

2014/12/16 バイオマス産業社会
ネットワーク(BIN)第143回研究会

低質材の供給拡大の可能性について —木質バイオマス発電を巡る2016年問題に向けて—

久保山裕史(森林総合研究所)

内容

1. 木質バイオマスの現状
2. 木質バイオマス発電事業の現状と課題
3. 木質バイオマス供給の今後について
4. まとめ

1. 木質バイオマスの現状

1-1. バイオマス利用における注意点

①燃料のエネルギー含有量

- * 有効エネルギー量
 = バイオマスの重量
 × 重量あたりの低位発熱量
 (低位発熱量LHV:真発熱量と高位発熱量HHV)

W: 0.5t	W: 0.5t
B: 0.5t	B: 0.5t

14000円
/t-dry

7000円/
生t
(50wt%)

7000円/
生t
(50wt%)

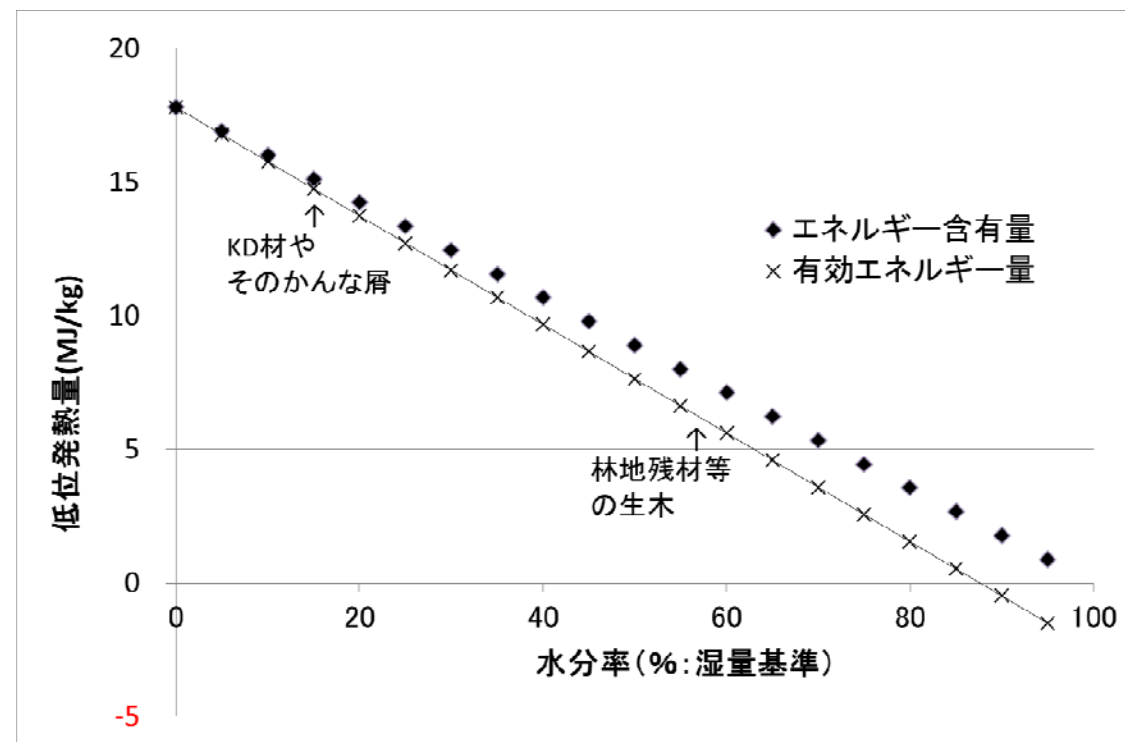
→ **重さが重要**

- * 重量あたりの低位発熱量は
含水率によって決まる

* 湿量基準 (w.b.) = $W / (B + W) = 50\%$

* 乾量基準 (d.b.) = $W / B = 100\%$

→ **湿量基準の含水率 (w.b.) が重要**



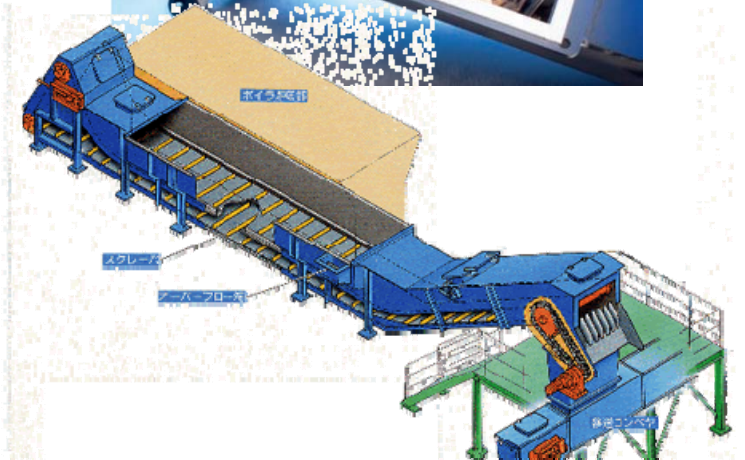
②形状

1. 加工方法による違い

1. 切削チップ: トラブル少ない
2. 破砕(ピン)チップ: 団子状になりやすい

2. 大きさによる違い

1. 5~10cm: 大型の施設---プッシャーフィーダ
2. <5cm: 小型の施設---スクリューフイーダ



②体積と重さの換算

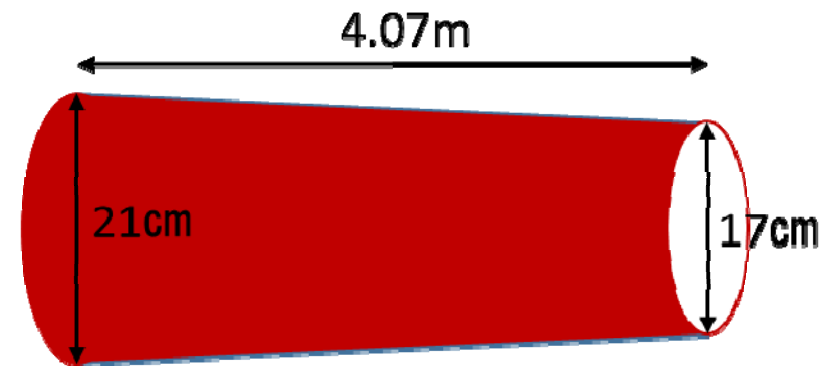
* 樹種によって異なる比重

- * スギ: 0.35t-dry/m^3 前後 $\rightarrow 0.7$ 生t(50%w.b.) / $\text{m}^3 \rightarrow 0.78$ 生t(55%w.b.) / m^3
- * ヒノキ: 0.41t-dry/m^3 前後
- * アカマツ: 0.43t-dry/m^3 前後
- * カラマツ: 0.44t-dry/m^3 前後
- * 広葉樹: 0.60t-dry/m^3 前後 $\rightarrow 1.1$ 生t(45%w.b.) / m^3

※ここでの 1m^3 は実材積

* 販売材積と実材積

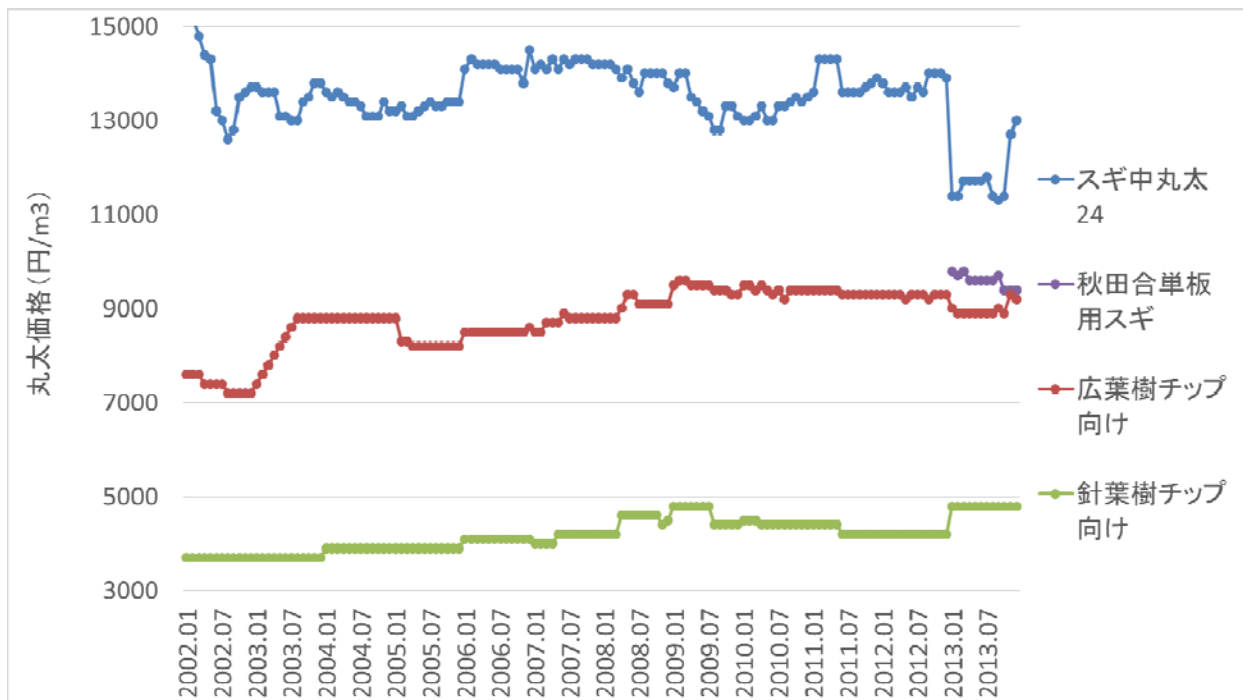
- * 販売材積(製材工場・原木市場での材積) by JAS法
 - * 末口二乗法: 材積 $\text{m}^3 \doteq D \times D \times L$ (長さ)
 - * 末口径(D): 皮うちの最小直径---14cm以上は2cm括約、
 - * 長さも端数切り捨て \rightarrow 実材積は過小推計
- * 林業でいう販売材積 $1\text{m}^3 \doteq$ 実材積 $1.25\text{m}^3 \doteq 1$ 生t



- ・末口径16cm、材長4m \rightarrow 販売材積 0.102m^3
- ・実材積 $0.116\text{m}^3 +$ 樹皮 $\rightarrow 0.128\text{m}^3$
- ↓
- ・実材積 1m^3 (スギ) $\doteq 0.78\text{t-55\%}$
- ・販売材積 $1\text{m}^3 \doteq$ 実材積 $1.25\text{m}^3 \doteq 0.98\text{t-55\%}$

1-2. 林業の現状

①丸太価格(岩手県)

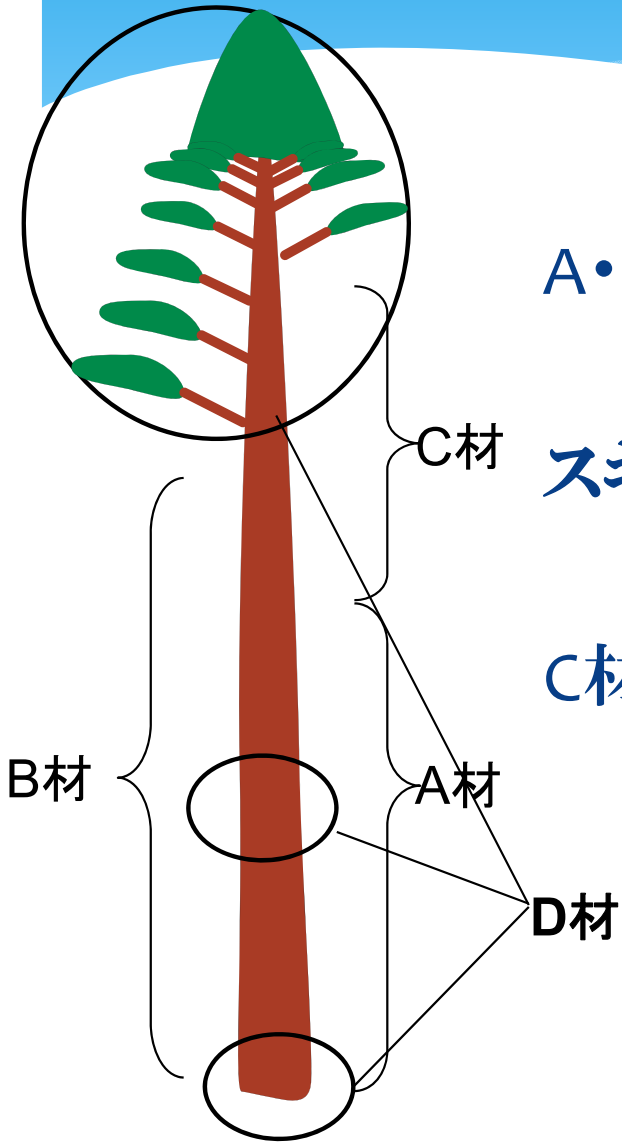


岩手県の丸太価格の推移

注: 林野庁の木材価格を用いた(震災期間のデータ欠損は内挿した)。

- * 広葉樹チップ材価格は針葉樹合板用材とほぼ同じ価格
 - ↓ 広葉樹は重い(密度)
 - ↓ 本数の割に体積少ない広葉樹林を伐採する業者少ない
- * 針葉樹チップ材価格は上昇傾向

②針葉樹人工林皆伐の場合



A・B材(製材・合板用):0.9-1.3万円/m³

Ⅳ →伐採利用の主な誘因

スギ主伐伐出・運材コスト:0.7万円/m³

∨

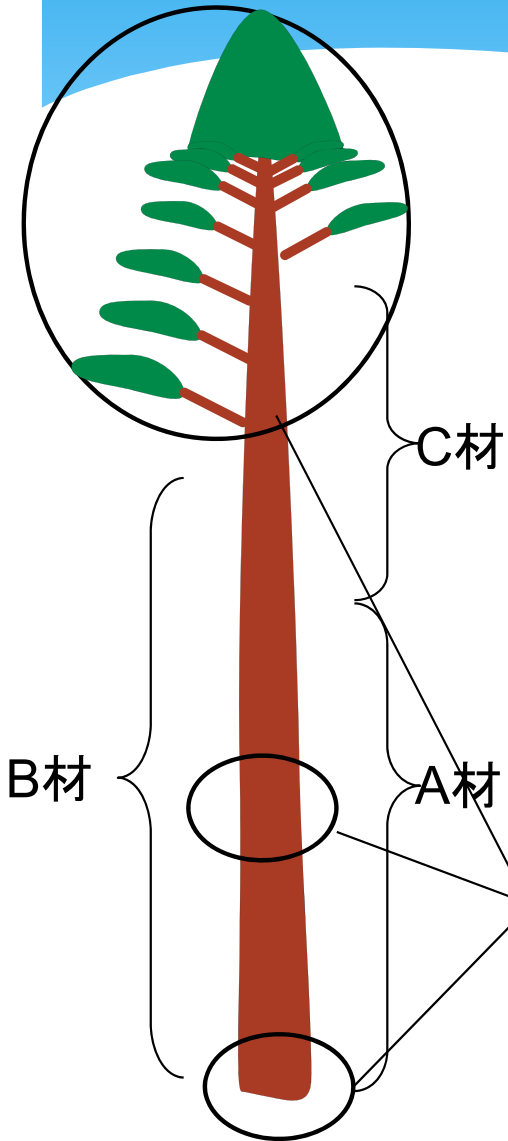
C材(パルプ用):0.3 - 0.6万円/m³

Ⅳ

林地残材: ?円/m³

■パルプ材と同様にA・B材と結合生産
→林産業ありき

③針葉樹人工林間伐の場合



A・B材(製材・合板用):0.9-1.3万円/m³

∴

スギ間伐伐出・運材コスト:1.1万円/m³

∴

C材(パルプ用):0.3 - 0.6万円/m³

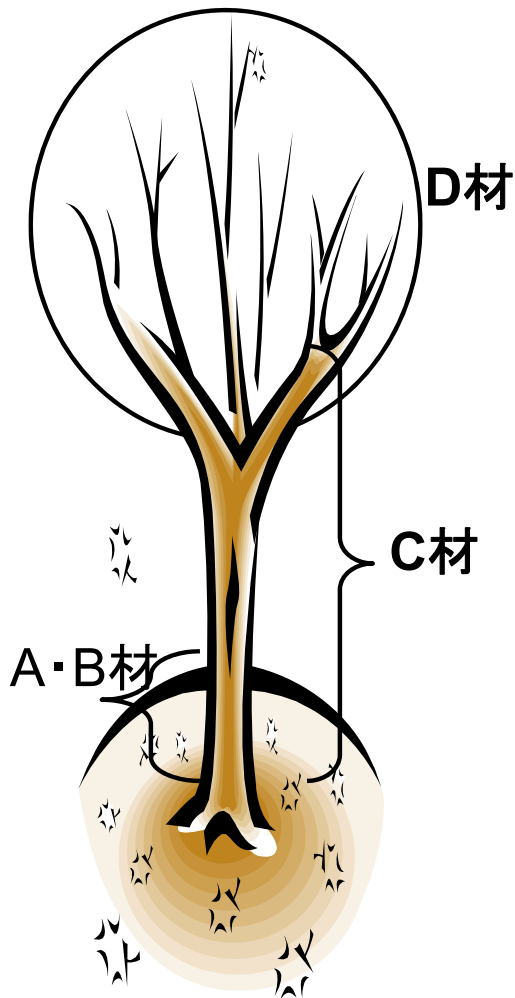
∴

林地残材: ?万円/m³

■ 補助金がなければ出材されない

→0.4万円/m³以上で皆伐と同じ条件に

④広葉樹林皆伐の場合



ほとんどC材(主にパルプ用):0.9万円/m³

・||

広葉樹伐出・運材コスト:0.8万円/m³

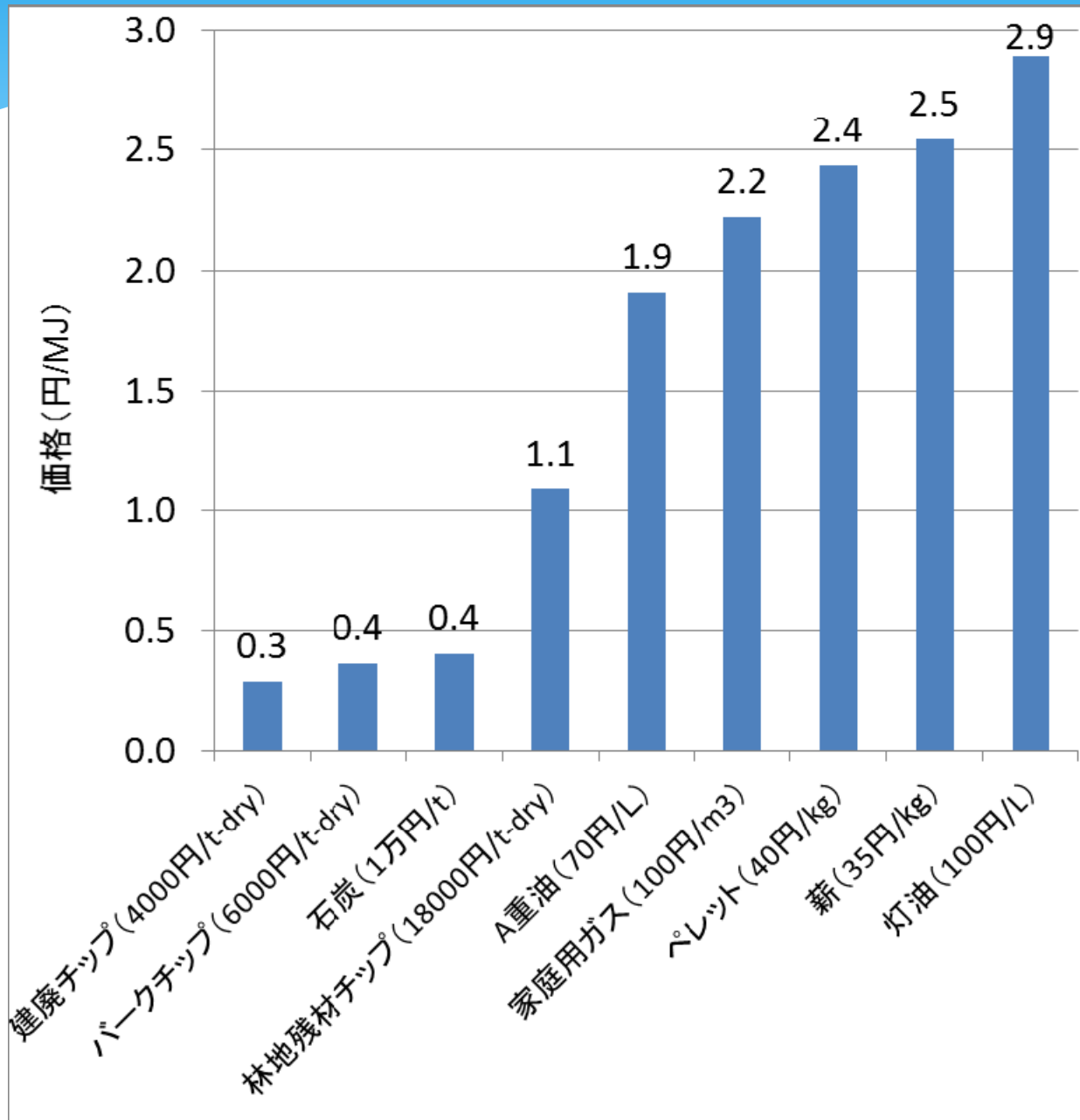
||V

D材(林地残材): ?万円/m³

- 0.9万円/m³以上でないと燃材林業困難

2. 木質バイオマス発電事業の現状と課題

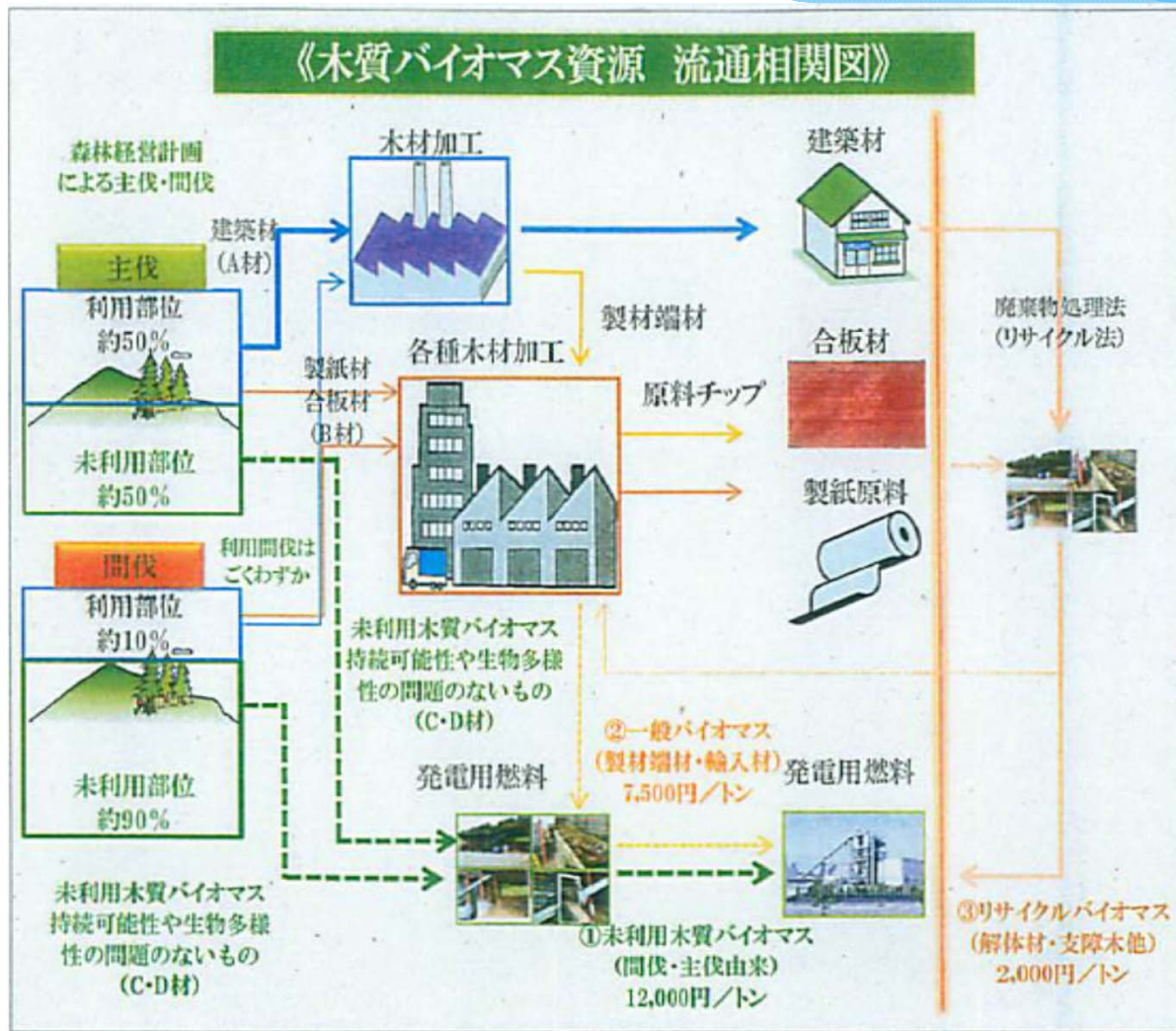
2-1. 石油には勝てる木質バイオマス



- 石油との競争は十分可能
- 現在、重油が80円/Lを越えているので23000円/t-dry前後で対抗可能

2-2. 固定価格買取制度の概要

(1) 価格算定の背景



- * (株)グリーンサーマル
- * 未利用木質バイオマス
12000円/t-40%w.b.
≒20円/kg-dry
→31.8円/kWh
- * 買取期間20年、IRR8%

(2) 経済性の高まった発電事業－G社の場合

前提条件

買取価格	32 円/kWh
設備利用率	93 %
補助率	0 %
固定資産税率	0 %
水分	40 %
LHV	9.7 MJ/kg

前提条件

買取価格	32 円/kWh
設備利用率	90 %
補助率	0 %
固定資産税率	1.4 %
水分	40 %
LHV	9.7 MJ/kg

	G社		
発電効率 (%)	26		
発電規模 (kW)	5700		
チップ買取価格 (円/kg-40%)	10	12	14
送電端効率 (%)	22		
発電コスト (円/kWh)	24.2	27.6	31.0
内部収益率 (IRR) (%)@20年	14.6%	8.0%	赤字

	G社		
発電効率 (%)	26		
発電規模 (kW)	5700		
チップ買取価格 (円/kg-40%)	10	12	13
送電端効率 (%)	22		
発電コスト (円/kWh)	24.6	28.0	29.7
内部収益率 (IRR) (%)@20年	12.9%	6.5%	2.6%

- * 12円/kg-40%で高い経済性：IRR8%→6.5%以下
- * 13円/kg-40%でも収益確保可能＝10800円/t-50%

(3) T社の場合

前提条件

買取価格	32 円/kWh
設備利用率	90 %
補助率	0 %
固定資産税率	1.4 %
水分	40 %
LHV	9.67 MJ/kg

	T社		
発電規模(kW)	5800		
チップ買取価格 (円/kg-40%)	10	12	13
発電コスト(円 /kWh)	26.1	29.8	31.6
内部収益率(IRR) (%)@20年	12.0%	4.1%	赤字

- * 水分の高い燃料への対応を優先
→発電効率がやや低い
- * 10000円/生t程度なら採算がとれる

(4) 熱利用の場合

70 円/L

熱効率(%)	90		
設備利用率(%)	90		
規模(熱kW)	4000		
チップ買取価格 (円/kg-40%)	11	12	13
熱コスト(円 /kWh)	5.9	6.4	6.8
IRR(%) @20年	12.4%	7.4%	1.4%

- * 熱出力4000kW
- * 設備投資:3.2億円
- * A重油70円/L相当で熱販売(85円/L @H25)
↓
- * 5千kWクラスと同等の経済性
- * 10800円/t-50%事業成立

2-3. バイオマスの買取り価格 — 現状 —

○針葉樹

- * 8000～1万円/ t-50%w.b. @プラント
↑ 輸送&チップ加工2400円/t-50%w.b.前後
- * 5600～7800円/t-50%w.b.
≒針葉樹丸太5000～7000円/t-55%w.b. ≒m³@チップ工場
↑ 輸送2000円/m³前後
- * 針葉樹3000～5000円/m³@山土場≒伐出

※バイオマス(燃材)価格≒伐出・輸送費 < A・B材価格
→森林所有者に収益還元わずか

2-4. 稼働施設と認定施設

－未利用バイオマスと一般バイオマス利用施設－

* RPS法からの移行施設

* 17カ所

* 木質バイオマス発電容量合計：8.3万kW

* 新規認定稼働施設

* H26年8月末現在たった8カ所

* 出力合計4.9万kW

* 全認定施設(移行含む)

* 84カ所

* 木質バイオマス発電容量合計：116万kW

再生可能エネルギー設備認定状況(H26年8月末時点)

	未利用木質	一般木質・農作物残さ	備考
岩手県宮古市	0	5,800	ウッドिकाワイ
宮城県気仙沼市	800	0	気仙沼地域エネルギー開発
福島県会津若松市	5,700	0	グリーンサーマル会津
栃木県那須塩原市	0	265	二宮木材
長野県長野市	1,500	0	いいづなお山の発電所
高知県高知市	0	29,500	イーレックス
大分県日田市	5,700	0	グリーン発電大分
宮崎県日南市	0	160	?

2-5. 使用燃料の実態

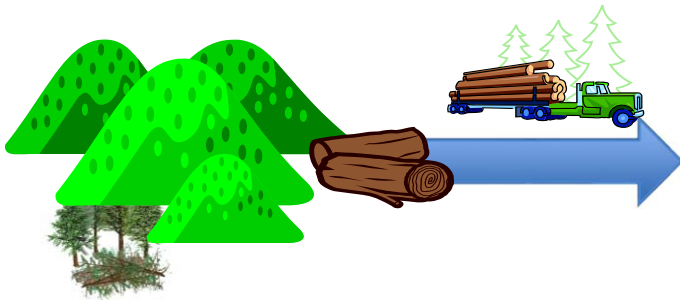
1. ボイラーの要求規格

- * A社含水率35%w.b.以下、B社50%w.b.以下
→伐採直後の林地残材不可
- * 5～10cmの切削チップ

2. 原料

- * 低質丸太がほとんど
- * 一部でタンコロ、枝条はほとんど使われていない
- * 皮付きの黒チップ(放射能の問題があるところは白チップ)

2-6. バイオマス供給事例1 (1) 5700kW規模



原木代:7000円/t-55%
≒9300円/t-40%
+乾燥・チップ化コスト
2200円/t-40%



≒供給コスト
11500円/t-40%
≒19200円t-dry

* チップ工場着未利用丸太:7000円/生t-55%w.b. ≧7000円/m³

燃料用丸太土場の様子



- * 貯木土場
 - * 工場併設
 - * 約1万t:多くは2m材
- * 横りん木入れると乾燥させやすい

(2) 1万kWの事例



* プラントまでの距離40km以下

燃料生産の様子





3. 木質バイオマス供給の今後について

3-2. 供給可能性の試算

- * A県における歩留まりの向上 (H24→H25)
 - * A事業者皆伐: 65.2% → 94.1%
 - * B森林組合間伐: 65.4% → 97.5%
 - * C森林組合間伐: 57.0% → 77.6%
- * 素材生産システムの工夫
 - * C材の出口わずか → A・B材のみの搬出
→ 燃材需要の確立 → 小径材、欠点部分の出材
- * 追加の造材 + 搬出 + 運搬コスト < 4500円/m³

結果

- * H25素材生産量1960万 m^3
 - * 皆伐:1200万 m^3 ---伐採材積1600万 m^3 @歩留まり75%
→低コスト化による全量利用@歩留まり90% = 240万 m^3
 - * 間伐:760万 m^3 (H24)---伐採材積1170万 m^3 @歩留まり65%
→低コスト化による全量利用@歩留まり85% = 234万 m^3
- * 474万 m^3 程度の供給拡大は可能
 - ↓ 需要706万 m^3 以上
- * A・B材需要の一層の拡大 \equiv 伐採量の拡大
 - + 枝条の利用
 - + 広葉樹の活用
- * 新規参入・人材育成

3-4. コスト削減や供給拡大に失敗した場合

- * 未利用木質バイオマスの価格高騰
 - * 5000kW規模: 20円/kg-dry前後が損益分岐
 - * 1万kW規模: 23円/kg-dry前後が損益分岐
 - ↓ 8000円/m³ ≒ t-55%w.b.前後@チップ工場が限界
- * A・B材需要の一層の拡大&枝条の低コスト供給
 - ↓ 供給拡大が十分進まない場合
- * 他の燃料への転換
 - * 建廃チップ: ~2.5円/kg-AD ---◎→4円/kg-AD前後が限界
(NPO法人全国木材資源リサイクル協会連合会)
 - * PKS: 13円/kg ---◎ →19円/kg前後が限界→EFBやソルガム?
(日刊木材新聞)
 - * 輸入チップ: H25平均18.8円/kg---×
 - * 輸入ペレット: H25平均23.3円/kg---×

3-5. 低コストバイオマス供給に向けた課題

(1) 燃料チップの付加価値向上

- バイオマス流通センターの取り組み
 - 林業協同組合WVのサポートで設立
 - シュタイヤーマルク州では8カ所
 - 目的:安いパルプ材以外の需要開拓

レオベンバイオマス流通センター

- * 約300人の森林所有者で設立
- * 半乾燥チップ年間約1万 m^3 販売
(8500 m^3 の丸太在庫)
 - * 低質丸太を5000円/ m^3 程度で買い取り
 - * 1年以上保管:水分30%以下
 - * 大型チップパートラックを請負
 - * コンプテック社約7千万円、700馬力、丸太120 m^3 /時間
 - * 大型コンテナトラック(90 m^3)を請負
 - * 1.6万円/t-dry程度で販売



センターにおけるチップ化





←15cmくらい、枝葉も混じる生チップ
=大規模プラントしか買えない:安い

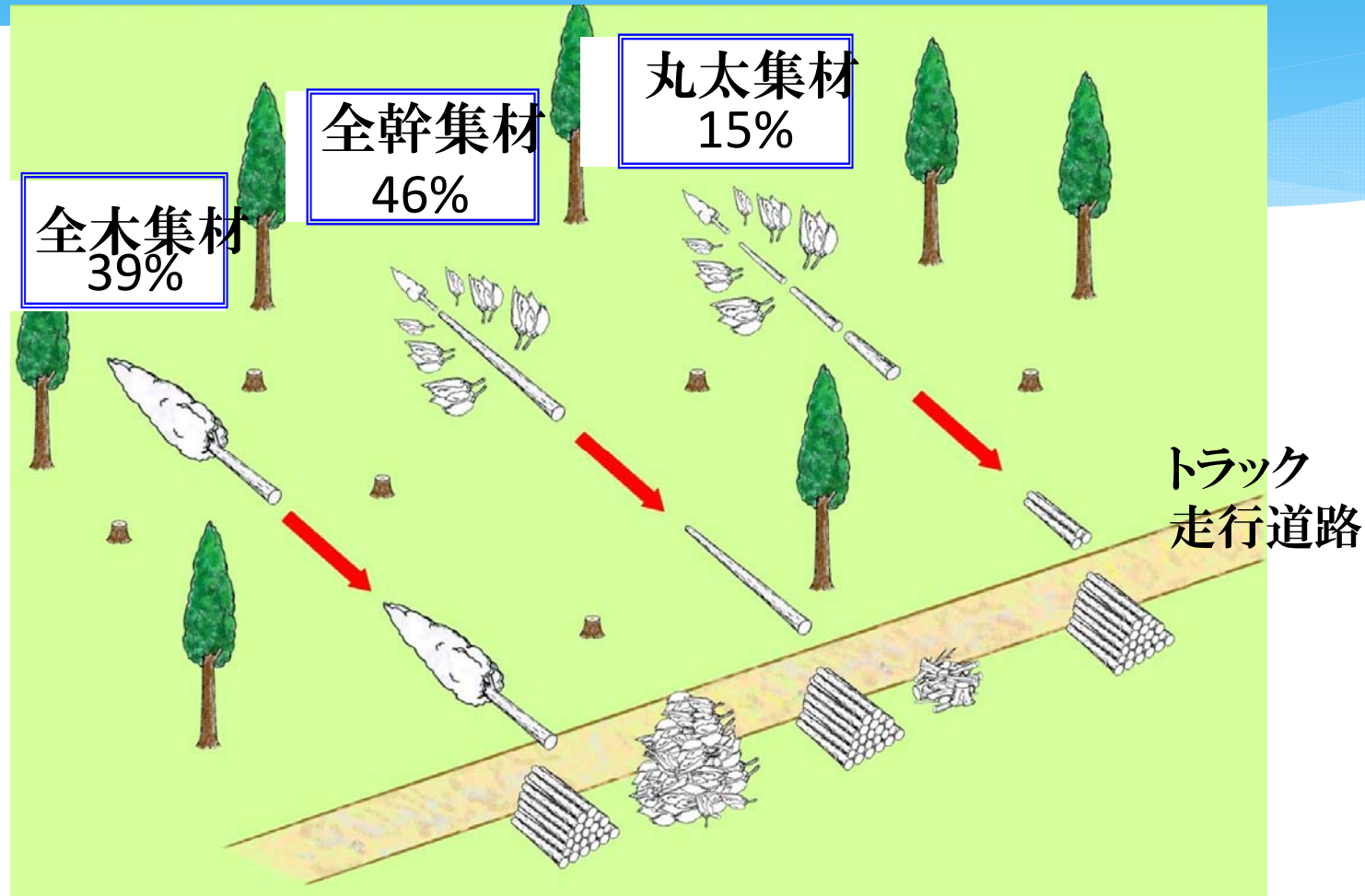
•均質な大きさの半乾燥チップ →
=中小規模プラントが高く買ってくれる



(2) 枝条の低コスト供給のポイント

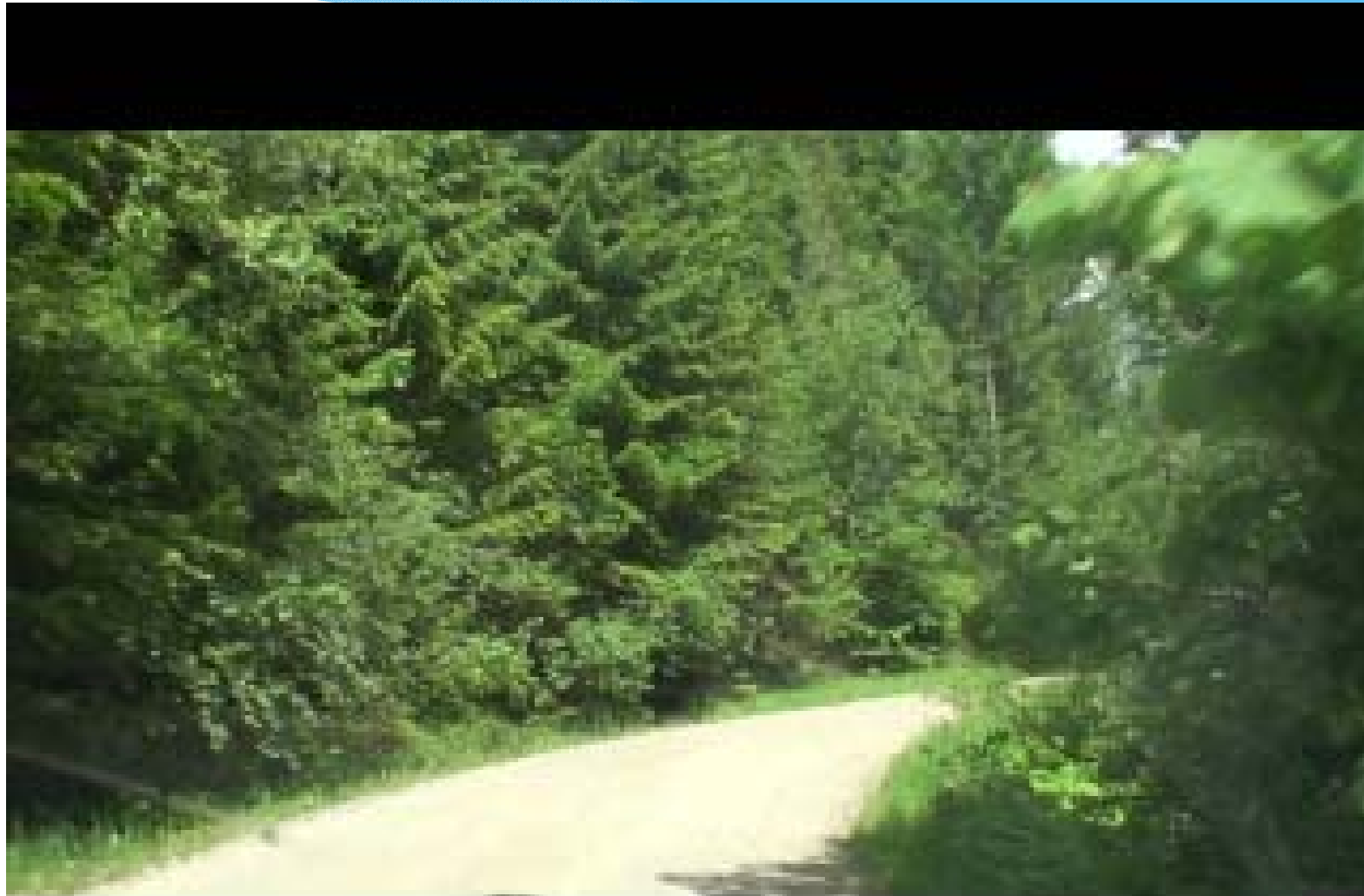
- ① 全木集材による林地残材供給
- ② 山土場チップ加工による直送
- ③ チップの低コスト加工
- ④ チップの低コスト輸送

①全木集材による林地残材供給



- 全木集材がバイオマス供給には最適
- 造材歩留まり60～80% → +端材20～40% +枝葉23%
→ 供給量を増やすには枝や梢端を活用

Konrad社Mouny4000



②山土場チップ加工による直送

* 林地残材をそのまま輸送

→0.07t-dry/m³

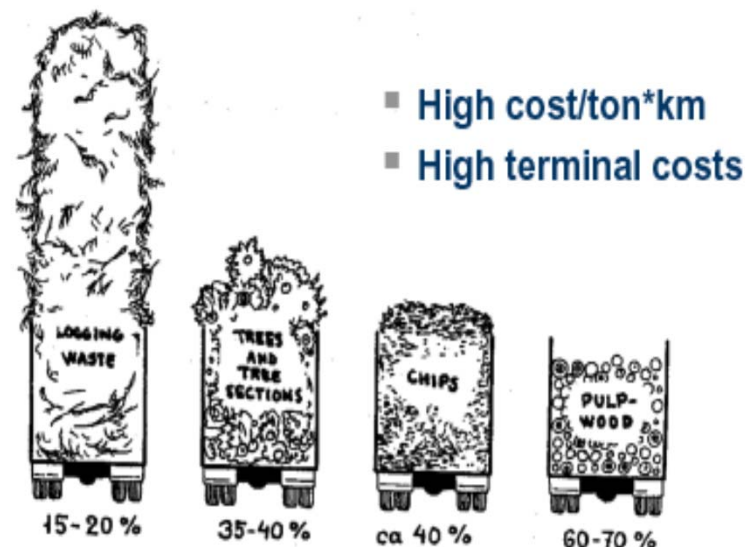
→1.6t-dry@25m³トラック/最大積
載量6t



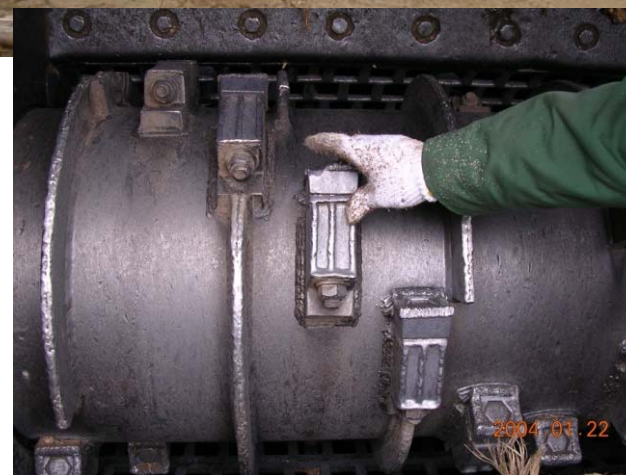
■ 粉碎して輸送

→0.14t-dry/m³:倍以上

→3.3t-dry@25m³



③チップの低コスト生産



- * 道路走行 ⇔ トレーラー搬送が必要
- * 刃物で切削 ⇔ ハンマーでつぶす
- * 大出力360Hp ⇔ 120Hp → 高効率:100t/日以上 ⇔ 20t/日

オーストリアにおける生チップ供給

- * 山土場においてチップパートラクターでチップ化
 - * チップパートラクター:約5千万円
 - * 360馬力:丸太32m³/時間
 - * 枝葉主体の現場で35m³コンテナ(丸太14m³相当)は33分でいっぱい
- * 1.1万円/t-dry程度で販売



低コストチップ加工&輸送




3-6. 欧州型への転換

N:7000円/t-50% \doteq 6300円/m³@山土場
 \doteq 8400円/t-45% \doteq L:10500円/m³



チップ化コスト
 \doteq 1500円/t-50%


→
輸送コスト
 \doteq 1500円/t-50%



買い取り価格
20000円/t-dry
 \doteq 10000円/t-50%

- * 伐出コストはスギ皆伐で5000円/m³程度なので森林所有者へ還元可能
- * 高水分燃料に対応したボイラー:大型は55%w.b.
- * 山土場での簡易乾燥:60%→50%

3-7. 広葉樹材の用材と燃料供給

- * 40年生広葉樹林皆伐

- * 1817本/ha

- * チップ用丸太: $163.5\text{m}^3/\text{ha}$

- * 枝条(実測): $25\text{t-dry}/\text{ha}$



- * 販売収入

- * チップ材: $163.5\text{m}^3 \times 9000\text{円}/\text{m}^3 = 147\text{万}$

- * 燃材: $25\text{t} \times 2\text{万円} = 50\text{万円}$

=197万円/ha---用材ベースで12000円/ m^3



3-8. 伐出・輸送の低コスト化 (1)ハーベスタの活用@中傾斜地



(2)フルトレーラー導入による効率輸送



4. まとめ

1. 木質バイオマス利用の現状

- * 発電： $N:5000 \sim 7000 \text{円/m}^3 < \text{伐出} \cdot \text{運搬コスト}$
→低質丸太供給： 4500円/m^3 より向上
- * 将来の需要に供給が追いつかない可能性大
→A・B材需要の拡大＋枝条利用＋広葉樹利用

2. 低コスト供給システムの構築

- * 高性能機械の活用：ハーベスタ、全木集材（タワーヤーダ）
- * 山土場での簡易乾燥＋チップ加工、効率輸送
→ $N:6300 \text{円/m}^3$ 、 $L:10500 \text{円/m}^3 @ \text{山土場} \rightarrow \text{所有者還元}$

3. 林業事業体の強化・育成

- * 生産性向上→魅力ある産業へ
- * 機械化の促進→事故の軽減