

京都大学大学院経済学研究科
再生可能エネルギー経済学講座
ディスカッションペーパー

木質バイオマス発電事業へのバイオマス資源の供給システムと実態分析
-岡山県真庭市をケースとして-

Analysis of biomass resource supply system for woody biomass generation
-A case of Maniwa City, Okayama Prefecture-



2020年1月31日
31st January 2020

京都大学大学院経済学研究科
博士後期課程
白石智宙

Chihiro SHIRAISHI
Ph.D. Student,
Graduate School of Economics,
Kyoto University



木質バイオマス発電事業へのバイオマス資源の供給システムと実態分析

—岡山県真庭市をケースとして—

Analysis of biomass resource supply system for woody biomass generation

—A case of Maniwa City, Okayama Prefecture—

京都大学大学院経済学研究科 博士後期課程 白石智宙

Chihiro SHIRAISHI

Ph.D. Student, Graduate School of Economics, Kyoto University

Abstract:

The woody biomass power generation business in Japan is expected to utilize unused forest resources. If the project is implemented as a local business or municipal energy project, it is said to increase the local economic circulation. In such cases, what conditions are necessary for a stable business? In this paper, we focused on the three points of quantity, quality and supply / demand adjustment in the procurement of woody biomass resources as fuel materials, and analyzed “Maniwa Biomass Power Co., Ltd.” in Maniwa City, Okayama Prefecture. As a result, the conditions for realizing supply and demand adjustment were the indispensable elements of the conclusion of annual supply agreements and monthly adjustments, the existence of a woody biomass resource accumulation base responsible for the adjustment, and efforts to secure sales. Regarding quality assurance, purchase price setting that gives incentives to reduce moisture content to suppliers, efforts of collectors to reduce moisture content, establishment of information management system for business sites and incentives for business location registration to suppliers were clarified as the condition. In addition, the added value created in the fuel supply value chain is returned as income to the local timber industry and forestry operators, and to the mountain owners, and this contributes to the improvement of the local economic circulation.

Keywords: renewable energy, woody biomass power generation, local economic circulation, accumulation entity, Maniwa city.

要旨

日本の木質バイオマス発電事業において、地域に賦存している未活用の森林資源の活用が期待されており、それが地元の事業者や自治体のエネルギー事業として取り込まれる場合、地域の経済循環を高めるとされている。そのような事業を実現するための条件は何か。本稿では、燃料材である木質バイオマス資源の調達における量・質・需給調整の3点に着目し、岡山県真庭市の「真庭バイオマス発電株式会社」をケースとして分析を行った。その結果、需給調整を機能させる条件として、年間の供給協定の締結と毎月の調整、そこにおける調整役を担う集積基地の存在と、その発電所以外への販売とチップ加工の質向上による売り上げ確保努力が不可欠な要素としてあることを明らかにした。また質の確保については、事業者に含水率を低下させるインセンティブを付与させる買取価格設定、集荷者の含水率低下への努力、事業地の情報管理システムの構築と事業者への事業地登録のインセンティブ付与が明らかにされた。加えて、燃料材供給のバリューチェーン上で創造された付加価値が地域の木材産業や林業事業者、更には山主に所得として還流される仕組みから、地域の経済循環の向上に貢献している程度も明らかになった。

キーワード：再生可能エネルギー、木質バイオマス発電、地域内経済循環、集積基地、真庭モデル

(2020年1月16日受理)

1. はじめに

再生可能エネルギーの利用は、地元の企業や自治体のエネルギー事業として取り組まれる場合、地域により多くの新たな所得と雇用をもたらすこと、ひいては税収ももたらすことから、地域の経済循環を高め得る（諸富徹 2016）。そのため、再生可能エネルギー資源の多くが賦存している農山漁村地域にとっては、重要な産業政策の対象となる可能性が大いにある事業である。

既に2003年のRPSの導入によって木質バイオマス発電所の設立は見られていたが、2012年にFITが導入されて後、設立の勢いは増している。2019年3月末時点での日本におけるバイオマス発電の認定件数は317件であり、そのうち導入件数は移行認定分を含めて160件と認定件数の約半数が稼働している。しかし認定量で見ると認定量が約855万kWであるのに対して、導入量は移行認定分を含めて約187万kWであり、認定量の約21%のみが稼働している。

ここには大手企業による大規模な事業も含まれるが、一方で地元企業の出資による事業も見られる。このような事業の実現条件や、当該事業が地域の林業や製材業にどのような影響を及ぼすのかは、上述した地域内経済循環の実態分析として、重要な研究課題としてある。

本稿は、この研究課題に取り組むものである。

2. 先行研究とその課題

木質バイオマス発電事業が燃料材調達の際に考慮すべき条件として、「量」「質」「需給調整」という3点を指摘することができる。

まず、発電事業を安定的に行うためには、その燃料材となる木質バイオマス資源の「量」の安定的な調達が不可欠であり、この点は発電事業者にとって最重要の課題となっている¹。調達の前提として、特に地域の森林資源の活用を目指すのであれば、その特定の調達圏内に燃料材として利用可能な木質バイオマス資源がどれほど賦存しているかは重要な要素となる。ここには樹種の分布や林齢構成といった地域性が影響しており、加えて木質バイオマス資源の調達が当該圏域において競合的であるのかも影響する。この場合の競合相手としては、木質バイオマス資源を利用する発電所のみならず、製紙工場も含まれ得る。上記の認定されたバイオマス発電所のうち、容量ベースでは77%がパーム油かPKS等の輸入バイオマスを燃料としている（経済産業省（2019））が、一方で地域で生じている「未利用材」や「一般木材」の活用を目指す木質バイオマス発電事業は、それらの安定調達を実現する条件の検討が求められている。

¹ みずほ情報総研（2015）



FIT以後の木質バイオマス資源の賦存量と利用可能量の推計を行った先行研究として、山本嵩久ら（2017）は、栃木県をケースとして、FIT以後の賦存量と利用可能量を推計、高島太郎ら（2018）は、和歌山県をケースとして、「森林蓄積量」と「林道密度」そして「林地残材および切捨間伐材の賦存量」から未利用材の利用可能量を推計、酒井明香ら（2017）は、北海道の一部地域をケースとして、未利用材の賦存量と、輸送コストやチップ化コスト、発電所の最大支払額を加味した利用可能量を推計している。

これら先行研究では、集荷モデルは単純化されており、発電所と事業者との関係や、その集荷システムは分析されていない。この点について横田康裕（2017）は、競争的状況にある宮崎県をケースに、燃料材の需要者と供給者との対応関係とそこに対する行政や業界団体による支援として協議会の設立等が指摘されているが、その具体的な中身は検討されていない。また出荷者の連携や、以下で述べる「質」や「需給調整」の機能は実現されておらず、そもそも分析対象となっていない。

次に、調達する木質バイオマス資源の「質」の問題として、日本の現行のFITでは林地残材等の未利用材の活用を期待して買取価格設定で差別化された制度設計となっているが、この「未利用材」の扱いが問題となっている。

先行研究では、木の「カスケード利用」の侵害、つまり建築用材や製紙用材の燃料材化であり、既存用途が発電用途に転換するだけで目的としていたはずの林地残材等の活用が進まないような状況が報告されている。佐藤宣子ら（2016）は、大分県日田地域をケースに、発電所稼働後、森林組合の素材取扱量やその他の素材生産業者の出荷量の15～30%が発電用燃料であったことを明らかにしている。そして、直材部分が発電用燃料として出荷されている実態を明らかにした。ここには、現行のFITでは燃料材として「未利用の林地残材を超えて製紙向けのチップ用材や場合によっては合板用材（B材）までも含むような設計がもともととなされていた可能性」が示唆されている（福田雄治・飯國芳明（2019））。

このような状況において、いかにして燃料材の「未利用材」証明を行い、既存の「マテリアル利用」と共存させるかは不可欠な条件となるが、この点も検討されていない。

3つ目は木質バイオマス資源の調達時の「需給調整」である。木質バイオマス発電事業の燃料材需要は長期的には安定しているが、短期的には変動があり、また供給側にも供給量の変動が生じ、加えて需要量の変化に応じた供給量の調整も難しい。そのため、この「需給調整」をどのようにして実現するかが鍵となるが、先行研究では横田康裕（2017）が課題として指摘しているものの、その実現条件は研究されていない。

また本稿でケースとする岡山県真庭市を扱う上で参照すべき先行研究として以下のものがある。

真庭市におけるバイオマス関連政策の創出過程を分析した中村聡志（2016）や中村聡志（2017）は、木質バイオマスエネルギーの活用の拡大に伴う原料供給の不安

定化という課題が2005年から5年間の事業として取り組まれたNEDOとの共同事業において認識され、その対策として、真庭木材事業協働組合と真庭森林組合の月田集積基地が設立された経緯を明らかにしている。しかし、2015年より稼働した真庭バイオマス発電所は主たる分析対象となっていない。

また平岡和久ら（2018）は、真庭市における木質バイオマス産業政策の展開を時系列的に紹介し、以下で述べる「真庭システム」を紹介しているが、その仕組みの概要を述べるに留まっており、各事業者との関係や、その仕組みがいかにして当該事業の実現に結実しているのか、その実態は分析されていない。

本ケースを対象にシナリオ分析を用いて、木質バイオマス発電事業の持続可能性を検証したYusuke Kishita et al., (2017)は、発電事業が有する不確実性として売電価格とともに木質バイオマス資源の供給という2つの要素を抽出している。しかしここでは、木質バイオマス資源の供給の実態は分析されておらず、当該研究の課題としても挙げられているように、このシミュレーションに用いられている木質バイオマス資源の利用量とその供給、そして含水率等の数値は一定とされ、経年で同じ費用構造が仮定されている。そのため、木質バイオマス発電所の経営も含め、木質バイオマス資源の調達の実態を規定している条件の分析はされていない。また、同じく課題として挙げられているように、当該事業に携わる種々のアクター間での所得分配の分析もなされる必要がある。

以上を総括すると、地域の木質バイオマス資源の活用を目指す木質バイオマス発電事業が、その燃料材調達において上述した「量」「質」「需給調整」という3つの要素を総合的に実現するための条件分析を行うことが課題としてある。その分析は、当該事業に関係する多様な事業者の連携が可能であった要因の分析を内包している。

この課題に取り組むために、本稿では岡山県真庭市の「真庭バイオマス発電株式会社」をケースとして実態分析を行い、そこから、木質バイオマス発電所への木質バイオマス資源供給における「量」のみならず、「質」と「需給調整」の実現の条件を分析し、それらの条件が実現した要因を明らかにする。

3. 真庭バイオマス発電所と燃料材調達の実態分析

3.1 真庭市の概要

岡山県における木質バイオマス発電事業は、2019年3月末時点で、移行認定での導入が1件、新規認定での導入が3件となっている。この新規認定のうち1件が真庭バイオマス発電所である。

岡山県真庭市は2005年に9町村が合併して誕生した市であり、人口は2019年9月1日時点で45,129人（住民基本台帳人口）、総面積は828km²で岡山県の約11%を占めている。森林面積は65,641ha（林野率79.2%）で、そのうち人工林面積は33,873haであ



る。ただしそのうち国有林が約4,400haあり、民有林の人工林面積は約27,000ha（人工林率約60%）である。樹種としては、面積比率でスギとヒノキがおよそ1:3であり、この2つの樹種が全体の9割以上を占めている（真庭市（2019））。

真庭市には、真庭市のうち旧北房町を除いた真庭森林組合と、旧北房町に該当するびほく森林組合の北房地区があり、組合員数は両者を合わせて2018年3月末現在で6,650人である（真庭市（2019））。これら森林組合も含めて、市内には約20社の素材生産事業者と、633の林業経営体、4,101の林家が存在している。1ha未満の森林所有者も相当数存在しているが、統計から把握することができない。

これらの事業者が生産する素材＝原木は、ほとんどが市内3つの原木市場²で取引されているという³。岡山県におけるヒノキとスギの丸太価格は、全国的な傾向と歩調を合わせるように価格を低下させてきたが、全国的にみると高価格帯を維持している⁴。また2012年以降、2017年を除いてヒノキの生産量が日本一である⁵。

真庭地域⁶における森林資源量の推計を行った西山嘉寛（2013）によれば、森林資源量は1,574万m³と推計されている。当該地域の素材生産量は年間約5.5万m³、真庭市森林整備計画によれば2017年度における市内の原木市場の原木取扱量は年間約13万m³であり、岡山県内の素材生産量は年間約33万m³、原木の取扱量は約39万m³であるから、県下約3分の1を扱っている。原木については周辺地域からの移入が多いが、地域資源の成熟を背景に地域内での集荷が高まっている（川田勲（2005））。上述のように、市場を介さない相対取引はほぼないことから、上記の値は、真庭地域における原木の生産と流通の実態を表しているとみなすことができる。この地域特性は、小菅良豪ら（2015）においても明らかにされており、真庭地域を含む岡山県北部は市場送り型の形態が維持されており、他地域のような工場直送型がほとんど見られない。

また真庭市には勝山木材市場が経営する製品市場が1つあり、製品を出荷する主体として製材業者が31社存在している（真庭木材事業協同組合（2019））。その生産額は、木材・木製品製造業の製造品出荷額として、市内総出荷額の約1/4を占めている⁷。

真庭地域を対象として原木集荷圏の分析を行った外山正次郎ら（2013）によると、真庭地域での製材工場は大規模化が進んでおり、原木集荷圏は県外に拡大しているという。しかし原木購入量規模別に市内製材業者を分類すると、1万m³以上の事業体が7つあり、1万m³未満は15であった⁸。そのため事実上、大規模化の一方で家族経営を中心とする中小規模の製材業者も多数存在する二極化が進行しているといえ

² 真庭市には、真庭木材市売（株）が経営する2つと、岡山県森林組合連合会の1つを合わせて原木市場が3つある。

³ 真庭森林組合へのヒアリングより。

⁴ 農林水産省「木材価格」

⁵ 真庭市提供資料より。

⁶ 真庭市に新庄村を加えた地域を指す。

⁷ 経済産業省「平成28年 経済センサス」

⁸ 市内31事業体のうち、明らかになっている22事業体。

る。

3.2 真庭バイオマス発電所の概要

真庭バイオマス発電所の検討は2012年8月より行われ、2013年2月に地元の製材業者である銘建工業を筆頭株主として、真庭市や真庭木材事業協同組合、真庭森林組合など10団体の出資により「真庭バイオマス発電株式会社」が設立された。2015年4月より真庭バイオマス発電所を稼働させている。当該発電所のボイラーは蒸気タービン発電方式であり、その出力は10MW、必要とされる木質バイオマス資源は計画値では148,000トン/年、稼働率は70%であった。

しかし、実際に稼働すると木質バイオマス資源の必要量は表1の通り、約10~11万トン/年であった。これは当初の計画値である平均50%よりも含水率が低いチップの購入が可能であったためであり、直近では通年平均36%を実現できている⁹。また稼働率も非常に高く、定期メンテナンスを除いて常時稼働しており、通年で95%に達しているという¹⁰。

表1 真庭バイオマス発電所の利用燃料割合と支払額

出所：木質資源安定供給協議会提供資料より筆者作成

	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度
総利用量(t)	106042	104856	107963	111205
一般木材	59628	43908	43719	47680
未利用材	46414	60947	64244	63525
支払額(万円)	135,500	138,200	142,000	141,900

表1の通り、初年度を除いて、一般木材と未利用材の比率はおおよそ4:6になっている。初年度に一般木材の割合が高いのはPKSを多く利用していたためであるが、その後利用量は低下し、2018年度は重量ベースで2%、2019年度は8月末時点で使用していない。一般に、未利用材は含水率が高く、未利用材の利用割合が高いと燃焼効率が低下するためPKSを助燃材として利用していたが、本ケースでは、以下で述べるように搬入される未利用材由来チップの含水率の低さと、含水率が低い一般木材チップを混焼しているため、高い燃焼効率を実現できており、不要となったという。

なお、燃料材として樹皮や枝葉由来が約3割強を占めているが、これは素材生産や製材の過程で出てしまい、産業廃棄物として処理に費用がかかっていた樹皮や枝葉の利用と価値化という真庭バイオマス発電所の設立当初の狙いが実現していることの現れである。これはパルプ需要と競合しないというメリットもある（熊崎実2015）。

⁹ 木質資源安定供給協議会提供資料より。

¹⁰ 真庭バイオマス発電所ヒアリングより。



ただし、樹皮や枝葉を混焼するためには、それに適応したボイラーが必要となる。本ケースにおいては、ボイラー会社が発電所稼働後もボイラーの改良を繰り返すことにより、これら未利用材の混焼を可能とするボイラーが開発されたことも大きな実現要因として指摘することができる。

では、この発電所に燃料材を供給するシステムはどのようなものであるか。次節では、前章で指摘した3つの視点から分析を行う。

3.3 燃料材調達の実態分析

真庭バイオマス発電所は、稼働開始の2015年4月以後、毎年度約23億円を売り上げている。これはFIT認定を受けた売電による売り上げであり、売電先は地元の新電力「真庭バイオエネルギー」を含めて、全て新電力である。

まずは燃料材販売業者の由来別の地域とその割合を示したのが表2である。

表2 発電所使用燃料材由来

出所：木質資源安定供給協議会提供資料より筆者作成

	2015年度		2016年度		2017年度		2018年度	
一般木材市内	47,950 t	80 %	30,112 t	69 %	29,835 t	68 %	35,224 t	74 %
一般木材県内	46,255 t	78 %	32,346 t	74 %	39,342 t	90 %	41,416 t	87 %
未利用材市内	36,417 t	78 %	49,231 t	81 %	48,001 t	75 %	46,569 t	73 %
未利用材県内	37,202 t	80 %	52,149 t	86 %	55,740 t	87 %	52,997 t	83 %
総計市内	74,738 t	70 %	73,572 t	70 %	77,795 t	72 %	80,951 t	73 %
総計県内	83,457 t	79 %	84,495 t	81 %	95,082 t	88 %	94,412 t	85 %

直近の2018年度では、真庭バイオマス発電所が利用しているチップの約7割が市内の事業者から、県内からでは約8割5分が供給されている。それは、一般木材と未利用材それぞれにおいても同様である。経年で比較すると、市内・県内の事業者からの搬入量が増えている。

その供給元として、一般木材の約1割が以下で述べる真庭バイオマス集積基地（以下、集積基地）から、約2割が真庭バイオマス発電株式会社の筆頭株主である銘建工業から供給されている。上述の通り、含水率が低い一般木材は未利用材の混焼の燃焼効率を上げるためには欠かせない役割を果たしているが、そこにおいて銘建工業はベースを供給していると評価することができる。また未利用材については、約2割5分を集積基地が占めるがそれ以外は協定締結事業者を中心に分散的に供給がされている。全体としては、約3割を集積基地から購入していることになる。そしてこれは、後述する「需給調整」機能を集積基地が担っていることの現れである。

この燃料材を販売している協議会メンバーであるチップ供給業者の木質バイオマス資源購入の実態は、表3の通りである。

表3 発電所供給チップ用木質バイオマス資源購入実態

出所：木質資源安定供給協議会提供資料より筆者作成

単位：t		2014年度		2015年度		2016年度		2017年度		2018年度	
真庭市内	未利用材	9,917	38 %	26,900	39 %	26,761	34 %	24,052	26 %	23,547	23 %
	一般木材	2,041	8 %	3,881	6 %	2,474	3 %	1,672	2 %	4,207	4 %
	パーク	2,192	8 %	5,222	8 %	7,065	9 %	4,988	5 %	4,505	4 %
	端材	1,675	6 %	3,964	6 %	5,940	8 %	7,598	8 %	16,967	17 %
真庭市外	未利用材	2,645	10 %	15,952	23 %	20,272	26 %	37,829	41 %	33,424	33 %
	一般木材	3,015	11 %	3,710	5 %	6,768	9 %	5,971	6 %	6,018	6 %
	パーク	3,887	15 %	5,520	8 %	4,995	6 %	4,183	5 %	6,583	7 %
	端材	919	3 %	3,507	5 %	4,861	6 %	5,929	6 %	5,603	6 %
計		26,291	100 %	68,655	100 %	79,137	100 %	92,223	100 %	100,852	100 %

表3から、木質バイオマス資源は直近では真庭市内と市外からおよそ半々で調達されていることが分かる。また未利用材が全体の過半を占めており、絶対額としては市内からの未利用材は変化していないが、市外からの未利用材が急増している。ヒアリングからは、未利用材を買い取ってくれるという集積基地の存在が徐々に周知され始めたためではないかとのことであった。また一般木材については、主として製材業者の生産活動の過程で生じるものをチップ加工しているため、支払額としては比重が軽くなっていると考えられる。しかし、市内の中小規模製材業者は自らチップ化を行うことができないため、チップ製造機を導入している事業者からの購入は一定程度ある。

次に、当該事業において、発電所への燃料材供給を担っている集荷体である集積基地の実態を見ていく。

表4 真庭バイオマス集積基地仕入の種類別内訳

出所：真庭バイオマス集積基地提供資料より筆者作成

	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度
原料受入数量	34,026 t	47,091 t	56,422 t	67,711 t	75,081 t
原木	53 %	45 %	44 %	47 %	41 %
背板・端材	10 %	17 %	19 %	14 %	13 %
枝葉	9 %	12 %	16 %	21 %	28 %
樹皮	28 %	25 %	21 %	18 %	17 %

集積基地が受け入れているのは、原木や樹皮・枝葉を含めた林地残材、製材の過程で生じる背板や端材である。既に言及したように、表4から原木と併せて樹皮や枝葉が占めている割合が多いのが明らかである。

集積基地は、これら集まった木質バイオマス資源をチップに加工し、真庭バイオマス発電所を中心として販売し、支払いを通じて搬入業者に所得を創造している。



その販売実績は表5の通りである。

表5 真庭バイオマス集積基地のチップ販売

出所：木質資源安定供給協議会提供資料より筆者作成

	2015年度		2016年度		2017年度		2018年度	
一般木材								
真庭バイオマス発電所	16,264 t	124,212 千円	2,781 t	17,875 千円	8,561 t	69,649 千円	11,397 t	99,090 千円
その他	4,568 t	26,789 千円	19,799 t	88,992 千円	20,954 t	114,525 千円	16,619 t	96,725 千円
未利用木材								
真庭バイオマス発電所	20,081 t	244,032 千円	33,720 t	388,426 千円	30,000 t	355,927 千円	28,485 t	346,675 千円
その他	0 t	0 千円	0 t	0 千円	7,573 t	60,530 千円	12,311 t	109,158 千円
パーク	1,660 t	9,105 千円	2,274 t	9,099 千円	95 t	382 千円	0 t	0 千円
製紙用チップ	2,913 t	47,505 千円	0 t	0 千円	0 t	0 千円	0 t	0 千円
その他	650 t	16,912 千円	0 t	44,866 千円	626 t	43,355 千円	1,784 t	44,655 千円
計	46,136 t	451,643 千円	58,574 t	549,257 千円	67,809 t	644,367 千円	70,596 t	696,303 千円

集積基地は、調整用の木質バイオマス資源の在庫を抱えているだけでは経営が成り立たないため、自らその販売先を開拓し、売り上げを確保することによって、真庭バイオマス発電所への燃料材供給の調整役を成り立たせている。これは、発電所が当初の計画値よりも少ない燃料材しか必要とせず、集積基地の調整量が余ってしまっているためである。集積基地は、2016年10月より、真庭バイオマス発電所以外に販売を始め、2019年8月時点で県外の発電事業者4社に販売をしており、その割合は真庭バイオマス発電所への販売を上回っていることが表5より明らかである。

最後に、この事業を通じて山主に還元される所得を見てみる。

表6 木質資源安定供給協議会から山主への支払い

出所：木質資源安定供給協議会提供資料より筆者作成

単位：円	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度
真庭市内	12,850,868	11,170,306	12,990,329	10,035,726
真庭市外	10,292,965	14,771,933	22,953,495	20,732,915
合計	23,143,833	25,942,239	35,943,824	30,768,641

表6から、毎年2,300万円～3,500万円の資金が山主に還元していることが分かる。真庭バイオマス発電所と集積基地、および木質資源安定供給協議会の仕組みがなければ、これら未利用材は利用されることなく、山主にとっても価値を生み出さないものだったことを考えると、大きな貢献である。

なお、市外への支払いが増えているのは、表2における市外からの未利用材の受け入れが増加している傾向と一致している。この場合市外としては、真庭地域に属す

る新庄村、隣接している鏡野町や津山市、新見市、美咲町、吉備中央町が大半である。

次に、真庭バイオマス発電所の売電による売上からの燃料材購入を通じた地域の事業者での所得創造を見てみる。

2018年度の実績値では、発電所の燃料費として約14億1,800万円が事業者を支払われており、そのうち市内の事業者への支払いは約10億円¹¹であった。

次にチップ製造業者による燃料材の原料である各種木質バイオマス資源への支払総額は約1億円であった。この支払いは、木質バイオマス資源の供給事業者に所得を創造する。また集積基地は、上記の通り、真庭バイオマス発電所以外へのチップ販売も行っており、その販売に由来する所得創造効果は、チップ販売総額約8億円に対して、約5億7,500万円が支払われ、市内に対しては約2億4,200万円であった。

中村良平ら（2013）が真庭市を対象として推計した「木質燃料部門」の生産誘発の間接効果は直接効果に対して0.52であったのでその値を用いて推計する¹²と、直接効果約3億4,200万円に対して、約1億7,700万円が誘発していると推計される。

以上から、真庭バイオマス発電事業によって2018年に真庭市に約15億4,900万円の経済効果が発生している。「平成24年 真庭市産業連関表」によると、林業の市内生産額は約23億円、製材・木製品業が約205億円であるから、真庭市の林業・木材産業への貢献は約6%と小さくない。

では本章で明らかにした実態の実現を可能にしている条件はどのようなものか、本稿ではそれらを一括して「真庭モデル」と呼称し、次章で分析をする。

4. 「真庭モデル」の分析

4.1 「真庭システム」

真庭バイオマス発電所への燃料材供給のための伐採・搬出や在庫等の情報を一括管理するために、発電所設立と同時期の2013年3月に「木質資源安定供給協議会」が設立され、「真庭システム」の構築が進められた。

この「真庭システム」では、森林の所有者情報や施業事業者の情報を事業地登録し、それらの情報をインターネット上で一元管理し、搬入されてきた木質バイオマス資源やチップがどの所有者の山から、どの事業者の施業によって搬入されたのかを判別する証明書をQRコードで発行できるようになっている。その実績は表3に示した通りである。このシステムを活用して発電所は、納入業者ごとにQRコードを読み取り、重量と水分量を測定したうえで、その由来区分の報告を確実に行うことができる。

このシステムは、搬入業者が「未利用材」を証明するために必要となる多大な書類作成のコストを簡素化するとともに、発電所が使用する「未利用材」の確実な証

¹¹ 重量比で按分。

¹² ヒアリングからチップ製造量の原料比を 0.93 (t ベース) とした。



明を実現している。先行研究で指摘されていた木質バイオマス資源の「未利用材」証明という「質」の確保が、ここに実現されている。また協議会は、搬入事業者の事業地登録業務に対して、1件当たり3,000円を支払うことにしている。上記の「真庭システム」を成り立たせる前提条件である事業地登録のために事業者がかかるコストに対して、一部を協議会が支払うことで、登録のインセンティブを付与しているのである。

4.2 木質資源安定供給協議会

発電所に対する燃料材の供給は、「木質資源安定供給協議会」を通じて、発電所設立当初に締結した「真庭バイオマス発電事業燃料供給安定取引協定」に基づいて行われている。具体的には、各年度初めに協定を締結している事業者から当該年度の供給計画量を集約し、発電所の必要計画値との差を木材事業協同組合が調整する形で供給量を確保している。そして毎月、発電所がその月に必要な燃料材の納入量を決定し、それを協議会が協定締結事業者の供給計画量の比率で按分して、発注している。

ここにおいて、燃料材の「量」の安定調達が実現されていることがわかるが、加えて、木材事業協同組合が経営する集積基地が「需給調整」の役割を担っていることが明らかとなった。つまり、上記の供給量確保のなかで、発電所の需要量とチップ供給業者の供給量との差を集積基地が供給しているのである。その定量的な裏付けは、表5より明らかである。

続いて協議会は、発電所から燃料材の購入料金を受け取り、山主への還元分と協議会の手数料を差し引いて後に、各事業者にチップ代金を支払う。協議会では山主への還元分としてトン当たり500円、協議会手数料としてトン当たり未利用材は500円を、一般木材は300円を徴収することに合意している。これは上記の「真庭システム」によって実現が可能となっているものであり、その定量的な還元実績は表6に示した通りである。

4.3 「真庭モデル」の燃料調達

前章で述べたように、搬入されてくる燃料材であるチップの含水率低下は、燃焼効率の改善のために発電所の運営には欠かせない要素となる。本ケースにおいては、この実現のために価格設定と集積基地の2点で特徴的な取り組みがなされていることが明らかになった。

まず価格設定について、発電所の買取価格は、未利用材と一般木材・パークの種類別に設定されているが、含水率50%基準で未利用材は10,000円/tと一般木材は7,000円/tを基準として、稼働開始当初は含水率10%刻みで設定をしていた。しかし、これでは49%の事業者も41%の事業者も同じ買取価格になってしまい、含水率低下のディスインセンティブとなることから、2016年1月に買取価格を5%刻みに変更して、搬入事業者に含水率を低下させるインセンティブを付与する工夫をしている。佐藤

宣子（2016）の大分県のケースでは、重量ベースで買い取り価格を設定しているために乾燥したチップの価格が安くなってしまふことが課題として挙げられているが、この課題も解決されている。

次に集積基地の取り組みについて。集積基地は表4でみたように、主として含水率の高い未利用材が搬入されてくるため、それらを加工したチップの含水率低下の努力は欠かせない。その方法として、集積基地に乾燥用サイロを建設、定期的なチップ攪拌や含水率別のチップ管理、原木の乾燥（被水の回避）、原料別のブレンドなどを行っており、これらチップ含水率を低下させるノウハウを蓄積してきている。その成果として、2015年度は年平均42.7%であったが含水率が、直近の2018年度では39.3%を実現している¹³。

また、発電所の買取価格設定は、集積基地の木質バイオマス資源の買取価格設定と併せて、川上の素材生産業者との協議の上に設定されていることが明らかになった。つまり、集積基地の買取価格は、木質バイオマス資源の買取からは利益が生じないような価格設定をしており、いわば木質バイオマス資源買取価格のボトムを保証する機能を果たしている。また発電所の買取価格設定は、集積基地の買取価格を燃料代として、上記の手数料と還元分に加えて1,000円/tの運送費、そして3,000円/tのチップ加工費に合意して設定されている¹⁴。集積基地は買取価格のボトムを保証しているので、それ以上に安く原料調達やチップ加工が可能な事業者は自らチップ製造を行うし、それよりも高く資源を販売できるような既存用途とはほとんど競合が生じない。更にこの価格設定は、地域のチップ買取価格のボトムを決めている製紙用チップよりも低く設定してあるため、既存の「マテリアル利用」を侵害していないという。

この合意の背景には、「山に植えた木は燃やすために植えたのではない¹⁵」という事業者間の強い共通認識に裏付けされた、木材生産の副産物利用としての発電所という位置づけが指摘される。上述したような木の「カスケード利用」の侵害が報告されているなかで、制度設計段階において事業者間で共通の認識として共有され、それが実現されていることは強調するに値する。

そして、当該事業は飽くまでも事業者の経済合理的な経営判断の結果として生じていることは特記すべき点である。上記の価格設定にもかかわらず、前章の実態分析では、市外や県外からの供給も少なくないことを示した。定格出力が1MW以上になると都道府県外からの燃料調達が増える（岩岡正博ら（2017））とされており、かつ木質バイオマス資源の集荷圏の限界はおおよそ100kmとされている¹⁶が、本ケースにおいても集荷圏は発電所から100km圏内であることが確認された。これは搬入事

¹³ 木質資源安定供給協議会提供資料より。

¹⁴ このチップ加工費の想定について、Kamimura et al. (2012)では3,532円/tと推計されており妥当な値であると推察できる。

¹⁵ 集積基地を運営している木材事業協同組合樋口誠一郎専務理事へのヒアリング内容から。

¹⁶ 一般社団法人日本木質バイオエネルギー協会（2019）「平成30年度 木質バイオマス燃料の需給動向調査」より。



業者にとって、運搬コストを入れても、集積基地への搬入がペイすることを示している。

上記から、「真庭モデル」は、搬入事業者の経済合理的な経営判断を阻害しない制度設計をしていることが明らかになった。

5. 分析結果と議論および今後の課題

以上の分析から、岡山県真庭市をケースとして、地域の木質バイオマス資源の活用を目指す木質バイオマス発電事業が、その燃料材調達において上述した「量」「質」「需給調整」という3つの要素を総合的に実現するための条件が明らかになった。

その実現条件とは、本ケースにおける「木質資源安定供給協議会」と集積基地が担っている木質バイオマス資源の「量」の確保と「需給調整」機能、およびその「未利用材」証明による「質」を保証する「真庭システム」であった。この「量」と「需給調整」機能においては、年間の供給協定の締結と毎月の調整、そこにおける調整役を担う集積基地の重要性が明らかとなり、そこには、発電所以外へのチップ販売の実現という集積基地の努力が不可欠な要素としてあった。先行研究では、燃料材の「需給調整」のための対応として原木出荷の抑制という対処が紹介されていたが、それに対して集荷体による売り先開拓というあり方を明らかにした。

また、出荷事業者に含水率を低下させるインセンティブを付与させる買取価格設定、集積基地における加工チップの含水率低下のためのノウハウ蓄積も指摘される。含水率が低い一般木材は未利用材の混焼の燃焼効率を上げるためには欠かせない役割を果たしているが、そこにおいて銘建工業はベースを供給していると評価することができる。

加えて、これら制度を実現させた背景には、地域の林業・製材業者を中心とした連携と、そこで木の副産物利用という理念が共有され、それが組み込まれていたことも明らかになった。その理念には、素材生産や製材の過程で出てしまい、産業廃棄物として処理に費用がかかっていた樹皮や枝葉の利用というものもあり、それを実現させる主体としても、集積基地の重要性が指摘される。

先行研究では木質バイオマス資源の集荷やチップ化を担っている集荷体の役割については分析されていなかったが、本稿は集荷体が担う重要な役割を明らかにした。それは、燃料材加工が難しい枝葉や樹皮の燃料化とともに、素材生産事業体も製材工場も大規模化が志向されるなかにおいて、自らチップ加工できない市内の中小規模事業者にとってのチップ化のプラットフォームの機能であった。

また本稿は、木質バイオマス発電事業が地域の林業や木材産業にどのような影響を及ぼすのかという地域内経済循環の実態分析も併せて行い、木質バイオマス資源の供給を行っている素材生産業者と製材業者等への支払い、更には山主への所得還

元は、地域の経済循環の向上に貢献していることを定量的に明らかにした。

しかし、本稿には今後の研究課題が指摘される。

1点目は、未利用材の今後の搬入量についてである。未利用材の賦存量について、現状の利用量に対しては、成長量が上回っていると推計されているが、搬入量は搬出コストや地域の林業や製材業の状況の変化によっては減少していくことも考えられる。また、現在の本質バイオマス資源供給圏内に資源を巡って競合する他社が出てきた場合に、およそ半数を市外から供給されている現状において資源供給量を維持できるかという点もこの課題に含まれる。

2点目は、発電所自体の経営の持続可能性である。端的には発電コストの問題であり、将来的な卒FIT後を見据え、いかにコストを低下させていくことができるか検討が必要である。そこでは、本稿で分析した一連の仕組みや地域の林業や木材産業等の経営実態が欠かせない要素として関係してくるため、燃料材供給事業者のコスト削減努力、また発電所自体の削減努力にはどのようなものがあり得、その効果はどれ程であり得るのかを明らかにしなければならない。

参考文献

- Kamimura, K., Kuboyama, H., Yamamoto, K., (2012). Wood biomass supply costs and potential for biomass energy plants in Japan, *Biomass Bioenergy.*, 36, 107-115
- Kishita, Y., Nakatsuka, N., Akamatsu, F., (2017). Scenario analysis for sustainable woody biomass energy businesses: The case study of a Japanese rural community, *Journal of Cleaner Production*, Vol.142(4), 1471-1485
- 相川高信 (2018) 「未利用木材の発電利用は持続的たり得るか？」『森林科学』83、20-23
- 岩岡正博・小野梓・松本武 (2017) 「木質バイオマス発電の燃料はどのような形でどこから集められ足りているのか？」『日林誌』99、220-225
- 環境エネルギー政策研究所 (2018) 『自然エネルギー白書 2017』
- 川田勲 (2005) 「原木市売市場の構造変化と再編過程」『林業経済』58(8)、13-15
- 熊崎実 (2015) 「固定価格買取制度のもと木質原料の確保を巡って深刻化したエネルギー部門と紙パルプ産業の競争関係」『日本印刷学会誌』52(5)、18-22
- 経済産業省 (2019) 『バイオマス発電燃料の持続可能性の確認方法を検討するに当たっての論点』
- 小菅良豪・伊藤勝久 (2015) 「岡山県北部における素材生産業者の地域特性とマネジメント戦略」『林業経済研究』61(2)、1-12
- 酒井明香・津田高明・八坂通泰 (2017) 「北海道における木質バイオマス発電所向け未利用材の供給ポテンシャルの試算」『日本森林学会誌』99(6)、233-240
- 佐藤宣子・中川遼・正垣裕太郎 (2016) 「木質バイオマス発電所稼働後の素材生産



- 事業体の経営動向—大分県日田地域を事例に— 『林業経済研究』 62(1)、108-115
- 高島太郎・中島敦司・湯崎真梨子・谷晃 (2018) 「和歌山県における木質バイオマス発電の導入可能性に関する研究」 『Eco-Engineering』 30(2)、39-45
- 外山正次郎・川崎章恵 (2013) 「木材産業再編期における原木集荷圏の変容—岡山県真庭地域を事例に—」 『九大演報』 94、11-17
- 中村聡志 (2016) 「岡山県真庭地域の産業創出過程に関する考察：社会的価値共創の視点から」 『資本と地域』 11、44-58
- 中村聡志 (2017) 「地方都市における産業創出の分析に関する準備的考察：岡山県真庭市の木質バイオマス利活用過程の再検討に向けて」 『資本と地域』 12、62-69
- 中村良平・柴田浩喜 (2013) 「木質バイオマスの地域循環による経済活性化効果—岡山県真庭市のバイオマスエネルギー利用—」 『岡山大学経済学会雑誌』 45(1)、19-31
- 西山嘉寛 (2013) 「真庭地域における森林資源量の予測」 『岡山県農林水産総合センター森林研究所研報』 29、1-51
- 平岡和久・岸道雄・石川伊吹・矢野晴香・江成穰・山本沙也加・劉慶玲 (2018) 「真庭市のバイオマス産業政策の生成と展開」 『政策科学』 25(3)、347-365
- 福田雄治・飯國芳明 (2019) 「FIT制度がもたらす木材市場の混乱と対策」 『黒潮圏科学』 12(2)、118-130
- 真庭市 (2019) 『真庭市森林整備計画書』
- 真庭木材事業協同組合 (2019) 『木材需要拡大のための都市部販路開拓業務報告書』
- みずほ情報総研(2015) 『平成 26 年度新エネルギー等導入促進基礎調査 (バイオマス・廃棄物による発電利用及び熱利用の導入実績調査) 報告書』
- 諸富徹 (2016) 「エネルギー自治・シュタットベルケ・地域経済循環」 『地方財政』 55(11)、4-16
- 山本嵩久・有賀一広・古澤毅・當山啓介・鈴木保志・白澤紘明 (2017) 「栃木県における木質バイオマス発電のための長期的な未利用材利用可能量推計」 『日林誌』 99、266-271
- 横田康裕 (2017) 「宮崎県における発電用木材の安定供給の取り組み」 『日林誌』 99、241-250