

< 特集 >

バイオエネルギーの技術展望

Prospects of Bioenergy Conversion Technologies

横山 伸也

産業技術総合研究所 中国センター* 所長

SHIN-YA YOKOYAMA

Director-General, AIST Chugoku

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1 はじめに

バイオマスは燃焼して二酸化炭素を大気中に排出しても、同量の二酸化炭素を光合成によりバイオマスとして固定する限り、正味で大気中の二酸化炭素濃度に変化を与えない。この性質を称してカーボンニュートラルと呼んでいる。バイオマスは他の再生可能エネルギーと比較してユニークな特長がある。それは炭素系であることで、電気や熱以外にメタン、メタノール、エタノール、DME（ディメチルエーテル）、ガソリンのような化学品や燃料が製造できることにある。化石資源と比較してその分布密度が希薄であり、収穫にコストがかかるなどの欠点もあるが、利用法によっては環境負荷の低い、かつ循環して使用できるエネルギーとして有望である。以下、わが国のバイオマスを巡る状況、資源量、代表的な技術や国際戦略などについて述べる。

2 わが国のバイオエネルギー政策について

経済産業省資源エネルギー庁の諮問機関である総合資源エネルギー調査会が、平成13年6月に報告した長期エネルギー需給見通しによれば、2010年度の新エネルギーの導入目標を原油換算で1910万klとしている。目標通りに普及が進めば、新エネルギーのシェアが1999年の1.2%から3.2%に引き上げられることになる。ここで初めて、バイオマス発電とバイオマス熱利用が追加されることになった。もともと廃材や黒液、都市ゴミ発電などは新エネルギーとして認知されてはいたが、バイオマス発

電とバイオマス熱利用が追加されたことは、量としてはまだ少ないものの、導入促進に向けて一つの前進である。

また、これに連動して、平成14年1月22日に「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法施行例の一部を改正する政令」いわゆる新エネ促進法の政令改正が閣議決定され、1月25日に施行された。政令改正により、新たに糞尿、稲ワラ、モミ殻、エネルギー作物が加えられた。昨年末、農林水産省を中心として Fig.1（日本工業新聞より）に示すように、バイオマス・ニッポンの総合戦略が策定された¹⁾。

この戦略は単なるバイオエネルギーの変換技術にとどまらずに、森林の復興、山間地の活性化、バイオ資源の

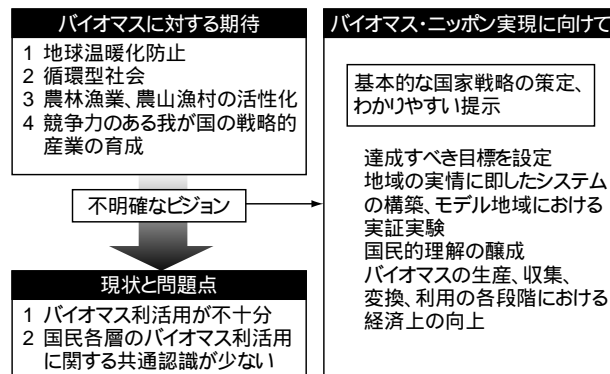


Fig.1 バイオマス・ニッポン総合戦略の骨子

輸送、変換、国民各層への啓蒙を含めた広範囲の政策である。

進展シナリオには、効率の高い収集・変換技術の開発・実用化、バイオマス・リファイナリーの構築、バイオマスのカスケード的利用、他分野との連携、周辺技術の開

*〒737-0197 広島県呉市広末広 2-2-2
 TEL:0823-72-1111 FAX:0823-73-3284
 E-mail:shinya-yokoyama@aist.go.jp

発が指摘され、具体的目標として、技術的観点、地域的観点、全国的観点から目標量を定めて導入を図ろうとしている。基本戦略として、バイオマス利活用推進に向けた全般的事項に関する戦略、バイオマスの生産、収集・輸送に関する戦略、バイオマス変換に関する戦略、変換後の戦略を含めて検討することになっている。

3 バイオマス資源量

バイオマス資源量を正確に推定することは、根拠が違えば結果が異なるので非常に難しい。バイオマス・ニッポンによれば、畜産系廃棄物が年間で9,100万トンで内80%が堆肥などに利用されている。食品廃棄物は約1,900万トン発生し、肥料や飼料に10%程度利用されているが、90%は焼却や埋立処分されていると推計されている。紙の消費量は3,100万トンで半分近くが回収されているが、残りの1,400万トンの大半は焼却されている。下水汚泥は濃縮汚泥ベースで7,600万トン発生し、40%は埋立、残りの60%が建設資材や堆肥として利用されている。し尿汚泥は3,200万トンの大半が焼却や埋立されている。木質系については、製材工場残材は年間発生量が610万トンでほぼ再利用されている。林地残材は390万トンで、これは今後発生量の増加が見込まれる。建設廃材は480万トンで、約60%が未利用である。イナワラ、モミガラは1,300万トン発生しているが、イナワラの70%はすき込みで処理されている。従って、全体ではおおよそ1.2億トンになる。

バイオマス利用に際して、当面は廃棄物処理としての利用、次いで未利用バイオマス、その次にいわゆるエネルギー作物というのが妥当な順番であろう。上記の中で廃棄物系バイオマスの総量は乾燥重量基準で5,700万トンとなり、原油換算で2,400万キロリットルとしている。これだけで2010年度の新エネルギー導入量を超えてしまう。未利用バイオマスの正確な量は不明点もあるが、原油換算で550万キロリットル、エネルギー作物は520万キロリットルと試算されている。

4 エネルギー変換技術と課題

バイオマスのエネルギー変換技術は、風力や太陽電池、地熱などに比べて技術が多様であるのが特徴である。これは、バイオマスという原料そのものが多様であることに由来する。比較的乾燥した木質系バイオマスは燃焼、ガス化、あるいはガス化を経由した間接液化が適当であるうし、糞尿や汚泥は含水率が高いのでメタン発酵が適

している。一方、でんぷん質や糖類はエタノール発酵してアルコール生産に使用するのが妥当であり、廃食品油、パーム油、菜種油のような植物油はエステル化してバイオディーゼルに変換するのが適当である。

世界的にはバイオマスは既に発電やコジェネに使われているし、エタノールは米国やブラジルで多量に生産されている。また、バイオディーゼルもヨーロッパでは車両用燃料として使用されている。畜産廃棄物は嫌気性消化によりメタンが生産されている。各々の技術の詳細は、例えば、(社)日本エネルギー学会編のバイオマスハンドブックなどを参照して頂きたい²⁾。

Fig.2に示すように、バイオマスのエネルギー変換技術は、大別して熱化学的な変換と生物化学的な変換技術がある。ここではいくつかの技術に絞ってその現状と課題を考えたい。

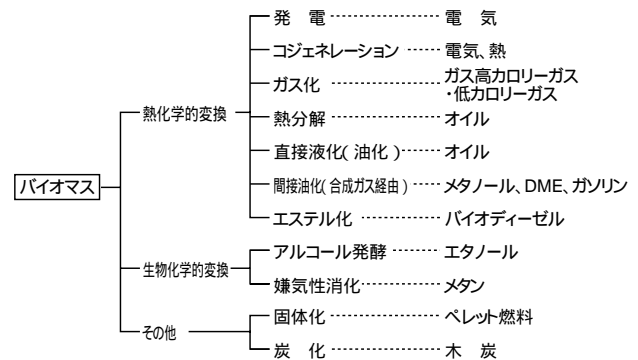


Fig.2 バイオマスのエネルギー変換技術の体系図

4.1 発電

発電に関しては、最も先端的な技術はバイオマスのIGCC(ガス化複合発電)であり、現在スウェーデンのベルナモでは実証プラントが稼動しており、近い将来の商業的な規模での稼動を目指している。このベルナモのプラントは熱電併給(CHP)型で発電が6MWに対して熱供給が9MWである³⁾。現時点での発電効率は32%であるが、将来は規模の拡大に伴い45~50%となる可能性もある。石炭のIGCCと比べると、石炭の場合は酸素吹き込みになるために大型で複雑になるが、バイオマスの場合は空気の方が効率的であると判断されている。

わが国でこのような熱電併給システムを普及させるためには、熱需要のある北海道や東北が候補地として挙げられるが、5,000kW級の発電をするためには、日量で100トン近い木質系バイオマスが必要となり、立米1万円前後のバイオマス原料を使うと仮定すると経済的に成り立つことが難しい。バイオマス発電を経済的に行うために

は、安定的に原料を供給することができるかが大きな問題である。4月から施行されるいわゆる RPS 法や、なんらかの優遇策が必要であると思われる。蒸気タービンでは発電効率は規模に制約されるので、小型の場合はガスタービンの方が望ましい。

4.2 バイオディーゼル製造

菜種油やパーム油をメチルエステル化して粘性を低下させ、生成するオイルをバイオディーゼルとかディエステルと称する。わが国では滋賀県や京都府で廃食用油から作られている。大型化した場合は副生するグリセリンの適正な処理が必要である。ドイツでは現在、年間約 25 万 kl のバイオディーゼルのエステル化反応で製造しており、国内に約 1000ヶ所のスタンドがある。バイオディーゼルを使用しても特に普通のディーゼル車と同じ使用で問題はないとされているが、副生するグリセリンの有効利用にはいたっていないようである。この副生グリセリンの、エネルギー変換を含めた環境負荷の低い利用技術が求められている。従来は水酸化カリウムなどを触媒として用いているが、廃液処理などが必要であり、これを避けるために固体触媒の利用などが考えられる。わが国では廃食用油のエステル化によるバイオディーゼルの地方都市で生産しているが、ある量以上の普及のためには量の確保がポイントとなる。カナダのトロント大学と Biox 社は、狂牛病の牛の油脂をエステル化してディーゼルオイルを作る研究開発を行っている。植物油より低コストで、年間に 100 万キロリットルを生産するプロセスがトロントで稼動中である⁴⁾。

4.3 エタノール発酵

従来から糖質やデンプンからエタノール発酵することは、良く知られ商業化していることはいまでもない。最近では、セルロースからのエタノール生産が開発目標となっている。米国ではアルケノール社や BCI 社が、リグノセルロースを硫酸で糖化して、形質転換したセルロース分解酵素で効率良くエタノールを製造している⁵⁾。米国は国家戦略として、この方法で 20 万 kl のエタノールを生産しようとしている。分離したリグニンを利用して電力を生産するために電力コストが節約され、コストの中で前処理と発酵プロセスで 50% を占める。生成されるエタノール濃度は 5~10% であり、輸送用燃料として使用するためには 99.5% まで濃縮しなければならないが、濃縮コストは以外と低く全体のコストの 7% に過ぎないことは

注目すべきである。最近、京都大学の坂教授はリグノセルロースの糖化を超臨界条件で行う技術を開発中で、その成果が注目されている。また、わが国では RITE (地球環境産業技術研究機構) が米国とは違ったコンセプトでエタノール生産の研究に着手し始めている⁶⁾。

4.4 メタン発酵

京都府八木町のエコロジーセンターでは、乳牛と豚の糞尿 45 トンにメタン発生量の増加のためにオカラを 5 トン加えて原料とし、破砕処理した後、350m³ の容量の発酵槽で発酵させメタンを生産している⁷⁾。原料中の固形分は 5~6% である。発酵は中温の 35°C で 33 日を要する。高温菌の方が発酵が早い⁸⁾が、pH 調整などの管理が簡単なので中温菌を採用している。ガス量は 2,000m³ でメタン濃度は約 60% である。生成したメタンで一日 1,500kW の発電をしている。経済性では苦しいと思われるが、家畜糞尿処理法の制定で糞尿の野積みが禁止され、汚水、蝇、悪臭などによる周辺住民からの苦情や地下水汚染を考慮すれば、このようなシステムが今後普及していくものと期待される。

わが国ではメタンガスを発電に利用することが主流であるが、生成するバイオガスの約 60% がメタンで、残りが二酸化炭素と微量の硫化水素とアンモニアである。従って、スクラパーで水洗するだけで 98% 程度の純度のメタンガスが得られる。このガスを 200 気圧に圧縮すれば輸送用燃料に使用できる。スウェーデンのウプサラ都市では市バスの半数をメタンガスで運転している。発電以外のメタンガスの利用も視野にいれるべきと考える。

なお、メタンを燃料電池の原料にするシステムも可能であるが、ガス中のイオウの除去が問題となる。ドイツではバイオフィルターと称する簡易なイオウ除去装置をガスホルダーの出口に設置している。これだけでイオウ濃度を 1 割程度まで下げることができるとされている。

5 バイオマス・アジア戦略

前述したように、わが国でのバイオエネルギー導入はまず廃棄物処理というアプローチがまず最初であろうと思われるが、外国例えば東南アジアはどうなのであるか。1990 年から 2000 年の 10 年間の、世界のバイオエネルギー関連特許出願数を調べると、わが国は半数以上を占めており、米国の 13%、EU の 30% を凌駕している。もとより技術の優劣は特許出願数だけではないが、この分野は、わが国が競争力を持った分野といえるのではない

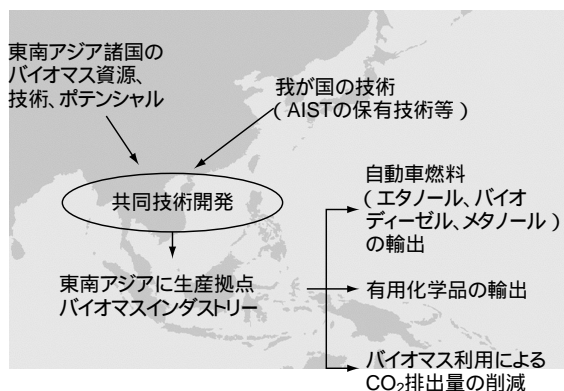


Fig.3 バイオマス・アジア戦略構想のイメージ

か。Fig.3 と 4 は、バイオマスアジア戦略構想のイメージと技術体系である。

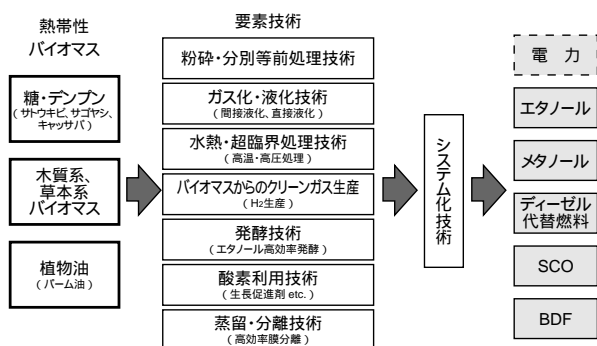


Fig.4 バイオマス・アジア戦略での技術体系

わが国の技術により東南アジア諸国の技術と資源が生かせるのであれば、非石油産出国が多く人件費の安い東南アジア諸国はわが国の最適のパートナーと考えられる。この地域でわが国が、バイオマスを利用してエネルギー生産やマテリアル生産に戦略的に取り組めば、双方にとって便益が得られることになる。わが国にとって、化石燃料の節約、セキュリティの確保、温暖化ガスの削減、排出権の確保などがあり、また国際貢献とリーダーシップが確立できる。一方、アジア諸国も、先端技術の導入、一次産業の育成、新規産業の創生、温暖化ガス排出権の確保、人材の育成などが図られる。この地域では将来エネルギープランテーションの可能性が高く、意義のある戦略と考える。

6 終わりに

バイオマスは二酸化炭素の削減という点で大きな効果がある。例えば、100万kW級の石炭火力発電所の場合

1kWhの発電に対して二酸化炭素排出量は炭素換算で0.28kg-Cであるのに対して、5万kW級の小規模のバイオマス発電所からは0.02kg-Cである。このように二酸化炭素削減効果は明らかであるが、まだバイオエネルギーの導入・普及には課題がある。

わが国が無資源国であり、再生可能資源は有効にすなわち効率よくかつ循環的に利用することが基本である。そのためには、現時点でのバイオマス導入目標を超えて具体的な数値目標の設定を行い、その支援策を講ずることが不可欠である。また、バイオマス資源は国内だけではなく国外にも目を向けるべきであり、わが国の技術によって未利用バイオマスから電力、石油代替のクリーンな輸送用液体燃料の製造プロセスを確立することも重要である。例えば、諸外国では既に一定量のエタノールをE-10、E-85といった濃度でガソリンに混合して販売している。わが国でも段階的にエタノールをガソリンに混合していく政策をとれば、バイオマスからのエタノール製造技術の開発にも弾みがつき、また徐々にマーケットも拡大していくと予想される。エタノールの10%をエタノールに混合すると約600万klが必要とない、一気には無理ではあるが、仮に5%を混合して徐々に量を増やすような政策がとれないだろうか。バイオマス・アジア戦略のように、海外の資源を利用することも可能である。

もとよりバイオエネルギーは、既存の化石エネルギーと比較すればコスト高になることは避けられない。しかし、地域産業の活性化、雇用の促進、地域環境の保全、地球規模での環境改善に貢献することは明らかである。バイオマス産業が軌道に乗るまでは、経済性の低さをなんらかの政策的な支援策で補完すべきではなからうか。最近、前述したようにバイオマスニッポンをはじめ色々の施策がとられ始め、関連官庁や関係者の努力に対して敬意を表するものであるが、導入普及へ向けて一層の政策展開を期待するものである。

[参考文献]

- 1) 日本工業新聞, 平成14年7月31日
- 2) バイオマスハンドブック, (社)日本エネルギー学会編, コロナ社(2002)
- 3) Biomass IGCC, Sydkraft社資料
- 4) RITE国際ワークショップ予稿集, 広島, 3月7, 8日(2002)
- 5) アルケノール社ホームページ, <http://www.arkenol.com/>
- 6) 湯川英明, 「バイオマス」化学工業日報社(2002)
- 7) 八木エコロジーセンター, 京都府船井郡八木町資料