

# 4. 未利用海藻バイオマスを活用したポリマー素材の開発

応用技術支援グループ  
宮城大学 食産業学部  
東京工業大学大学院理工学研究科

○小林孝紀  
柳澤満則  
中崎清彦

## 1. はじめに

バイオポリマーは、ポリマーの合成工程の一部に微生物が関与するか、ポリマーそのものを微生物が体内で合成するもので、生分解性を有する。これらのうち、早くから実用化されているポリ乳酸は、トウモロコシやサトウキビなどの穀物を原料とすることが多く、ポリマーの価格は穀物相場に連動するだけでなく、食糧との競合も問題視されている。

北海道は一次産業が盛んで未利用物や残渣（バイオマス）は資源として有望視されている。その中で未利用海藻など水産系バイオマスは、生息環境が陸上の植物とは異なり、ハンドリング技術が最も難しい。その反面、ポリマー素材としての技術を確認することで、化石資源や食料と競合しない安定した原料供給が可能で、陸上のバイオマスにも容易に技術転換できるメリットがある

このような背景から、我々は、海藻などのバイオマスをバイオポリマー素材へと変換し、これらを商品化に結びつける事業を大学、企業と共同で実施してきた。

海藻などのバイオマスを原料としたバイオポリマーとして、ポリヒドロキシアルカン酸 (PHA)、バクテリアセルロース (BC) とポリ乳酸 (PLA) の3種類を合成した(図1)。PHA や BC は、主に海藻や他のバイオマスの多糖を微生物が直接合成するバイオプロセスのみで合成することができ、生体適合性を有する。一方、ポリ乳酸は、海藻類を酵素で糖化し、乳酸菌発酵を経て乳酸をつくるバイオプロセスと、この乳酸を原料として化学的に乳酸系ポリマーを合成するケミカルプロセスを組み合わせた合成が可能である。化学構造の改質が可能で医用ポリ乳酸と構造が同一なため、精密精製によりそのまま医用材料に転用することも可能である。

海藻を原料とするポリ乳酸の海藻～乳酸までのバイオプロセスは、バイオエタノール製造プロセスと同一で、その効率化が重要となる。そこで、海藻を原料とした場合のバイオマス活用プロセスに関して海藻から乳酸までの過程および、同プロセスでのエタノール生成についてもあわせて報告する。

## 2. 実験

日本酒は米に麴を作用させ糖化後酵母菌によりアルコール化し、最後に搾酒を行う。これは日本酒の典型的な製法で固体発酵と呼ばれる。本実験では、この固体発酵技術を応用した固体培養技術で海

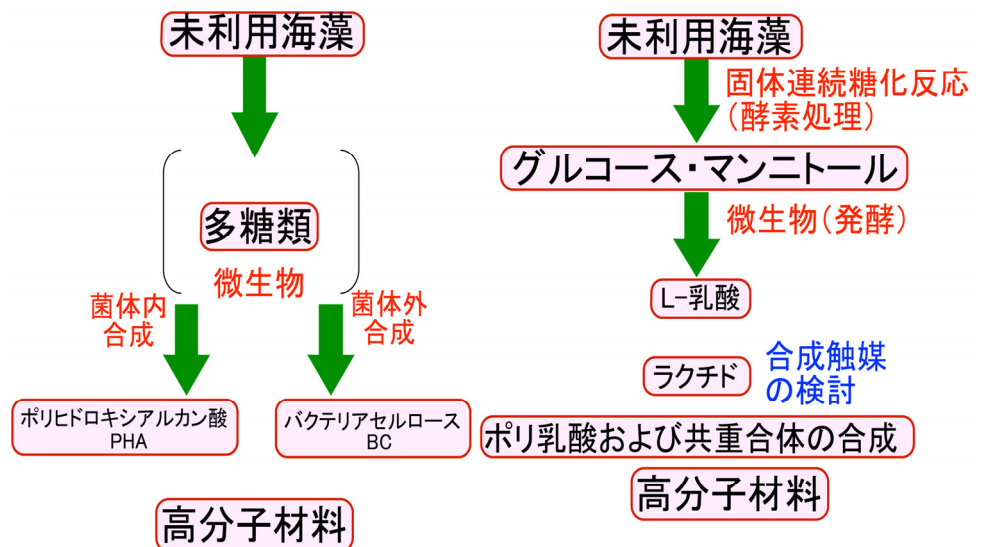


図1 バイオポリマー合成

藻から L-乳酸を合成した (図 2)。具体的には、褐藻、緑藻、紅藻の乾燥物を原料とし、多糖類を分解糖化する酵素を乾燥した粉末海藻中に投入し、その後、特定の乳酸菌を添加した。また、同様に、酵素を作用させた後、酵母によるバイオエタノールの発酵試験も行った。

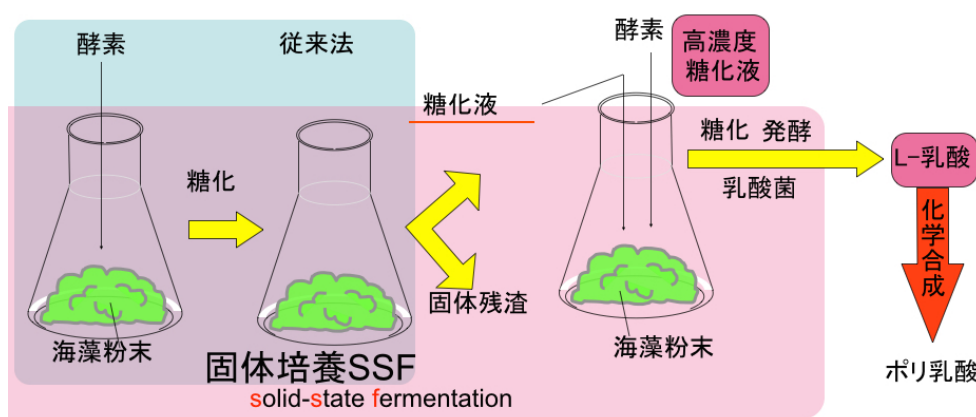


図 2 海藻の固体培養による乳酸およびポリ乳酸製造過程

### 3. 結果

原料海藻を表 1 に記載する。事前分析の結果、例えば、コンブやチガイソ等の同色海藻で、乳酸、アルコールに変換できる含有成分の割合は、ほぼ同一である事を確認している。

褐藻、緑藻を固体培養法で処理を行った結果、乳酸の種類には L-乳酸及び d-乳酸が存在する。ポリ乳酸の原料には L-乳酸がより有利であるが、いずれの海藻でも高効率で L-乳酸が得られることを確認できた。特に、緑藻で高効率に乳酸を生産できることも確認した。また、得られた L-乳酸からポリ乳酸が合成可能であった。

上記と同様に、固体培養法で乳酸菌を酵母に換えたアルコール発酵についても試験を実施した。その結果、いずれの海藻でもアルコールが効率よく生成され、特に紅藻(マクサ)で高いエタノール収量を得た。

表 1 使用した未利用海藻

分類	使用海藻
褐藻	チガイソ
緑藻	アオサ
紅藻 <sup>1)</sup>	マクサ <sup>1)</sup>

1) バイオエタノールで実施



### 4. まとめ

本研究開発では、乳酸、バイオエタノールを酵素、微生物を用いて効率よく生成することを可能とした。既存の生分解性ポリ乳酸は、穀物デンプンが原料である上、生分解性プラ汎用品や医用材料に応用されるのみで、価格も割高でその使用量も横ばいであった。しかし、ここ数年、安価な 3D プリンタの普及により ABS 樹脂とポリ乳酸がモデリング基材として活用されており、熱収縮のない寸法安定性に優れるポリ乳酸の使用量が急激に増加している。そのため、本研究成果は、食料品と競合となる可食性原料を用いないバイオポリマー素材製造方法として期待できる。

一方、バイオエタノールは、海藻から効率よく変換可能ではあるが、許認可等の課題も多く、さらなる効率化を要することが確認できた。