

# 山梨県地域における林地残材のエネルギー源化の可能性

森林総合研究所

小澤 雅之

## Possibility of Forest Residues in Forests and Timber Yards as an Energy Source in Yamanashi Area

Yamanashi Forest Research Institute  
Masayuki Ozawa

### 要 約

山梨県地域を中心としてこれまで林地や土場等に堆積されていた林地残材量を実測調査を行ってきたが、林地残材を小山の状態ですぐ屋根を付けて半年ほど自然乾燥させればエネルギーとして活用できる可能性が高いことが判明した。山梨県全域で林地残材を活用したエネルギープラントも成立する可能性がある。しかし、現状では地域における社会的同意が必要不可欠である。

### 1. 緒 言

地球温暖化対策や林業振興に有効な手段として、木質バイオマスのエネルギー利用<sup>1)</sup>について注目が集まっている。中でも主伐や間伐等で発生した林地残材について、北欧諸国で既に利用されている事例<sup>2-3)</sup>等から、日本でも有効な熱源として期待されている。しかし、現在の日本の林業では林地残材のエネルギー利用を想定していないため、林内や土場跡地などにそれらが堆積されており、ほとんど利活用されていない。そこで、山梨県のある地域にバイオマスエネルギープラントを設置することを想定し、現状における具体的な利用法ならびにエネルギー源としての可能性について検討した。

のチップ化に要するコスト等についても明らかにするために、使用した機械等の稼働時間および燃費等について実測を行った。

表1 想定する木質バイオマスエネルギー変換システムの概要

エネルギー変換システム	木質チップ焚蒸気ボイラー
ボイラー設備運転時間	24時間/日×350日/年=8400時間/年
木質バイオマス投入量	0.43t/時間, 10.3t/時間, 3592t/年
ボイラー効率目標値	80%
生産エネルギー	低圧蒸気 (2.5MJ/kg)
蒸気発生量	定格換算蒸気量1.65t/時間, 40t/日, 13860t/年
発生蒸気熱量	3.72GJ/時間, 89.3GJ/日, 31.2TJ/年

### 2. 実験方法

山梨県地域を4つに区分し、そのうち1カ所に表1のような能力を有する木質バイオマスチップボイラーを設置することを想定した。ボイラーから発生する熱エネルギーは、現在使用している重油ボイラーの代替とし、熱需要のある工場に全量供給することとした。運び込む原料は主にチップ材を外部から買付け、地域の蓄積量に応じて林地残材の投入を想定した。なお、林地残材の発生量については、これまでの調査結果を、伐採計画については山梨県県有林管理計画を基とした。

また、実際に林地残材発生源から利用拠点まで搬送する際のコスト等を算出するために、ダンプへの積み込み・積み卸し、搬送時間等を実測した。また、林地残材

### 3. 結 果

#### 3-1 林地残材の輸送試験

林地残材が堆積している地点に図1に示すような12tダンプを横付けし、グラブにて林地残材の積載試験を行った。また、積載した後、プラント設置を想定した地点まで、実際に陸送させ、走行時間と燃費について4回輸送試験を行い調査した。なお、この一連の試験は平成20年3月に実施したため、執筆時においてデータ解析が完了していないが、詳細については平成20年8月に開催される日本エネルギー学会大会で発表<sup>4)</sup>する予定である。



図1 林地残材の輸送に用いた12tダンプ

現時点において判明していることとして、積込みはグラップルを使って行ったが、概ね60～90分要した。その後、片道約50kmの一般道の走行に約60分要した。プラント設置想定地点ではダンプのダンプ機能を用いて荷下ろしを行い、約5分要した。

1回目の輸送試験では12t積載可能なダンプに積込んだ林地残材の量は5.86t、2回目のそれは7.78tであった(いずれも林地残材の含水率は25～50%)。3、4回目についても積載量は微増しており、2回目以降積載量が増加した理由として、積込みを行うグラップル作業員の反復効果によると思われる。詳細な工程調査の解析が完了していないが、積込み量が増加するに従って作業時間も増加する傾向があり、両者は作業員の技量によるところが大きいと思われる。

一方、輸送された林地残材(図2参照)には目視の段階で土や石等の残土混入が明確に認められ、ボイラに供給するには分別作業が必要となった。土砂等が混入した原因として、伐採直後の林地残材を回収する際に土砂も併せてかき寄せた可能性が考えられる。



図2 運込まれた林地残材の状態

1回目に輸送された林地残材をバイオマス実質部分と

それ以外に分別したところ、残材総量5.68tのうち、残土は1.48tを占めた。輸送代金として片道40000円/回要した。1回目のデータだけであるが、残材総量の輸送コストは7042円/tとなるが、バイオマス実質部分の輸送コストだけで見れば9132円/tと上昇した。林地残材に混入する土砂を運び込んでも有効な用途はなく、別に処分しなければならない。従って輸送開始前から極力排除する必要があるが、今後これらの混入を最小限にする方法を検討する必要がある。

なお、チップ化の工程調査や林地残材チップ化後の容積縮減率などを実測したが、現在報告できるまでには至っていないため、ここでは割愛する。

### 3-2 林地残材の資源量

木質バイオマスチップボイラの設置を想定した地域における県有林分布状況を図3に示す。設置場所から半径5～10km以内および10～15km以内における県有林占有率は31.6および44.5%で、両者併せると県有林の約75%が収まる結果となった。山梨県では平成18年度から10年間におよぶ「県有林管理計画」を策定しているが、この地域では単純平均で毎年12haの主伐が計画されている。これまでの林地残材発生量の調査結果から、伐採現場毎に数値が変動するものの、ha当たり50～100t程度発生していることが判明<sup>5)</sup>している。

従って半径5～15km以内の主伐により含水率が100%の状態では毎年600～1200t程度の林地残材が発生すると推算した。しかし、実際にボイラへ投入する際には含水率を低下させる必要がある。そこで、投入時の含水率を30%として換算すれば390～780tになる。



図3 プラント設置想定地域における県有林の分布

一方、山梨県地域全体での林地残材発生量を推算する。上記の計画では今後10年間に行う主伐量は905.42haとなっている。従って、発生し得る林地残材の量は含水

率30%換算で29400~58900tとなる。しかし、主伐計画が地域によって大きく異なっており、最も多い地域は少ない地域の約5倍となっていることから、林地残材の発生も地域間で差が生じることとなる。

### 3-3 林地残材の熱量

主伐対象樹種は主に針葉樹であるので、ここでは針葉樹の熱量を用いることとする。山梨県森林総合研究所実験林において1年程度自然乾燥させた林地残材（ヒノキ）の熱量を測定したところ、約16.74MJ（含水率約20~25%）であった。そこで、この値を用いて、年間における林地残材の単純平均熱量は、山梨県地域全体で44.6~89.7TJを得ることができる。全ての林地残材を想定規模のチップボイラに投入するならば、山梨県地域全体では最大で3カ所程度設置が可能となる。しかし、林地残材の発生場所は地域によって大きな差があるため、林地残材の収集を地域内のみで完結できる設置場所は限られてくるものと思われる。

### 3-4 林地残材の価格

ところで、現在山梨県地域ではエネルギー源とした林地残材の市場取引が行われていない。しかし、林地残材を活用するためには、適正な価格を設定する必要がある（3-6参照）。そこで、自社内で林地残材チップを製造した際の1t当たりの燃料価格を次のように仮定した。

$$\text{燃料価格} = \text{原材料費（変動値）} + \text{加工費（固定値）} \cdots (1)$$

（ただし、原材料費は林地残材の取引価格、加工費はチップ化に要する人件費、運送代、各種燃料費、減価償却費等の総計）

前述したとおり、現在加工費に相当する部分の工程調査は行ったものの、データ解析にまで至っていないため詳細の明示ができない。しかし、概ね使用するチップの単位時間当たりの加工量、燃費、配置する人員などは、各作業場所・施設に依存すると考えられるため固定値と定義した。

ところで価格は需給量の関係から市場において決定されるが、林地残材の価格については未だ市場が形成されていないため、市場における需給量の関係で決定することができない。しかし、適正な価格を設定するために、今回は化石資源を代替する立場から、現在の重油の取引価格を参考に林地残材の価格設定を試みることにした。

3-2で示したとおり、約1年間堆積した後の林地残材の熱量は16.74MJであった。A重油の低位発熱量37.1MJ/リットル、比重0.85とした場合の熱量を便宜上約41.85MJとする。A重油価格が1リットル当たりH円ならば、自然乾燥させた林地残材の熱量単価は1kg当たり16.74/41.85H円となので、1t当たり400H円として示

すことができる。

従って、A重油と同等の熱量と経済性を有するためには燃料価格が400H円以下であれば良いことになり、(1)式から林地残材の価格は1t当たり「400H-加工費」円と示すことができる。

大変簡易な式であるが、この式は次のように解釈することもできる。加工費は固定値として示したが、加工費は抑制・低減することが可能な費用であるため、重油価格を参考にしているが、林地残材の取引上限価格を示すことも可能となる。

また、林地残材が重油代替品として等価であるという観点に立ち価格を決定すれば、発生源である森林に対して、どれだけ貨幣として還元できるかということも示すことが可能となる。

### 3-5 林地残材の乾燥方法

伐採直後の森林資源は、樹体内に多くの水分を含んでいるため、高い含水率状態になっている。一般に森林資源を加工・利用するためには目的に見合った含水率まで乾燥を行う必要がある。木質バイオマスを熱源として利用する際も、高い含水率状態で直接燃焼させれば、木質バイオマス中に含まれている水分の影響で十分な熱量を得ることができなくなるので、含水率管理は極めて重要である。木質資源の乾燥方法は大きく分けて自然乾燥法と人工乾燥法があるが、今回のように熱源として利用するのであれば、外部からのエネルギーを必要としない自然乾燥法が望ましい。

そこで、林地残材の乾燥方法について各種実験を行ってきた<sup>6-10)</sup>が、ここでは具体的な乾燥方法について述べることにする。

伐採直後のヒノキ林地残材を山梨県森林総合研究所実験林に搬入し、グラップルを用いて直径3m程度、高さ約1.5mの小山状に堆積させ（図4参照）、降雨の影響を避けるための簡易な屋根を設置し（図5参照）、小山内部の含水率変化を観測した（図6参照）。



図4 伐採直後に堆積させた林地残材の小山