

地域分散型の木質バイオマス 発電普及へ向けて

西山ゼミ 2・4 班 3 年 山下・森・田中・土田・長崎 2 年 新美・渡辺・森・蒔田

内容

1. はじめに	2
● 自然エネルギーとは?	2
2. 何故木質バイオマス発電が有効か	4
● 木質バイオマス発電	4
● コージェネレーションについて	6
3. 日本の木質バイオマス発電	8
● 固定価格買取制度（FIT）とは	8
● 大規模集中型発電とは	10
● 岡山県真庭市について	12
● 三重エネウッドについて	14
4. 地域分散型発電の普及を目指して	17
大型設備の問題点	17
● 地域分散型発電普及のために何が必要か	19
5. まとめ	21

1. はじめに

→山下

現在、日本では一日に多くのエネルギーが利用されている。特に電力は私たちの生活に欠かせないものとなっている。夜間、暗闇を照らす明かりであったり、生活環境を整える冷暖房、情報を手に入れる手段である携帯電話はスマートフォン、今や料理や自動車でも電力を使うことが多くなってきた。それでは、その電力は今、いったいどのように作られているのか、環境への配慮はなされているのか、自然エネルギーとは、木質バイオマスエネルギーとはどのようなものなのだろうか。

● 自然エネルギーとは？ →渡辺

自然エネルギーとは、太陽光や熱、風力、水力、地熱など自然から得られるエネルギーのことである。これは、枯渇する可能性が低く、繰り返し利用できることから「再生可能エネルギー」ともいわれる。また、化石燃料を使用した発電では二酸化炭素や窒素、硫黄酸化物などの温室効果ガスが排出されるのに対し、自然エネルギー発電では温室効果ガスはほとんど排出されず、クリーンなエネルギーであるという。

そもそも温室効果ガスとは地球の大気には二酸化炭素などの温室効果ガスと呼ばれる気体がわずかに含まれている。これらの気体は赤外線を吸収し、再び放出する性質があり、太陽からの光で暖められた地球の表面から地球の外に向かう赤外線の多くが、熱として大気に蓄積され、再び地球の表面に戻ってくる。この戻ってきた赤外線が、地球の表面付近の大気を暖めます。これを温室効果と呼ぶ。大気中の温室効果ガスが増えると温室効果が強まり、地球の表面の気温が高くなる。

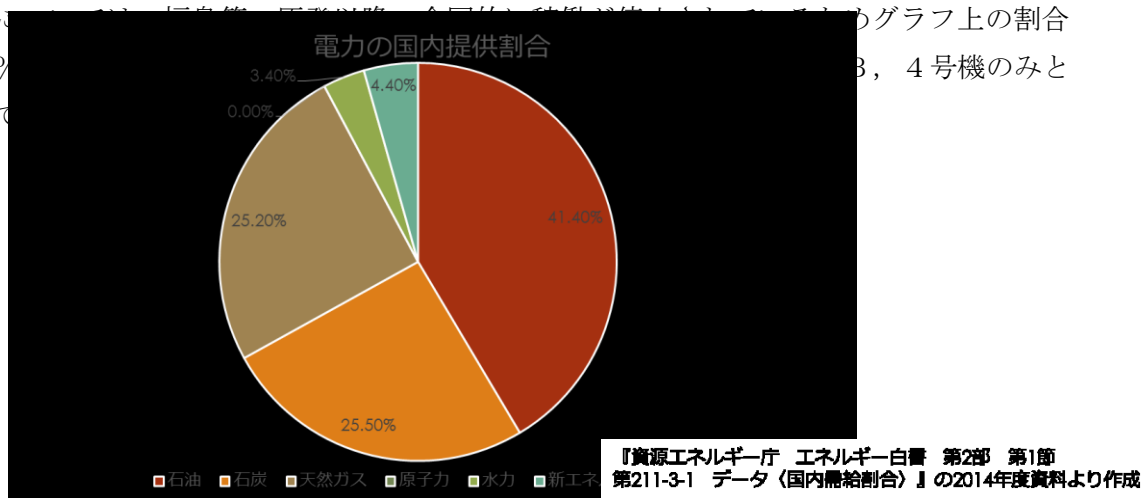
人間活動によって増加した主な温室効果ガスには、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、フロンガスがある。二酸化炭素は地球温暖化に及ぼす影響がもっとも大きな温室効果ガスであり、石炭や石油の消費、セメントの生産などにより大量の二酸化炭素が大気中に放出される。メタンは二酸化炭素に次いで地球温暖化に及ぼす影響が大きな温室効果ガスで、湿地や池、水田で枯れた植物が分解する際に発生する。家畜のげっぷにもメタンが含まれており、天然ガスを採掘する時にもメタンが発生する。

自然エネルギーは、この温室効果ガスの排出をほとんど排出しないためクリーンなエネルギーであるといわれている。

日本のエネルギー事情

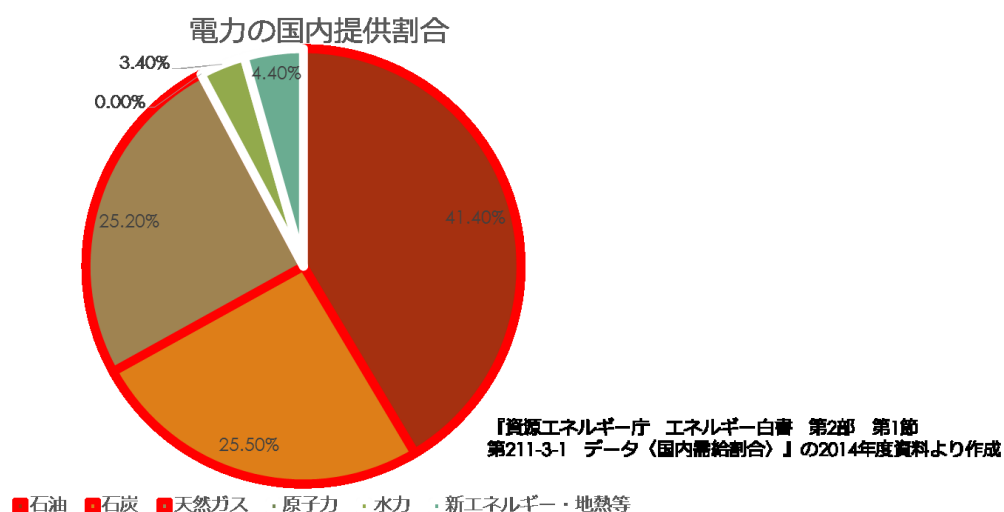
日本の発電設備は以下の割合で構成されている。

この図は、2014 年度の日本国内における発電エネルギー別の電力供給割合である。原子力発電は、福島第一原子力発電所事故の影響で、全容量の約 30% が停止し、グラフ上の割合は 0% となっている。また、新エネルギー・地熱発電は、3、4 号機のみとな



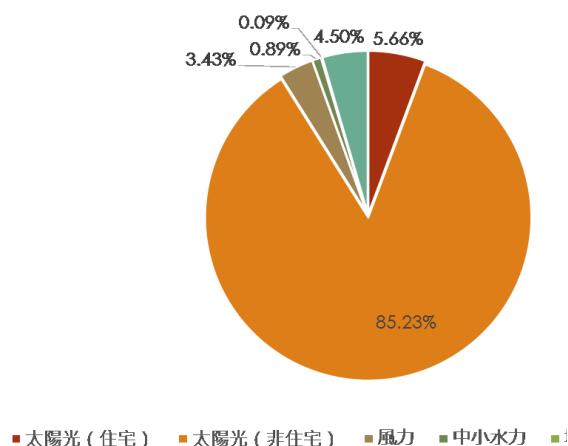
以下のグラフの中で、赤枠でかこまれた部分が化石燃料を使用した発電である。現在日本では発電設備の約 90% が化石燃料を使用した発電である。化石燃料を燃やした際には温室効果ガスが排出されるため、環境への負荷が懸念される。

このグラフの赤で囲われていないわずかな部分が自然エネルギーによる発電であり、現在の日本では 10% にも満たない。



そして、以下の図が固定価格買取制度で今年 8 月までに対象となった設備の発電方法別の割合である。3 万 kW 以上の大型水力発電などは対象外となるのでここには含まれていないが、これを見ると大部分が空き地など住宅以外での太陽光発電であることが分かる。

自然エネルギー認定容量割合



『固定価格買取制度 情報公表用ウェブサイト
平成28年 8月末時点の状況』の認定容量を基に作成

2. 何故木質バイオマス発電が有効か

● 木質バイオマス発電 →長崎

木質バイオマス発電とは、木質バイオマスを燃やしてタービン回して、発電することである。そもそも木質バイオマスとは樹木由来の生物資源で、伐採された樹木や枝葉、製材で生じる樹皮、のこくず、などを指す。木質バイオマスの発電方法は2つある。1つ目は、製材端材や木質チップを直接燃焼させて、発電させる「蒸気タービン方式」がある。木質バイオマス燃料を直接燃焼し、ボイラーで発生させた高温高压の蒸気で蒸気タービンを回して発電する方法である。2つ目は木質バイオマスをガス化して、燃焼させる「ガス化—エンジン（ガスタービン）方式」である。木質バイオマス燃料を化学反応（熱分解や酸化還元）により可燃性のガスを発生させ、エンジン（ガスタービン）を回して発電する。日本の国土は約7割が森林であるといわれており、木質バイオマス発電は木質資源の多い日本に適した発電であるといわれている。次に木質バイオマス発電のメリットを挙げていく。主に4つある。1つ目は、二酸化炭素の排出を抑えることができ、地球温暖化防止につながることである。森林から生産される木材をエネルギーとして燃やすと二酸化炭素を発生するが、この二酸化炭素は、樹木の伐採後に森林が更新されれば、その成長の過程で再び樹木に吸収されることになる。木材のエネルギー利用は、大気中の二酸化炭素濃度に影響を与えないというカーボンニュートラルな特性を有している。このため、化石燃料の代わりに木材を利用することにより、二酸化炭素の排出の抑制が可能となり、地球温暖化防止に大いに貢献する。2つ目は、循環型社会が形成できることである。製材工場の残材や住宅解体材などの廃棄物となる木材を利用して廃棄物の減少を可能として、その廃棄物となる木材の再利用により循環型社会を実現することができる。3つ目は、山村地域の活性化である。バイオマスエネルギー供給施設や利用施設の管理・運営など、新しい産業と雇用ができる。雇用の増大が見込まれる。4つ目は、山林に放置される間伐材の利用促進によって、災害発生を未然に防ぐことができることである。



引用：http://biomassfuel.co.jp/html/and_biomassfuels.html

しかし、木質バイオマスは問題点、デメリットも存在する。1つは、自然が破壊される恐れがあるということである。この問題は既存の森林を伐採して、新たな耕地を作るという事業者が出てくる可能性があることから懸念されている。自然エネルギーを利用するために自然を破壊するという事態になってしまう。2つ目は、カーボンニュートラルの問題である。木質バイオマスからエネルギーを得るには燃やすしかない。燃やせばCO₂が発生する。それでも再生可能エネルギーと認定を受けているのは、バイオマスには「カーボンニュートラル」という性質があるからだ。バイオマスは、燃やしてもCO₂を排出したことにならない。木質バイオマスを燃やすことで発生するCO₂は、光合成のために植物が大気から吸収したものだ。しかし、木材を運搬する過程でトラックなどから排出されるCO₂により、むしろCO₂排出量はむしろ多くなってしまうのだ。

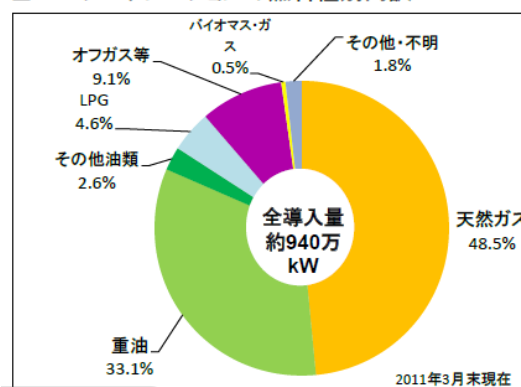
木質バイオマス発電は大規模集中型発電と地域分散型発電にわけることができる。大規模集中型発電は、発電の規模が大きく一度に多くの電力を作り出し、1つの発電施設から複数の地域へ電力を供給する発電システムである。そのため、発電地と消費地遠く離れている場合が多く、送電時に電力の一部が失われるという問題点がある。地域分散型の発電は、小・中規模の発電で地域ごとに発電を行い、電力を発電した地域内で消費するため、送電時に失われる電力は少なくなる。現在は大規模発電に偏っている。木質バイオマス発電は基本的にバイオマス燃料を燃やして、蒸気が発生させ、タービンを回して発電する火力発電システムになるので、発電のみの設備の場合、大規模になるほど発電効率が上がる。そのため、大規模集中型に偏っている。しかし、大規模発電には問題点がある。大規模になればなるほど、森林資源に負担がかかるとともに事業リスクが高まることである。大規模になればなるほど大量の燃料が必要になる。そして、大幅なエネルギーロスも起こってしまう。バイオマス発電の場合、大型にしても化石火力に比べれば規模は絶対的に小さく、投入するエネルギーの8割近くは排熱として捨てられてしまう。このため、地域分散型や小型化の発電に切り替える動きが高まってきている。そのためには、コスト削減が欠かせない。まず、素材の生産と一体化したコストの低い収穫、回収、運搬の流れを確立する必要

がある。この流れを作るために、従来林業技術の見直しが大切になってくる。具体的には高性能林業機械の活用、列状間伐の推進、作業工数を改善し、安全性、低コスト、作業能率にさらに磨きをかけることが重要だ。

● コージェネレーションについて →土田

コージェネレーション（熱電併給）は、天然ガス、石油、LP ガス等を燃料として、エンジン、タービン、燃料電池等の方式により発電し、その際に生じる廃熱も同時に回収するシステムである。またコージェネレーションシステムとは、熱源より電力と熱を生産し供給するシステムの総称である。つまり、発電時に電力が作られると同時に、そのつくられた電力以上に大量の熱が発生します。

■ コージェネレーションの燃料種別内訳



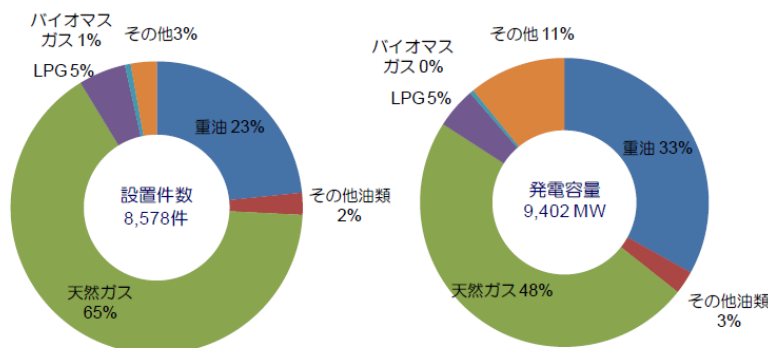
出典：一般財団法人 コージェネレーション・エネルギー高度利用センター
それをそのまま捨てるのではなく、活用する熱電併給システムがコージェネである。コージェネには内燃機関（エンジン、タービン）や燃料電池で発電を行ってその際に発生する熱を活用する方法、蒸気ボイラーと蒸気タービンで発電を行って蒸気の一部を熱として活用する方法がある。発生した熱を利用して温水を作り、給湯(きゅうとう)や暖房として利用したり、蒸気を供給し、冷暖房や工場の熱源として利用するのである。熱と電気を無駄なく利用できれば、燃料が本来持っているエネルギーの約 75～80%と、高い総合エネルギー効率が実現可能である。また、需要に近い地点に設置する、分散型エネルギーシステムとして、大規模電源等と比べ、エネルギーを運ぶ際のロスがほとんどないのである。電気と熱を同時に発生させるコージェネレーションの大きな特徴は、必要とされる施設で発電ができる「分散型エネルギー供給システム」であることである。このため、大型火力発電所から送電される場合に生じる発電ロスを最小限に抑えることができ、エネルギーを無駄なく使うことができる。このようにエネルギー利用効率が高いため、コージェネレーションは、省エネルギーを実現し、CO₂の削減に貢献する環境負荷の低い発電システムとして期待されている。また、地域個別的な発電・給湯システムであるため、災害時などにも発電所からの送電が止まっても、発電・給湯システムとして活用することができるのも利点である。コージェネレーションは、今後普及拡大が見込まれる再生可能エネルギー由来の電源（太陽光発電、風力発電等）の出力変動を補完し安定した電力に調整する電源としての役割が期待されており、実証研究が進められているのである。

上記でも述べたように、コージェネには天然ガス、石油、LP ガス等を燃料としており、それぞれの燃料の特徴を述べる。天然ガスコージェネはコージェネの総発電容量の約 49%を

占めている。10～100kW 程度の小型ガスエンジン（小規模業務用）、200～1,000kW 程度の中型ガスエンジン（病院、ショッピングセンター等）、1,000～7,000kW 程度の大型のガスエンジン・ガスタービン（産業用、大規模業務用等）等幅広く使用されているのである。次に石油コージェネは、コージェネの総発電容量の約 36%を占めている。1,000～2,000kW 程度のディーゼルエンジン（中規模な産業・業務用、病院等）等が主流である。LP ガスコージェネは、コージェネの総発電容量の約 5%を占めている。近年は 10～100kW 程度の小型ガスエンジン（小規模業務用）が主流である。燃料電池も燃料とされており、燃料電池は、都市ガスや LP ガスを改質して水素を取り出し、燃料電池により高効率に電気と熱を発生させるコージェネレーションシステムである。普及台数は約 1 万台、1kW 程度の家庭用が普及しだしている。コージェネの発電方式として、発電方式の違いでさまざまな特徴がある。また需要家の電気や熱のニーズに合わせ、様々な容量や組み合わせで導入されている。ガスタービンでの発電方式は、元々航空機エンジンとして用いられており、燃料の燃焼により生成した高温の気体燃料でタービンを回し、その力で発電機を回すことで発電する方式である。熱を、価値の高い高温の蒸気として回収できるため、廃熱の利用に比較的に優れている。

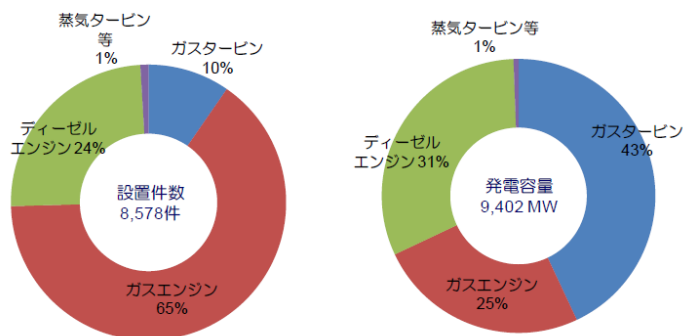
燃料は、天然ガスやLP ガス等の気体燃料や液体燃料を使用し、その切り替えも可能で幅広く対応できるのが大きな特徴である。次にガスエンジンでの発電方式は、気体燃料の燃焼によりピストンエンジンを動かすことで発電する方式である。発電効率が高く、電気の利用に比較的に優れている。廃熱は蒸気と温水または全て温水として回収される。燃料は、天然ガスやLP ガス等が使用可能である。次にディーゼルエンジンでの発電方式は、ピストンで空気を圧縮させ、高温高压となった空気に軽油等の液体燃料を噴射し、自然着火させて膨張させることにより、エンジンを動かすことで発電する方式である。燃料は、重油等の液体燃料のみ使用することができる。最後に燃料電池での発電方式は、内燃機関とは異なっており、水素と空気中の酸素との化学反応によって、直接電力に変換する方式である。これは水の電気分解の逆反応をもちいたものである。天然ガスやLP ガス等から水素を生成し、これを燃料とするのである。

右の図は燃料別のコージェネの導入状況であり、図からわかるように、設置件数では天然ガスコージェネが最も多く、発電容量では天然ガスコージェネが約半分の、重油とその他のコージェネで約半分のシェアを占めている。



出典：一般財団法人 コージェネレーション・エネルギー高度利用センター
次に発電方式別で見ていく。下の図が発電方式別での導入状況であり、図からわかるよう

に、設置件数では、ガスエンジンがもっとも多いのだが、発電容量を見てみるとガスタービンが約半分を占めているのである。これは、ガスタービンは比較的大型のものが多いため発電容量ではガスタービンがもっとも大きいのである。



出典：一般財団法人 コージェネレーション・エネルギー高度利用センター

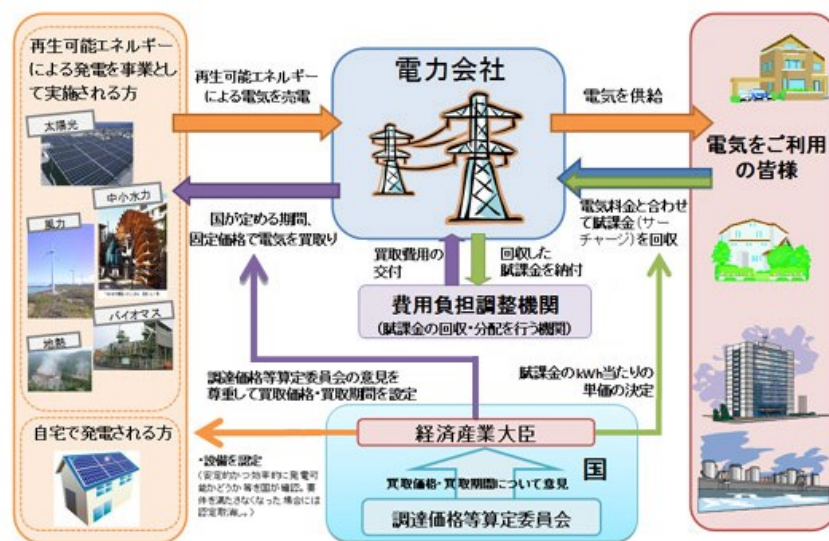
3. 日本の木質バイオマス発電

- 固定価格買取制度 (FIT) とは → 森

まず、固定価格買取制度(FIT)について紹介していこう。FIT は、再生可能エネルギーを用いて発電された電気を、国が定める固定価格で一定の期間電気事業者調達を義務づけるもので、2012年7月1日にスタートした。この制度は国内での再生可能エネルギーの普及を目的としており、電力会社買い取る費用は電気利用者から賦課金という形で集めている。電気の買取金額や買い取り期間はエネルギーや発電容量などによって異なり、毎年更新されている。

日本には自然が多く、大きな再生可能エネルギーのポテンシャルがあるものの、コストが高いなどの理由により普及が進まなかった。現在私たちの暮らしを支えているエネルギーは石油や石炭、天然ガスなどの化石燃料が中心である。エネルギーの94%を海外からの輸入に頼っている日本では自給率の向上が大きな課題となっている。

この制度により、エネルギー自給率の向上、地球温暖化対策、産業育成を図ると共にコストダウン、技術開発により再生可能エネルギーを支える存在となることを目指している。



http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/

基本的な仕組みとして本制度は、電力会社に対し、再生可能エネルギー発電事業者から、政府が定めた調達価格・調達期間による電気の供給契約の申込みがあった場合には、応ずるよう義務づけるもの。

政府による買取価格・期間の決定方法、買取義務の対象となる設備の認定、買取費用に関する賦課金の徴収・調整、電力会社による契約・接続拒否事由などを、併せて規定。

対象となる再生可能エネルギーは太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスを用いて発電された電気が対象になり、これら以外の海洋温度差、波力、潮流等については今後追加していくか検討している。買取費用の負担方法は買取に要した費用に充てるため各電器事業者がそれぞれの需要家に対し、使用電力量に比例したサーチャージの支払いを請求することを認める。地域間でサーチャージ単価が同額となるよう、サーチャージ単価は国が定めるとともに、各電器事業者の買取費用の負担の不均衡を解消するため、国が指定する費用負担調整機関を通じて調整を実施する。

なぜどうして FIT を見つめ直すか。見直しを進めている理由として、固定価格買取制度は再エネの普及に大きな役割を果たした。だが、2014年9月に、九州電力など電力大手5社が FIT に基づく再エネの新規受け入れを中断すると発表した。短期間に大量の買取申し込みが殺到し、電力の需給バランスが崩れる危険性があるためだという。この事態が再び起きる可能性は十分にある。その他、設備認定を受けても運転を開始しない発電所が多いといった問題もある。これらの課題に対応するため、経済産業省の新エネルギー小委員会は FIT 見直しに関する議論を進めている。

FIT は比較的低コストな風力発電では最も成功している方式である。利点としてまた、賦課

金を利用するため、政府の毎年の予算に左右されず、民間資金で公共的な投資を増やすことができる。さらに、民間投資を募集できるため、他の制度に比べ、自然エネルギー普及の促進効果で勝り、対象技術への安定した投資や開発を促し、産業の競争力を高める。この制度の欠点として、買い取り価格が電力の市場価格より高い場合、電力料金を上昇させる。買取価格の設定次第で、普及速度が計画値に対して過小もしくは過大になりえる。国境を越える電力のやり取りの制限要因になる場合がある、といったことが挙げられる。普及速度が過小の場合は普及が進まず、過大な場合は普及量に対して普及費用が膨らみ、その分電気料金を計画よりも増大させてしまう。

固定価格買取制度は 2017 年 4 月より改正される予定である。

改正にあたって新設の項目を 5 つ加えたほか、従来の規定を変更した項目が 6 つある。その中で特に重要な改正ポイントは 2 つの分野に絞られる。1 つは発電した電力を買い取るための価格決定方法を抜本的に変更する。もう 1 つは発電設備の認定制度を見直して、より適正な状態で発電設備を安全に運転できるようにする点だ。

電設備の認定基準の項目も大幅に増やして、太陽光発電の規制を強化するなど、事業者に与える影響は大きいだろう。

再生可能エネルギー固定価格買取制度ガイドブック

http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/data/kaitori/2015_fit.pdf

環境ビジネスオンライン

<https://www.kankyo-business.jp/dictionary/000193.php>

緑の goo

www.goo.ne.jp/greer/business/word/energy/S00518.html

スマートジャパン

<http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1604/04/news036.html>

● 大規模集中型発電とは →田中

次に日本の間伐材利用発電の規模別認定件数についてである。まずなぜ間伐材にフォーカスしたのかを考えていく。そもそも木質バイオマスは、発生形態によって「未利用間伐材」、「製材工場残材」、「建築発生木材」の三つに分類される。このうち「製材工場残材」と「建築発生木材」は、森林に放置された木質バイオマスで、収集や運搬コストがかかるために、ほとんど再利用されていなかった。2012 年 7 月から施行された、「再生可能エネルギー固定価格買取制度 (FIT)」では「未利用間伐材」の買取価格は 33.6 円/kWh と最も

高く設定された。これは「未利用間伐材」の収集や運搬コストがかかり、購入価格が 1 万 2,000 円と高いためである。

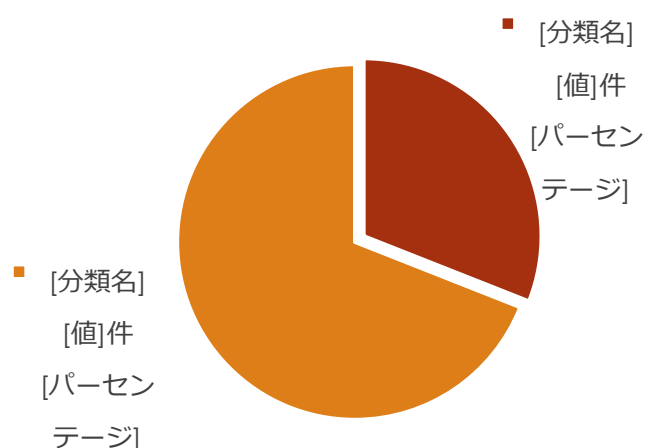
間伐や主伐により伐採された木材のうち、未利用のまま林地に残置されている間伐材や枝条等が年間約 2,000 万立方メートル発生している。今後これらを利用していくためには、施業の集約化や路網の整備等により安定的かつ効率的な供給体制を構築するとともに、新たな需要の開拓などを一体的に図っていく必要がある。製材工場等残材や建設発生木材は、ほとんどが利用されているため、更なる木質バイオマスの利用拡大には、未利用間伐材等の活用が重要な課題である。

木質バイオマスのエネルギー利用を進めるには、「未利用間伐材」の利用拡大が不可欠になっている。更に「未利用間伐材」を利用することは、森林の再生や林業の雇用拡大、そして再生可能エネルギー生産と地域に及ぼす経済効果は非常に大きいと言える。

今日固定価格買取制度に後押しされて、間伐材利用発電の事業化が日本各地で広まってきた。その為、地域での林業や関連産業活性化に大きな期待が持てるであろう。

しかし「未利用間伐材」の需要の拡大を安易に喜ぶことはできない。『2012 年 7 月以降に稼働もしくは計画が発表された木質バイオマス発電は 81 件に上る。稼働は 5 件とまだ少ないが、残りの多くは起工済みもしくは建設に向けて着実に進んでおり、今後稼働件数が急増することが予想される。これらが稼働すると、少なくとも全国で 427 万トンの未利用材需要が発生すると推計される。しかし、未利用材の供給可能量は現状 412 万トンであり 15 万トンの需要を満たせない。なかでも、中部地方、四国地方、九州地方で未利用材が不足する見込みである。未利用材の需要を満たすためには素材生産量を増加させる必要がある。』¹今後供給量の不足も考えられる。

下の図を見ても分かるように、FIT 認定を受けた日本の間伐材利用発電設備は 2,000kW 以上の大規模発電設備が 7 割近いことが分かる。



¹ 研究員 安藤範親 (2014.)
農林中金総合研究所 <http://www.nochuri.co.jp/>
未利用材の供給不足が懸念される木質バイオマス発電
—地域別需給推計と展望—
〔要旨〕 23

『なっとく！再生可能エネルギー 各種データの公開 A 表③』の
平成 28 年 8 月末時点資料を基に作成

それでは一体何故、大規模集中型が多いのであろうか。大規模発電設備の中には発電容量が 5,000kW 以上や中には 25,000kW といった、いわゆる超大型の発電設備も多くある。大規模集中型発電のメリットは発電量が大きいこと。安定して質のいい電力を発電できること。また分散型と比べて発電効率がよいことや発電所周辺の地域活性化にもつながる事が挙げられる。反対にデメリットや問題点としては、電力消費地から離れているため送電ロスが発生すること。発電所そのものだけでなく送電設備にも投資が必要であること。分散型電源と比べると、発電時に発生する廃熱を有効活用しきれないこと。発電所建設のために、森林伐採などの自然破壊が起きてしまう可能性があること。複数の発電所が発電を停止しただけで、電力の安定供給に支障をきたす場合がある事が挙げられる。まとめると、大規模集中型の特徴は発電効率が大きいことと電力の大量消費地から距離がある事のふたつの点が大規模集中型発電の特徴と言えるだろう。木質バイオマス発電は基本的にバイオマス燃料を燃やして、蒸気を発生させ、タービンを回して発電する火力発電システムである。発電のみの設備の場合、大規模になるほど発電効率が上がるのである。その為発電効率のいい大規模集中型に偏っているのである。²

次に日本のコージェネレーション利用についてである。コージェネレーションとは先程も述べたとおり、発電時に発生する熱を利用する熱伝供給システムのことである。現在日本ではコージェネレーションの利用が進んでいない。なぜなら日本では廃熱を利用した温水や蒸気などを地域内に循環させるための熱導管といわれるパイプラインがほとんど整備されていないからである。さらに、現在主流である大規模集中型の発電では、消費地が遠く輸送時に熱の温度が下がってしまい、使い物にならなくなってしまうのである。

● 岡山県真庭市について →山下

岡山県真庭市は市の面積の 8 割を森林が占めている³。そのため当地域はもともと林業が盛んな地域であったが、平成 17 年に勝山市など 9 つの町村が合併し現在の真庭市の形となった際、「豊かな自然と地域資源を活かした人と環境にやさしい『杜市(とし)』づくり」という基本理念のもと、環境にやさしいバイオマスタウンの構想を打ち出した。現在は国からもバイオマスタウンに認定され、エネルギー利用だけでなく森林育

² スマートグリッド.net
電力供給 集中型電源の特徴とメリットデメリット
<http://スマートグリッド.net/power/shuchu.html>

³岡山県真庭市、木質バイオマス発電（売電）で経済活性化 | 新・公民連携最前線 PPP まちづくり
(<http://www.nikkeibp.co.jp/atcl/tk/PPP/061800007/062500008/?P=1>) 2017/1/8

成や、バイオマスタウンとしての取り組みを利用したツアーなども行われている。

また、真庭市では近年でもバイオマスに関係した計画が発表されている。例えば平成 26 年に公表された『真庭市バイオマス活用推進計画』⁴である。この計画は真庭市におけるバイオマス活用推進政策を位置づけることを目的に作られた。期間は平成 35 年までの 10 年間で、開始から 5 年で見直しを行う。この計画では、廃棄物系や未利用のバイオマスの利活用率を現在の 79% 利用から、平成 35 年には 93% 利用まで引き上げることが目標としている。目標バイオマス利用量は年間約 34 万 9 千トン、CO₂ の削減効果は 29 万 9 千トンを期待しており、雇用効果も年間約 250 人となることが予測されている。目標達成へ向けての取り組みとしては 5 つ挙げられており、木質資源の利用促進、有機廃棄物の資源化促進、農業系バイオマスの利用促進、産業観光事業の拡大と他産業への波及、普及啓発・人材育成の推進が挙げられている。

真庭市では FIT を活用するために、未利用間伐材の利用や、流通までを視野に入れた体制作りを行っている⁵。現在、日本においては木質バイオマス発電向けの未利用間伐材は 1 トン当たり 7500 円程度で買取されている。しかし、真庭市ではバイオマスエネルギー活用推進のため、関係者全員の協力が必要であることを訴え、1 トン当たり 3000 円から 5000 円での買取を行っている。これは収集する側の採算に合わせたものではない。

未利用材は『真庭バイオマス集積基地』といわれる未利用資源集積地に集められ、チップへと変えられる。山から搬出された未利用材はそのまま真庭市バイオマス集積基地へ運ばれず、一度ストックヤードへ運ばれ、そこで井型に積み重ね、3 ヶ月から半年ほどかけてしっかりと乾燥される。乾燥が難しい樹皮などはボイラーの排熱を利用して乾燥させる。排熱の利用を行うことで発電効率を上げるコージェネレーションも行われているのである。また、自動供給システムを構築するために、燃料の規格化が行われた。

昨年 4 月には官民出資の株式会社『真庭バイオマス発電』が国内最大級を誇る出力 1 万 kW のバイオマス発電施設、『真庭バイオマス発電所』が竣工された⁶。年間約 21 億円の売り上げを見込み、未利用間伐材を主燃料としている。必要な燃料は年間約 14 万 8 千トンで、そのうち未利用間伐材は 9 万トン、一般木材で 5 万 8 千トン必要であるとされている⁷。フル稼働時、年間で 7 万 9200 メガワット発電し、一般家庭約 2 万 2 千世帯分に相当する。

真庭市ではさまざまなバイオマス資源の利活用を行っている。家畜排泄物や下水汚

⁴ maniwa.pdf (http://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/b_kihonho/local/pdf/maniwa.pdf) 2017/1/8

⁵岡山県真庭市、木質バイオマス発電（売電）で経済活性化 | 新・公民連携最前線 PPP まちづくり (<http://www.nikkeibp.co.jp/atcl/tk/PPP/061800007/062500008/?P=1>) 2017/1/8

⁶「真庭バイオマス発電所」が完成 出力 1 万キロワット、国内最大級：山陽新聞デジタル | さんデジ (<http://www.sanyonews.jp/article/159013>) 2017/1/8

⁷ 03_biomass.pdf (http://nb.cnbc.or.jp/wp/pdf/h28_award/03_biomass.pdf) 2017/1/8

泥は年間約 27 万トンで、88.5%を利用、未利用バイオマスではもみがらや稲わらは 70% 以上活用しているものの未利用木材や剪定枝では利用率が下がり、約 77 万トンで年間 32.8 万トンしか活用できていない。

真庭市の勝山にある健康増進施設、『水夢』ではプールや浴室などの温水の主熱源としてペレット炊きのボイラーを使用している⁸。ペレットはおがくずなどを固めて作られた燃料のことである。この施設で利用されるペレット量は年間 370 トンである。

真庭市では 2006 年からバイオマスツアーを行っている⁹。地域内の木質バイオマス循環を観察することが可能で、2011 年からは専門向けの視察コースと興味のある一般向けの体験学習コースの 2 つのコースが作られた。どちらも日帰りのコースと一泊二日のコースがあり、日帰りでは 1 人 8000 円、一泊二日であれば 1 万 5 千円で、最少人数は 20 人だ。一泊二日のコースであれば決められたコースだけでなく、いくつかの施設からオプションとして好きな施設を選び視察することができる。バイオマスツアーでは 2012 年から国内クレジット制度を利用し、真庭市から購入したクレジットを用いて、ツアーで発生する CO₂ をオフセットする取り組みを行っている¹⁰。

真庭市におけるバイオマス発電の年間出力は 7 万 9 千メガワットであり、一般家庭 2 万 2 千世帯分で真庭市の総世帯数約、1 万 8 千世帯分を超え、中国電力への売電収益は年間 21 億円にもなっている¹¹。未利用材はもともと 1 トン当たり 5 千円から 1 万円で廃棄物として処理されていたが、年間数百万円のコスト削減となった。

しかし、このような大型の発電施設が次々に建設されていけば、真庭市の木質バイオマス資源だけでは数々の発電施設を賄えなくなってしまうであろう。そうなれば海外からの輸入材や、日本の他の地域から木質バイオマス燃料を持ってくるほかになくなってしまうので、カーボンニュートラルの観点から見ても環境負荷が大きくなってしまふことが懸念される。また、大型の施設ではエネルギーロスが多く、コージェネも利用できないので必ずしも環境に良い発電であるとはいえない。そのような点で、真庭市は一つのターニングポイントをむかえているのである。

● 三重エネウッドについて →新美

三重エネウッドは間伐材を木質チップに変えたものを燃焼させる火力発電所である。この発電所内の設備は 24 時間、365 日稼働している。従業員は基本的に二人一組で作業し、一人は中央制御室にて 4、5 個のモニターから発電所のすべてを監視し、どこが何度

⁸ なっとく！再生可能エネルギー 再生可能エネルギーを知る、学ぶ

(http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/renewable/biomass/02.html) 2017/1/8

⁹ バイオマスツアー真庭 (<http://www.biomass-tour-maniwa.jp/>) 2017/1/8

¹⁰ 環境にやさしいバイオマスツアー | バイオマスツアー真庭

(<http://www.biomass-tour-maniwa.jp/carbon/>) 2017/1/8

¹¹ 岡山県真庭市、木質バイオマス発電（売電）で経済活性化 | 新・公民連携最前線 PPP まちづくり

(<http://www.nikkeibp.co.jp/atcl/tk/PPP/061800007/062500008/?P=1>) 2017/1/8

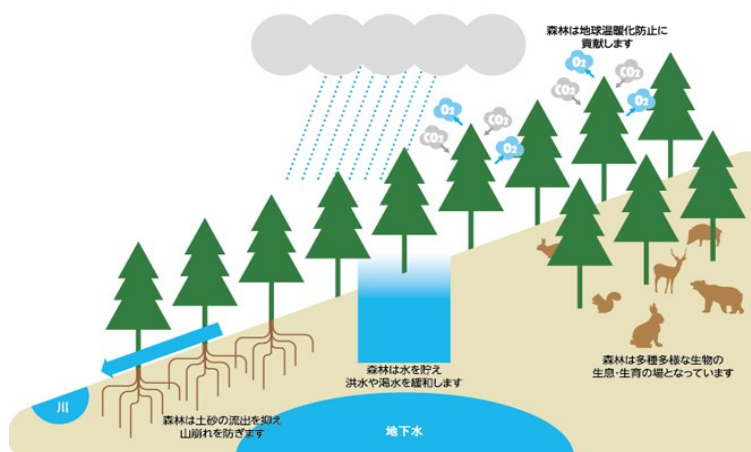
で燃えているか、現在どれだけの燃料や水が使われているのか、電気の発電量と消費量はどれだけかなどを見ている。そして何か異常があれば、現場のもう一人に連絡するという仕組みだ。

この発電所では、燃料となる木質チップを貯蔵する燃料ヤードがある。ここには約700トンの木質チップが貯蔵可能で、一日に使われる木質チップは約220トンである。毎週月曜日から土曜日の間に毎日木質チップがトラックに運ばれ入ってくるが、その形状や種類は日によって違う。木質チップの形状には切削チップと破砕チップの二種類が存在する。

この発電所で扱う木材は未利用間伐材と一般木材であるが、許可を得られれば建築廃材も使用することができる。未利用間伐材からできる木質チップを燃料として得られる電力は1kw当たり32円で取り引きされ、一般木材からできる木質チップを燃料として得られる電力は1kw当たり24円で取り引きされる。

この発電所ではただ事業を行っているだけでなく、カーボンニュートラルという発電時に木質チップを燃焼させ排出される二酸化炭素と植林した木の光合成によって吸収される二酸化炭素が同じ量である、という概念に沿って環境に配慮した事業を行っている。また、木質バイオマス発電では木質チップを優先的に使用する性質から衰退する林業を興す役目も持っている。

放置された山林は、日当たりや地盤に問題が発生する。そこで間伐を行うことでそれを防いでいるが、間伐した木材をその場に置いておくと、台風などでまた被害が発生する。実際に、1959年の伊勢湾台風では未利用間伐材のある山林で被害が発生した。再生可能エネルギー買取制度（FIT）が開始された理由のひとつにこういった被害の防止が挙げられる。



<http://www.m-enewood.co.jp/service/>

この発電所では木質チップを燃焼させるのに、株式会社タクマ製のボイラーを使用している。通常のボイラーでは木質チップの水分量が30%から40%を超えると燃えないが、タクマボイラでは水分量が50%から60%でも燃やすことができる。特に、三重エネウ

ッドでは水分量の多い切りたての木材を使用するためタクマボイラが採用された。燃烧方法は、重油を火種に400度から500度まで温めてから木質チップを投入する。ボイラー内で800度にもなる細かい砂を空気でまわし、チップを削るように燃烧させる。これは削ることで木質チップの表面積が増え、燃烧効率が上昇するからである。こうして発生させた熱で水を蒸発させ、作られた蒸気でタービンを回し発電を行う。このタービンは8枚の羽がついていて一秒間に9700から9800回転する。蒸気は再利用し循環させるために冷却して水に戻す必要があるが、それには復水器を使用する。タービンを回し終えた後の蒸気は280度になり、それを30度の水が流れる配管で水に戻す。もしこれを循環させなかった場合、一日に使う水の量は400トンも多くなる。また、蒸発熱を再利用するための冷却塔では一日に500トンから600トンの水を使用し、この設備がないと一日約2万トンの水を必要とする。三重エネウッドで使用している水は湧き水なので無料で使えるが、水道水を使うと一年の水道代が約1億2千万円となる計算である。

三重エネウッドのように無料で使用できる水が確保することができると良いが、確保できず水道水を使用しなければならない場所に発電所を設置できないことが問題となる。三重エネウッドでは行っていないが、地域分散型の発電を行うことを目標とすると水源の乏しい地域も存在してくる。その際、水道水を用いると多額の水道代が発生する。この対策として、地域分散型熱電併給システムが挙げられる。冷却水を水道水でまかなう場合、その水道代を、温水を必要とする各家庭や事業所に負担させることで発電事業者の負担がなくなる。また、木質バイオマスは大規模な火力発電と比べると発電効率が低い、熱電併給を行うことでそのデメリットをカバーし、家庭での電力消費量を削減させることができる。しかし、日本では熱電併給が普及していない。その理由は温水を必要とする場所に届けるための熱導管が整備されていないからだ。このように熱導管の整備を含め地域分散型熱電併給システムの推進が地域の雇用を創出と活性化を促す。

ドイツはFIT制度を進めるなど、再生可能エネルギーの利用において世界の先駆けとなった。そして現在では、国の補助なしでも一般企業が再生可能エネルギーの利用をビジネスとして成り立たせられている。日本とドイツでは気候や地形が違うが、地域分散型熱電併給システムを目標とするのならば、日本は今までドイツの後を追ってきたように熱導管の整備を進め、企業が活動しやすい環境を作ることがその目標の促進にもつながるだろう。

日本では改正FIT法が発表されたが、これも企業が活動しやすくなる環境整備の一つといえるだろう。地域分散型熱電併給システムを目標としていても、熱導管の整備や燃料の確保にコストがかかってしまうなど実現するには難しいと思える点もある。その中で、国内の4年以内に稼働を予定しているバイオマス発電所で、規模が6万kW以上のものの数が10か所を越えている。このことから数年の間に日本のバイオマス発電に大きな発展の余地があると見える。その後の政府の政策や支援が整えば、ドイツのようにビジネスとして価値あるものとして認識されるようになるだろう。

4. 地域分散型発電の普及を目指して

大型設備の問題点 →森本

木質バイオマス発電を行うにあたり、発電所が大きくなる傾向にある。しかし、この大型設備をするには問題点がある。ここでは、大型設備の問題点について触れていこうと思う。

1. 森林資源に負担がかかる

1 つ目に森林資源に負担がかかるという点があげられる。日本の多くのバイオマス発電計画は林業の現状からかけ離れた大型発電である。前にも述べたように、日本で稼働中のもの、ないし計画されているバイオマス発電の多くは 5,000kW、25,000kW といった大型な発電ばかりである。このように大型に偏っていくのは発電効率を追求しているからである。木質バイオマス発電の仕組みは火力発電と同様に燃料を燃やしてタービンを回し発電するというものである。そのため、大型になるほど発電効率が上がるとしており、発電事業者は大型化しようとする。しかし、バイオマス発電は大型化すればするほど森林資源に負担がかかるとともに事業リスクが高まっていくという問題点がある。それは大量の燃料が必要になるからであり、資源である森林が大量に使用されて負担がかかることになるからである。例を挙げると、FIT 認定第 1 号となった発電所がある。その発電所は設備容量 5,700kW である。しかし、そこで必要とされる燃料は 60,000t とされているのである。

木質バイオマスの燃料と想定されているのは、間伐され森林に放置されている木材、つまり「未利用材」である。これは丸太換算で 8~10 m³に相当する量となっている¹²。もともと間伐する目的としては、製材用材や合板用材といった付加価値の高い丸太を生産するために行われる工程である。そのため、製材や合板にならない部分を燃料にする。仮に 60,000t のバイオマス燃料を収集しようとするすると木材生産量が最低でも 200,000 m³になってしまう。

大型化により、間伐材の需要が急増することが考えられる。国全体でも森林が減っていることもある。そうなると、間伐材の買取り価格は上昇し、バイオマス発電事業者の負担も増大することになる。

また、遠隔地から燃料を運んでくるとなると、輸送時にかかる環境負荷も懸念される。これは輸送時に用いる自動車から CO₂ のことであり、燃料の運搬を長距離行うとなると、ガソリンの燃焼により CO₂ を多く排出してしまうことになる。燃料の運搬だけでなく、加工・貯蔵などの工程でも CO₂ は排出される。このことからできるだけ狭い地域の中での燃料の調達から発電まで完結する体制作りもバイオマス発電の重要な課題といえる¹³。

¹²(<http://www.fujitsu.com/downloads/JP/archive/imgip/group/fri/report/research/2013/no409.pdf> より引用)

¹³ (<http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1308/16/news012.html> より参照)

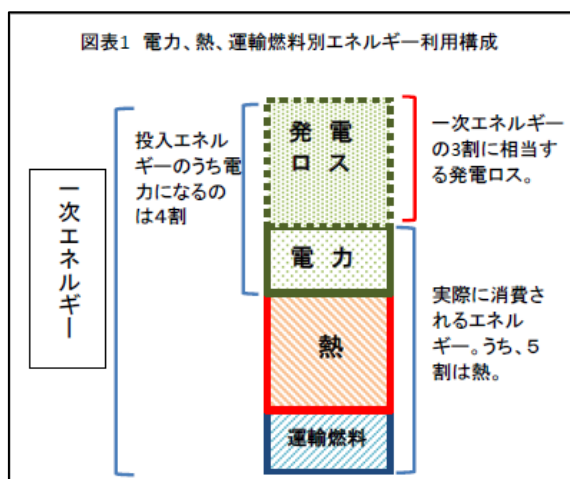
2. 発電だけでは膨大なエネルギーロス

2 目目にエネルギーロスの問題がある。バイオマス発電は先にも述べたように火力発電である。その場合、たとえ発電効率を重視して大型化しようとしても、火力発電に比べて発電規模は絶対的に小さくなってしまう。バイオマス発電の場合、大型化しても発電効率は 20% しかない。つまり、投入するエネルギーの 8 割近くは排熱によって捨てられてしまうのである。世界的に見ると、

① エネルギー効率利用

② CO₂ 削減

③ エネルギーコスト削減 の 3 つの観点から排熱等による損失、いわゆる発電によるロスをいかに減らすか、あるいは有効利用するかで産業界ではしのぎを削っている。日本においても、発電ロスはそれだけでエネルギー全体の投入量である 1 次エネルギーの 3 割前後にも達するほどである。図表 1 からわかる通り、投入するエネルギーのうち、電力になるのは、4 割ほどである。このように発電効率をいかにあげるかは日本でもエネルギー政策上の最優先課題となっている。この発電ロスの削減方法として有効とされているのが排熱を利用する熱電併給、いわゆるコージェネレーションである。このコージェネを用いることでエネルギー効率を最大 80% 以上にまで高めることができる。一



（出所） 資源エネルギー庁エネルギーバランス表より富士通総研作成

方、バイオマス発電における排熱は膨大である。そのため、大型の設備になればなるほど、それに見合った熱需要を見つけるこ

とは困難である。このため、熱電併給は必然的に小規模分散型となる。それに伴い、熱電併給で言われているのが、熱需要を見つけるのが困難だといわれることである。発電規模が大きくなるにつれて、排熱の規模は上がっていくことになる。バイオマス発電の立地は都市部から離れる場合が多く、排熱の需要を見つけることが困難となってくる。

発電規模に関連して、大型化の問題点としてあげられているのが FIT の問題である。FIT とは、固定価格買取制度のことであり、太陽光や風力、バイオマスといった再生可能エネルギーの普及を図るため、電力会社に再生可能エネルギーで発電された電気を一定価格で買い取ることを国が約束するという制度のことである。FIT 先進国であるドイツでは、法律も細かく制定されており、FIT の見直しなどされ、施設規模別、原料に関しても細かく規定されている。基本の買い取り価格を基準に様々な要素が加えられて、買い取り価格が決まっている。また、目標設定を明確に立てており、現状では、2020 年に全電力の 35% を目標としている。一方で、日本では、法律が細かく制定されておらず、発電施設の大きさによ

るカテゴリー分けもされていない。例をあげると、風力発電なら 20kW 未満もしくは以上と大まかな規定しかされていない。バイオマス発電に関しても、原料別に 5 つに分類されているのみである¹⁴。また日本の FIT では、発電規模が大きいほど買い取り価格が小さくなるが、一定以上になれば、それ以上買い取り価格が下がらなくなる。そのため、発電事業者は採算を取るためにコジェネができなくとも大規模な大型化を考えるようになる。この FIT 買取価格の設定が大型化が進む問題点としてあげられる。

- 地域分散型発電普及のために何が必要か →山下

では、地域分散型の発電を普及させるためには何が必要となってくるのだろうか。私たちからは『放置林の整備』、『地域住民の理解・協力・熱導管の導入』『日本における自然エネルギー関連制度改革』の三つを挙げる。

まず、放置林の整備である。日本では戦後、資材として切り出したり、焼けてしまったために丸裸になった森が多くあったのだが、当時の政府は戦後復興により、家屋の建設などが相次ぎ、大量の木質資源需要が見込まれるものと考えた。そのため、当時の政府は丸裸となった森に杉など、成長の早い針葉樹を植林し、木材需要に対応しようとした。この取り組みは日本中で行われ、多くの山々に針葉樹が植えられていったのだが、その後、日本に安価な輸入木材が入ってくるようになると国産の木材の需要は大幅に減少。政府の予想は外れ、戦後に植林を行った針葉樹の生える多くの森林で整備が行われず、荒れ放題となってしまった。元々、人工林は、人が間伐などにより手を加えなければ、木々が各々の成長を妨げ合い、木々は思うように成長できなくなってしまう。さらに、成長の早さから針葉樹を選んだことにより、広葉樹とは違い、秋になっても葉が落ちないため、木の下で草花にも光が届かず、それらの成長まで妨げてしまう。このように、それぞれの木々や草木が成長できないということはそれらの植物の根が地下深くまでしっかりと張り巡らされず、地表近くに根が浅く巡っているだけなので、例えば、その森でゲリラ豪雨が起きてしまえば、浅く張った根は地面ごと雨水に流され、土砂崩れや土砂災害といったものにつながってしまう。また、生物多様性の観点から見ても、茂った葉の下で、年中暗い環境の中では限られた種類の生物しか生きられないので、多様性は非常に低くなってしまう。

このような放棄林を人の手によって整備することはこのような災害の被害を減らし、生物の多様性を守るうえでも大切になってくるのだが、間伐により不要になった木材を発電に用いることで地域にも貢献することが可能である。そのため、放棄林を整備するにあたり、地域内で電力や熱を供給するための発電設備を地域の放棄林のそばへ建設すべきである。木質資源を生産する森林と、資源を活用する発電施設が近くにあることで、輸送に掛かる費用や、輸送時に排出される温室効果ガスを削減できる。

¹⁴ (<http://chikuden-setsuden.com/column/kitamura/post-140120.html> より参照)

また、地域内で電気、熱を利用することはバイオマス発電にとっても効率が良く、発電ロス、送電ロスともに最小限に抑えることが可能となる。また、余った電力を売電することで地域内に還元することも可能である。

次に、地域住民の理解・協力・地域内での熱導管の整備である。発電設備の建設や稼働には多額の資金が必要となる。私たちがゼミ合宿で訪れた三重エネウッド株式会社も、発電機とタービンだけで1億5千万円から2億円ほどかかり、燃料としての間伐材の買い取りにも非常にお金がかかり、利潤はほとんどでないという話を聞いた。また、三重エネウッド株式会社においては、たまたま、付近を流れる湧水を使用することができたためにタービンを回すための蒸気となる水や、蒸気を冷やすための復水器に利用する水に水道渠を使う必要がなくなったため、それだけで年間1億2千万円ほどの費用を削減できたという。もし、水道水を使用せざるを得なければ、三重エネウッド株式会社も経営すら困難になっていた可能せいがある。このようなことから、地域住民の協力は必要となってくる。また、発電施設を作るといことは何も知らない市民にとっては非常に不安なことではなかろうか。まず、発電施設を作るにあたって、しっかりと木質バイオマス発電とはどのようなものなのか、地域にとってどのように役に立つのか、などを地域住民へと説明する場を持ち、しっかりと話し合う必要があるのである。話し合いをしっかりと行うことで、地域住民の環境への意識向上や、地域の子供たちの環境教育にもつながり、住民たちの協力も得られることであろう。また、バイオマス発電を行うにあたって、必ず必要となってくるのが熱の利用である。現在日本では地域内に蒸気や温水という形で熱を供給する熱導管といわれるパイプラインの整備はほとんど行われていない。地域分散型の発電を行うには熱導管を敷かなければならない。と、いうのも特に木質バイオマスによる発電では発電の際に、大量の熱が廃熱として捨てられ、電気となった際に残ったエネルギーは最初の20%程度にしかないのである。そのため、自然エネルギーとはいえど、発電のみに使うのでは非常に効率の悪いエネルギーの使用方法であるといえるのである。しかし、そこで熱導管のパイプラインをしっかりと整備し、各家庭へ熱を供給できるようにすることで発電効率を大幅に上昇させ、無駄の少ない発電方式へと変化させることができるのである。もちろん、これに関しても地域住民の理解が必要となることであろう。また、熱導管を地域に張り巡らせるのは、発電事業者だけでは難しいことであろう。熱導管は地下に通さなければならないし、工事費だって、当然、一事業者のみで賄えるはずはない。そのため、これに関しては、その地域の自治体の協力も必ず必要となってくる。自然エネルギーに関して、地域の協力を得るということは、地域の自然エネルギー改革につながるのではなかろうか。

そして、最後に日本国内の発電関連制度の改革である。現在、日本のFITでは、発電で得られた電力のみの買取を行い、排熱の買取は全く行われていない。世界を見ると、電力の買い取りとは別にオプションとして熱の買取を実施している地域も多

い。また、一部の地域ではコジェネを行っていない設備に関しては補助の対象外となってしまう地域もあるようである。日本において超大規模の集中型発電が多いことの原因は熱の買取を行っていないことにあるのではないだろうか。熱の安定的な買取が行われれば、非効率な大規模集中型の発電施設は少なくなり、コジェネが可能な小規模の地域分散型発電が数を占めるようになるのではなかろうか。また、パーム椰子など、輸入木材による電力の買い取り価格が国産の製端材などの一般木材と同一であることは、価格の高い国産材を使わず、価格の安い海外からの輸入木材の使用を促すことにつながってしまうのではなかろうか。輸入木材を使用する発電は、せっきくのカーボンニュートラルの性質をなきものとし、むしろ、輸送時に温室効果ガスを大量に排出する環境に悪い自然エネルギーとなってしまうのではなかろうか。このように、国産間伐材を用いた環境にやさしいコジェネ利用の発電を日本で普及させていくには、FITによる排熱買取や、国産木材と輸入木材による電力の買い取り価格に差をつけるなど、政府主導の政策が必要となってくるのではないだろうか。

5. まとめ

→山下

木質バイオマスを利用する発電は国土の7割程度が森林を占めている日本にとっては非常に適した発電であるといえる。しかし、現在日本で木質バイオマス発電の主流となっている大規模分散型の発電は、コジェネによる排熱の利用ができず、輸送時にも大量のロスが生じてしまうため、非効率な発電となってしまう。そのため、日本においても、小規模地域分散型の木質バイオマス発電設備を作る必要があり、同時にコジェネを行うことでエネルギーの利用効率を高めていかなければならない。

本レポートにおいては日本の広大な森林面積に適した木質バイオマスの発電に関して紹介をしたのであるが、もちろん、木質バイオマスの発電のみを普及させればよいというわけではない。日本国内であったとしても、バイオマス資源の少ない地域はあるだろうし、例えば、風力を十二分に生かせるような地域であれば、それを発電に利用するのが好ましい。また、バイオマスだけではなく、他の太陽光などと組み合わせる発電を行っていくことで、確実に、より安定的に地域へエネルギーを供給できるのである。

私たち日本人にとって、まだあまり馴染みのない自然エネルギーであるが、世界各国で化石燃料からの転換が求められているのである。