



# バイオマス糖化酵素製造技術を基にした都市型バイオリファインリーの実現

柴田, 望

---

(Degree)

博士 (科学技術イノベーション)

(Date of Degree)

2022-03-25

(Date of Publication)

2023-03-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第8384号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1008384>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



(別紙様式 3)

(氏名： 柴田 望 NO.1 )

## 論文内容の要旨

氏 名 柴田 望

専 攻 科学技術イノベーション研究科

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

バイオマス糖化酵素製造技術を基にした都市型バイオリファイナリーの実現

指導教員 蓮沼 誠久 教授

(注) 2, 000 字～4, 000 字でまとめること。

世界的な脱炭素社会に向けた潮流の中で、“化石資源に依存しない持続型の社会システム”とも言われるバイオエコノミーに対する期待度が高まってきているが、日本においてはバイオエコノミー、またその工業分野を担うバイオリファイナリー産業において海外に大きく後れを取っている。またバイオリファイナリーの原料としては、現在はコーンやサトウキビといった可食原料が主に使われているが、食糧との競合を避けるために非可食原料であるセルロース系バイオマスからの化成品製造へのシフトが望まれている。非可食原料としては、農業系廃棄物からのバイオエタノール製造が行われ始めているが、農業系廃棄物に対して、古紙や一般ごみなどの都市系廃棄物がバイオリファイナリーの原料として利用されている例はほとんどない。

セルロース系バイオマスをバイオリファイナリー原料として利用するためには、バイオマス糖化酵素を用いて基幹原料となる糖への変換が必要となる。しかしながら、セルロース系バイオマスは強固な構造を有するため、変換には多量の糖化酵素が必要となり、結果的に可食原料を用いるよりも高コストとなるためにその利用が遅れている。このような背景のもと、セルロース系バイオマスを安価に利用するため、糖化酵素の性能向上、および、糖化酵素の安価生産が望まれている。

本研究では、これらの課題解決に向け、糖化酵素の性能向上を目指した検討、および、糖化酵素の安価生産技術の開発を行った。これらの技術的ブレークスルーを用いて「日本におけるバイオマスリファイナリーの出遅れ」、「都市系廃棄物へのバイオマスリファイナリーの展開の遅れ」といった課題に対する根本的な問題解決を図り、日本における新たなバイオリファイナリーの形を提案し、その実現に向けて事業、技術、知財、財務の観点から戦略立案を行った。

本論文は 10 章で構成され、各章は以下の概要について詳細に述べる。

第 1 章では、本研究の対象範囲となるバイオリファイナリーに関する社会的、学術的背景について述べ、本論文の意義を述べる。

第 2 章では、技術的ブレークスルーの 1 つである糖化酵素の酵素性能向上を目指した研究として、新規糖化酵素 PspXyn10 の発見と本酵素を配合した糖化酵素製剤の開発について述べる。本章では土壌単離菌が生産するセルロース糖化率を大きく向上する新規酵素 PspXyn10 の特徴づけを行った。更に、本酵素を含む糖化酵素製剤を開発し、バイオマス糖化に必要な酵素量を大きく低減させることに成功した。本技術の利用することで、より少ない酵素量でセルロース系バイオマスを分解できることが期待された。

第 3 章では、もう 1 つの技術的ブレークスルーである糖化酵素の安価生産を目指した研究として、 $\alpha$  チュープリン遺伝子破壊株を用いた安価炭素源を用いた糖化酵素生産技術の開発について述べる。本章では  $\alpha$  チュープリン遺伝子破壊株を構築し、糖化酵素の生産能力について評価を実施した。その結果、本株では糖化酵素の生産性が大きく向上し、また酵素生産速度についても向上することを見出した。また、本遺伝子破壊の効果の詳細な解析を行

(氏名： 柴田 望 NO.2 )

った結果、遺伝子破壊によってカタボライト抑制が緩和することで、糖化酵素の高生産性を発揮していることが明らかとなった。本技術を酵素生産に利用することで、更なる安価生産、安定生産へと繋がることが期待された。

第4章では、日本におけるバイオリファイナリーの重要性、および課題について述べた上で、関連団体へのヒアリング、および第2章、第3章で述べた糖化酵素に関する技術的ブレークスルーの都市系廃棄物への適用性についてのプロトタイプングについて記す。

第5章では、イノベーションアイデアについて述べる。具体的には、糖化酵素に関わる技術的ブレークスルーを用いて、第4章で解決すべき課題として設定した「日本におけるバイオリファイナリーの遅れ」についてその根本的な問題解決を図れないかについて考察を行い、都市型バイオリファイナリーとして実現していくためのイノベーションアイデアを立案した。

第6章では、事業戦略について述べる。具体的には、環境分析、競合分析などを行い、それらを基に都市型バイオリファイナリーの実現していくためビジネスモデルを検討した。更に提案した事業について、外部環境分析、内部環境分析を通じて事業の競争優位性を評価した。

第7章では、技術戦略について述べる。具体的には、現在保有している技術プラットフォームについてまとめ、事業実施に向けて必要な技術、不足している技術の抽出を行った。その上で、事業展開を想定した上での更なる技術開発の方向性と技術開発ロードマップを策定した。

第8章では、知財戦略について述べる。具体的には、保有する知財ポートフォリオを整理し、知財の観点からの事業の競争優位性を解析した。また特許調査を通じ、事業の実施可能性についての解析を行った。更に、競合他社の知財解析の結果も交え、今後の知財戦略について立案した。

第9章では、財務戦略について述べる。具体的には、事業実施に関わる財務分析を行い、また事業計画に沿った財務計画の立案を行った。また、財務計画をもとに事業価値の評価を行ったうえで、より有利に事業を進めていく上での財務戦略の立案を行った。

第10章では、本研究の成果を簡潔にまとめた上で、本研究の波及効果について述べる。

氏名	柴田 望		
論文題目	バイオマス糖化酵素製造技術を基にした都市型バイオリファイナリーの実現		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	蓮沼 誠久
	副査	教授	近藤 昭彦
	副査	教授	吉田 健一
	副査	特命教授	幸田 徹
要旨			
<p>本研究では、セルロース系バイオマスを高効率で分解する酵素の開発、および糖化酵素の生産技術開発を行うとともに、これらの技術開発を通じて、他国と比べて後れを取っている日本のバイオリファイナリーについての根本的な問題解決を図り、日本における新たなバイオリファイナリーの形を提案し、その実現に向けて、必要な戦略構築を行った。</p> <p>本研究は大きく3項目により構成されている。1つ目は、糖化酵素に関する技術的ブレークスルーとしての PspXyn10 の発見と応用についてである。2つ目は酵素生産菌 <i>Trichoderma reesei</i> の <math>\alpha</math> チューブリン破壊株を用いた酵素生産についての技術的ブレークスルーである。3つ目は、これらの技術的ブレークスルーを組み合わせ、バイオリファイナリーの実現に向けた新規事業についてである。日本のバイオリファイナリーにおける根本的な問題について考察を行い、上述した技術的ブレークスルー、また花王株式会社内で他に構築されてきた背景技術を複数組み合わせることで、バイオリファイナリーにおける課題解決を図り、新たなバイオリファイナリーとして都市型のバイオリファイナリー、すなわち、都市部で発生するセルロース系バイオマスを用いたバイオリファイナリーの実現可能性についての戦略を導出した。その実現に向けて、事業、技術、知財、財務の観点から戦略構築を行った。</p> <p>先端研究成果は優れた学術的意義を有しており、イノベーションストラテジーの内容も充実している。本論文から柴田氏は、先端科学技術の研究開発能力とともに、知的財産化、生産技術開発、市場開拓までの学術的研究成果の事業化移行プロセスをデザインする能力を有しており、本研究化が輩出する博士人材の素養を有していると判断できる。</p> <p>提出された論文は科学技術イノベーション研究科学学位論文評価基準を満たしており、学位申請者の柴田望は、博士（科学技術イノベーション）の学位を得る資格があると認める。</p>			