

# 木質バイオマス発電施設が必要とする森林資源量

## —三重県を例として—

秋山茉莉（三重大生資）・石川知明（三重大院生資）

木質バイオマス発電は、大量の燃料が必要なことから、安定的、持続的な燃料の供給が不可欠である。しかし、具体的な地域を対象として、木質バイオマスの安定的、持続的な供給を検証した例は少ない。そこで、本研究では、三重県津市美杉町内で5000kwの木質バイオマス発電設備を稼働した場合、燃料供給に必要なとなる人工林面積を求めることとした。その結果、スギ人工林において、40年伐期として主伐材すべてを燃料とした場合、約5,698haのスギ人工林が必要であることが明らかとなった。また、5000kwの木質バイオマス発電設備で美杉町内の世帯の電力を賄えることが明らかとなった。

キーワード：木質バイオマス、バイオマス発電、未利用材、人工林

### I はじめに

農林水産省は、木材からなる再生可能な生物由来の有機性資源のことを木質バイオマスと呼んでいる。また、木質バイオマス発電とは、木質バイオマスを燃やしてタービンを回して発電する仕組みのことをいう。木質バイオマス発電は、カーボンニュートラルな燃料を使用することによる地球温暖化の防止、未利用林地残材をはじめとする森林資源の有効活用、雇用創出による山村地域への経済効果などの観点から、近年注目を集めている。一方、稼働に大量の燃料が必要なことから、木質バイオマスの安定的、持続的な供給が不可欠である(5)。

我が国には森林資源が豊富にありながら、採算が取れないことを主な理由として、有効に利用できていないという難しい状況がある。エネルギー資源の地産地消が叫ばれつつも、地域の森林資源を利用して、その地域の電力を賄うことを検証した例は少ない。特に、木質バイオマス発電施設が必要とする木質バイオマス量を、周囲の人工林の森林資源ですべて賄うことができるのかどうかを検証した例はほとんどない。

本研究では、地域の森林資源を利用して、その地域の電力を賄うことが可能かどうかを、三重県津市美杉町に5000kwの木質バイオマス発電施設を設置と仮定して、必要となる木質バイオマス量と、電力を賄える世帯の範囲を検証することとした。人工林が多く人口が少ない美杉町なら採算が取れるであろうと予想し、対象地に設定した。

### II 材料と方法

#### 1. 材料

5000kw 発電所を、三重県津市美杉町の津市役所美杉支所の位置に建設すると仮定した。図-1 は三重県の航空

写真で、白い星印が今回設定した発電所の位置である。図-1 から、美杉町に設定した発電所の周囲には、森林資源が豊富に存在することがわかる。周囲に豊富な森林資源が存在する場所を対象地として選定した。

必要となる木質バイオマスは、津市内の現在スギ人工林となっている林分から供給することとし、すべて40年で皆伐の収穫を行うものとし、30年生の時に一度だけ間伐することとした。まず、最も木質バイオマス量の供給量が多い場合、言い換えれば、それ以上の供給ができない場合として、40年伐期の主伐材すべてを木質バイオマスとして利用した場合、次に、30年生で行う間伐の間伐材のみをすべて木質バイオマスとして利用した場合、最後に、40年で皆伐の収穫を行った場合に生じる枝や端材などの未利用林地残材のみを木質バイオマスとして利用した場合の三通りで検証した。

#### 2. 計算の流れ

発電所を1年間稼働する場合を想定して、以下のように計算を行う。発電所の発電量  $H$  [kwh] は次のように表すことができる。

$$H[\text{kwh}] = B[\text{kw}] \times 24[\text{hr}] \times 365[\text{day}] \times O_c/100 \quad (1)$$

$B$  : 木質バイオマス発電所の発電規模 [kw]

$O_c$  : 設備稼働率 [%]

(1) 式に、 $B$  [kw] =5000、 $O_c$  [%] =85 (6) を代入して計算したところ、発電所の発電量  $H$  [kwh]

=37,230,000 となった。

発電所を稼働するために必要なエネルギー量  $E$  [MJ] は、単位を [kwh] から [MJ] に変換するための係数 3.597 を用いて、次のように表すことができる。

$$E[\text{MJ}] = H[\text{kwh}] \times 3.597 \div Ef/100 \quad (2)$$

$Ef$ : 発電効率 [%]

(2) 式に  $E$  [%]=20 (6) を代入して計算したところ、発電所を稼働するために必要なエネルギー量  $E$  [MJ] = 669,581,550 となった。

スギの低位発熱量  $H_l$  [MJ/kg] は、全乾時高発熱量を  $H_{h0}$  [MJ/kg]、全乾重量 1 [kg] 当たりの水素比を  $h0$ 、全乾重量 1 [kg] 当たりの水分比を  $u$  とすると、以下の式で計算することができる。

$$H_l[\text{MJ/kg}] =$$

$$(H_{h0}[\text{MJ/kg}] - 2.5(9h0 + u)) \div (1 + u) \quad (3)$$

$H_{h0}$ : 全乾時高発熱量 [MJ/kg]

$h0$ : 全乾重量 1 [kg] 当たりの水素比

$u$ : 全乾重量 1 [kg] 当たりの水分比

(3) 式に、 $H_{h0}$  [MJ/kg]=19.0,  $h0=0.04424$ ,  $u=0.3$  (1,3) を代入して計算したところ、スギの低位発熱量  $H_l$  [MJ/kg] =13.3 となった。

発電所の稼働に必要な材積  $V_h$  [m<sup>3</sup>] は、チップ加工過程での材料消失比を  $D$ 、チップの重量から木材の体積への換算係数を  $C$  [m<sup>3</sup>/t] とすると、以下の式で表すことができる。

$$V_h[\text{m}^3] = (E[\text{MJ}] \div H_l[\text{MJ/kg}]) \div (1 - D) \times (C[\text{m}^3/\text{t}] \div 1000) \quad (4)$$

$D$ : チップ加工過程での材料消失比

$C$ : チップから木材への換算係数 [m<sup>3</sup>/t]

(4) 式に  $D=0.025$ ,  $C$  [m<sup>3</sup>/t] =1.2 (6) を代入して計算したところ、発電所の稼働に必要な材積はおおよそ  $V_h$  [m<sup>3</sup>] =62,000 となった。

主伐材すべてを木質バイオマスとして利用した場合 (以下、主伐材)、持続的に発電所を稼働させるために必要な主伐材の幹材積を  $V_a$  [m<sup>3</sup>/ha]、伐期を  $R$  [yr] とした場合必要となる人工林面積  $A_1$  [ha] は以下の式で表すことができる。

$$A_1[\text{ha}] = V_h[\text{m}^3] \div V_a[\text{m}^3/\text{ha}] \times R[\text{yr}] \quad (5)$$

$V_a$ : 主伐材の幹材積 [m<sup>3</sup>/ha]

$R$ : 伐期 [yr]

$R$  [yr] の伐期で、30 年生で行う間伐の間伐材のみをすべて木質バイオマスとして利用した場合 (間伐材)、持続的に発電所を稼働させるために必要な間伐材の幹材積を  $V_b$  [m<sup>3</sup>/ha] とすると、必要となる人工林面積  $A_2$  [ha] は、以下の式で表すことができる。

$$A_2[\text{ha}] = V_h[\text{m}^3] \div V_b[\text{m}^3/\text{ha}] \times R[\text{yr}] \quad (6)$$

$V_b$ : 間伐材の幹材積 [m<sup>3</sup>/ha]

$R$  [yr] の伐期で皆伐の収穫を行った場合に生じる枝や端材などの未利用林地残材のみを木質バイオマスとして利用した場合 (未利用林地残材)、持続的に発電所を稼働させるために必要な間伐材の幹材積を  $V_r$  [m<sup>3</sup>/ha] とすると、必要となる人工林面積  $A_3$  [ha] は、以下の式で表すことができる。

$$A_3[\text{ha}] = V_h[\text{m}^3] \div V_r[\text{m}^3/\text{ha}] \times R[\text{yr}] \quad (7)$$

$V_r$ : 未利用間伐材の幹材積 [m<sup>3</sup>/ha]

なお、未利用林地残材積  $V_r$  [m<sup>3</sup>/ha] は、以下の式で表すことができる。

$$V_r[\text{m}^3/\text{ha}] = T[\text{t}/\text{ha}] \div (1 - D) \times C \quad (8)$$

$T$ : 林地残材発生量 [t/ha]

このときの林地残材発生量  $T$  [t/ha] は、渡辺 (2011) による様々な手法で林地残材発生量を推測した調査結果 (7) を平均した値として、 $T$  [t/ha] =10.408 を用いた。(8) 式を計算したところ、 $V_r$  [m<sup>3</sup>/ha] =12.81 となった。

### III 結果

#### 1. 必要となる人工林面積

$V_a$  [m<sup>3</sup>/ha] =435,  $V_b$  [m<sup>3</sup>/ha] =40 (4),  $R$  [年] =40 の各値を、(5), (6), (7) 式に代入した計算結果を表-1 に示す。

三重県森林政策課所管の、平成 28 年度の森林 GIS データ (全市町) より、津市スギ人工林の面積は約 1.5 万 ha である。一方、必要な人工林面積は、間伐材では約 6 万 ha、未利用林地残材では約 19 万 ha となり、津市内に存在するスギ人工林だけでは、十分な木質バイオマス量を確保できないことが明らかとなった。

次に、主伐材を使用した場合必要となる 5,698ha を賄

うには、木質バイオマスの集荷範囲がどれだけになるのか、発電所から林小班までは直線で移送すると仮定し、フリーソフトである QGIS (<http://www.qgis.org/>) を用いて検証した。

## 2. 集荷範囲

図-2は平成28年度時点での三重県津市の林小班データから、スギ人工林のみを抽出したものである。白い星印が5000kw発電所の位置で、周りの円が40年伐期の主伐材すべてを木質バイオマスとして利用した場合の集荷範囲となっている。

QGISを使い、5000kw発電所が稼働するために必要な面積5,698haになるまで、発電所に近い林小班から順に面積を積算した。ちょうど5,698haになる林小班の重心を取り、重心から発電所までの直線距離が集荷範囲の半径となるようにし、QGIS上で計測をした。

その結果、集荷範囲は半径7.3kmとなった。木質バイオマスは一般に半径50kmが集荷範囲であるといわれている(5)ため、40年伐期の主伐材すべてを木質バイオマスとして利用した場合には、十分採算が取れると考えられる。

## 3. 賄える世帯

設置した5000kw発電所が発電する電力で、どれだけの世帯が賄えるか検証した。

1世帯の電力使用量は、中部地方の戸建と集合住宅の電力使用量を平均した値37,287.5[MJ/世帯・年]に、[MJ]から[kwh]に変換するため0.278をかけて計算した(2)。1世帯の電力使用量は、10,366[kwh/世帯・年]となった。賄える世帯数は、(1)式で算出した発電所の発電量37,230,000[kwh]を1世帯の電力使用量10,366[kwh/世帯・年]で除して算出した。結果として、5000kwの発電所一基で約3,600世帯の電力を賄えることがわかった。

人口統計ラボ (<http://toukei-labo.com/>) より、津市美杉町は平成22年度時点で2,282世帯なので、5000kw発電所一基を建設することで、美杉町全世帯の電力を賄うことが出来ると考えられる。図-3は、賄える世帯の範囲を表した図である。外側の円が賄える世帯約3,600世帯の範囲を示している。この美杉町を対象とした結果から、山村地域では木質バイオマスエネルギーによる発電により、その地域の電力を十分に賄うことができる可能性が高いと考えられる。

## IV まとめ

津市美杉町に5,000kw木質バイオマス発電所一基を設置した場合、スギ人工林を40年で皆伐しすべて木質バイオマスとして利用したとき、半径7.3kmの範囲で木質バイオマスの持続的供給は可能であることが明らかとなった。木質バイオマスは一般に半径50kmの集荷範囲が望ましいとされているため、十分採算が取れると考えられ

る。また、この木質バイオマス発電所によって、美杉町の全世帯の電力を賄うことは可能であると考えられた。一方、間伐材や未利用林地残材のみでは、発電所の稼働に必要な木質バイオマス量を確保するのは難しいと考えられた。

本研究では、津市のみを対象として検証したが、今後は、周りの市町村も含めて検討する必要があると考えられる。

## 引用文献

- (1) 浅野猪久夫(1982) 木材の事典. 朝倉書店:433-435
- (2) 株式会社三菱総合研究所(2013) 平成24年度エネルギー消費状況調査(民生部門エネルギー消費実態調査)
- (3) 古賀信也(2000) 木質バイオマス燃料の特性について. 平成11年度~13年度科学研究費補助金(地域連携推進研究) 研究成果中間報告書:30-39
- (4) 三重県林業研究所(2011) 三重県スギ・ヒノキ人工林林分収穫表(長伐期施業対応版)及びシステム収穫表
- (5) 東京農業大学農山村支援センター(2015) 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~.
- (6) 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月号:21-36
- (7) 渡辺大詞(2011) 木質バイオマス利用に向けての一考察. 林野庁

表-1. 必要面積

	主伐材	間伐材	未利用 林地残材
必要面積 A[ha]	5,698	61,962	193,492



図-1. 発電所の位置



図-2. 集荷範囲

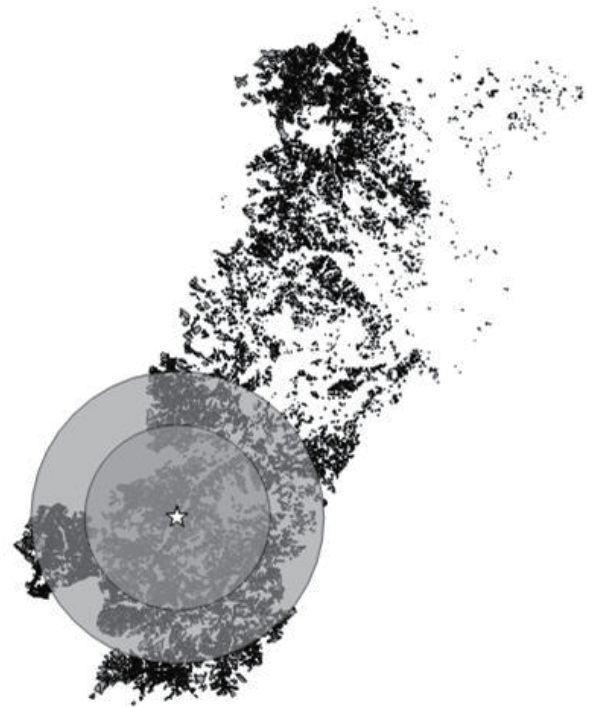


図-3. 賄える世帯の範囲