

単糖含有率から推定した秋まき小麦と混播牧草のエタノール変換率  
Ethanol conversion rate of winter wheat and mixed grasses  
estimated by monosaccharide content rate

○大深正徳\*・秀島好昭\*・中村和正\*・中山博敬\*  
M. OFUKA\*, Y. HIDEHIMA\*, K. NAKAMURA\* and H. NAKAYAMA\*

1. はじめに

エタノール（エチルアルコール）は、酒を蒸留して得られる酒精として古くから知られている。飲用以外にも多様な用途に用いられており、我々の生活に深い関わりをもつものである。最近、このエタノールを農作物から生産し、ガソリンに混合して使用することにより温暖化対策に寄与しようとする試みがある。

（独）北海道開発土木研究所は、農村地域へのバイオエタノール技術の導入に向けた社会システムの開発に取り組んでいる。この研究では、耕作放棄地などの低利用農地を有効活用した資源作物栽培によるバイオマス供給技術および資源作物と未利用資源（作物残滓、農産加工残滓等）との複合利用技術の開発を進めている。さらに既往の資源作物栽培技術・エネルギー変換技術研究等の成果を活用して、積雪寒冷地の農村に適したエタノール生産システムの構築に向けた検討を行っている。

ここでは、資源作物のうち秋まき小麦と混播牧草のエタノール変換率を生育段階ごとに明らかにしたので、その結果を報告する。

2. 試験方法

（1）供試作物として、秋まき小麦（品種：ホクシン）と混播牧草を選定した。これらの作物は融雪時期に圃場表面を被覆しており、耕作放棄地などの低利用農地での融雪時期の土砂流亡に対して土壌保全効果を期待できると考えたためである。混播牧草は、全体で表1のように3種の組合せとした。秋まき小麦と混播牧草の収穫時期は表1に示すとおりである。

（2）両作物ともに、収穫した後、数週間、風乾してから成分分析に供した。成分分析は食品および飼料の一般的な分析法に準じ、構成糖の定量等を行った。主な分析項目とその試験方法を表2にまとめる。なお、分析にあたっての試料調整は、実、葉、茎を区分せず、全量を一括で縮分し、その縮分した全量を細切りし、混合して試料とした。

（3）成分分析の結果、得られた単糖含有率と糖の構成から既存知見<sup>1)</sup>を活用して生育段階ごとのエタノール変換率を推定した。

表1 供試作物の収穫時期  
Table 1 Harvest time of test crops

作物名	収穫時期		
	出穂揃	乳熟期	成熟期
秋まき小麦 品種:ホクシン	2004. 6. 8	2004. 6. 29	2004. 7. 27

作物名・組合せ	収穫時期 <sup>*1</sup>			
	1番草 出穂始	1番草 開花期	1番草 登熟期	2番草 <sup>*2</sup>
混播牧草 TY+ガ'レガ	2004. 6. 14	2004. 7. 5	2004. 7. 20	2004. 10. 12
RCG+ガ'レガ	2004. 6. 9	2004. 6. 21	2004. 7. 6	2004. 10. 12
OG+ガ'レガ	2004. 6. 9	2004. 6. 25	2004. 7. 10	2004. 10. 12

\*1：混播牧草の収穫時期は、イネ科牧草の生育ステージを指標とした。  
\*2：2番草は1番草登熟期に刈り取りした後の圃場で成長したものである。  
\*3：チモシーをTY、リードキャナリーグラスをRCG、オーチャードグラスをOGと略する。

\*（独）北海道開発土木研究所 Civil Engineering Research Institute of Hokkaido

（キーワード） バイオエタノール、エタノール変換率、糖

### 3. 試験結果

- (1) 秋まき小麦の硫酸加水分解条件下で生ずる単糖類は、ブドウ糖、アラビノース、キシロース、マンノース、ガラクトースであり、混播牧草ではラムノースも確認された。秋まき小麦の単糖割合の合計は、デンプンを形成する成熟期には約70%であり、成熟期の1ヶ月前で約50%である。混播牧草1番草の単糖割合は生育期間に関係なく概ね50~60%の範囲にあり、2番草は50%未満になる(図1)。
- (2) 従来からアルコール発酵には6単糖類(ここでは、ブドウ糖、マンノース、ガラクトース)が用いられてきた。各作物から6単糖類を原料とするエタノールへの変換率を試算すると、秋まき小麦は成熟期で約0.30 L/kg乾物、出穂始~乳熟期では約0.20 L/kg乾物である。混播牧草1番草では、0.20~0.23 L/kg乾物の範囲にあり、イネ科牧草の違いや生育時期によるエタノール変換率に差はなかった。ただし、2番草になるとエタノール変換率は1番草より下がる(表3)。

### 4. まとめ

秋まき小麦は約0.2~0.3L/kg乾物、混播牧草は約0.2L/kg乾物のエタノール変換ができることがわかった。その他の資源作物についても検討を進めたい。

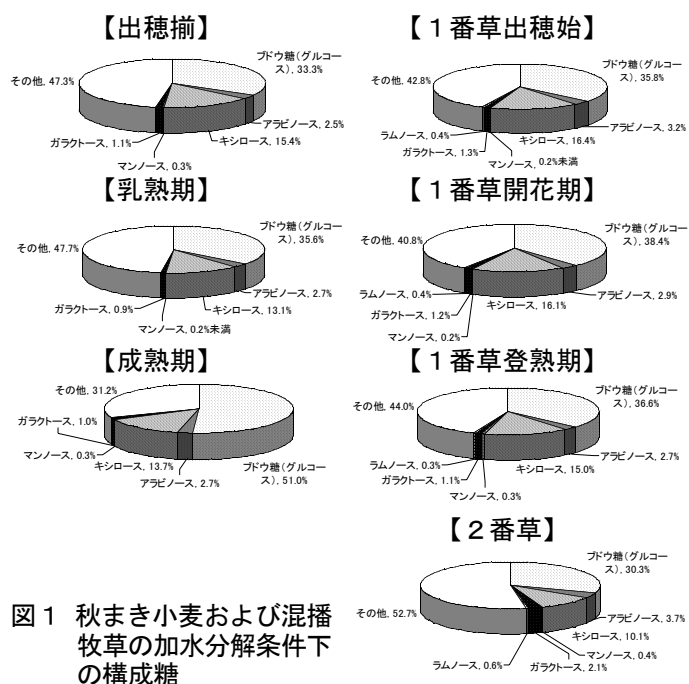


図1 秋まき小麦および混播牧草の加水分解条件下の構成糖  
Fig.1 Saccharide composition of hydrolyzed winter wheat and mixed grasses (左: 秋まき小麦、右: チモシーとガレガの混播牧草)

### 【参考文献】

- 1) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構: バイオマスエネルギー高効率転換技術開発セルロース系バイオマスを原料とする新規なエタノール醗酵技術等により燃料用エタノールを製造する技術の開発 平成15年度成果報告書, p272-281, NEDO技術情報データベース, 2003

表2 成分分析方法  
Table 2 Component analysis method

分析項目	試験方法
水分	常任加熱乾燥法による。乾燥温度135℃、乾燥時間2時間
粗タンパク質	ケルダール法で全窒素を測定し、以下の計算式により求める。全窒素×6.25 (ただし、6.25は窒素・タンパク質換算係数である。)
粗繊維	ろ過法。
粗灰分	直接灰化法。550℃で灰化。
粗脂肪	ジエチルエーテル抽出法。エーテル可溶性成分量で示す。
可溶性無窒素物	次の計算式で百分率として求める。 100-(水分+粗タンパク質+粗繊維+粗脂肪+粗灰分)
デンプン	酵素法。50%エタノールで低分子糖を抽出洗浄して除去する。その後、グルコアミラーゼによる酵素反応を行い、ブドウ糖を定量し、そのブドウ糖を換算して求める。デンプン(%)=ブドウ糖(%)×0.9
セルロース ヘミセルロース リグニン	P. J. Van Soestらの方法に準じて試験した。 ラウリル硫酸ナトリウムを主剤とする中性デタージェント溶液で煮沸した後、ろ過した残渣を中性デタージェント繊維(NDF)とする。臭化セチルトリメチルアンモニウム20gを0.5mol/L硫酸1Lに溶解した酸性デタージェント溶液で煮沸した後、ろ過した残渣を酸性デタージェント繊維(ADF)とする。ADFを72%硫酸で分解した後、ろ過した残渣をリグニンとする。セルロース、ヘミセルロースは次の計算式による。 セルロース(%)=ADF-リグニン、ヘミセルロース(%)=NDF-ADF
ブドウ糖 (グルコース) アラビノース マンノース ガラクトース ラムノース	検体0.3~0.6gを精製に量りとり、72 W/V硫酸4 mlを加えて室温で1時間、撹拌する。これを水112 mlで希釈し(硫酸濃度: 4 W/W%)、オートクレーブ中(121℃)で1時間加水分解する。室温まで冷却し、30 W/V水酸化ナトリウム溶液で中和した後、水で200 mlに定容し、ろ紙(JIS P 3801, No. 58、保留粒子径4 μm)でろ過する。このろ液から更に不純物を除去して得られたろ液を試験溶液として、高速液体クロマトグラフ法により中性単糖類を定性ならびに定量した。なお、乳熟期及び成熟期の秋まき小麦は構成糖の定性をせず、出穂揃の段階で確認された単糖のみを定量した。混播牧草も同様に、開花期、登熟期、2番草は構成糖の定性をせず、出穂始の段階で確認された単糖のみを定量した。

表3 エタノール変換率  
Table 3 Ethanol conversion rate

作物種・生育期	6炭糖の	単糖	エタノール	エタノール変換率	
	単糖割合(%) ①	回収率 ②	密度(kg/L) ③	(L/kg乾物) ①/100×②/③	
秋まき小麦	出穂揃	34.8	0.445	0.789	0.196
	乳熟期	36.6	0.445	0.789	0.206
	成熟期	52.4	0.445	0.789	0.296
混播牧草 (TY+ガレガ)	1番草出穂始	37.1	0.445	0.789	0.209
	1番草開花期	39.7	0.445	0.789	0.224
	1番草登熟期	38.0	0.445	0.789	0.214
混播牧草 (RCG+ガレガ)	2番草	32.8	0.445	0.789	0.185
	1番草出穂始	40.8	0.445	1.000	0.23
	1番草開花期	39.4	0.445	0.789	0.222
混播牧草 (OG+ガレガ)	1番草登熟期	38.3	0.445	0.789	0.216
	2番草	28.7	0.445	0.789	0.162
	1番草出穂始	36.6	0.445	0.789	0.206
混播牧草 (OG+ガレガ)	1番草開花期	40.2	0.445	0.789	0.227
	1番草登熟期	39.6	0.445	0.789	0.223
	2番草	33.8	0.445	0.789	0.191