

研究テーマ： エネルギー自給型社会システムの構築に関する技術の開拓	
研究代表者： 生命環境学部 学部長 武藤 徳男	連絡先： muto@pu-hiroshima.ac.jp
共同研究者： 教授 西村 和之， 准教授 増田 泰三， 准教授 坂口 利文， 准教授 崎田 省吾， 准教授 内藤 佳奈子， 助教 有馬 寿英	
<p>【研究概要】</p> <p>学部教員が有する生物資源の活用技術を援用し、バイオマスエネルギーの生産に利用可能な技術シーズの開発を試みた。本研究の目的は、バイオマス生産可能量の把握と生産方法の検討やバイオマスエネルギー産生微生物の探索等を行った。短期間ではあったが本研究により、スイートソルガムの栽培には、汚泥堆肥と化成肥料の 1:1 混合施肥が適しており、ソルガム搾汁液のメタン発酵ではグルコース換算で 10mM が最適であった。また、環境試料から油脂生産・蓄積性の <i>Lipomyces</i> 属の酵母や油産生微細藻類である <i>Closterium</i> 属を単離することができた。</p>	

【研究内容・成果】

***研究概要**

本研究は、学部教員の有する研究資産である生物資源の活用技術を援用し、学部の立地する中山間地域の気候条件に合致したバイオマスエネルギーの生産に利用可能な技術シーズの開発を試みた。本研究の目的は、1) バイオマス生産可能量の把握と生産方法の検討、2) バイオマスエネルギー産生微生物の探索であり、これらは実験を主体として実施した。また、3) 備北地域を対象としたエネルギー自給型社会システムの在り方を示すことを試みた。

***実施内容と成果**

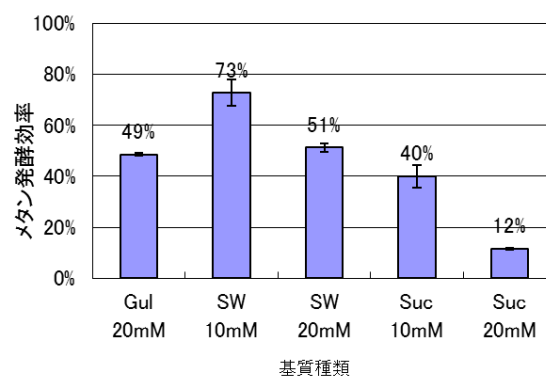
1) バイオマス生産可能量の把握とエネルギー生産方法の検討

ア) スイートソルガムの栽培法：比較的寒冷な備北地域におけるエネルギー作物として最適であると評価されているスイートソルガム（品種ビッグシュガーソルゴー）の省力的な栽培手法について検討した。省資源化を考慮して再生利用製品である下水汚泥堆肥の利用等を検討した結果、真砂土を用いたソルガムのポット栽培実験では、汚泥堆肥(33.4gN/kg, CN 比 5.6)と化成肥料を窒素成分基準で 1/2 ずつで混合した混合施肥区が化成肥料の単独施肥区と同様の大きなバイオマス生産量が得られた。また、下水汚泥堆肥等で懸念される重金属類の影響について Cd を代表指標として検討したところ、堆肥の窒素無機化率に Cd の影響は認められなかったが、投入 Cd 量の増加に伴ってソルガムの Cd 吸収量は増加することから、茎葉を燃焼すると Cd は灰中に濃縮され肥料取締法の Cd 基準値を超える可能性があり、灰の土壌への施用は不適であると判断された。

イ) バイオガス化技術：バイオマス資源のエネルギー転換技術は様々であるが、最もポピュラーな技術の一つであるバイオガス化（メタン発酵）を取り上げ、栽培したスイートソルガム搾汁液を基質とするバイオガス化のバッチ試験を行った。スイートソルガム抽出液(以下 SW)、グルコース(以下 Glu)及び SW の主成分であると考えられるスクロース(以下 Suc)の基質濃度とメタン収率の関係を検討した。バッチ試験のメタン発酵期間は 4 週間とし発酵温度は 37°C の中温発酵とした。メタン発酵量のみを見ると、スイートソルガム抽出液 20mM が最もガス発生量が多かった。一方、メタン発酵収率を求めるとスイートソルガム抽出液をグルコース換算で 10mM 加えた場合が最も効率が高かった。その時のメタン発酵収率は、理論収率の 73% であり、高効率な発酵が行えるものと判断された。

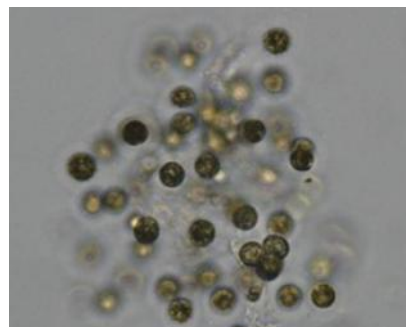
2) バイオマスエネルギー産生微生物の探索

ア) 庄原キャンパス、及びその周辺地域に由来する土壌等の環境試料から、一般的な酵母用培地と油脂生



産・蓄積能力に優れた酵母の一つである *Lipomyces* 属に対する選択圧が高い培地を使用して、油脂生産・蓄積能力に優れた酵母の単離を行った。得られた菌株について ribosomal RNA 遺伝子領域内に存在する ITS 領域、もしくは D1/D2 領域をその同定指標として利用して遺伝子レベルでの同定を行った。両培地での単離培養された 1,000 株程度の純化株に対して遺伝子レベルでの同定を行ったところ、“non-conventional” yeast の代表の一つであり、細胞内に多量の油脂を蓄積することが知られている *Yarrowia lipolytica* を 5 株、EU の ‘LipoYeasts’ project で利用が検討されている油脂生産・蓄積酵母の一つである *Lipomyces* 属の一種である *Lipomyces kononenkoae* を 5 株取得することができた。

イ) 大学内にある農業用ため池“はげら池”から油産生微細藻類の探索を行い、油産生性が示唆される *Chlorophyceae Tetrasporales* と推定される微細藻類を単離することができた。この微細藻類の油産生能を評価するために、20°Cの培養温度で標準的な改変 C 培地により培養実験を行った結果、最大増殖量を示す 5 日目頃から植物油換算で 15.8mg/L 程度の油分を産生することが認められた。これは、琵琶湖から単離された油産生微細藻類である *Closterium aciculare* の無菌株の油産生能（最大 13.5mg/L）と同程度であり、はげら池の様な大学近隣の農業用ため池においても油産生微細藻類が生息している可能性が示唆された。



単離した緑藻綱ヨツメモ目

3) 備北地域を対象としたエネルギー自給型社会システム

本研究で得られた省力的な栽培方法により栽培可能なスイートソルガムの地上部収量は 39.9dry-t/ha と計算される。この内、バイオマスエネルギーを取得する為の主プロセスとなる発酵プロセス等で利用可能な糖分を含む搾汁液が得られる茎の部分は全体重量の 70~75%であり、栽培した搾汁機の性能にもよるものの搾汁液の採取率は、40~50%程度の搾汁率が一般的であることから、栽培したスイートソルガムから得られる搾汁液量は、約 558.6~748.1t/ha と算出される。即ち、平均 650t/ha の搾汁液からメタンやエタノール等のバイオマスエネルギー産物が得られることになる。一方、この事は、発酵不適物としての残差が乾物量として 24.9~28.7dry-t/ha 排出されることでもあり、その量は、乾物換算で栽培バイオマス量の 62.4~71.9%に相当することになる。従って、多量に発生するメタンやエタノール等のバイオマスエネルギーが直接的に得られる高度なエネルギー転換技術だけでは活用できない発酵不適物を含めてエネルギーとして活用し、総合的なエネルギー収率を高める必要があると考えられる。そのためには、単純な燃焼による温熱回収が最も効率的であると考えられたことから、本研究で栽培しているスイートソルガムの乾物の熱量をボンベ型熱量計で実測した。得られた乾物の熱量は約 17.8MJ/kg であり、含水率は 20~40%の稲わらやもみ殻等の乾燥物の高位発熱量の約 16MJ/kg と同等の熱量で A 重油の 34%程度であったことから、発酵不適物から回収可能な熱量を求めると 443.2~510.9GJ/ha と算出された。これらの活用方法として NEDO 等の木質チップボイラーによる実証実験のデータを参考にすると、施設園芸における熱利用が考えられる。NEDO のデータより、中国山地において 180m² のイチゴ栽培温室 1 棟の室温全体をイチゴ栽培に必要な 12°Cに維持するために冬季の 6 ヶ月間の夜間 10 時間を運転するために必要な熱量は約 250MJ/hr であった。一方、広島県農業技術センターが開発した栽培ベッドに温湯を循環する局所加温システムによるイチゴ栽培技術では、ハウス全体を加温する場合よりも 40%程度の暖房費を節約できるとされていることから、一棟あたりに必要な熱量は 150MJ/hr となる。このことから、冬季 6 か月間に必要な熱量である 270GJ を発酵不適物の燃焼により得るとした場合、温水ボイラの効率を 75%としても 360GJ となり、70.5~81.2a の休耕地におけるスイートソルガムの栽培で得られる発酵不適物でイチゴ栽培用の温室を維持するシステムが成立する事になる。

*まとめ

本研究により、エネルギー作物栽培による中山間地域の活性化にも結び付くエネルギー源の供給手法の提案が行えた。また、大学シーズとして新たなエネルギー産生微生物株の取得が行えた。これらを活用した外部資金等による学部独自の大型プロジェクトの立ち上げが望まれる。