

草木系バイオマス利用の展開 (Ⅲ)

神奈川大学総合理学研究所 門屋 卓

1. はじめに

第Ⅰ報では最近の地球環境問題に関連して関心が高まってきたバイオマス、特に草木系バイオマスについて概要を述べ、第Ⅱ報では世界のエネルギー資源とバイオマスとの関連について世の中の動向につき概要を紹介した。

第Ⅲ報ではこれからのエネルギー問題の一端を担うと見られる草木系バイオマス、特に当協会が指向している非木材系バイオマス利用の状況について展望し、加えて平成15年より施行された新エネルギー法について若干触れることにする。

2. バイオマスのエネルギー化

バイオマスを利用する上での長所、欠点については第Ⅰ報で列記したが、ここで示したいくつかの欠点を解決することによって将来の新たな展開が期待される。そこでこれを前提として、まずバイオマスのエネルギー化について取り上げてみる。

バイオマスのエネルギー転換に最も端的なのはそのまま燃焼することであり、また炭化によって原料木材の持つエネルギーの約1/2が確保でき、単位重量当たりでは、石油の約70%を保持する固体燃料にすることができる。さらに化学・生物学的手法によって表1の

| |
|---------------------------------------|
| 乾燥バイオマス…①熱分解 (Pyrolysis) →木炭、燃料油、燃料ガス |
| ②ガス化 (Gasification) →燃料ガス、メタノール、メタン |
| ③完全燃焼 (Combustion) →熱/スチーム |
| 湿潤バイオマス…①嫌気性発酵→メタン |
| ②酸または酸素加水分解→単糖→(発酵) エタノール |

表1 バイオマスのエネルギー転換¹⁾

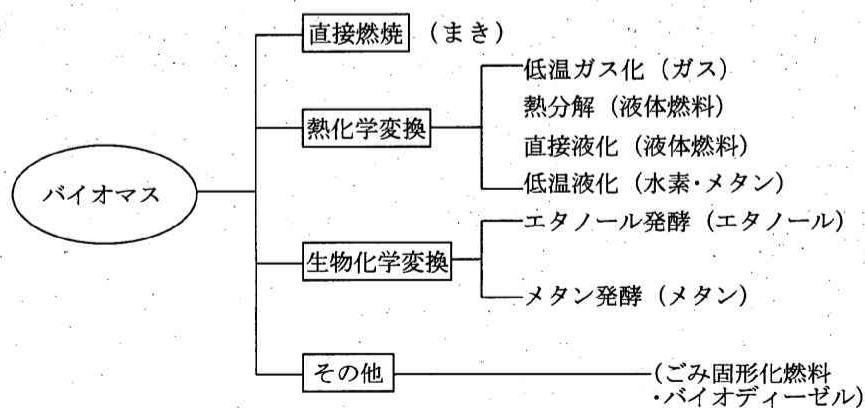


図1 バイオマスの主なエネルギー変換

ように高発熱量の燃料に転換可能である。

図1にバイオマスをエネルギー変換する場合の諸方式について列記した最近の資料を併記した。

表1、図1のように、バイオマスをエネルギーに変換する技術としては、エタノール発酵やメタン発酵、ガス化などの方法がある。発酵方式は変換に時間がかかり、ガス化は変換そのものにエネルギーを必要とするなど、一長一短である。一方、今まで行なわれてきたようにそのまま燃焼する方法については、有害なダイオキシンなどが発生しないような手法が開発され、生ごみ発電やごみ固形化燃料(RDF)のような方法が実用化され、次に述べるコジェネレーションという技術が導入され、効率の良いエネルギー変換が可能になってきた。

3. コジェネレーションについて

<分散型エネルギーの世紀へ>

今まで述べたように、20世紀の人類は、化石燃料というエネルギーを手にすることによって、前世紀とは比類を見ない進歩・発展をたどり、21世紀を迎えるに到っている。一方、このエネルギーの過度な消費は、地球存亡の危機をもたらし、脱化石燃料を目指して世界は大きく転換しつつある。

現在の人類の繁栄をもたらした化石燃料消費の大半は、工業製品の製造と輸送動力であり、前者は、省資源、省エネルギーや前途のバイオマスエネルギーなどを導入し、またコジェネレーション化による活路を開拓中であり、後者の輸送動力には、バイオガス、ソーラーバッテリー、燃料電池などの導入が進み、分散型エネルギーという時代に入ってきた。

これらの中で、燃料電池は輸送用動力として最適であるとして脚光を浴びている。しかし、発電に必要な水素の調達についてはあまり論じられていない。燃料電池に不可欠な水素の調達については、現在化石資源から得る方法とバイオガスから得る方法が挙げられるが、これらの得失については十分な論議は見当らず、これについては別途改めて論じてみたい。

ここでは、主として分散型エネルギーの一つであるコジェネレーションについて紙数を割いてみよう。

ジェルバ2002年8月号に簡単に紹介されているように、コジェネレーション(cogeneration)とは、最近注目されてきた新しいエネルギー供給・利用システムの一つで、今までわれわれの消費する電力は、電力会社が膨大な発電所を設置して化石燃料や原子力を熱源として発電し、消費者に配給されてきた。その発電効率は40%程度といわれ、残りは排熱として大気中に放出され、地球温暖化に少なからず影響を及ぼすものとされている。

このことは、大量に発生する局所的な排熱を、遠方の消費者に配給・利用するためには設備・コストの面で必ずしも得策ではないという見方によるものである。

コージェネレーションシステムは、これに対して小規模の発電システムを分散的に配置し、電力と熱源を有効に利用し、効率の良いエネルギーを獲得・利用しようとするものである。いま、大量に排出されている生ごみ（食品廃棄物など）や木質系廃材などの生物系資源を燃料としてコージェネレーションシステムで発電し、排熱を暖房や給湯に利用する場合を計算すると、熱と電力の総合効率は80%程度になりエネルギーの有効利用につながる。

これをコージェネレーションと称し、とくにバイオマスを燃料とした方式はカーボンニュートラルの点で循環型社会形成の時代に適応するものとして認識されてきた。

この方式は、巨大な発電設備によって、都市、工場などに広く電力を供給するシステムではコスト高になるが、ビル、病院、ホテルなどの小コミュニティ用では十分成立し、紙パルプ産業ではすでに導入されている。すなわち、パルプ化工程において薬品処理された後の廃液（黒液）は、濃縮・燃焼して自家発電し、工場全体の電力と熱資源を確保するもので、黒液燃焼・薬品回収のシステムは以前から確立されている。後で述べるように、黒液という一般には馴染みない言葉は政府の新エネルギー政策の中に位置づけられている。

コージェネレーションシステムは消費地立地型で、送電線不要で、バイオマスや生物系廃棄物を含め多様なエネルギーを燃料として利用できる点で今後注目され、非木材資源も近くその一端を担うことになると予測される。

4. 非木材の視座からのバイオマスエネルギー

わが国は、2002年の政令改正により、従来まで食品廃棄物や木くずなど一部が再生資源として新エネルギー法上の廃棄物発電として分類されていたが、家畜のふん尿や間伐材を新たに加え、化石燃料以外の動植物に由来する有機物のエネルギー源としての利用可能なものをすべてバイオマスのエネルギーとして規定された。

また、その後政府は平成14年12月27日の閣議決定により、76の行動計画を盛り込んだ「バイオマス・ニッポン総合戦略」をとりまとめた。

「バイオマス・ニッポン」の総合戦略を以下に列記する²⁾。

1) 「バイオマス・ニッポン」の進展シナリオ

（廃棄物系バイオマス）＜現在～2010年頃＞

廃棄される紙、家畜排せつ物、食品廃棄物、建設発生木材、黒液、下水汚泥のような廃棄物系バイオマスの活利用は比較的早く進む

（未利用バイオマス）＜2010年頃＞

2010年頃には、稲わら、もみ殻等の農産物非食品用部や林地残材などといった未利用バイオマスの活利用が進む。

（資源作物）＜2020年頃＞

2020年頃には、資源作物が栽培され、エネルギーや製品として活利用される。

（新作物）＜2050年頃＞

2050年頃には、海洋植物や遺伝子組替え植物といった新作物により、バイオマス生産

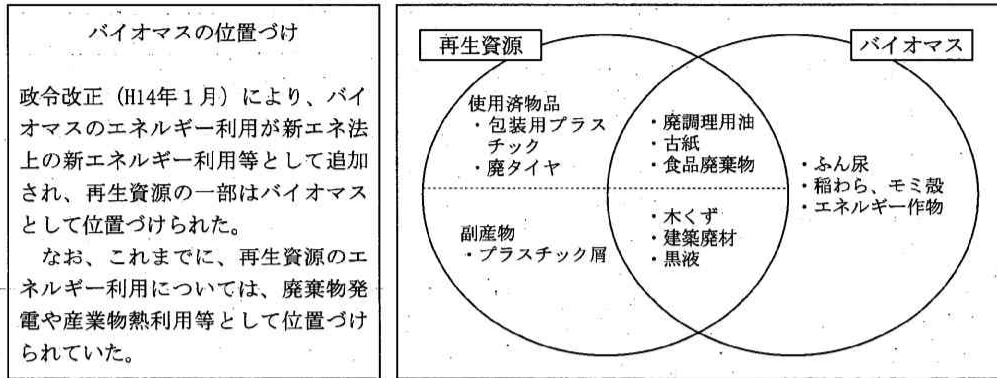


図2 バイオマス位置づけ

量が增大する。

◎全国目標:2010年を目処として、廃棄物系バイオマスを炭素換算量で80%以上、未利用バイオマス25%以上を活利用する。

以下2)~5) にわたって行動計画が示されているが、詳細は割愛し、項目のみをここに示す。

- 2) バイオマス活利用推進全般についての具体的行動計画
- 3) バイオマスの生産・収集・輸送に関する具体的行動計画
- 4) バイオマスの変換に関する具体的行動計画
- 5) バイオマス変換後の利用に関する具体的行動計画

また、第Ⅱ報でも述べたように、『電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法 (以下「RPS法」という。)] を施行し、2003年4月より発足している。RPS法案中には2010年までのシナリオが表2のように示されており、バイオマスエネルギーに関する項目は図2のように位置づけられている。

図2で挙げられているエネルギー作物とは上述の資源作物とも関連し、光合成能の優れた高効率の栽培植物と見なされるが、詳細は解説されていない。しかし、この表現の中には当然現在注目されている草木系バイオマス資源は大きな役割を担ってくるものと期待される。

5. 各種バイオマスの発熱量

ここで各種バイオマスの資源の発熱量を調査し、化石燃料との比較を表3、図3のように示す。

| 新エネルギー利用等の種類 | 2010年度 |
|---------------|----------|
| 太陽光発電 | 約500万kw |
| 風力発電 | 約30万kw |
| クリーンエネルギー自動車 | 約340万台 |
| 廃棄物燃料製造 | *約189万kl |
| 廃棄物発電 | 約500万kw |
| 廃棄物熱利用 | *約14万kl |
| 温度差エネルギー | *約58万kl |
| 天然ガスコジェネレーション | 約455万kw |
| 燃料電池 | 約220万kw |
| 太陽熱利用 | *約450万kl |

*は新エネルギー利用等の導入量を原油の数値に換算

表2 新エネルギー利用等の種類と目標

まず、バイオマス資源の代表である木質系燃料の燃焼エネルギーを表3に示す。木質系燃料は材の種類、組織及び乾燥状態によって異なるが、大別して針葉樹、広葉樹、樹皮の乾燥状態の発熱量を表示した。

| 針葉樹 | 広葉樹 | 樹皮 |
|--------------|--------------|--------------|
| 4,960kcal/kg | 4,730kcal/kg | 5,230kcal/kg |

表3 針葉樹、広葉樹、樹皮の乾燥状態の発熱量

このように3種の発熱量は、樹皮>針葉樹>広葉樹となっている。

次いで、木質材料の水分と発熱量の関係を図3に示す。バイオマスの発熱量は含有水分によって大きく異なり、通常15%（ドライベース）約13%（ウェットベース）以下が望ましく³⁾、燃焼の効率化には何らかの処置が必要である。

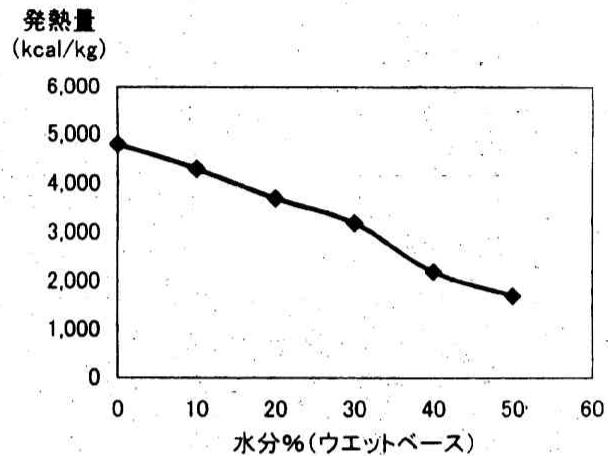


図3 木材の水分と発熱量

図4には各種燃料の発熱量の比較を図示した。

6. 代表的エネルギー作物の情報

上述のように、新エネルギー政策の解説にはバイオマス資源の位置づけの一つとして、エネルギー作物 (energy plants) という用語を加え表示されている。エネルギー作物という表現はすでに欧米のエネルギー専門誌に発表されており¹⁾、2002年6月のジェルバにも紹介され、詳細は省くが、ここでは代表的エネルギー植物15種を挙げ、その長所欠点を論じると共に単位面積に換算した場合のオイル収穫量の値を示している。表4は同文献にさらにケナフを加えて作表したものである。

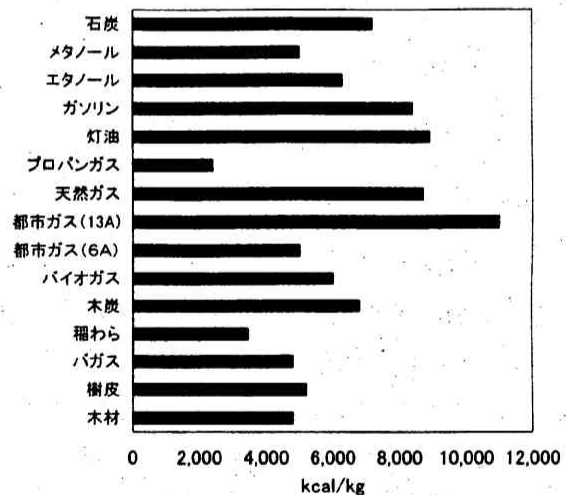


図4 各種燃料の発熱量比較

表5にEUの自然エネルギー行動計画について紹介された文献の一部を示す。

表5によれば、設備費、発電能力、原単位などを比較すれば、バイオマス発電は最も有効なエネルギー獲得法であると見なされる。しかし第I報でも述べたように、草木系を利用したバイオマスエネルギーの最大の欠点は広大な面積に分散しているかさ高で、集荷、貯蔵の難しい資源を如何に効率よく加工設備に投入するかであり、今後はこれに関して知能を傾けねばならないであろう。

7. 終わりに

以上 I ~ III に
これからの循環
型社会の一端を
担うものと期待
されてきたバイ
オマスエネルギー
の開発の動向に
ついて資料を整
理・包括した。
ただ、ここでは
実際の変換技術
などの情報につ
いては割愛した。
これについては
講を改めてまと
めることにする。
循環型社会の
推進はまだ諸に

表4 代表的エネルギー植物の種類とヘクタール換算したオイル収穫量

| エネルギー植物の種類 | ヘクタール当たり の乾燥重量 (t/ha) | 換算オイル収穫量 (l/ha) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| Miscanthus Sweet/Fiber Sorghum モロコシ Around donax ダンチク | 30t | 12,000l |
| Hemp, Sorrel 麻、カタバミ Topinambur Whole plant Germinase Reed Canarygrass Aptina, Pâncium Knotweed たで類 Kenaf ケナフ Poplar, Willow ポプラ、ヤナギ Eucalyptus ユーカリ | 20t | 8,000l |
| Cereals (straw) 穀草 (わら類) Flax, Oil Flax 亜麻、オイルフラックス Rape, Mastard 西洋アブラナ、マスタード Amaranth アマランサス | 10t | 4,000l |

着いたばかりであるが、今
後急速に拡張していくもの
と考えられる。このような
時代に備えて、現状を認識・
理解することが新たな展開
への引き金となるものと思
われる。

表5 EUの自然エネルギー利用行動計画の評価

| | 太陽光発電 | 風力発電 | バイオマス発電 |
|-------------|-----------|-------|---------|
| 投資額 (円) | 2100億 | 1.4兆 | 1300億 |
| 設備規模 (kW) | 100万 (推定) | 1000万 | 1000万 |
| 年間稼働率 (%) | 12 | 20 | 70 |
| 年間電力 (kWh) | 11億 | 175億 | 617億 |
| 投資単価 (円/kW) | 190.9 | 83.4 | 11.9 |

このような分野での当協会の役目は時代とともに重要になるものと推察され、これを視
座として論旨を構築した次第である。

参考文献

- 1) 林産工業における新しい加工利用技術 p. 69 日本木材学会編 (1985)
- 2) 新エネルギー政策の現状、紙パ枝協誌57, 5, 2003
- 3) 「木材の辞典」 浅野猪久夫編 p435 (1982) 朝倉書店
- 4) N. Elbassam, M. Graef and K. Jakob, SUSTAINABLE AGRICULTURE FOR FOOD, ENERGY AND INDUSTRY, 873-875, 1998.