

世界初の長期連続運転を可能にする木質バイオマスを主原料としたメタン発酵実証試験とその発酵残渣の応用



森林資源化学研究領域 大塚 祐一郎・中村 雅哉

「湿式ミリング処理」という新しい処理技術を応用して、木質バイオマスを主原料とした世界初のメタン発酵の実証実験施設を福島県南相馬市小高区に作りました。この施設での実証試験の結果、様々な樹種の木材や枝葉、樹皮などを主原料にして長期間連続的にメタン発酵できる条件を見つけることができました。またリグニンを多く含む発酵残渣からは化学分解と微生物発酵で生分解性バイオプラスチックの原料を効率よく製造できることも明らかにしました。本研究成果は、再生可能エネルギーの選択肢を増やすだけでなくマイクロプラスチックによる環境汚染問題の解決にも貢献できると考えられます。

成果

木質バイオマスのメタン発酵実証実験施設

森林総合研究所では、湿式ミリング処理という新しい木質バイオマスの前処理技術により、これまで難しいとされていた木質バイオマスを主原料としてメタン発酵が可能になることを実験室レベルで確認していました（平成27年度成果選集）。今回は、実用化に向けた基礎データを得るために福島県南相馬市小高区に世界初の木質バイオマスを主原料としたメタン発酵の実証実験施設を作り、実証試験を行いました。

図1は実証実験施設の概観とプロセスを示しています。この施設では収集した木材原料を粉碎後、湿式ミリング処理によりスラリー（泥状の混合物）化して、メタン発酵槽へ投入することで、発酵によりバイオガス（メタンガス55-60%）を生産します。得られたガスはそのまま燃焼可能な燃料になります。発酵排液は脱水して発酵残渣とします。発酵残渣には微生物によって分解されにくいリグニンというポリフェノールが多く含まれます。

実証試験の成果：

(1) メタン発酵

さまざまな条件検討の結果、メタン発酵を安定的に継続するためには木質バイオマスに対して、重量割合で1/10程度の動物性タンパク質を添加する必要があることがわかりました。動物性タンパク質を添加する条件を見出したことにより安定的なメタン発酵の継続に成功し、さらにスギ・アカマツ・ケヤキ・コナラ材及びそれらの枝葉・樹皮・混合物でメタン発酵できることがわかりました。メタン発酵によって発生したバイオガスの量は原料1kg当たりスギ樹皮で400L、アカマツにおいては500Lのバイオガスが発生することがわかりました。そのうちメタンガスの濃度は概ね60%で、そのまま燃焼可能なガスが得られることを確認しました。

(2) 発酵残渣の有効活用

本実証試験において、木材1kgのメタン発酵で平均457gの発酵残渣が発生することがわかりました。この発酵残渣の60%以上は木材のポリフェノール成分であるリグニンが占めます。この発酵残渣に含まれるリグニンを化学分解すると高

効率に芳香族物質に変換できることが明らかとなりました。

我々は過去にリグニンから得られる様々な芳香族物質を原料として、遺伝子組換え技術によって作出した微生物の発酵によって2-ピロン-4,6-ジカルボン酸（PDC）という生分解性バイオプラスチックの原料を製造する技術を確立しています。木材のメタン発酵残渣とバイオプラスチック原料製造技術を組み合わせることで、図2に示すように高効率に発酵残渣からPDCを製造し、これを原料として様々な生分解性バイオプラスチックが製造できることを明らかにしました。

おわりに：

本研究成果は、木質バイオマスから新たにメタンガスというガス燃料を製造できることを実証し、さらに発酵残渣を原料に生分解性バイオプラスチックを製造できることも明らかにしました。これにより収益性の高い事業モデルの提案が可能となるだけでなく、再生可能エネルギーの選択肢を増やすことや現在問題となっているマイクロプラスチックによる環境汚染の解決にもつながると考えられます。

研究資金と課題

本研究は、福島県委託事業「メタン発酵による木質バイオマス活用実証事業」による、広島大学、静岡大学、広島国際学院大学との共同研究の成果です。

文献

Navarro, R.R. et al. : Combined simultaneous enzymatic saccharification and comminution (SESC) and anaerobic digestion for sustainable biomethane generation from wood lignocellulose and the biochemical characterization of residual sludge solid, *Bioresour. Technol.*, 300 : 122622 (2020)

Qian, Y. et al. : Engineered Microbial Production of 2-Pyrone-4,6- Dicarboxylic Acid from Lignin Residues for Use as an Industrial Platform Chemical, *Bioresources*, 11 (3) : 6097-6109 (2016)

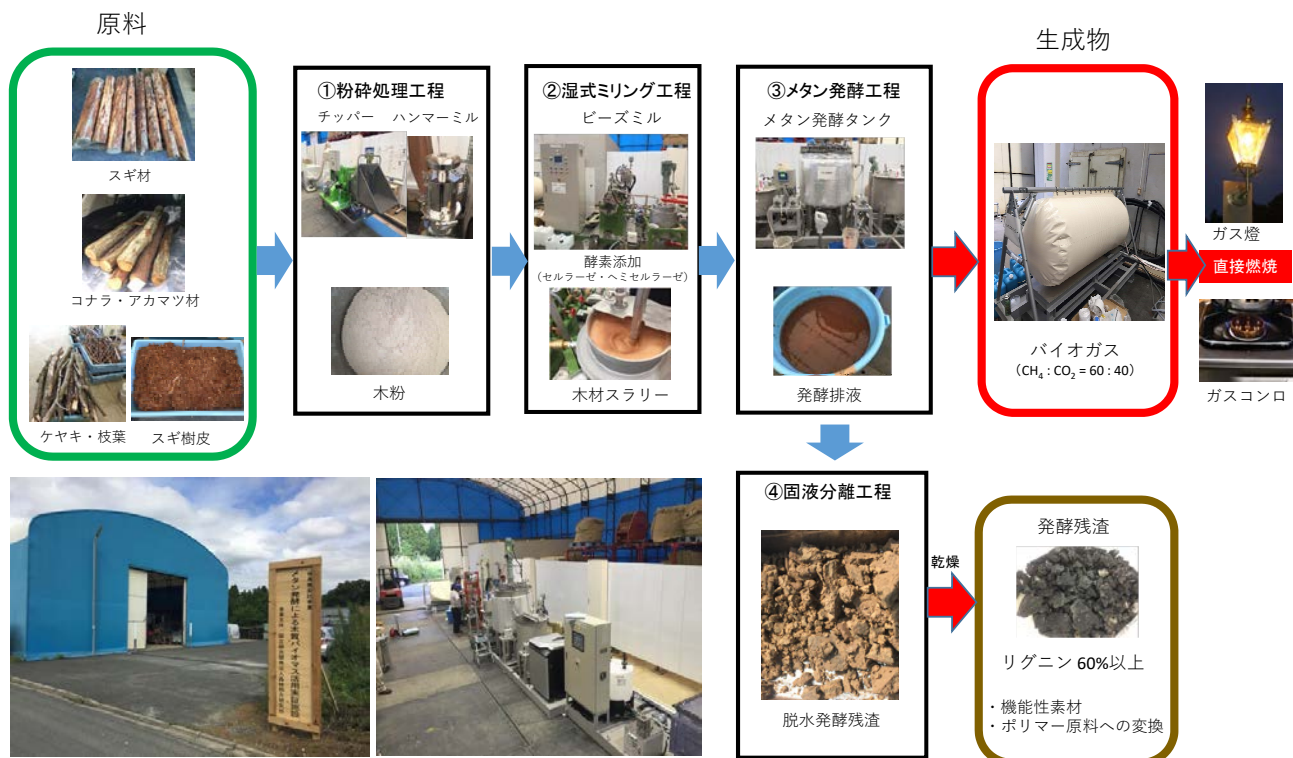


図1 木材の直接メタン発酵実証実験施設の概観とプロセス

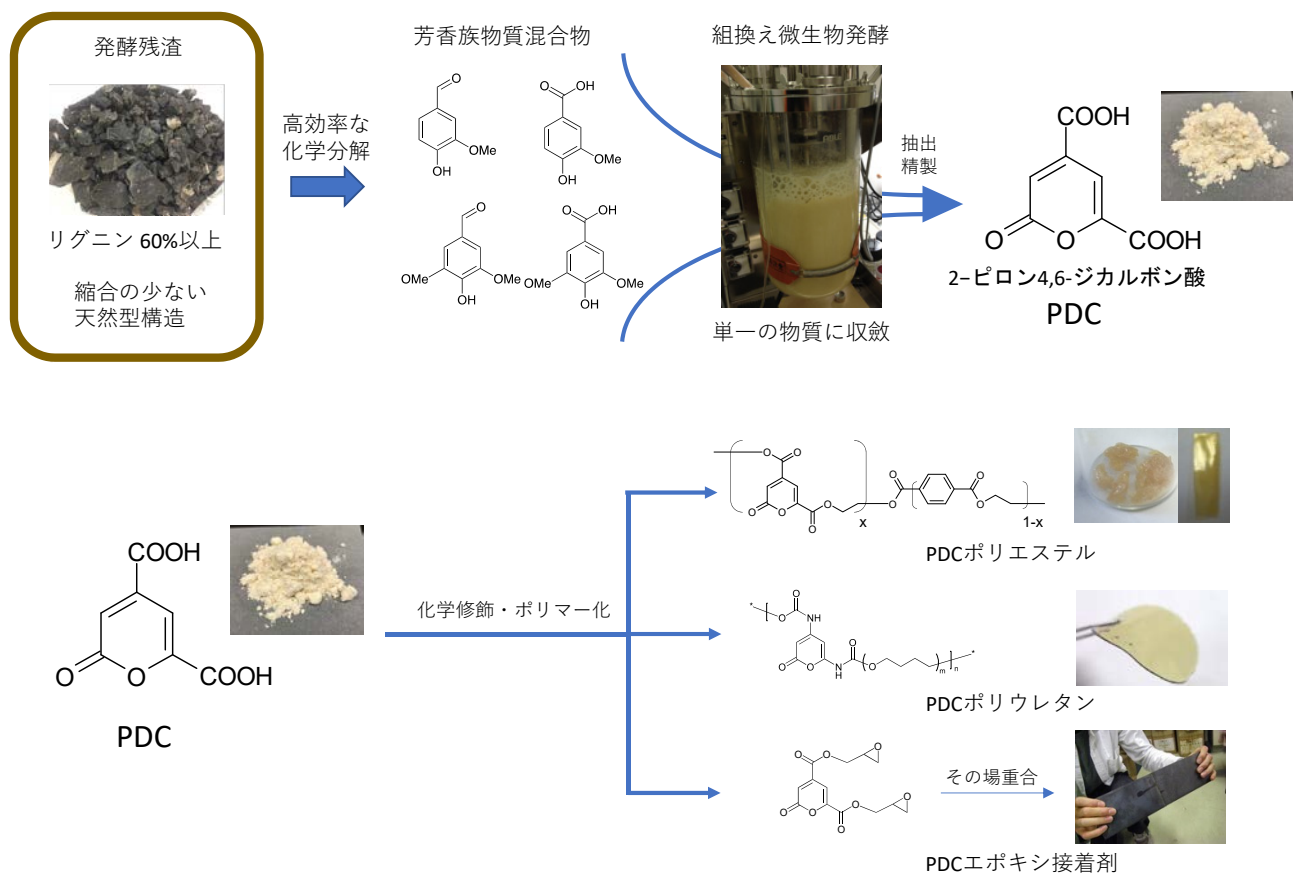


図2 発酵残渣から組換え微生物発酵によりバイオプラスチック原料となるPDCを製造する技術とPDCを骨格とした自由な分子設計によって合成されるバイオプラスチック