

木質バイオマス発電導入のための課題調査（１）

（財）日本エネルギー経済研究所 第二研究部 環境グループ主任研究員

（現、東京ガス株式会社 環境部 環境推進グループ）

大木 祐一

１． 木質バイオマスの現状

1-1 木質バイオマスの種類

日本における木質バイオマスの発生源と種類を、表 1 に示している。発生源としては、林業から木材加工業、製紙業等から建設解体業、さらには造園業にまでおよび、多種多様な木質バイオマスが発生している。これらの発生源のなかで、製紙業のパルプ黒液は、既にエネルギー源として活用されている。木質バイオマスの大部分は、本来は「副産物」や「廃棄物」として取り扱われることが多く、意識して活用方法を見つけ出さない限りは焼却されるものである。

表 1：日本において利用可能な木質バイオマス

資源の発生源	資源の細目	資源としての位置付け
建築解体	建築解体材	副産物 廃棄物
造園	選定枝条	
製紙業	パルプ黒液、チップダスト	
木材加工業	バーク(樹皮)、鋸屑、端材	
森林伐採(林地残材)	枝、葉、端尺材、低質材	
除間伐	風倒木、病害	
特用林産	食用菌類の廃ホダ類	
薪炭林	シイ、コナラ、マツ	エネルギー林
短伐期林業	ヤナギ、ユーカリ、ポプラ、マツ	

(出所)小島健一郎，クリーンエネルギー，2002年3月

1-2 木質バイオマスの潜在量と利用可能量

木質バイオマスの年間発生量と再利用量、それに未利用量を表 2 に示している。年間発生量は、各種木質バイオマスを合せて、日本全国で約 7,000 万 m³ になると推計されている。発生した木質バイオマスの中で、燃料や各種工業原料、木材チップ等に再利用される量が約 2,700 万 m³ (39%)、そして廃棄物として焼却されるかあるいは林地に放置されているいわゆる未利用量が、約 4,300 万 m³ (61%) とみられている。

表 2：木質バイオマスの発生量と再利用および未利用量

(単位: 万 m³)

木質バイオマスの種類	調査 年度	年間発生 量	再利用		未利用	
			方 法	再利用率	焼却量	放置量
都市の木質廃棄物	1991	2,180	燃料	350	440	1,740
			工業原料	90		
製材工場からの残廃材	1991	1,566	木材チップ等		1,483	83
除間伐材	1997	453	製材・丸太等		193	260
林地残材	1997	569			-	569
未利用広葉樹材	-	2,250	徳用林産等		600	1,650
合 計		7,018			2,716	2,479

(出所)環境庁, 生物資源等部門温室効果ガス削減技術シナリオ策定調査検討会資料(2000)

1-3 木質バイオマスの特徴

各種木質バイオマスの概要と特徴について、以下に示すことにする。

(1)都市の木質廃棄物

環境庁によると、都市における木質廃棄物として、家屋解体材等の建設廃棄物の他、物流過程で生じる産業廃棄物や、不要家具等の一般廃棄物として発生する量を合すると、1991年度においては年間 2,180 万 m³ と推計されている。このうち約 80%にあたる 1,750 万 m³ が、建設廃棄物と考えられている。排出量 2,180 万 m³ のうち、燃料利用の 350 万 m³ と工業原料の 90 万 m³ の合せて 440 万 m³ が再利用されている。残りの 1,740 万 m³ は、現在焼却されている。

一方国土交通省の「建設副産物実態調査」(2000 年度)では、建設廃棄物として全国で年間約 8,500 万 t が排出され、その内建設発生木材の量は 6%の 500 万 t に達している。この木材 500 万 t の内、再資源化量が 190 万 t、縮減量が 225 万 t で、双方を合せた再資源化等率は 83%であり、最終処分場で処理される量は、残りの 85 万 t となっている。従来、家屋の解体はいわゆるミンチ解体が主流であったが、平成 13 年 4 月に施行された「建築物等に係わる資材の再資源化等に関する法律(建設リサイクル法)」では、分別解体等に伴って生じた特定建設資材廃棄物(コンクリート・木材・アスファルト)について、その再資源化を義務付けており、2010 年度における木材の再資源化率を 95%という目標を設定している。具体的には、廃棄物をチップ化し、木質ボードや堆肥等の原材料に再資源化することを目指しているが、「縮減」¹⁾は実質的には焼却を意味しており、燃料としての利用拡大を図るのための分別処理施設や焼却施設等の整備が求められている。

後述する調査企業の関連会社では、既に家屋解体材からパーティクルボードを製造している。

¹⁾ 「縮減」: 家屋の分別解体等から排出された木材は、工事現場から一定の距離(省令では、50km を想定)の範囲内に再資源化施設がない場合など、再資源化するには過大なコストがかかる場合には焼却することによってその大きさを減らすこと。

(2)製材工場からの残廃材

製材工場から排出される残廃材量は、全国規模で年間 1,600～1,700 万 m³ と推算されている。しかし製材工場の場合、他の木質バイオマス廃棄物と異なり、既にその大部分に再資源化のためのルートが確保されている。今回調査した大手製材会社では、製材工程から排出されるチップは製紙会社に送られ、木屑は活性炭やパーティクルボードの原料、そして家畜舎の床敷等に販売している。燃料として利用している量は、チップや木屑といった廃棄物の中で、わずかに 0.4%であった。

(財)日本住宅・木材技術センターが 1991 年度に調査した、木材産業の残廃材発生量は 1,566 万 m³ であり、発生した残廃材の大部分にあたる 1,483 万 m³ が、燃料や木材チップ、堆肥等に再利用されている。焼棄却量は、わずかに 83 万 m³ にすぎなかったとしている。

一方、(財)日本木材総合情報センターと全国木材チップ工業連合会の調査では、1997 年度における木材産業の残廃材量は 1,727 万 m³ と推計しており、その内 93% (約 1,600 万 m³) が土壌改良材、堆肥、家畜舎の床敷等に有効利用されている。燃料として利用されているのは、271 万 m³ である。

(3)除間伐材・林地残材

環境庁による 1997 年度の調査では、除間伐材・林地残材の発生量は、全国規模で約 1,000 万 m³ と推計されている。しかし再利用される量は少なく、ほとんどが林地に放置されており、その量は 800 万 m³ にものぼる。

これは、現在間伐材の販売価格が 9,000 円 / m³ であるのに対して、伐採費用は 12,000 円 / m³ であり、経済的に成立しないため放置せざる得ないことがその理由である。

除間伐材・林地残材の未利用量は膨大であるが、これらの未利用資源は森林内にあるため、有効に利用するには林道の整備に始まり、伐採と林地における収集、さらには林地からの搬出を考慮しなければならない。また冬季には積雪により、伐採や搬出作業を継続できない地方もある。

除間伐材

除間伐材は、環境庁による 1997 年度の調査では、発生量は 453 万 m³ であり、その 43% に相当する 193 万 m³ が製材や丸太、チップ等として利用されているが、残り 260 万 m³ は林地内に放置されている。また商品価値の無い枝条等も、伐採時に林地に捨てられている。

林地残材

環境庁による 1997 年度の調査では、林地残材の発生量は 569 万 m³ と推計されている。

(4)未利用広葉樹材

環境庁によると、広葉樹林は、かつては薪炭用に活用されており、年間約 2,000 万 m³ もの薪炭需要を支えてきたが、現在では椎茸原木や木材チップ用に限定的に利用されるだけで、使用量は年間 600 万 m³ に過ぎず、他は手入れをせずに放置されている。広葉樹林の木

質バイオマス蓄積量は現在約 25 億 m^3 と推計されており、伐採や搬出の容易さから、林道の周囲 500m 以内に利用範囲を限定した場合でも、利用可能量は、年間約 7 億 m^3 と推計されている。広葉樹林の伐採を 30 年周期で実施すると仮定した場合、1 年あたりの木質バイオマス供給量は、2,250 万 m^3 になると見積もられている。

2. 木質バイオマスエネルギーの利用状況

林野庁が 1999 年度に実施した、木材産業等における木質バイオマスエネルギー利用実態調査の結果を、表 3 に示している。木質バイオマスのエネルギー利用の主流は熱利用であり、木材産業以外の産業を含めた木屑焚きボイラーの設置総数は 174 基であり、木材産業のみに限定すると 157 基の木屑焚きボイラーが稼動中である。木屑焚きボイラーから発生する蒸気を利用して発電を行っている事例が 12 ケ所あり、これを木材産業のみに限定すると 10 ケ所となる。木材産業以外の発電利用は、製紙業で 2 ケ所となっている。また熱エネルギーの主な用途としては、乾燥・ホットプレス²用が 142 ケ所、暖房用熱源としての利用が 37 ケ所であった。

表 3：木材産業の業種別木質バイオマスエネルギー利用状況（1999 年）

業 種	施設設置 工場数	設置機器			用途		
		木屑焚き ボイラー	発電機	その他	乾燥 ホットプレス	暖房	発電
(単位)	(ヶ所)	(基)	(基)	(基)	(ヶ所)	(ヶ所)	(ヶ所)
木材加工	36	36	1	0	33	7	1
合板製造	29	32	5	0	28	5	5
製材	27	27	2	2	22	2	2
集成材製造	24	26	0	0	20	5	0
プレカット	8	8	0	1	5	3	0
木材乾燥	7	6	0	1	6	2	0
フローリング材	6	6	1	0	6	1	1
パーティクルボード	3	3	1	0	3	1	1
その他	34	30	2	4	19	11	2
合 計	174	174	12	8	142	37	12

(出所)中島孝雄、「木材産業におけるバイオマスエネルギーの利用」,
木材工業, Vol.55, No.5, (2000)

注)複数の業種に相当する工場については、代表的な業種でカウントした。

² 「ホットプレス」: 数枚の薄板に接着剤を塗布して積層合板等を製造する場合、接着後に蒸気等で加熱しながら合板をプレスして養生させる。

3. 国内における木質バイオマスエネルギー利用調査

3-1 調査の概要

日本国内における木質バイオマスのエネルギー利用状況を調査する目的で、比較的大規模なバイオマス発電を行っている 6 社（製材 1 社、合板 2 社、ボード 1 社、集成材 1 社、タービン製造 1 社）の実地調査を行った。調査結果の概要を、表 4 に示す。調査結果の詳細については（財）日本エネルギー経済研究所のホームページに報告書として記載してあるため、参照していただきたい。

なお陸船用タービンメーカーにおける木質バイオマス発電は特異な存在であるが、発電設備展示用プラントとしての役割を果たしている。

3-2 木質バイオマス発電導入の背景

調査の結果、6 社が木質バイオマス発電を導入した背景について、以下のような共通点が見出された。

(1)燃料の自社内調達、エネルギーの自社内利用

基本的に燃料を自社工場から排出される木質バイオマスで賄い、生成したエネルギーは自社内で利用している。そのため木質バイオマス発電の設備規模は、自社のエネルギー需要に適合している。

(2)エネルギー（電気、熱）需要が大きい

製材、合板、ボード、集成材のいずれの工場においても、生産工程において、動力と熱（蒸気）を多量に消費している。電気と熱の双方を活用しており、コジェネレーションに適したエネルギー需要が、もともと存在していたと言える。なお木質バイオマス発電導入以前は、買電と重油焚きボイラー（蒸気利用）の組み合わせである場合がほとんどであった。

(3)24 時間稼働あるいは長時間稼働

工場自体の操業時間が長く、そのためエネルギープラントの稼働時間も必然的に長くなっている。例えば、木材の乾燥やホットプレス等は 24 時間稼働であり、常に電気と熱エネルギーを必要とする。

(4)自社が使用するエネルギー費用のコストダウン

もともとエネルギー需要が大きいため、買電と重油等のエネルギー費用の削減が企業としての最重要課題であった。そのために、自社が排出する可燃性産業廃棄物の燃料化を図ってバイオマス発電を導入し、契約電力量の低減や電力料金の節減を行ってきた。

さらに燃料についても、木質系産業廃棄物である家屋解体材等の処理材を 1,000～4,000 円/ t という低価格で購入して、燃料費自体の節減を行っている例もある。

(5)自社が排出する産業廃棄物の処理費用の削減

自社が排出する可燃性産業廃棄物を有効活用（燃料化）することにより、産業廃棄物処理費用の削減も同時に行っている。

4. 今後の課題

6 社の調査から、バイオマス発電を導入する段階、あるいは稼働させる段階における課題は以下のように整理することができる。

4-1 政策的課題

(1)国の政策としてバイオマスエネルギー利用に対する優遇制度がないため、民間企業が再生可能エネルギーの一種である木質バイオマス発電を導入する際、企業を支援するような制度、資金援助（補助金等）が必要である。

(2)民間企業が木質バイオマス発電を導入する場合は、エネルギー費用の削減と可燃性産業廃棄物の燃料化による廃棄物処理費の削減等が主目的である。従って、バイオマスエネルギーと同様に、木質バイオマス発電の導入を促す場合には、ボイラー等のリニューアル時に木質バイオマス発電へ誘導するような政策的枠組みや支援が必要である。

(3)燃料として木質バイオマスを供給するのは、従来エネルギー政策上主たる対象となっていなかった林業や木材加工業等といった事業者である。そのため、実際に電気と熱の供給と利用を促進するには、林業政策とエネルギー政策面の両面からの政策的アプローチが重要となる。そういった点では、公園の樹木や街路樹、河川敷の樹木等も木質バイオマスとしては有力な資源であり、木質バイオマス発電導入促進にあたっては様々な政策措置の宥和を進めることが重要となる。

(4)木質バイオマス燃料の供給地特性を考えれば、市町村等の地方自治体が、木質バイオマスを利用したエネルギーセンター構想や、エネルギーセンターを核とした地域振興等の新しい考え方といったように、積極的に事業支援や参加を行う必要がある。

(5)林業従事者には自家発電の届出等の経験がなく、また手続きが極めて煩雑であるという意見が多かった。そのため、木質バイオマス発電の導入実務をサポートするコンサルタント機関の育成・支援が導入促進に寄与すると考えられる。

4-2 林業における課題

(1)林業従事者にはエネルギーに関する知識が少ないため、木質バイオマス発電の導入をサポートするコンサルタント機関の育成など、知識的支援体制の整備が必要である。

(2)間伐材の木質バイオマス発電燃料としての利用は、経済的に困難である。今回の調査例では、現在の間伐材の伐採費用は 12,000 円 / m³ であり、間伐材を販売した場合は 9,000 円 / m³ となり、完全な逆ざや状態にあるというケースがあった。この伐採費用と販売代金の差額を、補助金（4,000～5,000 円 / m³）が補填して、ようやく経済的に成立している状況である。従って燃料としては、家屋解体材等と比較して、非常に高価になる可能性がある。

特に間伐材の場合は、伐採・集材・運搬等の収集のための費用負担が多く、そのため間伐材の収集に補助金を投入する必要がある。

(3)間伐材を燃料として安定的に確保するには、森林組合や木材組合等の理解と協力も必要である。

4-3 木質バイオマス発電の課題

(1)木質バイオマスの安定的確保について

エネルギーの安定供給には、燃料である木質バイオマス供給量の確保が最大の課題となる。樹皮や廃木材、端材、家屋解体材等を効率的に、安価に、かつ安定的に収集できるシステム作りが重要である。

工場廃材等を利用する場合には、工場の稼働状況により木質バイオマスの排出量が変わるため、家屋解体材等の供給量が安定している補助燃料の確保が必要になる。

供給量にばらつきがある木質バイオマスには、貯留施設が必要となる。しかし野外貯留施設が多く、雨が降ると木質バイオマスの水分含有量が多くなるという欠点がある。

特に北国では、積雪のために冬季の木質バイオマスの収集と確保が困難になるため、大規模な貯留施設の設置が必要になる。

(2)木質バイオマスについて

木質バイオマスを燃焼させて発電を行うシステムでは、バイオマスの含水率（水分の含有量）によって、実質的な発電性能が大きく左右される。即ち、バイオマスに含まれる水分が燃焼炉内で加熱されて水蒸気になる段階で、多量の熱を奪うことになる。また、燃料用バイオマスは屋外に貯留されている場合が多く、降雨や積雪によって含水量が増加する。さらに木の種類によっては、水分を含みやすい性質を持つ木材もある。特に間伐材としての発生量が多いスギでは含水率が約 50%にもなり、燃焼しにくい。そのために、燃焼炉に投入する前に、木質バイオマスの乾燥工程が必要になる場合もある。

その他木質バイオマスの取り扱いに関しては、以下の様な課題も指摘されていた。

木質バイオマスは固体のため、重油等の液体燃料と比較して取り扱いが面倒である。

木質バイオマスは水分を含むために、搬送時の取り扱いの悪さや閉塞の問題がある。

木質バイオマスには夾雑物が多く、特に家屋解体材のようにミンチ解体を行っている場合には、土や石、コンクリート塊等が含まれることが多い。そのため、燃料化には選別工程が不可欠である。

(3)前処理

木質バイオマスは固体であり、燃料としてボイラーに投入するには前処理が必要であり、その労力（破碎、搬送等）は重油等と比較して極めて大きい。また廃材利用の場合には原料は無償であるが、破碎等の前処理コストが付加される。

木質バイオマスは水分を含むために、燃料として利用するには、乾燥や圧縮といった前処理が必要になる。

家屋解体材の燃料化については、地方自治体の了解が必要になる場合がある。

(4) バイオマス発電

木質バイオマスを燃料に木屑焚きボイラーで燃焼させて蒸気を作り、蒸気タービンで発電する方法は、先行事例が多く今後も普及していく可能性が高い。その際には、発電規模と稼働時間の見極めが重要となる。

木質バイオマス発電の場合は、ボイラーやタービン、発電機等の設備規模が大きく、また設備費用も高価であるため、容易に設置することはできない。

木質バイオマスの含有水分により燃焼炉内の熱量が低下する等、「発電の信頼性」に問題がある。

熱と電気の両方を利用する、安定的な需要を確保することが重要である。

4-4 その他の課題

(1) 現在電力会社への売電価格が安いいため、木質バイオマス発電からの逆潮流は考えられない。しかし売電に関する制度的な支援措置、もしくは売電価格が木質バイオマス発電コストに見合うようになれば、その普及は促進される。

(2) 林業従事者においても、また地方自治体においても、廃棄物を処理しかつエネルギーを回収できるということで、発電用燃料としての木質バイオマスの利点が理解されてはいるが、計画立案・交渉・実行する人材（リーダー）がいない。

(3) この発電設備を広く普及させるためには、木質バイオマス燃焼後に発生する燃焼灰の処分施設も整備する必要がある。

(4) 平成 12 年 1 月に施行されたダイオキシン類対策特別措置法により、簡易装置での木屑や残廃材の焼却処理が禁止された影響で、木質バイオマスを集中管理して、発電や熱供給に利用しようという動向は今後増大する可能性がある。

(5) 産業廃棄物中間処理業者から、中間処理を施した家屋解体材（実際には分別処理を行い、チップ化される）を有償購入して燃料として使用する場合には、廃棄物処理法上の問題はない。この場合は廃棄物を燃焼させる訳ではないため、木屑焚きボイラーが「産業廃棄物処理施設に関する技術上の基準」を満たす必要はない。

しかし処理費用を徴収して家屋解体材を直接搬入する場合には、明らかに産業廃棄物処理業であり、産業廃棄物の収集運搬や中間処理等の免許の取得が必要になる。また当然ながら、木屑焚きボイラーが産業廃棄物処理施設に関する技術上の基準を満たす必要がある。

(6) 木質バイオマスを燃料利用する場合、木質バイオマスの安定的確保が最大の問題となる。事業者としては量的な安定性と価格の両面から、家屋解体材等を導入せざるを得ない。しかし、家屋解体材には防蟻剤や接着剤等が含有されるため、有害物質除去のための前処理工程が将来的に必要となる可能性がある。

おわりに

これまで述べてきたように、近年の地球環境問題への対策や新エネルギー導入促進といった社会的ニーズが存在する中で、木質バイオマスエネルギーの導入に対する必要性が高まりつつあるが、実際に利用する現場においては多くの課題が存在し、その導入拡大が加速するような段階には至っていない。

例えば、関係する事業者は木質バイオマスからのエネルギー回収を既に認識しているにもかかわらず、現有 157 基の木屑焚ボイラーの中で、発電を行っているのはわずかに 10 基のみにとどまっている。また、木質系廃棄物の燃料化はそのポテンシャルは大きいですが、コスト的な制約によって利用量が限定的となっている。林業における除間伐材や林地残材の燃料利用も、同様に経済性の面でその拡大が困難な状況にある。

木質系廃棄物に関しては、「建築物等に係わる資材の再資源化等に関する法律（建設リサイクル法）」が施行されたこともあり、今後は燃料としての利用が促進されるものと考えられるが、木質バイオマスからのエネルギー回収や除間伐材・林地残材の利用促進を含め、木質バイオマスの導入促進に際しては、当面の間は何らかの支援措置が必要であろう。

< 参考文献 >

- ・中島孝雄ほか「木材産業におけるバイオマスエネルギーの利用」 木材工業 Vol. 55, No. 5, (2000)
- ・小島 健一郎 「森林バイオマスによるエネルギー供給と課題」 クリーンエネルギー 2000 年 3 月
- ・(財)日本木材総合情報センターと全国木材チップ工業連合会「木質系残廃材を原料とするチップ製造業」1998 年度
- ・(財)日本住宅・木材技術センター「木質廃棄物再資源化技術開発事業報告書」1994 年度
- ・環境庁 平成 12 年度 生物資源等部門 温室効果ガス削減技術シナリオ策定調査検討会 報告書

お問い合わせ：ieej-info@tky.ieej.or.jp

表4：木質バイオマス発電の実態調査

企業名 所在地	A社 広島県呉市	B社 広島県広島市	C社 広島県廿日市市	D社 岡山県勝山町	E社 秋田県秋田市	F社 秋田県能代市
業種	製材	ポンプ/タービン製造	合板/フローリング材	集成材	合板/フローリング材	ボード
設置時期	1997年	1984年	1989年	1998年	1989年	(2003年)
原料バイオマス	工場廃材 (製材時の木屑)	家屋解体材/廃材	工場廃材/家屋解体材	工場廃材	工場廃材 家屋解体材・間伐材	工場廃材 家屋解体材・間伐材
		廃材:10～20円/台	解体材:1,000円/t		解体材:3,000～4,000円/t	解体材購入費は未定
原料バイオマスの 特徴	自社工場廃材のみ	自社からの木質廃材な く、全量購入	・関連会社の廃材も収集 ・解体材 20t/日購入	自社工場廃材のみ	廃材:解体材:間伐材 (70:15:15)	燃料用53,160t/年 原料用1,200t/年
エネルギー回収方法	ボイラーで直接燃焼により、蒸気を発生させ、蒸気タービンで発電					
投入量	70t/日	30t/日	70～100t/日	30～40t/日	300m ³ /日	
蒸気量	33t/日	12t/日	29t/h	20t/h	60t/h	(24t/h)
補助燃料	無	無	無	無	無	無
発電出力	660kW	2,000kW	4,600kW	1,950kW	4,500kW	(3,000kW)
1日当り稼働時間	24時間	9時間	15時間	13時間	24時間	(24時間)
エネルギー(電気) 使用状況	電力量の14%を賄う	電力量の50%を賄う	電力量の90%を賄う (90万kWh/月)	昼間電力量 の100%を賄う	電力量の78%を賄う (210万kWh/月)	電力量の70%を賄う (予定)
エネルギー(熱) 使用状況	乾燥炉で全量使用	未使用	需要の100%を賄う	需要の100%を賄う	需要の100%を賄う	需要の100%を賄う予定
エネルギー効率	-	発電効率15%	発電端効率33.9%	-	総合効率75%	総合効率(計画値85%) 発電効率(計画値15%)

企業名	A社	B社	C社	D社	E社	F社
エネルギーコスト (発電単価)	非公開	10.9円/kWh	19円/kWh		6～7円/kWh	
設備費	1.7億円	6億円	9億円	10億円	11億6,000万円	14億4,000万円
			発電設備建設費含む	発電設備建設費含む	発電設備建設費含む	発電設備建設費含む
運用費	-	-	1,300万円/月	-	1,300万円/月	
メンテナンス費	-	-	1,100万円/年	1,000万円/年	3,600万円/年	
補助金の有無	無	日本船舶振興協会	無	無	新I社+財団 利子補給金	国、県、市より、 9億9,000万円
逆潮流の有無	無	無(希望あり)	無	無	無	無(希望あり)
メリット		電気料金節減	買電 20円/kWh以上		買電 9円/kWh以上	
外部への エネルギー供給	余剰なし	蒸気全量が余剰	余剰なし	余剰蒸気6t/h	余剰なし	余剰蒸気4t/h 温水 9t/h