

## 論文審査の結果の要旨

氏名：中山 良一

博士の専攻分野の名称：博士（生物資源科学）

論文題名：超音波の選択的照射による酵素反応の加速化と有機質資源の高度変換のプロセス構築

審査委員：（主 査） 教授 今井 正直

（副 査） 教授 小田 宗宏

教授 片山 義博

中山良一は酵素の機能によってセルロース並びに植物油脂等の有機質資源を付加価値の高い物質に変換するプロセスを構築した。酵素反応の加速化を図る手段として、超音波照射を選択的にプロセスに取り入れることによって、工業的利用の可能性に有用な知見を得た。

（１）分子量の異なる水可溶性セルロース(carboxymethylcellulose:CMC)を起源の異なる２種の酵素を用いて分解し、各酵素の作用機序の相違の影響を検討した。*Aspergillus niger*由来では、分子量の大きなCMCに対し、高活性を得たが、*Trichoderma viride*由来では反応活性に対し分子量の影響は見られなかった。酵素の両者を共存させた系では、*A. niger*由来の質量割合が0.2~0.6の領域で総括反応活性が最大化し、酵素の複合利用の有用性を示した。また、反応液に超音波照射を前処理として施すことによって、*A. niger*由来を用いた系については反応速度の加速が見られ、加速の上限に達する照射時間が存在することを明らかにした。一方、*T. viride*由来を用いた系では、超音波照射による顕著な反応の加速は見られなかった。

（２）草質セルロースとして、ケナフ(Kenaf (*H. cannabinus*))粉末を基質として使い、上記の酵素を用いて、基質を含む懸濁水溶液に、前処理として超音波照射を行い、反応の加速効果の最大をもたらす条件を明らかにした。酵素をそれぞれ単独系で用いた場合、両者共に、超音波照射の前処理によって、反応速度の加速化が認められ、特に *A. niger* 由来の酵素で顕著な加速化が現れた。また、速度論解析より、超音波前処理によって、酵素と基質の親和性が高まっていることが示唆され、基質の電子顕微鏡写真、並びに酵素の最大吸着量の測定より、加速効果は、基質表面に高密度に酵素が吸着することにより、溶液内に存在する酵素がより多く基質に作用することによって発現したことを明らかにした。

（３）植物由来の油脂（菜種油）を原料として、Lipaseによる酵素反応によってバイオディーゼルの製造を行う際に、反応液に超音波照射を行うことによって酵素反応の加速化を図った。特に、反応槽を二槽に分割し、超音波照射槽において反応中に超音波照射を実行しつつ、攪拌反応槽においては超音波の直接被曝を避けつつ、酵素反応を進め、両槽を反応液が循環することにより、バイオディーゼルの製造が連続的に実施できる高度変換プロセスを新規に考案し、脂肪酸メチルエステルの生成が加

速されることを実証した。反応液の循環流速を変えることによって、超音波照射時間を選択的に制御し、酵素の高活性を維持することができるプロセスを構築した。これら一連の超音波照射の選択的な利用により、有機質資源の酵素を用いた高度変換プロセスの構築と工業的利用の可能性に有用な知見を得た。

上記の研究成果は申請者を筆頭著者とする審査を経た英文原著論文として1件、その他学術業績3件、国際学会では口頭発表者の指名を受けて3回発表している。提出された学位請求論文は本研究の内容と独創性を体系的にまとめており、審査員の指摘にも適正に対応して改善が図られている。本研究の独創性と、研究者として自立した堅実な研究態度は博士（生物資源科学）の学位授与に値するものと認める。

以上

平成28年1月29日