

うに明らかになった。

(1) 栽植密度

夏収穫物と秋収穫物合計の全重量は、株間25cmとした試験区が最も重く、株間10cm区が軽かった(表2)。得られた搾汁糖度および搾汁率は、夏収穫で株間が広いほど低下する傾向が認められたが、秋収穫では一定の傾向が認められなかった。糖収量は株間25、30cm区が1.3t/10aと高かった。

倒伏程度は夏収穫で10cm区が著しく高かったが、他の試験区では差は認められなかった。

(2) 夏収穫時期

夏秋収穫物合計の全重量は夏収穫、秋収穫ともに、8月9日収穫区が最も重かった。搾汁糖度では、夏収穫は刈り取り時期が遅いほど高く、秋収穫は7月25日区を除いて、刈り取り時期が遅いほど高い傾向が認められた。糖収量は8月9日区が、1.0t/10aと最も高かった(表3)。

秋収穫の倒伏程度には一定の傾向は認められなかった。

(3) 追肥量

夏秋収穫物と秋収穫物合計の全重量は、追肥量が増えるにしたがって増加した。搾汁糖度は9kg/10a区が最も高く、15kg/10a区は7.7%と他の区と比較して低かった。

糖収量は、追肥量9kg/10a区が、1.5t/10aと最も高かった(表4)。

なお、倒伏程度は、追肥量が少ない0.3kg/10a区で低く、追肥量が多い15kg/10aで高かった。

3-6 エタノール潜在製造量の推計

表6-1に山梨県および中央市のエタノール潜在製造量の推計結果を示す。山梨県のスイートコーン残さとソルガムから得られるエタノール潜在製造量は22,721kLである。これは、2006年度における山梨県のガソリン消費量²²⁾の4.8%に相当する。中央市の潜在製造量は176kLであり、2006年度における中央市公用車のガソリン消費量の25.2倍に相当する。

3-7 エネルギー収支の試算

表6-2は中央市におけるバイオ燃料製造のエネルギー収支の結果である。スイートコーン残さが0.643から0.717、ソルガムが0.654から0.739の範囲である。栽培プロセスのエネルギー消費量の有無が起因し、ソルガムに比べて、スイートコーン残さの方がよい結果が得られた。発酵プロセスのエネルギー消費量を抑えることが最も重要である。

3-8 メタン排出量の低減効果

表6-3に山梨県および中央市の水田からのメタン排出量を示す。中央市の水田のメタン排出量は、スイート

表2 株間がソルゴの生育・収量に及ぼす影響

株間 (cm)	全重 (t/10a)			糖収量 ^{a)} (t/10a)			搾汁糖度 (Brix)		搾汁率 (%)		草丈 (m)		倒伏程度	
	夏	秋	合計	夏	秋	合計	夏	秋	夏	秋	夏	秋	夏	秋
10	7.0	5.4	12.4	0.5	0.5	1.0	10.1	13.8	36.5	32.8	2.8	2.9	4.5	1.5
15	8.6	6.2	14.8	0.6	0.7	1.2	10.1	14	36	37.3	2.7	3.2	2.0	2.0
20	8.4	6.4	14.8	0.5	0.6	1.1	9	13.5	35	34.4	2.6	3.2	1.8	1.3
25	8.7	8.3	17.0	0.5	0.8	1.3	8.6	13.6	34	35	3.0	3.4	2.0	0.8
30	8.8	7.6	16.4	0.5	0.8	1.3	8.8	14.7	32.9	36.2	3.3	3.2	1.3	1.3

a) 糖収量 = (茎の生収量 - 茎の乾物収量) × Brix値 / (100 - Brix値), b) 倒伏程度: 肉眼観察により, 0(無) ~ 5(甚)の6段階評価

表3 夏刈り取り時期が生育・収量に及ぼす影響

刈取時期	全重 (t/10a)			糖収量 ^{a)} (t/10a)			搾汁糖度 (Brix)		搾汁率 (%)		草丈 (m)		倒伏程度	
	夏	秋	合計	夏	秋	合計	夏	秋	夏	秋	夏	秋	夏	秋
7月25日	6.9	4.0	10.9	0.3	0.3	0.6	5.5	11.8	42.8	28.3	2.6	2.5	4.5	0.8
7月31日	7.6	4.2	11.8	0.5	0.4	0.9	8.4	14.7	40.8	28.7	2.7	2.6	4.5	0.5
8月9日	8.7	5.2	13.9	0.6	0.4	1.0	10.5	13.0	39.0	33.3	2.7	3.0	4.5	1.0
8月15日	7.7	4.2	11.9	0.6	0.3	1.0	12.8	12.3	37.0	32.6	3.0	2.9	4.5	1.5
8月20日	6.8	3.2	9.9	0.6	0.2	0.9	13.7	10.6	32.9	32.2	2.9	2.4	4.5	0.8

図の説明は、表1と同じ。なお、夏収穫は全区で倒伏したので人為的に直立させた。

表4 追肥量が秋収穫の生育・収量に及ぼす影響

追肥量 (kg/10a)	生体重 (t/10a)		糖収量 (t/10a)		搾汁糖度 (Brix)	搾汁率 (%)	草丈 (cm)	倒伏程度
	秋	合計	秋	合計				
0	2.5	10.2	0.21	1.22	11.1	32.3	1.7	0.3
3	3.7	11.4	0.34	1.35	12.3	34.4	1.8	0.3
6	4.9	12.6	0.42	1.43	11	38.8	2.3	2.0
9	5.2	12.9	0.54	1.55	13.3	39.3	2.4	0.3
12	5.6	13.3	0.5	1.51	11.7	42.2	2.3	2.3
15	6.1	13.8	0.38	1.39	7.7	42.4	2.1	3.8
夏収穫 ^{a)}	7.7	—	1.01	—	15.9	38.1	2.0	—

図の説明は、表1に同じ。夏収穫は全区で倒伏したので人為的に直立させた。

a) 夏収穫は各区の平均値を示す。

表5-1 経済性分析のケーススタディの前提条件

項目	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
スイートコーン残さ [t]	23	230	2,300	Case3を基準に年間稼働日数を3倍	Case3を基準に日間製造量を10倍
ソルガム1期作 [t]	30	300	3,000		
ソルガム2期作 [t]	23	230	2,300		
年間エタノール製造量 [kL/年]	5	50	500	1,500	5,000
日間エタノール製造量 [L/日]	50	500	5,000	5,000	50,000
プラント建設費 [百万円]	63	318	1,594	1,594	7,988

コーン残さ鋤込直後に入水する場合と比べて、スイートコーン残さ鋤込3日後の入水により52%、スイートコーン残さのエタノール変換により72%の低減効果がある。

3-9 エタノール製造単価の試算

表6-4に5つのケーススタディのエタノール製造単価を示す。Case1からCase3の製造単価は、384円/Lから5,435円/Lの範囲となった。エタノールの製造規模が小さい場合、人件費の占める割合が多く、製造規模が大きくなるにしたがい、原材料調達費の占める割合が多くなる。次に、Case3を基準として、年間稼働日数が3倍になったCase4では220円/L、日間製造量が10倍になっ

たCase5では243円/Lとなった。

4. 考察

バイオマスとしてのスイートコーン残さは、品種別では、‘甘々娘’や‘ミルフィーユ’が高い糖濃度とアミノ酸含量を示したことから、最も優れていることが分かった。また、雌穂収穫後、ほ場に約12~20日程度放置することで、糖類とアミノ酸含量の増強ができることが確認された。また、スイートコーン残さへの酵素処理によって、特にセルラーゼ系の酵素処理が有効であることが分かり、搾汁液調製前の処理に有効である可能性が考えられた。しかしながら、酵素製剤のコストを考えた場合の収支面での有効性は不明であり、実用化における検討課題といえる。

スイートコーン残さは1年のうちで得られる時期がきわめて短いことから、それを補完するバイオマスとしての、ソルガムの肥培技術を明らかにすることができた。ソルガムの栽培は、休耕地利用の促進が期待できた。

本研究における取り組みで、本県で、スイートコーン残さからバイオエタノールを生産する場合の、エネ

表5-2 検討対象費目ごとの設定値および計算方法

項目	設定値および計算方法
①建設費	建設費は、Case1が63 [百万円]、Case2が318 [百万円]、Case3が1,594 [百万円]、Case4が1,594 [百万円]、Case5が7,988 [百万円]である。 新潟県の米を原料とした事例（日間製造量3,333L/日）の建設費が1,200 [百万円]である。これを基準と考え、各ケースの日間製造量に0.7乗則を適用し、建設費を算出した。 なお、日間製造量は、Case1が50L/日、Case2が500L/日、Case3が5,000L/日、Case4が5,000L/日、Case5が50,000L/日である。 補助率は50%を想定した。建設費に補助率を乗じるにより補助額が定まる。 実質建設費は建設費から補助額の差とし、それを耐用年数15年で割った値を用いた。
②原材料調達費	農産廃棄物の試算例から、スイートコーン3,800円/t、ソルガム11,300円/tとした。ソルガムの栽培費用7,500円/t、収集費用3,800円/tと仮定した。
③ユーティリティ費	建設費の2%と設定した。
④メンテナンス費	建設費の1%と設定した。
⑤人件費	人件費を4.5 [百万円/年]とし、5名体制とする。

表6-1 山梨県および中央市のエタノール潜在製造量の推計結果

地域	作物	作付面積 [ha]	収穫量 [t]	乾物収量 [t]	糖量 [t]	アルコール量 [t]	生産量 [kL]	エネルギー量 [MJ]
山梨県	スイートコーン残さ	797	19,447	4,220	2,295	1,003	1,269	26,785,443
	ソルガム 1期作	3,261	184,888	55,466	22,126	9,667	12,236	258,189,744
	ソルガム 2期作	3,261	139,237	41,771	16,663	7,280	9,215	194,439,190
中央市	スイートコーン残さ	104	2,538	551	300	131	166	3,495,215
	ソルガム 1期作	76	4,320	1,296	517	226	286	6,032,696
	ソルガム 2期作	76	3,253	976	389	170	215	4,543,142

推計に用いた数値は、以下のとおり。コーン残さ収率24.4 [t/ha]、ソルガム1期作収率81.0 [t/ha]、ソルガム2期作収率61.0 [t/ha]、ソルガム粗放的栽培効率0.7、コーン残さ乾物収量率0.217、コーン残さ搾汁糖度0.131、ソルガム乾物収量率0.300、ソルガム搾汁率0.146、発酵理論効率0.514、発酵歩合0.85、エタノール密度0.79 [g/cm³]、エタノール低位発熱量21.1 [MJ/L]

表6-2 中央市におけるバイオ燃料製造のエネルギー収支

作物	スイートコーン残さ		ソルガム	
	最良	最悪	最良	最悪
整地			0.023	0.047
収集	0.024	0.048	0.012	0.023
輸送	0.008	0.021	0.008	0.021
発酵	0.611	0.648	0.611	0.648
合計	0.643	0.717	0.654	0.739

表6-4 各ケーススタディのエタノール製造単価

項目	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
エタノール製造量 [kL/年]	5	50	500	1,500	5,000
建設費 [円/L]	420	212	106	35	53
原材料調達費 [円/L]	137	137	137	137	137
ユーティリティ費 [円/L]	252	127	64	21	32
メンテナンス費 [円/L]	126	64	32	11	16
人件費 [円/L]	4,500	450	45	15	5
エタノール製造単価 [円/L]	5,435	990	384	220	243

表6-3 山梨県および中央市の水田からのメタン排出量

地域	水田とコーン残さ処理	作付面積 [ha]	排出量 [tCH ₄]
山梨県	水田単作	5,020	798
	水田+コーン残さ鋤込直後入水		775
	水田+コーン残さ鋤込3日後入水	500	275
	水田+コーン残さエタノール変換		80
中央市	水田単作	224	36
	水田+コーン残さ鋤込直後入水		145
	水田+コーン残さ鋤込3日後入水	94	51
	水田+コーン残さエタノール変換		15

ルギー収支やコストについての解析を行うことができた。中央市を対象にしたバイオ燃料の製造段階におけるエネルギー収支の解析から発酵プロセスのエネルギー消費を抑えることが最も重要であることがわかった。その対策として、山梨県の県有林の主伐から発生する林地残材の利用を考える。山梨県において1年間に発生する林地残材の熱量(主伐面積90.542ha×有効林地残材81.25t/ha×林地残材熱量16,747MJ/t)²³⁾を推計した結果、123TJ(ガソリン換算3,561kL)になる。これを木質ボイラ(効率0.9)を用いて、Case3(年間バイオ燃料製造量500kL)の発酵プロセスの熱源に利用すると仮定すれば、山梨県の林地残材のおよそ6%で賄うことができ、バイオマスの複合利活用の観点からも非常に有効で

ある。

中央市のエタノール潜在製造量を参照し、製造規模別にエタノール製造単価を試算した結果、384円/Lから5,435円/Lとなった。2007年5月に日本政府が公表した次世代自動車・燃料イニシアティブ²⁴⁾によれば、2015年の国産バイオ燃料の製造単価目標は100円/Lである。本解析では、農産物の貯蔵の観点から年間稼働日数を100日と仮定したが、その他の未利用農産物の収集も考慮し、年間稼働日数を300日に増加させれば、220円/Lになる可能性がある。また、農産物を輸送する観点から、収集対象を中央市に限定したが、スイートコーンの特産地である笛吹ラインの周辺地域を含め、日間製造量を5kL/年から50kL/年の10倍に増加させれば、243円/Lになる可能性がある。したがって、採算性を求めるには、プラントの年間稼働日数を増やすことが最も効果的であり、スイートコーン残さとソルガム以外の未利用農産物の収集や農産物の収集範囲を中央市以外の近隣市町村に拡充することが重要である。

また、バイオエタノール生産で、スイートコーン残さに含まれる糖類が消費されることで、県内で発生するメタンガスの削減効果も期待できた。

5. 結 言

本県におけるバイオエタノール生産の可能性について明らかにすることができた。本研究では、バイオエタ

ノール製造プラントを規模別に導入したケーススタディを実施した。その効果を定量的に提示した意義は大きいといえる。今後、本研究をフィージビリティスタディに展開するには、建設費、原材料調達費や副産物収入費などを改めて精査する必要がある。また、本事業を実施するためには、産官学民が一体となり、行政、研究機関、プラント業者や地域の農業協同組合などの協力体制を築くことが不可欠である。

参考文献

- 1) 大聖泰弘・三井物産編：バイオエタノール最前線，工業調査会（1999）
- 2) 原後雄太・泊みゆき著：バイオマス産業社会，築地書房（2002）
- 3) 湯川英明：バイオエタノールの量産技術と実用化の展望，高圧ガス，40，28-32（2003）
- 4) 稲田雄二：バイオエタノール—世界の現状と日本の今後の取り組み—，環境研究，133，64-72（2004）
- 5) Kunteova, L.: The potential role of bioethanol, Int. Sugar J., 98, 448-452（1996）
- 6) 長坂克彦・市川和規・加藤知美・小林真理：スイートコーン残さ及びソルガムの利用適性，山梨県総理研研究報告，1，17-21（2006）
- 7) 恩田 匠・長沼孝多・小松正和：スイートコーン残さからのバイオエタノール生産，山梨県総理研研究報告，1，24-27（2006）
- 8) 恩田 匠・長沼孝多・小嶋匡人・長坂克彦・市川和規・加藤知美・島崎洋一：未利用農林産物系バイオマスの利用技術の開発—バイオマス植物としてのスイートコーン利用適性とスイートコーン残さからのバイオエタノール生産，—山梨県総理研研究報告，2，17-23（2007）
- 9) 矢野伸一・井上宏之・遠藤貴士・坂木 剛・澤山茂樹：エタノール生産のための木質バイオマスの前処理・酵素糖化技術の開，第2回バイオマス科学会議発表論文集，p.24-25（2006）
- 10) 山梨県中央市：行政情報，<http://www.city.chuo.yamanashi.jp/gyosei/>（アクセス日 2007.11.1）。
- 11) 農林水産省：統計情報，<http://www.maff.go.jp/j/tokei/>（アクセス日 2007.11.1）。
- 12) 農林水産省：統計情報，<http://www.maff.go.jp/j/tokei/>（アクセス日 2007.11.1）。
- 13) 農林水産省農林水産技術会議事務局編：国のバイオマス変換計画（1991）
- 14) 農業環境技術研究所：LCA手法を用いた農作物栽培の環境影響評価実施マニュアル，<http://www.niaes.affrc.go.jp/project/lca/>（アクセス日 2007.2.26）。
- 15) トヨタ自動車・みずほ情報銀行：輸送用燃料のWell-to-Wheel評価（2004.11）<http://www.mizuho-ir.co.jp/research/wtwghg041130.html>（アクセス日 2006.8.28）
- 16) 山梨県循環型社会推進課：山梨県地球温暖化対策推進計画第3章，<http://www.pref.yamanashi.jp/barrier/html/junkan/74018292287.html>（アクセス日 2007.6.1）。
- 17) 長坂克彦・花形敏男・松野 篤・木下耕一：スイートコーン残渣鋤込み水田における水稻の生育安定とメタン発生削減，日本土壤肥料学会誌，74（6），（2003），817-821。
- 18) 新エネルギー財団：新エネルギー人材育成研修会テキストバイオマスコース（バイオ燃料編），（2007）。
- 19) NEDO：バイオマス等未活用エネルギー実証試験，38. 沖縄地区における燃料製造のためのサトウキビからのバイオマスエタノール製造技術に関する実証試験事業，<http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/pamphlets/shinene/baiomasu/index.html>（アクセス日 2007.9.4）
- 20) 新エネルギー財団：新エネルギー人材育成研修会バイオ燃料演習コース（経済性分析）配付資料，（2008）。
- 21) 農林水産省：販売を軸とした米システムのあり方に関する第6回検討会，イネを原料としたバイオエタノールの地域エネルギー循環モデルづくりについて，http://www.maff.go.jp/j/study/kome_sys/06/index.html（アクセス日 2008.2.20）
- 22) 東北農業研究センター：平成17年度研究成果情報，<http://www.tnaes.affrc.go.jp/seika/jyouthou/H17/seisan/h17seisan10.html>（アクセス日 2008.2.20）
- 23) 小澤雅之：山梨県地域における林地残材の堆積状況，山梨県総理研研究報告，2，24-27（2007）
- 24) 石油連盟：石油統計情報10. 都道府県別販売実績，<http://www.paj.gr.jp/statis/statis.html>（アクセス日 2008.3.7） 2008.3.7）
- 25) 経済産業省：次世代自動車・燃料イニシアティブ，<http://www.meti.go.jp/press/20070528001/20070528001.html>（アクセス日 2007.11.1）