# 木質バイオマス安定供給体制構築事業
# 結果報告書

平成２９年３月

北海道上川総合振興局
木質バイオマス推進室

# 目　　次

はじめに　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１

第１章　上川管内における木質バイオマス利用の取組　・・・・・・・・・・・・　２
　第１節　木質バイオマスの発生・利用状況　・・・・・・・・・・・・・・・・・　２
　第２節　木質バイオマスのエネルギー利用状況　・・・・・・・・・・・・・・・　３

第２章　林地未利用材の安定供給に向けた取組　・・・・・・・・・・・・・・・・　４
　第１節　低コスト生産モデル事業　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　４
　　１　音威子府村における取組　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　５
　　２　美深町における取組　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　９
　　３　上川町における取組　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１３
　　４　美瑛町における取組　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１９
　　５　南富良野町における取組　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　２３
　　６　占冠村における取組　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　２５
　　７　まとめ　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　２８
　第２節　平成 28 年度林地未利用材集荷システム実証事業　・・・・・・・・・　３２

第３章　木質バイオマスのエネルギー利用拡大に向けた取組　・・・・・・・・・　３７
　第１節　木質バイオマス発生情報提供システム　・・・・・・・・・・・・・・　３７
　第２節　熱エネルギー普及に向けた新たな取組　・・・・・・・・・・・・・・　３９

第４章　木質バイオマス燃料（チップ）の取扱方法　※林産試験場　・・・・・　４２
　第１節　事業概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　４２
　第２節　林地未利用材の燃料としての可能性について　・・・・・・・・・・・　４２
　第３節　乾燥チップの生産方法について　・・・・・・・・・・・・・・・・・・　４４
　第４節　やさしい木質チップ燃料の検収マニュアルについて　・・・・・・・・　４７

おわりに　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　５６

# は　じ　め　に

近年、再生可能エネルギーである木質バイオマスに大きな注目が集まっており、管内各地域の公共施設等への新たなボイラー導入や、管外での大規模な木質バイオマス発電施設の相次ぐ稼動などにより、木質バイオマスの利用量が更に増大することが見込まれていることから、木質バイオマスの安定供給が課題となっている。

森林面積が全道一の上川総合振興局管内では、大規模な製紙工場や木材加工工場、近年では、公共施設や温泉宿泊施設などにおいて、木質バイオマスをエネルギー利用する取組が進められており、平成 27 年度の木質バイオマスの利用量は、全道の約４割に及んでいる。

上川総合振興局では、平成 25 年９月に、森林組合、市町村、国有林、木質バイオマス需要者などで構成する「上川管内木質バイオマス安定供給協議会」を設立、翌年４月には、協議会の円滑な運営や木質バイオマスの利用促進に向けたワンストップサービスの相談窓口である「木質バイオマス推進室」を設置し、上川管内の森林から発生する林地未利用材の安定供給やエネルギー利用拡大に向けた取組を進めている。

本報告書では、地域政策推進事業（H26～H28 木質バイオマス安定供給体制構築事業）などを活用して木質バイオマス推進室がこれまで実施した主な取組内容及び（地独）北海道立総合研究機構林産試験場利用部バイオマスＧの研究成果について報告する。

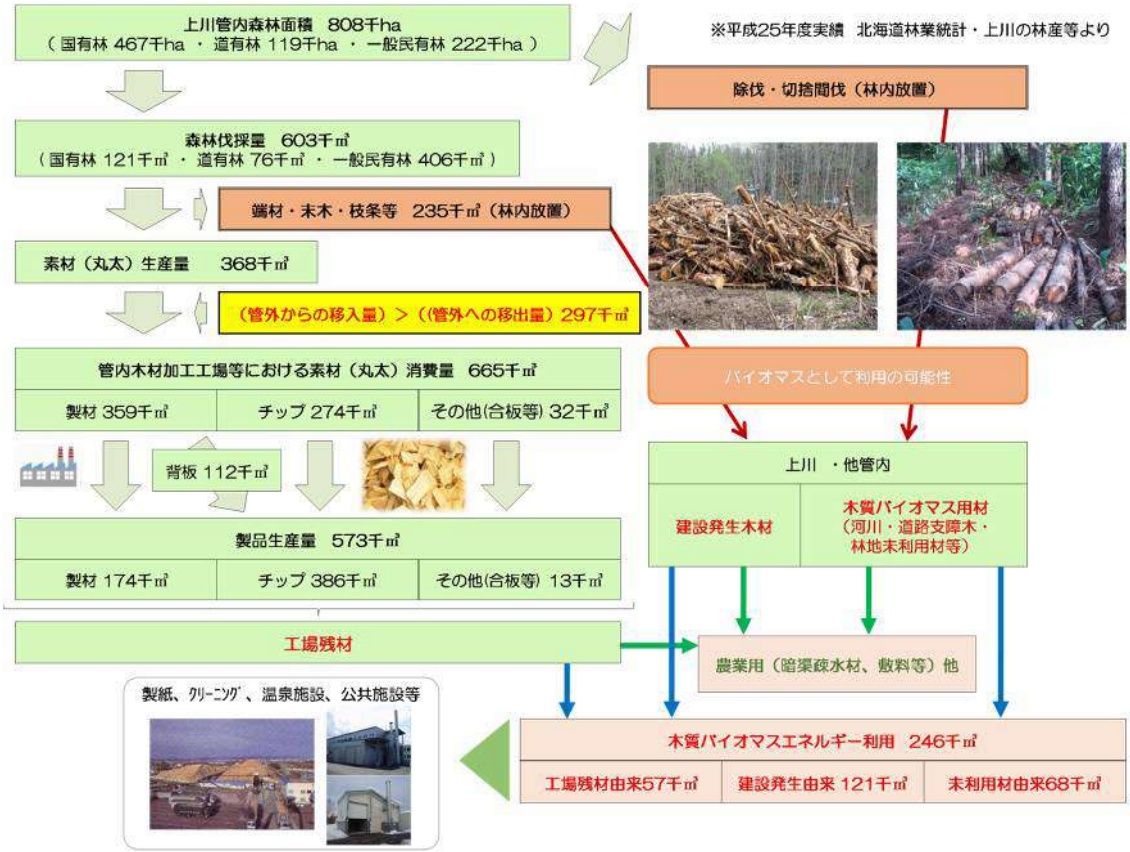
# 第１章 上川管内における木質バイオマス利用の取組

上川総合振興局管内では、木質バイオマスをエネルギー利用する取組が進められており、平成 27 年度の木質バイオマス利用量は、全道の約４割に及んでいる。ここでは、上川管内における木質バイオマスの発生・利用状況やエネルギー利用状況について報告する。

## 第１節 木質バイオマスの発生・利用状況

上川管内における森林伐採量、素材生産量・消費量、製品生産量、木質バイオマスエネルギー利用量等から、木質バイオマスの発生から利用までの流れについて図１に整理した。

図１ 上川管内における木質バイオマスの発生・利用状況




ア 端材・末木・枝条等の試算量（235 千 $m^3$）は、森林伐採量（603 千 $m^3$）から素材生産量（368 千 $m^3$）を差し引いて算出。

イ 管外からの移入試算量（297 千 $m^3$）は、素材消費量（665 千 $m^3$）から素材生産量（368 千 $m^3$）を差し引いて算出。

ウ 背板試算量（112 千 $m^3$）は、チップ製品生産量（386 千 $m^3$）からチップ素材消費量（274 千 $m^3$）を差し引いて算出。

◆ 平成 25 年度実績では、年間約 60 万 $m^3$ の伐採量があるが、その中で、伐採に伴って発生し、林内や山土場に放置されている端材、末木、枝条等や林内に放置されている除伐材、切捨間伐材等が「林地未利用材」として利用可能と見られている。

◆ 現状での木質バイオマスエネルギー利用量については、「建設廃材」や「工場残材」

を由来とする原料が多く含まれるが、これらは発生量に限りがあることから、今後は、林地未利用材を如何に有効活用できるかが課題となっている。

## 第２節 木質バイオマスのエネルギー利用状況

上川管内では、木材産業、家具製造業、製紙業、クリーニング工場、温泉宿泊施設、公共施設等において、43 基の木質バイオマスボイラーが導入されている。※H29 末現在。

その内、木材産業（製材工場等）や家具製造業では、工場で発生する端材を主な燃料とした蒸気ボイラーによる木材乾燥等が行われており、温泉宿泊施設、公共施設等では、林地未利用材を由来としたチップ等を主な燃料とした温水ボイラーによる暖房、給湯、温泉加温等が行われている。利用施設別のボイラー導入台数については、図１のとおり。

表２　上川管内における主な木質バイオマスエネルギー利用状況

**図１ 利用施設別ボイラー導入台数**

H29.3現在

| 区 分 | ボイラー導入台数 | | | | 発電機 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 木屑（チップ） | ペレット | 薪 | 計 | |
| 木材産業 | 11基 | | | 11基 | |
| 家具製造 | 6基 | | | 6基 | |
| 製紙業 | 1基 | | | 1基 | 4基 |
| 温泉・宿泊施設 | 6基 | | 2基 | 8基 | |
| 公共施設等 | 13基 | 1基 | | 14基 | |
| その他 | 3基 | | | 3基 | 1基 |
| 合 計 | 40基 | 1基 | 2基 | 43基 | 5基 |

# 第２章 林地未利用材の安定供給に向けた取組

大規模発電事業等の影響による木質バイオマス需要の増加に対応するためには、今まで利用されなかった未利用資源である林地未利用材を有効活用することが求められるが、林地未利用材は、丸太に比べて不定形で、重量のわりに容積が大きいことなどから、現状では、低コストで効率的に集荷できるシステムは、確立されていない状況にある。

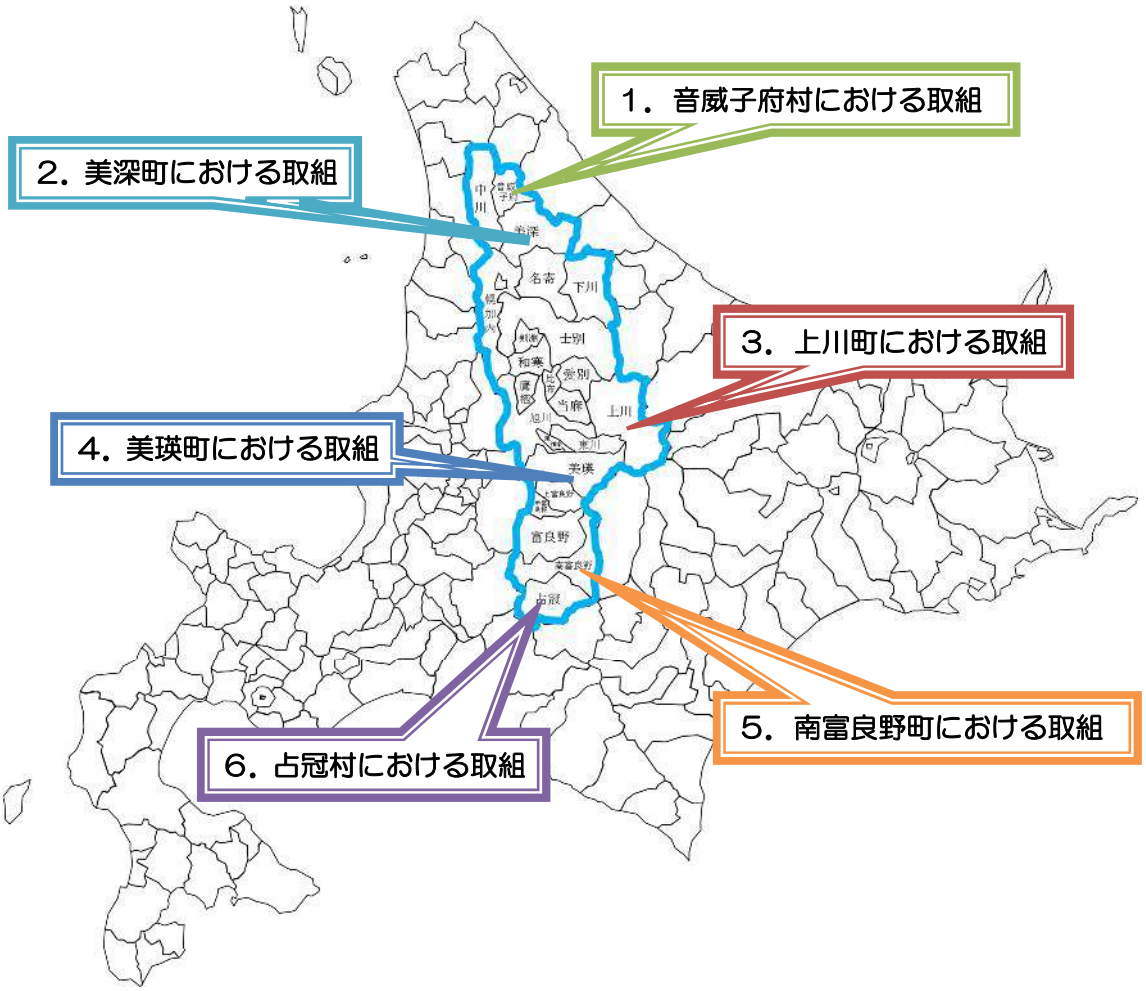
そのため、木質バイオマス推進室では、地域関係者との連携による林地未利用材の安定供給体制構築に向けた取組を進めている。

なお、ここでいう林地未利用材とは、森林整備（主伐・間伐）に伴って発生する端材（ドンコロ・末木・枝条や切捨間伐材を指す。

## 第１節 低コスト生産モデル事業

低コスト生産モデル事業は、上川管内の森林整備箇所で発生する林地未利用材を低コストで安定的に供給するシステムを構築、普及することを目的に、モデル的な生産・集荷事業を実施し、林地未利用材の生産量や集荷コストなどを調査・検証する事業である。

平成 26 年度と平成 27 年度の２箇年にわたり、木質バイオマスのエネルギー利用を進めている上川管内６町村において実施したので、ここでは、その結果について報告する。



## １．音威子府村における取組

（１）事業背景と目的

音威子府村では、平成 24 年度に天塩川温泉へ木質バイオマスボイラーを導入するなど、木質バイオマスのエネルギー利用を進めており、将来的には、村内の未利用資源を循環利用することを目的とした燃料チップ工場の建設を検討していたことから、村内の森林整備箇所において、燃料用チップの原料となり得る林地未利用材が、どのくらい（量）発生し、どのくらいのコストで集荷できるのかを試験的に実施した。

（２）事業概要

①事 業 時 期：平成 26 年 10 月下旬
②事 業 箇 所：音威子府村有林皆伐箇所（旧天北線鉄道林）
③事 業 内 容：従来どおりの素材生産を行った際に、集荷することが可能な林地未利用材の量とチップ工場までの集荷コストを調査。
④事業協力者：音威子府林産企業協同組合（素材生産）
齊藤重興業（林地未利用材集荷・チップ化）

（３）事業の流れ

写真① トドマツ人工林であるが、広葉樹（ナラ・カバ等）の侵入も多い林分状況。
写真②③ チェーンソーで伐採（皆伐）を行い、枝が付いたまま土場まで全木集材。
写真④ ハーベスタにより、枝払いと玉切。※太い広葉樹は、チェーンソーを使用。
写真⑤⑥ 土場で発生する端材と末木を、グラップルで出来る限り集め、トラックへ積込み易い箇所に集積。
写真⑦⑧ グラップルにより、トラック（箱車）へ積込み。※作業時間 36 分。

写真⑨ トラックスケールで、重量を測定し美深町のチップ工場まで運搬。
写真⑩ チッパー機（モロオカ MC4000）によりチップ化。
写真⑪ 生産された破砕チップ。町内の畜産農家で敷料として利用。
写真⑫ トラックスケールにより、重量を測定。

（４）事業の結果と考察

今回の事業では、試験地内（１ha）の立木を、全木集材により素材生産した際に、土場において発生した林地未利用材を、グラップルの待機時間を利用して出来る限り集積を行い、チップ工場まで集荷を行った。各調査結果については、以下のとおり。

①林地未利用材の集荷量

林地未利用材（末木・枝・端材）を、グラップルでトラックに積込み、チップ工場まで運搬を行う途中で、トラックスケールにより集荷量（実重量）を測定した。集荷量の詳細は、表１－１のとおり。

**表1-1 林地未利用材の集荷量**

| 区 分 | 立木材積 A | 素材生産量 | | | | 林地未利用材集荷量 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 一般材 B | パルプ C | 合計 D B+C | 歩止 E D/A | 実重量 F | 水分 G | 絶乾重量 H F*(100-G)/100 | 絶乾容積密度 I | 材積 J H/I | 歩止 K J/A |
| 針葉樹 | 193㎥ | 56㎥ | 47㎥ | 103㎥ | 53% | 10.76t | 54% | 4.95t | 0.319t/㎥ | 15.5㎥ | 8.0% |
| 広葉樹 | 150㎥ | 7㎥ | 89㎥ | 96㎥ | 64% | 8.40t | 50% | 4.20t | 0.619t/㎥ | 6.8㎥ | 4.5% |
| 合 計 | 343㎥ | 63㎥ | 136㎥ | 199㎥ | 58% | 19.16t | | 9.15t | | 22.3㎥ | 6.5% |

ア　実重量は、トラックスケールで測定した、水分を含んだ重量。
イ　水分は、サンプル（円盤）を採取し、林業試験場の協力により算出。
ウ　絶乾容積密度は、水分０%時の材積１$m^3$当たりの重量で、測定した重量から材積を算出するために使用。今回の試算では、H17 森林吸収源計測活用体制強化事業調査報告書の数値（トドマツ：0.319t/m3・ナラ：0.619t/m3）を引用。
エ　材積は、絶乾重量÷絶乾容積密度で算出。

■　針葉樹は、主に端材を１台分集荷して、重量は、10.76t、材積は 15.5 $m^3$となった。土場では、枝条についても発生したが、土砂が大量に付着していたことから集荷対象としなかった。
■　広葉樹は、端材・末木を１台分、枝条を１台分集荷して、重量は、8.40t、材積は 6.8 $m^3$となった。土場では、パルプ用材（径級 6cm 上・長級 2.4m）とならない末木と枝条の発生量が多かったが、針葉樹と比べて材が堅く、圧縮できないことから、箱車（トラック）による運搬は非効率のため集荷は１台分のみとなった。
■　合計の重量は、19.16t、材積は、22.3$m^3$ となり、伐採した立木材積に対する歩止は、6.5%という低い結果となった。

◆　針葉樹は、全木集材を行えば、土場において、端材・末木・枝条が発生するが、作業時期によっては、土砂が付着してしまう可能性が高い。特に、枝条については、土砂が付着しやすいことから燃料チップとしての品質は低くなる。
◆　広葉樹については、パルプ用材の出材比率が高い現場では、発生する林地未利用材

が、主に末木や枝条となるため、集荷可能量は少なくなる。※一般材が生産されないと端材はあまり発生しない。

②林地未利用材の集荷時間とコスト

グラップルによるトラックへの積込時間とトラックによるチップ工場までの運搬時間を計測し、集荷コストを試算した。各作業時間と試算コストは、表 1-2 のとおり。

表1-2 林地未利用材の集荷時間とコスト

| 区 分 | 集荷量<br>実重量<br>A | 集荷時間 | | | 集荷コスト（円） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | グラップル<br>積込<br>B | トラック<br>運搬<br>C | 合計<br>D<br>B+C | グラップル経費 | | トラック経費 | | 合計<br>I<br>F+H | 重量<br>当経費<br>J<br>I/A |
| | | | | | 1h当<br>E | 計<br>F<br>E*(B/60) | 1h当<br>G | 計<br>H<br>G*(C/60) | | |
| 針葉樹 | 10.76t | 34分 | 100分 | 134分 | 7,744 | 4,388 | 8,367 | 13,945 | 18,333 | 1,704 |
| 広葉樹 | 8.40t | 46分 | 200分 | 246分 | | 5,937 | | 27,890 | 33,827 | 4,027 |
| 合 計 | 19.16t | 80分 | 300分 | 380分 | | 10,325 | | 41,835 | 52,160 | 2,722 |

ア　トラック運搬は、現場到着からチップ工場での荷下しまでの時間。
イ　運搬距離（音威子府村～美深町）は、片道 36km。
ウ　運搬トラックの荷台容積は、約 29 $m^3$（29.28$m^3$=W2.3m×H1.9m×L6.7m）。
エ　集荷コストは、計測したグラップルとトラックの実稼働時間に対する経費。

■　針葉樹は、1 台で 10.76t（端材・末木）集荷できたことから、集荷コストは、18,333 円で、重量当たりの集荷コストは、1,704 円/t となった。
■　広葉樹は、2 台で 8.40t（枝も運搬）しか集荷できなかったことから、集荷コストは、33,827 円で重量当たりの集荷コストは、4,027 円/t となった.。
■　合計集荷コストは、52,160 円で、重量当たりの集荷コストは、2,722 円/t という試算結果となった。

◆　グラップルによる端材のトラック積込時間は、今回の結果では、34 分（針葉樹）となった。端材の積込は、掴みづらいことから初めのうちは時間がかかる作業であるが、慣れてくれば、約 30 分程度で積込可能となるため、土場での椪積み作業の合間等に実施することは十分可能である。
◆　端材は、枝条に比べて重量を運搬することができるため、燃料チップ原料としては、十分戦力になると考えられるが、効率的に集荷するためには、チップ工場からの運搬距離や集荷スケジュール（素材生産者と運搬者）の調整が重要となってくる。
※1 日 3～4 往復できる現場（30km 以内）が、理想的な集荷範囲である。

③林地未利用材のチップ化作業

集荷した林地未利用材を、グラップルによりチッパー機へ投入しチップ加工する作業時間を計測して、コストを試算した。各作業時間と試算コストは、表 1-3 のとおり。

表1-3 林地未利用材のチップ化作業

| 区 分 | 集荷材積 | チップ生産量 | | チップ加工コスト（円） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 数量 | 換算倍数 | 作業時間 | グラップル経費 | | チッパー機経費 | | 合計 | 集荷材積当経費 | チップ数量当経費 |
| | | | | | 1h当 | 計 | 1h当 | 計 | | | |
| | A | B | C<br>B/C | D | E | F<br>E*(D/60) | G | H<br>G*(D/60) | I<br>F+H | J<br>I/A | K<br>I/B |
| 針葉樹 | 15.5㎥ | 27.74㎥ | 1.8倍 | 191分 | 7,744 | 24,652 | 20,401 | 64,943 | 89,595 | 5,780 | 3,230 |
| 広葉樹 | 6.8㎥ | 26.20㎥ | 3.9倍 | 276分 | | 35,622 | | 93,845 | 129,467 | 19,039 | 4,941 |
| 合 計 | 22.3㎥ | 53.94㎥ | | 467分 | | 60,274 | | 158,788 | 219,062 | 9,823 | 4,061 |

ア　チップ生産数量は、トラック荷台（容積約 30 $m^3$）の層積により算出。

イ　チップ加工コストは、計測したグラップルとチッパー機の実稼働時間に対する経費。

■　針葉樹のチップ生産量は、27.74 $m^3$（層積）で、原料材積に対する換算倍数は、1.8 倍と低い結果となった。これは、集荷した原料を、全てチッパー機へ投入できなかったことが原因だと考えられる。※原料重量が 10.76t だったのに対して、生産されたチップ重量は 8.36 t と、マイナス 23%であった。

■　広葉樹のチップ生産量は、26.20 $m^3$（層積）で、原料材積に対する換算倍数は、3.9 倍と高い結果となった。広葉樹は、集荷した原料の大部分をチッパー機へ投入できたため、重量からの材積換算数値が低かったことが原因だと考えられる。※原料重量が 8.40t だったのに対して、生産されたチップ重量は 7.92t と、マイナス 6%であった。

■　チップ加工は、上から投入するタブグラインダー式のチッパー機（破砕式）により試験を行ったが、予想以上に処理時間がかかってしまい（針葉樹 191 分・広葉樹 276 分）、重量当たりの経費は、針葉樹で 5,780 円/t、広葉樹で 19,039 円/t という高い試算結果となった。特に重量がない広葉樹の細い枝等は、上からの投入では、グラップルによる押さえ込みがないと、スムーズに処理できなかった。（横入れ式のチッパー機が適しているとされている。）

④チップ分析結果は、表１－４のとおり。

表1-4 チップ分析結果

| 区 分 | 採取時水分 | 採取時水分かさ密度 | 無水換算 | | | 採取時水分 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 発熱量A | 灰分B | 参考A/(1-B) | 高位発熱量 | 低位発熱量 |
| 針葉樹 | 51.3% | 0.25t/㎥ | 19.18MJ/kg | 5.2% | 20.23MJ/kg | 9.33MJ/kg | 7.38MJ/kg |
| 広葉樹 | 46.1% | 0.22t/㎥ | 19.48MJ/kg | 3.4% | 20.17MJ/kg | 10.50MJ/kg | 8.62MJ/kg |

ア　サンプル（ポリ袋１袋分）を採取し、林産試験場バイオマスGの協力により算出。

■　今回の取組は、土場が常時ぬかるんでいる作業条件が悪い時期に実施したことから、集荷する林地未利用材への土砂付着は避けられず、生産されたチップの灰分も高めの数値（針葉樹 5.2%・広葉樹 3.4%）となった。

◆　林地未利用材から燃料用チップを生産する場合、ほとんどが樹皮部分も含めて利用することから、集荷にあたっては、土砂付着を低減するために集荷時期等の検討が必要と考える。※灰分が高いと発熱量も低くなってしまう。

## ２．美深町における取組

○ 事業背景と目的

美深町では、林産業の活性化を目的として木質バイオマスのエネルギー利用が進められており、平成 26 年度には、びふか温泉へ木質バイオマスボイラーが導入されている。

林業関係者等で構成された協議会が、町内森林面積の約９割を占める道有林から、安定供給させる仕組みを検討していたことから、道有林の森林整備箇所において、燃料用チップの原料となり得る林地未利用材が、どのくらい（量）発生し、どのくらいのコストで集荷できるのか等を試験的に実施した。

### ２－１　林地未利用材（端材・枝条）集荷の取組（平成 26 年度）

（１）事業概要

①事 業 時 期：平成 26 年 10 月下旬

②事 業 箇 所：美深町 道有林上川北部管理区 131 林班
アカエゾマツ人工林帯状間伐箇所

③事 業 内 容：従来どおりの素材生産を行った際に、集荷することが可能な林地未利用材の量とチップ工場までの集荷コストを調査。

④事業協力者：齊藤重興業（素材生産・林地未利用材集荷・チップ化）

（２）事業の流れ

①フェラバンチャで伐採　②ブルで全木集材　③ハーベスタで枝払・玉切　④発生した端材

写真① 帯状間伐（伐採幅 5m・残幅 15m）をフェラバンチャにより伐倒。

写真② ブルで、枝が付いたまま土場まで全木集材。

写真③ ハーベスタにより、枝払いと玉切。

写真④ 土場で発生する端材と枝条を、グラップルでトラックへ積込み集荷。

（３）事業の結果と考察

①林地未利用材の集荷量

土場で発生した林地未利用材（枝・端材）を、グラップルでトラックに積込み、チップ工場まで運搬を行う途中で、トラックスケールにより集荷量を測定。集荷量の詳細は、表 2-1-1 のとおり。

表2-1-1 林地未利用材の集荷量

| 区 分 | 立木材積 | 素材生産量 | | | | 林地未利用材集荷量 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 一般材 | パルプ | 合計 | 歩止 | 実重量 | 水分 | 絶乾重量 | 絶乾容積密度 | 材積 | 歩止 |
| | A | B | C | D<br>B+C | E<br>D/A | F | G | H<br>F*(100-G)/100 | I | J<br>H/I | K<br>J/A |
| 端材 | 475㎥ | 201㎥ | 134㎥ | 335㎥ | 71% | 11.80t | 58% | 4.96t | 0.319t/㎥ | 15.5㎥ | |
| 枝条 | | | | | | 6.40t | 59% | 2.62t | | 8.2㎥ | |
| 合 計 | | | | | | 18.20t | | 7.58t | | 23.7㎥ | 5.0% |

■ 端材は、トラック１台分集荷して、重量は、11.80t、材積は 15.5 $m^3$ となった。
■ 枝条は、トラック１台分集荷して、重量は、6.40t、材積は 8.2$m^3$ となった。
■ 合計集荷材積は 23.7$m^3$ で、伐採した立木材積に対する歩止は、5.0%という低い結果となった。

②林地未利用材の集荷時間とコスト

グラップルによるトラックへの積込時間とトラックによるチップ工場までの運搬時間を計測し、集荷にかかるコストを試算した。各作業時間と試算コストは、表 2-1-2 のとおり。

表2-1-2 林地未利用材の集荷時間とコスト

| 区 分 | 集荷量実重量 | 集荷時間 | | | 集荷コスト（円） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | グラップル積込 | トラック運搬 | 合計 | グラップル経費 | | トラック経費 | | 合計 | 重量当経費 |
| | | | | | 1h当 | 計 | 1h当 | 計 | | |
| | A | B | C | D<br>B+C | E | F<br>E*(B/60) | G | H<br>G*(C/60) | I<br>F+H | J<br>I/A |
| 端材 | 11.80t | 30分 | 45分 | 75分 | 7,744 | 3,872 | 8,367 | 6,275 | 10,147 | 860 |
| 枝条 | 6.40t | 30分 | 45分 | 75分 | | 3,872 | | 6,275 | 10,147 | 1,585 |
| 合 計 | 18.20t | 60分 | 90分 | 150分 | | 7,744 | | 12,550 | 20,294 | 1,115 |

ア　運搬距離（美深町仁宇布～美深町市街）は、片道 21km。
イ　集荷コストは、グラップルとトラックの実稼働時間に対する経費。

■ 端材と枝条ともに、トラック１台分運搬。運搬距離が短かかったことから、重量当たりの集荷コストはそれぞれ、860 円/t と 1,585 円/t という低い結果となった。

③林地未利用材のチップ化作業

林地未利用材について、グラップルによりチッパー機へ投入しチップ加工する作業時間を測定して、コストを試算した。各作業時間と試算コストは、表 2-1-3 のとおり。

表2-1-3 林地未利用材のチップ化作業

| 区 分 | 集荷材積 | チップ生産量 | | チップ加工コスト（円） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 数量 | 換算倍数 | 作業時間 | グラップル経費 | | チッパー機経費 | | 合計 | 集荷材積当経費 | チップ数量当経費 |
| | | | | | 1h当 | 計 | 1h当 | 計 | | | |
| | A | B | C<br>B/C | D | E | F<br>E*(D/60) | G | H<br>G*(D/60) | I<br>F+H | J<br>I/A | K<br>I/B |
| 端材 | 15.5㎥ | 29.98㎥ | 1.9倍 | 180分 | 7,744 | 23,232 | 20,401 | 61,203 | 84,435 | 5,447 | 2,816 |
| 枝条 | 8.2㎥ | 20.03㎥ | 2.4倍 | 300分 | | 38,720 | | 102,005 | 140,725 | 17,162 | 7,026 |
| 合 計 | 23.7㎥ | 50.01㎥ | | 480分 | | 61,952 | | 163,208 | 225,160 | 9,500 | 4,502 |

ア　チップ生産量は、トラック荷台（29.28m$^3$=W2.3m×H1.9m×L6.7m）の層積により算出。
イ　チップ加工コストは、グラップルとチッパー機の実稼働時間に対する経費。

■　端材のチップ生産量は、29.98m$^3$（層積）で、原料材積に対する換算倍数は、1.9倍と低い結果となった。これは、音威子府村での取組と同様で、集荷した原料を、全てチッパー機へ投入できなかったことが原因だと考えられる。※原料重量が11.8t だったのに対して、生産されたチップ重量は 8.61t と、マイナス 27%であった。
■　枝条のチップ生産量は、20.03m$^3$（層積）で、原料材積に対する換算倍数は、2.4倍という結果となった。

④チップ分析結果は、表 2-1-4 のとおり。

| 区 分 | 採取時水分 | 採取時水分かさ密度 | 無水換算 | | | 採取時水分 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 発熱量A | 灰分B | 参考A/(1-B) | 高位発熱量 | 低位発熱量 |
| 端 材 | 57.5% | 0.24t/㎥ | 19.28MJ/kg | 4.3% | 20.15MJ/kg | 8.19MJ/kg | 6.17MJ/kg |
| 枝 条 | 58.8% | 0.38t/㎥ | 18.93MJ/kg | 10.3% | 21.10MJ/kg | 7.81MJ/kg | 5.77MJ/kg |

ア　サンプル（ポリ袋１杯分）を採取し、林産試験場バイオマスGの協力により算出。

■　今回の取組は、土場が常時ぬかるんでいる作業条件が悪い時期に実施したことから、集荷する林地未利用材への土砂付着は避けられず、生産されたチップの灰分が高めの数値（端材 4.3%・枝条 10.3%）となった。特に、枝条については、大量に土砂が付着していたことから、灰分が 10%以上となり、燃料用チップとしての利用は厳しい結果となった。

## ２－２　林地未利用材（切捨間伐材）集荷の取組（平成 27 年度）

（１）事業概要

①事 業 時 期：平成 27 年 10 月下旬
②事 業 箇 所：美深町 道有林上川北部管理区 80・81 林班（林齢 30～33 年）
　　アカエゾマツ人工林列状間伐箇所（3 残 1 伐未搬出）
③事 業 内 容：林内に切捨てられた未利用間伐材を、土場まで搬出するコストを調査。
④協力事業者：谷口木材株式会社（林地未利用材集荷）

（２）事業の流れ

①アカエゾマツ切捨間伐　②グラップルで木寄　③フォワーダで集材　④山土場巻立

写真①　前年度に、３残１伐の列条切捨間伐を実施。

写真② グラップルで、施業道脇まで木寄を行い、フォワーダへ積込み。
写真③ フォワーダで、山土場まで短幹集材。※フォワーダは、施業道走行のみ。
写真④ グラップルで巻立てられた切捨材を、層積検知により集荷量を確定。

（３）事業の結果と考察

①林地未利用材（アカエゾマツ切捨材）の搬出量。

切捨材を、グラップルとフォワーダにより施業道脇まで短幹集材を行い、搬出量の調査を行った。搬出量の詳細は、表 2-2-1 のとおり。

表2-2-1 林地未利用材の集荷量

| 樹 種 | 立木伐採数量 | | | | 搬出数量（切捨材） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 面積 | 本数 | 材積<br>A | 平均径級 | 素材材積<br>B | 平均長級 | 歩止<br>B/A |
| アカエゾマツ | 16.83ha | 6,969本 | 729㎥ | 18cm | 476.600㎥ | 220cm | 65% |

ア　搬出材積は、単木検知ではなく、層積検知により算出。

■　搬出できた切捨材は、476.600 $m^3$ で、立木伐採量に対する歩止は 65%となった。

②林地未利用材の集荷時間とコスト

グラップルによる木寄時間とフォワーダによる集材時間を計測し、搬出にかかるコストを試算した。各作業時間と試算コストは、表 2-2-2 のとおり。

表2-2-2 林地未利用材の集荷時間とコスト

| 搬出材積<br>A | 搬出時間 | | 搬出コスト（円） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | グラップル木寄<br>B | フォワーダ集材<br>C | グラップル経費 | | フォワーダ経費 | | 合計<br>H<br>E+G | 搬出材積当経費<br>I<br>H/A |
| | | | 1h当<br>D | 計<br>E<br>E*B | 1h当<br>F | 計<br>G<br>F*(C/60) | | |
| 476.600㎥ | 233.5h | 72.5h | 7,328 | 1,711,088 | 9,500 | 688,750 | 2,399,838 | 5,035 |

ア　使用機械は、グラップル３台（木寄・巻立）とフォワーダ１台（集材）。
イ　グラップによる木寄作業とフォワーダによる集材作業の平均距離は、約 100m。

■　グラップル２台による木寄作業とフォワーダへの積込作業に時間を要したことから、搬出材積当たりの搬出コストは、5,035 円/$m^3$ という試算結果となった。
※試算結果は、山土場までの搬出コストで、チップ工場までのトラック運賃（約 1,500 円/$m^3$）を上乗せすると（5,035 円+1,500 円=6,535 円）、バイオマス原料 100%の売上高では、マイナスとなる可能性がある。

■　切捨材からは、一般材は生産されないことから、売上高は低い価格に固定される。そのため、有効活用するのであれば、搬出コストの低減が求められるが、今回の取組では、切捨材の搬出は採算的に厳しい結果となった。

◆　切捨材は、今まで流通していなかった未利用資源であることから、今後、木質バイオマス原料が逼迫した際には、既存流通に影響を与えない原料として注目される可能性があるが、現状より搬出コストを低減させるためには、計画的な安定供給体制の構築や新たな作業システムの検討などの更なる取組が必要となってくる。

## ３．上川町における取組

【事業背景と目的】

上川町では、林業の担い手確保や未利用資源を有効活用することなどを目的として、木質バイオマスをエネルギー等に利用する取組が進められており、平成 26 年度には、森林組合を中心とした町内事業者により構成されたウッドチップス協同組合が設立され、燃料チップ生産が開始されたことから、町内森林整備箇所における林地未利用材の集荷やチップ生産にかかるコスト調査等を試験的に実施した。

### ３－１　林地未利用材（切捨間伐材）の集荷にかかる取組

（１）事業概要

①事 業 時 期：平成 26 年９月下旬

②事 業 箇 所：上川町 道有林上川南部管理区４林班
アカエゾマツ人工林列条間伐箇所（未搬出）

③事 業 内 容：林内に切捨てられた未利用間伐材を、土場まで搬出を行い、車載式チッパー機により現地破砕した際のコスト等を調査。

④事業協力者：上川町森林組合（切捨材搬出）
ウッドチップス協同組合（現地チップ化）

（２）事業の流れ

写真① 前年度に、列条による切捨間伐を実施。間伐材の平均径級は 18cm。

写真②③ グラップルで木寄を行い、フォワーダにより、施業道脇の土場まで短幹集材。

写真④ 土場に巻立された切捨材を単木検知して、搬出材積を算出。

写真⑤⑥ 車載式チッパー機（ログバスターLB-515TK）により現地チップ化。

写真⑦⑧ チップは、トラックへ直積みし、旭川市内のバイオマス利用施設へ直送。

（３）事業の結果と考察

今回の事業では、一般材での有効利用先が少なく、切り捨てられていたアカエゾマツ間伐材を、グラップルとフォワーダにより、出来る限り搬出を行い、車載式チッパー機により現地破砕を行った。各調査結果については、以下のとおり。

①林地未利用材（アカエゾマツ切捨材）の搬出量

切捨材を、グラップルとフォワーダにより施業道脇まで短幹集材を行い、搬出量の調査を行った。搬出量の詳細は、表 3-1-1 のとおり。

**表3-1-1 林地未利用材（アカエゾマツ切捨材）の搬出量**

| 立木伐採数量 | | | | 搬出数量（切捨材） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 面積 | 本数 | 材積 | 平均径級 | 本数 | 材積 | 平均径級 | 平均長級 | 歩止 | 水分 |
| 0.65ha | 322本 | 53㎥ | 18cm | 1,563本 | 31.872㎥ | 11cm | 150cm | 60% | 56% |

ア　立木伐採量は、前年度に実施した本数調整伐（治山事業）における伐採数量。

イ　搬出数量（材積）は、単木検知を行い、末口自乗法で算出。

ウ　水分は、サンプル（円盤）を採取し、林業試験場の協力により算出。

■ 搬出できた切捨材は、31.872m$^3$で、立木伐採量に対する歩止は 60%となった。

■ 切捨材は、伐採後、約１年経過していたが、光りがあまり当たらない林内に置かれていたことから、乾燥はほとんど進んでおらず、搬出時の水分は、56%であった。

②林地未利用材の集荷時間とコスト

グラップルによる木寄時間とフォワーダによる集材時間を計測し、搬出にかかるコストを試算した。各作業時間と試算コストは、表 3-1-2 のとおり。

**表3-1-2 林地未利用材の集荷時間とコスト**

| 搬出材積 | 搬出時間 | | 搬出コスト（円） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | グラップル木寄 | フォワーダ集材 | グラップル経費 | | フォワーダ経費 | | 合計 | 搬出材積当経費 |
| | | | 1h当 | 計 | 1h当 | 計 | | |
| A | B | C | D | E | F | G | H | I |
| | | | | E*(B/60) | | F*(C/60) | E+G | H/A |
| 31.872㎥ | 313分 | 330分 | 7,744 | 40,398 | 10,189 | 56,040 | 96,438 | 3,026 |

ア　フォワーダによる平均集材距離は、約 100m。

イ　搬出コストは、計測したグラップルとフォワーダの実稼働時間に対する経費。

■ 現場は、緩傾斜地で、列条間伐後の列内に機械が侵入できるなど、作業条件が良かったことから搬出材積当たりの経費は、3,026 円/m$^3$という試算結果となった。

③林地未利用材のチップ化作業

搬出した林地未利用材について、グラップルによりチッパー機へ投入しチップ加工する作業時間を測定して、コストを試算した。各作業時間と試算コストは、表 3-1-3 のとおり。

**表3-1-3 林地未利用材のチップ化作業**

| 搬出材積 | チップ生産量 | | チップ化コスト（円） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 数量 | 換算倍数 | 作業時間 | グラップル経費 | | チッパー機経費 | | 合計 | 搬出材積当経費 | チップ層積当経費 |
| | | | | 1h当 | 計 | 1h当 | 計 | | | |
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
| | | B/A | | | E*(D/60) | | G*(D/60) | F+H | I/A | I/B |
| 31.872㎥ | 100.260㎥ | 3.1倍 | 130分 | 7,744 | 16,779 | 26,337 | 57,064 | 73,843 | 2,317 | 737 |

ア　チップ生産量は、運搬トラック荷台（40.48m$^3$=W2.3m×H2m×L8.8m）の層

積により算出。

イ　チップ加工コストは、グラップルとチッパー機の実稼働時間に対する経費。

■ チップ生産量は、層積で 100.260m$^3$（トラック約 2.5 台分）で、原料材積に対する換算倍数は、3.1 倍となった。

■ チップ加工は、車載式の横入れチッパー機（切削式）のデモ機を利用。カタログでの最大処理能力は、時間 150m$^3$ であるが、グラップルによる投入に時間がかかる（チップ処理に追いつかない）ことや、機械トラブル等があり約 32m$^3$ の原木を処理するのに 130 分を要した。

■ チップ化コスト合計は、73,843 円で、搬出材積当たりは、2,317 円/m$^3$、チップ層積当たりは、737 円/m$^3$ という結果となった。

◆ 林地未利用材の現地破砕によるバイオマス燃料利用施設への直送は、原料をチップ工場まで運搬するコスト削減などメリットがあるが、チッパー機の能力（１日当たりの機械経費等）に合わせた処理量の確保やチップ運搬トラックが安全に走行できる作業道等の整備など課題がある。

④チップ分析結果は、表 3-1-4 のとおり。

表3-1-4 チップ分析結果

| 採取時水分 | 採取時水分かさ密度 | 無水換算 | | | 採取時水分 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 発熱量A | 灰分B | 参考A/(1-B) | 高位発熱量 | 低位発熱量 |
| 53.2% | 0.30t/㎥ | 20.01MJ/kg | 0.8% | 20.17MJ/kg | 9.36MJ/kg | 7.39MJ/kg |

ア　サンプル（ポリ袋１袋分）を採取し、林産試験場バイオマスGの協力により算出。

■ 今回の取組は、バイオマス燃料利用を目的に、土砂付着に注意して搬出したことから、生産されたチップの灰分は低めの数値となったが、山土場まで搬出後、乾燥せずに速やかに現地破砕を行ったことから、燃料としては、水分が高い（53.2%）結果となった。

◆ 未利用間伐材（切捨材）は、伐採後、林内に放置されていることから、１年程経過していても乾燥が進んでいない場合が多い。そのため、バイオマス利用施設まで直送する場合には、山土場において数ヶ月原木乾燥させた後に、現地破砕することが望ましいと考える。（乾燥土場の確保が必要）

## ３－２　林地未利用材（端材等）の集荷にかかる取組

（１）事業概要

①事 業 時 期：平成 27 年６月上旬

②事 業 箇 所：上川町道有林 上川南部管理区 48 林班 カラマツ人工林主伐箇所

③事 業 内 容：土場に堆積された林地未利用材を、燃料チップ工場まで集荷した際のコストを調査。

④事業協力者：長原造材有限会社（林地未利用材集荷）

株式会社北海道健誠社（林地未利用材受入）

（２）事業の流れ

①林地未利用伐　②グラップルで積込　③トラック積載状況　④チップ工場荷下し

写真① 前年度に、伐採搬出事業を行い、土場に林地未利用材（端材・末木）が堆積。
写真② グラップルによるトラックへの積込み。
写真③ トラックへの積載状況（端材・末木）。
写真④ 東神楽町の燃料チップ工場まで運搬（片道 45km）を行い、荷下ろし。

（３）事業の結果

①林地未利用材の集荷量

林地未利用材を、トラックによりチップ工場まで運搬を行い、トラックスケールで集荷量を測定した。集荷量の詳細は、表 3-2-1 のとおり。

**表3-2-1 林地未利用材の集荷量**

| 運搬日 | 運搬区分 | 運搬トラック A | 運搬量 B | トラック荷台かさ密度 C B/A | 運搬物 | 集荷時水分容積密度 D | 材積換算量 E B/D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6月5日 | 運搬① | 荷台容量 16.74㎥ W2.3m H1.4m L5.2m | 3.31t | 0.20t/㎥ | 枝（カバ） | 0.80t/㎥ | 4.14㎥ |
| | 運搬② | | 6.52t | 0.39t/㎥ | 端材（カラマツ） | 0.74t/㎥ | 8.81㎥ |
| | 運搬③ | | 6.54t | 0.39t/㎥ | | | 8.84㎥ |
| 6月6日 | 運搬④ | | 6.76t | 0.40t/㎥ | | | 9.14㎥ |
| | 運搬⑤ | | 7.49t | 0.45t/㎥ | | | 10.12㎥ |
| | 運搬⑥ | | 7.46t | 0.45t/㎥ | | | 10.08㎥ |
| 6月7日 | 運搬⑦ | | 6.86t | 0.41t/㎥ | | | 9.27㎥ |
| | 運搬⑧ | | 5.30t | 0.32t/㎥ | | | 7.16㎥ |
| 合 計 | | | 50.24t | | | | 67.56㎥ |
| 平 均 | | | 6.28t | 0.38t/㎥ | | | 8.45㎥ |

ア　運搬は、トラック１台により実施。
イ　運搬距離（上川町～東神楽町）は、片道 45km。

■ 運搬量合計は、50.24t で、１台平均では、6.28t となった。
■ チップ工場までの片道運搬に約１時間かかってしまったことから、１日の運搬回数は、３回が限界となり、全ての林地未利用材を集荷するのに３日間を要した。

②林地未利用材の集荷時間とコスト

グラップルによる木寄時間とフォワーダによる集材時間を計測し、搬出にかかるコストを試算した。各作業時間と試算コストは、表 3-2-2 のとおり。

表3-2-2 林地未利用材の集荷時間とコスト

| 集荷量<br>実重量<br>A | 集荷時間 | | | 集荷コスト（円） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | グラップル積込<br>B | トラック運搬<br>C | 合計<br>D<br>B+C | グラップル経費 | | トラック経費 | | 合計<br>I<br>F+H | 重量当経費<br>J<br>I/A |
| | | | | 1h当<br>E | 計<br>F<br>E*(B/60) | 1h当<br>G | 計<br>H<br>G*(C/60) | | |
| 50.24t | 300分 | 1,140分 | 1,440分 | 7,328 | 36,640 | 8,142 | 154,698 | 191,338 | 3,808 |

ア　集荷コストは、計測したグラップルとトラックの実稼働時間に対する経費。

■ トラック（箱車）の荷台容量が少ないことや、１日３往復が限界であったことなどから、重量当たりの集荷コストは、3,808 円/t という高めの試算結果となった。

◆ 今回の取組は、トラック１台による作業となったことから、グラップルの待機時間が長くなるなど、効率的な集荷作業とはならなかった。グラップルの待機時間を短くし効率的に集荷するためには、一度に複数台のトラックを導入するなど、集荷体制やスケジュールの調整等が必要である。

## ３－３　林地未利用材（端材等）の集荷にかかる取組

（１）事業概要

①事 業 時 期：平成 27 年 12 月上旬

②事 業 箇 所：ウッドチップス協同組合燃料チップ工場（上川町日東 279-2）

③事 業 内 容：原木（丸太）を移動式チッパー機によりチップ化する際の、原木材積とチップ層積の関係について調査。

④協力事業者：ウッドチップス協同組合

（２）　事業の流れ

①カラマツ原木　②調査用に 100 本抽出　③原木の材積測定　④原木の重量測定

⑤ログバスター　⑥トラックへ直接投入　⑦トラック積載状況　⑧切削チップ

写真①　原木（カラマツ）は、チップ工場受け入れ後、約６ヶ月乾燥させたものを使用。

写真②　調査用に、ランダムに 100 本の原木を抽出（長さ 3.65m）。

写真③　１本毎に径級（末口と元口）を直径巻尺により測定し、原木の材積を算出。

写真④ トラックスケールにより原木重量を測定。
写真⑤ 使用した移動式チッパー機は、ウッドチップス協同組合所有のログバスター LB-515C（切削式）。
写真⑥ 原木はグラップルでチッパー機へ投入し、チップは、トラックへ直接積載。
写真⑦ トラックの荷台において、チップ層積を調査。
※W2.2m×H1.4m×L5.45m=16.786 $m^3$
写真⑧ 生産された切削チップは、重量や水分等を測定し、絶乾重量を算出。

（3）調査の結果と考察

①チップ化数量

原木（カラマツ）をチップ化した際の数量変化について調査を行った。調査結果は、表 3-3-1 のとおり。

表3-3-1 チップ化数量

| 区 分 | 本 数 | 材 積<br>A | 重 量<br>B | 容積密度<br>C<br>B/A | 水分率<br>D | 絶乾重量<br>E<br>B*(100-D)/100 | 絶乾容積密度<br>F<br>E/A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 原 木 | 100本 | 7.023㎥ | 4.170t | 0.59t/㎥ | 32.3% | 2.823t | 0.40t/㎥ |
| チップ | | 16.786㎥ | 4.040t | 0.24t/㎥ | 33.6% | 2.683t | 0.16t/㎥ |
| | | 2.4倍 | | | | | |

ア　チップの材積は、トラック荷台（18$m^3$）による層積数量。
イ　水分率は、サンプル（原木は、円盤。チップは、ポリ袋 1 袋分）を採取し、林産試験場バイオマスGの協力により算出。

■ チップ生産量は、16.786$m^3$（層積）で、原木材積（7.023$m^3$）に対する換算倍数は、2.4 倍という結果となった。
■ 原木は、約半年間乾燥させていたことから、水分率は、約 33%と低い数値となった。

②チップ化コスト

グラップルによる投入時間とチッパー機による作業時間を計測し、チップ化コストを試算した。各作業時間と試算コストは、表 3-3-2 のとおり。

表3-3-2 チップ化コスト

| チップ化数量 | | | 作業時間 | チップ加工コスト（円） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 原 木 | | チップ層積 | グラップル投入<br>チッパー機チップ化 | グラップル経費 | | チッパー機経費 | | 合計 | チップ層積当経費 |
| 本 数 | 材 積 | A | B | 1h当<br>C | 計<br>D<br>C*(B/60) | 1h当<br>E | 計<br>F<br>E*(B/60) | G<br>D+F | H<br>G/A |
| 100本 | 7.023㎥ | 16.786㎥ | 13分 | 7,328 | 1,588 | 25,267 | 5,475 | 7,063 | 421 |

ア　チップ化コストは、計測したグラップルとチッパー機の実稼働時間に対する経費。

■ 原木 100 本（7.023$m^3$）を 13 分でチップ化することができ、チップ層積当たりの経費は、1,006 円/$m^3$ という試算結果となった。
■ チップトレーラー 1 台分（約 70 $m^3$）を処理するのであれば、約 52 分（4 倍）でチップ化することが可能となる結果であった。

## ４．美瑛町における取組

（１）事業背景と目的

美瑛町では、カラマツを中心とした人工林が主伐期を迎えていることから、計画的な伐採と植栽による資源循環が進められているが、主伐（皆伐）箇所で発生する端材等は利用されていない状況となっている。

そのため、未利用資源の有効活用と地拵え作業の軽減化を目的として、林地未利用材がどのくらいのコストで集荷できるのかを試験的に実施した。

（２）事業概要

①事 業 時 期：平成 27 年 10 月下旬～11 月上旬
②事 業 箇 所：美瑛町置杵牛 一般民有林 カラマツ主伐箇所
③事 業 内 容：短幹集材が行われた主伐（皆伐）箇所で、林内に堆積された林地未利用材を、チップ生産施設まで集荷した際のコストを調査。
④事業協力者：長原造材有限会社（林地未利用材集荷）
株式会社北海道健誠社（林地未利用材受入）

（３）事業の流れ

写真① 事業箇所は、美瑛町置杵牛にある約 10ha のカラマツ主伐（皆伐）箇所。
写真② 比較的緩傾斜地のため、ハーベスタによる伐採を行い、林内で枝払と玉切を実施。
写真③ 林内で玉切りされた丸太は、フォワーダにより土場まで短幹集材。
写真④ 短幹集材が終了した伐採跡地（主に集材路脇）には、林地未利用材（端材や末木）が堆積。※地拵え作業の支障となっている。
写真⑤ モロオカ製フォワーダ（MST-1500VDL）を、鉄板を使用して改良。

写真⑥ グラップルによりフォワーダへ積込み。
写真⑦ フォワーダへの積載状況。
写真⑧ フォワーダにより土場まで運搬を行い、ダンプアップで荷下ろし。
写真⑨ 集荷した林地未利用材の土場集積状況。
写真⑩⑪ グラップルにより、トラック（荷台層積約 30m$^3$）へ積込み。
写真⑫ 北海道健誠社の木質燃料製造工場（東神楽町 19 号南 4 番地）まで運搬。

（4）事業の結果と考察

今回の事業では、主伐（皆伐）箇所において短幹集材を行った際に、林内に堆積される林地未利用材を、１日作業（５時間）の中で、出来る限り集荷を行った。

①林地未利用材の集荷（林内から土場まで）

集材路脇に堆積されている林地未利用材を、グラップルとフォワーダにより搬出を行い、その作業時間を計測した。各作業時間の詳細は、表 4-1 のとおり。

**表4-1 林地未利用材の集荷（林内から土場まで）**

| 作業機械 | 運搬区分 | 作業時間（平均集材距離200m） | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 土場から移動 | グラップル積込 | 土場まで運搬 | 合 計 |
| 【積込】グラップル<br>住友建機（ベース）<br>SH135X-6BG<br>イワフジ（ｸﾞﾗｯﾌﾟﾙ）<br>GP90LJ<br>【運搬】フォワーダ<br>モロオカ<br>MST-1500VDL<br>※積載可能量<br>12.54㎥<br>W1.5m<br>H2.2m<br>L3.8m | 運搬① | 2分17秒 | 12分23秒 | 1分50秒 | 16分30秒 |
| | 運搬② | 46秒 | 8分50秒 | 1分07秒 | 10分43秒 |
| | 運搬③ | 2分21秒 | 13分12秒 | 1分28秒 | 17分01秒 |
| | 運搬④ | 1分00秒 | 13分12秒 | 1分05秒 | 15分17秒 |
| | 運搬⑤ | 41秒 | 12分47秒 | 45秒 | 14分13秒 |
| | 運搬⑥ | 2分19秒 | 8分16秒 | 1分34秒 | 12分09秒 |
| | 運搬⑦ | 1分16秒 | 11分27秒 | 1分57秒 | 14分40秒 |
| | 運搬⑧ | 1分39秒 | 10分09秒 | 2分10秒 | 13分58秒 |
| | 運搬⑨ | 4分05秒 | 9分29秒 | 2分51秒 | 16分25秒 |
| | 運搬⑩ | 1分37秒 | 11分13秒 | 2分41秒 | 15分31秒 |
| | 運搬⑪ | 2分02秒 | 14分57秒 | 2分53秒 | 19分52秒 |
| | 運搬⑫ | 2分39秒 | 12分22秒 | 3分34秒 | 18分35秒 |
| | 運搬⑬ | 3分10秒 | 9分54秒 | 3分57秒 | 17分01秒 |
| | 運搬⑭ | 3分30秒 | 15分28秒 | 4分02秒 | 23分00秒 |
| | 運搬⑮ | 5分09秒 | 23分31秒 | 2分13秒 | 30分53秒 |
| | 運搬⑯ | 2分07秒 | 11分04秒 | 59秒 | 14分10秒 |
| 作業時間計 | | 36分38秒 | 3時18分14秒 | 35分06秒 | 4時29分58秒 |
| 平 均 | | 2分17秒 | 12分23秒 | 2分12秒 | 16分52秒 |
| 作業待機時間 | | | | | 30分02秒 |
| 合 計 | | 36分38秒 | 3時18分14秒 | 35分06秒 | 5時00分00秒 |

ア　フォワーダ荷台容量は、幅 W2.2m×高さ H1.5m×長さ L3.8m=12.54m$^3$。
イ　フォワーダによる平均集材距離は、約 200m。

■ １日（５時間）集荷作業を行い、運搬回数は 16 回となった。
■ 平均集材距離が約 200m で、土場から現地までが平均２分 17 秒、積込み作業が平均 12 分 23 秒、現地から土場までが平均２分 12 秒となり、１運搬作業時間合計では、平均 16 分 52 秒という結果となった。

②林地未利用材の集荷量

林地未利用材を、トラックによりチップ工場まで運搬を行い、トラックスケールで集荷量を測定した。集荷量の詳細は、表 4-2 のとおり。

表4-2 林地未利用材の集荷量

| 運搬日 | 運搬区分 | 運搬トラック A | 運搬量 B | トラック荷台かさ密度 C B/A | 運搬物 | 集荷時水分容積密度 D | 材積換算量 E B/D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11月9日 | 運搬① | 1号車 | 6.51t | 0.24t/㎥ | 端材・末木カラマツ | 0.74t/㎥ | 8.80㎥ |
| | 運搬② | 荷台容量 | 7.65t | 0.29t/㎥ | | | 10.34㎥ |
| | 運搬③ | 26.6㎥ | 8.08t | 0.30t/㎥ | | | 10.92㎥ |
| | 運搬④ | W2.3m | 6.99t | 0.26t/㎥ | | | 9.45㎥ |
| 11月10日 | 運搬⑤ | H1.7m | 7.76t | 0.29t/㎥ | | | 10.49㎥ |
| | 運搬⑥ | L6.8m | 6.68t | 0.25t/㎥ | | | 9.03㎥ |
| 11月9日 | 運搬⑦ | 2号車 | 6.94t | 0.26t/㎥ | | | 9.38㎥ |
| | 運搬⑧ | 荷台容量 | 8.94t | 0.34t/㎥ | | | 12.08㎥ |
| | 運搬⑨ | 26.6㎥ | 8.71t | 0.33t/㎥ | | | 11.77㎥ |
| | 運搬⑩ | | 5.24t | 0.20t/㎥ | | | 7.08㎥ |
| 合 計 | | | 73.50t | | | | 99.34㎥ |
| 平 均 | | | 7.35t | 0.28t/㎥ | | | 9.93㎥ |

ア　運搬距離（美瑛町～東神楽町）は、片道 23km。

イ　荷台容量（26.6m$^3$）が同じ、２台のトラックにより運搬。

■ 運搬距離が片道 23km と短かったことから、１日４回運搬することができ、１日半でトラック 10 台分を運搬することができた。
※グラップル積込作業が平均 26 分。トラック運搬が平均 106 分（往復）。

■ 運搬量は、重量で 73.50t（1 台平均 7.35t）、材積換算で、99.34m$^3$ となった。

■ フォワーダ台当たりの運搬量は、約 4.6t となった。
※運搬量計 73.50t/フォワーダ運搬回数 16 回=4.59t

③林地未利用材の集荷時間とコスト

グラップルによる積込時間とフォワーダによる集材時間を計測し、土場までの集荷にかかるコストを試算した。各作業時間と試算コストは、表 4-3 のとおり。

表4-3 林地未利用材の集荷時間とコスト（林内～土場）

| 集荷量 実重量 A | 集荷時間 | | | 集荷コスト（円） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | グラップル積込 B | フォワーダ運搬 C | 合計 D B+C | グラップル経費 1h当 E | グラップル経費 計 F E*(B/60) | フォワーダ経費 1h当 G | フォワーダ経費 計 H G*(C/60) | 合計 I F+H | 重量当経費 J I/A |
| 73.50t | 300分 | 300分 | 600分 | 7,328 | 36,640 | 9,500 | 47,500 | 84,140 | 1,145 |

ア　集荷コストは、計測したグラップルとフォワーダの実稼働時間に対する経費。

■ 試験箇所は、集材路まで木寄を行った後、ハーベスタにより枝払・玉切を行っていたため、林地未利用材は、集材路脇に堆積されていたことから、グラップルとフォワーダによる集荷は、効率的に行われた。

■ そのため、１日（５時間）集荷を行い、重量当たりの集荷コストは、1,145 円/t

という比較的低い試算結果となった。

グラップルによる積込時間とトラックによる運搬時間を計測し、チップ工場までの集荷にかかるコストを試算した。各作業時間と試算コストは、表 4-4 のとおり。

表4-4 林地未利用材の集荷時間とコスト（土場～チップ工場）

| 集荷量<br>実重量<br>A | 集荷時間 | | | 集荷コスト（円） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | グラップル積込<br>B | トラック運搬<br>C | 合計<br>D<br>B+C | グラップル経費 | | トラック経費 | | 合計<br>I<br>F+H | 重量当経費<br>J<br>I/A |
| | | | | 1h当<br>E | 計<br>F<br>E*(B/60) | 1h当<br>G | 計<br>H<br>G*(C/60) | | |
| 73.50t | 210分 | 1,010分 | 1,220分 | 7,328 | 25,648 | 8,142 | 137,057 | 162,705 | 2,214 |

ア　集荷コストは、計測したグラップルとフォワーダの実稼働時間に対する経費。

■ トラック２台で運搬したため、１日半で集荷することができたことから、重量当たり集荷コストは、2,214 円/t という試算結果となった。

林内からチップ工場までの試算コスト合計は、表 4-5 のとおり。

表4-5 林地未利用材の集荷時間とコスト（合計 林内～チップ工場）

| 集荷量<br>実重量<br>A | 集荷時間 | | | 集荷コスト（円） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 林内～土場<br>B | 土場～チップ工場<br>C | 合計<br>D<br>B+C | 林内～土場 | | トラック経費 | | 合計<br>I<br>F+H | 重量当経費<br>J<br>I/A |
| | | | | ton当<br>E<br>F/A | 計<br>F | ton当<br>G<br>H/A | 計<br>H | | |
| 73.50t | 300分 | 1,220分 | 1,520分 | 1,145 | 84,140 | 2,214 | 162,705 | 246,845 | 3,358 |

■ 林内からチップ工場までの、重量当たり集荷コストの合計は、3,358 円/t という試算結果となった。

◆ 素材生産事業で発生する林地未利用材（端材等）を有効利用するためには、土場まで全木集材を行うのが理想的であるが、現在は、低コストな素材生産システムとしてフォワーダによる短幹集材が普及している。しかし、主伐（皆伐）箇所での短幹集材は、林内（集材路脇等）に端材や枝条等が堆積されることから、地拵え作業の支障となる場合も多く、木質バイオマスとしての利用が求められている。

◆ 今回の取組は、林地未利用材が集材路脇に堆積されていたことなど、作業条件が良かったことから、効率的に集荷することができたが、通常の主伐箇所においては、林内に散乱している場合が多く、そうした箇所では、現在普及している林業機械（フォワーダ等）により低コストで集荷することは、難しいと考えられる。そのため、有効活用するのであれば、ハーベスタ作業時の堆積方法など新たな作業方法の検討やバイオマス集荷に適したフォワーダ等の導入など新たな取組が必要である。

## ５．南富良野町における取組

（１）事業背景と目的

南富良野町では、町内の森林整備箇所で発生する林地未利用材の有効活用方法として、燃料用チップ雪氷乾燥施設の整備や公共施設等へ４基のチップボイラーを導入するなど木質バイオマスのエネルギー利用を進めている。

平成 25 年度には、林内で発生する林地未利用材を効率的に集荷することを目的に、新たに「バイオマス対応型フォワーダ」を導入したことから、町有林カラマツ主伐箇所において、枝条の積載能力について調査を行った。

（２）事業内容

①事 業 時 期：平成 26 年９月

②事 業 箇 所：南富良野町 町有林 カラマツ主伐箇所（62 年生）

③事 業 内 容：伐採時に発生する枝条を利用して、「バイオマス対応型フォワーダ」の積載可能量を、林業試験場の協力により調査。

④事業協力者：南富良野地区森林組合

（３）バイオマス対応型フォワーダ（図１）

①販 売 元：株式会社諸岡 MST-800VDL

②開発経緯：林野庁森林整備効率化支援機械開発事業「木質バイオマス収集・運搬システムの開発」（平成 19～23 年度）の一環として、森林総合研究所、岐阜県森林研究所、株式会社諸岡が共同開発。

③特　　徴：荷台が箱形で、左右に拡幅する側壁と上部に開閉する天蓋により、大量のバイオマス（枝条等）を圧縮して運搬することが可能。

**図１　バイオマス対応型フォワーダ**

荷台通常状態（2.1m）

荷台拡幅状態（3.9m）

枝条積載後圧縮

（４）事業の流れ

①カラマツ枝条　②搭載グラップルで積込　③荷台圧縮状況　④グラップルで積込

写真①　作業道沿いまで木寄され、ハーベスタによる全木造材後に堆積された枝条。

写真②　荷台を拡幅し、フォワーダの搭載グラップルにより積込。

写真③ 枝条を積込み、荷台を圧縮した状況。
写真④ 別のグラップルにより、直接積込んでいる状況。

（5）事業の結果

○バイオマス対応型フォワーダの積載可能量

作業道脇に堆積された林地未利用材（枝条）を、フォワーダ搭載グラップルと単独グラップルにより荷台へ積込み、トラック（箱車）に積み替え後、トラックスケールと荷台容積（9.4m$^3$）により積載可能量を計測。

**表5-1 バイオマス対応型フォワーダ積載試験結果**

| 集荷サイクル | 積込方法<br>荷台の状態 | 荷台への積込機械 | 積載重量 | | 水分率 | 荷台層積 | かさ密度 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | wet<br>A | dry<br>B | C<br>(A-B)/A | D | E<br>B/D |
| 集荷① | 荷台収納 | 搭載グラップル | 0.93t | 0.62t | 33.3% | 6.57㎥ | 0.09t/㎥ |
| 集荷② | 荷台全開満載 | 搭載グラップル | 1.67t | 1.11t | 33.5% | 11.26㎥ | 0.10t/㎥ |
| 集荷③ | 荷台全開満載 | 搭載グラップル | 1.71t | 1.13t | 33.9% | 12.20㎥ | 0.09t/㎥ |
| 集荷④ | 荷台全開満載 | グラップル | 2.66t | 1.76t | 33.8% | 17.83㎥ | 0.10t/㎥ |
| 集荷⑤ | 荷台全開満載 | グラップル | 3.03t | 2.01t | 33.7% | 15.96㎥ | 0.13t/㎥ |
| 集荷⑥ | 荷台収納 | グラップル | 1.20t | 0.80t | 33.3% | 8.45㎥ | 0.09t/㎥ |
| 集荷⑦ | 荷台全開満載 | グラップル | 2.23t | 1.48t | 33.6% | 13.14㎥ | 0.11t/㎥ |
| 集荷⑧ | 荷台全開満載 | グラップル | 2.44t | 1.62t | 33.6% | 16.89㎥ | 0.10t/㎥ |
| 集荷⑨ | 荷台全開満載 | グラップル | 2.52t | 1.67t | 33.7% | 17.83㎥ | 0.09t/㎥ |

ア　荷台収納は、作業道走行を仮定して、積荷を圧縮して荷台を閉じた状態で計測。
イ　荷台全開満載は、開放された主伐皆伐現場を仮定して、荷台を開放した状態で枝条を限界まで積載して計測。

■ カラマツの枝は堅いことから、荷台収納では、あまり圧縮機能が働かず、２回の平均積載重量が、約１t（wet）という低い結果となった。
■ 荷台全開満載では、７回の平均積載重量が、約 2.3t（wet）という結果となった。
■ 搭載グラップルは、ヘッドが固定されないため、長めの枝を短く処理することができないことから、効率的に荷台容量一杯に積込むためには、別のグラップルによる前処理作業（短く揃える）が必要となった。

木質バイオマス推進室における「バイオマス対応型フォワーダ」を利用した林地未利用材の集荷システム検証は、平成 26 年度の枝条積載可能量調査までとなったが、平成 27 年度には、上川南部森林管理署による更なる検証「バイオマス対応型フォワーダの有効性を検討する取組」が国有林内において、実施されている。

取組の報告内容については、下記アドレスを参照。

http://www.kamikawa.pref.hokkaido.lg.jp/ss/rnm/H27minamifurano.pdf

## ６．占冠村における取組

（１）事業背景と目的

占冠村では、村内の森林整備箇所で生産される間伐材や林地未利用材の有効活用方法として、村内事業者による薪生産組合の設立や湯の沢温泉への薪ボイラー導入など木質バイオマスのエネルギー利用を進めている。

そのため、村内天然林伐採箇所において、薪の原料となり得る林地未利用材が、どのくらい（量）発生し、どのくらいのコストで薪生産施設まで集荷することができるのかを試験的に実施した。

（２）事業内容

①事 業 時 期：平成 27 年 1 月下旬
②事 業 箇 所：占冠村双珠別 一般民有林 天然林間伐箇所
③事 業 内 容：伐採搬出、素材生産した際に土場において発生する林地未利用材の量と薪生産施設までの集荷コストを、林業試験場の協力により調査。
④事業協力者：富良野地区森林組合（株式会社高橋重機）

（３）事業の流れ

写真① 伐採箇所は、占冠村双珠別の一般民有林（天然林間伐）。伐採量は、針葉樹 225m$^3$（トドマツ・エゾマツ）、広葉樹 154m$^3$（ナラ・シナ・マカバ等）。
写真② チェーンソーで伐倒して、その場で枝払いを実施。※枝条は、集荷していない。
写真③ 全幹（幹のみ）の状態で、ブルにより土場まで集材。（１回で２～３本集材）
写真④ 土場において、作業員のチェーンソーにより採材（玉切）。
写真⑤ 採材の際に発生する端材を薪の原料として有効活用。

写真⑥ 端材は、グラップルにより、土場内のトラックへ直積み可能な箇所に集積。
写真⑦ グラップルにより、トラック（荷台層積約 30m$^3$）へ積込み。
写真⑧ コンテナ（W1.1m×H1.2m×L1.75m=2.31m$^3$）を利用した運搬も実施。
写真⑨⑩ トラックスケール（富良野市山部）まで運搬し、重量測定。
写真⑪⑫ 薪生産施設まで運搬し、荷下し。伐採現場からは、片道約 7km。

（4）事業の結果

①林地未利用材の集荷量

土場で発生した林地未利用材（針葉樹と広葉樹が混じった端材）を、グラップルでトラックとコンテナに積込み、薪生産施設まで運搬を行う途中で、トラックスケールにより重量を測定。その後、薪生産施設で荷下した際に、材積を測定した。集荷量の詳細は、表 6-1 のとおり。

表6-1 林地未利用材の集荷量

| 区 分 | 立木材積 A | 素材生産量 | | | | 林地未利用材集荷量 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 一般材 B | パルプ C | 合計 D B+C | 歩止 E D/A | 運搬区分 | 実重量 F | 材積 G | かさ密度 H F/G | 歩止 I G/A |
| 針葉樹 | 211㎥ | 111㎥ | 45㎥ | 156㎥ | 74% | トラック | 18.88t | 19.773㎥ | 0.95t/㎥ | |
| 広葉樹 | 156㎥ | 30㎥ | 79㎥ | 109㎥ | 70% | コンテナ | 2.77t | 2.700㎥ | 1.03t/㎥ | |
| 合 計 | 367㎥ | 141㎥ | 124㎥ | 265㎥ | 72% | | 21.65t | 22.473㎥ | | 6.1% |

ア　林地未利用材集荷量の材積は、単木検知を行い、末口自乗法で算出。

■　広葉樹の一般材も出材されたことから、薪に適した端材も多く発生した。
■　トラック運搬では、荷台容量が大きいトラックを利用したことから、末木と端材を１台分集荷して、重量は 18.88t、材積は 19.773 m$^3$ となった。
■　コンテナ運搬では、端材を積込んだ３個のコンテナを、４t トラックにより集荷して、重量は 2.77t、材積は 2.700 m$^3$（１コンテナ当たり 0.9m$^3$）となった。※コンテナ容量は、2.31m$^3$（1.75m×1.1m×1.2m）のため空隙率は、61%。
■　合計集荷材積は 22.473m$^3$ で、伐採した立木材積に対する歩止は、6.1%という低い結果となった。

②林地未利用材の集荷時間とコスト

グラップルによるトラックとコンテナへの積込時間と各トラックによる薪生産施設までの運搬時間を計測し、集荷にかかるコストを試算した。各作業時間と試算コストは、表 6-2 のとおり。

表6-2 林地未利用材の集荷時間とコスト

| 区 分 | 集荷量<br>実重量<br>A | 集荷時間 | | | 集荷コスト（円） | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | グラップル<br>積込<br>B | トラック<br>運搬<br>C | 合計<br>D<br>B+C | グラップル経費 | | トラック経費 | | 合計<br>I<br>F+H | 重量<br>当経費<br>J<br>I/A |
| | | | | | 1h当<br>E | 計<br>F<br>E*(B/60) | 1h当<br>G | 計<br>H<br>G*(C/60) | | |
| トラック | 18.88t | 46分 | 30分 | 76分 | 7,744 | 5,937 | 8,367 | 4,184 | 10,121 | 536 |
| コンテナ | 2.77t | 50分 | 30分 | 80分 | | 6,453 | 4,820 | 2,410 | 8,863 | 3,200 |
| 合 計 | 21.65t | 96分 | 60分 | 156分 | | 12,390 | | 6,594 | 18,984 | 877 |

ア　運搬距離（占冠村双珠別～占冠村市街）は、片道 7km。

イ　集荷コストは、計測したグラップルとトラックの実稼動時間に対する経費。

■ トラック運搬は、運搬距離が短く、１台で 18.88t 集荷できたことから、重量当たりの集荷コストは、536 円/t と低い試算結果となった。

■ コンテナ運搬は、集荷量が少なくなることから、重量当たりの集荷コストは、3,200 円/t という試算結果となった。

◆ コンテナを利用した運搬は、造材作業が終了した後に、薪生産事業者がユニック付きトラックにより回収することを想定して実施したが、あまり材積を運べないことから、トラック運搬に比べて集荷コストは、高上がりとなった。しかし、薪用原木としての広葉樹端材は、貴重な資源であることから、少量でも集荷する価値はあるため、コンテナ利用した運搬は、有効な手段であると考えられる。

## 7．低コスト生産モデル事業結果まとめ

低コスト生産モデル事業では、上川管内の森林整備箇所で発生している造材端材や未利用間伐材（切捨材）などの林地未利用材の集荷を試験的に実施した。ここでは、主な事業結果のまとめについて報告する。

（１）林地未利用材の発生量（表１のとおり）

従来どおりの素材生産を行った際に、土場において発生する林地未利用材（端材・枝条等）を、手間をかけずに、どのくらい集荷することができるのか調査した。

調査は、全木・全幹集材を実施した３箇所において行い、立木伐採量に対する林地未利用材の発生割合は、平均で 5.8%という結果となった。

**表1 林地未利用材発生量**

| 区 分 | 立木伐採量<br>A | 林地未利用材 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 端材・末木<br>B | 枝条<br>C | 合 計<br>D<br>B+C | 発生割合<br>E<br>D/A |
| 音威子府村 | 343㎥ | 22,300㎥ | | 22,300㎥ | 6.5% |
| 美深町 | 475㎥ | 15,500㎥ | 8,200㎥ | 23,700㎥ | 5.0% |
| 占冠村 | 367㎥ | 22,473㎥ | | 22,473㎥ | 6.1% |
| 平 均 | 395㎥ | 20,091㎥ | 8,200㎥ | 22,824㎥ | 5.8% |

（２）林地未利用材（端材・枝条）の集荷

従来の素材生産作業システムの中で、既存の林業機械や運搬トラック（箱車）等を利用して集荷を行い、集荷の可能性について調査検証を行った。

①端材の集荷量とコスト

端材の集荷量とコスト調査は、５箇所において行った。トラック１台当たりの集荷量と試算コストは、表２のとおり。

**表２ 端材の集荷量とコスト**

| 区 分 | 集荷量 | | | 集荷コスト | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 集荷実重量<br>A | トラック荷台容積<br>B | トラック荷台かさ密度<br>C<br>A/B | グラップル積込時間 | トラック運搬時間 | トラック運搬片道距離 | 集荷実重量当経費 |
| 音威子府村 | 10.76t | 29.3㎥ | 0.37t/㎥ | 34分 | 100分 | 36km | 1,704円/t |
| 美深町 | 11.80t | 29.3㎥ | 0.40t/㎥ | 30分 | 45分 | 21km | 860円/t |
| 上川町 | 6.28t | 16.7㎥ | 0.38t/㎥ | 38分 | 143分 | 45km | 3,808円/t |
| 美瑛町 | 7.35t | 26.6㎥ | 0.28t/㎥ | 21分 | 100分 | 23km | 2,214円/t |
| 占冠村 | 18.88t | 29.8㎥ | 0.63t/㎥ | 46分 | 30分 | 7km | 536円/t |
| 平 均 | 11.01t | 26.3㎥ | 0.42t/㎥ | 34分 | 84分 | 26km | 1,824円/t |

- ■ 平均集荷量は、トラック荷台容積 26.3m$^3$ に対して、集荷実重量は、11.01t となり、荷台におけるかさ密度は、0.42t/m$^3$ であった。
- ■ グラップルによる積込時間平均は、34 分であった。
- ■ 運搬については、片道距離平均が 26km で、運搬時間平均は、84 分であった。
- ■ 集荷実重量当たりのコスト平均は、1,824 円/t という試算結果となった。

◆　土場で発生した端材は、燃料チップ原料として有効利用することが十分可能。
◆　低コストに集荷するためには、１日の運搬回数を増やす必要があるため、チップ工場から３～４往復できるエリアを集荷可能範囲として設定し、エリア内の森林整備箇所（主伐・間伐）で、発生する林地未利用材を計画的に集荷。
◆　また、効率的に集荷するためには、グラップルが山土場にある素材生産作業中に積込作業を行う必要があるため、運搬業者との作業スケジュール調整が必要。

林地未利用材を効率的に集荷するためには、素材生産者の作業スケジュールに合わせた作業が重要となるが、一般の運搬事業者による集荷となると迅速に対応できない場合が多い。そのため、チップ生産者側において林地未利用材集荷チームを編成して、集荷可能範囲において発生する林地未利用材を計画的に集荷することが必要であると考える。

②枝条の集荷
◆　枝条は、端材に比べて、グラップルで掴みやすいが、重量の割に容積が大きく、トラック（箱車）による運搬は、非効率であった。
◆　また、作業時期によっては、集荷時の土砂付着が多くなることから、集荷しても、生産されたチップは、燃料用としては、低品質となる可能性が高い。
◆　枝条を集荷して有効利用するのであれば、現状では、低品質なチップでも受入可能な施設の確保が必要となる。

（３）チップ生産数量とコスト
端材、末木、枝条、切捨材、素材（丸太）別にチップ化を行い、チップ生産量とコストについて調査した。各チップ生産量と試算コストは、表２のとおり。

表３ チップ生産数量とコスト

| 区分 | | | チップ生産量 | | | チップ化コスト | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 集荷材積 A | チップ層積 B | 換算倍数 C B/A | 集荷材積当チップ化時間 | 集荷材積当経費 | チップ層積当経費 |
| 音威子府村 | 針葉樹 | 端材 | 15,500㎥ | 27,740㎥ | 1.8倍 | 12分/㎥ | 5,780円/㎥ | 3,230円/㎥ |
| | 広葉樹 | 末木･枝条 | 6,800㎥ | 26,200㎥ | 3.9倍 | 41分/㎥ | 19,039円/㎥ | 4,941円/㎥ |
| 美深町 | 針葉樹 | 端材 | 15,500㎥ | 29,980㎥ | 1.9倍 | 12分/㎥ | 5,447円/㎥ | 2,816円/㎥ |
| | | 枝条 | 8,200㎥ | 20,030㎥ | 2.4倍 | 37分/㎥ | 17,162円/㎥ | 7,026円/㎥ |
| 上川町 | 針葉樹 | 切捨材(1.50m) | 31,872㎥ | 100,260㎥ | 3.1倍 | 4分/㎥ | 2,317円/㎥ | 737円/㎥ |
| | | 素　材(3.65m) | 7,023㎥ | 16,786㎥ | 2.4倍 | 2分/㎥ | 1,006円/㎥ | 421円/㎥ |
| 平 均 | | | 14,149㎥ | 36,833㎥ | 2.6倍 | 18分/㎥ | 8,459円/㎥ | 3,195円/㎥ |

■　集荷材積に対するチップ層積の換算倍数は、平均で 2.6 倍という結果となった。
■　試算コスト平均は、集荷材積当たりが 8,459 円/$m^3$ で、チップ層積当たりが 3,159 円/$m^3$ という結果となった。

今回の低コスト生産モデル事業は、試行錯誤の中進めたことから、林地未利用材を低コストで安定供給させるためのシステム確立までには至らなかったが、今後、今回の取組結果を参考にして、地域にあった林地未利用材集荷システムが構築されることを期待する。

## ※　参考資料

低コスト生産モデル事業におけるコスト試算に当たり使用した機械経費は、建設機械損料表等を参考に設定した標準単価により算出している。

各機械経費の算出根拠は、以下のとおり。

（１）平成 26 年度の取組

①グラップル（全地域共通）

【グラップル経費の算出基礎】　円/hr

| 項　目 | 1時間当り経費 | 算　出　基　礎 |
|---|---|---|
| 損　料 | 3,700 | H26建設機械等損料表より |
| 燃料費 | 1,342 | 11.0 リットル　×　122.0 円　＝　1,342.0 |
| 油脂類費 | 67 | 燃料費の5% |
| 運転労務費 | 2,635 | 16,600 円　/　6.3 時間（特殊運転手） |
| 合　計 | 7,744 | |

②移動式チッパー機（音威子府村・美深町）

【移動式チッパー経費の算出基礎】モロオカMC-4000　円/hr

| 項　目 | 1時間当り経費 | 算　出　基　礎 |
|---|---|---|
| 損　料 | 9,000 | H26建設機械等損料表より |
| 燃料費 | 7,930 | 65.0 リットル　×　122.0 円　＝　7,930.0 |
| 油脂類費 | 397 | 燃料費の5% |
| 運転労務費 | 3,074 | 16,600 円　/　5.4 時間（特殊運転手） |
| 合　計 | 20,401 | |

③移動式チッパー機（上川町）

【移動式チッパー経費の算出基礎】ログバスターLB-515TK　円/hr

| 項　目 | 1時間当り経費 | 算　出　基　礎 |
|---|---|---|
| 損　料 | 16,730 | H26建設機械等損料表より |
| 燃料費 | 6,222 | 51.0 リットル　×　122.0 円　＝　6,222.0 |
| 油脂類費 | 311 | 燃料費の5% |
| 運転労務費 | 3,074 | 16,600 円　/　5.4 時間（特殊運転手） |
| 合　計 | 26,337 | |

④フォワーダ（上川町）

【フォワーダ経費の算出基礎】VIMEK608　円/hr

| 項　目 | 1時間当り経費 | 算　出　基　礎 |
|---|---|---|
| 損　料 | 7,170 | H26建設機械等損料表より |
| 燃料費 | 366 | 3.0 リットル　×　122.0 円　＝　366.0 |
| 油脂類費 | 18 | 燃料費の5% |
| 運転労務費 | 2,635 | 16,600 円　/　6.3 時間（特殊運転手） |
| 合　計 | 10,189 | |

⑤トラック（音威子府村・美深町・占冠村）

【10tトラック経費の算出基礎】　円/hr

| 種　別 | 数　量 | 単　位 | 単　価 | 金　額 | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|
| 軽 油 | 12.00 | ﾘｯﾄﾙ | 122.0 | 1,464 | |
| 運転手（一般） | 0.17 | 人 | 14,000 | 2,380 | |
| 機械損料 | 1.00 | 時間 | 4,270 | 4,270 | |
| 損耗費 | 1.00 | 時間 | 253 | 253 | 普通 |
| 合　計 | | | | 8,367 | |

【4tトラック経費の算出基礎】 円/hr

| 種　別 | 数　量 | 単　位 | 単　価 | 金　額 | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|
| 軽 油 | 6.80 | ﾘﾄﾙ | 122.0 | 830 | |
| 運転手（一般） | 0.17 | 人 | 14,000 | 2,380 | |
| 機械損料 | 1.00 | 時間 | 1,520 | 1,520 | |
| 損耗費 | 1.00 | 時間 | 90 | 90 | 普通 |
| 合　計 | | | | 4,820 | |

## （1）平成 27 年度の取組

### ①グラップル（全地域共通）

【グラップル経費の算出基礎】 円/hr

| 項　目 | 1時間当り経費 | 算　出　基　礎 |
|---|---|---|
| 損 料 | 3,360 | H27建設機械等損料表より |
| 燃料費 | 1,073 | 11.0 リットル　×　97.5 円　＝　1,072.5 |
| 油脂類費 | 54 | 燃料費の5% |
| 運転労務費 | 2,841 | 17,900 円　/　6.3 時間（特殊運転手） |
| 合　計 | 7,328 | |

### ②移動式チッパー機（上川町）

【移動式チッパー経費の算出基礎】ログバスターLB-515TK 円/hr

| 項　目 | 1時間当り経費 | 算　出　基　礎 |
|---|---|---|
| 損 料 | 16,730 | H27建設機械等損料表より |
| 燃料費 | 4,973 | 51.0 リットル　×　97.5 円　＝　4,972.5 |
| 油脂類費 | 249 | 燃料費の5% |
| 運転労務費 | 3,315 | 17,900 円　/　5.4 時間（特殊運転手） |
| 合　計 | 25,267 | |

### ③フォワーダ（美瑛町）

【フォワーダ経費の算出基礎】モロオカMST1500VDL 円/hr

| 項　目 | 1時間当り経費 | 算　出　基　礎 |
|---|---|---|
| 損 料 | 3,690 | H27建設機械等損料表より |
| 燃料費 | 2,828 | 29.0 リットル　×　97.5 円　＝　2,827.5 |
| 油脂類費 | 141 | 燃料費の5% |
| 運転労務費 | 2,841 | 17,900 円　/　6.3 時間（特殊運転手） |
| 合　計 | 9,500 | |

### ④トラック（上川町・美瑛町）

【10tトラック経費の算出基礎】 円/hr

| 種　別 | 数　量 | 単　位 | 単　価 | 金　額 | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|
| 軽 油 | 12.00 | ﾘﾄﾙ | 97.5 | 1,170 | |
| 運転手（一般） | 0.17 | 人 | 14,000 | 2,380 | |
| 機械損料 | 1.00 | 時間 | 4,270 | 4,270 | |
| 損耗費 | 1.00 | 時間 | 256 | 256 | 普通 |
| 合　計 | | | | 8,076 | |

## 第２節 平成 28 年度林地未利用材集荷システム実証事業

北海道水産林務部林業木材課では、林地未利用材の搬出技術の普及と定着を目的として、地域特性を踏まえた集荷システムの実証を行う、林地未利用材集荷システム実証事業を全道の各振興局管内において実施している。（平成 27・28 年度実施）

上川管内においては、平成 28 年度に、上川町森林組合を中心とした上川町地域資源利活用推進協議会により林地未利用材の集荷実証が行われたので、ここでは、その事業結果について報告する。

（１）事業概要

①事業時期：平成 28 年 11 月下旬～12 月上旬

②事業箇所：上川町 一般民有林主伐（皆伐）箇所（トドマツ 58 年生）

③事業内容：人工林主伐箇所において発生する林地未利用材の量について調査。

④事 業 者：上川町地域資源利活用推進協議会
上川町森林組合（素材生産）
ウッドチップス協同組合（林地未利用材集荷・チップ化）

（２）事業内容と作業の流れ

トドマツ人工林主伐（皆伐）箇所において、伐採区域を全木集材区域と短幹集材区域に分けて、それぞれ伐採・集材・素材生産を行い、作業の過程で発生する林地未利用材を燃料チップ工場まで集荷して、その量を調査した。

**【全木集材パターン】**全木集材を行い、土場で発生する林地未利用材を集荷。

①全木伐倒 ➡ ②全木集材 ➡ ③全木造材 ➡ ④土場巻立 ➡ ⑤ﾄﾗｯｸ積込 ➡ ⑥ﾄﾗｯｸ運搬

フェラバンチ　ブル　ハーベスタ　低質材　低質材積込　低質材運搬

チェーンソー　グラップル　端材・枝条　端材　端材積込　端材運搬

写真① 全木伐倒は、フェラバンチャ（写真上）を基本とし、アームが届かない傾斜地等については、作業員によるチェーンソー（写真下）により実施。

写真② 全木集材は、ブル（写真上）を基本とし、土場から近い箇所については、グラップル（写真下）により実施。

写真③ 土場においてハーベスタにより、枝払いと玉切。その場で端材と枝条が発生。

写真④ 低質材（一般材以外の丸太）と端材が燃料チップ原料として集荷対象。

写真⑤ グラップルにより、トラック（運材車・箱車）へ積込み。

写真⑥ トラック（運材車・箱車）により燃料チップ工場まで運搬。

【短幹集材パターン】短幹集材を行い、林内で発生する林地未利用材を集荷。

①全木伐倒 ➡ ②全木造材 ➡ ③短幹集材 ➡ ④林内堆積 ➡ ⑤集荷作業 ➡ ⑥土場巻立

ハーベスタ　ハーベスタ　フォワーダ　端材　グラップル積　端材

チェーンソー　枝払・玉切　積載状況　枝条　土場荷下し　枝条

写真① 全木伐倒は、ハーベスタ（写真上）を基本とし、アームが届かない傾斜地等については、作業員によるチェーンソー（写真下）により実施。

写真② 林内において、ハーベスタにより枝払いと玉切。端材と枝条は、その場に堆積。

写真③ 一般材・低質材については、フォワーダにより土場まで短幹集材。

写真④ 林内における全木造材において堆積された林地未利用材（端材・枝条・末木）。

写真⑤⑥ グラップルにより、キャリアダンプへ積込み、土場まで集荷。

※土場からの作業の流れは、全木集材パターンと同じ。

（３）事業の結果

①素材生産量（丸太生産量）

作業システム別の素材生産量については、表１のとおり。

**表1 素材生産量**

| 区 分 | 立木伐採量 | | | 素材生産量 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 一般材 | | 低質材 | 材積 | 歩止 |
| | 面積 | 本数 | 材積 | 津別単板(協) | 当麻町森林組合 | ウッドチップス(協) | | |
| 全木集材 | 0.72ha | 275本 | 205.30㎥ | 78.675㎥ | 29.080㎥ | 42.311㎥ | 150.066㎥ | 73% |
| 短幹集材 | 0.72ha | 309本 | 231.18㎥ | 76.869㎥ | 34.292㎥ | 46.089㎥ | 157.250㎥ | 68% |
| 合 計 | 1.44ha | 584本 | 436.48㎥ | 155.544㎥ | 63.372㎥ | 88.400㎥ | 307.316㎥ | 70% |

ア　一般材以外の低質材は、燃料チップ原料（材長 3.65m）として、上川町内のウッドチップス(協)チップ工場へ運搬。

イ　一般材は、工場における受入数量。低質材は、運材車荷台における層積数量。

■ 全木集材区域の素材生産量は、合計で 150.066m$^3$ で、その内、低質材は、42.311m$^3$（28%）となった。また、立木伐採量に対する歩止は、73%であった。

■ 短幹集材区域の素材生産量は、合計で 157.250m$^3$ で、その内、低質材は、46.089m$^3$（29%）となった。また、立木伐採量に対する歩止は、68%であった。

②林地未利用材集荷量

全木集材区域：土場で発生した端材を、チップ工場まで運搬して重量計測。

短幹集材区域：林内で発生した端材と枝条を、キャリアダンプで土場まで集荷し、トラックでチップ工場（ウッドチップス(協)）まで運搬して重量計測。

作業システム別の林地未利用材集荷量については、表２のとおり。

表2 林地未利用材集荷量

| 区分 | | 林地未利用材集荷量 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 集荷重量<br>A | 水分率<br>B | 絶乾重量<br>C<br>A*(100-B)/100 | 枝条率<br>D | 土砂率<br>E | 木材絶乾重量<br>F<br>C*(100-D-E)/100 | 絶乾容積密度<br>G<br>トドマツ | 材積<br>H<br>F/G | 歩止<br>I<br>H/立木伐採量 |
| 全木集材 | 端材 | 21.760t | 57.4% | 9.270t | | 0.7% | 9.205t | 0.319t/㎥ | 28.856㎥ | 14% |
| | 枝条 | | | 0.000t | | | 0.000t | | 0.000㎥ | |
| | 計 | 21.760t | | 9.270t | | | 9.205t | | 28.856㎥ | |
| 短幹集材 | 端材 | 14.250t | 57.4% | 6.071t | | 0.7% | 6.029t | | 18.900㎥ | 24% |
| | 枝条 | 43.280t | 66.0% | 14.715t | 11.0% | 11.5% | 11.404t | | 35.749㎥ | |
| | 計 | 57.530t | | 20.786t | | | 17.433t | | 54.649㎥ | |
| 合計 | 端材 | 36.010t | | 15.341t | | | 15.234t | | 47.756㎥ | 19% |
| | 枝条 | 43.280t | | 14.715t | | | 11.404t | | 35.749㎥ | |
| | 計 | 79.290t | | 30.056t | | | 26.638t | | 83.505㎥ | |

ア　水分率と土砂率は、集荷後生産したチップよりサンプル（ポリ袋１袋分）を採取し、林産試験場バイオマスGの協力により算出。

イ　枝条率は、林産試験場バイオマスGからの聞き取り。

■ 全木集材では、端材を重量で 21.760t、材積で 28.856m$^3$ 集荷して、立木伐採量に対する歩止は、14%であった。また、枝条については、ぬかるんだ土場や集材路へ敷いたことなどから、集荷できる量は発生しなかった。

■ 短幹集材では、端材を重量で 14.250t、材積で 18.900m$^3$、枝条を重量で 43.280t、材積で 35.749m$^3$ 集荷して、立木伐採量に対する歩止は、24%であった。

■ 合計材積は、83.505m$^3$ となり、立木伐採量に対する歩止は、19%であった。

■ 林地未利用材の集荷は、運搬距離が片道 10km であったため、最高で１日６回運搬することができたが、トラック１台当たりの平均運搬重量は、端材が 7.2t（５回運搬）であったのに対し、枝条は、4.3t（10 回運搬）という少ない結果となった。

③林地未利用材のチップ化作業

集荷した林地未利用材（端材・枝条）をトラック１台分（18m$^3$）試験的にチップ化し、全集荷量から生産できるチップ数量について試算を行った。

端材チップ化作業

トラック荷台層積 18m$^3$

端材チップ

乾燥後

枝条チップ化作業

トラック荷台層積 18m$^3$

枝条チップ

乾燥後

表3 林地未利用材のチップ化数量

| 区分 | チップ化試験数量 | | | | | | チップ生産可能量 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | チップ層積<br>A | チップ重量<br>B | かさ密度<br>C<br>B/A | 水分率<br>D | 絶乾重量<br>E<br>B*(100-D)/100 | 灰分率<br>F | 集荷重量<br>G | 集荷材積<br>H | チップ層積<br>I<br>G/C | 換算倍数<br>J<br>I/H | 絶乾重量<br>K<br>H*(E/A) |
| 端材 | 18㎥ | 5.870t | 0.33t/㎥ | 57.4% | 2.501t | 0.7% | 36.010t | 47.756㎥ | 109.121㎥ | 2.3倍 | 15.277t |
| 枝条 | | 8.280t | 0.46t/㎥ | 66.0% | 2.815t | 11.5% | 43.280t | 35.749㎥ | 94.087㎥ | 2.6倍 | 15.054t |
| 合計 | | 14.150t | | | 5.316t | | 79.290t | 83.505㎥ | 203.208㎥ | | 30.331t |

ア　集荷した端材と枝条について、チップ層積でトラック１台分（18m$^3$）になるまでチップ化を行い、重量を測定してかさ密度を算出。

イ　集荷重量（端材・枝条）をかさ密度で除して、今回集荷した林地未利用材から生産可能なチップ数量（層積）を算出。

■ 端材チップは、かさ密度 0.33t/m$^3$ で、チップ層積は、109.121m$^3$ となり、集荷材積に対する換算倍数は、2.3 倍となった。

■ 枝条チップは、土砂や雪が交じったことから、かさ密度 0.46t/m$^3$ で、チップ層積は、94.087m$^3$ となり、集荷材積に対する換算倍数は、2.6 倍となった。

④チップ分析結果は、表４のとおり。

表4 チップ分析結果

| 区 分 | 採取時<br>水分 | 採取時水分<br>かさ密度 | 無水換算 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 発熱量A | 灰分B | 参考A/(1-B) |
| 端材 | 57.4% | 0.33t/㎥ | 20.10MJ/kg | 0.7% | 20.24MJ/kg |
| 枝条 | 66.0% | 0.46t/㎥ | 19.15MJ/kg | 11.5% | 21.64MJ/kg |

ア　サンプル（ポリ袋１杯分）を採取し、林産試験場バイオマスGの協力により算出。

■ 端材チップは、伐採後、速やかに集荷チップ化したことから水分は高い数値となったが、灰分については、0.7%と低い結果となった。

■ 枝条チップは、土場がぬかるんでいたことからトラック積込時に土砂が付着していまい、灰分は、11.5%と高い数値となった。また、採取時水分も 66.0%と高く、燃料チップとしての利用は厳しい結果となった。

（４）結果まとめ

【全木集材パターン】

◆ 土場で発生した端材については、トラック３台分（28.856m$^3$）集荷することができ、素材生産量と合わせた立木伐採量に対する歩止は、約 87%となった。

◆ 主伐クラスの太い枝は、ブル集材に支障が出ることから、一部は、林内でのグラップル木寄時に枝払いを行われたため、土場まで搬出される量は少なかった。

◆ 土場まで搬出した枝条についても、ブル集材により、土砂が大量に付着していまい、燃料チップとしては、適さない状態となった。（土場や集材路に敷いて利用）

【短幹集材パターン】

◆ 林内で発生した端材と枝条については、トラック 12 台分（54.649m$^3$）集荷する

ことができ、素材生産量と合わせた立木伐採量に対する歩止は、約 92%となった。
※枝条の材積換算量も含む。

◆ 枝条については、発生箇所（集材路脇）から土場までの運搬（今回は、キャリアダンプ）では、土砂付着は少なかったが、土場内がぬかるんでいたことから、トラック積込みまでの間に、土砂付着が見られた（灰分 11.5%）。

# 第３章 木質バイオマスのエネルギー利用拡大に向けた取組

木質バイオマスのエネルギー利用を拡大して行くためには、地域の木質バイオマスを利用した燃料生産の技術確立やエネルギー需要に合わせた適切な設備導入などが重要となってくるが、現状では、確立された「やり方」はなく、各地域において、試行錯誤の中、進められている状況にある。

そのため、木質バイオマス推進室では、地域関係者との連携による木質バイオマスのエネルギー利用拡大に向けた取組を進めている。

## 第１節 木質バイオマス発生情報提供システム

木質バイオマス推進室では、上川管内の森林整備箇所で発生する木質バイオマスの供給者（森林所有者等）と需用者（燃料チップ生産者等）を結ぶための窓口として、木質バイオマス発生情報提供システム（図１）の試行的運用を実施している。ここでは、その運用結果について報告する。

図１ 木質ﾊﾞｲｵﾏｽ発生情報提供ｼｽﾃﾑ

### （１）事業概要

木質バイオマス発生情報提供システムは、ホームページ上で、上川管内の森林整備箇所で発生する林地未利用材の情報提供を行うもので、平成 26 年 11 月の木質バイオマス推進室ホームページ開設に合わせて情報提供を開始した。当初は、上川管内の道有林（上川南部・上川北部）における発生情報のみの提供であったが、平成 27 年４月からは、管内森林管理署との連携により、国有林における発生情報についても提供を行っている。

【木質バイオマス発生情報提供システムＨＰアドレス】

http://www.kamikawa.pref.hokkaido.lg.jp/ss/rnm/sistem-riyo.htm

### （２）木質バイオマス発生情報提供システムの仕組み

①造材端材発生見込情報（図２）

- ■ 造材作業時に端材（木の根元や先端部など）の発生が見込まれる伐採情報を提供。
- ■ 購入希望者は、造材端材発生見込一覧にある造材作業実施者へ直接連絡して直接取引を行う。

②未利用間伐材発生情報（図３）

- ■ 切捨間伐により発生した未利用間伐材の発生情報を提供。
- ■ 購入希望者は、各森林室の担当者へ直接問い合わせ。

図２ 造材端材発生事例

図３ 未利用間伐材発生事例

（３）木質バイオマス発生情報提供システムの試行的運用結果（表１）

■　上川南部森林室では、２年間で８件の未利用間伐材情報を掲載したが、利用施設までの集荷コストがかかることなどから、購入希望者はいなかった。

■　上川南部森林室では、２年間で 11 件の造材端材情報と 15 件の未利用間伐材情報を掲載し、造材端材が４件、未利用間伐材が３件利用された。

■　主な利用者は、原料の一部として林地未利用材の有効利用を試行している上川町と東神楽町の燃料チップ生産者であった。（図４）

■　その他、広葉樹の造材端材発生情報に対しては、薪ストーブ利用者（個人）からの問い合わせが数件あった。

表1 上川管内の道有林における情報提供結果

| 区 分 | 年 度 | 造材端材 | | 未利用間伐材 | | 合 計 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 発信件数 | 利用件数 | 発信件数 | 利用件数 | 発信件数 | 利用件数 |
| 上川北部森林室 | H26 | 0件 | 0件 | 2件 | 0件 | 2件 | 0件 |
| | H27 | 0件 | 0件 | 6件 | 0件 | 6件 | 0件 |
| | 計 | 0件 | 0件 | 8件 | 0件 | 8件 | 0件 |
| 上川南部森林室 | H26 | 7件 | 3件 | 3件 | 0件 | 10件 | 3件 |
| | H27 | 4件 | 1件 | 4件 | 3件 | 8件 | 4件 |
| | 計 | 11件 | 4件 | 7件 | 3件 | 18件 | 7件 |
| 合 計 | H26 | 7件 | 3件 | 5件 | 0件 | 12件 | 3件 |
| | H27 | 4件 | 1件 | 10件 | 3件 | 14件 | 4件 |
| | 計 | 11件 | 4件 | 15件 | 3件 | 26件 | 7件 |

図４　未利用間伐材有効活用事例（上川町道有林アカエゾマツ切捨材）

フォワーダによる搬出

トラック積込

チップ工場で荷下し

木質バイオマス発生情報提供システムは、上川管内の森林整備箇所において、今まで利用されていなかった林地未利用材（造材端材・未利用間伐材）が、どのように発生しているのかをホームページ上で広く周知し、地域における需用者の有効活用を促すことを目的とした取組であるが、今回の試行的な運用においては、利用件数が少ない結果となった。

原因としては、現状では、林地未利用材を有効活用する事業者が少ないことや低コストで集荷・利用するための仕組みが確立されていないことなどが考えられる。

林地未利用材（造材端材・未利用間伐材）は、集荷や利用方法を確立させれば、燃料用チップ原料として有効活用することが可能となることから、今後、地域において林地未利用材を有効活用する取組が増えていくことを期待する。

## 第２節 熱エネルギー利用普及に向けた新たな取組

### １．事業概要

上川管内では、木質バイオマスを熱エネルギー利用する取組が進められおり、公共施設や温泉宿泊施設等へ木質バイオマスを燃料とした温水ボイラーが 24 台導入されてきた。（表１）

今後も、市町村等において、バイオマスボイラーを導入する取組が見込まれているが、現在、普及しているボイラー施設は、イニシャルコストが高いことに加えて、適切な設備設計がされていないことからランニングコスト低減に繋がっていない事例が多いなど、熱エネルギー利用施設整備における課題が見られる。

表１ 上川管内の木質ﾊﾞｲｵﾏｽ温水ﾎﾞｲﾗｰ導入台数 H28 末現在

| 区 分 | 燃料の種類 | | | 合 計 |
|---|---|---|---|---|
| | チップ | ペレット | 薪 | |
| 公共施設 | 13 基 | 1 基 | 1 基 | 15 基 |
| 温泉宿泊施設 | 6 基 | | 1 基 | 7 基 |
| 民間施設 | 1 基 | | | 1 基 |
| 合 計 | 20 基 | 1 基 | 2 基 | 23 基 |

※製紙工場やクリーニング工場等の工業用蒸気ボイラーも含めると、管内には 43 台の木質バイオマスボイラーが導入されている。

こうした背景から、上川町地域資源利活用推進協議会では、バイオマスボイラー施設のイニシャルコスト低減に向けた取組として、「コンテナユニット型チップボイラー」の導入普及を進めており、木質バイオマス推進室では協議会とともに、ボイラー施設見学会に併せて、地域における木質バイオマスの熱エネルギー利用普及を目的としたセミナーを開催したので、ここでは、その内容について報告する。

### ２．コンテナユニット型チップボイラーの特徴

- ■ 現在、国内で普及しているボイラー施設は、建設費が高上がりとなる、鉄筋コンクリ-ト造のボイラー建屋と地下式チップサイロが多い。
- ■ コンテナユニット型チップボイラー（図１）は、コンテナの中に、ボイラー室とチップサイロを配置した簡易で安価なシステムで、イニシャルコスト低減に加えて、設置工期短縮等のメリットがある。
- ■ 欧州製の最新チップボイラーと乾燥チップの組み合わせにより、ランニングコストの低減も期待できることから、熱利用が少ない小規模な公共施設や民間企業事務所等への導入の可能性が広がる。

図１ コンテナユニット型チップボイラー導入事例

設置箇所：上川町 （株）小椋組
ボイラー：フローリング T4（50KW）

設置箇所：様似町 ひだか南森林組合
ボイラー：フローリング T4（30KW）

設置箇所：東京都立大井ふ頭中央海浜公園
ボイラー：ハーガスナーWTH（100KW）

※ ボイラー施設としてコンテナを利用する場合、建築物に該当することから、建築基準法に適合した取扱いについて留意する必要がある。

### ３．地域における木質バイオマスの熱エネルギー利用セミナー

（１）コンテナユニット式チップボイラー見学会

①開催場所：株式会社小椋組事務所（上川町共進 156-21）
②開催日時：平成 29 年３月３日（金）10 時 00 分～12 時 00 分
③開催内容：コンテナユニット式チップボイラー説明・燃焼実演
④参加人数：100 名（市町村・森林組合・民間事業者・試験場・国有林・道）

（２）地域における木質バイオマスの熱エネルギー利用セミナー
①開催場所：上川町かみんぐホール（上川町北町 114-4） フレンドシップホール
②開催日時：平成 29 年３月３日（金）13 時 00 分～15 時 10 分
③プログラム
■ 取組報告「上川町における木質バイオマス利用の取組」
報告者：上川町森林組合総務課長 鈴木章記
■ 基調講演「林業地域が成功する条件とは何か」
講 師：相川高信氏（自然エネルギー財団上級研究員）
④参加人数：126 名（市町村・森林組合・民間事業者・試験場・国有林・道・上川町民）

（３）木質バイオマスの熱エネルギー利用相談会（ワークショップ）
①開催場所：上川町かみんぐホール リハーサルルーム
②開催日時：平成 29 年３月３日（金）15 時 30 分～17 時 00 分
③開催内容：木質バイオマスの熱エネルギー利用の事業化に向けたアドバイス等をワークショップ形式により実施。
講師：相川高信氏（自然エネルギー財団上級研究員）
参加人数：13 名（市町村・民間事業者・道）

**図２ セミナー開催状況**

ボイラー施設見学会

セミナー会場（上川町かみんぐホール）

ワークショップ

## ４．今後の取組

コンテナユニット型チップボイラーは、簡易で安価な建屋と欧州で広く普及している小型チップボイラーを組み合わせたシステムで、課題となっていたイニシャルコストの低減に加えて、ランニングコストの低減も期待できることから、今まで導入対象とならなかった熱利用が少ない小規模公共施設や民間施設等への導入の可能性が広がってくる。

そのため、上川町地域資源利活用推進協議会と木質バイオマス推進室では、当該システムの普及に向けて、今後、以下のような取組を検討している。

（１）ランニングコスト低減に向けた取組

導入時のイニシャルコストだけではなく、導入後のランニングコストについても低

減させていくため、平成２８年度に導入した２施設（ひだか南森林組合・小椋組）のボイラー稼働状況について、継続的にデータ収集・分析を行い、最適な設備設計について検討を行う。

（２）低コストな乾燥チップ生産方法の確立に向けた取組

小型チップボイラーの燃料としては、乾燥チップが必要となることから、地域の木質バイオマスにより、低コストで安定的に生産できる方法について検討。

（３）コンテナユニット式チップボイラーの普及に向けた取組

道内各地のチップ生産施設と連携を行い、地域で生産される乾燥チップと小型チップボイラーのパッケージによるセット販売の仕組みを検討。

（４）適切な熱利用をコンサルティングできる人材育成に向けた取組

地域において木質バイオマスの熱利用事業を適切にコンサルティングできる人材を育成するための仕組みを検討。

木質バイオマスを熱エネルギー利用する取組は、森林資源の循環・若者雇用の確保・二酸化炭素削減など様々な効果が期待できるが、地域において定着させていくためには、ユーザー側（導入施設）が、木質バイオマスを利用する多面的効果（メリット）を、感じられるような適切な設備導入が重要となってくる。

上川町地域資源利活用推進協議会におけるコンテナユニット式チップボイラー導入事業は、地域の事業者が、木質バイオマスの熱利用普及を目的に、ユーザー側（導入施設）の経済性確保を目指した新たな取組である。

平成 28 年度に導入された２基（上川町小椋組、様似町ひだか南森林組合）は、手探り状態での設置であったため、今後の普及に向けては様々な課題が残されているが、地域の事業者を中心としたこのような取組は、小規模な熱利用を普及させるための手段としては非常に有効であることから、木質バイオマス推進室としても、引き続き連携した取組を進めることとする。

# 第４章 木質バイオマス燃料（チップ）の取扱方法

北海道立総合研究機構林産試験場利用部バイオマスG 主査（エネルギー）山田敦

## 第１節 事業概要

木質バイオマス燃料は再生可能エネルギーであるなど優れた特性を持つが、石炭や灯油など化石燃料に比べて発熱量が低いため、多くの燃料を必要とする。また，木質バイオマスボイラは重油ボイラ等に比べてボイラ効率が悪いと言われている。これは燃料の水分変動が大きく発熱量が安定しないなど、木質バイオマス燃料の品質による影響が大きい。

増大する木質バイオマス燃料の需要に対応するためには、今まで使用されていない林地未利用材（端材・枝条等）の活用を図るとともに、乾燥チップの生産方法、および品質管理方法を検討し、ボイラ効率を向上させる必要がある。

ここでは、林地未利用材の燃料としての特徴、乾燥チップ生産の事例、および美深町が作成した検収マニュアルなど木質バイオマス燃料の取り扱い方法について調査したので報告する。

## 第２節 林地未利用材（端材・枝条）の燃料としての可能性について

北海道水産林務部は林地未利用材（未利用木材）を、「人工林の主伐・間伐を実施した際に発生する林地未利用材（追い上げ材、中抜き材、末木等の土場に集積される材、及び折損木等の土場に集積されない材）並びに除伐により発生する未利用材で、枝葉を除いたもの」と定義し（図１）、H24 で約 111 万 $m^3$ 発生し、H34 で 126 万 $m^3$、H44 で 141 万 $m^3$ 発生するものと見込んでいる（上川管内発生量見込みは、H24:11 万 $m^3$、H34:14 万 $m^3$、H44:16 万 $m^3$）。

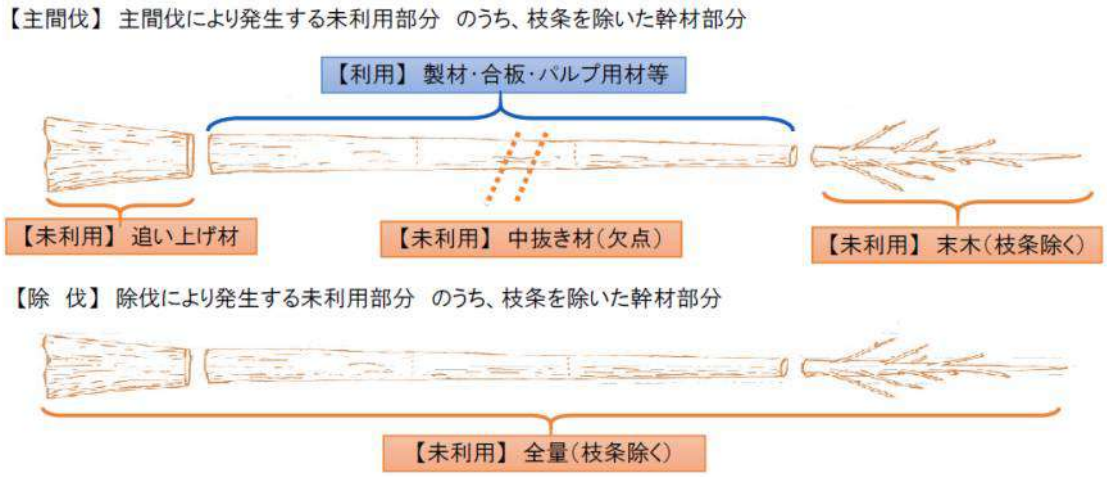



図１ 未利用木材の定義（森林資源動向調査チームによる定義）

これらの林地未利用材を効率的に燃料として使用できれば、FIT（再生可能エネルギーの

固定価格買取制度）の導入等により増大が見込まれる需要に十分対応できる。しかし、林地未利用材は現在主に利用されている建設発生木材や製材工場端材と燃料としての性能が異なる可能性がある。林産試験場では北海道内５町村より採取した木質チップ 12 種の品質を調査している（図２，表１）。採取時水分の平均は 42.7%であり、大半がボイラ燃料（35%以下）として用いるためには乾燥が必要であった。

無水換算時の総発熱量は、灰分が多い伐根・枝条、音威子府針葉樹などで低い値を示したが、灰分を除いた無水換算時の総発熱量では、樹脂分が多いと予想される伐根・枝条で若干高い値を示したほかは約 20MJ/kg と一定であり、品質確保のためには、灰分（土砂）の管理が重要であると考えられた。

図２　供試木質チップ

表１　供試木質チップの燃料品質

| 産　地 | 樹種・区分 | 採取時水分 [%] | 総発熱量 A [MJ/kg] | 灰分 B [%] | 無灰分換算総発熱量A/(1-B) [MJ/kg] |
|---|---|---|---|---|---|
| 上川町 | ｱｶｴｿﾞﾏﾂ | 53.2 | 20.01 | 0.8 | 20.17 |
| 音威子府村 | 針葉樹 | 51.3 | 19.18 | 5.2 | 20.23 |
| | 広葉樹 | 46.1 | 19.48 | 3.4 | 20.17 |
| 美深町 | ｶﾗﾏﾂ | 18.9 | 20.46 | 0.2 | 20.50 |
| | ﾄｳﾋ | 33.4 | 19.91 | 0.4 | 19.98 |
| | 切り株 | 57.5 | 19.28 | 4.3 | 20.14 |
| | 伐根・枝条 | 58.8 | 18.93 | 10.3 | 21.09 |
| 森町 | ﾄﾄﾞﾏﾂ(ﾁｯﾌﾟ) | 56.1 | 20.09 | 0.4 | 20.18 |
| | ｽｷﾞ(ﾁｯﾌﾟ) | 56.7 | 20.31 | 0.5 | 20.41 |
| | ﾄﾄﾞﾏﾂ(ﾊﾞｰｸ) | 47.9 | 19.79 | 3.9 | 20.60 |
| | ｽｷﾞ(ﾊﾞｰｸ) | 30.0 | 19.94 | 1.3 | 20.21 |
| 南富良野町 | ﾋﾟﾝﾁｯﾌﾟ | 15.2 | 19.11 | 4.6 | 20.03 |
| 平　均 | | 42.7 | 19.58 | 3.3 | 20.25 |

同様の調査を上川町において、トドマツ丸太、トドマツ端材、カラトド端材、トドマツ枝条を原料として製造されたチップについて実施した（表２）。採取時水分の平均は 39.3%であり、上記調査結果と同様に乾燥が必要であると考えられた。トドマツ枝条については、他に比べて灰分が高く（0.9%）、発熱量が若干低い値(19.96MJ/kg)を示した。灰分を除いた無水換算時の総発熱量にはほとんど差がないが、この場合の灰分の増加は、灰分を多く含む樹皮の割合が高いためと考えられ、ふるい分けや洗浄など土砂分離工程では改善出来ないものと考える。

表２　供試木質チップの燃料品質（上川町）

| 樹種・区分 | 採取時水分 [%] | 総発熱量 A [MJ/kg] | 灰　分 B [%] | 無灰分換算総発熱量 [MJ/kg] |
|---|---|---|---|---|
| ﾄﾄﾞﾏﾂ丸太 | 35.3 | 20.36 | 0.4 | 20.45 |
| ﾄﾄﾞﾏﾂ端材 | 43.0 | 20.06 | 0.3 | 20.11 |
| ｶﾗﾄﾄﾞ端材 | 38.8 | 20.13 | 0.2 | 20.18 |
| ﾄﾄﾞﾏﾂ枝条 | 40.1 | 19.96 | 0.9 | 20.13 |
| 平　均 | 39.3 | 20.13 | 0.4 | 20.22 |

以上の結果より、端材や枝条などの林地未利用材も、木質チップと大きく変わらず、水分や土砂の混入を低減することにより、木質バイオマスボイラの燃料とすることが出来ると考える。

## 第３節 乾燥チップの生産方法について

前項で示したようにチップ燃料の絶乾時の総発熱量は約 20MJ/kg と樹種・区分にかかわらず、ほぼ一定であるが、その水分は保管期間等により変化すると予想される。燃料に含まれる水は発熱量（図３）や着火性、燃焼性に関係し、水分が高くなることにより効率が低下することから、水分管理が重要となる。

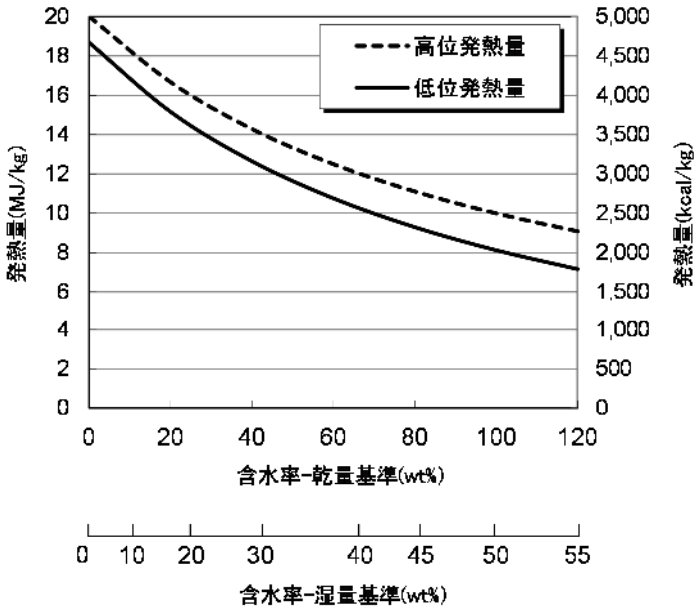



図３　含水率（水分）と発熱量の関係

表３に一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会が、全国木材資源リサイクル協会連合会とともに、燃料用木質チップの適切な利用を進めるために、その品質に関して原料、形状、大きさや水分などを定めた「燃料用木質チップの品質規格」の、水分区分および灰分区分を抜粋して示す。小型のバイオマスボイラに用いる場合は、水分区分 M35（準乾燥チップ、26-35%）、灰分区分 A1.0（1.0%以下）以上の品質が望ましい。

表３　木質バイオマスエネルギー利用推進協議会「燃料木質チップの品質規格」抜粋

出典：http://www.jwba.or.jp/燃料用木質チップの品質規格/品質基準/

表4. 水分区分（到着ベース）

| 区　分 | 水分 M（湿量基準含水率） | 参　考（乾量基準含水率） |
|---|---|---|
| M25（乾燥チップ） | ≦25% | ≦33% |
| M35（準乾燥チップ） | 26-35% | 34-54% |
| M45（湿潤チップ） | 36-45% | 55-82% |
| M55（生チップ） | 46-55% | 83-122% |

注）M＞55%のチップは対象外

表5.　灰分区分

| 区　分 | 灰分 % |
|---|---|
| A1.0 | A≦1.0 |
| A1.5 | A≦1.5 |
| A3.0 | A≦3.0 |
| A5.0 | A≦5.0 |

それらの規格に適合するために様々な取組が行われているが、以下に上川管内の南富良野町、上川町、美深町で行われている乾燥チップの生産方法について紹介する。

（１）.雪氷乾燥システム（南富良野町）

南富良野町では、CO2 の削減による地球温暖化防止と林業の振興を図るため、林地残材を暖房の燃料として利用するバイオマスチップボイラーを公共施設に導入し、燃料となるチップの品質を高めるため、森林組合が主体となり、雪氷を利用した「雪氷乾燥システム」の確立に取り組んでいる（図４）。

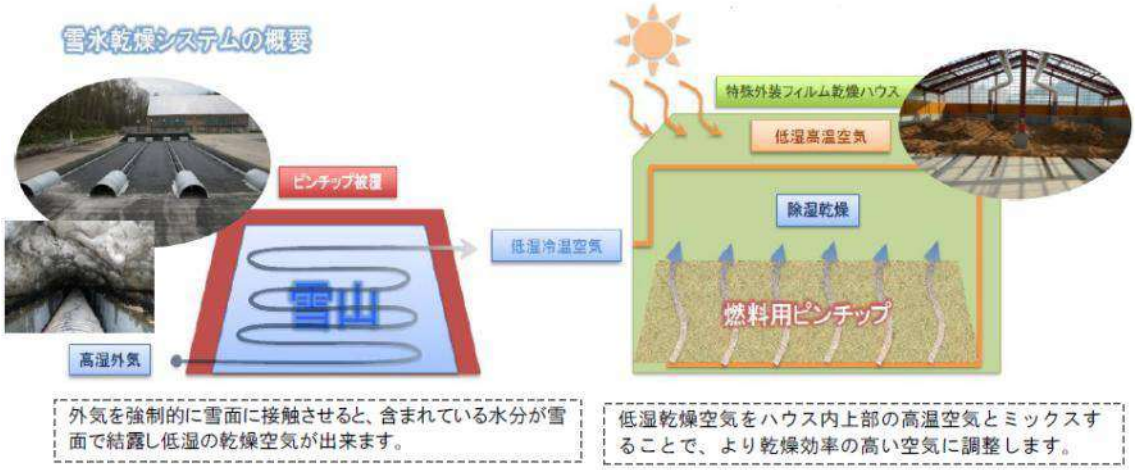



図４　雪氷乾燥システムの概要（南富良野町）

「雪氷乾燥システム」は、冬期間に降り積もる自然の産物である「雪氷」を利用した北海道で初めての取り組みであり、「雪氷乾燥技術」により作られる低湿な空気とハウスの天井付近にある高温の空気をミックスして乾燥効率を高めるシステムである。

南富良野町森林組合では 2011 年に「一村一炭素おとし事業」により、上記施設を約４千万円かけて整備し、水分 65%のチップを 35%に低減し、年間 230t の乾燥チップを町内の中学校等に供給する予定である。それにより乾燥に必要な重油を年間 11.4kL 節約し、年間 30.9t の CO2（二酸化炭素）発生を抑制することが可能になると考えられる。

（２）ウッドチップス協同組合の熱風乾燥（上川町）

ウッドチップス協同組合は、間伐材を含む林地残材等の地域未利用材を収集し、木質バイオマス資源として有効利用を図ることを目的に平成 26 年に設立された協同組合である。木質チップ製造施設等を整備し、高品質な燃料用チップおよび家畜敷き料用おが粉の生産を行っている（図５）。

燃料用チップは、木質バイオマス発電用の燃料として日本製紙木材などに供給しているほか、愛別町協和温泉をはじめとした近隣のチップボイラ施設への供給を行っている。協和温泉では低水分（17%程度）の燃料用チップを必要とする。そのため、ウッドチップス協同組合では乾燥チップの製造施設を有している。工場建屋（図６）の中心には移動式破砕機（チッパー）が砕いたチップを受ける一時貯蔵庫（ホッパー）、サイズ別に分ける選別機、規格外のものをおが粉にするおが粉製造器が納められている。両脇に２個ずつ設けら

れた乾燥庫は、床下から電気温風ブロアにて熱風（夏季 40℃、冬季 60℃）が出るようになっている。乾燥庫には 20m$^3$ のチップ（トラック 1 台分）を高さ 50cm 程度積み上げ、毎日切り替えしを行い、夏季は 2 日、冬季は 3～4 日程度で規定水分として出荷している。

図 5　施設の概要
（出典：広報かみかわ 2015,8, No1287）

図 6　工場建屋の全景

（3）天然乾燥による乾燥チップ製造（美深町）

美深町では平成 27 年に、町内温泉施設に木質バイオマスボイラを導入し、原料調達から燃料チップ製造・供給までを、すべて町内で行う体制を整備した。原料安定供給に関する協定を道・美深町林業経営安定化対策推進協議会・町の三者で締結し、年間 2,800m$^3$ の乾燥チップ（水分 30%以下）を生産している。規定の水分まで乾燥するために原木ヤード（図 7）で原料丸太を 6 ヶ月間保管した後、チップ化しチップヤード（図 8）にて 3 ヶ月間天然乾燥にした後、出荷することしている。

図 7　原木ヤード（アスファルト敷き）

図 8　チップヤード（屋根付き）

天然乾燥による乾燥チップの生産は、季節や天候により必要な乾燥期間が異なるが、導入したバイオマスボイラが年間を通して、ほぼ計画通りのボイラ効率で運用されているこ

となどから、一定の効果が得られていると考えられる。

## 第４節　「やさしい木質チップ燃料の検収マニュアル」について

北海道内の木質バイオマスのエネルギー利用は、年間 60 万 $m^3$ に及ぶ。それらの需給が必ずしも円滑であるとは言えないが、森林バイオマスのエネルギー利用は目立って増加する傾向にあり、パルプ用チップと等量となる日も近いと考えられる。

木材チップの量的検収法については、早くからパルプ、木材チップ両業界から問題視され、特に木材チップ業界からは検量の正確、かつ簡便な量的検量法の統一化が要望されていた。燃料用チップも、その量的検収法は各事業所によって異なり、取引の公正化，正量取引が必要である。

そこで林産試験場は、美深町林業経営安定化対策推進協議会からの受託研究を実施し、北海道（上川総合振興局木質バイオマス推進室、上川北部森林室）と連携した調査を行い、美深町における原料丸太・木質チップ燃料の品質を明らかにするとともに、ボイラに供した際の燃焼データを収集した。また、品質を安定させるために、かさ密度による水分の簡易測定法や挿入式木質チップ含水率測定器を活用した簡易な検収マニュアルを平成 28 年３月に作成した（図９）。

図９　検収マニュアル

美深町で使用されている燃料用木材チップは、比較的高品質を保っているが、より正確な取引を行うためには、樹種・形状の判断基準、水分の測定法等の検収方法を確立し、双方が納得できる適正な取引を行う必要がある。そこで、検収項目、供給者側の留意事項、受け入れ側の検収体制を図 10 のとおりまとめ、双方合意の上、運用することを提案した。

本マニュアルは美深町の天然乾燥による乾燥チップ製造に特化したものであるが、かさ密度を利用した水分簡易測定法等については、他の地域でも活用可能である。ただし、他の地域で実施するためには、その地域の木質チップ燃料のかさ密度、水分などのデータを調査する必要がある。

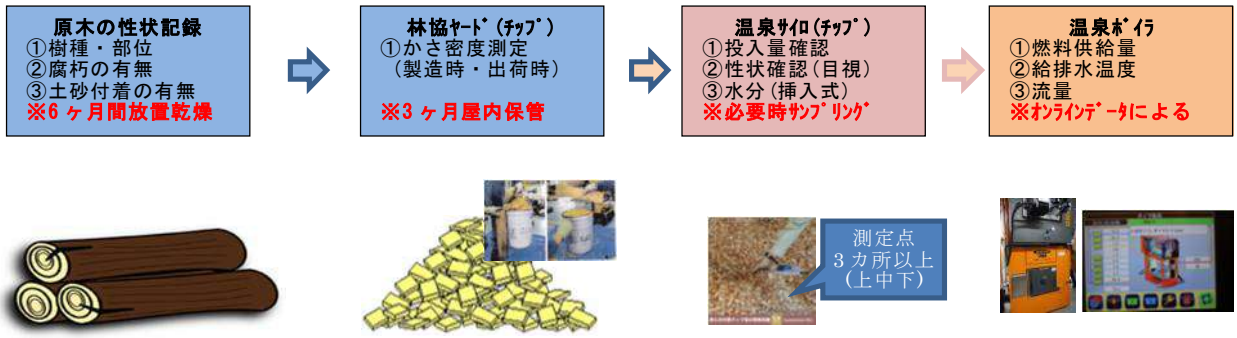



図 10　美深町における検収体制

［参　考］

# やさしい
# 木質チップ燃料の検収マニュアル

## －木質チップ燃料の取引にあたって－

平成 28 年 3 月

美深町

北海道内の木質バイオマスのエネルギー利用は、年間 60 万 $m^3$ に及びます。それらの需給が必ずしも円滑であるとは言えませんが、森林バイオマスのエネルギー利用は目だって増加する傾向にあり、パルプ用チップと等量となる日も近いと考えられるほどです。

木材チップの量的検収法については、はやくからパルプ、木材チップ両業界から問題視され、特に木材チップ業界からは検量の正確、かつ簡便な量的検量法の統一化が要望されていました。燃料用チップも、その量的検収法は各事業所によって異なり、取引の公正化、正量取引が必要です。

## １．取引方法

木質チップ燃料の取引方法に、重量を基準として価格を設定する重量取引（トンあたり）と、容積を基準とする全層積取引（立米あたり）、エネルギーを基準とするエネルギー取引（カロリーあたり）の三つの方法が考えられます。美深町では全層積取引を行っています。

**木質チップ燃料の取引方法の比較**

| | 正　確　さ | 簡　単　さ | 備　　考 |
|---|---|---|---|
| 重量取引 | ○ | ○ | トラックスケールなどの装置が必要 |
| 全層積取引 | △ | ◎ | 樹種や形状の記録が必要 |
| エネルギー取引 | ◎ | △ | 測定装置や，発熱量の計算が必要 |

### （１）重量取引

トラックまたは貨車に積載されたチップの全絶乾重量を一車ごとに求める方法です。まず、トラックスケール等により全含水チップ重量を測定し、この中からサンプルをとって乾燥器により水分（湿量基準）を測定して、次式により全絶乾重量を算出します。

**全絶乾重量(t)＝全含水チップ重量（t）×（100－水分(%)）÷100**

木材の絶乾重量あたりの発熱量は樹種にかかわらず、ほぼ一定ですので、燃料の取引には好適です。しかし、重量計測設備が必要となる、水分測定に時間がかかるため取引時点で数量の確定ができないという難点があります。なお、この重量を容積に換算したい場合には、容積密度数（＝絶乾重量÷生材容積）をもちいます。

**容積($m^3$)＝全絶乾重量(ｔ)÷容積密度数(t/$m^3$)**

**【参考】美深産主要樹種の伐採直後の水分，容積密度**

| 樹　種（採取月日） | 水分[%]＊ | 容積密度[t/$m^3$]＊ |
|---|---|---|
| トドマツ（8/11） | 57.2(0.8) | 0.35(0.01) |
| シラカバ（　〃　） | 36.7(3.2) | 0.51(0.07) |
| カラマツ（9/2） | 40.2(2.3) | 0.44(0.03) |
| アカエゾマツ(〃) | 50.6(5.8) | 0.37(0.04) |

＊（　　)内は標準偏差（n=10）

（２）全層積取引

トラックまたは貨車に積載されたチップを、そのままの姿で全層積（V′）を測定し、これに実験結果に基づいた実績率（k）を乗じて全実容積（V）を算出する方法です。

箱車（16m³）

全実容積（V）＝全層積（V′）×実績率（k）

燃料の場合、実績率を乗じない全層積で取引される場合があります。層積あたりの発熱量は、かさ密度によって異なります。かさ密度は原料樹種やチップの形状により異なることから、原料樹種や製造元（チップ工場）を記録し、通常と異なる場合は報告する必要があります。

なお、全層積を絶乾重量に換算する場合は、事前に計測した絶乾時のかさ密度（＝絶乾重量÷生材層積）を用います。

絶乾重量(ｔ)＝全層積($m^3$)×絶乾時のかさ密度($t/m^3$)

【参考】美深産主要樹種の燃料特性

| 樹　種 | 絶乾時の燃料特性 | | |
|---|---|---|---|
| | かさ密度($t/m^3$) | 灰分(%) | 発熱量(MJ/kg) |
| トドマツ | 0.13 | 0.4 | 20.86 |
| カラマツ | 0.18 | 0.2 | 20.16 |
| アカエゾマツ | 0.12 | 0.5 | 20.06 |
| シラカンバ | 0.18 | 0.3 | 19.44 |

（３）エネルギー取引

トラックまたは貨車に積載されたチップのエネルギー（発熱量）を一車ごとに求める方法です。まず、トラックスケール等により全含水チップ重量を測定し、この中からサンプルをとって、水分（湿量基準）、絶乾重量あたりの水素含量及び総発熱量を測定して、真発熱量を計算し、次式により全エネルギー量を算出します。

全エネルギー量(GJ)＝全含水チップ重量(ｔ)×真発熱量(GJ/t)

総発熱量や水素含量が測定できない場合、絶乾時の木材の真発熱量 18.65GJ/t，水の蒸発潜熱 2.5GJ/t として、以下の式により真発熱量を計算します。

真発熱量(GJ/t)＝（18.65×（100－水分(%)）－水分(%)×2.5）÷100

木材の真発熱量　水の蒸発潜熱

真発熱量とは総発熱量から水の蒸発潜熱を除いた値であり、ボイラ効率を計算するために必要です。燃料として利用する場合は、エネルギー取引が最も適していますが、発熱量計などの測定機器や難しい計算が必要となります。

エネルギーの単位はいろいろあります。以下の表を参考に必要に応じて換算してください。

**エネルギー単位の換算表**

| 単　位 | MJ（メガジュール） | kWh（キロワット時） | kcal（キロカロリー） |
|---|---|---|---|
| 1MJ | 1 | ０．２７８ | ２３９ |
| 1kWh | ３．６ | 1 | ８６０ |
| 1kcal | ０．００４１８６ | ０．００１１６ | 1 |

※ただし、k（キロ）は $10^3$、M（メガ）は $10^6$、G（ギガ）は $10^9$
カロリー（ｃａｌ）は水 1g の温度を 1℃上げる熱量
ジュール（Ｊ）は１ ニュートンの力がその力の方向に物体を 1m動かすときの仕事
ワット（W）は１秒間に１ジュールの仕事率
キロワット時（kWｈ）は　１時間あたり１キロワットの仕事率の仕事

## ２．品質規格

燃料用木質チップの利用において、多く発生する「チップが詰まる」、「チップがよく燃えない」、「火が消える」、「灰が多い」、「ボイラの損傷が多い」などのトラブルは、燃料の品質と燃焼機器の機能とがマッチしないために起こるのがほとんどです。そのため国内ではいくつかの品質規格が発表され、各団体で運用されています。

参考として巻末に一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会の「燃料用木質チップの品質規格」を紹介します。なお、美深町で使用されている燃料用木質チップは品質 Class1、寸法区分 P32、水分区分 M35 に該当します。

### （１）品　質

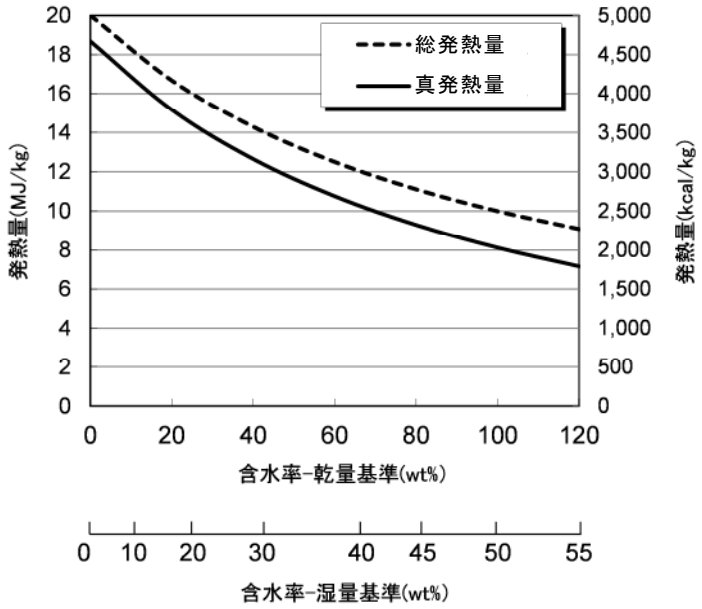
この規格では品質 Class を、燃料としての安全性が高いものから順に Class１～4 の 4 区分しています。Class１は幹、全木、未処理工場残材を原料としており、灰分が最も少なく（1%以下）、防腐薬剤などに由来する有害物質を含みません。

### （２）寸法区分

木質チップには、その製造方法により切削チップと破砕チップがあります。破砕チップは絡みやすく、ブリッジやスクリューコンベアの詰まりの原因となるため，小型ボイラには切削チップが適しています。チップの大きさは搬送性と燃焼性に関係し、燃焼設備に適合したものを使用する必要があります。

（３）水分区分

燃料に含まれる水は発熱量や着火性、燃焼性に関係します。チップ燃料の価格を決定する特に重要なファクターとなりますので、適切に管理する必要があります。




**含水率と発熱量の関係図**

水分の測定方法には、JIS などに規定される絶乾法（105℃で乾燥）のほか、あらかじめ初期の水分を測定し重量変化から水分を計算する重量法や、電気的性質による水分計法があります。美深町では供給者側の水分管理法として重量法（かさ密度）、受け入れ側の検収法として水分計法（挿入式）を用いることにします。

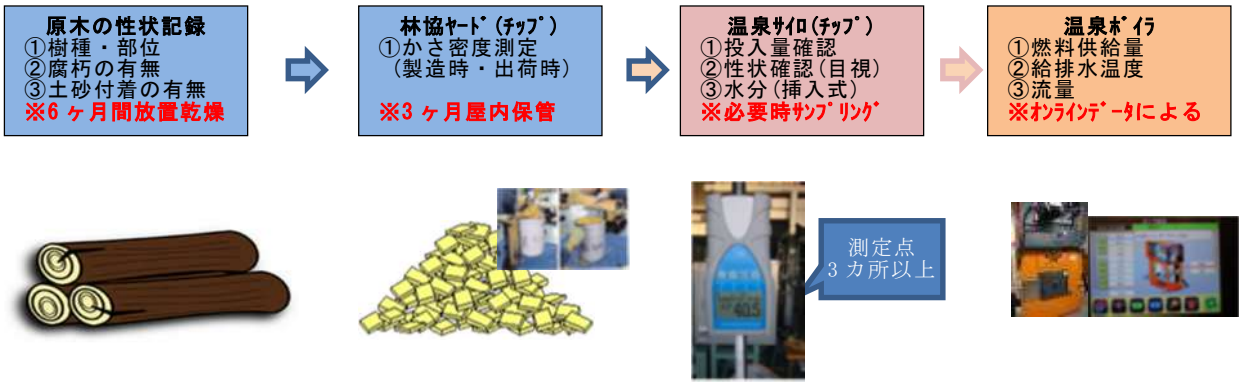
**水分の測定方法の比較**

| 測定法 | | 正　確　さ | 簡　単　さ | 備　　考 |
|---|---|---|---|---|
| 絶乾法 | 円板採取 | ◎ | △ | 伐採直後は正確<br>一本から数枚採取 |
| | 成長錘採取 | △ | △ | 低めに提示される傾向がある |
| | チップ採取 | ◎ | △ | サンプリングに気を付ける必要がある |
| 重量法 | 丸太 | ○ | ○ | 初期水分または容積密度数が必要 |
| | かさ密度 | ○ | ○ | 樹種、形状ごとに絶乾時のかさ密度が必要 |
| 水分計法 | 挿入式 | ○ | ◎ | 低水分域では正確<br>低温では凍結に注意 |
| | 接触式 | △ | ◎ | 表面のみの測定のため丸太などには適さない |

## ３．検収方法および品質管理

美深町で使用されている燃料用木材チップは、比較的高品質を保っています。より正確な取引を行うためには、樹種・形状の判断基準、水分の測定法等の検収方法を確立し、双方が納得できる適正な取引を行う必要があります。そこで、検収項目、供給者側の留意事項、受け入れ側の検収体制を次のとおりまとめました。

| 検　収　項　目 |
|---|
| ①区分（樹種・性状）<br>②全層積（一台あたりの層積×台数）<br>③水分（ボイラの要求値（35%）以下）<br>④かさ密度　上記水分時　トドマツ　0.20t/m$^3$ 以下<br>シラカンバ　0.28t/m$^3$ 以下<br>カラマツ　0.28t/m$^3$ 以下<br>アカエゾマツ 0.18t/m$^3$ 以下 |
| **供給者側の留意事項** |
| ①原料丸太の性状記録（樹種・部位・腐朽の有無・土砂付着の状況）<br>②乾燥期間（原木丸太６ヶ月間，チップ化後３ヶ月間）<br>③かさ密度による水分簡易測定（チップ化直後，出荷時）<br>④積み込み前の車両確認（残留物（土砂等）の有無） |
| **受け入れ側の検収体制** |
| ①目視による確認（樹皮・土砂の混入状況）<br>②投入量確認（搬送車台数，一台あたりの容積）<br>③挿入式木質チップ燃料含水率測定器による水分測定（３点以上測定）<br>④ボイラの運転状況記録（オンラインデータ） |



（１）検収項目

美深町は全層積取引を行っているので、区分（樹種・性状）、全層積（一台あたりの層積×台数）、水分（ボイラの要求値（35%）以下）、かさ密度を検収項目としました。あわせては水分 35%のかさ密度を次の式で計算して記載しました。

任意水分時かさ密度(t/m$^3$)＝絶乾かさ密度(t/m$^3$)÷（100－水分(%)）×100

各樹種において測定したかさ密度が、記載した値以下であれば、規定の水分以下となっていると考えられます。

（２）供給者側の留意事項

原料丸太の性状記録（樹種・部位・腐朽の有無・土砂付着の状況）と、現状の乾燥期間（原木丸太６ヶ月間，チップ化後３ヶ月間）を維持することとし、かさ密度による水分簡易測定（チップ化直後，出荷時）を品質確認のために加えました。

かさ密度は、あらかじめ正確に容積(L)および重量(kg)を測定したペール缶等にチップを詰めて 15cm の高さから３回自然落下させ、チップの減量を追加してすりきり状態になるよう表面を整え、チップを詰めた重量(kg)を測定して、以下の式で求めます。

かさ密度(t/m$^3$)＝（重量(kg)－容器重量(kg)）÷容器容量(L)

かさ密度の測定

また、砂利等の運搬と車両を共用しているため、土砂が混入した事例があったので、積み込み前の車両確認（残留物（土砂等）の有無）を盛り込みました。

（３）受け入れ側の検収体制

目視による確認（樹皮・土砂の混入状況）、投入量確認（搬送車台数、一台あたりの容積）を従来どおり行うこととし、挿入式木質チップ燃料含水率測定器による水分測定を加えました。測定箇所によりバラツキがあるので３点以上測定し、規定水分(35%）以下であることを確かめます。美深町のボイラの運転状況はオンラインデータとして記録されます。温水ボイラの場合、出力は以下の式で計算します。

出力(kWh)＝（往温度(℃)－復温度(℃)）×流速(L/分間）×稼働時間(分間)÷860

1kWh=860kcal

これを、投入した燃料の真発熱量で除したものがボイラ効率となります。

ボイラ効率(%)＝出力(kWh)÷（真発熱量(MJ/kg）×投入量(kg)÷3.6）

1kWh=3.6MJ

計画していた出力やボイラ効率より、あきらかに低下している場合は、供給者側と協議し、供給者側の記録を確認します。場合によっては、絶乾法による水分や、発熱量を測定し、検収項目に合致していることを確認します。瑕疵がなければ，ボイラメーカに依頼し詳細な調査を行います。

ボイラの運転状況

【参考】木質バイオマスエネルギー利用推進協議会「燃料木質チップの品質規格」

表1. 品質基準

| 品質項目 | 単位 | Class 1 | Class 2 | Class 3 | Class 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| 原料<br>(表2参照) | | 幹、全木<br>未処理工場残材 | 幹、全木<br>未処理工場残材<br>灌木・枝条・末木等 | 幹、全木<br>未処理工場残材<br>灌木・枝条・末木等<br>剪定枝等<br>樹皮<br>未処理リサイクル材 | 幹、全木<br>未処理工場残材<br>灌木・枝条・末木等<br>剪定枝等<br>樹皮<br>未処理リサイクル材<br>化学処理工場残材<br>化学処理リサイクル材 |
| チップの種類 | | 切削チップ | 切削チップまたは破砕チップ | | |
| チップの寸法 P<br>(表3参照) | | P16、P26、P32およびP45から選択 | | | |
| 水分 M<br>(表4参照) | %<br>(湿量基準) | M25、M35<br>から選択 | M25、M35、M45およびM55から選択 | | |
| 灰分 A<br>(表5参照) | w-% dry(1) | A1.0≦1.0% | A1.5≦1.5% | A3.0≦3.0% | A5.0≦5.0% |
| 窒素 N | w-% dry(1) | — | — | ≦1.0 | ★ただし、リサイクル材を取り扱わない工場を除く<br>★リサイクル材を取り扱う工場では、脚注の重金属等(2)について随時測定すること |
| 塩素 Cl | w-% dry(1) | — | — | ≦0.1 | |
| 砒素 As | mg/kg dry | — | — | ≦4.0 | |
| クロム Cr | mg/kg dry | — | — | ≦40 | |
| 銅 Cu | mg/kg dry | — | — | ≦30 | |

注) 金属、プラスティック類、擬木(合成木材、複合木材)、土砂、石などの異物を含まないこと

(1) w-% dry:質量パーセント(乾量基準)

(2) 硫黄 S:≦0.1w-% dry、カドミウム Cd:≦0.2mg/kg dry、鉛 Pb:≦50mg/kg dry、水銀 Hg:≦0.1mg/kg dry、亜鉛 Zn:≦200mg/kg dry

表2. 原料区分

| 発生起源 | 原料の名称 | 内容 |
|---|---|---|
| 森林立木 | 01 幹(1) | 高木の幹 |
| | 02 全木(1) | 高木の根部を除く樹体全体 |
| | 03 灌木(1)・末木・枝条等 | 灌木、末木・枝条(葉を含む)、根張り材(ドンコロ) |
| | 04 剪定枝等 | 公園樹、街路樹、果樹等の幹部および剪定枝葉 |
| 副産物工場残材 | 11 未処理工場残材 | 背板、端材、剥き芯などの無垢材 |
| | 12 樹皮 | 剥皮 |
| | 13 化学処理工場残材(2) | 合板、集成材、パーティクルボードなどの接着製品および保存処理材など |
| リサイクル材 | 21 未処理リサイクル材 | 化学的処理されていない建築用材・梱包材・パレットなど |
| | 22 化学処理リサイクル材(2) | 合板、集成材、パーティクルボードなどの接着製品および保存処理材など |

(1)伐根を除く、(2)CCA処理材を除く

表3. 寸法区分

| 区分 | 微細部<br>チップ重量の10%未満 | 主要部<br>チップ重量の80%以上 | 粗大部<br>チップ重量の10%未満 | 最大長 |
|---|---|---|---|---|
| P16 | <4mm | **4-16mm** | 16-32mm | <85mm |
| P26 | <4mm | **4-26mm** | 26-45mm | <100mm |
| P32 | <8mm | **8-32mm** | 32-63mm | <120mm |
| P45 | <16mm | **16-45mm** | 45-90mm | <150mm |

注)寸法:ふるいの目開き寸法

表4. 水分区分(到着ベース)

| 区分 | 水分 M<br>(湿量基準含水率) | 参考<br>(乾量基準含水率) |
|---|---|---|
| M25(乾燥チップ) | ≦25% | ≦33% |
| M35(準乾燥チップ) | 26-35% | 34-54% |
| M45(湿潤チップ) | 36-45% | 55-82% |
| M55(生チップ) | 46-55% | 83-122% |

注)M>55%のチップは対象外

表5. 灰分区分

| 区分 | 灰分 % |
|---|---|
| A1.0 | A≦1.0 |
| A1.5 | A≦1.5 |
| A3.0 | A≦3.0 |
| A5.0 | A≦5.0 |

出典:http://www.jwba.or.jp/燃料用木質チップの品質規格/品質基準/

# お　わ　り　に

森林整備に伴い発生する林地未利用材をエネルギー利用する取組は、地域における森林資源の循環や雇用の確保などが期待できることから、上川総合振興局木質バイオマス推進室では、平成 26 年から３年間、林地未利用材の安定供給やエネルギー利用拡大に向けた取組を実施してきた。

これまでの取組により、間伐や皆伐等の森林整備により発生する木質バイオマスの集荷量や生産コスト等について知見を得ることができたが、地域における林地未利用材の安定供給やエネルギー利用拡大を進めていくためには、集荷システムや生産コスト等の経済性だけではなく、燃料としての品質管理や適切な設備導入などが課題であるということを確認することができた。

木質バイオマスのエネルギー利用は、課題が多く、国内では技術的にも発展段階にあるが、本結果報告が、今後、木質バイオマス施設の導入等を検討している事業者等への参考事例となり、将来的に、地域における林地未利用材の安定供給やエネルギー利用拡大に繋がることを期待する。

最後になりましたが、低コスト生産モデル事業については、音威子府林産企業（協）、齊藤重興業、上川町森林組合、ウッドチップス（協）、長原造材（有）、（株）北海道健誠社、南富良野町森林組合、富良野地区森林組合などの関係事業者や北海道立総合研究機構林業試験場及び林産試験場の皆様のご協力を得て実施することができました。特に、林産試験場利用部バイオマスグループの山田敦主査（エネルギー）には、サンプルチップの分析や「木質バイオマス燃料（チップ）の取扱方法」の執筆など多大なご協力をいただきましたことに厚くお礼申しあげます。

木質バイオマス安定供給体制構築事業結果報告書
（平成26～28年度地域政策推進事業）
平成29年3月発行

◆お問い合わせ先◆
北海道上川総合振興局産業振興部林務課
木質バイオマス推進室
旭川市永山6条19丁目1-1上川合同庁舎
ＴＥＬ：0166-46-5953