

# シイタケ廃菌床からブドウ糖を生成する

利用部 バイオマスグループ 檜山 亮

## ■ はじめに

地球温暖化問題や化石資源枯渇問題などへの対策として、バイオマス資源から液体燃料や化学製品原料を製造するための研究が世界中で進んでいます。

ここでは、バイオエタノールや化学製品の原料となるブドウ糖をシイタケの廃菌床から取り出す研究について紹介します。

## ■ シイタケ廃菌床とは

北海道で最も生産量の多いキノコは生シイタケで、全国2位となる約6,400トン(2009年)が生産され、そのうち約6,000トンはおがこを利用した菌床栽培です(写真1)<sup>1)</sup>。シイタケの収穫が終了した後の菌床は廃菌床と呼ばれ、北海道だけで年間5,000～7,000トン程度発生し、現状では大部分が堆肥化され利用されています(写真2)。

シイタケは白色腐朽菌の一種で、木材の主要3成分(セルロース、ヘミセルロースおよびリグニン)のすべてを分解する能力がありますが、廃菌床の中にブドウ糖がセルロースとして残存している可能性が高く<sup>2)</sup>、セルロースを分解してブドウ糖を取り出せば資源の有効利用ができるのではないかと考えました。そのため、まず廃菌床の構成成分を調べることにしました。



写真1 シイタケ栽培中の菌床



写真2 廃菌床の堆肥化作業の様子

## ■ シイタケ廃菌床の性質

図1にシイタケの栽培前培地および廃菌床の含有成分割合を示します。シイタケ栽培によって菌床の乾燥重量は約52%減少しましたが、このグラフでは栽培前培地および廃菌床それぞれの乾燥重量を100%とした構成成分割合を示しています。

培地の栄養材由来と思われるデンプンは栽培により大部分が消費されたことがわかりました。栽培前培地および廃菌床に含まれるセルロースの割合は28%および27%でありかわりませんでした。酸不溶性リ

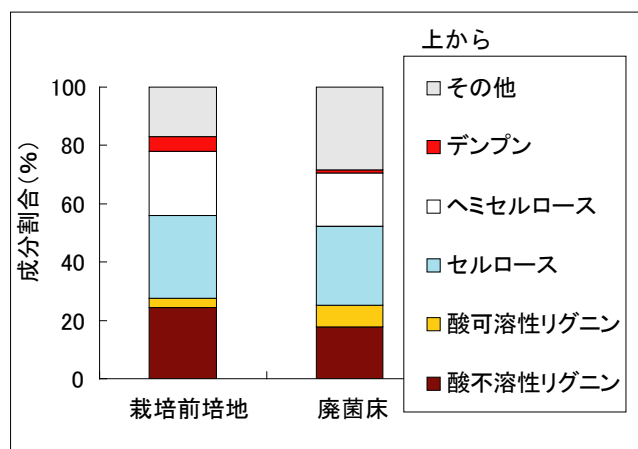


図1 栽培前培地および廃菌床の含有成分の割合

グニンと酸可溶性リグニンの合計割合は、栽培前培地と廃菌床で 28%と 25%で廃菌床の方がわずかに少なくなりましたが、酸可溶性リグニンの割合は高くなっており、リグニンがかなり変質していることがわかりました。ヘミセルロースは栽培前後で 22%と 18%で、廃菌床の方が少なくなっていました。

セルロースはヘミセルロースやリグニンよりも減少割合が少なく、今回調べたシイタケの菌がヘミセルロースとリグニンを優先的に消費することがわかりました。以上のことから、廃菌床にはセルロースが残存していることがわかり、ブドウ糖の供給源としての可能性が見えてきました。

### ■ シイタケ廃菌床の資源としての特性は？

シイタケの廃菌床をバイオマス資源として考えたとき、他のバイオマス資源より有利な点があります。稲わらや林地残材などと比較して説明します。

一つめは、季節的な供給の安定性です。稲わらは毎年大量に発生する魅力的な資源ですが、秋のお米の収穫期にのみ集中して発生します。稲わらバイオマスを処理する工場を想定したとき、秋～冬に集中稼働して春～夏は運転できない、もしくは工場を年間安定稼働するためには稲わらを腐らせずに保管する保管場所が必要になるといった課題が考えられます。シイタケの廃菌床は稲わらほどの資源量はありますが、きのこ生産地で毎日ほぼ安定した量が発生し、廃菌床処理工場を想定した場合、年間通して安定稼働させられると考えられます。

二つめは、資源の集中度合いです。林地残材も毎年大量に発生するため魅力的ですが、発生場所が広範囲に渡り、傾斜地や山奥のような収集・運搬コストが高い場所である場合が多い資源です。シイタケの産地は近年、産地の集約化や施設の大型化が進行しているため、廃菌床は狭い地域でまとまった量が排出されます。このため、資源の収集・運搬コストをかなり低減することができると考えられます。

### ■ 廃菌床からブドウ糖を作る

セルロースをブドウ糖に分解するために、廃菌床にセルラーゼという酵素を用いて酵素糖化を行いました。乾燥重量 1g の廃菌床に対して 38.6mg のセルラーゼを添加して 72 時間まで酵素糖化した結果を図 2 に示します。ここでは、廃菌床中に含まれるセルロースから理論的に得られるブドウ糖量に対する、糖化してできたブドウ糖量の割合を糖化率と呼ぶことにしま

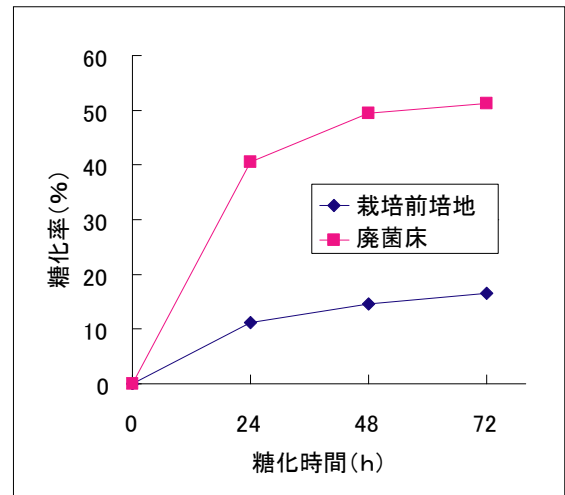


図2 栽培前培地および廃菌床の糖化率

す。72 時間の糖化で栽培前培地と廃菌床の糖化率はそれぞれ 17%と 51%でした。

通常、木材を酵素糖化するには、酸・アルカリといった薬品の添加や高温高压処理などの前処理が必要になります<sup>3)</sup>。しかし、シイタケ廃菌床では前処理を行わなくても 5 割程度の糖化率が得られました。これは、シイタケの栽培中にシイタケの菌がヘミセルロースやリグニンを比較的好んで分解し、セルロースを酵素糖化されやすい状態にしたためと考えられます。

薬品費やエネルギーコストがかからず酵素糖化が促進されたという結果から、廃菌床にはブドウ糖を得るための原料としての将来性があると考えられます。

### ■ もっと効率的にブドウ糖を作るには？

コストのかかる前処理なしで 5 割程度の糖化率を得ることができる廃菌床ですが、できればもう少し糖化率を上昇させたいところです。また、酵素糖化でブドウ糖を得る工程では酵素にかかるコストの影響が大きいため、使用する酵素量も低減させたいところです。

そこで、シイタケの収穫後もシイタケの菌を生かしておいて、廃菌床中のおがこに含まれるヘミセルロースやリグニンを分解させセルロースの糖化率を上昇させることができないかと考えました。

温度を一定に保てる実験装置を用い、5、15 および 25℃で 1 または 2 カ月間シイタケ廃菌床を保存してから酵素糖化を行ったところ、15 または 25℃で 1～2 カ月間保存した廃菌床の糖化率が向上することがわかり、その中でも 25℃で 2 カ月保存した廃菌床が最も糖化率が高くなっていました。また、この保存処理の

際には無菌操作などを行いませんでしたが、カビなどがほとんど見られず、セルロースが充分残存することがわかりました。

保存処理をしていない廃菌床（収穫直後）および保存廃菌床（25℃2 か月保存）について、2 条件の酵素添加量で48時間酵素糖化した結果を図3に示します。

保存廃菌床に 38.6mg の酵素添加量で酵素糖化したところ、58%の糖化率を得ることができ、同じ条件で糖化した収穫直後の廃菌床と比較して糖化率が約 1.2 倍になりました。なお、このとき乾燥重量 1g の保存廃菌床から 193mg のブドウ糖が得られました。

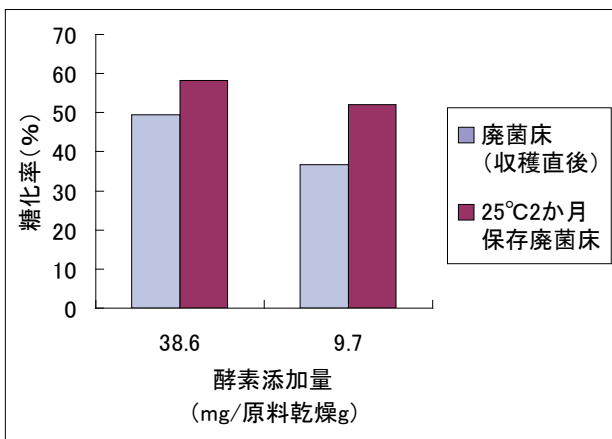


図3 廃菌床と保存廃菌床の酵素糖化率

収穫直後の廃菌床に酵素を 38.6mg 添加したときの糖化率と、保存廃菌床に酵素を 9.7mg 添加したときの糖化率がほぼ同じでした。保存処理という簡単な処理で酵素添加量を 1/4 に減らすことができ、酵素コストを節減できる可能性が見いだされました。

#### ■ おわりに

シイタケ廃菌床には乾燥重量で3割近いセルロースが残存していること、また、シイタケの菌が木質成分の一部を分解する効果により、エネルギーコストをかけずにセルロースの5割以上を糖化できることから、有望なバイオマス資源であることがわかりました。また、廃菌床を保存処理することで糖化率の向上が見られました。

今後は、糖化率をさらに向上させる方法の開発や実用化のためのスケールアップ実験などを検討していく予定です。

#### 引用文献

- 1) 北海道水産林務部：「平成 21 年北海道特用林産統計」(2010.11) .
- 2) 沖 妙ら:木材学会誌, 27 (9), 696-702, (2009) .
- 3) 折橋 健：林産試だより 2009 年 11 月号, 1-2.