

## 木質バイオマス発電における熱電併給事業の経済性評価

○久保山裕史（森林総研）、古俣寛隆（北海道立林産試）、柳田高志（森林総研）

### はじめに

2012年7月に再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）が施行され、多数の木質バイオマス発電所の建設が進められることとなった。計画から運転開始までの時間差等の要因もあって、2014年の後半から稼働する施設が急増し、ここに来て未利用バイオマス発電施設の発電容量合計は20万kWを超えるまでとなり、認定量からすると40万kWを超えるまでに増加する見込みである。

これらの発電施設の発電規模は、計画中のものも含めて6000kW前後に集中しており、熱需要確保の難しさもあってほとんどが発電のみの事業展開となっている。この背景には、FITが熱利用を促進するような制度設計となっておらず、規模を大きくした方が発電効率が高くなるので経済性を確保できることが影響している。結果として、燃料チップのもっているエネルギーのうち、25%前後が電力に変換されて活用されるものの、残りはすべて廃熱となっており、熱効率的に低いエネルギー利用が展開されることとなった。この状況は、低い熱効率によって、発揮される地球温暖化防止効果が弱まるという問題とともに、熱利用を行わないことによる経済性の低下をも招いていると考えられる。

そこで本研究では、廃熱の有効活用を行う熱電併給事業を実施した場合の経済性について検討する。

### 方法

柳田らが2015年に開発した「木質バイオマス発電事業採算性評価ツール」は、蒸気タービン方式の木質バイオマス発電事業を対象に、発電規模と燃料購入価格等を入力することによって簡便に経済性評価を行えるようにした。今回、市販のソフトウェアである「エネカルク」を用いて、抽気する蒸気の圧力・量を入力すると発電量と熱販売収益を推計することによって熱電併給事業の経済性評価を可能にした。これを用いて、①発電のみを行う場合、②蒸気を中圧で抽気して製材乾燥等のプロセス利用する場合、③低圧抽気した蒸気を熱交換によって温水に変えて暖房・給湯利用する場合の3つのシナリオについて、異なる熱買取価格の下でシミュレーションを行った。

### 結果と考察

発電のみの場合、燃料価格が安価な場合には十分な経済性が得られるものの、わずかな価格上昇によって経営が赤字に転落するという結果が得られた。これに対して、熱電併給を行うと、価格が上昇しても経済性を確保できることが示された。しかし、中圧蒸気を利用する場合では、発電量の低下が大きいと、熱買取価格が低下すると赤字に転落するという結果が得られた。

（連絡先：久保山裕史 [kuboyama@ffpri.affrc.go.jp](mailto:kuboyama@ffpri.affrc.go.jp)）

## FIT 導入 21 年目以降の木質バイオマス発電事業に関する一考察 将来の調達価格などの変動が与える影響

○古俣 寛隆・石川 佳生（北林産試）、久保山 裕史・柳田 高志（森林総研）  
本藤 祐樹（横浜国大）

### はじめに

これまで我々は、原料の供給量・単価、売熱単価等を入力することによりプラントの効率、事業の利益率などが推計可能な木質バイオマス発電・熱電併給シミュレーター（以下、シミュレーター）を開発し<sup>1)</sup>、経済性に関する様々な検討を実施してきた<sup>2)</sup>。平成 28 年 5 月末現在、再生可能エネルギーの固定価格買取制度（Feed-in Tariff、以下 FIT という）において認定された木質バイオマス発電所は、稼働中が 89 件（発電容量 80 万 kW）、稼働前が 180 件（同 343 万 kW）ある<sup>3)</sup>。バイオマス発電事業が地域経済へ与える影響は非常に大きいと考えられる一方で、今後制度の見直しにより調達価格が引き下げられる場合には、事業採算性が大きく低下する可能性も考えられた。本研究では、1) 発電所の実際の耐用年数を考慮してシミュレーターにおける評価期間を 40 年まで拡張した。2) バイオマス発電事業の採算性に関して、FIT 調達価格の変動などによるシナリオ分析を実施し、事業存続のための条件を探った。

### 結果と考察

未利用木材、一般木材を原料とする特徴的な規模の発電所をそれぞれ設定した。ここでは、未利用木材を原料とする 5,700 kW の発電事業の例について述べる。原料購入価格の初期値を 10,000 円/t-WET50%、燃焼時含水率は Wet40%とし、その他の条件はシミュレーターのデフォルト値を用いて評価を実施した。なお、この条件での 20 年間の IRR は 7.0%と試算された。現在の調達価格（32 円/kWh）に変化がない場合、21 年目と 40 年目の営業利益はそれぞれ 2.7 億円、2.8 億円となった。高額な設備投資の減価償却が終了した 16 年目以降の発電コストはほとんど変化がなく、高い採算性が維持できる。次に、21 年目以降の調達価格を、ドイツにおける FIT 調達価格の推移を参考として 30%引き下げた場合（23 円/kWh）の採算性を評価したところ、21 年目の営業利益は 0.8 億円の赤字となった。すなわち、調達価格が 30%引き下げられた場合には、当初調達期間が終了した翌年度から採算性は確保できなくなり、事業存続の可能性は低いと思われた。仮に、この調達価格において 21 年目以降の営業利益を 20 年目と同様の 2.7 億円以上とするためには、21 年目以降の原料は 5,200 円/ t-WET50%以下で購入しなくてはならないことも分かった。当日の発表では、他のシナリオ分析についても詳細な報告を行う。

### 引用文献

- 1) 北海道立総合研究機構，林産試験場 HP <<https://www.hro.or.jp/list/forest/research/fpri/mmanua/biomass10/biomass.htm>>
- 2) たとえば，古俣寛隆他 4 名「木質バイオマス発電事業および熱電併給事業の採算性に関わるリスク分析」，『第 11 回バイオマス科学会議要旨集』，2016 年，15～16 頁
- 3) 経済産業省，資源エネルギー庁 HP <[http://www.fit.go.jp/statistics/public\\_sp.html](http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html)>

（連絡先：古俣 寛隆 komata-hiroataka@hro.or.jp）

## 温浴施設における薪ボイラーの導入実態

○風 聡一郎・梶間 周一郎（金沢大学）

内山 愉太・香坂 玲（東北大学）

### はじめに

近年、山間地などを中心に全国で温浴施設等への出力規模 100kW 以上の薪ボイラーの導入事例が見受けられるようになった。従来から、薪ボイラーは燃料投入を人力に頼るため、100kW 以上の規模での利用は不向きであるとされている（熊崎 2013・相川 2014）。しかし薪には製造が容易で、チップに比べ初期投資も安価であり、その費用を雇用として地域に投資できるといったメリットが指摘されている（森 2016）。一方で、出力規模 100kW 以上の薪ボイラー導入についての事例研究は限定的である。そこで本研究では温浴施設における薪ボイラーの導入実態を調査し、その運用方法や導入での効果を検証することを目的とした。

### 調査対象と方法

本研究では条件を統一して比較するため、同一メーカーの薪ボイラーを導入している事例を調査対象とした。ボイラー起因による運用負荷のバイアスなどを避けるためである。これらの条件に該当する事例として、中国地方の A 村（人口：約 1,500 人・林野率：約 95%・人工林率：約 85%）、中部地方の B 市（人口：約 42,000 人・林野率：約 90%・人工林率：約 56%）、中国地方の C 町（人口：約 7,200 人・林野率：93%・人工林率：約 78%）といった山間地域に位置する 3 自治体の事例を調査対象とした。3 事例とも公設の温浴施設に薪ボイラーを導入しており、稼働後 1 年を経過している。調査方法は聞き取り調査で各ステークホルダーに薪ボイラー導入の経緯と運用体制を尋ねた。また導入前後の燃料使用量と燃費のデータの提供を受け、燃料コストの変化と木質エネルギーへの代替率を分析した。

### 結果

結果は、以下の 3 点である。

- ①経済：導入前より燃費が削減されている一方で、導入計画時よりも灯油価格が下落しているため、想定しているほどの効果は出ていなかった。そのため導入費用の回収まで可能かという点については今後長期的な運用実績をもとに研究が必要である。
- ②運用と雇用：ボイラーの運用を薪供給事業者が担い、温浴施設の運用負荷を軽減するという方法が A 村、C 町で見受けられた。雇用は、非常勤であれば雇用が可能だが、専任での正社員の雇用となると採算をとるのが難しい。
- ③環境：定量的な分析は行っていないが、これまで林内に切り捨てられていた間伐材や、自伐林家が搬出する間伐材の消費先となっているため、森林環境の整備促進に寄与しているといえる。

（連絡先：風 聡一郎 kaze.soichiro@gmail.com）

## 家庭向け木質バイオマス燃料の流通構造と課題

○根本 和宜・中村 省吾・森 保文（国立環境研究所）

### はじめに

近年固定価格買取制度の導入によりバイオマス発電の普及が進む一方で、地域資源の活用や低炭素社会構築などの観点からバイオマスボイラーなど熱利用の導入件数も増えている。それに伴い、木材原料の確保の競争が懸念されており、各種需要を把握して対応することが重要であると考えられる。木質バイオマスエネルギーの消費動向については、発電やボイラーといった比較的規模の大きい設備に関する情報や木質燃料全体の生産量などは既に整理されている。しかし、薪やペレットを使ったストーブなどの小規模な住宅向けの燃焼機器と燃料消費については、一部の地域での利用実態については報告があるものの、全国的な消費動向については明らかにされていない。また、木質バイオマス燃焼機器の販売に関する調査研究は少ない。そこで本研究では、木質バイオマスの普及状況について、燃料や燃焼機器の普及・流通状況について調査し、需給の両面からみた現状と課題を明らかにすることを目的とする。

### 研究方法

調査は需要側である一般家庭と、供給側である事業者に対してそれぞれ行った。一般家庭向けには全国のインターネットモニターを対象にWEBを用いたアンケート調査を行った。実施時期は2015年12月、サンプル数160,871件に対してスクリーニング調査を行い、61,885件の回答を得た（回答率38.5%）。本調査では木質バイオマス燃焼機器を所有しているモニターを、国勢調査に準拠して地域の偏りなく抽出し、最終的に717のサンプルに対して526の回答を得た（回答率73.4%）。事業者に対しては2016年1月に実施し、薪・ペレットなど等の木質燃料、ストーブなどの燃焼機器を販売している企業を調査会社データベースより抽出し、仕入れと販売の状況、課題について電話調査を行った。抽出された253社のうち、157社から回答を得た（回答率62.0%）。

### 結果

全国の一般家庭における燃焼機器の利用割合は、薪ストーブで1.9%、ペレットストーブで0.3%となり薪ストーブの方が高く、1世帯当たりの木質燃料の年間消費量は、平均で薪は5.2m<sup>3</sup>、ペレットは840kgであった。また木質燃料の調達範囲は、薪は半数以上が全て居住地の県内からであったのに対し、ペレットは県内のみからの調達が40%に満たず、県外や輸入ペレットを利用していることが明らかになった。一方で木質燃料を扱う販売事業者は、薪で81%、ペレットで59%が50km圏内から仕入れており、販売先も半数以上が50km圏内という結果となり、近距離圏で仕入れ販売している事業者数が多いことが明らかになった。燃料に関する課題としては、原料の確保の難しさ、価格の高さを挙げる事業者数が、需要の少なさを挙げる事業者数を大きく上回った。

（連絡先：根本 和宜 nemoto.kazuyoshi@nies.go.jp）

## 木質バイオマスのエネルギー利用に関する最新の動向について —各都道府県における間伐材等由来チップのエネルギー利用量の分析—

○福田 淳（林野庁）

### はじめに

平成 24 年の「再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）」の導入以降、木質バイオマスのエネルギー利用が急速に進みつつある。平成 27 年度末時点で、FIT 認定を受けた主に未利用木材を利用する木質バイオマス発電所は、全国で 34 箇所（RPS からの移行認定 6 箇所を含む）が稼働しており、今後、少なくとも更に 40 箇所が稼働する予定となっている。このような中、平成 27 年に、エネルギーとして利用された間伐材・林地残材等に由来する木材チップの量は、前年から 69%も増加して、271 万 m<sup>3</sup>となった。

本研究では、このような木質バイオマスのエネルギー利用の動向について、地域毎の違いを把握する観点から、間伐材等由来チップのエネルギー利用量について、都道府県別に分析を行うこととした。

### 調査方法

本年 8 月に林野庁が公表した「平成 27 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」の結果（速報）における都道府県別の間伐材等由来チップのエネルギー利用量を対象として、「固定価格買取制度情報公開用ウェブサイト」から取得した平成 27 年度末時点における FIT 認定を受けた主に未利用木材を利用する木質バイオマス発電所の都道府県別の発電容量、及び「平成 27 年木材統計」における都道府県別の素材生産量との比較を行った。

### 結果と考察

FIT 認定を受けた主に未利用木材を利用する木質バイオマス発電所の発電容量との比較では、発電容量 5,000kW 当たりの年間チップ利用量を 10 万 m<sup>3</sup>とみた場合、当該発電所を有する 25 道県のうち、間伐材等由来チップの利用量がほぼ相応（0.7～1.5 倍）である県は 3 県（福島、長野、三重）、利用量が比較的多い県（1.5 倍以上）は 6 県（岩手、宮城、栃木、岐阜、島根、広島）、比較的少ない県（0.7 倍未満）は 16 県であった。このうち、比較的少ない県は、認定を受けた時期が遅かったことなどにより、出力規模まで稼働していないことによるものと考えられる。比較的多い県については、主に未利用木材以外を利用する FIT 発電所又は非 FIT の発電所などで間伐材等由来チップを利用していることによると考えられる。

また、素材生産量との比較では、間伐材等由来チップのエネルギー利用量が素材生産量の 5 割程度以上である県は、7 県（神奈川県、新潟県、富山県、岐阜県、鳥取県、島根県、山口県）であった。これらの県では、一部を除き、間伐材等由来チップの利用量も多い傾向がみられることから、木質バイオマス発電所における大量の需要に対して、自県からの供給では賅うことができず、近隣県からチップ材を移入しているものとみられる。

（連絡先：福田 淳 jun\_fukuda960@maff.go.jp）

## 北陸地方における県森連による広域集材の実態と 木質バイオマス発電プラントの設立に伴う木材需給の変化

○都築伸行・岩永青史・久保山裕史・柳田高志（森林総研）

近年、北陸三県（富山県・石川県・福井県）においては、各県1つ以上の木質バイオマス発電プラントが稼働または計画されており、これらのプラントに向けた燃料材の集荷に各県の森林組合連合会（以下、県森連）が関与している。本報告では、県森連による広域集材が行われている北陸地方を事例に、県森連の木材取扱動向と木質バイオマス発電プラントに向けた集材の現状を明らかにし、今後の燃料材集材における県森連の役割や課題について考察する。

北陸三県において現在稼働中の木質バイオマス発電プラントは、富山県の「グリーンエネルギー北陸（5,750kw）」と福井県の「福井グリーンパワー（11,500kw）」である。これらプラントによる燃料材の新規需要はおよそ16万 $m^3$ となり、北陸三県の2010～2014年度の素材生産量平均28.8万 $m^3$ の50%以上に相当する。この他、石川県輪島市と福井県敦賀市にも計画中のプラントがあり、今後それらが稼働すれば、北陸地方内で燃料材の新規需要を賄うことは難しいと想定され、県境を越えた広域での集材が必要となる。

2003年度から2013年度までの県森連の木材取扱量の動向をみると、全国合計では282万 $m^3$ から484万 $m^3$ へと200万 $m^3$ 以上の増加がある。特に増加量が大きいのは青森県・秋田県・宮崎県の3県でそれぞれ20万 $m^3$ 以上取扱量が増加している。北陸三県では、富山県が0.9万 $m^3$ から6万 $m^3$ 、石川県が1.5万 $m^3$ から4.6万 $m^3$ 、福井県が0.9万 $m^3$ 未満から6.5万 $m^3$ へとそれぞれ3～5万 $m^3$ 取扱量を増加させていた。各県の素材生産量は増加傾向にありつつも2003年度と比べて1～3万 $m^3$ 程度の増加に留まり、各県森連の木材取扱量の増加はそれを上回る量であることが明らかとなった。中でも石川県森連では、県内の合板工場への集材を契機に始めた県境を超える広域集材を行っており、今後の燃料用材集材への応用が期待される。

北陸三県においては、いずれの県森連も木材取扱量を増加させており、石川県森連を中心とした中部圏ブロックでの県森連による広域集材が行われていた。現在、木質バイオマス発電プラントは各地で稼働されており、合板用に開始された県森連による広域集材が燃料用材に展開されるかについては、価格交渉や安定供給体制の構築などの課題が残されている。

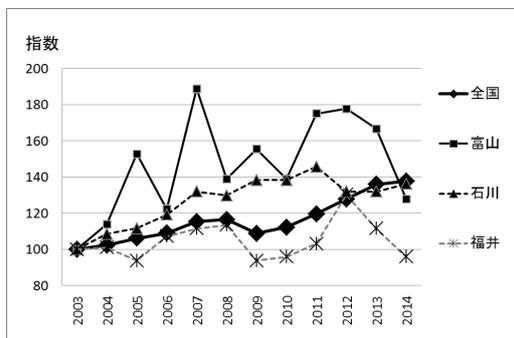


図1 北陸三県の素材生産の動向

注：2003年を100とした指数

資料：森林・林業統計要覧各年度版

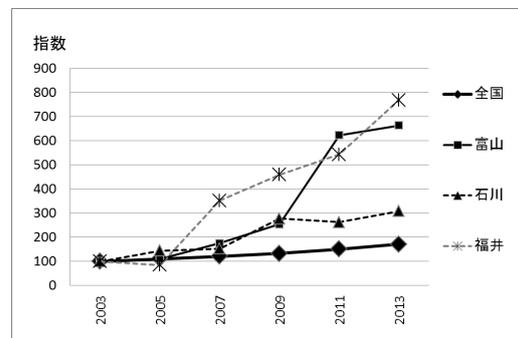


図2 北陸三県の県森連木材取扱量の動向

注：2003年を100とした指数

資料：森林・林業統計要覧各年度版

(連絡先：都築伸行 nobyuki@ffpri.affrc.go.jp)

## 木質バイオマス発電のための原燃料の安定供給体制の構築 —大分県日田地域の事例—

○横田康裕(森林総研九州)・天野智将(森林総研東北)・藤掛一郎(宮崎大)

### はじめに

2012年7月に施行された固定価格買取制度(FIT制度)により、日本各地で木質バイオマス発電事業が計画・実施されるようになり、最も件数が多い5,000kW級の発電所で年間約10万m<sup>3</sup>におよぶ膨大な木材需要が生じている。発電事業を継続させる上で、安定的かつ効率的な燃料用木材の供給が重要な課題となり、各地でそのための安定供給体制の構築が取り組まれている。

本研究では、安定供給体制の構築のための取り組み事例として、大分県日田市に所在するG発電所をとりあげ、その取り組みの現状と課題を明らかにすることを研究課題とする。

### 調査方法

2015年11月から2016年10月にかけて、大分県日田市において、発電事業者(1者)、集荷業者(1者)、出荷業者(3者)および行政(1者)に対して聞き取り調査を行った。また、関連資料および統計資料を収集した。

### 結果と考察

G発電所は、定格出力5,700kWで、年間約60,000生トン(水分率35%)の原燃料を使用する。原燃料のほとんどが32円口の未利用木材であり、ほぼ素材の形で受け入れ、隣接のチップ工場で破碎している。集荷圏は、大分県を中心に福岡県、熊本県を含む半径50km圏域である。

G発電所を運営するG社は、FIT制度開始前の2007年に、林地残材の有効利用を図ることを目的に発電事業の検討を開始し、山のための発電所というポリシーをかかげ、地元や林業への貢献を重視している。原燃料集荷についても、関係者と連携して体制作りを時間をかけてきた。

原燃料の集荷は、「日田木質資源有効利用協議会」会員(森林組合、木材市場、素材生産業者、運送会社等)→N社(チップ製造・供給)→G社(発電)という体制で行われている。N社はG社の親会社であり、日田木質資源有効利用協議会は、N社・G社と大分県内外の林業関係者などで組織されている(2016年6月現在で35会員)。G社で使用する燃料用チップは全量N社から調達し、N社は素材を原則協議会会員からのみ調達することとなっている。

N社・G社は、関係者との協議を重視することや、最初から高い原燃料買い取り価格(32円口で2m以上の素材の場合で7,000円/生トン)を提示すること等により山側の協力をとりつけ、出荷を促すとともに、協議会を活用することで数量管理とバイオマス証明書添付を徹底している。山側も、資源構成的に発生量が多く問題であったD材を買い取ってくれることで収入増と低質林分の改植が図られ、原燃料価格が木材価格の下限となることでA・B・C材の価格が下支えされるために、発電事業及び原燃料調達に協力的である。

今後の課題としては、バイオマス証明の信頼性の維持、協議会会員の拡大と出荷制限の回避との調整、林業労働者確保などがあげられる。

(連絡先: 横田康裕 yokotaya@ffpri.affrc.go.jp)

## 燃料用木質チップのサプライチェーンマネジメント形態と利害関係者の役割

○吉田 美佳（筑波大）

### はじめに

エネルギー生産において安定供給は絶対条件であり、木質チップ燃料を用いる場合、チップサプライチェーンの目的は経済性を保持しつつ安定供給を行うことである。木質バイオマスサプライチェーンは土地条件、樹種、需要形態など、さまざまな因子が関係しており、多様なマネジメント方法があると考えられた。本報告では、海外の木質チップサプライチェーン先進事例を紹介し、それぞれについて利害関係者の経済的満足と商流を分析し、マネジメント形態と利害関係者の役割を考察して、我が国における燃料用木質チップのサプライチェーン構築に向けた提言を行った。

### 調査方法

2012年から2015年にかけて、ヨーロッパ（デンマーク、イタリア、オーストリア）とアメリカ、カリフォルニア州北部にて現場で聞き取り調査を行った。デンマークの事例を主体として、利害関係者間の経済的満足を費用便益比を用いて分析し、商流を整理した。

### 結果と考察

最大数の利害関係者を含むサプライチェーンにおいても、利害関係者間の費用便益比は両社がともに1以上となる場合があった。商流の整理から、材料・チップ所有者とそれぞれの需要者の間で情報と金銭がやり取りされ、材・チップ所有者がサプライチェーンマネージャーの役割を担っていることが明らかになった。マネージャーは、材料・チップの量的情報を得られるため、サプライチェーン内の作業を円滑に進める役割を果たし、チップ供給コストを安く、

サプライチェーン内の利害関係者の経済的満足を満たせていると考えられた。サプライチェーンの構築に向けて、材料・チップの量的情報を明らかにすることは必須であり、現場における検知機能の向上が求められると考えられた。

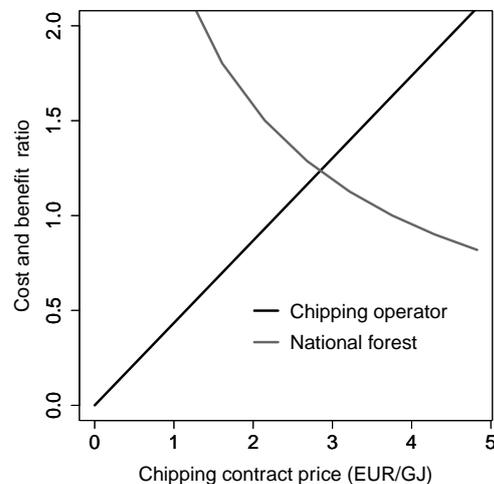


図1 利害関係者の費用便益比分析の例

(連絡先：吉田 美佳 yoshida.mika.kf@u.tsukuba.ac.jp)

## 木質バイオマス発電の需給調整を巡る政府間関係の整理と分析

○相川高信(公財自然エネルギー財団)

### はじめに

2012年7月の固定価格買取制度(以下、FIT)の開始後、木質バイオマス発電の計画が急増し、特に「未利用材」を用いる発電所に対する安定的な燃料供給が求められている。そのためには、①国レベルでのバイオマス発電の導入目標の設定、②導入量コントロールのための買取価格の調整、③地域レベルでの需給バランスの確保について、それぞれ適切に行われる必要がある。しかしこれらの課題は、林野庁や経済産業省(以下、METI)といった国レベルの複数の省庁だけではなく、都道府県等の地方政府も関係しているという点に特徴がある。その結果、複雑な政府間関係が生じているが、全体的な構造や論点は整理されていない。そこで本発表では、木質バイオマス発電の需給調整を巡る政府間関係に焦点を当て、バイオマス発電の導入と安定的な運転のためのいくつかの論点を提示したい。

分析は、公開されている資料を基本的に用いる。政府間の調整は、頻繁にインフォーマルなやり取りが行われているが、政策的に創設された市場を健全に機能させる上で、公開情報に基づく透明性の高い議論が重要だからである。

### 結果と考察

日本のバイオマス発電の導入目標は、METIが2015年7月に策定したエネルギー長期需給見通しにより、2030年度の見通しが示されている。一方、2016年5月に閣議決定された森林・林業基本計画では、2025年の燃料供給量の目標設定を行っている。両者の目標は、目標年次が異なるが、未利用材については、需要量と供給量は概ね対応している。しかし一方で、都道府県が独自に定めている木材生産量等の目標の比較では、地域的な不足が予想されている。

買取価格の設定について、林野庁は、事業者や業界団体とともに調達価格算定委員会の中で価格の提案を行ってきた。しかし、発電コストの現状についての実績データは、METIのみが独占的に保有しており、情報の非対称性がある。

地域レベルの需給バランスの確保については、どのような主体が、どのような手段で行うか、明らかではない。FIT開始当初、METIが発電所の認定を行うにあたり、林野庁意見の聴取が行われてきたが、地方の林務行政機関が関与する仕組みはなかった。しかし2015年7月からは、都道府県林務担当者と事業者による事前チェック票の作成が求められるようになり、燃料供給に関する都道府県の関与が組み込まれるようになった。運用後の需給調整に対しても、都道府県の役割が重視されつつある。

このような政府間関係は、FIT開始後構築された新しいものであり、以下のような問題点を指摘することができる。第1に、国内の森林系バイオマス燃料の供給量に対応するバイオマス発電の導入目標に対して、METIと林野庁、そして地方政府がどのように合意形成を図るのが明らかではない。第2に、METIが保有する実コストデータが公開・共有されていない中では、買取価格の低下に繋がるようなデータが事業者側から出る可能性が低く、開発圧力にフィードバックがかかりにくい構造になっている。第3に、需給バランスの確保について都道府県が果たすべき役割はまだ定まっておらず、持続可能な森林経営に資するような冷静な議論が必要である。

(連絡先:相川高信 aikawa.t@renewable-ei.org)