

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

森林資源調査による発電用木質バイオマス安定調達に関する研究

－ 岡山県真庭市の事例より －

**Research on stable procurement of woody biomass for power generation by forest
resource survey**

－ From the case of Maniwa City, Okayama Prefecture －



2020年3月10日

10th March 2020

京都大学大学院経済学研究科

修士課程

王鴻漸

HongJian WANG

Master's Student,

Graduate School of Economics,

Kyoto University



森林資源調査による発電用木質バイオマス安定調達に関する研究

－ 岡山県真庭市の事例より －

Research on stable procurement of woody biomass for power generation by forest resource survey

－ From the case of Maniwa City, Okayama Prefecture －

京都大学大学院経済学研究科 修士課程 王鴻漸

HongJian WANG

Master's Student, Graduate School of Economics, Kyoto University

Abstract:

In Japan, which has abundant forest resources since ancient times, the amount of wood biomass that is subject to FIT is particularly large, and the potential for wood biomass energy utilization is high. Located in the middle of the Chugoku Mountains, Maniwa City, Okayama Prefecture, has its own business model, that many local companies, forestry associations, and local governments worked together on wood biomass power generation projects. The purpose of this paper is to estimate the potential use period of unused wood used by the Maniwa City biomass power plant through a forest resource survey, and to discover issues and submit countermeasures for stable procurement of woody fuel over the long term. As a result, this paper estimates that the period in which the biomass power plant is able to secure the utilization ratio of unused wood is 5 to 12 years, and the main cause of the fuel shortage in the future is not the shortage of reserves but the possibility of logging. Because of the problem, it was concluded that it was necessary to improve the infrastructure such as the road network in the forest and to foster business entities such as material suppliers, and to develop a production base comprehensively, such as by using forestry robots for dangerous work.

Keywords: Renewable energy, wood biomass power generation, fuel procurement, regional regeneration, forest resources

要旨

古くから豊かな森林資源を有している日本においては、FITの対象となる木質バイオマスの賦存量が特に大きく、木質バイオマスエネルギー利用のポテンシャルは高い。中には、戦後から林業と木材産業が盛んで多くの製材業者が存在しており、中国山地の真ん中に位置する岡山県真庭市は、独自のビジネスモデルを持ち、地元企業をはじめ、行政・森林組合など多くの主体が協力して木質バイオマス発電事業に取り組んできた。そこで本稿は、森林資源調査によって真庭市バイオマス発電所未利用材の潜在可能利用期間を推計し、長期的に木質燃料の安定調達を可能にするための課題発見及び対策提出を行うことを目的として研究調査を行った。その結果、本稿はバイオマス発電所の未利用材の利用割合を確保できる期間は5~12年と推計し、将来における燃料不足の主な原因は賦存量の不足ではなく、伐採可能性の問題であるため、林内路網などの基盤整備や素材業者など事業体の育成を進め、危険を伴う作業は林業ロボット化する等、総合的に生産基盤を整備していく必要があるという結論に辿り着いた。

キーワード: 再生可能エネルギー, 木質バイオマス発電, 燃料調達, 地域再生, 森林資源

(2020年2月20日受理)

はじめに

研究背景

2011年3月の東日本大震災後、福島原子力事故を契機として日本のエネルギー政策は大きく変化した。加えて、地球温暖化問題への関心が高まっており、2012年7月に導入された「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（通称：FIT法）」に基づく再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）が実施され、日本の再生可能エネルギー発電事業が積極的に取り組まれるに至った。

国土の70%を占め、豊かな森林資源を有している日本においては、FITの対象となる木質バイオマスの賦存量が特に大きく、未利用材賦存量400万Ct、製材残材賦存量170万Ct、そして建設発生木材賦存量181万Ctがあり、エネルギー利用のポテンシャルは高い^{注1}。これは森林保全の視点から見ると、戦後植林された人工林が主伐期を迎え、適度な伐採と再造林という森林整備を通じて新たな資源循環が創出できることを意味する。一方、経済発展の促進の面では、木材需要の創出により林業・木材産業低迷の現状を改善でき、諸富[2015]が提案した「エネルギー自治」の構築との相性がよく、地域経済循環の創出にも効果がある^{注2}。特に木質バイオマス発電は太陽光・風力とは違い、天候に左右されず、「薄く広く」分布しているため、地域分散型エネルギーシステムを構築するためのベースロード電源としての期待が大きい^{注3}。

一方、木質バイオマス発電には、それ自身の短所がある。風力や太陽光については風や日照だけで発電でき、20年のFIT期間内で安定的に事業を立てられることに対し、木質バイオマス発電の場合は燃料を消費し続け、事業全体コストに占める燃料費用の割合が68%に達し、特に高い（図1）。

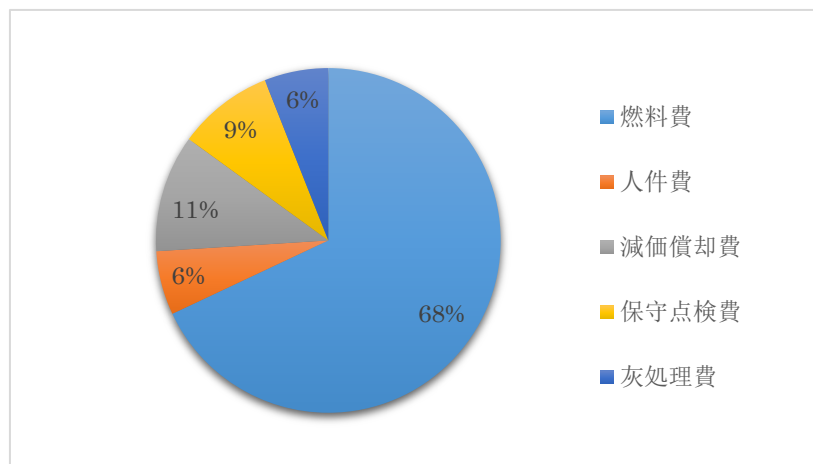


図1. 木質バイオマス発電の原価構成

（出所：平成25年度木質バイオマス利用支援体制構築事業資料により筆者作成）

こうした木質バイオマス発電の推進に伴い、いくつかの問題点が浮き彫りになって

注1:賦存量は「平成22年バイオマス活用推進基本計画」に記載されている数値をもとに炭素トン換算にした。
注2:域外の大手企業に頼らず、地元の企業や市民主導型の再エネ事業体を創設し、地域で設立したファンドや金融機関から支援をもらい、地域資源をエネルギーに変換して売電事業を始めることで所得と雇用を創出し、持続可能な地域の経済循環を目指すビジネスモデルである。それは、本来エネルギー利用の目的を超え、地域住民の意識とビジネス文化を変え、「自治力」を涵養できることを指摘している。
注3:季節、天候、昼夜を問わず、一定量の電力を安定的に低コストで供給できる電源。



きた。一つは、バイオマス発電所 FIT の事業認定が急増していることである。日本のバイオマス発電の買取価格は海外と比べると割高であったため、輸入バイオマス等を含む一般木質バイオマス^{注4}を燃料とする発電所の認定が増加しつつあり、2018年12月末時点で既にエネルギーミックスで想定した2030年度の導入目標の2倍程度となっていた^{注5}。

それ故に、木質バイオマスに対する需要量が上昇し、地域燃料調達の競り合いを引き起こし、燃料価格も右肩上がりとなった。この点に関して、岩岡ら [2017] は、2009~2013年稼働中の木質バイオマス発電施設を対象に調査票調査を行った。この結果、定格出力が大きくなると燃料調達範囲が拡大する傾向がみられ、定格出力の1MW以上の発電所が県外から燃料調達する傾向が出て、燃料調達が競合することが明らかになった。また、未利用材の賦存量が予想より少なく、未利用木質チップの価格が上昇する傾向を指摘した。実際に、梶山 [2013] によると、ドイツではバイオマスの利用拡大によりチップ価格が倍までに上昇したために、燃料調達が困難になり破産に至る発電所も少なくなかった。

木村と二宮 [2017] は「経済産業省 2030年エネルギーミックス」で提示された木質バイオマス燃料の必要量と、それに対応するための国内外での燃料供給実績を推計した。その結果、2030年に日本が必要とする燃料の量は世界でも高いレベルなものであり、その安定確保は輸入で調達するとしても容易ではなく、燃料調達するための方策を講じる必要があることを指摘した。並びに、相川 [2018] は持続可能なバイオマス発電のあり方を巡り日本とドイツの未利用材優遇政策を比較し、日本は未利用材の供給コストを低下させ、木質バイオマスには経済的な自立を求めるべきだと述べている。

これらの背景として、これから木質バイオマス発電事業が推進されるにつれて、周辺地域のバイオマス発電事業・木材産業・製紙工場との燃料の競り合い、さらに燃料調達困難による木質バイオマスの価格上昇などの課題が避けられない可能性が高い。従って、長期的に見ると、燃料の安定・安価的な調達策を講じることが枢要である。

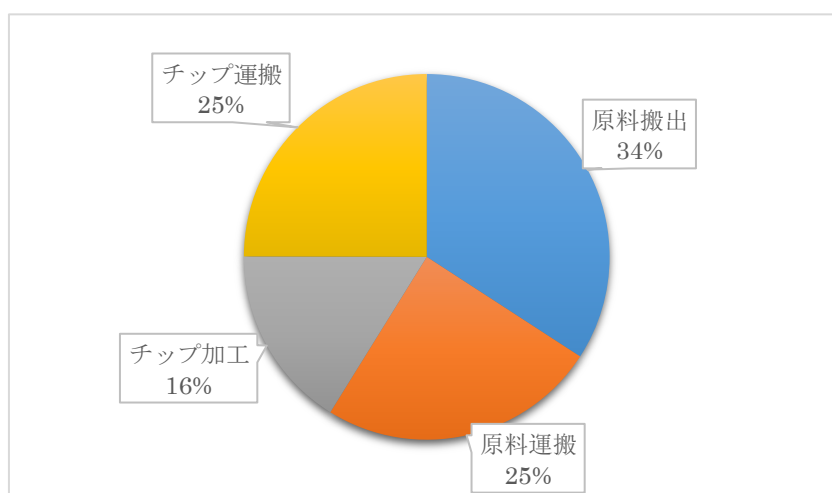


図2. 木質バイオマス発電燃料調達コストの内訳

(出所：平成27年度合法木材供給事業者認定団体研修資料により筆者作成)

注4:主に製材端材、建設資材廃棄物、剪定枝、パーム椰子殻 (PKS) を含む。

注5:2015年7月に経済産業省より発表された『長期エネルギー需給見通し』は、エネルギー自給率の向上などの目標を実現するため、2030年度日本における各エネルギー具体的な導入見込量を提示した。

一方、山にあるほとんどの林地は傾斜地に位置し、平坦な道と適切な機械がない限り、作業効率が悪い。図2のように、バイオマス燃料調達費用の6割は林地で行った集材・運搬にかかるコストで、林業における集荷に対する研究も重要である。この点に関する先行研究として、池田[2015]は、川上において材を生産する体制を整えるため、分散している森林の所有を集約すること・路網の整備・高性能林業機械の導入・人材の育成などの課題があると述べた。同じように、鈴木ら[2017]は高知県内で稼働している2カ所の木質バイオマス発電施設を対象に、森林資源の整備状況または運搬コストなどの現状を調査し、燃料運搬時の車両不足の解消と林道・路網などの基盤を整備することが重要であるという結論に至った。

また、久保山ら[2012]はオーストリアの林業関連の行政・事業体を対象に聞き取り調査を実施し、①森林所有規模②地形③単木材積④路網の整備状況などの方面から日本林業と比較分析を行った。その結果、筆者はオーストリア林業が活発な原因は主に緩やかな地形・高い路網密度・先進の設備という川上側の要因を指摘した。

本稿の研究対象となる岡山県真庭市では、森林面積が、市総面積の約8割を占めており、古くから林業と木材産業が盛んで多くの製材業者が存在している。また、地域を牽引する地元企業の銘建工業(株)をはじめ、行政・森林組合など多くの主体が協力してバイオマス発電事業に取り組み、2015年に稼働し始めて以来、毎年約23億円を売り上げており、約13億円の燃料購入費用と人件費、焼却灰処理費、メンテナンス費などの費用を減らし利益が毎年安定的に成長している。また、発電所の出力は10,000KWであり、22千世帯の1年間の需要を賄える規模であり真庭市の世帯数16千弱を上回る世帯数をカバー出来ることが特筆される。このように採算性が良く、大規模なビジネスモデルは、多くの研究者に注目されている。

真庭市バイオマスを含む産業全体に関する先行研究として、平岡ら[2018]は、真庭市バイオマス産業に関する政策展開の流れを整理し、その①官民連携から生み出されたバイオマス産業と、②林業・木材製造業の副産物として生まれたバイオマス産業の2点が真庭市の独自性だと平岡らは述べている。また木村[2017]も、真庭市のバイオマス発電事業は地元の基盤産業である林業・木材産業との間に素材循環と資金循環を生み出し、新たな産業創出の可能性を指摘した。さらに小川[2016]は真庭市の「木を使い切る仕組み」に着目し、地域の林業・木材産業から木材利用状況に至り、大小規模バイオマス集積基地の相互連携、樹皮の有効利用、CLT(直行集成板)利用範囲の拡大などを挙げ、木質バイオマス発電事業が逆に基盤産業を活性化し、新たな産業を形成する可能性を示唆した。

真庭市の森林資源に対する試算に関し、西山[2013]は、地域内のスギ・ヒノキ人工林の10カ所を選んで標準地を設定し毎木調査を実施した。そして調査地域内のすべての立木をカウントし、樹高・胸高直径別のデータを収集し、地域における森林資源量を予測した。このような予測は、統計データを用いる価値が高いが、地域木質燃料調達に対する影響は明らかにしなかった。

一方、これまでの先行研究はマクロ視点でバイオマス発電の問題点と、政策視点で真庭市に存在する先進的なバイオマスモデルなどを指摘したが、地方が直面するバイオマス発電産業の燃料調達問題の定量分析はまだ少ない。地域が直面する燃料不足の問題に対する定量的に分析し、問題点と改進黨を明らかにすることが重要だと考えられる。

研究目的

そこで本稿は、真庭市バイオマス発電所の未利用材の「燃料自立」の実現可能期間

を推計し、その問題点と改善策を提出することを目的として研究調査を行う。

まず未利用材というのは、間伐や主伐により伐採された木材のうち、そのまま林地に放置された枝葉、根元、または製材されない細丸太などの切り捨て木材のことを言う。

- ① 間伐材
- ② ①以外の方法により伐採された木材
以下のア～ウから伐採等される木材が対象
- ア 森林経営計画対象森林
イ 保安林・保安施設地区
ウ 国有林野施業実施計画対象森林
- 例：主伐材、支障木（対象森林由来のものであって、本体工事で伐採・搬出の経費が見込まれているものを除く）、除伐による木質バイオマス等

図3. 未利用材の区分

（出所：H26年度林野庁FIT制度地方説明会資料により）

日本全体から見ると、これらの森林に放置された木質バイオマスは年間約2,000万 m^3 発生しているが^{注6}、その収集・運搬にはコストが掛かる為に、ほとんどが林地残材として無駄なエネルギーとなっていた。また、早川（2013）の調査によると、製材業からの樹皮、おがくず、端材等の残材や建設残材は、流通先がほぼ全て確定しているため、更なる木質バイオマスの利用拡大には、林地残材などの未利用材に対する活用が不可欠である。

一方、2012年7月からFIT法が施行されて以来、「未利用材」の買取価格は政策調整により変更され、唯一変わらない事実は「未利用材」に対する買取価格は常に最も高く設定されていた事である。高島（2018）から見れば、元々FITという制度の意図はこれまで採算が合わずに搬出できなかった未利用材の利用可能性を引き出すことだと指摘した。固定価格買取制度によって後押しされている今の段階においては、未利用材木質バイオマスの利用を中心に、地域の林業や関連産業を活性化することが極めて重要である。更に「未利用材」の利用拡大と共に、森林整備や林業・関連産業の展開に及ぼす経済効果は非常に大きいと言える。

ところで、未利用材の利用に関してもう一つの問題点がある。それは普段、林地に放置された残材は雨などの原因で未利用材の含水率が通常高く、時間を掛けて乾燥しなければならず、燃料効率が悪いということである。乾燥不十分あるいは未利用材燃料の割合が高過ぎて燃料効率が悪くなり、結局全体的にコストが上昇する。この点に関して真庭市発電所の未利用材の利用割合は6割で、これは未利用材の過剰使用により引き起こされた低い燃料効率を避ける一方、地域の森林整備と地元産業開発を促進しており、正に理想的な割合だと考えられる。従って、本稿では真庭市の未利用材利用を研究対象として検証を行う。

ある地域及び行政範囲内で木質バイオマス発電所の燃料利用を全部あるいは一定の割合に維持し、地域内の森林資源から搬出された木材を利用することを、本稿では「燃料自立」と呼ぶ。これは将来、木質バイオマス発電事業の推進による燃料調達の競り合いを避け、地域資金の流出を防止する効果を備えながら、林業・木材産業に対

注6:平成27年農林水産省「小規模な木質バイオマス発電の推進について」, p.2.

するインセンティブの効果を与えて地域経済を活性化にすることができる。

そこで本稿ではこれまでの現状を踏まえ、岡山県真庭市バイオマス発電所の未利用材利用を中心に、森林資源調査によって真庭市バイオマス発電所未利用材の「燃料自立」が維持できる期間を推計する。そして長期的に「燃料自立」的な発電事業となるための課題発見及び対策提出を行うことが本稿の目的である。

尚、本研究は価格変動による需給関係の変化を避け、過去からのデータと真庭市の公表資料を用いることで定量的な研究を行う。

研究フロー

本研究は、まず第1章で、日本における木質バイオマス発電所認定急増の背景である林業と木質バイオマス発電産業の現状を明確にする。

第2章では、真庭市の概要を明確し、木質バイオマス発電事業の状況と展開からその基盤産業である林業・木材産業に関して紹介する。そして燃料調達取り組みの全体像を説明する。

第3章では、まず第1・2節で、研究要素と推定条件の確定を行う。さらに第3節で、真庭市木質バイオマス発電所が市内で利用可能な未利用材の材積総量を推計する。最後に、第4節は、前節で算出された資源量に基づき結果分析と発電所未利用材「燃料自立」可能性の検証を行う。

第4章では、前章で分析・検証した成果は内部要因の「強み」「弱み」と外部要因の「機会」「脅威」の4項目として整理し、2対2を組み合わせ分析し、真庭市未利用材「燃料自立」を実現するための課題と解決策について考察する。

1. 日本における林業と木質バイオマス発電産業の現状

1.1 日本の森林と林業の歩みと現状

前世紀の1945～1955年代には、日本は戦後復興に伴い、木材に対する需要が急増した。一方、戦争中の乱伐と災害で木材の供給不足による価格高騰が続いていた。その状況を改善するために、政府は「拡大造林政策」を推進した。当時、ガス・石油などの燃料への切り替えにより、燃料として利用された天然林由来の木炭や薪などの価値が薄くなり、代わりに建築用材として価値の高いスギやヒノキなどの針葉樹に対する需要が増えた。政策と共に天然林の広葉樹から針葉樹に置き換える造林ブームが急速に展開し、国有林・私有林を問わず全国的に広がり、わずか15～20年の間には約400万haの針葉樹が造林された^{注7}。

更なる木材需給バランスの安定化のために、日本政府は1955年から木材輸入自由化を段階的にスタートし、1964年までには外国材の輸入制限が全て解除され、加えて変動相場制による円高が続いたため、安価・安定的に供給できる外国産材が次第に日本市場を支配するようになった。

その後、日本国内の木材価格が低迷し、国産材の価格は1955年のピークから落ち続け、林業経営が苦しくなったため、森林所有者は林地を売却したり、再造林を諦めたりしたことで、木材自給率は1955年の9割以上から右肩下がりになり、今の2割まで落ち込んでいる^{注8}。元々、前世紀の60年代から全国的な林業・木材産業衰退が発生していた。例えば、ヒノキ中丸太の素材価格は1980年のピークから下がり続け、

注7:森林・林業学習館 <https://www.shinrin-ringyou.com/ringyou/>

注8:『森林・林業白書（平成24年版）』, p.14。



2016 年にはピーク時の 4 分の 1 近くにまで落ち込んでいた (図 1-1)。生産量は 1966 年から右肩下がりが続き、2012 年になるとほぼ半分の水準まで減少した (図 1-2)。

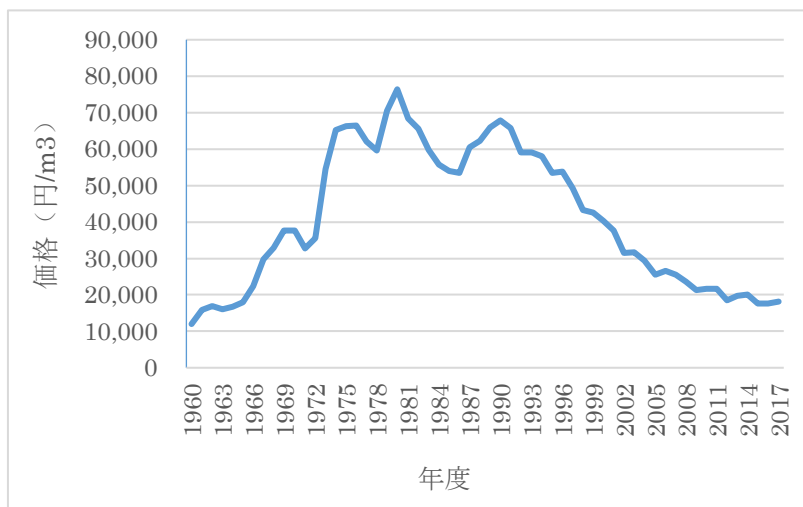


図 1-1. ヒノキ中丸太価格年度変動

(出所：林野庁平成 30 年度 森林・林業白書により筆者作成)

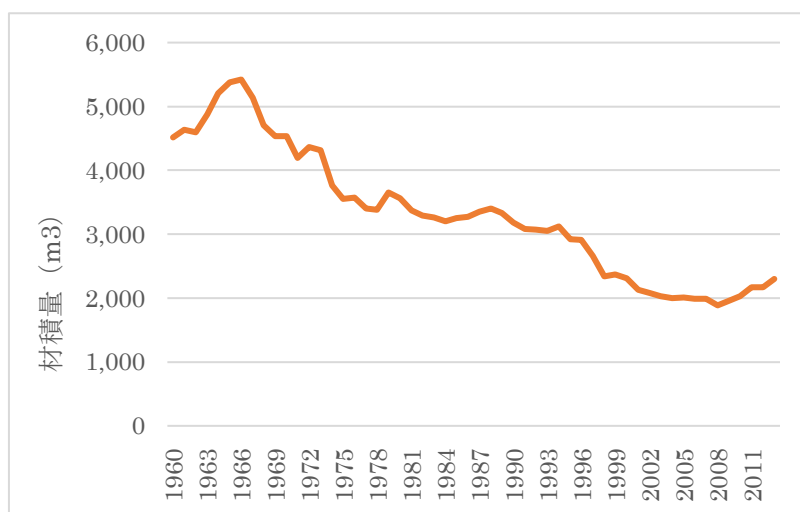


図 1-2. ヒノキ素材生産量年度変動

(出所：林野庁平成 30 年度 森林・林業白書により筆者作成)

政府にとってもう一つ予想外の問題が表出した。造林ブームで植栽された針葉樹は整備が行われず、森林の密度が高くなり、木がお互いに成長を抑えるようになったのである。また一方、針葉樹は広葉樹と違い秋になっても葉が落ちないため、地面に光が届かず、地表の生物多様性が低いため、土壌中の栄養素と有機物が少なく、木の成長をさらに抑えた。このように荒廃した森林は、台風等の被害を受けたり、大雨による土砂災害を起こしやすくなる。

こうやって、図 1-3 のように間伐・木材の搬出などの森林に対する整備は他国より高いコストが掛かり、採算が取れず、加えて国産材の価格低迷により、林業所有者の経営意欲が低下した。この林業・木材産業の衰退とともに、地域経済の活力も低下し、

若者たちは地方より都市部で職を求めるようになった。後継者不足による林業就業者の高齢化がさらに林業の衰退を引き起こし、日本林業は悪循環に陥っている。

	地拵え	植栽	下刈・除伐	間伐	主伐	間伐計	主伐計
スウェーデン	195	520	416	910	1,352	2,041	2,483
日本(平均)		2,561	3,133	2,938	5,629	8,632	11,323

図 1-3. スウェーデンと日本の林業素材生産コスト (円/トン)

(出所：平成 31 年バイオマス産業社会ネットワーク 178 回研究会資料より)

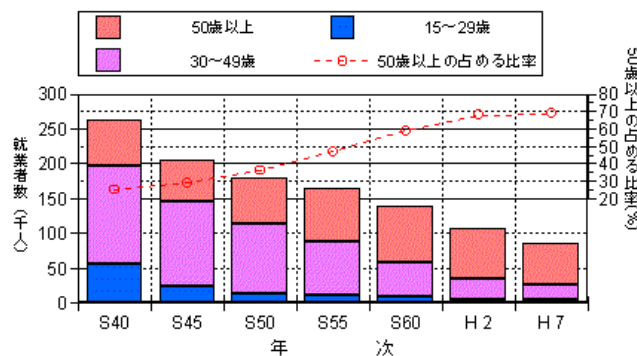


図 1-4. 林業就職者の推移

(出所：総務庁「国勢調査」の資料より)

この悪循環を断ち切り、日本の森林を活かすために、補助金で国産材に対する需要を高め、地域に森林を整備するインセンティブを与える一方、諸富 (2015) が提案した「エネルギー自治」を推進し、資金を地域に還元する必要がある。現在、再生可能エネルギーの木質バイオマスの推進により、木質バイオマス燃料に対する需要が上昇するとともに、逆に林業・木材産業の経済効果も高まっている。

1.2 日本バイオマス発電事業の現状

1.2.1 現状

日本は 2012 年から本格的なバイオマス発電事業を導入、それ以降、7 年が経過し、様々な政策調整を行っている。特に 2015 年の未利用材由来の木質バイオマス発電の固定買取価格の改定において、出力規模 2,000 kW を境界線とし、それ以上の出力規模のバイオマス発電所の買い取り価格は 32 円/kWh である一方、それに満たない熱電併給 (CHP: Combined Heat and Power) 型発電所は 40 円/kWh になり、木質バイオマス発電所の導入量が大幅に増加した。

2018 年 12 月末時点の木質バイオマス発電の認定状況を図 1-5 に示す。経済産業省の公表資料に基づき、2018 年 12 月末時点で、特に未利用材と一般木材等について認定量が急増し、FIT 制度開始後に新たに運転を開始した設備は、FIT 制度開始前の約 121 万 kW (106 件) に対して FIT 認定量は約 823 万 kW (303 件) となった^{注9}。既に、

注9: 経済産業省、資料 3。



エネルギーミックスで想定した 2030 年度の導入目標の 2 倍程度となっている。

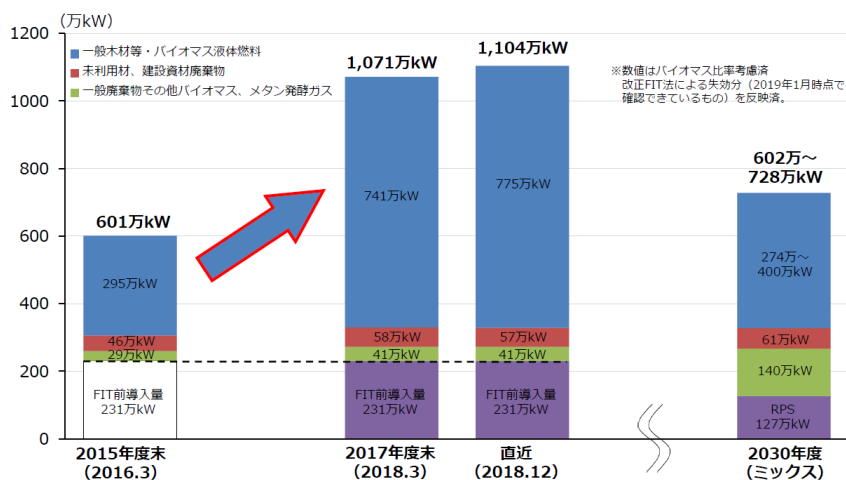


図 1-5. 木質バイオマス発電所の FIT 認定状況

(出所：平成 31 年経済産業省資源エネルギー庁資料 3 より)

バイオマスの種類 買取価格	設備導入量 (運転を開始したもの)		認定容量 2012年7月 ~2018年12月末 のFIT認定量
	FIT 開始前 2012年 6月までの 累積導入量	FIT 開始後 2012年7月 ~2018年12月末 の導入量	
未利用材 2,000kW未満:40円 2,000kW以上:32円	2万kW	34万kW (62件)	48万kW (110件)
一般木材等 バイオマス液体燃料 10,000kW未満の一般木材等:24円 10,000kW以上の一般木材等:入札 全規模のバイオマス液体燃料:入札	16万kW	87万kW (44件)	775万kW (193件)
建設資材廃棄物 13円	44万kW	1万kW (4件)	9万kW (6件)
一般廃棄物その他バイオマス 17円	168万kW	2.4万kW (85件)	33万kW (98件)
メタン発酵ガス発電 39円	2万kW	5万kW (151件)	8万kW (210件)
合計	約230万kW	152万kW (346件)	873万kW (617件)

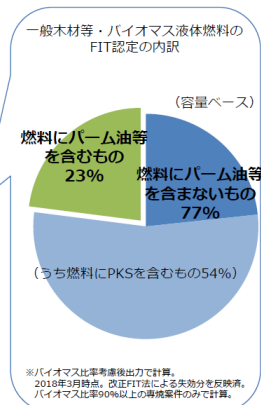


図 1-6. バイオマス発電各 FIT 区分の導入・認定量

(出所：平成 31 年経済産業省資源エネルギー庁資料 3 より)

1.2.2 メリット

木質バイオマス発電事業の導入は地域産業、特に林業・木材産業に活力を注ぎ、未利用材に対する買い取り制度により林地残材の有効活用が促進出来るので、森林整備にインセンティブを与える。林岳 (2009) はマネーフローの視点からバイオエネルギー導入の効果を評価すべきだと提案した。彼は、バイオエネルギーは他の再生可能エネルギーとは異なり、燃料を持続的に生産するため、毎年継続的に資金が投入されて雇用が生まれ、継続的なマネーフローが発生することを指摘した。これによって、バイオエネルギーで生み出される富は地域内で循環し、地域経済に貢献することが想定される。例えば、日本全体で、未利用材の活用により少なくとも 350 億円以上の燃料費が発生している。また、発電所 1ヶ所当たり、50 人程度の雇用が生まれており、

全体には数千人以上の雇用が生まれていると想定されている^{注10}。

間伐材・林地残材などのこれまで利用されていなかった「未利用材」の利用量は、固定価格買取制度の導入以降、年々増加しており、2015、2016年度には、それぞれ前年から約60%増加している。

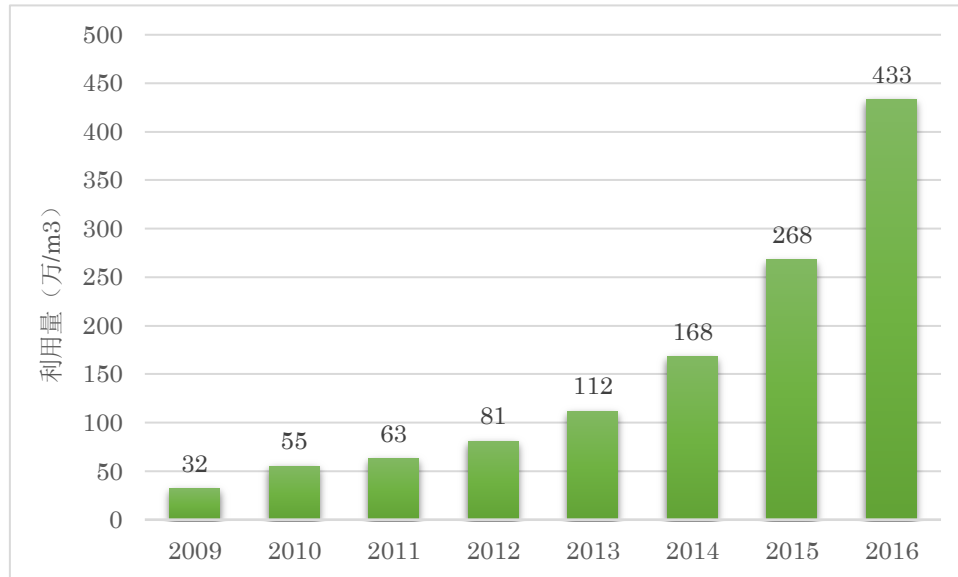


図 1-7. 発電における未利用木質バイオマスの利用量

(出所：平成 26 年林野庁「木質バイオマス利用動向調査」資料より筆者作成)

また、バイオマス発電の導入によって、災害時に発生する災害木の処理とエネルギー供給などの災害対策にも役立っている。

1.2.3 存在する問題点

木質バイオマス発電事業の成長が経済に活力を注ぐのは事実だが、問題点とマイナスの影響も引き起こしている。バイオマス発電事業の規模が大きくなればなるほど、大量の燃料が必要になり、森林資源に負担がかかる。

FIT 認定した設備の導入量は上昇傾向を示しているが、2018 年 3 月時点での稼働設備は全体の約 2 割の 130 万 kWh に留まっている^{注11}。また、導入された設備の中に、未利用材ではなく、海外からの輸入燃料を主に利用する発電所が少なくない。特にマレーシア・フィリピンなど東南アジアの国から PKS (パームヤシ殻) を大量輸入する例が多い。PKS はアブラヤシからオイルを製造するとき発生する廃棄物で、マレーシアやインドネシアから年間約 1000 万トンの供給能力がある^{注12}。

注10:平成 30 年日本木質バイオマスエネルギー協会資料 7, p.5.

注11:日本経済新聞 <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO38774900R11C18A2000000/>

注12:Asia biomass Office https://www.asiabiomass.jp/topics/1512_03.html

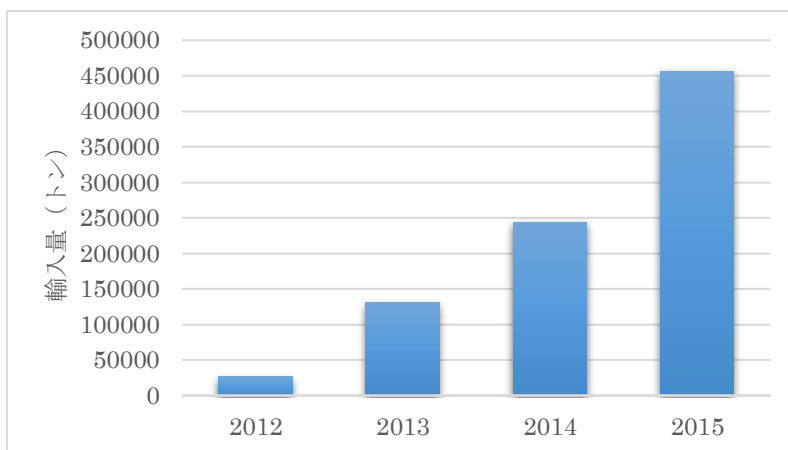


図 1-8 . PKS 輸入量

(出所：財務省貿易統計のデータより筆者作成)

図 1-8 のように、近年 PKS 輸入量が倍増した。グローバルなレベルでカーボンニュートラルという議論があるが、PKS・パーム油生産に伴う熱帯林の減少、または海外から船で大量の燃料を輸送することは、どちらも大気中の CO₂ 濃度の増加に繋がる。

これは二酸化炭素排出削減の目標実現を阻害するし、国内林業・木材産業の経済効果を抑えている。商社・新電力大手企業も次々と海外の燃料会社と契約して国内調達燃料不足の恐れに目を付け輸入量を増加させた。例えば、再生可能エネルギーのレノバが 2016 年秋田県に運転開始した発電所の燃料の 80%は県内の未利用材である。それに対して福岡県京都郡苅田町 2021 年に稼働予定の 75,000kW の大規模発電所では、国産燃料の利用はたったの数%程度になる見込みである^{注13}。

しかし、このような背景の下で、中国地域に位置する真庭市は古くから林業と木材産業を重視し、地域でも製材企業大手の銘建工業の存在と相まって、地域経済が大きな前進を遂げてきた。そして今、真庭市は FIT 政策の風に乗り基盤産業である林業・木材産業に依存し、バイオマス発電事業を展開して高い採算性を維持しながら新たな産業を創出中である。このように藻谷（2013）が提案した「里山資本主義」を目指す真庭市は正に再生可能エネルギーであるバイオマス発電の正しい表現だと考えられる。従って、本稿は岡山県真庭市のバイオマス発電事業を中心に研究推計を行う。

2. 真庭市の概要と燃料調達の取り組み

2.1 真庭市の概要

まずは、本稿の研究対象である真庭市の概況を確認する。人口は 45,289 人（2019 年現在）の真庭市は岡山県北部、中国山地の真ん中に位置し、2005 年 3 月 31 日に 9 町村（真庭郡勝山町、落合町、湯原町、久世町、美甘村、川上村、八束村、中和村、上房郡北房町）が合併して誕生した。市総面積は約 828k m²、森林面積はその 8 割を占めており、全国でも高いレベルである。北部から中部、南部に至るのは標高 1,000 m を超す蒜山高原、山岳地帯、平原となっており、戦後から林業と木材産業が盛んである。原木市場、製品市場、製材所が数多く存在しており、川上から川下に至るサプライチェーンを備え、独自のビジネスモデルが形成されている。

注13: プレスリリース <https://kyodonewsprwire.jp/release/201806265356>

真庭市では、地域を牽引する地元企業の銘建工業（株）をはじめ、国内でも早い時期である 1998 年から木質バイオマス発電事業を展開し、今は行政・森林組合など多くの主体が協力してバイオマス発電事業を取り組んでおり、地域経済循環を目指す新たな産業創出を行っている。

2.2 バイオマス政策の歩み

真庭市はバイオマス産業の発足から現在の木質バイオマスを活用し新たな産業を創出するに至るまで、長いプロセスを経ている。その経緯を概観すると、主に次に 4 つの段階に分けられる。

2.2.1 発端（1993年~1997年）

真庭市バイオマス産業展開のきっかけとなったのは、1993 年発足した「21 世紀の真庭塾」である。新たな高速道路の開通によって生じる地域林業と木材産業に対する悪影響を懸念した為、久世町課長の仁枝章氏と銘建工業の専務取締役中島浩一郎氏は、南地域の企業家を中心に 24 人のグループを結成し、加えて中央省庁や政府系金融機関の職員又はシンクタンクの研究者を招き「21 世紀の真庭塾」という勉強会を開催した。勉強会は約 80 回開催し、地域経済に関する様々な議論を展開し、真庭市のビジョンに大きく影響を与えた。特に、1997 年の「2010 年の真庭人の 1 日」というビジョンでは、塾のメンバーが 2010 年の真庭のあり方を発表し、中には「廃棄木材の発電」「新産業の創出」などが正に今、真庭市で実現されつつある姿が描かれている。「21 世紀の真庭塾」ネットワークの展開は、これを出発点に始まった。

2.2.2 模索（1998年~2005年）

1998 年、「21 世紀の真庭塾」の目標を実践するために、銘建工業が自社工場内で発生するプレナー屑^{注14}をバイオマス発電（出力：1950kW）の燃料として利用し始め、木質バイオマス発電事業への扉を開いた。同年、「21 世紀の真庭塾」は「町並み再生部会」と「ゼロエミッション部会」の 2 つの部分に分かれて取り組みを始めた。特に木の活用でまちづくりを目指している「ゼロエミッション部会」は、地域産業の発展と新産業の創出に向け、各地域の製材業者を集め、また中国活性化センター・NEDO・岡山県などの協力を得ながら「マーケティング研究会」「木質資源産業化検討会」を開催した。

更に、2001 年の、「21 世紀の真庭塾」では「木質資源活用産業クラスター構想」を公表し、本流である林業・木材産業を基盤として、建材市場・新木質製品化・エネルギー供給など多方面に展開し、地域産業の活性化と経済循環の形成を目標として取りまとめた。その時、旧町村はまた合併していなかった。

2.2.3 展開（2005年~2013年）

2005 年から、真庭市は 9 町村の合併によって地域が一体となり、政策の推進は新しい段階に入った。その直後の 2006 年には、真庭市は国の「バイオマスタウン」に認定され、「バイオマス利活用計画策定委員会」と「バイオマスタウン真庭推進協議会」によって総合的に多様なバイオマス資源を活用するようになった。特に「バイオマスタウン真庭推進協議会」は、市長をはじめ、議会、各行政・産業の代表と外部のアドバイザーを含め、バイオマス事業に高い政策優位度を持たせていることから見ると、事業推進に対する重要な組織である。

また 2006 同年、「バイオマスタウン」である真庭市への視察要望を考慮した上で、

注14:プレナー（自動かんな機）で削った後の薄い木の状態の屑のこと。



「バイオマスツアー真庭」を開始した。それから関係者のアドバイスを受けながら一連の調整を行った。今は真庭観光連盟による運営に移行し、年間約3,000人の参加申し込みを受け、真庭地域の産業観光プログラムにまで育った。

市内の木質バイオマスを安定調達するために、真庭森林組合や真庭木材事業協同組合は2009年にバイオマス集積基地を建設した。2012年にFITの施行を踏まえて、真庭市は木質バイオマス発電事業の採算性を検討した。その結果、官民連携による「真庭バイオマス発電事業推進協議会」を立ち上げ、発電事業が本格的に推進し始めた。2013年には、資源調達問題を解決するために、「木質資源安定供給協議会」が成立した。真庭市の代表企業である銘建工業を中心に、地域合計9団体からの出資により「真庭バイオマス発電株式会社」を立ち上げ、2015年4月に出力10,000KWの発電所が正式的に稼働し始めた。木質廃棄物を資源として利用でき、基盤産業である林業・木質産業と協働する一方、7,920万KWhに達する年間発電量は、一般家庭の電力使用量（年間3600KWh）に換算すると22000世帯分に相当する巨大な電力である^{注15}。これは真庭市にとって個人宅全体の電力需要をカバーする規模の発電と言える^{注16}。

2.2.4 飛躍（2014年～）

2014年に、町村合併以降二代目の市長の太田昇氏は「真庭バイオマス産業都市構想」を公表し、①バイオマス発電事業を代表としての「エネルギー利用」、②高付加価値化「マテリアル利用」を目指している木質バイオマスリファイナリー事業、③生ごみ肥料化、BDF^{注17}製造等の有機廃棄物・農業系資源化事業、④「派生事業」の産業観光事業、などの4つの分野から事業を展開した。他には、CLT^{注18}の活用による木材需要を拡大し、森林育成、木質バイオマス安定調達などバイオマス資源の利活用を促進し、人材育成の推進も挙げられた。同年に真庭市は「バイオマス産業都市」に認定されている。また真庭市では現在、バイオマス発電事業を導入している中南部地域だけでなく、北部の中和地区において薪を利用した木質バイオマスの熱利用を展開している^{注19}。

2.3 基盤産業の現状

真庭市のバイオマス産業は基盤産業である林業・木材産業の副産物として生まれた。ここで、まず林業と木材産業の現状を確認する。

2.3.1 林業の現状

真庭市は岡山県の北部で、戦後からには造林を進めている。平成31年森林整備計画によると、市内森林総面積は65487ha、森林率は79.5%に達した。そのうち、国有林は6,606ha、民有林は58,882ha、人工林が59.7%の39,124haである。

注15:自然エネルギー活用レポート No. 2 バイオマス発電を支える地域の木材と運転ノウハウ, p.6.

注16:平成27年国勢調査表。

注17:Bio Diesel Fuel の頭文字で、生物由来油から作られるディーゼルエンジン用燃料の総称。

注18:Cross Laminated Timber の略称で挽き板又は小角材の繊維方向を互いにほぼ平行にして幅方向に並べ又は接着したものを、主としてその繊維方向を互いにほぼ直角にして積層接着し3層以上の構造を持たせた一般材の事である。(Wikipedia より)

注19:中和薪プロジェクト (<http://ashitaka.or.jp/project>)

表 2-1. 保有者別森林面積

保有形態	総面積		立木地			人工林率 (B/A) %
	面積(A) ha	比率 %	計 ha	人工林(B) ha	天然林 ha	
総数	65,487	100.0	63,425	39,124	24,301	59.7
国有林	6,606	10.1	6,433	4,388	2,045	66.4
公有林						
計	13,242	20.2	11,935	6,714	5,221	50.7
都道府県有林	1,114	1.7	980	846	134	76.0
市町村有林	12,125	18.5	11,388	6,114	5,275	50.4
財産区有林	3	0.00	3	3	0	100.0
私有林	45,640	69.7	44,620	27,773	16,848	60.9

(出所：平成 31 年真庭市森林整備計画より)

さらに人工林のうち、前世紀の造林ブームによって針葉樹は9割以上を占めており、その内訳は21.7%のスギと72.4%のヒノキである。

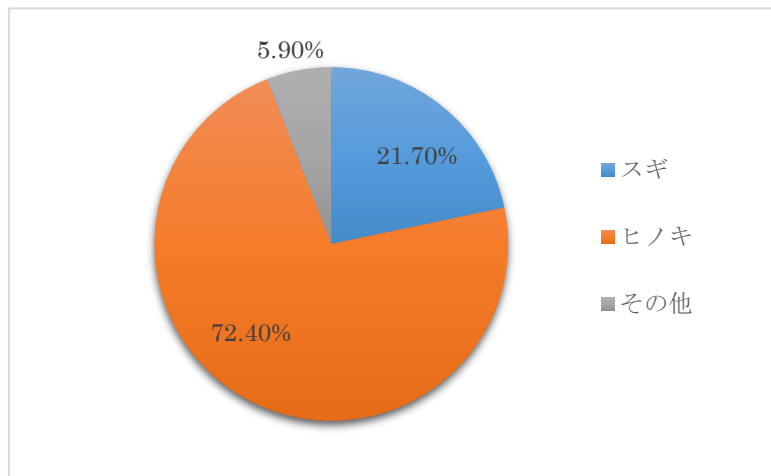


図 2-1. 人工林樹種別面積割合

(出所：真庭市資料により筆者作成)

真庭地域樹種別立木の標準伐齢期のデータによると、針葉樹は45年樹齢の9齢級^{注20}以上の立木が主伐可能である。さらに、20世紀の積極的な植林の成果として、現在真庭地域の人工林は9齢級以上のヒノキ・スギが8割以上を占め、利用期を迎えている。これから主伐^{注21}・間伐^{注22}を実施し、その後の再造林も課題となってくる。

表 2-2. 真庭地域樹種別立木の標準伐齢期

樹種	スギ	ヒノキ	カラマツ	他の針葉樹	他の広葉樹
標準伐齢	40年	45年	40年	40年	20年
齢級	8	9	8	8	4

(出所：平成 31 年真庭市森林整備計画により筆者作成)

注20:ある一定の幅に、林齢を括ったものをいう。齢級の幅は、現在では5か年としている。

注21:主伐とは基本的な伐採方法であり、建材として使用する質の良い樹木を伐採する方法になる。

注22:間伐とは森林にある樹木の間隔を広げるために、不要な樹木を伐採し、樹木の成長を促すことである。



表 2-3. 民有林の齢級別面積

樹別	総計	齢級										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 以上
スギ	7575	4	17	16	9	16	52	140	255	362	759	5945
ヒノキ	25088	56	261	612	297	552	959	1429	2735	2575	4124	11488

(出所：平成 31 年真庭市森林整備計画により筆者作成)

一方、真庭市内森林所有者の 7 割以上は 5ha 未満の小規模所有者で、私有林の樹種・樹齢又は保育状況には、ばらつきがある。また、丸太価格の低迷により、森林整備・保全・経営に対する関心が低いという特徴がみられる。将来的には、集約化による林地管理が重要である。

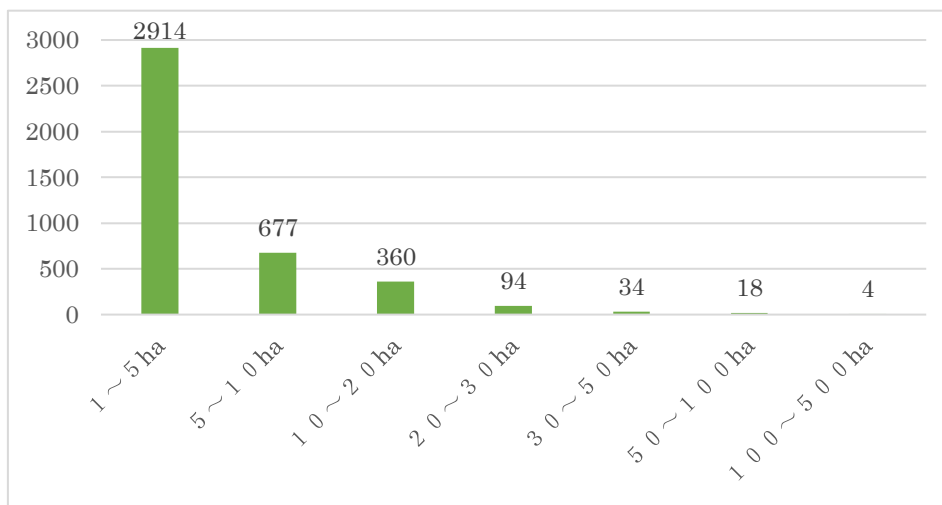


図 2-2. 保有山林面積規模別林家数

(出所：平成 31 年真庭市森林整備計画により筆者作成)

市内路網の整備に関して、ヒアリング調査によると、主に基幹路網の林道と細部路網の森林作業道二種類の路網が存在する。現在では、総延長 347,249m の 234 本の林道と 149,500 m の森林作業道が存在する。このうち細部路網である森林作業道の本数が不明である原因は、建築費用 50 万円/m の林道とは違い、同 2,000 円/m 位の森林作業道は通常、排水システムなどが付いておらず、一回作業で道を作った後は整備せずに放置され、3~5 年くらいで消えてしまうためである。

表 2-4. 真庭市路網現状

路網	区分	建築費用 (円/m)	路線数	総延長 (m)
林道	基幹路網	500,000	234	347,249
森林作業道	細部路網	2,000	不明	149,500

(出所：ヒアリングと平成 31 年真庭市森林整備計画により筆者作成)

市内には素材生産業者約 20 社、そのうち従事者は約 240 人、彼らは森林組合と連携して地域木材の伐採・搬出を担当している。また原木市場は 2 社所有の 3 つがあり、真庭地域から約年間 13.8 m³の原木を取り扱い、岡山県内における取り扱い総量の約 3 分の 1 を占める。

2.3.2 木材産業の現状

真庭市内には製材所は 30 社、原木丸太の仕入総量は約 20 万 m³/年、製材品出荷総量は約 12 万 m³/年、8 万 m³の差を集積基地に運んでバイオマス資源として活用する。それ以外、真庭市は 1 つの製品市場と西日本トップレベルの木材集散地を持ち、サプライチェーンの川上から川下まで一貫した体制を整えられている。ブランド材としての「美作桧」は有名である。

近年、木質バイオマス燃料整備のために、林地残材の搬出によって資源の循環利用と森林整備を促進し始めた。

平成 31 年真庭事業協同組合『木材需要拡大のための都市部販路開拓業務報告書』の資料によると、真庭市 30 社製材所の中に 24 社に対するヒアリング調査の結果が、小規模の製材所は市場からの注文額が減少し続ける一方、大・中規模製材所は原木の安定供給が問題視されている。それに対して、2018 年、真庭市の製材業者は都市部の木材流通推進協議会と連携し、木材消費地である東京で真庭市製材品展示会を開催し、品質の高い製品の販路開拓に力を注いでいる。

2.4 真庭市燃料調達システム

発電規模が 1 万 kW の真庭バイオマス発電所は、当時国内最大級の木質バイオマス発電所として 2015 年 4 月に稼働し始めて以来、順調に運転を続けており、既に 4 年が経っている。最初には 2 億 5 千万円の官民出資で真庭バイオマス発電株式会社を設立する一方、国の補助金を含めて約 41 億円の事業費で発電所を整備した。今は毎年約 109,000 t の燃料を利用し、そのうち未利用材と一般木材の構成比は 6 : 4 である。それによって、元々製材業者にとって約 1 億円の処理費用がかかる未利用材や産廃処理されるべき木材が資源として有価で取引できるようになった。

当然、燃料を確保するためには、山林所有者、森林業者、チップ加工業者など多くの関係者の協力が欠かせない。平岡 (2018) は、民間と行政の連携から生み出された点が真庭バイオマスの大きな特徴と述べた。図 2-3 のように、真庭市は古くから形成した木材サプライチェーンから政策とインフラの両方で独自の燃料調達システムを構築した。

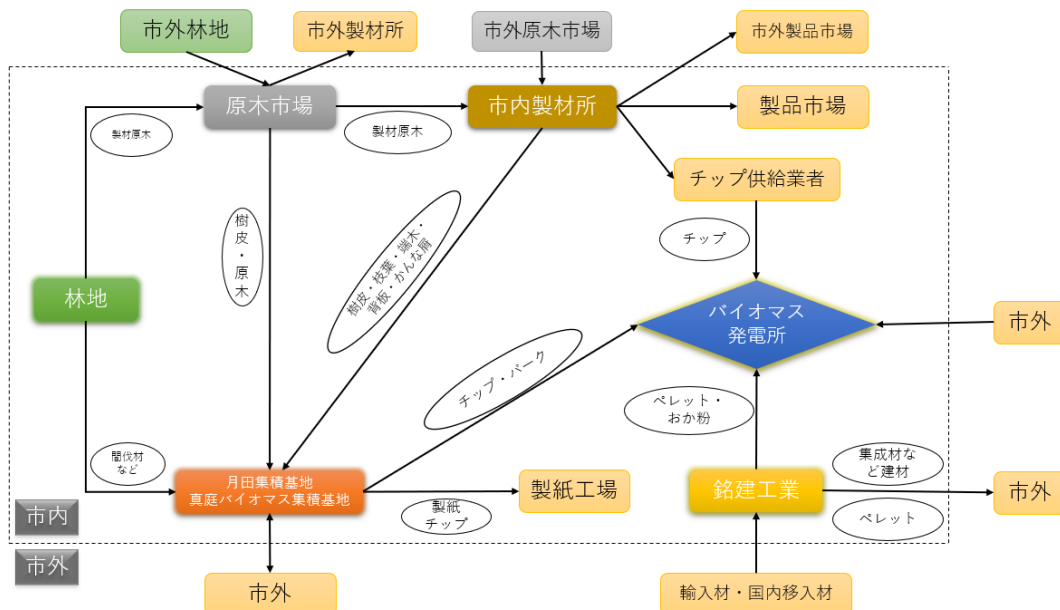


図 2-3. 真庭市燃料調達システム

(出所：ヒアリング調査より筆者作成)



2.4.1 バイオマス集積基地

バイオマス集積基地は木質バイオマス発電事業の燃料供給を中心となり、主に燃料の収集と乾燥の2点で大きな役割を果たした。

真庭市では林業の活性化と木質バイオマスの利用拡大を目指し、2009年に市内木材産業が共同で「真庭バイオマス集積基地（第1集積基地）」を建設した。敷地面積は10,551 m²、建設費用は3億3,000万円である第1集積基地は木材の処理能力は2万5000トンを持ち、真庭地域の木質バイオマスを効率的に循環させ、林地残材や製材所で発生した端材・背板等の活用の実現を導いていた。これで元々利用率の低かった木材を集積基地に運び、チップに加工したうえで燃料として販売するシステムを形成した。一方、2014年真庭市木材協同組合は5億4,000万円の建設費用がかかり、敷地面積が25,000 m²あり、処理能力が5万トンを持つ第2集積基地を増設した。この施設は発電用木質燃料のチップ生産施設を備え、発電所と同じ産業団地内に立地している。真庭木材事業組合が運営する2つの集積基地以外には、もう一つの真庭森林組合が運営する処理能力5,000トンの月田総合集積基地がある。

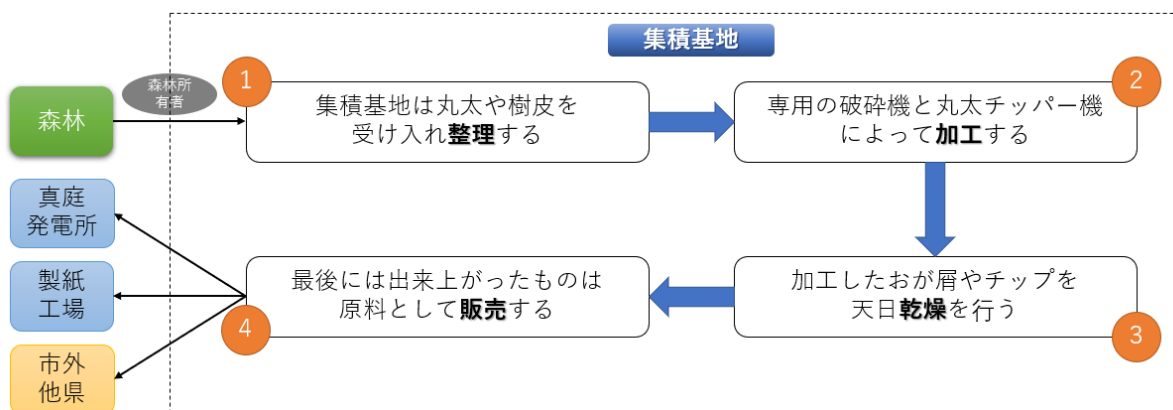


図 2-4. 集積基地で燃料の流れ

(出所：筆者作成)

真庭地域における林地残材への買取価格に関しては、杉が4,500円/トン、ヒノキや広葉樹で5,000円/トンという設定である。またここ数年、集積基地に出荷した木質バイオマスが年々増加し、特に第2集積基地を増設した2014年には未利用材・製材端材が一気に増加した(図 2-5)。

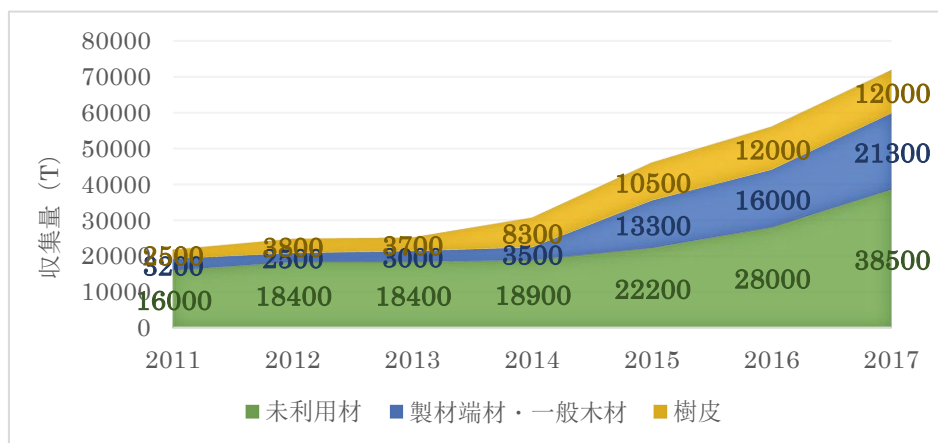


図 2-5. 真庭バイオマス集積基地収集量変化

(出所：真庭市バイオマス推進活動資料により筆者作成)

木質バイオマス利用に関してもう一つ注意すべきところは木質燃料含水率の調整である。木質バイオマス発電所の発電量は木質燃料の含水率や質量によって変化する。同質量木材、含水率が低いほど、より多く発電でき、発電効率は高くなる。通常、製材所から産出した端材はすでに乾燥された状態で燃料として利用できるが、乾燥工程を経ていない林地残材や樹皮は含水率が高いため、集積基地で一定の含水率まで乾燥する必要がある。真庭市の第1・第2集積基地の敷地面積がそれぞれ10,551 m²と25,000 m²であり、天日乾燥で含水率を引き下げることができ、地域内木材含水率の合意規格に達して発電所を計画通りに発電させられる。

2.4.2 木質資源安定調達システム

真庭市は燃料安定調達を目的に、2013年3月に木材関連企業・団体により木質資源安定供給協議会を設立し、ITを利用した独自の情報管理システム「木質資源安定調達システム」で燃料調達を管理している。

平岡(2018)により、「木質資源安定調達システム」は証明書発行システムと精算システム2つを組み合わせる。まず、証明書発行システムは素材生産段階からは車両ごとに登録して、その所有者・業者・事業地を記録し、QRコードを付す。そして原木市場・チップ工場でそれぞれデータを読み取り、システムに登録する。発電所側でも燃料由来・流通状況・材種区分などの情報は迅速に出力できる。

一方、木質資源安定供給システムにおける精算システムの流れは、真庭バイオマス発電所が木質資源安定供給協議会から10,000円/トンの価格で燃料を購入し、さらに協議会は9,000円/トンでチップ供給業者にチップ料金を支払い、チップ供給業者はさらに素材業者に4,000~5,000円/トンの価格で原木料金を支払う。この流れには、協議会は500円/トンの手数料を徴収し、残りの500円/トンは立木代金として山の立木所有者に還元する。

上記の通り、真庭市にはこれらの優良な森林・産業・政策条件を持ち、さらに地域の林業や関連産業を活性化できる未利用材の調達に存在する問題点を解決すれば、バイオマス発電事業・林業など多くの産業を含め新たな産業を創出でき、地域経済も更に一步進められると考えられる。次章ではまず二つの式に基づいて真庭市地域内人工林の針葉樹を対象として、真庭モデルの中心に位置するバイオマス発電所の市内由来未利用材の潜在利用可能量を推計する。次にバイオマス発電所未利用材「燃料自立」の維持可能期間を推計する。

3. バイオマス発電所真庭地域利用可能材積総量の推計

材積量推計のフローは(1)式のように、最初に真庭市から入手したデータより①バイオマス発電所市内一年搬出未利用材の利用量と②市内一年の伐採総量を算出した。次に、(2)式を使い市内で伐採可能な潜在的材積総量を推計した。最後に(1)式で④の発電所市内未利用材の潜在的な利用可能総量を推計した。

$$\frac{\text{①発電所市内一年搬出未利用材の利用量}}{\text{②市内一年の伐採総量}} \doteq \frac{\text{④発電所市内未利用材の潜在的な利用可能総量}}{\text{③市内で伐採可能な潜在的材積総量}} \quad (1)$$

$$\frac{\text{⑤路網から到達できる人工林面積}}{\text{⑥民有林の人工林の総面積}} \doteq \frac{\text{③市内で伐採可能な潜在的材積総量}}{\text{⑦市内に存在する材積総量}} \quad (2)$$

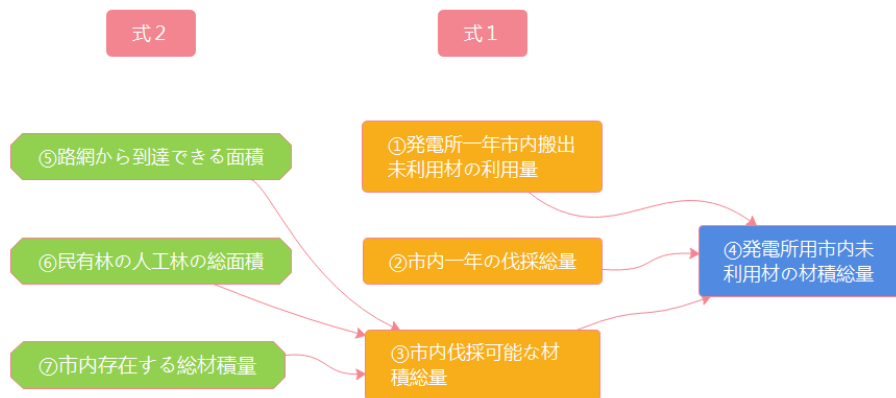


図 3-1. 推計順番

(出所：筆者作成)

推計する前に、まずは研究要素と前提条件を確認する。

3.1 研究要素の確認

3.1.1 分析対象の範囲

ここで、研究範囲の設定は、バイオマス発電所の出力規模による燃料調達範囲という点から考えて設定する。真庭市バイオマス発電所の出力規模は 10,000 kW で、発電所から市の北西方面で最も遠い所との距離は約 35km である (図 3-2)。また木質バイオマスエネルギー利用推進協議会の資料より、5,000kW の木質バイオマス発電所の燃料集荷想定範囲は半径 50km、ということで真庭市全体 (勝山地域, 落合地域, 湯原地域, 久世地域, 美甘地域, 川上地域, 八束地域, 中和地域, 北房地域) は発電所の集荷範囲の中にある。

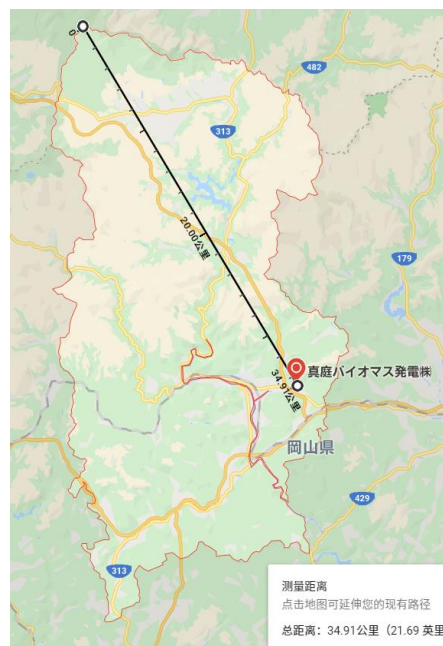


図 3-2. 発電所との距離

3.1.2 研究期間

真庭市バイオマス発電所は地域関係者の連携により 2015 年 4 月から運転し始め、20 年間の FIT の電力固定価格買取は 2035 年 4 月まで持続する。本稿は燃料価格の変化による供給関係の影響を省略した上で研究を行うので、まずは経済に対する影響が少ない 5 年を研究期間として設定し、結果分析にはさらに精度の高い期間に絞る。そこで、本稿では 2019 年 4 月から 2024 年 4 月まで 5 年の時間帯を研究対象として、バイオマス発電所未利用材の「燃料自立」の実現可能性を検証する。

3.1.3 研究対象

(1) 対象林種

真庭市役所バイオマス推進課に対するヒアリングによると、個人や企業が地域林地に対する伐採は主に民有林の人工林で行われる。一方、2019 年 6 月 5 日に「国有林野の管理経営に関する法律等の一部を改正する法律」が可決され、国民共有財産である国有林を民間企業などに開放出来るが、現段階では国有林の伐採現場の状況が把握で

きず、国有林から搬出された原木の処理方法と契約状態も不明である。

それ故に、本稿の研究林種は民有林の人工林として設定する。

(2) 対象樹種

真庭市は近い将来、クヌギと他の広葉樹をバイオマス燃料として活用する計画を明らかにしたが、現在は未だ計画段階で、実行するまでには数年から数十年の時間が必要である。本稿の研究期間は5年であることから、樹種は現段階燃料として利用可能な針葉樹、真庭市の場合は9割以上を占めているスギとヒノキを研究対象として設定する。

3.2 仮定と推計注意点の検討

3.2.1 仮定

- (1) 傾斜区分に関しては、作業システムは車両系と架線系両種類があるので、対象地の傾斜度を問わず、全林地に到達可能と仮定する。
- (2) 推計は伐採可能量を目標として行う上で、搬出出来ない木又は既に林地に放置されている残材は対象外として仮定する。
- (3) 森林の更新に関して、今は真庭市が再生林を積極的に取り組んでいるが、研究期間中5年間には新植栽された木が最低間伐樹齢(16年)に到達しないので、ここでは森林更新による影響を省略する。
- (4) 燃料競り合いについて、付表「全国木質バイオマス発電所一覧」から燃料の集荷可能圏を考察し、5年間の研究期間内にはその恐れがある可能性が低いので、その影響を省略する。

3.2.2 推計注意点

- (1) 路網の選択に関して、本稿は統計的な計算が難しい森林作業道を避け、現段階で真庭地域に存在する総延長347249mの234本の林道のみを対象に、さらに『真庭市森林整備計画地図』によって林道周辺は国有林・天然林(民有林)の通路部分の距離を見積もり、それを削除して総延長を推計する。
- (2) 路網から最大到達範囲について、本稿は林野庁の森林施業に必要な路網整備水準の資料^{注23}により基幹路網で中傾斜地(日本森林の約4割は中傾斜地)・車両系作業システムの最遠集材距離が200mという基準に基づいて、路網からの最大到達距離が200mを設定する。
- (3) 樹種・樹齢ごとの伐採方法の差別に関して、資料によると、民有林に所属する人工林の中に、スギとヒノキの標準伐齢期は40年の8齢級と45年の9齢級であるため、ここで標準伐齢期に達した樹を主伐し、それ以下の齢級は表の「間伐標準方法」により間伐を実施する。
- (4) 間伐率に関して、一つの地域に対する一回の造林は一般的には4回の間伐と1回の主伐を含め、共に5回の伐採がある。それ故に、材積間伐率は20%と仮定して森林資源量を推計する。
- (5) 原木1本の利用率に関して、ヒアリング調査により、真庭市森林伐採の原木利用率はほぼ100%である。うち製材用丸太は60%、残り40%の製材廃材と未利用材はチップ生産にして直接燃料として利用する。
- (6) 樹病による木材利用に関して、真庭市市役所に対して行ったヒアリング調査によると、多くの樹病は木を伐採しなければ観察しにくいので、伐採した後、病気がある

注23: 「林野庁平成27年9月路網整備の考え方について」, p.4.



木は製材用に利用されにくいため、そのまま林地に残し、未利用となり燃料材として利用するものとした。従って、研究対象であるヒノキと病気なしのスギはカスケード利用率を基準として材積量を算出し、病気になるスギは研究対象外として設定する。平田（1969）の統計データにより6割のスギは溝腐（ミゾグサレ）病がある。故にスギの有病率は60%として設定する。

(7) 林齢ごとの材積量の差別に関しては、高田（2018）による樹種ごとの「樹齢 x 」および「 ha あたりの材積量 y 」をプロットした散布図を作成して算出した推定式を(3)(4)を用いた。

$$\text{スギ} : y = 0.008x^3 - 0.2429x^2 + 23.873x - 311.46 \quad (3)$$

$$\text{ヒノキ} : y = 3.667x + 109 \quad (4)$$

本稿ではこの推定式に基づき森林資源量の推計を行う。

3.3 市内伐採可能な材積量の推計

この節では、上記の

$$\frac{\text{①発電所市内一年搬出未利用材の利用量}}{\text{②市内一年の伐採総量}} = \frac{\text{④発電所市内未利用材の潜在的な利用可能総量}}{\text{③市内で伐採可能な潜在的材積総量}} \quad (1)$$

の番号順位で①②のデータ整理と③の推計を行い、最後に①②③の結果を利用し④を計算する。

3.3.1 発電所市内一年搬出未利用材の利用量

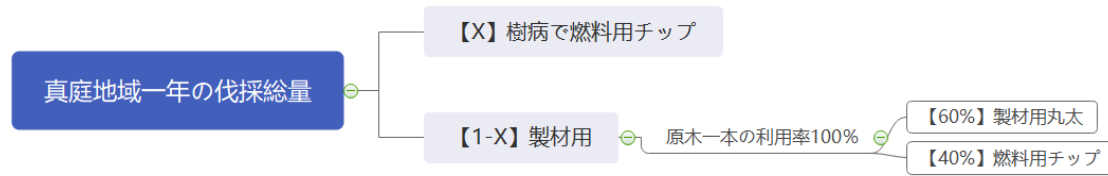
まず①のバイオマス発電所市内一年搬出未利用材の利用量に関し、白石（2019）の調査データによると、真庭バイオマス発電所利用燃材由来別の内訳は一般木材：未利用材=4:6で、また発電所利用燃材の由来別購入先の内訳から未利用木材市内割合は7割である。故に真庭バイオマス発電所で利用する燃材のうち市内に由来する未利用材の利用割合は $0.6 \times 0.7 = 0.42$ になる。また、真庭市から提供を受けた資料『バイオマス活用推進の取り組み』によると、バイオマス発電所燃料利用の総量は109,000t/年（含水率約36%）で、発電所で利用する燃材のうち市内に由来する未利用材の利用総量が $109,000 \text{ t} \times 0.42 = 45,780 \text{ t}$ である。

平成30年林野庁の木材需給表から、針葉樹木材チップ丸太換算率 $1 \text{ t} = 2.2 \text{ m}^3$ で、発電所毎年市内由来未利用材の利用材積量が $45,780 \text{ t} \times 2.2 \text{ m}^3/\text{t} = 100,716 \text{ m}^3$ である。

3.3.2 市内一年の伐採総量

まず樹木の有病率に関して、本稿は疾病を有しており製材として利用できない樹の割合と定義する。

②の市内一年伐採総量に関し、推計方法は図3-3のように、樹の有病率 X を仮定し、そしてカスケード利用率に基づき、製材用丸太の割合を推計する。さらに原木市場から提供を受けた製材用丸太材積量のデータにより、逆に市内一年伐採総材積量を計算する。


図 3-3. 真庭地域伐採量

(出所：ヒアリングにより筆者作成)

まず有病率に関し、面積 21.7%を占めるスギの有病率は 60%，72.4%のヒノキは 0%と設定し、故に研究対象の有病率 X は $21.7\% \times 60\% + 72.4\% \times 0 = 13.2\%$ と設定する。さらに、ヒアリング調査により、真庭市森林伐採の原木利用率はほぼ 100%で、うち 60%の木材は製材用丸太として原木市場に運び、残りの 40%はチップに加工して直接燃料として利用する。従って、製材用丸太/真庭地域一年の伐採総量 = $(1 - 13.2\%) \times 60\% = 52.1\%$ である。真庭地域一年伐採総量の 52.1%は、原木市場に出荷する製材用丸太の量である。

表 3-1. 真庭地域から原木市場への年間仕入量

年	仕入総量 (m ³)	年	仕入総量 (m ³)
2009	108819	2014	136,427
2010	114728	2015	138,102
2011	124160	2016	136,827
2012	135682	2017	130,612
2013	137461	2018	132,382

(出所：ヒアリングにより筆者作成)

最後に、真庭市バイオマス推進課が提供するデータにより、表 3-1 のように 2012 年以降は年間仕入量が小さな変動しか示しておらず、又は地域素材生産業者の数も安定であるので、2012-2018 年のデータを利用すると、真庭地域から原木市場に年間仕入の平均値は $(135,682 + 137,461 + 136,427 + 138,102 + 136,827 + 130,612 + 132,382) / 7 = 135,356 \text{ m}^3$ と推計できる。それ故に、真庭地域一年伐採総量は $135,356 \text{ m}^3 / 52.1\% = 259,800.38 \text{ m}^3$ である。

3.3.3 市内で伐採可能な潜在的材積総量

この節では、市内で伐採可能な潜在的材積総量を推計するために

$$\frac{\text{⑤路網から到達できる人工林面積}}{\text{⑥民有林の人工林の総面積}} = \frac{\text{③市内で伐採可能な潜在的材積総量}}{\text{⑦市内に存在する材積総量}} \quad (2)$$

を利用し、図 3-4 のようにまず⑤⑥⑦を推計し、そして合わせて③の市内で伐採可能な潜在的材積総量を計算する。

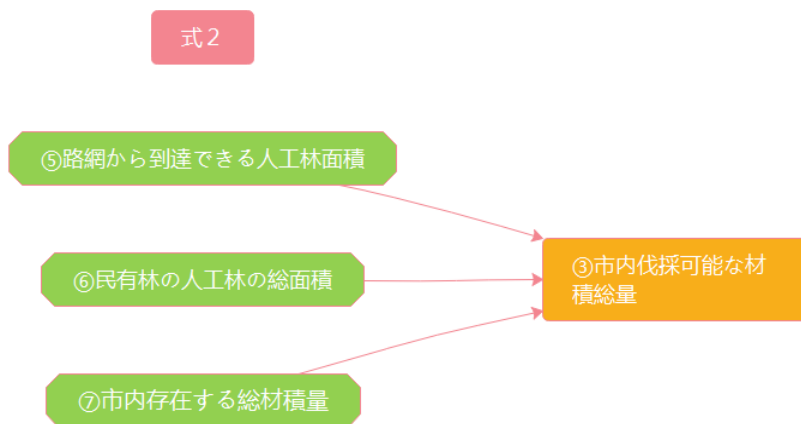


図 3-4. (2) 式の推計順番

(出所：筆者作成)

表 3-2. 推計から除外すべき延長

地域	林道名	除外距離 (m)	除外類別	地域	林道名	除外距離 (m)	除外類別
北房	寺道線	500	b	湯原	作西線	500	b
	桑坂線	300	b		山根線	100	b
	柳ヶ谷線	1700	a,b		湯の奥線	300	b
落合	上山長札線	1500	b		一の谷線	600	b
	鳥の奥線	300	b		山の神谷線	500	b
	大風呂線	300	b		中山線	100	b
	清水寺線	700	b		中山上線	200	b
	神の毛杉山線	300	b		古屋線	300	b
	間瀬線	200	b		中和	美作2号線	2500
勝山	作備線	600	b	別所高松線		500	a
	大杉2号線	600	a	湯の谷線		800	b
	作西線	4000	b	四幸線		200	a
	星山線	1200	b	大地谷線		400	b
	菅成線	500	b	向田線		2000	b
	小屋谷線	500	a	栃木谷線	1100	b	
久世	根庭線	200	b	川上	明連線	4300	a,b
	三ノウ谷線	300	b		蛇ヶ札線	2200	a,b
美甘	矢浏線	300	b		三平山線	500	b
	片岡線	200	b		川上2号線	2900	a,b
	作備線	600	a		川上1号線	3600	b
	黒佃線	700	b		鳥居ヶ札線	500	b
八束	高張線	1100	b		南田線	400	b
	定広宝大寺線	1300	b		間谷黒岩線	900	b
	大静線	500	b		総計	43800	

(出所：平成 31 年真庭市森林整備計画地図により筆者作成)

(1) 路網から到達できる人工林面積

⑤の部分はまず『真庭市森林整備計画地図』に基づいて 234 本の林道を観察し、次の 2 種類の林道について林道からの距離と林種の比率を基準として研究対象から除外する (表 3-2)。

- a. 国有林内の林道 (個人や企業が地域林地に対する伐採は主に民有林の人工林で行われる)
- b. 林道周辺 200m 以内の半分以上の林種が民有林の人工林以外の場合

本研究対象の基幹路網である林道の総延長は 347,249m, 統計データによる除外延長は 43,800m で、有効延長は $347,249\text{m} - 43,800\text{m} = 303,449\text{m}$ である。また、林道から両辺合計 400m の距離に到達できると仮定するので、到達できる人工林面積は $303,449\text{m} \times 400\text{m} = 121,379,600 \text{ m}^2$ であり、約 12,138ha である。

(2) 民有林の人工林の総面積

民有林の人工林の総面積 (⑥) のデータは、平成 31 年真庭市森林整備計画資料の民有林の齢級別面積からわかる。真庭地域民有林に所属する人工林の面積は 34,736ha である。

(3) 市内に存在する材積総量

まず、高田 (2018) の「樹齢 x 」と「ha あたりの材積量 y 」の推定式 (3) (4) を用い、樹種ごとの ha あたりの材積量を算出し、さらに樹齢ごとの面積 (ha) と ha あたりの材積量 (m^3/ha) により樹齢ごとの材積量 (m^3) を計算した。

$$\text{スギ} : y = 0.008x^3 - 0.2429x^2 + 23.873x - 311.46 \quad (3)$$

$$\text{ヒノキ} : y = 3.667x + 109 \quad (4)$$

次に、研究期間内の間伐量を算出する。研究一年目を基準に、表 3-3 の間伐を実施すべき標準林齢から、毎年間伐すべき樹齢を除外する。

表 3-3. 間伐標準林齢

樹種	間伐を実施すべき標準林齢 (年)			
	初回	2 回目	3 回目	4 回目
スギ	16	22	30	40
ヒノキ	16	22	32	42

(出所：平成 31 年真庭市森林整備計画により筆者作成)

表 3-4. 樹種・年別間伐樹齢

研究期間	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
間伐樹齢					
スギ	16,22,30,40	15,21,29,39	14,20,28,38	13,19,27,37	12,18,26,36
ヒノキ	16,22,32,42	15,21,31,41	14,20,30,40	12,19,29,39	12,18,26,36

(出所：筆者作成)



さらに材積間伐率 20%として間伐面積 (ha) を計算し、そして ha あたりの材積量 (m³/ha) により間伐材積量 (m³) を算出する。ここでのターゲット樹齢は標準伐齢期 (ヒノキ 45 年・スギ 40 年) 以下の木である。ただし、木の成長についてここでは、考慮しない。

そして、研究期間内の主伐量を考える。主伐量の推定は、まず地域から原木市場に毎年の仕入材を間伐材と主伐材に分類し、先に推定したヒノキとスギの 5 年間の間伐量の合計を算出する。次に、これらの数値に基づいて材積量を計算する。具体的には原木市場一年の仕入総量を 5 倍にし、ここから 5 年間の間伐総量と差を引くことで、5 年間主伐推計量を計算する。さらにヒノキとスギの存在面積の割合 (ヒノキ : スギ = 72% : 22%) に応じて各自の 5 年間主伐材積を求める。

最後に、ヒノキとスギの材積総量から間伐材積量と主伐材積量を差し引くことで、全樹齢の合計を計算し、利用可能なヒノキとスギの材積量を算出できる。

表 3-5. ヒノキ樹種別材積量の変化表

伐採可能ヒノキの材積量							
樹齢	面積 (ha)	ha あたりの材積量 (m ³ /ha)	材積総量 (m ³)	間伐面積 (ha)	間伐材積量 (m ³)	主伐材積量 (m ³)	残る材積量 (m ³)
1	11.2	112.7	1261.9	0.0	0.0	0	1261.9
2	11.2	116.3	1302.9	0.0	0.0	0	1302.9
3	11.2	120.0	1344.0	0.0	0.0	0	1344.0
4	11.2	123.7	1385.1	0.0	0.0	0	1385.1
5	11.2	127.3	1426.2	0.0	0.0	0	1426.2
6	52.2	131.0	6838.3	0.0	0.0	0	6838.3
7	52.2	134.7	7029.7	0.0	0.0	0	7029.7
8	52.2	138.3	7221.1	0.0	0.0	0	7221.1
9	52.2	142.0	7412.6	0.0	0.0	0	7412.6
10	52.2	145.7	7604.0	0.0	0.0	0	7604.0
11	122.4	149.3	18278.8	0.0	0.0	0	18278.8
12	122.4	153.0	18727.7	24.5	3745.5	0	14982.2
13	122.4	156.7	19176.5	24.5	3835.3	0	15341.2
14	122.4	160.3	19625.4	24.5	3925.1	0	15700.3
15	122.4	164.0	20074.2	24.5	4014.8	0	16059.4
16	59.4	167.7	9959.7	11.9	1991.9	0	7967.8
17	59.4	171.3	10177.5	0.0	0.0	0	10177.5
18	59.4	175.0	10395.4	11.9	2079.1	0	8316.3
19	59.4	178.7	10613.2	11.9	2122.6	0	8490.5
20	59.4	182.3	10831.0	11.9	2166.2	0	8664.8
21	110.4	186.0	20535.2	22.1	4107.0	0	16428.1
22	110.4	189.7	20940.0	22.1	4188.0	0	16752.0
23	110.4	193.3	21344.8	0.0	0.0	0	21344.8
24	110.4	197.0	21749.7	0.0	0.0	0	21749.7
25	110.4	200.7	22154.5	0.0	0.0	0	22154.5
26	191.8	204.3	39192.8	0.0	0.0	0	39192.8

27	191.8	208.0	39896.1	0.0	0.0	0	39896.1
28	191.8	211.7	40599.5	38.4	8119.9	0	32479.6
29	191.8	215.3	41302.8	38.4	8260.6	0	33042.2
30	191.8	219.0	42006.1	38.4	8401.2	0	33604.9
31	285.8	222.7	63641.1	57.2	12728.2	0	50912.9
32	285.8	226.3	64689.1	57.2	12937.8	0	51751.3
33	285.8	230.0	65737.1	0.0	0.0	0	65737.1
34	285.8	233.7	66785.2	0.0	0.0	0	66785.2
35	285.8	237.3	67833.2	0.0	0.0	0	67833.2
36	547	241.0	131833.6	0.0	0.0	0	131833.6
37	547	244.7	133839.4	0.0	0.0	0	133839.4
38	547	248.3	135845.3	109.4	27169.1	0	108676.2
39	547	252.0	137851.1	109.4	27570.2	0	110280.9
40	547	255.7	139857.0	109.4	27971.4	0	111885.6
41	515	259.3	133563.7	103.0	26712.7	0	106851.0
42	515	263.0	135452.2	103.0	27090.4	0	108361.8
43	515	266.7	137340.7	0.0	0.0	0	137340.7
44	515	270.3	139229.2	0.0	0.0	0	139229.2
45	515	274.0	141117.7	0.0	0.0	0	141117.7
>=46(5 5として計 算)	15612	310.9	4853770.8	0.0	0.0	415397.0	4438373.8
総計	25088		7048793.1	0.0	219137.2	415397.0	6414258.9

(出所：筆者作成)

表 3-6. スギ樹種別材積量の変化表

伐採可能スギの材積量							
樹齢	面積 (ha)	ha あたり の材積量 (m ³ /ha)	材積総量 (m ³)	間伐面 積 (ha)	間伐材積 量 (m ³)	主伐材積 量 (m ³)	残り材積 量 (m ³)
1	0.8	-287.8	-230.3	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.8	-264.7	-211.7	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.8	-242.0	-193.6	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.8	-219.8	-175.8	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.8	-198.1	-158.5	0.0	0.0	0.0	0.0
6	3.4	-176.8	-601.1	0.0	0.0	0.0	0.0
7	3.4	-156.0	-530.3	0.0	0.0	0.0	0.0
8	3.4	-135.6	-461.1	0.0	0.0	0.0	0.0
9	3.4	-115.7	-393.4	0.0	0.0	0.0	0.0
10	3.4	-96.2	-327.1	0.0	0.0	0.0	0.0
11	3.2	-77.2	-247.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	3.2	-58.6	-187.5	0.0	0.0	0.0	0.0
13	3.2	-40.4	-129.3	0.0	0.0	0.0	0.0



14	3.2	-22.7	-72.5	0.0	0.0	0.0	0.0
15	3.2	-5.3	-17.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	1.8	11.6	20.9	0.4	4.2	0.0	16.7
17	1.8	28.1	50.6	0.0	0.0	0.0	50.6
18	1.8	44.2	79.6	0.4	15.9	0.0	63.7
19	1.8	59.9	107.9	0.4	21.6	0.0	86.3
20	1.8	75.2	135.4	0.4	27.1	0.0	108.3
21	3.2	90.2	288.5	0.6	57.7	0.0	230.8
22	3.2	104.7	335.0	0.6	67.0	0.0	268.0
23	3.2	118.9	380.3	0.0	0.0	0.0	380.3
24	3.2	132.6	424.5	0.0	0.0	0.0	424.5
25	3.2	146.1	467.4	0.0	0.0	0.0	467.4
26	10.4	159.1	1654.6	2.1	330.9	0.0	1323.7
27	10.4	171.8	1786.5	2.1	357.3	0.0	1429.2
28	10.4	184.1	1914.8	2.1	383.0	0.0	1531.8
29	10.4	196.1	2039.3	2.1	407.9	0.0	1631.5
30	10.4	207.7	2160.3	2.1	432.1	0.0	1728.2
31	28	219.0	6132.2	0.0	0.0	0.0	6132.2
32	28	230.0	6438.9	0.0	0.0	0.0	6438.9
33	28	240.6	6736.3	0.0	0.0	0.0	6736.3
34	28	250.9	7024.4	0.0	0.0	0.0	7024.4
35	28	260.8	7303.6	0.0	0.0	0.0	7303.6
36	51	270.5	13795.2	10.2	2759.0	0.0	11036.2
37	51	279.8	14271.5	10.2	2854.3	0.0	11417.2
38	51	288.9	14732.1	10.2	2946.4	0.0	11785.7
39	51	297.6	15177.2	10.2	3035.4	0.0	12141.7
40	51	306.0	15607.0	10.2	3121.4	0.0	12485.6
>=41,50 として計算)	7066	374.9	2649326	0	0	126927	2522399
総計	7575		2764454	64.12	16821.17	126927	2620706

(出所：筆者作成)

上記の方法を利用し、伐採可能なヒノキの材積量は 6,414,258.9 m³、スギの材積量は 2,620,706 m³で、合計の5年後に市内に存在する材積総量は 9,034,965 m³である。

(4) 市内伐採可能な材積量

(2) 式, $\frac{\text{⑤路網から到達できる人工林面積}}{\text{⑥民有林の人工林の総面積}} \div \frac{\text{③市内で伐採可能な潜在的材積総量}}{\text{⑦市内に存在する材積総量}}$ を利用し, (1) (2) (3) から算出した結果により, $\frac{\text{③市内で伐採可能な潜在的材積総量}}{\text{⑦市内に存在する材積総量}} = \frac{\text{⑤路網から到達できる人工林面積}}{\text{⑥民有林の人工林の総面積}} * \text{⑦市内に存在する材積総量} \div \frac{12,138ha}{34,736ha} * 9034,965 \text{ m}^3 = 3,157,092 \text{ m}^3$ である。

3.4.4 発電所市内利用可能な未利用材の材積総量

同じように、(1)式 $\frac{\text{①発電所市内一年搬出未利用材の利用量}}{\text{②市内一年の伐採総量}} \div$

$\frac{\text{④発電所市内未利用材の潜在的な利用可能総量}}{\text{③市内で伐採可能な潜在的材積総量}}$ を利用し、1・2・3 から算出した結果により、④発

電所市内未利用材の潜在的な利用可能総量 $\div \frac{\text{①発電所市内一年搬出未利用材の利用量}}{\text{②市内一年の伐採総量}} *$

③市内で伐採可能な潜在的材積総量 $= \frac{100,716 \text{ m}^3}{260,232.25 \text{ m}^3} * 3,157,092 \text{ m}^3 = 1,221,780 \text{ m}^3$ であ

る。従って、発電所地域内未利用材の利用可能量が 1,221,780 m³ である。

3.4 推計結果の説明

まず前節で推計した結果を利用し、④発電所市内未利用材の潜在的な利用可能総量 (1,221,780 m³) と①発電所市内一年搬出未利用材の利用量 (100,716 m³/年) で真庭市未利用材「燃料自立」が維持可能な期間を計算できる。真庭バイオマス発電所利用燃料のうち、市内由来の7割に対して未利用材分6割を掛けると、市内由来未利用材の割合が $0.6 * 0.7 = 0.42$ ということが算出できる。ここで④を①割ると $1,221,780 \text{ m}^3 / 100,716 \text{ m}^3 = 12.13$ 年という材積量の維持期間計算できる。しかし、実際には下記のいくつかの要素が存在するので、12年以内に発電所が今までの通りの未利用材の利用量を維持するのは難しくなる可能性が高い。

a. 上記の推計を行うためには、5年の研究期間内に主伐・間伐される材積量を除外して、⑦市内に存在する材積総量を算出した。5年以上の期間の推計には、さらに主伐・間伐可能な材積量を除外しなければならないが、⑦市内に存在する材積総量の数値はその場合、5年より少なくなり、25ページの(1)式及び(2)式の関係から、最終的に推計した④発電所市内未利用材の潜在的な利用可能総量は低下することになる。

b. 付表より5年の研究期間内に真庭市周辺の広島県・島根県・鳥取県・岡山県で稼働予定の発電所のうち、主にPKSを利用する発電所ではない場合には、真庭市バイオマス発電所との燃料競合が発生する可能性はまた低いですが、5年以上、例えば推計した未利用材維持可能期間である12年である場合は、周辺県のバイオマス発電所の出力規模と数が共に増加する可能性が高く、市外から発電所への未利用材及び市内からの未利用材入荷量の流失の恐れがある。

c. ⑤路網から到達できる人工林面積に関して、本稿は傾斜区分を問わず林道から200mまでに到達できると仮定したが、実際に傾斜度が高い地域での伐採はまだコストが高いため、今の路網整備状態は推計中に利用できる人工林面積に到達できない可能性が高い。故に、③市内で伐採可能な潜在的材積総量も推計値より低く、最終推計結果である④発電所市内未利用材の潜在的な利用可能総量も、予想より少なくなる可能性がある。

従って、以上に挙げられる原因により、真庭市バイオマス発電所は今まで市内未利用材4割を維持できる時期は、5年以上、12年以下である。実際に、ヒアリング調査から今、真庭市の集積基地は真庭バイオマス発電所と市内の需要を満たす以外には、市外製材所と製紙工場にもチップを供給している。

これらの現状と合わせて推計結果を分析すれば、真庭市は将来の燃料不足への対応策を講じない場合、5年またはそれ以上近い将来には市内から産出する木材の材積量



が徐々に減り、他県から輸入材に対する依頼が増え、12年前後には市内伐採可能な材積量がなくなり、発電所が燃料不足になって・運転停止のような状況に追い込まれる可能性がある。基盤産業である林業・木材産業も素材不足の問題が発生し、市内で構築されたバイオマス経済循環が崩壊する可能性が示唆される。このような悲劇を生まないために、今の段階ではきちんと対策を講じるべきだと考えられる。

4. 真庭市バイオマス発電事業の現状と課題分析

4.1 分析方法

まずは、真庭市バイオマス発電事業の自身の力で何とか出来、改善可能である内部環境の強み (Strength) と弱み (Weakness), そして政策変化や社会全体のトレンドなどの自分の力では影響力を行使出来ない外部環境の機会 (Opportunity), 脅威 (Threat) の4項目を整理する。さらに、内部要因と外部要因を交差させ戦略方針を提案する。

	Strength (強み)	Weakness (弱み)
Opportunity (機会)	積極戦略	改善戦略
Threat (脅威)	差別化戦略	弱点回避

図 4-1. 分析モデル

(出所：筆者作成)

図 4-1 のように、分析は4つの戦略オプションを含め、それぞれは強みを活かして機会を最大限に活用する積極戦略、弱みを克服して機会を把握する改善戦略、外部の脅威を回避しながら強みを活かす差別化戦略、そして弱みの原因で最悪の事態を避ける弱点回避戦略、ということになる。

この章では、真庭市における木質バイオマス発電事業の燃料調達現状から要点を抽出し、前章で分析・検証した成果を含め、上記の4項目で課題整理をし、解決策を考察する。

4.2 現状と課題の分析

まずは分析の目的を明確にする。これは本論文の研究目的と同じく、真庭市バイオマス発電所の燃料調達を安定させ、未利用材による「燃料自立」を実現するための分析を行う。次に、真庭市バイオマス発電事業の内部要因と外部要因の4項目を整理する。

内部要因の「強み」としては、まずは①産業基盤方面は古くから展開した林業・木材産業が挙げられる。また、②川上から川下まで一貫した体制が整えている木材サプライチェーン、さらには③民間と行政の連携から生み出され、政策（木質資源安定供給システム）とインフラ（集積基地）の両方から独自の燃料調達システムを構築する政策重視度方面という3つの点があげられる。

次に、「弱み」としては、林道など基幹路網の整備度が低いことと、集約化による林地管理への道がまだ遠いことが考えられる。

さらに、外部要因の「機会」では、真庭市の森林率が79.5%に達し、市内人工林の8割以上の針葉樹が利用期を迎える一方、大量の広葉樹森林資源が賦存している。また、未利用材に対するFITの買取価格(32円/kWh)が、出力規模2,000kWを境界線とし、それ以上に32円/kWhとそれ未満に40円/kWhと比較的高い水準に設定し

であるため、個人や企業に未利用材を利用する十分なインセンティブを与えることができる。

最後に、バイオマス発電事業の展開と燃料調達が直面する「脅威」としては、FIT 認定拡大により、将来周辺の他のバイオマス発電所との燃料獲得競争が発生しやすいこと、国産材の価格低迷により、林業所有者の経営意欲が低下して来ていること、さらに少子高齢化による高齢従業員数が増えていることがあげられる。

以上の現状に対し、未利用材「燃料自立」への取り組むべき課題を考察する。

表 4-1. 現状と課題の分析

		内部要因	
		Strength (強み)	Weakness (弱み)
		①古くからの産業基盤 ②整った木材サプライチェーン ③官民連携による高い政策重視度	①低い路網整備度 ②集約的森林管理が足りない
外部要因	Opportunity (機会)	積極戦略	改善戦略
		①豊富な森林資源が持っている (人工林と広葉樹) ②FIT で国家から政策支援を受ける a. 広葉樹の利用促進 b. 造林で資源循環を形成	c. 路網の開発により、森林整備と人工林の皆伐を加速
	Threat (脅威)	差別化戦略	弱点回避
		①卒 FIT 後燃料不足の恐れ ②将来燃料競争の発生 ③少子高齢化による高齢者従業員数が高い ④林業衰退による経営意欲が低下 d. 若者を引き付ける雇用政策を提出 e. 林業・木材産業を促進する優遇策を提出	f. 森林所有者のデータを集め、林業専門家の指導で集約管理する

(出所：筆者作成)

表 4-1 のように、まず「強み」と「機会」を活かした積極戦略としては、更なる素材生産量を増加させるために広葉樹の利用をまず重視する上で、積極的な造林で資源循環を形成させ、未利用材燃料供給の安定化を図ることが考えられる。

「弱み」が原因で「機会」を逸失しないための改善戦略としては、林道の拡張と森林作業道保守の標準化などを推進することが考えられる。真庭市の人工林の 8 割以上が利用期を迎えているにもかかわらず、素材業者が到達出来ない林地が多く存在しているのが現状である。今後、林道の拡張と森林作業道の整備により、路網密度が上がれば、森林から木材を搬出するコストが下がるようになる。これにより、人工林の更なる伐採だけでなく、林地残材搬出などの森林整備も順調になり、林業・木材産業を核として地域経済循環を促すことが出来るようになる。

外部の「脅威」を回避しながら「強み」を活かす戦略差別化戦略としては、真庭市



はバイオマス産業に対する高い政策優先度を利用して若者を惹き付ける雇用政策と林業・木材産業を促進することなどが考えられる。

最後に、「弱み」で「脅威」を引き付けて最悪の状況にならないような弱点回避戦略としては、他の戦略を実行すると共に、地域内の森林所有者のデータを収集・整理することで、情報基盤を構築することが推進される。さらに「21世紀の真庭塾」のように専門家の意見を聞き、林業を再発展させるための進路を探し、集約管理で基盤産業を後押しすべきだと考えられる。

おわりに

本稿は真庭市バイオマス発電所未利用材の「燃料自立」の維持可能期間を推計し、今の未利用材の利用割合を確保できる期間は5~12年との結果を導いた。これを喫緊の課題だと把握し、地域は広葉樹展開と再造林を実施しながら森林・路網の整備をすることに力を注ぐべきだと考えられる。さらに長期的視点からは、2015年に稼働した発電所へのFIT適用期間が終了するのは2035年で、卒FIT後の燃料対策と新規バイオマス発電所との競合といった事態が生じうることを事前に予想すべきで、雇用・産業に対する優遇政策と森林集約管理もアジェンダに載せるべきだと考えられる。また、推計結果から見れば、将来における燃料不足の主な原因は賦存量の不足ではなく伐採できるかどうかの問題であるため、林内路網などの基盤整備や素材業者など事業体の育成を進め、危険を伴う作業は林業ロボット化する等、総合的に生産基盤を整備していく必要がある。また本稿では価格変動による需給関係の変化を前提とせず定量分析を行った。今後は、価格変動を含めてより高精度な推計を行い、政策・技術支援を図るために経済的な仕組みの分析が不可欠と考えられる。

参考文献

- 相川高信[2018]「未利用バイオマス発電が直面するであろう課題：先行する欧州の経験からの考察」『森林科学』
- 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。
- 池田穰[2015]「木質バイオマス発電による森林資源活用のための課題と対策」『安藤ハザマ研究年報』Vol. 3 2015。
- 伊藤幸男[2013]「地域の自立に向けた木質バイオマスエネルギー利用の政策提言」『農村計画学会誌』Vol. 32, No. 1, 2013年6月。
- 江藤寛子, 佐々木ノビア[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」『日林誌』92: 88-92。
- 大塚生美, 堀靖人, 山田茂樹, 岩永青史, 天野智将, 駒木貴彰, 餅田治之[2018]「育林経営再編の諸相—林業ビジネス化への示唆—」『森林総合研究所研究報告』第17巻3号。
- 大岩徳雄[2014]「バイオマス発電の経済性評価バイオマス価格評価を含めたバイオマス発電の可能性検討」『技術開発ニュース』No. 151, 2014年8月。
- 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—」『富士通経済研究所研究レポート』No.409 October 2013。
- 木村謙仁, 二宮康司[2017]「日本の2030年木質バイオマス発電導入見込量とその燃料供給可能性評価」『IEEJ』2017年1月。
- 久保山裕史, 堀靖人, 石崎涼子[2012]「オーストリアにおける丸太の生産・流通構造の変化について——シュタイヤーマルク州の小中規模林家を中心として」『Journal of Forest Economics Vol』58 No. 1, 2012
- 酒井秀夫[2018]「木質バイオマスの科学的利用と森林整備」『森林科学』83, 2018。
- 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者の経営動向—大分県日田地域を事例に一」『林業経済研究』Vol.62, 2016。
- 佐藤政宗[2018]「国内の木質バイオマス発電の動向と今後」『森林科学』83, 2018。
- 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」『The Society of Eco-Engineering』39-45, 2018。
- 高田秀之, 望月 亜希子, 中西修一, 土肥哲哉[2018]「森林資源調査による小規模バイオマス発電プロジェクトの可能性」『環境情報科学 学術研究論文集』32, 2018。
- 高木寛人, 時松宏治[2017]「固定買取価格評価のための学習効果を考慮したバイオマス発電コストモデルに関する研究」『環境情報科学 学術研究論文集』31, 2017。
- 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」『岡山大学経済学会雑誌』45巻1号岡山大学経済学会。
- 西山嘉寛[2013]「真庭地域における森林資源量の予測」『岡森研研報』29 2013。



林岳[2009]「バイオエネルギー導入効果の評価とその視点」『バイオ燃料導入による諸効果の定量的評価』。

幡建樹, 河村奏瑛, 井上雅文[2018]「木質バイオマス発電が地域の木材産業及び林業に与える影響—岡山県真庭地域の事例—」。

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, 2018年3月。

平田永二, 大宜見朝榮[1969]「スギみぞ腐病にかかった幼令林の被害解析について」『紀要論文』ISSN : 0370-4246。

福田淳[2017]「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」『Journal of Forest Economics』Vol. 63 No. 3。

藻谷浩介[2013]『里山資本主義—日本経済は「安心の原理」で働く』角川書店。

諸富徹[2015]『「エネルギー自治」で地域再生！—飯田モデルに学ぶ—』岩波ブックレット出版。

諸富徹[2018]『人口減少時代の都市—成熟型のまちづくりへ』中公新書出版。

鈴木保志, 有賀一広, 吉岡拓如, 當山啓介, 斎藤仁志, 白澤紘明, 山崎真[2017]「高知県における木質バイオマス発電の現状と課題」『日林誌』99:272-277。

横田康裕[2015]「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。

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, 2017。

渡部喜智[2012]「木質バイオマス発電の特性・特徴と課題」『農林金融』, 2012年10月。

付表

「全国木質バイオマス発電所一覧」株式会社森のエネルギー研究所 (2019年9月末)

発電所	発電所立地	稼働開始 (予定)	出力規 模(kW)	燃料種類	真庭市との 最小距離	真庭市バイオ マス発電所と の距離
(株)ネオナイト	島根県松江市	未定	900	国内調達のみ	49.91 km	79.47 km
エジソンパワ ー・美郷町	島根県邑智郡美郷町	2020年4 月予定	1100	国内調達のみ	86.52 km	108.9 km
合同会社新見バ イオマスエナジ ー	岡山県新見市神郷下 神代 508-1	2020年6 月	1990	PKS など輸 入材が主	19.78 km	39.68 km
株式会社 CFP	岡山県笠岡市美の浜 6	未定	1999	詳細不明	46.49 km	70.42 km
中国木材株式会 社	広島県呉市広多賀谷 2-3-28	未定	5000	詳細不明	120.77 km	144.87 km
事業者詳細不 明・	広島県広島市	未定	5700	国内調達のみ	95.06 km	114.97km
日新バイオマス 発電(株)	鳥取県境港市西工業 団地 4 6 1	2015年2 月	5750	国内調達のみ	41.02 km	73.32 km
(株)ウッドワン (本社工場内)	広島県廿日市市木材 港南 1	2015年4 月1日	5800	PKS など輸 入材が主	136.39 km	156.64 km
松江バイオマス 発電(株)	島根県松江市大井町 899-7	2015年6 月	6250	PKS を補助 的に利用	43.70 km	74.83 km
西風新都バイオ マス発電所	広島県広島市安佐南 区西風新都奥畑地区 産業団地内	2019年 11月頃予 定	7100	国内調達のみ	114.31 km	147.11 km
中国木材株式会 社 (呉工場内)	広島県呉市広多賀谷 2-3-218	2017年7 月1日	9850	国内調達のみ	118.56 km	143.23 km
(株)サラ	岡山県笠岡市平成町 95-1	2019年4 月	10000	PKS を補助 的に利用	46.80 km	69.85 km
合同会社しまね 森林発電	島根県江津市松川町 上河戸 390 番 22 号	2015年7 月	12700	PKS を補助 的に利用	118.60 km	137.95 km
三洋製紙(株)	鳥取県鳥取市古市 1 8	2017年1 月	16700	石炭・輸入材 (PKS 等)混 焼	44.53 km	58.99 km
米子バイオマス 発電合同会社	鳥取県米子市和田浜 工場団地内	2022年3 月予定	54500	PKS など輸 入材が主	34.32 km	66.17 km
海田バイオマス 混焼発電所	広島県安芸郡海田町 明神町 2 番 118 号	2021年3 月予定	62720	石炭・国産材 混焼	110.03 km	140.46 km