

小規模分散型エネルギーとしての木質バイオマス発電の可能性

44091104 小川 沙有里

目 次

用語の手引き

序言—論文の目的と先行研究—

第1章 日本の一次エネルギー供給と電力需給構造の現状

1-1 節 最近 20 年の一次エネルギー国内需給の推移

1-2 節 高まる電力化率

1-3 節 最大電力の視点からの考察

1-4 節 発電設備の現状

第2章 再生可能エネルギー利用の現状

2-1 節 新エネルギーの導入量とバイオマスを用いる発電の相対的位置

2-2 節 発電と熱供給に利用されるバイオマスの新エネルギー供給における位置

第3章 日本の林業の現状と搬出間伐中心の森林整備

3-1 節 日本における森林・林業の現状

3-1-1 項 国産材価格の低落と木材自給率の低下

3-1-2 項 林業就業者の減少と高齢化

3-2 節 林業現場における諸問題

3-2-1 項 林業分野における賃金の推移

3-2-2 項 労働生産性向上が招いた振動病

3-2-3 項 高機能林業機械の導入

3-3 節 森林整備がうみ出す新たな雇用とエネルギー

3-3-1 項 搬出間伐と間伐材利用による雇用創出

3-3-2 項 間伐材のみによる住宅建設に関する試算

3-3-3 項 木質バイオマス利用がうみ出す地域雇用

3-4 節 搬出間伐の意義と木質バイオマス発電

第4章 バイオマス発電の分類と RPS 制度

4-1 節 木質バイオマス発電と RPS 制度

4-2 節 再生可能エネルギーの利用促進と RPS 法

4-3 節 日本におけるバイオマス発電

4-3-1 項 バイオマス発電の四分類

4-3-2 項 日本におけるバイオマス発電の略史と現況

4-4 節	バイオマス発電と森林整備との関係性の有無
第 5 章	全国悉皆調査結果からみた木質バイオマス発電の諸類型
5-1 節	木質バイオマス発電データベース作成方法
5-2 節	木質バイオマス発電の全国的な広がり
5-2-1 項	発電規模別の木質バイオマス発電の施設数と特徴
5-2-2 項	運転開始年別にみた木質バイオマス発電の施設数
5-3 節	燃料調達の違いからみる木質バイオマス発電の五類型
5-4 節	未利用木材を活かす木質バイオマス発電の展望
第 6 章	電力自由化の進展と木質バイオマス発電
6-1 節	地域独占としての戦後日本の電気事業
6-2 節	電力自由化の動き
6-3 節	卸電力取引所の開設と分散型・グリーン売電市場の導入
6-4 節	現在の日本の電力供給の枠組みと木質バイオマス発電
6-5 節	電力システム改革の見通し
6-6 節	送電網と託送料金の問題
6-7 節	期待される小売完全自由化
第 7 章	固定価格買取制度と木質バイオマス発電
7-1 節	固定価格買取制度の沿革
7-2 節	FIT 法に先立つ法整備
7-3 節	RPS 法の実際
7-4 節	FIT 法の導入
7-5 節	FIT 制度による森林整備促進への期待
7-6 節	FIT 法施行後の動き
7-7 節	未利用木材による木質バイオマスの展望
第 8 章	木質バイオマス発電の今後の社会的位置
8-1 節	発電と並んで普及しつつある地域熱供給
8-2 節	木質バイオマス発電の第 3 期
8-3 節	物質循環が森林を内包する縁辺で実現する社会に向けて
結語—まとめと今後の課題—	

付録『木質バイオマス発電データベース（2011年3月末現在）』

用語の手引き

本論文の各所で用いる重要な用語については、ここで一括して解説する。ただし、異なる次元の用語を、あいうえお順（あるいはアルファベット順）に掲げて一つひとつに解説を加えるという通常の方法はとらず、ここでは、最初に以下を一読すれば、木質バイオマス発電の諸側面がまとめて理解できるよう、通読に適した用語の手引きを掲示する。

木質バイオマス発電は、木質バイオマスを燃料とする火力発電のことである。そこでまず**バイオマス**とは何か、**木質バイオマス**とは何かを明らかにする必要がある。林野庁(2013)によれば、「“バイオマス”とは、生物資源 (bio) の量 (mass) を表す言葉であり、“再生可能な、生物由来の有機性資源 (化石燃料は除く)” のこと」である。そして、「そのなかで、木材からなるバイオマスのことを“木質バイオマス”」と呼んでいる。

このように定義される木質バイオマスを燃料とする火力発電には、大別して二つのタイプがある。すなわち、(1) **汽力発電**：木質バイオマスをそのまま燃やし、ボイラーの湯沸かしをし、発生する水蒸気を蒸気タービンに吹きあて、そのタービンの回転力で発電をするタイプ、(2) **内燃力発電**：炉のなかで木質バイオマスを蒸し焼きにして発生する可燃性ガスを内燃機関に導き、そのガスの燃焼で内燃機関を作動させて発電するタイプ、の二つである。

いずれの場合も、発電設備から外部環境に対して多かれ少なかれ排熱が放出されるが、その排熱を比較的高温で回収できるならば、水の加温に用いるなどして温水をつくることにより熱供給ができる。つまり、発電と熱供給が同時に可能となるわけで、これを**熱電併給**、あるいは**コージェネレーション**という。本論文で木質バイオマス発電というとき、それは木質バイオマスを燃料とする熱電併給も含むものとする。

製紙業界の自家火力発電所には、黒液を燃料とする発電所が少なくない。**黒液**とは製紙過程において発生するパルプ廃液を濃縮した可燃性の液体であり、木質バイオマスの一変形である。したがって、**黒液発電**はバイオマス発電であるが、日本での慣習として、これを木質バイオマス発電とは呼ばない。本論文もこの慣習に従い、チップ状などの固体の木質バイオマスそのままを、あるいはそこからえられる可燃性の気体を燃料とする発電のみを木質バイオマス発電と呼ぶ。よって、バイオフェュエル (biofuel) と呼ばれるバイオマス起源の液体燃料 (バイオディーゼルなど) を用いる発電であって、そのバイオマスが木材である場合も、本論文ではそれを木質バイオマス発電とは呼ばないことにする。

以上でみた木質バイオマス発電の定義と関連する言葉の用語法を前提として、木質バイオマス発電の燃料として具体的には何があるかを次にみる。これを林野庁 (2013) は、「未

利用間伐材等」、「製材工場等残材」、「建設発生木材」の三つに大別し、各々に次の説明を加えている。

「**未利用間伐材等**」は、「間伐や主伐により伐採された木材のうち、未利用のまま林地に残置されている間伐材や枝条等が年間約 2,000 万 m^3 発生しています。今後これらを利用していくためには、施業の集約化や路網の整備等により安定的かつ効率的な供給体制を構築するとともに、新たな需要の開拓などを一体的に図っていく必要があります。製材工場等残材や建設発生木材は、ほとんどが利用されているため、更なる木質バイオマスの利用拡大には、未利用間伐材等の活用が重要な課題です」という。

「**製材工場等残材**」は、「製材工場等から発生する樹皮や背板、のこ屑などの残材。年間約 850 万立方メートル発生していますが、そのほとんど（約 95%）が製紙原料、燃料用、家畜敷料等として利用されています」という。

「**建設発生木材**」は、「土木工事の建設現場や住宅などを解体する時に発生する木材。年間約 1,000 万立方メートル発生していますが、そのうち約 90%が燃料用や製紙原料、木質ボード原料等として利用されています」という。

資源エネルギー庁ホームページ（2013）によれば、木質バイオマスの燃焼による発電として、上記の三種類の木質バイオマスのそれぞれに対応するものとして、

未利用木材燃焼発電

一般木材等燃焼発電

リサイクル木材燃焼発電

があるとしている。なお、これらに関連のあるものとして、廃棄物（木材以外）燃焼発電があるとなっている。それらの違いは、燃焼させる燃料の違いであり、具体的には次の通りである。

未利用木材燃焼発電とは、間伐材や主伐材であって、設備認定において未利用であることが確認できたものに由来するバイオマスを燃焼させる発電である。

一般木材等燃焼発電とは、未利用木材およびリサイクル木材以外の木材（製材端材や輸入木材）並びにパーム椰子殻、稲わら・もみ殻に由来するバイオマスを燃焼させる発電である。

リサイクル木材燃焼発電とは、建設廃材に由来するバイオマスを燃焼させる発電である。

廃棄物(木材以外) 燃焼発電とは、一般廃棄物、下水汚泥、食品廃棄物、RPF (Refuse Paper and Plastic Fuel の略、産業系廃棄物の古紙およびプラスチックを原料とした固形燃料)、RDF (Refuse Derived Fuel の略、一般廃棄物由来の圧縮固形燃料)、黒液等の廃棄物由来のバイオマスを燃焼させる発電である。

以上にみる発電の区分のほかに、木質バイオマス専焼か、石炭混焼か、という視点から木質バイオマス発電を分けることがある。この場合、**石炭混焼発電**とは国産の、あるいは海外産の木質バイオマスを石炭と混ぜ合わせて火力発電の燃料にするものをいう。木質バイオマスを細かく砕いてえられる木質チップは、石炭を細粒としたいわゆる微粉炭に数%混合してもよく燃えることがわかっている。石炭に占める木質バイオマスの比率は体積比で3%くらいの場合が多い(発熱量比率で2%程度)。

輸入木質バイオマスが木質バイオマス発電の文脈で論じられるとき、それは、主として木材の粉碎・圧縮から作られる木質チップのかたちで北米(アメリカ、カナダ)から輸入されるものを指す。しかし、それだけでなく、**パーム椰子殻**(palm kernel shell: PKS と略)をインドネシアやマレーシアから輸入し、木質バイオマス発電の燃料にする動きもある。

なお、本論文の後半で頻繁に用いる未利用木材という用語に込められた意味は、それを用いる個人や機関によってさまざまであり、一言で定義するのはむずかしい。しかし、本論文の趣旨にもっとも沿う解説として梶山(2013)があるので、それを参考にして記すと、以下の通りである。

現在の日本に2000万 m^3 あるとされる**未利用木材**は、林地残材と林内放置丸太の二つに大別される。林地残材とは、「木材伐採現場において、用途がなく、そこに放置されている枝条(細い木や枝葉の部分)など」のこと。林内放置丸太とは、「製材や合板、製紙用に使える木であっても、路網が未整備であったり、人材育成が間に合わなかったり、機械の整備が遅れているなどのため、間伐しても運び出されないで切り捨てて林内に放置されている丸太」のこと。

本論文8章3節で論じる**山のごみ**は、ここでの独自の用語で、上記の意味での林地残材と林内放置丸太のことである。ただし、林内放置丸太のなかには、物理的には製材、合板等に使える木材もあり、搬出条件が整いさえすれば、ごみとして焼却処分するより前に素材として利用できる。

序 言

—論文の目的と先行研究—

東日本大震災とそれに伴う東京電力福島第一原発事故により、日本のエネルギー政策の転換が広く議論されるようになった。この議論のなかで再生可能エネルギーへの期待がそれまで以上に高まっている。湿潤な気候が特徴的な森林国である日本では、再生可能なエネルギーの中心は木質バイオマスと水力である。しかし、水力の大規模な利用が大型のダム式発電の形態をとり、河川環境の破壊につながったため、今後の水力利用は小規模な開発に限定されるに違いない。他方、木質バイオマスの利用は、かつて薪炭の利用というかたちで広範になされたものの、1960年代の燃料革命によっていったん衰微した。だが近年、木質バイオマス発電や木質ペレットへの着目というかたちで、木質バイオマス利用の新時代の萌芽が全国各地にみられる。

ところで、現在の日本における電力需給全体の構造をみると、仮に木質バイオマス発電を含む再生可能エネルギーによる発電がなくても、電力不足の生じないことが公的な試算値でも示されている。現代日本におけるエネルギーの大量の供給源は石油、石炭、そして天然ガスであり、少なくとも近い将来、再生可能エネルギーがそれらにとって代わることはない。

他方、日本は森林資源の宝庫であるにもかかわらず、木材輸入自由化などの影響で林業不況が構造化してしまい、これに伴い農山村には活気の乏しいところが多く、森林の荒廃も目立つ。1973年のオイルショック以降、新エネルギーの名の下に木質バイオマス発電が進んではきたが、それは主として木材系の廃棄物の処理方法の一つとしてであった。しかし、二酸化炭素の排出削減という名目のもとに人工林の間伐促進が国策の一部となり、切り捨て間伐の量が増えるにつれ、新しい環境問題が生じることになった。林地残材が山林に増え、森林環境を悪化させている。林野庁を中心とする行政においてもこの問題を放置できず、切り捨てでなく搬出される間伐材の用途の一環として木質バイオマス発電を位置づける必要がでてきた。

従来、太陽光発電や風力発電の装置を生産・販売する民間企業を支援する経済産業省が中心となり、2002年公布の「電気事業者による新エネルギー電気に関する特別措置法」（略称 RPS 法）の下で再生可能エネルギーの普及が図られてきた。しかし、2011年公布の「電気事業者による再生可能エネルギー電気に関する特別措置法」（略称 FIT 法）では、未利用間伐材等による電気の買取価格が、高価な太陽光発電のそれに近い水準に近いところに設定されるなど、これまで以上に木質バイオマス発電に対する林野行政の側からの支援策が目立つ。こうした支援策を活用しての木質バイオマス発電の普及が森林整備と農山村における雇用促進に結びつくかどうか問われている。

本論文は、日本におけるバイオマス発電の歴史を概観しつつ、そのなかにおける小規模分散型エネルギー源である木質バイオマス発電の位置を明らかにし、その現状と今後のさらなる普及にとっての課題を探求することを主目的とする。エネルギー供給一般、そして

電力供給一般をみる場合、先にも述べたように石油、石炭、天然ガス、そして若干の水力を考えれば十分であり、木質バイオマス発電を採算性重視のエネルギー政策の一環に必ずしも位置づけなくてもよい。森林整備、林業再生、農山村の地域振興の面からその普及を考えていくことこそが重要であり、社会的な意義が大きい。

大規模・集中型のエネルギー供給の仕組みの危うさが露わになっているいま、分散型エネルギーの地域社会における重要性がますます高まっている。日本は全国どこも森林に恵まれており、適切な管理のもとでその一部を活用すれば、分散型のエネルギー供給が可能となり、それは森林の整備にもつながる。

本論文に先行する研究として早い時期のものとしては、木質バイオマス発電の初期の実例を分析した清水ほか(1988)、木質バイオマス発電技術一般を論じた熊崎(2000)がある。2001年以降の各地の普及状況を紹介したものには、工藤ほか(2001)、遠藤ほか(2006)、久保山(2006)、竹内(2009)がある。2010年までの木質バイオマスを含むバイオマスによる発電施設と熱電併給施設の全国リスト作成作業の結果も公表された(新エネルギー・産業技術開発機構 2011)。より最近の日本での動きについては、朝野(2011)、伊東(2011)、梶原(2012)、小池・大津(2012)、小川(2012)、梶原(2013)、小川(2013)がある。

欧米諸国でのバイオマスエネルギーの研究としてはTillman(1978)が古典的な名著として名高く、Hakkila(2001)もデータが豊富である。Dornburg et al.(2001)、Demirbas(2005)は、バイオマス発電の様々な方式を紹介している。日本では近年石炭火力発電所において木質バイオマスを数%混入して燃やし、RPS法の要請を満たす技術が採用されている場合があるが、このいわゆる石炭混焼バイオマス発電の欧米での普及状況についてはBaxter(2005)の研究がある。また、日本での木質バイオマス発電を海外に紹介した数例として、Yoshioka, Hirata et al.(2005)、Yoshioka, Aruga et al.(2006)、Kinoshita et al.(2010)を挙げるができる。

これら国内外の先行研究を踏まえた本論文の新しい貢献は、主に次の三つである。

第一に、日本のバイオマス発電を黒液発電、ごみ焼却発電、木質バイオマス発電、メタン発酵発電の四つに区分し、これまで断片的にしか語られなかった各々の歴史的起源を、総合的に明らかにする。さらに、各々の発電施設数と発電規模を2011年3月末現在の推計値として示す。

第二に、本論文の主題である木質バイオマス発電に関し、発電所の全国的な普及状況を上記と同時期について明らかにする。全国悉皆調査により全部で127件あることの判明した木質バイオマス発電施設について、都道府県別分布、発電規模別分布、運転開始年別分布に整理する。さらに燃料調達の方法に関し、森林整備との関係がわかるように五分類した分析を行う。他の研究では明らかでなかったこうした分析を可能にする個々の発電所の情報については、データベース(目次編、詳細資料編)として本論文の付録のかたちで掲載している。

第三に、本論文では日本の木質バイオマス発電の展開過程を、第1期、第2期、第3期

の順に整理する。1960年代から2001年までが第1期、2002年から2011年までが第2期、2012年から現在以降までが第3期であり、各時期に注目された、あるいは注目される木質バイオマスの主体は、順に一般木材等、リサイクル木材、未利用木材である。制度的には、第1期から第2期への移行期に「電気事業者による新エネルギー等の発電に関する特別措置法」(略称RPS法)が成立し、第2期から第3期への移行期に「電気事業者による再生可能エネルギー電気の促進に関する特別措置法」(略称FIT法)が導入されている。

本論文は全8章構成とし、各章は次の内容となっている。第1章は、「日本のエネルギー需給構造の現状」と題し、日本のエネルギー需給の全体像について、その概略を示す。第2章は、「再生可能エネルギー利用の現状」とし、種々の再生可能エネルギーの利用状況を数量的に示したうえで、そのうちに占めるバイオマス発電、とりわけ木質バイオマス発電の相対的な大きさを明らかにする。第3章は、「搬出間伐中心の森林整備による雇用創出と地域経済効果」について取りあげ、荒廃した森林の現状と林業不況の実態について、国産・外材の木材価格の推移、林業雇用の実態をみる。第4章は、「バイオマスを用いる発電の種類とRPS制度」と題し、日本におけるバイオマスを用いた発電の歴史と現状を分析する。この場合の発電は、上述の黒液発電、ごみ焼却発電、木質バイオマス発電、メタンガス発電の四つに分類できる。第5章は、「全国悉皆調査結果からみた木質バイオマス発電の諸類型」と題して、2011年3月末現在で127施設あることが判明した木質バイオマス発電所について、都道府県別分布、出力の規模、燃料調達の方法について分析を行う。第6章は、日本の電気事業の流れのなかで木質バイオマス発電がどのような現状にあるかをみるため、「電力自由化の進展と木質バイオマス発電」と題し、近年、旧来の電力会社の発送配電一貫の地域独占体制の解体が進んできた状況をまず振り返る。そして、新設の卸電力取引所において小口電力の取引も可能になっていることについて考察する。ただし、50kW未満の需要家に対する小売自由化はまだ実現しておらず、小規模で分散的な木質バイオマス発電が本格的に普及するには、完全自由化が求められていることを論じる。第7章においては、「固定価格買取制度による木質バイオマス発電」として、2012年7月から施行されているFIT法の下で、木質バイオマスによる電気が従来に比してはるかに高水準で買い取られることになった点について考察する。第8章は、「木質バイオマス発電の今後の社会的地位」と題し、近年、林野庁も関与を強めている木質バイオマス発電の今後の意義を考える。最後に、結語として本論文のまとめと今後の課題について論じる。

また、参考文献および参考ウェブサイトについては、本論文の末尾に一括して掲載する。

第1章 日本の一次エネルギー供給と電力需給構造の現状

現在の日本におけるエネルギー需給の構造をみると、一次エネルギー供給の8割以上は石油、石炭、天然ガスによってまかなわれている。しかし、木質バイオマスを含む再生可能エネルギーの利用も近年活発化してきている。発電に限定してみても、木質バイオマス

発電の伸びがみられる。大規模・集中型のエネルギー供給の仕組みの脆さが露わになっているいま、全国に分布する森林に根ざす分散型エネルギーの地域社会における重要性は、ますます高まっている。

本章では、そうした現状を数量的に分析する最初の作業として、まず現在の日本における一次エネルギー供給の構造を概観する。次にエネルギー需要の面で電力化率が高まっていることに注目し、全国の総発電設備の規模を示す。

1-1 節 最近 20 年間の一次エネルギー国内供給の推移

表 1-1 は、1980 年度から 2010 年度に至る時期の日本の一次エネルギー国内供給の推移を 5 年おきに示すものである。ここで、「一次エネルギー国内産出+輸入=一次エネルギー総供給」という定義に基づき、「一次エネルギー国内供給=一次エネルギー総供給-輸出±供給在庫増減」と定義される。

最新のデータが得られる 2010 年度についてみると、一次エネルギー国内供給は 22,091 ペタジュール（原油換算 5 億 7,100 万キロリットル）であった。内訳は、石油 40.1%、石炭 22.5%、天然ガス 19.2%であり、それら三者のみで 81.8%を占める。そして次に原子力 11.3%、水力 3.2%、再生可能・未活用エネルギー 3.7%であった（資源エネルギー庁 2012、36 頁）。

ここで、再生可能・未活用エネルギー（再未エネと略記される場合もある）とは、資源エネルギー庁の独特の用語であり、自然エネルギー、地熱エネルギー、未活用エネルギーの総称である。それらのうち自然エネルギーには太陽光発電、太陽熱利用、バイオマス発電、バイオマス直接利用、風力発電などが含まれる。未活用エネルギーには、廃棄物発電、黒液直接利用、廃材直接利用、廃タイヤ直接利用等の「廃棄物エネルギー回収」、廃棄物ガス、再生油の「廃棄物燃料製品」、廃熱利用熱供給、産業蒸気回収、産業電力回収の「廃棄エネルギー直接活用」が含まれる（資源エネルギー庁 2012、36 頁）。

表 1-1 から推定できるように、近年の日本において顕著であるのは、天然ガスの供給が増大し、その一方で石油が全体に占める割合がかなり急速に低下していることである。また、伸び率は天然ガスほどではないにせよ、石炭供給も増えている。これは、安価な輸入石炭による火力発電が産業界で好まれていることや、鉄鋼生産を維持するための石炭コークスへの需要が続いているためである。原子力発電については、1970 年代から 1980 年代にかけて発電所数が急増したものの、1990 年代には伸びが衰え、近年、原子力発電による発電量は低下しつつあることがわかる。水力にはあまり大きな変化はない。

表 1-1 で再生可能・未活用エネルギー（再・未エネと略）と分類されているものを、第 2 章では総称して再生可能エネルギーと呼ぶが、表 1-1 の分類でみる限り、再・未エネが一次エネルギー供給に占める割合は、徐々に増えてはいるものの、絶対量としては小さく、2010 年度時点で 3.7%にとどまっている。この再・未エネの内容は次の第 2 章で述べるが、そのうち発電部分について、個別の発電施設にまで立ち入った詳細な分析は、本論文の第 4 章、

第5章において行う。

表 1-1 一次エネルギー供給のエネルギー源別推移（国内供給ベース）

（単位：ペタジュール／各エネルギーの一次エネルギー国内供給に占める割合（％）を括弧内に表示）

年 度	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
一次エネルギー総供給	—	—	20,183	22,685	23,622	23,784	23,123
一次エネルギー国内供給	15,920	16,470	19,657	22,001	22,761	22,757	22,091
石 油	10,300 (64.7)	9,120 (55.4)	11,003 (56.0)	11,800 (53.6)	11,157 (49.0)	10,575 (46.5)	8,858 (40.1)
石 炭	2,800 (17.6)	3,220 (19.6)	3,308 (16.8)	3,638 (16.5)	4,203 (18.5)	4,763 (20.9)	4,982 (22.5)
天然ガス	1,010 (6.4)	1,600 (9.7)	2,102 (10.7)	2,538 (11.5)	3,133 (13.8)	3,394 (14.9)	4,234 (19.2)
原 子 力	780 (4.9)	1,500 (9.1)	1,887 (9.6)	2,700 (12.3)	2,873 (12.6)	2,677 (11.8)	2,495 (11.3)
水 力	860 (5.4)	800 (4.9)	833 (4.2)	761 (3.5)	778 (3.4)	672 (3.0)	712 (3.2)
再生可能・未利用エネルギー			524 (2.6)	564 (2.6)	616 (2.7)	676 (3.0)	816 (3.7)
自然エネルギー	180 (1.1)	220 (1.3)	53 (0.3)	45 (0.2)	37 (0.2)	40 (0.2)	172 (0.8)
地熱エネルギー			16 (0.1)	29 (0.1)	30 (0.1)	28 (0.1)	23 (0.1)
未活用エネルギー			454 (2.3)	489 (2.2)	550 (2.4)	608 (2.7)	621 (2.8)

備考) 資源エネルギー庁 (2011) における「図表 47：一次エネルギー供給の推移（長期）」の年度ごとのデータより、5年おきに数値を選択して表示。

1-2 節 高まる電力化率

種々の一次エネルギーの需要についてみると、近年の日本では、電力消費量の増大が顕著である。電力消費量全体は、1973年のオイルショック以降、年々増加の一方となり、1973年度から2007年度の間には2.6倍に拡大した。2008年度から、世界的な金融危機の影響で生産活動が低迷し、産業用を中心に電力消費は減少した。2009年度もその状況が続いた。しかし、2010年度はやや回復し、前年度より3.8%の増加となった。特に、電灯の使用電力量は、1973年度から2010年度の間には4.2倍に増大した。その反面、鋳工業の使用電力

量の増加は1.4倍にとどまった。この結果、電灯と業務用電力などを含む民生用需要が約7割を占めるに至っている。

民生用消費のうち、家庭部門では生活水準の向上、便利さの追求などにより、エアコンや電気カーペット等の冷暖房用機器の普及が急速に伸びている。また、業務部門の電力消費の増加は、事務所ビルの増加、経済活動全体の情報化・サービス化の進展を反映したオフィスビルにおけるOA機器の急速な普及等による。こうした傾向を数量的に表す指標として電力化率がある。電力化率には

$$\text{供給側電力化率} = \text{発電用エネルギー投入量} / \text{一次エネルギー国内供給量}$$
$$\text{消費側電力化率} = \text{電力最終消費量} / \text{最終エネルギー消費量（全体）}$$

という二つの定義がある。

ここで供給側電力化率の定義にある一次エネルギー国内供給量は表1-1に示されるものである。発電用エネルギー投入量とは、例えば一次エネルギーの石炭のうち、そのまま熱源や還元剤として消費されるのではなくに石炭火力発電のために投入される石炭の量、石油のうち重油に加工されて重油火力発電のために投入される石油の量などの合計のことである。

消費側電力化率の定義にある最終エネルギー消費量とは、家庭で灯油ストーブの燃料として使われる灯油の量、都市ガスとして消費される天然ガスの量、家庭や工場で消費される電力の量など、最終消費の対象となるエネルギーの合計のことである。電力最終消費量とは、民生部門、産業部門が消費する電力全体をいう。

2010年度に関していうと、供給側電力化率は43.6%、消費側電力化率は24.0%であった。1990年度の電力化率が各々40.1%、19.4%であり、2000年度が各々41.5%、21.0%であったことからみると、どちらの定義によっても電力化率は高まってきていることがわかる。

1-3 節 最大電力の視点からの考察

2011年3月の福島第一原発事故を受け、政府の国家戦略室において、ある検討がなされた。それは、電力需要が最大となる夏に、原発なしでもそれを満たすだけの電力供給が可能かどうかを、AとB二つのチームでそれぞれ検討し、試算を示す、という使命を帯びたものであった。

Aチームは経済産業省のチームであり、その試算値は2011年7月に公開された。しかし民間人からなるBチームの試算値は、2012年2月2日のテレビ朝日モーニングバード放映で梶山恵司（元・国家戦略室員、現・富士通総研主任研究員）らが明らかにするまで存在が知られていなかった。以下は、Aチームの試算値と、2012年になってはじめて明らかになったBチームの試算値との比較表（表1-2、表1-3）である。

表 1-2 2012 年夏の電力需給に関する国家戦略室の試算値（単位：kW）

	A チーム（経産省）	B チーム（民間）	
		中間シナリオ	楽観シナリオ
需要	1 億 7954	1 億 7076	1 億 6822
供給力	1 億 6298	1 億 7558	1 億 7828
余裕は？	-1656 (-9.2%)	482 (2.8%)	1006 (6.0%)

表 1-3 A、B 各チームの計算根拠（単位：kW）

		A チーム	B チーム	
需 要		1 億 7954	1 億 7300	
需給調整	なし	1 億 7954	1 億 7300	
	あり	0	-224	
供給力		1 億 6298	1 億 7558 (+1260)	
	原発	0	0	
	火力		1 億 3200	1 億 3784 (+584)
		真夏に定期点検	あり	やめると 320
		他社から受電	なし	あり 144
	自家発電の追加	なし	あり 120	
	水力	1296	1296	
	揚水	1804	2200 (+396)	
	地熱など	47	47	
	再生可能エネルギー	0	280 (太陽光発電のみ)	
	融通など	-49	-49	
余裕は？	-1656 (-9.2%)	482 (+2138) (2.8%/6%)		

出典) 表 1-2、表 1-3 とともに、テレビ朝日モーニングバード 2012 年 2 月 2 日放映番組における梶山恵司のデータより作成。(注) B チームの再生可能エネルギー 280 万 kW は太陽光発電のみを試算。

A チームは、2010 年の夏が猛暑であったことを前提にして、最大で 1 億 7954 万 kW が必要と想定した。これに対して供給可能であるのは 1 億 6298 万 kW であり、9%の

不足が生じるとした。ただし、この試算は自家発電や再生可能エネルギーによる発電の分はいっさい含めていない。これに対し、Bチーム（富士通総研など民間団体）の試算は、最大電力を1億7076万kWという仮定のもとで、1億7558万kWの供給が可能であるから、2%の余力があるとした。

なお、2011年夏には、産業界を含めて多くの国民が節電したので、最大電力は1億5661万kWにとどまった。しかしBチームは、2012年夏にはそこまでの節電はなされないという想定で、上記の1億7076万kW程度を最大電力としたのである。この試算においては、自家発電からの供給可能分120万kWに夏場ということで太陽光発電280万kWをプラスする場合、電力供給には6%もの余裕が生じるという結果が得られている。

1-4 節 発電設備の現状

以下では、この国家戦略室の試算を参考にしながら、独自の試算を行なうが、一般電気事業者10社の合計で、1995年以降、年間最大電力が大きかった日のピーク時の電力需要を見ると

2007年8月22日	1億7900万kW
2005年8月5日	1億7800万kW
1995年8月25日	1億7100万kW

という記録がある（『エネルギー白書2011』、第214-1-2図）。このことと、上述のAチームの想定を合わせて考慮すると、人口減少が進む今後の日本においては、たとえどんな猛暑でも夏の最大電力が1億7000万kWを少し越える程度であると考えてよい。

これに対し、2012年5月17日現在の日本で運転を認可、ないし許可されている3045箇所の発電所の電気出力合計は、表1-4にみるように2億6165万kWである。そのうち原子力4630万kWを除くと2億1535万kWである。

(表 1-4 挿入「全国発電設備一覧」)

この表 1-4 をみる際には一つ注意が必要で、それは火力（バイオマス）の意味についてである。そこで火力（バイオマス）発電所となっている発電所のなかには、木質チップなどの木質バイオマスを数%程度ほど石炭と混焼している大規模な石炭火力発電所がいくつかある。それらは大規模なものは、小川（2011）によると 18 箇所、電気出力の合計は約 1552 万 kW である。このことを考慮して表 1-4 を部分的に組み替えたうえで簡略化したのが表 1-5 である。ここでは化石燃料火力およそ 1 億 6059 万 kW、バイオマス火力およそ 319 万 kW となっている。

表 1-5 発電方式別の発電所数と電気出力（2012 年 5 月 17 日現在）

発電方式	発電所数（件）	電気出力（MW）
火 力	260	160,590
火力（バイオマス）	331	3,190
原 子 力	17	46,300
水 力	1894	22,118
水力（揚水）	44	26,359
地 熱	16	540
風 力	360	2,459
太 陽 光	101	98
複 合 型	22	14
合 計	3045	261,657

備考) エレクトリカル・ジャパンの個表（下記のサイト）より筆者集計。

<http://agora.ex.nii.ac.jp/earthquake/201103-eastjapan/energy/electrical-japan/>

以上を前提に、発電方式別の設備容量と夏場に運転可能な設備規模の想定値を挙げると表 1-6 のようになる。

表 1-6 発電方式別の設備容量と夏場に運転可能な設備規模の想定値

発電方式	発電出力 (MW)	夏場のピーク時運転出力 (MW)	備 考
火 力	160590	136501	稼働率 85%程度
火力（バイオマス）	3190	1500	ごみ発電のみ
原 子 力	46300	0	停止中
水 力	22118	13270	稼働率 60%程度
水 力（揚水）	26359	25000	揚水済み

地 熱	527	368	稼働率 70%程度
風 力	2459	246	稼働率 10%程度
太 陽 光	98	15	稼働率 15%程度
複 合 型	14	0	—
合 計	261657	176900	—

備考) 表 1-4 を参照し、筆者が作成。

この試算によって、夏場のピーク時に限り火力発電を 85%程度のフル稼働に近い運転を実現できるならば、原子力をすべて停止したまま、また木質バイオマス発電がなくても、国家戦略室の B チームの想定する最大電力は、2012 年に限らず今後とも満たすことが判明した。

第 2 章では、以上でみたように電力化率の高まっている現在の日本において、再生可能エネルギーによる発電がどのような状況にあるかを考察する。

第 2 章 再生可能エネルギー利用の現状

本章では、近年、社会的関心の高まっている再生可能エネルギーによる発電と熱供給に関し、まずその大きさを数量的に明らかにし、そのなかにおけるバイオマス発電の相対的な大きさを示す。その上で、本論文の主題である木質バイオマス発電がバイオマス発電全体に占める割合を推定する。

2-1 節 新エネルギーの導入量とバイオマスを用いる発電の相対的位置

表 2-1-1 は、新エネルギーとして分類される各種エネルギーについて、それらのうち発電に利用されている規模の 1990 年度以降の推移を示す。(表 2-1-1 挿入「新エネルギーの導入量 (発電)」)

表 2-1-1 にある廃棄物発電は、産業廃棄物発電、RDF (Refuse Derived Fuel の略、一般廃棄物由来の圧縮固形燃料) 発電および RPF (Refuse Paper and Plastic Fuel の略、産業系廃棄物の古紙およびプラスチックを原料とした固形燃料) 発電、下水汚泥による発電も含む。これらは、一部に廃プラスチック起源の燃料を用いることのある発電であるが、生物起源の燃料も含んでいるため、広い意味での再生可能エネルギーによる発電とみてもよいであろう。

表 2-1-1 のバイオマス発電は、二つの種類からなる。一つは木質バイオマス発電であり、もう一つは家畜糞尿の嫌気性醗酵で得られるメタンガスを燃料とする発電である。しかし、後者の実施例はわずかであるため (小川 2011)、表 2-1-1 におけるバイオマス発電は、その大半が木質バイオマス発電であると考えてよい。「黒液・廃材等」とは、製紙業界においてパルプ廃液を自家火力発電の燃料に用いる場合、それを黒液といい、製紙工場では、黒液

とともに工場で自家発生する廃材等をも発電燃料にするので、統計上、「黒液・廃材等」という括りが設けられているのである。そこでの黒液も廃材等も起源は木材であるから、実態は木質バイオマスであるが、今日の行政用語、法律用語ではそれを木質バイオマス発電とみる習慣は定着していない。

以上をまとめると、黒液を含むバイオマスを用いる発電が生み出している電力の原油換算値は、2009年度のものとして

廃棄物発電＋バイオマス発電	312 万キロリットル
黒液・廃材等による発電	447 万キロリットル
<hr/>	
合 計	759 万キロリットル

と計算できる。これに対し、新エネルギー全体は 1,282 万キロリットルであるから、それに占めるバイオマスを用いる発電の貢献は 59.2%である。

表 2-1-1 新エネルギーの導入量（発電）

年 度	発 電								
	太陽光		風 力		廃棄物+バイオマス		ごみ発電	地熱発電	黒液・ 廃材等
	万 kl	万 kW	万 kl	万 kW	万 kl	万 kW		万 kl	万 kl
1990	0.3	—	0.04	0.1	44	—	43	50	477
1991	0.4	—	0.1	0.3	47	—	47	54	490
1992	0.5	—	0.1	0.3	50	—	50	55	478
1993	0.6	—	0.2	0.5	53	—	53	54	462
1994	0.8	—	0.3	0.5	66	54	55	63	449
1995	1.1	—	0.4	1.0	81	65	68	99	472
1996	1.5	—	0.6	1.4	91	76	81	115	477
1997	2.3	—	0.9	2.2	101	82	96	118	493
1998	3.4	—	1.6	3.8	114	93	108	111	457
1999	5.3	20.9	3.5	8.3	120	98	113	108	457
2000	8.1	33.0	5.9	14.4	120	110	109	104	490
2001	11.0	45.2	12.7	31.3	130	118	124	106	446
2002	15.6	63.7	18.9	46.4	175	162	140	105	471
2003	21.0	86.0	27.7	68.1	214	174	160	108	478
2004	27.7	113.2	37.7	92.6	227	201	158	104	470
2005	34.7	142.2	44.2	108.5	252	215	154	101	470
2006	41.7	170.9	60.7	149.0	291	210	156	108	499
2007	46.9	191.9	68.2	167.5	269	216	155	96	499
2008	52.4	214.4	75.3	185.0	314	237	151	86	486
2009	64.2	262.7	89.0	218.6	312	237	150	91	447
2010	88.4	362.0	99.4	244.0	n.a.	240	157	83	n.a.
2011	120.0	491.0	104.1	255.0	n.a.	n.a.	139	84	n.a.

備考) EDMC 編 (2013) 『エネルギー経済統計要覧 2013』、222 頁に基づき筆者作成。ごみ発電と地熱発電については、217 頁のデータを補足に用いた。kcal 表示の数値に基づいて、原油換算 $1\text{kl}=1.08108\times 10^{-7}\text{kcal}$ の換算比率で表示している。

注 1) 万 kl : 原油換算で表示、万 kW : 発電能力を表示。(注 2) 黒液・廃材等は製紙会社の利用による。

2-2 節 発電と熱供給に利用されるバイオマスの新エネルギー供給における位置

次に新エネルギーのうち、発電に用いられることなく、そのまま熱源として利用される部分について考える。その 1990 年度以降の推移は表 2-1-2 に示してある。(表 2-1-2、挿入「新エネルギーの導入量 (熱利用)」)

表 2-1-2 新エネルギーの導入量 (熱利用)

熱 利 用				
年 度	バイオマス 熱利用	太陽熱	廃棄物熱利用	未利用 (雪氷利用を含む)
	万 kl	万 kl	万 kl	万 kl
1990	n.a.	132	2.7	0.8
1991	n.a.	135	3.2	1.1
1992	n.a.	136	3.6	1.3
1993	n.a.	137	3.6	1.4
1994	n.a.	138	3.5	2.4
1995	n.a.	135	3.8	3.0
1996	n.a.	130	4.4	3.3
1997	n.a.	122	4.6	3.7
1998	n.a.	110	4.4	4.1
1999	n.a.	98	4.4	4.1
2000	n.a.	89	4.5	4.5
2001	n.a.	82	4.5	4.4
2002	68.0	74	164.0	4.6
2003	79.0	69	161.0	4.2
2004	122.0	65	165.0	4.6
2005	142.0	61	149.0	4.9
2006	156.3	58	150.1	4.7
2007	197.8	55	151.8	5.0
2008	175.3	51	148.1	4.6

2009	170.9	48	146.9	4.5
2010	n.a.	44	n.a.	4.7
2011	n.a.	40	n.a.	n.a.

備考) EDMC 編 (2013) 『エネルギー・経済統計要覧』、222 頁を参照し筆者作成。

注) 万 kl : 原油換算の数値を表示。

バイオマス熱利用、太陽熱、廃棄物熱利用、未利用（雪氷利用を含む）と 4 分類される熱利用については、2013 年 9 月現在で、それら分類項目全体について数値がわかっているのは、2009 年度までなので、2009 年度のデータを最新のものとあつかうことにすると、熱利用される新エネルギーは、原油換算で 370.3 万 kl である（2009 年度）。バイオマス熱利用は、このうち 170.9 万 kl である。

ここで、発電と熱利用を合わせた新エネルギー全体の利用量を考えてみると、2009 年度で 1,523.5 万 kl であった。先述のようにバイオマスを用いた発電の貢献分が原油換算 759 万 kl であることに加えてバイオマスの熱利用の面が 170.9 万 kl であるから、発電と熱供給合わせてのバイオマスの貢献は原油換算値で 930 万 kl となる。これは新エネルギー全体の 80.6% に相当する。このバイオマスのほとんどが木質バイオマスに由来するものであるとみてよい。

太陽光発電、風力発電が話題になるが、発電設備そのものは石炭、石油を多用する工業生産の産物であり、その一方で発電実績は完全に天候依存型であり、供給はきわめて不安定である。それらは、送配網のない地域で役立つ特殊電源であり、常用電源としては重要性を欠く。実際、本章で示したように、それらよりも木質バイオマス発電の方が電力の安定確保に適しており、次の表 2-2 が示すように、数量的にみても木質バイオマス発電の方が大きな発電量をもっている。

表 2-2 日本の新エネルギー（再生可能エネルギー）による発電設備容量と発電量の推計値
(2010 年度)

種 別	年間設備 導入量 (万 kW)	設備容量 増加率 (%)	累積設備容量 (万 kW)	推計年間発電量 (億 kWh)	発電量比率 (%)	国内発電量 全体比率 (%)
太陽光	106.3	37.7	388.4	40.83	10.1	0.35
風 力	25.6	11.7	244.0	42.75	10.6	0.37
地 熱	0.2	0.4	54.0	26.52	6.6	0.23
小水力	0.5	0.1	323.9	173.05	42.9	1.49
バイオマス	9.6	3.0	325.6	119.78	29.7	1.03
合 計	142.2	11.9	1335.8	402.93	100.0	3.47

備考) 環境エネルギー政策研究所 (2012) 『自然エネルギー白書 2012』、169 頁、表 3-1 より。

この表 2-2 からわかるように、太陽光発電や風力発電は設備容量に対する発電量の比率が小さいという特徴がある。発電量が天候に大きく左右され、大きな設備を設置しても、実際にはその出力の大きさは保証されない。バイオマスや小水力は、天候に大幅に依存して出力が大きく変動してしまうという問題がない。

なお、表 2-2 におけるバイオマス発電の、2010 年度の累積設備容量 325.6 万 kW という数値が、かなりの過少評価であることについては、本論文の第 4 章、第 5 章で述べる。ただし、この過少評価問題を別としても、バイオマスの貢献度は大きい。

こうした利点をもつバイオマスに関し、日本の場合もっとも有効に利用できるのは木質バイオマスである。次章ではその木質バイオマスを生み出す森林をめぐる諸問題を考える。

最近では再生可能エネルギーといい、かつては新エネルギーということの多かったエネルギーの統計を、本章では『エネルギー白書』、『エネルギー・経済統計要覧』、『自然エネルギー白書』各年度版掲載の統計表を用いて議論した。しかし、再生可能エネルギーのうちのバイオマス発電を詳しく論じるにはこれらの白書類の数値では決定的に不十分である。そこで、バイオマス発電については第 4 章で、木質バイオマス発電については第 5 章で詳述することとする。

第 3 章 日本の林業の現状と搬出間伐中心の森林整備

森林に恵まれた日本において、その荒廃が進み、国産材への需要が低迷しているために林業は振るわず、山村経済が危機に瀕している。そうした危機の打開策として人工林の搬出間伐を中心とする森林整備が求められている。切り捨て間伐とは異なる搬出間伐の場合、間伐材に対する需要がなければ作業は進まないが、需要があれば伐倒や搬出の仕事が生まれ、山村に雇用が創出される。近年の日本では、間伐材を素材（マテリアル）として利用するだけでなく、発電や熱供給のためのエネルギー源として利用する新たな試みが各地で始まっている。

本章では、まず日本の森林と林業の現状を概観し、その上で現在、必要とされる水準の搬出間伐を実行する場合、どれだけの雇用が生み出されるかを試算する。木質バイオマスのエネルギー利用に関し、従来は建設廃材等を燃料とする発電所の建設事例が多かったが、本章では間伐材による発電を含む木質バイオマスのエネルギー利用についても考察し、間伐材の需要喚起の可能性を検討する。間伐を含む山林での労働はいわゆる 3K 労働の一つとみなされてきた傾向があるが、IT 機器を使いこなすような高度な技能が近年では作業従事者に求められるようになっており、山村での仕事のありようにも新しい時代が到来している。本章は、その面からも林業の実態の分析を進める。

3-1 節 日本における森林・林業の現状

日本の森林面積は、国土の約 3 分の 2 に当たる約 2,500 万 ha である。そのうち約 4 割

に相当する 1,000 万 ha が人工林、約 6 割の 1,500 万 ha が天然林である。

人工林の主な樹種は、スギ、ヒノキ、カラマツである。それらのほかにもアカマツ、クロマツがあり、北海道ではトドマツ、エゾマツも少なくない。ほとんどが針葉樹だが、わずかに広葉樹のケヤキやクスノキの人工林もある。天然林とは、自然の力で更新した森林という意味であり、原生林と二次林（天然生林）からなる。里山の二次林では、かつては薪炭材採取などのために人が立ち入っている。天然林の樹種としては、コナラ、ミズナラ、クヌギ、ブナをはじめ、多種多様である。スギやヒノキの天然林もある。

そうした森林を所有形態の面からみると、森林面積の約 6 割が私有林、約 3 割が国有林、約 1 割が公有林である。

『森林・林業白書(平成 24 年版)』などによると、2002 年の日本の森林蓄積は 40 億 4,000 万 m³であったが、2007 年には 44 億 3,200 万 m³へと増加した。5 年間で約 3 億 9,200 万 m³の増加である。平均すると 1 年で約 8,000 万 m³の増加といってよい。人工林についてみると、主伐期を迎える高齢級（樹齢 50 年以上）の人工林は、2017（平成 29）年には 6 割に増加する見込みである。

写真 1：山林から土場を下ろした集材の様子



備考) 2010 年 4 月 11 日 大阪府森林組合・木材センターにおいて筆者撮影

これに対し、日本では年間 2,000 万 m³に満たない木材生産しかなされておらず、それは立木材積にすると約 4,000 万 m³となり、蓄積増加量の 2 分の 1 に過ぎない。他方、欧州の林業の盛んなドイツ、フィンランド、スウェーデンの場合、蓄積は日本より小さいにもかかわらず生産量は日本より多い。オーストリアの森林蓄積は日本の 4 分の 1 にも満たないのに、生産量は日本と大差ない。今日の日本では森林資源が過少利用となっていることは

明らかである。そして、木材需要の大半は輸入材でまかなわれているのである。

こうした森林過少利用の状態下で、森林に囲まれた農山村は深刻な危機に陥っている。一般的に、人工林は間伐など人為による整備がなければ荒廃してしまうため、そうした森林施業が不可欠である。施業とは、目的とする森林を育成するために行う造林、保育、伐採等の一連の森林に対する人為的行為を実施することをいう。現在国内に賦存する森林の多くは、戦後に大規模に植林されたものであり、上述のように今後 10 年で人工林全体の 6 割が主伐期を迎えることが予想されている。主伐期に良材を得るには、今のうちに間伐を進める必要がある。いい換えれば、森林施業の加速化が求められているのである。

しかし、施業を担うべき林業が置かれている状況は極めて深刻である。たとえば、国産材への需要の減退、林業労働賃金の低迷などにより林業就業者数は過去数十年の間に激減した。また、山村人口の高齢化に伴い、林業労働者もが高齢化している。

3-1-1 項 国産材価格の低落と木材自給率の低下

日本においては、戦後復興の過程で木材需要が急増した。これに伴い、国産材の価格は高騰した。その一方で、木材需給関係を安定化させるため、外国産材の輸入制限が徐々に解除され、1959 年には完全に解禁された。さらに、1960 年に木材輸入の段階的な自由化政策が導入され、1964 年に木材輸入は完全自由化された。これに伴い、大量に、しかも安価に供給できる外国産材が次第に市場を支配するようになった。とはいえ、1970 年代には相対的に高価となった国産材への需要も旺盛であり、ヒノキ中丸太、スギ中丸太の価格は、1980 年には各々 1 m³ 当たり 7 万 4,400 円、3 万 8,700 円とピークを記録した（『森林・林業白書（平成 24 年版）』、参考付表、14 頁）。

写真 2：^{はい} 桧ごとに積まれた木材の競りの様子



備考) 2010 年 10 月 26 日 大阪府森林組合・木材センターにおいて筆者撮影。

^{はい} 桧とは、木材を販売する際の単位のこと。材木 1 本または複数のひとまとまりをいう。

しかし、外国為替の変動相場制への移行は円高ドル安を招き、輸入材はいつそう安価になった。国産材価格は、そうした輸入材価格に連動して低下していった。このことは国産材市場の低迷を招き、木材自給率は急速に低下した。

近年になると、自然環境問題への国際的関心の高まりや資源保全の視点から東南アジア諸国やロシアにおいては丸太輸出を制限したり、丸太輸出に関税をかけるなどの新しい動きが見られるようになった。この結果、日本の木材輸入量は減少傾向にある。また、表 3-1 に示すように国産材が輸入材より安価になってきている。ただし、安価であるから国産材がよく売れるようになったかという点と必ずしもそうではない。その理由に関し、笠井博政（共立総合研究所）は「国産材は乾燥が不十分だったり、強度や精度の計測や表示がなかったりと品質が不安定であることが多く、概して供給能力も小さい」（笠井 2011、30 頁）と述べている。これに対し、輸入材は、「大規模工場で入念に機械乾燥した上で、性能表示を徹底して持ち込んでおり、供給能力も十分ある」（同上）。

要するに、国内の森林が生み出す木材が、安価に、しかも少量しか売れないことが、今日の日本各地の大部分の山村経済を危機に陥れているのである。製材所の地理的分布の面でみても、かつての日本においては、山村、あるいはそれに近い地域に小規模な製材所のあるのはごく普通の風景であったという。これに対し、輸入材が支配的になるにつれ、海岸地帯に大規模な製材所が立地するようになった。この結果、製材部門の雇用という点でみても、山村に就職先が少なくなったのである。

(表 3-1 挿入「丸太価格の推移」)

3-1-2 節 林業就業者の減少と高齢化

林業就業者数の推移をみると、長期的な減少傾向にあり、また高齢化が進んでいる。表 3-2 が示すように、林業就業者数は、2005 年には 46,618 人であり、1975 年の 178,979 人に比べ、わずか 30 年間で 1/4 近くまで減少した。しかも就業者の高齢化率が全産業平均と比べて著しく高い。2005 年時点での高齢化率は全産業で 9%であったのに対し、林業では 26%である。

(表 3-2 挿入「年齢階級層別就業者数」)

また、『森林・林業白書（平成 22 年版）』によれば、「林業産出額は、長期的には減少傾向で推移しており、平成 20（2008）年にはピーク時である昭和 55（1980）年の 1 兆 1,582 億円の 38%となっている。この減少分は、ほぼ木材生産額の減少によるものである。昭和 50（1975）年頃には林業産出額の 9 割近くを占めていた木材生産額は、平成 14（2002）年以降、林業産出額の 5 割程度まで下落して推移しており、平成 20（2008）年度には 48%を占めるにすぎない」（同上、66 頁）。さらに白書は、国勢調査の数値を挙げて、「林業就業者の数は長期的に減少傾向で推移しており、平成 17（2005）年には 4 万 7 千人にまで減少している」（同上、74 頁）。

こうした林業就業者数の減少をもたらした要因は何であろうか。この点について白書は、「林業就業者数の減少は、木材価格の下落等により林業採算性が悪化するなか、森林所有者の経営意欲の低下により林業生産活動が停滞してきたこと、また伐採量の減少と森林資源の成熟が進む中で、人手を要する植付や下刈などの造林作業の事業量が減少してきたことを反映したものと考えられる」（同上）と述べている。特に植えつけ・下草刈り等の造林作業は、これまで主に森林組合が担ってきたが、造林作業等の減少に伴い、そうした作業が必要な時期に限って季節的に雇用される労働者が主として減少してきた。林業従事者の高齢化も問題であり、「林業の高齢化率（65 歳以上の就業者の割合）は 26%で、全産業平均の 9%に比べ高い水準にある」（同上）。

しかし、新しい動きがあることにも注目しておきたい。『森林・林業白書（平成 24 年版）』は、「35 歳未満の若年者の割合をみると、全産業で低下傾向にあるのに対して、林業では平成 2（1990）年以降上昇傾向で推移しており、平成 17（2005）年の若年者率は 13%となっている。一部の地域では、林業就業者が増加するとともに、若者の新規就業等により平均年齢が低下している」（同上、114 頁）。つまり、林業の現場においては、労働力の高齢化に歯止めがかかりつつあるといえる。

3-2 節 林業現場における諸問題

森林・林業問題を考える際、林業の現場についての理解は不可欠である。本節では、その点を林業労働者賃金と機械化の二つの側面から考察する。林業における機械化には、その初期には振動病の問題がついてまわったが、それを乗り越えるべく高機能林業機械の導入が最近進んでいる。

3-2-1 項 林業分野における賃金の推移

林業労働者賃金について、2004（平成 16）年度までに関しては林業労働者職種別賃金調査によって詳しく知ることができる。そこでの賃金とは、「1 人 1 日平均決まって支給される現金給与額」のことである。

林業現場では様々な作業が必要で、職種による賃金水準も異なる。そうした労働の実態を詳しく知ることができるのは 1977～2004 年についてであるため以下でデータを挙げる。

調査職種は、チェーンソー伐木作業（自己所有）、チェーンソー伐木作業（会社所有）、機械集運材作業、人力集運材作業、伐木造材作業、伐出雑役、の6職種である。

なお、調査職種平均については、1997（平成9）年から畜力集運材作業を対象外とし、2000（平成12）年から人力集運材作業を対象外とするとともに機械伐木造材作業を新たに対象に加えたため、単純には時系列比較を行うことはできないことに注意を要する。

また、5職種平均とは、伐木造材作業、チェーンソー伐木作業（会社所有）、機械集運材作業、伐出雑役およびチェーンソー伐木作業（自己所有）の平均値である。

1997（平成9）年

上記6職種について、賃金の最も高かったのはチェーンソー伐木作業（自己所有）の13,815円で、次いでチェーンソー伐木作業（会社所有）が13,113円、機械集運材作業が13,083円、人力集運材作業が13,053円、伐木造材作業が12,530円、伐出雑役が10,270円であった。

6職種平均では12,968円であった。チェーンソー伐木作業（自己所有）を除く5職種平均では12,564円であった。

労働者の最も多いチェーンソー伐木作業（自己所有）を100とした職種間賃金格差をみると、伐出雑役が74と格差があるが、他の職種では91～95と格差はあまりみられない。

1998（平成10）年

調査対象6職種平均は12,533円であった。チェーンソー伐木作業（自己所有）を除く5職種平均では12,259円であった。

職種別に賃金をみると、最も高いのはチェーンソー伐木作業（自己所有）の13,121円で、次いで機械集運材作業が13,012円、チェーンソー伐木作業（会社所有）が12,758円、伐木造材作業が12,372円、人力集運材作業が11,955円、伐出雑役が9,651円となっている。

労働者の最も多いチェーンソー伐木作業（自己所有）を100とした職種間格差をみると、伐出雑役が74となり、他の職種に比べて格差が大きい

1999（平成11）年

調査対象6職種平均で12,660円であった。チェーンソー伐木作業（自己所有）を除く5職種平均では12,340円であった。職種別に賃金をみると、最も高いのはチェーンソー伐木作業（自己所有）の13,270円で、次いで機械集運材作業が13,190円、チェーンソー伐木作業（会社所有）が12,740円、伐木造材作業が12,520円、人力集運材作業が11,480円、伐出雑役が9,540円となっている。

労働者の最も多いチェーンソー伐木作業（自己所有）を100とした職種間格差をみると、伐出雑役が72となり、他の職種に比べて格差が大きい

なお、この年より、賃金額の最小表章単位が1円から10円に改められている。

2000（平成12）年

調査対象6職種平均では12,710円となり、チェーンソー伐木作業（自己所有）を除く職種平均では12,160円となっている。

この年の調査から調査職種について人力集運材作業者を対象外とし、機械伐木造材作業者を新たに対象に加えたため、変更となった職種を除いた5職種平均の賃金額は12,660円（前年12,680円）で対前年増減率は0.2%減、自己所有を除く4職種平均では12,030円（前年12,360円）であった。

職種別に賃金をみると、最も高いのは機械伐木造材作業者の13,920円で、次いでチェーンソー伐木作業（自己所有）が13,790円、機械集運材作業者が13,560円、チェーンソー伐木作業（会社所有）が11,980円、伐木造材作業者が11,700円、伐出雑役が9,090円となっている。

労働者の最も多いチェーンソー伐木作業（自己所有）を100とした職種間格差をみると、伐出雑役が66となり、他の職種に比べて格差が大きい。

2001（平成13）年

調査対象6職種平均で12,590円であった。チェーンソー伐木作業（自己所有）を除く5職種平均では、12,260円となっている。

職種別に賃金をみると、チェーンソー伐木作業（自己所有）が13,290円と最も高く、機械伐木造材作業者が12,950円、機械集運材作業者が12,750円、伐木造材作業者が12,590円、チェーンソー伐木作業（会社所有）が12,340円となっており、低いのは伐出雑役で10,390円と1万円台になっている。

労働者の最も多いチェーンソー伐木作業（自己所有）を100として賃金格差をみると、伐出雑役が78と他の職種に比べて格差が大きい。

2002（平成14）年

調査対象6職種平均で12,350円となっている。チェーンソー伐木作業（自己所有）を除く5職種平均では、11,980円となっている。

職種別に賃金をみると、チェーンソー伐木作業（自己所有）が13,000円と最も高く、機械集運材作業者が12,470円、チェーンソー伐木作業（会社所有）が12,450円、伐木造材作業（自己所有）及び機械伐木造材作業（自己所有）が12,160円と12,000円台となっており、伐出雑役が9,700円と10,000円未満となっている。

労働者の最も多いチェーンソー伐木作業（自己所有）を100とした職種間賃金格差についてみると、伐出雑役が75と他の職種に比べて格差が大きい。

2003（平成15）年

調査対象6職種平均で12,330円となっている。チェーンソー伐木作業（自己所有）を除く5職種平均では、12,110円となっている。

職種別に賃金をみると、機械伐木造材作業者が13,360円と最も高く、チェーンソー伐木作業（自己所有）が12,790円、機械集運材作業者が12,520円、伐木造材作業及びチェーンソー伐木作業（会社所有）が12,390円と12,000円台となっており、伐出雑役が9,710円と10,000円未満となっている。

労働者の最も多いチェーンソー伐木作業（自己所有）を100とした職種間賃金格差についてみると、伐出雑役が76と最も格差が大きく、他の職種では97～104と比較的格差は小さい。

2004（平成16）年

調査対象6職種平均で11,910円（前年は12,330円）、対前年増減率では3.4%減であった。チェーンソー伐木作業（自己所有）を除く5職種平均では11,650円（同12,110円）となり、対前年増減率では3.8%減となっている。

職種別に賃金をみると、機械伐木造材作業者が12,640円と最も高く、チェーンソー伐木作業（自己所有）が12,430円、機械集運材作業者が12,170円であり、伐出雑役が9,380円で1万円未満であった。

労働者の最も多いチェーンソー伐木作業（自己所有）を100とした職種間賃金格差については、伐出雑役が75と最も格差が大きく、他の職種では95～102と格差は小さい。

2005（平成17）年以降は、以上のように職種別の賃金水準が全国統計として公表されることはなくなった。このため、より大まかな賃金データを参照するしかない。そのデータは毎年度に『森林・林業白書』に記載されている造林と伐出に関する統計数値である（表3-3）。

表 3-3 林業労働者の賃金（単位：円/日）

年 度	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
造 林	8,812	11,082	12,082	11,795	11,834	11,828	11,743	11,738	11,728
伐 出	10,405	12,748	13,648	13,119	12,963	13,016	12,947	12,898	12,921

出典) 林野庁 (2012) 『森林・林業白書 (平成 24 年版)』、9 頁。

この表 3-3 によると、造林、伐出の賃金はいずれも 2000 年頃までは上昇傾向にあったが、その後は伸びず、むしろ年々低下する傾向にある。

3-2-2 項 労働生産性向上が招いた振動病

森林労働の現場に関し、戦後日本における最も大きな変化はチェーンソーの導入によってもたらされた。従来は鋸を用いて立木を伐倒したり、枝葉を切り払っていたところにチェーンソーが登場し、林業における労働生産性は大きく向上した。しかし、それは、以下にみるような大きな犠牲を伴ったことである。

洞爺丸台風（昭和 29 年台風第 15 号）は、1954（昭和 29）年 9 月 26 日に北海道を襲った台風である。これにより北海道南部に大量の風倒木が発生した。それを速やかに処理するため、従来から検討されていたチェーンソーが本格的に国有林に導入されはじめた。営林局主導によるものである。

これをきっかけにして林業における労働生産性は一挙に高まったが、チェーンソーの長時間使用が人体にどのように影響するかという点はほとんど考慮されなかった。“限界集落”という言葉の造語者である山村研究家の大野晃は、次のように述べている。

「林業における技術革新は、チェーンソーの導入にあるといわれ、その導入は国有林からはじまっている。1953 年、林野庁は“国有林野事業機械化推進要綱”の中で、国有林事業の合理化計画の推進を打ち出し、これに基づき 1954 年から国有林へのチェーンソーの導入を開始し、1958 年、“国有林生産計画”によって、国有林へのチェーンソーの全面的導入・普及がはかられた。民間林業へのチェーンソー導入は、遅れて 1964 年の第一次林業構造改善事業によって行われ、林業生産者、しいたけ生産者、林業労働者などに大量普及がはかられた」（大野 2010、52 頁）。

「（…略…）チェーンソーの導入は、その高性能、高生産性によって、林業労働者一人当たりの伐木量を急増せしめた。しかし、この伐木量の急増は、逆に単価の切り下げとなり、その結果、林業労働者は賃金確保のために、従来以上の労働強化を強いられることになったのである。それとともに、激しい振動と騒音を伴うチェーンソーの作業は、労働者の肉体を蝕み、全身的健康障害を発生させ、彼らを健康破壊へと追いこんでいったのである。いわゆるところの振動病の発生である。国有林労働者に比し、より不利な労働条件におかれている民間林業労働者—彼らの多くは不安定な季節的出稼ぎ労働者である—の場合、低賃金の出来高払い制請負契約であるため、夜明けから日没までの長時間労働を余儀なくされている。（…中略…）彼らはチェーンソーの使用が振動病を発生させることを知りつつも、彼らの送金に家族の生活がかかっているため、長時間労働を余儀なくされている」（同上）。

以上の大野（2010）が示すとおり、林業労働者を重労働から解放するはずのチェーンソーが、その導入初期には林業労働者の健康にきわめて重大な障害をもたらした、その家族の生活をも脅かしたのである。

しかし、チェーンソーをめぐる状況はその後において変化している。その点について、高知大学の研究者たちは、チェーンソーおよびそれとほぼ並行して普及した刈り払い機について次のように述べている。

「木を切る、草を刈る、といった基本作業に用いられるこれらの機械は、どんどんと利

用されるようになってきました。しかし、このような機械でさえも、近年、緩やかに減少に転じています。ハーベスターやプロセッサといった大型の造材機械の導入も背景として考えられますが、刈り払い機も連動して減少していることは、景気の低迷や林業活動の停滞が主な原因と考えるべきでしょう。

これらの機械は、かつて、白ろう病といわれる振動障害を作業者にもたらしていました。1日2時間以内、連続使用10分以内といった使用時間規制が設けられ、機械メーカーには振動加速度3g以下に振動を低減すること、防振装置の取り付けが義務づけられ、半年に1回の定期健康診断も行うなどの、予防対策が講じられてきています」(ウェブサイト：高知大学森林科学コース HP)。チェーンソー保有台数の近年の推移については表3-4のとおりである。

表3-4 チェーンソー保有台数

年 度	1999	2000	2001	2002	2003	2004
台 数	300,541	300,300	292,753	290,929	272,556	260,240

年 度	2005	2006	2007	2008	2009	2010
台 数	245,998	233,064	228,069	222,731	216,953	

出典)「平成21年度 林業機械保有状況調査結果」の概要について主な在来型林業機械の保有状況 <http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/kaihatu/pdf/110331-05.pdf>

(2012年7月15日確認)

注) 国有林野事業で所有するものは除いて表示している。

3-2-3 項 高性能林業機械の導入

チェーンソーの保有台数が減少しているのに対し、近年、高性能林業機械が普及し始めている。高性能林業機械とは、従来のチェーンソーや集材機等に比べて、作業の効率化や労働強度の軽減等の面で優れた性能をもつとされる林業機械のことをいい、主なものとして、フェラーバンチャ(伐倒、集積作業)、スキッド(集材専用トラクタ)、プロセッサ(枝払い、玉切り作業)、ハーベスタ(伐倒、枝払い、玉切り、集積作業)、フォワーダ(積載式の集材作業)、タワーヤーダ(急斜地用の移動式タワー付き集材機)、スイングヤーダ(タワーヤーダに同じ)がある。

写真 3：実際に使われている高性能林業機械の一例



備考) 2012年9月16日 森の力京都(株)の木質チップ製造作業場において筆者撮影。

1980年代後半より北米や北欧、およびオーストリアで使われているような、新しい林業機械が日本国内でも利用されるようになった。これらは「高性能林業機械」と呼ばれ、省力化や労働安全性の向上、労働力確保の面から、今後林業の中心となる機械として期待されている。表 3-5 は、高性能林業機械の普及状況を示したものである。

(表 3-5 挿入「高性能機械の普及状況」)

3-3 節 森林整備が生み出す新たな雇用とエネルギー

2009（平成 21）年の第 170 回国会（臨時会）において、田中康夫参議院議員（当時）は「森林ニューディール」政策の実施と「新産業革命」に関する質問を提出した。質問内容は、遅れているとされる間伐に政府はどう対応しようとしているのか、というものであった。それに対する回答は答弁書 153 号として知られている。答弁書の内容は

「間伐面積の目標については、2007（平成 19）年 2 月に開催した「美しい森林づくりのための関係閣僚による会合」において、「美しい森林づくり推進国民運動」の目標の一つとして、2007（平成 19）年度から 2012（平成 24）年度までの 6 年間で 330 万 ha の間伐を実施することとしているところである。

この目標は、従来毎年 35 万 ha 程度の水準にあった間伐面積を約 1.6 倍となる毎年 55 万 ha の水準に引き上げるもので、現時点でこれを上回る目標に見直すことは考えていない。森林整備事業の経済波及効果、特に雇用創出効果については、事業費 1 億円あたりで雇用できる労働者数について、主な作業種ごとに、例えば、植林作業では約 4,100 人日、間伐を含む保育作業では約 5,300 人日、林道開設では約 1,500 人日と推計している。このように雇用創出効果の高い森林整備事業については、毎年必要な予算を確保しているところである」というものであった。

この例示の数値の背後にあるのは、1 人 1 日の労働を平均 10,000 円とするという仮定である。それではあまりに安すぎるが、あえてそう仮定して計算すると、1 年の労働日数が 250 日であるとすれば、必要な事業費は年間 250 億円ということになる。もう少し現実的に 15,000 円とすると年間事業費は 375 億円である。

本節では、以上の政府答弁より確実に搬出間伐を進める場合の雇用面での利点を検討する。

3-3-1 項 搬出間伐と間伐材利用による雇用創出

間伐が必要な森林が 640 万 ha あるという林野庁などの調査をそのまま受けとめることにして、切り捨てでない搬出間伐によりその要請に応えるものとする、そのために創出される雇用者数はおよそ何人程度になるであろうか。本節ではその試算を行なう。そのために必要なデータの一つとしては、先進林業機械改良・新作業システム開発事業に伴う調査結果がある。

2011（平成 23）年度林野庁補助事業の一つに先進林業機械改良・新作業システム開発事業があった。この事業の事務局を担当したのは、札幌市に本社のある株式会社森林環境リライズである。同社は、本章の第 3-2-3 項で述べた高性能林業機械の導入などの面で作業システムの改善に取り組んだ民間企業や森林組合など全国各地の 38 団体について、林業労働生産性や生産コストを調査し、公表した。以下ではその調査データのうち、皆伐ではなく間伐であることの明示されている団体の実績データとそれ以外のデータを組み合わせる

ことにより、搬出間伐による雇用創出効果を試算してみる（表 3-6 参照）。

表 3-6 搬出間伐の個別データ

所在県名	事業者名	労働生産性 ($\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$)	生産コスト ($\text{円}/\text{m}^3$)
青 森	(有) 白川林業	間伐 5~7	5,400
青 森	(有) 下久保林業	間伐 8.6	5,900
岩 手	(株) 西間林業	間伐 4.4	5,000
茨 城	(株) 堀江林業	間伐 9.2	6,000
新 潟	南魚沼森林組合	間伐 2.3~3.1	11,800
富 山	婦負森林組合	間伐 5~8	7,000~9,000
富 山	西部森林組合氷見支所	間伐 9.57	4,794
富 山	西部森林組合 ^{とみなみ} 砺波支所	間伐 3.52	9,566
愛 知	岡崎森林組合	間伐 5~7.5	5,000~8,000
鹿児島	^{そに} 曾於市森林組合	間伐 3.4~11.9	2,300~5,800

補足) 本文献によれば、各事業主体における特筆すべき点として、ザウルスロボ導入によるコスト削減と枝条等の活用による路面保護（白川）、ハーベスタ中心の作業システムを導入したコストの削減（下久保）、作業路の線形調査に GPS を活用（西間）、ベースマシンのアタッチメント交換による複雑作業種の実施（堀江）、傾斜等団地条件に応じた作業システムの使い分け（南魚沼）、作業路上におけるハーベスタの活用による低コスト化（婦負）、緩傾斜地とそれ以外で作業システムの使い分け（西部氷見）、高密度路網の整備による利用間伐材の増大（西部砺波）、研修による若手育成（岡崎）、ザウルスロボを活用した作業路開設の効率化（曾於）、となっている。

参照) 株式会社森林環境リアライズ (2012)

以上 10 件の事例について、平均値をみると、労働生産性は $5.1\sim 6.8 \text{ m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$ 、生産コストは $6603\sim 7453 \text{ 円}/\text{m}^3$ である。簡単化のため、本研究ではこれ以降、各々を $6 \text{ m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$ 、 $7000 \text{ 円}/\text{m}^3$ と仮定する。

ただし、以上のデータのみでは搬出間伐の生み出す雇用数はわからない。間伐対象となる森林面積 1 単位あたりで得られる間伐材の材積を知る必要がある。この点に関し、詳しいデータを記している資料として、会津若松地方森林組合 (2008) がある。これは、会津西部木質バイオマス研究協議会の委託により、同森林組合が間伐材カスケード調査を行なった際の報告書である。構成樹種はほとんどがスギで、ごく一部にカラマツを含む森林である。(以下での記号 a は面積の単位：アールのこと)。

表 3-7 会津若松地方における間伐材カスケード調査

	間伐対象面積 (a)	総材積 (m ³)
昭和村	463	1,334
金山村	2,254	6,290
三島町	606	1,755
柳津町	1,518	4,670
合 計	4,841	14,049

参照) 会津若松森林組合 (2008) 「間伐材カスケード調査」

以上より、4 町村の平均で 1 a 当りの総材積は 2.9 m³/a であることがわかる (14,049÷4,841)。したがって、先の 6 m³/人・日を前提とすると、1a 当りの間伐に必要な労働は 0.483 人・日/a と計算される (2.9÷6)。

これに対し、日本全体での間伐必要面積は既に述べたように 640 万 ha である。そこで

$$0.483 \text{ 人} \cdot \text{日/a} \times 6,400,000 \times 100a = 309,120,000 \text{ 人} \cdot \text{日}$$

が必要な労働であると計算される。この数値を前提として、1 年当り 250 日の労働を仮定すると 1,236,000 人の雇用が必要、ということになる (309,120,000÷250)。

しかし、異なる齢級の木が育っている 640 万 ha の森林全体にわたって毎年間伐を繰り返すというのは非現実的な想定であり、また、それは森林の適正な管理にとって必要なことでもない。実際には、齢級の高い立木から順次間伐を進めていき、10 年程度のサイクルで元の森林に戻ればよいのである。したがって、望ましい搬出間伐は、123,000 人程度の雇用を創出する (1,236,000÷10) と考えてよい。

以上は、本研究独自の試算であり、得られた数値が妥当なものであるかどうかについては検証を要する。このためには他の類似の研究結果と以上の試算値を対比してみる必要がある。そこで、以下では笠井 (2011) の研究結果を紹介する。

3-3-2 項 間伐材のみによる住宅建設に関する試算

共立総合研究所の主任研究員の笠井博政氏は、国産材、とりわけ間伐材の利用促進がこれからの日本経済にとって重要であるとの認識から、日本の住宅建設をすべて間伐材ユニット住宅の普及に向けると仮定して、その場合に生まれる雇用を試算している。その意味で本章と試算の目的は異なる。しかし間伐を重視している点では本章と問題意識を共有しているといっている。

試算の前提として、笠井 (2011) は、単に間伐作業だけではなく、ユニット住宅の販売に至るまでを視野に入れて、次の手法を取り入れる提案を行なっている。すなわち、

- ① 農業用ビニールハウスによる木材乾燥
- ② 小型汎用設備の活用（製材、ユニット加工）
- ③ 工場一体型のモデルハウス
- ④ 使用素材の絞り込み（3.5 寸角の柱材のみ）
- ⑤ 産地内でのユニット化
- ⑥ ソーラーパワーによる木材乾燥
- ⑦ 不要な装飾資材、補助資材のカット
- ⑧ 広告宣伝、営業マンの廃止
- ⑨ 受発注、在庫情報の共有化

としてまとめられる販売戦略をとることによって価格競争力を高め、消費者に質感や耐久性、メンテナンス性の高さを認知してもらうことが重要だとしている。そうすれば、「集材・製材・乾燥や受発注・在庫管理に必要な雇用が山村部で生まれることになる」（笠井 2011、35 頁）。言い換えれば、「過疎化が著しい山村部における雇用創出こそが、間伐材ユニット住宅を普及させる最大の狙いなのである」（同上）。

この狙いを実行に移そうとするとき、どれほどの雇用が創出されるかを、笠井は次のように試算している。

試算の前提：各工程の必要人員

まず、雇用数試算の前提となる各工程の必要人員を以下の A～C のとおり仮定する。

仮定 A 山林現場要員（山林 10km²あたり）合計 27 名

a. 伐採チームの要員（山林 10km²あたり）

チームの基本構成は 4 名、1 チームで 1 日 1,000m² を間伐するものとし、稼働日数を年 250 日と仮定する。さらに 10 年で 10km² のエリア一帯の伐採を一巡することと仮定すると、これに必要なチーム数は以下の通り。

$$10\text{km}^2 \div (1,000\text{m}^2 \times 250 \text{日} \times 10 \text{年}) = 4.0 \text{チーム}$$

ただし、伐採には単に木を切り倒すほかにも、作業道の整備や下刈り、枝打ち、測量等の業務も必要なため、この作業を行うための要員として 1 チームを追加する。したがって、伐採チームとして必要な人数は 4 名 × 5 チームで 20 名である。

b. 製材チームの要員（山林 10km²あたり）

チームの基本構成は 3 名とする。製材チームは、移動しながら伐採チームが土場まで下ろした木を製材して乾燥チームに引き渡すため、1 チームでエリア一帯の製材を処理できることとすれば、製材に必要な人数は 3 名 × 1 チームで 3 名である。

写真 4：板に加工する製材の様子



備考) 2010年9月18日 大阪府森林組合・河内長野木材加工センターにおいて筆者撮影

c. 乾燥チームの要員 (山林 10km²あたり)

チームの基本構成は4名とし、製材チームに対応して1チームが必要であるとする、乾燥に必要な人数は4名×1チームで4名である。

仮定 B 本部要員 合計 24 人

企画・発注・総務 (各 2 名)	6 人
プロジェクト担当 (受付～竣工まで対応)	6 人
現場指導 (山仕事から工場作業までを巡回)	6 人
システム対応 (データ整備等)	6 人

仮定 C ユニット化工場要員 合計 14 人

購買・管理 (見学者対応含む)	6 人
生産工程 (仕上げ、ユニット化)	8 人

この事業を全国展開するとして、ユニット化工場の数をどうするかを検討する必要がある。これに関し笠井は、たとえば森林面積が広大な岐阜県であれば県下に 3 箇所設置し、愛知県の場合は森林面積が岐阜県の三分の一であるからユニット化工場も 1 箇所にするなど、全国に 80 箇所設置すると仮定している。

搬出間伐の対象面積については、笠井は、日本の人工林面積の半分とし、5,173.5×10

km²としている。

以上を前提にして笠井は全国での雇用者数の試算値を次のように示している。

<試算結果 全国での雇用者数の試算>

山林現場要員：27人×5,173.5 = 139,685人

本部：48人×9ヶ所 = 432人

ユニット化工場：14人×80ヶ所 = 1,129人

合計 141,237人

つまり、間伐材ユニット住宅の普及に間伐材を振り向けることにより、約14万1,200人ほどの雇用が生まれる、というのが笠井の試算結果である。そして、そのうち住宅建設以前の山林現場要員としては年間約13万9,600人の雇用が創出されるとしている。したがって、本研究で先に得た試算値である約12万3,000人という数値は、笠井の研究結果である山林現場要員が約13万9,600人という数値と大差がなく、本研究の試算はおおむね妥当であるといえる。

ところで、笠井の研究は間伐材の用途としてユニット住宅を想定しているのに対し、本研究の主要な関心は、間伐材のエネルギー源としての利用である。このため、以下では間伐材の木質エネルギーとしての利用の考察をすすめていく。

3-3-3 項 木質バイオマス利用がうみ出す地域雇用

林学者の熊崎実は、欧州諸国における木質バイオマスのエネルギー利用に詳しいが、今後の日本における木質バイオマス発電の展開を考える際、熊崎（2009）が指摘しているように、フィンランドの林業専門家ハッキラ（Pentti Hakkila）の考察は示唆に富む。Hakkila（2001）によれば、フィンランドで毎年500万m³の木質バイオマスをコージェネレーションの燃料として利用した場合、同国は、化石燃料の輸入金額を米ドルで1億から1.5億ドル削減でき、木材チップの価値1億ドルが地域社会の活性化に貢献し、チップの調達や発電所の運転管理のために直接に発生する雇用は2,500人、間接的には3,000人の雇用が生まれる、としている。

熊崎は、「林業再建のグリーン・ニューディール」と題された論文において、このハッキラの試算を日本で年間2,000万m³発生する切り捨て間伐材にあてはめるとき、原油輸入量を400万トン減らすことができ、木質チップの価値4億ドル（約400億円）程度が地元へ落ち、直接雇用1万人、間接雇用1.2万人程度の創出が可能になると論じている（熊崎2009、189頁）。

これと類似の視点から、間伐材を木質バイオマス発電の燃料とする場合、どのようなことが可能になるかを以下で検討する。まず、伐採したばかりの丸太の比重はおよそ1であ

る。伐採したばかりの生木は水分を多く含んでいて重く、比重は、厳密には 0.96~0.98 であるが、以下の概算では 1 とする。

上記のように、日本の現状では、切捨て間伐の結果として年間 2,000 万 m³の林地残材が発生している。そこで、切り捨てではなしに、それを土場（林道脇）まで運び出すとすれば年間 2,000 万トンの間伐材が得られることになる。それを集材して運搬すれば、当然のこととして、新規の仕事が発生する。日本林業の現状では、1 トンの木材を集材・運搬には、一人で半日分の仕事になるといわれている。したがって、2,000 万トンの生木の集材、運搬は、1,000 万人分の一日の仕事になる。1 年に 250 日、仕事をするとして、それは 4 万人分の仕事量である（ウェブサイト：木質バイオマスの熱エネルギー利用）。

次に、間伐材の需要分野として木質バイオマス発電を考える。木材は、乾燥して水分を蒸発させて気乾状態になると、比重が 0.39 になる（この場合の含水率は 12~14%）。したがって、年間 2,000 万 m³の間伐材（生木）を出発点とするとき、発電燃料として年間 780 万トンが利用可能ということになる。

それを中規模の木質バイオマス発電所を建設して利用すると仮定してみる。この場合、中規模として電気出力 1 万 kW クラスを考え、その規模の木質バイオマス発電所が必要とする年間木材消費量は何トン程度であろうか。この問題を以下で考える。

計算の簡単化のため、最初は電気出力 1kW を単位として計算する。1 日 24 時間のフル出力運転を想定し、1 年 250 日の操業とする。発生電力量は

$$1\text{kW} \times 250 \text{ 日} \times 24 \text{ 時/日} = 6,000\text{kWh}$$

である。ここで

$$1\text{kW 時の熱量} = 860\text{kcal}$$

であるから、発生電力量の熱量は

$$6,000 \times 860 = 5,160,000 \text{ kcal}$$

である。発電所の熱効率を 20% と仮定すると、これだけの電力量の発生には

$$5,160,000 \text{ kcal} \times 5 = 25,800,000\text{kcal}$$

の熱供給が必要である。

そこで、気乾燥状態の木材 1kg の発熱量として、4,000kcal/kg を仮定すると、木材 1 トンでは 4,000,000kcal となる。したがって、上記の熱を供給するのに必要な木材は

$$25,800,000\text{kcal} \div 4,000,000\text{kcal/トン} = 6.45 \text{ トン}$$

と計算される。

電気出力 1 万 kW の木質バイオマス発電所が当初の想定であったから、それに 1 年間に供給されるべき木材は 6 万 4,500 トンである。もし、他の仮定を変えずに熱効率が 20% ではなく 15% であれば、木材必要量は 8 万 6,000 トンである。また、他の仮定を変えずに年間創業日が 250 日ではなしに 200 日であれば、木材必要量は 5 万 1,600 トンである。

以上を総合的に考えて、電気出力 1 万 kW の木質バイオマス発電所 1 基の運転にかかる年間木材必要量は、5 万~8 万トン程度である。

そこで1基平均年間6.5万トンの木質バイオマスを燃料とする電気出力1万kWの発電所を日本中に分散して120基建設・運転すると仮定すると、調達すべき燃料は年間780万トンと計算される。これは、ちょうど先ほどの気乾間伐材年間供給量に等しい。

発電用の木質燃料価格をトン当たり1万円とすれば、1基当たり6.5億円が年間経費となる。したがって120基建設して、年間780億円の運転費用が常時発生する。

重油火力発電所での重油消費量は、電気出力1万kWにつき2万klとすると、120万kWでは、240万klである。1klの重油価格を7万円として、年間1,680億円の支出が必要になる。

このため、運転経費となる燃料費は、木質バイオマス発電所の方が重油火力発電所より有利となり、前者の燃料費は、地元周辺の木質バイオマス供給事業者の収入となる。約780億円に相当する雇用者数も必要になり、一人当たり年間800万円として、9,750人となる。すなわち約1万人の雇用創出である。

重油火力発電所は、海外に年間1,680億円も支払いをする一方で、雇用効果は重油の輸送と管理事業に限られ、地域経済への貢献はごくわずかである。

以上をまとめると、年間2000万m³の搬出間伐を実行して材を乾燥させ、それを木質バイオマス発電の燃料にすると、全国各地の合計で約4万人の雇用が創出されることになる。

3-4節 搬出間伐の意義と木質バイオマス発電

地域社会の内部での雇用が保障され、予測困難なグローバル経済の浮沈、自然災害などに攪乱されない地域の実現のためには、地域レベルのエネルギー保障が重要である。いい換えれば、エネルギーは遠方からのものだけでなく、各々の地域にあるものが活用されることが大切である。

森林国日本の場合、農山漁村の至る所に森林がある。それを各地域に分散したエネルギーとして利用することができる。ところが、肝心の森林が荒廃しているのが日本の現状である。荒廃を脱する森林整備が求められている。その整備の作業の中心は間伐である。ただし、仮に間伐がなされるとしても、間伐材に需要がなければそれは放置されるだけである。本章では、それを各地域に賦存するエネルギーとして活用できるという観点から議論を進めてきた。

森林の生む木質バイオマスエネルギーの活用の方向としては熱利用と発電があるが、本章では発電に注目した分析を行った。とはいえ、遠距離送電を前提とする発電とは異なる地域社会のための発電の前提はそのための燃料の地域内での調達である。間伐材をその意味での地域分散型エネルギーの重要な部分と考えるとき、まずは切り捨てでない搬出間伐そのものが地域社会にもたらす利益を明らかにする必要がある。なぜなら、搬出間伐が地域社会に雇用をもたらさないようであれば、木質バイオマスのエネルギー利用そのものが地域経済に貢献するかたちでは成り立たないからである。

各地域での木質バイオマスのエネルギー利用の地域ごとの実態や展望に関しては次章以

降で行うこととして本章では、全国レベルでの搬出間伐による雇用、間伐材利用の木質バイオマス発電にも対応できる雇用について、数量的な分析を行った。

本章では、森林整備の根幹をなす人工林の間伐に関し、切り捨てでない搬出間伐が全国的に転換される場合、どれくらいの雇用が実現するかを試算した。その結果、12万人程度の雇用が生まれることが判明した。この試算結果は、日本林業において搬出間伐が本格的になされる時、いかに多くの雇用が全国各地に生まれるかをよく示している。

次に本章では、間伐材を消費する分野の検討に移り、間伐材が燃料として木質バイオマス発電に向かうとして、どれくらいの発電規模が可能か、またそのことによる日本全体、および地域社会の利益がどれくらいのものとなるかを検討した。その結果、約5万人の地域雇用が生まれる可能性のあることが判明した。

これらの試算結果は、地域賦存の分散型エネルギーが地域経済におよぼす効果が無視しえない大きさをもつことを明らかにしたものである。分散型エネルギーの利用形態として、以上では発電のみを考えたが、発電だけでなく熱供給も行なう施設（コージェネレーション設備）の建設も可能であり、その場合、熱利用に伴う雇用も期待できる。

林業就業者数は年々減少するばかりであり、その就業者については高齢化が進むばかりと考えられてきた日本であるが、ごく最近になって、従来とは異なる新たな動きが見えてきている。日本経済全体の停滞傾向の下での農山村での就職、「緑の雇用」政策の浸透など、様々な理由により、林業就業者数がわずかながら上昇しはじめ、若年層の林業への就業もみられる。林業においてもIT技術を駆使するような仕事が求められるようになっており、林業に若い人々が関心をもつ機会が増えつつある。若年層を中心とした搬出間伐施業が進むようになれば、木質バイオマス発電を含む木質バイオマスのエネルギー利用の分野での雇用創出も可能になるであろう。

とはいえ、残された諸課題もある。伐倒での死亡事故が後を絶たない。プロセッサが素材生産の主力となっているのは日本独特のものであり、林業機械化の先進地である北欧などでは伐倒も可能なハーベスタが主力となっている。これらは大型機械が森林内へ進入できない地形が多く、ハーベスタのもつ伐倒機能が利用できない場合が多いからである。人が山の斜面でチェーンソーを用いて木を伐倒する場面は日本では消えていない（『森林・林業白書 平成24年版』、115頁）。この面での根本的な改善が求められている。

木質バイオマス発電、あるいは木質バイオマスによるコージェネレーションは、山村への高度な技術の移転をもたらす。山村が新しい技術を身につけた若年労働者を必要とするようになれば、労働災害を克服する技術開発もなされる。

第4章 バイオマスを用いる発電の分類とRPS制度

バイオマスを含む再生可能エネルギーによる発電を促進する狙いで、2002年にRPS法が公布された。本章では、まずこの法制度の概略を述べ、次にバイオマスを用いる発電には

歴史的に四つに分類できることを示す。これら四分類の各々が森林整備と関係するかどうかを検討し、直接に関係するのは木質バイオマス発電のみであることを論じる。

4-1 節 木質バイオマス発電と RPS 制度

搬出間伐を仮定しての木質バイオマス発電が森林整備につながりうることについては前章でみた通りであるが、木質バイオマス発電の役割が森林整備にあるだけでないことは、東日本大震災によって明らかになった。震災の惨禍を伝える無数の報道の陰に埋もれるようにしてではあるが、次のニュースがあったことからその点がわかる。

福島県白河市に大信発電所という火力発電所がある。木質バイオマス専焼で、電気出力 11,500kW である。これは、株式会社ファーストエスコの子会社の一つである株式会社白河ウッドパワーの発電所であり、2011 年 3 月初旬には保守点検などのため運転を休止していた。そして 11 日、東日本大震災が発生した。地震の揺れに伴い、発電所は、冷却水の取水ができなくなり、また設備の一部に損傷が生じたこともあり、休止期間は長引いた。

しかし、3 月 25 日、ファーストエスコが発表した声明によれば、白河市の協力で 3 月 20 日から取水が可能となり、運転を再開した。昼夜フル出力で稼働しており、燃料である木質チップの調達も安定しているという。同声明は、「今後、被災地域の復興に向けた活動が本格化した段階では、廃木材の処理が相当程度発生することが予想され、当発電所でも可能な限りこうした材を受け入れてまいります方針です。電力の供給と、木質廃棄物の焼却処分分野で、被災地の復興に少しでもお役に立てるよう最大限の努力をさせていただきます」（ウェブサイト：ファーストエスコ）と述べている。

ファーストエスコは、本研究で後に述べる特定規模電気事業者（略称 PPS）の一つであった時期があり、戦後日本における電力の地域独占に対する規制緩和策である電力の部分的な小売自由化の結果として 1997 年に誕生した会社である。同社は、岩国ウッドパワー（山口県）を 2003 年 9 月、白河ウッドパワー（福島県）と日田ウッドパワー（大分県）を 2004 年 2 月に子会社として設立した。それらの会社の発電所が運転を開始したのは、各々 2006 年の 1 月、10 月、11 月である。三社のすべてが木質バイオマス専焼の火力発電所を営営するものとしての創業である。それらのうち先にみたのが白河ウッドパワーの最新の状況である。発生電力は、当初は PPS であったファーストエスコに売電するかたちをとり、ファーストエスコは、契約電力 50kW 以上の需要家にその電気を販売することができた。現状ではファーストエスコのもう一つの子会社として設立された F・パワー社が PPS として買電を引き受けている。

震災からすぐに立ち直ったもう一つの事例として、住友大阪セメント株式会社栃木工場（栃木県佐野市）の場合がある。この工場も、地震による停電で操業を停止した。しかし、工場は木質バイオマスによる自家発電設備（電気出力 25,000kW）を備えており、『日刊工業新聞』3 月 14 日付によれば、12 日には復電したので設備の稼働準備をはじめ、早くも 14 日には操業を再開した。工場は東京電力の計画停電の対象域に属していたが、もともと

その自家発電設備は、工場使用電力の約 80%をまかなえる能力をもっているため、当面の生産に支障はないという。

東日本大震災においては、東京電力福島第一原発の苛酷事故を別としても、茨城県、福島県、宮城県において、多くの原発や大型火力発電所が損傷を受けて、運転中のものは長期停止を余儀なくされ、定期点検などで停止していたものも、損傷修理のために運転がしばらく再開できないなどの事態に陥った。これに対して、発電規模はさほど大きくはないとはいえ、木質バイオマス発電所の復旧は早く、地域の電力需要へ素早く対応している。

4-2 節 再生可能エネルギー利用促進と RPS 法

日本をはじめとする世界の工業先進国では、石炭、石油、天然ガスといった、いわゆる化石燃料にエネルギー供給の多くを負っている。しかし、化石燃料は有限であり、枯渇性のエネルギー源といえるばかりではなく、その燃焼によって発生する二酸化炭素は温室効果をもつガスである。したがって、その温室効果をもたらすかもしれない地球温暖化防止のためには、化石燃料以外のエネルギーの利用が求められる。化石燃料以外で現代社会において役立っているエネルギーとしては、太陽の光や熱、水力、風力、地熱、バイオマスなどがあり、それらは一定期間内に利用できる量には上限があるものの、時間の面では半永久的に利用可能である、という意味において再生可能エネルギーと呼称される。このために欧州諸国を中心に、近年、再生可能エネルギーの利用に対する社会的関心が高まっており、日本も同様である。ただし、問題がある。それは、熱源として使う場合も、発電用のエネルギーとして用いる場合も、費用が高くつく場合が多いという問題である。そこで、再生可能エネルギーの利用を重視する国々の政府は、その利用を促進・支援するための様々な政策を編み出してきた。

本研究が主たる関心を寄せる木質バイオマス発電についていうと、日本では、2002年に「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」（平成 14 年 6 月 7 日法律第 62 号、最終改正：平成 21 年 7 月 8 日法律第 70 号）が公布され、翌 2003 年から施行されている。RPS 法と略称される同法は、その目的を定めた第 1 条において、「この法律は、内外の経済的社会的環境に応じたエネルギーの安定的かつ適切な供給の確保に資するため、電気事業者による新エネルギー等の利用に関する必要な措置を講ずることとし、もって環境の保全に寄与し、及び国民経済の健全な発展に資することを目的とする」と述べている。

同法のいう「新エネルギー等」とは、風力、太陽光、地熱、水力（政令で定めるものに限る）、バイオマス、以上のほかに化石燃料を熱源とする熱以外のものであって政令で定めるもの、という 6 種類である（同法第 2 条第 2 項）。政令で定める水力とは、ダムを用いない水路式発電等で電気出力 1,000kW 以下のものである。これらは、最近の法律用語や日常用語で再生可能エネルギーといわれるものと一致している。なお、以上に記した意味での新エネルギー等を用いることによって発生した電気を「新エネルギー等電気」という。

では同法の目的達成のためには誰が何をするのか。この点に関し、同法第 3 条は、「経済

産業大臣は、4年ごとに、総合資源エネルギー調査会の意見を聞いて、経済産業省令で定めるところにより、当該年度以降の8年間についての電気事業者による新エネルギー等電気の利用の目標を定めなければならない」としている。この目標を「新エネルギー等電気利用目標」（以下、利用目標）」という。続いて同法第4条は、電気事業者ごとの「新エネルギー等電気の基準利用量」について定めている。すなわち、電気事業者は、毎年度6月1日までに、自らの前年度の販売電力量に、以下に述べる利用目標率を乗じた量を、その電気事業者の基準利用量として経済産業大臣に届け出なければならない。利用目標率は、全国の利用目標量（当該年度）を全国の販売電力量（前年度）で除して得られる率である。以上のように基準利用量を定義したうえで同法第5条は、「電気事業者は、毎年度、経済産業省令で定めるところにより、基準利用量以上の量の新エネルギー等電気の利用をしなければならない」と定めている。

なお、利用目標量は2010年度に122億kWhと見積もられた。これを同法の施行時点（2003年4月）での全国の販売電力量を参考にして算出された2009年度予測値で除し、1.35%という利用目標率が算定された。ただし、施行時点における利用目標率は0.84%であり、4年ごとにこれを見直して2010年度には1.35%を実現するというのが同法の立法措置の狙いであった。

個々の電気事業者が達成しなければならない基準利用量を義務量ともいうが、それを達成するために、電気事業者は、経済性などを考慮して以下の三つの方法の中から自らにとって最も有利な方法を選択することができる：

- (1) 自ら発電した新エネルギー等電気を利用する方法。
- (2) 他の電気事業者から購入した新エネルギー等電気を利用する方法。
- (3) 他の電気事業者から新エネルギー等電気相当量を購入する方法。

上記(3)でいう「新エネルギー等電気相当量」は、別名「RPS相当量」ともいい、法の定めに従い電気の利用に充てる、もしくは、基準利用量の減少に充てることのできる量のことである。これは、(1)の方法で義務量の達成ができない場合、もし他の電気事業者が地理的に近いところにいれば、一般電気事業者間での電力の融通と同様なやり方で不足分の購入ができるが、そのような条件が整っていない場合でも、直接に関係のない遠方の電気事業者から電子決済の方法で電気相当量を購入できるというものである。この意味での「RPS相当量」は、新エネルギー等電気の持つ「環境価値」と解釈できる。

電気事業者間で上記(2)の意味で取引される電気の通貨価値を「電気価値」といい、RPS相当量の通貨価値を「RPS価値」という（表4-1参照）。

なお、電気事業者が新エネルギー等発電設備を保有し、この法律が認める設備であることに伴う補助金申請などの特典を得ようとする場合について、同法第9条は、「新エネルギー等を電気に変換する設備を用いて発電し、又は発電しようとする者は、経済産業省令で

定めるところにより、次の各号のいずれにも適合していることにつき、経済産業大臣の認定を受けることができる」としている。そこでの各号とは

- 一 当該発電し、又は発電しようとする者が設置し、又は設置しようとする当該新エネルギー等を電気に変換する設備が経済産業省令で定める基準に適合すること。
 - 二 その発電の方法が経済産業省令で定める基準に適合すること。
- である。この認定を受けた設備を簡略に呼ぶ場合は、「RPS 認定設備」という。

表 4-1 RPS 制度における「電気」および「RPS 価値」の取引価格（円/kWh）

		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
RPS 価値+電気価値	風 力	11.8	11.6	11.1	10.7	10.4	10.4	10.1
	水 力	8.1	8.5	8.4	8.4	7.2	8.9	8.6
	バイオマス	7.2	7.5	7.6	7.7	7.8	8.0	8.7
RPS 価値のみ		5.2	4.8	5.1	4.9	4.9	4.9	5.2

備考) 取引価格についての経済産業省アンケート結果を示した資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部「第 12 回 RPS 法小委員会説明資料 次期利用目標量等について（資料 3）」、7 頁、による。

木質バイオマスはバイオマス一般の一部を構成するものであるが、バイオマスは、RPS 法の定義では新エネルギー等の一部であり、後述する FIT 法の定義では再生可能エネルギーの一部である。

そこでまず、RPS 法の施行以降、新エネルギー等電気の供給量が、新エネルギー等の構成要素ごとにどのように変化してきたかを確認しておく。表 4-2 は、2003 年度から 2009 年度に至る推移を示すものである。

表 4-2 RPS 法で認定された新エネルギー等電気の供給総量の推移（単位：億 kWh）

年 度	風 力	太陽光	特定太陽光	水 力	バイオマス	合 計
2003	9.9	2.0	—	8.4	20.4	40.6
2004	14.4	3.5	—	9.1	22.1	49.1
2005	19.1	4.9	—	7.0	25.0	55.7
2006	21.4	5.4	—	9.4	28.6	64.9
2007	27.4	6.6	—	8.5	31.7	74.2
2008	30.6	7.6	—	9.6	31.3	79.1
2009	37.3	6.8	2.6	9.5	32.2	88.6

備考) 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部「第 12 回 RPS 法小委員会説明資料 時期利用目標量等について」、2011 年 2 月 9 日、6 頁より。特定太陽光とは、2009 年 11 月より 10kW 未満の住宅太陽光発電施設による発電部分を指す用語として使われるようになったもの

で、太陽光とは別に統計上集計されている。

この表 4-2 が示すように、RPS 法施行以後、風力発電と太陽光発電の伸び率が顕著である。その一方で、バイオマスも約 1.5 倍に増加している。次節では、RPS 法の認定設備であるか否かにかかわらず、日本におけるバイオマス発電の概要をみる。

4-3 節 日本におけるバイオマス発電

近年の日本では、地域分散型の再生可能エネルギーへの期待が高まり、バイオマスも注目されているが、その全体像は明らかではない。本節では、バイオマス発電の現状について定量的理解を進めるため、四つの分類各々について、日本におけるその略歴と現況を述べる。

4-3-1 項 バイオマス発電の四分類

今日の日本のバイオマス発電は、(A) 製紙業界の黒液（パルプ廃液）発電、(B) 地方自治体のごみ焼却発電、(C) 建設廃材や製材所の木屑、林地残材等による木質バイオマス発電、(D) 家畜糞尿や下水汚泥等からのメタンによる発電、の四分類に大別できる。この区分に基づき、それら各々の設備件数と発電出力を明らかにする。

これら四つの分類各々に関し、(A) については、最新の全国統計の入手は困難であり、製紙業界の断片的な各種資料と NEDO（2010）が引用している資源エネルギー庁の調査資料（2008 年現在）をつなぎ合わせて発電出力等を推計した。施設総数は 37 である。他の類型については、「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」（略称：RPS 法）に基づく RPS 認定設備一覧が重要な参考資料の一つである。この設備一覧には、バイオマス発電、水力発電、風力発電、太陽光発電、複合発電、地熱発電が含まれているため、それらのうちまず「バイオマス発電」という名称で一括されているものをまず抽出した。そのなかには (A) に分類される認定設備が 9 件あり、それらは先述の資源エネルギー庁の資料（2008 年現在）にあるものと重複する。そこで、その 9 件以外のものを (B)、(C)、(D) に振り分けた。

しかし、RPS 法認定設備一覧に公表されていないバイオマス設備も少なからずある。それらについては、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の『バイオマスエネルギー導入ガイドブック（第 3 版）』やそれ以外の資料を参照した。特に (B) に関しては、ごみ焼却余熱有効利用促進市町村等連絡協議会のごみ焼却設備全国一覧表も参照した。(D) ついても、日本下水道協会の資料などを参照して補足した。本研究が焦点をあてる (C) に分類される設備については、上記以外に、現地調査、電話取材、インターネット検索を行って得られたより詳細な本論文第 5 章のデータがある。

以上の調査結果をまとめて考察する前に、まず次項で、バイオマス発電の各々の類型に関し、それらがどのように日本社会に定着してきたのか、歴史の概略を述べる。

4-3-2 項 日本におけるバイオマス発電の略史と現況

日本のエネルギー供給の歴史に関し、一次エネルギー供給量を熱量ベースで見ると、19世紀末までは薪炭として利用される木質バイオマスが首位の座にあった。しかし、石炭が急増しはじめ、20世紀初頭には薪炭を抜いて首位になった。とはいえ、それは相対的な位置の問題であり、絶対量で見ると薪炭の供給量は1940年には約670万トンであり、その後幾分低下したものの1960年代初頭まではほぼ一定であり、400から500万トン/年程度であった。薪炭の用途として圧倒的に大きかったのは熱供給のためのエネルギー源としてである。ただし、原油が極度に入手困難になった戦中期、および戦争直後には、おが屑や木炭のガス化により乗合バスや乗用車などの内燃機関を動かす試みも盛んに行なわれた。

以上を前史として、以下では(A)から(D)の各々に分けてバイオマスを用いる発電の展開過程をふり返ってみる。

(A) 製紙業界の黒液（パルプ廃液）発電

戦後復興の過程では製紙業も復活するが、洋紙生産の原料となるクラフトパルプについてみると、紙になるのはセルロースである。セルロースを抽出した後に残るパルプ廃液は、リグニンを主とする黒褐色の液体で、濃縮すると黒液と称される液体が得られ、それは重油代替燃料として、火力発電に役立つ。1950年代にすでにそうした黒液発電を採用しはじめた製紙会社があった。東洋パルプ（現・王子製紙）呉工場が1955年3月に完成した回収ボイラーが、日本における黒液発電の出発点と考えられ、それはスウェーデンからの技術導入に拠っていた。1950年代にはそれを含めて5件の黒液発電の導入があった。1960年代、1970年代とそれは急速に増えていった。1980年代以降は、顕著な増加はみられないが、微増しており、2008年度には37件の黒液発電が記録されている。1960年代の燃料革命により、薪炭利用は激減するが、バイオマス全体をみれば、そのエネルギー利用も激減したというわけではなく、黒液発電の伸びが薪炭激減の埋め合わせをしてきた。

黒液は、以上の通りバイオマスそのものであり、RPS法に付帯する公的な資料においてもバイオマスの一つとして記載されている。しかし、黒液発電施設でRPS認定設備になっているものは少ない。2011年3月末現在で総数37件のうち7件のみである。その理由は、黒液発電は製紙工場の純然たる自家火力発電として営まれることがほとんどであるため、製紙工場としてはそれを経済産業大臣にバイオマス施設として認定してもらう動機がとりたててないためであると推察できる。

(B) 地方自治体のごみ焼却発電

今日の日本の行政用語では、廃棄物は一般廃棄物と産業廃棄物に大別される。これらのうち一般廃棄物の処理・処分の責任は地方自治体、より具体的には市町村（東京都23区については区）にある。単一の市町村で処理・処分できない場合は、複数の市町村にまたが

る広域行政組合が責任を負う。一般廃棄物には埋め立て処分される部分もあるが、1960年代以降の高度経済成長の過程で一般廃棄物の発生量も増大した結果、清掃工場に焼却炉を設置し、焼却によって減量を図る市町村の数も増えてきた。この場合の焼却熱への対応としては、(ア) 大気中に拡散させる、(イ) 清掃工場に隣接する温水プールやその他の公共施設で熱利用する、(ウ) 蒸気タービンを駆動する熱源として利用し、発電を行う、の三つの方式がある。これらのうち(ウ)は、ごみ焼却余熱発電、ごみ焼却発電、あるいはごみ発電などの名で知られるものである。

RPS法によれば、そうしたごみ発電は「バイオマス発電」の一部である。ごみ発電の燃料は、一般廃棄物のうち「可燃ごみ」として収集されるごみであり、その主な内容は食品残渣や紙くずなどであり、確かにバイオマスである。なお、化学的には可燃性であっても、プラスチックごみは「不燃ごみ」とする市町村は少なくない。しかし、実際には「可燃ごみ」、「不燃ごみ」の分別収集が厳密になされる市町村とそうでない市町村とがあるように思われる。後者の場合は、バイオマスとは異なる石油由来のプラスチックごみが「可燃ごみ」に混入して燃やされているわけである。このため、ごみ発電の燃料の全量がバイオマスということではない可能性が高い。とはいえ、清掃工場で燃やされるごみの大半はバイオマスであろうという想定の下で、ごみ発電は「バイオマス発電」の一部に参入されているのであり、その点は留意しておく必要がある。

(C) 木質バイオマス発電

日本における木質バイオマス発電の起源については、特定することは困難である。先述のように、戦時中と戦後直後には、おが屑や木炭のガス化により乗合バスや乗用車などの内燃機関を駆動する試みが各地にあったから、実態は不確かではあるが、もしかするとその内燃機関で単に車を走らせるだけでなく、発電機を動かして小規模な電力供給を行なうという事例があったかもしれない。

NEDOの資料は、木質バイオマス発電として最も早い時期に運転を開始したものとして、1960年の王子製紙日南工場（宮崎県に所在し、1960年当時は日本パルプ工業日南工場）を挙げている。二番目に早いのは、兵庫パルプ谷川工場で1974年9月の運転開始である。両者ともに黒液以外の木質バイオマスと黒液を同時に利用する発電設備である。その後は、木質バイオマス専焼の発電が本格化しはじめるが、その初期の事例として、1980年に愛知県のウッドワン蒲郡工場、1981年に三重県の信栄木材、1985年に広島県府中町の株式会社シンコー府中工場、1987年に広島県のウッドワン本社工場がそれぞれ運転を開始した。

1990年代までは、木質バイオマス発電は、施設件数においても、発電出力の全国合計についても、黒液発電、ごみ発電に比べてわずかなものであった。しかし、2002年頃から急増しはじめ、今日に至っている。その理由については後述する。

写真 5：白河ウッドパワー・大信発電所（福島県）の外観



備考) 2008年11月26日 白河ウッドパワー・大信発電所において筆者撮影

(D) 家畜糞尿や下水汚泥等からのメタンによる発電

バイオマスの嫌気性発酵で得られるメタンガスの利用については、大まかに二つの流れがある。一つは、多頭飼育をすればするほど家畜糞尿の発生量が大きくなる畜産農家において、その処理方法の一つとして、それをタンクに貯めて嫌気性発酵を促しメタンを得るものである。それは畜産農家の自給エネルギーとなる（調理用、風呂焚き用など）。小野（1963）によると、日本でのそうしたメタンガス利用の歴史は大正年間に遡り、広島県、岡山県を中心に様々なメタン発生装置が考案されたという。しかし、1929年頃を境にあまり使われなくなった。ところが1950年代から1960年代初期に復活した。

大都市で都市ガスを使った便利な暮らしができるとすれば、農村部ではメタンガスが使えらるとして各地に普及した。その後はプロパンガスの普及などによってメタンガスの利用は衰退した。もう一つの流れは、主として地方自治体の下水処理工場において、処理工程で発生する汚泥を嫌気性発酵させるもので、消化ガスと呼ばれるガスが発生する。その約60%はメタンであり、そのまま燃やせば、下水処理場脇の温水プールの加温などに応用できる。

ところで、メタンガスを発電機と接続した内燃機関に導いて燃焼させれば発電用の燃料として役立つ。メタンガス発生の起源が家畜糞尿の場合も下水汚泥の場合も、その利用の形態は、1960年代頃までの日本では熱源としての利用のみであったと考えられる。だが、近年の再生可能エネルギーへの関心の高まりのなかで、主として大規模経営の畜産農家や畜産グループのなかには、メタンガスの直接の熱利用だけでなく発電にも取り組む事例が

増えてきている。他方、下水道行政においても、消化ガスとして得られるメタンガスを熱利用だけでなく、発電用に利用しようとする市町村が増加している。さらに、食品系の廃棄物についても、その発酵で得られるメタンガスを廃棄物処理場の電力自給に用いる事例がでてきている。

4-4 節 バイオマス発電と森林整備との関係性の有無

バイオマス発電に関する以上の分析結果は、表 4-3 にまとめた。この表からわかるように、発電出力の全国合計として、(A)、(B)、(C) はいずれも 120 万～160 万 kW の範囲にあり、ほぼ同水準にある。(D) の発電規模は、それらに比べるとかなり小さい。

表 4-3 バイオマス発電の分類ごとの施設件数と発電出力

分類項目		施設件数	発電出力 (kW)	1 施設あたりの 平均発電出力 (kW)
製紙業界の黒液発電		37	1,467,171	39,653
地方自治体のごみ焼却発電		297	1,606,834	5,410
木質バイオマス発電		127	1,219,301	9,600
メタンガス発電	家畜糞尿	38	3,287	86
	下水汚泥	26	21,443	824
	食品系	40	22,322	558
合 計		565	4,340,358	7,682

備考 1) 黒液発電の数値は、NEDO (2010)、参考資料 73 から算出。

備考 2) ごみ焼却発電の数値は 2009 年度末のもの。

備考 3) 木質バイオマス発電の数値は、本論文 5 章による 2011 年 3 月現在のもの。

備考 4) 下水汚泥メタンは、週刊下水道情報、2008 年、第 1515 号～1525 号、および経済産業省資料「下水汚泥資源利用の現状と課題」<http://www.miti.go.jp/crd/city/sewage/gyousei/> より。

備考 5) バイオマスを用いる発電という概念に該当する発電は、以上のほかに、食品・飲料系廃棄物の直接燃焼による発電がある。その施設件数は 20 件あり、その発電出力合計は 31,430kW。

歴史的には (A) が戦後日本におけるバイオマス発電を主導してきた。これは、紙パルプ業界の生産活動で必然的に副生するパルプ廃液を工場外に廃棄して環境公害を引き起こしたり、単に燃焼させるのではなく、自家発電用の燃料として活用するという、積極的な経済的意義とエコロジカルな利点をもつものであった。しかし、1960 年代以降の木材輸入自由化政策の継続状況下では、パルプ材の輸入比率が高く、黒液も輸入木材の産物であるという問題から逃れられない。したがって、(A) が日本の森林整備を含めた意味での林業に貢献してきたとはいえない。

次に (B) については、1961 年以降全国各地に普及したもので、ごみ処理に伴って発生する熱を単に大気中に拡散させず、清掃工場が必要とする電気エネルギーの自給に資するものである。その燃料であるごみの中には紙や木片などの木質バイオマスがかなり含まれてはいるが、発電自体はごみ処理のための技術であって、森林整備や地域林業に直接貢献する要素を含むものではない。

同様に (D) も、廃棄物の有効利用を進めるものであり、森林整備等との接点をもたない技術である。

これらに対し、(C)、すなわち木質バイオマス発電はどうであろうか。これについては、特に最近 10 年間に於ける伸びが顕著である。(C) が (A) や (B) に匹敵する規模にまで発展してきていることが本章で明らかになったいま、これが森林整備や林業と関係する要素をもつものなのか、あるいはほとんど無関係であるのか、都道府県別の発電所の分布を含めて次章で検討する。

第 5 章 全国悉皆調査からみた木質バイオマス発電の諸類型

日本における木質バイオマス発電に関し、その概略については前章までに触れたとおりであるが、その詳細については本章でみる。すなわち、木質バイオマス発電設備に関する全国悉皆調査の結果を提示し、施設の地理的分布、電気出力の規模、設備の運転開始年、そして木質バイオマス燃料の調達の方法の特徴という側面から木質バイオマス発電の特色を明らかにする。

5-1 節 木質バイオマス発電データベース作成方法

木質バイオマス発電の今後を考察するためには、まずその現状をできるだけ正確に把握しておく必要がある。そのための基礎資料となるものが二つある：

- (1) 資源エネルギー庁 RPS 管理システムに登録された発電施設全国リスト
- (2) NEDO の木質バイオマス発電施設全国リスト

これらのリストはデータを収集する機関の目的により異なる基準で作成されている。そこで本研究においては、両者を統合するリストによる分析を行ないたいが、当面、一挙に統合することは技術的に困難である。このため、まず (1) によるデータベース作成の手続きについて説明し、そのあとで (2) を用いた補足について述べる。

(1) に基づくリストとしては、資源エネルギー庁から発表されている RPS 法の認定全設備一覧 (2010 年 3 月 31 日現在) のなかから木質バイオマス発電であることが明らかにわかるものを抽出し、設備所在地を基準に北海道から沖縄県の順に配列した。抽出基準について述べておくと、この設備一覧には、バイオマス発電、水力発電、風力発電、太陽光発電、複合発電、地熱発電が含まれている。そこで最初に、それらのうちバイオマス発電のみ抽出したうえで、そこから地方自治体の清掃工場のごみ火力発電 (ごみ焼却余熱有効

利用促進市町村等連絡協議会のごみ焼却設備全国一覧表を参照)と確認できるものを除外した。また、設備名称、設備所在地、事業者名から判断して、それが畜産廃棄物(家畜糞尿)の嫌気性発酵から得られるメタンなどの可燃性ガスを燃料とする発電であることが明らかであるものも除外した。

以上を踏まえて、木質バイオマス発電と推定できるものについて仮の一覧表を作成した。その後さらにその仮一覧表の個々の発電設備に関して、インターネット検索、および事業者への直接の電話取材により、それが木質バイオマス発電であるかどうかの確認を行ない、そうでないものを除外した。その結果をまとめて、(1)に基づくリストを作成した。それには、石炭火力発電だが木質バイオマスを混焼している発電所も含まれている。

次に、上記(2)について述べると、「独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構」(通称 NEDO)は、2010年1月付けで、『バイオマスエネルギー導入ガイドブック(第3版)』を刊行している。それは、種々様々なバイオマス資源の利用可能性について述べるとともに、木質バイオマス発電についても、2009年4月までの営業運転開始のものについて全国リストを掲載している。そのなかには、(i)電気出力が明示されていないなど、情報が不完全なもの、(ii)2011年3月現在までに廃止されていることを筆者が確認しているもの、(iii)イベントなどのための不定期運転にとどまることが知られているもの、も含まれている。

このため本研究では、NEDO のリストの中から (i)、(ii)、(iii) に該当する施設を除いた別表を作成し、(1) に基づくリストには示されていないがその別表には含まれているものについても考慮し、全国について集計を行ない、データベース化し、本論文の付録として添えた。データベースは目次編と詳細資料編とに分かれる。

目次編は、個々の発電施設につき、以下の順で概要を示す。

発電施設番号、発電施設の名称、所在市町村名
発電施設の運営主体
施設が公称する発電出力 (kW 単位)
使用燃料の種類
運転開始時期
特筆すべき点

以上のうち、発電施設番号の意味は目次編の最初のページに掲載した見本に記したとおりである。発電出力については、当該施設が木質バイオマス専焼発電を行なっている場合は、そこまでの数値を示しているだけであるが、石炭混焼発電を行なっている場合、そのあとにカッコ書きで、木質推定出力が kW 単位で記してある。木質推定出力の算定にあたっては、木質バイオマスの燃料としての使用量が石炭に対して重量比で、あるいは発熱量比で何%であるかを、事業者の公表数値から記録した。重量比だけが公表されている場合、い

くつかの実際の事例を参考にして、その 3 分の 2 が発熱量比であると仮定した。そして、公称発電出力の（木質）発熱量比率分を計算して木質推定出力としている。

使用燃料については、全国的に統一された燃料表示の仕方がまだ確立されていない。このため、本データベースでは、個々の事業者が公表している限りで最も詳しい燃料の説明を記している。使用燃料が単に木質バイオマスとしか表記されていない発電施設があるのはこのためである。運転開始時期は、当該発電施設において木質バイオマスによる発電が開始された年月日を、事業者の発表、新聞記事などから確定して記している。個々の施設の最後では、その発電施設について何か特筆すべきことがある場合、それを記している。ただし、特筆すべき事項に何か一定の基準を設けているわけではない。

詳細資料編では、個々の発電施設の所在地を、郵便番号、住所の順に記してある。続いて電話番号、ファックス番号を記載する。それ以降は、目次編に記してある事項と、目次編では扱いきれない当該発電施設の沿革や近況についての情報を収録している。当該発電施設についての学術論文がある場合、そのことにも言及している。

そのデータベースの分析結果として判明した事柄を以下で述べる。

5-2 節 木質バイオマス発電の全国的な広がり

以上の手続きで作成したデータベースからわかる発電施設総数は 127 であり、それらのおおのの電気出力を単純に合計すると 1,219,301kW になる。したがって、石炭混焼の発電施設を含め 1 施設の平均出力は 9,600kW 程度である。都道府県別の分布をみると、ほぼ全国に木質バイオマス発電が普及しつつあることが分かる。施設のないのは山梨県、香川県、和歌山県の 3 県のみである。地理的に見てのこうした広範な普及状況は、木質バイオマス発電が地域分散型エネルギー源として発展しうることを示唆している。

表 5-1 都道府県別にみた木質バイオマス発電施設の分布（2011 年 3 月現在）

	都道府県	発電施設数 (混焼数)	出力計 (kW)		都道府県	発電施設数 (混焼数)	出力計 (kW)
01	北海道	4 (2)	102,860	25	滋 賀	1 (0)	175
02	青 森	1 (0)	8,900	26	京 都	1 (1)	18,000
03	岩 手	4 (1)	2,655	27	大 阪	5 (0)	10,039
04	宮 城	4 (1)	43,820	28	兵 庫	5 (1)	65,224
05	秋 田	4 (0)	9,045	29	奈 良	2 (0)	530
06	山 形	3 (0)	2,078	30	和歌山	0 (0)	—
07	福 島	4 (2)	112,222	31	鳥 取	2 (1)	2,540
08	茨 城	7 (1)	98,380	32	島 根	3 (1)	5,235
09	栃 木	2 (2)	36,250	33	岡 山	1 (0)	1,950

10	群 馬	2 (0)	13,700	34	広 島	8 (0)	21,620
11	埼 玉	2 (1)	10,115	35	山 口	8 (4)	43,706
12	千 葉	3 (0)	53,600	36	徳 島	1 (0)	750
13	東 京	2 (0)	1,685	37	香 川	0 (0)	—
14	神奈川	1 (0)	33,000	38	愛 媛	4 (4)	71,430
15	新 潟	2 (1)	70,000	39	高 知	2 (1)	8,150
16	富 山	1 (0)	990	40	福 岡	1 (1)	2,370
17	石 川	3 (1)	9,786	41	佐 賀	1 (1)	1,260
18	福 井	2 (1)	14,350	42	長 崎	1 (1)	40,000
19	山 梨	0 (0)	—	43	熊 本	2 (1)	17,120
20	長 野	1 (0)	1,300	44	大 分	2 (1)	14,140
21	岐 阜	4 (0)	34,249	45	宮 崎	4 (2)	6,910
22	静 岡	6 (0)	102,575	46	鹿 児 島	1 (0)	1,200
23	愛 知	6 (1)	102,782	47	沖 縄	1 (1)	9,360
24	三 重	3 (0)	22,000	合 計		127 (35)	1,219,301

備考) 1件当たりの平均出力=1,219,301kW÷127件=9,600kW。

5-2-1 項 発電規模別の木質バイオマス発電の施設数と特徴

木質バイオマス発電の電気出力と使用技術の特徴をみると、まず出力については、100kW以上 5,000kW 未満の施設が 68 件あり、総数 127 の半数をやや超える。それらを 100kW～1,000kW 未満と 1,000kW～5,000kW 未満にわけると、件数はそれぞれ 25、43 である。前者には、林業関係の協同組合などの新しい取り組みが顕著であり、技術は内燃力もあり、汽力もある。後者には、新たに設立された民間企業による汽力発電が多い。これに対して 100kW 未満の小規模なものが 13 件あり、それらの多くはガス化内燃力発電であり、たいてい熱供給も行っている。

5,000kW～20,000kW 未満のものが 25 件あるが、これについては比較的古くからの製紙会社の汽力が多い。20,000kW 以上のものも 21 件あり、製紙会社の汽力が多いが、新興の木質専焼発電所もある。

表 5-2 電気出力規模別の木質バイオマス発電の施設数と特徴

電気出力 (kW)	施設数	特 徴
100 未満	13	ガス内燃力が多い
100～1,000	25	林業関連の協同組合による新たな取り組み
1,000～5,000	43	新規参入民間企業による木

		質汽力発電が多い
5,000～20,000	25	製紙会社による汽力が多い
20,000 以上	21	製紙会社による汽力が多いが、新興の木質専焼も参入
施設総数（件）	127	

5-2-2 項 運転開始年別にみた木質バイオマス発電の施設数

木質バイオマス発電の運転開始時期については、1960年代、1970年代開始の施設はほんの数例にとどまるのに対し、1980年代、1990年代には徐々に増加し、2002年を境に急増して今日に至っている。この急増は、RPS法によるところが大きいものと推察できる。

表 5-3 運転開始別にみた木質バイオマス発電の施設数（石炭混焼施設を含む）

運転開始年	施設数	運転開始年	施設数
1960～1969年	1	2004年	10
1970～1979年	1	2005年	17
1980～1989年	10	2006年	7
1990～1999年	14	2007年	20
2000年	1	2008年	15
2001年	2	2009年	6
2002年	3	2010年	9
2003年	8	2011年1～3月	3

備考) 1960年から2011年3月までに運転開始した発電施設の総数127件。ただし、運転開始以来、2011年3月まで運転を継続していた発電施設数を記載。

5-3 節 燃料調達の違いからみる木質バイオマス発電の五類型

燃料調達がどのようになされているかは、木質バイオマスの利用と森林整備とのかかわりを考えるうえにおいても重要な点であり、これについては次の五つに類型化できる。

- ① 地元の木材関連企業と森林組合による協同組合の管理運営
- ② 製材・合板生産等の主業務に伴う副産物を発電燃料とする民間経営
- ③ 産廃業者等から定期的に廃木材を確保する民間経営
- ④ 国内産の木質バイオマスを混焼する石炭火力発電
- ⑤ RPS法の要請を念頭に輸入木質バイオマスを混焼する石炭火力発電

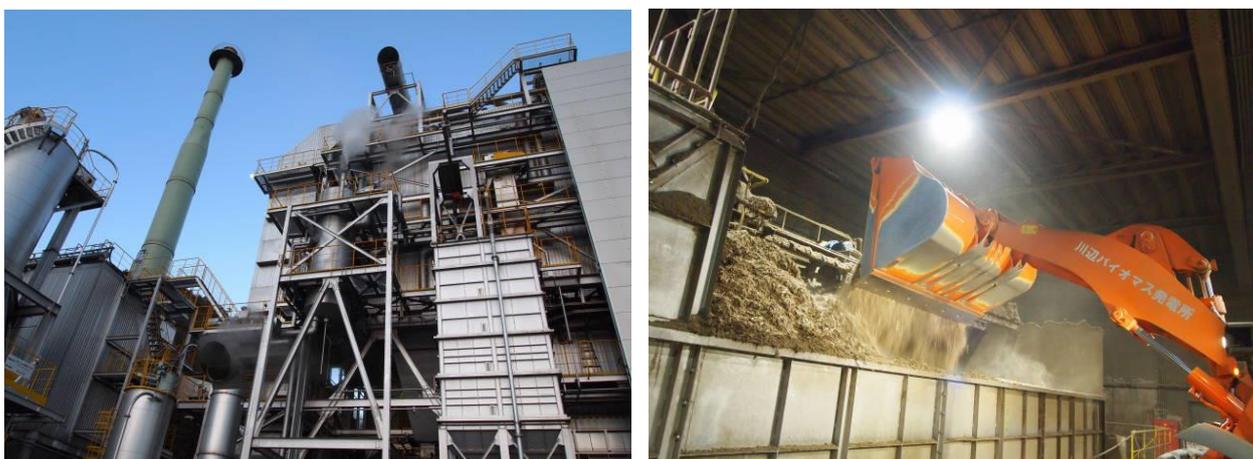
総数127件の木質バイオマス発電施設を、これら①～⑤に類型化すると、11件、42件、49件、21件、4件となり、産廃業者から廃木材を調達する傾向が強いことがわかる。しか

し、地元の森林整備と結びついた類型①も出現している。以上を整理すると下記のようになる。各発電施設がこれら五類型のどこに属するか、という点については、本論文付録の末尾の「五類型別分類表」で一覧している。

類 型	類型①	類型②	類型③	類型④	類型⑤	合計
件 数	11	42	49	21	4	127

以下では、これら五類型の各々について2件ずつ、木質バイオマス発電の具体的な経営状況の概略を述べる。各2件ずつの抽出基準としては、同一形態に属しながら特徴が大きく異なるものがあれば、その異なる組み合わせを選択することとした。ただし①については、相違点があまり大きくない組み合わせとなっている。

写真 6-1、6-2：木質バイオマス発電所の一例（川辺バイオマス発電所・岐阜県）



備考) 6-1 (左) は、発電所中枢部の外観。6-2 (右) は、発電所に運び込まれてきた木質バイオマスを粉砕して燃料にする過程。 2011年10月8日 筆者撮影

① 地元の木材関連企業と森林組合による協同組合の管理運営

事例 1-1：津別バイオマス発電所（所在地・北海道網走郡津別町）

津別単板協同組合が管理・運営し、そのメンバーである北見広域森林組合や北海道森林組合連合会が木材を提供している。材は道産のカラマツ、トドマツなどであり、組合メンバーの丸玉産業株式会社は合板製造工場を運営しているが、合板生産の歩留まりは6割程度であり、約4割は端材や木屑となるため、それらを発電出力4,700kWのコージェネレーション設備の燃料にしている。年間使用量は約7万トンである。これによって、工場で消費される熱と電気ほとんどがまかなわれている。

事例 1-2：南宮崎ウッドパワー（所在地・宮崎県南那珂郡南郷町）

飢肥スギの産地として江戸時代から名高い地域にあるウッドエネルギー協同組合の運営である。この組合は、地元の製材会社・素材生産会社 4 社および森林組合が 2001 年に協同で設立した集成材製造工場である。宮崎県内の飢肥スギを用いて集成材を生産する製材工場は樹皮、チップ、木屑を副生する。組合は、それらを燃料とする発電出力 1,300kW の火力発電に取り組み、2004 年に運転を開始した。発生電力は工場では自家消費されるほか、余剰電力については九州電力に売電している。

以上 2 例は、一方が北の北海道で合板を、他方が南の宮崎県で集成材を生産するという違いだけで、地元、あるいはその周辺が生み出す木材を原料とする生産過程で副生する木質バイオマスを発電に利用する点では共通である。ここに詳細は記さないが、秋田県の能代森林資源利用協同組合の能代バイオマス発電所でも以上と類似の経営を展開している。

② 合板生産等の主業務に伴う副産物を発電燃料とする民間経営

事例 2-1：秋田プライウッド株式会社発電設備（所在地・秋田県秋田市川尻町）

秋田プライウッドは、1963 年 5 月創業で、現状では合板一般、フローリング材、LVL（単板積層材）などを生産する会社であり、従業員 280 名である。木質バイオマス発電の開始は、1989 年 4 月である。それ以前の工場のエネルギー供給は、電気は東北電力からの全量購入、熱は木屑焚きボイラーによって供給していたが、エネルギー費用削減のため蒸気タービン式の熱電併給発電設備（発電出力 4,500kW）を導入した。木屑焚きボイラーで 60 t/h の木質バイオマスを燃やすものである。

合板等の生産に用いる原木は、かつては南方のラワン材や北洋材（ロシア産）が多かった。合板生産時の原木に対する歩留まりは、この会社の場合、概ね 65% であり、残りの 35% は廃原料としての利用、および木質バイオマス発電燃料としての活用に充てられている。合板の原料木材としてラワン材は、径が大きく、理想的であった。しかし、ラワン材は資源の減少がはじまり、輸出規制がなされるようになった。その後主流となったロシアのカラマツ材についても、中国の輸入増大による価格高騰がおこった。また、国内では合板工場のロータリーレスの技術の向上によって小径木の加工が可能となった。このため、近年、秋田スギの利活用に重点を移している。

発生電力は、自社工場内の動力として 100% 使用しており、主な用途は、樹皮剥離機、乾燥機や廃材破碎機の駆動、廃材チップの空気搬送などである。電力が不足する場合は、東北電力からの買電 1,500kW が可能である。熱供給は原木蒸煮、単板乾燥、合板の熱圧着などに使われる。

熱電併給の燃料としては、合板生産用原木の廃材の他に、家屋解体材も受け入れている。また、間伐材も受け入れている。秋田スギの間伐材であり、納入元は秋田県森林組合や素材生産組合であり、間伐材利用量は 2,500m³/月程度である。

事例 2-2：株式会社ウッドワンの発電所三カ所（本社工場・広島県廿日市市木材港南）

株式会社ウッドワンは、広島県廿日市市を拠点とする木質建材メーカーであり、2002年10月に株式会社住建産業より社名変更した。愛知県蒲郡市にも工場を持っている。会社全体として資源の有効利用による環境負荷低減に早くから取り組んでおり、自社工場で発生する木くずを有効利用するため、1980年、木質バイオマス発電設備を蒲郡工場に導入した（発電出力1,990kW）。続いて1987年には本社工場に導入し（1,810kW）、1989年には串戸工場（廿日市市下平良）にも導入した（4,600kW）。この結果、現在では3か所で合計8,400kWの発電設備が稼働している。この木質バイオマス発電により、ウッドワンの全電力使用量の約50%がまかなわれている。発電技術は、蒸気タービン式のコージェネレーションであり、発生する蒸気も製品の生産工程で利用されている。余剰電力が発生する時間帯には、中国電力に売電している。木質バイオマスへの社会的認知度のまだ低い時代の先駆的な導入であったため、補助金制度の利用は考慮対象外であり、3か所の発電設備のすべてが自己資金で建設された。

不足する電力については1,500kWの買電契約を中国電力との間に結んでいる。2005年度の経営状態に関する中国農政局の調査では、この年度の木質バイオマス使用量は、工場で発生した木屑5,607トンであり、それによる発電量は31,198MWhであった。このうち22,031MWhを社内で使用し、約30%の9,167MWhを電力会社に売電した。この発電により4億1千800万円の発電コストがかかった一方で、木くず廃棄費用や電力購入費用の削減等（8億900万円）と売電（7千万円）により8億7千900万円の経済効果があった。なお、株式会社ウッドワンは、ニュージーランドの国有林（総面積68,000ha）を買収しており、工場が必要とする原木のほぼ全量を自社林から供給できるという特徴をもつ会社である。したがって、そこでの発電用燃料はニュージーランド材である。

以上の2例において、前者は地元の秋田スギの利用に伴って副生する燃料による中規模な、後者はニュージーランド材起源の木屑を燃料とする大規模な蒸気タービン式コージェネレーションを利用している。

③ 産廃業者等から定期的に廃木材を確保する経営

事例 3-1：吾妻木質バイオマス発電所（所在地・群馬県吾妻郡東吾妻町）

オリックス株式会社（出資率96.49%）、東京ガス株式会社（出資率3.51%）の共同出資で2006年1月に設立された汽力発電所であり、発電出力は13,600kWで、木質チップ専焼発電所としては国内で最大級の発電規模をもつ。正式な営業運転開始は2011年9月29日であり、年間送電量は8,500万kWhである。売電先は、特定規模電気事業者（PPS）の株式会社エネットとなっている。燃料となる木質チップは群馬県内（85%）および近隣県（埼玉、長野、栃木、東京から15%）の木質チップ業者から購入し、使用予定量は年間約13

万トンである。

事例 3-2：いいづな お山の発電所（所在地・長野県長野市中曾根）

長野森林資源利用事業協同組合の運営で、発電出力 1,300kW の木質バイオマス専焼発電所である。燃料は、建築・建設現場から発生する建築廃材（70%）、林業現場の間伐材（20%）、製材・木工現場の木工加工くず（10%）である。年間 15,000 トンを利用する。所内消費電力を自給し、余剰電力については最大 1,150kW を中部電力に売電する。

前者が、発電所立地県内だけでなく、近隣県を含む広域からの建築廃材起源の木質チップを燃料としているのに対し、後者は発電所立地点周辺からの建築廃材を使用しているほか、間伐材も部分的に利用している。

以上のうち、前者が発電所立地県内だけでなく、近隣県を含む広域からの建築廃材起源の木質チップを燃料としているのに対し、後者は発電所立地点周辺からの建築廃材を使用しているほか、間伐材も部分的に利用している。

④ 国内産の木質バイオマスを混焼する石炭火力発電

事例 4-1：四国電力西条発電所（所在地・愛媛県西条市）

西条発電所は、石炭火力 1 号機、2 号機（発電出力合計 406,000kW）において、2005 年 7 月から木質チップ混焼運転を開始している。チップの原料はスギ、ヒノキの樹皮、木片であり、それらの調達には四国内でなされ、年間使用量は約 15,000 トンである。一般電気事業者による木質バイオマス発電としてはこれが最初である。

事例 4-2：住友大阪セメント高知工場（所在地・高知県須崎市）

このセメント工場の石炭火力 2 号機（発電出力 61,000kW）では、2006 年から建築廃材を混焼していたが、工場の立地する須崎市の推進する「新エネルギー計画」と共同歩調をとることを決めた。すなわち、同市とその周辺地域の林地残材も燃料として活用することとし、粉砕機と選別機からなる木質チップ製造設備を工場敷地内に建設し、2007 年 7 月 20 日に竣工した。その段階での木質チップ使用予定量は年間 39,000 トンであり、後日ほぼ計画通りの運転が行なわれている。集材は、地元の森林組合や製材所からのものである。

前者において、燃料の起源は四国内にあるとはいえ広域収集であるのに対し、後者は発電所の立地する市とその周辺の森林の林地残材利用であり、民間企業が市とパートナーシップ協定を結んでの事業となっている。

⑤ RPS 法の要請を念頭に輸入木質バイオマスを混焼する石炭火力発電。

事例 5-1：関西電力舞鶴火力 1 号機（所在地・京都府舞鶴市）

2004年8月に運転を開始した石炭火力1号機（出力90万kW）では、2006年度から木質ペレットの貯蔵設備などの建設準備を始め、2008年8月29日、木質ペレットを石炭重量比で約3%混焼する運転を開始した。木質ペレットはカナダ産で、製材時に発生するおがくずやかな屑をカナダ現地で乾燥、粉碎し、完全に加工したものである。その舞鶴までの輸送については、日本郵船の関係会社であるNYKグローバルバルク（NYKとは日本郵船会社の略称）が関西電力との間に長期輸送契約を締結している。木質ペレットの年間使用量は約6万トンであり、年間の石炭消費量を約4万トン節約できる。

事例5-2：宇部興産ユービーイーパワーセンター発電所（所在地・山口県宇部市）

中国電力への電力の卸供給を行なうため、宇部興産が1998年2月に石炭専焼火力（発電出力216,000kW）として事業を開始したものであるが、2010年12月からアブラヤシ（パーム椰子ともいう）の種から核油を搾油した後の殻（PKS：パームカーネルシェル）を石炭と混焼する実証試験を本格化した。熱量ベースで10%以上の混焼が目標となっている。同社は、2010年に入ってからPKS等のバイオマス燃料用のストックヤード（2万4,000m²）を自社敷地内に確保しており、11月に第1船目のPKS 6,500トンをインドネシアより受け入れた。

両者とも石炭火力に木質バイオマスを混焼する点では同じだが、前者はカナダで完全加工された木質チップを、後者はインドネシア産のPKSを燃料とする点で大きく異なる。なお、前者のように北米産の木質バイオマスと石炭を混焼するという点では、中部電力碧南火力も同じである。

以上は、①から⑤に属する発電施設について2事例ずつの具体的な内容を示したものであるが、データベースに示される127件の木質バイオマス発電施設のすべてを検討、ないしは分析した結果、2011年3月までの日本における木質バイオマス発電については、製材所等残材および建設廃材（リサイクル木材）の有効利用にかかわるものが多い。その一方で、発電所の立地市町村、ないしはその周辺市町村の山林の林地残材、間伐材の利用に取り組んでいるものもあり、それは森林組合が直接にかかわる①の方式の場合に多いことが分かった。しかし、②、③、④のいずれの中にも地元産の木質バイオマスの活用を図っている事例もある。

具体的には、津別バイオマス発電所、南宮崎ウッドパワー、いづなお山の発電所、住友大阪セメント高知工場の例が示すように、地域の森林整備と林業の発展に直接に結びつく木質バイオマス発電がみられる。その反面、②の一例として前述したウッドワンにみられるように、木質専焼であるにもかかわらず、⑤と同様に輸入材を燃料とする発電施設もないわけではない。

5-4 節 未利用木材を活かす木質バイオマス発電の展望

木質バイオマス発電が、地域林業や森林整備に結びつくものとして今後いっそう発展するためには、未利用木材ともいう林地残材の利用が増えることが望まれる。林地残材の林野庁による定義は、「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」（ウェブサイト：林野庁の定義）である。NEDOの調査などによると、現在の日本で利用されている林地残材は年間 20.7 万 m³で、これは未利用林地残材の推定値の 1.0～2.5%に過ぎない。それが利用しやすい政策の導入が不可欠である。

林野庁（2013）は、木質バイオマスのエネルギー利用について述べた項で、2011 年現在の日本の木質バイオマスの発生量とその利用に関し、表 5-4 に示す推計を挙げている。

表 5-4 木質バイオマスの発生量と利用の現況（推計）単位：万トン

	利用	未利用
未利用間伐材等	0	800
工場残材	323	17
建設発生木材	369	41

備考）林野庁（2013）『森林・林業白書 平成 25 年度版』、195 頁より作成。未利用間伐材等の年間発生量は約 2,000 万 m³相当で、ほとんどが未利用とされている。容積から重量への換算に当たっては絶乾比重として 0.4 トン/m³が用いられている。

この推計で未利用間伐材等の利用量がゼロとなっているのは、木質バイオマス発電の全国的な普及状況を明らかにした前章と本章の結果に照らせば、事実から少し離れた推計といえるのではないか。実際は、森林組合の介在する木質バイオマス発電所では、間伐材等の利用もはじまっているのである。

木質バイオマスをエネルギー源として利用する場合、従来のような建設発生廃木材を中心とするやり方から発展して健全に森林を保つための整備と結びつくかたちで進められるならば、荒廃した森林の再生と林業の再興に貢献しうる。繰り返しになるが、本章ですでにみた津別バイオマス発電所、南宮崎ウッドパワー、秋田プライウッド向浜工場発電所、いづなお山の発電所、住友大阪セメント高知工場の事例は、間伐材の利用、あるいは国産材を用いての合板等の生産に伴う端材、樹皮等の活用が、森林組合の管理する地理的範囲から調達される木質バイオマスの利用によって可能になっていることを示している。

木質バイオマス発電を含むバイオマスのエネルギー利用に関し、現代日本のエネルギー供給の大部分を担っている石炭、石油、天然ガスの化石燃料の代替エネルギーとして期待するのは危険である。なぜなら、その全量を代替するほどの大規模なバイオマス利用は森林生態系の保全と両立しないからである。木質バイオマス発電は、小規模な分散型エネルギー源として意義が大きく、地域の森林管理の一助となりうるという意味で重要なのであ

る。

バイオマスのエネルギー利用は、その用語としては広く知られるようになった。しかし、それによる発電の実態、とりわけ定量的な大きさに関しては不明点が多い。統一的な基準による全国統計がないからである。こうした状況のなかで、本研究を開始した当初の関心は次のことであった。林地残材の活用、間伐促進など、潜在的には日本各地の森林整備と林業の発展に直接に貢献する木質バイオマス発電であるが、現状においてそれは、バイオマスを用いる発電全体のなかで量的にどの程度の位置を占めるものなのか。この問いについて、前章ではさまざまな情報を分析してつなぎ合わせ、表 4-3 を導出することができた。

これによれば、バイオマス発電の出力の合計は約 431 万 kW である。原子力発電設備を例にとると、発電出力 100 万 kW が一つの目安として語られることが多いため、それに即していうと、バイオマスを用いる発電の設備規模はその原発の 4 基相当の大きさである。そのうち、木質バイオマス発電の規模は約 120 万 kW であり、バイオマス発電全体の約三分の一に近い規模に達している。

黒液発電は、戦後間もない時期からはじまっているが、NEDO (2010) の「参考資料 73」によると、2003 年に王子製紙春日井工場が運転開始をしたのを最後に、その後の新設はない。ごみ焼却発電は微増しているが、今後それが大幅に増大する社会経済的要因は特に見当たらない。メタンガス発電は、施設数の面で増大しているが、一施設あたりの発電出力は相対的にかなり小さい。

これらに比べて近年急速に普及し、発電出力を飛躍的に増大させてきたのが木質バイオマス発電である。個々の施設の稼働状況などの細目の調査は今後に残された課題として、木質バイオマス発電が少しずつ増えはじめた 1970 年代、1980 年代、1990 年代には、輸入材による合板や国産材の製材工程で副生する木屑等を燃料として活用する経営が中心であった。しかし、2000 年頃からの傾向として、リサイクル木材を利用するものが増えた。これは、林業の中核である丸太生産の結果として建物等が建設され、それが古くなって廃材と化した場合にそれを燃料にする、といういわゆる木材のカスケード利用の一環といえる。

ここでのカスケード利用とは、多段階利用といい換えてもよいもので、あるものが生産や消費の何らかの局面で不要になっても、他の局面では有用なものとして利用されるような連鎖のことをいう。林業、林産業についていえば、育林、丸太の生産、製材、柱や板の生産、建造物の建設やその老朽化による解体といった一連の林業・林産加工業の流れには、それに平行して間伐材・枝葉の発生、林地残材の発生、端材・プレーナー屑・木屑・樹皮の発生、解体材の発生などの過程が進行しており、それらを有効利用するのがカスケード利用である。

ところで、2001 年以降の木質バイオマス発電設備の増加にはダイオキシン対策の面もある。それ以前の家屋解体材のなかには、零細な解体業者に引き取られ、小さな焼却炉で比較的低温で焼却されることがあった。この場合、有毒物質のダイオキシンが発生しやすい。ところが、ダイオキシン対策が厳しくなったため、解体材をまとめて、ある程度の大きさ

の焼却炉で高温燃焼させて処分する必要がでてきた。これについて、その解決策として、左記のとおり処分すると同時に、その際に発生する焼却熱を活用して発電を行うという構想が日本各地に出てきたのである。

この点について、経済学者の伊東維年は、「2000年の廃棄物処理法（廃棄物の処理及び清掃に関する法律）の一部改正によって、従来どおり製材所内で樹皮や端材を焼却処理する場合には、2002年2月1日までにダイオキシン類対策特別措置法に基づく排出基準をクリアすることが義務付けられた。ダイオキシン類の排出基準をクリアするためには、焼却炉を新設するか、あるいは既存設備を改良する必要に迫られた」と分析している（伊東 2012、147頁）。たとえば、秋田県の能代バイオマス発電所（2002年5月着工、2003年3月に本格稼働）の設立の背景にはこの問題があったのである。

他方で注意したいのは、輸入バイオマスによる発電である。発電に用いられる木質バイオマスが国産材由来であるならば、木質バイオマス発電は間接的に国内林業の産物であるということができる。他方、もしそれが輸入材であれば、国内林業とは無関係な、単なる廃物利用、ということになる。

国産材の場合、そうしたカスケード利用には資源の有効利用の面での大きな意義があるといえるが、順序は、林業がまずあっての木質バイオマス発電である。ところが、日本の林業そのものが長期不況に陥っていると憂慮される今、木質バイオマス発電のための燃料需要が、発電所が立地する地域やその周辺の森林整備や林業を促進する、という逆の回路があつていいはずである。本章では、そのような回路が実現しつつある事例にもふれることができた。

本章では、日本における木質バイオマス発電の最近までの歴史的趨勢を定量的に明らかにすることができた。今後の課題としては、それが、持続可能な森林の管理と結びついていっそう発展するための条件を考察する必要がある。本章の前節で示した個別事例が表しているように、木質バイオマス発電の形態はきわめて多様であり、明確な類型化はむずかしい。しかし、どの場合であっても、森林資源のカスケード利用の一部を構成しているという点では共通している。

そうした木材のカスケード利用の流れの中のどの段階に木質バイオマス発電を位置づけるかは、地域特性や木質チップの市況などによって異なる。本研究では木質バイオマス発電をとりあえず五つに類型化した。それでは特徴をとらえきれない面もあり、林業・林産加工業の現場からの考察として、木材のカスケード利用の面からの整理も必要である。それによって、木質バイオマス発電が森林・林業再生に貢献できるのかという点についての具体的な問題の解明もできることになる。本論文の付録であるデータベースにある木質バイオマス発電所は、市場経済のなかでの成功事例だけでなく、採算見通しの甘さや不適切な技術の採用などによる失敗事例の研究も進め、経済分析、エネルギー収支分析、政策的支援の効果などの検証を行っていきたい。

木質バイオマス発電の運営による経済効果は、発電所が立地する地域にもたらされるべ

きである。農山村、とりわけ山村の活発化には、森林資源と資金が域内で循環することが不可欠であるが、木質バイオマス発電は、潜在的にはそうした循環を担いうる仕組みである。そして、その仕組みにより地域社会に新たな雇用が生まれるなどの経済効果も期待できるのである。

政策面でみると、最近林野庁もようやく木質バイオマスのエネルギー利用に関心を寄せるようになった。この点に関し『森林・林業白書 平成 22 年度版』は、「未利用間伐材等の利用を進めるためには、資源としての利用可能性を明らかにした上で、路網の整備、森林施業の集約化、素材生産の集材効率向上等による集積コストの削減、数量の取りまとめによる輸送コストの削減、高性能機械の導入によるチップ製造コストの削減等により、低コストでの安定供給体制を確立することが重要である」と述べている。ドイツなど、木質バイオマスのエネルギー利用の先進国の事情に詳しい梶山恵司は、数年前にドイツのフォレスター（森林官）を日本に招き、いくつかの山林を案内した。その時のことを彼は、「フォレスターが日本に来てとくに強調したのは、路網である。（…中略…）路網は森づくりの原点ともいえるものである」（梶山 2011、269 頁）と指摘している。森林が本来持っている公益的機能を発揮するには、そうした路網づくりが政策的に推進される必要がある。そうすれば、森林管理の一環としての林地残材や間伐材の発電利用に関し、経済性も高まり（久保山 2009）、森林整備が進むであろう。木質バイオマス発電は、そうした森林整備の促進作用をもつといえる。

第 6 章 電力自由化の進展と木質バイオマス発電

旧来の発送配電一貫の地域独占体制の解体が進むなか、2003 年に創設され 2005 年から本格運用されはじめた卸電力取引所の内部に、2012 年 6 月からは分散型・グリーン売電市場も導入された。これにより 1,000kW 未満の小口電力の取引も可能になり、木質バイオマス発電の促進にとって有利な状況がうみ出されている。しかし、理論的可能性として卸電力取引所において小規模な発電所も電気の卸売りができるようになったにすぎない、という限界もあった。

これに対し、2011 年の東日本大震災に伴う福島第一原発事故が一つの契機となって、電力システム改革が電気事業者をはじめエネルギー問題に関心をもつ人々の間で活発に議論されるようになっていく。2013 年 2 月には経済産業省内に置かれた委員会から「電力システム改革専門委員会報告」が発表されており、電力の小売り全面自由化のおよその見通しが明らかにされた。これは、分散型の木質バイオマス発電にも影響を及ぼすであろう。

以下では、まず日本における電力供給の戦後史の概略を述べ、そのなかで木質バイオマス発電が担ってきたのは電力供給のどの部分であるかを明らかにし、次に近い将来どのような方向での拡大が考えられるのか、上記の報告書が示す電力システム改革の方向を中心に検討する。

6-1 節 地域独占としての戦後日本の電気事業

日本の電気事業の歴史は、日本で初めての電力会社である「東京電燈株式会社」（東京電燈）が 1886（明治 19）年に石炭火力発電を自前の設備として備え、部分的に送配電を試み、1887（明治 20）年に創業したところからはじまる。続いて 1888 年には神戸電燈、1889 年には大阪電燈、京都電燈が火力の営業を始めた。水力利用の公営電気の歴史も古く、京都では琵琶湖疏水の竣工に伴い、1891（明治 24）年に京都市が蹴上発電所を運転しはじめた。その後、明治中期から大正末期にかけては電力会社が続々と誕生し、地域によっては激しい顧客獲得競争が繰り広げられた。電気事業者のなかには、自らは発送電設備をもたず、配電事業のみを行う会社もあった。買収や統合も繰り返され、日本の電力の約 60%を供給するいわゆる「五大電力」（垂直統合電力会社の東京電燈、東邦電力、宇治川電力と卸売電力会社の大同電力と日本電力）がやがて支配的となった（室田 1993、158-165 頁）。その一方で、新規参入する小さな会社や地方自治体も多く、1930 年代初めには事業者数が 850 社にまで増え、ピークを迎える。

その後、満州事変を皮切りに軍事色が強くなるにつれ、電力事業の国家統制が望まれるようになり、1938 年、「電力国家管理法」と「日本発送電株式会社法」が制定され、1939 年には国策企業である日本発送電株式会社が設立された。また、1941 年には「配電統制令」が公布され、それまで 412 社存在した配電事業者は、九社に統合された。こうした電気事業の体制は、「日発・九配電体制」といわれる（同上、190-195 頁）。

太平洋戦争敗戦後の日本では、連合国軍最高司令部（GHQ）主導で財閥解体など、いわゆる「経済民主化」が進められた。それは、具体的には独占禁止法、過度経済力集中排除法などの新法の下で進められ、電気事業については 1950 年に公布された「電気事業再編成令」および「公益事業令」によって日本発送電は解散した。翌 1951 年、九配電は民営の九電力会社へと組織を変え、各地域において発送配電一貫体制の下、供給義務を負うことになった。これを戦後の「九電力体制」ともいう。

法制面においては、こうした戦後の電気事業の新しい体制に見合う新法の制定が必要であった。しかし、戦前に独自の水力発電事業を営んでいた都道府県（および金沢市）のなかには、戦時中に日発、ないし九配電に強制出資させられていた発送電設備や配電設備を、戦後は自らの手に取り戻したい、という強い要望があった。これが強力な「公営電気復元運動」を引き起こし、それに決着のつくまでは新法の制定ができない状況にあった。九電力側は復元要求に断固として応じない姿勢を崩さなかったため、国会内外で紛糾が続いた。このため、政府筋は様々な妥協案を両者に示し、九電力は、公営復元を認めないことと引き換えに、種々の公共施設を都道府県民に提供するなどした（同上、258-273 頁）。

こうしてようやく 1964 年、「公営電気復元運動」は終焉を迎え、「電気事業の健全な発達と需要家利益の確保」を目的とする戦後の電気事業法が制定された。1972 年には沖縄の本土復帰が実現した。これに伴い、沖縄地方にも発送配電一貫の沖縄電力株式会社が誕生し、

以後、日本の電気事業は 10 の電力会社が 10 ブロックの各々を独占する地域独占体制の下におかれることとなった。すなわち「十電力体制」である。

なお、電気料金の決定に際しての事業報酬の算定にレートベースを用いる方式の導入は、これらの出来事に先行して、1960 年からである。

こうした強固な地域独占とレートベースによる電気料金算定により、日本は停電が少なく、電気の安定供給が保障される国となったが、その反面、料金水準が先進諸国のなかで突出して高い国となった。規制による効果と弊害が出現したのである。1990 年代に入ると規制による弊害がより一層顕在化し、日本の産業は国際競争力を急速に失っていく。産業の空洞化が社会問題になり、アルミニウムや一部の半導体にみられるように高い電気料金水準が産業を圧迫し、それが一因となって海外への工場移転に追い込まれる例が続出した。

このような事態を受け、1995 年 4 月、電気事業法は、1964 年以来、31 年ぶりに改正されることになる。その主な目的は、電力産業のコスト削減と効率化である。

6-2 節 電力自由化の動き

電気事業法改正に伴い、1995 年、電力会社に卸電力を供給する発電事業者（IPP）の参入が可能になった。そうした事業者を独立系発電事業者（Independent Power Producer；IPP）という。また大型ビル群など特定の地点を対象とした小売供給が認められるようになり、そのような事業を行う事業者は特定電気事業者と呼ばれることになった。

さらに、佐藤信二通商産業大臣（当時）の「2001 年までに国際的に遜色のないコスト水準をめざし、我が国電力のコストを中長期的に低減する基盤の確立を図るため、今後の電気事業は如何にあるべきか」という諮問をもとに、1997 年、電力小売自由化に向けた一連の動きがはじまる。電力産業の合理化・効率化促進のため、競争原理の導入が不可欠であるとされ、それまでの、独占が保障されなければ安定供給の確保がなされないという論理が、必ずしもそうではないと転換したのである。佐藤は、1997 年 1 月の記者会見で「発電、送電事業の分離はタブーとされてきたが、大いに研究すべき分野だ」と発言し、1995 年の法改正の域を超える本格的な電力自由化の動きの先駆けとなった。

1999 年には再び法改正がなされ、翌 2000 年の施行に伴い、戦後日本の電気事業の歴史上初めて、一般電気事業者以外に電力の小売りができる「特定規模電気事業者」という電気事業者が出現することになった。これは英語では Power Producer and Supplier といい、PPS と略称される。ただし、使用最大電力が 2,000kW 以上の需要家（日本の全電力量ベースで 26%）に対する小売りである。この制度改革により、送電線利用制度整備、料金引下が認可制から届出制となったほか、「部分供給」が認められたことにより、需要家は一定期間前までにどの事業者から電気を購入するかを決めることが制度的に可能となった。

2003 年には、電源調達が多様化を図るため、有限責任中間法人日本卸電力取引所が全国規模のかたちで設立された。実際の取引は 2005 年 4 月から開始された。

2004 年には、小売り自由化の対象範囲が、2000 年に定められた基準である 2,000kW か

ら 500kW 以上に引き下げられた（日本の全電力量ベースで 40%）。

次に 2005 年には、自由化対象範囲が高圧需要家全体まで拡大され、500kW 以上という 2004 年の基準は 50kW 以上に引き下げられた（同 63%）。また、振替供給料金の廃止や、卸電力取引所の整備がなされ、徐々に競争市場をベースとした電力取引体制確立への準備がなされた。

しかし、自由化開始後 7 年たった 2007 年の数値では、PPS は 22 社、シェアはわずか自由化分野全体の 2.37% と伸び悩んだ。また、PPS にとっての電源調達手段として期待されていた卸電力取引所での取引シェアは販売電力量のわずか 0.2% にとどまった。このため、2008 年には卸電力取引所の取引活性化に向けた改革、及び送電網利用に係る PPS の競争条件の改善などの措置が取られた。

6-3 節 卸電力取引所の開設と分散型・グリーン売電市場の導入

ここで改めて日本卸電力取引所（略称：JEPX ; Japan Electric Power Exchange）についてみると、これは、2003 年の電気事業制度改革の一環で、一般電気事業者や PPS、IPP や大規模な自家発電者が出資する私設の取引所として設立され、2005 年 4 月に取引が開始された。電気は、一般に価格と量だけで市場取引できる商品であり、ブランドや品質で区別しにくい。このような特徴をもつ電気の卸売取引が行われる場が卸電力取引所である。会員制であり、2012 年 10 月現在の会員数は 58 社である。現物の電気のみを取り扱い、先物取引は行っていない。卸取引のみが行われ、現状では電力需要家が直接市場で電気を買うことはできない。

この取引所の成立以前は電気を手に入れるためには、(1) 自前で発電所を建設する、(2) 各種の発電事業者と相対の売買契約を結ぶ、(3) 電力会社からのバックアップを受ける、以外の方法はなかった。卸電力取引所が加わったことで、電気の調達手段はより柔軟になったのである。また、卸電力取引所の重要な機能の一つに市場価格の形成がある。十分な取引量がある取引所の価格は、例えば発電所などの投資判断に使う指標になり得ると期待されている。

日本卸電力取引所が取り扱う主な市場は以下の通りである。

スポット市場

スポット市場とは、一般的には、売り手の手元に実際にいまある商品、つまり現物（スポット）を買い手との間で取引する普通の市場のことだが、電気という特殊な商品の場合、生産と同時に消費がなされないと取引に意味がない。そこで電気に関するスポット市場には特別な定義を設けて議論する必要がある。日本の JEPX では、翌日に受け渡す電気を 30 分単位（24 時間を 48 コマに分割）に区切って取引する市場をスポット市場と呼んでいる。参加者は、前日の朝までにコマごとの価格と量の組み合わせを入札する。価格と量は売り札（供給）と買い札（需要）の交点で決まる。最低取引単位は 1,000kWh。最も取引が活発

なメインの市場である。

先渡し市場

将来のある期間に受け渡す電気の取引を行う市場をいう。月間の昼間型・24 時間型、週間の昼間型・24 時間型がある。入札は「ザラ場」方式であり、参加者はいつでも売り札、買い札を出すことができる。価格と量が折り合ったらその場で成約となる。

時間前市場

当日受け渡す電気を、スポット市場同様に 30 分単位で取引する市場。電気の発電計画や需要計画は前日朝までに確定されるが、計画確定後に発電所トラブルや需要の急増などの不測の事態を想定し、2009 年に開設された。ただし、市場は 24 時間常に開いているわけではなく、1 日に 3 回の取引が行われている。

以上のように機能しはじめた卸電力取引所であるが、この取引所の利用度の低さは、2011 年 3 月の東日本大震災に伴う電力危機に際しても、先述の 2007 年の状況とあまり変わらなかった。このため経済産業省は、取引単位が最小でも 1,000kW であるという状態を改め、より小口の卸電力供給であっても認める制度改革に踏み出した。経済産業省資源エネルギー庁の 2012 年 6 月 5 日のニュース・リリースは、次のように述べている。

「(2012 年) 5 月に決定された政府の“今夏の電力需給対策について”に掲げられた供給サイドの取り組みとして、供給力を効果的に募集し、卸電力取引市場への小口を含む分散型電源の参入を可能とするため、日本卸電力取引所に、分散型・グリーン売電市場を創設します。日本卸電力取引所は、国内で唯一、電力卸売の取引市場を開設し、これまでスポット取引や先渡し取引を実施してきておりましたが、今夏の電力需給対策を受け、分散型・グリーン売電市場を創設し、6 月 18 日(月)から市場を開設します」。

そして、その市場の詳細については、次のように定めた。すなわち、

- ▶ 自家発用発電設備やコジェネ発電等の小口の余剰発電分を売電することが可能です。具体的には、1,000kW 未満の小規模な電力や、売電量が一定でないもの(いわゆる「出なり電気」)も売電することが可能です。
- ▶ 売りは、送電線に送電(いわゆる「逆潮」)できる余剰電力であれば、誰でも販売可能で、入会金や手数料等(約 160 万円)は不要です。(当面の間、手数料も不要です。)
- ▶ 販売価格の設定や、販売量の設定の他、売りの条件(期間、曜日指定、平日限定、時間指定等)は売り手側が任意で設定することができます。また、インバランス(事故等による発電不調等)による負担の有無を設定することも可能です。
- ▶ 卸電力取引所は、取引のマッチング等の斡旋を行い、売り手は、買い手のなかでもっと

も条件の良いものを選択することになります。

というわけである。そして、この取引所には、一般電気事業者や主要な新電力等 54 社（2012 年 6 月現在）が参加していることを強調し、この市場への幅広い参加を呼びかけた。

また、2012 年 6 月 18 日付の『日本経済新聞』Web 版は、「小口電力市場が始動 自家発電の導入促す」という見出しの下に、この新しい分散型・グリーン売電市場を次のように紹介している。

「自家発電やコージェネレーション（熱電併給）システムで発電した小口の電力を売買する取引が 18 日午前、始まった。出力が 1,000 キロワット未満の電力でも売れるため、自家発電で余った電気などを売りやすくなる。政府は電力需給が厳しい夏場に向け、自家発電などの導入を促す効果をねらう。

新たな小口電力市場“分散型・グリーン売電市場”は、日本卸電力取引所（東京・港区）が立ち上げた。発電側が売りたい電気の量や期間、価格などの条件を決め、取引所の掲示板に示す。電気を買いたい電力会社はインターネットオークションのように入札して取引する。午後 1 時時点では売電の希望は寄せられていない。

現在も電力会社や新電力（特定規模電気事業者）が電気を売買する市場はあるが、最低取引単位が 1,000kW と大きいほか、取引するには入会金などの負担も必要。このため新市場では最低取引単位を撤廃し、入会金や取引手数料も不要にした。“電気が余ったときだけ売る”といった不安定な電力でも売ることができるようになる。

新市場の取引が活発になれば、企業は電気をいつでも売れるため、自家発電設備を導入しやすくなる。小口電力の価格の目安もわかるため、市場を通さず企業が電力会社や新電力に電気を直接売る取引も盛んになる可能性がある。」

木質バイオマス発電に取り組む事業者にとって、こうした市場の整備は好都合に作用するはずである。

6-4 節 現在の日本の電力供給の枠組みと木質バイオマス発電

以上で 2013 年 2 月までの電力自由化の経過を概観した。1995 年以來の日本における電力部分自由化の結果、2013 年 2 月現在の電力供給の全体像は表 6-1 に示す通りである。

表 6-1 電力供給を行う事業者の種類

<p>一般電気事業者</p>	<p>一般（不特定多数）の需要に応じて電気を供給する事業者で、電力自由化以前からの東京電力、関西電力などの 10 電力会社が該当。無条件で一般への電気供給を行うことができる。</p>
<p>特定供給</p>	<p>自由化以前からの特定供給と同じもので、電気の供給者・需要者間の関係として、需要家保護の必要性の低い密接な関係（生産工程、資本関係、人的関係）を有する者との間の電力供給（本社工場と子会社工場間での電力供給等）をいう。</p>
<p>卸電気事業者</p>	<p>一般電気事業者に電気を供給する事業者で、200 万 kW 超の設備を有する事業者。電源開発（最近では「J パワー」の名で知られる）や日本原子力発電。特例として、200 万 kW 以下であっても、自由化以前からの卸電気事業者である都道府県等の公営水力、民間の共同火力も卸電気事業者として認可されている。</p>
<p>卸供給事業者</p>	<p>一般電気事業者に電気を供給する卸電気事業者以外の者で、一般電気事業者と 10 年以上にわたり 1,000kW 超の供給契約、もしくは、5 年以上にわたり 10 万 kW 超の供給契約を交わしている事業者。独立発電事業者（略称 IPP : Independent Power Producer）ともいわれ、新日本石油、神戸製鋼所などがこの事業を営む。</p>
<p>特定規模電気事業者</p>	<p>契約電力が 50kW 以上の大口需要家に対して、一般電気事業者が有する電線路を通じて電力供給を行う事業者。小売自由化部門への新規参入者であり、PPS と略称。送電線の使用については、一般電気事業者に委託料を支払う。(株)ファーストエスコ、ダイヤモンドパワー（株）、エネットなどが該当。(Power Producer and Supplier, PPS)</p>
<p>特定電気事業者</p>	<p>限定された区域に対し、自らの発電設備や電線路を用いて電力供給を行う事業者であり、六本木エネルギーサービス、諏訪エネルギーサービスなどが該当。</p>

備考) 小川沙有里「バイオエネルギーと地域循環型社会」、長岡延孝編『サステナビリティの政策と経営』、第 6 章、晃洋書房、2010、181-210 頁を基本とし一部の数値を 2013 年 10 月現在のものに置き換え。

この表 6-1 に即していうと、1951 年以降の「九電力体制」や 1972 年以降の「十電力体制」の下で存在したのは、自家発電を除けば、基本的に一般電気事業、卸電気事業、卸供給事業のみであった。このことを電力消費者の立場からみれば、一般電気事業に従事する

者のみに電力の小売りが許可されていた、ということである。木質バイオマス発電はその時代からはじまってはいた。しかし、以下でみるように、それは自家発電のような特殊な分野においてのみであった。木質バイオマス発電が、今日のように一般的になるのは、1995年の電力の部分自由化以来である。以下では、部分自由化の開始以前、および開始後の木質バイオマス発電の展開状況を振り返ってみる。

木質バイオマス発電は、小売や卸売のための電力生産ではなく、自給電力の確保からはじまっている。すなわち、大手の製紙業界の黒液自家発電が普及し、今日に至っている。

木質に限らずバイオマス一般についていうと、一般廃棄物のうち生ごみ、紙くずなどの可燃物を焼却処分する地方自治体の清掃工場において、1960年代の終わり頃からごみ焼却余熱発電（ごみ発電）に取り組む例が増えていった。これに拠れば地方自治体が清掃工場の維持・管理のために外部（具体的には一般電気事業者）から購入しなければならない電力の一部、ないし全部を自給するのに役立つ。ただし、自治体内でごみの発生量が増えると、時間帯によっては余剰電力が発生することがある。この場合、その余剰電力は自治体に属する別の公共設備で利用することができるが、清掃工場近辺の個人の住宅や民間の事業所などに売電することは、制度上できないのが部分自由化以前の状況であった。余剰電力を外部に売電する唯一の方法は、一般電気事業者に買い取ってもらうことであった。ただし、その際の買取価格の決定権は自治体側にはなかった。

自家発電部門のなかに、1970年代以降、黒液発電とは別の木質バイオマス発電が登場する。木材を固体のまま燃やす発電である。これには大別して二つの型がある。いずれの場合も均質化のためチップ化して用いるが、一つはそれをボイラー燃料として用い、蒸気タービンを回して発電するものである。もう一つはそれを蒸し焼きにしながら可燃性ガスを発生させ、それを内燃機関に導いて内燃力発電を行うものである。この場合、排気ガスもある程度の高温であるため、それを熱利用するシステム設計をすることもできる。つまり、コージェネレーションである。製材工場や合板工場で発生するのこ屑や端材をこれら二つの型のいずれかで利用する木質バイオマス発電（発電単独、あるいはコージェネレーション）が、電力自給、あるいは熱自給も部分的に達成するものとして1970年代から90年代にかけて普及しはじめた。

2002年頃からは、特定規模電気事業者（PPS）のなかに木質バイオマス発電に関心を抱く事業者が急増するようになった。特定規模電気事業者が直接に木質バイオマス発電に取り組む例は少ないが、木質バイオマス発電をする特定供給事業者を設立しそこから電気を調達し、その電気を一定規模以上の需要家に小売りするか、一般電気事業者に買い上げてもらう事業が急速に増えてきた。

時期を同じくして登場したのが、一般電気事業者、あるいは石炭火力発電所を自家発電として保有する大手企業の一部が木質バイオマス発電に取り組むものであって、石炭混焼と呼ばれることが多い。これは、2003年に施行されたRPS法が電気事業者の売電する電気のうち一定割合以上は再生可能エネルギーにより発電されたものでなければならない、と

定めたため、それは木質バイオマスによるものでもよいわけである。混焼率は3%程度にしているところが多い。これには大別して二つの流れがある。一つは、国産材に起源のある木質バイオマスを用いるもので、もう一つは海外諸国に起源のある木質バイオマス（アブラヤシガラも含む）を用いるものである。

なお、木質バイオマス発電に取り組む事業者が増えてきた結果、その燃料の種類を示す上で誰にも全国共通に使える用語が必要になっている。これに関し、最近の行政諸当局（経済産業省、農林水産省など）は、木質バイオマス発電の燃料を「未利用間伐材等」、「製材工場等残材」、「建設発生木材」という三つに分類している。この分類に従えば、最近までの日本における木質バイオマスは、（黒液を別として）ほとんどが「製材工場等残材」か「建設発生木材」であった。しかし、「未利用間伐材等」も発電のための燃料として利用できないか、という声が林業関係者や農林水産省などから上がりはじめている。

6-5 節 電力システム改革の見通し

木質バイオマス発電が今後いっそう広がり、地域経済に貢献し、農山漁村の林業にまで好影響を及ぼすまでになるかどうか、現状では不明である。将来の展望は、さらなる自由化の進展の度合い、そして FIT 制度による木質バイオマス促進の程度による。林業への直接の影響については FIT 制度と木質バイオマスの関係についての考察が不可欠であるが、それについては第 7 章で述べることとし、以下ではここまでみてきた自由化がこれからどのように展開するか、当面の見通しを明らかにしたい。

経済産業省は、東京電力福島原発事故後の日本の電力需給のありかたを、従来の電力部分自由化の枠を超えて再検討する立場から、総合資源エネルギー調査会総合部会のなかに電力システム改革専門委員会（委員長・伊藤元重東京大学教授）をおいた。その第 1 回会合は民主党政権の下で、2012 年 2 月 2 日に開かれた。その後に政権は民主党主導のものから自民党のそれへと代わったが、その委員会は存続し、議論が続けられた。その結果、2013 年 2 月 8 日には一定の結論が得られ、報告書案が了承された。この報告書案の概略を、『ガスエネルギー新聞』（2013 年 2 月 11 日付）は次のように紹介している。

「（電力システム改革専門委員会は、2013 年 2 月）8 日、第 12 回会合（を開き）、報告書案を了承した。電力改革を 3 段階に分け、広域系統運用期間の設立を 2015 年、家庭用を含む全面自由化は 16 年、法的分離による発送電分離は 18～20 年をめどに実施する。今通常国会に電気事業法改正案を提出する。

一般電気事業者の供給区域を越えて全国規模で需給調整や地域間連系線の計画を行う広域系統運用機関を 15 年に設立する。同時に電気事業を規制する行政組織のあり方も見直し、独立性と高度な専門性を有する新たな組織を設立。送配電部門の規制や卸・小売市場における取引に関し、ルール整備などを行う。

16 年に家庭用小売分野への参入規制と地域独占を撤廃し、完全自由化する。料金規制に

関しては、経過措置として少なくとも発送電分離を実施するまでは維持し、総括原価方式による現行料金も選べるようにする。新たに“1時間前市場”を創設し、“計画値同時同量”も導入する。”計画値同時同量”については、導入をさらに前倒しする方策も検討する。

18～20年に、一般電気事業者の送配電部門を別会社化して発電・小売り部門から切り離す“法的分離”で、発送電分離を行う。」

以上での“法的分離”とは発送電分離に関していくつかある方法の一つである。そして、上記の専門委員会の報告書は、「発送電分離後に競争の進展を見極めた上で料金規制を撤廃する」と述べている。

日本政府は、この報告書を受けて2013年4月2日、2020年までに電力市場の完全自由化を目指す方針を閣議決定した。年表6-1は、電力自由化の流れを改めて振り返ってみるためのものである。

年表 6-1 電力自由化の流れ

1993年	12月の総合エネルギー調査会総合部会基本政策小委員会中間報告で発電部門への市場原理導入が提言される。
1995年	04月、電気事業法一部改正、12月施行。 電気事業者以外の事業者も電力会社に電力を卸売ることが可能に。この電力卸売事業への新規参入者を独立系電気事業者（independent power producer ; IPP）という。また、自前の発電設備と送配電設備をもつ事業者が、特定地域の電力需要家に対して、直接に電気を売ることができるようになった。この新しい事業者を特定電気事業者という。
1999年	05月、電気事業法改正。電力小売自由化の第一歩。
2000年	03月21日、前年に公布された改正電気事業法の施行。特別高圧で受電する需要家（2万V以上で受電し、電気の契約容量が2,000kW以上の需要家、具体的には、大規模工場やオフィスビル、デパート、大病院など）への電力小売りが自由化されることになった。この自由化部門への電力会社以外の新規参入者は特定規模電気事業者（power producer and supplier ; PPS）と呼ばれる。これは、対象需要家に電力会社の電線路を使い、または自営線を敷設して、電気を供給する事業者である。 08月、PPS第1号としてダイヤモンドパワー社が誕生。
2003年	06月、電気事業法、1999年に続き改正。 11月、日本卸電力取引所（Japan Electric Power Exchange ; JEPX）創設。
2004年	04月、前年に公布された改正電気事業法の一部施行。小売自由化の範囲を高圧需要家（契約容量500kW以上）の中規模工場やスーパーマーケットに拡大。
2005年	04月、2003年公布の改正電気事業法の全面施行。小売自由化の範囲を契約容

	量 50kW のすべての高圧需要家に拡大。また、送配電業務支援機関として電力系統利用協議会（Electric Power System Council of Japan ; ESCJ）が本格運用を開始。日本卸電力取引所も本格運用開始。
2008年	卸電力取引所の取り扱い範囲を拡大（時間前市場の具体的な設計など）。
2011年	08月、電気事業法改正。特定電気事業者になる規制が緩和。自己電源比率が100%という要件が外され、50%以上であればそれに該当できるようになった。
2012年	卸電力取引所に分散型・グリーン売電市場の導入。自家発電やコージェネレーションなど、1,000kW に満たない小さな発電設備からの余剰発電分を売ることができる市場として開設された。取引市場というよりも、売り手と買い手の相対契約を仲介する方式で、価格・量・期間などの条件は任意に設定できる。このほか、太陽光発電や風力発電などの、いわゆるグリーン電源からの発電も取引可能で、量の制約がなく、売り手は会員でなくともよい（買い手は取引所の会員に限られている）ため、家庭の太陽光からの余剰電気も販売できる。
2013年	<p>2月8日、経済産業省総合資源エネルギー調査会におかれた委員会より「電力システム改革専門委員会報告書」がとりまとめられる。2015年にESCJに代わる「広域系統運用機関」を設ける。2016年、電力小売りの全面自由化（電力地域独占の廃止）。2018-2020年、発送電分離の実施、小売りの料金規制の廃止を提言。</p> <p>4月2日、上記報告書の提言とほぼ同じ内容からなる「電力システムに関する閣議決定」。骨子は</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 広域系統運用の拡大（2015年目途） (2) 小売及び発電の全面自由化（2016年目途） (3) 法的分離の方式による送配電部門の中立性の一層の確保（2018～2020年目途） <p>11月13日、閣議決定内容が参議院で可決され、改正電気事業法成立。</p>

備考) 経済産業省編 (2013) 『エネルギー白書 2012年版』の記載事項を中心に、その他各種新聞報道を参考に筆者作成。

6-6 節 送電網と託送料金の問題

以上でみたように、2020年をめどに電力自由化はより全面的なものとして進む見通しであるが、木質バイオマス発電が本格的に普及するには課題がある。それは送電網と託送料金の問題である。ここでまず、託送と託送料金について述べておくと、送電網をもたない事業者が発電を行って需要家に売電するには、一般電気事業者の送電網を使用して送電する。これを託送といい、売電をする事業者は一般電気事業者に託送料金を支払う。一般電

気事業者の所有する送電網が十分に機能しなかったり、一般電気事業者が新電力などに課す料金が高すぎたりすれば、制度面で自由化が進んでも新電力などが今後も伸びていくことは難しい。この問題の所在を新電力最大手のエネットに即してみると、八木（2012）は次のように述べている。

「エネットは、発電した電力を東電など電力会社の送電網を利用し契約企業に供給しており、電力会社へ送電網使用料として託送料金を支払っています。発電でいくらコストを削減しても、送電網を独占されれば競争原理は生まれません。平成 23 年の震災で原発が停止し、関東では計画停電が実施されました。エネットなど PPS 事業者や民間企業の自家発電など、電力供給能力がありながら送電網が止まったため電力を送ることができませんでした。

「昨年計画停電は、発電と送電の独占が生んだ弊害です。発送電分離こそが電力供給の完全自由化となり、電力やサービスの競争原理で新しい電力市場も生まれます。送電網が自由化となれば、今東電が声高に主張する一方的な料金値上げも抑制されることでしょう。」

このように主張する八木は、日本は自然エネルギーを扱う技術は高いにもかかわらず、電力会社が送電網を独占してきたため、PPS 事業者や民間企業が発電の面で価格競争を行って安価な電気をつくりだしても、送電網の託送料金を抑えられてきたため、公正な価格で電気を販売することはできず、自然エネルギーの自給率がきわめて低かったのである、と分析している。

こうした主張は 2012 年にはじまったわけではなく、『環境市場新聞』2008 年 1 月 1 月付は「電力自由化の阻害要因 託送制度」という題で次のような分析を行なっている。

託送は、「送電網を所有・運営する電力会社にとって、市場における支配的地位を維持・強化する要素にもなる。その具体的な問題には、新規参入者が送配電線を利用する際に不当と思われる条件が課されたり、送電を委託する際の料金（託送料金）の算出根拠が不透明であったりすることなどが挙げられる。

新規参入者に課せられた不平等な条件の一例に“30 分単位で発電した電気の量と消費された電気の量を一致させなければならない”というものがある（30 分同時同量の達成）。新規参入者はこの条件を満たせなかった場合、非常に高いペナルティを電力会社に支払わなければならない。だが、新規参入者の競合相手である電力会社の発電・販売部門はこの達成義務を免除されている」というのである。

同新聞記事は託送料金の算出根拠の不透明感について、以下のように説明している。

すなわち、「電力市場（自由化部門）は需要家の受電電圧の差によって、特別高圧と高圧という二種類に分けられている。この二つのうち、新規参入者の参入割合が多いのは、需要家の絶対数が少ない特別高圧の分野である（特別高圧 4.17%、高圧 0.82%）。なぜ、需要家の多い高圧に新規参入者が少ないのか。その原因の一つに託送料金の価格設定がかかわってくる」という。電力事業は発電・送配電・販売からなり、事業者は、需要家に請求す

る電気料金を発電費・送配電費・販売費それに利益の合計で設定していく。このうち、「送配電費は原則としてすべての事業者に一律で、特別高圧と高圧の二種類の料金がある。仮に送配電費以外のコストが一定だとすると、特別高圧と高圧では、託送料金の差分だけ電気料金に差が生じることになる（特別高圧が三円、高圧が五円ならば、電気料金も高圧のほうが二円高くなる）。さらに高圧需要家は、特別高圧需要家より規模が小さいため、販売コストが割高になる可能性も考えられる」のである。

しかし、同新聞記事は「電力会社の小売価格をみると、より割高になるはずの高圧の電気料金が、相対的に低いことがある。託送料金の差よりも、電気料金の差が小さいのだ。安売りされている高圧の市場と、高値で売られている特別高圧の市場。どちらが新規参入しやすいか。当然、高値の市場に切り込むほうが、競争力を保てる。それが前述の参入割合の数値に表れているといえるだろう」と述べている。

託送料金と小売料金の設定で巧妙な新規参入者の排除ができる、というのが同新聞記事の分析だが、そのようなひずみが生まれる原因は、電力会社の料金算定の基準にあると考えられる。つまり、「現行の託送料金制度では、電力会社が料金算定を行い、それが経済産業省に届け出られ、問題がないと認められればその料金が適用される。発送配電から販売までを一貫態勢で行う電力会社の固定費・変動費から、会計上便宜的に送配電にかかる部分のみ抜き取って託送費用を算出するためには、ある一定のルールを用いて行うより他に方法がない。従って、経済産業省は、各電力会社がこのルールに基づいて費用を正しく配賦しているかをチェックする。だが、ここで問題だと考えられるのは、このときに用いられるルールである。ここには、その託送料金が実際に市場で用いられた場合、競争状態にどのような影響を与えるか、という観点が盛り込まれていないようだ。

現行制度は事前規制を最小にするという原則を貫いている。いうなれば“これまで公益事業者として電力の安定供給を担ってきた電力会社が、競合相手である新規参入者を排除するような行為を行うはずはない”という電力会社性善説に立った制度であるといえる。

しかしながら、事業を行うための不可欠設備である送電線の利用に関しては、問題が起こった後で措置がとられたとしてもすでに新規参入者は損害を被っている可能性が高い。事業者の性善説に立った制度は理想的であるが、残念ながらそのような見地による仕組みが危ういことは、昨今取り沙汰されている耐震強度偽装や耐火偽装問題からもみてとれる。」

上記の 2008 年の新聞記事は、「電力自由化から 8 年を経ても、新規参入者のシェアは 2% をわずかに超える程度。この現実をみる限り、この市場の仕組みには何か問題があるとしか考えられない」と述べ、「その原因の一つとして電気事業を行ううえで不可欠な送配電設備を電力会社が所有・運営しているために、新規参入者は競合相手の電力会社からサポートを得なければ事業活動が成り立たないという現行制度の問題点が挙げられる。この問題を根本から見直さなければ、今後も電力市場の活性化を望むことはできないのではないだろうか。」という主張を掲げて記事を締めくくっている。

このように一般電気事業者が依然として新規参入を困難にしてきたのがこれまでの電気事業だが、2011年頃から完全自由化に向けての動きがみられるようになってきていることは確かである。

木質バイオマス発電の場合、蒸気タービン式を前提とする場合、電気出力は最大でも2万kW程度であり、5,000kWを標準にする動きもある。内燃機関を用いるコージェネレーションの場合、電気出力は数10kWから数1,000kW程度と小さい。このような発電に適合するのは小口需要であり、上記のような全面自由化があって初めて本来の機能を発揮するものと思われる。

指田光章(2012)は、「電力システム改革への対応が企業競争力を左右する」という論文において、これからは「電力選択がCSRやブランド戦略となるのではないかと述べている。たとえば

“原発による電力を一切購入しない”

“再生可能エネルギーのみを利用した店舗”

などが一定程度の人々に意味をもつであろう、というのである。

以上は一つの例であるが、全面自由化は、近隣の森林を整備したいという人々の気持ちや地元の木質バイオマス発電所を建設する動機をうむ、といったことにつながる可能性をもつのである。

6-7節 期待される小売完全自由化

電力自由化の一つの段階として、卸電力取引所において小口市場が開かれるようになり、以前よりは木質バイオマス発電に取り組みやすくなったとはいえる。しかし、最終消費者のレベルで、木質バイオマス発電からつくられた電気が買いやすくなったかといえば、まだそのようにはいえない。50kW未満の需要家に対しても小売りが自由化され、しかもそれだけでなく、これまで一般電気事業者に独占されていた送電網が公平に運用されてはじめて木質バイオマス発電の真価が発揮されるはずである。

先述の年表6-1では、電力自由化の動きを2013年4月初めの段階まで記した。すなわち、政府は4月2日、「電力システムに関する改革方針」を閣議決定するところまで進んだ。それはすぐに国会に上程された。しかし、その後の野党による首相問責決議案をめぐる攻防で国会が混乱しているうちに、6月26日、通常国会(第183回常会)は閉会となり、同法案は自動的に廃案となった。しかし、同日の『産経ニュースデジタル版』の報道によれば、「茂木敏充経済産業相は26日、今秋の臨時国会に改正案を再提出する方針を明らかにした。今回の改正案は、3段階で進める改革の第1弾である“広域系統運用機関”の設立が柱で、準備が遅れば全体のスケジュールの修正が迫られる可能性も出てくる。(中略)今回の改正案では、全国規模での電力需給調整を行う広域系統運用機関を2015年めどに設立することが盛り込まれた。同機関は、震災など需給逼迫時に電力各社に融通を行うよう命令する強い権限をもたせる。平常時には、現在、各地の電力会社がそれぞれ独自に立てている需

給計画を一括して取りまとめるなど、電力需給の“司令塔”（経産省幹部）の役割を担う」（ウェブサイト：電気事業改正案①）。

さらに、2013年9月19日付の『日本経済新聞 電子版』は、「電気事業法改正案を参院先議 自公が合意」という見出しの下に、「自民党の溝手顕正、公明党の魚住裕一郎両参院議員会長ら自公参院幹部は18日、都内のホテルで会談し、臨時国会の国会運営を巡り協議した。先の通常国会で廃案となった電気事業法改正案を、衆院より先に参院で審議し、優先的に成立させる方針で合意した」（ウェブサイト：電気事業改正案②）と伝えている。

こうしてみると、紆余曲折はあるものの、電力自由化の流れは確実に進んでいるといえることができる。

第7章 固定価格買取制度と木質バイオマス発電

電力自由化への動きと木質バイオマス発電の関係を考察した前章に続き、本章では再生可能エネルギーから得られる電気の固定価格買取制度と木質バイオマス発電との関係を考察する。この制度の根拠となる法律は、2012年7月1日に施行された「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」（略称 FIT 法）である。本章においては、この立法の歴史的背景、および法律の概要をまず述べ、次に再生可能エネルギー全般に関係するこの法律が、木質バイオマスに焦点を絞ってみる場合、どのような意義をもつものなのか、具体的にはその経済性にどう影響するのかを検討する。

7-1 節 固定価格買取制度の沿革

一般に石炭、石油、天然ガスは、枯渇性の化石燃料（あるいは化石エネルギー）と考えられている。現代社会においてはこうした資源を燃料にした火力発電から得られる電気は、バイオマス、太陽光、風力などの再生可能エネルギーによる電気と比べて相対的に安価である。しかし、化石燃料の大量消費は、世界的に様々な環境問題を引き起こしており、再生可能エネルギー電気の利用拡大に期待する人々は少なくない。価格面においてやや割高な再生可能エネルギー電気の普及を図る方法はいくつか考えられるが、その一つに再生可能エネルギー電気の固定価格買取制度がある。

この制度は1978年、アメリカで導入された「公益事業規制政策法」（Public Utility Regulatory Policies Act ; PURPA 法と略称）がその先駆とされる。PURPA 法は、地理的に風況のよいカリフォルニア州における風力発電の立ち上げに限定的に貢献したといわれる。しかし、国全体として再生可能エネルギーの普及に効果を挙げた制度は、1991年にドイツが採用したものが最初である。その制度は、電気事業者に対して再生可能エネルギー電気を一定の価格で長期に買い取ることを義務づけるものである（朝野 2009、161-162 頁）。この価格のことを Feed-in Tariff といい、その頭文字をとってそうした制度のことを FIT 制度という。

ただし、再生可能エネルギーの普及促進政策は他にも固定枠制度（RPS 制度）や入札制度（再生可能エネルギーを売却したいと考える複数の事業者による競争入札制度）があり、既存市場との整合性や電気料金の安さを根拠として FIT 制度以外の方式を採用する国も多かった。しかし固定枠制度や入札制度では、その主張に反して、いずれもその効果は FIT 制度に劣るものとなった。その一方でドイツは、FIT 制度によって再生可能エネルギーを大量に普及させると同時に生産コストを下げ、電力総需要に対するシェアを増大させるなど、他の方式より大幅に効果的な成果を挙げてみせた（和田 2008、38 頁）。ドイツ林業に詳しい梶山恵司は、2003 年以降、ドイツのバイオマス電気の供給は「毎年、前年比 20%を超える伸びを示すようになってきている」という（梶山 2011、241-242 頁）。こうした結果を踏まえ、現在では多くの学術的報告や公的機関がその優位性を認めている。これが導入された国や地域の数は特に 2005 年以降に急増し、2009 年時点では少なくとも 50 以上の国々と 25 以上の州と地域でこの制度が導入、運用されている。今日においては再生可能エネルギーの普及政策として、最も一般的な手法となっている。

日本においては、再生可能エネルギーに対する普及促進策としては電力会社による自主的な買い取り、RPS 制度、各自治体による助成制度などが用いられてきた。これにより太陽光発電では世界一の生産量や市場を有することになったが、2005 年に助成金が一度打ち切られてからはいずれも他国に抜かれ、国内市場も縮小した。このため 2009 年 1 月に経済産業省が政府の緊急提言に沿って助成金を再び導入した。また 2009 年 2 月には、環境省も再生可能エネルギーの導入に伴う費用や経済効果の試算を発表し、普及政策として FIT 制度の採用を提案した。

このうち太陽光発電については 2009 年 2 月 24 日、経済産業省より初期投資の回収年数を 10 年程度に短縮する助成制度の強化が発表された。当初この制度は 2010 年からの実施予定であったが、経済危機対策、エネルギー政策、地球温暖化対策の観点から前倒しとなり、2009 年 11 月 1 日から開始された。開始時の余剰電力の買取価格は 48 円/kWh、エネファームやエコウィルなどの自家発電装置を併設している場合は 39 円/kWh であり、設置後 10 年間は同じ価格で買い取ってもらえる。ここでエネファームとは、都市ガスを化学反応させて湯と電気をつくる家庭用燃料電池コージェネレーション・システムであり、エコウィルとは、都市ガスによりエンジンで発電機を回すとともに、廃熱で湯沸しをする家庭用ガスエンジンコージェネレーション・システムのことである。いずれもすべての電気が太陽光によってうみ出されるのではなく都市ガスにも依存するため、48 円より安い 39 円が妥当とされたのである。

さらに、2009 年末からは、全量買取制度の導入、および対象を太陽光発電以外にも拡大することが検討されるようになり、検討状況は経済産業省のプロジェクトチームのホームページで公開されてきた。制度の具体的な形態については、様々な意見がみられた。例えば、従来の RPS 制度や余剰電力買取制度を廃止して全量買取制度に一本化すべきとの意見があった。その一方、余剰電力買取にも節電意識向上などの利点があり、またこれを廃止

する場合は既存導入家屋にて配線工事が必要となることなどから、併用を提案する意見も出された。電気事業連合会からは系統安定化への配慮等を求める意見が提出された。また電力を大量に使用する業界等からは、国民負担や産業競争力への配慮の要望も出された。

2009年夏に成立した民主党政権はこの制度の立法化に熱心で、2011年3月11日午前、再生可能エネルギー特別措置法案を閣議決定した。東日本大震災が発生したのはその日の午後である。そして法案は4月5日に国会に提出され、各党による協議・修正を経て、同年8月23日には衆議院で、26日には参議院で、それぞれ全会一致の賛成で可決し、30日に公布された。これを日本においても略称でFIT法という。

買取価格および買取期間は、2012年の初頭にFIT法第31条の定める新しい「調達価格等算定委員会」で決定される予定だったが、当初、経済産業省が示した人事案について、国会で同意が得られず、委員会の開催時期が延期された。委員5人のうち3人が制度の導入に慎重であることが与野党に問題視されたためである。政府は、新日本製鉄副社長の進藤孝生に代わって、京都大学大学院教授の植田和弘を委員長に起用し、同案件に関し国会の同意を得た。こうしてようやく2011年11月10日に新たな調達価格等算定委員会が設置された。委員会は2012年4月に意見書を取りまとめ、これに基づいて2012年6月、買取制度の詳細が決定された。制度開始当初の買取水準は新規参入を促すことを狙いとして高めに設定され、買取金額は普及量の予測に基づき、定期的に見直されることになった。

7-2 節 FIT法に先立つ法整備

前節では再生可能エネルギー一般にかかわるFIT法の概略と日本における同法の導入の経緯をみたが、本節では日本における木質バイオマス発電に焦点を絞って、それを促進する法整備の歴史を概観する。具体的には、1997年から2002年頃にかけて木質バイオマスに関連する法整備が進み、木質バイオマス利用の環境が徐々に整いはじめて、今日に至っている。そこで、まずはFIT法に先行する法律として主要なものを以下に示す。

(1) 新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法

1997年に制定された「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」（平成9年法律第37号）は、中長期的なエネルギーの安定供給の確保や、地球温暖化問題への積極的な対応という観点から、新エネルギーの導入を加速化するため、その利用等に関する基本指針の策定・公表、新エネルギー利用等を行う事業者に対する金融上の支援措置等を定めた。

2002年には同法施行令（平成9年政令第208号）が改正され、バイオマス、またはバイオマスを原材料とする燃料を、熱を得ることや発電に利用することが、「新エネルギー利用等」として位置づけられた。そして、新エネルギー等の普及のための施策が導入され、「新エネルギー事業者支援対策事業」として機械設備費の約3分の1の補助金を受けることができ、また債務の90%保証も可能となった。2002年度よりバイオマス発電についても同法の対象事業となり、初期投資額が低減され、事業リスクが小さくなった。

(2) 建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律

2000年に「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」（平成12年法律第104号）が制定された。この法律は、建設工事の際の分別解体、建設廃棄物のリサイクル・減量化を促進し、資源の有効利用と廃棄物の適正処理を図ることを目的とする法律で、建設リサイクル法とも略称される。詳細は省略するが「対象建設工事」と定義される床面積や工事請負代金の基準を満たす建設工事の受注者に対して、工事現場における解体工事の施工の技術上の管理をつかさどる技術管理者を選任することを義務づけるとともに、当該建築物に使用されているコンクリート、木材などの特定建設資材を分別解体等により現場で分別し、そのことによって生じた特定建設資材廃棄物は、原則として再資源化するよう義務づけている。

これは、容器包装リサイクル法、家電リサイクル法などと同様に循環型社会形成推進基本法の枠組みの一つであり、資源循環型社会を形成していくためのいわば新しい法律である。これにより建設発生木材は再資源化のためチップ化施設へと流通することになり、2000年には再利用率38%であったのが、早くも2002年には61%へ急上昇した。この結果、まとまった量の木屑チップの確保が容易になった。

(3) ダイオキシシン類対策特別措置法および改正廃棄物処理法 2002年12月1日施行

1999年に「ダイオキシシン類対策特別措置法」（平成11年7月16日法律第105号）が制定された。その一方で「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（昭和45年12月25日法律137号、略称：廃棄物処理法）の一部改正がなされた。この改正廃棄物処理法は2002年12月1日に施行されたが、これはこの施行日までにダイオキシシン類対策特別措置法に基づく排出基準がクリアされるべきことを意味する。この基準は、家庭用焼却炉を含め、すべての焼却炉に関し、空気取り入れ口及び煙突の先端以外に焼却炉設備内と外気が接することなく、燃焼室において発生するガスの温度が800℃以上の状態で廃棄物を焼却できるもの、などの条件からなっている。

(4) 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

2002年6月に公布された「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」（略称RPS法）は、2003年4月から全面施行された。このRPS法は、内外の経済的社会的環境に応じたエネルギーの安定的かつ適切な供給を確保し、また、環境の保全に資するため、電気事業者の供給する電気の量のうち一定割合以上を、風力、バイオマス等を変換して得られる新エネルギー等電気とする等の措置を講じるものである。

本法についてはすでに第4-2節で触れたが、再度確認しておく、この法律における電気事業者とは、一般電気事業者、特定電気事業者、特定規模電気事業者のいずれかである。電気事業者は、その義務を履行するに際して、①自ら発電する、②他から新エネルギー等

電気を購入する、又は③他から新エネルギー等電気相当量（RPS）を購入する、のいずれかを選択できる。これにより、新エネルギー等発電事業者が、電気事業者との取り引きにより収入を得るための環境が整備された。

新エネルギー等電気にあたる木質バイオマス発電による電気についても「新エネ等電気相当量」（RPS）の付加価値が付き、電気そのものだけでなく RPS の販売も可能となり、従来よりも高い評価で電力取引が可能となった。

以上（1）、（2）、（3）、（4）でみた三つの法律のほかにも、木質バイオマスに関連する重要な政策が取られるようになった。それは、バイオマス・ニッポン総合戦略の名で知られるものである。

2002年に導入された「バイオマス・ニッポン総合戦略」（平成14年12月27日閣議決定）は、地球温暖化防止、循環型社会形成、産業育成、農林漁業・農山漁村の活性化に向けて、バイオマスをエネルギーや製品（マテリアル）として総合的に最大限利活用し、持続的発展可能な社会「バイオマス・ニッポン」を早期に実現することを目的とした政策である。これは、バイオマス利用技術の高度化や、地域におけるバイオマス利用（バイオマスタウン構想）を推進し、全国的に廃棄物系で80%以上、未利用系で25%以上、資源作物10万トン以上のバイオマス利活用を実現することを目標に掲げた。

2004年3月24日に開催された「バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議」において関係各省が合意した「バイオマスタウン構想基本方針」では、バイオマスタウンを「域内において、広く地域の関係者の連携の下、バイオマスの発生から利用までが効率的なプロセスで結ばれた総合的利活用システムが構築され、安定的かつ適正なバイオマス利活用が行われているか、あるいは今後行われることが見込まれる地域」と定義している。そして、バイオマスタウン構想を全国の市町村から随時募集し、基準を満たせばバイオマスタウンとして公表することになった。

7-3 節 RPS 法の実際

以上のような法律や戦略は、それらの一環として木質バイオマスの利用を促進するものであるが、その進め方について最も具体的であるのは RPS 法である。これについては第4-2節でおおまかに述べたが、以下ではその詳細についてみておく。

RPS 法は、供給する電気の総量の一定割合以上が新エネルギー等電気であればならないというかたちの固定枠を定めているため、この法律による新エネルギー等の利用制度を固定枠制度とも呼ぶことは、第7-1節で述べた通りである。

同法が新エネルギー等に位置づけているのは

1. 風力
2. 太陽光
3. 地熱（熱水を著しく減少させないもの）

4. 水力（1000kW 以下のものであって、水路式の発電及びダム式の従属発電）

5. バイオマス（廃棄物発電及び燃料電池による発電のうちのバイオマス成分を含む）

である。そして、同法は、経済産業大臣が利用目標を勘案し、電気事業者（一般電気事業者、特定電気事業者、および特定規模電気事業者）に対して、毎年度、その販売電力量に応じ一定割合以上の量の新エネルギー等電気の利用を義務づける、と定めている。この義務量のことを基準利用量という。

同法の成立に伴い RPS 認定設備という言葉が使われるようになったが、これは、新エネルギー電気を発電し、または発電しようとする事業者が、その発電設備が基準に適合していることについて、経済産業大臣の認定を受けることが出来るようになったことによる。同法でいう新エネルギー等は、次節以降で述べる FIT 法における再生可能エネルギーとほぼ同義である。しかしながら完全に同義とはいえないのは、RPS 法と FIT 法ではどの規模までの水力を法定内とするかで違いがあるからである。RPS 法では 1,000kW 未満であるのに対し、FIT 法では 3 万 kW 未満である。

なお、新エネルギー等のうち、バイオマスを利用する発電設備の認定に際しては、経済産業大臣は予め農林水産大臣、国土交通大臣又は環境大臣に協議を行う、とされている。2009 年に日本国内で利用されたバイオマスエネルギーは、『エネルギー白書 2011』によれば 454 万 kl（石油換算）で、一次エネルギー国内総供給量 5 億 6176 万 kl に占める割合は 0.81%となっている。

RPS 法が定める意味においてのバイオマス発電の総認定設備件数は、2011 年 12 月末時点で 376 件である。認定設備総発電出力は同じく 2011 年 10 月末時点で 1,982.1 万 kW（正確な数値は 19,821,844 kW）であり、バイオマス発電の出力に使用燃料のバイオマス熱量比率を乗じた出力は 230.4 万 kW（正確な数値は 2,304,069kW である。石炭火力発電へのバイオマス混焼や清掃工場などでは、バイオマス以外のものも燃やされるため）である。2010 年度に同法に基づき供給されたバイオマス電力は、3,744,516,697kWh で、新エネルギー電力供給量全体の 37%となっている。

他方、『自然エネルギー白書 2012』によれば、2010 年度末でのバイオマス発電の設備容量の累積導入量は、325.5 万 kW、2010 年度に新規導入された発電出力は約 9.6 万 kW であり、3%強の伸び率であった（自然エネルギー白書では、熱量比 60%程度以上をバイオマス発電と定義しているため、RPS 制度での数値と異なっている）。燃料別内訳は、2010 年度末時点で、一般廃棄物発電が 55%、産業廃棄物発電が 36.7%と、廃棄物発電で全体の 9 割以上となっている。一方、木質バイオマス発電も、RPS 法施行および石油価格が高騰した 2003 年頃より急速に伸びており、2010 年末時点で、設備容量の累積導入量は、『エネルギー白書 2012』では約 26 万 kW となっている。

ここで一つ注意が必要だが、上記の約 26 万 kW という『エネルギー白書 2012』の数値は、NEDO（2010）や本論文の調査結果からみて、かなりの過小評価である。RPS 法の公布・施行以降、全国的に木質バイオマス発電所の新規立地事例が増えており、本論文の調

査結果は 2011 年 3 月末のものであるが、2010 年末までには設備容量の累積値をみると、それは 100 万 kW を超えている。

7-4 節 FIT 法の導入

以上でみたように、RPS 法の下で新エネルギー等（FIT 法の表現では再生可能エネルギーという）による発電が一定の社会的認知を得たが、それだけでは十分な普及をみるに至ったとはいえない。そこで、これを解消する目的で立法化されたのが、FIT 法である。資源エネルギー庁（2012）の説明によると、FIT 法が定める制度は次のように理解できる。つまりそれは、再生可能エネルギーを育てることを目的としており、次の 3 つを後押しする。

- (1) 国産エネルギーとして、エネルギー自給率がアップすること
- (2) CO₂ の排出が少なく、地球温暖化対策を進めること
- (3) 日本の得意な技術を生かせるため、日本の未来を支える産業を育成すること

再生可能エネルギーは、日本の電力の約 10% であるが、その大半は大規模ダムを含む水力発電で、買取の対象となる再生可能エネルギーはわずか 1.4% しかないのが現状である。再生可能エネルギーは、大規模ダムを除いて他の電源と比べて効率が悪く、燃料コストが高いので、そのままではなかなか普及が進まない。そのため、電気事業者による買取価格および買取期間を国が定め、再生可能エネルギーにより発電された電気を電気事業者が買うことを義務づけることで、再生可能エネルギーの導入を促していくという政策である。FIT 法のいう電気事業者は、先述の RPS 法の場合と同様で、一般電気事業者のほか、特定電気事業者、特定規模電気事業者（新電力）を含む。表 7-1 は三つに分類されるそれらの電気事業者の概略を示すものである。

表 7-1 FIT 法と RPS 法に共通する電気事業者

	一般電気事業者	特定電気事業者	特定規模電気事業者
事業内容	一般（不特定多数）の需要に応じて電気を供給する者。一般への電気供給は、一般電気事業者以外が行うことはできない。	限定された区域に対し、自らの発電設備や電線路を用いて、電力供給を行う事業者。	契約電力が 50kW 以上の需要家に対して、一般電気事業者が有する電線路を通じて電力供給を行う事業者。電力小売自由化部門への新規参入者で、PPS と略称される。
事業者数など (2010 年度末現在)	北海道電力から沖縄電力に至る 10 電力会社。	六本木エネルギーサービス、諏訪エネルギーサービスなど計 5 社。	ファーストエスコ、エネット、ダイヤモンドパワーなど計 38 社。
該当する法律の条項	電気事業法第 2 条第 1 項第 2 号	電気事業法第 2 条第 1 項第 6 号	電気事業法第 2 条第 1 項第 8 号および第 5 条第 1 項

備考) 電気事業法を参照し、さらに小川（2010）などの情報を付加して作成。特定規模電気事

業者は、電力部分自由化当初は契約電力が 500kW 以上の大口需要家への供給を行なうものと定められていたが、その後 50kW へと引き下げられた。PPS とは Power Producer and Supplier の略号。2012 年 4 月から新電力ともいう。事業者数は、資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部「第 12 回 RPS 法小委員会説明資料 次期利用目標量等について（資料 3）」、4 頁、による。

ここで改めて固定価格買取制度の仕組みをみておくと、太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスによって発電者が発電した電気を、電気事業者に、一定の期間・価格で買い取ることを義務づける。このため、再生可能エネルギーによる発電に取り組む事業者にとっては、設備投資など、必要なコストの回収の見込みを立てやすくなり、新たな取組が促進されるものと期待されるのである。

電気事業者が買い取った再生可能エネルギー電気は、送電網を通じて需要家が使う電気となる。そして、再生可能エネルギー電気を電気事業者が買い取る費用は、電気を使用する需要家から、電気料金とあわせて、後述する賦課金のかたちで集められる。

この制度に基づく電気の固定価格買取契約を締結し、電気事業者に電気を売る（売電する）ためには、それぞれの設備について、設置場所の地域を管轄する経済産業局へ申請し、経済産業大臣の認定を受ける必要がある。発行される認定通知書を添えて、電気事業者まで申し込まなければならない。こうして認定を受けた設備を FIT 認定設備という。

なお、50kW 未満の太陽光発電の場合は、一般社団法人太陽光発電協会「JPEA 代行申請センター」宛てにインターネット申請で申請する必要がある。

つまり、コストの高い再生可能エネルギーの普及を社会全体として促進するため、電気事業者が再生可能エネルギー電気を買い取る費用は、「再生可能エネルギー賦課金」として、電気を使用する全ての需要家の負担となる。賦課金は電気の使用量に応じて徴収することとされており、標準家庭で毎月およそ 100 円程度、月々の電気料金とあわせて集められる。再生可能エネルギー賦課金の単価は 2013 年度の場合、全国一律で 0.35 円/kWh である。（単価は、国が定める買取価格などをもとに、その年度の再生可能エネルギー導入量を予測し、毎年度定められるものである。）

なお、すでに述べたように、主に住宅用太陽光発電の分野では 2009 年 11 月より、余剰電力買取制度がはじまっており、太陽光発電の導入が進んでいる。従来はこの制度に伴う買取費用については、太陽光発電促進付加金（電気事業者ごとに単価が異なる。）を需要家が負担する仕組みになっていた。

このため、2012 年 7 月 1 日の FIT 法施行以降、2009 年以來の「太陽光発電促進付加金」と FIT 法施行で新たに導入された「再生可能エネルギー発電促進賦課金」とを併せて「再エネ賦課金等」と呼ぶ部分を加えた電気料金が需要家から徴収されるようになっている。

電力会社による買取価格および買取期間については、再生可能エネルギーの種類や規模などに応じて、中立的な第三者委員会とされる調達価格等算定委員会が一般市民も傍聴で

きる公開の場で審議を行い、その意見を受けて、経済産業大臣が告示する。買取価格・期間は、再生可能エネルギーの種類ごとに、通常必要となる設置コストなどの実態を反映して、原則として毎年ごとに見直しをする。法の施行後 3 年間は、集中的な再生可能エネルギーの利用の拡大を図るため、再生可能エネルギーの供給者の利潤に特に配慮することになっている。

当初の段階での再生可能エネルギー電気のうち、表 7-2 はバイオマス発電と太陽光発電の買取価格を一覧したものである。

表 7-2 FIT 制度下におけるバイオマス発電と太陽光発電の買取価格 (1kWh あたり)

		買取価格 (円)	買取期間
バイオマス 発電	メタン発酵ガス化発電	40.95	20 年間
	未利用木材燃焼発電	33.6	
	一般木材等燃焼発電	25.2	
	廃棄物 (木質以外) 発電	17.85	
	リサイクル木材燃焼発電	13.65	
太陽光 発電	10kW 以上	42	20 年間
	10kW 未満	42	10 年間
	ダブル発電 (10kW 未満)	34	10 年間

参照) 首相官邸資料「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」(2013 年 2 月 6 日最終確認)。

http://www.kantei.go.jp/jp/headline/renewable_energy.html

備考) ダブル発電とは、太陽光発電と都市ガスによるコージェネレーションを組み合わせたシステムのこと。この場合のコージェネ設備は、天然ガスを用いた小型の燃料電池であるのが普通である。太陽光発電単独の場合よりダブル発電による電気の買取価格が安いのは、ダブル発電では非再生エネルギーであるガス(天然ガスなど)を部分的に使っているからであることには注意しなければならない。

7-5 節 FIT 制度による森林整備促進への期待

以上は再生可能エネルギー全体についての取り決めであるが、次に本研究での関心事項である木質バイオマスに焦点をあて考察する。これに関し、林野庁の広報誌ということのできる『林野』において、その 2012 年 6 月号、4-7 頁は「木質バイオマスと固定価格買取制度について」という解説記事を載せている。

その記事は、最初に木質バイオマスを発生形態によって、「未利用間伐材等」、「製材工場

等残材」、「建設発生木材」の3つに分類している（表 5-4 木質バイオマスの発生量と利用の現況（推計）を参照）。そして、「木質バイオマス利用のポテンシャル」として、「製材工場等残材は、工場内の燃料や製紙等の原料として大部分が利用されている。また、建設発生木材は建設リサイクル法によって利用が進み、最近では木質バイオマス発電用の燃料としての需要が高まっている。これらに対し、毎年約 2000 万 m³発生している未利用間伐材等は、資源としてのポテンシャルを持ちながら、収集や運搬のコストがかかるため、その多くが搬出されることなく森林内に放置されている」と述べている。

その記事は、「木質バイオマスのうち、製材工場等残材と建設発生木材の発生量が今後大幅に増加する見込みはない。このため、木質バイオマスのエネルギー利用を進めていくためには、未利用間伐材等の活用を進めていくことが不可欠である」（『林野』2012、5 頁）と述べ、今後の木質バイオマスのエネルギー利用において未利用間伐材等が重要になるとの見通しを明らかにしている。

その上で、林野庁刊行雑誌の『林野』は、他の発電方式にない木質バイオマス発電の特徴を三つ挙げている。すなわち、

第一の特徴は、安定電源であること。これは太陽光や風力が日照や風のあるなしによって発電が左右されると違い、石油石炭火力発電所と同じように、燃料を確保すれば故障時や点検時を除いて連続して発電することができます。また、発電を中止するには燃料を入れるのを止めるだけでよく、原子力発電所のように停止するのも大変な施設ではないことも特徴です。

第二の特徴は、石油・石炭エネルギーとは違って、CO₂を増加させないため、地球温暖化対策としても有効なこと。木質バイオマスを燃焼させることで排出される CO₂は、もともと大気中から樹木が吸収していた炭素が大気中に戻るだけなので、大気中の CO₂濃度に影響を与えません（カーボンニュートラル）。

第三の特徴は、地域への経済波及効果。発電所の燃料として石油を使う場合、燃料代は産油国に支払われ、産油国に経済波及効果をもたらします。これに対して、燃料に木質バイオマスを使う場合、燃料代は山村地域に支払われ、山村地域に経済波及効果をもたらすこととなります。風力発電や太陽光発電は一旦施設を設置した後は、燃料供給を必要としません。これに対し、木質バイオマス発電は常に地域の森林資源である木質バイオマスを供給する必要があるため、山村地域にとっては発電所用燃料という新たな需要が生まれます。」

という三点である（『林野』2012、6 頁）。

このような利点を備えた木質バイオマスであるが、他方でそれには「原料調達等の課題」があるという。すなわち、「未利用間伐材等の林地残材を木質バイオマスとして利用する場合、伐採・集材・運搬など、燃料の調達に関するコストが大きな問題となります。現時点では、未利用間伐材等は搬出・利用に相当のコストがかかる一方で、取引価格も低いことから、利用は進んでいません」（同上、7 頁）という問題がある。したがって、「木質バイオ

マス発電の導入にあたっては、これら林地残材等の安定した燃料の供給が可能かどうか検討することが必要」であって、林野庁としては「今回の固定価格買取制度では、再生可能エネルギーの発電設備を用いて電気を供給する場合に通常必要となる発電コスト（燃料調達コスト含む）、再生可能エネルギー電気の供給者が受けるべき利潤等を勘案して、買取価格が決められることになって」（同上、7頁）いるという。

こうした考察の後に、『林野』の記事は、「このため、コストが見合わずに、今まで利用が進まなかった未利用間伐材等についても、今回の固定価格買取制度の施行に伴って、今後整備が見込まれる木質バイオマス発電所での利用が促進されることが期待されています」として議論を締めくくっている。

7-6 節 FIT 法施行後の動き

以上は、FIT 法が 2012 年 7 月 1 日に施行される直前までの状況であるが、本節ではそれが施行に至って以後の木質バイオマス発電をめぐる動きを検討する。

この点に関し、まず一つははっきりしていることは、太陽光発電のこれまで以上に急速な伸びである。東洋経済新報社記者の中村稔によれば、「太陽光発電はにわか業者も参戦でバブル的な混乱、風力や地熱発電は潜在力を生かせず低調——。これが、再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）初年度の総評となるだろう」という（中村 2013）。2012 年度の買取価格は、大型の太陽光発電の場合 40 円/kWh、風力が同 22 円/kWh（共に税抜き、20 年間固定）であり、「ドイツの現状の 2～3 倍だった」（中村 2013）。2013 年度には太陽光が 36 円/kWh に引き下げられたとはいえ、依然として高価である。

中村（2013）によれば、「こうした優遇策で発生したのが、太陽光、とりわけ非住宅での参入ラッシュだ。住宅向けはすでに 09 年から余剰電力買取制度が始まっていたが、非住宅向けは FIT が最初。太陽光は価格で優遇されているうえに、稼働までのリードタイムが 2 カ月～1 年と他の再エネに比べ短く、参入しやすい。そのため、さまざまな業界からの新規参入が相次いだ」のである。

FIT 導入から 2012 年 12 月末までに、「政府から認定を受けた設備容量は、非住宅の太陽光が 385 万キロワットと全体の 74% を占めた。FIT 以前の導入量が約 80 万キロワットなので、その 4 倍以上の設備が認定を受けたことになる。件数も 3 万を超え、1000 キロワット以上のメガソーラーも 742 件に及んだ。3 月末には 500 万キロワットを突破する勢いだ」という（中村 2013）。

「当然ながら、太陽電池メーカーへの恩恵は大きい。昭和シェル石油傘下のソーラーフロンティアは、昨年までは 6～7 割に低迷していた工場稼働率が、今年（2013 年）1 月からはフル生産になった。国内パネル価格が海外より 4 割高で高止まりする中、原材料のバーゲニングパワー拡大もあって採算も急改善。今年 1～3 月期は 05 年の創業以来初の黒字浮上（減価償却後ベース）となったようだ。」

「設備認定が太陽光で急増する反面、その他の再エネの導入は緩慢」というのが中村の

分析である。実際、2012年の「12月末までで風力が45万キロワット、中小水力や地熱はゼロに等しい」（中村 2013）という状態である。

しかし、中村（2013）は、木質バイオマス発電についてほとんど注意を払っていない。ここでは、表面に現れた太陽光発電の目立った伸びの陰で、木質バイオマス発電がどうなっているのかを注意深く見定めなければならない。木質バイオマス発電からの買取は従来安価だったため、急に高い買取が実現したために、これから木質バイオマス発電に取り組みようとする事業者を考えてみるとその一部に幾分かの混乱があっても不思議ではない。資源エネルギー庁の「FIT 設備認定」ホームページ（2013）は、「設備認定を受け付けています」という呼びかけ文に続いて、次のように述べている。

すなわち、「本制度で売電するためには、事前に設備の認定を必ず受ける必要があります。設備認定とは、法令で定める要件に適合しているか国において確認するものです。発電設備の認定作業は、現在、申請書類が整ってから認定まで1か月程度の期間がかかっています。バイオマス発電については、2012年12月から今年（2013年）3月にかけて想定外の件数の申請があり、また、申請書類に不備のあるものが大変多く、認定作業に更に時間がかかっており、申請書類の提出から認定まで4か月程度を要しているものもございます。このため、認定要件をよくご確認ください、必要書類を整えた上で余裕をもって申請書を提出していただきますよう、お願いいたします」と述べている。この文章は2013年4月5日にインターネット上で更新されている。ここからも推察できるように、FIT法の公布・施行前後より、木質バイオマス発電への社会的関心は従来以上に高まってきている。

以下の表7-3にみるように、未利用間伐材等による電気の実買取価格が、向こう20年間にわたって32円/kWh（税込みで33.6円/kWh）という比較的高水準に固定されたことが、そうした関心の高さを人々の間に引き起こしたのであろう。

表 7-3 2013年度のバイオマス発電からの調達価格（円/kWh）

バイオマス発電の種類	調達価格	調達期間
メタン発酵ガス化発電	40.95 円 (39 円+税)	20 年間
未利用木材燃焼発電 (※1)	33.6 円 (32 円+税)	20 年間
一般木材等燃料発電 (※2)	25.2 円 (24 円+税)	20 年間
廃棄物 (木材以外) 燃焼 発電 (※3)	17.85 円 (17 円+税)	20 年間
リサイクル木材燃焼発電 (※4)	13.65 円 (13 円+税)	20 年間

(※1) 間伐材や主伐材であって、設備認定において未利用であることが確認できたもの由来するバイオマスを燃焼させる発電。

(※2) 未利用木材およびリサイクル木材以外の木材（製材端材や輸入木材）並びにパーム椰子殻、稲わら・もみ殻に由来するバイオマスを燃焼させる発電。

(※3) 一般廃棄物、下水汚泥、食品廃棄物、RDF、RPF、黒液等の廃棄物由来のバイオマ

スを燃焼させる発電。

(※4) 建設廃材に由来するバイオマスを燃焼させる発電。

参照) 資源エネルギー固定価格買取制度ホームページ

<http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/kakaku.html>

林野庁の先述の雑誌『林野』は、木質バイオマス発電に関する試算もおこなっているが、それによると、

「送電出力 5000 キロワットの木質バイオマス発電を例にとると、一般住宅約 1 万 2 千世帯分の年間電力量を賄える発電能力（標準家庭の電気使用量約 290kWh、約 7,000 円/月）があり、間伐材等の収集・運搬・加工・発電所などで、地域に約 50 人程度の雇用が新たに発生すると計算されています。

また、使用する木質バイオマス燃料は、年間約 6 万トン、約 10 万 m³程度で、発電収入は燃料全てを間伐材等の未利用材とすると約 12～13 億円程度、燃料代は約 7～9 億円程度になります。

この燃料代は石炭・石油などの化石燃料とは異なり、地域に還元されます」（『林野』2012、6 頁）という。

また、同じく林野庁のデータは、現実の木質バイオマス発電の事例として、「山林未利用材を燃料としたバイオマス発電システム：会津モデル」を挙げている。そのモデルの諸元は下記の表 7-4 の通りである。

表 7-4 「山林未利用材を燃料としたバイオマス発電システム：会津モデル」

事業者名	株式会社 グリーン発電会津
送電出力	およそ 5,000kW
使用燃料	主として会津管内の山林未利用材（木質チップ）
運転日数	340 日
稼働時間	24 時間
ボイラーの形態	循環流動層
その他	乾燥設備、燃料搬送設備、蒸気タービン、発電機他一式

参照) 農林水産省（2012）「第 1 回バイオマス事業化戦略検討チーム資料

（参考資料、11 頁）」

この会津モデルは、FIT 法施行後、木質バイオマス発電所としては最初に FIT 認定設備となったことで全国的によく知られている。既設の木質バイオマス発電所が、未利用材活用を目指して FIT 認定設備となった事例もある。山林活用ドットコム（2012 年 11 月 1 日）のサイトは次の報告を行っている。

ミツウロコグループの木質専焼発電所、ミツウロコ岩国発電所（山口県岩国市、小池健史社長）は、再生可能エネルギー電気特別措置法に基づく固定買取制度（FIT）が適用される設備認定を2012年10月29日付で取得した。既設発電所の認定としては初めて。

同社は、前身の岩国ウッドパワーが2006年に国内初の1万kW級の木質専焼発電所として発電を開始した。昨年ミツウロコグループのミツウロコグリーンエネルギー（東京都中央区）に買収され、2012年年7月に始まったFITの設備認定を申請していた。

主に建築廃材を燃料に発電してきたが、FIT設備認定後は、林地残材などの未利用材を全体の3割に当たる月間3500トンを投入する。従来はRPS法に基づく設備認定によって若干有利な売電単価の契約をしていたが、30日付けで同認定廃止。将来的には未利用材の割合を7割程度まで高める計画で、燃料区分に応じて売電価格が上がり大幅に収支が改善される見通しだ。

燃料となる未利用材は、山口県のほか広島県や島根県から調達する。すでに広島のチップ業者等5社が発電用木材事業者認定を取得済。一部は彼らとチップ取引のある製紙会社系商社を通じて納められる。燃料用木材を納入する飯森木材（山口県宇部市）の飯森一社長が副会長を務める日本樹木リサイクル協会（板垣礼二会長）も認定機関として事業者の認定を進める予定。

「製紙用チップの需要が減る一方、搬出間伐で低質材が増え、各地で需要ギャップが問題になっているが、それらのはけ口になりうる。FITを先行取得した発電所の意義は大きい」

業界内の既設のバイオマス発電所では、中国木材（広島県呉市）、銘建工業（岡山県真庭市）の発電所が設備認定を申請している。（日刊木材新聞 平成24年11月1日付け）

以上で触れたのは木質バイオマス発電所の個別事例であるが、全国的な動きにも注目したい。これについては、株式会社トーセンの山林活用ドットコムにまとめられているデータに『日本経済新聞』2013年5月10日付朝刊第14版9頁および同紙2013年8月5日付朝刊29頁の記事データを加えたのが次の一覧（表7-5）である。

表 7-5 未利用材を燃料とする新設（計画中也含む）の木質バイオマス発電所一覧（2013年9月現在）

北 海 道 ・ 東 北 地 方			
発電所	所在地	未利用バイオマス量 (トン/年)	運転状況
王子グリーンソース	北海道江別市	300,000～350,000	2015年7月稼働予定
津軽バイオマスエナジー	青森県平川市	不 明	2015年稼働予定
東京都の民間企業	福島県塙市	112,000	2013年中に稼働
グリーン発電会津	福島県会津若松市	60,000	稼働中
気仙沼地域エネルギー開発	宮城県気仙沼市	8,000～10,000	2014年3月稼働予定

宮古市ブルーチャレンジプロジェクト協議会	宮城県宮古市	23,000	2014年秋稼働予定
ウッティかわい	宮城県宮古市	90,000	2015年稼働予定

関東地方			
発電所	所在地	未利用バイオマス量 (トン/年)	運転状況
トーセン 那珂川工場	栃木県那須郡	50,000	2014年春稼働予定
大月バイオマス発電	山梨県大月市	不明	2015年初頭稼働予定

上信越・東海地方			
発電所	所在地	未利用バイオマス量 (トン/年)	運転状況
いいずなお山の発電所	長野県長野市	7,000	稼働中
南木曾バイオマス	長野県木曾郡	100,000	2015年7月稼働予定
征矢野建材	長野県塩尻市		2015年稼働予定
川辺木質バイオマス	岐阜県加茂郡	30,000	稼働中(第2発電所計画)
岐阜バイオマスパワー	岐阜県瑞穂市	不明	2014年稼働予定
王子板紙富士工場	静岡県富士市	不明	2014年稼働予定
王子グリーンソース	静岡県富士宮市	不明	2015年稼働予定
三重エネウッド	三重県松阪市	55,000	2014年秋稼働予定

関西・北陸地方			
発電所	所在地	未利用バイオマス量 (トン/年)	運転状況
日本海水赤穂工場	兵庫県赤穂市	不明	2015年1月稼働予定

中国・四国地方			
発電所	所在地	未利用バイオマス量 (トン/年)	運転状況
真庭バイオマス発電	岡山県真庭市	120,000	2015年4月稼働予定
中国木材バイオマス	広島県呉市	190,000	2014年秋稼働予定
MCM サービス発電	広島県広島市	2,000	稼働中
松江バイオマス発電	島根県松江市	不明	2015年4月稼働予定
日新合板	島根県境港市	80,000	2015年4月稼働予定

エ・ビジョン	島根県江津市	200,000	2015年稼働予定
ミツウロコ岩国発電所	山口県岩国市	60,000	稼働中
中国電力新小野田	山口県山陽小野田市	25,000	稼働中
住友大阪セメント高知	高知県須崎市	44,200	稼働中
土佐グリーンパワー	高知県高知市	70,000～80,000	2015年4月稼働予定

九州地方			
発電所	所在地	未利用バイオマス量 (トン/年)	運転状況
グリーン発電大分	大分県日田市	70,000	2013年秋稼働中
グリーンバイオマスファクトリー	宮崎県児湯郡	72,000	2014年稼働予定
王子グリーンソース	宮崎県日南市	不明	2015年3月稼働予定
中越パルプ工業	鹿児島県薩摩川内市	不明	2015年稼働予定

備考) 山林活用ドットコム <http://info.sanrin-katsuyo.com/?eid=54> (2013年1月13日確認)、『日本経済新聞』2013年5月10日付朝刊9頁、『日本経済新聞』2013年8月5日付朝刊29頁を参考に筆者作成。

この表 7-5 の一覧から、未利用の林地系木質バイオマスの新規需要が年間約 175 万トンになることが推察される。これを木材の材積に換算 (換算係数は 1.3) すると、約 275 万 m³ となる。つまり、FIT 制度導入の初期効果として、これだけの未利用間伐材等の需要が発生すると考えられる。すでに表 5-4 でみたように、現在 2,000 万 m³ の未利用間伐材等が発生しているといわれているので、そのうち約 11.3% が利用される見通しとなったと考えることもできる。これらの発電所のなかには 2013 年春現在ですでに稼働中のものもあれば、建設中のもの、計画中のものもある。それらすべてが稼働するようになれば、そこに低含水率の木質バイオマスが安定して供給されることが不可欠な条件となる。また、上記以外にも、未利用木材を燃料とする発電所がつけられる可能性もある。そうなれば、11.3% をはるかに超える未利用木材への需要が発生するであろう。

日本の FIT 制度は、まだ出発点に立ったばかりだが、上記の試算からわかるように、最終的には新しい木材需要をうみ、山間地域に雇用が生まれ、森林整備と結びついたエネルギーの地産地消はじまることが期待できる。

7-7 節 未利用木材による木質バイオマスの展望

従来、再生可能エネルギーの一部としての木質バイオマスについて、経済産業省や農林水産省は、それを「未利用間伐材等」、「製材工場等残材」、「建設発生木材」の三種類に分類してきた。しかし最近では、より簡便に「未利用木材」、「一般木材」、「リサイクル木材」という言葉で同じことを表現する場合もある。木質バイオマス発電の燃料が、従来はほと

んど「一般木材」か「リサイクル木材」であったのに対し、FIT 法は「未利用木材」の活用に道を開いている。

きわめて長期にわたる林業不況のなかで、間伐をはじめとした森林整備に労働力も資金も十分に投下できなかつたことを考えるとき、FIT 制度には「未利用木材」の需要を喚起する要素があることに注目したい。この点を数量的に明らかにしようとした例として、みずほ情報総研株式会社環境・資源エネルギー部のチーフコンサルタントである大谷智一の分析がある。彼は、現状での間伐材のコストなどを想定し、「少なくとも 1 トン当たり 5,000 円の原料が現実的なコストとして最も安い価格であると考えられる」(大谷 2012) としている。その上で彼は、「固定買取価格が仮に 1kW 時当たり 25 円となった場合でも 5,000kW の発電規模がないと事業としては厳しいものと考えられる。逆に 1 万 kW 規模で原料コストを抑えることが出来れば事業としては十分に黒字が期待出来る事業となり、山サイドにお金を戻せるサイクルが実現可能である」と分析している(同上)。この分析は FIT 法施行より少し前になされたものであり、施行段階に入ってから「未利用木材」による電気の買取価格は 25 円ではなく 32 円/kWh であるから、発電規模が 5,000kW よりやや小さい場合でも木質バイオマス発電が経済的に成り立つ可能性がある。

大谷の分析では、「5,000kW の発電事業として必要となる原料は年間約 7 万トン(14 万平方メートル)と考えられる。1 万 kW であればその倍の 14 万トン(28 万平方メートル)である。この数値は、例えば 5,000kW 規模であれば新潟県における素材生産量に匹敵する規模であり、現状の素材生産から考えた場合には非常に厳しい数値であることが理解出来る。しかし、逆に言うと、需要を倍増する大規模な需要家が出来ると捉えることも可能であり、試算で示した数値が供給可能な事業者が存在すれば、このビジネスチャンスをもノにすることも可能」(同上)である。こうした分析の結果として、彼は、FIT 制度を「日本の森林・林業のあり方を大きく変えるかもしれない制度」(同上)と評価している。

木質バイオマス発電は、規模をあまり大きくすると燃料となる木質バイオマスを広域にわたって収集しなければならなくなり、費用面で困難が生じる。いい換えれば、東日本大震災を経験した日本では、エネルギー利用の大型化ではなく、地域密着型、小規模分散型であることが重要であり、その意味で木質バイオマス発電は今まさに日本各地が求めているものといえる。

第 8 章 木質バイオマス発電の今後の社会的位置

かつて木質バイオマスの利用を発電中心に構想した熊崎は、木質バイオマスの利用方法としてそれから液体燃料を製造したり、気化させたりして内燃機関の燃料を得たり、といった高度な技術の発展に期待していた(熊崎 2000)。つまり、木質バイオマスを液体燃料や気体燃料にしての発電を主体に考えていたように思われる。しかし、2001 年以降の 10 年ほどの期間に木材の液化や気化の技術の大幅な進歩は世界的にみられなかった。このため

熊崎は、木質バイオマス発電では採算が取れそうもないと判断するに至り、熱供給のみに研究関心を移していった。その成果が、たとえば熊崎（2010）であり、これは熱利用こそ木質バイオマスのエネルギー利用の本命であるとしている。

とはいえ、RPS法の施行前後の頃から木質バイオマス発電が全国的に普及しはじめ、さらに2011年のFIT法の公布そして翌年からのその施行がはずみとなって、未利用木材を利用した新たな木質バイオマス発電への取り組みがみられることもまた事実である。そこで本章では熱利用と発電の両者について最新の動きを紹介し、本論文の終章とする。

8-1 節 発電と並んで普及しつつある地域熱供給

熊崎（2010）を参考にしながら述べると、木質バイオマスを取り巻く次のような近年の状況は次のようなものである。まず、今日の日本では、通常、市町村役場の近くには各種の公共施設や集合住宅、事業所などの建造物が集中していることが多い。その中心にバイオマスボイラーを据えれば、そこから各建造物に熱を供給することができる。比較的温暖な地域では、暖房や給湯だけでなく、冷房も行うようにすると便利である。この場合、太陽熱利用を併用することもできる。

こうした地域熱供給においては、樹皮、枝葉などの低質バイオマスがすべて利用できるボイラーが役に立つ。今後、各地域で計画的な間伐や森林整備が実施されるとすれば、かなりの低質材や林地残材が出てくる可能性があるため、それを集積基地に集め、仕分け、加工、販売を行えばよい。

写真 7-1、7-2：揖斐川町（岐阜県）の木質バイオマス利用設備



備考) 7-1（左）は、木質バイオマスの熱利用による温泉施設。7-2（右）は、木質資源利用ボイラー。これら設備は「平成22年度 森林整備加速化林業再生基金事業（森のエネルギー利用施設等整備加速化事業）」による。2012年6月2日 筆者撮影。

すでに第3章でみたように、森林の伐採現場と加工された木材の最終需要家の間でチップにしかならない低質材（具体的な分類としてはC材）を一括して買い取り、これを木質チップに加工してさまざまな用途に振り向ける事業が台頭している。買取価格は生トン

当たり 3,000～5,000 円程度でも相当量の低質材が集まっている。それを小片に破碎したのが木質チップであり、木材チップともいわれる。他方、おが粉にみるような微粉状となった木質バイオマスを圧縮成形したのが木質ペレットである。木質チップがボイラー燃料として便利であるのに対し、木質ペレットは「形状が一定で取り扱いやすい、エネルギー密度が高い、含水率が低く燃焼しやすい、運搬・貯蔵も容易であるなどの利点がある」（林野庁 2013、195 頁）。

木質ペレットは、1973 年のオイルショック以降の石油価格の高騰に触発された、いわゆる“石油代替エネルギー”開発の一環として 1982 年に国内での生産が始まったものの、広くは普及しなかった。ところが、2002 年の「バイオマス・ニッポン総合戦略」にみられる木質バイオマスへの関心の高まりのなかで、「公共施設や一般家庭において、木質ペレットボイラーや木質ペレットストーブの導入が進み、木質ペレットの生産量も増加している」（同上）。その国内生産量は、2003 年にはわずかに 0.4 万トン、2005 年に 2.2 万トンであったのに比べ、2009 年には 5.1 万トン、2010 年には 5.8 万トン、2011 年には 7.8 万トンへと増えている（同上）。これに対して木質ペレットの輸入量は、2012 年で 7.2 万トンという数値が知られており、日本での木質ペレットの年間消費量は、近年 15 万トン規模に達していると推察できる。

なお、2007 年には一般社団法人日本木質ペレット協会が設立された。そして、木質ペレットを用いるボイラーやストーブの安全性を確保し、高い燃焼効率を保証するため、2011 年には木質ペレットの品質規格が策定された。

木質バイオマスのエネルギー利用として最も単純で、始原的な薪の利用についても触れておきたい。日本での薪の販売量は、2006 年まで減少が続いていたが、その年の 2.1 万^mを底として、以後、増加傾向に転じている。そして、2011 年には 5.5 万^mとなっている（同上、196 頁）。こうした薪は、主として山村家庭で、薪ストーブなどの燃料になっているが、都市域でも薪ストーブの利用例はある。なお、実際の薪の利用量は販売量をはるかに上回っているものと考えられる。2009 年度に長野県が行った調査では、家庭で消費する薪について、「使用全量を購入せずに自家調達している世帯が約半数を占めていた」（同上）。

これまでに触れていない木質バイオマスのエネルギー利用のタイプとしては、木炭がある。しかし、その利用は歴史的にきわめて複雑であり、技術面だけでなく、社会的、文化的にも意義の大きい木炭への言及は本研究の範囲外である。ここでは、近年の日本では年間約 4 万トン前後の木炭が生産されているが、国内需要を満たすには全く足りないため、輸入量が増えていることに触れるにとどめたい。

以上からわかるように、森林国日本においては、木質バイオマスの熱供給源としての利用はほとんど全国どこにおいても可能であり、小規模・分散型エネルギーとして優れている。熊崎は、「森林が全体に高齢化し、林木蓄積が増加しているのは心強いことですが、林木ストックの質には大いに問題があります。80 年代の半ば以降の材価の低落で、森林に人手が入らなくなり、放置されたままの林分が一挙に広がりました。人工林も天然林も相当

な過密になっているのは明らかです。戦後に植えられた 40 年生、50 年生の人工林が間伐されないうで放置されるのも珍しくありません。近年になって温暖化対策の名の下に相当な面積の間伐が実行されているのですが、その多くは伐り捨てになっている。なぜそうなるかと言えば、木を出してくる道がない、間伐材、特に低質材の出口がない、という答えが返ってきます」(熊崎 2010、89 頁) と述べている。

さらに熊崎は、「いま緊急に求められているのは、過密になった林分に道を入れて、間伐や択伐、さらには整理伐を実施し、過密状態を解消すると同時に木材を収穫することです。過密林分の、こうした伐り透かしから大量に出てくるのは、比較的質の悪い丸太か、森林バイオマスでしょう。良質材志向のわが国の林業がこれまで山に捨ててきたものを、どのようにしてお金にするかが重要なポイントですが、そのカギを握るのは森林バイオマスのエネルギー利用です」(熊崎 2010、90 頁) と論じている。本論文では、ここで熊崎が質の悪い丸太や森林バイオマスと呼んでいるものを含めて木質バイオマスとしているが、熊崎の主張をいい換えれば、熱供給源としての木質バイオマスが、潜在的には間伐材、とりわけ低質材のかたちで現在の日本には大量に存在するのである。このことは、発電にも利用できる木質バイオマスが林業の現場に莫大に賦存するということを意味する。次節ではこの点について詳しくみていく。

8-2 節 木質バイオマス発電の第 3 期

分散型の熱供給源として木質バイオマスの利用が全国各地で普及するにつれ、すでに詳しくみたように木質バイオマス発電も全国に広がってきた。

木質バイオマス発電は、少なくとも日本の場合、燃料調達が高価につくので経済的に成り立たないのではないかと、という懸念があった。しかし、第 5 章でみたように、緩やかにであれ、1970 年代にはじまって 2000 年頃まで、木質バイオマス発電に取り組む民間企業は増加した。これを木質バイオマス発電普及の第 1 期と呼ぶことにする。そうすると、2000 年以降 2012 年までを第 2 期とみることができる。この第 2 期になると、普及の勢いは増し、本研究における調査の範囲では、2011 年 3 月現在で 128 件の木質バイオマス発電設備(熱併給を含む)が数えられるまでになった。

第 1 期に木質バイオマス発電を開始した事業者は主として製材業者、合板工場経営者であり、発電のための燃料は主に端材やおが屑であった。つまり、当該事業の経営にとって必然的に発生する副産物である。そして、例えばおが屑が畜舎の敷料として適当な値で売れるような場合は別として、副産物の買い手がなければ、それをほとんど無料の自給燃料として木質バイオマス発電設備で活用できたのである。

第 2 期に木質バイオマス発電を開始した事業者には、第 1 期と同じ類の動機をもつ事業者もある一方で、新しいタイプの事業者が加わった。すなわち、建設リサイクル法の下で分別のよくなされた建築系の廃棄物を調達しやすい事業者、あるいはダイオキシン規制の強化に対応した事業者である。

ところで、第1期、第2期の木質バイオマスによる電気は、「新エネルギー等電気」には該当していたものの、行政当局の側からはあまり重要視されなかったのではないかと。新エネルギー等による発電としては、太陽光発電や風力発電に重きが置かれることとなったのである。しかし、第2期の半ば過ぎから、林野庁が木質バイオマス発電に着目するようになる。とりわけ、間伐材等の未利用材による発電に対してである。その背景にあるのは、2007年から6年計画ではじまった330万haにおよぶ緊急間伐政策と、その結果発生した膨大な切り捨て間伐材の存在である。

この点について、林業専門家の梶原康太郎は、「日本の年間の国産材の素材生産量（消費量）が1,700万m³前後しかない状況で、年間に55万haもの間伐を集中的に行えば消費実績を大幅に超える伐採が行われるのは明らかで当然出口対策即ち丸太の加工（消費）能力を高めておくべきところを、根本的な出口対策を棚上げしたまま実行に移された。行き場の無い間伐材は切り捨てにする他に手段がなく、大量の未利用材を生む結果を招いてしまった。確かに6年間の緊急間伐で利用されず切り捨て放棄された木材の量は1億m³を遥かに超える膨大な量であり、無駄に腐朽させるのは大きな損失には違いない。しかし残念ながらすでに切り捨てられてしまった以上もはや利用するのは難しい。何故なら実際の切り捨ての現場と言うのは多くの場合搬出を目的に伐採されたわけではない」（梶原 2013、2頁）と述べている。

本論文では、2012年以降の木質バイオマス発電の展開を第3期と呼ぶことにするが、この第3期は、それまでの第1期、第2期とは異なり、林野庁とのかかわりが強いものである。FIT法の施行が2012年からであるが、同法の導入した全量固定価格買取制度においては、すでに第7章でみたように、「未利用材」による木質バイオマス電気の買取価格は、税抜きで32円/kWhであり、きわめて高水準にある。これは、単に木質バイオマス発電の促進のためというより、これまでのような切り捨て間伐はなるべく避け、搬出間伐を進め、その間伐材を発電燃料にしようという林野庁の誘導策であろう。すでに山林に放置されている林地残材はそのまま朽ちるに任せるしかないが、「今後利用される見込みがあるのは既に存在する林地残材ではなく、あくまでも今後新たに実施される搬出間伐において発生する低質材とみるべきだろう」（梶原 2013、3頁）。

従来の日本の木質バイオマス発電は、森林整備に直接かかわるようなものではなかったが、第3期に至ってようやく森林整備との接点をもつようになってきている。これは電気の供給側からの視点であるが、需要側はどうであろうか。次にこの問題についてみておく。

8-3 節 物質循環が森林を内包する縁辺で実現する社会に向けて

木質バイオマス発電が化石燃料による発電の代わりを担う必要は少なくともエネルギー需給の面からはない、ということは本論文で繰り返し述べてきたことである。その一方で、木質バイオマス発電を工業地帯や都市域の木質系廃棄物の単なる受け皿ととらえるならば、それはすでに限界に近づいている。製材等工場残材やリサイクル木材は発電を含む既存の

用途にほぼ利用されて尽くされているからである。こうした状況のなかで林野庁は未利用材の発電利用という新しい課題を設定しており、前節ではこれを木質バイオマス発電の第3期と特徴づけた。以下では、未利用材を発電に利用した場合にうみ出される電気はどういう範囲で消費するのが適当であるのか、電力の購入者はどうした人々であるのが望ましいのかを考えるが、その前にまず、第1期、第2期における木質バイオマス発電の主な需要先を改めて整理しておく。

製材所等工場残材を燃料とする木質バイオマス発電の場合、製材所等工場とは製材所あるいは合板工場のことであり、そこでコージェネレーションを取り入れることにより、発生電力は製材所や合板工場の自給電力に利用し、熱も自給して木材乾燥用に利用することで、経済性が迫及された。ここでの経済性とは、一般電気事業者から購入することになるはずであった電気代や重油等の燃料代の節約分のことである。林産業関係の企業経営者や森林組合のこうした自家発電、あるいは自給用熱電併給が、木質バイオマス発電第1期の中心である。

リサイクル木材を燃料とする木質バイオマス発電においては、RPS法の後押しもあって、発生電力の需要先は多様化した。工場でのエネルギー自給は目的ではなく、電力会社やPPSへの売電においてその収入が必要経費を上回るかどうか、木質バイオマス発電の実施に踏み切るかどうかの判断基準となった。この時期にはダイオキシン規制が強まり、その規制を達成しつつ産業廃棄物の焼却処理を発電と結びつけて採算を合わせるという社会的要請もあった。これが木質バイオマス発電第2期の主要な関心であった。

これに対し、木質バイオマス発電の第3期の主要な社会的課題は、地域社会がうみ出す未利用木材（正確にはC材などそのうちの低質材）を燃料として確保する発電所がつくる電力を、発電所周辺の地域社会でいかに消費するか、という問題である。この場合の木質バイオマス発電所（あるいは熱電併給施設）は、地域に根付いているものであることが基本であり、遠方に本社機能がある電力会社である場合にも、そこからは独立した新会社として、地域社会に拠点をもちることが望ましい。そして、域内の公共施設や一般家庭や工場などの民間部門が、その地域に拠点を置いた電力会社が供給する電力の購入者となるならば、物質循環が、森林とその縁辺との間で実現するということになる。そうした仕組みは地域内において雇用を増やし、安定した経済基盤を構築することができる。換言すれば、搬出間伐から得られる低質材を有効利用することを通して、地域社会に必要な電気と熱がその地域社会の内部でうみ出されることにより、放置された森林にも管理の手が行き届くようになり、適切な整備が確実になされるようになる。そのようにして、地域経済の循環も可能になる。

第1期の燃料の中心は製材端材等にみられる一般木材、第2期の燃料の中心は廃建築物からのリサイクル木材であったことは、既述の通りである。これらの木質バイオマスは、象徴的にいえば、いずれも「工業地帯や都市域のごみ」であった。これに対し、第3期の未利用木材は「山のごみ」である、という見方もできる。この意味では、木質バイオマス

発電を、産業廃棄物の有効な焼却処分の方法の一つとして一貫してとらえることができる。

ごみ発電は、一般廃棄物のうちの可燃部分については焼却・減容し、その際の発生熱を電気に変え、いくぶんかの費用を回収しようとするものである。これとの対比でいえば、木質バイオマス発電は、産業廃棄物のうちの木質部分を焼却・減容することにより発電し、費用を回収しようとするものである。第3期の場合、そこでの産業とは林業である。

この木質バイオマス発電の第3期の課題は、山林に停滞している木質バイオマス、すなわち「山のごみ」を放置することなく、収集・搬出しても素材としては価値が全くないかあるいは小さかったりする部分を発電燃料として付加価値をつけ、その一方で価値のある丸太は加工原料として活用する仕組みを地域社会のなかにつくることである。

こうした物質循環、そして地域経済の循環は、FIT制度が未利用木材燃焼発電からの買取価格を高水準に保つ、すなわち33.6円/kWh（税込み）が維持されるという好条件の下で可能になりうる。つまり、FIT制度は間伐を切り捨て間伐に終わらせることなく、搬出間伐を促進し、未利用木材燃焼発電に経済性を付与するように機能しうる。

しかし、現行のFIT制度の下では、輸入木質チップを燃料とする木質バイオマス発電であっても、電力の買取価格は25.2円/kWh（税込み）であり、国内の未利用材による場合は低い価格設定であるものの、リサイクル木材による場合の13.65円/kWh（税込み）より高価な買い取りとなっている。したがって、木質チップを大量、そして安価に輸入し、既存の石炭火力発電の設備を備えた工場で売電そのものを目的として混焼発電を行なうならば、採算のよい事業となりうる。しかし、そのような木質バイオマス発電が日本各地の森林整備にまったく結びつかないことは明らかである。

したがって、FIT制度が現状のままで適正であるといえるのかについての検討は、今後において大いに議論すべき課題である。

結 語

—まとめと今後の課題—

2013年6月23日、本論文第6-5節で述べた電力システム改革を骨子とする電気事業法改正案は国会で廃案となった。このため、電力小売完全自由化へ向けての進行速度は減速したものと考えられる。しかし、その一方でFIT法は有効であり、再生可能エネルギーへの社会的期待の大きさに変化はみられない。そのもとで木質バイオマス発電所の新規建設計画は拡大基調にある。他方で、最近、風力発電設備に故障や事故がみられ、再生可能エネルギーという名前さえつけば、それは開発に値するという安易な考えは、今後は通用しなくなるであろう。森林の一部を薪炭林として維持するかつての日本の伝統は、1960年代の燃料革命によって衰退した。しかし、森林が用材林としてだけでなくエネルギー林としても有用であることには変わりがない。この場合、森林の若返りに資する意味でのエネルギー林であることが基本であり、山林の木々が石炭や石油に代わるものとして位置づけら

れることはあってはなるまい。また、木質バイオマスの発電所や熱電併給設備は、大型で集中立地しているような設備でない場合にこそ、その特長を発揮するのであり、その意味からしても原子力にもとって代わりうるものでもないエネルギー林はかつての薪炭林同様に、その姿かたちこそ違え、我々の身近にあり、生活していくうえで必要なエネルギーの一部を担いうるものである。すなわち、莫大なエネルギー源として森林があるわけではなく、森林の再生産の範囲で一定量の木材が用材やエネルギー源として利用可能である、というのが本論文の基軸となる主張である。

本論文の第1、2章では、日本の一次エネルギー供給のなかでの再生可能エネルギーの位置を確認した。電力供給についてみると、石炭、石油、天然ガス、および水力で十分に需要に対応することができ、再生可能エネルギーに大きな期待をかける必要のないことがわかった。したがって、木質バイオマス・エネルギーについては、森林資源の持続可能性を重視しながら、必要に応じて普及させていくことができる。第3章では、森林・林業に注目し、1960年代の燃料革命とそれに続く高度経済成長の時代に、林業労働力が激減し、森林の過少利用が進んだことをみた。この状況に対し、人工林の間伐を促進し、間伐材も木質バイオマスマス発電の燃料とするならば、12万人程度の林業雇用が創出されるという試算を提示した。

第4章ではバイオマス発電を、黒液発電、自治体ごみ発電、木質バイオマス発電、メタンガス発電に四つに区分し、各々の歴史の概略を述べたのちに、2011年3月現在の各々の施設数、発電出力合計(kW)の数値を調査した(ただし、木質バイオマス発電の詳しい数値は第5章から引用)。この結果、発電出力は、各々約146万kW、約160万kW、約122万kW、約4.7万kWであり、近年、木質バイオマス発電が黒液発電、ごみ発電に迫るまでの発電容量をもっていることが明らかとなった。続く第5章では、本論文の主題である木質バイオマス発電に限定しての全国悉皆調査について述べ、熱併給(コージェネレーション)の場合も含めて、施設の都道府県別分布、発電規模別分布、木質燃料の種類と調達方法を分析した。なお、施設総数127件のうち石炭混焼発電施設が25件ある。そうした石炭混焼発電施設については、発電出力は木質部分の貢献のみとし、木質バイオマス専焼発電施設と比較できるようにした。こうした作業を経て約122万kWという結果が得られている。これによれば、一施設当たりの平均出力は、約9,600kWである。

この第5章には残された課題がある。個々の発電施設の出力、そしてそれらの全国合計値は明示できたものの、本論文の範囲では、実際にどれだけの発電が年々なされてきたのかまでは分析できていない。したがって、実際にどれくらいの(何トンの、あるいは何 m^3 の)木質バイオマスが使われたのか(消費されたのか)までは分析できていない。この意味で、本論文は、日本の木質バイオマス発電に関する輪郭は示しえたものの、詳しい実態の分析にまでは進んでいない。この分析は今後の課題である。

第6章は、地域独占としてはじまっている戦後日本の電力供給の制度が、1990年頃から小売自由化の方向へと動き出していることをあとづけた。第7章では、上記の過程と並行

して、再生可能なエネルギー源を用いた中小規模の発電も促進しようとする RPS 法（2002 年公布、翌年施行）の実際と、さらには FIT 法（2011 年公布、翌年施行）の導入がなされた経緯を述べた。残された課題として、現行の FIT 制度が、木質バイオマス発電を適切な森林整備と確実に結びつけるものかどうかの検討がある。

第 8 章のはじめの部分では、発電だけでなく木質バイオマスのエネルギー利用、すなわち熱利用についても近年の日本での動きにふれた。燃料革命以前の薪炭に代わって、木質ペレットなどが使われるようになってきている。そのうえで改めて木質バイオマス発電を振り返ってみると、製紙工場で黒液発電が普及しつくす一方で、木材を固体のまま（チップなどの形状で）発電に利用する試みが始まり、今日に至っている。第 5 章でも明らかになったように、これまでのところ、木質バイオマス発電の燃料は、ほとんどが製材所等残材かりサイクル木材であった。換言すれば、これまでの木質バイオマス発電は、木質系廃棄物の焼却処分を、単なる焼却に終わらせず、発電と結びつけるものであった。だがそれは、林業や林業に立脚した農山村の経済とは切り離されたものとして発展してきたのである。

第 8 章の論点の中心は、その木質バイオマス発電が、燃料供給の面でいま転換点に立っているという視点からの分析である。製材工場等残材やりサイクル木材のうち、発電燃料への利用可能量がほぼ限界に近づいているのである。このため、森林国日本の山林にある未利用木材を、用材用としてだけでなく、発電や熱電併給の燃料としても利用できないかという、経済的、技術的検討がいま日本各地ではじまっている。未利用木材の利用ということになれば、それは明らかに林業の問題であり、森林整備の問題でもあるから、農林水産省もようやくそれについての検討をはじめた。第 8 章の残された課題として、森林組合、その他の組合、民間企業などがいかに森林整備を意図して木質バイオマス発電をすすめるようしているかについての検討がある。また、政府、地方自治体などの行政諸当局の、この方面での政策の詳細の検討も残された課題である。

最後に、もう二つの検討課題を挙げる。まず一つには、第 8-3 節でも触れた輸入木質バイオマスの問題である。日本における木質バイオマス研究の第一人者のひとりである熊崎実は、2013 年の最新の論考のなかで、次のように述べている。「わが国の場合、専焼でも混焼でも出力の大きいバイオマス発電は海外の燃料に依存する度合いが高まるであろう。単位面積当たりの物質（バイオマス）生産量が高いのはやはり熱帯や亜熱帯である。この地域に早生樹種のエネルギープランテーションが造成されれば、比較的短い伐期で更新が繰り返され、形質の揃った小径木が大量に生産される。これを乾燥チップにしたりペレットにしたものが海を越えて運ばれてくる。国内の生チップよりも調達コストが多少高くなるのは避けられない。また大規模発電では排熱の利用を難しいが、そうした不利を高い発電効率でカバーするという魂胆である」（熊崎 2013、160 頁）。

ただし熊崎は、日本の木質バイオマス発電がすべて輸入燃料依存になってしまうとみているわけではない。彼は、以上に続けて次のように述べている。「他方、温帯の地域では構

造用材の生産をねらった伐期の長い林業が営まれている。エネルギーに向けられるのは林業・林産業の残廃材が中心で、均質の木質燃料を大量に集めるのが難しい。勢い“地産地消”にならざるを得ないであろう。つまり輸送費のかからない近隣から雑多なバイオマスを集め、しかも人工乾燥やペレット化のような前処理はやらないで地域の小規模なプラントでエネルギーに変換する方式である。発電効率の低さは熱の有効利用でカバーされる」（同上、160-161頁）。

つまり、「将来的には、沿岸部では輸入燃料による大規模発電、内陸部では地場燃料による分散型 CHP という分極化が鮮明になるかもしれない」（同上、161頁）というのが熊崎の見解である。ここで CHP とは **combined heat and power** の略で、熱電併給（コージェネレーション）のことである。こうした二極分解の見通しはわかりやすく、至極然りという面があるのは事実である。しかし、本論文の分析によれば、これまでのところ二極の中間ともいべき出力 10,000kW 前後の木質バイオマス発電施設が実際は最も多く、この傾向が将来急変するという見通しもない。

次に検討すべきは、表 7-5 が示すように第 3 期に件数の増加が予想される未利用木材燃焼発電の経済性である。第 1 期、第 2 期における一般木材等、およびリサイクル木材は、発電用に活用されようとされまいと、産業廃棄物として収集・運搬されたので、木質バイオマス発電施設を建設しさえすれば、燃料は安価に調達可能、という面があった。しかし、未利用木材の場合、それは通用しない。未利用木材の大半をなす間伐材は山林の斜面に分散しているところに特徴があり、概して収集・運搬の費用が高つく。しかし、全国林業改良普及協会（2010）、中嶋（2012）などに示されるように、これらの費用を節減する小規模な林業経営の試みもあり、今後そうした林業経営と木質バイオマス発電をひとまとまりのものとしてとらえることも重要になるであろう。

現状では FIT 法が未利用木材による電気を高価に買い取ることを保証しており、この補助金政策が木質バイオマス発電を森林整備と結びつけている面がある。だが、FIT 法が木質燃料による電気の高価な買い取りを改めたり、法そのものが廃止されたりする可能性もないわけではない。全量固定価格買取制度そのものが規制政策であり、電力自由化とは相容れない性質のものである。

その一方で、木質バイオマス発電のうち、特に未利用木材発電は、森林整備という外部効果をもつから（あるいは外部経済を発揮するから）、その分だけ補助金を得ることは自由化の理念に反しない、という議論もありうる。こうした問題にどう備えるべきかは、今後の研究課題として残る。

ここで改めて未利用木材利用の実情に立ちかえって考えてみる。梶山（2013）を参考にすると、2,000 万 m³ あるとされている未利用木材については、性質の異なる次の二つに大別して論じることが重要である。すなわち、未利用木材とは林地残材と林内放置丸太である。

まず、林地残材とは、木材伐採現場において、用途がなく、そこに放置されている枝条

(細い木や枝葉の部分) などのことである。これについては、「FIT を契機に林地残材のバイオマス利用が進めば、森林資源の付加価値を大きく底上げすることができる」(梶山 2013、9 頁) と特徴づけられる。

他方、林内放置丸太 (以下、放置丸太) とは、「“未利用木材” には、たとえ製材や合板、製紙用に使える木であっても、路網が未整備であったり、人材育成が間に合わなかったり、機械の整備が遅れているなどのため、間伐しても運び出されずに切り捨てて林内に放置されている丸太も含まれている」(同上、9-10 頁)。

以上のように、未利用木材を林地残材と放置丸太とに分けて考えるとき、次の点に注意しなければならない。すなわち、「放置丸太は本来、製材や合板・集成材にも使えるものもあり、運び出すにしてもバイオマスというよりは、その用途に応じた利用がなされるべきである。ところが、放置丸太も林地残材も含め“未利用木材” とされたため、未利用木材のバイオマス利用とは、一般には放置丸太を運び出して燃料として利用するものと理解されている」(同上、10 頁)。

この点について薪ストーブを例に挙げて考えるとき、ホワイトチップとは、丸太を砕いてつくられる高級な木質燃料である。しかし、こうしたストーブのように屋内でわずかな木質燃料を燃やす場合とは異なり、木質バイオマス発電ではより大量の木質燃料を屋外で燃やすのがふつうであり、その燃料としてホワイトチップのような高級品は不要である。むしろ資源の無駄遣いにならないとも限らない。つまり、「発電所が丸太からつくるホワイトチップを主燃料とする場合、林地残材利用も進まず、資源の最適利用が阻害されるばかりでなく、バイオマス利用のチャンスを林業資本が活かせなくなる懸念」(同上) がある。

木質バイオマス発電における未利用木材の利用は、林地残材中心に活用する場合に林業資本の利益となり、その存在基盤である地域社会の利益にも貢献するであろう。ここで林業資本とは、「森林所有者、森林組合、木材生産を請け負う林業会社など。ただし、製紙会社や木材事業者と結びついた森林所有者や林業会社は、木材需要者の利益を代表するので、林業資本とはみなされない」(同上、10 頁、脚注)。この点への注意は、木質バイオマス発電と森林整備の今後の関係を考察するうえで不可欠である。

なお、農山村での経済性を議論する場合には、木質バイオマス発電と小水力発電の間の代替関係を分析することも重要であろう。発電に適した落差のある農業用水が流れている地域があつて、その地域や周辺には間伐を要する森林が広がっている、というような状況があるが、両方の発電施設の建設に投資を行なうほどの資金はその地域社会内では調達できないということがありうる。このような場合に、地域社会内で調達可能な資金をどう配分するかといった課題は今後の検討に委ねたい。

本論文の結論としていえるのは、ファーストエスコ傘下の発電所に象徴されるような中規模な木質バイオマス発電施設が存続する一方で、小規模分散型の木質バイオマス発電が電力小売自由化の見通しのなかでいっそう発展する可能性がある、ということである。ただし、石炭混焼発電については今後の研究に委ねたい。

適正な森林管理に基づく木々の伐採は、森林を健全に保ち、良質な木材を生み出すと同時に、エネルギー源の宝庫ともなり、暮らしに必要な恵みをもたらしてくれる。そうした森林を内包した地域社会は、森林を中心とする物質循環の輪のうえにあるといえ、木質バイオマス・エネルギーはその循環を持続させるのに不可欠なものである。

また、小規模で分散してエネルギーを確保しておける木質バイオマス発電は、地域社会のエネルギー保障の面においても重要である。今後は、それが森林を内包した地域社会のなかに定着することが望まれる。

謝 辞

博士論文の作成にあつたては、林業現場の見学や全国悉皆調査において、多くの方々が生事にもかかわらず、時間を割いてくださり、懇切丁寧に対応してくださいました。また、林業に従事されている方々の発らつとした御姿は、わたくしの論文作成に強い意欲を与えてくださいました。ここに記して、御礼申し上げます。

中谷大輔さん（大豊製紙株式会社内 川辺バイオマス発電株式会社）、野原義弘さん（揖斐郡森林組合 総務課 課長補佐）、日下部伸二さん（株式会社ファーストバイオス 代表取締役社長）、安藤実さん（株式会社白河ウッドパワー大信発電所 総務グループマネージャー）、佐藤祐二さん（株式会社日田ウッドパワー日田発電所 運転主任）、藤川靖治さん（株式会社トライ・ウッド 森林保全課 課長補佐）、菅沼肇さん（大阪府森林組合 事業部長）、堀切修平さん（大阪府森林組合 総務課長）、大西哲さん（大阪府森林組合 河内長野木材加工センター）、尾ノ上貴浩さん（大阪府森林組合 建築事業部）、廣口真也さん（大阪府森林組合 木材総括本部主任、ウッドベースかわちながの所長）、高橋英夫さん（大阪府森林組合直営 高槻森林観光センター所長）、東山幸恵さん（大阪府森林組合三島支店 森林インストラクター）、武山一夫さん（大阪府森林組合三島支店 主査）、高峰光一さん（大阪府環境農林水産部・みどり・都市環境室、みどり推進課・森づくり支援グループ副主査）、東濃ひのき製品流通協同組合（岐阜県加茂郡白川町）の職員のみなさん、揖斐郡森林組合（岐阜県揖斐郡揖斐川町）の職員のみなさん、いび森林資源活用センター協同組合（岐阜県揖斐郡揖斐川町）の職員のみなさん、稲本裕さん（オークヴィレッジ森の自然学校 校長、岐阜女子大学生生活科学科 准教授）、誠にありがとうございました。

また、加賀爪優先生（京都大学大学院経済学研究科農学研究科 教授）には、論文作成にあたり的確なご指摘をいただきました。三井昭二先生（三重大学農学部 名誉教授）、池上甲一先生（近畿大学農学部 教授）、には、遠路より本論文の予備審査にお越しいただいただけでなく、論文の細部に渡り目を通してくださり、緻密にご精査をしていただきました。郡嶋孝先生（同志社大学経済学部 教授）には、日頃から有意義な情報をいただきました。そして、中川清先生（同志社大学大学院 総合政策科学研究科 教授）には、常々ゼミの場を開放していただき、論文完成へと導いてくださり、また、中川ゼミのみなさんか

らも貴重なコメントを頂くことができました。

最後になりましたが、研究に向かう姿勢を身をもって示してくださり、長きにわたり、辛抱強く励まし続けてくださった室田武先生に心からの謝意を表します。

2014年1月23日

真蒼い冬空の下、今出川校地にて

参考文献

- 相川高信 (2008) 「グローバリゼーションの受容による地域林業再生」『季刊 政策・経営研究』、第3巻、131-150頁。
- 相川高信 (2011) 「現場重視のフォレスター像を具体化せよ」『AFC フォーラム』、第58巻、第11号、11-14頁。
- 会津若松地方森林組合 (2008) 『木質バイオマス賦存量実態調査 間伐材カスケード調査報告書』(会津西部木質バイオマス研究協議会の委託調査)、平成19年度。
- 秋山孝臣 (2008) 「厳しい林業情勢の中で低コスト林業経営を目指す森林所有者—平成19年度 森林組合員アンケート調査結果より」、『農中総研調査と情報』。
- 朝野賢司 (2010) 「固定価格買取制度による林業再生は可能か」『環境経済・政策研究』、第4巻、第1号、2010、77-80頁。
- 朝野賢司 (2011) 『再生可能エネルギー政策論—買取制度の落とし穴』、エネルギーフォーラム。
- 足立英一郎 (2012) 「国内の森林、風向き変化：資源活用の抜本策を」『日経産業新聞』、7月13日付、第2面。
- 伊東維年 (2011) 「秋田県の間伐問題と間伐材の地産地消」、『熊本学園大学経済論集』、17(1/2)、209-273頁。
- <http://www.econ.kumagaku.ac.jp/keizai/ronshu/pdf/17-1-13.pdf>(2012年6月19日確認)
- 伊東維年 (2012) 『地産地消と地域活性化』、日本評論社。
- 石川武彦 (2012) 「再生可能エネルギーを通じた農山漁村活性化政策—農山漁村再生可能エネルギー法案」『立法と調査』、No.328、65-76頁。
- 稲熊利和 (2010) 「林業活性化の課題～路網整備と木の徹底的な利用の促進～」『立法と調査』第300号、1月、120-130頁。
- 井上雅晴 (2004) 『電力自由化 2007年の扉』、エネルギーフォーラム。
- 井上雅晴 (2012) 『電力改革論と真の国益』、日本経済新聞出版社。
- 伊藤元重 (2012) 「電力システム改革の課題—‘配給’から市場の活用へ」、『NIRA オピニ

- オンペーパー』、No. 7、8月、1-4頁。
- 植田和弘・梶山恵司編著（2011）『国民のためのエネルギー原論』、日本経済新聞出版社。
- 内田健一（2006）『森づくりの明暗—スウェーデン・オーストリアと日本』、川辺書林。
- 遠藤真弘（2006）「木質バイオマスのエネルギー利用—その動向と課題—」、『調査と情報』（国立国会図書館）、第510号、2006、1-10頁。
- 江藤寛子・佐々木ノピア（2010）「欧州と日本における木質バイオマス利用促進政策の比較」『日本森林学会誌』、第92巻、第2号、2010、88-92頁。
- 大谷智一（2012）「木質バイオマスを活用した再生可能エネルギー導入の新展開」、『山林』（大日本山林会）、2月号、23-28頁。
- www.mizuho-ir.co.jp/publication/contribution/2012/sanrin1202.html（2013年1月20日確認）
- 大野晃（2010）『山・川・海の環境社会学』、文理閣。
- 岡勝・中澤昌彦・佐々木達也・吉田智佳史・上村巧・鹿島潤・加藤隆（2011）「高性能林業機械の導入後10年目における林業労働死亡災害の考察」『森林利用学会誌』26(1)、27-34頁。
- 小川沙有里（2010）「バイオエネルギーと地域循環型社会」、長岡延孝編『サステナビリティの政策と経営』、第6章、晃洋書房、181-210頁。
- 同上（2011）「バイオマスを用いる発電の諸類型とその現状—地域の森林整備と林業への貢献の可能性—」、林業経済学会大会、信州大学農学部、11月。
- 同上（2012）「木質バイオマス発電の意義と課題—ファーストエスコ社の事例からFIT制度を考える」、『経済学論叢』、第64巻、第1号、145-177頁。
- 同上（2013）「農山漁村における木質バイオマス発電と熱利用」、『農業と経済』、Vol. 79, No. 4、47-56頁。
- 小野二良（1963）『メタン発酵の基礎と実際』、文雅堂。
- 笠井 博政（2011）「間伐材の活用による雇用創出：山仕事の出口戦略」、REPORT、 共立総合研究所、7月、第141号、27-38頁
- 梶原康太郎（2012a）「再生エネ買取制度と国産材産業」、『つるさき社報』（鶴崎商事株式会社）、第28号、1-8頁。
- 梶原康太郎（2012b）「木質バイオマス発電に対する提言」、『つるさき社報』（鶴崎商事株式会社）、第29号、1-12頁。
- 梶山恵司（2011）『日本林業はよみがえる—森林再生のビジネスモデルを描く』、日本経済新聞出版社。
- 梶山恵司（2013）「木質バイオマスエネルギー利用の現状と課題—FITを中心とした日独比較分析—」、富士通総研（FRI）経済研究所、『研究レポート』、No.409、10月。
- 小池浩一郎（1990）「燃料と素材が核心—日本の森林を活用する地球環境問題への貢献」、『林業経済』495号、15-21頁。

- 小池浩一郎・大津裕貴（2012）「木質バイオマスの特質とそれを活かすエネルギー利用方策」『林業経済』、第 65 巻、第 7 号、1-13 頁。
- 河口真理子（2012）「一次産業としての再生可能エネルギーの可能性」、ESG レポート、7 月 11 日、大和総研、全 16 頁。
<http://www.dir.co.jp/reseach/report/esg/esg-report/12071101es.html>（2013 年 4 月 20 日確認）
- 環境エネルギー政策研究所（2012）『自然エネルギー白書 2012』、七つ森書館。
- 株式会社森林林業リアライズ（2012）『平成 23 年度林野庁補助事業 先進林業機械改良・新作業システム開発事業のうち作業システム導入支援事業 報告書』。
- 橘川武郎（2012）『電力改革—エネルギー政策の歴史的転換』、講談社現代新書。
- 久保田宏・松田智氏（2010）『幻想のバイオマスエネルギー』、日刊工業新聞社。
- 久保山裕史（2006）「日本のバイオマス発電と林地残材利用」、『水』8 月号、第 48 巻、第 10 号、63-67 頁。
- 久保山裕史（2009）「林地残材チップのエネルギー利用についてコスト面から見た実現可能性を探る」、『現代林業』、2009 年 12 月号。
- 工藤拓毅・大木祐一・斎藤晃太郎（2001）「バイオマス発電等の実態調査」、IEEJ:7 月。
- 熊崎実（2000）『木質バイオマス発電への期待』、全国林業改良普及協会。
- 熊崎実（2009）「林業再建のグリーン・ニューディール」『世界』、5 月号、179-190 頁。
- 熊崎実（2011）『木質エネルギービジネスの展望』、全国林業改良普及協会。
- 熊崎実・沢辺攻編著（2013）『木質資源とことん活用読本 — 薪、チップ、ペレットで燃料、冷暖房、発電』、農山漁村文化協会。
- 栗山浩一・馬奈木俊介（2012）『環境経済学をつかむ』（第 2 版）、有斐閣。
- 金野和弘（2012）「森林施業における“土佐の森方式”の可能性—大規模集約化施業との対比において」『総合政策論叢』（島根県立大学）、第 23 号、13-27 頁。
- 経済産業省資源エネルギー庁電力・ガス事業部電力市場整備課（2012）「電力小売市場の自由化について」、4 月。
<http://www.enecho.meti.go.jp/denkihp/index.html>（2013 年 5 月 11 日確認）
- 公営電気事業復元県都市協議会編（1969）『公営電気復元運動史』、公営電気事業復元県都市協議会。
- 酒井明香・藤八雅幸（2008）「北海道の林業労働者の労働災害・ヒヤリハットに関する実態について」『北海道林業試験場研究報告第 45 号』、3 月、60-73 頁。
- 指田光章（2012）「電力システム改革への対応が企業競争力を左右する」『環境未来』、No. 38（環境戦略 第 3 回）。
www.keieikenn.co.jp/monthly/2012/1210-12（2013 年 1 月 30 日確認）
- 清水幸丸・鈴木信夫・黒川静夫・法貴誠（1988）「おがくずガス化発電とコ・ジェネレーションシステムに関する研究」、『日本機械学会論文集（B 編）』、第 54 巻 505 号、2639-2645

頁。

下平尾勲・伊東維年・柳井雅也『地産地消 豊かで活力のある地域経済への道標』、日本評論社、2009。

新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO (2010)『バイオマスエネルギー導入ガイドブック (第3版)』。

森林化社会の未来像編集委員会編 (2011)『2020年 日本の森林、木材、山村はこうなる：森林化社会がくらし・経済を変える』、全国林業改良普及協会。

森林保全管理技術研究会 (2011)『公益社団法人国土緑化推進機構「緑と水の森林基金」事業助成 路網整備と森林施業 (特に間伐) 技術体系に関する調査研究 平成22年度報告書』。

スカリス、ポール (2012)「日本における送配電体制の課題：海外の事例から学ぶべき教訓」
http://www.managementthinking.eiu.com/sites/default/files/downloads/Powering Ahead_Paul_J_Scalise_JAPANESE.pdf (2013年2月1日確認)

鈴木誠 (1998)「スギ・ヒノキ高齢林の経営論的研究：東京大学千葉演習林における人工林経営に関する実験」『東京大学農学部演習林報告』、第100号、131-213頁。

全国林業改良普及協会編 (2010)『林業入門 自家伐出のすすめ』、全国林業改良不朽協会。

高橋洋 (2012)『電力自由化ー発送電分離から始まる日本の再生』、日本経済新聞出版社。

田中和博「森林情報のIT化は何を可能にするか」

http://www.jafta.or.jp/14_jizoku_hp/web/semminer/04.html (2012年6月19日確認)

竹島喜芳「リモートセンシングを活用した林業支援システムの試作」(岐阜県立森林文化アカデミー)

http://www2.restec.or.jp/eoc/wsshiryou/agf19_wspdf/5.pdf (2012年7月3日確認)

竹内誠 (2009)「小規模木質バイオマス発電の実現による地球温暖化防止と持続的森林保全への試み」『技術革新と社会変革』、第2巻、第1号、19-27頁。

筒見憲三 (2004)「ESCO事業の新しい展開」『クリーンエネルギー』、(日本工業出版)、第13巻、第11号、7-13頁。

電力システム改革専門委員会 (2013)「電力システム改革専門委員会報告書」、2月。

www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/sougou/denryoku_system_kaikaku/report_002.html (2013年4月8日確認)

中嶋健造「大は小を兼ねないが、小は大を兼ねる：林業・大規模集約施業の問題点と、全国に広がる“土佐の森方式”」

<http://www.npobin.net/111021Nakajima.pdf> (2012年7月3日確認)

中嶋健造 (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。

中島徹・広嶋卓也・鹿又秀聡 (2006)「搬出間伐の実施面積に影響を与える地理的・社会的因子の分析」『九州森林研究』、No. 59、3月、33-35頁。

中瀬哲史 (2011)「日本の電力システムと電力融通の歴史的経緯」、『都市問題』、第102巻、

第6号、47-55頁。

日本エネルギー経済研究所・計量分析ユニット編(2010)『エネルギー・経済統計要覧 2010年版』、省エネルギーセンター。

同上(2013)『エネルギー・経済統計要覧 2013年版』、省エネルギーセンター。

日本林業技術協会(2006)『循環型社会の森林と林業』、日本林業技術協会。

農林水産省(2012)「第1回バイオマス事業化戦略検討チーム資料(参考資料、11頁)」

http://www.maff.go.jp/j/biomass/b_kenntou/01/pdf/2_3.pdf (2013年9月25日確認)

深津功二(2013)『再生可能エネルギーの法と実務』、民事法研究会。

牧田司(2011)「主要32社の社有林 所有・利用状況」

<http://www.dai3.co.jp/rbayakyu/23th/times/news21.htm> (2013年3月10日確認)

八田達夫(2012)『電力システム改革をどう進めるか』、日本経済新聞出版社。

八田達夫・伊藤元重(2011)「電力問題の解決は需給調整メカニズムの確立から」、NIRA 対談シリーズ、No.63、8月18日

室田武(1993)『電力自由化の経済学』、宝島社。

林野庁(2010)『平成22年度 森林・林業白書』、林野庁。

同上(2011)『平成23年度 森林・林業白書』、林野庁。

同上(2013)『平成25年度 森林・林業白書』、林野庁。

林野庁(2012)「木質バイオマスと固定価格買取制度について」、『林野』、No.63、6月、4-7頁。

http://www.rinya.maff.go.jp/j/kouhou/kouhousitu/jouhoushi/pdf/rinya_no63_p04-07.pdf (2013年3月15日確認)

米田雅子・日本プロジェクト産業協議会編(2003)『日本は森林国です：産業界からのアプローチ』、ぎょうせい。

依光良三(1984)『日本の森林・緑資源』、東洋経済新報社。

山田光(2012)『発送電分離は切り札か—電力システムの構造改革』、日本評論社。

八木宏之(2012)「エネット“節電分は返金します”：日本初！電力需給連動型の電気料金、残る課題は送電網自由化」

http://www.h-yagi.jp/00/post_230695.html (2013年3月30日確認)

和田武(2008)『飛躍するドイツの再生可能エネルギー：地球温暖化防止と持続可能社会構築をめざして』、世界思想社。

渡部喜智(2012a)「木質バイオマス発電の特性・特徴と課題」、『農林金融』(農林中金総合研究所)、10月号、21-36頁。

渡部喜智(2012b)「木質バイオマス発電の可能性と課題」、『農中総研 調査と情報』(農林中金総合研究所)、11月号(第33号)、4-5頁。

英文献

- Baxter, L. (2005), "Biomass-coal co-combustion: opportunity for affordable renewable energy," *Fuel*, Volume 84, Issue 10, 1175-1336.
- Demirbas, A. (2004), "Combustion characteristics of different biomass fuels," *Progress in Energy and Combustion Science*, Volume 30, Issue 2, 219-230.
- Dornburg, V. and A.P.C. Faaij (2001), "Efficiency and economy of wood-fired biomass energy systems in relation to scale regarding heat and power generation using combustion and gasification technologies," *Biomass and bioenergy*, Volume 21, Issue 2, 91-108.
- Hakkila, P. (2001), "Woody Energy in the Nordic Countries," in Pelkonen, P., P. Hakkila, T. Karjalainen, and B. Schlamadinger, eds., *Woody Biomass as an Energy Source—Challenges in Europe*, EFI Proceedings No. 39, European Forest Institute, Finland, pp. 7-19.
<http://www.dai3.co.jp/rbayakyu/23th/times/news21.htm>
- Kinoshita, T., T. Ohki, and Y. Yamagata (2010), "Woody biomass supply potential for thermal power plants in Japan," *Applied Energy*, Volume 87, Issue 9, 2923-2927.
- Tillman, D. (1978), *Wood as Energy Resource*, New York, Academic Press.
- Yoshioka, T., S. Hirata, Y. Matsumura, and K. Sakanishi (2005), "Woody biomass resources and conversion in Japan: The current situation and projections to 2010 and 2050," *Biomass and bioenergy*, Volume 29, Issue 5, 336-346.
- Yoshioka, T., K. Aruga, T. Nitami, H. Sakai, and H. Kobayashi (2006), *Biomass and Bioenergy*, Volume 30, Issue 4, 342-348.

参考ウェブサイト

アジアバイオマスデータベース/トリスミ集成材

<http://jrdb.asiabiomass.jp/result.php?id.=1190> (2013年9月25日確認)

RPS制度の概要について

<http://www.rps.go.jp/RPS/new-contents/top/toplink-1.html> (2012年12月3日確認)

エネルギー白書2012

http://www.npobin.net/hakusho/2012/trend_02.html (2013年4月2日確認)

エレクトロカル・ジャパン

<http://agora.ex.nii.ac.jp/earthquake/201103-eastjapan/energy/electrical-japan/> (2012年12月1日確認)

大阪府治山治水協会・大阪府林業改良普及協会編 (2010) 『大阪の森林と林業』、環境農林水産部みどり・都市環境室みどり推進課

<http://www.pref.osaka.jp/attach/217/00021386/sinrintoringyou2010.pdf> (2012年7月12日確認)

岐阜県立森林文化アカデミー

http://blog.forest.ac.jp/blog/2007/05/post_95.html (2012年6月3日確認)

熊森ニュース [2007年05月29日]

<http://kumamori.org/news/category/category/ringyou/> (2013年6月17日確認)

経済産業省 (2010) 「新成長戦略」

<http://www.kantei.go.jp/jp/sinseichousenryaku/sinseichou01.pdf> (2011年2月15日確認)

経済産業省資源エネルギー庁のホームページ

<http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/renewable/outline/index.html>

(2012年12月3日確認)

高知大学森林科学コース・ホームページ

<http://wwwfe.fs.kochi-u.ac.jp/forengin/mac1.htm> (2012年7月16日確認)

再生可能エネルギーの固定価格買取制度

<http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/index.html> (2012年12月13日確認)

資源エネルギー庁 (2011) 「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案」

www.meti.go.jp/press/20110311003/20110311003-3.pdf (2011年4月30日確認)

資源エネルギー庁の FIT 設備認定

http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/nintei_setsubi.html (2013年5月8日確認)

資源エネルギー庁 (2013) なっとく！再生可能エネルギー

<http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/index.html> (2013年5月8日確認)

資源エネルギー庁ホームページ (2013) 「なっとく！再生可能エネルギー：固定価格買取制度」

<http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/kakaku.html> (2013年9月2日確認)

政府広報オンライン [平成23年10月掲載]

<http://www.gov-online.go.jp/useful/article/201110/4.html> (2013年4月27日確認)

全国の木質バイオマス発電所計画 [2013年1月現在]

<http://info.sanrin-katsuyo.com/?eid=54> (2013年4月27日確認)

総務省 (2011) 「バイオマスの利活用に関する政策評価書」、2月。

http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/39714.html (2011年7月2日確認)

特定規模電気事業者連絡先一覧 (2013年3月15日現在；全部で79事業者)

http://www.enecho.meti.go.jp/denkihp/genjo/pps/pps_list.html (2013年4月28日確認)

中村 稔「再生エネルギー、課題が山積み、認定増でも普及進まず 再生エネ“FIT”の課題」

<http://toyokeizai.net/articles/-/13636> (2013年4月13日確認)

バイオマス白書 2011

http://www.npobin.net/hakusho/2011/topix_01.html (2011年12月5日確認)

バイオマス利活用技術情報データベース Ver 2.1 社団法人 地域環境資源センター

<http://www2.jarus.or.jp/biomassdb/instinfo/06.html> (2013年8月24日確認)

平成24年度バイオマス発電燃料等に関する廃棄物該当性の判断事例集〔平成25年3月〕

環境省 大臣官房廃棄物・リサイクル対策部産業廃棄物課

<http://www.env.go.jp/recycle/report/h25-01.pdf> (2013年8月26日確認)

道田林業

<http://www.forestock.or.jp/forests/michidaringyo/docs/001.pdf> (2013年2月28日確認)

木質バイオマスの熱エネルギー利用は新規の雇用を創る

http://blog.goo.ne.jp/sskmwa_1942/e/9fdc13e024fd050d6a9b2edf7c0aabca (2012年6月30日確認)

木質バイオマス発電所の竣工

http://econews.jp/electric/cat9/post_21.php (2013年8月20日確認)

林野庁 (2009) 「森林・林業再生プラン」

<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/saisei/pdf/saisei-plan-honbun.pdf> (2011年2月14日確認)

林野庁 (2013) 「林地残材の定義」

http://www.maff.go.jp/j/use/tec_term/r.html#r25 (2013年6月30日確認)

林野庁 (2013) 「木質バイオマスの利用促進について」

<http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/index.html> (2013年8月10日確認)