

国立国会図書館

木質バイオマスのエネルギー利用

—現状と論点—

調査と情報—ISSUE BRIEF— NUMBER 876 (2015. 9. 10.)

はじめに

I 木質バイオマスのエネルギー利用に関する概要と経緯

- 1 木質バイオマスの特徴
- 2 我が国における木質バイオマスのエネルギー利用関連政策

II FIT 導入後の木質バイオマスのエネルギー利用の論点

- 1 木質燃料の調達等に関する問題
- 2 エネルギー効率の改善

おわりに

- 木質バイオマスは、主に木材の生産加工等で発生した副産物・廃棄物等のことを指す。地球温暖化対策や、森林・林業の再生、地域経済の活性化等の観点から、近年そのエネルギー利用（発電・熱利用等）に関心が高まっている。
- 豊かな森林資源を有する我が国では、様々な政策により木質バイオマスのエネルギー利用が推進されてきた。平成 24 年に再生可能エネルギーの固定価格買取制度が導入されて以降は、木質バイオマス発電の事業化が進んでいる。
- 一方、現状の木質バイオマス発電については、木質燃料の調達やエネルギー効率の改善等が課題となっており、残材利用の徹底や熱利用の拡大等の必要性が指摘されている。また、地域資源である木質バイオマスの利用について、地域での議論を通じたグランドデザイン・ビジョンの構築が求められている。

国立国会図書館

調査及び立法考査局農林環境課

すずき よしのり
(鈴木 良典)

第 8 7 6 号

はじめに

「バイオマス」は、生物資源 (bio) の量 (mass) を表す言葉であるが、今日では「再生可能な生物由来の有機資源で化石資源を除いたもの」の総称として使われている。具体的には、家畜排せつ物、下水汚泥、食品廃棄物、農産物残さなどの副産物・廃棄物等のことを指し、これらは製品の原材料やエネルギー源など、様々な用途で利用可能である。¹

「木質バイオマス」は、こうしたバイオマスのうち、木材からなるものを指す。我が国では、利用可能とされるバイオマスの半分以上が森林由来²とされており、様々な政策を通じてその利用が推進されてきた。特に、平成 24 年に再生可能エネルギーの固定価格買取制度が導入されて以降は、木質バイオマス発電が注目を集めている。本稿では、我が国における木質バイオマスの利用、特にエネルギー利用について、現状と論点を整理する。

I 木質バイオマスのエネルギー利用に関する概要と経緯

1 木質バイオマスの特徴

(1) 木質バイオマスの利用状況

「木質バイオマス」として具体的に想定されているものは、主に、①未利用間伐材等 (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)、②製材工場等残材 (製材工場等から発生する樹皮や背板、のこ屑などの残材)、③建設発生木材 (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) などの、木材の生産加工、消費、廃棄過程で発生した副産物・廃棄物等である。³

このうち、製材工場等残材と建設発生木材は、既に大部分が製紙原料等の原材料や燃料として利用されている。一方、未利用間伐材等は搬出や運搬のコストがかかることから林地に放置されたものであり、そのほとんどが未利用のままとなっている (図 1)。⁴

(2) 木質バイオマスのエネルギー利用の意義

我が国では長い間、薪や炭などの木質燃料が重要なエネルギー源として利用されてきた。しかし、戦後の高度経済成長やエネルギー革命により、化石燃料を大量消費する社会へと変貌したことで、木質燃料の利用は減少の一途を辿った。しかし近年、以下のようなメリットがあることから、木質バイオマスのエネルギー利用に改めて注目が集まっている。⁵

(i) 地球温暖化対策への貢献

森林を構成する樹木等は、光合成によって大気中の二酸化炭素 (CO₂) を吸収・固定し

* 本稿におけるインターネット情報は、平成 27 年 9 月 1 日現在である。

¹ 日本有機資源協会編著『バイオマス活用ハンドブック—バイオマス事業化成功のために—』環境新聞社, 2013, pp.2-9.

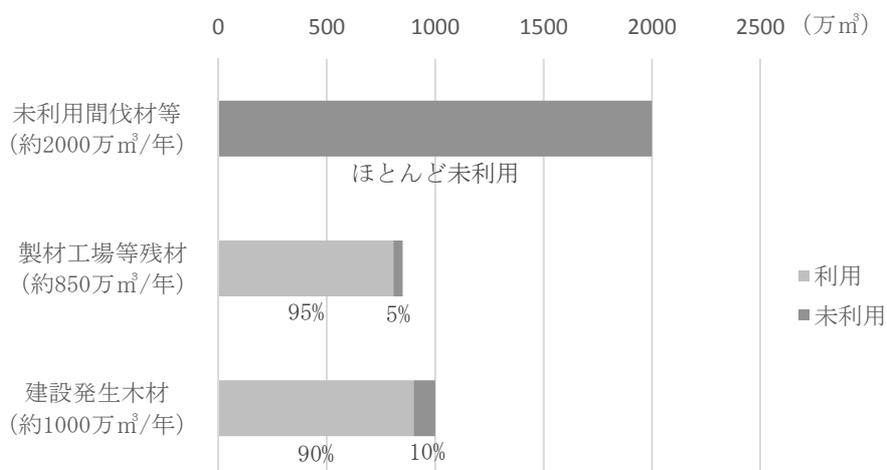
² 木質系と製紙系のバイオマスを指す。(泊みゆき『バイオマス本当の話—持続可能な社会に向けて—』築地書館, 2012, p.81.)

³ 「木質バイオマスとは」林野庁ウェブサイト <http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/con_1.html>

⁴ 同上; 東京農業大学農山村支援センター『再生可能エネルギーを活用した地域活性化の手引き—森林資源と山村地域のつながりの再生をめざして—』2015, p.12. <http://nousanson.jp/data/tebiki_ene2015.pdf>

⁵ 「なぜ木質バイオマスを使うのか」林野庁ウェブサイト <http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/con_2.html>

図1 木質バイオマスの発生量と利用率（平成22年）



(出典) 農林水産省「小規模なバイオマス発電の推進について」(調達価格等算定委員会(第17回)資料1) 2015.1.28, p.2. 経済産業省ウェブサイト <http://www.meti.go.jp/committee/chotatsu_kakaku/pdf/017_01_00.pdf> に基づき筆者作成。

ている。そのため、木材の燃焼によりCO₂が発生しても、樹木の伐採後に再び森林が育成されれば、そのCO₂は樹木の成長過程で再び吸収される。このように、木材のエネルギー利用は、実質的に大気中のCO₂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とされる。したがって、化石燃料を木質燃料で代替すれば、CO₂の排出抑制につながり、地球温暖化対策に貢献できる。⁶

(ii) 安定的な再生可能エネルギー

木質バイオマスは、太陽光や風力と異なり天候に左右されず、発電や熱供給を需要に応じて行うことができる。このため、出力変動の小さい安定的なベース電源として、送電線の稼働率向上や効率的利用に寄与する。⁷

(iii) 森林整備の促進

森林は、国土の保全や水源のかん養など、多面的な機能を有している。森林がそうした機能を十分に発揮するには、間伐などの適切な森林の整備が不可欠である。木質バイオマスの利用促進により、こうした森林整備で大量に発生する未利用間伐材等に利用の途が拓かれれば、林業が活性化し、森林整備の促進につながると期待されている。⁸

(iv) 地域経済の活性化

地域資源である木質バイオマスのエネルギー利用を促進することは、海外から購入している化石燃料からの代替を促し、地域内で資金や資源を循環させることにつながる⁹。また、

⁶ 同上

⁷ 沢辺攻「インタビュー 木質バイオマス発電は分散型エネルギーや地域振興向き」『地球温暖化』No.32, 2014.7, p.12; 日本有機資源協会ほか「バイオマス発電事業の持続的な普及に向けて」(総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会新エネルギー小委員会(第3回)資料3) 2014.9.10, p.2. 経済産業省ウェブサイト <http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/shoene_shinene/shin_ene/pdf/003_03_00.pdf>

⁸ 「なぜ木質バイオマスを使うのか」前掲注(5)

⁹ 森のエネルギー研究所「木質バイオマスエネルギー活用 キホンのキ」p.9. 東京都環境局ウェブサイト <<http://www.kyoto-nature.com/>>

木質バイオマスのエネルギー利用には燃料の安定供給が不可欠であり、長期にわたって燃料の収集・生産・流通・供給等に労働力を必要とするため、地域の雇用を創出する効果が見込まれる¹⁰。例えば、送電出力 5,000kW の木質バイオマス発電所で未利用木材（後述）を燃料とする場合、年間 10 万 m³の間伐材等が使用され、約 12-13 億円の売電収入（うち燃料代は約 7-9 億円）が得られるほか、50 人以上の雇用が見込まれるとの試算がある¹¹。

（3）木質バイオマスのエネルギー利用の方法

木質バイオマスのエネルギー利用を考える場合、木材の「カスケード利用」という原則を踏まえる必要がある。カスケード利用とは、付加価値の高い利用から低い利用へと、資源を一回限りでなく「多段階（カスケード）」に活用することを指す。木材の場合、製材品、合板、集成材といった利用を優先し、そこで使えない材やそこから出される残材を紙、木質ボード、そして最後にエネルギーとして利用するという流れになる。このように木材を無駄なくカスケードで利用することによって、環境負荷が低く抑えられ、各段階で経済的価値と雇用が創出される。¹²

木質バイオマスのエネルギー利用は、薪・木質チップ¹³・木質ペレット¹⁴といった燃料に加工したうえで直接燃焼し、発電や熱利用を行うのが一般的である。このほか、熱分解により可燃性のガスを発生させて発電する技術や、木質バイオマスに含まれるセルロース等からバイオエタノールを生産する技術なども開発されており、一部は実用化されている。¹⁵

2 我が国における木質バイオマスのエネルギー利用関連政策

木質バイオマスは、廃棄物政策、エネルギー政策、バイオマス政策、森林・林業政策などの多様な政策分野に関わり、様々な政策が実施されてきた（表 1）。本節では、エネルギー利用に関わる部分を中心に、これらの政策の主な経緯を分野ごとに見ていく。

（1）木質系廃棄物に係る政策

我が国では、2000 年代前半から、国の廃棄物政策の展開に伴い、建設発生木材や製材工場等残材といった木質系廃棄物（廃棄物系木質バイオマス）の利用が拡大していった。具体的には、「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）により建設・解体工事に伴い廃棄される資材の再資源化等が義務付けられたこと、また同時期にダイオキシン問題に伴い廃棄物焼却施設の排ガス規制が強化されたことにより、それまで自前で焼却処理を行っていた木質系廃棄物が専門業者へと流れるようになった。その

//www.kankyo.metro.tokyo.jp/energy/renewable_energy/attachement/バイオマス基本の木.pdf>

¹⁰ 沢辺 前掲注(7)

¹¹ 林野庁『平成 26 年度 森林及び林業の動向』2015, p.166.

¹² 池田憲昭, ミヒャエル・ランゲ「木を直ぐに燃やしてしまうのはもったいない!—欧州の木質エネルギー利用から学べること—」『森林技術』No.846, 2012.9, p.21; 森のエネルギー研究所 前掲注(9), p.3.

¹³ 「丸太、間伐材、剪定枝などを細かく砕いたもの」を指す。日本で生産される木質チップの多くは製紙用原料として利用されている。(今泉大輔『再生可能エネルギーが一番わかる—太陽光、風力、地熱、バイオマス発電の実務と実際—』技術評論社, 2013, p.157.)

¹⁴ 「おが屑など製材の過程で出る、そのままでは利用価値のない木質の副産物を圧縮して固めて燃料として使えるようにしたもの」を指す。(同上, p.156.)

¹⁵ 東京農業大学農山村支援センター 前掲注(4), pp.17-18; 新エネルギー・産業技術総合開発機構『バイオマスエネルギー導入ガイドブック 第 3 版』2010, pp.29-30. <<http://www.nedo.go.jp/content/100079692.pdf>>

表1 我が国における主な木質バイオマスのエネルギー利用関連政策

| | |
|---------|--|
| 平成 12 年 | 「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」 |
| 平成 14 年 | 「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」 「バイオマス・ニッポン総合戦略」 |
| 平成 15 年 | RPS (Renewables Portfolio Standard) 制度開始 |
| 平成 21 年 | 「バイオマス活用推進基本法」 「森林・林業再生プランーコンクリート社会から木の社会へー」 |
| 平成 22 年 | 「バイオマス活用推進基本計画」 |
| 平成 23 年 | 「森林・林業基本計画」改定 「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」 |
| 平成 24 年 | 再生可能エネルギーの固定価格買取制度 (FIT) 開始 |

(出典) 筆者作成。

結果、木質系廃棄物の物流が整備されチップ等の大量供給が始まった。¹⁶

こうした中、平成 15 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 年法律第 62 号。以下「RPS 法」) が施行された。電気事業者にバイオマスを含む新エネルギーから発電される電気を一定割合以上利用することを義務付ける RPS (Renewables Portfolio Standard) 制度が開始され、売電が比較的容易になったことで、木質系廃棄物を利用した発電の事業化が進んだ。¹⁷

(2) バイオマス政策

我が国のバイオマス政策は、平成 14 年に「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定されてから活性化し¹⁸、バイオ燃料の生産拡大やバイオマスタウン構想¹⁹の策定が進んだ²⁰。一方、バイオ燃料生産拡大に特化しすぎているのではないかとの懸念も生じたこと等から、バイオマスの活用推進に関する施策を総合的かつ計画的に推進するため、平成 21 年に「バイオマス活用推進基本法」(平成 21 年法律第 52 号) が制定された。平成 22 年には、同法に基づき、「バイオマス活用推進基本計画」が閣議決定された。木質バイオマスについては、製材工場等残材、建設発生木材、林地残材²¹それぞれについて、2020 年における利用率の

¹⁶ 安藤範親「木質バイオマス発電の動向と課題への対応」『農林金融』66 巻 10 号, 2013.10, pp.669-670. <<https://www.nochuri.co.jp/report/pdf/n1310re2.pdf>>

¹⁷ RPS 法の認定を受けた木質バイオマス発電では、廃棄物処理業による建設発生木材を利用した事業が多かった。(同上, pp.670-673.)

¹⁸ 平成 18 年 3 月に「バイオマス・ニッポン総合戦略」の見直しが行われ、国産バイオ燃料の本格的導入、未利用バイオマスの活用等によるバイオマスタウン構築の加速化等を図るための施策が推進された。(「バイオマス・ニッポン」農林水産省ウェブサイト <<http://www.maff.go.jp/j/biomass/>>)

¹⁹ 市町村による地域のバイオマス利活用の全体プラン。平成 16 年 3 月に、バイオマス・ニッポン総合戦略に基づく「バイオマスタウン構想基本方針」が関係各府省により合意され、策定が進められた。

²⁰ ただし、バイオマス・ニッポン総合戦略及びこれに基づくバイオマス政策全般について、平成 23 年 2 月に総務省が発表した政策評価では、平成 15 年度から平成 20 年度にかけて 1374 億円以上が投資され 214 事業が実施されたものの、効果が発現しているものは 35 事業 (16.4%) にすぎず、これらについても国の補助により整備された施設の稼働が低調なものが多いなど、期待される効果が発現しているものは皆無であるとしている。(「バイオマスの利活用に関する政策評価<評価結果及び勧告>」2011.2.15. 総務省ウェブサイト <http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/39714.html>)

²¹ 「林地残材」の定義は省庁等により異なっている。(日本経済調査協議会「林地残材賦存量、利用量の整理」『「未来を創る木材産業イノベーション研究会」報告』2011.2. <<http://www.nikkeicho.or.jp/wp/wp-content/uploads/>>)

目標が設定され²²、それぞれの特性に応じた高度利用を推進するとされた。²³

(3) 森林・林業政策

平成 21 年 12 月、我が国の森林・林業を早急に再生していくための指針として「森林・林業再生プラン—コンクリート社会から木の社会へ—」が発表された。同プランは、基本理念の一つとして、「木材利用・エネルギー利用拡大による森林・林業の低炭素社会への貢献」が掲げられており、「木材をマテリアルからエネルギーまで多段階に利用することにより、化石資源の使用削減に貢献し、低炭素社会の実現に貢献する」²⁴としている。

「森林・林業基本法」(昭和 39 年法律第 161 号)に基づき、おおむね 5 年ごとに森林・林業施策の基本方針を定める「森林・林業基本計画」(平成 23 年 7 月)では、木質バイオマスについて、カスケード利用を前提としたうえで、石炭火力発電所や木質専焼発電所における未利用間伐材等の利用、地域における熱電併給システムの構築などを進めるなどとされている²⁵。

(4) 再生可能エネルギーの固定価格買取制度

平成 24 年 7 月に「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」(平成 23 年法律第 108 号)が施行され、再生可能エネルギー源(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を、国が定める固定価格で一定の期間電気事業者に調達(買取)を義務付ける、固定価格買取制度(Feed-in Tariff: FIT)が開始された²⁶。

FIT における調達価格や調達期間は、事業が効率的に行われた場合、通常必要となるコストを基礎に適正な利潤などを勘案して、電源ごとに定められる²⁷。木質バイオマスについては、①「間伐材等由来の木質バイオマス」(以下「未利用木材」)、②「一般木質バイオマス・農作物残さ」(以下「一般木材」)、③「建設資材廃棄物」(以下「リサイクル木材」)の 3 区分で価格が定められている²⁸(表 2)。

平成 27 年 4 月末時点の、木質バイオマス発電施設の認定件数・容量(FIT 導入後の新規

II_2_1.pdf)ここでは、前述の「未利用間伐材等」と同様の意味で用いていると考えられる。

²² 2020 年時点で、製材工場等残材は現在の利用率約 95%を維持、建設発生木材は利用率約 95%(現在は約 90%)、林地残材は利用率約 30%以上(現在はほとんど未利用)を目指すとしている。「バイオマス活用推進基本計画」2010.12, pp.10-13. 農林水産省ウェブサイト <http://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/b_kihonho/pdf/keikaku.pdf>

²³ 西郷正道「バイオマス政策のこれまでの展開と現在の課題」『バイオサイエンスとインダストリー』70 巻 1 号, 2012, pp.42, 45-47.

²⁴ 農林水産省「森林・林業再生プラン—コンクリート社会から木の社会へ—」2009.12.25, p.2. <<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/saisei/pdf/saisei-plan-honbun.pdf>>

²⁵ 「森林・林業基本計画」2011.7, p.30. 林野庁ウェブサイト <http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/plan/pdf/kihonk_eikakuhontai.pdf>

²⁶ 「なっとく!再生可能エネルギー 固定価格買取制度」資源エネルギー庁ウェブサイト <http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/index.html> なお、前述の RPS 法は FIT の開始に伴い廃止された。

²⁷ 「買取価格・期間等 平成 27 年度(2015 年 4 月～2016 年 3 月)」資源エネルギー庁ウェブサイト <http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/kakaku.html>

²⁸ 林野庁は「発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン」を策定し、木質バイオマスの供給者が、発電利用に供する木質バイオマスの出所の証明に取り組むに当たって留意すべき事項等についてまとめている。(林野庁「発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン」2012.6. <<http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/pdf/hatudenriyougaidorain.pdf>>) なお、同ガイドラインでは、未利用木材・一般木材について、それぞれの流通工程において、それらの出所を証明する書類(証明書)の発行が必要とされており、そうした証明書の発行・管理が木質バイオマス発電事業の課題となっている。(安藤日出夫「事例研究① 発電利用に供する木質資源の安定供給方式の検討(2) —地域連携及び情報化などによる取り組み—」『政策研究』2014 No.10, 2015.1, p.12. <http://www.pppnews.org/files/research/2014/re2014_10_150125_.pdf>)

認定分) は表 3 のとおりである。FIT 導入以前から、木質バイオマス発電施設は全国で 100 か所程度存在していたが、ほとんどは建設資材廃棄物や製材残材を主な燃料としていた²⁹。一方、FIT 導入後は、未利用木材を主な燃料とした発電施設の新設も出てきている。

表 2 FIT における木質バイオマスの価格表 (調達価格 1kWh 当たり) (平成 27 年度)

| 調達区分 | 未利用木材 | | 一般木材 | リサイクル木材 |
|-------------|-------------------------|------------|--|-------------------|
| | 2,000kW 未満 | 2,000kW 以上 | | |
| 調達価格 | 40 円+税 | 32 円+税 | 24 円+税 | 13 円+税 |
| 調達期間 | 20 年間 | 20 年間 | 20 年間 | 20 年間 |
| 該当するバイオマスの例 | 間伐材、主伐材 ^(注1) | | 製材端材、輸入材 ^(注1) 、 パーム椰子殻、もみ殻、 稲わら | 建設資材廃棄物、その他 木材 |

(注 1) 林野庁「発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン」に基づく証明のないものについては、リサイクル木材として取り扱う。

(出典)「買取価格・期間等 平成 27 年度 (2015 年 4 月～2016 年 3 月)」資源エネルギー庁ウェブサイト <http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiecn/kaitori/kakaku.html> に基づき筆者作成。

表 3 木質バイオマス発電施設の認定状況 (新規認定分) (平成 27 年 4 月末時点)

| | 未利用木材 | | 一般木材 | リサイクル木材 |
|-----------------------------|------------|------------|-----------|---------|
| | 2,000kW 未満 | 2,000kW 以上 | | |
| 認定件数 | 6 | 45 | 50 | 4 |
| (導入数 ^(注1)) | 3 | 12 | 8 | 2 |
| 認定容量 (kW) ^(注2) | 3,865 | 365,550 | 1,370,681 | 11,377 |
| (導入容量 ^(注1) (注2)) | 2,345 | 82,236 | 68,276 | 3,867 |

(注 1) 「導入」という表現は、FIT の下で電気の買取が開始された状態を指す。

(注 2) バイオマス比率考慮ありの数値 (認定時のバイオマス比率を乗じて得た推計値)

(出典)「固定価格買取制度 情報公表用ウェブサイト」資源エネルギー庁ウェブサイト <http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html> に基づき筆者作成。

II FIT 導入後の木質バイオマスのエネルギー利用の論点

1 木質燃料の調達等に関する問題

(1) 木質燃料不足への懸念

FIT の導入以降、未利用木材を燃料とする木質バイオマス発電施設の新設・計画が相次いでいるが、事業規模で見ると 5,000kW 以上の大型が中心である³⁰。大型に偏っている理由としては、①平成 26 年度まで FIT の買取価格が規模にかかわらず一律とされていたことから、発電効率の高い大型事業への誘因が働いた、②日本では中小規模に適したバイオマス発電の技術がない(後述)といったことが指摘されている³¹。

²⁹ 阿部勲「わが国の木質バイオマス利用の動向と課題」『森林技術』No.862, 2014.1, p.5.

³⁰ 資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部「最近の再生可能エネルギー市場の動向について」(調達価格等算定委員会(第 16 回)資料 1) 2015.1.15, p.50. 経済産業省ウェブサイト <http://www.meti.go.jp/committee/chotatsu_kakaku/pdf/016_01_00.pdf>

³¹ 梶山恵司「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—」『研究レポート』

しかし、木質バイオマス発電は大型化するほど大量の燃料が必要となる。例えば、5,000kWの発電所の維持には、前述のとおり年10万m³もの燃料を長期安定供給することが必要となる。これに対し、木材加工産業の蓄積が無い地域で収集可能な未利用木材は概ね年1-2万m³程度とされている。我が国には未利用の森林資源が膨大に存在しているが、長年の林業低迷により、路網・物流など林業インフラの整備が不十分であること、林業従事者が不足していることなどから、多くの地域では未利用木材を利用可能な価格で大量に供給することは難しいとされる。³²

このため、FITの下で新規に計画された木質バイオマス発電所が本格的に稼働を始める平成28年ごろから、木質燃料の極端な需要過剰が発生する可能性が指摘されており、燃料不足・価格高騰による発電所の採算性悪化のほか、建設発生木材等の奪い合いによる既存木材産業への影響³³、燃料確保のための皆伐などによる地域の森林資源の喪失などが危惧されている。また、燃料不足を海外からの輸入バイオマスで補うことになれば、森林整備の促進や地域経済の活性化といった木質バイオマス利用の意義が失われる。³⁴

(2) 木質燃料調達の安定化・コストダウン

このため、木質燃料調達の安定化・コストダウンが課題となっており、①木材生産体制の効率化、②木材カスケード利用の徹底などが必要と指摘されている。

(i) 木材生産体制の効率化

前述のとおり、木質バイオマスは主に木材の生産加工等に伴う副産物・廃棄物であるため、木材の生産状況がその供給と大きく関わってくる。このため、木質燃料調達の安定化・コストダウンには、長期的には木材生産体制の効率化が必要との意見がある³⁵。

我が国の森林資源量は、近年は年平均で約1億m³増加しており、平成24年3月末現在で蓄積量が約49億m³と、半世紀前の約2.6倍になっている。一方、国産材需要の減少と木材価格の低迷・林業従事者の不足から、森林整備の遅れが問題となっている。さらに、保有山林面積の小さい森林所有者が多数を占める構造であることが、森林整備の遅れに拍車をかけている。木材生産の産出額は、昭和55年の約1兆円から、近年は2000億円程度まで減少しているが、平成25年は前年比15%増の2221億円となっている。³⁶

このような中、国は林業の生産性の向上に向けて、①隣接する複数の所有者の森林を取りまとめて、路網敷設や間伐等の森林施業を一括して実施する「施業の集約化」の推進、②路網整備の推進、高性能林業機械の導入等による低コストで効率的な作業システムの普及などに取り組んでいる³⁷。一方、こうした大規模集約化施業については、①高性能林業機械の導入により初期投資が高額になる、②森林所有者でない者に施業を委託するため、

No.409, 2013.10, pp.2, 16. <<http://jp.fujitsu.com/group/fri/downloads/report/research/2013/no409.pdf>>

³² 沢辺 前掲注(7), p.13; バイオマス産業社会ネットワーク「バイオマス発電の拡大と影響 2 現状のFIT制度の課題」『バイオマス白書2015』<http://www.npobin.net/hakusho/2015/topix_02.html>

³³ なお、FITにおけるバイオマス発電の設備認定は、「使用するバイオマス燃料について、既存産業等への著しい影響がないものであること」が前提となっている。(「認定手続(設備、減免)」資源エネルギー庁ウェブサイト <http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/nintei_setsubi.html>)

³⁴ 「フォーカス 調達価格算定委員会 建廃チップ不足への対応は」『循環経済新聞』2015.2.16; 石丸美奈「木質バイオマス発電は中山間地域の経済活性化に資するのか」『共済総研レポート』No.134, 2014.8, p.45.

³⁵ 柳田高志「木質バイオマス発電と固定価格買取制度」『木材工業』69巻10号, 2014.10, pp.426-428.

³⁶ 東京農業大学農山村支援センター 前掲注(4), p.13; 林野庁 前掲注(11), pp.48, 94-95.

³⁷ 林野庁 同上, pp.94, 105-112.

所有者の利益である長期的視点に立った施業ではなく、目先の利益（作業のしやすさ・時間短縮など）を重視した「粗い」施業になりやすいなどの課題も指摘されている³⁸。このため、森林所有者が自ら施業を行う「自伐型林業」が、大規模集約化施業を補完する役割として期待されており、NPO 法人等による支援も実施されている³⁹。

（ii）木材カスケード利用の徹底

前述のカスケード利用の原則に照らせば、木質バイオマスのエネルギー利用に関しては、木材生産等の過程で生じた残材の利用が基本となる。例えば、丸太を伐採した後の林地残材⁴⁰、工場で丸太から剥がされる樹皮（バーク）、製材加工における端材などの工場残材、街路樹の剪定などで発生する剪定枝等を木質燃料として利用することが想定される⁴¹。

しかし、現状の木質バイオマス発電計画の多くは、残材ではなく製紙用チップと同等の高品質なホワイトチップを燃料としている。未利用木材を利用した木質バイオマス発電についても、その多くが林地残材ではなく、伐り捨てて林地に放置されている丸太から作るホワイトチップを主な燃料として想定しているという。⁴²

林地残材やバーク、剪定枝は、ホワイトチップに比べると、①不純物が混入しやすい、②灰分が多い、③形状が様々で安定していないといった理由から、不純物除去や灰の処理などのマテリアルハンドリングに特別な工夫が必要となるが、価格はかなり安い。ドイツでは、そうしたハンドリングのノウハウを蓄積してきたため、現在木質バイオマス発電では専ら林地残材、工場残材、バーク、剪定枝を燃料として利用し、燃料費を抑えているという。このように、木材カスケード利用を徹底できれば、燃料コストの抑制に寄与するほか、利用可能な燃料が大幅に増えるため燃料調達も容易になるとされる。また、残材に適切な価格がつくことで、森林資源の付加価値の大幅な底上げにつながり、森林所有者や林業関係者にとってもメリットがあるという。⁴³

このほかに残材利用が進まない理由として、後述する我が国のボイラー技術の問題や、FIT の制度設計が残材利用を促すものになっていないことなども挙げられている。また、林地残材を燃料として積極的に供給するためには、丸太だけでなく枝条等も一緒に収集する⁴⁴など、製材用材等の生産と合わせた低コストで効率的な生産・搬出の作業システムを

³⁸ 金野和弘「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』23号、2012.3, pp.20-21.

³⁹ 例えば、高知県のNPO法人「土佐の森・救援隊」が、小規模自伐農家による林地残材の収集運搬システム（「土佐の森方式」）を開発し、各地で導入が進められている。（同上, pp.14-15, 17-23.）

⁴⁰ ここでは、前述の「未利用間伐材等」に含まれる木材のうち、「丸太を伐採した後の、枝条や端材、細くてまがった部分など」を指す。これらは、従来は用途が無いため林地に放置されていた。（梶山 前掲注(31), pp.6, 9-10）

⁴¹ 同上, p.6.

⁴² 同上, pp.6, 9-11.

⁴³ 同上, pp.6, 8-9, 18-19.

⁴⁴ 枝条等の丸太の伐採に伴う残材の発生場所は、集材方法によって大きく異なってくる。伐倒後にその場で枝払い・玉切りを行う「短幹集材」と、伐倒・枝払い後に森林作業道端まで搬出して造材する「全幹集材」の場合、林内に残材があり、その集材費用が必要となる。一方、伐倒木をそのまま森林作業道端まで搬出して土場で造材する「全木集材」の場合、用材生産の際に発生する残材を用材と一緒に収集できる。こうしたことから、枝条等の残材を燃料として低コストで供給するためには、高性能林業機械の導入による全木集材がポイントになると指摘されている。（「よくあるご質問 木質バイオマス燃料について」日本木質バイオマスエネルギー協会ウェブサイト <<http://www.jwba.or.jp/faq-よくあるご質問/木質バイオマス燃料/>>; 久保山裕史「木質バイオマスの供給拡大に向けた取り組みについて」『森林組合』No.531, 2014.9, p.8.）

構築する必要があると指摘されている。⁴⁵

(3) 小規模な木質バイオマス発電の推進

前述のように、木質燃料不足への懸念の背景には、木質バイオマス発電計画が大型施設に偏っているという事情がある。そのため以前から、中小規模の木質バイオマス利用を推進し、地域の実情に合わせた規模の適正化を図るべきとの声が存在していた⁴⁶。

こうした中、平成 27 年度に FIT の調達価格が変更され、未利用木材で新たに 2,000kW 未満について、従来の 32 円/kWh より高い 40 円/kWh が設定された(表 2)。この背景には、従来の調達価格では、小規模な木質バイオマス発電で十分な利益を確保することが難しかったという事情がある。調達価格を引き上げることで、集材範囲が限定される離島や山間地、比較的近くに木質バイオマス発電所が既にある地域など、小規模な発電に適した地域での導入を促し、森林資源の有効利用や地域活性化に貢献することが期待されている⁴⁷。一方、後述のように我が国には中小規模に適した木質バイオマス発電技術が乏しいため、現時点では小規模化を推進しても中途半端になる可能性があるとの懸念も出ている⁴⁸。

2 エネルギー効率の改善

(1) 中小規模に適した木質バイオマス発電技術の普及

木質バイオマスは、化石燃料と異なり形状や含水率が多様であるため、燃焼・熱回収の効率性はボイラーの技術力に大きく左右される。ドイツやオーストリアでは、20 年以上のバイオマス利用の歴史があり、ボイラーについても技術改良やノウハウが蓄積されてきた。一方、我が国のバイオマス発電ボイラーは、石炭火力や焼却炉の技術を転用して開発したものが多く、このため、①海外製に比べて燃焼効率に劣るものが多い、②多様なバイオマス燃料に対応できず、前述のように高品質なホワイトチップを燃料として用いているといった問題が指摘されている。⁴⁹

さらに、我が国では中小規模に適した木質バイオマス発電技術が普及していない。現在、我が国で実用段階に達している発電技術は、以前から存在する「直接燃焼 - 蒸気タービン」方式のみとされる⁵⁰。この方式では 5,000kW 級以上の規模でないと事業性の確保が難しいとされ⁵¹、現在の木質バイオマス発電計画が大型中心であることの一因となっている。

中小規模に適した発電技術としては、オーガニックランキンサイクル (Organic Rankine

⁴⁵ 東京農業大学農山村支援センター 前掲注(4), p.32; 梶山 前掲注(31), pp.17, 24-25; 梶山恵司「エネルギー論壇 木質バイオマスの活用 残材と熱を使い尽くせ 技術革新促す制度改訂を」『日経エコロジー』No.178, 2014.4, pp.110-112.

⁴⁶ バイオマス産業社会ネットワーク「再生可能エネルギー電力買取制度 (FIT) と木質バイオマス利用 2 未利用材を主とする木質バイオマス利用の目指すべき方向とは」『バイオマス白書 2014』<http://www.npobin.net/hakusho/2014/topix_02.html>; 農林水産省「小規模なバイオマス発電の推進について」(調達価格等算定委員会 (第 17 回) 資料 1) 2015.1.28, pp.6-8. 経済産業省ウェブサイト <http://www.meti.go.jp/committee/chotatsu_kakaku/pdf/017_01_00.pdf>

⁴⁷ 農林水産省 同上, pp.7-8; 「FIT15 年度価格、非住宅用 PV は 2 段階下げ 27 円に」『エネルギーと環境』No.2323, 2015.3.5, p.4.

⁴⁸ 「中小バイオマスを「つなぐ」 バイオマスアグリゲーション 久木裕社長に聞く」『日刊木材新聞』2015.2.13.

⁴⁹ 梶山 前掲注(45), p.112; バイオマス産業社会ネットワーク 前掲注(46); 「E の新話 バイオマス発電、3 つの課題 調達・効率化・地域連携」『日経産業新聞』2014.9.11.

⁵⁰ 阿部 前掲注(29), p.7.

⁵¹ 同上 なお、熱電併給を前提とすれば、採算が取れるのは 2,000kW からと言われる。(梶山 前掲注(31), p.16.)

Cycle: ORC) と木質ガス化が挙げられる。ORC は、水よりも沸点の低いシリコンオイルなどの有機媒体を用いて、タービンを回して発電を行うシステムである。木質ガス化は、バイオマスを「蒸し焼き」にして可燃性のガスを取り出し、そのガスでエンジンなどを回して発電するものである。これらは、小規模でも高い発電効率が実現可能で、熱利用もしやすいという特徴を持つ。⁵²

ドイツなど欧州諸国では、これらの技術を用いた発電の実績が着実に積み上がっており、特に ORC は技術的な難易度が高くないことから市場が確立されつつあるという。一方、我が国では ORC の導入事例はほとんどなく、導入しようとしても「電気事業法」(昭和 39 年法律第 170 号) の規制⁵³への対応から採算上のメリットが少ないとされる。また、ガス化発電については、我が国でも 2000 年代の後半に導入されたが、商用化には成功していない。こうしたことから、中小規模に適した木質バイオマス発電技術の普及に向けて、国内メーカーの研究開発支援や各種規制の緩和などの支援策、規模別価格など技術革新を促す FIT の制度設計等を求める声が出ている。⁵⁴

(2) 熱利用の拡大

木質バイオマス発電の発電効率は、出力規模が大きい場合でも一般的な火力発電に比べて大幅に劣っている。例えば、5,000kW 級の木質バイオマス発電所でも、木材の持つエネルギーの 25%程度しか電気に変換できず、残りの 75%は排熱として捨てられている。一方、熱利用であれば、薪ストーブのように小規模であっても、80%以上の高いエネルギー効率が実現可能である。また発電事業においても、電気と熱を同時に供給する「熱電併給」とすれば、総合的なエネルギー効率は 70-80%となり、収益性が大きく改善されるという。⁵⁵

我が国における木質バイオマスボイラーの導入数は約 1700 台(平成 25 年現在)で、近年増加傾向にある⁵⁶。しかし、我が国における木質バイオマスボイラーの設備費は、国際水準からするとかなり割高で、このままでは本格的な普及は困難な状況であると指摘されている⁵⁷。背景には、顧客に最適な熱利用システムを提案・導入できるエンジニアリング会社、木質チップ市場、熱利用の状況についてのデータがほとんどないといった基礎的なインフラの未整備があり、これらの克服が課題とされる⁵⁸。

また、我が国で計画されている木質バイオマス発電の多くは発電のみで、熱電併給は想定されていない。このような状況にある一因として、事業規模の問題が指摘されている。熱は電気と異なり長距離輸送には不向きであることから、熱電併給プラントは地域の熱需要に合わせて設計する必要がある。現在主流である大規模な発電でも熱電併給は可能であ

⁵² 梶山 同上; 相川高信「地域主導型バイオマスの成功事例を」『AFC フォーラム』62 巻 11 号, 2015.2, p.8.

⁵³ 電気事業法の技術基準には ORC 発電の位置付けがないため、蒸気タービンと同じ扱いで法に準じた設計が必要とされる。また運用面でも、欧州と異なり常時監視が必要となるなど、事業者にとって負担が大きい。(バイオマス産業社会ネットワーク 前掲注(46))

⁵⁴ 同上; 梶山 前掲注(31), pp.16-17; 相川 前掲注(52); 「E の新話 「宝の山」林地残材で発電 ハード・ソフト支援を」『日経産業新聞』2013.12.12.

⁵⁵ 梶山 前掲注(45); 熊崎実「揺らぐ FIT と今後の木質バイオマス発電」『地球温暖化』No.35, 2015.1, p.23; バイオマス産業社会ネットワーク「再生可能エネルギー電力買取制度 (FIT) と木質バイオマス利用 3 木質バイオマスの熱利用」『バイオマス白書 2014』<http://www.npobin.net/hakusho/2014/topix_03.html>

⁵⁶ 林野庁 前掲注(11), pp.164-165.

⁵⁷ 梶山恵司編, 相川高信ほか著『木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト』2013, pp.4-10. <<http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/pdf/250610biomass1.pdf>>

⁵⁸ バイオマス産業社会ネットワーク 前掲注(55)

るが、そうした大規模発電では膨大な排熱が発生するため、それに見合う熱需要を確保するのは難しくなる。このため、熱電併給の導入には、発電規模ありきで事業を進めるのではなく、熱需要の変動に合わせた運転を前提に、発電量に見合った発電量を見込んで設計するといった工夫が必要とされる。⁵⁹

ドイツでは、地域分散型の熱電併給を普及させるという明確な政策意図の下、FIT 制度における小規模発電の優遇や熱電併給・革新的技術（ORC 等）採用への調達価格上乗せなどを実施し、小型熱電併給の ORC が加速的に普及した。このため、我が国でも同様に、FIT における小規模発電の優遇、熱電併給への調達価格上乗せなどを進めるべきとの意見が出ている⁶⁰。また事業の実施に当たっては、熱需要を的確に把握し、適切なバイオマスボイラーを選択・運営していく体制を地域ごとに構築していくことが必要とされる⁶¹。

おわりに

FIT 開始から 3 年が経過し、同制度の下で新規に計画された木質バイオマス発電所の本格稼働が始まる一方、前述のように燃料不足等への懸念も出てきている。既に発電向け需要の増大からチップ用丸太の値上がりが生じ、製紙会社の原料調達に影響が出ているほか、発電所でも丸太不足を想定してパーム椰子殻を輸入し混焼する事例が出ている。⁶²

このように、現状の大型中心の木質バイオマス発電は持続可能性等の問題を抱えていることから、軌道修正が必要との意見もある。具体的には、熱電併給によるエネルギー効率の改善、小規模バイオマス発電の普及などが提案されており、国に対してこうした方向性に沿った FIT の制度改定などを求める声も出ている。⁶³

一方、国によるトップダウンの展開だけでは、地域のバイオマス事業化は難しい。木材流通の在り方など、事業の成功に関わる社会的条件は地域によって異なるからである。地域の多様な関係者（事業主体、林業・木材産業事業者、公的機関等）が連携し、木材流通の仕組みや需給調整の体制等を構築していくことが求められる。⁶⁴

木質バイオマスのエネルギー利用は、地域資源を利用するため、他の再生可能エネルギーに比べて、地域経済に対する波及効果が大きい。そのため、地方創生が国政の重要課題となる中、木質バイオマスのエネルギー利用への関心はますます高まっていくものと思われる。一方、バイオマスの利用方法の中でも最も価値が低いエネルギー利用にばかり注目が集まることについては、以前から懸念の声も出ている⁶⁵。地域社会の再構築や森林・林業の再生に向けて、限られた地域資源である木質バイオマスをどう活用していくのか、地域での議論を通じたグランドデザイン・ビジョンの構築が求められていると言えよう。⁶⁶

⁵⁹ 梶山 前掲注(31), pp.4-5; 柳田 前掲注(35), pp.428-429; 相川 前掲注(52), p.9.

⁶⁰ 梶山 同上, p.24; 柳田 同上

⁶¹ 相川 前掲注(52), p.9.

⁶² 「稼働ラッシュ第 1 弾が到来間近 木質バイオマス発電 小規模発電や熱利用まで広がるか」『日刊木材新聞』2014.11.22; 「丸太争奪戦 バイオマス発電急増で 紙・住宅向けを「浸食」」『日本経済新聞』2015.8.8, 夕刊.

⁶³ 梶山 前掲注(31), pp.24-25; 『日刊木材新聞』前掲注(48)

⁶⁴ 東京農業大学農山村支援センター 前掲注(4), pp.31-38; 相川 前掲注(52), p.10; 「インタビュー 久木裕氏 地域一体の仕組み作りを 木質バイオマス、現状と課題」『循環経済新聞』2015.5.25.

⁶⁵ 泊 前掲注(2), pp.121-126.

⁶⁶ バイオマス産業社会ネットワーク 前掲注(46); 近藤加代子「日本の木質バイオマスと地域林業の課題」『都市問題』106 巻 5 号, 2015.5, p.82.