

第 1 章

木質バイオマスによる 分散型熱電供給システム ～高まる期待とその背景～

1.1

再生可能なエネルギー源としての 木質バイオマス

1.1.1 バイオマスとは何か

バイオマスというのは、死んで間もない生物の遺骸（細胞物質）のことである。

エネルギー源として広く使われている木質系のバイオマスとしては、森林から伐り出される薪炭用の丸太、建築用材などの伐出に伴って発生する林地残材、林産物から出る加工残材、都市ゴミなどに含まれる木質系廃棄物が主なものである。

石炭や石油などの化石燃料も元をただせば、大昔に生きていた生物の遺骸に他ならない。元素組成などでこの両者に多くの共通点があるのは当然のことだ。数ある再生可能なエネルギー源のなかで、バイオマスは化石燃料に最も近いエネルギー源であり、使い道がすこぶる広い。冷暖房用、産業用の熱はもとより、発電にも使えるし、輸送用の燃料生産にも振り向けられる。端的に言えば、化石燃料にできることは何でもできる。適用範囲が広いだけに、バイオマスは化石燃料に代わる再生可能なエネルギー源として、太陽エネルギーや風力、水力、地熱などとはまた一味違った重要な役割を担うことになるだろう。

1.1.2 化石燃料と生物燃料

石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料は、動植物体が化石化した炭化水素で、その成分のほとんどは炭素と水素である。ところが生物の遺骸であるバイオマスは「生物燃料」とも言われ、炭素、水素のほか酸素を含む炭水化物からできている。燃料の発熱に関係する元素は炭素と水素だけだから、化石燃料のトン当たりの発熱量は当然高くなり、発熱と関係のない酸素を多く含む生物燃料のそれは低くなる。表1を見れば明らかだろう。

絶乾木材の（高位）発熱量は、トン当たり20GJ（ギガジュール）ほどで、

表1 主要な燃料の特性比較

	原子の比			重量比 (%)			発熱量 GJ/t	CO ₂ 排出量 kg/GJ
	C	H	O	C	H	O		
石炭	1	1	<0.1	85	6	9	28	120
石油	1	2	0	85	15	0	42	75
メタン	1	4	0	75	25	0	55	50
木材	1	1.5	0.7	49	6	45	20	77

(注) 石油と石炭の発熱量は 1990 年代後半のイギリスでの平均値であり、メタンのそれは加圧された天然ガスのトン当たりの数値である。また木材は絶乾（無水状態）での数値。いずれも高位発熱量である。

(出所) J. Ramage and J. Scurlock (1996) Biomass. In: G. Boyle ed. Renewable energy, Oxford University Press.

石炭の2/3、石油の半分ほどだ。遠い昔に生きていた生物体も化石化の過程で酸素を失い、炭素と水素だけの理想的な燃料に変身したとも言える。ただ化石化するのに何千万年もの歳月を要するから、再生可能な資源ではなくなってしまった。

その点、炭水化物からなるバイオマスの場合は、つい最近まで燦々と降り注ぐ太陽光のもとで、大気中から二酸化炭素 (CO₂) を取り込み、地中の水を吸い上げて生育したものだ。寿命がきて枯死すれば分解されて、元のCO₂と水に戻っていく。あるいは人間の手で収穫され燃料として燃やされるかもしれない。この場合は高い熱を発生しながら分解するが、再びCO₂と水に戻っていくことには変わりはない。まさに再生可能な循環資源なのだ。

次に発熱量当たりのCO₂排出量を見てみよう。これは炭素と水素の比率に左右され、炭素の割合が大きくなるほど、CO₂がたくさん出てくる。石炭はGJ当たり120kgも排出するが、石油はその62%、メタンは42%である。石炭から天然ガスへの転換が温暖化防止策になるのはそのためだ。

木材も熱量当たりになると、石油と同じくらいのCO₂が出てくる。しかしそれはこの数十年から数百年のあいだに大気中から吸収していたものであり、燃焼により再び大気中に戻されたと見ることもできる。そしてこのCO₂が若い樹木に確実に吸収される体制ができていれば大気中のCO₂濃度を高めることにはならない。「カーボンニュートラル」と言われるゆえんである。

1.1.3 木質燃料の華麗な復権

古来、人びとは木を燃やして暖を取り、お湯を沸かし、調理などを行ってきた。鉄の精錬でも木炭が使われていた。産業革命に至るまで木材は人類が利用できる、ほとんど唯一の燃料であったのである。森林など樹林地からの木材の収穫が、林木の成長スピードを超えない限り、木材は尽きることのない永遠のエネルギー源であった。

しかし人口が増え、工業が興り、都市化が進むとそうはいかない。木質燃料の消費が増加して木材価格の急騰が起こる。森林の乱伐も目に付くようになった。そうした状況を前にしてイギリスでは木材に替えて石炭が使われるようになり、石炭の時代の幕開けとなった。20世紀に入って石油の時代になり、今世紀の変わり目ころからは天然ガスの時代になったと言えるかもしれない。

化石燃料はもともとエネルギー密度が高く、使いやすい燃料である。そのうえ採掘、精製、輸送の技術が改善されてリーズナブルな価格で消費者のもとに届くようになった。化石燃料との競争で木質燃料は市場競争力をすっかり失ってしまい、一時は消滅するのではないかと思われたほどである。

ところが20世紀の終わりころから木質燃料の着実な復権が始まっている。復権を支えた要因として次の四つを挙げることができる。

(1) 化石燃料価格の上昇

1m³の木材の発熱量はおおむね6～8GJで、1バレル（159リットル）の原油とそれほど違わない。1972年ころ1バレル3ドル以下の原油が日本にも入ってきていた。当時の為替レートで換算すると、1,000円にもならない。こんな値段で1m³の木材を伐り出すのは不可能だから、燃料用の木材は市場から消えてしまった。ところが今世紀に入って原油価格の上昇が顕著になり、2012年ころにはバレル100ドルを超えた。1m³の木材のエネルギー価値も1万円以上に上昇、建築用の中目丸太の価格とあまり変わらなくなった。柱採りの中目丸太であれば、一定以上の太さがあって通直であることが絶対の条件だが、燃料にするのであれば木の種類や形状は一切問われず、どんなものでも使える。そこが大きい。

(2) バイオマスを熱や電気に変換する技術の向上

木材の潜在的なエネルギー価値がどれほど高くても、それを実現する変換

技術がなければどうにもならない。昔ながらの「かまど」の熱効率率は10～20%であったと言われる。それが最新鋭のストーブやボイラであれば木材の持つ化学エネルギーの90%を有効な熱に変えられるようになった。効率性、利便性、経済性のいずれにおいても、化石燃料焚きの機器とほとんど遜色がない。さらに近年、発電の分野でも小型で高性能の装置が続々と開発されて、市場に出回るようになった。

(3) 林業・林産業の近代化による木材のカスケード利用と木質燃料コストの低下

北米や西欧の林業の先進国で、木質バイオマスのエネルギー利用が他国に先駆けて進展したのは、第一に木材加工業で大規模化と近代化が進展して木材のカスケード利用がやりやすくなったこと、第二に林業の現場でも伐出過程の機械化で木質チップの生産コストが大幅に引き下げられたことによるものである。

(4) 再生可能エネルギーへの政策支援

近年では、世界のほとんどの国々でさまざまな再エネ支援策が講じられており、木質バイオマスについてもそれが追い風になっている。

1.2

木質バイオマスのエネルギー変換

1.2.1 多様な変換経路

前節で指摘したように、バイオマスはかなり広い領域で化石燃料に代替し得るポテンシャルを持っているのだが、そうした可能性は変換技術にかかわる研究開発の進展とともに、着実に広がりつつある。木質バイオマスが熱や電気、輸送用燃料に変換される主要な経路を模式的に描くと、**図1**のようになるだろう。

さまざまな給源から出てくる多種多様な形質のバイオマスは、切断、破砕、成型化などの前処理を経てエネルギー変換プロセスに投入される。変換

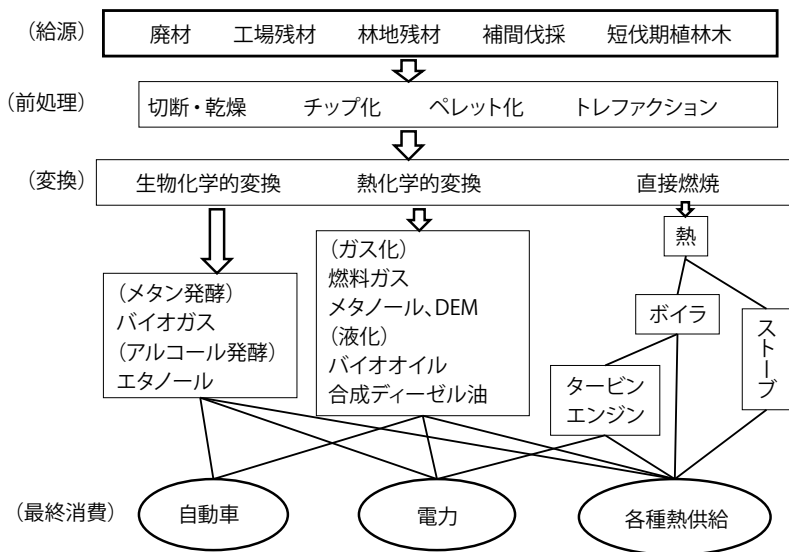


図1 木質バイオマスのエネルギー変換経路

のプロセスには、直接燃焼、熱化学的変換、および生化学的変換の三つのコースがあるが、最終的には熱、電気、輸送用燃料のいずれかに行き着く。この図に則して若干の説明を加えよう。

1.2.2 木質バイオマスの給源

木質バイオマスはその給源によって5種類に分けられている。

- ① 廃材 建築解体材、廃パレットなど廃棄物として出てくるもの
 - ② 工場残材 木材工場から出てくる木屑類
 - ③ 林地残材 森林伐採に伴って発生する小径丸太、梢端、枝条など
 - ④ 補間伐採 成長量の範囲内での森林からの木材の収穫
 - ⑤ 短伐期植林木 成長の速いエネルギー樹木を植栽して短い伐期で収穫
- バイオマスの調達コストは、おおむねこの順序で高くなっていく。見方を変わると、木材のエネルギー価値が上昇するとともに、使われるバイオマスの範囲が上記の順番で広がっていくのである。現状では①の廃材や②の工場残材がほぼ使い尽くされて、③の林地残材に移ってきている。