

# 審査委員会報告書

【書式11】

令和 4年 8月 21日

申請者	フリガナ	プランシュ バティア	生年月日	平成7年7月4日生
	氏名	PRANSHU BHATIA (男・女)	国籍又は本籍	インド
	学籍番号	19D5751	専攻名	環境共生工学専攻
論文題目		Thermal hydrolysis and steam explosion pretreatment of different lignocellulosic aquatic weeds by anaerobic digestion		
翻訳題目 (英文の場合のみ)		熱加水分解と水蒸気爆砕による異なる水草についてのメタン発酵処理能向上に向けた基質可溶化		
審査 委員会 委員	(氏名)		(所属機関名) (役職名)	
	主査委員:	戸田 龍樹	創価大学大学院 理工学研究科	教授
	委員:	井田 旬一	創価大学大学院 理工学研究科	教授
	委員:	佐藤 伸二郎	創価大学大学院 理工学研究科	教授
	委員:	伴 修平	滋賀県立大学大学院 環境科学研究科	教授
内容の要旨及び審査結果の要旨 最終試験の結果の要旨			別紙1 別紙2	
博士学位申請論文の受付			受付日: 令和 4年 6月20日	
博士学位申請論文の受理			受理日: 令和 4年 7月 6日 (可)・不可	
論文審査の合否			実施日: 令和 4年 7月21日 (合)・否	
最終試験の合否			実施日: 令和 4年 7月21日 (合)・否	
審査 委員会 の結論	審査委員会は、学位論文について詳細な検討を行い、かつ、申請者の学力と研究能力に対する試問を行った。その結果、申請者が十分な学力と研究能力を有し、かつ博士論文の内容も博士(工学)の学位に値するものであることを確認した。			

審査委員会の審査及び最終試験の結果を受け、当該研究科委員会は以下の通り判定しました。

研究科委員会の判定	開催日: 令和4年8月26日		
	出席者数 33 名	可数 33 名	不可数 0 名

最終合否 (合)・否

学位記番号	博 (甲) 乙 第196号	授与年月日	令和4年9月10日
学位の種類	博士 (工学)	備考	

研究科長 北野 昊朝

# 内容の要旨及び審査結果の要旨

【書式 1 1 (別紙 1)】

令和 4 年 8 月 21 日

氏名 (本籍)	PRANSHU BHATIA (インド)		
学位の種類	博士 (工学)		
学位記番号	博甲第 1 9 6 号		
学位記の授与日	令和 4 年 9 月 10 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 創価大学大学院学則第 31 条第 3 項該当 創価大学学位規則第 3 条の 3 第 1 項該当		
論文題目	Thermal hydrolysis and steam explosion pretreatment of different lignocellulosic aquatic weeds by anaerobic digestion		
論文審査機関	理工学研究科委員会		
論文審査委員	主査委員	農学博士	戸田 龍樹
	委員	博士 (工学)	井田 旬一
	委員	博士 (土壌学)	佐藤 伸二郎
	委員	博士 (水産学)	伴 修平



## <論文の内容の要旨>

世界各地の陸水域では、富栄養化に伴い水草バイオマスが過剰繁茂し、生態系の攪乱ならびに経済的・社会的損失を引き起こしている。含水率が高い水草バイオマスの処理法として、バイオガスとしてエネルギー回収が可能なメタン発酵処理が注目されている。水草のような植物バイオマスのメタン発酵処理では、細胞壁の主成分であるリグノセルロース (セルロース、ヘミセルロース、リグニンの総称) が有する強固な構造により、メタン生成が制限される。したがって、この構造を破壊する前処理を施し、分解性とメタン生成能を向上させる必要がある。熱化学的前処理法である熱加水分解 (TH) および水蒸気爆砕 (SE) は、高温・高圧下に原料を暴露し可溶化させ、SE はさらに急激に減圧することで物理的に破砕する手法である。これらの 2 つの前処理法において、原料の化学組成の違いが処理効率やメタン発酵特性に与える影響については明らかにされていない。

そこで本研究では、化学組成の異なる 3 種の水草 (*Eichhornia crassipes*, *Ludwigia grandiflora*, *Hydrilla verticillata*) に対して TH および SE 前処理を実施し、これらの前処理法ならびに前処理条件の違いが物理的・化学的に与える影響を評価した (Study 1)。さらに、TH ならびに SE 両手法で前処理したバイオマスの嫌気性消化に及ぼす前処理の影響についてバイオメタンポテンシャル (BMP) 試験を行い、フェノール化合物の生成とそれらのメタン生成プロセスへの影響などについて検討し (Study 2)、水草の物理化学特性に応じた適切な前処理法について提案した。

本博士論文は 4 章よりなる。第 1 章の総合序論では世界各地での水草の過剰繁茂の現状とそれらの採取・収穫技術と処理方法を整理した。メタン発酵処理向上のための前処理として TH および SE に焦点を当ててこれまでの研究を総括した。第 2 章 (Study 1) では水蒸気爆砕処理と熱加水分解処理を行った基質バイオマスの物理的・化学的な特性を明らかにするため、プロセスにおけるバイオマスの回収率、処理効果、形状を含む物理学的特性 (走査型電子顕微鏡での観察および赤外分光法による解析) を評価した。両条件とも、全ての水草種で前処理強度 (Severity factor: SF) の増加に伴い TOC ならびにフェノール化合物量が直線的に増加する傾向を示した。一方で、TH では TOC とフェノール化合物量が直線的に増加する傾向を示したものの、SE では高いリグニン量を有する

基質の爆砕において、同じフェノール化合物量であるにもかかわらず高い TOC 濃度を示した。従って、リグニン量が高い難分解の水草の前処理では、SE 前処理でより効率的に易分解化されることが示された。第3章 (Study 2) では TH ならびに SE 両手法で前処理したバイオマスの嫌気性消化に及ぼす前処理の影響を BMP 試験で評価した。その結果、TH・SE の両前処理法とも、最適な前処理条件下において、未処理よりメタン生成量が増加することが示された。メタン生成量の増加率（未処理比）は、リグニン量が比較的低い *E. crassipes* および *H. verticillata* では、TH および SE 前処理のいずれも同程度であった。一方、他の2種と比較してリグニン量が比較的高い *L. grandiflora* は、特に高い TOC 量を示した SE 前処理において顕著にメタン生成量が向上したことから、SE 前処理はリグニン含有量が高いバイオマスのメタン生成量の向上に効果的であることが示された。第4章の総合考察では、TH および SE 前処理のメカニズムを理解するために、PCA 分析ならびに水草の物理化学特性に応じた適切な前処理の提案、SE・TH 前処理法の社会実装に向けた課題点と解決策について議論した。

本論文の内容の一部は、下記の査読制度を有する権威ある学術雑誌に2編が掲載されており、本論文の研究成果が国際的にも評価されていることを示している。

1. Pranshu Bhatia, Masaaki Fujiwara, Syuhei Ban, Tatsuki Toda.  
Effect of steam explosion pre-treatment on methane generation from *Ludwigia grandiflora*.  
*Biomass and Bioenergy*, Vol. 142, 105771, 2020. (IF= 5.8)  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105771>
2. Pranshu Bhatia, Masaaki Fujiwara, Maria Cecilia D. Salangsang, Jun Qian, Xin Liu, Syuhei Ban, Mitsuyuki Myojin, Tatsuki Toda.  
Effect of semi-continuous anaerobic digestion on the substrate solubilisation of lignin-rich steam-exploded *Ludwigia grandiflora*. *Applied Sciences*, Special Issue: Industrial Application of Anaerobic Digestion Vol. 11(10), 4452, 2021. (IF= 2.9)  
DOI: <https://doi.org/10.3390/app11104452>

#### <論文審査結果の要旨>

熱化学的前処理法である水蒸気爆砕 (SE) 法と熱加水分解 (TH) 法は、前処理に薬品の添加が不要であり、比較的短時間で処理できることから、近年注目されている手法である。SE は熱加水分解法 TH と比較して高い導入コストや運転技術を要する。したがって、種によって生態や生息域が異なり、それに伴い化学組成が大きく変化する水草バイオマスに対してこれらの前処理を適応するうえで、それぞれの前処理効果について明らかにする必要がある。

本博士論文は、化学組成の異なる3種の水草に対して、SE/TH 前処理をそれぞれ異なる温度・保持時間条件で実施し、メタン生成量および生成速度に与える影響を網羅的に評価した。よりリグニン量の高いバイオマスに対しては SE 前処理によって、メタン生成量をより増加できることを見出した。本博士論文で得られた知見は、水草バイオマスに限らず、他の植物バイオマスのメタン発酵処理時の前処理法の検討に利用できる萌芽性を有しており、廃棄物処理工学や環境プロセス工学分野に大きく貢献し、博士論文として十分に価値のあるものと結論づけられた。以上のことから、本博士論文は、申請者に博士 (工学) の学位を授与するに十分な価値を有するものと認める。

# 最終試験の結果の要旨

【書式11（別紙2）】

令和 4年 8月 21日

フリガナ 申請者氏名	プランシュ バティア PRANSHU BHATIA	専攻名	環境共生工学 専攻
審査委員会委員	主査委員	戸田 龍樹	印
	委員	井田 旬一	印
	委員	佐藤 伸二郎	印
	委員	伴 修平	印
<p>要旨</p> <p>審査委員 4 名により、学位論文の内容および関連する学問分野に関して口頭で試問を行った。その結果、申請者が博士（工学）としての十分な学力と研究能力を有するものと判定された。よって、審査委員会は最終試験の結果を合格と判定した。</p>			