

## Studies on acetone-butanol-ethanol fermentation from designed renewable substances

趙, 涛

<https://hdl.handle.net/2324/1959186>

---

出版情報 : Kyushu University, 2018, 博士 (農学), 課程博士

バージョン :

権利関係 : Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (3)

氏名	趙 涛		
論文名	Studies on acetone-butanol-ethanol fermentation from designed renewable substances (デザイン化した再生可能原料から効率的なアセトン-ブタノール-エタノール発酵プロセスの構築に関する研究)		
論文調査委員	主査	九州大学	教授 園元 謙二
	副査	九州大学	准教授 田代 幸寛
	副査	九州大学	准教授 中山 二郎

## 論文審査の結果の要旨

バイオ燃料として期待されるブタノールを生産する *Clostridium saccharoperbutylacetonicum* N1-4 はリグノセルロース系バイオマスを構成する種々の糖を資化できるが、グルコース/キシロース混合糖を使用すると、グルコース（セルロース完全分解物）を優先的に消費し、キシロースの消費を遅延するカーボンカタボライト抑制（CCR）を示す。一方、セルロースの完全分解（Glucose-oriented hydrolysis）ではなく、少ない糖化酵素でフィードバック酵素阻害もかかりにくい不完全分解（Semi-hydrolysis）で生成するセロビオースをグルコースの代わりに用いた結果、CCR を回避し、かつ高効率ブタノール発酵に成功している。本研究は、これらのモデル糖を用いたデザインバイオマス研究の知見に基づいて、実バイオマスの糖化物のブタノール発酵に及ぼす影響、および発酵プロセスの最適化について検討したものである。

まず、実バイオマスとして稲わらを用いている。希硫酸で前処理すると、稲わら中のキシランはキシロースに分解されるが、セルロースは残存していた。その前処理物をセルラーゼ負荷量が少ない Semi-hydrolysis（セロビオースを多量に生成）、あるいは従来の酵素高負荷の Glucose-oriented hydrolysis によってセルロースを加水分解し、それら前処理・糖化液をブタノール発酵に使用している。その結果、前者の加水分解物では、キシロースが存在するにもかかわらず CCR が回避されると共に、酵素負荷量に対するブタノール収率（g/U）が後者の加水分解物に比べて約 15 倍になることを見出している。また、高密度菌体を用いることによって、前処理・糖化によって生成する発酵阻害物の影響を抑制し、かつブタノール生産速度を高めることに成功している。さらに、Semi-hydrolysis に適応した糖化・発酵プロセス、Simultaneously Repeated Hydrolysis and Fermentation（SRHF）によって、酵素負荷量に対するブタノール収率がさらに約 3 倍増加することを示している。同時に、糖化と発酵の両プロセスを考慮に入れたブタノール生産性（Overall butanol productivity, g/L/h）が約 5 倍になることも確認している。

次に、実バイオマスとして、セルロースが主成分である紙原料パルプを用いている。Glucose-oriented hydrolysis に比べて Semi-hydrolysis の場合、酵素の繰り返し使用による加水分解は操作安定性が高いことを見出している。また、固定化菌体を用いた SRHF では、高いブタノール収率や生産性を達成している。さらに、同じ反応器と限定培地を使用して、糖化と発酵を各最適温度で交互に行いながら生成したブタノールを同時回収する新規な糖化・抽出発酵プロセス、Non-isothermal simultaneous saccharification and fermentation with in-situ butanol recovery を考案し、簡便な操作性と共に、SRHF より優れたブタノール生産システムであることを明らかにしている。特

に、ブタノールを同時抽出回収することによって、SRHF より約 4 倍の使用培地あたりのブタノール収率を実現している。

以上要するに、本研究は、リグノセルロース系バイオマスのブタノール発酵生産への利用について、バイオマスの糖化プロセスと発酵プロセスを評価する新規なパラメーターを提示すると共に、優れた糖化・発酵プロセスを構築したものであり、微生物工学の発展に寄与する価値ある業績と認める。

よって、本研究者は博士（農学）の学位を得る資格を有するものと認める。