

## <特集>

# バイオマス利活用のシステム評価

山地 憲治

東京大学大学院 工学系研究科 電気工学専攻教授  
(〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 E-mail: :yamaji@yamaji.t.u-tokyo.ac.jp)

### 概要

バイオマスのエネルギー利用は循環型社会の形成に寄与し、環境問題とエネルギー問題の双方の解決にとって重要である。エネルギー利用可能なバイオマス資源の評価では、土地利用および食料や紙・木材などの利用をシステムとして捉えた解析を行う必要がある。バイオマスは食料や材料としての利用に伴う残渣系資源だけでも大量に利用可能であり、経済性と供給力において、新エネルギーの中で最も実力がある。また、物質形態を持つ唯一の再生可能エネルギーであるバイオマスは、自動車用燃料の非化石化という点からも注目される。

キーワード: バイオマス資源, バイオマスバランス表, 循環型社会, エネルギー政策, バイオ燃料

## 1. 循環型エネルギー資源としてのバイオマス

循環型社会のキーワードは、リデュース、リユース、リサイクルの3Rとされている。大事にモノを長く使って廃棄物の発生を減らし(リデュース)、使い終わったモノも出来るだけ再使用し(リユース)、再使用できないモノでも資源としてリサイクルするというこの考え方は合理的である。

しかし、エネルギー利用においては厳密な意味での循環は不可能である。われわれが利用できるエネルギーは、熱力学の法則にしたがって、量としては保存されるが温度などで表現される質の点では一方的に低質のエネルギーに変化していく。ただし、モノの形を借りてエネルギー資源が循環することはある。その典型的な例がバイオマスである。

バイオマスは光合成によってCO<sub>2</sub>と水から生産される。つまりバイオマスは太陽エネルギーを固定した化学物質である。光合成の副産物として酸素が生成され、バイオマスは、消化、腐食、燃焼などエネルギーを放出する化学反応によって最終的には再び酸素と結合してCO<sub>2</sub>と水に戻る。つまり、太陽エネルギーを介してバイオマスは循環している。この意味でバイオマスは循環するエネルギー資源といえる。この場合でもリサイクルしているのはバイオマスという物質で、太陽から入射してバイオマスに固定されたエネルギーは、最終的には廃熱に変化して宇宙に放出される。バイオマスのエネルギー利用がこの循環のバランスを崩さない限り、つまり、過剰な伐採による森林破壊などを起こさない限り、バイオマスは再生可能なエネルギー資源として利用でき、正味のCO<sub>2</sub>排出もない。

光合成によるバイオマスの純一次生産は、地表面での太陽エネルギー吸収量の約0.1%、地球に送られてくる全太陽光入射量に対しては0.05%であるに過ぎないが、人類が利用しているエネルギー量に比べるとはるかに大きなものである。つまり、現在の世界の一次エネルギー消費量は石油換

算で年間約100億トン(1秒間のエネルギー消費率であるワットでは約13兆ワット)であるが、バイオマスの形で循環しているエネルギー量はこの約6倍の82兆ワット程度になっている。

純一次生産として固定される太陽エネルギー(つまり循環型エネルギー資源としてのバイオマス)を人類はどのように利用しているのだろうか。人類が直接利用しているバイオマス量は、エネルギー用(このほとんどは薪や動物の糞など途上国での非商業エネルギーとして利用されている)のほか、木材や紙などの原材料と食料を含めて約3兆ワットである。しかし、これに、家畜への飼料や利用されずに廃棄される根や茎、さらに街路樹など人類が間接利用しているバイオマスを含めると、既に約25兆ワットとなり、純一次生産の3分の1近くに達する。これら人類が利用しているバイオマスは様々な形態で社会の中を通り抜けて循環している。これら社会の中を循環するバイオマスのエネルギー利用を図ることは循環型社会の形成に寄与し、環境問題とエネルギー問題の双方の解決にとって重要である。

本稿では、循環するエネルギー資源であり、エネルギー以外の種々の用途にも利用されているバイオマスについて、システム分析によるエネルギー資源としての供給力評価を紹介し、バイオマスのエネルギー利用の意義と今後の展開のための課題を整理する。

## 2. バイオマスのエネルギー供給力

エネルギー利用の対象となるバイオマス資源は、食料や紙・木材などの生産・消費過程で発生する副産物・廃棄物など残渣系のバイオマスと、専用に土地を必要とする栽培型のバイオマスに大別される。後者の場合には、食料生産との競合など利用できる土地面積の可能性について検討が必要になる。ここでは、拙著「バイオエネルギー」(ミオシン出版、2000年)に基づいて、残渣系バイオマスの資源量を中心に

Table 1 木材系のバイオマスバランス表&lt;1990年、日本&gt; (単位 PJ/年)

	一次			中間					二次			スクラップ		合計
	(1) 産業用 丸太	(2) 燃料用 丸太	(3) 非木材 パルプ	(4) 産業用 丸太 伐採時 残さ	(5) 燃料用 丸太 伐採時 残さ	(6) 木材パ ルプ	(7) 黒液	(8) 製材 残さ	(9) 紙	(10) ボード	(11) 用材	(14) 古紙	(15) 廃材	
(1) 収穫	329	4	0	210	1									544
(2) 輸入	544	4	0			43			4	3	141			740
(3) 輸出	0	0	0			0			0	0	0			0
(4) 小計	873	8	0	210	1	43			4	3	141			1284
(5) 木材パルプ生産	-334					160	175	-61					0	-61
(6) 紙生産			-1			-202			395			-219		-27
(7) ボード生産	-15							-3		17				-1
(8) 用材生産	-525										405		0	0
(9) 紙消費									-399			361		-38
(10) ボード消費										-20				9
(11) 用材消費											-547		419	-128
(12) 在来型バイオエネルギー消費		-8		0	0		0	0				0	-38	-45
(13) 新型バイオエネルギー消費			0	0	0		-175	0				0	0	-175
(14) その他 (回収ロス、肥料用、未利用など)				-210	-1		0	-55				-142	-390	-799
(15) 究極バイオエネルギー供給可能量				210	1		175	55				142	428	1011
(16) 実際のバイオエネルギー供給可能量				105	0		175	26				52	321	678

Table 2 食料系のバイオマスバランス表&lt;1990年、日本&gt; (単位 PJ/年)

	一次			中間								二次				スクラップ		合計
	(1) エネ ルギ ー作 物	(2) 穀物	(3) 根茎作 物	(4) サトウ キビ	(5) その他 作物	(6) 牧草	(7) 魚介類	(8) 穀物取 穫時残 さ	(9) サトウ キビ取 穫時残 さ	(10) 砂糖	(11) パガス	(12) 肉類	(13) 家畜糞	(14) 植物性 食料	(15) 動物性 食料	(16) 生ゴミ	(17) 人糞	
(1) 収穫	0	140	18	9	69	117	64	178	5									600
(2) 輸入		345	5		155		2			28		7						542
(3) 輸出		0	0		0		0			0		0						0
(4) 小計	0	485	23	9	224	117	66	178	5	28	0	7	0	0	0	0	0	1142
(5) サトウキビ砂糖生産				-9						4	5							0
(6) 植物性食料生産		-241	-16		-215					-32				434				-71
(7) 肉類生産		-226	-3	0	-4	-117	-19					78	128					-164
(8) 動物性食料生産							-41								117			0
(9) 食料消費														-434	-117	110	110	-331
(10) 在来型バイオエネルギー消費								0	0		0		0					0
(11) 新型バイオエネルギー消費	0							0	0		-5		0			0	0	-5
(12) その他		-17	-4	0	-4		-6	-178	-5		0	-9	-128			-110	-110	-571
(13) 究極バイオエネルギー供給可能量	0							178	5		5		128			110	110	536
(14) 実際のバイオエネルギー供給可能量	0							45	3		5		32			83	28	195

説明する。

### (1)バイオマスバランス表に基づくシステム分析

食料、木材・紙などバイオマスのエネルギー以外の利用量をエネルギー単位で評価するシステム分析研究が行われている。この研究では、各種のバイオマスがどのように生産・加工・利用され、その過程でどのような副産物・廃棄物が発生しているかをエネルギーの単位で定量的に整理するバイオマスバランス表を考案してシステム評価を行っている。

1990年の日本のバイオマスバランス表を、木材系と食料系に分けてそれぞれ Table 1、Table 2 に示す。

ここに示されているように、わが国における食料や木材・紙の消費に伴う副産物・廃棄物としての残渣系バイオマス資源は、合計(究極バイオエネルギー供給可能量)で、1,547PJ(PJ:  $10^{15}$  ジュール)(木材系 1,011PJ、食料系 536PJ)、石油換算で約 3700 万トンになる。ただし、これは残渣系バイオマスのすべてがエネルギー利用できると考えた場合の最大値で、耕地への糞のすきこみや、バイオガスの効率などの技術的条件を考慮すれば、実際的な利用可能量は 873PJ、石油換算約 2100 万トンと評価される。こ

のうち現実に利用されているのは、紙パルプ産業における黒液・廃材の利用とごみ発電などによるものをあわせて石油換算約 700 万トンである。

石油換算で年間 3700 万トンとか 2100 万トンというバイオマス資源は、わが国の年間一次エネルギー所要量の石油換算約 5 億 4000 万トンに比べれば小さいものだが、それでも世界最大規模のわが国の太陽光発電(現在約 150 万 kW と推定)による一次エネルギー供給量が石油換算では年間約 35 万トンにしか過ぎないことを考えれば、十分に大きい。

一方、世界全体についても地域に分けてバイオマスバランス表が作成されており、それによると 1990 年時点の残渣系バイオマスの発生総量は 83.5EJ(EJ:  $10^{18}$  ジュール)、石油換算約 20 億トンと評価される。内訳は、木材系残渣が 32.0EJ、食料系残渣が 51.5EJ である。これは現在の世界の一次エネルギー消費量の約 2 割に相当する。今後、人口が増大し生活が豊かになれば食料や紙・木材の使用量が増えるので、残渣系バイオマス資源は 21 世紀末には現在の 3 倍以上に増加すると見込まれている。

世界的に見れば、発展途上国や北欧諸国を中心にバイ

オマスは既に重要なエネルギー資源として活用されている。現在利用されているバイオマスは個人的な採集など非商業的利用がほとんどであるので正確な統計がないが、石油換算で年間 10 億トン程度と推定されている。ただし、現在の発展途上国でのバイオマスのエネルギー利用は極めて非効率であり、しかも、過剰な薪の採取が森林破壊の一因になっていることに注意が必要である。

なお、土地を必要とする栽培型のバイオマス資源についても、先進国における余剰耕地や今後の技術進歩による面積あたりの収量増加を考慮すれば、かなりの規模での供給力を期待することができる。ただし、現実に大規模なエネルギープランテーションを行う場合には、環境や社会に与える影響を慎重に考慮する必要がある。

(2)世界土地利用・エネルギーモデル(GLUE モデル)による評価

世界全体を対象としたバイオエネルギーの供給可能量評価に関して現在までに行われた代表的な研究の結果を Table 3 に示す。これら評価研究はそれぞれに特徴をもっているが、ここでは筆者らが開発した GLUE モデルによる評価結果について説明する。

GLUE モデルでは、21 世紀のバイオエネルギーの利用可能量を評価するために、まず、世界各地域ごとに人口や経済成長のシナリオから食料や紙・木材というバイオマスの需要を設定し、また、耕地などの土地利用面積、土地生産性などバイオマスの供給側についてもシナリオを想定する。その上で、食料や木材・紙の供給に必要な土地面積を求め、その結果、余剰耕地が存在すれば、それを利用したエネルギー作物の供給可能量を算出する。また同時に、バイオマスバランス表を算定して種々の残渣系バイオマスの発生量を計量する。

このようにして算定したエネルギー作物の供給可能量を Fig. 1、バイオマス残渣による究極的供給可能量を Fig. 2 に示す。

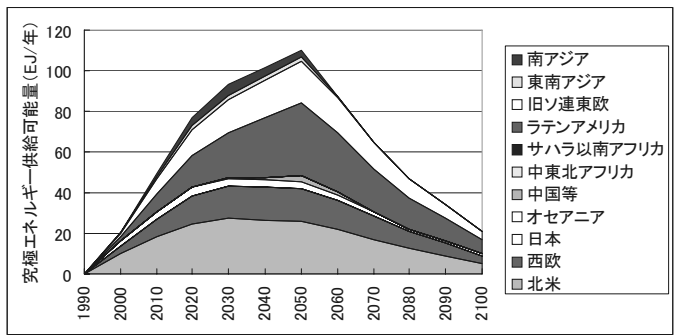


Fig.1 GLUE モデルによる余剰耕地からのバイオエネルギー供給力

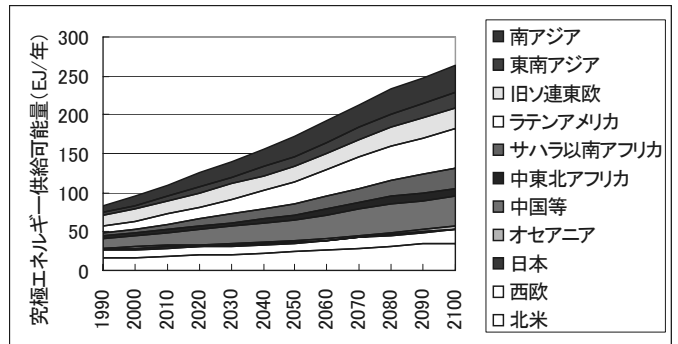


Fig.2 GLUE モデルによるバイオマス残渣からのエネルギー供給力

これらの図に示されているように、2050 年の世界全体の残渣系バイオマスのエネルギー総量は 167.3EJ(これはバイオマス総量であり、Table 3 に示す実際の利用可能量と較べて 2 倍以上になっている)、余剰耕地によるエネルギー作物の供給可能量は 110EJ、合計で約 280EJ となる。この合計値は現在の世界のエネルギー所要量の約 7 割になる。人口の増大と途上国の経済発展による食料や原材料需要の拡大に伴って、残渣系バイオマスの発生量は 1990 年の約 2 倍の水準に達している。しかもこのような食料需要の拡大にもかかわらず、耕地面積の増大と土地生産性の向上によって特に南北アメリカ大陸と欧州において余剰耕地が生まれ、

Table 3 世界のバイオエネルギーの供給力評価研究例

	評価対象期間	評価対象年	地域数	エネルギー作物 (EJ/year)	森林利用 (EJ/year)	バイオマス残渣 (EJ/year)	合計 (EJ/year)
Hall a)	1991	1991	82	-	-	87	-
Dessus et al. b)	1985-2020	2020	10	15	65	26	106
Johansson et al.c)	1985-2050	2050	10	128	10	68	206
Alcamo d)	1990-2100	2050	13	-	-	74	74
		2100	-	-	208	208	
IPCC-BI e)	2025-2100	2050	7	135	-	48	183
		2100	229	-	96	325	
Fischer et al. f)	1990-2050	2050	11	147-207	91-110	132-135	370-453
GLUE-11 g)	1961-2100	2050	11	110	-	72	182
		2100	22	(378)	114	136	

注:

a) Hall,D.(1991)

b) Dessus,B.; Devin,B.; Pharabod,F. (1992)

c) RIGES(Renewable-Intensive Global Energy Scenario) in Johansson,T. et al. (1993)

d) CWS(Conventional Wisdom Scenario) in Alcamo,J. (1994)

e) BI(Biomass-Intensive Variant) in Watson,R. et al. (1996)

f) Fischer,G.; Schrattenholzer, L. (2001); ここでエネルギー作物の供給可能量は余剰耕地によるものではなく草地によるもの。

g) Yamamoto,H.; Yamaji,K.; Fujino,J. (1999); 0内です示すの新型燃料用丸太の供給可能量は理論的な可能性を示したもので試算値。バイオマス残渣の供給力は総量ではなく、利用率を考慮した実際の利用可能量。また、エネルギー作物のポテンシャルは計算条件のパラメータ設定に依存して大きく変化しうるものとの留保有。

エネルギー作物生産も相当量が可能という結果になった。ただし、この結果は発展途上国における動物性食料需要があまり伸びないという仮定にも依存している。

2100年になると、世界全体の残渣系バイオマスのエネルギー総量は260.6EJ(これもバイオマス総量であり、Table 3に示す実際の供給可能量より大きい)と1990年の3倍強に増大するが、余剰耕地によるエネルギー作物の供給可能量は22EJと2050年に比べて五分の一近くにまで激減する。結局、合計すると282.6EJになり、2050年の供給力とほぼ同じになる。21世紀後半になると、残渣系のバイオマスは増えるが、食料生産のために余剰耕地が次第に減少し、21世紀末にはエネルギー作物を生産する余裕はほとんどなくなると予想されるのである。しかも、土地利用に関しては、新たな耕地の大規模開発や土地の生産性の安定的な向上、発展途上地域の人々の動物性食料需要の伸びの控えめな想定など、かなり楽観的な仮定が用いられていることに注意が必要である。なお、耕地面積の拡大や土地の生産性など種々のシミュレーション条件が変化した場合の検討も行っているがここでは割愛する。

モデルによるシミュレーションはあくまでも前提と対応させて慎重に結果を解釈すべきであるが、これらのモデル分析からいくつか重要な傾向が確認できる。第一に、残渣系バイオマスはシミュレーションの条件によらず安定的に大きなエネルギー供給可能性を持つことであり、モデル解析によって発生地域とバイオマスの種類について定量的な評価が得られた。また、専用の土地を必要とするエネルギー作物についても、耕地の増加や耕地生産性の向上が期待通りに実現して世界全体で食料の需給が調整出来れば、21世紀半ばには、かなり大きな供給力を持つ可能性が示された。注目すべきことは、このような大きなバイオエネルギー供給力は、今後エネルギー需要の急増が見込まれる途上国において特に大きいことである。なお、参考までに記すが、木材供給や紙の生産に利用していない成熟林面積を持続可能な経営によるエネルギー植林として活用すると仮定すれば、成熟林面積が減少する2100年においても、エネルギー植林からだけで世界全体で年間378.4EJ(現在の世界の一次エネルギー所要量とほぼ同じ規模)のエネルギー供給が可能と計算される。

### 3. バイオマスのシェアが増大した2010年の導入目標

水力・地熱を除く再生可能エネルギー(新エネルギーと呼ぶ)について、わが国政府は2010年には1次エネルギー供給の約3%、石油換算1910万kLにすることを目標としている。最新のエネルギー導入目標は2005年3月に改訂されたものだが、2001年に定められた導入目標と較べて、太陽熱利用の目標を大幅に引き下げ、バイオマスと廃棄物の熱利用の目標を引き上げた。ただし、新エネルギー全体とし

ての導入目標値は変化していない。2010年度のバイオマス・廃棄物の供給目標は、発電で586万kL、廃棄物熱利用で186万kL、バイオマス熱利用で308万kL、黒液・廃材等で486万kL、合計1563万kLとなっている。廃棄物の主体もバイオマスであるから新エネルギー導入におけるバイオマスの重要性が強調される結果になった。

また、この新しい目標ではバイオマス熱利用の一部として、バイオ燃料50万kL(石油換算)が含まれている。物質形態を持つ唯一の再生可能エネルギーというバイオマスの特長は燃料として利用できることであり、今回の目標設定は適切なものである。バイオ燃料は自動車用燃料の石油製品依存度を下げるといふ点からも注目される。

なお、バイオマスは、現在でも新エネルギーの主力である。最近の経済産業省の発表によると、2003年度の実績として、廃棄物発電とバイオマス発電を合計すると石油換算約214万kL、バイオマス熱利用は79万kL、廃棄物熱利用は164万kL(2002年度)となっている。これらに加えて、黒液・廃材の約480万kLもバイオマスである。廃棄物もその熱量の6割程度はバイオマスが担っていると推定されているので、2002年度の新エネルギー供給量991万kLの7割程度はバイオマスによると考えられる。

### 4. バイオマスのエネルギー利用の課題

バイオマスのエネルギー利用の課題は、資源が多様で様々な形態で存在していることである。また、バイオマスは、すでに食料や紙や木材として幅広く利用されており、エネルギー資源としての認知が低いこともそのエネルギーとしての利用が進まない原因の一つになっている。

エネルギー利用できるバイオマスの形態は非常に多様で、その利用技術も、燃焼だけでなく、熱化学変換、生物化学変換など多様に存在する。一般的に言えば、木質系のように含水率が比較的少ないバイオマスには、燃焼あるいは熱化学変換が適し、水分の多い食品系バイオマスには生物化学変換が適するが、水熱反応のような新しい技術を応用すれば、この限りではない。

Table 4に各種バイオマス資源とエネルギー変換技術の対応関係をまとめ、各技術の開発レベルを整理した。もちろん、熱化学変換や生物化学変換で製造される合成ガスやメタン、メタノール、エタノールなどの燃料をエネルギー利用するには、燃料電池を含めて更に数多くの組み合わせが想定される。

また、Table 4には含まれていないが、広く薄く賦存するバイオマス資源を収穫、収集、輸送する技術・システムも重要である。バイオマスは「かさばる」ので、これら収集・輸送技術の工夫が必要であり、チップ化やペレット化、液体化などの技術開発とともに、地域社会としての収集・輸送システムの構築など社会システムの整備が重要な役割を果たす。

バイオマスの利用用途についても、食料(Fuel)、紙・木材

Table 4 バイオマス資源とエネルギー転換技術の対応マトリックス

	バイオマス資源													
	木質系バイオマス		製紙系バイオマス		草本系バイオマス		農業残渣		糞尿・汚泥		食品廃棄物		その他	
	D	D	D	W	D	W	W	W	W	W	W	W	W	W
Dry/Wet														
例示	林地残材・間伐材	建築廃材	古紙	ナブラグラス	ホテアオイ	稲藁・もみ殻・麦藁	トウモロコシ	家畜糞尿	尿・汚泥	下水汚泥	厨芥	食品加工廃棄物	でんぷん	植物油
転換技術	熱化学的変換	直接燃焼ボイラ	◎	◎	◎						◎			
		直接燃焼発電	◎	◎	○					△		◎		
		固形燃料化	◎	◎							○	◎		
		混焼発電	◎	◎						△	○	◎		
		溶融ガス化	○	◎										
	生物学的変換	固定床ガス化	○	○				◎						
		低温流動層ガス化	○	○				◎						
		噴流床ガス化	○	○		○		◎						
		高圧ローリーガス化	○	○		○		◎						
		急速熱分解	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		スラリー燃料化	○	○	○	○	○			△	○	○		
		直接液化	○	○	○	○	○			△	○	○		
		超臨界水ガス化	○			○	△				○	○		
		超臨界メタノール処理	○			○								○
		炭化	◎	○	○	△	△				○	○		
エステル化													◎	
メタン発酵	△			△	◎			◎	◎	◎				
エタノール発酵	○	○	○				○			○	◎			
アミノアルコール発酵										○	◎			
水素発酵			○	○	○	◎	○	○	○	○	○			

出典)「新エネルギー等導入基礎調査 バイオマスエネルギーの利用・普及政策に関する調査」(社)日本エネルギー学会、平成14年5月

◎:実用化実績のあるもの  
 ○:実験的研究段階のもの  
 (パイロット規模の実証試験を含む)  
 △:フィージビリティスタディ段階のもの

各種バイオマス資源をエネルギーに転換する技術の対応状況を、マトリックスとして示すと上表のとおり。

注)本マトリックスは調査における導入事例、研究開発事例のとりまとめ結果であり、この表で無印等になっていることをもって資源/技術の適合性がないという短絡的な判断は避けるべきである。

を含む材料としての繊維(Fiber)、家畜の飼料(Feed)、肥料(Fertilizer)、燃料(Fuel)など多様であり、これらの頭文字をとって、バイオマス利用の5Fという。そして、バイオマスの利用の価値は、ほぼこの順番で低くなっていく。つまり、バイオマスのエネルギー(燃料)としての利用は相対的には価値の低い利用法であるから、バイオマス利用に当たっては総合的視点にたつて、高価値利用からはじめて段階的な活用を図らなければならない。

このように、バイオマスエネルギーを利用する場合には、他の用途に利用する場合の資源価値(廃棄物の場合には処理費用というマイナスの価値)と比較することが重要である。資源経済的な視点からは、逆有償の廃棄物系のバイオマスがもつとも有利であるが、この場合はエネルギー利用時の環境対策費について考慮する必要がある。また、林地残材などの未利用資源も経済的の魅力があるが、バイオマスは「かさばる」ので、輸送や貯蔵のコストについて慎重に評価する必要がある。

最近では自動車用燃料としてのバイオ燃料、特にバイオエタノールに注目が集まっているが、この場合も、上記したようなバイオマスの資源の多様性を考慮する必要がある。バイオエタノールの原料となるバイオマス資源は、今はブラジルではサトウキビ、米国ではトウモロコシである。これは現在の技

術では糖や澱粉からエタノールを生産するためであるが、バイオマス資源の将来性を考えると、このような可食部分を原料としていたのでは食料供給との競合が問題になるし、また資源経済的にも採算が難しくなる。現在も開発が進んでいるが、バイオマス資源としてより普遍的で豊富なセルロースからのエタノール生産技術を目指す必要がある。また、エタノール製造では脱水プロセスなどで大量のエネルギー投入が必要になるが、ここに化石燃料を使用すると、非化石資源としてのバイオマスのメリットが大幅に低下する。エネルギー効率の向上と共に、バイオエタノール生産に必要なエネルギーもバイオマスで供給するシステムの構築が重要である。

なお、バイオ燃料にはエタノールの他にも、油脂からのバイオディーゼル燃料(BDF)と熱化学変換によるBTL燃料(バイオマス合成ガスに熱分解して液体燃料を製造する)などがある。ディーゼル車の多い欧州では菜種油等からのBDFが既に利用されており、パーム油からのBDF生産も注目されている。また、長期的な輸送用燃料需給を考えると、ディーゼルエンジンや航空機にも利用できるBTLの役割が重要になると思われる。

### 5. 技術プッシュから市場プルへ

新エネルギーの推進には、技術開発に加えて、普及促進が重要である。近年では各国とも新エネルギー政策は、研究開発主体の技術プッシュ型から経済的インセンティブを伴う市場プル型へと変化しつつある。また、市場への導入促進政策においても、従来のような補助金や特別減税といった初期投資への補助から、実績エネルギー供給量を対象にした制度へと進化している。たとえば、わが国のRPS法は新エネルギーによる電力を一定比率以上調達することを電気事業者が義務付けて人工的な市場を形成し、新エネルギーの中での競争を促して効率的に導入促進を図る制度であり、諸外国においては、自動車用燃料に一定量のバイオ燃料を混合することで需要を創出し、導入促進を図っている例がある。

バイオマスは、新エネルギーの中では経済的に有利である場合が多いが、多様な形態で資源が存在するので適切なエネルギー利用システムの選択が難しい。このような特徴を持つバイオマスのエネルギー利用を促進するためには、特定の技術を重点的に推進するよりも、制度的に需要を創出して種々のバイオマス利用システムを競争させ、その刺激によって技術開発と導入促進を図る市場プル型の政策が効果的かつ効率的であると思われる。

#### [参考文献]

- 1)山田憲治、山本博巳、藤野純一:「バイオエネルギー」、ミオシン出版(2000)
- 2)日本エネルギー学会編:「バイオマスハンドブック」、オーム社(2002)
- 3)衆議院調査局・農林水産調査室・環境調査室:「バイオマス利活用についてーバイオマス由来燃料を中心としてー」(2007)