

木質バイオマス発電の特性・特徴と課題

理事研究員 渡部喜智

〔要 旨〕

- 1 2012年7月より再生可能エネルギー電気の長期・固定買取制度の運用が開始された。同制度の買取価格は、供給者サイドの発電コスト等に関する意見を取り入れ、かつ利潤の確保に配慮した水準になったと評価される。
- 2 木質バイオマス発電においては、燃料調達の態様やコスト、事業リスクを踏まえ、「リサイクル木材」「一般木材」「未利用木材」の区分が設定され、未利用木材バイオマス発電の買取価格は32円/kWhとなった。この価格水準は燃料コストの高さなどのコスト構造に加え、その事業リスクに配慮した収益率（8%）を認定・加算したものである。また、未利用木材バイオマスを単一燃焼する「専焼」発電だけでなく、石炭等を含め「混焼」発電も認められた。
- 3 わが国の森林資源・林業は、森林蓄積の進行のもとでの絶対的な需要不足の状況と認識されるべきであり、現状用途を前提とするならば将来の木材総需要についても楽観できない。エネルギー利用など需要開発を行うことは重要であると考えられる。
- 4 未利用木材バイオマスを燃料とする出力1,000kW規模の専焼発電の木材需要を試算すると、チップ・ベース（生重量トン）で1万トン強、木材の材積ベースで1万3,000m³程度と試算される。標準的プラントと言われる出力5,000kW規模では6.5万m³の木材需要が想定され、地域林業にはインパクトをもたらす。
また、合計出力が10万kWとなれば木材需要は130万m³になる。ただしこの需要量は現状の国産材需要の7.0%相当にとどまり、マクロ的な需要を大きく底上げする規模とは言えない。
- 5 未利用木材バイオマス発電所を継続的に運転していくためには、燃料調達について川上の森林所有者から川下の発電所に至る持続的な「横の連係体制の構築」が不可欠である。それを持続可能なものとするには、各関係者のそれぞれの行動や決断の経済的インセンティブとなるような適正な収益分配が行われることが重要であり、望まれるところである。
- 6 未利用木材バイオマス発電においては、燃料源の木材が一定地域内から伐出・集材され、チップ加工されることにより、地域に就業誘発効果がもたらされる。産業連関分析により試算すると、5億円程度の素材を使う未利用材バイオマス発電に伴い、全国平均では林業などで58人の就業が直接・間接的に誘発されるほか、さらにチップ加工と発電所の運営により30人程度の就業が想定され、地域経済の活性化への寄与が期待される。
- 7 木質バイオマスのエネルギー利用においては熱効率や運搬コストの点から、熱供給、特に公共施設等の集約・集積した地区に集中生産した熱エネルギーを一括供給する「地域熱供給」事業が重要なテーマとなると思われる、推進には政策横断的な対応が求められる。
- 8 FITの長期的安定やそれに基づく信頼性が無くて、再生エネ電気の安定的な供給増加はありえない。制度の検証と運用改善は必要であるが、制度改変は慎重に行われるべきである。

目 次

はじめに

1 再生エネ電気の固定買取制度（FIT）における 木質バイオマス発電

（1）再生可能エネルギー特措法の修正成立と 固定買取価格の決定

（2）FITにおける木質バイオマス発電の買取 価格の設定等

2 未利用木材バイオマス発電の特性・特徴と 課題

（1）わが国の森林資源・林業の現状認識 —絶対的需要不足の現状と需要開発の必要性—

（2）未利用木材バイオマス発電の木材需要 喚起効果

（3）未利用木材バイオマス発電における コスト構造等と燃料調達の関係体制構築

（4）未利用木材バイオマス発電による地域の 就業創出効果

（5）木質バイオマスによる地域熱供給

おわりに

はじめに

東京電力・福島第一原子力発電所（以下「福島原発」という）の過酷事故（シビア・アクシデント）に直面し、我々国民は有形無形の様々な被害を受けるとともに、原子力発電（以下「原発」という）をベースに置く発電体制について自省と変革を求められることとなった。

原発について語られてきた「安全性」^(注1)と「コスト低廉」^(注2)という推進根拠の信頼基盤は崩壊し、今後もその推進根拠が国民の信頼を取り戻すのは不可能だろう。したがって、我々国民は原発に依存しない発電政策への転換を国民の合意としたうえで、再生可能エネルギーの技術開発とその活用をさらに積極化すべきである。

直近では、2011年8月末に成立した「電気事業者による再生可能エネルギー電気の

調達に関する特別措置法」（以下「再生可能エネルギー特措法」という）に基づき、電力会社が再生可能エネルギー電気（以下「再生エネ電気」という）を長期・固定価格で買い取る制度（以下「FIT」＜Feed-in Tariffs＞という）の運用が12年7月に始まった。

また、マクロ的にどのような電源およびエネルギーの構成を目指すかなどを示す国の「エネルギー基本計画」（前回改定：10年6月）の再改定作業が福島原発事故を受けて行われている。同基本計画に先だって、まず12年9月に、政府は「革新的エネルギー・環境戦略」において「2030年代に原発稼働ゼロを可能にするように、あらゆる政策資源を投入」するとともに、再生エネ電気の発電量を「2010年の1,100億kWhから、2030年までに3,000億kWh（3倍）」にする方向性を決定した。^(注3)

以上のような状況を受け、再生エネ電気全般について発電事業の積極化が見られて

いる。本稿では、再生エネ電気のなかで木質バイオマス（生物資源）発電、特に未利用^(注4)木材を燃料源とする発電に、どのような特性・特徴や課題があり、その活用によってどのような波及的効果があるのかを、わが国の森林資源や林業の現状認識も踏まえ、考察する。

(注1) 原発の安全性について、何らかの障害や誤操作などがあった場合にも安全側に多重的に制御される「フェイル・セーフ (fail safe)」機能が働き、重大な過酷事故には至らないというシステム・コントロールの考えが語られてきた。しかし、福島原発ではビルトイン・準備されていたはずの安全システムが機能せず爆発という過酷事故に至った。

(注2) 原発の発電コストについて、04年の総合エネルギー資源調査会の試算では5.9円/kWhとされた。しかし、福島原発事故を受け11年12月に提出された内閣府・国家戦略室「コスト等検証委員会」の再検証報告では、原発補償費用（5.8兆円と仮置き）など安全コストを可変的要素として、下限で8.9円/kWhと試算した。この結果、石炭火力、LNG火力や一般水力などとのコスト差異を縮小し、かつ補償費用や安全強化費用および廃棄物処理や廃炉などの後処理コストの増加を想定すれば、原発の発電コストはさらに増大する可能性があり、原発のコスト低廉という主張は論拠を失ったと言える。

(注3) 各方面からの異論を受け、「革新的エネルギー・環境戦略」自体の閣議決定は見送られ、エネルギー・環境会議の決定事項にとどめられた。年末決定に向けた新「エネルギー基本計画」の策定作業も紛糾の可能性が言われている。

(注4) 「未利用木材」の統一的な定義はない。農林水産省HPの解説では、未利用木材を「立木を丸太にする際に出る枝葉や梢端部分、森林外へ搬出されない間伐材等通常は林地に放置される残材」となっている。しかし、バイオマス燃料向け供給を念頭に置くならば、雑木を含め建築用材に向きにくい木材一般というように前述解説より広く捉えた方が良いと思われる。本稿では「未利用木材」という言い方を改めないが、対象範囲・範囲をひろげる考え方をする。

1 再生エネ電気の固定買取制度 (FIT) における木質バイオマス発電

(1) 再生可能エネルギー特措法の修正成立と固定買取価格の決定

まず、簡単に再生エネ電気の長期・固定買取制度の運用開始に至る再生エネ電気の政策動向を概観する。

12年7月から運用が始まったFITの根拠法である再生可能エネルギー特措法は、福島原発事故の以前から国会提出が決まっていた法案であった。同法案の準備段階における総合エネルギー調査会・新エネルギー^(注5)部会の報告は、「太陽光発電以外の買取価格については20円/kWhが最低限必要なライン」という表現にとどまる一方、「過度の利益を保証するような価格設定は避けるべき」であり、「大枠において提示された15年～20年程度の買取期間の中では、15年を軸とする」とした。以上の同報告には、需要者負担に配慮し再生エネ電気の供給拡大に慎重な側に寄った考え方が色濃く示されていたと言えよう。

しかし、福島原発の事故により大規模原発をベースに置く電力供給体制という前提が変わったことを受け、再生可能エネルギー特措法の衆議院経済産業委員会の審議において重要な法案修正が行われた（以下文章の「 」内が条文に加えられた主要な修正内容）。

すなわち、買取価格は、再生エネ電気の

〈参考 1〉FITの概要と主要再生エネ電源の買取価格・期間

・再生エネ特措法に基づき、農林水産大臣、国土交通大臣、環境大臣との協議および消費者問題担当大臣の意見聴取を行うとともに、調達価格等算定委員会（同法31条）の意見を聴き、その意見を尊重して経済産業大臣が定める（同法3条5項）。

・毎年度、当該年度の開始前に、再生エネ電気の発電設備の区分や設置形態、規模等に応じ、買取の価格や期間を決定する（同法3条1項）。

・電力会社（電気事業者）は電気使用者に対し、再生エネ電気の供給の対価の一部として、賦課金を請求（同法16条）。

これを費用負担調整機関（低炭素投資促進機構）に一旦納付した後、同機関から再生エネ電気の割合に応じ買取費用の交付を受ける（同法8条）。

・下表が木質バイオマス発電以外の買取価格とその期間などを概略的にまとめたもの。

・なお、既存の再生エネ電気発電設備はFITへの転換認定の申請が12年11月1日まで可能。その際、①所定買取期間から既稼働期間の残余期間が当該買取期間となり、②受給済み一部補助金の買取価格への差引調整が行われる。

	買取区分 (規模ないし燃料源)	買取価格(税抜)		買取期間
		kWh当たり	事業収益率(IRR)	
太陽光	10kW以上 10kW未満(余剰買取)	40円	税前 6%	20年
		42円	税前 3.2%	
風力	20kW以上 20kW未満	22円	税前 8%	20年
		55円	税前 1.8%	
地熱	15,000kW以上 15,000kW未満	26円 40円	税前 13%	15年
中小水力	1,000kW以上 30,000kW未満 200kW以上 1,000kW未満 200kW未満	24円	税前 7%	20年
		29円		
		34円		

資料 調達価格等算定委員会資料から作成

(注) バイオマスの木質バイオマス等は本文第1表を参照。ガス化等は除外。

発電設備の区分に加え、「設置の形態及び規模ごとに」（同法3条1項）、「適正な利潤」と「当該供給に係る費用その他の事情を勘案して」（同法3条2項）定めるとした。また、経済産業大臣は「関係大臣と協議および意見を聞く」とともに、新たに設置する「調達価格等算定委員会の意見を尊重」（同法3条5項）することが求められた。また、附則7条に「集中的に再生可能エネルギー電気の利用の拡大を図るため、（中略）3年間に限り、調達価格を定めるに当たり、特定供給者（発電事業者）が受けるべき利潤に特に配慮する」規定も盛り込まれた。

以上のような再生可能エネルギー特措法

の修正成立と、原発など諸電源の発電コストの^(注2再掲)再検証を受けて行われた調達価格算定委員会（以下「算定委員会」という）が経済産業大臣に提出した意見書は、^(注6)再生エネ電気の供給者サイドの発電コスト等に関する意見・事情を取り入れ、かつ利潤の確保に配慮した買取価格の水準になったと評価される。

詳細な説明は省くが、各電源の発電設備の設置形態や規模により発電コストが異なってくることなどの事情を考慮して、発電設備の設置形態と規模別に区分し、かつ法附則7条の規定（施行後3年間は利潤に特に配慮する必要）を踏まえ事業収益率（内部収

益率：IRR<internal rate of return>）は事業リスクに基づくものに1～2%程度を上乗せした設定となった（＜参考1＞を参照）。

ただし、買取価格の設定水準の問題だけにとどまらず、FITの制度運用について改善の指摘・提言があることも事実である。^(注7)算定委員会の前述意見書でも冒頭「分野横断的事項の総論」部分で「固定価格買取制度の適用を受けた設備のコストデータを、経済産業省に事後的に提出することを買取制度適用の条件とすることを求め、二年度目以降については、これを調達価格に関する審議に反映させる」と明記した。国民・需要者の納得感を得るためにも、個別・全体を問わず同制度の検証と運用改善を怠るべきではないだろう。

（注5）総合資源エネルギー調査会・新エネルギー部会・電気事業分科会 買取制度小委員会報告「再生可能エネルギーの固定価格買取制度における詳細制度設計について」（11年2月18日）

（注6）調達価格等算定委員会「平成24年度調達価格及び調達期間に関する意見（12年4月27日）」

（注7）批判的なところを含め、FITへの指摘・提言として梶山啓司（2012）、朝野堅司（2012）参照。

（2）FITにおける木質バイオマス発電の買取価格の設定等

次に、FITで定められた木質バイオマス^(注8)発電の内容について説明する。前の1（1）で述べた再生可能エネルギー特措法の規定に基づき、木質バイオマス発電においても、調達燃料の種類—燃料調達の態様やそのコストの違い—および事業リスクを踏まえ、三つに区分した設定が行われた。

すなわち、①主として建設廃材を想定した「リサイクル木材」を燃料源とする発電の買取価格が13円/kWh（税抜、以下同じ）、②主として木材加工の工程から出てくる端材・おがくず・樹皮などの残材を総称した「一般木材」を燃料源とする発電の買取価格が24円/kWh、③主に「未利用木材」を燃料源とする発電の買取価格が32円/kWhとなった（第1表）。以上の①、②、③の買取価格の差異の理由として、燃料コストの高低や燃料調達の安定性の程度、事業リスクに基づく収益率の設定、および既存用途の木質バイオマス原料調達との競合回避（リ

第1表 固定買取制度における木質バイオマス発電の調達燃料別内容

	調達燃料対象の説明	買取価格(税抜)		現状の代表的事例
		(kWh当たり)	事業収益率(IRR)	
未利用木材	主伐で搬出されない未利用材や間伐材を主に想定	32円	税前8%	グリーン発電会津(福島)
一般木材	国産材を中心とする製材工場残材を想定した調達価格となっているが、輸入チップ燃焼もこの範疇にはいる	24円	税前4%	銘建工業(岡山)、中国木材(広島)
リサイクル木材	主として建設廃材を想定	13円	税前4%	川崎バイオマス発電(神奈川)、吾妻バイオパワー(群馬)
(参考) 一般廃棄物	清掃工場等に搬入される固形可燃性ゴミなど廃棄物など。鶏糞等家畜糞も該当	17円	税前4%	行政の清掃工場で全国270程度がRPSの発電所認定を受けている。鶏糞発電ではみやざきバイオマスリサイクル(宮崎)等

資料 調達価格等算定委員会資料などから作成

〈参考2〉再生可能エネルギー特措法以前のバイオマス発電の状況

FIT導入前におけるバイオマス発電の状況を、「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」(RPS法)の認定設備(情報公開分)データにより見る。

表は、表面的な出力規模を基に、混焼の場合は技術的に問題が生じないと言われる「バイオマス比率」を乗じて算出したものである。

木質バイオマスの「専焼」発電所(情報公開分)は23か所の報告があり、出力合計は11.4万kWである。ただし、これまで未利用木材だけを燃料とする専焼発電所はコストの問題もあり存在しなかった。本文第1表のグリーン発電会津は未利用木材チップ専焼の発電所として12年7月に稼働開始した。

また、電力会社等の混焼発電所やメーカー系の混焼発電所についてバイオマス比率を乗じ、バイオマス部分の出力を試算したが、現状の木質バイオマス混焼は下表の下限程度の比率と見られる。今後、技術的に未利用木材など国産材の混焼割合の引上げ余地は大きいとともに、収益性のうえからも未利用木材の混焼率引上げのメリットは小さくないと思われる。

なお、一般廃棄物等の清掃工場において、廃棄物としての伐採木や建築残材の燃焼はあるが、有価チップ燃料の燃焼はないと言われている。

RPS法上のバイオマス認定発電所の出力規模(情報公開分)

(単位 万kW)

	バイオマス認定 設備の出力規模 (集計) ①	従来のバイオマス比率の目安	
		②	バイオマスによる 発電出力の試算 ①×②
電力会社等火力発電所における混焼	1,503.3	1～3%程度	15～45
製紙・セメント・化学等 メーカー発電設備での混焼	219.0	3～7%程度	7～15
一般廃棄物等清掃工場	217.4	50%強	110
木質系バイオマス	11.4		
畜産バイオマス	1.6		
食品等バイオマス	0.1		

資料 資源エネルギー庁HP「RPS法関連情報」から作成

サイクル木材や製材残材の発電への利用移行の抑制)への配慮があげられている。

また、①、②、③の単一木質バイオマス燃料を燃焼する「専焼」発電だけでなく、複数の木質バイオマス燃料を混ぜて燃焼する「混焼」発電、および石炭等化石燃料やゴミ等一般廃棄物と木質バイオマスを「混焼」する発電が認められた<参考2>。

FITにおける混焼発電の買取価格は、木質バイオマス燃料ごとに適正に当該バイオマス比率を算定し、乗じた後の売電量に、それぞれの種類に応じた買取価格を乗じて

計算される。たとえば、1 kWhの発電量(=簡略的に売電量とする)において、未利用木材の発電比率が40%、一般木材が30%、リサイクル木材が20%、そして助燃剤として重油等を燃焼する発電比率が10%とすれば、FITの買取価格は、前掲第1表の各買取価格にしたがって、32円/kWh×40%+24円/kWh×30%+13円/kWh×20%=22.6円/kWhとなる。なお、重油等の助燃剤による発電部分10%は別途、電力会社との相対契約で売電される。

混焼による燃焼効率(一般的に低下する)

や追加設備投資の必要の問題は確かにあるものの、FITにおいて様々な形での混焼発電が認められたことにより、木質バイオマス、特に32円/kWhという買取価格の設定となった未利用木材の混焼発電の拡大は収益性のうえからも十分に検討に値すると思われる。これにより、未利用木材を燃料源とする専焼発電所のみならず、様々な混焼発電所において未利用木材バイオマスの(追加)需要が期待される。

(注8) 木質バイオマス発電は、直接燃焼・蒸気タービン方式、ガス化・ガスタービンの方式が主なものである。文献的には小規模を中心にガス化方式発電の発電効率が若干高いというデータがあるが、営業運転している一定規模以上の木質バイオマス発電所においては木質燃料の含水率などの条件に関係した技術の安定性などから直接燃焼・蒸気タービン方式が多いのが実情である。いずれにしろ、欧州で見られるように発電と熱供給のコージェネレーションによる総合エネルギー効率の向上が必要である。

(注9) 調達燃料の由来について、林野庁「発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン」に基づき発行された証明が必要となるとともに、同法施行規則8条2項イの規定によりバイオマス発電比率を毎月1回以上定期的に算定し、当該バイオマス比率ならびにその算定根拠を帳簿に記載することが求められる。

(注10) 資源エネルギー庁「再生可能エネルギーの固定価格買取制度パブリックコメントに関する意見概要及び回答」番号145、146、147、150を参照。

2 未利用材木材バイオマス 発電の特性・特徴と課題

未利用木材を中心とする木質バイオマス発電には、以下のような特性・特徴があげられる。

すなわち、再生エネ電気のなかで、未利

用木材バイオマス発電と、太陽光や風力など他電源との大きな違いとして、①資源再生に時間がかかり、その資源管理が要求されること、②長期にわたり費用を掛けた木材を伐出・集材し、チップ等に加工し発電所まで運搬する過程で積み上がる燃料コストが高いこと、③燃料の安定的・持続的な調達体制を構築することが必要であること、および④木質バイオマス燃料の生産などに伴う持続的な経済波及効果がある。

また、以上のような特性・特徴の諸点が、木質バイオマス発電の推進にあたっての論点にもなっている。よって、前述の①～④について分析を行い、課題を考察することとする。

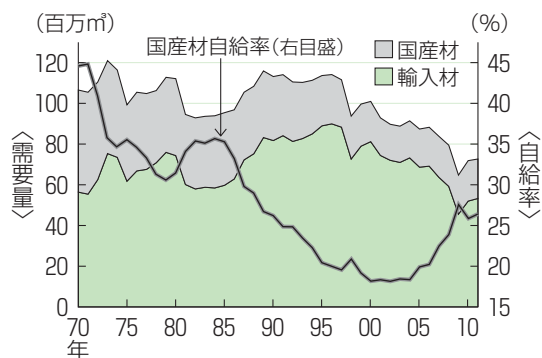
(1) わが国の森林資源・林業の現状認識 —絶対的需要不足の現状と需要開発の 必要性—

木質バイオマス資源の再生には時間を要する。建築用材を主用途に想定すれば、おおむね50～60年が最低必要とされる。したがって、森林の成長を大きく上回るような過剰な木質バイオマス資源の利用は、林業という地域産業の長期的な基盤を不安定にする。したがって資源再生に配慮した循環的利用が前提となる。

また、公共財的経済価値が明確な治山治水だけでなく、広範な自然・生態系環境への影響という観点からも、森林の資源管理が重要であることは論をまたない。

それでは、わが国の森林資源・林業の状況について、どのような認識を持つべきで

第1図 国産材、輸入材別も木材需要と自給率



資料 農林水産省「木材需給表」から作成

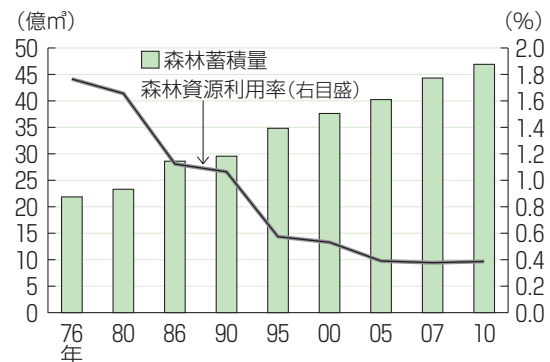
あろうか。

わが国の木材総需要は、2000年代に入り、建築製材用を中心に減少が継続した。00年に10,100万m³だった木材総需要は、08年には79.5百万m³とほぼ2割減少となった。リーマン・ショック直後の09年に64.8百万m³へ激減したのは、一時的ショックの効果が大きかったが、11年も約74百万m³の回復にとどまっている。この10年来の木材総需要の減少過程では、輸入材が大きく減少する一方、国産材は比較的底固く推移し、その結果国産材自給率は反転している(11年の自給率は約27%)が、国産材の需要は20百万m³を割り込む低位にある(第1図)。

これに対し、森林蓄積量は人工林の成長などにより増大してきた。農林水産省の試算によれば、1976年に21.9億m³だった森林蓄積量は、直近の試算である10年には46.9億m³へ2.1倍に増えた。年間の国産材需要を森林蓄積量で割った資源利用率は、欧米の平均が1.3%程度であるのに対し、わが国は0.4%にすぎない(第2図)。

また、国産材の需要は20百万m³を下回るのに対し、10年の森林の年間成長量は74百

第2図 森林蓄積量の増大と森林資源利用率の低下



資料 農林水産省「森林センサス」、林野庁「林業白書」などから作成

(注) 森林資源利用率=国産材利用量(5年後方平均)÷森林蓄積量。

万m³と試算されている。

以上の状況は、森林蓄積の進行のもとの国産材の絶対的な需要不足と認識されるべきだろう。さらに、現状用途を前提とするならば、将来の木材総需要についても樂觀できない。人口減少・高齢化の進行に伴い、新築住宅着工や紙・板紙の需要がさらに減少する可能性がある。それに伴い主要用途である建築製材用向けやパルプ・チップ用向けの木材需要が減少し、国産材の需要不振へと波及することが想定される。森林資源を第一義的に考えるべきというよりは、木材の絶対的な需要不足を改善することが必要ではなかろうか。そのような観点から、本稿のテーマである未利用木材等の国産材のエネルギー利用などの需要開発を行うことは重要である^(注13)と考える。

(注11) 林野庁「森林・林業白書(2005)」参照。

(注12) 渡部喜智(2010)などの試算では、2020年の新築住宅着工は70万戸程度まで減少する可能性がある。

(注13) 森林資源の増加のもとでの林業活性化―「森林産業」化の提言として、未来を創る森林産業改革委員会(2012)参照。また、ルポルタージ

ユを含む林業・山村の現状については、田中淳夫（2007）参照。

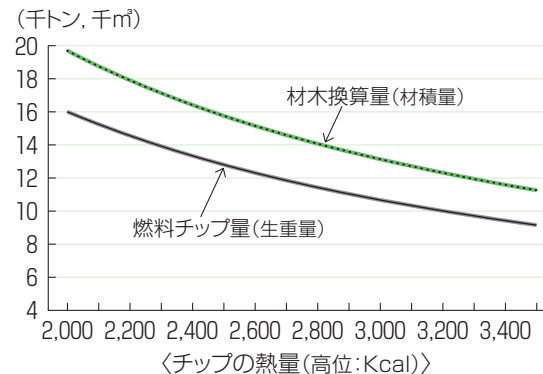
（2）未利用木材バイオマス発電の木材需要喚起効果

未利用木材バイオマス発電では、どの程度の木材の需要が見込めるか。以下では、出力1,000kW規模の未利用材バイオマス発電所（年間稼働率85%）を前提に、機械的に試算する。試算を行う場合、①発電所における発電の熱効率と②燃料用木材チップ（以下「燃料用チップ」という）の重量単位当たり熱量（=kcal/kg），が重要な変数となる。

前者の発電の熱効率は、高い方が燃料は少なくて済む。木質バイオマス発電所では大型石炭火力などに比べ熱利用がほとんどなされていないこともあり低く、20%程度（注15）（15～25%の範囲）が標準的と言われる。また、後者については、「含水率」が低い方が単位重量当たりの熱量は上がる。全国木材チップ工業連合会の報告書などによれば、^{（注16）}「湿量基準」^{（注17）}の含水率が30%程度を基準的な規格とする考え方をしており、その場合の熱量は3,000kcal/kg（高位発熱量ベース）程度である（以下、スギを主な試算対象とする）。

以上の前提のもとで試算すると、出力1,000kW規模の未利用木材バイオマスの専焼発電所が年間に必要とする木材チップ量は1万600トンほどになる（第3図）。なお、熱量が3,200kcal/kgに上がれば、必要チップ量は1万トン程度に減る。なお、石炭等との混焼発電では熱効率が比較的高いことから、発電量当たり木材需要量は一段縮小す

第3図 出力1,000kW規模当たりの年間必要チップ量(スギ・チップを前提にした試算)



資料 国家戦略室「コスト等検証委員会」資料などから作成

(注) 1 発電の熱効率=20%, 年間設備稼働率=85%の前提を置き試算。

2 チップの熱量は高位熱量ベースとして考える。

3 製紙用チップは絶乾トン換算が取引慣行だが、燃料チップは慣行的に生重量トンであることを踏まえ、材木換算は「全国木材チップ工業連合会」の報告を基に、チップから材木の材積への換算係数は1.2とする。

るが、同様に木材需要喚起に貢献すると見込まれる。

また、燃料用チップは一定の含水率を認容した「^{（注17再掲）}生重量トン」・ベースで取引されており、これまでチップ需要の大宗を占めていたパルプ用チップの「^{（注17再掲）}絶乾トン」・ベースの取引と異なる。したがって、燃料用チップを作るのに必要な材木（丸太）の重量を、材積（かさ）に変換する計算のための換算係数は、絶乾トン・ベース（2.2程度）よりも大幅に低い。ここでは前述のチップ工業連合会の報告を踏まえ、1.2を用いる。よって、前述の1万600トンを作るための材木の材積量（m³）は、チップ加工過程での材料消失率（25%）を含めて考えると、1万3,000m³強（ $=1.06 \div (1 - 0.025) \times 1.2$ ）になる。

また、標準的モデルプラントと言われる出力5,000kWの未利用木材バイオマス発電所について試算すれば、年間6～6.5万m³の木材需要が想定される。この需要規模は、

〈参考3〉上位20道県の素材生産量と森林資源の利用状況

木質バイオマス発電用の木材需要が発生しても、現状懸念されるのは必要な出材が可能かという施業態勢面などの問題である。

下表の県別素材生産量は、第20位の長野県でようやく25万m³強にとどまる。地方圏においても素材生産が減少し、伐出・集材の態勢が弱体化している可能性がある。一方、5,000kW規模の発電所が必要とする木材需要は地域内ではかなりのインパクトがある。

森林所有者と素材生産者へインセンティブをもたらすような未利用木材の価格付けが行われたとしても、伐出・集材などの施業態勢やチップ加工能力が整備されないと、未利用木材バイオマスの構想の具体化が進まないことになる。一方、森林資源の利用が現状極めて低水準にある県も多く、その活用余地が大きいことが分かる。

上位20県の素材生産量と森林利用の状況

(単位 千m³, m³, %)

順位	県名	素材生産量	森林面積当たりの素材生産量	森林蓄積量当たりの素材生産量
	全国	17,492	0.70	0.39
1	北海道	3,183	0.57	0.45
2	宮崎	1,373	2.33	0.91
3	岩手	1,185	1.01	0.54
4	秋田	984	1.17	0.64
5	熊本	919	1.97	0.75
6	大分	775	1.71	0.70
7	福島	695	0.71	0.44
8	宮城	602	1.44	0.82
9	鹿児島	511	0.87	0.42
10	青森	491	0.77	0.44
11	愛媛	479	1.19	0.52
12	栃木	445	1.26	0.67
13	高知	395	0.66	0.29
14	岡山	371	0.77	0.49
15	島根	355	0.68	0.36
16	岐阜	300	0.35	0.19
17	三重	299	0.80	0.41
18	山形	293	0.44	0.32
19	広島	260	0.42	0.27
20	長野	259	0.24	0.15

資料 林野庁「森林資源現況総括表」、「木材統計」から作成
(注) 素材生産量は07～11年平均。

地域の林業には相当のインパクトをもたらすものである。その場合、一定地域内に、従来の木材需給に影響を及ぼさないで済む木質バイオマスの安定供給体制が構築されているか、ないしは早急な構築が可能か、がポイントである〈参考3〉。一定地域内の木材資源の蓄積・枯渇リスクや木材供給体制を検証した実現可能性調査（フィージビリティ・スタディ）と、それに基づく態勢整備についての行政等の支援が必要である。

したがって、個別に地域の立地可能性を検証しなければ、マクロ的な試算も画餅であるが、たとえば全国で出力5,000kW規模の未利用木材バイオマス発電所が20か所稼働し、合計出力が10万kW規模となれば、計算上の木材需要は120～130万m³になる。ただし、この木材需要は現状の国産材需要の7.0%程度にとどまる。国産材需要を大きく底上げするような規模ではなく、林業資源への影響もほとんど想定されないことが理解される。

(注14) 燃焼により生まれた熱量が、どの位電気になるかの変換効率のこと。

発電端の熱効率＝一定時間発電量 (kWh) × 860
(換算係数) ÷ 一定時間発生熱量 (kcal/kg)

(注15) わが国電力会社の最先端大型石炭火力発電所ではコンバイン型への改良などにより、熱効率が最高55～60%近くまで上昇していることが報告されている。

(注16) 全国木材チップ工業連合会 (2012) 参照。

(注17) 生重量トン=Wは、乾燥が完全にされていない含水率を求めようとする木の重さ。

絶乾重量トン=Woは、実験乾燥器に入れ乾燥させ恒量 (それ以上減量しない一定の重さ) に達したときの木材重量。

乾燥を行うと、水分=W-Woが減量するとともに、木材の材積も縮減する。

$$\text{乾量基準の含水率} = \frac{(W - Wo)}{Wo}$$

$$\text{湿量基準の含水率} = \frac{(W - Wo)}{W}$$

(3) 未利用木材バイオマス発電におけるコスト構造等と燃料調達の関係体制構築

次に、算定委員会の資料や議論を基に、未利用木材バイオマス

発電の買取価格設定におけるコスト構造を説明する。

算定委員会では、未利用木材バイオマス発電においては燃料源の伐出・集材のためのコストが高いとともに、安定的な燃料調達体制の整備・構築が必要であり、事業リスクも高いという認識が得られた。算定委員会における発電事業者の説明資

料に沿うと、燃料用チップの購入単価を12,000円/トンとすると、kWh当たりのチップなど燃料費は20円近くかかるとされた。ただし、この燃料用チップの価格水準は、既存用途であるパルプ用チップとの調達競争を回避することに配慮した設定と考えられ、近年の針葉樹チップ価格の全国平均を若干下回っている。それに、発電所建設費などの資本費と人件費などの運転維持費を加えると、コスト分だけで25.42円/kWhとなる。

さらに、発電事業者には中程度の事業リスクとして8%の収益率を認定し加算した結果、積み上げた合計は31.83円/kWh≒約32円となり、買取価格も32円/kWhとなった(第2表)。

以上のコスト等の構造を「縦の積み上げ」とすれば、未利用木材バイオマス発電所を

第2表 調達価格等算定委員会における未利用木材による発電コスト等の試算

〈前 提〉 発電所出力 5,700kW 設備稼働率 93% 所内率(自家消費率) 16% 年間売電量 約39,000千kWh=5700×24時間×365日×93%×(100-16)% 稼働年数 30年		
	kWh当たり コスト(円)	説明
運転維持費 ①+②	3.92	153百万円
うち人件費①	1.54	60百万円
修繕費②	2.38	93百万円=売電収入×7.5%
資本費 ③+④	2.10	81.9百万円
うち建設費③	2.00	建設費2,337百万円÷30年≒78百万円
修繕費④	0.10	建設費2,337百万円×5%÷30年≒3.9百万円
燃料費 ⑤+⑥	19.40	
うちチップ燃料費⑤	18.46	チップ燃焼:6万t×12,000円≒720百万円
燃料諸経費⑥	0.94	灰処理費用
コスト小計	25.42	
事業収益分	6.41	(IRR 8%)
合計	31.83	

資料 調達価格等算定委員会(第4回)資料から作成

継続的に運転していくためには、燃料用チップなど燃料調達についての川上の森林所有者から素材生産業者、チップ加工業者、そして川下の発電所に至る持続的な「横の連係体制の構築」が不可欠である。その相互依存的な関係を持続可能なものとするには、各関係者のそれぞれの行動や決断の経済的インセンティブとなるような収益分配が行われることが重要である。どの段階かに収益分配が偏れば、安定的な燃料供給は成り立たないと主張したい。

算定委員会における発電事業者の説明資料を踏まえ、筆者が作成した図式に沿って収益分配の流れを川下からさかのぼってみよう（第4図）。

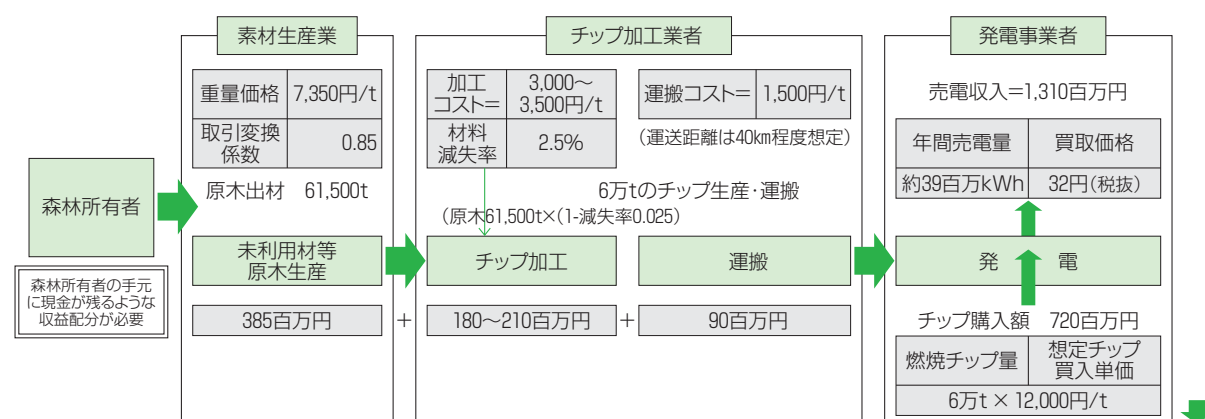
発電所の売電収入は、13.1億円＝買取価格32円/kWh×年間売電量39百万kWhとなる。その売電量を確保する発電を継続的に行うため、6万トン×12,000円/トン＝7.2億

円の未利用木材の燃料用チップの購入が想定されている。その燃料用チップの加工・運搬などにはコストがかかり、加工業者の収益が確保されなければならない。

しかし、燃料調達体制の基軸はチップの材料となる素材（木材等）の生産であり、森林所有者の手元にお金が残るような価格での原木の継続的な販売である。含水率30%の木材の熱量（kcal）を踏まえ、熱量当たりの売渡価格を最低限0.6円/メガジュールとすべきと考え、素材生産業者からチップ加工業者への売渡単価は7,350円/m³となる。その結果、素材取引額は3.85億円＝7,350円/トン×木材61,500トン×取引調整係数0.85となる。

ただし、この素材の価格では、すべての未利用材^(注18)の伐出に収益が還元されることは厳しい。川上サイドでこれを上回る価格での素材買入れが望まれるとともに、効率的

第4図 未利用材バイオマス発電の燃料供給の流れとコスト(試算)



資料 調達価格等算定委員会・資料などを基に、筆者作成

(注) 1 燃料用チップの取引慣行として、重量は生重量トン。

2 燃料用チップは製紙用チップと比べ、樹皮混入の「破碎チップ」も可、材料消失率もわずかで、その分コストは軽減される。

3 チップ用原木の重量を容積に変換する目安で取引変換係数は「全国木材チップ工業会」の報告資料に基づき0.85(m³/t)とする。

4 原木価格は、コスト等検証委員会「バイオマス発電所元データ」と全国木材チップ連合会「燃料用木材チップ・規格のガイドライン」に基づき、標準含水率：湿量基準：30%(乾量基準42.9%)相当の発熱量3,000Mcal/t≒12,300MJ。また、熱量ベース買取価格：0.6円/MJとすれば、1t≒7,376円となることから、素材生産者の売渡価格を7,350円/tとした。

な伐出・集材の実施やコスト低減への取り組み、および地域における低コストの自伐林業の活性化^(注19)などが必要である。また、木質バイオマス発電や熱供給などのエネルギー向けの安定需要が見込まれるようになれば、その供給を目的にするヤナギやポプラ^(注20)など成長が早い広葉樹などの樹種転換を、政策的に行うことも提起されるべきだろう。

(注18) 林野庁「平成22年度素材生産費等調査報告」によれば、間伐の素材生産費（労賃＋物品費＋間接費）は、スギが8,979円/㎡、マツが7,204円/㎡などとなっている。これは第4図の木材買入価格の想定を上回るものであり、平均的には間伐費用を上回る出費も出てくる。

(注19) 中嶋建造（2012）参照。

(注20) IEA（2002）参照。

（4）未利用木材バイオマス発電による地域の就業創出効果

国による再生エネ政策の推進のもとで未利用木材等のエネルギー向け需要が拡大することにより、林業などの就業が創出され地域経済の活性化をもたらすことが期待される。たとえば、未利用木材を燃料源とする発電では、地域内に燃料チップ等向けの木材等需要が発生することにより、それに伴う伐出・運搬などの直接的な就業の創出に加え、波及効果として間接的・多方面の就業創出の効果が見込まれる。

それを産業連関分析により、計量的に試算してみよう。

現時点で最新の05年産業連関表を使い、林業の就業係数と就業誘発係数を日本平均および北海道、岩手県、山口県、宮崎県の4道県について計算した（第3表）＜参考4＞。就

業係数は、林業1単位の生産＝需要が生じた場合の直接的に必要な就業者増加の効果であり、就業誘発係数は、林業1単位の生産＝需要が生じた場合の直接的のみならず間接的・波及的な就業者の誘発者数を示すものである。

日本平均の林業の就業誘発係数の列和は0.117であり、発電所向けに5億円のチップ用原木の需要が発生すれば、間接・波及的に58人＝0.117×5億円の就業者が誘発される。ただし道県別では、産業別の投入構造や労働生産性の違いなどから、就業誘発係数にも違いが出てくる。4道県のなかで、同じ5億円のチップ用原木の需要発生に伴う就業誘発者数は、北海道が84人と最も多く、林業の就業誘発係数（列和）が最も低い宮崎県では29人となっている。

さらに燃料用チップ加工での就業創出と、新たに木質バイオマス発電所が建設されると運転要員が必要になる。チップ加工業では、産業連関表の就業係数（05年表：0.034）から試算すると、約20人と試算される。また、新たに木質バイオマス発電所が建設されると、出力5,000kW規模では最低10人前

第3表 未利用材バイオマス需要による就業創出効果
（産業連関分析の試算）

（単位 人）

	部門数	就業係数の列和	就業誘発係数の列和	5億円のチップ用原木の需要発生による就業誘発人数
日本平均	34部門表を38部門に拡張	0.0807	0.1170	58
北海道	33部門表	0.1009	0.1693	84
岩手県	35部門表	0.0712	0.1075	53
山口県	34部門表を38部門に拡張	0.0606	0.0701	35
宮崎県	37部門表	0.0304	0.0594	29

資料 05年の総務省・道県の産業連関表から試算・作成

（注）就業係数、就業誘発係数などの説明は＜参考3＞を参照されたい。

〈参考4〉 就業創出の産業連関分析

就業係数＝当該部門の就業者÷当該部門総生産額

たとえば、林業の就業係数（100万円当たり）＝林業就業者÷林業（国ないし道県内）総生産額であり、これに新たな需要発生額を乗じることにより直接的に生じる就業者数が試算できる。

また、前述「就業係数」の対角行列： L^* 、産業間の直接・間接の生産波及効果の関係を示す逆行列係数： $[I - A]^{-1}$ とすれば、就業誘発係数＝ $L^* \times [I - A]^{-1}$ と計算される。

未利用木材の需要と生産が、基本的な地域限定的に発生し利用されることにも鑑み、本稿の計算では波及効果は国内、地域内に多くとどまるという想定から、閉鎖経済系の閉鎖系の逆行列係数を使う。

なお、以上の計算は機械的なものであり、労働の効率化や労働時間の延長をはかるなどの行動が生じ得るので、単純に就業者の増加がもたらされるわけではない。

後（1チーム2～3人×4交代）が必要となる。以上を単純に合計すると、日本平均で5億円程度の素材を使う未利用木材バイオマス発電に伴い、90人程度の就業効果が期待される。

地域によって未利用木材バイオマス発電所の就業創出効果の試算に幅はあるものの、一定数の就業者増加により地域経済の活性化効果がもたらされることは確かである。

（5）木質バイオマスによる地域熱供給

以上では未利用木材バイオマスを燃料源とする発電を中心に論考してきた。しかし、木質バイオマスのエネルギー利用において、チップやペレット、薪・炭などを問わず、燃焼して得られる熱を直接的に（冷暖房や温水などとして）使う熱エネルギー活用は、重要かつ本来的な役割である。^{（注21）}

特に、エネルギー利用における熱効率やコスト低減という二つの課題を踏まえると、様々な公共施設・教育施設・公共住宅などの施設を集約・集積し一定規模の熱エネル

ギー需要がある地区（ゾーン）を形成し、熱エネルギーを集中生産し一括供給する「地域熱供給」事業の推進が、全国的にも重要なテーマになると考える。

木質バイオマスのエネルギー利用における熱効率は、文献的には石炭等との混焼による大規模発電が35～45%、複合バイオマス発電が10～30%であるのに対し、地域熱供給の効率は80%以上と圧倒的に高いとされる（第4表）。

また、木質バイオマスのエネルギー利用において運搬は大きなコスト部分を構成している。たとえば、燃料チップの運搬コス

第4表 バイオマスのエネルギー効率

バイオマスエネルギー変換自術	典型的なエネルギー効率(%)
地域熱供給	80～90
石炭等との混焼・大規模発電	35～45
大規模・複合バイオマス発電	10～30
バイナリ流体サイクル発電	16～20
廃棄物燃焼発電	15～30
個人住宅熱利用	20～90

資料 ECOFYS「Evaluation of improvements in end-conversion efficiency for bioenergy production」などから作成

トについての佐々木誠一（2005）の試算に基づけば、運搬車両で若干の違いはあるが、10トン車で運搬距離10kmが700円/㎥程度、同じく20kmが1,000円/㎥前後であるが、40kmでは1,500円/㎥程度、50kmは1,800円/㎥へ跳ね上がる。このコスト増加の試算に基づけば、伐出した木材の集材とチップ等の加工を市町村レベルの一定地域内で行い、それを地元の地域熱供給事業に使うコスト・メリットは決して小さくないことが理解される。

実際に地域熱供給事業を行うためには、繰り返し述べてきたように、燃料源の木質バイオマスの安定調達体制の構築が不可欠であり、その体制構築にコストをかける必要がある。また、熱エネルギーを冷暖房などに利用する様々な公共施設の集積・集約を計画的に行ったうえで、ボイラーなどの燃焼や蓄熱の設備、蒸気・温水・冷水等の熱媒を供給する導管敷設などの付加的な設備コストも要する。一方、未利用木材の潜在的供給基盤がある地域では、森林整備との連携強化や相乗効果、木質バイオマス燃料の生産過程の就業創出など、木質バイオマスを燃料源とする地域熱供給を計画的に拡大する意義は大きい。また、地域内で回す事業であることから、木質バイオマス燃料調達のコスト低廉化や安定化など事業改善サイクルも起動させやすいはずである。

以上の事項にかかる事業を市町村が実施するためには、根拠となる政策および補助金などの予算や許可が（省庁）横断的にならざるを得ない。したがって、政策横断

的な対応が必要な地域熱供給事業を全国的に推進していくためには、その手順や方法などを国がより明確化・具体的に示すことが必要だろう。

^(注22) 山形県最上町の事例によれば、町立病院、老人保健施設、健康・福祉センター、特別養護老人ホーム、給食センターなどが集積した地区に、冷暖房と給湯を供給する地域熱供給システムが運営されている。同町の地域熱供給システムは、民有林の森林整備（間伐促進）を目的に、伐出された間伐材等低質木材の活用の受け皿となるものであるが、12年度は2,700トンの木材チップの燃焼が見込まれ、伐出・集材・チップ加工・運搬などに就業誘発と二酸化炭素削減効果（設備負荷熱量〈町試算〉4,462千kWh×0.000387 tCO₂/kWh≒1,720 tCO₂）が生まれている。

（注21）小島健一郎（2012）参照。

（注22）山形県最上町HP「木質バイオマスエネルギー施設の視察」参照。

おわりに

全国にどの位の数の未利用木材バイオマス発電が立地することになり、その結果マクロ的にどれだけ木材需要を喚起し、林業振興に資するかは、不透明と言わざるを得ない。しかし、地域に立地することになれば、地域林業に相当量の木材需要を喚起し、関係する就業の創出・誘発等により地域経済活性化の効果も期待できることは確かである。

また、その場合において、燃料供給の長期持続性と調達競合が課題となるが、安定

的な燃料調達体制の構築のためには、川上の森林所有者から川下の発電事業者まで、経済的インセンティブをもたらすような適正な収益分配が行われることが重要だろう。そうであってこそ、未利用木材バイオマス発電による木材需要の増加に対応した円滑な供給拡大が可能になると考える。そのためには、エネルギー政策と林業政策の両面から目配りも必要となろう。

国民の利用者負担により推進されるFITは、利用者＝国民の納得感に基づく理解と支持が前提となる。したがって、個別・全体を問わずFITの制度の検証と運用改善を着実にを行い国民に説明していくことが求められる。しかし、基本的に制度の改変は慎重であるべきだろう。FIT制度の長期安定性とそれに基づく信頼性が無ければ、再生エネ電気の安定的な供給増加はありえないだろう。

<参考文献>

- ・朝野堅司（2012）「固定買取の効率化には法改正が必要」『WEDGE』7月号
- ・梶山啓司（2012）「自然エネルギー村ができかねない」『WEDGE』7月号
- ・小島健一郎（2012）「木質バイオマス A to Z」『森林組合』4月号から連載
- ・佐々木誠一（2005）「チップ工場からの燃料用チップ運搬コスト」『岩手県林業技術センター研究成果速報』No.189
- ・全国木材チップ工業連合会（2012）「木材チップ等原料転換型事業 調査・分析事業報告書」
- ・田中淳夫（2007）『森林からのニッポン再生』平凡社
- ・中嶋建造（2012）「バイオマス材収入から始める副業的自伐林業」全国林業改良普及協会
- ・未来を創る森林産業改革委員会（高木勇樹委員長）（2012）『真に持続する森林経営を持続するための5つの提言』日本経済調査協議会
- ・渡部喜智（2010）「住宅市場の現状と長期展望」『農林金融』11月号
- ・IEA（国際エネルギー機関）（2002）「Sustainable Production of Woody Biomass for Energy」Position Paper by IEA Bioenergy

（わたなべ のぶとも）

