		
	上田 宏	教授		
	高橋 史武	准教授		

本論文は「Anaerobic methane production from the separated liquid produced in the hydrothermal treatment of sewage sludge」と題し、下水汚泥を水熱処理する際に発生する脱離液のメタン発酵特性を調べ、生成されるメタンをエネルギー源として活用することによる下水汚泥の水熱処理システム全体のエネルギー収支向上を目的としており、全5章によって構成されている。

第1章「Introduction」では、最初に、中国の下水汚泥処理の現状を紹介している。下水処理の最終生成物である下水汚泥は、含水率が高いために処理しにくく、わが国での一般的な処理方法は、加熱して下水汚泥中の水分を蒸発させて、残りの固体物質を焼却処理するというものである。しかし、エネルギー消費量が大きく、その結果としてランニングコストが高くなるため、中国では実施が困難である。そこで、本研究では、下水汚泥の水熱処理に着目している。本処理では、下水汚泥を約200℃、20気圧の飽和水蒸気で加熱することで、下水汚泥の保水構造が変化し、脱水しやすくなることから、エネルギー消費の少ない機械的脱水が可能となる。しかし、この脱水過程で発生する脱離液は、CODやBODの値が高く、その処理が問題となっていた。そこで、本研究では、この脱離液の嫌気性メタン発酵によって、メタンガスを生成すると共に、CODを低下させて排水処理を容易にし、同時に、生成されたメタンガスを水熱処理プラント内で、燃料として有効に活用することで、水熱処理プロセスのエネルギー収支を向上させることが目的であることを述べ、本論文の構成について紹介している。

第2章「Study on potential of biochemical methane production from separated liquid produced from sewage sludge by the hydrothermal treatment under different operating conditions」では、下水汚泥の水熱処理の反応条件を変化させると、得られる脱離液の成分が異なってくることから、脱離液中のCOD、VFA(揮発性脂肪酸)、TS(全固形物)、VS(揮発性固形物)、VSS(揮発性懸濁固形物)、TN(全窒素)及びC/N比などを分析し、メタン発酵の適用可能性を検討している。その結果、反応温度190℃、反応時間30分の水熱処理で得られた脱離液が、最もメタン発酵に適しているが、CODの値が高過ぎるため、メタン発酵を行う前に、水による希釈が必要であることを明らかにしている。そこで、この水熱反応条件で得られた脱離液を2倍、4倍、8倍に希釈して、攪拌器付きメタン発酵反応器を用いて、35℃でメタン発酵実験を実施している。その結果、4倍希釈した場合(COD:17.5g/L)に、メタン転換率98.2%という最大値が得られ、1gCODあたり388mlのメタンガスが生成でき、反応後、86%のCODが除去できることが実証されている。

第3章「Study on performance of anaerobic digestion of separated liquid produced from sewage sludge by hydrothermal treatment」では、第2章の結果に基づき、商用のメタン発酵装置(EGSB:Expanded Granular Sludge Bed)の開発結果が報告されている。この装置を用いて試験を行った結果、CODの除去率、メタンガス生成量などについては、第2章で得られた基礎実験の結果と傾向が一致することが示されている。そこで、商用のEGSB装置の運転パラメーターを変化させて、最適な処理条件を探索した結果、CODが18g/Lとなるように、下水汚泥の脱離液を約4倍に希釈してEGSB装置に投入し、8日間反応させた場合にメタン転換率が最も高くなり、COD除去率が約79%、アンモニア除去率が約44%、1gCODあたりのメタンガス発生量が約345mlという性能が得られたと結論している。

第4章「Energy and mass balance analysis of commercial-scale hydrothermal plant」では、商用規模のプラントにおける、下水汚泥の水熱処理プロセス全体の物質収支とエネルギー収支が検討されている。プロセスのエネルギー収支を向上させるために、脱離液のメタン発酵で生成されるメタンの燃料としての利用及び、水熱処理反応器から排気される水蒸気を用いた下水汚泥の予熱によって、どこまでエネルギー回収率(ERR)が向上するのかが計算されている。ここで、ERRは、(製造した固形燃料のエネルギー量+生成したメタンガスのエネルギー量-水熱処理に要したエネルギー量)/生汚泥が持つエネルギー量、で定義されている。計算の結果、上記の2つの方策を取ることで、本プロセスのERRを65%以上にすることができるとを明らかにしており、これは、他の下水汚泥の水熱処理プロセスを上回る値であることを示している。

第5章「Conclusion」では、得られた成果の総括と、今後の研究の展望が述べられている。

以上、本論文で行われた研究では、これまで有効な利用法が限られていた下水汚泥に水熱処理を施すことで、固形燃料とメタン生成が可能な脱離液とが得られ、生成されるメタンの燃料としての利用及び、水熱処理反応器から排気される水蒸気を用いた下水汚泥の予熱によって、水熱処理プロセスのエネルギー収支が大幅に向上することが示されており、工学的に重要な貢献があると認められ、博士(工学)の学位論文として価値あるものと判断する。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。