

農業系バイオマスによる国産バイオエタノール生産に関するLCA

LCA on domestic bioethanol production with agricultural biomass

上田 達己
Tatsuki UEDA

1. 背景と目的

近年わが国において、国産バイオエタノール生産の拡大に対する期待が高まる一方、バイオエタノール生産は本当に環境保全に貢献するのかという疑問も呈されるようになってきている。そこで本研究では、ライフサイクルアセスメント (LCA) の手法を用いて、エネルギー効率および温室効果ガス排出削減効果の観点から、農業系バイオマスを用いた国産バイオエタノール生産の評価を行った。

2. 研究方法

本研究では、専らすでに公表された資料 (バックグラウンドデータ) に基づいて、ライフサイクルインベントリを構築した (上田、2008) (表 1)。また、環境影響評価項目の試算には、LCA ソフトウェア「SimaPro 6」を使用した。システム境界は、資源作物の生産 (ただし稲わらでは主に稲わらの収集・運搬のみ)、作物の輸送、作物の調製・燃料変換、製品 (バイオ燃料) の輸送とした。

作物残渣等のエネルギー回収による化石燃料削減効果を検討するため、「シナリオ 1 (現行技術タイプ)」と「シナリオ 2 (化石燃料節減タイプ)」の 2 つのシナリオを比較検討した。シナリオ 1 は、飲料用アルコール生産のように、エネルギー生産を前提としない、現行の生産システムを想定している。そのため、現行の生産システムに既に組み込まれているバガスおよびリグニンの熱・発電利用以外は、原則として必要な投入エネルギーは化石燃料でまかなうと

表 1 バイオマスの収量とバイオエタノール収率
Biomass yield and bioethanol conversion efficiency

原料作物・バイオマス	サトウキビ	テンサイ	コメ	大麦	ジャガイモ	サツマイモ	ギニアグラス	ソルガム	稲わら
資源作物の品種	Ni14 (株出)	モノホマレ	クサユタカ	マンテンボシ	コナフブキ	コナホマレ	ナンカゼ	グリーンエース	一般水田の平均発生量の 80%
栽培試験地	九州研 (種子島)	北農研 (札幌)	中央農研 (北陸)	近農研 (四国)	道立農試 (根釧)	九州研 (都城)	九州研 (熊本)	広島県農技セ	
作物収量 (生 or 風乾) (t/ha) (注 1)	80.0	62.4	7.3	6.3	44.6	44.2	-	-	-
作物収量 (乾物) (t/ha)	24.0	12.5	6.2	5.4	9.0	15.0	22.0	21.6	4.2
燃料粗生産量 (作物重量当り) (L/t) (注 2)	78	92	430	444	139	180	255	255	255
燃料粗生産量 (農地面積当り) (kL/ha)	6.98	5.71	3.14	2.79	6.21	7.97	4.97	4.76	1.03

注 1) 穀類は風乾重量、糖作物・イモ類は生重量。また、乾物重量は、一部平均的な乾物率から計算した推定値を含む。

注 2) 糖・デンプン系は原料作物の風乾または生重量あたり、セルロース系は乾物重量あたり。

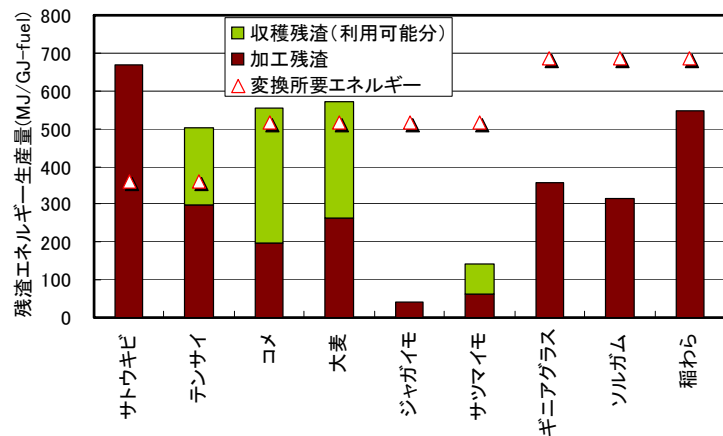


図 1 バイオエタノール 1GJ を製造する際に発生する作物残渣のエネルギー
Available energy in crop residues co-produced with 1 GJ of bioethanol

注) 変換所要エネルギーは、シナリオ 2 の値。セルロース系エタノールの残渣はリグニンを指す。サトウキビでは、余剰のバガスを用いて、発電を行うとした。テンサイ・イモ類の残渣は、水分が多く腐敗しやすいため、エネルギー回収の対象から除外した。

した。一方、シナリオ2は、エネルギー収支の向上を第一目標とし、可能な限り、作物残渣（糖・デンプン材料）または追加のバイオマス（セルロース系材料）の熱・発電利用によって、化石燃料投入の節減を目指した。さらに、糖・デンプンエタノールでは、発酵廃液を直接農地還元し、その分廃液処理にかかるエネルギーと化学肥料の投入を削減するとした。

3. 解析結果

(1) 図1に、バイオ燃料を1GJ生産する際に発生する、各作物残渣の乾物量から推定した残渣エネルギー生産量を示す。燃料変換エネルギーをまかなうために、サトウキビではバガスのみで十分であるが、穀物ではわらの収集利用が必要となる。また、セルロース系材料では、リグニンだけでは不足するので、化石燃料または追加バイオマスによるエネルギーの補充が必要である。

(2) バイオエタノール生産のエネルギー収支、土地生産効率、温室効果ガス純排出削減量についての試算結果を図2～4に示す。各指標において、豊富なバガスを利用可能なサトウキビが高く評価されている。シナリオ1と2を比較すると、各作物とも、シナリオ2において、エネルギー収支、土地利用効率、温室効果ガス削減効果の向上がみられた。これにより、作物残渣等の熱・発電利用および発酵廃液の農地還元によって化石燃料の投入を極力削減することの重要性が示された。

参考文献：上田達己（2008）、研究調査室小論集第12号、pp.1-54、（独）農研機構研究調査チーム

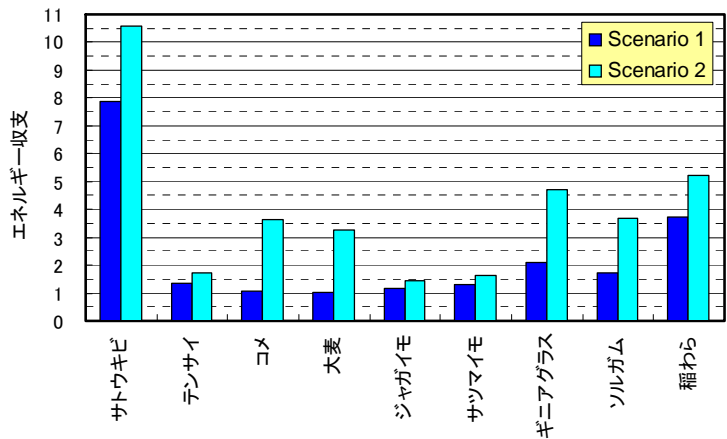


図2 バイオエタノール生産のエネルギー収支
Net energy balance of bioethanol production

注) エネルギー収支 =
$$\frac{\text{生産されたバイオエネルギーのエネルギー含有量 (MJ)}}{\text{バイオエネルギーの生産過程における化石エネルギー消費量 (MJ)}}$$

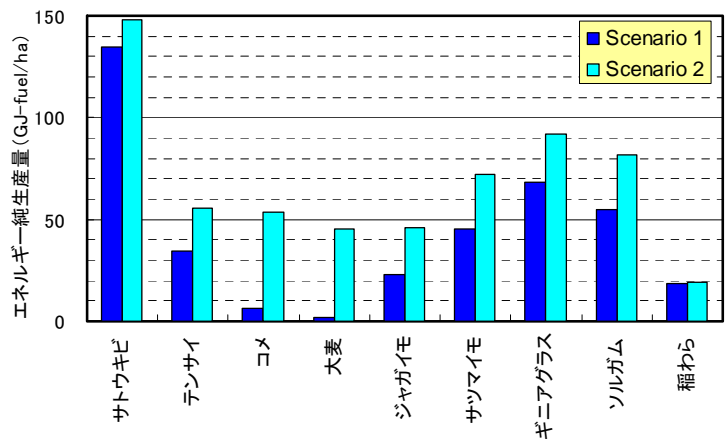


図3 農地1ha当りのバイオエタノール純生産量（土地生産効率）
Land use efficiency of bioethanol production

注) 土地生産効率 =
$$\frac{\text{バイオエネルギー粗生産量 (MJ)}}{\frac{\text{バイオエネルギー生産のために投入した化石エネルギー量 (MJ)}}{\text{必要な農地面積 (ha)}}}$$

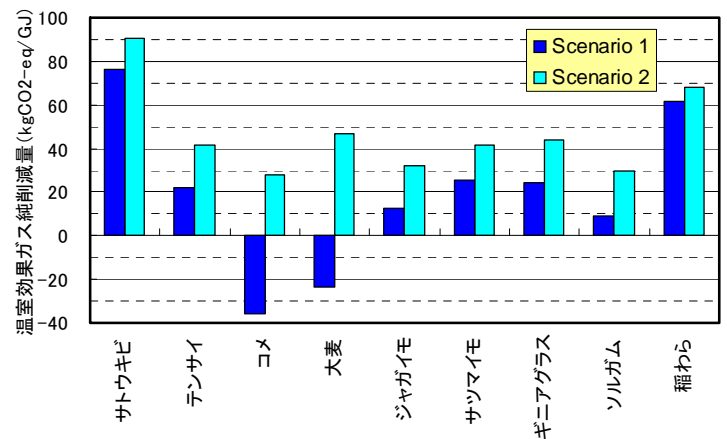


図4 バイオエタノール生産の温室効果ガス純排出削減量
Net greenhouse gas reduction per 1GJ of bioethanol production

注) 温室効果ガス純排出削減量 =
$$\frac{\text{バイオエネルギーの利用により回避された温室効果ガス排出量}}{\text{バイオエネルギー生産に伴う温室効果ガス排出量}}$$