

国産バイオエタノール生産事業の費用対効果の推計

望月 広祐¹・山本 祐吾²・中久保 豊彦³・東海 明宏⁴

¹学生会員 大阪大学大学院博士前期課程 工学研究科 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1)
E-mail:motizuki@em.see.eng.osaka-u.ac.jp

²正会員 和歌山大学講師 システム工学部 (〒640-8510 和歌山市栄谷930)

³学生会員 大阪大学大学院博士後期課程 工学研究科 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1)

⁴正会員 大阪大学大学院教授 工学研究科 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1)

本研究では、日本国内12ヶ所で行われているバイオエタノール生産事業を対象とし、各事業を「費用対CO₂削減効果」および「輸送用バイオ燃料供給可能量」の2指標で比較評価した。費用対CO₂削減効果による評価では事業間で-10.2~347.5 g-CO₂/円まで幅があり、バイオエタノール製造時に発生する副産物・排熱をプラント内で熱利用する事業や、バイオエタノール製造と並行して他の製品を製造する事業の費用対効果が高い結果となった。また、輸送用バイオ燃料供給可能量の算定結果では、費用対効果で比較的低い値を示した、穀物を原料とする3事業が、他の事業に比べて優位性を示した。事業実施の検討段階において、費用対効果のみではなく、資源確保の安定性での評価が必要であることが明らかとなった。

Key Words : bio-ethanol, LCA, CO₂ emission reduction, cost-effectiveness

1. はじめに

現在行われているバイオマスの利活用事業の大半が採算性の確保に課題を抱えており、国からの補助金のもとに成立している事業が多いことが問題視されている。本研究で評価対象とした12のバイオエタノール生産事業も、すべて国からの補助金のもとで行われている(表-1)。バイオマスニッポン総合戦略¹⁾では、バイオマス利活用の政策目的として温室効果ガス(GHG)排出削減への貢献、循環型社会の形成、競争力のある新たな戦略的産業

の育成、農林漁村の活性化の4つを挙げており、各地域で展開されているバイオマス利活用事業も利用の目的は様々である。よって、バイオマスの利活用事業をGHG削減の費用対効率でのみ評価するべきではないが、様々なGHG削減に向けた取り組みがなされる中で、より効率的にGHGを削減できる事業体系を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、日本のバイオエタノール生産事業(実証実験)を取り上げ、「費用対CO₂排出削減効果」を算定し、事業の効率性に関する評価を行った。一方、費用対効果による効率性のみで政策を判断した場合、効率的ではないものの将来的な温室効果ガス削減効果が大い事業を過小評価してしまうことが懸念される。そこで本研究では、「輸送用バイオ燃料供給可能量」を推計し、効率性、生産量確保の2指標による評価を行い、バイオ燃料生産戦略の具体化に向けて留意点を整理した。

2. バイオエタノール事業の評価手法

(1) 算定のバウンダリ

輸送用バイオ燃料の評価に際し、製造コストの算定において既存研究^{2), 3)}では、「バイオマス資源の供給(生産)コスト」「バイオマス資源および製品の輸送コスト」「バイオエタノール製造プラントの設備投資費・運

表-1 バイオ燃料生産事業の予算概要

主な関係省庁および関連事業名	
①	(内閣府・農林水産省・経済産業省・国土交通省・環境省・消防庁) 宮古島バイオエタノール実証事業 (NEDO)E3地域流通スタンダードモデル創成事業設備概要 (環境省)エコ燃料実用化地域システム実証事業 (環境省)地球温暖化対策技術開発事業
②	(NEDO)バイオマス等未活用エネルギー実証試験事業 (環境省)地球温暖化対策技術開発事業 (農林水産省)バイオマスの環づり交付金
③~⑤	(農林水産省)バイオ燃料地域利用モデル実証事業
⑥~⑧	(農林水産省)ソフトセルロース利活用技術確立事業
⑨	(環境省)地球温暖化対策ビジネスモデルインキュベーター事業 (環境省)エコ燃料実用化地域システム実証事業
⑩	(経済産業省)バイオマス等未活用エネルギー実証事例
⑪	(林野庁)森林資源活用型ニュービジネス創出対策事業
⑫	(経済産業省)バイオマスエネルギー地域システム化実験事業

注. 各番号に対応する生産事業は表-5を参照.

転費・維持管理費・人件費」などを計上している。また、GHG 排出量・削減量において、「バイオマス資源生産」「バイオマス資源および製品の輸送」「バイオエタノール製造」までをバウンダリとした既報⁴⁾や、さらにバイオマス資源の生産を目的とした新たな耕地開発、製造プラントの建設に伴う「土地利用変化(土壌・植物炭素固定量変化)」までバウンダリに含めた研究⁵⁾がある。しかしながら、本研究で対象とした日本のバイオエタノール生産事業は実証段階であるものが多いため、データの入手可能性が低く、事業間でのバラつきもあった。そこで、対象とした事業を公平に比較することを優先し、輸送用バイオ燃料の製造コスト、CO₂ 排出量を算定するバウンダリを表-2 のように設定した。このバウンダリ設定は、バウンダリ外とした項目が複数あることから、輸送用バイオ燃料の製造コストや、作物・木材生産時のCO₂ 排出量を過少評価するという問題点はあるものの、実証データに基づく事業の比較を行うという目的においては妥当であると考えられる。

(2) 算定の手順

費用対 CO₂ 排出削減効果、輸送用バイオ燃料供給可能量の算定手順、算定式一覧を表-3 を示す。算定で用いたパラメータは表-4 にまとめた。

輸送用バイオ燃料供給可能量の算定に必要な「バイオマス資源利用可能量」は、各生産事業が計画しているバイオマス資源調達範囲・地域における耕作放棄地や未利用バイオマスの賦存量に基づき推計した。この方法を用いることで、バイオマス資源が広く薄く分布していることや、地域ごとのバイオマス資源の利用状況や資源収集のしやすさを反映することができる。一方でこの方法には、事業間で資源収集範囲の広さに違いがあるという問題点が存在している。しかしながら、この推計方法を使用することで事業地での資源確保の安定性を踏まえた評価が可能となる。

(3) 比較評価対象事業の選定

本研究では、国内で行われている 12 のバイオエタノール生産事業を、比較評価対象事業とした(表-5)。以下、本文中では各事業を事業番号で称す。

本研究は、実際に行われている事業のデータに基づく比較評価を行うことに主眼をおいたが、対象とした事業には実証試験期間が終了していないものもあり、公表されている文献のみでは算定に必要なデータが不足した。そこで、各事業に関わっている事業主体・省庁に対しアンケート調査を実施し、算定に要するデータ項目と事業主体及び事業の提携先に関する回答を得た。アンケート

表-2 算定バウンダリの設定

			輸送用燃料製造単価		バイオエタノール内包CO ₂ 排出量	
			バウンダリ内	バウンダリ外	バウンダリ内	バウンダリ外
追加 プロセス	バイオマス 資源調達	バイオマス資源生産	・資源調達費	-	-	・バイオマス生産時の肥料消費、エネルギー消費 ・土地利用変化(土壌炭素蓄積量の変化)
		バイオマス資源輸送		-	・資源収集、輸送時のエネルギー消費	
	バイオエタノール製造	・製造プラント運転費	・設備投資費 ・製造プラント維持管理費 ・化学品使用、調達費 ・プラント人件費	・バイオエタノール製造時のエネルギー消費	-	
	バイオエタノール輸送	・バイオエタノール輸送費	-	・バイオエタノール輸送のエネルギー消費	-	
回避 プロセス	ガソリン生産～使用	-	-	・バイオエタノール販売費	・カーボンニュートラルにより0とする。	-
					・ガソリン使用に伴う内包CO ₂ 排出量	

表-3 算定式一覧

費用対CO ₂ 排出削減効果	
(費用対CO ₂ 排出削減効果)	(輸送用バイオ燃料CO ₂ 排出削減効果)/(輸送バイオ燃料製造単価)
[g-CO ₂ /円]	[g-CO ₂ /kl]/[円/kl]
(輸送バイオ燃料製造単価)	[(資源調達費)/(バイオエタノール変換効率)+(バイオエタノール変換費)+(バイオエタノール輸送費)]×(輸送用バイオ燃料転換率)
[円/kl]	[(円/t)/[kl/t]+[円/kl]+[円/kl]]*[-]
(輸送用バイオ燃料CO ₂ 排出削減効果)	(ガソリン内包CO ₂ 排出量)-(バイオエタノール内包CO ₂ 排出量)×(輸送用バイオ燃料転換率)
[kg-CO ₂ /kl]	[kg-CO ₂ /kl]-[kg-CO ₂ /kl]*[-]
(バイオエタノール内包CO ₂ 排出量)	Σ(燃料・電力消費量)×(燃料・電力の直接CO ₂ 排出原単位)/(バイオエタノール製造量) i:バイオマス収集・輸送時、バイオエタノール製造時、バイオエタノール輸送時
[kg-CO ₂ /kl]	[J]*[kg-CO ₂ /J]/[kl]
輸送用バイオ燃料供給可能量	
(輸送用バイオ燃料供給可能量)	(資源調達可能量)×(エタノール変換効率)×(輸送用バイオ燃料転換率)
[kl/y]	[t/y]*[kl/t]*[-]

調査を実施した結果、実証実験がまだ開始された段階であることから、1部の事業についてはプラントへの投入エネルギーやバイオマス資源の調達費など、回答できないデータがあるという実状が明らかとなった。入手でき

ないデータや、信頼性の低いデータについては、各種文献より値を引用し、補った。

評価指標の算定のために収集した各データは、事例ベースとして表-6にまとめた。

表-4 算定に用いるパラメーター一覧

項目	単位	値	出典	
トラック	積載可能量	t	2.0	6)
	燃費	l/km	0.14	
ゴミ収集車	積載可能量	t	2.7	6)
	燃費	l/km	0.14	
ローリー	積載可能量	l	10000	6)
	燃費	l/km	0.20	
タンカー	積載可能量	l	500000	6)
	燃費	l/km	9.79	
バイオエタノール性状	エタノール 原油換算	MJ/MJ	0.6	7)
	エタノール密度	g/cm ³	0.8	
	エタノール発熱量	MJ/l	21.2	
発熱量換算	A重油	MJ/l	39.1	7)
	ガソリン	MJ/l	34.6	
	E3	MJ/l	34.2	
	ETBE7	MJ/l	34.0	
エネルギー価格	原油	MJ/l	38.2	7)
	軽油	円/l	100	
	C重油	円/l	60	
	A重油	円/l	70	
電力内包CO ₂ 排出原単位	電気	円/MJ	4.2	8)
	北海道	kg-CO ₂ /MJ	0.163	
	東北	kg-CO ₂ /MJ	0.130	
	中部	kg-CO ₂ /MJ	0.126	
	北陸	kg-CO ₂ /MJ	0.153	
	関西	kg-CO ₂ /MJ	0.099	
燃料直接CO ₂ 排出原単位	四国	kg-CO ₂ /MJ	0.105	9)
	九州	kg-CO ₂ /MJ	0.104	
	沖縄	kg-CO ₂ /MJ	0.263	
	軽油	kg-CO ₂ /l	2.620	
	C重油	kg-CO ₂ /l	2.982	
	A重油	kg-CO ₂ /l	2.710	
(内包CO ₂ 値)	ETBE	kg-CO ₂ /l	1.206	10)
	ガソリン	kg-CO ₂ /l	2.785	

3. 算定結果

事業ごとの比較評価指標の算定結果、および比較評価対象事業をバイオマスの資源種ごと(糖質系作物:①②, 米・小麦:③④⑤, 稲わら・麦わら:⑥⑦⑧, 製材廃材・建設廃材・林地残材:⑨⑩⑪, 食品廃棄物:⑫)にまとめた際の平均値を示す(表-7)。費用対CO₂排出削減効果の算定結果は-10.2~347.6g-CO₂/円まで大きな差があることがわかった。事業別では、12事業の平均値の56.5g-CO₂/円に対し、食品廃棄物を用いた事業(事業番号⑫)が347.6g-CO₂/円と最も高い値を示した。一方で、負の値を示した事業が4事業あり、現状の生産システムでは、輸送用バイオ燃料によるガソリン代替が、逆にCO₂排出量を増加させてしまっている可能性があること

表-5 本研究で評価対象とする事例

事業番号	主な実施主体	原料
糖質系	① (株)リゅうせき	糖蜜
	② アサヒビール㈱技術開発研究所(独)農業・食品産業技術総合研究機構・九州沖縄農業研究センター	さとうきび
デンプン系	③ 北海道バイオエタノール(株)	てん菜 規格外小麦
	④ オエンホールディングス(株)	米
	⑤ 全国農業協同組合連合会	米
草本系	⑥ 大成建設株式会社・サッポロビール株	稲わら・麦わら
	⑦ 財団法人ひょうご環境創造協会 三菱重工製	稲わら・麦わら
	⑧ (社)秋田県農業公社・秋田県農林水産技術センター カワサキプラントシステムズ㈱	稲わら・穀殻
木質系	⑨ バイオエタノール・ジャパン・関西㈱ 中国精油㈱	建築廃材
	⑩ 三井造船(株)	製材所廃材
	⑪ (独)森林総合研究所	林地残材・スギ材
	⑫ 新日鉄エンジニアリング㈱	食品廃棄物

表-6 事例ベース - 評価対象事例におけるバイオエタノール生産・供給構造ならびに変換効率 - ^{a)}

事例番号	バイオマス資源調達				エタノール製造～燃料輸送								
	輸送距離(資源調達→エタノール変換)(km)	トラック積載量(t)	資源調達可能量(t/y)	資源投入量(t/y)	プラント稼働日数(d/y)	エネルギー投入量(MJ/l)	うち排熱・バイオマス副産物投入量(MJ/l)	余剰エネルギー(MJ/l)	エタノール生産量(t/y)	エタノール変換効率(t/t)	輸送距離:ローリー(エタノール製造プラント→輸送用燃料製造プラント)(km)	輸送距離:タンカー(エタノール製造プラント→輸送用燃料製造プラント)(km)	資源調達費(円/l)
①	6.7 ^{a)}	2.00	7,500	339	90	6.0	-	-	108,000	319	9.8 ^{b)}	-	1,300 ^{c)}
②	2.6 ^{a)}	0.20	9,695 ^{b)}	3	50	0	-	-	1,125	375	0	-	2,230 ^{c)}
③	34.9 ^{b)}	0.38	7,488	29,045	300	11.2 ^{c)}	-	-	13,000,000	444	111.0 ^{b)}	1,100 ^{b)}	21,670 ^{c)}
④	38.3 ^{b)}	1.80	13,332 ^{b)}	32,051	300	21.1	-	-	15,000,000	468	18.0 ^{b)}	1,100 ^{b)}	22,000 ^{c)}
⑤	100.0 ^{b)}	1.80	64,253 ^{b)}	2,250	330	38.5	35.4	-	940,500	418	5.9 ^{b)}	-	20,000
⑥	38.3 ^{b)}	0.50	33,989 ^{b)}	8	280	25.0 ^{c)}	14.6 ^{c)}	-	1,040	130	15.0 ^{b)}	-	4,000 ^{c)}
⑦	7.4 ^{b)}	0.50	8,343 ^{b)}	6	50	25.0 ^{c)}	14.6 ^{c)}	-	800	125	15.0 ^{b)}	-	5,840
⑧	9.2 ^{b)}	0.50	50,193 ^{b)}	120	112	25.0 ^{c)}	14.6 ^{c)}	-	22,400	187	15.0 ^{b)}	-	7,580
⑨	24.4 ^{b)}	0.91	16,169 ^{b)}	21,867	267	0	-	-	1,400,000	64	28.6 ^{b)}	-	2,000 ^{c)}
⑩	16.2 ^{b)}	0.40	4,885 ^{b)}	240	120	40.4	35.4	-	37,831	158	93.1 ^{b)}	-	3,000
⑪	19.7 ^{b)}	1.80	1,376 ^{b)}	500	330	39.0 ^{c)}	32.0 ^{c)}	-	125,000	250	15.0 ^{b)}	-	22,000
⑫	12.3 ^{b)}	2.70	150,000	3,000	300	24.5	19.8	54.8	110,000	37	6.3 ^{b)}	-	0 ^{c)}

a) 実証実験の報告書(参考文献¹⁰⁾⁻³¹)より作成。事例番号⑧についてはアンケート調査によるデータを含む。

※事業によってはプラントに投入しない資源も同時に収集しているため、トラック積載量に違いがある。

b) 参考文献^{12), 13), 27)-31)}のデータを用いて推計した。

c) 加色部分の値は、エネルギー投入量については参考文献⁴⁾より、原料コストについては参考文献^{17), 20), 22)}より引用した。

表-7 比較評価指標の算定結果

	事業番号	費用対CO ₂ 排出削減効果 (g-CO ₂ /円)		輸送用バイオ燃料生産可能量 (ML/年)	
		結果	平均値	結果	平均値
糖質系	①	3.2	142.1	79.8	100.5
	②	281.1		121.2	
	③	1.6		111.2	
デンプン系	④	-10.2	-1.0	208.7	405.1
	⑤	5.6		895.3	
	⑥	-3.2		147.3	
草本系	⑦	-0.6	1.2	34.8	164.8
	⑧	7.4		312.3	
	⑨	48.7		34.5	
木質系	⑩	-10.0	15.1	25.7	23.9
	⑪	6.5		11.5	
	⑫	347.6		183.3	
食品廃棄物	⑫	347.6	347.6	183.3	183.3

が示された。これらの結果より、バイオエタノール生産システムを選択するにおいて、CO₂排出削減の費用効率性での評価が重要であることが明らかとなった。図-1に各事業のバイオエタノール製造・輸送過程でのCO₂排出量及びガソリン代替によるCO₂排出回避量を示す。事業②⑨では、バイオエタノール製造プラント内で使用する燃料全てを、カーボンニュートラルな資源より生産し使用しているため、バイオエタノール製造プロセスの値が0となっている。また、事業⑫では、バイオエタノールの製造と並行して生産される廃油を燃料利用することで、製造プラントにおける燃料消費量を考えたため、バイオエタノール製造プロセスでのCO₂排出量が負の値として算定されている。

事業④⑥⑦⑩においてCO₂排出削減が負の値となるのは、実証段階でのプラント運転条件では製造時のCO₂排出量が大きいことによる。また、CO₂排出削減効果の大きい事業②⑨⑫に関しては、バイオエタノール製造時に発生する副産物・排熱を製造プラント内で熱利用しているという特徴がある。実証事業の比較を通して、用いるバイオマスの種類以上に、プラント内における蒸気や熱の循環利用や副産物の燃料利用の有無などの生産システムの違いが、費用対CO₂排出削減効果に大きく影響を与えることが明らかとなった。なお、輸送用バイオ燃料の製造・利用がGHG排出削減につながらない事業においても、GHG排出量の効果的削減、低コストでのバイオエタノール生産、バイオエタノール変換効率の向上など、各事業における実証試験の目的に違いがある点は考慮しておくべきである。

一方、表-7に示した輸送用バイオ燃料供給可能量の算定結果では、12事業の平均値が180.5ML/年であるのに対し、穀物を利用する3事業(事業番号③④⑤)の平均値が405.1 ML/年と高い値を示した。この3事業は、費用対効果では平均して-1.0g-CO₂/円と他の事業と比較して低い値を示しており、費用対CO₂排出削減効果のみの評価では、事業の優位性は示されなかった事業である。

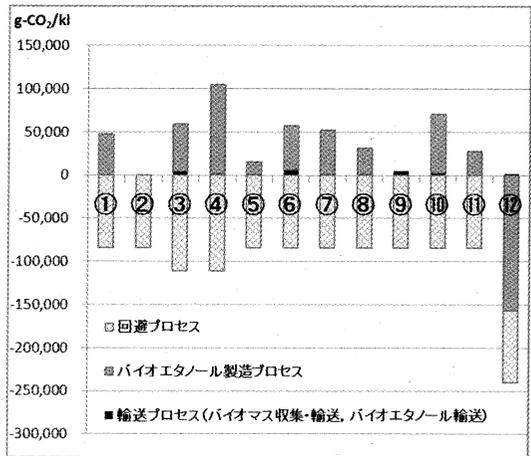


図-1 輸送用バイオ燃料の製造・使用に伴うCO₂排出量・排出回避量

すなわち、費用効率性のみで事業の生産システムを評価・選択すると、事業実施地域において調達・資源確保が難しいバイオマス資源を選択することにもなりうることは注意が必要である。

4. 考察

(1) 2指標による評価

事業番号⑫は費用対CO₂排出削減効果で最も優位性を示した。この事業は、食品廃棄物を原料としており、バイオエタノール製造過程で廃油を生産する工程を有しているところに特徴がある。また、同様に優位な値を示した事業番号②や⑨は、プラントに投入する原料の一部をプラント内の燃料として利用している。一方で、デンプン系作物を利用する事業(③④⑤)の費用対CO₂排出削減効果は比較的低い値を示した。これらの事業の生産システムは、プラントに投入する作物を全量バイオエタノールの原料として用いており、今回の評価手法では、費用対CO₂排出削減効果では優位にはならないものの、輸送用バイオ燃料供給可能量では優位となる。

また、木質系バイオマスを用いている事業(⑨⑩⑪)の比較では、事業⑨のみ費用対CO₂排出削減効果で高い値を示しているが、これはプラント内で用いる燃料に原料の多くを配分していることに起因しており、結果、プラントに投入する原料1単位あたりのバイオエタノール生産可能量という観点では、劣位となる。

以上を踏まえると、CO₂排出削減の費用効率性を高めるためには、原料となるバイオマスを一部製造用燃料として利用する必要があり、その場合は原料として利用する量の低下を招くため、輸送用バイオ燃料供給可能量が小さくなる傾向が生じる結果となった。

(2) 輸送用バイオ燃料供給可能量による評価

表-7 より、米・小麦を原料としたバイオエタノール生産事業が優位性を示している。しかしながら、米・小麦を用いた事業間にも大きな差が存在していることがわかる。事業番号③④⑤のうち、③および④は規格外農作物や農業残差を利用してバイオエタノールを生産しているのに対して、もっとも高い値を示した事業⑤は、耕作放棄地を利用してバイオエタノール生産を目的とした米を生産し原料としている点に特徴がある。事業番号①と②の違いも同様で、事業番号②ではバイオエタノール生産を目的としたサトウキビの生産を行っている。これらより、輸送用バイオ燃料供給可能量を高めるためには、バイオマス資源を目的生産・収集することが効果的であることが示唆された。

規格外農作物など、廃棄物を利用する事業は、事業番号③④のほか、事業番号①（廃糖蜜）、事業番号⑦⑧⑨（稲わら・麦わら）、事業番号⑩（建築廃材）、事例番号⑪（製材所廃材）、事業番号⑫（食品廃棄物）があるが、表-7 より、事業番号⑧や⑫が大きな値を示す一方で、事業番号⑨や⑩は小さな値となった。すなわち、エタノール原料以外の利活用が進んでいる資源（建築廃材や製材所廃材）は、資源の安定供給の面で課題がある一方で、食品廃棄物や稲わらなどは、賦存量のうち未利用分の割合が比較的高く、輸送用バイオ燃料供給可能量の拡大において期待できることが示された。

5. 結論

本研究では、輸送用バイオ燃料の普及拡大に向けて、実際に輸送用バイオ燃料の生産・利用に取り組んでいる日本国内の生産事業に焦点をあて、2つの指標による各事業の比較評価を試みた。可能な限り、実証事業のデータに基づく各事業の比較評価を試みたが、入手できないデータが多数存在した。このように、算定結果の精度には改善の余地があるものの、今回の解析条件下で得られた結論は次のとおりである。今後はデータを更新し、算定の精度を高めるとともに、設備投資費用、プラントの維持管理費用、土地機変・施肥に伴う温室効果ガス排出など、データの取得状況を踏まえて本研究ではバウンダリ外とした項目をバウンダリに含める必要がある。以下に得られた知見を記す。

- 各事業を2つの指標で相対比較したところ、本研究で用いた費用対CO₂排出削減効果と輸送用バイオ燃料供給可能量の2指標間で相違があらわれた。そのため、事業の生産システムを選定していく際には、費用効率性（費用対CO₂排出削減効果）が重要であるものの、資源確保の安定性といった視点（こ

こでは、供給可能量）での評価を同時に行うことが必要である。

- 費用対CO₂排出削減効果を高めるためには、バイオエタノール生産と並行して、他の製品の製造を行う生産システムや、プラント内での蒸気や熱の循環利用や副産物の燃料利用が可能なシステムを構築することが効果的である。
- また、総括的結論として、輸送用バイオ燃料生産拡大は、農業や林業の活性化、食料・エネルギーセキュリティの向上など、CO₂排出削減以外の目的の下でも行われている。そうした幅広い目的を評価対象とした評価体系の構築が、異種の政策目標間でのバランスをとりながらどのように政策立案すべきかが問われている中で、今後検討していく必要がある。

謝辞：本研究は、環境省環境研究総合推進費C-1004「産業環境システムの耐リスク性」の支援を受けて実施されました。記して謝意を表します。また、本研究の遂行にあたり、秋田県生活環境文化部、(株)三菱重工工業交通・先端機器事業部先端機器部営業課、NEDO新エネルギー技術開発部の担当者様よりアンケート調査への回答を頂きました。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) バイオマス・ニッポン総合戦略、平成18年3月31日閣議決定。
- 2) 佐賀清崇、横山伸也、芋生憲司：稲作からのバイオエタノール生産システムのエネルギー収支分析、Journal of Japan Society of Energy and Resources, Vol.29, No.1, ppXX-YY, 2007。
- 3) 朝野賢司、美濃輪智朗：日本におけるバイオエタノールの生産コストとCO₂削減コスト分析、日本エネルギー学会誌, Vol.86, No.12, pp957-963, 2007。
- 4) (株)みずほ情報総研：輸送用燃料のWell-to-Wheel評価ーバイオ燃料を中心とした輸送用燃料製造(Well-to-Tank)を中心とした温室効果ガス排出量に関する研究報告書一、2008。
- 5) Timothy Searchinger, Ralph Heimlich, R.A.Houghton, Fengxia Dong, Amani Elbeid, Jacinto Fabiosa, Simla Tokgoz, Dermot Hayes, Tun-Hsiang Yu : Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land Use Change, Science 319 1238-1240, 2008。
- 6) 関東運輸局、神奈川県、(社)神奈川県トラック協会：平成21年度エコドライブ等実施状況調査の結果について、2009。
- 7) 環境省：第3回エコ燃料利用推進会議資料、2006。
- 8) 環境省：平成20年度の電気事業者別実排出係数・調整後排出係数等の公表について、2009。

- 9) 環境省：地球温暖化対策の推進に関する法律施行令第3条，2006.
- 10) 新エネルギー・産業技術総合開発機構：平成17年・新エネルギー関連データ（CO₂削減効果），2005.
- 11) 石油連盟：石油業界の改正省エネ法荷主対応ガイドライン，2009.
- 12) (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構：NEDOバイオマス賦存量・利用可能量の推計 GISデータベース，2005.
- 13) 国土交通省：位置参照情報ダウンロードサービス。
<http://nlftp.mlit.go.jp/fsj/>。(2010.9.閲覧)
- 14) 宮古島バイオエタノールプロジェクトHP。
<http://www.bioethanol-miyakojimapi.jp/index.jsp>。(2010.9.閲覧)
- 15) 環境省：沖縄県伊江村におけるサトウキビ由来バイオマスエタノールの製造・利用に関する実証試験の開始について，2006.
- 16) 農林水産省バイオ燃料地域利用モデル実証事業アドバイザー委員会：バイオエタノール混合ガソリン事業アドバイザー委員会21年度配布資料，2009.
- 17) (社) 地域資源循環技術センター：稲わらソフトセルロース利活用技術確立事業 バイオエタノール通信，No.1～No.3，2008～2009.
- 18) 農林水産省：ソフトセルロース利活用技術確立事業（ソフトセルロース利活用モデル事業）実施地区の概要。
<http://www.maff.go.jp/f/nousin/zyunkan/biomass/soft06/index.htm>，(2010.9. 閲覧)
- 19) (社) 地域資源循環技術センター：ソフトセルロース利活用技術確立事業 稲わら等からエタノール生産（パンフレット）.
- 20) バイオエタノール・ジャパン・関西株式会社HP。
<http://www.bio-ethanol.co.jp/>，(2010.9. 閲覧)
- 21) 環境省：建築廃木材を原料とする燃料用エタノール製造施設の竣工について，2006.
- 22) (株) 三井造船：バイオマス等未活用エネルギー実証試験バイオマス等未活用エネルギー実証試験事業 木質系バイオマスを主原料とするエタノール製造技術実証試験事業，NEDO成果報告書，2009.
- 23) 秋田県：平成20年度第1回秋田県バイオエタノール推進戦略研究会 配布資料，2008.
- 24) (株) 新日鉄エンジニアリング：平成17年度～平成18年度成果報告書 バイオマスエネルギー地域システム化実験事業／食品廃棄物エタノール化リサイクルシステム実験事業，NEDO成果報告書，2007.
- 25) (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構：NEDOパンフレット “バイオマスエネルギー地域システム化実験事業 食品廃棄物エタノール化リサイクルシステム実験事業（新日鉄エンジニアリング）” 2009.
- 26) (財) 新エネルギー財団 編，(社) 日本エネルギー学会 編集協力：バイオマス技術ハンドブック 導入の効果と事業化のノウハウ，オーム社，2008.
- 27) 農林水産省：2005年農林業センサス，2005.
- 28) 伊江村役場農林水産課：平成18年度 伊江村の農林水産業，2006.
- 29) 北海道農政部：米に関する資料〔生産・価格・需要〕，2009.
- 30) 農林水産省大臣官房統計部：平成21年産てんさいの作付面積及び収穫量（北海道），2010.
- 31) 農林水産省大臣官房統計部：平成20年産さとうきび生産費，2009.

ESTIMATING THE COST-EFFECTIVENESS OF BIO-ETHANOL PRODUCTION PROJECTS IN JAPAN

Kousuke MOCHIZUKI, Yugo YAMAMOTO, Toyohiko NAKAKUBO
and Akihiro TOKAI

With the aim of comparing the production systems of bio-ethanol for transportation, we evaluated twelve projects of bio-ethanol production in Japan using “cost-effectiveness of CO₂ emission reduction”, “available production amount of biofuel for transportation.” The results in cost-effectiveness of CO₂ emission reduction had width from -10.2 to 347.5 g-CO₂/yen. The most influential factor contributing to cost-effectiveness was existence or nonexistence of the product manufacture except bio-ethanol. Three projects which use cereals for bio-ethanol production had disadvantages in cost-effectiveness, but they had advantages in available amount of biofuel for transportation. The results showed that not only cost-effectiveness but also available amount were required to evaluate the production system of bio-ethanol.