

兵庫県丹波市における木質バイオマスエネルギー事業による雇用創出規模の定量的推定 -地域活性化と森林管理問題の解決に向けて-

関西学院大学大学院総合政策研究科 小林 真洋
 関西学院大学総合政策学部 客野 尚志

1. はじめに

本研究においては、化石燃料への依存から脱却することを念頭に、丹波市に現存する森林をエネルギー資源として活用する木質バイオマス発電に注目する。さらに、森林の環境保全を推進するために、間伐材を燃料源として発電を行った場合に見込まれる電力量を推定し、固定価格買い取り制度をもとに、売電を行った場合に見込める収益をシミュレーションにより推定する。人口減少と若者の仕事場の不足問題の解決に向けて、木質バイオマス発電による雇用創出の可能性と、その実現性について検証することを目的とする。

木質バイオマス発電に関する研究として、平田らの試算、櫻井らの木質バイオマス発電所の規模と立地に関する研究、および三尾らの環境マネジメントにおける木質バイオマスの利活用などがあげられる¹⁾²⁾。しかし、バイオマス事業による雇用創出の規模について、過疎化が進む地域を対象とした定量的な検証について未着手であり、木質バイオマス発電による雇用創出規模について丹波市で検証する価値があると考えられる。

2. 研究方法

本研究における推定の前提として、発電に用いる燃料としては森林の環境保全のための間伐材を利用する。研究の調査対象地域としては兵庫県丹波市を設定し、木質バイオマス発電に用いる木材についてはスギ・ヒノキ・アカマツの3種を用いる。加えて、行政担当者へのヒアリング結果を参考に、丹波市に現存するスギ・ヒノキ・アカマツ林の3割を間伐が行えると仮定し、10年周期・間伐率30%と持続可能な方法で間伐を設定する。売電による1kwhあたりの取引金額については、資源エネルギー庁が設定している固定買い取り制度の数値を参考にし、調達区分が固形燃料燃焼（未利用木材）内において1kwhあたり税込み33.60円とする⁴⁾。

ボイラーの出力については、効率性の観点から1000kw以上の中規模以上のボイラーを発電に用いるとする。その種類は、普及状況と木質バイオマス導入指針書を参考に、チップボイラーを想定する⁵⁾。稼働時間は月22日で24時間し、12ヶ月で年間6336時間稼働すると想定する。また、イニシャルコストの金額は、国の木質バイオマス利用施設等整備における助成制度として、森林整備加速化・林業再生事業実施要綱の補助である設備費50%分の助成を受けると考える。

計算の手続きとして、まずGISを用いて、植生データより丹波市におけるスギ・ヒノキ・アカマツの本数を推定し、

木質バイオマス発電量を求める。次に、各種コスト・収益・雇用創出のシミュレーションを行う。詳細は次の通りである。

(1) 環境省の自然環境情報GISシステムより、丹波市の植生データの整理・分析を行った。丹波市内のスギ・ヒノキ・アカマツの植生データを抽出し、面積の計算を行った。図1は丹波市の植生分布図である。スギ・ヒノキ・アカマツを示すポリゴンから、面積を単位haにて算出した。

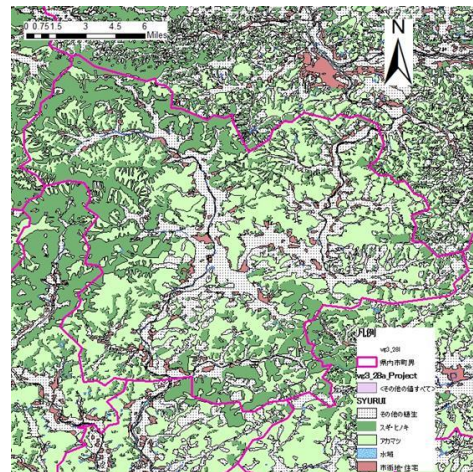


図1 丹波市の植生図

(2) 上記で抽出した面積データから、対象地域における樹木数を推定し木質バイオマス発電による発電量を求める。このために用いた手順を図2のフローチャートにまとめた。数値については、GISによる分析結果および丹波市の人口林収穫予定表・林分材積表および資源構成表に記載の情報を参考とし、行政担当者へのヒアリングを元に計算を行った⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾。林分材積表より求めたバイオマス量の計算結果については表1に記載し、用いた計算式については表2に記載する。

スギ・ヒノキ・アカマツの1haあたりの本数を仮定	
スギ・ヒノキ: 1haあたり3000本	
アカマツ: 1haあたり3000本	
仮定した1haあたりの本数とGISにより求めた面積を乗じて丹波市での本数を推定(式I)	
↓	
木1本あたりのバイオマス量を求める	
人工林収穫予定表・林分材積表	1haあたり3000本、地位2、副林木の伐採本数と材積の値から林齢ごとに計算
スギ・ヒノキ・アカマツそれぞれで、求められた値の平均値を用いる	
↓	
バイオマス量と1kgあたりの発電量を乗じて、木一本当たりの発電量を求める(式II)	
設定	木質チップの発熱量である、3780kcal/kgを設定する
単位変換	単位kcalから単位kwhへ変換: 単位換算値860で除す

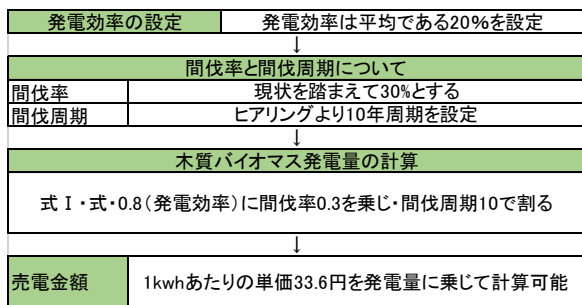


図2 発電量計算のフローチャート

表1 バイオマス量の計算結果

林齢	区分	本数	材積	スギの木質バイオマス量
23	副林分	709	38.7	54.58392102
30	副林分	513	54.8	106.8226121
40	副林分	350	71.4	204
平均				121.8021777
林齢	区分	本数	材積	ヒノキの木質バイオマス量
31	副林分	358	19	53.0726257
38	副林分	400	29.5	73.75
46	副林分	400	43.4	108.5
平均				78.44087523
林齢	区分	本数	材積	ヒノキの木質バイオマス量
18	副林分	1084	20.3	18.72693727
26	副林分	500	21	42
35	副林分	400	32.1	80.25
平均				46.99231242

表2 発電量に関する計算式

木質バイオマス発電による発電量	
式Ⅰ	樹木別の総本数 樹木別の総本数=樹木別の森林面積(ha)×1haあたりの本数
	バイオマス量 バイオマス量=材積(m)×単位換算値1000(kg)÷伐採本数
式Ⅱ	木一本当たりの発電量 木1本あたりの発電量(kwh)=バイオマス量(kg)×木質チップの発熱量(3780kcal/kg)÷860(単位変換kcalからkwh)
	木質バイオマスによる発電量 木質バイオマス発電による発電量(kwh)=[式Ⅰ]×[式Ⅱ]×0.2÷10×0.7
	売電金額 売電金額(円)=木質バイオマス発電による発電量(kwh)×33.6円

(3)プラント運営のためのインシヤルコストおよびランニングコストの推定には、文献より引用した計算方法を用いて計算を行う¹⁰⁾¹¹⁾。

インシヤルコストについては導入の際に、森林整備加速化・林業再生事業の半額分の補助を受けることとする。支払いについては資金を借り入れ、15年間で返済するケースを想定するが、返済後7年目からは利息が付加される。また、ランニングコストとして電気代、燃料費、廃材処理費、保守点検費、水道代金、固定資産税を想定し、これらにインシヤルコストの年間の返済額を加えることで年間のランニングコストとなる。計算式の詳細については以下の表3に記載する。

表3 運営のコストの計算式

インシヤルコスト	
	インシヤルコスト(円)=ボイラーの出力(kw)×kwあたりの単価400000(円)
式1	減額後のインシヤルコスト インシヤルコスト(円、減額後)=ボイラーの出力(kw)×kwあたりの単価40万円÷2
ランニングコスト	
式a	初年度分の返済額 初年度分の返済額(円)=(インシヤルコスト(円)÷2÷15)+返済残高(円)×利率0.0065
	7年目以降の返済額 7年目以降の返済額=(インシヤルコスト÷2÷15)+返済残高×(利率0.0065+利息増加分)
式b	電気代 電気代(円)=電気容量(kw)×ボイラー稼働時間(h)×電気量単価20(円/kwh)
	燃料量 燃料量(t)=(ボイラーの定格出力(kw)×稼働時間(h))÷チップの低位発熱量(kwh/kg)÷1000(単位換算値kgからt)
式c	燃料費 燃料費(円)=燃料量(t)×燃料単価(円/t)
式d	廃材処理費 廃材処理費用(円)=灰の発生量(t)×灰処理委託費単価(円)
式e	保守点検費 保守点検費(円)=設備費(円)×0.03
式f	水道費 水道代(円)=ボイラーの出力(kw)×360(円/kw)
式g	固定資産税 固定資産税(円)=建設費(円)×0.14×0.94
式2	ランニングコスト ランニングコスト=式a+式b+式c+式d+式e+式f+式g

(4)ボイラーの出力ごとの発電量と稼働時間から、収益を求める手順について説明する。ボイラーの出力による発電量については、ボイラーの定格出力に稼働時間を乗じることで求められる。これらの値へ固定価格買い取り制度における1kwhあたりの売電金額を乗じて、売電による年間の収益を求めることが可能である。次に、年間の売電金額からランニングコストを差し引くことで、年間の売り上げとしての収益が算出できる。

表4 収益と雇用可能人数の求め方

収益	
式3	出力別の年間発電量 ボイラー出力別の年間発電量(kwh)=ボイラーの定格出力(kw)×稼働時間(h):式3
式4	年間の売電金額 年間の売電金額(円)=ボイラー出力別の年間発電量(kwh)×1kwhあたりの電力単価(円)
式5	年間の収益 年間の収益(円)=年間の売電金額(円)-ランニングコスト(円)
式6	丹波市で導入可能なボイラー数 丹波市で導入可能なタイプ別ボイラー数(基)=丹波市での発電可能量(kwh)÷タイプ別ボイラー1期あたりの発電量(kwh)
式7	1基あたりの雇用可能人数 1基あたりの雇用可能人数(人)=年間の収益(円)÷想定する年収(円)

これらの手順により、年間の売り上げを見積もることができるが、さらに、丹波市で導入した場合に、ボイラーの出力により何基の工場を設置可能か検証する。また、雇用創出の見積もりとしては、想定年収を設定し算出する。本研究では、年収100万円から最大600万円までをシミュレーションによって計算する。以上の計算式を以下の表4に記載する。

3. 結果

(1) 発電量と売電額の計算結果

丹波市における間伐本数、木質バイオマス発電による発電量、売電額の計算結果については、表5の通りとなった。

表 5 発電量に関するシミュレーション結果

丹波市における 全スギ・ヒノキ・アカマツを対象		丹波市における 全スギ・ヒノキ・アカマツ林の内 30%を間伐可能と仮定	
樹木名	丹波市での面積(ha)	樹木名	丹波市での間伐可能本数(本)
スギ・ヒノキ	4,963.00	スギ・ヒノキ	4,466,700.00
アカマツ	10,261.00	アカマツ	9,234,900.00
合計	15,224.00	合計	13,701,600.00
樹木名	丹波市での本数(本)	樹木名	樹木ごとの本数の見積もり
スギ・ヒノキ	14,889,000.00	スギ	1,786,680.00
アカマツ	30,783,000.00	ヒノキ	2,680,020.00
合計	45,672,000.00	アカマツ	9,234,900.00
樹木名	木一本あたりから得られる 発電量(kwh)	樹木名	丹波市での間伐本数(本) 間伐率30%、10年周期
スギ	535.36	スギ	125,067.60
ヒノキ	344.78	ヒノキ	187,601.40
アカマツ	206.55	アカマツ	646,443.00
		合計	959,112.00
樹木名	丹波市での発電量(kwh/年)	樹木名	丹波市での発電可能量(kwh/年)
スギ・ヒノキ	527,727,101.27	スギ	13,391,314.61
アカマツ	292,252,369.97	ヒノキ	12,936,054.90
合計	819,979,471.25	アカマツ	26,704,250.78
		合計	53,031,620.30
樹木名	丹波市の売電額(円)	樹木名	丹波市での売電額(円)
スギ・ヒノキ	17,731,630,602.76	スギ	449,948,170.95
アカマツ	9,819,679,631.15	ヒノキ	434,651,444.73
合計	27,551,310,233.91	アカマツ	897,262,826.31
		合計	1,781,862,441.99

計算結果から、丹波市において本研究で仮定した条件であれば、年間の最大値として約5300万kwhの電力を生み出すことができ、これを現状の固定価格買い取り制度において売電した場合、約18億円の売電金額が見込めることが分かった(表5参照)。これらの結果から見込める雇用創出の見積もりを、ボイラーの運営にかかるコストを含めて、以下で提示する6つのシナリオ分岐により検証する。

(2) シナリオの設定

シナリオ設定として3つのパターンを想定し、税の補助のあるなしでそれぞれ2つの分岐を設定した。これにより6つのシナリオが想定されるが、パターンとして、1：固定価格買い取り制度が現状の1kwhあたり33.6円の場合、2：固定価格買い取り価格が20%減少する場合、3：固定価格買い取り価格が50%減少する場合の3つのシナリオを提示する。これら3つのシナリオにおいて、固定資産税の免税がない現状維持のAタイプ、免税が導入されて50%免除されるBタイプの2つの分岐を行うこととする。ここでの固定資産税とは土地と建物にかかる固定資産税が該当するものとする。

このシナリオ設定については、固定価格買い取り制度が現状の価格のまま継続されると考えにくいから、将来的に買い取り価格が減少した場合の事業採算性を検証するために設定した。また、現状として木質バイオマス発電の導入に関する補助が、森林整備加速化・林業再生事業実施要綱による設備費補助のみであることから、税の免除のあるなしでの変化を見るために、上記のAとBの分岐を設定する。

これらの結果として見積もられる雇用人数の参考値としては、文献における雇用創出の値を参考に、発電所運転員12名、集荷・集材員60名の値から、1基あたり60名以上80名以下を最適な規模と考える¹²⁾。

(3) シミュレーション結果

固定買い取り価格の1kwhあたりの単価の違いと補助の

有無で6つのシナリオを想定して検証した結果を以下の表6と図3にまとめた。結果として、固定買い取り価格が変動することはボイラーの導入規模に大きな影響を与えることが分かった。特に現状の固定買い取り価格制度の設定金額は高く設定されており、将来にかけて減額される可能性がある。検証結果を整理すると、シナリオ1系統では、現状の固定価格買い取り制度における売電単価33.6円/kwhと現存する補助では、丹波市でおよそ201人の雇用が実現可能という結果となった。また、現状では税額の補助は不可欠な条件ではないことも検証され、仮に免税された場合には創出できる雇用が増加するという結果となった。次に、シナリオ2系統では、買い取り価格が20%減少したことで、免税が実施されない場合では大規模な発電施設での運営が最適という結果となり、結果として最大128人の雇用創出が見込めた。また、免税があった場合では中規模出力の施設が最適となり、最大158人の雇用が見込まれることが検証できた。最後に、シナリオ3系統では、買い取り価格が半額となったことで、現状の補助のみでは雇用創出が見込めず、運営していくことが厳しいという結果となった。しかし、固定資産税額が半額免除されることで事業として成立できることが判明した。この場合における雇用創出としても副業での雇用を想定することで、最大162人ほどの雇用が創出できる。このように、固定資産税額の免除も将来的に買い取り価格が減少した場合には必要な条件となり、売電を想定した木質バイオマス発電を行う上では現状の補助政策に加えて、さらなる補助導入の必要性が考察される。設定シナリオから事業が実現された場合、シナリオ3Aを除いて発電所勤務者のみで100人超の雇用創出が見積もられた(図3)。発電所のみならず、木質バイオマス事業による影響として、関連事業である林業従事者や運搬事業者等の活性化も予想される。検証結果として、木質バイオマス事業による雇用創出は現存する資源において可能であり、雇用規模としても現実性のある数値となった。

表 6 雇用創出の検証結果

シナリオタイプ	プラントの出力最適規模(kw)	年収	雇用創出人数(人)
シナリオ1A	2500kw出力にて3基	400万円	201人
シナリオ1B	2000kw出力にて4基	400万円	264人
シナリオ2A	4000kw出力にて2基	400万円	128人
シナリオ2B	3500kw出力にて2基	400万円	158人
シナリオ3A	雇用創出は見込めない		
シナリオ3B	4000kw出力にて2基 副業:100万円		162人

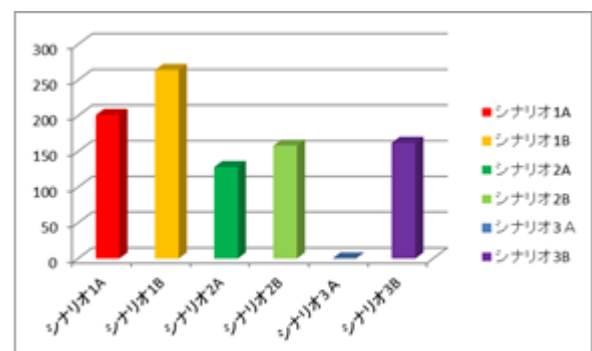


図 3 雇用創出の見積もり

4. おわりに

(1) 課題

本研究では以下のような3つの課題が残った。まず、樹木数の推定について、木の立地と林齢についての詳細な情報を踏まえることで、より正確な推定が可能となる。アカマツは人工林でなく天然林かつ山の山頂付近に植生していることが多く、間伐等を行うのが不可能なケースもある。特に、道路整備や材木を運び出す作業については時間と計画性を要するため、樹木の立地条件を踏まえることが課題として挙げられる。

次に、工場の立地場所と数について、検証結果からは複数の工場誘致も数値の上では可能という結果となったが、丹波市でのヒアリングから、市内に複数の発電所の誘致は現実的には厳しいという指摘を受けており、誘致可能数と立地場所の精密な検証は今後の課題として挙げられる。

最後に、木質バイオマス発電に用いる木材を確保するためには、木を出荷する労働力が不可欠である。本シミュレーション結果を実現するためには、林業従事者の確保が先決であり、どのように林業従事者を確保し育成していくかということも議題となる。

(2) 今後の展望

間伐による波及効果として、地域防災力の向上が考えられる。特にスギ・ヒノキ林等は集落の近辺に植生していることが多く、これらを適切に間伐することで木の根の成長と下草の繁茂による、保水力向上に貢献できる。近年では、砂防ダム等により土砂崩れ対策は可能であるが、その導入には多大なコストを要する。仮に木質バイオマス事業による間伐が促進されれば、これらのコストを必要とせず同等の防災効果が期待できると考えられる。これにより、電力の発電と雇用創出、そして森林管理による防災力の向上の3つを並行して進めることが期待できる。

謝辞

本研究にあたり、兵庫県丹波県民局の丹波農林振興事務所森林林業課の尾崎氏、ならびに兵庫県丹波県民局職員の方々には、お忙しい中、丁寧な助言や資料収集へのご協力をいただきました。誠に感謝致しております。

参考資料・引用文献

- 1) 平田悟史, 梶島賀敬, 濱田はるみ, 清滝義昭 (川崎重工業) (2003), 『間伐材、製材残林を利用した木質バイオマスガス発電・熱供給システムの実現可能性』, 日本エネルギー学会大会講演要旨集(12): 252~253, 一般社団法人日本エネルギー学会.
- 2) 櫻井倫, 楯雄太加, 吉岡拓如, 仁多見俊夫, 大野輝尚, 小林洋司 (2006), 『山岳森林地域における森林バイオマスのエネルギー利用の可能性と基盤整備の効果』, 森林学誌 21(3): 193~204, 森林利用学会.
- 3) 三尾尚己, 上浦木昭春 (2005), 『地域環境マネジメントに資する木質バイオマスの利活用の在り方に関する研究』, 都市計画論文集(40): 835~840, 日本都市計画学会.
- 4) 資源エネルギー庁(2012), 『再生可能エネルギーの固定価格買取制度について』, 平成26年11月5日閲覧,

<http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/dl/120522setsumei.pdf>

- 5) 株式会社森のエネジー研究所(2012), 『木質バイオマスボイラー導入指針』, 2014年11月10日閲覧,

<http://www.mori-energy.jp/pdf/lca_boilershishin.pdf>

- 6) 兵庫県農林水産部林務課『スギ人工林収穫予定表 林分材積表』, 昭和61年3月発行.
 - 7) 兵庫県農林水産部林務課, 『アカマツ人工林収穫予定表 林分材積表』, 昭和61年5月発行.
 - 8) 兵庫県農林水産部林務課, 『ヒノキ人工林収穫予定表 林分材積表』, 昭和61年3月発行.
 - 9) 兵庫県丹波市(平成24年), 『資源構成表 森林簿森林現況』
 - 10) 株式会社森林環境リアライズ・富士通総研・環境エネルギー普及株式会社, 『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』, 農林水産省林野庁配布資料, 平成26年11月10日閲覧, http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/pdf/250610_biomass1.pdf>
 - 11) フルハシ EPO 株式会社・株式会社フルハシ環境総合研究所, 『平成24年度 木質バイオマスエネルギー等への利活用システム構想事業化検討業務報告書』, 愛知県環境部配布資料, 平成26年11月27日閲覧, <<http://kankyojoho.pref.aichi.jp/junkan/ recycle/woodybiomass.pdf>>
 - 12) グリーン・サーマル株式会社, 『地域循環型 森林未利用材を用いたバイオマス発電事業計画要約』, 農林水産省林野庁配布資料, 平成26年12月4日閲覧
- <http://www.maff.go.jp/j/biomass/b_kenntou/05/pdf/siry06.pdf>