

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Improving bio-oil yield in the hydrothermal liquefaction of microalgae and application of hydrochar as a low-cost adsorbent
著者(和文)	モハメド サベル
Author(English)	Mohammad Saber
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10899号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉川 邦夫,竹下 健二,日野出 洋文,加茂 徹,高橋 史武,時松 宏治
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10899号, Conferred date:2018/3/26, 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

報告番号	甲第 号			学位申請者氏名		Mohammad Saber	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名	
	主査	吉川 邦夫	教授	審査員	時松 宏治	准教授	
	審査員	竹下 健二	教授		高橋 史武	准教授	
		日野出 洋文	教授				
		加茂 徹	特定教授				

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「Improving bio-oil yield in the hydrothermal liquefaction of microalgae and application of hydrochar as a low-cost adsorbent」と題し、微細藻類から水熱液化でバイオオイルを製造する際に、触媒の添加や超音波を用いた前処理によってバイオオイルの収率を向上させ、副生成物である水熱炭化物の、排水中からの重金属除去用吸着材としての利用可能性を明らかにすることを目的に、全 5 章から構成されている。 第 1 章「Introduction」では、微細藻類からのバイオ燃料製造の利点と、そのための技術が概観され、微細藻類から製造されるバイオオイルの特性がまとめられている。そして、本研究では、水熱液化による微細藻類からのバイオオイル製造を目的とし、水熱液化の温度・圧力条件を下げて高いバイオオイル収率が得られる方策と水熱炭化物の吸着材としての特性を検討していることに本研究のオリジナリティがあることが述べられている。 第 2 章「Catalytic hydrothermal liquefaction of microalgae using heterogeneous catalysts」では、固体触媒の利用による、微細藻類（Nannochloprosis sp.）からの水熱液化によるバイオオイル収率の向上に関して検討されている。触媒としては、ナノ触媒（ナノ Ni/SiO₂）、酸触媒（ゼオライト）ならびにアルカリ触媒（Na₂CO₃）を使用し、低い反応温度（210℃、230℃ならびに 250℃）でのバイオオイル収率向上が試みられている。微細藻類の水熱液化を行ったところ、ナノ Ni/SiO₂>ゼオライト>Na₂CO₃の順番で、バイオオイル収率が高く、ナノ Ni/SiO₂を用いて、250℃で水熱液化を行った時に、最大のバイオオイル収率（30.0wt%）が得られたことが報告されている。さらに、無触媒の場合、反応温度を高くすると、バイオオイル中の酸素含有量が減少し、発熱量が上がるものの、窒素含有量は増加するのに対して、触媒を使用すると、触媒の種類によらずに、生成されるバイオオイルの酸素及び窒素の含有量は、無触媒の場合のそれを下回り、発熱量も無触媒の場合を上回ることが見出されている。また、ナノ触媒の回収・再利用の可能性を検討した結果、2、3 回程度の回収・再利用は可能であることが示されている。 第 3 章「Ultrasonic-assisted hydrothermal liquefaction; enhancing bio-oil conversion yield and heating value」では、低い反応温度・圧力でのバイオオイル収率を向上させる方策として、超音波を用いた前処理の有効性を検討している。まず、微細藻類を 100W の超音波で、30 秒間、60 秒間ならびに 90 秒間前処理することで、藻類の細胞膜を脆くし、その後、210℃、230℃ならびに 250℃の各温度で水熱液化が行われている。その結果、超音波照射時間が 90 秒、水熱液化温度が 250℃の条件下での超音波支援水熱液化によって、バイオオイル収率が最大で 28.9%増加したことが報告されている。さらに、超音波前処理によって、生成されるバイオオイルの酸素含有量が減少し、発熱量が増加するものの、バイオオイルの窒素含有量には、大きな影響を与えないことも見出されている。超音波前処理によって、バイオオイルの収率及び発熱量が増加するということは、微細藻類からバイオオイルへのエネルギー変換効率が向上することを意味するが、一方で、超音波の生成には電力が必要であることから、この発電に必要なエネルギー量と、バイオオイルのエネルギー含有量の増加分を比較・検討した結果、どの実験条件においても、前者よりも後者のほうが大きく、超音波前処理は、エネルギー変換効率の低下なしに、効果的にバイオオイル収率を向上させることができることが明らかにされている。 第 4 章「Characteristics and application of hydrochar as a low-cost adsorbent」では、微細藻類の水熱液化で得られる固形残渣である水熱炭化物について、排水中の銅除去用吸着材としての利用をめざした特性の検討が行われている。210℃と 250℃の水熱液化で得られた水熱炭化物を対象として、水溶液の初期 pH、水溶液中の 2 価銅の初期濃度、接触時間ならびに温度が、水熱炭化物の銅吸着性能にどのような影響を及ぼすのが検討されている。FTIR 分析によって、両水熱炭化物共に、表面に酸素を含有する官能基が観察され、既往研究より、この官能基は銅の吸着に効果的であると述べている。銅の吸着実験を行った結果、水溶液の最適な pH 値は 5 であり、多孔性に優れていることから、pH 値によらずに、250℃の水熱炭化物のほうが、210℃のそれよりも銅の吸着性能に優れていることを明らかにしている。最適な水溶液の pH 値での吸着データは、Langmuir の等温モデルでうまく説明でき、この吸着プロセスは、擬似二次反応モデルで記述できることが示されている。 第 5 章「Conclusions and recommendations」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、微細藻類の水熱液化において、触媒の添加や超音波を用いた前処理がバイオオイルの収率向上に効果的であり、さらに、水熱液化の副生成物である水熱炭化物が、排水中の重金属除去用吸着材として利用可能であることが実証されており、学術的に重要な貢献があると認められ、博士（学術）の学位論文として価値あるものと判断する。
--