

## バイオ燃料生産を目的とした屋上農園の設立 ～ネコジャラシからのバイオ燃料生産～

### 1. 背景

近年、地球温暖化対策のため、化石燃料の代替としてバイオ燃料が注目されている。しかし、その原材料はトウモロコシやサツマイモ、ジャガイモなど、食料や飼料と競合する農作物であり、バイオ燃料の需要増加は、それら農作物の市場価格の高騰を引き起こしている<sup>(1)</sup>。それに伴い、従来の食料や飼料用作物からバイオ燃料用作物への転作も行われ、栽培する土地を巡っての競合も生まれている<sup>(2)</sup>。その結果、現在懸念されている地球規模の食料問題に拍車をかけることが予想される。

### 2. 目的

地球温暖化対策のため、化石燃料の消費を低減し、バイオ燃料の生産を増加させるために、バイオ燃料用作物の生産を目的とした屋上農園の設立を行う。屋上に植物を栽培することで、地球温暖化対策のための緑化事業の側面も持たせることもできる。また、従来の耕作地で栽培された作物のうちバイオ燃料の製造に使用されるものの一部を、屋上農園で栽培された作物に置き換えることで、置き換わった分を食料や飼料として利用することで、現在懸念されている食料問題の軽減を図る。

屋上で栽培するバイオ燃料用作物として、ネコジャラシの俗称で知られているエノコログサを推奨する。研究・調査の結果、エノコログサはバイオ燃料の生産を目的とした屋上農園で栽培する作物として優秀であることが分かった。

### 3. 本論

#### 3.1 栽培推奨作物

エノコログサ(*Setaria viridis*)

俗称ネコジャラシ。一年草。畑，農道，空き地などに生育。街なかの道ばたにも多い。初夏から目立つようになり，夏の普通の雑草の一つ<sup>(3)</sup>。

#### 3.2 選定理由

##### 1) デンプン含有率の高さ

Fig.1 にエノコログサとバイオエタノール用主要作物の重量当たりのデンプン含有率を示す。参考として、『日本食品標準成分表 2015 年度版（七訂）』および『澱粉と植物 各種植物澱粉の比較』に記載されている各種サンプルのデンプン含有率も示す<sup>(4)(5)</sup>。

分析は，希塩酸によってデンプンをグルコースへと加水分解し，そのグルコース量を調べ，換算することで試料中のデンプン含有率を調べた<sup>(6)</sup>。

分析の結果，エノコログサとジャガイモ，サツマイモの重量当たりのデンプン含有率は，それぞれ約 18.1%，約 16.7%，約 21.1%であった。この結果からエノコログサはイモ類に匹敵するデンプン含有率を有していることが分かった。

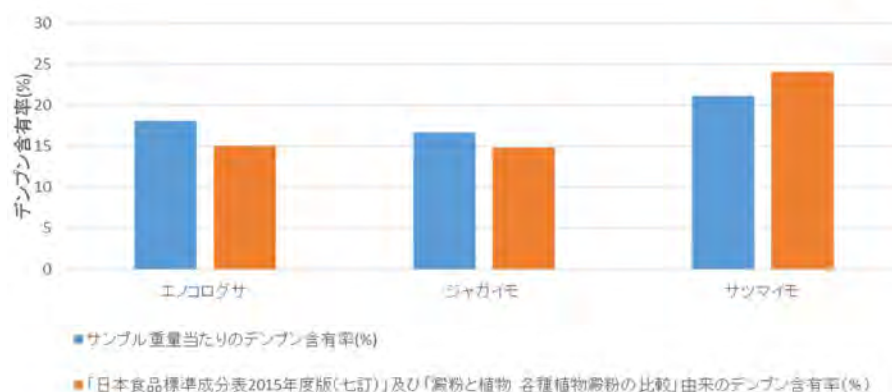


Fig1: エノコログサとイモ類のデンプン含有率

##### 2) 発酵期間の短さ

Fig.2 にエノコログサとイモ類のアルコール発酵時の経時変化を示す。

実験は，試料中のデンプン含有率を求める際に得られた糖化液に酵母を添加することでアルコール発酵を行った。酵母を添加後，10℃のインキュベーター内で静置培養した。分析は，pH は pH 計測計を用いて，グルコース量(OD<sub>505</sub>)および培養液濁度(OD<sub>660</sub>)は吸光度計を用いて一日一回一定時間ごとに分析した。なお，グルコース量が 2 日続けて変動しなかった日を発酵終了日とした。

分析の結果，エノコログサとジャガイモ，サツマイモの発酵期間は，それぞれ 10 日間，17 日間，33 日間であった。この結果より，エノコログサはイモ類に匹敵するデンプン含有率を有しているにもかかわらず，イモ類よりも早く発酵が終

了する。したがって、エノコログサはイモ類よりも効率良く発酵を行うことができるといえる。

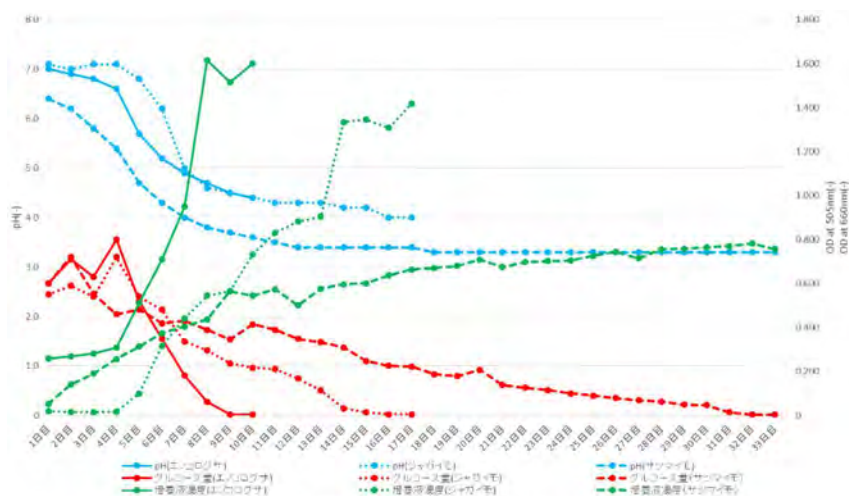


Fig.2 エノコログサとイモ類のアルコール発酵時の経時変化

### 3) 重量当たりのアルコール収量の高さ

Fig.3 に原料の重量当たりのアルコール収量を示す。

実験は、試料中のデンプン含有率を求める際に得られた糖化液に酵母を添加することでアルコール発酵を行い、アルコール濃度の測定を行った。

分析の結果、エノコログサ、ジャガイモおよびサツマイモの原料当たりのアルコール収率はそれぞれ約 0.083 ml/g, 約 0.050 ml/g, 約 0.037 ml/g となり、エノコログサの方がイモ類と比べて重量当たりのアルコール収量が高かった。また、『バイオエタノールと世界の食料需給』<sup>(7)</sup>に記載されているジャガイモの重量当たりのアルコール収量と比較しても、エノコログサの重量当たりのアルコール収量はジャガイモに匹敵しているといえる。酒造製造免許を有していない状況でアルコール濃度 1%以上の発酵を行うことは酒税法に違反するため、今回はアルコール濃度が 1%を超えない発酵形式をとった。エノコログサを一般的な糖化・発酵方法でアルコール発酵を行えば、より重量当たりのアルコール収量が高まると思われる。

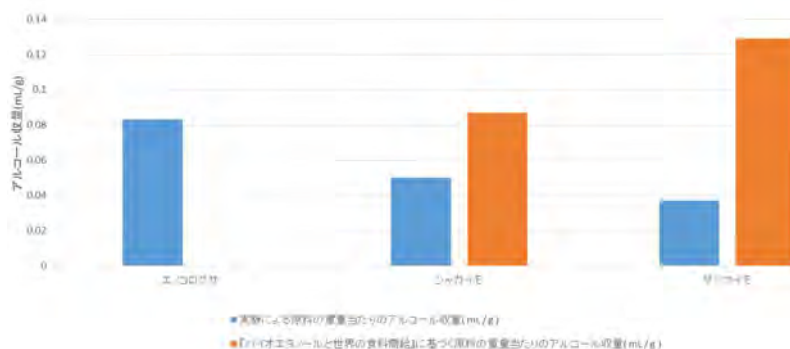


Fig.3原料の重量当たりのアルコール収量(mL/g)

4) 栽培のしやすさ，競合相手の不在

エノコログサは，雑草であるため，バイオエタノール用主要作物のように栄養の富んだ畑や肥料の添加，定期的な水やり等を必要としない。したがって，栄養の乏しい土地でも種をまけば放置しても生育するため，栽培するうえで手間がかからない。加えて，畑以外の場所で栽培することができるため，他の農作物と栽培する土地を巡って競合をうむことがない。

5) 地球温暖化対策

エノコログサは， $C_4$ 植物に分類されるため，他の植物と比べて効率良く二酸化炭素を固定するため，地球温暖化対策にも繋がる<sup>(8)</sup>。

#### 4. 結論

エノコログサは、同じ重量当たりで比較するとイモ類に匹敵するデンプンを有しているにも関わらず、イモ類より早く発酵が終了し、重量当たりのアルコール収率も高い。このことから、エノコログサは、イモ類よりも効率良くアルコール発酵を行い、アルコールを得られることができるため、バイオエタノール用作物としてのイモ類に代わる作物になると考えられる。加えて、エノコログサはいわゆる雑草であるため、栽培を行う上で肥料の添加や水やり等の世話がつかからない。また、バイオエタノール用主作物と異なり、耕作地を必要としないため、栽培を行う上で場所を選ばない。そのため、栽培場所を巡って他の作物と競合を生む事がない。そして、現状利用価値の無い植物であるため、利用を巡っての競合も生む事がない。ゆえに、現在のバイオエタノール用主要作物が抱えている問題である土地や利用を巡る競合を生むことなく栽培を行うことができる<sup>(1)(2)</sup>。

以上のことから、エノコログサは屋上農園のような土地の利用や栄養、栽培できる植物に制限がかかる環境下でも、バイオエタノール用作物としてのイモ類に匹敵するバイオエタノールを得られることから、バイオ燃料の生産を目的とした屋上農園の栽培作物として推奨したい。

加えて、バイオ燃料の生産を目的とした屋上農園の設立は地球温暖化対策の一環としての緑化事業および食料問題解決に向けた取り組みとしての側面も持っている。エノコログサは、 $C_4$ 植物に分類されるため、他の植物と比べると効率良く二酸化炭素の固定を行えることから、地球温暖化対策を行う上で効率が良い<sup>(8)</sup>。また、バイオ燃料の製造に供給される分の農作物の一部をエノコログサに置き換え、置き換わった分を食料や飼料として供給することで、現在懸念されている食料問題を軽減することができる。

#### 参考文献

- (1) 小泉達治 (2007) 『バイオエタノールと世界の食料需給』 p.214-218 筑波書房
- (2) 独立行政法人農畜産業振興機構 (2013) 『世界の飼料穀物需給 -トウモロコシ需給の構造変化』 p.19 農林統計出版
- (3) 岩瀬徹 (2007) 『野外観察ハンドブック 形とくらしの雑草図鑑 見分ける、280 種』 p.160 全国農村教育協会
- (4) 香川芳子 (2016) 『七訂 食品成分表 2016 資料編』 p.327-359 女子栄養大学
- (5) 藤本慈生 (1994) 『澱粉と植物 各種植物澱粉の比較』 p.157 葦書房
- (6) 海老根英雄, 中島路江 「澱粉定量に於ける加水分解の条件について」 澱粉工業学会誌 Vol.3 No. 3 p.124-126 澱粉工業学会
- (7) 小泉達治 (2007) 『バイオエタノールと世界の食料需給』 p.26 筑波書房
- (8) 榊原均, 木羽隆敏 (2016) 「C4 モデル植物 *Setaria viridis* の研究ツールの整備」 植物科学の最前線 BSJ-Review vol.7 No.7 p.42 日本植物学会